



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ**  
**ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ**  
**ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

**ΧΡΗΣΤΟΣ Ι. ΜΠΟΥΡΑΣ**  
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2008**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι πανεπιστημιακές σημειώσεις αποτελούν ουσιαστική αναμόρφωση και επέκταση των παλαιότερων, που χρησιμοποιούνται ως διδακτικό σύγγραμμα στα πλαίσια στα πλαίσια του μαθήματος Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων. Το μάθημα αυτό διδάσκεται τα 4 τελευταία χρόνια στο Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Η αναμόρφωση και η επέκταση των σημειώσεων οδήγησαν στο παρόν κείμενο και έγιναν στα πλαίσια του ΕΠΕΑΕΚ – Ενίσχυση Σπουδών Πληροφορικής.

Η ύλη που καλύπτεται είναι:

1. Εισαγωγή στα δίκτυα δεδομένων
2. Πρωτόκολλο X.25
3. Πρωτόκολλο TCP/IP
4. Μεταγωγή
5. ISDN
6. Ασυμμετρικές Τεχνολογίες Πρόσβασης
7. Δομημένη Καλωδίωση / Δικτυακές Συσκευές
8. Δορυφορικές Επικοινωνίες – Internet over Satellite
9. Ασύρματα Κινητά Δίκτυα
10. Δίκτυα ΟΤΕ

Οι Πανεπιστημιακές Σημειώσεις συμπληρώνονται και εμπλουτίζονται από τις διαλέξεις του μαθήματος καθώς και το πλούσιο υλικό (εργασίες, παρουσιάσεις και βιβλιογραφία) που υπάρχει στο δικτυακό τόπο του μαθήματος (<http://ru6.cti.gr/bouras/ddx.php>). Καλό είναι οι φοιτητές να επισκέπτονται και να ενημερώνονται για τα περιεχόμενα του δικτυακού τόπου.

Κλείνοντας θέλω να ευχαριστήσω τους συνεργάτες μου Αντώνη Αλεξίου και Βαγγέλη Ιγγλέση οι οποίοι με σκληρή δουλειά βοήθησαν στη μεταμόρφωση του ακατέργαστου υλικού σε ένα χρήσιμο πανεπιστημιακό σύγγραμμα, και δημιούργησαν το δικτυακό τόπο. Τους ευχαριστώ θερμά.

Πάτρα, Ιούνιος 2008

X. I. Μπούρας



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>19</b>
1.1.	ΠΕΡΙ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	19
1.2.	ΜΟΝΤΕΛΟ ISO/OSI .....	21
1.2.1.	Εισαγωγή.....	21
1.2.2.	Πρότυπο OSI.....	21
1.3.	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	26
1.3.1.	Ψηφιακή μετάδοση ψηφιακών δεδομένων.....	28
1.3.2.	Αναλογική μετάδοση ψηφιακών δεδομένων .....	31
1.4.	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	32
1.4.1.	Ασύγχρονη μετάδοση .....	33
1.4.2.	Σύγχρονη μετάδοση .....	34
1.4.3.	Τεχνικές Ανεύρεσης Λαθών.....	35
<b>2.</b>	<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ Χ.25/CCITT .....</b>	<b>39</b>
2.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	39
2.2.	ΝΟΗΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ .....	40
2.3.	Η ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ ΤΟΥ Χ.25 .....	41
2.4.	ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ Χ.25 .....	41
2.5.	Χ.25 DATA LINK LAYER (ΕΠΙΠΕΔΟ-2).....	43
2.5.1.	Το LAPB Πρωτόκολλο .....	43
2.5.2.	Η Τοπική Δομή ενός Χ.25 Πλαισίου.....	44
2.5.3.	Τα Σημαντικότερα Πλαίσια του Επιπέδου-2.....	45
2.5.4.	Φάσεις μιας Λογικής Σύνδεσης .....	46
2.6.	NETWORK LAYER (ΕΠΙΠΕΔΟ-3) .....	48
2.6.1.	Η Γενική Μορφή ενός Πακέτου Χ.25 .....	49
2.6.2.	Φάσεις Ανταλλαγής Πληροφορίας.....	52
<b>3.</b>	<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ TCP/IP .....</b>	<b>57</b>
3.1.	INTERNET PROTOCOL – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	57
3.2.	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ.....	57
3.2.1.	Το IP datagram.....	58
3.2.2.	Μοντέλο λειτουργίας .....	58
3.2.3.	Συνεργαζόμενα πρωτόκολλα .....	63
3.3.	TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	64
3.4.	Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ STREAM DELIVERY .....	65
3.5.	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ.....	67
3.5.1.	TCP ports και connections.....	68
3.5.2.	Δημιουργία και κλείσιμο TCP συνδέσεων. ....	68
3.5.3.	Μοντέλο λειτουργίας .....	69
3.5.4.	Αξιόπιστη επικοινωνία .....	70
3.5.5.	Εξάντληση των μετρητών και επαναμεταδόσεις.....	71
3.5.6.	Επιβαλλόμενη επικοινωνία δεδομένων .....	72
3.5.7.	TCP segment format .....	73
3.5.8.	TCP Interfaces.....	73

3.5.9.	Δεσμευμένοι TCP port αριθμοί .....	74
3.6.	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	75
3.7.	ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΟΛΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ .....	76
3.8.	ΙΕΡΑΡΧΙΚΑ ΟΝΟΜΑΤΑ .....	77
3.8.1.	Η φιλοσοφία.....	77
3.8.2.	Καθορισμός αρμοδιοτήτων για τα ονόματα.....	78
3.8.3.	Αρμοδιότητες για τα υποσύνολα ονομάτων.....	78
3.9.	INTERNET DOMAIN NAMES .....	79
3.9.1.	Το συντακτικό των ονομάτων.....	79
3.10.	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ .....	80
3.11.	ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ.....	81
3.11.1.	Γενικά θέματα .....	81
3.11.2.	Αποδοτική μετάφραση με caching .....	83
3.11.3.	Domain Server Message Format .....	84
3.12.	IPv6.....	85
3.12.1.	Ιστορική Αναδρομή.....	85
3.12.2.	Ανάγκη Αναβάθμισης IPv4 .....	86
3.12.3.	Αναβάθμιση σε IPv6.....	87
3.12.4.	Η Επικεφαλίδα του IPv6.....	90
<b>4.</b>	<b>ΜΕΤΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>99</b>
4.1.	ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ.....	99
4.1.1.	Δίκτυα Μεταγωγής .....	99
4.1.2.	Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος.....	100
4.1.3.	Αρχές μεταγωγής κυκλώματος.....	101
4.1.4.	Δρομολόγηση σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος .....	107
4.1.5.	Σηματοδοσία ελέγχου .....	109
4.2.	ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΑΚΕΤΟΥ .....	118
4.2.1.	Αρχές Μεταγωγής Πακέτου .....	119
4.3.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ .....	129
4.4.	ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΚΤΥΑ .....	133
4.5.	ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (WAN – WIDE AREA NETWORKS) .....	137
4.5.1.	Τι είναι τα ΔΕΠ και τι ανάγκες καλύπτουν .....	137
4.5.2.	Διαφορές ΔΕΠ με Τοπικά Δίκτυα .....	138
<b>5.</b>	<b>ISDN .....</b>	<b>141</b>
5.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	141
5.2.	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	141
5.3.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	142
5.3.1.	Αρχιτεκτονική.....	142
5.3.2.	Χρησιμοποιούμενες Συσκευές.....	143
5.4.	ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	147
5.4.1.	Βασική Πρόσβαση.....	147
5.4.2.	Πρωτεύουσα Πρόσβαση .....	149
5.5.	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ (NETMOD).....	151
5.6.	ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ISDN.....	153
5.6.1.	Euro-ISDN.....	153
5.6.2.	ISDN Ευρείας Ζώνης (B-ISDN).....	154
<b>6.</b>	<b>ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ .....</b>	<b>157</b>
6.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	157
6.1.1.	Γενικά στοιχεία .....	157
6.1.2.	Τεχνολογίες xDSL .....	157
6.2.	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ADSL .....	159
6.2.1.	Η φιλοσοφία του ADSL.....	159
6.2.2.	Το φυσικό μέσο .....	160
6.3.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ XDSL ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ .....	161
6.3.1.	RADSL.....	161
6.3.2.	UDSL.....	162

6.3.3.	<i>Αξιολόγηση τεχνολογίας UDSL</i> .....	163
6.3.4.	<i>HDSL</i> .....	163
6.3.5.	<i>SDSL</i> .....	164
6.3.6.	<i>IDSL</i> .....	166
6.3.7.	<i>VDSL</i> .....	167
6.4.	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ADSL .....	168
6.4.1.	<i>Γενική Αρχιτεκτονική</i> .....	168
6.4.2.	<i>Λειτουργία και εφαρμογές του POTS splitter</i> .....	171
6.4.3.	<i>Αρχιτεκτονική του DSLAM</i> .....	172
6.4.4.	<i>Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο</i> .....	173
6.4.5.	<i>ADSL και ATM</i> .....	175
<b>7.</b>	<b>ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ / ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....</b>	<b>181</b>
7.1.	ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ .....	181
7.2.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	182
7.3.	ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ .....	183
7.3.1.	<i>Ομοαξονικό Καλώδιο</i> .....	183
7.3.2.	<i>Καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους</i> .....	184
7.3.3.	<i>Οπτική Ίνα</i> .....	185
7.3.4.	<i>Μικροκυματική ζεύξη</i> .....	187
7.3.5.	<i>Δορυφορική ζεύξη</i> .....	187
7.3.6.	<i>Ραδιοφωνική Ζεύξη</i> .....	189
7.4.	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	189
7.4.1.	<i>Οριζόντια Καλωδίωση</i> .....	189
7.4.2.	<i>Κατακόρυφη Καλωδίωση</i> .....	190
7.4.3.	<i>Υποσύστημα Θέσης Εργασίας</i> .....	190
7.4.4.	<i>Κατανομητής</i> .....	191
7.4.5.	<i>Χώρος συσκευών επικοινωνίας</i> .....	192
7.4.6.	<i>Σημείο Εισαγωγής στο Κτίριο</i> .....	193
7.4.7.	<i>Γειώσεις</i> .....	193
7.5.	ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	194
7.5.1.	<i>Hub</i> .....	194
7.5.2.	<i>Switches (Μεταγωγής)</i> .....	195
7.5.3.	<i>Router (δρομολογητής)</i> .....	195
7.5.4.	<i>Bridges</i> .....	196
7.5.5.	<i>Gateways</i> .....	197
<b>8.</b>	<b>ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ – INTERNET OVER SATELLITE .....</b>	<b>201</b>
8.1.	Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: ΑΠΟ ΤΟΝ SYNCOM ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ COMSAT 202	
8.2.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ .....	204
8.2.1.	<i>Ανατομία (περιγραφή κυρίως σώματος)</i> .....	204
8.2.2.	<i>Έλεγχος θέσης στην τροχιά</i> .....	205
8.2.3.	<i>Πηγές Ενέργειας</i> .....	206
8.2.4.	<i>Επικοινωνιακό σύστημα</i> .....	206
8.2.5.	<i>Υπολογιστικό σύστημα</i> .....	207
8.2.6.	<i>Τροχιές</i> .....	207
8.3.	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ .....	210
8.3.1.	<i>Ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα</i> .....	210
8.3.2.	<i>Δορυφορικός σύνδεσμος «last hope»</i> .....	210
8.3.3.	<i>Υβριδικά δορυφορικά δίκτυα</i> .....	210
8.3.4.	<i>Σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα</i> .....	210
8.4.	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ .....	211
8.4.1.	<i>Χαρακτηριστικά Δορυφόρων</i> .....	211
8.4.2.	<i>Μεγάλη καθυστέρηση ανάδρασης</i> .....	212
8.5.	ΖΩΝΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	214
8.6.	INTERNET OVER SATELLITE.....	215
8.6.1.	<i>Είδη συνδέσεων</i> .....	215
8.6.2.	<i>Απαιτούμενος εξοπλισμός και κόστος ανάπτυξης</i> .....	217
8.6.3.	<i>Ταχύτητες</i> .....	218

8.6.4.	Θέματα Ασφάλειας .....	218
8.6.5.	Qos στο Internet over Satellite.....	219
8.6.6.	Προσφερόμενες Υπηρεσίες στο Internet over Satellite .....	220
<b>9.</b>	<b>ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....</b>	<b>225</b>
9.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	225
9.2.	ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ .....	225
9.2.1.	Γενική Υπηρεσία Ασυρμάτου Πακέτου (GPRS) .....	226
9.2.2.	Βελτιωμένοι ρυθμοί δεδομένων για την εξέλιξη του GSM – Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) .....	235
9.2.3.	Universal Mobile Telecommunication System (UMTS).....	239
9.2.4.	Τέταρτη Γενιά, 4G.....	246
9.3.	ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΥΜΒΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11 .....	247
9.3.1.	ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ.....	247
9.3.2.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ.....	249
9.3.3.	ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	249
9.3.4.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ .....	251
9.3.5.	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 802.11.....	252
9.3.6.	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MAC ΤΟΥ 802.11 .....	253
9.3.7.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	262
9.3.8.	HANDOVER.....	265
9.3.9.	ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΤΟΥ 802.11 .....	266
9.3.10.	ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΑ IEEE 802.11 .....	270
<b>10.</b>	<b>ΔΙΚΤΥΑ ΟΤΕ .....</b>	<b>277</b>
10.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	277
10.1.1.	Τα Δίκτυα του ΟΤΕ σήμερα (Υποδομή και Τεχνολογίες).....	277
10.1.2.	Παρεχόμενες Υπηρεσίες.....	278
10.1.3.	Μελλοντικοί Στόχοι .....	279
10.1.4.	Τεχνολογική Υποδομή Δικτύου .....	280
10.1.5.	Παρεχόμενες Υπηρεσίες.....	282
10.1.6.	Κόστος.....	284
10.2.	ΜΙΣΘΩΜΕΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ .....	285
10.2.1.	Τεχνολογία.....	285
10.2.2.	Είδη Γραμμών .....	286
10.2.3.	Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα .....	287
10.2.4.	Κόστος.....	288
10.3.	HELLASPAC .....	288
10.3.1.	Τι είναι και πού εφαρμόζεται .....	289
10.3.2.	Τεχνολογική Υπόσταση του Δικτύου.....	289
10.3.3.	Τεχνικός Εξοπλισμός.....	292
10.3.4.	Πρόσβαση στο Δίκτυο.....	294
10.3.5.	Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα .....	297
10.3.6.	Κόστος.....	298
10.3.7.	Η Τεχνολογία Frame Relay.....	298
10.4.	HELLASCOM.....	304
10.4.1.	Τι είναι και πού εφαρμόζεται .....	304
10.4.2.	Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα .....	305
10.4.3.	Δομή Δικτύου.....	306
10.4.4.	Εφαρμογές Δικτύου.....	309
10.4.5.	Κόστος.....	310
10.5.	HELLASSTREAM .....	310
10.5.1.	Τι είναι και πού εφαρμόζεται .....	311
10.5.2.	ATM Τεχνολογία.....	312
10.5.3.	Τεχνολογική Υπόσταση του Δικτύου.....	313
10.5.4.	Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα .....	314
10.5.5.	Κόστος.....	317
10.6.	ISDN.....	318
10.6.1.	Κόστος.....	318
10.7.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΤΟΥ ΟΤΕ .....	319



10.7.1.	<i>Αξιολογώντας τα Ενσύρματα Δίκτυα.....</i>	319
10.7.2.	<i>Συγκρίνοντας τις Ενσύρματες Επικοινωνίες με τις Ασύρματες.....</i>	322



## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Βασικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα	19
Εικόνα 2: Δίκτυο επικοινωνίας	19
Εικόνα 3: Πρότυπο OSI	22
Εικόνα 4: Ένα τυπικό X.25 Δίκτυο	40
Εικόνα 5: Σύνδεση DTE μέσω modem	41
Εικόνα 6: V.24 connector και ηλεκτρικές στάθμες για 0 και 1	42
Εικόνα 7: Ένα Τυπικό X.25 Πλαίσιο	44
Εικόνα 8: Παράδειγμα της Bit Stuffing τεχνικής	44
Εικόνα 9: Χρονικό Διάγραμμα για RR και RNR πλαίσια	45
Εικόνα 10: Φάση Αποκατάστασης μιας Λογικής Σύνδεσης	46
Εικόνα 11: Φάση τερματισμού μιας Λογικής Σύνδεσης	47
Εικόνα 12: Φάση τερματισμού μιας Λογικής Σύνδεσης	47
Εικόνα 13: Λογικά Κανάλια και Λογικά Κυκλώματα	48
Εικόνα 14: Συσχετισμός Λογικών Καναλιών στο DCE	49
Εικόνα 15: Η μορφή ενός πακέτου X.25	49
Εικόνα 16: Η μορφή της επικεφαλίδας	50
Εικόνα 17: Τύποι Πακέτων X.25	51
Εικόνα 18: Γενική μορφή του Πεδίου Δεδομένων των Πακέτων X.25	51
Εικόνα 19: Ανταλλαγή Πακέτων X.25 και Ελέγχου Ροής	52
Εικόνα 20: Φάση Διακοπής μιας Σύνδεσης	53
Εικόνα 21: Διαδικασίες στο Επίπεδο-3	53
Εικόνα 22: Transmission Path	59
Εικόνα 23: Η ιδεατή οργάνωση των εξυπηρετητών ονομάτων σε δομή δέντρου	81
Εικόνα 24: Η δομή μιας IPv6 επικεφαλίδας	91
Εικόνα 25: Παράδειγμα Σύνδεσης σε Public Circuit-Switching Network	100
Εικόνα 26: Στοιχεία ενός Circuit-Switch Κόμβου	102
Εικόνα 27: Space-Division Switch	103
Εικόνα 28: Three-Stage Space-Division Switch	104
Εικόνα 29: TDM Bus Switching	105
Εικόνα 30: Έλεγχος σε ένα TDM bus switch	107
Εικόνα 31: Alternate Routes from End Office X to End Office Y	109
Εικόνα 32: Control Signalling Through a Circuit-Switching Telephone Network	111
Εικόνα 33: Inchannel and Common-channel Signalling	114
Εικόνα 34: Common-Channel Signaling Modes	116
Εικόνα 35: SS7 Signaling and Information Transfer Points	117
Εικόνα 36: Effect of Packet Size on Transmission Time	123
Εικόνα 37: Παράδειγμα Packet-Switching Network	124

Εικόνα 38: Fixed Routing (χρησιμοποιώντας την Εικόνα 37)	126
Εικόνα 39: Παράδειγμα Πλημμύρας	128
Εικόνα 40: Event timing για Circuit Switching και Packet Switching	130
Εικόνα 41: Παράδειγμα WAN – RAN – MAN	134
Εικόνα 42: Γενική Δομή ενός φυσικού δικτύου υποδομών	136
Εικόνα 43: Το δίκτυο ΕΔΕΤ	137
Εικόνα 44: Η Αρχιτεκτονική του ISDN	143
Εικόνα 45: Τα βασικά στοιχεία του ISDN	143
Εικόνα 46: Τα λογικά κανάλια σε μια BRA σύνδεση	146
Εικόνα 47: Ενοποίηση ISDN BRA και ISDN PRA συνδέσεων στο δίκτυο ISDN	147
Εικόνα 48: Λογικά κανάλια ISDN BRA	147
Εικόνα 49: Σύνδεση Τερματικών στην ISDN BRA	149
Εικόνα 50: Λογικά κανάλια ISDN PRA	150
Εικόνα 51: Σύνδεση Τερματικών στην ISDN PRA	151
Εικόνα 52: Διασύνδεση συσκευών συνδρομητή-δικτύου	151
Εικόνα 53: Γραφική αναπαράσταση διάταξης Netmod	152
Εικόνα 54: Πραγματική απεικόνιση Netmod	152
Εικόνα 55: Συγκριτικό διάγραμμα ταχύτητας και απόδοσης	159
Εικόνα 56: Τα κανάλια στην ADSL μετάδοση	159
Εικόνα 57: Συχνότητες ADSL μετάδοσης	160
Εικόνα 58: SNR συναρτήσει της συχνότητας	160
Εικόνα 59: UDSL δίκτυο	162
Εικόνα 60: Βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ADSL	169
Εικόνα 61: Γενική αρχιτεκτονική ενός ADSL δικτύου	170
Εικόνα 62: Το βασικό ADSL δίκτυο	170
Εικόνα 63: ATU-R με ενσωματωμένο POTS splitter	171
Εικόνα 64: ATU-R με εξωτερικό POTS splitter	172
Εικόνα 65: POTS Splitter στο DSLAM	172
Εικόνα 66: Αρχιτεκτονική δικτύου από την σκοπιά του DSLAM	173
Εικόνα 67: Οι τέσσερις ADSL τρόποι διανομής	174
Εικόνα 68: Μοντέλο αναφοράς ADSL για ATM μετάδοση	175
Εικόνα 69: Ομοαξονικό καλώδιο	183
Εικόνα 70: Συνεστραμμένο ζεύγος	184
Εικόνα 71: Οπτική Ίνα	185
Εικόνα 72: Οριζόντια Καλωδίωση	189
Εικόνα 73: Κατακόρυφη Καλωδίωση	190
Εικόνα 74: Switching	195
Εικόνα 75: Routing	196
Εικόνα 76: Επικοινωνία μεταξύ σημείων που δεν έχουν οπτική επαφή	201
Εικόνα 77: Επικοινωνία μέσω δορυφόρου	202
Εικόνα 78: Το μοντέλο του Clarke	203
Εικόνα 79: Τα βασικά μέρη ενός δορυφόρου	205
Εικόνα 80: Γεωστατική τροχιά	208
Εικόνα 81: Ισημερινή τροχιά	208
Εικόνα 82: Πολική τροχιά	209
Εικόνα 83: Τροχιά συγχρονισμένη με τον ήλιο	209
Εικόνα 84: Ελλειπτική τροχιά	209
Εικόνα 85: Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη	216
Εικόνα 86: Σχηματικό άμεσης δορυφορικής σύνδεσης μέσω ISP.	216
Εικόνα 87: Σχηματικό διάγραμμα της NAT τεχνικής.	220

Εικόνα 88. Η αρχιτεκτονική του GPRS	231
Εικόνα 89. Διασύνδεση με δίκτυα κορμού	232
Εικόνα 90. Λόγος σήματος προς παρεμβολή	236
Εικόνα 91. 8PSK διάταξη	237
Εικόνα 92. Σχήματα κωδικοποίησης	238
Εικόνα 93. Νέα σχήματα 8PSK	238
Εικόνα 94. Μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης	241
Εικόνα 95. Αρχιτεκτονική δικτύου της πρώτης φάσης	242
Εικόνα 96. Το δίκτυο UTRAN	243
Εικόνα 97. Node B	243
Εικόνα 98. Οι υπηρεσίες του UMTS	244
Εικόνα 99. Το όραμα των δικτύων 4 <sup>ης</sup> γενιάς	247
Εικόνα 100. Μοντέλο Αναφοράς OSI	248
Εικόνα 101. Διαστρωμάτωση του προτύπου 802.11	248
Εικόνα 102. Φυσικό στρώμα του προτύπου 802.11	248
Εικόνα 103. Τοπολογία IBSS	249
Εικόνα 104. Τοπολογία infrastructure BSS	250
Εικόνα 105. Τοπολογία infrastructure δύο BSSs	251
Εικόνα 106. Σύστημα διανομής	251
Εικόνα 107. Διαδικασία πρόσβασης στο μέσο με χρήση του αλγορίθμου DCF	256
Εικόνα 108. Μηχανισμός RTS/CTS	260
Εικόνα 109. Πρόβλημα κρυμμένου κόμβου	261
Εικόνα 110. Γενική μορφή πλαισίου υποστρώματος MAC του 802.11	262
Εικόνα 111. Παθητική ανίχνευση	263
Εικόνα 112. Ενεργητική Ανίχνευση	263
Εικόνα 113. Διαδικασία πιστοποίησης	264
Εικόνα 114. Διαδικασία Συσχέτισης	265
Εικόνα 115. Handover	266
Εικόνα 116. Spread Spectrum	267
Εικόνα 117. Αλγόριθμοι Κρυπτογράφησης	274
Εικόνα 118: Αντιστοιχία ISO/OSI και X.25	281
Εικόνα 119: Τυπικό Δίκτυο X.25	282
Εικόνα 120: Σύνδεση Υπολογιστών μέσω Τηλεφωνικού Δικτύου	283
Εικόνα 121: Παράδειγμα χρήσης μισθωμένων γραμμών	286
Εικόνα 122: Τοπολογία δικτύου HELLASPAC πριν και μετά την επέκταση του	291
Εικόνα 123: Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα στο HELLASPAC	291
Εικόνα 124: Σύνδεση σύγχρονου τερματικού στο HELLASPAC	292
Εικόνα 125: Σύνδεση ασύγχρονου τερματικού στο HELLASPAC	293
Εικόνα 126: Μόνιμη σύνδεση σύγχρονου τερματικού με πρωτόκολλο X.25	294
Εικόνα 127: Μόνιμη σύνδεση ασύγχρονου τερματικού με πρωτόκολλο X.28	294
Εικόνα 128: Μόνιμη σύνδεση ασύγχρονου τερματικού με πρωτόκολλο X.28	296
Εικόνα 129: Frame Relay με χρήση FRAD	301
Εικόνα 130: Αριθμοδότηση σε δίκτυο HELLASPAC	302
Εικόνα 131: Διεπαφές LMI	303
Εικόνα 132: Εξοπλισμός του δικτύου HELLASCOM	306
Εικόνα 133: Τοπολογία Δικτύου Διατάξεων Ψηφιακής Διασύνδεσης (DXC)	309
Εικόνα 134: Εφαρμογές δικτύου HELLASCOM	310



## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Δεσμευμένοι TCP Ports αριθμοί	75
Πίνακας 2: Μεταγωγή Κυκλώματος – Πακέτου με χρήση datagram και με χρήση λογικού κυκλώματος	133
Πίνακας 3: POTS-Band Modems	161
Πίνακας 4: Χρησιμοποιούμενες συχνότητες δορυφορικών συστημάτων	214
Πίνακας 5: Τυπικές εφαρμογές EGPRS και ECSD	239
Πίνακας 6: Διαθέσιμα κανάλια ανά περιοχή για το φυσικό στρώμα	268
Πίνακας 7: Διαθέσιμα κανάλια ανά περιοχή για το φυσικό στρώμα	270
Πίνακας 8: Διαμόρφωση επιπέδου πακέτου X.25	300
Πίνακας 9: Διαμόρφωση πλαισίου Frame Relay	300





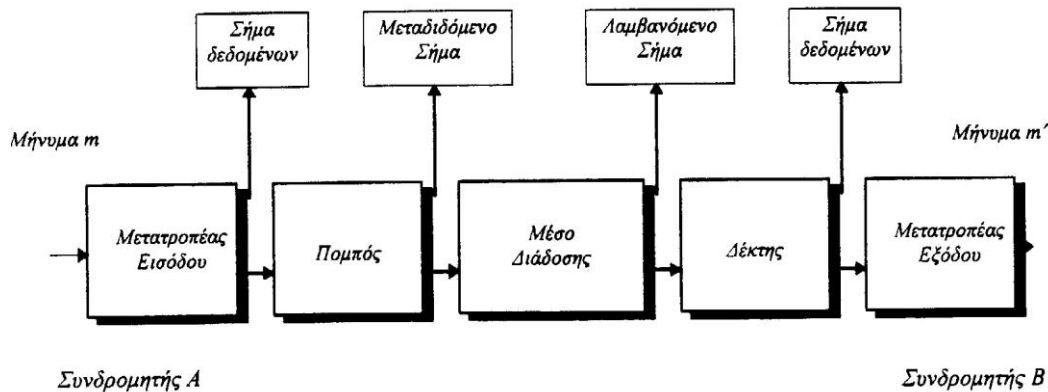
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:  
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



# 1. Εισαγωγή στα Δίκτυα Δεδομένων

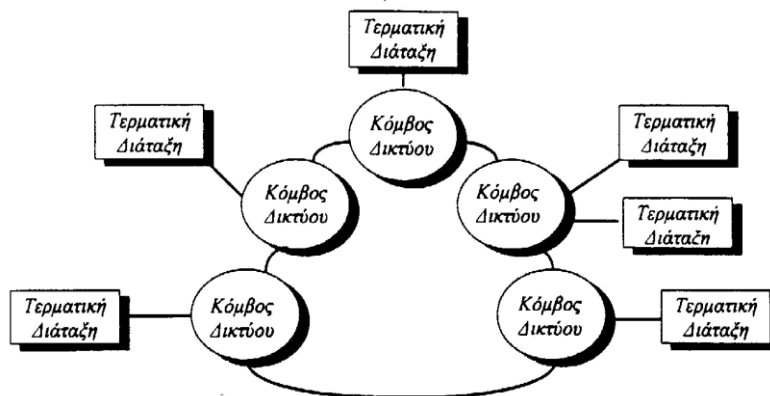
## 1.1. ΠΕΡΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σκοπός των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι η μεταβίβαση πληροφοριών από ένα σημείο του χώρου που ονομάζεται πομπός σε ένα άλλο σημείο του χώρου που ονομάζεται δέκτης, με τη βοήθεια της διάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας ή του ηλεκτρικού ρεύματος. Η δομή ενός τυπικού τηλεπικοινωνιακού συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Βασικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα

Το απλό μοντέλο (Εικόνα 1) καλύπτει τις ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ δύο συδρομητών. Για να καλυφθούν όμως οι ανάγκες επικοινωνίας πολλών συδρομητών γίνεται απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου (Εικόνα 2). Το δίκτυο δίνει τη δυνατότητα σε ένα συδρομητή να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε άλλο συδρομητή διαθέτει την κατάλληλη διάταξη πρόσβασης σε κάποιο οριακό σύστημα του δικτύου που ονομάζεται κόμβος ή κέντρο. Βασική ιδιότητα του δικτύου είναι η παροχή ικανοποιητικής επικοινωνίας με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διασυνδέσεων των κόμβων του.



Εικόνα 2: Δίκτυο επικοινωνίας

Δίκτυο τηλεπληροφορικής είναι ένα σύστημα επικοινωνιών το οποίο διαθέτει συσκευές τηλεπικοινωνιών, τηλεπικοινωνιακούς κόμβους, καθώς και τα φυσικά μέσα

διέλευσης της πληροφορίας. Επίσης στην ευρύτερη έννοιά του περιλαμβάνει και τις τερματικές συσκευές, όπως είναι οι υπολογιστές και τα τερματικά κάθε είδους και έχει μια δομή τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται η όποια επιθυμητή μεταξύ τους επικοινωνία. Στα δίκτυα τηλεπληροφορικής συναντάμε αυστηρούς κανόνες που διέπουν το τηλεπικοινωνιακό τμήμα του δικτύου καθώς επίσης και κανόνες συνομιλίας μεταξύ των υπολογιστών (πρωτόκολλα επικοινωνίας).

Πολλές φορές στην προσπάθεια των εταιριών υπολογιστών να καλύψουν τα θέματα των τηλεπικοινωνιών, παρατηρείται το φαινόμενο τα σύνορα μεταξύ της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών να γίνονται δυσδιάκριτα. Άλλωστε ένα μεγάλο μέρος του λογισμικού επικοινωνιών αλλά και των πρωτοκόλλων φιλοξενείται στους υπολογιστές είτε ενσωματωμένο στο λειτουργικό σύστημα είτε σαν ανεξάρτητα προγράμματα. Γι' αυτό θα δούμε πολλές φορές να μην είναι εύκολος και σαφής ο προσδιορισμός δικτύων.

Από το 1972 αρκετά δίκτυα πληροφορικής έχουν αναπτυχθεί όπως το ARPANET, το CYBERNET, το DCS (Distributed Computing System), το CYCLADES με αποκορύφωμα την τεράστια εξάπλωση του δικτύου INTERNET.

Κύριες ιδιότητες ενός δικτύου είναι να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να εκμεταλλεύονται την επεξεργαστική ικανότητα υπολογιστών, να έχουν πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων κλπ. Όμως ακριβώς αυτή η προσφερόμενη δυνατότητα όπου ο καθένας με μια φθηνή τερματική συσκευή μπορεί να επικοινωνεί με υπολογιστές δημιουργεί και τα μεγάλα προβλήματα. Θέλει μεγάλη προσοχή, σαφείς κανόνες, μεγάλη αυστηρότητα και συνεπώς μεγάλη πολυπλοκότητα για να εξασφαλισθεί η με σαφείς όρους συμμετοχή του καθενός σε ένα τέτοιο δίκτυο.

Κάθε δίκτυο data σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξυπηρετεί τις εκάστοτε λειτουργικές απαιτήσεις των εφαρμογών. Ένεκα τούτου σε κάθε δίκτυο υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι προσπέλασης της πληροφορίας, διαφορετικά πρωτόκολλα, διασυνδέσεις, φυσικά μέσα, με λίγα λόγια δηλαδή διαφορετικοί όροι παιχνιδιού. Αυτό το φαινόμενο με τη πάροδο του χρόνου τείνει να μειωθεί, καθώς γίνονται συνεχείς προσπάθειες για τυποποίηση όλων των στοιχείων που απαρτίζουν ένα δίκτυο data.

Τα δίκτυα διαιρούνται σε κατηγορίες που προσδιορίζονται ανάλογα με την οπτική γωνία από την οποία τα βλέπουμε και όπως φαίνεται υπάρχουν πολλές τέτοιες γωνίες. Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να δώσουμε σαφείς ερμηνείες για τους ποικίλους διαχωρισμούς δικτύων, ούτως ώστε να διαλυθούν οι όποιες παρερμηνείες γύρω από το θέμα. Οι υποδιαίρεσεις που λάβαμε υπόψη είναι:

- Ως προς την τοπολογία των διαφόρων σημείων έχουμε το ακτινωτό, το κομβικό και το βρογχικό δίκτυο.
- Ως προς την γεωγραφία τερματικών και υπολογιστικών σημείων διακρίνουμε τα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide area network WAN), τα τοπικά δίκτυα (Local area network LAN) και τα αστικά δίκτυα (Metropolitan area network MAN).
- Ως προς τον τηλεπικοινωνιακό τύπο εξυπηρέτησης έχουμε το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο, τα ιδιωτικά δίκτυα, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων, το ISDN, το xDSL. Μια ιδιαίτερη περίπτωση δικτύου είναι το παγκόσμιο διαδίκτυο Internet που μετά το τηλεφωνικό θεωρείται το μεγαλύτερο δίκτυο

data του πλανήτη. Για το δίκτυο αυτό γίνεται ειδική αναφορά σε ξεχωριστό κεφάλαιο.

- Τέλος ως προς την τεχνική προώθησης της πληροφορίας τα διακρίνουμε σε δίκτυα μεταγωγής (switching) και ακρόασης (broadcasting).

Για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις έχουμε και τα μικτά δίκτυα που αποτελούνται από συνδυασμούς των παραπάνω.

## 1.2. ΜΟΝΤΕΛΟ ISO/OSI

### 1.2.1. Εισαγωγή

Το 1977 ο διεθνής οργανισμός τυποποιήσεων ISO ξεκίνησε μια προσπάθεια, που τα πρώτα της αποτελέσματα εμφανίσθηκαν το 1983 με την ανακοίνωση του προτύπου OSI (Open System Interconnection reference model), που ερμηνεύεται «Πρότυπο διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων». Το OSI αποτελεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο κινούνται οι λεπτομερείς πλέον τυποποιήσεις, για την επίλυση όλων των επί μέρους προβλημάτων που εμφανίζονται στις επικοινωνίες υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών.

Το πλαίσιο ενός τέτοιου προτύπου απαιτεί τον ακριβή προσδιορισμό αφ' ενός της αρχιτεκτονικής και αφ' ετέρου των πρωτοκόλλων επικοινωνίας υπολογιστών.

Εισάγοντας την έννοια της αρχιτεκτονικής μπορούμε να πούμε ότι προκειμένου να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών πρέπει να συντελεσθεί ένα σύνολο από φυσικές και λογικές διασυνδέσεις διαφόρων ανεξαρτήτων τμημάτων. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν πολλά θέματα ανεξάρτητα μεταξύ τους που πρέπει πρώτα να επιλυθούν για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη επιθυμητή επικοινωνία. Έτσι γίνεται και στις επικοινωνίες υπολογιστών. Η οργάνωση της όλης επικοινωνίας, η ιεράρχηση των λειτουργιών σε διάφορα επίπεδα, ο καθορισμός των πρωτοκόλλων και της μεταξύ τους σχέσης ονομάζεται Αρχιτεκτονική επικοινωνίας υπολογιστών. Όταν δύο υπολογιστές επικοινωνούν, στην ουσία επικοινωνούν μεταξύ τους οι ενότητες που βρίσκονται σε ομότιμα επίπεδα. Ορίζουμε δε σαν πρωτόκολλο ένα σύνολο από κανόνες για τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας μεταξύ ενοτήτων μίας αρχιτεκτονικής.

Η αρχιτεκτονική του προτύπου OSI δεν είναι βέβαια η μοναδική. Την αξία ενός ενιαίου τρόπου συμπεριφοράς κατά την επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών, αναγνώρισαν πολύ γρήγορα όλες οι κατασκευάστριες εταιρίες υπολογιστών. Στη προσπάθειά τους μάλιστα να τυποποιήσουν τα δικά τους συστήματα ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα συμβατότητας στα ίδια τους τα προϊόντα, ανέπτυξαν τις δικές τους αρχιτεκτονικές όπως π.χ. η IBM την SNA (System Network Architecture), η Unisys την DCA (Distributed Communications Architecture), η Bull την DSA (Distributed System Architecture) και η DEC την DNA (Digital Network Architecture).

### 1.2.2. Πρότυπο OSI

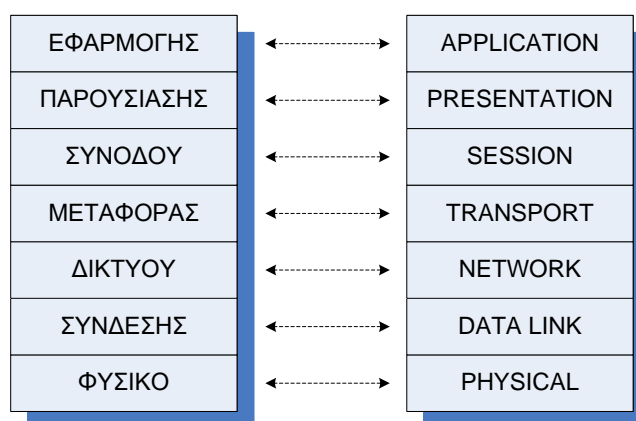
Ο στόχος του προτύπου αυτού είναι η δημιουργία τυποποίησης ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών. Στο ακρωνύμιο

OSI το O που οφείλεται στο Open και σημαίνει ανοικτό, εννοεί ελεύθερη επικοινωνία σε αντιδιαστολή προς τα κλειστά (της αυτής εταιρίας) συστήματα.

Με το πρότυπο αυτό τίθεται ένα πλαίσιο, μέσα στο οποίο καθορίζονται standard και πρωτόκολλα για την επικοινωνία των διαφόρων επιπέδων που ορίζονται από το OSI.

Η βασική φιλοσοφία που το διέπει είναι της επιπεδοποίησης (layering). Όλες οι απαιτούμενες για επικοινωνία λειτουργίες ομαδοποιούνται σε επτά μεγάλα επίπεδα. Οι λειτουργίες αυτές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους έτσι ώστε αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην έχουν επίδραση στα άλλα. Στην Εικόνα 3 βλέπουμε τα επτά επίπεδα, έτσι όπως έχουν τιτλοφορηθεί από τον ISO με παράλληλη παράθεση της Ελληνικής ορολογίας.

Οι διακεκομμένες γραμμές μεταφράζονται σε πρωτόκολλα που συνδέουν τα διάφορα επίπεδα (ενότητες) μεταξύ τους. Τα επίπεδα αυτά είναι έτσι επιλεγμένα, ώστε να γίνει ευκολότερος ο τρόπος ορισμού των τυποποιήσεων. Ο ISO για κάθε επίπεδο τυποποιεί τις υπηρεσίες που αυτό προσφέρει και τα πρωτόκολλα που το αφορούν.



**Εικόνα 3: Πρότυπο OSI**

Παραθέτουμε συνοπτική περιγραφή των επτά επιπέδων του OSI και των σημαντικότερων πρωτοκόλλων που τα συνοδεύουν. Αναλυτικές πληροφορίες για το OSI υπάρχουν στο ISO standard 7498 και τις συστάσεις X.200 της ITU-T.

#### **Φυσικό επίπεδο:**

Αφορά τη μετάδοση των bit μέσω των διαφόρων φυσικών μέσων. Συμπεριλαμβάνει τα ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων (interface) των δύο υπολογιστικών συστημάτων, τα δύο φυσικά επίπεδα δηλαδή των συμβαλλομένων μερών. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος του connector, τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το 1 και με ποια το 0 κλπ.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει πέρα από την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης είναι η μεταφορά των δεδομένων σε μορφή bit, σύγχρονα ή ασύγχρονα και η επισήμανση σφαλμάτων μετάδοσης.

Μερικά από τα πρωτόκολλα που αναφέρονται στο φυσικό επίπεδο είναι:

EIA: RS-232, RS-449, RS-485, RS-530, RS-422, RS-423

ITU-T: V.24/V.28, V.25, X.21, X.20, V.35, G.703, 1.430, 1.431.

ISO: 4903, 9314 FDDI, IEC 2110 (25 pin connector)

IEEE: 802.x LAN, IEEE-488.

### ***Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)***

Ασχολείται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί, να υποστηριχθεί και τέλος να τερματιστεί μια σύνδεση μεταξύ των δυο άκρων μιας γραμμής.

Βασικός σκοπός του επιπέδου αυτού είναι να παίρνει τα data από το φυσικό επίπεδο και να τα προωθεί στο ανώτερό του επίπεδο δικτύου, αφού πρώτα εκτελέσει μερικές ουσιώδεις λειτουργίες όπως είναι η ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων μετάδοσης που λαμβάνουν χώρα στο φυσικό επίπεδο και ο έλεγχος ροής των πληροφοριών. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τις λειτουργίες για την αποκατάσταση μιας λογικής ζεύξης δεδομένων πάνω σε μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σημείων στο δίκτυο, όπως μεταξύ δύο κόμβων ή μεταξύ κόμβου και υπολογιστή. Η μεταφορά των δεδομένων γίνεται με block ή frame με ταυτόχρονο έλεγχο και διόρθωση σφαλμάτων.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο αυτό είναι:

Αποκατάσταση και απελευθέρωση της ζεύξης δεδομένων

Μεταφορά δεδομένων, αρίθμηση - συγχρονισμός frame, διαφάνεια μετάδοσης

Έλεγχος σφαλμάτων και έλεγχος ροής των block ή frame

Μερικά από τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται από τους διεθνείς οργανισμούς στο δεύτερο επίπεδο είναι:

ITU-T: LAP-B, HDLC, Q.922 (Frame relay), 1.440 (ISDN-LAPD).

ISO: 4335, 3309(HDLC), 7776 (LAP/LAPB), 8802 LAN.

ISO: R 1745 (Byte oriented), 9314-2 FDDI.

ANSI: ADCCP.

IEEE: 802.2 Logical Link Control.

### ***Επίπεδο Δικτύου (Network)***

Ενώ το 2ο επίπεδο φροντίζει για την επικοινωνία μεταξύ των άκρων μιας απλής γραμμής, το 3ο επίπεδο παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ των ακραίων συνδρομητών ενός μεγάλου δικτύου. Βασικές λειτουργίες του επιπέδου είναι η δρομολόγηση των μηνυμάτων, η οργάνωσή τους σε πακέτα, η απαρίθμηση και η ταξινόμησή τους. Φροντίζει για τη διαφανή μετάδοση δεδομένων προς τα παραπάνω επίπεδα. Οι διαδρομές που ακολουθούνται στο δίκτυο περιλαμβάνουν πολλές φυσικές συνδέσεις και ζεύξεις δεδομένων (πρώτο και δεύτερο επίπεδο δηλαδή).

Παράδειγμα τέτοιου πρωτοκόλλου είναι το X.25 packet level.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

Αποκατάσταση και τερματισμός συνδέσεων μεταξύ διαφόρων ακραίων σημείων του δικτύου.

Προσδιορισμός των ακραίων σημείων σύνδεσης με χρήση διευθύνσεων

Μεταφορά δεδομένων (κυρίως σε μορφή πακέτων)

Απαρίθμηση και έλεγχος σφαλμάτων

Έλεγχος ροής δεδομένων

Μερικά από τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται εδώ είναι:

ITU-T: X.25, X.75, 1.430/Q930

EIA: RS-366-A (Automatic calling procedure).

ISO: 8473-IP.

DOD: IP.

Τα X.75 και IP εξασφαλίζουν μετάδοση δεδομένων μεταξύ δικτύων.

### ***Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)***

Παρέχει εκείνες τις διαδικασίες και τα μέσα που απαιτούνται, προκειμένου να έχουμε επιτυχημένη από άκρη σε άκρη μεταφορά data απαλλαγμένη λαθών. Παρέχει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση της ορθότητας της πληροφορίας μετά από σφάλμα, τον έλεγχο ροής της πληροφορίας απ άκρου εις άκρον και τον έλεγχο ακολουθίας των μηνυμάτων.

Το επίπεδο αυτό είναι ουσιαστικά ένα software interface μεταξύ των τριών χαμηλότερων επιπέδων του προτύπου OSI που συνήθως υλοποιούνται στις συσκευές επικοινωνίας, και των υψηλότερων επιπέδων που σχετίζονται στενότερα με τους υπολογιστές και τις εφαρμογές που αυτοί εξυπηρετούν. Στην ουσία είναι το πρώτο επίπεδο που είναι υπό τον έλεγχο του χρήστη. Φροντίζει για τη διαφανή μεταφορά δεδομένων προς τα ανώτερα επίπεδα σύμφωνα με προκαθορισμένο από το χρήστη βαθμό αξιοπιστίας.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

Αποκατάσταση και τερματισμός της σύνδεσης σε επίπεδο μεταφοράς

Μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με τον απαιτούμενο από τον χρήστη βαθμό αξιοπιστίας

Καθορισμός και επιλογή από το χρήστη της ποιότητας εξυπηρέτησης της σύνδεσης

Δυνατότητα πολύπλεξης μέσω της ίδιας ζεύξης

Έλεγχος ροής

Λεπτομέρειες για τις προσφερόμενες υπηρεσίες του τέταρτου επιπέδου υπάρχουν στο ITU-T standard X.214

Πρωτόκολλα του τέταρτου επιπέδου που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι:

ITU-T: X.224 Transport protocol, T.70.

ECMA: ECMA- 72.

DOD: TCP.

ISO: 8073, 8602 (CTP).

### ***Επίπεδο Συνόδου (Session)***

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η παροχή των αναγκαίων μέσων για την οργάνωση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των ανωτέρων επιπέδων από το επίπεδο συνόδου. Επιτρέπει ή απαγορεύει τη συγκεκριμένη παροχή υπηρεσίας, αποκαθιστά



νέα σύνδεση όταν η πρώτη για κάποιο λόγο διακοπεί, επιτρέπει επικοινωνία αμφίδρομη, μονόδρομη κλπ.

Η διαδικασία της αποκατάστασης μίας συνόδου καλείται και binding και περιλαμβάνει λειτουργίες όπως η εξακρίβωση του χρήστη, η χρέωση, η ποιότητα της συνόδου κλπ. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε τις διαδικασίες login και τον έλεγχο password για την είσοδο σε έναν υπολογιστή.

Το επίπεδο αυτό δίνει τα μέσα σε οντότητες του υψηλότερου επιπέδου (presentation) να οργανώσουν και να συγχρονίσουν τον διάλόγο τους ώστε να εξασφαλίσουν την από άκρου σε άκρο επιτυχή μεταφορά δεδομένων.

Το επίπεδο συνόδου προσφέρει υπηρεσίες που προσθέτουν αξία στη λογική σύνδεση που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των δύο άκρων μέσω των χαμηλότερων επιπέδων.

Οι υπηρεσίες αυτές επιγραμματικά είναι:

Έναρξη και συντήρηση του διαλόγου

Διαχείριση και έλεγχος προσπέλασης

Επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου

Πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι:

ITU-T: X.215, X.225.

ISO: 8327, 9548.

### ***Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)***

Ασχολείται με την αναπαράσταση της πληροφορίας που μεταφέρεται από εφαρμογή σε εφαρμογή, καθώς επίσης και με τη δομή των data. Επιχειρεί δηλαδή την κατάλληλη τροποποίηση των data ώστε να είναι κατανοητά από την εφαρμογή και έτσι ώστε οι συνδέσεις δύο υπολογιστών να μην απαιτούν υποχρεωτικά τη χρήση κοινού κώδικα. Σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιούνται κυρίως οι διαδικασίες κρυπτογράφησης, συμπίεσης δεδομένων (data compression), ο μετασχηματισμός των κωδίκων (protocol conversion) και των διαφόρων μορφών των αρχείων καθώς και η μετατροπή των χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου τερματικού. Μέσω λοιπόν του επιπέδου παρουσίασης μπορούν να επικοινωνούν δύο υπολογιστές με διαφορετικούς κώδικες. Το επίπεδο παρουσίασης επιτρέπει σε μία εφαρμογή να μεταφράζει όταν απαιτείται τη σημασία της μεταφερόμενης πληροφορίας.

Εν συντομία οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι:

Μετατροπή σύνταξης δεδομένων, όπως μετατροπή οικογενειών χαρακτήρων ή μετατροπή κωδίκων, για παράδειγμα από ASCII σε EBCDIC

Συμπίεση και αποσυμπίεση δεδομένων (Data compression)

Κρυπτογράφηση για ασφαλή μεταφορά (Encryption)

Μετάφραση κωδικοποίησης πληροφορίας για χρήση σε οθόνες και τερματικά (χρήση των attributes για την οθόνη)

Τα standards του επιπέδου αυτού περιγράφονται στην προδιαγραφή X.226 της ITU-T, ενώ οι υπηρεσίες υπάρχουν αναλυτικά στην προδιαγραφή X.216

Πρωτόκολλα του επιπέδου παρουσίασης είναι:

ITU-T: X.226, X.400/410, Q.941.

ISO: 8823, 9576.

Virtual File Protocol, Job Transfer Manipulation Protocol

### ***Επίπεδο Εφαρμογών (Application)***

Είναι το τελευταίο επίπεδο προς το χρήστη, αυτό που παρέχει τον τρόπο για να μπορεί η μία εφαρμογή να συνομιλεί με την άλλη.

Το επίπεδο εφαρμογών είναι το υψηλότερο επίπεδο του προτύπου OSI και αποτελεί το interface μεταξύ της εφαρμογής και των λοιπών επιπέδων του προτύπου. Οι λειτουργίες του επιπέδου αυτού προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη του δικτύου γι' αυτό και οι τυποποιήσεις του είναι οι λιγότερο καθορισμένες.

Υπηρεσίες που προσφέρει το 7ο επίπεδο εκτός από τη μεταφορά πληροφορίας είναι:

Εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν

Επιβεβαίωση της διαθεσιμότητάς τους για συνομιλία

Επιβεβαίωση /έλεγχος στο δικαίωμα συνομιλίας

Συμφωνία στις αρμοδιότητες για το πώς θα γίνουν οι επανορθωτικές διαδικασίες

Συμφωνία στις διαδικασίες για τον έλεγχο ροής των συναλλαγών και την αξιοπιστία της πληροφορίας

Πρωτόκολλα που ανήκουν στο επίπεδο εφαρμογών είναι:

ISO: 8831 Job Transfer and Manipulation.

ISO: 9040, 10026 TP Distributed Transaction Processing.

ISO: 8632 Computer Graphics Metafile.

ISO: 9595/6 Network Management (CMIP).

Virtual Terminal Protocol, FTP (File Transfer Protocol).

ISO: 8571 FTAM (File Transfer Access Management).

ITU-T: X.500 Directory System, X.520, T.411 (ODA), X.400 Message Handling System, X.3.

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι τα χαμηλότερα επίπεδα είναι τα καλύτερα προσδιορισμένα καθώς ήδη υπάρχουν πολλά και αποδεκτά πρωτόκολλα. Τα τρία χαμηλότερα επίπεδα είναι τα καθαρά επικοινωνιακά επίπεδα που αναφέρονται στον τρόπο μετάδοσης και υλοποιούνται σε συσκευές επικοινωνίας (τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι, modem, κλπ.). Τα υψηλότερα επίπεδα αναφέρονται σε λειτουργίες που σχετίζονται με τις εφαρμογές και υλοποιούνται κυρίως στους υπολογιστές.

## **1.3. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Η μετάδοση δεδομένων λαμβάνει χώρα μεταξύ εκπομπού και δέκτη πάνω από κάποιο μέσο μετάδοσης. Τα μέσα μετάδοσης μπορούν να χαρακτηρισθούν ως κατευθυνόμενα (guided) και μη κατευθυνόμενα (unguided), η δε επικοινωνία και στις δύο περιπτώσεις είναι υπό την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Στα κατευθυνόμενα μέσα, τα κύματα οδηγούνται κατά μήκος ενός φυσικού μονοπατιού, π.χ. καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο. Τα μη

κατευθυνόμενα μέσα παρέχουν τρόπους μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά δεν τα κατευθύνουν. Παραδείγματα τέτοιων μέσων είναι η μετάδοση μέσα στο κενό, στον αέρα, στη θάλασσα.

Το μονοπάτι μετάδοσης μεταξύ δύο συσκευών, μέσα από το οποίο μεταδίδονται σήματα κατευθείαν από τον εκπομπό στον δέκτη χωρίς να παρεμβάλλονται ενδιάμεσα άλλες συσκευές εκτός από ενισχυτές ή επαναλήπτες, που χρησιμεύουν στην ενίσχυση του σήματος, ονομάζεται κατευθείαν σύνδεσμος (direct link). Ο όρος αυτός ισχύει τόσο για κατευθυνόμενα όσο και για μη κατευθυνόμενα μέσα. Ένα κατευθυνόμενο μέσο μετάδοσης παρέχει σύνδεση σημείου προς σημείο (point-to-point) αν αποτελεί έναν κατευθείαν σύνδεσμο μεταξύ δύο συσκευών, οι οποίες είναι οι μοναδικές συσκευές που μοιράζονται το μέσο. Αν περισσότερες από δύο συσκευές μοιράζονται το μέσο τότε έχουμε σύνδεση πολλαπλών σημείων (multipoint).

Μία μετάδοση μπορεί να είναι μονόδρομη (simplex), αμφίδρομη εναλλασσόμενη (half duplex) ή αμφίδρομη ταυτόχρονη (full duplex). Σε μία μονόδρομη μετάδοση τα σήματα μεταδίδονται μόνο προς μία κατεύθυνση, ένας σταθμός είναι ο εκπομπός και ο άλλος ο δέκτης. Στην αμφίδρομη εναλλασσόμενη μετάδοση και οι δύο σταθμοί μπορούν να είναι εκπομποί αλλά κάθε φορά μεταδίδει μόνο ο ένας. Στην αμφίδρομη ταυτόχρονη μετάδοση και οι δύο σταθμοί μπορούν να μεταδίδουν ταυτόχρονα. Στην περίπτωση αυτή το μέσο μετάδοσης μεταφέρει σήματα ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Τα δεδομένα μεταφέρονται πάνω από το μέσο μετάδοσης με την χρήση ηλεκτρικών σημάτων που το κάθε ένα περιέχει μία ζώνη συχνοτήτων, που ονομάζεται spectrum. Το πλάτος του spectrum ονομάζεται απόλυτο εύρος ζώνης (absolute bandwidth). Τα περισσότερα σήματα έχουν άπειρο απόλυτο εύρος ζώνης, το μεγαλύτερο όμως ποσοστό της ενέργειας του σήματος περιέχεται σε μία στενή ζώνη συχνοτήτων που ονομάζεται αποδοτικό εύρος ζώνης ή απλά εύρος ζώνης (effective bandwidth). Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του εύρους ζώνης και του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (ρυθμός μετάδοσης είναι ο ρυθμός σε bits per second με τον οποίο μπορούν να μεταδοθούν δεδομένα). Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ενός σήματος, τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης. Αντίστροφα, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης ενός συστήματος μετάδοσης τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων για το σύστημα αυτό.

Η μετάδοση δεδομένων από ένα σημείο προς ένα άλλο εμπλέκει τρεις παράγοντες, την φύση των δεδομένων, το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά των δεδομένων και την επεξεργασία ή τις τροποποιήσεις που μπορεί να απαιτούνται κατά μήκος της διαδρομής μετάδοσης ώστε να γίνει σωστή λήψη των μεταδιδόμενων δεδομένων.

Τα δεδομένα μπορούν να ορισθούν ως οντότητες που μεταφέρουν πληροφορία και είναι δύο ειδών αναλογικά και ψηφιακά. Τα αναλογικά δεδομένα λαμβάνουν συνεχείς τιμές πάνω σε κάποιο διάστημα. Τυπικά παραδείγματα αναλογικών δεδομένων είναι ο ήχος και η κινούμενη εικόνα. Τα ψηφιακά δεδομένα παίρνουν διακριτές τιμές και τέτοια παραδείγματα είναι το κείμενο και οι ακέρατοι.

Τα δεδομένα διαδίδονται από το ένα σημείο στο άλλο μέσω ηλεκτρικών σημάτων που είναι και αυτά δύο ειδών, τα αναλογικά και τα ψηφιακά σήματα. Το αναλογικό σήμα είναι ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο ηλεκτρομαγνητικό κύμα που μπορεί να διαδοθεί μέσα από μία πληθώρα μέσων όπως τα συρμάτινα μέσα (καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, ομοαξονικό καλώδιο), οι οπτικές ίνες, η ατμόσφαιρα, κ.λπ. Το ψηφιακό

σήμα είναι μία ακολουθία από παλμούς τάσης, π.χ. ένα σταθερό θετικό επίπεδο τάσης αναπαριστά το 1 ενώ ένα σταθερό αρνητικό επίπεδο τάσης αναπαριστά το 0, που μπορούν να μεταδοθούν μέσω ενός συρμάτινου μέσου.

Ο συνδυασμός των δύο ειδών δεδομένων και των δύο ειδών σημάτων δίνει τέσσερις τρόπους μετάδοσης και συγκεκριμένα:

- Μετάδοση αναλογικών δεδομένων με χρήση αναλογικών σημάτων
- Μετάδοση αναλογικών δεδομένων με χρήση ψηφιακών σημάτων
- Μετάδοση ψηφιακών δεδομένων με χρήση αναλογικών σημάτων
- Μετάδοση ψηφιακών δεδομένων με χρήση ψηφιακών σημάτων

Η μετάδοση δεδομένων με χρήση αναλογικών σημάτων ονομάζεται αναλογική μετάδοση ενώ η μετάδοση δεδομένων με χρήση ψηφιακών σημάτων ονομάζεται ψηφιακή μετάδοση.

Για να μεταφερθούν τα δεδομένα μέσω σημάτων είναι αναγκαία η χρήση μεθόδων που κωδικοποιούν τα δεδομένα πάνω στο χρησιμοποιούμενο αναλογικό ή ψηφιακό σήμα. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται παρουσίαση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την ψηφιακή και αναλογική μετάδοση ψηφιακών δεδομένων.

### 1.3.1. Ψηφιακή μετάδοση ψηφιακών δεδομένων

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, το ψηφιακό σήμα είναι μία ακολουθία από διακριτούς μη συνεχείς παλμούς τάσης και ο κάθε παλμός είναι ένα στοιχείο σήματος (signal element). Τα δυαδικά δεδομένα μεταδίδονται μέσω κωδικοποίησης του κάθε bit δεδομένων σε στοιχεία σήματος. Στην πιο απλή περίπτωση υπάρχει μια προς μια αντιστοιχία μεταξύ των bits και των στοιχείων σήματος.

Αν όλα τα στοιχεία σήματος έχουν το ίδιο αλγεβρικό πρόσημο τότε το σήμα είναι μη-πολωμένο (unipolar). Αν το σήμα είναι πολωμένο (polar) τότε η μία λογική κατάσταση αναπαριστάται με ένα θετικό επίπεδο τάσης, ενώ η άλλη λογική κατάσταση αναπαριστάται με ένα αρνητικό επίπεδο τάσης. Ο ρυθμός σηματοδότησης δεδομένων, ή απλά ρυθμός δεδομένων, ενός σήματος είναι ο ρυθμός (σε bits per second) με τον οποίο μεταδίδονται τα δεδομένα. Η διάρκεια ή μήκος ενός bit είναι το ποσό του χρόνου που χρειάζεται ο πομπός για να εκπέμψει το bit. Αν ο ρυθμός δεδομένων είναι  $R$  τότε η διάρκεια του bit είναι  $1/R$ . Αντίθετα ο ρυθμός διαμόρφωσης (modulation rate) ενός σήματος, είναι ο ρυθμός με τον οποίο αλλάζει το επίπεδο του σήματος, εξαρτάται από την κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται και εκφράζεται σε bauds, δηλαδή στοιχεία σήματος ανά δευτερόλεπτο.

#### *Nonreturn to Zero (NRZ)*

Ο πιο κοινός και απλός τρόπος για την μετάδοση ψηφιακών σημάτων είναι η χρήση δύο διαφορετικών επιπέδων τάσης για την αναπαράσταση των δύο δυαδικών ψηφίων. Οι κώδικες που ακολουθούν αυτή την στρατηγική έχουν σαν κοινή ιδιότητα την διατήρηση της τάσης σε σταθερό επίπεδο κατά την διάρκεια ενός bit και έτσι δεν υπάρχει επιστροφή σε μηδενική τάση (no return to zero voltage level). Στον κώδικα Nonreturn-to-Zero-Level (NRZ-L) χρησιμοποιείται μία αρνητική τάση για την αναπαράσταση της μίας δυαδικής τιμής και μια θετική τάση για την αναπαράσταση της άλλης δυαδικής τιμής. Ο κώδικας αυτός χρησιμοποιείται κυρίως από τα τερματικά αλλά και άλλες συσκευές για την παραγωγή και λήψη ψηφιακών σημάτων.

Μία παραλλαγή του NRZ-L γνωστή ως Nonreturn to Zero Invert on ones (NRZI) κωδικοποιεί τα δεδομένα μέσω της παρουσίας ή απουσίας μετάβασης του σήματος στην αρχή της διάρκειας του bit. Μία μετάβαση (χαμηλό-προς-υψηλό ή υψηλό-προς-χαμηλό) στην αρχή της διάρκειας του bit αναπαριστά το δυαδικό 1 για αυτό το bit ενώ η απουσία της μετάβασης αυτή αναπαριστά το δυαδικό 0. Ο NRZI αποτελεί ένα παράδειγμα διαφορικής κωδικοποίησης (differential encoding), στην οποία το σήμα αποκωδικοποιείται μέσω σύγκρισης της πολικότητας γειτονικών στοιχείων σήματος αντί μέσω καθορισμού της απόλυτης τιμής ενός στοιχείου σήματος. Ένα από τα πλεονεκτήματα μίας τέτοιας μεθόδου είναι ότι παρουσία θορύβου υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία στην ανίχνευση μίας μετάβασης από ότι στην σύγκριση μίας τιμής με ένα κατώφλι (threshold) τάσης.

Οι NRZ κώδικες παρουσιάζουν ευκολία στην υλοποίηση και χρησιμοποιούν με αποδοτικό τρόπο το εύρος ζώνης. Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι η έλλειψη ικανότητας συγχρονισμού. Μια μεγάλη σειρά από 1 ή 0 για τον NRZ-L, ή μία μεγάλη σειρά από 0 για τον NRZI θα δημιουργήσει στην έξοδο μία σταθερή τάση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες οποιαδήποτε ολίσθηση του χρονισμού μεταξύ του πομπού και του δέκτη θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια συγχρονισμού μεταξύ τους.

### **Multilevel Binary**

Μία κατηγορία τεχνικών κωδικοποιήσεων γνωστών ως Multilevel binary, διορθώνουν ορισμένα από τα μειονεκτήματα των NRZ τεχνικών. Δύο από τις πιο γνωστές multilevel binary τεχνικές είναι η bipolar-AMI και η pseudoternary.

Στην πρώτη τεχνική το δυαδικό 0 αναπαριστάται από την έλλειψη σήματος ενώ το δυαδικό 1 παριστάνεται από ένα θετικό ή αρνητικό παλμό. Οι παλμοί του 1 εναλλάσσονται σε πολικότητα και έτσι δεν μπορεί να υπάρξει απώλεια συγχρονισμού κατά την μετάδοση μίας μακράς σειράς από 1 αφού κάθε 1 εισάγει μία μετάβαση και ο δέκτης μπορεί να συγχρονισθεί με βάση την μετάβαση αυτή.

Αντίθετα, όταν μεταδίδεται μία μεγάλη σειρά από 0 συνεχίζει να υπάρχει πρόβλημα συγχρονισμού. Επίσης η εναλλαγή των παλμών παρέχει έναν απλό τρόπο εντοπισμού λαθών καθώς κάθε απομονωμένο λάθος που σβήνει ή εισάγει ένα παλμό καταστρατηγεί την σειρά εναλλαγών και μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό από τον δέκτη.

Στην δεύτερη τεχνική το δυαδικό 1 αναπαρίσταται από έλλειψη σήματος ενώ το δυαδικό 0 παριστάνεται από εναλλασσόμενους αρνητικούς και θετικού παλμούς. Η τεχνική αυτή παρουσιάζει τα ίδια πλεονεκτήματα με την bipolar-AMI.

Για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα συγχρονισμού που εμφανίζεται όταν μεταδίδεται μία μεγάλη σειρά από 0 (bipolar-AMI) ή μία μεγάλη σειρά από 1 (pseudoternary) έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές μέθοδοι. Μία από αυτές εισάγει επιπλέον bits ώστε να εξαναγκάσει μεταβάσεις στο σήμα. Όταν όμως ο ρυθμός δεδομένων είναι υψηλός η τεχνική αυτή σπαταλά εύρος ζώνης. Μία άλλη ομάδα τεχνικών είναι οι τεχνικές scrambling που παρουσιάζονται παρακάτω.

Το κυριότερο μειονέκτημα των bipolar-AMI και pseudoternary τεχνικών είναι η ανταποδοτική εκμετάλλευση του εύρους ζώνης καθώς κάθε στοιχείο σήματος μεταφέρει μόνο ένα bit πληροφορίας ενώ λόγω της χρήσης τριών επιπέδων για το σήμα θα μπορούσε να μεταφέρει  $\log_2 3 = 1,58$  bits πληροφορίας.

***Biphase***

Κάτω από το όνομα αυτό υπάρχει μία σειρά εναλλακτικών μεθόδων κωδικοποίησης που επιλύουν τα προβλήματα που παρουσιάζονται στις NRZ τεχνικές. Οι δύο πιο γνωστές biphase τεχνικές είναι η Manchester και η Differential Manchester.

Στην πρώτη κωδικοποίηση υπάρχει μετάβαση του σήματος στο μέσο της περιόδου κάθε bit. Αυτή η μετάβαση χρησιμεύει τόσο σαν μηχανισμός χρονισμού όσο και σαν μηχανισμός αναπαράστασης των δεδομένων. Μία μετάβαση από χαμηλό-προς-υψηλό δυναμικό αναπαριστά το 1 ενώ αντίθετα η μετάβαση από το υψηλό-προς-χαμηλό δυναμικό αναπαριστά το 0.

Στη δεύτερη τεχνική η μετάβαση στη μέση της περιόδου χρησιμοποιείται μόνο για χρονισμό. Σε αυτή το 0 αναπαρίσταται με την ύπαρξη μετάβασης στην αρχή της περιόδου του bit και το 1 με την έλλειψη τέτοιας μετάβασης. Όλες οι biphase τεχνικές χρησιμοποιούν τουλάχιστον μία μετάβαση ανά περίοδο του bit και μπορεί να έχουν και δύο τέτοιες μεταβάσεις ανά περίοδο. Έτσι ο μέγιστος ρυθμός μορφοποίησης είναι διπλάσιος του NRZ και συνεπώς απαιτούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης.

Τα πλεονεκτήματα των biphase τεχνικών είναι:

- Συγχρονισμός. Η ύπαρξη προβλέψιμων μεταβάσεων ανά περίοδο του bit επιτρέπουν στον δέκτη να συγχρονίζεται με βάση τις μεταβάσεις αυτές. Για το λόγο αυτό οι biphase τεχνικές ονομάζονται αυτοχρονιζόμενοι κώδικες (self-clocking codes).
- Ανίχνευση λαθών. Η απουσία μιας αναμενόμενης μετάβασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση λαθών. Ο θόρυβος της γραμμής θα έπρεπε να αντιστρέψει τόσο το προηγούμενο όσο και το επόμενο στοιχείο σήματος ώστε να μην γίνει αντιληπτό το λάθος.

Οι biphase τεχνικές είναι πολύ διαδεδομένες για μετάδοση δεδομένων και χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στα τοπικά δίκτυα.

***Τεχνικές scrambling***

Στις τεχνικές αυτές μία ακολουθία από bits που μπορεί να προκαλέσει απώλεια συγχρονισμού, λόγω δημιουργίας ενός σταθερού επιπέδου τάσης στην γραμμή, αντικαθίσταται από πρόσθετες ακολουθίες (filling sequences) που παρέχουν ικανό αριθμό μεταβάσεων ώστε ο δέκτης να μπορεί να παραμείνει σε συγχρονισμό. Οι πρόσθετες αυτές ακολουθίες πρέπει να αναγνωρίζονται από τον δέκτη και να αντικαθιστούνται από την αρχική ακολουθία δεδομένων. Η πρόσθετη ακολουθία έχει το ίδιο μήκος με την ακολουθία δεδομένων που αντικαθιστά και έτσι δεν υπάρχει αύξηση του ρυθμού δεδομένων. Οι scrambling τεχνικές χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεταδόσεις μεγάλης απόστασης (long distance transmissions) και οι δύο πιο διαδεδομένες είναι η bipolar with 8 zeros substitution (B8ZS) και η high density bipolar-3 zeros (HDB3).

Η B8ZS τεχνική, χρησιμοποιείται κύρια στην Βόρεια Αμερική, βασίζεται στην bipolar-AMI και την επαυξάνει εισάγοντας τους ακόλουθους δύο κανόνες:

1. Αν εμφανισθεί μία οκτάδα που αποτελείται μόνο από 0 και ο τελευταίος παλμός τάσης που προηγήθηκε της οκτάδας αυτής ήταν θετικός, τότε τα 0 της οκτάδας κωδικοποιούνται ως 000+-0-+

2. Αν εμφανισθεί μία οκτάδα που αποτελείται μόνο από 0 και ο τελευταίος παλμός τάσης που προηγήθηκε της οκτάδας αυτής ήταν αρνητικός, τότε τα 0 της οκτάδας κωδικοποιούνται ως 000-+0+-

Η τεχνική αυτή οδηγεί σε δύο παραβάσεις της bipolar-AMI, γεγονός που δεν μπορεί να συμβεί εύκολα λόγω θορύβου. Ο δέκτης αναγνωρίζει την ακολουθία και την μεταφράζει σαν μία οκτάδα από 0.

Η HDB3 τεχνική χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη και την Ιαπωνία και βασίζεται και αυτή στην bipolar-AMI. Στην τεχνική αυτή κάθε ακολουθία από τέσσερα 0 αντικαθίσταται από μία ακολουθία που περιέχει έναν ή δύο παλμούς. Σε κάθε περίπτωση το τέταρτο 0 αντικαθίσταται από παλμό που να παραβιάζει τον κώδικα. Επίσης χρησιμοποιείται ένας κανόνας ώστε να εξασφαλίζεται η εναλλασσόμενη πολικότητα των παραβιάσεων του κώδικα. Ο κανόνας αυτός έχει σαν κριτήρια τον αριθμό των παλμών από την τελευταία παραβίαση (μονός ή ζυγός) καθώς και την πολικότητα του τελευταίου παλμού πριν την εμφάνιση των τεσσάρων 0.

### 1.3.2. Αναλογική μετάδοση ψηφιακών δεδομένων

Η μετάδοση ψηφιακών δεδομένων με την χρήση αναλογικών σημάτων είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για την μετάδοση δεδομένων πάνω από το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο. Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι έτσι υλοποιημένο ώστε να δέχεται, να μεταγάγει και να μεταδίδει αναλογικά σήματα εντός της ζώνης συχνοτήτων της φωνής, δηλαδή από 300 έως 3400 Hz. Έτσι οι ψηφιακές συσκευές συνδέονται στο τηλεφωνικό δίκτυο μέσω των modems (διαμορφωτές - αποδιαμορφωτές σήματος), τα οποία είναι συσκευές που μετατρέπουν τα ψηφιακά σήματα που δέχονται σε αναλογικά σήματα της ζώνης συχνοτήτων της φωνής.

Η διαμόρφωση του σήματος εμπλέκει τροποποίηση ενός ή περισσότερων από τα τρία χαρακτηριστικά ενός φέροντος σήματος. Τα τρία αυτά χαρακτηριστικά είναι το πλάτος (amplitude), η συχνότητα (frequency) και η φάση (phase), για τα οποία υπάρχουν, σε αντιστοιχία, τρεις βασικές τεχνικές κωδικοποίησης:

- Κωδικοποίηση μετατόπισης πλάτους (Amplitude shift keying - ASK)
- Κωδικοποίηση μετατόπισης συχνότητας (Frequency shift keying - FSK)
- Κωδικοποίηση μετατόπισης φάσης (Phase shift keying - PSK)

#### ASK

Στην ASK τεχνική οι δύο δυαδικές τιμές παριστάνονται με δύο διαφορετικά πλάτη της φέρουσας συχνότητας. Συνήθως ένα από τα πλάτη είναι μηδέν και το ένα δυαδικό ψηφίο παριστάνεται από την ύπαρξη σε σταθερό πλάτος του φέροντος σήματος, ενώ το άλλο από την απουσία του φέροντος σήματος. Η ASK επηρεάζεται από ξαφνικές αλλαγές της έντασης του σήματος και έχει μικρή απόδοση. Σε γραμμές μόνο για φωνή (voice grade lines) χρησιμοποιείται συνήθως μέχρι τα 1200 bps.

Η ASK τεχνική χρησιμοποιείται και στην μετάδοση ψηφιακών δεδομένων πάνω από οπτικές ίνες. Στην περίπτωση χρήσης LED το ένα στοιχείο σήματος παριστάνεται από ένα παλμό φωτός ενώ το άλλο παριστάνεται από την απουσία φωτός. Αν χρησιμοποιούνται lasers το χαμηλού πλάτους κύμα φωτός αναπαριστά το ένα στοιχείο σήματος ενώ το υψηλού πλάτους κύμα φωτός αναπαριστά το άλλο.

**FSK**

Στην FSK τεχνική οι δύο δυαδικές τιμές παριστάνονται από δύο διαφορετικές συχνότητες κοντά στη φέρουσα συχνότητα. Η τεχνική αυτή επηρεάζεται λιγότερο από λάθη από ότι η ASK και σε γραμμές ποιότητας φωνής χρησιμοποιείται μέχρι τα 1200bps. Επίσης χρησιμοποιείται για ραδιοφωνικές μεταδόσεις υψηλής συχνότητας (3 έως 30 MHz) καθώς και σε τοπικά δίκτυα που χρησιμοποιούν ομοαξονικό καλώδιο.

**PSK**

Στην PSK τεχνική η αναπαράσταση των δεδομένων γίνεται με μετατόπιση της φάσης του φέροντος σήματος. Αν η μετατόπιση φάσης είναι κατά 180 μοίρες τότε κάθε στοιχείο σήματος κωδικοποιεί ένα bit πληροφορίας. Πιο αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης μπορεί να επιτευχθεί αν κάθε στοιχείο σήματος αναπαριστά περισσότερα από ένα bits. Παράδειγμα τέτοιας τεχνικής είναι η quadrature phase shift keying (QPSK) που χρησιμοποιεί μετατοπίσεις φάσεις που είναι πολλαπλάσια των 90 μοιρών και έτσι μπορεί να κωδικοποιεί δύο bits ανά στοιχείο σήματος. Αυτού του είδους η τεχνική μπορεί να επεκταθεί ώστε να κωδικοποιεί τρία bits χρησιμοποιώντας οκτώ γωνίες μετατόπισης φάσης. Επίσης κάθε γωνία μπορεί να έχει περισσότερα από ένα πλάτη, π.χ. ένα τυπικό modem των 9600 bps κάνει χρήση 12 γωνιών φάσης, τέσσερις από τις οποίες έχουν δύο τιμές πλάτους.

**1.4. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Η επικοινωνία ψηφιακών δεδομένων μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων γίνεται με την σειριακή μετάδοση των δεδομένων. Στη σειριακή μετάδοση, τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ενός μοναδικού μονοπατιού επικοινωνίας, στο οποίο στέλνονται κάθε χρονική στιγμή στοιχεία σήματος. Κάθε στοιχείο σήματος μπορεί να είναι:

- Λιγότερο από ένα bit, π.χ. κωδικοποίηση Manchester
- Ένα bit, π.χ. κωδικοποιήσεις NRZ-L και FSK
- Περισσότερο από ένα bit, π.χ. κωδικοποίηση QPSK

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες παραγράφους, ο συγχρονισμός αποστολής και λήψης δεδομένων είναι μία από τις κύριες λειτουργίες της επικοινωνίας δεδομένων. Όταν ο πομπός στέλνει ένα μήνυμα, ένα bit ανά χρονική στιγμή, στον δέκτη, πρέπει ο τελευταίος να μπορεί να αναγνωρίσει την αρχή και το τέλος ενός κομματιού από bits. Επίσης πρέπει να ξέρει την χρονική διάρκεια ενός bit ώστε να μπορεί να δειγματοληπτεί την γραμμή με τον κατάλληλο χρονισμό που απαιτείται για να διαβάσει κάθε bit.

Σαν παράδειγμα, έστω ότι έχουμε ένα πομπό ο οποίος μεταδίδει μία σειρά από bits με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 10.000 bps. Ένα bit θα μεταδίδεται κάθε  $1/10.000 = 0,1$  ms με βάση το ρολόι του πομπού. Συνήθως, ο δέκτης θα προσπαθήσει να δειγματοληπτήσει το μέσο μετάδοσης στη μέση της χρονικής διάρκειας του bit. Ο χρονισμός των δειγμάτων θα γίνει με βάση το ρολόι του δέκτη και η χρονική απόσταση μεταξύ των δειγμάτων θα είναι 0,1 ms.

Αν τα ρολόγια του πομπού και του δέκτη δεν είναι απόλυτα συγχρονισμένα, έστω ότι το ρολόι του πομπού είναι 1% πιο γρήγορο ή πιο αργό από το ρολόι του δέκτη, θα υπάρξει πρόβλημα στη δειγματοληψία. Έτσι το πρώτο δείγμα θα παρθεί 0,01 του



χρόνου διάρκειας του bit (0,001 ms) μακριά από τη μέση του bit (η μέση του bit είναι 0,05 ms από την αρχή και το τέλος του bit). Μετά από 50 δειγματοληψίες ο δέκτης μπορεί να κάνει λάθος αφού θα δειγματοληπτεί σε λάθος χρόνο διάρκειας του bit ( $50 \times 0,001 = 0,05$  ms).

Τελικά ο δέκτης θα βρεθεί εκτός συγχρονισμού με τον πομπό, αν ο τελευταίος εκπέμψει μια αρκετά μεγάλη σειρά από bits και δεν παρθούν κατάλληλα μέτρα συγχρονισμού. Οι πιο κοινά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι συγχρονισμού είναι η ασύγχρονη και η σύγχρονη μετάδοση που παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

### 1.4.1. Ασύγχρονη μετάδοση

Η στρατηγική που χρησιμοποιείται στην ασύγχρονη μετάδοση για την εξάλειψη των προβλημάτων συγχρονισμού είναι να αποφεύγεται η μετάδοση μεγάλων, αδιάλειπτων σειρών από bits. Αντίθετα, τα δεδομένα μεταδίδονται με ρυθμό ενός χαρακτήρα ανά χρονική στιγμή, όπου κάθε χαρακτήρας έχει μήκος πέντε έως οκτώ bits. Ο συγχρονισμός της μετάδοσης είναι απαραίτητο να διατηρηθεί μόνο για κάθε χαρακτήρα και έτσι ο δέκτης έχει την ευκαιρία για απανασυγχρονισμό στην αρχή της λήψης κάθε νέου χαρακτήρα.

Όταν δεν μεταδίδεται ένας χαρακτήρας η γραμμή μεταξύ το πομπού και του δέκτη βρίσκεται σε αδρανή κατάσταση. Ο ορισμός της αδρανούς κατάστασης είναι ανάλογος με αυτόν του στοιχείου σήματος για το δυαδικό 1. Στα περισσότερα πρότυπα σύνδεσης (π.χ. EIA-232-D) η αδρανής κατάσταση αντιστοιχεί στην παρουσία αρνητικής τάσης στη γραμμή.

Η αρχή ενός χαρακτήρα σηματοδοτείται από το bit αρχής (start bit) που έχει την τιμή του δυαδικού 0. Το bit αυτό ακολουθείται από πέντε έως οκτώ bits που αποτελούν τον χαρακτήρα και μεταδίδονται από το λιγότερο σημαντικό (least significant) προς το πιο σημαντικό (most significant) bit. Συνήθως τα bits του χαρακτήρα τα ακολουθεί ένα bit ισοτιμίας (parity bit) το οποίο βρίσκεται στη θέση του πιο σημαντικού bit. Η τιμή του bit ισοτιμίας τίθεται από τον πομπό έτσι ώστε ο συνολικός αριθμός των άσπων στον χαρακτήρα, συμπεριλαμβανομένου του bit ισοτιμίας, να είναι άρτιος (άρτια ισοτιμία) ή περιττός (περιττή ισοτιμία). Το τελικό στοιχείο σήματος είναι το bit παύσης (stop bit) που έχει την τιμή του δυαδικού 1.

Έχει οριστεί μόνο το ελάχιστο μήκος του bit παύσης και το οποίο συνήθως είναι 1, 1,5 ή 2 φορές η διάρκεια ενός κανονικού bit. Επειδή το bit παύσης είναι το ίδιο με την αδρανή κατάσταση, ο πομπός συνεχίζει να εκπέμπει το bit παύσης μέχρι να εκπέμψει τον επόμενο χαρακτήρα. Αν αποσταλεί μία σταθερή σειρά από χαρακτήρες το διάστημα μεταξύ δύο χαρακτήρων είναι ομοιόμορφο και ίσο με την διάρκεια του bit παύσης.

Οι απαιτήσεις χρονισμού για την ασύγχρονη μετάδοση δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές. Για παράδειγμα, αν οι χαρακτήρες στέλλονται σαν ομάδες των οκτώ bits, συμπεριλαμβανομένου και του bit ισοτιμίας (π.χ. χαρακτήρες ASCII) και ο δέκτης είναι εκτός συγχρονισμού με τον πομπό κατά 5%, τότε η δειγματοληψία του όγδοου bit της πληροφορίας θα είναι σωστή παρόλο που θα έχει υποστεί μετατόπιση κατά 45%.

Αν για παράδειγμα ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι 10,000 bps και ο δέκτης είναι εκτός συγχρονισμού κατά 7%, ένα τέτοιο λάθος προκαλεί στην πραγματικότητα

δύο λάθη. Πρώτον, το τελευταίο bit δεν λαμβάνεται σωστά και δεύτερον ο μετρητής των bit βρίσκεται εκτός συγχρονισμού. Έτσι αν το έβδομο bit είναι 1 και το όγδοο bit είναι 0 μπορεί ο δέκτης να μπερδέψει το τελευταίο και να νομίζει ότι είναι ένα bit αρχής. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται λάθος πλαισίωσης (framing error) καθώς ο χαρακτήρας μαζί με τα bits αρχής και παύσης ονομάζεται πλαίσιο (frame). Ένα λάθος πλαισίωσης μπορεί να συμβεί και όταν κάποιος θόρυβος κατά την αδρανή κατάσταση προκαλεί την εμφάνιση ενός bit αρχής.

Η ασύγχρονη μετάδοση, παρόλο που είναι απλή και φθηνή στην υλοποίησή της, απαιτεί ένα πλεόνασμα (overhead) δύο ή τριών bits ανά χαρακτήρα. Το ποσοστό του πλεονάσματος αυτού θα μπορούσε να μειωθεί αν μεταξύ των bits αρχής και παύσης στέλνονταν περισσότεροι από ένας χαρακτήρες. Όσο όμως μεγαλύτερη είναι η σειρά των bits τόσο μεγαλύτερο είναι το συσσωρευμένο λάθος συγχρονισμού. Για την αποστολή μεγάλων κομματιών από bits χρησιμοποιείται η σύγχρονη μετάδοση που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

### 1.4.2. Σύγχρονη μετάδοση

Στη σύγχρονη μετάδοση κομμάτια χαρακτήρων ή bits αποστέλλονται χωρίς την ύπαρξη κωδικών αρχής και παύσης και ο ακριβής χρόνος αναχώρησης ή άφιξης κάθε bit μπορεί να προβλεφθεί. Για να επιτευχθούν τα προηγούμενα πρέπει να υπάρχει κάποιος τρόπος συγχρονισμού των ρολογιών του πομπού και του δέκτη. Μία δυνατότητα είναι η παροχή μιας ξεχωριστής γραμμής συγχρονισμού μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε πρέπει η πληροφορία του συγχρονισμού να ενσωματωθεί στο σήμα δεδομένων. Στην περίπτωση των ψηφιακών σημάτων αυτό επιτυγχάνεται μέσω των biphase κωδικοποιήσεων. Στα αναλογικά σήματα υπάρχουν πολλές τεχνικές που μπορούν χρησιμοποιηθούν, όπως η χρήση της φέρουσας συχνότητας για συγχρονισμό του δέκτη με βάση την φάση του φέροντος σήματος.

Στη σύγχρονη όμως μετάδοση υπάρχει η ανάγκη για την ύπαρξη ενός ακόμα επιπέδου συγχρονισμού έτσι ώστε ο δέκτης να μπορεί να αντιληφθεί την αρχή και το τέλος ενός κομματιού δεδομένων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, κάθε κομμάτι ξεκινά με μία σειρά από bits που ονομάζεται preamble και τελειώνει με μία άλλη σειρά από bits που ονομάζεται postamble. Οι σειρές αυτές περιέχουν πληροφορίες ελέγχου και όχι απλά δεδομένα. Τα δεδομένα μαζί με την πληροφορία ελέγχου των σειρών αποτελούν ένα πλαίσιο του οποίου η ακριβής μορφή εξαρτάται από το αν η μετάδοση είναι προσανατολισμένη προς χαρακτήρες (character oriented) ή προσανατολισμένη προς bits (bit oriented).

Στην πρώτη περίπτωση η διαχείριση του κομματιού δεδομένων γίνεται σαν να αποτελείται από ακολουθία χαρακτήρων (συνήθως των οκτώ bits ανά χαρακτήρα). Όλη η πληροφορία ελέγχου είναι υπό την μορφή χαρακτήρων. Το πλαίσιο ξεκινά με έναν ή περισσότερους χαρακτήρες συγχρονισμού. Ο χαρακτήρας συγχρονισμού, που συχνά ονομάζεται SYN, είναι μία μοναδική σειρά από bits που ειδοποιεί τον δέκτη για την αρχή του κομματιού δεδομένων και ο οποίος αποδέχεται τα δεδομένα μέχρι να βρει τον postamble χαρακτήρα.

Μία εναλλακτική προσέγγιση είναι η ενσωμάτωση του μήκους του πλαισίου στην πληροφορία ελέγχου. Στην περίπτωση αυτή ο δέκτης αφού βρει τον χαρακτήρα SYN καθορίζει το μήκος του πλαισίου, διαβάζει τον ενδεικνυόμενο αριθμό χαρακτήρων και μετά αναμένει τον χαρακτήρα SYN για το επόμενο πλαίσιο.

Όταν η μετάδοση είναι προσανατολισμένη προς bits, η διαχείριση του κομματιού δεδομένων γίνεται σαν να αποτελείται από μία ακολουθία από bits. Μια ειδική σειρά από bits, που έχει μήκος οκτώ bits και ονομάζεται flag, σηματοδοτεί την έναρξη του κομματιού. Η ίδια σειρά χρησιμοποιείται και για την σηματοδότηση του τέλους του κομματιού. Ο δέκτης αναζητά την ύπαρξη του flag το οποίο ακολουθείται από έναν αριθμό από πεδία ελέγχου, ένα πεδίο δεδομένων μεταβλητού μήκους, έναν αριθμό από πεδία ελέγχου και τέλος το ίδιο το flag.

Οι διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων βασίζονται στις λεπτομερείς μορφές των πλαισίων καθώς και στην μετάφραση της πληροφορίας ελέγχου. Για μεγάλα κομμάτια δεδομένων, η σύγχρονη μετάδοση είναι πολύ πιο αποδοτική από την ασύγχρονη αφού η πρώτη έχει συνήθως μόνο 4,6 % πλεόνασμα ενώ η δεύτερη έχει τουλάχιστον 20%.

### 1.4.3. Τεχνικές Ανεύρεσης Λαθών

Ανεξάρτητα από την σχεδίαση του συστήματος μετάδοσης η εμφάνιση λαθών δεν μπορεί να αποφευχθεί. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν τεχνικές ανεύρεσης λαθών οι οποίες βασίζονται στην εξής αρχή:

Σε ένα δεδομένο πλαίσιο από bits προστίθενται από τον πομπό bits που αποτελούν ένα κώδικα ανεύρεσης λαθών. Ο κώδικας αυτός υπολογίζεται σε συνάρτηση με τα άλλα μεταδιδόμενα bits. Ο δέκτης εκτελεί τον ίδιο υπολογισμό και συγκρίνει τα δύο αποτελέσματα. Το λάθος ανιχνεύεται μόνο όταν τα δύο αποτελέσματα είναι ανόμοια.

Όταν μεταδίδεται ένα πλαίσιο, οι ακόλουθες πιθανότητες μπορούν να ορισθούν στον δέκτη:

- $\Pi_1$ : είναι η πιθανότητα άφιξης ενός πλαισίου χωρίς λάθη
- $\Pi_2$ : είναι η πιθανότητα άφιξης ενός πλαισίου με ένα ή περισσότερα λάθη που δεν έχουν ανιχνευθεί
- $\Pi_3$ : είναι η πιθανότητα άφιξης ενός πλαισίου με ένα ή περισσότερα ανιχνευμένα λάθη αλλά με μηδέν λάθη που δεν έχουν ανιχνευθεί

Αν δεν χρησιμοποιούνται μέθοδοι ανεύρεσης λαθών τότε η  $\Pi_3$  είναι μηδέν. Αν υποθέσουμε ότι η πιθανότητα  $\Pi_b$  να είναι λάθος οποιοδήποτε bit είναι σταθερή και ανεξάρτητη της θέσης του, έχουμε:

$$\Pi_1 = (1 - \Pi_b)^{N_f}$$

$$\Pi_2 = 1 - \Pi_1$$

όπου  $N_f$  είναι ο αριθμός των bits ανά πλαίσιο. Η πιθανότητα  $\Pi_2$  ονομάζεται και residual error rate.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:  
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ Χ.25/CCITT



## 2. Πρωτόκολλο X.25/CCITT

### 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών προορίζονταν για να προσφέρουν περιορισμένες υπηρεσίες και να επιτυγχάνουν συνδέσεις σε μικρή κλίμακα. Επίσης σε αυτό συνέτεινε και το μεγάλο κόστος των υπολογιστών (δεν υπήρχαν ακόμη οι σημερινοί πανίσχυροι microprocessors, οι μνήμες ήταν ακριβές, οι χωρητικότητές τους μικρές, κ.λ.π.), σε βαθμό που να είναι ακριβή η ανάπτυξη συστημάτων δικτύων τα οποία να κάνουν αποτελεσματικό routing ή switching και γενικότερη διαχείριση δικτύου. Η λύση ήταν επομένως η αγορά και εγκατάσταση αποκλειστικών κυκλωμάτων/ γραμμών σύνδεσης με συγκεκριμένα μεγάλα mainframe συστήματα. Η έλλειψη όμως κάποιων standards έκανε απαγορευτική την επέκταση τέτοιων συστημάτων προκειμένου να συνδεθούν με άλλα διαφορετικά συστήματα.

Η ανάγκη για διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων, που εν γένει είναι πολύ απομακρυσμένα μεταξύ τους, έκανε επιτακτική την ανάγκη χρήσης των δημοσίων δικτύων επικοινωνιών (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ιδιωτικές μισθωμένες γραμμές επικοινωνίας). Έτσι, προκειμένου να διασυνδέονται πολλά ετερογενή περιβάλλοντα πάνω από ένα κοινό μέσο (δημόσια δίκτυα), έγινε απαραίτητη η σύσταση κάποιων standards που ορίζουν ακριβώς τον τρόπο σύνδεσης (interface) μεταξύ των συνδρομητών και του δικτύου.

Το X.25 είναι μια σύσταση της CCITT που καθορίζει αυστηρά το interface μεταξύ συνδρομητών (DTE - Data Terminal Equipment) και του δικτύου μεταγωγής (DCE - Data Circuit Terminating Equipment). Η X.25 είναι συμβατή με το πρότυπο OSI του ISO και προδιαγράφεται για τα 3 πρώτα επίπεδά του. Τα επίπεδα από το 4ο και πάνω είναι στην αρμοδιότητα του χρήστη.

Ένα DTE είναι γενικά μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και η οποία λειτουργεί ανταλλάσσοντας πακέτα. Κλασσικό παράδειγμα είναι ένα σύγχρονο τερματικό. Για να συνδεθεί ένα ασύγχρονο τερματικό σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, θα πρέπει να παρεμβληθεί ειδική συσκευή που λέγεται PAD - Packet Assembler Disassembler, η οποία πρώτα συγκεντρώνει δεδομένα σε πακέτα και μετά τα προωθεί στο δίκτυο.

Ένα DCE είναι γενικά ένας κόμβος ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων και ο οποίος είναι επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχόμενων κλήσεων προς άλλα DTEs, κ.λ.π. Συνήθως, τα DCEs είναι οι κόμβοι του δικτύου στους οποίους συνδέονται τα διάφορα DTEs.

Το X.25 είναι ακριβώς ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο ορίζει ένα σύνολο καθορισμών/ προδιαγραφών για το DTE/DCE interface. Τα βασικά του καθήκοντα είναι τα εξής:

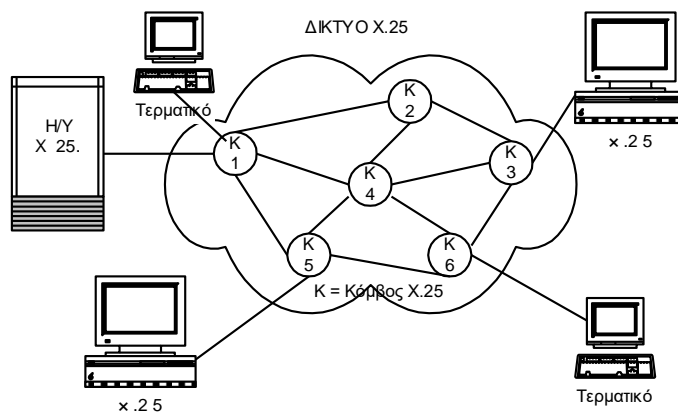
- Ανταλλαγή κωδίκων για αποκατάσταση μιας σύνδεσης (Link Set-Up).
- Αλληλουχία λειτουργιών που αφορούν στη μετάδοση/ λήψη δεδομένων, στη διαχείριση διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων, στην εξασφάλιση έγκυρης και σωστής λήψης πληροφοριών.

Μιλώντας αυστηρά στη γλώσσα των standards, το X.25 δεν είναι στην πραγματικότητα ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας δεδομένων. Μάλλον είναι ένα πρότυπο που καθορίζει το interface με το δίκτυο και που προσδιορίζει διαφορετικά

πρωτόκολλα για καθένα από τα τρία επίπεδά του: το Φυσικό Επίπεδο, το Data Link Επίπεδο και το Network Επίπεδο.

## 2.2. ΝΟΗΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Ένα X.25 δίκτυο, αποτελείται από επικοινωνιακούς κόμβους μεταγωγής πακέτων, συνδεδεμένων ανά δύο point-to-point (Connected Mesh Topology). Υπάρχει επομένως ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ οποιονδήποτε δύο κόμβων του δικτύου (βλέπε Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Ένα τυπικό X.25 Δίκτυο

Λόγοι οικονομίας των φυσικών καλωδιώσεων, αλλά κυρίως το γεγονός ότι μια φυσική γραμμή συνήθως χρησιμοποιείται περιοδικά και για πολύ μικρά διαστήματα, επιβάλλουν την εκμετάλλευση μιας φυσικής γραμμής για περισσότερες της μιας συνδέσεων. Η τεχνική αυτή ονομάζεται πολυπλεξία (multiplexing).

Όταν δύο DTEs ανταλλάσσουν πακέτα μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, τότε λέμε ότι υπάρχει ένα **Νοητό Κύκλωμα** μεταξύ τους (Virtual Circuit). Σε ένα τέτοιο κύκλωμα δεν υπάρχει άμεση φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο DTEs, αλλά το δίκτυο τους συνδέει νοητά με λογικό συσχετισμό των διευθύνσεων αποστολέα και παραλήπτη που υπάρχουν στα ανταλλασσόμενα πακέτα.

Υπάρχουν δύο ειδών Νοητά Κυκλώματα:

- PVC (Permanent Virtual Circuits), όπου διατηρείται συνεχώς μια μόνιμη σύνδεση μεταξύ των δύο DTEs. Αντιστοιχούν στις μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές των τραπεζών (On-Line).
- SVC (Switched Virtual Circuits), όπου η σύνδεση παραμένει μεταξύ των δύο DTEs μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και διακόπτεται μετά το πέρας της μετάδοσης των δεδομένων. Αντιστοιχούν στις επιλεγόμενες κλήσεις του κοινού τηλεφωνικού δικτύου. Λέγονται και προσωρινές συνδέσεις.

Πριν σταλούν δεδομένα (πακέτα με data) πάνω σε ένα SVC είναι απαραίτητη η προηγούμενη αποκατάσταση αυτού του νοητού κυκλώματος. Όταν τελειώσει η αποστολή δεδομένων μπορεί να καταργηθεί αυτό το κύκλωμα. Οι διαδικασίες αυτές γίνονται με την αποστολή ειδικών πακέτων ελέγχου. Στα PVC τέτοιες διαδικασίες δεν έχουν νόημα: ανά πάσα στιγμή μπορούν να στέλνονται πακέτα-data από τη μια άκρη της σύνδεσης στην άλλη.



## 2.3. Η ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ ΤΟΥ X.25

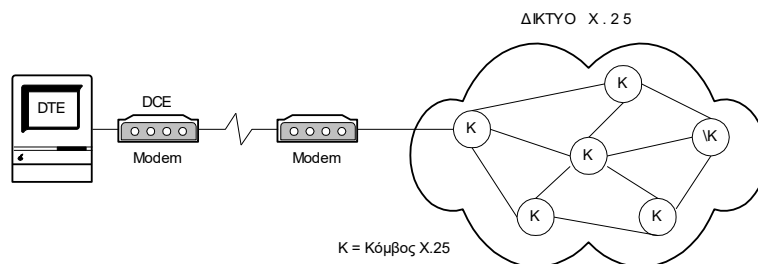
Προκειμένου να μεταφερθούν δεδομένα στο X.25, τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να χωριστούν σε τμήματα (π.χ. 128 bytes το καθένα, εκτός ίσως από το τελευταίο που μπορεί να είναι μικρότερο). Τα πακέτα αυτά αριθμούνται και αποστέλλονται στον παραλήπτη τους, ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Ο παραλήπτης έχει υποχρέωση να τοποθετήσει τα πακέτα που έλαβε με τη σειρά και να έχει έτσι ακέραια τα αρχικά δεδομένα.

Η τακτική αποστολής δεδομένων σε πολλά μικρά πακέτα έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, σε σχέση με την αποστολή των δεδομένων σε ένα μοναδικό και μεγάλο πακέτο:

- Πιο αποτελεσματική δρομολόγηση πακέτων, μιας και ένα πακέτο δεν πρόκειται να μονοπωλεί κάποια DTE/DCE σύνδεση για πολύ χρόνο, μπλοκάροντας έτσι την προώθηση άλλων πακέτων.
- Αν κάποιο πακέτο ληφθεί λάθος, τότε χρειάζεται να ξανασταλλεί μόνο αυτό το πακέτο και όχι όλα τα προηγούμενα.
- Ασφάλεια Δεδομένων: προκειμένου κάποιος να κλέψει δεδομένα από το δίκτυο θα πρέπει να κλέψει όλα τα επιμέρους πακέτα της πληροφορίας και μάλιστα να μπορέσει να τα διατάξει και στη σωστή σειρά.
- Μεγαλύτερη Αξιοπιστία: η ανταλλαγή πακέτων κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης παρέχει επίσης ένα μηχανισμό επιβεβαίωσης της μέχρι εκείνη τη στιγμή σωστής επικοινωνίας.

## 2.4. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ X.25

Το Φυσικό Επίπεδο (Επίπεδο-1) λέγεται και **Επίπεδο bits**. Εδώ μας ενδιαφέρει η μεταφορά bits πληροφορίας, με όσο αξιόπιστο τρόπο γίνεται. Το επίπεδο αυτό ορίζει συστάσεις για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (επιτρεπόμενες ηλεκτρικές τάσεις, ρυθμοί μετάδοσης, κ.λ.π.), τα μηχανικά χαρακτηριστικά (χρησιμοποιούμενα καλώδια, connectors, κ.λ.π.), τα λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για μια φυσική DTE/DCE. Για μια τέτοια σύνδεση δεν καθορίζεται το μέσο, αλλά συνήθως είναι πάνω από μια αφιερωμένη γραμμή ενός επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN) με modem στις δύο άκρες του, προκειμένου να συνδεθούμε στο Δημόσιο Δίκτυο Δεδομένων (PDN - Public Data Network). Μια τέτοια σύνδεση φαίνεται στην Εικόνα 5.



**Εικόνα 5: Σύνδεση DTE μέσω modem**

Η μετάδοση πρέπει να είναι ταυτόχρονη διπλής κατεύθυνσης (Full Duplex). Η CCITT προσπάθησε στο επίπεδο αυτό να διατηρήσει τις ήδη υπάρχουσες

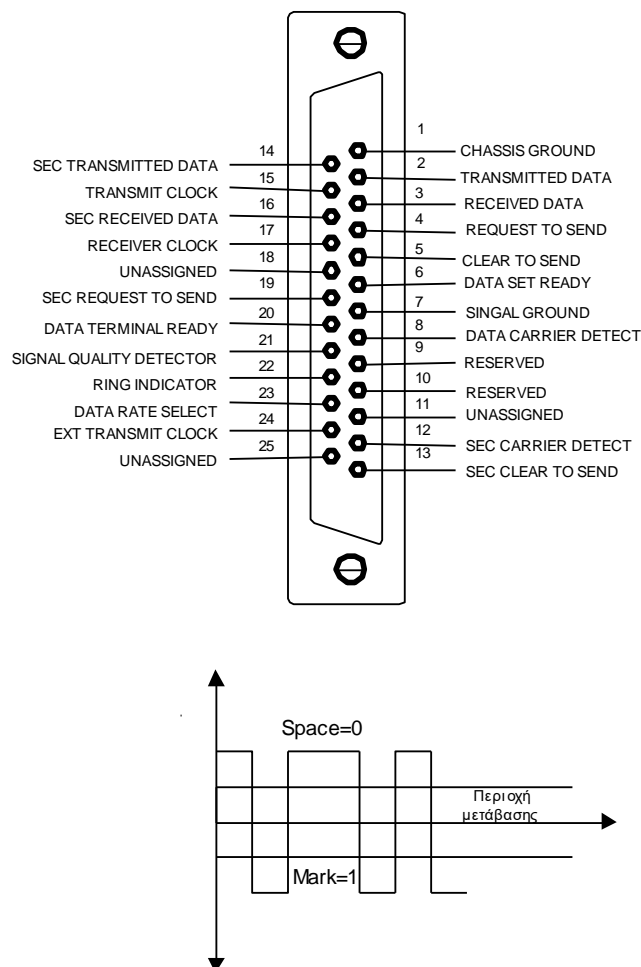
τυποποιήσεις. Τις παραπάνω απαιτήσεις ήρθε να καλύψει η σύσταση X.21 bis, που γενικά επιτρέπει τις εξής εναλλακτικές συνδέσεις:

V.24/V.28 (ισοδύναμη με την RS-232). Χρησιμοποιείται connector ISO 2110 - 25 pins. Εδώ μπορούμε να φτάσουμε σε ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως και 19.200 bps.

V.24/V.10 - V.11. Χρησιμοποιείται connector ISO 4902 - 37 pins.

V.35. Χρησιμοποιείται connector ISO 2593 - 34 pins. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων μπορούν να φθάσουν έως και 48.000 bps.

Για την πρώτη περίπτωση ο αντίστοιχος connector και οι στάθμες ηλεκτρικών σημάτων φαίνονται στην Εικόνα 6. Ας σημειωθεί εδώ, ότι τα χρησιμοποιούμενα modems πρέπει να είναι της σειράς V/CCITT.



**Εικόνα 6: V.24 connector και ηλεκτρικές στάθμες για 0 και 1**

Μια άλλη τυποποίηση είναι η X.21. Είναι εντελώς διαφορετική από την X.21 bis. Χρησιμοποιείται για απευθείας φυσική σύνδεση σε ψηφιακά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος και άρα δεν έχει έννοια η χρήση του modem. Στο μέλλον η χρήση αυτής της τυποποίησης αναμένεται να είναι μεγάλη, λόγω της εξάπλωσης των ψηφιακών γραμμών μεταγωγής κυκλώματος. Προσφέρει όλα τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, όπως γρήγορη επιλογή, αξιοπιστία, επανεπιλογή, κλειστές ομάδες συνδρομητών, υψηλή ταχύτητα μετάδοσης, κ.λ.π.

## 2.5. X.25 DATA LINK LAYER (ΕΠΙΠΕΔΟ-2)

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η αξιόπιστη, χωρίς σφάλματα μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δύο άκρων ενός λογικού κυκλώματος. Ενώ στο επίπεδο-1 αποκαθίσταται η φυσική σύνδεση DTE/DCE και αποστέλλονται απλά bits, στο επίπεδο-2 γίνεται μια πρώτη οργάνωση και απόδοση έννοιας στα bits του επιπέδου-1. Τώρα στέλνονται πλαίσια (frames) και μάλιστα με αξιόπιστο τρόπο. Λέγοντας **αξιόπιστο**, εννοούμε ότι το πρωτόκολλο αναλαμβάνει να εκτελέσει τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου τα πλαίσια αυτά να φθάνουν τελικά σωστά στον προορισμό τους και με τη σωστή σειρά (π.χ. εντοπίζει σφάλματα αποστολής και ξαναστέλνει τα λανθασμένα).

Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του επιπέδου αυτού:

- Υπάρχει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δίκτυο.
- Η επικοινωνία DTE/DCE είναι σύγχρονη, point-to-point και Full Duplex (ταυτόχρονης διπλής κατεύθυνσης).

Η CCITT συνιστά σαν πρωτόκολλο για το Data Link Layer του X.25, το LAPB (Link Access Protocol Balanced ή το LAP (πρόγονος του LAP).

### 2.5.1. Το LAPB Πρωτόκολλο

Οι βασικές λειτουργίες του LAPB είναι οι εξής:

- Αποκατάσταση Σύνδεσης (Link Set-Up) μεταξύ DTE και DCE.
- Μεταφορά Δεδομένων. Η μεταφορά γίνεται υπό μορφή πακέτων (packets), εξασφαλίζοντας έτσι εξάλειψη σφαλμάτων και σωστή σειρά λήψης των πακέτων.
- Τερματισμός της Σύνδεσης (Logical Connection Release).
- Ας σημειωθεί ότι οι παραπάνω λειτουργίες έχουν νόημα για τις SVC (προσωρινές) συνδέσεις, ενώ για τις PVC (μόνιμες) συνδέσεις έχει έννοια μόνο η λειτουργία (β), μιας και το Νοητό Κύκλωμα είναι αφιερωμένο μόνιμα.
- Τα frames διακρίνονται, με βάση τη γενική λειτουργία τους, σε δύο κατηγορίες:
- Πλαίσια εντολών (Command Frames).
- Πλαίσια Απαντήσεων (Response Frames).
- Το LAPB έχει τα εξής χαρακτηριστικά:
- Είναι απλό και έξυπνο.
- Δεν περιορίζει μια λογική σύνδεση σε μόνιμη σχέση master-slave μεταξύ DTE και DCE ή μεταξύ καλούντος DTE και καλούμενου DTE. Οι ρόλοι master-slave μπορούν να αλλάζουν ακόμη και κατά τη διάρκεια της σύνδεσης.
- Πλαίσια εντολών στέλνει μόνο ο εκάστοτε master. Ο εκάστοτε slave στέλνει μόνο πλαίσια απαντήσεων.

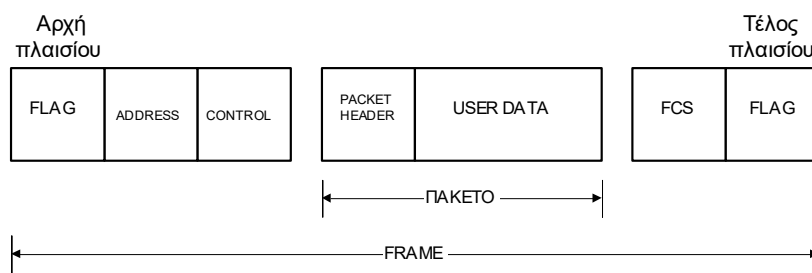
- Είτε ο καλών DTE, είτε ο καλούμενος DTE μπορεί να διακόψει τη σύνδεση. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτό μπορεί να γίνει και από τον τοπικό ή τον απομακρυσμένο DCE.

Με βάση την ειδική λειτουργία τους, τα πλαίσια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- U-frames (Unnumbered Frames). Σκοπός τους είναι η αποκατάσταση ή ο τερματισμός μιας λογικής σύνδεσης SVC.
- I-frames (Information Frames). Σκοπός τους είναι η μεταφορά πληροφορίας που περιέχει Data Packets.
- S-frames (Supervisory Frames). Σκοπός τους είναι ο έλεγχος της ροής των πλαισίων, η επιβεβαίωση της ορθής λήψης άλλων πλαισίων, η απόρριψη εσφαλμένων ή μη δεκτών frames, κ.λ.π.

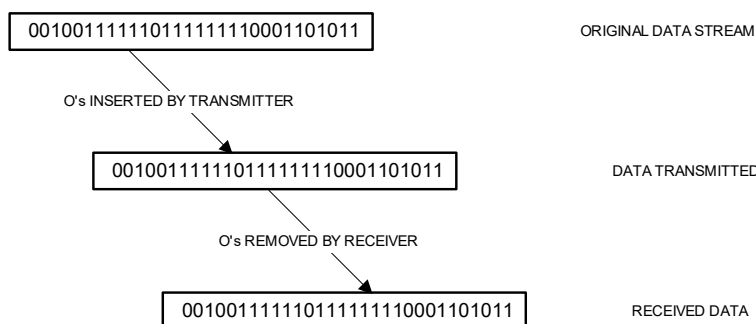
### 2.5.2. Η Τυπική Δομή ενός X.25 Πλαισίου

Η γενική μορφή ενός πλαισίου φαίνεται στην Εικόνα 7.



**Εικόνα 7: Ένα Τυπικό X.25 Πλαίσιο**

Το πεδίο **Flag** είναι ένα byte που έχει την τιμή 01111110. Αυτό το byte χρησιμοποιείται για να οριοθετήσει την αρχή και το τέλος του frame. Επομένως απαγορεύεται να εμφανιστεί ενδιάμεσα στο πλαίσιο κάποιος συνδυασμός από bits που να είναι ίδιος με αυτό το συνδυασμό. Για να επιτευχθεί αυτό ακολουθείται μια τεχνική γνωστή ως **Bit Stuffing**. Κατά την τεχνική αυτή, όταν εντοπιστεί μια ακολουθία από 6 συνεχόμενα 1's μέσα στο προς μετάδοση πλαίσιο, τότε μετά το πέμπτο 1 παρεμβάλλεται ένα 0. Ο παραλήπτης στην άλλη άκρη, όταν λαμβάνει μια ακολουθία από 5 συνεχόμενα 1's ελέγχει το αμέσως επόμενο bit: αν αυτό είναι 0 τότε το αφαιρεί, ενώ αν είναι 1 καταλαβαίνει ότι πρόκειται για το flag byte. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην Εικόνα 8.



**Εικόνα 8: Παράδειγμα της Bit Stuffing τεχνικής**

Το flag byte μεταδίδεται και στο διάστημα που δεν ανταλλάσσονται πλαίσια μεταξύ DTE και DCE ώστε η γραμμή να διατηρείται ενεργή. Μεταξύ δύο διαδοχικών πλαισίων είναι δυνατό να υπάρχει ένα μόνο flag byte.

Το πεδίο **Address** χρησιμοποιείται για να διακρίνει εντολές και απαντήσεις σε αντίθετες κατευθύνσεις. Έχει δύο μόνο τιμές: A (για εντολή του DCE και απάντηση του DTE) και τιμή B (για εντολή του DTE και απάντηση του DCE).

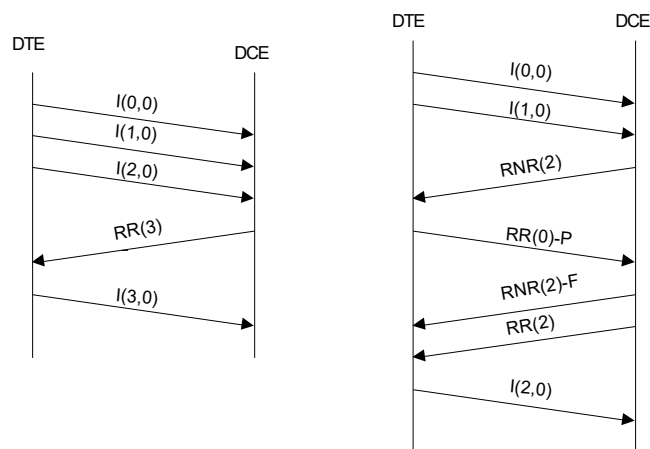
Το πεδίο **Control** προσδιορίζει τον τύπο του πλαισίου, παρέχοντας παράλληλα και πληροφορία επιβεβαίωσης ορθής λήψης προηγούμενων πλαισίων.

Το πεδίο **Πληροφορίας** εμφανίζεται μόνο στα I-πλαίσια και η σημασία του απασχολεί το επίπεδο 3.

Το πεδίο **FCS** (Frame Check Sequence) έχει μήκος 2 bytes και αποσκοπεί στον εντοπισμό σφαλμάτων που προκλήθηκαν στα bits του πλαισίου κατά τη μεταφορά του στο δίκτυο. Το FCS είναι το υπόλοιπο μιας διαίρεσης modulo-2 πολυωνύμων (το πολυώνυμο που αντιστοιχεί στο frame με το πολυώνυμο  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ ).

### 2.5.3. Τα Σημαντικότερα Πλαίσια του Επιπέδου-2

- **Receive Ready (RR)**. Επιβεβαιώνει τη σωστή λήψη των I-πλαισίων που έχουν απαριθμητή εκπομπής έως  $N_T-1$ . Επίσης, δηλώνει την ετοιμότητα του δέκτη για λήψη πλαισίων πληροφορίας. Ένα χρονικό διάγραμμα για τη λειτουργία αυτού του πλαισίου φαίνεται στην Εικόνα 9.
- **Receive Not Ready (RNR)**. Δηλώνει την προσωρινή αδυναμία λήψης άλλων I-πλαισίων. Επίσης επιβεβαιώνει τα έως τώρα ληφθέντα I-πλαίσια με το μετρητή  $N_T$ .
- **Disconnect**. Έχει σκοπό τον τερματισμό της λογικής σύνδεσης.
- **Set Asynchronous Balanced Mode (SABM)**. Θέτει το απέναντι DTE σε κατάσταση ετοιμότητας για την αποστολή ή λήψη I-πλαισίων.
- **Unnumbered Acknowledgement (UA)**. Χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει τη λήψη ενός U-πλαισίου από τον παραλήπτη του.

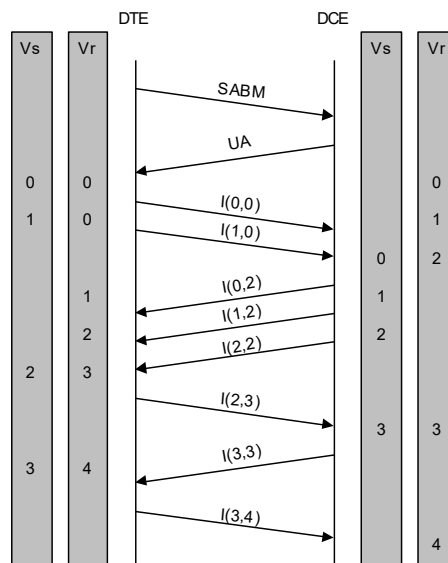


Εικόνα 9: Χρονικό Διάγραμμα για RR και RNR πλαίσια

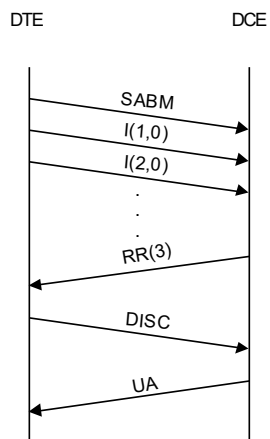
### 2.5.4. Φάσεις μιας Λογικής Σύνδεσης

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία των πλαισίων που αναφέρθηκαν προηγούμενα, θα αναλύσουμε την χρήση τους στις επιμέρους φάσεις.

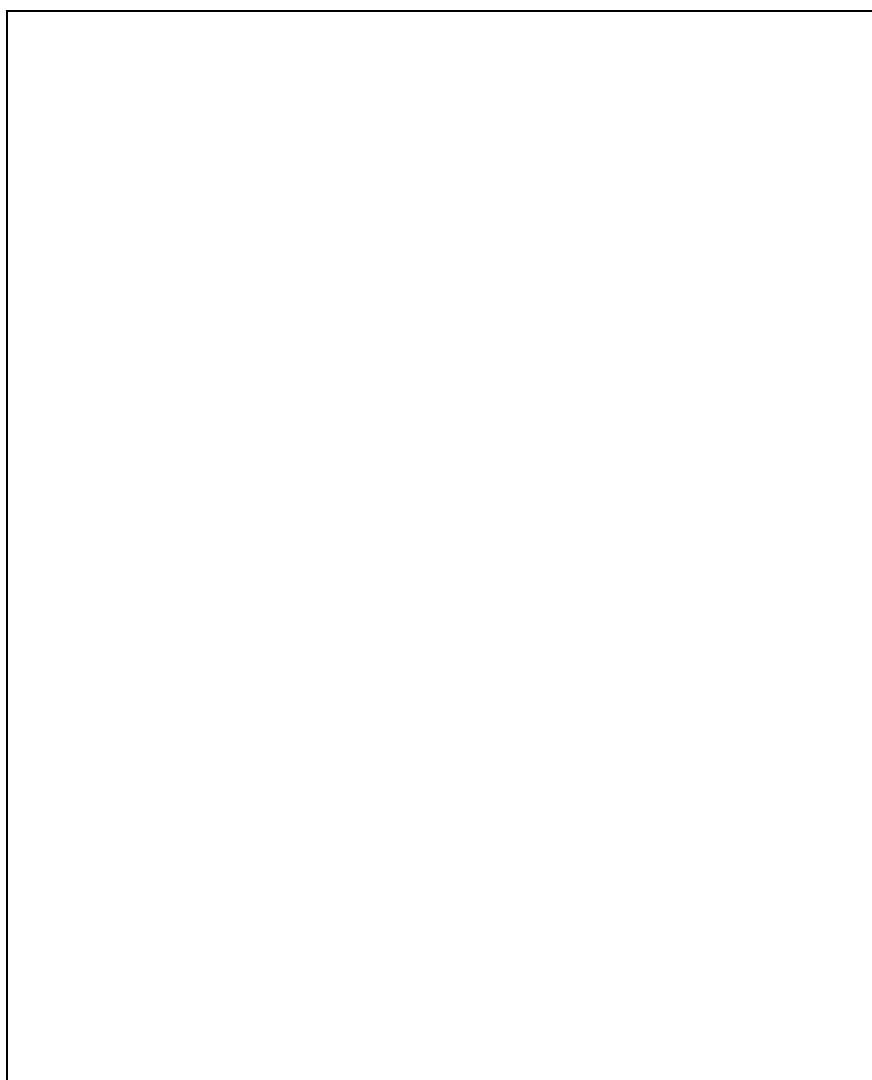
1. **Αποκατάσταση Λογικής Σύνδεσης (Link Set-Up).** Φαίνεται στην Εικόνα 10.
2. **Τερματισμός Λογικής Σύνδεσης (Logical Circuit Disconnection).** Ένα παραδειγματικό χρονικό διάγραμμα φαίνεται στην Εικόνα 11.
3. **Μεταφοράς Δεδομένων (Data/Frame Transfer).** Σε αυτή τη φάση παρουσιάζει ενδιαφέρον ο τρόπος με τον οποίο επιβεβαιώνονται τα λαμβανόμενα πλαίσια. Τόσο ο αποστολέας DTE, όσο και ο παραλήπτης DTE έχουν δύο μετρητές  $V_T$  και  $V_S$  οι οποίοι κρατούν τον αριθμό του αναμενόμενου πλαισίου (receive) και τον αριθμό του επόμενου προς μετάδοση πλαισίου (send), αντίστοιχα. Οι μετρητές αυτοί αυξάνουν κάθε φορά που λαμβάνεται ή αποστέλλεται ένα πλαίσιο, και η πρόσθεση είναι modulo-8. Ο κάθε DTE αποστέλλει επιβεβαίωση σωστής λήψης των πλαισίων που παρέλαβε μέσω RR ή RNR ή Data πλαισίων. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια εμπεριέχονται πάντα δύο πεδία-μετρητές  $N_T$  και  $N_S$  που παριστούν τους αντίστοιχους μετρητές  $V_T$  και  $V_S$  του DTE λίγο πριν την αποστολή του πλαισίου. Ο παραλήπτης, ελέγχει αυτούς τους μετρητές με τους αντίστοιχους δικούς του προκειμένου να διαπιστώσει την σωστή ροή των πλαισίων ή όχι. Υπάρχει μια μεταβλητή **K** (μέγεθος παραθύρου), η οποία παριστάνει το μέγιστο πλήθος πλαισίων που μπορεί να είναι κάθε φορά ανεπιβεβαίωτα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 10: Φάση Αποκατάστασης μιας Λογικής Σύνδεσης



**Εικόνα 11: Φάση τερματισμού μιας Λογικής Σύνδεσης**



**Εικόνα 12: Φάση τερματισμού μιας Λογικής Σύνδεσης**

## 2.6. NETWORK LAYER (ΕΠΙΠΕΔΟ-3)

Το πρωτόκολλο αυτό περιγράφει την ανταλλαγή πακέτων (packets) μεταξύ DTE και DCE. Οι βασικές λειτουργίες που ορίζονται είναι οι εξής:

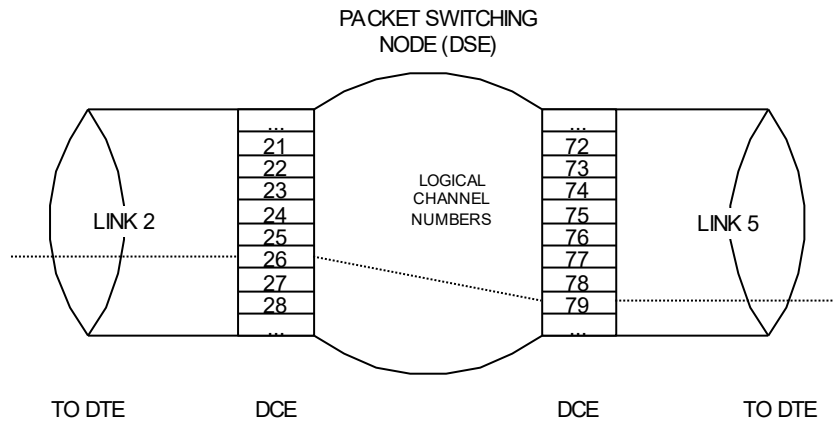
- Δημιουργία πακέτων ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων.
- Διαδικασίες ανταλλαγής των πακέτων αυτών μεταξύ DTE/DCE.
- Δημιουργία και εποπτεία ΝΟΗΤΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.

Ας σημειωθεί ότι ένα DTE μπορεί να δημιουργήσει ταυτόχρονα περισσότερα του ενός νοητά κυκλώματα PVC ή SVC προς διάφορους συνδρομητές (DTEs). Κάθε DTE/DCE φυσική σύνδεση μπορεί να χωρέσει έως  $4096=2^{12}$  **Λογικά Κανάλια** (αριθμούνται από 0 έως 4095). Ένα λογικό κύκλωμα είναι μια ακολουθία από λογικά κανάλια (Virtual Channels), όχι απαραίτητα με τον ίδιο αριθμό (βλέπε Εικόνα 13). Στον κάθε DCE κόμβο υπάρχει ειδική λογική που συνδέει ``Λογικά" τα Virtual Channels της κάθε φυσικής γραμμής (βλέπε Εικόνα 14). Ο αριθμός κάθε λογικού καναλιού λέγεται και **LCI** (Logical Channel Identifier).



**Εικόνα 13: Λογικά Κανάλια και Λογικά Κυκλώματα**



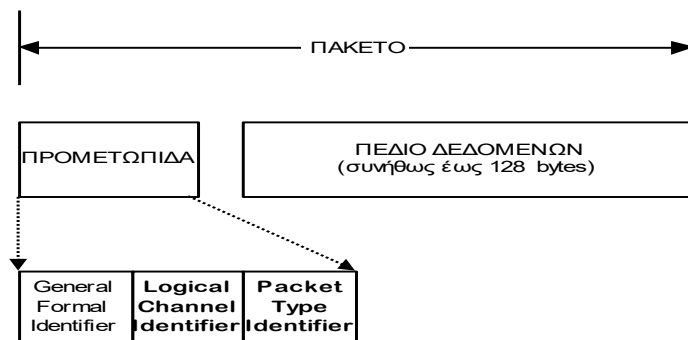


Εικόνα 14: Συσχετισμός Λογικών Καναλιών στο DCE

### 2.6.1. Η Γενική Μορφή ενός Πακέτου X.25

Το πακέτο συγκροτείται με λειτουργίες του τρίτου στρώματος και έχει συγκεκριμένη εσωτερική δομή. Στο επίπεδο-2 είχαμε δει ότι ένα frame έχει ένα πεδίο που εμπεριέχει ένα τέτοιο πακέτο. Ένα πακέτο αποτελείται από δύο πεδία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.

- Επικεφαλίδα (Packet Header).
- Πεδίο Δεδομένων (Data Field).

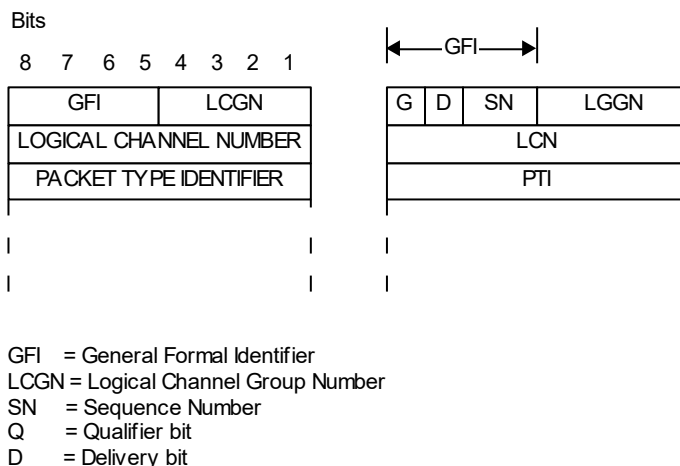


Εικόνα 15: Η μορφή ενός πακέτου X.25

Η Επικεφαλίδα έχει μήκος 3 bytes στη βασική μορφή του. Το μήκος του Πεδίου Δεδομένων δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από το αν μεταφέρει πραγματικά δεδομένα ή άλλες βοηθητικές πληροφορίες. Το συνηθισμένο μέγιστο μήκος για το Πεδίο Δεδομένων είναι 128 bytes. Υπάρχουν όμως δίκτυα που προσφέρουν ένα μέγιστο μήκος 64, 256, 512 ή ακόμη και 1024 bytes. Συνολικά υπάρχουν 17 διαφορετικά είδη πακέτων (data, έλεγχος ροής, κ.λ.π.).

#### Η Επικεφαλίδα

Η επικεφαλίδα έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 16.



### Εικόνα 16: Η μορφή της επικεφαλίδας

Το πεδίο GFI (General Format Identifier) δηλώνει το μέτρο αρίθμησης των πακέτων (αν είναι 1, τότε έχουμε modulo-8 αριθμητική, ενώ αν είναι 2 έχουμε τότε modulo-128). Το πεδίο LCGN (Logical Channel Identifier) δηλώνει τον αριθμό της ομάδας του λογικού καναλιού. Μπορούν να υπάρξουν έως  $2^4=16$  ομάδες, η καθεμιά από τις οποίες περιλαμβάνει 256 λογικά κανάλια (πεδίο LCN - Logical Channel Number). Τα συνολικά διατιθέμενα κανάλια είναι επομένως 4096.

Το πεδίο PTI (Packet Type Identifier), προσδιορίζει το είδος του πακέτου (π.χ. Call Request, Call Accepted, Reset Request, κλπ). Συνολικά, υπάρχουν 30 είδη πακέτων, αλλά ουσιαστικά είναι μόνο 17, γιατί μερικά είναι όμοια (αλλάζει μόνο το όνομά τους όταν φθάνουν στον παραλήπτη). Τα πακέτα αυτά φαίνονται στην:

ΑΠΟ DTE	ΑΠΟ DCE	SV C	PV C	Bits του PTI									
				8	7	6	5	4	3	2	1		
Call request	Incoming call	X		0	0	0	0	1	0	1	1		
Call accepted	Call connected	X		0	0	0	0	1	1	1	1		
Clear request	Clear indication	X		0	0	0	1	0	0	1	1		
Clear confirmation	Clear confirmation	X		0	0	0	1	0	1	1	1		
DTE Data	DCE Data	X	X	N	r		M	N	s			0	
DTE RR	DCE RR	X	X	N	r		0	0	0	0	1		
DTE RNR	DCE RNR	X	X	N	r		0	0	1	0	1		
DTE REJ		X	X	N	r		0	1	0	0	1		
Interrupt	Interrupt	X	X	0	0	1	0	0	0	0	1	1	
Interrupt confirmation	Interrupt confirmation	X	X	0	0	1	0	0	1	1	1		
Reset request	Reset indication	X	X	0	0	0	1	1	0	1	1		
Reset confirmation	Reset confirmation	X	X	0	0	0	1	1	1	1	1		

Reset request	Restart indication	X	X	1	1	1	1	1	0	1	1
Restart confirmation	Restart confirmation	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1
	Diagnostic	X	X	1	1	1	1	0	0	0	1
Registration request		X	X	1	1	1	1	0	0	1	1
	Registration confirmation	X	X	1	1	1	1	0	1	1	1

**Εικόνα 17: Τύποι Πακέτων X.25**

Ας σημειωθεί ότι τα πεδία  $N_r$  και  $N_s$  παριστούν τους αναριθμητές οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την επιβεβαίωση της σωστής λήψης των πακέτων. Το M-bit είναι το λεγόμενο More-bit και χρησιμοποιείται στα πακέτα δεδομένων για να σηματοδοτήσει αν πρόκειται για το τελευταίο πακέτο πληροφορίας ή όχι.

**Πεδίο Δεδομένων**

Η γενική μορφή αυτού του πεδίου φαίνεται στην Εικόνα 18.

DATA PACKET (modulo 8)

8	7	6	5	4	3	2	1	BIT
GFI				LCGN				
LCN								
Vr			M	Vs			0	
USER DATA								
Συνήθως έως 128 bytes								

DATA PACKET (modulo 8)

8	7	6	5	4	3	2	1	BIT
GFI				LCGN				
LCN								
Vr							0	
Vr							M	
USER DATA								
Συνήθως έως 128 bytes								

**Εικόνα 18: Γενική μορφή του Πεδίου Δεδομένων των Πακέτων X.25**

Όπως παρατηρούμε, δεν υπάρχει πεδίο διεύθυνσης καλούμενου και καλούντος DTE. Το ίδιο το δίκτυο γνωρίζει σε ποιο λογικό κανάλι ανήκει η κάθε DTE-to-DTE σύνδεση. Τέτοιες πληροφορίες κρατούνται σε ειδικούς πίνακες σε κάθε κόμβο DCE. Έτσι τα πακέτα μπορούν να δρομολογηθούν στον παραλήπτη τους βάσει αυτών των πληροφοριών. Αυτές οι πινακοποιημένες πληροφορίες ενημερώνονται μετά από κάθε φάση αποκατάστασης ή διακοπής μιας σύνδεσης. Επομένως, η μόνη πληροφορία που

είναι απαραίτητη για να προσδιορίσει τις διευθύνσεις είναι μόνο οι αριθμοί λογικών καναλιών αποστολέα και παραλήπτη (LCNs).

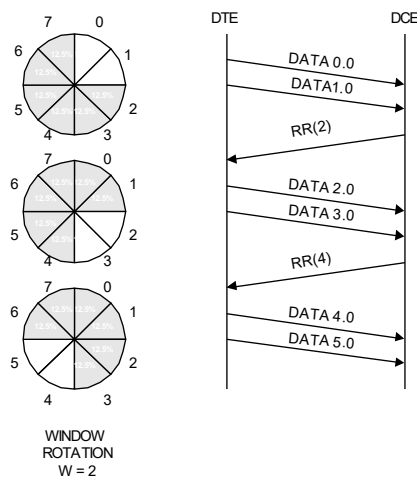
## 2.6.2. Φάσεις Ανταλλαγής Πληροφορίας

### *Φάση Αποκατάστασης Λογικής Σύνδεσης*

Ο καλών DTE στέλνει ένα πακέτο CALL REQUEST μαζί με την πλήρη διεύθυνση του παραλήπτη DTE. Αυτές οι διευθύνσεις είναι το πολύ 14 δεκαδικά ψηφία και κωδικοποιούνται κατά BCD, με δύο δεκαδικά ψηφία ανά byte. Οι διευθύνσεις αυτές ορίζονται βάσει του standard X.121 της CCITT.

### *Φάση Μεταφοράς Πακέτων Πληροφορίας*

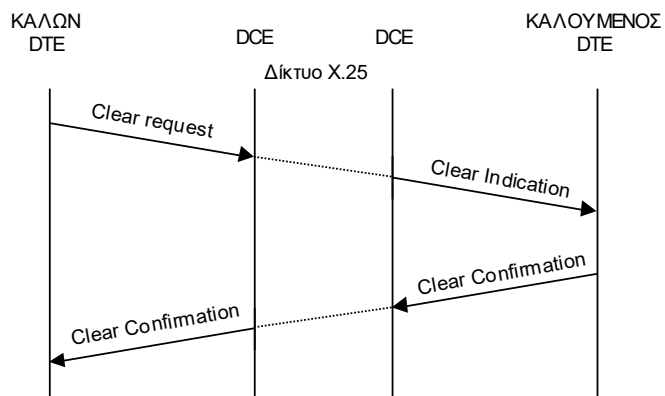
Αφού έχει αποκατασταθεί η σύνδεση (Λογικό Κύκλωμα) μεταξύ καλούντος και καλούμενου DTE, μπορούν να ανταλλάγουν πακέτα πληροφορίας. Ταυτόχρονα με τα πακέτα πληροφορίας πρέπει να ανταλλάσσονται και πληροφορίες επιβεβαίωσης σωστής λήψης πακέτων (έλεγχος ροής πακέτων). Παράδειγμα μιας τέτοιας διαδικασίας φαίνεται στην Εικόνα 19, και η λογική της είναι ανάλογη με εκείνη της ανταλλαγής πλαισίων στο επίπεδο-2.



**Εικόνα 19: Ανταλλαγή Πακέτων X.25 και Ελέγχου Ροής**

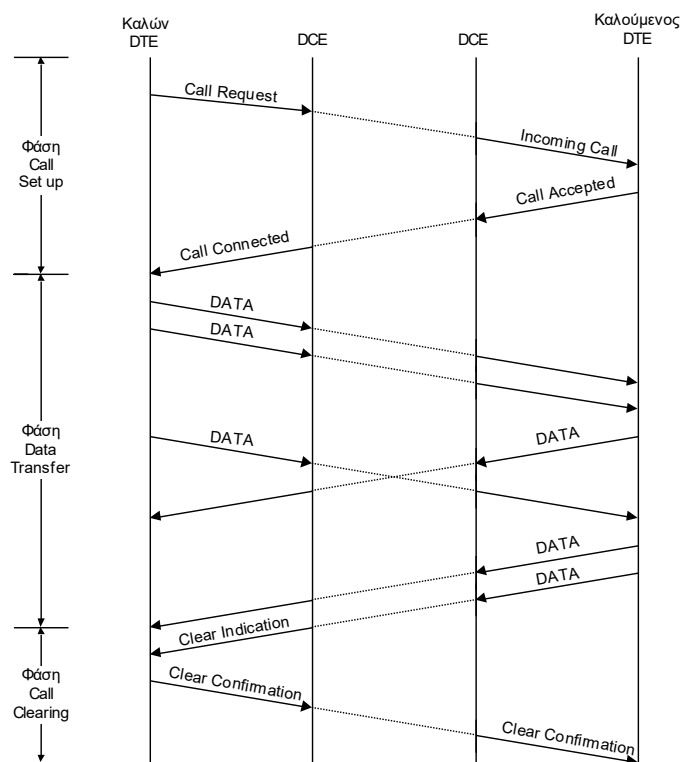
### *Φάση Τερματισμού της Σύνδεσης*

Ο τερματισμός μιας σύνδεσης μπορεί να είναι απαίτηση είτε του καλούντος είτε του καλούμενου DTE. Αυτή υλοποιείται βασικά με την αποστολή ενός πακέτου CLEAR REQUEST, όπως περιγράφεται αναλυτικά στην Εικόνα 20.



**Εικόνα 20: Φάση Διακοπής μιας Σύνδεσης**

Συνολικά, οι φάσεις αυτές φαίνονται στην Εικόνα 21.



**Εικόνα 21: Διαδικασίες στο Επίπεδο-3**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:  
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤCΡ/ΙΡ





## 3. Πρωτόκολλο TCP/IP

### 3.1. INTERNET PROTOCOL – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το IP, είναι το πρώτο μέλος της οικογένειας πρωτοκόλλων TCP/IP που θα μελετήσουμε και ίσως ένα από τα σημαντικότερα πρότυπα που έχουν καθιερωθεί στον χώρο των δικτύων επικοινωνίας υπολογιστών. Η λειτουργία του ταιριάζει απόλυτα σε περιβάλλοντα διασυνδεδεμένων ετερογενών δικτύων υπολογιστών (Internet environments) που αποτελούνται από μηχανές ποικίλων μεγεθών και υπολογιστικής ισχύος.

Γενικά, ένας χρήστης θεωρεί το Internet σαν ένα απλό, ιδεατό δίκτυο, που διασυνδέει όλους τους κόμβους και μέσω του οποίου η επικοινωνία είναι εφικτή. Η αρχιτεκτονική που βρίσκεται κάτω από αυτό είναι και καλά κρυμμένη και έξω από τα πλαίσια ενδιαφέροντός του.

Κατά μία έννοια, το Internet είναι μία αφαίρεση των φυσικών δικτύων γιατί στο χαμηλότερο επίπεδο, παρέχει την ίδια λειτουργικότητα στην αποδοχή και μετάδοση πακέτων. Τα υψηλότερα επίπεδα του Internet software προσθέτουν την περισσότερη από την πλούσια λειτουργικότητα που οι χρήστες αντιλαμβάνονται.

Η πιο σημαντική Internet υπηρεσία αποτελείται από ένα μη - αξιόπιστο, καλύτερης προσπάθειας, χωρίς συνδέσεις, σύστημα διανομής πακέτων (unreliable, best-effort, connectionless packet delivery system) ανάλογη με την υπηρεσία που παρέχεται από το hardware ενός δικτύου. Η υπηρεσία είναι:

- Unreliable γιατί η μεταφορά του πακέτου δεν είναι εγγυημένη. Παρ' όλο που το πακέτο είναι πιθανό να χαθεί, να επαναδημιουργηθεί ή να μεταφερθεί στον παραλήπτη σε λάθος σειρά, το Internet δε θα ανιχνεύσει τέτοιες καταστάσεις ούτε και θα πληροφορήσει κατάλληλα τον αποστολέα ή τον παραλήπτη για το γεγονός.
- Connectionless γιατί κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ανεξάρτητα από όλα τα άλλα, σαν αυτόνομη οντότητα. Σε μία ακολουθία πακέτων που στέλνεται από μια μηχανή σε μία άλλη, τα πακέτα μπορεί να «ταξιδέψουν» στον προορισμό τους πάνω από διαφορετικά μονοπάτια ή μερικά πακέτα να χαθούν ενώ άλλα να μεταφερθούν σωστά.
- Best-effort γιατί το Internet κάνει μία αρκετά «καλή» προσπάθεια για να μεταφέρει τα πακέτα. Αυτό σημαίνει πως, δεν απορρίπτει πακέτα χωρίς λόγο και κατά ένα μη-ντετερμινιστικό τρόπο. Η μη αξιοπιστία εμφανίζεται μόνο όταν οι πόροι του συστήματος εξαντλούνται ή το «από κάτω» δίκτυο επικοινωνίας αποτυγχάνει.

### 3.2. Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

Το Internet protocol ορίζει το μηχανισμό της μη - αξιόπιστης, χωρίς συνδέσεις μετάδοσης πακέτων. Το IP ορίζει τη βασική μονάδα μεταφοράς των δεδομένων και το ακριβές format των δεδομένων αυτών καθώς μεταδίδονται μέσα στο Internet. Επιπλέον του τυπικού προσδιορισμού της μορφής των δεδομένων, το IP περιλαμβάνει και ένα σύνολο κανόνων που ορίζουν, τον τρόπο με τον οποίο θα

πρέπει να επεξεργάζονται τα πακέτα και τον τρόπο διαχείρισης λαθών. Πιο συγκεκριμένα, το IP ενσωματώνει την ιδέα της μη - αξιόπιστης μεταφοράς και της σχετικής με αυτήν ιδέα της δρομολόγησης (routing) πακέτων. Είναι ένα τόσο σημαντικό συστατικό του σχεδιασμού που συχνά το Internet ονομάζεται σαν IP - based τεχνολογία. Ταιριάζει σε μία ιεραρχημένη δόμηση πρωτοκόλλων επικοινωνίας υπολογιστών (OSI reference model) και βρίσκεται σε αντιστοιχία υπηρεσιών με το OSI layer 3 - network layer.

### 3.2.1. Το IP datagram

Η αναλογία μεταξύ του φυσικού δικτύου και του IP είναι σημαντική. Σε ένα φυσικό δίκτυο, η μονάδα μεταφοράς της πληροφορίας είναι το frame που περιέχει τον header και τα δεδομένα, όπου ο header δίνει πληροφορίες του τύπου διεύθυνση αποστολέα, παραλήπτη και άλλες πληροφορίες ελέγχου. Το IP ονομάζει την βασική του μονάδα μεταφοράς πληροφορίας Internet Datagram. Όπως και το frame έτσι και το datagram χωρίζεται σε header και δεδομένα. Επίσης περιλαμβάνει και τις διευθύνσεις του αποστολέα και παραλήπτη του.

Το Internet δεν περιορίζει το μέγεθος των datagrams, αλλά προτείνει πως τα δίκτυα και οι gateways θα πρέπει να μπορούν να διαχειριστούν datagrams μέχρι 576 bytes} χωρίς να τα κομματιάζουν σε πολλά μικρότερα κομμάτια (fragmentation).

Η μορφή του IP datagram φαίνεται παρακάτω:

0	31		
VERS 4-bits	IHL 4-bits	TOS 8-bits	TOT.LENG 16-bits
IDENT 16-bits		FLAGS 3-bits	FRAGM OFFSET 13-bits
TTL 8-bits	PROT 8-bits	HEAD CHECKSUM 16-bits	
SOURCE IP ADDR 32-bits			
DEST. IP ADDRESS 32-bits			
OPTIONS 24-bits			PADDING 8-bits
D A T A			
...			
...			

### 3.2.2. Μοντέλο λειτουργίας

Το IP φτιάχτηκε για να παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς τμημάτων πληροφορίας (datagrams) μεταξύ μηχανών αποστολέα-παραλήπτη, οι οποίοι και προσδιορίζονται από τις σταθερού μήκους διευθύνσεις τους.

Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του πρωτοκόλλου ας δούμε το πιο κάτω παράδειγμα (υποθέτουμε πως κατά την μετάδοση περνάμε από μία gateway):

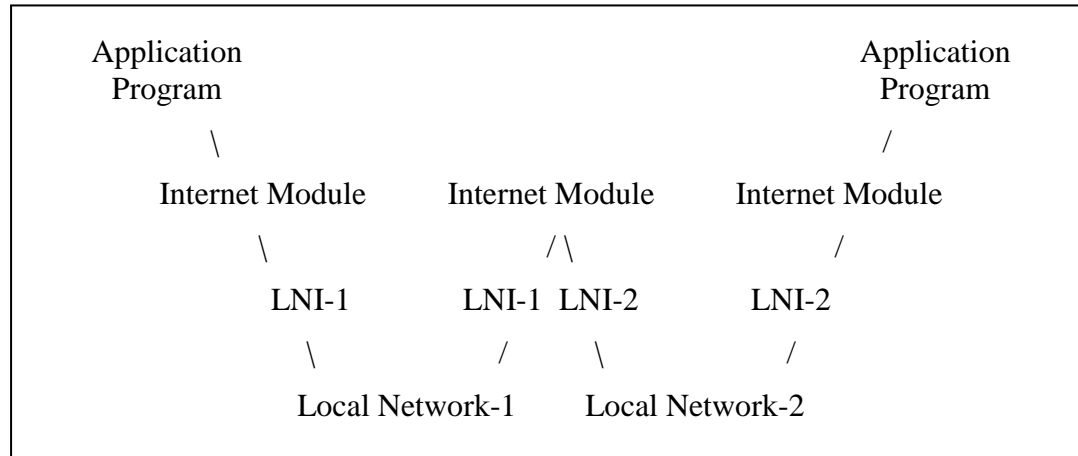
Η διαδικασία-αποστολέας ετοιμάζει τα δεδομένα της και καλεί το τοπικό της Internet module για να στείλει αυτά τα δεδομένα σαν datagrams, «περνώντας» του σαν ορίσματα την διεύθυνση του παραλήπτη και άλλες παραμέτρους. Το Internet module προετοιμάζει έναν header και ενώνει τα δεδομένα μαζί του. Στη συνέχεια αποφασίζει τη διεύθυνση στο τοπικό δίκτυο που θα χρησιμοποιήσει, και στο παράδειγμά μας αυτή είναι η διεύθυνση της gateway (υποθέτουμε πως τα δεδομένα απευθύνονται σε κάποια μηχανή που βρίσκεται έξω από το τοπικό δίκτυο) και στέλνει το datagram και τη διεύθυνση του τοπικού δικτύου στο τοπικό network interface.

Με τη σειρά του, το τοπικό network interface δημιουργεί έναν local network header, του κολλάει το datagram και στέλνει το αποτέλεσμα μέσω του φυσικού δικτύου.

Στη gateway, το τοπικό interface του δικτύου αφαιρεί τον header και το datagram παραλαμβάνεται από το Internet module. Αυτό βλέπει πως το datagram προορίζεται για κάποια μηχανή σε ένα δεύτερο δίκτυο και αφού προσδιορίσει μια διεύθυνση τοπική στο δεύτερο δίκτυο, καλεί το interface αυτού του δικτύου και στέλνει το datagram. Το interface αφού προσθέσει το δικό του header στέλνει το αποτέλεσμα στον κόμβο-παραλήπτη.

Στον παραλήπτη, αφού το network interface αφαιρέσει τον local net header προωθεί το datagram στο Internet module, το οποίο με τη σειρά του αποφασίζει πως αυτό το datagram απευθύνεται σε κάποιο πρόγραμμα εφαρμογής σε αυτήν την μηχανή. Περνά τα δεδομένα στο πρόγραμμα σε ανταπόκριση κάποιου system call παρέχοντας παράλληλα τη διεύθυνση του αποστολέα και άλλες παραμέτρους σαν αποτέλεσμα της κλήσης.

Σχηματικά, το παραπάνω μοντέλο λειτουργίας έχει ως εξής:



**Εικόνα 22: Transmission Path**

Η όλη διαδικασία της επιλογής των μονοπατιών για τη μετάδοση των datagrams ονομάζεται δρομολόγηση (routing). Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πως το IP αντιμετωπίζει κάθε datagram σαν μια ανεξάρτητη οντότητα, η οποία δεν έχει καμία σχέση με οποιοδήποτε άλλο datagram. Δεν υπάρχουν εδώ έννοιες όπως, σύνδεση (connection) ή λογικό κύκλωμα (logical or virtual circuit).

Δύο είναι η βασικές λειτουργίες που υλοποιεί το IP:

1. Προσπέλαση μέσω διευθύνσεων (addressing)
2. Τμηματοποίηση των πακέτων και «επανασύνδεση» (Fragmentation and Reassembly)

Ας δούμε αυτές τις δύο λειτουργίες πιο αναλυτικά παρακάτω.

### *Προσπέλαση με διευθύνσεις*

Το σχήμα διευθύνσεων που έχει υλοποιηθεί στο Internet είναι ανάλογο με το σχήμα των φυσικών διευθύνσεων και ορίζει πως σε κάθε κόμβο που ανήκει στο Internet καταχωρείται μία ακέραια διεύθυνση, που ονομάζεται Internet Address. Ένα σημαντικό στοιχείο αυτής της μορφής των διευθύνσεων είναι ότι κωδικοποιούν την ταυτότητα ενός δικτύου καθώς επίσης και την ταυτότητα ενός μοναδικού κόμβου σε αυτό το δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνονται λειτουργίες, όπως η δρομολόγηση (routing). Γενικά, ισχύει ότι:

“Κάθε κόμβος στο Internet έχει μία μοναδική 32-bit Internet διεύθυνση, η οποία χρησιμοποιείται σε κάθε επικοινωνία από/προς τον κόμβο αυτό.”

Ιδεατά, κάθε τέτοια διεύθυνση είναι ένα ζευγάρι (netid, hostid), όπου το netid προσδιορίζει ένα δίκτυο και το hostid έναν κόμβο σε αυτό το δίκτυο. Ανάλογα με τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του δικτύου και του κόμβου αντίστοιχα, οι Internet διευθύνσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

**Class A addresses.** Οι διευθύνσεις σε αυτήν την κατηγορία χρησιμοποιούν 7-bits για το netid και 24-bits για το hostid. Χρησιμοποιούνται για τα δίκτυα που έχουν περισσότερους από  $2^{16}$  (δηλ. 65536) κόμβους, τα οποία είναι και λίγα. Πιο παραστατικά έχουμε:

0	netid - 7 bits	hostid - 24 bits
---	----------------	------------------

**Class B addresses.** Οι διευθύνσεις σε αυτήν την κατηγορία χρησιμοποιούν 14-bits για το netid και 16-bits για το hostid. Περιγράφουν τα περισσότερα δίκτυα (μεσαίου μεγέθους) τα οποία έχουν μεταξύ  $2^8$  (δηλ. 256) και  $2^{16}$  κόμβους.

1	0	netid - 14 bits	hostid - 16 bits
---	---	-----------------	------------------

**Class C addresses,** Οι διευθύνσεις σε αυτήν την κατηγορία χρησιμοποιούν 22-bits για το netid και 8-bits για το hostid. Περιγράφουν μικρά δίκτυα, τα οποία έχουν λιγότερους από  $2^8$  κόμβους.

1	1	0	netid - 21 bits	hostid - 8 bits
---	---	---	-----------------	-----------------

Σε μια Internet διεύθυνση, η κατηγορία της προσδιορίζεται από τα τρία πιο σημαντικά (high-order) bits. Για μεγαλύτερη ευκολία, όταν αναφερόμαστε σε Internet διευθύνσεις χρησιμοποιούμε τον dotted decimal συμβολισμό, σύμφωνα με τον οποίο οι διευθύνσεις γράφονται σαν μια ακολουθία τεσσάρων ακεραίων αριθμών χωρισμένων με τελείες (.), όπου κάθε ακεραίος είναι το δεκαδικό ισοδύναμο ενός byte της 32-bit διεύθυνσης. Για παράδειγμα η 32-bit Internet διεύθυνση:

10000000      00001010      00000010      00011110

γράφεται σαν

128.10.2.30

Τα τμήματα του λογικού συστήματος που υλοποιούν το IP χρησιμοποιούν τις διευθύνσεις αυτές που βρίσκονται στον Internet header των datagrams για να προσδιορίσουν τον παραλήπτη της πληροφορίας και να τα δρομολογήσουν προς την ανάλογη κατεύθυνση. Για τη σωστή λειτουργία αυτού του σχήματος Internet modules υπάρχουν σε κάθε κόμβο που πραγματοποιεί Internet επικοινωνία και σε κάθε gateway που διασυνδέει δίκτυα.

Αυτά τα modules χρησιμοποιούν κοινούς κανόνες για τη μετάφραση των πεδίων διευθύνσεων και για το κομμάτιασμα (εάν χρειάζεται) των πακέτων. Επιπλέον, αυτά τα modules (ειδικά στις gateways) έχουν διαδικασίες για να παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης.

Εδώ θα κάνουμε ένα διαχωρισμό μεταξύ ονομάτων (names), διευθύνσεων (addresses) και μονοπατιών δρομολόγησης (routes). Ένα όνομα υποδηλώνει τι ψάχνουμε. Μια διεύθυνση δείχνει που βρίσκεται αυτό που ψάχνουμε. Και ένα μονοπάτι πως φτάνουμε εκεί. Το IP ασχολείται κυρίως με διευθύνσεις.

Η απεικόνιση των διευθύνσεων σε ονόματα είναι δουλειά των πρωτοκόλλων των υψηλότερων επιπέδων (πχ. Host-to-host or application protocols).

Το IP απεικονίζει Internet διευθύνσεις σε διευθύνσεις τοπικού δικτύου (local network addresses). Είναι δουλειά των χαμηλότερου επιπέδου διαδικασιών (πχ. local net or gateways) η απεικόνιση των διευθύνσεων τοπικού δικτύου σε μονοπάτια δρομολόγησης.

Επίσης, κάποια προσοχή χρειάζεται στο γεγονός ότι ένας κόμβος στο Internet μπορεί να έχει περισσότερες της μιας διευθύνσεις, σαν αποτέλεσμα του γεγονότος ότι έχει περισσότερα του ενός φυσικά interfaces (multi-homing). Δηλαδή δίνεται η δυνατότητα σε κάθε κόμβο να έχει πολλά interfaces με το δίκτυο (πχ. Ethernet controllers) και στο καθένα από αυτά να αντιστοιχεί και μία λογική Internet διεύθυνση.

### ***Fragmentation & Reassembly***

Το κομμάτιασμα ενός internet datagram είναι απαραίτητο όταν αυτό ξεκινά από κάποιο τοπικό δίκτυο που επιτρέπει μεγάλο μέγεθος πακέτων και πρέπει να διασχίσει ένα άλλο τοπικό δίκτυο το οποίο περιορίζει τα πακέτα σε ένα μικρότερο μέγεθος, για να φτάσει στον προορισμό του.

Τα internet modules χρησιμοποιούν πεδία στον header των datagrams για να μπορούν να τα «κομματιάζουν» και να τα «επανασυνδέουν» σωστά, όταν πρόκειται να μεταδοθούν μέσα από small packet networks.

Ένα datagram μπορεί να «μαρκαριστεί» σαν “Don't fragment”. Κάθε τέτοιο datagram δεν υπάρχει περίπτωση να «κομματιαστεί» σε καμία περίπτωση. Εάν κάποιο τέτοιο datagram δεν μπορεί να μεταφερθεί στον προορισμό του χωρίς να κομματιαστεί, τότε αγνοείται.

Οι Internet διαδικασίες τμηματοποίησης και επανασύνδεσης πρέπει να μπορούν να «κόψουν» ένα datagram σε σχεδόν αυθαίρετο αριθμό κομματιών, τα οποία να μπορούν αργότερα στον παραλήπτη να συνδεθούν ξανά. Ο παραλήπτης χρησιμοποιεί το IDENTIFICATION πεδίο του datagram για να εξασφαλίσει πως «κομμάτια» από

διαφορετικά datagrams δεν ανακατεύονται μεταξύ τους. Το Fragment Offset πεδίο δηλώνει στον παραλήπτη την θέση ενός «κομματιού» στο αρχικό datagram. Τα Fragment Offset και Length πεδία προσδιορίζουν το τμήμα του αρχικού datagram που καλύπτεται από αυτό το fragment. Αυτά τα πεδία παρέχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για να γίνει η επανασύνδεση (reassemble) των datagrams σωστά.

Για την επανασύνδεση των fragments, το Internet module στον παραλήπτη, συνδυάζει datagrams που έχουν ίδιες τιμές στα πεδία:

IDENTIFICATION  
SOURCE IP ADDRESS  
DESTINATION IP ADDRESS  
PROTOCOL

Ο συνδυασμός γίνεται τοποθετώντας το τμήμα δεδομένων κάθε fragment στη σχετική θέση που υποδεικνύεται από το Fragment Offset πεδίο του header αυτού του fragment. Το πρώτο fragment θα έχει το Fragment Offset πεδίο, μηδέν και το τελευταίο θα έχει το More-Fragments Flag πεδίο ίσο με μηδέν.

***Μηχανισμοί - Σημαντικά πεδία του IP datagram***

Το IP για να παράσχει τις υπηρεσίες του, χρησιμοποιεί τέσσερις μηχανισμούς-κλειδιά (που εκφράζονται από τα αντίστοιχα πεδία του datagram header):

**TypeOfService.** Το οποίο χρησιμοποιείται για να δηλώσει την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσιών. Είναι ένα αφηρημένο ή γενικευμένο σύνολο παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τις επιλογές υπηρεσιών οι οποίες παρέχονται στα δίκτυα που αποτελούν το Internet. Αυτή η ένδειξη ποιότητας υπηρεσιών χρησιμοποιείται από τις gateways για την επιλογή των πραγματικών παραμέτρων μετάδοσης για ένα συγκεκριμένο δίκτυο, το δίκτυο που θα χρησιμοποιηθεί για το επόμενο hop, ή την επόμενη gateway, όταν δρομολογούν ένα Internet datagram. Το 8-bit TypeOfService πεδίο, χωρίζεται σε πέντε υποπεδία:

PRECEDENCE	D	T	R	UNUSED
------------	---	---	---	--------

Τρία PRECEDENCE bits προσδιορίζουν την προτεραιότητα του datagram, με τιμές που κυμαίνονται από 0 (κανονική προτεραιότητα) ως 7 (έλεγχος δικτύου), επιτρέποντας έτσι στον αποστολέα να προσδιορίσει τη σημαντικότητα των datagrams. Τα bits D, T, R προσδιορίζουν τον τύπο της εξυπηρέτησης που το datagram επιθυμεί. Όταν έχει τεθεί, το D bit απαιτεί χαμηλές καθυστερήσεις, το T bit υψηλή απόδοση και το R bit υψηλή αξιοπιστία. Φυσικά, μπορεί να μην είναι δυνατό για το Internet να εγγυηθεί το είδος της εξυπηρέτησης που ζητήθηκε (πχ. αν κανένα μονοπάτι προς τον προορισμό δεν έχει αυτήν την ιδιότητα). Έτσι, σκεφτόμαστε την αίτηση για κάποιο είδος υπηρεσίας σαν μία υπόδειξη προς τους αλγόριθμους δρομολόγησης και όχι σαν απαίτηση. Εάν μια gateway γνωρίζει περισσότερα από ένα μονοπάτια προς ένα συγκεκριμένο προορισμό, μπορεί τότε να χρησιμοποιήσει το πεδίο τύπου εξυπηρέτησης για να επιλέξει το μονοπάτι που έχει χαρακτηριστικά, κοντινότερα προς τα επιθυμητά. Κλείνοντας θα λέγαμε ότι:

1. Αντιμετωπίζουμε τον προσδιορισμό του τύπου εξυπηρέτησης (Type Of Service field) σαν μία υπόδειξη προς τον αλγόριθμο δρομολόγησης που βοηθά στην επιλογή ανάμεσα σε πολλά εναλλακτικά μονοπάτια προς έναν προορισμό, βασισμένη στη γνώση των hardware τεχνολογιών που είναι διαθέσιμες σε αυτά τα μονοπάτια. Το Internet δε μπορεί να εγγυηθεί αυτό το αιτούμενο είδος εξυπηρέτησης.
2. TimeToLive. Είναι μια ένδειξη ενός πάνω ορίου του χρόνου ζωής ενός datagram μέσα στο Internet. Παίρνει κάποια τιμή από τον αποστολέα και μειώνεται σταδιακά στα σημεία της πορείας του όπου επεξεργάζεται. Εάν ο χρόνος ζωής μηδενιστεί πριν ένα datagram φτάσει στον προορισμό του τότε καταστρέφεται. Ο χρόνος ζωής μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα «όριο αυτοκαταστροφής» του datagram και βοηθά στο να αποφεύγονται φαινόμενα συμφόρησης στο Internet.
3. Options. Παρέχει τη δυνατότητα κάποιων λειτουργιών ελέγχου, απαραίτητων ή χρήσιμων σε κάποιες περιπτώσεις. Τέτοιες λειτουργίες περιλαμβάνουν τη χρήση χρονογραμματοσήμων (timestamps), ειδική δρομολόγηση (special routing) και ασφάλεια.
4. Header Checksum. Χρησιμοποιείται για να πιστοποιήσει ότι η πληροφορία που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των datagrams έχει μεταδοθεί σωστά. Τα δεδομένα μπορούν να έχουν λάθη. Εάν ο έλεγχος του header checksum αποτύχει, το datagram απορρίπτεται από την οντότητα που έκανε τον έλεγχο.

### 3.2.3. Συνεργαζόμενα πρωτόκολλα

#### *ICMP*

Το IP δεν παρέχει δυνατότητες αξιόπιστης επικοινωνίας. Δεν υπάρχουν επιβεβαιώσεις (acknowledgements) ούτε end-to-end, ούτε hop-by-hop. Δεν υπάρχει έλεγχος λαθών για τα δεδομένα, παρά μόνο ένα header checksum. Δεν υπάρχουν επαναμεταδόσεις ούτε και έλεγχος ροής της κυκλοφορίας των datagrams.

Το IP όμως συνεργάζεται και με άλλα πρωτόκολλα, τα οποία περιλαμβάνονται στην υλοποίηση των IP software modules, που επιτρέπουν σε μηχανές του Internet να ανιχνεύουν και να αναφέρουν λάθη σχετικά με απρόσμενες καταστάσεις. Ένα τέτοιο πρωτόκολλο είναι το Internet Control Message Protocol (ICMP) το οποίο και θεωρείται σαν αναπόσπαστο κομμάτι του IP.

Τα ICMP μηνύματα ταξιδεύουν μέσα στο δίκτυο, στο κομμάτι των δεδομένων των IP datagrams. Ο τελικός προορισμός ενός ICMP μηνύματος δεν είναι κάποια διαδικασία-χρήστη στην μηχανή-παραλήπτη, αλλά το Internet software σε αυτή τη μηχανή. Αυτό σημαίνει ότι, όταν ένα ICMP μήνυμα λάθους καταφθάνει, το IP software module διαχειρίζεται το πρόβλημα μόνο του, δεν περνά το μήνυμα λάθους σε κάποια εφαρμογή της οποίας το datagram πιθανώς προκάλεσε το πρόβλημα.

Το ICMP πραγματοποιεί ελέγχους για προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την επικοινωνία δύο μηχανών. Όταν για παράδειγμα, μία gateway δεν μπορεί να στείλει ένα datagram στον προορισμό του, στέλνει πίσω στον αποστολέα ένα ICMP destination unreachable μήνυμα, το οποίο έχει και συγκεκριμένο format. Επίσης, το ICMP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δοκιμάσει εάν ένας κόμβος-προορισμός είναι σε λειτουργία και προσπελάσιμος, στέλνοντας ένα ICMP echo request μήνυμα. Αποτελέσματα ελέγχων του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου περιλαμβάνουν:

- Network Unreachable
- Host Unreachable
- Protocol Unreachable
- Port Unreachable
- Fragmentation needed and [Don't Fragment] flag set
- Source Route Failed

### **ARP**

Δύο άλλα συνεργαζόμενα πρωτόκολλα με το IP, είναι και τα Address Resolution Protocol (ARP) και Reverse Address Resolution Protocol (RARP). Τα πρωτόκολλα αυτά εξυπηρετούν την ανάγκη μετάφρασης από Internet διευθύνσεις σε φυσικές διευθύνσεις των μηχανών σε ένα δίκτυο και το αντίστροφο.

Το ARP πρωτόκολλο επιτρέπει σε έναν κόμβο να βρει την φυσική διεύθυνση ενός κόμβου-στόχου που βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο, με δεδομένη μόνο την Internet διεύθυνση του στόχου. Η ιδέα πίσω από τη δυναμική ανάλυση διευθύνσεων με χρήση του ARP είναι απλή: όταν ένας κόμβος A θέλει να βρει την Internet διεύθυνση  $I_B$  ενός κόμβου B, μεταδίδει στο δίκτυο (broadcasts) ένα ειδικό πακέτο που ζητά από τον κόμβο με Internet διεύθυνση  $I_B$  να απαντήσει με την φυσική του διεύθυνση,  $P_B$ . Όλοι οι κόμβοι, συμπεριλαμβανομένου και του B, λαμβάνουν την αίτηση, αλλά μόνο ο B αναγνωρίζει την Internet διεύθυνσή του και στέλνει μία απάντηση με την φυσική του διεύθυνση (στην περίπτωση π.χ. δικτύου Ethernet απαντά με την Ethernet address του). Όταν ο A λαμβάνει την απάντηση, μαθαίνει την φυσική hardware διεύθυνση του B και τη χρησιμοποιεί για να στείλει το Internet πακέτο κατευθείαν στον κόμβο B.

Το ARP είναι ένα χαμηλού επιπέδου πρωτόκολλο που κρύβει τους μηχανισμούς προσπέλασης μέσω φυσικών διευθύνσεων του κατώτερου επιπέδου δικτύου και μας επιτρέπει να ορίζουμε Internet διευθύνσεις της επιλογής μας σε κάθε μηχανή. Το θεωρούμε σαν κομμάτι του φυσικού συστήματος του δικτύου αλλά και σαφώς απαραίτητο για την λειτουργία των Internet πρωτοκόλλων.

Το RARP κάνει την αντίστροφη μετάφραση από φυσικές διευθύνσεις σε Internet addresses.

Στα θέματα δρομολόγησης Internet datagrams εμπλέκονται και άλλα πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως τα Routing Information Protocol, HELLO, Exterior Gateway Protocol κλπ.

## **3.3. TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL – ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το TCP είναι το δεύτερο σημαντικό μέλος της οικογένειας πρωτοκόλλων TCP/IP που θα εξετάσουμε, το οποίο αποτελεί αποτέλεσμα της δουλειάς πολλών επιστημόνων του οργανισμού για προχωρημένα ερευνητικά έργα του Υπουργείου Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών (DARPA – Defence Advanced Research Projects Agency).

Το TCP σχεδιάστηκε με βασικό στόχο την υποστήριξη δυνατοτήτων αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ ζευγαριών διαδικασιών σε υπολογιστές που βρίσκονται σε



διαφορετικά αλλά διασυνδεδεμένα δίκτυα επικοινωνίας (inter-process communication protocol).

Το TCP παρέχει αξιόπιστες, connection-oriented, end-to-end, transport υπηρεσίες πάνω από ένα μη αξιόπιστο κανάλι, το οποίο μπορεί να καταστρέψει, να χάσει ή και να πολλαπλασιάσει πακέτα. Ταιριάζει σε μια ιεραρχημένη αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων σαν αυτή του OSI Reference model και βρίσκεται πάνω ακριβώς από ένα βασικό Internet πρωτόκολλο, το οποίο παρέχει έναν τρόπο στο TCP για να στέλνει και να λαμβάνει μεταβλητού μεγέθους κομμάτια πληροφορίας ενσωματωμένα σε Internet datagrams.

Το Internet πρωτόκολλο παρέχει έναν τρόπο για τον προσδιορισμό και την προσπέλαση του αποστολέα και παραλήπτη (source - target) TCP. Σχετικό με την ιεραρχημένη δόμηση είναι και το παρακάτω σχήμα:

Application Protocols
Transmission Control Protocol
Internet Protocol
Local Network Protocol

Γενικά, το TCP κάνει πολύ λίγες υποθέσεις σχετικά με την αξιοπιστία των πρωτοκόλλων επικοινωνίας που βρίσκονται ιεραρχικά κάτω από αυτό. Το μόνο που θεωρεί είναι πως μπορεί να έχει ένα απλό, πιθανόν αναξιόπιστο datagram service από τα χαμηλότερου επιπέδου πρωτόκολλα και έτσι είναι ικανό να λειτουργεί αποδοτικά πάνω από ένα ευρύ φάσμα συστημάτων επικοινωνίας. Για παράδειγμα το TCP μπορεί να υλοποιηθεί για χρήση σε μία dial-up τηλεφωνική γραμμή, σε ένα τοπικό δίκτυο (LAN), σε ένα δίκτυο οπτικών ινών υψηλής ταχύτητας (High speed fiber optic network) ή σε ένα διασκορπισμένο δίκτυο χαμηλής ταχύτητας (long-haul network).

Ουσιαστικά, αυτή η μεγάλη ποικιλία συστημάτων μετάδοσης που υποστηρίζει είναι ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά του. Η ύπαρξη δυνατοτήτων διασύνδεσης ετερογενών δικτύων υπολογιστών (internetworking) και ο σχεδιασμός standard πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ διεργασιών, τα οποία να μπορούν να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ήταν οι βασικοί στόχοι που επιτεύχθηκαν κατά την υλοποίηση του TCP.

### 3.4. Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ STREAM DELIVERY

Στο χαμηλότερο επίπεδο, τα δίκτυα επικοινωνίας υπολογιστών παρέχουν μη αξιόπιστη μετάδοση πακέτων. Τα πακέτα μπορούν να χαθούν ή να καταστραφούν, όταν το hardware του δικτύου (αποτυγχάνει), φορτώνεται υπερβολικά ή υπάρχει σημαντικός θόρυβος κατά τη μετάδοση.

Στο ψηλότερο επίπεδο, προγράμματα εφαρμογών συχνά απαιτούν να στείλουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από τον ένα υπολογιστή στον άλλο. Η χρήση ενός μη

αξιόπιστου, connectionless συστήματος μετάδοσης για ογκώδεις ποσότητες δεδομένων είναι προβληματική και απαιτεί από τους προγραμματιστές να υλοποιήσουν ρουτίνες ανίχνευσης λαθών και επανόρθωσης<sup>1</sup> σε κάθε πρόγραμμα εφαρμογής. Καθώς είναι δύσκολο να σχεδιαστεί, κατανοηθεί και τροποποιηθεί λογικό που πραγματικά παρέχει αξιοπιστία, έγινε εμφανής η ανάγκη για τη χρήση ενός γενικού συστήματος (πρωτοκόλλου δικτύου) που να απομονώνει τα προγράμματα εφαρμογών από τις λεπτομέρειες του δικτύου και να κάνει δυνατή τη δήλωση ενός ομοιόμορφου συστήματος διασύνδεσης για την υπηρεσία του stream transfer.

Αυτό το σύστημα διασύνδεσης των εφαρμογών με την υπηρεσία του Internet stream delivery έχει πέντε βασικά χαρακτηριστικά:

**Προσανατολισμός σε stream.** Όταν δύο διαδικασίες (προγράμματα εφαρμογών) ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, θεωρούμε τα δεδομένα αυτά σαν μία ακολουθία (stream) από bits, χωρισμένα σε 8-bit octets. Η υπηρεσία μετάδοσης της ακολουθίας στην άλλη μηχανή δίνει στον παραλήπτη, ακριβώς την ίδια ακολουθία octets που ο αποστολέας έστειλε.

**Σύνδεση ιδεατού κυκλώματος.**<sup>2</sup> Κατά τη μεταφορά μιας ακολουθίας bits μεταξύ δύο διαδικασιών αποστολέα -παραλήπτη, και οι δύο πλευρές αλληλεπιδρούν αντίστοιχα με το λειτουργικό τους σύστημα, πληροφορώντας το για την επιθυμία τους για μια stream μεταφορά. Ιδεατά, η μία μηχανή κάνει μία αίτηση, η οποία θα πρέπει να γίνει αποδεκτή από την άλλη. Τα τμήματα του λογικού που υλοποιούν το πρωτόκολλο επικοινωνίας στα δύο λειτουργικά συστήματα μιλούν ανταλλάσσοντας μηνύματα μέσω του δικτύου, πιστοποιώντας ότι η επιθυμητή μεταφορά είναι έγκυρη και πως και οι δύο πλευρές είναι έτοιμες. Από τη στιγμή που όλες οι λεπτομέρειες έχουν καθοριστεί, τα protocol modules πληροφορούν τα προγράμματα εφαρμογών (διαδικασίες) ότι μία σύνδεση<sup>3</sup> έχει εγκαθιδρυθεί και ότι η μεταφορά μπορεί να ξεκινήσει. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, τα protocol software modules στα δύο συστήματα συνεχίζουν να επικοινωνούν για να πιστοποιήσουν πως τα δεδομένα παραλήφθηκαν σωστά. Εάν η επικοινωνία αποτύχει (επειδή για παράδειγμα το hardware του δικτύου μεταξύ των υπολογιστών αποτύχει) και οι δύο πλευρές ανιχνεύουν το πρόβλημα και το αναφέρουν στο αντίστοιχο πρόγραμμα εφαρμογής.

Χρησιμοποιούμε τον όρο ιδεατό κύκλωμα<sup>4</sup> για να περιγράψουμε τέτοιες συνδέσεις γιατί, παρόλο που τα προγράμματα εφαρμογών βλέπουν αυτές τις συνδέσεις σαν ένα αποκλειστικό κύκλωμα hardware, η αξιοπιστία είναι μια ιδεατή πραγματικότητα που έρχεται σαν αποτέλεσμα της υπηρεσίας του stream delivery.

Αυτή η παροχή ενός ιδεατού κυκλώματος μεταξύ των δύο κόμβων που επικοινωνούν χαρακτηρίζει τις συνδέσεις των connection-oriented πρωτοκόλλων επικοινωνίας (TCP).

<sup>1</sup> Error detection and recovery

<sup>2</sup> Virtual Circuit Connection

<sup>3</sup> connection

<sup>4</sup> Σαν αντίστοιχο παράδειγμα ιδεατού κυκλώματος, μπορούμε να σκεφτούμε την τηλεφωνική κλήση.

**Απομονωμένη μεταφορά.**<sup>5</sup> Τα προγράμματα εφαρμογών στέλνουν μια ακολουθία δεδομένων πάνω από ένα ιδεατό κύκλωμα, δίνοντας επανειλημμένα στο λειτουργικό σύστημα bytes από την ακολουθία προς αποστολή. Για να είναι η μεταφορά πιο αποδοτική και για την ελαχιστοποίηση του φαινομένου της συμφόρησης στο δίκτυο (network traffic), κατά την υλοποίηση συνήθως συλλέγονται δεδομένα από μια ακολουθία αρκετά για να γεμίσουν ένα λογικά μεγάλο datagram (data buffering), πριν τη μετάδοση τους μέσα στο Internet. Έτσι ακόμα και στη χειρότερη περίπτωση που το πρόγραμμα εφαρμογής δημιουργεί την ακολουθία αποστολής με ένα byte τη φορά, η μετάδοση στο δίκτυο γίνεται με αρκετά αποδοτικό τρόπο.

Για τα προγράμματα που απαιτούν τη μετάδοση των δεδομένων χωρίς να έχει γεμίσει ένας buffer, το stream service παρέχει τον push μηχανισμό, τον οποίο και χρησιμοποιούν οι εφαρμογές για να επιβάλλουν τη μεταφορά.

**Μη δομημένη ακολουθία δεδομένων.**<sup>6</sup> Ένα επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό είναι και το ότι το Internet stream service δεν αναγνωρίζει δομημένες ακολουθίες δεδομένων. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει τρόπος για μια εφαρμογή μισθολογίου, να ζητήσει από το stream service να σηματοδοτήσει τα όρια μεταξύ των εγγραφών υπαλλήλων ή να αναγνωρίσει τα περιεχόμενα μιας ακολουθίας δεδομένων σαν δεδομένα μισθολογίου.

**Σύνδεση και προς τις δύο κατευθύνσεις.**<sup>7</sup> Οι συνδέσεις που παρέχει το Internet stream service επιτρέπουν ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το πλεονέκτημα είναι ότι το πρωτόκολλο επικοινωνίας μπορεί να στείλει πληροφορίες ελέγχου για ένα stream, πίσω, σε datagrams που περιέχουν δεδομένα, προς την αντίθετη κατεύθυνση (piggybacking).

### 3.5. Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

Το TCP είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που παρέχει τις υπηρεσίες του Internet Stream Delivery.

Προσδιορίζει τη μορφή των δεδομένων και των πληροφοριών ελέγχου που πρέπει δύο υπολογιστές να ανταλλάσσουν, με σκοπό την επίτευξη μιας αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων καθώς και τις διαδικασίες που οι υπολογιστές χρησιμοποιούν για να εξασφαλίσουν πως τα δεδομένα μεταδίδονται/ λαμβάνονται σωστά.

Επίσης, προσδιορίζει τους τρόπους με τους οποίους:

1. Το λογικό του πρωτοκόλλου ξεχωρίζει πολλούς παραλήπτες σε μια δεδομένη μηχανή.
2. Οι υπολογιστές που επικοινωνούν επαναφέρονται σε σωστή λειτουργία μετά από σφάλματα όπως χαμένα, κατεστραμμένα ή πολλαπλά πακέτα.

<sup>5</sup> Buffered Transfer

<sup>6</sup> Unstructured Stream

<sup>7</sup> Full Duplex Connection

3. Δύο μηχανές αρχικοποιούν μία μεταφορά ακολουθίας (stream transfer) και συμφωνούν για το τέλος αυτής.

### 3.5.1. TCP ports και connections

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του TCP είναι ότι επιτρέπει σε πολλά προγράμματα εφαρμογών που βρίσκονται σε μια μηχανή, να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες του ταυτόχρονα, πάνω από το ίδιο φυσικό μέσο και είναι το ίδιο υπεύθυνο για την από-πολύπλεξη (demultiplexing) της εισερχόμενης TCP κυκλοφορίας και την κατανομή της στα προγράμματα (διαδικασίες).

Για την επίτευξη αυτής της υπηρεσίας, δεν θεωρεί σαν τελικό παραλήπτη των μηνυμάτων τις διαδικασίες αλλά, κάθε μηχανή περιέχει ένα σύνολο από (αφηρημένα σημεία προορισμού) που ονομάζονται protocol ports τα οποία και προσδιορίζουν τον τελικό προορισμό σε μία μηχανή.

Τυπικά, κάθε protocol port προσδιορίζεται από έναν θετικό ακέραιο και είναι μοναδικό σε κάθε μηχανή. Το τοπικό λειτουργικό σύστημα διαλέγει έναν μηχανισμό τον οποίο χρησιμοποιούν οι διαδικασίες για να προσδιορίσουν ή να προσπελάσουν ένα port.

Τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα παρέχουν σύγχρονη προσπέλαση στα ports. Το τμήμα του software συστήματος που υλοποιεί το πρωτόκολλο, τοποθετεί σε μια ουρά τα πακέτα που καταφθάνουν για ένα συγκεκριμένο port μέχρις ότου μια διαδικασία τα παραλαμβάνει και τα χρησιμοποιεί.

Ομοίως, το λειτουργικό σύστημα μπλοκάρει διαδικασίες που προσπαθούν να πάρουν δεδομένα από πακέτα που αναφέρονται σε ένα συγκεκριμένο port, μέχρις ότου ένα πακέτο-μηνύματος καταφτάσει.

Οι αριθμοί που υποδηλώνουν protocol ports είναι μοναδικοί - όπως ήδη αναφέρθηκε - στην ίδια μηχανή, όχι όμως και σε διαφορετικούς υπολογιστές που βρίσκονται μέσα στο Internet. Έτσι, για να προσδιορίσουμε μοναδικά τον τελικό παραλήπτη μίας TCP κυκλοφορίας, χρησιμοποιούμε (1) την Internet διεύθυνση του κόμβου-παραλήπτη και (2) τον αριθμό του TCP port. Η συνένωση αυτών των δύο, ορίζει ένα socket το οποίο και είναι μοναδικό σε όλο το Internet.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το TCP είναι ένα connection-oriented πρωτόκολλο, το οποίο χρειάζεται δύο ενεργά άκρα για να μπορούμε να μιλάμε για επικοινωνία.

Έτσι η παροχή των υπηρεσιών του απαιτεί την ύπαρξη μίας σύνδεσης (connection) μεταξύ των δύο συνομιλούντων. Μία σύνδεση διατηρεί πληροφορίες κατάστασης για κάθε stream δεδομένων: τα sockets που συμμετέχουν, sequence numbers, μεγέθη acknowledge παραθύρων κ.ά. Κάθε σύνδεση (connection) προσδιορίζεται μοναδικά από ένα ζευγάρι sockets που ορίζουν τις δύο πλευρές της.

### 3.5.2. Δημιουργία και κλείσιμο TCP συνδέσεων.

Όταν δύο διαδικασίες επιθυμούν να επικοινωνήσουν, τα αντίστοιχα TCP modules τους θα πρέπει να δημιουργήσουν μία σύνδεση μεταξύ τους. Για να γίνει αυτό, το πρόγραμμα εφαρμογής στη μία μεριά, εκτελεί μία passive open λειτουργία, επικοινωνώντας με το λειτουργικό του σύστημα και γνωστοποιώντας του ότι θα

δεχτεί μια εισερχόμενη αίτηση για σύνδεση από κάποιον άλλο υπολογιστή. Ο προσδιορισμός του άλλου κόμβου γίνεται, περνώντας το `foreign socket` σαν παράμετρο στην `open` λειτουργία. Εάν το `foreign socket` είναι `NIL` τότε θα γίνει αποδεκτή οποιαδήποτε εισερχόμενη αίτηση για σύνδεση.

Εκείνη τη στιγμή το λειτουργικό σύστημα καταχωρεί ένα `TCP port` αριθμό για τη μία μεριά της σύνδεσης. Το πρόγραμμα στην άλλη μεριά τότε πρέπει να επικοινωνήσει με το λειτουργικό του σύστημα, εκτελώντας μια `active open` λειτουργία-αίτηση για την εγκαθίδρυση μιας σύνδεσης. Τα δύο `TCP modules` επικοινωνούν για να πιστοποιήσουν ότι η σύνδεση είναι έτοιμη (`established`). Από τη στιγμή που η σύνδεση έχει δημιουργηθεί, τα `TCP software modules` σε κάθε άκρη της σύνδεσης, μπορούν να ξεκινήσουν να ανταλλάσσουν δεδομένα.

Μία σύνδεση αρχικοποιείται από το ραντεβού ενός εισερχόμενου `segment` που περιέχει το `flag SYN`, και ενός εκκρεμούς `Transmission Control Block`. Το ταίριασμα του τοπικού και μακρινού `socket` προσδιορίζει το πότε μια σύνδεση έχει αρχικοποιηθεί. Η σύνδεση εγκαθιδρύεται όταν οι αριθμοί ακολουθιών έχουν συγχρονιστεί και προς τις δύο κατευθύνσεις (και από τις δύο πλευρές).

Γενικά, οι διαδικασίες μπορούν να εκτελέσουν `passive open` λειτουργίες, να περιμένουν για το ταίριασμα με αντίστοιχες `active open` λειτουργίες από άλλες διαδικασίες και να πληροφορηθούν από το `TCP` όταν συνδέσεις έχουν εγκατασταθεί. Δύο διαδικασίες που εκτελούν `active open` λειτουργίες, η μία προς την άλλη ταυτόχρονα, θα συνδεθούν επιτυχώς.

Από την άλλη μεριά, όταν ένα πρόγραμμα εφαρμογής θέλει να τερματίσει μια επικοινωνία εκτελεί μια `Close` λειτουργία και τότε το `TCP` του θα κλείσει την σύνδεση προς αυτήν την κατεύθυνση (ας θυμηθούμε πως οι `TCP` συνδέσεις είναι `full-duplex`). Κλείσιμο της σύνδεσης προς μία κατεύθυνση δε σημαίνει και διακοπή παραλαβής δεδομένων από αυτήν την κατεύθυνση. Όταν ο αποστολέας - `TCP` αποστείλει και επιβεβαιωθεί για όλα τα υπόλοιπα δεδομένα του, στέλνει ένα πακέτο με το `bit FIN` ίσο με ένα. Στη συνέχεια ο παραλήπτης-`TCP` επιβεβαιώνει το `FIN` πακέτο και πληροφορεί το πρόγραμμα εφαρμογής του ότι δεν είναι διαθέσιμα άλλα δεδομένα. Δεδομένα μπορούν να συνεχίσουν να ρέουν από τον παραλήπτη προς τον αποστολέα. Όταν και οι δύο πλευρές έχουν κλειστεί, τότε η σύνδεση παύει να υπάρχει.

### 3.5.3. Μοντέλο λειτουργίας

Οι διεργασίες μεταδίδουν δεδομένα καλώντας το `TCP` και δίνοντάς του `buffers` δεδομένων σαν παραμέτρους. Το `TCP` ομαδοποιεί τα δεδομένα αυτά σε κομμάτια (`segments`) και καλεί το `Internet module` για να μεταδώσει κάθε κομμάτι στο `TCP-παραλήπτη`. Αυτό με τη σειρά του, τοποθετεί τα δεδομένα από ένα λαμβανόμενο κομμάτι στην περιοχή της μνήμης του χρήστη-παραλήπτη (`user-buffer`) και τον ειδοποιεί για την άφιξη των δεδομένων. Επίσης, τα δύο `TCPs` χρησιμοποιούν και πληροφορίες ελέγχου στα `segments` για να εξασφαλίσουν αξιόπιστη και στη σωστή σειρά μετάδοση των δεδομένων.

### 3.5.4. Αξιόπιστη επικοινωνία

Μια ακολουθία δεδομένων που στέλνονται πάνω από μία TCP σύνδεση πάντα μεταδίδεται αξιόπιστα και σε σωστή σειρά στον παραλήπτη.

Η μετάδοση γίνεται αξιόπιστη με τη χρήση αριθμών ακολουθίας (sequence numbers) και επιβεβαιώσεις (acknowledgements).

Η διαδικασία που υλοποιείται είναι πως σε κάθε octet δεδομένων προσδίδεται και ένας αριθμός ακολουθίας. Ο αριθμός ακολουθίας του πρώτου octet δεδομένων σε ένα segment, μεταδίδεται μαζί με αυτό το segment και ονομάζεται ο αριθμός ακολουθίας του κομματιού (segment sequence number). Τα segments επίσης μεταφέρουν έναν αριθμό επιβεβαίωσης (acknowledgement number), ο οποίος είναι ο αριθμός ακολουθίας του επόμενου αναμενόμενου octet δεδομένων μετάδοσης από την αντίθετη κατεύθυνση. Όταν το TCP μεταδίδει ένα segment που περιέχει δεδομένα, τοποθετεί ένα αντίγραφο σε μία τοπική ουρά αναμετάδοσης και ξεκινά έναν μετρητή. Όταν η επιβεβαίωση για αυτά τα δεδομένα έχει ληφθεί, το segment σβήνεται από την ουρά.

Εάν η επιβεβαίωση δεν ληφθεί πριν ο μετρητής σταματήσει, το segment μεταδίδεται ξανά. Οι επιβεβαιώσεις πάντα προσδιορίζουν τον αριθμό του επόμενου byte που ο παραλήπτης περιμένει να παραλάβει. Μία επιβεβαίωση από το TCP, δεν εγγυάται ότι τα δεδομένα του segment, έχουν μεταφερθεί στον τελικό χρήστη-παραλήπτη αλλά μόνο ότι το TCP/παραλήπτης έχει αναλάβει την ευθύνη για να πραγματοποιήσει αυτή τη μεταφορά.

Το TCP επίσης, χρησιμοποιεί έναν ειδικό sliding window μηχανισμό για να λύσει δύο σημαντικά προβλήματα: αποδοτική μετάδοση και έλεγχο της ροής των δεδομένων (efficient transmission & flow control).

Το TCP-παραλήπτης, αναφέρει ένα παράθυρο στον αποστολέα. Αυτό το παράθυρο προσδιορίζει τον αριθμό των octets, ξεκινώντας με τον αριθμό επιβεβαίωσης, που το TCP-παραλήπτης είναι προετοιμασμένο να δεχτεί. Ο μηχανισμός παραθύρου του TCP κάνει δυνατή την αποστολή πολλών πακέτων πριν έρθει μία επιβεβαίωση (acknowledgement). Με τον τρόπο αυτό, αυξάνεται ο συνολικός όγκος δεδομένων που μεταδίδονται (throughput), γιατί το δίκτυο είναι απασχολημένο σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, η μορφή του TCP sliding window πρωτοκόλλου, επιτρέπει στον παραλήπτη να περιορίζει την μετάδοση πακέτων από τον αποστολέα μέχρις ότου υπάρξει αρκετός χώρος στους buffers του για να τοποθετήσει τα εισερχόμενα δεδομένα. Επιλύει έτσι και το πρόβλημα του ελέγχου της ροής των δεδομένων που παρουσιάζεται όταν έχουμε μεγαλύτερο ρυθμό παραγωγής πακέτων στον αποστολέα από τον ρυθμό παραλαβής αυτών στον παραλήπτη.

Ένα επιπλέον, βασικό χαρακτηριστικό του μηχανισμού παραθύρου του TCP, είναι ότι επιτρέπει μεταβλητό μέγεθος παραθύρου. Κάθε επιβεβαίωση, η οποία και προσδιορίζει τον αριθμό των bytes που έχουν παραληφθεί (received), περιέχει μία ανακοίνωση του παραθύρου (window advertisement), η οποία προσδιορίζει τον αριθμό των επιπρόσθετων bytes δεδομένων, ο παραλήπτης είναι προετοιμασμένος να δεχτεί. Αυτή η ανακοίνωση του παραθύρου ουσιαστικά προσδιορίζει το τωρινό μέγεθος του receive buffer του παραλήπτη. Σε ανταπόκριση ενός αυξημένου παραθύρου που ανακοινώνεται, ο αποστολέας αυξάνει το μέγεθος του sliding παραθύρου του και συνεχίζει στέλνοντας δεδομένα που δεν έχουν επιβεβαιωθεί. Σε ανταπόκριση ενός

μειωμένου παραθύρου, ο αποστολέας μειώνει το μέγεθος του παραθύρου του και σταματά να στέλνει δεδομένα μετά τα όρια.

Αυτός ο μηχανισμός παραθύρου είναι που εξασφαλίζει δύο βασικά χαρακτηριστικά των TCP συνδέσεων:

1. Έλεγχο ροής των δεδομένων (flow control).
2. Αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων.

### 3.5.5. Εξάντληση των μετρητών και επαναμεταδόσεις

Μια από τις πιο σημαντικές ιδέες στο TCP, είναι ενσωματωμένη στον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζεται το timeout και τις επαναμεταδόσεις. Όπως οποιοδήποτε άλλο αξιόπιστο πρωτόκολλο, το TCP περιμένει από τον παραλήπτη να του στέλνει επιβεβαιώσεις όποτε λαμβάνει δεδομένα από το stream.

Κάθε φορά που στέλνει ένα segment, το TCP ξεκινά έναν μετρητή και περιμένει για μία επιβεβαίωση. Εάν ο μετρητής εξαντληθεί πριν τα δεδομένα ενός segment επιβεβαιωθούν, το TCP υποθέτει πως το segment χάθηκε ή καταστράφηκε και έτσι το μεταδίδει ξανά.

Για να καταλάβουμε την ιδιαιτερότητα του αλγόριθμου επαναμετάδοσης του TCP, θα πρέπει να θυμηθούμε πως το πρωτόκολλο αυτό προορίζεται για χρήση σε ένα Internet περιβάλλον. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, το μονοπάτι μεταξύ δύο κόμβων μπορεί να περνά μέσα από ενδιάμεσα δίκτυα και πολλές gateways. Έτσι είναι αδύνατο να γνωρίζει από πριν πόσο χρόνο θα χρειαστούν οι επιβεβαιώσεις για να επιστρέψουν στον αποστολέα. Επιπλέον, η καθυστέρηση σε κάθε gateway εξαρτάται στην κυκλοφοριακή συμφόρηση πακέτων που υπάρχει και έτσι ο χρόνος που απαιτείται για να μεταδοθεί ένα segment και να έρθει η επιβεβαίωση διαφοροποιείται σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση.

Το TCP εξυπηρετεί αυτές τις μεταβλητές Internet καθυστερήσεις χρησιμοποιώντας έναν προσαρμοζόμενο αλγόριθμο (adaptive algorithm). Για τη συλλογή των δεδομένων που χρειάζονται για έναν τέτοιο αλγόριθμο, το TCP καταγράφει τη στιγμή που κάποιο segment στέλνεται και τη στιγμή που μία επιβεβαίωση για τα δεδομένα αυτού του segment καταφθάνει. Από τους δύο αυτούς χρόνους υπολογίζει το λεγόμενο round trip time. Κάθε φορά που υπολογίζει ένα νέο round trip χρόνο, το TCP επαναπροσδιορίζει το μέσο round trip χρόνο για τη σύνδεση.

Συνήθως το TCP software διατηρεί το μέσο χρόνο του συνολικού ταξιδιού σαν ένα ισοσταθμισμένο μέσο χρόνο και χρησιμοποιεί τις νέες τιμές που βρίσκει, για την ομαλή (σταδιακή) τροποποίηση του προηγούμενου χρόνου.

Αυτό μπορεί να γίνει παίρνοντας τη μέση τιμή των χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών αφίξεων και χρησιμοποιώντας μια εκθετική, φθίνουσα συνάρτηση εξομάλυνσης, ρυθμισμένη να λαμβάνει υπόψη της (πχ.) τα τελευταία δέκα ή είκοσι segments που έχουν καταφτάσει. Επιπλέον, από τον αλγόριθμο εξομάλυνσης εξαιρούνται inter-arrival χρόνοι μεγαλύτεροι κατά ένα ποσοστό (πχ. κατά δύο ή τέσσερις φορές) από τις μέχρι τώρα εκτιμήσεις του αλγορίθμου για τον συνολικό απαιτούμενο μέσο round trip χρόνο. Αυτό γίνεται γιατί, σχετικά συχνά, θα υπάρχουν μεγάλες χρονικές περίοδοι μεταξύ αφίξεων (inter-arrival periods) ίσως επειδή έχει μηδενιστεί το παράθυρο του αποστολέα ή λόγω προβλήματος στον αποστολέα και στο δίκτυο.

Για παράδειγμα - απλοϊκή περίπτωση - μια τεχνική μέσου όρου χρησιμοποιεί έναν σταθερό παράγοντα βάρους,  $q$ , όπου  $0 \leq q < 1$ , για να ισοσταθμίσει τον παλιό μέσο όρο με τον τελευταίο round trip χρόνο:

$$\text{Waver} = (q \times \text{Waver}) + ((1-q) \times \text{NewRoundTripTime})$$

όπου Waver είναι ο ισοζυγισμένος μέσος (weighted average) round trip χρόνος.

Διαλέγοντας μια τιμή για το  $q$  κοντά στη μονάδα, κάνει το Waver να μένει ανεπηρέαστο σε αλλαγές που διαρκούν λίγο χρόνο (π.χ. ένα και μόνο segment που συναντά μεγάλη καθυστέρηση).

Διαλέγοντας μια τιμή για το  $q$  κοντά στο μηδέν κάνει το Waver να ανταποκρίνεται σε αλλαγές στην καθυστέρηση πολύ γρήγορα. Συνήθως, η τιμή του  $q$  διαλέγεται να είναι κοντά στη μονάδα για να εμποδιστεί μια απλή (μονή) καθυστέρηση να επηρεάσει το TCP, δραματικά. Στην πράξη, πιο σύνθετες τεχνικές επιτρέπουν στο TCP να ανταποκρίνεται πιο γρήγορα σε αυξήσεις των καθυστερήσεων.

Περιγράφοντας με λίγα λόγια τις παραπάνω ιδέες, έχουμε πως:

Για να μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά παρ όλες τις μεταβλητές καθυστερήσεις που εμφανίζονται σε ένα Internet περιβάλλον, το TCP χρησιμοποιεί ένα προσαρμοζόμενο αλγόριθμο που παρακολουθεί τις καθυστερήσεις και τροποποιεί την timeout παράμετρο ανάλογα.

### 3.5.6. Επιβαλλόμενη επικοινωνία δεδομένων

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, το TCP είναι ελεύθερο να διαιρεί το stream των δεδομένων σε segments για μετάδοση, άσχετα με το μέγεθος της μεταφοράς που χρησιμοποιούν τα προγράμματα εφαρμογής. Το βασικό πλεονέκτημα του να επιτρέπεται στο TCP να διαλέξει τον τρόπο διαίρεσης είναι η αποδοτικότητα. Μπορεί να συγκεντρώσει πολλά bytes σε ένα buffer για να κάνει τα segments αρκετά μεγάλα, μειώνοντας έτσι το overhead που υπάρχει κατά τη μετάδοση segments που μόλις περιέχουν κάποια bytes.

Παρ όλο όμως που αυξάνεται ο συνολικός όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται στο δίκτυο (throughput), μπορεί να δημιουργεί προβλήματα σε ορισμένα είδη εφαρμογών. Για παράδειγμα, Εάν μια TCP σύνδεση χρησιμοποιείται για τη μεταφορά χαρακτήρων από ένα τερματικό αλληλεπίδρασης (interactive terminal) προς μία απομακρυσμένη μηχανή (remote machine), τότε ο χρήστης του τερματικού περιμένει στιγμιαία απόκριση σε κάθε πληκτρολόγησή του. Εάν το TCP απομονώνει (buffers) τα δεδομένα, θα υπάρχει καθυστέρηση στην απόκριση.

1. Ο μηχανισμός push. Για τέτοιου είδους εφαρμογές, το TCP παρέχει την push λειτουργία, την οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει όποιο πρόγραμμα εφαρμογής θέλει να επιβάλλει την μεταφορά των bytes που βρίσκονται στο stream, χωρίς να περιμένει κάποιον buffer να γεμίσει. Η push λειτουργία όμως, κάνει περισσότερα από το, απλά να επιβάλλει στο TCP να στείλει ένα segment. Επίσης, ζητά από το TCP να θέσει το bit PUSH στο αντίστοιχο πεδίο του segment, έτσι ώστε ο παραλήπτης - TCP να πληροφορήσει αμέσως το πρόγραμμα εφαρμογής για την άφιξη pushed δεδομένων και έτσι να φροντίσει να τα παραλάβει αμέσως.
2. Ο μηχανισμός urgent. Εκτός από την push λειτουργία, το TCP παρέχει τη δυνατότητα ενός δείκτη επειγόντων δεδομένων (urgent pointer), η οποία επιτρέπει



στον αποστολέα να πληροφορήσει τον παραλήπτη ότι τα υπόλοιπα δεδομένα της ακολουθίας αποστολής είναι επείγοντα και πρέπει να επεξεργαστούν άμεσα.

### 3.5.7. TCP segment format

Το format ενός TCP segment είναι όπως παρακάτω:

0	8	16	31
SOURCE PORT		DESTINATION PORT	
SEQUENCE NUMBER			
ACKNOWLEDGEMENT NUMBER			
OFFS.RES.CODE 6-bits		WINDOW	
CHEKSUM		URGENT POINTER	
OPTIONS		PADDING	
DATA			
...			
...			

### 3.5.8. TCP Interfaces

Σε όλες σχεδόν τις υλοποιήσεις του, το TCP θεωρείται σαν ένα κομμάτι (module) του λειτουργικού συστήματος της μηχανής στην οποία υλοποιείται. Οι χρήστες προσπελούν τις υπηρεσίες του με τρόπο πολύ παρόμοιο σαν αυτόν που προσπελούν το σύστημα αρχείων (file system) του λειτουργικού. Με τη σειρά του το TCP, μπορεί να καλεί άλλες συναρτήσεις του λειτουργικού συστήματος, για παράδειγμα, αυτές που έχουν να κάνουν με τη διαχείριση των δομών δεδομένων. Η πραγματική διασύνδεση (interface) με το δίκτυο, ελέγχεται από ένα device driver module.

Το TCP, δεν καλεί τον network device driver άμεσα, αλλά καλεί το Internet datagram protocol module το οποίο με τη σειρά του καλεί τον device driver.

Τα δύο ειδών Interfaces που είναι σημαντικά είναι:

1. TCP/User Interface. Διασύνδεση με τα ιεραρχικά ανώτερα πρωτόκολλα εφαρμογών (application interface).
2. TCP/Internet Interface. Διασύνδεση με τα ιεραρχικά κατώτερα Internet πρωτόκολλα.

Το TCP/User Interface παρέχει τη δυνατότητα κλήσεων που γίνονται από προγράμματα εφαρμογών, σε συναρτήσεις του TCP για άνοιγμα (OPEN) και κλείσιμο (CLOSE) συνδέσεων, για αποστολή (SEND) και παραλαβή (RECEIVE) δεδομένων καθώς και παρουσίαση στατιστικών στοιχείων για μια σύνδεση (STATUS). Αυτές οι κλήσεις, είναι παρόμοιες με οποιεσδήποτε άλλες κλήσεις στο

λειτουργικό σύστημα που κάνουν τα προγράμματα εφαρμογών (file-open, file-read) κλπ.

Το TCP/Internet Interface παρέχει τη δυνατότητα κλήσεων συναρτήσεων για την αποστολή και παραλαβή datagrams που απευθύνονται σε TCP modules τα οποία βρίσκονται σε μηχανές οπουδήποτε στο Internet.

Αυτές οι κλήσεις έχουν παραμέτρους για το πέρασμα των Internet διευθύνσεων, τον τύπο της ζητούμενης υπηρεσίας, την ασφάλεια και άλλες πληροφορίες ελέγχου.

### 3.5.9. Δεσμευμένοι TCP port αριθμοί

Ένα σημαντικό επίσης θέμα είναι και η δέσμευση των TCP ports. Τα TCP modules σε κάθε μηχανή είναι ελεύθερα να διαλέγουν και να καταχωρούν σε διαδικασίες αριθμούς ports όπως θέλουν. Υπάρχει όμως ένα βασικό λειτουργικό πρόβλημα στην τυχαία καταχώρηση των ports αριθμών. Δύο μηχανές πρέπει να συμφωνήσουν στο ποιους αριθμούς θα χρησιμοποιήσουν πριν είναι έτοιμες να επικοινωνήσουν. Για παράδειγμα, όταν η μηχανή A θέλει να πάρει ένα αρχείο από τη μηχανή B, χρειάζεται να ξέρει ποιο port χρησιμοποιεί η file-transfer διαδικασία στη μηχανή B.

Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται στο πρόβλημα είναι η χρήση μιας επίσημης διεθνούς κεντρικής αρχής που καταχωρεί σε διαδικασίες οι οποίες παρέχουν κάποιες standard υπηρεσίες όπως file-transfer, remote login, e-mail κλπ., δεσμευμένους για αυτές τις υπηρεσίες well-known port αριθμούς. Τα well-known sockets είναι ένας βολικός μηχανισμός για την συσχέτιση ενός socket με κάποια διαδεδομένη υπηρεσία.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τους δεσμευμένους TCP port αριθμούς.

Decimal	Keyword	Description
0		Reserved
1-4		Unassigned
5	RJE	Remote Job Entry
7	ECHO	Echo
9	DISCARD	Discard
11	USERS	Active Users
13	DAYTIME	Daytime
15	NETSTAT	Who is up or NETSTAT
17	QUOTE	Quote of the Day
19	CHARGEN	Character Generator
20	FTP-DATA	File Transfer Protocol(data)
21	FTP	File Transfer Protocol
23	TELNET	Terminal connection
25	SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
37	TIME	Time

39	RLP	Resource Location Protocol
42	NAMESERVER	Host Name Server
43	NICKNAME	Who Is
53	DOMAIN	Domain Name Server
67	BOOTPS	Bootstrap Protocol Server
68	BOOTPC	Bootstrap Protocol Client
69	TFTP	Trivial File Transfer
75		any private dial out service
77		any private RJE service
79	FINGER	Finger
95	SUPDUP	SUPDUP Protocol
101	HOSTNAME	NIC Host Name Server
102	ISO-TSAP	ISO-TSAP
113	AUTH	Authentication Service
117	UUCP-PATH	UUCP Path Service
123	NTP	Network Time Protocol
133-159	Unassigned	
160-223	Reserved	
224-241	Unassigned	
247-255	Unassigned	

### Πίνακας 1: Δεσμευμένοι TCP Ports αριθμοί

Σαφώς υπάρχουν και μη δεσμευμένοι αριθμοί για χρήση από τα προγράμματα εφαρμογών που επιθυμούν τις υπηρεσίες του TCP.

## 3.6. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι τώρα, σαν μοναδικός τρόπος προσδιορισμού μιας μηχανής μέσα στο Internet αναφέρθηκε η χρήση 32-bit ακεραίων αριθμών που ονομάζονται Internet διευθύνσεις. Παρόλο που τέτοιες διευθύνσεις παρέχουν ένα βολικό και συμπαγή τρόπο αναπαράστασης για τον προσδιορισμό της αφετηρίας και του προορισμού των πακέτων που διακινούνται μέσα στο Internet} οι χρήστες προτιμούν να δίνουν στις μηχανές ονόματα (names), τα οποία είναι εύκολα στην προφορά και στην μνημόνευση.

Δύο είναι τα βασικά θέματα τα οποία ορίζει το Σύστημα Διαχείρισης Ονομάτων (ΣΔΟ) και με τα οποία ασχολείται και το κεφάλαιο αυτό:

- Περιγραφή ενός σχήματος προσδιορισμού περιγραφικών ονομάτων υψηλού επιπέδου (high level names) σε ένα μεγάλο σύνολο μηχανών.

- Περιγραφή ενός μηχανισμού αντιστοίχισης και μετατροπής μεταξύ των ονομάτων υψηλού επιπέδου και των Internet διευθύνσεων. Αυτή η μετάφραση αναφέρεται και προς τις δύο κατευθύνσεις δηλ. από ονόματα σε διευθύνσεις και το αντίστροφο.

Τα πρώτα συστήματα δικτύων υπολογιστών ανάγκαζαν τους χρήστες να κατανοούν και να θυμούνται αριθμητικές διευθύνσεις για να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες του δικτύου. Οι συνδέσεις που υποστηρίζονταν ήταν point-to-point και για τον προσδιορισμό των μηχανών χρησιμοποιούνταν χαμηλού επιπέδου hardware διευθύνσεις. Η διασύνδεση όμως, των δικτύων υπολογιστών (internetworking) εισήγαγε τις πιο γενικές διευθύνσεις καθώς και λογικό πρωτοκόλλων για την μετάφραση των γενικών διευθύνσεων σε χαμηλού επιπέδου hardware διευθύνσεις. Όταν οι χρήστες αντιλήφθηκαν τις πολλές μηχανές που συμμετείχαν στο υπολογιστικό τους περιβάλλον, θέλησαν να χρησιμοποιούν περιγραφικά, συμβολικά ονόματα για να τις προσδιορίζουν.

Τα πρώτα ονόματα των μηχανών αντικατόπτριζαν κυρίως το σκοπό της μηχανής και το μικρό σχετικά περιβάλλον στο οποίο λειτουργούσε. Για παράδειγμα, υπολογιστές συχνά είχαν ονόματα όπως research, production, accounting, development. Οι χρήστες σαφώς προτιμούν να χρησιμοποιούν τέτοιου είδους ονόματα παρά τις πιο πολύπλοκες hardware διευθύνσεις.

Η διαφορά μεταξύ μεταξύ ονομάτων και διευθύνσεων είναι μάλλον τεχνητή. Ένα όνομα είναι ένας προσδιοριστής (identifier) ο οποίος αποτελείται από μια ακολουθία χαρακτήρων επιλεγμένων από ένα πεπερασμένο αλφάβητο. Τα ονόματα είναι χρήσιμα μόνο εάν το σύστημα μπορεί να τα αντιστοιχίζει επαρκώς με τα αντικείμενα τα οποία δηλώνουν. Έτσι θεωρούμε μια Internet διεύθυνση σαν ένα όνομα χαμηλού επιπέδου (low-level name) και λέμε πως, οι χρήστες προτιμούν ονόματα υψηλού επιπέδου (high-level names) για τις μηχανές.

Η μορφή των ονομάτων υψηλού επιπέδου είναι πολύ σημαντική γιατί καθορίζει πώς τα ονόματα μεταφράζονται σε ονόματα χαμηλού επιπέδου ή δεσμεύονται σε αντικείμενα, όπως επίσης και το πώς είναι καταμερισμένη η αρχή για τον καθορισμό των ονομάτων. Όταν συνδέονται λίγες μηχανές, η επιλογή των ονομάτων είναι εύκολη και οποιαδήποτε μορφή τους είναι επαρκής. Όταν όμως, δεκάδες χιλιάδες μηχανών διασυνδέονται, η επιλογή των συμβολικών ονομάτων γίνεται δύσκολη.

### 3.7. ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΟΛΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ

Το αρχικό σύνολο ονομάτων για τις μηχανές που βρίσκονταν στο Internet αποτελούσε ένα επίπεδο σύνολο ονομάτων (flat namespace) στο οποίο κάθε όνομα αποτελούνταν από μια ακολουθία χαρακτήρων χωρίς καμιά άλλη περαιτέρω δομή. Στο αρχικό σχήμα, ένας κεντρικός κόμβος, το Internet Network Information Center, ήταν υπεύθυνο για το σύνολο των ονομάτων σε χρήση και αποφάσιζε για τη χρήση νέων ονομάτων (πρόνοια για αποφυγή συγκρούσεων με ήδη προϋπάρχοντα ονόματα κλπ.)

Το βασικό πλεονέκτημα ενός επίπεδου συνόλου ονομάτων είναι ότι τα ονόματα είναι βολικά και μικρά. Το βασικό του μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορεί να γενικευτεί για μεγάλα σύνολα μηχανών για τεχνικούς και διοικητικούς λόγους:

1. Επειδή τα ονόματα επιλέγονται από ένα και μόνο σύνολο identifiers η πιθανότητα για σύγκρουση με ήδη προϋπάρχοντα ονόματα αυξάνει με αύξηση του αριθμού των μηχανών.
2. Επειδή η ευθύνη για την πρόσθεση νέων ονομάτων πρέπει να βρίσκεται σε έναν συγκεκριμένο κόμβο, ο διοικητικός φόρτος σε αυτόν τον κόμβο αυξάνει με αύξηση του αριθμού των μηχανών.
3. Επειδή οι αντιστοιχίες μεταξύ ονομάτων-διευθύνσεων αλλάζουν συχνά, το κόστος της συντήρησης σωστών αντιγράφων σε κάθε κόμβο είναι υψηλό και αυξάνει καθώς αυξάνει και ο αριθμός των μηχανών. Από την άλλη μεριά εάν η βάση δεδομένων των ονομάτων βρίσκεται σε έναν κόμβο, η κυκλοφορία (network traffic) προς αυτόν τον κόμβο αυξάνεται δραματικά με την αύξηση των μηχανών που βρίσκονται στο δίκτυο.

## 3.8. ΙΕΡΑΡΧΙΚΑ ΟΝΟΜΑΤΑ

### 3.8.1. Η φιλοσοφία

Το ερώτημα που προκύπτει είναι, πως μπορεί ένα σχήμα ονομάτων να υποστηρίξει ένα ολόενα αυξανόμενο σύνολο ονομάτων χωρίς να απαιτεί έναν κεντρικό κόμβο για να το διοικεί; Η απάντηση βρίσκεται στην αποκέντρωση του μηχανισμού ονομάτων καταμερίζοντας την αρμοδιότητα για τμήματα του συνόλου των ονομάτων και κατανέμοντας την ευθύνη για την αντιστοίχιση μεταξύ ονομάτων και διευθύνσεων. Το Internet ήδη χρησιμοποιεί έναν τέτοιο μηχανισμό ονομάτων, γνωστό σαν Internet Domain Name System.

Η τμηματοποίηση του συνόλου των ονομάτων (namespace) πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να υποστηρίξει επαρκή αντιστοίχιση των ονομάτων και να εγγυάται αυτόνομο έλεγχο του καθορισμού των ονομάτων. Βελτιστοποιήσεις μόνο ως προς την απαίτηση για επαρκή αντιστοίχιση μεταξύ ονομάτων-διευθύνσεων μπορεί να οδηγήσει σε λύσεις που διατηρούν ένα επίπεδο σύνολο ονομάτων και μειώνουν την κυκλοφορία μοιράζοντας τα ονόματα μεταξύ πολλών μηχανών που κάνουν και αντιστοίχιση. Από την άλλη μεριά, βελτιστοποιήσεις μόνο ως προς την απαίτηση για διοικητική ευκολία μπορεί να οδηγήσουν σε λύσεις που κάνουν εύκολο τον καθορισμό αρμοδιοτήτων αλλά σύνθετη τη διαδικασία του name-to-address mapping.

Για να κατανοήσουμε το πως πρέπει να χωριστεί το πεδίο ονομάτων, μπορούμε να σκεφτούμε σαν παράδειγμα την εσωτερική δομή των μεγάλων οργανισμών. Στην κορυφή της ιεραρχίας, ο γενικός διευθυντής έχει όλη την ευθύνη. Επειδή όμως ο γενικός διευθυντής δεν μπορεί να επιβλέπει τα πάντα, ο οργανισμός μπορεί χωρίζεται σε τμήματα, με έναν διευθυντή υπεύθυνο για κάθε τμήμα. Ο γενικός διευθυντής παρέχει σε κάθε τμήμα αυτονομία με συγκεκριμένα όρια. Πιο συγκεκριμένα, ο διευθυντής που είναι υπεύθυνος για κάποιο τμήμα, μπορεί να προσλαμβάνει ή να απολύει υπαλλήλους, να παρέχει γραφεία, να δίνει αρμοδιότητες χωρίς να παίρνει άμεση έγκριση του γενικού διευθυντή.

Επιπλέον, παρέχοντας την ευκολία του ορισμού των αρμοδιοτήτων, η ιεραρχία ενός μεγάλου οργανισμού εισάγει την αυτόνομη λειτουργία. Για παράδειγμα, όταν κάποιοι εργαζόμενοι χρειάζονται πληροφορίες όπως τους αριθμούς τηλεφώνου άλλων εργαζομένων, ρωτούν τους δικούς τους (τοπικούς) υπαλλήλους της γραμματειακής

υποστήριξης (οι οποίοι με τη σειρά τους μπορεί να χρειαστεί να επικοινωνήσουν με παρόμοιους υπαλλήλους άλλων τμημάτων).

### 3.8.2. Καθορισμός αρμοδιοτήτων για τα ονόματα

Ένα ιεραρχικό σχήμα ονομάτων λειτουργεί σαν τη διοίκηση ενός μεγάλου οργανισμού. Το σύνολο όλων των ονομάτων, στο υψηλότερο επίπεδο τμηματοποιείται και η αρμοδιότητα για τα ονόματα στα υποτμήματα περνούν σε συγκεκριμένους παραλήπτες. Για παράδειγμα, μπορεί να διαλέγαμε να χωρίσουμε το σύνολο των ονομάτων σύμφωνα με το όνομα της περιοχής (site name) και να δίνουμε σε κάθε περιοχή (site) την ευθύνη για την συντήρηση των ονομάτων μέσα στο κομμάτι που θα της αντιστοιχούσε. Δηλαδή το υψηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας τμηματοποιεί τα ονόματα και ορίζει τις αρμοδιότητες για τα τμήματα. Δεν το ενδιαφέρουν αλλαγές εσωτερικές σε ένα τμήμα.

Το συντακτικό των ιεραρχικά καθορισμένων ονομάτων συχνά αντικατοπτρίζει τον ιεραρχικό ορισμό της αρμοδιότητας που χρησιμοποιήθηκε για τον ορισμό τους. Σαν ένα παράδειγμα, ας σκεφτούμε ένα σύνολο ονομάτων με ονόματα της μορφής

local.site

όπου site είναι το όνομα μιας περιοχής με αρμοδιότητες που της έχουν δοθεί από την κεντρική αρχή, local είναι το κομμάτι του ονόματος που ελέγχεται από την περιοχή site και ο χαρακτήρας τελεία (.) είναι αυτός που χρησιμοποιείται για να τα ξεχωρίζει. Έτσι, όταν η πιο ψηλά στην ιεραρχία αρχή εγκρίνει την πρόσθεση μιας νέας περιοχής (site) X, προσθέτει την X στη λίστα των έγκυρων περιοχών και καταχωρεί στην περιοχή X αρμοδιότητα για διαχείριση όλων των ονομάτων που τελειώνουν σε «.X».

### 3.8.3. Αρμοδιότητες για τα υποσύνολα ονομάτων

Σε ένα ιεραρχικό σύνολο ονομάτων, η αρμοδιότητα διαχείρισης μπορεί να χωριστεί περαιτέρω σε κάθε επίπεδο. Στο παράδειγμά μας, της «τμηματοποίησης» με βάση την περιοχή, η κάθε περιοχή μπορεί από μόνη της να αποτελείται από πολλά διοικητικά τμήματα και η διοίκηση της περιοχής μπορεί να διαλέξει να υποδιαιρέσει το σύνολο των ονομάτων της ανάμεσα στα τμήματα. Η βασική ιδέα είναι:

Να συνεχίζεται η υποδιαίρεση του συνόλου των ονομάτων μέχρις ότου κάθε υποτμήμα είναι όσο μικρό χρειάζεται για να είναι αποδοτικά «διοικησιμο».

Συντακτικά, υποδιαιρώντας το σύνολο των ονομάτων εισάγει άλλες υποδιαιρέσεις στο όνομα. Για παράδειγμα, προσθέτοντας μια υποδιαίρεση group στα ονόματα που είναι ήδη τμηματοποιημένα κατά περιοχή, δημιουργείται το επόμενο συντακτικό ονομάτων:

local.group.site

Επειδή, το υψηλότερο επίπεδο καθορίζει τις αρμοδιότητες, τα ονόματα των ομάδων (groups) δεν είναι απαραίτητο να συμφωνούν μεταξύ περιοχών. Μια πανεπιστημιακή περιοχή μπορεί να διαλέξει ονόματα ομάδων όπως engineering, science, arts ενώ μια επιχειρησιακή περιοχή ονόματα όπως production, accounting, personnel.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των ονομάτων είναι:

Στο Internet, τα ιεραρχικά ονόματα των μηχανών ορίζονται σύμφωνα με τη δομή των οργανισμών που αποκτούν αρμοδιότητα για τμήματα του συνόλου των ονομάτων και όχι σύμφωνα με τη δομή των διασυνδέσεων στο φυσικό δίκτυο.

### 3.9. INTERNET DOMAIN NAMES

Η ιεραρχία των ονομάτων των μηχανών στο Internet ονομάζεται Σύστημα Ονομάτων Επικράτειας (Σ.Ο.Ε. Domain Name System) και έχει δύο ανεξάρτητα χαρακτηριστικά:

1. Το πρώτο είναι αφηρημένο: το συντακτικό των ονομάτων και κανόνες για τον ορισμό αρμοδιοτήτων πάνω στα ονόματα.
2. Το δεύτερο είναι συγκεκριμένο: την υλοποίηση ενός συστήματος το οποίο αντιστοιχίζει αποδοτικά ονόματα σε διευθύνσεις.

#### 3.9.1. Το συντακτικό των ονομάτων

Το Internet χρησιμοποιεί ένα ιεραρχικό σχήμα ονοματολογίας γνωστό σαν ονόματα επικράτειας domain names. Ένα τέτοιο όνομα αποτελείται από μια ακολουθία από υπο-ονόματα χωρισμένα με ένα διαχωριστικό χαρακτήρα, την τελεία. Στα παραδείγματά μας, αναφέραμε πως τα αυτόνομα τμήματα του ονόματος μπορεί να αντιπροσωπεύουν περιοχές ή ομάδες, αλλά το Σ.Ο.Ε. απλά καλεί κάθε τέτοιο τμήμα σαν ετικέτα (label). Έτσι το domain name

cs.purdue.edu

περιέχει τρεις ετικέτες: cs, purdue, edu.

Οποιοδήποτε επίθεμα από ετικέτες σε ένα όνομα επικράτειας ονομάζεται επικράτεια (domain). Έτσι, στο παραπάνω παράδειγμα το domain χαμηλότερου επιπέδου είναι το cs.purdue.edu, το αντίστοιχο του δευτέρου επιπέδου είναι purdue.edu (Purdue University) και το domain του υψηλότερου επιπέδου top level domain είναι το edu (educational institution). Όπως λοιπόν βλέπουμε, τα ονόματα επικράτειας γράφονται με την χαμηλότερου επιπέδου ετικέτα πρώτα και την υψηλότερου επιπέδου τελευταία.

Οι αρχές του Internet που έχουν την τελική ευθύνη για το σύνολο των ονομάτων, έχουν επιλέξει να χωρίσουν το ψηλότερο επίπεδο στις επικράτειες (top level domains) που φαίνονται παρακάτω:

Domain Name	Meaning
COM	Commercial organizations
EDU	Educational Institutions
GOV	Government Institutions
MIL	Military Groups
NET	Major Networks Support Centers
ORG	Other organizations

ARPA	Temporary ARPAnet domain
country code	Countries other than USA

Όταν μια ξένη χώρα επιθυμεί να συμμετάσχει στο Σ.Ο.Ε. η κεντρική αρχή της καθορίζει ένα καινούργιο top level domain που αποτελείται από τον διεθνή διψήφιο κωδικό της χώρας. Όταν ένας οργανισμός των ΗΠΑ θελήσει να συμμετάσχει στο Σ.Ο.Ε. η κεντρική αρχή του καθορίζει μια υπο-επικράτεια (sub--domain) κάτω από τις ήδη υπάρχουσες επικράτειες ψηλού επιπέδου.

Ένα τελευταίο παράδειγμα ίσως ξεκαθαρίσει καλύτερα τη δομή των αρμοδιοτήτων. Η μηχανή με το όνομα atlas στο τμήμα H/Y του πανεπιστημίου Purdue έχει το επίσημο όνομα επικράτειας:

atlas.cs.purdue.edu

Το όνομα εγκρίθηκε και εισήχθη από το προσωπικό συστημάτων του τμήματος H/Y. Προηγουμένως είχαν πάρει την αρμοδιότητα να διαχειρίζονται την υπο-επικράτεια (subdomain) cs.purdue.edu από τον υπεύθυνο όλου του πανεπιστημίου, ο οποίος είχε αρμοδιότητα να διαχειρίζεται την υπο-επικράτεια purdue.edu. Η διοίκηση του Internet έχει τον έλεγχο της επικράτειας edu και γι αυτό νέα πανεπιστήμια μπορούν να προστεθούν μόνο με την έγκρισή της. Ομοίως, οι υπεύθυνοι του πανεπιστημίου Purdue κατέχουν την αρμοδιότητα για τη διαχείριση της υπο-επικράτειας purdue.edu και έτσι νέα τμήματα του πανεπιστημίου ή νέες μηχανές μπορούν να προστεθούν μόνο με την έγκρισή τους.

### 3.10. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Εκτός από τους κανόνες για το συντακτικό των ονομάτων και τον καθορισμό των αρμοδιοτήτων, το Internet σχήμα ονομάτων περιλαμβάνει ένα επαρκές, αξιόπιστο, γενικού σκοπού, καταναμημένο σύστημα για την αντιστοίχιση ονομάτων σε διευθύνσεις. Το σύστημα είναι:

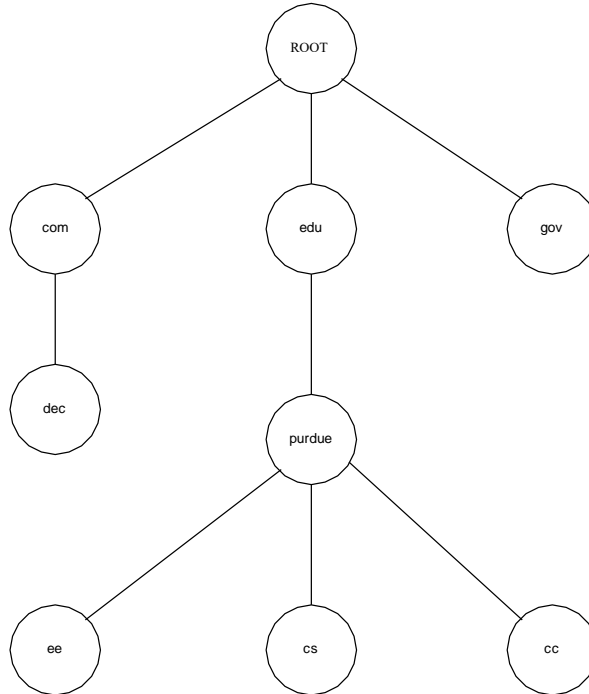
- Καταναμημένο με την τεχνική έννοια, εννοώντας ότι ένα σύνολο από εξυπηρετητές servers που βρίσκονται και λειτουργούν σε πολλές περιοχές, λύνουν συνεργαζόμενοι το πρόβλημα της αντιστοίχισης.
- Επαρκές με την έννοια ότι τα περισσότερα ονόματα μπορούν να αντιστοιχηθούν τοπικά και πολύ λίγα χρειάζονται Internet κυκλοφορία.
- Γενικού σκοπού γιατί δεν περιορίζεται από τα ονόματα των μηχανών.
- Αξιόπιστο, με την έννοια ότι εάν μια μηχανή αποτύχει στη λειτουργία της (machine failure) το σύστημα συνεχίζει να δουλεύει σωστά.

Το σχήμα του Internet για την απεικόνιση των ονομάτων σε διευθύνσεις αποτελείται από ανεξάρτητα, συνεργαζόμενα συστήματα που ονομάζονται εξυπηρετητές ονομάτων (name servers). Ένα τέτοιο σύστημα είναι ένα πρόγραμμα-εξυπηρετητής που παρέχει μετάφραση ονομάτων σε διευθύνσεις, απεικόνιση ονομάτων επικράτειας σε Internet διευθύνσεις. Το λογικό του πελάτη (client software) που ονομάζεται



μεταφραστής ονομάτων (name resolver) χρησιμοποιεί έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές ονομάτων καθώς μεταφράζει ένα όνομα.

Ιδεατά, όλοι οι Internet domain name servers είναι οργανωμένοι σύμφωνα με μια δενδρική δομή που αντιστοιχεί στην ιεραρχία των ονομάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 23:



**Εικόνα 23: Η ιδεατή οργάνωση των εξυπηρετητών ονομάτων σε δομή δέντρου**

Η ρίζα του δέντρου είναι ένας εξυπηρετητής που αναγνωρίζει την επικράτεια υψηλού επιπέδου. Στο επόμενο επίπεδο του ιδεατού δέντρου, ένα σύνολο εξυπηρετητών ονομάτων αναγνωρίζει μια υπο-επικράτεια ψηλού επιπέδου (πχ. edu). Στο τρίτο επίπεδο του δέντρου, οι εξυπηρετητές αναγνωρίζουν υπο-επικράτειες κάτω από αυτές του υψηλότερου επιπέδου. Το ιδεατό δέντρο συνεχίζεται με έναν εξυπηρετητή σε κάθε επίπεδο για το οποίο ένα subdomain έχει οριστεί.

Συνδέσεις στο ιδεατό δέντρο δεν υπονοούν και φυσικές συνδέσεις. Αντίθετα, δείχνουν ποιους άλλους εξυπηρετητές ονομάτων ένας συγκεκριμένος εξυπηρετητής γνωρίζει και συμβουλευέται. Επειδή οι συνδέσεις ακολουθούν την υποδιαίρεση των αρμοδιοτήτων, ένας σύνδεσμος στο δέντρο από τον κόμβο x, κάτω προς έναν κόμβο y, σημαίνει ότι ο y είναι μια υπο-επικράτεια του x.

## 3.11. ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ

### 3.11.1. Γενικά θέματα

Αν και το ιδεατό δέντρο κάνει εύκολα κατανοητή τη σχέση μεταξύ των εξυπηρετητών (servers), κρύβει αρκετά σημαντικές λεπτομέρειες. μια ματιά στο αλγόριθμο μετάφρασης των ονομάτων σε διευθύνσεις θα βοηθούσε στην κατανόηση τους.

Η διαδικασία της απεικόνισης ονομάτων σε διευθύνσεις (Domain Name Resolution, DNR) προχωράει από πάνω προς τα κάτω (top-down), αρχίζοντας με τον εξυπηρετητή ονομάτων (name server) που βρίσκεται στη ρίζα του δέντρου και συνεχίζοντας με αυτούς που βρίσκονται στα φύλλα του δέντρου. Υπάρχουν δύο τρόποι για να χρησιμοποιήσει κανείς το σύστημα των ονομάτων: με το να χρησιμοποιεί τους name servers, έναν κάθε φορά, ή να ζητήσει από κάποιον name server να κάνει ολόκληρη την μετάφραση.

Και στις δύο περιπτώσεις το λογικό του πελάτη (client software) δημιουργεί μια ερώτηση που περιλαμβάνει το όνομα που πρόκειται να μεταφραστεί, έναν ορισμό του τύπου του ονόματος, του τύπου της επιθυμητής μετάφρασης και έναν κωδικό που καθορίζει αν ο name server πρέπει να μεταφράσει πλήρως το όνομα.

Όταν ένας name server παραλάβει μια τέτοια ερώτηση, ελέγχει να δει αν το όνομα βρίσκεται στην περιοχή κυριότητας του. Σ' αυτή την περίπτωση, μεταφράζει το όνομα σε μια διεύθυνση σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του και προσθέτει την απάντηση στην ερώτηση προτού τη στείλει πίσω στον πελάτη (client).

Αν ο name server δεν μπορεί να αντιστοιχίσει πλήρως το όνομα σε διεύθυνση, ελέγχει να δει το είδος αλληλεπίδρασης που καθορίστηκε από τον πελάτη. Αν αυτός ζήτησε πλήρη μετάφραση (αναδρομική αντιστοίχιση - recursive resolution του ονόματος, όπως λέγεται σε ορολογία ονομάτων διευθύνσεων), ο εξυπηρετητής έρχεται σε επαφή με κάποιον άλλο εξυπηρετητή ονομάτων που μπορεί να κάνει τη μετάφραση του ονόματος σε διεύθυνση και επιστρέφει την απάντηση στον πελάτη. Αν ο πελάτης ζήτησε μη αναδρομική αντιστοίχιση του ονόματος, σ' αυτή την περίπτωση ο εξυπηρετητής ονομάτων δεν μπορεί να απαντήσει. Απλά προσδιορίζει στον πελάτη το όνομα του name server που μπορεί να δώσει απάντηση.

Πώς όμως ο DNR βρίσκει τον name server απ' όπου θα ξεκινήσει να ψάχνει και πώς κάποιος εξυπηρετητής γνωρίζει αυτούς που μπορούν να απαντήσουν σε κάποια ερώτηση; Οι απαντήσεις είναι σχετικά απλές. Ένας μεταφραστής ονομάτων (name resolver) θα πρέπει να ξέρει πώς μπορεί να έρθει σε επαφή με τουλάχιστον ένα name server. Για να είναι σίγουρο ότι ένας name server μπορεί να προσπελάσει τους άλλους, το σύστημα απαιτεί ότι κάθε server γνωρίζει τη διεύθυνση τουλάχιστον ενός από τους servers που βρίσκονται στην κορυφή του δέντρου της ιεραρχίας. Επιπλέον, θα πρέπει να γνωρίζει και τη διεύθυνση αυτού που βρίσκεται ακριβώς από πάνω του και ονομάζεται πατέρας του.

Οι name servers χρησιμοποιούν ένα well-known protocol port για όλες τις επικοινωνίες, και έτσι οι πελάτες ξέρουν πώς να προσπελάσουν έναν server αν γνωρίζουν την IP διεύθυνση της μηχανής στην οποία τρέχει ο εξυπηρετητής.

Δεν υπάρχει σταθερός τρόπος για τις μηχανές να εντοπίσουν αυτή στην οποία ο τοπικός name server τρέχει. Αυτό αφήνεται στο σχεδιαστή του συστήματος να το αποφασίσει. Σε μερικά συστήματα, η διεύθυνση του μηχανήματος που παρέχει τις υπηρεσίες της αντιστοίχισης ονομάτων σε διευθύνσεις καθορίζεται σε προγράμματα εφαρμογών κατά τη διάρκεια της συμβολομετάφρασης (compile time), ενώ σε άλλα καθορίζεται από το λειτουργικό σύστημα. Σε άλλα, ο administrator τοποθετεί τη διεύθυνση του server σε κάποιο αρχείο στη βοηθητική μνήμη.

### 3.11.2. Αποδοτική μετάφραση με caching

Παρόλο που μπορεί να φαίνεται φυσικό να αναλύονται (resolve) οι ερωτήσεις προς τους εξυπηρετητές, επεξεργάζοντας το δέντρο των εξυπηρετητών από πάνω προς τα κάτω, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκείς λύσεις και δυσκαμψία για τρεις λόγους:

1. Τα περισσότερα ονόματα που ζητούνται να αντιστοιχηθούν είναι τοπικά ονόματα, δηλαδή ανήκουν στην ίδια επικράτεια με αυτή που ανήκει και ο εξυπηρετητής. Έτσι το να ξεκινά κανείς από την κορυφή της ιεραρχίας είναι σαφώς μη αποδοτικό.
2. Εάν κάθε μετάφραση ονομάτων ξεκινούσε πάντα από την κορυφή της ιεραρχίας, τότε η μηχανή σε εκείνο το σημείο θα υπερ-φορτωνόταν.
3. Αποτυχία των μηχανών στα ψηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας θα εμπόδιζε την μετάφραση των ονομάτων, ακόμη και αν η τοπική αρχή (local name server) μπορούσε να μεταφράσει το όνομα.

Έτσι, ακολουθείται ένας άλλος μηχανισμός μετάφρασης δύο βημάτων που επιτρέπει επαρκή μετάφραση. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί τον τοπικό εξυπηρετητή πριν να ψάξει σε όλη ιεραρχία. Προαναφέραμε πως οι περισσότερες αιτήσεις προς τους εξυπηρετητές αναφέρονται σε τοπικά ονόματα. Έτσι για να κρατήσουμε το κόστος της μετάφρασης χαμηλό, αυτή γίνεται ξεκινώντας από τον τοπικό εξυπηρετητή. Επιπλέον, επειδή το κόστος του ψαξίματος για μη τοπικά ονόματα είναι υψηλό, οι εξυπηρετητές ονομάτων στο Internet χρησιμοποιούν name caching για τη βελτιστοποίηση του κόστους ψαξίματος. Κάθε server συντηρεί μια τοπική μνήμη ταχείας εξυπηρέτησης (cache memory) με τα πιο πρόσφατα χρησιμοποιημένα ονόματα όπως επίσης και μια εγγραφή που αναφέρει το που αποκτήθηκε η πληροφορία μετάφρασης για το συγκεκριμένο όνομα. Όταν ένας πελάτης ζητά από τον εξυπηρετητή να μεταφράσει ένα όνομα, ο server ελέγχει εάν έχει αρμοδιότητα για το όνομα. Εάν όχι, ελέγχει την μνήμη ταχείας εξυπηρέτησης του για να δει εάν το όνομα έχει αναλυθεί πρόσφατα. Οι εξυπηρετητές αναφέρουν στους πελάτες τις πληροφορίες που βρίσκονται στην μνήμη τους, αλλά τις χαρακτηρίζουν σαν δεσμεύσεις χωρίς αρμοδιότητα (nonauthoritative binding) και παρέχουν το domain name ενός εξυπηρετητή S από τον οποίο έκαναν τη δέσμευση.

Ο τοπικός εξυπηρετητής στέλνει επίσης επιπλέον πληροφορία που αναφέρει στον πελάτη μια αντιστοιχία μεταξύ του S και μιας Internet διεύθυνσης. Έτσι ο πελάτης παίρνει μια γρήγορη απάντηση η οποία όμως μπορεί να είναι και όχι πρόσφατη. Έτσι, εάν η αποδοτικότητα είναι σημαντική, ο πελάτης θα διαλέξει να δεχτεί την χωρίς αρμοδιότητα απάντηση (nonauthoritative answer) και θα συνεχίσει. Εάν, η ακρίβεια είναι σημαντική, ο πελάτης θα διαλέξει να επικοινωνήσει ο ίδιος με την υπεύθυνη αρχή (τον κατάλληλο εξυπηρετητή) και να πιστοποιήσει έτσι πως η αντιστοίχιση ονόματος και διεύθυνσης είναι έγκυρη.

Η τεχνική του caching δουλεύει περίφημα στο Σ.Ο.Ε. γιατί οι αντιστοιχίες μεταξύ ονομάτων και διευθύνσεων αλλάζουν σπάνια. Παρ όλα αυτά, αλλάζουν. Εάν οι εξυπηρετητές τοποθετούσαν στη μνήμη ταχείας εξυπηρέτησης τους τις πληροφορίες την πρώτη φορά που αυτές ζητήθηκαν και ποτέ δεν τις άλλαξαν, αυτές θα ήταν λανθασμένες μετά από κάποιο διάστημα. Έτσι, οι εξυπηρετητές διατηρούν κάποιους χρονομετρητές για κάθε θέση με πληροφορία στην cache και ελευθερώνουν τη θέση εκείνη μετά την παρέλευση κάποιου λογικού χρόνου. Όταν ο εξυπηρετητής ερωτηθεί

για κάποια πληροφορία αφού αυτός την έχει αφαιρέσει από τη μνήμη, πρέπει να ρωτήσει ξανά τον αρμόδιο εξυπηρετητή και να ξαναπάρει τη νέα αντιστοίχιση. Ακόμα πιο σημαντικό, οι εξυπηρετητές δεν χρησιμοποιούν το ίδιο χρονικό διάστημα για timeout σε όλα τα entries της cache και έτσι κάθε φορά που απαντούν σε αιτήσεις, περιλαμβάνουν και μια Time To Live (TTL) τιμή στην απάντηση, η οποία προσδιορίζει πόσο χρόνο εκτιμά η αρμόδια αρχή ότι η συγκεκριμένη αντιστοίχιση θα παραμείνει έγκυρη. Έτσι επιλέγοντας κατάλληλα το χρονικό διάστημα μπορεί να δοθεί περισσότερη έμφαση στην ορθότητα του συστήματος (μικρό διάστημα) ή στη μείωση της επιβάρυνσης του δικτύου (μεγάλο διάστημα).

Η λειτουργία του caching είναι εξίσου σημαντική και στις μηχανές όπως και στους τοπικούς εξυπηρετητές ονομάτων. Πολλά συστήματα χρησιμοποιούν πολύπλοκους name resolvers που παρέχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα από το σύστημα των εξυπηρετητών. Ο host φορτώνει (downloads) ολόκληρη την βάση δεδομένων των ονομάτων και διευθύνσεων από κάποιον τοπικό εξυπηρετητή ονομάτων κατά το ξεκίνημα (startup), συντηρεί τη δικιά του μνήμη ταχείας εξυπηρέτησης από πρόσφατα χρησιμοποιημένα ονόματα και χρησιμοποιεί το εξυπηρετητή μόνο όταν τα ονόματα δεν βρίσκονται. Η διατήρηση ενός αντίγραφου όλης της βάσης δεδομένων του τοπικού server σε κάθε κόμβο έχει πολλά πλεονεκτήματα. Προφανώς, κάνει τη μετάφραση των ονομάτων πολύ γρήγορη, γιατί η διαδικασία της μετάφρασης γίνεται χωρίς καθόλου δικτυακή δραστηριότητα. Επίσης σημαίνει ασφάλεια για τον τοπικό κόμβο, σε περίπτωση που ο τοπικός εξυπηρετητής αποτυγχάνει. Τέλος, μειώνει τον υπολογιστικό φόρτο στον name server και δίνει τη δυνατότητα σε έναν εξυπηρετητή να παρέχει ονόματα σε περισσότερες μηχανές.

### 3.11.3. Domain Server Message Format

Κοιτώντας τις λεπτομέρειες των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ πελατών και εξυπηρετητών βλέπουμε πιο ξεκάθαρα πώς το σύστημα λειτουργεί από την πλευρά μιας τυπικής εφαρμογής. Ο πελάτης δημιουργεί ένα μήνυμα που περιέχει μία ή περισσότερες ερωτήσεις και το στέλνει στον εξυπηρετητή.

Κάθε ερώτηση είναι στην ουσία ένα όνομα επικράτειας για το οποίο ο πελάτης ψάχνει μια Internet διεύθυνση. Ο εξυπηρετητής απαντά στέλνοντας πίσω ένα παρόμοιο μήνυμα που περιέχει απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ο server έχει τις αντιστοιχίες ονομάτων-διευθύνσεων καθώς και πληροφορίες για άλλους εξυπηρετητές ονομάτων με τους οποίους μπορεί να επικοινωνήσει ο πελάτης για ερωτήσεις τις οποίες δεν μπορεί να απαντήσει ο τοπικός εξυπηρετητής απευθείας. Παρακάτω φαίνεται το format των μηνυμάτων:

IDENTIFICATION	PARAMETER
Number Of Questions	Number Of Answers
Number Of Authority	Number Of Additional
QUESTION SECTION	
...	
ANSWER SECTION	
...	

AUTHORITY SECTION
...
ADDITIONAL INFORMATION SECTION
...

## 3.12. IPv6

### 3.12.1. Ιστορική Αναδρομή

Το Internet πρωτόκολλο (Internet Protocol—IP) μπόρεσε να συνδέσει εκατομμύρια υπολογιστών και να φέρει μία καινούργια πραγματικότητα στην παροχή πρόσβασης στην πληροφορία. Το IP αναπτύχθηκε πριν είκοσι χρόνια σαν το πρωτόκολλο του network επιπέδου της αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου (Internet) και μαζί με το πρωτόκολλο του transport επιπέδου TCP (Transmission Control Protocol) δημιούργησαν την οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP. Στην αρχή το TCP/IP χρησιμοποιήθηκε για την διασύνδεση των διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων που χρησιμοποιούσε η κυβέρνηση των Η.Π.Α αλλά λόγω της εξαιρετικής του δύναμης εξαπλώθηκε παγκοσμίως νικώντας τις άλλες δικτυακές κατευθύνσεις και τεχνολογίες όπως: OSI, SNA, DECnet, NETware, κ.α. Το IP λοιπόν έγινε η βάση της δημιουργίας πάρα πολλών client-server ή peer-to-peer εφαρμογών και εκμεταλλεύεται έτσι την δυνατότητα της δικτυακής σύνδεσης.

Η μεγάλη όμως ανάπτυξη του Διαδικτύου (Internet), που καλείται να εξυπηρετήσει δεσεκατομμύρια χρηστών, καθώς και οι απαιτήσεις των νέων δικτυακών εφαρμογών δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν από το IPv4, το οποίο και αποτελεί το υπάρχον IP.

Αυτό είναι λογικό γιατί δεν ήταν δυνατό στο σχεδιασμό του IPv4 να προέβλεπαν αυτήν την αλματώδη εξέλιξη που θα είχε ο δικτυακός χώρος. Η αδυναμία λοιπόν του IPv4 να ακολουθήσει τις εξελίξεις ώθησε τον οργανισμό IETF (Internet Engineering Task Force), να εκδώσει πρόσκληση για προτάσεις για το Ipnng (Next Generation Internet Protocol—RFC1752) τον Ιούλιο του 1992. Αρκετές προτάσεις εμφανίστηκαν, και μέχρι το τέλος του 1994, σ' ένα συνέδριο στο Τορόντο, ο τελικός σχεδιασμός για το Ipnng προέκυψε. Ένα μεγάλο βήμα έγινε τον Ιανουάριο του 1995 με την έκδοση της RFC 1752 «Σύσταση για το πρωτόκολλο Ipnng» (“The Recommendation for the IP Next Generation Protocol”), στην οποία δίνονται οι απαιτήσεις για το Ipnng, προσδιορίζεται η διαμόρφωση του Protocol Data Unit (PDU), και παρουσιάζει την προσέγγιση του Ipnng στους τομείς της διευθυνσιοδότησης, διαδρόμησης και ασφάλειας. Στη συνέχεια ένας αριθμός κειμένων προσδιόρισε τις λεπτομέρειες του πρωτοκόλλου, το οποίο επισήμως ονομάστηκε IPv6. Τα κείμενα αυτά περιλαμβάνουν μια γενική περιγραφή του IPv6 (RFC 1883), μία σύσταση για την ετικέτα “ελέγχου ροής” του header του IPv6 (RFC1809), και αρκετές συστάσεις που έχουν να κάνουν με θέματα διευθυνσιοδότησης (RFC 1884,1886,1887).

Το επίσημο όνομα του είναι IPv6 (Internet Protocol version 6) και έρχεται να δώσει λύση στο εμφανή πρόβλημα της έλλειψης διευθύνσεων που παρουσιάζει το IPv4 και όχι μόνο, γιατί λόγω του βελτιωμένου σχεδιασμού του καθορίζει μία ομάδα από υπηρεσίες όπως ασφάλεια, υψηλή απόδοση, εύκολη διευθέτηση(configuration),

δημιουργώντας με αυτό το τρόπο ένα πιο αξιόπιστο δίκτυο με λιγότερο διαχειριστικό βάρος.

Όμως η πραγματική πρόκληση για το IPv6 είναι για το εάν θα επιτύχει να “δέσει” το περιβάλλον του επερχόμενου δικτύου όπου εκτός από τους συμβατικούς υπολογιστές θα αποτελείται από μυριάδες άλλες συσκευές όπως προσωπικοί επεξεργαστές δεδομένων μεγέθους παλάμης (palmtop personal data assistants-PDA), υβριδικά κινητά τηλέφωνα με υπολογιστικές δυνατότητες, έξυπνα κουτιά με ενσωματωμένους Web browsers καθώς και από φωτοτυπικά μηχανήματα ενός γραφείου έως και συσκευές που χρησιμοποιούνται στην κουζίνα ενός σπιτιού.

Η επιτυχία του IPv6 θα βασιστεί όμως και στη δυνατότητα του να εντάξει το παλιό στο καινούργιο. Είναι γνωστό το μέγεθος που έχει ήδη το Διαδίκτυο και η μετάβαση από το IPv4 στο IPv6 δεν είναι απλή υπόθεση αλλά απαιτεί σωστή στρατηγική έτσι ώστε να παραμείνει αδιάλειπτη και αποδοτική η λειτουργία του Διαδικτύου.

Παρακάτω λοιπόν ακολουθεί η δικαιολόγηση της απαίτησης για αναβάθμιση του υπάρχοντος IPv4, μία περιορισμένη παρουσίαση του IPv6 πρωτοκόλλου στους τομείς της διευθυνσιοδότησης, απόδοσης και ασφάλειας, μια γενική παρουσίαση του IPv6 header και τέλος μια αναφορά στην μέχρι τώρα εξάπλωση του IPv6 Δικτύου.

### 3.12.2. Ανάγκη Αναβάθμισης IPv4

Το Διαδίκτυο αυτήν τη στιγμή χρησιμοποιεί την έκδοση τέσσερα (4) του Internet πρωτοκόλλου, γνωστή συνοπτικά σαν IPv4. Πρόκειται αναμφίβολα για το πιο πετυχημένο πρωτόκολλο με χρήση του οποίου συνδέθηκαν χιλιάδες κόμβοι εκατοντάδων διαφορετικών δικτύων δημιουργώντας αυτό που σήμερα ονομάζουμε Διαδίκτυο. Αρκετές δεκάδες εκατομμυρίων υπολογιστών και εκατοντάδες εκατομμυρίων χρηστών είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο.

Η πρώτη έκδοση του IP έγινε τα μέσα του 1970. Επομένως θα έλεγε κανείς ότι το IPv4 δουλεύει αρκετά καλά, ιδιαίτερα αν αναλογιστούμε την ηλικία του. Κάθε σύστημα στον κόσμο σήμερα χρησιμοποιεί IPv4(εκτός ίσως από λίγα πειραματικά δίκτυα που χρησιμοποιούν από τώρα IPv6) . Μιλάμε για ένα αριθμό συστημάτων της τάξης των 100 εκατομμυρίων, που χρησιμοποιούν διάφορες εκδόσεις δικτυακού λογισμικού για TCP/IP, που τρέχουν σε μια πληθώρα λειτουργικών συστημάτων και υλικού. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι μια πιθανή αναβάθμιση του πρωτοκόλλου θα επηρεάσει όλο το πιο πάνω αριθμό συστημάτων και οργανισμών αφού και αυτά πρέπει να αναβαθμιστούν ώστε να είναι συμβατά με το νέο πρωτόκολλο.

Οι βασικοί λόγοι που απαιτείται η αναβάθμιση είναι οι παρακάτω:

1. Θέματα έλλειψης διευθύνσεων: Αν και οι χρήστες πιστεύουν ότι αυτός εμφανίζεται σαν ο βασικότερος λόγος αναβάθμισης του IPv4, ουσιαστικά πρόκειται μόνο για ένα από τα προβλήματα που απασχολούν την κοινότητα του Διαδικτύου.
2. Θέματα απόδοσης: Παρ' όλο που το IP λειτουργεί αποδοτικά τα 20 και πλέον χρόνια που χρησιμοποιείται, υπάρχουν πάρα πολλές βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν. Οι διαχειριστές γνωρίζουν καλύτερα από όλους το κόστος διαχείρισης των routing entries εξαιτίας της έλλειψης επιπέδων ιεραρχίας στις IP διευθύνσεις. Επίσης αρκετές εφαρμογές απαιτούν υποστήριξη ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS) από το IPv4 και προσπαθούν να ξεπεράσουν αυτή του

την αδυναμία με χρήση άλλων πρωτοκόλλων σε υψηλότερα επίπεδα, μην πετυχαίνοντας όμως τα αναμενόμενα.

3. Θέματα ασφάλειας: Μετά την τεράστια εξάπλωση που γνώρισε το Διαδίκτυο και τη χρήση του σε κάθε είδος οικονομικής συναλλαγής διαπιστώθηκε ότι η ασφάλεια δεν μπορεί να απασχολεί μόνο τις εφαρμογές, αλλά το ίδιο το IP θα πρέπει να έχει μηχανισμούς ασφάλειας.
4. Θέματα αυτόματης ανάθεσης διεύθυνσης: Είναι γνωστό ότι οι ρυθμίσεις του IPv4 στους κόμβους είναι σχετικά πολύπλοκη διαδικασία. Οι χρήστες θα επιθυμούσαν μία λειτουργία “plug and play” με την έννοια του να μπορεί κάποιος να συνδέει τον υπολογιστή του στο δίκτυο IP και αυτός να μπορεί αυτόματα να βρίσκει τις ρυθμίσεις του. Οι ανάγκες των συνεχώς αυξανόμενων χρηστών που δεν έχουν σταθερό χώρο εργασίας (mobile users) απαιτούν αυτόματες ρυθμίσεις ανεξάρτητα του δικτύου που χρησιμοποιούν κάθε φορά για να συνδεθούν.

### 3.12.3. Αναβάθμιση σε IPv6

Μιλώντας για τη μετάβαση πρέπει να γίνει σαφές ότι αυτή δεν μπορεί να γίνει σε μια στιγμή. Αντίθετα θα διανυθεί μια μεταβατική περίοδος όπου το IPv6 θα συνυπάρχει με το IPv4.

Η αναβάθμιση από το IPv4 στο IPv6 αρχικά περιγράφηκε σε δύο RFCs. Το RFC 1883 ορίζει το ίδιο το πρωτόκολλο (που αργότερα αντικαταστάθηκε από το RFC 2460) και το RFC 1884 (που αργότερα αντικαταστάθηκε από το RFC 2373). Τα νέα αυτά χαρακτηριστικά αναφέρουν πέντε σημαντικές αλλαγές και αφορούν την επέκταση της διεύθυνσης, την απλοποίηση της επικεφαλίδας, τη βελτίωση της επεκτασιμότητας, την υποστήριξη ετικετών προτεραιότητας και ροής πακέτων και μηχανισμούς για την ασφάλεια και την πιστοποίηση. Πιο αναλυτικά το IETF έδωσε προσοχή στους τομείς που ακολουθούν.

#### *Η διευθυνσιοδότηση στο IPv6*

Η αρχιτεκτονική διευθυνσιοδότησης στο IPv6 περιγράφεται στο RFC 2373 και η οποία αποτελεί βελτίωση της αρχικά προτεινόμενης αρχιτεκτονικής που περιγράφονταν στο RFC 1883.

Η πρώτη βασική διαφορά που διαπιστώνει κανείς είναι ότι το μέγεθος μιας διεύθυνσης στο IPv6 είναι 128 bits σε σχέση με τα 32 bits στο IPv4. Αυτό δίνει το πλεονέκτημα μία IPv6 διεύθυνση να περιλαμβάνει αρκετά πεδία που μπορεί να βελτιώνουν τη δρομολόγηση. Επίσης στο IPv6 υπάρχουν τρεις κατηγορίες διευθύνσεων: unicast, multicast και anycast ενώ καταργήθηκαν οι διευθύνσεις broadcast. Οι δύο πρώτες κατηγορίες ακολουθούν το ίδιο σκεπτικό όπως και στο IPv4 ενώ οι διευθύνσεις τύπου anycast χρησιμοποιούνται για την αντιστοίχιση ενός συνόλου σταθμών σε μία διεύθυνση. Αποστολή ενός πακέτου σε διεύθυνση anycast σημαίνει την παράδοσή του σε ένα οποιοδήποτε σταθμό του συνόλου (κατά αναλογία με ATM). Μόνο οι δρομολογητές επιτρέπεται να έχουν τέτοιες διευθύνσεις, ενώ επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο ως διεύθυνση αποστολής. Αντί των διευθύνσεων τύπου broadcast υπάρχει η multicast address “all nodes” και ένας σταθμός που ενδιαφέρεται να παρακολουθεί τα πακέτα που μεταφέρονταν με τα

broadcast θα πρέπει να γραφτεί στο συγκεκριμένο multicast group, απαλλάσσοντας έτσι τους κόμβους που δεν ενδιαφέρονται για τα broadcasts από περιττή πληροφορία.

Η αναπαράσταση μίας IPv6 διεύθυνσης είναι της μορφής X:X:X:X:X:X:X:X όπου κάθε X είναι ένας δεκαεξαδικός αριθμός με μέγεθος 4 bits. Οι διευθύνσεις IPv6 χωρίζονται σε δύο τμήματα, το κομμάτι που αφορά το υποδίκτυο και το κομμάτι που αφορά τον κόμβο. Για αυτόν το λόγο είναι απαραίτητη για την περιγραφή μιας IPv6 διεύθυνσης και ένας αριθμός που δηλώνει πόσα bits είναι το πρώτο τμήμα της διεύθυνσης. Για παράδειγμα μία διεύθυνση της μορφής 1030:0:0:0:C9B4:FF12:48AA:1A2B/60 δηλώνει ότι τα πρώτα 60 bits της διεύθυνσης αφορούν το κομμάτι του υποδικτύου.

Το μοντέλο διευθυνσιοδότησης του IPv6 χρησιμοποιεί πολλά χαρακτηριστικά του αντίστοιχου μοντέλου του IPv4. Έτσι μία διεύθυνση unicast αντιστοιχεί σε ένα interface ενός κόμβου. Η διαφορά είναι ότι στο IPv6 δεν απαιτείται για τις point to point συνδέσεις να αφιερώνονται αποκλειστικές διευθύνσεις πετυχαίνοντας έτσι οικονομία διευθύνσεων. Επιπλέον στο IPv6 είναι δυνατόν να αντιστοιχιστεί μία διεύθυνση σε πολλά interfaces. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα σε περιπτώσεις που ένας εξυπηρετητής έχει πολλά interfaces και είναι επιθυμητό το μοίρασμα του φόρτου (load balancing). Οι multicast και οι anycast διευθύνσεις μπορούν επίσης να αντιστοιχιστούν με πολλά interfaces. Τέλος ένα δικτυακό interface μπορεί να αντιστοιχιστεί με πολλές διευθύνσεις όλων των κατηγοριών.

Στο IPv6 δεν υπάρχουν κλάσεις διευθύνσεων όπως στο IPv4, το μοντέλο μοιάζει περισσότερο με το CIDR του IPv4, απλά τα πρώτα bits στο αριστερό μέρος της διεύθυνσης χαρακτηρίζουν τον τύπο της διεύθυνσης όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Allocation	Format Prefix
Reserved	0000 0000
Unassigned	0000 0001
Reserved For NSAP	0000 0001
Reserved For IPX	0000 0010
Unassigned	0000 0011
Unassigned	0000 1
Unassigned	0001
Aggregatable Global Unicast Address	001
Unassigned	010
Unassigned	011
Unassigned	100
Unassigned	101
Unassigned	110
Unassigned	1110
Unassigned	1111 0



Unassigned	1111 10
Unassigned	1111 1110 0
Link-Local Unicast Address	1111 1110 10
Site- Local Unicast Address	1111 1111 11
Multicast Address	1111 1111

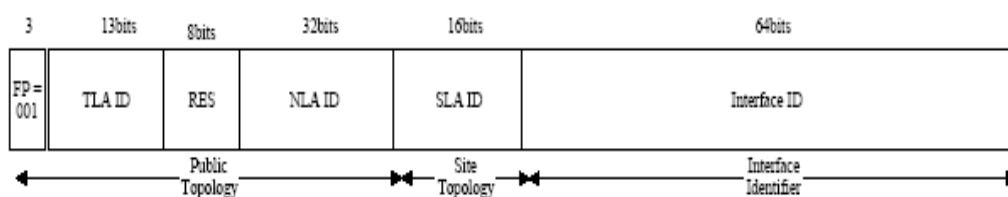
Αυτά τα υψηλής τάξης (high order) bits λέγονται format prefix και χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση. Έτσι αν τα 3 πρώτα υψηλής τάξης bits είναι ίσα με 001 τότε η διεύθυνση λέγεται Aggregatable global unicast address, εάν τα πρώτα 8 υψηλής τάξης bits είναι ίσα με 11111111 τότε πρόκειται για multicast διεύθυνση κλπ.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής διευθύνσεων στο IPv6 είναι ότι δεσμεύει κάποιες διευθύνσεις για διευθύνσεις τύπου NSAP και IPX ώστε δίκτυα βασισμένα στο OSI ή στο NetWare να μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα στην αρχιτεκτονική του IPv6.

Η αρχιτεκτονική του IPv6 απαιτεί την ύπαρξη ενός interface identifier σε κάθε IPv6 unicast διεύθυνση. Το interface identifier είναι κάτι σαν τις 48 bits media access control (MAC) διευθύνσεις των καρτών δικτύου. Οι IPv6 διευθύνσεις των κόμβων βασίζονται στο IEEE EUI-64 πρότυπο για τα interface identifiers. Από τις MAC διευθύνσεις δημιουργούνται οι 64 bits interface identifiers που χαρακτηρίζουν μοναδικά ένα δικτυακό interface. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να υπάρξουν 264 διαφορετικά φυσικά interfaces, αριθμός που κρίνεται ικανοποιητικός.

### Οι διευθύνσεις της μορφής *Aggregatable Global Unicast*

Η πιο κοινή μορφή μιας IPv6 διεύθυνσης είναι η Aggregatable Global Unicast Address που ξεκινά με το πρόθεμα 001. Αυτές οι διευθύνσεις θα αντικαταστήσουν τις κλάσεις διευθύνσεων A, B και C του IPv4. Η μορφοποίηση αυτών των διευθύνσεων περιγράφεται στο RFC 2374 και φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Τα πεδία της Aggregatable Global Unicast Address είναι:

- **FP**: Είναι το πρόθεμα (format prefix) μεγέθους 3-bit των IPv6 διευθύνσεων που για τη συγκεκριμένη μορφή ισούται με 001
- **TLA ID**: Τα αρχικά του σημαίνουν Top Level Aggregation Identifier και αποτελεί το υψηλότερο επίπεδο με πληροφορία δρομολόγησης μιας διεύθυνσης. Έχει μέγεθος 13 bits κάτι που σημαίνει ότι το πολύ 8192 διαφορετικές top-level δρομολογήσεις μπορούν να υπάρξουν. Το 6Bone έχει δεσμεύσει το δεκαεξαδικό αριθμό 0x1FFE.
- **RES**: Πρόκειται για τα επόμενα 8 bits τα οποία είναι δεσμευμένα για μελλοντική χρήση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για επέκταση του προηγούμενου πεδίου (TLA) είτε του επόμενου πεδίου (NLA).

- **NLA ID:** Τα αρχικά του σημαίνουν Next Level Aggregation Identifier και σκοπός του είναι να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς που ελέγχουν τα TLA Ids για να οργανώσουν το διαθέσιμο εύρος διευθύνσεων. Τέτοιοι οργανισμοί (που πιθανά μπορούν να είναι μεγάλοι παροχείς Διαδικτύου – ISPs) μπορούν να «μοιράσουν» το πεδίο των 24 bits προκειμένου να διευκολύνουν τη δική τους ιεραρχική Διευθυνσιοδότηση. Για παράδειγμα να χρησιμοποιηθούν 2 bits για τον ορισμό 4 top level routes και να αποδοθεί το πεδίο διευθύνσεων των 20 bits σε άλλες οντότητες όπως μικρότερης κλίμακας πάροχοι δικτύου. Οι τελευταίοι μπορούν να επαναλάβουν την ίδια διαδικασία κλπ.
- **SLA ID:** Τα αρχικά σημαίνουν Site Level Aggregation και χαρακτηρίζει το πεδίο διευθύνσεων που δίνεται στους οργανισμούς για να αναπτύξουν τις δικές τους δικτυακές υποδομές. Τα 16 bits αυτού του πεδίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία εσωτερικών δικτυακών υποδομών με τη δημιουργία υποδικτύων όπως και στο IPv4. Έτσι μπορούν να υπάρξουν 65535 διαφορετικά υποδίκτυα αν δεν υπάρξει διαχωρισμός των 16 bits, ενώ με χρήση των πρώτων 8 bits για high level routing δημιουργούνται 255 high level subnets καθένα με 255 υποδεέστερα υποδίκτυα.
- **Interface ID:** Πρόκειται για τα 64 bits που χαρακτηρίζουν το (τα) δικτυακό interface ενός κόμβου.

### 3.12.4. Η Επικεφαλίδα του IPv6

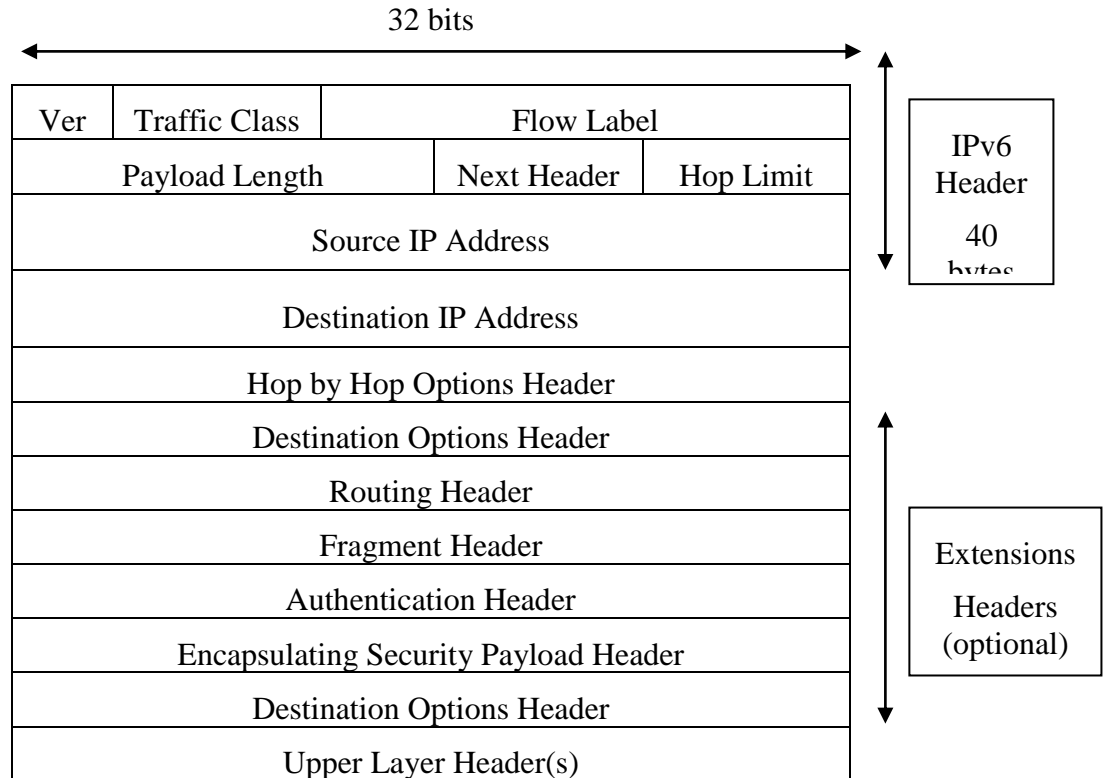
Η εμπειρία που έχει αποκτηθεί από την πολύχρονη χρήση και βελτίωση του IPv4 οδήγησαν στην απόρριψη χαρακτηριστικών που αποδείχτηκαν μη αποδοτικά ή δεν χρειάζονταν πλέον. Αυτές οι αλλαγές φαίνονται καθαρά στην καινούργια μορφή της επικεφαλίδας του IPv6 η οποία φαίνεται στην Εικόνα 24.

Το IPv6 καταργεί διάφορες απαρχαιωμένες τύπου επικεφαλίδες με αποτέλεσμα το σύνολο μήκος της επικεφαλίδας των πακέτων IPv6 να είναι το διπλάσιο μόνο από αυτό του IPv4 όταν οι αντίστοιχες διευθύνσεις είναι τετραπλάσιες σε μήκος. Επίσης εφαρμόζει δυναμική επέκταση της επικεφαλίδας μόνο όταν απαιτείται από τις συνθήκες λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα οι επικεφαλίδες στο IPv6 αποτελούνται από οχτώ (8) πεδία (δύο εκ των οποίων είναι οι διευθύνσεις αποστολέα και προορισμού) και έχουν μέγεθος σαράντα (40) bytes. Σε αντίθεση οι επικεφαλίδες στο IPv4 που περιλαμβάνουν τουλάχιστον δώδεκα (12) πεδία και το μέγεθός τους μπορεί να κυμαίνεται από είκοσι (20) bytes αν δεν έχουν χρησιμοποιηθεί τα πεδία Options μέχρι και εξήντα (60) bytes αν χρησιμοποιηθούν. Αυτή η απλοποίηση της επικεφαλίδας επιτρέπει πιο εύκολη και γρήγορη επεξεργασία από τους δρομολογητές και άρα μεγαλύτερη ταχύτητα στη δρομολόγηση. Για παράδειγμα η συνθήκη όλες οι επικεφαλίδες να έχουν το ίδιο μέγεθος καταργεί την ανάγκη να υπάρχει πεδίο μεγέθους επικεφαλίδας. Επίσης η κατάργηση της κατάτμησης του πακέτου από τους ενδιάμεσους κόμβους (μόνο ο αποστολέας έχει αυτό το δικαίωμα) καταργεί αρκετά πεδία που χρησιμοποιούνταν για αυτό το σκοπό. Τέλος η κατάργηση του πεδίου checksum δεν επηρεάζει την αξιοπιστία αφού υπάρχουν οι αντίστοιχοι έλεγχοι στα ανώτερα πρωτόκολλα (TCP & UDP).

#### *Η δομή της επικεφαλίδας στο IPv6*

Στο IPv4 όλες οι επικεφαλίδες είναι οργανωμένες σε λέξεις των 32 bits. Στο IPv6 οι επικεφαλίδες είναι οργανωμένες σε λέξεις των 64 bits και το συνολικό μέγεθος των

επι κεφαλίδων είναι 40 bytes. Επιπλέον στο IPv6 μπορούν να υπάρχουν προαιρετικά επι κεφαλίδες επέκτασης που θα πρέπει να εμφανίζονται με συγκεκριμένη σειρά. Η κάθε επι κεφαλίδα αναφέρει ποια είναι η επόμενη επι κεφαλίδα που ακολουθεί ή αν είναι η τελευταία.



**Εικόνα 24: Η δομή μιας IPv6 επι κεφαλίδας**

Το πρωτόκολλο IPv6 περιλαμβάνει τα ακόλουθα πεδία στις επι κεφαλίδες του:

**Έκδοση:** Αναφέρεται η έκδοση του IP που χρησιμοποιείται (για το IPv6 είναι ίση με έξι (6)).

**Κλάση:** Ορίζει το είδος υπηρεσίας, που ανήκει στο μοντέλο των differentiated υπηρεσιών, που πρέπει να δοθεί στο πακέτο. Είχε οριστεί για πρώτη φορά στο RFC 1883 σαν πεδίο προτεραιότητας. Κατόπιν το όνομα αλλάχτηκε σε κλάση και πρόσφατα χαρακτηρίζεται σαν κλάση κίνησης. Δεν έχει προς το παρόν οριστεί πώς θα χρησιμοποιείται αυτό το πεδίο.

**Ροή πακέτων:** Χρησιμοποιείται για να αναγνωριστούν τα πακέτα της ίδιας ροής. Ένας κόμβος μπορεί να έχει περισσότερες από μία ροές πακέτων. Στο RFC 1883 είχε οριστεί με μεγαλύτερο μέγεθος, αλλά κατόπιν της αύξησης του πεδίου κλάσης μειώθηκε το μέγεθός της.

**Μήκος πακέτου:** Είναι ένας αριθμός που δηλώνει το μήκος του πακέτου των δεδομένων –δηλαδή του πακέτου μετά το τέλος των επι κεφαλίδων– (payload) σε bytes. Περιλαμβάνει και το μέγεθος των IPv6 header extensions που τυχόν υπάρχουν.

**Επόμενη επι κεφαλίδα:** Αναφέρει πιο πρωτόκολλο χρησιμοποιείται στην επι κεφαλίδα μετά το IPv6 πακέτο. Εκτός από το να αναφέρεται σε κάποιο ανώτερου

επιπέδου πρωτόκολλο όπως τα TCP και UDP, μπορεί να αναφέρει την ύπαρξη IPv6 extension headers.

**Hop limit:** Κάθε φορά που ένας κόμβος προωθεί το πακέτο, μειώνει το μέγεθος του hop limit κατά ένα. Όταν αυτό μηδενιστεί το πακέτο διαγράφεται από το δίκτυο. Δεν είναι απίθανο να καταργηθεί αυτό το πεδίο, μιας και η τρέχουσα αίσθηση θέλει αντίστοιχες λειτουργίες να μεταφερθούν σε πρωτόκολλα ανώτερων επιπέδων.

**Διεύθυνση αποστολέα:** Είναι η IPv6 διεύθυνση του κόμβου που δημιούργησε το πακέτο.

**Διεύθυνση παραλήπτη:** Είναι η IPv6 διεύθυνση του ή των κόμβων που πρόκειται να παραλάβουν το πακέτο. Μπορεί να είναι διεύθυνση τύπου unicast, multicast ή anycast. Εάν στο πακέτο υπάρχει και routing extension που ορίζει το μονοπάτι που πρέπει να ακολουθήσει το πακέτο, τότε η διεύθυνση προορισμού μπορεί να είναι ένας από τους ενδιάμεσους κόμβους αντί αυτής που αναφέρεται στο πεδίο διεύθυνση παραλήπτη.

**Hop-by-Hop Options Header:** Αυτή η επικεφαλίδα ακολουθεί πάντα την επικεφαλίδα του IPv6 πακέτου. Περιλαμβάνει δεδομένα που κάθε κόμβος θα πρέπει να επεξεργαστεί.

**Destination Options Header:** Περιέχει πληροφορίες που θα πρέπει να ελεγχθούν από τον πρώτο παραλήπτη που αναφέρεται στη διεύθυνση προορισμού και στις διευθύνσεις που περιλαμβάνονται στο Routing Header.

**Routing Header:** Αναφέρονται οι διάφοροι κόμβοι που θα επισκεφτεί το πακέτο κατά τη διαδρομή από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Ο κάθε κόμβος που παραλαμβάνει το πακέτο ελέγχει ποιος είναι ο επόμενος παραλήπτης στη λίστα και προωθεί το πακέτο σ' αυτόν.

**Fragment Header:** Χρησιμοποιείται από τον κόμβο αποστολέα προκειμένου να μεταδώσει πακέτα με μέγεθος μεγαλύτερο από το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος πακέτου (Path MTU) στο μονοπάτι από τον αποστολέα στον παραλήπτη.

**Authentication Header:** Χρησιμοποιείται προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι τα δεδομένα δεν έχουν αλλαχτεί κατά τη μετάδοση του πακέτου στο μονοπάτι από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για αυτό είναι ένα κρυπτογραφημένο checksum κάποιων από τις επικεφαλίδες του IPv6 και των δεδομένων (payload).

**Encapsulating Security Payload Header:** Πρόκειται για την τελευταία επικεφαλίδα που μπορεί να υπάρξει στη σειρά των επικεφαλίδων επέκτασης που δεν έχει κωδικοποιηθεί (αν έχει επιλεγεί από τον κόμβο αποστολέα η κωδικοποίηση των δεδομένων που μεταδίδει). Χρησιμοποιείται προκειμένου να δείξει ότι ολόκληρο το πακέτο έχει κωδικοποιηθεί και παρέχει πληροφορία για τον κόμβο παραλήπτη για τη διαδικασία αποκρυπτογράφησης.

**Destination Options Header:** Αντιστοιχεί στο πεδίο IP Options του IPv4. Ο κόμβος παραλήπτης επεξεργάζεται αυτήν την επικεφαλίδα αφού παραλάβει το πακέτο. Προς το παρόν δε χρησιμοποιείται καθόλου αυτό το πεδίο και απλώς συμπληρώνεται με bits (padding).

Όλες οι επικεφαλίδες στο IPv6 έχουν το ίδιο μέγεθος και την ίδια μορφοποίηση. Η διαφορά τους βρίσκεται στο πεδίο που αφορά την επόμενη επικεφαλίδα. Η σειρά με την οποία μπορούν να εμφανίζονται οι επικεφαλίδες είναι αυστηρά καθορισμένη.

### ***Αλλαγές των πεδίων της επικεφαλίδας του IPv6***

Οι τέσσερις μεγάλες αλλαγές που εισήγαγε το IPv6 στα πεδία της επικεφαλίδας ενός πακέτου αφορούν:

- την ύπαρξη ετικετών ροής και προτεραιότητας των πακέτων (Flow Labels)
- την ύπαρξη κλάσεων κίνησης (Traffic Classes)
- την αλλαγή στη φιλοσοφία της κατάτμησης του πακέτου (Fragmentation)
- την ύπαρξη επικεφαλίδων επέκτασης (Extension Headers)

### ***Ετικέτες ροής***

Οι προδιαγραφές του IPv4 προκειμένου να πετύχει σαν πρωτόκολλο σε δίκτυο μεταγωγής πακέτων ήταν να μπορεί κάθε πακέτο να βρίσκει το δικό του δρόμο προς τον προορισμό, πρόκειται δηλαδή για πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση. Το προφανές πλεονέκτημα είναι ότι δύο πακέτα από τον ίδιο αποστολέα προς τον ίδιο παραλήπτη μπορούν να ακολουθήσουν διαφορετικά μονοπάτια μέχρι να καταλήξουν στον κόμβο προορισμό. Αυτό αυξάνει την ευρωστία του δικτύου και την ευελιξία σε περίπτωση που κάποιο από τα μονοπάτια παρουσιάσει πρόβλημα λειτουργίας.

Παρ' όλα αυτά η αντιμετώπιση αυτή δεν είναι αποδοτική, ειδικά στην περίπτωση που τα πακέτα δεν είναι αυτόνομα αλλά πρόκειται για τμήματα από μία ροή δεδομένων μεταξύ εφαρμογών. Τότε ο κάθε δρομολογητής στο μονοπάτι αποστολέα – παραλήπτη θα πρέπει να επεξεργάζεται αυτό το πακέτο εισάγοντας επιπλέον καθυστέρηση που είναι γνωστή σαν latency. Αυτή η καθυστέρηση δε δημιουργούσε προβλήματα σε παραδοσιακές εφαρμογές όπως το ftp, το email κλπ αλλά στις νέες προηγμένες υπηρεσίες που απαιτούν μεταφορά αλληλεπιδραστικού ήχου και κινούμενης εικόνας κάτι τέτοιο επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή τους.

Ένα ακόμη πρόβλημα της φιλοσοφίας αυτής του IPv4 είναι η αδυναμία να δρομολογηθεί συγκεκριμένος τύπος κίνησης σε μονοπάτια που το κόστος τους είναι χαμηλό. Για παράδειγμα η μεταφορά πακέτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που δεν είναι εφαρμογή πραγματικού χρόνου και μπορεί να γίνει στο παρασκήνιο θα μπορούσε να γίνει πάνω από μία σύνδεση χαμηλής ταχύτητας άρα και κόστους, αφιερώνοντας έτσι τις συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων (που έχουν και μεγάλο κόστος) σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

Στο IPv6 αυτό το πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί και μία ροή πακέτων με ίδιους αποστολέα και παραλήπτη θεωρείται ότι ανήκουν στην ίδια ροή και φυσικά έχουν την ίδια τιμή στο πεδίο της ετικέτας ροής και προτεραιότητας.

### ***Κλάση κίνησης***

Στην πρώτη έκδοση του IPv6 στο RFC 1883 υπήρχε ορισμένο ένα πεδίο προτεραιότητας τεσσάρων bits όπου μπορούν να οριστούν δεκαέξι διαφορετικές κλάσεις προτεραιότητας. Αργότερα το πεδίο αυτό μετονομάστηκε σε κλάση κίνησης με συνολικό μέγεθος ένα byte.

Η ακριβής χρήση αυτού του πεδίου δεν έχει ακόμα καθοριστεί. Ο στόχος της ύπαρξης και χρήσης αυτού του πεδίου είναι να επιτρέπει στους κόμβους αποστολείς και στους δρομολογητές να μαρκάρουν τα πακέτα που επιθυμούν να έχουν διαφορετική επεξεργασία από τη συνήθη. Να έχουν δηλαδή ειδική επεξεργασία όσον αφορά το

κόστος, το εύρος ζώνης και το χρόνο latency ή και κάποια άλλα χαρακτηριστικά των συνδέσεων πάνω από τις οποίες δρομολογούνται.

### **Κατάτμηση πακέτων**

Όπως προαναφέρθηκε στο IPv6 η κατάτμηση των πακέτων επιτρέπεται μόνο μεταξύ του κόμβου αποστολέα και του κόμβου παραλήπτη, απλοποιώντας έτσι την επικεφαλίδα του πακέτου και μειώνοντας το χρόνο δρομολόγησης. Η δυνατότητα να γίνεται κατάτμηση των πακέτων στο IPv4 από οποιονδήποτε κόμβο του μονοπατιού είναι ιδιαίτερα επιζήμια γιατί πιθανά είναι μία διαδικασία που θα πρέπει να γίνει αρκετές φορές καθώς επίσης η απώλεια ενός τμήματος (fragment) του πακέτου συνεπάγεται επανάληψη όλων των τμημάτων.

Για παράδειγμα έστω στο IPv4 ένας κόμβος μεταδίδει ένα πακέτο μεγέθους 1500 bytes προς έναν παραλήπτη στο Διαδίκτυο. Το πακέτο μεταδίδεται πάνω από το τοπικό δίκτυο Ethernet προς το δρομολογητή του δικτύου. Ο δρομολογητής αυτός το δρομολογεί πάνω από τη σειριακή του σύνδεση με τον παροχέα Διαδικτύου. Σε κάποιον ενδιάμεσο κόμβο της διαδρομής διαπιστώνεται ότι κάποια δικτυακή σύνδεση δεν μπορεί να χειριστεί πακέτα αυτού του μεγέθους. Τότε ο δρομολογητής που έχει αυτήν τη δικτυακή σύνδεση θα «σπάσει» το πακέτο σε μικρότερα ανάλογα με το μέγιστο μέγεθος πακέτου (Maximum Transmission Unit – MTU) για τη συγκεκριμένη δικτυακή σύνδεση. Έστω ότι το MTU είναι στη συγκεκριμένη περίπτωση 1280 bytes, οπότε ο δρομολογητής δημιουργεί δύο πακέτα, ένα με μέγεθος 1260 bytes (και 20 bytes της επικεφαλίδας = 1280 bytes) και ένα μεγέθους 240 bytes (και 20 bytes της επικεφαλίδας = 260 bytes). Αυτή η διαδικασία θα επαναληφθεί όσες φορές χρειαστεί και ο κόμβος παραλήπτης θα ενώσει τα διαφορετικά τμήματα για να φτιάξει το πακέτο.

Αυτό αρχικά θεωρήθηκε σαν πλεονέκτημα του σχεδιασμού του IPv4. Όμως θέτει σημαντικά θέματα απόδοσης στους δρομολογητές καθώς η διαδικασία στοιχίζει αρκετά τόσο σε επεξεργασία όσο και σε χρόνο.

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα θα πρέπει να είναι εκ των προτέρων γνωστό το MTU του μονοπατιού). Δύο είναι οι λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Η μία που χρησιμοποιείται και στο IPv4 είναι ο δρομολογητής να στέλνει ένα πακέτο με μέγεθος όσο είναι το MTU της σύνδεσής του στον παραλήπτη. Εάν κάποια στιγμή αυτό το πακέτο πρέπει να «σπάσει» τότε με χρήση του πρωτόκολλο Internet Control Message Protocol (ICMP) ο δρομολογητής που έχει το πρόβλημα θα ενημερώσει τον αρχικό δρομολογητή για το δικό του MTU. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να βρεθεί το MTU του μονοπατιού. Η τεχνική αυτή λέγεται Path MTU Discovery. Η άλλη τεχνική είναι να υπάρχει ένα ελάχιστο μέγεθος MTU που να πρέπει να υποστηρίζεται από όλα τα είδη συνδέσεων.

Το IPv6 υποστηρίζει και τις δύο λύσεις. Αρχικά μάλιστα το ελάχιστο MTU ήταν 576 bytes, αργότερα έγινε 1500 και κατόπιν 1280. Ο λόγος των αλλαγών είναι ότι το ελάχιστο MTU ουσιαστικά ορίζει ποιες τεχνολογίες θα εγκαταλείπονταν ενώ παράλληλα είναι και ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει την απόδοση ενός δικτύου. Για να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα το IPv6 ορίζει ότι όλοι οι IPv6 κόμβοι πρέπει να υλοποιούν την τεχνική του Path MTU Discovery. Με χρήση του “Don’t Fragment” bit θα αναγκάζονται οι ενδιάμεσοι δρομολογητές να επιστρέφουν ICMP μηνύματα λάθους αναφέροντας ότι το μέγεθος του πακέτου είναι μεγάλο. Οι κόμβοι που δε θα χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνική θα πρέπει να χρησιμοποιούν το ελάχιστο μέγεθος για το MTU.

***Οι επικεφαλίδες επέκτασης***

Στο IPv4 το πρόβλημα με το πεδίο IP Options είναι ότι επειδή αλλάζει η μορφή των επικεφαλίδων θα πρέπει να αντιμετωπίζονται σαν ειδικές περιπτώσεις από τους δρομολογητές. Οι δρομολογητές όμως θα πρέπει να είναι βέλτιστοι για τα συνήθη πακέτα και άρα τα IPv4 χειρίζονται σαν ειδικές περιπτώσεις που αφήνονται να εξεταστούν αργότερα. Οι επικεφαλίδες επέκτασης στο IPv6 αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα γιατί έχουν μεταφερθεί από το κομμάτι της επικεφαλίδας του πακέτου στο κομμάτι των δεδομένων του πακέτου (payload). Έτσι αναγκάζουν τους δρομολογητές να αντιμετωπίζουν το ίδιο άμεσα ένα πακέτο με options και ένα πακέτο χωρίς options. Εξάιρεση σε αυτό αποτελούν οι Hop By Hop options που θα πρέπει να επεξεργάζονται από όλους τους ενδιάμεσους δρομολογητές.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:  
ΜΕΤΑΓΩΓΗ



## 4. Μεταγωγή

### 4.1. ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Η μεταγωγή κυκλώματος χρησιμοποιείται σε δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα και αποτελεί τη βάση για ιδιωτικά δίκτυα που στηρίζονται σε ενοικιαζόμενες γραμμές και χρησιμοποιώ κυκλώματα μεταγωγής. Η μεταγωγή κυκλώματος αναπτύχθηκε για το χειρισμό κίνησης φωνής καθώς επίσης και για τα δεδομένα, αν και η τελευταία χρήση είναι συχνά αναποτελεσματική.

Με τη μεταγωγή κυκλώματος, αποκαθίσταται ένα αποκλειστικό μονοπάτι επικοινωνίας ανάμεσα σε δυο σταθμούς. Οι πόροι μεταγωγής και μετάδοσης εσωτερικά του δικτύου φυλάσσονται για αποκλειστική χρήση από το κύκλωμα για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης. Η σύνδεση είναι διαφανής: Όταν αποκατασταθεί, εμφανίζεται στις συνδεδεμένες συσκευές Σα να υπάρχει μια άμεση σύνδεση.

Αρκετές σημαντικές πλευρές των δικτύων μεταγωγής έχουν αλλάξει δραματικά ως επακόλουθο της αυξανόμενη πολυπλοκότητας και ψηφιοποίησης των δημόσιων τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Απλά ιεραρχικά σχήματα δρομολόγησης έχουν αντικατασταθεί από πιο λειτουργικά και ισχυρά μη ιεραρχικά σχήματα. Αυτό αντανακλά μια αντίστοιχη αλλαγή στην υποκείμενη αρχιτεκτονική, η οποία οδηγεί σε αυξανόμενη αποτελεσματικότητα και προσαρμοστικότητα. Απλές μέθοδοι ελέγχου σήματος μεμονωμένου καναλιού έχουν αντικατασταθεί από πιο πολύπλοκες και υψηλότερων ταχυτήτων σηματοδοσίες κοινού καναλιού.

#### 4.1.1. Δίκτυα Μεταγωγής

Για τη μετάδοση δεδομένων πέρα από μια τοπική περιοχή, η επικοινωνία συνήθως επιτυγχάνεται με τη μετάδοση δεδομένων από την πηγή στον προορισμό μέσω ενός δικτύου με ενδιάμεσους κόμβους μεταγωγής.

Οι σταθμοί μπορεί να είναι υπολογιστές, τηλέφωνα ή άλλες συσκευές. Οι συσκευές μεταγωγής που έχουν ως σκοπό την παροχή επικοινωνίας αναφέρονται ως κόμβοι. Οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι ο ένας με τον άλλο με κάποια τοπολογία που αποτελείται από ζεύξεις μετάδοσης. Κάθε σταθμός συνδέεται σε ένα κόμβο και το σύνολο των κόμβων αναφέρεται ως δίκτυο επικοινωνιών.

Οι τύποι των δικτύων που αναφέρονται εδώ ονομάζονται δίκτυα επικοινωνιών μεταγωγής. Η μεταγωγή των δεδομένων γίνεται από κόμβο σε κόμβο, άξια προσοχής είναι όμως τα παρακάτω:

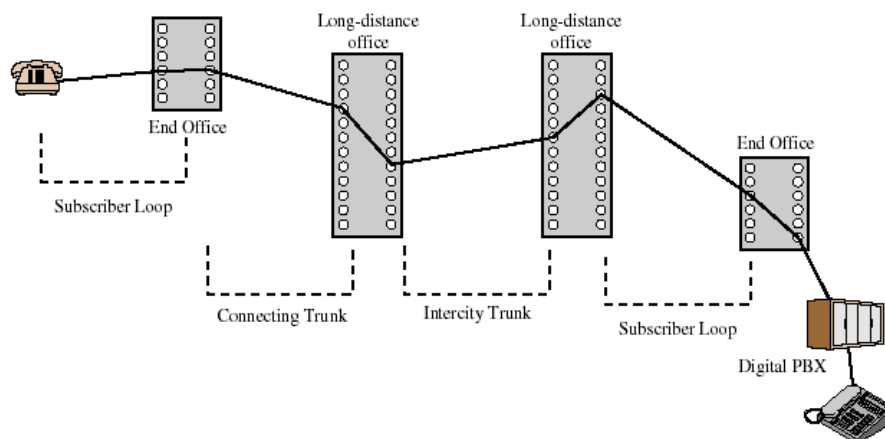
Οι κόμβοι είναι δυνατό να συνδέονται είτε με άλλους κόμβους είτε με σταθμούς, όπου εκτός από λειτουργίες μεταγωγής πραγματοποιούν και παράδοση δεδομένων.

Οι ζεύξεις σε κόμβους είναι συνήθως πολυπλεγμένες, όπου χρησιμοποιούν είτε πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (FDM) είτε πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDM).

Συνήθως δεν είναι όλοι οι κόμβοι συνδεδεμένοι μεταξύ τους, αλλά είναι επιθυμητό να υπάρχουν περισσότερα του ενός μονοπάτια δικτύου για κάθε ζεύγος σταθμών.

### 4.1.2. Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

Η επικοινωνία μέσω μεταγωγής κυκλώματος υπονοεί ότι υπάρχει ένα αποκλειστικό επικοινωνιακό μονοπάτι ανάμεσα σε δύο σταθμούς. Αυτό το μονοπάτι είναι μια ακολουθία από ζεύξεις ανάμεσα σε κόμβους του δικτύου. Σε κάθε φυσική ζεύξη αφιερώνεται στη σύνδεση ένα φυσικό κανάλι. Η επικοινωνία μέσω κυκλώματος περιλαμβάνει τρεις φάσεις:



**Εικόνα 25: Παράδειγμα Σύνδεσης σε Public Circuit-Switching Network**

**Αποκατάσταση κυκλώματος:** Πριν μεταδοθεί ένα οποιοδήποτε σήμα, πρέπει να αποκατασταθεί ένα κύκλωμα από άκρο σε άκρο. Για παράδειγμα, ο σταθμός Α στέλνει μια αίτηση στον κόμβο 4, ζητώντας μια σύνδεση με το σταθμό Ε. Η ζεύξη από τον Α στον 4 είναι μια αποκλειστική γραμμή, έτσι ένα μέρος της σύνδεσης υπάρχει ήδη. Ο κόμβος 4 πρέπει να βρει το επόμενο σκέλος της διαδρομής που οδηγεί στον κόμβο 6. Βασισμένος σε πληροφορίες δρομολόγησης και μετρήσεις διαθεσιμότητας και ίσως κόστους, ο κόμβος 4 επιλέγει τη ζεύξη προς τον κόμβο 5, προσδιορίζει ένα ελεύθερο κανάλι (χρησιμοποιώντας FDM ή TDM) σε αυτή τη ζεύξη και στέλνει ένα μήνυμα ζητώντας σύνδεση με το Ε. Μέχρι τώρα, έχει αποκατασταθεί ένα αποκλειστικό μονοπάτι από τον Α μέσω του 4 στον 5. Επειδή στον 4 μπορεί να συνδεθεί ένας αριθμός από σταθμούς, θα πρέπει να είναι ικανός να αποκαθιστά εσωτερικά μονοπάτια από πολλαπλούς σταθμούς σε πολλαπλούς κόμβους. Το υπόλοιπο της διαδικασίας εκτελείται παρόμοια. Ο κόμβος 5 αφιερώνει ένα κανάλι στον κόμβο 6 και εσωτερικά δεσμεύει αυτό το κανάλι στο κανάλι που προέρχεται από τον κόμβο 4. Ο κόμβος 6 ολοκληρώνει την σύνδεση με το Ε. Όταν ολοκληρωθεί η σύνδεση, γίνεται ένας έλεγχος για να προσδιοριστεί αν ο Ε είναι απασχολημένος ή είναι έτοιμος να αποδεχτεί τη σύνδεση.

**Μεταφορά δεδομένων:** Σε αυτή τη φάση μπορεί να μεταδοθεί πληροφορία από το Α μέσω του δικτύου στον Ε. Τα δεδομένα μπορούν να είναι αναλογικά ή ψηφιακά, κάτι που εξαρτάται από τη φύση του δικτύου. Καθώς οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς έχουν αναπτύξει πλήρως ψηφιακά δίκτυα, η χρήση ψηφιακής μετάδοσης τόσο φωνής όσο και για δεδομένα γίνεται η κυρίαρχη τακτική. Το μονοπάτι τώρα είναι: ζεύξη Α-4 (εσωτερική μεταγωγή μέσω του 4), κανάλι 4-5 (εσωτερική μεταγωγή μέσω του 5), κανάλι 5-6 (εσωτερική μεταγωγή μέσω του 6), ζεύξη 6-Ε. Γενικά η σύνδεση είναι αμφίδρομη.

Αποσύνδεση κυκλώματος: Έπειτα από κάποια περίοδο μεταφοράς δεδομένων η σύνδεση τερματίζεται, συνήθως με πρωτοβουλία του ενός από τους δύο σταθμούς. Πρέπει να σταλούν σήματα στους κόμβους 4,5 και 6 για να ελευθερώσουν τους αποκλειστικούς προς χρήση πόρους.

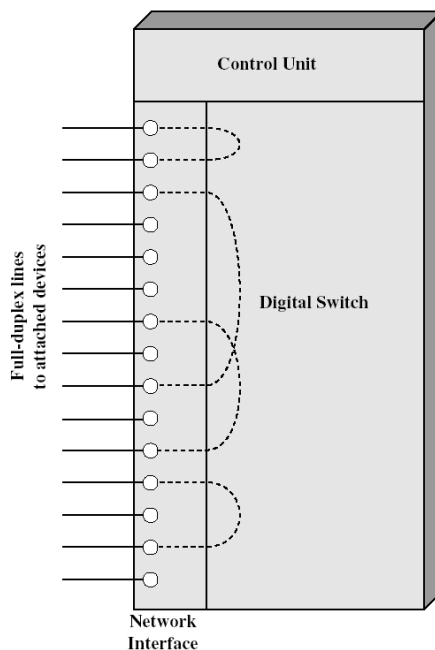
Σημειώνεται ότι το μονοπάτι σύνδεσης αποκαθίσταται πριν αρχίσει η μεταφορά δεδομένων. Έτσι, πρέπει να δεσμευθεί χωρητικότητα καναλιού ανάμεσα σε κάθε ζεύγος κόμβων του μονοπατιού και κάθε κόμβος πρέπει να έχει διαθέσιμη εσωτερική χωρητικότητα μεταγωγής για να χειριστεί την αιτούμενη σύνδεση. Οι μεταγωγείς πρέπει να έχουν την νοημοσύνη να κάνουν αυτούς τους καταμερισμούς και να επινοούν μία διαδρομή μέσω του δικτύου.

Η μεταγωγή κυκλώματος μπορεί να έχει σχετικά χαμηλή απόδοση. Η χωρητικότητα του καναλιού είναι κατειλημμένη για όλη τη διάρκεια τη σύνδεσης, ακόμα και δεν μεταφέρονται καθόλου δεδομένα. Για μία σύνδεση φωνής, ο βαθμός χρήσης μπορεί να είναι αρκετά υψηλός, αλλά δεν πλησιάζει το 100%. Για μια σύνδεση τερματικού-υπολογιστή, η χωρητικότητα μπορεί να μην χρησιμοποιείται κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της σύνδεσης. Από πλευράς απόδοσης, υπάρχει μια καθυστέρηση πριν τη μεταφορά σήματος για την αποκατάσταση της κλήσης. Ωστόσο, όταν αποκατασταθεί το κύκλωμα, το δίκτυο είναι ουσιαστικά διάφανο στους χρήστες. Η πληροφορία μεταδίδεται με σταθερό ρυθμό δεδομένων χωρίς άλλη καθυστέρηση, εκτός από την καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay) μέσω των ζεύξεων μετάδοσης.

Ο βασικός σκοπός για τον οποίο αναπτύχθηκε η μεταγωγή κυκλώματος ήταν ο χειρισμός και η μετάδοση φωνής, σήμερα όμως χρησιμοποιείται και για μετάδοση δεδομένων. Ένα παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος αποτελεί το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από διασυνδεδεμένα εθνικά δίκτυα τα οποία αποτελούν μια διεθνή υπηρεσία. Η αρχική του σχεδίαση ήταν για την εξυπηρέτηση αναλογικών τηλεφώνων, στην πραγματικότητα χειρίζεται και κίνηση δεδομένων μέσω modem και βαθμιαία μετατρέπεται σε ψηφιακό δίκτυο. Επίσης γνωστή εφαρμογή μεταγωγής κυκλώματος είναι το ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο (private branch exchange-PBX) που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση τηλεφώνων μέσα σε ένα κτήριο ή γραφείο. Η μεταγωγή κυκλώματος χρησιμοποιείται σε ιδιωτικά δίκτυα, όπου μια εταιρεία ή ένας μεγάλος οργανισμός κατασκευάζει ένα τέτοιο δίκτυο για τη σύνδεση διαφορετικών περιοχών. Τέτοια δίκτυα αποτελούνται από συστήματα PBX τα οποία διασυνδέονται με ενοικιαζόμενες γραμμές που παρέχονται από τους αντίστοιχους τηλεπικοινωνιακούς φορείς (π.χ. ΟΤΕ).

### 4.1.3. Αρχές μεταγωγής κυκλώματος

Η τεχνολογία της μεταγωγής κυκλώματος μπορεί να προσεγγισθεί καλύτερα με την εξέταση της λειτουργίας ενός κόμβου μεταγωγής κυκλώματος. Ένα δίκτυο, το οποίο είναι κτισμένο γύρω από έναν κόμβο μεταγωγής κυκλώματος, αποτελείται από ένα σύνολο από σταθμούς συνδεδεμένους με μια κεντρική μονάδα μεταγωγής. Ο κεντρικός μεταγωγέας αποκαθιστά ένα αποκλειστικό μονοπάτι ανάμεσα σε οποιοσδήποτε δύο συσκευές που επιθυμούν να επικοινωνήσουν.



**Εικόνα 26: Στοιχεία ενός Circuit-Switch Κόμβου**

Η καρδιά ενός μοντέρνου συστήματος είναι ένας ψηφιακός μεταγωγέας. Η λειτουργία του ψηφιακού μεταγωγέα είναι να παρέχει ένα διάφανο μονοπάτι σήματος ανάμεσα σε οποιοδήποτε ζεύγος συνδεδεμένων συσκευών. Το μονοπάτι είναι διάφανο από την άποψη ότι στο συνδεδεμένο ζεύγος συσκευών εμφανίζεται μια άμεση σύνδεση ανάμεσά τους, η οποία επιτρέπει αμφίδρομη μετάδοση.

Το στοιχείο διεπαφή δικτύου αναπαριστά τις λειτουργίες και το υλικό που χρειάζεται για τη σύνδεση ψηφιακών συσκευών, όπως συσκευές επεξεργασίας δεδομένων και ψηφιακά τηλέφωνα, με το δίκτυο. Μπορούν επίσης να συνδεθούν αναλογικά τηλέφωνα, αν η διεπαφή δικτύου περιέχει τη λογική για μετατροπή σε ψηφιακά σήματα. Τηλεπικοινωνιακοί δίαυλοι από άλλου ψηφιακούς μεταγωγείς μεταφέρουν σήματα TDM και παρέχουν τις ζεύξεις για την κατασκευή δικτύων πολλαπλών κόμβων.

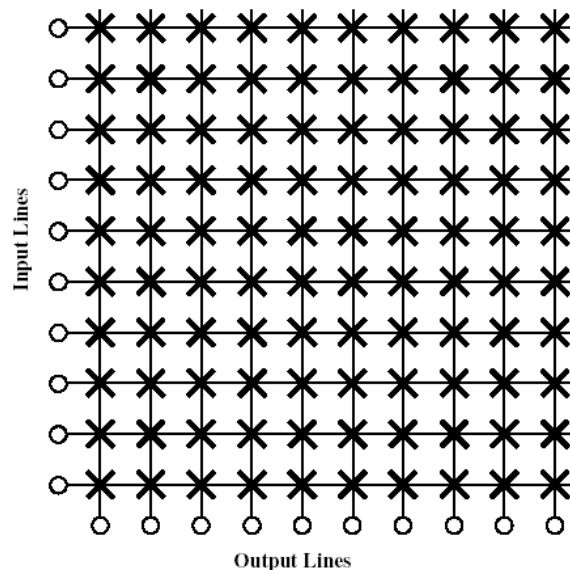
Η **μονάδα ελέγχου** εκτελεί τρεις γενικές διεργασίες. Πρώτον, αποκαθιστά συνδέσεις. Αυτό συνήθως γίνεται κατά απαίτηση, μετά από αίτηση μιας συνδεδεμένης συσκευής. Για να αποκατασταθεί η σύνδεση, η μονάδα ελέγχου πρέπει να επεξεργαστεί και να επιβεβαιώσει τη αίτηση, να προσδιορίσει αν ο επιθυμητός προορισμός είναι ελεύθερος και να δημιουργήσει ένα μονοπάτι μέσω του μεταγωγέα. Δεύτερον, η μονάδα ελέγχου πρέπει να συντηρήσει τη σύνδεση. Επειδή ο ψηφιακός μεταγωγέας χρησιμοποιεί διαίρεση χρόνου, αυτό μπορεί να απαιτεί συνεχείς χειρισμούς από τα στοιχεία μεταγωγής. Ωστόσο τα bit της επικοινωνίας μεταφέρονται με διάφανο τρόπο (από την οπτική γωνία των συνδεδεμένων συσκευών). Τρίτον, η μονάδα ελέγχου πρέπει να διακόψει τη σύνδεση, είτε σε απάντηση μιας αίτησης ενός εκ των συμμετεχόντων, είτε για δικούς της λόγους.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό μιας συσκευής μεταγωγής κυκλώματος είναι κατά πόσο αυτή είναι μπλοκαρισμένη ή όχι. Μπλοκάρισμα έχουμε, όταν το δίκτυο δεν είναι ικανό να συνδέσει δύο σταθμούς επειδή όλα τα πιθανά μονοπάτια ανάμεσά τους είναι ήδη σε χρήση. Ένα μπλοκαρισμένο δίκτυο είναι ένα δίκτυο στο οποίο μπορεί να εμφανιστεί αυτό το φαινόμενο. Αντίθετα, ένα μη μπλοκαρισμένο επιτρέπει σε όλους

τους σταθμούς να συνδέονται αμέσως και μεταβιβάζει όλες τις πιθανές αιτήσεις σύνδεσης, όταν η καλούμενη πλευρά είναι ελεύθερη. Όταν ένα δίκτυο υποστηρίζει μόνο κίνηση φωνής μία κατάσταση μπλοκαρίσματος είναι γενικά αποδεκτή, επειδή είναι αναμενόμενο ότι οι περισσότερες τηλεφωνικές κλήσεις είναι σύντομες και επομένως μόνο ένα κλάσμα των τηλεφώνων θα είναι απασχολημένο κάθε στιγμή. Ωστόσο, όταν εμπλέκονται συσκευές επεξεργασίας δεδομένων, αυτές οι υποθέσεις μπορεί να μην ισχύουν. Για παράδειγμα, για μια εφαρμογή εισαγωγής δεδομένων, ένα τερματικό μπορεί να είναι συνεχώς συνδεδεμένο σε ένα υπολογιστή για ώρες κάθε φορά. Γι' αυτό για εφαρμογές δεδομένων υπάρχει η απαίτηση για μη μπλοκαρισμένη ή σχεδόν μη μπλοκαρισμένη (πολύ χαμηλή πιθανότητα μπλοκαρίσματος) κατάσταση.

### *Μεταγωγή διαίρεσης Χώρου*

Η μεταγωγή διαίρεσης χώρου αρχικά αναπτύχθηκε για αναλογικό περιβάλλον και στη συνέχεια επικράτησε και στο ψηφιακό. Οι βασικές αρχές είναι οι ίδιες, ο μεταγωγέας χρησιμοποιείται για να μεταφέρει, είτε αναλογικά, είτε ψηφιακά σήματα. Όπως υποδηλώνει το όνομά του, ένας μεταγωγέας διαίρεσης χώρου είναι ένας μεταγωγέας στον οποίο τα μονοπάτια των σημάτων είναι φυσικά απομακρυσμένα το ένα από το άλλο. Κάθε σύνδεση απαιτεί την αποκατάσταση ενός φυσικού μονοπατιού μέσω του μεταγωγέα που έχει αφιερωθεί αποκλειστικά στην μεταφορά σημάτων ανάμεσα στα δύο τερματικά σημεία. Η βασική δομική μονάδα του μεταγωγέα είναι μια μεταλλική διασταύρωση ή μια πύλη ημιαγωγού που μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί από μια μονάδα ελέγχου.



**Εικόνα 27: Space-Division Switch**

Στην Εικόνα 27 παρουσιάζεται ένας ραβδεπαφικός πίνακας με 10 I/O γραμμές. Ο πίνακας έχει 10 εισόδους και 10 εξόδους. Κάθε σταθμός συνδέεται με τον πίνακα μέσω μίας γραμμής εισόδου και μίας γραμμής εξόδου. Η διασύνδεση ανάμεσα σε δυο οποιεσδήποτε γραμμές είναι μία πιθανή ενεργοποίηση της κατάλληλης διασταύρωσης. Ο ραβδεπαφικός μεταγωγέας έχει κάποιους περιορισμούς:

- Ο αριθμός των διασταυρώσεων αυξάνει κατά το τετράγωνο του αριθμού των συνδεδεμένων σταθμών. Αυτό είναι δαπανηρό για ένα μεγάλο μεταγωγέα.

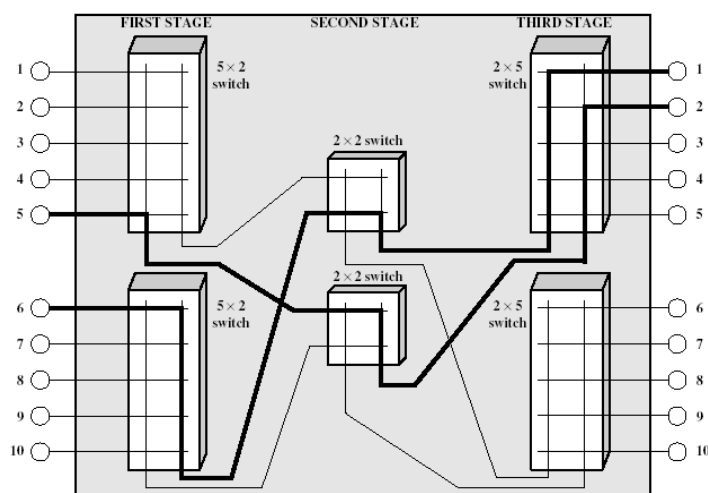
- Η καταστροφή μίας διασταύρωσης εμποδίζει τη σύνδεση δύο συσκευών των οποίων οι γραμμές τέμνονται σε αυτή τη διασταύρωση.
- Οι διασταυρώσεις χρησιμοποιούνται αναποτελεσματικά. Ακόμα και όταν όλες οι συνδεδεμένες συσκευές είναι ενεργές, μόνο ένα μικρό κλάσμα των διασταυρώσεων εμπλέκεται.

Για την αποφυγή αυτών των περιορισμών, χρησιμοποιούνται μεταγωγείς πολλαπλών σταδίων. Η Εικόνα 25 αποτελεί ένα παράδειγμα ενός μεταγωγέα τριών σταδίων. Αυτός ο τύπος δύο πλεονεκτήματα έναντι ενός ραβδεπαφικού πίνακα ενός σταδίου:

- Ο αριθμός των διασταυρώσεων μειώνεται, αυξάνοντας τη χρήση των ραβδεπαφών. Σε αυτό το παράδειγμα, ο συνολικός αριθμός των διασταυρώσεων για 10 σταθμούς μειώνεται από 100 σε 48.
- Υπάρχουν περισσότερα από ένα μονοπάτια μέσα στο δίκτυο για τη σύνδεση δύο τερματικών σημείων, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία.

Φυσικά, ένα δίκτυο πολλών σταδίων απαιτεί ένα πιο πολύπλοκο σχήμα ελέγχου. Για την αποκατάσταση ενός μονοπατιού σε ένα δίκτυο ενός σταδίου απαιτείται η ενεργοποίηση μόνο η ενεργοποίηση μίας πύλης. Σε ένα δίκτυο πολλών σταδίων, πρέπει να καθοριστεί ένα ελεύθερο μονοπάτι ανάμεσα στα στάδια και να ενεργοποιηθούν οι κατάλληλες πύλες.

Μία σκέψη σχετικά με έναν μεταγωγέα διαίρεσης χώρου πολλαπλών σταδίων είναι ότι μπορεί να είναι μπλοκαρισμένος. Είναι φανερό από το σχήμα 5, ότι ένας ραβδεπαφικός πίνακας ενός σταδίου δεν μπλοκάρει. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πάντα διαθέσιμο ένα μονοπάτι που συνδέει μία είσοδο με μία έξοδο. Στο σχήμα 6 φαίνεται ότι αυτό μπορεί να μην ισχύει για ένα μεταγωγέα πολλών σταδίων. Οι πιο έντονες γραμμές δείχνουν τις ήδη σε χρήση γραμμές. Σε αυτή τη κατάσταση η γραμμή εισόδου 10 δεν μπορεί να συνδεθεί με τη γραμμή εξόδου 3,4 ή 5 ακόμα και αν όλες αυτές οι γραμμές εξόδου είναι διαθέσιμες. Ένας μεταγωγέας πολλαπλών σταδίων μπορεί να συγκροτηθεί έτσι ώστε να μη μπλοκάρεται, αυξάνοντας τον αριθμό ή το μέγεθος των ενδιάμεσων μεταγωγέων, αλλά αυτό φυσικά αυξάνει και το κόστος.



**Εικόνα 28: Three-Stage Space-Division Switch**

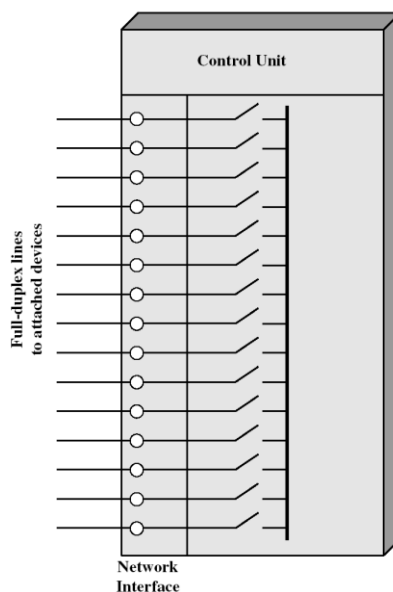


### Μεταγωγή διαίρεσης χρόνου

Η τεχνολογία της μεταγωγής έχει μακρά ιστορία, η περισσότερη από την οποία καλύπτει μία περίοδο όπου κυριαρχούσε η μεταγωγή αναλογικών σημάτων. Με την ανακάλυψη της ψηφιοποίησης της φωνής και των σύγχρονων τεχνικών πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου, τόσο η φωνή όσο και τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν με ψηφιακά σήματα. Αυτό οδήγησε σε μια βασική αλλαγή του σχεδιασμού και της τεχνολογίας των συστημάτων μεταγωγής. Αντί των συστημάτων διαίρεσης χώρου χωρίς νοημοσύνη, τα μοντέρνα ψηφιακά συστήματα βασίζονται στον έξυπνο έλεγχο των στοιχείων διαίρεσης χώρου και χρόνου.

Στην ουσία όλοι οι μοντέρνοι μεταγωγείς κυκλωμάτων χρησιμοποιούν τεχνικές ψηφιακής διαίρεσης χρόνου για την αποκατάσταση και συντήρηση των “κυκλωμάτων”. Η μεταγωγή διαίρεσης χρόνου περιλαμβάνει τον τεμαχισμό μιας ροής από bit σε ενότητες που μοιράζονται μία ταχύτερη ροή με άλλες ροές από bit. Για τη δρομολόγηση δεδομένων από την είσοδο στην έξοδο οι ξεχωριστές ενότητες ή σχισμές ελέγχονται από κάποια λογική. Για να δώσουμε στον αναγνώστη κάποια αίσθηση της μεταγωγής διαίρεσης χρόνου, εξετάζουμε μια από τις πιο απλές αλλά και πιο δημοφιλείς τεχνικές που αναφέρεται ως TDM μεταγωγή αρτηρίας (TDM bus switching).

Η TDM μεταγωγή αρτηρίας και στην ουσία και όλες οι τεχνικές ψηφιακής μεταγωγής βασίζονται στη χρήση σύγχρονης πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου (time division multiplexing-TDM). Η σύγχρονη TDM επιτρέπει σε πολλαπλές ροές bit μοιράζονται μια γραμμή υψηλότερης ταχύτητας. Γίνεται δειγματοληψία σε ένα σύνολο εισόδων με τη σειρά. Τα δείγματα οργανώνονται κατά σειρά σε σχισμές για να δημιουργήσουν ένα περιοδικά επαναλαμβανόμενο πλαίσιο σχισμών, με τον αριθμό σχισμών ανά πλαίσιο να ισούται με το αριθμό εισόδων. Μία σχισμή μπορεί να είναι ένα bit, ένα byte ή ένα μεγαλύτερο μπλοκ. Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι με τη σύγχρονη TDM, η πηγή και ο προορισμός των δεδομένων κάθε χρονοσχισμής είναι γνωστά. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για bit διεύθυνσης σε κάθε σχισμή.



Εικόνα 29: TDM Bus Switching

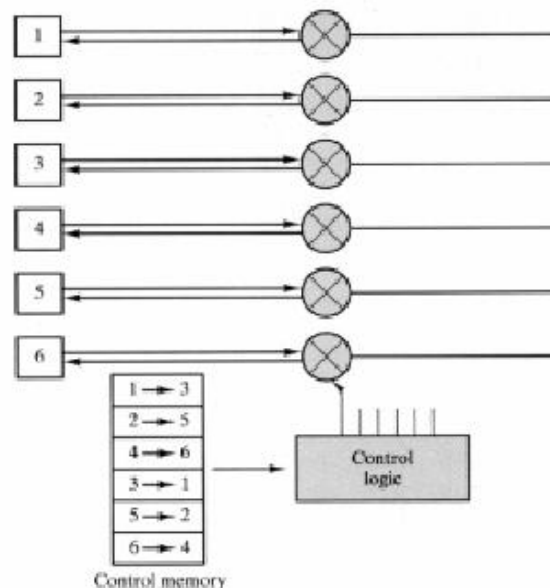
Η Εικόνα 29 παρουσιάζει ένα απλό τρόπο με τον οποίο αυτή η τεχνική μπορεί να προσαρμοστεί για τη πραγματοποίηση μεταγωγής. Κάθε συσκευή είναι συνδεδεμένη με τον μεταγωγέα μέσω μιας αμφίδρομης γραμμής. Αυτές οι γραμμές είναι συνδεδεμένες μέσω ελεγχόμενων πυλών σε μία ψηφιακή αρτηρία υψηλής ταχύτητας. Σε κάθε γραμμή εκχωρείται μία χρονοσχισμή για είσοδο. Κατά τη διάρκεια τη σχισμής η πύλη αυτής της γραμμής ενεργοποιείται, επιτρέποντας ένα μικρό καταιγισμό δεδομένων μέσα στη αρτηρία. Για αυτή τη ίδια χρονοσχισμή, μία από τις υπόλοιπες θήρες γραμμών είναι ενεργοποιημένη για έξοδο. Έτσι κατά τη διάρκεια αυτής της χρονοσχισμής γίνεται μεταγωγή δεδομένων από τη ενεργοποιημένη γραμμή εισόδου στην ενεργοποιημένη γραμμή εξόδου. Κατά τη διάρκεια διαδοχικών χρονοσχισμών ενεργοποιούνται διαφορετικά ζευγάρια εισόδου/ εξόδου, επιτρέποντας έναν αριθμό από συνδέσεις να διατηρούνται στην κοινή αρτηρία. Μία συνδεδεμένη συσκευή επιτυγχάνει αμφίδρομη λειτουργία μεταδίδοντας κατά τη διάρκεια μια εκχωρημένης χρονοσχισμής και λαμβάνοντας κατά τη διάρκεια μιας άλλης. Το άλλο άκρο της σύνδεσης είναι ένα ζεύγος εισόδου/ εξόδου για το οποίο αυτές οι χρονοσχισμές έχουν την αντίθετη σημασία.

Ας εξετάσουμε πιο προσεκτικά τον συγχρονισμό που εμπλέκεται. Πρώτα, θεωρήστε μία μη μπλοκαρισμένη υλοποίηση του σχ1.7. Για ένα μεταγωγέα που υποστηρίζει, για παράδειγμα, 100 συσκευές, πρέπει να υπάρχουν 100 χρονοσχισμές επαναλαμβανόμενες περιοδικά, από τις οποίες η καθεμία να έχει εκχωρηθεί σε μία γραμμή εισόδου και μία γραμμή εξόδου. Μία επανάληψη όλων των χρονοσχισμών αναφέρεται ως πλαίσιο. Η εκχώρηση εισόδου μπορεί να είναι σταθερή. Οι εκχωρήσεις εξόδου διαφοροποιούνται για να επιτρέπουν διαφορετικές συνδέσεις. Όταν μία χρονοσχισμή αρχίσει, η ορισμένη (ενεργοποιημένη) γραμμή εισόδου μπορεί να εισάγει μία σειρά δεδομένων στη γραμμή, τα οποία θα μεταδοθούν και στα δύο άκρα αφού πρώτα περάσουν όλες τις άλλες γραμμές. Η ορισμένη (ενεργοποιημένη) γραμμή εξόδου κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου αντιγράφει τα δεδομένα, αν υπάρχουν, καθώς περνούν. Άρα η χρονοσχισμή πρέπει να εξισώσει το χρόνο μετάδοσης της εισόδου συν την καθυστέρηση διάδοσης ανάμεσα στην είσοδο και στην έξοδο μέσα στην αρτηρία. Για να κρατηθούν οι περιοδικές χρονοσχισμές σταθερές, το μήκος της χρονοσχισμής ορίζεται ως ο χρόνος μετάδοσης καθυστέρηση διάδοσης της αρτηρίας από άκρο σε άκρο.

Για να διατηρηθούν οι γραμμές εισόδου, ο ρυθμός δεδομένων της αρτηρίας πρέπει να είναι αρκετά υψηλός έτσι ώστε οι σχισμές να επανέρχονται αρκετά γρήγορα. Για παράδειγμα, θεωρήστε ένα σύστημα που συνδέει 100 αμφίδρομες γραμμές στα 19,2Kbps. Τα δεδομένα εισόδου σε κάθε γραμμή αποθηκεύονται προσωρινά στη πύλη. Κάθε προσωρινή στήλη πρέπει να καθαριστεί ενεργοποιώντας την πύλη αρκετά γρήγορα έτσι ώστε να αποφύγει την υπερχείλιση. Έτσι ο ρυθμός δεδομένων σε αυτό το παράδειγμα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 19,2Mbps. Ο πραγματικός ρυθμός δεδομένων πρέπει να είναι τόσο υψηλός ώστε να ισοσταθμίζει και τον χαμένο χρόνο που οφείλεται στην καθυστέρηση διάδοσης.

Αυτοί οι λόγοι καθορίζουν επίσης και την ικανότητα μεταφοράς κίνησης ενός μπλοκαρισμένου μεταγωγέα. Για έναν μπλοκαρισμένο μεταγωγέα δεν υπάρχει σταθερή εκχώρηση γραμμών εισόδου σε χρονοσχισμές. Αυτές εισάγονται κατά απαίτηση. Ο ρυθμός δεδομένων της αρτηρίας υπαγορεύει πόσες συνδέσεις μπορούν να γίνουν κάθε στιγμή. Για ένα σύστημα με 200 συσκευές στα 19,2Kbps και μία αρτηρία στα 2 Mbps, περίπου οι μισές συσκευές μπορούν να συνδεθούν ανά πάσα στιγμή.

Η τεχνική της μεταγωγής αρτηρίας TDM μπορεί να εξυπηρετήσει γραμμές διαφόρων ρυθμών δεδομένων. Για παράδειγμα ,αν μια γραμμή στα 9600 bps πάρει μία σχισμή ανά πλαίσιο, μια γραμμή στα 19,2Kbps θα μπορούσε να πάρει δύο σχισμές ανά πλαίσιο. Φυσικά μπορούν να συνδεθούν μόνο γραμμές με ίδιους ρυθμούς δεδομένων.



**Εικόνα 30: Έλεγχος σε ένα TDM bus switch**

Η Εικόνα 30 είναι ένα παράδειγμα που προτείνει ένα τρόπο που μπορεί να υλοποιηθεί ένας μεταγωγέας αρτηρίας TDM. Ας υποθέσουμε ότι ο χρόνος διάδοσης στην αρτηρία είναι 0,01μs. Ο χρόνος στην αρτηρία οργανώνεται σε πλαίσια διάρκειας 30,06μs, με κάθε πλαίσιο να αποτελείται από 6 χρονοσχιμές των 5,01μs. Μια μνήμη ελέγχου καθορίζει ποιες πύλες θα ενεργοποιηθούν κατά τη διάρκεια κάθε χρονοστιγμής. Σε αυτό το παράδειγμα χρειάζονται 6 εντολές μνήμης. Ένας ελεγκτής εκτελεί κύκλους στη μνήμη με ρυθμό έναν κύκλο κάθε 30,06μs. Κατά τη διάρκεια της πρώτης χρονοσχιμής κάθε κύκλου, η πύλη εισόδου της συσκευής 1 και η πύλη εξόδου της πύλης 3 ενεργοποιούνται, επιτρέποντας στα δεδομένα να περάσουν από τη συσκευή 1 στη συσκευή 3 μέσω της αρτηρίας. Οι υπόλοιπες εντολές προσπελάζονται σε χρονοσχιμές που επακολουθούν και επεξεργάζονται ανάλογα. Εφόσον η μνήμη ελέγχου περιέχει τα στοιχεία που απεικονίζονται στην Εικόνα 30 αποκαθίσταται συνδέσεις ανάμεσα στις 1 και 3, 5, 4 και 6.

#### 4.1.4. Δρομολόγηση σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

Σε μεγάλα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος πολλές από τις συνδέσεις απαιτούν ένα μονοπάτι μέσω περισσότερων από έναν μεταγωγείς. Όταν εκτελείται μια κλήση, το δίκτυο πρέπει να σχεδιάσει μία διαδρομή μέσα στο δίκτυο από τον καλούμενο συνδρομητή που εκτελεί την κλήση προς τον καλούμενο συνδρομητή που περνά μέσα από μεταγωγείς και τηλεπικοινωνιακούς διαύλους. Υπάρχουν βασικές απαιτήσεις για την αρχιτεκτονική του δικτύου που ασκούν πίεση στην στρατηγική της δρομολόγησης: αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα. Πρώτον, είναι επιθυμητό να ελαττωθεί το μέγεθος του εξοπλισμού (μεταγωγείς και τηλεπικοινωνιακοί δίαυλοι) της υποδομής του δικτύου στην ικανότητα να χειρίζεται το αναμενόμενο φορτίο. Η απαίτηση φορτίου εκφράζεται συνήθως ως φορτίο κίνησης σε ώρα αιχμής. Αυτό είναι

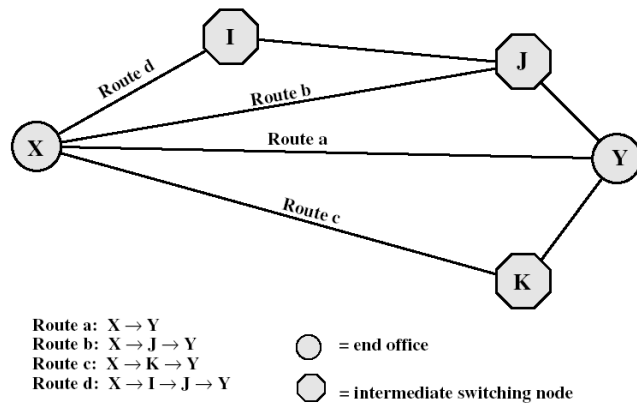
απλώς το μέσο φορτίο που αναμένεται να υπάρχει κατά την διάρκεια της ημέρας σε ώρα αιχμής. Από λειτουργική άποψη είναι απαραίτητο να μπορεί το δίκτυο να χειριστεί μια τέτοια ποσότητα φορτίου. Από άποψη κόστους, θα επιθυμούσαμε να χειριστεί αυτό το φορτίο με το ελάχιστο δυνατό εξοπλισμό. Μια άλλη αίτηση είναι η προσαρμοστικότητα. Αν και το δίκτυο πρέπει να έχει το κατάλληλο μέγεθος σε ώρες αιχμής, είναι πιθανό η κίνηση προσωρινά να ανέβει πάνω από αυτό το επίπεδο (για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του καταγισμού των δεδομένων). Υπάρχει επίσης η περίπτωση από καιρό σε καιρό, οι μεταγωγείς και οι τηλεπικοινωνιακοί δίαυλοι να έχουν υποστεί βλάβη και να μην είναι προσωρινά διαθέσιμοι (δυστυχώς μπορεί κατά τη διάρκεια του ίδιου καταγισμού). Θα επιθυμούσαμε το δίκτυο να παρέχει ένα λογικό επίπεδο εξυπηρέτησης κάτω από τέτοιες συνθήκες.

Το σημαντικότερο σχεδιαστικό ζήτημα που καθορίζει η φύση της ισοστάθμισης ανάμεσα στην αποδοτικότητα και στην προσαρμοστικότητα είναι η στρατηγική δρομολόγησης. Από παράδοση η λειτουργία της δρομολόγησης σε δημόσια τηλεπικοινωνιακά δίκτυα ήταν αρκετά απλή. Στην ουσία, οι μεταγωγείς ενός δικτύου οργανώνονταν σε μια δομή δένδρου ή ιεραρχία. Αρχικά, κατασκευαζόταν ένα μονοπάτι που ξεκινούσε από τον συνδρομητή που εκτελούσε την κλήση, εξέταζε το δένδρο προς τα πάνω μέχρι να βρει τον πρώτο κοινό κόμβο, έπειτα ακολουθούσε το δένδρο προς τα κάτω μέχρι να βρει τον καλούμενο συνδρομητή. Για να προστεθεί κάποια προσαρμοστικότητα στο δίκτυο, είχαν προστεθεί επιπλέον τηλεπικοινωνιακοί δίαυλοι που διέσχιζαν εγκάρσια τη δομή του δένδρου με στόχο να συνδέουν κέντρα με μεγάλη κίνηση. Γενικά αυτή είναι μία στατική προσέγγιση. Η προσθήκη τηλεπικοινωνιακών διαύλων υψηλής χρήσης παρέχει πλεονασμό και επιπλέον χωρητικότητα, αλλά οι περιορισμοί τόσο στην αποδοτικότητα όσο και στην προσαρμοστικότητα παραμένουν. Επειδή αυτό το σχήμα δρομολόγησης δεν είναι ικανό να προσαρμόζεται σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις, το δίκτυο θα πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να πληροί κάποια τυπική απαίτηση υψηλής κίνησης. Ως ένα παράδειγμα των προβλημάτων που ανακύπτουν από αυτή την προσέγγιση είναι ότι οι ώρες αιχμής από την ανατολή προς τη δύση και από το βορρά προς το νότο δε συμπίπτουν και έχουν διαφορετικές απαιτήσεις από το σύστημα. Είναι δύσκολο να αναλυθούν τα αποτελέσματα των μεταβλητών και έτσι οδηγούμαστε σε πλεονασμό και έτσι σε μη αποδοτικότητα. Από πλευράς προσαρμοστικότητας, η αμετάβλητη ιεραρχική δομή από τηλεπικοινωνιακούς διαύλους μπορεί να ανταποκρίνεται ανεπαρκώς σε αποτυχίες. Συνήθως σε τέτοια σχέδια το αποτέλεσμα μιας βλάβης είναι μια μεγάλη τοπική συμφόρηση κοντά στη τοποθεσία της βλάβης.

Για να αντιμετωπίσουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις των δημόσιων τηλεπικοινωνιακών δικτύων, σχεδόν όλοι οι πάροχοι έχουν μετακινηθεί από την ιεραρχική προσέγγιση σε μια δυναμική προσέγγιση. Σε μια δυναμική προσέγγιση δρομολόγησης οι αποφάσεις δρομολόγησης επηρεάζονται από τις τρέχουσες καταστάσεις κίνησης. Συνήθως οι κόμβοι μεταγωγής έχουν μια ομότιμη σχέση ο ένας με τον άλλον και όχι ιεραρχική. Όλοι οι κόμβοι είναι ικανοί να εκτελούν τις ίδιες λειτουργίες. Σε μια τέτοια αρχιτεκτονική η δρομολόγηση είναι πιο δύσκολη αλλά πιο εύκαμπτη. Είναι πιο πολύπλοκη επειδή η αρχιτεκτονική δεν παρέχει ένα φυσικό μονοπάτι ή ένα σύνολο μονοπατιών βασισμένο σε μία ιεραρχική δομή. Όμως είναι επίσης και πιο εύκαμπτη επειδή είναι διαθέσιμες περισσότερες εναλλακτικές δομές. Για παράδειγμα ως εξετάσουμε μια μορφή δρομολόγησης που είναι γνωστή ως εναλλακτική δρομολόγηση. Η ουσία του σχήματος εναλλακτικής δρομολόγησης είναι ότι πιθανές διαδρομές ανάμεσα σε δύο τερματικά είναι προκαθορισμένες. Είναι ευθύνη του μεταγωγέα να επιλέξει την κατάλληλη διαδρομή για κάθε κλήση. Σε κάθε

μεταγωγέα δίνεται ένα σύνολο προκαθορισμένων διαδρομών για κάθε προορισμό με σειρά προτίμησης. Αν καθοριστεί μόνο μια ακολουθία δρομολόγησης για κάθε ζεύγος πηγής προορισμού, το σχήμα είναι γνωστό ως σχήμα σταθερής εναλλακτικής δρομολόγησης. Στη δεύτερη περίπτωση, χρησιμοποιείται ένα διαφορετικό σύνολο προσχεδιασμένων διαδρομών για διαφορετικές χρονικές περιόδους, για την εκμετάλλευση των διαφορετικών τύπων κίνησης σε διαφορετικές χρονικές ζώνες και σε διαφορετικές στιγμές της ημέρας. Έτσι η απόφαση δρομολόγησης βασίζεται τόσο στη τρέχουσα κατάσταση κίνησης (μία διαδρομή απορρίπτεται αν είναι κατειλημμένη) όσο και σε ιστορικά δείγματα κίνησης (τα οποία καθορίζουν την ακολουθία διαδρομών που θα ληφθούν υπόψη).

Ένα απλό παράδειγμα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Ο αρχικός μεταγωγέας X, έχει τέσσερις πιθανές διαδρομές προς τον μεταγωγέα προορισμού Y. Η άμεση διαδρομή α θα δοκιμάζεται πάντα πρώτη. Αν αυτός ο τηλεπικοινωνιακός δίαυλος δεν είναι διαθέσιμος θα δοκιμάζονται οι υπόλοιπες γραμμές με συγκεκριμένη σειρά ανάλογα με τη χρονική περίοδο. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια καθημερινών πρωινών θα δοκιμάζεται η διαδρομή β.



(a) Topology

Time Period	First route	Second route	Third route	Fourth and final route
Morning	a	b	c	d
Afternoon	a	d	b	c
Evening	a	d	c	b
Weekend	a	c	b	d

(b) Routing table

Εικόνα 31: Alternate Routes from End Office X to End Office Y

#### 4.1.5. Σηματοδοσία ελέγχου

Σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, τα σήματα ελέγχου είναι το μέσο με το οποίο διαχειριζόμαστε το δίκτυο και με το οποίο αποκαθίσταται, συντηρούνται και τερματίζονται οι κλήσεις. Τόσο η διαχείριση της κλήσης όσο και η διαχείριση ολόκληρου του δικτύου απαιτούν αυτή η πληροφορία να ανταλλάσσεται ανάμεσα σε συνδρομητές και μεταγωγείς, μεταξύ μεταγωγέων και ανάμεσα σε μεταγωγείς και

κέντρα διαχείρισης δικτύου. Για ένα μεγάλο δημόσιο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο απαιτείται ένα σχετικά πολύπλοκο σχήμα σηματοδοσίας ελέγχου. Σε αυτή την ενότητα, παρέχεται μία συνοπτική περίληψη της λειτουργικότητας της σηματοδοσίας ελέγχου. Στη συνέχεια επικεντρωνόμαστε στην τεχνική που είναι η βάση των μοντέρνων ολοκληρωμένων ψηφιακών δικτύων, τη σηματοδοσία κοινού καναλιού.

### *Λειτουργίες σηματοδοσίας*

Τα σήματα ελέγχου επηρεάζουν πολλές πλευρές της συμπεριφοράς του δικτύου, συμπεριλαμβανομένων τόσο των υπηρεσιών που είναι ορατές στο συνδρομητή όσο και των εσωτερικών μηχανισμών. Καθώς τα δίκτυα γίνονται πιο πολύπλοκα, αναγκαία αυξάνει ο αριθμός των λειτουργιών που εμπλέκονται από τη σηματοδοσία ελέγχου. Οι ακόλουθες λειτουργίες είναι ανάμεσα στις πιο σημαντικές:

1. Ακουστική επικοινωνία με τον συνδρομητή, συμπεριλαμβανομένου του ήχου κλήσης, του σήματος κατειλημμένου και άλλα.
2. Μετάδοση του αριθμού που εκλήθη στα κέντρα μεταγωγής που θα προσπαθήσουν να ολοκληρώσουν μία σύνδεση.
3. Μετάδοση πληροφορίας, ανάμεσα στους μεταγωγείς που δηλώνει ότι μία κλήση Δε μπορεί να ολοκληρωθεί.
4. Μετάδοση πληροφορίας, ανάμεσα στους μεταγωγείς που δηλώνει ότι μία κλήση έχει τερματιστεί και το μονοπάτι μπορεί να αποσυνδεθεί.
5. Ένα σήμα που να κάνει το τηλέφωνο να χτυπά.
6. Μετάδοση πληροφορίας που χρησιμοποιείται για σκοπούς χρέωσης.
7. Μετάδοση πληροφορίας που να δίνει την κατάσταση του εξοπλισμού ή τηλεπικοινωνιακών διαύλων μέσα στο δίκτυο. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς δρομολόγησης και υποστήριξης.
8. Μετάδοση πληροφορίας που χρησιμοποιείται για διάγνωση και απομόνωση σημείων του συστήματος που έχουν αποτύχει.
9. Έλεγχος ειδικού εξοπλισμού, όπως εξοπλισμό δορυφορικού καναλιού.

Ως παράδειγμα της χρήσης της σηματοδοσίας ελέγχου, θεωρείστε μία συνηθισμένη τηλεφωνική ακολουθία σύνδεσης από μία γραμμή σε μία άλλη εντός του ίδιου κέντρου:

1. Πριν το τηλεφώνημα και τα δύο τηλέφωνα δεν είναι σε χρήση (on-hook). Η κλήση ξεκινά όταν ένας συνδρομητής σηκώσει το ακουστικό (off-hook), το οποίο αυτόματα μεταδίδει ένα σήμα στον μεταγωγέα του τηλεφωνικού κέντρου.
2. Ο μεταγωγέας αποκρίνεται με ένα ακουστικό ήχο, δίνοντας σήμα στο συνδρομητή ότι μπορεί να κληθεί ο αριθμός.
3. Ο συνδρομητής καλεί τον αριθμό ο οποίος σαν μια καλούμενη διεύθυνση στον μεταγωγέα.
4. Αν ο καλούμενος δεν είναι κατειλημμένος, ο μεταγωγέας ειδοποιεί αυτό το συνδρομητή για μία εισερχόμενη κλήση στέλνοντας ένα σήμα το οποίο κάνει το τηλέφωνο να χτυπά.
5. Στον συνδρομητή που κάλεσε παρέχεται ανά δράση από το μεταγωγέα:

α. Αν ο καλούμενος αριθμός δεν είναι κατειλημμένος, ο μεταγωγέας επιστρέφει έναν ακουστικό ήχο σε αυτόν που καλεί καθώς το σήμα κλήσης στέλνεται στον καλούμενο συνδρομητή.

β. Αν ο καλούμενος συνδρομητής είναι κατειλημμένος, ο μεταγωγέας στέλνει ένα ακουστικό σήμα κατειλημμένου στον συνδρομητή που έκανε τη κλήση.

γ. Αν η κλήση δεν μπορεί να ολοκληρωθεί μέσω του μεταγωγέα, εκείνος στέλνει ένα ακουστικό μήνυμα “επανάκλησης” στον συνδρομητή που κάλεσε.

6. Η καλούμενη πλευρά αποδέχεται την κλήση σηκώνοντας το ακουστικό (off-hook), το οποίο στέλνει αυτόματα ένα σήμα στον μεταγωγέα..

7. Ο μεταγωγέας τερματίζει το σήμα κλήσης όπως και το ακουστικό σήμα κουνούνισματος και αποκαθιστά μία σύνδεση ανάμεσα στα στους δύο συνδρομητές.

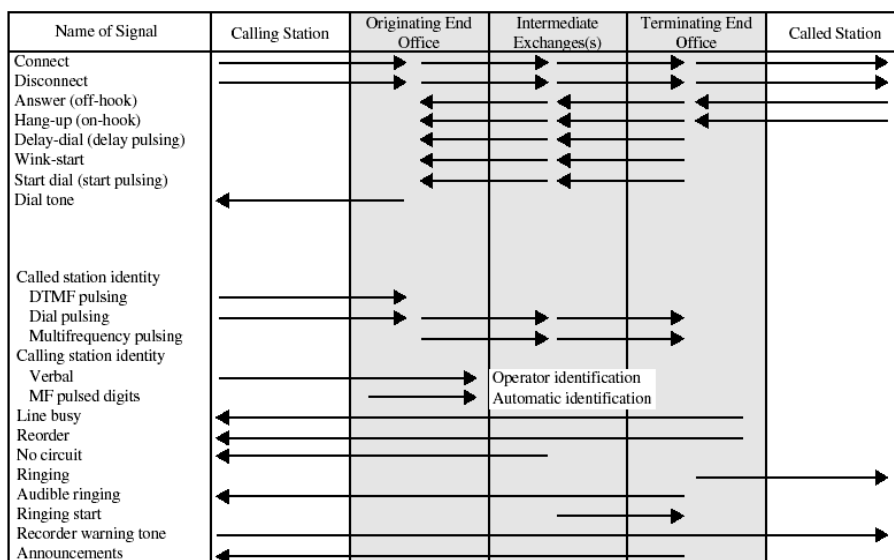
8. Η σύνδεση ελευθερώνεται, όταν κάποιος από τους δυο συνδρομητές κλείσει το ακουστικό.

Όταν ο καλούμενος συνδρομητής είναι συνδεδεμένος σε διαφορετικό μεταγωγέα από τον συνδρομητή που τον καλεί, απαιτούνται οι ακόλουθες από μεταγωγέα σε μεταγωγέα λειτουργίες σηματοδότησης τηλεπικοινωνιακού διαύλου:

1. Ο αρχικός μεταγωγέας καταλαμβάνει ένα κενό εσωτερικό του τηλεπικοινωνιακό διάυλο, στέλνει μία ένδειξη off-hook στον τηλεπικοινωνιακό διάυλο και ζητά ένα ψηφιακό καταχωρητή στο απομακρυσμένο άκρο για να μπορεί να μεταδοθεί η διεύθυνση.

2. Ο τερματικός μεταγωγέας στέλνει ένα off-hook σήμα που ακολουθείται από ένα on-hook σήμα. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι ο καταχωρητής βρίσκεται σε κατάσταση ετοιμότητας.

3. Ο αρχικός μεταγωγέας στέλνει τα ψηφία της διεύθυνσης στον τερματικό μεταγωγέα.



Note: A broken line indicates repetition of a signal at each office, whereas a solid line indicates direct transmittal through intermediate offices.

**Εικόνα 32: Control Signalling Through a Circuit-Switching Telephone Network**

Αυτό το παράδειγμα δίνει μία ιδέα των λειτουργιών που εκτελούνται χρησιμοποιώντας σήματα ελέγχου. Οι λειτουργίες που εκτελούνται από τα σήματα ελέγχου μπορούν πρόχειρα να ομαδοποιηθούν στις κατηγορίες της επίβλεψης, της διεύθυνσης, της πληροφορίας κλήσης και της διαχείρισης δικτύου. Η Εικόνα 32 παρουσιάζει την πηγή και τον προορισμό διαφόρων σημάτων.

Η σηματοδοσία μπορεί επίσης να ομαδοποιηθεί λειτουργικά ως σηματοδοσία επίβλεψης, διεύθυνσης, πληροφορίας κλήσης και διαχείρισης δικτύου.

Ο όρος επίβλεψη συνήθως χρησιμοποιείται για την αναφορά σε λειτουργίες ελέγχου που έχουν ένα δυαδικό χαρακτήρα, όπως αίτηση υπηρεσία, απάντηση, προειδοποίηση και επιστροφή σε κατάσταση αδράνειας. Οι λειτουργίες αυτές ασχολούνται με την διαθεσιμότητα του καλούμενου συνδρομητή και των αναγκαίων πόρων του δικτύου. Τα σήματα ελέγχου επίβλεψης χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν, αν ένας αναγκαίος είναι διαθέσιμος και αν είναι να τον δεσμεύσουμε. Χρησιμοποιούνται επίσης για να αναφέρουν την κατάσταση των ζητούμενων πόρων.

Τα σήματα διεύθυνσης προσδιορίζουν έναν συνδρομητή. Αρχικά, δημιουργείται ένα σήμα διεύθυνσης από έναν καλούντα συνδρομητή που καλεί έναν τηλεφωνικό αριθμό. Η διεύθυνση που προκύπτει μπορεί να μεταδοθεί μέσω του δικτύου για την υποστήριξη της λειτουργίας δρομολόγησης και να εντοπίσει και ειδοποιήσει το τηλέφωνο του καλούμενου συνδρομητή.

Ο όρος πληροφορία κλήσης αναφέρεται σε εκείνα τα σήματα που παρέχουν στον συνδρομητή πληροφορία σχετικά με την κατάσταση μίας κλήσης. Αυτά είναι κατάσταση μίας κλήσης Αυτά είναι διαφορετικά από τα εσωτερικά σήματα ελέγχου ανάμεσα σε μεταγωγείς που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση και τον τερματισμό της κλήσης. Τέτοια εσωτερικά σήματα είναι αναλογικά ή ψηφιακά ηλεκτρικά μηνύματα. Σε αντίθεση, τα σήματα πληροφορίας κλήσης είναι ακουστικοί τόνοι που μπορούν να ακουστούν από αυτόν που κάνει την κλήση ή έναν διαχειριστή με κατάλληλη τηλεφωνική συσκευή.

Τα σήματα ελέγχου επίβλεψης, διεύθυνσης και πληροφορίας κλήσης εμπλέκονται άμεσα στην αποκατάσταση και τον τερματισμό μίας κλήσης. Σε αντίθεση, τα σήματα διαχείρισης δικτύου χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη, τον εντοπισμό και την επισκευή βλαβών καθώς και για ολόκληρη τη λειτουργία του δικτύου. Τέτοια σήματα μπορεί να είναι στη μορφή μηνυμάτων, όπως μία λίστα από προσχεδιασμένες διαδρομές που αποστέλλεται σε έναν σταθμό για την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησής του Αυτά τα σήματα καλύπτουν έναν ευρύ σκοπό και είναι η κατηγορία που θα επεκταθεί περισσότερο με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των δικτύων μεταγωγής.

### ***Τοποθεσία σηματοδοσίας***

Η σηματοδοσία ελέγχου πρέπει να μελετηθεί σε δύο σενάρια:

Σηματοδοσία ανάμεσα σε έναν συνδρομητή και το δίκτυο και σηματοδοσία εσωτερικά στο δίκτυο. Συνήθως η σηματοδοσία λειτουργεί διαφορετικά μέσα σε αυτά τα δύο σενάρια.

Η σηματοδοσία ανάμεσα σε ένα τηλέφωνο ή άλλη συσκευή συνδρομητή και του κέντρου μεταγωγής στην οποία είναι συνδεδεμένη καθορίζεται, σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της συσκευής του συνδρομητή και τις ανάγκες του συνδρομητή. Τα σήματα εσωτερικά του δικτύου είναι καθαρά από υπολογιστή σε υπολογιστή. Η εσωτερική σηματοδοσία σχετίζεται όχι μόνο με τη διαχείριση των κλήσεων των



συνδρομητών αλλά και με τη διαχείριση του ίδιου του δικτύου. Έτσι, μια εσωτερική σηματοδότηση απαιτείται ένα πιο πολύπλοκο σύνολο από εντολές, απαντήσεις και παραμέτρους.

Επειδή χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές τεχνικές σηματοδότησης, το τοπικό κέντρο μεταγωγής, στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο συνδρομητής, πρέπει να παρέχει μία αντιστοιχία ανάμεσα στη σχετικά λιγότερο πολύπλοκη τεχνική σηματοδότησης που χρησιμοποιείται από τον συνδρομητή και την πιο πολύπλοκη τεχνική που χρησιμοποιείται εσωτερικά στο δίκτυο.

### ***Σηματοδότηση Κοινού Καναλιού***

Η παραδοσιακή σηματοδότηση ελέγχου σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος βασίζονται στην ενδοκαναλική ή ανά τηλεπικοινωνιακό διάυλο σηματοδότηση. Με την ενδοκαναλική σηματοδότηση, χρησιμοποιείται στο ίδιο κανάλι για τη μεταφορά σημάτων ελέγχου όπως χρησιμοποιείται και για τη μεταφορά της κλήσης (τηλεφωνική συνδιάλεξη) με την οποία σχετίζονται τα σήματα ελέγχου. Μια τέτοια σηματοδότηση ξεκινά από τον αρχικό συνδρομητή και ακολουθεί το ίδιο μονοπάτι, όπως και η ίδια η κλήση. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούνται πρόσθετες υποδομές μετάδοσης και σηματοδότησης. Οι υποδομές για τη μετάδοση φωνής μοιράζονται με την σηματοδότηση ελέγχου.

Χρησιμοποιούνται δύο μορφές ενδοκαναλικής σηματοδότησης: η εντός και η εκτός ζώνης. Η εντός ζώνης σηματοδότηση χρησιμοποιεί όχι μόνο το ίδιο φυσικό μονοπάτι με τη κλήση που εξυπηρετεί, αλλά και την ίδια ζώνη συχνοτήτων με τα σήματα φωνής που μεταφέρονται. Αυτή η μορφή σηματοδότησης έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Επειδή τα σήματα ελέγχου έχουν τις ίδιες ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες με τα σήματα φωνής, είναι δυνατό να μεταφερθούν οπουδήποτε μπορούν να μεταφερθούν και τα σήματα φωνής. Έτσι, δεν υπάρχουν όρια στη χρήση σηματοδότησης εντός ζώνης οπουδήποτε στο δίκτυο, συμπεριλαμβανομένων και των σημείων όπου υπάρχει μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό ή από ψηφιακό σε αναλογικό. Επιπλέον, είναι απίθανο να αποκατασταθεί μία κλήση σε ένα λάθος μονοπάτι φωνής, επειδή τα σήματα ελέγχου που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση του μονοπατιού ακολουθούν το ίδιο μονοπάτι.

Η σηματοδότηση εκτός ζώνης εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι τα σήματα φωνής δεν χρησιμοποιούν ολόκληρο το εύρος ζώνης των 4 kHz που τους διατίθεται. Χρησιμοποιείται μία ξεχωριστή στενή ζώνη σηματοδότησης που βρίσκεται μέσα στα 4kHz για την αποστολή σημάτων ελέγχου. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι τα σήματα ελέγχου μπορούν να σταλθούν, είτε υπάρχουν είτε όχι σήματα φωνής στη γραμμή, επιτρέποντας έτσι την επίβλεψη και έλεγχο μίας κλήσης. Ωστόσο ένα σχήμα εκτός ζώνης απαιτεί επιπλέον ηλεκτρονικά για το χειρισμό της ζώνης σηματοδότησης, ενώ οι ρυθμοί σηματοδότησης είναι μικρότεροι επειδή το σήμα περιορίζεται σε στενό εύρος ζώνης.

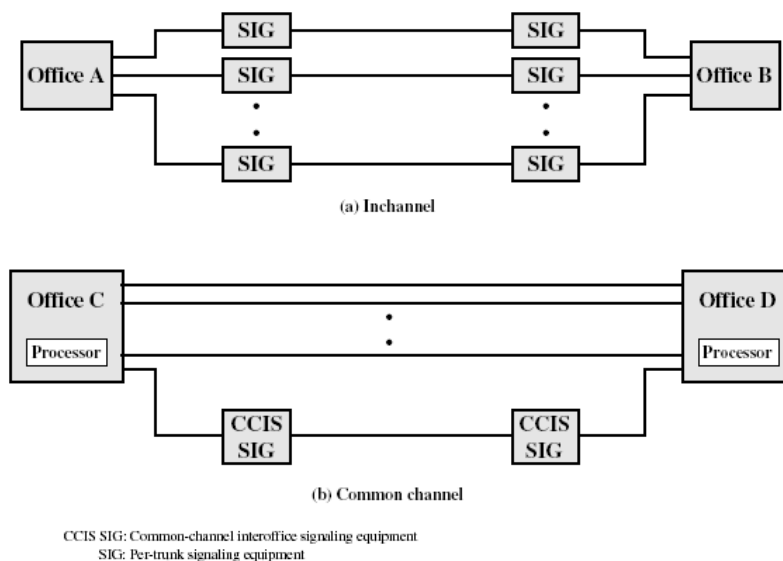
Καθώς τα δημόσια τηλεπικοινωνιακά δίκτυα γίνονται πιο πολύπλοκα και παρέχουν μεγαλύτερο σύνολο υπηρεσιών τα πλεονεκτήματα της ενδοκαναλικής σηματοδότησης γίνονται πιο φανερά. Ο ρυθμός μεταφοράς πληροφορίας είναι σχετικά περιορισμένος με την ενδοκαναλική σηματοδότηση. Με τα εντός ζώνης σήματα, υπάρχει διαθέσιμο ένα πολύ στενό εύρος ζώνης. Με τέτοιους περιορισμούς είναι δύσκολο να εξυπηρετηθούν έγκαιρα οποιεσδήποτε άλλες εκτός από τις πιο απλές μορφές μηνυμάτων ελέγχου. Ωστόσο, για να εκμεταλλευτούμε ενδεχόμενες υπηρεσίες και να

αντιμετωπίσουμε την αυξανόμενη πολυπλοκότητα της τεχνολογίας δικτύων που εμπλέκεται, απαιτείται ένα μεγαλύτερο και πιο ισχυρό σύνολο σημάτων ελέγχου.

Ένα δεύτερο μειονέκτημα της ενδοκαναλικής σηματοδοσίας είναι το μέγεθος της καθυστέρησης από την ώρα που ένας συνδρομητής εισάγει μία διεύθυνση (καλεί έναν αριθμό) μέχρι τη στιγμή που αποκαθίσταται η σύνδεση. Η απαίτηση να μειωθεί αυτή η καθυστέρηση γίνεται πιο σημαντική καθώς το δίκτυο χρησιμοποιείται με νέους τρόπους. Για παράδειγμα, οι κλήσεις που ελέγχονται από υπολογιστές, όπως και με την επεξεργασία συναλλαγών, χρησιμοποιούν σχετικά σύντομα μηνύματα. Επομένως, ο χρόνος αποκατάστασης της κλήσης αποτελεί ένα μέρος του συνολικού χρόνου συναλλαγής που μπορεί να εκτιμηθεί.

Και τα δύο αυτά προβλήματα είναι δυνατό να επιλυθούν με τη σηματοδοσία κοινού καναλιού, στην οποία τα σήματα ελέγχου μεταφέρονται μέσω μονοπατιών τα οποία είναι εντελώς ανεξάρτητα από τα κανάλια φωνής. Ένα ανεξάρτητο μονοπάτι σημάτων ελέγχου μπορεί να μεταφέρει τα σήματα για έναν αριθμό καναλιών συνδρομητών και επομένως είναι ένα κοινό κανάλι ελέγχου για αυτά τα κανάλια συνδρομητών.

Οι αρχές της σηματοδοσίας κοινού καναλιού παρουσιάζονται και συγκρίνονται με τη ενδοκαναλική σηματοδοσία στην Εικόνα 33. Όπως φαίνεται, το μονοπάτι του σήματος για τη σηματοδοσία κοινού καναλιού είναι από φυσικής πλευράς ξεχωριστό από το μονοπάτι των σημάτων φωνής ή άλλων σημάτων των συνδρομητών. Στο κοινό κανάλι μπορεί να δοθεί το εύρος ζώνης συχνοτήτων που απαιτείται για την μεταφορά σημάτων ελέγχου για μία μεγάλη ποικιλία λειτουργιών. Έτσι τόσο το πρωτόκολλο σηματοδοσίας όσο και η αρχιτεκτονική δικτύου που υποστηρίζει αυτό το πρωτόκολλο είναι πιο πολύπλοκα απ' ό τι στην ενδοκαναλική σηματοδοσία. Ωστόσο η συνεχή πτώση του κόστους των εξαρτημάτων των υπολογιστών κάνει την σηματοδοσία κοινού καναλιού όλο και πιο ελκυστική. Τα σήματα ελέγχου είναι μηνύματα που μεταδίδονται τόσο ανάμεσα σε μεταγωγείς όσο και ανάμεσα σε έναν μεταγωγέα και στο κέντρο διαχείρισης δικτύου. Έτσι, το τμήμα σηματοδοσίας ελέγχου του δικτύου είναι, κατά συνέπεια, ένα καταναμημένο δίκτυο υπολογιστών που μεταφέρει σύντομα μηνύματα.



**Εικόνα 33: Inchannel and Common-channel Signalling**

Δύο τρόποι λειτουργίας χρησιμοποιούνται στη σηματοδοσία κοινού καναλιού. Στη συσχετιζόμενη λειτουργία, το κοινό κανάλι παρακολουθεί, σε όλο το μήκος του, της μεταγόμενες ομάδες διαύλων που εξυπηρετούνται μεταξύ τερματικών σημείων. Τα σήματα ελέγχου βρίσκονται σε διαφορετικά κανάλια από τα σήματα του συνδρομητή και εσωτερικά στον μεταγωγέα. Τα σήματα ελέγχου δρομολογούνται απευθείας σε ένα επεξεργαστή σημάτων ελέγχου. Ένας πιο πολύπλοκος αλλά πιο ισχυρός τρόπος είναι η μη συσχετιζόμενη λειτουργία. Με αυτή τη λειτουργία το δίκτυο αυξάνεται με επιπρόσθετους κόμβους που είναι γνωστοί ως σημεία μεταφοράς σήματος. Σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχει αυστηρή ή απλή ανάθεση καναλιών ελέγχου σε ομάδες τηλεπικοινωνιακών διαύλων. Κατά συνέπεια, σε αυτή τη περίπτωση υπάρχει δύο ξεχωριστά δίκτυα με ζεύξεις ανάμεσά τους έτσι ώστε το τμήμα ελέγχου του δικτύου να μπορεί να ασκεί έλεγχο πάνω στους κόμβους μεταγωγής που εξυπηρετούν κλήσεις συνδρομητών. Η διαχείριση δικτύου ασκείται πιο εύκολα με τη μη συσχετιζόμενη λειτουργία επειδή τα κανάλια ελέγχου μπορούν να ανατεθούν σε διεργασίες με πιο εύκαμπτο τρόπο. Η μη συσχετιζόμενη λειτουργία είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται στο ISDN.

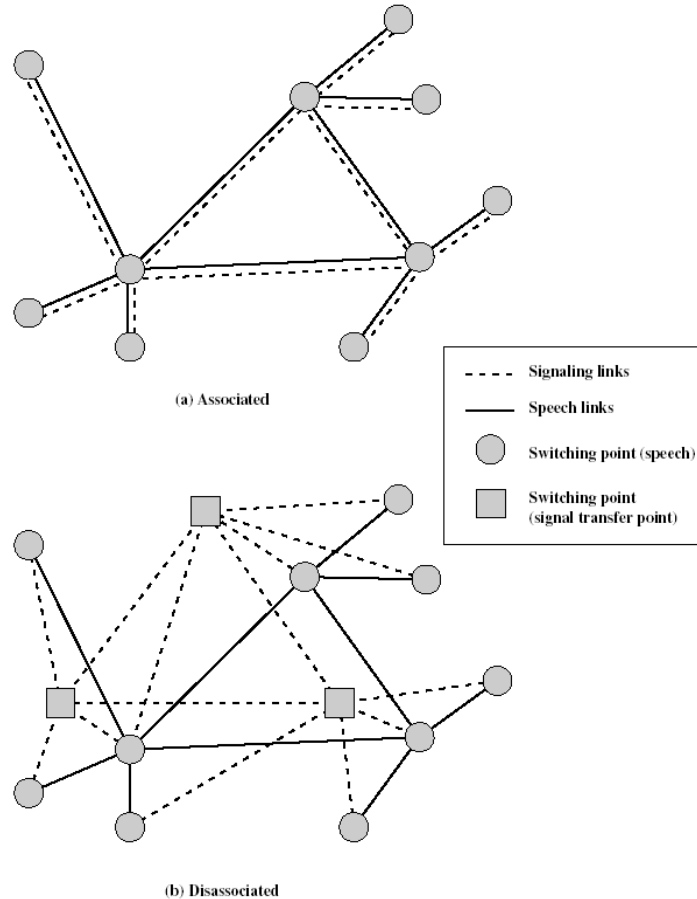
Με την ενδοκαναλική σηματοδοσία, τα σήματα ελέγχου από ένα μεταγωγέα ξεκινούν από ένα επεξεργαστή ελέγχου και μεταγόμενοι στο κανάλι εξόδου. Στο άλλο άκρο πρέπει να μεταγόμενουμε τα σήματα ελέγχου από το κανάλι φωνής στον επεξεργαστή ελέγχου. Με τη σηματοδοσία κοινού καναλιού, μεταφέρονται απευθείας από τον ένα επεξεργαστή ελέγχου στον άλλο, χωρίς να συνδέονται με κάποιο σήμα φωνής. Αυτή είναι μια πιο απλή διαδικασία καθώς και λιγότερο επιρρεπής σε τυχαία ή σκόπιμη παρεμβολή των σημάτων του συνδρομητή με τα σήματα ελέγχου. Αυτό είναι από τα μεγαλύτερα κίνητρα για σηματοδοσία κοινού καναλιού. Ένα άλλο σημαντικό κίνητρο για σηματοδοσία κοινού καναλιού είναι ο μειωμένος χρόνος αποκατάστασης κλήσης. Θεωρείστε την ακολουθία γεγονότων για την αποκατάσταση της ακολουθίας μιας κλήσης με ενδοκαναλική σηματοδοσία, όταν εμπλέκονται περισσότεροι από έναν μεταγωγείς. Ένα σήμα ελέγχου θα σταλθεί από ένα μεταγωγέα στον επόμενο μέσα από το καθορισμένο μονοπάτι. Σε κάθε μεταγωγέα, το σήμα ελέγχου δεν μπορεί να μεταφερθεί μέσω του επόμενου μεταγωγέα στο επόμενο σκέλος της διαδρομής μέχρι να αποκατασταθεί ένα συσχετιζόμενο κύκλωμα μέσω αυτού του μεταγωγέα.. Με τη σηματοδοσία κοινού καναλιού, η προώθηση της πληροφορίας ελέγχου μπορεί να υπερπηδήσει τη διαδικασία αποκατάστασης κυκλώματος.

Με τη μη συσχετιζόμενη σηματοδοσία υπάρχει ένα επιπλέον πλεονέκτημα: Μπορούν να αποκατασταθούν ένα ή περισσότερα κεντρικά σημεία ελέγχου. Όλη η πληροφορία ελέγχου μπορεί να δρομολογηθεί σε ένα κέντρο ελέγχου του δικτύου όπου επεξεργάζονται οι αιτήσεις και στέλνονται σήματα ελέγχου σε μεταγωγείς που χειρίζονται τη κίνηση συνδρομητών. Με αυτό τον τρόπο οι αιτήσεις μπορούν να επεξεργαστούν με μία πιο γενική άποψη των συνθηκών του δικτύου.

Φυσικά, υπάρχουν και μειονεκτήματα στη σηματοδοσία κοινού καναλιού. Αυτά έχουν να κάνουν κυρίως με την πολυπλοκότητα της τεχνικής. Ωστόσο, το κόστος του ψηφιακού υλικού που μειώνεται και η αυξανόμενη ψηφιακή φύση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων κάνουν τη σηματοδοσία κοινού καναλιού την πλέον κατάλληλη τεχνολογία.

Όλη η συζήτηση σε αυτή την ενότητα ασχολήθηκε με τη χρήση της σηματοδοσίας κοινού καναλιού εσωτερικά στο δίκτυο (για τον έλεγχο μεταγωγέων). Ακόμα και σε ένα δίκτυο που ελέγχεται πλήρως από σηματοδοσία κοινού καναλιού απαιτείται ενδοκαναλική σηματοδοσία για τουλάχιστον κάποιο μέρος της επικοινωνίας με τον

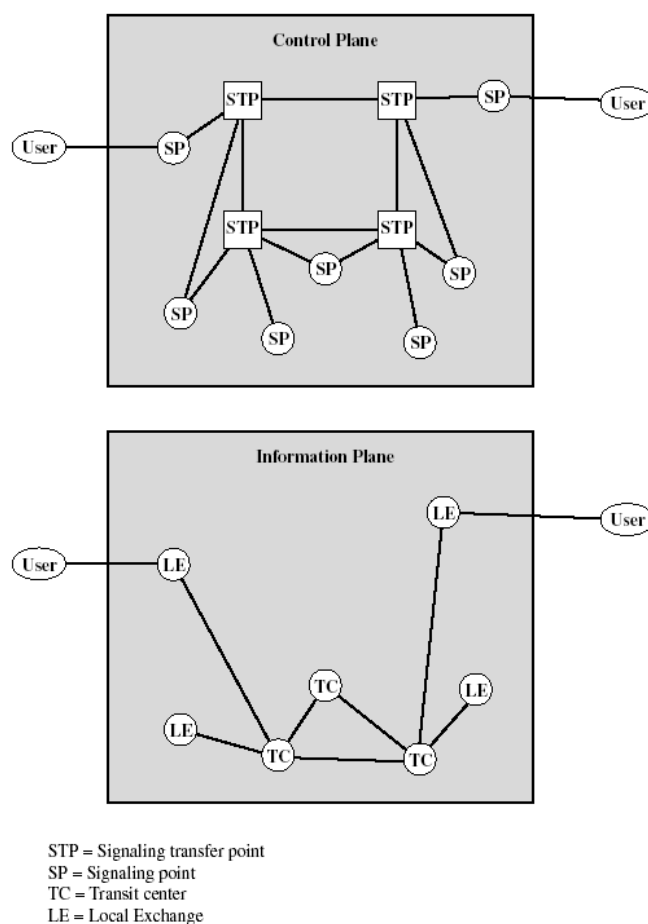
συνδρομητή. Για παράδειγμα, ο τόνος κλήσης το επιστρεφόμενο κουδούνισμα της αυτόματης κλήσης και τα σήματα κατειλημμένου πρέπει να είναι ενδοκαναλικά για να φθάσουν στον χρήστη. Σε ένα απλό τηλεφωνικό δίκτυο, ο συνδρομητής δεν έχει πρόσβαση στο τμήμα σηματοδοσίας κοινού καναλιού του δικτύου και δε χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο σηματοδοσίας κοινού καναλιού. Ωστόσο σε πιο εξεζητημένα ψηφιακά δίκτυα συμπεριλαμβανομένου του ISDN χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο σηματοδοσίας κοινού καναλιού ανάμεσα στο συνδρομητή και στο δίκτυο και αντιστοιχίζεται στο εσωτερικό πρωτόκολλο σηματοδοσίας.



**Εικόνα 34: Common-Channel Signaling Modes**

### *Στοιχεία Σηματοδοσίας Δικτύου*

Το SS7 ορίζει τρεις λειτουργικές οντότητες: τα σημεία σηματοδοσίας, τα σημεία μεταφοράς σημάτων και τις ζεύξεις σηματοδοσίας. Ένα σημείο σηματοδοσίας (signaling point-SP) είναι κάθε σημείο στο δίκτυο που είναι ικανό να χειριστεί μηνύματα ελέγχου SS7. Μπορεί να είναι ένα τερματικό σημείο για μηνύματα ελέγχου που δεν είναι ικανό να επεξεργαστεί μηνύματα που δεν απευθύνονται άμεσα στο ίδιο. Οι κόμβοι μεταγωγής κυκλώματος του δικτύου, για παράδειγμα θ μπορούσαν να είναι τερματικά σημεία. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ένα κέντρο ελέγχου δικτύου. Ένα σημείο μεταφοράς σήματος (signal transfer point-STP) είναι ένα σημείο σηματοδοσίας που είναι ικανό να δρομολογεί μηνύματα ελέγχου. Δηλαδή, ένα μήνυμα που παραλαμβάνεται από ζεύξη ελέγχου μεταφέρεται σε μία άλλη. Ένα STP μπορεί να είναι αμιγή κόμβος δρομολόγησης ή θα μπορούσε επίσης να περιλαμβάνει τις λειτουργίες ενός τερματικού σημείου. Τέλος, ζεύξη σηματοδοσίας είναι ζεύξη δεδομένων που ενώνει σημεία σηματοδοσίας.



**Εικόνα 35: SS7 Signaling and Information Transfer Points**

Η Εικόνα 35 παρουσιάζει διάφορα ανάμεσα στη λειτουργία σηματοδοσίας μεταγωγής πακέτου και στη λειτουργία μεταφοράς πληροφορίας μεταγωγής κυκλώματος για τη περίπτωση της μη συσχετιζόμενης αρχιτεκτονικής σηματοδοσίας. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι υπάρχουν δύο επίπεδα λειτουργίας. Το επίπεδο ελέγχου είναι υπεύθυνο για τη αποκατάσταση και διαχείριση των συνδέσεων. Αυτές τις συνδέσεις τις αιτείται και ο χρήστης. Ο διάλογος χρήστη-δίκτυο είναι ανάμεσα στο χρήστη και στο τοπικό κέντρο. Για αυτό το σκοπό το τοπικό κέντρο ενεργεί ως σημείο σηματοδοσίας επειδή πρέπει να μεταλλάσσεται ανάμεσα στο διάλογο που κάνει με το χρήστη και στα μηνύματα ελέγχου μέσα στο δίκτυο που ουσιαστικά εκτελούν ενέργειες που έχουν ζητηθεί από το χρήστη. Εσωτερικά στο δίκτυο, το SS7 χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση και συντήρηση μιας σύνδεσης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα σημεία σηματοδοσίας και σημεία μεταφοράς σήματος. Όταν αποκατασταθεί μία σύνδεση, μεταφέρεται πληροφορία από ένα χρήστη σε έναν άλλο μέσα από το επίπεδο πληροφορίας. Αποκαθίσταται ένα κύκλωμα από το τοπικό κέντρο ενός χρήστη στο κέντρο του άλλου, πιθανότατα δρομολογημένο μέσω ενός ή περισσότερων κόμβων μεταγωγής κυκλώματος, που αναφέρονται ως κέντρα μεταφοράς. Όλοι αυτοί οι κόμβοι (τοπικά κέντρα, κέντρα μεταφοράς) είναι επίσης και σημεία σηματοδοσίας, επειδή πρέπει να είναι ικανοί να στέλνουν και λαμβάνουν μηνύματα SS7 για την αποκατάσταση και διαχείριση μιας σύνδεσης.

### **Δομές Σηματοδοσίας Δικτύου**

Ένα πολύπλοκο δίκτυο συνήθως θα έχει τόσο σημεία σηματοδοσίας (SP) όσο και σημεία μεταφοράς σήματος (STPs). Ένα δίκτυο σηματοδοσίας που περιλαμβάνει τόσο SP όσο και STP κόμβους μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει μια ιεραρχική δομή στην οποία τα SPs αποτελούν το κατώτερο επίπεδο και τα STPs αναπαριστούν το υψηλότερο επίπεδο. Το δεύτερο μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω σε αρκετά επίπεδα STP. Το σχ1.13 είναι ένα παράδειγμα δικτύου με ένα μόνο επίπεδο STP.

Αρκετές παράμετροι μπορούν να επηρεάσουν τις αποφάσεις σχετικά με τη σχεδίαση του δικτύου και τον αριθμό των επιπέδων που θα υλοποιηθούν:

- Ικανότητες του STP: περιλαμβάνει τον αριθμό των ζεύξεων σηματοδοσίας που μπορεί να χειριστεί το STP, το χρόνο μεταφοράς του μηνύματος σηματοδοσίας και την απαιτούμενη διαμετακομιστική χωρητικότητα του μηνύματος.
- Απόδοση δικτύου: Περιλαμβάνει τον αριθμό των SP και τις καθυστερήσεις σηματοδοσίας.
- Διαθεσιμότητα και αξιοπιστία: Μετρά την ικανότητα του δικτύου να παρέχει υπηρεσίες σε περίπτωση αποτυχίας του STP.

Μελετώντας τους περιορισμούς του δικτύου από άποψη απόδοσης, μπορεί να φαίνεται καλύτερο να προτιμήσουμε ένα επίπεδο STP. Ωστόσο, μελέτες αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας μπορεί να επιβάλλουν μία λύση με περισσότερα από ένα επίπεδα. Οι παρακάτω κατευθυντήριες γραμμές προτείνονται από την ITU-T:

- Σε ένα ιεραρχικό δίκτυο σηματοδοσίας με ένα μόνο επίπεδο STP
  - Κάθε SP που δεν είναι ταυτόχρονα και STP είναι συνδεδεμένο με τουλάχιστον δύο STP.
  - Η αλληλο-σύνδεση των STP είναι όσο πιο ολοκληρωμένη γίνεται (πλήρης αλληλο-σύνδεση: κάθε STP έχει μία απευθείας ζεύξη με κάθε άλλο STP)
- Σε ένα ιεραρχικό δίκτυο σηματοδοσίας με δύο επίπεδα STP
  - Κάθε SP που δεν είναι ταυτόχρονα και STP είναι συνδεδεμένο με τουλάχιστον δύο STP χαμηλότερου επιπέδου.
  - Κάθε STP χαμηλότερου επιπέδου είναι συνδεδεμένο με τουλάχιστον δύο STP του υψηλότερου επιπέδου.
  - Τα STP του υψηλότερου επιπέδου είναι πλήρως αλληλοσυνδεδεμένα.

Το ιεραρχικό μοντέλο των δύο επιπέδων STP συνήθως θα είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε το υψηλότερο επίπεδο να είναι αφιερωμένο στην κίνηση μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής του δικτύου και το υψηλότερο επίπεδο να χειρίζεται την κίνηση ανάμεσα στις γεωγραφικές περιοχές.

## **4.2. ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΑΚΕΤΟΥ**

Γύρω στα 1970, ξεκίνησε έρευνα πάνω σε μια νέα μορφή αρχιτεκτονικής για ψηφιακές τηλεπικοινωνίες δεδομένων μεγάλων αποστάσεων: τη μεταγωγή πακέτου. Αν και από τότε η τεχνολογία της μεταγωγής πακέτου έχει εξελιχθεί σημαντικά, είναι

αξιοσημείωτο ότι η βασική τεχνολογία είναι η ίδια σήμερα όπως ήταν και στα δίκτυα στις αρχές του 1970 και παραμένει μία από τις λίγες αποδοτικές τεχνολογίες για επικοινωνίες δεδομένων μεγάλων αποστάσεων.

Παρακάτω παρέχεται μία περίληψη της μεταγωγής πακέτου. Θα δούμε ότι πολλά από τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής πακέτου (ευελιξία, διαμοιρασμός πόρων, ανθεκτικότητα, ανταποκρισιμότητα) έχουν κάποιο κόστος. Το δίκτυο μεταγωγής πακέτου είναι ένα κατανεμημένο σύνολο από κόμβους μεταγωγής πακέτων. Στην ιδανική περίπτωση, όλοι οι κόμβοι μεταγωγής πακέτων θα γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή την κατάσταση ολόκληρου του δικτύου. Δυστυχώς, επειδή οι κόμβοι είναι κατανεμημένοι, υπάρχει χρονική καθυστέρηση ανάμεσα σε μια αλλαγή κατάστασης σε ένα τμήμα του δικτύου και στη πληροφόρηση αυτής της αλλαγής κάπου αλλού. Επιπλέον υπάρχει επιβάρυνση που εμπλέκεται στη μεταδιδόμενη πληροφορία. Ως αποτέλεσμα ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου δεν μπορεί να απόδοση τέλεια για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται περίπλοκοι αλγόριθμοι για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων της χρονικής καθυστέρησης και τις επιβάρυνσης κατά τη λειτουργία του δικτύου.

Η μεταγωγή πακέτου σχεδιάστηκε για να παρέχει μία πιο αποδοτική λειτουργία από τη μεταγωγή κυκλώματος για καταγωγιστική κίνηση δεδομένων. Με τη μεταγωγή πακέτου, ένας σταθμός μεταδίδει δεδομένα ε μικρά μπλοκ που ονομάζονται πακέτα. Κάθε πακέτο περιέχει ένα τμήμα των δεδομένων του χρήστη συν πληροφορία ελέγχου που απαιτείται για τη σωστή λειτουργικότητα του δικτύου.

Ένα σημαντικό στοιχείο διάκρισης των δικτύων μεταγωγής πακέτων είναι κατά πόσο η εσωτερική λειτουργία βασίζεται σε αυτόνομα πακέτα ή νοητά κυκλώματα. Με εσωτερικά νοητά κυκλώματα, καθορίζεται μία διαδρομή ανάμεσα σε δύο τερματικά σημεία και όλα τα πακέτα για αυτό το νοητό κύκλωμα ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Με εσωτερικά αυτόνομα πακέτα, κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Έτσι πακέτα που έχουν τον ίδιο προορισμό είναι δυνατό να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές.

Η λειτουργία δρομολόγησης ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων προσπαθεί να βρει την διαδρομή με το ελάχιστο κόστος στο δίκτυο, με το κόστος βασισμένο στο αριθμό των αλμάτων, την αναμενόμενη καθυστέρηση ή άλλα μέτρα. Οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης συνήθως βασίζονται στη ανταλλαγή πληροφορίας σχετικά με τις συνθήκες κίνησης ανάμεσα στους κόμβους.

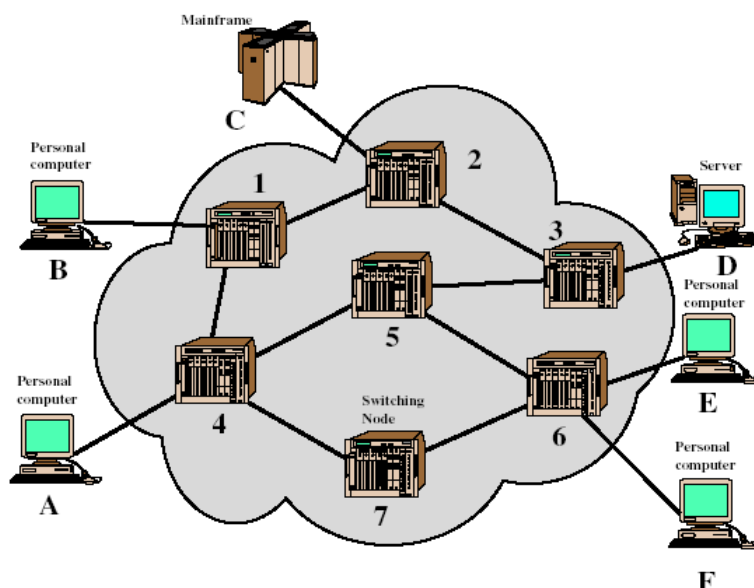
#### 4.2.1. Αρχές Μεταγωγής Πακέτου

Τα μεγάλης απόστασης τηλεπικοινωνιακά δίκτυα αρχικά σχεδιάστηκαν για να χειρίζονται κίνηση φωνής. Η πλειοψηφία της κίνησης σε αυτά τα δίκτυα συνεχίζει να αποτελείται από κίνηση φωνή. Ένα χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι ότι οι πόροι του δικτύου αφιερώνονται σε μία συγκεκριμένη κλήση. Για συνδέσεις φωνής, το κύκλωμα που προκύπτει θα έχει υψηλό βαθμό χρήσης επειδή το περισσότερο χρόνο η μία ή η άλλη πλευρά θα μιλάει. Ωστόσο, καθώς το δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος άρχισε να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για ζεύξεις δεδομένων έγιναν ορατά δύο μειονεκτήματα:

Σε μια συνηθισμένη ζεύξη δεδομένων χρήστη/host, τον περισσότερο χρόνο η γραμμή παραμένει αδρανής. Έτσι για ζεύξεις δεδομένων μία προσέγγιση μεταγωγής κυκλώματος δεν είναι αποδοτική.

Σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος η σύνδεση παρέχει μεταφορά με σταθερό ρυθμό δεδομένων. Έτσι, κάθε μια από τις δύο συσκευές που είναι συνδεδεμένες πρέπει να μεταδίδει και να λαμβάνει με τον ίδιο ρυθμό όπως και η άλλη. Αυτό περιορίζει την τη χρησιμότητα του δικτύου για διασύνδεση ποικίλων υπολογιστών host και σταθμών εργασίας.

Για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο η μεταγωγή πακέτου αντιμετωπίζει τα προβλήματα αυτά, ας περιγράψουμε περιληπτικά τη λειτουργία μεταγωγής πακέτου. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε μικρά πακέτα. Ένα σύνηθες άνω φράγμα του πακέτου είναι 1000 οκτάδες. Αν μία πηγή έχει ένα μεγαλύτερο μήνυμα να στείλει το μήνυμα τεμαχίζεται σε μια σειρά από πακέτα. Κάθε πακέτο περιέχει μέρος των δεδομένων του χρήστη (ή όλα για ένα σύντομο μήνυμα) συν κάποια πληροφορία ελέγχου. Η πληροφορία ελέγχου περιλαμβάνει τουλάχιστον την πληροφορία που χρειάζεται το δίκτυο για να δρομολογήσει το πακέτο μέσα στο δίκτυο και να το παραδώσει στο προορισμό του. Σε κάθε κόμβο τα πακέτα παραλαμβάνονται αποθηκεύονται προσωρινά και προωθούνται στον επόμενο κόμβο.



Θεωρούμε τώρα την παραπάνω εικόνα όπου τώρα απεικονίζει ένα απλό δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Θεωρούμε ότι θέλουμε να στείλουμε ένα πακέτο από τον σταθμό A στον σταθμό E. Το πακέτο περιέχει πληροφορία ελέγχου που δηλώνει ότι ο προορισμός είναι ο E. Το πακέτο στέλνεται από τον A στον κόμβο 4. Ο κόμβος 4 αποθηκεύει το πακέτο, καθορίζει το επόμενο σκέλος της διαδρομής και τοποθετεί το πακέτο σε μία ουρά για να σταλθεί μέσω της σύνδεσης. Όταν η σύνδεση γίνει διαθέσιμη το πακέτο μεταδίδεται στο κόμβο 5 ο οποίος τον προωθεί στον κόμβο 6 και από εκεί στον κόμβο E.

### *Τεχνική Μεταγωγής*

Αν ένας σταθμός έχει ένα μήνυμα να στείλει μέσω ενός δικτύου πακέτου το οποίο είναι μεγαλύτερου μήκους από το μέγιστο μήκος πακέτου, τεμαχίζει αυτά τα πακέτα και στέλνει ένα κάθε φορά στο δίκτυο. Μία ερώτηση που προκύπτει είναι πως θα χειριστεί το δίκτυο αυτή τη σειρά πακέτων καθώς θα προσπαθεί να τα δρομολογήσει και να τα παραδώσει στο προτιθέμενο προορισμό. Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται στα μοντέρνα δίκτυα: αυτόνομου πακέτου και νοητού καναλιού.



Στη προσέγγιση αυτόνομου πακέτου κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά, δεν συνδέεται με πακέτα που έχουν φύγει πιο πριν. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός Α έχει 3 πακέτα να στείλει στον σταθμό Ε. Μεταδίδει τα πακέτα 1,2 και 3 στον κόμβο 4. Κάθε πακέτο περιέχει την διεύθυνση προορισμού η οποία σε αυτή τη περίπτωση είναι του Ε. Για κάθε πακέτο ο κόμβος 4 πρέπει να πάρει μία απόφαση δρομολόγησης. Το πακέτο 1 φθάνει για παράδοση στον Ε. Ο κόμβος 4 θα μπορούσε εύλογα να προωθήσει το πακέτο αυτό τόσο στον κόμβο 7 όσο και στον κόμβο 5 ως επόμενο βήμα της διαδρομής. Σε αυτή τη περίπτωση ο κόμβος 4 αποφασίζει ότι η ουρά πακέτων που έχει για τον κόμβο 7 είναι μεγαλύτερη από εκείνη για τον κόμβο 5 και έτσι τοποθετεί το πακέτο στην ουρά για τον κόμβο 5. Ομοίως για το πακέτο 2. Όμως για το πακέτο 3 ο κόμβος βρίσκει ότι η ουρά για τον κόμβο 7 είναι τώρα μικρότερη και τοποθετεί το πακέτο τώρα σε αυτή τη ουρά. Έτσι τα πακέτα το καθένα με την ίδια κατεύθυνση προορισμού δεν ακολουθούν όλα την ίδια διαδρομή. Κατά συνέπεια το πακέτο 3 είναι πιθανό να φθάσει πιο γρήγορα από το πακέτο 2, ίσως και από το πακέτο 1 στο κόμβο 6. Έτσι είναι πιθανό τα πακέτα να παραδοθούν στον κόμβο Ε με διαφορετική σειρά από αυτή που στάλθηκαν. Είναι θέμα του Ε να καθορίσει πως θα τα αναδιατάξει. Επίσης είναι πιθανό ένα πακέτο να καταστραφεί στο δίκτυο. Για παράδειγμα αν ένας κόμβος πάθει κάποια βλάβη, μπορεί να χαθούν όλα τα πακέτα που βρίσκονται στις ουρές του. Αν συνέβαινε αυτό σε ένα από τα πακέτα του παραδείγματός μας, ο κόμβος 6 δεν θα είχε τρόπο να αναγνωρίσει ότι ένα από τη ακολουθία πακέτων έχει χαθεί. Και πάλι είναι θέμα του Ε να ανιχνεύσει την απώλεια ενός πακέτου και να βρει πως θα το ανακτήσει. Σε αυτή τη τεχνική κάθε πακέτο που αντιμετωπίζεται ξεχωριστά αναφέρεται ως **αυτόνομο πακέτο (datagram)**.

Με τη μέθοδο του **νοητού κυκλώματος (virtual circuit)** πριν μεταδοθεί οποιοδήποτε πακέτο αποκαθίσταται μία διαδρομή. Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι ο Α έχει ένα ή περισσότερα μηνύματα να στείλει στον Ε. Πρώτα στέλνει ένα ειδικό πακέτο ελέγχου, το οποίο ονομάζεται Αίτηση Κλήσης (Call Request), στο 4 ζητώντας αποκατάσταση λογικής σύνδεσης με τον Ε. Ο 4 αποφασίζει να στείλει αίτηση και όλα τα πακέτα στον 5, ο οποίος αποφασίζει να κάνει το ίδιο αλλά τώρα στον κόμβο 6, ο οποίος παραδίδει την αίτηση στον κόμβο Ε. Εάν ο κόμβος Ε είναι να αποκαταστήσει τη σύνδεση στέλνει πακέτο το οποίο ονομάζεται Αποδοχή Κλήσης στον 6. Αυτό το πακέτο μεταφέρεται προς τα πίσω μέσω των κόμβων 4 και 5 στον Α. Οι σταθμοί Α και Ε μπορούν τώρα να ανταλλάξουν δεδομένα μέσω της σύνδεσης που έχει αποκατασταθεί μεταξύ τους. Επειδή η διαδρομή είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, είναι κατά κάποιο τρόπο παρόμοια με ένα κύκλωμα σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος και γι' αυτό αναφέρεται ως νοητό κύκλωμα. Κάθε πακέτο περιέχει μία ταυτότητα νοητού κυκλώματος, αντί για διεύθυνση προορισμού, και δεδομένα. Κάθε κόμβος της προσχεδιασμένης διαδρομής γνωρίζει που να κατευθύνει τέτοια πακέτα. Δεν χρειάζεται να αποφασίζει ο ίδιος ποια διαδρομή θα ακολουθήσουν. Έτσι κάθε πακέτο από τον Α στο Ε θα διέρχεται των 4, 5 και 6, και αντίστροφα από τον Ε στο Α τους 6, 5 και 4. Στο τέλος ένας από τους δύο τερματίζει τη σύνδεση με ένα πακέτο που ονομάζεται Αίτηση Τερματισμού (Clear Request). Οποιαδήποτε χρονική στιγμή, κάθε σταθμός μπορεί να έχει περισσότερα από ένα νοητά κυκλώματα με οποιονδήποτε άλλο νοητό σταθμό, ενώ μπορεί επίσης να έχει νοητά κυκλώματα με περισσότερους από έναν σταθμούς.

Έτσι κύριο χαρακτηριστικό της τεχνικής νοητού κυκλώματος είναι ότι μία διαδρομή αποκαθίσταται πριν αρχίσει η μετάδοση δεδομένων. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι αυτό δε σημαίνει ότι έχει αποκλειστική χρήση της γραμμής όπως έχουμε στη τεχνική μεταγωγής κυκλώματος. Ένα πακέτο εξακολουθεί να αποθηκεύεται

προσωρινά σε κάθε κόμβο και να τοποθετείται για έξοδο σε κάθε γραμμή, ενώ άλλα πακέτα που ανήκουν σε άλλα νοητά κυκλώματα μπορούν να μοιράζονται τη ίδια γραμμή. Η διαφορά με τη τεχνική αυτόνομου πακέτου είναι ότι τώρα ο κόμβος δε χρειάζεται να αποφασίζει σε ποιο κόμβο θα στείλει κάθε πακέτο. Αυτό γίνεται μόνο μία φορά για όλα τα πακέτα που χρησιμοποιούν το ίδιο νοητό κύκλωμα.

Εάν δύο σταθμοί επιθυμούν να ανταλλάξουν δεδομένα για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα υπάρχουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνική των νοητών κυκλωμάτων. Καταρχήν, το δίκτυο μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες που σχετίζονται με τη τεχνική του νοητού κυκλώματος συμπεριλαμβανομένης της ταξινόμησης των πακέτων και των έλεγχου σφαλμάτων. Η ταξινόμηση αναφέρεται στο γεγονός ότι επειδή όλα τα πακέτα ακολουθούν την ίδια διαδρομή φθάνουν με τη σωστή σειρά. Ο έλεγχος σφαλμάτων είναι μία υπηρεσία η οποία όχι μόνο εξασφαλίζει ότι τα πακέτα φθάνουν στη σωστή σειρά αλλά ότι τα πακέτα φθάνουν σωστά, όπου σε περίπτωση λάθους έχουμε την επανεκπομπή των πακέτων. Επίσης σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι με τη τεχνική νοητού κυκλώματος κερδίζουμε σε ταχύτητα αφού ο κάθε κόμβος δε χρειάζεται να αποφασίσει που θα στείλει το κάθε πακέτο.

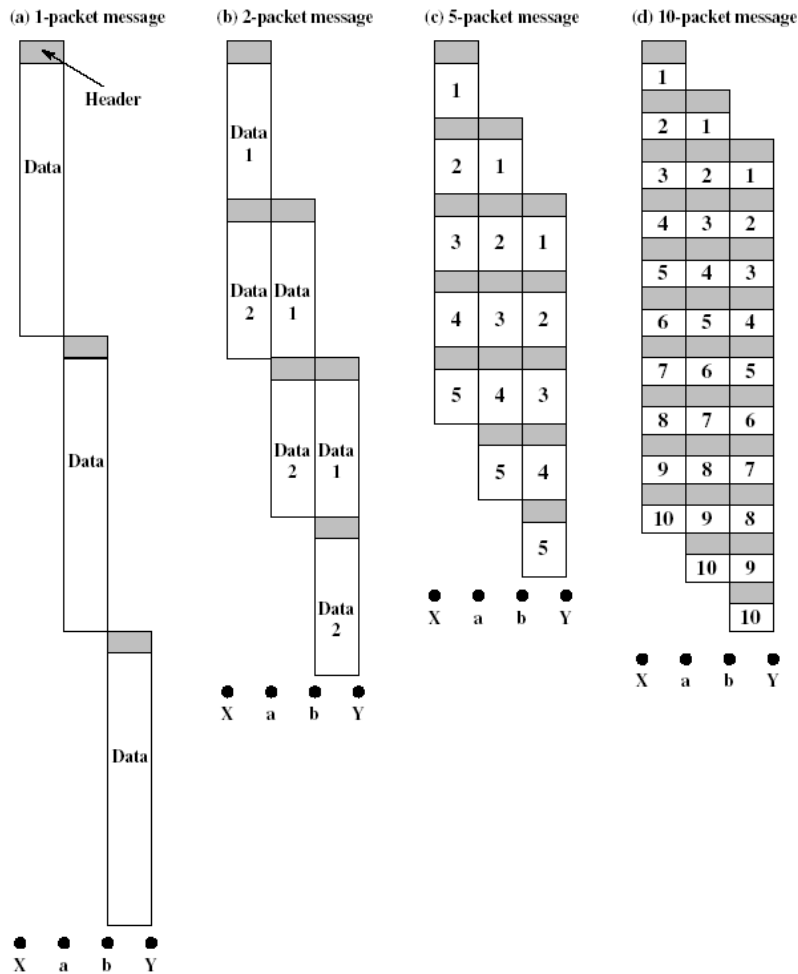
Ένα πλεονέκτημα της τεχνικής datagram είναι ότι δεν υπάρχει η φάση αποκατάστασης νοητού κυκλώματος. Έτσι, αν ένας σταθμός επιθυμεί να στείλει μόνο ένα ή λίγα πακέτα, η χρήση της τεχνικής datagram είναι ταχύτερη. Για παράδειγμα αν υπάρξει συμφόρηση σε ένα μέρος του δικτύου τα εισερχόμενα πακέτα μπορούν να ακολουθήσουν μία διαδρομή η οποία δεν θα περνάει από τα σημεία της συμφόρησης. Με τη χρήση νοητών κυκλωμάτων τα πακέτα ακολουθούν προκαθορισμένη πορεία κι έτσι είναι δύσκολο για το δίκτυο να προσαρμοστεί σε καταστάσεις συμφόρησης. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι η παράδοση του datagram είναι πιο αξιόπιστη. Με τη χρήση του νοητού κυκλώματος όταν ένας κόμβος αποτύχει τότε όλα τα πακέτα που διέρχονται από αυτό το κόμβο χάνονται. Με τη χρήση datagram όταν ένας κόμβος αποτύχει τότε αυτός ο κόμβος παρακάμπτεται με μια εναλλακτική διαδρομή.

Τα περισσότερα μοντέρνα διαθέσιμα δίκτυα μεταγωγής πακέτων χρησιμοποιούν μεταγωγή νοητού κυκλώματος για την εσωτερική τους λειτουργία. Σε κάποιο βαθμό αυτό αντανakλά ένα ιστορικό κίνητρο να παρέχεται ένα δίκτυο με υπηρεσίες τόσο αξιόπιστες (από άποψη ακολουθιακής αρίθμησης των πακέτων) όσο και ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Υπάρχουν ωστόσο αρκετοί παροχείς ιδιωτικών δικτύων μεταγωγής πακέτου που χρησιμοποιούν την λειτουργία αυτόνομου πακέτου. Από την οπτική γωνία του χρήστη, θα πρέπει να υπάρχει πολύ μικρή διαφορά στη εξωτερική συμπεριφορά του δικτύου που βασίζεται στη χρήση αυτόνομων πακέτων ή νοητών κυκλωμάτων. Η λειτουργία τύπου αυτόνομου πακέτου είναι συνηθισμένη σε διαδίκτυα.

### ***Μέγεθος Πακέτου***

Υπάρχει μία σημαντική σχέση ανάμεσα στο μέγεθος του πακέτου και στο χρόνο μετάδοσης, όπως φαίνεται στο κύκλωμα της Εικόνα 36. Σε αυτό το παράδειγμα υποθέτουμε ότι υπάρχει ένα νοητό κύκλωμα από τον σταθμό X στον σταθμό Y μέσω των κόμβων α και β. Το μήνυμα που πρόκειται να σταλθεί αποτελείται από 40 οκτάδες και κάθε πακέτο από 3 οκτάδες πληροφορίας ελέγχου, η οποία τοποθετείται στην αρχή του πακέτου και αναφέρεται ως επικεφαλίδα. Αν ολόκληρο το μήνυμα σταλθεί ως ένα πακέτο των 43 οκτάδων τότε το πακέτο αρχικά μεταδίδεται από τον σταθμό X στον α. Όταν ολόκληρο το πακέτο, μπορεί να μεταδοθεί από τον α στον β.

Όταν ολόκληρο το πακέτο παραληφθεί από τον κόμβο β, μεταφέρεται στον σταθμό Υ. Αγνοώντας το χρόνο μεταγωγής, ο συνολικός χρόνος μετάδοσης είναι οι χρόνοι 129 οκτάδων.



**Εικόνα 36: Effect of Packet Size on Transmission Time**

Ας υποθέσουμε τώρα ότι τεμαχίζουμε το μήνυμα σε δύο πακέτα, το καθένα από τα οποία περιέχει 20 οκτάδες του μηνύματος και 3 οκτάδες επικεφαλίδας ή πληροφορία ελέγχου. Σε αυτή την περίπτωση, ο κόμβος μπορεί να ξεκινήσει να μεταδίδει το πρώτο πακέτο μόλις φθάσει από το X, χωρίς να περιμένει το δεύτερο πακέτο. Λόγω της επικάλυψης της μετάδοσης ο συνολικός χρόνος της μετάδοσης πέφτει στο χρόνο 92 οκτάδων. Τεμαχίζοντας το μήνυμα σε πέντε πακέτα, κάθε ενδιάμεσος κόμβος μπορεί να αρχίσει να μεταδίδει ακόμα πιο νωρίς και το κέρδος σε χρόνο είναι ακόμα μεγαλύτερο, με συνολικό χρόνο για μετάδοση το χρόνο των 77 οκτάδων. Ωστόσο αυτή η διαδικασία των μικρότερων και περισσότερων πακέτων τελικά έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση παρά τη μείωση. Αυτό συμβαίνει επειδή κάθε πακέτο περιέχει ένα σταθερό μέγεθος επικεφαλίδας κι έτσι περισσότερα πακέτα σημαίνουν και περισσότερες επικεφαλίδες. Επιπλέον το παράδειγμα Δε δείχνει τις καθυστερήσεις επεξεργασίας και αναμονής στην ουρά σε κάθε κόμβο. Αυτές είναι επίσης μεγαλύτερες, όταν διαχειρίζονται περισσότερα πακέτα για ένα μόνο μήνυμα.

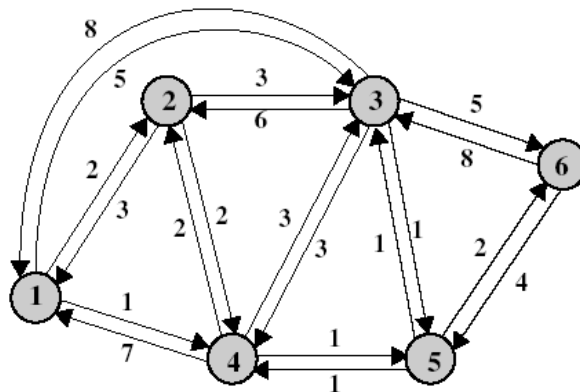
### Δρομολόγηση μεταγωγής πακέτου

Η βασική λειτουργία ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου είναι να λαμβάνει από ένα σταθμό πακέτα και να τα μεταδίδει στο προορισμό τους. Απαραίτητο για αυτό είναι ο καθορισμός μιας διαδρομής την οποία θα ακολουθήσει το πακέτο, αφού συνήθως υπάρχουν περισσότερες της μια διαδρομές.

Ακολούθως πραγματοποιείται η λειτουργία της δρομολόγησης. Κατά την πραγματοποίηση της λειτουργίας αυτής ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις ορθότητα, απλότητα, ανθεκτικότητα, σταθερότητα, δικαιοσύνη, βελτιστοποίηση και αποδοτικότητα. Ενώ τα δυο πρώτα είναι αυτονόητα, η ανθεκτικότητα έχει να κάνει με την ικανότητα του δικτύου να ξεπερνά τις κατά τόπους δυσκολίες, υπερφορτώσεις, και αποτυχίες μετάδοσης των πακέτων. Ιδανικά λοιπόν το δίκτυο πρέπει να αντιδράσει σε τέτοιες καταστάσεις χωρίς απώλειες ή διακοπές νοητών κυκλωμάτων. Αυτή η παράμετρος όμως έρχεται σε αντίθεση με την παράμετρο της σταθερότητας η οποία πρέπει ταυτόχρονα να επιδιώκεται. Τεχνικές που αντιδρούν σε μεταβλητές συνθήκες έχουν την τάση να αντιδρούν πολύ αργά σε γεγονότα είτε να αντιμετωπίζουν ασταθείς αμφιταλαντεύσεις από το ένα άκρο στο άλλο. Όταν, για παράδειγμα έχουμε την υπερφόρτωση μιας περιοχής το δίκτυο αντιδρά μεταφέροντας το φορτίο σε μια άλλη περιοχή, η οποία με τη σειρά της υπερφορτώνεται ενώ η πρώτη μπορεί να είναι υποχρησιμοποιούμενη. Επίσης κατά την διάρκεια της μεταφοράς τα πακέτα επιβαρύνουν επιπλέον το δίκτυο.

Μια ισορροπία επιδιώκεται μεταξύ των απαιτήσεων της δικαιοσύνης και της βελτιστοποίησης. Αυτό γίνεται αφού κάποια κριτήρια δίνουν προτεραιότητα στην ανταλλαγή πακέτων μεταξύ κοντινών σταθμών, πράγμα το οποίο αδικεί τους σταθμούς που επικοινωνούν με απομακρυσμένους σταθμούς.

Οποιαδήποτε τεχνική δρομολόγησης και αν χρησιμοποιήσουμε συνεπάγεται επιπλέον μείωση της απόδοσης του δικτύου. Αυτό οφείλεται στην χρόνο που χρειάζεται για την επεξεργασία σε κάθε κόμβο και για την μετάδοση. Συνολικά λοιπόν τα πλεονεκτήματα οφείλουν να είναι περισσότερα από τα μειονεκτήματα της τεχνικής δρομολόγησης.



Εικόνα 37: Παράδειγμα Packet-Switching Network

Όπως είναι αυτονόητο η επιλογή της διαδρομής βασίζεται στο κριτήριο της βέλτιστης δρομολόγησης. Το πιο απλό κριτήριο είναι η επιλογή της διαδρομής με τα ελάχιστα άλματα, δηλαδή με τους ελάχιστους κόμβους. Αυτό μάλιστα είναι απλό στο να υπολογιστεί. Μία γενίκευση του κριτηρίου αυτού είναι η δρομολόγηση με το ελάχιστο κόστος. Στη περίπτωση αυτή, αφού κάθε σύνδεση μεταξύ οποιουδήποτε ζεύγους σημαίνει κάποιο κόστος, αναζητείται η διαδρομή που επιτυγχάνει το ελάχιστο. Για παράδειγμα στο παραπάνω σχήμα όπου τα βέλη αναπαριστούν το κόστος της

σύνδεσης μεταξύ των σταθμών προς τη κάθε κατεύθυνση. Το μικρότερο μονοπάτι από τον κόμβο στον 6 είναι το 1-3-6(συνολικό κόστος:10), αλλά το μονοπάτι με το ελάχιστο κόστος είναι το 1-4-5-6(συνολικό κόστος:4). Τα κόστη καταχωρούνται για την υποστήριξη ενός ή περισσοτέρων αντικειμενικών σκοπών σχεδιασμού. Το κόστος θα μπορούσε να είναι αντιστρόφως ανάλογο με το ρυθμό δεδομένων ή της τρέχουσας καθυστέρησης ουράς στη σύνδεση.

Σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω προσεγγίσεις ο αλγόριθμος καθορισμού της βέλτιστης διαδρομής είναι σχετικά απλός για οποιοδήποτε ζεύγος σταθμών και ο χρόνος επεξεργασίας είναι περίπου ο ίδιος πάντα. Το κριτήριο ελαχίστου κόστους είναι πιο εύκαμπτο. είναι πιο συνηθισμένο από το κριτήριο ελαχίστων αλμάτων.

Δυο σημαντικά κριτήρια της απόδοσης είναι ο χρόνος και ο τόπος όπου παίρνεται η απόφαση δρομολόγησης. Ο χρόνος καθορίζεται από τον αν η απόφαση γίνεται με βάση το πακέτο ή το νοητό κύκλωμα. Όταν έχουμε χρήση datagram η απόφαση δρομολόγησης παίρνεται για κάθε πακέτο ξεχωριστά. Για κύκλωμα όπου λειτουργεί με χρήση νοητού κυκλώματος η απόφαση δρομολόγησης παίρνεται όταν αποκατασταθεί το κύκλωμα. Σε απλές περιπτώσεις όλα τα πακέτα ακολουθούν την ίδια διαδρομή. ενώ σε πιο πολύπλοκες όπου το δίκτυο αλλάζει δυναμικά την διαδρομή του νοητού καναλιού χρησιμοποιούνται διαφορετικές.

Ως τόπος απόφασης αναφερόμαστε στον κόμβο ή στους κόμβους όπου είναι υπεύθυνοι για την απόφαση δρομολόγησης. Συνήθως συναντούμε την κατανεμημένη δρομολόγηση όπου ο κάθε κόμβος έχει την ευθύνη επιλογής για μια γραμμή εξόδου για τη δρομολόγηση των πακέτων καθώς αυτά φθάνουν. Στη μη κατανεμημένη δρομολόγηση η απόφαση παίρνεται από ένα καθορισμένο κόμβο όπως ένα κέντρο ελέγχου δικτύου. Αυτή η προσέγγιση παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι η απώλεια του κέντρου ελέγχου μπορεί να μπλοκάρει τη λειτουργία του δικτύου. Η κατανεμημένη αν και είναι πιο πολύπλοκη σίγουρα είναι πιο ανθεκτική. Μια Τρίτη προσέγγιση είναι η δρομολόγηση πηγής. Σε αυτή τη περίπτωση η απόφαση γίνεται από την πηγή πριν το πακέτο μεταδοθεί στο δίκτυο. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να επιβάλλει μια διαδρομή που πληροί τοπικά κριτήρια για το χρήστη.

Ο χρόνος απόφασης και ο τόπος απόφασης είναι ανεξάρτητες σχεδιαστικές μεταβλητές. Για παράδειγμα τα κόστη μίας διαδρομής μπορεί να αλλάζουν και σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί datagram δυο πακέτα να χρησιμοποιούν διαφορετικές διαδρομές ως βέλτιστες σε διαφορετικά χρονικά σημεία. Σε ένα δίκτυο μεταγωγής νοητού κυκλώματος κάθε κόμβος θυμάται την απόφαση δρομολόγησης που ελέφθη όταν αποκαταστάθηκε το νοητό κύκλωμα και απλά μεταδίδει τα πακέτα χωρίς να παίρνει νέα απόφαση.

Οι περισσότερες στρατηγικές βασίζονται στη γνώση της τοπολογίας του δικτύου, του κόστους κίνησης και του κόστους σύνδεσης. Μερικές στρατηγικές όμως όπως η πλημμύρα και κάποιες τυχαίες Δε βασίζονται καθόλου τέτοιες πληροφορίες.

Στη κατανεμημένη δρομολόγηση ο κάθε ανεξάρτητος κόμβος μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο την τοπική πληροφορία, όπως είναι το κόστος κάθε σύνδεσης εξόδου. Κάθε κόμβος μπορεί επίσης να συλλέγει πληροφορίες από γειτονικούς κόμβους, όπως τον βαθμό συμφόρησής του. Τέλος, υπάρχουν αλγόριθμοι σε κοινή χρήση που επιτρέπουν στον κόμβο να παίρνει πληροφορίες από όλους τους κόμβους για κάθε συγκεκριμένη διαδρομή που τον ενδιαφέρει. Στη μη κατανεμημένη δρομολόγηση ο κεντρικός κόμβος χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που παίρνει από όλους τους κόμβους.

Για τη μεταγωγή πακέτου έχουν αναπτυχθεί αρκετές στρατηγικές δρομολόγησης. Παρακάτω παρουσιάζουμε συνοπτικά τέσσερις από αυτές.

### Στατική δρομολόγηση

Στη στατική δρομολόγηση καθορίζεται μία μόνιμη διαδρομή για κάθε ζεύγος κόμβων που ανταλλάσσουν δεδομένα. Οποιοσδήποτε από τους αλγορίθμους δρομολόγησης ελαχίστου κόστους θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Οι διαδρομές είναι στατικές ή τουλάχιστον αλλάζουν μόνο όταν υπάρχει μία μεταβολή στην τοπολογία του δικτύου. Συνεπώς τα κόστη των συνδέσεων που χρησιμοποιούνται στη σχεδίαση των διαδρομών δεν θα μπορούσαν να βασιστούν σε κάποια δυναμική μεταβλητή όπως η κίνηση, ενώ θα μπορούσαν στην προβλεπόμενη κίνηση ή χωρητικότητα.

**CENTRAL ROUTING DIRECTORY**

		From Node					
		1	2	3	4	5	6
To Node	1	—	1	5	2	4	5
	2	2	—	5	2	4	5
	3	4	3	—	5	3	5
	4	4	4	5	—	4	5
	5	4	4	5	5	—	5
	6	4	4	5	5	6	—

<b>Node 1 Directory</b>	<b>Node 2 Directory</b>	<b>Node 3 Directory</b>																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>6</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	Destination	Next Node	2	2	3	4	4	4	5	4	6	4	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>6</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	Destination	Next Node	1	1	3	3	4	4	5	4	6	4	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	Destination	Next Node	1	5	2	5	4	5	5	5	6	5
Destination	Next Node																																					
2	2																																					
3	4																																					
4	4																																					
5	4																																					
6	4																																					
Destination	Next Node																																					
1	1																																					
3	3																																					
4	4																																					
5	4																																					
6	4																																					
Destination	Next Node																																					
1	5																																					
2	5																																					
4	5																																					
5	5																																					
6	5																																					
<b>Node 4 Directory</b>	<b>Node 5 Directory</b>	<b>Node 6 Directory</b>																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	Destination	Next Node	1	2	2	2	3	5	5	5	6	5	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td></tr> </tbody> </table>	Destination	Next Node	1	4	2	4	3	3	4	4	6	6	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	Destination	Next Node	1	5	2	5	3	5	4	5	5	5
Destination	Next Node																																					
1	2																																					
2	2																																					
3	5																																					
5	5																																					
6	5																																					
Destination	Next Node																																					
1	4																																					
2	4																																					
3	3																																					
4	4																																					
6	6																																					
Destination	Next Node																																					
1	5																																					
2	5																																					
3	5																																					
4	5																																					
5	5																																					

**Εικόνα 38: Fixed Routing (χρησιμοποιώντας την Εικόνα 37)**

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται πως θα μπορούσε να υλοποιηθεί η στατική δρομολόγηση. Δημιουργείται ένας κεντρικός πίνακας δρομολόγησης όπου αποθηκεύεται σε ένα κέντρο ελέγχου του δικτύου. Ο πίνακας δείχνει για κάθε ζεύγος πηγής-προορισμού την ταυτότητα του επόμενου κόμβου της διαδρομής.

Δεν είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται η πλήρη διαδρομή για κάθε πιθανό ζεύγος κόμβων. Αντίθετα είναι αρκετό να αποθηκεύεται η ταυτότητα του πρώτου στη διαδρομή κόμβου. Για να το δούμε αυτό ας υποθέσουμε ότι η διαδρομή ελαχίστου κόστους από τον X στον Y αρχίζει με τη σύνδεση X-A. Το υπόλοιπο της διαδρομής P1 είναι το τμήμα από το A στο Y. Όρισε τη P2 ως την διαδρομή με το ελάχιστο κόστος από τον A στο Y. Αν το κόστος P1 είναι μεγαλύτερο από το P2 τότε η

διαδρομή X-Y μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας την P2. Σε περίπτωση όπου το κόστος P1 είναι μικρότερο, τότε η P2 δεν είναι η διαδρομή με το ελάχιστο κόστος από το A στο Y. Άρα  $P1=P2$ . Έτσι σε κάθε σημείο της διαδρομής είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ταυτότητα του επόμενου κόμβου και όχι ολόκληρη τη διαδρομή. Στο παράδειγμα μας η διαδρομή από τον κόμβο 1 στον 6 ξεκινά περνώντας από τον κόμβο 4. Και πάλι συμβουλευόμενη τον πίνακα, η διαδρομή από τον κόμβο 4 στον 6 περνά από τον 5. Τελικά η διαδρομή από τον 5 στον 6 είναι μία απευθείας σύνδεση με τον 6.

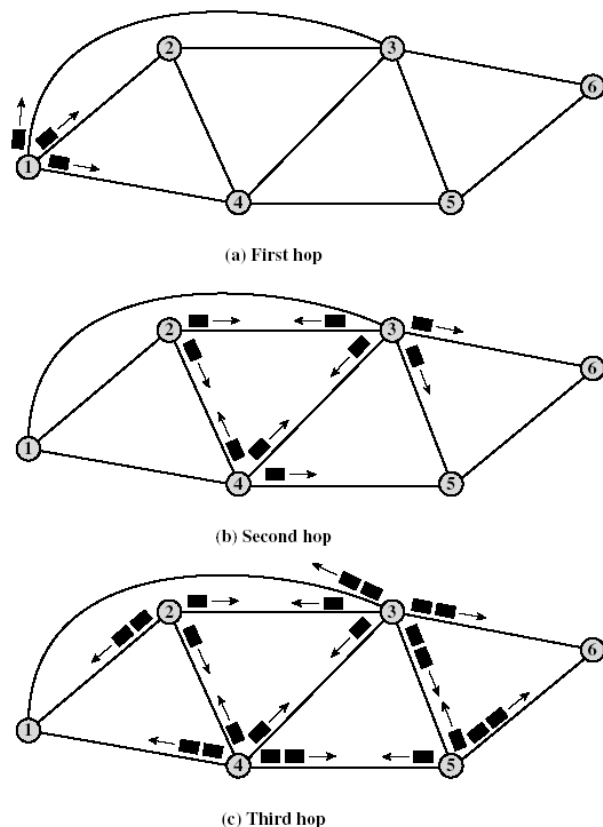
Από τον ολοκληρωμένο αυτό πίνακα μπορούν να αναπτυχθούν πίνακες δρομολόγησης και να αποθηκευθούν σε κάθε κόμβο. Από την αιτιολόγηση της προηγούμενης παραγράφου προκύπτει ότι κάθε κόμβος χρειάζεται να αποθηκεύσει μία μόνο στήλη του ευρετηρίου δρομολόγησης. Το ευρετήριο του κόμβου παρουσιάζει τον επόμενο κόμβο που θα επιλεγεί για κάθε προορισμό.

Στη στατική δρομολόγηση, δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη δρομολόγηση μεταγωγής πακέτου και στη χρήση νοητού κυκλώματος. Όλα τα πακέτα από συγκεκριμένη πηγή σε συγκεκριμένο προορισμό ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Το πλεονέκτημά της είναι η απλότητά της και ότι θα δούλευε καλά σε ένα αξιόπιστο δίκτυο με σταθερό φορτίο. Το μειονέκτημά της είναι η έλλειψη ευκαμψίας, δεν αντιδρά σε συμφόρηση ή αποτυχίες δικτύου. Για αυτό και θα μπορούσε, για να έχουμε καλύτερη λειτουργία της να παρέχεται και δεύτερος κόμβο για κάθε προορισμό.

### ***Πλημμύρα***

Μια άλλη τεχνική δρομολόγησης είναι η πλημμύρα. Αυτή η τεχνική δεν απαιτεί οποιαδήποτε πληροφορία για το δίκτυο και λειτουργεί ως εξής. Ένα πακέτο στέλνεται από έναν κόμβο σε όλους τους γειτονικούς του. Σε κάθε κόμβο ένα εισερχόμενο πακέτο μεταδίδεται σε όλες τις εξερχόμενες συνδέσεις εκτός από εκείνη από την οποία έφθασε. Για παράδειγμα στο σχήμα του προηγούμενου παραδείγματος, αν ο κόμβος 1 έχει να στείλει πακέτο στον κόμβο 6, στέλνει ένα αντίγραφο αυτού του πακέτου (με διεύθυνση προορισμού αυτή του 6) στους κόμβους 2,3 και 4. Ο κόμβος 2 θα στείλει αντίγραφο στους κόμβους 3 και 4. Ο κόμβος 4 θα στείλει αντίγραφο στους κόμβους 2,3 και 5. Τελικά ένας αριθμός από αντίγραφα θα φθάσει στο κόμβο 6. Το πακέτο πρέπει να έχει κάποιο μοναδικό αναγνωριστή (identifier), ώστε ο κόμβος 6 να μπορεί να τα απορρίψει όλα εκτός από το πρώτο αντίτυπο.

Αν δε συμβεί και που να σταματήσει την επαναμετάδοση των πακέτων, ο αριθμός των πακέτων που κυκλοφορούν από μία μόνο πηγή πακέτων αυξάνεται χωρίς όριο. Ένα τρόπος για να το εμποδίσουμε αυτό είναι σε κάθε κόμβο να κρατείται η ταυτότητα των πακέτων που έχουν ήδη επαναμεταδοθεί. Όταν φθάσουν διπλά αντίτυπα του πακέτου απορρίπτονται. Μία πιο απλή τεχνική είναι να περιλαμβάνεται ένα πεδίο μέτρησης αλμάτων. Ο μετρητής μπορεί να πάρει μία μέγιστη τιμή (για παράδειγμα τη διάμετρο του δικτύου). Κάθε στιγμή που ένας κόμβος μεταδίδει ένα πακέτο, μειώνει το μετρητή κατά ένα. Όταν ο μετρητής φθάσει στο μηδέν, το πακέτο απορρίπτεται.



**Εικόνα 39: Παράδειγμα Πλημμύρας**

Ένα παράδειγμα της δεύτερης τακτικής παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα. Ένα πακέτο πρόκειται να σταλθεί από τον κόμβο 1 στον 6 και ο μετρητής αλμάτων του παίρνει τη τιμή 3. Στο πρώτο άλμα δημιουργούνται τρία αντίγραφα του πακέτου. Στο δεύτερο άλμα όλων αυτών των αντιγράφων, δημιουργείται ένας συνολικός αριθμός 9 αντιγράφων. Ένα από αυτά τα αντίγραφα φθάνει στον κόμβο 6, ο οποίος αναγνωρίζει ότι είναι ο προτιθέμενος προορισμό και δεν επαναμεταδίδει. Ωστόσο οι υπόλοιποι κόμβοι παράγουν συνολικά 22 αντίγραφα για το τρίτο και τελευταίο άλμα. Σημειώνεται ότι αν ένας κόμβος δε κρατά αρχείο των αναγνωριστών των πακέτων μπορεί να παράγει πολλαπλά αντίγραφα σε αυτό το στάδιο. Όλα τα πακέτα που λαμβάνονται από το τρίτο άλμα απορρίπτονται. Τελικά, ο κόμβος 6 έχει λάβει 4 επιπλέον αντίγραφα του πακέτου.

Σημαντικές ιδιότητες της πλημμύρας είναι οι εξής:

- Δοκιμάζονται όλες οι πιθανές διαδρομές από την πηγή στον προορισμό. Έτσι, ανεξάρτητα από το τι αποτυχίες συνδέσεων ή κόμβων έχουν συμβεί, ένα πακέτο πάντα μεταδίδεται αν υπάρχει ένα μονοπάτι μεταξύ πηγής προορισμού.
- Επειδή δοκιμάζονται όλες οι διαδρομές, τουλάχιστον ένα αντίγραφο του πακέτου που θα φθάσει στο προορισμό θα χει χρησιμοποιήσει τη διαδρομή με τα λιγότερα άλματα.
- Όλοι οι κόμβοι που είναι άμεσα ή έμμεσα συνδεδεμένοι με τον κόμβο πηγή δέχονται επίσκεψη.



Λόγω της πρώτης ιδιότητας η τεχνική της πλημμύρας έχει υψηλή ανθεκτικότητα και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε επείγοντα μηνύματα. Λόγω της δεύτερης ιδιότητας η πλημμύρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση νοητού κυκλώματος. Επίσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη διασπορά σημαντικής πληροφορίας σε όλους τους κόμβους. Το κύριο μειονέκτημά της είναι το υψηλό φορτίο κίνησης που δημιουργεί, το οποίο άμεσα ανάλογο με τη συνδετικότητα του δικτύου.

### ***Τυχαία Δρομολόγηση***

Η τυχαία δρομολόγηση έχει την απλότητα και την ανθεκτικότητα της πλημμύρας με πολύ μικρότερο φορτίο κίνησης. Με αυτή τη στρατηγική, ένας κόμβος επιλέγει ένα μόνο μονοπάτι εξόδου για την επαναμετάδοση ενός εισερχομένου πακέτου. Η σύνδεση εξόδου επιλέγεται τυχαία ανεξάρτητα από τη σύνδεση από την οποία προήλθε το πακέτο. Αν όλες οι εξόδους έχουν την ίδια πιθανότητα τότε μπορούν να χρησιμοποιούνται εκ περιτροπής. Μια τροποποίηση αυτής της τεχνικής είναι να ορίσουμε για κάθε σύνδεση εξόδου και να επιλέξουμε την σύνδεση με βάση αυτή τη πιθανότητα. Για παράδειγμα θα μπορούσε αυτή η πιθανότητα να ορίζεται ως εξής:

$$P_i = R_i / \sum_j R_j$$

όπου,  $P_i$  = πιθανότητα να επιλεγεί η σύνδεση  $i$  και  $R_i$  = ο ρυθμός δεδομένων της

Το σύνολο περιλαμβάνει όλες τις υποψήφιες γραμμές εξόδου. Αυτό το σχήμα θα μπορούσε να παρέχει καλύτερη κατανομή κίνησης. Σημειώστε ότι οι πιθανότητες θα μπορούσαν επίσης να βασιστούν σε σταθερά κόστη συνδέσεων.

Όπως η πλημμύρα έτσι και η τυχαία δρομολόγηση δεν απαιτούν χρήση πληροφοριών για το δίκτυο. Επειδή η διαδρομή που ακολουθείται είναι τυχαία, η διαδρομή που θα ακολουθείτε δε θα είναι συνήθως η διαδρομή με το ελάχιστο κόστος ούτε η διαδρομή με τα λιγότερα άλματα. Έτσι το δίκτυο πρέπει να μεταφέρει φορτίο μεγαλύτερο από το βέλτιστο φορτίο κίνησης αλλά όχι τόσο υψηλό όπως ή πλημμύρα.

## **4.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ**

Μερικά από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η μεταγωγή πακέτου έναντι της μεταγωγής κυκλώματος παρουσιάζονται παρακάτω.

Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι μεγαλύτερη, επειδή μία απλή από κόμβο σε κόμβο σύνδεση μπορεί να μοιράζεται δυναμικά σε πολλά πακέτα κάθε στιγμή. Τα πακέτα τοποθετούνται σε ουρά και μεταδίδονται όσο πιο γρήγορα γίνεται στη γραμμή. Σε αντίθεση με τη μεταγωγή κυκλώματος, ο χρόνος της σύνδεσης κόμβου σε κόμβο έχει διανεμηθεί από πριν χρησιμοποιώντας σύγχρονη πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου. Για αρκετό χρόνο μια τέτοια σύνδεση μπορεί να είναι αδρανής.

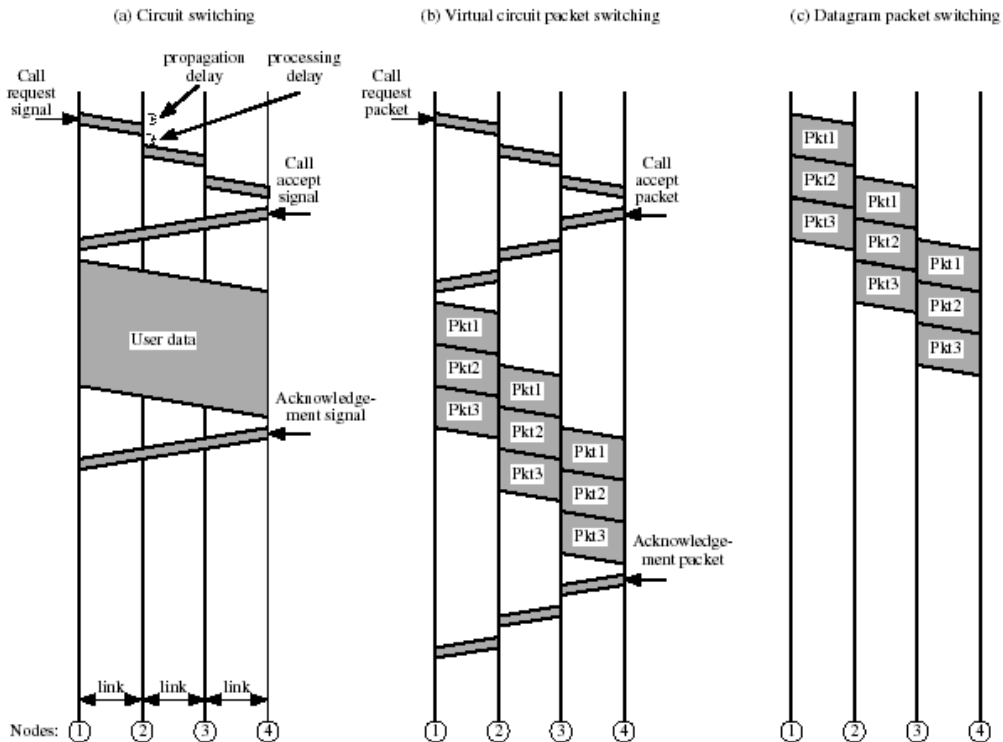
Ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου μπορεί να εκτελέσει μετατροπή ρυθμού δεδομένων. Δυο σταθμοί διαφορετικών ρυθμών δεδομένων μπορούν να ανταλλάξουν πακέτα επειδή ο καθένας συνδέεται στο κόμβο με τον δικό του ρυθμό δεδομένων.

Όταν η κίνηση σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος γίνεται μεγάλη, μερικές κλήσεις μπλοκάρονται. Δηλαδή, το δίκτυο αρνείται να δεχθεί επιπλέον αιτήσεις

σύνδεσης μέχρι το φορτίο στο δίκτυο να μειωθεί. Σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου, τα πακέτα εξακολουθούν να γίνονται δεκτά, αλλά αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν προτεραιότητες. Έτσι, αν ένας κόμβος έχει έναν αριθμό από πακέτα για μετάδοση τοποθετημένα σε ουρά, μπορεί να μεταδώσει τα πακέτα με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα πρώτα. Αυτά τα πακέτα θα έχουν μικρότερη καθυστέρηση από τα πακέτα με τη μικρότερη προτεραιότητα.

Για να εξετάσουμε με λεπτομέρεια τις δύο τεχνικές θα προχωρήσουμε στην μελέτη της απόδοσής τους.



**Εικόνα 40: Event timing για Circuit Switching και Packet Switching**

Μια απλή σύγκριση της μεταγωγής κυκλώματος με την μεταγωγή πακέτου φαίνεται στην Εικόνα 40. Αυτή απεικονίζει τη μετάδοση ενός μηνύματος διαμέσου τεσσάρων κόμβων, από έναν σταθμό πηγής που είναι συνδεδεμένος στον κόμβο 1 σε ένα σταθμό προορισμού που είναι συνδεδεμένος στον κόμβο 4. Σε αυτό το σχήμα εξετάζουμε τρεις τύπους καθυστερήσεων καθυστέρηση διάδοσης, χρόνος μετάδοσης και καθυστέρηση κόμβου. Καθυστέρηση διάδοσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να διαδοθεί ένα σήμα από τον ένα κόμβο στον επόμενο. Αυτός ο χρόνος είναι συνήθως αμελητέος. Η ταχύτητα ηλεκτρομαγνητικών σημάτων διαμέσου ενός καλωδίου είναι συνήθως  $2 \cdot 10^8$  m/s. Χρόνος μετάδοσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να στείλει ο πομπός ένα μπλοκ δεδομένων. Για παράδειγμα, χρειάζεται 1 s για να μεταδοθεί ένα μπλοκ δεδομένων των 10000bit σε μία γραμμή των 10kbrps. Καθυστέρηση κόμβου είναι ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελέσει ο κόμβος την κατάλληλη επεξεργασία καθώς μεταγίνει δεδομένα.

Για την μεταγωγή κυκλώματος υπάρχει ένα σημαντικό μέγεθος καθυστέρησης πριν μεταδοθεί το μήνυμα. Πρώτα στέλνεται Αίτησης Κλήσης μέσω του δικτύου για την αποκατάσταση σύνδεσης με τον προορισμό. Αν ο σταθμός δεν είναι κατειλημμένος, τότε επιστρέφει ένα σήμα αποδοχής κλήσης. Σημειώνουμε ότι σε κάθε κόμβο

προκαλείται μία καθυστέρηση κατά την διάρκεια της αίτησης κλήσης. Αυτός ο χρόνος ξοδεύεται σε κάθε κόμβο για την αποκατάσταση της διαδρομής της σύνδεσης. Στην επιστροφή αυτή η επεξεργασία δε χρειάζεται επειδή η σύνδεση έχει ήδη αποκατασταθεί. Όταν αποκατασταθεί η σύνδεση, το μήνυμα αποστέλλεται ως ένα μόνο μπλοκ, χωρίς ορατές καθυστερήσεις στους κόμβους μεταγωγής.

Η μεταγωγή πακέτου νοητού κυκλώματος είναι αρκετά όμοια με τη μεταγωγή κυκλώματος. Γίνεται αίτηση για ένα νοητό κύκλωμα χρησιμοποιώντας ένα πακέτο Αίτησης Κλήσης, το οποίο υφίσταται καθυστέρηση σε κάθε κόμβο. Το νοητό κύκλωμα γίνεται αποδεκτό με ένα πακέτο Αποδοχής Κλήσης. Σε αντίθεση με τη περίπτωση μεταγωγής κυκλώματος, η αποδοχή της κλήσης υφίσταται επίσης καθυστερήσεις στους κόμβους, ακόμα και αν η διαδρομή του νοητού κυκλώματος έχει ήδη αποκατασταθεί. Ο λόγος είναι ότι κάθε πακέτο τοποθετείται σε ουρά σε κάθε κόμβο και πρέπει να περιμένει στην σειρά του για να μεταδοθεί. Όταν αποκαθίσταται το νοητό κανάλι, το μήνυμα μεταδίδεται σε πακέτα. Είναι φανερό ότι αυτή η φάση της λειτουργίας δεν μπορεί να είναι πιο γρήγορη από εκείνη της μεταγωγής κυκλώματος, για ισοδύναμα δίκτυα. Αυτό συμβαίνει γιατί η μεταγωγή κυκλώματος είναι ουσιαστικά μία διαφανή διαδικασία, που παρέχει σταθερό ρυθμό δεδομένων στο δίκτυο. Η μεταγωγή πακέτου έχει κάποια καθυστέρηση σε κάθε κόμβο της διαδρομής. Ακόμα χειρότερα αυτή η καθυστέρηση είναι μεταβλητή και αυξάνει με την αύξηση του φορτίου.

Η μεταγωγή αυτόνομου πακέτου δεν απαιτεί αποκατάσταση κλήσης. Έτσι, για σύντομα μηνύματα, θα είναι πιο γρήγορη από τη μεταγωγή πακέτου νοητού κυκλώματος και ίσως και από την μεταγωγή κυκλώματος. Ωστόσο, επειδή κάθε αυτόνομο πακέτο δρομολογείται ξεχωριστά, η επεξεργασία για κάθε αυτόνομο πακέτο σε κάθε κόμβο μπορεί να είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι για πακέτα νοητού κυκλώματος. Έτσι για μεγάλα μηνύματα, η τεχνική νοητού κυκλώματος ίσως να είναι καλύτερη.

Η πραγματική απόδοση εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων το μέγεθος του δικτύου, την τοπολογία του, τη μορφή του φορτίου και τα χαρακτηριστικά των κέντρων. Εκτός από την απόδοση υπάρχουν και ένα πλήθος από χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση των τεχνικών που μελετάμε. Ο Πίνακας 2 περιγράφει συνοπτικά τα πιο σημαντικά από αυτά.

Όπως έχει αναφερθεί η μεταγωγή κυκλώματος είναι μία διαφανής υπηρεσία. Όταν αποκατασταθεί μία σύνδεση, παρέχεται ένας σταθερός ρυθμός δεδομένων στους συνδεδεμένους σταθμούς. Στη μεταγωγή πακέτων δεν ισχύει το ίδιο και συνήθως εισάγεται μεταβλητή καθυστέρηση έτσι ώστε τα δεδομένα να φθάνουν με ασυνεχή τρόπο. Πράγματι, με τη μεταγωγή αυτόνομου πακέτου, τα δεδομένα μπορεί να παραδίδονται με διαφορετική σειρά από αυτή με την οποία είχαν μεταδοθεί.

Μια επιπλέον συνέπεια της διαφάνειας είναι ότι δε χρειάζεται επικεφαλίδα για τη λειτουργία της μεταγωγής κυκλώματος. Όταν αποκατασταθεί η σύνδεση, τα αναλογικά ή ψηφιακά δεδομένα περνούν μέσα από αυτή, όπως είναι, από την πηγή στον προορισμό. Για τη μεταγωγή πακέτου, τα αναλογικά δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακή πριν την μετάδοση. Επιπλέον, κάθε πακέτο περιλαμβάνει κάποια bit επικεφαλίδας όπως η διεύθυνση προορισμού.

Μεταγωγή κυκλώματος	Μεταγωγή πακέτου με χρήση Datagram	Μεταγωγή πακέτου με χρήση λογικού κυκλώματος
Αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι
Η μετάδοση δεδομένων είναι συνεχής	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα
Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση
Τα μεταδιδόμενα μηνύματα δεν αποθηκεύονται ενδιάμεσα	Τα πακέτα μπορεί να αποθηκευτούν προσωρινά σε κάποιον κόμβο	Τα πακέτα αποθηκεύονται μέχρι να μεταφερθούν
Το μονοπάτι εγκαθιδρύεται για ολόκληρη τη σύνδεση	Μια πορεία ορίζεται για κάθε πακέτο	Μια πορεία ορίζεται για όλα τα πακέτα
Πιθανή καθυστέρηση στην εγκαθίδρυση της επικοινωνίας αλλά στη συνέχεια η καθυστέρηση είναι ελάχιστη	Πιθανή καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων	Καθυστέρηση στην εγκαθίδρυση της σύνδεσης και στη μετάδοση των πακέτων
Δίνεται σήμα κατειλημμένου στον αποστολέα, αν κατά τη εγκαθίδρυση της σύνδεσης ο παραλήπτης είναι απασχολημένος	Ο αποστολέας πιθανώς να ενημερωθεί, αν κάποιο πακέτο δε φτάσει στον προορισμό	Ο αποστολέας ενημερώνεται για πιθανή αποτυχία εγκαθίδρυσης σύνδεσης
Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου πιθανά να αποτρέψει την εγκαθίδρυση νέων συνδέσεων αλλά δεν επιβαρύνει τις ήδη εγκαθιδρυμένες	Ο μεγάλος φόρτος αυξάνει την καθυστέρηση όλων των μετακινούμενων πακέτων	Ο μεγάλος φόρτος πιθανά να αποτρέψει την εγκαθίδρυση νέων συνδέσεων και αυξάνει την καθυστέρηση όλων των μετακινούμενων πακέτων
Οι κόμβοι μεταγωγής είναι ηλεκτρομηχανικοί ή χειριζόμενοι από υπολογιστή	Οι κόμβοι μεταγωγής είναι σχετικά μικρής ισχύος	Οι κόμβοι μεταγωγής είναι σχετικά μικρής ισχύος
Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για την αποτροπή απώλειας μηνυμάτων	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για ανεξάρτητα πακέτα	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για ακολουθίες πακέτων
Συνήθως δεν προκύπτει καμία μεταβολή στην ταχύτητα της σύνδεσης ή στον κώδικα που	Η ταχύτητα της μετάδοσης καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μετάδοσης μπορούν να	Η ταχύτητα της μετάδοσης καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μετάδοσης μπορούν να

χρησιμοποιείται	αλλάζουν	αλλάζουν
Το εύρος ζώνης μετάδοσης είναι σταθερό	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά
Δεν απαιτούνται επιπλέον bits ελέγχου μέσα στην πληροφορία μετά την εγκαθίδρυση επικοινωνίας	Υπάρχουν επιπλέον bits ελέγχου σε κάθε πακέτο	Υπάρχουν επιπλέον bits ελέγχου σε κάθε πακέτο

**Πίνακας 2: Μεταγωγή Κυκλώματος – Πακέτου με χρήση datagram και με χρήση λογικού κυκλώματος**

Τα βασικά πλεονεκτήματα στη χρήση της μεταγωγής πακέτου σε σχέση με τη χρήση της μεταγωγής κυκλώματος αφορούν δίκτυα που μεταφέρουν κυρίως δεδομένα. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

- Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι πολύ καλύτερη, αφού η κάθε σύνδεση από κόμβο σε κόμβο μπορεί να μοιραστεί δυναμικά σε πακέτα πολλών επικοινωνιών συγχρόνως.
- Μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους σταθμοί με διαφορετικές ταχύτητες, αφού ο καθένας συνδέεται με το υπόλοιπο δίκτυο με την ταχύτητα που μπορεί να επιτύχει.
- Δεν απορρίπτονται πακέτα, όταν υπάρχει μεγάλος φόρτος στο δίκτυο, απλώς μειώνεται η απόδοση.
- Μπορεί να δοθεί προτεραιότητα μετάδοσης σε πακέτα. Αυτό σημαίνει πως, αν υπάρχουν αποθηκευμένα σε κάποιον κόμβο πακέτα που περιμένουν να μεταδοθούν, ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα τα πακέτα με μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έτσι αυτά τα πακέτα θα μεταδοθούν με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα πακέτα με χαμηλότερη προτεραιότητα.

#### 4.4. ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΚΤΥΑ

Κατ' αρχάς πρέπει να αποσαφηνιστούν κάποιοι ορισμοί οι οποίοι είναι χρήσιμοι για τον προσδιορισμό των δικτύων και των σχέσεων μεταξύ υποδομών διαφορετικού εύρους δικτύων.

##### **WAN – Wide Area Network**

*Δίκτυα ευρείας περιοχής.* Ως δίκτυο ευρείας περιοχής εννοούμε τα δίκτυα εθνικού ή και υπερεθνικού επιπέδου που συνήθως έχουν τη μορφή αραιού πλέγματος με κόμβους σε μεγάλα αστικά κέντρα μιας χώρας.

##### **RAN – Regional Area Networks**

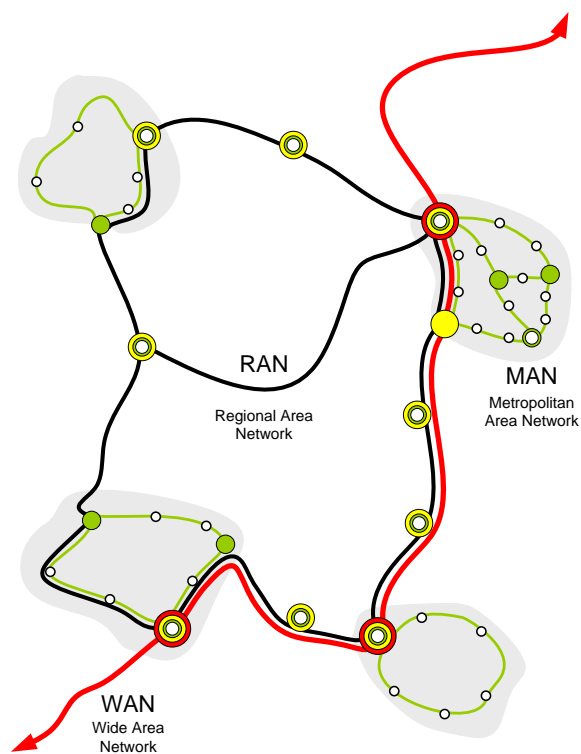
*Περιφερειακά δίκτυα.* Ο όρος είναι αδόκιμος, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως τελευταία λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που έχουν οι δικτυακές υποδομές στο περιφερειακό επίπεδο και της σημασίας για την οικονομική ανάπτυξη ολόκληρων περιοχών από τα

δίκτυα αυτά. Ως περιφερειακά δίκτυα εννοούμε δίκτυα στο επίπεδο π.χ μιας διοικητικής περιφέρειας, που συνήθως έχουν τη μορφή πυκνότερου πλέγματος ή διασυνδεδεμένων δακτυλίων με κόμβους τοποθετημένους σε μεγάλους δήμους της περιφέρειας. Κατά μία έννοια τα RAN ανήκουν στην κατηγορία των δικτύων ευρείας περιοχής, αλλά οι εξελίξεις της τεχνολογίας των οπτικών ινών, έχουν καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη δικτύων «διαμέτρου» πολλών δεκάδων χιλιομέτρων με πρότυπα που προσιδιάζουν σε μικρότερης έκτασης δίκτυα.

### *MAN – Metropolitan Area Networks*

*Μητροπολιτικά δίκτυα.* Ο όρος παρουσιάζει μια ελαστικότητα όσον αφορά το εύρος της περιοχής που καταλαμβάνουν τα δίκτυα αυτά. Για την Ελλάδα, ένα τυπικό (από άποψη μεγέθους για ευρωπαϊκή χώρα) μητροπολιτικό δίκτυο (100-300 km) θα μπορούσε να καλύψει ένα ολόκληρο νομό ή ακόμη και μία περιφέρεια. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως Μητροπολιτικά δίκτυα εννοούμε εφ' εξής υπάρχοντα ή μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο ενός μεγάλου αστικού κέντρου, ή ενός συνόλου μικρότερων δήμων που συνήθως έχουν τη μορφή ενός ή πολλαπλών δακτυλίων και συμπληρωματικών υποδομών πρόσβασης. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός αφορούν μέρος ή όλο ενός μητροπολιτικού δικτύου στο επίπεδο ενός δήμου, με έμφαση στην πρόσβαση στους κύριους κόμβους του δικτύου αυτού.

Το παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνει σχηματικά α) τη σχέση μεταξύ των προαναφερθέντων επιπέδων και προσδιορίζει το εύρος του έργου στο οποίο αναφέρεται ο παρών οδηγός.



**Εικόνα 41: Παράδειγμα WAN – RAN – MAN**

Από την Εικόνα 41, φαίνεται ότι οι κόμβοι των WAN και RAN καθώς και οι συνδετήριες δικτύωσεις μεταξύ των κόμβων αυτών, μπορεί και συνήθως είναι καθοριστικοί παράγοντες για το σχεδιασμό των μητροπολιτικών δικτύων, τα οποία μεταξύ άλλων θα πρέπει να εξασφαλίζουν και την πρόσβαση στους κόμβους αυτούς οι οποίοι στη συνέχεια αναφέρονται ως κύριοι κόμβοι.

Στη συνέχεια δίδεται η αρχική γενική ορολογία αναφοράς για τις έννοιες του Κύριου κόμβου, του Κύριου δικτύου, των κόμβων και του δικτύου διανομής, και του δικτύου και κόμβου πρόσβασης.

### ***Κύριος κόμβος***

Κύριο σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του περιφερειακού ιστού για κάλυψη των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών ενός μεγάλου δήμου ή μιας ευρύτερης αλλά πλέον αραιοκατοικημένης περιοχής η μέρους ενός μεγάλου αστικού κέντρου. Για λόγους διαθεσιμότητας των υποδομών, επιδιώκεται κάθε κύριος κόμβος να είναι άμεσα συνδεδεμένος με παραπάνω του ενός ομότιμους κύριους κόμβους. Στους κύριους κόμβους εγκαθίσταται ενεργός δικτυακός εξοπλισμός και προβλέπεται συν-εγκατάσταση ή πρόσβαση διαχειριστών και παρόχων υπηρεσιών και εφαρμογών.

### ***Κύριο δίκτυο***

Το δίκτυο υποδομών για τη διασύνδεση μεταξύ των κυρίων κόμβων (με την έννοια που ορίστηκαν παραπάνω). Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ των κυρίων κόμβων γειτνιάζουν ή ταυτίζονται με εθνικά ή περιφερειακά δίκτυα υποδομών άλλου τύπου (όπως οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικά δίκτυα, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου, δίκτυα άρδευσης ή ύδρευσης).

### ***Κόμβος διανομής***

Το σημείο διασύνδεσης του δικτύου διανομής για την κάλυψη συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών μιας γεωγραφικής περιοχής όπου δεν συντρέχουν λόγοι για τοποθέτηση κόμβου κορμού όπως στην περίπτωση ενός μικρού Δήμου ή μιας κοινότητας ή ενός τμήματος μικρού αστικού κέντρου. Συνήθως, στους κόμβους διανομής, δεν εγκαθίσταται ενεργός δικτυακός εξοπλισμός, εκτός βέβαια από τις περιπτώσεις όπου ο κόμβος διανομής συμπίπτει γεωγραφικά με κύριο κόμβο είτε με κόμβο του δικτύου πρόσβασης.

### ***Δίκτυο διανομής***

Το πυκνότερο δίκτυο για τη διασύνδεση μεταξύ των κόμβων διανομής και των κόμβων κορμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ κόμβων ταυτίζονται με διαδρομές του δικτύου κορμού, του δικτύου πρόσβασης και «τρέχουν» παράλληλα με δίκτυα άλλων υποδομών (οδικό δίκτυο, δίκτυο αποχέτευσης, κ.α.). Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής, επιδιώκεται η έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου διανομής με περισσότερους του ενός κύριους κόμβους μέσω πολλαπλών συνδέσεων με άλλους κόμβους διανομής.

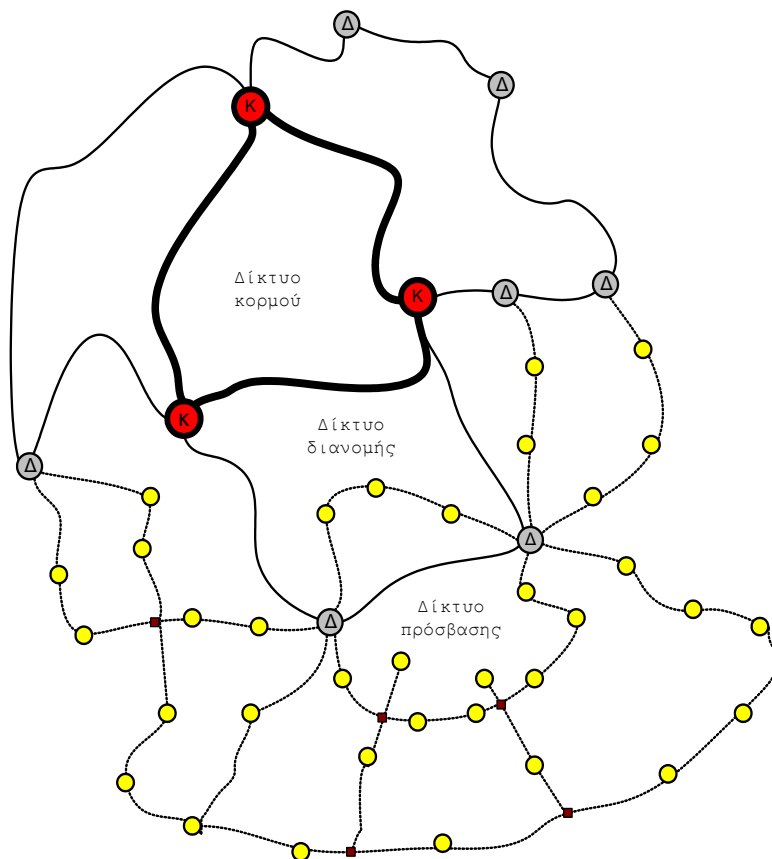
### Κόμβος πρόσβασης

Το σημείο διασύνδεσης μεμονωμένων κτιριακών εγκαταστάσεων ή συγκροτημάτων προς το δίκτυο πρόσβασης. Αποτελεί συνήθως το σημείο τοποθέτησης ενεργού εξοπλισμού για παροχή δικτυακών υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες.

### Δίκτυο πρόσβασης

Το πυκνό δίκτυο σύνδεσης των κόμβων πρόσβασης με το δίκτυο διανομής. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ κόμβων πρόσβασης γειτνιάζουν ή ταυτίζονται και με δίκτυα άλλων υποδομών σε τοπικό επίπεδο π.χ. μιας γειτονιάς. Για λόγους διαθεσιμότητας και ασφάλειας της υποδομής, αποτελεί λογική επιδίωξη ή έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου πρόσβασης με περισσότερους του ενός κόμβους διανομής, αν και αυτό δεν υλοποιείται συνήθως. Η δομή του δικτύου πρόσβασης διαφοροποιείται ως προς την πυκνότητα και την τοπολογία ανάλογα με την περίπτωση της εξυπηρετούμενης περιοχής (αστική, βιομηχανική, αγροτική).

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται για αναφορά, η γενική δομή ενός φυσικού δικτύου υποδομών.



Εικόνα 42: Γενική Δομή ενός φυσικού δικτύου υποδομών

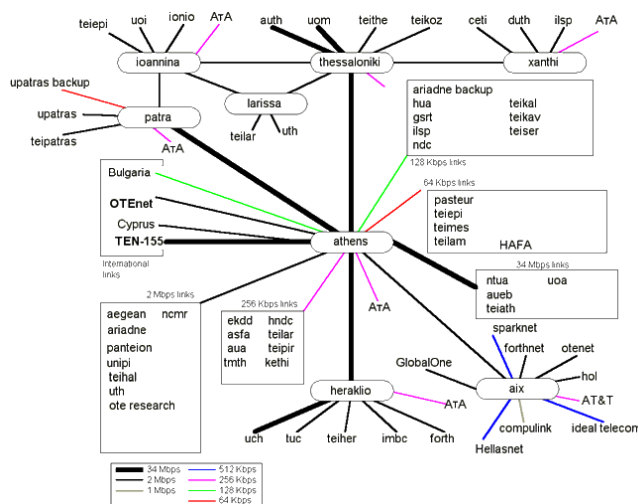


## 4.5. ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (WAN – WIDE AREA NETWORKS)

Σε αυτή την παράγραφο θα ασχοληθούμε με τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής –ΔΕΠ (Wide Area Networks – WAN). Τα ΔΕΠ είναι ένας σημαντικός τύπος δικτύων μέσα από τα οποία επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ δικτυακών κόμβων που βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές. Πολλές φορές στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιούμε τις υπηρεσίες που παρέχουν τα ΔΕΠ χωρίς να το καταλαβαίνουμε, όπως για παράδειγμα όταν κάνουμε ανάληψη από μια τράπεζα, ή όταν από το χώρο εργασίας μας χρησιμοποιούμε στοιχεία από άλλα παραρτήματα του οργανισμού μας που βρίσκονται σε άλλη πόλη.

### 4.5.1. Τι είναι τα ΔΕΠ και τι ανάγκες καλύπτουν

Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (ΔΕΠ) είναι δίκτυα μέσα από τα οποία επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ κόμβων (που μπορεί να είναι αυτόνομοι υπολογιστές ή ολόκληρα Τοπικά Δίκτυα) που βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές. Οι γεωγραφικές αυτές περιοχές μπορεί να ξεπερνούν και τα σύνορα μιας χώρας. Λόγω της μεγάλης τους έκτασης τα ΔΕΠ εμπεριέχουν πολλά Τοπικά Δίκτυα - ΤΔ (Local Area Networks - LAN) και χρησιμοποιώντας διάφορες συσκευές καλύπτουν τις ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ τους. Στην Εικόνα 43 φαίνεται ένα δίκτυο ΔΕΠ που ονομάζεται ΕΔΕΤ. Περισσότερες πληροφορίες για το ΕΔΕΤ υπάρχουν σε επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 43: Το δίκτυο ΕΔΕΤ

Ένα ΔΕΠ αναλαμβάνει να φέρει σε πέρας την επικοινωνία μεταξύ κόμβων που ανήκουν σε απομακρυσμένα ΤΔ. Τα ΤΔ των οποίων οι κόμβοι θέλουν να επικοινωνήσουν είναι πιθανό να βρίσκονται:

- Σε απομακρυσμένες γεωγραφικές περιοχές που ανήκουν σε ένα κράτος
- Σε διαφορετικά κράτη της ίδιας ηπείρου
- Σε διαφορετικά κράτη διαφορετικών ηπείρων

Η διαδικασία της εύρεσης της διαδρομής που θα ακολουθηθεί για τη μεταφοράς της πληροφορίας από κόμβο σε κόμβο μέσα σε ένα δίκτυο ονομάζεται δρομολόγηση.

Το πιο απλό και γνωστό παράδειγμα ΔΕΠ είναι το δίκτυο Internet. Το δίκτυο αυτό είναι στην ουσία ένα Διαδίκτυο (όπως είναι και η Ελληνική του ονομασία) διότι διασυνδέει ΔΕΠ μεταξύ τους. Το Internet είναι και αυτό ένα μεγάλο ΔΕΠ που περιέχει πολλά μικρότερα ΔΕΠ τα οποία με τη σειρά τους περιέχουν πολλά ΤΔ. Τα ΔΕΠ που αποτελούν το Internet λέγονται και ραχοκοκαλιά ή κορμός (Backbone) του Internet διότι μέσα από αυτά μεταφέρονται μεγάλοι όγκοι πληροφορίας σε απομακρυσμένες, γεωγραφικά, περιοχές.

#### **4.5.2. Διαφορές ΔΕΠ με Τοπικά Δίκτυα**

Οι κυριότερες διαφορές ανάμεσα στα ΔΕΠ και τα ΤΔ είναι:

- Τα ΤΔ καλύπτουν τις ανάγκες μιας περιορισμένης γεωγραφικά περιοχής, ενώ τα ΔΕΠ μιας πολύ ευρύτερης.
- Εν γένει, τα ΤΔ χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα διαβίβασης μεγάλου όγκου πληροφορίας, δηλαδή είναι πολύ γρήγορα, ενώ τα ΔΕΠ μπορούν να διαβιβάσουν στον ίδιο χρόνο πολύ μικρότερο όγκο πληροφοριών, δηλαδή είναι πολύ πιο αργά. Με τη πάροδο όμως του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτή η διαφορά θα μειώνεται.
- Τα ΤΔ κατά κανόνα χαρακτηρίζονται από μικρές καθυστερήσεις κατά τη διαβίβαση της πληροφορίας, ενώ τα ΔΕΠ χαρακτηρίζονται από πολύ μεγαλύτερες καθυστερήσεις.
- Κατά τη διαβίβαση της πληροφορίας τα λάθη που συμβαίνουν στα ΤΔ είναι πολύ λιγότερα από αυτά που συμβαίνουν κατά τη διαβίβαση της πληροφορίας στα ΔΕΠ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:  
ISDN



## 5. ISDN

### 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ και μια δεκαετία περίπου, έχει κάνει στην Ελλάδα την εμφάνιση του ένα προηγμένο δίκτυο υπηρεσιών γνωστό ως **ISDN**. Στα αρχικά του στάδια το δίκτυο αυτό είχε πιλοτικό και πειραματικό χαρακτήρα. Η εξέλιξη του καθυστέρησε από τον Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος κυρίως εξαιτίας το απαρχαιωμένου αναλογικού τηλεφωνικού δικτύου. Όταν λοιπόν το δίκτυο του ΟΤΕ μετατράπηκε πλήρως σε ψηφιακό, το ISDN προωθήθηκε και υποστηρίχθηκε πολύ περισσότερο. Η μεγάλη του έκρηξη επήλθε κυρίως το 1999 και ακόμα περισσότερο μετά το 2000-2001, οπότε οι υπηρεσίες του προσφέρθηκαν στους συνδρομητές του ΟΤΕ σε πολύ πιο χαμηλές τιμές.

Τι είναι λοιπόν το ISDN; Το **ISDN (Integrated Services Digital Network)**, το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών, αποτελεί την εξέλιξη του **Δημόσιου Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN - Public Switched Telephone Network)** και παρέχει τη δυνατότητα υποστήριξης, με τη χρήση μιας μόνο τηλεφωνικής σύνδεσης, διαφόρων μορφών επικοινωνίας όπως φωνής, εικόνας, δεδομένων. Η χρήση του υφισταμένου Τηλεφωνικού Δικτύου επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση σε ένα Ψηφιακό Κέντρο του ανάλογου λογισμικού και υλικού.

Το ISDN βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική δικτύου, η οποία προσφέρει ψηφιακή επικοινωνία από άκρη σε άκρη (end to end) και εξασφαλίζει πλεονεκτήματα όπως:

- Υψηλές ταχύτητες για μεταφορά δεδομένων, ήχου, εικόνας, και πρόσβαση στο Internet.
- Υψηλή πιστότητα στη μεταφορά ήχου και εικόνας.
- Αξιοπιστία στη μεταφορά δεδομένων.
- Μείωση του χρόνου που οδηγεί σε σημαντική μείωση του κόστους.
- Συμπληρωματικές υπηρεσίες (αναγνώριση κλήσης, πληροφορίες χρέωσης κλπ.) που διευκολύνουν τις καθημερινές ανάγκες επικοινωνίας.
- Περισσότεροι από ένα αριθμοί κλήσης στην ίδια τηλεφωνική γραμμή (μέχρι 8 στην Βασική Πρόσβαση), οι οποίοι μπορούν να αντιστοιχηθούν με ισάριθμες τερματικές συσκευές (FAX G3, FAX G4, Εικονοτηλέφωνα, Τηλεφωνικές συσκευές, Η/Υ κ.λ.π.).

### 5.2. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου ISDN έχουν τις παρακάτω ιδιότητες:

- Πλήρης ψηφιακή μετάδοση της πληροφορίας από άκρο σε άκρο με υψηλούς ρυθμούς
- Χρήση με τρόπο ενοποιημένο των υπηρεσιών φωνής, δεδομένων, εικόνας και κειμένου μέσω μιας μόνο σύνδεσης. Παλιότερα για να επιτευχθεί οπτικοακουστική επικοινωνία και ταυτόχρονη μεταφορά δεδομένων θα

χρειάζονταν τρεις ξεχωριστές γραμμές και δύο ανεξάρτητα δίκτυα (τηλέφωνο και δεδομένων)

- Ποιοτική ψηφιακή μετάδοση, λιγότερο ευαίσθητη στα παράσιτα τόσο, στο τηλεφωνικό δίκτυο όσο και στη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των τερματικών των πελατών που επικοινωνούν μέσω ISDN
- Ασφαλέστερη μετάδοση
- Καλύτερη και πιο αποτελεσματική χρήση του τηλεφωνικού δικτύου
- Ταχύτητες μετάδοσης που ξεκινούν από τα 64 kbps και μπορούν να φτάσουν ως και 1920 kbps (βασική / πρωτεύουσα σύνδεση). Εξαρτώνται τόσο από το επιλεγμένο είδος πρόσβασης του συνδρομητή όσο και από τις δυνατότητες του παροχέα υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Service Provider)
- 2 ή και περισσότερες γραμμές ταυτόχρονης επικοινωνίας (πολλαπλά κανάλια επικοινωνίας)
- Σύνδεση πολλών τερματικών σε μια μόνο δυσύρματη γραμμή μεταξύ εγκατάστασης, συνδρομητή και τοπικού κέντρου ISDN (τηλεφωνική συσκευή, fax, ηλεκτρονικός υπολογιστής, εικονοτηλέφωνο, ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο).

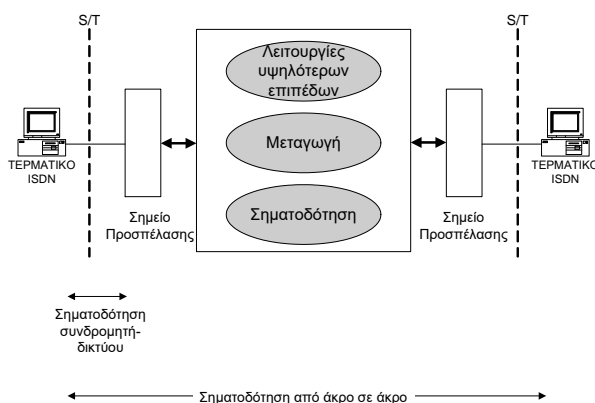
### 5.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Όταν αναφερόμαστε στην τεχνολογία που διέπει το ISDN οφείλουμε να επισημάνουμε τους εξής τομείς της:

- Την γενικότερη αρχιτεκτονική του
- Τις χρησιμοποιούμενες συσκευές (σε επίπεδο γενικών χαρακτηριστικών)
- Τα σημεία αναφοράς του δικτύου ISDN
- Τα κανάλια μετάδοσης

#### 5.3.1. Αρχιτεκτονική

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η χρησιμοποιούμενη αρχιτεκτονική του ISDN. Όπως φαίνεται και στο σχήμα, σημαντικό ρόλο παίζει το S/T Interface, που είναι και το αρμόδιο για τη σύνδεση τερματικού στο ISDN. Τρεις είναι οι βασικές ενότητες που συνθέτουν τη λειτουργία του ISDN. Το δίκτυο, οι τερματικές μονάδες και οι κανόνες χρήσης και εμπορικής εκμετάλλευσης.



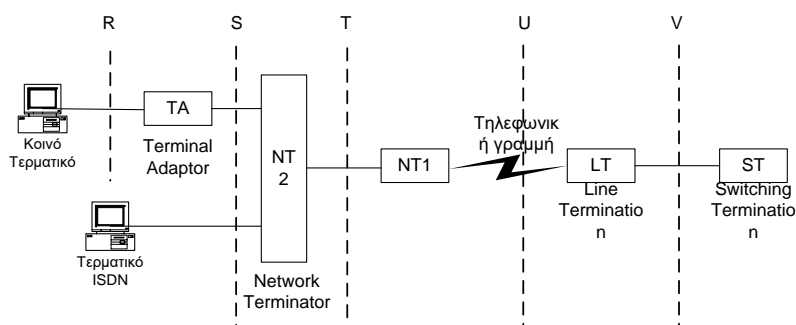
**Εικόνα 44: Η Αρχιτεκτονική του ISDN**

Στην αρχιτεκτονική του ISDN τα σπουδαιότερα στοιχεία είναι:

Οι συσκευές που χρησιμοποιεί το δίκτυο και οι συσκευές των χρηστών

- Τα σημεία αναφοράς
- Τα σημεία διασύνδεσης χρηστών και δικτύου. Ο αριθμός και ο τύπος των χρησιμοποιούμενων καναλιών μεταδόσεως.
- Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας

Το παρακάτω σχήμα θα αποτελέσει οδηγό στην περαιτέρω ανάλυση μας.



**Εικόνα 45: Τα βασικά στοιχεία του ISDN**

### 5.3.2. Χρησιμοποιούμενες Συσκευές

#### Συσκευή TE

Με TE (Terminal Equipment) χαρακτηρίζουμε όλες τις τερματικές συσκευές, είτε αυτές είναι συμβατές με το ISDN, είτε όχι. Με TE1 χαρακτηρίζουμε τις τερματικές συσκευές που είναι συμβατές με το ISDN, ενώ αντιθέτως με TE2 τις μη συμβατές με ISDN συσκευές, όπως κοινές τερματικές συσκευές με V.24 interface ή απλές τηλεφωνικές συσκευές.

#### Συσκευή TA

Η σύνδεση ενός τερματικού ISDN στο δίκτυο γίνεται μέσω του σημείου αναφοράς S σε αντίθεση με ένα απλό τερματικό το οποίο απαιτεί την προσθήκη ενός ειδικού μετατροπέα που ονομάζεται Terminal Adaptor (TA). Οι θύρες επικοινωνίας μιας

συσκευής ΤΑ μπορεί να είναι σειριακές V.24 V.36 V.21 κλπ ή αναλογικές θύρες για σύνδεση απλών τηλεφώνων, fax, τηλεφωνικών κέντρων κλπ

### ***Συσκευή NT2***

Το NT2 (Network Termination 2) έρχεται σε επαφή με δύο σημεία αναφοράς. Το S προς τη πλευρά του τερματικού και το T προς την πλευρά του δικτύου. Οι βασικές λειτουργίες είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των πληροφοριών στις εγκαταστάσεις του χρήστη, όπως επίσης και ο έλεγχος προσπέλασης των πληροφοριών στο δίκτυο. Βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του χρήστη και επιλέγει λειτουργίες πολυπλεξίας ή και μεταγωγής πληροφορίας. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε το PABX που οι λειτουργίες του αντιστοιχούν στο NT2. Στην πράξη οι περισσότερες ISDN συσκευές εμφανίζουν ένα S/T Interface ή ένα U Interface καθώς έχουν ενσωματώσει NT1 και NT2 συσκευές.

### ***Συσκευή NT1***

Το NT1 (Network Termination 1) είναι το τελευταίο σημείο του δικτύου προς την πλευρά του χρήστη. Ανήκει στο δίκτυο και είναι το σημείο προσαρμογής των λειτουργιών του δικτύου με τις συσκευές του χρήστη. Στην πράξη πρόκειται για μια απλή συσκευή που μετατρέπει το δισύρματο U Interface στο τετρασύρματο S/T Interface.

### ***LT (Line Termination)***

Βρίσκεται στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο και ανήκει στη γραμμή του κάθε συνδρομητή. Τη σύνδεση μεταξύ κέντρου και συνδρομητή περικλείουν από τη μία μεριά το LT και από την άλλη το NT1. Τα NT1 και LT έχουν στην αρμοδιότητα τους την παρακολούθηση της ποιότητας της μετάδοσης, την προστασία από τυχόν παρεμβάσεις κλπ.

### ***ET ή ST***

Το ET (Exchange Termination) ή αλλιώς ST (Switching Termination) είναι το τοπικό κέντρο μεταγωγής του δικτύου ISDN. Εκεί που φθάνει η πληροφορία του χρήστη για να γίνει η πρώτη μεταγωγή. Τρεις είναι οι παράμετροι που προσδιορίζουν την ψηφιακή μεταγωγή στο κέντρο: η ταχύτητα, ο τρόπος που γίνεται η μεταγωγή (circuit ή packet switching) και ο τρόπος που αποκαθίσταται η επικοινωνία (κλήση με διεπιλογή, μόνιμη σύνδεση, reserved).

Τρεις είναι οι τρόποι της σηματοδότησης που χρησιμοποιούνται:

- Μεταξύ του χρήστη και του ISDN.
- Μέσα στο ISDN (π.χ. μεταξύ των κόμβων του).
- Από χρήστη σε χρήστη.

### ***Σημεία αναφοράς του δικτύου***

Τα σημεία αναφοράς του ISDN είναι τα σημεία διαχωρισμού βασικών λειτουργιών του δικτύου και περιγράφονται αναλυτικά στις συμβάσεις της ITU-T. Πέντε είναι τα σημεία αυτά. Τα R, S, T, U, V, όπως φαίνονται και στην εικόνα 21.



**Σημείο αναφοράς R**

Είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ ενός τερματικού (TE2) που δεν είναι συμβατό με το ISDN και ενός μετατροπέα (TA) που το συνδέει στο δίκτυο.

**Σημείο αναφοράς S**

Είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ ενός ISDN τερματικού (TE1) και ενός NT2 ή μεταξύ του μετατροπέα TA και ενός NT2. Ο βασικός ρυθμός μετάδοσης εδώ είναι 144 kbps. Όμως δεν είναι υποχρεωμένα όλα τα τερματικά να χρησιμοποιούν αυτό το ρυθμό διότι απλούστατα μπορεί να μην τον χρειάζονται. Έτσι τίθεται θέμα διαμοιρασμού του ρυθμού μετάδοσης μεταξύ των διαφορετικών τερματικών. Το σημείο αναφοράς S βρίσκεται ακριβώς στο σημείο που γίνεται διαμοιρασμός της γραμμής του δικτύου σε περισσότερα τερματικά, εφόσον αυτό απαιτείται. Η δομή εδώ του βασικού ρυθμού μετάδοσης είναι του τύπου  $2*B+D$ .

**Σημείο αναφοράς T**

Είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ του άκρου του δικτύου από πλευράς χρήστη NT2 και του άκρου από πλευράς δικτύου NT1 και είναι ισοδύναμο με το σημείο S. Βασικό στοιχείο του σημείου αναφοράς T είναι οι δύο ρυθμοί μετάδοσης που παρέχονται στους χρήστες:

144 kbps που ονομάζεται basic rate (βασικός ρυθμός)

1984 kbps που ονομάζεται primary rate (πρωτεύων ρυθμός)

Πρέπει να πούμε ότι εναλλακτικά των 1984 kbps χρησιμοποιείται ο ρυθμός των 1536 kbps, αλλά επειδή η χρήση του γίνεται κυρίως στις ΗΠΑ δε θα αναφερθούμε πλέον σε αυτόν. Στην Ευρώπη τυποποιείται ο ρυθμός των 1984 kbps (γνωστός και ως 2 Megabit). Κάθε εγκατάσταση μπορεί να συνδέεται με το ISDN χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες συνδέσεις των 144 kbps ή των 1984 kbps.

Τα 144 kbps απαρτίζονται από πολυπλεγμένα κανάλια, δύο των 64 kbps και ένα των 16 kbps. Ορίζουμε ως κανάλια B αυτά των 64 kbps και ως κανάλι D αυτό των 16 kbps. Το κανάλι B χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των data, για την τηλεφωνία, το fax κλπ. Το κανάλι D χρησιμοποιείται για τη σηματοδότηση, αλλά και για τη μεταφορά δεδομένων χαμηλών ταχυτήτων (τηλεμετρία, τηλε-έλεγχος κλπ)

Η δομή της βασικής ταχύτητας (basic rate) του ISDN είναι:

$$2*B + D = 2*64 + 16 = 144 \text{ kbps}$$

Στον πρωτεύοντα ρυθμό (primary rate), η πολυπλεγμένη δομή του είναι:

$$30*B + D = 30*64 + 64 = 1984 \text{ kbps}$$

Εδώ και το κανάλι B και το κανάλι D είναι της τάξης των 64 kbps.

Στο σημείο αυτό πρέπει να κάνουμε σαφή τη διάκριση μεταξύ του «παρεχόμενου ρυθμού μετάδοσης» στο χρήστη και του «παρεχόμενου ρυθμού μετάδοσης της γραμμής». Σε κάθε περίπτωση ο ρυθμός της γραμμής είναι μεγαλύτερος του παρεχόμενου στο χρήστη. Για παράδειγμα αναφέρουμε την περίπτωση του primary rate όπου ο ρυθμός μετάδοσης της γραμμής είναι 2048 kbps, ενώ ο παρεχόμενος από το ISDN είναι 1984 kbps. Αυτό οφείλεται στο ότι το δίκτυο κρατάει για δική του χρήση μερικά bit. Ομοίως στο βασικό ρυθμό έχουμε 192 kbps στη γραμμή ενώ στο χρήστη 144 kbps.

### Σημείο αναφοράς U

Το U είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ του NT1 και του LT, που μεταφέρει ISDN σήματα μέσω μεγάλου μήκους δισύρματης γραμμής μεταξύ του πλησιέστερου επικοινωνιακού κόμβου και της εγκατάστασης του συνδρομητή.

### Σημείο αναφοράς V

Το σημείο αναφοράς V βρίσκεται μεταξύ LT και ET και εξυπηρετεί τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις μεταξύ κόμβων ISDN που ανήκουν στον τηλεπικοινωνιακό οργανισμό.

### Κανάλια Μετάδοσης

Η σύνδεση ενός συνδρομητή με το δίκτυο ISDN γίνεται μέσω μιας φυσικής γραμμής, η χωρητικότητα της οποίας διαιρείται σε κανάλια επικοινωνίας. Η ITU-T προσδιορίζει τρεις τύπους καναλιών:

- Κανάλι **B** των 64 kbps
- Κανάλι **D** των 16 ή 64 kbps
- Κανάλι **H** των 384 ή 1536 ή 1920 kbps.

Το κανάλι B είναι το κύριο κανάλι επικοινωνίας του συνδρομητή και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει data, φωνή σε ψηφιακή μορφή κλπ.

Τρεις είναι οι κύριοι τύποι σύνδεσης που προσφέρει το κανάλι B:

**Circuit switched**, όπου χρησιμοποιείται το κανάλι D για την αποκατάσταση της σύνδεσης

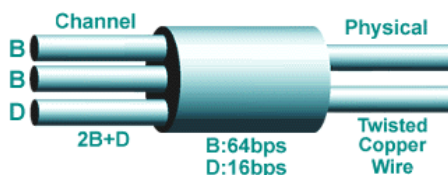
**Packet switched**, όπου ο συνδρομητής συνδέεται σε ένα κόμβο μεταγωγής πακέτων και η επικοινωνία ακολουθεί το πρωτόκολλο X.25.

**Semipermanent**, όπου προκαθορισμένες συνδέσεις μεταξύ συνδρομητών αποκαθίστανται από το δίκτυο. Αντιστοιχούν στις γνωστές αφιερωμένες γραμμές.

Το κανάλι D έχει βασικό σκοπό να μεταφέρει τη σηματοδότηση (signaling) των κλήσεων του καναλιού B για circuit switched τύπο σύνδεσης. Επίσης εκτός από αυτό χρησιμοποιείται για μετάδοση data σε χαμηλές ταχύτητες.

Το κανάλι H εξυπηρετεί μεταδόσεις που απαιτούν μεγάλες ταχύτητες όπως είναι η μετάδοση video, ήχου υψηλής ποιότητας, κλπ.

Οι πιο κοινές συνδέσεις των συνδρομητών στο ISDN γίνονται με τη χρήση δύο καναλιών B των 64 kbps και ενός D των 16 kbps με συνολική ταχύτητα 144 kbps.



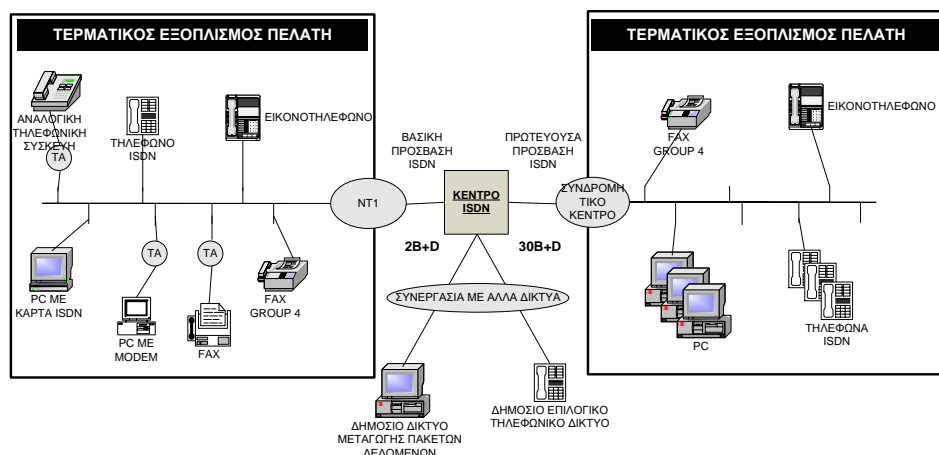
Εικόνα 46: Τα λογικά κανάλια σε μια BRA σύνδεση

## 5.4. ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Όπως προαναφέρθηκε, το ISDN διατίθεται πανελλαδικά με δύο τύπους πρόσβασης, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να επιλέξουν την πρόσβαση που καλύπτει τις ανάγκες τους. Οι τύποι αυτοί είναι:

**Βασική Πρόσβαση (Basic Rate Access / BRA):** απευθύνεται σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, σε ελεύθερους επαγγελματίες και ιδιώτες.

**Πρωτεύουσα Πρόσβαση (Primary Rate Access / PRA):** απευθύνεται σε επιχειρήσεις και οργανισμούς με σύνθετες τηλεπικοινωνιακές απαιτήσεις και αυξημένη τηλεπικοινωνιακή κίνηση.

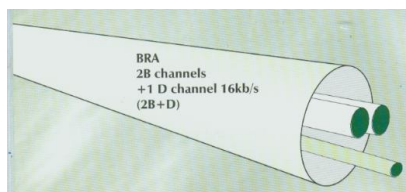


Εικόνα 47: Ενοποίηση ISDN BRA και ISDN PRA συνδέσεων στο δίκτυο ISDN

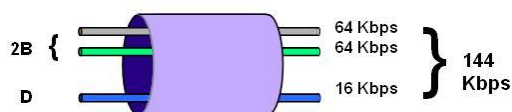
### 5.4.1. Βασική Πρόσβαση

Η βασική πρόσβαση του ISDN αποτελεί την ιδανική λύση για ιδιωτικές και οικιακές τηλεφωνικές συνδέσεις καθώς παρέχει στους συνδρομητές της υπηρεσίες πολλαπλάσιες εκείνων του απλού δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου. Εκτός από την υψηλότερη παρεχόμενη ταχύτητα, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η ποιότητα και η αξιοπιστία που χαρακτηρίζει οποιαδήποτε ISDN σύνδεση. Τα χαρακτηριστικά αυτά εγγυάται βέβαια το πλήρως ψηφιακό δίκτυο που υποστηρίζει το ISDN στην Ελλάδα.

Η βασική πρόσβαση του ISDN διαθέτει δύο Β κανάλια 64 kbps και ένα D 16 kbps.



Πρόσβαση Βασικού Ρυθμού (BRA)



Εικόνα 48: Λογικά κανάλια ISDN BRA

Τα χαρακτηριστικά της Βασικής Πρόσβασης είναι συνοπτικά τα παρακάτω:

- Δυνατότητα σύνδεσης μέχρι και 8 τερματικών συσκευών, όπως τηλέφωνο (απλό ή ISDN), fax, εικονοτηλέφωνο, που μπορούν να κληθούν απευθείας με διαφορετικούς αριθμούς.
- Δυνατότητα σύνδεσης ενός μικρού τηλεφωνικού κέντρου, που μπορεί να καλείται με 10 διαφορετικούς αριθμούς. Οι συσκευές που συνδέονται σ' αυτό μπορούν να κληθούν χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνήτριας.
- Δύο γραμμές ταυτόχρονης επικοινωνίας όπως για παράδειγμα:
- Τηλεφωνική επικοινωνία και χρήση Internet
- Δύο τηλεφωνικές επικοινωνίες
- Τηλεφωνική επικοινωνία και αποστολή ή λήψη fax
- Τηλεφωνική και ταυτόχρονα οπτική επικοινωνία
- Ταχύτητες της τάξης των 128 kbps που διευκολύνουν την πλοήγηση των συνδρομητών στο Internet κάνοντας πιο γρήγορη και οικονομική
- Δυνατότητα διασύνδεσης με άλλα δίκτυα, όπως Internet, HELLASPAC, Δημόσιο Επιλεγόμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο (PSTN)
- Δυνατότητα οπτικής επικοινωνίας των συνομιλητών με ταυτόχρονη δέσμευση των δύο Β καναλιών και με την προϋπόθεση ύπαρξης του κατάλληλου εξοπλισμού (εικονοτηλέφωνο ή H/Y)

Με τη Βασική Πρόσβαση μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες συσκευές, όπως η απλή τηλεφωνική συσκευή, το fax ή ο ηλεκτρονικός υπολογιστής. Απαραίτητη όμως για τη σύνδεση της γραμμής ISDN στο δίκτυο του ΟΤΕ είναι η συσκευή Τερματικής Διάταξης Δικτύου (NT), όπως αναφέρθηκε νωρίτερα.

Ο συνδρομητής όμως ανάλογα με τις ανάγκες επικοινωνίας του μπορεί να χρησιμοποιήσει και επιπλέον εξοπλισμό όπως:

**Παθητική Αρτηρία (Passive Bus ή S-Bus ή S-Interface).** Η χρήση της επιτρέπει τη σύνδεση έως και 8 τερματικών συσκευών και το μέγιστο μήκος της μπορεί να φθάσει τα 1000 μέτρα ως εξής:

- Point to Point S-Bus με δυνατότητα σύνδεσης ενός τερματικού και μέγιστο μήκος 1000 μέτρα.
- Point to Multi Point Extended Passive Bus με μέγιστο αριθμό τερματικών 4 και μέγιστο μήκος 500 μέτρα.
- Point to Multi Point S-Bus με μέγιστο μήκος 200 μέτρα και μέχρι 8 τερματικά.

**Τερματικός προσαρμογέας (Terminal Adapter).** Απαραίτητος στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται μη ISDN συσκευές (απλή τηλεφωνική συσκευή ή fax Group3).

**Κάρτες ISDN για PC.** Μετατρέπουν το PC σε ένα πολλαπλής χρήσης ISDN τερματικό. Συνοδεύονται από software το οποίο υποστηρίζει σειρά εφαρμογών. Υπάρχουν στους εξής τύπους: απλές κάρτες, κάρτες εικονοτηλεφωνίας (μαζί με camera), κάρτες ISDN PCM/CIA κατάλληλο για φορητούς H/Y.

**Τηλέφωνα ISDN.** Πρόκειται για ψηφιακές συσκευές που διαθέτουν οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD), και είναι απαραίτητες για την αξιοποίηση των Συμπληρωματικών Υπηρεσιών που προσφέρει η σύνδεση ISDN.

**Εικονοτηλέφωνα ISDN.** Πρόκειται για συσκευές που περιλαμβάνουν οθόνη, κάμερα, μικρόφωνο, ηχεία και παρέχουν τη δυνατότητα εικονοτηλεφωνίας. Οι συσκευές αυτές κατά τη λειτουργία τους δεσμεύουν συνήθως και τα 2 κανάλια της Βασικής Πρόσβασης.

**Ψηφιακό Τηλεφωνικό Κέντρο ISDN.** Εξυπηρετεί κυρίως στη διαχείριση κλήσεων και στις ανάγκες εσωτερικής επικοινωνίας μικρομεσαίων επιχειρήσεων.

**Δρομολογητές ISDN (Routers).** Αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ της γραμμής ISDN και του δικτύου υπολογιστών του συνδρομητή. Διαθέτουν λειτουργίες δρομολόγησης της κίνησης.

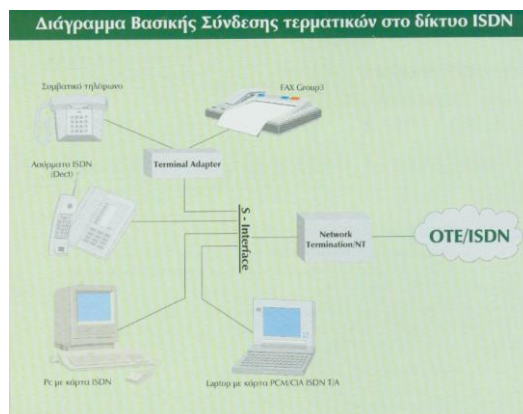
**Fax Group 4.** Συσκευή fax μεγάλης ευκρίνειας και υψηλής ταχύτητας ειδικά σχεδιασμένη για χρήση με γραμμή ISDN (π.χ. 10 σελίδες/λεπτό).

Σημαντικό πλεονέκτημα βασικής πρόσβασης αποτελεί και ο καινούριος τρόπος αριθμοδότησης σύμφωνα με τον οποίο η BRA χωρίζεται σε 3 κατηγορίες:

- Απλή σύνδεση (1 αριθμός με δυνατότητα επέκτασης)
- Ειδική σύνδεση (1 κεφαλικός αριθμός + 2 MSN με δυνατότητα επέκτασης)
- Σύνδεση με διεπιλογή (1 κεφαλικός αριθμός + 9 διεπιλογικοί αριθμοί)

Απαραίτητη όμως για τη χρήση της συμπληρωματικής υπηρεσίας MSN είναι η χρήση της Παθητικής Συνδρομητικής Αρτηρίας, η οποία είναι στην ουσία ένα τετρασύρματο καλώδιο, πάνω στο οποίο συνδέονται συσκευές ISDN, το σήμα που εκπέμπει είναι ψηφιακό και τερματίζει σε αντίσταση 100Ω.

Όλα τα παραπάνω φαίνονται ενοποιημένα στο επόμενο σχήμα.

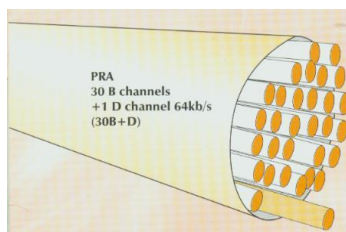


Εικόνα 49: Σύνδεση Τερματικών στην ISDN BRA

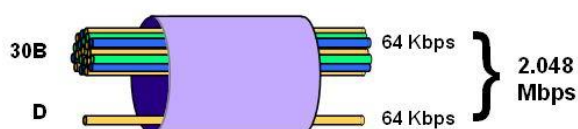
#### 5.4.2. Πρωτεύουσα Πρόσβαση

Η πρωτεύουσα σύνδεση καλύπτει τις αυξημένες ανάγκες επικοινωνίας κάθε επιχείρησης εξασφαλίζοντας υψηλή ταχύτητα, ποιότητα, αξιοπιστία και μια σειρά ακόμα σημαντικών πλεονεκτημάτων.

Το κύριο χαρακτηριστικό της βέβαια είναι οι 30 γραμμές επικοινωνίας που εξασφαλίζονται από τα 30 B κανάλια και αυτό είναι που κυρίως τη διαφοροποιεί από την βασική πρόσβαση.



### Πρόσβαση Πρωτεύοντος Ρυθμού (PRA)



**Εικόνα 50: Λογικά κανάλια ISDN PRA**

Συνοπτικά παρατίθενται τα πλεονεκτήματα της:

- 30 γραμμές ταυτόχρονης επικοινωνίας.
- Δυνατότητα σύνδεσης ενός τηλεφωνικού κέντρου, που μπορεί να καλείται με 250 διαφορετικούς αριθμούς. Οι συσκευές που συνδέονται σ' αυτό μπορούν να κληθούν απ' ευθείας χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνήτριας.
- Διασύνδεση δικτύων τοπικών και ευρείας ζώνης H/Y (WAN, LAN) μέσω router ISDN.
- Υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας μέχρι και 2Mb/s.
- Μεταφορά εικόνας και ήχου υψηλής πιστότητας.
- Δυνατότητα διασύνδεσης & συμβατότητας με άλλα δίκτυα όπως Internet, HELLASPAC, Δημόσιο Επιλεγόμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο (PSTN).
- Πρόσβαση στο Internet σε υψηλές ταχύτητες, που ξεκινούν από τα 64kb/s και εξαρτώνται από τις δυνατότητες του παροχέα υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Service Provider).

Σε μια Πρωτεύουσα Πρόσβαση ο συνδρομητής μπορεί να συνδέσει ή ένα μεγάλο τηλεφωνικό κέντρο ή δρομολογητή, ανάλογα με τις ανάγκες του. Οι υπάρχουσες συσκευές φυσικά μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τη Βασική Πρόσβαση ενώ σχετικά με τον επιπλέον εξοπλισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ισχύουν τα ίδια όπως και στη βασική πρόσβαση. Διαφοροποίηση υπάρχει μόνο στο τηλεφωνικό κέντρο, το οποίο θα μπορεί να εξυπηρετεί ακόμα μεγαλύτερο αριθμό τηλεφωνικών αριθμών και κλήσεων.

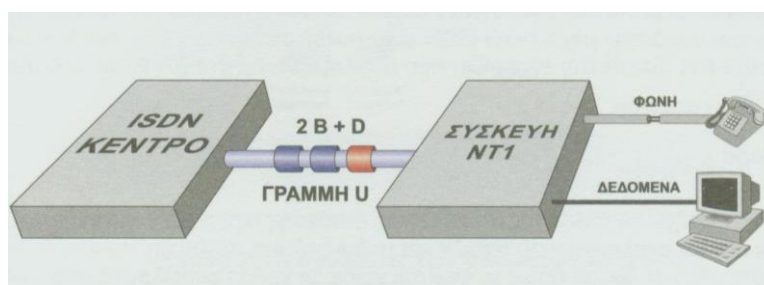


**Εικόνα 51: Σύνδεση Τερματικών στην ISDN PRA**

αυτό σημαίνει απλά τις διάφορες λειτουργίες που μπορεί να υποστηρίξει μία ISDN σύνδεση, όπως π.χ. Τηλεφωνία 3.1 και 7 KHZ, Εικονοτηλεφωνία, fax, data κ.λ.π.

## 5.5. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ (NETMOD)

Ο πιο διαδεδομένος από τους δύο τρόπους πρόσβασης στο ISDN δίκτυο είναι η Βασική Πρόσβαση. Για να επιτευχθεί όμως σύνδεση στο ISDN δίκτυο είναι απαραίτητη η ύπαρξη Συσκευής Τερματισμού Δικτύου (NT1).



**Εικόνα 52: Διασύνδεση συσκευών συνδρομητή-δικτύου**

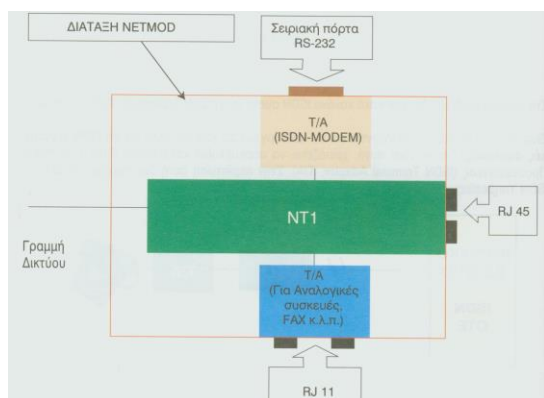
Η συσκευή που χρησιμοποιείται στο δίκτυο του ΟΤΕ και καλύπτει τις ανάγκες ενός NT1, είναι το Netmod. Η συσκευή όμως αυτή, η οποία εγκαθίσταται στη πλευρά του συνδρομητή, δεν λειτουργεί μόνο σαν NT1. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει:

Διάταξη Τερματισμού γραμμής δικτύου 1 (Network Termination 1 / NT1)

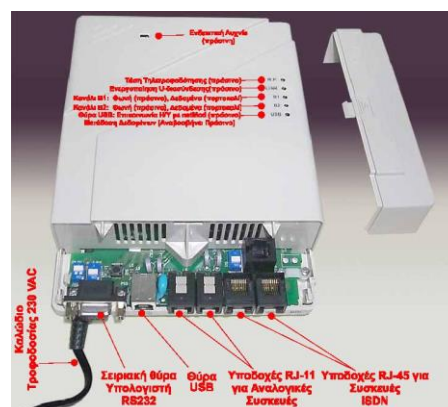
**Τερματικό προσαρμογέα ISDN (Terminal Adapter)**, μέσω του οποίου είναι δυνατό να συνδεθούν μέχρι δύο μη ISDN τηλεφωνικές συσκευές ή FAX G3.

**Τερματικό προσαρμογέα ISDN (ISDN Modem T/A)**, που δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης H/Y μέσω σειριακής θύρας ή θύρας USB.





**Εικόνα 53: Γραφική αναπαράσταση διάταξης Netmod**



**Εικόνα 54: Πραγματική απεικόνιση Netmod**

Το Netmod διαθέτει:

- δύο υποδοχές RJ-45 για τη σύνδεση τερματικών συσκευών ISDN. Οι υποδοχές αυτές αποτελούν τις θύρες διασύνδεσης με το S-Bus της συσκευής.
- δύο υποδοχές RJ-11 για σύνδεση αναλογικών τερματικών συσκευών. Οι υποδοχές αυτές αποτελούν τις αναλογικές θύρες (P1 και P2) της συσκευής.
- μία υποδοχή RJ-11 για τη σύνδεση με τη δισύρματη γραμμή U.

Το Netmod συνοπτικά προσφέρει τις εξής δυνατότητες και λειτουργίες:

- Μετάδοση δεδομένων (data) στη σειριακή θύρα RS232 με ταχύτητες έως και 230.4 kbps προς και από τον Η/Υ που είναι συνδεδεμένος, για συνδέσεις σημείου-προς-σημείο ή πρόσβαση στο Internet. Σημειώνεται ότι οι περισσότεροι Η/Υ δεν υποστηρίζουν ταχύτητα 230.4 kbps στη σειριακή τους θύρα, με αποτέλεσμα η ταχύτητα να περιορίζεται στα 115.2 kbps. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η προσθήκη στον Η/Υ μιας περιφερειακής κάρτας, η οποία θα παρέχει σειριακή θύρα για την υποστήριξη της επιθυμητής ταχύτητας 230.4 kbps.
- Μετάδοση δεδομένων (data) στη θύρα USB (που υποστηρίζει ταχύτητες έως και 12 Mbps) για πλήρη εκμετάλλευση του εύρους των 128 kbps.
- Λειτουργία με οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα (Linux, Windows 95/98/NT κλπ.) χρησιμοποιώντας τυποποιημένα πρωτόκολλα.
- Σύγχρονη-σε-ασύγχρονη μετατροπή πρωτοκόλλου PPP (Point-to-Point Protocol) για επικοινωνία 64 kbps.
- Συνδυασμός των 2 B καναλιών μέσω του πρωτοκόλλου Multilink-PPP σε μια ζεύξη ρυθμού μετάδοσης έως και 128 kbps.
- Διαφανής λειτουργία μεταξύ των B καναλιών και των θυρών διασύνδεσης με τον Η/Υ (RS232 ή USB).
- Πρωτόκολλα καθορισμού εύρους ζώνης BACP/BAP.
- Προσαρμογή εύρους ζώνης ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις συνθήκες μετάδοσης (Bandwidth on Demand).



Το Netmod υποστηρίζει πλήρως όλες τις βασικές και πρόσθετες υπηρεσίες αλλά δεν είναι εκείνο το οποίο τις ενεργοποιεί ή τις απενεργοποιεί. Ο τρόπος με τον οποίο τις υποστηρίζει είναι ξεχωριστός για την καθεμία και εξαρτάται από τις ρυθμίσεις με τις οποίες είναι προγραμματισμένο. Οι περισσότερες προσφερόμενες υπηρεσίες είναι ενεργοποιημένες από default στο Netmod αλλά και εκείνες που δεν είναι, μπορούν να ενεργοποιηθούν εκ των υστέρων.

Όπως είδαμε και παραπάνω το Netmod λειτουργεί και σαν ISDN Modem οπότε κάνει δυνατή τη σύνδεση του χρήστη στο Internet μέσω της υπηρεσίας Dial-Up. Με χρήση πρωτοκόλλου PPP ή ML-PPP η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται σε ταχύτητες των 64 kbps ή 128 kbps αντίστοιχα, ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα κανάλια. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι το Netmod έχει ενσωματωμένο ISDN Modem και όχι αναλογικό (PSTN Modem). Αυτό σημαίνει ότι δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αναλογικό Modem.

Με το Netmod όμως μπορεί να επιτευχθεί και επικοινωνία με άλλο Η/Υ για μεταφορά αρχείων μέσω Hyperterminal ή dial-up networking και χρησιμοποιώντας το D κανάλι, ενεργοποιώντας ορισμένες επιπλέον εντολές. Αυτή είναι μια λειτουργία του Netmod η οποία δεν είναι ευρύτερα γνωστή και για να ενεργοποιηθεί είναι αναγκαίες περαιτέρω οδηγίες φυλλαδίου του ΟΤΕ.

## 5.6. ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ISDN

Το 1981 η τότε CCITT άρχισε τη τυποποίηση του ISDN. Το 1984 στα κόκκινα βιβλία περιέλαβε τις πρώτες τυποποιήσεις στις-σειρές I. Το 1988 και το 1993 πρόσθεσε και αρκετές νέες. Οι τυποποιήσεις της σειράς I διαιρούνται σε έξι μεγάλες κατηγορίες.

- 1.100 που ορίζει τα γενικά θέματα, την περιγραφή του ISDN, την περιγραφή της ορολογίας, τις σχέσεις του ISDN με τυποποιήσεις άλλων σειρών.
- 1.200 που αναφέρονται στις υπηρεσίες που το ISDN προσφέρει, υπηρεσίες κοινού φορέα και τηλευπηρεσίες.
- 1.300 που αναφέρονται στις λειτουργίες του δικτύου, την διαχείριση του, την αριθμοδότηση, τις τεχνικές μετάδοσης, τη δρομολόγηση των μηνυμάτων κλπ.
- 1.400 που αναφέρονται στις διασυνδέσεις του ISDN. Τα φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων, τους παρεχόμενους ρυθμούς μετάδοσης στους χρήστες, τους ορισμούς για τα σημεία αναφοράς και άλλα.
- 1.500 που ασχολούνται με τις διασυνδέσεις μεταξύ ISDN δικτύων.
- 1.600 που ασχολούνται με τις τεχνικές υποστήριξης ενός δικτύου ISDN, μεθόδους που χρησιμοποιούμε για test στο δίκτυο και από πλευράς χρηστών και από πλευράς δικτύου.

### 5.6.1. Euro-ISDN

Ο διαφορετικός τρόπος ανάπτυξης του ISDN στις διάφορες χώρες της Ευρώπης δημιούργησε μεγάλα προβλήματα συμβατότητας. Ο ETSI (European Telecommunications Standards Institute) έθεσε το EuroISDN ως το ενιαίο πρότυπο για την συμβατή υλοποίηση δικτύων και συσκευών ISDN στην Ευρώπη. Για την

εναρμονισμένη αυτή εισαγωγή του ISDN στην Ελλάδα, ο ΟΤΕ υπέγραψε το 1993, με άλλους 29 Τηλεπικοινωνιακούς Οργανισμούς, Μνημόνιο Συμφωνίας.

### 5.6.2. ISDN Ευρείας Ζώνης (B-ISDN)

Οι νέες ανάγκες για τηλεπικοινωνίες που συνεχώς προκύπτουν, η ανάγκη για την ολοκλήρωση εφαρμογών που με το ISDN στενής ζώνης (Narrowband) δεν καλύπτονται και η ανάπτυξη των οπτικών ινών, έφεραν στο προσκήνιο ένα νέο project που ονομάστηκε ISDN ευρείας ζώνης ή άλλως Broadband ISDN (B-ISDN). Η ITU-T ανέπτυξε τυποποιήσεις για Broadband ISDN με σκοπό την εξυπηρέτηση των εφαρμογών υψηλών απαιτήσεων. Αναλυτικότερα οι εφαρμογές που θα μπορούν να καλύπτονται από το δίκτυο είναι:

- Τηλεοπτικά προγράμματα.
- Videotex με κινούμενη εικόνα.
- Τηλεφημερίδα.
- Τηλεδιαφήμιση.
- Τηλεκδόσεις.
- Διανομή Data, Video και Audio.
- Broadband βιντεοτηλέφωνο.
- Επικοινωνίες πολυμέσων (Multimedia).
- Ραδιοφωνία.
- Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο όχι μόνο κειμένου αλλά και εικόνας και ήχου.
- Real Time μηχανογραφικές εφαρμογές.
- Τηλεσυνδιασκέψεις με ταυτόχρονη μετάδοση φωνής, εικόνας αλλά και κειμένου.
- Όλα αυτά δε όχι μόνο μεταξύ δύο συνδρομητών του δικτύου, αλλά και μεταξύ ενός συνδρομητή και μιας ομάδας συνδρομητών, ή μεταξύ δύο ομάδων.

Με το ISDN στενής ζώνης έχουμε ρυθμούς μετάδοσης για μεν το basic rate 144 kbps, για δε το primary rate 1984 kbps, καλύπτοντας τις εφαρμογές φωνής, data, κειμένου και χαμηλής ποιότητας βίντεο. Με το ISDN ευρείας ζώνης, που στηρίζεται κυρίως στις οπτικές ίνες, θα έχουμε την ευχέρεια εκτός των προηγούμενων, να μεταδίδουμε και υψηλής ποιότητας βίντεο, καθώς θα διαθέτουμε ρυθμούς μετάδοσης επιπέδου 150 έως και 622 Mbps. Οι ταχύτητες αυτές είναι ιδιαίτερα αποδοτικές και για συνδέσεις απομακρυσμένων τοπικών δικτύων. Το βασικό πρότυπο που καλύπτει το B – ISDN είναι το I.211 της ITU-T η οποία έχει ορίσει ότι η πρόσβαση σε B – ISDN υπηρεσίες θα γίνεται με τη χρήση της τεχνολογίας ATM σε συγκεκριμένες ταχύτητες (155/622 Mbps).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:  
ΑΣΣΥΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ  
ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ



## 6. Ασυμμετρικές Τεχνολογίες Πρόσβασης

### 6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 6.1.1. Γενικά στοιχεία

Για πολλά χρόνια, τα χάλκινα καλώδια (συνεστραμμένα ζεύγη - twisted pairs) χρησιμοποιούνταν σε απλές τηλεφωνικές συνδέσεις. Στη συνέχεια μπήκαν στη ζωή μας τα modems και το Διαδίκτυο. Την τελευταία δεκαετία γνωρίσαμε την τεχνολογία ISDN και τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει και τελευταία γίνεται λόγος για τις τεχνολογίες DSL, οι οποίες παραμένουν ακόμη άγνωστες για το ευρύ κοινό - τουλάχιστον της Ελλάδας.

Για δεκαετίες τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4.000Hz. Όλες αυτές οι συχνότητες όμως δεν είναι απαραίτητες για να γίνει καταληπτή η φωνή και η χροιά του συνομιλητή και έτσι με ειδικά φίλτρα αποκόπτονται οι επιπλέον συχνότητες, αφού όχι μόνο δε χρειάζονται, αλλά μπορεί και να δημιουργήσουν παρεμβολές- παράσιτα. Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως και στην περίπτωση του DSL.

Το DSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Digital Subscriber Line και στην ουσία αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής.

Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές επιδόσεις. Με το DSL επιτυγχάνονται υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (μέχρι και 52,8 Mbps από το Διαδίκτυο ή άλλο απομακρυσμένο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο προς το χρήστη -downstream- και 2,3 Mbps από το χρήστη προς το Διαδίκτυο -upstream- ενώ ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής.

Οι τεχνολογίες DSL αναφέρονται γενικά ως xDSL και οι κυριότερες από αυτές είναι: ADSL, HDSL, SDSL και VDSL.

#### 6.1.2. Τεχνολογίες xDSL

##### *ADSL*

Το ADSL, το οποίο προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Asymmetric Digital Subscriber Line, είναι αυτό που δίνεται στους περισσότερους απλούς χρήστες και στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή παρέχεται πιλοτικά από τον ΟΤΕ με μοναδική υπηρεσία το Fast Internet. Η τεχνολογία ADSL εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας τη δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά)

μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής. Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται με ασύμμετρο τρόπο, δηλαδή προσφέρει διαφορετικό ρυθμό για τη λήψη (μέχρι 8 Mbps downstream) και διαφορετικό για την αποστολή δεδομένων (640 kbps upstream). Το σημαντικότερο είναι ότι το εύρος ζώνης δεν το μοιραζόμαστε, αλλά είναι εξ' ολοκλήρου στη διάθεσή μας. Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η απόδοση του ADSL εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του χρήστη από τον τηλεπικοινωνιακό παροχέα και φθάνει τα:

1,5 Mbps για απόσταση 5,5 km

2,0 Mbps για απόσταση 4,9 km

6,3 Mbps για απόσταση 3,6 km

8,4 Mbps για απόσταση 2,7 km

### ***HDSL***

Το ακρωνύμιο HDSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων High-bit-rate Digital Subscriber Line και σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρικό και προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για τη αποστολή όσο και για τη λήψη. Ωστόσο, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3,5 km. Μια άλλη βασική διαφορά από το ADSL είναι ότι απαιτείται η εγκατάσταση 2 τηλεφωνικών γραμμών (2 συνεστραμμένα καλώδια).

### ***SDSL***

Το SDSL, Single-line Digital Subscriber Line, είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps), που απαιτεί όμως μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού. Για το λόγο αυτό, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km.

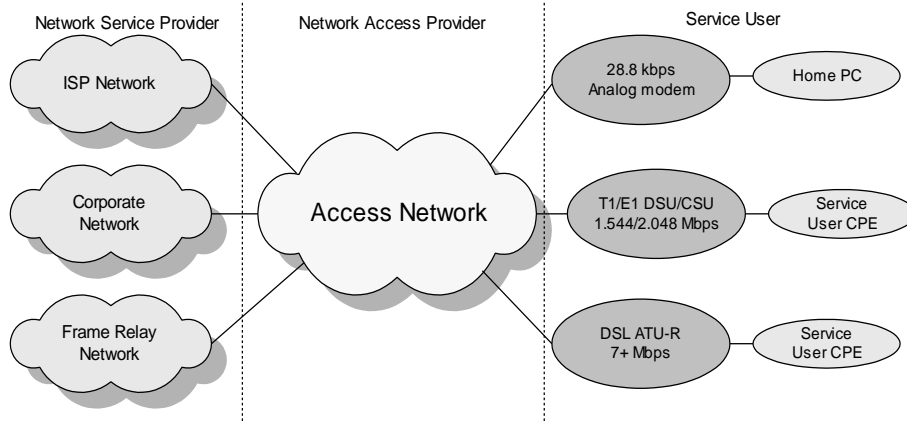
### ***VDSL***

Το VDSL, Very-high-data-rate Digital Subscriber Line, βρίσκεται ακόμη σε φάση ανάπτυξης και υπόσχεται να δώσει εντυπωσιακά μεγαλύτερες ταχύτητες που μπορεί να φτάνουν τα 52 Mbps, με περιορισμό όμως τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του χάλκινου αγωγού. Ανάλογα με την υλοποίηση, το VDSL δε μπορεί να ξεπερνά το 1,5 km και οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται για τη λήψη από 13 έως 52 Mbps και για την αποστολή από 1,5 έως 2,3 Mbps.

### ***ADSL και υπάρχουσα υποδομή***

Η τεχνολογία Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) προσπαθεί να επιλύσει το πρόβλημα της στενωπού του δικτύου που παρουσιάζεται στα τελευταία χιλιόμετρα του δικτύου πρόσβασης μεταξύ του Παροχέα Πρόσβασης Δικτύου και του χρήστη των υπηρεσιών δικτύου. Χρησιμοποιεί το πιο κοινό μέσο μετάδοσης δηλαδή τα συνεστραμμένα καλώδια χαλκού του τηλεφωνικού δικτύου πετυχαίνοντας υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (μέχρι και 8 Mbps) που δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες των δικτύων να κάνουν πράξη προηγμένες επικοινωνιακές εφαρμογές εξασφαλίζοντας παράλληλα απόδοση και αξιοπιστία με χαμηλό κόστος.

Στην Εικόνα 55 παρουσιάζεται ένα συγκριτικό διάγραμμα απ' όπου είναι εμφανές ότι οι υπηρεσίες βασισμένες, στην τεχνολογία DSL, υπερέρχουν σε απόδοση, και παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα στους χρήστες των υπηρεσιών δικτύου, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους πρόσβασης.



**Εικόνα 55: Συγκριτικό διάγραμμα ταχύτητας και απόδοσης**

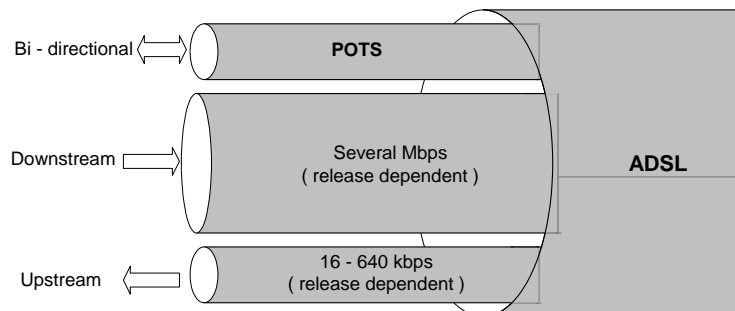
Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι ο τελικός χρήστης έχει πρόσβαση στον πάροχο υπηρεσιών δικτύου (NSP: Network Service Provider) μέσω ενός παρόχου πρόσβασης δικτύου (NAP: Network Access Provider). Σε μία ανερχόμενη αγορά όπως αυτή του DSL η υποστήριξη πολλαπλών τύπων υπηρεσιών πάνω από την ίδια πλατφόρμα προσφέρει μια σημαντική προστασία της επένδυσης. Επίσης σημαντικοί παράμετροι για την ευελιξία των συστημάτων που βασίζονται στην τεχνολογία DSL είναι η επεκτασιμότητα ώστε να μπορεί να υποστηρίξει από μικρό έως μεγάλο πλήθος χρηστών και η ικανότητα να παρέχει αξιόπιστη διαχείριση του δικτύου από άκρο σε άκρο για να υποστηρίξει παράλληλα και εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η τεχνολογία DSL δεν αποτελεί στην πραγματικότητα την “επόμενη γενιά” τεχνολογίας πρόσβασης δικτύου, αλλά εξελιγμένη μορφή της “σημερινής γενιάς” τεχνολογίας πρόσβασης δικτύου αφού χρησιμοποιεί τις δομές που ήδη υπάρχουν.

## 6.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ADSL

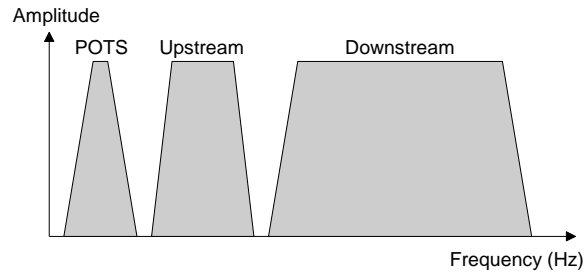
### 6.2.1. Η φιλοσοφία του ADSL

Η φιλοσοφία του ADSL είχε προταθεί στην αρχή της δεκαετίας από αναλυτές μελετών από τα εργαστήρια AT&T και Bell και το Πανεπιστήμιο Stanford και στηρίζεται σε ένα κανάλι υψηλού ρυθμού με καθοδική κατεύθυνση προς τον πελάτη και ένα με χαμηλότερο ρυθμό από τον πελάτη προς το δίκτυο (με ανοδική κατεύθυνση).



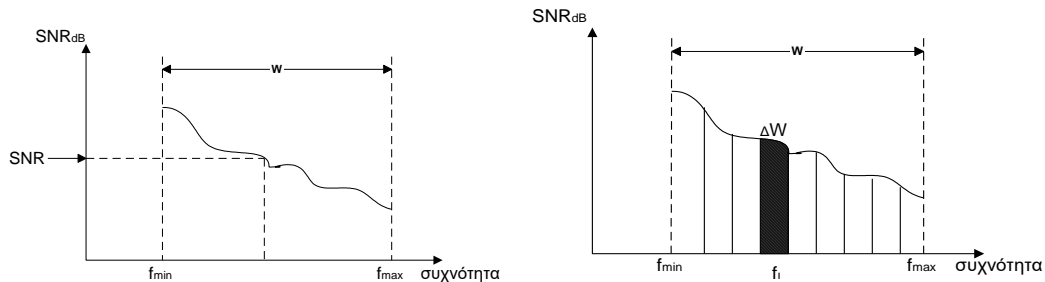
**Εικόνα 56: Τα κανάλια στην ADSL μετάδοση**

Το κανάλι υψηλής ταχύτητας με καθοδική κατεύθυνση και το κανάλι χαμηλής ταχύτητας με ανοδική κατεύθυνση περιέχουν ψηφιακές πληροφορίες. Στο ADSL έχουμε πολύπλεξη την ψηφιακής πληροφορίας με ένα κανάλι αναλογικής φωνής δίνοντας τη δυνατότητα στους πελάτες να διατηρούν την υπηρεσία ενώ ταυτόχρονα έχουν πρόσβαση στις ψηφιακές υπηρεσίες του ADSL. Αυτό επιτυγχάνεται με πολύπλεξη στην συχνότητα μεταξύ τηλεφωνικής υπηρεσίας και ADSL μετάδοσης και είτε με πολύπλεξη στην συχνότητα είτε με καταστολή ηχούς μεταξύ ανοδικού και καθοδικού ADSL καναλιού.



**Εικόνα 57: Συχνότητες ADSL μετάδοσης**

Στηριζόμενοι στο θεώρημα του Shannon γνωρίζουμε ότι ο ρυθμός σε ένα κανάλι εξαρτάται από το εύρος ζώνης και τον λόγο σήματος προς θόρυβο. Και βασικότερη παράμετρος στο να αυξηθεί το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης φτάνοντας μέχρι και το 1 MHz ήταν η χρήση των μικροεπεξεργαστών, η οποία επέτρεψε αφ' ενός μεν την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζονται στις συχνότητες αυτές, εφ' ετέρου δε την πολύπλεξη των διαφορετικών συχνοτήτων με την βοήθεια του FFT. Στα ακόλουθα σχήματα είναι φανερή η διαφορά μεταξύ ενός καναλιού στο οποίο η εξασθένηση δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την συχνότητα και ενός στο οποίο συμβαίνει το αντίθετο, όπως το συνεστραμμένο ζεύγος όταν χρησιμοποιείται για συχνότητες ADSL μετάδοσης.



**Εικόνα 58: SNR συναρτήσει της συχνότητας**

### 6.2.2. Το φυσικό μέσο

Η εξέλιξη των διατάξεων modem τηλεφωνίας φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Year	Speed	Modulation
1960's	Very low rate modems (300 bps - 1.2 kbps)	
1968	2.4 kbps (V. 26)	QPSK
1972	4.8 kbps (V. 27)	8-PSK
1976	9.6 kbps (V. 29)	16-QAM



1986	14.4 kbps (V. 33)	64-QAM + TCM
1989	19.2 kbps (V. 33 bis)	64-QAM + TCM
1993	28.8 kbps (V. fast)	DMT

Πίνακας 3: POTS-Band Modems

### 6.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ XDSL ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

#### 6.3.1. RADSL

##### *Τεχνική περιγραφή της τεχνολογίας RADSL*

Το Rate Adaptive DSL (RADSL) αναφέρεται σε ένα περιορισμό που υπήρχε σε μερικές πρώιμες υλοποιήσεις του ADSL, κυρίως αυτών που ήταν βασισμένα στον CAP (carrierless amplitude/phase modulation) κώδικα γραμμής. Κάποιες αρχικές εφαρμογές σε modem ADSL διατηρούσαν σταθερό τον ρυθμό δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις ώστε να διατηρείται η γραμμή περισσότερο συνδεδεμένη.

Σήμερα ως RADSL εννοούμε το ADSL το οποίο χρησιμοποιεί τον κώδικα γραμμής QAM ή CAP ο οποίος είναι ένα ιδιοκτησιακό πρότυπο της Globespan Semiconductors και της AT&T. Πρέπει να τονιστεί ότι τα ADSL που χρησιμοποιούν κώδικα γραμμής DMT σύμφωνα με το πρότυπο T1.413 είναι επίσης rate adaptive αλλά γενικά δεν αναφέρονται έτσι. Ο uplink ρυθμός δεδομένων είναι ανάλογος προς τον downlink ρυθμό και εξαρτάται από τις συνθήκες της γραμμής και το λόγο σήματος προς θόρυβο.

Τα RADSL συστήματα υλοποιούνται με χρήση FDM. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το upstream κανάλι που φτάνει ρυθμό μέχρι 1 Mbps να καταλαμβάνει τη μεσαία περιοχή μετά την τηλεφωνία και το downstream την ανώτερη περιοχή. Τα προβλήματα που παρουσιάζονται αφορούν τη συμβατότητα όσο αφορά το φάσμα συχνοτήτων μεταξύ των RADSL modems με QAM ή CAP με τα ADSL modems με DMT ή CAP στα οποία το upstream κανάλι φτάνει ρυθμούς το πολύ μέχρι 640 Kbps.

##### *Αξιολόγηση τεχνολογίας RADSL*

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται και επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία των εγκατεστημένων συστημάτων εξαρτώνται από το μήκος των καλωδίων, την διάμετρο και την κατάσταση των καλωδίων ακόμα και από τις καιρικές συνθήκες. Όλες αυτές οι παράμετροι διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο παρόλο που παρέχονται από τον ίδιο τηλεπικοινωνιακό οργανισμό. Για να ξεπεραστούν λοιπόν αυτά τα προβλήματα και να διατηρηθεί η ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών σε ικανοποιητικά επίπεδα αναπτύχθηκαν τεχνικές προσαρμογής του ρυθμού μετάδοσης. Επιπρόσθετα, πριν από οποιαδήποτε μετάδοση πληροφορίας, πραγματοποιούνται μια σειρά από δοκιμές στο δίκτυο προκειμένου να ανιχνευτεί ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο μπορούν να μεταδοθούν τα δεδομένα. Η ικανότητα αυτή της προσαρμογής του ρυθμού είναι προϊόν της RADSL τεχνολογίας, η οποία βασίζεται στις ADSL και SDSL τεχνολογίες.

Η RADSL είναι μια ευέλικτη τεχνολογία που υλοποιεί τα χαρακτηριστικά μετάδοσης και των δύο τεχνολογιών, χρησιμοποιώντας ότι καλύτερο έχει να προσφέρει η

καθεμία. Ο μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης προσφέρει σημαντικά οφέλη στους κατασκευαστές, οι οποίοι μπορούν και πουλούν ένα DSL προϊόν καλύπτοντας ένα φάσμα ρυθμών μετάδοσης και χρησιμοποιώντας και τους δύο τρόπους μετάδοσης, τον συμμετρικό και τον ασύμμετρο. Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της RDSL τεχνολογίας είναι ότι επιτρέπει τηλεφωνική συνδιάλεξη και μετάδοση δεδομένων συγχρόνως.

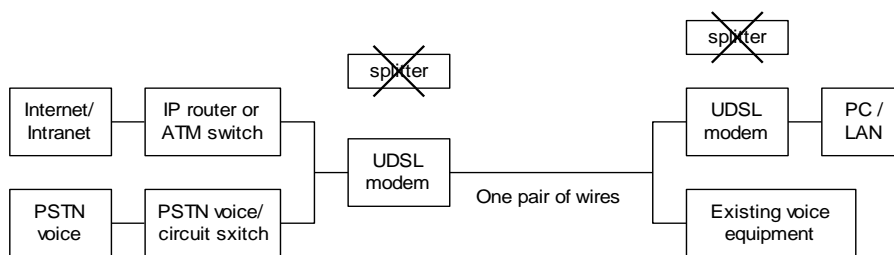
Την τεχνολογία RDSL δείχνουν να εμπιστεύονται τελικά και οι κατασκευαστές, προσφέροντας μια πλήρη γκάμα προϊόντων αλλά και ολοκληρωμένων συστημάτων. Επίσης, οι περισσότερες εταιρίες υπόσχονται πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων και για αρκετά μεγάλες αποστάσεις.

### 6.3.2. UDSL

#### *Τεχνική περιγραφή της τεχνολογίας UDSL*

Οι πρώτες δοκιμές με τα ADSL και RDSL έφεραν στην επιφάνεια ένα σοβαρό πρόβλημα, στα κτήρια των πελατών. Τα ADSL και RDSL απαιτούσαν την εγκατάσταση και συντήρηση μιας συσκευής, το voice splitter. Πρώτα έπρεπε να γίνει η εγκατάσταση των splitter και οποιασδήποτε πιθανής καλωδίωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο splitter παρέχονταν, ως μέρος της υπηρεσίας, από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς πράγμα που αύξησε σημαντικά το κόστος. Έτσι εάν ήταν δυνατόν η εγκατάσταση και αρχικοποίηση ADSL και RDSL ταχυτήτων, και η σύγχρονη υποστήριξη αναλογικών συσκευών χωρίς την χρήση ενός splitter θα μιλούσαμε για μια πολύ ελκυστική εναλλακτική μορφή του καθαρού ADSL και RDSL.

Η τεχνολογία UDSL (Universal ADSL), επίσης γνωστή και ως ADSL-lite, αναπτύχθηκε από μια ομάδα εργασίας το 1997 η οποία περιλαμβάνει την εταιρεία Microsoft καθώς επίσης τηλεπικοινωνιακούς φορείς και κατασκευαστές από όλο το κόσμο. Η ομάδα εργασίας κάτω από το τίτλο Universal ADSL Working Group (UAWG), σχηματίστηκε για να αναπτύξει μια προδιαγραφή παγκόσμια, “ανοικτή”, χωρίς διάταξη διαχωρισμού φωνής δεδομένων (“splitterless”), ως επέκταση της τυποποίησης T1.413 ADSL, η οποία θα υποστηρίζει μέχρι 1,5 Mbit/s στο κανάλι καθόδου (τυπικά μέχρι 500 kbit/s) και 512 kbit/s στο κανάλι ανόδου σε μεγαλύτερα μήκη τοπικού βρόχου (μ’ ένα απλό συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων). Η τεχνολογία UDSL σχεδιάστηκε ως μια χαμηλού κόστους και μικρότερου εύρους ζώνης τεχνολογία ADSL και ως εκ τούτου είναι κατάλληλη για γρήγορες υπηρεσίες Internet αλλά όχι για εφαρμογές κινούμενης εικόνας. Στην Εικόνα που ακολουθεί δείχνεται η γενική αρχιτεκτονική ενός UDSL συστήματος.



Downstream speed defined to 1.0 Mbps  
Upstream speed defined as much less (128 Kbps)

**Εικόνα 59: UDSL δίκτυο**

### 6.3.3. Αξιολόγηση τεχνολογίας UDSL

Για να επιτύχει εμπορικά οποιαδήποτε νέα υπηρεσία υψηλού ρυθμού μετάδοσης, πρέπει να εγκαθίσταται με εύκολο τρόπο τόσο στη πλευρά του παροχέα της υπηρεσίας όσο και στη πλευρά του χρήστη. Με αυτό το σκεπτικό, μία νέα μορφή της DSL τεχνολογίας εμφανίστηκε, που ονομάζεται DSL G.Lite. Η τεχνολογία αυτή μεταδίδει δεδομένα με ταχύτητες πάνω από 1.5 Mbps για την downstream κατεύθυνση και πάνω από 512 Kbps για την upstream κατεύθυνση. Η τεχνολογία αυτή εξασφαλίζει όλα τα θετικά σημεία του ADSL, ενώ ταυτόχρονα έχει και κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία επιλύουν προβλήματα της τεχνολογίας ADSL όπως την αποφυγή της χρήσης εξωτερικού splitter που μάλιστα θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελεί και το “κλειδί” της συγκεκριμένης τεχνολογίας, καθώς στη περίπτωση αυτή η υπάρχουσα τηλεφωνική υπηρεσία δεν επηρεάζεται από τη προσθήκη του DSL. Τα τηλεφωνικά σήματα διαχωρίζονται και προωθούνται στο τοπικό, ψηφιακό, δίκτυο επιλογής, ενώ τα δεδομένα συγκεντρώνονται σ’ ένα μεγαλύτερο σύστημα και μεταφέρονται μέσα από ένα Frame Relay ή ένα ATM δίκτυο. Επίσης με την ενσωμάτωση του splitter στο modem, η ανάγκη ενός ειδικού τεχνικού που θα τον εγκαταστήσει τόσο στον χρήστη όσο και στον παροχέα της υπηρεσίας εξαλείφεται. Με την απλούστευση αυτή ενεργοποιείται η μαζική εξάπλωση της τεχνολογίας αυτής και επιπλέον, μειώνεται το συνολικό κόστος εγκατάστασής της. Επιπλέον λειτουργεί με “*always on*” τρόπο με την έννοια ότι από τη στιγμή που κάποιος συνδέεται στο δίκτυο, παραμένει σ’ αυτό για όσο χρόνο επιθυμεί. Με τον τρόπο αυτό, οι χρήστες θα μπορούν να λαμβάνουν το e-mail τους τη στιγμή που αυτό λαμβάνεται και γενικά, να απολαμβάνουν συνεχώς τις εφαρμογές που τους προσφέρονται.

Το γεγονός της πρότασης του DSL G.Lite, δεν ανακαλεί την απαίτηση του ADSL πλήρους ρυθμού μετάδοσης, αλλά μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί ένα ενδιάμεσο βήμα ανάμεσα στα αναλογικά modems που υπάρχουν σήμερα και στη δυναμική λύση του ADSL. Το DSL G.Lite θα ενεργοποιήσει την εξάπλωση της DSL τεχνολογίας σε όλους του χρήστες. Η απαίτηση αυτών για πρόσβαση στο Internet με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης θα κινητοποιήσει τους παροχείς υπηρεσιών για την εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού που θα υποστηρίζει την νέα τεχνολογία.

### 6.3.4. HDSL

#### *Τεχνική περιγραφή της τεχνολογίας HDSL*

Η πρώτη xDSL τεχνολογία που είχε αναπτυχθεί είναι η HDSL, και είναι διαθέσιμη εμπορικά για αρκετά χρόνια τώρα. Η HDSL τεχνολογία είναι η πρώτη που παρέχει ψηφιακή μετάδοση υψηλής ταχύτητας, χρησιμοποιώντας τις ήδη υπαρκτές τηλεφωνικές γραμμές. Βασικά αποτελεί έναν αποδοτικότερο τρόπο μετάδοσης πλαισίων T1 (1.54 Mbps) και E1 (2 Mbps) μέσω των γραμμών χαλκού, και χρησιμοποιεί ένα εύρος φάσματος από 80 - 240 KHz. Για να πετύχουμε αυτούς τους ρυθμούς για μια απόσταση των 4 Km πρέπει να χρησιμοποιηθούν δύο ζεύγη καλωδίων. Κάθε συρμός δεδομένων χωρίζεται σε δύο ή σε τρεις συρμούς (για T1 και E1 αντίστοιχα), οι οποίοι μεταδίδονται ανεξάρτητα μέσω δύο ή τριών ζευγών καλωδίων αντίστοιχα, και επανασυνδέονται στον δέκτη. Για παράδειγμα στη περίπτωση των πλαισίων T1, τα 1.554.000 bits ανά δευτερόλεπτο χωρίζονται σε δύο

ίσα τμήματα με εύρος 784.000 bits ανά δευτερόλεπτο και μεταδίδονται μέσω δύο γραμμών (τέσσερα καλώδια).

### *Αξιολόγηση τεχνολογίας HDSL*

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η τεχνολογία HDSL αποτέλεσε την πρώτη xDSL τεχνολογία. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι απαιτεί μικρό εύρος ζώνης προκειμένου να μεταδώσει T1 και E1 πλαίσια. Επίσης έχει απλή υλοποίηση, εξασφαλίζει μικρότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης (για τον service provider) και οι παροχείς υπηρεσιών δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν ειδικούς repeaters (για μικρές αποστάσεις). Η HDSL τεχνολογία αποτελεί μια καλή λύση για τους παροχείς υπηρεσιών. Το γεγονός ότι η μεταδιδόμενη πληροφορία χωρίζεται σε δύο συρμούς μειώνει κατά πολύ την ισχύ μετάδοσης και, λόγω του περιορισμένου εύρους ζώνης που χρησιμοποιεί, είναι πιο σθεναρή στο θόρυβο και στις παρεμβολές. Όμως, από τη μεριά του χρήστη, η τεχνολογία αυτή παρουσιάζει μερικές ατέλειες που δεν την καθιστούν πολύ δημοφιλή. Αφού λοιπόν το κύριο μέλημα των χρηστών είναι το κόστος, η εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού (modem και εξωτερικός voice splitter) αλλά και η χρήση μιας δεύτερης τηλεφωνικής γραμμής αυξάνει σημαντικά το κόστος πρόσβασης στο Internet (λαμβάνοντας υπ' όψη και το κόστος συνδρομής και σύνδεσης).

Η τεχνολογία HDSL2, χρησιμοποιώντας μόνο ένα ζεύγος καλωδίων (για την μετάδοση της ίδια πληροφορίας) μειώνει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος. Για την HDSL2, μπορούμε να αναφέρουμε συμπερασματικά ότι έχουμε μείωση των παρεμβολών και χρήση ενός ζεύγους καλωδίων.

Λόγω του γεγονότος ότι χρησιμοποιεί ένα ζεύγος καλωδίων, αυξάνεται η ισχύς για τη μετάδοση του σήματος. Έτσι, οι απώλειες είναι μεγαλύτερες απ' ό,τι στην HDSL των δύο ζευγών. Σαν αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η HDSL2 έχει πολύ λιγότερες ικανότητες οδήγησης απ' ό,τι η HDSL.

Τέλος, μελετώντας τα HDSL προϊόντα που προσφέρονται από τις κατασκευαστικές εταιρίες, παρατηρούμε ότι υπάρχει μικρός αριθμός υλοποιημένων προϊόντων.

## **6.3.5. SDSL**

### *Τεχνική περιγραφή της τεχνολογίας SDSL*

Τα συστήματα επικοινωνίας που αναπτύσσονται αυτόν τον καιρό, έχουν την δυνατότητα να επιτυγχάνουν T1 ή E1 ρυθμούς μετάδοσης σ' ένα μόνο δισύρματο καλώδιο σε αποστάσεις που μερικές φορές ξεπερνούν ακόμα και αυτές που επιτυγχάνονται από ένα HDSL σύστημα, που χρησιμοποιεί δύο ζεύγη καλωδίων. Αυτή η υλοποίηση της T1 ή E1 γραμμής μετάδοσης, συνήθως καλείται SDSL. Παρέχει συμμετρική, δικατευθυντήρια επικοινωνία υψηλού μεταβλητού ρυθμού, ενώ ταυτόχρονα υποστηρίζει την τηλεφωνική υπηρεσία. Εξ' αιτίας του γεγονότος ότι μόνο ένα ζεύγος καλωδίων απαιτείται για την μετάδοση, αξιοποιείται αποτελεσματικότερα η ήδη υπάρχουσα υποδομή του δικτύου και ευνοείται η σύντομη και με ικανοποιητικό κόστος υλοποίηση υπηρεσιών που απαιτούν μέσους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

Οι δυνατοί ρυθμοί μετάδοσης του SDSL κυμαίνονται από 160 Kbps μέχρι και 2.048 Mbps, παρόλο που ο πιο διαδεδομένος ρυθμός μετάδοσης που χρησιμοποιείται είναι 768 Kbps και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται

συνήθως σε περιπτώσεις που απαιτούνται όμοιοι ρυθμοί μετάδοσης, και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ειδικότερα, η SDSL απευθύνεται στους απλούς χρήστες που συνήθως τους διατίθεται μία μόνο τηλεφωνική γραμμή. Εξ' αιτίας τέλος, της συμμετρικής φύσεως της τεχνολογίας αυτής, η εφαρμογή της για την επίλυση των απαιτήσεων μιας εταιρίας είναι συνήθως επιβεβλημένη.

Αν συγκρίνουμε την SDSL με την ADSL τεχνολογία, παρατηρούμε ότι οι SDSL υπηρεσίες δεν είναι διαθέσιμες σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 10,000 feet. Από την άλλη πλευρά σε τέτοιες αποστάσεις, η ADSL τεχνολογία επιτυγχάνει ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 6 Mbps. Αυτό συμβαίνει ουσιαστικά, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα συμμετρικά συστήματα μετάδοσης επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από το crosstalk φαινόμενο. Από την άλλη πλευρά όμως, η SDSL τεχνολογία επιτρέπει στους παροχείς υπηρεσιών να αποκτήσουν σύντομα μεγάλη εμπειρία στην υποστήριξη νέων υπηρεσιών δεδομένων, διατηρώντας ταυτόχρονα τον εξοπλισμό δικτύου που ήδη έχουν, έτσι ώστε να μπορούν με εύκολο τρόπο να μεταβούν σε τεχνολογίες υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης όταν αυτές θα είναι περισσότερο ώριμες τόσο από λειτουργική όσο και από κατασκευαστική άποψη.

### ***Αξιολόγηση τεχνολογίας SDSL***

Οι χρήστες που βρίσκονται σε εταιρίες έχουν μια μεγάλη απαίτηση εύρους ζώνης σε αντίθεση με τους χρήστες στα σπίτια. Είναι επομένως φανερό ότι οι χρήστες που εργάζονται σε εταιρίες θα είναι αυτοί οι οποίοι θα καθορίσουν το είδος της xDSL τεχνολογίας που θα αναπτυχθεί.

Η δημιουργία μιας υπηρεσίας για τους χρήστες συνεπάγεται την παροχή αξιόπιστων λύσεων για την υποστήριξη ιδιαίτερα κρίσιμων εφαρμογών. Τέτοιες λύσεις μπορούν γρήγορα να προκύψουν αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά που προσφέρει η SDSL. Η τεχνολογία αυτή, που χρησιμοποιεί ένα μόνο ζεύγος καλωδίων και επιτυγχάνει την μετάδοση με ταχύτητες μέχρι και 2 Mbps με συμμετρικό τρόπο ανάλογα με την ποιότητα και το μήκος του καλωδίου, βασίζεται στην HDSL τεχνολογία που αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη T1 ή E1 υπηρεσιών χωρίς την χρήση επαναληπτών σε περιοχές που η εγκατάστασή τους ήταν προβληματική ή ιδιαίτερα δαπανηρή. Ένα βασικό πλεονέκτημα της SDSL που οδηγεί στην αξιοποίηση της είναι ότι αποτελεί μια προσιτή υλοποίηση της Xdsl τεχνολογίας εξ' αιτίας του γεγονότος ότι το SDSL χρησιμοποιεί την ίδια τεχνική διαμόρφωσης με αυτή του HDSL, που είχε αξιοποιηθεί τα προηγούμενα χρόνια και επωφελείται από την ωριμότητα των HDSL υλοποιήσεων. Για παράδειγμα, τα SDSL chipsets έχουν αρκετά χαμηλή τιμή, με αποτέλεσμα οι πάροχοι υπηρεσιών να μπορούν γρήγορα να προσφέρουν στους χρήστες τους μετάδοση δεδομένων με υψηλό ρυθμό. Επίσης έχουμε μικρή κατανάλωση αφού τα SDSL modems που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια έχουν κατανάλωση που δεν ξεπερνά τα 4 Watt. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για τους παρόχους υπηρεσιών. Επιπλέον έχουμε αποφυγή παρεμβολών επειδή η κωδικοποίηση γραμμής που χρησιμοποιεί είναι ίδια με αυτή του HDSL και του ISDN με αποτέλεσμα να μην δημιουργούνται παρεμβολές με τις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες, όπως η T1. Αυτό σημαίνει ότι οι πάροχοι των υπηρεσιών μπορούν να δημιουργήσουν SDSL λύσεις χωρίς να ανησυχούν για την επίδραση που θα έχουν σε άλλες υπηρεσίες που βρίσκονται σε γειτονικά καλώδια. Ακόμα η συμμετρική φύση του SDSL αποτελεί μια πολύ καλή λύση για τις εταιρίες εκείνες που χρειάζονται την λήψη και την μετάδοση δεδομένων με τον ίδιο ρυθμό.

### 6.3.6. IDSL

#### *Τεχνική περιγραφή της τεχνολογίας IDSL*

Η διαρκής εμφάνιση κατασκευαστών DSL προϊόντων έχει σαν αποτέλεσμα τις συχνές αλλαγές στην τεχνολογία αυτή. Για παράδειγμα, το ISDN-DSL ή IDSL εμφανίστηκε αρχικά σαν μία νέα εξέλιξη της τεχνολογίας που ήδη υπήρχε κατά την δεκαετία του '80. Παρόλο που το IDSL αναβαθμίζει μια υπάρχουσα τεχνολογία, στην πραγματικότητα αποτελεί λειτουργικά ένα υποσύνολο του ISDN, με την έννοια ότι δεν υποστηρίζει τηλεφωνική υπηρεσία.

Ειδικότερα το IDSL αποτελεί ένα σύστημα στο οποίο αποκλειστικά, ψηφιακά δεδομένα μεταδίδονται με ταχύτητα 128 Kbps μέχρι τα 5 km σε ένα κοινό χάλκινο τηλεφωνικό καλώδιο ανάμεσα στο CO και στον χρήστη με ψηφιακό τρόπο. Παρόλο που η ταχύτητα του IDSL είναι όμοια με αυτή του ISDN, το IDSL έχει το πλεονέκτημα της αποφυγής της συμφόρησης του δικτύου μετάδοσης φωνής, μειώνοντας τις Internet κλήσεις στο δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Η μόνη απαίτηση του από την εταιρία που παρέχει την υπηρεσία, είναι η τοποθέτηση ειδικών συγκεντρωτών σε κάθε CO και η σύνδεση των συσκευών σ' ένα μεγαλύτερο δίκτυο δεδομένων πάνω από T1 ή Frame relay links.

#### *Αξιολόγηση τεχνολογίας IDSL*

Το IDSL αποτελεί μία από τις πιθανές υλοποιήσεις τις xDSL τεχνολογίας και είναι μια αρκετά ικανοποιητική προσέγγιση που επιτρέπει την χρήση της ήδη υπάρχουσας ISDN τεχνολογίας για μετάδοση μόνο δεδομένων και όχι φωνής. Δηλαδή χρησιμοποιεί το ήδη εγκατεστημένο ISDN. Οι εταιρίες που προσφέρουν Internet και POTS υπηρεσίες μπορούν με εύκολο τρόπο να αναβαθμίσουν τον ISDN εξοπλισμό δικτύου που ήδη έχουν, εξασφαλίζοντας στους χρήστες 128 Kbps. Από την άλλη πλευρά οι ISDN χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα modem που ήδη έχουν. Επομένως, για αρκετές χώρες της Ευρώπης, που η ιδέα του ISDN δεν έχει εγκαταλειφθεί ακόμα, η IDSL αποτελεί μια αρκετά ελκυστική τεχνολογία, κάτι το οποίο όμως δεν ισχύει για τις χώρες της Αμερικής, όπου το ISDN έχει οριστικά περάσει στο περιθώριο. Επίσης έχει φτηνή υλοποίηση και το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό τόσο για τους καταναλωτές, που απαιτούν χαμηλό κόστος εγκατάστασης του modem, όσο και για τους παρόχους υπηρεσιών που επιζητούν την επένδυση ενός λογικού ποσού κατά την εφαρμογή μιας νέας τεχνολογίας. Επιπλέον αποκλείει τη συμφόρηση στο δίκτυο αφού η IDSL παρακάμπτει τους διακόπτες δικτύου, μειώνοντας τις Internet κλήσεις των χρηστών προς το δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Ενώ και ο ρυθμός μετάδοσης των 128 Kbps για πολλές εφαρμογές είναι αρκετά ικανοποιητικός για τους χρήστες κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του χρησιμοποιούμενου εύρους ζώνης.

Βέβαια, ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι η τεχνολογία IDSL πραγματοποιεί, σε αντίθεση με το ISDN, την μετάδοση μόνο δεδομένων και όχι φωνής. Το γεγονός αυτό επομένως οδηγεί στην χρήση μιας επιπλέον γραμμής για την μετάδοση φωνής, κάτι που είναι ιδιαίτερα ασύμφορο.

### 6.3.7. VDSL

#### *Τεχνική περιγραφή της τεχνολογίας VDSL*

Η τεχνολογία VDSL είναι επέκταση της ADSL και μελετάται από τον οργανισμό ETSI, με στόχο να επιτευχθεί η προτυποποίησή της. Σε αντίθεση με την ADSL, η VDSL έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει τόσο με συμμετρικό όσο και με ασύμμετρο τρόπο, χρησιμοποιώντας είτε μια απλή τηλεφωνική γραμμή είτε μια ISDN γραμμή, μεταδίδοντας δεδομένα με υψηλές ταχύτητες σε μικρές αποστάσεις.

Ο ασύμμετρος τρόπος λειτουργίας του VDSL απευθύνεται κυρίως στους οικιακούς χρήστες, δίνοντας τους την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν υπηρεσίες ευρείας ζώνης μετάδοσης. Η συνύπαρξη τηλεφωνικών και VDSL σημάτων στο ίδιο καλώδιο πραγματοποιείται με τον διαχωρισμό των συχνοτήτων μετάδοσης με την χρήση ενός εξωτερικού splitter.

Η VDSL τεχνολογία μοιάζει αρκετά με την ADSL, παρότι η VDSL διαχειρίζεται ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και επομένως η υλοποίηση του θα είναι πολύ πιο δύσκολη. Για την υλοποίηση του VDSL έχουν προταθεί τέσσερις διαφορετικοί κώδικες γραμμής που είναι:

- **CAP:** Αποτελεί μια διαφορετική μορφή της QAM διαμόρφωσης γραμμής και έχει αναλυθεί πλήρως σε προηγούμενη παράγραφο.
- **DMT:** Είναι μια διαμόρφωση που χρησιμοποιεί ένα σύστημα με πολλαπλούς φορείς και διακριτό μετασχηματισμό Fourier για να δημιουργήσει και να αποδιαμορφώσει τους φορείς στην συχνότητα.
- **DWMT:** Είναι μια τεχνική διαμόρφωσης με πολλαπλούς φορείς που χρησιμοποιείται ώστε να αξιοποιηθεί το σύνολο των δυνατοτήτων των χάλκινων καλωδίων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η προσφορά υπηρεσιών ευρείας ζώνης και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- **SDMT:** Είναι μια τεχνική διαμόρφωσης που συνδυάζει δύο διαφορετικές τεχνικές μετάδοσης δεδομένων, την DMT για την μετάδοση και την τεχνική χρονικής απόπλεξης (TDD) για τον προγραμματισμό του ανοδικού και καθοδικού ρυθμού μετάδοσης.

#### *Αξιολόγηση τεχνολογίας VDSL*

Η VDSL είναι μια τεχνολογία μετάδοσης παρόμοια με την ADSL εκτός του ότι οι ρυθμοί μετάδοσης είναι μεγαλύτεροι και οι αποστάσεις μικρότερες. Τηλεφωνικές υπηρεσίες (POTS) υποστηρίζονται όπως και στην περίπτωση του ADSL. Σε αντίθεση με την ADSL, η VDSL μπορεί και λειτουργεί είτε συμμετρικά είτε ασύμμετρα χρησιμοποιώντας μια απλή δισύρματη γραμμή ή μια βασική ISDN γραμμή. Σήμερα, δεν υπάρχουν τυποποιήσεις για την VDSL, αλλά οι ρυθμοί μετάδοσης και οι αποστάσεις κυμαίνονται από 12 Mbps για αποστάσεις μέχρι 1.5 Km καλωδίου, και 52 Mbps για αποστάσεις μέχρι 300 m (downstream - από το κεντρικό γραφείο μέχρι τον χρήστη). Για upstream μετάδοση (από τον χρήστη μέχρι το κεντρικό γραφείο) οι προτεινόμενοι ρυθμοί μετάδοσης είναι από 1.6 Mbps μέχρι 2.3 Mbps. Λόγω του ότι, οι αποστάσεις που μπορούν να καλυφθούν είναι μικρές, η VDSL μπορεί να υλοποιηθεί μόνο σε περιπτώσεις όπου τα CO's είναι κοντά. Σε διαφορετική περίπτωση η οπτική ίνα πρέπει να φτάνει μέχρι τα KV's. Επίσης, λόγω του ότι οι αποστάσεις που μπορούν να καλυφθούν είναι μικρότερες, εμφανίζονται λιγότερα

προβλήματα σχετικά με την απόδοση των γραμμών, πράγμα που έχει ως αντίτιμο τη τιμή των VDSL modems συγκριτικά με τα αντίστοιχα της ADSL τεχνολογίας. Έχει καθοριστεί μέσω ερευνών και δοκιμών ότι η QAM είναι η πιο εφαρμόσιμη μέθοδο διαμόρφωσης, λαμβάνοντας υπ' όψη την κατανάλωση ισχύος, την απόδοση και το κόστος.

Ως τεχνολογία προσανατολισμένη στο χρήστη, το κόστος αποτελεί επίσης έναν σημαντικό παράγοντα. Το VDSL αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση Video και εφαρμογές πολυμέσων και η απαίτηση για οπτική ίνα μέχρι τα KV την κάνει να αποτελεί μια ακριβή, πολλές φορές φουτουριστική τεχνολογία, αφού οι επενδύσεις, που πρέπει να πραγματοποιηθούν, για την ανάπτυξη ή βελτίωση της υποδομής είναι τεράστιες. Ακόμη, θα πρέπει να μελετηθούν οι υποψήφιοι χρήστες και να καθοριστούν σαφέστατα οι υπηρεσίες που μια τηλεπικοινωνιακή εταιρία θέλει και μπορεί να προσφέρει.

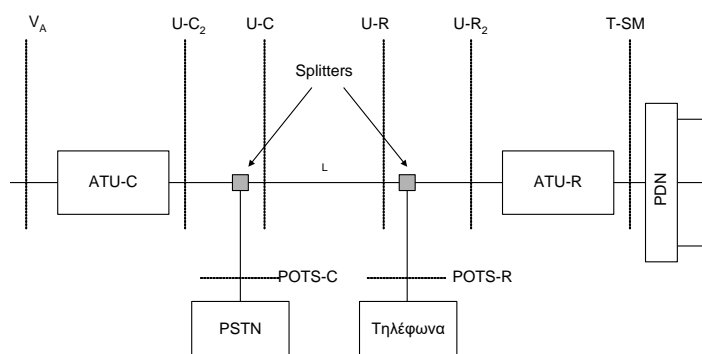
Σήμερα τα υπάρχοντα προϊόντα που υποστηρίζουν αυτή την τεχνολογία είναι λίγα διότι αυτή δεν έχει εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα. Οι εταιρίες προσφέρουν modems που επιτυγχάνουν ταχύτητες από 12 έως 53 Mbps για 1,5 Km - 300 m.

Τέλος, αν και οι ρυθμοί μετάδοσης της VDSL τεχνολογίας αποτελούν μια ιδανική κατάσταση, οι απαιτήσεις των χρηστών μέχρι σήμερα δεν την καθιστούν αναγκαία. Οι τελικοί χρήστες έχουν απαίτηση για γρήγορη πρόσβαση στο Internet, οπότε οι ρυθμοί που επιτυγχάνονται με άλλες xDSL τεχνολογίες, όπως ADSL και RADSL θεωρούνται ικανοποιητικοί.

## 6.4. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ADSL

### 6.4.1. Γενική Αρχιτεκτονική

Αρχικά η τεχνολογία ADSL είχε αναπτυχθεί για να προσφέρει υπηρεσίες Video-on-demand με ρυθμό μετάδοσης downstream (από το CO προς τον χρήστη) της τάξης των 1.544 Mbps και ρυθμό μετάδοσης upstream (από τον χρήστη στο CO) από 16 kbps έως 64 kbps. Στην Εικόνα που ακολουθεί δείχνεται η βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ADSL όπως περιγράφεται από το ADSL Forum.



ATU-C	ADSL Transmission Unit, CO Side
ATU-R	ADSL Transmission Unit, Remote Side
CO	Central Office
PDN	Premises Distribution Network



PSTN	Public Switched Telephone Network
POTS-C	Διεπιφάνεια μεταξύ του PSTN και του splitter στην πλευρά του CO
POTS-R	Διεπιφάνεια μεταξύ του PSTN και του splitter στην πλευρά του remote
T-SM	Διεπιφάνεια μεταξύ του ATU-R και των Service Modules
U-C	Διεπιφάνεια U στην πλευρά του CO
U-C <sub>2</sub>	Διεπιφάνεια U στην πλευρά του CO από τον Splitter στο ATU-C
U-R	Διεπιφάνεια U στην πλευρά remote
U-R <sub>2</sub>	Διεπιφάνεια U στην πλευρά remote από τον Splitter στο ATU-R
V <sub>A</sub>	Διεπιφάνεια V, στην πλευρά του CO από τον κόμβο πρόσβασης στην υπηρεσία δικτύου

### Εικόνα 60: Βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ADSL

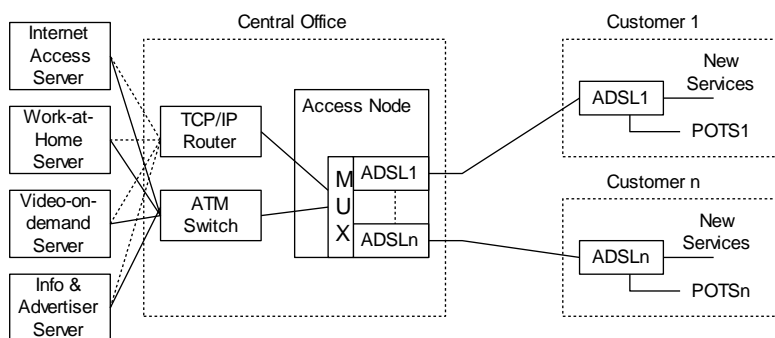
Βασικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι επιτρέπεται η μετάδοση τηλεφωνικών υπηρεσιών (αναφέρονται ως POTS: Plain old telephone service). Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι ότι οι υπηρεσίες που παρέχονται από ένα σύστημα ADSL, συμπεριλαμβανομένης και της ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων, είναι ευρυζωνικές υπηρεσίες (για παράδειγμα υπηρεσίες video on demand ή προσπέλαση του διαδικτύου με υψηλές ταχύτητες). Η πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες πραγματοποιείται εκτός των διακοπών του CO (Central Office) ή LE (Local Exchange), λύνοντας έτσι το πρόβλημα της συμφόρησης στο τηλεφωνικό δίκτυο και στους διακόπτες μεταγωγής. Αυτό το σημείο πρόσβασης ονομάζεται DSLAM (DSL access module) η αρχιτεκτονική του οποίου θα εξηγηθεί αργότερα.

Στην προηγούμενη εικόνα δείχνονται οι διεπαφές μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του δικτύου. Το B-interface είναι μία άμεση διεπαφή και δηλώνει μια πιθανή βοηθητική είσοδο, όπως για παράδειγμα ένα set top box. Η διεπαφή T-SM μεταξύ του ATU-R και του service module μπορεί και να ταυτίζεται με την διεπαφή T κυρίως όταν το service module είναι ολοκληρωμένο μέσα στο ATU-R. Εάν υφίσταται η διεπαφή T-SM τότε μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου για κάθε ATU-R, για παράδειγμα ένα ATU-R μπορεί να έχει δύο τύπου ηλεκτρικές συνδέσεις όπως 10Base-T ή V.35. Με παρόμοιο τρόπο, η διεπαφή T μεταξύ Premises Distribution Network και τερματικές συσκευές μπορεί επίσης να απουσιάζει εάν η τερματική συσκευή είναι με κάποιο τρόπο ολοκληρωμένη μέσα στο ATU-R. Οι διάφορες U διεπαφές μπορούν και να μην υπάρχουν εάν η συσκευή του splitter είναι μέρος των ATU συσκευών ή στην περίπτωση που αφαιρεθεί τελείως ο splitter. Επίσης, οι διεπαφές V μπορεί να είναι λογικές διεπαφές παρά φυσικές, πράγμα που ισχύει κυρίως για την V<sub>A</sub> στην περίπτωση που το DSLAM εκτελεί λειτουργίες πολύπλεξης ή μεταγωγής. Εάν η διεπαφή VC προς τους παροχείς των υπηρεσιών είναι φυσική τότε επιτρέπεται να πάρει διάφορες μορφές (όπως για παράδειγμα TCP/IP ή ATM) προσαρμοσμένες στο δίκτυο υπηρεσιών.

Μετά την παραπάνω περιγραφή για τις διεπαφές στα διάφορα μέρη του δικτύου θα πρέπει να τονίσουμε ότι η τεχνολογία ADSL δεν είναι απλά ένας γρήγορος τρόπος προσπέλασης του δικτύου, αλλά είναι μέρος μιας ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής δικτύου που επιτρέπει σε όλους τους συνδρομητές να κάνουν χρήση ευρυζωνικών υπηρεσιών, όπου σαν "ευρυζωνικές" υπηρεσίες ορίζονται οι υπηρεσίες που απαιτούν ρυθμό μετάδοσης τουλάχιστον 1.5 Mbps (Αμερική) και 2 Mbps (Ευρώπη). Στην εικόνα που βλέπουμε παρακάτω δείχνεται ένα «ευρυζωνικό» δίκτυο βασισμένο στην

τεχνολογία ADSL. Στην πιο απλή του μορφή οι συνδρομητές θα χρειάζονται μόνο ένα ADSL modem. Η συσκευή αυτή θα έχει την κοινώς γνωστή RJ-11 ηλεκτρική διεπαφή η οποία θα υποστηρίζει τις υπάρχουσες τηλεφωνικές συσκευές σε ένα SOHO (Small Office/Home Office) περιβάλλον. Άλλες θύρες, όπως η 10Base-T Ethernet, θα πραγματοποιούν την διασύνδεση των προσωπικών υπολογιστών ή των Set-top boxes των τηλεοράσεων παρέχοντας υπηρεσίες όπως fast internet ή video on demand. Μια συσκευή, ο splitter (διαχωριστής), θα χρησιμοποιείται για να πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των ψηφιακών υπηρεσιών (υπηρεσίες ADSL) από τις αναλογικές υπηρεσίες (τηλεφωνικές υπηρεσίες).

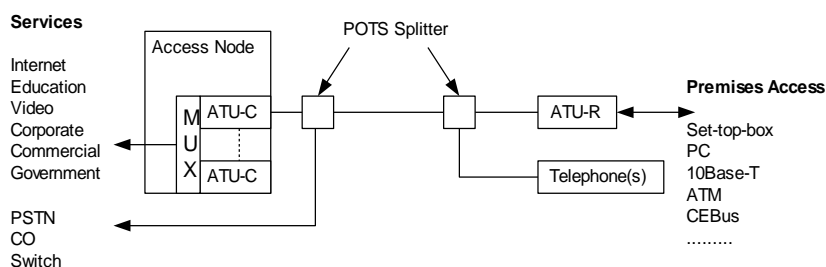
Στην μεριά του CO, οι αναλογικές υπηρεσίες διαβιβάζονται στα διακοπτικά συστήματα μέσω μιας διάταξης από splitters (διαχωριστές). Με τον τρόπο αυτό ο τοπικός ADSL βρόχος τερματίζεται στο ADSL access node και όχι απευθείας στον διακόπτη του CO. Ο access node (συνήθως πρόκειται για ένα DSLAM) πολυπλέκει τις επιμέρους ADSL συνδέσεις και διοχετεύει την κίνηση σε είτε σε TCP/IP δρομολογητές είτε σε ATM διακόπτες. Αυτοί οι δρομολογητές και διακόπτες επιτρέπουν στον χρήστη να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες της προτίμησής του.



**Εικόνα 61: Γενική αρχιτεκτονική ενός ADSL δικτύου**

Τυπικές υπηρεσίες που παρέχονται είναι πρόσβαση στο Διαδίκτυο, πρόσβαση σε Intranets, video-on-demand, καθώς και πρόσβαση σε εξυπηρετητές εταιριών. Σημειώστε πως η πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες πραγματοποιείται είτε μέσω TCP/IP είτε μέσω ATM μια και η τεχνολογία ADSL επιτρέπει και τα δύο.

Το ADSL είναι μια πλήρης και ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική δικτύου. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως το ADSL δεν είναι απλά μια μέθοδος γρήγορης πρόσβασης του διαδικτύου αλλά παρέχει επιπλέον την δυνατότητα παροχής κάθε νέου τύπου υπηρεσίας ευρείας ζώνης. Με την εικόνα που βλέπουμε στη συνέχεια δείχνεται περισσότερο αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο μια συσκευή ATU-R μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να επιτρέψει την πρόσβαση του χρήστη στις διάφορες υπηρεσίες.



**Εικόνα 62: Το βασικό ADSL δίκτυο**

Η φυσική συσκευή μπορεί να είναι είτε ένα PC είτε ένα set-top box. Η διασύνδεση ανάμεσα στην συσκευή ATU-R και στην τελική συσκευή μπορεί να είναι είτε μία απλή διασύνδεση modem με υπολογιστή είτε ακόμα πιο πολύπλοκες μορφές διασυνδέσεων όπως η 10Base-T, Ethernet LAN ή και ακόμα private ATM δίκτυο. Όποια και να είναι όμως η μορφή διασύνδεσης, η καλωδίωση των είδη υπαρκτών αναλογικών συσκευών (τηλέφωνα, FAX) δεν απαιτείται να τροποποιηθεί μιας και η συσκευή του splitter κάνει τον διαχωρισμό των αναλογικών σημάτων από τα ψηφιακά σήματα.

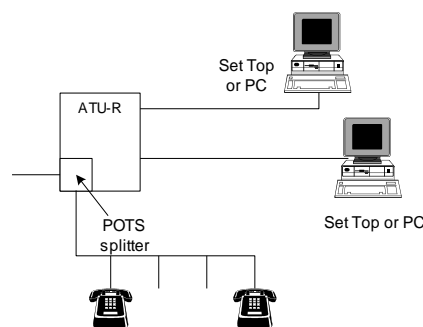
Στην μεριά του CO, οι τηλεφωνικές υπηρεσίες διαχωρίζονται μέσω μιας διάταξης από splitters και οδηγούνται στους διακόπτες PSTN. Ο τοπικός ADSL βρόχος τερματίζεται πλέον στο DSLAM αντί να οδηγείται αμέσως στους διακόπτες του CO. Φυσικά, το λογισμικό των PSTN διακοπών δεν χρειάζεται να αναβαθμιστεί προκειμένου να υποστηρίξει αυτές τις υπηρεσίες (όπως συμβαίνει με το ISDN).

#### 6.4.2. Λειτουργία και εφαρμογές του POTS splitter

Ο POTS splitter χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα κανάλια upstream και downstream από το τηλεφωνικό κανάλι, δηλαδή για να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός από 300 KHz μέχρι τα 3,5 MHz. Στο φάσμα αυτό, ο POTS splitter εκτός των σημάτων φωνής πρέπει να επιτρέπει και την διέλευση των τόνων dial, ringing και των σημάτων on/off hook.

Η δομή του POTS splitter είναι πανομοιότυπη και για το ATU-R και για το ATU-C. Αποτελείται κυρίως από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο για την διεπαφή του POTS και από ένα υψιπερατό φίλτρο για τα κανάλια upstream και downstream. Το χαμηλοπερατό φίλτρο αφαιρεί, από το κανάλι POTS, την παρεμβολή των καναλιών upstream και downstream. Το υψιπερατό φίλτρο αφαιρεί, από τα κανάλια upstream και downstream, την παρεμβολή από το κανάλι POTS. Επίσης θα πρέπει να αποφευχθεί η εισαγωγή των αρμονικών, που δημιουργούν τα σήματα ringing και των on/off hook, στα κανάλια upstream και downstream.

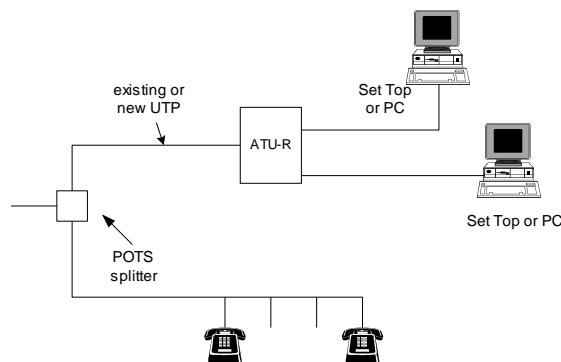
Ο POTS splitter μπορεί να είναι ενσωματωμένος στις διατάξεις ATU-R όπως δείχνεται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 63: ATU-R με ενσωματωμένο POTS splitter**

Το ATU-R συνδέεται με την τηλεφωνική γραμμή και πραγματοποιεί τον διαχωρισμό των καναλιών POTS και ADSL. Το κανάλι POTS δρομολογείται προς τις τηλεφωνικές συσκευές του συνδρομητή. Κάθε κανάλι ADSL πρέπει να συνδεθεί με ένα service module. Ο POTS splitter μπορεί να υλοποιηθεί και εξωτερικά σε ένα ATU-R. Μια τέτοια αρχιτεκτονική παρέχει την ευελιξία της θέσης του ATU-R, καθώς και της αποφυγής της μετάδοσης του καναλιού ADSL μέσα από τις

εσωτερικές καλωδιώσεις του συνδρομητή. Χαμηλής ποιότητας καλωδίωση μπορεί να μειώσει αισθητά την απόδοση του συστήματος. Μια τέτοια υλοποίηση παρουσιάζεται ακολούθως.

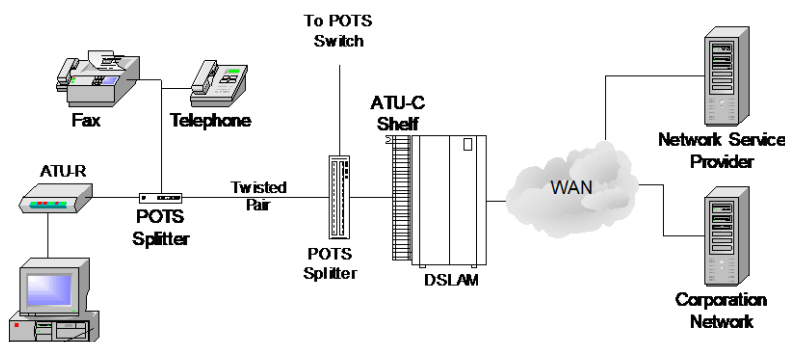


Εικόνα 64: ATU-R με εξωτερικό POTS splitter

### 6.4.3. Αρχιτεκτονική του DSLAM

Η βασική μορφή καθώς και οι λειτουργίες ενός DSLAM δεν έχουν καλυφθεί πλήρως από κανένα ADSL ή γενικά xDSL standard. Η βασική ιδέα του DSLAM είναι η εξυπηρέτηση πολλαπλών ATU-Cs ή και HTU-Cs. Πέραν τούτου, οι λειτουργίες που θα εκτελεί καθώς και ο τρόπος που θα τις εκτελεί, εξαρτάται αποκλειστικά από τον κατασκευαστή. Αυτό σημαίνει ότι όλο το πεδίο γύρω από τις λειτουργίες ενός DSLAM είναι ασαφές, με τα περισσότερα προϊόντα να υποστηρίζουν μερικές βασικές λειτουργίες. Έτσι, στη συνέχεια της ενότητας αυτής θα γίνει μια προσπάθεια ταξινόμησης των χαρακτηριστικών ενός τυπικού DSLAM.

Το DSLAM καταλαμβάνει μια θέση κλειδί σε ολόκληρη την αρχιτεκτονική του δικτύου ADSL. Όλη η κίνηση από και προς τους χρήστες διεκπεραιώνεται μέσω του DSLAM. Όλη η κίνηση από και προς τους εξυπηρετητές του δικτύου πίσω από το DSLAM περνάει επίσης μέσω αυτού. Το DSLAM εκτελεί λειτουργίες ολοκλήρωσης της ADSL κίνησης ανεξάρτητα από τον τύπο δεδομένων που μεταφέρει, είτε πρόκειται για δεδομένα είτε για φωνή. Το μόνο που βλέπει το DSLAM είναι ATM κελιά στην U διεπαφή. Τα κελιά αυτά πολυπλέκονται σε μια κοινή ανοδική σύνδεση η οποία επικοινωνεί με έναν ATM διακόπτη.



Εικόνα 65: POTS Splitter στο DSLAM

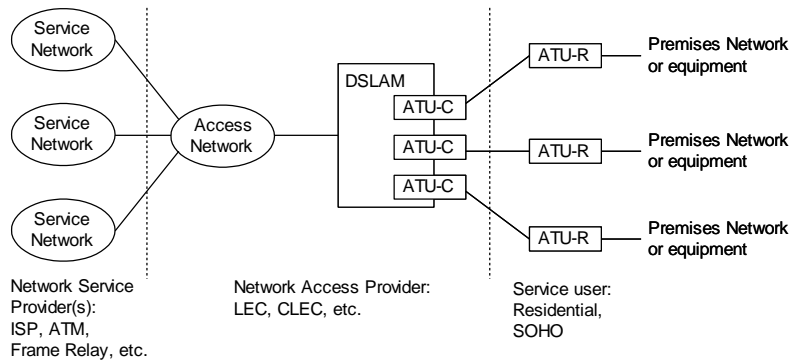
Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός ADSL δικτύου με έμφαση στο διαχωρισμό της τηλεφωνικής κίνησης από την ADSL κίνηση. Η ύπαρξη των POTS Splitter επιτρέπει την συνύπαρξη των ADSL σημάτων με τα τηλεφωνικά.

Είναι απαραίτητη η παρουσία ενός POTS Splitter και στις δύο άκρες του συνεστραμμένου καλωδίου. Στην μία άκρη της σύνδεσης το POTS Splitter συνδυάζει τα δύο σήματα, ενώ στην άλλη άκρη γίνεται ο διαχωρισμός των σημάτων. Ουσιαστικά, τα POTS Splitter αποτελούν συσκευές τριών θυρών περιέχοντας ένα δukaτευθυντήριο υπηπερατό φίλτρο και ένα δukaτευθυντήριο χαμηλοδιαβατό φίλτρο. Το POTS Splitter μπορεί να είναι είτε μερικώς είτε πλήρως ολοκληρωμένο σε ένα ATU-R ή ATU-C. Έτσι, από την πλευρά του DSLAM τα POTS Splitter αποτελούν ένα subrack στο οποίο γίνεται ο διαχωρισμός των σημάτων και τα τηλεφωνικά σήματα οδεύουν προς τον POTS διακόπτη ενώ τα ADSL σήματα οδηγούνται προς τα ATU-Cs όπου και πολυπλέκονται και διοχετεύονται στο δίκτυο κορμού. Η σχεδίαση ενός DSLAM βασίζεται σε τρεις κυρίως παράγοντες:

- Ο συνολικός αριθμός των απαιτούμενων DSL θυρών (access links)
- Ο συνολικός αριθμός των απαιτούμενων trunk θυρών (trunk links)
- Συνολική κίνηση που προσφέρεται στο διακόπτη (το άθροισμα όλων των ρυθμών των θυρών – total ports).

Το μέγεθος του DSLAM καθορίζεται από την ικανότητα διαχείρισης της κίνησης καθώς και από τον αριθμό των θυρών.

Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός ολόκληρης της αρχιτεκτονικής του δικτύου ADSL σε τρία μέρη, ιδίως από την σκοπιά του DSLAM. Το μοντέλο αυτό τα ATU-Rs, ή άλλες xDSL συσκευές όπως ένα HTU-R, συνθέτουν το Service user (SU) τμήμα του δικτύου. Τα ATU-Cs, HTU-Cs, ή άλλες διεπαφές του DSLAM συνθέτουν το Network Access Provider (NAP) τμήμα του δικτύου. Το δίκτυο πρόσβασης και γενικά τα δίκτυα μέσω των οποίων παρέχονται οι υπηρεσίες αποτελούν το Network Service Provider (NSP) τμήμα. Ο κεντρικός ρόλος του DSLAM σαν NAP είναι η πραγματοποίηση της σύνδεσης μεταξύ του χρήστη και του παροχέα της υπηρεσίας.

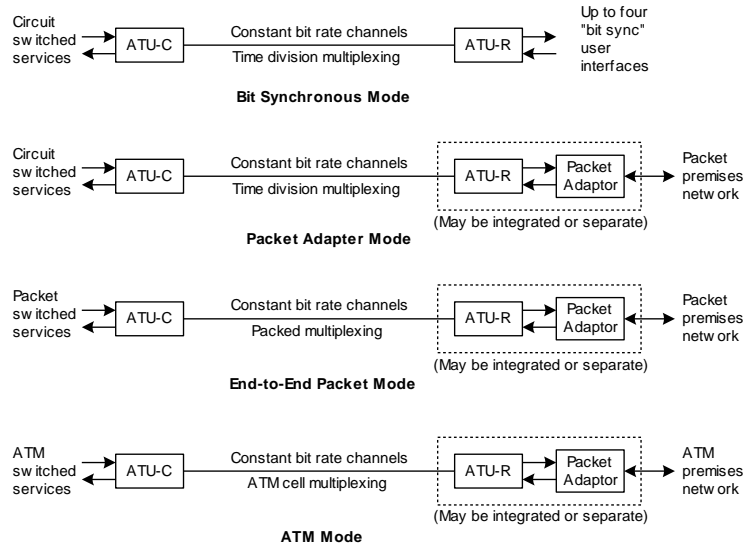


**Εικόνα 66: Αρχιτεκτονική δικτύου από την σκοπιά του DSLAM**

#### 6.4.4. Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο

Κατά την διάρκεια μιας ADSL σύνδεσης αποστέλλεται κάθε 17 msec ένα superframe (υπερπλαίσιο) (περίπου 59 το δευτερόλεπτο) που αποτελείται από 68 ADSL frames (πλαίσια). Τα ADSL πλαίσια περιέχουν και τα δύο “fast” (ήχος και βίντεο, που είναι ευαίσθητα σε καθυστερήσεις και απαιτούν οι καθυστερήσεις να είναι όσο το δυνατόν περιορισμένες) και “interleaved” (για παράδειγμα ιστοσελίδες, που είναι συνήθως ευαίσθητες σε σφάλματα αλλά ανεκτικές σε καθυστερήσεις) bits. Το ερώτημα που γεννιέται τώρα είναι τι βρίσκεται μέσα στα ADSL πλαίσια. Το ADSL Forum έχει

ορίζει τέσσερις διαφορετικούς τρόπους διανομής (distribution modes) για όλες τις xDSL τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένου και την ADSL. Οι τρόποι διανομής καθορίζουν ποια μορφή θα πάρουν τα bits μέσα στα ADSL πλαίσια πριν αποσταλούν. Στην επόμενη ερώτηση παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των τεσσάρων αυτών τρόπων διανομής.



**Εικόνα 67: Οι τέσσερις ADSL τρόποι διανομής**

Ο πρώτος τρόπος διανομής είναι ο bit synchronous mode που είναι ταυτόχρονα και ο πιο απλός. Ο όρος synchronous θέλει να δηλώσει ότι κάθε bit που τοποθετείται στον buffer (είτε πρόκειται για τον "fast" είτε για τον "interleaved" buffer δεδομένων) μιας συσκευής στο ένα άκρο της σύνδεσης (για παράδειγμα το ATU-R) θα εμφανιστεί στον buffer της συσκευής στο άλλο άκρο της σύνδεσης (το ATU-C). Το ADSL forum προτείνει ο "fast" buffer να λειτουργεί 10 φορές γρηγορότερα απ' ό τι ο "interleaved" buffer. Οι καθυστερήσεις αναφέρονται ότι πρέπει να είναι περίπου 2 msec για τα "fast" δεδομένα και 20 msec για τα "interleaved" δεδομένα. Στον bit synchronous mode μπορούν να συνδεθούν μέχρι τέσσερις "bit synch" συμμετρικές συσκευές σε ένα ATU-R, πράγμα που είναι λογικό μια και υπάρχουν τέσσερα downstream κανάλια (AS0-AS3). Το upstream κανάλι πρέπει να περιέχει τουλάχιστον ένα κανάλι ελέγχου (Control C channel). Η ADSL σύνδεση λειτουργεί πάντα με σταθερή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, αυτό που καλούμε constant bit rate (CBR). Η ADSL σύνδεση μπορεί να χωριστεί σε κανάλια χρησιμοποιώντας την τεχνική TDM (Time Division Multiplexing) δημιουργώντας time slots μέσα στα ADSL πλαίσια.

Ο δεύτερος τρόπος διανομής είναι ο packed adapter mode. Η μόνη διαφορά που υπάρχει, παρατηρείται στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή. Ειδικότερα, η διαφορά με το bit synchronous mode είναι ότι τώρα οι συσκευές στην πλευρά του χρήστη αποστέλλουν και λαμβάνουν πακέτα και όχι απλά συρμούς από bits. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να συνδεθεί από την πλευρά του χρήστη ένα SOHO ή και ένα τοπικό δίκτυο (LAN). Έτσι, πακέτα από πολλές πηγές και από πολλούς προορισμούς (στο δίκτυο του συνδρομητή) μπορούν να μοιραστούν ένα LS1 κανάλι σε μια ADSL σύνδεση. Βέβαια, το ATU-R χαρτογραφεί τα πακέτα σε σταθερά κανάλια, και στην περίπτωση που στην άλλη άκρη πίσω από το DSLAM βρίσκεται ένας Internet Router η επεξεργασία των πακέτων γίνεται πιο αποτελεσματική.

Ο τρίτος τρόπος διανομής του σχήματος είναι ο end-to-end packed mode. Η κύρια διαφορά με τον packed adapter mode είναι ότι τώρα τα πακέτα πολυπλέκονται μέσα

στο ADSL κανάλι. Τα πακέτα του χρήστη πρέπει να είναι τα ίδια με αυτά του παροχέα των υπηρεσιών στην άλλη άκρη της σύνδεσης. Το πρωτόκολλο στο οποίο βασίζεται αυτός ο τρόπος σύνδεσης είναι κυρίως το TCP/IP πρωτόκολλο.

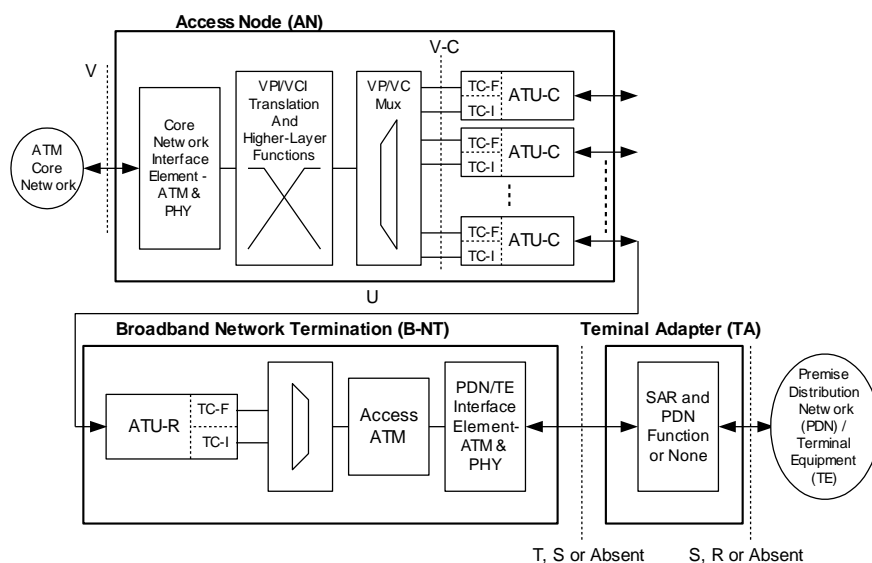
Ο τελευταίος τρόπος διανομής είναι ο Asynchronous transfer mode (ATM), ή καλύτερα end-to-end ATM mode. Εδώ η πληροφορία τοποθετείται σε ATM κελιά και όχι σε IP πακέτα. Από την μεριά του CO, το ATU-C μεταβιβάζει τα κελιά σε ένα ATM δίκτυο. Σημειώστε, πως μέσα στα ATM κελιά μπορεί να βρίσκονται IP πακέτα (Το ADSL forum έχει υιοθετήσει το IP point-to-point over ATM πρωτόκολλο για αυτόν τον τρόπο διανομής). Το ADSL δίκτυο πρέπει όμως να επεξεργαστεί τα ATM κελιά προκειμένου να δημιουργήσει τα ADSL πλαίσια.

### 6.4.5. ADSL και ATM

Για την μεταφορά ATM κελιών από πομποδέκτες σύμφωνους με τις ADSL PHY συστάσεις, θα πρέπει τα κανάλια να μπορούν να αρχικοποιηθούν ανεξάρτητα, σε οποιοδήποτε ρυθμό μετάδοσης ο οποίος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο των 32 Kbps μέχρι ένα ανώτατο ρυθμό που έχει καθοριστεί κατά την διαδικασία αποκατάστασης της κλήσης (start-up). Επίσης, για κάθε κανάλι ο ρυθμός μετάδοσης upstream και downstream μπορεί να καθοριστεί ανεξάρτητα το ένα από το άλλο.

Σύμφωνα με το T1.413 της ANSI και το G.992.1 της ITU, παρέχονται ένα “interleaved” κανάλι και ένα “fast” κανάλι που αντιστοιχούν σε κανάλια με χαμηλό ρυθμό εμφάνισης σφαλμάτων (BER: Bit Error Rate) αλλά με μεγάλη καθυστέρηση, καθώς και σε κανάλια με υψηλότερο ρυθμό εμφάνισης σφαλμάτων με μικρότερη όμως καθυστέρηση αντίστοιχα. Για την μεταφορά μόνο ATM πακέτων πάνω από ADSL, όλοι οι πομποδέκτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το ATM0 κανάλι (AS0 downstream και LS0 upstream).

Στην Εικόνα που ακολουθεί δείχνεται το μοντέλο αναφοράς ADSL για ATM μετάδοση. Το μοντέλο αυτό είναι βασισμένο στα τμήματα του ADSL PHY, συστάσεις που αναφέρονται στο μοντέλο αναφοράς συστήματος (System Reference Model) και στο μοντέλο ATM μετάδοσης (ATM transport mode).



Εικόνα 68: Μοντέλο αναφοράς ADSL για ATM μετάδοση

Παρόλο που η παραπάνω εικόνα δείχνει δύο κανάλια (“fast” και “interleaved”), δεν είναι υποχρεωτικό και τα δύο κανάλια να μεταφέρουν δεδομένα συγχρόνως. Τα δομικά στοιχεία AN και B-NT καθώς και τα σημεία αναφοράς V, U, T, S, και R της εικόνας ορίζονται στα T1.413, και στις συστάσεις I.413 και I.432 της ITU-T.

Ο Access Node (AN) λειτουργεί σαν πολυπλέκτης / συγκεντρωτής επιπέδου ATM ανάμεσα στο ATM δίκτυο κορμού και το δίκτυο πρόσβασης (Access Network). Στην καθοδική κατεύθυνση μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες δρομολόγησης / αποπολύπλεξης, ενώ στην ανοδική κατεύθυνση μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες πολύπλεξης / συγκέντρωσης καθώς και λειτουργίες που ανήκουν σε ανώτερο επίπεδο από το φυσικό.

Ο AN περιέχει ένα στοιχείο διεπαφής με το δίκτυο κορμού (Core Network Interface Element) το οποίο εκτελεί όλες τις λειτουργίες του επιπέδου ATM και του φυσικού επιπέδου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η διασύνδεση με το ATM δίκτυο κορμού (ATM core Network). Η μετάφραση του VPI/VCI καθώς και οι λειτουργίες ανωτέρου επιπέδου πραγματοποιούνται από τον πολυπλέκτη / αποπολυπλέκτη των VCs μεταξύ των ATU-Cs και του στοιχείου διεπαφής με το δίκτυο κορμού. Στην περίπτωση που ένα ATU-C υποστηρίζει και τα δύο τύπου κανάλια, δηλαδή τα “fast” και “interleave” κανάλια, τότε απαιτούνται δύο λειτουργίες υποεπιπέδου ATM TC. Επίσης θα πρέπει να εκτελεστούν λειτουργίες διαχείρισης της κίνησης προκειμένου να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή ρυθμού μεταξύ των διεπαφών V και U.

Το δομικό στοιχείο Broadband Network Termination(B-NT) εκτελεί τις λειτουργίες τερματισμού του ADSL σήματος που φτάνει στον χρήστη μέσω του συνεστραμένου καλωδίου, παρέχοντας είτε τις διεπαφές T, S και R προς το δίκτυο διανομής του χρήστη (Premises Distribution Network, PDN) ή την τερματική συσκευή (Terminal Equipment, TE).

Το ATU-R στο B-NT εκτελεί λειτουργίες τερματισμού/επαναδημιουργίας της γραμμής μετάδοσης καθώς και λειτουργίες TC-F ή/και TC-I. Τα δομικά στοιχεία Access ATM και VP/VC Mux εκτελούν λειτουργίες επιπέδου ATM προκειμένου να υποστηριχτούν τα επίπεδα TC-F και TC-I του ATU-R. Το B-NT μπορεί να περιέχει και λειτουργίες μετάφρασης του VPI/VCI πεδίου ώστε να υποστηρίζει πολύπλεξη / αποπολύπλεξη των VCs μεταξύ του ATU-R και του στοιχείου PDN/TE interface με βάση το VPI ή/και το VCI. Το στοιχείο PDN/TE, εάν είναι υπαρκτό, εκτελεί λειτουργίες του ATM επιπέδου και του PHY επιπέδου για την επικοινωνία του B-NT με το PDN/TE. Επίσης θα πρέπει να εκτελεστούν λειτουργίες διαχείρισης της κίνησης προκειμένου να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή ρυθμού μεταξύ των διεπαφών U και T ή S και R.

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

ADSL:	Asymmetrical Digital Subscriber Line.
ATM:	Asynchronous Transfer Mode.
ATU-C:	ADSL Transmission Unit, Central.
ATU-R:	Transmission Unit, Remote.
CAP:	Carrierless Amplitude/Phase Line Code.
CLEC:	Competitive Local Exchange Carrier.



CO:	Central Office.
DMT:	Discrete Multitone.
DSL:	Digital Subscriber Line.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer.
DWMT:	Discrete Wavelet Multitone.
FEXT:	Far End CrossTalk
FFT:	Fast Fourier Transform
FR:	Frame Relay.
FTTC:	Fiber to the Curb.
FUNI:	Frame User Network Interface.
HDLC:	High-level Data Link Control.
HDSL:	High data rate Digital Subscribe Line.
IDSL:	ISDN-DSL.
ILEC:	Incumbent Local Exchange Carrier.
ISDN:	Integrated Services Digital Network.
ISDN BRI:	ISDN Basic Rate Interface.
ISP:	Internet Service Provider.
IP:	Internet Protocol
IPX:	Internet Packet eXchange
IXC:	Interexchange Carrier.
LAN	Local Area Network.
LEX:	Local Exchange Carrier.
LLC:	Logical Link Control.
MP:	Multichannel Protocol.
NAP:	Network Access Provider.
NEXT:	Near End CrossTalk.
NSP:	Network Service Provider.
ONU:	Optical Network Unit.
POTS:	Plain Old Telephone Service.
PPP:	Point-to Point Protocol.
QAM:	Quadrature Amplitude Modulation.
RADSL:	Rate Adaptive ADSL.
SDSL:	Symmetric Digital Subscriber Line.
TCP:	Transmission Control Protocol.

UDSL:	Unidirectional HDSL.
VDSL:	Very high data rate Digital Subscriber Line.
VPN:	Virtual Private Network.
WAN:	Wide Area Network: Private network

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:  
ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ /  
ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ



## 7. Δομημένη Καλωδίωση / Δικτυακές Συσκευές

### 7.1. ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Τα κάθε είδους κτίρια ανεξάρτητα από την αποστολή τους και το μέγεθός τους, από την αρχή της δεκαετίας του '70 άρχισαν να εφοδιάζονται εκτός από το ηλεκτρικό δίκτυο και με ένα συνεχώς επεκτεινόμενο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο. Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο στην σημερινή του μορφή είναι το δίκτυο μέσα από το οποίο ταξιδεύουν ρεύματα που μεταφέρουν σήματα διαφόρων κατηγοριών τα οποία δεν είναι κατ' αποκλειστικότητα μόνο τηλεφωνικά. Το δίκτυο των υπολογιστών είναι επίσης άλλο ένα τέτοιο δίκτυο όπως επίσης και τα δίκτυα ασφάλειας. Σε γενικές γραμμές τα δίκτυα που υπάρχουν σήμερα είναι:

1. Τηλεφωνικό με όλες τις νέες εφαρμογές
2. Ηλεκτρονικών υπολογιστών
3. Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου
4. Συστημάτων Ασφαλείας
5. Συστημάτων Ανακοινώσεων, Μουσικής, Video κλπ

Η αύξηση του αριθμού των διαφόρων δικτύων οφείλεται στις δυνατότητες που παρέχει σε νέες οικονομικές εφαρμογές η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των επικοινωνιών και η διαμόρφωση νέων κοινωνικών συνθηκών και αναγκών.

Η έκταση των δικτύων οφείλεται στην ανάγκη της διασυνδέσεως μεταξύ των νέων και κατά κανόνα δαπανηρών συσκευών, ούτως ώστε πρόσβαση στη χρήση τους να έχουν πολλοί χρήστες εγκατεστημένοι σε διαφορετικές θέσεις μέσα στο ίδιο κτίριο ή σε συγκροτήματα κτιρίων. Η σύγχρονη ή εναλλάξ κοινή χρήση των συσκευών μπορεί να γίνεται διότι αυτή εξ ορισμού είναι η αποστολή τους. Μπορεί να γίνεται όμως και για την καλύτερη οικονομική αλλά και επιχειρησιακή εκμετάλλευσή τους ή και για όλους τους λόγους μαζί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ένας Ηλεκτρονικός Υπολογιστής με τις διάφορες τερματικές και περιφερειακές του μονάδες, ένα σύστημα ασφαλείας με τα αισθητήρια του ή ακόμα και η κλειδαριά μιας εξωτερικής πόρτας που πρέπει να ανοίγει από διαφορετικά σημεία του κτιρίου.

Η εξελικτική αυτή πορεία δημιούργησε έναν κυκεώνα από πολλά ανεξάρτητα μεταξύ τους ηλεκτρικά δίκτυα τα οποία άρχισαν να δημιουργούν δυσεπίλυτα προβλήματα και στη σχεδίαση αλλά και στην χρήση και εκσυγχρονισμό τους.

Κατ' αρχάς, δεν ήταν δυνατόν να σχεδιαστεί καθένα από αυτά χωρίς να είναι γνωστό από την αρχή με ακρίβεια η χρήση κάθε χώρου εντός του κτιρίου και η ακριβής θέση εγκατάστασης του κάθε μηχανήματος ή συσκευής. Από την άλλη, για κάθε δίκτυο χρησιμοποιούνται τελείως διαφορετικά καλώδια ενώ τα υλικά τερματισμού και συνδέσεως των καλωδίων ακολουθούν την ίδια και μεγαλύτερη πολυμορφία. Συνήθως παρατηρείται και το φαινόμενο μηχανήματα που προορίζονται για την ίδια ακριβώς λειτουργία και προέρχονται από διαφορετικού κατασκευαστές, να πρέπει να συνδεθούν με ξεχωριστό τρόπο στο δίκτυο ή ακόμα και να μην συνεργάζονται αρμονικά με άλλες συσκευές του δικτύου. Ένας επιπρόσθετος παράγων που προέκυψε και που έκανε τον μέχρι τώρα σχεδιασμό των δικτύων να οδηγεί σε αδιέξοδο, είναι η πολύ γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας των τηλεπικοινωνιακών και

ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η εξέλιξη αυτή είχε σαν αποτέλεσμα τα μηχανήματα να μορφοποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα με αποτέλεσμα πολλές φορές ολόκληρο το δίκτυο να απαιτεί επανεγκατάσταση.

Για τους λόγους αυτούς, γεννήθηκε η ανάγκη για ένα κοινό πρότυπο πάνω στο οποίο θα βασιζόταν η σχεδίαση των δικτύων.

## 7.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Τα προβλήματα που υπήρχαν, οδήγησαν σταδιακά στην επινόηση ενός τύπου ενιαίου, στοιχειωτού (modular) και ανεξαρτήτως μεγέθους, απλού στην κατασκευή δικτύου, το οποίο με απλό τρόπο να καλύπτει τις ανάγκες ενός κτιρίου στον τομέα της επικοινωνίας. Καίριο σημείο στην κατασκευή του δικτύου είναι η αντοχή στο πέρασμα του χρόνου. Φυσικά οι απαιτήσεις μας δεν είναι δυνατόν να είναι μακροπρόθεσμες, αλλά το χρονικό διάστημα μιας δεκαετία είναι το ιδανικό. Τα κύρια χαρακτηριστικά του νέου αυτού τύπου δικτύου, το οποίο λόγω της κατασκευής του επικράτησε να λέγεται «Δομημένη Καλωδίωση», είναι τα ακόλουθα:

1. Το δίκτυο καλύπτει επιτυχώς τις απαιτήσεις των τηλεπικοινωνιακών συσκευών και ακολουθεί το κτίριο για περισσότερο από 10 χρόνια χωρίς την ανάγκη μετατροπών ή αχρηστεύσεως τμημάτων του δικτύου.
2. Εάν υπάρχει ανάγκη επεκτάσεως, αυτή να γίνεται εύκολα και χωρίς ή με ελάχιστες διαταραχές στο υφιστάμενο δίκτυο.
3. Τα δομικά υλικά του δικτύου είναι απολύτως τυποποιημένα, κατασκευάζονται βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών και η αποδέσμευση λόγω της τυποποίησης από συγκεκριμένους κατασκευαστές, έκανε τις τιμές ανταγωνιστικότερες και την διαθεσιμότητα των υλικών μεγαλύτερη.
4. Το δίκτυο είναι εξ ορισμού τελείως ανεξάρτητο από την τεχνολογία κατασκευής και την προέλευση των μηχανημάτων που θα συνδεθούν μέσω αυτού. Το δίκτυο επίσης μπορεί να σχεδιαστεί χωρίς να υπάρχει λεπτομερής γνώση για το είδος, τον τρόπο λειτουργίας, την ακριβή θέση και τον αριθμό των συσκευών που πρόκειται να εγκατασταθούν. Το δίκτυο δηλαδή, όσον αφορά την σχεδίαση και εγκατάσταση, γίνεται τελείως ανεξάρτητο από τα μηχανήματα που συνδέει και οι μηχανικοί δικτύων δεν απαιτείται πέραν των γενικών γνώσεων να κατέχουν πλήρως τα της λειτουργίας των μηχανημάτων αυτών ούτε με λεπτομέρεια τις θέσεις εγκαταστάσεως.
5. Όλα τα μηχανήματα πλην των τερματικών συσκευών είναι συγκεντρωμένα, ούτως ώστε τόσο η συντήρηση όσο και η διαχείριση να γίνονται ταχύτερα, απλούστερα και με ελάχιστη παρενόχληση από τους χρήστες.
6. Η αρχιτεκτονική του δικτύου είναι Ιεραρχικού Αστέρος. Δηλαδή όλα τα καλώδια ξεκινούν από τον κατανεμητή και καταλήγουν στις πρίζες χωρίς να έχουν ενδιάμεσες συνδέσεις ή διακλαδώσεις. Εάν υπάρχει λόγος οι κατανεμητές να συνδεθούν με κεντρικότερο κατανεμητή η σύνδεση γίνεται πάλι με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή, οι μικροί κατανεμητές συνδέονται με τον κεντρικότερο κατανεμητή με ευθείες διαδρομές καλωδίων. Εάν απαιτείται σύνδεση με ακόμη κεντρικότερο κατανεμητή, αυτό επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο.

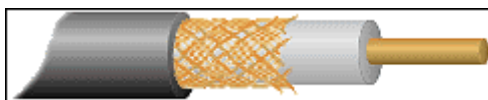
## 7.3. ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Διάφορα φυσικά μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματική μετάδοση. Το καθένα από αυτά έχει τη δική του θέση όσον αφορά στο εύρος ζώνης, στην καθυστέρηση, στο κόστος και στην ευκολία εγκατάστασης και συντήρησής τους. Τα μέσα αυτά διακρίνονται σε διπλαγωγούς, ομοαξονικά καλώδια και οπτικές ίνες.

### 7.3.1. Ομοαξονικό Καλώδιο

Ένα σύνηθες μέσο μετάδοσης είναι το ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable). Το ομοαξονικό καλώδιο επινοήθηκε το 1929 και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1941 από την AT&T για την εγκατάσταση της διηπειρωτικής επικοινωνίας.

Αποτελείται από έναν εσωτερικό αγωγό ο οποίος περιβάλλεται από μονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό περιβάλλεται από κυλινδρικό αγωγό ο οποίος έχει τη μορφή ενός πυκνού πλέγματος. Ο εξωτερικός αγωγός καλύπτεται με τη σειρά του από ένα πλαστικό προστατευτικό κάλυμμα. Και οι δυο αγωγοί μοιράζονται έναν κεντρικό άξονα και για το λόγο αυτό ονομάζεται ομοαξονικό καλώδιο.



Εικόνα 69: Ομοαξονικό καλώδιο

Το ομοαξονικό καλώδιο έχει εύρος ζώνης τα 400Mhz και είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στην εξωτερική παρεμβολή. Χρησιμοποιείται για να συνενώσει αποστάσεις 300-600 μέτρων και το κόστος του είναι χαμηλό. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως στην αγορά. Τα μειονεκτήματά του είναι ότι είναι αρκετά χοντρό για καλώδιο και ότι μερικές φορές είναι δύσκολο στην εγκατάσταση. Ο πιο κοινός τύπος connector που χρησιμοποιείται είναι ο BNC (Byone-Neil-Concelman).



BNC connector

Υπάρχουν δύο είδη ομοαξονικού καλωδίου. Το λεπτό ομοαξονικό καλώδιο και το χοντρό.

Το λεπτό αναφέρεται και ως thinnet και το πρότυπο στο IEEE που το διαχειρίζεται είναι το 10Base2. Το 2 στην ονομασία υποδεικνύει ότι η μέγιστη απόσταση κάλυψης είναι τα 200 μέτρα. Χρησιμοποιείται συνήθως σε σχολικά δίκτυα.

Το χοντρό ομοαξονικό καλώδιο (thick coaxial cable) αναφέρεται και ως thicknet περιγράφεται από το 10Base5 πρότυπο του IEEE. Όπως και πριν, το 5 αναφέρεται στα 500 μέτρα δυνατής απόστασης. Το επιπλέον χαρακτηριστικό που έχει, είναι ένα επιπρόσθετο κάλυμμα το οποίο το προστατεύει από την υγρασία. Είναι άκαμπτο και δύσκολο στην εγκατάσταση και χρησιμοποιείται συνήθως σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων.

Το ομοαξονικό καλώδιο θεωρείται ως ένα από τα πιο ευέλικτα μέσα μετάδοσης και οι πιο σημαντικές εφαρμογές του είναι:

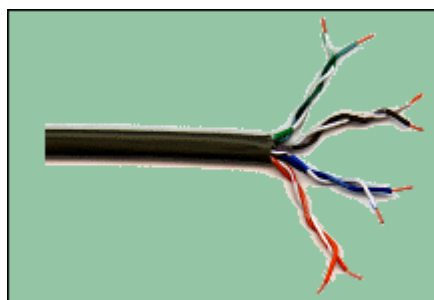
- Η μακρινής αποστάσεως τηλεφωνία και μετάδοση τηλεοπτικού σήματος
- Η διανομή τηλεοπτικού σήματος
- Η καλωδίωση τοπικών δικτύων
- Η μικρού μήκους σύνδεση συστημάτων

Εξαιτίας της μόνωσης του και της ομόκεντρης κατασκευής του, το ομοαξονικό καλώδιο επηρεάζεται λιγότερο από τις παρεμβολές και τον θόρυβο από ότι το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους.

### 7.3.2. Καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους

Ένα καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους αποτελείται από δύο μονωμένα χάλκινα σύρματα τοποθετημένα σε μία κανονική σπειροειδή διάταξη. Ένα ζεύγος συρμάτων αυτού του είδους αποτελεί ένα μοναδιαίο επικοινωνιακό σύνδεσμο. Συνήθως ένας αριθμός από τέτοια ζεύγη ομαδοποιούνται σε ένα καλώδιο τυλίγοντας τα με μία ανθεκτική προστατευτική επικάλυψη. Όταν πρόκειται για μεγάλες αποστάσεις τα καλώδια μπορούν να περιέχουν εκατοντάδες ζευγών. Η συστροφή των ανεξάρτητων ζευγαριών ελαχιστοποιεί την ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή μεταξύ τους. Το πάχος των συρμάτων ενός ζευγαριού μπορεί να είναι από 0.016 έως 0.036 ίντσες.

Το συνεστραμμένο ζεύγος αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέσο μετάδοσης τόσο αναλογικών όσο και ψηφιακών δεδομένων. Αποτελεί την βάση του τηλεφωνικού συστήματος και χρησιμοποιείται και για την δημιουργία τοπικών δικτύων. Όταν μεταδίδονται μέσω του ζεύγους αναλογικά σήματα είναι απαραίτητη η χρήση ενισχυτών κάθε 5 με 6 χιλιόμετρα. Στην περίπτωση μετάδοσης ψηφιακών σημάτων είναι απαραίτητη η χρήση επαναληπτών κάθε 2 ή 3 χιλιόμετρα. Το ζεύγος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στις παρεμβολές και στον θόρυβο που προέρχονται από ηλεκτρομαγνητικά πεδία.



**Εικόνα 70: Συνεστραμμένο ζεύγος**

Οι διπλαγωγοί προσφέρουν ευκολία στην εγκατάσταση και είναι ικανοί για συνδέσεις μέχρι 100 μέτρα. Είναι η πιο δημοφιλής επιλογή για σχολικά δίκτυα. Διακρίνονται σε 5 κατηγορίες βάσει χαρακτηριστικών.

- Category 1 Voice Only (Telephone Talk)
- Category 2 Data to 4Mbps (Local Talk)
- Category 3 Data to 10Mbps (Ethernet)
- Category 4 Data to 20Mbps (16Mbps Token Ring)
- Category 5 Data to 100Mbps (Fast Ethernet)



### Category 6 Data to 1Gbps (Gigabit Ethernet)

Η κατηγορία 5 συναντάται συνήθως σε 10Mbps Ethernet δίκτυα. Το πρωτόκολλο που περιγράφει την μετάδοση πάνω από διπλαγωγούς κατηγορίας 3,4 και 5 είναι το 10BaseT του IEEE 802.3i. Ο συνήθης connector για έναν διπλαγωγό είναι ο RJ-45, ο οποίος μοιάζει με τους τηλεφωνικούς connectors.

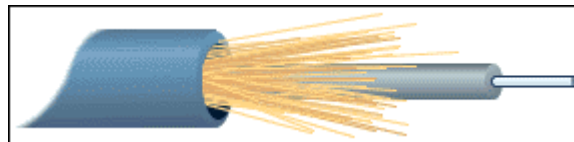


RJ-45 connector

Παρ' όλο που οι διπλαγωγοί συνήθως 'συνδέονται' με την οικιακή χρήση, απαντώνται και σε εγκατάσταση οριζοντίου δικτύου LAN επειδή είναι φθηνότερο από το ομοαξονικό καλώδιο.

### 7.3.3. Οπτική Ίνα

Η οπτική ίνα είναι ένα λεπτό (2 έως 125  $\mu\text{m}$ ), εύκαμπτο μέσο ικανό να μεταφέρει μία οπτική ακτίνα. Για την κατασκευή της χρησιμοποιείται πλαστικό και γυαλί διαφόρων ειδών. Ένα καλώδιο οπτικής ίνας έχει κυλινδρικό σχήμα και αποτελείται από τρεις ομόκεντρους τομείς, τον πυρήνα (core), την επένδυση (cladding) και το χιτώνιο (jacket). Ο πυρήνας είναι ο εσωτερικότερος τομέας και αποτελείται από μία ή περισσότερες πολύ λεπτές ίνες γυαλιού ή πλαστικού. Κάθε ίνα έχει την δική της επένδυση από γυαλί ή πλαστικό με οπτικές ιδιότητες διαφορετικές από αυτές του πυρήνα. Το χιτώνιο είναι ο εξωτερικός τομέας του καλωδίου και περικλείει τις επενδυμένες ίνες. Αποτελείται από πλαστικό και άλλα υλικά με στόχο την προστασία των ινών από περιβαλλοντικούς κινδύνους όπως η υγρασία, οι πιέσεις κ.λπ.



Εικόνα 71: Οπτική Ίνα

Η κατασκευή πρακτικών επικοινωνιακών συστημάτων οπτικής ίνας αποτέλεσε μία από τις μεγαλύτερες προόδους στον τομέα της μετάδοσης δεδομένων. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα καλώδια οπτικών ινών από τα δύο προηγούμενα είδη καλωδίων είναι:

- Μεγαλύτερο εύρος ζώνης
- Μικρό μέγεθος και βάρος
- Μικρή εξασθένηση σήματος
- Προστασία έναντι ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών
- Μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ επαναληπτών

Η χρήση καλωδίων οπτικών ινών είναι ιδιαίτερα ευεργετική για τις παρακάτω πέντε βασικές κατηγορίες εφαρμογών:

1. Κεντρικούς διαύλους μεγάλου μήκους (Long haul trunks). Οι δίαυλοι αυτοί έχουν μέσο μήκος 1500 χιλιόμετρα και μεταφέρουν 20 έως 60 χιλιάδες κανάλια φωνής.
2. Κεντρικούς διαύλους αστικής περιοχής (Metropolitan trunks). Οι δίαυλοι αυτοί έχουν μέσο μήκος 12.5 χιλιόμετρα και μεταφέρουν έως 100 χιλιάδες κανάλια φωνής.
3. Κεντρικούς διαύλους επαρχιών (Rural exchange trunks). Οι δίαυλοι αυτοί έχουν μήκος από 40 έως 160 χιλιόμετρα και μεταφέρουν έως 5 χιλιάδες κανάλια φωνής, χρησιμοποιούνται δε στην σύνδεση επαρχιακών πόλεων και χωριών.
4. Τοπικούς βρόγχους (Local loops). Τοπικός βρόγχος είναι η σύνδεση από το κέντρο στον συνδρομητή. Η χρήση οπτικών ινών σε αυτές τις συνδέσεις επιτρέπει την μεταφορά προς τον συνδρομητή όχι μόνο φωνής και δεδομένων αλλά και ακίνητης και κινούμενης εικόνας.
5. Τοπικά δίκτυα. Η χρήση οπτικών ινών στα τοπικά δίκτυα επιτρέπει ταχύτητες άνω των 100 Mbps και υποστήριξη εκατοντάδων σταθμών.

Η οπτική ίνα μεταδίδει μία ακτίνα φωτός μέσω του φαινομένου της ολικής εσωτερικής ανάκλασης (total internal reflection). Η ολική εσωτερική ανάκλαση απαντάται σε κάθε διαφανές μέσο που έχει υψηλότερο δείκτη refraction από το περιβάλλον μέσο. Το φως από κάποια πηγή εισέρχεται στον γυάλινο ή πλαστικό πυρήνα της ίνας και οι ακτίνες με μικρή ακτίνα ανακλώνται και μεταδίδονται κατά μήκος της ίνας ενώ όλες οι άλλες ακτίνες απορροφούνται από την επένδυση. Αυτό το είδος ονομάζεται πολύτροπη (multimode) μετάδοση, λόγω της πληθώρας των γωνιών που επιτρέπουν την ανάκλαση.

Όσο μειώνεται η ακτίνα του πυρήνα της οπτικής ίνας τόσο λιγότερες γωνίες προκαλούν ανάκλαση. Αν η ακτίνα του πυρήνα μειωθεί στην τάξη μεγέθους του μήκους κύματος τότε μόνο μία γωνία μπορεί να ανακλαστεί και είναι αυτή που αντιστοιχεί στην αξονική ακτίνα (axial ray). Ο τρόπος αυτό μετάδοσης ονομάζεται μονοτροπική (single mode) μετάδοση.

Η μονοτροπική μετάδοση έχει πολύ καλύτερη απόδοση από την πολυτροπική. Κατά την πολυτροπική μετάδοση υπάρχουν πολλαπλά μονοπάτια μετάδοσης με διαφορετικό μήκος και συνεπώς χρόνο διαδρομής μέσα στην οπτική ίνα. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον επηρεασμό του ρυθμού ορθής λήψης των δεδομένων. Κατά την μονοτροπική μετάδοση υπάρχει μόνο ένα μονοπάτι μετάδοσης και έτσι αποφεύγεται το παραπάνω πρόβλημα.

Υπάρχει και ένας τρίτος, ενδιάμεσος, τρόπος μετάδοσης που ονομάζεται πολυτροπική βαθμωτού δείκτη (multimode graded index) μετάδοση. Σε αυτή η ανάκλαση είναι μεταβλητή επιτρέποντας έτσι την αποδοτικότερη εστίαση των ακτίνων.

Στα οπτικά συστήματα ως πηγές φωτός χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί μηχανισμοί, το LED (Light Emitting Diode) και το ILD (Injection Laser Diode). Το LED είναι πιο φθηνό, λειτουργεί σε μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών και έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Το ILD είναι πιο αποδοτικό και μπορεί να υποστηρίξει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Σαν αποδέκτης των φωτεινών κυμάτων χρησιμοποιείται η φωτοδίοδος και πιο συγκεκριμένα οι τύποι PIN και APD. Η βασική λειτουργία των αποδεκτών αυτών είναι η μέτρηση των φωτονίων που καταφθάνουν μέσω της οπτικής ίνας.

Ανεξάρτητα από την πηγή φωτός και τον τρόπο μετάδοσης που χρησιμοποιείται, έχει παρατηρηθεί ότι το φως μεταδίδεται καλύτερα όταν επιλέγονται τρία ξεχωριστά "παράθυρα" μήκους κύματος με κέντρο τα 850, 1300 και 1500 nm.

#### 7.3.4. Μικροκυματική ζεύξη

Μια μικροκυματική ζεύξη αποτελείται από δύο κεραιές μικροκυμάτων που έχουν σχήμα παραβολικού «πιάτου» και οι οποίες βρίσκονται σε ευθεία θέασης (line of sight) η μία με την άλλη. Τα μικροκύματα μεταδίδονται μεταξύ τους μέσω μίας στενής ακτίνας, οι δε κεραιές συνήθως τοποθετούνται αρκετά υψηλότερα από το έδαφος ώστε να αυξάνεται η απόσταση μεταξύ τους και να γίνεται δυνατή η μετάδοση των μικροκυμάτων πάνω από παρεμβαλλόμενα εμπόδια. Για να επιτευχθεί μεγάλου μήκους μετάδοση γίνεται χρήση σειρών πολλαπλών πύργων αναμετάδοσης (relay towers) που σχηματίζουν έτσι μικροκυματικές συνδέσεις σημείου-προς-σημείο.

Η κύρια χρήση των επίγειων μικροκυματικών ζεύξεων είναι οι μεγάλου μήκους τηλεπικοινωνίες όπου οι ζεύξεις χρησιμοποιούνται σαν αντικαταστάτης του ομοαξονικού καλωδίου για την μεταφορά φωνής και τηλεοπτικού σήματος. Αν και η μικροκυματική ζεύξη απαιτεί προσανατολισμό των κεραιών σε γραμμή θέασης ωστόσο χρειάζεται μικρότερος αριθμός ενισχυτών ή επαναληπτών σε σχέση με το ομοαξονικό καλώδιο. Μια ακόμα χρήση των μικροκυματικών ζεύξεων είναι η μικρού μήκους σημείου-προς-σημείο σύνδεση κτιρίων για την μεταφορά τηλεοπτικού σήματος κλειστού κυκλώματος ή για την δημιουργία συνδέσεων δεδομένων μεταξύ τοπικών δικτύων.

Οι πιο κοινές συχνότητες που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση είναι μεταξύ 2 και 40 GHz, που δίνουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 2 έως και πάνω από 274 Mbps. Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα μετάδοσης τόσο μεγαλύτερος είναι ο δυνατός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων. Όπως και με κάθε άλλο σύστημα μετάδοσης η κύρια πηγή προβλημάτων στις ζεύξεις είναι η μείωση της ισχύς του σήματος. Η μείωση αυτή μεταβάλλεται σε σχέση με το τετράγωνο της απόστασης και επηρεάζεται πολύ από την βροχόπτωση. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ιδιαίτερα εμφανή όταν η συχνότητα μετάδοσης είναι μεγαλύτερη των 10 GHz. Η τοποθέτηση των ενισχυτών ή επαναληπτών σε ένα μικροκυματικό σύστημα γίνεται σε αποστάσεις μεταξύ 10 έως και 100 χιλιομέτρων.

Μία άλλη πηγή προβλημάτων είναι η παρεμβολή που προκαλείται λόγω επικάλυψης των περιοχών μετάδοσης. Για το λόγο αυτό η ανάθεση των ζωνών συχνοτήτων ελέγχεται πολύ αυστηρά. Για μεγάλου μήκους τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες χρησιμοποιούνται οι ζώνες των 4, 6 και 11 GHz ενώ για την διανομή σήματος για την καλωδιακή τηλεόραση χρησιμοποιείται η ζώνη των 12 GHz. Τέλος για την μικρού μήκους σύνδεση μεταξύ κτιρίων χρησιμοποιείται η ζώνη των 22 GHz.

#### 7.3.5. Δορυφορική ζεύξη

Ένας δορυφόρος τηλεπικοινωνιών είναι στην πραγματικότητα ένας σταθμός αναμετάδοσης μικροκυμάτων. Χρησιμοποιείται για την σύνδεση δύο ή περισσότερων επίγειων μικροκυματικών πομπών/δεκτών. Ο δορυφόρος δέχεται μεταδόσεις σε μία ζώνη συχνοτήτων (uplink), ενισχύει (σε περίπτωση αναλογικής μετάδοσης) ή επαναλαμβάνει (σε περίπτωση ψηφιακής μετάδοσης) το σήμα και το αναμεταδίδει σε

μία άλλη συχνότητα (downlink). Ένας τροχιακός δορυφόρος λειτουργεί σε έναν αριθμό ζωνών συχνοτήτων που ονομάζονται transponder channels.

Υπάρχουν δύο συνήθεις χρήσεις δορυφορικών ζεύξεων. Στην πρώτη περίπτωση, ο δορυφόρος παρέχει μια σύνδεση σημείου-προς-σημείο μεταξύ δύο απομακρυσμένων επίγειων σταθμών. Στη δεύτερη περίπτωση, παρέχει επικοινωνία μεταξύ ενός επίγειου πομπού και ενός αριθμού επίγειων δεκτών.

Για την επιτυχή λειτουργία ενός επικοινωνιακού δορυφόρου, υπάρχει η γενική απαίτηση να βρίσκεται σε σταθερή θέση σε σχέση με κάποιο επίγειο σημείο. Σε αντίθετη περίπτωση δεν θα μπορούσε να είναι συνέχεια στην γραμμή θέασης των επίγειων σταθμών του. Για την επίτευξη των παραπάνω θα πρέπει η περίοδος περιστροφής του να είναι ίση με την περίοδο περιστροφής της Γης. Η ισότητα αυτή επιτυγχάνεται σε ύψος 35.784 χιλιομέτρων.

Δύο δορυφόροι που λειτουργούν στο ίδιο εύρος ζώνης πρέπει να απέχουν μεταξύ τους ικανή απόσταση ώστε να μην προκαλούνται παρεμβολές. Η απόσταση αυτή είναι 4 μοίρες γωνιακής απόκλισης μετρημένης από την Γη για την ζώνη των 4/6 GHz και 3 μοίρες για την ζώνη των 12/14 GHz.

Ο τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος αποτελεί τεχνολογική επανάσταση αντίστοιχη με αυτή της χρήσης οπτικών ινών. Μεταξύ των πιο σημαντικών εφαρμογών του είναι:

- Η διανομή τηλεοπτικού σήματος
- Η τηλεφωνική μετάδοση μεγάλου μήκους
- Η δικτύωση ιδιωτικών επιχειρήσεων

Η βέλτιστη ζώνη συχνοτήτων για δορυφορικές ζεύξεις είναι μεταξύ 1 και 10 GHz. Κάτω από 1 GHz υπάρχει σημαντικός θόρυβος από φυσικές πηγές (γαλαξιακός, ηλιακός θόρυβος) ενώ πάνω από 10 GHz το σήμα χάνει σημαντικό μέρος της ισχύς του λόγω ατμοσφαιρικής απορρόφησης.

Οι περισσότεροι δορυφόροι που παρέχουν συνδέσεις σημείου προς σημείο χρησιμοποιούν για την μετάδοση από την Γη στο δορυφόρο συχνότητες στην ζώνη των 5,925 έως 6,425 GHz ενώ για την μετάδοση από τον δορυφόρο στη Γη χρησιμοποιούν συχνότητες με εύρος ζώνης από 3,7 έως 4,2 GHz. Αυτός ο συνδυασμός συχνοτήτων αναφέρεται σαν ζώνη των 4/6 GHz ή ζώνη C. Η διαφοροποίηση στις συχνότητες λήψης και μετάδοσης είναι αναγκαία ώστε να μην δημιουργούνται παρεμβολές.

Η μεγάλη όμως χρησιμοποίηση της ζώνης αυτής οδήγησε στην δημιουργία μίας καινούργιας ζώνης, ζώνη Ku, που κάνει χρήση των συχνοτήτων από 14 έως 14,5 GHz για uplink συνδέσεις και των συχνοτήτων 11,7 έως 12,2 GHz για τις downlink συνδέσεις. Αν και η ζώνη αυτή, που επίσης ονομάζεται ζώνη 12/14 GHz, βρίσκεται εκτός της βέλτιστης ζώνης συχνοτήτων, η δημιουργία της κρίθηκε απαραίτητη καθώς όλες οι άλλες συχνότητες, πέραν αυτών της ζώνης C παρουσίαζαν ισχυρές παρεμβολές λόγω των επίγειων μικροκυματικών ζεύξεων.

Οι δορυφορικές ζεύξεις παρουσιάζουν αρκετές ιδιαιτερότητες με πιο σημαντικές την καθυστέρηση διάδοσης που φτάνει τα 240 έως 300 ms από τον επίγειο πομπό έως τον επίγειο δέκτη και την broadcast φύση του μέσου.

### 7.3.6. Ραδιοφωνική Ζεύξη

Η βασική διαφορά μεταξύ της ραδιοφωνικής και της μικροκυματικής ζεύξης είναι ότι η πρώτη γίνεται προς κάθε κατεύθυνση ενώ η δεύτερη είναι εστιαζόμενη. Οι ραδιοφωνικές ζεύξεις χρησιμοποιούν συχνότητες της VHF και UHF ζώνης και συγκεκριμένα από 30 MHz έως 1 GHz. Εκτός των τυπικών χρήσεων τους, οι ραδιοφωνικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται και για την δημιουργία packet radio συστημάτων που κάνουν χρήση επίγειων κεραιών για την σύνδεση πολλών περιοχών σε ένα δίκτυο μετάδοσης δεδομένων.

Για την επικοινωνία ψηφιακών δεδομένων το κύριο μειονέκτημα που παρουσιάζει η χρήση ραδιοφωνικών ζεύξεων είναι ο μικρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, που βρίσκεται στη περιοχή των kilobit αντί για την περιοχή των megabit.

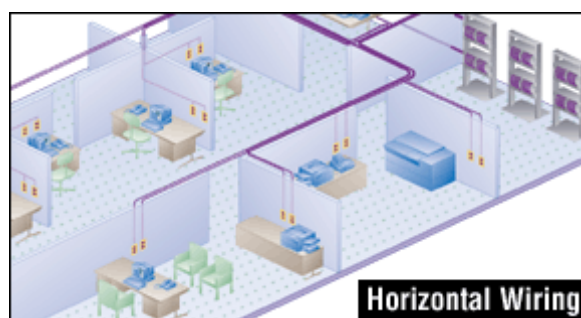
Η κύρια πηγή προβλημάτων των ραδιοφωνικών ζεύξεων είναι η παρεμβολή πολλαπλών μονοπατιών (multipath interference). Η ανάκλαση που προκαλούν τα φυσικά εμπόδια, το νερό καθώς και τα κατασκευασμένα από τον άνθρωπο αντικείμενα (κτίρια, αεροπλάνα, κ.λπ.), μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλά μονοπάτια μεταξύ πομπού και δέκτη, με αποτέλεσμα την επανάληψη του σήματος.

## 7.4. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στοιχεία της δομής του τηλεπικοινωνιακού συστήματος καλωδίωσης αποτελούν τα ακόλουθα υποσυστήματα:

### 7.4.1. Οριζόντια Καλωδίωση

Είναι το τμήμα του δικτύου που συνδέει τις τηλεπικοινωνιακές πρίζες των χώρων εργασίας, με τους κατανεμητές ορόφου. Περιλαμβάνει τον κατανεμητή ορόφου, τις καλωδιώσεις μεταξύ αυτού και των τηλεπικοινωνιακών πριζών, τις τηλεπικοινωνιακές πρίζες, τις διατάξεις τερματισμού των καλωδίων στους κατανεμητές ορόφου και τις πρίζες και την μεικτονόμηση με ενεργό εξοπλισμό.

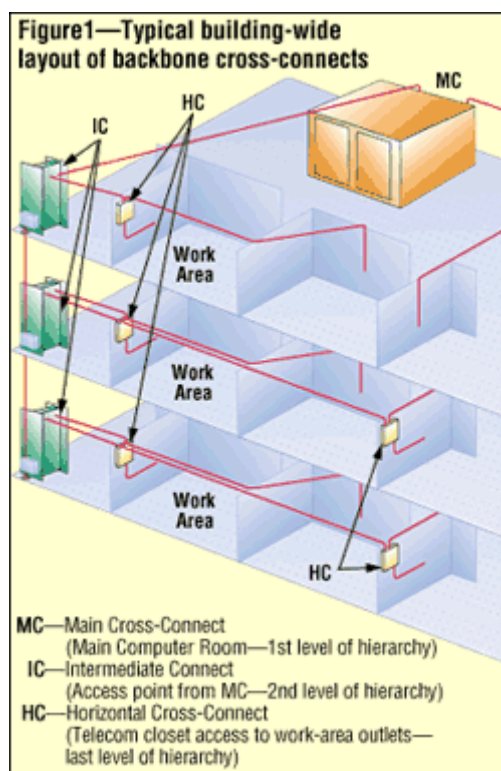


**Εικόνα 72: Οριζόντια Καλωδίωση**

Η τοπολογία της Οριζόντιας Καλωδίωσης Ορόφου είναι ιεραρχικού αστέρα, με κέντρο τον κατανεμητή ορόφου. Σε περιπτώσεις ορόφων με πολύ λίγες πρίζες, αυτές μπορούν να συνδεθούν στους κατανεμητές του προηγούμενου ή επόμενου ορόφου. Συνήθως τοποθετείται ένας τουλάχιστον κατανεμητής ανά όροφο ή επιφάνεια ορόφου 1000 τ.μ.

## 7.4.2. Κατακόρυφη Καλωδίωση

Η κατακόρυφη καλωδίωση προορίζεται να παρέχει διασυνδέσεις μεταξύ κατανεμητών ορόφων, χώρου τηλεπικοινωνιακών συσκευών και σημείου εισαγωγής στο κτίριο. Η κατακόρυφη καλωδίωση αποτελείται από τα καλωδιακά μέσα μετάδοσης, τα ενδιάμεσα και το κύριο σημείο μεικτονόμησης και τους μηχανικούς τερματισμούς των καλωδίων κορμού. Επίσης η κατακόρυφη καλωδίωση περιλαμβάνει και τα καλωδιακά μέσα μεταξύ κτιρίων, στην περίπτωση που οι κατανεμητές, η αίθουσα επικοινωνιακού εξοπλισμού και η εισαγωγή κτιρίου βρίσκονται σε διαφορετικά κτίρια.



**Εικόνα 73: Κατακόρυφη Καλωδίωση**

Σε κάθε κτίριο μπορεί να υπάρχουν περισσότερα του ενός συστήματα κατακόρυφης καλωδίωσης. Κατά την χάραξη των διόδευσεων της κατακόρυφης καλωδίωσης πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να αποφεύγεται η γειτνίαση με πηγές υψηλού επιπέδου ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Σε περίπτωση που αυτό είναι αδύνατο, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται καλώδιο οπτικών ινών.

Λόγω της πληθώρας των υπηρεσιών και του μεγέθους των εγκαταστάσεων που προορίζεται να εξυπηρετήσει η κατακόρυφη καλωδίωση, το πρότυπο αναγνωρίζει περισσότερα από ένα μέσα μετάδοσης, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά ή σε συνδυασμό στην κατακόρυφη καλωδίωση.

## 7.4.3. Υποσύστημα Θέσης Εργασίας

Τα στοιχεία που αποτελούν τη θέση εργασίας, εκτείνονται από το τέλος της οριζόντιας καλωδίωσης, που είναι η πρίζα, ως τον εξοπλισμό της θέσης εργασίας, που μπορεί να είναι οποιοσδήποτε τύπος συσκευών, όπως τηλέφωνα, τερματικά και υπολογιστές. Επειδή η καλωδίωση της θέσης εργασίας (από την πρίζα στη συσκευή)

είναι συνήθως προσωρινή, πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί εύκολα να αλλαχθεί. Η πρακτική που συνίσταται εδώ είναι το ελεύθερο καλώδιο.

Το μέγιστο μήκος του καλωδίου της θέσης εργασίας έχει καθοριστεί στα 3μ. Όμως το όριο αυτό μπορεί να αυξηθεί αρκεί να μην καταστρατηγείται ο περιορισμός για μέγιστη απόσταση 100μ. ( απόσταση πρίζας-κατανεμητή ορόφου +μήκος καλωδίου θέσης εργασίας) και να έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το οριζόντιο καλώδιο.

Όταν στη θέση εργασίας απαιτούνται προσαρμογές, αυτές πρέπει να γίνονται εξωτερικά στην πρίζα. Αυτό διευκολύνει την τήρηση ομοιομορφίας στην οριζόντια καλωδίωση και παρέχει τη δυνατότητα χρήσης της για διαφορετικούς τύπους συνδέσεων. Πρέπει πάντως να αναφερθεί ότι οι προσαρμογές δεν θεωρούνται μέρος του προτύπου και σε κάθε περίπτωση πρέπει να αποτελούν την εξαίρεση και όχι τον κανόνα.

Ο ελάχιστος αριθμός τηλεπικοινωνιακών παροχών είναι και δυο ανά θέση εργασίας και επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών των γραφειακών χώρων. Για περιπτώσεις χώρων ειδικής χρήσης πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να τοποθετηθούν περισσότερες εκτιμώμενες κατά περίπτωση.

#### 7.4.4. Κατανεμητής

Ο κατανεμητής γενικά είναι ένας χώρος σε κάθε όροφο ενός κτιρίου που προορίζεται για τη διασύνδεση της οριζόντιας καλωδίωσης με την κατακόρυφη καλωδίωση, ενώ μπορεί να αποτελεί ένα ενδιάμεσο ή το κύριο σημείο μεικτονόμησης για διαφορετικά τμήματα του συστήματος κατακόρυφης καλωδίωσης. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει το σημείο οριοθέτησης της καλωδίωσης, δηλαδή το ακραίο σημείο της καλωδίωσης που βρίσκεται στο σημείο εισαγωγής του κτιρίου. Οι κατανεμητές γενικά έχουν την λογική ότι οι τερματισμοί των καλωδίων πρέπει να γίνονται σταθερά σε οριολωρίδες, ενώ οι συνδέσεις του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού να γίνονται με μεικτονομήσεις.

Ο χώρος του κατανεμητή πρέπει να είναι αφιερωμένος μόνο σε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες και συναφείς λειτουργίες. Κανονικά στο χώρο του κατανεμητή δεν πρέπει να υπάρχουν άλλες ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις εκτός από εκείνες που είναι απαραίτητες για τις συσκευές τηλεπικοινωνιακών και γενικά ασθενών ρευμάτων.

Κάθε κτίριο πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον ένα κατανεμητή, χωρίς να υπάρχει άνω όριο στο πλήθος των κατανεμητών που μπορεί να υπάρχουν. Είναι προτιμητέο οι κατανεμητές να τοποθετούνται στο μέσον του ορόφου και του κτιρίου, έτσι ώστε να μειώνονται οι οριζόντιες αποστάσεις των καλωδίων.

Ένας κατανεμητής θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ανά όροφο. Πρόσθετοι κατανεμητές είναι δυνατόν να υπάρχουν όταν η εξυπηρετούμενη επιφάνεια του ορόφου υπερβαίνει κάποια όρια, τυπικά τα 1000τ.μ. ή η απόσταση του κατανεμητή από την πιο ακραία θέση εργασίας υπερβαίνει τα 90μ. Ο τοπικός κατανεμητής, στον οποίο καταλήγει η οριζόντια καλωδίωση του ορόφου πολλές φορές αναφέρεται και σαν «κατανεμητής ορόφου». Αν υπάρχουν περισσότεροι του ενός κατανεμητές στον όροφο, πρέπει να προβλεφθεί τουλάχιστον ένας καλωδιακός δρόμος σύνδεσης μεταξύ τους, κατά προτίμηση ο συντομότερος.

Ο χώρος του κατανεμητή μπορεί να είναι ένα μικρό, κλειστό δωμάτιο, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν χώρος συσκευών επικοινωνίας. Είναι φυσικό ο χώρος του κεντρικού κατανεμητή να είναι μεγαλύτερος από το χώρο ενός κατανεμητή ορόφου,

γιατί συνήθως στεγάζει και ένα πλήθος από απαραίτητες τηλεπικοινωνιακές συσκευές, καθώς και τον τερματισμό της οριζόντιας καλωδίωσης του ορόφου, στον οποίο βρίσκεται.

Οι διαστάσεις του χώρου του κατανεμητή καθορίζονται, κατά περίπτωση, ανάλογα με το μέγεθος του εξοπλισμού, που πρόκειται να στεγάσει. Μια ενδεικτική τιμή για κατανεμητή ορόφου είναι τα 5τ.μ. Και για κεντρικό κατανεμητή τουλάχιστον 10.τμ.

Κάθε κατανεμητής πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητα τα ακόλουθα παθητικά στοιχεία:

1. Μεταλλικό ικρίωμα με διαστάσεις επαρκείς για τη στέγαση των στοιχείων, που προορίζονται να αναρτηθούν σ' αυτό και με δυνατότητα ασφάλισης.
2. Σύνθετα πλαίσια μεικτονόμησης (modular patch panels) για τον τερματισμό της οριζόντιας καλωδίωσης.
3. Οπτικό κατανεμητή για τη σύνδεση οπτικών ινών της κατακόρυφης καλωδίωσης
4. Οριολωρίδες για τον τερματισμό πολύζευγων UTP κάθετων καλωδίων
5. Οδηγούς καλωδίων για την οργάνωση των καλωδίων μεικτονόμησης.

#### 7.4.5. Χώρος συσκευών επικοινωνίας

Ο χώρος συσκευών επικοινωνίας είναι το δωμάτιο εκείνο του κτιρίου, που φιλοξενεί τα κεντρικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα, που είναι απαραίτητο να συνδεθούν στο σύστημα καλωδίωσης ασθενών ρευμάτων του κτιρίου. Παρόλο που ο χώρος συσκευών επικοινωνίας σαφώς διαφέρει από τους κατανεμητές, λόγω της φύσης ή της πολυπλοκότητας του εξοπλισμού που περιέχει, πολλές ή όλες οι λειτουργίες ενός κατανεμητή και κυρίως του κεντρικού παρέχονται από το χώρο συσκευών επικοινωνίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο χώρος συσκευών επικοινωνίας περιέχει τον κεντρικό κατανεμητή του κτιρίου.

Κάθε κτίριο περιλαμβάνει ένα τουλάχιστον χώρο συσκευών επικοινωνίας. Πολλαπλοί χώροι συσκευών επικοινωνίας σ' ένα κτίριο είναι δυνατόν να υπάρχουν εφόσον απαιτείται, κάτι τέτοιο όμως δεν συνίσταται.

Το μέγεθος του χώρου αυτού υπολογίζεται με βάση τον όγκο των συστημάτων που θα εγκατασταθούν και τις απαιτήσεις τους σε ελεύθερο χώρο. Σε περίπτωση έλλειψης τέτοιων στοιχείων, η έκταση αυτού του χώρου εκτιμάται υπολογίζοντας για κάθε 100τ.μ. χώρου θέσεων εργασίας 1τ.μ. αυτού του χώρου.

Ο χώρος συσκευών επικοινωνίας πρέπει να βρίσκεται κοντά στην όδευση της καλωδίωσης κορμού με την οποία και συνδέεται. Κατά την επιλογή του χώρου πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η ευκολία επέκτασης της αρχικής του δομής, γι' αυτό επιθυμητό είναι να αποφεύγονται χώροι που βρίσκονται δίπλα σε ανελκυστήρες, φωταγωγούς κλπ. Επίσης πρέπει να αποφεύγεται η γειννίαση του χώρου με ισχυρές πηγές ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής. Φωτοτυπικά μηχανήματα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 3μ. από το χώρο των συσκευών επικοινωνίας.

Στο χώρο πρέπει να υπάρχει δυνατότητα κλιματισμού για τις ανάγκες των συσκευών και να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή εισροής σκόνης. ΑΝ το κεντρικό σύστημα κλιματισμού δεν λειτουργεί συνεχώς έτσι ώστε να καλύπτει τις ανάγκες των



συσκευών του χώρου, είναι προτιμητέο να εγκατασταθεί πρόσθετο αυτόνομο μηχανήματα κλιματισμού για το χώρο αυτό.

Η τροφοδοσία ισχύος του χώρου πρέπει να εξασφαλίζεται από ειδική παροχή ξεχωριστού πίνακα καθώς επίσης ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δίνεται στη σωστή γείωση. Αν υπάρχει η δυνατότητα συστήματος UPS, είναι καλύτερα η παροχή ισχύος να γίνεται από το UPS. Ένα UPS ισχύος μέχρι 100KVA μπορεί να εγκατασταθεί στον ίδιο χώρο, ενώ αν είναι μεγαλύτερης ισχύος πρέπει να προβλέπεται ξεχωριστός χώρος.

Για λόγους ασφαλείας πρέπει να απαγορεύεται η προσπέλαση στο χώρο από μη εξουσιοδοτημένα άτομα, γι' αυτό πρέπει να έχει τη δυνατότητα να κλειδώνει.

#### **7.4.6. Σημείο Εισαγωγής στο Κτίριο**

Το σημείο εισαγωγής αποτελείται από τα καλώδια, τον εξοπλισμό διασύνδεσης, για τις συσκευές προστασίας και οτιδήποτε άλλο εξοπλισμό απαιτείται για τη σύνδεση του κτιρίου με τον έξω κόσμο. Το σημείο εισαγωγής μπορεί να περιλαμβάνει και τις εισόδους των στοιχείων, που παρέχουν τυχόν δορυφορική σύνδεση.

Το σημείο εισαγωγής ουσιαστικά αποτελείται από την εισαγωγή του ΟΤΕ στο κτίριο, καθώς και το σημείο εισόδου, που παρέχει τη σύνδεση μεταξύ των κτιρίων (διακτιριακή) και στην ενδοκτιριακή κατακόρυφη καλωδίωση και λέγεται ενδοκτιριακό σημείο εισόδου. Το σημείο οριοθέτησης του δικτύου βρίσκεται στο χώρο αυτό και είναι το σημείο διασύνδεσης ανάμεσα στον κατανεμητή του ΟΤΕ από τη μια πλευρά και την εσωτερική καλωδίωση και τον εξοπλισμό δικτύου από την άλλη.

Η θέση του χώρου εισαγωγής, είναι προτιμότερο να βρίσκεται όσο πλησιέστερα γίνεται στην κατακόρυφη καλωδίωση. Ιδιαίτερος χώρος για το σημείο εισαγωγής δεν απαιτείται για κτίριο με χώρο θέσεων εργασίας μικρότερο από 2000 τ.μ. Στις περισσότερες περιπτώσεις ωστόσο, ο χώρος εισαγωγής του κτιρίου φιλοξενείται στον ίδιο χώρο που στεγάζει το χώρο συσκευών επικοινωνίας και το σημείο μεικτονόμησης.

Στα σημεία τερματισμού των καλωδίων εισόδου στο κτίριο συνίσταται η εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας με κατάλληλες διατάξεις για την προστασία των συσκευών που συνδέονται σ' αυτά.

#### **7.4.7. Γειώσεις**

Αναπόσπαστο στοιχείο ενός συστήματος καλωδίωσης αποτελούν οι γειώσεις που το προστατεύουν. Εκτός από την προστασία του ανθρώπινου προσωπικού και του εξοπλισμού από επικίνδυνες τάσεις, οι γειώσεις μπορούν να μειώσουν την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής από και προς το τηλεπικοινωνιακό σύστημα καλωδίωσης. Ακατάλληλη γείωση μπορεί να ευνοήσει παρεμβολή επαγωγικών τάσεων στα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα.

Στο σχεδιασμό του συστήματος γείωσης πρέπει οπωσδήποτε να ακολουθούνται οι οδηγίες και οι απαιτήσεις γείωσης των κατασκευαστών του εξοπλισμού. Επιπλέον κάθε κατανεμητής πρέπει να διαθέτει την κατάλληλη γείωση. Η γείωση πρέπει να είναι διαθέσιμη στα κριώματα, στα πλαίσια μεικτονόμησης, στον εξοπλισμό

συντήρησης και ελέγχου, στον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό και στον εξοπλισμό Η/Υ. Η γείωση πρέπει να είναι συνδεδεμένη στο ενιαίο σύστημα γείωσης του ηλεκτρικού συστήματος του χώρου, έτσι ώστε να είναι η ίδια για όλες τις συνδεδεμένες συσκευές.

- Τα κουτιά των κατανεμητών πρέπει να είναι γειωμένα για την ασφάλεια του προσωπικού, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας.
- Καλώδια FTP γειώνονται μόνον μέσω patch panel και όχι και από άλλα ενδιάμεσα σημεία του καλωδίου ή της πρίζας. Ορισμένοι κατασκευαστές που παρασκευάζουν μόνο UTP προϊόντα και προκειμένου να αποθαρρύνουν τη χρήση FTP καλωδίων, διαδίδουν ότι το καλώδιο FTP για μη δημιουργήσει προβλήματα απαιτεί γειώσεις όχι μόνο στα δύο άκρα του, αλλά και σε πολλά ενδιάμεσα σημεία. Αυτό θεωρητικά είναι αληθές. Στην πράξη όμως δεν μπορεί να γίνει εύκολα, αλλά και να γίνει, είναι πολύ πιθανόν ότι θα δημιουργήσει σοβαρές παρενέργειες λόγω ρευμάτων βρόγχου από την ενδεχόμενη ύπαρξη πολλαπλών μη ισοδυναμικών γειώσεων.
- Τα patch panels γειώνονται σε ειδικό αγωγό γείωσης επάνω στον οποί συνδέεται επίσης το σώμα του ικριώματος, το κουτί, οι πόρτες κλπ. Οι συνδέσεις γίνονται με πολύκλινα καλώδια γειώσεων ελάχιστης διατομής 2,5 χιλιοστών. Ο αγωγός της γείωσης του κουτιού ή του ικριώματος (Rack) με τη σειρά του και με πολύκλινα καλώδια γειώσεων ελάχιστης διατομής 6 χιλιοστών κατ' ελάχιστον, συνδέεται σε κάποιο κύριο σημείο γείωσης της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως.
- Στην περίπτωση που υπάρχουν στο δίκτυο πολλές γειώσεις πρέπει να είναι ισοδυναμικές ή να μην υπάρχει μεταξύ τους διαφορά μεγαλύτερη του 1V RMS.

## 7.5. ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

### 7.5.1. Hub

Το hub είναι μια δικτυακή συσκευή που επιτρέπει την διασύνδεση πολλών υπολογιστών σχηματίζοντας ένα δίκτυο. Είναι ένα μικρό τετράγωνο κουτί που τροφοδοτείται με ρεύμα από υποδοχή στον τοίχο. Οι υπολογιστές μπορούν να επικοινωνούν απευθείας ο ένας με τον άλλον μέσω αυτού του δικτύου.

Περιλαμβάνει μια σειρά από θύρες στις οποίες τοποθετούνται τα καλώδια του δικτύου. Μικρά hub μπορούν να εξυπηρετήσουν έως και τέσσερις υπολογιστές. Ο υπολογισμός γίνεται βάσει του αριθμού των θυρών που διαθέτει κάθε hub. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει έξτρα θύρα για τη διασύνδεση hub μεταξύ τους. Μεγαλύτερα hub μπορούν να έχουν από 8-24 θύρες. Το πιο συνηθισμένο είδος hub είναι το Ethernet hub.

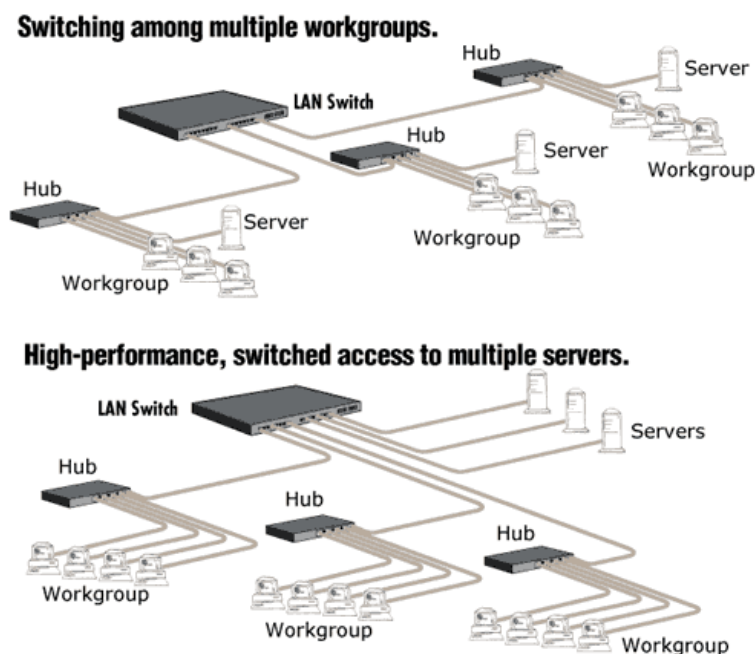
Τα hub θεωρούνται ως συσκευές επιπέδου 1 του OSI Model. Στο φυσικό επίπεδο, τα hub δεν προσφέρονται για ανεβασμένο επίπεδο δικτυακής επικοινωνίας, καθώς δεν διαβάζουν την πληροφορία που μεταφέρουν και δεν έχουν γνώση της προέλευσης και του προορισμού των πακέτων.

Τα hub διαχωρίζονται σε 3 κατηγορίες. Τα *παθητικά*, τα *ενεργητικά* και τα *έξυπνα*. Τα παθητικά hub ή αλλιώς ‘συγκεντρωτές’ απλά παραλαμβάνουν τα εισερχόμενα πακέτα και τα στέλνουν σε όλες τις συσκευές του δικτύου. Τα ενεργητικά hub ή ‘πολύθυροι επαναλήπτες’ ενισχύουν το ηλεκτρικό σήμα των εισερχόμενων πακέτων πριν τους διαδώσουν στο δίκτυο. Τα έξυπνα hub είναι ένα στάδιο ψηλότερα από τα ενεργά hub με την έννοια ότι είναι εύκολα αποθηκευσιμα και παρέχουν υποστήριξη από απόσταση.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των hub είναι το χαμηλό κόστος τους. Για το λόγο αυτό αποτελούν τον πιο οικονομικό και απλό τρόπο για την κατασκευή μικρών δικτύων. Μπορούν να λειτουργήσουν με dial-up καλώδιο καθώς και DSL υπηρεσίες. Τα εναλλακτικά των hub που είναι οι routers και οι switchers, παρατίθενται παρακάτω.

### 7.5.2. Switches (Μεταγωγής)

Η συσκευή switch είναι μια μικρή συσκευή που επιτυγχάνει διασύνδεση υπολογιστών σε χαμηλό επίπεδο. Τεχνικά, οι switches λειτουργούν στο επίπεδο 2 (Data Layer) του OSI Model. Οι συσκευές αυτές επιτρέπουν σε κάθε χρήστη να στέλνει πληροφορίες στο δίκτυο χωρίς να καθυστερεί τους άλλους χρήστες και χωρίς να επιβαρύνει τις λειτουργίες τους.



**Εικόνα 74: Switching**

Μοιάζουν πολύ με τα hub, αλλά είναι ικανά να επιβλέπουν τα πακέτα δεδομένων που παραλαμβάνουν, να επαληθεύουν τον αποστολέα και τον παραλήπτη και να τα προωθούν. Τα switches εξοικονομούν εύρος δικτύου με το να αποστέλλουν μηνύματα μόνο στην συσκευή που πρέπει και όχι σε ολόκληρο το δίκτυο.

### 7.5.3. Router (δρομολογητής)

Ως router θεωρούμε ένα ειδικού σκοπού υπολογιστή ο οποίος κατευθύνει τα πακέτα δεδομένων στο δίκτυο. Είναι συσκευές που μπορούν να ανιχνεύσουν εάν μέρος του

δικτύου δεν λειτουργεί ή βρίσκεται σε συμφόρηση και να επανακατευθύνουν την πληροφορία.

Οι routers επιτρέπουν την διασύνδεση δικτύων με διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ο router είναι η μόνη συσκευή που ουσιαστικά βλέπει κάθε μήνυμα που αποστέλλεται και από τις δύο πλευρές του δικτύου. Διασφαλίζει ότι η πληροφορία θα φτάσει στον προορισμό της και απαγορεύει την πρόσβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο, απαγορεύοντας μη αναγκαία πληροφορία να μεταφέρεται από δίκτυο σε δίκτυο. Οι routers συνδέουν πολλαπλά δίκτυα LAN και έχει πρόσβαση στις network addresses.

#### Typical applications:

Use a router to transmit data between multiple LANs running the same protocol but with different network identities (see the diagram below).

Use a bridge to separate or segment a LAN with high amounts of traffic but still allow communication among all connected devices when necessary.



**Εικόνα 75: Routing**

Ένας πίνακας απόφασης είναι ένα από τα βασικά εργαλεία του router για να γνωρίζει που θα αποσταλούν τα πακέτα. Αυτός ο πίνακας είναι μια συλλογή από πληροφορίες πάνω σε ποιες συνδέσεις οδηγούν σε ποια ομάδα διευθύνσεων, ποιες είναι οι προτεραιότητες των συνδέσεων καθώς και κανόνες για τη διαχείριση λειτουργιών ρουτίνας και εκτάκτων περιπτώσεων. Στην σύνθεση ενός router περιέχονται και κανόνες για τη διασφάλιση του δικτύου οι οποίοι όμως δεν είναι αρκετοί και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και firewalls.

Υπάρχουν δυο τύποι routing, ο στατικός και ο δυναμικός. Στατικό ονομάζουμε το routing όταν υπάρχει ένας σταθερός τρόπος που δρομολογούνται τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση του δικτύου. Αντίθετα, στον δυναμικό τρόπο, λαμβάνεται υπ' όψιν η κατάσταση δικτύου και υπάρχει επαναδρομολόγηση εάν αυτό κριθεί απαραίτητο.

#### 7.5.4. Bridges

Οι bridges χρησιμοποιούνται για να διασυνδέσουν LAN τουλάχιστον επιπέδου 2 του OSI Model. Διαθέτουν θύρες για να συνδεθούν τα δίκτυα μεταξύ τους. Πακέτα που λαμβάνονται σε μια θύρα είναι δυνατόν να αναμεταδοθούν από διαφορετική θύρα. Η bridge κρατάει στην μνήμη την διεύθυνση του πακέτου καθώς και τη θύρα από την οποία μεταδόθηκε. Στην συνέχεια ψάχνει στην μνήμη του για την διεύθυνση προορισμού. Εάν η διεύθυνση βρίσκεται στην μνήμη, τότε το πακέτο προωθείται. Εάν δεν βρεθεί η απαραίτητη πληροφορία στην μνήμη, τότε το πακέτο προωθείται από κάθε άλλη θύρα εκτός από την θύρα προέλευσης.

Οι bridges κατηγοριοποιούνται με διάφορους τρόπους. Ένας σύνηθες τρόπος διαχωρισμού είναι βάσει τις έκτασης της περιοχής που εξυπηρετούν. Έτσι, υπάρχουν

bridges που διασυνδέουν LAN σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και αποκαλούνται Remote Bridges καθώς και bridges που παρέχουν άμεση επικοινωνία μεταξύ δικτύων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή. Αυτές ονομάζονται Local Bridges.

Υπάρχουν επίσης και άλλου είδους bridges. ‘Transparent’, χρησιμοποιούνται συνήθως με Ethernet, Source-Route και κυρίως με Token Ring. ‘Translational’, που παρέχουν μεταφραστικές υπηρεσίες μεταξύ διαφορετικών τύπων αρχείων, και ‘Source-Route Transparent’, που επιτρέπουν επικοινωνία μεταξύ πρωτοκόλλων Token Ring και Ethernet.

Μειονέκτημα των bridges είναι ότι είναι αρκετά αργές συσκευές και πολλές φορές χάνουν δεδομένα που δεν είναι δυνατόν να επαναφερθούν. Switches και Routers αντικαθιστούν με γοργούς ρυθμούς τις bridges εξαιτίας της μεγαλύτερης ταχύτητας τους και της ικανότητά τους να διασυνδέουν διαφορετικού τύπου δίκτυα.

### **7.5.5. Gateways**

Οι gateways λειτουργούν στο υψηλότερο επίπεδο του OSI (Application Layer). Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση ανόμοιων δικτύων και εφαρμογών. Οι gateway αποτελούνται από software μετατροπής πρωτοκόλλων ικανού να επεξεργαστεί την πληροφορία με τρόπο που να γίνεται κατανοητή από τον παραλήπτη. Παρ’ όλο που αυτό θεωρείται μεγάλο πλεονέκτημα, οι gateway είναι πολύ αργές συσκευές στην μετάδοση δεδομένων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:  
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ –  
INTERNET OVER SATELITE



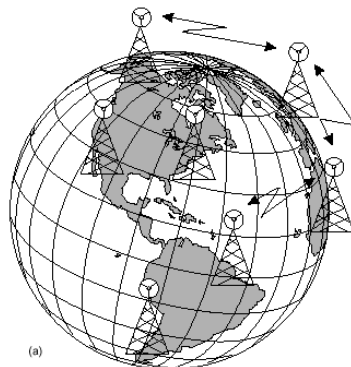


## 8. Δορυφορικές Επικοινωνίες – Internet over Satellite

Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος (communications satellite) ονομάζεται ένας μη επανδρωμένος τεχνητός δορυφόρος (unmanned artificial satellite) μέσω του οποίου επιτυγχάνονται υπηρεσίες μεγάλων αποστάσεων, τηλεοπτικής μετάδοσης (television broadcasting), τηλεφωνικών επικοινωνιών (telephone communications) και συνδέσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών (computer links). Οι δορυφόροι μπορούν να έχουν ενεργητικό ή παθητικό ρόλο. Δορυφόρος με ενεργητικό ρόλο συλλέγει δεδομένα ή σήματα, τα επεξεργάζεται και τα επανεκπέμπει στη γη. Αντίθετα, ένας παθητικός δορυφόρος απλά τα ανακλά.

Οι δορυφόροι εξυπηρετούν κυρίως τρεις σκοπούς: μελέτη του διαστήματος, εφαρμογές και τηλεπικοινωνίες. Για τη μελέτη του διαστήματος γίνονται μετρήσεις όπως του μαγνητικού πεδίου του ήλιου ή για τις διάφορες συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο σύμπαν. Οι εφαρμογές μπορεί να είναι μετεωρολογικές ή μετρήσεις των φυσικών πόρων της γης. Τέλος οι επικοινωνιακοί δορυφόροι μεταφέρουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, τηλεοπτικά κανάλια και πληροφορίες ελέγχου για τους δορυφόρους.

Η ανακάλυψη ότι το σχήμα της γης είναι σφαιρικό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι είναι αδύνατη η αποστολή ραδιοκυμάτων από ένα σημείο του πλανήτη σε ένα άλλο όταν δεν υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτό, για να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ δύο οποιονδήποτε σημείων, θα πρέπει να υπάρχουν ενδιάμεσα αναμεταδότες έτσι ώστε ανά δύο να έχουν οπτική επαφή (Εικόνα 76). Λόγω του ιδιαίτερου ανάγλυφου της γης, η χρήση αναμεταδοτών είναι είτε αδύνατη, είτε πολύ ακριβή.

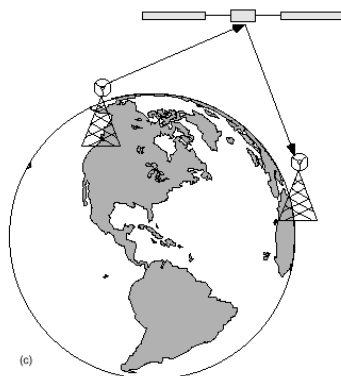


**Εικόνα 76: Επικοινωνία μεταξύ σημείων που δεν έχουν οπτική επαφή**

Μία άλλη εναλλακτική λύση για την αποκατάσταση επικοινωνίας μεταξύ δύο απομακρυσμένων σημείων είναι η χρήση της ατμόσφαιρας και της ιονόσφαιρας της γης. Εάν αποστείλουμε ραδιοσήματα προς την ατμόσφαιρα / ιονόσφαιρα, τότε μέρος του σήματος ανακλάται και επιστρέφει, με κάποια εξασθένιση προς την γη με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η λήψη του σήματος από σημεία που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση. Το πρόβλημα με τέτοιου είδους μεταδόσεις είναι το περιορισμένο εύρος ζώνης και το γεγονός ότι εξαρτώνται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που μεταβάλλονται συνεχώς με αποτέλεσμα η ποιότητα της επικοινωνίας να είναι απρόβλεπτη.

Υποθέτοντας ότι η ατμόσφαιρα απλά ανακλά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τότε και άλλα σώματα, όπως οι πλανήτες και τα αστέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκλαση των σημάτων. Μια διαφορετική προσέγγιση είναι η εγκατάσταση τεχνητών

σταθμών στο διάστημα οι οποίοι δέχονται τα ραδιοσήματα και τα αναμεταδίδουν προς κάποιο άλλο σημείο της γης. Αυτή είναι η βασική ιδέα με την οποία κατασκευάστηκαν οι δορυφόροι. Μπορούμε να φανταστούμε τους δορυφόρους ως τις συσκευές που παρεμβάλλονται ανάμεσα σε δύο σημεία που επιθυμούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους (Εικόνα 77).



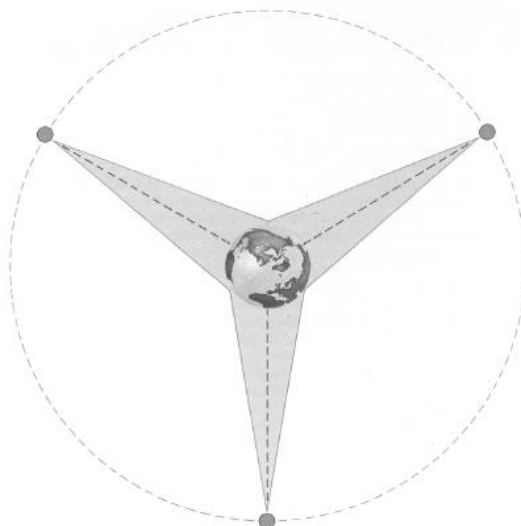
**Εικόνα 77: Επικοινωνία μέσω δορυφόρου**

Οι δορυφόροι χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές μεταφέροντας μεγάλες ποσότητες φωνής και δεδομένων, και παρέχοντας υπηρεσίες εύρεσης θέσης και πλοήγησης. Στους δορυφόρους μπορούμε να βρούμε χαρακτηριστικά που δεν υπάρχουν σε άλλα συστήματα επικοινωνιών. Το γεγονός ότι μπορούν και καλύπτουν μεγάλες περιοχές της γήινης επιφάνειας, δίνει την δυνατότητα επικοινωνίας σε απομακρυσμένα σημεία ή σε ομάδες χρηστών που βρίσκονται διασκορπισμένοι γεωγραφικά.

## **8.1. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: ΑΠΟ ΤΟΝ SYNCOM ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ COMSAT**

Η εκτόξευση του Syncom το 1963, του πρώτου δορυφόρου σε γεωστατική τροχιά, υπερνίκησε όλους τους περιορισμούς και σήμανε την αρχή μιας επικοινωνιακής επανάστασης. Αυτή τη στιγμή περισσότεροι από 180 απόγονοι βρίσκονται στην τροχιά που πρώτος ο Syncom διέγραψε. Λίγοι μπορούσαν να φανταστούν στις 26/7/1963 που έγινε η εκτόξευση τις συνέπειες που θα είχε ο δορυφόρος στις τηλεπικοινωνίες παγκοσμίως.

Η ιδέα, ότι ένα αντικείμενο πάνω από τον ισημερινό σε ύψος 36000 km και με ταχύτητα 11000 km/h θα είχε την ίδια γωνιακή ταχύτητα με τη γη, ξεκινάει το 1929 (H. Noordung). Για έναν παρατηρητή από το έδαφος ο δορυφόρος θα φαίνεται ακίνητος (γεωστατικός). Ο A. Clarke το 1945 υποστήριξε ότι 3 δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς σε ίσες αποστάσεις θα μπορούσαν να καλύψουν ολόκληρη τη γη τηλεπικοινωνιακά (Εικόνα 78). Το 1959 θεωρία άρχισε να γίνεται πραγματικότητα, όταν η Hughes Aircraft Company ανέλαβε την υλοποίηση του πολλά υποσχόμενου project.



**Εικόνα 78: Το μοντέλο του Clarke**

Οι δορυφόροι πριν από τον Syncom χρησιμοποιούσαν χαμηλές τροχιές, πράγμα που έκανε απαραίτητη την ύπαρξη μεγάλων κεραιών και ισχυρών υπολογιστών για τον προσδιορισμό της θέσης τους. Αντίθετα, ο γεωστατικός δορυφόρος βρίσκεται σε σταθερό σημείο, κάνοντας την επικοινωνία με τους σταθμούς εδάφους πιο εύκολη. Επιπλέον, ο δορυφόρος, βρίσκεται κατά το 99% της τροχιάς στο ηλιακό φως, ικανοποιώντας τις ανάγκες του σε ενέργεια. Στη συνέχεια υιοθετήθηκε και η τεχνική της περιστροφής του δορυφόρου για καλύτερη σταθεροποίηση.

Το 1961 η Hughes Aircraft Company υπέγραψε συμβόλαιο με τη NASA για την κατασκευή 3 δορυφόρων. Η εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου Syncom έγινε στις 14/2/1963. Ενώ αρχικά όλα πήγαν καλά, την τελευταία στιγμή η επικοινωνία χάθηκε και το σύστημα σταμάτησε να λειτουργεί. Οι τεχνικοί προσδιόρισαν τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν και προσπάθησαν στην δεύτερη έκδοση του δορυφόρου να τα απαλείψουν. Έτσι 5 μήνες αργότερα στις 26/7/1963 ο Syncom 2 κατάφερε να τεθεί σε τροχιά και με όλα τα συστήματα σε λειτουργία. Η εκτόξευση του τρίτου δορυφόρου της σειράς επισπεύστηκε, ώστε να μπορέσει να καλύψει τους Ολυμπιακούς αγώνες στο Τόκιο (1964).

Πολλοί δορυφόροι ακολούθησαν τον Syncom. Κάθε καινούργιο σύστημα είχε καινούργια βελτιωμένα χαρακτηριστικά από τα προηγούμενα. Έτσι σχεδόν 40 χρόνια μετά υπάρχει μια τεράστια ποικιλία μοντέλων και τεχνολογιών.

Από τις κυριότερες εταιρίες στον χώρο των δορυφορικών επικοινωνιών είναι η COMSAT, με περισσότερα από 30 χρόνια παρουσίας στον χώρο. Η COMSAT προσφέρει τηλεπικοινωνιακές λύσεις με τα δορυφορικά συστήματα Intelsat, Inmarsat.

Μέσω του συστήματος της Intelsat, η COMSAT παρέχει τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, αναμετάδοση σήματος και ψηφιακά δίκτυα μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και του υπόλοιπου κόσμου. Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται από παροχείς υπηρεσιών Internet (ISPs), πολυεθνικούς συνεταιρισμούς, τηλεπικοινωνιακούς φορείς ακόμα και από κυβερνήσεις.

Χρησιμοποιώντας το σύστημα της Inmarsat, η COMSAT παρέχει θαλάσσιες, αεροναυτικές και υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας ξηράς. Οι πελάτες μπορούν να είναι συνεχώς σε επαφή, ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές, με αξιόπιστες υπηρεσίες φωνής και δεδομένων.

Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το δορυφορικό δίκτυο Inmarsat περιλαμβάνουν άμεση τηλεφωνία, fax, e-mail και εφαρμογές δεδομένων για ναυτικές επικοινωνίες (πχ. GPS – προσδιορισμός θέσης). Επίσης το Inmarsat χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις άμεσης ανάγκης και από τα τηλεοπτικά μέσα για σύνδεση με περιοχές που δεν υπάρχει άλλη υποδομή.

Πλέον σήμερα υπάρχει μεγάλος αριθμός διαθέσιμων δορυφορικών τεχνολογιών, για πλήθος εφαρμογών. Ακολουθεί ένας κατάλογος με τις κυριότερες.

- Τεχνολογία ARCHIMEDES
- Τεχνολογία ARIES
- Τεχνολογία GEOSTAR
- Τεχνολογία GLOBALSTAR
- Τεχνολογία INMARSAT
- Τεχνολογία INTELSAT 5
- Τεχνολογία INTELSAT 6,7
- Τεχνολογία IRIDIUM
- Τεχνολογία MSAT

## 8.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΥ

Παρόλο ότι κάθε δορυφόρος προορίζεται για διαφορετική χρήση, υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία που τα συναντούμε σε όλους τους δορυφόρους. Θα περιγράψουμε τα μέρη από τα οποία αποτελείται ο δορυφόρος, τις τεχνικές με τις οποίες προσδιορίζει τη θέση του και τους τρόπους εξασφάλισης της απαραίτητης ενέργειας για τις λειτουργίες του. Το πιο σημαντικό τμήμα του δορυφόρου είναι το επικοινωνιακό σύστημα, καθώς και το υπολογιστικό σύστημα που κάνει τον συνολικό έλεγχο. Τέλος θα αναφερθούμε στις τροχιές στις οποίες κινούνται και θα περιγράψουμε κάποιους σχηματισμούς δορυφόρων.

### 8.2.1. Ανατομία (περιγραφή κυρίως σώματος)

Το σώμα του δορυφόρου (Εικόνα 79) περιλαμβάνει όλο τον επιστημονικό εξοπλισμό και άλλα απαραίτητα εξαρτήματα του δορυφόρου. Τα εξαρτήματα των δορυφόρων είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά, συνδυάζοντας τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες ώστε τα επικοινωνιακά και υπολογιστικά συστήματα να ταξιδέψουν με ασφάλεια στο διάστημα. Υπάρχουν διάφορα θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και την επιλογή των υλικών από τους μηχανικούς.

Το εξωτερικό περίβλημα προστατεύει το δορυφόρο από τις συγκρούσεις με μικρομετεωρίτες και άλλα σώματα που βρίσκονται στο διάστημα. Έτσι το υλικό που θα καλύψει το εξωτερικό του δορυφόρου πρέπει να είναι ελαφρύ, αλλά σκληρό και ανθεκτικό στις ζημιές που μπορεί να προκαλέσουν σωματίδια που ταξιδεύουν με μεγάλες ταχύτητες.

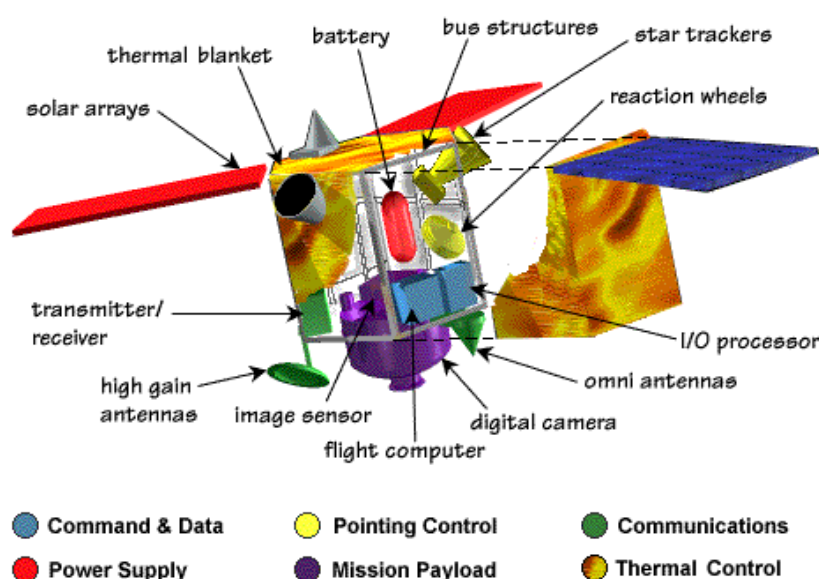
Τα ηλεκτρονικά συστήματα του δορυφόρου είναι υψηλής ακρίβειας και συνεπώς αρκετά ευαίσθητα σε παρεμβολές από ακτινοβολίες. Η κύρια πηγή ακτινοβολίας στο διάστημα είναι ο ήλιος, όπου επιπλέον η ατμόσφαιρα της γης δεν υπάρχει ώστε να την απορροφήσει και συνεπώς η θωράκιση κατά της ακτινοβολίας είναι απαραίτητη. Το κύριο υλικό με το οποίο καλύπτονται τα διάφορα εξαρτήματα ώστε να απορροφάται η ακτινοβολία είναι ο μόλυβδος, που είναι φθηνός και έχει μεγάλη αντοχή.

Όλα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα λειτουργούν σωστά σε ένα ορισμένο εύρος θερμοκρασιών. Για παράδειγμα ψηφιακά κυκλώματα βασισμένα σε CMOS τεχνολογία λειτουργούν στην περιοχή  $-20 \dots 120$  οC. Είναι λοιπόν απαραίτητη η θερμομόνωση, ώστε να εξομαλύνονται οι ακραίες θερμοκρασίες που επικρατούν στο διάστημα. Κατάλληλο υλικό για αυτόν το σκοπό είναι το Mylar (πολυεστερικό πλαστικό φιλμ) που έχει μέτρια αντοχή και διάρκεια ζωής.

Ηλεκτρικά φορτία παράγονται εύκολα στους δορυφόρους και μπορεί να είναι επικίνδυνα για τον εξοπλισμό. Τα φορτία παράγονται επειδή δεν υπάρχει αέρας γύρω από τον δορυφόρο ώστε να διασκορπιστούν τα φορτία. Για να απαλλαγούμε από αυτά τα φορτία, χρησιμοποιούνται αγωγοί που οδηγούν τα φορτία έξω από τον χώρο του δορυφόρου.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι ο σκελετός του δορυφόρου. Είναι αυτό που συγκρατεί τα συστατικά τμήματα του δορυφόρου, το πλαίσιο. Αυτό το πλαίσιο πρέπει να είναι ελαφρύ και όσο το δυνατό πιο συμπαγές, καθώς επίσης άκαμπτο και να έχει μορφή που να συμφωνεί με τα κριτήρια του σχεδιασμού. Ένα συχνά χρησιμοποιούμενο υλικό στην κατασκευή σκελετών δορυφόρων είναι το Kevlar, που είναι το όνομα προϊόντος ινών με μεγάλη αντοχή, χαμηλό βάρος, που είναι ανθεκτικό σε μεγάλες θερμοκρασίες.

Τέλος στη φυσική σχεδίαση του δορυφόρου μεγάλη σημασία έχει ο τρόπος που όλα τα συστατικά θα συνδεθούν μεταξύ τους, ώστε να έχουν την αντοχή και τη λειτουργικότητα που χρειάζεται.



Εικόνα 79: Τα βασικά μέρη ενός δορυφόρου

### 8.2.2. Έλεγχος θέσης στην τροχιά

Ένα άλλο ζήτημα που εγείρεται κατά τον σχεδιασμό ενός δορυφόρου είναι ο τρόπος με τον οποίο θα μπορεί να αντιλαμβάνεται που βρίσκεται στην τροχιά. Συχνά οι τροχιές αλλοιώνονται λόγω τριβών, και τότε χρειάζονται κάποιες ενέργειες για τη σταθεροποίηση του δορυφόρου, αλλιώς υπάρχει κίνδυνος να ξεφύγει από την προκαθορισμένη τροχιά.

Υπάρχουν τρεις συνηθισμένες τεχνικές για τη σταθεροποίηση ενός δορυφόρου. Ένας δορυφόρος μπορεί να κρατήσει τη σταθερότητά του με περιστροφή και προς τις τρεις κατευθύνσεις. Η περιστροφή επιτυγχάνεται με χρήση πηνίων από τα οποία περνάει ηλεκτρικό ρεύμα. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι το πολύ μικρό ποσό ενέργειας που απαιτείται (πολύ λιγότερο από τη χρήση προωθητηρίων). Τα μειονεκτήματα είναι ότι οι ηλιακοί συλλέκτες ενέργειας “βλέπουν” τον ήλιο περιοδικά και επίσης τα όργανα μετρήσεων παίρνουν περιοδικές μετρήσεις κι όχι συνεχόμενες. Για να παρακαμφθούν αυτά τα μειονεκτήματα, χρησιμοποιείται εναλλακτικά μια πλατφόρμα πάνω στην οποία βρίσκονται τα όργανα που πρέπει να βρίσκονται σε σταθερό προσανατολισμό, ενώ το υπόλοιπο περιστρέφεται ώστε να εξασφαλίζει σταθερότητα. Ο τελευταίος τρόπος σταθεροποίησης είναι η χρήση προωθητήρων στις τρεις διευθύνσεις, που όμως χρειάζεται μεγάλο ποσό ενέργειας.

### 8.2.3. Πηγές Ενέργειας

Όλοι οι δορυφόροι χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών συσκευών που φέρει. Την ενέργεια που χρειάζεται πρέπει να την συλλέγει ή να την παράγει από τη θέση που βρίσκεται.

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι ένας τρόπος που χρησιμοποιεί την πηγή ενέργειας του ήλιου. Τα κύτταρα που έχει ένας τέτοιος συλλέκτης παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το ηλιακό φως προσπίπτει πάνω τους. Επειδή κάθε κύτταρο ξεχωριστά δεν έχει μεγάλες δυνατότητες, απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες, πράγμα που έρχεται σε αντίθεση με την απαίτηση για μικρό μέγεθος του δορυφόρου. Παρόλα αυτά οι ηλιακοί συλλέκτες είναι ανεξάντλητοι. Συχνά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μπαταρίες για την περίπτωση που οι ηλιακοί συλλέκτες δεν έχουν οπτική επαφή με τον ήλιο.

Άλλος τρόπος παροχής ενέργειας σε έναν δορυφόρο είναι η χρήση μπαταριών (συσσωρευτών). Αυτές μπορούν να ανανεώνονται, να ξαναγεμίζουν, σε συνδυασμό με κάποιον άλλο τρόπο παραγωγής ενέργειας. Μια μπαταρία δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κύρια πηγή ενέργειας.

Η πυρηνική ενέργεια είναι μια λύση που προσφέρει απεριόριστα ποσά ενέργειας. Στους δορυφόρους η πυρηνική ενέργεια παράγεται στις θερμοηλεκτρικές γεννήτριες ραδιοϊσοτόπων. Αυτή η πηγή ενέργειας δεν προσφέρεται για χρήση σε δορυφόρους με τροχιά γύρω από τη γη επειδή σε περίπτωση καταστροφής τους ραδιενεργά στοιχεία θα εξαπλωθούν στην ατμόσφαιρα.

Μια τελευταία μέθοδος εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που εκπέμπει ο ήλιος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχει ένα παραβολικό πιάτο που αντανάκλα τη θερμότητα του ήλιου σε ένα boiler που κάνει τη μετατροπή. Η τεχνική αυτή βρίσκεται σε πειραματική φάση.

### 8.2.4. Επικοινωνιακό σύστημα

Κάθε δορυφόρος χρειάζεται κάποιον τρόπο ώστε να επικοινωνεί με επίγειους σταθμούς. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κάποιας κεραίας. Κεραία είναι το εξάρτημα που λαμβάνει και εκπέμπει ραδιοκύματα.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κεραίων. Ο πιο απλός τύπος είναι η κλασική κεραία, ένα απλό σύρμα. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι απλές στην κατασκευή, αλλά πρέπει να έχουν μεγάλο μέγεθος, ώστε να μπορούν να λαμβάνουν τα σήματα. Ένας άλλος κλασικός τύπος είναι ο παραβολικός δίσκος. Λαμβάνει τα σήματα και τα αντανάκλα

σε ένα σημείο που ονομάζεται εστίαση (focus). Υπάρχουν ασφαλώς και εναλλακτικές υλοποιήσεις. Αυτές οι κεραιές είναι πιο μεγάλες, αλλά και πιο αποτελεσματικές στη λήψη. Έχουν μεγάλη αντοχή και μέτριο κόστος. Οι δικτυωτές κεραιές (patch array antennas) αποτελούνται από ένα πλέγμα. Συνήθως τυλίγονται γύρω από το σώμα του δορυφόρου για να μην αυξάνουν το μέγεθός του. Είναι εξαιρετικά πρακτικές και με μέτριο κόστος. Υπάρχουν και οι inflatable antennas που μοιάζουν με επίπεδο αλεξίπτωτο, είναι αρκετά αξιόπιστες, αλλά βρίσκονται ακόμα υπό έρευνα.

Οι δορυφόροι χρησιμοποιούν κάποιες περιοχές συχνοτήτων στις οποίες εκπέμπουν (μπάντες-bands). Αυτές είναι οι C, L, Ku, Ka. Για παράδειγμα η Ka, που είναι μια πολύ καινούργια περιοχή συχνοτήτων για μετάδοση μεγάλης ταχύτητας χρησιμοποιεί την κεντρική συχνότητα των 20 GHz για downlink (δορυφόρος – έδαφος) και 30 GHz για uplink (έδαφος – δορυφόρος). Γύρω από την κεντρική συχνότητα υπάρχουν πολλά κανάλια με τυπικό εύρος ζώνης γύρω στα 500MHz. Η διαμόρφωση των σημάτων γίνεται συνήθως με QPSK που κάνει δύο κάθετες μεταξύ τους διαμορφώσεις. Κάθε σύμβολο που μεταδίδεται αναπαριστά πολλά bits (μέχρι και 1024) για μεγαλύτερο bit rate.

### 8.2.5. Υπολογιστικό σύστημα

Ένας δορυφόρος εκτός από κεραιές και πηγές ενέργειας, κουβαλάει και διάφορα υπολογιστικά συστήματα. Αυτά τα συστήματα κάνουν τις μετρήσεις, καταγράφουν τις ενέργειες του δορυφόρου, ελέγχουν τη θέση του κλπ.

Το υποσύστημα που αποθηκεύει και αναλύει τα δεδομένα που έχει συλλέξει ο δορυφόρος λέγεται σύστημα τηλεμετρίας, ανίχνευσης και ελέγχου (telemetry tracking & control). Η τηλεμετρία είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία επικοινωνίας που τα δεδομένα συλλέγονται από απόσταση και έπειτα μεταδίδονται για να αποθηκευθούν και να αναλυθούν. Στην περίπτωση των δορυφόρων τα δεδομένα που συλλέγονται αφορούν θερμοκρασίες ή άλλες παρατηρήσεις οι οποίες μεταδίδονται σε σταθμούς εδάφους. Επίσης είναι δυνατόν ο επίγειος σταθμός να δίνει εντολές ελέγχου στο δορυφόρο, όπως να επαναπρογραμματίσει κάποιες λειτουργίες, ακόμα και να αλλάξει το ύψος του δορυφόρου. Ανίχνευση είναι η διαδικασία προσδιορισμού της θέσης του δορυφόρου, πράγμα που γίνεται από το έδαφος, αλλιώς τα συστήματα θα έπρεπε να έχουν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και βάρος. Τέλος, το σύστημα ελέγχου ελέγχει όλα τα υπόλοιπα συστήματα και προλαμβάνει τα προβλήματα.

### 8.2.6. Τροχιές

Όσο κι αν φαίνεται παράξενο, αφού ένας δορυφόρος εκτοξευθεί στο διάστημα, χρειάζεται ελάχιστη ως καθόλου ενέργεια για να συνεχίσει να κινείται. Οι δορυφόροι κινούνται σε ένα μονοπάτι γύρω από τη γη, που λέγεται τροχιά. Ένας δορυφόρος διατηρείται σε τροχιά, εξ αιτίας της ισορροπίας δύο δυνάμεων. Η τροχιά είναι ένας συνδυασμός της γραμμικής ταχύτητας του δορυφόρου και της ελκτικής δύναμης της γης πάνω στον δορυφόρο. Η βαρύτητα συγκρατεί τον δορυφόρο από το να χαθεί στο διάστημα και η ταχύτητά του επιτρέπει να κινείται γύρω από τη γη και να μην πέφτει σε αυτή.

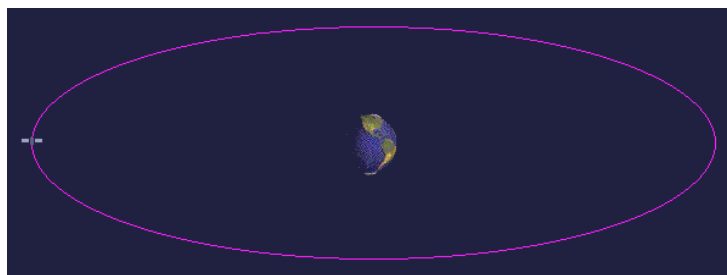
Από τη γη ένας δορυφόρος μπορεί είτε να φαίνεται ότι κινείται πολύ αργά, είτε πολύ γρήγορα, είτε ακόμα και να μένει ακίνητος (γεωστατική τροχιά). Τα πλεονεκτήματα της τοποθέτησης ενός δορυφόρου σε μια τροχιά σε σχέση με μια άλλη, εξαρτώνται από τη γωνία ανύψωσης του δορυφόρου. Γωνία ανύψωσης είναι η γωνία που σχηματίζει η τροχιά του δορυφόρου με τον ισημερινό. Όταν λοιπόν σχεδιάζεται ο

δορυφόρος και οι λειτουργίες του, η τροχιά που επιλέγεται πρέπει να εξυπηρετεί τις λειτουργίες αυτές. Αν, για παράδειγμα, ένας δορυφόρος κινείται σε πολύ υψηλή τροχιά, τότε οι παρατηρήσεις του στη γη δε θα έχουν πολύ μεγάλη ακρίβεια, σε σχέση με μια χαμηλότερη τροχιά. Παρόμοια, η ταχύτητα, η γωνία ανύψωσης, η συχνότητα περιστροφής και οι περιοχές που παρατηρεί ο δορυφόρος είναι θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό. Τέλος, το σημείο εκτόξευσης παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της τροχιάς.

Οι τροχιές χωρίζονται σε κυκλικές και ελλειπτικές. Οι κυκλικές μπορεί να είναι γεωστατικές (υψηλή τροχιά), χαμηλές/μέσες (LEO/MEO), πολικές, συγχρονισμένες με τον ήλιο (sun synchronous), ισημερινές (equatorial) κλπ. Οι ελλειπτικές μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα και μέγεθος.

### ***Γεωστατική τροχιά***

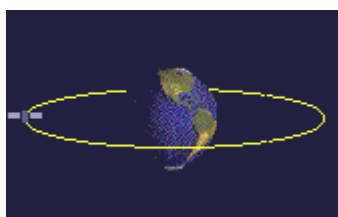
Ο δορυφόρος φαίνεται να μην κινείται στον ουρανό (Εικόνα 80). Στην πραγματικότητα κινείται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα που κινείται και η γη. Μια τέτοια τροχιά βρίσκεται πάνω από τον ισημερινό σε ύψος 35850 km και είναι γνωστή σαν υψηλή τροχιά. Ο δορυφόρος κοιτάζει συνεχώς την ίδια περιοχή που ονομάζεται και ίχνος (footprint).



**Εικόνα 80: Γεωστατική τροχιά**

### ***Ισημερινή τροχιά***

Ο δορυφόρος κινείται σε τροχιά πάνω από τον ισημερινό (Εικόνα 81). Συνήθως είναι χαμηλής/μέσης τροχιάς και χρησιμοποιούνται για την παρατήρηση τροπικών καιρικών συνθηκών.

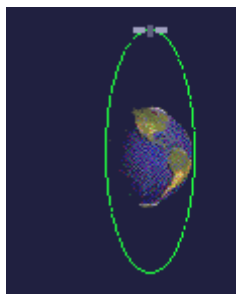


**Εικόνα 81: Ισημερινή τροχιά**

### ***Πολική τροχιά***

Έχει γωνία ανύψωσης 90° και η τροχιά διέρχεται από τους πόλους (Εικόνα 82). Εκμεταλλευόμενος την κίνηση της γης προς τα ανατολικά, ο δορυφόρος μπορεί να καλύψει όλη τη γη σε 14 μέρες.

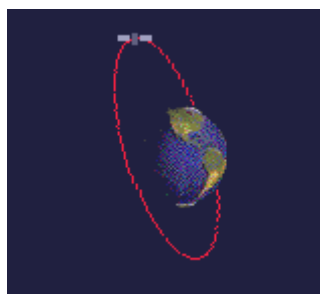




**Εικόνα 82: Πολική τροχιά**

### *Τροχιά συγχρονισμένη με τον ήλιο*

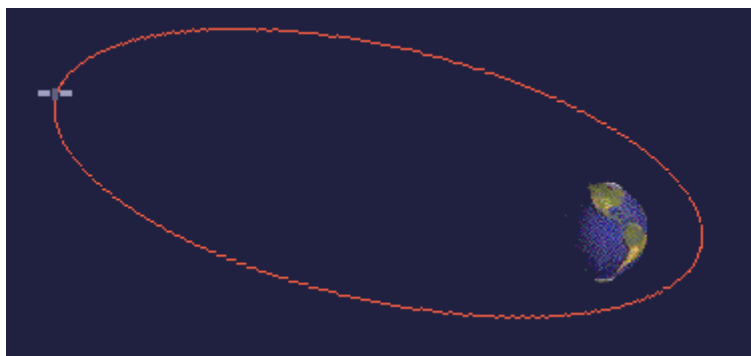
Είναι μια ειδική περίπτωση πολικής τροχιάς που ο δορυφόρος βρίσκεται συνεχώς στο φωτισμένο τμήμα της γης (Εικόνα 83). Ο δορυφόρος σε αυτή την τροχιά περνάει κάθε μέρα την ίδια τοπική ώρα από τον ίδιο σημείο της γης. Αυτή η τροχιά επιτρέπει στο δορυφόρο να χρησιμοποιεί συνεχώς ηλιακούς συλλέκτες. Παράδειγμα είναι ο Radarsat που έχει γωνία ανύψωσης 98.6ο και βρίσκεται σε ύψος 798 km.



**Εικόνα 83: Τροχιά συγχρονισμένη με τον ήλιο**

### *Ελλειπτικές τροχιές*

Τροχιά σε σχήμα έλλειψης (Εικόνα 84). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της τροχιάς είναι ότι η ταχύτητα αλλάζει ανάλογα με τη θέση του δορυφόρου. Όταν βρίσκεται κοντά στη γη έχει μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω της δυνατότερης έλξης που δέχεται και αντίστροφα. Αυτές οι τροχιές είναι χρήσιμες στις τηλεπικοινωνίες, γιατί ένας δορυφόρος παρατηρεί μια συγκεκριμένη περιοχή για μεγάλο διάστημα της τροχιάς και από την άλλη μεριά της γης περνάει ταχύτερα.



**Εικόνα 84: Ελλειπτική τροχιά**

### **Χαμηλές τροχιές**

Επιτρέπουν στους δορυφόρους να κάνουν ακριβείς παρατηρήσεις από αρκετά χαμηλά. Χρησιμοποιούνται συχνά για μετεωρολογικές ανάγκες. Οι δορυφόροι σε χαμηλές τροχιές κινούνται μέσα στην ατμόσφαιρα της γης, που όμως είναι αρκετά αραιή ώστε να είναι οι τριβές πολύ μικρές. Επίσης έχουν το πλεονέκτημα ότι χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια για να τεθούν σε τροχιά.

## **8.3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

### **8.3.1. Ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα**

Μερικά δορυφορικά δίκτυα παρουσιάζουν ένα ασύμμετρο εύρος ζώνης, περισσότερα δεδομένα προς τη μια κατεύθυνση από την άλλη, εξ αιτίας των ορίων πάνω στην δύναμη της μεταφοράς και στο μέγεθος της κεραίας στο τέλος του δεσμού. Εν τω μεταξύ, μερικά άλλα δορυφορικά συστήματα είναι μιας κατεύθυνσης και χρησιμοποιούν ένα μη δορυφορικό επιστρεφόμενο μονοπάτι (όπως είναι ένας επιλεγόμενος σύνδεσμος με μόντεμ). Η φύση της TCP επικοινωνίας είναι ασυμμετρική με τα δεδομένα να ρέουν προς τη μια κατεύθυνση και τα πακέτα επιβεβαίωσης προς την αντίθετη κατεύθυνση. Χρησιμοποιούμε την έκφραση «ασυμμετρική» για να δηλώσουμε τις διαφορετικές φυσικές χωρητικότητες στους προς τα εμπρός και επιστρεφόμενους συνδέσμους. Η ασυμμετρία είναι ένα πρόβλημα για το TCP.

### **8.3.2. Δορυφορικός σύνδεσμος «last hope»**

Δορυφορικοί σύνδεσμοι που παρέχουν υπηρεσίες κατευθείαν στο τελικό χρήστη ίσως επιτρέψουν ειδικό σχεδιασμό πρωτοκόλλων για να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση του ονείρου της τελευταίας ελπίδας (last hope). Μερικοί providers δορυφόρων χρησιμοποιούν το δορυφορικό σύνδεσμο σαν ένα μοιραζόμενο υψηλής ταχύτητας σύνδεσμο προς πολλούς χρήστες με χαμηλότερη ταχύτητα, και μη διαμοιραζόμενους επίγειους συνδέσμους που χρησιμοποιούνται σαν επιστρεφόμενοι σύνδεσμοι για αιτήσεις και επιβεβαιώσεις. Πολλές φορές αυτό δημιουργεί ένα ασυμμετρικό δίκτυο.

### **8.3.3. Υβριδικά δορυφορικά δίκτυα**

Στη πιο γενική περίπτωση οι δορυφορικοί σύνδεσμοι μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο της δικτυακής τοπολογίας. Σε αυτή τη περίπτωση, ο δορυφορικός σύνδεσμος ενεργεί ακριβώς σαν ένας άλλος σύνδεσμος μεταξύ δύο πυλών. Σε αυτό το περιβάλλον, μια δοσμένη συνδεσμολογία μπορεί να σταλεί πάνω σε επίγειους συνδέσμους (περιλαμβανομένων και χωρίς καλώδια), αρκετά καλά όπως οι δορυφορικοί σύνδεσμοι. Από την άλλη μεριά, μια συνδεσμολογία μπορούσε επίσης να 'τρέξει' πάνω από επίγεια μόνο δίκτυα ή πάνω από δορυφορικά μόνο τμήματα του δικτύου.

### **8.3.4. Σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα**

Στα σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα, η μόνη ελπίδα στο δίκτυο είναι πάνω από το δορυφορικό σύνδεσμο. Αυτό το αφηρημένο δορυφορικό περιβάλλον παρουσιάζει μόνο τα προβλήματα που σχετίζονται με δορυφορικούς συνδέσμους. Αφού είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο, μερικές βελτιωτικές αλλαγές που δεν είναι κατάλληλες για διαμοιραζόμενα δίκτυα μπορούν να θεωρηθούν.

## 8.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Τα χαρακτηριστικά των δορυφορικών καναλιών μπορεί να επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο τα πρωτόκολλα μεταφοράς (όπως το TCP) συμπεριφέρονται. Όταν τα πρωτόκολλα, όπως το TCP, δεν έχουν καλή απόδοση, η χρησιμοποίηση του καναλιού είναι χαμηλή. Μολονότι η απόδοση ενός πρωτοκόλλου μεταφοράς είναι σημαντική, δεν είναι το μόνο στοιχείο που χρειάζεται να λάβουμε υπόψη στην υλοποίηση ενός δικτύου με δορυφορικές συνδέσεις. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο σύνδεσης δεδομένων, το πρωτόκολλο εφαρμογών το μέγεθος του buffer του router, η πολιτική αναμονής σε ουρές και η θέση του proxy είναι μερικά από τα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Εμείς θα εστιάσουμε στις βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στο TCP στο περιβάλλον ενός δορυφόρου.

### 8.4.1. Χαρακτηριστικά Δορυφόρων

Υπάρχει μια έμφυτη καθυστέρηση στη μετάδοση ενός μηνύματος μέσω μιας δορυφορικής σύνδεσης λόγω της πεπερασμένης ταχύτητας του φωτός και του ύψους στο οποίο βρίσκονται οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι.

Πολλοί τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι βρίσκονται σε γεωστατική τροχιά σε ύψος 36.000 χλμ. περίπου. Στο ύψος αυτό η περίοδος της τροχιάς είναι ίση με την περίοδο περιστροφής της γης. Συνεπώς, κάθε επίγειος σταθμός μπορεί να «βλέπει» τον περιστρεφόμενο στην τροχιά του δορυφόρο στην ίδια θέση στον ουρανό. Ο χρόνος διάδοσης για ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα να διανύσει δύο φορές αυτήν την απόσταση είναι 239,6 milliseconds (ms). Για τους επίγειους σταθμούς που βρίσκονται στην άκρη της ορατής περιοχής του δορυφόρου, η απόσταση που διανύεται είναι 2x41,765 με συνολικό χρόνο διάδοσης 279 ms. Αυτές οι καθυστερήσεις υφίστανται για τη διαδρομή επίγειου σταθμού-δορυφόρου-επίγειου σταθμού (ή “hop”). Έτσι, η καθυστέρηση διάδοσης για ένα μήνυμα και την αντίστοιχη απόκριση (round-trip time ή RTT) μπορεί να είναι τουλάχιστον 558 ms. Το RTT δεν εξαρτάται μόνο από το χρόνο διάδοσης στο δορυφόρο. Το RTT μεγαλώνει και από άλλους παράγοντες μες στο δίκτυο, όπως ο χρόνος εκπομπής και διάδοσης από άλλες συνδέσεις στο μονοπάτι του δικτύου και η καθυστέρηση αναμονής στις πύλες (gateways). Επιπλέον, η καθυστέρηση δορυφορικής διάδοσης θα είναι μεγαλύτερη αν η σύνδεση περιλαμβάνει πολλαπλά hops ή αν χρησιμοποιούνται σύνδεσμοι μεταξύ δορυφόρων. Καθώς οι δορυφόροι γίνονται πιο πολύπλοκοι και ενσωματώνουν λειτουργίες επεξεργασίας σημάτων, επιπλέον καθυστέρηση μπορεί να σημειωθεί.

Υπάρχουν και άλλες τροχιές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δορυφορικές επικοινωνίες, όπως η χαμηλή τροχιά (Low Earth Orbit – LEO) και η μεσαία τροχιά (Medium Earth Orbit – MEO). Οι χαμηλές τροχιές απαιτούν τη χρήση σχηματισμών δορυφόρων για συνεχή κάλυψη. Με άλλα λόγια, καθώς ένας δορυφόρος χάνεται από το πεδίο λήψης ενός επίγειου σταθμού, ένας άλλος σταθμός εμφανίζεται στον ορίζοντα και το κανάλι μετακινείται σε αυτόν. Η καθυστέρηση διάδοσης σε μια χαμηλή τροχιά κυμαίνεται από μερικά milliseconds, όταν έχουμε απευθείας επικοινωνία με δορυφόρο, μέχρι και 80 ms όταν ο δορυφόρος είναι στον ορίζοντα. Τα συστήματα αυτά πιθανότερα χρησιμοποιούν συνδέσεις μεταξύ δορυφόρων και έχουν μεταβλητό μονοπάτι καθυστέρησης, ανάλογα με τη δρομολόγηση μες στο δίκτυο.

Τα δορυφορικά κανάλια εξαρτώνται πλήρως από δύο βασικά χαρακτηριστικά που περιγράφονται παρακάτω.

### **Θόρυβος**

Η ισχύς ενός ραδιοσήματος μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης που διανύει. Η απόσταση για μια δορυφορική σύνδεση είναι μεγάλη και έτσι το σήμα εξασθενεί πριν φτάσει στον προορισμό του. Αυτό έχει ως συνέπεια χαμηλό λόγο σήματος-θορύβου. Μερικές συχνότητες είναι ιδιαίτερας ευαίσθητες σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα, όπως η βροχή. Για κινητές εφαρμογές, τα δορυφορικά κανάλια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε παρεμβολές λόγω πολλαπλών μονοπατιών και στη σκίαση (π.χ. παρεμπόδιση από κτίρια). Οι τυπικοί ρυθμοί λαθών bits (bit error rate – BER) για μια δορυφορική σύνδεση σήμερα είναι της τάξης του 1 λάθους ανά 10 εκατομμύρια bits ή λιγότερο. Προχωρημένες κωδικοποιήσεις ελέγχου λαθών (π.χ. Reed Solomon) μπορούν να προστεθούν στις υπάρχουσες δορυφορικές υπηρεσίες και χρησιμοποιούνται ήδη από αρκετές από αυτές.

### **Εύρος ζώνης (Bandwidth)**

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι ένας πεπερασμένος φυσικός πόρος, οπότε υπάρχει ένα περιορισμένο ποσό εύρους ζώνης διαθέσιμο για δορυφορικά συστήματα που ελέγχεται τυπικά με άδειες. Αυτοί οι περιορισμοί δυσχεραίνουν τη χρησιμοποίηση bandwidth για την επίλυση άλλων σχεδιαστικών προβλημάτων. Τυπικές φέρουσες (carrier) συχνότητες για τις υπάρχουσες, από σημείο σε σημείο, εμπορικές δορυφορικές υπηρεσίες είναι 6 GHz (uplink) και 4 GHz (downlink), επίσης γνωστό ως ζώνη (band) C, και 14/12 GHz (Ku band). Μια νέα υπηρεσία στα 30/20 GHz (Ka band) θα εμφανιστεί στα επόμενα χρόνια. Οι ασύρματοι αναμεταδότες για δορυφόρους ονομάζονται αλλιώς και πομποί. Το παραδοσιακό bandwidth ενός C band πομπού είναι τυπικά 36 MHz για να εξυπηρετήσει ένα έγχρωμο τηλεοπτικό κανάλι (ή 1200 κανάλια φωνής). Οι πομποί Ku band βρίσκονται τυπικά στα 50 MHz. Επιπλέον, κάθε δορυφόρος μπορεί να διαθέτει μερικές δεκάδες πομπών.

Το bandwidth δεν είναι περιορισμένο μόνο από τη φύση, αλλά η κατανομή του στις εμπορικές τηλεπικοινωνίες περιορίζονται από διεθνείς συμφωνίες, ώστε αυτός ο σπάνιος πόρος να μπορεί να χρησιμοποιηθεί δίκαια από πολλές διαφορετικές εφαρμογές.

Μολονότι οι δορυφόροι έχουν κάποια μειονεκτήματα συγκρινόμενοι με τα κανάλια οπτικών ινών (π.χ. δεν μπορούν να επισκευαστούν εύκολα, βροχοπτώσεις, κλπ.), έχουν και κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τις επίγειες συνδέσεις. Πρώτον, οι δορυφόροι έχουν μια φυσική ικανότητα εκπομπής. Αυτό τους δίνει το πλεονέκτημα της χρήσης τους για εφαρμογές πολλαπλής μετάδοσης (multicast). Ύστερα, οι δορυφόροι μπορούν να προσεγγίσουν γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές ή χώρες με μικρή επίγεια υποδομή. Ένα σχετικό με αυτό πλεονέκτημα είναι η ικανότητα των δορυφορικών συνδέσεων να φτάνουν στους κινούμενους χρήστες.

Τα δορυφορικά κανάλια έχουν αρκετά χαρακτηριστικά που διαφέρουν από τα περισσότερα επίγεια κανάλια. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορεί να υποβαθμίζουν την απόδοση του TCP.

### **8.4.2. Μεγάλη καθυστέρηση ανάδρασης**

Λόγω της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης μερικών δορυφορικών καναλιών (π.χ. περίπου 250 ms για ένα γεωστατικό δορυφόρο) απαιτείται πολύς χρόνος από τον TCP αποστολέα για να καθορίσει αν ένα πακέτο λήφθηκε επιτυχώς από τον τελικό προορισμό. Αυτή η καθυστέρηση ζημιώνει τις αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, όπως το telnet, καθώς και μερικούς από τους αλγορίθμους ελέγχου συμφόρησης του TCP.

**Μεγάλο γινόμενο καθυστέρησης\*bandwidth**

Το γινόμενο αυτό (delay\*bandwidth product - DBP) ορίζει το μέγεθος των δεδομένων που ένα πρωτόκολλο πρέπει να έχει «στον αέρα» (δεδομένα που έχουν υποστεί εκπομπή, αλλά δεν έχει σταλεί ακόμα επιβεβαίωση γι' αυτά) σε κάθε στιγμή, ώστε να χρησιμοποιεί πλήρως τη διαθέσιμη χωρητικότητα του καναλιού. Η καθυστέρηση που χρησιμοποιείται στη σχέση αυτή είναι το RTT και το bandwidth είναι η χωρητικότητα της σύνδεσης με το μεγαλύτερο φόρτο (bottleneck) στο μονοπάτι του δικτύου. Επειδή η καθυστέρηση σε μερικά δορυφορικά περιβάλλοντα είναι μεγάλη, το TCP αναγκάζεται να κρατήσει ένα μεγάλο αριθμό πακέτων «στον αέρα» (σταλμένα, αλλά όχι επιβεβαιωμένα).

**Λάθη εκπομπής**

Τα δορυφορικά κανάλια παρουσιάζουν ένα υψηλότερο ρυθμό λαθών bit (BER) από τα τυπικά επίγεια δίκτυα. Το TCP αντιμετωπίζει τις απορρίψεις πακέτων ως ενδείξεις συμφόρησης του δικτύου και μειώνει το μέγεθος του παραθύρου σε μια προσπάθεια να μειώσει τη συμφόρηση. Λόγω της άγνοιας του λόγου για τον οποίο το πακέτο χάθηκε (συμφόρηση ή αλλοίωση), το TCP πρέπει να υποθέσει ότι η απόρριψη οφείλεται στη συμφόρηση του δικτύου, για να αποφύγει την κατάρρευση λόγω συμφόρησης. Συνεπώς, η απόρριψη πακέτων λόγω αλλοίωσης αναγκάζει το TCP να μειώσει το μέγεθος του συρόμενου παραθύρου, παρ' ότι αυτές οι απορρίψεις πακέτων δεν σημαίνουν συμφόρηση στο δίκτυο.

**Ασυμμετρική χρήση**

Λόγω του κόστους του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για να στείλει δεδομένα στους δορυφόρους, συχνά κατασκευάζονται ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα. Για παράδειγμα, ένα μηχάνημα θα στείλει όλη την εξερχόμενη κυκλοφορία μέσω μιας αργής επίγειας σύνδεσης (όπως ένα κανάλι μιας γραμμής με modem) και θα λάβει την εισερχόμενη κυκλοφορία μέσω του δορυφορικού καναλιού. Μια άλλη περίπτωση προκύπτει όταν τόσο η εισερχόμενη όσο και η εξερχόμενη κυκλοφορία γίνεται μέσω μιας δορυφορικής σύνδεσης, αλλά το uplink έχει λιγότερη διαθέσιμη χωρητικότητα από το downlink λόγω του κόστους του πομπού που απαιτείται για να παρέχει ένα κανάλι υψηλής χωρητικότητας. Αυτή η ασυμμετρία μπορεί να έχει αντίκτυπο στην απόδοση του TCP.

**Μεταβλητοί χρόνοι Round Trip**

Σε μερικά δορυφορικά περιβάλλοντα, όπως αυτό των σχηματισμών χαμηλής τροχιάς (LEO), η καθυστέρηση διάδοσης προς και από το δορυφόρο διαφέρει με το χρόνο. Το αν αυτό θα έχει κάποιο αντίκτυπο στην απόδοση του TCP είναι επί του παρόντος ένα ανοιχτό θέμα.

**Διακοπτόμενη συνδετικότητα**

Στις διαμορφώσεις μη γεωστατικών δορυφόρων, οι TCP συνδέσεις πρέπει να μεταφέρονται από ένα δορυφόρο σε έναν άλλο ή από έναν επίγειο σταθμό σε έναν άλλο ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτή η αλλαγή μπορεί να προκαλέσει απώλειες πακέτων, αν δεν χειριστεί σωστά.

Τα περισσότερα δορυφορικά κανάλια διαθέτουν ένα υποσύνολο των παραπάνω χαρακτηριστικών. Επιπλέον, τα δορυφορικά δίκτυα δεν είναι τα μόνα περιβάλλοντα όπου συναντά κανείς αυτά τα χαρακτηριστικά. Όμως, τα δορυφορικά δίκτυα τείνουν

να παρουσιάζουν περισσότερα από τα παραπάνω προβλήματα ή τα προβλήματα αυτά γίνονται εντονότερα σε περιβάλλον δορυφόρου.

## 8.5. ΖΩΝΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Οι συχνότητες άνω και κάτω ζεύξης που χρησιμοποιούνται σε ένα δορυφορικό σύστημα είναι γενικά μεγαλύτερες του 1 GHz ώστε να παρέχουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης. Πολλές μικροκυματικές μπάντες συχνοτήτων έχουν παραχωρηθεί για χρήση σε σύστημα δορυφορικής επικοινωνίας. Πολλές από αυτές παρέχουν ένα εύρος ζώνης 500 MHz για τα σήματα άνω και κάτω ζεύξης. Μερικές από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες συχνότητες δορυφορικών συστημάτων επικοινωνίας φαίνονται στον Πίνακα 4.

Ζώνη	Μπάντα συχνοτήτων	Άνω ζεύξη GHz	Κάτω ζεύξη GHz	Εύρος ζώνης MHz
C	4/6	5.925 – 6.425	3.7 – 4.2	500
X	7/8	7.9 – 8.4	7.25 – 7.75	500
Ku	12/14	14 – 14.5	11.7 – 12.2	500
Ka	20/30	27.5 – 31	17.7 – 21.2	3 500

**Πίνακας 4: Χρησιμοποιούμενες συχνότητες δορυφορικών συστημάτων**

Η μπάντα συχνοτήτων 4/6 GHz χρησιμοποιείται εκτεταμένα και σε επίγεια συστήματα επικοινωνίας. Σε ένα επίγειο σύστημα, ένας σταθμός εδάφους εκπέμπει ένα σήμα απευθείας σε ένα άλλο σταθμό εδάφους χωρίς να χρησιμοποιείται δορυφόρος. Έτσι αφού η μπάντα 4/6 GHz χρησιμοποιείται τόσο από δορυφορικά όσο και από επίγεια συστήματα επικοινωνίας, τα σήματα που εκπέμπουν οι δορυφόροι μπορούν να παρεμβάλλουν επίγειους δέκτες, και αντίστροφα σήματα που εκπέμπουν επίγειοι πομποί είναι δυνατόν να παρεμβάλλουν δορυφορικούς δέκτες. Έτσι οι δορυφορικοί πομποί περιορίζονται σε μια μέγιστη ισχύ 8 ή 10 W για κάθε κανάλι στα 4 GHz ώστε να ελαχιστοποιηθεί η παρεμβολή με τους επίγειους δέκτες. Με την ίδια λογική, η τοποθεσία των κεραιών λήψης και εκπομπής ενός δορυφορικού συστήματος πρέπει να εκλεγεί προσεκτικά για αποφυγή παρεμβολών. Έτσι αυτές τοποθετούνται κυρίως σε αγροτικές περιοχές.

Η ζώνη X χρησιμοποιείται για κυβερνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς.

Μια άλλη μπάντα συχνοτήτων που χρησιμοποιείται ευρύτατα από δορυφορικά συστήματα επικοινωνίας είναι των 12/14 GHz. Αυτή η μπάντα χρησιμοποιεί 14 ως 14.5 GHz για την άνω ζεύξη και 11.7 ως 12.2 GHz για την κάτω ζεύξη. Η μπάντα των 12/14 GHz δεν παρουσιάζει πολλά προβλήματα παρεμβολών με επίγεια συστήματα αφού υπάρχουν ελάχιστα τέτοια που χρησιμοποιούν αυτή την μπάντα. Έτσι η αποφυγή των παρεμβολών δίνει στα δορυφορικά συστήματα των 12/14 GHz πολλά σπουδαία πλεονεκτήματα:

- Η ισχύς εξόδου του φέροντος των δορυφορικών πομπών μπορεί να αυξηθεί, αυξάνοντας έτσι και την ακτινοβολούμενη ισχύ του δορυφόρου.
- Οι κεραιές των σταθμών εδάφους μπορούν να τοποθετηθούν σε αστικές περιοχές.

Οι μεγάλες συχνότητες που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μπάντα προσδίδουν ένα επίσης πλεονέκτημα, αφού είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κεραιές μικρότερης διαμέτρου, προσφέροντας το απαιτούμενο εύρος ζώνης και απολαβή. Κεραιές δεκτών π.χ. διαμέτρου μόνο 1 m είναι ικανές να προσφέρουν τα απαιτούμενα αποτελέσματα. Ένα μειονέκτημα της μπάντας 12/14 GHz συγκρινόμενη με αυτή των 4/6 GHz είναι η

αυξημένη εξασθένιση που συμβαίνει στην ατμόσφαιρα κυρίως σε περιπτώσεις πολύ δυνατής βροχής.

## 8.6. INTERNET OVER SATELLITE

Τα τελευταία χρόνια η μεγάλη ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών, έκανε αρκετές επιχειρήσεις παροχής Internet να επενδύσουν στο δορυφορικό Internet (Internet over Satellite), στοχεύοντας στην παροχή υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης και Quality of Service με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Ο συνδυασμός δορυφορικών και επίγειων δικτύων παρουσιάζεται αρκετά υποσχόμενος αφού συγκεντρώνει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Είδος τοπολογίας: οι τοπολογίες των δορυφορικών δικτύων ταιριάζουν με την τοπολογία αστεριού με αποτέλεσμα την υποστήριξη multicast & broadcast μετάδοσης δεδομένων.
- Μεγάλο διαθέσιμο εύρος ζώνης: μεγάλοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων, που φθάνουν τα αρκετά Mb/s παρέχονται απευθείας στους τελικούς χρήστες.
- Πολλαπλή κάλυψη χρηστών: η δυνατότητα κάλυψης απομακρυσμένων χρηστών που δεν έχουν πρόσβαση σε κάποιο δίκτυο υπολογιστών.

### 8.6.1. Είδη συνδέσεων

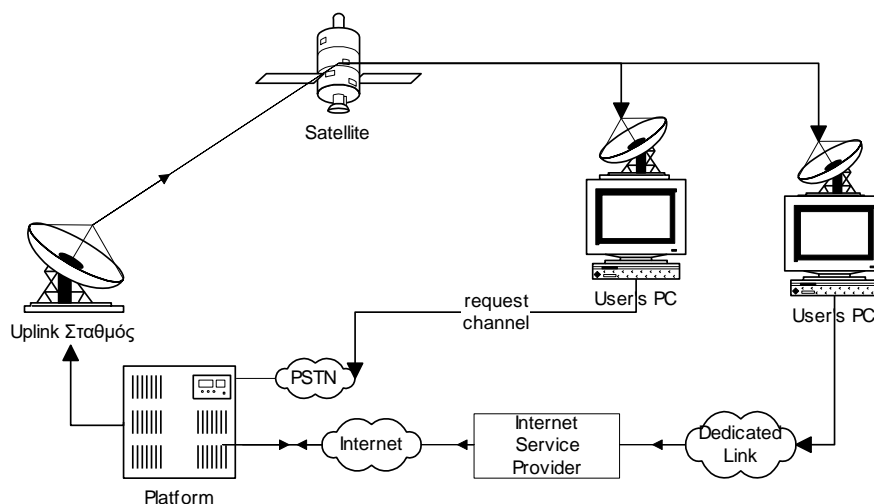
Μπορούμε να διακρίνουμε 3 διαφορετικές μορφές σύνδεσης στο Internet over Satellite. Στη πρώτη περίπτωση ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας μέσω ενός ιδιωτικού συστήματος αποστολής και λήψης δεδομένων με το δορυφόρο. Στη δεύτερη περίπτωση η δορυφορική σύνδεση προσφέρεται στον τελικό χρήστη μέσω ενός Internet Service Provider (ISP) ο οποίος έχει τη δική του δορυφορική σύνδεση, ενώ στην τρίτη περίπτωση ο Internet Service Provider (ISP), δε διαθέτει απευθείας δορυφορική σύνδεση αλλά συνδέεται με κάποια εταιρεία η οποία διαθέτει δορυφορική σύνδεση με κάποιο δορυφόρο (είτε ιδιωτικό είτε μισθωμένο). Και στις τρεις μορφές σύνδεσης η απαιτούμενη κοινή υποδομή περιλαμβάνει:

- Έναν uplink σταθμό μετάδοσης δεδομένων προς το δορυφόρο.
- Μια πλατφόρμα προγραμμάτων δορυφορικής λήψης πολυμεσικών δεδομένων.
- Μια ή περισσότερες δορυφορικές συνδέσεις.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε μιας από αυτές τις συνδέσεις θα περιγραφούν στη συνέχεια.

#### *Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη*

Σε αυτή την περίπτωση (Εικόνα 85), ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας σε μια δορυφορική σύνδεση διαθέτοντας μια κάρτα δορυφορικής λήψης και ένα δορυφορικό δέκτη. Το κόστος ενός τέτοιου δικτύου, σε απαιτούμενο υλικό και λογισμικό, είναι αρκετά υψηλό κάνοντας τέτοιες συνδέσεις απαγορευτικές προς το παρόν.

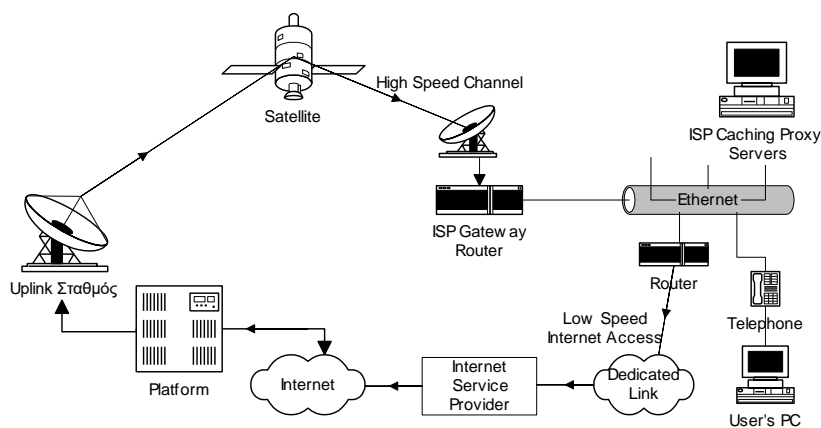


**Εικόνα 85: Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη**

Σύγχρονα προϊόντα που απευθύνονται σε τελικούς χρήστες ενσωματώνουν το απαιτούμενο υλικό και λογισμικό, προσφέροντας οικονομικότερες ολοκληρωμένες λύσεις τόσο για τη λήψη πολυμεσικών δεδομένων αλλά και υπηρεσιών όπως Video on Demand. Η λήψη των δεδομένων γίνεται μέσω της δορυφορικής σύνδεσης, ενώ η αποστολή των δεδομένων συνεχίζει να γίνεται μέσω μιας παραδοσιακής σύνδεσης στο Internet. Γι' αυτό το λόγο αν και αυξάνεται ο ρυθμός λήψης δεδομένων αγγίζοντας τα 45Mbps, η ταχύτητα αποστολής των δεδομένων παραμένει χαμηλή.

#### *Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP.*

Σε αυτή την περίπτωση (Εικόνα 86) ο ISP διαθέτει ένα δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο. Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP. Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο δορυφόρο. Μόλις τα δεδομένα που ο χρήστης αναζητά συγκεντρωθούν αποστέλλονται στον υπολογιστή του χρήστη.



**Εικόνα 86: Σχηματικό άμεσης δορυφορικής σύνδεσης μέσω ISP.**



Παρατηρούμε λοιπόν ότι σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε μια καθαρά δορυφορική σύνδεση αλλά ένα συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών συνδέσεων με αποτέλεσμα η απόδοση της σύνδεσης να επηρεάζεται από τους περιορισμούς των dial-up επίγειων συνδέσεων (όπως για παράδειγμα ταχύτητες που ο επιλεγμένος ISP προσφέρει και κίνηση στο Διαδίκτυο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή). Φυσικά η απόδοση της σύνδεσης εξαρτάται και από τις ταχύτητες uplink & downlink που ο κάθε ISP μπορεί να προσφέρει. Οι ταχύτητες αυτές μπορούν να φθάνουν έως και τα 5Mbps για uplink, ενώ αγγίζουν τα 45Mbps για downlink. Η συνολική ταχύτητα μπορεί να προσδιοριστεί ως ένας μέσος όρος των ενδιάμεσων ταχυτήτων που παρατηρούνται και φυσικά αναφέρονται σε ιδανικές συνθήκες. Η ζήτηση σε δορυφορικό Internet τα προσεχή χρόνια θα παίξει μεγάλο ρόλο στη δημιουργία ανταγωνισμού ανάμεσα στους ISPs ανάλογα βέβαια με τις απαιτήσεις των χρηστών και τη δυνατότητά τους να πληρώνουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες.

### ***Εμμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP.***

Σε αυτή την περίπτωση ο ISP δε διαθέτει δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο αλλά συνδέεται είτε δορυφορικά είτε επίγεια με κάποια εταιρεία που διαθέτει απευθείας σύνδεση με κάποιο δορυφόρο. Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP. Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο διακομιστή της εταιρείας που παρέχει το δορυφόρο. Εκεί γίνεται εκ νέου ένας έλεγχος για το αν τα ζητούμενα δεδομένα βρίσκονται αποθηκευμένα στον εκεί διακομιστή. Αν ναι τότε συλλέγονται και μεταδίδονται στον υπολογιστή του χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη προωθείται για εξυπηρέτηση στο δορυφόρο. Η επιστροφή των δεδομένων μπορεί να γίνει και απευθείας μέσω του δορυφόρου στο χρήστη αν αυτός διαθέτει δορυφορική κεραία, διαφορετικά επιστρέφονται μέσα από επίγειες συνδέσεις. Παρατηρούμε λοιπόν ότι και σε αυτή την περίπτωση έχουμε μια υβριδική σύνδεση επίγειων και δορυφορικών συνδέσεων με αποτέλεσμα η απόδοση της σύνδεσης να επηρεάζεται τόσο από τους περιορισμούς των dial-up επίγειων συνδέσεων όσο και από τα χαρακτηριστικά της δορυφορικής σύνδεσης της εταιρείας.

Από τις δύο παραπάνω συνδέσεις σίγουρα καλύτερη και ταχύτερη εμφανίζεται η πρώτη αφού μειώνει τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των χρησιμοποιούμενων συνδέσεων.

### **8.6.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός και κόστος ανάπτυξης**

Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι δορυφόροι στο Internet over Satellite είναι γεωστατικής τροχιάς (GEO). Αν και το κόστος τοποθέτησης τέτοιων δορυφόρων σε τροχιά γύρω από τη γη είναι μεγάλο ο συνδυασμός με χαμηλού κόστους σταθμούς λήψης αποτελεί μια ανταγωνιστική πρόταση σε σχέση με τις προσφερόμενες επίγειες λύσεις των Ασύμμετρικών Ψηφιακών Συνδρομητικών Γραμμών (ADSL- Asymmetric Digital Subscriber Line), δεδομένου ότι αυτές δεν παρέχουν multicast & broadcast μετάδοση δεδομένων. Η τοποθέτηση αυτών των γραμμών προϋποθέτει φυσικά τη δυνατότητα των τελικών χρηστών να μπορούν να πληρώσουν την εγκατάστασή τους.

Όπως προηγουμένως περιγράψαμε στα είδη συνδέσεων, δεν έχουμε καθαρά δορυφορικές συνδέσεις αλλά ένα συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών δικτύων. Αυτό σημαίνει ότι ο τελικός χρήστης διατηρεί τον εξοπλισμό που ήδη έχει, μόντεμ

και σύνδεση στο δίκτυο (μέσω ISP ή μισθωμένων γραμμών), προκειμένου να μπορεί να στέλνει δεδομένα προς το δορυφόρο, αφού οι σημερινές συνδέσεις είναι μονόδρομες. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα αφού δεν απαιτείται πλήρης αλλαγή των σημερινών χρησιμοποιούμενων συνδέσεων.

Το κόστος ανάπτυξης επομένως μπορεί να χωριστεί στο κόστος εξοπλισμού και προσφοράς υπηρεσιών επίγειων συνδέσεων (για παράδειγμα, περιλαμβάνει σύνδεση με κάποιο ISP και modem), και σε κόστος εξοπλισμού και προσφοράς δορυφορικών υπηρεσιών (για παράδειγμα, περιλαμβάνει σύνδεση με κάποια εταιρεία και δορυφορικό δέκτη).

Στα προηγούμενα σχήματα είδαμε την ύπαρξη μιας πλατφόρμας διαχείρισης πολυμεσικών δεδομένων για μετάδοση σε δορυφορικά κανάλια. Η πλατφόρμα αυτή είναι η Digital Video Broadcast (DVB), η οποία διαχειρίζεται αμφίδρομες υπηρεσίες Internet και άλλες υπηρεσίες, όπως εκπομπή MPEG2 DVB ροών πληροφορίας. Η πλατφόρμα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για εφαρμογές τηλε-εκπαίδευσης, τηλε-ενημέρωσης και γενικά υπηρεσιών που απαιτούν προσφορά εικόνας και ήχου υψηλής ποιότητας στους τελικούς χρήστες.

### 8.6.3. Ταχύτητες

Οι ταχύτητες που το Internet over Satellite υπόσχεται είναι αρκετά δελεαστικές, με αποτέλεσμα αρκετοί ISPs να επενδύουν σε αναπτυσσόμενες δορυφορικές λύσεις. Όμως δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι οι ταχύτητες αυτές χαρακτηρίζουν ιδανικές συνθήκες μεταφοράς δεδομένων, όπου δεν παρατηρείται συμφόρηση ή απώλεια πακέτων. Φυσικά είναι πολύ νωρίς να μιλάμε για συμφόρηση στα δορυφορικά δίκτυα με τη δεδομένη ζήτηση και χρήση αλλά δεν ξέρουμε τι θα γίνει τα επόμενα χρόνια. Οι απαιτήσεις των τελικών χρηστών για τις προσφερόμενες υπηρεσίες είναι αυτές που θα διαμορφώσουν τις συνθήκες. Στις μέρες μας οι ταχύτητες λήψης δεδομένων από ένα δορυφόρο στον υπολογιστή του τελικού χρήστη φθάνουν τα 45Mbps, ενώ οι ταχύτητες αποστολής δεδομένων από έναν σταθμό στο δορυφόρο περιορίζονται στα 5Mbps. Φυσικά η συνολική ταχύτητα επηρεάζεται από τη μορφή της σύνδεσης και μπορεί να εκφραστεί ως ο μέσος όρος των ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων σε όλες τις ενδιάμεσες συνδέσεις.

Δυο τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της καθυστέρησης μεταφοράς δεδομένων στα δορυφορικά δίκτυα είναι:

α) η τεχνική της αποθήκευσης συχνά χρησιμοποιούμενων πακέτων δεδομένων στους διακομιστές (Intelligent Caching) και

β) η αποστολή πακέτων χωρίς να είναι πάντα απαραίτητα η λήψη επιβεβαιώσεων, μειώνοντας το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην αποστολή διαδοχικών πακέτων.

Μια επίσης παράμετρος που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν είναι ότι αν και μιλάμε για άπειρο εύρος ζώνης στην πραγματικότητα αυτό υπόκειται σε μια πολιτική χορήγησης αδειών για συγκεκριμένες συχνότητες καθώς ορισμένες είναι ήδη δεσμευμένες για ερευνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς.

### 8.6.4. Θέματα Ασφάλειας

Σημαντικό θέμα προβληματισμού αποτελεί η εξασφάλιση της ασφάλειας των μεταδιδόμενων δεδομένων πάνω από δορυφορικά δίκτυα. Η ασύρματη φύση μετάδοσης των δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση ενός καναλιού επικοινωνίας χωρίς να είναι δυνατή η ανίχνευση.

Μια προτεινόμενη λύση είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων από τον πομπό και η αποκρυπτογράφηση από το δέκτη, είτε με δημόσια είτε με ιδιωτικά κλειδιά, η οποία εξασφαλίζει ασφαλή μετάδοση των δεδομένων και αποφυγή υποκλοπών.

Μέσα στην προσπάθεια πρωτοτυποποίησης των πρωτοκόλλων για δορυφορικά δίκτυα εντάσσεται και η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου ασφάλειας.

### 8.6.5. Qos στο Internet over Satellite

Η δυνατότητα των δορυφορικών δικτύων να καλύπτουν μεγάλες περιοχές, καθώς και χρήστες οι οποίοι βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένα σημεία, οδηγεί στην ανάπτυξη του Internet over Satellite. Αρκετοί επιστήμονες ασχολούνται με την επέκταση και βελτίωση του TCP πρωτοκόλλου ώστε να είναι δυνατή η αποδοτική χρήση του σε δορυφορικές συνδέσεις.

Το αυξημένο εύρος ζώνης που προσφέρουν τα δορυφορικά δίκτυα, θα οδηγήσει στη διέλευση μεγάλου αριθμού δεδομένων του Internet μέσω δορυφορικών κόμβων στα επόμενα χρόνια. Το μεγάλο γινόμενο καθυστέρησης ανάδρασης  $\times$  εύρος ζώνης και η απώλεια πακέτων, που εμφανίζονται στις δορυφορικές συνδέσεις επηρεάζουν το Quality of Service (QoS) στο Internet over Satellite.

Η ανάπτυξη μηχανισμών που θα προσφέρουν QoS σε ένα πλήθος εφαρμογών αλλά και συνόλου χρηστών του Internet over Satellite αποτελεί αντικείμενο μελέτης αρκετών ερευνητών. Οι μηχανισμοί που θα αναπτυχθούν θα πρέπει να ικανοποιούν τα ακόλουθα πέντε χαρακτηριστικά του Quality of Service:

- Ταχύτητα μετάδοσης. Ο ελάχιστος αποτελεσματικός ρυθμός δεδομένων που πρέπει να παρέχεται μαζί με ένα ανεκτό ανώτατο όριο.
- Όρια στην καθυστέρηση και διακύμανσή της. Η μέγιστη αποτελεσματική διακοπή που επιτρέπεται, ειδικά για video και άλλα σήματα που μεταφέρουν πληροφορίες πραγματικού χρόνου.
- Throughput. Το ποσό των δεδομένων τα οποία μεταδίδονται σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο.
- Schedule. Οι χρόνοι έναρξης και λήξης για μian αιτούμενη υπηρεσία.
- Loss rate. Ο μέγιστος αναμενόμενος ρυθμός απώλειας πακέτων σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (ειδικά στις δορυφορικές συνδέσεις στις οποίες η απώλεια πακέτων μπορεί να οφείλεται είτε στη συμφόρηση είτε στη δημιουργία λαθών ή στις προβληματικές συνδέσεις).

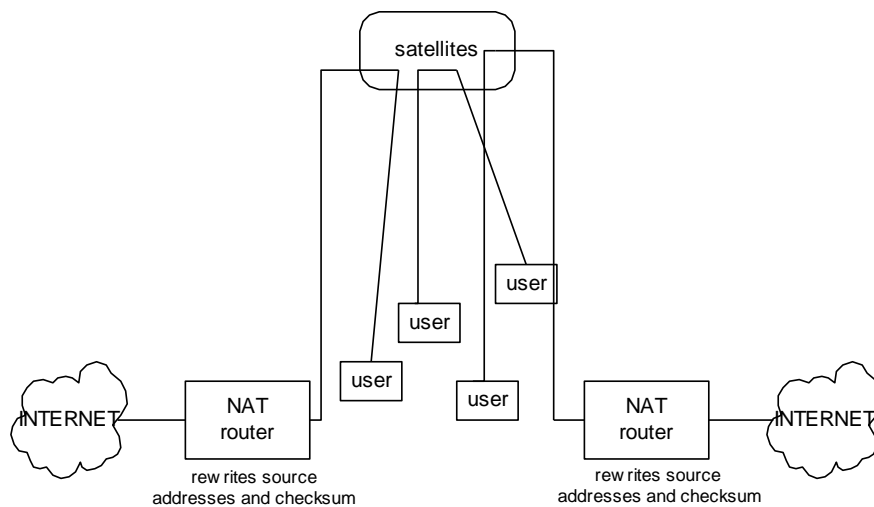
Η απαίτηση για υψηλό QoS αυξάνει και το κόστος παροχής υπηρεσιών, το οποίο πρέπει να είναι ξεκάθαρο στους χρήστες, ώστε αυτοί να μην απαιτούν υψηλότερο επίπεδο υπηρεσιών από ό,τι πραγματικά χρειάζονται. Αυτό αυτόματα διαχωρίζει τους χρήστες σε ένα σύνολο διαφορετικών κλάσεων.

Κάθε κλάση χαρακτηρίζεται από ένα ανώτατο όριο στην καθυστέρηση μετάδοσης των δεδομένων, έναν ανώτατο όριο απώλειας πακέτων και ένα διαθέσιμο εύρος ζώνης για τις αιτούμενες υπηρεσίες, το οποίο μοιράζεται με έναν ιεραρχικό τρόπο ανάμεσα στους χρήστες της κλάσης.

Εξαιτίας της καθυστέρησης στη λήψη επιβεβαιώσεων στις δορυφορικές συνδέσεις, η ιεραρχική σύνδεση των χρηστών που ανήκουν σε μια κλάση, επιτρέπει τη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης που ένας χρήστης δε χρησιμοποιεί για κάποιο χρονικό διάστημα, από τους άλλους χρήστες με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του TCP πρωτοκόλλου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αλγορίθμων που αποδίδουν «δίκαια» τους πόρους του δικτύου.

Σημαντικό θέμα έρευνας στο Internet over Satellite, αποτελεί και η δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων. Οι δορυφόροι που δε βρίσκονται σε γεωστατική τροχιά αλλάζουν δυναμικά τις τοπολογίες των δορυφορικών δικτύων με αποτέλεσμα να χρειάζονται συχνή αλλαγή και οι πίνακες δρομολόγησης (routing tables). Η διατήρηση των πινάκων δρομολόγησης μέσα στους δορυφόρους δεν είναι συμφέρουσα καθώς δεν είναι εύκολη η ανανέωση και ενημέρωσή τους όταν οι δορυφόροι βρίσκονται σε τροχιά.

Μια καλή λύση είναι η χρησιμοποίηση ενός ιδιαίτερου τρόπου δρομολόγησης, όπως το Network Address Translation (NAT). Σε αυτή την τεχνική η αναγκαία πληροφορία για τη δρομολόγηση προέρχεται από το ίδιο το δίκτυο. Ο NAT router λαμβάνει τα δεδομένα και υπολογίζει κάθε φορά τις διευθύνσεις λήψης αλλά και προορισμού των πακέτων. Η διαδικασία είναι αμφίδρομη και παρουσιάζεται στην Εικόνα 87.



**Εικόνα 87: Σχηματικό διάγραμμα της NAT τεχνικής.**

Αν και η NAT τεχνική λύνει το πρόβλημα δρομολόγησης στα δορυφορικά δίκτυα (καθώς και σε ιδιωτικά κινητά δίκτυα) το μόνο μειονέκτημα είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα των υπολογισμών που εμπλέκονται σε αυτή. Λύση σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να προσφέρει η ενσωμάτωση μηχανισμών για switching & routing μέσα στους ίδιους τους δορυφόρους, που θα χειρίζεται τη μεταξύ τους επικοινωνία και μεταφορά πακέτων δεδομένων. Αυτό ήδη αποτελεί ερευνητικό στόχο των επιστημόνων για τα επόμενα χρόνια.

### 8.6.6. Προσφερόμενες Υπηρεσίες στο Internet over Satellite

Το μεγάλο εύρος ζώνης που εξασφαλίζει το Internet over Satellite, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα σύνολο υπηρεσιών προσφερόμενες είτε προς μεμονωμένους τελικούς χρήστες (ιδιώτες) είτε προς επιχειρήσεις. Τις δυνατότητες του Internet over Satellite, δεν εκμεταλλεύονται όμως το ίδιο καλά όλες οι εφαρμογές, αλλά περισσότερο όσες έχουν το χαρακτηριστικό της multicast και broadcast μετάδοσης. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- α) τις μονόδρομες, όπως η δορυφορική τηλεόραση και
- β) τις αμφίδρομες ή αλλιώς διαδραστικές (interactive), όπως η εξ' αποστάσεως εκπαίδευση, η τηλε-ιατρική και η τηλε-εργασία.

Οι μονόδρομες εφαρμογές χρησιμοποιούν τις δορυφορικές συνδέσεις μόνο ως προς τη μια κατεύθυνση (downlink), ενώ οι αμφίδρομες χρησιμοποιούν και τις δυο κατευθύνσεις (uplink & downlink), με αποτέλεσμα να απαιτούν πιο ακριβές συνδέσεις σε σχέση με τις αντίστοιχες επίγειες. Τόσο οι αμφίδρομες όσο και οι μονόδρομες εφαρμογές είναι γνωστές και ως ασυμμετρικές. Ορισμένες από τις προσφερόμενες εφαρμογές είναι οι ακόλουθες:

- Δίκτυο κορμού για εκπομπή Internet με μεγάλη ταχύτητα για ISP's (ISP Backbone Service).
- Εκπομπή σε εταιρικά δίκτυα (Intranets).
- Εκπομπή μέσω Διαδικτύου (Web casting).
- Δορυφορικά πολυμέσα
- Τηλε-εκπαίδευση



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9:  
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ





## 9. Ασύρματα Κινητά Δίκτυα

### 9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ασύρματη επικοινωνία αποκτά ιδιαίτερη αξία σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, που η μορφολογία του εδάφους της δεν επιτρέπει πολλές φορές τη χρήση εναλλακτικών μέσων μετάδοσης όπως για παράδειγμα οι οπτικές ίνες. Ειδικότερα οι τομείς της κινητής τηλεφωνίας και των ασύρματων τοπικών δικτύων είναι ταχύτατα εξελισσόμενοι τομείς οι οποίοι στις μέρες μας βρίσκονται σε ένα στάδιο μετεξέλιξής τους. Στην μεγάλη εξέλιξη των δύο αυτών τομέων συμβάλουν τα μέγιστα και οι απαιτήσεις των σύγχρονων καιρών για ένα ενοποιημένο και λειτουργικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας παρέχοντας πληθώρα υπηρεσιών στους πελάτες – χρήστες του. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στο σύστημα κινητής τηλεφωνίας GPRS, οποίο και χρησιμοποιείται σήμερα στην ώρα μας καθώς και στο πώς μπορεί το σύστημα αυτό να μετεξελιχθεί στο UMTS, το πρότυπο κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς. Επιπλέον θα επιχειρηθεί μια εισαγωγή στα ασύρματα τοπικά δίκτυα και συγκεκριμένα στο ασύρματα τοπικά δίκτυα συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11.

### 9.2. ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Η ανάπτυξη κυψελωτών συστημάτων δεύτερης γενιάς, καθοδηγήθηκε από την ανάγκη για τη βελτίωση της ποιότητας μετάδοσης, της χωρητικότητας του συστήματος και της κάλυψης. Περαιτέρω εξελίξεις στην τεχνολογία των ημιαγωγών και στις συσκευές μικροκυμάτων, έφεραν την ψηφιακή μετάδοση στις κινητές επικοινωνίες. Η μετάδοση ομιλίας, ακόμα κυριαρχεί στον αέρα, αλλά οι απαιτήσεις για τηλεομοιοτυπία, μικρά μηνύματα και μετάδοση δεδομένων, αυξάνονται ραγδαία. Συμπληρωματικές υπηρεσίες όπως η πρόληψη απάτης και η κρυπτογράφηση των δεδομένων χρήστη, έχουν γίνει δεδομένα χαρακτηριστικά που είναι συγκρίσιμα με αυτά στα σταθερά δίκτυα. Τα κυψελωτά συστήματα δεύτερης γενιάς, περιλαμβάνουν τα: GSM, Ψηφιακό - AMPS (D-AMPS), Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα (Code Division Multiple Access - CDMA) και Προσωπική Ψηφιακή Επικοινωνία (Personal Digital Communication – PDC). Σήμερα, πολλαπλά πρότυπα πρώτης και δεύτερης γενιάς, χρησιμοποιούνται παγκοσμίως στις κινητές επικοινωνίες. Διαφορετικά πρότυπα, εξυπηρετούν διαφορετικές εφαρμογές, με διαφορετικά επίπεδα κινητικότητας, χωρητικότητας και περιοχής εξυπηρέτησης (συστήματα τηλεειδοποίησης, ασύρματα τηλέφωνα, ασύρματοι τοπικοί βρόχοι, ιδιωτικός κινητός ασύρματος, κυψελωτά συστήματα και κινητά δορυφορικά συστήματα). Πολλά πρότυπα χρησιμοποιούνται μόνο σε μία χώρα ή περιοχή και τα περισσότερα είναι ασύμβατα μεταξύ τους. Το GSM είναι η πιο επιτυχημένη οικογένεια κυψελωτών προτύπων (GSM900, GSM-σιδηρόδρομος [GSM – Railway, GSM-R], GSM1800, GSM1900 και GSM400), υποστηρίζοντας περίπου 250 εκατομμύρια, από τα 450 εκατομμύρια συνδρομητών, με διεθνή περιαγωγή (roaming) σε περίπου 140 χώρες και 400 δίκτυα.

Η πρώτη φάση της προτυποποίησης του GSM900, ολοκληρώθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute – ETSI ) το 1990 και εμπεριείχε όλους τους απαραίτητους ορισμούς για τις δικτυακές λειτουργίες του GSM. Αρκετές τηλέ-υπηρεσίες και υπηρεσίες φορέα έχουν

οριστεί (συμπεριλαμβανομένης και της μετάδοσης δεδομένων με ταχύτητα μέχρι και 9.6 kbps), αλλά μόνο μερικές συμπληρωματικές υπηρεσίες προσφέρονταν. Σαν αποτέλεσμα, τα πρότυπα του GSM, ενισχύθηκαν στην δεύτερη φάση (1995) για να ενσωματώσουν μία μεγάλη ποικιλία συμπληρωματικών υπηρεσιών, οι οποίες ήταν συγκρίσιμες με τα πρότυπα του (σταθερού) ψηφιακού δικτύου ολοκληρωμένων υπηρεσιών ( Integrated Services Digital Network – ISDN). Το 1996, το ETSI αποφάσισε να ενισχύσει περαιτέρω το GSM με ετήσιες διατάξεις φάσης 2+, που ενσωματώνουν δυνατότητες τρίτης γενιάς.

Οι διατάξεις της φάσης 2+, έχουν εισάγει σημαντικά χαρακτηριστικά τρίτης γενιάς όπως υπηρεσίες έξυπνου δικτύου ( Intelligent Network – IN ), με Προσαρμοζόμενη Εφαρμογή για Κινητή Επαυξημένη Λογική ( Customized Application for Mobile Enhanced Logic – CAMEL), βελτιωμένη συμπίεση / αποσυμπίεση ομιλίας (COmpression / DECompression – CODEC), Επαυξημένο Πλήρη Ρυθμό (Enhanced Full Rate – EFR) και Προσαρμοστικό Πολλαπλό Ρυθμό (Adaptive Multirate –AMR), υπηρεσίες δεδομένων υψηλού ρυθμού και νέες αρχές μετάδοσης με Δεδομένα Μεταγωγής Κυκλώματος Υψηλής Ταχύτητας (High - Speed Circuit – Switched Data – HSCSD), Γενική Υπηρεσία Ασύρματου Πακέτου ( General Packet Radio Service – GPRS ) και Επαυξημένοι ρυθμοί Δεδομένων για Εξέλιξη του GSM ( Enhanced Data rates for GSM Evolution – EDGE. Το UMTS είναι ένα διάδοχο πρότυπο της τρίτης γενιάς του GSM, που είναι προς τα κάτω συμβατό με το GSM, χρησιμοποιώντας τον επαυξημένο πυρήνα δικτύου της φάσης 2+ του GSM.

### 9.2.1. Γενική Υπηρεσία Ασύρματου Πακέτου (GPRS)

Έχει προβλεφθεί ότι η τάση που παρατηρείται στα σταθερά δίκτυα – όπου η μεταφορά δεδομένων ξεπερνά σε όγκο τη μεταφορά φωνής – θα εμφανιστεί και στα ασύρματα δίκτυα. Αυτή η μετάβαση αναμενόταν στα σταθερά δίκτυα, περίπου στο 2000. Η μετάβαση στα ασύρματα δίκτυα, θα ακολουθήσει σύντομα. Εν τούτοις, μία πρόκληση που οφείλεται σ’ αυτήν την τάση, είναι ότι οι παρούσες ασύρματες υποδομές πρέπει να εξελιχθούν, ώστε να αντεπεξέλθουν στην προβλεπόμενη κυκλοφορία δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα να μεταφέρουν φωνητική κυκλοφορία με αποδοτικό και ταχύ τρόπο.

Οι διαφορετικές προσεγγίσεις στα ασύρματα συστήματα τρίτης γενιάς, έγιναν με την πρόθεση να απευθυνθούν στην πρόκληση της ενσωμάτωσης και μείξης φωνής και δεδομένων. Εν τούτοις, η πολυπλοκότητα των νέων τεχνολογιών, έχει καθυστερήσει την ανάπτυξη και την ευρεία διάδοσή τους. Για παράδειγμα, οι διεθνείς βιομηχανικοί οργανισμοί τυποποίησης, δεν μπόρεσαν να αποδεχτούν όλα τα απαιτούμενα πρότυπα. Ειδήσεις σχετικά με αποδεκτά πρωτότυπα συστημάτων τρίτης γενιάς εμφανίζονται, ειδικά από την Κορέα και την Ιαπωνία, αλλά κανένα σύστημα ή δίκτυο τρίτης γενιάς δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα.

Για να ελαττωθεί η συνέπεια της καθυστέρησης στην υλοποίηση των ασυρμάτων συστημάτων τρίτης γενιάς, το GPRS εισάγεται ως ενδιάμεσο βήμα για την αποδοτική μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας πάνω από τις παρούσες υποδομές GSM και TDMA. Η σηματοδότηση και η διακίνηση δεδομένων του GPRS δεν γίνεται μέσω του δικτύου GSM. Το GSM χρησιμοποιείται απλά για εύρεση σε πίνακες, στις βάσεις δεδομένων των καταχωρητών τοποθεσίας, των προφίλ χρήστη. Το GPRS χρησιμοποιεί 1 έως 8 σχισμές χρόνου σε ασύρματο κανάλι, που μπορούν να μοιράζονται σε πολλαπλούς χρήστες. Μετατρέπει τα δεδομένα χρήστη σε πακέτα και

τα μεταφέρει πάνω από Δημόσια Επίγεια Κινητά Δίκτυα (PLMN), χρησιμοποιώντας έναν κορμό IP. Από εκεί, διασυνδέεται με άλλα Δημόσια Δίκτυα Δεδομένων (PDN), συμπεριλαμβανομένου και του Διαδικτύου. Ως αποτέλεσμα, το GPRS δύναται να προσφέρει ταχύτητες από 14400 – 115000 bps, που επιτρέπουν άνετη πρόσβαση στο διαδίκτυο με τη χρήση ασύρματων συσκευών. Το πεδίο υποστηριζόμενων ευρών ζώνης που προσφέρεται, επιτρέπει μικρή «εκρηκτική» κυκλοφορία, όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και περιήγηση στον παγκόσμιο ιστό, όπως και μετακίνηση μεγάλων όγκων δεδομένων. Επιπροσθέτως, επειδή υποστηρίζεται ποιότητα υπηρεσίας, οι παροχές μπορούν να παρέχουν επιλεκτικά υπηρεσίες στους χρήστες. Τέλος, επειδή το GPRS έχει γρήγορη εγκατάσταση σύνδεσης, ο χρήστης έχει την εντύπωση ότι είναι πάντα συνδεδεμένος, για συνεχή λειτουργία.

### ***Κύρια χαρακτηριστικά για το χρήστη του GPRS***

#### **Ταχύτητα**

Όπως προαναφέρθηκε, το GPRS προσφέρει αρκετά μεγάλη ταχύτητα στους χρήστες του. Συγκριτικά με τα σταθερά δίκτυα, προσφέρει περίπου τρεις φορές μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης, ενώ συγκριτικά με τα ασύρματα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος πάνω στο GSM, είναι περίπου δέκα φορές ταχύτερης. Επιτρέποντας πιο γρήγορη, άμεση και αποδοτική μετάδοση δεδομένων, το GPRS ενδέχεται να είναι μία φτηνότερη υπηρεσία δεδομένων, συγκριτικά με το SMS και τα δεδομένα μεταγωγής κυκλώματος.

#### **Αμεσότητα**

Η αμεσότητα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του GPRS (αλλά και του SMS). Η αμεσότητα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για χρονικά κρίσιμες εφαρμογές, όπως απομακρυσμένη έγκριση πιστωτικής κάρτας, όπου θα ήταν μη αποδεκτό το να αναμένει ο πελάτης, ακόμα κι αν η αναμονή περιοριζόταν σε 30 δευτερόλεπτα.

#### **Νέες, καλύτερες εφαρμογές**

Το GPRS διευκολύνει διάφορες νέες εφαρμογές που παλαιότερα δεν ήταν διαθέσιμες στα δίκτυα GSM, λόγω των περιορισμών ταχύτητας στα Δεδομένα Μεταγωγής Κυκλώματος (9.6 kbps) και το μήκος μηνύματος των 160 χαρακτήρων του SMS. Το GPRS καθιστά δυνατή τη χρήση όλων των διαδικτυακών εφαρμογών που είναι συνηθισμένες στα επιτραπέζια συστήματα υπολογιστών, από την περιήγηση, μέχρι τη συνομιλία (chat). Άλλες νέες εφαρμογές συμπεριλαμβάνουν τη μεταφορά αρχείων και την οικιακή αυτοματοποίηση – τη δυνατότητα απομακρυσμένης χρήσης οικιακών συσκευών και μηχανημάτων.

### ***Πρόσβαση στις Υπηρεσίες***

Για τη χρήση του GPRS, χρειάζονται οπωσδήποτε τα παρακάτω:

- Ένα κινητό τηλέφωνο ή τερματικό που υποστηρίζει GPRS (τα υπάρχοντα τηλέφωνα GSM δεν το υποστηρίζουν)
- Μία συνδρομή σε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας που υποστηρίζει GPRS
- Η χρήση του GPRS πρέπει να ενεργοποιηθεί για τον συγκεκριμένο χρήστη. Αυτόματη πρόσβαση στο GPRS μπορεί να είναι επιτρεπτή από κάποιους διαχειριστές δικτύων κινητής τηλεφωνίας, ενώ άλλοι μπορεί να την επιτρέπουν ως επιπρόσθετη παροχή.

- Γνώση του πώς να σταλεί ή / και να ληφθεί πληροφορία GPRS χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο μοντέλο κινητού τηλεφώνου που ο χρήστης κατέχει, συμπεριλαμβανομένων και των ρυθμίσεων υλικού / λογισμικού ( αυτό δημιουργεί και την απαίτηση για υπηρεσία εξυπηρέτησης πελατών).
- Μία διεύθυνση για λήψη / αποστολή πληροφορίας μέσω του GPRS. Ενώ στο SMS αυτή συνήθως ήταν ο αριθμός ενός άλλου κινητού τηλεφώνου, στην περίπτωση του GPRS, είναι πολύ πιθανό να είναι μία διαδικτυακή διεύθυνση, αφού το GPRS σχεδιάστηκε για να κάνει το διαδίκτυο πλήρως διαθέσιμο στους χρήστες κινητών για πρώτη φορά. Εξ' αρχής, οι χρήστες GPRS μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε ιστοσελίδες ή σε άλλες διαδικτυακές εφαρμογές.

### ***Κύρια δικτυακά χαρακτηριστικά του GPRS***

#### **Μεταγωγή πακέτου**

Το GPRS επικαλύπτει το υπάρχον GSM δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, με μία διεπαφή βασισμένη σε πακέτο. Έτσι, δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει μία υπηρεσία δεδομένων βασισμένη σε πακέτα. Η συμπλήρωση μίας αρχιτεκτονικής δικτύου βασισμένης σε μεταγωγή κυκλώματος με μεταγωγή πακέτου, είναι αρκετά σημαντική αναβάθμιση. Εν τούτοις, το πρότυπο του GPRS δίνεται με αρκετά κομψό τρόπο, απαιτώντας από τους διαχειριστές δικτύων να τοποθετήσουν μόνο δύο κόμβους υποδομής και να κάνουν μία αναβάθμιση λογισμικού σε κάποια άλλα στοιχεία του δικτύου.

#### **Αποδοτικότητα φάσματος**

Η μεταγωγή πακέτου, συνεπάγεται ότι οι πόροι του συστήματος χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες στέλνουν ή δέχονται δεδομένα. Αντί να αφιερώνεται ένα ασύρματο κανάλι σε κάποιον χρήστη, για μία σταθερή χρονική περίοδο, οι διαθέσιμοι πόροι μπορούν να μοιραστούν σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Αυτή η αποδοτική χρήση των πόρων, συνεπάγεται ότι μεγάλοι αριθμοί χρηστών του GPRS μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο εύρος ζώνης και να εξυπηρετηθούν από μία μοναδική κυψέλη. Ο πραγματικός αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν, εξαρτάται από τον τύπο της εφαρμογής που χρησιμοποιείται και από την ποσότητα δεδομένων που μεταφέρεται. Λόγω της αποδοτικότητας φάσματος του GPRS, υπάρχει λιγότερη ανάγκη για τη διατήρηση κενής χωρητικότητας που χρησιμοποιείται στις ώρες αιχμής. Έτσι, το GPRS, παρέχει στους διαχειριστές δικτύων τη δυνατότητα να μεγιστοποιήσουν τη χρήση των πόρων του δικτύου τους με έναν δυναμικό και ευέλικτο τρόπο.

Το GPRS αναμένεται να βελτιώσει την μέγιστη χωρητικότητα στο χρόνο ενός δικτύου GSM, εφ' όσον ταυτόχρονα:

- Διανέμει τους πόρους πιο αποδοτικά, υποστηρίζοντας εικονική συνδεσιμότητα.
- Μεταφέρει κυκλοφορία που διακινείται μέσω Δεδομένων Μεταγωγής Κυκλώματος στο GPRS, και μειώνει το φόρτο του κέντρου SMS και του καναλιού σηματοδότησης, μεταφέροντας κάποια κυκλοφορία η οποία διακινείται μέσω SMS στο GPRS, χρησιμοποιώντας τη διασύνδεση GPRS / SMS, που υποστηρίζεται από τα πρότυπα του GPRS.

**Γνωρίζει το Διαδίκτυο**

Για πρώτη φορά, το GPRS επιτρέπει την λειτουργία των κινητών στο Διαδίκτυο, επιτρέποντας τη διαδίκτυωση του Διαδικτύου και του νέου δικτύου GPRS. Κάθε υπηρεσία που χρησιμοποιείται σήμερα στο Διαδίκτυο, θα είναι διαθέσιμη στον ίδιο βαθμό στα κινητά τηλέφωνα, μέσω του GPRS.

Εφ' όσον το GPRS λειτουργεί με τα ίδια πρωτόκολλα με το Διαδίκτυο, μπορεί να θεωρηθεί ως υποδίκτυό του. Αυτό σημαίνει, ότι υπάρχει η δυνατότητα κάθε τερματικό GPRS να έχει τη δική του διεύθυνση IP και να είναι προσβάσιμο με αυτόν τον τρόπο.

**Υποστηρίζει TDMA και GSM**

Θα πρέπει να τονιστεί ότι το GPRS δεν είναι σχεδιασμένο μόνο για να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας που βασίζονται στο GSM. Το πρότυπο IS – 136 TDMA, δημοφιλές στην Αμερικανική ήπειρο, επίσης θα υποστηρίξει το GPRS. Αυτό γίνεται σε συνέπεια μίας συμφωνίας που έγινε στις αρχές του 1999, ώστε να ακολουθηθεί η ίδια οδός εξέλιξης προς τα συστήματα τρίτης γενιάς, η οποία έγινε από τις βιομηχανικές ομάδες που υποστηρίζουν τους δύο τύπους δικτύων.

***Περιορισμοί του GPRS*****Μειωμένη χωρητικότητα κυψελών για όλους τους χρήστες**

Το GPRS έχει αντίκτυπο στην υπάρχουσα χωρητικότητα κυψελών του δικτύου. Υπάρχουν περιορισμένοι πόροι που να μπορούν να αφιερωθούν σε διαφορετικές χρήσεις. Για παράδειγμα, οι φωνητικές κλήσεις και οι κλήσεις GPRS, χρησιμοποιούν και οι δύο τους ίδιους δικτυακούς πόρους. Η έκταση του αντικτύπου, εξαρτάται από τον αριθμό των χρονικών σχισμών, αν υπάρχουν, που δεσμεύονται για αποκλειστική χρήση του GPRS. Εν τούτοις, το GPRS διαχειρίζεται δυναμικά την διανομή καναλιών και επιτρέπει μείωση στο φόρτο του καναλιού σηματοδότησης σε ώρες αιχμής, στέλνοντας μικρά μηνύματα πάνω από κανάλια GPRS.

Αποτέλεσμα: Ανάγκη για το SMS, ως συμπληρωματικό φορέα που χρησιμοποιεί διαφορετικό τύπο πόρων.

**Οι πραγματικές ταχύτητες είναι πολύ μικρότερες**

Η επίτευξη του θεωρητικού μέγιστου ρυθμού μετάδοσης του GPRS, θα απαιτούσε από έναν και μόνο χρήστη να κατέχει και τις 8 χρονικές σχισμές, χωρίς προστασία από σφάλματα. Φυσικά, είναι μάλλον απίθανο ότι ένας διαχειριστής δικτύου θα επιτρέψει ένας χρήστης να χρησιμοποιήσει και τις 8 σχισμές. Επιπροσθέτως, τα πρώτα τερματικά GPRS, αναμένεται να έχουν πολύ περιορισμένες δυνατότητες, υποστηρίζοντας μέχρι 3 σχισμές χρόνου. Έτσι, το εύρος ζώνης που θα είναι πραγματικά διαθέσιμο, θα είναι σημαντικά περιορισμένο. Για αυτούς τους λόγους, οι θεωρητικές μέγιστες τιμές, θα πρέπει να ελεγχθούν με βάση τους περιορισμούς στα δίκτυα και στα τερματικά. Η πραγματικότητα είναι ότι τα κινητά δίκτυα είναι πάντα πιο πιθανό να έχουν χαμηλότερες ταχύτητες από τα σταθερά.

Αποτέλεσμα: Οι σχετικά υψηλές ταχύτητες δεδομένων στα κινητά τηλέφωνα, μπορεί να μην είναι διαθέσιμες στους χρήστες, μέχρι την εισαγωγή του EDGE ή του UMTS.

**Η υποστήριξη του τερματισμού GPRS, δεν είναι επιβεβαιωμένη**

Ως αυτή τη στιγμή, δεν έχει υπάρξει επιβεβαίωση από τους παροχείς συσκευών, ότι κλήσεις GPRS τερματιζόμενες σε κινητό (λήψη κλήσεων GPRS στο κινητό

τηλέφωνο), θα υποστηρίζονται από τα αρχικά τερματικά. Η διαθεσιμότητα αυτού του χαρακτηριστικού, είναι ένα καίριο ερώτημα, με κρίσιμο αντίκτυπο σε θέματα όπως η μεταφορά εφαρμογών από άλλους φορείς στο GPRS.

Αποτέλεσμα: Η χρηστικότητα και ως συνέπεια και η βιωσιμότητα του GPRS, απειλείται.

### **Μη βέλτιστη κωδικοποίηση**

Το GPRS βασίζεται σε μία κωδικοποίηση που καλείται GMSK. Το EDGE βασίζεται σε έναν νέο τρόπο κωδικοποίησης, ονομαζόμενο 8 PSK, ο οποίος επιτρέπει ακόμα μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Ο 8 PSK, θα χρησιμοποιηθεί επίσης για το δίκτυο UMTS, οπότε οι διαχειριστές δικτύων θα πρέπει κάποια στιγμή να τον εισάγουν, ώστε να μπορέσουν να μεταβούν στα συστήματα τρίτης γενιάς.

Αποτέλεσμα: Ανάγκη για το EDGE.

### **Καθυστερήσεις μεταφοράς**

Τα πακέτα του GPRS στέλνονται σε διάφορες κατευθύνσεις για να φτάσουν στον ίδιο προορισμό. Αυτό εμπεριέχει τη δυνατότητα για ένα ή περισσότερα πακέτα να χαθούν ή να υποστούν βλάβη κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Τα πρότυπα του GPRS αναγνωρίζουν αυτήν την πιθανότητα και εμπεριέχουν στρατηγικές αναμετάδοσης και ακεραιότητας δεδομένων. Εν τούτοις, ως αποτέλεσμα, μπορεί να συμβούν καθυστερήσεις μετάδοσης. Έτσι, για εφαρμογές όπως μετάδοση βίντεο, μία μέθοδος ταχείας μετάδοσης δεδομένων με μεταγωγή κυκλώματος, όπως το HSCSD, είναι πιο κατάλληλη.

Αποτέλεσμα: Ανάγκη για HSCSD

### **Όχι αποθήκευση και προώθηση**

Ενώ η μηχανή αποθήκευσης και προώθησης είναι η καρδιά του κέντρου SMS και κύριο χαρακτηριστικό της υπηρεσίας SMS, δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο στο GPRS, εκτός από την ενσωμάτωση διασύνδεσης μεταξύ SMS και GPRS.

Αποτέλεσμα: Ανάγκη για SMS

### ***Εφαρμογές για το GPRS***

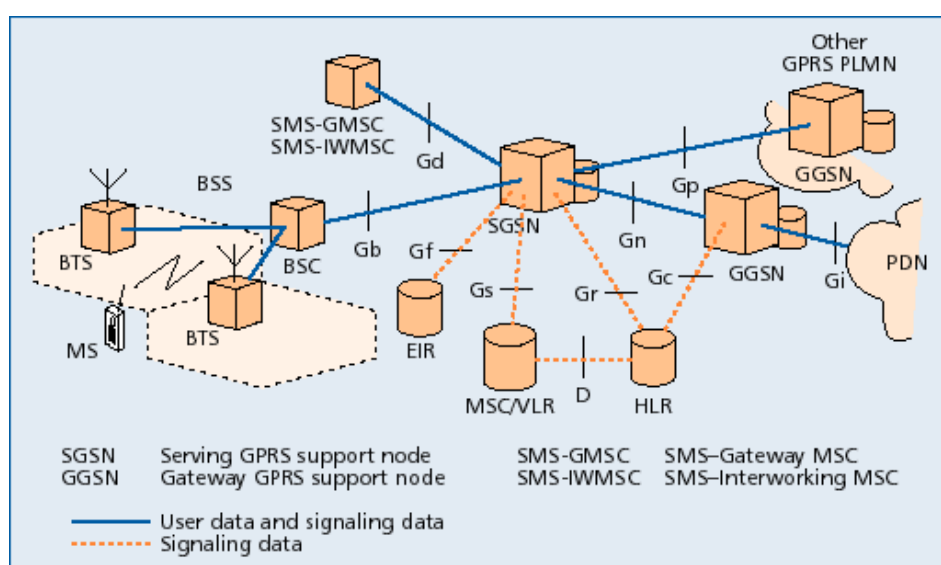
Ένα ευρύ πεδίο εμπορικών και καταναλωτικών εφαρμογών είναι διαθέσιμες για τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Οι ακόλουθες, είναι οι πλέον κατάλληλες για το GPRS.

- Υπηρεσίες συζήτησης μέσω κειμένου (chat)
- Πληροφορία σε οπτική μορφή και σε μορφή κειμένου
- Σταθερές εικόνες
- Κινούμενες εικόνες
- Περιήγηση στον Παγκόσμιο Ιστό
- Διαμοίραση κειμένου / συνεργασία
- Ήχος υψηλής ποιότητας
- Αποστολή εξωτερικών υπαλλήλων σε εργασίες
- Εταιρικό Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο

- Διαδικτυακό Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο
- Απομακρυσμένη πρόσβαση σε τοπικά δίκτυα
- Μεταφορά αρχείων
- Αυτοματοποίηση Κατοικίας

### Αρχιτεκτονική Συστήματος

Με σκοπό την ενσωμάτωση του GPRS στην υπάρχουσα αρχιτεκτονική του GSM, μία νέα κλάση κόμβων δικτύου, οι οποίοι καλούνται «Κόμβοι Υποστήριξης GPRS (GSN)», εισάγεται. Οι GSN είναι υπεύθυνοι για την παράδοση και δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων, μεταξύ των κινητών σταθμών και των εξωτερικών δικτύων μεταγωγής πακέτων δεδομένων (PDN). Η αρχιτεκτονική φαίνεται στην Εικόνα 88.



**Εικόνα 88. Η αρχιτεκτονική του GPRS**

Ένας υπηρετών GSN (SGSN), είναι υπεύθυνος για την μεταφορά των πακέτων δεδομένων, από και προς τους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται στην περιοχή υπηρεσίας του. Οι εργασίες του συμπεριλαμβάνουν δρομολόγηση και μεταφορά πακέτων, έλεγχο κινητικότητα (προσάρτηση / αποπροσάρτηση και διαχείριση τοποθεσίας), διαχείριση λογικού συνδέσμου και λειτουργίες επιβεβαίωσης ταυτότητας και χρέωσης. Ο καταχωρητής τοποθεσίας του SGSN καταχωρεί πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία (τρέχουσα κυψέλη, τρέχων VLR) και τα προφίλ χρηστών (IMSI, διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο δεδομένων πακέτων), όλων των χρηστών που έχουν καταχωρηθεί σε αυτό το SGSN.

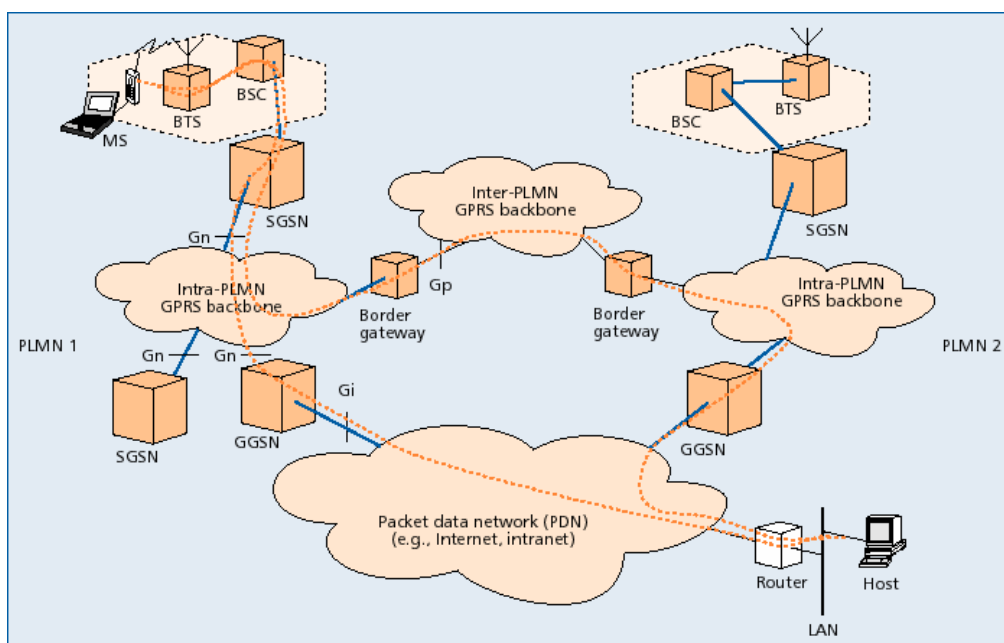
Ένας GSN πύλης (GGSN), λειτουργεί ως διασύνδεση μεταξύ του κορμού του δικτύου GPRS και των εξωτερικών δικτύων δεδομένων πακέτων. Μετατρέπει τα πακέτα GPRS που προέρχονται από το SGSN σε πακέτα του κατάλληλου πρωτοκόλλου (PDP), για παράδειγμα X.25 ή IP και τα μεταδίδει στο κατάλληλο δίκτυο δεδομένων. Προς την αντίθετη κατεύθυνση, οι PDP διευθύνσεις των εισερχομένων πακέτων, μετατρέπονται στη GSM διεύθυνση του χρήστη στον οποίον προορίζονται. Τα επαναδιευθυνσιοδοτημένα πακέτα, αποστέλλονται στο υπεύθυνο SGSN. Για αυτό το σκοπό, το GGSN αποθηκεύει την τρέχουσα διεύθυνση SGSN και το προφίλ του χρήστη, στον καταχωρητή τοποθεσίας. Το GGSN εκτελεί επίσης λειτουργίες

επιβεβαίωσης ταυτότητας και χρέωσης. Γενικά, υπάρχει μία σχέση πολλά – προς – πολλά, μεταξύ των SGSN και των GGSN: Ένα GGSN είναι η διασύνδεση με τα εξωτερικά δίκτυα για πολλά SGSN, ενώ ένα SGSN μπορεί να δρομολογήσει τα πακέτα του μέσω πολλών GGSN, για να τα στείλει σε διαφορετικά δίκτυα.

Στην Εικόνα 88, φαίνονται επίσης και οι διασυνδέσεις μεταξύ των νέων κόμβων και του δικτύου GSM, σύμφωνα με τον ορισμό τους από την ETSI. Η διασύνδεση Gb, ενώνει το BSC με το SGSN. Μέσω των διασυνδέσεων Gn και Gp, δεδομένα χρήστη και σηματοδοσίας, μεταδίδονται μεταξύ των GSN. Η διασύνδεση Gn θα χρησιμοποιηθεί εάν το SGSN και το GGSN βρίσκονται στο ίδιο PLMN, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί η Gp. Όλα τα GSN συνδέονται μέσω ενός δικτύου κορμού GPRS, βασισμένου στο IP. Μέσα στον κορμό, τα GSN ενθυλακώνουν τα πακέτα PDN και τα μεταδίδουν χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο σήραγγας GTP του GPRS. Υπάρχουν δύο είδη κορμών GPRS:

- Δίκτυα κορμού μέσα στα PLMN, τα οποία συνδέουν τα GSN του ίδιου PLMN και έτσι αποτελούν ιδιωτικά IP δίκτυα του παροχέα δικτύου GPRS.
- Δίκτυα κορμού μεταξύ PLMN, τα οποία συνδέουν GSN από διαφορετικά PLMN. Μία συμφωνία περιπλάνησης μεταξύ των δύο παροχέων δικτύων GPRS, είναι απαραίτητη για την εγκατάσταση αυτού του κορμού.

Στην Εικόνα 89, φαίνονται δύο δίκτυα κορμού μέσα σε διαφορετικά PLMN, που συνδέονται με ένα δίκτυο κορμού μεταξύ PLMN. Οι πύλες μεταξύ των PLMN και του εξωτερικού κορμού μεταξύ PLMN, λέγονται συνοριακές πύλες. Μεταξύ άλλων, εκτελούν λειτουργίες ασφαλείας, για να προστατεύσουν τους ιδιωτικούς εσωτερικούς κορμούς, από επιθέσεις και μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Το εικονογραφημένο παράδειγμα δρομολόγησης, θα εξηγηθεί πιο κάτω.



**Εικόνα 89. Διασύνδεση με δίκτυα κορμού**

Οι διασυνδέσεις Gn και Gp, ορίζονται επίσης και μεταξύ δύο SGSN. Αυτό επιτρέπει σε δύο SGSN να ανταλλάξουν προφίλ χρήστη, όταν ένας κινητός σταθμός μετακινηθεί από την περιοχή του ενός SGSN σε αυτή του άλλου. Μέσω της



διασύνδεσης Gf, το SGSN μπορεί να ερωτήσει το IMEI ενός κινητού σταθμού ο οποίος επιχειρεί να καταχωρηθεί στο δίκτυο. Η διασύνδεση Gi συνδέει το PLMN με εξωτερικά δημόσια ή ιδιωτικά PDN, όπως το Διαδίκτυο, ή εταιρικά δίκτυα. Διασυνδέσεις για δίκτυα IP (v4 και v6) και X.25, υποστηρίζονται. Το HLR αποθηκεύει το προφίλ χρήστη, την παρούσα διεύθυνση του SGSN και τις διεθύνσεις PDP για κάθε χρήστη GPRS στο PLMN. Η διασύνδεση Gr, χρησιμοποιείται για να ανταλλαχθεί αυτή η πληροφορία μεταξύ HLR και SGSN. Για παράδειγμα, το SGSN ενημερώνει το HLR για την παρούσα τοποθεσία του κινητού. Όταν το κινητό καταχωρηθεί σε νέο SGSN, το HLR θα αποστείλει το προφίλ χρήστη στο νέο SGSN. Το μονοπάτι σηματοδότησης μεταξύ GGSN και HLR (διασύνδεση Ge), μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το GGSN για να ζητήσει την τοποθεσία και το προφίλ ενός χρήστη, ώστε να ενημερώσει τον καταχωρητή τοποθεσίας του. Επιπροσθέτως, τα MSC και VLR, μπορούν να επεκταθούν με λειτουργίες και καταχωρήσεις, που επιτρέπουν αποδοτικό συντονισμό μεταξύ υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου (GPRS) και μεταγωγής κυκλώματος (συμβατικό GSM). Παραδείγματα αυτού είναι συνδυασμένες GPRS και μη GPRS ενημερώσεις τοποθεσίας και συνδυασμένες διαδικασίες σύνδεσης. Επιπροσθέτως, αιτήσεις τηλεειδοποίησης κλήσεων μεταγωγής κυκλώματος GSM, μπορούν να γίνουν μέσω του SGSN. Γι' αυτό το σκοπό, η διασύνδεση Gs, συνδέει τις βάσεις δεδομένων των SGSN και MSC/VLR. Για την ανταλλαγή μηνυμάτων της υπηρεσίας SMS μέσω GPRS, η διασύνδεση Gd ορίζεται. Διασυνδέει την πύλη SMS MSC, (SMS-GMSC), με το SGSN.

### *Υπηρεσίες*

#### **Υπηρεσίες φορέα και Συμπληρωματικές Υπηρεσίες**

Οι υπηρεσίες φορέα του GPRS, προσφέρουν άκρο – προς – άκρο μεταφορά δεδομένων μεταγωγής πακέτου. Υπάρχουν δύο είδη: Η υπηρεσία σημείου – προς – σημείο (PTP) και η υπηρεσία σημείου – προς – πολλαπλά σημεία (PTM). Η τελευταία θα γίνει διαθέσιμη σε μελλοντικές εκδόσεις του GPRS.

Η υπηρεσία PTP, προσφέρει μεταφορά πακέτων δεδομένων μεταξύ δύο χρηστών. Διατίθεται σε κατάσταση με σύνδεση (PTP-CONS), για παράδειγμα για το X.25 και χωρίς σύνδεση (PTP-CLNS), για παράδειγμα για το IP. Η υπηρεσία PTM, προσφέρει μεταφορά πακέτων από έναν σε πολλούς χρήστες. Υπάρχουν δύο είδη υπηρεσιών PTM:

Με χρήση της υπηρεσίας εκπομπής προς πολλούς (Multicast, PTM-M), πακέτα δεδομένων εκπέμπονται σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Ένας προσδιοριστής ομάδας, ορίζει εάν τα πακέτα προορίζονται για όλους τους χρήστες ή για ομάδα χρηστών.

Χρησιμοποιώντας την υπηρεσία κλήσης ομάδας (PTM-G), πακέτα δεδομένων λαμβάνουν τη διεύθυνση μίας ομάδας χρηστών (ομάδα PTM) και αποστέλλονται στις γεωγραφικές περιοχές όπου βρίσκονται τα μέλη της ομάδας.

Είναι επίσης πιθανή η αποστολή μηνυμάτων SMS μέσω GPRS. Επιπροσθέτως, σχεδιάζεται η υλοποίηση συμπληρωματικών υπηρεσιών, όπως άνευ όρων προώθηση κλήσεων (CFU), προώθηση κλήσεων όταν ο συνδρομητής είναι μη προσβάσιμος (CFNRc) και κλειστή ομάδα χρηστών (CUG).

Επίσης, ένας παροχέας υπηρεσιών GPRS, μπορεί να προσφέρει συμπληρωματικές, μη – προτυποποιηθείσες υπηρεσίες, όπως πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, υπηρεσίες

μηνυμάτων και υπηρεσίες τηλε – δράσης, όπως επιβεβαίωση αριθμού πιστωτικής κάρτας, ηλεκτρονικά συστήματα εποπτείας και παρακολούθησης και άλλες.

### **Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)**

Οι απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας για τις τυπικές εφαρμογές μεταγωγής πακέτων στην κινητή τηλεφωνία, ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό. Έτσι, η υποστήριξη διαφορετικών κλάσεων ποιότητας υπηρεσίας, είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό. Το GPRS επιτρέπει τον καθορισμό προφίλ QoS με βάση τις παραμέτρους: Ακολουθία εξυπηρέτησης, αξιοπιστία, καθυστέρηση και όγκος έργου (throughput).

- Η ακολουθία εξυπηρέτησης είναι η προτεραιότητα μίας εξυπηρέτησης σε σχέση με μία άλλη. Υπάρχουν τρία είδη προτεραιότητας: Υψηλή, κανονική και χαμηλή.
- Η αξιοπιστία υποδεικνύει τα χαρακτηριστικά μετάδοσης που απαιτούνται από μία εφαρμογή: Τρεις κλάσεις αξιοπιστίας ορίζονται, που εγγυώνται ορισμένες μέγιστες τιμές για την πιθανότητα απώλειας, διπλασιασμού, αλλοίωσης της σειράς και βλάβης (μη ανιχνεύσιμο σφάλμα) πακέτων.
- Οι παράμετροι καθυστέρησης, ορίζουν μέγιστες τιμές για τη μέση καθυστέρηση και την καθυστέρηση του 95%. Η τελευταία, είναι η μέγιστη εγγυημένη καθυστέρηση για το 95% των μεταφορών. Η καθυστέρηση ορίζεται ως η απ' άκρο σε άκρο καθυστέρηση μεταξύ δύο επικοινωνούντων κινητών σταθμών, ή μεταξύ ενός κινητού σταθμού και της διασύνδεσης Gi προς ένα εξωτερικό δίκτυο πακέτων. Αυτή συμπεριλαμβάνει όλες τις καθυστερήσεις εντός του δικτύου GPRS, αλλά όχι τις καθυστερήσεις εκτός αυτού.
- Ο όγκος έργου, καθορίζει το μέγιστο ρυθμό bits καθώς και το μέσο ρυθμό.

Χρησιμοποιώντας αυτές τις κλάσεις, προφίλ ποιότητας υπηρεσίας μπορούν να γίνουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης μεταξύ του χρήστη και του δικτύου για κάθε σύνοδο, ανάλογα με την υπάρχουσα ζήτηση για ποιότητα υπηρεσίας και τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου. Η χρέωση της υπηρεσίας, βασίζεται τότε στον όγκο της μεταδιδόμενης πληροφορίας, τον τύπο της υπηρεσίας και το επιλεγμένο προφίλ ποιότητας.

### **Ταυτόχρονη χρήση Υπηρεσιών Μεταγωγής Πακέτου και Υπηρεσιών Μεταγωγής Κυκλώματος.**

Σε ένα δίκτυο GSM/GPRS, συμβατικές υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος (ομιλία, δεδομένα, SMS) και υπηρεσίες GPRS, μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα. Τρεις κλάσεις κινητών σταθμών ορίζονται:

- Ένας σταθμός κλάσης A, υποστηρίζει ταυτόχρονη χρήση συμβατικών υπηρεσιών GSM και υπηρεσιών GPRS
- Ένας σταθμός κλάσης B, μπορεί να καταχωρηθεί στο δίκτυο με δυνατότητα χρήσης και των δύο υπηρεσιών, αλλά σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, μπορεί να χρησιμοποιεί μόνο τη μία εκ των δύο υπηρεσιών
- Ένας σταθμός κλάσης C, μπορεί να προσαρτηθεί στο δίκτυο είτε για χρήση συμβατικού GSM, είτε για χρήση GPRS. Ταυτόχρονη προσάρτηση και για τις δύο υπηρεσίες δεν είναι δυνατή, με τη μόνη εξαίρεση των μηνυμάτων SMS, που μπορούν να αποστέλλονται οποτεδήποτε.

## 9.2.2. Βελτιωμένοι ρυθμοί δεδομένων για την εξέλιξη του GSM – Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE)

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η κύρια μορφή κυκλοφορίας στα κινητά δίκτυα στο μέλλον, θα είναι η κυκλοφορία δεδομένων, η οποία έχει ήδη αρχίσει να υποσκελίζει την κυκλοφορία φωνής. Με σκοπό τη δυνατότητα χρήσης προηγμένων εφαρμογών και υπηρεσιών, οι οποίες απαιτούν συνήθως μεγάλο εύρος ζώνης και πολυμεσικές δυνατότητες, η τρίτη γενιά συστημάτων κινητής τηλεφωνίας, βρίσκεται υπό ανάπτυξη. Για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ δεύτερης και τρίτης γενιάς και να μειωθούν οι συνέπειες της καθυστέρησης εισαγωγής συστημάτων τρίτης γενιάς, οι τεχνολογίες GPRS και HSCSD εισήχθησαν, προσφέροντας κάποιες από τις δυνατότητες της τρίτης γενιάς, με βάση την υπάρχουσα υποδομή. Το EDGE, είναι μία τεχνολογία που ουσιαστικά αναβαθμίζει το GSM και τις GPRS και HSCSD, χτίζοντας πάνω στην υπάρχουσα βάση του GSM. Έτσι, δεν χρειάζεται νέα δικτυακά στοιχεία. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης των υπαρχουσών ζωνών συχνοτήτων με μεγαλύτερη αποδοτικότητα και χωρίς την ανάγκη για άδεια χρήσης άλλων ζωνών, που τα συστήματα τρίτης γενιάς απαιτούν. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του UMTS, ή ακόμα και σε συνδυασμό με αυτό, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα το UMTS σε υψηλού φόρτου αστικές περιοχές και το EDGE σε αγροτικές περιοχές.

### *Εξέλιξη δεύτερης γενιάς στο UMTS/IMT – 2000*

Η υποστήριξη επικοινωνίας δεδομένων στα συστήματα δεύτερης γενιάς, βελτιώνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Όμως, δεδομένου ότι και το HSCSD και το GPRS βασίζονται σε κωδικοποίηση GMSK, ακόμα και με χρήση πολλών χρονικών σχισμών, πολύ υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων δεν είναι δυνατοί.

### *Η οπτική γωνία της ασύρματης επικοινωνίας*

Από την πλευρά της ασύρματης πρόσβασης, η προσθήκη δυνατοτήτων τρίτης γενιάς στα παρόντα συστήματα, σημαίνει κυρίως την υποστήριξη ακόμα υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης. Πιθανά σενάρια βασίζονται στην διαθεσιμότητα φάσματος για το διαχειριστή δικτύου. Ανάλογα με την κατάσταση του φάσματος, δύο διαφορετικά σενάρια μετάβασης πρέπει να υποστηριχθούν:

- Αναδιάρθρωση των υπαρχουσών ζωνών συχνοτήτων και
- Νέες ή τροποποιημένες ζώνες συχνοτήτων

Για να υποστηριχθούν τα διαφορετικά σενάρια φάσματος, δύο βασικά κατασκευαστικά στοιχεία έχουν ανιχνευθεί:

- Το EDGE χρησιμοποιεί υψηλού επιπέδου κωδικοποίηση σε TDMA 200 kHz και είναι βασισμένο σε άμεσα συνδεδεμένο εξοπλισμό αναμεταδοτών, επιτρέποντας την εξέλιξη υπαρχόντων ευρών ζώνης σε μικρά τμήματα του φάσματος.
- Το UMTS είναι ένα νέο δίκτυο ασύρματης πρόσβασης, που βασίζεται σε WCDMA 5 Mhz και βελτιστοποιημένο για αποδοτική υποστήριξη υπηρεσιών τρίτης γενιάς. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε νέα και σε υπάρχοντα φάσματα.

### Η τεχνολογία του EDGE

Τεχνικά, το EDGE είναι κυρίως μία βελτίωση πάνω στην ασύρματη διασύνδεση, αλλά πιο γενικά μπορεί να θεωρηθεί ως σύλληψη συστήματος που επιτρέπει στα GSM και TDMA/136 να προσφέρουν ένα σύνολο νέων φορέων ασύρματης πρόσβασης στους δικτυακούς πυρήνες τους.

#### Τεχνικές δυνατότητες βελτίωσης των υπαρχόντων ασύρματων διασυνδέσεων

Ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό ενός συστήματος κινητής τηλεφωνίας, είναι ότι διαφορετικοί χρήστες τείνουν να έχουν διαφορετικές ποιότητες καναλιών, σε λόγο σήματος – προς – παρεμβολή, λόγω διαφορών στην απόσταση από την σταθμό βάσης, τις παρεμβολές και την ελάττωση της ισχύος του σήματος. Παρ' όλες τις προσπάθειες που έχουν καταβληθεί για τον έλεγχο της ποιότητας καναλιού μέσω ελέγχου ισχύος, τυπικά θα υπάρχει μία κατανομή της ποιότητας καναλιού μέσα στο σύστημα, για παράδειγμα σύμφωνα με την Εικόνα 90 (αριστερά). Μία παραδοσιακή υπηρεσία όπως η ομιλία, απαιτεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας, κάτω απ' το οποίο η υπηρεσία είναι μη αποδεκτή, ενώ πάνω από αυτό, η υπηρεσία είναι καλή, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις της ποιότητας. Έτσι, ο διαχειριστής του δικτύου πρέπει να φροντίσει ώστε ελάχιστοι χρήστες να έχουν κακή ποιότητα καναλιού. Δυστυχώς, αυτό οδηγεί στο σύνηθες φαινόμενο ένα μεγάλο ποσοστό χρηστών να έχουν τέλεια ποιότητα υπηρεσίας, την οποία δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν.

Το EDGE είναι σχεδιασμένο να βελτιώσει την κατάσταση, χρησιμοποιώντας έλεγχο ποιότητας συνδέσμου. Αυτός προσαρμόζει την προστασία δεδομένων στην ποιότητα του καναλιού, επιτυγχάνοντας βέλτιστο ρυθμό δεδομένων σε όλα τα κανάλια. Η αρχή φαίνεται στην Εικόνα 90 (δεξιά), δείχνοντας ποιότητα χρήστη σε όρους ρυθμού δεδομένων με EDGE και GPRS, σε συνάρτηση με την ποιότητα του καναλιού. Για να πετύχει αυτά τα χαρακτηριστικά, το EDGE πρέπει να εισάγει ρυθμούς μετάδοσης με αρκετά υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από αυτούς των GSM και TDMA/136. Αυτός είναι κι ο λόγος για την εισαγωγή του πυρήνα της ιδέας του EDGE, της κωδικοποίησης 8PSK.

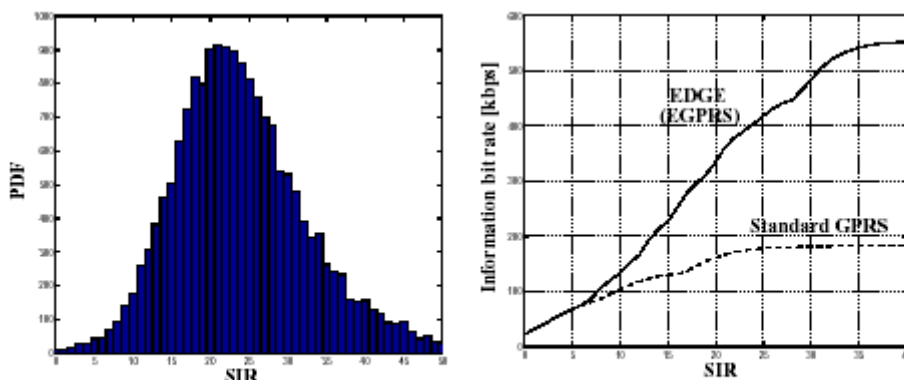


Figure 1. A typical channel quality distribution (left), and the perceived user quality in terms of bit rate for EDGE and standard GPRS assuming an 8-slot terminal (right).

### Εικόνα 90. Λόγος σήματος προς παρεμβολή

## Βασικές παράμετροι της ασύρματης διασύνδεσης

Η ασύρματη διασύνδεση του EDGE, είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να διευκολύνει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από αυτούς που μπορούν να επιτευχθούν στα υπάρχοντα συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Με σκοπό την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, το 8PSK, μία γραμμική κωδικοποίηση υψηλού επιπέδου έχει εισαχθεί. Το 8PSK επιλέχτηκε, διότι προσφέρει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, μεγάλη αποδοτικότητα φάσματος και μέτρια πολυπλοκότητα υλοποίησης. Η κωδικοποίηση GMSK όπως ορίζεται στο GSM, αποτελεί επίσης μέρος της σύλληψης του EDGE. Ο ρυθμός συμβόλων είναι 271 ksps και για τις δύο κωδικοποιήσεις, οδηγώντας σε μεικτούς ρυθμούς δεδομένων ανά χρονική σχισμή, 22.8 kbps και 69.2 kbps για το GMSK και το 8PSK αντίστοιχα. Το σχήμα του παλμού 8PSK είναι γραμμικοποιημένο GMSK, επιτρέποντάς του να χωρά στη φασματική μάσκα τη GSM. Πολλές παράμετροι του φυσικού μέσου, συμπίπτουν με αυτές του GSM.

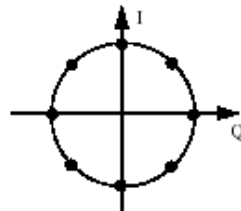


Figure 2. 8PSK modulation: signal constellation in the phase plane.

### Εικόνα 91. 8PSK διάταξη

#### Σχεδιασμός πρωτοκόλλου ασυρμάτου

Η στρατηγική του πρωτοκόλλου ασυρμάτου για το EDGE, είναι η επαναχρησιμοποίηση πρωτοκόλλων των GSM και GPRS όταν αυτό είναι δυνατό, ελαχιστοποιώντας έτσι την ανάγκη για υλοποίηση νέων πρωτοκόλλων. Εν τούτοις, λόγω των υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης και των νέων εξελίξεων στον τομέα των ασύρματων πρωτοκόλλων, κάποια πρωτόκολλα αλλάζουν για βελτιστοποίηση της απόδοσης. Η σύλληψη EDGE συμπεριλαμβάνει έναν τρόπο λειτουργίας μεταγωγής πακέτου και έναν τρόπο λειτουργίας μεταγωγής κυκλώματος, που ονομάζονται βελτιωμένο GPRS (EGPRS) και βελτιωμένα δεδομένα μεταγωγής κυκλώματος (Enhanced Circuit Switched Data – ECSD), αντίστοιχα.

#### EGPRS

Λόγω των υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης και της ανάγκης για προσαρμογή της προστασίας δεδομένων στην ποιότητα του καναλιού, το πρωτόκολλο RLC του EDGE, διαφέρει ελαφρώς από το αντίστοιχο του GPRS. Οι κύριες αλλαγές σχετίζονται με τις βελτιώσεις στο σχήμα ελέγχου ποιότητας συνδέσμου. Παραδείγματα τεχνικών ελέγχου ποιότητας συνδέσμου, είναι η προσαρμογή συνδέσμου (link adaptation) και ο αυξητικός πλεονασμός (incremental redundancy).

Ένα σχήμα προσαρμογής συνδέσμου, εκτιμά σε κανονικά διαστήματα την ποιότητα του συνδέσμου και ελέγχει ως συνέπεια την πιο κατάλληλη κωδικοποίηση, επιτυγχάνοντας υψηλότερους ρυθμούς. Σε ένα σχήμα αυξητικού πλεονασμού, η πληροφορία στέλνεται με πολύ λίγη κωδικοποίηση, επιτυγχάνοντας μεγάλο ρυθμό

δεδομένων αν η αποκωδικοποίηση είναι απ' ευθείας επιτυχής. Εάν αυτή αποτύχει, επιπρόσθετα κωδικοποιημένα bits αποστέλλονται (πλεονασμός), έως η αποκωδικοποίηση να επιτύχει. Όσο περισσότερα στοιχεία στέλνονται, τόσο μικρότερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης και τόσο μεγαλύτερη η καθυστέρηση.

Το EGPRS υποστηρίζει μία μέθοδο που αποτελεί συνδυασμό των δύο παραπάνω μεθόδων. Τα πλεονεκτήματά της, είναι ο συνδυασμός της σταθερότητας και του υψηλού throughput της λειτουργίας αυξητικού πλεονασμού με τις χαμηλότερες καθυστερήσεις και απαιτήσεις μνήμης της προσαρμογής συνδέσμου. Σχήματα κωδικοποίησης φαίνονται στην Εικόνα 92.

Channel name	Code Rate	Modulation	Radio Interface rate per time slot
CS-1	0.49	GMSK	11.2 kbps
CS-2	0.64	GMSK	14.5 kbps
CS-3	0.73	GMSK	16.7 kbps
CS-4	1	GMSK	22.8 kbps
PCS-1	0.33	8PSK	22.8 kbps
PCS-2	0.50	8PSK	34.3 kbps
PCS-3	0.6	8PSK	41.25 kbps
PCS-4	0.75	8PSK	51.6 kbps
PCS-5	0.83	8PSK	57.35 kbps
PCS-6	1	8PSK	69.2 kbps

Table 1 Channel coding schemes for EDGE packet switched transmission (EGPRS). The first four are those of standard GPRS, while the last six use 8PSK modulation.

### Εικόνα 92. Σχήματα κωδικοποίησης

#### ECSD

Στον τρόπο λειτουργίας ECSD, ο σκοπός είναι να διατηρηθούν τα υπάρχοντα πρωτόκολλα του GSM κατά το δυνατόν ανέπαφα. Τρία νέα 8PSK σχήματα κωδικοποίησης καναλιών ορίζονται παράλληλα με τα τέσσερα ήδη υπάρχοντα του GSM. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 93, ο ρυθμός μετάδοσης ποικίλλει από 3.6 – 38.8 kbps ανά χρονική σχισμή.

Για αδιαφανή μετάδοση, η υπόθεση είναι ότι το πρωτόκολλο ασυρμάτου συνδέσμου του GSM χρησιμοποιείται.

Channel name	Code Rate	Modulation	Radio Interface rate per time slot
TCH/F2.4	0.16	GMSK	3.6 kbps
TCH/F4.8	0.26	GMSK	6 kbps
TCH/F9.6	0.53	GMSK	12 kbps
TCH/F14.4	0.64	GMSK	14.5 kbps
ECSD TCS-1 (NT+T)	0.42	8PSK	29 kbps
ECSD TCS-2 (T)	0.46	8PSK	32 kbps
ECSD TCS-3 (NT)	0.56	8PSK	38.8 kbps

Table 2 Channel coding schemes for EDGE circuit switched transmission (ECSD). The first four are those of standard GSM, while the last three use 8PSK modulation.

### Εικόνα 93. Νέα σχήματα 8PSK

**Τυπικές εφαρμογές των EGPRS και ECSD**

Ορισμένες τυπικές εφαρμογές των EGPRS και ECSD, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

EGPRS	ECSD
On line ηλεκτρονικό ταχυδρομείο	«Κατέβασμα» και «ανέβασμα» ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
Παγκόσμιος Ιστός	Κινητή πρόσβαση υψηλής ταχύτητας σε τοπικά δίκτυα, με εξασφαλισμένο εύρος ζώνης
Βελτιωμένα μικρά μηνύματα	Μεταφορά αρχείων
Ασύρματη εικονογραφία με στιγμιαίες εικόνες	Κάθετες εφαρμογές, όπως πληροφορίες πωλήσεων τύπου δέσμης, ή μεταφορά εγγράφων
Υπηρεσίες βίντεο	Εφαρμογές πραγματικού χρόνου που απαιτούν σταθερό ρυθμό δεδομένων και καθυστέρηση μετάδοσης
Διαμοιρασμός κειμένων και πληροφοριών	Κρίσιμη χρονικά ασύρματη εικονογράφιση
Παρακολούθηση/ Εποπτεία	Κινητή βιντεοτηλεφωνία
Φωνή πάνω από το Διαδίκτυο	Βίντεο επί τη απαιτήσει
Εκπομπή	Ρεύμα ζωντανού βίντεο

**Πίνακας 5. Τυπικές εφαρμογές EGPRS και ECSD**

**9.2.3. Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)**

Το UMTS είναι ένα από τα σημαντικότερα συστήματα της τρίτης γενιάς (γνωστά και σαν IMT2000), που αναπτύχθηκε με βάση τα πρότυπα που καθιέρωσε το ITU. Υπήρξε το αντικείμενο πολλών παγκοσμίως, προσπαθειών σε έρευνα και ανάπτυξη την περασμένη δεκαετία. Το UMTS έχει την υποστήριξη πολλών τηλεπικοινωνιακών χρηστών και κατασκευαστών, αφού αντιπροσωπεύει μία μοναδική ευκαιρία για δημιουργία μιας μαζικής αγοράς με φιλική προς το χρήστη πρόσβαση, στην κοινότητα πληροφοριών.

Το UMTS επιδιώκει την επέκταση των δυνατοτήτων των σημερινών κινητών καθώς και την επέκταση των ασύρματων και δορυφορικών τεχνολογιών, παρέχοντας αυξημένη χωρητικότητα, υποστήριξη δεδομένων και μεγαλύτερο εύρος υπηρεσιών χρησιμοποιώντας ένα πρωτοποριακό σχήμα ράδιο-πρόσβασης και ένα προηγμένο αναπτυσσόμενο καλωδιακό δίκτυο.

***Προτυποποίηση στο ETSI***

Τεχνικές μελέτες έχουν αναπτυχθεί στο ETSI από το 1991, και στις αρχές του 1998 το ETSI επέλεξε ένα καινούργιο radio interface (ραδιοφωνική διεπαφή) για το UMTS σαν βάση για μία παγκόσμια επίγεια πρόσβαση ραδιοφωνικού δικτύου (RAN).

Η ευρέως διαβαθμισμένη υποστήριξη για το UMTS από τη βιομηχανία τηλεπικοινωνιών ήταν ένα πολύ σημαντικό στοιχείο στη δουλειά του ETSI και στα

συνεργαζόμενα ερευνητικά προγράμματα όπως το RACE I & II και το ACTS. Η υποστήριξη της παγκοσμίως υπαρκτής GSM κοινότητας έχει εκφραστεί από την GSM MoU Association.

### ***Φάσμα του UMTS***

Το 1992 το WRC (World Radio Conference) αναγνώρισε το εύρος συχνοτήτων των 1885-2025 MHz και των 2110-2200 MHz για τα μελλοντικά IMT-2000 συστήματα. Εξ' αυτών οι συχνότητες εύρους 1980-2010 και 2170-2200MHz προβλέπονταν για τα δορυφορικά τμήματα αυτών των μελλοντικών συστημάτων.

Η Ευρώπη και η Ιαπωνία αποφάσισαν να υλοποιήσουν το επίγειο τμήμα του UMTS , το UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access ) στις συνδυαζόμενες συχνότητες 1920-1980 και 2110-2170MHz. Επίσης, η Ευρώπη αποφάσισε να υλοποιήσει το UTRA στα ξεχωριστά εύρη συχνοτήτων 1900-1920 MHz και 2010-2025 MHz. Στις αρχές του 1998, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ( European Commission –EC) δημοσίευσε την «EC πρόταση για την εισαγωγή στο UMTS» για να εξασφαλίσει ότι τα Ευρωπαϊκά κράτη θα ακολουθήσουν τα σωστά βήματα όσον αφορά τις αποφάσεις για τη χρήση του φάσματος. Αυτό θα εξασφαλίσει ό,τι οι UMTS υπηρεσίες μπορούν να αρχίσουν το 2002.

Στη USA οποιαδήποτε εξουσιοδότηση είναι ελεύθερη να υλοποιήσει όποια τεχνολογία επιθυμεί. Μερικά ενδεχομένως υποψήφια εύρη για την τρίτη γενιά είναι τα PCS, τα WCS και μέρη τα UHF της τηλεόρασης.

Η κοινότητα του UMTS επέλεξε δυναμική εισαγωγή του UMTS προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι απαιτήσεις των πελατών στις αρχές του 21ου αιώνα. Η ημερομηνία για την παρουσίασή του καθορίστηκε το έτος 2002 και βασίζεται σε ήδη υπάρχοντα στοιχεία, όπως είναι η ανάπτυξη της τεχνολογίας, η προτυποποίηση, η εξουσιοδότηση, οι κανονισμοί και η κατανομή εύρους .

Το UMTS τελικά αυξάνει τις δυνατότητές του και εξελίσσεται ενσωματώνοντας νέες τεχνολογίες όταν αυτές γίνονται απαραίτητες με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως το GSM (9.6Kbps ) εξελίσσεται στο GPRS (115Kbps) και εν συνεχεία στο EDGE (384 Kbps). Το «handover» ανάμεσα στο UMTS και στο GSM υποστηρίζεται, ενώ το «handover» ανάμεσα στο UMTS και άλλα συστήματα τρίτης γενιάς ( MC-CDMA) θα υποστηριχθούν προκειμένου να επιτευχθεί πραγματική πρόσβαση παγκοσμίως.

### ***Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS***

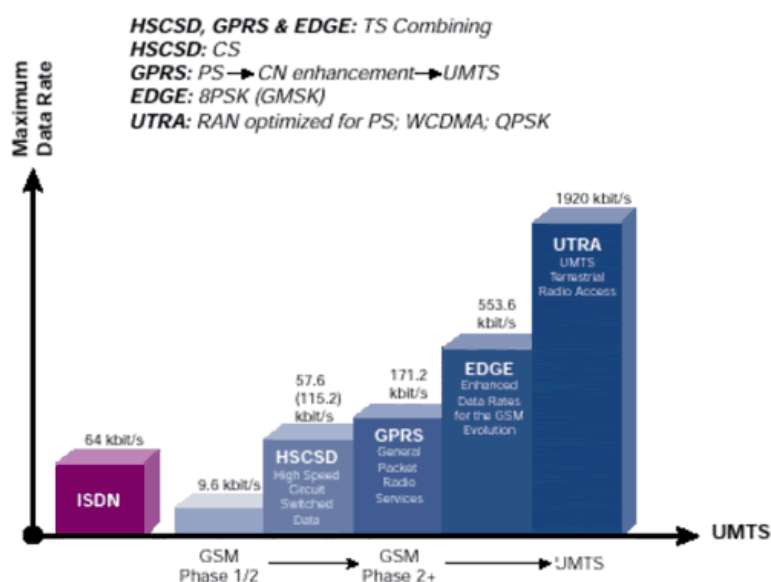
Το UMTS ενσωματώνει στοιχεία από το GSM της φάσης 2+ , το GPRS και το CAMEL δίκτυο. Αυτό επιτρέπει στους χειριστές του δικτύου να απολαμβάνουν τη χρήση του αποδοτικού UMTS δικτύου, προστατεύοντας παράλληλα τις επενδύσεις στα συστήματα δεύτερης γενιάς και μειώνοντας το ρίσκο της υλοποίησης.

Το 1999 παρουσιάζεται το UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network – RAN ). Το UTRAN συνδέεται μέσω του Iu στο GSM της φάσης 2+, εσωτερικό δίκτυο (Core Network) - CN). Το Iu είναι το περιβάλλον αλληλεπίδρασης μεταξύ του ράδιο-ελεγκτή του δικτύου (Radio Network Controller - RNC) και του CN. Το περιβάλλον αλληλεπίδρασης του UTRAN μεταξύ RNC και του πεδίου μεταγωγής πακέτου (packet switched -PS) του CN (Iu – PS) χρησιμοποιείται για PS δεδομένα ενώ το περιβάλλον αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο RNC και του πεδίου μεταγωγής κυκλώματος (circuit switched -CS) του CN (Iu – CS) χρησιμοποιείται για CS δεδομένα. Οι κινητοί σταθμοί ( mobile stations) του GSM συνδέονται στο δίκτυο



μέσω του εναέριου GSM (Um). Ο διπλός κατάστασης UMTS/GSM εξοπλισμός του χρήστη ( user equipment - UE) συνδέεται με το δίκτυο μέσω του εναέριου UMTS (Uu) με υψηλούς ρυθμούς δεδομένων (έως και 2Mbps). Εκτός της περιοχής εξυπηρέτησης του UMTS, ο UMTS/GSM UE θα παραμένει συνδεδεμένος στο δίκτυο μέσω του Um σε χαμηλότερους ρυθμούς δεδομένων.

Οι μέγιστοι ρυθμοί δεδομένων είναι τα 115Kbps για CS δεδομένα από το HSCSD, 171 Kbps για PS δεδομένα από το GPRS και 553Kbps από τοEDGE.



**Εικόνα 94. Μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης**

Το δημόσιο κινητό δίκτυο (Public Land Mobile Network) που περιγράφεται στο UMTS (1999), περιλαμβάνει τρεις βασικές κατηγορίες από στοιχεία του δικτύου:

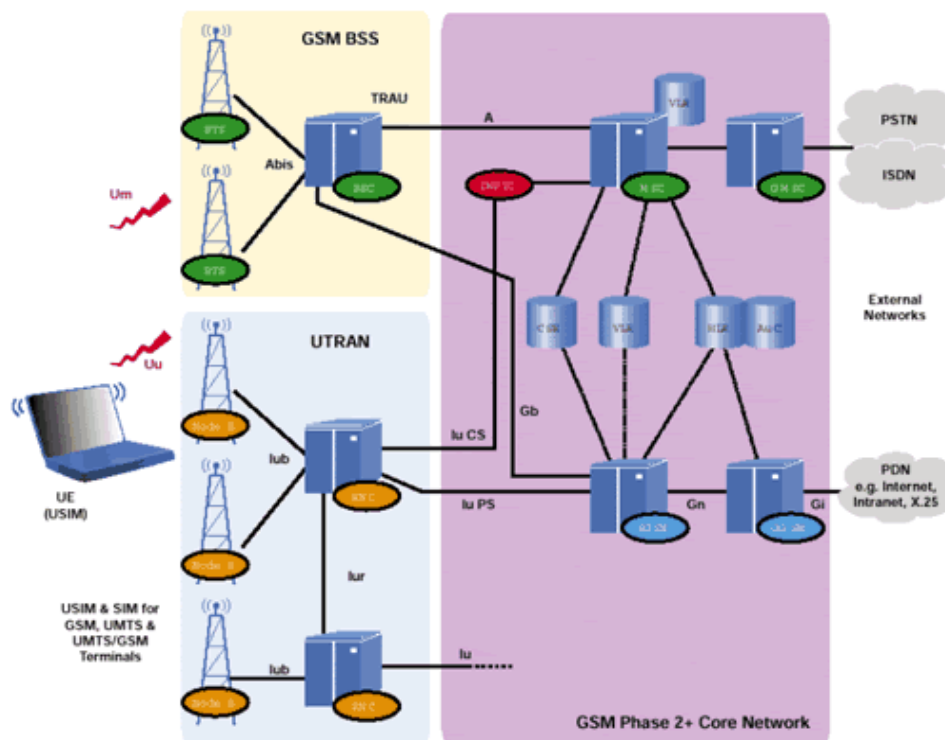
- Τα στοιχεία του GSM CN της φάσης ½: δηλαδή τον VLR (location register), το MSC (mobile services switching center), τον VLR (visitor location register), το AC (authentication center) και τον EIR (equipment identity register)
- Τις εξελίξεις του GSM φάσης 2+: GPRS, τη gateway του GPRS και το περιβάλλον υπηρεσιών του CAMEL.
- Τις καθορισμένες τροποποιήσεις και βελτιώσεις του UMTS, ιδιαιτέρως του UTRAN.

Στη συνέχεια θα ακολουθεί περαιτέρω ανάλυση των παραπάνω στοιχείων.

#### *Στοιχεία του GSM της φάσης ½*

Το GSM της φάσης ½ αποτελείται από τρία υποσυστήματα: το BSS (the base station subsystem), το NSS (network and switching subsystem) και το OSS (operations support system). Το BSS αποτελείται από λειτουργικές μονάδες: τον BSC (base station controller), τον BTS (base transceiver station) και τη μονάδα TRAU (transcoder and rate adapter unit). Ο NSS αποτελείται από λειτουργικές μονάδες: MSC, VLR, HLR, EIR, και τον AC. Ο MSC παρέχει λειτουργίες όπως switching, signaling, paging, και inter-MSC handover. Ο OSS αποτελείται κέντρα OMC

(operation and maintenance centers) τα οποία είναι για διαχείριση, υποστήριξη, και απομακρυσμένη λειτουργία.



Εικόνα 95. Αρχιτεκτονική δικτύου της πρώτης φάσης

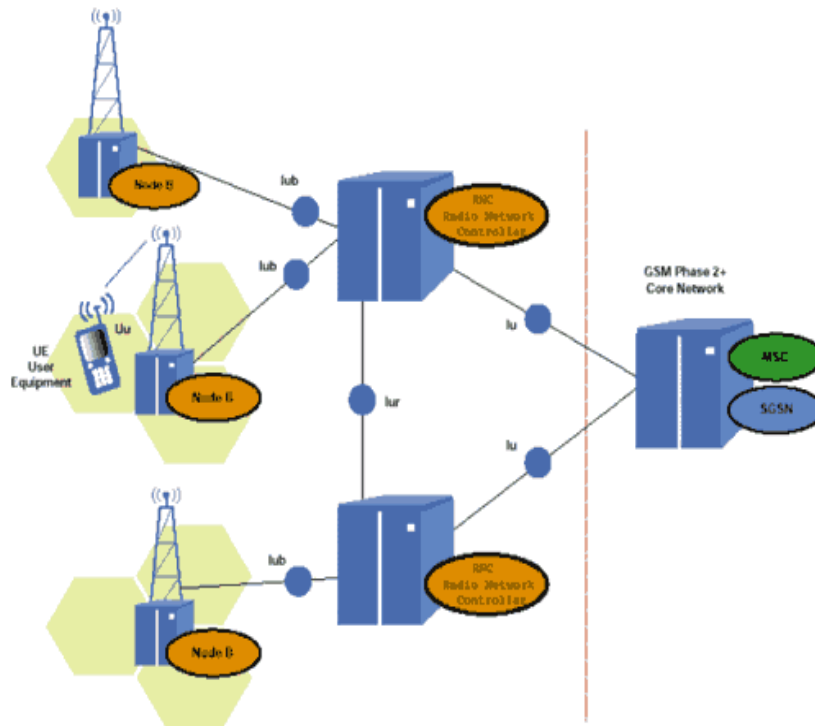
#### Στοιχεία του GSM της φάσης 2+

Το βασικότερο βήμα εξέλιξης του GSM προς το UMTS είναι το GPRS. Το GPRS εισάγει PS στο GSM CN επιτρέποντας άμεση πρόσβαση σε δίκτυα PDN (Packet Data Networks). Αυτό επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

Δύο λειτουργικές μονάδες εκτείνουν τη GSM NSS αρχιτεκτονική για υπηρεσίες GPRS PS: το GGSN και το SGSN. Το GGSN έχει λειτουργίες παρόμοιες με το MSC. Το SGSN πραγματοποιεί δρομολογήσεις και διαχείριση κινητικότητας.

#### Στοιχεία του UMTS της πρώτης φάσης –UTRAN

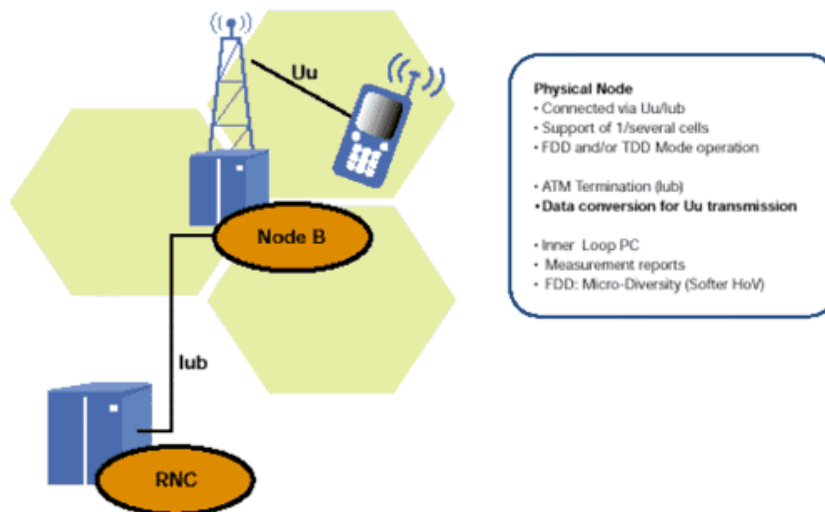
Το πρότυπο UMTS μπορεί να θεωρηθεί σαν μια επέκταση των ήδη υπαρχόντων δικτύων. Δύο νέα στοιχεία δικτύου εισάγονται με το UTRAN: Το RNC και ο κόμβος B (Node B). Το UTRAN υποδιαιρείται σε ξεχωριστά RNSs (Radio Network Systems), όπου το κάθε RNC ελέγχεται από ένα RNC. Το RNC συνδέεται σε ένα σύνολο στοιχείων κόμβου B, το καθένα εκ των οποίων μπορεί να εξυπηρετήσει μία ή αρκετές κυψέλες.



**Εικόνα 96. Το δίκτυο UTRAN**

Το RNC επιτρέπει κεντρικό έλεγχο για τα στοιχεία RNS, διαχειρίζεται την ανταλλαγή των πρωτοκόλλων και είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση και λειτουργία ολόκληρου του δικτύου RNS.

Ο κόμβος B είναι η φυσική μονάδα για ράδιο –μετάδοσης / αποδοχής με τις κυψέλες. Ανάλογα με τη δομή, μία ή περισσότερες κυψέλες μπορούν να εξυπηρετηθούν από ένα κόμβο B.



**Εικόνα 97. Node B**

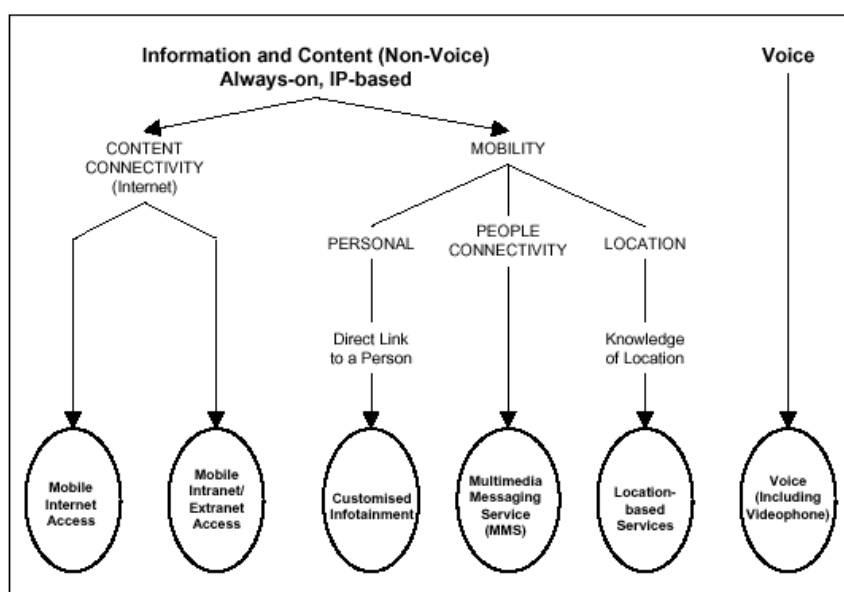
### *Υπηρεσίες*

Διακρίνονται 6 βασικές κατηγορίες που αναπαριστούν τη σημαντικότητα των 3G υπηρεσιών για τα επόμενα 5 χρόνια. Υπάρχει ένα λογικό σχήμα για τις 6 κατηγορίες και αυτό φαίνεται στην Εικόνα 98.

Παρέχοντας οποιαδήποτε χρονική στιγμή, οπουδήποτε, συνδεσιμότητα με το διαδίκτυο αποτελεί ένα σημαντικό ρόλο για τη τρίτη γενιά. Οι χρήστες θα μπορούν να προσθέσουν κινητικότητα στην ήδη υπάρχουσα εμπειρία τους με το διαδίκτυο (Internet), αξιοποιώντας την κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο (Mobile Internet Access) για το οικιακό τμήμα της αγοράς και την κινητή εσωτερική/ εξωτερική πρόσβαση (Mobile Intranet/Extranet Access) για το επαγγελματικό τμήμα

Η ευκινησία ωστόσο, δεν αποτελεί το μοναδικό όφελος των κυψελωτών δικτύων. Τα κινητά κυψελωτά δίκτυα έχουν δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τα διαχωρίζουν από τα καθορισμένα δίκτυα. Το κινητό τερματικό σχετίζεται με ένα άτομο κυρίως παρά με μία τοποθεσία, ενώ παράλληλα το δίκτυο γνωρίζει την ισχύουσα τοποθεσία του τερματικού. Αυτά είναι σημαντικά χαρακτηριστικά, ιδιαίτερα στο περιβάλλον εικόνας και ήχου των 3G τεχνολογιών.

Η συσχέτιση ενός τερματικού με ένα άτομο, επιτρέπει την πρόβλεψη ενός καθολικού εύρους υπηρεσιών βασισμένες στο διαδίκτυο, με βάση τις ανάγκες του χρήστη και ικανοποίηση των αναγκών αυτών μέσω κινητών portal. Αυτές είναι υπηρεσίες που προσαρμόζονται με βάση της απαιτήσεις (Customized Infotainment Services). Αυτές οι υπηρεσίες που βασίζονται σε κινητά portals αποτελούν μια σημαντική ευκαιρία για αυτούς που παρέχουν τις υπηρεσίες.



**Εικόνα 98. Οι υπηρεσίες του UMTS**

Η συσχέτιση ενός τερματικού με ένα άτομο δημιουργεί επίσης την ευκαιρία για υπηρεσίες μηνυμάτων ανάμεσα σε κλειστά σύνολα χρηστών ή ανάμεσα σε κοινότητες καθορισμένου ενδιαφέροντος. Η δραματική ανάπτυξη της υπηρεσίας SMS (short message service) σε GSM δίκτυα, θα επιτρέψει ικανότητες στιγμιαίων μηνυμάτων, ενώ οι υψηλοί ρυθμοί δεδομένων θα προσθέσουν εικόνα και ήχο δημιουργώντας έτσι την υπηρεσία Multimedia Messaging.

Η γνώση της ισχύουσας τοποθεσίας ενός κινητού τερματικού παράγει ένα πλούσιο χαρτοφύλακα από υπηρεσίες βασισμένες στην τοποθεσία ( Location-Based Services).

Η φωνή εξακολουθεί να είναι μία σημαντική υπηρεσία παρεχόμενη από το περιβάλλον της τρίτης γενιάς. Οι υψηλοί ρυθμοί δεδομένων θα επιτρέψουν την συμπλήρωση υπηρεσιών βίντεο, στις παραδοσιακές υπηρεσίες ομιλίας. Έτσι δημιουργείται η υπηρεσία πλούσιας φωνής (Rich Voice Service).

Στη συνέχεια δίνεται μία περιγραφή των παραπάνω εννοιών.

### **Multimedia Messaging Service**

Πρόκειται για μία υπηρεσία που προσφέρει multimedia messaging σε πραγματικό χρόνο. Οι ενεργές δυνατότητες της υπηρεσίας αυτής επιτρέπουν την παροχή στιγμιαίων μηνυμάτων και τη δημιουργία εύκολων καταναλωμένων λιστών .

Επιπρόσθετα η υπηρεσία αυτή παρέχει μια πρότυπη υπηρεσία ανάπτυξης και ένα αναπτυγμένο περιβάλλον για σχεδιαστές εφαρμογών και επαγγελματικούς συναδέλφους καθώς και ένα υψηλό εύρος μετάδοσης μηνυμάτων. Έτσι παρέχει μία δραματική αύξηση στη ήδη υψηλή απαίτηση για αποστολή μηνυμάτων μέσω του κινητού.

### **Location-Based Services**

Οι Location-Based Services είναι υπηρεσίες για καταναλωτές και εταιρείες που επιτρέπουν σε χρήστες ή μηχανές να εντοπίζουν άλλους ανθρώπους ή μηχανές ή να δίνουν τη δυνατότητα σε άλλους να εντοπίζουν τους χρήστες καθώς επίσης και να μπορούν οι ίδιοι οι χρήστες να εντοπίζουν που βρίσκονται οι ίδιοι.

Η υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν όλες τις υπηρεσίες φωνής και δεδομένων εμπλουτισμένες με την τιμή της πληροφορίας για την τοποθεσία, η οποία φυλάσσεται σε μία βάση από τον παροχέα της υπηρεσίας. Αυτή μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορίες όπως η διάγνωση του καιρού, πληροφορίες για τα εστιατόρια και ξενοδοχεία, καθώς και άλλες χρήσιμες πληροφορίες.

### **Rich Voice Service**

Πρόκειται για μία υπηρεσία πραγματικού χρόνου για εταιρείες και καταναλωτές που παρέχει εξελιγμένες φωνητικές δυνατότητες χρησιμοποιώντας VoIP, πρόσβαση σε φωνητικά δίκτυα (voice activated net access ) και φωνητικές κλήσεις. Έτσι μπορεί να προσφέρει και τα προηγούμενα παραδοσιακά χαρακτηριστικά, που αφορούν τη φωνή(λειτουργικές υπηρεσίες, περιήγηση κ.α.).

### **Mobile Intranet/Extranet Access**

Η υπηρεσία αυτή είναι ένα πακέτο δυνατοτήτων που περιλαμβάνει τουλάχιστον κινητή πρόσβαση σε εφαρμογές desktop (e-mail, φύλλα εργασιών κ.α., πρόσβαση στο διαδίκτυο και ασφαλή πρόσβαση σε Intranet/Extranet portals.

### **Customized Infotainment Services**

Η υπηρεσία αυτή απευθύνεται στον καταναλωτή και παρέχει πρόσβαση σε ατομικές πληροφορίες οπουδήποτε και οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω δομημένων μηχανισμών πρόσβασης που βασίζονται σε κινητά portals τα οποία μπορούν εύκολα να προσπελάσουν και να διαχειριστούν οι τελικοί χρήστες ( end users). Η εξατομίκευση επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν την πρόσβαση τους σε περιεχόμενα, ανεξαρτήτως συσκευής ή πρωτοκόλλου.

### **Mobile Internet Access**

Η υπηρεσία αυτή παρέχει πλήρως καθορισμένες ISP (Internet Service Provider) υπηρεσίες με ποιότητα και λειτουργικότητα κωντινής μετάδοσης. Προσφέρει επίσης

πλήρη πρόσβαση στο διαδίκτυο και περιλαμβάνει δυνατότητες όπως είναι η μεταφορά αρχείων, τα e-mail και ροή από video/audio.

Η Mobile Internet Access, επεκτείνει βασικά καθορισμένη εμπειρία του καταναλωτή στο περιβάλλον του κινητού, παρέχοντας έναν εναλλακτικό μηχανισμό πρόσβασης στο ήδη υπαρκτό περιεχόμενο.

### *Συμπεράσματα*

Στη επόμενη φάση αυτό που περιμένουμε είναι να δούμε υπηρεσίες και hardware του UMTS με κάλυψη, δυνατότητες και αριθμούς χρηστών που θα αυξάνονται με το πέρασμα του χρόνου. Αυτό θα μειώσει το ρίσκο των UMTS χειριστών καθώς και κατασκευαστών.

Το UMTS θα πρέπει επίσης να είναι ικανό να εξασφαλίσει τη συνεργασία του με τα υπάρχοντα συστήματα επικοινωνίας της δεύτερης γενιάς ώστε οι χειριστές να μπορούν να χρησιμοποιήσουν την υπάρχουσα υποδομή και την εμπειρία τους.

Ένας αριθμός από τεχνολογίες απαιτούνται σε σχέση με το radio-interface στο οποίο έχει επικεντρωθεί πρόσφατα το ενδιαφέρον. Επιπλέον οι τεχνολογίες από άλλα πεδία (πχ IP) θα χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την απόδοση του UMTS.

## **9.2.4. Τέταρτη Γενιά, 4G**

Η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς και παρά το γεγονός ότι η τρίτη γενιά δεν είναι ακόμη σε πλήρη λειτουργία, η ακαδημαϊκή εξερεύνηση της 4G κινητής επικοινωνίας έχει ήδη ξεκινήσει.

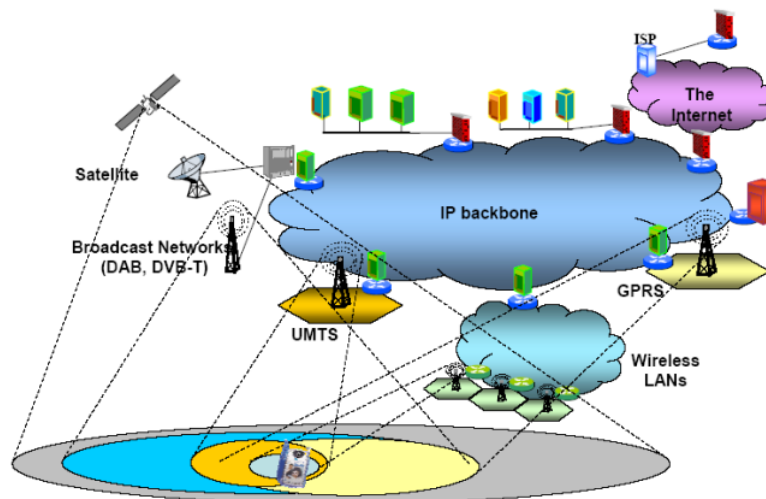
Καταρχήν η τρίτη γενιά ασφαλώς ήταν το βασικότερο βήμα για την επίτευξη των προσωπικών τηλεπικοινωνιών, αλλά ωστόσο δεν κατάφερε να τις κάνει πραγματικότητα.

Η τέταρτη γενιά θα προσεγγίσει περισσότερο τις προσωπικές επικοινωνίες παρέχοντας επικοινωνία οποιαδήποτε μορφής, σε κάθε χώρο και χρόνο, με οποιονδήποτε. Θα απαιτήσει επίσης καλή απόδοση επικοινωνίας, που θα αφορά κυρίως media παρά φωνή.

Επιπρόσθετα θα είναι υψηλότερου τεχνολογικού επιπέδου από τα 3G συστήματα. Για παράδειγμα σε σχέση με την ραδιο-τεχνολογία, η αρχή του κυψελωτού δικτύου θα ξεπεραστεί προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη κάλυψη. Στη χωρητικότητα το SDMA ( Space Division Multiple Access ) μπορεί να εισαχθεί σε βάση τα FDMA, TDMA, CDMA. Το SDMA θα έχει προσαρμοστική εκπομπή, συνδέοντας τον κάθε χρήστη σαν να βρίσκεται σε ένα ασύρματο καλώδιο, και θα αυξάνει τη χωρητικότητα του ασύρματου συστήματος κατά κανόνα 1-2 φορές περισσότερο. Τα CN (core networks) θα υιοθετήσουν τη μεταγωγή πακέτου (κάτι σαν cell switching) ώστε να επιτρέψουν την κατανομή του εύρους κατά απαίτηση.

Στις εφαρμογές τα τερματικά της τέταρτης γενιάς δε θα παρέχει μόνο ομιλία ή εικόνα αλλά επιπλέον θα προειδοποιεί και θα ενημερώνει το χρήστη. Τα τερματικά μπορεί ακόμα να γίνουν μέρος του ανθρώπινου σώματος, ενημερώνοντας το χρήστη για την πίεσή του, τη θερμοκρασία του κ.α .

Κάπως μπορούμε να φανταστούμε την 4G επικοινωνία. Όπως υπολογίζεται η γενιά αυτή θα κάνει την εμφάνισή της στα επόμενα 5 χρόνια.



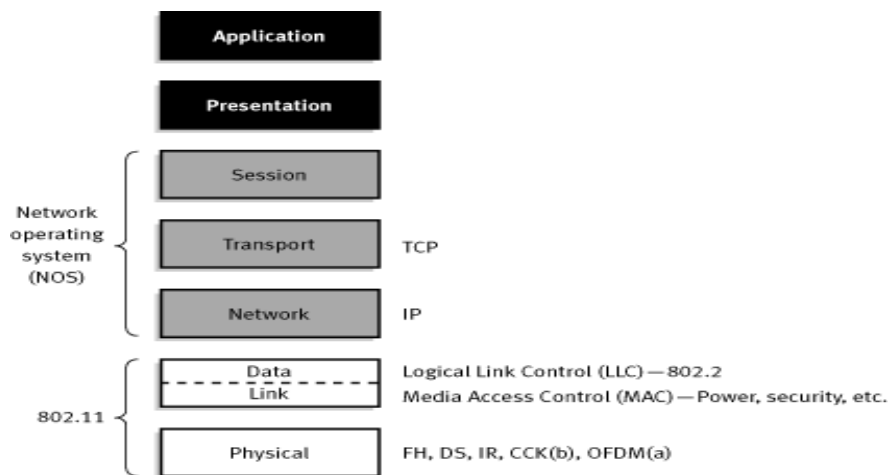
Εικόνα 99. Το όραμα των δικτύων 4<sup>ης</sup> γενιάς

### 9.3. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΥΜΒΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11

Το 802.11 είναι το όνομα του project της ομάδας εργασίας του IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών). Δημιουργήθηκε τον Ιούνιο του 1997, έχει ταχύτητα 2Mbps, αποτελεί το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση και ακολουθείται από τα περισσότερα ασύρματα δίκτυα μέχρι και σήμερα. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν υποπρότυπα του IEEE 802.11, όπως το IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11f, IEEE 802.11g, IEEE 802.11i. Σήμερα τα ασύρματα δίκτυα που βασίζονται σε αυτήν την οικογένεια προτύπων είναι τα πλέον διαδεδομένα, ενώ κυκλοφορεί μεγάλη ποικιλία σχετικών προϊόντων στην αγορά. Με άλλα λόγια το πρότυπο αυτό θέτει το πλαίσιο για μια προτυποποιημένη ασύρματη δικτυακή επικοινωνία ευρείας ζώνης. Στις παρακάτω σελίδες δίδεται αναλυτική περιγραφή του 802.11 πρωτοκόλλου, και επεκτείνουμε την έρευνά μας στις τροποποιήσεις του ( μέλη της οικογένειας του 802.11).

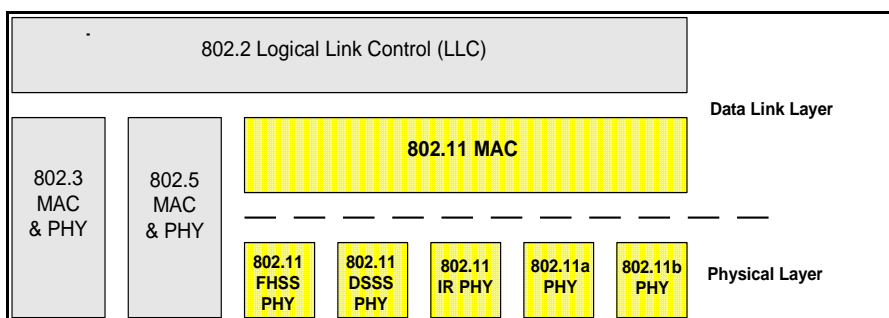
#### 9.3.1. ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ

Όπως όλα τα πρότυπα 802 της IEEE, έτσι και το 802.11 επικεντρώνεται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου διαστρωμάτωσης OSI ( Open System Interconnection ), δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer – PHY) και στο υπόστρωμα MAC (Medium Access Control) του στρώματος ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer), όπως φαίνεται στην Εικόνα 100.



**Εικόνα 100. Μοντέλο Αναφοράς OSI**

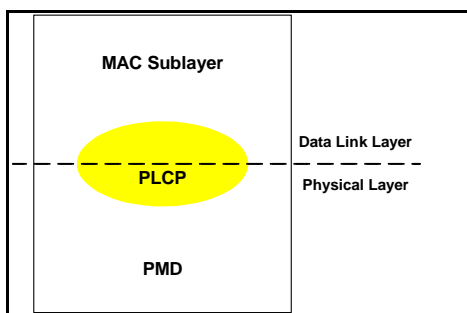
Το άλλο υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων, δηλαδή το υπόστρωμα ελέγχου λογικής ζεύξης (Logical Link Control – LLC), είναι αυτό που έχει προτυποποιηθεί ως IEEE 802.2 και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με όλα τα διαφορετικά MAC της σειράς IEEE 802, όπως φαίνεται στην Εικόνα 101.



**Εικόνα 101. Διαστρωμάτωση του προτύπου 802.11**

Η φιλοσοφία που ακολουθεί το πρότυπο 802.11 είναι η ύπαρξη ενός μόνο MAC που όμως υποστηρίζει περισσότερα του ενός φυσικά στρώματα. Κάθε φυσικό στρώμα χωρίζεται σε δύο υποστρώματα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 102.

Το υπόστρωμα PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) χρησιμεύει στην προσαρμογή των διαφόρων φυσικών στρωμάτων στο κοινό MAC. Το υπόστρωμα PMD (Physical Medium Dependent) περιέχει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας από το εκάστοτε φυσικό στρώμα.



**Εικόνα 102. Φυσικό στρώμα του προτύπου 802.11**



### 9.3.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Τα ασύρματα δίκτυα 802.11 αποτελούνται από τις κάτωθι τέσσερις βασικές μονάδες:

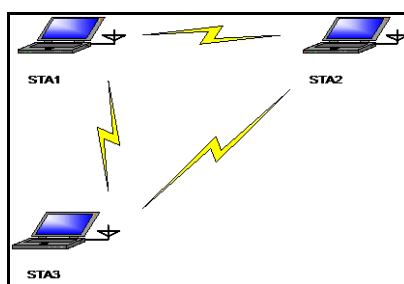
- Σημείο πρόσβασης (Access Point – AP): Το AP είναι η μονάδα που παίζει το ρόλο γέφυρας μεταξύ του ενσύρματου και του ασύρματου δικτύου, μετατρέποντας κατάλληλα τα πλαίσια που ανταλλάσσονται μεταξύ αυτών. Επιτελεί και πολλές άλλες λειτουργίες στο ασύρματο δίκτυο που θα αναφερθούν στη συνέχεια.
- Σύστημα διανομής (Distribution System): Το σύστημα διανομής ενώνει τα διάφορα AP του ίδιου δικτύου, επιτρέποντάς τους να ανταλλάσσουν πλαίσια. Το 802.11 δεν προσδιορίζει τον τρόπο που θα γίνεται αυτό.
- Ασύρματο μέσο μετάδοσης (Wireless Medium): Έχουν οριστεί διάφορα φυσικά στρώματα που χρησιμοποιούν είτε ραδιοσυχνότητες είτε υπέρυθρες ακτίνες για τη μετάδοση των πλαισίων μεταξύ των σταθμών του ασύρματου δικτύου.
- Σταθμοί (Stations): Οι σταθμοί που ανταλλάσσουν πληροφορία μέσω του ασυρμάτου δικτύου συνήθως είναι φορητές συσκευές (για παράδειγμα laptops), χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο.

Η βασική δομική μονάδα κάθε 802.11 δικτύου αποκαλείται Basic Service Set (BSS) και αποτελείται από μία ομάδα σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους. Τα όρια του BSS καθορίζονται από την περιοχή ραδιοκάλυψης, που ονομάζεται Basic Service Area (BSA). Ένας σταθμός σε ένα BSS μπορεί να επικοινωνεί με οποιονδήποτε άλλο σταθμό στο ίδιο BSS.

### 9.3.3. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

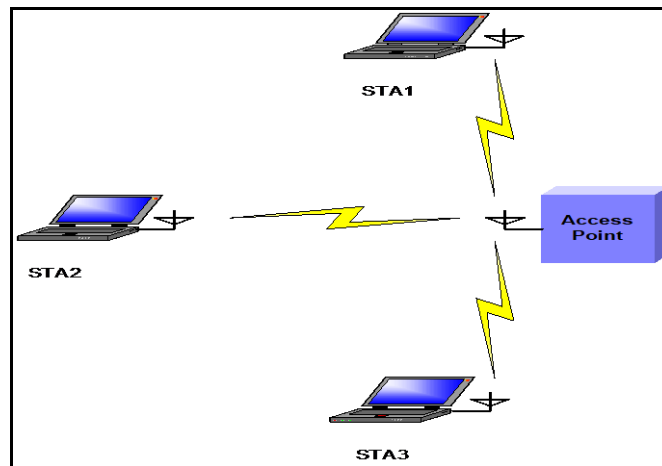
Είναι γνωστό πως υπάρχουν δύο βασικές τοπολογίες, βάσει των οποίων ορίζονται δύο είδη ασυρμάτων δικτύων. Πρόκειται για τα ανεξάρτητα δίκτυα (independent networks) και τα δίκτυα υποδομής (infrastructure networks).

Σε ένα independent δίκτυο κάθε σταθμός επικοινωνεί απευθείας με όλους τους υπόλοιπους. Το BSS σε αυτήν την περίπτωση ονομάζεται και IBSS (Independent BSS) ή ad-hoc BSS ή πιο απλά ad-hoc δίκτυο. Το IBSS αποτελείται το λιγότερο από δύο σταθμούς και συνήθως είναι προσωρινό, δηλαδή δημιουργείται για κάποιο σκοπό και μετά διαλύεται. Είναι ο απλούστερος τύπος ασύρματου δικτύου. Ένα IBSS φαίνεται στην Εικόνα 103.



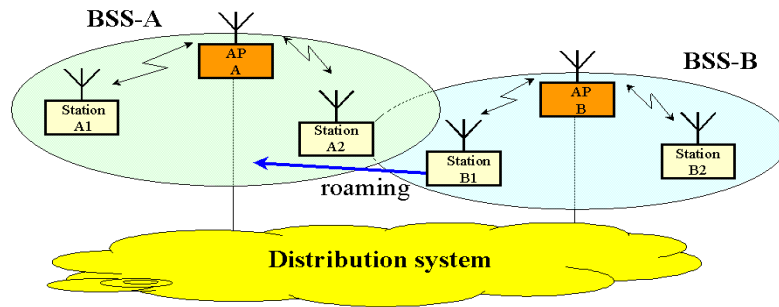
Εικόνα 103. Τοπολογία IBSS

Ο άλλος τύπος δικτύου είναι το infrastructure δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση το BSS διακρίνεται από την παρουσία ενός AP σε αυτό. Το AP, εκτός από το ότι συνδέει το BSS με το ενσύρματο δίκτυο, είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή πλαισίων μεταξύ των σταθμών και γενικότερα για τον κεντρικό έλεγχο της λειτουργίας του BSS. Όταν ένας σταθμός θέλει να στείλει ένα πλαίσιο σε έναν άλλο σταθμό, το πλαίσιο αρχικά αποστέλλεται στο AP και αυτό με την σειρά του το στέλνει στον τελικό προορισμό του. Η BSA σε αυτήν την περίπτωση είναι η περιοχή όπου υπάρχει ραδιοκάλυψη από το AP. Έτσι σε αντίθεση με το IBSS, όπου όλοι οι σταθμοί πρέπει να βρίσκονται στην περιοχή ραδιοκάλυψης των υπολοίπων, για να επικοινωνήσουν με αυτούς, εδώ αρκεί να βρίσκονται στην περιοχή ραδιοκάλυψης του AP, άσχετα με την μεταξύ τους απόσταση. Για να συμμετέχει ένας σταθμός στο BSS πρέπει να ακολουθήσει τη διαδικασία του association (στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω) με το AP. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει πάντα με πρωτοβουλία του σταθμού και είναι απόφαση του AP αν ο σταθμός θα γίνει τελικά δεκτός στο BSS. Το 802.11 δεν ορίζει μέγιστο αριθμό σταθμών που μπορούν να συμμετάσχουν σε ένα BSS, αλλά τίθενται περιορισμοί στις διάφορες υλοποιήσεις AP. Ένα infrastructure δίκτυο φαίνεται στην Εικόνα 104.



**Εικόνα 104. Τοπολογία infrastructure BSS**

Στην περίπτωση infrastructure δικτύων ένας αριθμός από BSSs μπορούν να συνδεθούν και να αποτελέσουν ένα Extended Service Set (ESS). Αυτό δημιουργείται ενώνοντας τα APs των BSSs μέσω ενός ενσύρματου δικτύου κορμού, που ονομάζεται Σύστημα Διανομής ( Distribution System –DS ). Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η επικοινωνία μεταξύ σταθμών που ανήκουν σε διαφορετικά BSSs αλλά στο ίδιο ESS. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει τα APs να επικοινωνούν στο στρώμα ζεύξης δεδομένων μέσω του δικτύου κορμού, επιτελώντας τη λειτουργία της γέφυρας για τους σταθμούς διαφορετικών BSSs. Το ESS τελειώνει όταν παρεμβληθεί μεταξύ των AP's οντότητα δικτύου που λειτουργεί σε υψηλότερο στρώμα, όπως είναι ο δρομολογητής (router). Τα παραπάνω φαίνονται καλύτερα στην Εικόνα 105.



**Εικόνα 105. Τοπολογία infrastructure δύο BSSs**

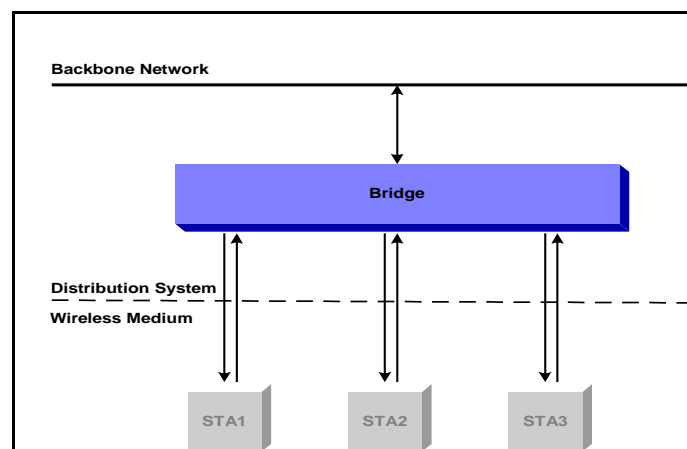
Το 802.11 προσφέρει κινητικότητα σε ένα ESS, αρκεί το δίκτυο κορμού να είναι ένα απλό LAN ή και VLAN (Virtual LAN). Σε κάθε άλλη περίπτωση η σύνδεση στα ανώτερα επίπεδα θα χαθεί, εκτός κι αν χρησιμοποιείται κάποια άλλη τεχνολογία όπως το Mobile IP.

### 9.3.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Το σύστημα διανομής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του 802.11, αν και δεν περιγράφεται στο πρότυπο η υλοποίησή του, αλλά μόνο οι υπηρεσίες που πρέπει να προσφέρει στους ασύρματους σταθμούς. Όπως αναφέρθηκε λίγο πιο πάνω, το σύστημα διανομής είναι υπεύθυνο για τη διασύνδεση APs, δηλαδή BSSs, και τη δημιουργία ESSs. Με αυτόν τον τρόπο καθιστά δυνατή την ανταλλαγή πλαισίων ανάμεσα σε σταθμούς που ανήκουν σε διαφορετικά BSSs εντός του ίδιου ESS.

Για τη σωστή παράδοση των πλαισίων, τα APs πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του συστήματος διανομής. Αυτή η επικοινωνία γίνεται με χρήση ενός πρωτοκόλλου που ονομάζεται Inter Access Point Protocol (IAPP), γνωστό και ως IEEE 802.11f (θα γίνει αναφορά σε επόμενη ενότητα) το οποίο δεν έχει προδιαγραφεί στο αρχικό 802.11. Εφόσον ανά πάσα στιγμή κάθε σταθμός μπορεί να ανήκει σε ένα μόνο BSS, έχοντας προχωρήσει στο association με το αντίστοιχο AP, πρέπει όλα τα APs να ενημερώνονται μέσω του συστήματος διανομής, ώστε να προωθούν τα πλαίσια προς το συγκεκριμένο σταθμό στο κατάλληλο AP.

Στην Εικόνα 106 φαίνεται καλύτερα η λειτουργία του συστήματος διανομής.



**Εικόνα 106. Σύστημα διανομής**

Τα APs παίζουν το ρόλο γέφυρας μεταξύ του συστήματος διανομής και του ασυρμάτου δικτύου. Μπορούν να θεωρηθούν και αυτά ως μέρη του συστήματος διανομής, τουλάχιστον όσο αναφορά το interface τους προς το ενσύρματο LAN που αποτελεί το μέσο μετάδοσης του συστήματος διανομής. Στην Εικόνα 106 τα βέλη αντιπροσωπεύουν ροή πλαισίων από και προς το σύστημα διανομής μέσω ενός AP. Αν ο σταθμός STA1 θέλει να στείλει ένα πλαίσιο στον STA2 αυτό πρέπει να πάει στο αντίστοιχο AP, να μετατραπεί σε πλαίσιο του μέσου μετάδοσης του συστήματος διανομής (συνήθως Ethernet), να μεταδοθεί στο AP που εξυπηρετεί το STA2, να μετατραπεί ξανά σε πλαίσιο 802.11 και να μεταδοθεί από το AP στον STA2.

Το σύστημα διανομής είναι δυνατόν να είναι κι αυτό ασύρματο δίκτυο. Τέτοια περίπτωση είναι η διασύνδεση δύο LANs σε διαφορετικές φυσικές τοποθεσίες μέσω μιας ασύρματης ζεύξης σημείο – προς – σημείο. Τότε το ασύρματο δίκτυο χρησιμεύει ως γέφυρα που ενώνει τα δύο LANs στο στρώμα ζεύξης δεδομένων. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται wireless bridging.

Σημειώνεται τέλος ότι οι σταθμοί χρησιμοποιούν κανονικές 48-μπιτες διευθύνσεις MAC, κάτι που κάνει τη θεώρηση του ασύρματου δικτύου ως επέκταση του ενσύρματου ευκολότερη.

### 9.3.5. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 802.11

Το ασύρματο δίκτυο 802.11 προσφέρει εννέα βασικές υπηρεσίες. Οφείλουμε να επισημάνουμε ότι τρεις από αυτές σχετίζονται με τη μεταφορά δεδομένων και οι υπόλοιπες έξι σχετίζονται με τη διαχείριση. Οι υπηρεσίες αυτές είναι οι εξής:

- **Distribution:** Η υπηρεσία αυτή είναι απαραίτητη για την παράδοση ενός πλαισίου από το AP στον τελικό προορισμό του. Συνίσταται στον εντοπισμό του παραλήπτη, ώστε να γίνει εφικτή η τελική παράδοση του πλαισίου. Έτσι λαμβάνεται απόφαση αν ένα πλαίσιο πρέπει να σταλεί στο ίδιο BSS ή πρέπει να σταλεί στο DS προς παράδοση σε σταθμό συσχετιζόμενο με άλλο AP.
- **Integration:** Η υπηρεσία αυτή παρέχεται από το σύστημα διανομής. Είναι υπεύθυνη για τη διασύνδεση του συστήματος διανομής DS σε ένα δίκτυο διαφορετικό του 802.11. Στην ουσία είναι υπεύθυνη για την μετάφραση των πλαισίων από τον ένα τύπο στον άλλο.
- **MSDU Delivery:** Η παράδοση των πλαισίων MAC (MAC Service Data Unit) στον τελικό προορισμό τους.
- **Association:** Απαραίτητη διαδικασία συσχετισμού ενός σταθμού με το AP, προκειμένου να είναι σε θέση να στείλει και να δεχτεί πλαίσια μέσω του ασυρμάτου δικτύου. Όταν ένας σταθμός είναι συσχετισμένος με ένα AP, δημιουργείται τότε μια λογική σχέση μεταξύ τους, ώστε το DS να γνωρίζει που και πώς να παραδώσει δεδομένα σε έναν ασύρματο σταθμό.
- **Reassociation:** Χρησιμοποιείται από τους κινητούς σταθμούς σε περίπτωση μετακίνησης από μία BSS σε μία άλλη. Είναι μέρος του μηχανισμού της διαπομπής.
- **Disassociation:** Η διαδικασία αυτή αφαιρεί έναν σταθμό από το δίκτυο. Το MAC του 802.11 μπορεί να χειριστεί και σταθμούς που εγκαταλείπουν το δίκτυο χωρίς να κάνουν πρώτα disassociation.

- **Authentication:** Αν απαιτείται από το διαχειριστή του δικτύου, πρέπει κάθε χρήστης να πιστοποιεί την ταυτότητά του πριν να προχωρήσει στη διαδικασία του association.
- **Deauthentication:** Τερματισμός μιας ισχύουσας κατάστασης authentication. Τερματίζει επίσης και το association, εφόσον το authentication είναι προαπαιτούμενο αυτού.
- **Privacy:** Λόγω του ασύρματου περιβάλλοντος μετάδοσης έχει οριστεί από το 802.11 μία προαιρετική υπηρεσία κρυπτογράφησης των δεδομένων που ονομάζεται WEP (Wired Equivalent Privacy). Το WEP δεν προσφέρει σε καμία περίπτωση ασφαλής μεταφορά δεδομένων και ήδη μελετάται η αντικατάστασή του.

### 9.3.6. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MAC ΤΟΥ 802.11

Το υπόστρωμα MAC του 802.11 είναι ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι της προτυποποίησης. Υποστηρίζει όλα τα φυσικά στρώματα και προσφέρει υπηρεσίες αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων και πρόσβασης στο μέσο στα ανώτερα στρώματα. Οι όποιες διαφοροποιήσεις του από το αντίστοιχο MAC ενσύρματων δικτύων οφείλονται στις ιδιαιτερότητες του ασύρματου μέσου μετάδοσης που χρησιμοποιείται στο φυσικό επίπεδο.

Σαν μηχανισμός πρόσβασης στο μέσο έχει επιλεγεί ο CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Για να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι συγκρούσεις αντί για το μηχανισμό ανίχνευσης συγκρούσεων CD (Collision Detection) που χρησιμοποιείται στο 802.3 επιλέχτηκε ο μηχανισμός αποφυγής συγκρούσεων CA (Collision Avoidance). Αιτία για την επιλογή αυτή είναι η αδυναμία του δέκτη να αντιλαμβάνεται την κατάσταση του ασύρματου μέσου την χρονική στιγμή που μεταδίδει κάποια πληροφορία. Επομένως, το φαινόμενο της σύγκρουσης (που λαμβάνει χώρα όταν δυο ή περισσότεροι σταθμοί μεταδίδουν την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή) γίνεται αντιληπτό από τους σταθμούς εργασίας μόνο εκ του αποτελέσματος που είναι φυσικά η μη παράδοση των πακέτων της πληροφορίας.

Επιπλέον η αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διαφόρων σταθμών δυσχεραίνεται ακόμα περισσότερο εξαιτίας του ασύρματου φυσικού μέσου. Προβλήματα όπως η κακή ποιότητα της ασύρματης ζεύξης λόγω θορύβου ή παρεμβολών, η πιθανότητα κάποιος κόμβος να βγει προσωρινά εκτός της περιοχής κάλυψης του δικτύου και η ύπαρξη κρυμμένων κόμβων (hidden nodes) δεν υπάρχουν σε ενσύρματα δίκτυα. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω το 802.11 MAC προσφέρει τους κατάλληλους μηχανισμούς, όπως η θετική επιβεβαίωση (positive acknowledgment) κάθε πλαισίου και την ανταλλαγή πλαισίων RTS (Request To Send) και CTS (Clear To Send) πριν την μετάδοση κάποιου πλαισίου. Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα αναφερθούμε λεπτομερώς στους παραπάνω μηχανισμούς.

#### *Πρόσβαση στο Μέσο*

Όπως αναφέρθηκε ήδη ο μηχανισμός πρόσβασης στο μέσο που χρησιμοποιείται από το 802.11 MAC είναι ο CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). Έχουν προβλεφθεί δύο τρόποι λειτουργίας, ένας αποκεντρωμένος μέσω του αλγορίθμου DCF (Distributed Coordination Function) και ένας με κεντρικό έλεγχο μέσω του αλγορίθμου PCF (Point Coordination Function) που αποτελεί

προέκταση του DCF. Ο αλγόριθμος PCF εκτελείται μόνο σε AP, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε infrastructure δίκτυα. Μία τρίτη επιλογή προσφέρεται στο υποπρότυπο 802.11e, το οποίο συμπληρώνει το MAC υπόστρωμα του 802.11 και ορίζει έναν επιπλέον μηχανισμό ελέγχου πρόσβασης μέσω του αλγορίθμου HCF (Hybrid Coordination Function). Ο αλγόριθμος DCF είναι κατάλληλος για εξυπηρέτηση ασύγχρονης κίνησης, ενώ ο PCF είναι κατάλληλος για σύγχρονη κίνηση. Ο HCF εισάγει ένα σχήμα προτεραιοτήτων για να προσφέρει συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service – QoS).

### *Χρόνοι Αναμονής (Interframe Spacing)*

Οι παραπάνω αλγόριθμοι χρησιμοποιούν διάφορες χρονικές περιόδους για τον έλεγχο της πρόσβασης στο μέσο. Γενικά, κάθε σταθμός που θέλει να μεταδώσει κάποιο πλαίσιο πρέπει πρώτα να περιμένει ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (interframe space) και αν δεν ανιχνεύσει άλλη μετάδοση σε αυτό τότε να προχωρήσει στο επόμενο βήμα της διαδικασίας απόκτησης πρόσβασης στο μέσο, που διαφέρει ανάλογα με τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται (DCF ή PCF). Το χρονικό διάστημα αυτό ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου που πρόκειται να μεταδοθεί. Οι χρόνοι αναμονής που ορίζονται από το πρότυπο είναι οι ακόλουθοι:

- Short Interframe Space (SIFS): Ο μικρότερος χρόνος αναμονής. Χρησιμοποιείται για μεταδόσεις μέγιστης προτεραιότητας, όπως είναι τα πλαίσια RTS/CTS και οι επιβεβαιώσεις.
- PCF Interframe Space (PIFS): Μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το SIFS, χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον αλγόριθμο PCF. Οι σταθμοί περιμένουν PIFS χρόνο πριν μεταδώσουν κατά την περίοδο που την πρόσβαση στο μέσο ελέγχει ο κεντρικός αυτός αλγόριθμος (περίοδος χωρίς ανταγωνισμό - contention – free period), αποκτώντας προτεραιότητα έναντι αυτών που προσπαθούν να μεταδώσουν με χρήση του DCF.
- DCF Interframe Space (DIFS): Ο μικρότερος χρόνος αναμονής για λειτουργία με βάση τον αλγόριθμο DCF (περίοδος με ανταγωνισμό - contention period). Μεγαλύτερος σε διάρκεια από τους δύο προηγούμενους χρόνους.
- Extended Interframe Space (EIFS): Ο μέγιστος χρόνος αναμονής, δεν έχει κάποια συγκεκριμένη τιμή και χρησιμοποιείται όταν συμβεί κάποιο σφάλμα κατά την μετάδοση του πλαισίου.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι κάθε σταθμός πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει αν υπάρχει κάποια άλλη μετάδοση σε εξέλιξη πριν αρχίσει να μεταδίδει αυτός. Για τον σκοπό λοιπόν αυτό ο μηχανισμός ανίχνευσης φέροντος που χρησιμοποιείται παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και συνεπώς παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.

### *Μηχανισμός Ανίχνευσης Φέροντος*

Είναι γνωστό πως στα ενσύρματα δίκτυα ο τρόπος λειτουργίας του μηχανισμού ανίχνευσης φέροντος είναι σχετικά απλός. Κάθε σταθμός παρακολουθεί το μέσο μετάδοσης και αν εντοπίσει σήμα συγκεκριμένης ισχύος καταλαβαίνει ότι κάποια μετάδοση πλαισίου βρίσκεται σε εξέλιξη. Όταν όμως το μέσο μετάδοσης γίνει ασύρματο τότε αυτός ο μηχανισμός δεν είναι επαρκής. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού στα σχήματα διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται, των διαφόρων περιπτώσεων όσο αφορά τις αποστάσεις μεταξύ των σταθμών αλλά και με το πρόβλημα των hidden

nodes είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί αξιόπιστος μηχανισμός ανίχνευσης φέροντος που να λειτουργεί αποκλειστικά στο φυσικό επίπεδο.

Γι' αυτό το λόγο το πρότυπο 802.11 προβλέπει και έναν δεύτερο μηχανισμό ανίχνευσης φέροντος που λειτουργεί όμως στο υπόστρωμα MAC. Ο εικονικός μηχανισμός ανίχνευσης φέροντος (virtual carrier sensing) χρησιμοποιεί έναν μετρητή χρόνου που ονομάζεται NAV (Network Allocation Vector). Στην ουσία πρόκειται για μια δομή δεδομένων, η οποία κατασκευάζεται με βάση τα όσα «ακούν» οι διάφοροι σταθμοί του δικτύου από μεταδόσεις πλαισίων RTS/CTS/DATA/ACK καθένα από τα οποία περιλαμβάνουν την διάρκεια μιας επερχόμενης μετάδοσης. Αυτός ο μετρητής συμπεριλαμβάνεται στα περισσότερα πλαίσια που ανταλλάσσονται. Κάθε σταθμός θέτει το πεδίο αυτό ίσο με το χρόνο που θέλει να κρατήσει δεσμευμένο το μέσο μετάδοσης, όταν αποκτήσει βέβαια δικαίωμα να το κάνει. Οι υπόλοιποι σταθμοί βλέποντας ότι το πεδίο NAV είναι μη μηδενικό καταλαβαίνουν ότι το μέσο είναι δεσμευμένο και ξεκινάνε έναν αντίστροφο τοπικό μετρητή με αρχική τιμή ίση με NAV, αν η τιμή του NAV είναι μεγαλύτερη από την υπάρχουσα τιμή του τοπικού μετρητή αυτού. Με χρήση του NAV οι σταθμοί μπορούν να επιτελέσουν συγκεκριμένες ενέργειες χωρίς να χάσουν τον έλεγχο του μέσου μετάδοσης. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η αποστολή ενός πλαισίου με χρήση του μηχανισμού RTS/CTS, όπως θα δούμε στην Παράγραφο 4.7.7. Για να ολοκληρωθεί αυτή η ενέργεια οι δύο σταθμοί πρέπει να ανταλλάξουν συνολικά 4 πλαίσια. Παίρνοντας τον έλεγχο με χρήση του NAV μπορούν να το κάνουν χωρίς να διακοπουν από άλλη μετάδοση.

### ***Πρόσβαση στο Μέσο με χρήση του Αλγορίθμου DCF***

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται ο αλγόριθμος DCF, προκειμένου να επιτευχθεί η πρόσβαση στο μέσο, δίδεται έμφαση στην αντιμετώπιση μιας αποτυχημένης προσπάθειας μετάδοσης και εισάγεται η έννοια του παραθύρου ανταγωνισμού, ώστε να δοθεί μια λύση σε περίπτωση που περισσότεροι του ενός σταθμοί διεκδικούν τον έλεγχο του μέσου.

### **Ο αλγόριθμος DCF**

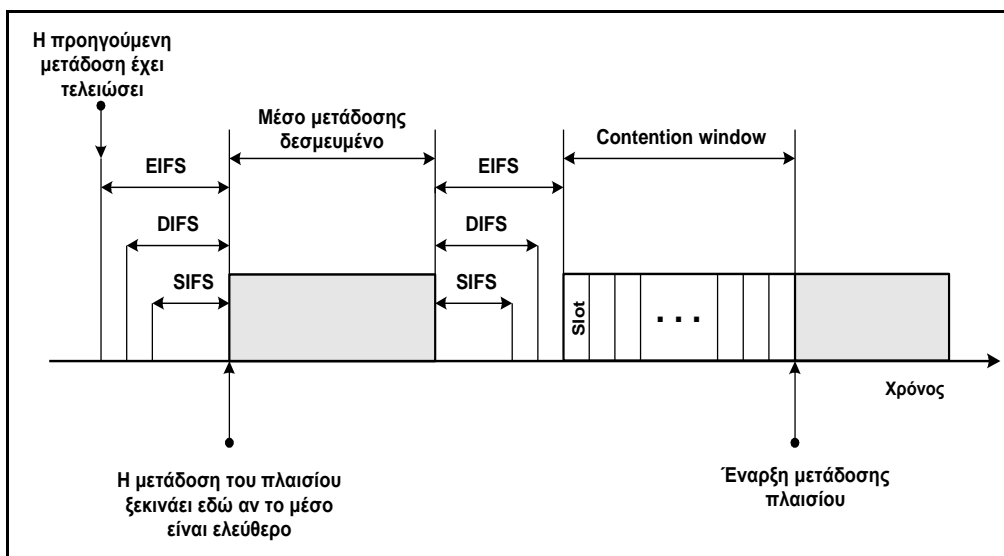
Ο αλγόριθμος DCF, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι αποκεντρωμένος και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους ασύρματο δίκτυο. Τα βασικά βήματα του, όπου πρέπει να ακολουθήσει κάθε σταθμός πριν εκπέμψει κάποιο πλαίσιο είναι τα εξής:

- Κάθε σταθμός, πριν επιχειρήσει να εκπέμψει, ελέγχει το μέσο μετάδοσης για να δει αν είναι διαθέσιμο. Ο έλεγχος γίνεται και σε φυσικό επίπεδο και μέσω εικονικής ανίχνευσης φέροντος.
- Αν το μέσο μετάδοσης είναι δεσμευμένο τότε ο σταθμός συνεχίζει να ελέγχει το ασύρματο μέσο περιοδικά περιμένοντας να ελευθερωθεί. Αν το μέσο είναι διαθέσιμο ο σταθμός περιμένει ένα χρονικό διάστημα που εξαρτάται από το είδος του πλαισίου που θέλει να μεταδώσει (IFS) και ελέγχει ξανά το μέσο. Ο χρόνος αναμονής που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο DIFS. Στην περίπτωση που ο σταθμός θέλει να στείλει πλαίσιο CTS, πλαίσιο θετικής επιβεβαίωσης (ACK), ή τμήμα (fragment) μεγαλύτερου πλαισίου τότε ο χρόνος αναμονής είναι ο SIFS. Τέλος, στην περίπτωση που η μετάδοση του προηγούμενου πλαισίου περιείχε λάθη τότε ο χρόνος αναμονής είναι ο EIFS.
- Αν πάλι το μέσο είναι ελεύθερο τότε ο σταθμός μεταδίδει το πλαίσιο που θέλει. Αν το μέσο είναι δεσμευμένο ο σταθμός περιμένει μέχρι το μέσο να

μείνει ελεύθερο για IFS. Τότε ξεκινάει τη διαδικασία της δυαδικής εκθετικής υποχώρησης (binary exponential backoff) για να καθορίσει πόσο θα είναι το επιπλέον χρονικό διάστημα αναμονής. Αυτό γίνεται επιλέγοντας τυχαία μια σχισμή του παραθύρου ανταγωνισμού (contention window). Αφού περάσει και αυτό το τελευταίο χρονικό διάστημα, ο σταθμός μεταδίδει το πλαίσιο που θέλει.

- Αν η μετάδοση είναι αποτυχημένη θεωρείται ότι έχει συμβεί σύγκρουση (collision). Τότε ο σταθμός επιλέγει πάλι τυχαία μια σχισμή του contention window, το οποίο όμως είναι μεγαλύτερο αυτή τη φορά, και επιχειρεί ξανά να μεταδώσει. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να υπάρξει επιτυχής μετάδοση του πλαισίου ή να απορριφθεί το πλαίσιο.

Τα παραπάνω βήματα φαίνονται καλύτερα στην Εικόνα 107.



**Εικόνα 107. Διαδικασία πρόσβασης στο μέσο με χρήση του αλγορίθμου DCF**

Πρόκειται για τον βασικό μηχανισμό ώστε να μπορέσει ένας σταθμός να αποκτήσει τον έλεγχο του μέσου. Υπάρχουν και άλλοι κανόνες που συμπληρώνουν τα παραπάνω και εξαρτώνται από την συγκεκριμένη κατάσταση ή από την κατάληξη της προηγούμενης μετάδοσης. Μερικοί τέτοιοι κανόνες παρατίθενται στη συνέχεια.

- Κάθε μετάδοση πλαισίου θεωρείται επιτυχημένη μόνο αν ληφθεί σωστά και το αντίστοιχο πλαίσιο ACK. Όλα τα πλαίσια μονοεκπομπής (unicast) πρέπει να επιβεβαιώνονται από τον παραλήπτη. Αντίθετα, πλαίσια τύπου πολυεκπομπής (multicast) και ευρυεκπομπής (broadcast) δεν απαιτούν επιβεβαίωση. Είναι ευθύνη του αποστολέα να ξαναστείλει το πλαίσιο αν δεν ληφθεί η ανάλογη επιβεβαίωση. Κάθε αποτυχία αποστολής που οφείλεται είτε σε αδυναμία ελέγχου του μέσου είτε σε μη λήψη ACK αυξάνει έναν μετρητή (retry counter) που χρησιμεύει για τον προσδιορισμό του χρόνου μέχρι την επόμενη προσπάθεια αποστολής του πλαισίου.
- Κάθε σταθμός που συμμετέχει στην ανταλλαγή πολλαπλών πλαισίων μπορεί να ανανεώνει το NAV μετά από κάθε λήψη πλαισίου. Έτσι ο έλεγχος του μέσου διατηρείται μέχρι να ολοκληρωθεί η ανταλλαγή. Η διατήρηση του ελέγχου μπορεί να εξασφαλιστεί επιπλέον με τη χρήση του SIFS στις περιπτώσεις που έχουν ήδη αναφερθεί.



- Υπάρχουν συγκεκριμένα κατώφλια μεγέθους για τα πλαίσια. Κάθε πλαίσιο μεγαλύτερο από το κατώφλι RTS πρέπει να σταλεί χρησιμοποιώντας το μηχανισμό RTS/CTS ( που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια). Κάθε πλαίσιο μεγαλύτερο από το κατώφλι κατακερματισμού (fragmentation threshold) διασπάται σε μικρότερα πλαίσια πριν σταλεί.

### Αντιμετώπιση αποτυχημένης προσπάθειας μετάδοσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο εντοπισμός και η διόρθωση κάποιου λάθους κατά τη μετάδοση είναι ευθύνη του αποστολέα. Σε περίπτωση που η αποστολή ενός πλαισίου δεν ολοκληρωθεί κανονικά ο αποστολέας πρέπει να το ξαναστείλει. Για τον έλεγχο της διαδικασίας αυτής κάθε πλαίσιο έχει έναν μετρητή (retry counter) συσχετισμένο με αυτό. Κάθε φορά που το πλαίσιο αυτό επανεκπέμπεται ο retry counter που του αντιστοιχεί αυξάνεται κατά 1. Αν ο μετρητής ξεπεράσει κάποιο προκαθορισμένο όριο, το πλαίσιο απορρίπτεται και η απώλειά του αναφέρεται στα υψηλότερα στρώματα.

Κάθε σταθμός διακρίνει τα πλαίσια σε short και long. Ως short χαρακτηρίζονται τα πλαίσια που έχουν μήκος μικρότερο από το RTS threshold και ως long τα υπόλοιπα. Ο σταθμός διατηρεί και δύο αντίστοιχους μετρητές, τους short retry count και long retry count. Κάθε φορά που η μετάδοση ενός πλαισίου αποτυγχάνει ο αντίστοιχος μετρητής αυξάνεται. Οι μετρητές αυτοί μηδενίζονται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Για τον short retry count αυτές είναι:

- Λήψη CTS πλαισίου σε απάντηση ενός RTS.
- Λήψη πλαισίου ACK μετά από μη κατακερματισμένη μετάδοση πλαισίου.
- Λήψη broadcast ή multicast πλαισίου.
- Αντίστοιχα, ο long retry count μηδενίζεται στις ακόλουθες περιπτώσεις:
- Λήψη πλαισίου ACK για πλαίσιο μεγαλύτερο του RTS threshold.
- Λήψη broadcast ή multicast πλαισίου.

Σε περίπτωση κατακερματισμού ενός πλαισίου όλα τα fragments έχουν έναν μετρητή διάρκειας ζωής (lifetime counter). Αυτός ξεκινάει όταν μεταδοθεί το πρώτο fragment. Αν μέχρι να μηδενιστεί δεν έχει μεταδοθεί ολόκληρο το πλαίσιο, αυτό απορρίπτεται και δεν γίνεται προσπάθεια μετάδοσης των υπόλοιπων fragments του.

### Παράθυρο Ανταγωνισμού

Σε προηγούμενη ενότητα ήδη έχει αναφερθεί η έννοια του παραθύρου ανταγωνισμού (contention window) και που χρησιμεύει. Το contention window χωρίζεται σε σχισμές (slots) που η διάρκειά τους είναι εξαρτώμενη από το φυσικό στρώμα. Κάθε σταθμός διαλέγει μια σχισμή και περιμένει τη σειρά του πριν επιχειρήσει να αποκτήσει πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης. Η επιλογή γίνεται τυχαία, με χρήση μιας διαδικασίας που ονομάζεται δυαδική εκθετική υποχώρηση. Αν περισσότεροι του ενός σταθμοί διεκδικούν τον έλεγχο του μέσου, νικητής θα αναδειχθεί αυτός που θα επιλέξει την πρώτη σχισμή.

Κάθε σταθμός επιλέγει τη σχισμή του contention window μέσα από ένα εύρος τιμών που αυξάνεται όσο αποτυγχάνει η επιθυμητή μετάδοση πλαισίου. Υπενθυμίζεται ότι η μετάδοση θεωρείται αποτυχημένη αν δεν ληφθεί έγκαιρα επιβεβαίωση ή αν ο σταθμός δεν καταφέρει να πάρει τον έλεγχο του μέσου για να μεταδώσει το πλαίσιο. Το εύρος τιμών από το οποίο καλείται να επιλέξει τυχαία ο κάθε σταθμός είναι πάντα

αριθμός κατά ένα μικρότερος από κάποια δύναμη του 2. Κάθε φορά που η μετάδοση αποτυγχάνει το εύρος υπολογίζεται ξανά με βάση την αμέσως επόμενη δύναμη του 2. Αυτό γίνεται μέχρι να φτάσει το εύρος μία μέγιστη τιμή, οπότε δεν μεγαλώνει άλλο. Το εύρος αυτό επανέρχεται στην ελάχιστη τιμή του μετά από επιτυχημένη μετάδοση ή από απόρριψη του προς μετάδοση πλαισίου. Κάθε φυσικό στρώμα χρησιμοποιεί δικές του παραμέτρους για την παραπάνω διαδικασία. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η σταθερότητα της λειτουργίας του δικτύου, ακόμη και κάτω από καταστάσεις έντονης κίνησης.

### ***Πρόσβαση στο Μέσο με χρήση του Αλγορίθμου PCF***

Ο αλγόριθμος PCF είναι η εναλλακτική λύση στο πρόβλημα του ελέγχου της πρόσβασης στο μέσο. Η λειτουργία του μοιάζει αρκετά με σχήματα ελέγχου πρόσβασης με σκυτάλη (token based). Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στα προϊόντα που κυκλοφορούν στην αγορά, ενώ οι κατασκευαστές δεν είναι υποχρεωμένοι να τον υποστηρίξουν, αφού αποτελεί προαιρετικό μέρος του προτύπου 802.11. Επιπλέον, εφόσον απαιτεί κεντρικό έλεγχο από κάποιο AP, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε infrastructure δίκτυα.

Σκοπός του PCF είναι να προσφέρει πρόσβαση στο μέσο χωρίς ανταγωνισμό μεταξύ των σταθμών (contention - free medium access). Υλοποιείται χρησιμοποιώντας την υποδομή του αλγορίθμου DCF και προσθέτοντας την επιπλέον λειτουργικότητα. Η χρήση του συνεπάγεται τη δημιουργία χρονικών περιόδων χωρίς ανταγωνισμό (contention - free periods), ενώ κατά τον υπόλοιπο χρόνο η πρόσβαση ελέγχεται κανονικά από τον DCF (contention periods). Υπάρχει δυνατότητα καθορισμού της σχέσης των δύο παραπάνω χρονικών περιόδων ανάλογα με τη χρήση του δικτύου. Αυτές οι περιόδους επαναλαμβάνονται διαδοχικά, ενώ η διάρκειά τους κάθε φορά ονομάζεται contention - free repetition interval.

Κατά τη διάρκεια του contention - free period η διαδικασία πρόσβασης στο μέσο για τους σταθμούς ελέγχεται από το AP. Στην αρχή της περιόδου αυτής το AP στέλνει ένα πλαίσιο Beacon το οποίο περιέχει τη μέγιστη διάρκεια της contention - free period. Οι σταθμοί θέτουν το NAV σε αυτήν την τιμή αποτρέποντας την πρόσβαση μέσω του DCF γι' αυτήν την περίοδο.

Όταν το AP πάρει τον έλεγχο του μέσου δίνει την άδεια σε κάθε σταθμό διαδοχικά να μεταδώσει στέλνοντάς του ένα polling πλαίσιο (CF - Poll). Τα polling πλαίσια πρέπει να επιβεβαιωθούν από τους σταθμούς. Αν κάποιος σταθμός δεν στείλει ACK αφού λάβει το polling πλαίσιο το AP προχωράει στον επόμενο σταθμό. Όλοι οι σταθμοί κατά τη διαδικασία του association με το AP μπαίνουν σε μία λίστα (polling list) ώστε το AP να τους δίνει το δικαίωμα μετάδοσης κατά την contention - free period. Σημειώνεται ότι κάθε πλαίσιο polling δίνει στο σταθμό που το έλαβε δικαίωμα μετάδοσης ενός μόνο πλαισίου.

Για να διασφαλιστεί περισσότερο ότι ο έλεγχος του μέσου θα μείνει στο AP κατά την contention - free period, όλοι οι χρόνοι αναμονής που χρησιμοποιούνται είναι SIFS ή PIFS. Ο χρόνος αναμονής από το AP για να επιβεβαιωθεί το polling πλαίσιο που έστειλε είναι ίσος με τον PIFS ενώ όλοι οι υπόλοιποι χρόνοι αναμονής είναι ίσοι με SIFS.

Η διάρκεια της contention - free period πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το χρόνο που απαιτείται να μεταδοθεί και να επιβεβαιωθεί ένα πλαίσιο μεγίστου μεγέθους. Σε περίπτωση που η contention period δεν τελειώσει όταν πρέπει να αρχίσει η contention - free period, η δεύτερη έχει μειωμένη διάρκεια. Το AP που τρέχει τον PCF μπορεί να

διακόψει νωρίτερα την contention - free period για οποιοδήποτε λόγο. Τέλος, για να εκμεταλλεύονται οι σταθμοί όσο το δυνατόν περισσότερο την contention - free period είναι σύνηθες να συνδυάζουν σε ένα πλαίσιο επιβεβαιώσεις, polling και μεταφορά δεδομένων, οπότε προκύπτουν σύνθετα πλαίσια με πολλές λειτουργίες. Για παράδειγμα ένας σταθμός μπορεί να συνδυάσει τη μεταφορά δεδομένων με την επιβεβαίωση του πλαισίου polling σε ένα κοινό πλαίσιο και να το στείλει. Το AP που θα το λάβει μπορεί να στείλει σε κοινό πλαίσιο την επιβεβαίωση λήψης των δεδομένων στον αποστολέα και τα δεδομένα στον παραλήπτη.

### ***Πρόσβαση στο Μέσο με χρήση του Αλγορίθμου HCF***

Ο αλγόριθμος πρόσβασης HCF είναι ο νεότερος αλγόριθμος πρόσβασης που θα προστεθεί στο υπόστρωμα MAC όταν ολοκληρωθούν οι εργασίες της ομάδας 802.11e. Ονομάζεται και Enhanced DCF (EDCF) και σκοπός του είναι να προσφέρει πρόσβαση στο μέσο είτε με ανταγωνισμό είτε χωρίς ανταγωνισμό μεταξύ των σταθμών, προσφέροντας ταυτόχρονα έναν μηχανισμό προτεραιότητας. Χρησιμοποιεί στοιχεία από τους DCF και PCF και διατηρεί τη συμβατότητα με αυτούς.

Κατά τη λειτουργία του EDCF ορίζονται κάποιες κατηγορίες πρόσβασης (Access Categories – ACs) και οι αντίστοιχοι μηχανισμοί πρόσβασης. Κάθε AC αντιστοιχίζεται με ροές πληροφορίας συγκεκριμένης προτεραιότητας (για παράδειγμα βέλτιστης προσπάθειας, video, φωνής). Κάθε AC χρησιμοποιεί μία παραλλαγή του DCF για να αποκτήσει πρόσβαση στο μέσο. Υπάρχει διαφοροποίηση τόσο του contention window (CW), όσο και του IFS, που σε αυτήν την περίπτωση ονομάζεται arbitration IFS (AIFS), ανάλογα με την AC. Το AIFS είναι τουλάχιστον ίσο με DIFS. Επιπλέον, κάθε AC σε έναν σταθμό συμπεριφέρεται σαν εικονικός σταθμός (virtual station), προσπαθώντας να αποκτήσει πρόσβαση στο μέσο με τις δικές τις παραμέτρους. Οι συγκρούσεις εντός του ίδιου σταθμού διευθετούνται σαν τις κλασσικές συγκρούσεις στο ασύρματο μέσο.

Για την κεντρικά ελεγχόμενη λειτουργία του αλγορίθμου χρειάζεται, όπως και στον PCF, ένα AP στο οποίο θα τρέχει ο αλγόριθμος ελέγχου HC (Hybrid Coordinator). Ο τελευταίος έχει πρόσβαση στο μέσο με μεγαλύτερη προτεραιότητα από τον EDCF και έχει την δυνατότητα να προσφέρει QoS χαρακτηριστικά στην κίνηση από και προς τους σταθμούς. Μπορεί να λειτουργεί και σε contention periods, σε αντίθεση με τον PCF.

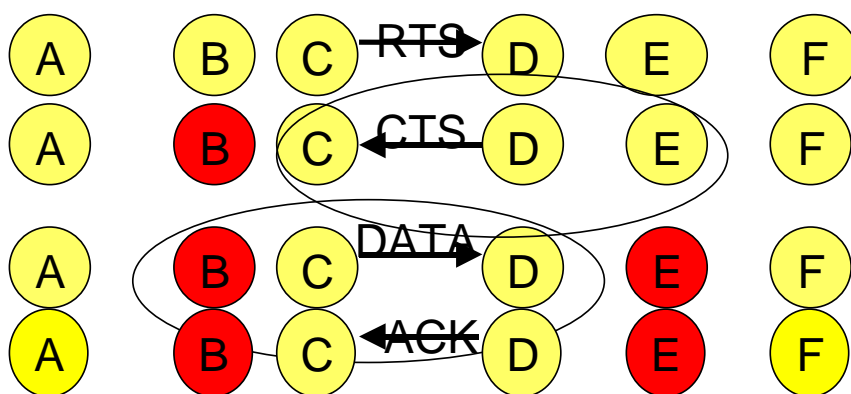
### ***Μηχανισμός RTS/CTS***

Για να διασφαλιστεί ότι μία συγκεκριμένη ανταλλαγή πλαισίων θα γίνει χωρίς διακοπή από μετάδοση τρίτου σταθμού, το πρότυπο 802.11 υποστηρίζει το μηχανισμό RTS/CTS. Αυτός ο μηχανισμός διαφοροποιεί την διαδικασία αποστολής πλαισίου που είχε αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο, εισάγοντας δύο επιπλέον πλαίσια, τα RTS (Ready To Send) και CTS (Clear To Send). Προστατεύοντας την ανταλλαγή πλαισίων, ο μηχανισμός RTS/CTS βελτιώνει την απόδοση της χρήσης του ασύρματου δικτύου σε περιπτώσεις μεγάλου φόρτου εξαιτίας της ύπαρξης πολλών τερματικών και αντιμετωπίζει το πρόβλημα του κρυμμένου κόμβου. Αν όμως χρησιμοποιείται χωρίς λόγο, έχει το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα, εφόσον προσθέτει επιπλέον φορτίο στο ασύρματο δίκτυο.

Η βασική ιδέα είναι ότι ο αποστολέας στέλνει αρχικά ένα πλαίσιο RTS στον παραλήπτη που δεν περιέχει δεδομένα. Αυτό το πλαίσιο έχει ως σκοπό να δεσμεύσει ο αποστολέας το μέσο μετάδοσης για όσο χρόνο υπολογίζει ότι θα διαρκέσει η

αποστολή του πλαισίου δεδομένων και να το ανακοινώσει στους υπόλοιπους σταθμούς μέσω του μετρητή NAV στο πλαίσιο RTS. Ο παραλήπτης λαμβάνοντας το RTS απαντάει με ένα πλαίσιο CTS. Υπενθυμίζεται ότι η αποστολή πλαισίου CTS γίνεται με το συντομότερο χρόνο αναμονής SIFS. Τότε ο αποστολέας στέλνει το πλαίσιο δεδομένων και περιμένει την επιβεβαίωση ορθής λήψης του από τον παραλήπτη. Έτσι η διαδικασία αποστολής πλαισίου απαιτεί την ανταλλαγή τεσσάρων πλαισίων για να ολοκληρωθεί σωστά.

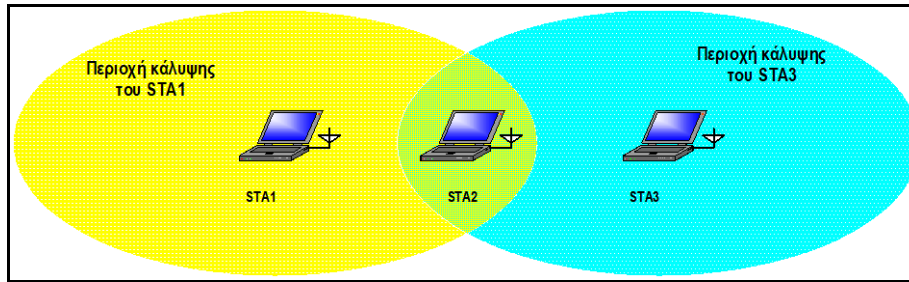
Η παραπάνω διαδικασία γίνεται κατανοητή με το ακόλουθο παράδειγμα. Όσοι σταθμοί ακούνε το πλαίσιο CTS παραμένουν σιωπηλοί για να μη δημιουργηθεί σύγκρουση κατά την μετάδοση του πλαισίου δεδομένων από τον σταθμό C στον σταθμό D, όπως φαίνεται στην Εικόνα 108. Επίσης σιωπηλοί παραμένουν και όσοι σταθμοί ακούνε το πλαίσιο RTS, προκειμένου να μην δημιουργήσουν σύγκρουση κατά την μετάδοση της επιβεβαίωσης ACK από τον σταθμό D στον C. Το διάστημα στο οποίο οι σταθμοί παραμένουν σιωπηλοί περιλαμβάνεται σε ένα πεδίο RTS/CTS πλαισίων και εξαρτάται από την διάρκεια του πλαισίου πληροφορίας. Το πλαίσιο επιβεβαίωσης χρησιμοποιείται, διότι παρά την ύπαρξη του RTS/CTS μηχανισμού, υπάρχει πάντα η πιθανότητα λαθών λόγω του θορύβου του καναλιού καθώς επίσης και η πιθανότητα σύγκρουσης. Αν ένας σταθμός δεν λάβει πλαίσιο επιβεβαίωσης, επαναμεταδίδει τότε το πλαίσιο.



Εικόνα 108. Μηχανισμός RTS/CTS

Ο μηχανισμός αυτός ενεργοποιείται αυτόματα όταν το μέγεθος ενός πλαισίου είναι μεγαλύτερο από το RTS threshold για να διασφαλίσει την ομαλή αποστολή μεγάλων πλαισίων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τον κατακερματισμό. Συνήθως τα κατώφλια RTS threshold και Fragmentation threshold τίθενται στην ίδια τιμή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όλα τα fragments ενός πλαισίου να μεταδίδονται με τη σειρά προστατευμένα από το μηχανισμό RTS/CTS. Σε αυτήν την περίπτωση το πλαίσιο RTS που στέλνει ο αποστολέας στην αρχή της διαδικασίας δεσμεύει το μέσο για όσο χρόνο απαιτεί η αποστολή και η επιβεβαίωση του πρώτου τμήματος του πλαισίου. Όταν ο αποστολέας πάρει το CTS αρχίζει να στέλνει διαδοχικά τα τμήματα περιμένοντας φυσικά κάθε φορά για το αντίστοιχο πλαίσιο ACK, του οποίου η αποστολή γίνεται με χρήση του χρόνου SIFS. Ο αποστολέας και ο παραλήπτης ανανεώνουν το NAV κατά τη διάρκεια της ανταλλαγής πλαισίων, εξασφαλίζοντας ότι θα διατηρήσουν τον έλεγχο του μέσου. Το μέσο αποδεσμεύεται με την λήψη από τον αποστολέα του τελευταίου πλαισίου ACK από τον παραλήπτη. Ένας άλλος τρόπος μετάδοσης των τμημάτων ενός πλαισίου είναι να δεσμεύσει ο αποστολέας το μέσο με χρήση του μετρητή NAV στο πρώτο τμήμα που θα στείλει.

Ο εν λόγω μηχανισμός αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το πρόβλημα ύπαρξης κρυμμένου κόμβου (hidden node). Το πρόβλημα αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 109. Πρόβλημα κρυμμένου κόμβου.



**Εικόνα 109. Πρόβλημα κρυμμένου κόμβου**

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. 10, ο σταθμός STA1 δεν γνωρίζει την ύπαρξη του STA3, εφόσον αυτός είναι έξω από την περιοχή κάλυψής του. Το ίδιο συμβαίνει και με τον STA3, ο οποίος δεν γνωρίζει την ύπαρξη του STA1, για τον ίδιο λόγο με την προηγούμενη περίπτωση. Ο STA2 βρίσκεται στην κοινή περιοχή κάλυψης των STA1 και STA3 και συνεπώς μπορεί να ανταλλάσσει πλαίσια και με τους δύο. Το πρόβλημα δημιουργείται στην περίπτωση που οι STA1 και STA3 επιχειρούν να επικοινωνήσουν με τον STA2 ταυτόχρονα. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία συγκρούσεων και τα πλαίσια που έχουν εκπεμφθεί χάνονται.

Τη λύση λοιπόν σ' αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει ο μηχανισμός RTS/CTS. Σύμφωνα μ' αυτόν, ο κόμβος STA2 θα εκπέμψει ένα πλαίσιο CTS σε απάντηση του RTS που θα του έχει στείλει νωρίτερα ο STA1. Αυτό το πλαίσιο CTS θα το λάβει και ο STA3 (καθώς «ακούει») και έτσι θα αποφύγει να μεταδώσει κι αυτός κάποιο πλαίσιο που θα προκαλούσε σύγκρουση. Τον ίδιο ρόλο παίζει και το πλαίσιο RTS που μεταδίδει ο STA1, δηλαδή ενημερώνει άλλους κρυφούς κόμβους που μπορεί να βρίσκονται γύρω του και δεν βλέπουν τον STA2.

### **Εξοικονόμηση Ενέργειας**

Εφόσον οι σταθμοί που χρησιμοποιούν ένα ασύρματο δίκτυο είναι κινητοί, πρέπει να ενδιαφερθούμε για την όσο το δυνατόν μικρότερη κατανάλωση ισχύος από αυτούς, κάτι που θα επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους και θα αυξήσει την αυτονομία τους. Επίσης είναι γνωστό πως η μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος σε ασύρματα συστήματα προέρχεται από τους ενισχυτές που ενισχύουν το σήμα αμέσως πριν την εκπομπή ή μετά τη λήψη του.

Γι' αυτό το λόγο λοιπόν, στο πρότυπο 802.11 υπάρχει η δυνατότητα ένας σταθμός να σταματήσει τη λειτουργία του πομποδέκτη του για κάποια περίοδο, που ονομάζεται sleeping period. Παράλληλα οι σταθμοί, συμπεριλαμβανομένων και των APs, έχουν τη δυνατότητα της προσωρινής αποθήκευσης (buffering) των πλαισίων που προορίζονται για σταθμούς που έχουν εισέλθει σε sleeping period. Με αυτόν τον τρόπο οι σταθμοί μπορούν να «ξυπνούν» περιοδικά και να δέχονται τα πλαίσια που έχει αποθηκεύσει το AP ή να στέλνουν οι ίδιοι πλαίσια στο AP.

Ένας σταθμός που μόλις έχει ξυπνήσει μπορεί να ζητήσει από το AP να του στείλει όσα πλαίσια έχει αποθηκευμένα για αυτόν με την αποστολή ενός PS-Poll πλαισίου. Το AP όταν λάβει ένα τέτοιο πλαίσιο μπορεί είτε να αρχίσει να στέλνει αμέσως πλαίσια στον σταθμό, αν φυσικά υπάρχουν, ή να του στείλει άμεσα ένα πλαίσιο ACK και να στείλει αργότερα τα αποθηκευμένα πλαίσια. Ο σταθμός στη δεύτερη

περίπτωση πρέπει να περιμένει μέχρι να του αποσταλούν τα πλαίσια χωρίς φυσικά να ξαναμπει σε sleeping period.

Οι σταθμοί έχουν επίσης την υποχρέωση να ξυπνούν κατά περιόδους και να λαμβάνουν Beacon πλαίσια από το AP. Αυτά, πέραν των άλλων λειτουργιών που επιτελούν, έχουν ένα πεδίο που ονομάζεται TIM (Traffic Indication Map). Εκεί σημειώνεται κάθε σταθμός για τον οποίο το AP έχει αποθηκευμένα πλαίσια, τα οποία ο σταθμός μπορεί στη συνέχεια να τα ζητήσει με ένα PS-Poll πλαίσιο.

### **Πλαισίωση Υποστρώματος MAC**

Η γενική μορφή του πλαισίου του υποστρώματος MAC στο πρότυπο IEEE 802.11 δίδεται στην Εικόνα 110.

Mac Header (30)							Data (0-2312)	CRC (4)
FC	ID	Add 1	Add 2	Add 3	SC	Add 4	Data	CRC
2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4

Protocol Version	Type	Sub Type	To DS	From DS	More Frag	Retry	Power Management	More Data	WEP	Order
2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1

**Εικόνα 110. Γενική μορφή πλαισίου υποστρώματος MAC του 802.11**

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω μορφή χρησιμοποιείται σε όλους τους τύπους πλαισίων (Data, Control, Management – όπως θα δούμε παρακάτω), αλλά δεν χρησιμοποιούνται όλα τα πεδία από κάθε τύπο με τον ίδιο τρόπο

### **9.3.7. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ**

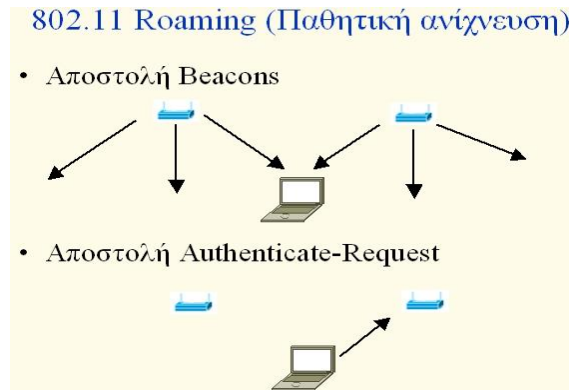
Η διαδικασία του association ενός κινητού σταθμού με ένα AP, όπως είδαμε λίγο πιο πάνω, είναι απαραίτητη προκειμένου να αποκτήσει ο σταθμός πλήρη πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Η πρόσβαση όμως ενός σταθμού στο ασύρματο δίκτυο περιλαμβάνει κι άλλα βήματα που προηγούνται του association. Παράλληλα η διαχείριση της πρόσβασης στο δίκτυο είναι απαραίτητη για την υποστήριξη της κινητικότητας (mobility) του σταθμού και παίζει σημαντικό ρόλο στον μηχανισμό της διαπομπής (handover). Στην συνέχεια παρατίθενται τα βασικά βήματα για να αποκτήσει ένας σταθμός πρόσβαση σε ένα ασύρματο δίκτυο 802.11.

#### **Scanning**

Ο σταθμός πρέπει πρώτα να εντοπίσει το δίκτυο στο οποίο θέλει να αποκτήσει πρόσβαση. Για τον σκοπό λοιπόν αυτό πρέπει να εντοπίσει όλα τα υπάρχοντα δίκτυα στην περιοχή που βρίσκεται. Υπάρχουν δύο παραλλαγές του scanning, το ενεργό (active scanning) και το παθητικό (passive scanning).

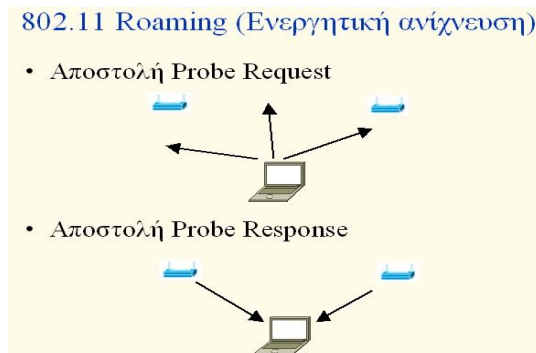
Κατά το passive scanning ο σταθμός δεν εκπέμπει τίποτα, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια. Παρακολουθεί τα διαθέσιμα κανάλια ψάχνοντας για πλαίσια Beacon που δηλώνουν την ύπαρξη κάποιου δικτύου. Τα πλαίσια Beacon περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το BSS απ' όπου εκπέμπονται ώστε ο σταθμός να

μπορεί να προχωρήσει στο επόμενο βήμα, δηλαδή στη διαδικασία του joining. Η διαδικασία φαίνεται στην Εικόνα 111.



**Εικόνα 111. Παθητική ανίχνευση**

Κατά το active scanning ο σταθμός εκπέμπει περιοδικά σε όλα τα διαθέσιμα κανάλια πλαίσια Probe Request που περιέχουν και το SSID (ή network name) του δικτύου που ψάχνει. Για να εκπέμπει αυτό το πλαίσιο ο σταθμός πρέπει να αποκτήσει κανονικά πρόσβαση στο μέσο χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο DCF. Επίσης έχει προβλεφθεί κάποια διαδικασία ώστε να καταλαβαίνει ο σταθμός πότε ένα κανάλι είναι ανενεργό. Σε κάθε BSS ένας σταθμός είναι υπεύθυνος για να απαντάει σε πλαίσια Probe Request. Σε infrastructure δίκτυα υπεύθυνο είναι το AP, ενώ σε IBSS υπεύθυνος είναι ο σταθμός που εξέπεμψε το τελευταίο πλαίσιο Beacon. Σε κάθε περίπτωση ο σταθμός που έστειλε το Probe Request θα λάβει ένα ή περισσότερα πλαίσια Probe Response αν υπάρχουν ασύρματα δίκτυα στην περιοχή του. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην Εικόνα 112.



**Εικόνα 112. Ενεργητική Ανίχνευση**

Όποιο τρόπο scanning κι αν ακολουθεί ο σταθμός, στο τέλος της διαδικασίας θα έχει αποκτήσει κάποιες βασικές πληροφορίες για τα διαθέσιμα δίκτυα.

### **Joining**

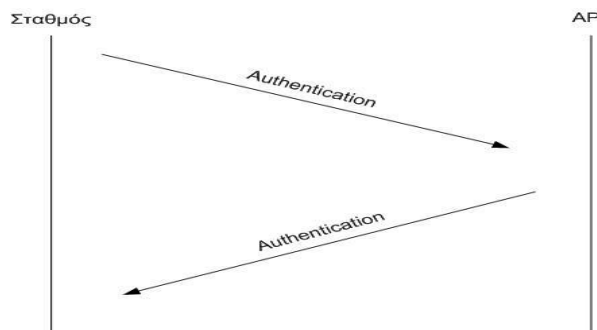
Αφού εντοπιστεί το δίκτυο ακολουθεί η διαδικασία του joining, δίχως όμως ο κινητός σταθμός να αποκτήσει ακόμα πρόσβαση στο δίκτυο. Με άλλα λόγια η διαδικασία του joining δεν δίνει σε έναν σταθμό πρόσβαση στο δίκτυο, απλώς είναι ένα απαραίτητο βήμα στη διαδικασία του association. Ο σταθμός, έχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες από το scanning, εξετάζει τις παραμέτρους κάθε BSS και αποφασίζει με ποιο από αυτά θα προχωρήσει τη διαδικασία του association.



Για να επιλέξει ο σταθμός ένα BSS πρέπει φυσικά να μπορεί να λειτουργήσει με τις συγκεκριμένες παραμέτρους του BSS. Επιπλέον, κριτήρια όπως το επίπεδο ισχύος ή η ένταση του σήματος από κάθε BSS παίζουν ρόλο. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει συγκεκριμένη διαδικασία επιλογής ενός δικτύου έναντι κάποιου άλλου. Η επιλογή γίνεται εσωτερικά στο σταθμό και εξαρτάται από τον εκάστοτε κατασκευαστή.

### **Authentication**

Αφού ο σταθμός επιλέξει σε ποιο BSS θέλει να προσχωρήσει (joining) πρέπει να ακολουθήσει τη διαδικασία του authentication. Η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική στη διατήρηση της ασφάλειας στα ασύρματα δίκτυα, εφόσον δεν υπάρχουν ουσιαστικά φυσικοί περιορισμοί για κάποιον που θέλει να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα δίκτυο. Για την πιστοποίηση πρέπει να ανταλλαχθούν οι κατάλληλες πληροφορίες και κλειδιά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 113.



**Εικόνα 113. Διαδικασία πιστοποίησης**

Η διαδικασία αυτή έχει μεγαλύτερη σημασία σε infrastructure δίκτυα εφόσον το authentication είναι μονόδρομο και όχι αμφίδρομο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σταθμός που θέλει να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο πρέπει να πιστοποιήσει τον εαυτό του σε κάποιο AP, αλλά το AP δεν έχει καμιά υποχρέωση πιστοποίησης. Αυτό εξυπηρετεί τους διαχειριστές του δικτύου που θέλουν να πιστοποιούνται όλοι οι χρήστες που αποκτούν πρόσβαση στο δίκτυο αλλά δημιουργεί πιθανά προβλήματα ασφάλειας. Για παράδειγμα ένα AP μπορεί να στέλνει πλαίσια Beacon ενός δικτύου του οποίου δεν είναι μέρος για να υποκλέψει στοιχεία του authentication από το δίκτυο αυτό. Υπάρχουν τα παρακάτω δύο είδη authentication:

- **Open – System authentication:** Αυτό το είδος authentication είναι το μόνο που απαιτείται από το πρότυπο 802.11. Στην ουσία δεν πρόκειται για πραγματικό authentication, εφόσον το AP δέχεται την ταυτότητα του σταθμού χωρίς οποιαδήποτε διαδικασία πιστοποίησής της.
- **Shared – Key authentication:** Αυτός ο τύπος πιστοποίησης ταυτότητας χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης WEP (Wired Equivalent Privacy), ο οποίος στοχεύει στην ασφάλεια κατά την μεταφορά δεδομένων μέχρι το AP (η αναλυτική περιγραφή του ξεφεύγει από το παρών σύγγραμμα). Υπενθυμίζεται ότι το πρότυπο 802.11 δεν θεωρεί υποχρεωτική την υποστήριξη του WEP, άρα αυτός ο τύπος πιστοποίησης μπορεί να μην είναι πάντα διαθέσιμος. Για να λειτουργήσει απαιτεί την ύπαρξη ενός μοιραζόμενου κλειδιού (shared key) από τους σταθμούς.

Η διαδικασία του authentication πρέπει οπωσδήποτε να ολοκληρωθεί με επιτυχία για να ακολουθήσει το association, αλλά δεν είναι υποχρεωτικό να ακολουθήσει το

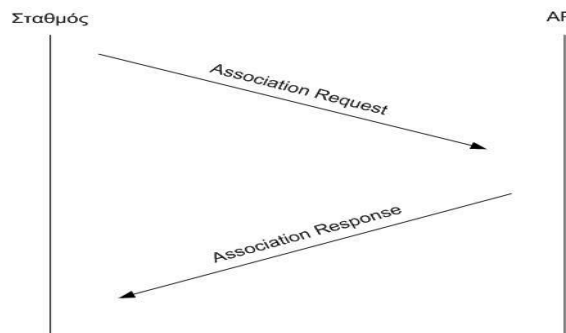


association αμέσως μετά. Οι σταθμοί μπορούν να ολοκληρώσουν το authentication με διάφορα AP έτσι ώστε όταν απαιτηθεί association με οποιοδήποτε από αυτά να γίνει χωρίς άλλη καθυστέρηση. Αυτό μπορεί να χρησιμεύσει στην περίπτωση διαπομπής, αν το AP έχει ήδη ολοκληρώσει το authentication με το καινούργιο AP πριν την διαπομπή. Αυτού του είδους το authentication ονομάζεται και preauthentication.

### **Association**

Το association του σταθμού με το AP είναι το τελικό βήμα για να αποκτήσει ο σταθμός πρόσβαση στο δίκτυο. Το association απαιτεί την ανταλλαγή δύο πλαισίων μεταξύ σταθμού και AP.

Το πρώτο πλαίσιο το στέλνει ο σταθμός και είναι τύπου Association Request. Σε περίπτωση που δεν έχει προηγηθεί authentication το AP απαντά με ένα πλαίσιο Deauthentication. Σε περίπτωση που το authentication έχει γίνει κανονικά το AP αποφασίζει αν θα ολοκληρώσει ή όχι τη διαδικασία. Δεν υπάρχει ούτε εδώ κάποιος προβλεπόμενος από το 802.11 τρόπος απόφασης αλλά είναι θέμα της συγκεκριμένης υλοποίησης. Αν τελικά η αίτηση γίνει δεκτή, το AP απαντά με ένα πλαίσιο Association Response. Επίσης, γνωστοποιεί την ύπαρξη του σταθμού στο δικό του BSS στο σύστημα διανομής (Distribution System – DS) ώστε να δρομολογούνται σωστά πλαίσια που προορίζονται για τον σταθμό αυτόν. Η όλη διαδικασία φαίνεται στην Εικόνα 114.



**Εικόνα 114. Διαδικασία Συσχέτισης**

### **9.3.8. HANDOVER**

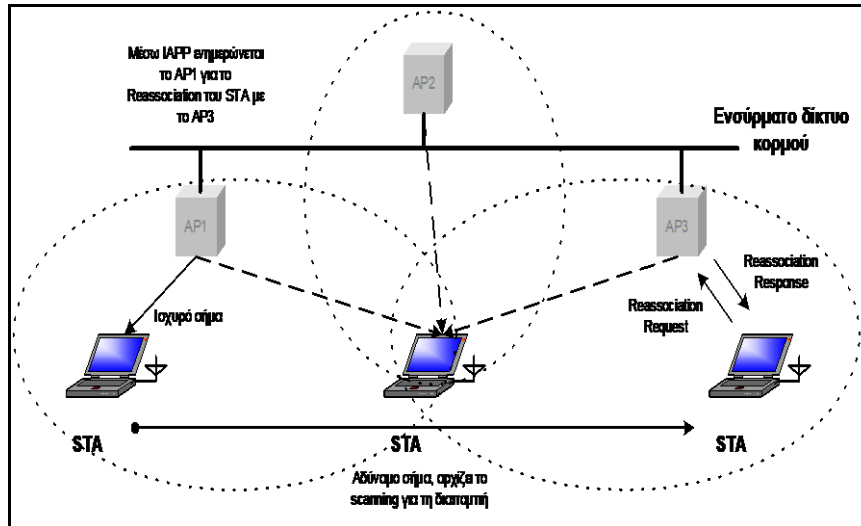
Ένα γνωστό πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται στις κινητές επικοινωνίες προκύπτει κατά τη μετακίνηση ενός χρήστη από ένα AP στο οποίο είναι αρχικά «ασύρματα» συνδεδεμένος στην σύνδεσή του σε ένα άλλο AP. Η διαδικασία αποσύνδεσης ενός ασύρματου χρήστη από ένα AP και η σύνδεση με ένα άλλο ονομάζεται “handover”. Κατά το handover ενός κινητού χρήστη, διακόπτονται οι οποιεσδήποτε ενεργές συνδέσεις του και όσα πακέτα φτάνουν στη συνέχεια στον προηγούμενο AP του χάνονται (η φυσική σύνδεση έχει κοπεί).

Στο πρότυπο 802.11 είναι γνωστό πως υπάρχουν τα παρακάτω δύο διαφορετικά είδη κινητικότητας:

Roaming (περιπλάνηση) ενός κινητού σταθμού εντός των ορίων του ίδιου ESS ( Intra-Network Handover). Η AP διεύθυνση ενός σταθμού παραμένει ίδια κατά την αλλαγή AP.

Roaming (περιπλάνηση) ενός κινητού σταθμού μεταξύ BSS που ανήκουν σε διαφορετικά ESS ( Inter-Network Handover). Η AP διεύθυνση ενός σταθμού μπορεί να αλλάξει κατά την αλλαγή AP.

Στην δεύτερη περίπτωση ο κινητός σταθμός επαναλαμβάνει τη διαδικασία του association με το νέο AP. Η διαδικασία Handover μπορεί να περιγραφεί καλύτερα με τη βοήθεια του ακόλουθου παραδείγματος. Στην Εικόνα 115, τα AP's ανήκουν στο ίδιο ESS.



Εικόνα 115. Handover

Καθώς ο σταθμός (STA) κινείται προς τα όρια της περιοχής κάλυψης του AP1 παρατηρεί την πτώση της ισχύος του σήματος μέσω των πλαισίων Beacon που στέλνει περιοδικά το AP1 και αρχίζει να ψάχνει (με passive ή active scanning) για AP με δυνατότερο σήμα. Στην Εικόνα 115, ο STA θα λάβει πλαίσια (Beacon ή Probe Response, ανάλογα με το είδος του scanning) από το AP2 και το AP3. Υποθέτοντας ότι το σήμα από το AP3 είναι δυνατότερο, ο STA θα ξεκινήσει τη διαδικασία του Reassociation με το AP3.

Ο STA στέλνει στο AP3 πλαίσιο Reassociation Request. Η μόνη διαφορά του πλαισίου αυτού από το πλαίσιο Association Request είναι ότι περιέχει τη διεύθυνση του προηγούμενου AP (AP1). Το AP3 απαντάει με πλαίσιο Reassociation Response. Αν η διαδικασία ολοκληρωθεί χωρίς πρόβλημα το AP3 πρέπει να επικοινωνήσει με το AP1 και να του γνωστοποιήσει ότι ο STA ανήκει πλέον στο δικό του BSS. Η επικοινωνία μεταξύ APs γίνεται μέσω ενός πρωτοκόλλου IAPP (Inter Access Point Protocol), γνωστό και σαν πρότυπο IEEE 802.11f, όπως θα δούμε παρακάτω. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μέσω του ενσύρματου δικτύου (Ethernet) στο οποίο είναι συνδεδεμένα τα APs. Σημειώνεται πάντως πως δεν είναι ευθύνη του STA να ειδοποιήσει το παλιό AP για το Handover.

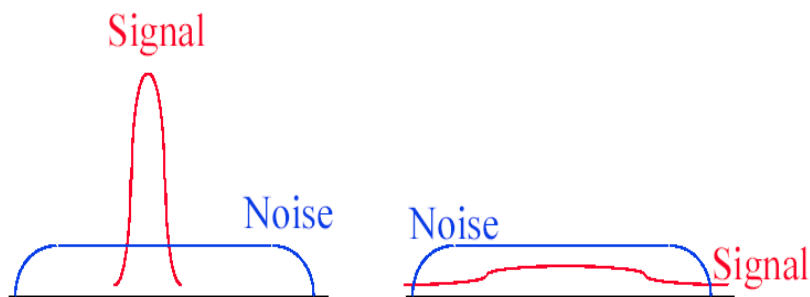
Τελικά μετά το Reassociation το AP1 στέλνει όσα αποθηκευμένα πλαίσια έχει και προορίζονται για το STA στο AP3 και τερματίζει το association με το STA. Πλέον όλα τα πλαίσια από και προς το STA θα επεξεργάζονται από το AP3.

### 9.3.9. ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΤΟΥ 802.11

Στο φυσικό στρώμα προδιαγράφονται οι κάτωθι τρεις τεχνικές διαμόρφωσης:

- Direct Sequence Spread Spectrum (Απλωμένο Φάσμα Ευθείας Ακολουθίας) στην ISM μπάντα των 2,4 GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps.
- Frequency Hopping Spread Spectrum (Απλωμένο Φάσμα και Πήδημα Συχνότητας) στην ISM μπάντα των 2,4 GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps.
- Infrared (Υπέρυθρες Ακτίνες) σε μήκη κύματος μεταξύ 850 και 950 nm με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps.

Πρέπει να τονίσουμε ότι οι δύο πρώτες είναι τεχνικές εξάπλωσης φάσματος (Spread Spectrum). Σε αυτές αφού διαμορφώσουμε το σήμα πληροφορίας στη συνέχεια εξαπλώνουμε την ισχύ του σήματος σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 116.



**Εικόνα 116. Spread Spectrum**

### ***Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)***

Η τεχνική Frequency Hopping χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε εμπορικά προϊόντα. Πλεονεκτήματά του έναντι του εναλλακτικού Direct Sequence φυσικού στρώματος, αποτελούν τα απλούστερα και φθηνότερα ηλεκτρονικά για την υλοποίηση των ανάλογων συσκευών, η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και η δυνατότητα συνύπαρξης πολλών τέτοιων δικτύων στην ίδια περιοχή χωρίς να επηρεάζεται η συνολική διέλευση.

Όσον αφορά την μετάδοση, η τεχνική FHSS βασίζεται στην ιδέα της αλλαγής της φέρουσας ενός σήματος μέσα σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και σύμφωνα με μια συγκεκριμένη ψευδοτυχαία ακολουθία (hopping pattern). Μοιάζει με την κλασσική FDMA (Frequency Division Multiple Access), με τη διαφορά ότι κάθε χρήστης χρησιμοποιεί διάφορες φέρουσες ανάλογα με το hopping pattern του. Για να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη πρέπει ο δέκτης να γνωρίζει το hopping pattern του πομπού και να υπάρχει καλός συγχρονισμός μεταξύ τους.

Πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η δυνατότητα συνύπαρξης διαφορετικών ασυρμάτων δικτύων, αρκεί τα hopping patterns τους να είναι διαφορετικά, δηλαδή σε κάθε χρονική στιγμή κάθε σύστημα να μεταδίδει σε διαφορετική φέρουσα. Τότε τα hopping patterns ονομάζονται ορθογώνια και η συνολική διέλευση μεγιστοποιείται.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα συνύπαρξης με χρήστες που εκπέμπουν σήματα στενής ζώνης. Αν η εκπομπή γίνεται με αρκετά μεγάλη ισχύ τότε η παρεμβολή από το Frequency Hopping σύστημα σε αυτούς είναι αμελητέα. Αλλά και η δική τους παρεμβολή στο Frequency Hopping σύστημα είναι αμελητέα, εφόσον μπλοκάρουν μία μόνο φέρουσα από όσες αυτό χρησιμοποιεί.

## FHSS και 802.11 Φυσικό Στρώμα

Το φυσικό στρώμα αυτό διαιρεί την ISM μπάντα των 2,4 GHz σε κανάλια εύρους 1 MHz, με το πρώτο κανάλι (κανάλι 0) να έχει τη κεντρική του συχνότητα στα 2,4 GHz. Επιπλέον ορίζεται ότι περίπου το 99% της ενέργειας του εκπεμπόμενου σήματος πρέπει να βρίσκεται μέσα στο κανάλι. Διαφορετικά κανάλια είναι διαθέσιμα για χρήση σε διάφορες χώρες, όπως δείχνει ο Πίνακας 1.

Επιπλέον έχει προδιαγραφεί αυστηρά τόσο ο χρόνος εκπομπής σε ένα κανάλι (dwell time), που ισούται με 0,4 seconds περίπου, όσο και οι λεπτομέρειες της μεταπήδησης από κανάλι σε κανάλι ανάλογα με το hopping pattern. Έχουν οριστεί συγκεκριμένες αριθμητικές ακολουθίες των διαθέσιμων καναλιών ως hopping patterns και έχουν διαιρεθεί σε μη επικαλυπτόμενες ομάδες. Οποιαδήποτε δύο μέλη της ίδιας ομάδας είναι ορθογώνια μεταξύ τους. Όπως και στα διαθέσιμα κανάλια, έτσι και στα hopping patterns κάθε χώρα έχει διαφορετικούς περιορισμούς. Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωμένα στον Πίνακα 6.

Περιοχή / Υπεύθυνη Αρχή	Επιτρεπόμενα Κανάλια	Αριθμός hopping patterns / ομάδα
ΗΠΑ / FCC – Καναδάς / IC	2 έως 79 (2,402 – 2,479 GHz)	26
Ευρώπη (εκτός Γαλλίας & Ισπανίας) / ETSI	2 έως 79 (2,402 – 2,479 GHz)	26
Γαλλία	48 έως 82 (2,448 – 2,482 GHz)	27
Ισπανία	47 έως 73 (2,447 – 2,473 GHz)	35
Ιαπωνία / MKK	73 έως 95 (2,473 – 2,495 GHz)	13

### Πίνακας 6: Διαθέσιμα κανάλια ανά περιοχή για το φυσικό στρώμα

Στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη οι αρμόδιοι οργανισμοί έχουν θεσπίσει διαφορετικούς περιορισμούς για τα συστήματα Frequency Hopping. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ η FCC απαιτεί τουλάχιστον 75 διαφορετικά κανάλια (hopping channels) ενώ η Ευρωπαϊκή ETSI μόλις 20, περιορίζοντας όμως περισσότερο την ακτινοβολούμενη ισχύ. Τελικά, για να ικανοποιεί ένα προϊόν τις προδιαγραφές και της FCC και της ETSI πρέπει να ικανοποιεί τις αυστηρότερες από αυτές σε κάθε τομέα (στο παραπάνω παράδειγμα δηλαδή ένα σύστημα πρέπει να έχει τουλάχιστον 75 hopping channels και να ικανοποιεί και τους αυστηρούς περιορισμούς ισχύος της ETSI).

Όσο αναφορά την επίδοση του Frequency Hopping φυσικού στρώματος παρουσία θορύβου και παρεμβολών στενής ζώνης, αυτή είναι αρκετά καλή και μειώνεται γραμμικά όσο αυξάνονται οι παρεμβολές. Μεγάλες παρεμβολές σε ένα από τα χρησιμοποιούμενα κανάλια δεν προκαλεί σπουδαία χειροτέρευση της επίδοσης. Όσο όμως ο αριθμός των καναλιών που επηρεάζονται από τις παρεμβολές αυξάνει, η χειροτέρευση της επίδοσης αρχίζει να γίνεται πιο έντονη.

### *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)*

Η τεχνική Direct Sequence είναι η πιο επιτυχημένη τεχνική που έχει χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα ασύρματα δίκτυα. Σε σχέση με τη Frequency Hopping τεχνική μετάδοσης απαιτεί περισσότερη ενέργεια για να επιτύχει παρόμοια διέλευση, όμως το μεγάλο πλεονέκτημά της είναι ότι μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί για την επίτευξη υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης.

Όσον αφορά την μετάδοση, η τεχνική DSSS αντικαθιστά κάθε bit πληροφορίας με μία σειρά από bits που ονομάζεται spreading code (κώδικας εξάπλωσης). Τα bits του spreading code κατά σύμβαση ονομάζονται chips. Τα chips μεταδίδονται σε πολύ υψηλότερο ρυθμό από τα αρχικά bits πληροφορίας και έτσι το φάσμα του μεταδιδόμενου σήματος «απλώνεται». Για παράδειγμα αν αντικαθίσταται κάθε bit με μια ακολουθία από 10 chips το τελικό σήμα θα καταλαμβάνει 10 φορές μεγαλύτερο φασματικό εύρος από το αρχικό. Υποθέτουμε πάντα ότι ο χρόνος μετάδοσης bits είναι ο ίδιος και στις δύο περιπτώσεις, δηλαδή ότι τα 10 chips πρέπει να μεταδοθούν στον ίδιο χρόνο με το αρχικό bit. Ο αριθμός των chips που κωδικοποιούν κάθε bit ονομάζεται και processing gain (κέρδος επεξεργασίας) ή και spreading ratio (πaráγοντας εξάπλωσης).

Αυτή η τεχνική έχει λοιπόν το χαρακτηριστικό ότι διευρύνει το φάσμα του προς μετάδοση σήματος, μειώνοντας ταυτόχρονα το πλάτος του, δηλαδή απλώνει την ισχύ του σήματος σε πολύ μεγαλύτερο φασματικό εύρος. Ο δέκτης εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή εξάγει τα αρχικά bits πληροφορίας, δημιουργώντας ξανά ένα σήμα στενής ζώνης. Για να το κάνει αυτό πρέπει να γνωρίζει το spreading code που χρησιμοποίησε ο πομπός. Ένα πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η ανοχή σε παρεμβολές στενής ζώνης, καθώς και μεγαλύτερη ασφάλεια, εφόσον το «απλωμένο» σήμα μοιάζει σαν απλός θόρυβος σε πομπό που λαμβάνει μόνο σήμα στενής ζώνης.

### **DSSS και 802.11 Φυσικό Στρώμα**

Στην προδιαγραφή αυτού του φυσικού στρώματος, ορίστηκε σαν spreading code μία λέξη Barker των 11 bits και συγκεκριμένα η λέξη «10110111000». Κάθε bit προστίθεται κατά modulo-2 στην παραπάνω ακολουθία για να προκύψει η ακολουθία των chips που θα μεταδοθούν. Αυτό σημαίνει ότι για bit «1» η ακολουθία που μεταδίδεται είναι η λέξη Barker με όλα τα bit ανεστραμμένα, ενώ για bit «0» μεταδίδεται αυτούσια η λέξη Barker. Η χρήση μιας ακολουθίας Barker σαν spreading code αποφασίστηκε επειδή προσφέρει αρκετά μεγάλη ανοχή στη διασπορά της χρονικής καθυστέρησης λόγω διάδοσης μέσω πολλαπλών διαδρομών (multipath delay spread) και σε παρεμβολές στενής ζώνης.

Για το φυσικό στρώμα αυτό ορίστηκαν 14 κανάλια στην μπάντα των 2,4 GHz με εύρος 5 MHz το κάθε ένα. Το κανάλι 1 έχει κεντρική συχνότητα τα 2,412 GHz τα υπόλοιπα ακολουθούν κάθε 5 MHz. Στην πράξη κάθε κανάλι καταλαμβάνει περίπου 22 MHz εύρος, γύρω από την κεντρική του συχνότητα. Γίνεται χρήση RF φίλτρων για να καταπιέζονται οι πλευρικοί λοβοί έξω από τα 22 MHz κατά 30 και 50 dB κάτω από την ισχύ της κεντρικής συχνότητας. Ακόμα και έτσι, κανάλια που χρησιμοποιούνται σε διπλανές «κυψέλες» πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 25 MHz (πέντε κανάλια των 5 MHz) για να αποφεύγονται οι παρεμβολές. Αυτό περιορίζει τον μέγιστο αριθμό καναλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Σε κάθε χώρα επιτρέπεται η χρήση συγκεκριμένων καναλιών. Ο Πίνακας 7 παρουσιάζει τα κανάλια που χρησιμοποιούνται σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές.

Περιοχή / Υπεύθυνη Αρχή	Επιτρεπόμενα Κανάλια
ΗΠΑ / FCC – Καναδάς / IC	1 έως 11 (2,412 – 2,462 GHz)
Ευρώπη (εκτός Γαλλίας & Ισπανίας) / ETSI	1 έως 13 (2,412 – 2,472 GHz)
Γαλλία	10 έως 13 (2,457 – 2,472 GHz)
Ισπανία	10 έως 11 (2,457 – 2,462 GHz)
Ιαπωνία / MKK	14 (2,484 GHz)

### Πίνακας 7. Διαθέσιμα κανάλια ανά περιοχή για το φυσικό στρώμα

Στην Ευρώπη υπάρχουν διαθέσιμα 13 κανάλια. Με βάση όμως τον περιορισμό για τον διαχωρισμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται σε διπλανές «κυψέλες» μένουν τελικά μόνο 3 διαθέσιμα κανάλια, για παράδειγμα τα 1, 6 και 11.

Σε σύγκριση με το εναλλακτικό Frequency Hopping Spread Spectrum φυσικό επίπεδο, επισημαίνουμε τα παρακάτω:

- Το Direct Sequence είναι πιο ανθεκτικό στις παρεμβολές, λόγω της φασματικής εξάπλωσης του σήματος.
- Ο θόρυβος αντιμετωπίζεται πολύ καλά μέχρι ενός συγκεκριμένου επιπέδου, από εκεί και πέρα η μετάδοση καταστρέφεται.
- Σε σχέση με το Frequency Hopping είναι πιο εύκολη η συνύπαρξη ενός Direct Sequence συστήματος με έναν πρωταρχικό χρήστη που εκπέμπει σήματα στενής ζώνης. Αντίθετα η συνύπαρξη δύο ή περισσότερων Direct Sequence συστημάτων είναι πρόβλημα που αντιμετωπίζεται με τον σωστό διαχωρισμό των χρησιμοποιούμενων καναλιών.

#### Υπέρυθρες ακτίνες

Η τεχνική των υπέρυθρων ακτίνων (Infrared – IR) δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα και γι' αυτό το λόγο θα παρουσιαστεί συνοπτικά. Η λειτουργία του βασίζεται στην εκπομπή παλμών διάρκειας 250 nsec, που παράγονται από τα LEDs (Light Emitting Diode) του πομπού. Η ακτίνα λειτουργίας του μπορεί να φτάσει περίπου τα 20 μέτρα, σε ελεύθερο φυσικά οπτικό πεδίο. Άλλη περίπτωση είναι η ανάκλαση των υπέρυθρων ακτίνων από κατάλληλη επιφάνεια, για παράδειγμα τοίχος λευκού χρώματος, ώστε να επιτευχθεί κάλυψη μιας συγκεκριμένης περιοχής.

### 9.3.10. ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΑ IEEE 802.11

Τα νέα υποπρότυπα IEEE 802.11x αρχίζουν να κάνουν την εμφάνισή τους. Πρόκειται για την απόρροια επιστημονικών ερευνών των μελών της ομάδας εργασίας του IEEE, που συνεργάζονται για να φέρουν σε πέρας την προτυποποίηση των προσπαθειών τους. Στην συνέχεια παραθέτουμε αυτά τα υποπρότυπα ανά κωδικό ομάδας εργασίας, που στην ουσία αποτελούν και τα μέλη της οικογένειας του προτύπου IEEE 802.11.

#### Υποπρότυπο IEEE 802.11b

Το 802.11b είναι σήμερα, το πιο δημοφιλές από τα μέλη της οικογένειας των προτύπων ασύρματης δικτύωσης IEEE 802.11, με υποστήριξη από πολλούς

κατασκευαστές. Το πρώτο 802.11 πρότυπο παρείχε αρκετά χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων με αρκετά υψηλό κόστος για να υιοθετηθεί ευρέως. Έτσι το 1999, η IEEE εξέδωσε ένα νέο πρότυπο, το 802.11b, το οποίο υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 11 Mb/s και χρησιμοποιεί την ελεύθερη μπάντα συχνοτήτων των 2,4 GHz. Επίσης είναι το πιο διαδεδομένο στην αγορά ανεξάρτητα από το γεγονός ότι το 802.11a, προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Όταν η ποιότητα επικοινωνίας είναι φτωγή, το σύστημα μπορεί να ρίξει την ταχύτητα σε 5,5 Mb/s, 2 Mb/s ή 1 Mb/s προκειμένου να διατηρηθεί η σύνδεση μεταξύ των ασύρματων συσκευών.

Χρησιμοποιεί το ίδιο υπόστρωμα MAC όπως και τα άλλα πρότυπα, την τεχνική HR/DSSS (High Rate/ Direct Sequence Spread Spectrum) και την διαμόρφωση CCK (Complementary Code Keying - χρησιμοποιεί το πλήρες εύρος ζώνης συχνοτήτων κάθε υποκαναλιού για να διαμορφώσει τα σήματά του). Μπορεί να θεωρηθεί σαν επέκταση του αρχικού DSSS φυσικού στρώματος που ορίστηκε στο 802.11 και μάλιστα χρησιμοποιεί τα ίδια κανάλια με αυτό, πετυχαίνοντας αρκετά μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης

Τα περισσότερα 802.11 προϊόντα προορίζονται ώστε να χρησιμοποιηθούν σε ενδοκτιριακές εφαρμογές, όπου επιτυγχάνουν κάλυψη ως 150 μέτρα κάτω από τις βέλτιστες συνθήκες (ειδικές κεραίες είναι διαθέσιμες για την επέκταση της κάλυψης για ανοικτές περιοχές ή από σημείο σε σημείο επικοινωνίες). Εντούτοις, πολλοί πελάτες χρησιμοποιούν το πρότυπο για κάλυψη έκτασης όχι παραπάνω από 30 μέτρα, ώστε να εξασφαλίσουν καλή απόδοση χωρίς να χρειάζεται να κάνουν εκτενείς μελέτες για την εξασφάλιση των αναγκών τους.

Το IEEE 802.11 πρότυπο υποστηρίζει πιστοποίηση ταυτότητας των συσκευών και κρυπτογράφηση των δεδομένων. Η πιστοποίηση ταυτότητας μπορεί να βασιστεί σε έναν καθορισμένο από το χρήστη κατάλογο έγκυρων μελών ή σε ένα κοινό κλειδί. Ούτε όλοι οι κατασκευαστές, ούτε όλα τα προϊόντα από τον ίδιο κατασκευαστή, υποστηρίζουν τα ίδια επίπεδα ασφάλειας. Το IEEE 802.11b πρότυπο επιτάσσει την ύπαρξη ενός ελάχιστου επιπέδου ασφάλειας, αλλά καθορίζει και άλλα ασφαλέστερα επίπεδα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν προαιρετικά. Εντούτοις, η πιστοποίηση Wi-Fi (Wireless Fidelity) απαιτεί τα προϊόντα να υποστηρίζουν τουλάχιστον ένα μήκους 40 bits κλειδί κρυπτογράφησης (WEP key).

Η προαιρετική δυνατότητα κρυπτογράφησης WEP είναι διαθέσιμη στις ασύρματες συσκευές των περισσότερων κατασκευαστών, αλλά όχι απαραίτητα στην πλήρη γραμμή των προϊόντων τους. Μόνο τα δεδομένα κρυπτογραφούνται πριν την μετάδοση, ενώ οι επικεφαλίδες μεταδίδονται χωρίς κάποια επεξεργασία.

### ***Υποπρότυπο IEEE 802.11a***

Η IEEE αναγνωρίζοντας ότι οι τηλεοπτικές, όπως και οι 'βαριές' εφαρμογές πολυμέσων θα απαιτούσαν ταχύτητες υψηλότερες από 11 Mb/s, εξέδωσε το 1999 το πρότυπο IEEE 802.11a, το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για υψηλή απόδοση στα εσωτερικά περιβάλλοντα. Παρέχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι 54 Mb/s, ενώ χρησιμοποιεί την μπάντα των 5GHz. Ένας κατασκευαστής μάλιστα έχει δηλώσει ότι είναι σε θέση να προχωρήσει το πρότυπο ώστε να υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 108 Mb/s, με κάποιος μικρές αλλαγές.

Το 802.11a βασίζεται στην τεχνική πολυπλεξίας OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Ορθογωνική Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας). Η βασική ιδέα πίσω από την OFDM είναι η διαίρεση ενός κύριου υψηλού ρυθμού σε πολλούς μικρότερους ρυθμούς και η χρήση αυτών για την αποστολή των δεδομένων

ταυτόχρονα. Όλα τα «αργά» κανάλια πολυπλέκονται τελικά σε ένα «γρήγορο» κανάλι και μεταδίδονται. Με την ορθογονοποίηση λύνεται το πρόβλημα της σπατάλης του εύρους ζώνης, προκειμένου να διαχωρίσουμε τα κανάλια μεταξύ τους.

Τα χαμηλότερα 200 MHz υποδιαιρούνται σε οκτώ κανάλια 20 MHz το κάθε ένα (τα πρόσθετα 40 MHz χρησιμοποιούνται για το χωρισμό καναλιών) Κάθε κανάλι με τη σειρά του υποδιαιρείται σε 52 υποκανάλια, 300 KHz το κάθε ένα. Διαδοχικά υποκανάλια απέχουν μεταξύ τους 0,3125 MHz. Αυτά τα στενότερα κανάλια βελτιώνουν τη μεταφορά δεδομένων επειδή είναι λιγότερο ευαίσθητα στη διασπορά χρόνου και συχνότητας. Από τα 52 κανάλια, τα 48 χρησιμοποιούνται για δεδομένα και τα υπόλοιπα τέσσερα χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση σφάλματος.

Κάθε κανάλι χρησιμοποιεί διαμόρφωση μετατόπισης φάσης (PSK). Το πρότυπο απαιτεί τα συμβατά συστήματα να υποστηρίζουν διαμόρφωση φάσης 90 μοιρών 2, 4 και 16 επιπέδων για κάθε κανάλι. Αυτά αντιστοιχούν σε ταχύτητες 6, 12, και 24 Mb/s αντίστοιχα.

Στις ΗΠΑ έχει κρατηθεί συγκεκριμένο τμήμα της μπάντας των 5 GHz (U-NII) για χρήση από ασύρματα δίκτυα 802.11a. Συνολικά είναι διαθέσιμα 12 κανάλια των 20 MHz.

Τα πρότυπα 802.11a και 802.11b πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσουν παράλληλα στο τοπικό LAN δεδομένου ότι χρησιμοποιούν την ίδια MAC και λειτουργούν σε διαφορετικές περιοχές συχνότητας. Εντούτοις, οι διαφορές στη διάδοση μπορούν να κάνουν απαραίτητο τον επαναπροσδιορισμό των περιοχών κάλυψής τους.

### ***Υποπρότυπο IEEE 802.11g***

Τον Ιούνιο του 2003 η ομάδα εργασίας IEEE ολοκλήρωσε τις εργασίες τις και εξέδωσε το πρότυπο 802.11g, το οποίο επεκτείνει το 802.11b προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 54 Mbps αλλά και συμβατότητα με το 802.11b. Χρησιμοποιεί και αυτό την ISM μπάντα των 2,4 GHz. Σε αντίθεση με το 802.11b χρησιμοποιεί την OFDM για να πετύχει τους επιθυμητούς ρυθμούς μετάδοσης.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του 802.11g είναι η συμβατότητά του με το 802.11b. Το 802.11b ως γνωστόν αποτελεί σήμερα το φυσικό στρώμα που υλοποιείται στα περισσότερα προϊόντα ασύρματης δικτύωσης. Το 802.11g λειτουργώντας ταυτόχρονα με το 802.11b μπορεί να το αντικαταστήσει σταδιακά εξολοκλήρου.

Σημειώνεται τέλος ότι προϊόντα που βασίζονται στο 802.11g είχαν αρχίσει να κυκλοφορούν στην αγορά αρκετά πριν την ανακοίνωση του τελικού προτύπου. Βασίζονταν σε ενδιάμεσες εκδόσεις του προτύπου και οι κατασκευαστές τους υπόσχονταν πλήρη συμβατότητα με την τελική μορφή.

### ***Υποπρότυπο IEEE 802.11e***

Το πρότυπο αυτό παρέχει εγγυήσεις για ποιότητα υπηρεσίας. Στην ουσία το πρότυπο αυτό παρέχει λειτουργίες Quality of Service (QoS), με εισαγωγή προτεραιοτήτων στα πακέτα των δικτύων 802.11, για μεταδόσεις VoIP και streaming media. Η πραγματοποίηση αυτού του στόχου θα απαιτήσει συνεννόηση μεταξύ σταθμών πελατών και Access Points, αλλά και από τον διαχειριστή του δικτύου.



Στα WLAN, όπως και στην περίπτωση των LAN η ποιότητα υπηρεσιών από άκρη σε άκρη δεν είναι εξασφαλισμένη. Οι αλγόριθμοι πρόσβασης στο μέσο DCF και PCF δεν υποστηρίζουν μηχανισμούς Diffserv και κατ' επέκταση QoS. Την λύση έρχεται φυσικά να δώσει ο αλγόριθμος πρόσβασης στο μέσο HCF που ονομάζεται και Enhanced DCF (EDCF) και περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα. Υπενθυμίζεται πως σκοπός του είναι να προσφέρει πρόσβαση στο μέσο είτε με ανταγωνισμό είτε χωρίς ανταγωνισμό μεταξύ των σταθμών, προσφέροντας ταυτόχρονα έναν μηχανισμό προτεραιοτήτων. Παράλληλα Χρησιμοποιεί στοιχεία από τους DCF και PCF και διατηρεί τη συμβατότητα με αυτούς. Ένα BSS που υποστηρίζει το πρότυπο IEEE 802.11e ονομάζεται QoS supporting BSS.

### ***Υποπρότυπο IEEE 802.11f***

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, λόγω κινητικότητας του χρήστη λαμβάνει χώρα handover. Υπενθυμίζεται ότι κατά το handover του κινητού χρήστη, διακόπτονται οι οποιοσδήποτε ενεργές συνδέσεις του και όσα πακέτα φτάνουν στη συνέχεια στον προηγούμενο σταθμό βάσης του χάνονται (η φυσική σύνδεση έχει κοπεί). Προκειμένου να πραγματοποιηθεί επιτυχώς επαναφορά των ενεργών συνδέσεων του χρήστη, ώστε να είναι δυνατή η δρομολόγηση πακέτων από και προς τη νέα τοποθεσία του σταθμού, έχουν προταθεί αρκετοί μηχανισμοί οι οποίοι βοηθούν / στηρίζουν το handover των κινητών χρηστών.

Το πρότυπο, που είναι ακόμα γνωστό και σαν IAPP (Inter Access Point Protocol), ορίζει την ακριβώς την διαδικασία handover, ανάλογα με τα δύο είδη κινητικότητας που θα παρουσιάσαμε προηγουμένως. Έτσι προσδιορίζει την επικοινωνία των APs ενός IEEE 802.11 ESS. Εφαρμόζεται σε ένα Σύστημα Διανομής (Distribution System - DS) το οποίο υποστηρίζει ένα ασύρματο δίκτυο 802.11. Σκοπός του είναι προσφέρει έναν τρόπο ώστε τα APs από διαφορετικούς κατασκευαστές να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, προκειμένου να εκτελούνται σωστά οι λειτουργίες του DS. Επομένως το πρότυπο καθορίζει την πληροφορία η οποία πρέπει να ανταλλάσσεται ανάμεσα στα APs καθώς και με διαχειριστικές οντότητες σε ανώτερα δικτυακά επίπεδα.

### ***Υποπρότυπο IEEE 802.11i***

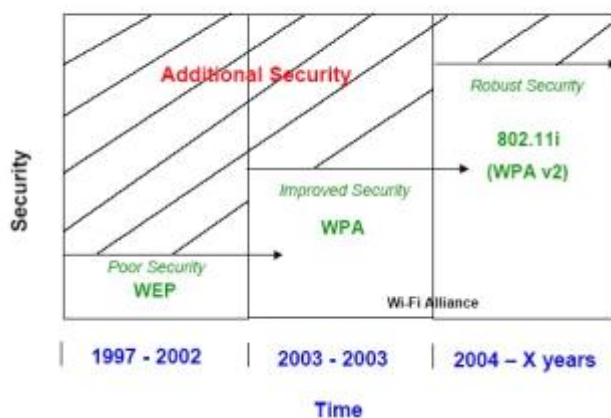
Πρόκειται για το πρότυπο που μελετά θέματα ασφαλείας στα WLAN. Είναι σαφές ότι τα ενσύρματα LAN είναι πιο ασφαλή από ότι τα ασύρματα και αυτό οφείλεται στους παρακάτω δύο λόγους:

- Στα WLAN το μέσο μετάδοσης (Ασύρματο κανάλι) έχει συγκεκριμένες δυνατότητες απόδοσης και εμφανίζει σημαντικές και μεγάλες διαφορές συγκρινόμενο με το ασύρματο κανάλι των LANs. Κάτι τέτοιο οφείλεται προφανώς στην ασύρματη φύση του καναλιού και στο ότι παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές με το πέρασμα του χρόνου.
- Ο οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση στο κανάλι μετάδοσης (αέρας), κάτι που δεν ισχύει στα ενσύρματα δίκτυα.

Οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως ο WEP (Wired Equivalent Privacy), ο WPA (Wi-Fi Protected Access) και IP SEC παρουσιάζουν κάποια προβλήματα. Για παράδειγμα ο πρώτος εμφανίζει σημαντικά κενά ασφαλείας, ο WPA ενώ έρχεται να καλύψει τα κενά του WEP, στην πραγματικότητα δεν καλύπτει την ουσιαστική ασφάλεια στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Τέλος ο IP SEC εφαρμόζεται τοπικά σε κάθε χρήστη και καλύπτει Point-to-Point συνδέσεις.

Η ομάδα εργασίας θα προσπαθήσει να αντικαταστήσει το WEP και την υποστήριξή του σε συσκευές, αρχικά με την δημιουργία ανώτερου πρωτοκόλλου ασφαλείας προς τα πίσω συμβατό με το WEP, και τελικά με την πλήρη κατάργησή του. Η αρχική προσέγγιση προσανατολίζεται στην αύξηση του μήκους κλειδιού, έτσι ώστε brute force επιθέσεις σε αυτόν να έχουν απαγορευτικούς χρόνους επιτυχίας με την υπάρχουσα τεχνολογία. Δυστυχώς και πάλι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδιαστικές ατέλειες που θα καταστήσουν έναν τέτοιο αλγόριθμο ανασφαλή. Έτσι η ομάδα εργασίας προσανατολίζεται στην δημιουργία του προτύπου IEEE 802.11i (Extensible Authentication Protocol-EAP, Advanced Encryption Standard-AES, Temporal Key Integrity Protocol-TKIP, Robust Security Network-RSN). Στην Εικόνα 117 επιχειρείται να γίνει μια αναδρομή στους διάφορους αλγορίθμους κρυπτογράφησης.

### Evolution of WiFi Security



Εικόνα 117. Αλγόριθμοι Κρυπτογράφησης

#### *Υποπρότυπο IEEE 802.11h*

Η ομάδα αυτή θα προσπαθήσει να εισάγει στο 802.11a την δυνατότητα για καλύτερο έλεγχο συγκρούσεων, καθώς και την λειτουργία Transmit Power Control (TPC) και Dynamic Frequency Selection (DFS). Μια συσκευή θα επιλέγει αυτόματα την ελάχιστη αναγκαία ισχύ εκπομπής, πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων. Επίσης θα επιλέγει αυτόματα σε ποια συχνότητα θα λειτουργήσει, αναλόγως την χρήση της κάθε συχνότητας στον περιβάλλοντα χώρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10:  
ΔΙΚΤΥΑ ΟΤΕ



## 10. Δίκτυα ΟΤΕ

### 10.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών της Ελλάδος (ΟΤΕ) ιδρύθηκε το 1949. Αποτελεί τον πρώτο και μοναδικό ενεργό, τηλεπικοινωνιακό φορέα στην Ελλάδα μέχρι και σήμερα. Αυτός είναι ίσως και ένας από τους λόγους που αποτελεί έναν από τους κορυφαίους ομίλους εταιρειών στην Ελλάδα και μεταξύ των πρώτων δέκα τηλεπικοινωνιακών οργανισμών της Ευρώπης. Εκτός από τη χώρα μας, δραστηριοποιείται επίσης στις αγορές της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Μέσης Ανατολής. Πρόκειται για τον μεγαλύτερο ελληνικό όμιλο στον οποίο εντάσσονται πολλές θυγατρικές εταιρείες με αντικείμενο σχετικό πάντα με τις τηλεπικοινωνίες. Πολλές μάλιστα από αυτές είναι πρωτοπόρες και κυρίαρχες στον τομέα τους όπως η COSMOTE (δραστηριοποιείται στον συνεχώς διευρυνόμενο χώρο της κινητής τηλεφωνίας) και η ΟΤΕnet (εταιρεία παροχής υπηρεσιών INTERNET).

Οι ανάγκες της ελεύθερης αγοράς, τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει τον ΟΤΕ να επαναπροσδιορίσει την πάλαι ποτέ μονοπωλιακή του συμπεριφορά και να προσανατολίζεται πλέον στην παροχή βελτιωμένων υπηρεσιών. Ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία παρουσιάζει αξιοσημείωτη πρόοδο στον τομέα της ανάπτυξης υποδομών, με δημόσια δίκτυα που σκοπό έχουν να τον φέρουν πιο κοντά στον παγκόσμιο «ιστό» δεδομένων και πληροφοριών αλλά και να παρέχουν στους Έλληνες πολίτες κυρίως, αναβαθμισμένες υπηρεσίες με άξονα την καλύτερη ποιότητα, ταχύτητα και αξιοπιστία. Δημόσια δίκτυα όπως τα: HELLASPAC, HELLASCOM, HELLASTREAM και τεχνολογίες όπως το ISDN, το ATM, το FRAME RELAY, το ADSL και άλλες έχουν δώσει και δίνουν τη δυνατότητα στην Ελλάδα να μην υστερεί τεχνολογικά σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, όπως στο παρελθόν.

Αξίζει να σημειωθεί πως η εντυπωσιακή πορεία του ΟΤΕ από μεριάς υπηρεσιών, υποδομής αλλά και οικονομικών μεγεθών – ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια – τον έχει οδηγήσει στην εισαγωγή του στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών (ΧΑΑ), αλλά και σε μεγάλα διεθνή χρηματιστήρια όπως αυτά της Νέας Υόρκης και του Λονδίνου, με σημαντική μάλιστα παρουσία. Η χρηματιστηριακή του αξία ανέρχεται σήμερα περί τα 12 δις δολάρια, έχοντας πολύ καλές προοπτικές ανάπτυξης στα προσεχή χρόνια.

#### 10.1.1. Τα Δίκτυα του ΟΤΕ σήμερα (Υποδομη και Τεχνολογίες)

Ο ΟΤΕ διαθέτει ως υποδομή 17.033χλμ. καλωδίων οπτικών ινών, από τα οποία τα 14.133χλμ. είναι χερσαία και τα 2.900χλμ. υποβρύχια.

Σε αυτά τα νούμερα κυρίαρχη συμμετοχή έχει το γνωστό σε όλους, τηλεφωνικό δίκτυο το οποίο ακόμα αποτελεί για τον ΟΤΕ την αιχμή του δόρατος. Μετά μάλιστα και την ψηφιακοποίηση του πριν από μερικά χρόνια και με σταθερούς ρυθμούς αύξησης των εσόδων του, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία μέσα στο 2001, το 71,3% του κύκλου εργασιών της εταιρείας προήλθε από την παροχή υπηρεσιών σταθερής τηλεφωνίας. Το ποσοστό ψηφιακοποίησης την 31/12/2001 με βάση την εγκατεστημένη χωρητικότητα, έφθασε το 95,58%, ενώ με βάση την κατειλημμένη χωρητικότητα έφθασε το 96,1%. Στις 31/12/2001, η Εταιρεία είχε εγκατεστημένες

6.070.659 παροχές, από τις οποίες οι 5.802.559 ήταν ψηφιακές και 268.100 ήταν αναλογικές. Σε λειτουργία ήταν 5.607.726 κύριες συνδέσεις, από τις οποίες 5.389.062 ήταν ψηφιακές και 218.664 ήταν αναλογικές.

Ένα ακόμα σημαντικό για την χώρα δίκτυο που από το 1994 λειτουργεί είναι το ISDN. Με υποδομή που βασίζεται κυρίως στο παρεχόμενο τηλεφωνικό δίκτυο φιλοδοξεί να αποτελέσει σε λίγο καιρό το κυρίαρχο δίκτυο επικοινωνίας των Ελλήνων. Η εγκατεστημένη χωρητικότητα ISDN-BRA (Βασική πρόσβαση) φθάνει στις 276.025 παροχές και οι ISDN-PRA (Πρωτεύουσα πρόσβαση) τις 8.206, ενώ η κατειλημμένη χωρητικότητα στις 199.033 συνδέσεις BRA (2 κανάλια) και τις 5.385 συνδέσεις PRA (30 κανάλια) παρουσιάζει αύξηση έναντι του προηγούμενου χρόνου, 105,25% και 36,47% αντίστοιχα. Επιπλέον η συνολική προεγκατάσταση ανέρχεται σε 340.000 παροχές BRA και σε 8.800 παροχές PRA.

Το δίκτυο ATM καθώς και η εμπορική εκμετάλλευση της επένδυσης με την επωνυμία HellasStream επεκτείνεται διαρκώς με αποτέλεσμα η τεχνολογία ATM να γεφυρώνει τους "κόσμους" των τοπικών δικτύων (LAN) και των δικτύων ευρείας περιοχής (WAN) χωρίς ενδιάμεσους μετατροπείς πρωτοκόλλων. Οι υπηρεσίες του δικτύου HellasStream απευθύνονται κυρίως σε μεγάλους εταιρικούς χρήστες που έχουν ανάγκη για επικοινωνίες σε ρυθμούς άνω των 2 Mbit/s, δηλαδή ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα, δημόσιους οργανισμούς και ΔΕΚΟ, συστήματα υγείας, στον χρηματοοικονομικό τομέα, στις παροχές υπηρεσιών INTERNET και σε άλλες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες.

Τα, από παλιά γνωστά, δίκτυα HELLASPAC και HELLASCOM αποτελούν ακόμα και σήμερα σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη των δικτύων του ΟΤΕ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νέα τεχνολογία του FRAME RELAY που ενδυναμώνει τις δυνατότητες του HELLASPAC.

Ο ΟΤΕ σταδιακά όμως επενδύει και σε νέα δίκτυα, προηγμένων τεχνολογικά λύσεων, όπως είναι εκείνο της ADSL τεχνολογίας αλλά και στην αναβάθμιση ήδη υπάρχοντων με τη χρήση νέων τεχνολογιών όπως είναι οι οπτικές ίνες.

Οι σύγχρονες όμως απαιτήσεις οδηγούν στο χώρο των ασύρματων και δορυφορικών επικοινωνιών όπου ο ΟΤΕ επιδιώκει να εμπλακεί δυναμικά. Για το σκοπό αυτό έχει δημιουργηθεί και η πρώτη Δορυφορική Ψηφιακή Πλατφόρμα (ΔΨΠ) η οποία εκπέμπει πιλοτικά από τις αρχές του 2000 μέσω του Δορυφορικού Οργανισμού EUTELSAT στο δορυφόρο HOTBIRD 3, στις 13° Ε στον αναμεταδότη 74, στη συχνότητα λήψης 12.188 MHz. Παράλληλα εφαρμόζονται και αναπτύσσονται και υποβρύχια καλωδιακά συστήματα και δορυφορικά συστήματα που απευθύνονται κυρίως στη ναυτιλία, στις μεταφορές αέρος και ξηράς, και σε χρήστες φορητών σταθμών ξηράς.

### **10.1.2. Παρεχόμενες Υπηρεσίες**

Ο ΟΤΕ διαθέτει ένα πλήθος υπηρεσιών και προϊόντων που επιδιώκουν να καλύψουν τις απαιτήσεις των πελατών-συνδρομητών του. Προϊόντα τα οποία προωθούνται και προσφέρονται μέσω των Εμπορικών Καταστημάτων του, μέσω του Διαδικτύου και υπηρεσίες που ενσωματώνονται στα παρεχόμενα δίκτυα του.

Εκτός λοιπόν από τα προϊόντα εμπορικής εκμετάλλευσης (τηλεφωνικές συσκευές σταθερής, ασύρματης και κινητής τηλεφωνίας, τηλεφωνικές κάρτες, τερματικό εξοπλισμό για πρόσβαση στα δίκτυα του, συνδρομητικά πακέτα και άλλα)

πρωτεύοντα ρόλο σε αυτό τον τομέα παίζουν αυτές καθαυτές οι υπηρεσίες των διαφόρων δικτύων. Επιγραμματικά αυτές συνοψίζονται στις παρακάτω:

- Μετάδοση φωνής
- Μετάδοση εικόνας (Εικονοτηλεφωνία)
- Μετάδοση δεδομένων
- Ψηφιακές Υπηρεσίες (αναγνώριση, εκτροπή, φραγή κλήσεων και άλλες)
- Διασύνδεση με το INTERNET (ΕΠΑΚ, ΠΕΑΚ κτλ)
- Διασύνδεση προηγμένων πληροφοριακών συστημάτων
- Τηλεφωνική εξυπηρέτηση πελατών
- Υπηρεσίες προβολής
- Ραδιοτηλεοπτικές Μεταδόσεις
- Τηλεκειμενογραφία
- Ηλεκτρονικό Εμπόριο
- Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο
- Video Conference
- Video-On-Demand
- Video Streaming
- Voice-Over-IP
- Τηλε-εκπαίδευση
- Τηλε-ιατρική

Φυσικά οι περισσότερες παραπάνω υπηρεσίες είναι διαθέσιμες και υλοποιήσιμες με περισσότερους από ένα τρόπους. Η διαφορά έγκειται στο ότι είναι διαφορετικός ο τρόπος υλοποίησης τους, η προσφερόμενη ταχύτητα και ποιότητα και αναλόγως των ανωτέρω κυμαίνεται και το κόστος τους.

### 10.1.3. Μελλοντικοί Στόχοι

Πρωταρχικός στόχος της εταιρείας για το 2003 είναι ο εκσυγχρονισμός της υποδομής της και η ανάπτυξη υπηρεσιών και προϊόντων που καλύπτουν τις σύγχρονες ανάγκες επιχειρήσεων και καταναλωτών. Εκτός της σταθερής τηλεφωνίας, ο όμιλος παρέχει υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας, εφαρμογές Internet, ασύρματες και δορυφορικές επικοινωνίες, συμβουλευτικές υπηρεσίες, υπηρεσίες για τη ναυτιλία, ενώ αναλαμβάνει και τηλεπικοινωνιακά έργα υποδομής στην Ελλάδα και το εξωτερικό.

Η σημαντικότερη επένδυση στα προσεχή χρόνια – η οποία έχει ήδη αρχίσει να λαμβάνει μορφή – είναι η εγκατάσταση, λειτουργία και επέκταση δικτύου τεχνολογίας ADSL (και στη συνέχεια και SDSL, VDSL). Η τεχνολογία αυτή αναμένεται να φέρει επανάσταση καθώς πέρα από τις κλασσικές υπηρεσίες τηλεφωνίας και ISDN θα κάνει πραγματικότητα την ταχύτερη μεταφορά δεδομένων μέσω Διαδικτύου (Fast Internet) αλλά και υπηρεσίες φωνής, video & δεδομένων με

υπολογιστή ή και τηλέφωνο ως τερματική συσκευή (όπως Τηλεδιάσκεψη, Voice-over-IP, Voice-over-ADSL κλπ.). Θα προσφέρονται επίσης υπηρεσίες video και πολυμέσων με υπολογιστή ή και τηλεόραση ως τερματική συσκευή (όπως Video-on-Demand, Video-Streaming, Music-on-Demand κλπ.).

Ένας ακόμα στόχος είναι η εγκατάσταση δακτυλίων SDH και ενός εθνικού δικτύου συγχρονισμού. Μέσα στα επόμενα σχέδια είναι και η ολοκλήρωση του δικτύου IP και των εγκαταστάσεων για την έναρξη παροχής υπηρεσιών IP VPN και Internet dial-up (wholesale).

Μεγάλη σημασία πρόκειται επίσης να δοθεί σε ότι αφορά τη δορυφορική διασύνδεση. Διεξάγονται έρευνες πάνω σε θέματα βελτίωσης των πρωτοκόλλων TCP/IP πάνω από δορυφορικές συνδέσεις, τη σχεδίαση τερματικών διατάξεων για την υλοποίηση τηλεματικών υπηρεσιών πάνω από ασύρματα δίκτυα ευρείας ζώνης καθώς και την παροχή υπηρεσιών Τηλε-εκπαίδευσης και Τηλε-ιατρικής μέσω δορυφορικής ζεύξης.

Τέλος σχεδιάζεται η παροχή υπηρεσιών του ασυρματικού συστήματος ευρυζωνικής πρόσβασης LMDS (Local Multipoint Distribution Service). Το παραπάνω δίκτυο παρέχει υπηρεσίες ATM, frame relay, μισθωμένα κυκλώματα, circuit emulation, IP. ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το τηλεφωνικό δίκτυο του ΟΤΕ αποτελεί εδώ και χρόνια τη ραχοκοκαλιά των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα. Είναι ίσως το πρώτο δίκτυο που εγκαταστάθηκε ποτέ στην Ελλάδα και λειτουργεί τα τελευταία 50 χρόνια.

Έχει αποτελέσει πολύ συχνά τη βάση για τη δημιουργία και λειτουργία και άλλων δικτύων και συνεχίζει να το κάνει. Όπως σημειώθηκε και παραπάνω είναι η κύρια πηγή εσόδων για τον Οργανισμό και πιθανότατα αυτός είναι και ο λόγος που κάθε τεχνολογική καινοτομία του ΟΤΕ βασίζεται ή έστω περιέχει σαν μέρος της την υποδομή και την πελατειακή βάση του τηλεφωνικού δικτύου.

#### 10.1.4. Τεχνολογική Υποδομή Δικτύου

Όπως τα περισσότερα δημόσια δίκτυα, έτσι και το Δημόσιο Επιλεγόμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο (PSTN) του ΟΤΕ στηρίζεται πάνω στο διεθνώς διαδεδομένο πρωτόκολλο επικοινωνίας X.25. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου, προσδιορίζεται από μια σειρά συστάσεων της Διεθνούς Συμβουλευτικής Επιτροπής για την Τηλεφωνία και Τηλεγραφία (CCITT) και καθορίζει αυστηρά τον τρόπο διασύνδεσης διαφορετικών συστημάτων, που είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους. Καθορίζει δηλαδή το interface μεταξύ των συνδρομητών (Data Terminal Equipment: DTE) και του δικτύου (Data Circuit Equipment: DCE).

Το X.25 είναι ένα πρωτόκολλο που βασίζεται στη δομή του ISO/OSI, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 118. Ένα X.25 δίκτυο αποτελείται από κόμβους μεταγωγής πακέτων, συνδεδεμένων μεταξύ τους έτσι ώστε να υπάρχει ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ οποιωνδήποτε κόμβων του δικτύου. Τα δεδομένα χωρίζονται σε πακέτα των 128 bytes το καθένα και αποστέλλονται στον παραλήπτη, ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Οι πόροι του δικτύου, δηλαδή κόμβοι και γραμμές, μοιράζονται και χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοση και να ελαχιστοποιείται το κόστος χρήσης. Κάθε χρήστης έχει μια και μοναδική φυσική σύνδεση με το δίκτυο αλλά αυτό δεν τον εμποδίζει να μπορεί να



συνδέεται ταυτόχρονα με περισσότερους του ενός συνδρομητές του δικτύου. Επίσης κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τη σύνδεση του με οποιοδήποτε άλλο συνδρομητή, αρκεί να γνωρίζει τον αριθμό κλήσης του.

Μοντέλο Αναφοράς ISO/OSI	X.25 Πρωτόκολλο
Επίπεδο Εφαρμογής	Άλλες Υπηρεσίες
Επίπεδο Παρουσίασης	
Επίπεδο Συνόδου	
Επίπεδο Μεταφοράς	
Επίπεδο Δικτύου	PLP
Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων	LAPB
Φυσικό Επίπεδο	x.21, ΕΙΑ/ΤΙΑ-232, ΕΙΑ/ΤΙΑ-449, ΕΙΑ-530, G.703

**Εικόνα 118: Αντιστοιχία ISO/OSI και X.25**

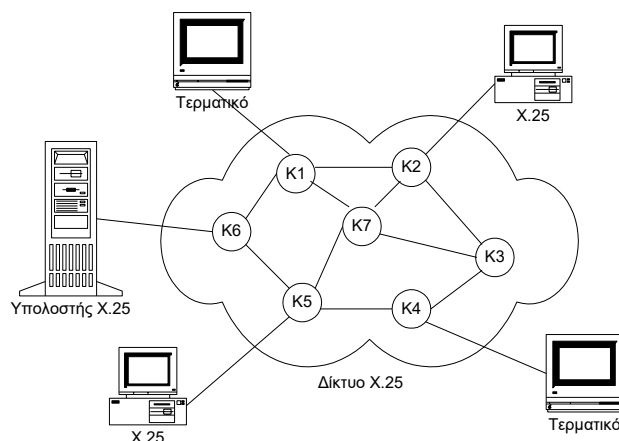
Με βάση αυτή τη φιλοσοφία λοιπόν όπως εύκολα διακρίνουμε είναι σχεδιασμένο και το τηλεφωνικό δίκτυο του ΟΤΕ. Κύριος σκοπός δημιουργίας του υπήρξε η μετάδοση φωνής μέσα από αυτό, όμως στη συνέχεια επεκτάθηκε και χρησιμοποιήθηκε και για τη μετάδοση δεδομένων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία ενός τέτοιου δικτύου είναι φυσικά ο κατάλληλος εξοπλισμός, ο οποίος σε γενικές γραμμές είναι ο ακόλουθος:

**Τερματικός Εξοπλισμός Δεδομένων (ΤΕΔ ή DTE)**, ο οποίος είναι μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και φροντίζει για την ανταλλαγή των πακέτων, π.χ. μια τηλεφωνική συσκευή, ένα τερματικό, modem κλπ.

**Εξοπλισμός Τερματικού Κυκλώματος Δεδομένων (ΕΤΚΔ ή DCE)**, ο οποίος είναι ένας κόμβος του δικτύου, επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχομένων κλήσεων προς άλλα ΤΕΔ. Τέτοιος εξοπλισμός βρίσκεται συνήθως στους Κόμβους του ΟΤΕ.

Παρακάτω παριστάνεται αυτή η δομή σε ένα τυπικό X.25 δίκτυο, σαν αυτό του ΟΤΕ.



**Εικόνα 119: Τυπικό Δίκτυο X.25**

Οι συνδέσεις μεταξύ δύο DTE σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, ονομάζονται Νοητά Κυκλώματα. Όπως φαίνεται από την Εικόνα 2 ένα τέτοιο κύκλωμα είναι μια οποιαδήποτε διαδρομή μεταξύ π.χ. δύο τερματικών στην οποία παρεμβάλλονται και άλλοι κόμβοι του δικτύου μέχρι να φτάσει ένα πακέτο από το ένα άκρο στο άλλο. Το νοητό κύκλωμα δεν αναπαριστά μια φυσική σύνδεση παρά μόνο ένα λογικό μονοπάτι επικοινωνίας που διατρέχει το δίκτυο.

Η υλοποίηση τέτοιων κυκλωμάτων πραγματοποιείται με την πολύπλεξη πολλών και διαφορετικών λογικών καναλιών. Τα λογικά κανάλια δεν είναι συνδέσεις μεταξύ DTE - DTE, αλλά μεταξύ DTE - DCE. Αυτό σημαίνει πως το μήκος του περιορίζεται στη σύνδεση ενός οικιακού χρήστη και του πλησιέστερου κόμβου του ΟΤΕ. Η σύνδεση αυτή υλοποιείται με τη χρήση δυσύρματων χάλκινων συνδέσεων ανάμεσα στα δύο μέρη η οποία είναι γνωστή ως τοπικός βρόχος. Λόγω απωλειών και θορύβου των συνδέσεων αυτών, σημαντικό ρόλο παίζει και η απόσταση αυτής, η οποία είναι συνήθως μεταξύ 1 και 10 χιλιομέτρων εκτός από πόλεις και αγροτικές περιοχές, όπου είναι μικρότερη.

Σε αντίθεση με τις συνδέσεις DTE - DCE, οι συνδέσεις DTE - DTE πραγματοποιούνται σήμερα πλέον με τη χρήση όχι μόνο χαλκού αλλά και οπτικών ινών. Με αυτό τον τρόπο έχει επιτευχθεί και η ψηφιακοποίηση του δικτύου. Οι παλιές αναλογικές γραμμές που τείνουν πλέον να εκλείβουν εμφάνιζαν σοβαρά προβλήματα αξιοπιστίας, ποιότητας και ταχύτητας. Με τις σημερινές όμως ψηφιακές γραμμές το πρόβλημα αυτό έχει αντιμετωπιστεί σε μεγάλο βαθμό και έτσι φαινόμενα διακοπών, αστάθειας στην επικοινωνία και καθυστέρησης στη μετάδοση των δεδομένων δεν εμφανίζονται σπάνια.

### 10.1.5. Παρεχόμενες Υπηρεσίες

Μέσα από το επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο ο κύριος όγκος πληροφορίας που μεταδίδεται αφορά φωνή. Αυτό βέβαια δε σημαίνει πως αυτή είναι και η μόνη υπηρεσία στην οποία περιορίζεται. Οι επικοινωνίες δεδομένων, έχουν πλέον παγιωθεί και προσφέρονται μαζικά, οπότε και ο ΟΤΕ προσανατολίζεται στην παροχή τέτοιων υπηρεσιών. Για την επικοινωνία υπολογιστικών συστημάτων μέσω του επιλεγόμενου δικτύου απαιτούνται όμως ειδικές συσκευές, οι οποίες να μετατρέπουν το αναλογικό σήμα των γραμμών σε καθαρά ψηφιακό για να μπορεί να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ 2 υπολογιστικών συστημάτων. Οι συσκευές αυτές λέγονται διαμορφωτές/ αποδιαμορφωτές και είναι τα γνωστά μας modem. Ακολουθούν συγκεκριμένα

πρότυπα τυποποίησης και τα οποία μάλιστα πρέπει να είναι τα ίδια για δυο υπολογιστικά συστήματα ώστε να εξασφαλιστεί σωστή φυσική διασύνδεση.



**Εικόνα 120: Σύνδεση Υπολογιστών μέσω Τηλεφωνικού Δικτύου**

Μια γενική απεικόνιση μιας τέτοιας σύνδεσης δίνεται στην Εικόνα 3. Φυσικά για να μπορέσουν οι χρήστες να επιτύχουν αυτή την επικοινωνία που σε φυσικό επίπεδο τους παρέχεται, πρέπει να κατέχουν και τα κατάλληλα προγράμματα εφαρμογών που δίνουν τις διάφορες υπηρεσίες, όπως είναι η μεταφορά αρχείων, η πλοήγηση στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web), η συνομιλία με άλλους χρήστες, η υπηρεσία εξομοίωσης τερματικού και άλλες.

Όλες αυτές οι υπηρεσίες βέβαια δεν θα ήταν τόσο διαδεδομένες αν δεν εξασφαλιζόνταν κάποια βασικά χαρακτηριστικά / υπηρεσίες από το τηλεφωνικό δίκτυο. Αυτές είναι επιγραμματικά:

Η δυνατότητα dial-up. Πρόκειται για τη δυνατότητα σύνδεσης με κάποιο απομακρυσμένο χρήστη / υπολογιστή, ο οποίος διαθέτει το κατάλληλο modem και λογισμικό διασύνδεσης που θα κάνει εφικτή την απόπειρα αυτή σύνδεσης. Αυτός είναι και ο πιο χρησιμοποιούμενος τρόπος πρόσβασης των συνδρομητών του ΟΤΕ στο INTERNET.

Η φθηνή χρέωση αστικών κλήσεων και κλήσεων σε υπολογιστές που χρησιμεύουν σαν Gateways στην υπηρεσία dial-up (αριθμοί ΕΠΑΚ, ΠΕΑΚ)

Η δυνατότητα χρήσης του δικτύου για όσο χρόνο θέλει και χρειάζεται ο συνδρομητής για να ολοκληρώσει την οποιασδήποτε μορφής επικοινωνία του. Δεσμεύει δηλαδή μια γραμμή για όσο χρόνο απαιτήσει εκείνος και η σύνδεση του τερματίζεται όταν εκείνος επιλέξει να κλείσει το τηλέφωνο του ή να αποσυνδεθεί από το modem του.

Καταλυτική όμως υπήρξε από μεριάς υπηρεσιών και η μετάβαση του δικτύου αυτού από την αναλογική μορφή στην ψηφιακή. Ύστερα από αυτή την ενέργεια η ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service, QoS) βελτιώθηκε αισθητά και εκτός από την προφανή αναβάθμιση της ποιότητας, ταχύτητας και αξιοπιστίας των γραμμών προσφέρθηκαν και σημαντικές ψηφιακές υπηρεσίες και διευκολύνσεις. Οι διευκολύνσεις αυτές συνοψίζονται παρακάτω:

- Διαπραγμάτευση παραμέτρων ελέγχου ροής (Flow Control negotiation)
- Διαπραγμάτευση κλάσης διεκπεραιωτικής ικανότητας (Throughput class negotiation)
- Ταχεία επικοινωνία (Fast select)
- Αποδοχή ταχείας επικοινωνίας (Fast select acceptance)
- Φραγή εξερχόμενων κλήσεων (Outgoing calls barred)
- Φραγή εισερχομένων κλήσεων (Incoming calls barred)
- Κλειστή ομάδα χρηστών (Closed user group)

- Εξερχόμενα λογικά κανάλια μονής κατεύθυνσης (One way logical channel outgoing)
- Ανάστροφη Χρέωση (Reverse charging)
- Αποδοχή ανάστροφης χρέωσης (Reverse charging Acceptance)
- Επανεκπομπή πακέτων (Packet retransmission)
- Μη τυποποιημένο μέγεθος πακέτου (Non standard default packet sizes)
- Μη τυποποιημένο μέγεθος παραθύρου (Non standard default window sizes)
- Πληροφορίες χρέωσης (Charging information)
- Ομάδα συνοπτικής κλήσης (Hunt group)
- Εκτροπή κλήσης (Call redirection)
- Ένδειξη εκτροπής κλήσης (Call redirection notification)
- Αποτροπή τοπικής χρέωσης (Local charging prevention)
- Κωδικός αναγνώρισης χρήστη (Network user identification)

### 10.1.6. Κόστος

Το κόστος χρήσης υπηρεσιών παρεχομένων από το επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο κυμαίνονται αναλόγως με το είδος της επικοινωνίας, με το χρονικό διάστημα χρήσης της επιλεγόμενης υπηρεσίας και την γεωγραφική θέση στην οποία βρίσκονται τα δύο η και περισσότερα μέλη μιας επικοινωνίας που παρέχεται μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε το κόστος σε 3 μεγάλες κατηγορίες.

- Λειτουργικά έξοδα (τέλος σύνδεσης ή μεταφοράς, πάγιο τέλος κτλ)
- Μηνιαία έξοδα που προέρχονται από την χρήση των υπηρεσιών με βάση τη χρεωστική τιμολογιακή πολιτική του ΟΤΕ
- Έξοδα χρήσης διαφόρων ψηφιακών ή και άλλων διευκολύνσεων.

Το βασικό τμήμα της επικοινωνίας 2 ή περισσότερων συνδρομητών του δικτύου αυτό βασίζεται στην χρονοχρέωση των κλήσεων η οποία γίνεται βάση Χρεωστικών Μονάδων η αξία της καθεμίας είναι καθορισμένη. Από κει και πέρα η περαιτέρω τιμολόγηση διαχωρίζεται ανάλογα με το αν αφορά κλήσεις αστικές, υπεραστικές ή και προς εξωτερικό. Στα αστικά τηλεφωνήματα η χρέωση είναι 1 Μ.Χ. ανά 60 δευτερόλεπτα συνομιλίας, ενώ στα υπεραστικά υπάρχει διαχωρισμός της Ελληνικής επικράτειας σε 2 Ζώνες. Η πρώτη αφορά τηλεφωνικές συνδιαλέξεις μέχρι 45 km, ενώ για τη Ζώνη II αναφερόμαστε σε τηλεφωνικές συνδιαλέξεις άνω των 45 km. Για κλήσεις προς το εξωτερικό η χρέωση χωρίζεται σε 6 Ζώνες με διαφορετικές τιμές ανά περίπτωση. Διαφορετικές τιμές ισχύουν και για κλήσεις από σταθερό τηλέφωνο με τηλεφωνική σύνδεση του ΟΤΕ προς κινητά όλων των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα.

Στο κόστος των παραπάνω υπηρεσιών πρέπει να προσθέσουμε και εκείνο που αφορά διάφορες ψηφιακές διευκολύνσεις όπως η αναμονή κλήσεων ή η φραγή εισερχομένων και εξερχόμενων κλήσεων ή η αναλυτική χρέωση κλήσεων. Υπηρεσίες και

διευκολύνσεις τέτοιες υπάρχουν πολλές και άλλες παρέχονται δωρεάν ενώ άλλες κοστολογούνται αναλόγως το είδος της υπηρεσίας που προσφέρεται.

## 10.2. ΜΙΣΘΩΜΕΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

Μισθωμένη γραμμή είναι μια τηλεπικοινωνιακή γραμμή, που συνδέει ένα σημείο συγκεκριμένου πελάτη με άλλο σημείο του ίδιου ή τρίτου, χωρίς τη μεσολάβηση των επιλογικών οργάνων (κέντρων) του ΟΤΕ. Η γραμμή αυτή όμως μπορεί να έχει πολλές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το είδος της και επομένως να παρέχει διαφορετικές υπηρεσίες και χαρακτηριστικά. Συνεπακόλουθα οι τεχνολογικές αυτές διακυμάνσεις είναι λογικό να προκαλούν με τη σειρά τους και διακυμάνσεις στην τιμολόγηση αυτού του δικτύου, το οποίο θα εξετάσουμε στην συνέχεια.

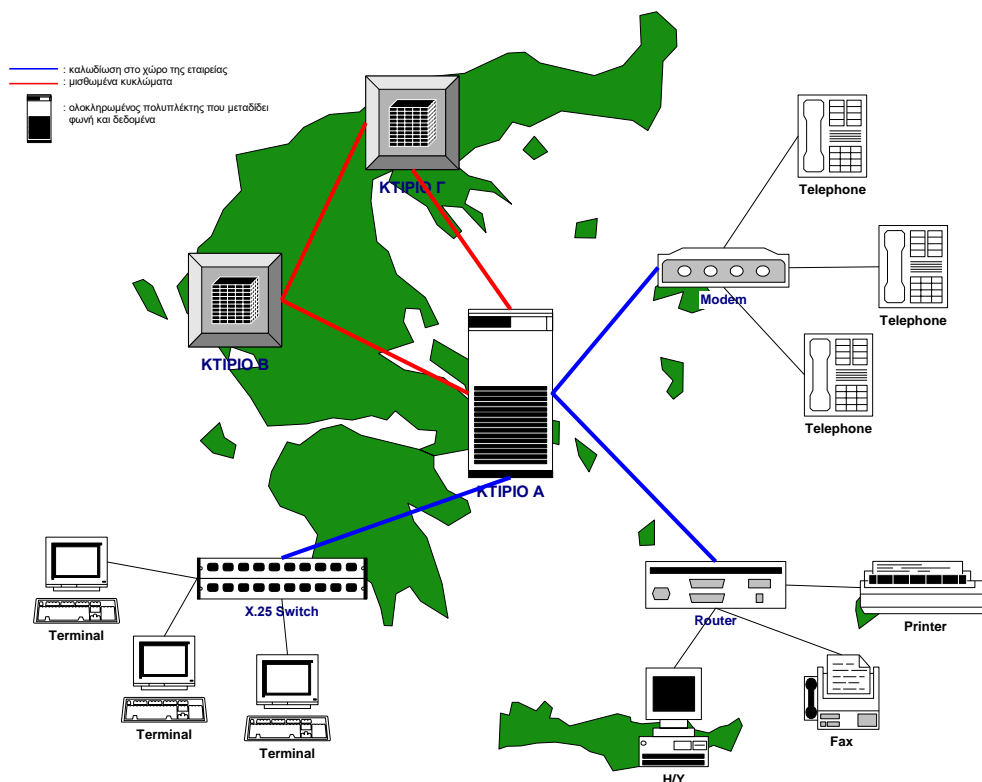
### 10.2.1. Τεχνολογία

Αντίθετα από τις επιλεγόμενες γραμμές, που πρέπει να δημιουργούνται κάθε φορά, που απαιτείται σύνδεση μεταξύ δύο σημείων, οι μισθωμένες γραμμές παρέχουν μια επικοινωνιακή γραμμή έτοιμη να χρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή.

Οι μισθωμένες γραμμές είναι διαθέσιμες 24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα, και γι' αυτό είναι κατάλληλες, πχ για την μόνιμη σύνδεση μεταξύ των υποκαταστημάτων μιας εταιρίας, για την σύνδεση εταιριών με το διαδίκτυο, προκειμένου να παρέχουν υπηρεσίες πληροφόρησης διαρκώς διαθέσιμες. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα που απεικονίζεται στην Εικόνα 121.

Μια εταιρεία με έδρα π.χ. την Αθήνα μπορεί να συνδεθεί με τα υποκαταστήματα της σε άλλες πόλεις με μισθωμένα κυκλώματα με αποτέλεσμα ανά πάσα στιγμή να μπορεί να έχει επικοινωνία φωνής, εικόνας και δεδομένων χωρίς να είναι απαραίτητη η κλήση κάποιου αριθμού ή υπολογιστή ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση. Παράλληλα μπορεί να διασυνδέεται με συμβατικούς τρόπους, μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου, με άλλες περιοχές όπου η ανάγκη για επικοινωνία είναι λιγότερο συχνή και αναγκαία. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένα εταιρικό δίκτυο με χαρακτήρα προσαρμοσμένο στις εκάστοτε ανάγκες της εταιρείας.

Στις άκρες των συνδέσεων αυτών μπορούν να χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές οι οποίες όμως, θα περιγραφούν παρακάτω καθότι εξαρτώνται από το είδος της μισθωμένης γραμμής.



Εικόνα 121: Παράδειγμα χρήσης μισθωμένων γραμμών

## 10.2.2. Είδη Γραμμών

### *Ανάλογα με τη Γεωγραφική Θέση*

Ανάλογα με το γεωγραφικό χώρο που καλύπτουν, οι μισθωμένες γραμμές χαρακτηρίζονται σε:

**Αστικές:** είναι εκείνες οι οποίες συνδέουν δύο σημεία που βρίσκονται στην ίδια πόλη.

**Υπεραστικές:** εκείνες οι οποίες συνδέουν δύο σημεία που βρίσκονται σε δύο διαφορετικές πόλεις της χώρας.

**Διεθνείς:** οι οποίες συνδέουν δύο σημεία το ένα από τα οποία βρίσκεται σε άλλη χώρα.

### *Ανάλογα με την Τεχνική Δομή*

Η γεωγραφική θέση μπορεί να είναι ένας παράγοντας διάκρισης των μισθωμένων γραμμών, όχι όμως και ο σημαντικότερος. Εκείνο κυρίως που τις ξεχωρίζει είναι η τεχνολογία που υποστηρίζεται μέσω αυτών και της τεχνικής τους δομής.

Έτσι διακρίνουμε καταρχήν τις **αναλογικές** τριών ποιοτήτων, σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις της ITU-T

Απλές γραμμές ποιότητας M-1040	κατάλληλες για μετάδοση φωνής ή fax, συναγερμοί
--------------------------------	---

Γραμμές ειδικής ποιότητας M - 1025	κατάλληλες για μετάδοση δεδομένων, σε χαμηλές ταχύτητες, φωνής, fax, συναγερμοί
Γραμμές ειδικής ποιότητας M - 1020	

Η αναλογική μισθωμένη γραμμή είναι περισσότερο γρήγορη και αξιόπιστη από την επιλεγόμενη γραμμή. Γι αυτό το λόγο άλλωστε είναι και πιο ακριβή, εφόσον ο τηλεπικοινωνιακός φορέας δεσμεύει πολύτιμους πόρους του δικτύου για αυτήν, είτε χρησιμοποιείται, είτε όχι. Οι αναλογικές μισθωμένες γραμμές, όπως και οι αναλογικές επιλεγόμενες γραμμές, απαιτούν τη χρήση modem, ενώ θέτουν όρια στην ποιότητα και την ταχύτητα μετάδοσης.

Στη συνέχεια έχουμε τις ψηφιακές γραμμές διαφόρων ταχυτήτων από 64 K bit/s μέχρι 2 Mbit/s ή και 34 Mbit/s ή 155 Mbit/s, κατάλληλες για μεταφορά δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες, φωνής και εικόνας εναλλακτικά ή και ταυτόχρονα. Παρέχουν υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας, ευκολότερη διαχείριση και ταχύτητες αισθητά μεγαλύτερες από τις αναλογικές γραμμές. Πολύ συχνά χρησιμοποιούμενη γραμμή είναι η E1 στα 2,048 Mbps (για την Ευρώπη) ή οι γραμμές T1 στα 1,544 Mbps (για την Β. Αμερική και Ιαπωνία). Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως η ψηφιακή γραμμή E1 επιτρέπει τη μετάδοση 32 καναλιών δεδομένων μέσα από μια δυσύρματη τηλεφωνική γραμμή. Κάθε κανάλι δειγματοληπτείται 8000 φορές το δευτερόλεπτο και κάθε δείγμα που παράγεται, κωδικοποιείται σε σειρά των 8 bits. Έτσι καθένα από τα 32 κανάλια μπορεί να μεταδίδει δεδομένα με ρυθμό 64 Kbps. Η γραμμή E1 μπορεί να μεταδίδει συνολικά δεδομένα με ρυθμό 2,048 Mbps.

Βέβαια σε περιπτώσεις που επαρκούν μικρότερες ταχύτητες, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ποσοστό των γραμμών αυτών σε πολλαπλάσια των 64 Kbps.

Επειδή η μετάδοση είναι από άκρη σε άκρη ψηφιακή, για τη σύνδεση του δικτύου με τη γραμμή δε χρησιμοποιείται modem αλλά άλλη συσκευή που ονομάζεται «Μονάδα Εξυπηρέτησης Καναλιού-Δεδομένων» (Channel Service Unit/Data Service Unit, CSU/DSU). Αυτή, αφενός μετατρέπει το σήμα που παράγουν οι διάφοροι σταθμοί του δικτύου, σε ψηφιακό σήμα κατάλληλης μορφής (διπολικό), ώστε να μπορεί να μεταδοθεί στη γραμμή και αφετέρου περιέχει ειδικά ηλεκτρονικά κυκλώματα προστασίας των εγκαταστάσεων του παροχέα της υπηρεσίας. Το βασικό όμως μειονέκτημα είναι ότι αν παρουσιαστεί πρόβλημα, διακόπτεται η λειτουργία τους. Δεν υπάρχει δηλαδή, η δυνατότητα να κρατηθεί η σύνδεση ανοιχτή σε χαμηλότερη ταχύτητα (κάτι που μπορεί να γίνει με την αναλογική γραμμή).

Τέλος υπάρχουν και οι τηλεγραφικές γραμμές για μεταφορά γραπτών μηνυμάτων με telex, αλλά και οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές για μεταφορά ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών προγραμμάτων.

### 10.2.3. Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα

Οι μισθωμένες γραμμές αποτελούν μια σοβαρή και αξιόλογη λύση για την τηλεπικοινωνιακή εξυπηρέτηση κάθε επιχειρηματικής δραστηριότητας μικρής ή μεγάλης, του Ιδιωτικού ή Δημοσίου τομέα. Χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες μισθωμένες γραμμές μεταξύ των διαφόρων σημείων της επιχειρηματικής

δραστηριότητας μιας εταιρείας σε μικρή ή μεγάλη γεωγραφική κλίμακα, μπορεί η εκάστοτε εταιρεία να δημιουργήσει το δικό της δίκτυο, με το οποίο να παρέχεται η δυνατότητα να εξυπηρετεί όποιες ανάγκες επικοινωνίας.

Με τις μισθωμένες γραμμές, δύο ή περισσότερες μονάδες της επιχείρησης γίνονται μία, από την άποψη της εσωτερικής επικοινωνίας. Δίνεται δηλαδή η δυνατότητα διασύνδεσης τοπικών δικτύων, που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση σε ένα κοινό δίκτυο. Το χαρακτηριστικό στην περίπτωση των μισθωμένων γραμμών είναι ότι ο ενδιαφερόμενος έχει την αποκλειστική χρήση του δικτύου χωρίς τη μεσολάβηση επιλογικών οργάνων του ΟΤΕ, και μάλιστα την έχει ολόκληρο το 24ωρο.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της λύσης των μισθωμένων γραμμών είναι ότι η χρέωση του γίνεται με μισθώματα προκαθορισμένα, ανεξάρτητα από τον όγκο της τηλεπικοινωνιακής κίνησης και των πληροφοριών που μεταβιβάζεται. Επειδή δηλαδή το μίσθωμα είναι σταθερό, όσο περισσότερο χρησιμοποιείται το δίκτυο, τόσο μειώνεται το κόστος εκμετάλλευσής του. Το κόστος λοιπόν, σε σχέση με την ποσότητα δεδομένων που διακινούνται, είναι σαφώς μικρότερο από ότι σε άλλες περιπτώσεις.

Στα βασικά πλεονεκτήματα ενός τέτοιου δικτύου πρέπει επίσης να προσθέσουμε τη μόνιμη σύνδεση με το ΙΝΤΕΡΝΕΤ, την υψηλή διαθεσιμότητα από μεριάς του ΟΤΕ αλλά την και ασφάλεια που παρέχει ένα τέτοιο δίκτυο, προσαρμοζόμενο στις ανάγκες του πελάτη.

#### 10.2.4. Κόστος

Η τιμολόγηση μισθωμένης γραμμής είναι συνάρτηση της ταχύτητας και της απόστασης μεταξύ των δύο ακραίων σημείων, κι όχι του όγκου των δεδομένων, που διακινούνται μέσα από αυτή. Αν πρόκειται να συνδέσουμε με αφιερωμένες γραμμές μικρό αριθμό σημείων και οι συνδέσεις να χρησιμοποιούνται πολλές ώρες την ημέρα, μπορεί η επιλογή τους να αποτελεί την πιο συμφέρουσα λύση από άποψη κόστους.

Αναλυτικότερα το κόστος εξαρτάται ανάλογα με το αν η μισθωμένη γραμμή που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι αναλογική ή ψηφιακή, ποιας ταχύτητας ψηφιακή (19,2 Kbits/sec–1920 Kbits/sec ή 2 Mbits/sec ή 34 Mbits/sec ή 155 Mbits/sec), ραδιοφωνική ή τηλεοπτική. Σε αυτό το κόστος λαμβάνεται υπόψη τόσο το κόστος εγκατάστασης όσο και το μηνιαίο μίσθωμα της γραμμής το οποίο μπορεί να είναι είτε σταθερό είτε μεταβλητό αναλόγως της χιλιομετρικής απόστασης των 2 διασυνδεόμενων άκρων. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως το κόστος μιας ψηφιακής μισθωμένης γραμμής μεταξύ 2 κόμβων που απέχουν 250 km (π.χ. Πάτρα-Αθήνα) ταχύτητας 34 Mbits/sec και μεταβλητού μισθώματος ανέρχεται στα 4402 € για το τέλος σύνδεσης ανά άκρο και στα 16463 € για το μηνιαίο μίσθωμα ανά άκρο (τιμές Ιουνίου 2003). Γίνεται εμφανές λοιπόν ότι αν και οι μισθωμένες γραμμές αποτελούν ίσως την πιο καλή τεχνολογικά λύση, είναι αρκετά ακριβές στην τιμολόγηση τους.

### 10.3. HELLASPAC

Το 1990 ο ΟΤΕ έθεσε σε λειτουργία το πρώτο δημόσιο δίκτυο μεταφοράς δεδομένων γνωστό με την επωνυμία HELLASPAC. Το δίκτυο αυτό βασίζεται στην τεχνολογία μεταγωγής πακέτων και σκοπό έχει να διασυνδέει χρήστες ανά την Ελλάδα αλλά και



με άλλες χώρες του εξωτερικού μέσω των διεθνών διασυνδέσεων του τηλεπικοινωνιακού φορέα.

Το δίκτυο αυτό είναι σε θέση να υποστηρίξει πρωτόκολλα όπως είναι το X.25 αλλά και από το 1996 το Frame Relay. Όπως φαίνεται λοιπόν, το HELLASPAC είναι ένα δίκτυο που αφορά τη διασύνδεση υπολογιστών κυρίως. Εκτός όμως από τις υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων, λειτουργεί ταυτόχρονα και ως απαραίτητη τηλεπικοινωνιακή υποδομή για την ανάπτυξη μιας σειράς νέων υπηρεσιών όπως Videotex, EDI, EFT κτλ.

### 10.3.1. Τι είναι και που εφαρμόζεται

Το HELLASPAC είναι ένα σύγχρονο δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πακέτων δεδομένων. Εξυπηρετεί κυρίως μεγάλους οργανισμούς και εταιρείες για την επικοινωνία των υπολογιστικών συστημάτων τους. Αποτελείται από κόμβους - Κέντρα Μεταγωγής Πακέτων, που έχουν εγκατασταθεί σε πολλές πόλεις της Ελλάδας. Μαζί με το HellasCom αποτελεί το πιο εκτεταμένο δίκτυο του ΟΤΕ, με 72 κόμβους και πάνω από 10.000 πόρτες εξυπηρέτησης πελατών. Το δίκτυο εγγυάται την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων χωρίς πιθανότητα λαθών. Οι ταχύτητες που προσφέρει είναι από 300 bps έως 2 Mbps. Σ' αυτό το δίκτυο μπορούν να συνδεθούν χρήστες από όλη την Ελλάδα και μέσω των διεθνών διασυνδέσεων του ΟΤΕ να συνδεθούν και με δίκτυα δεδομένων άλλων χωρών.

Το δίκτυο αυτό μπορεί να καλύψει ανάγκες για μεταβίβαση, άντληση και αποθήκευση πληροφοριών μιας οποιασδήποτε επιχείρησης που δραστηριοποιείται στον τομέα της πληροφορικής ή και στο γενικότερο τομέα της διακίνησης πληροφορίας. Το δίκτυο λοιπόν αυτό απευθύνεται σε εταιρείες με ανάγκες όπως:

- Πρόσβαση σε τράπεζες πληροφοριών
- Ανάπτυξη συστημάτων software
- Διατήρηση αρχείων πελατών
- Κρατήσεις θέσεων σε μεταφορικά μέσα
- Τραπεζικές συναλλαγές
- Έλεγχος αποθεμάτων

Με λίγα λόγια – και δεδομένης της εξάπλωσης της τεχνολογίας και της ανάγκης για διακίνηση της πληροφορίας μέσω ιδιωτικών και δημοσίων δικτύων – το HELLASPAC απευθύνεται σε ένα ευρύ χώρο δραστηριοτήτων και επιχειρήσεων, όπως άλλωστε συμβαίνει με τα περισσότερα δίκτυα του ΟΤΕ σήμερα. Τεχνικές και εμπορικές επιχειρήσεις, αεροπορικές και ναυτιλιακές εταιρείες, βιομηχανίες, τράπεζες, ασφαλιστικές εταιρείες, δημόσιους οργανισμούς και εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα είναι μόνο μερικοί από τους τομείς εξάπλωσης του HELLASPAC.

### 10.3.2. Τεχνολογική Υπόσταση του Δικτύου

Το δίκτυο HELLASPAC για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιεί τη μέθοδο αποθήκευσης και μεταγωγής πακέτων (store and forward), όπου χρησιμοποιούνται

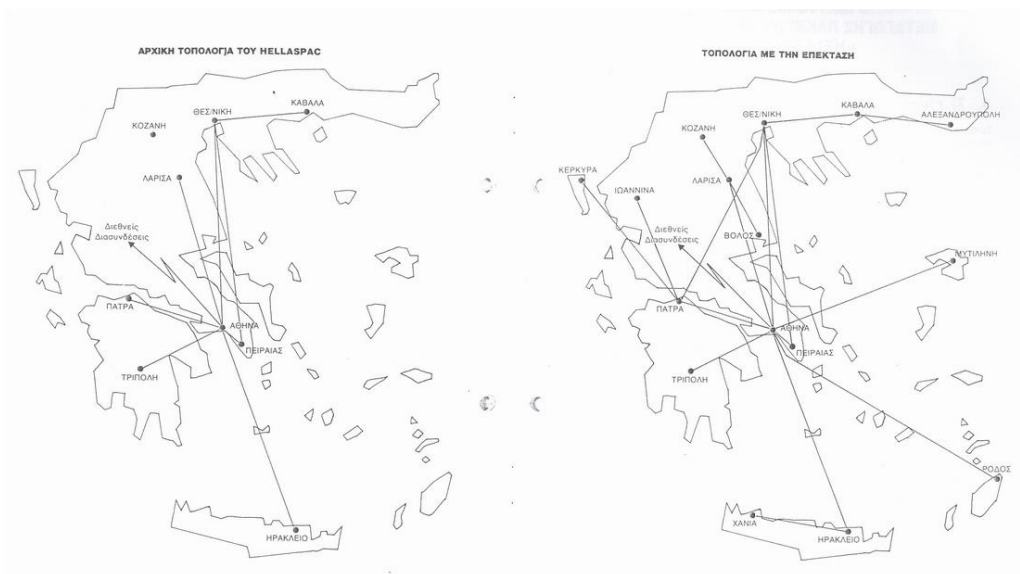
ψηφιακοί εξοπλισμοί (κόμβοι μεταγωγής πακέτων) οι οποίοι δρομολογούν τα δεδομένα στον προορισμό τους. Τα δεδομένα που στέλνει ο χρήστης στο δίκτυο χωρίζονται σε τμήματα ορισμένου μεγέθους που ονομάζονται «πακέτα».

Στα αποστελλόμενα αυτά δεδομένα εκτός από το κύριο όγκο της «καθαρής» πληροφορίας, εισάγονται και κάποιες παραπάνω πληροφορίες που αφορούν τη δρομολόγηση του δεδομένου (π.χ. διεύθυνση παραλήπτη, ταυτότητα αποστολέα κτλ.) και τον έλεγχο τυχόν λανθασμένων μεταβιβάσεων σχηματίζοντας με αυτό τον τρόπο τα πλαίσια δεδομένων (data frames). Η διάταξη που δημιουργεί τα πλαίσια αυτά μπορεί να είναι από τη μεριά του χρήστη (σύγχρονο τερματικό πακέτων) ή από τη μεριά του δικτύου (PAD).

Η «αποσυναρμολόγηση» του δεδομένου-μηνύματος από την πρόσθετη πληροφορία και η αφαίρεση της, λαμβάνει χώρα στα κέντρα μεταγωγής πακέτων (κόμβους δικτύου) τα οποία διασυνδέονται μεταξύ τους με κυκλώματα μεγάλων ταχυτήτων. Πρέπει να σημειωθεί πως οι κόμβοι επικοινωνίας που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε διαφορετικές πόλεις της Ελλάδας, δεν είναι της ίδιας χωρητικότητας αλλά ποικίλουν ανάλογα με το πλήθος χρηστών που εξυπηρετούν και τις λειτουργίες που επιτελούν. Κόμβοι όπως αυτοί της Αθήνας, του Πειραιά, της Θεσσαλονίκης, της Πάτρας και του Ηρακλείου είναι μεγάλης δυναμικότητας και αποτελούν τον κύριο άξονα πάνω στον οποίο δομείται όλο το δίκτυο. Τα υπόλοιπα κέντρα στηρίζονται πάνω στα προηγούμενα χωρίς όμως να υστερούν σε ότι αφορά στις παρεχόμενες προς τους συνδρομητές υπηρεσίες και ευκολίες. Οι υπόλοιπες αυτές μονάδες συνδέονται με τον κεντρικό τους κόμβο σε τοπολογία αστέρα. Η τοπολογία δεν είναι στατική, αλλά μεταβάλλεται δυναμικά σύμφωνα με τις απαιτήσεις (πλήθος χρηστών, φόρτος επικοινωνίας κτλ.).

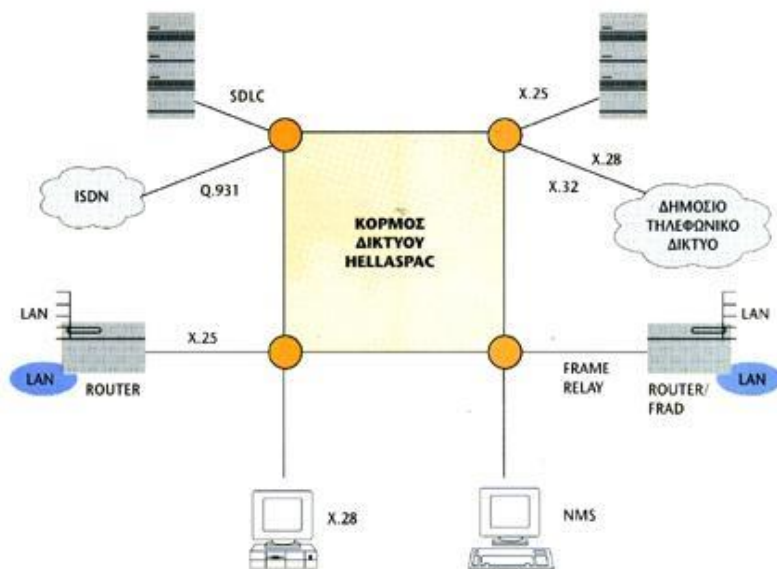
Το γεγονός ότι κάθε πακέτο αποτελεί μια διακεκριμένη ενότητα που συνοδεύεται από τις δικές τις ξεχωριστές υπηρεσιακές ενδείξεις, κάνει δυνατή την ταυτόχρονη μεταβίβαση στην ίδια γραμμή πακέτων που ανήκουν σε διαφορετικούς χρήστες με αποτέλεσμα να βελτιστοποιείται η αποδοτικότητα των μέσων μετάδοσης του δικτύου και να μειώνεται σημαντικά το κόστος χρησιμοποίησης του.

Ο χρήστης μπορεί να θεωρεί το δίκτυο, απλά, σαν μέσο μεταφοράς όπου στέλνει τα μηνύματα του ορίζοντας τη διεύθυνση του παραλήπτη ενώ το δίκτυο φροντίζει για όλα τα υπόλοιπα παρέχοντας γρήγορη και ασφαλή μεταβίβαση των πληροφοριών στο σωστό προορισμό.



**Εικόνα 122: Τοπολογία δικτύου HELLASPAC πριν και μετά την επέκταση του**

Στον κόμβο της Αθήνας βρίσκεται ενσωματωμένο το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (Network Control and Management Center - NCMC), το οποίο είναι επιφορτισμένο με σημαντικές αρμοδιότητες για την ορθή και αδιάκοπη λειτουργία του δικτύου. Είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και τη δρομολόγηση της κίνησης, τη χρέωση των επικοινωνιών, τη στατική παρακολούθηση της ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών, τη σηματοδότηση των βλαβών και τον έλεγχο της απόδοσης. Μπορεί επίσης να δοκιμάσει και να ελέγξει τις επιμέρους δομικές μονάδες του δικτύου από απόσταση (remote). Ειδικά ο κόμβος της Αθήνας διαθέτει μια έξοδο (Gateway) με διεθνείς διασυνδέσεις προς αντίστοιχα δίκτυα του εξωτερικού.



**Εικόνα 123: Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα στο HELLASPAC**

### 10.3.3. Τεχνικός Εξοπλισμός

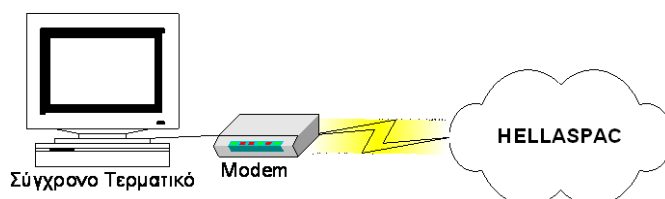
Οι υποψήφιοι χρήστες για να συνδεθούν στο δίκτυο θα πρέπει να διαθέτουν τον κατάλληλο τεχνικό εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός αυτός που αποτελεί το σταθμό δεδομένων χρήστη, περιλαμβάνει:

- Τη Συσκευή Τερματικού Κυκλώματος δεδομένων – **DCE** (Data Circuit Terminating Equipment) π.χ. MODEM (διαποδιαμορφωτή)
- Τη Τερματική Συσκευή Δεδομένων – **DTE** (Data Terminal Equipment) π.χ. ηλεκτρονικός υπολογιστής, τερματικό.
- Τον εξοπλισμό που παρεμβάλλεται μεταξύ τους.

Ο εξοπλισμός που μπορεί να συνδεθεί στο HELLASPAC αυτός όπως προκύπτει από τις σχετικές συστάσεις της ITU-T μπορεί να είναι είτε σύγχρονες τερματικές συσκευές (Packet DTE ή P-DTE) που επικοινωνούν με πρωτόκολλο X.25 ή Frame Relay, είτε ασύγχρονες τερματικές συσκευές (Character DTE ή C-DTE) που επικοινωνούν με πρωτόκολλο X.28. Εφόσον όμως ο ΟΤΕ δεν παρέχει ούτε και προτείνει κανένα συγκεκριμένο μοντέλο συσκευής, πρέπει ο χρήστης του δικτύου να βεβαιωθεί πριν την αγορά του τερματικού εξοπλισμού ότι αυτός είναι συμβατός με την επιθυμητή, από τη μεριά του χρήστη, ταχύτητα σύνδεσης στο HELLASPAC και φυσικά να έχει και την αναγκαία «έγκριση σύνδεσης» που παρέχει ο Οργανισμός.

Το Σύγχρονο Τερματικό (P-DTE) έχει τη δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης των μεταδιδόμενων ή λαμβανόμενων από αυτό πακέτο. Είναι συμβατό με τα τρία επίπεδα του X.25. Στις δυνατότητες του επομένως περιλαμβάνονται: ο σχηματισμός, ο έλεγχος και η ανταλλαγή των πακέτων στο δίκτυο. Τα σύγχρονα τερματικά συνδέονται στο δίκτυο με μόνιμη 4-σύρματη ή 2-σύρματη ζεύξη και εξυπηρετούν ταχύτητες από 2400 bps και πάνω, αμφίδρομης επικοινωνίας (Full Duplex). Σε αυτή την κατηγορία συσκευών μπορούν να ανήκουν:

- Μεγάλοι Η/Υ (Host Computers)
- Μετωπικοί Υπολογιστές Επικοινωνιών (Front End Processors)
- Routers
- Απομακρυσμένοι Συγκεντρωτές (Remote Concentrators)
- Κόμβοι Επικοινωνιών
- Εξωτερικά PAD
- Gateways Τοπικών Δικτύων
- Μικρά Συστήματα (Unix) και PC εξοπλισμένα με κατάλληλες κάρτες X.25
- Συσκευές Πρόσβασης Frame Relay – Frame Relay Access Devices (FRAD)



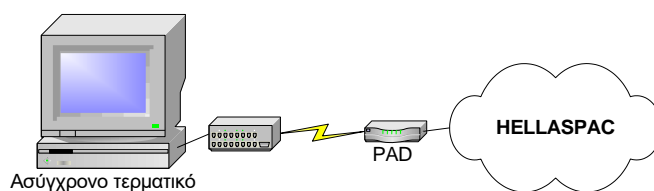
Εικόνα 124: Σύνδεση σύγχρονου τερματικού στο HELLASPAC

Το **Ασύγχρονο Τερματικό (C-DTE)** ή **Τερματικό Χαρακτήρων** έχει τη δυνατότητα εκπομπής ή λήψης της πληροφορίας μόνο σε μορφή χαρακτήρων και επομένως δε μπορεί να διαχειριστεί πακέτα. Δεν είναι από τη φύση του συμβατό με τα τρία στρώματα του X.25. Σε αυτή την κατηγορία των συσκευών ανήκουν:

- Απλά ασύγχρονα τερματικά
- Μικρά Συστήματα (Unix) και PC με ασύγχρονη πόρτα επικοινωνίας
- Λοιπές ασύγχρονες τερματικές συσκευές

Επειδή όμως το δίκτυο λειτουργεί με μεταγωγή πακέτων, για να λυθεί αυτό το πρόβλημα και να συνεργαστούν σύγχρονα και ασύγχρονα τερματικά, το δίκτυο χρησιμοποιεί μια διάταξη που ονομάζεται **PAD (Packet Assembler Disassembler)**

Το **PAD** συλλέγει χαρακτήρες που εκπέμπονται από το ασύγχρονο τερματικό και δημιουργεί πακέτα που στη συνέχεια διοχετεύει προς το δίκτυο, ενώ κατά τη λήψη μετατρέπει τα πακέτα σε χαρακτήρες οι οποίοι είναι κατανοητοί από το ασύγχρονο τερματικό. Είναι με λίγα λόγια ο αντιπρόσωπος των ασύγχρονων τερματικών στο HELLASPAC. Δεν αλλάζει τα μηνύματα που στέλνει προς αυτόν ή λαμβάνει από αυτόν το ασύγχρονο τερματικό. Απλώς, δημιουργεί πακέτα από τους χαρακτήρες που λαμβάνει - και αντίστροφα - προβαίνοντας παράλληλα στον απαραίτητο έλεγχο ροής δεδομένων. Λειτουργεί σύμφωνα με ένα πλήθος παραμέτρων ελέγχου και διαχείρισης των κλήσεων του ασύγχρονου τερματικού, για τις τιμές των οποίων αποφασίζει ο χρήστης του τερματικού.



**Εικόνα 125: Σύνδεση ασύγχρονου τερματικού στο HELLASPAC**

Απαραίτητος εξοπλισμός όμως θεωρείται και είναι και το MODEM με το οποίο πρέπει να προμηθευτεί ο συνδρομητής του δικτύου HELLASPAC. Η λειτουργία του modem είναι να μεταβάλλει:

- α) τα ψηφιακά σήματα που βγαίνουν από τον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη σε αναλογικά σήματα γραμμής που ρέουν προς τον κόμβο του HELLASPAC.
- β) τα αναλογικά σήματα της γραμμής σε ψηφιακά σήματα για είσοδο στο PAD και περαιτέρω επεξεργασία από τον κόμβο του HELLASPAC.

Όταν ο χρήστης επιλέξει τον τρόπο πρόσβασης και την επιθυμητή ταχύτητα επικοινωνίας του τερματικού του εξοπλισμού με το δίκτυο, πρέπει να προμηθευτεί το απαιτούμενο για την περίπτωση αυτή του modem. Το modem αυτό μπορεί ο συνδρομητής να το προμηθευτεί από τον ΟΤΕ ή και από την ελεύθερη αγορά. Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει, πριν από την αγορά, να έχει βεβαιωθεί, ότι η αίτηση του για σύνδεση στο HELLASPAC έχει εγκριθεί και ότι το modem που σκοπεύει να προμηθευτεί να είναι εγκεκριμένο από τον ΟΤΕ.

Εκτός από τα παραπάνω modem, ο ΟΤΕ παρέχει στους χρήστες και modems «Βασικής Ζώνης» (Base Band Modems) για μόνιμη σύνδεση με γραμμή δεδομένων ταχύτητας μέχρι 19.200 bps και μέχρι 64.000 bps.

Τα χαρακτηριστικά των modems αυτών δεν έχουν τυποποιηθεί από τη CCITT, με αποτέλεσμα να διαφέρουν ανάλογα με τον κατασκευαστή. Για το λόγο αυτό, το base band modem που θα συνδέεται στο χώρο του συνδρομητή πρέπει να είναι του ίδιου κατασκευαστικού οίκου με αυτό που έχει προμηθευτεί και συνδέσει ο ΟΤΕ στις εγκαταστάσεις του HELLASPAC.

### 10.3.4. Πρόσβαση στο Δίκτυο

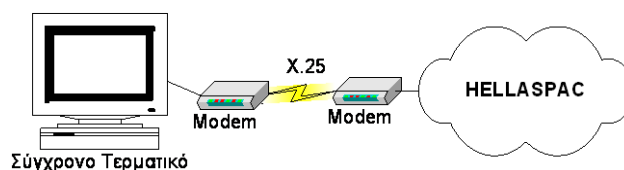
Για να έχει κάποιος σύνδεση με το δίκτυο του HELLASPAC πρέπει να συνδέσει το τερματικό του με τον πλησιέστερο κόμβο του HELLASPAC. Οι τρόποι σύνδεσης με το δίκτυο αυτό είναι 2 και διακρίνονται σε:

- Μόνιμη σύνδεση
- Σύνδεση μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου

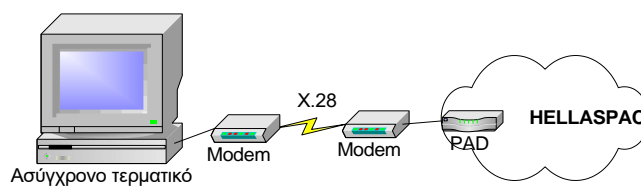
#### *Μόνιμη Σύνδεση*

Με τον τρόπο αυτό διατίθεται στον χρήστη μια αποκλειστική φυσική σύνδεση (γραμμή δεδομένων) που συνδέει τον εξοπλισμό που βρίσκεται στο χώρο του με τον πλησιέστερο κόμβο του HELLASPAC. Η γραμμή αυτή μπορεί να είναι είτε 2σύρματη (1 ζευγάρι) είτε 4σύρματη (2 ζευγάρια) και καταλαμβάνει σε μόνιμη βάση μια είσοδο (πόρτα) του δικτύου, η οποία εξυπηρετεί πλέον αποκλειστικά και μόνο το συγκεκριμένο χρήστη. Μπορούν να συνδεθούν με μόνιμη σύνδεση κυρίως σύγχρονα (X.25) και ασύγχρονα (X.28) τερματικά. Σε κάθε περίπτωση απαιτούνται 2 modems, ένα στην πλευρά του χρήστη και ένα στην πλευρά του κόμβου. Μεταξύ των 2 αυτών modems μπορεί, κατά περίπτωση να είναι εξοπλισμένη και με άλλες πρόσθετες διατάξεις (π.χ.: εξισωτές) για βελτίωση της ποιότητας της. Σημειώνεται πως η δυνατότητα για διάθεση μόνιμων συνδέσεων με πρωτόκολλο επικοινωνίας X.28 είναι περιορισμένη καθώς οι δυνατότητες και οι ευκολίες που παρέχονται στο χρήστη είναι αρκετά λιγότερες σε σύγκριση με το πρωτόκολλο X.25.

Παρακάτω φαίνονται οι 2 διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης διαφορετικών τερματικών στο δίκτυο HELLASPAC με μόνιμη σύνδεση.



**Εικόνα 126: Μόνιμη σύνδεση σύγχρονου τερματικού με πρωτόκολλο X.25**



**Εικόνα 127: Μόνιμη σύνδεση ασύγχρονου τερματικού με πρωτόκολλο X.28**

Σε όλα τα τερματικά διατίθεται από το δίκτυο ένας χαρακτηριστικός αριθμός κλήσης (NUA: Network User Address), προκειμένου να εμφανίζεται από το δίκτυο αλλά και μεταξύ τους. Ο αριθμός αυτός, αποτελείται υποχρεωτικά από 12 ψηφία και προαιρετικά από 2 ακόμα που εκχωρούνται στην περίπτωση που ο χρήστης διαθέτει πολλά τερματικά. Ο αριθμός κλήσης έχει την εξής μορφή:

DNIC				Εθνικός Αριθμός								Εσωτερικός Αριθμός	
				PAC1 ή PAC2	Περιοχή			line number					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Τα 4 πρώτα ψηφία του, που είναι ο αριθμός 2022, αποτελούν το διεθνή αριθμό κλήσης του HELLASPAC (το 202 αντιστοιχεί στην Ελλάδα και το 2 στο HELLASPAC). Τα ψηφία αυτά είναι περισσότερο γνωστά με την ονομασία «DNIC» (Data Network Identification Code). Για τις εντός Ελλάδας επικοινωνίες χρησιμοποιούνται μόνο τα ψηφία 5-12 τα οποία αποτελούν για αυτό το λόγο τον «Εθνικό Αριθμό Κλήσης» του τερματικού. Το ψηφίο 5 διαφοροποιείται αναλόγως στο αν αναφερόμαστε στο HELLASPAC1 ή στο HELLASPAC2 και συμπληρώνεται με 1 ή 2 αντιστοιχώς. Στις θέσεις 6, 7 και 8 τοποθετείται ο 3ψήφιος αριθμός που αναφέρεται στην περιοχή. Στις θέσεις 9 ως 11 αντιστοιχεί το line number του συνδρομητή που αναφέρεται στον κόμβο. Τέλος τα ψηφία 13 και 14 (εσωτερικός αριθμός καλούμενου) αξιοποιούνται από τους συνδρομητές στην περίπτωση που έχουν περισσότερα του ενός τερματικά, τα οποία συνδέονται στο HELLASPAC με ειδικές διατάξεις διασύνδεσης. Έτσι αν καλούνται οι συνδρομητές αυτής της κατηγορίας είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν και αυτά τα ψηφία γιατί αλλιώς η κλήση δε θα καταλήξει στον επιθυμητό τελικό της προορισμό.

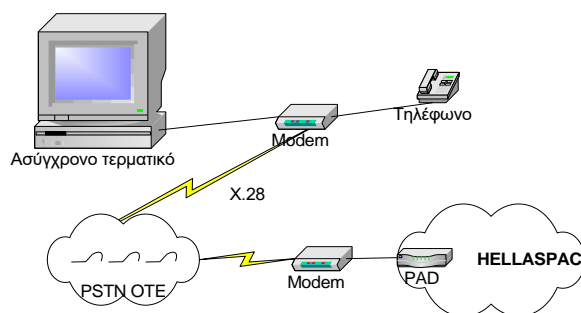
Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως η μόνιμη σύνδεση χρησιμοποιείται συνήθως σε περιπτώσεις που υπάρχουν απαιτήσεις για αυξημένη ποιότητα επικοινωνίας και μεγάλες ταχύτητες.

#### **Σύνδεση μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου**

Αν οι συνδρομητές του HELLASPAC είναι χρήστες ασύγχρονων τερματικών μπορούν να χρησιμοποιήσουν – σαν εναλλακτική λύση – τη σύνδεση του τερματικού τους εξοπλισμού μέσω 2-σύρματης γραμμής του Επιλεγόμενου Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN: Public Switched Telephone Network) χρησιμοποιώντας και πάλι τον κατάλληλο για το σκοπό αυτό μετατροπέα. Είναι η πιο απλή περίπτωση σύνδεσης ενός τερματικού με το δίκτυο γιατί δεν απαιτείται κατασκευή ιδιαίτερης γραμμής από την πλευρά του ΟΤΕ. Η έννοια της σύνδεσης αυτής συνίσταται στην παράλληλη σύνδεση του τερματικού του χρήστη σε μια τηλεφωνική του σύνδεση.

Οι χρήστες αυτοί δεν έχουν στη διάθεση τους για αποκλειστική χρήση μια «πόρτα» του δικτύου αλλά μοιράζονται μαζί με άλλους συνδρομητές αυτής της κατηγορίας τη χρήση κάποιων πορτών του HELLASPAC που έχουν διατεθεί για το σκοπό αυτό. Η αποκατάσταση της επικοινωνίας με το δίκτυο πραγματοποιείται με την επιλογή ειδικού τηλεφωνικού αριθμού που αντιστοιχεί στο PAD στο οποίο γίνεται κατάληψη μιας τέτοιας πόρτας κατά τρόπο τυχαίο και αδιαφανή από τη μεριά του χρήστη και

διαρκεί όσο χρονικό διάστημα διαρκεί και η επικοινωνία δεδομένων μεταξύ του χρήστη και του κόμβου. Μετά το πέρας της επικοινωνίας, η «πόρτα» ελευθερώνεται για να διατεθεί αργότερα σε άλλη κλήση. Αξίζει να σημειωθεί πως στην πρώτη φάση λειτουργίας του HELLASPAC, οι συνδρομητές που επέλεγαν αυτό τον τρόπο σύνδεσης με το δίκτυο είχαν τη δυνατότητα, μόνο να καλούν και όχι να καλούνται, λόγω του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείτο (X.28). Η δυνατότητα αυτή προστέθηκε αργότερα (με την πρώτη αναβάθμιση του δικτύου) όταν υιοθετήθηκε το πρωτόκολλο X.32 της Διεθνούς Επιτροπής CCITT, οπότε ήταν δυνατή και η σύγχρονη επικοινωνία.



**Εικόνα 128: Μόνιμη σύνδεση ασύγχρονου τερματικού με πρωτόκολλο X.28**

Για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ του κόμβου και του συνδρομητή, πρέπει ο χρήστης να πληκτρολογήσει τον αριθμό «1161». Με τον αριθμό αυτό, ο οποίος είναι κοινός για όλη την Ελλάδα καλείται μια ελεύθερη πόρτα του κόμβου και στη συνέχεια ακολουθεί μια διαδικασία αναγνώρισης του χρήστη που καλεί την ελεύθερη αυτή πόρτα. Η αναγνώριση του χρήστη από το δίκτυο ώστε να του επιτραπεί η πρόσβαση, γίνεται δίνοντας στο συνδρομητή έναν ειδικό κωδικό αναγνώρισης χρήστη, γνωστό ως NUI (Network User Identification). Ο κωδικός αυτός αποτελείται από συνδυασμό λατινικών χαρακτήρων και αριθμών και είναι εμπιστευτικού χαρακτήρα διότι αποτελεί το στοιχείο εκείνο μέσω του οποίου χρεώνονται οι επικοινωνίες. Ο NUI έχει την εξής μορφή:

OTE					Συνδρομητής					
N	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Το τμήμα NXXXX το διαχειρίζεται αποκλειστικά ο ΟΤΕ, ο οποίος καθορίζει τους τέσσερις χαρακτήρες και στηρίζεται στη φιλοσοφία του βασικού σχεδίου τηλεφωνίας.

Το τμήμα YYYYYY είτε συμπληρώνεται από το χρήστη κατά την υποβολή της αίτησης, είτε καθορίζεται από τον υπεύθυνα υπάλληλο του ΟΤΕ. Με τη χορήγηση στο συνδρομητή του NUI, χορηγείται και ο κλειδάριθμος, με τον οποίο ο συνδρομητής έχει τη δυνατότητα να αλλάζει το 2<sup>ο</sup> μέρος του NUI (β μέρος) για μεγαλύτερη εξασφάλιση του απορρήτου. Τον κωδικό αυτό τον ονομάζουμε κλειδί ανάγκης (change key) και δίνεται στον συνδρομητή ταυτόχρονα με τη χορήγηση του. Ο κλειδάριθμος αποτελείται από 4 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες εκ των οποίων ο πρώτος πρέπει να είναι απαραίτητως αλφαβητικός. Ο κλειδάριθμος μπορεί να οριστεί και από τον συνδρομητή. Τόσο το NUI όσο και ο κλειδάριθμος είναι απόρρητα.



### 10.3.5. Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα

Ο ΟΤΕ σχεδιάζοντας το HELLASPAC, προσπάθησε να ανταποκριθεί στις σημερινές ανάγκες των χρηστών στην Ελλάδα, προσφέροντας μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως:

- *Αξιοπιστία*, γιατί το δίκτυο χρησιμοποιεί εξοπλισμούς προηγμένης τεχνολογίας και διαθέτει για όλες τις σημαντικές εγκαταστάσεις αντίστοιχες εφεδρικές που βρίσκονται πάντα σε ετοιμότητα για εναλλακτική δρομολόγηση της μεταβιβαζόμενης κίνησης σε περίπτωση βλάβης.
- *Ευελιξία*, γιατί παρέχει στο χρήστη την ευχέρεια επιλογής της βασικής και των ευκολιών εκείνων που εξυπηρετούν τις συγκεκριμένες εφαρμογές τους. Επίσης κάνει εφικτή την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών εξοπλισμών διαφορετικού τύπου και διαφορετικών ταχυτήτων.
- *Ποιότητα επικοινωνίας*, γιατί η τεχνική που υιοθετήθηκε εξασφαλίζει υψηλή προστασία από σφάλματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια ανταλλαγής πληροφοριών.
- *Τυποποίηση*, γιατί λειτουργεί σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και τις προδιαγραφές που καθορίζει η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (Ι.Τ.Υ.)
- *Ασφάλεια*, γιατί η χρησιμοποιούμενη τεχνική μετάδοσης δεδομένων ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο αυθαίρετης παρέμβασης στις επικοινωνίες και παρέχει πρόσθετη ασφάλεια και προστασία στους χρήστες του.
- *Επεκτασιμότητα*, γιατί το δίκτυο έχει τη δυνατότητα να επεκτείνει ή να αυξήσει τη χωρητικότητα του ώστε ανάλογα με τη ζήτηση που υπάρχει, να ικανοποιεί μεγαλύτερο αριθμό χρηστών.

#### *Λογικά Κανάλια*

Στις Υπηρεσίες περιλαμβάνονται και τα λογικά κανάλια τα οποία αποτελούν σημαντικό πλεονέκτημα στην τεχνική μεταγωγής πακέτων.

Λογικό κανάλι είναι μια οδός αμφίδρομης επικοινωνίας μέσω μιας φυσικής γραμμής που συνδέει ένα τερματικό με το δίκτυο HELLASPAC. Σε μια φυσική γραμμή είναι δυνατό να υπάρχουν πολλά λογικά κανάλια. Έτσι ο αριθμός των ταυτόχρονων επικοινωνιών που μπορεί να κάνει ένα τερματικό, είναι ίσος με τον αριθμό λογικών καναλιών της γραμμής του.

Με τη δυνατότητα αυτή εξασφαλίζεται η πραγματοποίηση περισσότερων της μιας ταυτόχρονων επικοινωνιών, μέσα από τη μία και μοναδική γραμμή σύνδεσης του χρήστη με το HELLASPAC. Με μία και μόνη δηλαδή φυσική σύνδεση του τερματικού του χρήστη με τον πλησιέστερο κόμβο του HELLASPAC εξασφαλίζονται περισσότερες της μιας ταυτόχρονες επικοινωνίες.

Ο αριθμός των λογικών καναλιών μιας φυσικής σύνδεσης καθορίζεται πρακτικά από την ταχύτητα μεταβίβασης της γραμμής καθώς επίσης και από τον τρόπο λειτουργίας και τις εφαρμογές που υποστηρίζει κάθε τερματικός σταθμός.

Σημειώνεται ότι μόνο οι χρήστες με μόνιμη σύνδεση X.25 έχουν δυνατότητα χρήσεως περισσότερων του ενός λογικών καναλιών στο φυσικό μέσο σύνδεσης τους με το HELLASPAC.

### 10.3.6. Κόστος

Το τιμολόγιο του HELLASPAC διέπεται από μια βασική αρχή: είναι ανεξάρτητο της απόστασης μεταξύ των ανταποκρινόμενων χρηστών και επίσης ανεξάρτητο της απόστασης μεταξύ του χρήστη και του σημείου πρόσβασης του στο δίκτυο. Τα τέλη διακρίνονται συνοπτικά σε:

- **Τέλος Σύνδεσης:** Το τέλος σύνδεσης περιλαμβάνει τη δαπάνη σύνδεσης του τερματικού στις εγκαταστάσεις του χρήστη και καταβάλλεται εφάπαξ.
- **Πάγιο Μηνιαίο Τέλος:** Το πάγιο μηνιαίο τέλος εξαρτάται από τη βασική υπηρεσία (ταχύτητα και τρόπος πρόσβασης στο δίκτυο) που επιλέγει ο χρήστης.
- **Τέλη Επικοινωνιών:** Τα τέλη επικοινωνίας διακρίνονται σε:
  - Τέλος αποκατάστασης της επικοινωνίας
  - Τέλος διάρκειας / ανά πρώτο λεπτό επικοινωνίας
  - Τέλος όγκου κίνησης

Μονάδα μέτρησης του όγκου κίνησης είναι το SEGMENT που ισοδυναμεί σε 64 bytes, δηλαδή 64 χαρακτήρες των 8 bits.

Η τιμολόγηση του όγκου της μεταβιβαζόμενης κίνησης διαφοροποιείται στις ώρες του 24ώρου (περίοδος ακέραυοι και μειωμένου τιμολογίου) κατά σύστημα που προβλέπεται από το τιμολόγιο. Προβλέπονται επίσης ειδικές εκπτώσεις για τους χρήστες με μεγάλη κίνηση. Εκτός των παραπάνω τελών που αφορούν το σύνολο των χρηστών του HELLASPAC, ισχύουν επίσης κατά περίπτωση, τα εξής πρόσθετα τέλη:

- Τέλη ευκολιών: για τους χρήστες που επιλέγουν μία ή περισσότερες ευκολίες του συστήματος.
- Τέλη για πρόσθετο λογικό κανάλι πέρα από το πρώτο
- Τέλη για κάθε επικοινωνία με προκαθορισμένο χρήστη (PVC).

Στην περίπτωση αυτή δεν υπολογίζονται τέλη διάρκειας αλλά χρεώνεται μόνο ο όγκος της μεταβιβαζόμενης κίνησης.

Οι χρήστες που διαθέτουν Μόνιμο Λογικό Κανάλι (επικοινωνία με προκαθορισμένο χρήστη) μπορούν εναλλακτικά να επιλέξουν αντί της παραπάνω χρέωσης όγκου και του μηνιαίου πάγιου τέλους, σταθερά μηνιαία τέλη που καθορίζονται ανάλογα με το μήκος της κατ' ευθείαν γραμμής απόστασης μεταξύ των Κομβικών Κέντρων των δυο χρηστών και την ταχύτητα μετάδοσης του κάθε τερματικού.

### 10.3.7. Η Τεχνολογία Frame Relay

Το Frame Relay αποτελεί από μόνο του ένα ολοκληρωμένο δίκτυο με δικές του ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Στην χώρα μας όμως παρέχεται μέσω του δημόσιου δικτύου HELLASPAC και θα αναλυθεί κάτω από αυτή τη σκοπιά.

#### *Τεχνολογία (Βασικά Χαρακτηριστικά)*

Το πρωτόκολλο FRAME RELAY είναι ένα νέο πρωτόκολλο δευτέρου επιπέδου που κινείται στη λογική των fast-packet transmissions (πολύ μεγάλες ταχύτητες με απλό

τρόπο μετάδοσης) με ευελιξία και ελάχιστη χρονική καθυστέρηση και θεωρείται εξέλιξη του πρωτοκόλλου X.25.

Η βασική αρχή του FRAME RELAY είναι να παρέχει ένα είδος μεταγωγής πακέτων χωρίς την ύπαρξη μηχανισμού διόρθωσης λαθών. Η ύπαρξη λαθών συνεπάγεται την απόρριψη δεδομένων, γιατί απαιτούνται έξυπνες τερματικές διατάξεις ώστε να παρέχεται η απαιτούμενη ακεραιότητα των δεδομένων. Δεν χρησιμοποιείται επομένως μηχανισμός διόρθωσης σφαλμάτων και ελέγχου ροής του 2<sup>ου</sup> επιπέδου επειδή θεωρεί ότι υπάρχει ένα αξιόπιστο δίκτυο μετάδοσης στο 1<sup>ο</sup> (φυσικό). Οι λειτουργίες του ελέγχου ροής και της διόρθωσης σφαλμάτων μετατοπίζεται έτσι από το δίκτυο στους ακραίους χρήστες και υλοποιούνται σε υψηλότερα επίπεδα του μοντέλου OSI.

Βασικότατο στοιχείο του δικτύου αυτού, ως προς τη μετάδοση της πληροφορίας είναι το πλαίσιο μεταβλητού μήκους, το οποίο θα αναλυθεί περισσότερο παρακάτω.

Το FRAME RELAY επίσης προσφέρει στατική πολυπλεξία πολλών επικοινωνιών πάνω σε μια φυσική σύνδεση (νοητά κυκλώματα όπως και στο πρωτόκολλο X.25).

Όσον αφορά τις προσφερόμενες ταχύτητες του δικτύου, αυτές κυμαίνονται από 19,2 Kbps ως και τα 2 Mbps σήμερα ενώ αργότερα αναμένεται να φτάσει και τα 34 Mbps για την Ευρώπη (για τις ΗΠΑ οι αντίστοιχες ταχύτητες είναι σήμερα στα 1,5 Mbps και αργότερα στα 43 Mbps). Κάποιοι κατασκευαστές κάνουν προσπάθεια να επεκτείνουν τις ταχύτητες στα 45Mbps ενώ σε εργαστήρια έχουν επιτευχθεί και ταχύτητες της τάξης των 100Mbps. Για την επίτευξη αυτών των ταχυτήτων βέβαια όπως είναι φυσικό απαιτείται μέσο μετάδοσης υψηλής ποιότητας (BER 1/1.000.000).

Σε ένα δίκτυο FRAME RELAY όμως υπάρχει η δυνατότητα εκδήλωσης του φαινομένου «χιονοστιβάδας», όταν σε περίπτωση εκδήλωσης συμφόρησης, ο χρήστης επιμένει να αποστέλλει ριπές πλαισίων, τα οποία το δίκτυο έχει ήδη απορρίψει.

Τελειώνοντας με τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου FRAME RELAY, αξίζει να σημειωθούν κάποια στοιχεία για το ρυθμό πρόσβασης (access rate). Ο όρος αυτός αποδίδεται στον μέγιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων από τον αποστολέα-χρήστη στο Δίκτυο. Συμπίπτει με την έννοια του throughput (διεκπεραιωτική ικανότητα) του χρήστη. Η συμφωνία μεταξύ του εμπορικού παροχέα (OTE) και του πελάτη είναι εκείνη που καθορίζει τα μεγέθη Bc<sup>8</sup> & CIR<sup>9</sup> (π.χ.: Bc = 128 Kbps με CIR = 256 Kbps σημαίνει πρακτικά ριπές των 128 Kbps κάθε 500 msec). Το δίκτυο εγγυάται ότι ουδέποτε θα απορρίψει πλαίσια που μεταδίδονται μέσα στα όρια των Bc & CIR που έχουν καθοριστεί για το συγκεκριμένο DLCI<sup>10</sup>. Τα πλαίσια αυτά έχουν πάντοτε DE<sup>11</sup> = 0. Αν κάποιος κόμβος του δικτύου λάβει σε προκαθορισμένο χρόνο πρόσθετο αριθμό πλαισίων τότε:

α) Αν τα πλαίσια αυτά έχουν DE = 1, τότε αγνοούνται

<sup>8</sup> committed Burst

<sup>9</sup> Committed Information Rate

<sup>10</sup> Data Link Connection Identifier

<sup>11</sup> Discard Eligibility bit

β) Τα πλαίσια που έχουν  $DE = 0$ , σημαδεύονται με  $DE = 1$  και τα πλαίσια με  $DE = 1$  είναι υποψήφια προς απόρριψη σε κάποιον άλλο κόμβο του δικτύου που αντιμετωπίζει ενδεχομένως ανάλογο πρόβλημα.

### *Πώς λειτουργεί*

Η πλαισιομετάδοση σχεδιάστηκε για να παρέχει υπηρεσίες δικτύου υψηλής ταχύτητας τύπου μεταγωγής πακέτων για τερματικές διατάξεις που απαιτούν υψηλή διεκπεραιωτική ικανότητα για μικρό χρονικό διάστημα.



**Πίνακας 8: Διαμόρφωση επιπέδου πακέτου X.25**

Όμως στο FRAME RELAY τα δεδομένα τοποθετούνται μέσα σε πλαίσια μεταβλητού μήκους. Τα πλαίσια προωθούνται στο δίκτυο που αναλαμβάνει την υποχρέωση να τα μεταφέρει στον κατάλληλο προορισμό. Η διαδικασία μεταφοράς είναι ταυτόσημη μ' αυτή της μεταγωγής πακέτων. Η κύρια διαφορά με το FRAME RELAY είναι ο ίδιος ο τρόπος εφαρμογής του πρωτοκόλλου. Αυτό δηλαδή που συμβαίνει είναι ότι η μεταγωγή πακέτων γίνεται στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο OSI ενώ στο FRAME RELAY γίνεται στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο. Ο διαρκής έλεγχος της ροής δεδομένων στο X.25 περιορίζει τη συνολική διεκπεραιωτική ικανότητα του δικτύου. Το FRAME RELAY έδωσε τη λύση στην δικτύωση υψηλών ταχυτήτων τύπου πακέτων με 2 σημαντικές διαφορές με το X.25.

α) Αν υπάρξει πρόβλημα εντός του πλαισίου, π.χ. λάθη στο πλαίσιο, απορρίπτεται χωρίς καμία ενέργεια ανάκτησης του

β) Ο τερματικός εξοπλισμός του χρήστη είναι υπεύθυνος για την ανάκτηση πλαισίων σε περίπτωση λάθους.



**Πίνακας 9: Διαμόρφωση πλαισίου Frame Relay**

Εντός ενός μεταγωγέα FRAME RELAY διεξάγονται 3 λειτουργίες:

- Έλεγχος του FCS για την ύπαρξη λαθών.
- Ανάγνωση της πληροφορίας διεύθυνσης και δρομολόγηση του εισερχόμενου πλαισίου στο κατάλληλο ζευκτικό.

- Έλεγχος της ύπαρξης συμφόρησης εντός του μεταγωγέα. Στην περίπτωση αυτή ενημερώνονται οι χρήστες.

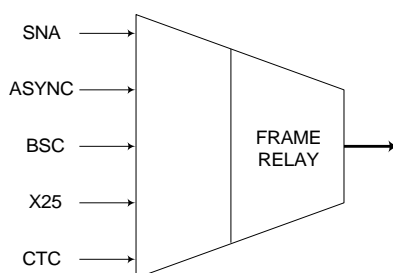
Στο πρωτόκολλο FRAME RELAY δεν περιέχονται μηνύματα διευθύνσεων δικτύου, αποκατάστασης και απόλυσης κλήσεως. Έχει σχεδιαστεί για μόνιμες εικονικές συνδέσεις (PVC's) και οι πληροφορίες διεύθυνσης έχουν μόνο τοπική σημασία. Ένας χρήστης τέτοιου δικτύου έχει τη δυνατότητα να στέλνει προς το δίκτυο όσα δεδομένα επιθυμεί σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, καθώς, όπως προείπαμε, δεν υπάρχει έλεγχος ροής δεδομένων. Αυτό αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα από την πλευρά του δικτύου καθώς δεν υπάρχει τρόπος υπολογισμού της χωρητικότητας του κορμού του δικτύου.

Για την αποφυγή περιπτώσεων κακή συμπεριφοράς των χρηστών αναπτύχθηκε η αρχή της «προσυμφωνημένης ροής δεδομένων» (CIR)<sup>12</sup>. Σαν CIR θεωρείται η ροή δεδομένων που ο χρήστης αναμένει να περάσει από το δίκτυο κάθε στιγμή και το δίκτυο να είναι ικανό να τη διαχειριστεί χωρίς προβλήματα. Μια θεμελιώδεις αρχή που διέπει το CIR είναι η δυνατότητα του δικτύου να απορρίπτει πλαίσια αν υπάρξουν προβλήματα.

### *Πότε λειτουργεί καλά*

Το FRAME RELAY σχεδιάστηκε για να παρέχει υψηλό βαθμό διεκπεραιωτικής ικανότητας, χαμηλή καθυστέρηση διάβασης και περιορισμένο βαθμό ανάκτησης λαθών, χαρακτηριστικά όμοια με εκείνα των LAN's/Ethernet, μόνο που το FRAME RELAY σχεδιάστηκε για WAN. Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του LAN αναφορικά με τα χαρακτηριστικά μεθόδων WAN.

Το FRAME RELAY είναι ικανό για μεταφορά δεδομένων και εκτός LAN με τη χρήση ειδικών διατάξεων, των FRADs<sup>13</sup>. Κύριος λόγος χρήσης των FRAD's είναι το κόστος. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί το FRAME RELAY να διατηρεί ικανοποιητικά επίπεδα λειτουργίας αλλά δεν αποδίδει το μέγιστο των δυνατοτήτων του.



**Εικόνα 129: Frame Relay με χρήση FRAD**

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου το FRAME RELAY είναι ακατάλληλο. Όταν υπάρχουν για παράδειγμα εφαρμογές με απαιτήσεις για χαμηλή και σταθερή καθυστέρηση, όπως είναι η μετάδοση φωνής και η τηλεεικονοδιάσκεψη επιλέγονται άλλα μέσα και αυτό λόγω της μεταβολής της καθυστέρησης διάβασης σ' ένα δίκτυο FRAME RELAY.

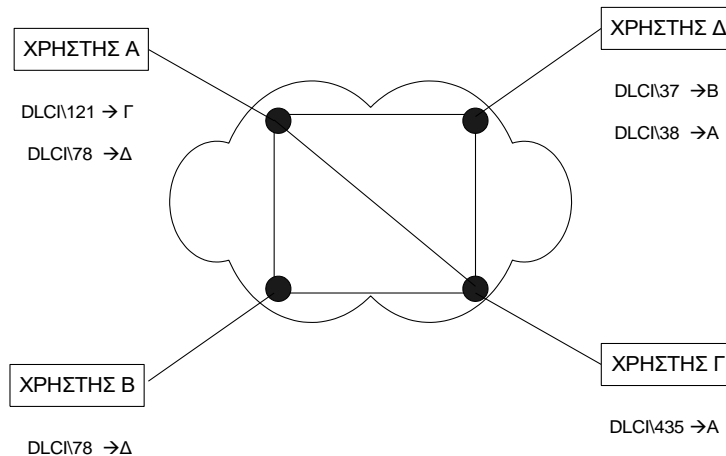
<sup>12</sup> Committed Information Rate - CIR

<sup>13</sup> FRAD: Frame Relay Assembler Disassembler

### Παράμετροι Υπηρεσίας

Υπάρχουν παράμετροι οι οποίοι χαρακτηρίζουν ένα FRAME RELAY δίκτυο και αυτοί είναι:

- Ρυθμός Πρόσβασης (Access Rate): Καθορίζει το μέγιστο ρυθμό με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να στείλει ή να λάβει δεδομένα από και προς το δίκτυο.
- Δεσμευμένη ριπή (Committed burst-BC): Δηλώνει το μέγεθος της προσυμφωνημένης ριπής, για ένα συγκεκριμένο PVC που το δίκτυο εγγυάται να μεταφέρει κάτω από κανονικές συνθήκες εντός χρονικού διαστήματος TC. Το BC επιλέγεται από τον χρήστη από τις παρεχόμενες από το δίκτυο.
- Excess Burst Size (BC): Δηλώνει το μέγεθος της μη προσυμφωνημένης ριπής που το δίκτυο μπορεί να δεχτεί επιπλέον του BC από ένα DTE για ένα συγκεκριμένο PVC για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα TC.
- Committed Information Rate CIR: Δηλώνει το ρυθμό μεταφοράς δεδομένων που το δίκτυο εγγυάται να μεταφέρει κάτω από κανονικές συνθήκες.
- Committed Rate Measurement interval (Tc): Δηλώνει το χρονικό διάστημα TC στη διάρκεια του οποίου το δίκτυο μπορεί να λάβει το BC. Προσδιορίζεται ακολούθως:
  - $CIR > 0, T_c = BC / CIR$
  - $CIR = 1, T_c = 1$
- Αριθμοδότηση: Το πεδίο DLCI στο πλαίσιο του FRAME RELAY υποδηλώνει το λογικό κανάλι μεταξύ χρήστη και δικτύου και έχει μόνο τοπική σημασία.

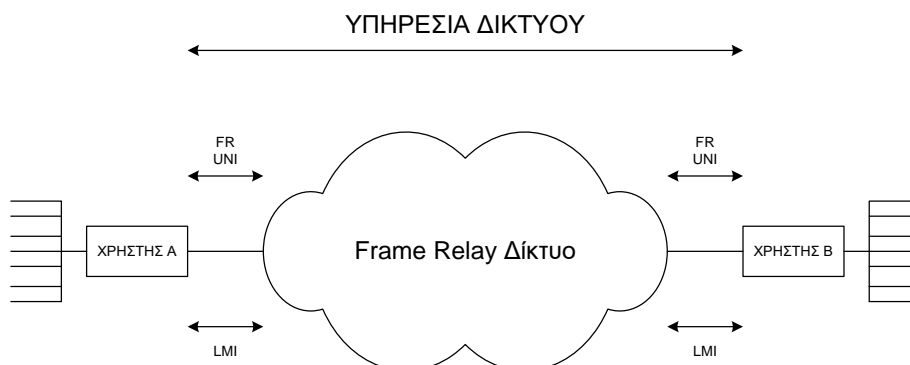


**Εικόνα 130: Αριθμοδότηση σε δίκτυο HELASPAC**

- Τοπική Διαχείριση Διεπαφής (Local Management Interface): Το πρωτόκολλο LMI χρησιμοποιείται μεταξύ χρήστη και δικτύου για:
  - Τη διασφάλιση της ζεύξης μεταξύ χρήστη και δικτύου.
  - Τη γνωστοποίηση πρόσθεσης – διαγραφής των PVC's
  - Την παράδοση μηνυμάτων κατάστασης αναφορικά με τη διαθεσιμότητα του κυκλώματος.

Το LMI λειτουργεί σαν πρωτόκολλο περιοδικής εκπομπής μεταξύ χρήστη και δικτύου που χρησιμοποιεί δικό του κανάλι. Το πρωτόκολλο FRAME RELAY

βασιζόμενο σε συνδέσεις DVC's δεν περιέχει διαδικασίες αποκατάστασης / απόλυσης καναλιού, ελέγχου ροής ή ανάκτησης εσφαλμένων πλαισίων.



**Εικόνα 131: Διεπαφές LMI**

Επίσης δεν περιέχει μηχανισμούς ελέγχου ή διαχείρισης της διεπαφής για τους λόγους αυτούς περιέχονται μηχανισμοί σηματοδότησης.

Ο κύριος σκοπός της LMI είναι να παρέχει στον χρήστη πληροφόρηση για την κατάσταση των PVC's που λειτουργούν στην FRAME RELAY διεπαφή και ανταλλάσσεται στο DLCI=0.

Το LMI έχει τοπική σημασία και παρέχει πληροφόρηση για:

- Την προσθήκη, κατάργηση και την παρουσία PVC's.
- Τη διαθεσιμότητα των PVC's.
- Την περιοδική διερεύνηση ύπαρξης ζεύξεως.

### **Εξοπλισμός για σύνδεση**

Για τις ταχύτητες πρόσβασης 19200 και άνω, εκτός της ταχύτητας των 2 Mbps απαιτείται ένας διαμορφωτής ζώνης βάσης που χορηγείται από τον ΟΤΕ καθώς και μια συσκευή FRAD (Frame Relay Access Device), την οποία πρέπει να προμηθεύονται οι χρήστες από το εμπόριο. Πολλοί όμως χρήστες αντί για FRADs χρησιμοποιούν στην απόληξη της σύνδεσης τους άλλες συσκευές που μπορούν να υποστηρίξουν την τεχνολογία Frame Relay όπως Routers, T1/E1 multiplexers, FEP κλπ.

Για την ταχύτητα των 2Mbps δεν απαιτείται συσκευή modem αλλά διεπαφή G.703 η οποία συνδέεται κατευθείαν στην συσκευή FRAD.

### **Πλεονεκτήματα**

Συνοψίζοντας μπορούμε επιγραμματικά να δούμε τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει ένα FRAME RELAY δίκτυο.

- Αποτελεί ιδανικό τρόπο διασύνδεσης τοπικών δικτύων (LANs)
- Έχει δυνατότητα στιγμιαίας εξυπηρέτησης υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης (overhead) από το συμφωνημένο με τον Τηλεπικοινωνιακό φορέα.
- Τιμολογείται με βάση σταθερές μηνιαίες χρεώσεις χωρίς να υπολογίζεται ο όγκος των πληροφοριών (data).

- Διαθέτει υψηλότερη διεκπεραιωτική ικανότητα (throughput) της φυσικής ζεύξης (γραμμής) που έχει διατεθεί στο χρήστη.
- Το κόστος χρήσης ενός τέτοιου δικτύου είναι σαφώς χαμηλότερο σε σχέση με μία σύνδεση σημείου προς σημείο, καθ' ότι η πρόσβαση επιτυγχάνεται μέσω του Επιλογικού Δικτύου Hellaspac.

### **Κόστος**

Το κόστος χρήσης του δικτύου FRAME RELAY διακρίνεται στα:

- **Τέλη σύνδεσης:** Το τέλος αυτό κλιμακώνεται ανά πόρτα και ανά λογικό κανάλι (DLCI) ανάλογα με την ταχύτητα πρόσβασης.
- **Μηνιαία τέλη πρόσβασης και χρήσης:** Τα τέλη αυτά κλιμακώνονται ανά πόρτα ανάλογα με την ταχύτητα πρόσβασης και ανά DLCI ανάλογα με τη διεκπεραιωτική ικανότητα (Throughput) και το μήκος του
- **Άλλα τέλη:** Εδώ συγκαταλέγονται τέλη μεταβολή της σύνδεσης του χρήστη, τέλη μεταφοράς της σύνδεσης, κλπ.

## **10.4. HELLASCOM**

Το 1993 δημιουργήθηκε ένα δημόσιο δίκτυο με σκοπό να καλύψει ανάγκες για ανταλλαγή μεγάλου όγκου δεδομένων, που θα βοηθήσει στην διασύνδεση τοπικών δικτύων και κυρίως που θα συντελέσει στην ψηφιακοποίηση της μετάδοσης δεδομένων και πληροφοριών μέσω δημόσιων δικτύων. Το δίκτυο αυτό ονομάστηκε HELLASCOM και στην ουσία ήρθε να καλύψει αδυναμίες ή και ελλείψεις του δικτύου HELLASPAC.

### **10.4.1. Τι είναι και που εφαρμόζεται**

Το HELLASCOM είναι ένα εθνικό, τηλεπικοινωνιακό δίκτυο μετάδοσης δεδομένων και φωνής. Είναι ειδικά σχεδιασμένο βάσει διεθνών προδιαγραφών και παρέχει μισθωμένα, ψηφιακά, σταθεροζευκτικά κυκλώματα χαμηλής ή υψηλής ταχύτητας, για 24ωρη χρήση, με ταχύτητες από 2,4 Kbps έως 2Mbps, σε χρήστες που βρίσκονται σε οποιοδήποτε μέρος της Ελλάδας.

Το HELLASCOM έχει τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας από σημείο προς σημείο και από σημείο προς πολλαπλά σημεία για συνεχή χρήση. Συγκροτείται από τις **μονάδες Τερματισμού Δικτύου**, τους **κόμβους πρόσβασης** και τα **συστήματα ψηφιακής Διασύνδεσης**. Το σύνολο του δικτύου διαχειρίζεται και ελέγχεται από ένα **Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης (Network Management System - NMS)** παρέχοντας ευελιξία, αξιοπιστία και ασφάλεια. Έτσι είναι δυνατός ο έλεγχος της διασύνδεσης του συνδρομητή από άκρο σε άκρο, ώστε να ανιχνευτεί οποιαδήποτε δυσλειτουργία του κυκλώματος και να επέμβει με σκοπό την αποκατάσταση της.

Το δίκτυο αυτό απευθύνεται σε χρήστες που ζητούν ανταλλαγή μεγάλου όγκου πληροφοριών και υψηλή ποιότητα μετάδοσης δεδομένων με την ευελιξία, αξιοπιστία, ασφάλεια, οικονομία και ταχύτητα που παρέχει ένα πλήρως ψηφιακό περιβάλλον. Απευθύνεται δηλαδή κυρίως σε:



- Μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμούς του ιδιωτικού και δημοσίου τομέα όπως Τράπεζες, Βιομηχανίες, Ναυτιλιακά Γραφεία, Εταιρείες Μεταφορών, Ασφαλιστικές Εταιρείες κλπ.
- Μεγάλα Νοσοκομεία (εφαρμογές Τηλεϊατρικής)
- Εκπαιδευτικά Ιδρύματα
- Ερευνητικά Κέντρα και Αναπτυξιακούς Φορείς
- Εταιρείες Τηλεπικοινωνιών, Πληροφορικής κ.α.

#### 10.4.2. Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα

Το HELLASCOM παρέχει τις ακόλουθες επιλογές υπηρεσιών ψηφιακών συνδέσεων:

- Παροχή ψηφιακών κυκλωμάτων χαμηλής ταχύτητας, 2400, 4800, 9600 και 19200 bps
- Παροχή ψηφιακών κυκλωμάτων υψηλής ταχύτητας, Nx64 Kbps (N=1,2,3,...,31)
- Μετάδοση σημείου προς σημείο αλλά και σημείου προς πολλαπλά σημεία (μέχρι 16), μονόδρομη (broadcast) για ταχύτητες Nx64 Kbps ή αμφίδρομη μέχρι 19,2 Kbps (bidirectional)
- Υπηρεσία VPN (Virtual Private Network)
- Εγκατάσταση πολυπλέκτη που λειτουργεί σαν τερματική διάταξη στο χώρο του χρήστη όταν επιθυμεί τη μίσθωση μεγάλου πλήθους κυκλωμάτων. Εδώ απαιτείται φορέας 2Mbps και όχι 2σύρματος συνδρομητικός βρόγχος.

Δεδομένων των υπηρεσιών αυτών αλλά και άλλων δυνατοτήτων που θα αναλυθούν παρακάτω, μπορούμε να συνοψίσουμε τα πλεονεκτήματα του δικτύου HELLASCOM στα παρακάτω:

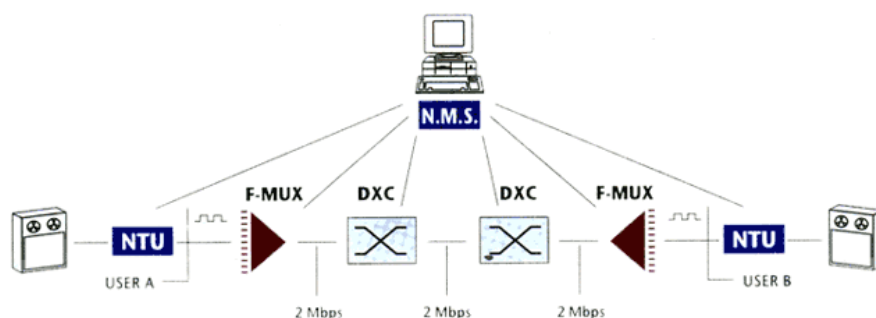
- Έλεγχος: όλο το σύστημα ελέγχεται από το NMS με αποτέλεσμα τις άμεσες αντιδράσεις στις ανάγκες των χρηστών
- Αξιοπιστία: μέσω του NMS ανιχνεύονται ταχύτατα τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν
- Υψηλή ποιότητα επικοινωνίας: πλήρως ψηφιακό δίκτυο με τεχνικές ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών
- Ασφάλεια: ο σχεδιασμός του δικτύου καθιστά αδύνατη την υποκλοπή δεδομένων
- Ταχύτητα: ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι σήμερα μέχρι τα 2Mbps για κάθε συνδρομητή
- Πλήρως ψηφιακό δίκτυο μετάδοσης δεδομένων
- Επιλογή σύγχρονης ή ασύγχρονης μετάδοσης
- Μεγάλοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων
- Δίκτυο κεντρικά ελεγχόμενο

- Τερματικές διατάξεις δικτύου που επιβλέπονται από το σύστημα
- Ευκολία εγκατάστασης
- Μοναδική απαίτηση καλωδιακής σύνδεσης τερματικού-πολυπλέκτη
- Ποικιλία τερματικών διατάξεων

### 10.4.3. Δομή Δικτύου

Το HELLASCOM αποτελεί ένα εξαιρετικό ευέλικτο δίκτυο. Η οργανωτική του διάταξη αποτελείται από 3 λειτουργικά επίπεδα τα οποία είναι:

- Το περιφερειακό επίπεδο**, που αποτελείται από τους Ευέλικτους Πολυπλέκτες, τους Κόμβους Πρόσβασης και τις Τερματικές Διατάξεις
- Το επίπεδο διασύνδεσης**, που περιλαμβάνει τον εξοπλισμό της ψηφιακής διασύνδεσης (DXC1/0) και
- Το επίπεδο λειτουργίας και συντήρησης**, που αποτελείται από το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου του Δικτύου



**Εικόνα 132: Εξοπλισμός του δικτύου HELLASCOM**

Συνοπτικά η τοπολογία του δικτύου αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

- Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (NMS – Network Management System)
- Διατάξεις Τερματισμού του Δικτύου (NTU – Network Terminating Units)
- Ευέλικτοι Πολυπλέκτες (FMUX – Flexible MULTipleXers)
- Κόμβοι Πρόσβασης (AN – Access Nodes)
- Συστήματα Ψηφιακής Διασύνδεσης (DXC – Digital Cross Connect)

Ο εξοπλισμός της ψηφιακής διασύνδεσης και οι ευέλικτοι πολυπλέκτες ελέγχονται από το NMS, το οποίο ορίζει την διάρθρωση και την παρακολούθηση της λειτουργικής κατάστασης του δικτύου. Η πληροφορία, που ανταλλάσσεται ανάμεσα στο NMS και με οποιοδήποτε άλλο εξοπλισμό, γίνεται πάνω στο δίκτυο μεταγωγής πακέτων με πρωτόκολλο X.25. Για την κάθε μια από τις παραπάνω μονάδες θα αναφερθούμε εκτενέστερα στις επόμενες παραγράφους.

#### ***Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου***

Η όλη λειτουργία του HELLASCOM ελέγχεται από το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (NMS) που παρέχει σε όλη την έκταση κεντρικά συντονισμένη διαχείριση και έλεγχο. Το κέντρο διαχείρισης και ελέγχου επιτρέπει:

Την αυτόματη δρομολόγηση ή αναδρομολόγηση κυκλωμάτων data άριστης ποιότητας με υψηλές ταχύτητες

Τη διαχείριση και τον έλεγχο του δικτύου μέχρι το χρήστη

Τη διαχείριση τμήματος του δικτύου από τον ίδιο τον χρήστη (ιδεατό ιδιωτικό δίκτυο – VPN), εφόσον προηγηθεί συμφωνία με τον ΟΤΕ.

Την καταγραφή πληροφοριών για τη διαθεσιμότητα των γραμμών και της χρησιμοποίησής τους για λόγους χρέωσης

Το NMS υλοποιείται μέσω ενός δικτύου υπολογιστών. Τα επιμέρους στοιχεία του δικτύου επικοινωνούν με το NMS μέσω του πρωτοκόλλου X.25. Οι πληροφορίες μεταδίδονται μέσω ενός καναλιού που ονομάζεται EOC (Embedded Operational Channel) και ρέουν μέσω των ιδίων φορέων του δικτύου.

Αξίζει να σημειωθεί από ποιες λειτουργικές μονάδες αποτελείται το NMS, ώστε να γίνει πιο προφανής η δομή του και να μην θεωρείται σαν ένα «μαύρο κουτί». Πιο συγκεκριμένα λοιπόν αποτελείται από:

- 2 ηλεκτρονικούς υπολογιστές τύπου DEC VAX της Digital
- Μια σειρά από τερματικά για τους χειριστές του συστήματος
- Ένα δίκτυο τύπου Ethernet, που συνδέει τους υπολογιστές με τα τερματικά
- Τρεις δρομολογητές, που οδηγούν τα κανάλια EOC όλων των κόμβων σε λογικά κανάλια κατά το πρωτόκολλο X.25
- Ένα κόμβο πρόσβασης, στον οποίο οδηγούνται τα προαναφερθέντα κανάλια και από κει δρομολογούνται στο πλησιέστερο DXC (συγκεκριμένα σε εκείνο της Κωλέττη), για να συνεχίσουν την πορεία τους μέχρι το τελικό προορισμό τους, δηλαδή τους κόμβους, που θα τα χειριστούν.

### ***Συστήματα Ψηφιακής Διασύνδεσης***

Τα συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (DXC) είναι υπεύθυνα για τη μεταγωγή δεδομένων από την περιοχή του ενός συνδρομητή προς την περιοχή του άλλου. Αποτελούν τους βασικούς κόμβους του δικτύου, είναι κέντρα μεγάλης δυναμικότητας και δέχονται ζεύξεις των 2Mbps. Όλοι οι κόμβοι επικοινωνούν με τον κόμβο της Κωλέττη με φορείς των 2Mbps. Η ψηφιακή διασύνδεση γίνεται σε χρονοθυρίδες των 64Kbps. Οι κόμβοι DXC διασυνδέουν μεταξύ τους τις χρονοθυρίδες των 64Kbps, που μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικούς φορείς των 2Mbps, όπως και τμήματα χρονοθυρίδων προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα παροχής ταχυτήτων μικρότερων από 64Kbps.

Η λειτουργία του DXC είναι να διασπάσει το σήμα εισόδου των 2Mbps στα επιμέρους σήματα (64Kbps, ή χαμηλότερου ρυθμού σήματα X.50) και να οδηγήσει το κάθε ένα από αυτά σε άλλο σήμα εξόδου των 2Mbps (που συνήθως καταλήγει σε διαφορετικό κόμβο του δικτύου). Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται κάθε διασύνδεση προκαθορίζεται από τους χειριστές του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η ψηφιακή διασύνδεση και το σήμα του συνδρομητή, περνώντας μέσα από ένα ή περισσότερα DXC και διαγράφοντας μια λογική διαδρομή, καταλήγει στον προορισμό του.

Αν οι 2 συνδρομητές βρίσκονται στην ίδια περιοχή, τότε είναι πιθανό, ο φορέας εξόδου των 2Mbps να είναι ο ίδιος με αυτόν της εισόδου, το σήμα όμως θα βρίσκεται

σε διαφορετική χρονοθυρίδα. Η διαδρομή του σήματος πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα DXC, αφού μέσω των DXC γίνονται οι δρομολογήσεις.

### ***Διατάξεις Τερματισμού Δικτύου***

Η μονάδα αυτή εγκαθίσταται από τον ΟΤΕ, στο χώρο του χρήστη και αποτελεί το σημείο πρόσβασης του στο δίκτυο. Οι τερματικές διατάξεις συνδέονται από τη μια πλευρά με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές των συνδρομητών και από την άλλη με το δίκτυο του ΟΤΕ. Η σύνδεση με τον κόμβο του δικτύου γίνεται μέσω κοινής δισύρματης γραμμής μη φορτισμένης, ενώ για μεγαλύτερες ταχύτητες από τα 128Kbps η γραμμή πρέπει να είναι 4σύρματη με επαναλήπτες (αναγεννητές), κατάλληλη για μετάδοση 2Mbps. Η εμβέλεια του σήματος εξαρτάται κυρίως από την διατομή της γραμμής και είναι περίπου 5Km από το κέντρο του ΟΤΕ στο οποίο βρίσκεται εγκατεστημένος κόμβος του HELLASCOM. Ενδεικτικά η εμβέλεια του σήματος ανάλογα με τη διάμετρο της γραμμής ακολουθεί τις σχέσεις: 1.4mm/5Km – 0.6mm/8Km – 0.8mm/11Km.

### ***Κόμβοι Προσπέλασης και Ευέλικτοι Πολυπλέκτες***

Οι κόμβοι πρόσβασης και οι ευέλικτοι πολυπλέκτες (AN & FMUX) διαχειρίζονται άμεσα το δίκτυο συνδρομητών και πολυπλέκουν τα δεδομένα πολλών συνδρομητών σε ένα κανάλι των 2Mbps. Αυτοί οι κόμβοι συλλέγουν τους συνδρομητές που βρίσκονται εντός ακτίνας 7-9 Km γύρω τους. Η σύνδεση μεταξύ συνδρομητή και κόμβου επιτυγχάνεται μέσω δισύρματου καλωδίου, το οποίο τερματίζει στην πλευρά του συνδρομητή στη διάταξη NTU. Όλοι οι συνδρομητές που συνδέονται με κάποιο κόμβο, πολυπλέκονται ανεξαρτήτως ταχύτητας σε έναν ή περισσότερους φορείς των 2Mbps, οι οποίοι δρομολογούνται μέσω του υπάρχοντος δικτύου του ΟΤΕ μέχρι τον πλησιέστερο κόμβο του DXC. Αυτοί οι κόμβοι είναι υπεύθυνοι για την πολυπλεξία των συνδρομητών σε χρονοθυρίδες του πλαισίου των 2Mbps, όπως επίσης και για την πολυπλεξία X50div30, που καταχωρεί συνδρομητές με ταχύτητες μικρότερες από 64Kbps σε χρονοθυρίδες του πλαισίου των 2Mbps.

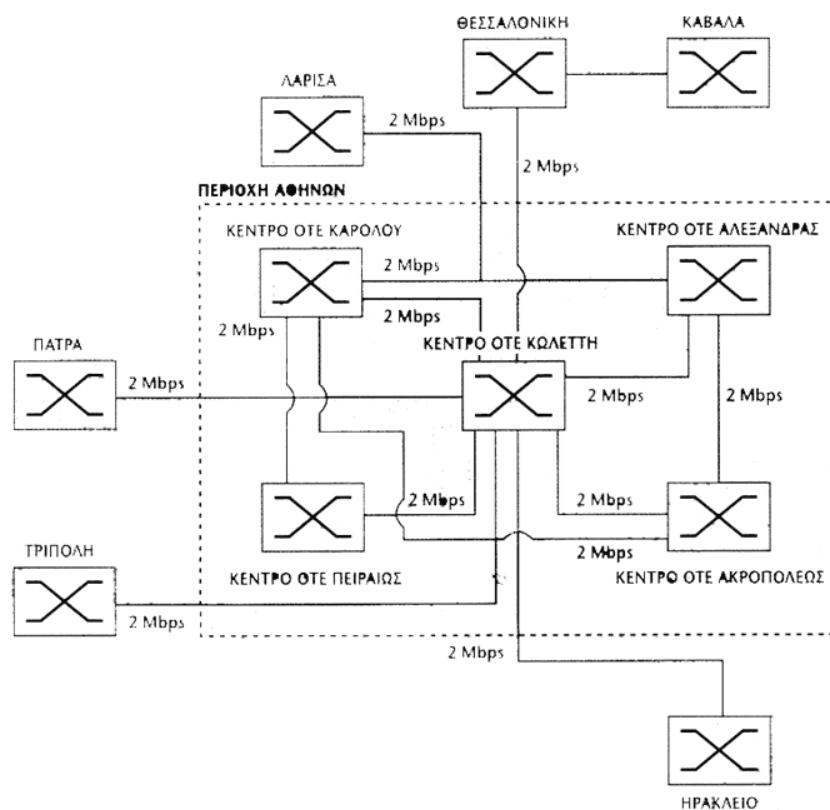
Σε περίπτωση που κάποιος συνδρομητής επιθυμεί ταχύτητα μεγαλύτερη των 128Kbps, που να προσεγγίζει ή να φτάνει τα 2Mbps ή σε περιπτώσεις, που οι εγκαταστάσεις του βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 7 χιλιόμετρα περίπου, μπορούμε να προμηθεύσουμε το συνδρομητή με μια τερματική μονάδα ή με ένα κόμβο (AN). Θα απαιτηθεί όμως τότε ένας φορέας, που μπορεί να παράσχει ταχύτητα 2Mbps αφιερωμένος αποκλειστικά στον συγκεκριμένο συνδρομητή. Γεγονός φυσικά που έχει την αντίστοιχη οικονομική επιβάρυνση.

### ***Τοπολογία Δικτύου***

Ο κορμός του Δικτύου συγκροτείται από συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (DXC) διασυνδεδεμένα με ζευκτικά κυκλώματα 2Mbps και πάνω από 1000 κόμβους πρόσβασης κατανεμημένους σε όλη τη χώρα. Το Δίκτυο αναπτύσσεται συνεχώς καλύπτοντας τις εμφανιζόμενες νέες ανάγκες που αφορούν:

Αποτελεσματικότητα, ταχύτητα, ασφάλεια και οικονομία στη μεταβίβαση δεδομένων

- Υψηλή ποιότητα επικοινωνίας
- Ανταλλαγή μεγάλου όγκου δεδομένων

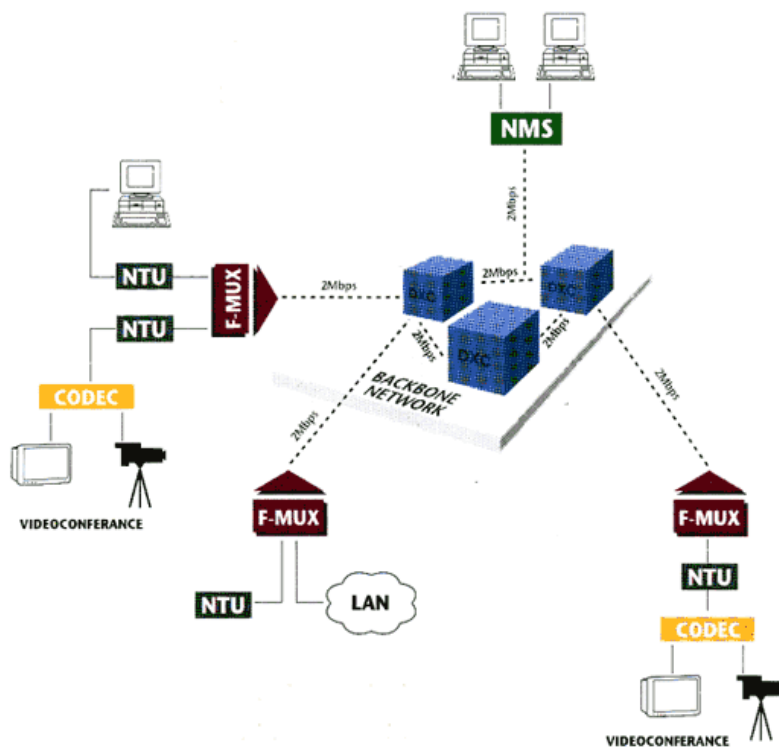


Εικόνα 133: Τοπολογία Δικτύου Διατάξεων Ψηφιακής Διασύνδεσης (DXC)

#### 10.4.4. Εφαρμογές Δικτύου

Η ευελιξία που προσφέρεται μέσω των κόμβων του δικτύου και των διατάξεων ψηφιακής διασύνδεσης αλλά και οι διάφοροι τρόποι σύνδεσης του ευέλικτου πολυπλέκτη μπορούν να ικανοποιήσουν το χρήστη. Έτσι είναι δυνατό να έχουμε συνδέσεις στην πόλη αλλά και συνδέσεις σε εθνική και διεθνή κλίμακα.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι δυνατότητες και οι εφαρμογές που μπορούν να εξυπηρετηθούν από το δίκτυο του HELLASCOM. Μερικές από αυτές, εκτός από τη σύνδεση στο τηλεφωνικό δίκτυο και το FAX, είναι η τηλεδιάσκεψη και σύνδεση κάποιου τοπικού δικτύου στο δίκτυο του HELLASCOM.



Εικόνα 134: Εφαρμογές δικτύου HELLASCOM

#### 10.4.5. Κόστος

Η σύνδεση με το δίκτυο HELLASCOM γίνεται με τη χρήση μισθωμένων ψηφιακών γραμμών οι οποίες διακρίνονται σε αστικές και υπεραστικές. Το κόστος εγκατάστασης μιας τέτοιας γραμμής διαιρείται σε:

- Κόστος για τέλος σύνδεσης ή μεταφοράς ανά άκρο και
- Κόστος που αφορά το μηνιαίο μίσθωμα της γραμμής.

Από εκεί και πέρα η κοστολόγηση προφανώς καθορίζεται και από την ταχύτητα με την οποία ο συνδρομητής επιθυμεί να συνδεθεί στο δίκτυο, αλλά και το αν η σύνδεση αφορά αστικές ή υπεραστικές γραμμές.

Στις υπεραστικές γραμμές του δικτύου HELLASCOM το μίσθωμα κυμαίνεται όχι μόνο ανάλογα με την ταχύτητα πρόσβασης στο δίκτυο αλλά και με την χιλιομετρική απόσταση μεταξύ των 2 άκρων σύνδεσης του κυκλώματος. Οι τιμές αυτές έχουν χωριστεί αναλόγως με το αν τα 2 άκρα είναι απόστασης μέχρι 35 Km ή από 36 μέχρι 70 ή από 71 μέχρι 150 ή άνω των 150 Km.

### 10.5. HELLASSTREAM

Τα τελευταία χρόνια ο ΟΤΕ επεκτείνεται διαρκώς και προχωρά στην εγκατάσταση και διαχείριση δικτύων βασισμένων σε τεχνολογίες αιχμής οι οποίες παρέχουν διαρκώς αναβαθμισμένες υπηρεσίες. Τέτοια περίπτωση αποτελεί το HellasStream. Πρόκειται για ένα δίκτυο βασισμένο στην ATM τεχνολογία (Asynchronous Transfer Mode), η οποία αποτελεί σήμερα ουσιαστικά το σημείο αναφοράς των περισσότερων

δικτύων υψηλών ταχυτήτων. Αυτός είναι και ο λόγος που αυτά τα δίκτυα χαρακτηρίζονται ως «ATM δίκτυα». Στην ουσία λοιπόν το HellasStream αποτελεί το εμπορικό όνομα ενός τέτοιου δικτύου.

Γι αυτό το λόγο – και για τις ανάγκες αυτού του κειμένου – για να περιγράψουμε το δίκτυο HellasStream, αρκεί να περιγραφεί η ATM τεχνολογία.

### 10.5.1. Τι είναι και πού εφαρμόζεται

Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς είναι μια τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας της πληροφορίας πάνω από ένα φυσικό μέσο. Χαρακτηρίζεται ως ασύγχρονος λόγω του τρόπου μεταφοράς των πακέτων – κυψελίδων (cells). Το ATM είχε προταθεί ως η τεχνολογία που θα αντιμετωπίσει τις αδυναμίες των υαρχόντων τρόπων μεταφοράς και ήδη σήμερα χρησιμοποιείται κατά κόρον, δίνοντας λύσεις στη μεταφορά όλων των τύπων της πληροφορίας.

Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο της μεταγωγής πακέτου (packet switching) όσο και της μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching). Από την τεχνική μεταγωγής πακέτων χρησιμοποιεί την διαδικασία πολύπλεξης διάφορων ροών κίνησης από διάφορες πηγές πάνω από συγκεκριμένες φυσικές γραμμές. Από την τεχνική μεταγωγής κυκλώματος έχει κρατήσει την γρήγορη επεξεργασία των πακέτων – κυψελίδων (cells), αποδίδοντας τον ρόλο του ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων στα δύο άκρα επικοινωνίας.

Ο συνδυασμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα το ATM να εξασφαλίζει όχι μόνο την ταυτόχρονη μετάδοση όλων των τύπων πληροφορίας, όπως φωνής, δεδομένων, video και εικόνας, λόγω της ταχύτατης πολύπλεξης της πληροφορίας, αλλά και να αποτελεί την ιδανική λύση δικτύωσης, λόγω της εγγυημένης ποιότητας που παρέχει στη μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφοριών.

Είναι προφανές λοιπόν πως το HellasStream είναι ίσως η ιδανική λύση διασύνδεσης υπολογιστών και δικτύων. Και ένας λόγος που κάνει το HellasStream ακόμα πιο προνομιούχα λύση είναι και η πανελλαδική κάλυψη που προσφέρει, με αποτέλεσμα οποιοσδήποτε φορέας στην Ελλάδα το επιθυμήσει, να έχει τα πλεονεκτήματα που αυτό προσφέρει. Υψηλές ταχύτητες, αξιοπιστία και ασφάλεια και όλα αυτά μέσω μιας ενιαίας πλατφόρμας.

Όπως όμως σε όλα τα ποιοτικά πράγματα στη ζωή, έτσι και στις υπηρεσίες ενός ATM δικτύου, δεν πρέπει να παραβλέπουμε το κόστος με το οποίο επιβαρύνεται ο χρήστης-συνδρομητής. Τίθεται λοιπόν εύλογα το ερώτημα, σε ποιους απευθύνεται ένα τέτοιο δίκτυο και σε ποιους τομείς βρίσκει εφαρμογή.

Το δίκτυο **HellasStream** λοιπόν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σύγχρονες εφαρμογές επικοινωνίας όπως:

- Διασύνδεση τοπικών δικτύων (LAN-LAN Interconnection)
- Ανάπτυξη VPN<sup>14</sup> (Intranet Extranet)
- Διασύνδεση Ιδιωτικών Τηλεφωνικών Κέντρων (PABX Interconnection)

<sup>14</sup> Virtual Private Networks

- Υποστήριξη Εφαρμογών Πολυμέσων από προσωπικό υπολογιστή (Multimedia to the Desktop)
- Video on Demand
- Τηλεδιάσκεψη (Video Conferencing)
- Τηλε-εκπαίδευση
- Μετάδοση ιατρικής εικόνας / Εφαρμογές τηλεϊατρικής (Medical Imaging and Telemedicine)

### 10.5.2. ATM Τεχνολογία

Η ATM τεχνολογία υλοποιεί μετάδοση πληροφορίας με μεταγωγή πακέτου σε υψηλές ταχύτητες (155 Mbps), χρησιμοποιώντας την τεχνική της ασύγχρονης πολύπλεξης (statistical multiplexing) στο χρόνο, όπου η πολυπλεγμένη πληροφορία οργανώνεται σε τμήματα σταθερού μήκους, τα "πακέτα" (cells). Κάθε πακέτο αποτελείται από το πεδίο πληροφορίας (information field) και την επικεφαλίδα (header). Ο βασικός ρόλος της επικεφαλίδας είναι η ταυτοποίηση των κυττάρων που ανήκουν στο ίδιο κανάλι. Τα πακέτα προσδιορίζονται κατόπιν απαίτησης (on demand) ανάλογα με την υπηρεσία και τους διαθέσιμους πόρους, ενώ η διατήρηση της ακολουθίας τους στο κανάλι διατηρείται από το επίπεδο ATM.

Το ATM βασίζεται σε πρωτόκολλα εικονικής σύνδεσης (virtual paths, virtual circuits). Οι συνδέσεις αναγνωρίζονται από τις επικεφαλίδες των κυττάρων και διατηρούν τα ίδια χαρακτηριστικά σε όλη τη διάρκεια μιας κλήσης. Οι πληροφορίες σηματοδότησης και δεδομένων ταξιδεύουν σε διαφορετικά νοητά κανάλια. Το ATM προσφέρει την ίδια δυνατότητα ευέλικτης μεταφοράς σε όλες τις υπηρεσίες, ακόμα και σε αυτές χωρίς φάση εγκατάστασης σύνδεσης. Το ATM εφαρμόζει τις λειτουργίες semantic και time transparency που απαιτεί η ιδέα του B-ISDN, στις δύο άκρες του δικτύου. Ο έλεγχος λαθών στο πεδίο δεδομένων και ο έλεγχος ροής δεν πραγματοποιείται στο δίκτυο.

Η τεχνολογία ATM είναι η πρώτη η οποία συνένωσε τις επικοινωνίες φωνής, video και δεδομένων σε μια κοινή μορφή, κατάλληλη και για τις δύο. Η κοινή μορφή των διαφόρων υπηρεσιών, το πακέτο, μεταδίδεται και δρομολογείται μέσω της πληροφορίας η οποία περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα αυτού και είναι η ταυτότητα των νοητών καναλιών. Μέσω αυτών τα πακέτα μιας υπηρεσίας μεταφέρονται από τον ένα τερματικό σταθμό στον άλλο με την πιθανή παρεμβολή περισσότερων του ενός κέντρων μεταγωγής. Τα κέντρα αυτά (ATM switches) χαρακτηρίζονται από την απλότητα των μηχανισμών τους, αφού η κύρια λειτουργία τους είναι η μεταγωγή των πακέτων από μια εισερχόμενη θύρα (port) σε μια εξερχόμενη, στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Το ATM, όπως και άλλες τεχνολογίες μεταγωγής πακέτων (π.χ. X.25, Frame Relay) δρομολογεί τα πακέτα μέσω της διεύθυνσης που αυτά διαθέτουν.

Ο χρήστης στο ATM έχει τη δυνατότητα προσπέλασης σε ολόκληρο το εύρος ζώνης του καναλιού, οποτεδήποτε θέλει και για όσο θέλει. Το ATM εξασφαλίζει ότι υπηρεσίες όπως φωνή και κινούμενη εικόνα μεταδίδονται σε προτεραιότητα, ενώ ο μέγιστος χρόνος αναμονής του στην ουρά μετάδοσης, είναι ο χρόνος μετάδοσης ενός κυττάρου 53 bytes (περίπου 3μsec σε ρυθμό 155 Mbps). Το γεγονός του κατακερματισμού, μιας μεγάλης σε μήκος ποσότητας δεδομένων, σε πακέτα



ελαττώνει την αποτελεσματικότητα του ATM για τις απλές μεταδόσεις δεδομένων, αλλά επιτρέπει στην ίδια τεχνολογία να χρησιμοποιείται για κάθε είδος υπηρεσίας.

Εκτός των δυνατοτήτων υποστήριξης πολλών υπηρεσιών (multi-service capability) και υψηλού εύρους ζώνης (bandwidth efficiency), η τεχνολογία ATM είναι προσαρμοσμένη στον εκάστοτε απαραίτητο ρυθμό μετάδοσης (scalability), αφού ορίζει μόνο την μορφή του μεταδιδόμενου πακέτου και όχι το ρυθμό μετάδοσης αυτού. Ακόμη, προσφέρει ευελιξία (flexibility) στο χρήστη λόγω του τρόπου που παραχωρεί προσπέλαση στο εύρος ζώνης. Ο χρήστης δηλαδή πληρώνει για τον αριθμό των κυττάρων που στέλνει και όχι για τη δυνατότητα ταχύτητας μετάδοσης που του παρέχεται. Το ATM αναπτύχθηκε με την ιδέα να χρησιμοποιήσει δίκτυα οπτικών ινών και η τυποποίηση SONET (Synchronous Optical Network) για τη μορφή του μεταδιδόμενου πλαισίου, ή την ισοδύναμή της SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Οι τυποποιήσεις αυτές ορίζουν τυπικές τιμές μετάδοσης τα 155,52 Mbps, 622,08 Mbps και 2,48 Gbps.

Τα δίκτυα ATM αποτελούν μία εξέλιξη των αρχιτεκτονικών διασύνδεσης τοπικών δικτύων με σκοπό την αποφυγή των στενωπών που συνεπάγονται οι γνωστές αρχιτεκτονικές μοιραζόμενου μέσου (shared-media) παρέχοντας δυνατότητες κλιμάκωσης του εύρους ζώνης, δημιουργίας "νοητών αυτόνομων δικτύων" (virtual networking) και δυνατότητα υποστήριξης μικτών δικτύων φωνής - δεδομένων και εικόνας. Με τη βοήθεια μεταγωγέων ATM, δρομολογητών εφοδιασμένων με ATM interfaces και πιθανά τελικών σταθμών (π.χ. εξυπηρετητών) με δυνατότητα άμεσης σύνδεσης σε μεταγωγέα ATM μπορούν να επιτευχθούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης και να ικανοποιηθούν οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για εύρος ζώνης. Δεδομένης της ικανότητας των μεταγωγέων ATM για μεταγωγή σε δύο επίπεδα (επίπεδο σύνδεσης και επίπεδο δικτύου) παρέχεται αυξημένη ευελιξία στο σχεδιασμό νοητών δικτύων και ενισχυμένη ικανότητα διαχείρισης σε σχέση με τις αρχιτεκτονικές μοιραζόμενου μέσου. Τυπικοί μεταγωγείς ATM μπορούν να εφοδιασθούν με πολλαπλά LAN ή και WAN interfaces (4, 8, 16 κ.λ.π) με δυνατότητες υποστήριξης των σχετικών προτύπων (ATM Forum, ETSI, TIS1.5 και ITU-T).

Οι τύποι των πιθανών interfaces ποικίλουν και περιλαμβάνουν τις παρακάτω δυνατότητες διασύνδεσης μέσω οπτικών ινών, ομοαξονικών καλωδίων και συνεστραμμένων ζευγών χαλκού:

- SDH STM1 /SONET STS3c (155Mbps) με πολυτροπική ίνα
- TAXI 100Mbps με πολυτροπική ίνα
- SDH STM1 /SONET STS3c (155Mbps) με μονοτροπική ίνα
- DS3/E3 σε ομοαξονικό καλώδιο
- SDH STM1 (155Mbps) με ζεύγη χαλκού κατηγορίας 5 (UTP-5)
- SONET STS-1 (55Mbps) με ζεύγη χαλκού (UTP-3)

### 10.5.3. Τεχνολογική Υπόσταση του Δικτύου

Το ATM σχεδιάστηκε για να καλύψει όλες τις ανάγκες των σημερινών επιχειρήσεων και τηλεπικοινωνιακών οργανισμών.

Το πανελλαδικό δίκτυο του ΟΤΕ περιλαμβάνει συνολικά 47 κόμβους, εξαπλωμένους σε 24 πόλεις τις Ελλάδος. Μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες:

- Σε κόμβους πρόσβασης, πάνω στους οποίους συνδέονται πελάτες και
- Σε κόμβους κορμού.

Τα ζευκτικά κυκλώματά για τους μεν κόμβους κορμού είναι στα 622 Mbps ενώ για τους κόμβους πρόσβασης είναι στα 155 Mbps (αν και αυτά αναβαθμίζονται συνεχώς για να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη κίνηση). Οι κόμβοι που υλοποιούν το δίκτυο είναι τεσσάρων τύπων, δύο τύποι κόμβων πρόσβασης (311 (Ericsson) και 140 (Siemens)) και δύο τύποι κόμβων μεταγωγής κορμού (301 (Ericsson) και 170 (Siemens)). Οι πελάτες μπορούν να συνδεθούν με επαφές Cell Relay στα 2, 34 και 155 Mbps (οπτικές ή ηλεκτρικές) και Frame Relay στα 64 Kbps - 2 Mbps (ηλεκτρικές).

Οι πόλεις που υπάρχουν κόμβοι είναι:

- Ερμού Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο Κρήτης, Κωλέττη Αθήνας, Πάτρα, Πειραιάς, Μαρούσι Αθήνας, Ν. Κηφισιά Αθήνας, Τρίπολη, ΝΥΜΑ Αθήνας, Χολαργός Αθήνας
- Αθήνα, Αλεξάνδρας Αθήνας, Διοικ. Μέγαρο ΟΤΕ Αθήνας, Ελευσίνα, Ηράκλειο Κρήτης, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Κάρολος Αθήνας, Κέρκυρα, Κωλέττη Αθήνας, Πάτρα, Σπάτα Αθήνας, Τούμπα Θεσσαλονίκης, Χαλάνδρι Αθήνας, Χανιά, Τερψιθέα-Καλαμάκι Αθήνας.
- Ερμού Θεσσαλονίκης, Καβάλα, Κωλέττη Αθήνας, Διεθνής Αθήνας, Θεσσαλονίκη
- Αγ. Παρασκευή Αθήνας, Ακρόπολη Αθήνας, Αλεξανδρούπολη, Αμπελόκηποι Θεσσαλονίκης, Βόλος, Υλισσός Αθήνας, Καλαμαριά Θεσσαλονίκης, Καλοχώρι Θεσσαλονίκης, Κοζάνη, Κομοτηνή, Λάρισα,
- Μυτιλήνη, Ξάνθη, Ρόδο, Σάμο, Σύρο, Χίο

#### 10.5.4. Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα

Ο χαρακτήρας και η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία του δικτύου HellasStream του προσδίδει ορισμένα πλεονεκτήματα και υπηρεσίες που δύσκολα βρίσκει ο υποψήφιος χρήστης σε κάποιο άλλο από τα υπάρχοντα δίκτυα του ΟΤΕ. Πλεονεκτήματα όπως:

**Ευελιξία:** Παρέχει στον πελάτη ενιαία πλατφόρμα για τη μετάδοση πολλών τύπων πληροφορίας καθιστώντας με αυτό τον τρόπο μη αναγκαία τη χρήση διαφορετικών δικτύων δεδομένων και φωνής. Έχει δυνατότητα υποστήριξης πολλών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στενής ζώνης (ταχύτητες μετάδοσης < 2 Mbps) και ευρείας ζώνης (ταχύτητα μετάδοσης > 2 Mbps) χάρη στη δυνατότητα πολύπλεξης

**Επεκτασιμότητα:** Ο πελάτης προκειμένου να ικανοποιήσει τις σημερινές και μελλοντικές του ανάγκες εύκολα και γρήγορα μπορεί:

- να επιλέξει την κατάλληλη ταχύτητα πρόσβασης στο δίκτυο
- να αυξήσει ή να μειώσει πολύ εύκολα την ταχύτητα μετάδοσης
- να μεταβάλλει τον αριθμό των σημείων διασύνδεσής του.

**Ταχύτητα:** Η δομή του πρωτοκόλλου ATM επιτρέπει την επίτευξη μεγάλης διεκπεραιωτικής ικανότητας της τάξης των Gbps.

**Οικονομία:** Είναι οικονομική λύση για διασυνδέσεις μεγάλων αποστάσεων καθώς και για διασύνδεση πολλαπλών σημείων. Ο χρήστης, με ένα σημείο πρόσβασης, μπορεί:

- να χρησιμοποιήσει πολλά κυκλώματα και να χρεωθεί το εύρος ζώνης που συνολικά χρησιμοποιεί χωρίς να χρειάζεται να ζητά μεγαλύτερη χωρητικότητα από αυτή που τελικά έχει ανάγκη και
- να ελαττώσει τις δαπάνες του για εξοπλισμό πρόσβασης αφού καταργούνται οι πολλαπλές και διαφορετικές συνδέσεις.

**Αξιοπιστία:** Εγγυάται τις παραμέτρους ποιότητας της πληροφορίας (Quality of Service parameters) καθιστώντας αξιόπιστη τη μετάδοση από άκρο σε άκρο. Ακόμη, το δίκτυο μετάδοσης τύπου SDH που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των κόμβων του δικτύου παρέχει δυνατότητες εφεδρικής δρομολόγησης και προστασίας αυτόματης αναδρομολόγησης.

**Ασφάλεια:** Προσφέρει ασφάλεια στη μετάδοση της πληροφορίας λόγω των κοινών χαρακτηριστικών των ιδεατών κυκλωμάτων του με τα μισθωμένα κυκλώματα. Ακόμη το δίκτυο εξασφαλίζει υψηλή ασφάλεια στη μετάδοση πληροφοριών λόγω του ότι ανήκει αποκλειστικά στον ΟΤΕ, ο οποίος έχει την πλήρη διαχείριση του δικτύου από άκρο σε άκρο, χωρίς να μεσολαβούν άλλοι παροχείς.

**Εκσυγχρονισμός:** Είναι ιδανικό ως δίκτυο υποδομής για δίκτυα άλλων τεχνολογιών (π.χ. IP και Frame Relay) παρέχοντας με αυτό τον τρόπο οικονομίες κλίμακας στην ανάπτυξη δικτύων - κορμού επιχειρήσεων και παροχών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

**Μεγάλη Γεωγραφική Έκταση.** Παρέχει πανελλαδική κάλυψη με κόμβους στις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας οι οποίοι διασυνδέονται κυρίως με ταχύτητα μετάδοσης μεγαλύτερη από 155 Mbps καθώς και διεθνείς διασυνδέσεις με Ευρώπη και Αμερική.

Έτσι, ένα δίκτυο ATM προσφέρει την αναγκαία υποδομή για την παροχή ολοκληρωμένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μειωμένου κόστους, υψηλής ποιότητας και την προοπτική γρήγορης εξάπλωσης των δικτύων ευρείας ζώνης.

Τα πλεονεκτήματα αυτά που αναφέρθηκαν δίνουν μια ένδειξη ότι το HellasStream μπορεί να παρέχει μια ευρεία ποικιλία υπηρεσιών, ακόμα και των πιο απαιτητικών όπως είναι οι υπηρεσίες πολυμέσων (multimedia) μερικές από τις οποίες είναι:

- Video on demand
- Τηλε-εκπαίδευση
- Τηλε-ιατρική
- Εικονο-τηλεφωνία
- Διασύνδεση τοπικών δικτύων
- Ενοποίηση Φωνής και Δεδομένων (VoATM)

Οι ταχύτητες στις οποίες παρέχονται οι υπηρεσίες αυτές είναι αρκετές και μένει στην διακριτική ευχέρεια του χρήστη να επιλέξει ποια είναι εκείνη που καλύπτει τις ανάγκες του. Το δίκτυο προσφέρει σήμερα ταχύτητες πρόσβασης 2, 34 και 155 Mbps.

Για να ικανοποιήσει τις ανάγκες διασύνδεσης του, μπορεί να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία μόνιμων ιδεατών συνδέσεων (PVCs) ταχύτητας μετάδοσης από 8 Kbps έως 155 Mbps. Κάθε PVC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετική υπηρεσία ή διαφορετικό προορισμό.

Ο τρόπος σύνδεσης με το HellasStream ποικίλει και μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- Με Κλασικές ATM (Cell Relay) συνδέσεις
- Με Frame Relay συνδέσεις
- Με Circuit Emulation συνδέσεις

Οι τρόποι αυτοί σύνδεσης περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω.

### ***Κλασικές ATM***

Οι συνδέσεις μέσω κλασικών ATM ή Cell Relay διεπαφών παρέχουν μόνιμα νοητά κυκλώματα (PVC) και μόνιμα νοητά μονοπάτια (PVP). Το δίκτυο μπορεί επιπλέον να παρέχει Μονοκατευθυντικά και διπλοκατευθυντικά Ασύμμετρα Λογικά Κανάλια.

Σε αυτές τις συνδέσεις το δίκτυο δέχεται από τον χρήστη, κίνηση σε μορφή κυψελών (cells). Οι ATM υπηρεσίες αυτές διακρίνονται σε:

**Σταθερού Ρυθμού - CBR<sup>15</sup>:** Υποστηρίζουν κίνηση σταθερού ρυθμού. Είναι κατάλληλες για εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real time) όπως η μετάδοση φωνής και η τηλεδιάσκεψη, όπου είναι απαραίτητη η σταθερότητα στην ταχύτητα για να αποφεύγονται κακής ποιότητας μεταδόσεις. Η υπηρεσία αυτή χαρακτηρίζεται από την παράμετρο κίνησης PCR (Peak Cell Rate) η τιμή της οποίας προσδιορίζει το εύρος ζώνης του PVC ή PVP σε bps.

**Μεταβλητού ρυθμού – VBR:** Η υπηρεσία VBR χαρακτηρίζεται από τις παραμέτρους κίνησης PCR (Peak Cell Rate) και SCR (Sustainable Cell Rate) η τιμή της οποίας χαρακτηρίζει το μέσο ρυθμό μετάδοσης σε bps. Οι δυο αυτές παράμετροι συνδέονται μεταξύ τους με σταθερό λόγο Burst Ratio = PCR/SCR. Η υπηρεσία αυτή παρέχεται μόνο για PVC και διακρίνεται σε πραγματικού και μη πραγματικού χρόνου.

- **rt- VBR (Real Time- Variable Bit Rate):** Υποστηρίζουν κίνηση από πηγές που εκπέμπουν σε πραγματικό χρόνο, με μεταβλητό ρυθμό (η εκπομπή κατά περιόδους γίνεται με ριπές) και είναι κατάλληλες για εφαρμογές πακετοποιημένης φωνής και συμπιεσμένου video.
- **nrt-VBR (Non Real Time- Variable Bit Rate):** Υποστηρίζουν κίνηση μεταβλητού ρυθμού που δεν είναι ευαίσθητη σε μικρές καθυστερήσεις μετάδοσης, όπως η μετάδοση δεδομένων.

Για την καλύτερη κατανόηση των παραμέτρων κίνησης παρατίθεται το παρακάτω παράδειγμα:

Αν στη σύμβαση ΟΤΕ – Πελάτη προβλέπεται η παροχή της υπηρεσίας VBR - RT με PCR = 6 Mbps και SCR = 2 Mbps, τότε η τιμή Burst Ratio θα είναι 3. Με αυτές τις

<sup>15</sup> Constant Bit Rate

τιμές ο σταθμός του χρήστη εκπέμπει σε πραγματικό χρόνο, με ρυθμό 2 Mbps με τη δυνατότητα αύξησης του ρυθμού, σε μικρές περιόδους (Bursts), μέχρι 6 Mbps.

Αντιστοίχως, τα ίδια ισχύουν και για την υπηρεσία VBR – NRT.

Ευνόητο είναι ότι το Σύστημα ελέγχει τη χρήση κάθε σταθμού δεδομένων και δεν επιτρέπει στον πελάτη να κάνει κατάχρηση της δυνατότητας υπέρβασης του SCR πέραν των ορίων που αναφέρονται στη σύμβαση.

Οι προσφερόμενες ταχύτητες για αυτό τον τρόπο σύνδεσης είναι οι εξής:

- 2-149 Mbps με βήμα 1 Mbps, για **CBR**
- 2-148 Mbps με βήμα 2 ή 3 ή 4 Mbps, για **VBR**

Τέλος, αξίζει φυσικά να σημειωθεί πως κάθε διαφορετικός τρόπος σύνδεσης χρειάζεται και διαφορετικό εξοπλισμό. Έτσι για να επιτευχθεί η σύνδεση μέσω κλασικών ATM υπηρεσιών στο δίκτυο πρέπει ο χρήστης να διαθέτει μια ελεύθερη διεπαφή προς τη διάταξη πρόσβασης στο HellasStream που να υποστηρίζει το ATM UNI 3.1.

### ***Frame Relay***

Οι συνδέσεις Frame Relay διεπαφών παρέχουν μόνιμα νοητά κυκλώματα (PVC). Σε αυτές τις συνδέσεις το δίκτυο δέχεται από τον χρήστη, κίνηση σε μορφή πλαισίων (frames).

Οι προσφερόμενες ταχύτητες για αυτό τον τρόπο μετάδοσης κυμαίνονται μεταξύ 8 Kbps έως 2 Mbps και ο απαραίτητος εξοπλισμός για τη σύνδεση είναι μια ελεύθερη frame relay διεπαφή προς τη διάταξη πρόσβασης στο HellasStream. Η τοποθέτηση των modems αυτών γίνεται από τον ΟΤΕ.

### ***Circuit Emulation***

Πρόκειται για ψηφιακές μισθωμένες γραμμές με κεντρική διαχείριση, που παρέχονται μέσω διεπαφών του δικτύου ATM, κατάλληλες για διασύνδεση ιδιωτικών τηλεφωνικών κέντρων (PABX Interconnection).

Προσφέρει ταχύτητες που κυμαίνονται σε ένα εύρος  $N \cdot 64$  Kbps όπου  $N=[4,31]$  και προκειμένου να συνδεθεί ο πελάτης με αυτό τον τρόπο είναι αναγκαία μια ελεύθερη διεπαφή G703, που να υποστηρίζει E1 δομημένη κίνηση, προς τη διάταξη πρόσβασης (π.χ. PABX).

## **10.5.5. Κόστος**

Το κόστος παροχής των υπηρεσιών του ATM δικτύου καθορίζεται από ορισμένους παράγοντες οι οποίοι επιγραμματικά είναι:

- Τέλος σύνδεσης ή μεταφοράς σύνδεσης
- Μηνιαίο τέλος πρόσβασης ανά άκρο
- Μηνιαίο τέλος χρήσης ανά άκρο
- Δευτερεύοντα τέλη (για τη σύνδεση (αλλαγή ταχύτητας, μεταφορά), για το PVC (κατασκευή, αλλαγή υπηρεσίας ή ταχύτητας)

Οι παραπάνω γενικές κατηγοριοποιήσεις διαφοροποιούνται μερικώς αναλόγως με το είδος της υπηρεσίας – σύνδεσης.

Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση των κλασικών ATM συνδέσεων (cell relay) υπάρχει περαιτέρω διάκριση της τιμολόγησης στο μηνιαίο τέλος χρήσης του PVC αναλόγως με το αν είναι CBR ή VBR και αστικό ή υπεραστικό<sup>16</sup> (το υπεραστικό με τη σειρά του διακρίνεται στο αν το PVC είναι περισσότερο ή λιγότερο από 150 km).

Όσον αφορά τις frame relay συνδέσεις γίνονται πάλι ανά άκρο όμως στην περίπτωση χρήσης Μονοκατευθυντικού Λογικού Καναλιού η χρέωση είναι προσαυξημένη κατά 20% της χρέωσης ενός άκρου διπλοκατευθυντικού Συμμετρικού Λογικού Καναλιού. Επίσης η χρήση διπλοκατευθυντικού Ασύμμετρου Λογικού Καναλιού χρεώνεται ως άθροισμα χρεώσεων δύο Μονοκατευθυντικών Λογικών Καναλιών.

Τέλος στο Circuit Emulation η φιλοσοφία των χρεώσεων ακολουθεί τον τρόπο τιμολόγησης των κανονικών κυκλωμάτων όπως συμβαίνει με τις συνδέσεις του δικτύου Hellascom και όχι των νοητών κυκλωμάτων (PVC) όπως συμβαίνει με τις υπηρεσίες X.25 (Hellaspac), Frame Relay και Cell Relay. Αν και εδώ δεν υπάρχει η λογική των PVC, υπάρχει επίσης διάκριση μεταξύ αστικών και υπεραστικών συνδέσεων.

## 10.6. ISDN

Για τα βασικά χαρακτηριστικά, την αρχιτεκτονική και τον απαιτούμενο εξοπλισμό του δικτύου ISDN που παρέχει ο ΟΤΕ έγινε εκτενής αναφορά στο Κεφάλαιο 5. Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούν ορισμένα στοιχεία που αφορούν τα κόστη και τη διαθεσιμότητα των ISDN υπηρεσιών.

### 10.6.1. Κόστος

Η τιμολόγηση του ISDN διακρίνεται στα παρακάτω τέλη:

**Τέλη σύνδεσης**, που αφορούν το κόστος εγκατάστασης ISDN BRA ή ISDN PRA συνδέσεων.

**Μηνιαία τέλη**. Είναι στην ουσία το πάγιο μηνιαίο τέλος.

**Τέλη επικοινωνιών**. Πρόκειται για τις αστικές, υπεραστικές και διεθνείς κλήσεις οι οποίες εξαρτώνται από τη χρήση της τηλεφωνικής γραμμής και ακολουθούν την τιμολόγηση του Δημόσιου Επιλεγόμενου Δικτύου. Εκτός όμως από αυτού του είδους την επικοινωνία, υπάρχουν και τηλετυπικές, data και με χρήση εικονοτηλεφώνων επικοινωνίες, οι οποίες τιμολογούνται ανάλογα.

**Λοιπά τέλη**, όπως είναι τέλη μεταφοράς, επανασύνδεσης καθώς και τα τέλη που οφείλονται στην χρήση των διαφόρων συμπληρωματικών υπηρεσιών, μερικά εκ των οποίων παρέχονται και δωρεάν.

<sup>16</sup> Υπεραστικό είναι το PVC του οποίου τα άκρα ανήκουν σε διαφορετικά Κομβικά Κέντρα

## 10.7. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΤΟΥ ΟΤΕ

Αφού παρουσιάστηκαν τα διάφορα δίκτυα του ΟΤΕ, είναι απαραίτητο να γίνει και μια σύγκριση μεταξύ τους για να δούμε ποιο δίκτυο καλύπτει καλύτερα συγκεκριμένες ανάγκες ανθρώπων που θέλουν να χρησιμοποιήσουν υπηρεσίες που προσφέρονται από περισσότερα του ενός υπάρχοντα δίκτυα του ΟΤΕ.

Η σύγκριση αυτή πρέπει να γίνει όχι μόνο από τη σκοπιά του συνδρομητή που συνεπάγεται την παρουσίαση των παρεχόμενων υπηρεσιών και του κόστους χρήσης αλλά και από τη μεριά των τεχνολογικών χαρακτηριστικών και της υποδομής.

### 10.7.1. Αξιολογώντας τα Ενσύρματα Δίκτυα

#### *Υποδομή*

Αναμφίβολα το πιο εκτεταμένο δίκτυο στην Ελλάδα είναι εκείνο του Επιλεγόμενου Τηλεφωνικού Δικτύου. Αυτό άλλωστε είναι το πιο φυσικό αφού είναι και το μακροβιότερο στην Ελλάδα. Μάλιστα αποτελεί και τη βάση για αρκετά από τα υπόλοιπα δίκτυα, όπως κυρίως το ISDN και το HELLASPAC. Δεν είναι όμως σε καμία περίπτωση το πιο τεχνολογικά προηγμένο. Σε αυτή τη θέση μπορεί να τοποθετηθεί πιθανότατα το HELLASSTREAM, καθότι η τεχνολογία του είναι εκείνη που αποτελεί την πρωτοπόρο σε σχέση με τα υπόλοιπα (ATM πρωτόκολλο). Χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό από packet και circuit switching δρομολόγηση με πολυπλεξία και μπορεί να χρησιμοποιήσει cell relay, frame relay ή circuit emulation συνδέσεις. Το ATM δίκτυο χρησιμοποιεί πολυπλέκτες και μεταγωγείς, όπως συμβαίνει και με τις ψηφιακές μισθωμένες γραμμές, με αποτέλεσμα να μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες και ταχύτητες ισάξιες με εκείνες των μισθωμένων γραμμών. Εξαιρετικά προηγμένο όμως μπορεί να θεωρηθεί και το HELLASCOM αφού είναι ένα πλήρως ψηφιακό δίκτυο με ανίχνευση και διόρθωση λαθών. Σε αντίθεση με το HELLASCOM το Frame Relay δε διαθέτει μηχανισμούς ανίχνευσης και προφανώς και διόρθωσης λαθών και βασίζεται στην τεχνική του fast packet transmissions με μεταβλητού μήκους πλαίσια. Με αυτό τον τρόπο η μετάδοση των δεδομένων γίνεται προφανώς ταχύτερα, επειδή επιτυγχάνεται η μεταφορά δεδομένων σε μορφή ροής, χωρίς την πολυδιάσπαση τους. Το Frame Relay ως εξέλιξη του γνωστού και παγιωμένου X.25 είναι σαφώς καλύτερο του και γι αυτό το λόγο ενσωματώθηκε σαν τεχνολογία στο παλαιωμένο πλέον δίκτυο HELLASPAC, το οποίο επειδή χρησιμοποιεί μεταγωγή πακέτου και αναλογικές γραμμές δε μπορεί να θεωρηθεί σύγχρονο και επομένως να επιτύχει ικανοποιητικές ταχύτητες μετάδοσης. Είναι όμως και αυτό ένα ιδιαίτερα εκτεταμένο δίκτυο με 10000 πόρτες πρόσβασης σε αυτό και 72 κόμβους που μπορούν να εξυπηρετήσουν ανάγκες για διασύνδεση στο δίκτυο αυτό. Τα ίδια ισχύουν και για το τηλεφωνικό δίκτυο. Σε αντίθεση όμως με αυτά τα δύο δίκτυα έρχεται να αντιταθεί το ISDN, το οποίο ως πλήρως ψηφιακό δίκτυο προσφέρει καλύτερες και πιο αξιόπιστες υπηρεσίες, όπως θα εξηγηθεί και παρακάτω.

#### *Υπηρεσίες*

Οι υπηρεσίες που προσφέρει ένα δίκτυο είναι άμεση συνάρτηση της υποδομής και της τεχνολογικής του υπόστασης.

Είναι λοιπόν λογικό, το αναλογικό σήμα του τηλεφωνικού δικτύου να είναι αναξιόπιστο, χαμηλής ποιότητας και ταχύτητας. Για χαμηλής όμως ταχύτητας δίκτυα

το X.25 είναι αρκετά στέρεο πρωτόκολλο και επιβιώνει ακόμα και από μεγάλα συγκριτικά επίπεδα λαθών. Το πρόβλημα εδώ είναι το κόστος για αυτή την ανοχή στα λάθη και η ανικανότητα εκμετάλλευσης πιο προηγμένων και ποιοτικών γραμμών μετάδοσης. Έτσι οι μέγιστες ταχύτητες που μπορούν να μεταδώσουν και να λάβουν τα X.25 δίκτυα (όπως το τηλεφωνικό) περιορίζονται στα 64 kbps. Παρόλα αυτά το X.25 παραμένει ενεργό κυρίως λόγω της ικανότητας του για διασύνδεση συσκευών όλων των κατασκευαστών αλλά και λόγω της θέσης που κατείχε τόσα χρόνια στην αγορά.

Καλύτερη είναι η κατάσταση στο HELLASPAC, του οποίου οι παρεχόμενες ταχύτητες αν και ξεκινούν από 300 bps μπορούν να φτάσουν μέχρι και 2 Mbps. Στις υψηλές βέβαια ταχύτητες αυτές υπαίτια είναι η Frame Relay τεχνολογία η οποία αργότερα αναμένεται να διευρύνει το εύρος ζώνης της στα 34 Mbps. Τα πλεονεκτήματα σε αυτό το δίκτυο (που στην ουσία καλύπτεται από την ονομασία HELLASPAC II, είναι ότι σε αντίθεση με το HELLASPAC I, υποστηρίζει τη διασύνδεση τοπικών δικτύων και διαθέτει σταθερές χρεώσεις ανεξάρτητες από τον όγκο των δεδομένων που διακινούνται μέσω του δικτύου. Αυτή λοιπόν η εξέλιξη του HELLASPAC II είναι που το έφερε στη θέση να μπορεί να συναγωνιστεί το HELLASCOM, στο οποίο οι παρεχόμενες ταχύτητες κυμαίνονται μεταξύ 2.4 kbps και 2 Mbps. Η σύνδεση στο δίκτυο γίνεται με χρήση ψηφιακών μισθωμένων γραμμών που συνεπάγονται την ασφάλεια και αξιοπιστία στις μεταδόσεις χωρίς επιπλέον, η χρέωση να εξαρτάται από τον όγκο της μεταδιδόμενης πληροφορίας.

Το δίκτυο όμως που φυσικά υπερτερεί έναντι όλων από την άποψη της ταχύτητας είναι το ATM (HELLASSTREAM). Οι ταχύτητες του δικτύου ξεκινούν από 2 Mbps και φτάνουν μέχρι και τα 155 Mbps, αν πρόκειται για Cell Relay διεπαφές, από 64 kbps μέχρι και 2 Mbps, αν πρόκειται για Frame Relay διεπαφές και από 256 kbps ως και 2 Mbps για Circuit Emulation διεπαφές. Μεγάλο πλεονέκτημα για το ATM δίκτυο αποτελεί η δυνατότητα για δέσμευση bandwidth π.χ. για τηλεδιάσκεψη ενώ συγχρόνως στέλνουμε fax πάνω από την ίδια γραμμή θέτοντας μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έχουμε ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service – QoS) και γενικά μπορούμε να διαχειριστούμε το bandwidth πολύ αποδοτικά. Εκτός από την δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής, video, εικόνας και data (υπηρεσία που παρέχεται και από άλλα δίκτυα, όπως το ISDN) υποστηρίζεται ικανοποιητικά και η διασύνδεση τοπικών δικτύων, όπως και οι διάφορες μορφές τηλε-υπηρεσιών (τηλε-εργασία, τηλε-εκπαίδευση, τηλε-ιατρική κτλ).

Το ATM όμως αν και διαθέτει τις μεγαλύτερες ταχύτητες συγκριτικά με τα υπόλοιπα δίκτυα, σε ταχύτητες κάτω των 2 Mbps υστερεί σε σχέση με το Frame Relay κυρίως λόγω του μεγέθους της κυψελίδας – πακέτου (53 bytes) που δε μπορεί να είναι αποδοτικό σε τέτοιες ταχύτητες. Η διάρκεια αποστολής μιας κυψελίδας (cell) στα 512 kbps είναι περίπου 1 msec ενώ στα 34 Mbps είναι 12 nsec. Δεδομένης λοιπόν της ιδιαιτερότητας αυτής, χρησιμοποιείται συχνά κάποιο υβριδικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο γίνεται χρήση Frame Relay για χαμηλότερες ταχύτητες και ATM για μεγαλύτερες.

Τέλος, το ISDN ίσως να αποτελεί το ιδανικό δίκτυο για μικρομεσαίες επιχειρήσεις δεδομένων των υπηρεσιών και των ταχυτήτων που προσφέρει η πρωτεύουσα πρόσβαση, αλλά και για ιδιώτες αφού ακόμα και με την βασική πρόσβαση τα πλεονεκτήματα για έναν οικιακό χρήστη είναι πολλά περισσότερα συγκριτικά με το επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο. Το γεγονός ότι το δίκτυο του και ο τρόπος μετάδοσης του σήματος είναι πλήρως ψηφιακός αποτελεί σίγουρα σοβαρό



πλεονέκτημα, όπως και η δυνατότητα να επιλέξει ο συνδρομητής τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιήσει το παρεχόμενο σ' αυτόν bandwidth. Η δυνατότητα επιλογής 2 ή 30 Β καναλιών (βασική ή πρωτεύουσα πρόσβαση), όπως και η περαιτέρω επιλογή του τρόπου χρήσης των καναλιών αυτών είναι ισχυρό κίνητρο. Πλεονέκτημα αποτελεί φυσικά και η συμβατότητα του δικτύου ISDN με τα υπόλοιπα δίκτυα.

### **Κόστος**

Ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας που μπορεί σαφώς να διακρίνει τα δίκτυα και τις υπηρεσίες τους είναι το κόστος στο οποίο αυτά παρέχονται.

Σήμερα ο ΟΤΕ, προσπαθεί να ακολουθήσει μια τιμολογιακή πολιτική που να μην οδηγήσει στους «αφανισμό» κανενός από τα υπάρχοντα δίκτυα του και αντιθέτως προσπαθεί να δώσει κίνητρα ώστε οι φορείς και οι επιχειρήσεις να επιλέξουν το δίκτυο που τους συμφέρει σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες. Γι αυτό και είναι δύσκολο να ειπωθεί ότι το «τάδε» δίκτυο είναι πιο φτηνό ή το «δείνα» είναι πιο ακριβό. Αυτό που είναι σαφές πάντως όπως και να έχει, είναι ότι το κόστος ανεβαίνει όσο η παρεχόμενη ταχύτητα αυξάνει. Επομένως είναι λογικό εκείνοι οι οποίοι θα απαιτήσουν ταχύτητες της τάξεως των 34 ή 155 Mbps και επομένως χρήση είτε του HELLASSTREAM δικτύου είτε της παροχής απευθείας μισθωμένης γραμμής, να επιβαρυνθούν με μεγαλύτερο κόστος. Παρόλα' αυτά ακόμα και σε εκείνες τις ταχύτητες τα πράγματα δεν είναι ξεκαθαρισμένα διότι υπάρχει περίπτωση σε τέτοιες ταχύτητες και για αστικές συνδέσεις να συμφέρει οικονομικά η λύση των μισθωμένων γραμμών ενώ στην περίπτωση των υπεραστικών συνδέσεων, η λύση του ATM δικτύου είναι σαφώς προτιμότερη.

Τα πράγματα περιπλέκονται περισσότερο στην περιοχή των 2 Mbps, περιοχή η οποία αποτελεί κομβικό σημείο για τις περισσότερες τεχνολογίες και δίκτυα (ψηφιακές μισθωμένες γραμμές, HELLASCOM, HELLASPAC II, FRAME RELAY, ATM, ISDN). Σ' αυτή την ταχύτητα λοιπόν συμφέρουσα αποδεικνύεται η λύση του HELLASSTREAM με FRAME RELAY όμως διεπαφές και κατά δεύτερο λόγο οι μισθωμένες γραμμές μέσω του HELLASCOM δικτύου.

Άλλο ένα και τελευταίο δύσκολο σημείο είναι η περιοχή κάτω των 256 kbps, όπου είναι δύσκολο να επιλεγεί κάποιο μεταξύ των HELLASCOM, HELLASPAC. Σ' αυτή την περίπτωση ρόλο στην επιλογή παίζει το αν ο υποψήφιος συνδρομητής που επιθυμεί τέτοια ταχύτητα πρόσβασης, σκοπεύει να κάνει μεγάλη χρήση της γραμμής του, γεγονός το οποίο συνεπάγεται μεγάλο όγκο δεδομένων, οπότε και η λύση του HELLASPAC δεν είναι η καλύτερη δυνατή, εφόσον υπάρχει τόσο τέλος επικοινωνίας όσο και τέλος όγκου. Αν όμως ο συνδρομητής δεν έχει πρόβλημα η σύνδεση του να είναι μη σταθερή τότε η σύνδεση μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου στο HELLASPAC είναι σαφώς συμφέρουσα.

Τέλος αξίζει να προσεχθεί ιδιαίτερα το ISDN, το οποίο εξαιτίας της τεχνολογίας και των παρεχόμενων υπηρεσιών του μπορεί να καλύψει είτε μερικώς, είτε και ολικώς τις ιδιότητες των περισσότερων δικτύων. Όσον αφορά τη βασική πρόσβαση αν αντιπαρατεθεί με το επιλεγόμενο δίκτυο, σίγουρα υπερτερεί από τη στιγμή που το πάγιο μηνιαίο τέλος αν και είναι μεγαλύτερο, η διαφορά με την απλή τηλεφωνική σύνδεση είναι τόσο μικρή σε σχέση με τα πλεονεκτήματα που αυτό παρουσιάζει και τις υπηρεσίες που παρέχει, οπότε είναι ίσως η μόνη περίπτωση όπου το κόστος δεν παίζει τόσο μεγάλο ρόλο. Από εκεί και ύστερα, στην πρωτεύουσα πρόσβαση, το αν συμφέρει ή όχι εξαρτάται από τον τρόπο που επιθυμεί ο συνδρομητής να χρησιμοποιήσει τα παρεχόμενα κανάλια. Μπορεί να δημιουργήσει άνετα ένα μικρό

τηλεφωνικό κέντρο και να εξοικονομήσει αρκετά χρήματα κατά αυτό τον τρόπο, ή μπορεί και να το χρησιμοποιήσει σαν εναλλακτικό εργαλείο για την εξυπηρέτηση αναγκών τηλεδιάσκεψης και τηλε-εργασίας. Και πάλι λοιπόν το επιλεγόμενο δίκτυο είναι συνάρτηση των αναγκών του χρήστη – συνδρομητή.

### **10.7.2. Συγκρίνοντας τις Ενσύρματες Επικοινωνίες με τις Ασύρματες**

Στα ερχόμενα χρόνια είναι σίγουρο ότι θα υπάρξει μια μεγάλη – ακόμα μεγαλύτερη από τη σημερινή – ανάπτυξη των ασύρματων και δορυφορικών επικοινωνιών και δικτύων. Η ελευθερία που παρέχει η μη χρήση καλωδίων και άλλων τοπικά περιοριστικών παραγόντων είναι κάτι που ίσως να λειτουργήσει εις βάρος των καθιερωμένων και ευρέως διαδεδομένων τρόπων διασύνδεσης ανθρώπων και υπολογιστών.

Οι λόγοι που ενδέχεται να οδηγήσουν σε κάτι τέτοιο είναι στην ουσία και οι διαχωριστικές ζώνες μεταξύ των ασύρματων και των ενσύρματων δικτύων και του ΟΤΕ. Είναι κυρίως οι υψηλότερες ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν με πιο εύκολο τρόπο με τις ασύρματες επικοινωνίες και σε αισθητά χαμηλότερο κόστος ο κυριότερος τομέας στον οποίο φαίνεται να υπερτερούν τα ασύρματα δίκτυα. Φυσικά δεν πρέπει να παραμεληθεί και η έλλειψη των αντι-αισθητικών και αντι-λειτουργικών καλωδίων. Εκεί όμως που αναμφισβήτητα οι ασύρματες και δορυφορικές επικοινωνίες θα φανούν πολύ πιο χρήσιμες είναι στον «στίβο» των ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων εξαιτίας της αισθητά μεγαλύτερης ευκολίας και οικονομίας που παρέχουν.

Φυσικά οφείλουμε να επισημάνουμε τη μεγάλη σημασία των ασύρματων δικτύων σε τομείς ζωτικής σημασίας όπως είναι η ναυτιλία η αεροπορία, αλλά και στις διαστημικές επιχειρήσεις.

Σοβαρό όμως μειονέκτημα των ασύρματων δικτύων και κύριος λόγος που δεν έχει καταφέρει να υπερκεράσει μέχρι στιγμής τα ενσύρματα δίκτυα, είναι η χαμηλή αξιοπιστία που παρέχουν, οφειλόμενη στην φυσική αδυναμία τους επηρεαζόμενα από τις εκάστοτε καιρικές και κλιματολογικές συνθήκες. Μεγάλο πρόβλημα επιπλέον αποτελεί η έλλειψη ασφάλειας, εξαιτίας της αδυναμίας υλοποίησης ενός (ή περισσοτέρων) πρωτοκόλλων ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων πάνω από ένα μη ασφαλές μέσο μετάδοσης όπως είναι ο αέρας.

Αυτό που μπορεί να ειπωθεί γενικώς σχετικά με τα ασύρματα και τα ενσύρματα δίκτυα είναι ότι δε μπορεί να γίνει σαφής σύγκριση και αξιολόγηση καθότι καλούνται συνήθως να εξυπηρετήσουν διαφορετικές ανάγκες και διαφορετικά πεδία εφαρμογής. Εκεί όμως που είναι εφικτή η σύγκριση αφορά κυρίως την πρόσβαση τους σε τοπικά και ευρείας περιοχής δίκτυα, σύμφωνα με τα σχόλια που δόθηκαν παραπάνω.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. Αλεξόπουλος – Γ. Λαγογιάννης, Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Ενημερωτικά Φυλλάδια ΟΤΕ (HELLASPAC, HELLASCOM, ISDN, Μισθωμένες Γραμμές)

Πομπορτής Α., Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών (εκδόσεις Α.Τζιόλα Ε.)

Σκουλάτος Β., ΟΤΕ ΑΕ, Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Μέρος Α: Γενικά – Δίκτυα Μεταγωγής Κυκλώματος

Σκουλάτος Β., ΟΤΕ ΑΕ, Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Μέρος Β: Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτων

Andrew S. Tanenbaum, “Computer Networks”, Prentice-Hall, 1989.

Frank J. Derfler, Jr, “PC Magazine Guide to Connectivity”, Ziff-Davis Press, 1991.

Gast, S. Matthew, “802.11 Wireless Networks–The Definitive Guide”, O’Reilly & Associates, 2002.

IEEE 802.11-1999, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”, 1999.

IEEE 802.11b-1999, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2,4 GHz Band”, 1999.

IEEE 802.11a-1999, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band”, 1999.

Paul J. Fortier, “Handbook of LAN Technology”, New York, McGraw-Hill, 1989.

Robert Cole, “Computer Communications”, McGraw-Hill, 1987.

Sherman K. Schlar, “INSIDE X.25: A Manager’s Guide”, McGraw-Hill, 1990.

Simon Buckingham, Mobile Lifestreams Limited : An Introduction to the General Packet Radio Service. (<http://www.gsmworld.com/>)

Walrand J., Varaiya P., High Performance Communication Networks (Morgan Kaufmann Publishers)

William Stallings, Επικοινωνίες Υπολογιστών και Δεδομένων, Έκτη Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα

RFC 1752, The Recommendation for the IP Next Generation Protocol. S. Bradner, A. Mankin. January 1995. (Status: Proposed Standard)

RFC 1883, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. S. Deering, R. Hinden. December 1995. (Obsoleted by RFC2460) (Status: Proposed Standard)

RFC 1809, Using the Flow Label Field in IPv6. C. Partridge. June 1995. (Status: Informational)

RFC 1884, IP Version 6 Addressing Architecture. R. Hinden, S. Deering, Eds.. December 1995. (Obsoleted by RFC2373) (Status: Historic)

RFC 1886, DNS Extensions to support IP version 6. S. Thomson, C. Huitema. December 1995. (Obsoleted by RFC3596) (Updated by RFC2874, RFC3152) (Status: Proposed Standard)

RFC 1887, An Architecture for IPv6 Unicast Address Allocation. Y. Rekhter, T. Li, Eds.. December 1995. (Status: Informational)

RFC 2373, IP Version 6 Addressing Architecture. R. Hinden, S. Deering. July 1998. (Obsoletes RFC1884) (Obsoleted by RFC3513) (Status: Proposed Standard)

RFC 2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. S. Deering, R. Hinden. December 1998. (Obsoletes RFC1883) (Status: Proposed Standard)

RFC 2488, Mark Allman, Dan Glover, Luis Sanchez. Enhancing TCP Over Satellite Channels using Standard Mechanisms, January 1999.