



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ &  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:  
ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ & ΔΙΑΣΤΗΔΕΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

**ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ X.25**

**ΒΑΣΙΛΗΣ ΤΑΣΙΟΠΟΥΛΟΣ**

A.M.:1057778

22 Ιανουαρίου 2020

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ:ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ**  
**ΠΑΤΡΑ 2020**

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>3</b>
1.1	ΔΙΚΤΥΑ . . . . .	3
1.1.1	Εισαγωγικές έννοιες δικτύων . . . . .	3
1.1.2	Κατηγορίες δικτύων . . . . .	4
1.1.3	Τοπολογίες δικτύων . . . . .	5
1.2	ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ . . . . .	8
1.3	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ . . . . .	11
1.4	ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI/ISO . . . . .	13
1.4.1	Τι είναι το μοντέλο αναφοράς OSI/ISO; . . . . .	13
1.4.2	Η αρχιτεκτονική του μοντέλου αναφοράς OSI/ISO . . . . .	13
<b>2</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ X.25</b>	<b>15</b>
2.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ X.25 . . . . .	15
2.2	Δομή του X.25 . . . . .	15
2.3	Συσκευές του X.25 . . . . .	16
2.4	Συναρμολογητής και Αποσυναρμολογητής Πακέτου (Packet Assembler /Disassembler-PAD) . . . . .	17
2.4.1	ΕΙΚΟΝΙΚΑ(/ΝΟΗΤΑ) ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ (VIRTUAL CIRCUITS) . . . . .	17
2.5	Πώς λειτουργεί το πρωτόκολλο X.25; . . . . .	18
<b>3</b>	<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1 ΤΟΥ X.25 - ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b>	<b>19</b>
3.1	Η Διασύνδεση X.21 . . . . .	19
3.2	Η Σύσταση X.21 bis . . . . .	21
<b>4</b>	<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2 ΤΟΥ X.25 - DATA LINK LAYER</b>	<b>23</b>
4.1	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ LAPB . . . . .	23
4.1.1	Τι είναι το πρωτόκολλο LAPB; . . . . .	23
4.1.2	Λειτουργίες του LAPB . . . . .	24
4.1.3	Μορφές και είδη πλαισίων στο LAPB . . . . .	24
4.2	ΔΟΜΗ X.25 ΠΛΑΙΣΙΟΥ . . . . .	25
<b>5</b>	<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3 ΤΟΥ X.25 - NETWORK LAYER</b>	<b>27</b>
5.1	ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΕΝΟΣ X.25 ΠΑΚΕΤΟΥ . . . . .	27
5.2	ΤΥΠΟΙ ΠΑΚΕΤΩΝ . . . . .	28
5.3	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 3 . . . . .	30
<b>6</b>	<b>Ο ΑΠΟΓΟΝΟΣ ΤΟΥ X.25: Frame Relay</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>	<b>34</b>
7.1	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΙΑ . . . . .	34
7.2	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ . . . . .	34

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΔΙΚΤΥΑ

### 1.1.1 Εισαγωγικές έννοιες δικτύων

Ως δίκτυο χαρακτηρίζουμε ένα σύστημα, το οποίο αποτελείται από διασυνδεδεμένους <sup>1</sup>, αυτόνομους <sup>2</sup> ή μη αυτόνομους, υπολογιστές και περιφερειακές συσκευές (εξυπηρετητές, τερματικά, routers, switches κτλ.), στο οποίο οι λειτουργίες που εξυπηρετούνται είναι οι ανταλλαγές δεδομένων, η διάθεση και η χρήση των πόρων, των προγραμμάτων και των δεδομένων, καθώς και η επεξεργασία και η διάδοση της πληροφορίας. Ένα δίκτυο μπορεί να αποτελείται από ένα ή και περισσότερα δίκτυα.

Τα βασικά δομικά συστατικά κάθε δικτύου είναι οι κόμβοι(nodes), δηλαδή το σύνολο των μεταξύ τους συνδεδεμένων συσκευών και οι γραμμές ή ζεύξεις(links), δηλαδή τα κανάλια επικοινωνίας, οι οποίες ολοκληρώνουν τη σύνδεση μεταξύ των κόμβους.

Ο προσδιορισμός ενός δικτύου εξαρτάται από το είδος των κόμβων και των γραμμών που το απαρτίζουν. Δηλαδή, όταν οι κόμβοι είναι υπολογιστές και οι γραμμές είναι φυσικά μέσα μετάδοσης όπως καλώδια, το δίκτυο διακρίνεται ως δίκτυο υπολογιστών.

Τα δίκτυα υπολογιστών διαφέρουν από τα άλλα είδη δικτύων επικοινωνιών, διότι σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δίκτυα, των οποίων η χρήση τους είναι η μετάδοση ενός μόνο είδους δεδομένων (π.χ. μόνο ήχος ή εικόνα), τα δίκτυα υπολογιστών μεταδίδουν οποιαδήποτε πληροφορία μπορεί να κωδικοποιηθεί σε ψηφιακή μορφή, δηλαδή ήχο, εικόνα, video, προγράμματα, αρχεία κ.λ.π. Άρα μέσω των δικτύων υπολογιστών παρέχονται πληθώρα υπηρεσιών και ταυτόχρονα υποστηρίζονται πολλές εφαρμογές.

Οι κόμβοι στα δίκτυα υπολογιστών διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στους:

- Τερματικούς κόμβους (terminal nodes): Είναι αυτοί στους οποίους παράγονται και φτάνουν οι πληροφορίες που πρέπει να μεταδοθούν μέσω του δικτύου. Πολλές φορές αναφέρονται και σαν hosts και μπορεί να είναι κλασικοί υπολογιστές, έξυπνα τηλέφωνα (smartphones), υπολογιστές tablets, αλλά και πιο εξειδικευμένες συσκευές όπως εκτυπωτές, σαρωτές κ.α.
- και Επικοινωνιακούς κόμβους (communication nodes): Είναι οι κόμβοι, των οποίων το καθήκον τους είναι η σωστή μετάδοση των πληροφοριών, οι οποίες πληροφορίες παράγονται στους τερματικούς κόμβους, στον προορισμό τους. Επικοινωνιακοί κόμβοι μπορεί να είναι διαμορφωτές (modem) διανομείς (hubs), γέφυρες (bridges), δρομολογητές (routers), πολυπλέκτες (multiplexers) και άλλες συσκευές που εξαρτώνται από το είδος του δικτύου και τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων.

Για να πραγματοποιηθεί η μετάδοση της πληροφορίας από έναν κόμβο σε έναν άλλον κόμβο θα πρέπει να υπάρχει σύνδεση μεταξύ τους με κάποιον τρόπο.

<sup>1</sup>Οι υπολογιστές οι οποίοι μπορούν να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους.

<sup>2</sup>Κανένας υπολογιστής δεν ελέγχει τις λειτουργίες, π.χ. εκκίνηση ή τερματισμό, κάποιου άλλου.

Δύο είναι οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να συνδέονται δύο κόμβοι και κατα επέκταση να γίνεται η μετάδοση της πληροφορίας:

1. Ενσύρματη σύνδεση (wired connection): Στην περίπτωση αυτή η σύνδεση των κόμβων υλοποιείται μέσω καλωδίων που μπορεί να είναι χάλκινα (ή αλλιώς συνεστραμμένων ζευγών) καλώδια (twisted pair cables), ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable) ή οπτικές ίνες (fiber optics).
2. Ασύρματη σύνδεση (wireless connection): Σε αυτήν την περίπτωση αξιοποιούμε τη δυνατότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας να μεταδίδεται στο κενό, οπότε δεν χρειάζεται η ύπαρξη ενός φυσικού μέσου μετάδοσης. Σε τέτοιου είδους συνδέσεις περιλαμβάνονται οι επίγειες συνδέσεις μικρότερης ή μεγαλύτερης εμβέλειας, αλλά και οι δορυφορικές συνδέσεις.

### Πλεονεκτήματα Δικτύων Υπολογιστών:

- Διαμοιρασμός των ψηφιακών πόρων του συστήματος
- Κοινή χρήση περιφερειακών συσκευών
- Διαμοιρασμός μιας σύνδεσης Internet

### Μειονεκτήματα Δικτύων Υπολογιστών:

- Προβλήματα Ασφάλειας Δεδομένων
- Ο κίνδυνος των ιών
- Οικονομικό Κόστος

#### 1.1.2 Κατηγορίες δικτύων

Τα δίκτυα υπολογιστών διακρίνονται σε πολλές κατηγορίες και υποκατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που συνδέονται, το μέγεθος της έκτασής τους, το λειτουργικό σύστημα και το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιούν, καθώς και από την σχεδίαση τους.

Κάποιες κατηγορίες είναι οι εξής:

1. Δίκτυα ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης τους:
  - Ενσύρματο δίκτυο υπολογιστών: Δηλαδή δίκτυο όπου για την σύνδεση των υπολογιστών γίνεται χρήση της κάρτας δικτύου τους μέσω ενός καλωδίου, συνήθως χρησιμοποιείται ένα UTP καλώδιο.
  - Ασύρματο δίκτυο υπολογιστών WiFi (Wireless Fidelity): Δηλαδή δίκτυο όπου η σύνδεση των υπολογιστών επιτυγχάνεται ασύρματα. Σε ένα WiFi δίκτυο μπορούν να συνδεθούν, χωρίς τη χρήση καλωδίων, συσκευές όπως υπολογιστές, εκτυπωτές, κάμερες κ.λπ. Απαραίτητη προϋπόθεση για να συνδεθούν αυτές οι συσκευές είναι να βρίσκονται μέσα στην εμβέλεια του ασύρματου δικτύου.
2. Δίκτυα ανάλογα με την γεωγραφική κάλυψη του δικτύου:
  - Ευρείας κάλυψης (WAN & W<sup>3</sup>WAN): Καλύπτουν αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων στην ίδια πόλη, μέχρι χιλιάδων χιλιομέτρων σε διαφορετικές πόλεις - κράτη - ηπείρους. Αποτελούνται από υπολογιστές, τηλεπικοινωνιακές συσκευές και γραμμές. Παραδείγματα

---

<sup>3</sup>Οι χαρακτηρισμοί (WWAN, WMAN, WLAN & WPAN) με το πρόσθετο W ανταποκρίνονται στον ασύρματο (Wireless) τρόπο σύνδεσης.

τέτοιων δικτύων είναι τα δίκτυα των αεροπορικών εταιρειών, τα τραπεζικά δίκτυα, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων κλπ.

- Μητροπολιτικά (MAN & WMAN): Ένα μητροπολιτικό δίκτυο ή και MAN (metropolitan area network) είναι μια μεγαλύτερη εκδοχή ενός τοπικού δικτύου καθώς καλύπτει μεγαλύτερες αποστάσεις, συνήθως ασύρματα δίκτυα υπολογιστών από ένα χώρο σε έναν άλλο ή άλλους με χρήση εξωτερικών κεραιών.(π.χ. Στην Αθήνα το AMON είναι ένα δίκτυο MAN).
- Τοπικά (LAN & WLAN): Τα τοπικά δίκτυα ή και LAN (local area networks) είναι δίκτυα που συνδέουν υπολογιστές σε κοντινές αποστάσεις, π.χ. από υπολογιστές που βρίσκονται σε ένα δωμάτιο μέχρι υπολογιστές που απέχουν μερικά χιλιόμετρα μεταξύ τους, για την σύνδεση τους χρησιμοποιείται συνήθως εγκατάσταση δομημένης καλωδίωσης. Ο διαχωρισμός τους από τα δίκτυα ευρείας περιοχής οφείλεται στο ότι χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές λειτουργίας.
- Προσωπικά (PAN & WPAN).

### 3. Δίκτυα ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα των υπολογιστών:

- Δίκτυο Windows (για PC με λειτουργικό σύστημα Windows).
- Δίκτυο Novel (DOS) (για PC με λειτουργικό DOS).
- Δίκτυο Appletalk<sup>4</sup> (για υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Macintosh).

### 4. Δίκτυα ανάλογα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιούν

- Δίκτυο TCP/IP, το οποίο είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το ιντερνετ.
- Δίκτυο NET/BEUI είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται στα τοπικά δίκτυα.

### 5. Δίκτυα ανάλογα με την σχεδίαση τους:

- Ομότιμα δίκτυα: Ένα δίκτυο όπου όλοι οι υπολογιστές, έχουν ισότιμα δικαιώματα χρήσης των πόρων ονομάζεται ομότιμο (per to per network).
- Δίκτυα βασισμένα σε εξυπηρετητή: Εάν ο υπολογιστής μπορεί να κατέχει τον κεντρικό ρόλο του ελέγχου ενός δικτύου, παρέχοντας βασικές υπηρεσίες στα μέλη του, τότε ο υπολογιστής αυτός ονομάζεται εξυπηρετητής (server) και τα δίκτυα τέτοιου τύπου χαρακτηρίζονται ως δίκτυα βασισμένα σε εξυπηρετητή (Server Based Networks).

#### 1.1.3 Τοπολογίες δικτύων

Η Τοπολογία δικτύου είναι η μορφή της σύνδεσης ανάμεσα στους κόμβους ενός δικτύου. Οι τοπολογίες είναι είτε φυσικές είτε λογικές. Τα πιο γνωστά είδη τοπολογιών είναι η γραμμική, η τύπου διαύλου, δακτυλίου, αστέρα, η κατανεμημένη, η πλήρως κατανεμημένη, η μερικώς κατανεμημένη τοπολογία, η τύπου δένδρου και η δισημειακή τοπολογία.

- ♣ Τοπολογία Δακτυλίου (Ring topology): Η δομή του δικτύου αποτελείται από κόμβους οι οποίοι συνδέονται σε ένα κλειστό καλωδιακό δρόμο (loop) και που ο κάθε κόμβος έχει μια επαναληπτική λειτουργία (repeater), δηλαδή κατά τη μετάδοση δεδομένων από τη μία σύνδεση, bit προς bit, σε μία

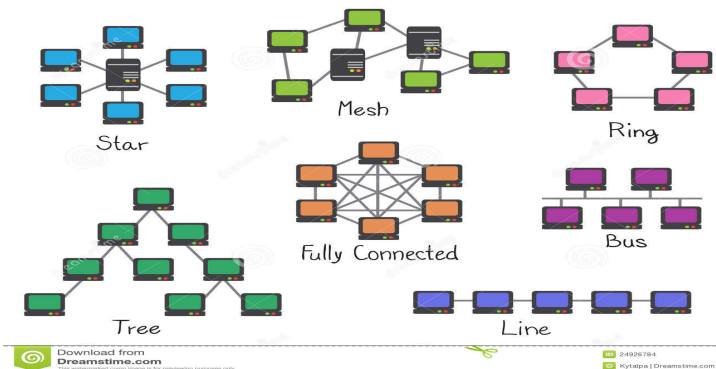
<sup>4</sup>Ένα δίκτυο Apletalk μπορεί να συνδεθεί με ένα δίκτυο Windows.

άλλη σύνδεση με την ίδια ταχύτητα που τα έχει λάβει. Οι συνδέσεις είναι μονοκατευθυντικές, δηλαδή η μετάδοση των δεδομένων γίνεται προς μία μόνο κατεύθυνση (δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα). Τα δεδομένα μεταδίδονται στο δακτύλιο με τη χρήση πακέτων. Γίνεται χρήση της τοπολογίας δακτύλιου από τα δίκτυα Token ring & FDDI.

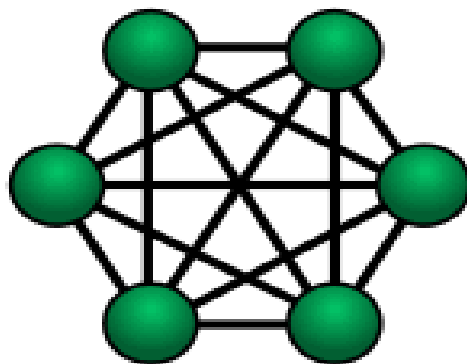
- ♣ Γραμμική Τοπολογία (Linear topology): Αποτελεί την πιο απλή τοπολογία δικτύων, όπου η σύνδεση όλων των κόμβων πραγματοποιείται σειριακά, δηλαδή ο ένας μετά τον άλλο. Είναι ασύμφορη τοπολογία που μοιάζει με αυτήν του δακτυλίου χωρίς τον τελευταίο σύνδεσμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ανίχνευση λαθών να είναι πολύ δύσκολη, διατηρώντας, όμως, και όλα τα μειονεκτήματα της τοπολογίας του δακτυλίου. Για όλους τους παραπάνω λόγους αυτή η τοπολογία χαρακτηρίζεται ως η πιο αναξιόπιστη.
- ♣ Τοπολογία Διαύλου ή Αρτηρίας<sup>5</sup> (Bus topology): Σε αυτήν την τοπολογία οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται απευθείας σε ένα κοινό καλώδιο υψηλής ταχύτητας. Οι συσκευές μέσω του κοινού διαύλου εκπέμπουν δεδομένα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Λόγω της αμφίδρομης λειτουργίας μεταξύ του κόμβου και του διαύλου επιτρέπεται η μετάδοση δεδομένων από και προς τον δίαυλο. Η μετάδοση από κάθε κόμβο πραγματοποιείται και προς τις δύο κατευθύνσεις, οπότε μπορεί να γίνει λήψη δεδομένων από όλους τους άλλους κόμβους. Κάθε δίαυλος περιέχει στις άκρες τους μία τερματική αντίσταση, που σκοπός της είναι η απορρόφηση του σήματος. Αντιπροσωπευτικό δίκτυο της συγκεκριμένης τοπολογίας είναι το Ethernet.
- ♣ Τοπολογία Αστέρα (Star topology): Έχουμε απευθείας σύνδεση κάθε κόμβου (point to point) λόγω δύο ζεύξεων, μίας για τη μετάδοση και μία για τη λήψη των δεδομένων, με έναν κεντρικό κόμβο (που συνήθως είναι ένα hub ή ένα switch), ο οποίος είναι υπεύθυνος για όλες τις επικοινωνίες, δηλαδή η μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο κόμβων επιτυγχάνεται μέσω του κεντρικού κόμβου. Παρατηρείται πρόβλημα στη λειτουργία αυτού του είδους δικτύου μόνο όταν θα έχει κάποιο ελάττωμα ο κεντρικός κόμβος και αυτό επιφέρει τη διακοπή της επικοινωνίας όλων των κόμβων. Αυξημένη αξιοπιστία και σχετικά μικρό κόστος υλοποίησης αποτελούν κάποια από τα πλεονεκτήματα της τοπολογίας αστέρα. Σχεδόν σήμερα όλες οι τοπολογίες που κατασκευάζονται είναι τοπολογίες αστέρα.
- ♣ Τοπολογία πλέγματος ή κατανεμημένη τοπολογία (Mesh topology): Στην κατανεμημένη τοπολογία κάθε ένας κόμβος του συγκεκριμένου είδους δικτύου συνδέεται με τους άλλους μερικά ή στο σύνολό τους, έτσι ώστε να μην ανήκουν σε κάποια από τις προηγούμενες τοπολογίες.
  - Πλήρως κατανεμημένη τοπολογία (Fully Connected Mesh Topology): Στην πλήρως κατανεμημένη τοπολογία κάθε κόμβος συνδέεται με όλους τους άλλους. Ο αριθμός των συνδέσεων (connections) που πραγματοποιούνται αυξάνεται τετραγωνικά σε σχέση με τον αριθμό των κόμβων (nodes).

---

<sup>5</sup>Μία επέκταση της τοπολογίας αυτής είναι η τοπολογία bus/tree όπου από τον κοινό δίαυλο διακλαδίζονται γραμμές δημιουργώντας μικρότερα bus

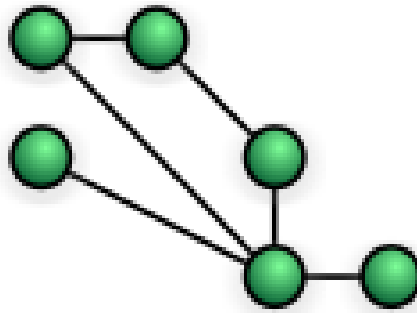


Σχήμα 1: Τοπολογία Αστέρα(Star), Τοπολογία πλέγματος ή κατανεμημένη τοπολογία(Mesh), Τοπολογία Δακτυλίου(Ring), Τοπολογία Δέντρου(Tree), Πλήρως κατανεμημένη τοπολογία(Fully Connected), Τοπολογία Διαύλου ή Αρτηρίας(Bus) και Γραμμική Τοπολογία (Line).



Σχήμα 2: Μια πλήρως κατανεμημένη τοπολογία

- Μερικώς καταναμημένη τοπολογία (Partially connected mesh topology): Στην μερικώς καταναμημένη τοπολογία κάποιοι κόμβοι έχουν περισσότερες από μια συνδέσεις με τους άλλους κόμβους του δικτύου. Σε μια τέτοια τοπολογία δύο απομακρυσμένοι κόμβοι έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν ακολουθώντας μια διαδρομή ενδιάμεσων κόμβων. Επιπλέον μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές διαδρομές επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο κόμβων. Στην περίπτωση που κάποια από τις συνδέσεις του βγει εκτός λειτουργίας ή για οποιονδήποτε λόγο μειωθεί ο ρυθμός μετάδοσης, έχει τη δυνατότητα κάποιων εναλλακτικών διαδρομών. Για αυτό κύρια προϋπόθεση είναι η ύπαρξη κατάλληλων αλγόριθμων, από τους οποίους θα καθορίζεται η βέλτιστη διαδρομή δρομολόγησης (routing) ανάλογα την περίπτωση.



Σχήμα 3: Μια μερικώς καταναμημένη τοπολογία

- ♣ Τοπολογία Δέντρου (Tree topology): Στην τοπολογία δέντρου υπάρχει μόνο ένα μονοπάτι ανάμεσα στους δύο κόμβους χωρίς την ύπαρξη κύκλων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χρήση του ελάχιστου αριθμού συνδέσεων μεταξύ των κόμβων, όμως, σε περίπτωση προβλήματος της επικοινωνίας (π.χ. για την περίπτωση που θα χαλάσει ένας κόμβος), δεν υπάρχει εναλλακτικός τρόπος επικοινωνίας των κόμβων. Λόγω της ελάχιστης αξιοπιστίας της τοπολογίας αυτής, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σπάνια χρησιμοποίησή της. Η τοπολογία δένδρου αποτελεί τη γενίκευση της τοπολογίας διαύλου ή αρτηρίας.
- ♣ Δισημειακή τοπολογία (point-to-point topology): Είναι η πιο απλή τοπολογία μαζί με αυτή της γραμμικής τοπολογίας, είναι μια μόνιμη σύνδεση μεταξύ δύο σημείων. Είναι η σύνδεση που επιτρέπει ανεμπόδιστα την επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων. Ένα παράδειγμα είναι η σύνδεση των δικτύων σε απομακρυσμένα υποκαταστήματα μιας εταιρείας μέσω μισθωμένων (αποκλειστικών) τηλεφωνικών κυκλωμάτων.

## 1.2 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

**ΟΡΙΣΜΟΣ:** Διαδίκτυο<sup>6</sup> ονομάζεται ένα σύνολο από δίκτυα μεταγωγής πακέτου και δίκτυα ευρείας εκπομπής, διασυνδεδεμένων με γέφυρες και/ή δρομολογητές. Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης των δικτύων προέκυψε η ανάγκη και η επιθυμία της δημιουργίας ενός παγκόσμιου δικτύου, με κύριο χαρακτηριστικό του την

<sup>6</sup>Το internet είναι ένα δίκτυο WAN.



υψηλή ταχύτητα που θα είχε την δυνατότητα να εξυπηρετήσει κάθε είδους εφαρμογή. Το Internet είναι το δίκτυο που κάλυψε αυτήν την ανάγκη. Για να επιτευχθεί ο στόχος του Internet, ο οποίος είναι η διασύνδεση και επικοινωνία κάθε μορφής υπολογιστών και έξυπνων συσκευών, αναπτύχθηκε το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol). Ο αρχικός του σχεδιάσμος ήταν να χρησιμοποιείται ως δίκτυο μεταφοράς δεδομένων, γρήγορα εξελίχθηκε και για μεταφορά φωνής και video, με την εξέλιξη αυτή, προέκυψε ανάπτυξη νέων συμπληρωματικών πρωτοκόλλων γύρω από το IP ώστε να εξασφαλίζεται από αυτά η ποιότητα εξυπηρέτησης των εφαρμογών.

### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Αν και το Διαδίκτυο, με τη μορφή που το ξέρουμε σήμερα, έκανε την εμφάνισή του τη δεκαετία του '90, είχε χρησιμοποιηθεί πιο παλιά για διαφορετικούς λόγους σε σύγκριση με την σημερινή του χρήση. Τη δεκαετία του '60 δημιουργήθηκε το δίκτυο APRANET το οποίο ήταν ένα δίκτυο σε πειραματικό στάδιο που χρησιμοποιούταν από το υπουργείο άμυνας των Η.Π.Α., με σκοπό τη σύνδεση στρατιωτικών μονάδων με πανεπιστήμια που εκτελούσαν ερευνητικά προγράμματα. Την επόμενη δεκαετία μέσω του δικτύου NSFNET συνδέθηκαν τα περισσότερα πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα των Η.Π.Α. και τα πρώτα πανεπιστήμια από την Ευρώπη. Το 1983 θεωρήθηκε ότι το IP είναι το μοναδικό επίσημο πρωτόκολλο του APRANET. Η δημιουργία του καθαρά στρατιωτικού δικτύου MILNET το οποίο ήταν αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση, αποδέσμευσε σε μεγάλο βαθμό το Internet. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '80 έγινε η πρώτη σύνδεση των περιφερειακών δικτύων της Αμερικής και αρκετών άλλων χωρών, η οποία αποτέλεσε την πρώτη μορφή του παγκόσμιου δικτύου Internet. Το 1990 έπαψε η λειτουργία του APRANET και το 1991 καταργήθηκε κάθε περιορισμός για εμπορική ελεύθερη χρήση του Internet. Η χρήση του διαδικτύου τη δεκαετία του '70 επεκτάθηκε με την εισαγωγή εφαρμογών όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και η μεταφορά αρχείων (FTP -File Transfer Protocol). Στις αρχές της δεκαετίας του '80 άρχισε η χρήση του συστήματος ονοματοδοσίας (DNS -Domain Name System) που απλούστευσε την IP διευθυνσιοδότηση με πιο κατανοητά ονόματα καθώς και του πρωτοκόλλου TCP για αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων. Το 1989 μας πρωτοσυστίνεται ο Παγκόσμιος Ιστός (WWW -World Wide Web), που έγινε η σημαντικότερη εφαρμογή της δεκαετίας του 1990 και εξέλιξε το Internet σε παγκόσμιο δίκτυο πρόσβασης και μετάδοσης πολυμέσων. Το WWW μετέτρεψε το Internet σε δίκτυο ατομικής και εταιρικής πρόσβασης ενός τεραστίου όγκου πληροφοριών που δημοσιεύονται στον παγκόσμιο ιστό. Πρωτόκολλα Διαδικτύου Το διαδίκτυο για να υλοποιήσει όλες τις εφαρμογές για τις οποίες δημιουργήθηκε (εύρεση και μεταφορά δεδομένων, επικοινωνία κλπ.), χρησιμοποιεί διάφορα πρωτόκολλα. Αυτά τα πρωτόκολλα χωρίζονται σε τέσσερα επίπεδα:

- \* Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer): Το επίπεδο εφαρμογής είναι το πιο πάνω επίπεδο των τεσσάρων επιπέδων του μοντέλου TCP/IP και βρίσκεται πάνω από το επίπεδο μεταφοράς (Transport Layer), επίσης είναι το πιο διαδεδομένο σε χρήση από την πλειοψηφία των δικτυομένων προγραμμάτων. Από το επίπεδο εφαρμογής ορίζεται ποία είναι τα TCP/IP

πρωτόκολλα εφαρμογής και το πώς τα προγράμματα του χρήστη επικοινωνούν με τις υπηρεσίες του επιπέδου μεταφοράς για να χρησιμοποιούν το δίκτυο. Εφόσον το TCP/IP δεν επιτυγχάνει τη σύνδεση μεταξύ των επιπέδων εφαρμογής και μεταφοράς, έτσι προκύπτει η ανάγκη όλες οι λειτουργίες να πρέπει να υλοποιηθούν στο επίπεδο εφαρμογής. Το επίπεδο εφαρμογής περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου όπως:

- ♠ DNS (Domain Naming System)
- ♠ HTTP (Hypertext Transfer Protocol)
- ♠ Telnet
- ♠ SSH
- ♠ FTP (Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων)
- ♠ TFTP (Απλό Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων)
- ♠ SNMP (Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου)
- ♠ SMTP (Απλό Πρωτόκολλο Μεταφοράς Ταχυδρομείου)
- ♠ DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- ♠ RDP (Remote Desktop Protocol)

\* Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer): Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την μεταφορά μηνυμάτων, ανεξαρτήτως του υποκείμενου δικτύου, με έλεγχο σφαλμάτων (error control), κατάτμηση (fragmentation) και ρύθμιση ροής (flow control). Η μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ δυο οντοτήτων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με connection-oriented (TCP) είτε connectionless (UDP). Από το επίπεδο μεταφοράς παρέχεται η υπηρεσία σύνδεσης ανάμεσα σε εφαρμογές, κάνοντας χρήση θυρών (ports). Καθώς το IP προσφέρει μόνο παράδοση όσο το δυνατόν καλύτερα (best effort delivery), το στρώμα μεταφοράς αποτελεί το πρώτο επίπεδο στο οποίο λαμβάνεται υπόψιν το θέμα της αξιοπιστίας. Καποία πρωτόκολλα του επιπέδου μεταφοράς είναι:

- ◇ TCP (Transmission Control Protocol)
- ◇ UDP (User Datagram Protocol)
- ◇ RSVP
- ◇ DCCP
- ◇ ECN

\* Επίπεδο Δικτύου (Internet Layer): Το επίπεδο Διαδικτύου του TCP/IP δίνει τη λογική διευθυνσιοδότηση σε όλα τα διασυνδεδεμένα μεταξύ τους δίκτυα. Ο σκοπός του επιπέδου είχε αρχικά καθοριστεί ως η μεταφορά πακέτων μέσω ενός ενιαίου δικτύου. Αργότερα, λόγω της εμφάνισης και πιο σύνθετων μορφών δικτύων, προέκυψε μια εξέλιξη του σκοπού του, στο να φροντίζει για την εύρεση της κατάλληλης διαδρομής και παράδοση του πακέτου δεδομένων στον τελικό κόμβο, αυτό το έργο χαρακτηρίστηκε ως δρομολόγηση (routing). Το επίπεδο δικτύου έχει τα εξής πρωτόκολλα:

- ♠ IP (IPv4, IPv6)

- ♠ Ipsec
- ♠ ICMP
- ♠ IGMP

\* **Επίπεδο Διασύνδεσης Δικτύου (Link Layer):** Ο ρόλος του επιπέδου αυτού είναι η διακίνηση πακέτων του επιπέδου δικτύου μεταξύ δυο οντοτήτων. Δεν είναι στην ακρίβεια μέρος της σουίτας πρωτοκόλλων Διαδικτύου, διότι το IP λειτουργεί με διάφορα στρώματα συνδέσμου. Πρωτόκολλα στο επίπεδο αυτό είναι:

- ◇ PPP
- ◇ L2TP
- ◇ NDP
- ◇ OSPF
- ◇ Ethernet
- ◇ DSL
- ◇ ISDN
- ◇ FDDI

**Το πρωτόκολλο IP-Internet Protocol** Το πρωτόκολλο IP είναι το σημαντικότερο 'δομικό' υλικό του διαδικτύου, χάρις στο οποίο γίνεται η μεταφορά και η δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων μεταξύ των χρηστών στο διαδίκτυο. Το πρωτόκολλο ανήκει στο επίπεδο δικτύου, στο μοντέλο διαστρωμάτωσης TCP/IP. Καθορίζει τη μορφή των πακέτων που στέλνονται μέσω διαδικτύου, καθώς καθορίζει και τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για να γίνει η προώθηση των πακέτων από έναν υπολογιστή προς έναν τελικό προορισμό με τη χρήση ενός ή περισσότερων δρομολογητών. Το IP πρωτόκολλο δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα 'ασφαλές' πρωτόκολλο καθώς δεν εγγυάται τη σωστή παράδοση ή τη μη απώλεια των πακέτων. Τα πακέτα που ανταλλάσσονται μεταξύ χρηστών του δικτύου μπορεί να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές και να φτάσουν με διαφορετική σειρά στον αποδέκτη. Την εγγύηση της ορθής παράδοσης αναλαμβάνουν άλλα πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων όπως το TCP (Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης). Το IP έχει στενή σύνδεση με το TCP, με αποτέλεσμα ολόκληρη η συλλογή των πρωτοκόλλων του διαδικτύου να αναφέρεται ως TCP/IP. Η πρώτη μεγάλης κλίμακας έκδοση του πρωτοκόλλου ήταν η έκδοση 4 (IPv4) της οποίας η επικράτηση ισχυρεί μέχρι και σήμερα σε όλο το διαδίκτυο. Λόγω της ραγδαίας εξάπλωσης του διαδικτύου οδηγηθήκαμε σε μια γρήγορη εξάντληση των διαθέσιμων IP διευθύνσεων. Έτσι αναπτύχθηκε η έκδοση 6 (IPv6) που έχει τη δυνατότητα υποστήριξης απεριόριστου πρακτικά πλήθους διευθύνσεων.

### 1.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

**Τι είναι πρωτόκολλο επικοινωνίας;**

Ως πρωτόκολλο επικοινωνίας ορίζεται ένα σύνολο από κανόνες που διαμορφώνουν την οργάνωση λειτουργικών μονάδων για την επίτευξη ανταλλαγής πληροφοριών και επικοινωνίας.

Τα κύρια σημεία ενός πρωτοκόλλου είναι τα ακόλουθα:

- **Σύνταξη:** Περιλαμβάνει αντικείμενα όπως η μορφή των δεδομένων και τα επίπεδα του σήματος.
- **Σηματολογία:** Περιλαμβάνει πληροφορίες ελέγχου για το συντονισμό και το χειρισμό σφαλμάτων.
- **Συγχρονισμός:** Περιλαμβάνει τον εναρμονισμό της ταχύτητας και την ακολουθία των πακέτων.

### Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων

Για να πραγματοποιηθεί η εκτέλεση των επικοινωνιών, καταλήγουμε στη χρήση ενός δομημένου συνόλου από μονάδες που υλοποιούν τις λειτουργίες των επικοινωνιών. Αυτή η δομή αναφέρεται ως Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων. Η οργάνωση της διεργασίας της επικοινωνίας οργανώνεται σε τρία σχετικά ανεξάρτητα στρώματα:

- **Στρώματα πρόσβασης δικτύου:** Συνδέεται με την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ υπολογιστή και δικτύου στο οποίο είναι συνδεδεμένος.
- **Στρώματα μεταφοράς:** Αφορά τους μηχανισμούς οι οποίοι συγκεντρώνονται στο στρώμα μεταφοράς και που είναι υπεύθυνοι για την αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων, ανάμεσα στις εφαρμογές.
- **Στρώματα εφαρμογής:** Περιλαμβάνει τη λογική που απαιτείται για την υποστήριξη διάφορων εφαρμογών για το χρήστη.

### Χαρακτηριστικά και λειτουργίες πρωτοκόλλων

Οι σημαντικότερες λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, είναι:

- \* **Κατακερματισμός μηνυμάτων (Segmentation):** Τα πρωτόκολλα πιο χαμηλών επιπέδων διαμερίζουν τα προς αποστολή μηνύματα σε μικρότερα μέρη ή block.
- \* **Επανασυγκόλληση μηνυμάτων<sup>7</sup> (Reassembly):** Τα τεμαχισμένα data πρέπει να συγκολληθούν και να αποτελέσουν πάλι το αρχικό ενιαίο μήνυμα μέσω ειδικών διαδικασιών.
- \* **Ενθυλάκωση μηνυμάτων (Encapsulation):** Μια από τις αρμοδιότητες των πρωτοκόλλων είναι η πρόσθεση και η αφαίρεση πληροφοριών ελέγχου, έχοντας την μορφή περιβλήματος στο μήνυμα, γι' αυτό και η λειτουργία ονομάζεται έτσι. Οι πληροφορίες που μπαίνουν στο περίβλημα είναι κυρίως τριών κατηγοριών:
  - Διευθύνσεις,
  - Χαρακτήρες ελέγχου σφαλμάτων και
  - Άλλοι χαρακτήρες ελέγχου και συγχρονισμού.
- \* **Διευθυνσιοδότηση μηνυμάτων (Addressing).**
- \* **Έλεγχος σύνδεσης (Connection control):** Αφορά τις απαιτούμενες διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί ή να τερματιστεί μία σύνδεση μεταξύ δύο συστημάτων.
- \* **Έλεγχος ροής (Flow control):** Οι διαδικασίες κατά τις οποίες η ροή των δεδομένων σταματά ή περιορίζεται με απόφαση του δέκτη.
- \* **Έλεγχος σφαλμάτων (Error control):** Τα μηνύματα προστατεύονται από πιθανές εσφαλμένες αποστολές.

<sup>7</sup> Αποτελεί την αντίστροφη λειτουργία του κατακερματισμού.

- \* Ταξινόμηση μηνυμάτων (Sequencing): Κατά την ανταλλαγή των δεδομένων υπό μορφή block μεταξύ δύο συστημάτων, πραγματοποιείται απαρίθμηση των block ώστε να ταξινομηθούν κατά την παραλαβή τους από τον δέκτη.
- \* Προτεραιότητα (Priority): Λειτουργία, μέσω της οποίας ειδοποιείται το δίκτυο να δώσει προτεραιότητα σε συγκεκριμένο μήνυμα που εξουσιοδοτημένα τη ζητάει, έναντι των υπολοίπων.
- \* Ασφάλεια επικοινωνίας (Security): Εξασφάλιση των ανταλλασσόμενων μηνυμάτων από υποκλοπές, παρεμβολές, αλλοιώσεις κ.λπ.

## 1.4 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI/ISO

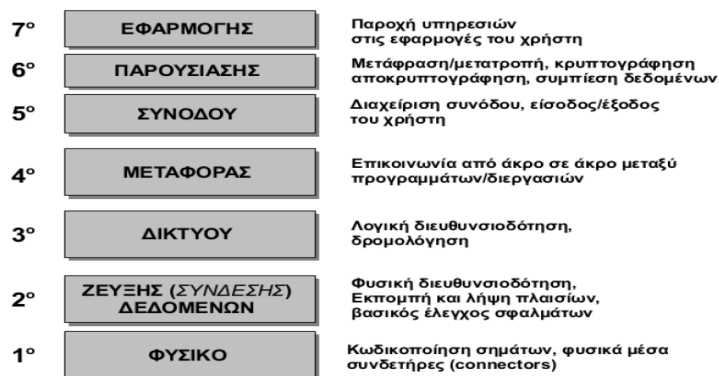
### 1.4.1 Τι είναι το μοντέλο αναφοράς OSI/ISO;

Το Μοντέλο Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων OSI (Open Systems Interconnection) αναπτύχθηκε, το 1970, από τον διεθνή οργανισμό τυποποίησης ISO ως ένα πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση της διεθνούς προτυποποίησης των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στρώματα. Το μοντέλο αναφοράς ασχολείται με τη διασύνδεση ανοικτών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων που είναι ανοικτά στην επικοινωνία με άλλα συστήματα, για αυτό το λόγο αποκαλείται μοντέλο αναφοράς OSI/ISO. Το μοντέλο αναφοράς OSI δεν αποτελεί μια αρχιτεκτονική δικτύου, διότι δεν καθορίζει τα αναγκαία πρωτόκολλα και τα σημεία επαφής τους. Ο οργανισμός ISO, σε συνεργασία με τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union, ITU), δημιούργησε μία σειρά από πρωτόκολλα βασισμένα στο μοντέλο OSI, την οποία ονόμασε ως σειρά πρωτοκόλλων "X." (π.χ. X.25, X.400, X.500 κ.ά.).

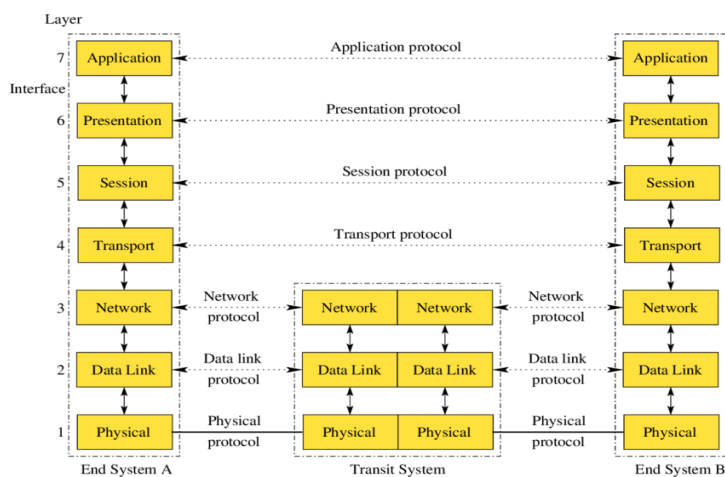
### 1.4.2 Η αρχιτεκτονική του μοντέλου αναφοράς OSI/ISO

Το μοντέλο αναφοράς OSI έχει 7 επίπεδα, όπου το ίδιο το μοντέλο καθορίζει το τι πρέπει να κάνει το κάθε επίπεδο από τα 7 που διαθέτει. Τα τρία χαμηλότερα επίπεδα ασχολούνται με τον έλεγχο της μετάδοσης των μηνυμάτων μέσα στο δίκτυο, ενώ τα τέσσερα ανώτερα επίπεδα παρέχουν την αξιόπιστη μεταβίβαση των δεδομένων μεταξύ των τελικών χρηστών. Έτσι, και τα επτά επίπεδα υλοποιούνται μόνο στους υπολογιστές που λειτουργούν ως τερματικοί σταθμοί.

Μοντέλο αναφοράς  
διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (OSI)  
(ISO/IEC 7498-1:1994)



Σχήμα 4: Τα 7 επίπεδα και λειτουργίες τους του μοντέλου αναφοράς OSI.



Σχήμα 5: Η αρχιτεκτονική του μοντέλου αναφοράς OSI.

## 2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ X.25

### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ X.25

Βάσει των ερευνών του ARPA, τα πρότυπα δίκτυα μεταγωγής πακέτων αναπτύχθηκαν από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU), με τη μορφή του X.25 και των σχετικών πρότυπων. Κατά τη χρήση μεταγωγής πακέτων, το X.25 είναι βασισμένο στην έννοια των εικονικών κυκλωμάτων που μιμούνται τις παραδοσιακές τηλεφωνικές συνδέσεις. Το 1974, το X.25 αποτέλεσε τη βάση για το δίκτυο SERKnet μεταξύ βρετανικών ακαδημαϊκών και ερευνητικών χώρων, το οποίο αργότερα εξελίχθηκε στο JANet. Το αρχικό Πρότυπο X.25 του ITU εγκρίθηκε τον Μάρτιο 1976.

Το 1978 τα Βρετανικά Ταχυδρομεία, η Western Union International και το Tymnet συνεργάστηκαν για να δημιουργήσουν το πρώτο διεθνές δίκτυο μεταγωγής πακέτων, που αναφέρεται ως η Διεθνής Υπηρεσία Μεταγωγής Πακέτων (IPSS). Μέχρι το 1981, το δίκτυο αυτό αναπτύχθηκε από την Ευρώπη και τις ΗΠΑ για να καλύψει τον Καναδά, το Χονγκ Κονγκ και την Αυστραλία. Από τη δεκαετία του 1990 παρείχε μια παγκόσμια υποδομή δικτύωσης.

Αντίθετα με το ARPANET, το X.25 ήταν κοινώς διαθέσιμο για επαγγελματική χρήση. Το TELENET πρόσφερε την υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Telemail, η οποία προοριζόταν μάλλον για επιχειρησιακή χρήση παρά για γενική, όπως το σύστημα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του ARPANET.

Τα πρώτα δημόσια dial-in δίκτυα λειτουργούσαν με ασύγχρονα πρωτόκολλα τερματικών TTY<sup>8</sup> για να φτάσουν σε έναν συγκεντρωτή. Ορισμένα δίκτυα, όπως το CompuServe, χρησιμοποίησαν το X.25 για να πολυπλέξουν τις συνεδρίες τερματισμού στη ραχοκοκαλιά της μεταγωγής πακέτων, ενώ άλλα, όπως το Tymnet, χρησιμοποίησαν ιδιόκτητα πρωτόκολλα. Το 1979, η CompuServe έγινε η πρώτη υπηρεσία που πρόσφερε δυνατότητες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και τεχνική υποστήριξη στους χρήστες προσωπικών υπολογιστών. Η εταιρεία άνοιξε τους ορίζοντες και πάλι το 1980 ως η πρώτη που πρόσφερε τη δυνατότητα συζήτησης σε πραγματικό χρόνο με το CB Προσομοιωτή. Άλλα μεγάλα dial-in δίκτυα ήταν τα America Online (AOL) και Prodigy που επίσης παρείχαν εφαρμογές επικοινωνίας, περιεχόμενου, και ψυχαγωγίας. Και πολλά δίκτυα που λειτουργούσαν με συστήματα πίνακα ανακοινώσεων (BBS), επίσης παρείχαν πρόσβαση στο δίκτυο, όπως το FidoNet που ήταν δημοφιλές μεταξύ των χομπίστων χρηστών υπολογιστών, εκ των οποίων πολλοί ήταν χάκερ και ραδιοερασιτέχνες.

### 2.2 Δομή του X.25

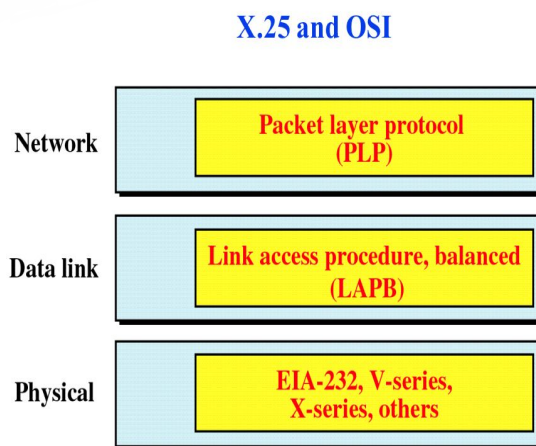
Το πρωτόκολλο X.25 χρησιμοποιείται σχεδόν παντού ως διεπαφή σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου, καθώς και για τη μεταγωγή πακέτων στο ISDN. το πρωτόκολλο έχει τρία επίπεδα:

---

<sup>8</sup>Τηλέτυπο (teletypewriter, Teletype ή TTY για TeleTYpe/TeleTYpewriter) καλούμε μια ηλεκτρομηχανική γραφομηχανή παλαιάς τεχνολογίας με την ικανότητα να μεταδίδει τυπωμένα μηνύματα από σημείο σε σημείο διαμέσου ενός ηλεκτρικού καναλιού επικοινωνίας όπως ένα σύνθητες ζεύγος καλωδίων.

- \* Φυσικό επίπεδο (επίπεδο 1): Packet-Layer Protocol (PLP)
- \* Επίπεδο ζεύξης (επίπεδο 2): LAPB
- \* Επίπεδο δικτύου (επίπεδο 3): X.21bis, G.703 κ.λπ.

Αυτά τα τρία επίπεδα αντιστοιχούν στα τρία τελευταία επίπεδα του μοντέλου OSI. Καθένα από τα παραπάνω επίπεδα παρέχει τις υπηρεσίες του προς το αμέσως υψηλότερο και επικοινωνεί με το αντίστοιχο επίπεδο της άλλης πλευράς της σύνδεσης DTE/CDE.



WCB/McGraw-Hill

© The McGraw-Hill Companies, Inc., 1998

Σχήμα 6: Το πρωτόκολλο X.25 και το μοντέλο OSI

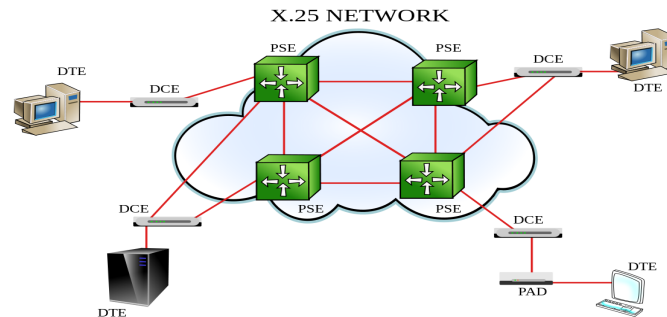
### 2.3 Συσσκευές του X.25

Οι συσκευές ενός X.25 δικτύου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Τερματικός Εξοπλισμός Δεδομένων (Data Terminal Equipment - DTE): Πρόκειται για συσκευές που βρίσκονται στους τερματικούς σταθμούς του δικτύου και επικοινωνούν μέσα στο X.25 δίκτυο. Συνήθως πρόκειται για προσωπικούς υπολογιστές, ή παροχείς δικτύου (network hosts), οι οποίοι βρίσκονται στο χώρο των συνδρομητών του δικτύου.
2. Εξοπλισμός Τερματισμού Κυκλώματος Δεδομένων (Data circuit-Terminating Equipment - DCE): Πρόκειται για τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως μόντεμς και διακόπτες μεταγωγής πακέτου, οι οποίες προσφέρουν περιβάλλον αλληλεπίδρασης μεταξύ DTE και PSE και συνήθως βρίσκονται στις εγκαταστάσεις των φορέων.



3. Συσκευές Ανταλλαγής μεταγωγής Πακέτου (Packet Switching Exchange - PSE): Πρόκειται για διακόπτες οι οποίοι στοιχειοθετούν και τον κύριο όγκο του δικτύου του φορέα. Μεταφέρουν δεδομένα από μία DTE συσκευή σε μία άλλη με χρήση του X.25.



Σχήμα 7: Ένα δίκτυο X.25

#### 2.4 Συναρμολογητής και Αποσυναρμολογητής Πακέτου (Packet Assembler /Disassembler-PAD)

Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται όταν μία DTE συσκευή είναι πολύ απλή για την πλήρη εφαρμογή των λειτουργιών του X.25. Τοποθετείται μεταξύ μίας DTE συσκευής και μίας DCE συσκευής και εκτελεί τρεις λειτουργίες:

- διατήρηση ενδιάμεσης μνήμης (buffering)
- συναρμολόγηση πακέτου (packet assembly)
- αποσυναρμολόγηση πακέτου (packet disassembly)

Το PAD τοποθετεί τα δεδομένα που αποστέλλονται από και προς την συσκευή DTE. Επίσης συναρμολογεί τα εξερχόμενα δεδομένα σε πακέτα και τα προωθεί στην συσκευή DCE, προσθέτοντας και την επικεφαλίδα του X.25. Τέλος το PAD αποσυναρμολογεί τα εισερχόμενα πακέτα πριν να τα προωθήσει στη συσκευή DTE, αφαιρώντας και την X.25 επικεφαλίδα.

##### 2.4.1 ΕΙΚΟΝΙΚΑ(/ΝΟΗΤΑ) ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ (VIRTUAL CIRCUITS)

*Τι είναι ένα εικονικό κύκλωμα;*

Οι DCE και DTE συσκευές χρησιμοποιούν στατιστική πολυπλεξία χρονικής διαίρεσης (Time Division Multiplexing) για τη μεταφορά των δεδομένων στο δίκτυο. Τόσο η συσκευή DTE όσο και το δίκτυο είναι υπεύθυνα για την πολυπλεξία πολλών συνδιαλέξεων σε μία επικοινωνιακή γραμμή. Έτσι ο χρήστης πιστεύει ότι η γραμμή είναι αφιερωμένη στην εφαρμογή του, ενώ στην πραγματικότητα τη μοιράζεται με άλλους χρήστες.

Η πολυπλεξία πολλών χρηστών σε μια φυσική επικοινωνιακή γραμμή ονομάζεται εικονικό κύκλωμα (virtual circuit-VC).

Ένα εικονικό κύκλωμα (virtual circuit-VC) λοιπόν είναι μια από άκρη - σε άκρη σύνδεση σε ένα δίκτυο μεταξύ δύο συσκευών DTE. Στη σύνδεση μπορούν να παρεμβάλλονται ενδιάμεσοι κόμβοι, όπως συσκευές DCE και PSE. Πολλά εικονικά κυκλώματα μπορούν να πολυπλεχτούν σε ένα φυσικό κύκλωμα. Η από-πολυπλεξία γίνεται στο τέλος της διαδρομής και τα δεδομένα αποστέλλονται στον προορισμό τους.

### **Κατηγορίες εικονικών(/νοητών) κυκλωμάτων**

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες εικονικών κυκλωμάτων:

- \* Τα μόνιμα εικονικά κυκλώματα (PVC - Permanent Virtual Circuits), τα οποία δημιουργούνται με κατάλληλο προγραμματισμό του δικτύου και παραμένουν συνεχώς ενεργά μεταξύ των δύο DTE.
- \* Τα επιλεγόμενα εικονικά κυκλώματα (SVC - Switched Virtual Circuits), όπου η σύνδεση παραμένει μεταξύ των DTE μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και διακόπτεται μετά το πέρας της μετάδοσης των δεδομένων.

### **Πως λειτουργεί ένα εικονικό κύκλωμα;**

Με τη μέθοδο του εικονικού κυκλώματος, πριν μεταδοθεί οποιοδήποτε πακέτο ή δεδομένα, αποκαθίσταται μια διαδρομή μεταξύ των σταθμών. Όλα τα πακέτα φτάνουν με τη σωστή σειρά και σωστά. Τα πακέτα διασχίζουν το δίκτυο πιο γρήγορα, δηλαδή δεν χρειάζονται αποφάσεις δρομολόγησης. Όμως είναι λιγότερο αξιόπιστο, επειδή αν ένας κόμβος αποτύχει, όλα τα νοητά κυκλώματα που περνούν από αυτόν τον κόμβο χάνονται.

### **2.5 Πώς λειτουργεί το πρωτόκολλο X.25;**

Η λειτουργία του X.25 ξεκινάει όταν το DTE καθορίζει με βάση τις επικεφαλίδες ποιο VC θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια αποστέλλει το πακέτο σε μία DCE συσκευή που είναι τοπικά συνδεδεμένη. Η συσκευή αυτή στη συνέχεια εξετάζει τις επικεφαλίδες των πακέτων για να επιλέξει το ανάλογο VC και μετά στέλνει τα πακέτα στο κοντινότερο PSE σε αυτή τη διαδρομή. Τα PSE μετά στέλνουν τα δεδομένα στον επόμενο σταθμό στο μονοπάτι, ο οποίος μπορεί να είναι είτε ένας ακόμη διακόπτης είτε μία άλλη συσκευή DCE. Όταν τα δεδομένα φτάσουν στην απομακρυσμένη DCE συσκευή, διαβάζονται οι επικεφαλίδες των πακέτων για να προσδιοριστεί η διεύθυνση προορισμού. Στη συνέχεια τα πακέτα αποστέλλονται στην αντίστοιχη DTE. Αν πρόκειται για SVC και δεν υπάρχουν άλλα δεδομένα για μετάδοση, το VC διακόπτεται.

### 3 ΕΠΙΠΕΔΟ 1 ΤΟΥ X.25 - ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Στο φυσικό επίπεδο καθορίζονται τα μηχανικά, ηλεκτρικά, λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά για την ενεργοποίηση, την απενεργοποίηση και τη διάρκεια της σύνδεσης μεταξύ των DTE και DCE συσκευών ώστε να μεταφέρονται bits πληροφορίας από τη μία συσκευή στην άλλη με συγκεκριμένους κανόνες. Για αυτό το λόγο το επίπεδο αυτό χαρακτηρίζεται και ως επίπεδο bits. Το Φυσικό Επίπεδο έχει τα εξής τέσσερα χαρακτηριστικά:

1. Μηχανικό: Σχετίζεται με τις φυσικές ιδιότητες της διεπαφής σε ένα μέσο μετάδοσης. Η προδιαγραφή είναι μια υποδοχή που ενώνει έναν ή περισσότερους αγωγούς σημάτων, δηλαδή κυκλώματα.
2. Ηλεκτρικό: Σχετίζεται με την αναπαράσταση των bit και το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (bit).
3. Λειτουργικό: Καθορίζει τις λειτουργίες που εκτελούνται από ανεξάρτητα κυκλώματα της φυσικής διεπαφής ανάμεσα σε ένα σύστημα και στο μέσο μετάδοσης.
4. Διαδικαστικό: Καθορίζει την ακολουθία γεγονότων κατά τα οποία σειρές από bit ανταλλάσσονται μέσω ενός φυσικού μέσου.

Βασικός σκοπός του Φυσικού επιπέδου είναι να παραλαμβάνει τα δεδομένα που του παραδίδει το αμέσως ανώτερο (δευτερο) επίπεδο και να τα μεταφέρει bit προς bit μέσω του μέσου μετάδοσης στην άλλη άκρη μίας point to point ζεύξης. Το φυσικό επίπεδο σε κάθε τέτοια ζεύξη είναι διαφορετικό και μπορεί κάθε φορά να υλοποιείται με διαφορετική τεχνολογία όπως με τοπικές καλωδιακές συνδέσεις, χάλκινες γραμμές με modem, συστήματα οπτικής μετάδοσης, ασύρματες ζεύξεις, συστήματα PDH/SDH κ.λπ. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος του connector και οι ακροδέκτες, τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το 1 bit με ποια το 0 bit, τα μήκη κύματος του φωτός στην οπτική ίνα, το αν η επικοινωνία/μετάδοση είναι half ή full duplex<sup>9</sup> κ.λπ. Οι υπηρεσίες που προσφέρει πέρα από την ενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης είναι η μεταφορά των bit με σύγχρονο ή ασύγχρονο τρόπο, σηματοδότηση και η επισήμανση προβλημάτων μετάδοσης. Για μια σύνδεση DTE/DCE δεν καθορίζεται το μέσο, αλλά συνήθως είναι πάνω από μια γραμμή ενός επιλεγμένου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN<sup>10</sup>) με modem στις δύο άκρες του, προκειμένου να συνδεθούμε στο Δημόσιο Δίκτυο Δεδομένων(PDN - Public Data Network).

#### 3.1 Η Διασύνδεση X.21

Το X.25 χρησιμοποιεί την προδιαγραφή φυσικού στρώματος ενός προτύπου που ονομάζεται X.21<sup>11</sup>. Η X.21 εξεδόθη από την ITU-T προκειμένου να

<sup>9</sup>Συνήθως η μετάδοση είναι full duplex

<sup>10</sup>Είναι το παγκόσμιο τηλεφωνικό δίκτυο. Αποτελείται από τηλεφωνικές γραμμές, οπτικές ίνες, συνδέσμους μέσω μικροκυμάτων, κυβελωτά δίκτυα, τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους, και υποθαλάσσια καλώδια, όλα διασυνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω κέντρων switching, τα οποία επιτρέπουν σε οποιοδήποτε τηλέφωνο στον κόσμο να επικοινωνήσει με οποιοδήποτε άλλο.

<sup>11</sup>χρησιμοποιείται και σε ψηφιακά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος εκτός από τα δίκτυα X.25.

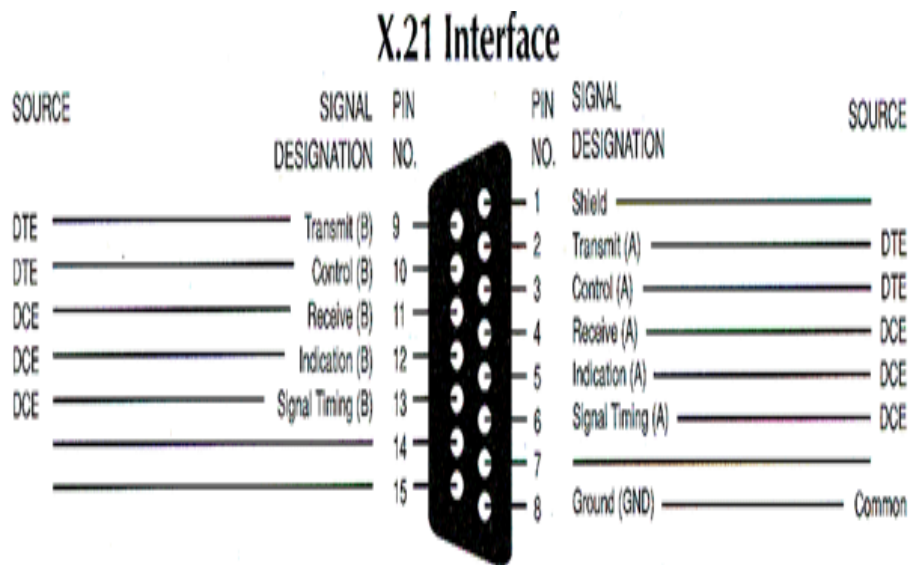
τυποποιήσει τις συνδέσεις DTE-DCE σε ψηφιακά δίκτυα. Στόχος ήταν ένα κοινό interface για δίκτυα μεταγωγής πακέτων και για δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Η μετάδοση των σημάτων είναι διαφορική και χρησιμοποιεί ένα D connector των 15 ακροδεκτών, τον ISO4903. Μια DTE συσκευή χρησιμοποιεί τους αγωγούς Transmit(T) και Control(C) για σήματα εκπομπής και ελέγχου αντίστοιχα, ενώ το DCE τους Receive(R) και Indication(I). Το σήμα χρονισμού μεταφέρεται από τους αγωγούς Signal timing(S) από το DCE προς το DTE και είναι κοινό για τα δεδομένα εκπομπής και λήψης. Προσφέρει όλα τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, όπως:

1. γρήγορη επιλογή
2. αξιοπιστία
3. επανεπιλογή
4. κλειστές ομάδες συνδρομητών
5. υψηλή ταχύτητα μετάδοσης κ.λπ.

### ***Περιγραφή των σημάτων της X.21.***

- **Transmit(T):** Μεταφέρει δεδομένα από το DTE προς το DCE κατά τη φάση μεταφοράς δεδομένων. Επίσης μεταφέρει σήματα ελέγχου και εντολές προς το DCE στις υπόλοιπες φάσεις.
- **Receive(R):** Μεταφέρει δεδομένα από το DCE προς το DTE κατά τη φάση μεταφοράς δεδομένων. Επίσης μεταφέρει σήματα ελέγχου και εντολές προς το DTE στις υπόλοιπες φάσεις.
- **Control(C):** Σήμα ελέγχου προς το DCE. Παραμένει σε κατάσταση ON στη φάση μεταφοράς δεδομένων. Στις υπόλοιπες φάσεις παίρνει τιμές σε συνδυασμό με τα δεδομένα του κυκλώματος Transmit για τη συμπεριφορά εντολών και σήμανσης διαφόρων λειτουργιών.
- **Indication(I):** Σήμα ελέγχου προς το DTE. Δείχνει στο DTE την πρόοδο της κλήσης. Όταν το σήμα (I) είναι σε κατάσταση ON σημαίνει ότι το κύκλωμα Receive μεταφέρει δεδομένα που προέρχονται από το μακρινό DTE. Όταν το σήμα (I) είναι σε κατάσταση OFF υποδηλώνει κατάσταση μεταφοράς σημάτων ελέγχου προς το DTE.
- **Signal Element Timing(S):** Δηλαδή το Clock. Είναι το σήμα χρονισμού - ρολοί τόσο για τα δεδομένα εκπομπής όσο και για τα δεδομένα λήψης. Η πηγή του σήματος χρονισμού είναι το DCE.
- **DTE Signal Element Timing(X):** Προαιρετικό ρολοί που δίνει το DTE για συγχρονισμό των δεδομένων εκπομπής.

- Byte Timing(B): Προαιρετικό ρολόι χρονισμού των byte. Έχει τιμή OFF μόνο κατά την διάρκεια του όγδοου bit και όταν το σήμα χρονισμού(S) έχει τιμή ON. Κατά την διάρκεια όλων των υπόλοιπων bit έχει τιμή ON.



Σχήμα 8: Η διασύνδεση X.25

### 3.2 Η Σύσταση X.21 bis

Μια άλλη τυποποίηση είναι η X.21 bis, η οποία είναι εντελώς διαφορετική από την X.21. Η σύσταση X.21 bis δημιουργήθηκε πάνω στη προσπάθεια της CCITT να διατηρήσει τις υπάρχουσες τυποποιήσεις στο φυσικό επίπεδο του X.25. Η σύσταση X.21 bis 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.



Σχήμα 9: Το καλώδιο της διασύνδεσης X.21

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

## 4 ΕΠΙΠΕΔΟ 2 ΤΟΥ X.25 - DATA LINK LAYER

Το επίπεδο αυτό φροντίζει για την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων πάνω από τις φυσικές ζεύξεις του πρώτου επιπέδου που μεταφέρουν τα bit. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τις λειτουργίες για την αποκατάσταση μιας 'λογικής ζεύξης' πάνω σε μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σημείων στο δίκτυο, όπως μεταξύ δύο κόμβων ή μεταξύ κόμβου και υπολογιστή.

Τα δεδομένα οργανώνονται σε πλαίσια (frames) περιορισμένου μεγέθους, αριθμούνται και αποστέλλονται το ένα μετά το άλλο προς την απέναντι πλευρά της ζεύξης. Αν υπάρξουν προβλήματα κατά τη μετάδοση ζητείται επανάληψή της έως ότου ολοκληρωθεί με επιτυχία. Εκτός από τα πλαίσια που μεταφέρουν δεδομένα υπάρχουν και ειδικά πλαίσια ελέγχου για τη δημιουργία της λογικής σύνδεσης ανάμεσα στα δύο άκρα της τοπικής ζεύξης. Έτσι ρυθμίζονται διάφορα θέματα της μετάδοσης, έλεγχος ροής, ενδιάμεσες διακοπές κ.λπ.

Τα δεδομένα που μεταφέρουν τα πλαίσια είναι σε μορφή πακέτων που παραλήφθηκαν από το αμέσως ανώτερο επίπεδο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται ενθυλάκωση πακέτων σε πλαίσια. Για παράδειγμα ένα πλαίσιο ethernet (2ο επίπεδο) μπορεί να μεταφέρει ένα IP πακέτο (3ο επίπεδο). Το δεύτερο επίπεδο δηλαδή προσφέρει μια αξιόπιστη υπηρεσία μεταφοράς προς τα ανώτερα επίπεδα ώστε αυτά να μην έχουν να ασχοληθούν με προβλήματα σφαλμάτων της φυσικής σύνδεσης.

**!!!** Τα δεδομένα που μεταφέρει το δεύτερο επίπεδο ονομάζονται πλαίσια (frames) εκτός εάν το πρωτόκολλο είναι ATM όπου εκεί ονομάζονται κελιά και έχουν σταθερό μέγεθος.**!!!**

Συνοπτικά οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο είναι:

1. Δημιουργία, διατήρηση και απελευθέρωση της λογικής σύνδεσης μεταξύ των άκρων.
2. Μεταφορά δεδομένων, αρίθμηση - συγχρονισμός frame, διαφάνεια μετάδοσης.
3. Έλεγχος σφαλμάτων και έλεγχος ροής των frame.

Συσκευές που λειτουργούν αποκλειστικά στο δεύτερο επίπεδο είναι: bridges τοπικών δικτύων, ethernet switches, κόμβοι frame relay, κόμβοι ATM. Επίσης το δεύτερο επίπεδο υλοποιείται και στις θύρες κόμβων υψηλότερων επιπέδων, όπως routers, firewalls, gateways κ.λπ. Μερικά γνωστά πρωτόκολλα που έχουν τυποποιηθεί για το δεύτερο επίπεδο είναι HDLC, LAPB, Frame Relay, ATM κ.ά.

### 4.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ LAPB

#### 4.1.1 Τι είναι το πρωτόκολλο LAPB;

Είναι ένα υποσύνολο του HDLC που παρέχει μόνο ασύγχρονο ισοσταθμισμένο τρόπο (ABM). Η Διαδικασία Πρόσβασης Ζεύξης, Ισοσταθμισμένη (Link Access Procedure, Balanced - LAPB) εκδόθηκε από την ΙΤΥ-T ως μέρος των τυποποιήσεων διεπαφής για δίκτυα μεταγωγής πακέτων X.25. Η μορφή πλαισίου είναι ίδια με αυτή του HDLC και σχεδιάστηκε για σημείο προς σημείο

ζεύξη μεταξύ ενός συστήματος χρήστη και ενός κόμβου ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων. Το πρωτόκολλο LAPB διακρίνει τα πλαίσια σε πλαίσια εντολών (Command frame) και σε πλαίσια απαντήσεων (Response frame). Η βασική διαφορά του LAPB από το HDLC είναι ότι στο LAPB οι σταθμοί DTE και DCE δεν έχουν μόνιμη σχέση master-slave καθώς περιστασιακά ούτε το DTE ούτε το DCE μπορούν να αναλάβουν το ρόλο του master. Ο ρόλος τους είναι εύκολα αντιστρεπτός και σε αυτό οφείλεται και η λέξη balanced στο όνομα LAPB. Για την αποστολή των πλαισίων στη LAPB απαιτείται μια σύγχρονη, full duplex, point to point γραμμή επικοινωνίας μεταξύ DTE (χρήστης) και DCE (δίκτυο).

#### 4.1.2 Λειτουργίες του LAPB

Οι κύριες λειτουργίες του πρωτοκόλλου LAPB είναι τρεις:

- Αποκατάσταση (εκκίνηση) σύνδεσης (Link Set-up). Φροντίζει ώστε τα δύο άκρα της ζεύξης να αποκαταστήσουν λογική επαφή με μια αρχική ανταλλαγή πλαισίων (frame) ώστε να συγχρονίσουν την επικοινωνία τους και να προετοιμαστούν για εκπομπή και λήψη δεδομένων.
- Μεταφορά δεδομένων: Τα πλαίσια (frame) μεταφοράς δεδομένων μεταφέρουν τις πληροφορίες (data) υπό μορφή πακέτων. Στη φάση αυτή εξασφαλίζεται ότι τα πλαίσια φθάνουν με τη σωστή σειρά στο δέκτη και χωρίς σφάλματα.
- Τερματισμός σύνδεσης: Μετά το τέλος της μεταφοράς πληροφορίας ακολουθεί ο λογικός τερματισμός (απόλυση) της ζεύξης.

**!!!** Οι παραπάνω λειτουργίες έχουν νόημα για τις SVC (προσωρινές) συνδέσεις, ενώ για τις PVC (μόνιμες) συνδέσεις έχει έννοια μόνο η λειτουργία της Μεταφοράς Δεδομένων, μιας και το Νοητό Κύκλωμα είναι αφιερωμένο μόνιμα. **!!!**

#### 4.1.3 Μορφές και είδη πλαισίων στο LAPB

Πέρα από τη διαφοροποίηση των τύπων των πλαισίων σε πλαίσια εντολών και απαντήσεων, διακρίνουμε τρεις μορφές πλαισίων:

- \* U-πλαίσια (Unnumbered frame) που χρησιμοποιούνται κυρίως για αποκατάσταση και τερματισμό της λογικής σύνδεσης. Τα είδη πλαισίων που διαθέτει είναι:
  - SABM (Set Asynchronous Balanced Mode)
  - UA (Unnumbered Acknowledgement)
  - DM (Disconnect Mode)
  - DISC (Disconnect)
  - FRMR (Frame Reject)
- \* I-πλαίσια (Information frame) που μεταφέρουν πακέτα δεδομένων. Τα είδη πλαισίων που διαθέτει είναι:



- RR (Receive Ready)
- RNR (Receive Not Ready)
- REJ (Reject)

\* S-πλαίσια (Supervisory frame) αυτά εκπέμπονται για να ελέγχουν τη ροή των I-πλαisiών, να επιβεβαιώνονται σωστά και να απορρίπτονται τα πλαίσια με σφάλματα μετάδοσης. Το είδος πλαισίου που διαθέτει είναι:

- I (Information)

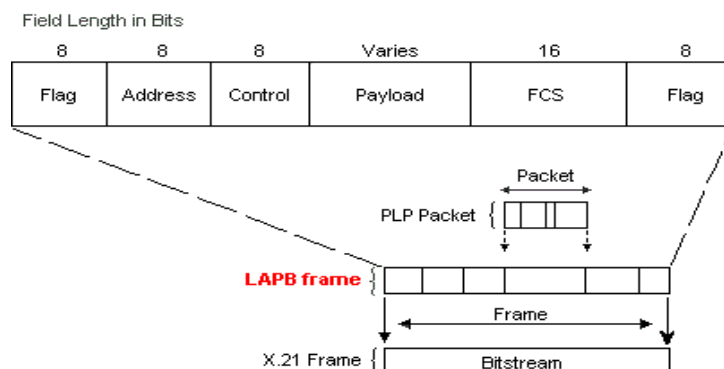
#### 4.2 ΔΟΜΗ X.25 ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Τα εσωτερικά πεδία ενός X.25 (S/U/I-πλαisiών) πλαισίου είναι κατά σειρά εκπομπής:

- ◇ Πεδίο Διεύθυνσης το οποίο προσδιορίζει εάν ο πομπός έχει ρόλο master ή slave και επομένως εάν το πλαίσιο είναι πλαίσιο εντολής ή απάντησης.
- ◇ Πεδίο Ελέγχου που προσδιορίζει τον τύπο και το είδος του πλαισίου (π.χ. SABM/UA/RR/I κ.λπ.) καθώς επίσης περιέχει και τους απαριθμητές εκπομπής και λήψης.
- ◇ Πεδίο Πληροφορίας που περιέχει τη χρήσιμη πληροφορία του χρήστη υπό μορφή πακέτου.
- ◇ Πεδίο Ελέγχου Σφαλμάτων, γνωστό και σαν FCS (Frame Check Sequence). Τοποθετείται κατά την εκπομπή και βοηθά τον δέκτη να διαπιστώσει εάν το πλαίσιο έχει σφάλματα μετάδοσης.

**!!!** Η δομή των I-πλαisiών διαφέρει από αυτήν των U-πλαisiών και S-πλαisiών στο ότι έχει και πεδίο πληροφορίας, που δεν διαθέτουν τα άλλες δύο μορφές πλαισιών. **!!!**

Για να εξυπηρετηθούν οι απαιτήσεις του δεύτερου επιπέδου δηλαδή της δημιουργίας και τερματισμού της σύνδεσης, της μεταφοράς δεδομένων του ελέγχου ροής και του ελέγχου σφαλμάτων, το πλαίσιο έχει χωριστεί σε πεδία.



Σχήμα 10: Η δομή του πλαισίου LAPB.

**Το πεδίο Flag** Το κάθε πλαίσιο αρχίζει και τελειώνει και αρχίζει με ένα

flag. Το flag είναι ένας χαρακτήρας των 8 bit:01111110 (7E Hex) με κύριο χαρακτηριστικό τα 6 συνεχή bit με τιμή 1 ανάμεσα σε δύο bit με τιμή 0. Και οι δύο πλευρές μιας σύνδεσης DTE-DCE ελέγχουν συνεχώς τα δεδομένα λήψης ώστε να ανιχνεύσουν την ύπαρξη flag. Η παρουσία ενός flag δηλώνει είτε την αρχή είτε το τέλος ενός πλαισίου, ανάλογα με το τι είχε ληφθεί πριν το flag. Η μορφή του flag 01111110 είναι μοναδική μέσα στο πλαίσιο. Δεν επιτρέπεται να δημιουργηθεί τυχαία μια τέτοια ακολουθία από bit σε οποιοδήποτε άλλο σημείο, εκτός από την αρχή και το τέλος του πλαισίου. Για να αποφύγει ο πομπός την μετάδοση 6 συνεχών bit με τιμή 1, εντός του πλαισίου κατά την εκπομπή των δεδομένων, χρησιμοποιεί την τεχνική της παρεμβολής 0 (Bit Stuffing). Η τεχνική αυτή συνίσταται στην τοποθέτηση από τον πομπό ενός bit με τιμή 0 μετά από 5 συνεχείς άσσους το οποίο ονομάζεται bit παρεμβολής. Έτσι δεν είναι ποτέ δυνατή η εμφάνιση 6 συνεχών bit με τιμή 1, παρά μόνο με τη μετάδοση του flag. 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 Διεύθυνσης (Address field)** Το πρώτο πεδίο που εκπέμπεται κατά την μετάδοση ενός πλαισίου μετά το flag είναι το πεδίο διεύθυνσης. Αποτελείται από οκτώ bit που προσδιορίζουν εάν το πλαίσιο είναι πλαίσιο εντολής ή απάντησης. 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 Ελέγχου (Control field)** Το πεδίο ελέγχου εκπέμπεται αμέσως μετά το πεδίο διεύθυνσης και αποτελείται από οκτώ bit. Η κωδικοποίηση των οκτώ αυτών bit προσδιορίζει το είδος του πλαισίου, τη λειτουργία του και περιέχει τους απαραίτητες αποστολής και λήψης.

**Το πεδίο Πληροφορίας (Information field)** Πεδίο πληροφορίας, διαθέτουν μόνο τα I-πλαίσια, και μεταφέρει τα δεδομένα των ανώτερων επιπέδων. Το περιεχόμενο και το μέγεθος του πεδίου πληροφορίας καθορίζεται από το επίπεδο 3, πράγμα που σημαίνει ότι το μήκος και η δομή του ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του πακέτου που περιέχει. Τα S-πλαίσια και τα U-πλαίσια δεν διαθέτουν τέτοιο πεδίο με εξαίρεση τα πλαίσια FRMR.

**Το πεδίο Ελέγχου Σφαλμάτων (FCS - Frame Check Sequence - field)** Το πεδίο αυτό συνοδεύει όλα τα είδη πλαισίων και έχει μήκος 16 bit και αποσκοπεί στον εντοπισμό σφαλμάτων που προκλήθηκαν στα bits του πλαισίου κατά τη μεταφορά του στο δίκτυο. Το περιεχόμενο του πεδίου FCS είναι το αποτέλεσμα μαθηματικών υπολογισμών, οι οποίοι πραγματοποιούνται στα πεδία διεύθυνσης ελέγχου και πληροφορίας του πλαισίου και βασίζονται σε ένα πολυώνυμο που ορίζει η ITU-T, που έχουν γίνει κατά την εκπομπή του πλαισίου από τον πομπό. Έτσι δημιουργείται το πεδίο FCS που το περιεχόμενό του εξαρτάται από τα δεδομένα των πεδίων του πλαισίου.

## 5 ΕΠΙΠΕΔΟ 3 ΤΟΥ X.25 - NETWORK LAYER

Το 3ο επίπεδο παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ των άκρων του δικτύου. Αν μεταξύ των ακραίων επικοινωνούντων υπολογιστών παρεμβάλονται δύο ή περισσότερα διαφορετικά δίκτυα το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για την διασύνδεσή τους. Βασική λειτουργία του επιπέδου είναι η δρομολόγηση πακέτων (packet) εντός ενός δικτύου. Τα δεδομένα που διακινεί το 3ο επίπεδο μέσω του δικτύου ονομάζονται πάντα πακέτα.

Κύριες λειτουργίες του 3ου επιπέδου στο X.25 είναι οι εξής:

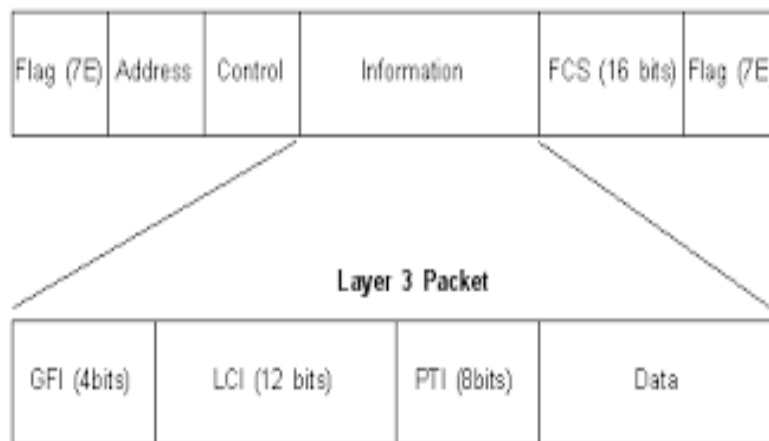
- Δημιουργία και εποπτεία νοητών κυκλωμάτων με απομακρυσμένα DTE.
- Δημιουργία πακέτων ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων.
- Διαδικασίες ανταλλαγής των πακέτων αυτών μεταξύ DTE και DCE.

Οι λειτουργίες στο 3ο επίπεδο διακρίνονται σε τρεις χρονικές φάσεις:

- \* Αρχικά στην κλήση για τη δημιουργία ενός νοητού κυκλώματος,
- \* Στη συνέχεια στη μεταφορά δεδομένων μέσω της διαδρομής που καθορίζει το νοητό κύκλωμα και
- \* Τέλος στη διακοπή σύνδεσης και νοητού κυκλώματος.

Ένα DTE μπορεί να δημιουργήσει ταυτόχρονα περισσότερα του ενός νοητά κυκλώματα PVC ή SVC προς διάφορους συνδρομητές (DTEs). Ένα λογικό κύκλωμα είναι μια ακολουθία από λογικά κανάλια (Virtual Channels).

### 5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΕΝΟΣ X.25 ΠΑΚΕΤΟΥ



Σχήμα 11: Η προμετωπίδα του πακέτου X.25

Αναφέραμε ότι τα δεδομένα πριν τη μετάδοσή τους οργανώνονται σε πακέτα. Τα πακέτα απαρτίζονται από byte και τα διακρίνουμε σε δύο περιοχές σε κάθε πακέτο, την προμετωπίδα (header) και την περιοχή δεδομένων του χρήστη.

### **Προμετωπίδα πακέτων (Header)**

Κάθε πακέτο X.25 διαθέτει τουλάχιστον τρία byte στην αρχή του που αποτελούν την προμετωπίδα του. Ορισμένα πακέτα όπως, τα πακέτα κλήσεων, διαθέτουν πρόσθετα byte για τη διεύθυνση αποστολέα και αποδέκτη καθώς και για άλλες διευκολύνσεις (facilities). Η προμετωπίδα των πακέτων έχει έννοια μόνο για πακέτα που μεταφέρουν δεδομένα.

Η προμετωπίδα αποτελείται από 3 byte που περιέχουν:

- Το GFI (General Format Identifier) που έχει τα Q και D bit και προσδιορίζει τον τύπο αρίθμησης (modulo 8/128). Το GFI πεδίο αποτελείται από 4 bit.
  - \* Το Q bit (Qualifier) χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τα δεδομένα του πακέτου.
  - \* Το D bit (Delivery bit) επιτρέπει στο τοπικό DTE να απαιτήσει την από άκρο σε άκρο επιβεβαίωση σωστής λήψης των πακέτων data.
  - \* Τα SN bit (Sequence Numbering) προσδιορίζουν αν η αρίθμηση των πακέτων γίνεται modulo 8 ή 128.
- Το LCI (Logical Channel Identifier) που είναι ο αριθμός του λογικού καναλιού. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται σε όλα τα πακέτα, εκτός από τα Restart και Diagnostic, για να προσδιορίσει το νοητό κύκλωμα μεταξύ των δύο DTE.
- Το PTI (Packet Type Identifier) που προσδιορίζει τον τύπο του πακέτου.

### **Πεδίο Δεδομένων**

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).

## **5.2 ΤΥΠΟΙ ΠΑΚΕΤΩΝ**

Υπάρχουν 17 είδη πακέτων στο 3ο επίπεδο του X.25. Τα πακέτα αυτά ομαδοποιούνται σύμφωνα με τη δομή τους και τη λειτουργία τους σε 8 διαφορετικές ομάδες με βάση τους τύπους των πακέτων που ανήκουν σε κάθε ομάδα:

- \* Πακέτα έναρξης και τερματισμού κλήσης (Call setup and clearing): Στην ομάδα αυτή (Πακέτα έναρξης κλήσης) ανήκουν τα πακέτα call request, incoming call, call accepted και call connected, που εμφανίζονται μόνο σε νοητά κυκλώματα SVC και μόνο κατά τη φάση αποκατάστασης μιας κλήσης. Στην ομάδα αυτή (Πακέτα διακοπής κλήσης) περιλαμβάνονται

τα πακέτα clear request, clear indication και DTE ή DCE clear confirmation. Τα πακέτα αυτά χρησιμοποιούνται για να διακόψουν ένα SVC κύκλωμα και δεν χρησιμοποιούνται ποτέ στις μόνιμες PVC συνδέσεις.

- \* Πακέτα πληροφορίας (Data): Τα πακέτα αυτά μεταφέρουν τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν οι συνδρομητές.
- \* Πακέτα διακοπής (Interrupt): Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται δύο είδη πακέτων το interrupt και το interrupt confirmation που χρησιμοποιούνται μόνο κατά τη φάση μεταφοράς δεδομένων. Τα πακέτα αυτά δεν διαθέτουν απαριθμητές εκπομπής και λήψης.
- \* Πακέτα ελέγχου ροής (Flow control and reset): Τρία είδη πακέτων περιλαμβάνει η ομάδα αυτή. Τα receive ready (RR), receive not ready (RNR) και reject (REJ). Τα πακέτα ελέγχου ροής χρησιμοποιούνται μόνο κατά τη φάση μεταφοράς δεδομένων και περιέχουν μόνο έναν απαριθμητή, τον P(R) που απαριθμεί και επιβεβαιώνει τα πακέτα πληροφορίας που έχουν ληφθεί σωστά. Επίσης ενημερώνει τον αποστολέα για τον αριθμό του επόμενου πακέτου που πρέπει να εκπέμψει.
- \* Πακέτα reset: Αφορά τους τύπους πακέτων reset request, reset indication και DTE ή DCE reset confirmation. Τα πακέτα reset εμφανίζονται τόσο στα PVC όσο και στα SVC νοητά κυκλώματα. Χρησιμοποιούνται στη φάση μεταφοράς δεδομένων και έχουν σκοπό να μηδενίσουν τους απαριθμητές εκπομπής και λήψης στους δύο ανταποκριτές ώστε να αρχίσει από την αρχή μια νέα αρίθμηση πακέτων. Μηδενισμός γίνεται μόνο στο νοητό κύκλωμα που προσδιορίζει ο αριθμός λογικού καναλιού του πακέτου reset request, εφόσον βέβαια υπάρξει και η κατάλληλη ανταπόκριση από το απέναντι DTE με reset confirmation.
- \* Πακέτα restart: Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα πακέτα restart request, restart indication και DTE ή DCE restart confirmation. Το DTE μπορεί να αρχίσει τη διαδικασία re μια και το restart επιδρά σε όλα ανεξαιρέτως τα λογικά κανάλια της γραμμής.
- \* Διαγνωστικά πακέτα (Diagnostic): Τα διαγνωστικά πακέτα στέλνονται πάντα από το δίκτυο (DCE) προς το DTE του συνδρομητή, για να τον ενημερώσει ότι έχει διαγνωστεί μια ανωμαλία που δεν είναι δυνατόν να διορθωθεί με μηχανισμούς του 3ου επιπέδου. Η πληροφορία που δίνει το πακέτο αυτό επιτρέπει την ανάλυση της ανωμαλίας και την επανόρθωσή της από τα υψηλότερα επίπεδα στο DTE, εφόσον βέβαια κάτι τέτοιο είναι δυνατό και επιθυμητό.
- \* Πακέτα εγγραφής (Registration): Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα πακέτα registration request και registration confirmation. Χρησιμοποιούνται συνήθως για εξακρίβωση της ταυτότητας του συνδρομητή από το δίκτυο, κυρίως όταν η πρόσβαση στο δίκτυο μεταγωγής πακέτων γίνεται μέσω του κοινού τηλεφωνικού δικτύου.

### 5.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 3

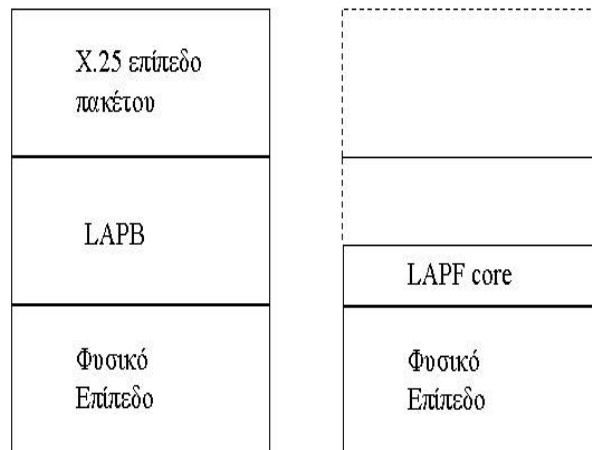
Για να πραγματοποιηθεί η ανταλλαγή των πακέτων στο επίπεδο 3 διακρίνουμε τρεις φάσεις:

- Φάση αποκατάστασης της λογικής σύνδεσης (call set-up): Το 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.
- Φάση μεταφοράς δεδομένων (Data transfer): 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).
- Φάση τερματισμού της σύνδεσης (call clearing): 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.

## 6 Ο ΑΠΟΓΟΝΟΣ ΤΟΥ X.25: Frame Relay

Το Frame Relay (αναμετάδοση πλαισίων) είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να προσφέρει ένα πιο αποδοτικό σχήμα μετάδοσης από αυτό του X.25. Η παραδοσιακή προσέγγιση στο packet-switching (μεταγωγή πακέτου) χρησιμοποιεί το X.25, το οποίο, όχι μόνον καθορίζει το interface μεταξύ χρήστη και δικτύου, αλλά επίσης επηρεάζει και το εσωτερικό σχέδιο του δικτύου. Μερικά βασικά χαρακτηριστικά του X.25 είναι:

- \* Πακέτα Ελέγχου για Κλήση, που χρησιμοποιούνται για να δημιουργούνται και να εκκαθαρίζονται εικονικά κυκλώματα, μεταφέρονται στο ίδιο κανάλι και στο ίδιο εικονικό κύκλωμα για τα πακέτα δεδομένων.
- \* Πολυπλεξία των εικονικών κυκλωμάτων λαμβάνει χώρα στο επίπεδο 3.
- \* Τα επίπεδα 2 και 3 συμπεριλαμβάνουν μηχανισμούς για έλεγχο ροής και έλεγχο σφαλμάτων.



Σχήμα 12: Μετακίνηση Πληροφορίας κατά X.25 (αριστερά) και Frame Relay (δεξιά)

Το frame relay είναι σχεδιασμένο ώστε να απαλείφει μεγάλο μέρος από αυτό που το X.25 επιβάλλει στα συστήματα τελικού χρήστη και σε δίκτυα τύπου packet-switching. Οι κύριες διαφορές μεταξύ του φραμε ρελαψ και του συμβατικής υπηρεσίας X.25 είναι:

- Η σηματοδότηση ελέγχου κλήσεων λαμβάνει χώρα σε διαφορετική λογική σύνδεση από τα δεδομένα του χρήστη. Έτσι, οι ενδιάμεσοι κόμβοι δεν χρειάζεται να διατηρούν πίνακες καταστάσεων ή μηνύματα διεργασιών σχετιζόμενων με τον έλεγχο κλήσεων σε ξεχωριστή - ανά κλήση - βάση.
- Η πολύπλεξη και η μεταγωγή λογικών συνδέσεων λαμβάνει χώρα στο επίπεδο 2 αντί του επιπέδου 3, εξαλείφοντας ένα ολόκληρο επίπεδο επεξεργασίας.
- Δεν υφίσταται κανένας έλεγχος ροής και σφάλματος τύπου άλμα-με-άλμα (hop-by-hop). Ο έλεγχος ροής και σφαλμάτων από άκρου εις άκρον, εάν χρησιμοποιούνται καθόλου, είναι η ευθύνη ενός υψηλότερου επιπέδου.

Στο frame relay, ένα πλαίσιο δεδομένων (data frame) ενός χρήστη αποστέλλεται από την πηγή στον προορισμό, και μία επιβεβαίωση, που γεννάται σε υψηλότερο επίπεδο, μεταφέρεται πίσω σε ένα (άλλο) πλαίσιο.

Το κύριο πιθανό μειονέκτημα του frame relay, συγκρινόμενο με το X.25, είναι ότι έχουμε χάσει την ικανότητα να εκτελούμε έλεγχο ροής και σφάλματος, σύνδεσμος-με-σύνδεσμο (κάτι που όμως μπορεί να παρασχεθεί σε υψηλότερο επίπεδο). Στο X.25, πολλαπλά εικονικά κυκλώματα μεταφέρονται σε ένα φυσικό κύκλωμα και το LAPB είναι διαθέσιμο στο link level για την παροχή αξιόπιστης εκπομπής από την πηγή στο δίκτυο μεταγωγής πακέτων και από το τελευταίο δίκτυο στον προορισμό. Επιπλέον, σε κάθε άλμα μέσα στο δίκτυο, το πρωτόκολλο του data link layer μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αξιοπιστία. Με την χρήση του frame relay, αυτός ο έλεγχος, άλμα-κατά-άλμα συνδέσμου, χάνεται. Εν τούτοις, με την αυξανόμενη αξιοπιστία των μέσων εκπομπής και μεταγωγής, αυτή η έλλειψη δεν είναι κύριο μειονέκτημα.

Το πλεονέκτημα του frame relay είναι ότι έχουμε βελτιστοποιήσει την διεργασία επικοινωνίας. Η απαιτούμενη λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου στον interface χρήστη-δίκτυο είναι μειωμένη, όπως άλλωστε και η εσωτερική επεξεργασία του δικτύου. Ως αποτέλεσμα, έχουμε χαμηλότερη καθυστέρηση και υψηλότερη πραγματική απόδοση. Μελέτες δείχνουν μία βελτίωση της απόδοσης χρησιμοποιώντας frame relay, συγκρινόμενο με X.25, τάξης μεγέθους ή περισσότερο.

### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ FRAME RELAY

Επίπεδο Ελέγχου	Επίπεδο Χρήστη
Q.931/Q.933	Λειτουργίες Επιλ. από χρήστη
LAPD (Q.921)	LAPF core
I.430/I.431	

Σχήμα 13: Επίπεδα Ελέγχου και Χρήστη

Εδώ πρέπει να διακρίνουμε δύο ξεχωριστά επίπεδα λειτουργίας, Ένα επίπεδο ελέγχου (C), που έχει να κάνει με την δημιουργία και τερματισμό λογικών συνδέσεων, και ένα επίπεδο χρήστη (U), το οποίο είναι υπεύθυνο για την μεταφορά των δεδομένων χρήστη μεταξύ των συνδρομητών. Συνεπώς το επίπεδο C υφίσταται μεταξύ συνδρομητή και δικτύου, ενώ το U επίπεδο για διαλειτουργικότητα άκρου-με-άκρο (end-to-end).

#### **Επίπεδο Ελέγχου (C)**

Το επίπεδο ελέγχου είναι παρόμοιο με την σηματοδότηση στο ίδιο κανάλι για δίκτυα τύπου μεταγωγής κυκλώματος (circuit-switching), υπό την έννοια ότι



ένα ξεχωριστό λογικό κανάλι δημιουργείται για πληροφορίες ελέγχου. Στο data link layer, χρησιμοποιείται το LAPD για να παράσχει αξιόπιστη υπηρεσία ελέγχου, με έλεγχο ροής και σφαλμάτων, μεταξύ χρήστη και δικτύου.

**Επίπεδο Χρήστη (U)** Για την μεταφορά πληροφοριών μεταξύ χρηστών, το αντίστοιχο πρωτόκολλο είναι το LAPF (Link Access Procedure for Frame-Mode Bearer Services), το οποίο είναι ορισμένο στο Q.922. Το τελευταίο είναι μία εξελιγμένη έκδοση του LAPD (Q.921). Ειδικά για το frame relay μόνον οι κύριες λειτουργίες του LAPF χρησιμοποιούνται:

- \* Διαχωρισμός, συντονισμός και διαφάνεια πλαισίων.
- \* Πολύπλεξη/Απόπλεξη πλαισίων με την χρήση των πεδίων διευθύνσεων.
- \* Εξέταση κάθε πλαισίου για επιβεβαίωση ότι αποτελείται από ακέραιο πλήθος byte πριν την εισαγωγή ή εξαγωγή 0-bit.
- \* Εξέταση κάθε πλαισίου ώστε να μην είναι ούτε πολύ μεγάλο, ούτε πολύ μικρό.
- \* Ανίχνευση σφαλμάτων εκπομπής.
- \* Λειτουργίες ελέγχου σφαλμάτων.

## 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### 7.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΙΑ

Σχήμα 1: Τοπολογίες δικτύων ( <a href="https://gr.dreamstime.com/">https://gr.dreamstime.com/</a> ).....	Σελ7
Σχήμα 2: Πλήρως καταναμημένη τοπολογία ( <a href="https://el.wikipedia.org/">https://el.wikipedia.org/</a> ).....	Σελ7
Σχήμα 3: Μερικώς καταναμημένη τοπολογία ( <a href="https://el.wikipedia.org/">https://el.wikipedia.org/</a> ).....	Σελ8
Σχήμα 4: Τα 7 επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI ( <a href="http://users.sch.gr">http://users.sch.gr</a> ).....	Σελ14
Σχήμα 5: Αρχιτεκτονική του μοντέλου αναφοράς OSI ( <a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a> ).....	Σελ14
Σχήμα 6: Το πρωτόκολλο X.25 και το μοντέλο OSI( <a href="https://slideplayer.com/slide/8475785/">https://slideplayer.com/slide/8475785/</a> ).....	Σελ16
Σχήμα 7: Ένα δίκτυο X.25( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/X.25">https://en.wikipedia.org/wiki/X.25</a> ).....	Σελ17
Σχήμα 8: Η Διασύνδεση X.21 ( <a href="http://cnc-on-net.blogspot.com">http://cnc-on-net.blogspot.com</a> ).....	Σελ21
Σχήμα 9: Το καλώδιο της διασύνδεσης X.21( <a href="https://en.wikipedia.org/">https://en.wikipedia.org/</a> ).....	Σελ21
Σχήμα 10: Η δομή του πλαισίου LAPB( <a href="https://www.inetdaemon.com">https://www.inetdaemon.com</a> ).....	Σελ25
Σχήμα 11: Η προμετωπίδα του πακέτου X.25( <a href="http://www.rhysshaden.com/x25.htm">http://www.rhysshaden.com/x25.htm</a> ).....	Σελ27
Σχήμα 12: Μετακίνηση Πληροφορίας κατά X.25 και Frame Relay( <a href="http://conta.uom.gr">http://conta.uom.gr</a> ).....	Σελ31
Σχήμα 13: Επίπεδα Ελέγχου και Χρήστη( <a href="http://conta.uom.gr">http://conta.uom.gr</a> ).....	Σελ32

### 7.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Sherman K. Schlar, INSIDE X.25, εκδόσεις MCGRAW-HILL COMMUNICATIONS SERIES
2. William Stallings, Επικοινωνίες Υπολογιστών & Δεδομένων, εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ
3. Α. Αλεξόπουλος – Γ. Λαγογιάννης, Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
4. Χρήστος Ι. Μπούρας, ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
5. URL's:
  - [https://el.wikipedia.org/wiki/Δίκτυο\\_υπολογιστών](https://el.wikipedia.org/wiki/Δίκτυο_υπολογιστών)
  - [https://el.wikipedia.org/wiki/Τοπολογία\\_δικτύου](https://el.wikipedia.org/wiki/Τοπολογία_δικτύου)
  - [https://el.wikipedia.org/wiki/Πρωτόκολλο\\_Ελέγχου\\_Μετάδοσης/Πρωτόκολλο\\_Διαδικτύου](https://el.wikipedia.org/wiki/Πρωτόκολλο_Ελέγχου_Μετάδοσης/Πρωτόκολλο_Διαδικτύου)
  - <https://en.wikipedia.org/wiki/X.25>
  - <http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metapyxiaka/technologies/diktywn/teachingm/wan/x25.htm>
  - [http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/seminaria/M\\_NetworkTech/28main.htm](http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/seminaria/M_NetworkTech/28main.htm)
  - <https://sites.google.com/site/eisagogestadiktyaypologiston1/architektonike-diktyou/topologies-diktyon>
  - <https://sites.google.com/site/eisagogestadiktyaypologiston1/architektonike-diktyou/montelo-anaphoras-osi>
  - <https://sites.google.com/site/eisagogestadiktyaypologiston1/architektonike-diktyou/architektonike-diadiktyou>
  - <https://sites.google.com/site/eisagogestadiktyaypologiston1/protokolla/protokollo-elenchou-metadoses-kai-protokollo-tou-internet>
  - <https://www.satspot.gr/comms/networks-lan-intranet/201-computer-networks-categories>
  - <https://www.inetdaemon.com/tutorials/telecom/x25/lapb.shtml>