



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:**  
**«ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ**  
**ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ**  
**ΔΙΚΤΥΩΝ»**

«Εισαγωγή στα Δίκτυα Δεδομένων [ISO/  
OSI - Μεταγωγή - Μετάδοση -  
Διαμόρφωση - Πρωτόκολλα]»

**ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ Α.Μ.:2803**  
**ΚΥΡΤΣΗΣ ΝΙΚΟΣ Α.Μ.:3410**

*ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:*

*Χ. Μπούρας, Καθηγητής*

ΠΑΤΡΑ 2008

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>2</b>
<b>ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ISO/OSI.....</b>	<b>5</b>
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ISO/OSI ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	5
3. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 1 – ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	6
4. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 2 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	7
5. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 3 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	7
6. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 4 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	8
7. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 5 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΟΛΟΥ.....	8
8. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 6 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ.....	9
9. ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 7 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	9
10. ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	9
10.1Κακός χρονισμός.....	10
10.2Κακή τεχνολογία.....	10
10.3Κακές υλοποιήσεις.....	11
10.4Κακή πολιτική.....	11
<b>ΜΕΤΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>13</b>
11. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
12. ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.....	13
13. ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ.....	13
14. ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΑΚΕΤΩΝ.....	14
15. ΣΥΓΚΡΙΣΗ.....	14
<b>ΜΕΤΑΔΟΣΗ – ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....</b>	<b>18</b>
16. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
17. ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ.....	18
17.1Συγχρονη Μετάδοση.....	18
17.2Ασυγχρονη Μετάδοση.....	19
18. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΕ ΒΑΣΙΚΗ ΖΩΝΗ.....	19
18.1ΡΑΜ Κωδικοποίηση.....	19
18.2 Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM).....	20
19. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΕ ΖΩΝΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ.....	20
19.1Αναλογική διαμόρφωση.....	20
19.1.1 Διαμόρφωση κατά πλάτος (Amplitude Modulation - AM).....	21
19.1.2 Διαμόρφωση κατά συχνότητα (Frequency Modulation - FM).....	21
19.2Ψηφιακή διαμόρφωση.....	21
19.2.1Ψηφιακή Διαμόρφωση Πλάτους (Amplitude Shift Keying- ASK).....	21
19.2.2Ψηφιακή Διαμόρφωση Συχνότητας (Frequency Shift Keying- FSK).....	22
19.2.3Ψηφιακή Διαμόρφωση Φάσης (Phase Shift Keying- PSK).....	22
19.2.4Quadrature Amplitude Modulation (QAM).....	22
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ .....</b>	<b>24</b>
20. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	24
21. X.25.....	25
22. POINT-TO-POINT PROTOCOL (PPP).....	25

<a href="#">23. INTERNET PROTOCOL (IP).....</a>	<a href="#">26</a>
<a href="#">24. TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL (TCP).....</a>	<a href="#">27</a>
<a href="#">25. USER DATAGRAM PROTOCOL (UDP).....</a>	<a href="#">27</a>
<a href="#">26. TELNET.....</a>	<a href="#">27</a>
<a href="#">27. FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP).....</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">28. DOMAIN NAME SYSTEM (DNS).....</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">29. SIMPLE MAIL TRANSFER PROTOCOL (SMTP).....</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">30. HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL (HTTP).....</a>	<a href="#">29</a>

# Το μοντέλο ISO/OSI

# Το Μοντέλο ISO/OSI

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μοντέλο Open Systems Interconnection (OSI) αποτελεί ένα εργαλείο αναφοράς με σκοπό την κατανόηση της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ οποιωνδήποτε δύο δικτυακών συστημάτων. Διαχωρίζει τις επικοινωνιακές διεργασίες σε επτά επίπεδα. Κάθε επίπεδο εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες για την υποστήριξη των από πάνω επιπέδων και ταυτόχρονα παρέχει υπηρεσίες στα από κάτω επίπεδα. Τα τρία χαμηλότερα επίπεδα εστιάζουν στο να μεταβιβάσουν τα δεδομένα από το δίκτυο στο τελικό σύστημα. Τα τέσσερα ανώτερα επίπεδα υπεισέρχονται για την ολοκλήρωση της διεργασίας στο τελικό σύστημα.

Στο παρόν κεφάλαιο ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να κατανοήσει τις λειτουργίες κάθε ενός από τα επτά επίπεδα και τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους.

Επίσης, στο τέλος του κεφαλαίου εξετάζονται και κάποια επιπλέον επίπεδα τα οποία δεν ανήκουν επίσημα στο μοντέλο αυτό αλλά αναφέρονται σε μη τεχνικές πτυχές των δικτύων υπολογιστών οι οποίες συχνά εμπλέκονται στον ομαλό σχεδιασμό και στην ομαλή λειτουργία ενός δικτύου

## 2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ISO/OSI ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Ένα μοντέλο δικτύου προσφέρει τα γενικά μέσα για τον διαχωρισμό των δικτυακών λειτουργιών των υπολογιστών σε πολλαπλά επίπεδα. Κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα παρέχει δυνατότητες στα παρακάτω επίπεδα και υποστηρίζει τα από πάνω επίπεδα. Ένα τέτοιο μοντέλο, διαβαθμισμένης λειτουργικότητας, καλείται στοίβα πρωτοκόλλων ή σουίτα πρωτοκόλλων.

Τα πρωτόκολλα λειτουργούν είτε μέσω hardware είτε μέσω software. Στις περισσότερες στοίβες πρωτοκόλλων συνδυάζονται και οι δύο τρόποι λειτουργίας. Συνήθως, στα χαμηλότερα επίπεδα οι λειτουργίες επιτελούνται με hardware ενώ στα ανώτερα με software.

Το μοντέλο ISO/OSI είναι μια δομή επτά επιπέδων η οποία διευκρινίζει τις απαιτήσεις για την επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών. Το μοντέλο ορίζεται από το στάνταρντ 7498-1 του οργανισμού ISO. Επιτρέπει τη συνεργασία των στοιχείων ενός δικτύου ανεξάρτητα με το ποια πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται και από ποιους κατασκευαστές υπολογιστών υποστηρίζονται.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του μοντέλου OSI περιλαμβάνουν τα ακόλουθα.

- Βοηθάει τους χρήστες να κατανοήσουν το δίκτυο συνολικά.
- Βοηθάει τους χρήστες να κατανοήσουν την συνεργασία μεταξύ του hardware και του software.
- Διευκολύνει την επίλυση προβλημάτων χωρίζοντας το δίκτυο σε διαχειρίσιμα τμήματα.
- Διευκρινίζει τους όρους με τους οποίους οι ειδικοί μπορούν να συγκρίνουν τις βασικές λειτουργικές σχέσεις στα διαφορετικά δίκτυα.

- Βοηθά τους χρήστες να καταλάβουν νέες τεχνολογίες καθώς αυτές αναπτύσσονται.
- Ενισχύει την λειτουργικότητα των προϊόντων.

Μονάδα δεδομένων		Επίπεδο	Λειτουργία
Λογισμικό	Δεδομένα	<b>Εφαρμογής</b>	Παρέχεται στις εφαρμογές πρόσβαση στο δίκτυο
		<b>Παρουσίασης</b>	Αναπαράσταση δεδομένων και κρυπτογράφηση
		<b>Συνόδου</b>	Έλεγχος του διαλόγου μεταξύ των άκρων της επικοινωνίας
Υλικό	Πακέτο	<b>Δικτύου</b>	Αξιόπιστη επικοινωνία από άκρο σε άκρο
		<b>Μεταφοράς</b>	Καθορισμός διαδρομών και λογικών διευθύνσεων των κόμβων στα πλαίσια ενός διαδικτύου
		<b>Συνδέσμου Μετάδοσης Δεδομένων</b>	Φυσική διευθυνσιοδότηση (MAC & LLC)
	Bit	<b>Φυσικό</b>	Δυαδική μετάδοση σήματος μέσω του φυσικού μέσου

### 3 Το Επίπεδο 1 – Το Φυσικό Επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο του μοντέλου OSI ορίζει τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης και της διεπαφής, καθώς και τις μέσες καλωδιακές απαιτήσεις. Ηλεκτρικά, μηχανικά λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά παρέχονται για την αποστολή ροής από bits σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Στοιχεία του φυσικού επιπέδου περιλαμβάνουν:

- Καλωδίωση συστημάτων
- Μετατροπείς οι οποίοι συνδέουν το μέσο με τη φυσική διεπαφή
- Σχεδίαση των βυσμάτων και καθορισμός των ακροδεκτών
- Hub, Repeater και Patch panel χαρακτηριστικά
- Ασύρματα συστήματα
- Παράλληλο SCSI (Small Computer System Interface)
- Κάρτα δικτύου NIC (Network Interface Card)

Σε ένα περιβάλλον LAN συνήθως χρησιμοποιείται για τη φυσική διεπαφή το καλώδιο κατηγορίας 5e UTP. Καλώδια οπτικής ίνας χρησιμοποιούνται συνήθως για την σύνδεση μεταξύ κόμβων ενός δικτύου κορμού. Το IEEE, EIA/TIA, ANSI και άλλα παρόμοια standard έχουν υλοποιηθεί για το επίπεδο αυτό.

## 4 Το Επίπεδο 2 – Το Επίπεδο Σύνδεσμου Μετάδοσης Δεδομένων

Το επίπεδο αυτό του μοντέλου OSI παρέχει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Επιτρέπει σε μία συσκευή να εισέλθει στο δίκτυο, να στέλνει και να λαμβάνει μηνύματα.
- Προσφέρει μία φυσική διεύθυνση ώστε τα δεδομένα της συσκευής να στέλνονται στο δίκτυο.
- Συνεργάζεται με το λογισμικό δικτύου της συσκευής κατά την αποστολή και λήψη μηνυμάτων.
- Προσφέρει τη δυνατότητα ανίχνευσης λαθών.

Κοινά δικτυακά τα οποία λειτουργούν στο επίπεδο 2 περιλαμβάνουν:

- Κάρτες δικτύου
- Ethernet και Token-Ring Switches
- Γέφυρες (Bridges)

Οι κάρτες δικτύου έχουν μια διεύθυνση επιπέδου 2 ή μια διεύθυνση MAC. Το Switch χρησιμοποιεί τη διεύθυνση αυτή για να φιλτράρει και να προωθεί την κίνηση με σκοπό την αποφυγή της συμφόρησης και συγκρούσεων σε κάποιο τομέα του δικτύου.

Οι γέφυρες και τα switches λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο. Παρόλα αυτά οι γέφυρες είναι ένα κομμάτι λογισμικού, ενώ τα switches χρησιμοποιούν τα ASICs (Application-Specific Integrated Circuits) για να εκτελέσουν το έργο τους σε σχετικό hardware.

## 5 Το Επίπεδο 3 – Το Επίπεδο Δικτύου

Το επίπεδο δικτύου του μοντέλου OSI προσφέρει ένα σύστημα end-to-end λογικής διευθυνσιοδότησης<sup>1</sup> έτσι ώστε ένα πακέτο δεδομένων να μπορεί να δρομολογηθεί διαμέσω διαφορετικών επιπέδων 2 (Συνδέσμου και μετάδοσης δεδομένων) διαφόρων δικτύων (Ethernet, Token Ring, Frame Relay κτλ).

Αρχικά, οι κατασκευαστές λογισμικού, όπως η Novel, υλοποίησαν κατάλληλη διευθυνσιοδότηση για το επίπεδο αυτό. Παρόλα αυτά η βιομηχανία δικτύων έχει εξελιχθεί στο σημείο το οποίο απαιτεί ένα κοινό σύστημα διευθυνσιοδότησης. Η IP (Internet Protocol) διευθυνσιοδότηση διευκολύνει το στήσιμο ενός δικτύου καθώς και την διασύνδεσή του με άλλα. Το Internet χρησιμοποιεί αυτήν την διευθυνσιοδότηση για να προσφέρει συνδεσιμότητα σε εκατομμύρια δίκτυα σε όλο το κόσμο.

Για την ευκολότερη διαχείριση του δικτύου και τον έλεγχο ροής των πακέτων, πολλοί οργανισμοί διαχωρίζουν τις διευθύνσεις δικτύου σε μικρότερα υποδίκτυα. Οι δρομολογητές χρησιμοποιούν τμήματα της διεύθυνσης για να δρομολογήσουν την κίνηση μεταξύ των διαφορετικών δικτύων. Κάθε δρομολογητής πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα για τα δίκτυα ή τα υποδίκτυα των οποίων τις διαπαφές θα συνδέσει.

Οι δρομολογητές, επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως το RIP (Routing Information Protocol) και το OSPF (Open

<sup>1</sup> Οι διευθύνσεις του επιπέδου δικτύου αναφέρονται και ως λογικές διευθύνσεις.

version Of Shortest Path First), με στόχο να μάθουν την ύπαρξη άλλων δικτύων και για να υπολογίσουν την καλύτερη δυνατή διαδρομή προς ένα άλλο δίκτυο βασιζόμενοι σε πλήθος κριτηρίων (π.χ. Το μονοπάτι με τους λιγότερους δρομολογητές). Οι δρομολογητές και άλλα συστήματα δικτύου παίρνουν τέτοιες αποφάσεις δρομολόγησης στο επίπεδο δικτύου.

Καθώς τα πακέτα περνάνε μέσα από διαφορετικά δίκτυα μπορεί να είναι απαραίτητο να μεταβληθεί το μέγεθός τους σε μία τιμή η οποία είναι συμβατή με το επίπεδο 2 του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται. Αυτό επιτυγχάνεται από το επίπεδο δικτύου μέσω μιας διαδικασίας που είναι γνωστή ως κατάτμηση (fragmentation). Το επίπεδο δικτύου ενός δρομολογητή είναι συνήθως υπεύθυνο για την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας. Η συνένωση των τμημάτων των πακέτων γίνεται στο επίπεδο δικτύου του συστήματος προορισμού.

Δύο επιπλέον λειτουργίες είναι η διαγνωστική και αναφορά των λογικών διαφοροποιήσεων αντί της ομαλής λειτουργίας του δικτύου. Ενώ τα διαγνωστικά μπορούν να αρχικοποιηθούν από οποιοδήποτε δικτυακό σύστημα, το σύστημα που ανακαλύπτει τις διαφοροποιήσεις, τις αναφέρει στον αρχικό αποστολέα του πακέτου, ο οποίος βρίσκεται εκτός της ομαλής λειτουργίας του δικτύου.

## 6 Το Επίπεδο 4 – Το Επίπεδο Μεταφοράς

Το επίπεδο μεταφοράς του μοντέλου προσφέρει end-to-end επικοινωνία μεταξύ των τελικών συσκευών μέσω ενός δικτύου. Ανάλογα με την εφαρμογή, το επίπεδο μεταφοράς προσφέρει αξιόπιστη, συνδεοστρεφής ή ασυνδεσμική, και όσο το δυνατόν βέλτιστη επικοινωνία.

Μερικές από τις λειτουργίες που προσφέρονται από το επίπεδο αυτό είναι οι εξής:

- ταυτοποίηση εφαρμογής
- ταυτοποίηση του client
- επιβεβαίωση παράδοσης και ακεραιότητας του μηνύματος
- τμηματοποίηση των δεδομένων για την μεταφορά
- έλεγχος της ροής δεδομένων με σκοπό την αποφυγή υπερχειλίσιμης μνήμης
- εγκαθίδρυση και συντήρηση και των δύο άκρων του εικονικού κυκλώματος
- ανίχνευση σφαλμάτων κατά την μετάδοση
- διάταξη των πακέτων δεδομένων στη σωστή σειρά στον παραλήπτη
- πολυπλεξία πολλαπλών διαμοιραζόμενων συνόδων πάνω από ένα μοναδικό φυσικό σύνδεσμο

Τα πιο γνωστά πρωτόκολλα μεταφοράς είναι το συνδεοστρεφές TCP (Transmission Control Protocol) και το ασυνδεσμικό UDP (User Datagram Protocol).

## 7 Το Επίπεδο 5 – Το Επίπεδο Σύνολου

Το επίπεδο συνόδου προσφέρει ποικίλες υπηρεσίες όπως ο εντοπισμός του πλήθους των bytes που κάθε ένα άκρο της συνόδου λαμβάνει. Το επίπεδο αυτό επιτρέπει στις



εφαρμογές να λειτουργούν σε συσκευές για την εγκαθίδρυση, διαχείριση και τερματισμό ενός διαλόγου μέσω του δικτύου. Το επίπεδο προσφέρει τα εξής:

- εικονικές συνδέσεις μεταξύ εφαρμογών
- συγχρονισμό στη ροή δεδομένων
- δημιουργία μονάδων διαλόγου
- διαπραγμάτευση των παραμέτρων της σύνδεσης
- διαχωρισμό των υπηρεσιών σε λειτουργικές ομάδες
- επιβεβαιώσεις για την λήψη δεδομένων κατά την διάρκεια μιας συνόδου
- επανεκπομπή των δεδομένων αν δεν ληφθούν από μία συσκευή

## **8 ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 6 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ**

Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για το πως μια εφαρμογή θα διαμορφώσει τα δεδομένα τα οποία είναι να σταλούν στο δίκτυο. Βασικά, επιτρέπει στην εφαρμογή να διαβάσει και να κατανοήσει τα μηνύματα.

Οι λειτουργίες που περιλαμβάνει είναι:

- κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των μηνυμάτων για ασφάλεια
- συμπίεση και αποσυμπίεση των μηνυμάτων με σκοπό την αποδοτική μετάδοση
- μορφοποίηση γραφικών
- μετάφραση περιεχομένου
- μετάφραση βασισμένη στα χαρακτηριστικά του συστήματος

## **9 ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 7 – ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει ένα περιβάλλον διεπαφής στον χρήστη που χειρίζεται μια συσκευή συνδεδεμένη στο δίκτυο. Μερικές από τις λειτουργίες του επιπέδου είναι η εξής:

- υποστήριξη μεταφοράς αρχείων
- δυνατότητα εκτύπωσης μέσω δικτύου
- ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- ηλεκτρονικά μηνύματα
- φυλλομέτρηση του παγκόσμιου ιστού

## **10 ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

Το μοντέλο OSI βασίζεται σε μια πρόταση που αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Standards Organization – ISO) ως ένα πρώτο βήμα για τη διεθνή τυποποίηση των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα διάφορα επίπεδα των δικτύων.

Το μοντέλο OSI με τα πρωτόκολλά του όμως δεν είναι τέλεια. Μπορεί να ασκηθεί και έχει ασκηθεί έντονη κριτική. Στα τέλη της δεκαετίας του '80, πολλοί ειδικοί του τομέα πίστευαν ότι το μοντέλο OSI και τα πρωτόκολλά του θα κατακτούσαν τον κόσμο βγάζοντας από τη μέση όλα τα υπόλοιπα. Κάτι τέτοιο δεν συνέβη. Γιατί;

## 10.1 Κακός χρονισμός

Η χρονική στιγμή κατά την οποία καταρτίζεται ένα πρότυπο είναι εξαιρετικά κρίσιμη για την επιτυχία του. Όταν ανακαλύπτεται αρχικά το αντικείμενο, έχουμε ένα ξέσπασμα ερευνητικής δραστηριότητας με τη μορφή συζητήσεων, άρθρων και συναντήσεων. Μετά από λίγο η δραστηριότητα υποχωρεί, οι εταιρίες ανακαλύπτουν το αντικείμενο και εμφανίζεται ένα κύμα επενδύσεων δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Αν τα πρότυπα γραφτούν πολύ νωρίς, πριν ολοκληρωθεί η έρευνα, το αντικείμενο μπορεί να μην είναι ακόμη απόλυτα κατανοητό. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν κακά πρότυπα. Αν τα πρότυπα γραφτούν πολύ αργά, είναι πιθανό ότι πολλές εταιρίες θα έχουν κάνει ήδη μεγάλες επενδύσεις σε διαφορετικούς τρόπους υλοποίησης του αντικειμένου, οπότε τα πρότυπα ουσιαστικά θα παραβλεφθούν.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα τυπικά πρωτόκολλα OSI υπέστησαν συντριβή. Τα ανταγωνιστικά πρωτόκολλα TCP/IP βρίσκονταν ήδη σε ευρεία χρήση στα πανεπιστήμια όταν εμφανίστηκαν τα πρωτόκολλα OSI. Αν και το κύμα επενδύσεων δισεκατομμυρίων δολαρίων δεν είχε ακόμη παρουσιαστεί, η ακαδημαϊκή αγορά ήταν αρκετά μεγάλη ώστε πολλοί πωλητές να αρχίσουν να προσφέρουν προϊόντα TCP/IP. Όταν εμφανίστηκε το OSI, οι πωλητές δεν ήθελαν να υποστηρίξουν μία δεύτερη στοιβα πρωτοκόλλων εκτός κι αν ήταν απολύτως αναγκασμένοι, έτσι δεν υπήρχε προσφορά προϊόντων OSI. Αφού η κάθε εταιρία περίμενε τις άλλες εταιρίες να ξεκινήσουν, τελικά καμία εταιρία δεν ξεκίνησε και το OSI δεν πραγματοποιήθηκε ποτέ.

## 10.2 Κακή τεχνολογία

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο το OSI δεν έγινε ποτέ δημοφιλές είναι ότι τόσο το μοντέλο όσο και τα πρωτόκολλα είναι ελαττωματικά. Η επιλογή επτά επιπέδων ήταν περισσότερο απόφαση πολιτικής παρά τεχνική απόφαση, με δύο από τα επίπεδα (τα επίπεδα συνόδου και παρουσίασης) να είναι σχεδόν κενά ενώ δύο άλλα (τα επίπεδα συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων και δικτύου) να είναι υπερπλήρη.

Το μοντέλο OSI, μαζί με τις σχετικές προδιαγραφές υπηρεσιών και πρωτοκόλλων, είναι υπερβολικά περίπλοκο. Αν τα στοιβάξουμε το ένα πάνω στο άλλο, τα τυπωμένα πρότυπα καταλαμβάνουν σχεδόν ένα μέτρο χαρτιού. Τα πρότυπα είναι επίσης δύσκολα στην υλοποίηση και μη αποδοτικά στη λειτουργία.

Εκτός από το ότι είναι ακατανόητο, ένα άλλο πρόβλημα με το μοντέλο OSI είναι ότι ορισμένες λειτουργίες – όπως η διευθυνσιοδότηση, ο έλεγχος ροής και ο έλεγχος σφαλμάτων – εμφανίζονται ξανά και ξανά σε κάθε επίπεδο.

### *10.3 Κακές υλοποιήσεις*

Με δεδομένη την τεράστια πολυπλοκότητα του μοντέλου και των πρωτοκόλλων του, δεν πρέπει να προξενεί έκπληξη το ότι οι πρώτες υλοποιήσεις ήταν πελώριες, δυσκίνητες και αργές. Όλοι όσοι τις δοκίμασαν “κάηκαν”. Δεν χρειάστηκε και πολύ για να θεωρηθεί το OSI συνώνυμο με την χαμηλή ποιότητα. Αν και τα προϊόντα βελτιώθηκαν με τον καιρό, αυτή η αρχική εικόνα παρέμεινε.

### *10.4 Κακή πολιτική*

Το OSI αντιμετωπίστηκε γενικά ως δημιούργημα των Ευρωπαϊκών υπουργείων τηλεπικοινωνιών, της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, και αργότερα ως της κυβέρνησης των Η.Π.Α. Αυτή η πεποίθηση ήταν ορθή μόνο εν μέρει, αλλά και μόνο η ιδέα μιας αρμαθιάς γραφειοκρατών που προσπαθούσαν να επιβάλουν ένα τεχνικά υποδεέστερο πρότυπο στην πλάτη των φτωχών ερευνητών και προγραμματιστών που δούλευαν στην πρώτη γραμμή ανάπτυξης πραγματικών δικτύων δεν βοηθούσε και πολύ.

# Μεταγωγή

## ΜΕΤΑΓΩΓΗ

### 11 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την οπτική γωνία του μέσου μηχανικού τηλεφωνίας, το τηλεφωνικό σύστημα διαιρείται σε δύο κύρια μέρη: τις εξωτερικές εγκαταστάσεις (τους τοπικούς βρόχους και τις ζεύξεις, αφού αυτά βρίσκονται από φυσική άποψη έξω από τα κέντρα μεταγωγής) και τις εσωτερικές εγκαταστάσεις (τους μεταγωγείς) οι οποίες βρίσκονται μέσα στα κέντρα μεταγωγής.

Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές μεταγωγής: η μεταγωγή κυκλωμάτων και η μεταγωγή πακέτων. Παρακάτω θα δώσουμε μια σύντομη εισαγωγική παρουσίαση κάθε μίας από αυτές.

### 12 ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Όταν ο υπολογιστής κάνει μια τηλεφωνική κλήση, ο εξοπλισμός μεταγωγής μέσα στο τηλεφωνικό σύστημα αναζητεί μία πλήρη φυσική διαδρομή από την τηλεφωνική συσκευή μέχρι το τηλέφωνο του παραλήπτη. Αυτή η τεχνική ονομάζεται μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching).

Στις πρώτες ημέρες της τηλεφωνίας, η σύνδεση γινόταν από ένα τηλεφωνητή, ο οποίος συνέδεε ένα καλώδιο βραχυκύκλωσης στις υποδοχές εισόδου και εξόδου.

Μία σημαντική ιδιότητα αυτού του τύπου μεταγωγής είναι η ανάγκη για την εγκαθίδρυση μιας διαδρομής απ' άκρου εις άκρο (point-to-point) πριν να μπορούν να σταλούν δεδομένα. Ο χρόνος ανάμεσα στο τέλος της κλήσης του αριθμού και την αρχή του κουδουνίσματος του τηλεφώνου μπορεί να φτάσει εύκολα τα 10s, και ακόμα περισσότερα σε υπεραστικές ή διεθνείς κλήσεις. Να σημειωθεί ότι πριν να μπορέσει ακόμα να αρχίσει η μετάδοση δεδομένων θα πρέπει να διαδοθεί μέχρι τον προορισμό το σήμα αίτησης κλήσης και να επιβεβαιωθεί. Για πολλές υπολογιστικές εφαρμογές (για παράδειγμα, έγκριση χρέωσης πιστωτικών καρτών) είναι ανεπιθύμητοι οι μεγάλοι χρόνοι εγκαθίδρυσης σύνδεσης.

Χάρη στην δεσμευμένη διαδρομή ανάμεσα στα δύο επικοινωνούντα μέρη, μετά την ολοκλήρωση της εγκαθίδρυσης της σύνδεσης, η μόνη καθυστέρηση για τα δεδομένα είναι ο χρόνος διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού σήματος, ο οποίος είναι περίπου 5 msec ανά 1000 km. Μια άλλη συνέπεια της εγκαθίδρυσης διαδρομής είναι ότι δεν υπάρχει κίνδυνος συμφόρησης – με άλλα λόγια, αφού γίνει η κλήση, δεν έχουμε ποτέ σήμα κατειλημμένου. Όπως είναι φυσικό, μπορεί να έχουμε τέτοιο σήμα πριν εγκαθιδρυθεί η κλήση, λόγω έλλειψης χωρητικότητας στους μεταγωγείς ή στις ζεύξεις.

### 13 ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ

Μια εναλλακτική στρατηγική μεταγωγής είναι η μεταγωγή μηνυμάτων (message switching). Όταν χρησιμοποιείται αυτή η μορφή μεταγωγής, δεν εγκαθιδρύεται προκαταβολικά κάποια φυσική διαδρομή ανάμεσα στον αποστολέα και τον παραλήπτη. Αντίθετα, όταν ο αποστολέας έχει μια ομάδα δεδομένων προς αποστολή,

αυτή αποθηκεύεται στο πρώτο κέντρο μεταγωγής (δηλαδή, το δρομολογητή) και αργότερα προωθείται, κάνοντας ένα βήμα κάθε φορά. Κάθε ομάδα λαμβάνεται ολόκληρη, εξετάζεται για σφάλματα, και στη συνέχεια μεταδίδεται ξανά. Ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί αυτή την τεχνική ονομάζεται δίκτυο αποθήκευσης και προώθησης (store-and-forward).

Τα πρώτα ηλεκτρομηχανικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα χρησιμοποιούσαν μεταγωγή μηνυμάτων, και συγκεκριμένα τηλεγραφημάτων. Το μήνυμα γραφόταν σε μία διάτρητη χαρτοταινία (εκτός επικοινωνίας) στο γραφείο αποστολής και στη συνέχεια διαβαζόταν και μεταδιδόταν μέσω μιας γραμμής επικοινωνίας στο επόμενο γραφείο της διαδρομής, όπου και γραφόταν πάλι σε διάτρητη χαρτοταινία. Ένας χειριστής εκεί έκοβε την ταινία και τη διάβαζε σε κάποια από τις πολλές συσκευές ανάγνωσης χαρτοταινίας, όπου κάθε συσκευή αντιστοιχούσε σε μία εξερχόμενη ζεύξη. Ένα τέτοιο κέντρο μεταγωγής ονομαζόταν κέντρο κομμένης χαρτοταινίας (torn tape office). Η χαρτοταινία έχει εξαφανιστεί προ πολλού και η μεταγωγή μηνυμάτων δεν χρησιμοποιείται πια.

## 14 ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΑΚΕΤΩΝ

Με την μεταγωγή μηνυμάτων δεν υπάρχει κανένα όριο στο μέγεθος του μπλοκ δεδομένων, γεγονός που σημαίνει ότι οι δρομολογητές (σε ένα σύγχρονο σύστημα) θα πρέπει να έχουν δίσκους για την προσωρινή αποθήκευση των μεγάλων μπλοκ δεδομένων. Αυτό σημαίνει επίσης ότι ένα μπλοκ δεδομένων θα μπορεί να δεσμεύσει μία γραμμή σε δύο δρομολογητές για αρκετά λεπτά, γεγονός που κάνει την μεταγωγή μηνυμάτων ακατάλληλη για αλληλεπιδραστική κυκλοφορία. Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα επινοήθηκε η μεταγωγή πακέτων (packet switching).

Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων θέτουν ένα αυστηρό άνω όριο ως προς το μέγεθος των μπλοκ δεδομένων επιτρέποντας στα πακέτα να αποθηκεύονται προσωρινά στην κύρια μνήμη των δρομολογητών, αντί στο δίσκο. Αφού εξασφαλίζουν ότι κανένας χρήστης δεν θα μπορεί να μονοπωλήσει καμία γραμμή μετάδοσης για πολύ χρόνο (πολλά ms), τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων είναι κατάλληλα για μετάδοση αλληλεπιδραστικής πληροφορίας. Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεταγωγής πακέτων σε σχέση με την μεταγωγή μηνυμάτων, είναι ότι μπορεί ένα πακέτο ενός μηνύματος (που αποτελείται από πολλά πακέτα) μπορεί να προωθηθεί πριν φτάσει ολόκληρο το επόμενο πακέτο, άρα μειώνεται η καθυστέρηση και βελτιώνεται η διεκπεραιωτική ικανότητα του συστήματος. Για τους λόγους αυτούς τα δίκτυα υπολογιστών είναι δίκτυα μεταγωγής πακέτων, μερικές φορές δίκτυα μεταγωγής κυκλωμάτων, αλλά ποτέ δίκτυα μεταγωγής μηνυμάτων.

## 15 ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Η μεταγωγή κυκλωμάτων και η μεταγωγή πακέτων διαφέρουν σε πολλά σημεία. Αρχικά η μεταγωγή κυκλωμάτων απαιτεί την εγκαθίδρυση ενός κυκλώματος απ' άκρου εις άκρο πριν να αρχίσει η επικοινωνία. Η μεταγωγή πακέτων δεν απαιτεί καμία προηγούμενη εργασία. Το πρώτο πακέτο μπορεί απλώς να σταλεί αμέσως μόλις γίνει διαθέσιμο.

Το αποτέλεσμα της εγκαθίδρυσης μιας σύνδεσης στην μεταγωγή κυκλωμάτων είναι η δέσμευση εύρους ζώνης σε όλη την διαδρομή από τον αποστολέα ως τον παραλήπτη.

Όλα τα πακέτα ακολουθούν τη διαδρομή αυτή. Μεταξύ άλλων, το να έχουμε όλα τα πακέτα να ακολουθούν την ίδια διαδρομή σημαίνει ότι δεν μπορούν να φτάσουν με λάθος σειρά. Στη μεταγωγή πακέτων δεν υπάρχει μία διαδρομή, έτσι τα διάφορα πακέτα μπορούν να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές, ανάλογα με τις συνθήκες του δικτύου κατά την στιγμή της αποστολής τους. Μπορεί λοιπόν να φτάσουν με εσφαλμένη σειρά.

Η μεταγωγή πακέτων είναι πιο ανθεκτική στα σφάλματα από την μεταγωγή κυκλωμάτων. Στην πραγματικότητα, αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο εφευρέθηκε. Αν ένας μεταγωγέας σταματήσει, όλα τα κυκλώματα που τον χρησιμοποιούν τερματίζονται και δεν μπορεί να σταλεί άλλη κίνηση μέσα από αυτά. Με τη μεταγωγή πακέτων τα πακέτα μπορούν να δρομολογηθούν έτσι ώστε να παρακάμπτουν τους “νεκρούς” δρομολογητές.

Η εκ των προτέρων εγκαθίδρυση μιας διαδρομής παρέχει επίσης την δυνατότητα της προκαταβολικής δέσμευσης εύρους ζώνης. Αν έχει δεσμευθεί εύρος ζώνης, τότε μόλις φτάσει ένα πακέτο μπορεί να σταλεί άμεσα, χρησιμοποιώντας το δεσμευμένο εύρος ζώνης. Στη μεταγωγή πακέτων δεν δεσμεύεται εύρος ζώνης, έτσι τα πακέτα μπορεί να χρειαστεί να περιμένουν τη σειρά τους για να προωθηθούν.

Η προκαταβολική δέσμευση εύρους ζώνης σημαίνει ότι δεν μπορεί να εμφανιστεί συμφόρηση κατά την εμφάνιση ενός πακέτου (εκτός και αν εμφανιστούν περισσότερα πακέτα από όσα αναμένονται). Από την άλλη πλευρά, όταν γίνεται προσπάθεια εγκαθίδρυσης μίας σύνδεσης, η προσπάθεια μπορεί να αποτύχει λόγω συμφόρησης. Έτσι η συμφόρηση μπορεί να εμφανιστεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές στη μεταγωγή κυκλωμάτων (κατά την εγκαθίδρυση) και τη μεταγωγή πακέτων (κατά την αποστολή πακέτων).

Αν ένα κύκλωμα έχει δεσμευθεί για ένα συγκεκριμένο χρήστη και δεν υπάρχει κίνηση που χρειάζεται να σταλεί, το εύρος ζώνης αυτού του κυκλώματος σπαταλιέται. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλη κίνηση. Η μεταγωγή πακέτων δεν σπαταλάει εύρος ζώνης, κι έτσι είναι πιο αποδοτική από την άποψη ολόκληρου του συστήματος. Η κατανόηση αυτού του συμβιβασμού είναι κρίσιμη για την κατανόηση της διαφοράς ανάμεσα στη μεταγωγή κυκλωμάτων και μεταγωγή πακέτων. Ο συμβιβασμός είναι ανάμεσα στην εγγυημένη υπηρεσία και τη σπατάλη πόρων, σε σχέση με τη μη εγγυημένη υπηρεσία και την αποφυγή σπατάλης πόρων.

Η μεταγωγή πακέτων χρησιμοποιεί μετάδοση αποθήκευσης και προώθησης (store and forward). Το πακέτο συγκεντρώνεται αρχικά στη μνήμη ενός δρομολογητή και μετά στέλνεται στον επόμενο δρομολογητή. Με τη μεταγωγή κυκλωμάτων, τα bit ρέουν συνεχώς μέσα από το κύκλωμα. Η τεχνική αποθήκευσης και προώθησης προσθέτει καθυστέρηση.

Μια άλλη διαφορά είναι ότι η μεταγωγή κυκλωμάτων είναι απόλυτα διαφανής. Ο αποστολέας και ο παραλήπτης μπορούν να χρησιμοποιήσουν όποιο ρυθμό μετάδοσης, μορφοποίηση ή μέθοδο πλαισίων θέλουν. Ο φορέας ούτε χρειάζεται να γνωρίζει σχετικά, ούτε νοιάζεται. Αντίθετα, στη μεταγωγή πακέτων, ο φορέας προσδιορίζει τις βασικές παραμέτρους. Αυτή η διαφάνεια είναι που επιτρέπει την συνύπαρξη φωνής δεδομένων και fax μέσα στο τηλεφωνικό σύστημα.

Τέλος, μια διαφορά ανάμεσά τους είναι ο αλγόριθμος χρέωσης. Ιστορικά, στη μεταγωγή κυκλωμάτων η χρέωση γίνεται με βάση την απόσταση και το χρόνο. Στη μεταγωγή πακέτων ο χρόνος σύνδεσης δεν είναι σημαντικός αλλά ο όγκος κίνησης έχει περισσότερη σημασία.

<b>Είδος</b>	<b>Μεταγωγή Κυκλωμάτων</b>	<b>Μεταγωγή Πακέτων</b>
Εγκαθίδρυση κλήσεων	Απαιτείται	Δε χρειάζεται
Αφιερωμένη φυσική διαδρομή	Ναι	Όχι
Κάθε πακέτο ακολουθεί το ίδιο δρομολόγιο	Ναι	Όχι
Τα πακέτα φτάνουν με τη σειρά	Ναι	Όχι
Η πτώση ενός μεταγωγέα είναι μοιραία	Ναι	Όχι
Διαθέσιμο εύρος ζώνης	Σταθερό	Δυναμικό
Χρόνος πιθανής συμφόρησης	Στην εγκαθίδρυση	Σε κάθε πακέτο
Πιθανότητα σπατάλης εύρους ζώνης	Ναι	Όχι
Μετάδοση με αποθήκευση και προώθηση	Όχι	Ναι
Διαφάνεια	Ναι	Όχι
Χρέωση	Ανά λεπτό	Ανά πακέτο



# Μετάδοση - Διαμόρφωση

## ΜΕΤΑΔΟΣΗ – ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

### 16 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καρδιά ενός συστήματος επικοινωνίας αποτελείται από τρία βασικά μέρη, συγκεκριμένα, τον πομπό, το κανάλι και τον δέκτη.

Ο πομπός μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε μια μορφή κατάλληλη για μετάδοση μέσα από το φυσικό κανάλι ή το μέσο διάδοσης. Επιτυγχάνει την προσαρμοσμένη αυτή σύζευξη του σήματος του μηνύματος με το κανάλι με μια διαδικασία που λέγεται διαμόρφωση.

Το κανάλι επικοινωνίας είναι το φυσικό μέσο που χρησιμεύει για να στέλνεται το σήμα από τον πομπό στον δέκτη. Κατά την σχεδίαση των συστημάτων επικοινωνίας, ο σχεδιαστής του συστήματος πρέπει να μεριμνήσει ώστε το σύστημα να είναι ανθεκτικό στην ποικιλία των παραμορφώσεων του σήματος από την επίδραση του καναλιού.

Ο δέκτης λειτουργεί με σκοπό την ανάκτηση του μηνύματος που περιέχεται στο λαμβανόμενο σήμα. Εκτός αυτού, φιλτράρει και το λαμβανόμενο σήμα με σκοπό τον περιορισμό της επίδρασης του θορύβου.

### 17 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Μια μετάδοση δεδομένων για να γίνει με επιτυχία είναι πολύ βασικό στοιχείο ο πομπός να είναι συγχρονισμένος με το δέκτη. Αυτό προϋποθέτει σωστή ρύθμιση του δέκτη ώστε να ξέρει το ρυθμό μετάδοσης και τις στιγμές άφιξης των δεδομένων. Στην πραγματικότητα διαφέρουν κατά λίγο οπότε χρειάζονται κατάλληλες τεχνικές οι οποίες σχετίζονται με τον τρόπο μετάδοσης για τη διατήρηση του συγχρονισμού τους.

#### 17.1 Συγχρονη Μετάδοση

Τα δεδομένα στέλνονται με τη μορφή χαρακτήρων οι οποίοι ομαδοποιούνται σε block και συνοδεύονται από ένα σήμα χρονισμού που είναι μια τετραγωνική κυματομορφή με συχνότητα ίση του ρυθμού μετάδοσης και ονομάζεται ρολόι (clock). Επίσης υπάρχει ένα ανεξάρτητο σήμα χρονισμού για την εκπομπή και ένα για τη λήψη. Τα δεδομένα εκπομπής φεύγουν από τον πομπό συνοδευόμενα από το σήμα χρονισμού και φτάνουν στο δέκτη μαζί με αυτό. Κενός (idle) χρόνος ανάμεσα στο τελευταίο bit ενός χαρακτήρα και το πρώτο του επόμενου δεν υπάρχει. Είναι αναγκαία η ύπαρξη συγχρονισμού και για τη σωστή αναγνώριση των bit κατά τη μετάδοση τους από το φυσικό κανάλι αλλά και για το διαχωρισμό των χαρακτήρων μεταξύ τους.

Ο δέκτης πρέπει πρώτα να αναγνωρίζει την αρχή και το τέλος κάθε block χαρακτήρων. Όταν το block αποτελείται από χαρακτήρες η αναγνώριση της αρχής του γίνεται με τη χρήση ενός ή δύο χαρακτήρων συγχρονισμού που τοποθετούνται στην αρχή του και η αναγνώριση του τέλους του από έναν χαρακτήρα που τοποθετείται στο τέλος του που λέγεται pad. Με την αναγνώριση του pad ο δέκτης αποσυγχρονίζεται μέχρι τους επόμενους χαρακτήρες συγχρονισμού οπότε και πάλι συγχρονίζεται. Στα block που αποτελούνται από bit ο συγχρονισμός γίνεται με έναν

ειδικό χαρακτήρα που τοποθετείται στην αρχή κάθε block και ονομάζεται flag και είναι ο (01111110) και παρόμοια άλλων έναν στο τέλος του.

## 17.2 Ασυγχρονη Μεταδοση

Τα δεδομένα στέλνονται με τη μορφή χαρακτήρων, αυτοί μεταδίδονται ένας ένας εκ των οποίων κάθε ένας μεταδίδεται με μικρή χρονική απόσταση από τον επόμενο για να μπορεί ο δέκτης να τους διακρίνει. Ο δέκτης διακρίνει ένα διακριτικό start bit που υπάρχει πριν από κάθε χαρακτήρα και έχει τιμή 0 και καταλαβαίνει ότι ακολουθούν τα άλλα data bit του χαρακτήρα οπότε περιμένει να τα διαβάσει. Πριν φτάσει το start bit η γραμμή διατηρείται μόνιμα σε λογική τιμή 1 (idle). Τα bit του χαρακτήρα ακολουθούν το start bit, με πρώτο χρονικά το λιγότερο σημαντικό ψηφίο του (LSB) και τελευταίο το bit ισοτιμίας (parity) εάν υπάρχει και σχετίζεται με τον έλεγχο σφαλμάτων.

Ο αριθμός των bit ανά χαρακτήρα είναι από την αρχή προσυμφωνημένος μεταξύ πομπού και δέκτη. Μετά την μετάδοση κάθε χαρακτήρα η γραμμή επανέρχεται υποχρεωτικά στην κατάσταση της λογικής τιμής 1 (idle) για χρονικό διάστημα τουλάχιστον ενός bit που καλείται stop bit και η διάρκειά του ανάλογα με τον κώδικα και την ταχύτητα μετάδοσης είναι 1,5 ή 2 bit. Η γραμμή εξακολουθεί μετά το stop bit να παραμένει σε κατάσταση idle μέχρι την εμφάνιση του start bit του χαρακτήρα που έπεται. Η ασύγχρονη μετάδοση χρησιμοποιείται σε συνδέσεις απλών τερματικών με H/Y , PC με PC, στο δίκτυο telex, στη σειριακή σύνδεση υπολογιστών με εκτυπωτές και αλλού.

## 18 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΕ ΒΑΣΙΚΗ ΖΩΝΗ

Στη μετάδοση στη βασική ζώνη (baseband) το σήμα πληροφορίας μεταδίδεται στη αρχική μπάνα συχνοτήτων του (με κεντρική συχνότητα την  $f=0$ ), χωρίς μετατόπιση του σε κάποια υψηλότερη συχνότητα (διαμόρφωση φέροντος). Χρησιμοποιείται μια μορφή ψηφιακής διαμόρφωσης, η διαμόρφωση παλμών. Ως διαμόρφωση παλμών ονομάζουμε τη διαμόρφωση όπου το σήμα φορέας είναι ακολουθία παλμών και το σήμα πληροφορίας διαμορφώνει κάποιο από τα χαρακτηριστικά όπως το πλάτος τη διάρκεια, τη θέση κλπ. Έτσι έχουμε διάφορα είδη διαμόρφωσης παλμών, όπως η διαμόρφωση πλάτους παλμών (Pulse Amplitude Modulation) η διαμόρφωση διάρκειας παλμών (Pulse Duration Modulation) και η διαμόρφωση θέσης παλμών (Pulse Position Modulation).

### 18.1 PAM Κωδικοποίηση

Σε αυτό το είδος διαμόρφωσης τα πλάτη μιας σειράς παλμών μεταβάλλονται ανάλογα με τις αντίστοιχες τιμές των δειγμάτων ενός συνεχούς σήματος. Είναι η απλούστερη μορφή διαμόρφωσης παλμών. Μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί μια μορφή AM, με τη μόνη διαφορά ότι το φέρον σήμα είναι μια σειρά παλμών. Αυτό συνεπάγεται ότι η διαμόρφωση PAM έχει τις ίδιες αδυναμίες με την AM, δηλαδή υψηλή ευαισθησία του σήματος σε θόρυβο και παρεμβολές. Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε παρεμβολή κατά τη διαδρομή μετάδοσης (transmission path) θα προκαλέσει αλλαγές στη στάθμη της

τάσης του σήματος και κατά συνέπεια στο πλάτος του. Αφού όμως το σήμα πληροφορίας αναπαρίσταται από το πλάτος του PAM σήματος, θα έχουμε παραμόρφωση σήματος. Για το λόγο αυτό η διαμόρφωση PAM δε χρησιμοποιείται συχνά.

## 18.2 Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM)

Λέγοντας παλμοκωδική διαμόρφωση στην ουσία εννοούμε την ψηφιοποίηση της διαμόρφωσης PAM. Οι ουσιώδεις λειτουργίες του πομπού ενός συστήματος PCM είναι η δειγματοληψία (sampling), η κβάντιση (quantizing), και η κωδικοποίηση (encoding).

Η κβάντιση είναι η διαδικασία μετατροπής της τιμής κάθε αναλογικού δείγματος PAM σε μια διακριτή τιμή που μπορεί να αναπαρασταθεί από μια λέξη κώδικα (code word). Το αρχικό συνεχές σήμα προσεγγίζεται από ένα σήμα το οποίο κατασκευάζεται από διακριτά πλάτη, επιλεγμένα από ένα διαθέσιμο σύνολο με βάση την ελαχιστοποίηση του σφάλματος. Προφανώς εάν καθορίσουμε διακριτές στάθμες πλάτους με αρκετά μικρό βήμα μεταξύ τους, μπορούμε να κάνουμε το προσεγγιζόμενο σήμα να μη ξεχωρίζει πρακτικά από το αρχικό συνεχές σήμα. Η διαφορά μεταξύ των δύο γειτονικών διακριτών τιμών ονομάζεται κβάντο (quantum) ή μέγεθος βήματος (step-size).

Καθώς τα δείγματα PAM εισέρχονται στη φάση της κβάντισης, αντιστοιχίζονται σε μια διακριτή στάθμη πλάτους. Σε κάθε στάθμη αντιστοιχίζεται μια διακριτή τιμή με τη μορφή δυαδικής κωδικής λέξης (binary code word). Αν το μήκος της κωδικής λέξης είναι  $n$  bits τότε θα έχουμε  $2^n$  διακριτές στάθμες PCM. Αν ένα δείγμα PAM δεν αντιστοιχιστεί στη διακριτή στάθμη την πιο κοντινή στην πραγματική τιμή του τότε έχουμε το λεγόμενο θόρυβο κβάντισης (quantization noise).

## 19 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΕ ΖΩΝΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ

Η μετάδοση σήματος στη βασική ζώνη είναι ικανοποιητική για εφαρμογές όπως η σταθερή τηλεφωνία, όμως δεν επαρκεί για άλλες εφαρμογές όπως π.χ. ασύρματη μετάδοση. Σε τέτοιες περιπτώσεις μετατρέπουμε το σήμα βασικής ζώνης (baseband) σε σήμα ζώνης διέλευσης (passband), με μια διαδικασία που ονομάζεται διαμόρφωση φέροντος. Με τη διαμόρφωση φέροντος το σήμα βασικής ζώνης που περιέχει την πληροφορία που θέλουμε να μεταδώσουμε, 'επικάθεται' σε ένα σήμα υψηλότερης συχνότητας, το λεγόμενο φέρον σήμα (carrier signal). Στην ουσία κάποιο από τα χαρακτηριστικά του φέροντος σήματος μεταβάλλεται συναρτήσει του σήματος πληροφορίας. Διακρίνουμε δύο τύπους διαμόρφωσης, την αναλογική και τη ψηφιακή.

### 19.1 Αναλογική διαμόρφωση

Στη συνέχεια θα εξεταστούν οι δύο βασικές μέθοδοι αναλογικής διαμόρφωσης που είναι η διαμόρφωση κατά πλάτος και η διαμόρφωση κατά συχνότητα.

### 19.1.1 Διαμόρφωση κατά πλάτος (Amplitude Modulation - AM)

Όταν το σήμα πληροφορίας μεταβάλλει/διαμορφώνει το πλάτος του φέροντος σήματος, πρόκειται για διαμόρφωση πλάτους (amplitude modulation) ή AM, όπως είναι ευρύτερα γνωστή. Το αποτέλεσμα είναι ένα διαμορφωμένο σήμα AM, του οποίου οι μεταβολές του πλάτους του μεταφέρουν ουσιαστικά τη χρήσιμη πληροφορία.

### 19.1.2 Διαμόρφωση κατά συχνότητα (Frequency Modulation - FM)

Όταν το σήμα πληροφορίας μεταβάλλει/διαμορφώνει τη συχνότητα του φέροντος σήματος, πρόκειται για διαμόρφωση συχνότητας (Frequency modulation) ή FM. Έτσι, ονομάζεται διαμόρφωση συχνότητας η διαδικασία κατά την οποία το σήμα πληροφορίας μεταβάλλει (ή διαμορφώνει) τη συχνότητα του φέροντος σήματος. Κατά τη διαδικασία αυτή η γωνιακή συχνότητα του φέροντος μεταβάλλεται γραμμικά με το πλάτος του σήματος πληροφορίας γύρω από μία μέση τιμή. Η στιγμιαία συχνότητα του φέροντος μεταβάλλεται ανάλογα με το πλάτος του σήματος πληροφορίας.

## 19.2 Ψηφιακή διαμόρφωση

Στην εποχή μας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ψηφιακές μέθοδοι διαμόρφωσης. Η ψηφιακή διαμόρφωση εμφανίζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα :

- Μεγαλύτερη αντοχή στο θόρυβο (αναγέννηση σήματος)
- Συμπύεση φωνής → Αύξηση χωρητικότητας συστήματος
- Μείωση κόστους
- Βελτίωση Ασφάλειας (τεχνικές κωδικοποίησης)
- Μικρότερη απαιτούμενη ισχύς

### 19.2.1 Ψηφιακή Διαμόρφωση Πλάτους (Amplitude Shift Keying- ASK)

Η ψηφιακή διαμόρφωση πλάτους ή ASK είναι η απλούστερη μορφή ψηφιακής διαμόρφωσης, όπως αντίστοιχα η AM διαμόρφωση είναι και η απλούστερη αναλογική. Και εδώ το πλάτος του ημιτονικού σήματος – φέροντος, μεταβάλλεται αναλογικά με την τιμή του ψηφιακού σήματος πληροφορία.

Δεδομένου ότι ο θόρυβος επηρεάζει ουσιαστικά το πλάτος των σημάτων, τα σήματα ASK είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στο θόρυβο και ειδικά στις υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Για το λόγο αυτό η χρήση της διαμόρφωσης ASK έχει αρχίσει να περιορίζεται πλέον σήμερα και να αντικαθίσταται από πλέον σύγχρονες μεθόδους διαμόρφωσης.

### 19.2.2 Ψηφιακή Διαμόρφωση Συχνότητας (Frequency Shift Keying- FSK)

Όπως και στην περίπτωση της FM διαμόρφωσης, έτσι και στη ψηφιακή διαμόρφωση συχνότητας ή FSK, η συχνότητα του ημιτονικού φέροντος σήματος μεταβάλλεται με διακριτό τρόπο ανάλογα με την τιμή του ψηφιακού σήματος πληροφορίας. Στην απλούστερη περίπτωση αυτό σημαίνει μία τιμή συχνότητας για τη δυαδική τιμή «1» και μία άλλη τιμή συχνότητας για τη δυαδική τιμή «0».

### 19.2.3 Ψηφιακή Διαμόρφωση Φάσης (Phase Shift Keying- PSK)

Στην περίπτωση αυτή είναι η φάση του ημιτονικού φέροντος που μεταβάλλεται συναρτήσει του σήματος πληροφορίας. Η πιο απλή μορφή της είναι η δυαδική PSK (Binary Phase Shift Keying – BPSK) όπου χρησιμοποιούνται δύο φάσεις για την αναπαράσταση των δυαδικών ψηφίων 0 και 1.

Στη γενικότερη μορφή όμως έχουμε τη M-PSK όπου χρησιμοποιούνται M φάσεις για την αναπαράσταση των M συμβόλων που αποτελούνται από n δυαδικά στοιχεία ( $n = \log_2 M$ ). Π.χ. στην 4-PSK ή αλλιώς QPSK (Quaternary Phase Shift Keying) τα σύμβολα 00, 01, 11, 10 αντιστοιχίζονται στις φάσεις  $\pi/4$ ,  $3\pi/4$ ,  $5\pi/4$  και  $7\pi/4$  αντίστοιχα.

### 19.2.4 Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Η διαμόρφωση QAM είναι στην ουσία ένας συνδυασμός PSK και διαμόρφωσης πλάτους. Το QAM σήμα έχει τόσες καταστάσεις όσοι είναι οι πιθανοί συνδυασμοί πλάτους και φάσης των φέροντων σημάτων. Π.χ. αν έχουμε 2 διαφορετικές τιμές πλάτους και 4 διαφορετικές φάσεις έχουμε  $2 \times 4 = 8$  διαφορετικές καταστάσεις. Αυτή είναι η διαμόρφωση 8-QAM.

Το πλεονέκτημα της QAM διαμόρφωσης έναντι της PSK είναι ότι μπορούμε να επιτύχουμε υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης στο ίδιο εύρος ζώνης (μεγαλύτερη απόδοση φάσματος). Η διαμόρφωση QAM χρησιμοποιείται στην καλωδιακή τηλεόραση και στα καλωδιακά modems, στα V.34 modems καθώς και στις τεχνολογίες ADSL και VDSL.

# Πρωτόκολλα

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

### 20 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πρωτόκολλο επικοινωνίας ορίζουμε ένα σύνολο κανόνων που είναι συμφωνημένοι και από τα δυο επικοινωνούντα μέρη και που εξυπηρετούν τη μεταξύ τους ανταλλαγή πληροφοριών.

Παρόλο που το μοντέλο OSI έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμο για την ανάλυση των δικτύων, τα πρωτόκολλά του δεν έχουν γίνει δημοφιλή. Αντίθετα το TCP/IP που στην πράξη το μοντέλο του είναι ανύπαρκτο, τα πρωτόκολλά του χρησιμοποιούνται ευρύτατα.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται μερικά από τα πρωτόκολλα των μοντέλων ISO/OSI και TCP/IP. Από αυτά περιγράφονται στην συνέχεια, το ιστορικό X.25 από το ISO/OSI και κάποια από τα δημοφιλή πρωτόκολλα που ανήκουν στο TCP/IP μοντέλο.

Επίπεδο	Πρωτόκολλα ISO/OSI	Πρωτόκολλα TCP/IP
Εφαρμογής	FTAM, X.400, X.500, DAP, ROSE, RTSE, ACSE	NNTP, SIP, SSI, DNS, FTP, Gopher, HTTP, NFS, NTP, DHCP, SMPP, SMTP, SNMP, Telnet, RIP, BGP
Παρουσίασης	ISO/IEC 8823, X.226, ISO/IEC 9576-1, X.236	MIME, XDR, SSL. (όχι ξεχωριστό επίπεδο): TLS
Συνόδου	ISO/IEC 8327, X.225, ISO/IEC 9548-1, X.235	Sockets. Εγκαθίδρυση συνόδου στο TCP. SIP (όχι ξεχωριστό επίπεδο): RTP
Μεταφοράς	ISO/IEC 8073, TP0, TP1, TP2, TP3, TP4 (X.224), ISO/IEC 8602, X.234	TCP, UDP, SCTP
Δικτύου	ISO/IEC 8208, X.25 (PLP), ISO/IEC 8878, X.223, ISO/IEC 8473-1, CLNP X.233	IP, IPsec, ICMP, IGMP
Συνδέσμου Μετάδοσης Δεδομένων	ISO/IEC 7666, X.25 (LAPB), Token Bus, X.222, ISO/IEC 8802-2 LLC Type 1 and 2	OSPF, PPP, SLIP, PPTP, L2TP
Φυσικό	X.25 (X.21bis, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530, G.703)	



## 21 X.25

Το X.25 είναι τεχνολογία μεταγωγής πακέτου, όπου τα δεδομένα μεταδίδονται στο δίκτυο μεταγωγής σε μικρά κομμάτια, τα πακέτα. Το δίκτυο X.25 αποτελείται, ουσιαστικά, από κόμβους μεταγωγής πακέτων (Packet Switching Nodes, PSNs), οι οποίοι δρομολογούν κατάλληλα τα πακέτα, ώστε να φθάσουν στον προορισμό τους.

Η διεπαφή μεταξύ του εξοπλισμού του χρήστη και του δικτύου μεταγωγής πακέτων περιγράφεται από το πρότυπο X.25, που αφορά τα τρία κατώτερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς του OSI.

Στο πρότυπο X25, ο ακραίος εξοπλισμός του χρήστη αναφέρεται σαν τερματικός εξοπλισμός δεδομένων (Data Terminal Equipment, DTE), και ο κόμβος μεταγωγής πακέτων, με τον οποίο συνδέεται ένα DTE, αναφέρεται σαν εξοπλισμός επικοινωνίας δεδομένων (Data Communication Equipment, DCE). Αν κάποιες από τις συσκευές του χρήστη δεν έχουν τη δυνατότητα διαχείρισης πακέτων X.25 (π.χ. ασύγχρονα τερματικά), υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης τους σε τέτοιο δίκτυο μέσω της μονάδας συναρμολόγησης - αποσυναρμολόγησης πακέτων (Packet Assembler - Disassembler, PAD)

Τα πρώτα δίκτυα X.25 χρησιμοποιούσαν απλές τηλεφωνικές γραμμές για τη μετάδοση δεδομένων, που αποτελούσαν αρκετά αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης και επέτρεπαν την εμφάνιση αρκετών λαθών. Για το λόγο αυτό το X.25 χρησιμοποιούσε ειδικές μεθόδους ανίχνευσης λαθών και επαναμετάδοσης δεδομένων. Με τις σημερινές τηλεπικοινωνιακές γραμμές, που εμφανίζουν πολύ μικρότερη πιθανότητα σφαλμάτων και είναι πολύ περισσότερο αξιόπιστες, ο εκτεταμένος έλεγχος λαθών του X.25 δεν είναι πια απαραίτητος και επιπλέον επιδρά αρνητικά στη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων.

Τα δίκτυα X.25 παρέχουν στους χρήστες υπηρεσίες νοητού κυκλώματος με σύνδεση (connection oriented services). Συγκεκριμένα μπορεί να παρέχουν μεταγωγίμα νοητά κυκλώματα (Switched Virtual Circuits, SVCs) και μόνιμα νοητά κυκλώματα (Permanent Virtual Circuits, PVCs). Κάθε νοητό κύκλωμα προσδιορίζεται από ένα μοναδικό αριθμό VCI (Virtual Channel Identifier), κι έτσι μπορεί να εξυπηρετεί μια διαφορετική σύνδεση. Πολλά νοητά κυκλώματα είναι δυνατόν να πολυπλέκονται χρονικά μέσα στην ίδια φυσική σύνδεση και για το λόγο αυτό γίνεται πολύ καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης.

Το κόστος της υπηρεσίας X.25 είναι πολύ προσιτό. Η τιμολόγηση γίνεται ανάλογα με το ποσό δεδομένων, που διακινήθηκε, κάνοντας αρκετά ελκυστική τη χρήση της στην περίπτωση μετάδοσης μικρού ποσού δεδομένων σποραδικά. Αν και εμφανίστηκαν καινούργιες τεχνολογίες, όπως το ISDN και το Frame Relay, σε αρκετά μέρη του κόσμου χρησιμοποιείται η τεχνολογία X.25, γιατί είναι η πιο φθηνή ή ακόμη και η μόνη διαθέσιμη.

## 22 POINT-TO-POINT PROTOCOL (PPP)

Το Internet χρειάζεται ένα πρωτόκολλο από σημείο σε σημείο για διάφορους σκοπούς στους οποίους περιλαμβάνεται η κίνηση από δρομολογητή σε δρομολογητή απ' τους οικιακούς χρήστες στους ISP. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται από σημείο σε σημείο ή PPP (Point-to-Point Protocol) και ορίζεται από το RFC 1661, με

περισσότερες λεπτομέρειες να δίνονται σε άλλα RFCs (1662,1663). Το PPP διαχειρίζεται την ανίχνευση σφαλμάτων, υποστηρίζει πολλά πρωτόκολλα, επιτρέπει την διαπραγμάτευση διευθύνσεων IP κατά την σύνδεση, επιτρέπει την πιστοποίηση ταυτότητας, και έχει πολλές ακόμα δυνατότητες.

Το PPP παρέχει τρεις λειτουργίες:

1. Μία μέθοδο πλαισίωσης η οποία οριοθετεί μονοσήμαντα το τέλος του ενός πλαισίου και την αρχή του επόμενου. Η μορφή των πλαισίων καλύπτει επίσης και την ανίχνευση σφαλμάτων.

2. Ένα πρωτόκολλο ελέγχου γραμμής για την ενεργοποίηση της γραμμής, τον έλεγχο της, τη διαπραγμάτευση επιλογών και την ομαλή της απενεργοποίηση όταν δεν χρειάζεται πλέον. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται πρωτόκολλο ελέγχου συνδέσμου ή LCP (Link Control Protocol). Υποστηρίζει τόσο σύγχρονα όσο και ασύγχρονα κυκλώματα καθώς και κωδικοποιήσεις προσανατολισμένες σε byte ή σε bit.

3. Έναν τρόπο διαπραγμάτευσης των επιλογών του επιπέδου δικτύου που είναι ανεξάρτητος από το πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου που χρησιμοποιείται. Η μέθοδος που έχει επιλεγεί είναι να υπάρχει ένα διαφορετικό Πρωτόκολλο Επιπέδου Δικτύου ή NCP (Network Control Protocol) για κάθε υποστηριζόμενο επίπεδο δικτύου.

## 23 INTERNET PROTOCOL (IP)

Το IP είναι πρωτόκολλο τρίτου επιπέδου και χρησιμοποιείται Η/Υ που μπορούν να ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά δίκτυα. Η μετάδοση στο IP γίνεται με την τεχνική των datagrams που περιγράφεται στο κεφάλαιο 14. Το κάθε πακέτο του IP που το συναντάμε και με τον όρο datagram φτάνει στον παραλήπτη διασχίζοντας ένα ή περισσότερα διασυνδεδεμένα δίκτυα IP, χωρίς να εξαρτάται από άλλα προηγούμενα ή επόμενα πακέτα διατηρώντας έτσι την αυτονομία του μέσα στο δίκτυο.

Το IP ως πρωτόκολλο τρίτου επιπέδου ασχολείται με τις φυσικές συνδέσεις ή τον έλεγχο των ενδιάμεσων ζεύξεων μεταξύ των κόμβων του δικτύου που είναι αρμοδιότητα άλλων πρωτοκόλλων χαμηλότερων επιπέδων, όπως Ethernet, Frame-Relay, PPP κτλ. Στην ουσία ασχολείται με την διευθυνσιοδότηση, τον κατακερματισμό (fragmentation) μεγάλων πακέτων και την επανασυγκόλλησή τους. Το πρωτόκολλο IP δεν θεωρείται αξιόπιστο, καθώς δεν εξασφαλίζει την από άκρου εις άκρο ακεραιότητα των δεδομένων με τεχνικές επανεκπομπής, έλεγχο ροής κτλ. Οι λειτουργίες αυτές επιτυγχάνονται με το πρωτόκολλο TCP που είναι στο αμέσως ανώτερο επίπεδο.

Το IP δεν απαιτεί την αποκατάσταση σύνδεσης μεταξύ δύο σημείων πριν την ανταλλαγή δεδομένων όπως το X.25, και για αυτό χαρακτηρίζεται ως connection-less.

Το IP παραλαμβάνει τα δεδομένα από το επίπεδο μεταφοράς (π.χ. TCP) σε πακέτα με μέγιστο μέγεθος 64Kb. Διαιρεί το κάθε πακέτο σε περισσότερα τμήματα (fragments) αν είναι απαραίτητο και τα μεταδίδει μέσω του δικτύου. Ο κατακερματισμός αυτός γίνεται στις περιπτώσεις που τα πακέτα IP πρέπει να περάσουν από δίκτυα που έχουν περιορισμό στο μέγεθος πλαισίου (frame). Ενώ το έργο του κατακερματισμού μπορεί να γίνει από οποιαδήποτε ενδιάμεση συσκευή (π.χ. Router) του δικτύου, η επανασυγκόλληση των IP πακέτων γίνεται από τον τελικό παραλήπτη.

Στο χειρισμό του πρωτοκόλλου συμμετέχουν μόνο οι δύο ακραίοι Η/Υ και οι ενδιαμέσοι δρομολογητές. Τη δρομολόγηση του πρωτοκόλλου αναλαμβάνουν οι routers οι οποίοι γνωρίζουν την τοπολογία του δικτύου και διαθέτουν κατάλληλους πίνακες δρομολόγησης. Έτσι οι χρήστες αρκεί να γνωρίζουν μόνο την τελική διεύθυνση του αποδέκτη ώστε να δρομολογηθεί κατάλληλα το μήνυμά τους.

## 24 TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL (TCP)

Το TCP είναι ένα connection-oriented πρωτόκολλο τετάρτου επιπέδου, που είναι υπεύθυνο για την εξασφάλιση αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ δύο ακραίων Η/Υ, διαμέσου ενός ή περισσότερων δικτύων.

Το τέταρτο επίπεδο ή επίπεδο μεταφοράς είναι στην ουσία το πρώτο επίπεδο που προσφέρει από άκρο εις άκρο επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Αντίθετα, τα χαμηλότερα επίπεδα φροντίζουν για την επικοινωνία ενός συστήματος με τον πλησιέστερο γείτονά του ώστε διαδοχικές τέτοιες επικοινωνίες να εξασφαλίζουν την σύνδεση των δύο άκρων.

Επειδή το IP ως connection-less πρωτόκολλο δεν δίνει επιβεβαίωση αποστολής δεδομένων ούτε και εξασφαλίζει την παράδοση πακέτων με την σωστή σειρά, το TCP είναι αυτό που αναλαμβάνει την εξασφάλιση της αξιοπιστίας, του ελέγχου ροής, του ελέγχου τοποθέτησης σε σωστή σειρά των πακέτων, καθώς επίσης της έναρξης και λήξης της σύνδεσης μεταξύ δύο εφαρμογών μέσα από το δίκτυο. Πρωτόκολλα εφαρμογών όπως το FTP για μεταφορά αρχείων και το SMTP για ηλεκτρονικό ταχυδρομείο στηρίζονται στις υπηρεσίες αυτές που προσφέρει το TCP.

Το TCP παραλαμβάνει μηνύματα από την εφαρμογή, τα τεμαχίζει σε τμήματα που δεν υπερβαίνουν τα 64KB, που ονομάζονται TPDU (Transport Protocol Data Unit) και τα στέλνει στον ανταποκριτή μέσω του δικτύου σαν ξεχωριστά πακέτα.

## 25 USER DATAGRAM PROTOCOL (UDP)

Το UDP είναι πρωτόκολλο τετάρτου επιπέδου όπως το TCP με τη διαφορά ότι είναι connection-less, είναι εξαιρετικά απλό στην υλοποίησή του και δεν προσφέρει μηχανισμούς αξιοπιστίας, ελέγχου ροής, επανεκπομπής κτλ. Ως εκ τούτου εφαρμογές που στηρίζονται σ' αυτό όπως η NFS (Network File System) για διαχείριση αρχείων δικτύου και TFTP (Trivial File Transfer Protocol) για μεταφορά αρχείων, πρέπει να φροντίζουν για να εξασφαλίζουν οι ίδιες τις λειτουργίες αυτές. Το UDP περιγράφεται από το RFC 768.

## 26 TELNET

Το telnet είναι μία από τις βασικότερες λειτουργίες του Internet που επιτρέπει σε κάποιον χρήστη να έχει πρόσβαση τερματικού σε ένα μακρινό server. Λειτουργεί μεταφέροντας κείμενο ASCII που πληκτρολογεί ένας χρήστης προς ένα μακρινό server και αντίστροφα την απάντηση της εφαρμογής του μακρινού server προς τον χρήστη.

## 27 FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP)

Το FTP ήταν η πρώτη υπηρεσία για την ανάκτηση και μεταφορά πληροφορίας και αρχείων που χρησιμοποιήθηκε στο Internet.

Το FTP είναι η βάση της δημιουργίας της βιομηχανίας του ελεύθερα διανεμόμενου software. Η βασική υπηρεσία του είναι η αξιόπιστη μεταφορά αρχείων από Η/Υ σε Η/Υ και επιτρέπει στους χρήστες να στείλουν μια σύνδεση ελέγχου μεταξύ του FTP client και του server. Η σύνδεση αυτή τους επιτρέπει να ψάχνουν τους καταλόγους αρχείων του server και να μεταφέρουν τα αρχεία που επιθυμούν από τον server προς τον δικό τους Η/Υ. Για την μεταφορά των αρχείων δημιουργείται αυτόματα από το FTP μια νέα ανεξάρτητη σύνδεση.

## 28 DOMAIN NAME SYSTEM (DNS)

Για διευκόλυνσή τους οι χρήστες του Internet χρησιμοποιούν εύχρηστα ονόματα αντί αριθμητικών διευθύνσεων.

Το DNS προσφέρει υπηρεσίες μετάφρασης μεταξύ ονομάτων και IP διευθύνσεων στο Internet. Κάθε Η/Υ και κάθε δρομολογητής στο Internet διαθέτει ένα όνομα. Η ονοματολογία του Internet έχει σαν χαρακτηριστικό την ιεράρχηση των ονομάτων που χρησιμοποιούν σαν διαχωριστικό χαρακτήρα μεταξύ τους μια τελεία (.). Η ιεραρχία ονομάτων ονόματα υπολογιστών, εταιριών, δικτύων, χωρών ή και ευρύτερων περιοχών (domain).

Σε ένα δίκτυο που εξυπηρετεί αρκετούς υπολογιστές κάτω από το ίδιο όνομα δικτύου, πρέπει να λειτουργεί ένας DNS server που θα δίνει την διεύθυνσή του προς τον DNS server του αμέσως ανωτέρου επιπέδου. Αυτό επαναλαμβάνεται έως ότου καλυφθεί ολόκληρη η ιεραρχία ονομάτων.

Οι διάφορες εφαρμογές στο Internet όπως FTP, Telnet, SMTP ή WWW για να εντοπίσουν μία διεύθυνση απευθύνουν ερώτημα προς τον DNS server οποίος είτε δίνει την απάντησή του από τους πίνακες καταχωρήσεων που διαθέτει, είτε παραπέμπει προς την διεύθυνση εκείνου του DNS server που έχει την απάντηση. Εάν ο ίδιος ο DNS server δώσει την απάντηση, αυτή μπορεί να προέρχεται είτε από τους δικούς του πίνακες καταχωρήσεων είτε από άλλους DNS servers που ψάχνει για λογαριασμό της εφαρμογής.

## 29 SIMPLE MAIL TRANSFER PROTOCOL (SMTP)

Το πρωτόκολλο Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) έχει καθιερωθεί για την μετάδοση μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στο Διαδίκτυο. Επίσημα περιγράφεται στα έγγραφα RFC821 και RFC1123. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σήμερα αποτελεί επέκταση του αρχικού προτύπου και περιγράφεται στο έγγραφο RFC 2821.

Για να την αποστολή ενός ηλεκτρονικού μηνύματος θα πρέπει ο χρήστης να έχει πρόσβαση σε έναν SMTP Server. Όλα τα προγράμματα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας θα πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα από τον χρήστη για να λειτουργήσουν σωστά. Συγκεκριμένα ο χρήστης θα πρέπει να καθορίσει τον SMTP server που θα χρησιμοποιήσει για να στείλει και να παραλάβει ηλεκτρονική αλληλογραφία. Με τον τρόπο αυτό μπορεί για παράδειγμα ένας χρήστης να ανταλλάξει ηλεκτρονικά μηνύματα χωρίς να είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο, εάν χρησιμοποιεί έναν τοπικό SMTP server.

Οι SMTP servers θα πρέπει να έχουν ανοιχτή μία τουλάχιστον από τις πόρτες 25 και 587, ούτως ώστε να μπορούν να επικοινωνήσουν με άλλους SMTP servers για την αποστολή ή παραλαβή ηλεκτρονικών μηνυμάτων. Πολλοί SMTP servers χρησιμοποιούν και τις δύο πόρτες για λόγους συμβατότητας.

## **30 HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL (HTTP)**

Το πρωτόκολλο μεταφοράς που χρησιμοποιείται σε ολόκληρο τον Παγκόσμιο Ιστό είναι το Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερ-Κειμένου ή HTTP (HyperText Transfer Protocol). Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει τα μηνύματα που μπορούν να στείλουν οι πελάτες στους διακομιστές και τις απαντήσεις που θα τους επιστραφούν. Κάθε αλληλεπίδραση αποτελείται από μία αίτηση σε μορφή ASCII, η οποία ακολουθείται από μία απάντηση που είναι παρόμοια με ένα μήνυμα MIME του RFC 822. Όλοι οι πελάτες και οι διακομιστές πρέπει να συμμορφώνονται με το πρωτόκολλο αυτό, το οποίο ορίζεται στο RFC 2616.

# Βιβλιογραφία

- [1] Άρης Αλεξόπουλος – Γιώργος Λαγογιάννης, Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, Πέμπτη έκδοση, ΑΘΗΝΑ 1999
- [2] Andrew S. Tanenbaum, Δίκτυα Υπολογιστών, Τέταρτη Αμερικάνικη έκδοση, Κλειδάριθμος 2007
- [3] John G. Proakis – Masoud Salehi, Συστήματα Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2002
- [4] Οικονομική και Διοίκηση των Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων, Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες (Σημειώσεις Μαθήματος), Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών – Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2006