

- **ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ**
  - **ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**
    - **ΤΜΗΜΑ: ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

- **ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΙΚΤΥΑ. – ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**

- **ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΑΠΑΔΟΓΙΩΡΓΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΤΑΒΛΑΔΑΚΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ**
- **ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΑΚΑΛΗΣ ΑΡΗΣ**

- **ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ**
  - **ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**
    - **ΤΜΗΜΑ: ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

- **ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΙΚΤΥΑ. – ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**
- **ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΑΠΑΔΟΓΙΩΡΓΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΤΑΒΛΑΔΑΚΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ**
- **ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΑΚΑΛΗΣ ΑΡΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ – 2007**

# Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>1</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>3</b>
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>4</b>
<b>2 ΔΙΚΤΥΑ</b> .....	<b>5</b>
2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΔΙΚΤΥΑ;.....	5
2.2 ΥΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	5
<b>3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ</b> .....	<b>8</b>
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ;.....	8
3.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 7 ΕΠΙΠΕΔΩΝ.....	9
3.3 ΣΤΟΙΒΕΣ: ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	11
3.4 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ;.....	12
3.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ.....	13
<b>4 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI – TCP/IP</b> .....	<b>14</b>
4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ OSI;.....	14
4.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΕΠΤΑ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΤΑ OSI.....	14
4.2.1 Το Επίπεδο Εφαρμογών.....	17
4.2.2 Το Επίπεδο Παρουσίασης.....	17
4.2.3 Το Επίπεδο Συνόδου.....	18
4.2.4 Το Επίπεδο Διακίνησης.....	19
4.2.5 Το Επίπεδο Δικτύου.....	20
4.2.6 Το Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων.....	20
4.2.7 Το Φυσικό Επίπεδο.....	21
4.3 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ TCP/IP;.....	21
4.3.1 Το Στρώμα Διαδικτύου.....	22
4.3.2 Το Στρώμα Μεταφοράς.....	23
4.3.3 Το Στρώμα Εφαρμογής.....	24
4.3.4 Το Στρώμα Host προς Δίκτυο.....	24
<b>5 ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ</b> .....	<b>26</b>
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ LAN.....	26
5.2 ΕΝΣΥΡΜΑΤΑ LAN.....	26
5.2.1 Τοπολογίες.....	26
5.2.2 Τεχνικές προσπέλασης.....	28
5.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΩΝ LAN.....	32
5.3.1 IEEE 802.X.....	32
5.3.2 IEEE 802.3: Ethernet.....	34
5.3.3 ARCnet: Διάλογος με σκυτάλη για LAN.....	37
5.3.4 IEEE802.9: Ισόχρονα τοπικά δίκτυα.....	38
5.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΩΝ LAN.....	39
5.4.1 TCP/IP.....	39
5.4.2 NetBEUI.....	41
5.4.3 DLC.....	42
5.4.4 XNS.....	43
5.4.5 IPX/SPX.....	44
5.4.6 APPC.....	45
5.4.7 Apple Talk.....	46
5.4.8 OSI.....	47
5.4.9 DECnet.....	49
5.5 ΑΣΥΡΜΑΤΑ LAN.....	50
5.6 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ WLAN.....	51

5.6.1	<i>Infrastructure Mode</i> .....	51
5.7	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ WLAN .....	53
5.8	ΠΡΟΤΥΠΑ WLAN .....	54
5.8.1	IEEE802.11 .....	54
5.8.2	Τι πρότυπα ανήκουν στην οικογένεια του IEEE 802.11; .....	55
5.8.3	BLUETOOTH .....	57
5.8.4	HomeRF .....	59
5.8.5	HiperLAN .....	59
5.8.6	WiMAX .....	60
5.8.7	LMDS και WLL .....	60
<b>6</b>	<b>ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ</b> .....	<b>62</b>
6.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ .....	62
6.1.1	Τύποι Δικτύων Ευρείας Περιοχής .....	63
6.1.2	Συσκευές .....	64
6.1.3	Τεχνικές Μεταγωγής .....	65
6.1.4	Πολυπλεξία .....	67
6.1.5	Εικονικά Κυκλώματα .....	68
6.2	Το X.25 .....	69
6.2.1	Τρόπος Λειτουργίας .....	70
6.2.2	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα .....	73
6.3	Το ISDN .....	73
6.3.1	Αρχιτεκτονική Συστήματος ISDN .....	75
6.3.2	Κωδικοποίηση 2B1Q .....	77
6.3.3	LAP-D .....	78
6.4	Το FRAME RELAY .....	80
6.4.1	Συσκευές .....	82
6.4.2	Δομή Πακέτου .....	83
6.4.3	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα .....	86
6.5	ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΑΙ ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ .....	87
6.5.1	Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς Δεδομένων – ATM .....	91
6.5.2	Μετάδοση βασισμένη σε SDH .....	93
6.6	Το DSL .....	94
6.6.1	Το ADSL .....	96
6.6.2	Συνδεσμολογίες ADSL .....	97
6.7	SONET/SDH .....	100
6.7.1	Δομή Πακέτου .....	100
6.8	ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΙΔΙΩΤΙΚΑ IP ΔΙΚΤΥΑ .....	101
<b>7</b>	<b>ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ</b> .....	<b>106</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>109</b>

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή επιχειρείται μια συνολική παρουσίαση της τεχνολογίας των Δικτύων Υπολογιστών και πιο συγκεκριμένα των πιο διαδεδομένων πρωτοκόλλων των Τοπικών Δικτύων και Δικτύων Ευρείας Περιοχής. Ορίζονται βασικές έννοιες των Δικτύων και στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες έννοιες των Τοπικών Δικτύων, των Δικτύων δηλαδή εκείνων που καλύπτουν μια περιορισμένη γεωγραφική έκταση. Κατόπιν παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνολογίες υλοποίησης Δικτύων Ευρείας Περιοχής, των Δικτύων εκείνων δηλαδή που καλύπτουν πολύ μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και η κάλυψη τους μπορεί να εκτείνεται και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τέλος ακολουθεί μια σύγκριση των πρωτοκόλλων ευρείας περιοχής.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε καθένα από τους τρεις τελευταίους αιώνες, επικράτησε μία μοναδική τεχνολογία. Ο 18<sup>ος</sup> Αιώνας ήταν η εποχή των μεγάλων μηχανικών συστημάτων που συνόδευσαν τη Βιομηχανική Επανάσταση. Ο 19<sup>ος</sup> Αιώνας ήταν η εποχή της ατμομηχανής. Κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> Αιώνα, η τεχνολογία – κλειδί είναι η συλλογή, επεξεργασία και διανομή της πληροφορίας. Η βιομηχανία των υπολογιστών “εμφανίζεται δειλά” στο ευρύτερο κοινό.

Οργανισμοί, με εκατοντάδες γραφεία διεσπαρμένα σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή, αναμένουν να είναι ανά πάσα στιγμή σε θέση να εξετάσουν την τρέχουσα κατάσταση, ακόμη και του πιο απομακρυσμένου γραφείου τους, με το πάτημα ενός κουμπιού. Καθώς αναπτύσσεται η ικανότητά μας να συλλέγουμε, επεξεργαζόμαστε και να διανέμουμε πληροφορίες, η ανάγκη για περισσότερη προηγμένη επεξεργασία της πληροφορίας αναπτύσσεται ακόμα ταχύτερα.

Αν και η βιομηχανία των υπολογιστών είναι νέα σε σύγκριση με άλλες βιομηχανίες (όπως η αυτοκινητοβιομηχανία και οι αερομεταφορές), οι υπολογιστές έχουν εξελιχθεί θεαματικά σε σύντομο διάστημα. Κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων δεκαετιών της ύπαρξής τους, τα υπολογιστικά συστήματα ήταν ιδιαίτερος συγκεντρωμένος, συνήθως μέσα σε μία μεγάλη αίθουσα. Όχι σπανίως, η αίθουσα αυτή είχε γυάλινους τοίχους, μέσα από τους οποίους οι επισκέπτες μπορούσαν να θαυμάσουν το μεγάλο ηλεκτρονικό θαύμα. Μία εταιρεία μεσαίου μεγέθους ή ένα πανεπιστήμιο μπορούσαν να έχουν ένα ή δύο υπολογιστές, ενώ τα μεγάλα ιδρύματα διέθεταν το πολύ μερικές δεκάδες.

Η ιδέα του “υπολογιστικού κέντρου”, ως δωματίου με έναν μεγάλο υπολογιστή, όπου οι χρήστες φέρνουν τη δουλειά τους για επεξεργασία είναι τώρα εντελώς ξεπερασμένη. Το παλιό μοντέλο, ενός μοναδικού υπολογιστή που εξυπηρετεί όλες τις υπολογιστικές ανάγκες ενός οργανισμού, έχει αντικατασταθεί από εκείνο, όπου ένας μεγάλος αριθμός ξεχωριστών αλλά διασυνδεδεμένων υπολογιστών κάνουν τη δουλειά. Τα συστήματα αυτά αποκαλούνται *δίκτυα υπολογιστών (computer networks)*.

## 2 ΔΙΚΤΥΑ

### 2.1 Τι είναι δίκτυα;

Δίκτυο ( *network* ) καλείται μια ομάδα υπολογιστών οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους, ενσύρματα ή ασύρματα με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων ή την κοινή χρήση συσκευών.

### 2.2 Υλικό δικτύων

Τα δίκτυα υπολογιστών χωρίζονται σε κατηγορίες, λόγω της εκτεινόμενης περιοχής που «καλύπτουν» με τη σύνδεσή τους. Έτσι, τα διακρίνουμε σε :

#### i) Τοπικά Δίκτυα ( *Local Area Network* )

Τα **LAN** είναι ιδιωτικά δίκτυα εκτεινόμενα εντός ενός μοναδικού κτιρίου ή σε εγκαταστάσεις ακτίνας έως μερικά χιλιόμετρα. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα για να συνδέουν προσωπικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας σε γραφεία εταιρειών και σε εργοστάσια, με σκοπό την κοινή χρήση των μέσων (π.χ. των εκτυπωτών) και την ανταλλαγή πληροφοριών. Στη συνέχεια του συγγράμματος, υπάρχει εκτενέστερη ανάλυση στα LAN

#### ii) Μητροπολιτικά Δίκτυα ( *Metropolitan Area Network* )

Ένα **MAN** είναι βασικά μια μεγαλύτερη εκδοχή ενός LAN και συνήθως χρησιμοποιεί παρόμοια τεχνολογία. Μπορεί να καλύπτει ομάδα γειτονικών γραφείων μιας επιχείρησης ή μια πόλη και μπορεί να είναι ιδιωτικό είτε δημόσιο. Το MAN μπορεί να υποστηρίζει δεδομένα καθώς και φωνή και ίσως ακόμη να σχετίζεται με την καλωδιακή τηλεόραση. Χρησιμοποιεί ένα ή δύο καλώδια και δεν διαθέτει στοιχεία μεταγωγής που να διοδεύουν τα πακέτα προς τη μία από τις άλλες διαφορετικές γραμμές εξόδου. Η απουσία μεταγωγής απλοποιεί τη σχεδίαση.

Ο κύριος λόγος για να αναφέρονται τα MAN ως ειδική κατηγορία είναι, ότι έχει υιοθετηθεί γι' αυτά ένα πρότυπο που τώρα υλοποιείται. Ονομάζεται **DQDB ( Distributed Queue Dual Bus )** ή γι' αυτούς που προτιμούν τους αριθμούς αντί τα γράμματα, 802.6 ( ο αριθμός που προτύπου IEEE που το ορίζει).

### iii) Ευρείας Περιοχής Δίκτυα ( *Wide Area Network* )

Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής ( *wide area network, WAN* ) καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, συχνά μία χώρα ή μία ήπειρο. Οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για την υλοποίηση WAN είναι πολλές. Στη συνέχεια, του συγγράμματος, θα περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά των σημαντικότερων από αυτών

### iv) Ασύρματα Δίκτυα

Οι κινητοί υπολογιστές, όπως οι φορητοί υπολογιστές (notebook Computers) και οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί PDA (Personal Digital Assistants), αποτελούν τον πλέον γοργά αναπτυσσόμενο τομέα της βιομηχανίας των υπολογιστών. Πολλοί από τους ιδιοκτήτες αυτών των υπολογιστών διαθέτουν στο γραφείο τους επιτραπέζιες μηχανές συνδεδεμένες σε LAN και WAN και επιθυμούν να είναι συνδεδεμένοι με την βάση τους ακόμη και όταν απουσιάζουν ή όταν βρίσκονται στον δρόμο. Εφόσον είναι δυνατή η ενσύρματη σύνδεση μέσα σε αυτοκίνητα και αεροπλάνα, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για ασύρματα δίκτυα.

Τα ασύρματα δίκτυα έχουν πολλές χρήσεις. Συχνά, η ασύρματη δικτύωση και η υπολογιστική επεξεργασία εν κινήσει συσχετίζονται, όμως δεν ταυτίζονται (βλέπε Σχήμα 1). Οι φορητοί υπολογιστές είναι μερικές φορές καλωδιωμένοι και άλλες φορές κάποιοι ασύρματοι υπολογιστές δεν είναι φορητοί.

<b>Ασύρματη</b>	<b>Κινητή</b>	<b>Εφαρμογές</b>
Όχι	Όχι	Στάσιμοι σταθμοί εργασίας στα γραφεία
Όχι	Ναι	Χρήση φορητού υπολογιστή στο ξενοδοχείο, Συντήρηση τραίνου
Ναι	Όχι	Το LAN σε παλαιότερα κτίρια, χωρίς καλωδίωση
Ναι	Ναι	Κινητό γραφείο, PDA για απογραφή αποθεμάτων

**ΣΧΗΜΑ 1**

Αν και πολλοί πιστεύουν ότι οι ασύρματοι φορητοί υπολογιστές είναι η τάση του μέλλοντος, μία τουλάχιστον διαφωνία έχει ακουστεί. Ο Bob Metcalfe, ο εφευρέτης του Ethernet, έχει γράψει: «Οι φορητοί ασύρματοι υπολογιστές είναι σαν κινητές τουαλέτες χωρίς αποχέτευση. Συνηθίζονται σε οχήματα, εργοτάξια και συναυλίες ροκ. Η συμβουλή μου είναι να καλωδιώσετε το σπίτι σας και να παραμείνετε εκεί» (Metcalfe 1995).



ν) **Διαδίκτυα ( Internet )**

Υπάρχουν πολλά δίκτυα στον κόσμο, συχνά με διαφορετικό υλικό και λογισμικό. Αυτοί που έχουν συνδεθεί σε δίκτυο συχνά θέλουν να επικοινωνήσουν με άλλους συνδεδεμένους σε ένα διαφορετικό δίκτυο. Η επιθυμία αυτή απαιτεί τη σύνδεση διαφορετικών και συχνά ασύμβατων δικτύων χρησιμοποιώντας μερικές φορές μηχανές, που αποκαλούνται *πύλες ( gateways )*, για τη διασύνδεση και την απαραίτητη μετάφραση , τόσο για το υλικό όσο για το λογισμικό. Ένα σύνολο διασυνδεδεμένων δικτύων ονομάζεται *διαδίκτυο ( internet work ή απλά internet )*.

Ένα διαδίκτυο σχηματίζεται, όταν διασυνδέονται ξεχωριστά δίκτυα. Η σύνδεση ενός και ενός ή η διασύνδεση δύο σχηματίζει ένα διαδίκτυο. Όμως στην αγορά δεν υπάρχει συναίνεση σχετικά με την ορολογία στην περιοχή αυτή. Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών είχαν σχεδιαστεί με κύριο μέλημα το υλικό και το λογισμικό ήρθε ως κατόπιν σκέψη. Αυτή η στρατηγική δεν αποδίδει πια, το λογισμικό δικτύου είναι πλέον πολύ δομημένο.

## 3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

### 3.1 Τι είναι τα πρωτόκολλα;

Η επικοινωνία των υπολογιστών βασίζεται σ' ένα σύνολο κανόνων που καθορίζουν την μορφή των μηνυμάτων και τις κατάλληλες ενέργειες που απαιτούνται για κάθε μήνυμα, το οποίο ονομάζεται *πρωτόκολλο δικτύου* (**network protocol**) ή *πρωτόκολλο επικοινωνίας υπολογιστών* (**computer communication protocol**). Το λογισμικό που υλοποιεί αυτούς τους κανόνες λέγεται *λογισμικό πρωτοκόλλων* (**protocol software**). Ένα μεμονωμένο πρωτόκολλο δικτύου μπορεί να είναι απλό (π.χ. μια συμφωνία να χρησιμοποιούνται χαρακτήρες ASCII όταν μεταφέρεται ένα αρχείο κειμένου), ή σύνθετο (π.χ. μια συμφωνία να χρησιμοποιείται κάποια πολύπλοκη μαθηματική συνάρτηση για την κρυπτογράφηση δεδομένων).

Οι σχεδιαστές θέλησαν να υποδιαιρέσουν το πρόβλημα της επικοινωνίας σε επιμέρους τμήματα και να σχεδιάσουν από ένα ξεχωριστό πρωτόκολλο για κάθε ένα από αυτά. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε πρωτόκολλο είναι ευκολότερο να σχεδιαστεί, να αναλυθεί, να υλοποιηθεί και να δοκιμαστεί. Η υποδιαίρεση του λογισμικού επικοινωνίας σε πολλά πρωτόκολλα αυξάνει την ευελιξία, επειδή επιτρέπει να χρησιμοποιούνται υποσύνολα πρωτοκόλλων ανάλογα με τις ανάγκες.

Η υποδιαίρεση σε ξεχωριστά πρωτόκολλα πρέπει να γίνει προσεκτικά, για να εξασφαλιστεί ότι το σύστημα επικοινωνίας που προκύπτει είναι αποδοτικό και αποτελεσματικό. Για να αποφευχθεί ο διπλός κόπος, κάθε πρωτόκολλο θα πρέπει να αναλαμβάνει ένα μέρος του προβλήματος της επικοινωνίας το οποίο δεν αναλαμβάνουν τα άλλα πρωτόκολλα. Για να κάνουν εφικτή την αποδοτική υλοποίηση, τα πρωτόκολλα πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μοιράζονται τις ίδιες δομές δεδομένων και πληροφορίες. Τέλος, ο συνδυασμός των πρωτοκόλλων θα πρέπει να αντιμετωπίζει όλες τις πιθανές βλάβες υλικού ή άλλες εξαιρετικές συνθήκες.

### 3.2 Τι είναι το μοντέλο αναφοράς 7 επιπέδων

Τα πρωτόκολλα συνεργάζονται σωστά, διότι σχεδιάζονται και αναπτύσσονται σε ολοκληρωμένα συνεργατικά σύνολα, τα οποία λέγονται *οικογένειες (suites ή families)*. Κάθε πρωτόκολλο μιας οικογένειας επιλύει ένα μέρος του προβλήματος της επικοινωνίας και όλα μαζί, επιλύουν ολόκληρο το πρόβλημα της επικοινωνίας. Ακόμα, η πλήρης οικογένεια είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτοκόλλων να είναι αποδοτικές.

Έχουν δημιουργηθεί πολλά εργαλεία για να βοηθήσουν τους σχεδιαστές πρωτοκόλλων να κατανοήσουν τα συστατικά μέρη του προβλήματος της επικοινωνίας και να σχεδιάσουν μια ολόκληρη οικογένεια πρωτοκόλλων. Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία είναι το λεγόμενο *μοντέλο διαστρωμάτωσης (layering model)*. Ουσιαστικά ένα μοντέλο διαστρωμάτωσης περιγράφει ένα τρόπο με τον οποίο το πρόβλημα της επικοινωνίας μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μέρη, τα οποία λέγονται *επίπεδα (layers)*. Μια οικογένεια πρωτοκόλλων μπορεί να σχεδιαστεί με τον ορισμό ενός πρωτοκόλλου που να αντιστοιχεί στο κάθε επίπεδο. Για παράδειγμα, στην πρώτη περίοδο της ιστορίας της δικτύωσης ο *Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO)* όρισε ένα *μοντέλο αναφοράς 7 επιπέδων (7-layer Reference Model)*. Το σχήμα 2 παρουσιάζει το μοντέλο διαστρωμάτωσης του ISO και δείχνει ότι τα επίπεδα είναι αριθμημένα (D.Comer,2002).

Εφαρμογή (Application)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 7
Παρουσίαση (Présentation)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 6
Σύνοδος (Session)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 5
Μεταφορά (Transport)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 4
Δίκτυο (Network)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 3
Σύνδεσμος Δεδομένων (Data Link)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 2
Φυσικό (Physical)	← ΕΠΙΠΕΔΟ 1

ΣΧΗΜΑ 2 Το μοντέλο αναφοράς 7 επιπέδων

Αν και οι ιδέες για τη σχεδίαση πρωτοκόλλων έχουν αλλάξει στα μετέπειτα χρόνια αφότου δημιουργήθηκε το μοντέλο του ISO, και πολλά σημερινά πρωτόκολλα δεν ανταποκρίνονται στο παλιό μοντέλο, μεγάλο μέρος της ορολογίας του ISO παραμένει ακόμα.

Τα μοντέλα διαστρωμάτωσης επεξηγούν με απλό τρόπο τις σχέσεις μεταξύ του σύνθετου υλικού και των επιμέρους πρωτοκόλλων ενός δικτύου. Στο μοντέλο του ISO, το κατώτερο επίπεδο αντιστοιχεί στο υλικό, και τα επόμενα διαδοχικά επίπεδα αντιστοιχούν στο *υλικό-λογισμικό ( firmware )* ή το λογισμικό που χρησιμοποιεί το υλικό.

### **Επίπεδο 1: Φυσικό ( Physical )**

Το επίπεδο 1 αντιστοιχεί στο βασικό υλικό του δικτύου.

### **Επίπεδο 2: Σύνδεσμος Δεδομένων ( Data Link )**

Τα πρωτόκολλα αυτού του επιπέδου καθορίζουν το πώς οργανώνονται τα δεδομένα σε πλαίσια, και το πώς μεταδίδονται τα πλαίσια μέσω ενός δικτύου. Για παράδειγμα, τα θέματα της μορφής των πλαισίων, της συμπλήρωσης με bit ή με byte, και ο υπολογισμός των αθροισμάτων ελέγχου, κατατάσσονται σε αυτό το επίπεδο.

### **Επίπεδο 3: Δίκτυο ( Network )**

Τα πρωτόκολλα του επιπέδου 3 καθορίζουν το πώς αποδίδονται διευθύνσεις και το πώς προωθούνται τα πακέτα από ένα άκρο του δικτύου σε ένα άλλο.

### **Επίπεδο 4: Μεταφορά ( Transport )**

Τα πρωτόκολλα του επιπέδου 4, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται οι λεπτομέρειες της αξιόπιστης μεταφοράς, είναι από τα πιο σύνθετα πρωτόκολλα.

### **Επίπεδο 5: Σύνοδος ( Session )**

Τα πρωτόκολλα του επιπέδου 5 καθορίζουν το πώς εγκαθιδρύεται μια *σύνοδος επικοινωνίας ( communication session )* με ένα μακρινό σύστημα (π.χ. πώς συνδέεται ο χρήστης σε ένα μακρινό χρονομεριζόμενο υπολογιστή. Οι προδιαγραφές για τις λεπτομέρειες της ασφάλειας, όπως η πιστοποίηση της ταυτότητας με την χρήση κωδικών πρόσβασης, ανήκουν σε αυτό το Επίπεδο.

## **Επίπεδο 6: Παρουσίαση ( *Presentation* )**

Τα πρωτόκολλα του επιπέδου 6 καθορίζουν τον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων. Τα πρωτόκολλα αυτά χρειάζονται επειδή οι υπολογιστές διαφορετικών κατασκευαστών μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικές εσωτερικές αναπαραστάσεις για τους ακέραιους αριθμούς και τους χαρακτήρες. Έτσι τα πρωτόκολλα του Επιπέδου 6 χρησιμεύουν για την μετάφραση από την αναπαράσταση ενός υπολογιστή στην αναπαράσταση ενός άλλου.

## **Επίπεδο 7: Εφαρμογή ( *Application* )**

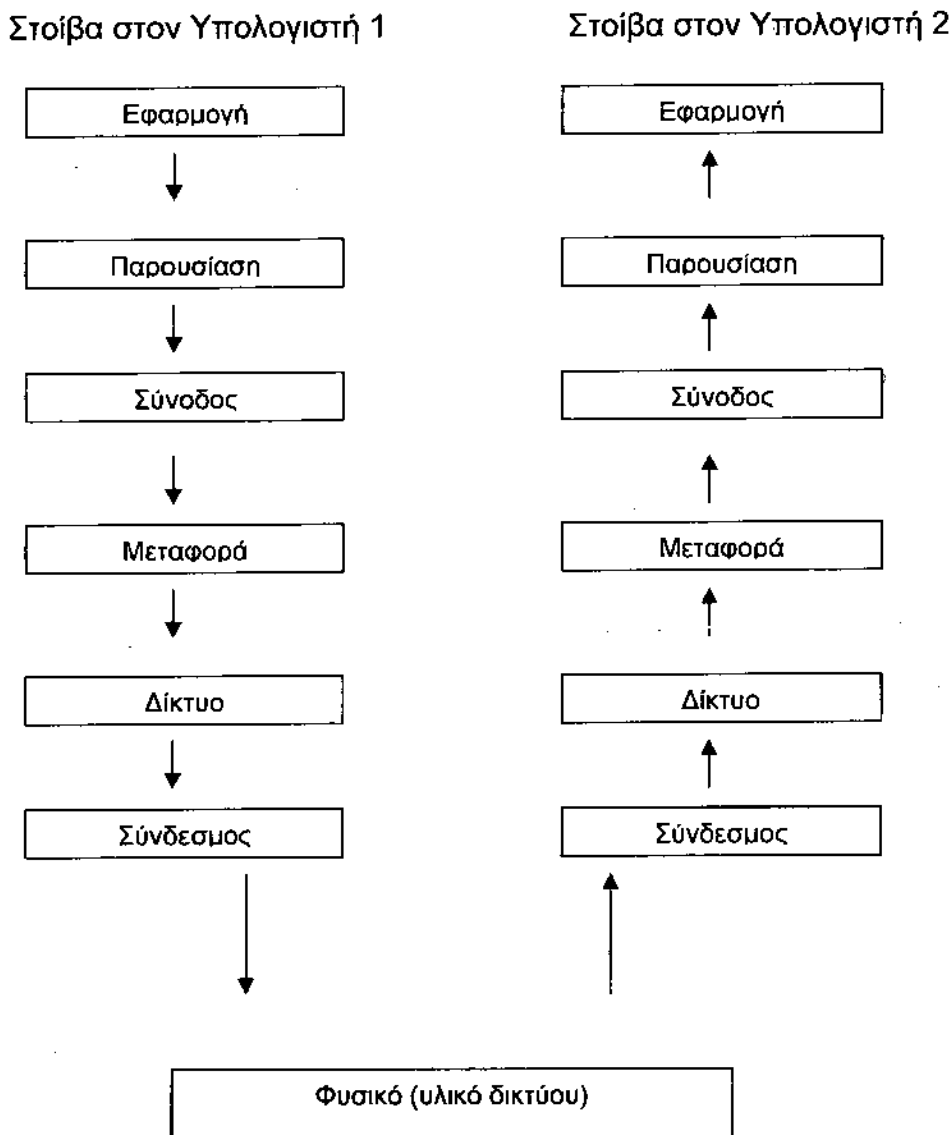
Κάθε πρωτόκολλο του Επιπέδου 7 καθορίζει το πώς μια συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιεί ένα δίκτυο. Για παράδειγμα, οι προδιαγραφές για μια εφαρμογή που μεταφέρει αρχεία από τον ένα υπολογιστή στον άλλο ανήκουν στο Επίπεδο 7. Το πρωτόκολλο καθορίζει τις λεπτομέρειες του τρόπου με τον οποίο ένα πρόγραμμα-εφαρμογή που εκτελείται σε μια μηχανή υποβάλλει μια αίτηση (π.χ. πώς καθορίζει το όνομα ενός ζητούμενου αρχείου), και πώς αποκρίνεται η εφαρμογή που εκτελείται σε άλλη μηχανή (D.Comer,2002).

### **3.3 Στοιβές: Πολυεπίπεδο Λογισμικό**

Όταν τα πρωτόκολλα είναι σχεδιασμένα σύμφωνα με ένα μοντέλο διαστρωμάτωσης, το λογισμικό πρωτοκόλλων που προκύπτει ακολουθεί την πολυεπίπεδη οργάνωση. Το λογισμικό πρωτοκόλλων του κάθε υπολογιστή υποδιαιρείται σε *υπομονάδες* ( **modules** ), μία υπομονάδα για το κάθε επίπεδο. Ακόμα σημαντικότερο, η διαστρωμάτωση καθορίζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπομονάδων: Θεωρητικά, όταν το λογισμικό πρωτοκόλλων στέλνει ή δέχεται δεδομένα, κάθε υπομονάδα επικοινωνεί μόνο με την υπομονάδα του αμέσως υψηλότερου επιπέδου και με την υπομονάδα του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, αντίστοιχα. Έτσι, τα εξερχόμενα δεδομένα κατέρχονται περνώντας από κάθε επίπεδο, και τα εισερχόμενα δεδομένα ανέρχονται περνώντας από κάθε επίπεδο.

Κάθε υπολογιστής περιέχει λογισμικό για μια ολόκληρη οικογένεια πρωτοκόλλων. Οι εταιρίες χρησιμοποιούν τον όρο *στοίβα* ( **stack** ) όταν αναφέρονται σε αυτό το λογισμικό, επειδή το μοντέλο διαστρωμάτωσης με βάση το οποίο έχει δημιουργηθεί το λογισμικό αναπαρίσταται συχνά με ένα σύνολο ορθογωνίων, όπως στο σχήμα 3 &

4. Έτσι, η ερώτηση «ποια στοίβα τρέχει ο υπολογιστής σου;» συνήθως αναφέρεται στα πρωτόκολλα δικτύου, και όχι σε μια δομή δεδομένων στοίβας (D.Comer,2002).



ΣΧΗΜΑ 3&4

### 3.4 Πώς λειτουργεί το πολυεπίπεδο λογισμικό;

Είδαμε ότι το κάθε επίπεδο του λογισμικού πρωτοκόλλων επιλύει ένα μέρος του προβλήματος της επικοινωνίας. Για το σκοπό αυτόν, το λογισμικό ενός δεδομένου επιπέδου στον υπολογιστή –αποστολέα προσθέτει κάποιες πληροφορίες στα εξερχόμενα δεδομένα, και το λογισμικό του ίδιου επιπέδου στον υπολογιστή-

παραλήπτη χρησιμοποιεί αυτές τις πρόσθετες πληροφορίες για την επεξεργασία των εισερχόμενων δεδομένων. Για παράδειγμα, αν οι δύο υπολογιστές έχουν συμφωνήσει σε μια μορφή πλαισίων που περιέχει ένα άθροισμα ελέγχου, το λογισμικό του επιπέδου συνδέσμου δεδομένων (Data Link) στις δύο μηχανές πραγματοποιεί τον υπολογισμό του αθροίσματος ελέγχου. Στο σχήμα 4, όταν ένα εξερχόμενο πλαίσιο φτάνει στο λογισμικό συνδέσμου δεδομένων στον υπολογιστή 1, το λογισμικό προσθέτει ένα άθροισμα ελέγχου πριν μεταδώσει το πλαίσιο μέσω του δικτύου. Όταν ένα εισερχόμενο πλαίσιο φτάνει στο λογισμικό συνδέσμου δεδομένων στον υπολογιστή 2, το λογισμικό επαληθεύει και αφαιρεί το άθροισμα ελέγχου καθώς μεταβιβάζει το πλαίσιο στο επίπεδο δικτύου (Network) (D. Comer, 2002).

### **3.5 Τεχνικές που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα**

Στα συστήματα επικοινωνίας προκύπτουν προβλήματα τα οποία μέσω των πρωτοκόλλων επιλύονται με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα κατά την διάρκεια μιας μετάδοσης μπορεί να έχουμε αλλοίωση των bit. Για να εντοπίζονται τέτοια σφάλματα, τα πρωτόκολλα συνδέσμου δεδομένων χρησιμοποιούν μια ποικιλία από τεχνικές, στις οποίες περιλαμβάνονται: το *bit* ισοτιμίας ( **parity bit** ), το *άθροισμα ελέγχου πλαισίου* ( **frame checksum** ), ή ο *έλεγχος κυκλικού πλεονασμού* ( **cyclic redundancy check. CRC** ). Η συγκεκριμένη τεχνική που θα επιλεγεί εξαρτάται από τη σχεδίαση ολόκληρης της οικογένειας πρωτοκόλλων.

Μερικά πρωτόκολλα δεν περιορίζονται στον εντοπισμό των σφαλμάτων-κάνουν μια προσπάθεια να επισκευάσουν ή να παρακάμψουν τα προβλήματα. Συγκεκριμένα, τα πρωτόκολλα μεταφοράς χρησιμοποιούν μια ποικιλία εργαλείων για να αντιμετωπίζουν μερικά από τα πιο πολύπλοκα προβλήματα επικοινωνίας.

## 4 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI – TCP/IP

### 4.1 Τι είναι το πρότυπο OSI;

Στη δεκαετία του '70 κάποιες εταιρίες ανέπτυξαν δίκτυα υπολογιστών. Όπως ήταν αναμενόμενο, κάθε εταιρία χρησιμοποίησε διαφορετική δομή για το δίκτυό της ή αρχιτεκτονική. Στα τέλη της ίδιας δεκαετίας, προκειμένου να προωθηθεί η συμβατότητα των σχεδίων που αφορούσαν τα δίκτυα, ο **Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO )** πρότεινε ένα μοντέλο αρχιτεκτονικής που ονομάζεται πρότυπο αναφοράς για τη **διασύνδεση ανοιχτών συστημάτων ( open systems interconnection reference model – OSI model )**. Το μοντέλο αναφοράς OSI είναι μια διασταυρωμένη αρχιτεκτονική με επτά στρώματα ή επίπεδα. Έχει τα τρία κατώτερα επίπεδα που ασχολούνται αντίστοιχα με τη μετάδοση των Bits, με τη μετάδοση των πακέτων μέσα από μια ζεύξη και με τη μετάδοση των πακέτων από άκρο σε άκρο. Τα ανώτερα επίπεδα δομούν υπηρεσίες επικοινωνίας για εφαρμογές χρηστών.

Το μοντέλο αναφοράς OSI προορίζεται για δίκτυα μεταγωγής πακέτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο για δίκτυα αποθήκευσης και προώθησης, καθώς και για δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης. Τα περισσότερα δημοφιλή δίκτυα διαθέτουν μια αρχιτεκτονική παρόμοια με αυτήν του μοντέλου OSI. Προτού εξετάσουμε καθένα από αυτά θα παρουσιάσουμε μια γενική περιγραφή του τι κάνουν αυτά τα επίπεδα.

### 4.2 Λειτουργίες των Επτά Επιπέδων κατά OSI

Τα επίπεδα του μοντέλου OSI είναι όπως αναφέραμε τα εξής:

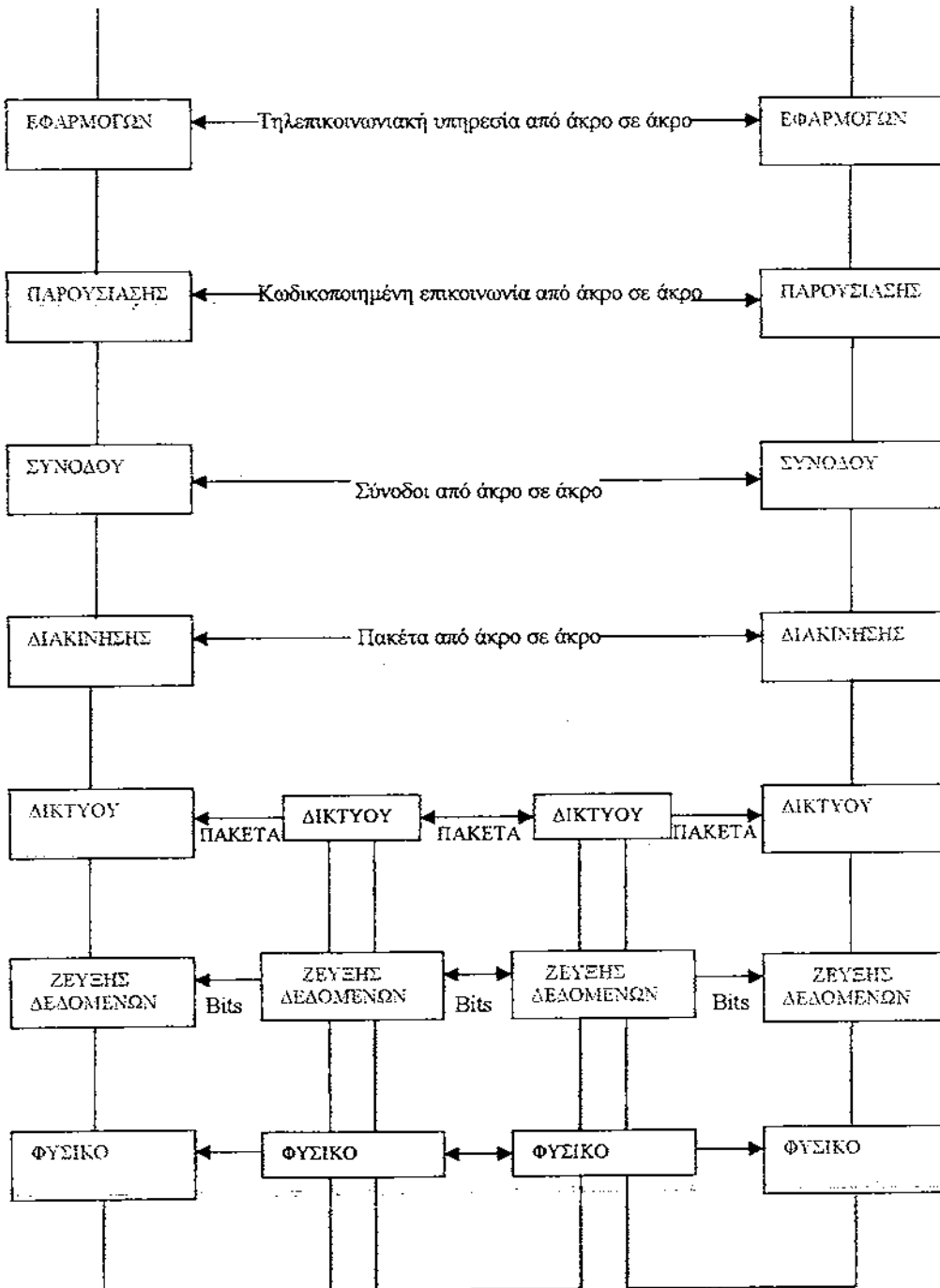
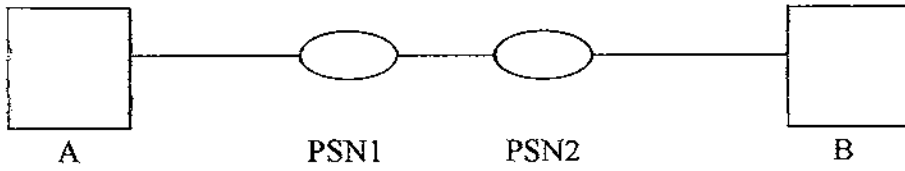
- *Επίπεδο 1 ( φυσικό )* : Μετάδοσης bits.
- *Επίπεδο 2 ( σύνδεση δεδομένων )* : Μετάδοση πακέτων μέσα από μια δεδομένη ζεύξη.
- *Επίπεδο 3 ( δίκτυο )* : Μετάδοση πακέτων από άκρο σε άκρο.
- *Επίπεδο 4 ( διακίνηση )* : Παράδοση μηνυμάτων από άκρο σε άκρο.



- *Επίπεδο 5 ( σύνοδος )* : Εγκατάσταση και διαχείριση συνομιλίας από άκρο σε άκρο.
- *Επίπεδο 6 ( παρουσίαση )* : Διαμόρφωση, κρυπτογράφηση και συμπίεση δεδομένων.
- *Επίπεδο 7 ( εφαρμογές )* : Υπηρεσίες δικτύου (π.χ. ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και μεταφορά αρχείων).

Όπως θα δούμε παρακάτω ένα επίπεδο παρέχει μια υπηρεσία που χρησιμοποιείται από το ακριβώς ανώτερο επίπεδο. Το σχήμα αυτό δείχνει ένα δίκτυο αποθήκευσης και προώθησης με δύο υπολογιστές που συνδέονται μέσω δύο *κόμβων μεταγωγής πακέτων ( PSNs )*. Ας θεωρήσουμε ότι το σχήμα 5 απεικονίζει μια διαδρομή σε ένα ευρύτερο δίκτυο. Οι κόμβοι του δικτύου εκτελούν καταναμημένα σενάρια υπηρεσιών με ομότιμες οντότητες στο ίδιο επίπεδο γειτονικών κόμβων που εκτελούν κάποιο πρωτόκολλο του επιπέδου αυτού. Για να γίνει αυτό ανταλλάσσουν *μονάδες δεδομένων πρωτοκόλλου ( Protocol Data Units – PDUs )* χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες που παρέχονται από το αμέσως κατώτερο επίπεδο.

Προκειμένου να γίνουν πιο συγκεκριμένες αυτές οι λειτουργίες, ας εξετάσουμε τι συμβαίνει στο δίκτυο του παραπάνω σχήματος όταν ο υπολογιστής A χρησιμοποιείται ως απομακρυσμένο τερματικό του υπολογιστή B. Σε αυτήν την εφαρμογή, ότι πληκτρολογείται στο πληκτρολόγιο του A αποστέλλεται στον B και τα μηνύματα από τον B εμφανίζονται στην οθόνη του A. Διαδοχικές πληκτρολογήσεις από τον A τοποθετούνται σε διαφορετικά πακέτα και μεγάλα μηνύματα που δημιουργούνται από τον B συνήθως χωρίζονται σε μικρότερα πακέτα για να μεταδοθούν προς τον A. Κάθε πακέτο περιέχει την διεύθυνση του παραλήπτη του έτσι ώστε οι PSNs να γνωρίζουν που να το στείλουν. Συνεπώς, η πληροφορία από τον A τοποθετείται σε πακέτα με διεύθυνση παραλήπτη τον B τα πακέτα στέλνονται από τον A στον PSN1 όπου αρχικά αποθηκεύονται όπως λαμβάνονται και μετά προωθούνται στον PSN2. Τα πακέτα που λαμβάνονται από τον PSN2 με διεύθυνση παραλήπτη τον B στέλνονται μετά στον B. Ο υπολογιστής B εξάγει τις πληροφορίες από τα πακέτα που λαμβάνει για να επανασυνθέσει τα μηνύματα στην αρχική τους μορφή. Η ίδια πορεία ακολουθείται από τον B προς τον A. Επίσης είναι εφικτό να στέλνονται πακέτα από τον PSN1 στον PSN2 την ίδια στιγμή που άλλα πακέτα στέλνονται από τον A στον PSN1.



**ΣΧΗΜΑ 5**

Ποιες ενέργειες πρέπει να γίνουν γι' αυτήν την εφαρμογή απομακρυσμένου τερματικού; Πρώτον, ο υπολογιστής A καλεί τον υπολογιστή B και τον πληροφορεί

ότι επιθυμεί να συνδεθεί ως απομακρυσμένο τερματικό. Δεύτερον, ο Β αποφασίζει αν δέχεται τη σύνδεση και πληροφορεί τον Α. Τρίτον, υπό την προϋπόθεση ότι ο Β κάνει δεκτή την σύνδεση, οι Α και Β ανταλλάσσουν πληροφορίες. Κάποια στιγμή η σύνδεση τερματίζεται.

Η αξιόπιστη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ δύο υπολογιστών απαιτεί πολλές λειτουργίες του δικτύου. Πώς οργανώνονται αυτές οι λειτουργίες; Θα περιγράψουμε τη λύση του OSI. Η περιγραφή αυτή θα δείξει την επικοινωνία μεταξύ επιπέδων και την ανάλυση των λειτουργιών (J.Walrand,1997).

#### **4.2.1 Το Επίπεδο Εφαρμογών**

Στο χρήστη του απομακρυσμένου τερματικού παρέχεται ένα σύνολο εντολών για την ανταλλαγή μηνυμάτων με κάποιο απομακρυσμένο υπολογιστή. Αυτές οι εντολές παρέχονται από το επίπεδο εφαρμογών. Τμήμα του προγράμματος του επιπέδου εφαρμογών τρέχει στον Α και κάποιο άλλο τμήμα τρέχει στον Β. Έτσι, οι Α και Β εκτελούν ένα καταναμημένο σενάριο ανταλλάσσοντας μηνύματα. Ο σχεδιαστής του λογισμικού της εφαρμογής θέτει ως προϋπόθεση τα δύο τμήματα του επιπέδου εφαρμογών να έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν μηνύματα αξιόπιστα, χρησιμοποιώντας την υπηρεσία που τους παρέχεται από το αμέσως κατώτερο επίπεδο. Πώς στην πραγματικότητα υλοποιείται η διακίνηση μηνυμάτων δεν ενδιαφέρει κατά το σχεδιασμό του επιπέδου εφαρμογών (J.Walrand,1997).

#### **4.2.2 Το Επίπεδο Παρουσίασης**

Το πρόγραμμα αυτού του επιπέδου που τρέχει στο Β δεν χρειάζεται να γνωρίζει τον συγκεκριμένο τύπο του τερματικού που χρησιμοποιείται από τον Α. Πραγματικά, ο σχεδιασμός διαφορετικού προγράμματος επιπέδου εφαρμογών για κάθε δυνατό τύπο τερματικού που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τον Β ως απομακρυσμένο υπολογιστή, δε θα ήταν πρακτικό. Κατά συνέπεια η ερμηνεία των ακολουθιών από bits που γεννιούνται από το πληκτρολόγιο του Α και η ορθή εμφάνιση στο τερματικό

του A πληροφοριών που προέρχονται από τον B συνήθως απαιτούν κάποια μετατροπή της χρησιμοποιούμενης μορφής ( format ). Αυτή η μετατροπή χρειάζεται για να καλύπτει τους διάφορους τρόπους αναπαράστασης δεδομένων και τους διάφορους τύπους τερματικών που συνήθως χρησιμοποιούνται από τον A και τον B. Προγράμματα στο *επίπεδο παρουσίασης ( presentation layer )* πραγματοποιούν μια τέτοια μετατροπή. Όπως συμβαίνει στην περίπτωση του επιπέδου εφαρμογών, τμήματα του προγράμματος του επιπέδου παρουσίασης τρέχουν τόσο στον A όσο και στον B. Το επίπεδο εφαρμογών στον A δίνει τα μηνύματα στο επίπεδο παρουσίασης, το οποίο τα μετατρέπει σε κάποια τυποποιημένη μορφή κατάλληλη για τη μετάδοση στο επίπεδο παρουσίασης στο B, όπου τελικά μετατρέπονται στη μορφή που αναμένεται από το επίπεδο εφαρμογών του B. Το επίπεδο παρουσίασης μπορεί να εκτελέσει κάποιες άλλες λειτουργίες εκτός από την μετατροπή της μορφής. Για παράδειγμα, μπορεί να κρυπτογραφήσει τα δεδομένα στον A και να αποκρυπτογραφήσει τα δεδομένα στον B, αν η μεταφορά των πληροφοριών πρέπει να γίνει με ασφάλεια.

### 4.2.3 Το Επίπεδο Συνόδου

Από τη στιγμή που η σύνδεση αποκαθίσταται, οι υπολογιστές A και B συμφωνούν κάποιους κανόνες για το διάλογο. Για παράδειγμα, μπορεί να συμφωνήσουν ότι η επικοινωνία θα είναι *πλήρως διπλής κατεύθυνσης ( full duplex )*, δηλαδή ότι και οι δύο υπολογιστές θα μπορούν να μεταδίδουν ταυτόχρονα. Στο επίπεδο συνόδου πραγματοποιούνται τέτοιες διαπραγματεύσεις. Επιπλέον αυτό το επίπεδο μπορεί να εποπτεύει την επικοινωνία, κάνοντας τους δύο υπολογιστές να συμφωνούν περιοδικά πάνω σε σημεία συγχρονισμού που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση της επικοινωνίας σε περίπτωση βλάβης: μόνο τα δεδομένα που εστάλησαν από το τελευταίο σημείο του συγχρονισμού και μετά, χρειάζεται να επαναμεταδοθούν.

Ρίχνοντας μια ακόμη ματιά στο παράδειγμα του τερματικού και στα τρία επίπεδα που μόλις περιγράψαμε. Ο χρήστης κάθεται στον υπολογιστή A και εκτελεί το πρόγραμμα εφαρμογής "Remote Terminal " ( *απομακρυσμένου τερματικού* ) . Αυτό το

πρόγραμμα καλεί ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα του επιπέδου εφαρμογών που ξεκινάει μια διεπαφή με το χρήστη στον A. Η διεπαφή με το χρήστη είναι ένα πρόγραμμα που παρέχει στον χρήστη ένα σύνολο δυνατών εντολών. Ο χρήστης εκφράζει προς την διεπαφή την επιθυμία να καλέσει τον υπολογιστή B, πληκτρολογώντας π.χ. "login klee" όπου "login" είναι μια ειδική εντολή και "klee" είναι το όνομα του υπολογιστή B. Η υπηρεσία login δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα απομακρυσμένο υπολογιστή, σαν να χρησιμοποιούσε το κύριο τερματικό του υπολογιστή αυτού. Το πρόγραμμα του επιπέδου εφαρμογών στον A, το οποίο τρέχει την διεπαφή περνά την εντολή "login klee" στο επίπεδο παρουσίασης στον A, το οποίο τη μετατρέπει σε τυποποιημένη μορφή. Το επίπεδο παρουσίασης στον A ζητά από το επίπεδο συνόδου στον A να εγκαταστήσει μια σύνδεση με τον "klee". Κάποτε αυτό το αίτημα φτάνει στο επίπεδο συνόδου στο B. Τα προγράμματα επιπέδου συνόδου στους A και B εκτελούν κάποιο πρωτόκολλο για να συμφωνήσουν πάνω σε κάποιους κανόνες για την μετάδοση. Στο τέλος αυτής της φάσης, εγκαθίσταται μια σύνδεση μεταξύ του A και του B και τα μηνύματα που θα σταλούν αργότερα από τον A θα φτάσουν κάποτε στον B και αντιστρόφως. Το επίπεδο παρουσίασης εξασφαλίζει ότι τα μηνύματα που στέλνονται από το επίπεδο εφαρμογών του A λαμβάνονται από το επίπεδο εφαρμογών του B με τη σωστή μορφή, και ομοίως τα μηνύματα που στέλνονται από τον B στον A. Προκειμένου να συμβεί αυτό, μπορεί να ζητηθεί από τον χρήστη να προσδιορίσει τον τύπο του τερματικού που χρησιμοποιείται. Κατόπιν τούτου, τα επίπεδα εφαρμογών μπορούν να επικοινωνήσουν. Ο B μπορεί να ζητήσει το *σύνθημα* ( **password** ) του χρήστη ώστε να αποφασίσει αν θα επιτρέψει την πρόσβαση και τότε ο υπολογιστής A μπορεί να χρησιμοποιείται ως απομακρυσμένο τερματικό για τον υπολογιστή B: ότι πληκτρολογείται στον A φαίνεται στον B με την ίδια μορφή σαν να είχε πληκτρολογηθεί στο πληκτρολόγιο του B, και τα σύμβολα που στέλνονται από τον B φαίνονται στο τερματικό του A σαν να είχαν σταλεί από τον A.

#### 4.2.4 Το Επίπεδο Διακίνησης

Η παραλαβή και παράδοση μηνυμάτων στους δύο ακραίους κόμβους ελέγχεται από το επίπεδο διακίνησης (ή μεταφοράς). Αυτό το επίπεδο έχει τη δυνατότητα να

χωρίζει τα μηνύματα σε μικρότερα πακέτα. Όταν η εφαρμογή το απαιτεί, αυτό το επίπεδο χρησιμοποιεί διαβεβαιώσεις για να επαληθεύσει ότι τα πακέτα παραδόθηκαν σωστά στον προορισμό τους. Επίσης, ελέγχει το ρυθμό με τον οποίο στέλνονται πακέτα στον προορισμό. Στα παραδείγματά μας, τα μηνύματα που στέλνονται από τον B χωρίζονται σε αριθμημένα πακέτα στο επίπεδο διακίνησης του B. Τα πακέτα αναδιατάσσονται στο επίπεδο διακίνησης του A. Στην αρχή της μετάδοσης, γίνεται η αρίθμηση των πακέτων, κατόπιν συμφωνίας και σχεδιάζεται κατά τρόπο ώστε να είναι ανθεκτική σε περίπτωση βλάβης ενός από τους υπολογιστές.

Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να τονίσουμε ότι τα επίπεδα εφαρμογών, παρουσίασης, συνόδου και διακίνησης εκτελούν υπηρεσίες μεταξύ υπολογιστών και δεν εμφανίζονται στους PSNs. Αυτοί οι ενδιάμεσοι κόμβοι λειτουργούν ως μεταγωγείς που μεταφέρουν τα μεμονωμένα πακέτα ανεξάρτητα από το ρόλο τους σε μια σύνδεση μεταξύ των δύο άκρων επικοινωνίας. Έτσι, οι PSNs δεν γνωρίζουν την αρίθμηση των πακέτων ή τις λειτουργίες ανώτερων επιπέδων που θα εκτελεστούν τα πακέτα.

#### **4.2.5 Το Επίπεδο Δικτύου**

Ένα από τα καθήκοντα του επιπέδου δικτύου είναι η δρομολόγηση των πακέτων μέσα στο δίκτυο. Αυτό το επίπεδο παρακολουθεί πόσο συμφορημένα είναι διάφορα τμήματα του δικτύου και χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για την επιλογή διαδρομών των πακέτων.

#### **4.2.6 Το Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων**

Κάθε πακέτο μεταδίδεται μέσα από μια ζεύξη ως ακολουθία από bits. Στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων ελέγχεται αν το πακέτο μεταδόθηκε σωστά μέσα από τη ζεύξη και εποπτεύει την επαναμετάδοση πακέτων που καταφθάνουν εσφαλμένα.

#### 4.2.7 Το Φυσικό Επίπεδο

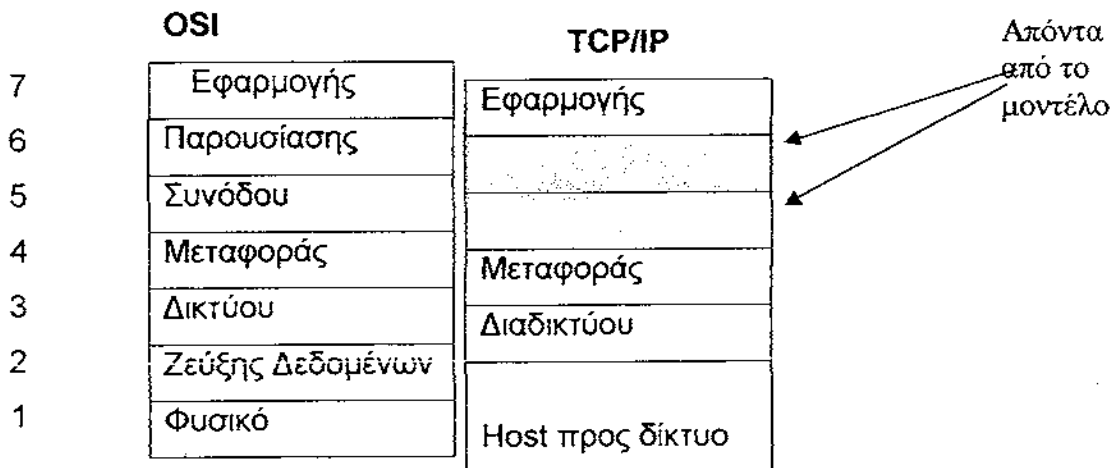
Για να μεταδοθεί ένα πακέτο κάθε bit μετατρέπεται σε ένα ηλεκτρονικό (ή οπτικό) σήμα από το φυσικό επίπεδο. Τα σήματα στέλνονται μέσα από τη φυσική ζεύξη και λαμβάνονται στο άλλο άκρο, όπου μετατρέπονται πάλι σε bits. Διαδοχικά bits ανασυγκροτούνται σε πακέτα από το δέκτη. Το πακέτο κατόπιν παραδίδεται στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων του δέκτη (J.Walrand,1997).

#### 4.3 Τι είναι το μοντέλο αναφοράς TCP/IP;

Πρόγονος όλων των δικτύων υπολογιστών είναι το ARPANET, που ήταν ένα ερευνητικό δίκτυο που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. Τελικά, συνέδεε εκατοντάδες πανεπιστήμια και κυβερνητικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιώντας μισθωμένες γραμμές. Ωστόσο η χρησιμοποίηση αργότερα των δορυφορικών και των ασυρμάτων δικτύων, δημιούργησε πολλά προβλήματα δυσλειτουργίας στα τότε υπάρχοντα πρωτόκολλα, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη μια καινούργια αρχιτεκτονική αναφοράς. Κατά συνέπεια, η δυνατότητα να συνδέονται μαζί πολλαπλά δίκτυα με διαφανή τρόπο ήταν κύριος στόχος από την αρχή. Η αρχιτεκτονική αυτή έγινε αργότερα γνωστή ως μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* (**Transmission Control Protocol/Internet Protocol** ).

Επειδή το Υπουργείο Άμυνας ανησυχούσε μήπως κάποιοι από τους πολύτιμους host ή τους δρομολογητές ή τις πύλες των διαδικτύων καταστραφούν μέσα σε μια στιγμή, ένας άλλος κύριος στόχος ήταν να μπορεί το δίκτυο να επιζεί σε περίπτωση βλαβών του υλικού του υποδικτύου, χωρίς να διακόπτονται οι υπό εξέλιξη επικοινωνίες. Με άλλα λόγια το Υπουργείο Άμυνας ήθελε οι συνδέσεις να διατηρούνται ανέπαφες όσο διάστημα ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονταν σε λειτουργία, ακόμα και αν κάποια από τις μηχανές ή τις γραμμές μετάδοσης ανάμεσά τους βρίσκονταν ξαφνικά εκτός λειτουργίας. Επιπλέον, απαιτούνταν μια ευέλικτη αρχιτεκτονική, αφού προβλέπονταν εφαρμογές με δισταμένες απαιτήσεις, που κυμαίνονταν από την μεταφορά αρχείων έως τη μετάδοση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο (A.Tanenbaum,2000).

Το μοντέλο αναφοράς **TCP/IP** αποτελείται από το Στρώμα Διαδικτύου, το Στρώμα Μεταφοράς, το Στρώμα Εφαρμογής και το Στρώμα Host προς δίκτυο. Η λειτουργικότητα του στρώματος διαδικτύου του **TCP/IP** είναι παρόμοια μ' εκείνη του στρώματος διαδικτύου του **OSI**. Στο Σχήμα 6 φαίνεται η αντιστοιχία αυτή.



**ΣΧΗΜΑ 6. Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP**

#### 4.3.1 Το Στρώμα Διαδικτύου

Όλες αυτές οι απαιτήσεις οδήγησαν στην επιλογή ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου, βασισμένου σ' ένα στρώμα διαδικτύου που παρέχει υπηρεσίες χωρίς σύνδεση. Αυτό το στρώμα που αποκαλείται *στρώμα διαδικτύου* ( **internet layer** ) είναι ο ακρογωνιαίος λίθος που συγκρατεί όλη την αρχιτεκτονική. Η δουλειά του είναι να επιτρέπει στους Host να εισάγουν πακέτα σ' οποιοδήποτε δίκτυο και να δρομολογεί τα πακέτα ανεξάρτητα στον προορισμό τους (που πιθανώς βρίσκεται σε διαφορετικό δίκτυο). Μπορεί να φθάσουν με διαφορετική σειρά απ' αυτήν με την οποία στάλθηκαν, οπότε είναι δουλειά των ανώτερων στρωμάτων να επαναδιατάξουν, εφόσον είναι επιθυμητή η παραλαβή με την ορθή σειρά. Πρέπει να τονιστεί ότι εδώ η λέξη διαδικτύο (Internet) χρησιμοποιείται με την γενική της έννοια, παρότι το στρώμα αυτό είναι παρών στο *Διαδίκτυο* ( **Internet** ).

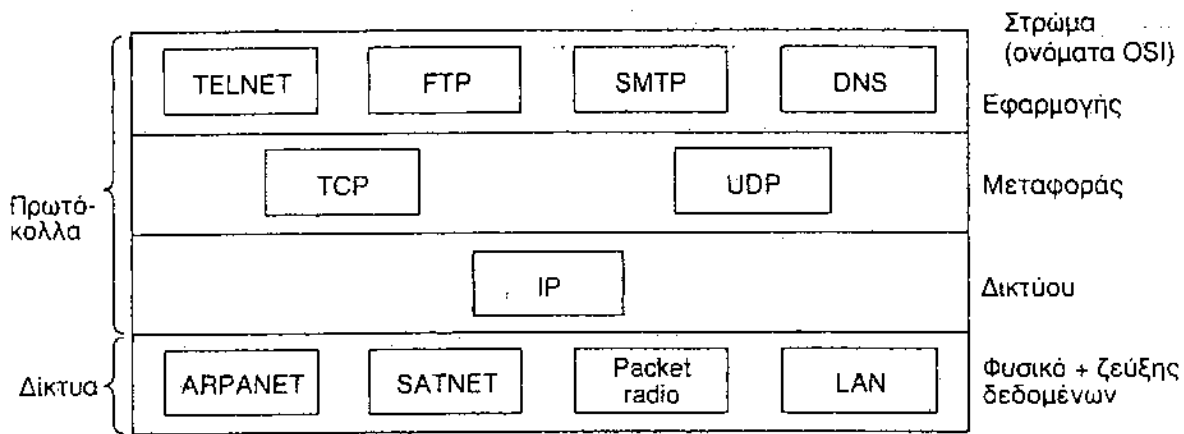


Το στρώμα διαδικτύου καθορίζει μια επίσημη μορφή πακέτου και πρωτοκόλλου που ονομάζεται πρωτόκολλο διαδικτύου *IP* ( **Internet Protocol** ). Η δουλειά του στρώματος διαδικτύου είναι να παραδίδει τα πακέτα IP στον προορισμό τους. Το κύριο θέμα εδώ είναι η δρομολόγηση πακέτων καθώς επίσης και η αποφυγή συμφόρησης (A.Tanenbaum,2000).

#### 4.3.2 Το Στρώμα Μεταφοράς

Το στρώμα που βρίσκεται πάνω από το στρώμα διαδικτύου στο μοντέλο TCP/IP αποκαλείται συνήθως *στρώμα μεταφοράς* ( **transport layer** ). Έχει σχεδιασθεί ώστε να παρέχει σε ομότιμες οντότητες, που βρίσκονται στους host της πηγής και του προορισμού, τη δυνατότητα να διεξάγουν μια συζήτηση, όπως ακριβώς γίνεται στο στρώμα μεταφοράς του μοντέλου OSI. Δύο πρωτόκολλα από άκρο σε άκρο έχουν καθορισθεί εδώ. Το πρώτο, το *πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης TCP* ( **Transmission Control Protocol** ), είναι ένα αξιόπιστο με σύνδεση, πρωτόκολλο που επιτρέπει σε μια ακολουθία byte που ξεκινά από μια μηχανή να παραδίδεται χωρίς λάθη σ' οποιαδήποτε άλλη μηχανή στο διαδίκτυο. Το πρωτόκολλο τεμαχίζει την εισερχόμενη ακολουθία byte σε διακριτά μηνύματα και περνά το καθένα τους στο στρώμα διαδικτύου. Στον προορισμό, η διεργασία λήψης TCP συναρμολογεί την ακολουθία εξόδου από τα λαμβανόμενα μηνύματα. Το TCP χειρίζεται επίσης τον έλεγχο ροής, ώστε να εμποδίσει έναν γρήγορο πομπό από το να πλημμυρίσει έναν αργό δέκτη με περισσότερα μηνύματα απ' όσα μπορεί να δεχθεί.

Το δεύτερο πρωτόκολλο στο στρώμα αυτό, το *πρωτόκολλο δεδομενογραφημάτων χρήστη UDP* ( **User Datagram Protocol** ), είναι ένα μη αξιόπιστο, χωρίς σύνδεση, πρωτόκολλο για εφαρμογές που δεν θέλουν τον έλεγχο της ακολουθίας ή της ροής του TCP και επιθυμούν να χρησιμοποιούν δικό τους. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως σε γρήγορες εφαρμογές και ερωταποκρίσεις, τύπου πελάτη-εξυπηρετητή, όπου η άμεση παράδοση είναι σπουδαιότερη από τη σωστή παράδοση, όπως π.χ. είναι η μετάδοση φωνής ή βίντεο. Η σχέση μεταξύ των IP, TCP και UDP παρουσιάζεται στο Σχήμα 7 . Από τότε που αναπτύχθηκε το μοντέλο αυτό, το IP έχει υλοποιηθεί και σε πολλά άλλα δίκτυα (A.Tanenbaum,2000).



ΣΧΗΜΑ 7

### 4.3.3 Το Στρώμα Εφαρμογής

Το μοντέλο TCP/IP δεν διαθέτει στρώμα συνόδου και στρώμα παρουσίασης. Δεν συμπεριλήφθησαν, διότι δεν προβλεπόταν καμία ανάγκη γι' αυτά. Η εμπειρία του μοντέλου OSI απέδειξε ότι η άποψη αυτή ήταν σωστή, διότι στις περισσότερες εφαρμογές έχουν μικρή χρήση.

Στην κορυφή του στρώματος μεταφοράς βρίσκεται το *στρώμα εφαρμογής ( application layer )*. Περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα των ανώτερων στρωμάτων. Τα πρώτα που περιλήφθησαν είναι το *νοητό τερματικό ( TELNET )*, η *μεταφορά αρχείων ( FTP )* και το *ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ( SMTP )*. Το πρωτόκολλο νοητού τερματικού επιτρέπει στο χρήστη μιας μηχανής να εισέλθει σε μια μακρινή μηχανή και να δουλέψει εκεί. Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων παρέχει έναν τρόπο αποδοτικής μετακίνησης δεδομένων από μια μηχανή σε μια άλλη. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ήταν αρχικά ένα είδος μεταφοράς αρχείων αλλά αργότερα αναπτύχθηκε ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο γι' αυτό. Σ' αυτά προστέθηκαν με τα χρόνια και πολλά άλλα πρωτόκολλα, όπως το DNS για την αντιστοίχιση των ονομάτων *host* με τις διευθύνσεις τους στο δίκτυο. Το NNTP, το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την διασπορά νέων, το HTTP, το πρωτόκολλο που προσκομίζει σελίδες στο World Wide Web, και πολλά άλλα (A.Tanenbaum,2000).

### 4.3.4 Το Στρώμα Host προς Δίκτυο

Κάτω από το στρώμα διαδικτύου υπάρχει ένα μεγάλο κενό. Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP δεν αναφέρει πολλά ως προς το τι συμβαίνει εκεί, εκτός από την υπόδειξη ότι ο host πρέπει να συνδεθεί με το δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο, ώστε να μπορεί να στέλνει πακέτα IP σ' αυτό. Το πρωτόκολλο αυτό δεν είναι προκαθορισμένο και ποικίλει από host σε host και από δίκτυο σε δίκτυο. Ακόμη και τα βιβλία και οι δημοσιεύσεις γύρω από το TCP/IP σπανίως το αναφέρουν (A.Tanenbaum,2000).

## 5 ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

### 5.1 Εισαγωγή στα LAN

Το τοπικό δίκτυο (όπως έχουμε προαναφερθεί, στο πρώτο κεφάλαιο ) είναι ένα δίκτυο , όπου τα υπολογιστικά συστήματα που συνδέονται μεταξύ τους ευρίσκονται σε “περιορισμένη γεωγραφικά” περιοχή. Η έκταση ενός τοπικού δικτύου μπορεί να είναι από μερικά μέτρα μέχρι μερικά χιλιόμετρα.

Οι τεχνικές και τα μέσα που χρησιμοποιούν, τα διαφοροποιούν από τα δίκτυα ευρείας περιοχής (wan) και τα μητροπολιτικά δίκτυα (man). Τα LAN χρησιμοποιούν ως μέσα μετάδοσης των data, τα συνηθισμένα μέσα μετάδοσης των τηλεπικοινωνιακών σημάτων, δηλαδή τα *συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων ( twisted pair )*, τα *ομοαξονικά καλώδια ( coaxial cable )*, τις οπτικές ίνες και τα ασύρματες επικοινωνίες.

Στη συνέχεια, θα αναπτύξουμε τις τοπολογίες και τις τεχνικές προσπέλασης στο κοινό μέσο μετάδοσης και άλλα σημεία που χαρακτηρίζουν τα τοπικά δίκτυα.

### 5.2 Ενσύρματα LAN

Τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα ή απλώς τοπικά δίκτυα επιτρέπουν στους σταθμούς εργασίας να συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια καλωδιακών συστημάτων.

#### 5.2.1 Τοπολογίες

Στα ενσύρματα τοπικά δίκτυα , όταν χρησιμοποιούμε τον όρο τοπολογία, αναφερόμαστε στον τρόπο με τον οποίο οι διάφοροι τερματικοί σταθμοί συνδέονται μεταξύ τους. Τρεις τοπολογίες μέχρι τώρα έχουν επικρατήσει (όπως φαίνονται σχήμα 8):

✓ **Δίαυλος (bus):** Είναι η πιο διαδεδομένη στο χώρο των τοπικών δικτύων. Όλοι οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με μία κοινή ‘γραμμή’ επικοινωνίας που

μεταφέρει τα μηνύματα. Οποιοσδήποτε υπολογιστής είναι συνδεδεμένος στο δίαυλο μπορεί να στέλνει ένα σήμα μέσω καλωδίου, και όλοι οι υπολογιστές θα λαμβάνουν αυτό το σήμα.

Τα πλεονεκτήματα της τοπολογίας είναι η ευκολία υλοποίησης της και το χαμηλό κόστος της. Επιπλέον, η αποσύνδεση ενός σταθμού δεν αποφέρει κανένα πρόβλημα στο δίκτυο.

Το αδύνατο σημείο της αρτηρίας είναι η απόδοση της, που εξαρτάται από την τεχνική πρόσβασης στο μέσο και το είδος που μεταφέρονται. Το πιο συνηθισμένο μέσο υλοποίησης της αρτηρίας είναι το ομοαξονικό καλώδιο/ Τέλος, μια πολύ γνωστή παραλλαγή της τοπολογίας είναι η τοπολογία δέντρου.

✓ **Αστέρας (star):** Βασίζεται σε ένα κεντρικό κόμβο στον οποίο ενώνονται οι άλλοι κόμβοι. Όλα τα μηνύματα, μεταδίδονται μέσω του κεντρικού κόμβου.

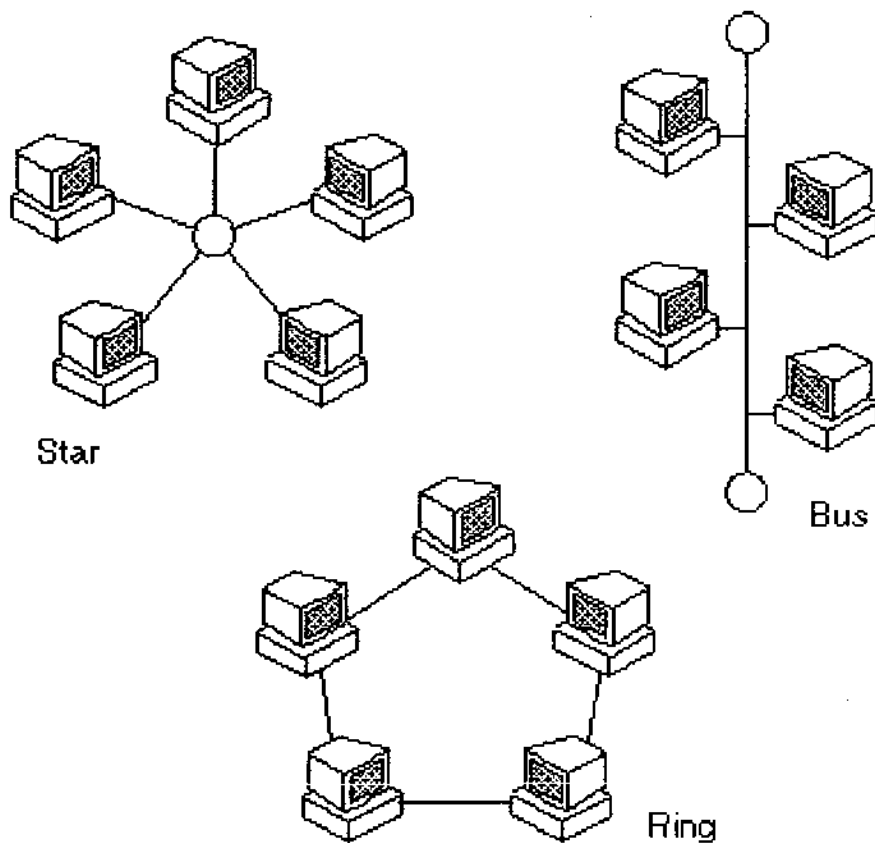
Τα θετικά της τοπολογίας αστέρα είναι η αυξημένη αξιοπιστία καθώς και το σχετικά μικρό κόστος υλοποίησης της. Επιπλέον, πολλά από τα σύγχρονα κτίρια έχουν πρόβλεψη για καλωδίωση ( UTP ), γεγονός που μπορεί να εκμεταλλευθεί το υπό ανάπτυξη δίκτυο αυξάνοντας την εργονομία και την αισθητική του χώρου του δικτύου με παράλληλη ελάττωση του κόστους.

✓ **Δακτύλιος (ring):** Συνδέει τους κόμβους σε ένα κλειστό κύκλωμα – ένα καλώδιο συνδέει τον πρώτο υπολογιστή με έναν δεύτερο, άλλο καλώδιο συνδέει δεύτερο υπολογιστή με έναν τρίτο, και ούτω καθεξής, και τέλος ένα καλώδιο συνδέει τον τελευταίο υπολογιστή πάλι με τον πρώτο.

Ο δακτύλιος συνήθως υλοποιείται με θωρακισμένο συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων ( STP-SHIELDED TWISTED PAIR WIRE ) ή με τη βοήθεια συσκευών πρόσβασης πολλαπλών συστημάτων ( MAU-MULTISTATION ACCESS UNIT ) όπου ο δακτύλιος υλοποιείται μέσα στη συσκευή.

Μια άλλη συνηθισμένη μορφή είναι ο διπλός δακτύλιος οπτικών ινών ( FDDI-FIBER DISTRIBUTED DATA INTERFACE ) με ταχύτητα 100Mbits/sec.

Το θετικό στην περίπτωση του δακτυλίου είναι ότι υπάρχει μέγιστος χρόνος καθυστέρησης για την παράδοση ενός μηνύματος. Από την άλλη πλευρά, το ευαίσθητο σημείο του είναι η αξιοπιστία, αφού η κατάρρευση ενός σταθμού μπορεί να παραλύσει το δίκτυο.



ΣΧΗΜΑ 8

## 5.2.2 Τεχνικές προσπέλασης

Όταν συζητάμε για πρωτόκολλα επικοινωνίας στα τοπικά δίκτυα, αναφερόμαστε στον τρόπο με τον οποίο οι σταθμοί επικοινωνούν μεταξύ τους, καθώς και στις διαδικασίες με τις οποίες ελέγχεται η ορθότητα μετάδοσης της πληροφορίας.

Σε αντίθεση με τα WAN, τα τοπικά δίκτυα έχουν την ιδιομορφία να μοιράζονται το καλωδιακό μέσο. Αυτό απαιτεί να δημιουργηθούν οι διαδικασίες για το πώς ο κάθε σταθμός μπορεί να εκπέμπει. Οι διαδικασίες αυτές είναι ουσιαστικά το σαβουαρ βίβρ των τοπικών δικτύων, είναι οι μέθοδοι με τις οποίες το δίκτυο δίνει το δικαίωμα σε κάθε σταθμό να εκπέμπει. Μ ε λίγα λόγια είναι ο τρόπος ελέγχου κυκλοφορίας των data. Και ενώ στα περισσότερα WAN, οι τεχνικές αυτές είναι ελεγχόμενες από κεντρικά σημεία, στα τοπικά δίκτυα ο έλεγχος είναι κατανεμημένος στους σταθμούς του δικτύου.



## ii) CSMA/CD

Το CSMA/CD είναι ένα δυσνόητο ακρώνυμο, το οποίο σημαίνει *Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection* ( **Πολλαπλή Πρόσβαση Ανίχνευσης Φέροντος Σήματος με Εντοπισμό Συγκρούσεων** ). Λειτουργεί, στο δευτερεύον επίπεδο MAC και αποτελεί το μέσο στο οποίο βασίζονται οι κόμβοι δικτύου στο Ethernet και ορισμένα άλλα τοπικά δίκτυα ώστε:

Να προσπελάζουν το δίκτυο, όταν έχουν να μεταδώσουν δύο κόμβοι συγχρόνως.

Να εξασφαλίζεται, ότι δεν προσπαθούν να μεταδώσουν δύο κόμβοι συγχρόνως.

Κατά τη λειτουργία του δικτύου, το CSMA/CD είναι πάντοτε σε «ετοιμότητα» για να ανιχνεύσει το φέρον σήμα.

Όταν ένας κόμβος έχει κάτι να μεταδώσει, περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί η γραμμή, πράγμα που συμβαίνει όταν δεν αντιλαμβάνεται το φέρον σήμα. Αν ο κόμβος αυτός είναι ο μόνος που μεταδίδει εκείνη τη στιγμή, όλα πάνε καλά και οι άλλοι κόμβοι, πριν προσπαθήσουν να μεταδώσουν τα δικά τους δεδομένα, περιμένουν να φτάσει η μετάδοση στον προορισμό της.

Όμως, μπορεί δύο κόμβοι να θεωρήσουν ταυτόχρονα ότι η γραμμή είναι ελεύθερη και να προσπαθήσουν να μεταδώσουν την ίδια στιγμή. Όταν συμβεί κάτι τέτοιο σε ένα δίκτυο CSMA/CD, το αποτέλεσμα είναι η σύγκρουση των δεδομένων, όπου η δραστηριότητα του σήματος αυξάνεται και αλλοιώνονται τα δεδομένα. Στο δίκτυο, οι κόμβοι είναι σε θέση να ανιχνεύσουν την αυξημένη δραστηριότητα και να την ερμηνεύσουν ως σύγκρουση δεδομένων. Όταν συμβεί κάτι τέτοιο, οι κόμβοι ακυρώνουν τις μεταδόσεις τους και περιμένουν και οι δύο για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα, πριν προσπαθήσουν ξανά να προσπελάσουν το δίκτυο και να μεταδώσουν. Το χρονικό διάστημα που περιμένουν οι κόμβοι λέγεται χρόνος αναβολής(deferral time). Βασίζεται στην υπόθεση ότι οι δύο κόμβοι θα περιμένουν για διαφορετικό χρονικό διάστημα και άρα, τη δεύτερη φορά, ένας από τους δύο θα είναι σε θέση να μεταδώσει.

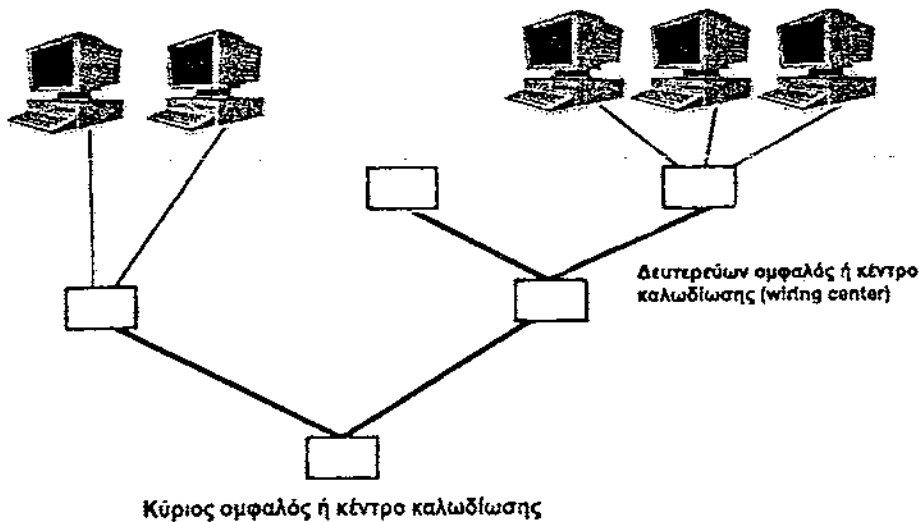
Το πρωτόκολλο CSMA/CD είναι αξιοσημείωτο, επειδή θεωρείται ανταγωνιστικό (contentious) μέσο προσπέλασης δικτύου. Με αυτή την τεχνική



μειώνεται η πιθανότητα να ξανασυμβεί σύγκρουση. Η τεχνική έχει τυποποιηθεί από την IEEE στη σύσταση 802.3 και χρησιμοποιείται στο δίκτυο Ethernet.

### iii) Token Bus

Ο δίαυλος με σκυτάλη ( **token bus** ), αν και αντιστοιχεί περίπου με το LAN που είναι γνωστό ως ARCnet, χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία. Σ' ένα δίκτυο διαύλου με σκυτάλη, ο κορμός είναι είτε γραμμικός είτε σχήματος δένδρου (όπως βλέπετε στο παρακάτω σχήμα 10), αλλά οι κόμβοι μεταβιβάζουν τη σκυτάλη ο ένας στον άλλο με κάποια προκαθορισμένη σειρά- στην περίπτωση αυτή, από τον κόμβο με την υψηλότερη δικτυακή διεύθυνση προς τον κόμβο με τη χαμηλότερη- η οποία διαμορφώνει ένα λογικό δακτύλιο.



**ΣΧΗΜΑ 10**

Εκτός από τη μεταβίβαση σκυτάλης και την τοπολογία διαύλου ή δένδρου, τα δίκτυα διαύλου με σκυτάλη έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ομοαξονικό καλώδιο ή καλώδιο οπτικών ινών.
- Ταχύτητες από 1Mbps – 20 1Mbps, ανάλογα με το είδος καλωδίωσης.

### iv) Τεχνικές για τοπολογία δακτυλίου

Η αρχιτεκτονική Token Ring (στα αγγλικά) βασίζεται σε τοπολογία δακτυλίου, όπως δηλώνει και το όνομά της. Επειδή μια διακοπή στην καλωδίωση του δικτύου μπορεί να επιφέρει κατάρρευση όλου του δικτύου, τα δίκτυα Token Ring συνήθως βασίζονται στον ασφαλέστερο και πιο αξιόπιστο ατεροειδή δακτύλιο, στον οποίο οι κόμβοι συνδέονται σε έναν ή

περισσότερους ομφαλούς, που λέγονται *Μονάδες Προσπέλασης Πολλών Σταθμών ( Multistation Access Units, MAU )*. Οι συνδέσεις εντός (ή μεταξύ) των ομφαλών σχηματίζουν ένα λογικό δακτύλιο.

Ένα δίκτυο Token Ring μπορεί να περιλαμβάνει έως 33 μονάδες MAU, κάθε μία από τις οποίες είναι εξοπλισμένη με 10 βύσματα (θύρες). Στις οκτώ από αυτές τις θύρες κάθε MAU συνδέονται υπολογιστές, αλλά οι υπόλοιπες δύο, γνωστές ως *είσοδος δακτυλίου ( ring in, RI )* και *έξοδος δακτυλίου ( ring out, RO )* είναι ειδικά σχεδιασμένες για τη σύνδεση των MAU μεταξύ τους.

Λόγω της τοπολογίας δακτυλίου, τα MAU πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με συγκεκριμένο τρόπο: η θύρα ring out ενός πρέπει να συνδέεται με τη θύρα ring in του άλλου για να διατηρείται ο λογικός δακτύλιος.

Έκτός από τη μεταβίβαση της σκυτάλης για την πρόσβαση στο δίκτυο και τον έλεγχο του ανταγωνισμού, ένα δίκτυο Token Ring:

- Συνήθως μεταφέρει πληροφορίες με ταχύτητα από 1Mbps – 10 Mbps.
- Χρησιμοποιεί μετάδοση βασικού εύρους ζώνης συχνοτήτων.
- Βασίζεται σε καλώδιο σύστροφου ζεύγους ή οπτικών ινών.

## **5.3 Πρότυπα των LAN**

### **5.3.1 IEEE 802.X**

Τα πρότυπα των ενσύρματων LAN, γνωστά ως IEEE 802.x, ορίζουν τη συμπεριφορά και τα πρωτόκολλα των δικτύων στα κατώτερα επίπεδά τους, το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων του μοντέλου αναφοράς ISO/OSI.

Τα πρότυπα 802.χ και το Μοντέλο Αναφοράς ISO/OSI εξελίχθηκαν ξεχωριστά, παρόλα αυτά αλληλοσυμπληρώνονται και έχουν μόνο δύο διαφορές: Πρώτον, το 802.χ περιορίζεται στο φυσικό επίπεδο και το επίπεδο συνδέσμου δεδομένων και 2<sup>ο</sup> το 802.χ διαιρεί το επίπεδο συνδέσμου δεδομένων σε δύο δευτερεύοντα επίπεδα: το LLC ( Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης, Logical Link Control) και MAC ( Έλεγχος Σύνδεσης Μέσων, Media Link Control).

Οι λειτουργίες του LLC:

- ✓ Διαχειρίζεται (εγκαθιδρύει και τερματίζει) συνδέσεις.
- ✓ Τοποθετεί, σε σειρά και αναγνωρίζει πλαίσια (frames), και ελέγχει την κίνηση των πλαισίων.

Ενώ, οι λειτουργίες του MAC:

- ✓ Διαχειρίζεται την πρόσβαση στο φυσικό δίκτυο.
- ✓ Είναι υπεύθυνο για την οριοθέτηση των πλαισίων και τον έλεγχο των σφαλμάτων.

Σήμερα, η επιτροπή IEEE 802 είναι ο φορέας ορισμού προτύπων όσο αφορά το φυσικό επίπεδο και τα δευτερεύοντα επίπεδα LLC και MAC. Η IEEE 802.χ επικεντρώνεται σε έξι βασικές κατηγορίες προτύπων( όπως φαίνεται παρακάτω, στον παρακάτω πίνακα 1) , από τις οποίες πολλά πρότυπα προσδιορίζουν οικογένειες αρχιτεκτονικών LAN, όπως είναι το Ethernet, ο Δίαυλος με Σκυτάλη, ο Δακτύλιος με Σκυτάλη, και άλλες.

<b>ΟΜΑΔΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΙΕΕΕ ΚΑΙ ΟΙ ΤΟΜΕΙΣ</b>	
<b>ΕΥΘΥΝΩΝ</b>	

802.1	Διαδικτύωση
802.2	Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης (προς το παρόν ανενεργός)
802.3, 802.4, 802.5, 802.6, 802.9, 802.11, 802.12, 802.14	Πρόσβαση και διαμόρφωση σήματος τοπικών και αστικών δικτύων, ως εξής:  802.3 Τοπολογία διαύλου με Πολλαπλή Πρόσβαση με Ανίχνευσης Φέροντος Σήματος με Εντοπισμό Συγκρούσεων ( Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection-CSMA/CD)  802.4 Τοπολογία Διαύλου με Σκυτάλη 802.5 Τοπολογία Δακτυλίου με Σκυτάλη 802.6 Δίκτυα Μητροπολιτικής Περιοχής (Metropolitan Area Networks, MAN) βασισμένα σε αρχιτεκτονική Διπλού Διαύλου Κατανεμημένης Ουράς (Distributed Queue Dual Bus, DQDB- προς το παρόν ανενεργός)  802.9 Δίκτυα με ενοποιημένη μετάδοση φωνής και δεδομένων-ισόχρονα δίκτυα  802.11 Ασύρματα Δίκτυα 802.12 Τοπικό Δίκτυο Πρόσβασης με προτεραιότητας Ζήτησης(Demand Priority Access LAN), γνωστό ως 100Base VG ή στην επεκταμένη του μορφή VG-AnyLAN  802.14 Καλωδιακή τηλεόραση / καλωδιακό μόντεμ
802.7	Συμβουλευτική ομάδα για μεταδόσεις ευρέως φάσματος (προς το παρόν ανενεργός)
802.8	Συμβουλευτική ομάδα για τις οπτικές ίνες
802.10	Ασφάλεια

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

#### 5.3.2 IEEE 802.3: Ethernet

Το Ethernet, πήρε το όνομα του από τον 'αιθέρα' (ether), ο οποίος τις παλιές εποχές πίστευαν ότι ήταν το μέσο μετάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Μπορεί να αποκληθεί προγονική τεχνολογία LAN, μάλλον είναι η τεχνολογία που είναι γνωστή ως Ethernet, διότι τα περισσότερα LAN βασίζονται σ' αυτή την τεχνολογία, μέχρι σήμερα. Ένα κύριο χαρακτηριστικό του Ethernet είναι το CSMA/CD.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ETHERNET

Τα δίκτυα Ethernet, εκτός από το CSMA/CD, έχουν και άλλα κοινά στοιχεία:

- Όλα ορίζονται από τις προδιαγραφές IEEE 802.3.
- Όλα βασίζονται στην εκπομπή μεταδόσεων, όπου το σήμα μεταφέρεται ταυτόχρονα σε όλους τους κόμβους. Η εκπομπή αυτή είναι μάλιστα απαραίτητη για να λειτουργήσει το CSMA/CD.

- Τα περισσότερα είναι δίκτυα βασικού εύρους συχνοτήτων (baseband). (Λέμε περισσότερα, διότι υπάρχει μια ευρυζωνική (broadband) παραλλαγή γνωστή με το όνομα 10Broad36)

- Έχουν την ίδια μορφή μετάδοσης πληροφοριών, η οποία χρησιμοποιείται μόνο στο Ethernet. Η μορφή αυτή γνωστή ως πλαίσιο (frame) κυμαίνεται σε μέγεθος από 64 ως 1518 byte.

Όμως, κάθε δίκτυο δεν έχει μόνο κοινά χαρακτηριστικά αλλά και διαφορές. Οι παραλλαγές του Ethernet, οφείλονται στην τοπολογία, την ταχύτητα αλλά και στον τύπο καλωδίωσης. Ως απόρροια όλων των παραπάνω, έχουμε την ομαδοποίηση των δικτύων Ethernet σε 2 βασικές ομάδες: τα δίκτυα 10 Mbps και τα δίκτυα 100 Mbps.

### ETHERNET 10 Mbps

Τα δίκτυα Ethernet βασικού εύρους ζώνης ταχύτητας 10 Mbps διαιρούνται σε τέσσερις κατηγορίες, η οποία διαθέτει μια παραλλαγή του ονόματος 10BaseX. Το όνομα αυτό αποτελείται από τρία μέρη από τα οποία το καθένα περιγράφει ένα χαρακτηριστικό του δικτύου.

⇒ Το 10 είναι η ταχύτητα του δικτύου.

⇒ Η λέξη Base δηλώνει ότι το δίκτυο είναι βασικού εύρους ζώνης (baseband).

⇒ Το X εδώ χρησιμεύει ως δεσμευτικό θέσης, διαφέρει ανάλογα με το είδος του δικτύου και περιγράφει είτε το μήκος είτε το είδος καλωδίου.

Τα τρία αυτά στοιχεία συνδυάζονται και παράγουν τα παρακάτω ονόματα και για τα τέσσερα βασικά δίκτυα Ethernet 10 Mbps: 10BaseT, 10Base2, 10Base5 και 10BaseFL. Για να τις ξεχωρίσετε ευκολότερα μεταξύ τους, οι διαφορές τους συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 2 :

Δίκτυο	Εναλλακτική ονομασία	Είδος καλωδίου	Μήκος τμήματος	Σχόλια
<u>10BaseT</u>	Twisted-Pair Ethernet (σύστροφου ζεύγους) ή UTP Ethernet	Καλωδίωση σύστροφου ζεύγους	100 m	Δημοφιλές, οικονομικό, υποστηρίζει έως 1024 κόμβους
<u>10Base2</u>	Thin Ethernet ή ThinNet	Λεπτό (47mm) ομοαξονικό καλώδιο	185 m (περίπου 2*100m)	Σχετικά ακριβό, δημοφιλές, υποστηρίζει μέχρι 5 τμήματα, με 5 κόμβους ανά τμήμα
<u>10Base2</u>	Thick Ethernet ή ThickNet	Χονδρό (90mm) ομοαξονικό καλώδιο	500 m (περίπου 5*100m)	Γενικά, χρησιμοποιείται ως σπονδυλική στήλη δικτύων υποστηρίζει μέχρι 5 τμήματα, με 100 κόμβους ανά τμήμα
<u>10BaseFL</u>	10BaseF	Οπτικές ίνες	2km	Χρήσιμο για την κάλυψη αποστάσεων, π.χ. για τη σύνδεση επαναληπτικών που βρίσκονται σε διαφορετικά κτίρια

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

## ETHERNET 100 Mbps

Τα δίκτυα Ethernet 100 Mbps διαιρούνται σε δύο ομάδες: Η μία είναι γνωστή ως 100BaseVG (Voice Grade, Ποιότητα Φωνής) και την άλλη γνωστή ως 100BaseX.

Το 100BaseVG-Any LAN ορίζεται στην προδιαγραφή IEEE802.12 και βασίζεται σε καλωδίωση Σύστροφου ζεύγους ποιότητας Φωνής. Υποστηρίζει πλαίσια μηνυμάτων Ethernet αλλά και Δακτυλίου με Σκυτάλη. Έχει τοπολογία αλυσιδωτού αστέρα ( cascaded star ), σύμφωνα με την οποία οι κόμβοι συνδέονται με ομφαλούς (hubs) και οι ομφαλοί συνδέονται με άλλους ομφαλούς με μια σχέση μητρικού/θυγατρικού, όπου ο μητρικός ομφαλός ελέγχει τις μεταδόσεις των θυγατρικών. Οι ομφαλοί του, φιλτράρουν τα πλαίσια μηνυμάτων για λόγους εμπιστευτικότητας. Επίσης, χρησιμοποιεί μια μέθοδο πρόσβασης στο δίκτυο που είναι γνωστή ως *προτεραιότητα αίτησης* ( **demand priority** ) και τίθεται «θέμα» ανταγωνισμού με το CSMA/CD, διότι όλη η διαδικασία μετάδοσης μηνύματος γίνεται από τους ομφαλούς.

Τα 100BaseX ή γρήγορο Ethernet έχει 3 εκδόσεις, οι οποίες βασίζονται σε αστεροειδή τοπολογία και στο CSMA/CD για πρόσβαση στο δίκτυο. Οι τρεις εκδόσεις είναι οι παρακάτω:

- 1) 100Base4 Χρησιμοποιεί δύο ζεύγη υψηλής ποιότητας καλωδίων σύστροφου ζεύγους.
- 2) 100BaseT Χρησιμοποιεί δύο ζεύγη υψηλής ποιότητας καλωδίων σύστροφου ζεύγους.
- 3) 100BaseFX Χρησιμοποιεί δύο νήματα καλωδίου οπτικών ινών.

### 5.3.3 ARCnet: Δίαυλος με σκυτάλη για LAN

ARCnet σημαίνει *Attached Resource Computer Network* ( Δίκτυο Υπολογιστών Προσαρτημένων Πόρων ) και σχεδιάστηκε με στόχο τον αυτοματισμό εργοστασίων. Είναι δομημένα σε τοπολογία διαύλου είτε σε αστεροειδή τοπολογία και μπορούν να υποστηρίξουν μέχρι 225 κόμβους.

Η ταχύτητα με την οποία μεταδίδονται οι πληροφορίες φτάνουν ως τα 100 Mbps. Λειτουργούν με τρία είδη ομφαλών:

- *Παθητικούς ομφαλούς ( passive hubs )*, οι οποίοι συνδέονται είτε με ενεργούς ομφαλούς είτε με κόμβους, και απλώς προωθούν τα σήματα στο δίκτυο.

- *Ενεργούς ομφαλούς ( active hubs )*, οι οποίοι συνδέονται με άλλους με ενεργούς ομφαλούς, με παθητικούς, ή με κόμβους, και αναδημιουργούν το σήμα πριν το προωθήσουν.

- *Έξυπνους ομφαλούς ( intelligent hubs )*, οι οποίοι είναι ενεργοί ομφαλοί με πρόσθετες «έξυπνες» λειτουργίες, χάρη στις οποίες παρακολουθούν το δίκτυο, ή εκτελούν διαγνωστικές εργασίες.

Το μέγιστο μήκος ενός τμήματος καλωδίου εξαρτάται από το είδος της καλωδίωσης (βλέπε παρακάτω πίνακα 3)

ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ	ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
Ομοαξονικά Καλώδια	Δίαυλος χωρίς ομφαλούς	300 m
Καλώδια Σύστροφου Ζεύγους	Δίαυλος	120 m
Ομοαξονικά Καλώδια και Ενεργούς Ομφαλούς	Δίαυλος	-300 m από κόμβο σε κόμβο -600 m από ομφαλό σε ομφαλό
Ενεργητικοί και Παθητικοί Ομφαλοί	Αστεροειδή	-600 m μεταξύ ενεργών ομφαλών και κόμβων -30 m μεταξύ ενεργών ομφαλών και παθητικών ομφαλών και κόμβων

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

### 5.3.4 IEEE802.9:Ισόχρονα τοπικά δίκτυα

Ισόχρονα τοπικά δίκτυα, συχνά ονομαζόμενα και *Lan Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών ( Integrated Services Lan )* έχουν στόχο να κάνουν εφικτές τις δυνατότητες πολυμέσων σε δίκτυα.

Η προδιαγραφή ISLAN βασίζεται σε συσκευές που συνολικά ονομάζονται *Εξοπλισμός Τερματικών Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών ( Integrated Services Terminal Equipment, ISTE )*. Παρά την περιοριστική φύση του, το ISTE είναι απλώς ένα γενικό όνομα των συσκευών που σχετίζονται με πολυμέσα, όπως για παράδειγμα τηλέφωνα ( *Τερματικός Εξοπλισμός Δεδομένων – data TE* ). Η ίδια η προδιαγραφή ορίζει αστεροειδή τοπολογία στην οποία οι συσκευές αυτές συνδέονται σε μία *Μονάδα Πρόσβασης ( Access Unit, AU )* και από εκεί στη σπονδυλική στήλη του δικτύου μέσω καλωδίου σύστροφου ζεύγους.

Υποστηρίζει τη *Διασύνδεση Βασικού Ρυθμού ( Basic Rate Interface, BRI )*, αλλά και τη *Διασύνδεση Κύριου Ρυθμού ( Primary Rate Interface, PRI )* οποίες αφορούν την τεχνολογία *ISDN ( Integrated Services Digital Network, Ψηφιακό Δίκτυο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών )*. Η μορφή ISDN που είναι γνωστή με το BRI υπάρχουν 2 κανάλια B και ένα κανάλι D. Στην περισσότερο επεκτάσιμη μορφή, που είναι γνωστή ως PRI υπάρχουν 23 ή 30 κανάλια B και ένα κανάλι D.



## 5.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΩΝ LAN

Οι αρχιτεκτονικές δικτύων για τις οποίες διαβάσατε ως τώρα, επηρεάζουν τα δύο κατώτερα επίπεδα του Μοντέλου Αναφοράς ISO/OSI. Στη συνέχεια, περιγράφονται κάποια από τα πρωτόκολλα τοπικών δικτύων που υποστηρίζονται από διάφορα δίκτυα και δικτυακά λειτουργικά συστήματα.

Πριν συνεχίσετε όμως, πρέπει να απαντηθεί ένα ερώτημα :με ποιο τρόπο γνωρίζει η κάρτα δικτύου ποιο πρωτόκολλο ή πρωτόκολλα πρέπει να χρησιμοποιήσει; ΑΠΑΝΤΗΣΗ:με τη *δέσμευση* ( **binding** ). Δέσμευση λέγεται η διεργασία με την οποία διάφορα πρωτόκολλα συσχετίζονται (δεσμεύονται) μεταξύ τους και, άρα, και με την κάρτα δικτύου. Με αυτή τη μέθοδο εξασφαλίζεται ότι τα συνδεδεμένα πρωτόκολλα θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν και να βασιστούν στις υπηρεσίες που παρέχουν τα πρωτόκολλα τα οποία βρίσκονται πάνω ή κάτω από αυτά, και ότι η κάρτα θα μπορεί να επεξεργαστεί τις μεταδόσεις που μετακινούνται από και προς τον κόμβο όπου βρίσκεται εγκατεστημένη.

Κατά τη διάρκεια της διεργασίας της δέσμευσης ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δεσμεύονται με την κάρτα δικτύου. Αφού ολοκληρωθεί η δέσμευση, η κάρτα δικτύου, με τη βοήθεια του οδηγού της μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο και να το χρησιμοποιήσει σε συμφωνία με το πρωτόκολλο το οποίο έχει δεσμευτεί μαζί της. Τώρα, όσο αφορά τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται συχνότερα...

### 5.4.1 TCP/IP

Το TCP/IP βασίζεται στα δύο πρωτόκολλα από τα οποία παίρνει το όνομά του:

- ο Στο TCP, το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης (Transfer Control Protocol) λειτουργεί στο επίπεδο μεταφοράς και είναι υπεύθυνο για τη σωστή παράδοση πληροφοριών.
- ο Στο , το IP Πρωτόκολλο Internet (Internet Protocol) λειτουργεί στο επίπεδο διαδικτύωσης και είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων, μερικές φορές μέσω πολλών διαφορετικών δικτύων.

## Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP

Επίπεδο εφαρμογής	
Επίπεδο μεταφοράς	TCP
Επίπεδο διαδικτύου	IP
Επίπεδο προσπέλασης δικτύου	

ΣΧΗΜΑ 11

Εκτός από αυτά, το πακέτο TCP/IP περιλαμβάνει το πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς που είναι γνωστό ως *UDP* ( **User Datagram Protocol – Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη** ), το οποίο επίσης βασίζεται στο IP για τη δρομολόγηση πακέτων. Αντίθετα με το TCP, το οποίο είναι ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς με βάση τη σύνδεση, το UDP είναι ένα αναξιόπιστο ασυνδεμικό ( *connectionless* ) πρωτόκολλο μεταφοράς. Αυτό σημαίνει ότι το TCP/IP πριν μεταδώσει δεδομένα ( σε κομμάτια που λέγονται και τμήματα – *segments* ), εγκαθιδρύει μια σύνδεση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη, μεταδίδει ξανά τυχόν τμήματα όταν δε λαμβάνει επιβεβαίωση «καλής λήψης» από τον παραλήπτη, και μπορεί να ελέγχει τη ροή των δεδομένων για να εξασφαλίσει ότι ο υπολογιστής – αποστολέας δεν υπερφορτώνει τις περιοχές προσωρινής αποθήκευσης ( *buffers*, περιοχές λήψης ) του παραλήπτη. Αντίθετα, το UDP δεν περιλαμβάνει κανέναν τρόπο εξασφάλισης της παράδοσης – κάνει ό,τι μπορεί αλλά είναι αναξιόπιστο, με την έννοια ότι εγκαθιδρύει σύνδεση ανάμεσα στον αποστολέα και τον παραλήπτη πριν μεταδώσει τις πληροφορίες ( σε κομμάτια που λέγονται αυτόνομα πακέτα – *datagrams* ), και δεν περιμένει ούτε και απαιτεί επιβεβαίωση από τον παραλήπτη. Επιπλέον, επειδή τα αυτόνομα πακέτα που μεταδίδονται μέσω UDP είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, ακόμη και όταν αποτελούν τμήματα της ίδιας μετάδοσης, μπορεί και να μη φτάσουν με τη σωστή σειρά. Τα αυτόνομα πακέτα, όπως και τα μέσα μετάδοσης χωρίς επιβεβαίωση, είναι ασυνδεμικά.

Τα πρωτόκολλα αυτά είναι τα βασικά του πακέτου TCP/IP, με την έννοια ότι παρέχουν υπηρεσίες σε διάφορα άλλα πρωτόκολλα, τα περισσότερα από τα οποία αφορούν θέματα που σχετίζονται με εφαρμογές και απλώς θεωρούν ότι το TCP, το IP, και το UDP θα φροντίσουν για τα θέματα των χαμηλότερων επιπέδων μεταφοράς

και δικτύου. Στα πρωτόκολλα που σχετίζονται με τις εφαρμογές περιλαμβάνονται τα εξής:

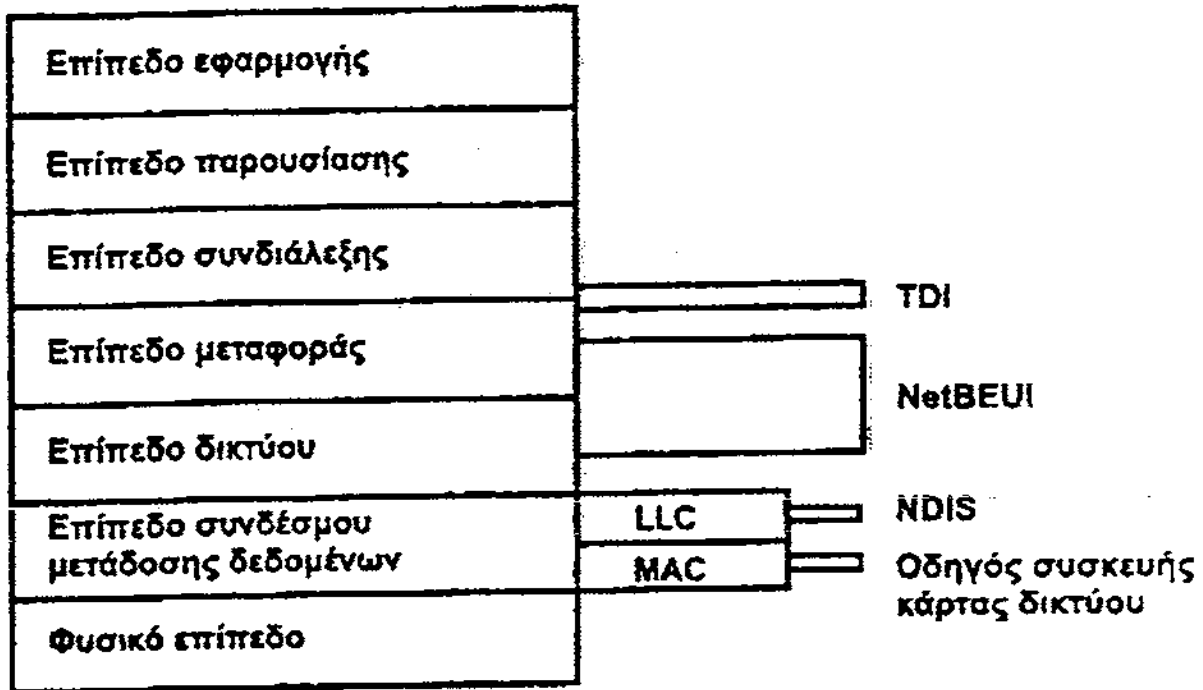
- Το *FTP*, το Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων ( **File Transport Protocol** ), που χρησιμοποιείται στη μετακίνηση αρχείων μεταξύ υπολογιστών μέσω δικτύου.
- Το *TELNET*, το Πρωτόκολλο τερματικών δικτύου, το οποίο χρησιμοποιεί κάποιος όταν θέλει να συνδεθεί ( log on )σε κάποιον άλλον υπολογιστή του δικτύου, 'τηλεχειριζόμενος' στην ουσία τον υπολογιστή αυτόν από τον υπολογιστή στον οποίο εργάζεται και οποίος απλώς λειτουργεί ως μεσάζων.
- Το *SMTP*, το Απλό Πρωτόκολλο Μεταφοράς Ταχυδρομείου ( **Simple Mail Transfer Protocol** ), το οποίο μεταδίδει ηλεκτρονικό ταχυδρομείο με τη βοήθεια του TCP.
- Το *SNMP*, το Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου ( **Simple Network Management Protocol** ), το οποίο αφορά υπηρεσίες οι οποίες έχουν σχέση με τη διαχείριση του δικτύου (J.Woodcock,2000).

#### 5.4.2 NetBEUI

Το NetBEUI είναι το ακρωνύμιο της ονομασίας **NetBIOS Extended User Interface (Επεκτεταμένη Διασύνδεση NetBIOS με το Χρήστη)**, πρωτόκολλο που εξέλιξε η IBM και σχεδιασμένο για τοπικά δίκτυα με μέχρι 200 υπολογιστές. Το NetBEUI είναι ένα πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς και χρησιμοποιείται από προϊόντα δικτύωσης της Microsoft. Αν και το NetBEUI είναι μικρό και γρήγορο, δεν υποστηρίζει δρομολόγηση και, έτσι, η χρήση του περιορίζεται στα τοπικά δίκτυα. Με την ανάπτυξη της δικτύωσης ευρείας περιοχής, της διαδικτύωσης, και του Internet, το NetBEUI εκτοπίζεται από το TCP/IP.

Στα λειτουργικά συστήματα Microsoft Windows, το NetBEUI είναι ένας μεσάζων μεταφορών, που επικοινωνεί με τα υψηλότερα επίπεδα ( τα επίπεδα συνδιάλεξης, παρουσίασης, και εφαρμογής ) μέσω μιας διασύνδεσης προγραμματισμού που είναι γνωστή ως *TDI*, ή Διασύνδεση Οδηγού Μεταφοράς ( **Transport Driver Interface** ). Το NetBEUI επικοινωνεί με τα κατώτερα επίπεδα μέσω μιας διασύνδεσης που είναι γνωστή ως *NDIS* ( **Network Driver Interface Specification - Προδιαγραφή Διασύνδεσης Οδηγού Δικτύου** ), η οποία αποτελεί ένα μέσο που βοηθάει τις

κάρτες δικτύου να υποστηρίζουν τα πρωτόκολλα στα υψηλότερα επίπεδα. Το παρακάτω (απλοποιημένο) διάγραμμα δείχνει πώς το NetBEUI τοποθετείται μεταξύ των διασυνδέσεων TDI και NDIS σε σχέση με το μοντέλο αναφοράς ISO/OSI (J.Woodcock,2000).



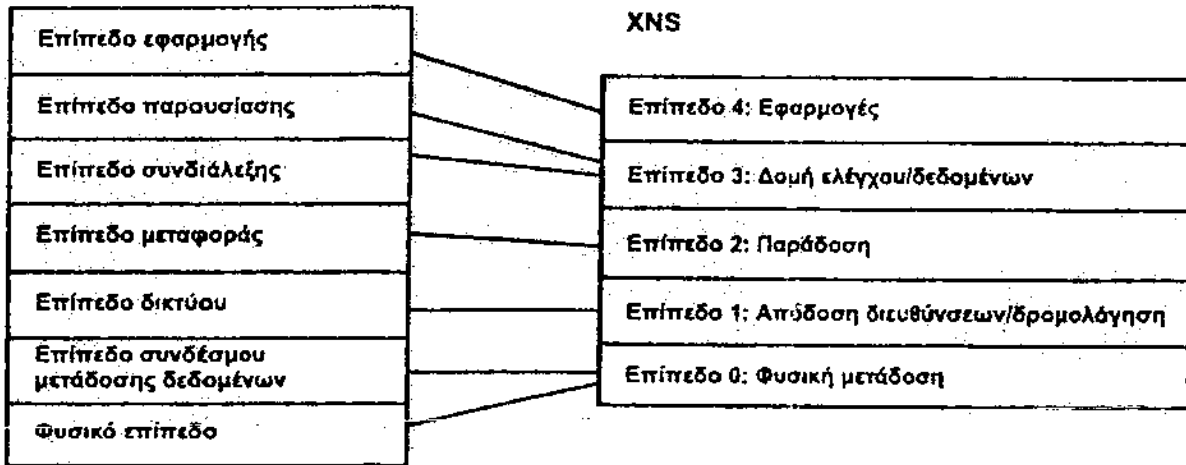
ΣΧΗΜΑ 12

### 5.4.3 DLC

Το *DLC*, ακρώνυμο του *Data Link Control* ( Έλεγχος Συνδέσμου Μετάδοσης Δεδομένων ), είναι ένα άλλο πρωτόκολλο που υποστηρίζεται από το λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows – συγκεκριμένα, από τα Windows NT. Αντίθετα με τα άλλα πρωτόκολλα, το *DLC* έχει σχεδιαστεί για να παρέχει πρόσβαση σε ένα από τα δυο συγκεκριμένα είδη υλικού: τους μεγάλους υπολογιστές ( *mainframe* ) της IBM και τους εκτυπωτές της Hewlett-Packard που είναι απευθείας συνδεδεμένοι απευθείας στο δίκτυο. Λόγω της εξειδίκευσης αυτής, το *DLC* πρέπει να εγκατασταθεί στις συσκευές που πράγματι προσπελάζουν *mainframe*, ή (στην περίπτωση εκτυπωτή HP – μην ξεχνάτε, συνδεδεμένου στο δίκτυο) στους διακομιστές εκτυπώσεων οι οποίοι προωθούν τις εκτυπώσεις που ζητούν οι κόμβοι στον εκτυπωτή (J.Woodcock,2000).

#### 5.4.4 XNS

Το XNS είναι ακρώνυμο του Xerox Networking System ( Σύστημα Δικτύωσης Xerox ).



ΣΧΗΜΑ 13

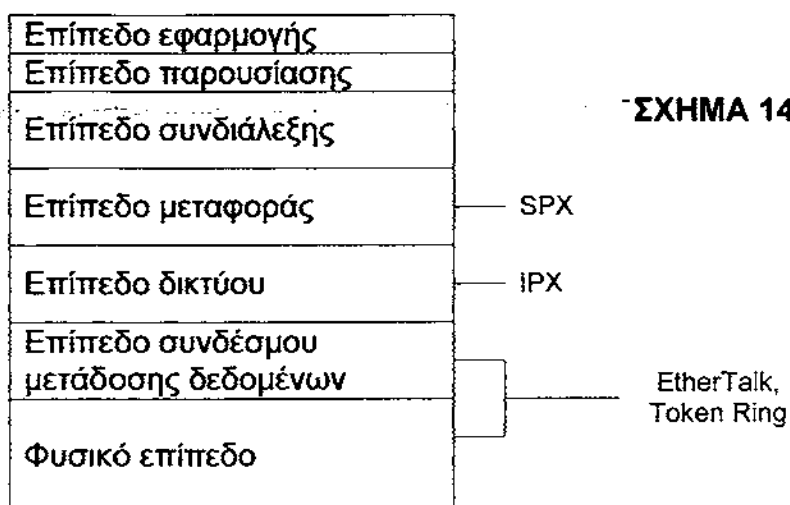
- ▶ Το επίπεδο 0, το χαμηλότερο, αντιστοιχεί στο φυσικό επίπεδο και στο επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων του μοντέλου ISO/OSI. Αν και το XNS επιτρέπει αυτά τα δύο επίπεδα, δεν περιλαμβάνει από μόνο του πρωτόκολλα για τα επίπεδα αυτά. Αντίθετα, όσο αφορά τη μετάδοση δεδομένων σε μορφή Ethernet, Token Ring, ή κάποια άλλη αρχιτεκτονική, βασίζεται στο ίδιο δίκτυο.
- ▶ Το επίπεδο 1, που αντιστοιχεί στο επίπεδο δικτύου OSI, εκπροσωπείται από το πρωτόκολλο XNS που είναι γνωστό ως *IDP*, ή Πρωτόκολλο Εσωτερικού Αυτοδύναμου Πακέτου ( **Internal Datagram Protocol** ). Το IDP αποδίδει διευθύνσεις σε πακέτα δεδομένων και καθορίζει το μέσο μετάδοσης που θα χρησιμοποιηθεί.
- ▶ Το επίπεδο 2, το οποίο αντιστοιχεί στο επίπεδο μεταφοράς, περιλαμβάνει έναν αριθμό πρωτοκόλλων που, σε συνδυασμό, χειρίζονται εργασίες όπως η τοποθέτηση των πακέτων δεδομένων σε σειρά, ο έλεγχος για σφάλματα, η επαναμετάδοση των κατεστραμμένων πακέτων, και ο έλεγχος της ταχύτητας μετάδοσης. Ανάμεσα στα πρωτόκολλα αυτά είναι το *Πρωτόκολλο Πληροφοριών Δρομολόγησης* ( **Routing Information Protocol, IRP** ), το *Πρωτόκολλο*

Σφαλμάτων ( **Error Protocol** ), το Πρωτόκολλο Ακολουθίας Πακέτων ( **Sequenced Packet Protocol, SSP** ), και το Πρωτόκολλο Ανταλλαγής Πακέτων ( **Packet Exchange Protocol, PEP** ).

- ▶ Το επίπεδο 3, το οποίο χονδρικά αντιστοιχεί με το επίπεδο συνδιάλεξης και το επίπεδο παρουσίασης, περιλαμβάνει πρωτόκολλα που αφορούν τη δόμηση των δεδομένων και τον έλεγχο της αλληλεπίδρασης μέσω του δικτύου Στο επίπεδο αυτό εκτελείται ένα πρωτόκολλο, το **Πρωτόκολλο Αγγελιαφόρου ( Courier Protocol )**.
- ▶ Το επίπεδο 4, το οποίο αντιστοιχεί στο επίπεδο εφαρμογής, περιλαμβάνει έναν αριθμό πρωτοκόλλων που σχετίζονται με τις εφαρμογές, στα οποία περιλαμβάνεται το **Πρωτόκολλο Εκτύπωσης ( Printing Protocol )** για τις υπηρεσίες εκτυπώσεων, το **Πρωτόκολλο Αρχαιοθέτησης ( Filling Protocol )** για την πρόσβαση σε αρχεία, και το **Πρωτόκολλο Διευθετήσεων ( Clearinghouse Protocol )** για τις υπηρεσίες ονομάτων του δικτύου (J.Woodcock,2000).

### 5.4.5 IPX/SPX

Το IPX/SPX, σύντμηση του Internetwork Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange ( **Διαδικτυακή Ανταλλαγή Πακέτων/Ακολουθιακή Ανταλλαγή Πακέτων**), αναφέρεται σε δύο ιδιωτικά πρωτόκολλα, βασισμένα στο XNS, τα οποία σχεδιάστηκαν από τη Novell για τα δικά της δίκτυα, τα γνωστά NetWare. Το IPX που αντιστοιχεί με το πρωτόκολλο IP του TCP/IP, εκτελείται στο επίπεδο δικτύου του Μοντέλου Αναφοράς ISO/OSI. Το SPX, που αντιστοιχεί στο πρωτόκολλο TCP του TCP/IP, εκτελείται στο επίπεδο μεταφοράς.



Το SPX, που εκτελείται στο αμέσως ανώτερο επίπεδο από το IPX, είναι υπεύθυνο να εξασφαλίζει ότι τα πακέτα φτάνουν ακέραια στον προορισμό τους. Μέσα στα καθήκοντα του SPX είναι να φροντίζει για την επιβεβαίωση της παράδοσης και για τον έλεγχο της ροής των δεδομένων. Για την ουσιαστική δρομολόγηση μέσα στο δίκτυο και μεταξύ δικτύων, βασίζεται στις υπηρεσίες που παρέχει το IPX.

Το SPX είναι ένα ασυνδεμικό ( connectionless ) πρωτόκολλο το οποίο φροντίζει για την απόδοση διεύθυνσης και τη δρομολόγηση δεδομένων σε αυτοδύναμα πακέτα ( datagrams ). Επειδή δεν υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη, τα αυτοδύναμα πακέτα μπορούν να μεταδοθούν μέσω διαφορετικών διαδρομών.

Το IPX/SPX είναι μικρό, γρήγορο, και, σε αντίθεση με το NetBEUI υποστηρίζει δρομολόγηση (J.Woodcock,2000).

#### **5.4.6 APPC**

Το APPC, ακρώνυμο του **Advanced Program to Program Communication ( Προηγμένη Επικοινωνία Προγράμματος με Πρόγραμμα )**, είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων της IBM τα οποία επεκτείνουν το περιβάλλον δικτύωσης SNA - **Systems Network Architecture (Αρχιτεκτονική Συστημάτων Δικτύου )** – της IBM, ώστε να δίνουν τη δυνατότητα σε εφαρμογές που βρίσκονται σε διαφορετικούς υπολογιστές να επικοινωνούν άμεσα, σε ομότιμη βάση, μέσω του δικτύου, χωρίς να χρειάζεται να βασίζονται σε κάποιο υπολογιστή υπηρεσίας τύπου μεγάλου συστήματος (mainframe) ως μεσάζοντα. Το APPC είναι επίσης γνωστό και ως LU ( Logical Unit – Λογική Μονάδα ) 6.2, παραπέμποντας στα (διάφορα) ονόματα που χρησιμοποιούν οι εφαρμογές για να δώσουν τη δυνατότητα σε διάφορες συσκευές να ανταλλάσσουν πληροφορίες στο περιβάλλον SNA.

Στο APPC, οι εφαρμογές χρησιμοποιούν τα ονόματα LU για να επικοινωνούν με άλλα συστήματα και προγράμματα στο δίκτυο. Το APPC λειτουργεί στο επίπεδο μεταφοράς και έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των

συσκευών του δικτύου, από επιτραπέζιους σταθμούς εργασίας έως υπολογιστές υπηρεσίας (J.Woodcock,2000).

### 5.4.7 Apple Talk

Apple Talk λέγεται το λογισμικό και το υλικό τοπικής δικτύωσης για υπολογιστές Macintosh. Η στοίβα πρωτοκόλλων Apple Talk είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων το οποίο αντιστοιχεί στα πέντε από τα επτά επίπεδα του Μοντέλου Αναφοράς ISO/OSI.

Η μεταφορά δεδομένων σε ένα δίκτυο Apple Talk βασίζεται σε μια υπηρεσία συνδέσεων, αν και τα πρωτόκολλα των υψηλότερων επιπέδων βασίζονται σε σύνδεση, με την έννοια ότι εγκαθιδρύουν συνδιαλέξεις μεταξύ υπολογιστών και εξασφαλίζουν αξιόπιστη διανομή. Όπως θα περιμένατε, τα πρωτόκολλα κάθε επιπέδου παρέχουν υπηρεσίες στα πρωτόκολλα που βρίσκονται πάνω και κάτω από αυτά. Η παρακάτω λίστα περιγράφει συνοπτικά τα πρωτόκολλα κάθε επιπέδου, ξεκινώντας από την κορυφή:

- Το επίπεδο συνδιάλεξης περιλαμβάνει:
  - Το Πρωτόκολλο Ρεύματος Δεδομένων Apple Talk ( **Apple Talk Data Stream Protocol, ASDP** ), το οποίο συνεργάζεται με το Πρωτόκολλο Διανομής Αυτοδύναμων Πακέτων ( **Datagram Delivery Protocol, DDP** ) που βρίσκεται στο επίπεδο δικτύου, για να επιτρέπουν στους υπολογιστές να εγκαθιδρύουν πλήρως αμφίδρομες συνδιαλέξεις επικοινωνίας.
  - Το Πρωτόκολλο Προσπέλασης Εκτυπωτών ( **Printer Access Protocol, RAP** ), το οποίο συνεργάζεται με το Πρωτόκολλο Συναλλαγών Apple Talk ( **Apple Talk Transaction Protocol** ), που βρίσκεται στο επίπεδο μεταφοράς, για τη μετάδοση διαταγών από υπολογιστές σε διακομιστές.

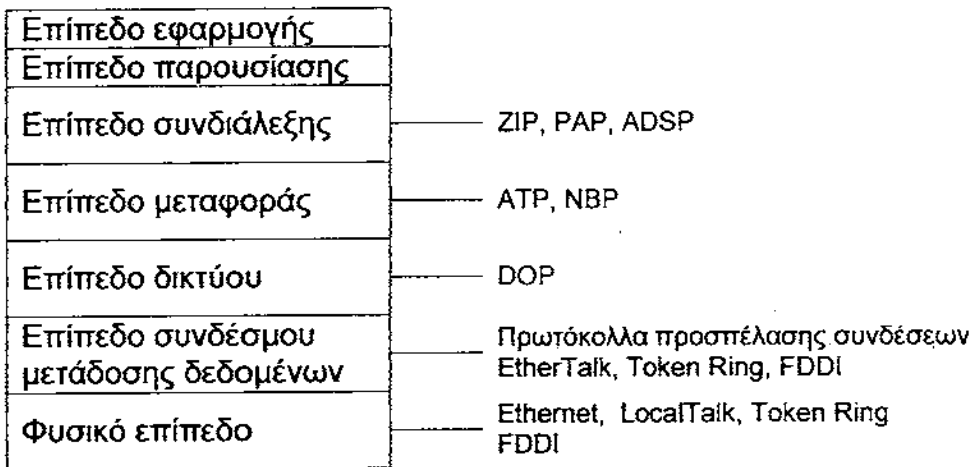


- Το πρωτόκολλο Πληροφοριών Ζώνης ( **Zone Information Protocol, ZIP** ) που συνεργάζεται με το DDP για τον εντοπισμό κόμβων στο δίκτυο.
- Το επίπεδο μεταφοράς περιλαμβάνει το *Πρωτόκολλο Συνδιαλλαγών AppleTalk* ( **AppleTalk Transaction Protocol, ATP** ) και το *Πρωτόκολλο Δέσμευσης Ονομάτων* ( **Name-Binding Protocol, NBP** ). Και τα δυο αυτά πρωτόκολλα αλληλεπιδρούν με το DDP στο αμέσως κατώτερο επίπεδο. Το ATP φροντίζει για τη μεταφορά των πακέτων, το NBP αναλαμβάνει την ευθύνη για τη δημιουργία των συνδέσεων μεταξύ των συσκευών και των δικτυακών τους ονομάτων.
- Το DDP στο επίπεδο δικτύου είναι το πρωτόκολλο που φροντίζει για τη διανομή στο δίκτυο, εργασία που περιλαμβάνει την προετοιμασία και τη δρομολόγηση των αυτόνομων πακέτων.
- Τα πρωτόκολλα προσπέλασης συνδέσεων στο επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων αποτελούν την υλοποίηση που έκανε η Apple όσο αφορά την υποστήριξη των αρχιτεκτονικών στο φυσικό επίπεδο. Τα πρωτόκολλα αυτά περιλαμβάνουν υποστήριξη για το EtherTalk ( το Ethernet της Apple), το LocalTalk ( ένα δίκτυο που βασίζεται στην καλωδίωση και τη διευθέτηση του AppleTalk ), το TokenTalk ( δακτύλιος με σκυτάλη ), και το FDDITalk ( για το FDDI, ένα δακτύλιο υψηλής ταχύτητας ) (J.Woodcock,2000).

#### 5.4.8 OSI

Η στοίβα πρωτοκόλλων OSI ταιριάζει με τα επτά επίπεδα του Μοντέλου Αναφοράς ISO/OSI όπως φαίνεται και στο σχήμα 15. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη. Αυτό που αποτελεί έκπληξη, με δεδομένη τη στήριξη διαφόρων ειδών δικτυακών αρχιτεκτονικών στο μοντέλο OSI παραχωρούν τη θέση τους σε άλλες, πιο γνωστές -- στοίβες πρωτοκόλλων. Τα πρωτόκολλα περιγράφονται σε διάφορα αριθμημένα έγγραφα του ISO, όπως το ISO 8473, που περιγράφει το *Ασυνδετικό Πρωτόκολλο Δικτύου* ( **Connectionless Network Protocol, CLNP** ), το οποίο λειτουργεί στο επίπεδο δικτύου. Η παρακάτω λίστα περιγράφει συνοπτικά κάποια από τα πρωτόκολλα OSI και τις θέσεις τους στο μοντέλο OSI:

## Μοντέλο Αναφοράς ISO/OSI



ΣΧΗΜΑ 15

- **ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ / ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ ΜΕΣΟΥ:** Εδώ θα βρείτε πρωτόκολλα για διάφορες αρχιτεκτονικές δικτύων, όπως τα Ethernet (IEEE 802.2) και Token Ring (IEEE 802.5).
- **ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ:** Στο επίπεδο αυτό, υπάρχουν πρωτόκολλα για ασυνδεμικές υπηρεσίες (CLNP) και συνδεσμικές υπηρεσίες. Η δεύτερη κατάσταση είναι γνωστή ως *Πρωτόκολλο Επιπέδου Πακέτων (Packet Level Protocol)*, ή *Πρωτόκολλο Δικτύου Κατάστασης Σύνδεσης (Connection-Mode Network Protocol, CMNP)*.
- **ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ:** Στο επίπεδο μεταφοράς βρίσκεται ένας αριθμός πρωτοκόλλων: TP0, TP1, TP2, κλπ. Αυτά διαφέρουν σε επίπεδο πολυπλοκότητας και παρέχουν υπηρεσίες όπως "πακετάρισμα" και επανασυναρμολόγηση, διόρθωση σφαλμάτων, και πολύπλεξη.
- **ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΔΙΑΛΕΞΗΣ:** Το πρωτόκολλο επιπέδου συνδιάλεξης εγκαθιδρύει και διαχειρίζεται συνδιαλέξεις, χρησιμοποιώντας σκυτάλη για να καθορίζει ποιος και πότε μπορεί να μιλήσει.
- **ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ:** Το πρωτόκολλο επιπέδου παρουσίασης, το οποίο είναι υπεύθυνο για να εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα θα έχουν κάποια μορφή που όλοι μπορούν να καταλάβουν και στην οποία όλοι μπορούν να

- ... τα επεξεργαστούν, παίρνει τα δεδομένα από το επίπεδο συνδιάλεξης και τα μεταβιβάζει στο επίπεδο εφαρμογής.
- **ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ:** Το επίπεδο εφαρμογής περιλαμβάνει έναν αριθμό στοιχείων υπηρεσιών εφαρμογών ( application service elements, ASE ), τα οποία έχουν σχεδιαστεί ώστε να παρέχουν στις εφαρμογές ένα μέσο επικοινωνίας με τα κατώτερα επίπεδα. Ανάμεσα σε αυτά που αναφέρονται συχνά είναι το *Κοινό Πρωτόκολλο Πληροφοριών Διαχείρισης ( Common Management Information Protocol, CMIP )* για τις υπηρεσίες διαχείρισης δικτύων, το ASE ( στοιχείο υπηρεσιών εφαρμογών ) *Μεταφοράς, Προσπέλασης, και Διαχείρισης Αρχείων ( File Transfer, Access, and Management, FTAM )*, που ασχολείται με τις μεταφορές αρχείων, και το ASE Συστημάτων Χειρισμού Μηνυμάτων ( Message Handling Systems, MHS ), που αφορά τη μεταφορά μηνυμάτων όπως είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (J.Woodcock,2000).

#### 5.4.9 DECnet

DECnet ονομάζονται τα προϊόντα υλικού και λογισμικού, αλλά και μια σχετική στοίβα πρωτοκόλλων, που έχει σχεδιάσει η Digital Equipment Corporation ( τώρα τμήμα της Compaq Computer ) για την υλοποίηση της *Αρχιτεκτονικής Ψηφιακών Δικτύων ( Digital Network Architecture, DNA )*. Το DECnet αρχικά σχεδιάστηκε για να δώσει τη δυνατότητα στους υπολογιστές της Digital να επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά, από την αρχική του παρουσίαση το 1975, έχει τροποποιηθεί με πολλές αναβαθμίσεις, γνωστές ως φάσεις ( phases ). Η τελευταία από τις αναβαθμίσεις αυτές, η Phase V (φάση 5 ) ευθυγράμμισε το DECnet με το Μοντέλο Αναφοράς ISO/OSI.

Τα πρωτόκολλα DECnet υποστηρίζουν τα πρωτόκολλα OSI, αλλά και τα αποκλειστικά πρωτόκολλα που παρέχει η Digital. Όπως θα περιμένατε, υποστηρίζει τα τυπικά πρωτόκολλα που βρίσκονται στο φυσικό επίπεδο και το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων του μοντέλου OSI. Ωστόσο, για να υπάρχει συμβατότητα με τις προηγούμενες φάσεις, το DECnet υποστηρίζει επίσης ένα αποκλειστικό πρωτόκολλο της Digital, γνωστό ως *Πρωτόκολλο Μηνυμάτων*

*Ψηφιακών Επικοινωνιών Δεδομένων ( Digital Data Communications Messaging Protocol, DDCMP )*, που βρίσκεται στο επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων.

Πάνω από αυτά, στο επίπεδο δικτύου, το DECnet περιλαμβάνει υποστήριξη για ασυνδεμικές και συνδεσμικές υπηρεσίες, όπου περιλαμβάνονται για τα πρωτόκολλα CLNP και CMNP, καθώς και για ένα παλαιότερο πρωτόκολλο DNA Phase IV, όπου λέγεται πρωτόκολλο δρομολόγησης ( routing protocol ) DECnet Phase IV.

Ανεβαίνοντας ένα επίπεδο στο μοντέλο OSI, στο επίπεδο μεταφοράς, το DECnet περιλαμβάνει υποστήριξη για τα πρωτόκολλα TPx του ISO, αλλά και για το δικό του Πρωτόκολλο Δικτυακών Υπηρεσιών ( Network Services Protocol, NSP ). Και στα υψηλότερα επίπεδα, το DECnet περιλαμβάνει υποστήριξη συνδιαλέξεων, παρουσιάσεων, και εφαρμογών DNA και OSI (J.Woodcock,2000).

## **5.5 Ασύρματα LAN**

Όλα τα στοιχεία των LAN που περιγράψαμε μέχρι εδώ αφορούν δίκτυα υπολογιστών συνδεδεμένων μεταξύ τους με καλώδια. Υπάρχουν όμως και δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες βασισμένες στις υπέρυθρες ακτινοβολίες, στο ραδιοφωνικό σήμα, και στις συσκευές λέιζερ, που όλες προσθέτουν στα τη δυνατότητα μετακίνησης. Τα *ασύρματα τοπικά δίκτυα ( wireless LAN, WLAN )* βασίζονται στις προδιαγραφές IEEE802.11. Η καρδιά ενός WLAN, σύμφωνα με την προδιαγραφή 802.11, είναι ένας “κόμβος” γνωστός ως σταθμός (station). Επειδή οι ασύρματοι σταθμοί μπορούν να είναι – και μάλιστα πολλές φορές πράγματι είναι- φορητές μονάδες, όταν δύο ή περισσότερες από αυτές συνδέονται για να επικοινωνήσουν, ονομάζονται *Σύνολο Βασικών Υπηρεσιών ( Basic Service Set )*.

Τα ασύρματα δίκτυα μπορεί να είναι είτε μόνιμα είτε προσωρινά. Για παράδειγμα, αν δύο φορητοί σταθμοί βρίσκονται στην ίδια περιοχή μιας αποθήκης ή ενός εργοταξίου και χρησιμοποιούνται για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, αποτελούν ένα δίκτυο δύο υπολογιστών –έχουν πρόσβαση ο ένας στον άλλον αλλά δεν είναι συνδεδεμένοι σε ένα ενσύρματο δίκτυο. Σε μια τέτοια περίπτωση, οι σταθμοί λέγεται ότι διαμορφώνουν ένα *ομότιμο δίκτυο ( peer-to-peer )*, ή ένα δίκτυο ad-hoc ( για συγκεκριμένο σκοπό).

## 5.6 Τοπολογίες WLAN

Η διάρθρωση ενός ασύρματου δικτύου μπορεί να είναι πολύ απλή ως και αρκετά σύνθετη , έχοντας δυνατότητα για κλιμάκωση. Ορίζονται οι εξής τοπολογίες (και οι επακόλουθοι τρόποι λειτουργίας):

- **IBSS**, Independent Basic Service Set ή Peer to Peer ή Ad-Hoc. Είναι η πιο βασική τοπολογία WLAN. Οι ασύρματοι σταθμοί επικοινωνούν κατευθείαν μεταξύ τους, ένας προς έναν (peer-to-peer), χωρίς να υπάρχει Access Point (AP). Οι σταθμοί είναι ισότιμοι μεταξύ τους. Βασικός περιορισμός είναι ότι θα πρέπει προκειμένου να γίνει επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών θα πρέπει να είναι ο ένας εντός της εμβέλειας του άλλου. Έτσι δεν υπάρχει η δυνατότητα μεταγωγής (relay) των δεδομένων ώστε τα δεδομένα να περάσουν με διαφανή τρόπο από κάποιο σταθμό. Έχει βασικό λόγο ύπαρξης, την γρήγορη και εύκολη διάρθρωση ενός ασύρματου δικτύου στην περίπτωση που δεν υφίσταται ασύρματη υποδομή ή και δεν χρειάζεται ή για κάλυψη μικρών περιοχών .

### 5.6.1 Infrastructure Mode

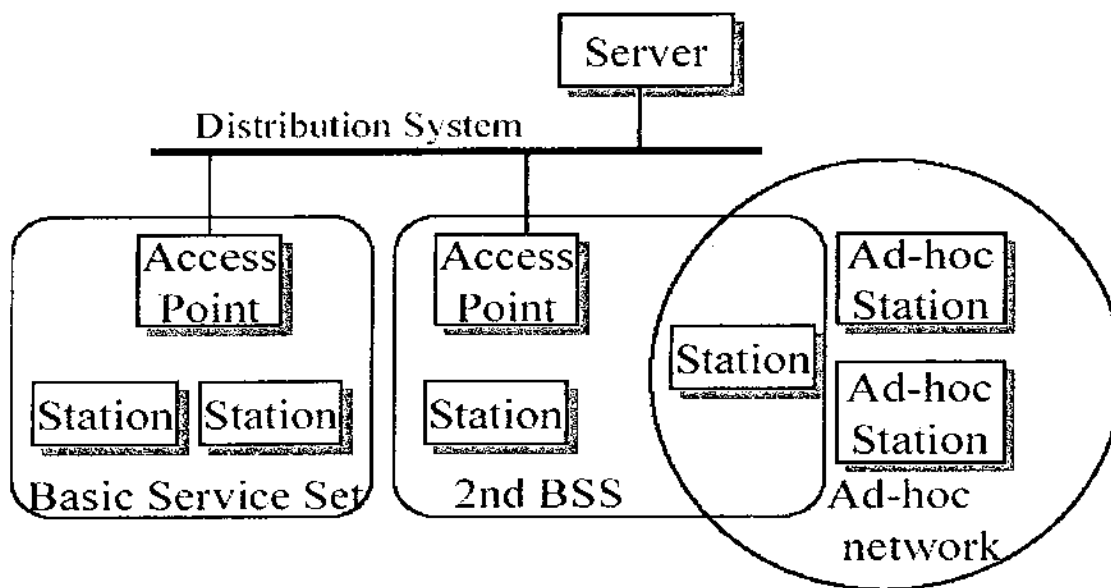
Δύο τύποι υπηρεσίας ορίζονται ανάλογα με τον αριθμό των Access Point :

- **Infrastructure Basic Service Set.** Αποτελείται από ένα Basic Service Set (BSS) στο οποίο υπάρχει και ένα στοιχείο δικτύου Access Point , το οποίο και παρέχει τις λειτουργίες της μεταγωγής του BSS. Όλοι οι σταθμοί επικοινωνούν με το AP. Τα πλαίσια μεταγόνται μεταξύ των σταθμών. Η εμβέλεια με αυτόν τον τρόπο είναι η διπλάσια από αυτήν του Independent Basic Service Set (IBSS). Επίσης το AP μπορεί να παρέχει και σύνδεση σε ένα DS . Έτσι κάθε σταθμός έχει πρόσβαση σε οποιοδήποτε άλλον καθώς και στο DS (εάν αυτό υπάρχει). Κάθε AP μπορεί να έχει αρκετούς πελάτες. Ένας τυπικός αριθμός όπου το AP μπορεί να λειτουργεί αποτελεσματικά είναι 15-50 πελάτες. Οι ασύρματοι σταθμοί που θα βρεθούν εντός της εμβέλειας του AP μπορούν να

επικοινωνήσουν μεταξύ τους μέσω του AP ή και με το AP. Το AP παρέχει τη λειτουργία της μεταγωγής (relay) των πακέτων μεταξύ των ασύρματων σταθμών. Μπορούμε να πούμε επομένως ότι το AP επιτελεί τις λειτουργίες γέφυρας (bridge)

- **Extended Service Set.** Ο σκοπός του είναι να μεγαλώσει την εμβέλεια ασύρματης κάλυψης. Αποτελείται από ένα αριθμό BSS, όπου τα AP είναι διασυνδεδεμένα μεταξύ τους με μία δομή δικτύου μετάδοσης Distribution System (DS). Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η μετακίνηση ενός ασύρματου σταθμού από ένα BSS σε ένα άλλο. Το DS αποτελεί το δίκτυο κορμού του WLAN και μπορεί να είναι κατασκευασμένο με ενσύρματα LAN ή με ασύρματο δίκτυο. Τυπικά το DS είναι ένα λεπτό στρώμα σε κάθε AP το οποίο προσδιορίζει τον προορισμό των δεδομένων. Έτσι το DS είναι αυτό που θα αποφασίσει αν τα δεδομένα που λαμβάνονται από ένα σταθμό στο BSS θα μεταχθούν πίσω στο ίδιο BSS, αν θα προωθηθούν μέσω του DS σε κάποιο άλλο AP, ή θα σταλούν μέσω του DS σε προορισμό εκτός του Extended Service Set (ESS), δηλαδή σε εξωτερικό δίκτυο. Κάποια συσκευή εκτός του ESS, βλέπει τους κινητούς σταθμούς σαν ένα μονό MAC-layer δίκτυο, όπου όλοι οι σταθμοί είναι σταθεροί. Έτσι το ESS κρύβει την κινητικότητα των σταθμών από οποιονδήποτε εκτός του ESS. Αυτό επιτρέπει στα υπάρχοντα πρωτόκολλα δικτύου να λειτουργούν σωστά σε ένα WLAN όπου υπάρχει κινητικότητα

Προφανώς ένα ασύρματο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει ένα οποιαδήποτε συνδυασμό των παραπάνω διαρθρώσεων. Αυτό αποτελεί και την απόδειξη για την πολύ μεγάλη ευελιξία του προτύπου ([internet,www.patraswireless.net](http://internet,www.patraswireless.net)).



ΣΧΗΜΑ 16

## 5.7 Τεχνολογίες WLAN

Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την τεχνική μετάδοσης δεδομένων που χρησιμοποιούν. Τα προϊόντα ασύρματης δικτύωσης που κυκλοφορούν στην αγορά σήμερα ανήκουν σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ασύρματα δίκτυα υπέρυθρων ακτινών (InfraRed - IR LANs).**

Η οπτική ασύρματη τεχνολογία κατέχει ορισμένα χαρακτηριστικά που ταιριάζουν απόλυτα σε ασύρματα δίκτυα εσωτερικών χώρων. Τα οπτικά συστήματα παρέχουν έναν υψηλό βαθμό μυστικότητας και ασφάλειας από υποκλοπές, απλά και μόνο επειδή περιορίζουν τις μεταδόσεις σε ένα συγκεκριμένο χώρο, όπως είναι ένα δωμάτιο ή ένα μικρό γραφείο. Τοπικά δίκτυα αυτού του τύπου περιορίζονται σε ένα δωμάτιο ή γενικότερα σε έναν κλειστό χώρο, μιας και οι υπέρυθρες ακτίνες δε μπορούν να διαπεράσουν τοίχους. Η περιοχή συχνοτήτων για αυτού του τύπου τα δίκτυα είναι από  $10^{12}$  -  $6 \times 10^{14}$  Hz.

- **Ασύρματα δίκτυα διασποράς φάσματος (Spread Spectrum LANs).** Ασύρματα τοπικά δίκτυα αυτού του τύπου κάνουν χρήση της τεχνολογίας διασποράς

φάσματος ή αλλιώς της τεχνολογίας Spread Spectrum. Η διασπορά φάσματος είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων σε περισσότερες από μία συχνότητες. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι τεχνολογιών διασποράς φάσματος. Με αυτόν τον τύπο διαμόρφωσης, το σήμα είναι καλύτερα θωρακισμένο από το θόρυβο και τις παρεμβολές και επιτρέπει να μοιράζονται τις συχνότητες λειτουργίας της περιοχής 2,4GHz πολλοί χρήστες, με όσο το δυνατόν μικρότερες παρεμβολές από άλλους ή από συσκευές, όπως οι φούρνοι μικροκυμάτων που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα λειτουργίας! Η διασπορά ευθείας ακολουθίας (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) και η διασπορά με αλλαγή συχνότητας (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα δίκτυα αυτά δε χρειάζονται ειδική άδεια λειτουργίας, μιας και λειτουργούν στις *Βιομηχανικές, Επιστημονικές και Ιατρικές (Industrial, Scientific and Medical - ISM)* περιοχές συχνοτήτων, όπου δεν απαιτείται ειδική άδεια λειτουργίας. Οι περιοχές αυτές αριθμούνται σε τρεις και κυμαίνονται από 902 - 928 MHz, από 2,4 - 2,4835 GHz και από 5,725 - 5,85 GHz.

- **Ασύρματα δίκτυα μικροκυμάτων στενής ζώνης (Narrowband Microwave).** Αυτού του τύπου τα δίκτυα λειτουργούν σε συχνότητες μικροκυμάτων (υψηλής - της τάξεως των 3 - 100 GHz). Αναφορικά με τη λειτουργία τους, δε χρησιμοποιούν την τεχνολογία διασποράς φάσματος και επίσης χρειάζονται ειδική άδεια λειτουργίας, αν εκπέμπουν σε συχνότητες εκτός της Βιομηχανικής, Επιστημονικής και Ιατρικής περιοχής συχνοτήτων (internet, [www.conta.uom.gr](http://www.conta.uom.gr)).

## 5.8 Πρότυπα WLAN

### 5.8.1 IEEE802.11

Η 802.11 είναι μια οικογένεια πρωτοκόλλων που περιγράφουν τη λειτουργία ασύρματων τοπικών δικτύων, WLAN. Περιγράφονται τα δύο πρώτα επίπεδα του OSI, δηλαδή το φυσικό επίπεδο (PHY) και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων



( MAC). Τα πρωτόκολλα αυτά δημοσιεύονται από την IEEE γεγονός που είναι σημαντικό για την διαλειτουργικότητα των συσκευών που το ακολουθούν.

Περιγράφοντας μόνο τα δύο κατώτερα επίπεδα, επιτρέπει σε οποιαδήποτε εφαρμογή να εργάζεται πάνω σε συσκευή 802.11 όπως ακριβώς θα εργαζόταν πάνω από Ethernet. Δηλαδή τα πιο πάνω επίπεδα δεν γνωρίζουν και δεν απασχολούνται από το τι βρίσκεται πιο κάτω.

Προβλέπει ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps. Υποστηρίζει ασύγχρονη, connectionless υπηρεσία. Στο φυσικό επίπεδο προβλέπει τεχνική FHSS ή DSSS σε ζώνες συχνοτήτων 915MHz , 2.4MHz , 5.2MHz ή υπέρυθρη μετάδοση στα 850nm ως 900nm. Υποστηρίζει δυνατότητες όπως προτεραιοποίηση της κίνησης, υποστήριξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου και διαχείριση ισχύος συσκευής.

### **5.8.2 Τι πρότυπα ανήκουν στην οικογένεια του IEEE 802.11;**

**IEEE 802.11a:** Το πρότυπο αυτό υποστηρίζει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης με διαμόρφωση OFDM από 6 ως 54 Mbps , στην ζώνη των 5.7GHz. Η χρήση της OFDM , Orthogonal Frequency Division Multiplexing έχει σαν αποτέλεσμα την πιο αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος. Χρησιμοποιείται σε ασύρματα δίκτυα.

**IEEE 802.11b:** Το πιο δημοφιλές από όλα τα πρότυπα, δημοσιεύθηκε το Σεπτέμβριο του 1999. Συνήθως το λέμε High Rate ή Wi-Fi. Στην ουσία είναι το 802.11 με προσθήκη δύο μεγαλύτερων ρυθμών μετάδοσης, του 5.5Mbps και του 11Mbps και αναγκαστικά της τεχνικής φυσικού επιπέδου DSSS. Το πρότυπο με τη μεγαλύτερη διαλειτουργικότητα. Είναι ένα στιβαρό, αποτελεσματικό και δοκιμασμένο πρότυπο. Οι προσθήκες της 802.11b σε σχέση με την 802.11 αφορούν μόνο το φυσικό επίπεδο, ορίζοντας μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης και πιο στιβαρή συνδεσιμότητα..

**IEEE 802.11c:** Λειτουργία γεφύρωσης (bridging) πλαισίων 802.11

**IEEE 802.11d** :Επεκτάσεις στο πρότυπο ώστε να λειτουργεί σε επιπλέον ρυθμιστικά πλαίσια (άλλες ζώνες συχνοτήτων)

**IEEE 802.11e**: Το πρώτο ασύρματο πρότυπο για οικιακό ή εταιρικό δικτυακό περιβάλλον. Παρέχει χαρακτηριστικά ποιότητας υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων στα υπάρχοντα ασύρματα πρότυπα IEEE 802.11a και IEEE 802.11b ενώ ταυτόχρονα είναι και συμβατό με αυτά. Η ποιότητα υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στα ασύρματα οικιακά δίκτυα που θέλουμε να παρέχουν φωνή, video και ήχο (video on demand, audio on demand, voice over ip, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο internet). Υποστήριξη QoS στο MAC επίπεδο ( *EDCF*, **Enhanced DCF** και *HCF*, **Hybrid Coordination Function** )

**IEEE 802.11f**: Συνιστώμενη πρακτική για το πρωτόκολλο IAPP, Inter Access Point Protocol

**IEEE 802.11g** :Εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης άνω των 20mbps στη μπάντα των 2.4GHz. Αυτό είναι το πρότυπο που εγκρίθηκε πιο πρόσφατα και παρέχει ασύρματη μετάδοση σε σχετικά κοντινές αποστάσεις με ταχύτητες μέχρι και 54mbps συγκριτικά με τα 11mbps του πρότυπου 802.11b. Όπως και το 802.11b, το IEEE 802.11g λειτουργεί στη μπάντα των 2.4GHz οπότε είναι συμβατό με αυτό.

**IEEE 802.11h**: Διαχείριση φάσματος στο 802.11a ( *DCS*, **Dynamic Channel Selection** και *TPC*, **Transmit Power Control** )

**IEEE 802.11i**: Επεκτάσεις στο MAC επίπεδο για ενισχυμένη ασφάλεια. Προσθέτει στο 802.11 πρότυπο ασύρματων τοπικών δικτύων, το πρωτόκολλο ασφάλειας *advanced encryption standard* ( **aes** ).

### 5.8.3 BLUETOOTH

Το Bluetooth αποτελεί ένα πρότυπο για τις ασύρματες επικοινωνίες, για μικρά, φθηνά και μικρού εύρους κάλυψης δίκτυα. Η τεχνολογία Bluetooth υπόσχεται την εξαφάνιση όλων εκείνων των συστατικών που περιπλέκουν την επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών, όπως είναι τα πολλά καλώδια, οι συζευκτήρες και τα πολλά είδη επικοινωνιακών πρωτοκόλλων. Με το Bluetooth, οι ασύρματες συσκευές όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, οι τηλε-ειδοποιητές (pagers), οι ψηφιακές κάμερες, οι ψηφιακοί βοηθοί (PDAs), κ.α. αποκτούν μια κοινή επικοινωνιακή δομή.

Το Bluetooth αποτελεί ένα εύρωστο, χαμηλών απαιτήσεων, φθινό και ασφαλές πρότυπο, κατάλληλο για την υλοποίηση ασύρματων δικτύων υπολογιστών μικρού εύρους κάλυψης. Υποστηρίζει τη ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων, την multipoint επικοινωνία και είναι εύκολο στη χρήση. Το εύρος κάλυψης που υποστηρίζει είναι περίπου 10 μέτρα, το οποίο όμως μπορεί να αυξηθεί με τη χρήση ενισχυτών.

Ένα σύστημα που βασίζεται στο πρότυπο Bluetooth, απαρτίζεται από τέσσερα λειτουργικά μέρη:

- a) Έναν *ραδιοπομποδέκτη* ( **radio transceiver** ), ικανό να μεταδίδει και να λαμβάνει φωνή και δεδομένα. Ο ραδιοπομποδέκτης, αποτελεί μια συσκευή με μικρό εύρος κάλυψης και με χαμηλές απαιτήσεις σε κατανάλωση ισχύος, η οποία λειτουργεί στην περιοχή συχνοτήτων 2,4 GHz της ISM. Θεωρώντας ως σημείο αναφοράς μια εικονική κεραία, η οποία έχει ισχύ μετάδοσης 0 dBm (1 mW), τότε το εύρος κάλυψης είναι 10 μέτρα. Το εύρος αυτό μπορεί να αυξηθεί στα 100 μέτρα αυξάνοντας την ισχύ στα 20 dBm (100 mW). Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων είναι 1-Mbps, όμως οι επιβαρύνσεις που εισάγονται από τα επικοινωνιακά πρωτόκολλα περιορίζουν το ρυθμό αυτό περίπου στα 725 kbps.
- b) Μια *μονάδα βασικής ζώνης ή ελέγχου καναλιού* ( **baseband ή link control unit**), η οποία είναι ικανή να επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνονται και μεταδίδονται από τον ραδιοπομποδέκτη. Η μονάδα βασικής ζώνης (ή ελέγχου

του καναλιού), είναι εκείνο το τμήμα υλικού το οποίο χρησιμοποιείται για το μετασχηματισμό των εισερχόμενων ραδιοκυμάτων σε ψηφιακή μορφή (bits), για να μπορούν να τα επεξεργαστούν οι εφαρμογές. Επίσης μετασχηματίζει τα ψηφιακά και τα φωνητικά δεδομένα σε μορφή κατάλληλη για μετάδοση από την κεραία. Επιπρόσθετα, η μονάδα βασικής ζώνης είναι υπεύθυνη για το μετασχηματισμό της μορφής των δεδομένων (π.χ. μετασχηματισμό της φωνής από αναλογική σε ψηφιακή μορφή), για τη συμπίεσή τους, για την τοποθέτησή τους στα εξερχόμενα και για την εξαγωγή τους από τα εισερχόμενα πακέτα και για τον έλεγχο λαθών.

c) **Λογισμικό διαχείρισης του επικοινωνιακού καναλιού**, το οποίο διαχειρίζεται τις μεταδόσεις. Το Λογισμικό Διαχείρισης του Επικοινωνιακού Καναλιού (Link Manager Software), εκτελείται σε χωριστό μικροεπεξεργαστή και είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών Bluetooth. Το κάθε υπολογιστικό σύστημα Bluetooth έχει το δικό του διαχειριστή καναλιού, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον εντοπισμό των άλλων διαχειριστών του τοπικού δικτύου, την εγκατάσταση και τον τερματισμό των συνδέσεων μεταξύ των σταθμών, την κρυπτογράφηση και την αποκρυπτογράφηση (αν λαμβάνει χώρα) των δεδομένων, την προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων δυναμικά και τη διαπραγμάτευση των επικοινωνιακών επιλογών μεταξύ των σταθμών.

d) **Λογισμικό εφαρμογών ( Application Software )** Το λογισμικό εφαρμογών, αποτελείται από όλες εκείνες τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη στοίβα πρωτοκόλλων του Bluetooth και βρίσκονται εγκατεστημένες σε κάθε ασύρματη συσκευή τεχνολογίας Bluetooth. Οι εφαρμογές αυτές επιτρέπουν σε όλες τις συσκευές ενός δικτύου Bluetooth να εκτελούν τις εργασίες τους (π.χ. επικοινωνία, μεταφορά αρχείων, κλπ). Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η στοίβα πρωτοκόλλων του Bluetooth. Βλέπουμε πως στο ανώτερο επίπεδο υπάρχουν οι εφαρμογές των χρηστών οι οποίες χρησιμοποιούν τη στοίβα πρωτοκόλλων και η οποία θα πρέπει να είναι η ίδια σε κάθε συσκευή, έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η επικοινωνία.

#### 5.8.4 HomeRF

Το πρότυπο HomeRF προωθείται από την Proxim (μετοχές της οποίας έχουν η Intel και η Motorola) και για το οποίο έχουν δηλώσει υποστήριξη εταιρίες όπως η Hewlett Packard. Το HomeRF στηρίζεται στην τεχνολογία **SWAP ( Shared Wireless Access Protocol, μοιραζόμενο ασύρματο πρωτόκολλο πρόσβασης )**. Το SWAP συνδυάζει στοιχεία από το IEEE802.11 μαζί με ιδέες από το ευρωπαϊκό σύστημα ψηφιακής ασύρματης τηλεφωνίας **DECT ( Digital Enhanced Cordless Telephone )** φτιάχνοντας έτσι ένα φθηνό πρότυπο για μεταφορά ήχου και δεδομένων με ταχύτητα μέχρι 2Mbps. Αν και το HomeRF υποστηρίζει ταυτόχρονη μεταφορά ήχου και δεδομένων, η χαμηλή ταχύτητα που προσφέρει σε συνδυασμό με το κόστος υλοποίησής του, που είναι παρόμοιο με αυτό του IEEE802.11b, δεν του δίνει ιδιαίτερες προοπτικές επιτυχίας. Τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά του HomeRF είναι ίδια με αυτά του IEEE802.11 έχοντας τα ίδια προβλήματα παρεμβολών με το Bluetooth.

#### 5.8.5 HiperLAN

Το πρότυπο HiperLAN αναπτύσσεται από το **ETSI ( European Telecommunications Standardization Institute, Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών )** και υποστηρίζεται από διάφορες εταιρίες του χώρου. Το HiperLAN υπάρχει σε δύο εκδόσεις, τη HiperLAN Type 1 που τυποποιήθηκε το 1996 και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 24Mbps και τη HiperLAN Type 2, που υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 54Mbps. Αμφότερες οι εκδόσεις του HiperLAN χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 5GHz, η οποία στην Αμερική και στην Ιαπωνία είναι ελεύθερη και στην Ευρώπη έχει επισήμως παραχωρηθεί για χρήση από τα ασύρματα δίκτυα, με αποτέλεσμα αφενός μεν να μη δημιουργούνται προβλήματα με τα δίκτυα που τρέχουν στα 2,4GHz και αφετέρου οι συσκευές HiperLAN να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου χωρίς τροποποιήσεις. Μια άλλη ιδιαιτερότητα του HiperLAN είναι επίσης το ad hoc roaming, η δυνατότητα δηλαδή της αυτόματης προώθησης των δεδομένων από access point σε access point σε περίπτωση που ο παραλήπτης δεν βρίσκεται στο βέλγικες του αποστολέα. Εκτός από αυτό, η υπεροχή στην ταχύτητα και η

δυνατότητα QoS ( **Quality Of Service, Ποιότητα Υπηρεσιών** ) που μόνο το HiperLAN έχει από τα πρότυπα ασύρματης δικτύωσης. Με το QoS μπορούν τα πακέτα δεδομένων να κατηγοριοποιούνται και να αποκτούν διαφορετική σειρά προτεραιότητας ανάλογα με το είδος τους. Έτσι, τα πακέτα που αφορούν ένα video π.χ., μπορεί να έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα κατά τη μεταφορά, με αποτέλεσμα την πιο ομαλή εμφάνισή του. Το HiperLAN2, σε αντίθεση με όλα τα υπόλοιπα πρότυπα, είναι συμβατό με μια τεράστια ποικιλία δικτύων γιατί, εκτός από το να συνδέεται με δίκτυα Ethernet, έχει τη δυνατότητα και για μεταφορά πακέτων IP, Firewire, ATM, UMTS κ.ά. και προσφέρει καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών από τις αντίστοιχες του 802.11.

### 5.8.6 WiMAX

Το WiMAX είναι μια νέα τεχνολογία, που θα πραγματοποιήσει την ευρυζωνική πρόσβαση του "τελευταίου μιλίου" -έκφραση που αναφέρεται στην τελική διασπορά των υπηρεσιών τηλεφωνίας και δεδομένων σε αστικά περιβάλλοντα- σε μια μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή από ότι το WLAN, παρέχοντας στους επιχειρησιακούς πελάτες ευρυζωνικές υπηρεσίες τύπου T1 (1.544Mbps), ενώ στους απλούς χρήστες πρόσβαση ανάλογη του DSL. Με ακτίνα κάλυψης από 1,5 έως 9km, το WiMAX θα επιτρέψει μεγαλύτερη κινητικότητα στις εφαρμογές δεδομένων υψηλών ταχυτήτων.

### 5.8.7 LMDS και WLL

Το *Local Multipoint Distribution System* ( **LMDS** ), είναι η ευρυζωνική ασύρματη τεχνολογία, που χρησιμοποιείται για να μεταδώσει φωνή, δεδομένα / υπηρεσίες διαδικιού και τηλεοπτικές υπηρεσίες στην περιοχή των 25CHz, καθώς και σε υψηλότερες συχνότητες. Ως αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών διάδοσης του σήματος, σε αυτό το φάσμα, το LMDS χρησιμοποιεί μια κυψελοειδή δικτυακή

αρχιτεκτονική, αν και οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι σταθερές και όχι κινητές. Το LMDS είναι ένα σύστημα απευθείας μικροκυματικής μετάδοσης από μια τοπική κεραία στο σπίτι ή την επιχείρηση, εντός της ακτίνας οπτικής επαφής, αποτελώντας έτσι μια λύση στο αποκαλούμενο "πρόβλημα του τελευταίου μιλίου", προσφέροντας οικονομικές υπηρεσίες ευρείας ζώνης στους τελικούς χρήστες. Το LMDS αποτελεί εναλλακτική λύση στην εγκατάσταση οπτικής ίνας για προσφορά ευρυζωνικών υπηρεσιών (η δυνατότητα αυτή δεν υφίσταται σήμερα στην Ελλάδα). Ανάλογα με την εφαρμογή, το LMDS παρέχει ταχύτητα μέχρι 1,5Gbps προς το χρήστη (downstream) και 200Mbps από το χρήστη προς το δίκτυο (upstream), αν και ένας πιο ρεαλιστικός αριθμός είναι τα 38Mbps downstream. Το κόστος του LMDS θεωρείται πολύ χαμηλότερο από αυτό της εγκατάστασης οπτικών ινών ή της αναβάθμισης των συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης.

## 6 ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

### 6.1 Βασικές Έννοιες

Ένα Δίκτυο Ευρείας Περιοχής (WAN – Wide Area Network) ονομάζεται ένα δίκτυο υπολογιστών το οποίο καλύπτει μια εκτεταμένη περιοχή όπως μια πόλη, χώρα ή ήπειρο ή ακόμα να εκτείνεται και σε όλο τον πλανήτη. Πρόκειται για ένα επικοινωνιακό δίκτυο το οποίο για να καλύψει μια τόσο ευρεία γεωγραφική περιοχή, συνήθως χρησιμοποιεί την υποδομή των υπάρχοντων φορέων, όπως για παράδειγμα των τηλεπικοινωνιακών εταιριών.

Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής συνδέουν συνήθως τοπικά δίκτυα ή απομακρυσμένους χρήστες μεταξύ τους. Πολλά από αυτά ανήκουν σε οργανισμούς ή είναι εταιρικά και πολλές φορές Ιδιωτικά και όχι Δημόσια. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υλοποίησης, διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας και επίσης πολλές τεχνολογίες που υλοποιούν Δίκτυα Ευρείας Περιοχής ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των χρηστών, την κυκλοφορία που υπάρχει στο δίκτυο, τις απαιτήσεις για την απόδοσή του, τον τύπο των υπολογιστών που είναι συνδεδεμένοι σε αυτό και το κόστος. Η τεχνολογία των Δικτύων Ευρεία Περιοχής λειτουργεί στα τρία κατώτερα επίπεδα του OSI μοντέλου:

- στο Φυσικό Επίπεδο
- στο Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων και
- στο Επίπεδο Δικτύου.

Ένας επίσης πολύ σημαντικό παράγοντα σε ένα Δίκτυο Ευρείας Περιοχής αποτελεί ο τρόπος μετάδοσης και δρομολόγησης της πληροφορίας από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη.

Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής υλοποιούνται συνήθως με τη χρήση μισθωμένων γραμμών (leased lines) οι οποίες όμως αποτελούν μια ακριβή λύση υλοποίησης. Αντί για μισθωμένες γραμμές μια οικονομικότερη υλοποίηση επιτυγχάνεται με τη χρήση κυκλωμάτων μεταγωγής (circuit switching) ή πακέτων μεταγωγής (packet switching). Τα πρώτα δίκτυα ευρείας περιοχής που εμφανίστηκαν ήταν τα δίκτυα μεταγωγής



πακέτου (packet switched data networks-PSDN), όπου τα δεδομένα μεταφέρονται σε μικρά πακέτα. Τα δίκτυα αυτά βασίζονταν κυρίως στο πρωτόκολλο X.25. Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως τεχνολογίες όπως η ATM, η Αναμετάδοση Πλαισίου (Frame Relay), απόγονος του X.25 και οι τεχνολογίες SONET/SDH, και VPN [McQuerry, Steve 2003].

Οι βασικές διαφορές μεταξύ των Δικτύων Ευρείας Περιοχής και Τοπικών Δικτύων είναι οι εξής:

- Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής μπορούν να καλύψουν μια πολύ ευρύτερη σε έκταση γεωγραφική περιοχή.
- Τα τοπικά δίκτυα έχουν μικρότερες καθυστερήσεις μετάδοσης σε σχέση με τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής και οι ταχύτητες είναι αρκετά μικρότερες. Υπάρχει μεγάλη διαφορά ταχύτητας μεταξύ ΔΕΠ και τοπικών δικτύων, ωστόσο σήμερα επιτυγχάνεται μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που ξεπερνά τα 622 Mbps.
- Τα λάθη που μπορούν να συμβούν κατά την μετάδοση είναι πολύ περισσότερα στα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής σε σχέση με τα τοπικά δίκτυα.

### 6.1.1 Τύποι Δικτύων Ευρείας Περιοχής

Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής θα μπορούσαμε να τα διακρίνουμε σε τρεις κατηγορίες:

- Δίκτυα Δημόσιας Προσπέλασης. Τα δίκτυα δημόσιας προσπέλασης (public-access networks) είναι αυτά που υλοποιούνται από τηλεφωνικές εταιρίες ή δημόσιους φορείς οι οποίοι αναλαμβάνουν να παρέχουν στους πολίτες τις υπηρεσίες ενός εκτεταμένου δικτύου επικοινωνίας.
- Δίκτυα Επιπρόσθετων Υπηρεσιών. Τα δίκτυα επιπρόσθετων υπηρεσιών (Value-Added Networks --VAN), υλοποιούνται από εταιρίες που χρησιμοποιούν τις δυνατότητες κάποιου δημόσιου επικοινωνιακού φορέα για να προσφέρουν πρόσθετες υπηρεσίες επικοινωνιών σε συνδρομητές.
- Ιδιωτικά Δίκτυα Ευρείας Περιοχής. Τα Ιδιωτικά Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (private wide area networks) είναι εταιρικά δίκτυα Ευρείας Περιοχής τα οποία παρέχουν στους εργαζόμενους ή τα τοπικά δίκτυα μιας εταιρίας τη δυνατότητα απομακρυσμένης σύνδεσης με ένα εταιρικό διαδίκτυο.

Οι πιο διαδεδομένες υλοποιήσεις Δικτύων Ευρείας Περιοχής είναι οι εξής:

- Με μισθωμένες γραμμές κατί που πλέον είναι πολύ δαπανηρό σε σχέση με τις άλλες υλοποιήσεις.
- Με κύκλωμα μεταγωγής (Circuit Switch), με ένα δηλαδή μόνιμο κύκλωμα που περιγράφει τη διαδρομή από την αρχή μέχρι το τέλος όπως στην περίπτωση του ISDN.
- Με μεταγωγή πακέτων (Packet Switched) όπου οι πληροφορίες ενσωματώνονται σε πακέτα και αποστέλλονται από κόμβο σε κόμβο, όπως στην περίπτωση του X25 και Frame Relay.
- Με αναμετάδοση κελιού (Cell Relay), όπως στην περίπτωση του ATM όπου έχουμε αναμετάδοση σταθερού μεγέθους κελιών και όχι πακέτων μεταβλητού μήκους.

### 6.1.2 Συσσκευές

Οι πιο συνηθισμένες συσκευές που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση ενός Δικτύου Ευρείας Περιοχής είναι τα modems, οι αναμεταδότες, οι γέφυρες και οι δρομολογητές καθώς και οι πολυπλέκτες. Τα ονόματα των συσκευών μπορεί να αλλάζουν ανάλογα με το πρωτόκολλο, παρόλα αυτά η λειτουργία τους είναι παρόμοια [Tanenbaum A, 1989].

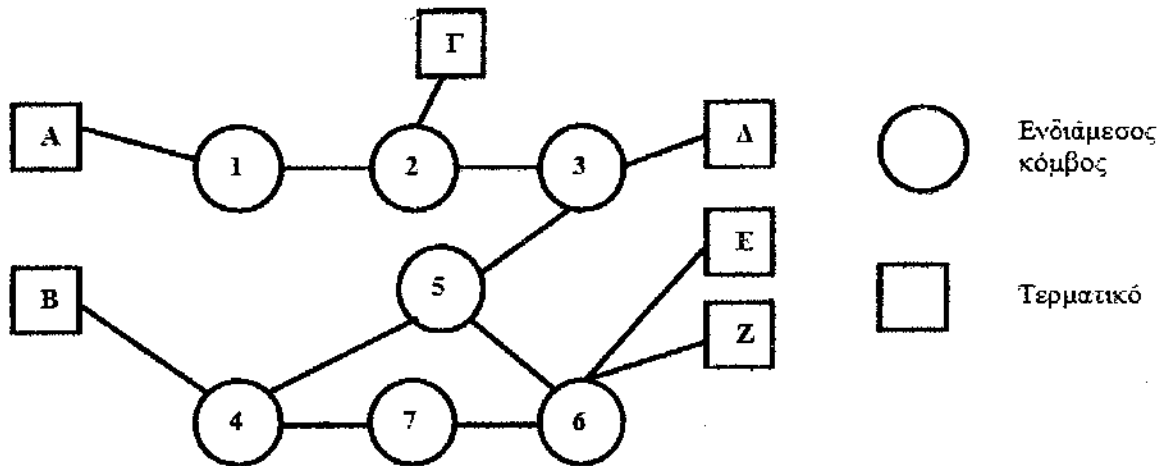
- Modems. Το modem (Modulator / Demodulator – Διαμορφωτής / Αποδιαμορφωτής) είναι μια συσκευή που διαμορφώνει τα ψηφιακά δεδομένα των Ηλεκτρονικών υπολογιστών σε αναλογικό σήμα έτσι ώστε να αποσταλούν μέσα από μια αναλογική τηλεφωνική γραμμή. Το modem στην πλευρά του αποστολέα μετατρέπει τα ψηφιακά σήματα που παράγονται από τον υπολογιστή σε αναλογικά και τα διοχετεύει στην τηλεφωνική γραμμή. Το modem στην πλευρά του παραλήπτη μετατρέπει τα εισερχόμενα αναλογικά σήματα σε ψηφιακά, έτσι ώστε να είναι διαχειρίσιμα από τον Η/Υ. Η μονάδα Baud αναφέρεται στη συχνότητα του αναλογικού κύματος μέσω του οποίου ένα bit πληροφορίας μεταφέρεται μέσα από τη τηλεφωνική γραμμή και παλαιότερα ταυτιζόταν με την ταχύτητα του modem (bps). Σήμερα μέσω διαφόρων τεχνικών συμπίεσης και κωδικοποίησης των δεδομένων,

μεταφέρονται περισσότερα από ένα bit πληροφορίας σε κάθε περίοδο του αναλογικού κύματος και συνεπώς η μονάδα bps είναι πλέον μεγαλύτερη από τη μονάδα baud rate.

- Αναμεταδότες (Repeaters). Είναι συσκευές που ενισχύουν το σήμα που μεταφέρεται στο καλώδιο ενός τοπικού δικτύου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η επέκταση του τοπικού δικτύου, από πλευράς μήκους του καλωδίου, χωρίς ουσιαστική εξασθένηση του σήματος.
- Γέφυρες (Bridges). Η γέφυρα χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση δύο ή περισσότερων ομοιόμορφων τμημάτων Τοπικών Δικτύων με σκοπό να επεκτείνει σε απόσταση και σε αριθμό υπολογιστών τις δυνατότητες ενός LAN. Με την χρήση γεφυρών περιορίζεται και η κίνηση πάνω στο δίκτυο αφού πακέτα δεδομένων που απευθύνονται στο τοπικό τμήμα ενός LAN και όχι σε όλο το Τοπικό Δίκτυο.
- Δρομολογητές (Routers). Χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση δύο ή περισσότερων απομακρυσμένων και όχι απαραίτητα ομοιόμορφων τοπικών δικτύων.
- Πολυπλέκτες (Multiplexers). Είναι συσκευές που επιτρέπουν σε διάφορες συσκευές να μοιράζονται την ίδια γραμμή υψηλής ταχύτητας για να επιτύχουν πολλές λογικές συνδέσεις.
- Συγκεντρωτές (Concentrators). Είναι συσκευές που εκτελούν τις λειτουργίες ενός πολυπλέκτη, και επιπροσθέτως αποθηκεύουν και διανέμουν τα μηνύματα.

### 6.1.3 Τεχνικές Μεταγωγής

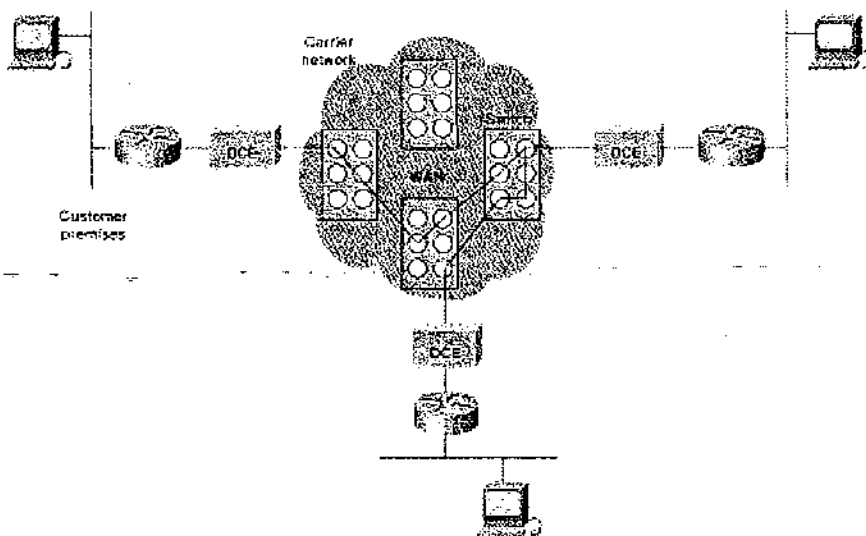
Τα δεδομένα προκειμένου να φθάσουν από τον αποστολέα στον παραλήπτη τους χρησιμοποιούν πολλούς ενδιάμεσους σταθμούς-κόμβους. Η τεχνική αυτή ονομάζεται μεταγωγή και τα δίκτυα που τη εφαρμόζουν ονομάζονται δίκτυα μεταγωγής. Ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται η επικοινωνία ανάμεσα σε δύο κόμβους ενός δικτύου που επιθυμούν να επικοινωνήσουν βασίζεται σε κάποια τεχνική μεταγωγής.



**ΣΧΗΜΑ 17. Μεταγωγή Πακέτου**

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές μεταγωγής που χρησιμοποιούνται στα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής:

- Τεχνική Μεταγωγής Κυκλώματος (Circuit Switched). Στην περίπτωση των Circuit Switched Δικτύων για κάθε μετάδοση δεδομένων εγκαθίσταται ένα φυσικό κύκλωμα μέσα από το οποίο μεταδίδονται τα δεδομένα το οποίο είναι μόνιμο είτε χρησιμοποιείται είτε όχι και ελευθερώνεται όταν η μετάδοση ολοκληρωθεί για να διατεθεί σε άλλους κόμβους. Τα δίκτυα ISDN καθώς και το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο στηρίζονται στην τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος. Στο Σχήμα 18 παρουσιάζεται ένα Δίκτυο Ευρείας Περιοχής με τη χρήση ενός μόνιμου φυσικού κυκλώματος.



**ΣΧΗΜΑ 18. Μόνιμο Φυσικό Κύκλωμα**

- Τεχνική Μεταγωγής Πακέτου (Packet Switced). Με τη μεταγωγή πακέτου τα δεδομένα τεμαχίζονται σε πακέτα τα οποία για να μεταδοθούν χρησιμοποιούν τις διάφορες δικτυακές συσκευές που υπάρχουν στην διαδρομή μέχρι να φτάσουν τον προορισμό τους. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει ένα μόνιμο φυσικό κύκλωμα ενώ είναι δυνατή η χρήση της ίδιας γραμμής από πολλές συσκευές ταυτόχρονα με τη μέθοδο της στατιστικής πολυπλεξίας. Τα WAN που στηρίζονται στην τεχνική αυτή είναι το X25, το Frame Relay κ.α. Υπάρχουν δύο είδη μεταγωγής πακέτου:

1. Μεταγωγή με χρήση αυτοδύναμου πακέτου (datagram). Τα πακέτα περιέχουν την διεύθυνση του παραλήπτη και δρομολογούνται από κάθε ενδιάμεσο κόμβο που περνάνε.
2. Μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος. Στην περίπτωση αυτή, καθορίζεται από πριν μια διαδρομή την οποία και θα ακολουθήσουν υποχρεωτικά όλα τα πακέτα που ανήκουν στην ίδια μετάδοση.

#### 6.1.4 Πολυπλεξία

Η ανάγκη για μετάδοση όσο γίνεται περισσότερων δεδομένων ταυτόχρονα μέσα από ένα κανάλι μετάδοσης οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων πολλαπλής εκμετάλλευσης του μέσου μετάδοσης. Η Πολυπλεξία λοιπόν είναι η πολλαπλή εκμετάλλευση του μέσου έτσι ώστε την ίδια χρονική στιγμή να μεταδίδεται παράλληλα μεγάλος αριθμός σημάτων επικοινωνούντων χρηστών. δηλαδή τη διαδικασία αποστολής διακριτών σημάτων από την ίδια γραμμή επικοινωνίας και την ταυτόχρονη και χωρίς αλληλεπιδράσεις μετάδοσή τους. Η τεχνική της πολυπλεξίας αποτελεί βασικό παράγοντα προκειμένου να επιτευχθεί μείωση του κόστους επικοινωνίας. Επίσης η τεχνική αυτή διευκολύνει την καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων τηλεπικοινωνιακών αγαθών. Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι πολυπλεξίας, τις οποίες θα αναπτύξουμε αναλυτικότερα στη συνέχεια:

- Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας (FDM: Frequency Division Multiplexing)

- Πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (TDM: Time Division Multiplexing)

Η πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας (FDM - Frequency Division Multiplexing) χρησιμοποιείται και στην αναλογική μετάδοση. Το αρχικό εύρος ζώνης του μέσου (φυσικό κανάλι) επιμερίζεται σε πολλές μικρότερες ζώνες συχνότητας, τα λεγόμενα λογικά κανάλια, ώστε κάθε χρήστης να κατέχει αποκλειστικά τη δική του ζώνη συχνότητας. Λογικό κανάλι είναι κάθε ξεχωριστή γραμμή μεταφοράς που συνδέεται με την κύρια γραμμή επικοινωνίας (φυσικό κανάλι) και έχει πάντοτε μικρότερο ή ίσο εύρος ζώνης με αυτήν.

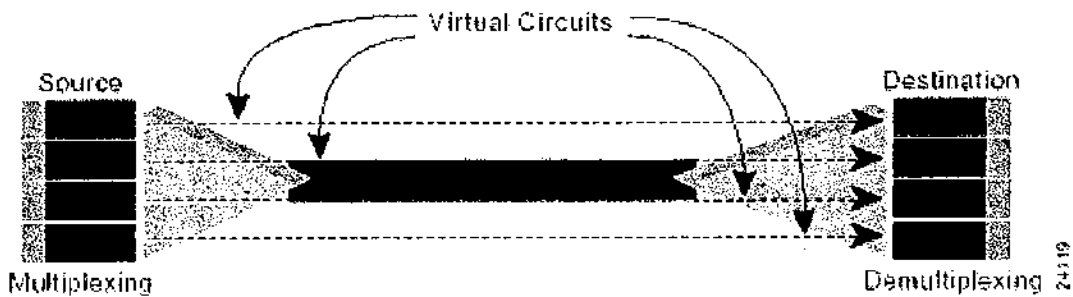
Στην πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (TDM - Time Division Multiplexing) οι χρήστες εναλλάσσονται κυκλικά, σαν να βρίσκονται γύρω από στρογγυλό τραπέζι, και καθένας από αυτούς παίρνει όλο το εύρος ζώνης του φυσικού καναλιού για σύντομο συνήθως αλλά πλήρως καθορισμένο χρονικό διάστημα. Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην ψηφιακή μετάδοση. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, όταν έχουμε πολλές εισόδους που μοιράζονται το ίδιο ψηφιακό κανάλι, δημιουργείται μια νέα ροή δυαδικών ψηφίων, που προκύπτει από το συνδυασμό των δυαδικών ψηφίων όλων των επιμέρους ροών κυκλοφορίας [Γεωργίου, 1999].

### 6.1.5 Εικονικά Κυκλώματα

Η πολυπλεξία πολλών χρηστών σε μια φυσική επικοινωνιακή γραμμή ονομάζεται εικονικό κύκλωμα (virtual circuit-VC). Πολλά VC μπορούν να πολυπλεχτούν σε ένα φυσικό κύκλωμα. Ένα εικονικό κύκλωμα διαφέρει από το φυσικό κύκλωμα το οποίο χρησιμοποιείται στην μεταγωγή κυκλώματος στο γεγονός ότι δεν σχηματίζεται από κάποιο φυσικό μέσο το οποίο συνδέεται ανάλογα με μεταγωγείς, αλλά στην πραγματικότητα είναι μια προδιαγραμμένη νοητή διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα μέσα σε ένα WAN μεταγωγής πακέτου. Υπάρχουν δύο είδη VC:

- Τα μεταγωγίμα εικονικά κυκλώματα (switched virtual circuits-svc), τα οποία είναι προσωρινές συνδέσεις οι οποίες, εγκαθίστανται ανάλογα με την ζήτηση και τερματίζονται όταν η μετάδοση ολοκληρωθεί.

- Τα μόνιμα εικονικά κυκλώματα (permanent virtual circuits-PVC) είναι μόνιμες συνδέσεις που χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται διαρκής μεταφορά πακέτων και είναι πάντα διαθέσιμα.



**ΣΧΗΜΑ 19. Πολυπλεξία**

## 6.2 Το X.25

Το X.25 είναι μια σειρά από ITU-T πρωτόκολλα που αναπτύχθηκαν από το ITU Study Group VII και απευθύνονται σε Δίκτυα Ευρείας Περιοχής με τη χρήση του συστήματος ISDN σε επίπεδο υλικού του δικτύου. 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. Περιέχει πρωτόκολλα για τα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου OSI, του Φυσικού δηλ. Επιπέδου (Επίπεδο 1), του Επιπέδου Σύνδεσης Δεδομένων (Επίπεδο 2) και του Επιπέδου Δικτύου (Επίπεδο 3).

Πρόκειται για πρωτόκολλα που στηρίζονται στη μεταγωγή πακέτων και χρησιμοποιήθηκε κυρίως στη δεκαετία του 80 και 90. Τα πρώτα δίκτυα X.25 χρησιμοποιούσαν απλές τηλεφωνικές γραμμές για τη μετάδοση δεδομένων, που παρουσίαζαν μεγάλη συχνότητα λαθών. Για το λόγο αυτό το X.25 χρησιμοποιούσε ειδικές μεθόδους ανίχνευσης λαθών και επαναμετάδοσης δεδομένων. Σήμερα οι τηλεπικοινωνιακές γραμμές είναι πολύ πιο αξιόπιστες και η πιθανότητα σφαλμάτων πολύ μικρότερη με αποτέλεσμα ο εκτεταμένος έλεγχος λαθών του X.25 να μην είναι πια απαραίτητος και επιπλέον να επιδρά αρνητικά στη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων.

Το X.25 αναπτύχθηκε στα πλαίσια της σύνδεσης "χαζών" τερματικών που συνδέονταν με κεντρικούς υπολογιστές. Αντί τα τερματικά να συνδέονται απευθείας με τους κεντρικούς υπολογιστές με τη χρήση αποκλειστικών γραμμών σύνδεσης και ενός συστήματος modem για τη σύνδεση απομακρυσμένων χρηστών με υπεραστικές κλήσεις, η σύνδεση μπορούσε να γίνει μέσω ενός Δημόσιου Δικτύου μέσω ενός Φορέα παροχής Υπηρεσιών Δικτύου. Έτσι οι χρήστες των τερματικών μπορούσαν να συνδεθούν σε μια τοπική πύλη του δικτύου (PAD - Packet Assembly/Disassembly facility), και μέσω αυτής στον κεντρικό υπολογιστή μέσω ενός ISDN τηλεφωνικού δικτύου με τη χρήση του X.25 όπως ορίζεται από τις προδιαγραφές ITU-T X.29 και X.3. Με τη σύνδεση στο PAD, ο χρήστης του τερματικού προσδιόριζε τον host με τον οποίο θέλει να συνδεθεί δίνοντας μια ηλεκτρονική διεύθυνση με βάση το πρότυπο X.121. στη συνέχεια το PAD εκτελούσε μια X.25 κλήση προς τον host, με την εγκατάσταση ενός Εικονικού Κυκλώματος (VC- Virtual Circuit).

Το σύστημα διευθυνσιοδότησης στο X 25 είναι το X.121 το οποίο αποτελείται από έναν τριψήφιο κωδικό χώρας (Data Country Code - DCC) με έναν κωδικό δικτύου συνθέτοντας έτσι έναν τετραψήφιο κωδικό δικτύου (Data Network Identification Code - DNIC), ακολουθούμενο από τον αριθμό NTN (National Terminal Number) με 10 το πολύ ψηφία.

Το X.25 χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε μόνιμα εικονικά κυκλώματα (permanent virtual circuits - PVC) για να συνδέσει υπολογιστές host μέσω μιας αποκλειστικής γραμμής. Οι ταχύτητες μετάδοσης κυμάνθηκαν από 48 έως 96 kbit/s [Douglas E. Comer, 2000].

### 6.2.1 Τρόπος Λειτουργίας

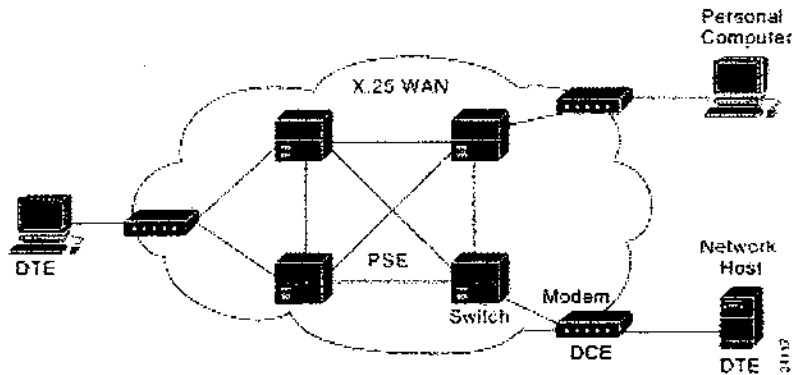
Οι συσκευές ενός X.25 δικτύου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Data Terminal Equipment-DTE. Βρίσκονται στους τερματικούς σταθμούς του δικτύου και επικοινωνούν μέσα στο X.25 δίκτυο. Συνήθως είναι προσωπικοί υπολογιστές, ή hosts του δικτύου.
- Data Circuit-Terminating Equipment-DCE. Είναι τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως modems και μεταγωγείς πακέτου, οι οποίες προσφέρουν περιβάλλον



αλληλεπίδρασης μεταξύ DTE και PSE και συνήθως βρίσκονται στις εγκαταστάσεις των φορέων.

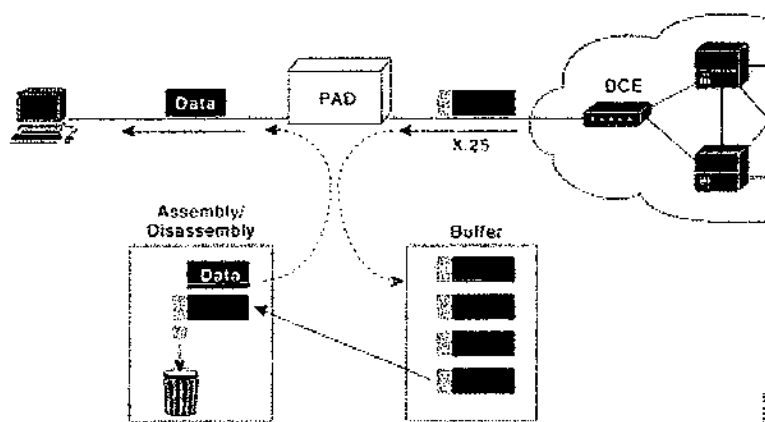
- Packet Switching Exchange-PSE. Πρόκειται για τους βασικούς μεταγωγείς του δικτύου που μεταφέρουν δεδομένα από μία DTE συσκευή σε μία άλλη με χρήση του X.25. την παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα δίκτυο X.25 με τη χρήση συσκευών DTE, DCE και PSE.



**ΣΧΗΜΑ 20. Δίκτυο X.25**

- Συναρμολογητής και Αποσυναρμολογητής Πακέτου (Packet Assembler /Disassembler-PAD). Η DTE συσκευή είναι πολύ απλή για την πλήρη εφαρμογή των λειτουργιών του X.25. Στην περίπτωση αυτή τοποθετείται μεταξύ μίας DTE συσκευής και μίας DCE συσκευής ένας Συναρμολογητής - Αποσυναρμολογητής (PAD) που εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:
  - διατήρηση ενδιάμεσης μνήμης (buffering)
  - συναρμολόγηση πακέτου (packet assembly)
  - αποσυναρμολόγηση πακέτου (packet disassembly)

Ο Συναρμολογητής - Αποσυναρμολογητής 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 και αποσυναρμολογεί τα εισερχόμενα πακέτα πριν να τα προωθήσει στη συσκευή DTE, αφαιρώντας την X.25 επικεφαλίδα.



**ΣΧΗΜΑ 21. Packet Assembler /Disassembler-PAD**

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. Η πολυπλεξία όπως είδαμε επιτυγχάνεται με τα VC (Virtual Circuits). Σε ένα φυσικό κύκλωμα μπορούμε να έχουμε πολλά Εικονικά κυκλώματα. Η από-πολυπλεξία γίνεται στο τέλος της διαδρομής και τα δεδομένα αποστέλλονται στον προορισμό τους.

Στο X.25 μπορούμε να έχουμε και μεταγώγιμα εικονικά κυκλώματα (switched virtual circuits-svc), αλλά και μόνιμα εικονικά κυκλώματα (permanent virtual circuits-PVC). Μια σύνοδος X.25 εγκαθίσταται όταν μία DTE συσκευή ζητάει από κάποια άλλη να επικοινωνήσουν. Η συσκευή στην οποία φτάνει η αίτηση μπορεί να τη δεχτεί ή να την απορρίψει. Η επικοινωνία μπορεί να τερματιστεί από οποιαδήποτε από τις δύο συσκευές.

Η λειτουργία ενός X.25 ξεκινάει όταν μια συσκευή DTE καθορίζει με βάση τις επικεφαλίδες ποιο Εικονικό Κύκλωμα θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια αποστέλλει το πακέτο σε μία DCE συσκευή που είναι τοπικά συνδεδεμένη. Η συσκευή αυτή στη συνέχεια χρησιμοποιεί τις επικεφαλίδες των πακέτων για να επιλέξει το ανάλογο κύκλωμα που θα αποστείλει τα πακέτα και στη συνέχεια τα στέλνει στη κοντινότερη συσκευή PSE για αυτή τη διαδρομή. Τα PSE μετά στέλνουν τα δεδομένα στον επόμενο σταθμό στη διαδρομή που μπορεί να είναι είτε ακόμη μεταγωγέας ή μία άλλη συσκευή DCE. Όταν τελικά 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 το κύκλωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν μεταγωγίμο τότε διακόπτεται.

### **6.2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα**

Τα βασικά πλεονεκτήματα του X.25 ήταν η αξιοπιστία του και το μικρό κόστος υλοποίησης. Αν και έχουν εμφανισθεί νεότερες τεχνολογίες, όπως το ISDN και το Frame Relay, σε αρκετές περιπτώσεις το X.25 είναι το πιο φθηνό και ίσως και το μόνο διαθέσιμο λόγω των παλαιωμένων υποδομών μιας ευρείας περιοχής όπως στις χώρες του Τρίτου Κόσμου.

Από την άλλη βέβαια θεωρείται πλέον ένα απαρχαιωμένο σύστημα υλοποίησης Δικτύων Ευρείας Περιοχής. Οι τεχνικές ελέγχου σφαλμάτων που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν εξαιτίας της αναξιπιστίας των τηλεφωνικών δικτύων σήμερα δεν είναι απαραίτητες με αποτέλεσμα το X25 να είναι αρκετά αργό στην ταχύτητα μετάδοσης καθώς και στην απόκριση σε σχέση με τις νεότερες τεχνολογίες. Επίσης ήταν σχεδιασμένο για να μεταδίδει μόνο δεδομένα και όχι συνδυασμό και άλλων υπηρεσιών (φωνή , βίντεο κα)

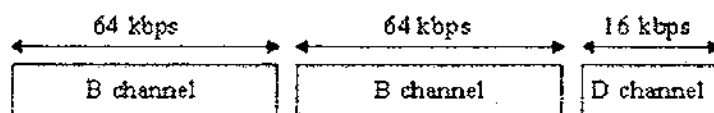
### **6.3 Το ISDN**

Το Ψηφιακό Δίκτυο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών ISDN (Integrated Services Digital Network) ευρείας ζώνης είναι ένα ψηφιακό δίκτυο που ενοποιεί διαφόρων ειδών τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, όπως για παράδειγμα υπηρεσίες μετάδοσης data, υπηρεσίες ήχου αλλά και υπηρεσίες βίντεο χαμηλής ποιότητας.

Το ISDN ξεκίνησε να αναπτύσσεται από τη Παγκόσμια Ένωση Τηλεπικοινωνιών ITU (International Telecommunications Union) και το 1984 έγιναν οι αρχικές προτάσεις από την επιτροπή CCITT (International Telephone and Telegraph Consultative Committee). Από το 1990 με προσπάθειες των εταιρειών Bell, Motorola και U S Robotics υλοποιήθηκαν τα πρώτα δίκτυα ISDN.

Το ISDN διακρίνεται σε δύο τύπους, το N-ISDN και το B-ISDN ευρείας ζώνης. Ο όρος N-ISDN σημαίνει Narrowband Integrated Services Digital Network το οποίο μεταφράζεται ως ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών στενής ζώνης ενώ το B-ISDN ως Broadband ISDN δηλαδή δίκτυο ευρείας ζώνης. Η ενοποίηση επιτυγχάνεται χάρη στην μετατροπή όλων των προς μετάδοση σημάτων σε ψηφιακή μορφή [ΤΕΕ,2000].

Στο σήμα βασικού ρυθμού (basic rate signal) του ISDN υπάρχουν δύο κανάλια B των 64 kbps για μετάδοση φωνής και ένα κανάλι D των 16 kbps για μετάδοση data (σχήμα 22). Η ταχύτητα συνεπώς μετάδοσης της πληροφορίας είναι  $2*64+16=144$  kbps μέσα από τη δισύρματη γραμμή που συνδέει το χρήστη με το τοπικό κόμβο του δικτύου.



**ΣΧΗΜΑ 22. Σήμα βασικού ρυθμού ISDN**

Στην έκδοση πρωτεύοντος ρυθμού Primary Rate Interface (PRI) τα κανάλια αποτελούνται από 23 τύπου B και ένα τύπου D με εύρος 64 kb/s. Ο συνολικός ρυθμός φτάνει τα 1536 kb/s. Στην Ευρώπη το PRI αποτελείται από 30 B κανάλια και ένα D των 64 kb/s που αποδίδουν ρυθμό μετάδοσης 1984 kb/s.

Οι κόμβοι του δικτύου έχουν τη δυνατότητα να ξεχωρίζουν τα κανάλια και αφού ανακτήσουν την πληροφορία που είναι αποθηκευμένη σε κάθε ένα από αυτά, να το αποστέλλουν στο κατάλληλο δίκτυο (δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος ή δίκτυο μεταγωγής πακέτων - switched telephone network/packet-switched data network).

Επίσης το κανάλι D μεταδίδει πληροφορία σηματοδότησης (signaling information) για αυτό και οι κόμβοι του δικτύου πρέπει να υλοποιούν συναρτήσεις ανάκτησης και χειρισμού αυτής της πληροφορίας, καθώς και αποστολής της στο δίκτυο σηματοδότησης.

Το ISDN επιτρέπει πολλά ψηφιακά σήματα να μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα μέσα από τα ήδη υπάρχοντα τηλεφωνικά καλώδια. Η μετατροπή του δικτύου από αναλογικό σε ψηφιακό γίνεται εφόσον η εταιρεία παροχής τηλεφωνικών υπηρεσιών εγκαθιστά μεταγωγείς που μπορούν να αποστείλουν, αναμεταδώσουν και παραλάβουν ψηφιακά σήματα ISDN. Η ταχύτητα που υποστηρίζει το βασικό BRI ISDN για τη μετάδοση ασυμπιεστων δεδομένων ξεκινάει από τα 128 kb/s. Επιπλέον η καθυστέρηση στην εκκίνηση μιας ISDN σύνδεσης είναι μισή σε σχέση με μια αναλογική σύνδεση.

Στο ISDN για να ειδοποιηθεί μια συσκευή για την εισερχόμενη κλήση δεν χρησιμοποιείται ένα απλό ηλεκτρικό σήμα που ενεργοποιεί το κουδούνι του τηλεφώνου αλλά ένα ειδικό πακέτο δεδομένων σε ξεχωριστό κανάλι που περιέχει πληροφορίες για τον αποστολέα της κλήσης ή τον τύπο της κλήσης (δεδομένα ή φωνή) και είναι γνωστό σαν σήμανση εντός ζώνης (in band signaling). Για την αρχικοποίηση της σύνδεσης ένα απλό modem απαιτεί 30 με 60 δευτερόλεπτα ενώ στην περίπτωση του ISDN αυτό διαρκεί περίπου 2 δευτερόλεπτα.

### 6.3.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος ISDN

Η βασική ιδέα πίσω από το ISDN είναι αυτή ενός ψηφιακού αγωγού bit (digital bit pipe). Ο αγωγός αυτός επιτρέπει σε πολλά κανάλια να μεταδίδουν ταυτόχρονα δεδομένα με πολύπλεξη διαίρεσης χρόνου. Η τηλεφωνική εταιρεία τοποθετεί μια συσκευή τερματισμού δικτύου (network terminating device) NT1 στο κτίριο ή την περιοχή του συνδρομητή και τη συνδέει με τον κόμβο ISDN στο τηλεφωνικό κέντρο. Η πολυπλεξία επιτρέπει τη μετάδοση πολλών και διαφορετικών σημάτων ταυτόχρονα. Έτσι πολλές συσκευές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα την ίδια τηλεφωνική γραμμή για να μεταδώσουν είτε ήχο είτε εικόνα ή βίντεο πράγμα που θα ήταν πολύ πολύπλοκο και αντισυμβατικό στην περίπτωση της αναλογικής γραμμής.

Η συσκευή NT1 δεν είναι απλά μια κάρτα σύνδεσης αλλά περιέχει κυκλώματα που αναλαμβάνουν πολύπλοκες διεργασίες όπως τον έλεγχο και τη διαχείριση του

δικτύου, την αντιμετώπιση περιπτώσεων ανταγωνισμού με άλλες συσκευές που προσπαθούν να προσπελάσουν την αρτηρία κα.

Στην περίπτωση μιας εταιρικής σύνδεσης όπου οι πιθανές συνδέσεις μπορεί να είναι περισσότερες, η NT1 συσκευή δεν είναι αρκετή και απαιτείται μια NT2 συσκευή που ονομάζεται PBX (Private Branch eXchange – Ιδιωτικό Τηλεφωνικό Κέντρο Εξωτερικής Διακλάδωσης) και που συνδέεται με την NT1 και κατόπιν με τον ISDN κόμβο.

Η επιτροπή CCITT έχει ορίσει τέσσερα σημεία αναφοράς στις συνδέσεις ανάμεσα στις συσκευές. Το σημείο U αναφέρεται στη σύνδεση του κόμβου ISDN με τη NT1 συσκευή. Αυτό είναι προς το παρόν ένα συνεστραμμένο ζεύγος χάλκινων καλωδίων αλλά όπως θα δούμε υπάρχει η προοπτική να αντικατασταθεί με οπτικές ίνες. Το σημείο αναφοράς T είναι η διασύνδεση του NT1 με τις συσκευές του χρήστη ή με το NT2. Το σημείο αναφοράς S είναι η σύνδεση του NT2 με τις συσκευές του χρήστη. Τέλος το σημείο R είναι η σύνδεση μη ISDN τερματικών με έναν προσαρμοστή του ISDN τερματικού. Σκοπός του ISDN είναι να προσφέρει έναν ψηφιακό αγωγό bit στα σημεία αναφοράς T ή S.

Για να δούμε αναλυτικά την υλοποίηση του αγωγού αυτού θα πρέπει να εξετάσουμε τα τρία επίπεδα του μοντέλου OSI (Open Systems Interconnection) που αφορούν το ISDN, δηλαδή το φυσικό επίπεδο (1), το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (2) και το επίπεδο δικτύου (3).

Στο φυσικό επίπεδο το ISDN καθορίζεται από τη σειρά προδιαγραφών I και G της ITU. Το σημείο αναφοράς U που παρέχεται από την εταιρεία για το βασικό ρυθμό BRI είναι ένα διπλό καλώδιο με δυνατότητα ψηφιακής σύνδεσης 160 kb/s. Η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη είναι η 4B3T ενώ στη Βόρεια Αμερική η 2B1Q.

### 6.3.2 Κωδικοποίηση 2B1Q

2B1Q (2 Binary 1 Quaternary) είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος σηματοδότησης σε σημεία διασύνδεσης U και περιγράφηκε λεπτομερώς το 1988 από τις ANSI προδιαγραφές T1.601. Γενικά το 2B1Q παρέχει:

- 2 bits ανά baud (Το 1 baud είναι μια αλλαγή διαμόρφωσης το δευτερόλεπτο)
- 80 kbaud
- Ρυθμός μετάδοσης 160 kb/s

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις 4 διαφορετικές καταστάσεις του σήματος, τον τρόπο που συμβολίζονται, την τάση που αντιστοιχεί σε κάθε κατάσταση και τα bits που μεταδίδονται. Το σήμα μπορεί να πάρει μια από τις παρακάτω τιμές και να συμβολίζει μια διαφορετική στάθμη (Quaternary) και έτσι να μεταδίδεται ένα από τα 4 διαφορετικά ζεύγη bits

Bits	Σύμβολο Κατάστασης	Τάση
00	-3	-2.5
01	-1	-0.833
10	+3	+2.5
11	+1	+0.833

Το πλαίσιο που μεταδίδεται σε κάθε σημείο U έχει μήκος 240 bits. Με ρυθμό μετάδοσης 160 kb/s, κάθε πλαίσιο απαιτεί χρόνο μετάδοσης 1.5 ms. Κάθε πλαίσιο αποτελείται από τα εξής :

Συγχρονισμός 18 bits	12 * (B1 + B2 + D) 216 bits	Συντήρηση 6 bits
-------------------------	--------------------------------	---------------------

- Το τμήμα συγχρονισμού του πλαισίου αποτελείται από 9 στάθμες των 2 bits της μορφής +3 +3 -3 -3 -3 +3 -3 +3 -3.
- Ακολουθούν 18 bits εκ των οποίων τα 8 bits είναι για κάθε ένα από τα 2 κανάλια B και 2 bits για το κανάλι D.
- Το τμήμα συντήρησης περιέχει CRC πληροφορίες (Cyclic Redundancy Check), σημάσεις ανίχνευσης σφάλματος (BED block error detection) και άλλες ενσωματωμένες εντολές διαχείρισης.

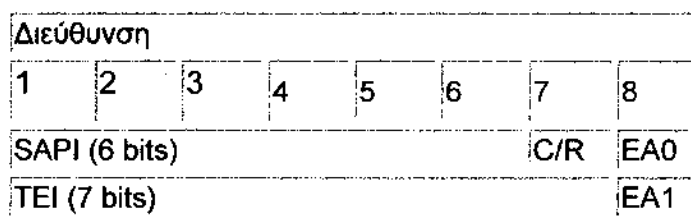
Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσα από ένα υπερπλαίσιο (superframe) που αποτελείται από 8 πλαίσιο των 240 bit που συνολικά αποτελείται από 1920. Το τμήμα συγχρονισμού του πρώτου πλαισίου του υπερπλασίου είναι αντιστραμμένο δηλ της μορφής -3 -3 +3 +3 +3 -3 +3 -3 +3.

### 6.3.3 LAP-D

Σε επίπεδο σύνδεσης δεδομένων το ISDN Data Link Layer ορίζεται από τις προδιαγραφές του ITU Q.920 - Q.923. Στο επίπεδο αυτό το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το LAP-D (Link Access Protocol - D κανάλι ). Είναι παρόμοιο προς το πρωτόκολλο LAP-B που χρησιμοποιείται στα δίκτυα X.25. Η δομή του πλαισίου σε αυτό το επίπεδο είναι η εξής.



Η σημαία αποτελείται από 8 bits και έχει πάντα τη τιμή 7E16 (0111 11102). Η διεύθυνση αποτελείται από 16 bits όπως φαίνεται παρακάτω.



Τα πρώτα 6 bit αποτελούν το πεδίο SAPI (Service Access Point Identifier). Το πεδίο αυτό προσδιορίζει το σημείο που το Επίπεδο 2, το επίπεδο δηλαδή σύνδεσης δεδομένων παρέχει διασύνδεση στο Επίπεδο 3 Δικτύου . Το C/R (Command/Response) πεδίο είναι 1 bit που δείχνει αν πρόκειται για πλαίσιο εντολής ή απάντησης. Ο δείκτης EA0 (Address Extension) του 1 bit δείχνει αν αυτό είναι η πρώτη ή η δεύτερη οκτάδα της διεύθυνσης.

Στη δεύτερη οκτάδα τα 7 πρώτα bit είναι ο προσδιοριστής TEI (Terminal Endpoint Identifier). Ο προσδιοριστής αυτός είναι μοναδικός για κάθε τερματική συσκευή στη διασύνδεση των σημείων αναφοράς S και T του ISDN S/T. Ο προσδιοριστής αυτός μπορεί να είναι είτε δυναμικός ή να ορίζεται στατικά σε μια συσκευή. Η δεύτερη



οκτάδα τελειώνει με το EA1 (Address Extension) bit που δείχνει το τέλος της διεύθυνσης.

Ο Έλεγχος αποτελείται από 2 οκτάδες και είναι ένα πεδίο ελέγχου που προσδιορίζει τον τύπο του πλαισίου που μεταδίδεται. Η Πληροφορία είναι το τμήμα που περιέχει τις πληροφορίες του πρωτόκολλου του Επιπέδου 3 του Δικτύου και πληροφορίες του χρήστη. Το τμήμα CRC (Cyclic Redundancy Check) αποτελείται από 2 οκτάδες και είναι ένα πεδίο ελέγχου σφαλμάτων ροής bit σε χαμηλό επίπεδο για τα δεδομένα του χρήστη. Τέλος το πλαίσιο καταλήγει πάλι σε έναν δείκτη (Flag) της μιας οκτάδας που έχει πάντα την τιμή 7E16 (0111 11102).

Η διαδικασία αρχικοποίησης μιας σύνδεσης στο Επίπεδο Σύνδεσης περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Η τερματική συσκευή TE και το Δίκτυο αρχικά ανταλλάσσουν πλαίσια Receive Ready (RR) περιμένοντας να ξεκινήσει κάποια σύνδεση.
2. Η τερματική συσκευή στέλνει ένα πλαίσιο UI (Unnumbered Information) με τιμές στα πεδία SAPI 63 και TEI 127.
3. Το δίκτυο ορίζει δυναμικά έναν προσδιοριστή τερματικής συσκευής TEI (με τιμή από 64 μέχρι 126).
4. Η τερματική συσκευή στέλνει ένα πλαίσιο SABME (Set Asynchronous Balanced Mode) με τιμές για τα πεδία SAPI 0 (που αντιστοιχεί σε SETUP) και TEI την τιμή που έχει αναθέσει το δίκτυο.
5. Το δίκτυο απαντάει με ένα πλαίσιο UA (Unnumbered Acknowledgement), με τιμές SAPI=0 και TEI την παραπάνω τιμή.

Από το σημείο αυτό η σύνδεση είναι έτοιμη για την αρχικοποίηση του Επιπέδου 3. Σε επίπεδο Δικτύου (3) το ISDN καθορίζεται από τις προδιαγραφές ITU Q.930 - Q.939. Στο Επίπεδο 3 πραγματοποιείται η εγκατάσταση, συντήρηση και τερματισμός μιας λογικής σύνδεσης δικτύου μεταξύ δύο συσκευών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των SPIDs (Service Profile IDs). Οι προσδιοριστές αυτοί χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις υπηρεσίες και τα χαρακτηριστικά που παρέχει ο τηλεπικοινωνιακός φορέας στην συσκευή ISDN. Οι προσδιοριστές αυτοί είναι προαιρετικοί και μπορεί να χρησιμοποιηθούν μόνο κατά την αρχικοποίηση της σύνδεσης. Συνήθως αυτό που στην πραγματικότητα χρησιμοποιείται είναι ο 10ψήφιος τηλεφωνικός αριθμός της

ISDN γραμμής με ένα πρόθεμα και ένα επίθεμα. Η δομή των δεδομένων περιγράφεται στο πρωτόκολλο ITU Q.931 και παρουσιάζεται παρακάτω:

Τμήμα Πληροφορίας							
1	2	3	4	5	6	7	8
Προσδιοριστής Πρωτοκόλλου							
0	0	0	0	Μήκος του CRV			
CRV (8 ή 16 bits)							
0	Τύπος Μηνύματος						
Υποχρεωτικά ή Προαιρετικά Πληροφοριακά Στοιχεία							

Στην κεφαλίδα λοιπόν του πρωτοκόλλου Q.931 περιέχονται τα εξής:

- Προσδιοριστής Πρωτοκόλλου (8 Bits) – Προσδιορίζει το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί στο Επίπεδο Δικτύου. Στην περίπτωση του Q.931 περιέχει την τιμή 0816.
- Μήκος CRV (8 Bits) – Προσδιορίζει το μήκος του πεδίου CRV.
- Πεδίο Αναφοράς Κλήσης (Call Reference Value - CRV) (8 / 16 Bits) – Χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει μοναδικά κάθε κλήση στη σύνδεση χρήστη με το δίκτυο.
- Τύπος Μηνύματος (8 Bits) – Προσδιορίζει τον τύπο του μηνύματος (SETUP, CONNECT κτλ.).
- Υποχρεωτικά ή Προαιρετικά Πληροφοριακά Στοιχεία (μεταβλητού μήκους) – Εξαρτώνται από τον τύπο του μηνύματος.

## 6.4 To Frame Relay

Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου (Frame Relay) αποτελεί μια αποδοτική τεχνική μετάδοσης δεδομένων για την αποστολή ψηφιακών πληροφοριών γρήγορα και φθηνά με την αποστολή πλαισίων (frames) σε έναν ή περισσότερους προορισμούς και από πολλά σημεία. Οι παροχείς υπηρεσιών δικτύου χρησιμοποιούν το Frame Relay σαν μια τεχνική ενσωμάτωσης φωνής και δεδομένων ανάμεσα σε τοπικά δίκτυα μέσω ενός Δικτύου Ευρείας Περιοχής και στηρίζεται στην μεταγωγή πακέτου. Λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα του OSI και επιτυγχάνει ρυθμούς μετάδοσης από

56.Kbps ως 2 Mbps. Ορίζεται από το ITU στο πρότυπο Q.922, το οποίο καθορίζει τη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση του πλαισίου, την απόρριψη των πλαισίων που περιέχουν λάθη, την πολυπλεξία και τη διαχείριση της κυκλοφορίας.

Το Frame Relay δίκτυο διαχειρίζεται τη μετάδοση δεδομένων μέσω ενός καναλιού το οποίο είναι διαθέσιμο σε όλους τους χρήστες. Αρχικά το frame relay σχεδιάστηκε ως μια οικονομική υπηρεσία μετάδοσης δεδομένων μεταξύ Τοπικών Δικτύων μέσω ενός WAN. Σχεδιάστηκε ως μια επέκταση του ISDN (Integrated Services Digital Network) και ως ένα μέσο μετάβασης από τη τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος στην τεχνολογία μεταγωγής πακέτων ενώ τελικά κατέληξε σαν μια φθηνή τεχνολογία υλοποίησης δικτύων WAN. Το Frame Relay σήμερα μπορεί να υποστηρίξει σύγχρονα μέσα μετάδοσης όπως οι οπτικές ίνες, ωστόσο έχει αρχίσει να αντικαθίσταται με νεότερες τεχνολογίες όπως οι τεχνολογίες MPLS, VPN, DSL και τα καλωδιακά modem.

Το Frame relay τοποθετεί τα δεδομένα σε μονάδες διαφορετικού μεγέθους που ονομάζονται πλαίσια (frames) και αφήνει τη διόρθωση λαθών στην αρμοδιότητα των δύο άκρων της σύνδεσης. Ο έλεγχος ροής εκτελείται από πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων. Για τις περισσότερες υπηρεσίες χρησιμοποιείται ένα Μόνιμο Εικονικό Κύκλωμα (permanent virtual circuit - PVC), πράγμα που σημαίνει ότι ο χρήστης αντιλαμβάνεται μια μόνιμη συνεχή σύνδεση χωρίς να πληρώνει για μισθωμένη αποκλειστική γραμμή σύνδεσης ενώ χρεώνεται ανάλογα το βαθμό χρήσης. Επίσης είναι δυνατή η επιλογή του επιπέδου υπηρεσιών και της προτεραιότητας κάποιων πλαισίων έναντι άλλων. Το Frame relay μπορεί να λειτουργήσει μέσω ενός συστήματος μετάδοσης T-1 ή ενός T-carrier. Θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε το Frame relay σαν μια υπηρεσία μεταξύ του ISDN το οποίο προσφέρει μόνο 128 kbit/s στη βασική του μορφή και του ATM που προσφέρει πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες (155.520 Mbit/s - 622.080 Mbit/s).

Το Frame relay βασίζεται τεχνολογικά στο παλαιότερό του X.25. Λειτουργεί στο Επίπεδο 2 του OSI μοντέλου σε αντίθεση με το X.25, το οποίο λειτουργεί στο Επίπεδο 3. Το X.25 είχε σχεδιασθεί για τη μετάδοση αναλογικών δεδομένων όπως φωνητικά δεδομένα. Αντίθετα το frame relay σχεδιάστηκε στο να μεταδίδει γρήγορα πακέτα δίχως να ελέγχει την ύπαρξη λαθών για να εξοικονομήσει χρόνο. Όταν σε ένα

πλαίσιο διαγνωσθεί σφάλμα, το δίκτυο frame relay απλά σβήνει το frame. Τα δύο άκρα έχουν την ευθύνη του ελέγχου και της επαναμετάδοσης των χαμένων πακέτων.

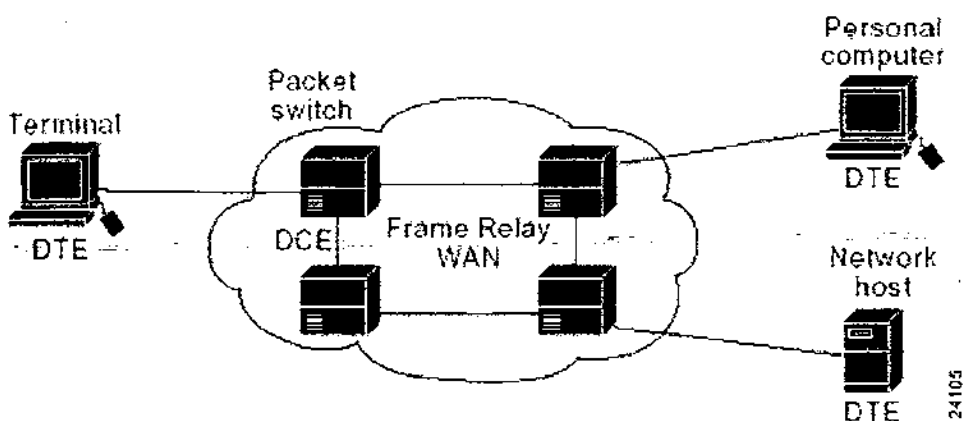
### 6.4.1 Συσσκευές

Ένα δίκτυο αναμετάδοσης πλαισίου αποτελείται από τις εξής συσκευές:

- Συσσκευές συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης του πλαισίου (Frame Relay Access Devices-FRAD, Frame Relay Assembler/ Disassembler),
- Συσσκευές δρομολόγησης πλαισίων (frame routers),
- Γέφυρες και διακόπτες.

Οι δρομολογητές πλαισίων μεταφράζουν τα υπάρχοντα επικοινωνιακά πρωτόκολλα για μετάδοση σε δίκτυο αναμετάδοσης πλαισίου, και στη συνέχεια δρομολογούν την κυκλοφορία στο δίκτυο σε έναν άλλον δρομολογητή πλαισίου ή σε άλλη συμβατή συσκευή.

Οι συσκευές χωρίζονται σε τερματικού εξοπλισμού (data terminal equipment- DTE και συσκευές τερματισμού κυκλώματος (data circuit-terminating equipment-DCE). Η σύνδεση αποτελείται από ένα στοιχείο του φυσικού επιπέδου που καθορίζει τις μηχανικές, ηλεκτρικές, λειτουργικές και διαδικαστικές προδιαγραφές για τη σύνδεση των συσκευών και ένα του επιπέδου διασύνδεσης δεδομένων που καθορίζει το πρωτόκολλο που θα εδραιώσει τη σύνδεση μεταξύ μιας DTE συσκευής (router) και μιας DCE συσκευής (switch).



ΣΧΗΜΑ 23. Δίκτυο Frame Relay

Στην επικοινωνία με μεταγωγή πακέτου χρησιμοποιείται όπως είδαμε και στο X.25 ένα εικονικό κύκλωμα μεταγωγής πακέτου. Η σύνδεση μεταξύ κάθε ζεύγους συσκευών DTE γίνεται σε λογικό επίπεδο και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ένας αναγνωριστής σύνδεσης (connection identifier). Τα Εικονικά κυκλώματα από μια DTE συσκευή σε μία άλλη και προσδιορίζονται μοναδικά από έναν data-link connection identifier (DLCI). Σε ένα εικονικό κύκλωμα μπορούν να υπάρχουν πολλές ενδιάμεσες DCE συσκευές οι οποίες βρίσκονται μέσα στο frame relay packet switched network (PSN). Όμοια με το X.25 τα VC χωρίζονται σε μεταγωγίμα (switched ) και μόνιμα (permanent), τα οποία λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο.

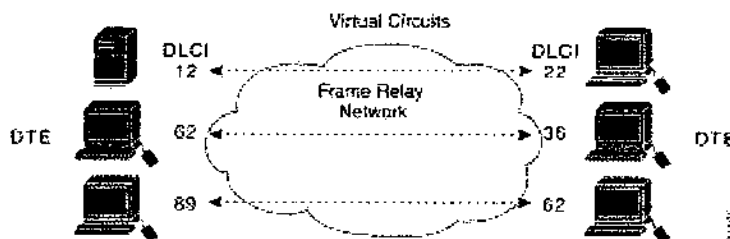
Τα πακέτα στο Frame relay αποστέλλονται στο Επίπεδο 2 του OSI μοντέλου, το Επίπεδο Σύνδεσης δεδομένων. Ένα πακέτο μπορεί να ενσωματώσει πακέτα που προέρχονται από διαφορετικά πρωτόκολλα όπως το Ethernet ή το X.25 ενώ το μέγεθος του ενός πακέτου από το άλλο μπορεί να έχει διαφορά και 1000 byte.

#### 6.4.2 Δομή Πακέτου

Οι μεταγωγείς στο Frame Relay δημιουργούν εικονικά κυκλώματα για τη σύνδεση LAN σε ένα WAN. Το δίκτυο Frame Relay λειτουργεί ανάμεσα σε μια πύλη ενός δικτύου LAN που είναι συνήθως ένας router και του μεταγωγέα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των πακέτων ανάμεσα στους μεταγωγείς ποικίλει από μέσο σε μέσο κι αυτό διότι το Frame Relay δεν εμπλέκεται στο μηχανισμό μεταφοράς του φυσικού μέσου. Η δομή ενός πακέτου Frame-relay είναι ουσιαστικά παρόμοια με αυτή ενός LAP-D με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει το πεδίο ελέγχου. Έτσι κάθε πακέτο αποτελείται από τα εξής:

1. Πεδίο Σημείας. Το πεδίο σημείας χρησιμοποιείται για να επιτυγχάνεται συγχρονισμός στη σύνδεση δεδομένων με τη σήμανση της έναρξης και λήξης του πακέτου χρησιμοποιώντας τη χαρακτηριστική ακολουθία 01111110 διασφαλίζοντας επίσης με κάποια διαδικασία ότι η συγκεκριμένη ακολουθία δε θα εμφανίζεται μέσα στο πακέτο.

2. Πεδίο Διεύθυνσης. Κάθε διεύθυνση μπορεί να καταλαμβάνει από την οκτάδα bit 2 μέχρι την 3, από τη 2 μέχρι την 4 ή από τη 2 μέχρι την 5, ανάλογα με το μέγεθος της διεύθυνσης που χρησιμοποιείται. Μια διεύθυνση δύο οκτάδων χρησιμοποιείται για τα πεδία EA (ADDRESS FIELD EXTENSION BITS) και C/R (COMMAND/RESPONSE BIT).
3. Προσδιοριστής Σύνδεσης DLCI (Data Link Connection Identifier Bits). Ο προσδιοριστής DLCI χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της εικονικής σύνδεσης έτσι ώστε το τελικό άκρο της σύνδεσης να γνωρίζει σε ποια σύνδεση ανήκει το συγκεκριμένο πακέτο. Το DLCI έχει μόνο τοπική σημασία και χρησιμοποιείται επειδή μέσω μιας φυσικής σύνδεσης μπορούν να πολυπλεχθούν πολλές εικονικές συνδέσεις. Δύο DTE συσκευές που συνδέονται με ένα VC μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικά DLCI για να αναφερθούν στην ίδια συσκευή. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 24.



**ΣΧΗΜΑ 24. Προσδιοριστής Σύνδεσης DLCI**

4. Πεδία αναφοράς συμφόρησης FECN, BECN και DE. Χρησιμοποιούνται για την αναφορά συμφόρησης:
  - a. FECN (Forward Explicit Congestion Notification bit)
  - b. BECN (Backward Explicit Congestion Notification bit)
  - c. DE (Discard Eligibility bit)
5. Πεδίο Πληροφορίας. Ένα σύστημα παραμέτρων ορίζει το πλήθος των δεδομένων που μπορεί ένα πλαίσιο να ενσωματώσει. Οι hosts μπορούν να διαπραγματευτούν το πραγματικό μέγιστο πλήθος κατά τη διάρκεια της κλήσης εγκατάστασης. Οι προδιαγραφές θέτουν σαν μέγιστο μέγεθος πεδίου τουλάχιστον τις 262 οκτάδες. Αφού τα πρωτόκολλα συνήθως λειτουργούν στη λογική των μεγαλύτερων δυνατών ομάδων, το frame relay συνιστά το μέγεθος της κάθε ομάδας να είναι τουλάχιστον 1600 οκτάδες έτσι ώστε να αποφεύγεται από πλευράς τελικών χρηστών ο τεμαχισμός και επανασύνδεση πολλών ομάδων.

6. Πεδίο FCS (Frame Check Sequence). Εφόσον δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί πλήρως το ρυθμός σφαλμάτων για το δίκτυο, ο κάθε κόμβος μεταγωγής υλοποιεί έναν μηχανισμό εντοπισμού λαθών έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος των επαναμεταδιδόμενων πακέτων. Ο μηχανισμός αυτός βασίζεται στον αλγόριθμο CRC (cyclic redundancy check).

Το δίκτυο frame relay χρησιμοποιεί ένα απλούστερο πρωτόκολλο παραλείποντας τον έλεγχο ροής δεδομένων από σύνδεση σε σύνδεση και προσφέροντας έτσι καλύτερη απόδοση ταχύτητας. Σε περιπτώσεις μεγάλου φόρτου του δικτύου, η υπερφόρτωση του δικτύου frame relay μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση κάποιους κόμβους. Γι αυτό το λόγο τα δίκτυα frame-relay πρέπει να έχουν κάποιο μηχανισμό για να ελέγχουν τη συμφόρηση.

Τα παρακάτω είναι τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο της συμφόρησης:

- Έλεγχος Υποδοχής. Αποτελεί το βασικό μηχανισμό ελέγχου των πόρων του δικτύου για να δεχθεί μια νέα σύνδεση και χρησιμοποιείται για να επιτύχει υψηλή απόδοση. Το δίκτυο αποφασίζει το αν θα δεχτεί μια αίτηση για νέα σύνδεση βασιζόμενο στη σχέση ανάμεσα στον απαιτούμενο δείκτη κίνησης και τη δυνατή χωρητικότητα του δικτύου. Ο δείκτης κίνησης αποτελείται από ένα σύνολο παραμέτρων που βασίζονται σε στατιστικά στοιχεία. Αποτελείται από τρεις δείκτες, τον CIR, τον BC και τον BE.
- Committed Information Rate (CIR). Πρόκειται για το μέσο ρυθμό μετάδοσης (bps) με τον οποίο εγγυάται το δίκτυο ότι θα μεταφερθούν τα δεδομένα σε ένα χρονικό διάστημα T. Αυτό το διάστημα T ορίζεται ως  $T = BC/CIR$ .
- Committed Burst Size (BC). Πρόκειται για τον μέγιστο αριθμό μονάδων πληροφορίας που μπορούν να μεταδοθούν σε ένα διάστημα T.
- Excess Burst Size (BE). Πρόκειται για το μέγιστο αριθμό μη εγγυημένων μονάδων πληροφορίας που θα επιχειρήσει το δίκτυο να μεταδώσει στο διάστημα T.

Από τη στιγμή που το δίκτυο έχει εγκαταστήσει μια σύνδεση, παρακολουθείται η ροή δεδομένων έτσι ώστε να μην υπερβεί τις δυνατότητές του. Ο φόρτος του δικτύου μειώνεται χρησιμοποιώντας απλούς μηχανισμούς ενημέρωσης. Παρόλα αυτά για τον

έλεγχο συμφόρησης χρησιμοποιούνται δύο διαδικασίες: η forward explicit congestion notification (FECN) και η backward explicit congestion notification (BECN).

Οι παραπάνω διαδικασίες ελέγχονται από ένα bit το οποίο περιέχεται στο πεδίο διεύθυνσης της επικεφαλίδας frame relay. Στην επικεφαλίδα περιέχει και ένα discard eligibility bit (DE), το οποίο χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει ποια πακέτα μπορούν να μην αποσταλούν σε περίπτωση συμφόρησης.

Ο μηχανισμός ελέγχου αρχίζει να λειτουργεί όταν μία DTE συσκευή στείλει πακέτα στο δίκτυο. Αν στο δίκτυο υπάρχει συμφόρηση, οι DCE συσκευές θα θέσουν στο FECN bit την τιμή 1. Όταν τα πακέτα φτάσουν στην DTE συσκευή προορισμού, ενημερώνουν ότι υπήρχε συμφόρηση στη διαδρομή. Η πληροφορία αποστέλλεται σε ένα πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου για επεξεργασία. Το BECN bit βρίσκεται επίσης στο πεδίο διευθύνσεων του πακέτου. Η τιμή του τίθεται 1 από τις συσκευές DCE στα πακέτα που πάνε αντίθετα με εκείνα στα οποία το FECN είναι 1. Αυτό ενημερώνει την DTE συσκευή προορισμού ότι ένα μονοπάτι έχει συμφόρηση. Και εδώ οι πληροφορίες αποστέλλονται σε πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου για επεξεργασία.

### **6.4.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα**

Όπως είπαμε το X.25 λειτουργεί στα επίπεδα 1, 2 και 3 του OSI ενώ το Frame Relay μόνο στα 1 και 2. Το Frame Relay σε σχέση με τον πρόγονό του X.25 έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Η καθυστέρηση στη μετάδοση είναι πολύ μικρότερη από το X.25. Κι αυτό γιατί όπως είδαμε το Frame Relay απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία ελέγχου σφαλμάτων λόγω του ότι στηρίζεται σε πιο αξιόπιστα μέσα επικοινωνίας. Αντίθετα το X.25 είχε μεγάλες καθυστερήσεις και χαμηλό ρυθμό μετάδοσης λόγω του εκτεταμένου ελέγχου σφαλμάτων που χρησιμοποιούσε. Έτσι ενώ στο X.25, ο έλεγχος γίνεται από κόμβο σε κόμβο στο Frame Relay ο έλεγχος γίνεται από τους τερματικούς εξοπλισμούς στο τέλος κάθε συνδέσμου. Αυτό βέβαια σημαίνει ότι το X.25 παραμένει πολύ πιο αξιόπιστο από το Frame Relay στις περιπτώσεις όπου το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο που χρησιμοποιείται είναι απαρχειωμένο.



Επίσης η χρήση του Frame Relay είναι πολύ ευρύτερη από αυτή του X.25. Το Frame Relay είναι ικανό να μεταδώσει φωνή κάτι το οποίο δεν ισχύει στην περίπτωση του X.25 ενώ επίσης έχει δυνατότητες για εφαρμογές αλληλεπίδρασης (interaction) κάτι που είναι πάρα πολύ δύσκολο στην περίπτωση του X.25 λόγω της ταχύτητάς του. Επιπλέον το Frame Relay μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη μετάδοση σε τοπικά δίκτυα κάτι που είναι σχεδόν απαγορευτικό στο X.25 λόγω ταχύτητας. Τέλος σαν υλοποίηση το X.25 μπορεί να παραμένει η πιο φθηνή τεχνολογία αλλά συγκριτικά με το Frame Relay η δυσκολία υλοποίησης είναι μεγαλύτερη [Stallings W, 1996].

## **6.5 Σύγχρονη και Ασύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία**

Η ψηφιακή μετάδοση σημάτων πληροφορίας, όπως τα φωνητικά δεδομένα ή δεδομένα εικόνας, τα οποία είναι από τη φύση τους αναλογικά, απαιτεί τα σήματα αυτά να μετατραπούν σε ψηφιακά. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων με τη χρήση διαύλων επικοινωνίας ευρείας ζώνης είναι η Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM pulse-code modulation) με βασικά στάδια της διαμόρφωσης τη δειγματοληψία (sampling), τη κβαντοποίηση (quantizing), και τη κωδικοποίηση (encoding).

Με τη δειγματοληψία και την κβαντοποίηση, ένα συνεχές σήμα αναπαρίσταται σε ένα διακριτό σύνολο τιμών. Τα δείγματα κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας 8 bits. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών δειγματοληψιών του ίδιου σήματος ονομάζεται πλαίσιο (frame) και ισούται με  $1/8000 \text{ Hz} = 125 \mu\text{s}$ . Στο διάστημα αυτό μεταδίδονται κωδικοποιημένα τα δείγματα όλων των καναλιών του συστήματος. Στην Ευρώπη ένα πλαίσιο περιλαμβάνει 32 κανάλια και ονομάζεται Πρώτης Τάξης ενώ στο αμερικάνικο PCM σύστημα 24. Συνεπώς στην Ευρώπη η διάρκεια ενός καναλιού είναι  $125/32=3,9\mu\text{s}$ . Το διάστημα αυτό ονομάζεται χρονοθυρίδα (Time slot) και υποδιαιρείται σε 8 τμήματα, ένα για κάθε bit. Με τη χρήση πολυπλεξίας προκύπτουν συστήματα PCM δεύτερης, τρίτης κ.ο.κ. τάξης.

Η πολυπλεξία οδηγεί σε συστήματα PCM ανώτερης τάξης. Τα πλησιοσύγχρονα συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη είναι τα εξής:

- Σύστημα DS-1E πρώτης τάξης με ρυθμό 2,046 Mbit/s
- Συστήματα DS-2E δεύτερης τάξης που προκύπτουν από την πολύπλεξη τεσσάρων συστημάτων PCM πρώτης τάξης και υποστηρίζουν  $4 \times 32 = 120$  κανάλια και παροχή 8,448 Mbit/s
- Συστήματα DS-3E τρίτης τάξης που υποστηρίζουν  $4 \times 120 = 480$  κανάλια και παροχή 34,368 Mbit/s
- Συστήματα DS-4E τετάρτης τάξης που προκύπτουν από την πολύπλεξη τεσσάρων συστημάτων PCM τρίτης τάξης και υποστηρίζουν  $4 \times 480 = 1920$  κανάλια και παροχή 139,264 Mbit/s.

Σε Αμερική και Ιαπωνία επειδή το PCM πρώτης τάξης αποτελείται από 24 κανάλια έχουμε τα εξής συστήματα ανώτερης τάξης:

- Σύστημα DS-1 πρώτης τάξης με ρυθμό 1,544 Mbit/s
- Συστήματα DS-2 δεύτερης τάξης που υποστηρίζουν  $4 \times 24 = 96$  κανάλια και παροχή 6,312 Mbit/s
- Συστήματα DS-3 τρίτης τάξης που υποστηρίζουν  $5 \times 96 = 480$  κανάλια και παροχή 32,064 Mbit/s ή  $7 \times 96 = 672$  κανάλια και παροχή 44,736 Mbit/s.

Τα διάφορα πλησιοσύγχρονα συστήματα που χρησιμοποιούνται δημιούργησαν μια πλησιόχρονη ψηφιακή ιεραρχία. Το 1998 η CCITT καθιέρωσε μια τυποποίηση ψηφιακών συστημάτων για μια ενιαία ψηφιακή ιεραρχία σύγχρονης μετάδοσης SDH (Synchronous Digital Hierarchy) παγκοσμίως. Συγκεκριμένα καθιερώθηκε το πλαίσιο σύγχρονου τρόπου μεταφοράς STM (Synchronous Transfer Mode) με ταχύτητα 155520 kbit/s που προκύπτει τόσο από την ευρωπαϊκή όσο και από την αμερικανική πλησιοχρονη ιεραρχία. Τα σήματα που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία της πολυπλεξίας στο SDH είναι σήματα του PDH. Το αποτέλεσμα της πολυπλεξίας είναι η δημιουργία ενός STM πλαισίου. Ο όρος σύγχρονη στο SDH προέρχεται από το γεγονός ότι η διαδικασία της πολυπλεξίας πλησιοσύγχρονων σημάτων (plesiochronous tributaries) για το σχηματισμό των STM-*n* πλαισίων (τα πλαίσια μετάδοσης του SDH) έχει σύγχρονη δομή.

Από τα πλαίσια STM-1 δημιουργούνται τα συστήματα STM ανώτερης τάξης. Αν  $n$  από αυτά τα πλαίσια συγχωνευτούν, παράγεται ένα STM- $n$  πλαίσιο. Στο παρακάτω σχήμα ( σχήμα 25) φαίνεται η ταχύτητα μετάδοσης των διαφόρων συστημάτων STM.

Πλαίσιο SDH	Ρυθμός μετάδοσης (Kbit/s)
Ραδιοηλεκτρική και δορυφορική μετάδοση	51840
STM-1	155520
STM-4	622080 1224160
STM-16	2488320
STM-64	9953280

**ΣΧΗΜΑ 25. Συστήματα STM ανώτερης τάξης**

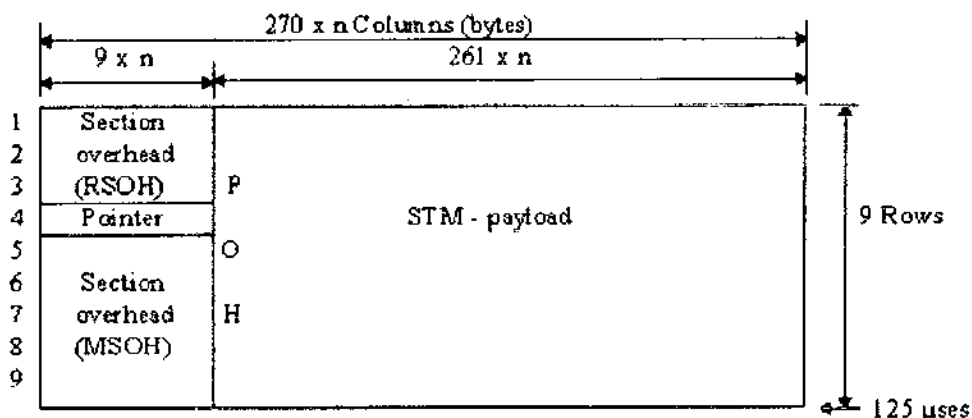
Η συγχώνευση των STM-1 πλαισίων για τη δημιουργία του STM- $n$  πλαισίου στηρίζεται στην τεχνική της πολυπλεξίας με διαπλοκή των bytes (byte-interleaved-multiplexing), η οποία σχηματίζει τη  $m$ -ιοστή  $n$ -άδα bytes του STM- $n$  από τα ( $n$  τον αριθμό)  $m$ -ιοστά bytes των επιμέρους STM-1 πλαισίων (η σειρά με την οποία λαμβάνονται τα  $n$  bytes από τα STM-1 πλαίσια είναι πάντοτε σταθερή).

Η στοιχειώδης μονάδα πληροφορίας στη δομή της σύγχρονης πολυπλεξίας είναι το container στο οποίο αποθηκεύονται όλα τα Ευρωπαϊκά και Αμερικανικά πλησιόχρονα σήματα πριν την πολυπλεξία. Η προσθήκη στο container ενός header που περιέχει πληροφορία για το μονοπάτι (POH - Path OverHead), καταλήγει στη δημιουργία ενός νοητού container (VC - Virtual Container). Το ωφέλιμο φορτίο (payload) που το STM-1 πλαίσιο μπορεί να μεταφέρει μπορεί να είναι ένα VC-4 (νοητό container προερχόμενο από ένα DS-4 σήμα). Τότε, το ωφέλιμο φορτίο (payload) του STM-1 πλαισίου αποτελείται από μια στήλη των 9 bytes για το POH ακολουθούμενη από 260 στήλες των 9 bytes για το ωφέλιμο φορτίο (payload) του VC-4. Το ωφέλιμο φορτίο (payload) μπορεί να είναι και τρία VC-3 (νοητό container προερχόμενο από

ένα DS-3 σήμα) και να αποτελείται από μία σταθερή 9-άδα από bytes (FOH - Fixed OverHead) ακολουθούμενη από τρία VC-3 σήματα.

Στο Σχήμα 17 φαίνεται η δομή του STM-1 πλαισίου. Εκτός από το ωφέλιμο φορτίο (payload), το STM πλαίσιο έχει τρεις ακόμα περιοχές:

- ✓ RSOH (Regenerator Section OverHead) που χρησιμοποιείται για να αυξήσει την αξιοπιστία μετάδοσης μεταξύ των αναμεταδοτών (regenerators)
- ✓ MSOH (Multiplexer Section OverHead) που μεταφέρει πληροφορία απαραίτητη για την πολυπλεξία και αποπολυπλεξία
- ✓ Περιοχή Pointer που δείχνει στην αρχή του VC-4 ή του VC-3, καθώς η διεύθυνση της αρχής αυτών δεν είναι σταθερή μέσα στο πεδίο ωφέλιμης πληροφορίας του STM πλαισίου (STM payload space).



**ΣΧΗΜΑ 26. Δομή του STM-n πλαισίου**

Η σύγχρονη ψηφιακή μετάδοση (SDH) διαφέρει από την πλησιοσύγχρονη (PDH) στο γεγονός ότι στο SDH τα DS-m σήματα πολυπλέκονται σε ένα μόνο στάδιο με τρόπο σύγχρονο, σε αντίθεση με το PDH όπου η πολυπλεξία είναι ασύγχρονη. Επειδή η πολυπλεξία ολοκληρώνεται σε ένα μόνο στάδιο, η προσθήκη ή αφαίρεση σημάτων από το πλαίσιο είναι εύκολη στο SDH σε αντίθεση με το PDH.

Επίσης, λόγω της ύπαρξης των pointers στο SDH, είναι εφικτός ο συγχρονισμός σε όλη την έκταση του δικτύου. Επιπρόσθετα η ύπαρξη ενός κοινού πλαισίου STM επιτρέπει τη συνύπαρξη Ευρωπαϊκών και Αμερικανικών DS-m σημάτων που μπορεί τελικά να οδηγήσει στην υλοποίηση ενός ενιαίου παγκόσμιου δικτύου.

Μια άλλη διαφορά ανάμεσα στο SDH και το PDH είναι ότι στο SDH τα STM-n πλαίσια μεταδίδονται σε τακτά διαστήματα των 125 μsec, ανεξάρτητα από την τιμή του n με αποτέλεσμα σήματα χαμηλών ταχυτήτων, όπως το DS-0 (φωνή), να μπορούν να ληφθούν άμεσα από το πλαίσιο. Τέλος παρόλο που η ποσότητα της προστιθέμενης πληροφορίας μπορεί να υπερβαίνει το 10% του STM πλαισίου, στο SDH σε αντίθεση με το PDH δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα λόγω των υψηλών ταχυτήτων.

### 6.5.1 Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς Δεδομένων - ATM

Το ATM προέρχεται από τα αρχικά της αγγλικής ορολογίας Asynchronous Transfer Mode που στα ελληνικά μεταφράζεται σαν Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς Δεδομένων. Πρόκειται για ένα αναπτυσσόμενο τηλεπικοινωνιακό πρότυπο για το ISDN ευρείας ζώνης (broadband) που προωθείται από πολλές μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρείες. Ήδη πολλοί ευρωπαϊκοί τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί έχουν επιλέξει το ATM σαν πλατφόρμα για την παροχή φτηνού ISDN ευρείας ζώνης (B-ISDN : BroadBand ISDN), ανάμεσά τους και ο ΟΤΕ.

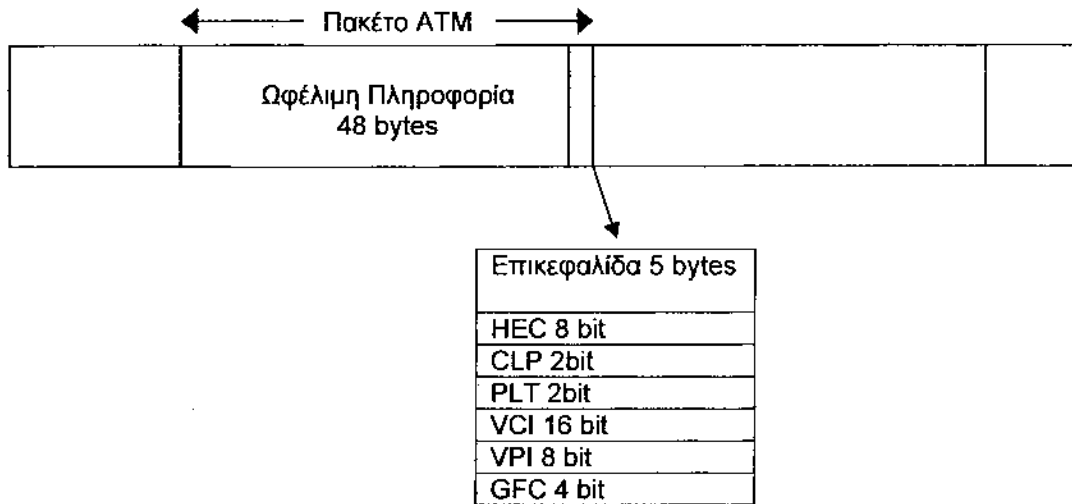
Το ATM είναι ένα από την οικογένεια των τηλεπικοινωνιακών προτύπων που εισήγαγαν την έννοια της **αναπήδησης πακέτου**, της **αναμετάδοσης πλαισίου** (frame relay) και τελευταία της **υπηρεσίας δεδομένων υψηλών ταχυτήτων με μεταγωγή** (Switched Multimegabit Data Service - SMDS). Το Frame Relay είναι το πρωτόκολλο μεταβίβασης δεδομένων με τη μορφή πλαισίων, χρησιμοποιώντας υψηλές ταχύτητες μέσω του δικτύου ATM, με απλές διαδικασίες μεταγωγής, αξιοποιώντας την καλύτερη ποιότητα των μέσων μετάδοσης. Ο συνδυασμός ATM/Frame Relay παρέχει τη δυνατότητα διακίνησης όλων των πολυμεσικών μορφών πληροφορίας όπως φωνή δεδομένα, εικόνα και κινούμενη εικόνα (βίντεο).

Η τεχνολογία πίσω από το ATM δεν αποτελεί κάτι καινούργιο - είναι στην ουσία παρεμφερής του STM (Synchronous Transfer Mode) το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στα τηλεφωνικά δίκτυα. Ξεκίνησε δε από την ανάγκη να καλυφθούν οι τηλεπικοινωνιακές ανάγκες της ολοένα και αυξανόμενης κοινωνίας της πληροφορίας, και των ανθρώπινων αναγκών για ανεπτυγμένα τηλεπικοινωνιακά μέσα.

Το ATM επιτρέπει τη μετάδοση σημάτων με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης για την εξυπηρέτηση υπηρεσιών είτε στενής είτε ευρείας ζώνης. Είναι μία τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφοριών σε πακέτα ή κυψέλες (cells) των 53 ψηφιοσυλλαβών (bytes). Ανάλογα με το εύρος ζώνης χρησιμοποιείται μεγαλύτερος ή μικρότερος αριθμός πακέτων. Μία κυψέλη (cell) αποτελείται από την επικεφαλίδα (header – 5 bytes) που περιλαμβάνει χρήσιμες πληροφορίες δρομολόγησης της κυψέλης μέσα στο δίκτυο και τις πληροφορίες του χρήστη (payload – 48 bytes). Η τεχνολογία ATM είναι συνδεσμική (connection-oriented). Αυτό σημαίνει ότι πριν αρχίσει η μετάδοση πληροφοριών, πρέπει να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ των δύο σημείων του δικτύου. Το δίκτυο ATM αποτελείται από ένα αριθμό μεταγωγέων (switches) οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους με πολύ υψηλές ταχύτητες (155 ή 622 Mbps) είτε με απευθείας συνδέσεις οπτικών ινών είτε μέσω συστημάτων μετάδοσης Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας (γνωστά σαν SDH). Η ταχύτητα των ATM δικτύων προβλέπεται να φτάσει τα 2,5 Gbps. Η σύνδεση μεταξύ δύο σημείων στο δίκτυο υλοποιείται με ένα Μόνιμο Νοητό Κύκλωμα (permanent virtual circuit– PVC). Τα Μόνιμα Νοητά Κυκλώματα μπορεί να είναι:

- MNK Μεταγωγής Πλαισίων (FR PVC)
- MNK ATM Σταθερού Ρυθμού (ATM CBR PVC)
- MNK ATM Μεταβλητού Ρυθμού (ATM VBR PVC)

Το πρωτόκολλο ATM, είναι δύσκολο να ενταχθεί σε κάποιο επίπεδο του OSI. Στην πράξη το ATM δανείζεται στοιχεία από τρία διαδοχικά επίπεδα στην ιεραρχία OSI, το δεύτερο (επίπεδο σύνδεσης δεδομένων) γιατί βρίσκεται ακριβώς πάνω από το υλικό και μιλάει κατ'ευθείαν με αυτό, το τρίτο (επίπεδο δικτύου) γιατί τροποποιεί τη συμπεριφορά του με τον έλεγχο ροής και τη δυναμική δρομολόγηση, και το τέταρτο (επίπεδο μεταφοράς) γιατί οι συνδέσεις είναι καθορισμένες από σημείο σε σημείο και έχουν αρχή και τέλος.



**ΣΧΗΜΑ 27 . Δομή ενός πακέτου ATM**

Στο Σχήμα 27 βλέπουμε τη δομή ενός πακέτου ATM. Οι έννοιες SDU (Service Data Unit) και PDU (Protocol Data Unit) αναφέρονται σε μονάδες μεταφοράς πληροφορίας. Σε ένα πακέτο ATM η SDU είναι η ωφέλιμη πληροφορία που αποτελείται από 48 bytes ενώ η PDU είναι η επικεφαλίδα που περιέχει 5 bytes. Στην επικεφαλίδα τα πεδία VCI (Virtual Channel Identifier) VPI (Virtual Path Identifier) περιέχουν πληροφορίες για την αναγνώριση αντίστοιχα του νοητού καναλιού και της νοητής διαδρομής που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση. Το πεδίο HEC (Header Error Control) είναι το πεδίο ελέγχου σφάλματος επικεφαλίδας, το πεδίο CLP (Cell Loss Priority) καθορίζει ποια πεδία δεν πρέπει να χαθούν ενώ το PLT (Payload Type) διακρίνει τα ωφέλιμα πακέτα από τα κενά πακέτα χωρίς ωφέλιμη πληροφορία. Τέλος το GFC (Generic Flow Control) θα αναλαμβάνει να καθοδηγήσει τα πακέτα σε διαφορετικές τερματικές συσκευές.

### 6.5.2 Μετάδοση βασισμένη σε SDH

Αν σε φυσικό επίπεδο η μετάδοση γίνεται με SDH, τα ATM cells μεταδίδονται αφού πρώτα αποθηκευτούν στο STM-n πλαίσιο του SDH. Τα ATM cells μαζί με κάποια ανενεργά cells σχηματίζουν ένα σήμα ταχύτητας 149.760 Mbps το οποίο αποθηκεύεται στο χώρο ωφέλιμης πληροφορίας του VC-4 και τελικά μεταδίδεται με

τη μορφή ενός STM-n πλαισίου. Όλα τα bits των cells εκτός από του header υπόκεινται scrambling. Ο δέκτης εξάγει τις πληροφορίες συγχρονισμού από το STM-n πλαίσιο και στέλνει τα ATM cells στο ATM επίπεδο εκτελώντας την προηγούμενη διαδικασία με αντίστροφη σειρά. Η αρχή των cells σε κάθε πλαίσιο αποθηκεύεται στο POH (Path OverHead) και τα όρια των cells μπορούν να ανιχνευθούν είτε με τη χρήση του πεδίου HEC στο header του ATM cell ή με τη βοήθεια του POH. Οι λειτουργίες αυτοσυντήρησης παρέχονται από τα SOH (Section OverHead) και POH (Path OverHead). Πλέον τα σύγχρονα δίκτυα προσανατολίζονται προς την μετάδοση βασισμένη σε SDH.

### **6.5.3 Μετάδοση βασισμένη σε PDH**

Όπως θα δούμε παρακάτω, για την μετάδοση σε ψηφιακό δίκτυο Broadband ISDN απαιτείται η δυνατότητα μεταφοράς ATM cells στη μορφή DS-m σημάτων του PDH. Η μετάδοση αυτού του είδους βασίζεται σε PDH και ονομάζεται και G.702. Σε φυσικό επίπεδο η μετάδοση είναι παρόμοια με αυτή της SDH-βασισμένης μετάδοσης, εκτός από το ότι χρησιμοποιούνται PDH σήματα για την αποθήκευση των ATM cells αντί για STM-n σήματα. Ο ρυθμός μετάδοσης cells εξαρτάται από το DS-m σήμα του PDH που χρησιμοποιείται. Πιο σημαντικά από τα σήματα που χρησιμοποιούνται για μετάδοση ATM cells, είναι τα DS-1 (1.544 Mbps), DS-1E (2.048 Mbps), DS-3E (34.368 Mbps), DS-3 (44.736 Mbps) και DS-4E (139.264 Mbps).

## **6.6 To DSL**

Το DSL (Digital Subscriber Line) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων σε υψηλή ταχύτητα, μέσω των ήδη υπάρχοντων τηλεφωνικών γραμμών, που μέχρι σήμερα εξυπηρετούσαν μόνο τις φωνητικές τηλεπικοινωνιακές ανάγκες του κόσμου.

Τα χάλκινα καλώδια του τηλεφωνικού δικτύου είναι τύπου συνεστραμμένων ζευγών (twisted pairs) και χρησιμοποιούνταν ανέκαθεν για τη μεταφορά φωνής. Παρόλα αυτά, ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4.000Hz.. Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ



μεγαλύτερο από αυτό της ανθρώπινης φωνής με αποτέλεσμα να μην αξιοποιείται η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός. Οι επιπλέον συχνότητες δεν είναι απαραίτητες για να γίνει μεταφορά μόνο της φωνής και γι αυτό στα μέχρι τώρα τηλεφωνικά δίκτυα με ειδικά φίλτρα αυτές αποκόπτονται, αφού μπορεί και να δημιουργήσουν θόρυβο κατά τη συνομιλία. Το εύρος αυτό των χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών μπορεί να εκμεταλλευτεί με τη χρήση ειδικών τεχνικών όπως αυτή του DSL.

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

Με το xDSL, η επικοινωνία γίνεται εξ' ολοκλήρου ψηφιακά, επιτρέποντας τη χρήση πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης για τη μεταφορά των δεδομένων, χάρη στη χρήση εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης σήματος, με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων από αυτές των συνηθισμένων dial-up συνδέσεων. Το xDSL επιτρέπει επίσης, τη χρήση ενός μέρους του εύρους για τη μεταφορά αναλογικού σήματος (φωνής), επιτρέποντας έτσι την ταυτόχρονη χρήση μιας φυσικής γραμμής για την τηλεφωνική σύνδεση, αλλά και τη μετάδοση δεδομένων.

Το DSL όπως είπαμε προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Digital Subscriber Line (Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή) και στην ουσία αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει με τη χρήση ειδικών modems το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης. Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει αναλογικό σήμα φωνής χρησιμοποιώντας τις χαμηλές και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα για τη μεταφορά δεδομένων. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε στις δύο άκρες της επικοινωνίας μπορούμε να επιτύχουμε διαφορετικές ταχύτητες. Με το DSL επιτυγχάνονται ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων μέχρι και 52,8 Mbps προς το χρήστη (downstream) και 2,3 Mbps από το χρήστη προς το Διαδίκτυο (upstream) καθώς ταυτόχρονα θα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής.

### 6.6.1 Το ADSL

Το ADSL, το οποίο προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Asymmetric Digital Subscriber Line. Η τεχνολογία ADSL εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας τη δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής. Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται με ασύμμετρο τρόπο, δηλαδή προσφέρει διαφορετικό ρυθμό για τη λήψη (μέχρι 8 Mbps downstream) και διαφορετικό για την αποστολή δεδομένων (640 kbps upstream). Το σημαντικότερο είναι ότι όλο το εύρος ζώνης είναι εξ' ολοκλήρου διαθέσιμο στον χρήστη. Ωστόσο η απόδοση του ADSL εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του χρήστη από τον τηλεπικοινωνιακό παροχέα και φθάνει τα:

- 1,5 Mbps για απόσταση 5,5 km
- 2,0 Mbps για απόσταση 4,9 km
- 6,3 Mbps για απόσταση 3,6 km
- 8,4 Mbps για απόσταση 2,7 km

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τηλεφωνικές γραμμές μεγάλου μήκους προκαλούν μεγάλη εξασθένιση στα σήματα υψηλών συχνοτήτων που μπορεί να φτάσει και τα 90 dB στο 1 MHz. Σε αυτή την περίπτωση είναι αρκετά δύσκολο για τα ADSL modems να μπορέσουν να διαχωρίσουν τα κανάλια και να κρατήσουν το θόρυβο σε χαμηλά επίπεδα.

Οι υψηλές ταχύτητες που παρέχει το ADSL οφείλεται κυρίως σε εξελιγμένους αλγορίθμους και στη βελτιωμένη ψηφιακή επεξεργασία σήματος, τα οποία συμπιέζουν σε μεγάλο βαθμό την πληροφορία που μεταδίδεται μέσα από τα υπάρχοντα--τηλεφωνικά καλώδια, --καθώς επίσης και στη βελτίωση των μετασχηματιστών, των αναλογικών φίλτρων και των μετατροπών σήματος (από αναλογικό σε ψηφιακό).

Για την πολύπλεξη των καναλιών επικοινωνίας τα ADSL modems χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης μιας τηλεφωνικής γραμμής με μια από τις ακόλουθες μεθόδους :

Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας (FDM-Frequency Division Multiplexing).

Όπως είδαμε η FDM χωρίζει το εύρος ζώνης ενός μέσου σε υποτμήματα, έτσι ώστε διαφορετικής συχνότητας σήματα να μεταδίδουν διαφορετικές πληροφορίες μέσω του ίδιου μέσου ταυτόχρονα. Στο ADSL ένα τμήμα της ζώνης δεσμεύεται για τα δεδομένα λήψης και χωρίζεται σε 256 διακριτά κανάλια σε φάσμα από 26 kHz μέχρι 1,2 MHz. Μια άλλη ζώνη δεσμεύεται για τα δεδομένα αποστολής. Το τμήμα για τα δεδομένα λήψης χωρίζεται επίσης με πολυπλεξία καταμερισμού χρόνου (TDM – Time Division Multiplexing) σε ένα ή περισσότερα κανάλια υψηλής ταχύτητας και σε ένα ή περισσότερα κανάλια χαμηλής ταχύτητας [Hasall 1996].

### 6.6.2 Συνδεσμολογίες ADSL

Για τη λειτουργία του ADSL απαιτείται η εγκατάσταση μιας συσκευής modem στον χρήστη της ADSL σύνδεσης. Ο τηλεπικοινωνιακός παροχέας της σύνδεσης τοποθετεί μία συσκευή στον πελάτη που ονομάζεται Network Interface Device (NID) η οποία αναλαμβάνει να κάνει το διαχωρισμό της συχνότητας της φωνής, που όπως είπαμε είναι στο φάσμα μεταξύ 0 - 4kHz και των υψηλότερων συχνοτήτων των DSL σημάτων από τα 25kHz μέχρι το 1,2MHz που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων. Ο διαχωριστής των διαφορετικών συχνοτήτων είναι ουσιαστικά ένα φίλτρο που δεν χρειάζεται παροχή ρεύματος και ακόμα και στην περίπτωση διακοπής παροχής ρεύματος.

Οι πιθανές συνδεσμολογίες είναι δύο ειδών, η splitter-based και η splitterless. Και στις δύο συνδεσμολογίες στον παραλήπτη φθάνει ένα δισύρματο καλώδιο. Στη splitter-based τεχνολογία απαιτείται η εγκατάσταση ενός διαχωριστή σήματος στο χώρο του συνδρομητή από τον παροχέα για το διαχωρισμό του σήματος φωνής από το σήμα που μεταφέρει τα δεδομένα. Το σήμα DSL (δεδομένων) διαχωρίζεται από τη γραμμή του τηλεφώνου και με διαφορετικό καλώδιο οδεύει προς το modem. Συνεπώς απαιτείται επιπλέον καλωδίωση εκτός από τον διαχωριστή σήματος. Το

καλώδιο του modem συνδέεται μέσω κάρτας διεπαφής (NIC-Network Interface Card) η οποία συνήθως είναι μία κάρτα ethernet ή ένα hub το οποίο θα συνδέεται σε τοπικό δίκτυο.

Από την άλλη στην splitterless τεχνολογία τα δύο σήματα δεν διαχωρίζονται. Η συσκευή modem του DSL συνδέεται απευθείας με την τηλεφωνική γραμμή, όπως και οι τηλεφωνικές συσκευές. Το modem περιέχει ειδικά chips που διαχωρίζουν τα σήματα δεδομένων από τα σήματα φωνής. Τα σήματα δεδομένων λειτουργούν σε χαμηλότερη ισχύ ώστε να μη δημιουργούν παρεμβολές στα σήματα της φωνής με αποτέλεσμα όμως η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μικρότερη σε σχέση με το splitter-based DSL. Επιπλέον, για να μπορέσουν οι τηλεφωνικές συσκευές να λειτουργήσουν, χρησιμοποιείται ένα φίλτρο μεταξύ της συσκευής και τη τηλεφωνικής γραμμής. Το φίλτρο αυτό παρεμποδίζει τα DSL σήματα δεδομένων έτσι ώστε να μην παρεμβάλλονται ως θόρυβος στη φωνητική επικοινωνία. Η συνδεσμολογία splitterless είναι γνωστή και ως "Universal DSL" ή "G.Lite" ή "DSL Lite".

- HDSL. Εκτός από την διαδεδομένη ειδικά στην Ελλάδα ADSL υπάρχουν και άλλοι τύποι xDSL σύνδεσης. Μια από αυτές είναι η HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) που υποστηρίζει ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων μέχρι 2 Mbps. Η HDSL σύνδεση σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρική, υποστηρίζει δηλαδή τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων τόσο για τη αποστολή όσο και για τη λήψη. Το μειονέκτημα στη σύνδεση είναι ότι τα δύο άκρα αποστολής και λήψης δεδομένων δε μπορούν να απέχουν μεταξύ τους πάνω από 3,5 km. Επιπλέον η λειτουργία του HDSL απαιτεί τη χρήση δύο ζευγών συνεστραμμένων καλωδίων και συνεπώς την εγκατάσταση δύο τηλεφωνικών γραμμών.
- SDSL. Παρόμοια με το HDSL, το SDSL, (Single-line Digital Subscriber Line) είναι μια τεχνολογία που υποστηρίζει ρυθμό μεταφοράς δεδομένων μέχρι 2 Mbps. Λέγεται Single-line γιατί απαιτεί μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού. Για αυτό, όμως, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3 km.

- VDSL. Το VDSL προέρχεται από τα αρχικά Very-high-data-rate Digital Subscriber Line και από το όνομά του είναι φανερό ότι υπόσχεται ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες. Βρίσκεται στη φάση ανάπτυξης και η ταχύτητα μετάδοσης κυμαίνονται για τη λήψη από 13 έως 52 Mbps και για την αποστολή από 1,5 έως 2,3 Mbps. Παρόλα αυτά θα υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στην μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του αγωγού και ανάλογα με την υλοποίηση, το VDSL δε θα μπορεί να ξεπερνά το 1,5 km . οι ρυθμοί μετάδοσης

Μία νέα έκδοση του ADSL, το ADSL2 παρέχει μια ακόμα μεγαλύτερη ταχύτητα κατεβάσματος μέχρι 12 Mbit/s για απόσταση λιγότερη των 2.5 km . Αυτό επιτυγχάνεται με καλύτερες τεχνικές Διόρθωσης σφαλμάτων και πλαισίωσης. Επιπλέον αυξημένη ταχύτητα παρέχει το νεότερο ADSL2+, ή αλλιώς ITU G.992.5, που επιτρέπει και ρυθμό μετάδοσης μέχρι 24 Mbit/s για απόσταση μικρότερη του 1.5 km διπλασιάζοντας το φάσμα του downstream καναλιού στα 2.2MHz. Το ακόμα ταχύτερο ADSL2/2+ μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητα θεωρητικά ίση με το αθροισμάτων των ταχυτήτων των γραμμών που χρησιμοποιούνται όπως για παράδειγμα μέχρι 50 Mbit/s για δυο γραμμές κοκ [www.cisco.com].

Πρότυπο	Κοινή Ονομασία	Ρυθμός Λήψης Δεδομένων	Ρυθμός Αποστολής Δεδομένων
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	8 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
ITU G.992.3/4	ADSL2	24 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.3/4 Annex J	ADSL2	12 Mbit/s	3.5 Mbit/s
ITU G.992.3/4 Annex L	RE-ADSL2	5 Mbit/s	0.8 Mbit/s
ITU G.992.5	ADSL2+	24 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.5 Annex L	RE-ADSL2+	24 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+	24 Mbit/s	3.5 Mbit/s

## 6.7 SONET/SDH

Τα σύγχρονα Οπτικά Δίκτυα (Synchronous optical networking) είναι δίκτυα τα οποία βασίζονται στη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας οπτικές ίνες και ακτινοβολία laser ή LED (light-emitting diodes). Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε για την αντικατάσταση των Πλησιόχρονων συστημάτων Ψηφιακής Ιεραρχίας (Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH) στη μεταφορά δεδομένων και φωνής έτσι ώστε να υπάρχει διασύνδεση μεταξύ των συστημάτων διαφόρων κατασκευαστών. Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα είναι τα εξής:

- SDH (Synchronous Digital Hierarchy) που αναπτύχθηκε από την ITU (International Telecommunication Union) και τεκμηριώνεται από τα πρότυπα G.707 και G.708. Το SDH χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο.
- SONET (Synchronous Optical Networking) βασίζεται στο πρότυπο GR-253-CORE της Telcordia και χρησιμοποιείται κυρίως στη Βόρεια Αμερική.

Τα συγχρονισμένα δίκτυα διαφέρουν από τα πλησιόχρονα στο γεγονός ότι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι αυστηρά συγχρονισμένος με τη χρήση ρολογιών. Οι βασικοί ρυθμοί μετάδοσης για το πρότυπο SONET/SDH είναι :

- Ένα σήμα στα 51.840 Mbit/s για το SONET που είναι γνωστό ως STS-1 (Synchronous Transport Signal - 1).
- Ένα σήμα στα 155.52 Mbit/s για το SDH, γνωστό ως STM-1 (Synchronous Transport Module level - 1) ([internet,en.wikipedia.org](http://internet.en.wikipedia.org))

### 6.7.1 Δομή Πακέτου

Στα πακέτα συνήθως η δομή αποτελείται από μια επικεφαλίδα και το φορτίο πληροφορίας με την επικεφαλίδα να μεταδίδεται πρώτη. Στη συγχρονισμένη δικτύωση οπτικών δικτύων η επικεφαλίδα δεν μεταδίδεται ολόκληρη πριν το φορτίο πληροφορίας αλλά η μετάδοση επικεφαλίδας και φορτίου εναλλάσσεται πολλές φορές εωσότου, μεταδοθεί όλο το πακέτο. Στη περίπτωση του SONET, το πακέτο αποτελείται από 810 οκτάδες ενώ το πακέτο στο SDH αποτελείται από 2430 οκτάδες. Στη περίπτωση του SONET, αρχικά μεταδίδονται 3 οκτάδες από την επικεφαλίδα, ακολουθούμενες από 87 οκτάδες πληροφορίας για εννέα φορές μέχρι να μεταδοθούν

και οι 810 οκτάδες. Αντίστοιχα στο SDH, μεταδίδονται 9 οκτάδες από την επικεφαλίδα ακολουθούμενες από 261 οκτάδες φορτίου πληροφορίας επίσης για 9 φορές.

Στο επίπεδο STS-1 το SONET μπορεί να μεταδώσει ένα πλήρες PDH DS-3 πακέτο. Όταν τρία OC-1 (STS-1) σήματα πολυπλέκονται τότε δημιουργείται το επόμενο επίπεδο της Ιεραρχίας του SONET, το OC-3 (STS-3), με ρυθμό μετάδοσης 155.52 Mbit/s

Όπως είδαμε μεγαλύτερο επίπεδο πολυπλεξίας αυξάνει το ρυθμό μετάδοσης φτάνοντας στην περίπτωση του STM-4 τα 622.08. Θεωρητικά ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης μπορεί να επιτευχθεί με το επίπεδο OC-192 ή αλλιώς STM-64 φτάνοντας τα 10 Gbit/s κάτι που προς το παρόν εξετάζεται ως προς την απόδοσή του. Στον παρακάτω πίνακα 4 βλέπουμε την αντιστοιχία των σημάτων SONET και SDH καθώς και τις ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν.

SONET Επίπεδο Οπτικού μέσου	Τύπος Πακέτου SONET	Τύπος Πακέτου SDH	Ρυθμός Μετάδοσης (kbit/s)
OC-1	STS-1	STM-0	51 840
OC-3	STS-3	STM-1	155 520
OC-12	STS-12	STM-4	622 080
OC-24	STS-24	STM-8	1 244 160
OC-48	STS-48	STM-16	2 488 320
OC-96	STS-96	STM-32	4 976 640
OC-192	STS-192	STM-64	9 953 280
OC-768	STS-768	STM-256	39 813 120
OC-1536	STS-1536	STM-512	79 626 120
OC-3072	STS-3072	STM-1024	159 252 240

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4**

## **6.8 Εικονικά Ιδιωτικά IP Δίκτυα**

Σύμφωνα με το VPN Consortium ένα Ιδεατό Ιδιωτικό Δίκτυο ή Εικονικό Ιδιωτικό Δίκτυο (virtual private network - VPN) είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο δεδομένων που χρησιμοποιεί μια δημόσια υποδομή τηλεπικοινωνιών διατηρώντας παράλληλα το

ιδιωτικό των δεδομένων χρησιμοποιώντας τεχνικές ασφαλείας και πρωτόκολλα tunneling. Ένα Ιδεατό Ιδιωτικό δίκτυο μπορεί να συγκριθεί με ένα σύστημα που αποτελείται από ιδιωτικές ή μισθωμένες γραμμές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μια εταιρία. Ένα VPN είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο που χρησιμοποιεί το Internet ή κάποια άλλη δικτυακή υποδομή για να δώσει τη δυνατότητα σε χρήστες ή τοποθεσίες ενός δικτύου να μπορούν να συνδεθούν και να ανταλλάξουν δεδομένα με ένα ασφαλή τρόπο. Αντί να χρησιμοποιείται μια μισθωμένη ή ιδιωτική γραμμή σύνδεσης που παρέχει τη δυνατότητα ανταλλαγής ιδιωτικών δεδομένων, ένα VPN χρησιμοποιεί μια «εικονική» σύνδεση μέσω ενός δημόσιου δικτύου η οποία είναι αδιαφανή στους χρήστες δίνοντας τους την εντύπωση ότι βρίσκονται συνδεδεμένοι με μια ιδιωτική σύνδεση ή στην περίπτωση ενός extranet ότι βρίσκονται στο ίδιο το γραφείο τους έχοντας στη διάθεσή τους όλες τις υπηρεσίες όπως e mail, Βάσεις Δεδομένων, Intranets, Voice over IP, και πολλές άλλες υπηρεσίες οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν πλέον χωρίς το αφόρητο κόστος και την πολυπλοκότητα των παλαιότερων ιδιωτικών δικτύων.

Τα VPN δίνουν τη δυνατότητα σύνδεσης LAN με LAN (Τοπικό Δίκτυο με Τοπικό Δίκτυο) αντικαθιστώντας τον παραδοσιακό τρόπο δημιουργίας ενός δικτύου Ευρείας Περιοχής (WAN) με τη χρήση ιδιωτικών γραμμών σύνδεσης και τηλεπικοινωνιών. Επίσης παρέχουν δυνατότητες απομακρυσμένης χρήσης και σύνδεσης των χρηστών ενός εταιρικού εσωτερικού δικτύου (Intranet) με τη χρήση του Ιντερνετ και τη σύνδεση του χρήστη μέσω ενός τοπικού Παροχέα Υπηρεσιών Internet (ISP - Internet Service Provider) από οπουδήποτε στον κόσμο [VPNc July 2004].

Τα Ιδεατά Ιδιωτικά Δίκτυα μπορούν να υπάρξουν όπως θα δούμε σε διαφορετικές μορφές μεταξύ ενός και μόνο υπολογιστή προς ένα ιδιωτικό δίκτυο(client network), ή ενός ιδιωτικού εταιρικού δικτύου προς ένα άλλο (site-to-site).

Γενικά τα Virtual-Private Network (VPN) είναι ιδιωτικά δίκτυα, που χρησιμοποιούν ένα πιο ευρύ δίκτυο, όπως είναι το Internet, προκειμένου να επικοινωνούν με άλλα sites ή απομακρυσμένα δίκτυα. Δύο από τους πιο κοινούς τύπους VPN, είναι η εφαρμογή του με Remote access και με σύνδεση site to site. Στην πρώτη περίπτωση τα VPNs ονομάζονται και Virtual Private Dial-up Networks και επιτρέπουν τη σύνδεση των υπαλλήλων μιας επιχείρησης στο εταιρικό της δίκτυο από οποιαδήποτε



απομακρυσμένη τοποθεσία. Για τη δημιουργία ενός Dial-up VPN απαιτείται ένας Network Access Server (NAS), μέσω του οποίου τα στελέχη της επιχείρησης θα αποκτήσουν πρόσβαση στο δίκτυό της. Ο NAS παρέχεται από έναν φορέα Enterprise Service Provider, ο οποίος εγκαθιστά και το απαραίτητο software για την πρόσβαση των εργαζομένων στο NAS.

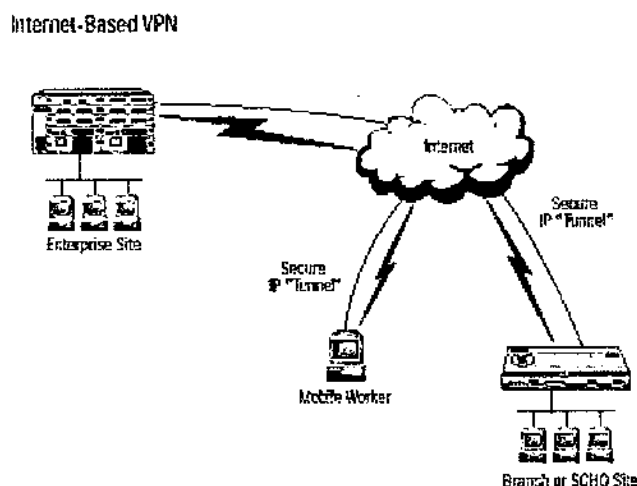
Ο άλλος τύπος σύνδεσης είναι ο site to site, κατά τον οποίο μια εταιρία έχει την δυνατότητα να συνδέσει πολλά εταιρικά συνήθως τοπικά δίκτυα μέσω του Internet. Η σύνδεση των εργαζομένων γίνεται πάλι μέσω ειδικού software και εξοπλισμού, ενώ για την ασφάλεια των δεδομένων χρησιμοποιείται κρυπτογράφηση (encryption). Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο ότι μια απομακρυσμένη τοποθεσία μιας εταιρείας, μπορεί μέσω του Internet να επικοινωνήσει με το εταιρικό δίκτυο με ασφάλεια και αξιοπιστία. Όπως συμβαίνει και με ένα απλό τοπικό δίκτυο (LAN), ένα VPN μπορεί να μεγαλώσει αρκετά εύκολα, προκειμένου να μπορεί να εξυπηρετήσει περισσότερους εργαζομένους, γεγονός το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα των VPNs. Ένα VPN μπορεί να επεκταθεί και να μεγαλώσει και σε άλλες περιοχές, χωρίς να υπάρχει κάποιο μεγάλο κόστος, σε αντίθεση με κάποια μισθωμένη γραμμή, όπου το κόστος είναι υψηλότερο όσο μεγαλώνει η απόσταση.

Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για τη λειτουργία ενός VPN είναι η ασφάλεια. Για τη διατήρηση της ασφάλειας κατά την πρόσβαση των χρηστών στο VPN, χρησιμοποιούνται γνωστά μέσα, όπως Firewalls και κρυπτογράφηση δεδομένων, καθώς και άλλα μέσα, όπως για παράδειγμα το πρωτόκολλο IPSec. Το πρωτόκολλο IPSec (Internet Protocol Security) παρέχει βελτιωμένες μεθόδους ασφάλειας, όπως για παράδειγμα καλύτερους αλγορίθμους κρυπτογράφησης και πιο εύχρηστη πιστοποίηση χρηστών.

Τα VPN που βασίζονται στη μετάδοση με την τεχνική του IP tunnel λειτουργούν ως εξής: ενσωματώνουν ένα πακέτο δεδομένων σε ένα κοινό IP πακέτο το οποίο μεταδίδεται μέσω ενός IP δικτύου. Συνεπώς η έννοια VPN σήμερα υποδηλώνει την υλοποίηση Ιδιωτικών Δικτύων όχι με τη χρήση απομακρυσμένων dial up συνδέσεων ή μισθωμένων γραμμών και Frame Relay συνδέσεων αλλά με τη χρήση τοπικών συνδέσεων προς κάποιον φορέα Παροχής Υπηρεσιών Internet (ISP) ή κάποιο άλλο σημείο παρουσίας υπηρεσιών Internet. Με αυτή την έννοια ένα VPN επιτρέπει σε ένα

ιδιωτικό εσωτερικό δίκτυο (intranet) να μπορεί να επεκταθεί μέσω του Internet, υποστηρίζοντας ασφαλή μετάδοση δεδομένων όπως στην περίπτωση του ηλεκτρονικού εμπορίου.

Όσο το Internet μετατρέπεται όλο και περισσότερο σε ένα μέσο υλοποίησης ιδιωτικών δικτύων τόσο τα θέματα ασφαλείας όσον αφορά τη μετάδοση των ιδιωτικών δεδομένων γίνονται πιο επιτακτικά. Όπως θα εξετάσουμε στη συνέχεια, έχουν ήδη αναπτυχθεί πολλά πρωτόκολλα για την κωδικοποίηση των ιδιωτικών πληροφοριών έτσι ώστε αυτά να μπορούν να μεταδοθούν κρυπτογραφημένα μέσα από το δημόσιο δίκτυο και να αποκρυπτογραφηθούν στον παραλήπτη χωρίς να διαρρεύσουν σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Η τεχνική που χρησιμοποιείται λειτουργεί σαν ένα τούνελ μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη, εμποδίζοντας κάθε εισβολέα από το να αποκτήσει την εμπιστευτική πληροφορία ή να την αλλοιώσει χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό. Στο παρακάτω Σχήμα 28 παρουσιάζεται η δομή ενός Internet VPN το οποίο χρησιμοποιεί ασφαλή IP τούνελ για να συνδέσει χρήστες και συσκευές μέσω ενός Ιδιωτικού Δικτύου.



**ΣΧΗΜΑ 28. Internet VPN**

Τα Internet VPN που βασίζονται στην τεχνική του IP tunnel έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Σημαντική μείωση του κόστους σύνδεσης και τηλεπικοινωνίας αφού οι απομακρυσμένες κλήσεις και οι μισθωμένες συνδέσεις αντικαθίσταται από τοπικές κλήσεις προς τους τοπικούς ISP.

- Πολύ ευέλικτη υλοποίηση απομακρυσμένης πρόσβασης από κινητούς υπολογιστές και απομακρυσμένες τοποθεσίες του ιδιωτικού δικτύου.
- Εύκολη υλοποίηση δικτύου extranet συνδέοντας μια επιχείρηση με τους πελάτες, τους προμηθευτές και τους εξωτερικούς συνεργάτες.

Τα κύρια βέβαια μειονεκτήματα των VPN με IP tunnel είναι τα εξής:

- Τα επίπεδα QoS είναι ακόμα χαμηλότερα σε σχέση με τις παραδοσιακές υλοποιήσεις κυρίως όσον αφορά τις καθυστερήσεις μετάδοσης δεδομένων.
- Κάθε VPN που βασίζεται σε ένα δημόσιο μέσο όπως το Internet απαιτεί πολύ υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας κατά την ταυτοποίηση των χρηστών και την κωδικοποίηση των ιδιωτικών δεδομένων [Microsoft, 1999].

## 7 Σύγκριση Πρωτοκόλλων

Στο παρελθόν οι υλοποιήσεις που επικρατούσαν ήταν τα Δίκτυα Ευρείας περιοχής με τη χρήση αποκλειστικών μισθωμένων γραμμών. Όμως το υψηλό κόστος υλοποίησης και η δυσκολία υλοποίησης με τη χρήση μόνιμων φυσικών κυκλωμάτων δημιούργησε την ανάγκη μετάβασης από τα δίκτυα αυτά στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου όπως το X.25 και το Frame Relay. Την εποχή που τα δημόσια τηλεπικοινωνιακά δίκτυα ήταν αναξιόπιστα και παρουσίαζαν μεγάλο αριθμό σφαλμάτων στη μετάδοση δεδομένων, το X.25 έδωσε μια αξιόπιστη λύση στη μετάδοση βασιζόμενο στους μηχανισμούς εντοπισμού και διόρθωσης λαθών που διέθετε. Παρόλ' αυτά οι ταχύτητά του ήταν πολύ μικρή και καθώς οι απαιτήσεις για γρήγορη μετάδοση δεδομένων σε εκτεταμένα δίκτυα αύξανε συνεχώς το X.25 έπρεπε να εξελιχθεί. Έτσι δημιουργήθηκε η τεχνολογία Frame Relay η οποία προσέφερε υψηλές ταχύτητες και μικρότερες καθυστερήσεις λόγω περιορισμένου ελέγχου ροής και σφαλμάτων και αξιοποίηση καλύτερων μεθόδων ψηφιακής μετάδοσης. Αποτελεί τη φθηνότερη μόνιμη σύνδεση σε σχέση με την αφιερωμένη γραμμή παρόλο που το κόστος υλοποίησης είναι μεγαλύτερο από το X.25. Επίσης ο φορέας της υπηρεσίας είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση και καλή λειτουργία του δικτύου Frame Relay και όχι ο χρήστης ενώ διαθέτει μηχανισμούς αντιμετώπισης περιπτώσεων συμφόρησης του δικτύου. Για τους λόγους αυτούς αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα πρότυπα υλοποίησης δικτύων Ευρείας Περιοχής που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα.

Στη δεκαετία του 90 οι ανάγκες για μετάδοση δεδομένων μαζί με φωνητικά δεδομένα και εικόνα αυξήθηκαν. Το πρότυπο που καθιερώθηκε σαν το πλέον ενδεδειγμένο για τη μετάδοση συνδυασμού όλων αυτών των δεδομένων ήταν το ISDN, αρχικά στενής ζώνης (Narrowband ISDN). Το κόστος ήταν ικανοποιητικό για το μέσο χρήστη και μπορούσε να προσαρμοστεί στην υπάρχουσα υποδομή των τηλεφωνικών δικτύων. Παρόλα αυτά δεν ήταν αρκετό να εξυπηρετήσει τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για όλο και μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης ενώ στην περίπτωση της συνεχούς μεταφοράς δεδομένων το κόστος του αυξανόταν δραματικά.

Η εξέλιξη στη τεχνολογία των δικτύων Η/Υ έδωσε τη δυνατότητα καλύτερης εκμετάλλευσης της υποδομής ISDN δικτύων για την υλοποίηση Δικτύων Ευρείας

Περιοχής. Έτσι χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο ATM για την υλοποίηση δικτύων Ευρείας Περιοχής μέσω του ISDN ευρείας ζώνης (broadband) που και τη χρήση οπτικών ινών. Πολλοί ευρωπαϊκοί τηλεπικοινωνιακοί φορείς έχουν επιλέξει το ATM σαν πλατφόρμα για την παροχή φτηνού ISDN ευρείας ζώνης (B-ISDN : BroadBand ISDN). Το ATM επιτυγχάνει τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης φτάνοντας σε ταχύτητες πολύ υψηλότερες του απλού ISDN έως και 2,4Gbps ενώ υποστηρίζει τη μετάδοση εικόνας και ήχου και σε πραγματικό χρόνο Το ATM μπορεί να χρησιμοποιήσει σα μέσο μετάδοσης οποιοδήποτε από τα διαθέσιμα μέσα, όπως συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, ομοαξονικό καλώδιο, οπτική ίνα. Παρόλα αυτά η μετατροπή της υπάρχουσας δικτυακής υποδομής σε καθαρά ATM περιβάλλον απαιτεί αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού, γεγονός που αυξάνει αρκετά το κόστος υλοποίησης σε σχέση με το απλό ISDN με αποτέλεσμα να αναστέλλεται η ταχεία και σε μεγάλη κλίμακα εξάπλωση του.

Η τεχνολογία όμως που αυτή τη στιγμή μπορεί να δώσει τους μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων είναι οι τεχνολογίες xDSL. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί την υπάρχουσα όπως είδαμε υποδομή αλλά παράλληλα εκμεταλλεύεται με πολύ καλύτερο τρόπο το εύρος ζώνης που παρέχουν τα ενσύρματα μέσα με αποτέλεσμα οι ταχύτητες μετάδοσης να ξεπερνάνε στο ADSL2 και 600Mbps. Ήδη η εξάπλωση του ADSL έχει ανοίξει το δρόμο για μια σειρά εφαρμογών που ήταν αδύνατον να παρέχονται στο παρελθόν. Έτσι εμφανίζονται σήμερα εφαρμογές πολυμέσων, ψηφιακής τηλεόρασης, υπηρεσιών Video On Demand μέσω του Internet και μια ποικιλία άλλων δυνατοτήτων για την πλειοψηφία των χρηστών σε εξαιρετικά χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Η τεχνολογία xDSL θα αποτελέσει στα επόμενα χρόνια μία όλο και περισσότερο διαδεδομένη τεχνολογική λύση για την παροχή ψηφιακών υπηρεσιών.

Το πιο ενδιαφέρον στοιχείο όμως είναι ότι η πολύ γρήγορη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων επιτρέπει την υλοποίηση Ιδιωτικών Δικτύων Ευρείας Περιοχής μέσω του Internet με τη χρήση των λεγόμενων IP VPN. Το αποτέλεσμα είναι το κόστος υλοποίησης ενός εταιρικού δικτύου Ευρείας Περιοχής να μειώνεται δραματικά αφού Ιδιωτικά Δεδομένα μπορούν να μεταδίδονται με ασφάλεια μέσω ενός Δημόσιου Δικτύου ανάμεσα στους χρήστες ενός εταιρικού WAN όπως θα μεταδίδονταν και σε ένα οικονομικά ασύμφορο για μεσαίες επιχειρήσεις δίκτυο μισθωμένων γραμμών. Τα

VPN μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε τεχνολογία όπως X.25, Frame Relay κα όμως η διάδοση του ADSL ανοίγει το δρόμο χρησιμοποίησης των πρωτοκόλλων του Internet για την υλοποίησή τους.

Γεγονός είναι ότι ενώ στο παρελθόν οι ταχύτητες μετάδοσης και το κόστος υλοποίησης WAN ήταν τροχοπέδη για την ανάπτυξή τους, σήμερα βρισκόμαστε στην απαρχή μιας νέας εποχής για τις υπηρεσίες και τον τρόπο υλοποίησης Δικτύων Ευρείας Περιοχής που υπερκαλύπτουν τις μέσες ανάγκες.

## Βιβλιογραφία

1. McQuerry, Steve "CCNA Self-Study: Interconnecting Cisco Network Devices (ICND), Second Edition." Cisco Press. ISBN 1-58705-142-7 (November 19, 2003).
2. Andrew S.Tanenbaum, "Computer Networks", Prentice Hall Inc 1989
3. Γεωργίου Θ, Κάππος Ι, Λαδίας Α., Μικροπουλος Α, "Πολυμέσα – Δίκτυα", Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 1999
4. Douglas E. Comer, "Internetworking with TCP/IP, Principles, Protocols and Architecture, Vol 1", Prentice Hall Inc 2000
5. "Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών" ΤΕΕ Τομέας Πληροφορικής ΥΠΕΠΘ Αθήνα 2000
6. Stallings W., "Data and Computer Communications, 5th edition", Prentice Hall, 1996.
7. Hasall F, "Data Communications, Computer Networks and Open Systems", Addison 1996
8. VPN Technologies: Definitions and Requirements VPN Consortium, July 2004
9. Microsoft, "Virtual Private Networking in Windows 2000: An Overview" White Paper 1999
10. David A. Stamper [ 1998 ], Local Area Networks, Second Edition, Longman
11. Matthew N. O. Sadiku , Mohammad Ilyas [ 1995 ], Simulation of Local Area Networks, CRC
12. Thomas L. Case, Larry D. Smith [ 1995 ], Managing Local Area Networks, International Edition
13. W. Scott Currie [ 1988 ], Lans Explained 'a guide to a local network', Ellis Horwood Series
14. William Stallings [ 1987 ], Local Networks. An Introduction, Second Edition, Macmillan

15. Andrew S. Tanenbaum [ 2000 ], Δίκτυα Υπολογιστών, Γ΄ Έκδοση, Μετάφραση Βασίλης Στυλιανάκης, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
16. Douglas E. Comer [ 2002 ], Δίκτυα και διαδίκτυα υπολογιστών και εφαρμογές τους στο Internet, Τρίτη Αμερικάνικη Έκδοση, Μετάφραση Τάκης Άλβας, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
17. Jean Walrand [ 1997 ], Δίκτυα Επικοινωνιών, Μετάφραση Μιλτιάδης Αναγνώστου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
18. JoAnne Woodcock [ 2000 ], Εισαγωγή στα Δίκτυα υπολογιστών, Μετάφραση Αρίστος Γρηγοριάδης, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
19. Άρης Αλεξόπουλος και Γιώργος Λαγογιάννης [ 2003 ], Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
20. Α. Χανδρινός, Ν. Γεωργιάδης [ 1994 ], Δίκτυα Η/Υ – Novell, Εκδόσεις Ίων
21. Παν. Παναγιωτόπουλος, Γιαν. Δραγώνας και Χρ. Σκουρλάς [ 2000 ], Τηλεπληροφορική και Δίκτυα Υπολογιστών, Δ΄ Έκδοση, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών



## Internet

- [www.call-centre.cyta.com](http://www.call-centre.cyta.com)
- [www.en.wikipedia.org](http://www.en.wikipedia.org)
- [www.medialab.ece.ntua.gr](http://www.medialab.ece.ntua.gr)
- [www.lyk-malion.ira.sch.gr](http://www.lyk-malion.ira.sch.gr)
- [www.macedonia.uom.gr](http://www.macedonia.uom.gr)
- [www.magaz.hellug.gr](http://www.magaz.hellug.gr)
- [www.patraswireless.net](http://www.patraswireless.net)
- [www.go-online.gr](http://www.go-online.gr)
- [www.tmth.edu.gr](http://www.tmth.edu.gr)
- [www.ru6.cti.gr](http://www.ru6.cti.gr)
- [www.copnta.uom.gr](http://www.copnta.uom.gr)
- [www.etl.uom.gr](http://www.etl.uom.gr)
- [www.icsd.aegean.gr](http://www.icsd.aegean.gr)
- [www.cs.ucy.ac.gr](http://www.cs.ucy.ac.gr)
- [www.thalis.cs.unipi.gr](http://www.thalis.cs.unipi.gr)
- [www.egnatia.ee.auth.gr](http://www.egnatia.ee.auth.gr)
- [www.users.teilam.gr](http://www.users.teilam.gr)
- [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- [www.asclepieion.mpl.uoa.gr](http://www.asclepieion.mpl.uoa.gr)
- [www.diktia.dynds.org](http://www.diktia.dynds.org)