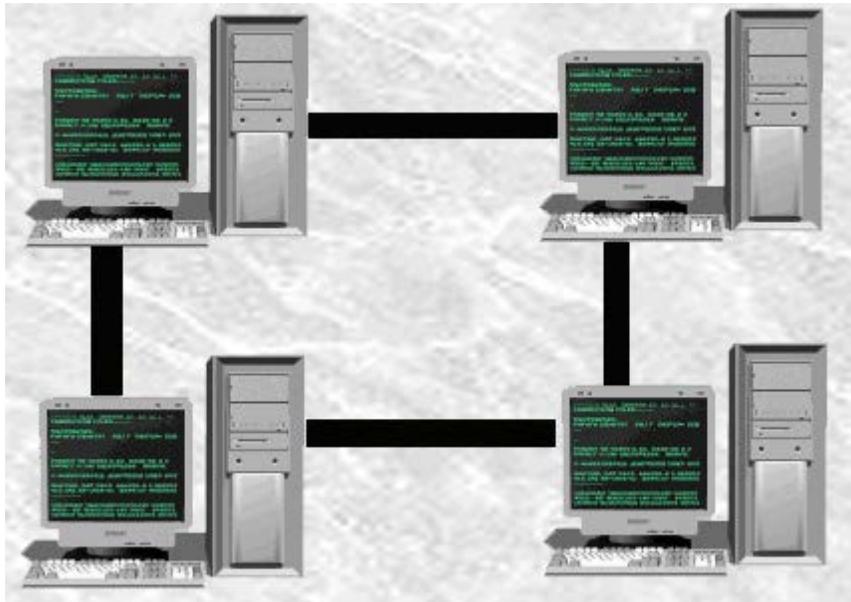




Α.Τ.Ε.Ι ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ: ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΑΣΥΧΡΟΝΟΝ



Ένα σύγχρονο δίκτυο υπολογιστών

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :
ΤΡΟΥΠΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
ΨΥΡΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :
ΤΣΙΑΝΤΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ

ΑΡΤΑ 2005**ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ**

Όλες οι προτάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σ' αυτό το κείμενο και οι οποίες ανήκουν σε άλλους αναγνωρίζονται από τα εισαγωγικά και υπάρχει η σαφής δήλωση του συγγραφέα. Τα υπόλοιπα γραφόμενα είναι επινόηση του γράφοντος ο οποίος φέρει και την καθολική ευθύνη γι' αυτό το κείμενο και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι δε υπάρχει λογοκλοπή γι αυτό το κείμενο που παρουσιάζουμε

Όνοματεπώνυμο

.....

Υπογραφή.....

Ημερομηνία:

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ 1^Ο

| | |
|--|-------|
| 1.1 Απλοποιημένο Μοντέλο Συστήματος Επικοινωνιών Δεδομένων | ΣΕΛ1 |
| 1.2 Χρήσεις των δικτύων επικοινωνιών δεδομένων..... | ΣΕΛ1 |
| 1.3 . Ταξινόμηση Δικτύων | ΣΕΛ2 |
| 1.4 Βασικά χαρακτηριστικά των LAN, MAN, WAN δικτύων, καθώς και των διαδικτύων...ΣΕΛ4 | |
| 1.4.1 LANs (Local Area Network, Τοπική περιοχή δικτύων)..... | ΣΕΛ4 |
| 1.4.2 Μητροπολιτικά Δίκτυα (MANs)..... | ΣΕΛ4 |
| 1.4.2 WANs (Wide Area Networks, Ευρεία περιοχή δικτύων)..... | ΣΕΛ5 |
| 1.4.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΧΩΡΟΙ..... | ΣΕΛ5 |
| 1.5 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ..... | ΣΕΛ6 |
| 1.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ | ΣΕΛ8 |
| 1.6.1 Σχεδίαση Στρωμάτων..... | ΣΕΛ8 |
| 1.6.2 Το Μοντέλο Αναφοράς OSI..... | ΣΕΛ9 |
| 1.6.3 Μετάδοση Δεδομένων στο Μοντέλο OSI..... | ΣΕΛ10 |
| 1.6.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΚΤΥΩΝ..... | ΣΕΛ10 |
| 1.6.5 Διεπαφές και υπηρεσίες | ΣΕΛ13 |
| 1.6.6 Υπηρεσίες με Σύνδεση και Χωρίς Σύνδεση..... | ΣΕΛ14 |

ΜΕΡΟΣ 2^Ο

| | |
|---|-------|
| 2.1 Μετάδοση δεδομένων στο Μοντέλο OSI..... | ΣΕΛ16 |
| 2. 2 Το Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP..... | ΣΕΛ16 |
| 2.3 . Σύγκριση Μοντέλων Αναφοράς..... | ΣΕΛ18 |
| 2.4 Μερικά παραδείγματα δικτύων | ΣΕΛ19 |
| 2.4.1 ARPAnet..... | ΣΕΛ19 |
| 2.4.2 Novell NetWare..... | ΣΕΛ22 |
| 2.4.3 INTERNET..... | ΣΕΛ23 |
| 2.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ..... | ΣΕΛ25 |
| 2.5.1 X25..... | ΣΕΛ25 |
| 2.5.2 ISDN ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ..... | ΣΕΛ26 |
| 2.6 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ | ΣΕΛ26 |

ΜΕΡΟΣ 3^Ο

| | |
|--|-------|
| 3.1 Εισαγωγικές έννοιες..... | ΣΕΛ28 |
| 3.2 Σήματα..... | ΣΕΛ28 |
| 3.2.1 Κατηγοριοποίηση σημάτων..... | ΣΕΛ28 |
| 3.2.2 Κωδικοποίηση – τροποποίηση σημάτων | ΣΕΛ32 |
| 3.2.2.1 Διαμόρφωση πληροφορίας στη βασική ζώνη..... | ΣΕΛ32 |
| 3.2.2.2 Διαμόρφωση ψηφιακού σήματος στην ευρεία ζώνη..... | ΣΕΛ35 |
| 3.2.2.3 Διαμόρφωση αναλογικού σήματος σε ψηφιακό σήμα..... | ΣΕΛ37 |
| 3.2.2.4 Διαμόρφωση αναλογικού σήματος (πληροφορίας) σε αναλογικό σήμα..... | ΣΕΛ38 |
| 2.2.3 Αλλοιώσεις σημάτων..... | ΣΕΛ39 |
| 3.2.3.1 Εξασθένηση (Attenuation)..... | ΣΕΛ40 |
| 2.2.3.2 Παραμόρφωση (Distortion)..... | ΣΕΛ40 |
| 3.2.3.3 Θόρυβος (Noise)..... | ΣΕΛ40 |
| 3.3 Μετάδοση δεδομένων | ΣΕΛ41 |
| 3.3.1 Μέσα μετάδοσης..... | ΣΕΛ41 |
| 3.3.1.1 Μαγνητικά μέσα..... | ΣΕΛ41 |
| 3.3.1.2 Δισύρματες ανοιχτές γραμμές..... | ΣΕΛ41 |
| 3.3.1.3 Συνεστραμμένα ζεύγη | ΣΕΛ41 |
| 3.3.1.4 Ομοαξονικά καλώδια..... | ΣΕΛ42 |

| | |
|---|-------|
| 3.3.1.5 Οπτικές ίνες..... | ΣΕΛ42 |
| 3.3.1.6 Δορυφορική Σύνδεση..... | ΣΕΛ43 |
| 3.3.1.7 Μικροκύματα | ΣΕΛ44 |
| 3.3.1.8 Ραδιοκύματα..... | ΣΕΛ44 |
| 3.3.2 Παράλληλη και σειριακή μετάδοση..... | ΣΕΛ44 |
| 3.3.3 Πολυπλεξία (MULTIPLExING)..... | ΣΕΛ45 |
| 2.3.3.1 Πολύπλεξη Διαίρεσης Συχνότητας (Frequency Division Multiplexing – FDM)..... | ΣΕΛ45 |
| 3.3.3.2 Πολύπλεξη Διαίρεσης Χρόνου(Time Division Multiplexing – TDM)..... | ΣΕΛ46 |
| 3.3.4 ΠΡΟΤΥΠΑ..... | ΣΕΛ46 |
| 3.3.4.1 Το πρότυπο διασύνδεσης RS – 232/V.24..... | ΣΕΛ47 |

ΜΕΡΟΣ 4^ο

| | |
|--|-------|
| 4.1 Υπηρεσίες Στρώματος Ζεύξης Δεδομένων..... | ΣΕΛ48 |
| 4.2 Πλαισίωση , έλεγχος Λαθών , έλεγχος Ροής , έλεγχος γραμμής..... | ΣΕΛ48 |
| 4.3 Σφάλματα μετάδοσης, κωδικοί Ανίχνευσης σφαλμάτων, κωδικοί διόρθωσης σφαλμάτων καθώς και Στοιχειώδη Πρωτόκολλα Στρώματος Ζεύξης Δεδομένων | ΣΕΛ51 |
| 4.4 πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων και μερικά Παραδείγματα (HDLC)..... | ΣΕΛ56 |
| 4.3.1 Το πρωτόκολλο HDLCΣ..... | ΣΕΛ57 |

ΜΕΡΟΣ 5^ο

| | |
|---|-------|
| 5.1 Προσπέλαση στο Μέσο Μετάδοσης..... | ΣΕΛ58 |
| 5.2 . Το πρωτόκολλο ALOHA και οι παραλλαγές του..... | ΣΕΛ59 |
| 5.3 . Πρωτόκολλα με ανίχνευση φέροντος , χωρίς συγκρούσεις , περιορισμένου ανταγωνισμού..... | ΣΕΛ60 |
| 5.4 Προσπέλαση στο Μέσο Μετάδοσης και Πρωτόκολλα ασύρματων δικτύων | ΣΕΛ61 |
| 5.5 τα Δίκτυα 802.3/Ethernet ,802.4/Αρτηρίας με Σκυτάλη και τα Δίκτυα 802.5/Δακτυλίων με Σκυτάλη..... | ΣΕΛ66 |
| 5.6 .Σύγκριση Προτύπων Τοπικών Δικτύων..... | ΣΕΛ67 |
| 5.7 . Τεχνολογία Γεφυρών..... | ΣΕΛ69 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ

Ο κόσμος της πληροφορικής εξελίσσεται διαρκώς και ποτέ δεν θα σταματήσει να μας εκπλήσσει. Αυτό μας ενέπνευσε να ασχοληθεί η πτυχιακή μας με αυτό το αντικείμενο. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές μας:

- ✓ **Στεργίου Ελευθέριο(Τοπικά και Αστικά Δίκτυα, Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων)**
- ✓ **Κ. Λάππα(Πρωτόκολλα Διαδικτύου)**
- ✓ **Ρίζο Γεώργιο(Διαχείριση Δικτύων)**
- ✓ **Τσιαντή Λεωνίδα(Διαχείριση Δικτύων)**
- ✓ **Βασιλειάδη(Προηγμένες Υπηρεσίες Διαδικτύου)**

Γιατί χωρίς τη συμβολή τους τίποτα απ' όσα παραθέτουμε παρακάτω δεν θα είχε γίνει. Λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της πληροφορικής ίσως μερικά στοιχεία να έχουν αλλάξει.

ΜΕΡΟΣ 1^Ο

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1 Απλοποιημένο Μοντέλο Συστήματος Επικοινωνιών Δεδομένων .

Ένα Απλοποιημένο Μοντέλο Συστήματος Επικοινωνιών Δεδομένων στην ουσία είναι ένα δίκτυο το οποίο μπορεί να χωριστεί ανάλογα με το μέγεθός του σε τρεις κατηγορίες :

- Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks). Η διάμετρός τους δεν ξεπερνά τα μερικά χιλιόμετρα. Ο ρυθμός μετάδοσης είναι τουλάχιστον της τάξης των μερικών Mbps και ανήκουν πλήρως σε ένα οργανισμό.
- Δίκτυα Ευρεία Περιοχής (Wide Area Networks). Αυτά τυπικά συνδέουν ολόκληρες χώρες, έχουν ρυθμό μετάδοσης της τάξης του ενός Mbps, και ανήκουν σε πολλούς οργανισμούς. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων είναι τα δίκτυα X.25 και το Internet.
- Μητροπολιτικά Δίκτυα (Metropolitan Area Networks). Ανάμεσα στα LANs και WANs βρίσκονται τα MANs. Είναι δίκτυα που καλύπτουν μια ολόκληρη πόλη και έχουν ταχύτητες μετάδοσης, ανάλογες μ'αυτές των LANs. Αναλογικό MAN είναι το δίκτυο της καλωδιακής τηλεόρασης (Cable Television)

1.2 Χρήσεις των δικτύων επικοινωνιών δεδομένων.

Ο βασικός λόγος ύπαρξης των δικτύων είναι η επικοινωνία και η ανταλλαγή δεδομένων μέσω απομακρυσμένων τερματικών. Έτσι σύμφωνα το παραπάνω, τα δίκτυα έχουν αναπτυχθεί με βάση τις παρακάτω εφαρμογές-υπηρεσίες :

Τηλεδιάσκεψη : αποτελεί μια εναλλακτική οικονομική λύση για τα επαγγελματικά ταξίδια. Όλοι οι χρήστες θα βρίσκονται και θα συνομιλούν σε ένα **ιδεατό χώρο**, θα μοιράζονται τις **ηλεκτρονικές σημειώσεις** τους, και θα γράφουν τις παρατηρήσεις τους σε ένα **ηλεκτρονικό πίνακα**.

Τηλεϊατρική : επιτρέπει την **άμεση πρόσβαση** σε ιατρικές πληροφορίες τεράστιου όγκου, την **αναζήτηση** παρόμοιων περιστατικών, και τη **ζωντανή σύνδεση** του ιατρικού και του νοσηλευτικού προσωπικού με κόμβους επιστημονικής υποστήριξης.

Τηλεεκπαίδευση : η εφαρμογή αυτή δίνει τη δυνατότητα σε κάθε εργαζόμενο να παρακολουθεί τη διδασκαλία ενός θέματος μέσω του δικτύου, οποιαδήποτε χρονική στιγμή θέλει, με το ρυθμό που αυτός θεωρεί αποδοτικό, επιλέγοντας ή επαναλαμβάνοντας τμήματά της, και έχοντας ταυτόχρονα πρόσβαση σε μια τεράστια ποικιλία βοηθητικού και συμπληρωματικού υλικού.

Ηλεκτρονικό εμπόριο : επιτρέπει την **έρευνα αγοράς** καθώς και την πραγματοποίησή της με ηλεκτρονικό τρόπο, από το χώρο του καθενός, και χωρίς να χρειάζεται ο χρήστης

να μεταβεί στο χώρο πώλησης των προϊόντων. Ταυτόχρονα, επιτρέπει την πραγματοποίηση **χρηματικών συναλλαγών** (όπως είναι για παράδειγμα **παραγγελίες** και **πληρωμές**) με **ασφάλεια** και **εμπιστευτικότητα**.

Ψυχαγωγικά προγράμματα : η εκπομπή ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών προγραμμάτων υψηλής πιστότητας και ευκρίνειας, η επιλογή προβολής ταινιών και η εκτέλεση μουσικών έργων κατ' απαίτηση είναι μερικές από τις υπηρεσίες οι οποίες μπορούν σήμερα να πραγματοποιηθούν μέσω δικτύου, καθιστώντας με τον τρόπο αυτό την ενασχόλησή μας με τις νέες τεχνολογίες μια αποδοτική αλλά και ταυτόχρονα ψυχαγωγική διαδικασία.

1.3 . Ταξινόμηση Δικτύων

Τα **δίκτυα υπολογιστών** όπως ξέρουμε μπορούν να διαχωριστούν σε πολλές κατηγορίες με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά τους. Αν και τα χαρακτηριστικά αυτά γενικά ποικίλλουν από δίκτυο σε δίκτυο, πολλά από αυτά μπορούν να υπάρχουν αυτόνομα, ή σε συνδυασμό με άλλα, προκειμένου να γίνει κάποιας μορφής ταξινόμηση. Μιλώντας γενικά, τα δίκτυα υπολογιστών μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τα ακόλουθα κριτήρια :

- **Ταξινόμηση ως προς το μέσο μετάδοσης** : η ταξινόμηση των δικτύων υπολογιστών με κριτήριο το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιούν, περιλαμβάνει το διαχωρισμό τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες,
 1. **Ενσύρματα δίκτυα (wire networks)**, που περιλαμβάνουν ενσύρματα μέσα μετάδοσης όπως είναι τα **συνεστραμμένα καλώδια (twisted pairs)**
 2. Τα **ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables)** και οι **οπτικές ίνες (fiber optics)**
 3. Τα **ασύρματα δίκτυα (wireless networks)**, που περιλαμβάνουν **ασύρματα μέσα μετάδοσης**, όπως είναι η **ατμόσφαιρα** της γης και το **διάστημα**.
- **Ταξινόμηση ως προς το είδος της σύνδεσης** : ανάλογα με το είδος της σύνδεσης που χρησιμοποιείται, τα δίκτυα υπολογιστών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:
 1. Στα δίκτυα που χρησιμοποιούν συνδέσμους από **σημείο σε σημείο (point to point connection)** λαμβάνει χώρα **άμεση επικοινωνία** μεταξύ δύο συγκεκριμένων κόμβων του δικτύου και δια της χρήσης κάποιας **γραμμής επικοινωνίας**,

2. Στα δίκτυα που χρησιμοποιούν συνδέσμους **εκπομπής (broadcast connection)**, υπάρχει **ένα και μοναδικό κανάλι επικοινωνίας** πάνω στο οποίο συνδέονται όλοι οι υπολογιστές του δικτύου, με αποτέλεσμα, κάθε μήνυμα που αποστέλλεται προς ένα συγκεκριμένο σταθμό, να παραλαμβάνεται από όλους τους σταθμούς που βρίσκονται συνδεδεμένοι στο δίκτυο.

- **Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη :** με βάση την έκταση που καταλαμβάνουν τα δίκτυα υπολογιστών, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες :

1. Στα τοπικά δίκτυα (Local Area Networks, LANs) με γεωγραφική κάλυψη **0 – 100 Km**, και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων **1 Mbps – 1 Gbps**,

2. Στα μητροπολιτικά δίκτυα (Metropolitan Area Networks, MANs) με γεωγραφική κάλυψη **100 – 200 Km** και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων **100 Mbps**.

3. Στα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks, WANs), με γεωγραφική κάλυψη μεγαλύτερη από **200 Km**, και ρυθμό μεταφοράς δεδομένων που σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει και το **1 Gbps**.

- **Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία :** οι πιο γνωστές τοπολογίες δικτύων που χρησιμοποιούνται σήμερα, περιλαμβάνουν:

1. Τοπολογία διαύλου, λεωφόρου ή αρτηρίας (bus)

2. Τοπολογία δακτυλίου (ring)

3. Τοπολογία αστέρα (star)

4. Τοπολογία δέντρου (tree),

5. Τοπολογία πλέγματος (mesh)

6. Μεικτή τοπολογία (mixed).

- **Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία :** τα δίκτυα υπολογιστών με βάση την τεχνολογία μπορούν να ακολουθούν τα πρότυπα **RS-232C** και **SDLC (Synchronous Data Link Control)** όσον αφορά τη **σύγχρονη** και **ασύγχρονη** επικοινωνία αντίστοιχα μεταξύ μόνο δύο υπολογιστών, ενώ για τη διασύνδεση περισσότερων από δύο υπολογιστών, οι βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται

είναι η μεταγωγή κυκλώματος (**circuit switching**), η μεταγωγή πακέτου (**packet switching**), και η τεχνική του ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς (**Asynchronous Transfer Mode, ATM**).

1.4 Βασικά χαρακτηριστικά των LAN, MAN, WAN δικτύων, καθώς και των διαδικτύων

1.4.1 LANs (Local Area Network, Τοπική περιοχή δικτύων)

είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας που εκτείνεται σε σχετικά περιορισμένο γεωγραφικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό μήκος των καλωδίων του δικτύου δεν υπερβαίνει τα 100 Km, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι πάρα πολύ υψηλός (με τη χρήση οπτικών ινών μπορεί να φτάσει και ταχύτητες της τάξης του Gbps).

Τα δίκτυα αυτού του τύπου περιλαμβάνουν ένα πλήθος υπολογιστικών διατάξεων και περιφερειακών συσκευών, οι οποίες συνδέονται μέσω γραμμών επικοινωνίας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσά τους.

Στις πιο πολλές περιπτώσεις τα τοπικά δίκτυα χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενσύρματων μέσων μετάδοσης (για παράδειγμα, ομοαξονικά καλώδια ή ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων) αν και ορισμένες φορές μπορούμε να καταφύγουμε στη χρήση ασύρματων τοπικών δικτύων, τα οποία ωστόσο, χαρακτηρίζονται από μικρότερη γεωγραφική κάλυψη, χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, και υψηλότερο ρυθμό σφαλμάτων σε σχέση με τα ενσύρματα δίκτυα.

Τέλος όσον αφορά τον τύπο της μετάδοσης της πληροφορίας, αυτή μπορεί να είναι τόσο μετάδοση από σημείο σε σημείο (point to point), όσο και μετάδοση εκπομπής (broadcast)

1.4.2 Μητροπολιτικά Δίκτυα (MANs)

Τα MAN είναι παρόμοια με τα LAN με την ένια ότι είναι κι αυτά δίκτυα εκπομπής (broadcast). Ωστόσο για να επιτύχουμε γεωγραφική κάλυψη της κλίμακας μητροπολιτικών περιοχών διαφορετικές τεχνικές χρησιμοποιούνται, π.χ. Διπλής Αρτηρίας Κατανεμημένης Ουράς (**Distributed Queue, Dual Bus – DQDB**)

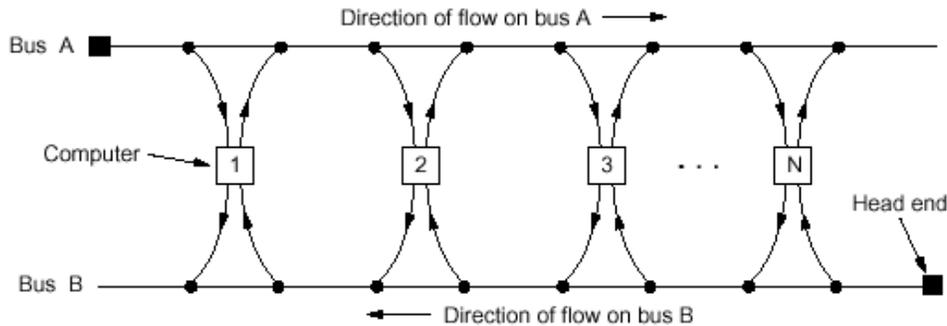


Fig. 1-4. Architecture of the DQDB metropolitan area network.

Αρχή λειτουργίας: Όταν θέλουμε να στείλουμε πληροφορία σε κάποιον που βρίσκεται στα δεξιά μας χρησιμοποιούμε την πάνω αρτηρία, διαφορετικά την κάτω αρτηρία. Το δίκτυο DQDB είναι:

- αρκετά αποδοτικό όταν η κίνηση στο δίκτυο είναι είτε χαμηλή είτε υψηλή.
- είναι δίκαιο ως προς τον τρόπο εξυπηρέτησης γιατί εξυπηρετεί τους πελάτες σύμφωνα με κάποιο μηχανισμό ουράς ανμονής.

1.4.2 WANs (Wide Area Networks, Ευρεία περιοχή δικτύων)

Ένα δίκτυο συνήθως τοποθετείται σε πολλαπλά φυσικά μέρη. Η ευρεία περιοχή δικτύων συνδυάζει πολλαπλά LANs, τα οποία είναι γεωγραφικά ανεξάρτητα.

Αυτό πραγματοποιείται συνδέοντας τα διαφορετικά LANs που χρησιμοποιούν υπηρεσίες όπως καθιερωμένες τηλεφωνικές γραμμές που είναι μισθωμένες, επιλεγμένες τηλεφωνικές γραμμές (συγχρονισμένες και μη), δορυφορικές συνδέσεις και με τις υπηρεσίες ενός πακέτου που περιέχει φορέα δεδομένων.

Η ευρεία περιοχή δικτύων μπορεί να είναι τόσο απλή όσο μια σύγχρονη και απόμακρη πρόσβαση για εργαζομένους ή μπορεί να είναι τόσο περίπλοκη όσο εκατοντάδες γραφεία που συνδέονται σε παγκόσμιο επίπεδο χρησιμοποιώντας ειδικά πρωτόκολλα και φίλτρα, προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν τα έξοδα πληροφοριών που στέλνονται σε τεράστιες αποστάσεις.

1.4.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΧΩΡΟΙ

Το **Internet** είναι ένα σύστημα συνδεδεμένων δικτύων, τα οποία είναι παγκοσμίου επιπέδου όσον αφορά το πεδίο δράσης και διευκολύνουν τις υπηρεσίες για τη διαβίβαση

πληροφοριών, όπως τη μεταφορά αρχείων, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, το παγκόσμιο δίκτυο και τις ομάδες ειδήσεων.

Με τη μετεωρική αύξηση ως αίτημα για την συνδετικότητα, το Internet έχει γίνει ένας δρόμος επικοινωνιών για εκατομμύρια χρήστες. Το Internet αρχικά ήταν περιορισμένο σε στρατιωτικούς και ακαδημαϊκούς θεσμούς, αλλά τώρα είναι μια ικανή διάβαση για οποιονδήποτε και για όλα τα είδη πληροφοριών και συναλλαγών. Οι ιστοσελίδες του Internet τώρα παρέχουν προσωπικές, εκπαιδευτικές, ψυχαγωγικές, πολιτικές και οικονομικές διεξόδους σε κάθε γωνιά του πλανήτη.

Με τις προόδους που έγιναν στα προγράμματα φυλλομετρητών για το Internet, πολλοί ιδιωτικοί οργανισμοί είναι εργαλεία του Intranet. Το **Intranet** είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο που χρησιμοποιεί εργαλεία τύπου Internet, αλλά διαθέσιμα μόνο μέσα σ' αυτόν τον οργανισμό. Για μεγάλους οργανισμούς το Intranet παρέχει έναν εύκολο τρόπο πρόσβασης στις συλλογικές πληροφορίες για εργαζομένους.

1.5 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ήδη πολλές εταιρείες, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό, κινούνται προς την κατεύθυνση της παροχής υπηρεσιών ασύρματης πρόσβασης, διερευνώντας, ουσιαστικά, την αγορά, στη φάση αυτή τουλάχιστον. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι η ασύρματη τεχνολογία θα λειτουργήσει ανταγωνιστικά προς την κινητή τηλεφωνία. Όμως, αν ίσχυε κάτι τέτοιο, δεν θα βλέπαμε εταιρείες κινητής τηλεφωνίας, όπως η Vodafone, να αναπτύσσουν σημεία ασύρματης πρόσβασης (μέχρι σήμερα, ασύρματη πρόσβαση υπάρχει σε τρεις χώρες της Ευρώπης, από τις οποίες, όμως, λειτουργεί στη μία, επιβεβαιώνοντας ότι πρόκειται για διερευνητική κίνηση στην αγορά).

Είναι γεγονός ότι οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας, έχοντας μεγάλη πυκνότητα κεραιών για τις ανάγκες των δικτύων τους, μπορούν, με μικρό κόστος, να προσθέσουν και κεραιές για WiFi, δημιουργώντας ασύρματα δίκτυα. Αυτή τη στιγμή οι ταχύτητες που προσφέρει το WiFi είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές του GPRS, ενώ η τρίτη γενιά κινητής τηλεφωνίας αργεί. Οπότε, υπάρχει τουλάχιστον ένας ορίζοντας 3-4 ετών, όπου το WiFi μπορεί να δώσει ασύρματο broadband.

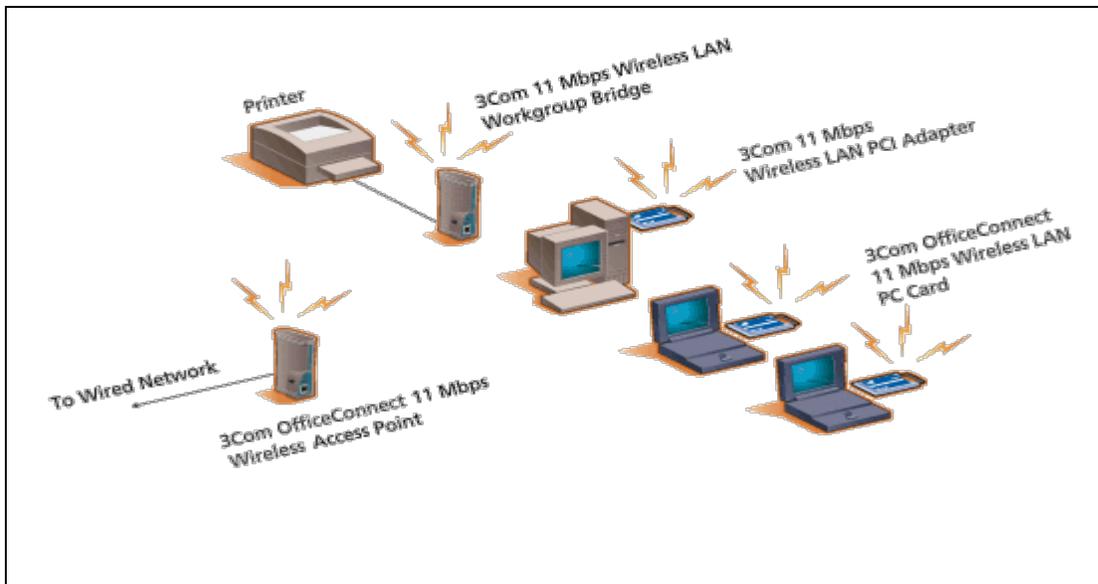
Στην πραγματικότητα, τα ασύρματα δίκτυα δεν θα ανταγωνιστούν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (εξού και τα υποστηρίζουν οι εταιρείες κινητής), αλλά τα ενσύρματα δίκτυα broadband. Ήδη, σήμερα, γινόμαστε μάρτυρες των προβλημάτων που αντιμετωπίζει η χώρα μας, όσον αφορά την εξάπλωση των γραμμών **ADSL**, ενώ αντίστοιχα προβλήματα υπάρχουν και σε άλλες χώρες.

Το ενσύρματο broadband απαιτεί πρόσβαση με καλώδιο σε κάθε σπίτι, σε κάθε επιχείρηση. Με το ασύρματο, προσφέρονται, με πολύ απλούστερο τρόπο, σημαντικά μεγαλύτερες ταχύτητες από αυτές του dial-up.

Η ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων γίνεται στη βάση του «να πετύχουμε όσο το δυνατόν περισσότερο», στην ίδια, δηλαδή, βάση με την οποία αναπτύχθηκε το Internet .

Υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις σοβαροί λόγοι που μπορούν να οδηγήσουν στη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των ασύρματων τοπικών δικτύων τα επόμενα χρόνια:

- Η ύπαρξη του προτύπου IEEE 802.11b και η αποδοχή του από τους κατασκευαστές καρτών για ασύρματα δίκτυα. Όπως κάθε πρότυπο, το IEEE 802.11b εξασφαλίζει στον τελικό καταναλωτή σταθερή τεχνολογία, συμβατότητα με προϊόντα άλλων κατασκευαστών και χαμηλότερο κόστος.
- Οι τιμές των προϊόντων έχουν μειωθεί δραστικά τα τελευταία δύο χρόνια και προβλέπεται να μειωθούν ακόμη περισσότερο στο άμεσο μέλλον. Αυτές οι μειώσεις είναι φυσικό επακόλουθο του αυξημένου ανταγωνισμού που έχει επιφέρει η ύπαρξη ενός προτύπου, της ωριμότητας της τεχνολογίας και του συνεχώς αυξανόμενου όγκου παραγωγής τελικών προϊόντων. Οι συνεχείς μειώσεις στις τιμές έχουν ως αποτέλεσμα τη χρήση WLANs σε ολοένα περισσότερες εφαρμογές, κάτι που στο παρελθόν δεν μπορούσε να συμβεί, λόγω υψηλού κόστους.
- Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια μεγάλη στροφή στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, η οποία επιδιώκει πλέον να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του κινητού χρήστη (mobile user). Αυτό ήταν αναμενόμενο, από τη στιγμή που όλο και περισσότεροι επαγγελματίες και ιδιώτες χρήστες βασίζονται σε φορητές συσκευές για την εκτέλεση των εργασιών τους. Είναι, άλλωστε, χαρακτηριστικό ότι οι εργαζόμενοι που χρησιμοποιούν καθημερινά φορητό υπολογιστή, αντί του επιτραπέζιου, αυξάνονται συνεχώς.
- Οι παραπάνω παράγοντες, σε συνδυασμό με τη δυναμική που έχει αναπτύξει διεθνώς ο κλάδος των WLANs, θα δημιουργούν συνέχεια καινούργιες εφαρμογές και αυξανόμενες επενδύσεις σε λύσεις που θα υποστηρίζουν τη συγκεκριμένη τεχνολογία.



Αναπαράσταση ασύρματου δικτύου

1.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.6.1 Σχεδίαση Στρωμάτων

Δυο οντότητες που βρίσκονται σε διαφορετικές μεριές αλλά ανήκουν στο ίδιο επίπεδο συνάπτουν πάντα μια συμφωνία για τον τρόπο που θα γίνει η ανταλλαγή της πληροφορίας. Ο τρόπος ανταλλαγής δεδομένων προσδιορίζονται από **πρωτόκολλα**.

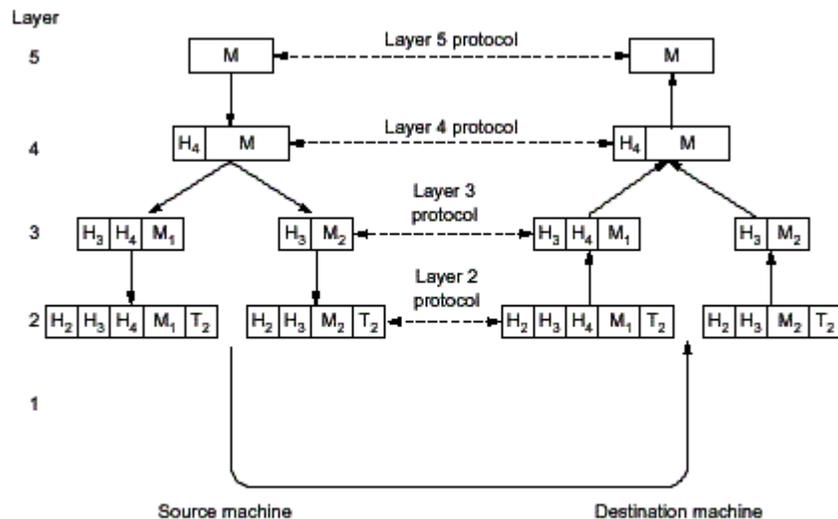
Παράδειγμα: Συμφωνούμε να μιλάμε όλοι την Ελληνική αλλά να γράφουμε στην Αγγλική γλώσσα.

Με σκοπό μια οντότητα να στείλει και να λάβει πληροφορία χρησιμοποιεί τις **υπηρεσίες επικοινωνίας** που παρέχονται από το κατώτερο στρώμα .

Παράδειγμα: Η χρήση μεταφραστών για επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών κρατών.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από ένα στρώμα πάντα προσδιορίζονται σε σχέση με μια **διεπαφή** η οποία κάνει αυτές τις υπηρεσίες να είναι προσβάσιμες.

Παράδειγμα: Τα τηλέφωνα έχουν πλήκτρα για να μπορεί κάποιος να τηλεφωνήσει.



Παρατήρηση: Σε μια στοίβα πρωτοκόλλων το στρώμα κ τοποθετεί ολόκληρο το πακέτο του ως **δεδομένα (data)** στο πακέτο του στρώματος κ-1. Το στρώμα κ-1 ίσως προσθέσει μια επικεφαλίδα και/ή μια ουρά.

Σημαντική Σημείωση: Υπάρχει περίπτωση τα δεδομένα του στρώματος κ να χωριστούν σε διάφορα πακέτα επιπέδου κ-1. Η διαδικασία αυτή λέγεται **τεμαχισμός (fragmentation)**.

1.6.2 Το Μοντέλο Αναφοράς OSI

Μία ευρέως αποδεκτή τεχνική δόμησης τηλεπικοινωνιακών δικτύων, η οποία επιλέχθηκε και από τον ISO, είναι το μοντέλο OSI.

Εφαρμογής

Διαχειριστικές λειτουργίες, WWW, FTP, SMTP, κτλ

Παρουσίασης

Μορφή και σύνταξη των δεδομένων (π.χ.ASCII, Unicode)

Συμπίεση

Κρυπτογράφηση

Συνόδου

Τρόπος διαλόγου: full-duplex ή half-duplex

Ομαδοποίηση: Η ροή των δεδομένων καθορίζεται σε ομάδες (συνόδους) για ξεχωριστές επεξεργασίες.

Ανάκτηση: παρέχει έναν μηχανισμό με σημεία ελέγχου για επανάκτηση της πληροφορίας σε περίπτωση βλάβης Μεταφοράς

Υπηρεσία με σύνδεση: νοητή σύνδεση με προκαθορισμένη διαδρομή

Υπηρεσία χωρίς σύνδεση: νοητή σύνδεση χωρίς καθορισμένη διαδρομή (datagrams)

Έλεγχος ασφαλιμάτων πλαισίων και ανάκτηση: παράδοση των πλαισίων στη σωστή σειρά, χωρίς απώλειες ή πολλαπλά αντίγραφα Δικτύου

Απομόνωση των παραπάνω στρωμάτων από την τεχνολογία του δικτύου: τρόπος μεταγωγής και μεταφοράς της πληροφορίας

Έλεγχος Δρομολόγησης: εντοπισμός ενεργών υπολογιστών/δρομολογητών στο δίκτυο, προσδιορισμός των καλύτερων δρομολογήσεων για μια σύνδεση, υποστήριξη multicast/broadcast μετάδοσης

Έλεγχος συμφόρησης: λήψη μέτρων για αποφυγή και αντιμετώπιση συμφόρησης σε μεγάλη κίνηση, εντόπιση των συμφορημένων σημείων ενός δικτύου Ζεύξης Δεδομένων

Πλαισίωση: καθορισμός της αρχής και του τέλους των πλαισίων

Έλεγχος ασφαλιμάτων: ανίχνευση και αντιμετώπιση bit ασφαλιμάτων

Έλεγχος ροής: προστασία από πλημμύρα δεδομένων σε αργούς δέκτες με την χρήση πακέτων επαλήθευσης (ACK).

Φυσικό Επίπεδο

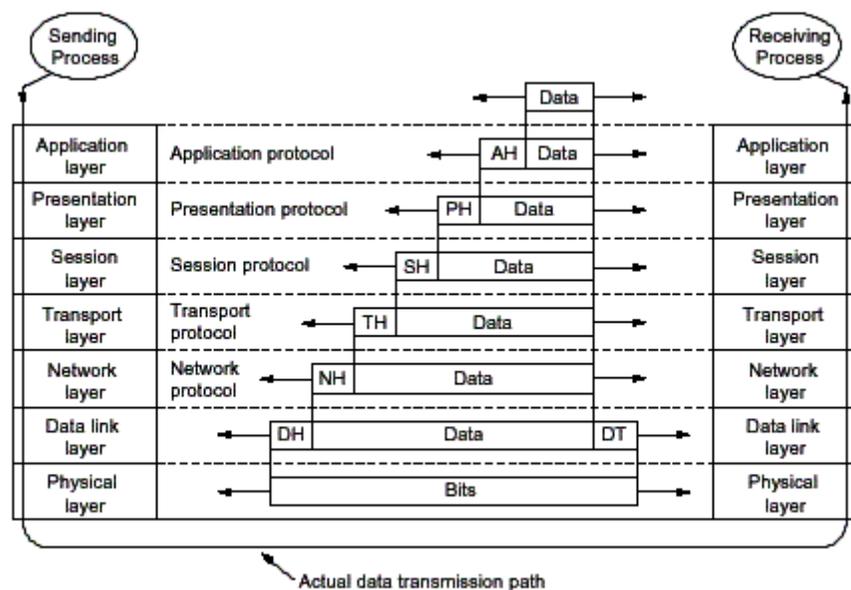
Μηχανικό: φυσικές ιδιότητες της διεπαφής

Ηλεκτρικό: αναπαράσταση των bits σε σχέση με τα επίπεδα τάσης ρεύματος) και το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (bits)

Λειτουργικό: λειτουργίες της φυσικής διεπαφής ανάμεσα σε ένα σύστημα και στο μέσο μετάδοσης

Διαδικαστικό: (ακολουθία γεγονότων κατά τα οποία σειρές από bits ανταλλάσσονται μέσω ενός φυσικού μέσου)

1.6.3 Μετάδοση Δεδομένων στο Μοντέλο OSI



1.6.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΚΤΥΩΝ

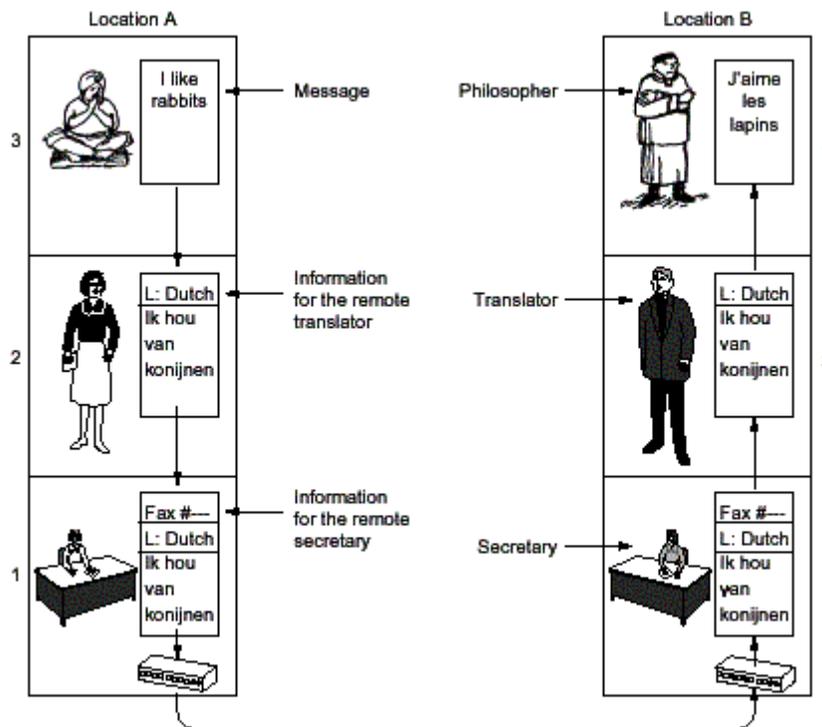
Ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας, δεν είναι τίποτε άλλο από ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο διασύνδεσης των συστημάτων που επικοινωνούν, καθώς και τον τρόπο πρόσβασης των κόμβων στο μέσο μετάδοσης. Από τον ορισμό αυτό είναι προφανές, πως η διασύνδεση δύο υπολογιστικών συστημάτων είναι δυνατή, μόνο όταν οι κανόνες επικοινωνίας τους ταυτίζονται με τις προδιαγραφές υλοποίησης του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων πρωτοκόλλων είναι το πρωτόκολλο του **υποεπιπέδου ελέγχου λογικής σύνδεσης (Logical Link Control sublayer LLC)** που είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη μετάδοση των πακέτων δεδομένων επάνω από το φυσικό επίπεδο του

μοντέλου του **OSI**, καθώς και το πρωτόκολλο του **υποεπιπέδου πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control sublayer, MAC)**, που καθορίζει τη διαδικασία πρόσβασης στο μέσο επικοινωνίας, και διαχειρίζεται τη διευθυνσιοδότηση των πακέτων δεδομένων που πρόκειται να σταλούν δια μέσου του φυσικού επιπέδου.

Η διαδικασία ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης, βρίσκει εφαρμογή **στα δίκτυα εκπομπής ή ανοικτής ακρόασης**, στα οποία, το σήμα που εκπέμπεται από κάποιο σταθμό, λαμβάνεται από όλους τους σταθμούς του δικτύου, οι οποίοι ανάλογα με τις περιστάσεις, το αποδέχονται, ή το απορρίπτουν. Στις τοπολογίες αυτού του είδους, καθοριστικός είναι ο ρόλος του **υποεπιπέδου MAC**, το οποίο καθορίζει ποιος από τους σταθμούς του δικτύου, μεταδίδει κάθε φορά, στο κανάλι πολλαπλής πρόσβασης. Στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις τοπικών δικτύων, η κατανομή της χωρητικότητας του καναλιού στους σταθμούς που συνδέονται σε αυτό, είναι **δυναμική** και όχι **στατική**, διότι οι απαιτήσεις των κόμβων σε χωρητικότητα δεν είναι γνωστές αλλά απροσδιόριστες.

Όσον αφορά τη μορφή του ελέγχου πρόσβασης στο μέσο, αυτή μπορεί να είναι τόσο **κεντρική** (όταν ο έλεγχος πραγματοποιείται από ένα βασικό κόμβο του δικτύου), όσο και **κατανεμημένη** (όταν όλοι οι σταθμοί του δικτύου εκτελούν επιλεκτικά τις λειτουργίες του πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο).

Τέλος, ένα βασικό στοιχείο του λειτουργικού μέρους κάθε δικτύου είναι η έννοια της **ιεραρχίας πρωτοκόλλων** η οποία δομεί και ξεχωρίζει τις υπηρεσίες που ένα δίκτυο προσφέρει από πλευράς **στρωμάτων**. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της σχεδίασης και υλοποίησης του λογισμικού χρησιμοποιούνται **στρώματα (layers)**, η **επίπεδα (levels)** όπου το καθένα κτίζεται πάνω στο κατώτερο του.



Οι βασικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται από τα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας πάνω στα διακινούμενα πακέτα πληροφορίας, σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες :

- **Κατάτμηση μηνυμάτων (segmentation ή fragmentation) :** περιλαμβάνει το διαχωρισμό των διακινούμενων πακέτων σε μικρότερες **ομάδες δεδομένων (frames)** οι οποίες μεταφέρονται δια μέσου του δικτύου και ακολουθώντας γενικά διαφορετικές διαδρομές. Αυτού του είδους ο διαχωρισμός βελτιώνει σημαντικά την απόδοση του δικτύου και οδηγεί σε πιο ασφαλή και σε πιο αξιόπιστη μετάδοση.
- **Επανασύνθεση (re-assembly) :** είναι η αντίθετη λειτουργία της **κατάτμησης**, πραγματοποιείται από τον υπολογιστή παραλήπτη, και περιλαμβάνει τη συνένωση των πακέτων δεδομένων, έτσι ώστε να σχηματιστεί το αρχικό μήνυμα. Εάν τα πακέτα δεδομένων έχουν φτάσει στον παραλήπτη με διαφορετική σειρά από εκείνη που εστάλησαν, θα πρέπει πριν την επανασύνθεσή τους να διαταχθούν με τη σωστή σειρά.
- **Ενθυλάκωση (encapsulation) :** η διαδικασία της ενθυλάκωσης πραγματοποιείται σε κάθε επίπεδο, και περιλαμβάνει την προσθήκη επί του πακέτου μιας **επικεφαλίδας (header)** συγκεκριμένου μεγέθους, η οποία περιέχει πληροφορίες
- **Μετάδοση Δεδομένων – Δίκτυα Υπολογιστών 55** ελέγχου, σχετικές με το είδος της επεξεργασίας που εφαρμόστηκε πάνω στο πακέτο. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να αφορούν **διευθύνσεις υπολογιστών, χαρακτήρες ανίχνευσης λαθών, και ειδικούς χαρακτήρες συγχρονισμού και ελέγχου.**
- **Έλεγχος σύνδεσης (connection control) :** η λειτουργία αυτή είναι υπεύθυνη για την **αποκατάσταση** και τον **τερματισμό** της σύνδεσης μεταξύ δύο υπολογιστών, καθώς και για την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσά τους.
- **Έλεγχος ροής (flow control) :** χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του μέγιστου **ρυθμού μεταφοράς δεδομένων** από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, έτσι ώστε ο τελευταίος να προλαβαίνει να διαβάσει τα πακέτα δεδομένων που λαμβάνει από τον αποστολέα.
- **Ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων (error correction και error detection) :** πρόκειται για μια από τις πιο βασικές λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, και έχει ως στόχο να ανιχνεύσει σφάλματα που ενδέχεται να προκύψουν κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, και εάν είναι δυνατόν να προχωρήσει στη διόρθωσή τους. Εάν η αυτόματη διόρθωση δεν είναι δυνατή, ο παραλήπτης ζητά από τον αποστολέα να του ξαναστείλει το εσφαλμένο πακέτο δεδομένων προκειμένου να το παραλάβει σωστά.
- **Τμηματοποίηση :** περιλαμβάνει την **αρίθμηση (enumeration)** των πακέτων δεδομένων (frames) που πραγματοποιείται δια της απόδοσης ενός αύξοντος

αριθμού σε κάθε ένα από αυτά, έτσι ώστε εάν αυτά δεν φτάσουν στον παραλήπτη με τη σωστή σειρά, να είναι δυνατή η ταξινόμησή τους πριν την επανασύνθεσή τους.

- **Διευθυνσιοδότηση** : η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την **προσθήκη της διεύθυνσης του παραλήπτη σε κάθε ένα από τα διακινούμενα πακέτα δεδομένων**, έτσι ώστε αυτά να φτάσουν σωστά στον υπολογιστή παραλήπτη.
- **Προτεραιότητα διεκπεραίωσης** : σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν κάποιο πακέτο δεδομένων, να λάβει μεγαλύτερη **προτεραιότητα (priority)** σε σχέση με κάποιο άλλο, έτσι ώστε να εξυπηρετηθεί πιο γρήγορα από το δίκτυο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απόδοση τέτοιας προτεραιότητας στα μηνύματα που στέλνουμε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- **Ασφάλεια (security)** : πρόκειται για μια από τις πιο σημαντικές υπηρεσίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, και ο βασικός της ρόλος είναι να διασφαλίσει πως τα πακέτα δεδομένων θα φτάσουν στον παραλήπτη με τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια, και προστατευμένα από **αλλοιώσεις, υποκλοπές**, και οτιδήποτε άλλο που θα μπορούσε να επηρεάσει την αξιοπιστία τους και την ορθότητά τους.
- **Συγχρονισμός (synchronization)** : ο **συγχρονισμός** ανάμεσα στον **πομπό** και στο **δέκτη** είναι αναγκαία προϋπόθεση για την επιτυχή μετάδοση δεδομένων, διότι εξασφαλίζει πως ο δέκτης είναι σε θέση να καθορίσει την έναρξη του πακέτου δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί να διαγράψει τις πρόσθετες επικεφαλίδες που προστίθενται στο μήνυμα, καθώς περνά από όλα τα επίπεδα του υπολογιστή αποστολέα.

1.6.5 Διεπαφές και υπηρεσίες

Σε ένα **πολυεπίπεδο πρωτόκολλο επικοινωνίας (multiplayer communication protocol)**, το κάθε επίπεδο πραγματοποιεί πάνω στα διακινούμενα πακέτα ένα συγκεκριμένο είδος επεξεργασίας, χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζει τι ακριβώς γίνεται στα άλλα επίπεδα του πρωτοκόλλου. Το μόνο πράγμα που χρειάζεται να ξέρει, είναι τι ακριβώς του στέλνει το γειτονικό του επίπεδο, έτσι ώστε να μπορέσει να το διαβάσει και στη συνέχεια να το επεξεργαστεί με το δικό του τρόπο. Το σύνολο των κανόνων που καθορίζουν τις **λειτουργίες** και **υπηρεσίες** που ένα επίπεδο προσφέρει στο αμέσως ανώτερό του, ονομάζεται **διεπαφή ή διασύνδεση (interface)** ανάμεσα στα δύο επίπεδα. Επειδή αυτού του είδους οι διασυνδέσεις είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της επικοινωνίας, είναι σημαντικό να ορίζονται με μεγάλη ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει μια δομή **πέντε επιπέδων** στην οποία φαίνονται τα **πρωτόκολλα** και οι **διασυνδέσεις** αυτών των επιπέδων, το σύνολο των οποίων όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ορίζεται ως η **αρχιτεκτονική** του δικτύου.

Σε ένα δίκτυο επικοινωνιών, η έννοια της **διεπαφής (interface)** είναι στενά συνδεδεμένη με την έννοια της **υπηρεσίας (service)**, δεδομένου πως ο βασικός ρόλος

της διεπαφής μεταξύ δύο επιπέδων, είναι η παροχή υπηρεσιών από το κατώτερο στο ανώτερο επίπεδο. Αυτές οι υπηρεσίες, μπορούν γενικά να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες : στις **υπηρεσίες με σύνδεση (connection oriented services)**, και στις **υπηρεσίες χωρίς σύνδεση (connectionless services)**.

Οι υπηρεσίες της πρώτης κατηγορίας λειτουργούν όπως το τηλεφωνικό σύστημα, και απαιτούν την αποκατάσταση της επικοινωνίας ανάμεσα στους δύο υπολογιστές πριν την έναρξη της διαδικασίας μεταφοράς δεδομένων. Οι υπηρεσίες της δεύτερης κατηγορίας λειτουργούν όπως το ταχυδρομικό σύστημα και στέλνουν την πληροφορία στον παραλήπτη χωρίς αρχικά να αποκαθιστούν την επικοινωνία μαζί του. Σε ένα σύστημα επικοινωνίας απαιτείται τουλάχιστον μια υπηρεσία με σύνδεση προκειμένου να επιβεβαιώνει πως τα δεδομένα που στάλθηκαν από τον πομπό, παραλήφθηκαν πράγματι από τον δέκτη.

Ένα **Σημείο Πρόσβασης Υπηρεσίας (Service Access Point - SAP)** προσδιορίζεται από μια διεύθυνση και αποτελεί την διεπαφή για ένα σύνολο υπηρεσιών.

Η **Μονάδα Δεδομένων Υπηρεσίας (Service Data Unit - SDU)** περιέχει τα δεδομένα που θέλουμε να στείλουμε.

Η **Πληροφορία Ελέγχου Διεπαφής (Interface Control Information - ICI)** περιέχει πληροφορίες που χρειάζονται για την αποστολή μιας SDU, π.χ. ο αριθμός των bytes

Η **Μονάδα Δεδομένων Πρωτοκόλλου (Protocol Data Unit)** είναι τα δεδομένα που στέλνονται δια μέσου του δικτύου και περιέχει την SDU του χρήστη καθώς και άλλα δεδομένα που σχετίζονται με το πρωτόκολλο.

1.6.6 Υπηρεσίες με Σύνδεση και Χωρίς Σύνδεση

Τα περισσότερα στρώματα δικτύων παρέχουν μια ή και τις δυο ακόλουθες υπηρεσίες:

Υπηρεσία με σύνδεση: Αυτού του είδους η υπηρεσία χρησιμοποιείται στα τηλεφωνικά κέντρα. Πρώτα αποκαθίσταται μια σύνδεση, λαμβάνει χώρα η ομιλία και κατόπιν η σύνδεση ελευθερώνεται.

Υπηρεσία χωρίς σύνδεση: Είναι παρόμοια της ταχυδρομικής υπηρεσίας, τα δεδομένα τοποθετούνται σε ένα πακέτο όπου πάνω του είναι γραμμένη η διεύθυνση προορισμού. Τα πακέτα ονομάζονται αυτόνομα πακέτα (datagrams).

Κάθε μια υπηρεσία παρέχει τη δικιά της ποιότητα εξυπηρέτησης:

- Παραδίδονται τα δεδομένα με τη σειρά που στάλθηκαν; Η υπηρεσία με σύνδεση ανταποκρίνεται σ' αυτήν την απαίτηση.
- Είναι η επικοινωνία των δεδομένων **αξιόπιστη**; Συνήθως με την υπηρεσία με

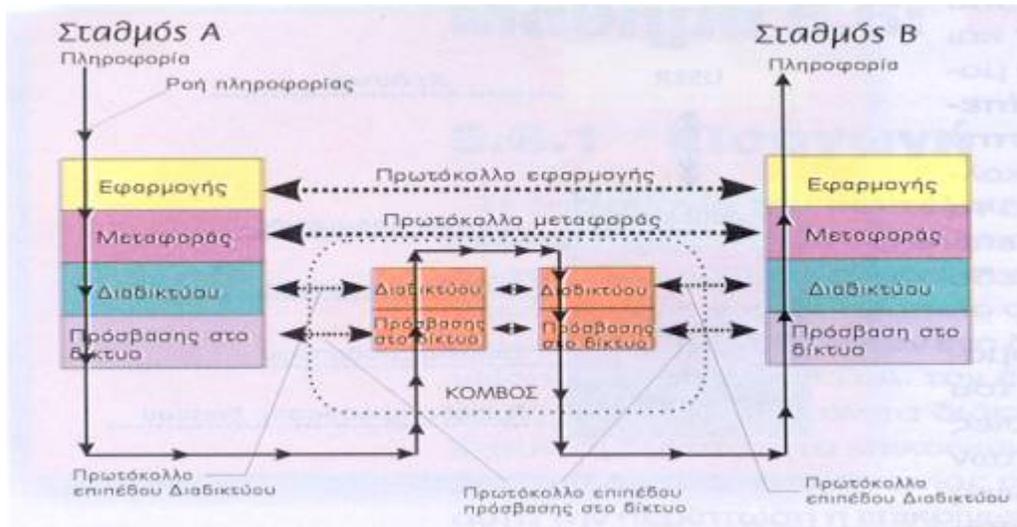
σύνδεση είναι, αλλά όχι πάντα με την υπηρεσία χωρίς σύνδεση. Η αξιοπιστία απαιτεί την αποστολή επιβεβαιώσεων και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης.

Παραλλαγές αυτών των δύο βασικών υπηρεσιών, είναι οι **υπηρεσίες χωρίς σύνδεση αλλά με χρήση επιβεβαίωσης (Acknowledged connectionless services)** καθώς και οι **υπηρεσίες με σύνδεση χωρίς τον έλεγχο της κατάστασης λειτουργίας του παραλήπτη (Unconfirmed Connection Oriented Services)**. Στην πρώτη περίπτωση, ο αποστολέας μεταδίδει τα δεδομένα όπως ακριβώς και στην υπηρεσία χωρίς σύνδεση, αλλά επιπλέον ζητά **επιβεβαίωση (acknowledgment)** από τον παραλήπτη ότι το πακέτο που του έστειλε έφτασε σωστά. Στη δεύτερη περίπτωση – η οποία είναι μια παραλλαγή της υπηρεσίας με σύνδεση – ο αποστολέας μεταδίδει τα δεδομένα στον παραλήπτη όπως ακριβώς έχει περιγραφεί στις υπηρεσίες με σύνδεση, αλλά χωρίς προηγουμένως να πιστοποιήσει πως ο παραλήπτης είναι σε λειτουργία έτσι ώστε να παραλάβει τα διακινούμενα πακέτα.

ΜΕΡΟΣ 2^Ο

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

2.1 Μετάδοση δεδομένων στο Μοντέλο OSI



2. 2 Το Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP

Η στοίβα των πρωτοκόλλων TCP/IP έγινε επιτυχία γιατί:

- Ήταν έτοιμη όταν χρειάστηκε ενώ οι υλοποιήσεις του OSI ήταν ακόμη ατελείς
- Διανεμήθηκε ελεύθερα με το λειτουργικό UNIX
- Το στρώμα διαδικτύου είναι ο ακρογωνιαίος λίθος που συγκρατεί όλη την αρχιτεκτονική και χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol).

Οι κύριες λειτουργίες των επτά επιπέδων του **μοντέλου αναφοράς OSI** σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες :

- **Φυσικό επίπεδο (physical layer)** : είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των δυαδικών ψηφίων που περιλαμβάνονται στο πακέτο δεδομένων, σε σήμα κατάλληλο για μετάδοση από το μέσο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται. Επιπλέον καθορίζει τεχνικά χαρακτηριστικά της επικοινωνίας, όπως είναι για παράδειγμα οι τιμές της τάσης που θα χρησιμοποιηθούν για το μηδέν και το ένα, η χρονική διάρκεια του κάθε bit, ο τύπος της επικοινωνίας (μονόπλευρη, ημίπλευρη, αμφίπλευρη), ο τρόπος αποκατάστασης και τερματισμού της σύνδεσης, καθώς και το πλήθος και είδος των

ακροδεκτών που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και τη λήψη των δεδομένων.

- **Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer)** : ο βασικός του ρόλος είναι η **διασφάλιση μιας μετάδοσης χωρίς σφάλματα**, και ως εκ τούτου η κύρια λειτουργία που επιτελεί είναι η **ανίχνευση και η διόρθωση σφαλμάτων**. Πιο συγκεκριμένα, αναλαμβάνει να επαναμεταδώσει τα εσφαλμένα πακέτα δεδομένων, να αναγνωρίσει και να απομακρύνει πλαίσια που έχουν φτάσει δύο ή περισσότερες φορές, να ελέγξει τη ροή της μετάδοσης δεδομένων (**flow control**) και να διαχειριστεί τα μηνύματα επιβεβαίωσης (**acknowledgment frames**) που του αποστέλλει ο παραλήπτης κάθε φορά που λαμβάνει χώρα επιτυχή μετάδοση ενός πακέτου. Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων, αποτελείται από δύο υποεπίπεδα, το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (**Medium Access Control, MAC**), που καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης των σταθμών στο δίκτυο και επικοινωνεί με το φυσικό επίπεδο, και το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής (**Logical Link Control, LCC**), που επικοινωνεί με το επίπεδο δικτύου.
- **Επίπεδο δικτύου (network layer)** : η βασική λειτουργία αυτού του επιπέδου, είναι η **διευθυνσιοδότηση των υπολογιστών του δικτύου** – δηλαδή η απόδοση μιας μοναδικής διεύθυνσης σε κάθε έναν από αυτούς – καθώς επίσης και η **δρομολόγηση, απαρίθμηση και ταξινόμηση** των πακέτων δεδομένων. Επιπλέον είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση προβλημάτων **συμφόρησης (congestion)** που παρατηρούνται όταν σε κάποιο υπολογιστή φτάνουν πολύ περισσότερα πακέτα από όσα πραγματικά αυτός μπορεί να δεχθεί, καθώς επίσης και για τη **χρέωση (charge)** των υπηρεσιών του δικτύου στην περίπτωση που αυτό είναι **ιδιωτικό (private)**.
- **Επίπεδο μεταφοράς (transport layer)** : η βασική λειτουργία του επιπέδου μεταφοράς είναι η **παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο συνόδου, ο τεμαχισμός τους (αν χρειαστεί) σε μικρότερες μονάδες, η παράδοσή τους στο επίπεδο δικτύου, και η διασφάλιση, ότι όλες οι μονάδες θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά**. Επιπλέον, **αποκαθιστά και τερματίζει** τη σύνδεση στο επίπεδό του, επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την **ποιότητα εξυπηρέτησης της σύνδεσης**, ελέγχει τη **ροή** των δεδομένων, και παρέχει δυνατότητα **πολυπλεξίας** όπου αυτό είναι αναγκαίο.
- **Επίπεδο συνόδου (session layer)** : το επίπεδο συνόδου επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών υπολογιστών να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Για να γίνει δυνατή μια τέτοια σύνδεση, το επίπεδο συνόδου πραγματοποιεί μια σειρά από διαδικασίες όπως είναι η **εξακρίβωση της ταυτότητας του χρήστη, η εξακρίβωση της ποιότητας της συνόδου, ο έλεγχος της ανταλλαγής δεδομένων, και η διαχείριση του κουπονιού (token)** που χρησιμοποιείται προκειμένου ο κάθε χρήστης να μπορεί να προσπελαύνει το δίκτυο, χωρίς να έρχεται σε σύγκρουση με άλλους σταθμούς που επιχειρούν να κάνουν το ίδιο.

- Επίπεδο παρουσίασης (presentation layer) :** το επίπεδο παρουσίασης ασχολείται με την **ορθότητα της σύνταξης και της αναπαράστασης των δεδομένων** έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν οι εφαρμογές των δύο σταθμών του δικτύου. Αυτό εμφανίζεται συνήθως σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ο σταθμοί χρησιμοποιούν διαφορετικούς **κώδικες αναπαράστασης χαρακτήρων**(για παράδειγμα **UNICODE** και **ASCII**), οπότε το επίπεδο παρουσίασης είναι αυτό που αναλαμβάνει να γεφυρώσει το χάσμα μετατρέποντας τα μεταδιδόμενα δεδομένα σε μια κοινή μορφή αναπαράστασης, γνωστή και στους δύο υπολογιστές. Επιπλέον και όπου αυτό είναι αναγκαίο, ασχολείται και με άλλες μορφές αναπαράστασης της πληροφορίας, όπως είναι η **συμπίεση (compression)** και η **κρυπτογράφηση (cryptography)**.
- Επίπεδο εφαρμογής (application layer) :** το επίπεδο εφαρμογής αναλαμβάνει τη σωστή επικοινωνία εφαρμογών που δεν είναι συμβατές μεταξύ τους, και οι οποίες χρησιμοποιούνται από χρήστες που επιθυμούν να έλθουν σε επικοινωνία. Αυτού του είδους οι εφαρμογές είναι αναρίθμητες, και ποικίλουν από απλές **μεταφορές αρχείων**, μέχρι πακέτα **τηλεεργασίας** και **τηλεεκπαίδευσης** με χρήση πολυμέσων. Στις περιπτώσεις αυτές, το επίπεδο εφαρμογής είναι υπεύθυνο **για την εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν, την επιβεβαίωση ότι αυτές είναι διαθέσιμες για επικοινωνία, και το συντονισμό του διαλόγου ανάμεσά τους**



2.3 . Σύγκριση Μοντέλων Αναφοράς

Όσο αναφορά τώρα την σύγκριση μεταξύ των μοντέλων αναφοράς **OSI** και **TCP/IP** είναι πως και τα δύο μοντέλα, είναι δομημένα ως **σύνολα επιπέδων**, με το κάθε επίπεδο να αντιστοιχεί σε ένα ή περισσότερα **πρωτόκολλα**, τα οποία πραγματοποιούν μια εντελώς συγκεκριμένη μορφή επεξεργασίας, πάνω στα μεταδιδόμενα πακέτα δεδομένων. Το πιο πρωτόκολλο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται **από τις απαιτήσεις των χρηστών και τις εφαρμογές οι οποίες θέλουν να επικοινωνήσουν**, ενώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε, πως τα πρωτόκολλα των ανωτέρων επιπέδων, είναι **ανεξάρτητα** από το δίκτυο δια μέσου του οποίου θα πραγματοποιηθεί η επικοινωνία.

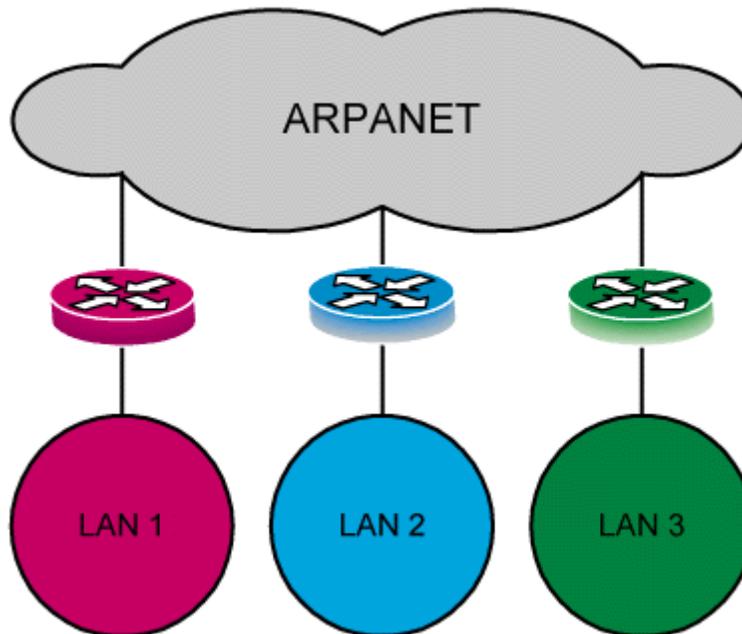
Από την άλλη πλευρά, η βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο μοντέλα, είναι ο

διαφορετικός αριθμός των επιπέδων τους (επτά επίπεδα στο OSI και μόνο τέσσερα στο TCP/IP). Από εκεί και πέρα άλλες διαφορές εμφανίζονται στον τρόπο λειτουργίας του κάθε επιπέδου ξεχωριστά. Για παράδειγμα, το **επίπεδο συνόδου (session layer)** στο μοντέλο του **OSI** χρησιμοποιείται ελάχιστα, ενώ το **επίπεδο παρουσίασης (presentation layer)** δε χρησιμοποιείται σχεδόν καθόλου. Επίσης στο **επίπεδο δικτύου (network layer)** το OSI υποστηρίζει και τις δύο μορφές υπηρεσιών (προσανατολισμένες στη σύνδεση και μη προσανατολισμένες στη σύνδεση), ενώ στο **επίπεδο μεταφοράς (transport layer)**, υποστηρίζει μόνο την επικοινωνία την προσανατολισμένη στη σύνδεση. Αντίθετα το **TCP/IP** υποστηρίζει στο **επίπεδο διαδικτύου (internet layer)** μόνο τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία, ενώ υποστηρίζει και τους δύο τρόπους επικοινωνίας στο επίπεδο μεταφοράς.

Τέλος λόγω της διαφορετικής φιλοσοφίας με βάση την οποία σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν αυτά τα δύο μοντέλα αναφοράς, υπάρχουν και άλλες διαφορές όπως είναι η **έλλειψη σαφούς διαχωρισμού ανάμεσα στις έννοιες της υπηρεσίας (service), της διεπαφής (interface) και του πρωτοκόλλου (protocol)** που παρατηρείται στο μοντέλο του **OSI** αλλά όχι και στο μοντέλο του **TCP/IP** όπως επίσης και η **ασυμφωνία** ανάμεσα στα πρωτόκολλα και στα μοντέλα, που δεν υφίσταται στο **TCP/IP** αλλά εμφανίζεται εντονότερη στο μοντέλο του **OSI**.

2.4 Μερικά παραδείγματα δικτύων

2.4.1 ARPAnet



ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

«Το 1968, το Εθνικό Εργαστήριο Φυσικής στη Μ. Βρετανία δημιούργησε το πρώτο δοκιμαστικό δίκτυο. Σύντομα, η Αμερικανική υπηρεσία DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) που κατόπιν ονομάστηκε ARPA, αποφάσισε τη δημιουργία ενός μεγαλύτερου δικτύου, που τους κόμβους του θ' αποτελούσαν οι υπερυπολογιστές (οι ισχυρότεροι υπολογιστές) της εποχής εκείνης. Το φθινόπωρο του 1969, ο πρώτος κόμβος τοποθετήθηκε στο UCLA (University of California at Los-Angeles) και μέχρι το Δεκέμβριο του 1969 οι κόμβοι έγιναν τέσσερις (στο πανεπιστήμιο Utah, στο πανεπιστήμιο California της Santa Barbara, στο UCLA και στο ίδρυμα Stanford Research Institute International). Το δίκτυο αυτό ονομάστηκε ARPAnet, προς τιμήν του στρατιωτικού χορηγού του. Οι τέσσερις αυτοί πανεπιστημιακοί υπερυπολογιστές μπορούσαν ν' ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω ειδικών τηλεπικοινωνιακών γραμμών υψηλής ταχύτητας και μπορούσαν να προγραμματιστούν από απόσταση μέσω άλλων απομακρυσμένων κόμβων. Έτσι, οι επιστήμονες και οι ερευνητές της εποχής εκείνης, μπορούσαν να μοιράζονται ο ένας τους υπολογιστές των άλλων.

Το 1971, οι κόμβοι αυξήθηκαν σε 15 και το 1972 ο αριθμός τους ανέρχονταν σε 37. Στο δεύτερο αυτό χρόνο λειτουργίας, οι χρήστες επινόησαν το *e-mail* και με αυτό τον τρόπο το ARPAnet μετατράπηκε σταδιακά σ' ένα υψηλής ταχύτητας ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ομοσπονδιακής έκτασης. Έτσι, ο κύριος φόρτος του δικτύου δεν ήταν η χρήση υπολογιστών εξ αποστάσεως (*remote login*) αλλά η συνεχής αναμετάδοση μηνυμάτων: Οι χρήστες χρησιμοποιούσαν το δίκτυο κυρίως για ανταλλαγή προγραμμάτων, σημειώσεων, ερευνητικών εργασιών, νέων, καθώς οι λογαριασμοί τους (*accounts*) δηλ. ουσιαστικά ο χώρος στον σκληρό δίσκο της εποχής εκείνης που δεσμεύονταν αποκλειστικά γι' αυτούς, ήταν προσβάσιμος από άλλους μέσω *e-mail*. Σήμερα βέβαια υπάρχει μεγάλος αριθμός διακομιστών αλληλογραφίας (*mail servers*) για την (προσωρινή) αποθήκευση της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας των χρηστών μιας γεωγραφικής περιοχής. Η ανακάλυψη των ταχυδρομικών λιστών (*Mailing lists*) δεν άργησε να έρθει, εκμεταλλευόμενη την τεχνική μετάδοσης των μηνυμάτων από κόμβο σε κόμβο, καθώς το ίδιο μήνυμα μπορούσε να σταλεί ταυτόχρονα σ' όλα τα μέλη της *λίστας κοινών ενδιαφερόντων* (*multicasting*).

Μέσα στη δεκαετία του '70 το ARPAnet μεγάλωσε. Περισσότεροι κόμβοι συνδέθηκαν και ακόμη περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούσαν καθημερινά τις υπηρεσίες του δικτύου. Οι χρήστες δεν προέρχονταν πια μόνο από ακαδημαϊκές κοινότητες και ιδρύματα. Χάρη στην άναρχη δομή του δικτύου, οποιοσδήποτε μπορούσε να συνδεθεί μ' αυτό, εφ' όσον διέθετε έναν υπολογιστή που να μπορεί να *μιλά* τη γλώσσα του δικτύου, αλλά κι ένα λογαριασμό (άδεια πρόσβασης) σε κάποιον πανεπιστημιακό υπολογιστή. Διαφορετικοί κατασκευαστές υπολογιστών, μοντέλα και τεχνικά χαρακτηριστικά, ακόμη κι ο ιδιοκτήτης ενός κόμβου, έπαψαν να έχουν σημασία προκειμένου να μπορεί να συνδεθεί ο συγκεκριμένος κόμβος στο δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό, ακόμη και απλοί

πολίτες μπορούσαν να συνδεθούν και να επικοινωνήσουν, ν' ανταλλάξουν απόψεις και προγράμματα.

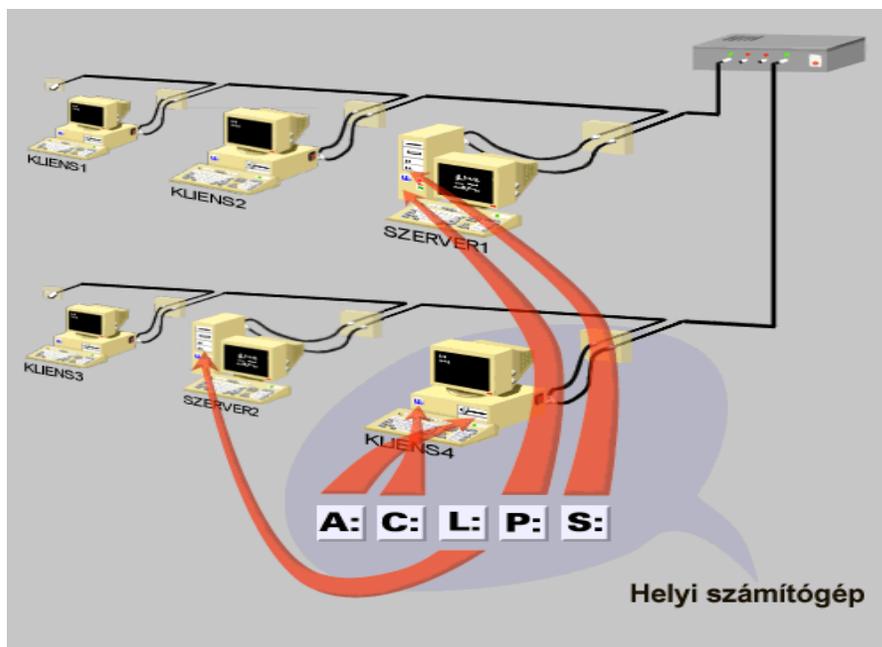
Οι χρήστες του δικτύου αρχικά περιορίζονταν σε επιστήμονες και ερευνητές, που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ο ένας τον υπολογιστή του άλλου από μεγάλη απόσταση και να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες του απομακρυσμένου υπολογιστή. Πιο δημοφιλής εφαρμογή του συστήματος αναδείχτηκε πολύ γρήγορα το e-mail. Έτσι, το ARPAnet μετατράπηκε σε ένα ταχύτατο ψηφιακό ταχυδρομείο, καθώς το χρησιμοποιούσαν για συνεργασία σε ερευνητικά προγράμματα, αλλά και για συζητήσεις πάνω σε θέματα ποικίλου ενδιαφέροντος.

Στη συνέχεια, το ARPAnet ξεπέρασε αυτό το στενό πλαίσιο, παρέμεινε όμως στους κόλπους της ακαδημαϊκής κοινότητας υπό τον έλεγχο του Εθνικού Επιστημονικού Ιδρύματος (National Science Foundation). Το ίδρυμα αυτό κρατούσε ένα σημαντικό μέρος της ραχοκοκαλιάς του δικτύου (backbone), που ονομαζόταν NSFnet. Το NSFnet δημιουργήθηκε το 1986, για να συνδέσει πέντε πανεπιστημιακούς υπερυπολογιστές.»

ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

| Έτος | Γεγονός |
|-------------|-----------------------------------|
| 1957 | Δημιουργία του ARPA |
| 1969 | Δημιουργία του ARPAnet |
| 1982 | Υιοθέτηση του TCP/IP |
| 1983 | Ενσωμάτωση του TCP/IP στο UNIX |
| 1986 | Δημιουργία του NSFnet |
| 1990 | Δημιουργία του HTTP στο CERN |
| 1992 | Κυκλοφορία του MOSAIC |
| 1993 | Κυκλοφορία του NETSCAPE NAVIGATOR |
| 1995 | Κυκλοφορία του INTERNET EXPLORER |

2.4.2 Novell NetWare



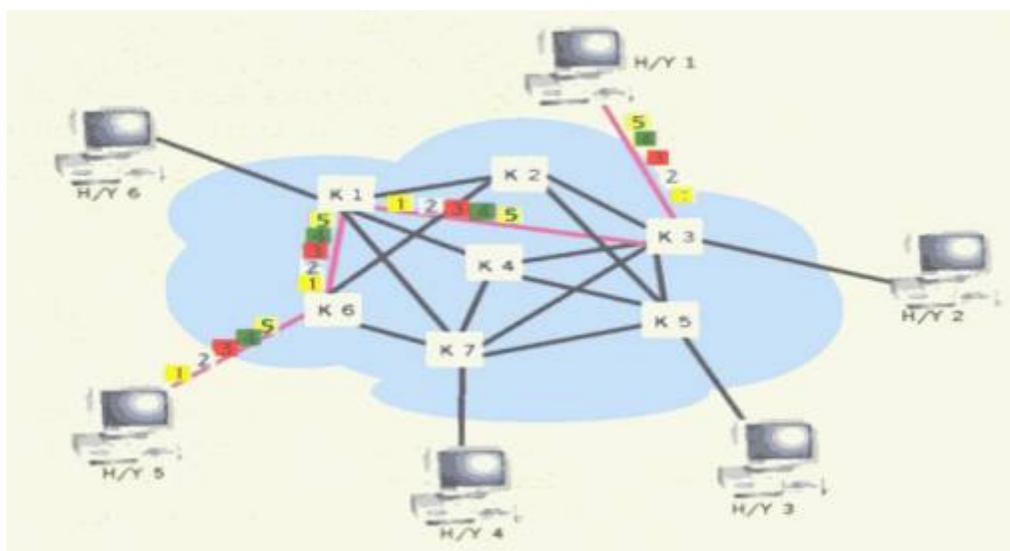
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

- Πρόσβαση χρηστών σε συγκεκριμένες περιοχές του κεντρικού δίσκου
Κοινή χρήση προγραμμάτων που βρίσκονται στον server
- Αποστολή μηνυμάτων μεταξύ χρηστών (*send*).

Επειδή στα δίκτυα με Novell ο αποθηκευτικός χώρος που χρησιμοποιείτε είναι αυτός μόνο του κεντρικού υπολογιστή μπορούμε πιο εύκολα να αποτρέψουμε αλλαγές στις ρυθμίσεις και τα προγράμματά μας. Στο μόνο υλικό που έχει πρόσβαση ο χρήστης είναι η δισκέτα εκκίνησης και σύνδεσης με το δίκτυο, όπου δεν μπορεί να κάνει και πολλά. Από τη στιγμή που θα συνδεθεί με το δίκτυο τότε μπορούμε να ορίσουμε τα δικαιώματα που θα έχει όπως θέλουμε.

Το πρόβλημα είναι ότι πρέπει να χρησιμοποιούμε προγράμματα που υποστηρίζουν λειτουργία σε δίκτυο και από την άλλη φορτώνουμε πάρα πολύ το δίκτυο με αποτέλεσμα πρόσθετες καθυστερήσεις.

2.4.3 Internet



Το Internet εδώ και πολλά χρόνια είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στην επιστημονική κοινότητα κι έχει συμβάλει πάρα πολύ στην έρευνα και στη διαπροσωπική επικοινωνία. Ο ρυθμός ανάπτυξης του είναι πολύ εντυπωσιακός αφού ο αριθμός των κόμβων του (*hosts*) διπλασιάζεται κάθε χρόνο από το 1988. Έχει δε εκτιμηθεί ότι κάθε δέκα λεπτά ένα νέο δίκτυο συνδέεται στο διαδίκτυο ανά τον κόσμο! Η εκτίμηση αυτή δικαιολογεί άνετα την αύξηση του αριθμού των κόμβων από 1.776.000 τον Ιούλιο του 1993 στα 2.056.000 τον Οκτώβριο του ίδιου έτους. Σύμφωνα με τα στοιχεία του European Information Technology Observatory ο μέσος ρυθμός αύξησης που παρουσιάζει το διαδίκτυο στην Ευρώπη μέχρι το 2000 ανέρχεται σε 37% ετησίως. Το σύνολο των Ευρωπαίων χρηστών από 12,5 εκατομμύρια το 1995 θα φτάσει τα 60 εκατομμύρια το έτος 2000. Το 1997 οι χρήστες του διαδικτύου παγκοσμίως υπολογίζονται σε 95,7 εκατομμύρια. Το διαδίκτυο αυτή τη στιγμή βρίσκεται όχι μόνο σε Πανεπιστημιακά ή ερευνητικά δίκτυα, αλλά και σε σχολεία, σε βιβλιοθήκες, στα σπίτια απλών χρηστών, στον εμπορικό τομέα και γενικά σε πάσης φύσεως επιχειρήσεις που χρειάζονται για διάφορους λόγους ένα γρήγορο και μοντέρνο τρόπο επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων. Ένα δείγμα της δημοτικότητας του διαδικτύου μπορεί ν' αποτελέσουν τα σχετικά δημοσιεύματα όχι στον ειδικό τύπο, αλλά στα περιοδικά ποικίλης ύλης. Ακόμη το Ανώτατο Δικαστήριο των ΗΠΑ (Supreme Court) εδώ και χρόνια κάνει διαθέσιμες τις αποφάσεις του στο διαδίκτυο μέσα σε λιγότερο από μία μέρα. Στις 2 Μαρτίου 1993 ο

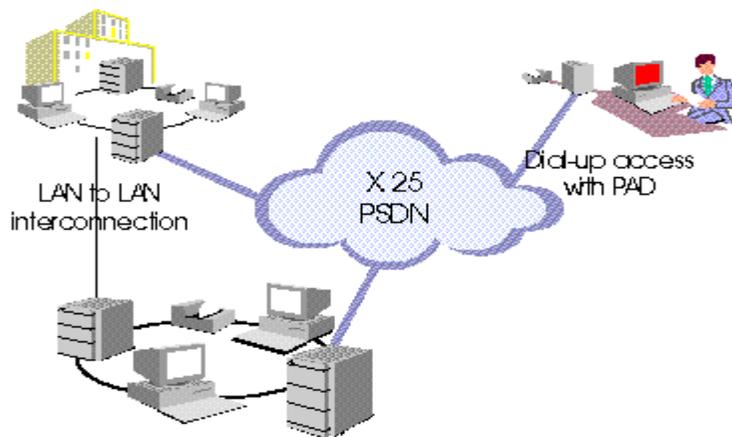
πρόεδρος Clinton απευθύνθηκε στους συμπολίτες του μέσα στον κυβερνοχώρο (*cyberspace*) και το μήνυμά του έφτασε σ' όλους όσους ήταν στο δίκτυο.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ INTERNET ΜΕ ΑΡΙΘΜΟΥΣ

| Έτος | Αριθμός υπολογιστών |
|-------------|--|
| 1977 | 111 |
| 1981 | 213 |
| 1983 | 562 |
| 1984 | 1.000 |
| 1986 | 5.000 |
| 1987 | 10.000 |
| 1989 | 100.000 |
| 1992 | 1.000.000 |
| 2001 | 150.000.000-175.000.000 |
| 2002 | >200.000.000 |
| 2010 | 80% του πλανήτη θα είναι στο διαδίκτυο |

2.5 Παραδείγματα Υπηρεσιών Δεδομένων

2.5.1 X25



Το X.25 χρησιμοποιείται αρκετά σαν δίκτυο σύνδεσης LAN με LAN πάνω από μισθωμένες γραμμές σε ταχύτητες μέχρι 1,544Mbps , ή υπολογιστή με LAN πάνω από επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές. Το Hellaspac του ΟΤΕ είναι ένα τέτοιο δίκτυο. Για τον μεμονωμένο χρήστη προσφέρει ανάλογες υπηρεσίες με αυτές ενός modem πάνω από κοινή τηλεφωνική γραμμή, με ανταγωνιστικό κόστος όμως για υπεραστικές κλήσεις. Η φιλοσοφία του X.25 είναι ανάλογη μ'αυτή του τηλεφώνου. Όταν ένας υπολογιστής θέλει να επικοινωνήσει με κάποιον άλλο στέλνει ένα πακέτο αίτησης κλήσης προς αυτόν. Ο απομακρυσμένος υπολογιστής όταν λάβει αυτή την κλήση, αποκρίνεται με ένα πακέτο αποδοχής. Από αυτή τη στιγμή έγινε η σύνδεση, και ο δρόμος που ακολούθησε το πακέτο μέσα από τα κέντρα μεταγωγής πακέτων, έχει χαράξει ένα νοητό κανάλι (virtual circuit), το οποίο θα μείνει κατειλημμένο μέχρι το πέρας της ανταλλαγής δεδομένων. Μ'αυτό το τρόπο αποφεύγεται η ανάγκη δρομολόγησης καθενός πακέτου ξεχωριστά.

Ένα γνωστό παράδειγμα εφαρμογής του X.25 είναι η επεξεργασία των χρεώσεων των πιστωτικών καρτών στα καταστήματα. Τα δεδομένα από την ανάγνωση της κάρτας μεταφέρονται συνήθως μέσω δικτύου X.25 στον κεντρικό υπολογιστή της τράπεζας.

2.5.2 ISDN ευρείας ζώνης

Το B-ISDN είναι το μέλλον του κοινού ISDN. Προτού καλά καλά αυτό καταφέρει να γίνει αποδεκτό, ήδη άρχισε να συζητείται ο αντικαταστάτης του. Οι μοντέρνες εφαρμογές με χρήση πολυμέσων δεν μπορούν να αρκεστούν στο φτωχό εύρος ζώνης του ISDN. Το B-ISDN επιτρέπει ταχύτητες μεταφοράς μέχρι 155Mbps. Υπάρχει όμως μια καινοτομία η οποία το κάνει πολύ ελκυστικό. Οι γραμμές που προσφέρονταν στους χρήστες μέχρι τώρα ήταν σταθερού εύρους ζώνης. Αυτό σήμαινε ότι πολλές φορές ο χρήστης αναγκαζόταν να πληρώνει περισσότερο εύρος απ'ότι χρειαζόταν, και άλλες να χρειάζεται λίγο παραπάνω αλλά να μην υπάρχει διαθέσιμο. Στην περίπτωση του B-ISDN όμως χρησιμοποιείται ασύγχρονη μεταφορά δεδομένων (ATM, Asynchronous Transfer Mode) που επιτρέπει μεταβλητό εύρος ζώνης, ανάλογα με τις ανάγκες, και μέχρι το όριο των 155Mbps. Η υπηρεσίες που θα προσφέρει το B-ISDN, μπορεί να είναι η HDTV (High Definition TeleVision), η τηλεϊατρική, η τηλεδιάσκεψη υψηλής ευκρίνειας, η τηλεαπασχόληση κ.α. Το εύρος των εφαρμογών είναι ανεξάντλητο. Όμως πρέπει να τονιστεί ότι απαιτούνται τεράστιες αλλαγές στην τηλεπικοινωνιακή υποδομή. Προϋποτίθεται ότι θα χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες μέχρι και τον συνδρομητικό βρόγχο, καινούργια κέντρα μεταγωγής πακέτων που θα στηρίζονται στο ATM, και νέες τερματικές συσκευές πολύ πιο ακριβές από τις σημερινές. Αυτά όλα όμως δεν φαίνεται ότι θα αποτελέσουν εμπόδιο για την εξάπλωση του B-ISDN στον νέο αιώνα, τουλάχιστον στις εξελιγμένες, τηλεπικοινωνιακά, χώρες. Όλοι οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί, οι κατασκευάστριες εταιρείες, οι κυβερνήσεις, έχουν καταλάβει την τεράστια σημασία του B-ISDN για μια νέα κοινωνία που τώρα γεννιέται, και που μας επιφυλάσσει πάρα πολλά.

2.6 Οργανισμοί Προτυποποίησης Δικτύων

Οι τρεις πιο σημαντικοί διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης που ασχολούνται με την καθιέρωση προτύπων αποδεκτών από όλους, είναι ο **Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης**, η **Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών** και το **Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών**. Ο **Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Standards Organization, ISO)**, είναι ένα εθελοντικό σώμα που ιδρύθηκε το 1946, με σκοπό να **εναρμονίσει** και να **τυποποιήσει** ένα ευρύτατο φάσμα προϊόντων που παράγονταν από διάφορους κατασκευαστές σε όλο τον κόσμο ώστε να εξασφαλιστεί η συμβατότητα των συστημάτων τους. Ο **ISO** υποδιαιρείται σε **Τεχνικές Επιτροπές (Technical Committees, TC)**, οι οποίες με τη σειρά τους υποδιαιρούνται σε **Τεχνικές Υποεπιτροπές (Technical Subcommittees)**. Τέλος η κάθε **υποεπιτροπή** χωρίζεται σε

Ομάδες Εργασίας (Working Groups, WG), οι οποίες ασχολούνται με την τυποποίηση εντελώς εξειδικευμένων θεμάτων πάσης φύσεως.

Η **Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union, ITU)**, ιδρύθηκε από τα **Ηνωμένα Έθνη** και αποτελεί τον πρωτόπορο οργανισμό δημιουργίας προτύπων για **δίκτυα δεδομένων**. Οι βασικοί της στόχοι, είναι η **διατήρηση** και **επέκταση** της διεθνούς συνεργασίας για τη βελτίωση των τηλεπικοινωνιών, η **προώθηση** και η **ανάπτυξη** νέων τεχνικών λύσεων, και η **επιτάχυνση** της διαδικασίας υλοποίησης των προτύπων.

Τέλος το **Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (Institute of Electronics and Electrical Engineers, IEEE)** είναι ένας από τους κορυφαίους διεθνείς οργανισμούς στον τομέα της τεχνολογικής ανάπτυξης. Ο οργανισμός αυτός ασχολείται με πολλά τεχνολογικά θέματα, τα οποία επεκτείνονται από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τη βιοϊατρική και τις τηλεπικοινωνίες, μέχρι την αεροναυπηγική και τα καταναλωτικά προϊόντα.

ΜΕΡΟΣ 3^ο

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

3.1 Εισαγωγικές έννοιες

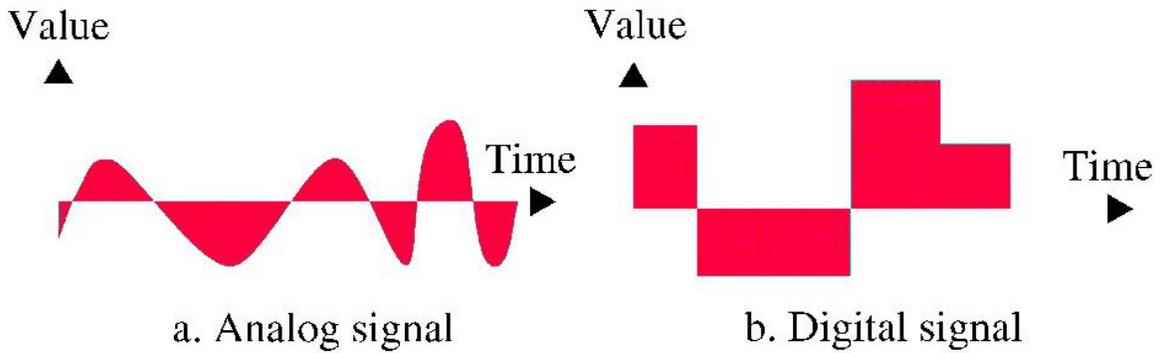
Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με την μετατροπή των ψηφιακών δεδομένων (εικόνα, βίντεο, ήχος, ...) σε κατάλληλα ηλεκτρομαγνητικά σήματα (ή κύματα) και την μετάδοση των σημάτων αυτών διαμέσου μιας σύνδεσης. Για παράδειγμα, το φυσικό επίπεδο θα μπορούσε να αντιστοιχίσει στο ψηφίο '1' μια τάση +V και στο '0' μια τάση -V, ώστε να είναι διακριτές οι δύο καταστάσεις, και στη συνέχεια να στείλει την ακολουθία των ψηφίων ως μια ακολουθία ηλεκτρικών σημάτων με τάσεις: {-V, +V}. Ο παραλήπτης μεταφράζει τα ηλεκτρικά σήματα στα αντίστοιχα ψηφία. Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα υπόκεινται σε παραμορφώσεις και αλλοιώσεις με αποτέλεσμα ο παραλήπτης να τα μεταφράζει με λανθασμένο τρόπο. Οι αλλοιώσεις αυτές οφείλονται: I. Στο μέσο μετάδοσης, II. Στην ταχύτητα μετάδοσης και, III. Στην απόσταση μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Η ανάγκη για αποφυγή των αλλοιώσεων έχει οδηγήσει σε διάφορα πρότυπα όσο αφορά τις ηλεκτρικές διεπαφές και τα μέσα μετάδοσης ανάμεσα στις διάφορες συσκευές.

3.2 Σήματα

3.2.1 κατηγοριοποίηση σημάτων

Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

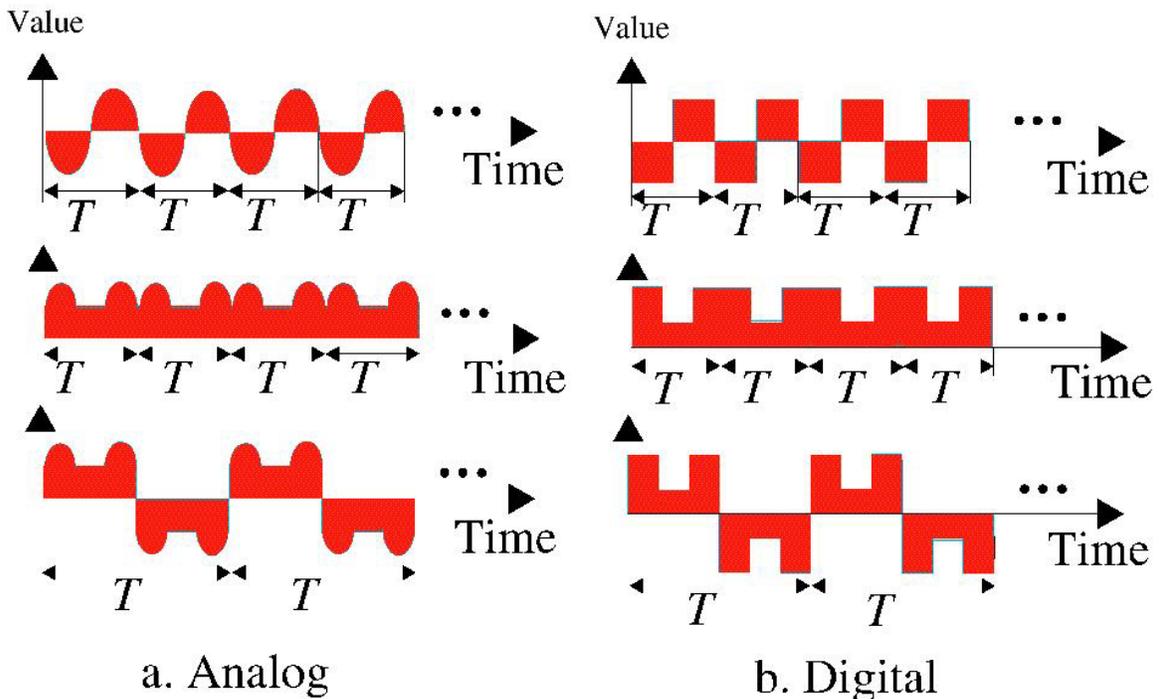
- Αναλογικά Σήματα (Analog Signals): Οι τιμές που παίρνουν είναι συνεχείς, ανήκουν δηλαδή σε όλο το σύνολο των πραγματικών αριθμών.
- Ψηφιακά Σήματα (Digital Signals): Παίρνουν διακριτές τιμές που στην απλούστερη περίπτωση είναι οι τιμές του συνόλου {0, 1}. Δηλαδή εκφράζουν τις δύο καταστάσεις της πληροφορίας. Τα αναλογικά και τα ψηφιακά σήματα παριστάνονται γραφικά, σε συνάρτηση με το χρόνο, σε ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων. Στον κάθετο άξονα παριστάνονται οι τιμές και ο οριζόντιος άξονας περιγράφει το χρόνο. Η μετάβαση από την μια τιμή στην άλλη είναι συνεχής για τα αναλογικά, ενώ στα ψηφιακά σήματα θεωρείται ακαριαία.



Εικόνα 3.1: Αναλογικά & Ψηφιακά Σήματα

Όλα τα σήματα μπορεί να είναι είτε περιοδικά είτε απεριοδικά (ή μη-περιοδικά):

- Περιοδικά Σήματα (Periodic Signals): Σήματα που επαναλαμβάνουν τη μορφή τους στο σταθερό χρονικό διάστημα μιας περιόδου T . Στην κάθε επανάληψη του σήματος συμπληρώνεται ένας κύκλος (cycle).
- Απεριοδικά ή Μη-περιοδικά Σήματα (Aperiodic ή NonPeriodic Signals): Δεν επαναλαμβάνουν τη μορφή τους, αλλά μπορούν να αποσυντεθούν σε έναν απερίριστο αριθμό περιοδικών σημάτων (Μετασχηματισμός Fourier).

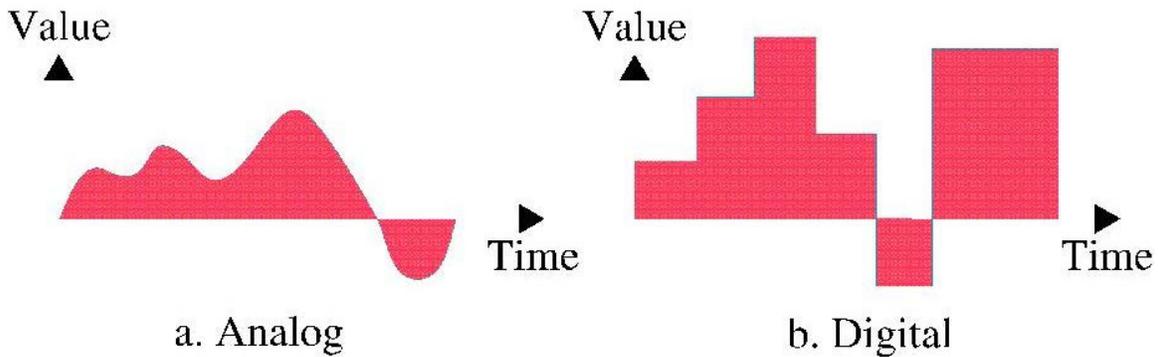


Εικόνα 3.2: Διάφοροι τύποι περιοδικών αναλογικών και ψηφιακών σημάτων

Τα αναλογικά σήματα χαρακτηρίζονται από τρεις μεταβλητές:

- Πλάτος (Amplitude): Περιγράφει την τιμή του σήματος την κάθε χρονική στιγμή. Μετρείται σε Volts ή Amperes ή Watts.

- Συχνότητα/Περίοδος (Frequency/Period): Η συχνότητα εκφράζει τον αριθμό των περιόδων ή των ολοκληρωμένων κύκλων του σήματος σε χρόνο 1 sec. Μετριέται σε Hz και σε όλα τα παράγωγά του. Η περίοδος εκφράζει το χρονικό διάστημα στο οποίο ολοκληρώνεται ένας κύκλος. Μετριέται σε sec και σε όλες τις υποδιαιρέσεις του. Ανάμεσα σε συχνότητα (f) και περίοδο (T) ισχύει η σχέση: $f = 1/T$ ή $T = 1/f$.
- Φάση (Phase): Εκφράζει τη μετατόπιση του σήματος ως προς τον χρόνο. Μετριέται σε μοίρες (degrees) ή ακτίνια (rad). Ως γνωστόν, ισχύει: $360^\circ = 2\pi$ rad.



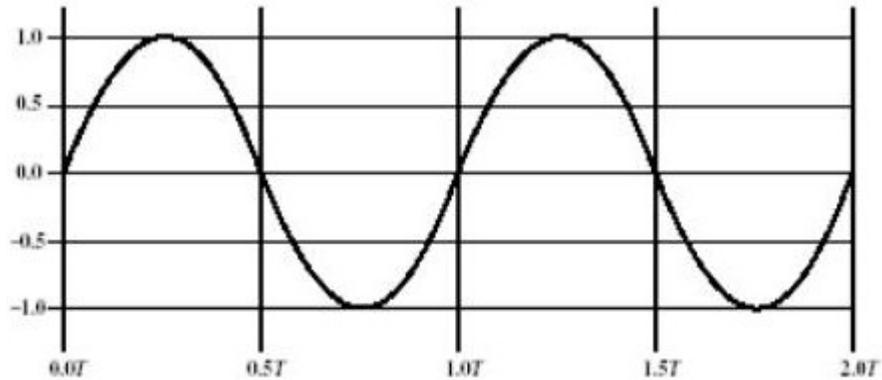
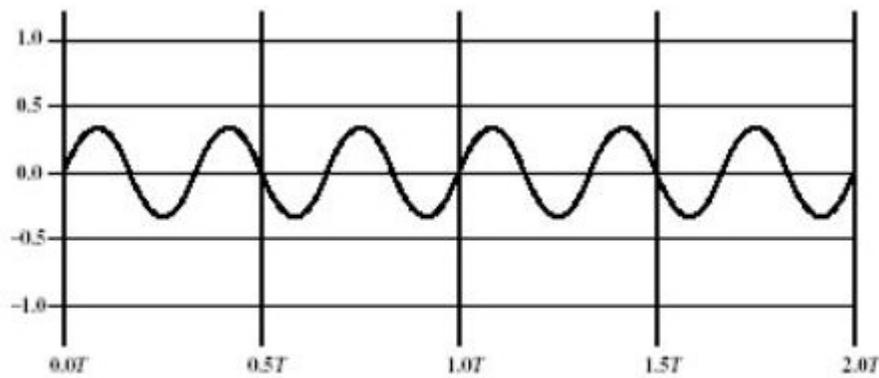
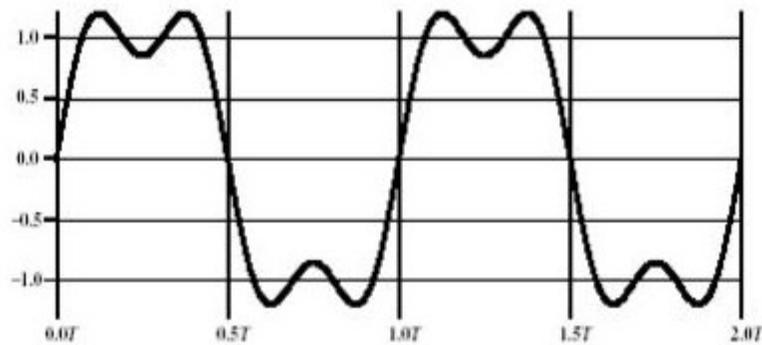
Εικόνα 3.3: Απεριοδικό αναλογικό και ψηφιακό σήμα

Τα αναλογικά σήματα μπορεί να είναι είτε απλά, δηλαδή ημιτονικά σήματα, είτε σύνθετα τα οποία μπορούν να αποσυντεθούν, με βάση το μετασχηματισμό Fourier, σε ένα σύνολο ημιτονικών σημάτων, με ένα φάσμα συχνοτήτων (spectrum) συγκεκριμένου εύρους (bandwidth).

Ένα χαρακτηριστικό των σημάτων είναι ο **μετασχηματισμός Fourier**. Στην πιο απλή περίπτωση μπορούμε να πούμε ότι ένα σήμα $f(t)$ μπορεί να αναλυθεί σε ένα άθροισμα ημιτόνων και συνημιτόνων, με συντελεστές οι οποίοι υπολογίζονται μοναδικά από το $f(t)$ και συχνότητες πολλαπλάσιες μιας βασικής συχνότητας f_0 . Δηλαδή,

$$f \sim \frac{a_0}{2} + \sum a_n \cos nt + \sum b_n \sin nt$$

Επειδή δε μπορούμε να έχουμε άπειρες συχνότητες όταν ένα σήμα περνάει από ένα σύστημα μετάδοσης, ‘κόβονται’ οι υψηλές συχνότητες με αποτέλεσμα να αλλοιώνεται το σήμα. Όσο περισσότερες είναι οι συχνότητες τόσο περισσότερο προσεγγίζεται το αρχικό σήμα. Ακόμη, και λίγες συχνότητες είναι αρκετές για αποφασίσουμε τα ‘υψηλά’ και τα ‘χαμηλά’ ενός σήματος.

(a) $\sin(2\pi ft)$ (b) $(1/5)\sin(2\pi(3f)t)$ (c) $(4/5)\sin(2\pi ft) + (1/5)\sin(2\pi(3f)t)$ **Εικόνα 3.4: Παράδειγμα ανάλυσης Fourier**

Τα ψηφιακά σήματα χαρακτηρίζονται από 2 μεταβλητές:

- Διάστημα (Διάρκεια) των bit (bit Interval): Το χρονικό διάστημα για την αποστολή του ενός bit. Μετριέται σε sec και στις υποδιαιρέσεις του (msec, nanosec,...).
- Ρυθμός των bits (bit Rate): Ο αριθμός των bit που στέλνονται σε χρόνο 1 sec. Μετριέται σε bps (bits per second) και στα παράγωγά του (Kbps, Mbps,...). Τα ψηφιακά σήματα μπορούν να μετατραπούν (αποσυντεθούν) σε ένα σύνολο

αναλογικών σημάτων, με πεπερασμένο φάσμα συχνοτήτων συγκεκριμένου εύρους. Το φάσμα αυτό λέγεται σημαντικό φάσμα συχνοτήτων (Significant Spectrum). Το modem είναι μια συσκευή που πετυχαίνει τη μετατροπή αυτή.

Σημαντική σημείωση: Ένα φάσμα συχνοτήτων περιγράφεται από ένα διάγραμμα συχνοτήτων. Το εύρος του φάσματος υπολογίζεται από τη διαφορά της ελάχιστης από τη μέγιστη συχνότητα του φάσματος.

3.2.2 Κωδικοποίηση – τροποποίηση σημάτων

Η μετάδοση πληροφορίας μπορεί να γίνει είτε με μετατροπή του σήματος σε ψηφιακό με μεταφορά σε υψηλές συχνότητες (διαμόρφωση ευρείας ζώνης), είτε με μετατροπή χωρίς να χρησιμοποιείται κάποια υψηλή συχνότητα (διαμόρφωση βασικής ζώνης).

3.2.2.1 Διαμόρφωση πληροφορίας στη βασική ζώνη

Η διαμόρφωση πληροφορίας χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των δεδομένων στο εσωτερικό του υπολογιστή, αλλά και για την μεταφορά διαμέσου κάποιου δικτύου. Υπάρχουν τρεις κύριες τεχνικές: η μονοπολική (unipolar) κωδικοποίηση, η πολική (polar) κωδικοποίηση και η διπολική (bipolar) κωδικοποίηση.

1. Μονοπολική Κωδικοποίηση (Unipolar Encoding): Η μια εκ των δύο ψηφιακών καταστάσεων (συνήθως η '1') παριστάνεται από κάποια τάση (πολικότητα), ενώ στην άλλη αντιστοιχεί τάση 0 volts. Υπάρχουν δύο σημαντικά προβλήματα:

1ο πρόβλημα: Η μη ύπαρξη τάσης σηματοδοτεί το ψηφίο '0'.

2ο πρόβλημα: Έλλειψη συγχρονισμού, δηλαδή σε μεγάλες ακολουθίες από όμοια bits, ο παραλήπτης δε μπορεί να διακρίνει την έναρξη και τον τερματισμό του κάθε bit, εξαιτίας της ίδιας πολικότητας.

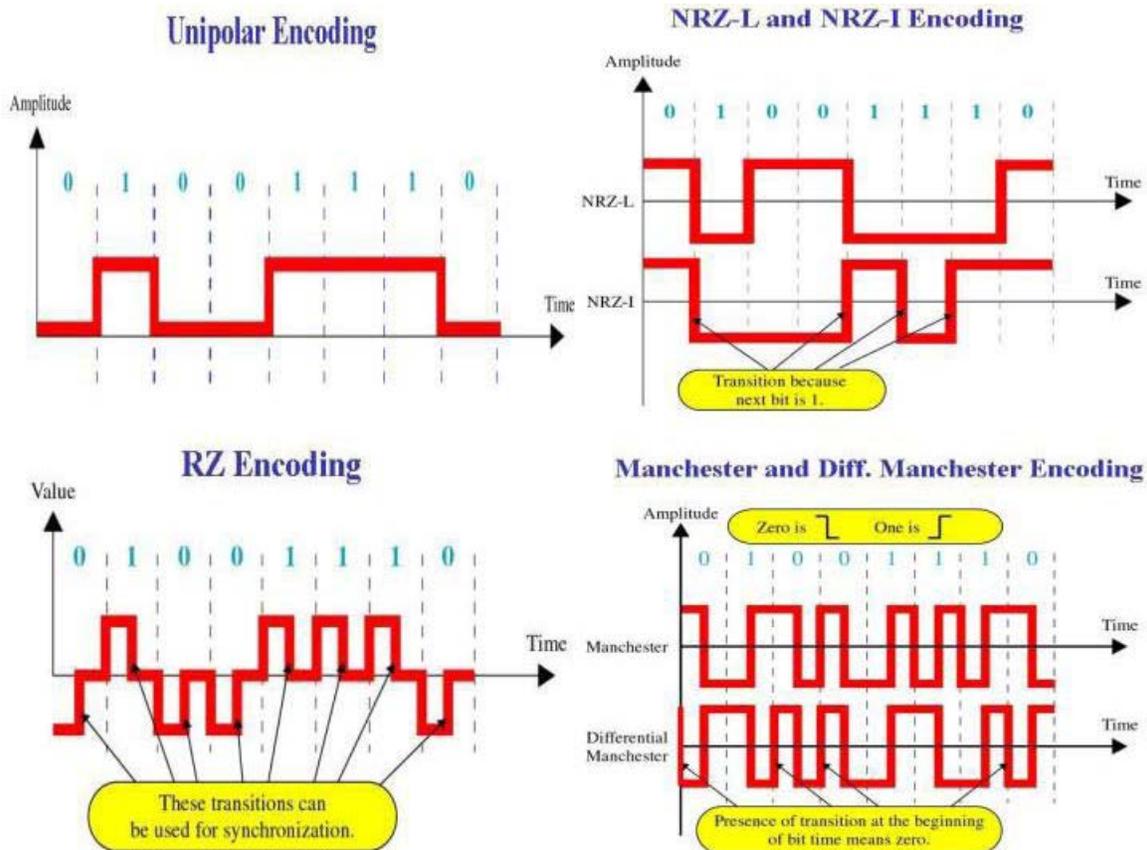
2. Πολική Κωδικοποίηση (Polar Encoding): Χρησιμοποιεί δύο επίπεδα τάσης (θετικό και αρνητικό) για την αναπαράσταση του '1' και του '0', με αποτέλεσμα να εξαλείφεται μερικώς ή εντελώς το 1ο πρόβλημα. Η κωδικοποίηση αυτή εμφανίζεται σε τρεις παραλλαγές:

- NRZ (NonReturn to Zero): Η πολικότητα του σήματος είναι πάντοτε είτε θετική είτε αρνητική. Υπάρχουν δύο επιμέρους τύποι της μετάδοσης NRZ:

1ος τύπος (NRZ-L): Η πολικότητα εξαρτάται από το είδος του bit, οπότε υπάρχουν και στην περίπτωση αυτή προβλήματα συγχρονισμού.

2ος τύπος (NRZ-I): Η αντιστροφή πολικότητας (από θετική σε αρνητική και αντιστρόφως) αντιπροσωπεύει το bit '1', ενώ στο '0' δεν πραγματοποιείται καμία μεταβολή. Είναι κατανοητό ότι και στην περίπτωση αυτή, μια μεγάλη ακολουθία από '0' μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα συγχρονισμού.

- RZ (Return to Zero): Χρησιμοποιούνται τρεις τάσεις σήματος: μια αρνητική, μια θετική και η μηδενική. Το bit '1' κωδικοποιείται σε μια μετάβαση από θετική τάση σε μηδενική, ενώ το '0' αντιπροσωπεύεται από μια μετάβαση από αρνητική σε μηδενική τάση. Οι μεταβάσεις πραγματοποιούνται εντός του διαστήματος του κάθε bit. Η τεχνική αυτή επιλύει το πρόβλημα έλλειψης συγχρονισμού, αλλά καταλαμβάνεται μεγαλύτερο εύρος ζώνης.
- Διφασική Κωδικοποίηση (Biphase): Αποτελεί την καλύτερη λύση ενάντια στην έλλειψη συγχρονισμού. Υπάρχουν 2 παραλλαγές: Η κωδικοποίηση Manchester και η διαφορική κωδικοποίηση Manchester:
- Manchester Encoding: Το '1' αντιπροσωπεύεται από μία μετάβαση από αρνητική προς θετική τάση, ενώ το '0' από μια μετάβαση από θετική προς αρνητική τάση. Οι μεταβάσεις πραγματοποιούνται εντός του διαστήματος του κάθε bit.
- Differential Manchester Encoding: Η αλλαγή πολικότητας στη διάρκεια του κάθε bit χρησιμοποιείται για συγχρονισμό, ενώ η αναπαράσταση του κάθε bit πραγματοποιείται από την αντιστροφή ('0') ή τη μη αντιστροφή ('1') του σήματος στην αρχή του κάθε bit.

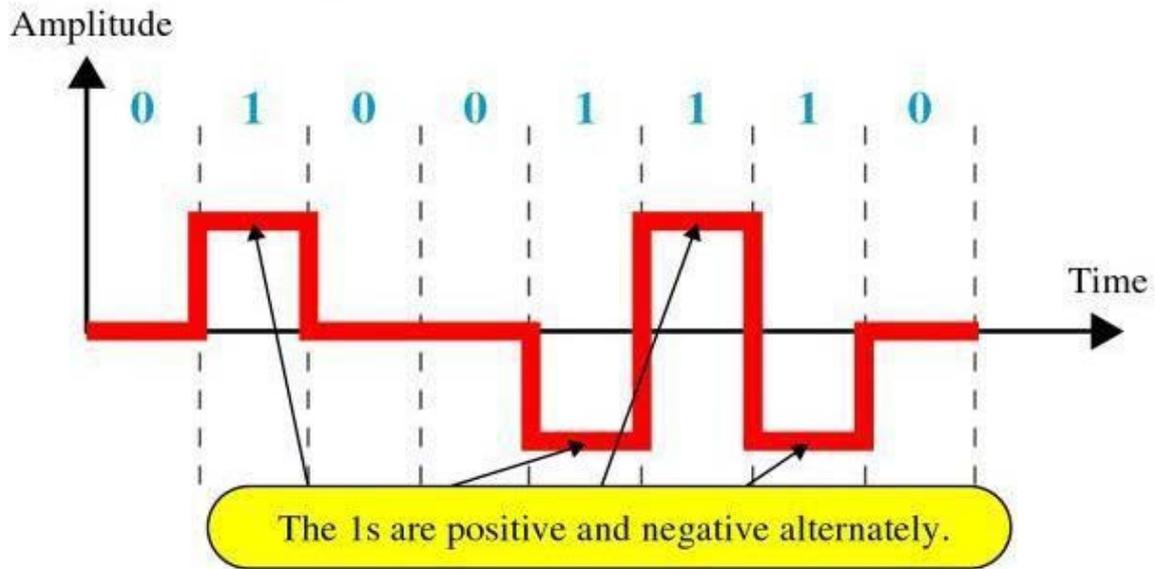


Εικόνα 3.5: Κωδικοποίηση της ακολουθίας των bits '01001110' με χρήση μονοπολικής και πολικής κωδικοποίησης (τεχνικές: NRZ_L, NRZ_I, RZ; Manchester και Differential Manchester)

3. Διπολική Κωδικοποίηση (Bipolar Encoding): Το bit '0' παριστάνεται από μηδενική τάση, ενώ το '1' από θετική ή αρνητική τάση, εναλλάξ. Υπάρχουν τρεις τύποι διπολικής κωδικοποίησης:

- AMI (Alternate Mark Inversion): Πρόκειται για την απλούστερη μορφή διπολικής κωδικοποίησης, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Παρουσιάζει αδυναμίες συγχρονισμού για μεγάλες ακολουθίες από '0'.

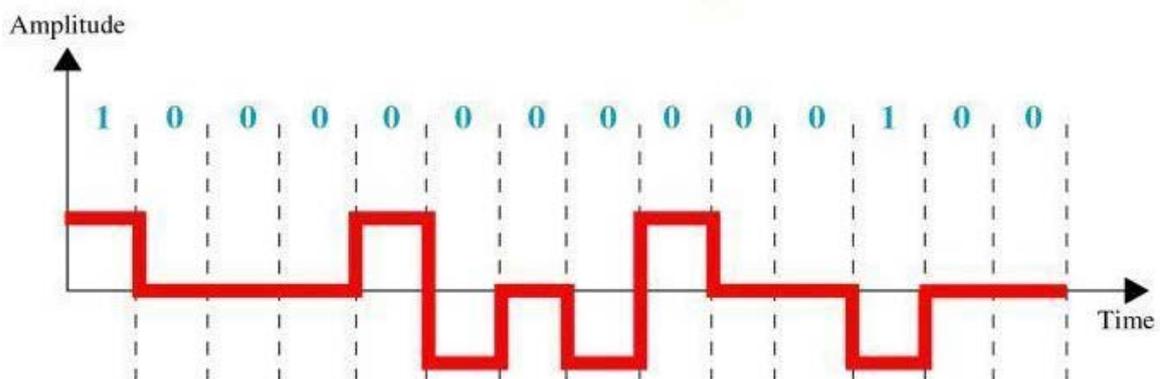
Bipolar AMI Encoding



Εικόνα 3.6: Διπολική Κωδικοποίηση AMI της ακολουθίας των bits '01001110'

- B8ZS (Bipolar 8-Zero Substitution): Αποτελεί λύση στο πρόβλημα έλλειψης συγχρονισμού για μεγάλες ακολουθίες από '0'. Σε μια ακολουθία από οκτώ '0', αλλάζουν οι πολικότητες με βάση την πολικότητα του προηγούμενου '1', ως εξής: Αν η ακολουθία είναι της μορφής: +00000000 τότε αλλάζει σε: +000+0-+. Αν η ακολουθία είναι της μορφής: -00000000 τότε αλλάζει σε: -000+0+-.

B8ZS Encoding



Εικόνα 3.7: Διπολική Κωδικοποίηση B8ZS της ακολουθίας των bits '1000000000100'

- HDB3 (High-Density Bipolar 3): Αποτελεί την Ευρωπαϊκή και Ιαπωνική λύση στο πρόβλημα έλλειψης συγχρονισμού για μεγάλες ακολουθίες από '0'. Σε μια ακολουθία από τέσσερα '0', αλλάζουν οι πολικότητες με βάση την πολικότητα του προηγούμενου '1' και τον αριθμό των '1' μετά την τελευταία αντικατάσταση, ως εξής: Αν ο αριθμός των '1' είναι περιττός τότε πραγματοποιούνται οι αλλαγές: Από +0000 σε +000+ και από -0000 σε -000-.

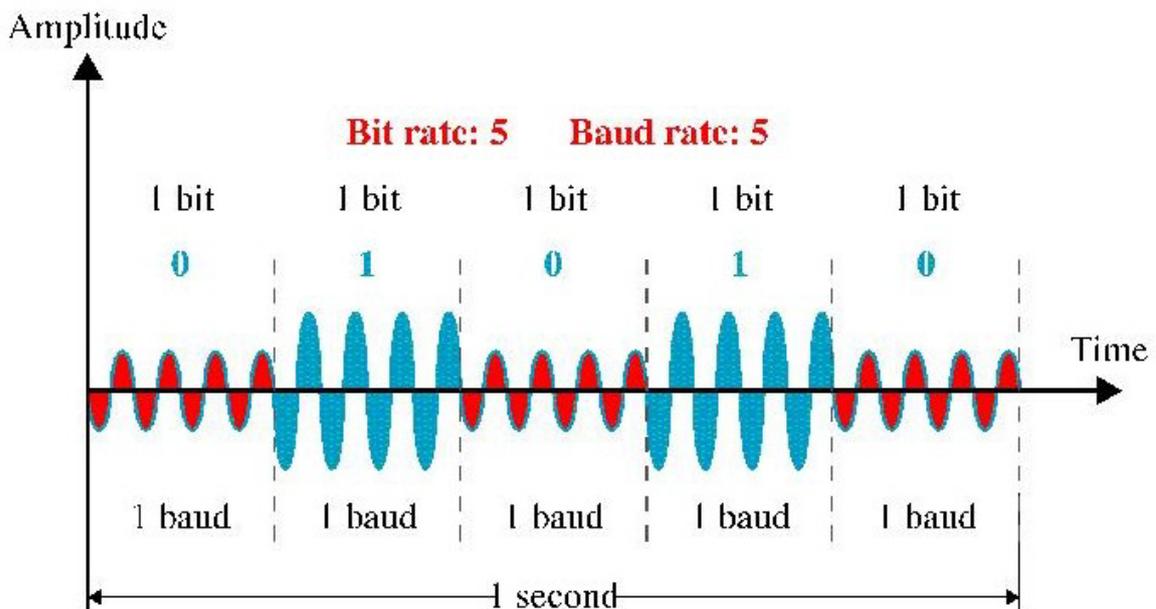
Αν ο αριθμός των '1' είναι άρτιος πραγματοποιούνται οι αλλαγές: Από +0000 σε +--00- και από -0000 σε -+00+.

3.2.2.2 Διαμόρφωση ψηφιακού σήματος στην ευρεία ζώνη

Πρόκειται για τη διαδικασία που πραγματοποιείται από ένα modem, κατά τη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ δύο υπολογιστών διαμέσου συνήθως ενός τηλεφωνικού δικτύου (PSTN). Υπάρχουν 4 γνωστοί μηχανισμοί που πραγματοποιούν τη μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό:

1. ASK (Amplitude Shift Keying): Οι μεταβολές ανάμεσα στα bits '0' και '1' αναπαριστώνται από αντίστοιχες μεταβολές στο πλάτος του φέροντος σήματος, ενώ η φάση και η συχνότητα παραμένουν σταθερές. Τόσο στο '0' όσο και στο '1' αντιστοιχεί συγκεκριμένο, σταθερό πλάτος. Αυτού του είδους η μετάδοση είναι ευάλωτη σε φαινόμενα θορύβου.

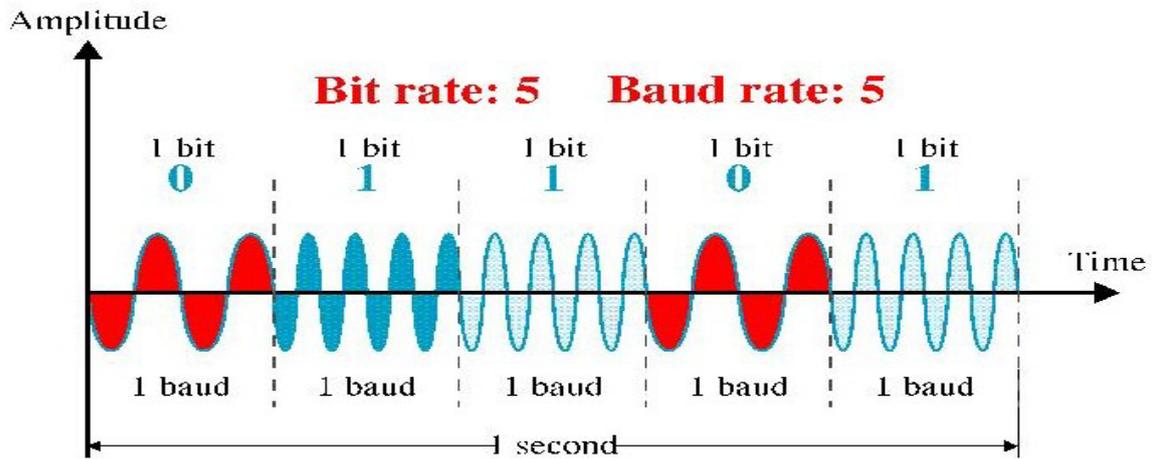
ASK



Εικόνα 3.9: Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, με τη μέθοδο ASK

2. FSK (Frequency Shift Keying): Το '0' και το '1' αναπαριστώνται από δύο διαφορετικές συχνότητες του φέροντος σήματος. Η φάση και το πλάτος διατηρούνται σταθερά.

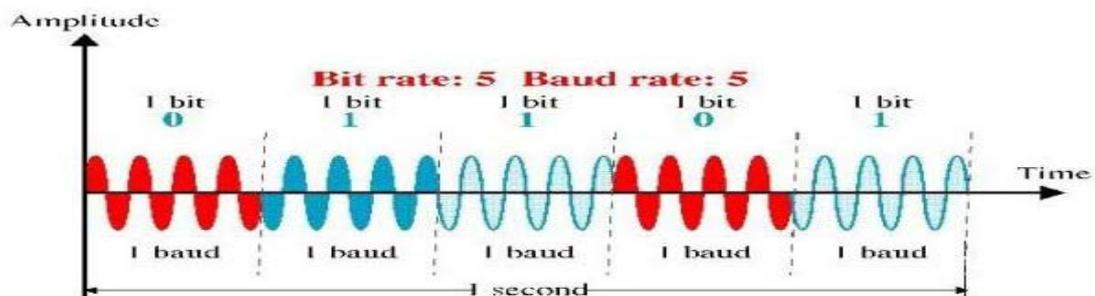
FSK



Εικόνα 3.10: Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, με τη μέθοδο FSK

3. PSK (Phase Shift Keying): Διακυμάνσεις στη φάση του φέροντος σήματος αναπαριστούν τις μεταβολές ανάμεσα στο '0' και στο '1', ενώ η συχνότητα και το πλάτος παραμένουν σταθερά. Δίδεται η δυνατότητα στο κάθε baud να μεταφέρει περισσότερα του ενός bit

PSK



PSK Constellation

| Bit | Phase |
|-----|-------|
| 0 | 0 |
| 1 | 180 |

Bits

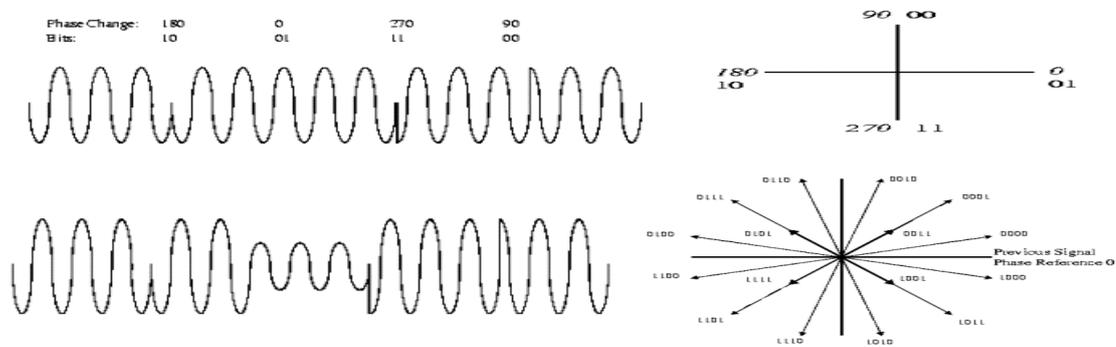


Constellation diagram

Εικόνα 3.11: Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, με τη μέθοδο PSK

Σημαντική Σημείωση: Ο όρος baud αναφέρεται στο στοιχειώδες τμήμα του συνεχούς σήματος, που μπορεί να μεταδοθεί.

4. QAM (Quadrature Amplitude Modulation): Είναι συνδυασμός των ASK και PSK. Παρέχει ακόμη μεγαλύτερη αναλογία bit/baud συγκριτικά με την διαδικασία PSK. Η διαδικασία QAM παρέχει τα ίδια πλεονεκτήματα με τις ASK και PSK, και χρησιμοποιεί το ίδιο εύρος ζώνης .



Εικόνα 3.12: Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, με τη μέθοδο QAM (4-QAM & 16-QAM αντίστοιχα)

3.2.2.3 Διαμόρφωση αναλογικού σήματος σε ψηφιακό σήμα

Η διαδικασία μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό είναι γνωστή με τον όρο παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM – Pulse Code Modulation). Η PCM περιλαμβάνει 4 στάδια:

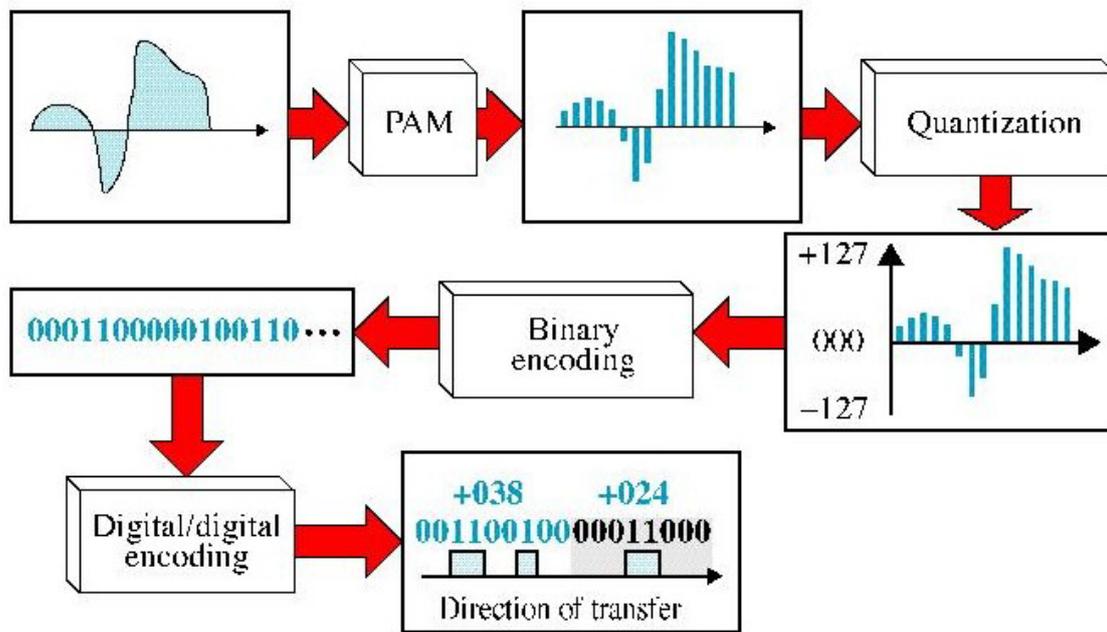
- Διαμόρφωση εύρους παλμού (PAM – Pulse Amplitude Modulation): Πρόκειται για το στάδιο της δειγματοληψίας του αναλογικού σήματος. Ο ρυθμός της δειγματοληψίας προσδιορίζεται από το θεώρημα του Nyquist. Σύμφωνα με αυτό, ο ρυθμός δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσιος της μέγιστης συχνότητας που παρατηρείται στο αναλογικό σήμα.
- Κβάντωση (Quantization): Σε αυτό το στάδιο γίνεται η απόδοση διακριτών τιμών στα δείγματα που προήλθαν από το στάδιο PAM
- Ψηφιακή Κωδικοποίηση (Digital Encoding): Εδώ οι διακριτές τιμές κωδικοποιούνται στο δυαδικό σύστημα. Ο αριθμός των bits για το κάθε δείγμα εξαρτάται από το επίπεδο ακρίβειας που απαιτήθηκε στο δεύτερο στάδιο.
- Μετατροπή της Ψηφιακή Πληροφορίας σε Ψηφιακό Σήμα (Digital-to-digital Encoding): Πρόκειται για τη διαδικασία που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Ο ρυθμός των bits του ψηφιακού σήματος δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ρυθμός bit} = \text{Ρυθμός δειγματοληψίας} \times \text{Αριθμός bit ανά δείγμα.}$$

Εκτός από την Παλμοκωδική Διαμόρφωση, η ανάγκη για όσο το δυνατόν λιγότερα bit κατά την ψηφιοποίηση έχει οδηγήσει σε διάφορες έξυπνες τεχνικές δειγματοληψίας. Τέτοιες είναι η Διαφορική Παλμοκωδική Διαμόρφωση (Differential PCM), η Διαμόρφωση Δέλτα (Delta Modulation) και η Προγνωστική Κωδικοποίηση (Predictive Encoding) που αποτελεί βελτίωση του διαφορικού PCM. Στο τηλεφωνικό

σύστημα όπου χρησιμοποιούμε εύρος ζώνης γύρω στα 3 με 4 KHz, η δειγματοληψία γίνεται με ρυθμό 8000 δείγματα το δευτερόλεπτο και η κβάντωση απαιτεί 8 bit/επίπεδο. Ο τελικός ρυθμός μετάδοσης είναι 64 kbps. Με πιο προηγμένες τεχνικές μπορούμε να επιτύχουμε μετάδοση με ρυθμούς της τάξης των 8 kbps και ποιότητα ισοδύναμη με αυτήν του τηλεφωνικού δικτύου.

From Analog to PCM

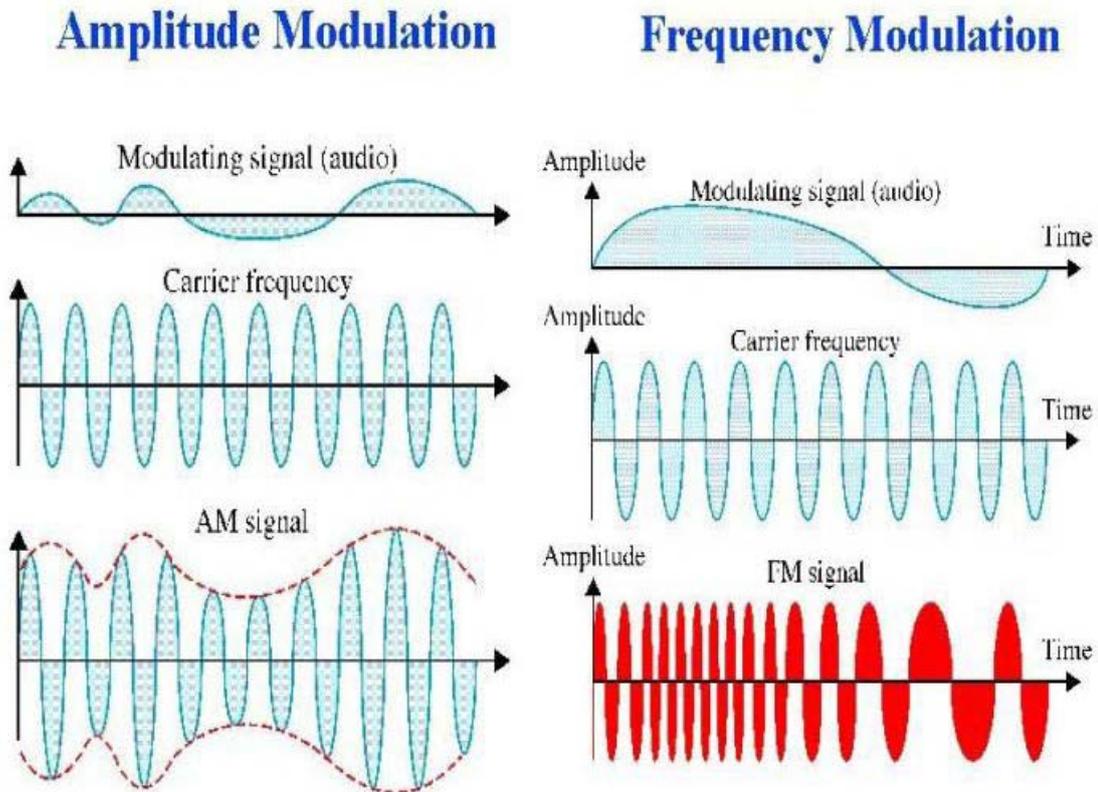


Εικόνα 3.13: Στάδια Παλμοκοδικής Διαμόρφωσης (PCM)

3.2.2.4 Διαμόρφωση αναλογικού σήματος (πληροφορίας) σε αναλογικό σήμα

Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή στα ραδιοφωνικά δίκτυα. Υπάρχουν τρεις τύποι μετατροπής:

1. AM (Amplitude Modulation): Το φέρον σήμα μεταβάλλει το πλάτος του σύμφωνα με τις μεταβολές του πλάτους του αρχικού σήματος, ενώ διατηρεί τη φάση και τη συχνότητά του σταθερές.
2. FM (Frequency Modulation): Το φέρον σήμα μεταβάλλει τη συχνότητά του σύμφωνα με τις μεταβολές του πλάτους του αρχικού σήματος, ενώ διατηρεί τη φάση και το πλάτος του σταθερά.
3. PM (Phase Modulation): Το φέρον σήμα μεταβάλλει την φάση του σύμφωνα με τις μεταβολές του πλάτους του αρχικού σήματος, ενώ διατηρεί το πλάτος και τη συχνότητά του σταθερά.



Εικόνα 3.14: Παράδειγμα Διαμόρφωσης Πλάτους (AM) & Διαμόρφωσης Συχνότητας (FM)

2.2.3 Αλλοιώσεις σημάτων

Τόσο τα αναλογικά όσο και τα ψηφιακά σήματα υπόκεινται σε τρία είδη αλλοιώσεων. Αυτά είναι η εξασθένηση, η παραμόρφωση και ο θόρυβος. Τα τρία αυτά φαινόμενα συνυπάρχουν και παράγουν ένα συνδυασμένο αποτέλεσμα. Η ανάλυση των αλλοιώσεων αυτών πραγματοποιείται στις παρακάτω παραγράφους και γίνεται για την κάθε μια χωριστά. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, χρησιμοποιούνται ενισχυτές (amplifiers) για την περίπτωση των αναλογικών σημάτων και επαναλήπτες (repeaters) για τα ψηφιακά σήματα, κατά μήκος του μέσου διάδοσης (γραμμής). Και οι δύο συσκευές αποτελούνται από δύο τμήματα: το πρώτο ενισχύει το πλάτος του σήματος εξαλείφοντας την εξασθένηση, ενώ το δεύτερο (Equalizer – Εξισωτής) αντιμετωπίζει την παραμόρφωση. Λόγω των δύο μόνο καταστάσεων των ψηφιακών σημάτων, ένας επαναλήπτης, αφού εξαλείψει την εξασθένηση και την παραμόρφωση, μπορεί να προβλέψει με ασήμαντο ποσοστό σφαλμάτων (1/10) το αρχικό σήμα του πομπού, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνει απομάκρυνση του θορύβου. Κάτι τέτοιο είναι αδύνατο στην περίπτωση του ενισχυτή και των αναλογικών σημάτων.

Σημαντική Σημείωση: Εξαιτίας της ομοιότητας των δύο συσκευών, πολλές φορές στη βιβλιογραφία ο αναλογικός ενισχυτής αναφέρεται και ως αναλογικός επαναλήπτης.

3.2.3.1 Εξασθένηση (Attenuation)

Η εξασθένηση του σήματος είναι η μείωση του πλάτους του κατά μήκος του μέσου μετάδοσης. Ανάλογα με τον τύπο του μέσου μετάδοσης, υπάρχει ένα οριακό σημείο του πέρα από το οποίο θεωρείται ότι ο παραλήπτης του σήματος δεν μπορεί να ανιχνεύσει και να ερμηνεύσει αξιόπιστα το λαμβανόμενο σήμα. Στα οριακά αυτά σημεία του μέσου μετάδοσης τοποθετούνται οι ενισχυτές ή οι επαναλήπτες. Η διαδικασία αντιμετώπισης της εξασθένησης λέγεται ενίσχυση (amplification ή gain). Μονάδα μέτρησης της εξασθένησης και της ενίσχυσης είναι το decibel (dB). Η εξασθένηση και η ενίσχυση κατά μήκος μιας γραμμής δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$\text{Attenuation} = 10 \log_{10} p_1/p_2 \text{ db}, \quad \text{amplification} = 10 \log_{10} p_2/p_1 \text{ db}$$

όπου είναι η ισχύς (σε watts) του μεταδιδόμενου σήματος και είναι η ισχύς (σε watts) του λαμβανόμενου σήματος. Σε ένα κανάλι πολλαπλών τμημάτων, η ολική εξασθένηση ή ενίσχυση του μεταδιδόμενου σήματος προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα των εξασθενήσεων και των ενισχύσεων στα επιμέρους τμήματα.

2.2.3.2 Παραμόρφωση (Distortion)

Το φαινόμενο της παραμόρφωσης εμφανίζεται στα σύνθετα σήματα και οφείλεται στις διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης των επιμέρους ημιτονικών σημάτων που τα αποτελούν. Η ταχύτητα διάδοσης εξαρτάται από τη συχνότητα. Επομένως τα σήματα με διαφορετικές συχνότητες φθάνουν στον προορισμό με διαφορετικές καθυστερήσεις. Αυτό οδηγεί στην παραμόρφωση του αρχικού σύνθετου σήματος.

3.2.3.3 Θόρυβος (Noise)

Ο θόρυβος προκαλείται από διάφορες αιτίες, αλλά κυρίως οφείλεται στα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης. Για κάθε μέσο μετάδοσης δίνεται από τον κατασκευαστή ο σηματοθορυβικός λόγος S/N ή SNR (Signal-to-Noise Ratio), ο οποίος δίνεται από τη σχέση: $SNR = 10 \log_{10}(S/N)$, όπου S είναι η ισχύς του σήματος και N είναι η ισχύς του θορύβου. Ο λόγος SNR μετριέται σε decibel. Οι κυριότερες αιτίες θορύβου είναι οι ακόλουθες:

- Οι τυχαίες κινήσεις των ηλεκτρονίων στα ενσύρματα μέσα μετάδοσης (Thermal Noise).
- Οι επιδράσεις πάνω στο μέσο μετάδοσης από διάφορες εφαρμογές, όπως είναι οι γεννήτριες (Induced Noise).
- Οι ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διάφορες ενσύρματες γραμμές (Crosstalk).
- Οι στιγμιαίες επιδράσεις διαφόρων εξωτερικών παραγόντων, όπως είναι οι αστραπές ή άλλες πηγές υψηλής ενέργειας (Impulse Noise).

3.3 Μετάδοση δεδομένων

3.3.1 Μέσα μετάδοσης

3.3.1.1 Μαγνητικά μέσα

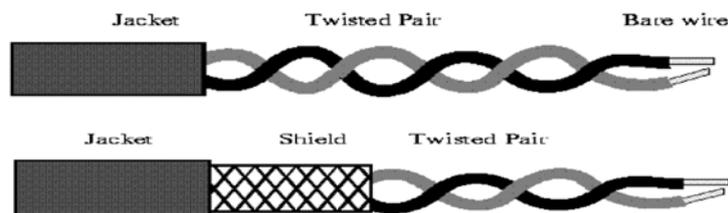
Η μετάδοση δεδομένων με μαγνητικά μέσα αφορά την εγγραφή τους σε μαγνητικές ταινίες ή δισκέτες και τη φυσική μεταφορά αυτών στην μηχανή λήψης των δεδομένων, η οποία τα διαβάζει στη συνέχεια. Παρόλο που αυτή η μέθοδος είναι η πιο απλή περίπτωση μετάδοσης δεδομένων, μπορεί να αποδειχθεί περισσότερο αποδοτική για περιπτώσεις μεταφοράς όπου απαιτείται υψηλό εύρος ζώνης ή υπάρχει υψηλό κόστος ανά μεταδιδόμενο bit.

3.3.1.2 Δισύρματες ανοιχτές γραμμές

Μετά από τα μαγνητικά μέσα, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι δισύρματες ανοιχτές γραμμές (two-wire open lines) είναι τα πιο απλά μέσα μετάδοσης. Αυτός ο τύπος γραμμής δύσκολα μπορεί να συνδέσει συσκευές που απέχουν άνω των 50 m, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων δεν ξεπερνούν το φράγμα των 19,2 Kbps. Αυτό οφείλεται στα έντονα φαινόμενα θορύβου που παρουσιάζονται μεταξύ των γραμμών, εξαιτίας των ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα καλώδια. Οι δισύρματες ανοιχτές γραμμές μπορούν να συνδέουν απευθείας δύο τερματικά ή ένα τερματικό με ένα modem.

3.3.1.3 Συνεστραμμένα ζεύγη

Τα συνεστραμμένα ζεύγη (Twisted Pairs) καλωδίων βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στα τηλεφωνικά συστήματα και δίκτυα. Για αποστάσεις μικρότερες των 100 m, οι ταχύτητες αποστολής δεδομένων μπορούν να φθάσουν το μέγεθος του 1 Mbps, ενώ οι ταχύτητες πέφτουν όσο οι αποστάσεις μεγαλώνουν πέρα από το όριο αυτό. Υπάρχουν, όμως, και καλώδια όπως τα γνωστά UTP Cat-5 (Unshielded Twisted Pairs – Καλώδια χωρίς Περίβλημα), τα οποία μπορούν να επιτύχουν ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες, με χρήση πολύπλοκων οδηγών και κυκλωμάτων. Ακόμα χρησιμοποιούνται και καλώδια, που λέγονται STP (Shielded Twisted Pairs), τα οποία μειώνουν ακόμη περισσότερο τις επιδράσεις των σημάτων παρεμβολής.

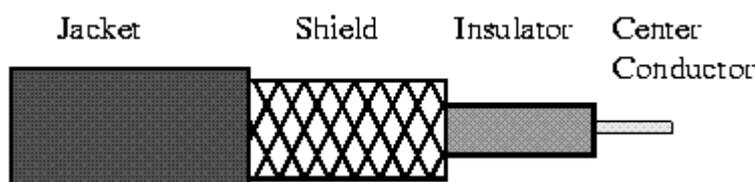


Εικόνα 3.15: Συνεστραμμένα Ζεύγη (Twisted Pairs) χωρίς περίβλημα (Unshielded) & με περίβλημα (Shielded)

3.3.1.4 Ομοαξονικά καλώδια

Τα ομοαξονικά καλώδια (Coaxial Cable) μπορούν να πετύχουν ταχύτητες μετάδοσης της τάξης των 10 Mbps και άνω για εκατοντάδες μέτρα. Επιπλέον, λειτουργούν σε ένα μεγάλο εύρος ζώνης της τάξεως των 350 MHz και άνω (σε ορισμένα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης παρατηρείται εύρος ζώνης 500 MHz). Λόγω της κατασκευής τους (4 στρώματα: Χάλκινος πυρήνας, μονωτικό υλικό, εξωτερικός αγωγός – πλέγμα, πλαστικό κάλυμμα προστασίας) παρουσιάζουν μεγάλη ασφάλεια έναντι του θορύβου σε συνδυασμό με το μεγάλο εύρος ζώνης.

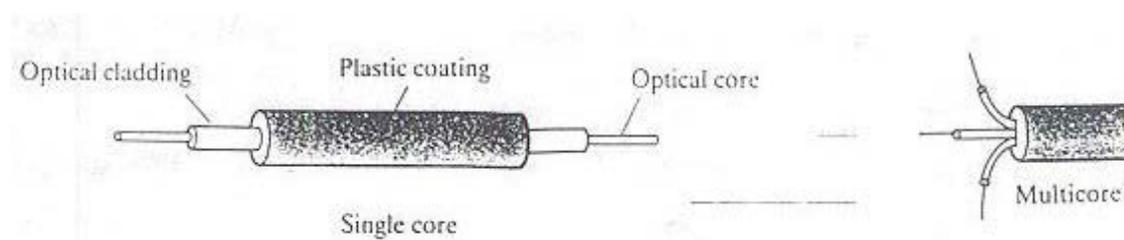
Υπάρχουν δύο τύποι ομοαξονικών καλωδίων: τα βασικής ζώνης (Baseband) και τα ευρείας ζώνης (Broadband). Τα πρώτα χρησιμοποιούνται για ψηφιακή μετάδοση με ρυθμούς της τάξης των 10 Mbps. Τα δεύτερα πραγματοποιούν αναλογική μετάδοση, οπότε ένα ψηφιακό σήμα πρέπει να μετατραπεί πρώτα σε αναλογικό. Τα ευρείας ζώνης αναπτύσσουν ρυθμούς 100 Mbps – 150 Mbps, ενώ προσφέρουν κανάλια με μικρότερο εύρος ζώνης των οποίων ο ρυθμός μετάδοσης είναι της τάξεως των 2 Mbps – 3 Mbps. Η δυνατότητα διαχωρισμού σε πολλαπλά κανάλια μετάδοσης υψηλού ρυθμού κάνει τα ομοαξονικά καλώδια εύχρηστα σε περιπτώσεις εφαρμογών multipoint (‘ένα -πολλαπλά’) όπου το κάθε κανάλι διαμοιράζεται ανάμεσα σε πολλά συστήματα μετάδοσης (π.χ. καλωδιακή τηλεόραση). Όμως χρησιμοποιούνται και σε περιπτώσεις point – to – point (‘σημείο – σε – σημείο’), για μετάδοση μεταξύ δύο συστημάτων.



Εικόνα 3.16: Ομοαξονικό Καλώδιο (Coaxial Cable)

3.3.1.5 Οπτικές ίνες

Τα συστήματα οπτικών (Fiber Optic Systems) μεταδίδουν τις πληροφορίες με τη μορφή ακτινών φωτός και όχι ως ηλεκτρικά σήματα όπως γίνεται με τα χάλκινα καλώδια. Το μεγαλύτερο εύρος ζώνης των οπτικών κυμάτων συμβάλλει στην επίτευξη ακόμα μεγαλύτερων ρυθμών. Οι οπτικές ίνες υπερτερούν και σε θέματα ασφάλειας, αφού καθιστούν αδύνατη κάθε προσπάθεια υποκλοπής πληροφοριών. Επίσης, συμβάλλουν στην επίλυση προβλημάτων αλλοίωσης του σήματος, όπως είναι ο θόρυβος.



Εικόνα 3.16: Οπτικές ίνες απλού και πολλαπλού πυρήνα αντίστοιχα

Ένα σύστημα οπτικών ινών αποτελείται από τον πομπό, το μέσο μετάδοσης και τον δέκτη. Ο πομπός χρησιμοποιεί μια δίοδο φωτοεκπομπής (Light Emitting Diode - LED) ή μια δίοδο λέιζερ (Injection Laser Diode) για την μετατροπή ηλεκτρικών σημάτων σε ακτίνες φωτός. Ο δέκτης πραγματοποιεί την αντίστροφη μετατροπή, χρησιμοποιώντας μία φωτοδίοδο ή φωτο – τρανζίστορ. Το μέσο μετάδοσης αποτελείται από τρία τμήματα: το γυάλινο πυρήνα (core), ένα γυάλινο επικάλυμμα (cladding) και ένα εξωτερικό περίβλημα προστασίας (Jacket). Οι δείκτες διάθλασης των δύο εσωτερικών στρωμάτων συνδυάζονται έτσι ώστε οι ακτίνες φωτός που μεταφέρουν τις πληροφορίες να διαθλώνται στο εσωτερικό του πυρήνα, με βάση μια κρίσιμη γωνία διάθλασης.

Ανάλογα με τη διάμετρο της ίνας στον πυρήνα, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε πολύτροπες (Multimode Fiber) και μονότροπες (Single Mode Fiber). Στις πρώτες, η διάμετρος είναι μεγαλύτερη από 10 μm με αποτέλεσμα διαφορετικές ακτίνες φωτός να ανακλώνται με διαφορετικές γωνίες. Στις δεύτερες, η διάμετρος πλησιάζει το μήκος κύματος του φωτός (3 μm – 10 μm) με αποτέλεσμα το φως να μεταφέρεται σε ευθεία γραμμή εντός του πυρήνα. Έτσι, οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι εξαιρετικά μεγάλες και μπορούν να φθάσουν το όριο κάποιων Gbps.

3.3.1.6 Δορυφορική Σύνδεση

Κατά την μετάδοση με δορυφορική σύνδεση, τα δεδομένα αποστέλλονται με μορφή (ραδιο)κυμάτων σε κάποιον τηλεπικοινωνιακό δορυφόρο, χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο φυσικό μέσο μετάδοσης. Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι είναι γεωσταθεροί (ή σύγχρονοι), δηλαδή οι τροχιές τους είναι συγχρονισμένες με τη περιστροφή της γης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται σταθερά και ευθύγραμμα μονοπάτια επικοινωνίας ανάμεσα στους επίγειους σταθμούς. Τα σήματα μπορεί να είναι είτε κοινά (coarse) οπότε καλύπτουν ευρείες γεωγραφικές περιοχές, είτε εστιασμένα (focused) οπότε καλύπτουν περιορισμένες εκτάσεις κάποιων εκατοντάδων χιλιομέτρων, με αποτέλεσμα να απαιτούνται δέκτες μικρής διαμέτρου (VSAT – Very Small Aperture Terminals), όπως κεραίες (antennas) και πιάτα (dishes).

Οι συχνότητες των δορυφορικών σημάτων ανήκουν στις ζώνες που είναι γνωστές ως ζώνες των 4/6 GHz (3.7 GHz – 4.2 GHz & 5.925 GHz – 6.425 GHz). Λόγω υπερπληρότητας των ζωνών αυτών είναι διαθέσιμες για τις ανάγκες της τηλεπικοινωνίας και ζώνες υψηλότερων συχνοτήτων, των 12/14 GHz και των 20/30 GHz (οι τελευταίες σε μικρότερο βαθμό λόγω του μεγάλου όγκου εξοπλιστικών δαπανών που απαιτούνται).

Οι δορυφόροι χρησιμοποιούν έναν αριθμό αναμεταδοτών, καθένας εκ των οποίων ανιχνεύει συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων. Ο αναμεταδότης λαμβάνει το εισερχόμενο σήμα και το αποστέλλει στον δέκτη με διαφορετική συχνότητα (για να μην υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου σήματος), αφού πρώτα το ανανεώσει με την χρήση ενός επαναλήπτη.

Οι δορυφόροι πλεονεκτούν από τα άλλα μέσα μετάδοσης στο ότι οι καθυστερήσεις μετάδοσης είναι κατά πολύ μικρότερες για μεγάλα μηνύματα (άνω των 2.6 Kbits), ο ρυθμός εμφάνισης σφαλμάτων είναι μικρός και το συνολικό κόστος μετάδοσης είναι μικρό. Όμως, μειονεκτούν στο γεγονός ότι τα φαινόμενα υποκλοπής είναι αναπόφευκτα.

3.3.1.7 Μικροκύματα

Τα μικροκύματα, τα οποία καλύπτουν την περιοχή από 2 GHz έως 40 GHz του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, χρησιμοποιούνται για την επίτευξη τηλεπικοινωνιών σε περιοχές όπου το κόστος εγκατάστασης των φυσικών μέσων μετάδοσης είναι ασύμφορο ή ακόμα η εγκατάστασή τους είναι πρακτικά αδύνατη. Τέτοιες περιοχές είναι ερημικές περιοχές, βάλτοι, ποταμοί κ.α. Τα μικροκύματα παράγονται από μεγάλες κεραίες (antennas), το ύψος των οποίων επηρεάζει την απόσταση μετάδοσης. Το μειονέκτημα αυτού του τρόπου μετάδοσης είναι ότι είναι ευάλωτος στα κακά καιρικά φαινόμενα. Αυτή η μέθοδος επικοινωνίας είναι αποδοτική για αποστάσεις άνω των 50 km.

3.3.1.8 Ραδιοκύματα

Χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα χρησιμοποιούνται σε κινητά τηλέφωνα, σε τοπικά ασύρματα δίκτυα εντός των ορίων μιας πόλης ή πανεπιστημιούπολης.

Σημαντική Σημείωση: Τα ραδιοκύματα καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 3 KHz έως 300 GHz. Επομένως, τα μικροκύματα αποτελούν ένα είδος ραδιοκυμάτων. Ανάλογα με το μέγεθος της συχνότητάς τους, τα ραδιοκύματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες (VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, EHF).

3.3.2 Παράλληλη και σειριακή μετάδοση

Η παράλληλη μετάδοση επιτρέπει την ταυτόχρονη αποστολή πολλών bit. Δηλαδή, τα 8 bit του ενός byte να μπορούν να μεταφερθούν ταυτόχρονα από τον πομπό στον δέκτη. Κάτι τέτοιο απαιτεί την ύπαρξη 8 διαφορετικών καλωδίων ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη, και επομένως το κόστος είναι αυξημένο. Το πλεονέκτημα της παράλληλης μετάδοσης είναι ο αυξημένος ρυθμός αποστολής των δεδομένων. Στην σειριακή μετάδοση, υπάρχει ένα μόνο καλώδιο ανάμεσα στις δύο συσκευές, διαμέσου του οποίου γίνεται η μεταφορά των δεδομένων. Έτσι, το κόστος είναι πολύ μικρότερο από αυτό της παράλληλης μετάδοσης, αλλά ο ρυθμός αποστολής είναι μικρότερος στην περίπτωση αυτή. Υπάρχουν 2 κατηγορίες σειριακής μετάδοσης:

- **Ασύγχρονη Μετάδοση:** Τα δεδομένα οργανώνονται σε byte των 8 bit. Το κάθε byte αποστέλλεται χωριστά στον δέκτη. Δεν υπάρχει κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα ανάμεσα στις αποστολές των byte. Στην αρχή του κάθε byte υπάρχει ένα ψηφίο αφετηρία – το ‘0’ – ώστε να γνωρίζει ο δέκτης ότι ακολουθεί το προς λήψη byte. Στο τέλος του byte ακολουθούν ένα ή περισσότερα ψηφία τερματισμού – ένας ή περισσότεροι ‘1’. Επιπλέον, για να ξεχωρίζουν τα bytes, υπάρχει ανάμεσά τους κάποιο κενό, μεταβλητής διάρκειας. Στην ουσία, υπάρχει συγχρονισμός του πομπού και του δέκτη σε επίπεδο byte.
- **Σύγχρονη Μετάδοση:** Υπάρχει συγχρονισμός σε επίπεδο πλαισίων (frames). Το κάθε πλαίσιο αποτελείται από πολλαπλά byte, τα οποία αποστέλλονται με τη σειρά και χωρίς να μεσολαβεί κάποιο κενό ανάμεσά τους. Ο δέκτης επιφορτίζεται με το έργο να ξεχωρίσει τα διάφορα byte. Επομένως, ο

αποστολέας αποστέλλει μια ακολουθία από bit και ο δέκτης πρέπει να συγχρονιστεί με αυτή, για να υπάρχει ακρίβεια (accuracy) στα λαμβανόμενα δεδομένα.

Κάτι που επίσης αφορά την μετάδοση είναι ο τρόπος επικοινωνίας ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη. Υπάρχουν τρεις δυνατές περιπτώσεις:

- Μονόδρομη Επικοινωνία (Simplex): Υπάρχει ένα κανάλι επικοινωνίας, ο πομπός και ο δέκτης είναι διαφορετικές συσκευές και τα δεδομένα μεταφέρονται μόνο προς την μια κατεύθυνση.
- Αμφίδρομη, μη ταυτόχρονη (Half duplex): Υπάρχει δυνατότητα επικοινωνίας και προς τις δυο κατευθύνσεις του καναλιού. Ο πομπός και ο δέκτης εναλλάσσουν συνεχώς ρόλους, χωρίς να μπορούν να έχουν τον ίδιο ρόλο συγχρόνως. Έτσι, η μια συσκευή απαντά στις αιτήσεις της άλλης. Προφανώς οι δυο συσκευές πρέπει να μπορούν να εναλλάσσονται μεταξύ των καταστάσεων αποστολής και λήψης μετά από κάθε μετάδοση.
- Αμφίδρομη, ταυτόχρονη (Full duplex): Σε αυτήν την περίπτωση επιτυγχάνεται σύγχρονη μετάδοση δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις του καναλιού, οπότε πομπός και δέκτης στέλνουν και λαμβάνουν μηνύματα συγχρόνως.

3.3.3 Πολυπλεξία (MULTIPLEXING)

Ορισμός: **Πολύπλεξία (Multiplexing)** είναι ένα σύνολο από τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πολλαπλών σημάτων διαμέσου μιας απλής γραμμής μεταφοράς δεδομένων.

2.3.3.1 Πολύπλεξη Διαίρεσης Συχνότητας (Frequency Division Multiplexing – FDM)

Σύμφωνα με την FDM, η γραμμή που ενώνει πολλαπλές συσκευές χωρίζεται σε διάφορα κανάλια (channels) συχνοτήτων. Ανάμεσα σε αυτά, υπάρχουν κάποιο εύρος ζώνης που δε χρησιμοποιείται ώστε να υπάρχει ασφάλεια και να μην υπάρχουν παρεμβολές ανάμεσα στα σήματα.

Ο πολυπλέκτης (Multiplexer) δέχεται τα αναλογικά σήματα προς αποστολή και πραγματοποιεί τα παρακάτω βήματα:

1. Μετασχηματίζει τα σήματα χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η AM και η FM. Για το κάθε αρχικό σήμα χρησιμοποιείται ένα φέρον σήμα με συχνότητα που ανήκει σε κάποιο κανάλι.
2. Ενώνει τα τελικά σήματα και παράγει στην έξοδό του ένα σύνθετο αναλογικό σήμα, το οποίο αποστέλλει στην γραμμή (link).

Ο αποπλέκτης (Demultiplexer) δέχεται το σύνθετο σήμα και ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Διασπά το σύνθετο σήμα στα συστατικά του με βάση τα κανάλια συχνοτήτων.
2. Παράγει τα αρχικά αναλογικά σήματα, ακολουθώντας μια διαδικασία αντίθετη της AM ή της FM.
3. Παραδίδει τα σήματα στους δέκτες.

Στον τομέα των οπτικών ινών, η FDM είναι γνωστή ως πολύπλεξη διαίρεσης κύματος (Wave Division Multiplexing - WDM). Σε αυτήν την περίπτωση, τόσο ο πολυπλέκτης όσο και ο αποπλέκτης είναι πρίσματα.

3.3.3.2 Πολύπλεξη Διαίρεσης Χρόνου (Time Division Multiplexing – TDM)

Σε αντίθεση με την FDM, στην TDM, η γραμμή επικοινωνίας διαιρείται σε συνάρτηση με το χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι, ολόκληρο το εύρος ζώνης βρίσκεται στη διάθεση του κάθε πομπού για κάποιο χρονικό διάστημα (Slot Time). Η επιλογή των πομπών από τον πολυπλέκτη γίνεται εκ περιτροπής (round robin). Υπάρχουν 2 τύποι TDM: η σύγχρονη και η ασύγχρονη.

1. Σύγχρονη TDM: Ο κάθε χρήστης έχει πρόσβαση στη γραμμή επικοινωνίας σε ακριβώς προσδιορισμένα (συγχρονισμένα) χρονικά διαστήματα. Έτσι, ο πολυπλέκτης αφιερώνει ένα διάστημα (Slot Time) σε κάθε συσκευή που είναι συνδεδεμένη με αυτόν. Η σύγχρονη TDM παρουσιάζει το σημαντικό μειονέκτημα ότι αν κάποιος χρήστης δεν έχει να στείλει δεδομένα, το εύρος ζώνης μένει ανεκμετάλλευτο στα χρονικά διαστήματα που αφιερώνονται σε αυτόν. Το πλεονέκτημα της σύγχρονης TDM είναι ότι υπάρχει κάποια σειρά με αποτέλεσμα ο αποπλέκτης να μην χρειάζεται ειδική διευθυνσιοδότηση για την παράδοση των δεδομένων στους δέκτες.
2. Ασύγχρονη ή Στατιστική TDM: Σχεδιάστηκε για να αποφεύγει την άσκοπη χρήση του εύρους ζώνης. Ο κάθε χρήστης που θέλει να μεταδώσει ανιχνεύεται από τον πολυπλέκτη και έχει τυχαία πρόσβαση στη γραμμή. Στην διάρκεια του Slot Time είναι ο μοναδικός χρήστης που χρησιμοποιεί τη γραμμή. Το πλεονέκτημα της σύγχρονης TDM είναι η πλήρη απασχόληση της γραμμής και όλου του εύρους ζώνης που αυτή προσφέρει. Το μειονέκτημα είναι ότι, επειδή δεν υπάρχει η τάξη της σύγχρονης TDM μέσα στα παραγόμενα πλαίσια δεδομένων, πρέπει να υπάρχει μια διεύθυνση για τα δεδομένα στο κάθε Slot Time ώστε ο αποπλέκτης να γνωρίζει τον δέκτη. Το μειονέκτημα αυτό είναι πιο έντονο όσο το Slot Time γίνεται μικρότερο ή είναι μεταβλητού μήκους ανάλογα με τον ρυθμό μετάδοσης του αποστολέα.

3.3.4 ΠΡΟΤΥΠΑ

Στα δίκτυα υπολογιστών, οι συσκευές που παράγουν ψηφιακά δεδομένα προς αποστολή ή παίρνουν το ρόλο δέκτη είναι γνωστές με τον γενικό όρο DTE (Data Terminal Equipment). Τα DTEs (π.χ. τερματικά, υπολογιστές, fax, εκτυπωτές...) δεν μπορούν να επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό, υπάρχουν συσκευές που τα φέρνουν σε επαφή με το δίκτυο που τις συνδέει. Οι συσκευές αυτές είναι γνωστές με τον όρο DCE (Data Circuit-Terminating Equipment). Τα modems ανήκουν στην κατηγορία των DCEs. Τα γνωστότερα πρότυπα διασύνδεσης των DTEs με τα DCEs έχουν αναπτυχθεί από την EIA (Electronic Industries Association) και την ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standards Committee). Τα σχετικά πρωτόκολλα πρέπει να καθορίζουν με ακρίβεια τη μηχανική, ηλεκτρική, λειτουργική σύνδεση. Αναφορικά αναφέρονται τα πιο γνωστά πρότυπα που είναι: EIA-232 (RS-232)/V.24, EIA-422 (RS-422)/V.11 και το X.21. Επιπλέον, έχουν

αναπτυχθεί και διάφορα πρότυπα modems από την Bell (103/113 Series, 202 Series, 212 Series,...) και την ITU-T (V.21, V.22, V.23, V.26,...).

3.3.4.1 Το πρότυπο διασύνδεσης RS – 232/V.24

Το πρότυπο διασύνδεσης RS – 232/V.24 ορίζει τα μηχανικά, ηλεκτρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε ένα DTE και ένα DCE. Το πρότυπο αυτό αναπτύχθηκε το 1962 και από τότε έχει ανασκευαστεί αρκετές φορές. Η πιο σύγχρονη έκδοσή του είναι το RS – 232-D. Στο μηχανικό μέρος, το πρότυπο προσδιορίζει ότι το DTE και το DCE συνδέονται μεταξύ τους με χρήση ενός καλωδίου μήκους μέχρι 15 μέτρα. Τα σημεία σύνδεσης αποτελούνται από 25 ακίδες σύνδεσης. Αυτό σημαίνει ότι το πρότυπο μπορεί να διαχειριστεί μέχρι και 25 διαφορετικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις 2 συσκευές. Οι ακίδες είναι οργανωμένες σε 2 σειρές. Η πάνω σειρά αποτελείται από 13 ακίδες και η κάτω από 12. Όσον αφορά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζει το πρότυπο, αυτά αφορούν τα εξής θέματα:

1. Αποστολή Δεδομένων: Σύμφωνα με το πρότυπο τας δεδομένα αποστέλλονται κωδικοποιημένα σε μορφή NRZ-L. Για να αναγνωριστούν τα σήματα που αποστέλλονται ως δεδομένα, θα πρέπει η τάση τους να ανήκει σε περιοχές από 3 – 15 Volt ή από -3 – -15 Volt.

2. Σήματα Ελέγχου και Συγχρονισμού: Οι 21 από τις 25 ακίδες χρησιμοποιούνται για τις διαδικασίες ελέγχου και συγχρονισμού. Όλες οι διαδικασίες θεωρούνται σε κατάσταση 'ON', αν η τάση του αντίστοιχου σήματος είναι άνω των 3 Volt, ενώ αν είναι κάτω των -3 Volt, η αντίστοιχη διαδικασία θεωρείται σε κατάσταση 'OFF'. Απουσία τάσης δηλώνει ότι κάτι δε λειτουργεί σωστά.

3. Ρυθμός bit: Το πρότυπο καθορίζει ότι ο ρυθμός των bit που αποστέλλονται φτάνει την μέγιστη τιμή των 20 kbps. Στην πραγματικότητα αυτός ο ρυθμός ξεπερνιέται. Όσον αφορά το λειτουργικό μέρος του, το πρότυπο προσδιορίζει το είδος της λειτουργίας με την οποία σχετίζεται η κάθε ακίδα διασύνδεσης.

Εκτός από το πρότυπο RS – 232/V.24, υπάρχουν και άλλα πρότυπα διασύνδεσης. Τα πιο γνωστά είναι το RS – 449 που χρησιμοποιεί 37 ακίδες διασύνδεσης και το πρότυπο X.21 το οποίο χρησιμοποιείται πάρα πολύ για διασύνδεσης σε τηλεφωνικά δίκτυα PSTN. Το X.21 παρέχει τη δυνατότητα για εγκατάσταση συνδέσεων.

Σημαντική Σημείωση: Σε περιπτώσεις Uploading, η ύπαρξη θορύβου κατά τη διαδικασία PCM περιορίζει το ρυθμό σε 33,6 Kbps. Στο Downloading γίνεται αντίστροφη παλμοκωδική διαμόρφωση όπου δεν υπάρχει θόρυβος, οπότε ο ρυθμός είναι 56 Kbps.

ΜΕΡΟΣ 4^ο

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΖΕΥΞΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Υπηρεσίες Στρώματος Ζεύξης Δεδομένων

ο βασικός ρόλος του data link layer είναι η διασφάλιση μιας μετάδοσης χωρίς σφάλματα, και ως εκ τούτου η κύρια λειτουργία που επιτελεί είναι η ανίχνευση και η διόρθωση σφαλμάτων. Πιο συγκεκριμένα, αναλαμβάνει να επαναμεταδώσει τα εσφαλμένα πακέτα δεδομένων, να αναγνωρίσει και να απομακρύνει πλαίσια που έχουν φτάσει δύο ή περισσότερες φορές, να ελέγξει τη ροή της μετάδοσης δεδομένων (flow control) και να διαχειριστεί τα μηνύματα επιβεβαίωσης (acknowledgment frames) που του αποστέλλει ο παραλήπτης κάθε φορά που λαμβάνει χώρα επιτυχή μετάδοση ενός πακέτου. Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων, αποτελείται από δύο υποεπίπεδα, το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control, MAC), που καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης των σταθμών στο δίκτυο και επικοινωνεί με το φυσικό επίπεδο, και το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής (Logical Link Control, LCC), που επικοινωνεί με το επίπεδο δικτύου.

Ουσιαστικά είναι ένα επίπεδο που ασχολείται με θέματα όπως η πλαισίωση των δεδομένων (Data Framing), ο έλεγχος (πειθαρχίας) της γραμμής (Line Discipline), ο έλεγχος ροής (Flow Control) και ο έλεγχος σφαλμάτων (Error Control).

4.2 Πλαισίωση , έλεγχος Λαθών , έλεγχος Ροής , έλεγχος γραμμής

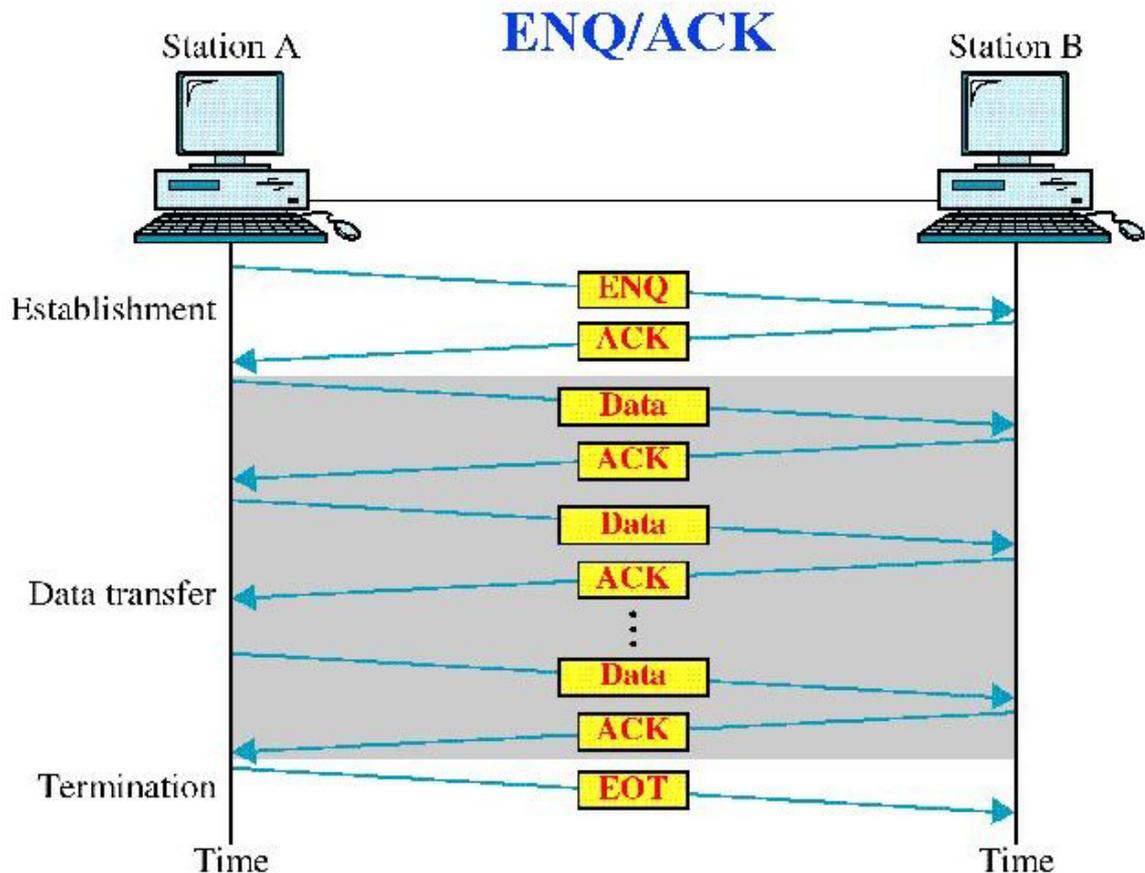
Σχετικά με τη πλαισίωση είναι μια από τις βασικότερες λειτουργίες του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων είναι η πλαισίωση των δεδομένων (Data Framing). Τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε πλαίσια (frames) των οποίων το μέγεθος είναι κυμαινόμενο και εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται. Τα πλαίσια χωρίζονται σε πεδία (fields), τα bits ή bytes των οποίων είτε χρησιμεύουν για τις λειτουργικές ανάγκες του καναλιού επικοινωνίας (ή γενικότερα του συστήματος επικοινωνίας), είτε απλά μεταφέρουν τα δεδομένα των χρηστών. Έτσι, υπάρχουν τα πεδία διεύθυνσεων (Address Field), ελέγχου (Control Field), πληροφορίας (Information Field) και άλλα, ανάλογα με το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται .

Απ' την άλλη ο έλεγχος γραμμής ελέγχει τη σωστή χρήση της γραμμής ώστε η κάθε συσκευή να μπορεί να μεταδίδει ή να δέχεται δεδομένα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα. Υπάρχουν **2 τεχνικές** :

- **Η ENQUIRY / ACKNOWLEDGEMENT**

Χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταξύ 2 ισοτίμων (peer-to-peer) συσκευών. Η επικοινωνία πραγματοποιείται είτε σε full duplex, είτε σε half duplex μορφή. Η συσκευή που θέλει να στείλει δεδομένα, στέλνει στην άλλη ένα ENQ frame. Αν ο

υποψήφιος δέκτης είναι σε θέση να δεχθεί τα δεδομένα, επιστρέφει ένα ACK frame, αλλιώς στέλνει ένα NACK (Negative Acknowledgement) frame. Αν ο δέκτης δεν αποκριθεί μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα, ο πομπός κάνει μέχρι 3 προσπάθειες, στέλνοντας ENQ frames. Αν δεν λάβει απάντηση, αποσυνδέεται και περιμένει κάποια άλλη χρονική στιγμή. Το τέλος αποστολή δεδομένων δηλώνεται με ένα πλαίσιο EOT (End of Transmission).



- **H POLL / SELECT**

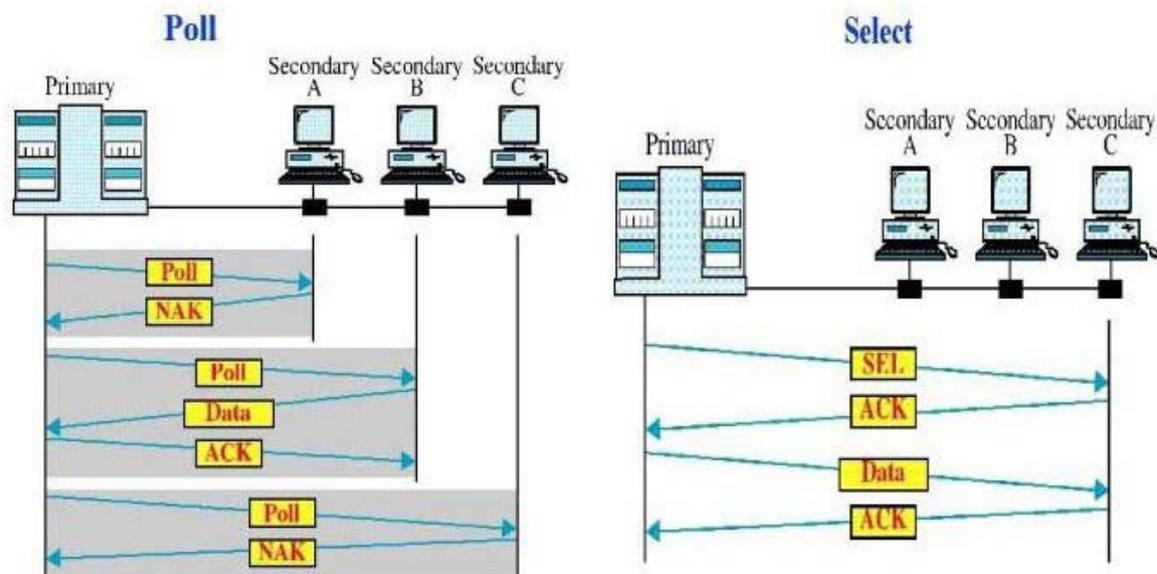
Χρησιμοποιείται όταν στη γραμμή υπάρχουν πολλές συσκευές (multipoint τοπολογίες). Η μία από αυτές είναι η πρωτεύουσα (primary) συσκευή, ενώ οι άλλες είναι οι δευτερεύουσες (secondary). Όλες οι επικοινωνίες μπορούν να γίνουν διαμέσου της πρωτεύουσας συσκευής, καθώς αυτή ελέγχει τη γραμμή (line).

Με την 'poll' διαδικασία, η πρωτεύουσα "ρωτάει" την κάθε δευτερεύουσα αν έχει δεδομένα να στείλει. Αν ναι, η δευτερεύουσα απαντάει στέλνοντας frames δεδομένων. Αν όχι, στέλνει ένα NAK frame και η primary συσκευή περνάει στη επόμενη secondary. Ανάλογα με το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται, η πρωτεύουσα συσκευή, είτε επιβεβαιώνει (ACK) το κάθε frame δεδομένων, είτε αφήνει τη δευτερεύουσα να στέλνει συνεχώς πλαίσια. Ο τερματισμός αποστολής γίνεται είτε με ένα πλαίσιο EOT, είτε η πρωτεύουσα συσκευή διακόπτει τη σύνδεση μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

Με τη διαδικασία 'select', η πρωτεύουσα συσκευή επιλέγει τη δευτερεύουσα, στην οποία θα στείλει δεδομένα. Πρώτα, στέλνει σε αυτή ένα πλαίσιο SEL (Select). Αυτό περνάει από όλες τις δευτερεύουσες συσκευές, αλλά μόνο αυτή που

αναγνωρίζει τη διεύθυνσή της μπορεί να διαβάσει το πλαίσιο. Αν η δευτερεύουσα συσκευή είναι σε θέση να δεχθεί δεδομένα, επιστρέφει ένα πλαίσιο ACK.

Από τα όσα ειπώθηκαν παραπάνω, είναι φανερό ότι η κάθε συσκευή διαθέτει μια μοναδική φυσική διεύθυνση που την ξεχωρίζει από τις άλλες μέσα στην multipoint τοπολογία.



Η τρίτη υπηρεσία που πού ασχολείται το data link layer είναι ο έλεγχος γραμμής . Υπάρχουν 2 τύποι πρωτοκόλλων για τον έλεγχο ροής, έτσι ώστε η συσκευή λήψης των πλαισίων να μην πλημμυρίζει, λόγω καταιγισμού δεδομένων.

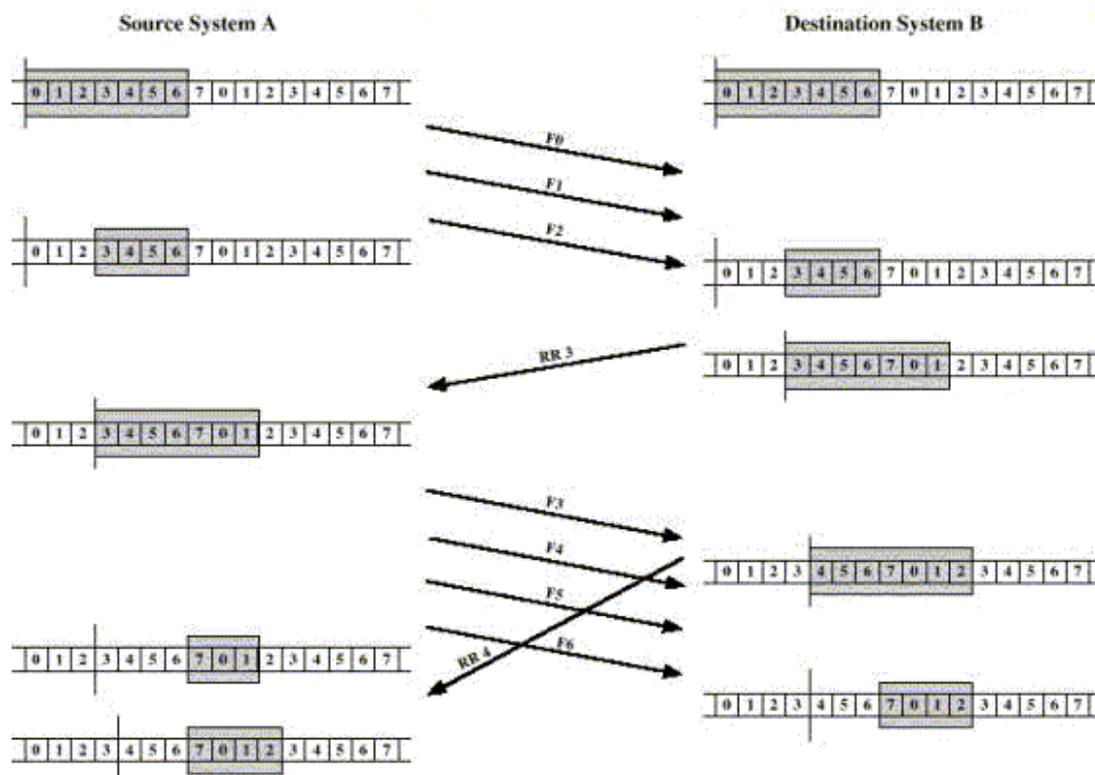
- **ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΑΥΣΗΣ / ΑΝΑΜΟΝΗΣ (STOP – AND – WAIT PROTOCOLS)**

Εδώ Ο πομπός στέλνει το κάθε πλαίσιο χωριστά και περιμένει την επιβεβαίωση λήψης (ACK) για να συνεχίσει με την αποστολή ενός επόμενου πλαισίου. Τα πρωτόκολλα αυτά παρουσιάζουν σημαντικό μειονέκτημα, αφού είναι αργά και χρονοβόρα, ενώ δεν γίνεται χρήση όλου του εύρους ζώνης.

- **ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΣΥΡΟΜΕΝΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ (SLIDING – WINDOW PROTOCOLS)**

Εδώ Ο όρος συρόμενο παράθυρο (Sliding Window) αναφέρεται στη μέγιστη ομάδα από frames που μπορούν να περάσουν διαμέσου της γραμμής μετάδοσης. Τα frames φέρουν αύξοντα αριθμό από 0 έως n-1, οπότε το συρόμενο παράθυρο περιλαμβάνει n frames. Στον αποστολέα, το συρόμενο παράθυρο εκφράζει ένα τμήμα των, προς αποστολή, frames, τα οποία βρίσκονται στον ενταμιευτή του (buffer). Καθώς τα frames φεύγουν, το παράθυρο συρρικνώνεται, ενώ όταν ληφθεί κάποιο ACK τότε το παράθυρο μεγαλώνει για να συμπεριλάβει τόσα frames, όσα επιβεβαιώθηκαν στον παραλήπτη. Στον δέκτη, το συρόμενο παράθυρο εκφράζει άδειες θέσεις στον ενταμιευτή. Καθώς λαμβάνονται πακέτα, αυτό συρρικνώνεται. Όταν στέλνεται στον πομπό κάποιο ACK frame, το παράθυρο αυξάνει κατά τόσες κενές θέσεις, όσα είναι τα frames που επιβεβαιώθηκαν. Τα πρωτόκολλα συρόμενου παραθύρου κάνουν

σχεδόν πλήρη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης και είναι ταχύτερα από τα πρωτόκολλα παύσης / αναμονής.

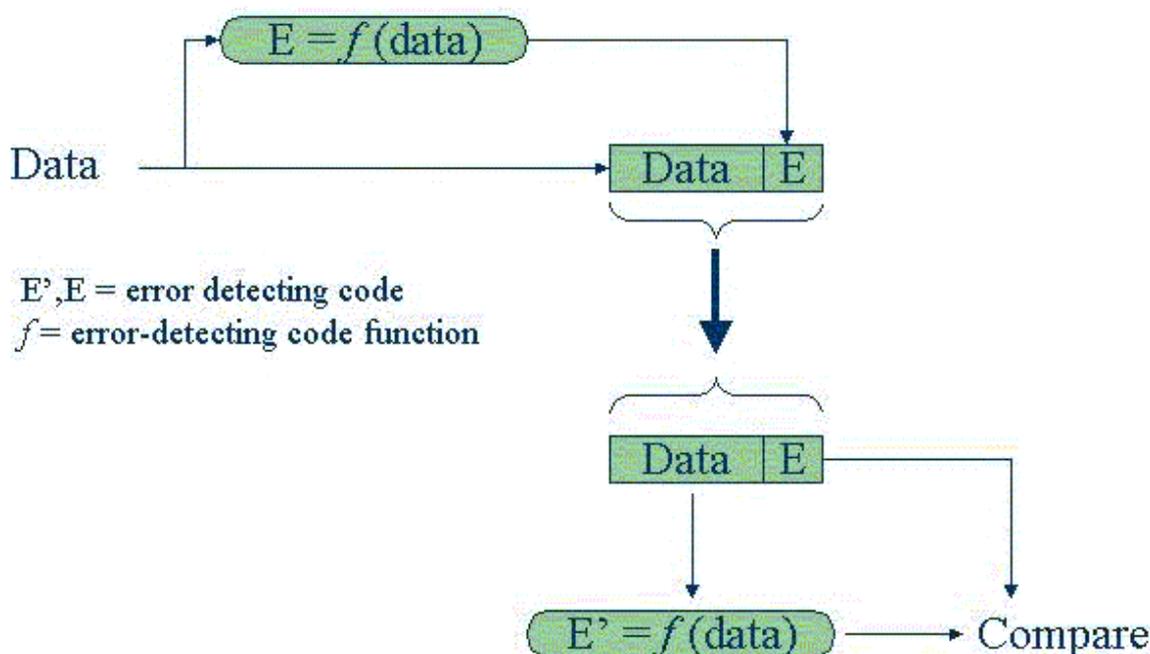


4.4 Σφάλματα μετάδοσης, κωδικοί Ανίχνευσης σφαλμάτων, κωδικοί διόρθωσης σφαλμάτων καθώς και Στοιχειώδη Πρωτόκολλα Στρώματος Ζεύξης Δεδομένων

Κατά τη μετάδοση των αναλογικών, κυρίως, σημάτων είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν αλλαγές στη μορφή τους και χρονικές καθυστερήσεις, εξαιτίας φαινομένων θορύβου. Αυτό οδηγεί σε αλλοίωση των δεδομένων και ο δέκτης λαμβάνει εσφαλμένες πληροφορίες. Υπάρχουν 2 τύποι σφαλμάτων μετάδοσης:

- Σφάλματα απλού Bit (Single-Bit Errors): Μόνο ένα bit έχει αλλάξει στην μονάδα των δεδομένων (Data Unit, π.χ. Byte, ...), από '0' σε '1' ή από '1' σε '0'. Τέτοιου είδους σφάλματα συναντώνται, κυρίως, σε περιπτώσεις παράλληλης μετάδοσης. Για να συμβούν σε σειριακή μετάδοση, πρέπει ο θόρυβος να είναι στιγμιαίος (πολύ μικρός σε διάρκεια), πράγμα εξαιρετικά απίθανο.
- Σφάλματα Καταιγισμού (Burst Errors): Περισσότερα από ένα bit έχουν αλλάξει τιμή. Ο αριθμός των bit από το πρώτο ως το τελευταίο εσφαλμένο bit αποτελεί το μήκος του (σφάλματος) καταιγισμού. Αυτού του είδους τα σφάλματα είναι συνηθέστερα και πραγματοποιούνται στη σειριακή μετάδοση.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των σφαλμάτων σε μια μονάδα δεδομένων είναι οι ακόλουθες :



- **Vertical Redundancy Check (VRC)**

Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως parity check (έλεγχος ισοτιμίας). Σύμφωνα με αυτή, στο τέλος του κάθε Data Unit εισάγεται ένα bit ισοτιμίας (parity bit). Αν ενδιαφέρει ο έλεγχος άρτιας ισοτιμίας, τότε:

1. Αν ο αριθμός των '1' είναι περιττός, το bit ισοτιμίας είναι το '1' ώστε ο αριθμός να γίνει άρτιος.
2. Αν ο αριθμός των '1' είναι άρτιος, το bit ισοτιμίας είναι το '0' ώστε ο αριθμός να παραμείνει άρτιος. Όταν το data unit φθάσει στο δέκτη, αυτός μετράει τους άσσους και αν τους βρει περιττούς, αποβάλλει το data unit. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει αδυναμία όταν ένας άρτιος αριθμός από bits αλλάξει τιμή, λόγω θορύβου. Τα αντίθετα συμβαίνουν σε περιπτώσεις όπου ενδιαφέρει η περιττή ισοτιμία.

- **Longitudinal Redundancy Check (LRC)**

Σύμφωνα με την τεχνική LRC, στο τέλος του κάθε frame προστίθεται ένα byte (8 bits). Το πρώτο bit αποτελεί το bit ισοτιμίας όλων των πρώτων bits που υπάρχουν στα bytes δεδομένων του frame, το δεύτερο bit είναι bit ισοτιμίας όλων των δεύτερων bits, κ.ο.κ. Σε σύγκριση με τη μέθοδο VRC, η LRC αυξάνει την πιθανότητα εύρεσης σφαλμάτων, αλλά μειονεκτεί όταν πραγματοποιηθεί άρτιος αριθμός αλλαγών σε bits που βρίσκονται σε ίδια θέση μέσα στα bytes των frames (περίπτωση άρτιας ισοτιμίας).

- **Cyclic Redundancy Check (CRC)**

Η τεχνική αυτή είναι πιο αποτελεσματική στην ανίχνευση σφαλμάτων. Βασίζεται στη δυαδική διαίρεση. Ο πομπός προσαρμόζει μια ακολουθία από n-1 '0' στο τέλος

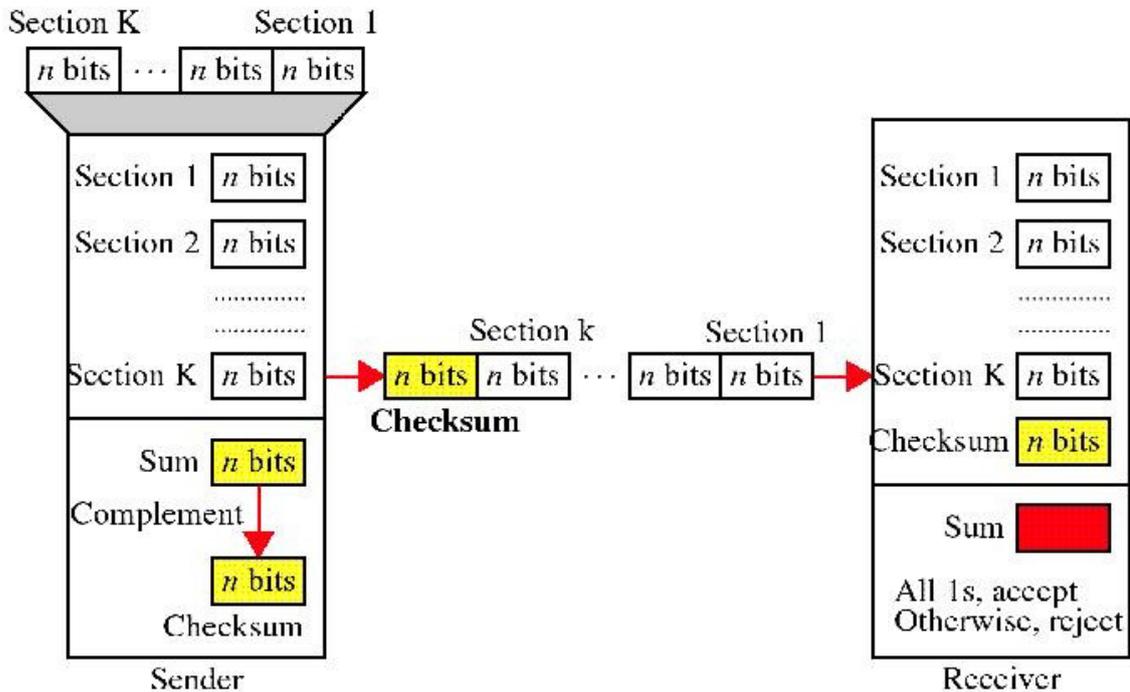
των δεδομένων και διαιρεί το σύνολο με ένα διαιρέτη (CRC Generator των n bits). Το υπόλοιπο (δηλαδή, το CRC των $n-1$ bits) αντικαθιστά την ακολουθία των '0' στο τέλος των δεδομένων, ώστε η διαίρεση να είναι τέλεια. Ο δέκτης επαναλαμβάνει τη δυαδική διαίρεση και αν είναι τέλεια, δέχεται τα δεδομένα, αλλιώς απορρίπτει το frame. Ο γεννήτορας CRC μπορεί να αναπαρασταθεί και με μορφή πολυωνύμου, για συντομία και για τη μαθηματική τεκμηρίωση της τεχνικής. Με βάση τα πολυώνυμα, ο γεννήτορας CRC επιλέγεται έτσι ώστε να μην διαιρείται από το x και να διαιρείται από το $(x + 1)$.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να ανιχνεύει σε περιττού αριθμού bits, τα λάθη μήκους μικρότερου ή ίσου του βαθμού του πολυωνύμου, και με μεγάλη πιθανότητα τα λάθη καταγισμού, μήκους μεγαλύτερου του βαθμού του πολυωνύμου. Τα πιο γνωστά πρωτόκολλα είναι τα: CRC – 12, CRC – 16, CRC – 32 και CRC – ITU – T.

- **Έλεγχος Αθροίσματος (Checksum)**

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε επίπεδο ανώτερο από το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Τα μεγάλα πακέτα δεδομένων (data segments) διασπώνται σε μικρότερα και αθροίζονται με χρήση αριθμητικής συμπληρώματος του 1. Το άθροισμα ρυθμίζεται έτσι ώστε να είναι συγκεκριμένου μήκους (π.χ. n bits). Στο τέλος του πακέτου δεδομένων (Data Segment) προσαρτάται το συμπληρωματικό του αθροίσματος αυτού (Checksum Field). Ο δέκτης επαναλαμβάνει την παραπάνω διαδικασία κάνοντας χρήση και του checksum. Έτσι, αν το ολικό άθροισμα είναι μηδέν, το πακέτο λαμβάνεται ως σωστό. Στην αντίθετη περίπτωση, κάποιο σφάλμα έχει συμβεί και το πακέτο απορρίπτεται. Η παραπάνω μέθοδος είναι αποτελεσματική για όλα του περιττού αριθμού λάθη και για τα περισσότερα λάθη αρτίου αριθμού. Όμως, παρουσιάζει αδυναμία όταν αλλάζουν κάποια bits ενός πακέτου και τα αντίστοιχα bits αντίθετων τιμών ενός άλλου, οπότε κατά το άθροισμα στον δέκτη, το ολικό πακέτο γίνεται δεκτό, ενώ είναι λανθασμένο.

Checksum



Όσο αφορά τώρα την **διόρθωση σφαλμάτων** η διαδικασία αυτή είναι πιο πολύπλοκη από αυτή της ανίχνευσης και για αυτό με μεγαλύτερο κόστος. Δημιουργεί την ανάγκη για περισσότερα bits ελέγχου, τόσο για την ανίχνευση, όσο και για τη διόρθωση των λαθών. Όσον αφορά την ανεύρεση και διόρθωση σφαλμάτων ενός bit, έχει αποδειχθεί ότι αν r είναι ο αριθμός των bits ελέγχου (redundancy bits) και m είναι ο αριθμός των bits των δεδομένων, τότε πρέπει (δηλαδή, το r πρέπει να μπορεί να ξεχωρίζει $m+r+1$ καταστάσεις). $2^{r+m} \geq r \cdot m$. Για τη διόρθωση σφάλματος απλού bit έχει αναπτυχθεί ο κώδικας Hamming. Το κάθε bit ελέγχου αποτελεί bit άρτιας ισοτιμίας (parity bit) συγκεκριμένων bits μέσα στο frame των δεδομένων. Το πρώτο bit ελέγχου κατέχει την 0...001 θέση μέσα στο frame και ελέγχει την άρτια ισοτιμία με όλα τα bits που καταλαμβάνουν θέσεις, των οποίων ο αύξων αριθμός είναι της μορφής $xxx...xx1$, όπου $x \in \{0,1\}$, κ.ο.κ. Όταν το frame των δεδομένων φθάσει στον δέκτη, αυτός κάνει τον έλεγχο άρτιας ισοτιμίας για τις διάφορες ομάδες με το αντίστοιχο bit ελέγχου και σχηματίζει ένα δυαδικό αριθμό με βάση τις καινούργιες τιμές ισοτιμίας. Ο σχηματιζόμενος δυαδικός αριθμός δείχνει τη θέση μέσα στο frame, όπου βρίσκεται το λανθασμένο bit. Αν το frame είναι σωστό, ο δυαδικός αριθμός περιλαμβάνει μηδενικά ψηφία (π.χ. 000...0).

Για τη διόρθωση λαθών καταιγισμού, ο κώδικας Hamming μπορεί να μετασκευαστεί, αλλά τα bit ελέγχου είναι υπερβολικά περισσότερα από αυτά για τη διόρθωση απλού λάθους.

Απ' την άλλη πλευρά υπάρχουν 2 περιπτώσεις λαθών στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων: κατεστραμμένο πλαίσιο, χαμένο πλαίσιο (δεδομένων ή ACK/NACK). Η διαδικασία ελέγχου των σφαλμάτων είναι γνωστή ως ARQ (Automatic Repeat Request) και είναι ενσωματωμένη στα πρωτόκολλα ελέγχου ροής.

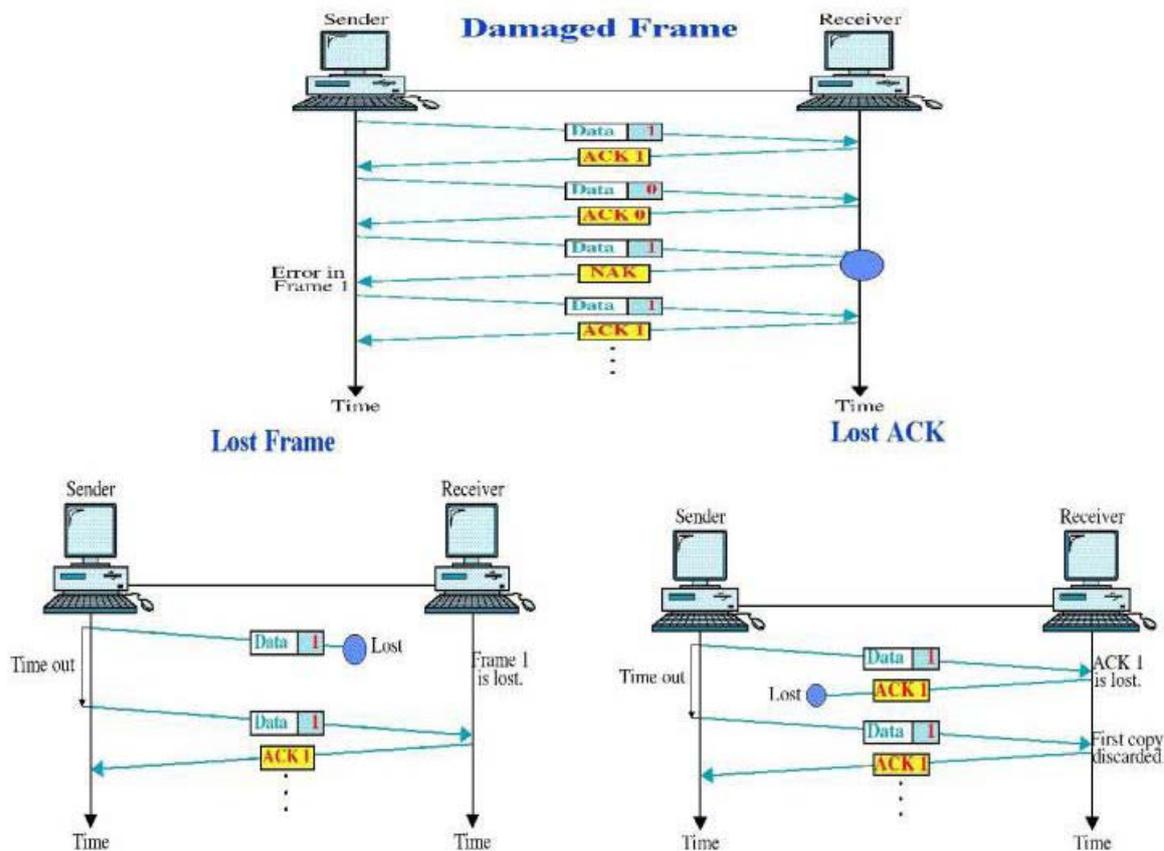
- Το ARQ σε πρωτόκολλο παύσης – αναμονής

Στην περίπτωση των πρωτοκόλλων παύσης / αναμονής, ο μηχανισμός ARQ έχει ως εξής: 1. Κρατιέται από τον αποστολέα το κάθε πλαίσιο που μεταδίδεται, ώσπου να ληφθεί ένα σήμα ACK για το frame αυτό.

2. Τα πλαίσια αριθμούνται διαδοχικά με τους αριθμούς '0' και '1'.

3. Αν ο δέκτης ανακαλύψει λάθος σε κάποιο πλαίσιο, στέλνει ένα πλαίσιο NACK στον αποστολέα.

4. Ο αποστολέας διαθέτει ένα χρονόμετρο, ώστε να θέτει ένα ανώτατο χρονικό όριο ως τη λήψη κάποιου ACK. Μετά το πέρας του ορίου, ξαναστέλνει το τελευταίο πλαίσιο δεδομένων.



- Το ARQ σε πρωτόκολλο συρόμενου παραθύρου

Στην περίπτωση των πρωτοκόλλων συρόμενου παραθύρου, ο μηχανισμός ARQ έχει ως εξής:

1. Ο αποστολέας κρατάει αντίγραφα των πλαισίων που έστειλε και δεν έχουν επιβεβαιωθεί από τον παραλήπτη.
2. Ο δέκτης έχει τη δυνατότητα αποστολής ενός πλαισίου NACK με τον αύξοντα αριθμό του κατεστραμμένου πλαισίου.
3. Ο αποστολέας διαθέτει χρονόμετρο, ώστε να χειρίζεται τις περιπτώσεις των χαμένων πλαισίων (δεδομένων ή ACK/NACK) Σε περιπτώσεις σφαλμάτων, υπάρχουν 2 διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης. Αυτοί είναι οι εξής:

- **Go – Back – n ARQ:** Όταν κάποιο πλαίσιο χαθεί ή καταστραφεί, όλα τα πλαίσια που μεταδόθηκαν μετά από το τελευταίο επιβεβαιωμένο αναμεταδίδονται.
- **Selective – Reject ARQ:** Αναμεταδίδεται μόνο το συγκεκριμένο χαμένο ή κατεστραμμένο πλαίσιο. ο δέκτης πρέπει να διαθέτει πιο εξελιγμένο λογισμικό, από ό,τι στην περίπτωση Go – Back – n. Συγκεκριμένα, πρέπει να διαθέτει λογισμικό ταξινόμησης των frames που λήφθηκαν εκτός σειράς και να ξεχωρίζει τα πλαίσια πριν και μετά κάποιο NAK. Ο αποστολέας πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει και να βρίσκει τα πλαίσια που του ζητούνται μετά τη λήψη ενός NACK. Επιπλέον, δημιουργείται η ανάγκη για μικρότερα μεγέθη παραθύρου από ό,τι στην περίπτωση Go – Back – n. Η αρίθμηση των πλαισίων ACK δηλώνει το ληφθέν ή χαμένο πλαίσιο και όχι το επόμενο προς αναμονή πλαίσιο, για να αυξηθεί η επιλεκτικότητα.

4.5 πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων και μερικά Παραδείγματα (HDLC)

Τα πρωτόκολλα του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων, που επιφορτίζονται με τα όσα ειπώθηκαν προηγουμένως, χωρίζονται σε 2 κύριες κατηγορίες: τα ασύγχρονα και τα σύγχρονα πρωτόκολλα.

Τα ασύγχρονα πραγματοποιούν ασύγχρονη επικοινωνία μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Είναι χαμηλού κόστους και όχι ιδιαίτερα πολύπλοκα, αλλά ταυτόχρονα πολύ αργά ώστε να μην έχουν πολλές πρακτικές εφαρμογές σήμερα. Τα κυριότερα ασύγχρονα πρωτόκολλα είναι: XMODEM, YMODEM, ZMODEM, BLAST (Blocked Asynchronous Transmission) και Kermit.

Τα σύγχρονα πραγματοποιούν σύγχρονη επικοινωνία (βλέπε κεφάλαιο 1) μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Χωρίζονται σε 2 κατηγορίες: τα πρωτόκολλα μετάδοσης χαρακτήρων (character-oriented) και τα πρωτόκολλα μετάδοσης ψηφίων (bit-oriented).

- **Πρωτόκολλα μετάδοσης χαρακτήρων (Character-oriented protocols)**

Τα frames που μεταφέρονται αποτελούνται από μια αλληλουχία χαρακτήρων του ενός byte (= 8 bit). Έτσι, όλες οι πληροφορίες διαβάζονται ως χαρακτήρες, με τη βοήθεια κάποιου συστήματος κωδικοποίησης, π.χ. ASCII (American Standard Code for Information Interchange – βλέπε εικόνα 3.13), EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code). Τα πρωτόκολλα αυτά είναι γνωστά και ως byte-oriented protocols. Το αντιπροσωπευτικότερο είναι το πρωτόκολλο BSC (Binary Synchronous Communication), το οποίο αναπτύχθηκε από την IBM το 1964. Αυτό υποστηρίζει half-duplex, point-to-point και multipoint επικοινωνία, ενώ για τον έλεγχο ροής και σφαλμάτων χρησιμοποιεί την τεχνική stop-and-wait ARQ. Τα frames που χρησιμοποιεί, είτε μεταφέρουν πληροφορίες ελέγχου της μετάδοσης (Control Frames), είτε μεταφέρουν τόσο πληροφορίες ελέγχου όσο και δεδομένα (Data Frames). Το κυριότερο πρόβλημα, που αντιμετωπίζουν τα πρωτόκολλα χαρακτήρων, είναι γνωστό ως πρόβλημα διαφάνειας δεδομένων (Data Transparency). Το γεγονός ότι, οποιαδήποτε ακολουθία ψηφίων μπορεί να είναι δεδομένα, είναι δυνατό να

οδηγήσει σε αδυναμία του δέκτη να ξεχωρίσει ανάμεσα σε χαρακτήρες ελέγχου και χαρακτήρες δεδομένων.

- **Πρωτόκολλα μετάδοσης ψηφίων (Bit-oriented protocols)**

Αυτά αποτελούν εξέλιξη των πρωτοκόλλων χαρακτήρων. Μπορούν να μεταφέρουν τις πληροφορίες σε μικρότερα πλαίσια και γενικά αποφεύγουν προβλήματα διαφάνειας. Έχουν αναπτυχθεί πολλά τέτοια πρωτόκολλα, όπως το SDLC (Synchronous Data Link Control – IBM, 1975), το HDLC (High-level Data Link Control – ISO, 1979), η σειρά LAP (Link Access Protocols, π.χ. LAPB, LAPD, LAPM, LAPX,...) από την ITU-T κ.α.

4.5.1 Το πρωτόκολλο HDLC

Το HDLC αποτελεί τη βάση όλων των μεταγενέστερων αυτού πρωτοκόλλων μετάδοσης bit. Υποστηρίζει half-duplex ή full-duplex, point-to-point ή multipoint επικοινωνία. Υπάρχουν τρεις δυνατοί σχηματισμοί (configurations), τους οποίους υποστηρίζει το πρωτόκολλο HDLC. Ο πρώτος (Unbalanced Configuration) μπορεί να είναι είτε point-to-point είτε multipoint και περιλαμβάνει μια πρωτεύουσα συσκευή (primary device) για τον έλεγχο της γραμμής, και μία ή περισσότερες δευτερεύουσες (secondary devices). Ο δεύτερος (Symmetrical Configuration) περιλαμβάνει 2 σταθμούς που ο καθένας περιλαμβάνει μια primary και μια secondary συσκευή. Η primary του ενός συνδέεται με τη secondary το άλλου, με μια ξεχωριστή γραμμή. Τέλος, ο τρίτος σχηματισμός (Balanced Configuration) αποτελεί μια point-to-point τοπολογία μεταξύ δύο συσκευών, οι οποίες έχουν διπλή ιδιότητα (combined = primary + secondary) με αποτέλεσμα η γραμμή να ελέγχεται και από τις 2 συσκευές.

Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών είναι τριών καταστάσεων (Communication Modes):

NRM (Normal Response Mode): Σε αυτού του είδους την επικοινωνία, η δευτερεύουσα συσκευή πρέπει να ζητήσει την άδεια της πρωτεύουσας για να μεταδώσει.

- ARM (Asynchronous Response Mode): Η δευτερεύουσα συσκευή μπορεί να μεταδίδει frames χωρίς την άδεια της πρωτεύουσας, όταν το κανάλι είναι άδειο (idle).
- ABM (Asynchronous Balance Mode): Εκφράζει τη σχέση μεταξύ των συσκευών για την περίπτωση του balance configuration, όπου οποιαδήποτε από τις δύο συσκευές μπορεί να ελέγχει τη γραμμή χωρίς την άδεια της άλλης.

Το πρωτόκολλο HDLC χρησιμοποιεί 3 τύπων frames:

- I – Frames (Information Frames): Χρησιμοποιούνται στη μεταφορά των δεδομένων των χρηστών, αλλά μεταφέρουν ταυτόχρονα και πληροφορίες ελέγχου γραμμής, ροής, σφαλμάτων, ...
- S – Frames (Supervisory Frames): Χρησιμοποιούνται μόνο στην αποστολή πληροφοριών ελέγχου της γραμμής επικοινωνίας (έλεγχος ροής και σφαλμάτων).
- U – Frames (Unnumbered Frames): Μεταφέρουν πληροφορίες για την διαχείριση και εποπτεία του συστήματος.

ΜΕΡΟΣ 5^ο

5.1 Προσπέλαση στο Μέσο Μετάδοσης

Σε ένα ενσύρματο τοπικό δίκτυο υπολογιστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα γνωστά μέσα μετάδοσης, και η επιλογή του κατάλληλου σε κάθε περίπτωση μέσου είναι συνάρτηση του τύπου του δικτύου και των αναγκών που αυτό πρόκειται να καλύψει. Έτσι ανάλογα με τις περιστάσεις, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, τόσο **ομοαξονικά καλώδια** και **καλώδια UTP** και **STP** με ταχύτητες από **1 Mbps** έως **100 Mbps**, όσο και **οπτικές ίνες**, που υποστηρίζουν ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων της τάξης του **1 Gbps**. Αυτού του τύπου τα καλώδια δεν είναι δυνατό να έχουν απεριόριστο μήκος, καθώς είναι γνωστό πως όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του καλωδίου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η πιθανότητα εμφάνισης σφαλμάτων κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση που ένα ενσύρματο τοπικό δίκτυο ακολουθεί τις προδιαγραφές της δομημένης καλωδίωσης, τα μέσα μετάδοσης του δικτύου, χαρακτηρίζονται από τους ακόλουθους περιορισμούς όσον αφορά την απόσταση στην οποία μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα :

Στην περίπτωση του υποσυστήματος οριζόντιας καλωδίωσης, **η μέγιστη επιτρεπτή απόσταση για οριζόντιο καλώδιο από το χώρο του διανομέα μέχρι την τηλεπικοινωνιακή έξοδο, είναι τα 90 μέτρα**. Όσον αφορά τον τύπο του καλωδίου που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, αυτός μπορεί να είναι **καλώδιο UTP τεσσάρων ζευγών με αντίσταση 100 Ohms**, **καλώδιο STP δύο ζευγών με αντίσταση 150 Ohms**, ή **πολύτροπη οπτική ίνα, με διάμετρο πυρήνα 62.5 μm**. Τέλος στην περίπτωση του υποσυστήματος κατακόρυφης καλωδίωσης, η μέγιστη απόσταση μεταφοράς δεδομένων, είναι συνάρτηση του μέσου μετάδοσης που χρησιμοποιείται. Έτσι για **καλώδιο UTP τεσσάρων ζευγών με αντίσταση 100 Ohms** η μέγιστη απόσταση είναι **800 μέτρα για μεταφορά φωνής** και **90 μέτρα για μεταφορά δεδομένων**, για ένα **καλώδιο STP δύο ζευγών με αντίσταση 150 Ohms** η μέγιστη απόσταση είναι **90 μέτρα για μεταφορά δεδομένων**, ενώ στην περίπτωση της πολύτροπης οπτικής ίνας με διάμετρο πυρήνα 62.5 μm, η μεταφορά δεδομένων είναι δυνατή μέχρι τα **2000 μέτρα**.

Στη γενική περίπτωση τοπικών δικτύων, οι προδιαγραφές που ακολουθούνται όσον αφορά τον τύπο του καλωδίου και τη μέγιστη απόσταση στην οποία αυτό μπορεί να μεταφέρει δεδομένα, έχουν διατυπωθεί με τη μορφή **τυποποιήσεων**, που

είναι γνωστές ως **πρότυπα (standards)**. Το πιο γνωστό από αυτά τα πρότυπα φέρει τον κωδικό **802.3** και περιλαμβάνει ένα σύνολο παραλλαγών όσον αφορά τον τύπο του καλωδίου που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων. Αυτές οι παραλλαγές του **802.3**, σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες :

1. **10Base-5** : Περιλαμβάνει **ομοαξονικό καλώδιο** με μέγιστο μήκος καλωδίωσης τα **500 μέτρα** και με ρυθμό μεταφοράς δεδομένων τα **10 Mbps**.
2. **10Base-2** : Περιλαμβάνει **ομοαξονικό καλώδιο** με μέγιστο μήκος καλωδίωσης τα **185 μέτρα** και με ρυθμό μετάδοσης έως **10 Mbps**.
3. **10Base-T** : Περιλαμβάνει **συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων** με μέγιστο μήκος καλωδίωσης τα **100 μέτρα**.
4. **1Base-5** : Περιλαμβάνει **συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων** με μέγιστο μήκος καλωδίωσης τα **500 μέτρα** και με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων έως **1 Mbps**.
5. **10Broad-36** : Περιλαμβάνει ομοαξονικό καλώδιο με μέγιστο μήκος τα **3600 μέτρα** και με ρυθμό μετάδοσης έως **10 Mbps**.
6. **10Base-F** : Υποστηρίζει **δίκτυα κορμού οπτικής ίνας** έως και **4000 μέτρα**, και ρυθμό μετάδοσης έως και **10 Mbps**.

5.2 . Το πρωτόκολλο ALOHA και οι παραλλαγές του

Το πρωτόκολλο **ALOHA** είναι ένα **πρωτόκολλο ανταγωνισμού (contention protocol)** και επιτρέπει την κοινή χρήση του μέσου μετάδοσης από όλους τους σταθμούς του δικτύου. Συναντάται σε δύο μορφές (**ασυγχρόνιστο ALOHA και συγχρονισμένο ALOHA**) εκ των οποίων η πρώτη χρησιμοποιεί το μοντέλο **συνεχούς χρόνου (continuous time)** ενώ η δεύτερη, το μοντέλο **διακριτού χρόνου (slotted time)**. Αυτό σημαίνει πως στην πρώτη περίπτωση (**pure ALOHA**) ο κάθε σταθμός μπορεί να στείλει δεδομένα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, ενώ στη δεύτερη περίπτωση (**slotted ALOHA**), ο χρόνος χωρίζεται σε **χρονοθυρίδες (time slots)** και η αποστολή δεδομένων από τους σταθμούς του δικτύου, μπορεί να πραγματοποιηθεί, μόνο στην αρχή κάποιας χρονοθυρίδας.

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτού του πρωτοκόλλου, είναι η **απουσία της διαδικασίας ανίχνευσης φέροντος (carrier sense)**. Αυτό σημαίνει, πως ο σταθμός στέλνει δεδομένα χωρίς προηγουμένως να ελέγξει εάν το κανάλι είναι άδειο ή εάν εκείνη τη χρονική στιγμή στέλνει κάποιος άλλος σταθμός. Έτσι είναι πολύ πιθανό, να λάβει χώρα εκπομπή δεδομένων από κάποιο σταθμό, την ώρα που στο κανάλι κινείται το πακέτο δεδομένων κάποιου άλλου χρήστη. Στην περίπτωση αυτή λαμβάνει χώρα μία **σύγκρουση (collision)** που οδηγεί στην αμοιβαία καταστροφή των πακέτων. Εάν ο σταθμός που έστειλε το πακέτο καταλάβει ότι αυτό έχει καταστραφεί, περιμένει για ένα τυχαίο διάστημα, και μετά το στέλνει εκ νέου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι τελικά η μετάδοση του πακέτου να είναι επιτυχής.

Ο τρόπος με τον οποίο ο αποστολέας του πακέτου καταλαβαίνει πως η μετάδοσή του είναι επιτυχής είναι σχετικά απλός. Ας υποθέσουμε πως το κάθε πακέτο διασχίζει το μήκος του μέσου μετάδοσης σε χρόνο τ . Αυτό σημαίνει πως εάν ο υπολογιστής παραλήπτης λάβει επιτυχώς το πακέτο, θα στείλει ένα ειδικό **πλαίσιο επιβεβαίωσης (acknowledgment frame)** στον υπολογιστή αποστολέα, το οποίο προφανώς θα χρειαστεί και αυτό χρόνο τ για να διασχίσει το κανάλι. Όταν λοιπόν ο αποστολέας λάβει το πλαίσιο επιβεβαίωσης σε χρόνο μικρότερο ή ίσο του 2τ , αυτό σημαίνει, πως η μετάδοση του πακέτου του, υπήρξε επιτυχής.

Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως στην περίπτωση του **συγχρονισμένου ALOHA**, η επικάλυψη των πακέτων δεν είναι μερική όπως στην περίπτωση του **ασυγχρόνιστου ALOHA**, αλλά ολική. Μέσω μαθηματικής ανάλυσης μπορεί να αποδειχθεί, πως η χρήση της συγχρονισμένης έκδοσης του πρωτοκόλλου, διπλασιάζει το ρυθμό διέλευσης, ο οποίος μπορεί να φτάσει **στο 37% περίπου των επιχειρούμενων μεταδόσεων**.

Η βασική διαφορά που υφίσταται ανάμεσα στο πρωτόκολλο **ALOHA** και στο πρωτόκολλο **CSMA (Carrier Sense Multiple Access)** είναι η **διαδικασία ανίχνευσης φέροντος** που χρησιμοποιείται στο δεύτερο πρωτόκολλο αλλά όχι και στο πρώτο. Πράγματι, στο πρωτόκολλο **ALOHA**, εάν κάποιος σταθμός θέλει να στείλει δεδομένα, το κάνει απευθείας, χωρίς προηγουμένως να διαπιστώσει εάν το κανάλι είναι άδειο ή κατειλημμένο από κάποιο άλλο σταθμό. Αυτό όμως οδηγεί σε μεγάλο πλήθος συγκρούσεων και σε μικρή απόδοση του καναλιού. Αντίθετα, στο πρωτόκολλο **CSMA**, πριν την μετάδοση του πακέτου δεδομένων από το σταθμό, λαμβάνει χώρα ακρόαση του καναλιού, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν αυτό είναι ελεύθερο και έτοιμο για μετάδοση. Εάν το κανάλι είναι ελεύθερο, ο σταθμός το δεσμεύει, και προχωρεί στην αποστολή των δεδομένων του. Εάν όμως είναι κατειλημμένο, τότε ο σταθμός ανάλογα με την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται, είτε θα ακούει συνεχώς το κανάλι μέχρι αυτό να απελευθερωθεί (**1 persistent CSMA**) ή θα επαναλαμβάνει συνεχώς αυτή τη διαδικασία ακρόασης σε τυχαίες χρονικές στιγμές μέχρι τελικά να μεταδώσει το πακέτο με επιτυχία (**non persistent CSMA**). Τέλος σε μια πιο γενικευμένη έκδοση του πρωτοκόλλου (**p persistent CSMA**) ο σταθμός επιχειρεί να μεταδώσει σε κάθε χρονοθυρίδα με πιθανότητα **p**, διαδικασία, η οποία επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι την επιτυχή μετάδοση του πακέτου.

5.3 . Πρωτόκολλα με ανίχνευση φέροντος ,χωρίς συγκρούσεις , περιορισμένου ανταγωνισμού

Το βασικό χαρακτηριστικό των δικτύων εκπομπής είναι ότι **δεν διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους** που να προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά διαθέτουν **ένα κοινό μέσο μετάδοσης**, το οποίο μοιράζονται όλοι οι σταθμοί που συνδέονται στο δίκτυο. Οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των υπολογιστών, λαμβάνονται συνήθως από όλους τους σταθμούς του δικτύου. Σε κάθε πακέτο που αποστέλλεται στο δίκτυο, προστίθεται ένα πεδίο διεύθυνσης, που καθορίζει το σταθμό για τον οποίο προορίζεται το πακέτο. Αυτός είναι και ο μοναδικός σταθμός που θα παραλάβει το πακέτο, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί, απλά θα το αγνοήσουν. Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στα δίκτυα εκπομπής, είναι πως λόγω της ύπαρξης ενός και μοναδικού μέσου μετάδοσης, δημιουργούνται **συγκρούσεις (collisions)** κάθε φορά που δύο σταθμοί επιχειρούν ταυτόχρονα να προσπελάσουν το κανάλι. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικές **τεχνικές πρόσβασης στο μέσο (medium access control techniques)**, οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο και το χρόνο χρήσης του καναλιού από όλους τους υπολογιστές του δικτύου.

Η **τεχνολογία εκπομπής δεδομένων**, χρησιμοποιείται κυρίως στα **τοπικά δίκτυα υπολογιστών (local area networks, LANs)**, στα οποία υπάρχουν πολλοί υπολογιστές που μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης. Στα δίκτυα αυτά, οι τεχνικές

πρόσβασης των υπολογιστών στο μέσο μετάδοσης στηρίζονται τόσο σε **ανταγωνιστικά πρωτόκολλα (contention protocols)** όπως το πρωτόκολλο **ALOHA** στα οποία οι σταθμοί ανταγωνίζονται για το ποιος θα χρησιμοποιήσει το κανάλι (με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα το πρότυπο **Ethernet**), όσο και σε **πρωτόκολλα διαιτησίας ή πρωτόκολλα χωρίς συγκρούσεις (collision free protocols)**, στα οποία η σειρά με την οποία η σειρά με την οποία οι σταθμοί θα χρησιμοποιήσουν το κανάλι, καθορίζεται με τη βοήθεια ειδικών πρωτοκόλλων (με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τα πρότυπα **token bus** και το **token ring**).; Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό πρωτόκολλο είναι αυτό που περιγράψαμε προηγουμένως το **CSMA**.

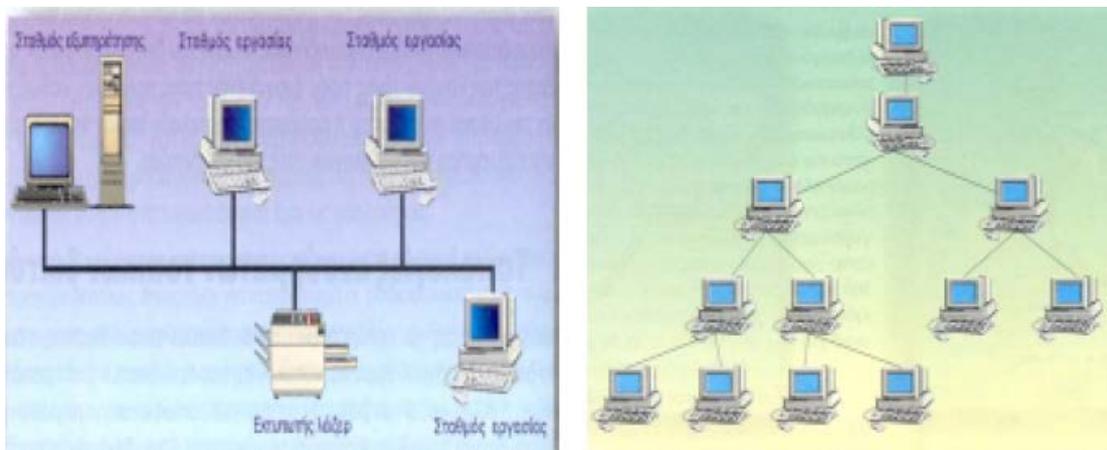
5.4 Προσπέλαση στο Μέσο Μετάδοσης και Πρωτόκολλα ασύρματων δικτύων

Τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στα **ασύρματα τοπικά δίκτυα υπολογιστών**, είναι οι διάφορες μορφές **ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας**, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στο φάσμα των **ραδιοφωνικών συχνοτήτων** (στο εύρος των **104** έως **109 Hz**), στο φάσμα των **μικροκυματικών συχνοτήτων** (στο εύρος των **109** έως **1012 Hz**) καθώς επίσης και στο φάσμα των **υπέρυθρων ακτινοβολιών** (στο εύρος των **1012** έως και **1014 Hz** του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος συχνοτήτων). Πιο αναλυτικά, η χρήση αυτών των μέσων στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, έχει ως εξής: Οι ραδιοσυχνότητες χρησιμοποιούνται κυρίως στις **ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές** καθώς επίσης και στα **κυτταρικά τηλεφωνικά δίκτυα**. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τύπου επικοινωνίας, είναι η **επικάλυψη των διαφόρων περιοχών συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος**, γεγονός που οδηγεί στον καθορισμό μιας συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων για κάθε εφαρμογή. Από την άλλη πλευρά, η επικοινωνία δια της χρήσης μικροκυματικής ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις στις οποίες η φυσική επικοινωνία είναι σχετικά δύσκολη (με χαρακτηριστικό παράδειγμα την επικοινωνία κόμβων που είναι εγκατεστημένοι σε δύσβατες περιοχές). Μια αντιπροσωπευτική εφαρμογή της επικοινωνίας κόμβων δια της χρήσης μικροκυμάτων είναι η **περίπτωση επικοινωνίας από σημείο σε σημείο με τα δύο σημεία να είναι σταθερά ή να μεταβάλλεται το ένα σε σχέση με το άλλο**. Τέλος είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι λόγω των φυσικών ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τη μικροκυματική ακτινοβολία, οι κεραίες του πομπού και του δέκτη θα πρέπει να βρίσκονται σε **συνεχή οπτική επαφή**.

Από τη βασική θεωρία των τοπικών δικτύων υπολογιστών είναι γνωστό, πως οι πιο σημαντικές από τις τοπολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα δίκτυα αυτής της μορφής, είναι η **τοπολογία διαύλου**, η **τοπολογία δένδρου**, η **τοπολογία δακτυλίου** και η **τοπολογία αστέρα**.

Στην **τοπολογία διαύλου (bus topology)**, όλοι οι κόμβοι του δικτύου, συνδέονται άμεσα σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας που λέγεται **δίαυλος (bus)**. Τα πακέτα δεδομένων μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου, και μπορούν να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους. Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει διεύθυνση του παραλήπτη, και εάν τον αφορά, το αντιγράφει. Τα δίκτυα αυτού του τύπου αποτελούν καλή επιλογή όταν ο αριθμός των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο είναι μικρός, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με την κυκλοφορία του δικτύου.

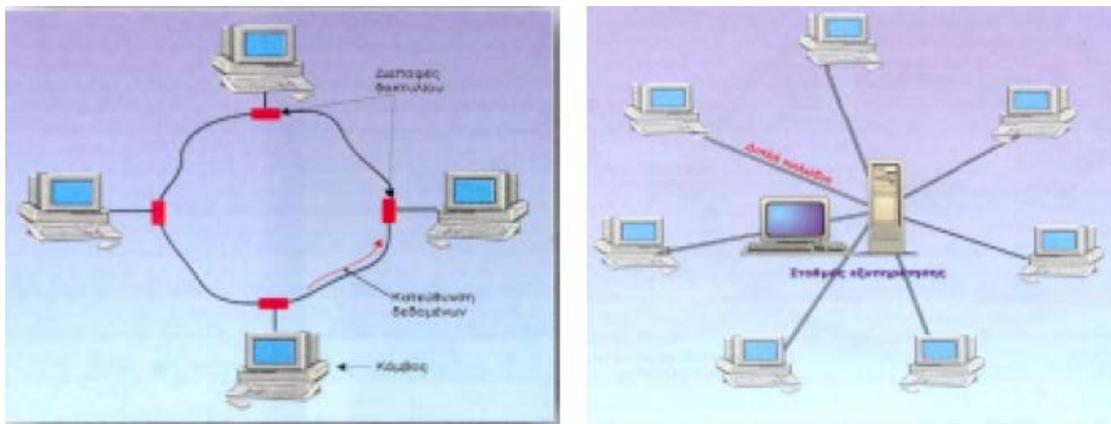
Η **τοπολογία δένδρου (tree topology)** αποτελεί παραλλαγή της τοπολογίας διαύλου και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται από τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το βασικό της χαρακτηριστικό είναι το διάγραμμά της που μοιάζει με αυτό του ανεστραμμένου δένδρου, του οποίου, τόσο ο κορμός όσο και τα κλαδιά, αποτελούνται από δίκτυα διαύλου. Ο κεντρικός κόμβος του δικτύου ονομάζεται **κεφαλή ή ρίζα**, και ο βασικός του ρόλος είναι η μετάδοση στο δίκτυο των σημάτων που λαμβάνει από όλους τους κόμβους, γεγονός που οδηγεί σε μεγάλο φόρτο κίνησης πάνω στο δίαυλο που περνά από τη ρίζα. **Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τύπου δικτύου, είναι η κατάρρευσή του εάν η ρίζα του υποστεί κάποια βλάβη.**



Στην **τοπολογία δακτυλίου (ring topology)** το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις **σημείου προς σημείο** ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόγχος. Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο μέσω μιας διάταξης που λέγεται **αναμεταδότης** και κάθε φορά που ένα πακέτο δεδομένων φτάνει σε αυτόν, διαβάζει τη διεύθυνση του παραλήπτη και εάν τον αφορά, το αντιγράφει. Η ροή της πληροφορίας έχει πάντα την ίδια φορά επάνω στο δακτύλιο, ενώ λόγω της ταυτόχρονης χρήσης του μέσου μετάδοσης από πολλούς κόμβους ταυτόχρονα, απαιτείται **έλεγχος πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control, MAC)**, ο οποίος μπορεί να είναι **κεντρικός (centralized)** ή **κατανεμημένος (distributed)**.

Η τοπολογία δακτυλίου χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτείται **ισοκατανομή της χωρητικότητας του καναλιού σε όλους τους κόμβους του δικτύου**, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες **υπάρχουν πάρα πολλοί κόμβοι σε σχετικά μικρή απόσταση και οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης**, καθώς και όταν η **μετάδοση της πληροφορίας από ένα κόμβο θα πρέπει να γίνει σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα**. Λόγω της φύσης του αλγορίθμου που ελέγχει την πρόσβαση του κόμβου στο μέσο μετάδοσης τα δίκτυα αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται από σημαντικές καθυστερήσεις μετάδοσης ακόμη και σε περιπτώσεις μικρής κυκλοφορίας, από την άλλη πλευρά όμως, η απόδοσή τους είναι

πάρα πολύ υψηλή σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το δίκτυο χαρακτηρίζεται από μεγάλη κυκλοφορία.



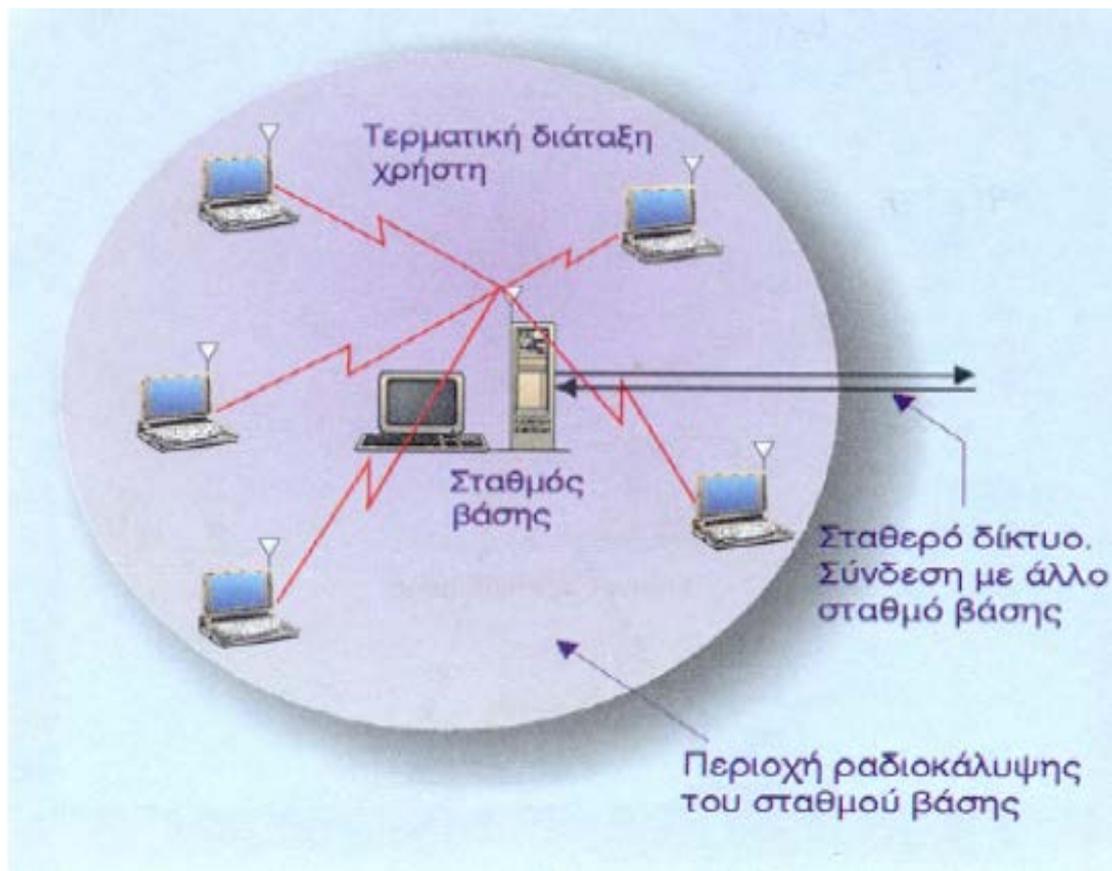
Τέλος, στην **τοπολογία αστέρα (star topology)**, ο κάθε κόμβος του δικτύου συνδέεται άμεσα με ένα κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης, διαμέσου δύο καλωδίων, εκ των οποίων **το ένα χρησιμοποιείται για την αποστολή, και το άλλο για τη λήψη δεδομένων**. Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου και η βασική της λειτουργία περιλαμβάνει τον έλεγχο της κυκλοφορίας των δεδομένων στο δίκτυο, προκειμένου αυτά να καταλήξουν τελικά, στον υπολογιστή παραλήπτη. Αυτός ο έλεγχος της κυκλοφορίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις κυρίως τρόπους. Στην πρώτη μορφή **ο έλεγχος ασκείται από τον κεντρικό κόμβο του δικτύου ο οποίος είναι υπεύθυνος για τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων**, στη δεύτερη περίπτωση, **ο έλεγχος πραγματοποιείται από ένα περιφερειακό κόμβο**, ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί **σα διακόπτης μεταγωγής**, ενώ στην τρίτη μορφή, **η διαδικασία ελέγχου της ροής της πληροφορίας, ισοκατανέμεται σε όλους τους περιφερειακούς κόμβους**, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων.

Η τοπολογία αστέρα χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτούνται **ολοκληρωμένες υπηρεσίες μεταφοράς φωνής – δεδομένων** καθώς και **υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης**. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η πολύπλοκη υλοποίησή του κυρίως όσον αφορά τη διαδικασία ελέγχου της πληροφορίας, ενώ τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε, πως πάρα πολλά από τα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως είναι για παράδειγμα η χωρητικότητά του, η αξιοπιστία του, και ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων, εξαρτώνται σημαντικά από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου.

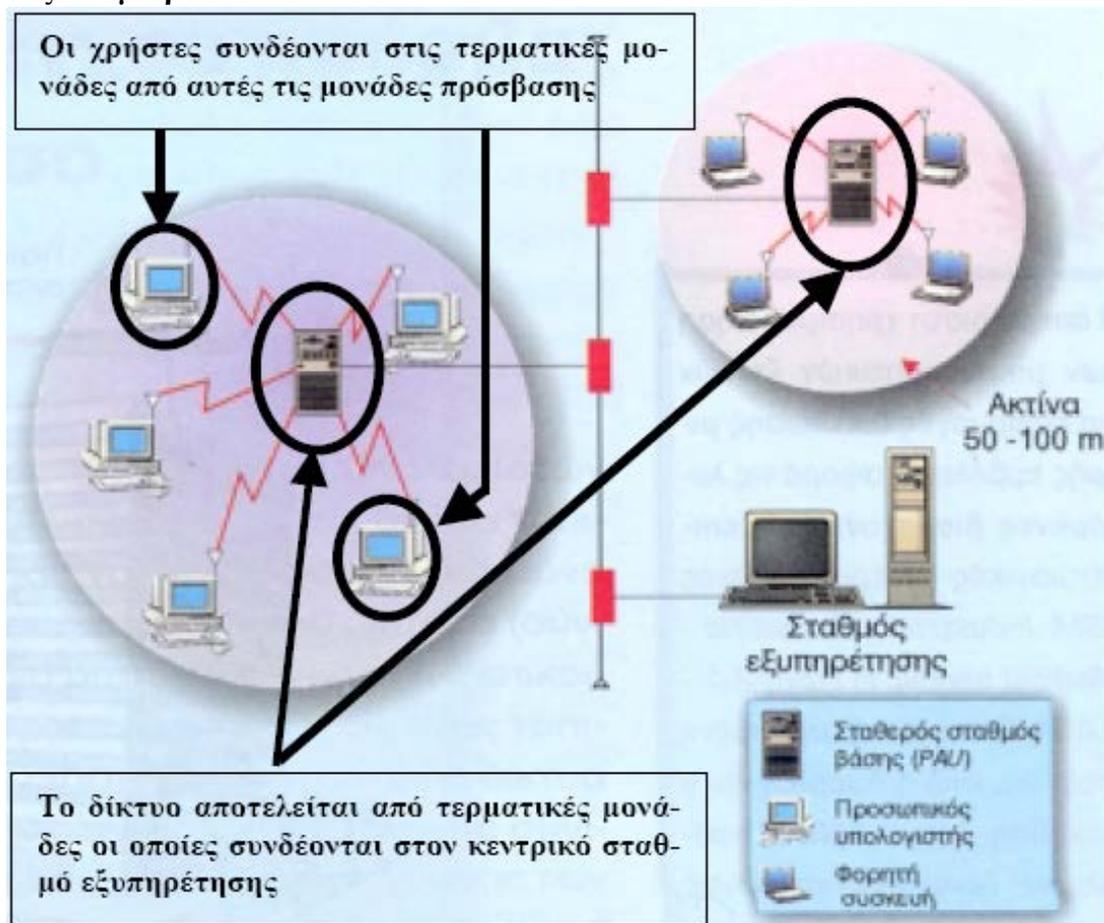
Τα **ασύρματα δίκτυα ανοικτής ακρόασης** χρησιμοποιούν **συνδέσεις εκπομπής** και μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας τρία βασικά σχήματα τοπολογιών. Στην πρώτη από αυτές τις τοπολογίες που είναι και η πιο παλιά, χρησιμοποιείται ένας κεντρικός κόμβος επικοινωνίας που είναι γνωστός ως **σταθμός βάσης**. Αυτός ο κόμβος συνδέεται με ένα πλήθος **τερματικών σταθμών** που βρίσκονται κατανεμημένοι σε μικρή περιοχή γύρω από αυτόν, δια της χρήσης ραδιοκυμάτων χαμηλής συχνότητας. Επεκτείνοντας την τοπολογία αυτή σε μια πολύ μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή, μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τους τερματικούς σταθμούς σε **κυψέλες**, κάθε μια εκ των οποίων, διαθέτει το δικό της σταθμό βάσης. Όλοι αυτοί οι

σταθμοί βάσης συνδέονται μεταξύ τους δια μέσου ενός ενσύρματου δικτύου, προκειμένου τελικά να γίνει σωστός καταμερισμός της χωρητικότητας του δικτύου, σε όλους τους χρήστες που συνδέονται σε αυτό. Η μετάδοση της πληροφορίας κρατείται σε χαμηλά επίπεδα ισχύος έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η διακίνηση σε γειτονικές κυψέλες και να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση της ίδιας ζώνης συχνοτήτων από διαφορετικές κυψέλες, οι οποίες δεν είναι γειτονικές μεταξύ τους.

Παράδειγμα αυτού του τύπου τοπολογίας παρουσιάζεται στο Σχήμα παρακάτω :



Το δεύτερο είδος τοπολογίας ασύρματων τοπικών δικτύων, περιλαμβάνει ένα πλήθος **καταναμημένων τερματικών διατάξεων (Portable Devices, PD)**, στις οποίες, οι χρήστες του δικτύου, συνδέονται, δια μέσου κατάλληλα σχεδιασμένων **μονάδων πρόσβασης (Portable Access Unit, PAU)**. Οι ίδιες οι τερματικές διατάξεις, συνδέονται σε ένα κεντρικό σταθμό βάσης, δια μέσου ενσύρματης γραμμής επικοινωνίας. Οι αποστάσεις των τερματικών διατάξεων από το σταθμό βάσης, εξαρτώνται από την ισχύ του σταθμού, το τυπικό εύρος του οποίου κυμαίνεται από **50 έως 100 μέτρα**



Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες τα ασύρματα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν συνδέσεις από σημείο σε σημείο, η επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων, είτε μεταξύ δύο σημείων, από τα οποία το ένα ή και τα δύο, βρίσκονται σε κίνηση. Επικοινωνίες αυτής της μορφής, αφορούν κυρίως τα ραδιοκύματα ή τα μικροκύματα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων. Νεότερες εφαρμογές στηρίζονται τόσο στα **επίγεια συστήματα οπτικών κυμάτων (laser) με οπτική επαφή**, όσο και στα **επίγεια συστήματα μικροκυμάτων**. Μικροκύματα χρησιμοποιούνται και σε ορισμένες εφαρμογές της ασύρματης δικτύωσης μικρής εμβέλειας, όπως είναι το **άνοιγμα θυρίδων ή θυρών ασφαλείας, τα συστήματα ασφαλείας, τα συστήματα ενεργοποίησης ηλεκτρονικών συσκευών, οι βομβητές, κλπ.** Το δίκτυο αποτελείται από τερματικές μονάδες οι οποίες συνδέονται στον κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης. Οι χρήστες συνδέονται στις τερματικές μονάδες από αυτές τις μονάδες πρόσβασης.

5.5 τα Δίκτυα 802.3/Ethernet ,802.4/Αρτηρίας με Σκυτάλη και τα Δίκτυα 802.5/Δακτυλίων με Σκυτάλη

Το **Ethernet** αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη του προτύπου **802.3** από την **IEEE**.

Το δίκτυο διαύλου (**token bus**), χρησιμοποιεί προφανώς την τοπολογία διαύλου ή αρτηρίας (**bus topology**). Ωστόσο οι σταθμοί του δικτύου σχηματίζουν ένα **νοητό δακτύλιο (logical ring)** με τον κάθε σταθμό του δακτυλίου, να γνωρίζει τη διεύθυνση του προηγούμενου και του επόμενου σταθμού. Ας σημειωθεί πως δύο σταθμοί οι οποίοι είναι συνεχόμενοι στο λογικό δακτύλιο, δεν είναι υποχρεωτικό να είναι συνεχόμενοι σταθμοί του δικτύου, αλλά μπορεί να βρίσκονται οπουδήποτε. Όταν ο λογικός δακτύλιος δημιουργείται για πρώτη φορά, ο σταθμός με την υψηλότερη αρίθμηση μπορεί να στείλει το πρώτο πλαίσιο. Αφού γίνει αυτό, δίνει την άδεια εκπομπής στον επόμενο σταθμό στέλνοντας ένα ειδικό πλαίσιο που ονομάζεται **κουπόνι (token)**. Αυτό το κουπόνι διαδίδεται πάνω στο λογικό δακτύλιο, και μόνο αυτός που έχει το κουπόνι επιτρέπεται να μεταδίδει πακέτα δεδομένων. Επειδή μόνο ένας σταθμός κάθε φορά θα έχει το κουπόνι, η μετάδοση χαρακτηρίζεται από απουσία συγκρούσεων.

Το βασικό πλεονέκτημα του διαύλου με κουπόνι είναι πως αφ' ενός **ο έλεγχος του δικτύου είναι καταναμημένος σε όλους τους σταθμούς** και δεν συμβαίνουν συγκρούσεις, και αφ' ετέρου, **η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να υπολογιστεί με αρκετά μεγάλη ακρίβεια**. Επίσης, επιτρέπει τη χρήση **προτεραιοτήτων (priorities)** στα μεταδιδόμενα πακέτα, κάτι που δεν γίνεται για παράδειγμα στο 802.3. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η υψηλή πολυπλοκότητά του καθώς και η συντήρηση του λογικού δακτυλίου όπου θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε προβλήματα της μορφής, τι θα γίνει εάν χαθεί το κουπόνι. Γενικά το **802.4** δεν έτυχε μεγάλης αποδοχής αν και είναι διαθέσιμο στο εμπόριο, και χρησιμοποιείται αρκετά βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού.

Στο δίκτυο **δακτυλίου με κουπόνι (token ring)**, οι σταθμοί βρίσκονται συνδεδεμένοι σε τοπολογία δακτυλίου, και η μέθοδος πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης απαιτεί την ύπαρξη ενός **κουπονιού (token)**, το οποίο, όταν οι κόμβοι δεν μεταδίδουν πακέτα, περιφέρεται γύρω από το δακτύλιο. Όταν κάποιος κόμβος πρόκειται να μεταδώσει ένα πακέτο, πρέπει να σταματήσει την περιφορά του κουπονιού και να το αποσύρει από το δακτύλιο, για όσο χρονικό διάστημα απαιτεί η μετάδοσή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη στιγμιαία μετατροπή του κουπονιού από πακέτο ελέγχου σε πακέτο δεδομένων, μέσω της αντιστροφής ενός δυαδικού ψηφίου, από τους τρεις χαρακτήρες που διαθέτει. Ας σημειωθεί, πως επειδή υπάρχει μόνο ένα κουπόνι στο δακτύλιο, ένας μόνο κόμβος μπορεί να μεταδώσει ένα πακέτο σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, επιλύοντας έτσι το πρόβλημα των συγκρούσεων, με τον ίδιο τρόπο που αντιμετωπίστηκε από το πρότυπο **802.4**. Ας σημειωθεί πως ο κάθε σταθμός του δικτύου δεν συνδέεται απευθείας πάνω στο μέσο μετάδοσης, αλλά

διαμέσου κατάλληλα σχεδιασμένων **διεπαφών (ring interface)**. Κάθε διεπαφή μπορεί να λειτουργήσει σε δύο καταστάσεις, στην **κατάσταση ακρόασης (listen mode)** κατά την οποία τα εισερχόμενα δυαδικά ψηφία αντιγράφονται στην έξοδο, και στην **κατάσταση μετάδοσης (transmit mode)** η οποία μπορεί να υπάρξει μόνο όταν το κουπόνι σταματήσει την περιφορά του. Όταν ο κόμβος αποστείλει και το τελευταίο δυαδικό ψηφίο του τελευταίου πακέτου του, αναδημιουργεί το κουπόνι, και όταν λάβει το αντίγραφο του πακέτου που έστειλε, επαναφέρει τη διεπαφή σε κατάσταση μετάδοσης. Ας σημειωθεί πως δεν υπάρχει άνω όριο όσον αφορά το μέγεθος των πακέτων και πως ο κάθε σταθμός είναι υπεύθυνος για την απομάκρυνση των πακέτων από το δακτύλιο, όταν αυτά συμπληρώσουν μια πλήρη περιφορά. Συνήθως ο αποστολέας συγκρίνει αυτά που έστειλε με αυτά που έλαβε για λόγους αξιοπιστίας.

5.6 .Σύγκριση Προτύπων Τοπικών Δικτύων

Η τεχνολογική εξέλιξη των δικτύων υπολογιστών που γνωρίζει αλματώδη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό των δικτύων σε **τρεις γενιές**, κάθε μια από τις οποίες διαθέτει τα δικά της χαρακτηριστικά και το δικό της τρόπο λειτουργίας. Αυτές οι γενιές των τοπικών δικτύων, σε γενικές γραμμές είναι οι ακόλουθες :

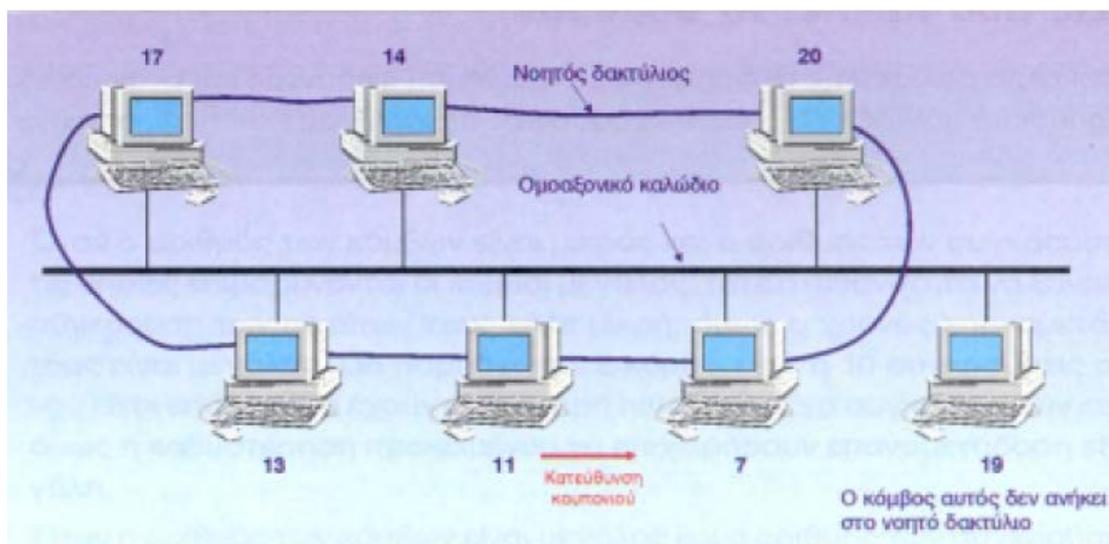
Τοπικά δίκτυα υπολογιστών πρώτης γενιάς (1970-1984) : Τα δίκτυα αυτής της γενιάς, χαρακτηρίζονται από τη χρησιμοποίηση **τεχνολογιών εκπομπής (broadcasting)** και περιλαμβάνουν περισσότερους από έναν σταθμούς, οι οποίοι εκπέμπουν δεδομένα, μέσα από ένα και μοναδικό μέσο μετάδοσης, κοινό για όλους τους σταθμούς. Η μέθοδος πρόσβασης των σταθμών στο μέσο μετάδοσης, στηρίζεται στη χρήση **πρωτοκόλλων**, τα οποία λειτουργούν είτε με τη **μέθοδο του ανταγωνισμού (contention protocols)** (πρότυπο 802.3) είτε με τη **μέθοδο της διαιτησίας** η οποία οδηγεί σε **εκπομπή χωρίς συγκρούσεις (collision free protocols)** (πρότυπα 802.4 και 802.5). Τα δίκτυα αυτής της γενιάς είναι κατάλληλα για μετάδοση μόνο δεδομένων, με ρυθμούς που δεν υπερβαίνουν τα **20Mbps** και σε αποστάσεις μικρότερες των **50Km**. Εφ' όσον τα δίκτυα αυτά λειτουργούν με τη μέθοδο του ανταγωνισμού, θα πρέπει να διασφαλίζεται η **αρχή της ισομοιρίας (fair share)** που δίνει τη δυνατότητα σε κάθε κόμβο να έχει τις ίδιες ευκαιρίες με τους υπόλοιπους όσον αφορά τη δέσμευση του καναλιού.

Τοπικά δίκτυα υπολογιστών δεύτερης γενιάς (1985-1990) : Η δεύτερη γενιά τοπικών δικτύων, χαρακτηρίζεται από την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας **μεταγωγής πακέτων (packet switching)** του προτύπου **IEEE 802.5** καθώς και από την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη διαθέσιμη χωρητικότητα στις εφαρμογές. Αυτά τα δίκτυα επιτρέπουν τη μετάδοση μόνο δεδομένων, αλλά με ταχύτητες που φτάνουν τα **155 Mbps**, και χρησιμοποιούνται ως κορμός στη διασύνδεση των τοπικών δικτύων με άλλα τοπικά δίκτυα, και άλλα δίκτυα ευρείας περιοχής. Παραδείγματα προτύπων τοπικών δικτύων δεύτερης γενιάς, είναι τα **δίκτυα διεπαφής καταναμημένων δεδομένων με οπτική ίνα (FDDI I και FDDI II)** που είχαν και τη μεγαλύτερη ζήτηση σε σχέση με άλλες τοπολογίες που αναπτύχθηκαν στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Τοπικά δίκτυα υπολογιστών τρίτης γενιάς (1990-2000) : Η τρίτη γενιά τοπικών δικτύων χαρακτηρίζεται από την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων του προτύπου 802.3, καθώς και από την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη διαθέσιμη χωρητικότητα από αυτή των **150Mbps** των δικτύων της προηγούμενης γενιάς. Παραδείγματα προτύπων τοπικών δικτύων αυτής της γενιάς, είναι **Fast Ethernet**, το **ISO-Ethernet**, το **100Base-VGAnyLAN** και το **Gigabit Ethernet**.

Τέλος, από το 1990 και μετά γίνονται προσπάθειες για την ανάπτυξη δικτύων νέας γενιάς που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες, όπως είναι η **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** καθώς και η τεχνική της **εξομοίωσης τοπικών δικτύων (LAN Emulation)**.

Ως αφορά τώρα το πρότυπο **802.4** Το δίκτυο διαύλου (**token bus**), χρησιμοποιεί προφανώς την τοπολογία διαύλου ή αρτηρίας (**bus topology**). Ωστόσο οι σταθμοί του δικτύου σχηματίζουν ένα **νοητό δακτύλιο (logical ring)** με τον κάθε σταθμό του δακτυλίου, να γνωρίζει τη διεύθυνση του προηγούμενου και του επόμενου σταθμού. Ας σημειωθεί πως δύο σταθμοί οι οποίοι είναι συνεχόμενοι στο λογικό δακτύλιο, δεν είναι υποχρεωτικό να είναι συνεχόμενοι σταθμοί του δικτύου, αλλά μπορεί να βρίσκονται οπουδήποτε. Όταν ο λογικός δακτύλιος δημιουργείται για πρώτη φορά, ο σταθμός με την υψηλότερη αρίθμηση μπορεί να στείλει το πρώτο πλαίσιο. Αφού γίνει αυτό, δίνει την άδεια εκπομπής στον επόμενο σταθμό στέλνοντας ένα ειδικό πλαίσιο που ονομάζεται **κουπόνι (token)**. Αυτό το κουπόνι διαδίδεται πάνω στο λογικό δακτύλιο, και μόνο αυτός που έχει το κουπόνι επιτρέπεται να μεταδίδει πακέτα δεδομένων. Επειδή μόνο ένας σταθμός κάθε φορά θα έχει το κουπόνι, η μετάδοση χαρακτηρίζεται από απουσία συγκρούσεων.



Το βασικό πλεονέκτημα του διαύλου με κουπόνι είναι πως αφ' ενός **ο έλεγχος του δικτύου είναι καταναμημένος σε όλους τους σταθμούς** και δεν συμβαίνουν συγκρούσεις, και αφ' ετέρου, **η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να υπολογιστεί με αρκετά μεγάλη ακρίβεια**. Επίσης, επιτρέπει τη χρήση **προτεραιοτήτων (priorities)** στα μεταδιδόμενα πακέτα, κάτι που δεν γίνεται για παράδειγμα στο 802.3. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η υψηλή πολυπλοκότητά του καθώς και η συντήρηση του λογικού δακτυλίου όπου θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε προβλήματα

της μορφής, τι θα γίνει εάν χαθεί το κουπόνι. Γενικά το **802.4** δεν έτυχε μεγάλης αποδοχής αν και είναι διαθέσιμο στο εμπόριο, και χρησιμοποιείται αρκετά βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού.

5.7 . Τεχνολογία Γεφυρών

Η λειτουργία της γέφυρας είναι να συνδέει ξεχωριστά δίκτυα μαζί. Οι γέφυρες συνδέουν διαφορετικούς τύπους δικτύων π.χ. **ETHERNET** και **FAST ETHERNET** σε δίκτυα με τον ίδιο τύπο. Οι γέφυρες χαρτογραφούν τις διευθύνσεις του **ETHERNET** όλων των κόμβων που ανήκουν σε κάθε τμήμα δικτύου και επιτρέπει μόνο όταν είναι αναγκαίο την κυκλοφορία να περάσει μέσα από τις γέφυρες. Όταν ένα πακέτο λαμβάνεται από την γέφυρα, η γέφυρα καθορίζει τον προορισμό και το πρωτότυπο τμήμα. Αν τα τμήματα είναι τα ίδια το πακέτο παραλαμβάνεται (φιλτράρεται) ενώ αν είναι διαφορετικά τότε τα πακέτα προωθούνται στα σωστά τμήματα. Επιπλέον οι γέφυρες και οι διακόπτες δεν προωθούν κακά ή κακοευθυγραμμισμένα πακέτα. Οι γέφυρες επιπλέον ονομάζονται συσκευές <<stone and forward>> επειδή κοιτάζουν σε ολόκληρο το πακέτο **ETHERNET** πριν πάρουν παραληπτικές ή προωθητικές αποφάσεις. Φιλτράροντας τα πακέτα και αναγεννητικά προωθώντας τα πακέτα ενδυναμώνεται η τεχνολογία γεφυρών στο να διαχωρίζει δίκτυα σε ξεχωριστές collision domains. Αυτό επιτρέπει για μεγαλύτερες αποστάσεις και περισσότερες επαναλήψεις για να χρησιμοποιούνται σε ένα συνολικό σχεδιασμό δικτύου.

Οι περισσότερες γέφυρες είναι αυτοδιδασκόμενες γέφυρες; Καθορίζουν την διεύθυνση **ETHERNET** του χρήστη στο τμήμα με το να φτιάχνουν μία βάση καθώς τα πακέτα περνούν μέσα από το δίκτυο. Αυτή η αυτοδιδασκόμενη δυνατότητα όμως δραματικά μεγαλώνει το δυναμικό των βρόγχων δικτύου στα δίκτυα που έχουν πολλές γέφυρες. Ο βρόγχος παρουσιάζει αντιφατικές πληροφορίες, για κάθε τμήμα μία ειδική διεύθυνση είναι εγκαταστημένη και αναγκάζει την συσκευή να προωθήσει εκεί όλη την κυκλοφορία. Ο αλγόριθμος <<spanning tree>> είναι ένα software αναγνωρισμένο (**προδιαγραφή 802.1D**) για περιγραφή πως οι διακόπτες και οι γέφυρες μπορούν να επικοινωνούν για να αποφεύγουν βρόγχους δικτύου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✓ ΔΙΚΤΥΑ ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ
- ✓ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ(ΤΡΙΤΗ ΕΚΔΟΣΗ)
- ✓ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ
- ✓ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΔΙΑΔΙΚΤΥΩΝ
- ✓ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΧΩΡΟΙ:

- ✓ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ
- ✓ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΟΝΙΟΥ
- ✓ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ