

Επικοινωνίες και Δίκτυα Η/Υ

Τεχνικός Εφαρμογών Ιατρικής Πληροφορικής

ΟΕΕΚ ΙΕΚ Ηρακλείου 2010-2011



Επιμέλεια: **Κωλέτσου Ευτυχία**

email: info@ekoletsou.gr

web: <http://www.ekoletsou.gr>



Μέρος Α'

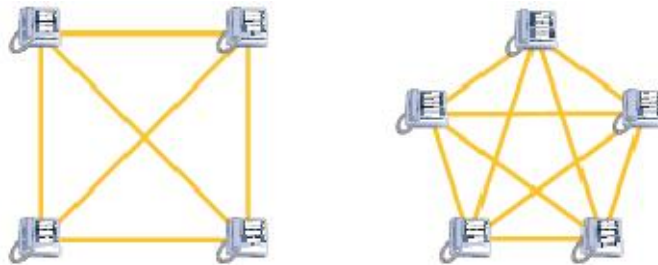
Αρχές Δικτύων Επικοινωνιών

Οι νέες τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας αλλάζουν ραγδαία τον τρόπο εργασίας, διασκέδασης, επικοινωνίας και συναλλαγής και οδηγούν στην Κοινωνία της Πληροφορίας. Τα δίκτυα επικοινωνίας αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την Κοινωνία της Πληροφορίας. Σε αυτή την ενότητα θα σας δοθούν οι βασικές αρχές και τεχνικές ανάπτυξης δικτύων επικοινωνίας.

Τα επικοινωνιακά δίκτυα και οι ανάγκες που εξυπηρετούν

Η ανάγκη των ανθρώπων να επικοινωνούν μεταξύ τους ξεκινάει από πολύ παλιά. Για την επικοινωνία δύο συσκευών απαιτείται να υπάρχει μεταξύ τους σύνδεση από σημείο σε σημείο. Η σύνδεση αυτή μπορεί να υλοποιείται με καλώδιο, οπτική ίνα ή ραδιοζεύξη. Όταν ο αριθμός των συσκευών αυξάνει και πρέπει να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ δύο οποιονδήποτε συσκευών, προφανώς δεν είναι πρακτική λύση να υπάρχουν συνδέσεις από σημείο προς σημείο για όλες αυτές τις συσκευές. Έτσι, με την αύξηση των συνδρομητών, έγινε προφανής η ανάγκη του τηλεφωνικού δικτύου (telephone network), όπου δεν υπάρχουν άπειρες πολλαπλές συνδέσεις από σημείο σε σημείο αλλά γίνεται από κοινού εκμετάλλευση του υπάρχοντος εξοπλισμού και των τηλεπικοινωνιακών γραμμών.

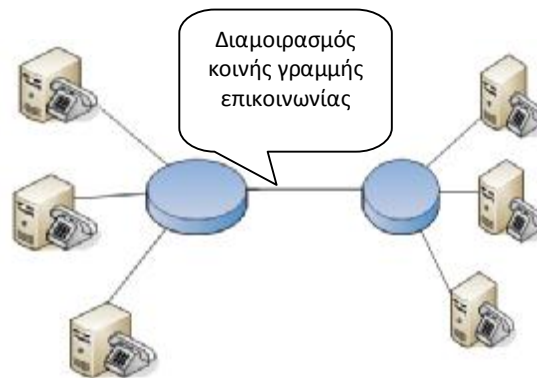
Σύνδεση από σημείο σε σημείο



Εικόνα 1: Αριθμός συνδέσεων για 4, 5 συνδρομητές

- è Όσο ο αριθμός των χρηστών αυξάνεται, οι γραμμές πολλαπλασιάζονται.
- è Στην πράξη είναι αδύνατη αυτή η υλοποίηση.

Σύνδεση κοινής χρήσης



Εικόνα 2: Σύνδεση κοινής χρήσης

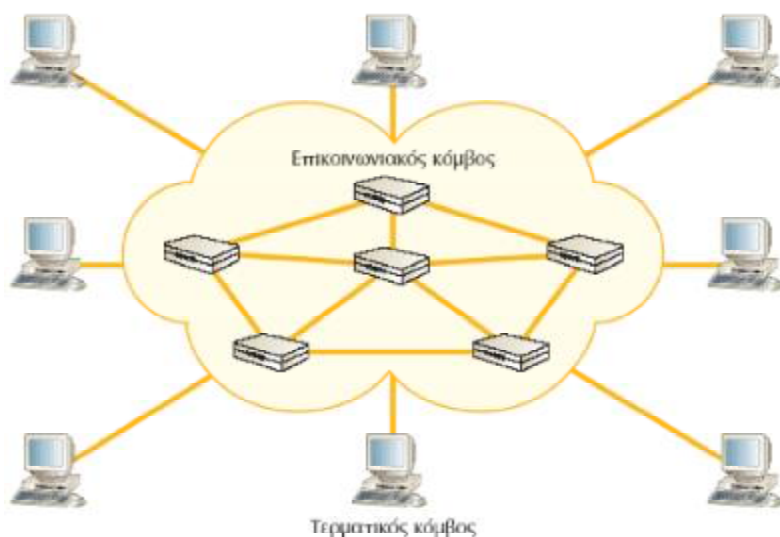
Το ίδιο πρόβλημα υπάρχει και στις συνδέσεις υπολογιστών. Στην αρχή υπήρχαν συνδέσεις από σημείο σε σημείο. Όταν, όμως, ο αριθμός των υπολογιστών άρχισε να αυξάνεται και έγινε αντιληπτό το όφελος από τη διασύνδεση των υπολογιστών, άρχισαν να δημιουργούνται τα **δίκτυα δεδομένων (data networks)**. Γενικότερα, η λύση στο πρόβλημα της επικοινωνίας είναι η ύπαρξη επικοινωνιακού δικτύου του οποίου τις γραμμές, τους κόμβους και γενικότερα τους **πόρους (resources)** να μπορεί να χρησιμοποιεί οποιαδήποτε συσκευή που θέλει να επικοινωνήσει.

Επικοινωνιακά Δίκτυα

Επικοινωνιακό δίκτυο είναι ένα σύνολο κόμβων διασυνδεδεμένων με γραμμές επικοινωνίας, έτσι ώστε να επιτρέπεται η ανταλλαγή πληροφορίας. Οι κόμβοι μπορεί να είναι τερματικές συσκευές, όπως τηλεφωνικές συσκευές, υπολογιστές, εκτυπωτές, εξυπηρετητές αρχείων. Μπορεί, επίσης, να είναι συσκευές επικοινωνίας, όπως τηλεφωνικά κέντρα, πύλες, δρομολογητές, επαναλήπτες. Γενικά, υπάρχουν δύο είδη κόμβων: οι **τερματικοί** και οι **επικοινωνιακοί κόμβοι**. Οι τερματικοί κόμβοι παράγουν ή καταναλώνουν την πληροφορία που μεταφέρεται στο δίκτυο. Οι επικοινωνιακοί κόμβοι μεταφέρουν την πληροφορία, αλλά ούτε την παράγουν ούτε την καταναλώνουν.

Μερικά από τα οφέλη από τη χρήση δικτύων επικοινωνίας είναι:

- ο Διαμερισμός πόρων
- ο Υψηλή αξιοπιστία
- ο Εξοικονόμηση χρημάτων
- ο Επικοινωνία



Εικόνα 3: Τερματικοί και επικοινωνιακοί κόμβοι σε ένα επικοινωνιακό δίκτυο

Υπηρεσίες δικτύου επικοινωνίας

Ένα δίκτυο επικοινωνιών έχει σκοπό να παρέχει υπηρεσίες στους χρήστες του. Τέτοια υπηρεσία είναι, για παράδειγμα, η υπηρεσία τηλεφωνικής επικοινωνίας, με την οποία γίνεται εφικτή η σύνδεση μιας τηλεφωνικής συσκευής με οποιαδήποτε άλλη, όπου κι αν βρίσκεται.

Τα δίκτυα δεδομένων παρέχουν και αυτά πολλές υπηρεσίες. Για παράδειγμα, στον περιορισμένο γεωγραφικά χώρο ενός τοπικού δικτύου, η υπηρεσία εξυπηρέτησης εκτυπώσεων επιτρέπει σε όλους τους υπολογιστές του τοπικού δικτύου να χρησιμοποιούν από κοινού ένα διαθέσιμο εκτυπωτή. Η υπηρεσία εξυπηρέτησης αρχείων επιτρέπει σε όλους τους χρήστες του τοπικού δικτύου να χρησιμοποιούν αρχεία που βρίσκονται σε ένα διαθέσιμο για το σκοπό αυτό υπολογιστή (file server). Αλλά και στον ευρύτερο χώρο, π.χ. του Internet, παρέχονται διάφορες υπηρεσίες, όπως η υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail), η οποία επιτρέπει στους χρήστες της να ανταλλάσσουν μηνύματα, η υπηρεσία μεταφοράς αρχείων (file transfer), η οποία επιτρέπει την μεταφορά αρχείων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο, κ.ο.κ. Συνεπώς, ένα δίκτυο επικοινωνίας προσφέρει ποικίλες και αρκετά διαφοροποιημένες υπηρεσίες.

Θεμελιώδης αρχή: Η πληροφορία μεταφέρεται και αποθηκεύεται στο δίκτυο επικοινωνίας με τη μορφή bits¹.

Ανάλογα με την υπηρεσία, η μεταφορά των bits μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο αξιόπιστη και να διαρκεί περισσότερο ή λιγότερο χρόνο. Τις διαφορετικές αυτές απαιτήσεις εξυπηρετεί το δίκτυο χρησιμοποιώντας λίγες μόνο διαφορετικές **κατηγορίες υπηρεσιών επικοινωνίας**.

¹ Το **bit** είναι ένα δυαδικό ψηφίο, το οποίο μπορεί να πάρει τις τιμές 0 ή 1. Οι υπολογιστές εργάζονται με το δυαδικό σύστημα αρίθμησης και χρησιμοποιούν δυαδικά ψηφία για να συμβολίζουν εντολές και δεδομένα. Στους υπολογιστές χρησιμοποιούμε συνήθως τα bit σε ομάδες των 8, 16, 32, 64, 128 κ.λπ., δηλαδή δυνάμεις του 2. Μια λέξη 8 bit αντιστοιχεί σε ένα byte. Υπάρχουν πολλά πολλαπλάσια του Bit όπως KBit, MBit, GBit, TBit, PBit κ.λπ.

Κατηγορίες Υπηρεσιών Επικοινωνίας

Από την πλευρά του χρήστη οι υπηρεσίες επικοινωνία μπορεί να είναι είτε **σύγχρονες** είτε **ασύγχρονες**.

Σύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας

- ∅ Σταθερός ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας
- ∅ Κάθε bit φτάνει στο δέκτη με την ίδια καθυστέρηση που φεύγει από τον πομπό
- ∅ Παράδειγμα: τηλεφωνία



Εικόνα 4: Στην υπηρεσία σύγχρονης επικοινωνίας κάθε bit καθυστερεί το ίδιο

Ασύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας

- ∅ Η σειρά από bits διαιρείται σε **πακέτα**
- ∅ Το κάθε πακέτο μεταδίδεται ανεξάρτητα από το άλλο



Εικόνα 5: Στην υπηρεσία ασύγχρονης επικοινωνίας μεταφέρονται πακέτα με μεταβλητή καθυστέρηση

(i) Ασύγχρονη υπηρεσία με σύνδεση

- ∅ Αξιόπιστη σύνδεση
- ∅ Τα πακέτα μεταφέρονται με τη σειρά που στάλθηκαν
- ∅ Μπορεί να υπάρχει εγγύηση
- ∅ Παράδειγμα: επικοινωνία Η/Υ (chat)



Εικόνα 6: Στην υπηρεσία με σύνδεση μεταφέρονται πακέτα στη σωστή σειρά

(ii) Ασύγχρονη υπηρεσία χωρίς σύνδεση

- ∅ Μεταφορά με τυχαία σειρά
- ∅ Απώλειες-λάθη κατά τη μεταφορά
- ∅ Δυνατότητα ύπαρξης μηχανισμού επιβεβαίωσης λήψης
- ∅ Παραδείγματα: ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail), ομάδες συζητήσεων (forum, wiki, blogs)



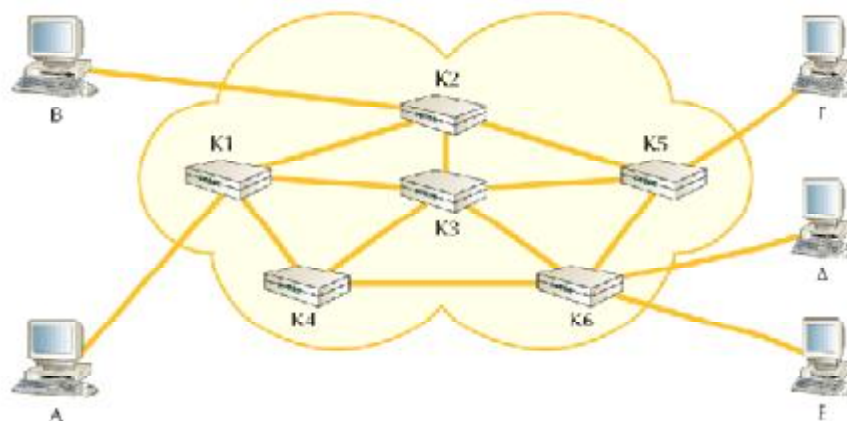
Εικόνα 7: Στην υπηρεσία χωρίς σύνδεση τα πακέτα μεταφέρονται με τυχαία σειρά και δεν υπάρχει εγγύηση ότι θα παραληφθούν χωρίς λάθη

Υπάρχουν δύο βασικές τεχνικές για τη μεταφορά της πληροφορίας μέσα από το δίκτυο και βοηθούν στην αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων του δικτύου. Αυτές είναι η **μεταγωγή** και η **πολυπλεξία**.

Μεταγωγή

Με τη **μεταγωγή (switching)**, η πληροφορία που στέλνει ένας σταθμός περνάει από διαδοχικούς κόμβους του δικτύου, για να φθάσει τελικά στο σταθμό προορισμού.

Έτσι, χωρίς να είναι ανάγκη να υπάρχουν γραμμές που να συνδέουν όλους τους σταθμούς μεταξύ τους, παρέχεται από το δίκτυο μια υπηρεσία επικοινωνίας, όπου κάθε σταθμός είναι δυνατό να ανταλλάξει πληροφορία με οποιοδήποτε σταθμό του διαδικτύου. Οι κόμβοι μεταγωγής δεν ασχολούνται με το περιεχόμενο της πληροφορίας, αλλά μόνο με το πώς θα προωθήσουν την πληροφορία κατάλληλα από κόμβο σε κόμβο, μέχρι αυτή να φθάσει στον προορισμό της.



Εικόνα 8: Σε ένα δίκτυο μεταγωγής, η πληροφορία που στέλνει ένας σταθμός, περνάει από διαδοχικούς κόμβους του δικτύου, για να φθάσει τελικά στο σταθμό προορισμού

Υπάρχουν δυο τεχνικές μεταγωγής:

- Ø **Μεταγωγή κυκλώματος**
- Ø **Μεταγωγή πακέτου**

Μεταγωγή κυκλώματος: Αποκαθίσταται μια αποκλειστική φυσική σύνδεση μεταξύ δυο κόμβων, που διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Περιλαμβάνει τρεις φάσεις:

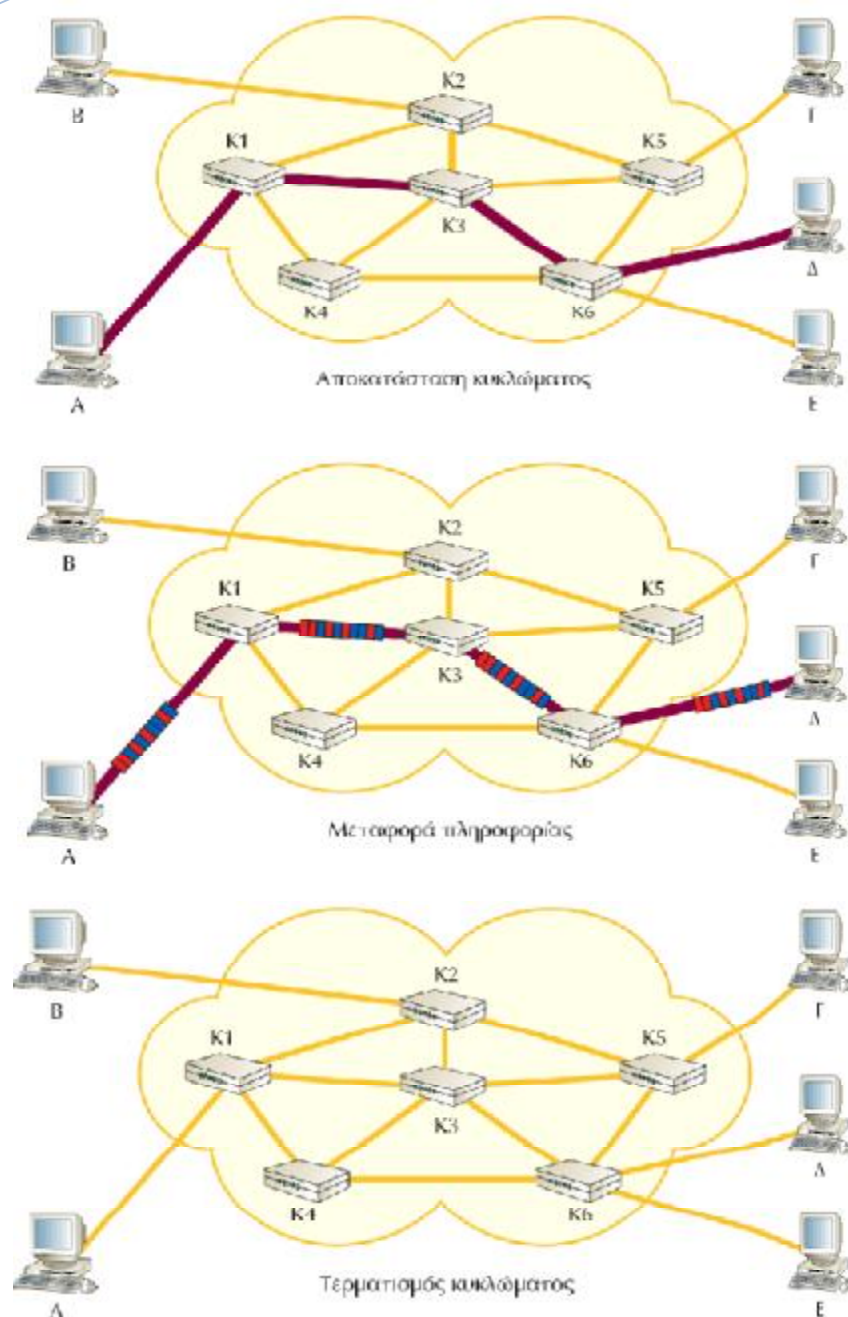
1. Αποκατάσταση κυκλώματος
2. Μεταφορά πληροφορίας
3. Τερματισμός κυκλώματος

Πλεονεκτήματα:

- Û Αξιοπιστία
- Û Ταχύτητα
- Û Σταθερός ρυθμός

Μειονεκτήματα:

- Û Δέσμευση πόρων ð μπλοκάρισμα κλήσεων
- Û Χαμηλή αξιοποίηση πόρων
- Û Καθυστέρωση κατά την αποκατάσταση κυκλώματος
- Û Δυσκολία σύνδεσης κόμβων διαφορετικών προδιαγραφών



Εικόνα 9: Οι τρεις φάσεις της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος

Μεταγωγή πακέτου:

- § Τεμαχισμός πληροφορίας σε πακέτα
- § Κάθε πακέτο περιέχει:
 - Τμήμα της προς μετάδοση πληροφορίας
 - Μια διεύθυνση προορισμού
 - Έναν αριθμό σειράς
- § Κάθε κόμβος, αφού λάβει ολόκληρο το πακέτο, το προωθεί στον επόμενο
- § Κάθε πακέτο μπορεί να ακολουθεί τον ίδιο ή διαφορετικό δρόμο

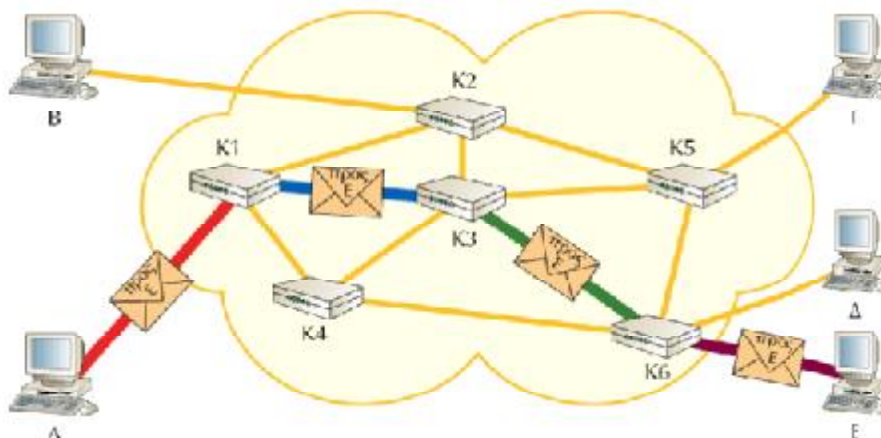
Πλεονεκτήματα:

- ΰ Αξιοποίηση των τηλεπικοινωνιακών γραμμών (ανάλογα των αναγκών)
- ΰ Μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (πομπού και δέκτη)
- ΰ Σε αυξημένη χρήση του δικτύου συνεχίζει να δέχεται πακέτα αλλά καθυστερεί στην παράδοσή τους
- ΰ Εφαρμογή προτεραιοτήτων στα πακέτα
- ΰ Αν υπάρξει βλάβη σε κάποια επικοινωνιακή γραμμή τα πακέτα χρησιμοποιούν τις υπόλοιπες γραμμές

Ύ Στις επικοινωνίες Η/Υ η μετάδοση γίνεται σποραδικά \hat{a} η μεταγωγή κυκλώματος δεν είναι αποδοτική \hat{a} *πλεονεκτεί η μεταγωγή πακέτου*

Μειονεκτήματα:

Κάθε επικοινωνιακός κόμβος χρειάζεται να επεξεργαστεί τα πακέτα (αποθήκευση, απόφαση δρομολόγησης). Στην περίπτωση της μεταγωγής κυκλώματος ο κάθε επικοινωνιακός κόμβος απλά προωθεί το πακέτο στο επόμενο κόμβο με βάση το κύκλωμα / διαδρομή που έχει επιλεγεί.



Εικόνα 10: Στην τεχνική μεταγωγής πακέτου η πληροφορία τεμαχίζεται σε πακέτα. Κάθε κόμβος του δικτύου, αφού λάβει ολόκληρο το πακέτο, το προωθεί στον επόμενο κόμβο, μέχρι να φθάσει στον προορισμό

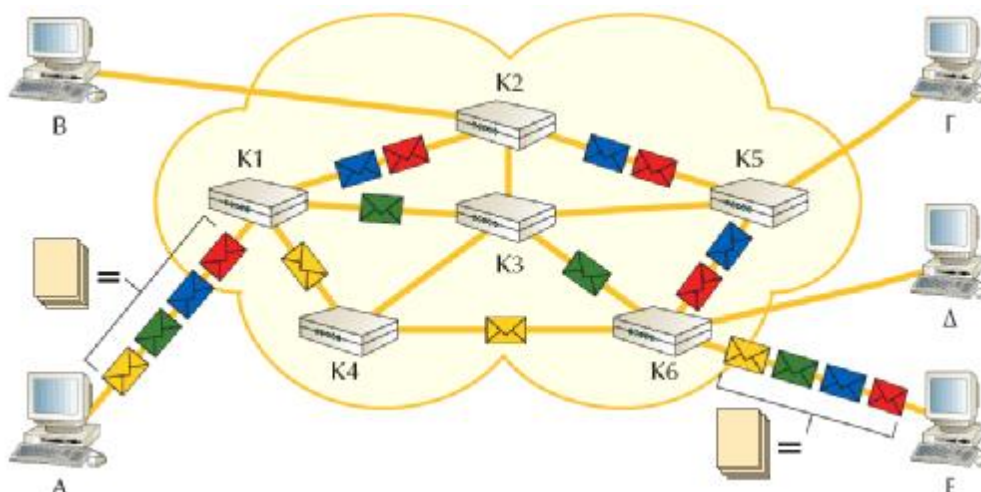
Όπως είδαμε και πιο πριν, όταν ένας σταθμός θέλει να στείλει ένα μήνυμα μέσα από δίκτυο μεταγωγής πακέτων, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο μέγεθος του πακέτου που υποστηρίζει το δίκτυο, το τεμαχίζει σε πακέτα και τα στέλνει ένα-ένα στο δίκτυο. Το ερώτημα που προκύπτει είναι με ποιον τρόπο το δίκτυο θα διαχειρισθεί τη ροή αυτή των πακέτων, ώστε να τα δρομολογήσει κατάλληλα και να τα παραδώσει τελικά στον προορισμό τους. Υπάρχουν δύο μέθοδοι δρομολόγησης των πακέτων σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων: το **αυτοδύναμο πακέτο** και το **νοητό κύκλωμα**.

Αυτοδύναμο πακέτο (datagram): το κάθε πακέτο ακολουθεί το δικό του δρόμο στο δίκτυο.



Παράδειγμα: Μαθητές που μετακινούνται με λεωφορεία.

Τα λεωφορεία επιλέγουν (ανάλογα με κυκλοφοριακές συνθήκες) διαφορετική διαδρομή το καθένα για να φτάσουν στο προορισμό (με διαφορετική σειρά από ότι ξεκίνησαν).



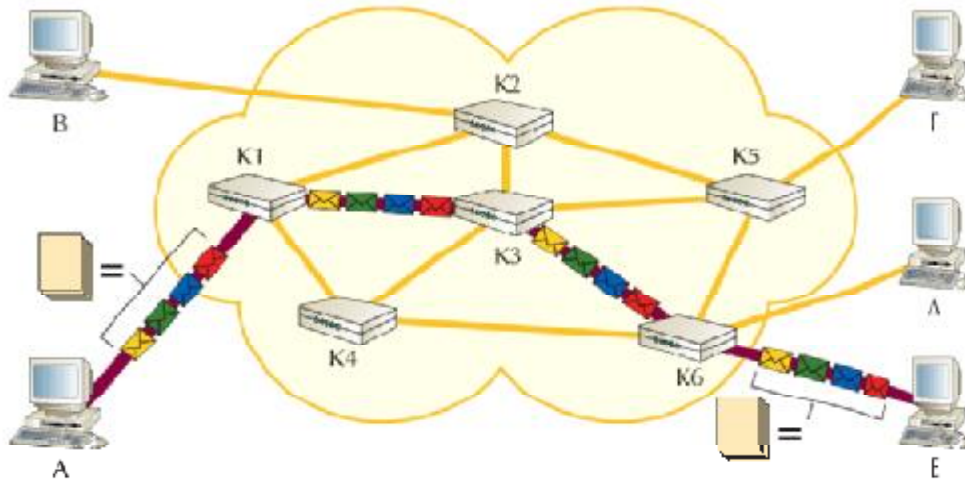
Εικόνα 11: Δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Προώθηση πακέτων με τη μέθοδο αυτοδύναμου πακέτου

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 11, το κάθε πακέτο ακολουθεί το δικό του δρόμο στο δίκτυο. Εδώ ο καταχωρητής K6 συλλέγει τα πακέτα που έρχονται με διαφορετική σειρά από ότι στάλθηκαν και τα βάζει σε σωστή σειρά.

Νοητό κύκλωμα (virtual circuit): πριν αρχίσει η ανταλλαγή των πακέτων, επιλέγεται η καλύτερη διαδρομή. Αυτή την διαδρομή ακολουθούν όλα τα πακέτα και έρχονται ταξινομημένα με τη σειρά που αποστάλθηκαν.



Παράδειγμα: Μαθητές που μετακινούνται με λεωφορεία.
Όλα τα λεωφορεία ακολουθούν τον ίδιο δρόμο το ένα πίσω από τον άλλο.



Εικόνα 12: Δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Προώθηση πακέτων με τη μέθοδο νοητού κυκλώματος

Όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 12 το κάθε πακέτο έρχεται με την σειρά που αποστάλθηκε, ακολουθώντας την διαδρομή που επιλέχθηκε (νοητό κύκλωμα).

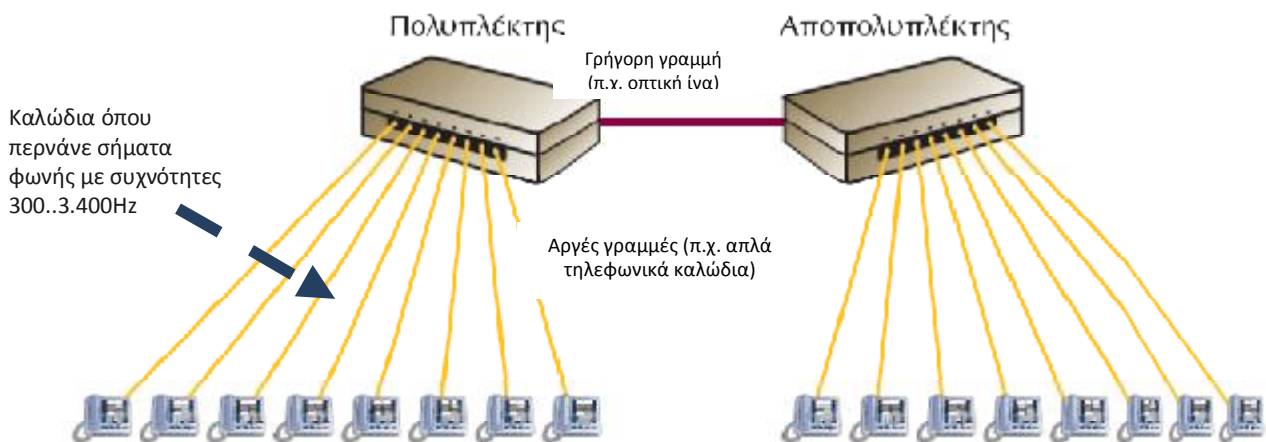
Πολυπλεξία

Πολυπλεξία (multiplexing) είναι η τεχνική που επιτρέπει δεδομένα από πολλές πηγές να μεταδίδονται μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας.

Πολυπλέκτης: Συνθέτει (πολυπλέκει) τα δεδομένα από τις n γραμμές εισόδου και τα μεταδίδει μέσα από γραμμή μεγαλύτερης χωρητικότητας.

Αποπολυπλέκτης: Λαμβάνει την πολυπλεγμένη ροή δεδομένων, χωρίζει τα δεδομένα ανάλογα με το κανάλι, στο οποίο ανήκουν και τα οδηγεί στις αντίστοιχες γραμμές εξόδου.

Στην Εικόνα 13 ο πολυπλέκτης παίρνει ως είσοδο τις γραμμές του τηλεφωνικού δικτύου. Κατόπιν αναλύει τα σήματα φωνής σε συχνότητες και τα σήματα αυτά μεταφέρονται στην γρήγορη γραμμή επικοινωνίας σε υψηλότερες συχνότητες (σε ζώνες).



Εικόνα 13: Με την πολυπλεξία δεδομένα από πολλές πηγές μεταδίδονται μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας

Συνεπώς, για την καλύτερη εκμετάλλευση φυσικής ζεύξης (τηλεπικοινωνιακής γραμμής), απαιτείται μια μορφή πολυπλεξίας. Η ανάγκη για πολυπλεξία εμφανίστηκε αρχικά στο τηλεφωνικό δίκτυο. Καθώς το τηλεφωνικό δίκτυο μεγάλωνε και οι συνδρομητές διαρκώς αυξανόταν, χρειάστηκαν επιπλέον κυκλώματα για να ικανοποιήσουν τις αυξημένες ανάγκες. Τότε έγινε αντιληπτό ότι υπήρχε φυσικό όριο στον αριθμό καλωδίων που μπορούσαν να τοποθετηθούν τόσο μέσα στα τηλεφωνικά κέντρα όσο και μεταξύ τους μέσω υπόγειων φρεατίων. Έγινε φανερό ότι θα έπρεπε περισσότερα από ένα τηλεφωνικά κανάλια να μπορούν να μεταφέρονται από το ίδιο φυσικό κύκλωμα την ίδια στιγμή. Έτσι, αναπτύχθηκε μια τεχνική πολυπλεξίας, η οποία επέτρεπε το αρχικό φάσμα του τηλεφωνικού καναλιού (300 Hz έως 3400 Hz) να μεταφέρεται σε άλλη υψηλότερη συχνότητα. Τοποθετώντας πολλά τηλεφωνικά κανάλια, με την τεχνική της πολυπλεξίας το ένα δίπλα στο άλλο (στο πεδίο συχνοτήτων), έγινε τελικά εφικτό μεγάλος αριθμός τηλεφωνικών καναλιών να μεταδίδεται μέσα από την ίδια γραμμή. Υπάρχουν δύο συγκεκριμένες τεχνικές πολυπλεξίας: η **πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας** και η **πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου**.

Η **πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (frequency division multiplexing, FDM)** χρησιμοποιείται για την μετάδοση αναλογικών σημάτων. Αριθμός σημάτων μεταδίδεται ταυτόχρονα από το ίδιο μέσο. Κάθε σήμα καταλαμβάνει διαφορετική ζώνη η οποία καθορίζεται από τον πολυπλέκτη. Για να μετατεθεί κάθε σήμα στην κατάλληλη ζώνη συχνοτήτων, απαιτούνται κατάλληλοι διαμορφωτές και για να συνδυασθούν τα διαμορφωμένα σήματα, απαιτούνται πολυπλέκτες.



Εικόνα 14: Τεχνική πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας. Η γρήγορη γραμμή επικοινωνίας χωρίζεται σε κανάλια, όπου σε κάθε κανάλι περνάει ένα σύνολο συχνοτήτων.

Παράδειγμα χρήσης διαίρεσης συχνότητας:

Οι ραδιοφωνικοί σταθμοί (π.χ. στα fm)

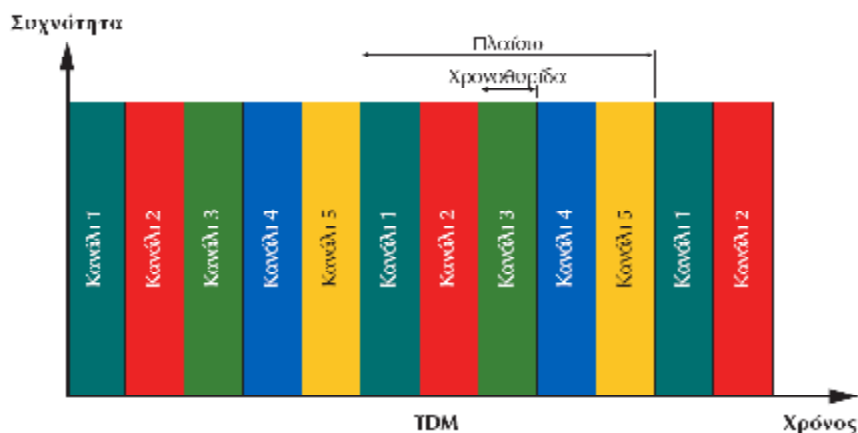
- Οι σταθμοί εκπέμπουν χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην ατμόσφαιρα ανάμεσα από τα 88MHz – 108MHz.
- Ο κάθε σταθμός εκπέμπει σε μια συγκεκριμένη συχνότητα / κανάλι / ζώνη. Π.χ. στο 90,9Mhz εκπέμπει το Τρίτο Πρόγραμμα, στο 93,6Mhz εκπέμπει ο Kosmos FM.



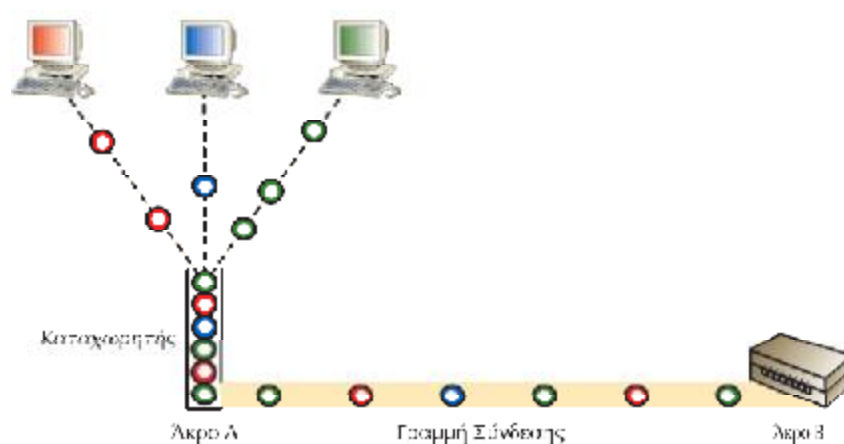
Η **πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (time division multiplexing, TDM)** χρησιμοποιείται για την μετάδοση ψηφιακών σημάτων. Κάθε σήμα χρησιμοποιεί την γραμμή μεταφοράς για ελάχιστο χρόνο αλλά αυτό γίνεται τόσο γρήγορα που εμείς νομίζουμε ότι τα σήματα στέλνονται παράλληλα. Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές η μετάδοση δεδομένων γίνεται σποραδικά, άρα η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου είναι καταλληλότερη.

Πιο αναλυτικά, στην πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου, ο χρόνος διαιρείται σε **χρονοθυρίδες (timeslots)**. Τα σήματα εισόδου δειγματοληπτούνται το ένα μετά το άλλο με υψηλό ρυθμό. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή μπορεί να μεταδίδεται ένα δείγμα μόνο ενός σήματος εισόδου. Τα δείγματα από τα διάφορα σήματα εισόδου μεταφέρονται σε διαδοχικά πλαίσια. Κάθε πλαίσιο περιέχει αριθμό χρονοθυρίδων και σε κάθε σήμα εισόδου μπορεί να αφιερώνεται μία ή και περισσότερες χρονοθυρίδες σε κάθε πλαίσιο. Έτσι τελικά τα δεδομένα διαφορετικών πηγών πολυπλέκονται χρονικά και μεταδίδονται στην ίδια γραμμή.

Παραλλαγή της πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου, η οποία κάνει καλύτερη εκμετάλλευση του τηλεπικοινωνιακού καναλιού και επιτρέπει την ύπαρξη ρυθμού μετάδοσης μικρότερου από το συνολικό ρυθμό μετάδοσης των πηγών, είναι η **στατιστική πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (statical time division multiplexing, statical TDM)**.



Εικόνα 15: Τεχνική πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου. Η γρήγορη γραμμή επικοινωνίας χωρίζεται σε χρονοθυρίδες. Σε κάθε χρονική περίοδο, που διαρκεί η χρονοθυρίδα, μια μόνο γραμμή εισόδου επιτρέπεται να στέλνει δεδομένα. Αυτό γίνεται τόσο γρήγορα που μας δίνει την αίσθηση ότι στέλνουν δεδομένα όλες οι γραμμές εισόδου μαζί.



Εικόνα 16: Στατιστική πολυπλεξία. Η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου όπως εφαρμόζεται από την επικοινωνία Η/Υ όπου ο κάθε υπολογιστής μπορεί να στέλνει δεδομένα με διαφορετική ταχύτητα

Πρωτόκολλα και Αρχιτεκτονική Δικτύου

Για να ανταλλάξουν δεδομένα δύο σταθμοί, εκτός από την ύπαρξη διαδρομής μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω δικτύου επικοινωνιών, χρειάζεται να ακολουθήσουν επιπλέον κάποιες συγκεκριμένες διαδικασίες, οι οποίες βασίζονται σε ένα σύνολο κανόνων.

Πρωτόκολλο επικοινωνίας (communication protocol) ή απλά **πρωτόκολλο (protocol)**: Για την επικοινωνία των σταθμών σε ένα δίκτυο χρησιμοποιείται ένα σύνολο κανόνων, το οποίο αποτελεί κοινή γλώσσα (κοινό κώδικα επικοινωνίας) μεταξύ τους.

Παραδείγματα:

- **TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol): Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης και πρωτόκολλο Internet
- **HTTP** (Hyper Text Transfer Protocol): Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου
- **Torrent**: Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων

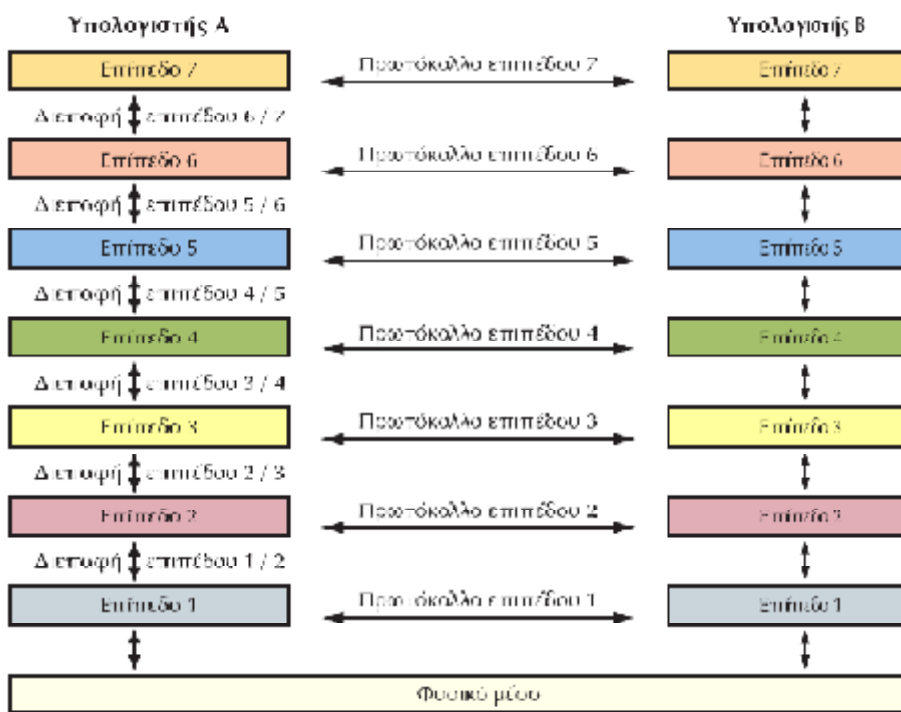
Ο ρόλος των διαφόρων τμημάτων του λογισμικού και του υλικού στη διεργασία της επικοινωνίας, η μεταξύ τους σχέση, και τα πρωτόκολλα τα οποία πρέπει να ακολουθούνται, καθορίζονται από την **αρχιτεκτονική δικτύου (network architecture)**. Μάλιστα, με σκοπό να γίνει πιο εύκολη η σχεδίαση και η υλοποίηση ενός δικτύου, χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα δομικά

στοιχεία, τα **στρώματα (layers)** ή **επίπεδα (levels)**. Στην περίπτωση αυτή έχουμε **στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου**. Ο αριθμός των επιπέδων, τα ονόματα, το περιεχόμενο και η λειτουργία τους διαφέρουν από αρχιτεκτονική σε αρχιτεκτονική. Όμως σε κάθε περίπτωση, ο σκοπός του κάθε επιπέδου είναι να προσφέρει συγκεκριμένες υπηρεσίες στα υψηλότερα επίπεδα, με τρόπο διαφανή, απομονώνοντάς τα δηλαδή από τις λεπτομέρειες σχετικά με το πώς πραγματικά υλοποιούνται οι παρεχόμενες υπηρεσίες.

Με τη στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική πετυχαίνουμε:

- Διαχωρισμό του προβλήματος της επικοινωνίας σε μικρότερα και πιο εύκολα διαχειρίσιμα προβλήματα.
- Εύκολη προσθήκη ή βελτίωση υπηρεσιών, αφού οι απαιτούμενες αλλαγές περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

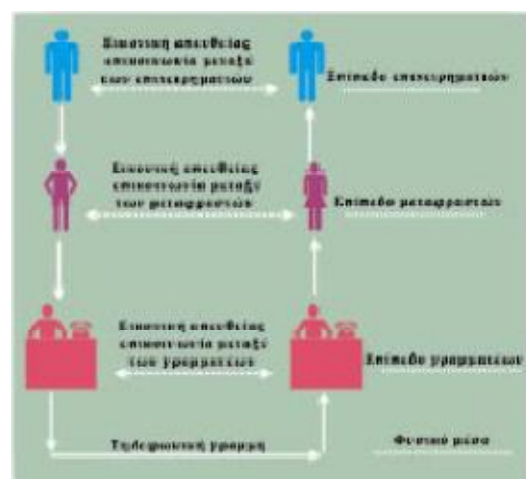
Οι σχεδιαστές αφού αποφασίσουν τον αριθμό των επιπέδων, που θα συμπεριλάβουν σε ένα δίκτυο, το ρόλο του καθενός και τα πρωτόκολλά τους, σχεδιάζουν και τη **διεπαφή (interface)** ανάμεσα στα γειτονικά επίπεδα. Η διεπαφή καθορίζει τις βασικές λειτουργίες και υπηρεσίες που προσφέρει κάθε επίπεδο στο ανώτερό του και τα μηνύματα που ανταλλάσσουν δυο γειτονικά επίπεδα.



Εικόνα 17: Αρχιτεκτονική δικτύου σε επίπεδα

Παράδειγμα επικοινωνίας επιχειρηματιών σε επίπεδα

Έστω 2 επιχειρηματίες, ένας Κινέζος και ένας Έλληνας που βρίσκονται ο καθένας στην χώρα του και θέλουν να επικοινωνήσουν τηλεφωνικά για να συνεργαστούν. Οι επιχειρηματίες αποτελούν το 3ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο επιχειρηματιών). Και οι δύο χρησιμοποιούν μεταφραστές (2^ο επίπεδο) οι οποίοι συμφωνούν να επικοινωνήσουν στα αγγλικά. Οι μεταφραστές χρησιμοποιούν γραμματείς (1ο επίπεδο) οι οποίοι συμφωνούν να στέλνουν τα έγγραφα μέσω fax.



Εικόνα 18: Επικοινωνία επιχειρηματιών σε επίπεδα

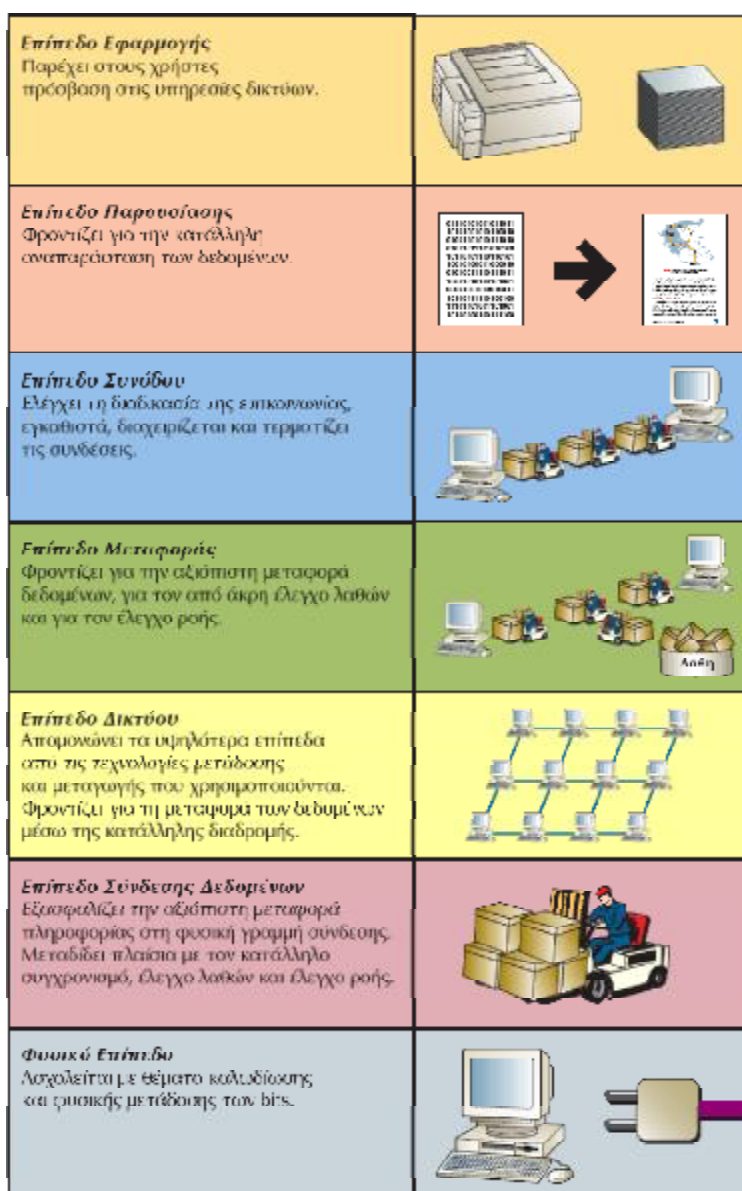
Το μοντέλο OSI

Η τυποποίηση είναι αναγκαία για να εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών διαφόρων κατασκευαστών και να προωθείται ο ανταγωνισμός. Το 1984, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Standard Organization, ISO) δημοσίευσε ένα μοντέλο στρωματοποιημένης αρχιτεκτονικής δικτύου, με στόχο την τυποποίηση της επικοινωνίας συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών. Το μοντέλο αυτό ονομάστηκε **μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open Systems Interconnection Reference Model, OSI RM)**.

Η αρκετά διαδεδομένη τεχνική δόμησης, η στρωματοποίηση, έγινε αποδεκτή και από τον ISO. Οι λειτουργίες της επικοινωνίας τμηματοποιούνται σε ιεραρχικό σύνολο επιπέδων. Κάθε επίπεδο εκτελεί μικρό υποσύνολο λειτουργιών, που απαιτούνται για την επικοινωνία με άλλο σύστημα. Στηρίζεται στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο, το οποίο εκτελεί τις πρωτογενείς λειτουργίες και παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο. Στην ιδανική περίπτωση, τα επίπεδα θα πρέπει να είναι έτσι προσδιορισμένα ώστε οι αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην απαιτούν αλλαγές και σε άλλα επίπεδα. Έτσι, το πρόβλημα της επικοινωνίας χωρίζεται σε πιο εύκολα διαχειρίσιμα μικρότερα προβλήματα.

Ο ISO έπρεπε να καθορίσει ένα σύνολο επιπέδων και τις υπηρεσίες που θα παρέχει κάθε επίπεδο. Προέκυψε έτσι το μοντέλο OSI, που αποτελείται από επτά επίπεδα, τα οποία καλύπτουν διάφορες δικτυακές λειτουργίες, εξοπλισμό και πρωτόκολλα. Το χαμηλότερο επίπεδο βρίσκεται πλησιέστερα στο υλικό και το υψηλότερο στην εφαρμογή. Κάθε επίπεδο επικοινωνεί με τα επίπεδα που βρίσκονται αμέσως πάνω και κάτω από αυτό και προσφέρει υπηρεσίες στο ανώτερό του επίπεδο.

- Το σύνολο των επιπέδων, των πρωτοκόλλων και των διεπαφών μεταξύ των επιπέδων αποτελούν την *αρχιτεκτονική του δικτύου*.
- *Ανοικτά συστήματα (open systems)* είναι τα συστήματα στα οποία η αρχιτεκτονική δεν αποτελεί μυστικό. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συντεθούν από συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών που ακολουθούν τα ίδια πρωτόκολλα και πρότυπα.
- Το **μοντέλο αναφοράς OSI** είναι μια αρχιτεκτονική δικτύου επτά επιπέδων, που περιγράφει όλα τα θέματα που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών ενός δικτύου.



Εικόνα 19: Το μοντέλο αναφοράς OSI

Τα επτά επίπεδα του OSI

Επίπεδο εφαρμογής (Application layer)

Το υψηλότερο επίπεδο του μοντέλου OSI είναι το επίπεδο εφαρμογής. Είναι ουσιαστικά το επίπεδο το οποίο περιέχοντας τις κατάλληλες εφαρμογές κάνει το δίκτυο χρήσιμο. Παρέχει λειτουργίες και μηχανισμούς για την υποστήριξη και διαχείριση καταναμεμημένων εφαρμογών. Το επίπεδο αυτό προσδιορίζει το πρωτόκολλο στο οποίο αναφέρονται οι εφαρμογές και δημιουργεί τα κατάλληλα μηνύματα για να διαπιστώσει αν είναι διαθέσιμη η αντίστοιχη εφαρμογή από την άλλη πλευρά του δικτύου. Εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail), η μεταφορά αρχείων (file transfer), η πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων (data access), ανήκουν στο επίπεδο της εφαρμογής.

Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer)

Τα δεδομένα ναπαριστώνται με διαφορετικούς τρόπους στους διάφορους σταθμούς. Έτσι ένας σταθμός δεν είναι δυνατόν να επεξεργαστεί δεδομένα που προέρχονται από έναν άλλο σταθμό όπου χρειάζεται μία διαφορετική μορφή αναπαράστασης δεδομένων. Το επίπεδο παρουσίασης είναι αρμόδιο για την επίλυση αυτού του προβλήματος, είναι δηλαδή ο «μεταφραστής» του δικτύου. Κάτι ανάλογο έχουμε και στην ανθρώπινη επικοινωνία, όπου οι ιδέες και οι σκέψεις εκφράζονται από λέξεις και προτάσεις μιας συγκεκριμένης γλώσσας. Στο επίπεδο παρουσίασης γίνεται επίσης η συμπίεση των δεδομένων για καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου και η κρυπτογράφηση τους για λόγους ασφάλειας.

Επίπεδο συνόδου (Session layer)

Το επίπεδο συνόδου επιτρέπει σε δύο εφαρμογές, που εκτελούνται σε διαφορετικούς υπολογιστές, να δημιουργήσουν, να χρησιμοποιήσουν και να τερματίσουν μια σύνδεση, που λεγεται *σύννοδος* (session). Κάτι ανάλογο έχουμε στη δομή μιας επιστολής, όπου ξεκινάμε με έναν πρόλογο, μετά γράφουμε το κύριο μέρος της επιστολής και κλείνουμε με τον επίλογο και την υπογραφή μας. Όταν δύο άνθρωποι συζητούν, υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες που ακολουθούν ώστε η επικοινωνία τους να είναι πλήρης και επιτυχής: συμφωνούν να μιλούν ο ένας προς τον άλλο, αποφεύγουν να μιλούν ταυτόχρονα, χωρίζουν τη συζήτηση σε μέρη, τελειώνουν τη συζήτηση με κάποια σειρά. Παρόμοια, το επίπεδο συνόδου, παρέχει στα υψηλότερα επίπεδα υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία συνόδων, όπως:

- Τη δυνατότητα να ξεκινήσουν μία σύννοδο.
- Τη δυνατότητα να υπάρξει διάλογος, εμποδίζοντας τα δύο μέρη να μεταδίδουν ταυτόχρονα.
- Τη δυνατότητα να διαχειρίζονται τη σύνδεση, να διαχωρίζουν δηλαδή τη σύννοδο σε δύο μέρη. Έτσι είναι δυνατόν αν πάει κάτι στραβά κατά τη μετάδοση των δεδομένων μιας συνόδου, να επαναληφθεί η μετάδοση από ένα σημείο και μετά και η σύννοδος να επαναφερθεί στην ομαλή κατάσταση.
- Τη δυνατότητα να τερματίζουν τη σύννοδο με επιτυχία (και τα δύο μέρη συμφωνούν να σταματήσουν).

Να τονιστεί ότι κατά την περίοδο της συνδιάλεξης μιας εφαρμογής, μπορεί να πραγματοποιούνται και συνδιαλέξεις άλλων εφαρμογών. Το επίπεδο συνόδου τις υποστηρίζει όλες ταυτόχρονα.

Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer)

Το επίπεδο μεταφοράς είναι το τέταρτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI. Είναι το χαμηλότερο επίπεδο που παρέχει από άκρη σε άκρη επικοινωνία. Πράγματι, τα επίπεδα μεταφοράς των δύο σταθμών που επικοινωνούν και βρίσκονται στα δύο άκρα του δικτύου θεωρούνται ότι είναι γειτονικά (δίπλα-δίπλα), αφήνοντας στα τρία χαμηλότερα επίπεδα το έργο της μετάδοσης των δεδομένων μέσω των ενδιάμεσων κόμβων του δικτύου. Έτσι το επίπεδο μεταφοράς είναι επίπεδο «κλειδί» στην ιεραρχία των επτά επιπέδων, αφού μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται στα σύνορα του υποδικτύου και των σταθμών του δικτύου. Οι λειτουργίες που εκτελούνται σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνουν τεμαχισμό των μηνυμάτων σε πακέτα, έλεγχοι αριότητας των πακέτων μετά τη μεταφορά, έλεγχοι μη απώλειας ή διπλής εκπομπής τους (δηλαδή πακέτα στη σωστή σειρά, χωρίς λάθη και χωρίς απωλειές). Ακόμα, αυτό το επίπεδο παρέχει τη ζητούμενη ποιότητα υπηρεσίας στο επίπεδο συνόδου (π.χ. μέγιστος αποδεκτός ρυθμός λαθών, μέγιστη αποδεκτή καθυστέρηση, προτεραιότητα, επίπεδο ασφάλειας), παρακολουθεί τη ροή των πακέτων προς το δίκτυο και φροντίζει να αποφεύγεται η υπερφόρτωση των πόρων του δικτύου. Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα του πρωτοκόλλου μεταφοράς εξαρτάται από το πόσο αξιόπιστο ή αναξιόπιστο είναι το υποδίκτυο που χρησιμοποιείται καθώς και οι υπηρεσίες του επιπέδου δικτύου.

Επίπεδο δικτύου (Network layer)

Ο ρόλος του επιπέδου δικτύου είναι η μετάδοση της πληροφορίας από τον σταθμό πηγής στον σταθμό προορισμού μέσω του δικτύου. Για να επιτύχει το σκοπό αυτό, αποδίδει διευθύνσεις στα πακέτα και μετατρέπει τις λογικές διευθύνσεις και τα ονόματα σε φυσικές διευθύνσεις. Κάτι ανάλογο έχουμε στην ταχυδρομική υπηρεσία όπου για να πάει ένα ταχυδρομικό φάκελος στον προορισμό του χρησιμοποιείται η διεύθυνση που αναγράφεται σε συγκεκριμένο σημείο του φακέλου. Το επίπεδο δικτύου χειρίζεται όλα τα προβλήματα που αφορούν τη μετάδοση πακέτων από ένα σταθμό σε έναν άλλο, όταν οι σταθμοί δεν συνδέονται απευθείας αλλά μέσω άλλων ενδιάμεσων κόμβων. Φροντίζει να ακολουθήσουν τα πακέτα την καλύτερη διαδρομή μέσα στο δίκτυο ανάλογα με την κατάσταση των επικοινωνιακών γραμμών, την προτεραιότητα του σταθμού και των μηνυμάτων του, την καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου και την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Χαρακτηριστικό του επιπέδου δικτύου είναι ότι απομονώνει τα υψηλότερα επίπεδα από τις τεχνικές μετάδοσης και μεταγωγής δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων.

Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Data link layer)

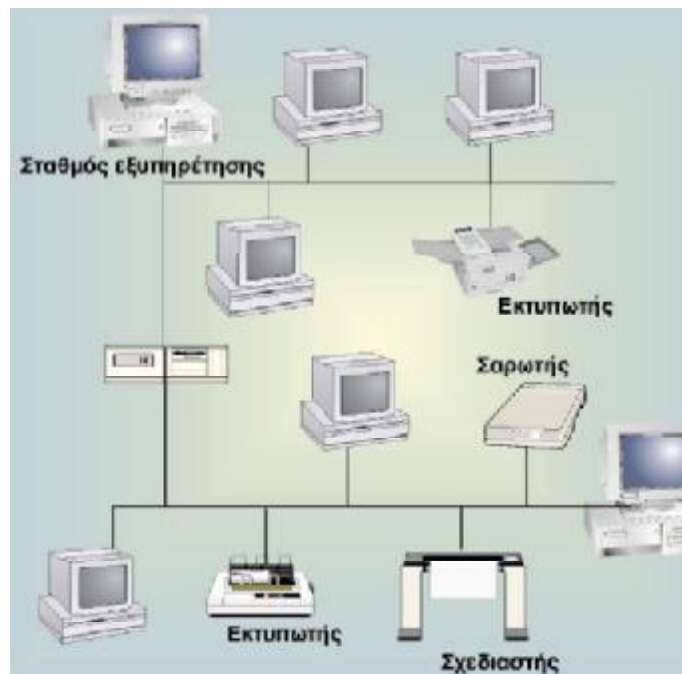
Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων έχει σκοπό να κάνει αξιόπιστη τη φυσική γραμμή σύνδεσης μεταξύ δύο σταθμών. Από τα πακέτα του επιπέδου δικτύου φτιάχνει πλαίσια δεδομένων (data frames). Ορίζει που αρχίζει και που τελειώνει κάθε πλαίσιο προσθέτοντας την κατάλληλη επικεφαλίδα (header) και ουρά (tailer), ανιχνεύει σφάλματα μετάδοσης, επιδιορθώνει τα αλλοιωμένα δεδομένα ή ζητά την επανεκπομπή τους στην περίπτωση που δεν μπορεί να κάνει επιδιόρθωση. Ακόμη, ελέγχει το πότε μπορεί να δεσμεύσει το φυσικό μέσο για την αποστολή πλαισίων, ώστε να μη γίνει ταυτόχρονη εκπομπή με άλλο σταθμό, και τέλος, μεταβάλλει κατά περίπτωση τη ροή των πλαισίων ανάλογα με τους ρυθμούς που μπορεί να δεχτεί ο σταθμός παραλήπτης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στην περίπτωση δύο σταθμών που συνδέονται μέσω δικτύου, μεσολαβούν πολλές φυσικές γραμμές και συνεπώς ο έλεγχος και η διόρθωση λαθών θα πρέπει να γίνεται και σε επίπεδο ανώτερο του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (από άκρη σε άκρη).

Φυσικό επίπεδο (Physical layer)

Το χαμηλότερο επίπεδο του μοντέλου του OSI είναι το φυσικό επίπεδο. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση bits από το τηλεικοινωνιακό κανάλι, το οποίο μπορεί να είναι απλή δισύρματη γραμμή, ομοαξονικό καλώδιο, οπτική ίνα ή/και ασύρματη ζεύξη. Έτσι, το φυσικό επίπεδο, καθορίζει τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης του σταθμού με το μέσο μετάδοσης. Αν, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται καλώδιο ως μέσο μετάδοσης, οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου καθορίζουν πόσους ακροδέκτες έχει ο συνδετήρας, το ρόλο του κάθε ακροδέκτη, τις διαστάσεις του, τις ανοχές κάθε διάστασης, κ.ά. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τρόπος αναπαράστασης των bits, 0 και 1, η διάρκεια κάθε bit, η αρχή και το τέλος της μετάδοσης, καθώς και το αν η μετάδοση μπορεί να γίνεται μόνο προς την μία κατεύθυνση ή και τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι για το φυσικό επίπεδο τα bits (0 και 1) δεν έχουν καμία σημασία, δηλαδή το φυσικό επίπεδο δεν το απασχολεί καθόλου το αν μεταφέρει bytes των 8 bits ή χαρακτήρες ASCII² των 7 bits.

Κατηγορίες δικτύων ανάλογα με τη γεωγραφική τους έκταση

Τοπικά δίκτυα



Εικόνα 20: Στα τοπικά δίκτυα οι συσκευές βρίσκονται η μία κοντά στην άλλη

² Ο **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange, Αμερικανικός Πρότυπος Κώδικας για Ανταλλαγή Πληροφοριών) είναι ένα κωδικοποιημένο σύνολο χαρακτήρων του λατινικού αλφάβητου όπως αυτό χρησιμοποιείται σήμερα στην Αγγλική γλώσσα και σε άλλες δυτικοευρωπαϊκές γλώσσες. Χρησιμοποιείται κυρίως στους υπολογιστές και άλλες συσκευές τηλεπικοινωνίας για αναπαράσταση κειμένου, καθώς επίσης για έλεγχο συσκευών που δουλεύουν με κείμενο. Οι εκτυπώσιμοι χαρακτήρες του ASCII (με κωδικούς από 32 μέχρι 126) είναι σε αριθμητική σειρά οι (συμπεριλαμβανομένου του κενού χαρακτήρα "space"):

```
!"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?
@ABCDEFGHIJKLMNPQRSTUVWXYZ[ ]^_
`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz{|}~
```

Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών (Local Area Network, LAN) είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων υπολογιστών που εκτείνονται σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή. Τοπικό μπορεί να είναι ένα δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή ακόμα και κοντινών κτιρίων.

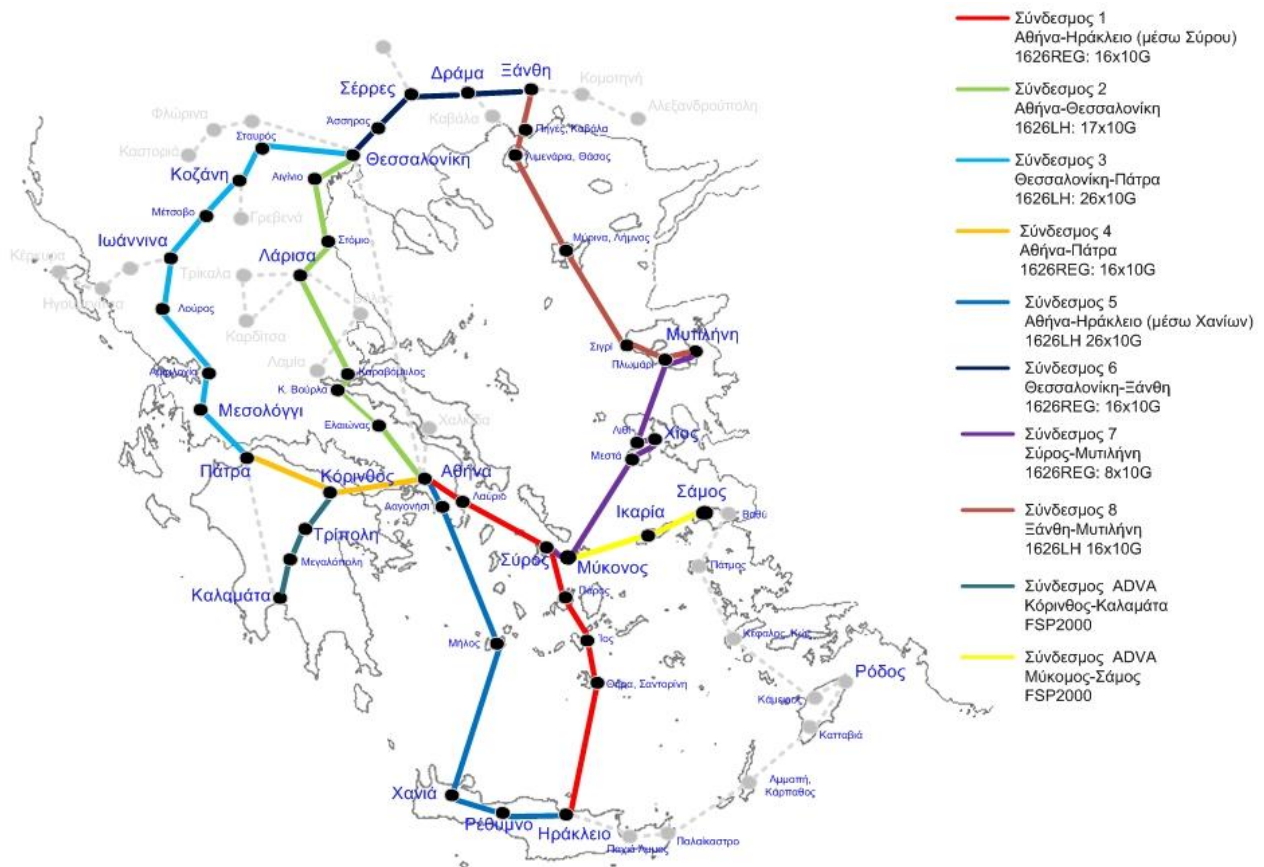
Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών χαρακτηρίζεται από υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων (10 έως 100 Mbps³), μικρή καθυστέρηση μετάδοσης δεδομένων και μικρό αριθμό σφαλμάτων. Επίσης, έχει μικρό σχετικά αριθμό συνδεδεμένων συσκευών και χρησιμοποιεί ιδιωτικά μέσα μετάδοσης. Τοπικά δίκτυα συναντάμε σε σχολεία, πανεπιστήμια, εταιρίες, οργανισμούς, ιδρύματα και αλλού. Τα τοπικά δίκτυα μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους με ειδικό εξοπλισμό σχηματίζοντας είτε μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα είτε, αν η απόσταση είναι μεγάλη, δίκτυα ευρείας περιοχής.

Το λειτουργικό σύστημα των τοπικών δικτύων υπολογιστών μπορεί να είναι ένα ολοκληρωμένο λειτουργικό σύστημα δικτύου ή συνδυασμός λειτουργικών συστημάτων με δικτυακές δυνατότητες ή επεκτάσεις. Οι υπολογιστές αυτοί μπορούν να είναι οποιασδήποτε κατηγορίας μεγέθους και δυνατοτήτων.

Ακόμη, στα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιείται ειδική παραλλαγή της στατιστικής πολυπλεξίας, αντί της μεθόδου μεταγωγής, που προτιμάται στα δίκτυα ευρείας περιοχής. Συγκεκριμένα, η μέθοδος που χρησιμοποιείται λέγεται **πολλαπλή πρόσβαση (multiple access)**. Στη μέθοδο αυτή δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι μεταγωγής, σε κάθε σταθμό υπάρχει ένας πομπός/δέκτης που επικοινωνεί μέσω κοινού μέσου μετάδοσης με όλους τους άλλους σταθμούς. Τα δεδομένα μεταδίδονται με τη μορφή πακέτων. Επειδή το ίδιο μέσο χρησιμοποιείται από όλους τους σταθμούς, μόνο ένας σταθμός είναι δυνατόν να εκπέμπει σε κάθε χρονική στιγμή.

Δίκτυα ευρείας περιοχής

Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (Wide Area Network, WAN) είναι ένα σύνολο υπολογιστών που εκτείνονται σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή και δημιουργούν μεταξύ τους ένα δίκτυο επικοινωνίας (π.χ. η δικτύωση των υποκαταστημάτων μιας πολυεθνικής επιχείρησης στην ίδια πόλη ή πόλεις που βρίσκονται στο ίδιο ή σε διαφορετικά κράτη).



Εικόνα 21: Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής μπορεί να εκτείνεται σε μία χώρα ή σε ολόκληρο τον κόσμο

³ 1) Mbps σημαίνει megabits per second, μονάδα μέτρησης ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων, όπου 1 megabit= ένα εκατομμύριο bits.

2) MBps, σημαίνει megabytes per second, όπου 1 megabyte= 1 εκατομμύριο bytes και συγκεκριμένα 1.024KB.

Τυπικά, ένα δίκτυο ευρείας περιοχής διασυνδέει μεταξύ τους τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Για τη διασύνδεση αυτή χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα *μισθωμένες δημόσιες τηλεπικοινωνιακές γραμμές* ή, μερικές φορές, και *δορυφορικές τηλεπικοινωνίες*. Το γνωστότερο δίκτυο ευρείας περιοχής είναι το *Διαδίκτυο (Internet)*. Η δικτύωση των υπολογιστών μπορεί να ακολουθεί τα πρότυπα ενός τοπικού δικτύου ή τα πρότυπα του Διαδικτύου. Οι δύο βασικές αρχιτεκτονικών στα δίκτυα ευρείας περιοχής είναι:

- Δίκτυα Πελάτη-Διακομιστή (Client-Server)
- Ισότιμα Δίκτυα (peer-to-peer)

Για τη διασύνδεση δικτύων ευρείας περιοχής απαιτείται η χρήση ειδικών συσκευών, επειδή ανακύπτουν προβλήματα, όπως:

- Διαφορές στη δόμηση (αρχιτεκτονική) των επιμέρους τοπικών δικτύων.
- Διαφορές στα πρωτόκολλα επικοινωνίας των επιμέρους τοπικών δικτύων.
- Τις διαφορετικές ταχύτητες διακίνησης δεδομένων.
- Θέματα ασφάλειας στη διακίνηση δεδομένων.

Οι κυριότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα δίκτυα ευρείας περιοχής είναι: Γέφυρα (Δίκτυο) (Bridge), Δρομολογητής (Router), Πύλη (Δίκτυο) (Gateway).

Σύγκριση τοπικού δικτύου και δικτύου ευρείας περιοχής

- Το τοπικό δίκτυο (LAN) ανήκει σε κάποιο οργανισμό (π.χ. σχολείο, εταιρία) όπου αυτός ασχολείται με την συντήρηση του εξοπλισμού κλπ.
- Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN) είναι ένα δίκτυο από τοπικά δίκτυα (LAN).
- Οι ταχύτητες μετάδοσης σε ένα τοπικό δίκτυο είναι πάρα πολύ μεγαλύτερες από ότι σε ένα ευρείας περιοχής.

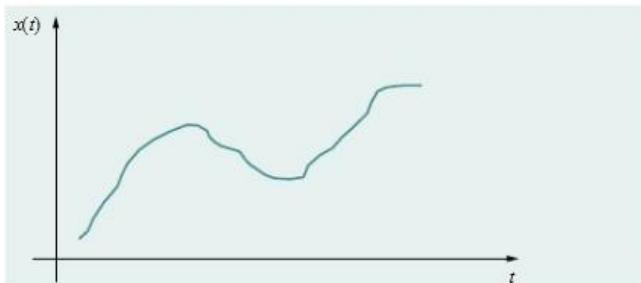
Επικοινωνίες Δεδομένων

Με τη βοήθεια επικοινωνιακού σήματος, κάθε μορφή πληροφορίας (κείμενο, μορφή, εικόνα) είναι δυνατόν να μεταδοθεί σε απόσταση. Ανάλογα με το μέσο μετάδοσης και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται το επικοινωνιακό σύστημα είναι δυνατόν, για τη μετάδοση, να χρησιμοποιούνται **αναλογικά** και **ψηφιακά σήματα**. Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε την επίδραση των ψηφιακών τεχνικών και του μέσου μετάδοσης στην επιτυχή μετάδοση δεδομένων.

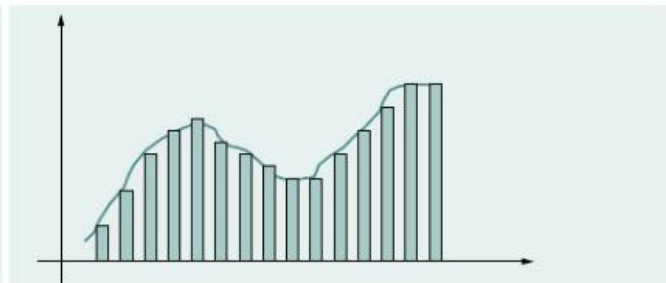
Ψηφιακή τεχνολογία

Για να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών επικοινωνιακών συστημάτων, ψηφιοποιούμε τις αναλογικές πηγές πριν από τη μετάδοσή τους. Δηλαδή, μετατρέπουμε το αρχικό αναλογικό σήμα της πηγής πληροφορίας σε ψηφιακό σήμα, το οποίο μεταδίδεται μέσω του δικτύου επικοινωνίας. Στον προορισμό, το ψηφιακό σήμα το μετατρέπουμε ξανά σε αναλογικό και έτσι η μεταβιβαζόμενη πληροφορία επαναδομείται στην αρχική της μορφή.

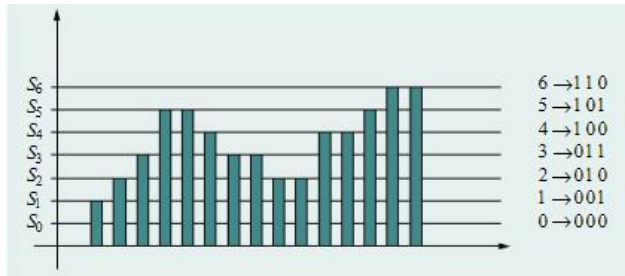
Στην **ψηφιακή τεχνολογία** η πληροφορία είναι αποθηκευμένη **ψηφιακά**, δηλαδή παίρνει συγκεκριμένες, διακριτές τιμές (αριθμούς). Στη φύση όλα τα μεγέθη είναι **αναλογικά**, π.χ. ο ήχος, το φως, το ηλεκτρικό ρεύμα κλπ., δηλαδή παίρνουν άπειρες τιμές.



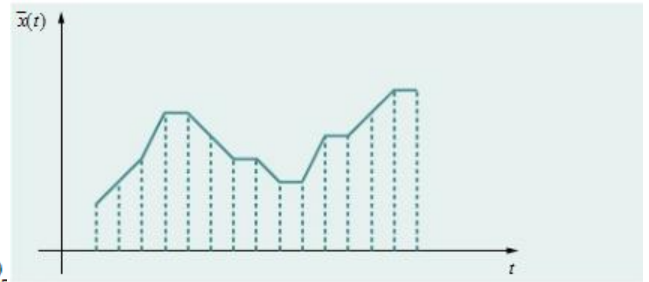
(α) Το αρχικό **αναλογικό σήμα**. Το αναλογικό σήμα περιέχει τιμές σε κάθε χρονική στιγμή.



(β) Δειγματοληψία. Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας παίρνουμε τιμές του σήματος ανά τακτά χρονικά διαστήματα.



(γ) Κβάντιση και κωδικοποίηση. Το **ψηφιακό σήμα** εδώ προέρχεται από το αναλογικό σήμα και κωδικοποιείται με δυαδικούς αριθμούς (0 ή 1). Πριν γίνει το σήμα ψηφιακό οι διακριτές τιμές της δειγματοληψίας “στρογγυλοποιούνται” δηλαδή κβαντίζονται.



001 010 011 101 101 100 011 011 010 010 100 100 101 110 110

(δ) Το μεταβιβαζόμενο δυαδικό σήμα

(ε) Το επαναδομημένο σήμα στον προορισμό

Εικόνα 22: Ένα παράδειγμα ψηφιοποίησης αναλογικού σήματος

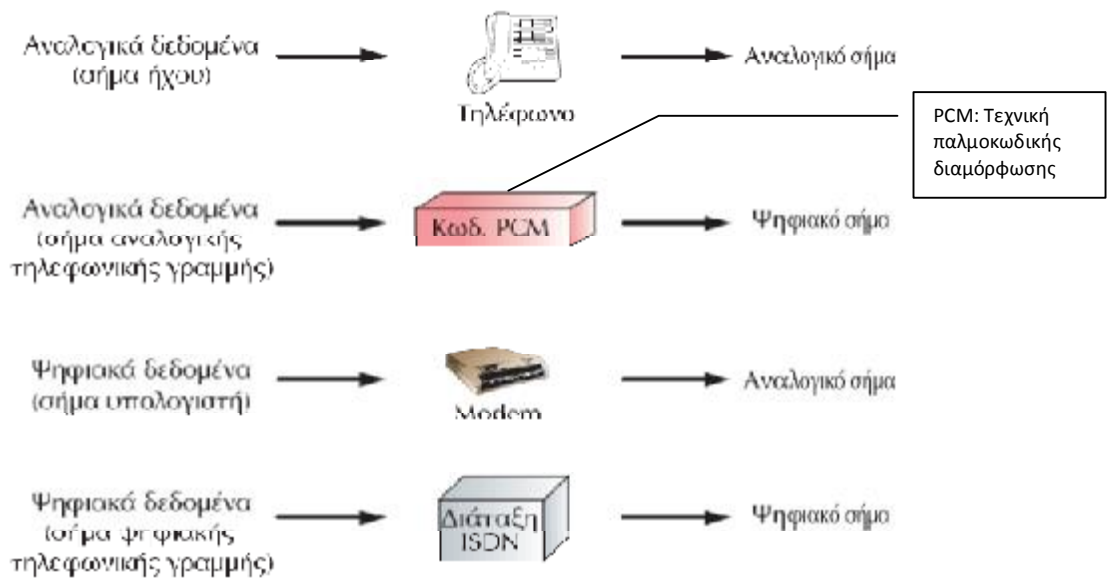
Πλεονεκτήματα ψηφιακών μέσων επικοινωνίας

- Ø Χρησιμοποιούν σχετικά φθηνά ψηφιακά κυκλώματα.
- Ø Μπορούν να εφαρμόζονται εύκολα τεχνικές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.
- Ø Παρέχουν μεγάλη ασφάλεια, μέσω της κρυπτογράφησης δεδομένων.
- Ø Ενοποιούν τη μετάδοση, μέσα από το ίδιο ψηφιακό σύστημα, ποικιλίας μορφών δεδομένων, όπως φωνή, εικόνα, βίντεο, κείμενο.
- Ø Το πρόβλημα της αλλοίωσης του σήματος, καθώς μεταδίδεται μέσα από το επικοινωνιακό κανάλι, είναι πιο εύκολο να λυθεί με τη χρήση αναγεννητικών σταθμών και κατάλληλης κωδικοποίησης.

Μειονεκτήματα ψηφιακών μέσων επικοινωνίας

- Ø Μεγάλο εύρος ζώνης.
- Ø Απαιτείται συγχρονισμός πομπού και δέκτη.

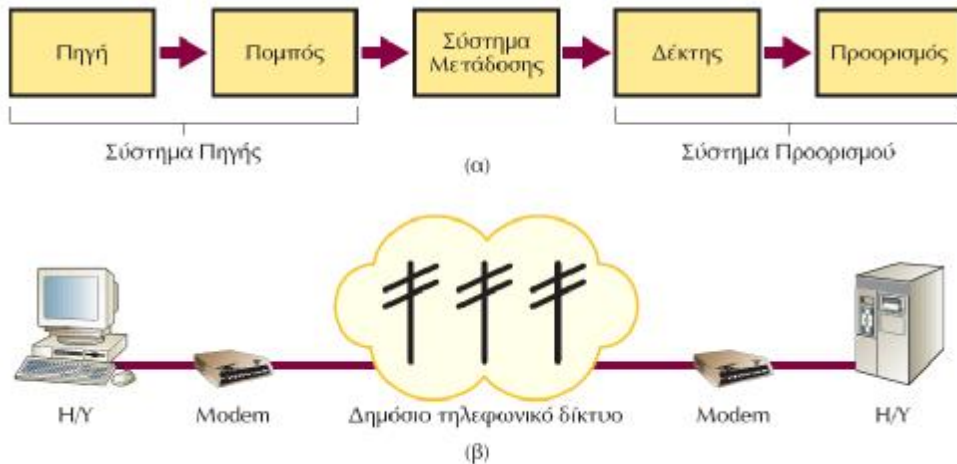
Κωδικοποίηση δεδομένων



Εικόνα 23: Οι τέσσερις περιπτώσεις κωδικοποίησης δεδομένων

Το μοντέλο ψηφιακού επικοινωνιακού συστήματος

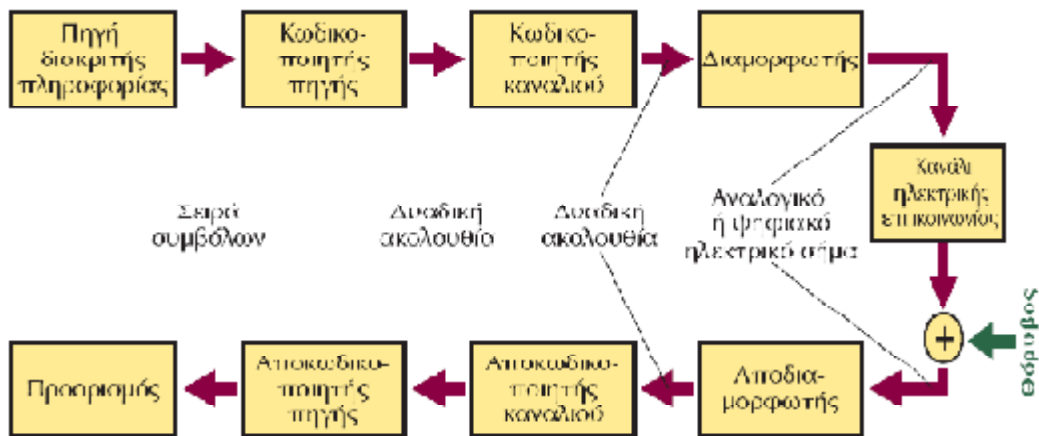
Απλουστευμένο Μοντέλο Συστήματος Επικοινωνίας



Εικόνα 24: (α) Απλουστευμένο μοντέλο επικοινωνιακού συστήματος, (β) Παράδειγμα επικοινωνιακού συστήματος

Αναλυτικό Μοντέλο Συστήματος Επικοινωνίας

Η ψηφιακή πηγή χρησιμοποιεί ένα πεπερασμένο πλήθος συμβόλων για την αναπαράσταση της πληροφορίας. Η βασική λειτουργία του κωδικοποιητή πηγής είναι η μετατροπή μιας ακολουθίας συμβόλων σε ακολουθία δυαδικών ψηφίων ή bits (binary digits). Για παράδειγμα, ένας απλός τρόπος κωδικοποίησης ψηφιακής πηγής είναι η αντιστοίχιση του κάθε συμβόλου με μια μοναδική ακολουθία bits σταθερού μήκους. Η αντίστροφη διαδικασία εκτελείται από τον αποκωδικοποιητή πηγής.



Εικόνα 25: Λειτουργικά τμήματα ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας

Το γενικό μοντέλο ενός ψηφιακού επικοινωνιακού συστήματος.

Σε ένα ψηφιακό επικοινωνιακό σύστημα, η εισερχόμενη ψηφιακή ακολουθία κωδικοποιείται σε δυαδική μορφή, κρυπτογραφείται για λόγους ασφαλείας, εξοπλίζεται με πληροφορία κατάλληλη για έλεγχο σφαλμάτων και διαμορφώνεται σε σήμα κατάλληλο προς διάδοση μέσω του φυσικού μέσου. Το λαμβανόμενο σήμα υπόκειται την αντίστροφη επεξεργασία, δηλαδή αποδιαμορφώνεται σε δυαδικούς παλμούς, ελέγχεται για σφάλματα μετάδοσης, αποκρυπτογραφείται και αποκωδικοποιείται σε ψηφιακή ακολουθία, πριν μεταβιβαστεί στον προορισμό.

Αλλοίωση σήματος μέσα στο μέσο μετάδοσης.

Οι κυριότεροι παράγοντες αλλοίωσης του σήματος εμφανίζονται κατά την διέλευση του σήματος μέσα από το μέσο μετάδοσης και επηρεάζουν την ποιότητα του συστήματος επικοινωνίας:

- § Εξασθένιση σήματος
- § Καθυστέρηση μετάδοσης
- § **Θόρυβος:** ανεπιθύμητα σήματα που προστίθενται στο σήμα μας κατά την διάρκεια μετάδοσης στο κανάλι επικοινωνίας

Ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων

Στα δίκτυα δεδομένων υπάρχει η έννοια του πόσο γρήγορα μπορούν να μεταδίδονται τα δεδομένα. Για να αποδοθεί αυτή η έννοια, χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι με διαφορετική σημασία ο καθένας.

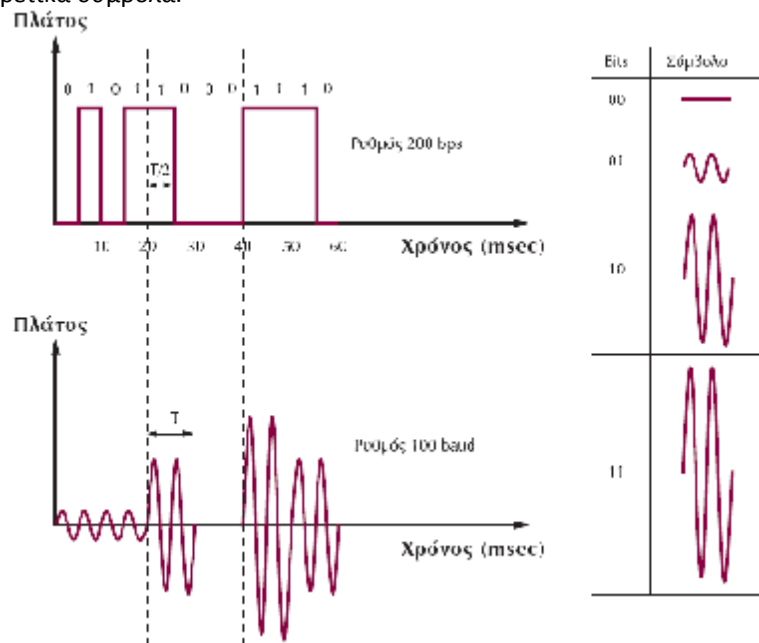
Ρυθμός μετάδοσης bit

Ο **ρυθμός μετάδοσης bit**, είναι ο αριθμός των bits, που περνά από σημείο του τηλεπικοινωνιακού δικτύου δεδομένων σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Συνήθως μετριέται σε **bits ανά δευτερόλεπτο (bits per second, bps)** ή και τα πολλαπλάσια **kbps** (10^3 bps) και **Mbps** (10^6 bps). Για την περίπτωση της δυαδικής μετάδοσης, όπου το μεταδιδόμενο σήμα έχει δύο δυνατές καταστάσεις (0 και 1), ο ρυθμός μετάδοσης bit **R** εξαρτάται από τον χρόνο **T** που διαρκεί το bit και συγκεκριμένα είναι: $R = \frac{1}{T}$.

Ρυθμός μετάδοσης συμβόλων

Ο **ρυθμός μετάδοσης συμβόλων**, είναι ο αριθμός των **συμβόλων (bauds)**, που μεταδίδονται κάθε δευτερόλεπτο και χρησιμοποιείται, κυρίως, στις περιπτώσεις μετάδοσης μέσω modem. Ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων δεν εκφράζει κατ' ανάγκη το ρυθμό μετάδοσης των bits. Αν η τεχνική διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται αντιστοιχεί ένα bit σε κάθε μεταβολή του διαμορφωμένου σήματος, τότε ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων ταυτίζεται με τον ρυθμό μετάδοσης bit. Συχνά όμως ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων είναι μεγαλύτερος του ρυθμού μετάδοσης bit και αυτό επιτυγχάνεται με διαμορφώσεις, όπου σε κάθε μεταβολή του διαμορφωμένου σήματος αντιστοιχούν περισσότερα από ένα bits.

Για παράδειγμα, αν το modem έχει ρυθμό baud 100 κάθε baud αντιστοιχεί σε 2 bits, τότε ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων είναι 200 bps. Φυσικά, επειδή 2 bits μπορούν να δώσουν 4 διαφορετικούς συνδυασμούς, το modem θα πρέπει να μπορεί να στέλνει 4 διαφορετικά σύμβολα.



Εικόνα 26: Ρυθμός μετάδοσης bit διπλάσιος του ρυθμού μετάδοσης συμβόλων. Κάθε ζευγάρι bit αναπαρίσταται από τις αντίστοιχες κυματομορφές του πίνακα.

Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας

Στις μεταδόσεις δεδομένων, εκτός από τα bits, που αφορούν την πληροφορία, συνήθως μεταδίδονται και επιπλέον χαρακτήρες ελέγχου, όπως π.χ. τα bits έναρξης και τέλους. Έτσι, όταν σε μετάδοση το ζητούμενο είναι με ποιο ρυθμό μεταδίδεται η καθαρή πληροφορία, χρησιμοποιείται ο **ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας**, ο οποίος μετριέται σε bps και είναι μικρότερος από το ρυθμό μετάδοσης bit.

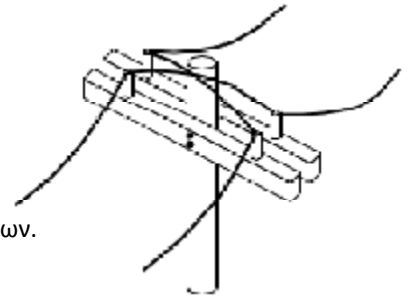
Μέσα Μετάδοσης

Το μέσο μετάδοσης αποτελεί τη φυσική σύνδεση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη της πληροφορίας σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας. Είναι ο δρόμος από τον οποίο περνάει το σήμα που στέλνει ο πομπός μέχρι να το λάβει ο δέκτης. Τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται σε **ενσύρματα** και **ασύρματα**. Τα ενσύρματα σχηματίζονται από μεταλλικούς αγωγούς, ενώ στα ασύρματα το μέσο μετάδοσης είναι ο ελεύθερος χώρος μεταξύ πομπού και δέκτη. Στα ενσύρματα μέσα μετάδοσης συμπεριλαμβάνονται τα **χάλκινα**, τα **ομοαξονικά καλώδια** και οι **οπτικές ίνες** και στα ασύρματα οι **επίγειες** και **δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις**. Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη της τεχνολογίας, χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων και τα συστήματα **κυψελωειδούς τηλεφωνίας**.

Ενσύρματα μέσα μετάδοσης

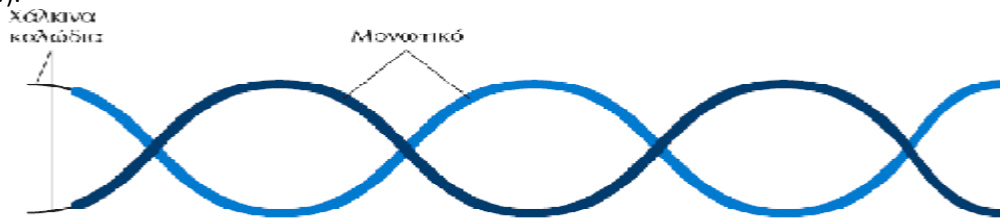
Δισύρματο Χάλκινο Καλώδιο

Το παλαιότερο μέσο για μετάδοση πληροφορίας: Απλά χάλκινα καλώδια στηριγμένα σε μονωτήρες πορσελάνης πάνω σε ξύλινους στύλους. Οι γραμμές των πρώτων τηλεφώνων.



Χάλκινο Καλώδιο Συνεστραμμένο

- Καλώδιο από συμπαγές χάλκινο σύρμα, είτε από νήματα χάλκινου σύρματος, τοποθετημένα σε πλαστικό περίβλημα (μόνωση).
- Πλέξιμο των ζευγών με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγνωρίζεται σε ποιο καλώδιο ανήκει το ζευγάρι και όχι για να αντιμετωπιστούν προβλήματα μετάδοσης.
- Χιλιάδες χιλιόμετρα καλωδίων, σχεδιασμένα να λειτουργούν ως κατωδιαβατά φίλτρα (για μετάδοση φωνής και όχι δεδομένων).



Εικόνα 27: Χάλκινα καλώδια.

Ομοαξονικό Καλώδιο

- Στον εσωτερικό αγωγό μεταφέρεται το σήμα με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα απλά χάλκινα καλώδια.
- Χρήση στην καλωδιακή τηλεόραση / υπεραστικές συνδέσεις τηλεφώνου.

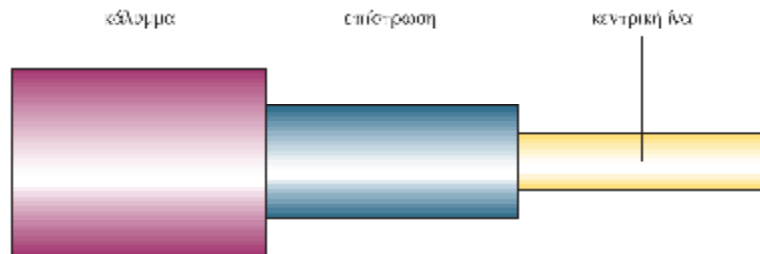


Εικόνα 28: Ομοαξονικό καλώδιο.

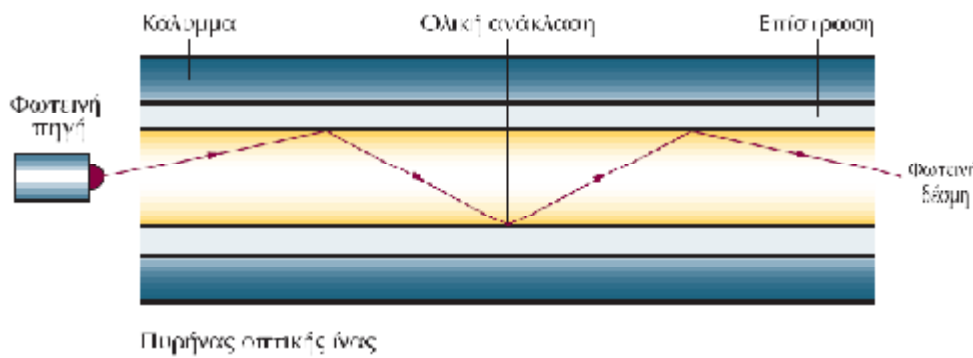
Καλώδιο Οπτικών Ινών

- Οι οπτικές ίνες μεταφέρουν με πολύ υψηλή ταχύτητα δεδομένα.
- Χρησιμοποιούνται από τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς για επίγειες και υποθαλάσσιες συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων.

- Υπάρχουν καλώδια οπτικών ινών που συνδέουν ηπείρους όπως το καλωδιακό σύστημα SEA-ME-WE 3 (South East Asia – Middle East – West Europe). Ξεκινά από δυτική Ευρώπη (Γερμανία-Αγγλία), περνά από το Γιβραλτάρ στη Μεσόγειο (Ιταλία, Ελλάδα και Κύπρο) και συνεχίζει μέσω του Σουέζ για Ασία (Ινδία, Σιγκαπούρη) και στο τέλος χωρίζεται στα δύο καταλήγοντας στην Ιαπωνία και Αυστραλία!
- Μέσα στην οπτική ίνα μεταφέρονται παλμοί φωτός (όπου κωδικοποιούνται τα bits 0 ή 1) και πετυχαίνουμε πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφοράς από ότι τα χάλκινα καλώδια ή τα ομοαξονικά.
- Η μετάδοση του φωτός μέσα στην ίνα γίνεται με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματά της. Οι ανακλάσεις είναι ολικές, έτσι η ενέργεια της φωτεινής δέσμης παραμένει εγκλωβισμένη μέσα στην οπτική ίνα.



Εικόνα 29: Καλώδιο οπτικών ινών.



Εικόνα 30: Λειτουργία οπτικής ίνας.

Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης

- Ø **Βασικό πλεονέκτημα:** δεν χρειάζεται φυσική/υλική σύνδεση πομπού και δέκτη αφού ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται ο ελεύθερος χώρος.
- Ø **Μειονεκτήματα:** Οι πομποί χρειάζονται μεγάλη ισχύ για να μεταδοθεί το σήμα, ευαισθησία στο θόρυβο, χαμηλός βαθμός ασφάλειας.
- Ø **Περιορισμοί:** Οι διαθέσιμες συχνότητες είναι περιορισμένες, έτσι το φάσμα των συχνοτήτων θεωρείται σπάνιος εθνικός πόρος και για να γίνει εκπομπή θα πρέπει να ανατεθεί από την αρμόδια αρχή της κάθε χώρας.

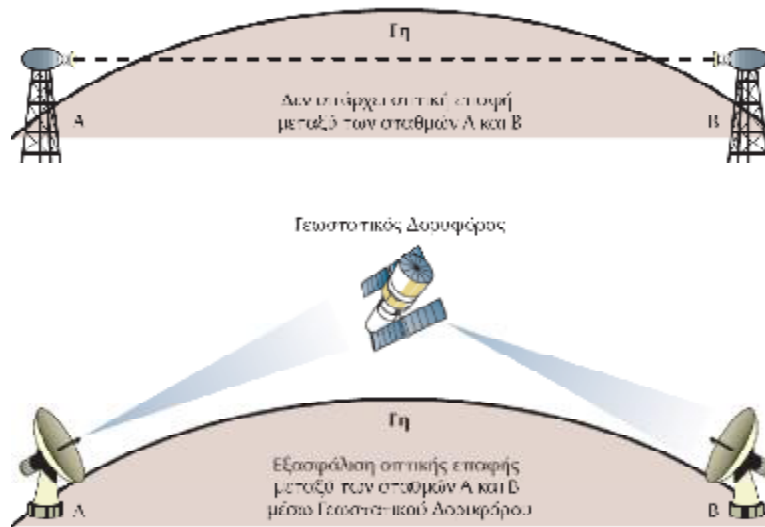
Επίγειες Μικροκυματικές Ζεύξεις

- Μετάδοση με κατευθυντική μετάδοση μικροκυμάτων.
- Οπτική επαφή πομπού και δέκτη με παραβολικά πιάτα.
- Απαιτούνται σταθμοί αναμετάδοσης κάθε 40-50 χιλιόμετρα.
- Μετάδοση κυρίως τηλεοπτικών σημάτων και φωνής.

Επίγειες - Δορυφορικές Μικροκυματικές Ζεύξεις

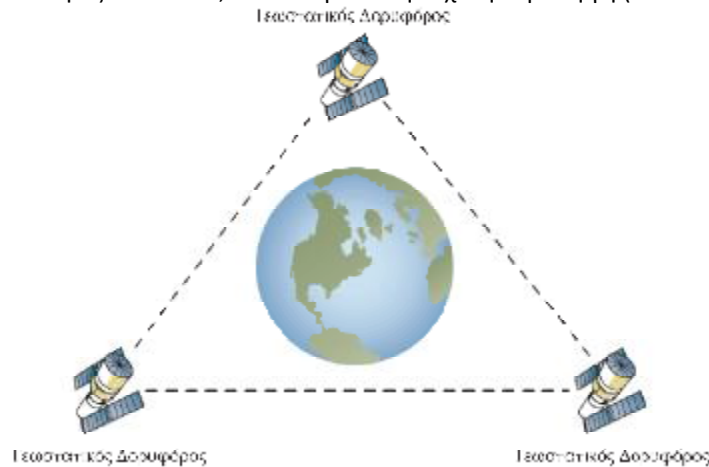


Εικόνα 30: Γεωστατικός δορυφόρος



Εικόνα 31: Καμπυλότητα γης.

- Χρήση σταθμών αναμετάδοσης (δορυφόρους) για αναμετάδοση σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ανοδικές ζεύξεις (uplink) / Καθοδικές Ζεύξεις (downlink).
- Πρώτες δορυφορικές επικοινωνίες (1958): Λόγω μειωμένης ισχύος των πυραύλων, τίθονταν σε τροχιά σε ύψος όχι μεγαλύτερο από 10 χιλιόμετρα \hat{a} κινούνταν με ταχύτητα περιστροφής μεγαλύτερη από την γη έτσι δεν βρισκόντουσαν πάντα στο ίδιο σημείο \hat{a} οι γήινοι σταθμοί έπρεπε να περιστρέφονται συνεχώς για να παρακολουθούν τους δορυφόρους.
- Γεωστατικοί δορυφόροι: σε ύψος 35.880km, και ίδια γωνιακή ταχύτητα με τη γη (11.040 χλμ/ώρα).



Εικόνα 32: Κάλυψη γεωστατικών δορυφόρων

Κυψελοειδής Τηλεφωνία

- Κινητή ραδιοτηλεφωνία (π.χ. Ασύρματοι αστυνομίας, πυροσβεστικής) εξελίχθηκε στα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα.
- Το πρώτο εμπορικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας (1946): μια κεντρική κεραία εξυπηρετούσε του συνδρομητές μέσω των διαθέσιμων καναλιών. Όσο μεγάλωνε ο αριθμός των συνδρομητών παρουσιάστηκαν προβλήματα γιατί τα διαθέσιμα κανάλια ήταν περιορισμένα \hat{a} λύση η κυψελοειδής τηλεφωνία \hat{a} οι περιοχές διαιρούνται σε περιοχές / κυψέλες με μια μικρή κεραία ανά περιοχή. Κεντρικός Η/Υ παρατηρεί όταν ένας συνδρομητής κινείται και αλλάζει κεραία.

Επιλογή Μέσου Μετάδοσης

Στόχος σε κάθε τηλεπικοινωνιακή ζεύξη είναι η μετάδοση της πληροφορίας με τις λιγότερες δυνατές αλλοιώσεις και το χαμηλότερο κόστος. Κριτήρια επιλογής μέσου μετάδοσης:

- è Εύρος ζώνης συχνοτήτων
- è Μέγιστο μήκος μέσου μετάδοσης
- è Ευαισθησία στο θόρυβο
- è Ευκολία χρήσης
- è Ασφάλεια

Εύρος ζώνης συχνότητας

- § Κάθε μέσο μετάδοσης επιτρέπει σε ορισμένη περιοχή συχνοτήτων (ζώνη συχνοτήτων) την μετάδοση του σήματος χωρίς παραμόρφωση.
- § Από την ζώνη συχνοτήτων εξαρτάται ο ρυθμός μετάδοσης (ταχύτητας) και επομένως ο όγκος της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρεται.

Μέγιστο μήκος μέσου μετάδοσης

- § Προσδιορίζει την μέγιστη απόσταση που μπορεί να μεταφερθεί η πληροφορία χωρίς να γίνει χρήση αναμεταδοτών ή άλλων ενεργειών που ενισχύουν το σήμα.
- § Το σήμα εξασθενείται (π.χ. Θερμικές απώλειες σε ένα χάλκινο καλώδιο) στο μέσο μετάδοσης.

Θόρυβος – Ευκολία Χρήσης - Ασφάλεια

- § Ένα ασύρματο μέσο μετάδοσης έχει ευκολία στην χρήση αλλά μειονεκτεί στην ασφάλεια (υποκλοπή σήματος) και στην επίδραση θορύβου.
- § Μια οπτική ίνα υπερτερεί στην ταχύτητα και στην απόσταση που μπορεί να διανύσει το σήμα χωρίς να χρειαστεί αναμεταδότης-ενίσχυση αλλά είναι πιο δύσκολη στην εγκατάσταση (ευκολία χρήσης).
- § Σε ένα χάλκινο καλώδιο (εύκολο στην χρήση και διαδεδομένο) για να γίνει γρήγορη μετάδοση θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι υψηλές συχνότητες οι οποίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στον θόρυβο και χρειάζονται συνεχώς αναμεταδότες.

Μέσο Μετάδοσης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χάλκινο Καλώδιο	<ol style="list-style-type: none"> 1) Εύκολο στη χρήση και εγκατάσταση 2) Μειωμένο κόστος 3) Ευρέως διαδεδομένο 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ευαισθησία στο θόρυβο 2) Μικρότερη χωρητικότητα από το ομοαξονικό καλώδιο
Ομοαξονικό Καλώδιο	<ol style="list-style-type: none"> 1) Μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα χάλκινα καλώδια 2) Μικρότερη ευαισθησία στις παρεμβολές από τα χάλκινα καλώδια 3) Μεγαλύτερη ασφάλεια από τα χάλκινα καλώδια 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Υψηλοί ρυθμοί εξασθένησης το καθιστούν ακριβό για μεγάλες αποστάσεις 2) Περισσότερο ογκώδες και πιο ακριβό από το χάλκινο καλώδιο 3) Μηχανική δυσκαμψία και δυσκολία συνδέσεων
Οπτική Ίνα	<ol style="list-style-type: none"> 1) Μεγαλύτερη χωρητικότητα της τάξης των Gbps 2) Με νέες τεχνικές πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος επιτυγχάνονται ταχύτητες της τάξης των Tbps 3) Μικρό μέγεθος και βάρος 4) Χαμηλή εξασθένηση 5) Απρόσβλητη σε περιβαλλοντικές παρεμβολές 6) Υψηλή ασφάλεια – δυσκολία στις υποκλοπές 7) Μεγάλες εγκαταστάσεις μειώνουν το κόστος 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Δυσκολία στη σύνδεση, με συνέπεια την ανάγκη ύπαρξης επιδέξιων εγκαταστατών 2) Δυσκολία διασύνδεσης πολλών χρηστών πάνω σε ένα καλώδιο 3) Ακριβές για μικρές αποστάσεις
Επίγειες – Δορυφορικές Μικροκυματικές Ζεύξεις	<ol style="list-style-type: none"> 1) Δε χρειάζεται καλωδίωση 2) Μεγάλη χωρητικότητα 3) Μετάδοση πολλαπλών καναλιών 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Απαιτείται οπτική επαφή 2) Ακριβοί πύργοι και αναμεταδότες 3) Παρεμβολές από διερχόμενα αεροπλάνα και βροχή 4) Μικρή ασφάλεια, εύκολη υποκλοπή
Δορυφορικές Μικροκυματικές Ζεύξεις	<ol style="list-style-type: none"> 1) Καλύπτουν μεγάλη γεωγραφική περιοχή 2) Προσφέρουν μεγάλη χωρητικότητα της τάξης των 45 Mbps, η οποία όμως συγκρινόμενη με τη χωρητικότητα των οπτικών ινών είναι μικρή 3) Είναι ανεξάρτητες από την απόσταση των σημείων που θέλουμε να διασυνδέσουμε 4) Είναι φθηνές για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων, αφού είναι ανεξάρτητες της απόστασης 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Μεγάλο αρχικό κόστος 2) Ευαισθησία στο θόρυβο και παρεμβολές 3) Καθυστερήση μετάδοσης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σημαντικές καθυστερήσεις στις επικοινωνίες υπολογιστών 4) Χαμηλή ασφάλεια

