

Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ

Σ.Δ.Ο

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΔΙΚΤΥΑ Η/Υ. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ (SWITCHING TECHNOLOGY)

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Τρουλλινός Σταύρος Α.Μ: 541
- Κουτρούλος Επαμεινώνδας Α.Μ: 429
- Ρέκκας Αριστείδης Α.Μ: 439

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δαρσινός Βασίλειος

Πάτρα 10/05/2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΔΙΚΤΥΑ Η/Υ	5
1. Στοιχεία Μετάδοσης	5
1.1 Κώδικες	5
1.2 Μορφές Μετάδοσης	5
1.3 Συγχρονισμός	7
1.4 Τρόποι Επικοινωνίας	9
1.5 Τρόποι Σύνδεσης	10
1.6 Ταχύτητα (Ρυθμός Μετάδοσης)	13
1.7 Αναγνώριση & Διόρθωση Σφαλμάτων	14
2. Μέσα Μετάδοσης	16
2.1 Περιγραφή των Μέσων	16
2.2 Ασύρματες Ζεύξεις	21
3. Τεχνικές Μετάδοσης	23
4. Αρχιτεκτονική Δικτύων	27
4.1 Γεωγραφική Διαίρεση Δικτύων	27
4.2 Τοπολογίες Διαίρεσης Δικτύων LAN	29
4.3 Τοπολογίες Διαίρεσης Δικτύων WAN	30
ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ	32
1. Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switching)	32
1.1 Μεταγωγή Διαίρεσης Χώρου	36
1.2 Μεταγωγή Διαίρεσης Χρόνου	39
1.3 Δρομολόγηση σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος	43
2. Δίκτυα μεταγωγής πακέτου (Packet Switching)	47
2.1 Μέθοδος Datagram	49
2.2 Μέθοδος Virtual Circuit	49
2.3 Στρατηγικές Δρομολόγησης	52
2.4 Μέθοδοι Δρομολόγησης	55
3. Σύγκριση των δυο δικτύων και μεθόδων	57

4. Δίκτυα Μεταγωγής WAN	60
4.1 E1/T1	62
4.2 ADSL	64
4.3 ISDN	70
5. Δίκτυα Μεταγωγής LAN	72
5.1 Token Passing	73
5.2 CSMA/CD	74
5.3 Τοπολογίες LAN	75
6. Πρωτόκολλα Δικτύων Μεταγωγής	77
6.1 PPP	77
6.2 HDLC	82
6.3 Frame Relay	84
6.4 X.25	91
6.5 ATM	92
7. Τομείς Εφαρμογής Δικτύων Μεταγωγής	93
8. Παρουσίαση Υλικού	97
9. Μελλοντικές Τάσεις και Τρέχουσα Έρευνα	99
ΕΦΑΡΜΟΓΗ BOSON NETSIM	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	115

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι νέες τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας αλλάζουν ραγδαία το τρόπο εργασίας, διασκέδασης, επικοινωνίας και συναλλαγής και οδηγούν στην κοινωνία της Πληροφορίας. Τα δίκτυα επικοινωνίας αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την κοινωνία της Πληροφορίας.

Η ανάγκη των ανθρώπων να επικοινωνούν ξεκινά εδώ και πάρα πολλά χρόνια, αρχικά με τη χρήση σημάτων καπνού, αργότερα με τη χρήση της τηλεγραφίας, με τη χρήση της τηλεφωνίας τον 20ο αιώνα και πλέον με την χρήση των δικτύων υπολογιστών.

Η χρήση των δικτύων υπολογιστών στις διάφορες μορφές της ανθρώπινης δραστηριότητας, είτε πρόκειται για τη διασκέδαση, για την εργασία, είτε για την επικοινωνία, έχει επιφέρει σημαντικές εξελίξεις στον τρόπο χρήσης του υπολογιστικού εξοπλισμού. Επιπλέον, έχει οδηγήσει στην εμφάνιση νέων υπηρεσιών, οι οποίες ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν με άλλο τρόπο.

Μάλιστα, σε συνδυασμό με τη συνεχή μείωση του κόστους των υπολογιστών και την επίσης συνεχή αύξηση των δυνατοτήτων τους, η τεχνολογία των δικτύων υπολογιστών έχει οδηγηθεί σε αλματώδη ανάπτυξη.

Τα σύγχρονα δίκτυα υπολογιστών χρησιμοποιούνται σε όλους τους τομείς της καθημερινότητας μας. Βρίσκουν εφαρμογή στην ιατρική, στο εμπόριο, στις χρηματοοικονομικές συναλλαγές, στην ψυχαγωγία, σε υπηρεσίες του δημόσιου τομέα και σε ακόμα πολλές δραστηριότητες.

Στην ανάπτυξη και λειτουργία των δικτύων υπολογιστών βασικότατο ρόλο διαγράφει η τεχνολογία των δικτύων μεταγωγής.

Η μεταγωγή είναι η διαδικασία η οποία εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα θα φτάσουν στον σωστό προορισμό τους.

Οι μέθοδοι μεταγωγής που υπάρχουν είναι δύο. Η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε είναι η διαμεταγωγή κυκλώματος. Το χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι ότι εξασφαλίζεται ένα πλήρες φυσικό κύκλωμα για την επικοινωνία δύο οποιονδήποτε συστημάτων. Αυτό το κύκλωμα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κανέναν άλλον, ακόμα και όταν δεν πραγματοποιείται κάποια ανταλλαγή μηνυμάτων.

Βέβαια, στα πιο σύγχρονα συστήματα, αυτό που εξασφαλίζεται δεν είναι ένα φυσικό αλλά ένα νοητό κύκλωμα, virtual circuit, όπως λέγεται. Αυτό σημαίνει, ότι σε σταθερά χρονικά διαστήματα, το υπάρχον φυσικό κύκλωμα θα διατίθεται οπωσδήποτε για την επικοινωνία των δύο συστημάτων. Αντίθετα με το φυσικό, το νοητό κύκλωμα μοιράζεται και με άλλους χρήστες, οπότε στην ουσία αυτό που εξασφαλίζεται είναι ένα σταθερό bit rate για την επικοινωνία. Αυτό είναι και το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου. Μειονεκτεί όμως στο βαθμό χρησιμοποίησης του συστήματος, γιατί το νοητό κύκλωμα παραμένει δεσμευμένο ακόμα και όταν τα συστήματα που επικοινωνούν δεν το εκμεταλλεύονται πλήρως.

Ο βασικός σκοπός για τον οποίο αναπτύχθηκαν τα δίκτυα μεταγωγής, ήταν ο χειρισμός και η μετάδοση φωνής. Σήμερα όμως χρησιμοποιούνται και για την μετάδοση δεδομένων, αν και κάποιες φορές είναι αναποτελεσματική η προσπάθεια.

Ένα παράδειγμα δικτύου μεταγωγής αποτελεί το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο. Η αρχική του σχεδίαση ήταν να εξυπηρετήσει τα αναλογικά τηλέφωνα, στην πραγματικότητα όμως χειρίζεται και κίνηση δεδομένων μέσω modem και βαθμιαία μετατρέπεται σε ψηφιακό δίκτυο. Ακόμα, γνωστή είναι η εφαρμογή μεταγωγής του ιδιωτικού τηλεφωνικού κέντρου (private branch exchange-PBX), που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση τηλεφώνων μέσα σε ένα κτήριο ή σε ένα γραφείο.

Αρκετές σημαντικές πλευρές των δικτύων μεταγωγής έχουν αλλάξει δραματικά, έχοντας ως επακόλουθο της αυξανόμενη πολυπλοκότητα και ψηφιοποίηση των δημόσιων τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Απλά ιεραρχικά σχήματα δρομολόγησης έχουν αντικατασταθεί από πιο λειτουργικά και πιο ισχυρά μη ιεραρχικά σχήματα. Αυτό αντανακλά μια αντίστοιχη αλλαγή στην υποκείμενη αρχιτεκτονική, η οποία οδηγεί σε αυξανόμενη αποτελεσματικότητα και προσαρμοστικότητα.

Απλές μέθοδοι ελέγχου σήματος μεμονωμένου καναλιού έχουν αντικατασταθεί από πιο πολύπλοκες και υψηλότερων ταχυτήτων σηματοδοσίες κοινού καναλιού.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν, θα παρουσιαστούν οι βασικές έννοιες των τεχνολογιών μετάδοσης δεδομένων των δικτύων υπολογιστών, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δικτύων μεταγωγής και οι διάφοροι τύποι αυτών. Επίσης, θα αναφερθούν οι τομείς εφαρμογής και παρουσίαση του υλικού που είναι διαθέσιμο στην αγορά για την ανάπτυξη των δικτύων αυτών. Στην συνέχεια θα γίνει παρουσίαση της εφαρμογής Boson Netsim 6 της Cisco και τέλος θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα της εργασίας.

ΔΙΚΤΥΑ Η/Υ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

1. Στοιχεία Μετάδοσης

1.1 Κώδικες

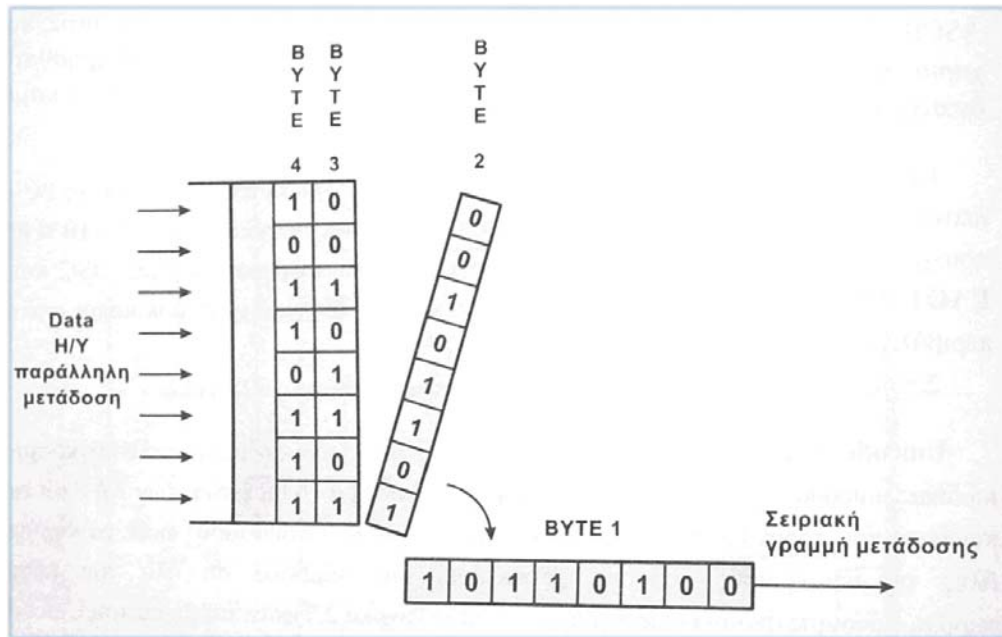
Οι πληροφορίες τις οποίες οι Η/Υ αποθηκεύουν, επεξεργάζονται και μεταδίδουν, αποτελούνται από γράμματα του αλφαβήτου, αριθμούς, σημεία στίξης και άλλους χαρακτήρες σύμβολα. Για τις παραπάνω εργασίες οι Η/Υ χρησιμοποιούν το δυαδικό σύστημα αρίθμησης. Έχουν δηλαδή την δυνατότητα να χειρίζονται μόνο τα δυαδικά ψηφία 0 και 1, ψηφία που ονομάζονται bit.

Υπάρχουν σήμερα σε χρήση αρκετοί κώδικες όπως ο **ASCII**, ο **EBCDIC**, ο **ΕΛΟΤ 928**, ο **UNICODE** κλπ.

1.2 Μορφές Μετάδοσης

Σειριακή μετάδοση

Ο δημοφιλέστερος τρόπος σύνδεσης μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων είναι αυτός που χρησιμοποιεί την σειριακή μετάδοση. Κατά αυτήν τα bit κωδικοποιημένων χαρακτήρων αποστέλλονται το ένα κατόπιν του άλλου μέσα σε ένα απλό φυσικό κανάλι. Η σειριακή μετάδοση χρησιμοποιείται κατά αποκλειστικότητα στις συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων μέσω modem, όπου περιοριζόμαστε να χρησιμοποιούμε ένα μόνο φυσικό κανάλι μετάδοσης.

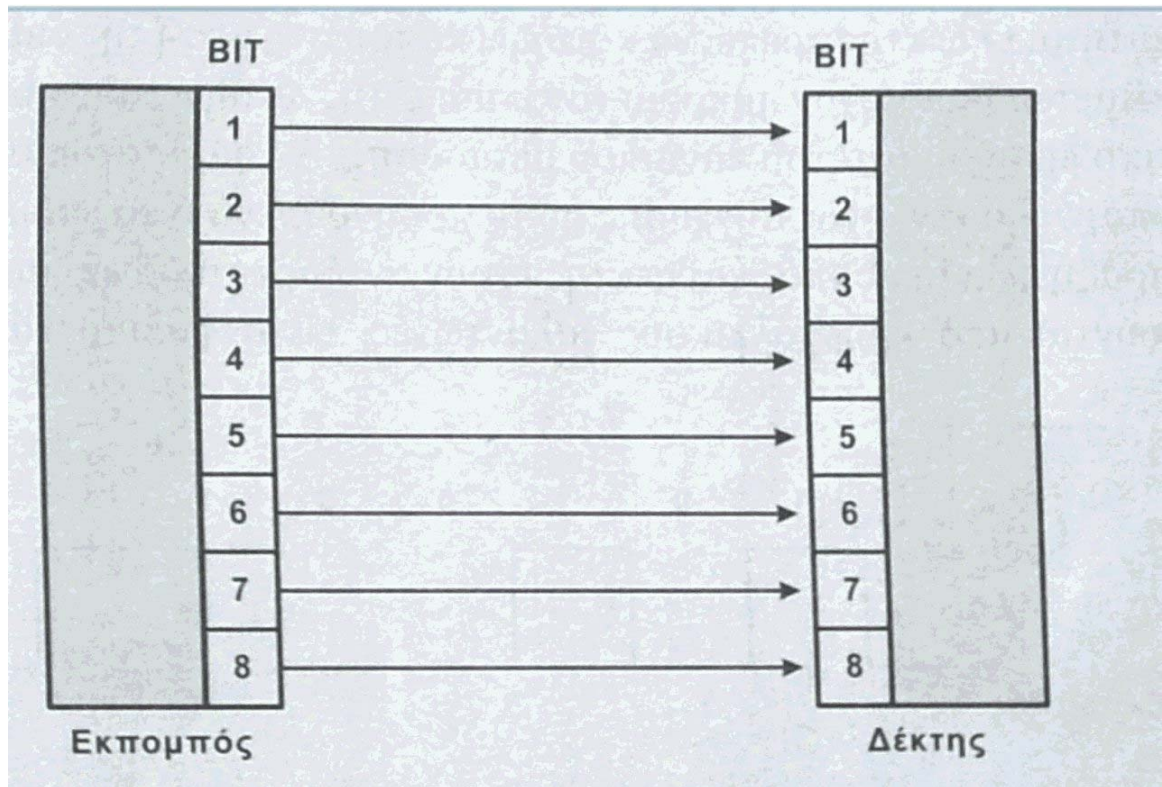


Σχήμα. Σειριακής Μετάδοσης

Παράλληλη μετάδοση

Σε αντίθεση με την σειριακή μετάδοση όπου τα bit του ενός χαρακτήρα αποστέλλονται το ένα κατόπιν του άλλου μέσα από το κοινό κανάλι, στην παράλληλη όλα τα bit του χαρακτήρα αποστέλλονται ταυτόχρονα, πράγμα που επιτυγχάνεται με την χρήση πολλών καναλιών μετάδοσης, τουλάχιστον τόσα όσα το πλήθος των bit που απαρτίζουν τον χαρακτήρα. Κλασικό παράδειγμα παράλληλης επικοινωνίας είναι η σύνδεση των εκτυπωτών.

Λόγω του ότι τα 8 bit του χαρακτήρα ταξιδεύουν μαζί, η μετάδοση καλείται παράλληλη. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό η παράλληλη μετάδοση είναι ταχύτερη της σειριακής αφού μεταδίδει πολλά bit ταυτόχρονα.



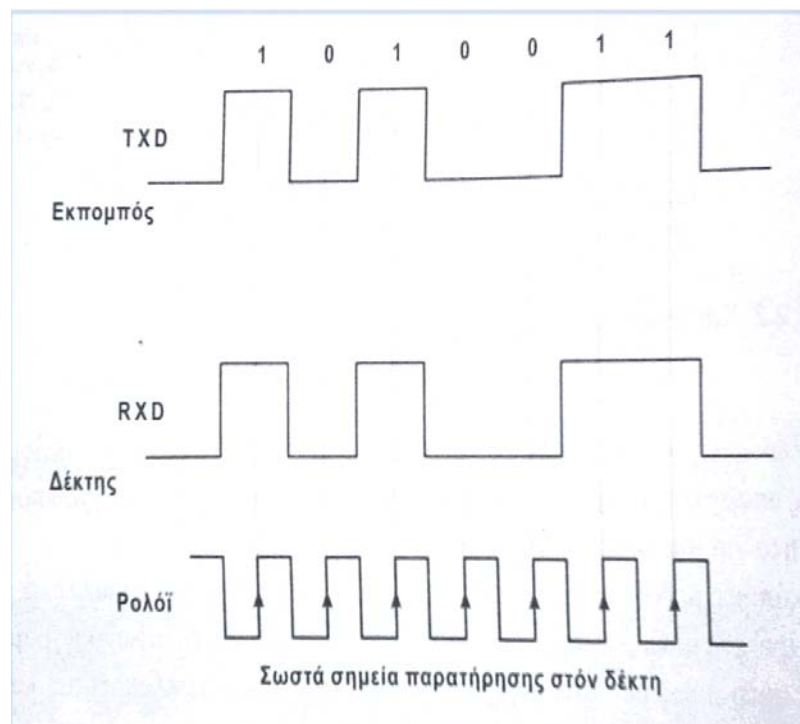
Σχήμα. Παράλληλης Μετάδοσης

1.3 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Ο συγχρονισμός μεταξύ πομπού και δέκτη σε μια γραμμή επικοινωνίας είναι απαραίτητη

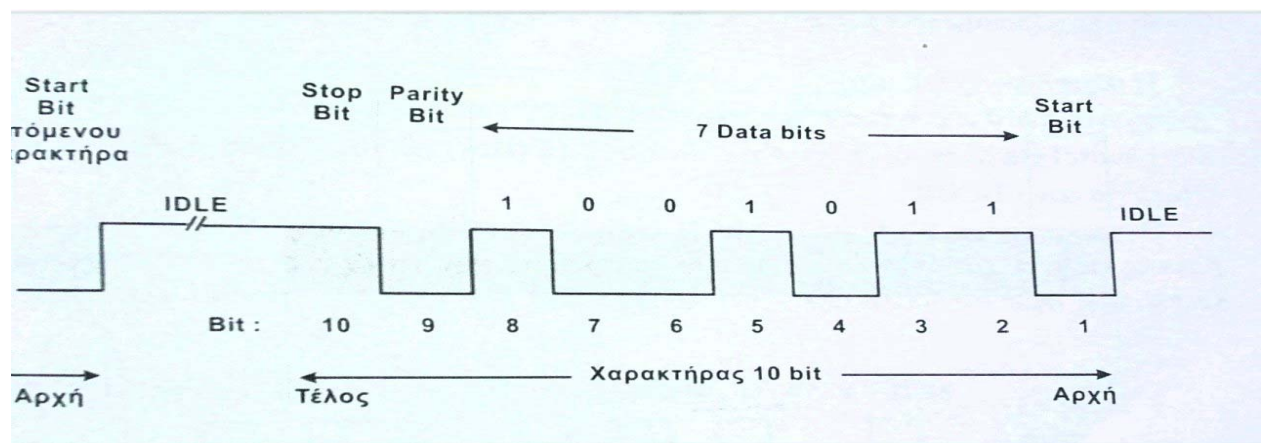
προϋπόθεση για την μετάδοση δεδομένων.

Ο δέκτης ενός μηνύματος data πρέπει να γνωρίζει τον ρυθμό (ταχύτητα) και τις σωστές χρονικές στιγμές άφιξης των bit. Στόχος είναι, ο ρυθμός δειγματοληψίας του δέκτη να ταυτίζεται με τον ρυθμό μετάδοσης των bit, ώστε να μην χάσει ή να μην πάρει κάποιο bit δύο φορές.



Ασύγχρονη μετάδοση

Η ασύγχρονη μετάδοση χαρακτηρίζεται από την αποστολή δεδομένων υπό μορφή χαρακτήρων. Οι χαρακτήρες μεταδίδονται ένας-ένας με κάποιο χρονικό διάστημα διαχωρισμού μεταξύ τους, που ο δέκτης εκμεταλλεύεται για να τους διακρίνει. Πριν από κάθε χαρακτήρα υπάρχει ένα χαρακτηριστικό start bit που έχει τιμή 0 και χρησιμοποιείται να ειδοποιήσει τον δέκτη ότι ακολουθούν τα υπόλοιπα data bit που απαρτίζουν τον χαρακτήρα. Προτού φτάσει το start bit η γραμμή διατηρείται μόνιμα σε λογική τιμή 1 (idle). Το start bit χρησιμοποιείται για να ενεργοποιήσει τα κυκλώματα χρονισμού του δέκτη, ώστε να ξεκινήσει να διαβάζει τα data bit του χαρακτήρα που φτάνουν στην συνέχεια. Ακολούθως με ρυθμό που εξαρτάται από την ταχύτητα επικοινωνίας ο δέκτης διαβάζει ένα-ένα τα data bit που ακολουθούν μέχρι να ολοκληρωθεί ο χαρακτήρας.

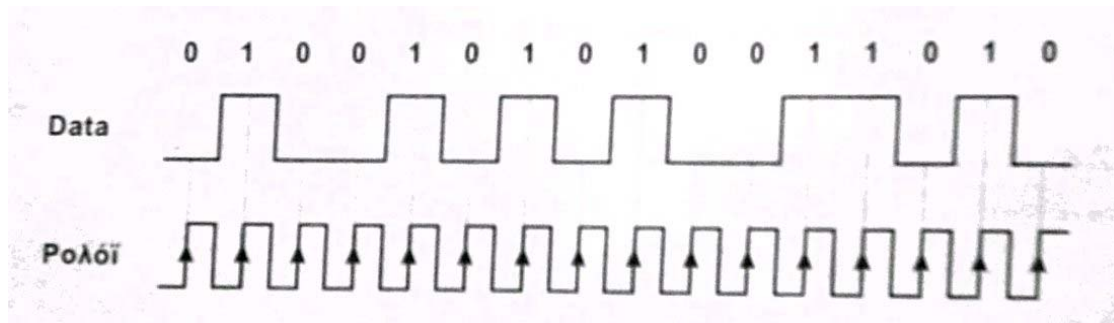


Σχήμα. Ασύγχρονη Μετάδοση

Σύγχρονη μετάδοση

Σε αντίθεση με την ασύγχρονη μετάδοση οι χαρακτήρες εδώ δεν μεταδίδονται ανεξάρτητα ο καθένας. Το σημαντικό χαρακτηριστικό στο οποίο οφείλεται και το όνομα της σύγχρονης μετάδοσης, είναι ένα σήμα χρονισμού που συνοδεύεται από data το οποίο στο εξής θα καλούμε ρολόι (clock). Το ρολόι αυτό είναι μια τετραγωνική κυματομορφή που έχει συχνότητα ίση με το ρυθμό μετάδοσης. Υπάρχει ένα ανεξάρτητο σήμα χρονισμού για τα δεδομένα εκπομπής και ένα άλλο για τα δεδομένα λήψης.

Στην σύγχρονη μετάδοση δεν υπάρχει κενός (idle) χρόνος μεταξύ του τελευταίου bit ενός χαρακτήρα και του πρώτου bit του επόμενου. Εκτός από τον απαραίτητο συγχρονισμό για την σωστή αναγνώριση των bit κατά την μετάδοσή τους από το φυσικό κανάλι, υπάρχει επιπλέον και η ανάγκη ενός άλλου συγχρονισμού, που είναι για τον διαχωρισμό των χαρακτήρων μεταξύ τους



1.4 Τρόποι Επικοινωνίας

Ένα φυσικό μέσο μετάδοσης έχει την δυνατότητα να μεταφέρει πληροφορία προς την μία ή την άλλη κατεύθυνση ή και προς τις δύο μαζί.

Simplex (Μονής κατεύθυνσης)

Είναι ο τρόπος εκείνος καταυτόν οποίο οι πληροφορίες κινούνται μόνιμα προς μία κατεύθυνση, όπου η μία πλευρά του καναλιού μετάδοσης συνεχώς εκπέμπει και η άλλη συνεχώς λαμβάνει. Παραδείγματα simplex επικοινωνίας είναι η αποστολή data από Η/Υ σε εκτυπωτή, η λήψη ενδείξεων σε περιβάλλον βιομηχανικού αυτοματισμού, οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές κλπ

Half Duplex (Αμφίδρομη, μη ταυτόχρονη)

Κατά αυτήν την επικοινωνία μπορεί να διεξάγεται είτε προς την μία κατεύθυνση είτε προς την άλλη, αλλά όχι ταυτόχρονα. Η ροή των δεδομένων στο κανάλι επικοινωνίας αλλάζει κατεύθυνση ανάλογα με το ποιος είναι κάθε φορά ο πομπός και ο δέκτης..

Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου απαιτείται να γίνεται εναλλαγή της πληροφορίας. Στις επικοινωνίες με modem, η half duplex επικοινωνία επιτυγχάνεται με δισύρματες αλλά και με τετρασύρματες γραμμές. Πρέπει να σημειωθεί ότι η half duplex είναι ευρύτατα διαδομένη στο χώρο των data communication.

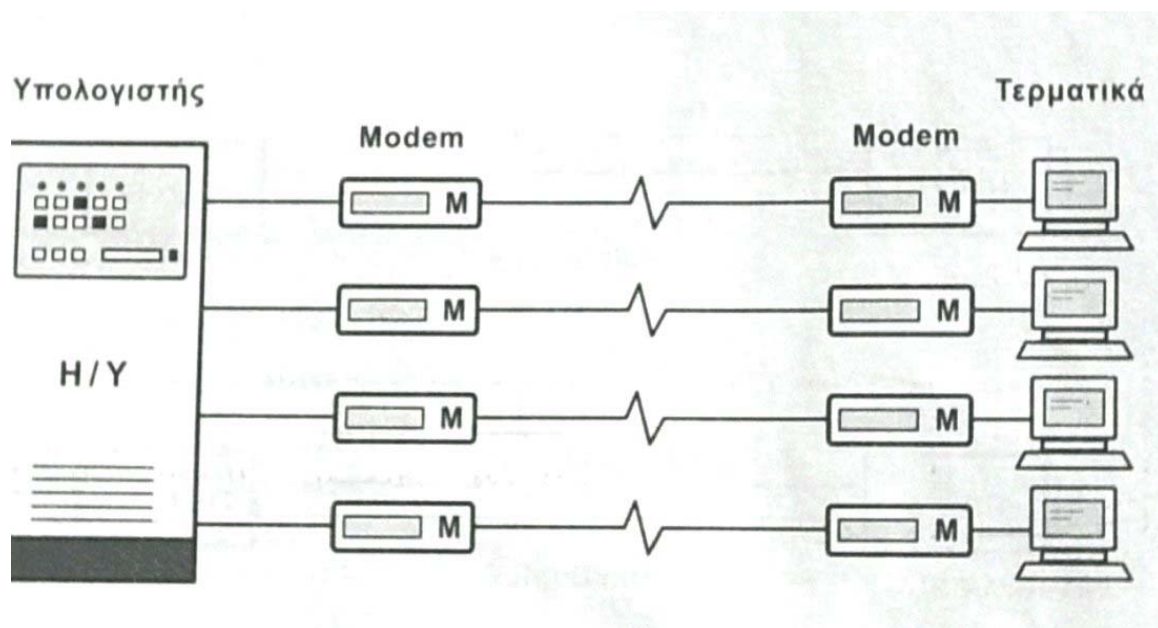
Full Duplex (Ταυτόχρονα, αμφίδρομη

Στη μορφή αυτής της επικοινωνίας τα data μεταδίδονται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις, εργάζονται δηλαδή ταυτόχρονα οι πομποί και οι δέκτες των δύο ανταποκριτών.

1.5 Τρόποι Σύνδεσης

Point to point

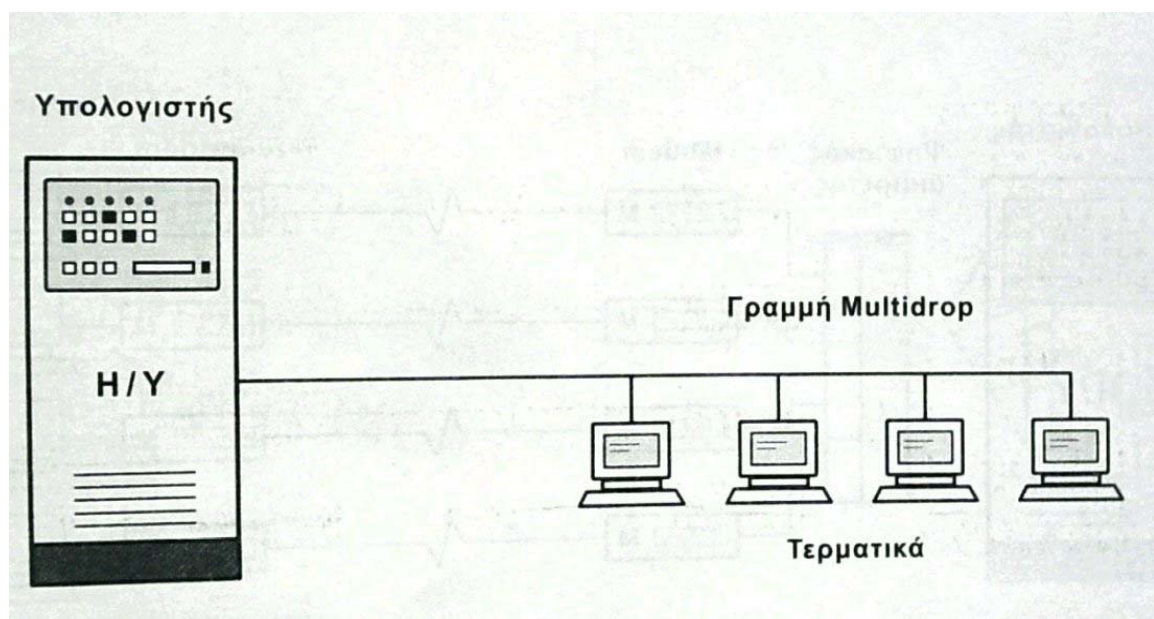
Είναι η απλούστερη σύνδεση μεταξύ δύο τερματικών / υπολογιστικών σημείων και επιτυγχάνεται με απευθείας σύνδεση. Στην περίπτωση αυτή μία πόρτα εισόδου / εξόδου (I/O Port) ενός και μόνο τερματικού (ή υπολογιστή) είναι συνδεδεμένη είτε μόνιμα με αφιερωμένη γραμμή, είτε παροδικά μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου, με μία αντίστοιχη πόρτα εισόδου / εξόδου ενός άλλου υπολογιστή (ή τερματικού). Είναι σαφώς η αποδοτικότερη σύνδεση αν εξαιρέσουμε βέβαια τον παράγοντα κόστος.



Σχήμα. Point to point συνδέσεις

Multipoint

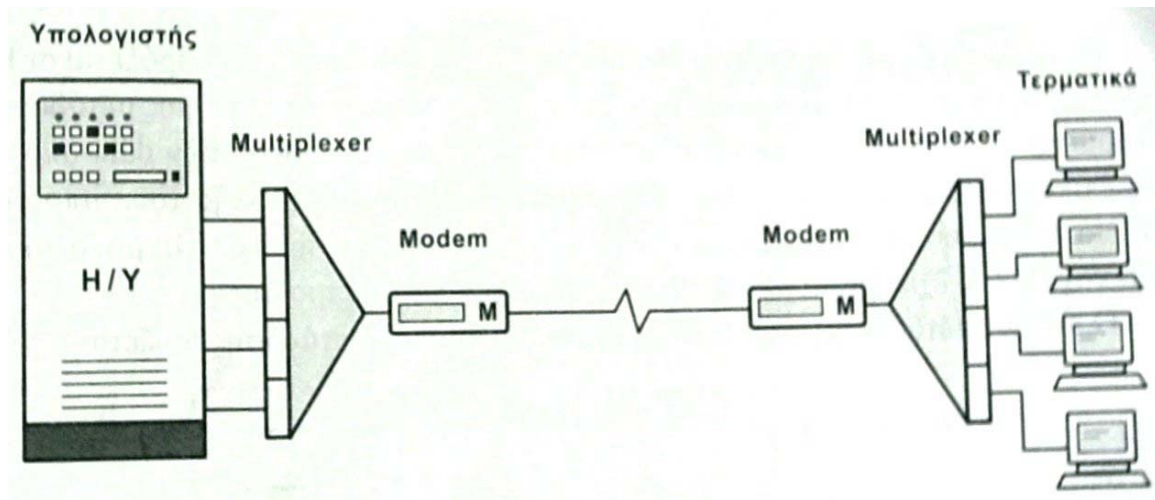
Η τεχνική multipoint είναι όπου ένα σημείο συνδέεται με πολλά. Αν έχουμε αρκετά τερματικά τα οποία πρέπει να συνδεθούν με έναν Η/Υ, σύμφωνα με τον προηγούμενο τρόπο θα διαθέταμε πολλαπλές point to point συνδέσεις. Επειδή η μέθοδος αυτή προϋποθέτει πρόσθετη επένδυση σε πόρτες εισόδου / εξόδου, σε modem και σε τηλεφωνικές γραμμές χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της multipoint σύνδεσης, όπου σε μία πόρτα υπολογιστή συνδέονται περισσότερα του ενός τερματικά ή Η/Υ.



Σχήμα. Σύνδεση Multipoint

Πολύπλεξη (Multiplexing)

Με την βοήθεια της πολύπλεξης έχουμε την δυνατότητα να περιορίσουμε πολλές τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις σε μία, συμπύσσοντας τα διαφορετικά σήματα σε μία γραμμή. Η πολύπλεξη μας επιτρέπει επίσης την συγκέντρωση γραμμών επικοινωνίας με διαφορετικά πρωτόκολλα και τρόπους μετάδοσης (π.χ. σύγχρονο, ασύγχρονο).



Γνωστοί τύποι πολυπλεξίας είναι:

- Πολύπλεξη Χρόνου – TDM (Time Division Multiplexing)
- Πολύπλεξη Συχνότητας – FDM (Frequency Division Multiplexing)
- Πολύπλεξη Κώδικα – CDM (Code Division Multiplexing)
- Πολύπλεξη Μήκος Κύματος – WDM (Wavelength Division Multiplexing)

Στην πολύπλεξη χρόνου το κανάλι μετάδοσης διαιρείται σε χρονοθυρίδες που μοιράζονται στους χρήστες. Στην πολύπλεξη συχνότητας το εύρος ζώνης του καναλιού μετάδοσης διαιρείται σε τμήματα που μοιράζονται οι χρήστες. Η πολύπλεξη μήκους κύματος είναι μία παραλλαγή της FDM για μετάδοση σε οπτικές ίνες όπου πολλές φωτεινές δέσμες διαφορετικού χρώματος μοιράζονται την ίδια οπτική ίνα.

1.6 ΤΑΧΥΤΗΤΑ (Ρυθμός μετάδοσης)

Ο όρος ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων αντιπροσωπεύει τον ρυθμό με τον οποίο εκπέμπονται τα bit από τον πομπό. Γνωστά μεγέθη που σχετίζονται με τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, είναι τα παρακάτω:

- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (bit rate)
- Ρυθμός μετάδοσης διαμορφωμένου σήματος (baud rate)
- Ρυθμός μετάδοσης καθαρής πληροφορίας (information rate)
- Χωρητικότητα καναλιού (channel capacity)

Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (Data Signaling Rate - Bit rate)

Είναι ο ρυθμός με τον οποίο μεταδίδονται τα bit δεδομένων και εκφράζεται σε bit per second κατά συντομογραφία bps. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων εκφράζει τον ρυθμό αποστολής των bit από τον πομπό και δεν έχει καμία σχέση με τον χρόνο που χρειάζονται τα δεδομένα να διανύσουν από άκρη σε άκρη το κανάλι επικοινωνίας.

Ρυθμός μετάδοσης διαμορφωμένου σήματος (Modulation rate - Baud rate)

Όρος χρησιμοποιημένος κυρίως για μεταδόσεις μέσω modem, περιγράφει τον αριθμό των μεταβολών του διαμορφωμένου σήματος που έγιναν στην μονάδα του χρόνου. Η μονάδα που εκφράζει αυτών τον ρυθμό είναι το baud.

Ρυθμός μετάδοσης καθαρής πληροφορίας (Information transfer rate)

Είναι η ταχύτητα μετάδοσης της καθαρής πληροφορίας σε bps. Ως γνωστόν εκτός από την καθαρή πληροφορία, στην γραμμή μεταδίδονται και επιπλέον χαρακτήρες ελέγχου. Επίσης, ακόμη και στους ίδιους χαρακτήρες υπάρχουν πιθανώς περιττά bit όπως είναι το start και το stop bit. Ενώ το bit rate αναφέρεται στο ρυθμό μετάδοσης του συνόλου της πληροφορίας, το Information Transfer Rate αναφέρεται στον ρυθμό μετάδοσης της καθαρής μόνο πληροφορίας και είναι βέβαια μικρότερο του bit rate.

1.7 Αναγνώριση & Διόρθωση Σφαλμάτων

Σφάλμα στην μετάδοση δεδομένων ονομάζουμε την αθέλητη αλλαγή της τιμής κάποιου bit, την εξαφάνιση ή και την πρόσθεση bit στο block μετάδοσης. Σφάλματα μπορούν να προέλθουν από εξωτερικό θόρυβο, θόρυβο στα ηλεκτρονικά κυκλώματα πομπού ή και δέκτη, μη σωστή τροφοδοσία ρεύματος και διάφορους άλλου παράγοντες που επιδρούν στην ομαλή λειτουργία των μονάδων που ασχολούνται με την αποκατάσταση της επικοινωνίας. Όσο καλύτερα είναι κατασκευασμένο ένα σύστημα τόσο λιγότερα σφάλματα θα συμβούν, χωρίς όμως να αποφευχθούν εντελώς.

Αναγνώριση σφαλμάτων

Η αναγνώριση των σφαλμάτων στην ευρεία της έννοια δεν είναι πάντα αναγκαία από τα συστήματα, όπως για παράδειγμα σε μερικές εφαρμογές όπως το Telex, πιθανά μεμονωμένα λάθη σε μία φράση δεν δημιουργούν προβλήματα στην κατανόηση του μηνύματος. Αντίθετα όμως στις επικοινωνίες των δεδομένων η ανάγκη για αναγνώριση σφαλμάτων είναι μεγάλη, τις περισσότερες φορές δε άκρως αναγκαία. Οι πιο βασικές τεχνικές αναγνώρισης σφαλμάτων είναι:

- Ισοτιμίας (parity)
- Δισδιάστατες τεχνικές ελέγχου ισοτιμίας
- Κυκλικοί κώδικες
- Κώδικες σταθερού λόγου

Διόρθωση σφαλμάτων

Το επόμενο και σημαντικό βήμα μετά την αναγνώριση ενός σφάλματος είναι η αντιμετώπισή του. Διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την διόρθωση σφαλμάτων είναι οι παρακάτω:

- Υποκατάσταση συμβόλου
- Μέθοδοι επαναεκπομπής (Backward error correction)
 - Stop and wait ARQ
 - Συνεχής ARQ
 - Go-back-N
 - Επιλεκτική επαναεκπομπή (selective retransmission)
- Αυτόματη διόρθωση (Forward error correction- FEC)

2. ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ

Τα μέσα μετάδοσης αποτελούν το φυσικό δρόμο μεταξύ του πομπού και του δέκτη σε ένα οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας. Το δρόμο από όπου περνάει το σήμα που στέλνει ο πομπός μέχρι όπου το λάβει ο δέκτης. Τα συναντούμε πολλές φορές και ως κανάλια επικοινωνίας.

Τα πιο γνωστά φυσικά μέσα μετάδοσης είναι τα χάλκινα καλώδια, τα ομοαξονικά, οι οπτικές ίνες και οι ασύρματες ζεύξεις. Διακρίνουμε τα μέσα μετάδοσης σε ενσύρματα, ασύρματα και οπτικές ίνες (*Δίκτυα Υπολογιστών “ 3^η Έκδοση Andrew S. Tanenbaum ; Βασίλης Στυλιανάκης μετ.*) Στα ενσύρματα περιλαμβάνονται τα χάλκινα και τα ομοαξονικά καλώδια, ενώ στα ασύρματα οι ραδιοεπικοινωνίες και οι μικροκυματικές επίγειες και δορυφορικές ζεύξεις. Οι ασύρματες ζεύξεις εν γένει είναι μη κατευθυντικές και συχνά διαχέουν το σήμα προς διάφορες διευθύνσεις. Αντίθετα κατευθυντικά θεωρούμε εκείνα τα μέσα που κατευθύνουν απολύτως το σήμα και σε αυτά ανήκουν τα συνεστραμμένα καλώδια, τα ομοαξονικά και οι οπτικές ίνες.

Στην σύντομη περιγραφή των μέσων μετάδοσης που ακολουθεί, θεωρήσαμε σκόπιμο να δώσουμε έμφαση σε ορισμένα κρίσιμα χαρακτηριστικά, όπως είναι:

- **Εύρος ζώνης συχνοτήτων (bandwidth).** Προσδιορίζει το φάσμα των συχνοτήτων που μπορούν να διέλθουν από το μέσον.

- **Μέγιστο μήκος του μέσου μετάδοσης.** Χαρακτηριστικό που εξαρτάται από τις απώλειες που εισάγει το μέσον στα σήματα επικοινωνίας.

- **Εναισθησία σε θόρυβο.** Η ευκολία με την οποία το μέσο επηρεάζεται από τον θόρυβο που παρενοχλούν το προς μετάδοση σήμα.

- **Ευκολία χρήσης.** Η ευκολία με την οποία επιτυγχάνονται οι εγκαταστάσεις του μέσου, οι διάφορες συνδέσεις, οι ελέγχει και η συντήρηση του.

- **Ασφάλεια.** Πόσο ασφαλές είναι το μέσο από ανεπιθύμητες παρεμβολές και υποκλοπές.

Συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων (UTP)

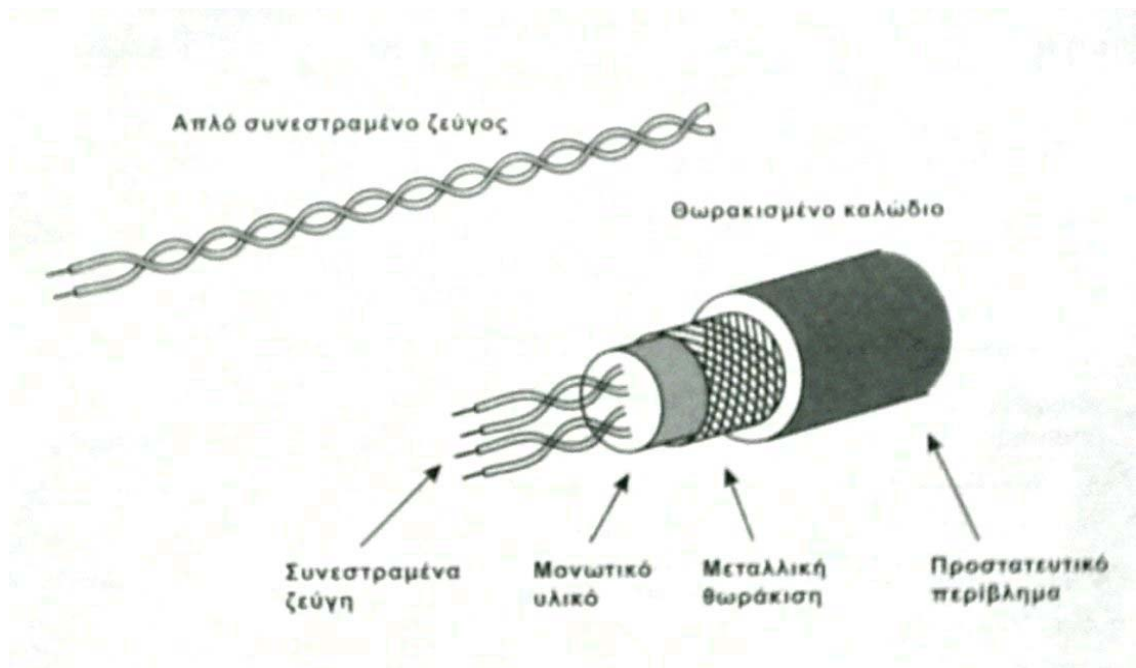
Είναι ο απλούστερος κατασκευαστικά τύπος μέσου μετάδοσης. Το μόνο που υπάρχει εδώ είναι δύο ή και περισσότερα σύρματα μονωμένα μεταξύ τους. Συνήθως χρησιμοποιούνται για συνδέσεις πολύ κοντινών αποστάσεων και τέτοιους τύπους βλέπουμε και σε συνδέσεις μεταξύ υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών. Σημαντικό πρόβλημα που καθιστά τα καλώδια αυτά μη κατάλληλα για μακρινές αποστάσεις είναι η μεγάλη ευαισθησία που παρουσιάζουν σε περιβάλλον θορύβου. Για αυτό και ο βασικότερος λόγος ύπαρξης της συστροφής είναι το ότι αυτή προσφέρει σαφώς μεγαλύτερη αντίσταση στην παρουσία θορύβου.

Με τα συνεστραμμένα καλώδια ένα σήμα μπορεί να διανύσει αποστάσεις χιλιομέτρων. Αυτό ήταν και το πρώτο μέσο που χρησιμοποιήθηκε από τους Τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς στα τηλεφωνικά δίκτυα.

Είναι εν γένει εύκολο μέσο στην εγκατάσταση του και στην ευκολία που προσφέρει για νέες συνδέσεις και απομάστευση καλωδίων από κεντρικό αγωγό, γι' αυτό έχει και την προτίμηση των τεχνικών στις μέρες μας.

Λόγω του ότι τα συνεστραμμένα χάλκινα καλώδια έχουν μεγάλα πρακτικά πλεονεκτήματα, όπως η ευκολία εγκατάστασης που αναφέραμε ποιο πάνω, η γνώση χρήσης του από τους τεχνίτες, και το κόστος, τα τελευταία χρόνια γίνεται μία προσπάθεια για επέκταση της χρήσης τους σε αντικατάσταση των εξειδικευμένων ομοαξονικών καλωδίων.

Η αντικατάσταση αυτή γίνεται με συγκεκριμένα κάθε φορά χάλκινα καλώδια. Μάλιστα ο στόχος είναι να γίνεται χρήση των **αθωράκιστων** συνεστραμμένων καλωδίων (UTP- Unshielded Twisted Pair), καθώς είναι φθηνότερα και ποίο εύκολα στην εγκατάσταση του από τα **θωρακισμένα** (STP- Shielded Twisted Pair), που χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις, όπως αυτές με επιβάρυνση θορύβου στο μέλλον εγκατάστασης τους.

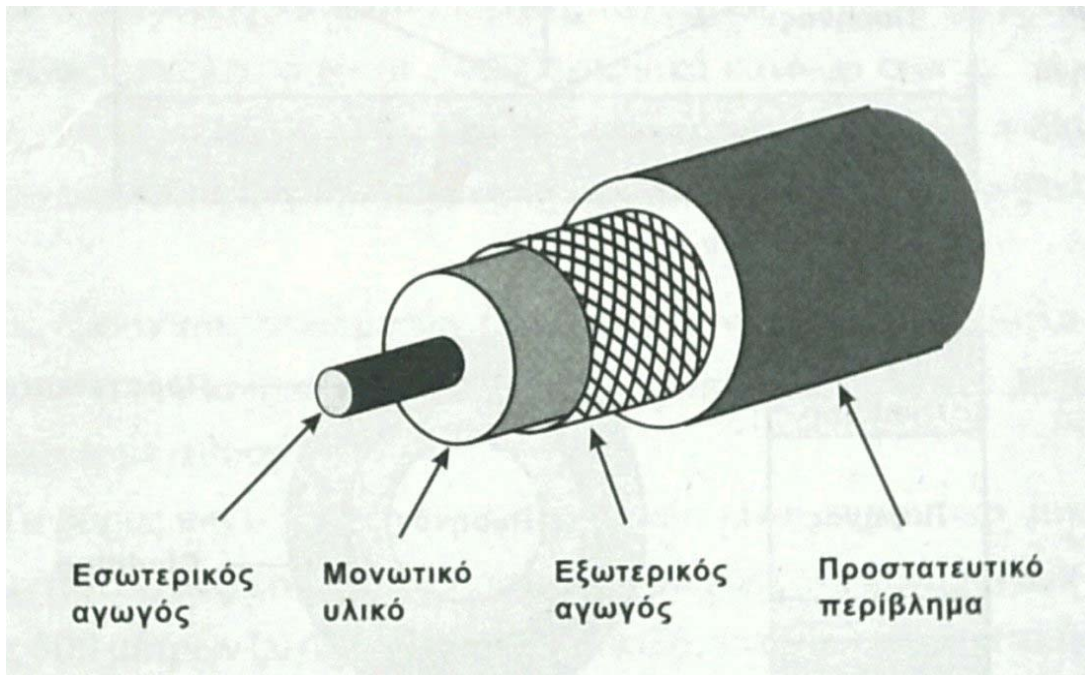


Σχήμα. Συνεστραμμένα καλώδια

Ομοαξονικά καλώδια

Προκειμένου πολλές φορές να ξεπεράσουμε τους περιορισμούς που θέτουν τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων όσον αφορά τις ταχύτητες επικοινωνίας, χρησιμοποιούμε ένα άλλο μέσο μετάδοσης, τα ομοαξονικά καλώδια.

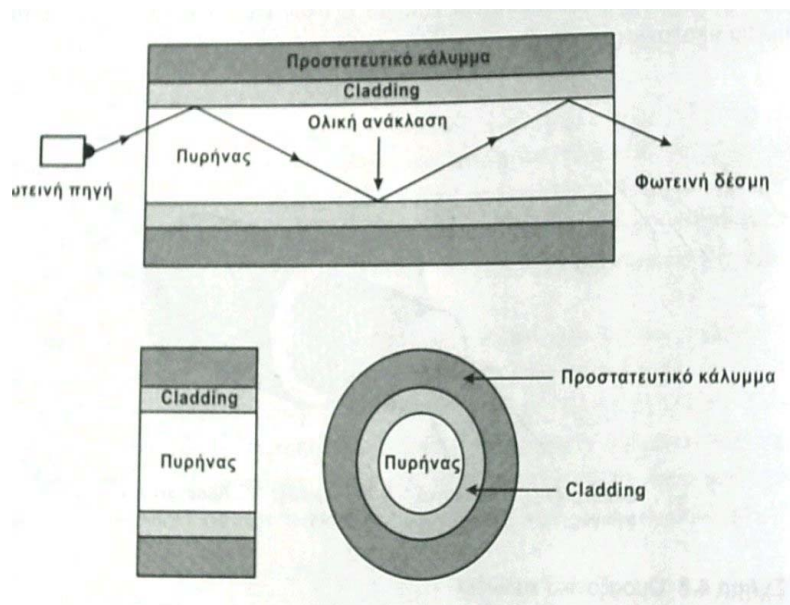
Στα ομοαξονικά καλώδια έχουμε δύο αγωγούς. Ο κεντρικός αγωγός περιβάλλεται από τον εξωτερικό αγωγό. Ακριβώς λόγω του ότι ο κεντρικός αγωγός και ο εξωτερικός αγωγός έχουν κοινό άξονα περί τον οποίο ευρίσκονται, ονομάζεται το καλώδιο ομοαξονικό. Έξω από τον εξωτερικό αγωγό υπάρχει μονωτικό και προστατευτικό κάλυμμα, ενώ ανάμεσα στον αγωγό σήματος και στον εξωτερικό αγωγό, διηλεκτρικό μονωτικό υλικό για την απομόνωση τους. Λόγω της κατασκευής του καλωδίου αυτού, ο εσωτερικός αγωγός επιδέχεται πολύ περιορισμένο ποσοστό θορύβου.



Σχήμα. Ομοαξονικά καλώδια

Οπτικές ίνες

Η καλύτερη εναλλακτική λύση σήμερα στα μέσα μετάδοσης εμφανίζεται να είναι η οπτική ίνα, μια λύση με αρκετά πλεονεκτήματα που κερδίζει έδαφος συνεχώς τα τελευταία χρόνια.



Η βασική ιδέα εδώ είναι η χρήση της οπτικής ίνας ως μέσου και του φωτός ως φορέα της πληροφορίας, αντί

για το ρεύμα ή την τάση που χρησιμοποιούμε στα άλλα ενσύρματα μέσα. Ο τρόπος που αποστέλλεται η ψηφιακή πληροφορία είναι η διαμόρφωση πλάτους του εκπεμπόμενου από την πηγή φωτός σε μορφή on/off.

Το μέσον που χρησιμοποιείται είναι ίνες γυαλιού ή πλαστικού που έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν τις οπτικές ακτίνες και να τις οδηγούν στο τέρμα. Οι ίνες αυτές (fiber) αποτελούνται συνήθως από τρεις ομόκεντρες κυλινδρικές οντότητες διηλεκτρικού υλικού, που είναι η **κεντρική ίνα (core)**, η **επίστρωση (cladding)**, και το **κάλυμμα**.

Πλεονεκτήματα της χρήσης των οπτικών ινών σε σχέση με τα άλλα μέσα μετάδοσης:

- **Εύρος ζώνης.** Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης.
- **Θόρυβος.** Είναι ανεπηρέαστες από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και ως τούτου συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικούς χώρους με περιβάλλον υψηλού θορύβου.
- **Ρυθμός εμφάνισης σφαλμάτων.** Είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα, εν γένει μπορούμε να πούμε ότι είναι καλύτερος από τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης κατά 3 τάξεις μεγέθους.
- **Υλικό.** Το βάρος και ο όγκος των οπτικών ινών είναι σημαντικά μικρότερος από άλλους αντίστοιχους αγωγούς. Για παράδειγμα ένα χάλκινο καλώδιο των 1000 ζευγών σε μήκος των 500 μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ καλώδιο οπτικής ίνας για την ίδια απόσταση ζυγίζει περίπου 45 κιλά και παρέχει ταυτόχρονα τον ίδιο αριθμό καναλιών.
- **Ασφάλεια.** Είναι αρκετά ασφαλές μέσων μεταφοράς, καθώς και πολύ δύσκολο να παρέμβει κάποιος για να υποκλέψει ή να παρεμβάλει data.
- **Απόσβεση.** Οι οπτικές ίνες προκαλούν μικρότερη εξασθένιση στα σήματα από τα χάλκινα καλώδια και τα ομοαξονικά. Επιτυγχάνουμε σήμερα αποστάσεις οπτικών ινών χωρίς αναμετάδοση, που ξεπερνούν τα 300 χιλιόμετρα, νούμερο που συνεχώς που αυξάνεται.

Μειονεκτήματα της χρήσης των οπτικών ινών σε σχέση με τα άλλα μέσα μετάδοσης:

- Είναι η δυσκολία στους τρόπους σύνδεσης και βυσμάτωσης των οπτικών ινών σε πομπό και δέκτη. Οι δυσκολίες εμφανίζονται στην σύνδεση με τον connector και στην προσαρμογή και ευθυγράμμιση της ίνας με την φωτεινή πηγή του πομπού.
- Είναι δύσκολη η σύνδεση πολλών χρηστών πάνω σε ένα καλώδιο, καθώς δεν είναι εύκολος ακόμη ο τρόπος απομάστευσης με οπτικές ίνες.
- Η χρήση τους είναι περισσότερο διαδομένη στα κομβικά δίκτυα και πολύ λιγότερο στα τοπικά σημεία πρόσβασης (οικίες κλπ).

2.2 ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ

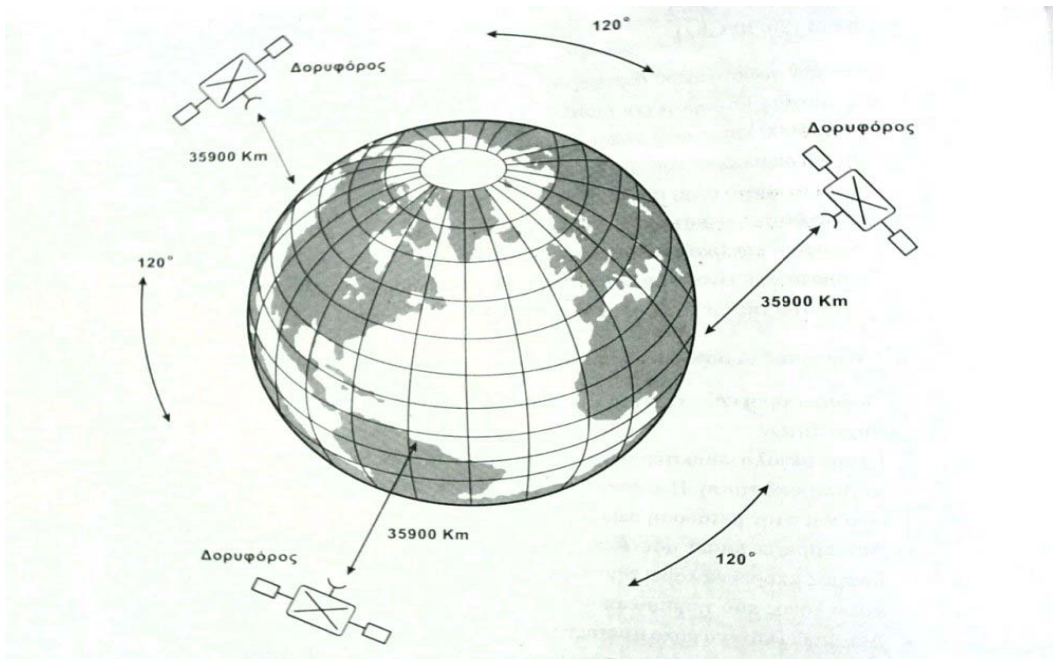
Οι ασύρματες ζεύξεις είναι ένας από τους σημαντικότερους τρόπους μετάδοσης που χρησιμοποιούνται αρκετά ιδίως μετά το μέσο του 20ού αιώνα. Τα radio link, τα sky waves, τα ground waves, τα μικροκύματα, οι δορυφορικές και οι κινητές επικοινωνίες είναι όροι που συναντώνται συχνά εκφράζοντας ασύρματες ζεύξεις. Βασικό πλεονέκτημα των ασύρματων ζεύξεων είναι η μη εξάρτησή τους από τα υλικά μέσα, δηλαδή τα μεταλλικά καλώδια και τις οπτικές ίνες.

Στα μειονεκτήματά τους καταλογίζεται η μεγάλη ισχύς που απαιτούν οι πομποί για την μετάδοση, η ευαισθησία σε παρεμβολές θορύβου και η χαμηλή ασφάλεια της πληροφορίας, αφού οποιοσδήποτε μπορεί να λαμβάνει τα εκπεμπόμενα σήματα χρησιμοποιώντας απλώς μια κεραία και ένα δέκτη.

Η ασύρματη επικοινωνία κατ' αρχήν αναπτύχθηκε κυρίως για μετάδοση φωνής και τηλεοπτικών σημάτων. Σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως για όλες τις μορφές τηλεπικοινωνιών.

Δορυφορικές επικοινωνίες

Οι δορυφορικές επικοινωνίες ξεκίνησαν με τον πρώτο δορυφόρο που εκτοξεύτηκε από τις ΗΠΑ τα 1958, ενώ η πρώτη μορφή εκμετάλλευσης ξεκίνησε πιο αργότερα το 1965. Τα πρώτα δορυφορικά συστήματα δεν ήταν και τόσο βιώσιμα, καθώς η σχετική μικρή ισχύς των πύραυλων που εκτόξευαν τους δορυφόρους, τους έθεταν σε τροχιά όχι μεγαλύτερη των 10χλμ από την γη. Η χαμηλή



τροχιά είχε σαν αποτέλεσμα ο δορυφόρος να κινείται ταχύτερα από την περιστροφή της γης, πράγμα που επηρέαζε την κατασκευή των γήινων σταθμών καθώς έπρεπε να περιστρέφονται συνεχώς για να παρακολουθούν τους δορυφόρους.

Στην εξέλιξη των συστημάτων αυτών κατασκευάστηκαν οι **γεωστατικοί δορυφόροι** GEO (Geostatic Earth Orbit) που τίθενται σε τροχιά ύψους 35880χλμ πάνω από τον ισημερινό, με ταχύτητα 11040χλμ/ώρα ώστε να μένουν σταθεροί πάνω από το ίδιο σημείο της γης. Η ταχύτητα αυτή είναι ίση με την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της γης και έτσι οι επίγειοι σταθμοί δεν περιστρέφονται καθώς βλέπουν μόνιμα στο ίδιο σημείο.

Συγκρίνοντας τα δορυφορικά συστήματα με άλλα μέσα παρατηρούμε τα εξής:

- Οι δορυφόροι καλύπτουν με άνεση απαιτήσεις εκπομπής σημάτων ευρείας ζώνης συχνοτήτων.
- Έχουν μεγάλη καθυστέρηση σήματος της τάξης των 250msec που οφείλεται στην μεγάλη απόσταση. Η καθυστέρηση είναι ενοχλητική τόσο στην τηλεφωνία όσο και στην μετάδοση data.

- Δεν παρέχει καμία ασφάλεια στην μετάδοση πληροφορίας, καθώς όλος ο κόσμος μπορεί να λάβει την πληροφορία που εκπέμπει ο δορυφόρος. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα συστήματα κρυπτογράφησης.
- Δεν παίζει κανένα ρόλο η μεταξύ των επικοινωνούντων ανταποκριτών απόστασης.
- Το κόστος χρήσης είναι ανεξάρτητο της απόστασης επικοινωνίας.

3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

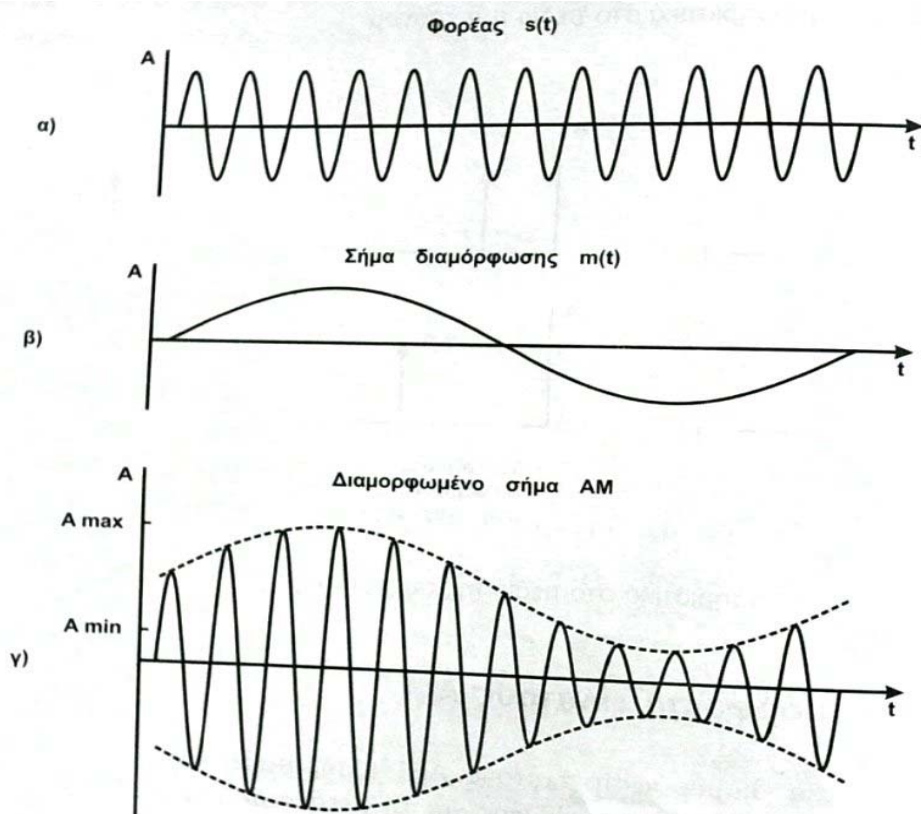
Με τον όρο τεχνικές μετάδοσης εννοούμε την μετάδοση των σημάτων πληροφορίας μέσα από διατεθειμένα κανάλια μετάδοσης. Τα σήματα διακρίνονται σε αναλογικά, όπως η φωνή και σε ψηφιακά, όπως data των υπολογιστών. Τα κανάλια μετάδοσης είναι τέτοια που δεν επιτρέπουν την αυτούσια μετάδοση των σημάτων πληροφορίας χωρίς κάποια ιδιαίτερη επεξεργασία. Αυτή η επεξεργασία του συστήματος πληροφορίας που το καθιστά κατάλληλο για διέλευση από το κανάλι, ονομάζεται **διαμόρφωση**.

Το διαμορφωμένο σήμα είναι τελικά αυτό που μεταδίδεται μέσα από το κανάλι επικοινωνίας και έχει άλλοτε αναλογική και άλλοτε ψηφιακή μορφή. Στα αναλογικά διαμορφωμένα σήματα το σήμα πληροφορίας είτε αναλογικό είτε ψηφιακό, διαμορφώνει ένα ημιτονικό σήμα, συχνότητας κατάλληλης για την διέλευση από το κανάλι μετάδοσης, σήμα που ονομάζεται **φορέας**. Το σήμα πληροφορίας μπορεί να διαμορφώνει μία από τις τρεις παραμέτρους του φορέα που είναι το πλάτος, η συχνότητα και η φάση του. (*Δίκτυα Υπολογιστών “ 3^η Έκδοση*

Andrew S. Tanenbaum ; Βασίλης Στυλιανάκης μετ.)

Διαμόρφωση πλάτους (AM)

Ιστορικά η διαμόρφωση πλάτους AM (Amplitude Modulation) υπήρξε η παλαιότερη και απλούστερη μέθοδος για την μετάδοση αναλογικών σημάτων. Η ραδιοφωνία και η τηλεόραση στηρίχτηκαν στην διαμόρφωση AM.

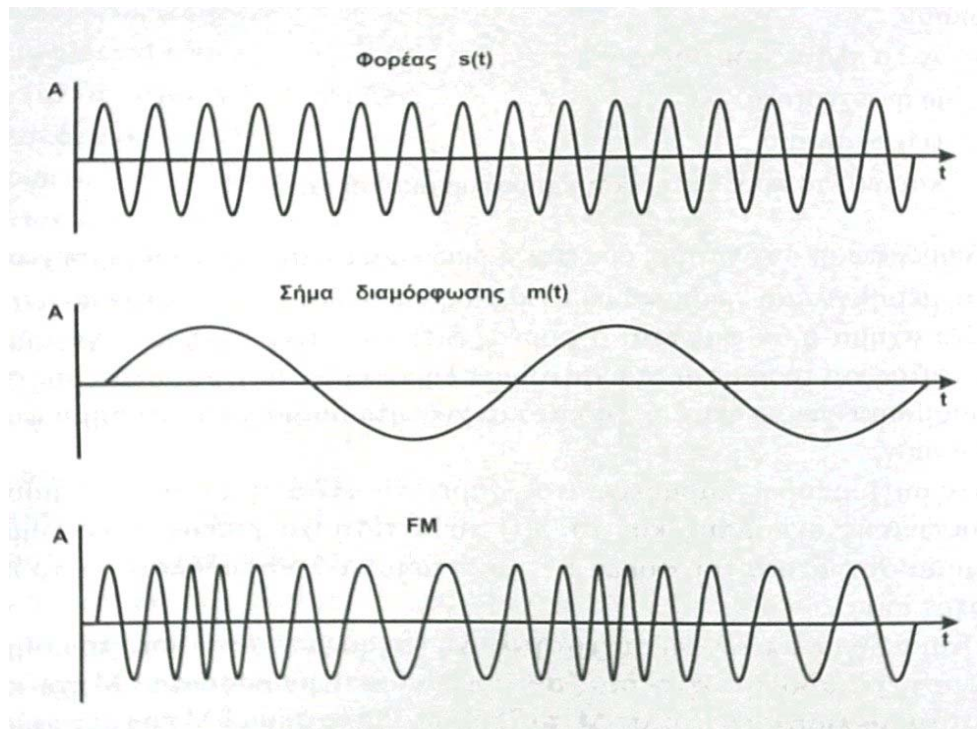


Σχήμα. Διαμόρφωση AM

Ως διαμόρφωση πλάτους ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία το πλάτος A του φορέα μεταβάλλεται γραμμικά με το σήμα $m(t)$ και το τελικά διαμορφωμένο AM σήμα που φαίνεται στο σχήμα. Σαν παράδειγμα, το σήμα $m(t)$ μπορεί να είναι η φωνή του εκφωνητή ενός ραδιοφωνικού σταθμού, ενώ το $S(t)$ η ραδιοσυχνότητα στην περιοχή των μακρών, μεσαίων ή βραχέων κυμάτων.

Διαμόρφωση συχνότητας (FM)

Η διαμόρφωση συχνότητας FM (Frequency Modulation) αναπτύχθηκε τη δεκαετία 1930-1940. Λόγω της καλύτερης συμπεριφοράς στο θόρυβο, και της μεγαλύτερης πιστότητας στην μετάδοση από την AM, χρησιμοποιείται σήμερα για εκπομπές ποιότητας στη ραδιοφωνία FM και για μετάδοση ήχου στην τηλεόραση.

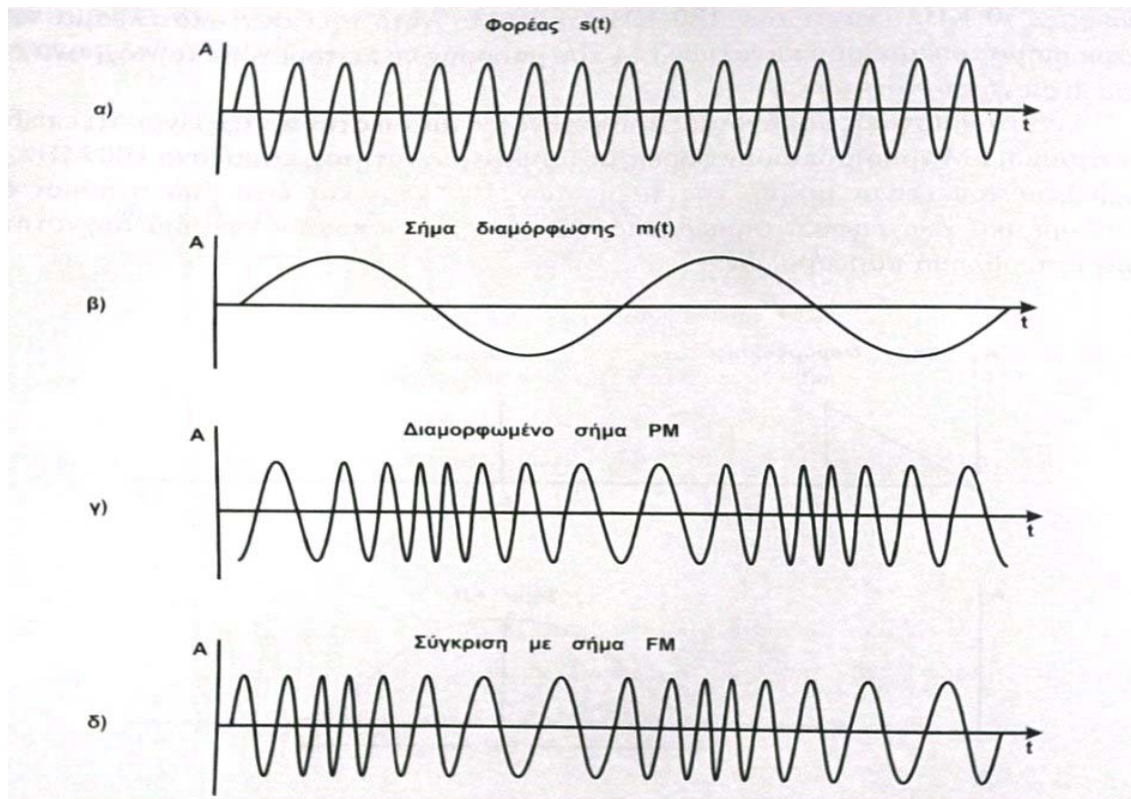


Σχήμα. Διαμόρφωση FM στο πεδίο του χρόνου

Διαμόρφωση συχνότητας ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία η συχνότητα ω του φορέα, μεταβάλλεται γραμμικά με το πλάτος του σήματος $m(t)$ γύρω από την μέση τιμή. Όπως φαίνεται και στο σχήμα ο φορέας $S(t)$ που είναι συνήθως ένα σήμα υψηλής συχνότητας και το προς μετάδοση σήμα πληροφορίας $m(t)$ χαμηλότερης συχνότητας που διαμορφώνει το φορέα.

Διαμόρφωση φάσης (PM)

Μια παραλλαγή της διαμόρφωσης συχνότητας είναι η διαμόρφωση φάσης PM (Phase Modulation). Την ονομάζουμε παραλλαγή επειδή έχει εξαιρετικές ομοιότητες με την διαμόρφωση συχνότητας.



Σχήμα. Διαμόρφωση FM και PM

4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

4.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

Ας δούμε τώρα τα δίκτυα από πλευράς γεωγραφικής ανάπτυξης, τα διαιρούμε στα τοπικά δίκτυα (LAN), στα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN), και στα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN).

Τοπικά δίκτυα LAN (Local Areas Network)

Τοπικά είναι τα δίκτυα εκείνα όπου όλα τα στοιχεία που τα απαρτίζουν όπως οι υπολογιστές, οι επικοινωνιακές συσκευές (π.χ. Hub, Switches), οι διασυνδέσεις, οι γραμμές, βρίσκονται στον ίδιο γεωγραφικό χώρο. Κλασικό παράδειγμα είναι το Ethernet και το Token ring.

Μητροπολιτικά δίκτυα MAN (Metropolitan Areas Network)

Μια νέα υποδιαίρεση δικτύων που πρωτοεμφανίστηκε το 1990 είναι τα μητροπολιτικά δίκτυα ή MAN που αναφέρονται σε δίκτυα που δεν ξεπερνούν τα σύνορα μίας πόλης. Τα δίκτυα αυτά αναπτύσσονται ξεπερνώντας τους περιορισμούς σε ταχύτητα και απόσταση των τοπικών δικτύων. Καλύπτουν τις μεγάλες ανάγκες επικοινωνίας μέσα στην ίδια πόλη, με συχνότερη χρήση τη διασύνδεση τοπικών δικτύων. Χρησιμοποιώντας κυρίως οπτικές ίνες επιτυγχάνουν ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των εκατοντάδων Mbps.

Δίκτυα ευρείας περιοχής WAN (Wide Areas Network)

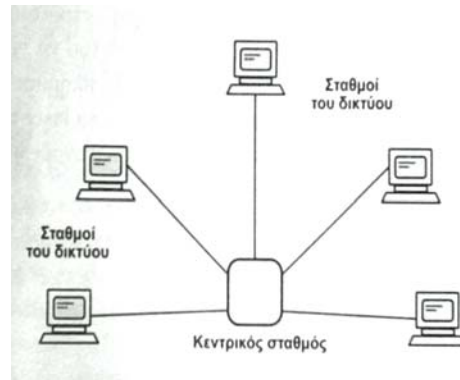
Όπως λέει και η ίδια η έκφραση τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) είναι ένα σύνολο από υπολογιστές, τερματικά, τηλεπικοινωνιακές συσκευές, τηλεπικοινωνιακές γραμμές και συνδέσεις, τα οποία εκτείνονται σε ευρεία γεωγραφική περιοχή, αστική και υπεραστική, φεύγοντας από τα στενά πλαίσια ενός συγκεκριμένου χώρου. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων είναι τα διάφορα τραπεζικά δίκτυα που εκτείνονται σε όλη την Ελλάδα και διεθνώς, είναι τα δίκτυα των αεροπορικών εταιρειών, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων, το Internet κλπ



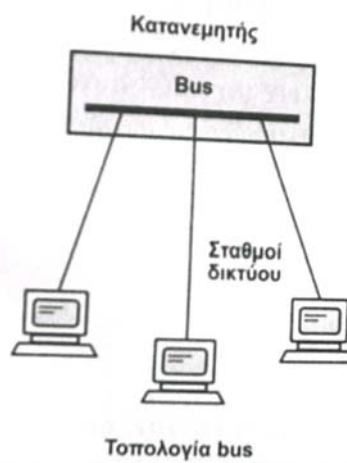
4.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΤΡΕΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ LAN

Με τον όρο τοπολογία αναφερόμαστε στον τρόπο με τον οποίο οι διάφοροι τερματικοί σταθμοί συνδέονται μεταξύ τους. Τέσσερις τοπολογίες έχουν επικρατήσει μέχρι τώρα στα τοπικά δίκτυα.

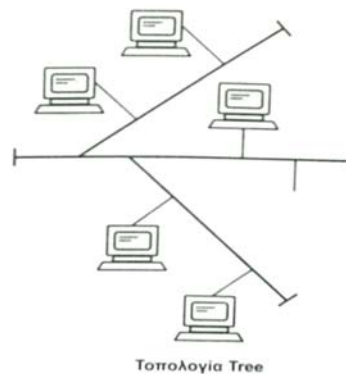
Τοπολογία αστέρα (Star)



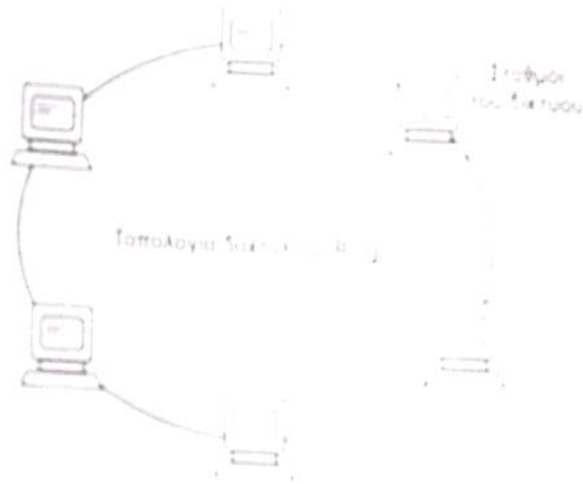
Τοπολογία αρτηρίας (Bus)



Τοπολογία δένδρου (Tree)



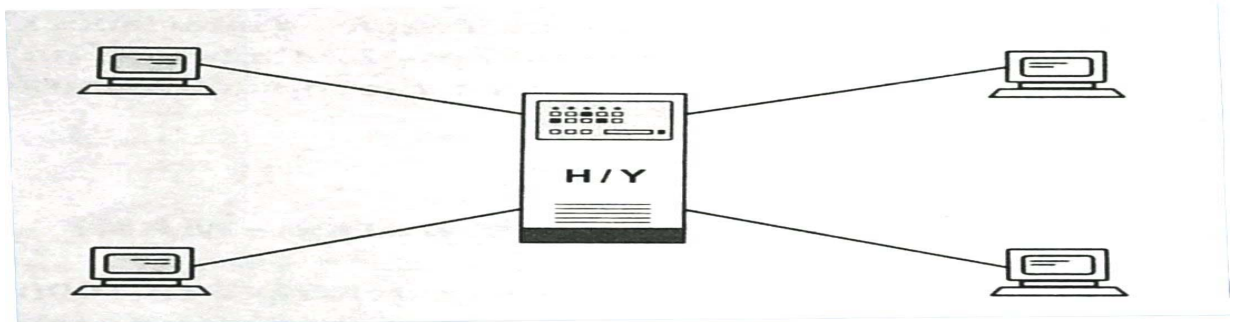
Τοπολογία δακτυλίου (Ring)



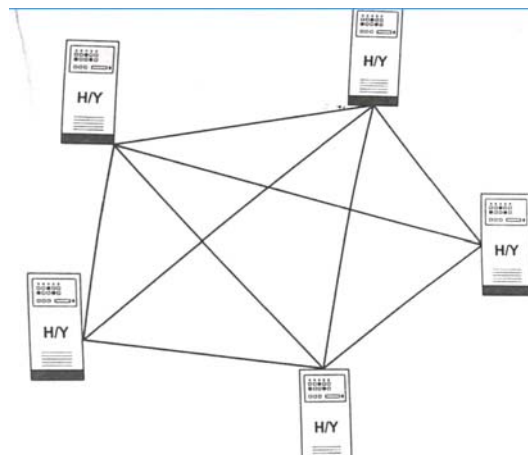
4.3 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΤΡΕΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ WAN

Κρίνοντας τα δίκτυα WAN ως προς την τοπολογική διαίρεση τους τα χαρακτηρίζουμε ακτινωτά, βρόχου και κομβικά.

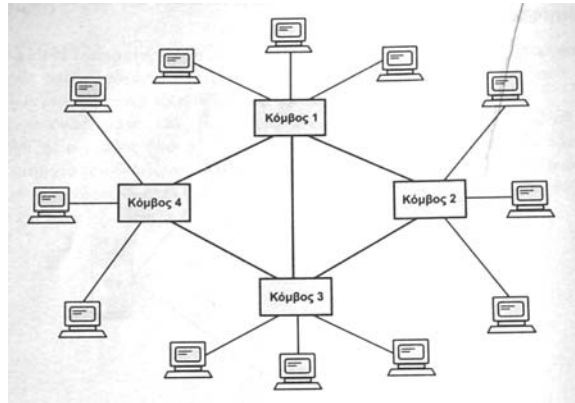
Ακτινωτά δίκτυα



Δίκτυα βρόχου (mesh)



Κομβικά δίκτυα

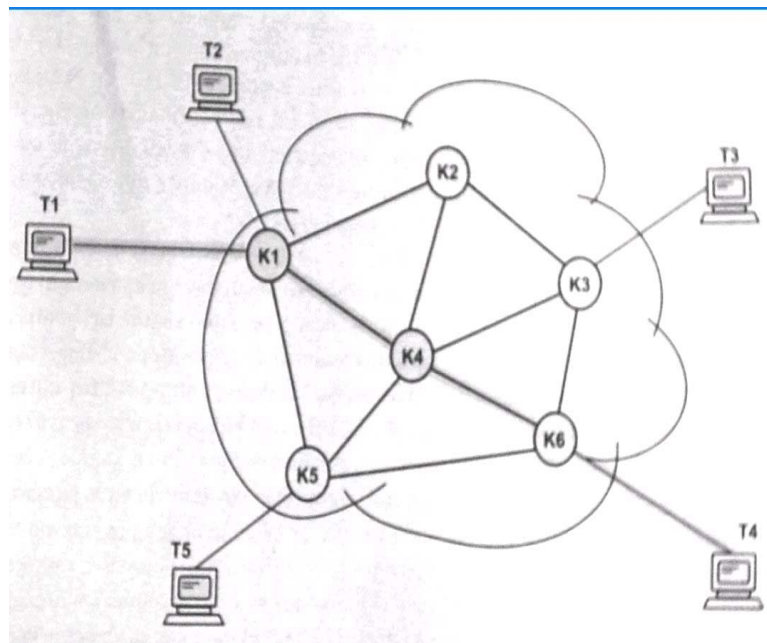


ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ

1. Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switching)

Η μεταγωγή κυκλώματος είναι τεχνική κατά την οποία αφιερώνεται μια φυσική ζεύξη μεταξύ των συνδρομητών για όλη την διάρκεια της επικοινωνίας τους. Η σύνδεση είναι τμηματική και αποτελείται από τμήματα γραμμών που συνδέουν τους διάφορους κόμβους του δικτύου. Με την μεταγωγή κυκλώματος κάθε γραμμή που καταλαμβάνεται για μία σύνδεση απασχολείται πλήρως και αποκλειστικά με την επικοινωνία των δύο συνδρομητών.

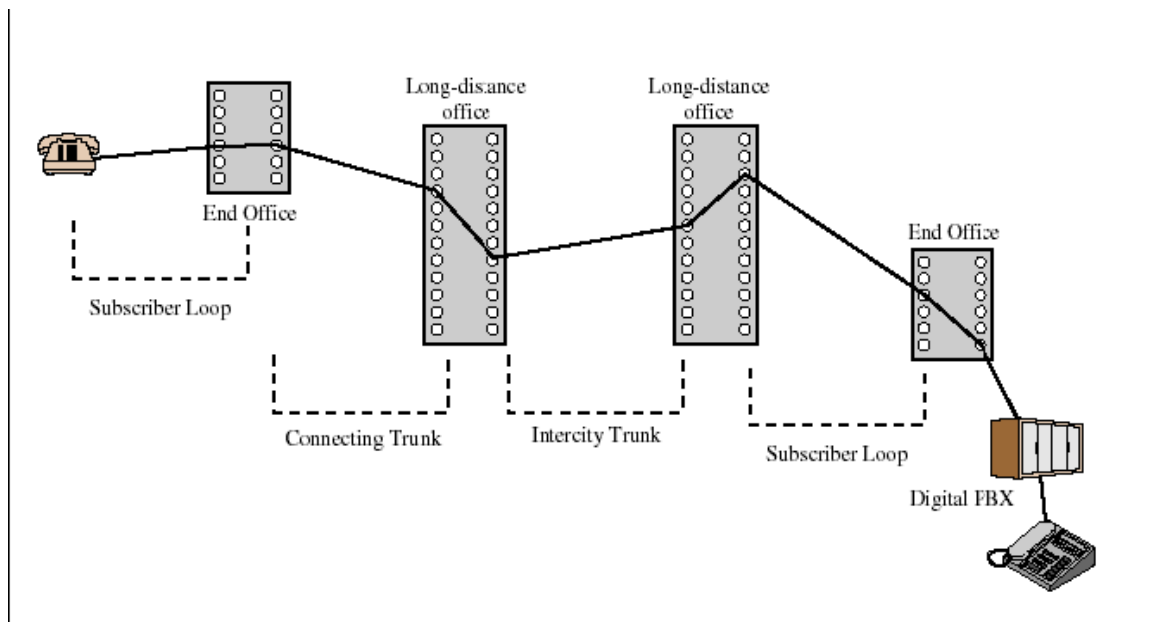
Κλασσικό παράδειγμα αυτού του είδους τεχνικής είναι το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο, όπως φαίνεται και στο σχήμα όπου ο σταθμός T1 προσπαθεί να επικοινωνήσει με το σταθμό T4, με έντονο χρώμα φαίνονται οι γραμμές και οι ενδιάμεσοι σταθμοί εργασίας που πρέπει να δεσμευτούν έτσι ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ T1 και T4.



Σχήμα. Σύνδεση μεταγωγής κυκλώματος

Η επικοινωνία μέσω μεταγωγής κυκλώματος υπονοεί ότι υπάρχει ένα αποκλειστικό επικοινωνιακό μονοπάτι ανάμεσα σε δύο σταθμούς. Αυτό το μονοπάτι είναι μια ακολουθία από ζεύξεις ανάμεσα σε κόμβους του δικτύου. Σε κάθε φυσική ζεύξη αφιερώνεται στη σύνδεση ένα φυσικό κανάλι. Η επικοινωνία μέσω κυκλώματος περιλαμβάνει τρεις φάσεις:

- Αποκατάσταση κυκλώματος
- Μεταφορά δεδομένων
- Αποσύνδεση κυκλώματος

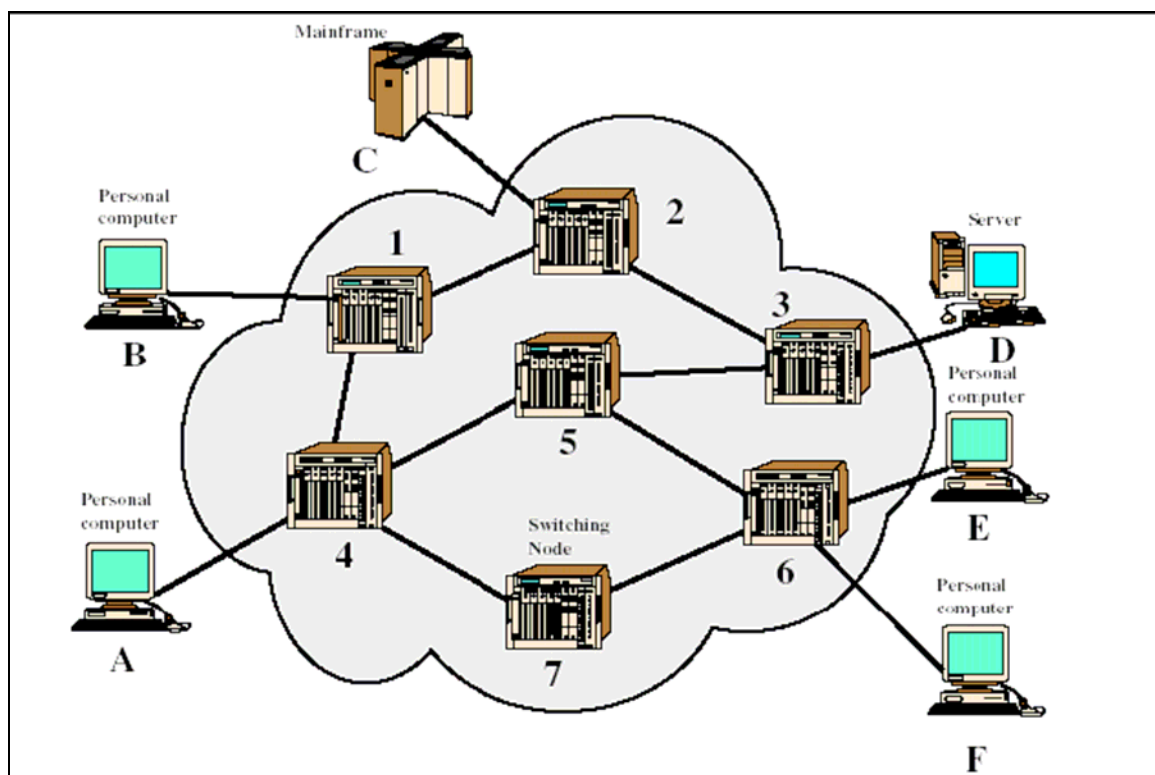


Παράδειγμα Σύνδεσης σε Public Circuit-Switching Network

Αποκατάσταση κυκλώματος:

Πριν μεταδοθεί ένα οποιοδήποτε σήμα ,πρέπει να αποκατασταθεί ένα κύκλωμα από άκρο σε άκρο. Για παράδειγμα στο **Σχήμα 1**, ο σταθμός Α στέλνει μια αίτηση στον κόμβο 4, ζητώντας μια σύνδεση με το σταθμό Ε. Η ζεύξη από τον Α στον 4 είναι μια αποκλειστική γραμμή, έτσι ένα μέρος της σύνδεσης υπάρχει ήδη Ο κόμβος 4 πρέπει να βρει το επόμενο σκέλος της διαδρομής που οδηγεί στον κόμβο 6. Βασισμένος σε πληροφορίες δρομολόγησης και μετρήσεις διαθεσιμότητας και ίσως κόστους, ο κόμβος 4 επιλέγει τη ζεύξη προς τον κόμβο 5,

προσδιορίζει ένα ελεύθερο κανάλι (χρησιμοποιώντας FDM ή TDM) σε αυτή τη ζεύξη και στέλνει ένα μήνυμα ζητώντας σύνδεση με το E. Μέχρι τώρα, έχει αποκατασταθεί ένα αποκλειστικό μονοπάτι από τον A μέσω του 4 στον 5. Επειδή στον 4 μπορεί να συνδεθεί ένας αριθμός από σταθμούς, θα πρέπει να είναι ικανός να αποκαθιστά εσωτερικά μονοπάτια από πολλαπλούς σταθμούς σε πολλαπλούς κόμβους. Το υπόλοιπο της διαδικασίας εκτελείται παρόμοια. Ο κόμβος 5 αφιερώνει ένα κανάλι στον κόμβο 6 και εσωτερικά δεσμεύει αυτό το κανάλι στο κανάλι που προέρχεται από τον κόμβο 4. Ο κόμβος 6 ολοκληρώνει την σύνδεση με το E. Όταν ολοκληρωθεί η σύνδεση, γίνεται ένας έλεγχος για να προσδιοριστεί αν ο E είναι απασχολημένος ή είναι έτοιμος να αποδεχτεί τη σύνδεση.



Σχήμα 1

Μεταφορά δεδομένων:

Σε αυτή τη φάση μπορεί να μεταδοθεί πληροφορία από το A μέσω του δικτύου στον E. Τα δεδομένα μπορούν να είναι αναλογικά ή ψηφιακά, κάτι που εξαρτάται από τη φύση του δικτύου. Καθώς οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς έχουν αναπτύξει πλήρως ψηφιακά δίκτυα, η χρήση ψηφιακής μετάδοσης τόσο φωνής όσο και για δεδομένα γίνεται η κυρίαρχη τακτική. Το μονοπάτι τώρα είναι: ζεύξη A-4 (εσωτερική μεταγωγή μέσω του 4), κανάλι 4-5 (εσωτερική μεταγωγή μέσω του 5), κανάλι 5-6 (εσωτερική μεταγωγή μέσω 6), ζεύξη 6-E. Γενικά η σύνδεση είναι αμφίδρομη.

Αποσύνδεση κυκλώματος:

Έπειτα από κάποια περίοδο μεταφοράς δεδομένων η σύνδεση τερματίζεται, συνήθως με πρωτοβουλία του ενός από τους δύο σταθμούς. Πρέπει να σταλούν σήματα στους κόμβους 4,5 και 6 για να ελευθερώσουν τους αποκλειστικούς προς χρήση πόρους.

Σημειώνεται ότι το μονοπάτι σύνδεσης αποκαθίσταται πριν αρχίσει η μεταφορά δεδομένων. Έτσι, πρέπει να δεσμευθεί χωρητικότητα καναλιού ανάμεσα σε κάθε ζεύγος κόμβων του μονοπατιού και κάθε κόμβος πρέπει να έχει διαθέσιμη εσωτερική χωρητικότητα μεταγωγής για να χειριστεί την αιτούμενη σύνδεση. Οι μεταγωγείς πρέπει να έχουν την νοημοσύνη να κάνουν αυτούς τους καταμερισμούς και να επινοούν μία διαδρομή μέσω του δικτύου.

Η μεταγωγή κυκλώματος μπορεί να έχει σχετικά χαμηλή απόδοση. Η χωρητικότητα του καναλιού είναι κατειλημμένη για όλη τη διάρκεια τη σύνδεσης, ακόμα και δεν μεταφέρονται καθόλου δεδομένα. Για μία σύνδεση φωνής, ο βαθμός χρήσης μπορεί να είναι αρκετά υψηλός, αλλά δεν πλησιάζει το 100%. Για μια σύνδεση τερματικού-υπολογιστή, η χωρητικότητα μπορεί να μην χρησιμοποιείται κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της σύνδεσης. Από πλευράς απόδοσης, υπάρχει μια καθυστέρηση πριν τη μεταφορά σήματος για την αποκατάσταση της κλήσης. Ωστόσο, όταν αποκατασταθεί το κύκλωμα, το δίκτυο είναι ουσιαστικά διάφανο στους χρήστες. Η πληροφορία μεταδίδεται με σταθερό ρυθμό δεδομένων χωρίς άλλη καθυστέρηση, εκτός από την καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay) μέσω των ζεύξεων μετάδοσης.

Ο βασικός σκοπός για τον οποίο αναπτύχθηκε η μεταγωγή κυκλώματος ήταν ο χειρισμός και η μετάδοση φωνής, σήμερα όμως χρησιμοποιείται και για μετάδοση δεδομένων. Ένα παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος αποτελεί το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο.

Κατά τη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων σε ένα δίκτυο, το οποίο είναι βασισμένο γύρω από ένα κόμβο μεταγωγής κυκλώματος, σοβαρό ρόλο έχει και η **μονάδα ελέγχου** που εκτελεί τις εξής τρεις διεργασίες:

Πρώτον, αποκαθιστά συνδέσεις. Αυτό συνήθως γίνεται κατά απαίτηση, μετά από αίτηση μιας συνδεδεμένης συσκευής. Για να αποκατασταθεί η σύνδεση, η μονάδα ελέγχου πρέπει να επεξεργαστεί και να επιβεβαιώσει την αίτηση, να προσδιορίσει αν ο επιθυμητός προορισμός είναι ελεύθερος και να δημιουργήσει ένα μονοπάτι μέσω του μεταγωγέα.

Δεύτερον, η μονάδα ελέγχου πρέπει να συντηρήσει τη σύνδεση. Επειδή ο μεταγωγέας χρησιμοποιεί διαίρεση χρόνου, αυτό μπορεί να απαιτεί συνεχείς χειρισμούς από τα στοιχεία μεταγωγής. Ωστόσο τα bit της επικοινωνίας μεταφέρονται με διάφανο τρόπο (από την οπτική γωνία των συνδεδεμένων συσκευών).

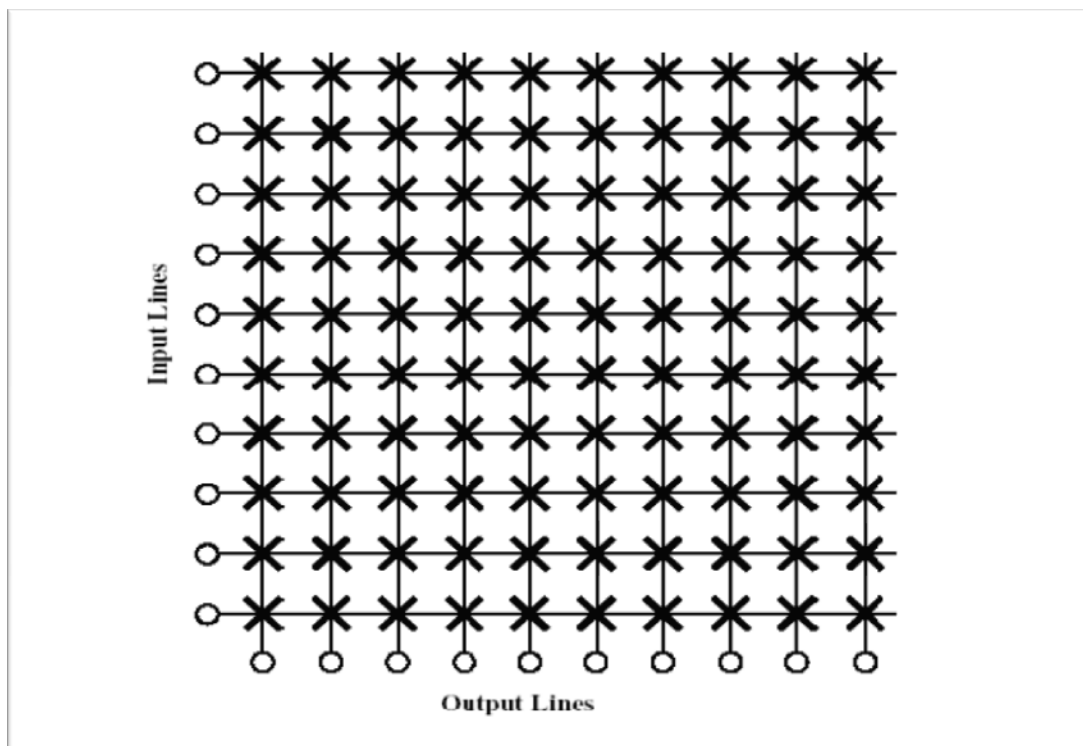
Τρίτον, η μονάδα ελέγχου πρέπει να διακόψει τη σύνδεση, είτε σε απάντηση μιας αίτησης ενός εκ των συμμετεχόντων, είτε για δικούς της λόγους.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό μιας συσκευής μεταγωγής κυκλώματος είναι κατά πόσο αυτή είναι μπλοκαρισμένη ή όχι. Μπλοκάρισμα έχουμε, όταν το δίκτυο δεν είναι ικανό να συνδέσει δύο σταθμούς επειδή όλα τα πιθανά μονοπάτια ανάμεσά τους είναι ήδη σε χρήση. Ένα μπλοκαρισμένο δίκτυο είναι ένα δίκτυο στο οποίο μπορεί να εμφανιστεί αυτό το φαινόμενο. Αντίθετα, ένα μη μπλοκαρισμένο επιτρέπει σε όλους τους σταθμούς να συνδέονται αμέσως και μεταβιβάζει όλες τις πιθανές αιτήσεις σύνδεσης, όταν η καλούμενη πλευρά είναι ελεύθερη. Όταν ένα δίκτυο υποστηρίζει μόνο κίνηση φωνής μία κατάσταση μπλοκαρίσματος είναι γενικά αποδεκτή, επειδή είναι αναμενόμενο ότι οι περισσότερες τηλεφωνικές κλήσεις είναι σύντομες και επομένως μόνο ένα κλάσμα των τηλεφώνων θα είναι απασχολημένο κάθε στιγμή. Ωστόσο, όταν εμπλέκονται συσκευές επεξεργασίας δεδομένων, αυτές οι υποθέσεις μπορεί να μην ισχύουν. Για παράδειγμα, για μια εφαρμογή εισαγωγής δεδομένων, ένα τερματικό μπορεί να είναι συνεχώς συνδεδεμένο σε ένα υπολογιστή για ώρες κάθε φορά. Γι' αυτό για εφαρμογές δεδομένων υπάρχει η απαίτηση για μη μπλοκαρισμένη ή σχεδόν μη μπλοκαρισμένη (πολύ χαμηλή πιθανότητα μπλοκαρίσματος) κατάσταση.

1.1 Μεταγωγή διαίρεσης Χώρου

Η μεταγωγή διαίρεσης χώρου αρχικά αναπτύχθηκε για αναλογικό περιβάλλον και στη συνέχεια επικράτησε και στο ψηφιακό. Οι βασικές αρχές είναι οι ίδιες, ο μεταγωγέας χρησιμοποιείται για να μεταφέρει, είτε αναλογικά, είτε ψηφιακά σήματα. Όπως υποδηλώνει το όνομά του, ένας μεταγωγέας διαίρεσης χώρου είναι ένας μεταγωγέας

στον οποίο τα μονοπάτια των σημάτων είναι φυσικά απομακρυσμένα το ένα από το άλλο. Κάθε σύνδεση απαιτεί την αποκατάσταση ενός φυσικού μονοπατιού μέσω του μεταγωγέα που έχει αφιερωθεί αποκλειστικά στην μεταφορά σημάτων ανάμεσα στα δύο τερματικά σημεία. Η βασική δομική μονάδα του μεταγωγέα είναι μια μεταλλική διασταύρωση ή μια πύλη ημιαγωγού που μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί από μια μονάδα ελέγχου.



Ραβδεπαφικός πίνακας

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται ένας ραβδεπαφικός πίνακας με 10 I/O γραμμές.

Ο πίνακας έχει 10 εισόδους και 10 εξόδους. Κάθε σταθμός συνδέεται με τον πίνακα μέσω μίας γραμμής εισόδου και μίας γραμμής εξόδου. Η διασύνδεση ανάμεσα σε δυο οποιοσδήποτε γραμμές είναι μία πιθανή ενεργοποίηση της κατάλληλης διασταύρωσης. Ο ραβδεπαφικός μεταγωγέας έχει κάποιους περιορισμούς:

- Ο αριθμός των διασταυρώσεων αυξάνει κατά το τετράγωνο του αριθμού των συνδεδεμένων σταθμών. Αυτό είναι δαπανηρό για ένα μεγάλο μεταγωγέα.
- Η καταστροφή μίας διασταύρωσης εμποδίζει τη σύνδεση δύο συσκευών των

οποίων οι γραμμές τέμνονται σε αυτή τη διασταύρωση.

- Οι διασταυρώσεις χρησιμοποιούνται αναποτελεσματικά. Ακόμα και όταν όλες οι συνδεδεμένες συσκευές είναι ενεργές ,μόνο ένα μικρό κλάσμα των διασταυρώσεων εμπλέκεται.

Για την αποφυγή αυτών των περιορισμών, χρησιμοποιούνται μεταγωγείς πολλαπλών σταδίων. Η πιο κάτω εικόνα (Σχήμα 2) αποτελεί ένα παράδειγμα ενός μεταγωγέα τριών σταδίων.

Αυτός ο τύπος έχει δύο πλεονεκτήματα έναντι του ραβδεπαφικού πίνακα ενός σταδίου:

- Ο αριθμός των διασταυρώσεων μειώνεται, αυξάνοντας τη χρήση των ραβδεπαφών. Σε αυτό το παράδειγμα, ο συνολικός αριθμός των διασταυρώσεων για 10 σταθμούς μειώνεται από 100 σε 48.

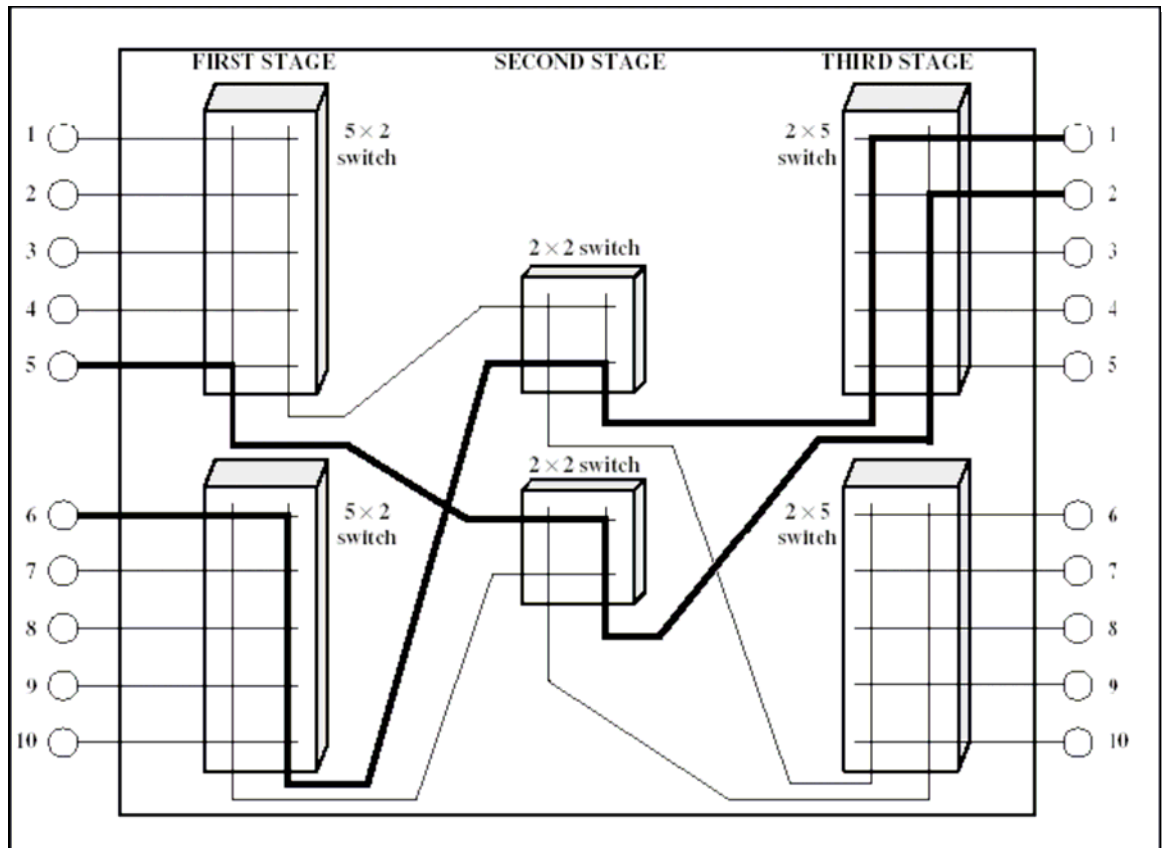
- Υπάρχουν περισσότερα από ένα μονοπάτια μέσα στο δίκτυο για τη σύνδεση δύο τερματικών σημείων, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία.

Φυσικά, ένα δίκτυο πολλών σταδίων απαιτεί ένα πιο πολύπλοκο σχήμα ελέγχου. Για την αποκατάσταση ενός μονοπατιού σε ένα δίκτυο ενός σταδίου απαιτείται η ενεργοποίηση μόνο η ενεργοποίηση μίας πύλης. Σε ένα δίκτυο πολλών σταδίων, πρέπει να καθοριστεί ένα ελεύθερο μονοπάτι ανάμεσα στα στάδια και να ενεργοποιηθούν οι κατάλληλες πύλες.

Μία σκέψη σχετικά με έναν μεταγωγέα διαίρεσης χώρου πολλαπλών σταδίων είναι ότι μπορεί να είναι μπλοκαρισμένος. Ένας ραβδεπαφικός πίνακας ενός σταδίου δεν μπλοκάρει. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πάντα διαθέσιμο ένα μονοπάτι που συνδέει μία είσοδο με μία έξοδο. Αυτό όμως μπορεί να μην ισχύει για ένα μεταγωγέα πολλών σταδίων.

Παραδείγματος χάριν, παρακολουθώντας το παρακάτω σχήμα βλέπουμε ότι οι πιο έντονες γραμμές δείχνουν τις ήδη σε χρήση γραμμές. Σε αυτή τη κατάσταση η γραμμή εισόδου 10 δεν μπορεί να συνδεθεί με τη γραμμή εξόδου 3,4 ή 5 ακόμα και αν όλες αυτές οι γραμμές εξόδου είναι διαθέσιμες. Ένας μεταγωγέας πολλαπλών σταδίων

μπορεί να συγκροτηθεί έτσι ώστε να μη μπλοκάρεται, αυξάνοντας τον αριθμό ή το μέγεθος των ενδιάμεσων μεταγωγέων, κάτι το οποίο φυσικά αυξάνει και το κόστος.



Σχήμα 2: Πολλαπλών σταδίων (τριών) μεταγωγείας

1.2 Μεταγωγή Διαίρεσης Χρόνου

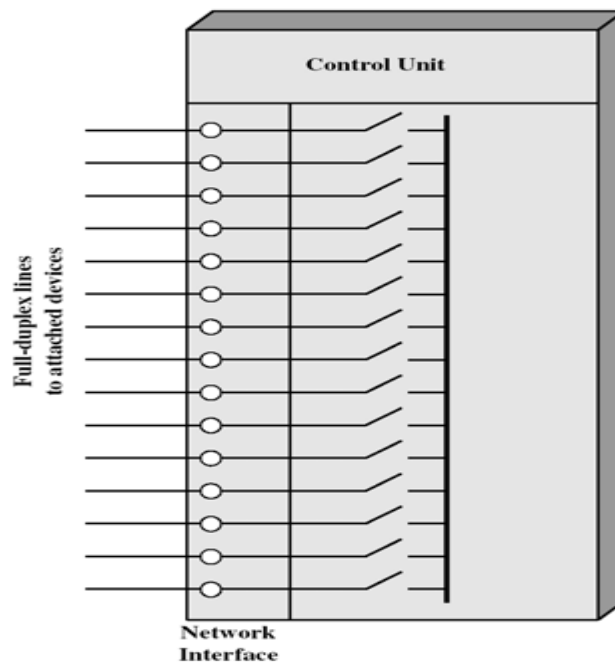
Με την ανακάλυψη της ψηφιοποίησης της φωνής και των σύγχρονων τεχνικών πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου, τόσο η φωνή όσο και τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν με ψηφιακά σήματα.

Αυτό οδήγησε σε μια βασική αλλαγή του σχεδιασμού και της τεχνολογίας των συστημάτων μεταγωγής. Αντί των συστημάτων διαίρεσης χώρου χωρίς νοημοσύνη, τα μοντέρνα ψηφιακά συστήματα βασίζονται στον έξυπνο έλεγχο των στοιχείων διαίρεσης χώρου και χρόνου.

Στην ουσία όλοι οι μοντέρνοι μεταγωγείς κυκλωμάτων χρησιμοποιούν τεχνικές ψηφιακής διαίρεσης χρόνου για την αποκατάσταση και συντήρηση των “κυκλωμάτων”. Η μεταγωγή διαίρεσης χρόνου περιλαμβάνει τον τεμαχισμό μιας ροής από bit σε ενότητες που μοιράζονται μία ταχύτερη ροή με άλλες ροές από bit. Για τη δρομολόγηση δεδομένων από την είσοδο στην έξοδο, οι ξεχωριστές ενότητες ή

σχισμές ελέγχονται από κάποια λογική. Παρακάτω θα εξετάσουμε μία από τις πιο απλές αλλά και πιο δημοφιλείς τεχνικές που αναφέρεται ως TDM μεταγωγή αρτηρίας (TDM bus switching).

Η TDM μεταγωγή αρτηρίας και στην ουσία και όλες οι τεχνικές ψηφιακής μεταγωγής βασίζονται στη χρήση σύγχρονης πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου (time division multiplexing-TDM). Η σύγχρονη TDM επιτρέπει σε πολλαπλές ροές bit μοιράζονται μια γραμμή υψηλότερης ταχύτητας. Γίνεται δειγματοληψία σε ένα σύνολο εισόδων με τη σειρά. Τα δείγματα οργανώνονται κατά σειρά σε σχισμές για να δημιουργήσουν ένα περιοδικά επαναλαμβανόμενο πλαίσιο σχισμών, με τον αριθμό σχισμών ανά πλαίσιο να ισούται με το αριθμό εισόδων. Μία σχισμή μπορεί να είναι ένα bit, ένα byte ή ένα μεγαλύτερο μπλοκ. Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι με τη σύγχρονη TDM, η πηγή και ο προορισμός των δεδομένων κάθε χρονοσχισμής είναι γνωστά. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για bit διεύθυνσης σε κάθε σχισμή.



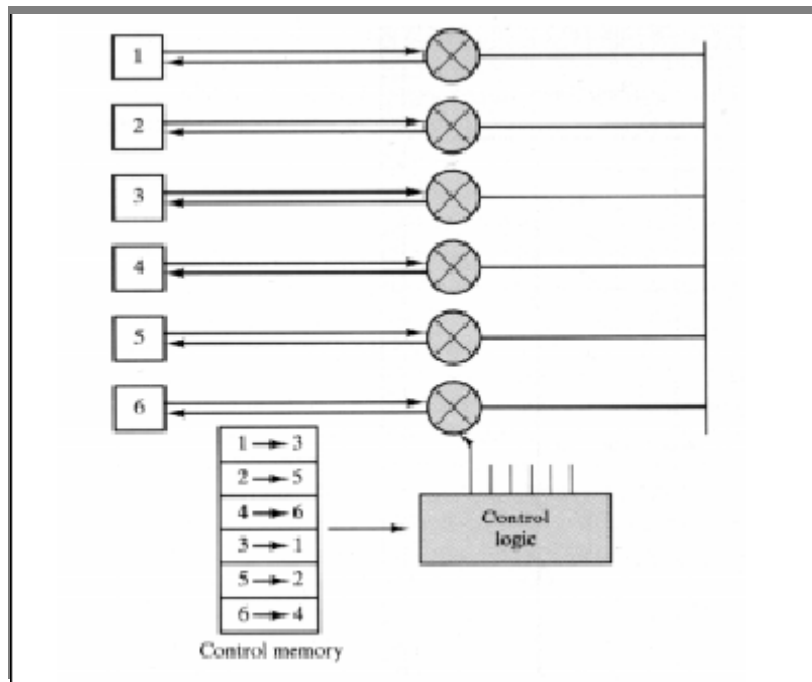
TDM Bus Switching

Η παραπάνω εικόνα παρουσιάζει ένα απλό τρόπο με τον οποίο αυτή η τεχνική μπορεί να προσαρμοστεί για τη πραγματοποίηση μεταγωγής. Κάθε συσκευή είναι συνδεδεμένη με τον μεταγωγέα μέσω μιας αμφίδρομης γραμμής. Αυτές οι γραμμές είναι συνδεδεμένες μέσω ελεγχόμενων πυλών σε μία ψηφιακή αρτηρία υψηλής ταχύτητας.

Σε κάθε γραμμή εκχωρείται μία χρονοσχισμή για είσοδο. Κατά τη διάρκεια της σχισμής η πύλη αυτής της γραμμής ενεργοποιείται, επιτρέποντας ένα μικρό καταίγισμό δεδομένων μέσα στη αρτηρία. Για αυτή την ίδια χρονοσχισμή, μία από τις υπόλοιπες θύρες γραμμών είναι ενεργοποιημένη για την έξοδο. Έτσι κατά τη διάρκεια αυτής της χρονοσχισμής, γίνεται μεταγωγή δεδομένων από τη ενεργοποιημένη γραμμή εισόδου στην ενεργοποιημένη γραμμή εξόδου.

Κατά τη διάρκεια διαδοχικών χρονοσχισμών ενεργοποιούνται διαφορετικά ζευγάρια εισόδου/ εξόδου, επιτρέποντας έναν αριθμό από συνδέσεις να διατηρούνται στην κοινή αρτηρία. Μία συνδεδεμένη συσκευή επιτυγχάνει αμφίδρομη λειτουργία μεταδίδοντας κατά τη διάρκεια μιας εκχωρημένης χρονοσχισμής και λαμβάνοντας κατά τη διάρκεια μιας άλλης. Το άλλο άκρο της σύνδεσης είναι ένα ζεύγος εισόδου/ εξόδου για το οποίο αυτές οι χρονοσχισμές έχουν την αντίθετη σημασία.

Η τεχνική της μεταγωγής αρτηρίας TDM μπορεί να εξυπηρετήσει γραμμές διαφόρων ρυθμών δεδομένων και εξυπακούεται ότι μπορούν να συνδεθούν μόνο γραμμές με ίδιους ρυθμούς δεδομένων.



Έλεγχος σε μεταγωγή αρτηρίας TDM

Η παραπάνω εικόνα είναι ένα παράδειγμα που προτείνει ένα τρόπο που μπορεί να υλοποιηθεί ένας μεταγωγέας αρτηρίας TDM. Ας υποθέσουμε ότι ο χρόνος διάδοσης στην αρτηρία είναι 0,01μs. Ο χρόνος στην αρτηρία οργανώνεται σε πλαίσια διάρκειας 30,06μs, με κάθε πλαίσιο να αποτελείται από 6 χρονοσχισμές των 5,01μs. Μια μνήμη ελέγχου καθορίζει ποιές πύλες θα ενεργοποιηθούν κατά τη διάρκεια κάθε χρονοστιγμής. Σε αυτό το παράδειγμα χρειάζονται 6 εντολές μνήμης. Ένας ελεγκτής εκτελεί κύκλους στη μνήμη με ρυθμό έναν κύκλο κάθε 30,06μs. Κατά τη διάρκεια της πρώτης χρονοσχιμής κάθε κύκλου, η πύλη εισόδου της συσκευής 1 και η πύλη εξόδου της πύλης 3 ενεργοποιούνται, επιτρέποντας στα δεδομένα να περάσουν από τη συσκευή 1 στη συσκευή 3 μέσω της αρτηρίας. Οι υπόλοιπες εντολές προσπελάζονται σε χρονοσχισμές που επακολουθούν και επεξεργάζονται ανάλογα. Εφόσον η μνήμη ελέγχου περιέχει τα στοιχεία που απεικονίζονται στην παραπάνω εικόνα, αποκαθίστανται οι συνδέσεις ανάμεσα στις 1 και 3, 5, 4 και 6.

1.3 Δρομολόγηση σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

Σε μεγάλα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος πολλές από τις συνδέσεις απαιτούν ένα μονοπάτι μέσω περισσότερων από έναν μεταγωγέα. Όταν εκτελείται μια κλήση, το δίκτυο πρέπει να σχεδιάσει μία διαδρομή μέσα στο δίκτυο από τον καλούμενο συνδρομητή που εκτελεί την κλήση προς τον καλούμενο συνδρομητή που περνά μέσα από μεταγωγείς και τηλεπικοινωνιακούς διαύλους. Υπάρχουν βασικές απαιτήσεις για την αρχιτεκτονική του δικτύου που ασκούν πίεση στην στρατηγική της δρομολόγησης και αυτές είναι η αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα.

Για να υλοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις πρέπει πρώτον, να ελαττωθεί το μέγεθος του εξοπλισμού (μεταγωγείς και τηλεπικοινωνιακοί δίαυλοι) της υποδομής του δικτύου έτσι ώστε να έχει την ικανότητα να χειρίζεται το αναμενόμενο φορτίο. Η απαίτηση φορτίου εκφράζεται συνήθως ως φορτίο κίνησης σε ώρα αιχμής.

Από λειτουργική άποψη είναι απαραίτητο να μπορεί το δίκτυο να χειριστεί μια τέτοια ποσότητα φορτίου. Από άποψη κόστους, θα επιθυμούσαμε να χειριστεί αυτό το φορτίο με τον ελάχιστο δυνατό εξοπλισμό.

Μια άλλη απαίτηση όπως είπαμε είναι η προσαρμοστικότητα. Αν και το δίκτυο πρέπει να έχει το κατάλληλο μέγεθος σε ώρες αιχμής, είναι πιθανό η κίνηση προσωρινά να ανέβει πάνω από το καθορισμένο επίπεδο. Υπάρχει η περίπτωση κάποια στιγμή, οι μεταγωγείς και οι τηλεπικοινωνιακοί δίαυλοι να έχουν υποστεί βλάβη και να μην είναι προσωρινά διαθέσιμοι (δυστυχώς μπορεί κατά τη διάρκεια ενός καταιγισμού δεδομένων). Θα επιθυμούσαμε το δίκτυο να παρέχει ένα λογικό επίπεδο εξυπηρέτησης κάτω από τέτοιες συνθήκες.

Το σημαντικότερο σχεδιαστικό ζήτημα που καθορίζει η φύση της ισοστάθμισης ανάμεσα στην αποδοτικότητα και στην προσαρμοστικότητα είναι η στρατηγική δρομολόγησης. Παραδοσιακά, η λειτουργία της δρομολόγησης σε δημόσια τηλεπικοινωνιακά δίκτυα ήταν αρκετά απλή. Στην ουσία, οι μεταγωγείς ενός δικτύου οργανώνονταν σε μια δομή δένδρου ή ιεραρχία.

Αρχικά, κατασκευαζόταν ένα μονοπάτι που ξεκινούσε από τον συνδρομητή που εκτελούσε την κλήση, εξέταζε το δένδρο προς τα πάνω μέχρι να βρει τον πρώτο κοινό κόμβο, έπειτα ακολουθούσε το δένδρο προς τα κάτω μέχρι να βρει τον καλούμενο συνδρομητή. Για να προστεθεί κάποια προσαρμοστικότητα στο δίκτυο, είχαν

προσθεθεί επιπλέον τηλεπικοινωνιακοί διάυλοι που διέσχίζουν εγκάρσια τη δομή του δένδρου με στόχο να συνδέουν κέντρα με μεγάλη κίνηση. Γενικά αυτή είναι μία στατική προσέγγιση. Η προσθήκη τηλεπικοινωνιακών διαύλων υψηλής χρήσης παρέχει πλεονασμό και επιπλέον χωρητικότητα, αλλά οι περιορισμοί τόσο στην αποδοτικότητα όσο και στην

προσαρμοστικότητα παραμένουν. Επειδή αυτό το σχήμα δρομολόγησης δεν είναι ικανό να προσαρμόζεται σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις, το δίκτυο θα πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να πληροί κάποια τυπική απαίτηση υψηλής κίνησης.

Ως ένα παράδειγμα των προβλημάτων που ανακύπτουν από αυτή την προσέγγιση είναι ότι οι ώρες αιχμής από την ανατολή προς τη δύση και από το βορρά προς το νότο δε συμπίπτουν και έχουν διαφορετικές απαιτήσεις από το σύστημα. Είναι δύσκολο να αναλυθούν τα αποτελέσματα των μεταβλητών και έτσι οδηγούμαστε σε πλεονασμό

και συνεπώς σε μη αποδοτικότητα. Από την πλευρά της προσαρμοστικότητας, η αμετάβλητη ιεραρχική δομή από τηλεπικοινωνιακούς διαύλους μπορεί να ανταποκρίνεται ανεπαρκώς σε αποτυχίες. Συνήθως σε τέτοια σχέδια το αποτέλεσμα μιας βλάβης είναι μια μεγάλη τοπική συμφόρηση κοντά στη τοποθεσία της βλάβης. Για να αντιμετωπίσουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις των δημόσιων τηλεπικοινωνιακών δικτύων, σχεδόν όλοι οι πάροχοι έχουν μετακινηθεί από την ιεραρχική προσέγγιση σε μια δυναμική προσέγγιση.

Σε μια δυναμική προσέγγιση δρομολόγησης οι αποφάσεις δρομολόγησης επηρεάζονται από τις τρέχουσες καταστάσεις κίνησης. Συνήθως οι κόμβοι μεταγωγής έχουν μια ομότιμη σχέση ο ένας με τον άλλον και όχι ιεραρχική. Όλοι οι κόμβοι είναι ικανοί να εκτελούν τις ίδιες λειτουργίες. Σε μια τέτοια αρχιτεκτονική η δρομολόγηση είναι πιο δύσκολη αλλά πιο εύκαμπτη. Είναι πιο πολύπλοκη επειδή η αρχιτεκτονική δεν παρέχει ένα φυσικό μονοπάτι ή ένα σύνολο μονοπατιών βασισμένο σε μία ιεραρχική δομή. Όμως είναι επίσης και πιο εύκαμπτη επειδή είναι διαθέσιμες περισσότερες εναλλακτικές δομές.

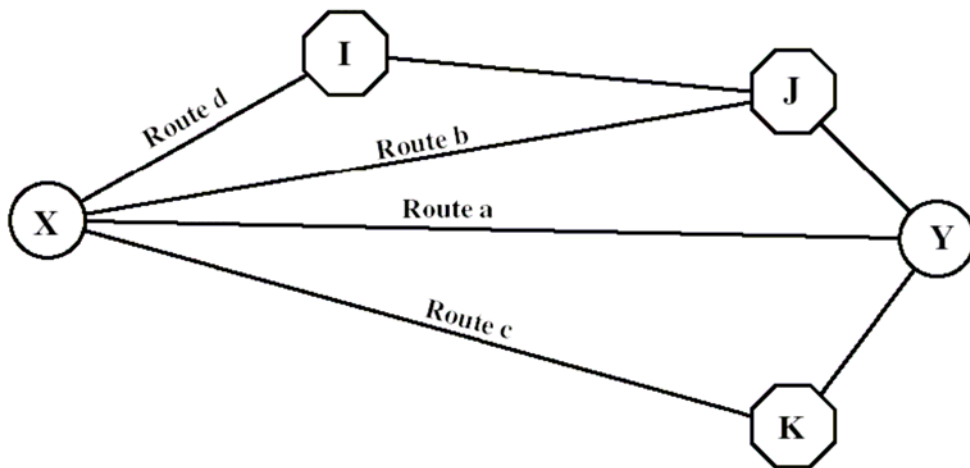
Για παράδειγμα θα εξετάσουμε μια μορφή δρομολόγησης που είναι γνωστή ως εναλλακτική δρομολόγηση.

Η ουσία του σχήματος εναλλακτικής δρομολόγησης είναι ότι πιθανές διαδρομές ανάμεσα σε δύο τερματικά είναι προκαθορισμένες. Ο μεταγωγέας έχει ευθύνη να επιλέξει την κατάλληλη διαδρομή για κάθε κλήση. Σε κάθε μεταγωγέα δίνεται ένα σύνολο προκαθορισμένων διαδρομών για κάθε προορισμό με σειρά προτίμησης. Αν

καθοριστεί μόνο μια ακολουθία δρομολόγησης για κάθε ζεύγος πηγής προορισμού, το σχήμα είναι γνωστό ως σχήμα σταθερής εναλλακτικής δρομολόγησης.

Στη δεύτερη περίπτωση, χρησιμοποιείται ένα διαφορετικό σύνολο προσχεδιασμένων διαδρομών για διαφορετικές χρονικές περιόδους, για την εκμετάλλευση των διαφορετικών τύπων κίνησης σε διαφορετικές χρονικές ζώνες και σε διαφορετικές στιγμές της ημέρας. Έτσι η απόφαση δρομολόγησης βασίζεται τόσο στη τρέχουσα κατάσταση κίνησης (μία διαδρομή απορρίπτεται αν είναι κατειλημμένη) όσο και σε ιστορικά δείγματα κίνησης (τα οποία καθορίζουν την ακολουθία διαδρομών που θα ληφθούν υπόψη).

Ένα απλό παράδειγμα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Ο αρχικός μεταγωγέας X, έχει τέσσερις πιθανές διαδρομές προς τον μεταγωγέα προορισμού Y. Η άμεση διαδρομή a (route a) θα δοκιμάζεται πάντα πρώτη. Αν αυτός ο τηλεπικοινωνιακός διάυλος δεν είναι διαθέσιμος θα δοκιμάζονται οι υπόλοιπες γραμμές με συγκεκριμένη σειρά ανάλογα με τη χρονική περίοδο. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια καθημερινών απογευματινών θα δοκιμάζεται η διαδρομή d (route d).



Route a: X → Y
 Route b: X → J → Y
 Route c: X → K → Y
 Route d: X → I → J → Y

○ = end office

⬡ = intermediate switching node

(a) Topology

Time Period	First route	Second route	Third route	Fourth and final route
Morning	a	b	c	d
Afternoon	a	d	b	c
Evening	a	d	c	b
Weekend	a	c	b	d

(b) Routing table

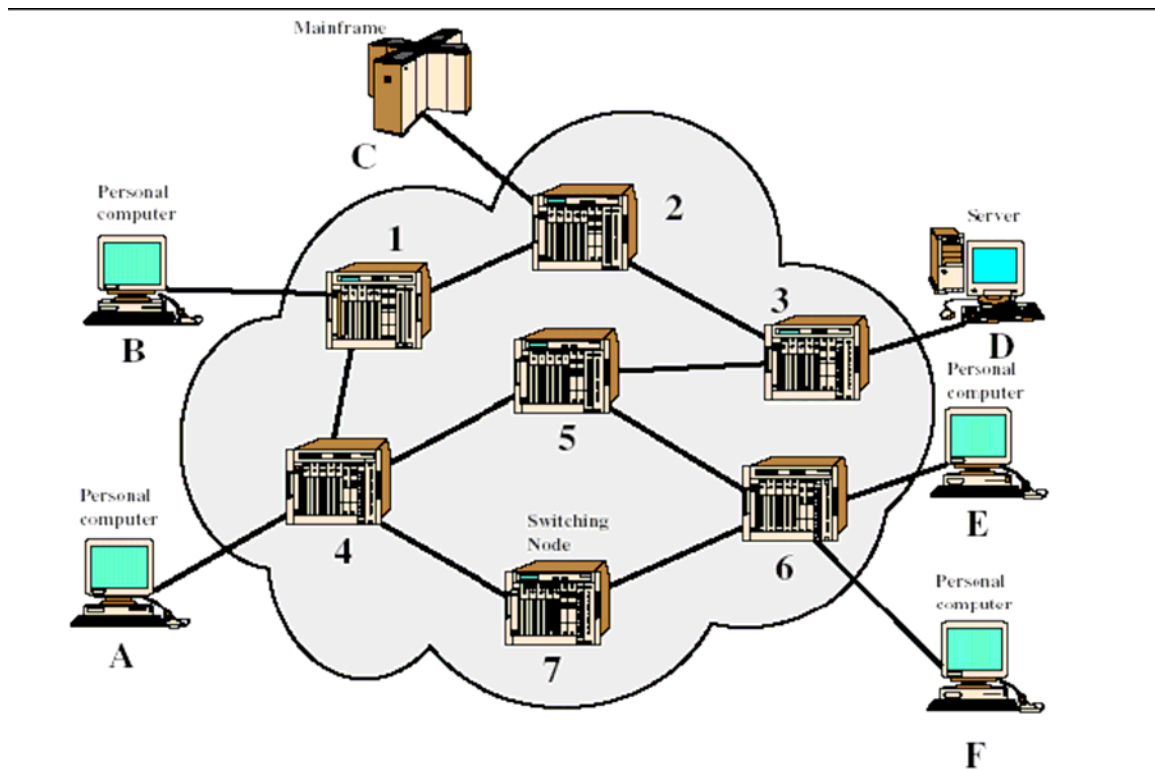
2. Δίκτυα μεταγωγής πακέτου (Packet Switching)

Όλα τα δίκτυα επικοινωνίας σήμερα αποτελούνται από πολλούς κόμβους. Κάθε κόμβος πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνήσει με άλλους κόμβους και μπορεί να συνδεθεί με μια ή περισσότερες συνδέσεις διάφορης ταχύτητας και αξιοπιστίας. Όπως είδαμε σε ένα circuit switched δίκτυο αν δυο κόμβοι θέλουν να επικοινωνήσουν θα συνεργαστούν με άλλους του δικτύου προκειμένου να δημιουργήσουν μια «αφιερωμένη» γραμμή μεταξύ τους. Ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου δεν χρειάζεται αυτήν την «άκαμπτη» σύνδεση. Το κάθε μήνυμα που πρέπει να μεταφερθεί μέσω ενός τέτοιου δικτύου τεμαχίζεται σε πακέτα. Το μήκος των πακέτων είναι μικρό, συνήθως 128 ή 256 χαρακτήρες. Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων καθιερώνεται και διατηρείται (από την διαλείπουσα ροή των πακέτων αυτών) μέσω ενός ή περισσότερων πορειών. Η πορεία που θα ακολουθήσει κάθε κομμάτι δεδομένων ή πακέτο εξαρτάται από την κατάσταση των συνδέσμων ή των αλγόριθμων που χρησιμοποιεί ο switching εξοπλισμός. Η μεταγωγή πραγματοποιείται από ειδικούς κόμβους του δικτύου οι οποίοι ελέγχουν την ροή δεδομένων. Τέτοιες συσκευές περιλαμβάνουν switches, δρομολογητές και γέφυρες..

Το packet switching είναι ποιο πρόσφατη τεχνολογία και επίσης διορθώνει ένα μειονέκτημα της μεταγωγής κυκλωμάτων: την ανάγκη να διατεθούν οι πόροι για ένα κύκλωμα όταν κανένα δεδομένο δεν ρέει μέσα σε αυτό. Εάν κανένα στοιχείο δεν είναι διαθέσιμο στον αποστολέα σε κάποιο σημείο κατά τη διάρκεια μιας επικοινωνίας, τότε κανένα πακέτο δεν διαβιβάζεται πέρα από το δίκτυο και κανένας πόρος δεν σπαταλάτε

Για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο η μεταγωγή πακέτου λειτουργεί, ας δούμε ένα παράδειγμα.

Τα δεδομένα μεταδίδονται σε μικρά πακέτα. Ένα σύνηθες άνω φράγμα του πακέτου είναι 1000 οκτάδες. Αν μία πηγή έχει ένα μεγαλύτερο μήνυμα να στείλει το μήνυμα τεμαχίζεται σε μια σειρά από πακέτα. Κάθε πακέτο περιέχει μέρος των δεδομένων του χρήστη (ή όλα για ένα σύντομο μήνυμα) συν κάποια πληροφορία ελέγχου. Η πληροφορία ελέγχου περιλαμβάνει τουλάχιστον την πληροφορία που χρειάζεται το δίκτυο για να δρομολογήσει το πακέτο μέσα στο δίκτυο και να το παραδώσει στο προορισμό του. Σε κάθε κόμβο τα πακέτα παραλαμβάνονται αποθηκεύονται προσωρινά και προωθούνται στον επόμενο κόμβο.



Η παραπάνω εικόνα απεικονίζει ένα απλό δίκτυο μεταγωγής πακέτων.

Θεωρούμε ότι θέλουμε να στείλουμε ένα πακέτο από τον σταθμό A στον σταθμό E. Το πακέτο περιέχει την πληροφορία ελέγχου που δηλώνει ότι ο προορισμός είναι ο E. Το πακέτο στέλνεται από τον A στον κόμβο 4. Ο κόμβος 4 αποθηκεύει το πακέτο, καθορίζει το επόμενο σκέλος της διαδρομής και τοποθετεί το πακέτο σε μία ουρά για να σταλθεί μέσω της σύνδεσης. Όταν η σύνδεση γίνει διαθέσιμη το πακέτο μεταδίδεται στο κόμβο 5, ο οποίος τον προωθεί στον κόμβο 6 και από εκεί στον κόμβο E.

Αν ένας σταθμός έχει ένα μήνυμα που θέλει να στείλει μέσω ενός δικτύου πακέτου το οποίο είναι μεγαλύτερου μήκους από το μέγιστο μήκος πακέτου, τεμαχίζει αυτά τα πακέτα και στέλνει ένα τεμάχιο κάθε φορά στο δίκτυο.

Εδώ προκύπτει ένα ερώτημα.

Πώς θα χειριστεί το δίκτυο αυτή τη σειρά πακέτων καθώς θα προσπαθεί να τα δρομολογήσει και να τα παραδώσει στο προτιθέμενο προορισμό;

Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται στα μοντέρνα δίκτυα: αυτή του αυτόνομου πακέτου και μία δεύτερη του νοητού καναλιού.

2.1 Μέθοδος datagram

Στη προσέγγιση αυτόνομου πακέτου κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά, δεν συνδέεται με πακέτα που έχουν φύγει πιο πριν. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός Α έχει 3 πακέτα να στείλει στον σταθμό Ε. Μεταδίδει τα πακέτα 1,2 και 3 στον κόμβο 4. Κάθε πακέτο περιέχει την διεύθυνση προορισμού η οποία σε αυτή τη περίπτωση είναι του Ε. Για κάθε πακέτο ο κόμβος 4 πρέπει να πάρει μία απόφαση δρομολόγησης. Το πακέτο 1 φθάνει για παράδοση στον Ε. Ο κόμβος 4 θα μπορούσε εύλογα να προωθήσει το πακέτο αυτό τόσο στον κόμβο 7 όσο και στον κόμβο 5 ως επόμενο βήμα της διαδρομής. Σε αυτή τη περίπτωση ο κόμβος 4 αποφασίζει ότι η ουρά πακέτων που έχει για τον κόμβο 7 είναι μεγαλύτερη από εκείνη για τον κόμβο 5 και έτσι τοποθετεί το πακέτο στην ουρά για τον κόμβο 5. Ομοίως, για το πακέτο 2. Όμως για το πακέτο 3 ο κόμβος βρίσκει ότι η ουρά για τον κόμβο 7 είναι τώρα μικρότερη και τοποθετεί το πακέτο τώρα σε αυτή τη ουρά. Έτσι τα πακέτα το καθένα με την ίδια κατεύθυνση προορισμού δεν ακολουθούν όλα την ίδια διαδρομή. Κατά συνέπεια το πακέτο 3 είναι πιθανό να φθάσει πιο γρήγορα από το πακέτο 2, ίσως και από το πακέτο 1 στο κόμβο 6. Έτσι είναι πιθανό τα πακέτα να παραδοθούν στον κόμβο Ε με διαφορετική σειρά από αυτή που στάλθηκαν. Είναι λοιπόν, θέμα του Ε να καθορίσει πως θα τα αναδιατάξει. Επίσης είναι πιθανό ένα πακέτο να καταστραφεί στο δίκτυο. Για παράδειγμα αν ένας κόμβος πάθει κάποια βλάβη, μπορεί να χαθούν όλα τα πακέτα που βρίσκονται στις ουρές του. Αν συνέβαινε αυτό σε ένα από τα πακέτα του παραδείγματός μας, ο κόμβος 6 δεν θα είχε τρόπο να αναγνωρίσει ότι ένα από την ακολουθία πακέτων έχει χαθεί. Και πάλι είναι θέμα του Ε να ανιχνεύσει την απώλεια ενός πακέτου και να βρει πως θα το ανακτήσει. Σε αυτή τη τεχνική κάθε πακέτο που αντιμετωπίζεται ξεχωριστά αναφέρεται ως **αυτόνομο πακέτο (datagram)**.

2.2 Μέθοδος virtual circuit

Με την μέθοδο **virtual circuit** (νοητού κυκλώματος), πριν αποσταλούν τα πακέτα αποκαθίσταται μια σταθερή νοητή σύνδεση μεταξύ των δύο ανταποκριτών τερματικών σταθμών από όπου κατόπιν θα περάσουν όλα τα πακέτα του μηνύματος. Για τον λόγο αυτόν η τεχνική αυτή ονομάζεται **connection oriented**. Η μέθοδος νοητών κυκλωμάτων συμπεριφέρεται σχεδόν σαν τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

όπου όπως είδαμε η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών θα πραγματοποιηθεί μέσω μια αφιερωμένης γραμμής με την αντίθεση πως η τεχνική virtual circuit επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ο δρόμος που έχει αφιερωθεί και από άλλα δεδομένα. Στην ουσία η virtual circuit packet switching είναι μια τεχνική η οποία συνδυάζει την datagram μεταγωγή πακέτων με την μεταγωγή κυκλώματος και παίρνει τα πλεονεκτήματα και των δυο. Μπορούμε να πούμε πως είναι μια παραλλαγή της datagram τεχνικής όπου τα πακέτα ρέουν στα κυκλώματα για τα οποία δεν διατίθενται καθόλου πόροι.. Κάθε πακέτο μεταφέρει έναν (προσδιοριστή κυκλώματος) ο οποίος είναι τοπικός σε ένα σύνδεσμο και ενημερώνετε για κάθε switch στο δρόμο του πακέτου από την πυγή στον προορισμό. Ένα Virtual circuit προσδιορίζεται από μια ακολουθία «χαρτογραφήσεων» μεταξύ του συνδέσμου που ακολουθούν τα πακέτα και των προσδιοριστών κυκλώματος πακέτων που μεταφέρονται, Αυτή η ακολουθία οργανώνεται την στιγμή που καθιερώνεται η σύνδεση και οι προσδιοριστές αποκαθίστανται όταν το κύκλωμα τερματίζεται.

Η δρομολόγηση σε ένα virtual circuit δίκτυο γίνεται την στιγμή που καθιερώνεται το κύκλωμα έτσι ώστε τα πακέτα να προωθούνται γρήγορα. Αλλά πλεονεκτήματα είναι η μηχανική κυκλοφορίας των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος και η αποδοτικότητα χρήσης των πόρων στην μεταγωγή πακέτων datagram. Εντούτοις, ένα κύριο ζήτημα των virtual circuit δικτύων είναι η συμπεριφορά σε μια αλλαγή τοπολογίας. Αντίθετα με τα δίκτυα μεταγωγής datagram τα οποία ξανά υπολογίζουν αυτόματα τους πίνακες δρομολόγησης σε μια αλλαγή τοπολογίας, όπως σε μια αποτυχία σύνδεσης, στα δίκτυα virtual circuit όλα τα νοητά κυκλώματα που περνούν από μια αποτυχημένη σύνδεση διακόπτονται. Ως εκ τούτου, η δρομολόγηση στην virtual circuit μεταγωγή στηρίζεται στις τεχνικές μηχανικής κυκλοφορίας

Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι ο Α έχει ένα ή περισσότερα μηνύματα να στείλει στον Ε. Πρώτα στέλνει ένα ειδικό πακέτο ελέγχου, το οποίο ονομάζεται Αίτηση Κλήσης (Call Request), στο 4 ζητώντας αποκατάσταση λογικής σύνδεσης με τον Ε. Ο 4 αποφασίζει να στείλει αίτηση και όλα τα πακέτα στον 5, ο οποίος αποφασίζει να κάνει το ίδιο αλλά τώρα στον κόμβο 6, ο οποίος παραδίδει την αίτηση στον κόμβο Ε. Εάν ο κόμβος Ε είναι να αποκαταστήσει τη σύνδεση στέλνει πακέτο το οποίο ονομάζεται Αποδοχή Κλήσης στον 6. Αυτό το πακέτο μεταφέρεται προς τα πίσω μέσω των κόμβων 4 και 5 στον Α. Οι σταθμοί Α και Ε μπορούν τώρα να ανταλλάξουν δεδομένα μέσω της σύνδεσης που έχει αποκατασταθεί μεταξύ τους.

Επειδή η διαδρομή είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια της σύνδεσης είναι κατά κάποιον τρόπο παρόμοια με ένα κύκλωμα σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος και για αυτό αναφέρεται ως νοητό κύκλωμα.

Κάθε πακέτο περιέχει μία ταυτότητα νοητού κυκλώματος, αντί για διεύθυνση προορισμού, και δεδομένα. Κάθε κόμβος της προσχεδιασμένης διαδρομής γνωρίζει πού να κατευθύνει τέτοια πακέτα. Δεν χρειάζεται να αποφασίζει ο ίδιος ποια διαδρομή θα ακολουθήσουν. Έτσι κάθε πακέτο από τον Α στο Ε θα διέρχεται των 4, 5 και 6, και αντίστροφα από τον Ε στο Α τους 6, 5 και 4. Στο τέλος, ένας από τους δύο τερματίζει τη σύνδεση με ένα πακέτο που ονομάζεται Αίτηση Τερματισμού (Clear Request). Οποιαδήποτε χρονική στιγμή, κάθε σταθμός μπορεί να έχει περισσότερα από ένα νοητά κυκλώματα με οποιονδήποτε άλλο νοητό σταθμό, ενώ μπορεί επίσης να έχει νοητά κυκλώματα με περισσότερους από έναν σταθμούς.

Έτσι κύριο χαρακτηριστικό της τεχνικής νοητού κυκλώματος είναι ότι μία διαδρομή αποκαθίσταται πριν αρχίσει η μετάδοση δεδομένων. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί, ότι αυτό δε σημαίνει ότι έχει αποκλειστική χρήση της γραμμής όπως έχουμε στη τεχνική μεταγωγής κυκλώματος. Ένα πακέτο εξακολουθεί να αποθηκεύεται προσωρινά σε κάθε κόμβο και να τοποθετείται για έξοδο σε κάθε γραμμή, ενώ άλλα πακέτα που ανήκουν σε άλλα νοητά κυκλώματα μπορούν να μοιράζονται την ίδια γραμμή. Η διαφορά με τη τεχνική αυτόνομου πακέτου είναι ότι τώρα ο κόμβος δε χρειάζεται να αποφασίζει σε ποιο κόμβο θα στείλει κάθε πακέτο. Αυτό γίνεται μόνο μία φορά για όλα τα πακέτα που χρησιμοποιούν το ίδιο νοητό κύκλωμα.

2.3 Στρατηγικές Δρομολόγησης

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές στρατηγικές για να δρομολογηθούν τα πακέτα. Κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, χαρακτηριζόμενα από το κόστος, την πολυπλοκότητα και την αποδοτικότητα.

- **Fixed Routing**

Για τη σταθερή δρομολόγηση, κάθε router έχει έναν κατάλογο κόμβων προορισμού και έναν κατάλογο των κόμβων που θα ακολουθήσουν. Εάν το router δεν μπορεί να στείλει ένα πακέτο άμεσα σε έναν προορισμό, χρησιμοποιεί τον κατάλογο <<επόμενων κόμβων>>` για να βρει σε ποιο κόμβο θα στείλει το πακέτο. Εάν ο δρομολογητής δεν ξέρει πού να σταλεί ένα πακέτο, θα έχει συνήθως έναν default προορισμό (παραδείγματος χάριν η διεύθυνση του δρομολογητή που συνδέει το τοπικό LAN με το Διαδίκτυο). Η σταθερή δρομολόγηση είναι μια εύκολη λύση για την δρομολόγηση των μικρών εφαρμογών, αλλά σε μια μεγαλύτερη κλίμακα θα ήταν χρονοβόρο να ιδρυθεί και τα δυναμικές δαπάνες (λόγω στην κυκλοφορία δικτύων) δεν μπορούν να εξεταστούν επαρκώς χρησιμοποιώντας αυτήν την στρατηγική. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως θα μπορούσε να υλοποιηθεί η στατική δρομολόγηση. Δημιουργείται ένας κεντρικός πίνακας δρομολόγησης όπου αποθηκεύεται σε ένα κέντρο ελέγχου του δικτύου. Ο πίνακα δείχνει για κάθε ζεύγος πηγής-προορισμού την ταυτότητα του επόμενου κόμβου της διαδρομής. Δεν είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται η πλήρη διαδρομή για κάθε πιθανό ζεύγος κόμβων. Αντίθετα είναι αρκετό να αποθηκεύεται η ταυτότητα του πρώτου στη διαδρομή κόμβου. Για να το δούμε αυτό ας υποθέσουμε ότι η διαδρομή ελαχίστου κόστους από τον X στον Y αρχίζει με τη σύνδεση X-A. Το υπόλοιπο της διαδρομής P1 είναι το τμήμα από το A στο Y. Όρισε τη P2 ως την διαδρομή με το ελάχιστο κόστος από τον A στο Y. Αν το κόστος P1 είναι μεγαλύτερο από το P2 τότε η διαδρομή X-Y μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας την P2. Σε περίπτωση όπου το κόστος P1 είναι μικρότερο, τότε η P2 δεν είναι η διαδρομή με το ελάχιστο κόστος από το A στο Y. Άρα P1=P2. Έτσι σε κάθε σημείο της διαδρομής είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ταυτότητα του επόμενου κόμβου και όχι ολόκληρη τη διαδρομή. Στο παράδειγμα μας η διαδρομή από τον κόμβο 1 στον 6 ξεκινά περνώντας από τον κόμβο 4. Και πάλι

συμβουλευόμενη τον πίνακα, η διαδρομή από τον κόμβο 4 στον 6 περνά από τον 5. Τελικά η διαδρομή από τον 5 στον 6 είναι μία απευθείας σύνδεση με τον 6. Από τον ολοκληρωμένο αυτό πίνακα μπορούν να αναπτυχθούν πίνακες δρομολόγησης και να αποθηκευθούν σε κάθε κόμβο. Από την αιτιολόγηση της προηγούμενης παραγράφου προκύπτει ότι κάθε κόμβος χρειάζεται να αποθηκεύσει μία μόνο στήλη του ευρετηρίου δρομολόγησης. Το ευρετήριο του κόμβου παρουσιάζει τον επόμενο κόμβο που θα επιλεγεί για κάθε προορισμό. Στη στατική δρομολόγηση, δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη δρομολόγηση μεταγωγής πακέτου και στη χρήση νοητού κυκλώματος. Όλα τα πακέτα από συγκεκριμένη πηγή σε συγκεκριμένο προορισμό ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Το πλεονέκτημά της είναι η απλότητά της και ότι θα δούλευε καλά σε ένα αξιόπιστο δίκτυο με σταθερό φορτίο. Το μειονέκτημά της είναι η έλλειψη ευελιξίας, δεν αντιδρά σε συμφόρηση ή αποτυχίες δικτύου. Για αυτό και θα μπορούσε, για να έχουμε καλύτερη λειτουργία της να παρέχεται και δεύτερος κόμβο για κάθε προορισμό.

CENTRAL ROUTING DIRECTORY

		From Node					
		1	2	3	4	5	6
To Node	1	—	1	5	2	4	5
	2	2	—	5	2	4	5
	3	4	3	—	5	3	5
	4	4	4	5	—	4	5
	5	4	4	5	5	—	5
	6	4	4	5	5	6	—

Node 1 Directory

Destination	Next Node
2	2
3	4
4	4
5	4
6	4

Node 2 Directory

Destination	Next Node
1	1
3	3
4	4
5	4
6	4

Node 3 Directory

Destination	Next Node
1	5
2	5
4	5
5	5
6	5

Node 4 Directory

Destination	Next Node
1	2
2	2
3	5
5	5
6	5

Node 5 Directory

Destination	Next Node
1	4
2	4
3	3
4	4
6	6

Node 6 Directory

Destination	Next Node
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5

- **Flooding**

Κατά τη χρησιμοποίηση αυτής της στρατηγικής δρομολόγησης(στρατηγική «πλημμύρας»), κάθε router στέλνει το πακέτο σε όλους τους άμεσους γείτονές του (εκτός από το router που έστειλε το πακέτο). Όταν αυτή η στρατηγική χρησιμοποιείται, ο αριθμός πακέτων στο δίκτυο μπορεί να αυξηθεί, από την στιγμή που ξανά μεταδίδονται από τα router. Αυτό μπορεί να υπερνικηθεί εάν οι δρομολογητές μπορούν να προσδιορίσουν τα πακέτα και να σιγουρευτούν ότι τα πακέτα που έχουν σταλεί δεν αναμεταδίδονται εάν έχουν γυρίσει πίσω. Η στρατηγική flooding προσφέρει ένα σημαντικό πλεονέκτημα - καθώς όλες οι πορείες χρησιμοποιούνται, το πακέτο θα φτάσει στον προορισμό του σε πίο σύντομο χρονικό διάστημα. Εντούτοις, πλημμυρίζοντας το δικτύο με πακέτα, δεν χρησιμοποιείται πολύ αποτελεσματικά - δημιουργώντας συμφόρηση στο δίκτυο

- **Random Routing**

Η τυχαία δρομολόγηση είναι απλή, σαν την στρατηγική flooding, αλλά δημιουργεί πολύ λιγότερη συμφόρηση στο δίκτυο. Οι δρομολογητές υιοθετούν μια τυχαία στρατηγική και στέλνουν την εισερχόμενη κυκλοφορία μέσω μιας τυχαίας εξερχόμενης σύνδεσης. Οι αποφάσεις για το ποια διαδρομή η κυκλοφορία ακολουθεί δεν είναι πάντα βασισμένες σε έναν τυχαίο αλγόριθμο. Δεδομένου ότι η τυχαία δρομολόγηση δεν χρησιμοποιεί τις πληροφορίες δικτύων, είναι μια απλή μέθοδος.

- **Adaptive Routing**

Τα περισσότερα packet switching δίκτυα χρησιμοποιούν τα router που χρησιμοποιούν κάποια μορφή προσαρμοστικής δρομολόγησης. Η προσαρμοστική δρομολόγηση σημαίνει ότι οι αποφάσεις δρομολόγησης που λαμβάνονται από το router αλλάζουν, ανάλογα με το τι συμβαίνει γύρω από το δίκτυο. Η δρομολόγηση μπορεί να αλλάξει εάν οι συνδέσεις ή οι δρομολογητές αποτύχουν. Η προσαρμοστική δρομολόγηση είναι σύνθετη, δεδομένου ότι πρέπει να συγκεντρώσει και να ερμηνεύσει τις πληροφορίες σχετικά με τις ανάγκες του συστήματος του δικτύου.

Αυτό σημαίνει ότι αυτοί οι δρομολογητές απαιτούν περισσότερη επεξεργαστική ισχύ ώστε να παρθουν οι αποφάσεις δρομολόγησης. Το σημαντικότερο όφελος της προσαρμοστικής δρομολόγησης είναι ότι ελέγχει τη συμφόρηση καλύτερα από οποιοσδήποτε από τις άλλες σημαντικές στρατηγικές δρομολόγησης. Από τη σύλληψη του αρχικού αλγορίθμου προσαρμοστικής δρομολόγησης το 1969, έχουν υπάρξει δύο σημαντικές βελτιώσεις. Ο νεώτερος αλγόριθμος (τρίτη γενεά) ανταποκρίνεται στις αλλαγές στο δίκτυο και είναι γενικά σταθερότερος από τις παλαιότερες εκδόσεις του αλγορίθμου προσαρμοστικής δρομολόγησης. Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζει είναι η ταλάντωση. Η ταλάντωση εμφανίζεται όταν οι routers προσαρμόζουν τις στρατηγικές δρομολόγησής τους ταυτόχρονα σε μια κατάσταση έτσι ώστε οι διαδρομές φραζούν γρήγορα. Για να αντιμετωπίσουν αυτήν την συμφόρηση, οι δρομολογητές θα αλλάξουν πάλι τις στρατηγικές τους, δημιουργώντας μια ταλάντωση συμφόρησης, μειώνοντας πολύ την αποδοτικότητα των δικτύων. Η ταλάντωση είναι το αποτέλεσμα του ότι κάθε κόμβος προσπαθεί να λάβει την καλύτερη διαδρομή, έτσι ο αλγόριθμος τρίτης γενεάς προσπαθεί να δώσει στη μέση διαδρομή μια καλή πορεία (αν και όχι απαραίτητα το καλύτερο).

2.4 Μέθοδοι δρομολόγησης

Σε ένα packet switched δίκτυο όπως είδαμε η μετάδοση δεδομένων πραγματοποιείται με διάφορες μεθόδους δρομολόγησης οι οποίες μπορούν να μπουν σε τρεις κατηγορίες.

- **Store and Forward**
- **Cut-through**
- **Fragment-Free**

Η μέθοδος **Store and forward**(αποθήκευσης και προώθησης) είναι μια από τις πιο δημοφιλείς για την επικοινωνία πακέτων. Τα εισερχόμενα πακέτα σώζονται και ένα CRC (Cyclic redundancy check,, μέθοδος έλεγχου λαθών) πραγματοποιείται στα δεδομένα ώστε να γίνει σίγουρο ότι το πακέτο δεν φέρει σφάλμα. Η συσκευή θα κοιτάξει την διεύθυνση προορισμού και θα στήλη το πακέτο στον αντίστοιχο προορισμό. Εάν το πακέτο περιέχει ένα σφάλμα, θα απορριφθεί, αφήνοντας τα πρωτόκολλα επικοινωνιών να στείλουν εκ νέου το χαμένο πακέτο. Μερικοί

εξοπλισμοί μεταγωγής ενδεχομένως να ενσωματώνουν τις μεθόδους store and forward και cut-through για να χειριστούν τα πακέτα. Ο εξοπλισμός αποθήκευσης και προώθησης συνήθως κρατάει το πακέτο στους απομονωτές του έως ότου ο προορισμός έχει αναγνωρίσει ότι το πακέτο έφτασε.

Ο εξοπλισμός μεταγωγής **cut-through** διαβάζει την διεύθυνση προορισμού του πακέτου μόλις αυτό φτάσει.. Αυτή η διεύθυνση αποθηκεύεται και το υπόλοιπο του πακέτου στέλνεται σε εκείνη την διεύθυνση, εξαλείφοντας την ανάγκη να αποθηκευθεί το πακέτο στον εξοπλισμό μετατροπής. Η μέθοδος αυτή δεν κάνει έλεγχο CRC για να ελέγξει για τυχόν λάθη και γι αυτό τον λόγο οι περισσότεροι εξοπλισμοί μεταγωγής δεν χρησιμοποιούν μεμονωμένα την μέθοδο cut-through. Είναι συνηθισμένο για τις συσκευές να χρησιμοποιούν την μέθοδο cut-through μέχρι ένα συγκεκριμένο ποσοστό λαθών διεισδύσει στο σύστημα και τότε χρησιμοποιείται η πιο αξιόπιστη (αλλά πιο αργή) μέθοδος αποθήκευσης και προώθησης.

Τέλος η μέθοδος **fragment-free** είναι περισσότερο σαν την cut-through. Αντί να αποθηκεύσει απλά την διεύθυνση, η fragment free αποθηκεύει επίσης τα πρώτα 64 Bytes από κάθε πακέτο. Αυτό γίνεται επειδή τα περισσότερα λάθη και όλες οι συγκρούσεις συμβαίνουν μέσα στα πρώτα 64 bytes του κάθε πακέτου. Παρόλα αυτά όμως η μέθοδος αυτή δεν είναι συνηθισμένη.

(<http://services.eng.uts.edu.au/~kumbes/ra/Switching/Packet-Switching/packet.html>, Aaron Skelsey, Communications Networks (48740) University of Technology, Sydney)

3. Σύγκριση των δικτύων και μεθόδων

Τα Πλεονεκτήματα της **virtual circuit** έναντι της **datagram** είναι

- Γρήγορη και σωστή ταξινόμηση των παραληφθέντων μηνυμάτων.
- Επιβεβαίωση του ότι όλα τα πακέτα παραλήφθηκαν σωστά. Το δίκτυο μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες που σχετίζονται με τη τεχνική του νοητού κυκλώματος συμπεριλαμβανομένης της ταξινόμησης των πακέτων και των έλεγχος σφαλμάτων. Η ταξινόμηση αναφέρεται στο γεγονός ότι επειδή όλα τα πακέτα ακολουθούν την ίδια διαδρομή φθάνουν με τη σωστή σειρά. Ο έλεγχος σφαλμάτων είναι μία υπηρεσία η οποία όχι μόνο εξασφαλίζει ότι τα πακέτα φθάνουν στη σωστή σειρά αλλά ότι τα πακέτα φθάνουν σωστά, όπου σε περίπτωση λάθους έχουμε την επανεκπομπή των πακέτων.
- Υπάρχει επιπλέον η δυνατότητα για flow control (έλεγχος ροής) ούτως ώστε αν ο παραλήπτης έχει προσωρινή αδυναμία λήψης, ειδοποιεί τον αποστολέα να σταματήσει μέχρις νεοτέρας εντολής
- Έχει μικρές μεταβολές του χρόνου απόκρισης λόγω της σταθερής διαδρομής
- Έχει μικρότερο overhead καθώς δεν απαιτείται η ύπαρξη της πλήρους διεύθυνσης του παραλήπτη σε κάθε πακέτο

Τα Πλεονεκτήματα της **datagram** τεχνικής

- Είναι πιο διαθέσιμη αφού αν ένας κόμβος χαλάσει, όλα τα νοητά κυκλώματα (virtual circuit) που διέρχονται από τον κόμβο αυτό θα χαθούν, ενώ με την datagram τα πακέτα θα διοχετευθούν από άλλους εναλλακτικούς δρόμους μέσω άλλων κόμβων
- Αν έχουμε συμφόρηση της κίνησης, σε κάποια μέρη του δικτύου, με την τεχνική virtual circuit είναι αρκετά πιο δύσκολο να αναδρομολογηθούν τα μηνύματα προς άλλη κατεύθυνση από ότι με την datagram
- Στη datagram δεν απαιτείται η φάση έναρξης της συνομιλίας (Call Request, Call Accept) Έτσι, αν ένας σταθμός επιθυμεί να στείλει μόνο ένα ή λίγα πακέτα, η χρήση της τεχνικής datagram είναι ταχύτερη. Για παράδειγμα, αν υπάρξει συμφόρηση σε ένα μέρος του δικτύου τα εισερχόμενα πακέτα

μπορούν να ακολουθήσουν μία διαδρομή η οποία δεν θα περνάει από τα σημεία της συμφόρησης. Με τη χρήση νοητών κυκλωμάτων τα πακέτα ακολουθούν προκαθορισμένη πορεία κι έτσι είναι δύσκολο για το δίκτυο να προσαρμοστεί σε καταστάσεις συμφόρησης

Συγκρίνοντας τις δύο τεχνικές μεταγωγής (packet και circuit) παρατηρούμε ότι η μεταγωγή κυκλώματος πλεονεκτεί σε σχέση με την μεταγωγή πακέτου στο ότι δεν χρειάζεται καμία επεξεργασία πακέτων, όπως αποθήκευση και αποφάσεις δρομολόγησης, αφού εγκατασταθεί το κύκλωμα. Κάτι τέτοιο θα καθυστερούσε την μετάδοση και κάνει την τεχνική μεταγωγής κυκλώματος ιδανική για μετάδοση σημάτων μεγάλης διάρκειας, που δεν πρέπει να καθυστερούν. Είναι η τεχνική, που επιλέγεται, για μεταδόσεις φωνής και εικόνας.

Για επικοινωνίες, που η μετάδοση δεδομένων είναι σποραδική, δηλαδή είναι σύντομη και συμβαίνει ακανόνιστα, η μεταγωγή κυκλώματος δεν είναι αποδοτική. Συγκεκριμένα, ο χρόνος που χρειάζεται για να συνδεθούν οι χρηστές για κάθε σύντομη μετάδοση είναι σημαντικοί επιβάρυνση, ενώ η διατήρηση της σύνδεσης μεταξύ διαδοχικών μεταδόσεων σημαίνει σπάταλη μεγάλο ποσοστού της χωρητικότητας της γραμμής. Στην περίπτωση αυτή η μεταγωγή πακέτου προσφέρει πιο αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου και γι αυτό προτιμάται.

Τα περισσότερα μοντέρνα διαθέσιμα δίκτυα μεταγωγής πακέτων χρησιμοποιούν μεταγωγή νοητού κυκλώματος για την εσωτερική τους λειτουργία.

Υπάρχουν ωστόσο αρκετοί παροχείς ιδιωτικών δικτύων μεταγωγής πακέτου που χρησιμοποιούν την λειτουργία αυτόνομου πακέτου. Από την οπτική γωνία του χρήστη, θα πρέπει να υπάρχει πολύ μικρή διαφορά στη εξωτερική συμπεριφορά του δικτύου που βασίζεται στη χρήση αυτόνομων πακέτων ή νοητών κυκλωμάτων. Εδώ καλό είναι να αναφερθεί ότι η λειτουργία τύπου αυτόνομου πακέτου είναι συνηθισμένη σε διαδίκτυα.

Όπως είδαμε λοιπόν συνήθως η επιλογή είναι μεταξύ datagram και νοητού κυκλώματος και όχι δικτύου μεταγωγής πακέτου και κυκλώματος και αυτό γιατί το πρώτο έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η μεταγωγή πακέτου έναντι της μεταγωγής κυκλώματος παρουσιάζονται παρακάτω.

- Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι μεγαλύτερη, επειδή μία απλή από κόμβο σε κόμβο σύνδεση μπορεί να μοιράζεται δυναμικά σε πολλά πακέτα κάθε στιγμή. Τα πακέτα τοποθετούνται σε ουρά και μεταδίδονται όσο πιο γρήγορα γίνεται στη γραμμή. Σε αντίθεση με τη μεταγωγή κυκλώματος, ο χρόνος της σύνδεσης κόμβου σε κόμβο έχει διανεμηθεί από πριν χρησιμοποιώντας σύγχρονη πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου. Για αρκετό χρόνο μια τέτοια σύνδεση μπορεί να είναι αδρανής.
- Όταν η κίνηση σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος γίνεται μεγάλη, μερικές κλήσεις μπλοκάρονται. Δηλαδή, το δίκτυο αρνείται να δεχθεί επιπλέον αιτήσεις σύνδεσης μέχρι το φορτίο στο δίκτυο να μειωθεί. Σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου, τα πακέτα εξακολουθούν να γίνονται δεκτά, αλλά αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν προτεραιότητες. Έτσι, αν ένας κόμβος έχει έναν αριθμό από πακέτα για μετάδοση τοποθετημένα σε ουρά, μπορεί να μεταδώσει τα πακέτα με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα πρώτα. Αυτά τα πακέτα θα έχουν μικρότερη καθυστέρηση από τα πακέτα με τη μικρότερη προτεραιότητα.
- Για την μεταγωγή κυκλώματος υπάρχει ένα σημαντικό μέγεθος καθυστέρησης πριν μεταδοθεί το μήνυμα. Πρώτα στέλνεται Αίτησης Κλήσης μέσω του δικτύου για την αποκατάσταση σύνδεσης με τον προορισμό. Αν ο σταθμός δεν είναι κατειλημμένος, τότε επιστρέφει ένα σήμα αποδοχής κλήσης. Σημειώνουμε ότι σε κάθε κόμβο προκαλείται μία καθυστέρηση κατά την διάρκεια της αίτησης κλήσης. Αυτός ο χρόνος ξοδεύεται σε κάθε κόμβο για την αποκατάσταση της διαδρομής της σύνδεσης. Στην επιστροφή αυτή η επεξεργασία δε χρειάζεται επειδή η σύνδεση έχει ήδη αποκατασταθεί. Όταν αποκατασταθεί η σύνδεση, το μήνυμα αποστέλλεται ως ένα μόνο μπλοκ, χωρίς ορατές καθυστερήσεις στους κόμβους μεταγωγής.

4. Δίκτυα Μεταγωγής WAN

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες που βασίζονται σε δίκτυα μεταγωγής. Θα μπορούσαμε αρχικά να πούμε πως τα κύρια δίκτυα όπου εφαρμόζονται οι τεχνολογίες αυτές είναι τα WAN και LAN. Στην πρώτη περίπτωση οι κυριότερες τεχνολογίες είναι οι T1/E1, ADSL και ISDN. Αρχίζοντας θα πρέπει πρώτα να μιλήσουμε για το τι είναι **local loop**.

Local loop είναι η σύνδεση από την περιοχή “πελατών” στο φορέα παροχής υπηρεσιών ή τον carrier. Συνήθως λειτουργούν σε 2 ή 4 χάλκινα καλώδια αν και γενικώς χρησιμοποιείται και η ίνα.. Μπορούν να είναι σταθερού Bandwidth (Όπως T1, E1, ISDN και μερικοί τύποι DSL) ή μεταβλητού όπως η ADSL. Το χρησιμοποιήσιμο bandwidth για την T1 είναι μέχρι 1.536 Mbps, για την E1 είναι 1,92 Mbps, και για την Adsl μέχρι 25Mbps αλλά εξαρτάται αρκετά από την απόσταση και την κατάσταση των συνδέσμων και αυτό μόνο σε μια κατεύθυνση.

Οι δαπάνες για αυτές τις γενικές τεχνολογίες μετάδοσης ποικίλλουν ανά τον κόσμο. Χωρίς κόστος ως εκτίμηση η επιλογή θα είναι για τη χρησιμοποίηση εγγυημένου σταθερού bandwidth και αυτά είναι συνήθως είναι τα T1 ή E1 κυκλώματα. Όταν το κόστος όμως επηρεάζει την επιλογή μας τότε συνήθως η απάντηση είναι adsl ή ISDN. Μερικά μέρη του κόσμου μπορούν να πάρουν μόνο ISDN και έτσι η ερώτηση απαντιέται αυτόματα για εκείνες τις περιοχές.

Όλες οι WAN συνδέσεις αποτελούνται από τρία βασικά στοιχεία:

- Τα φυσικά μέσα μετάδοσης
- Τις ηλεκτρικές προδιαγραφές σηματοδότησης για την παραγωγή, διαβίβαση, και λήψη των σημάτων μέσω των διάφορων μέσων μετάδοσης.
- Τα data link layer (DLL) πρωτόκολλα που παρέχουν τον έλεγχο ροής για την κίνηση των στοιχείων μεταξύ των peers σε ένα WAN. (Οι peers είναι οι συσκευές σε κάθε τέλος μιας WAN σύνδεσης)

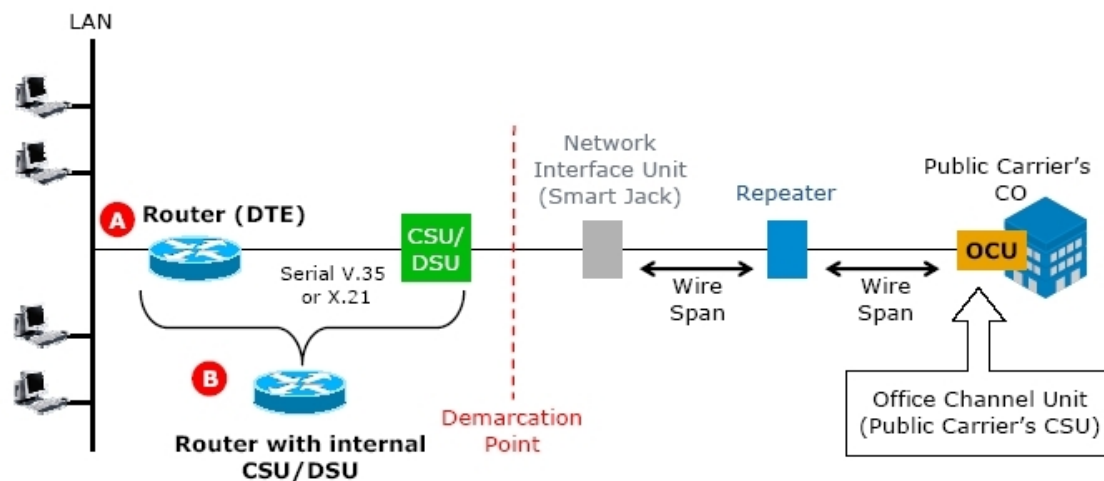
Τα φυσικά μέσα μετάδοσης και οι ηλεκτρικές προδιαγραφές είναι μέρος του φυσικού επιπέδου (1^ο επίπεδο) του OSI, και τα DLL πρωτόκολλα είναι μέρος του

data-link layer (2^ο επίπεδο). Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν WAN συνδέσεις μέσα και μέσω τοπικών carrier δικτύων.

Η σύνδεση μεταξύ των εγκαταστάσεων ενός συνδρομητή και του κοντινότερου κεντρικού γραφείου (Central Office, CO) τοπικού carrier αναφέρεται ως local loop. Το local loop περιλαμβάνει ολόκληρη υποδομή τηλεπικοινωνιών όπως repeaters, switches, καλώδια και connectors που χρειάζονται προκειμένου να συνδέσει τις εγκαταστάσεις ενός συνδρομητή με κεντρικό γραφείο (CO).

Τα δημόσια δίκτυα φορέων σχεδιάστηκαν αρχικά για να φέρουν τις αναλογικές κλήσεις φωνής. Επομένως, τα καλώδια χαλκού είναι τα πιο κοινά φυσικά μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται σε ένα local loop. Λόγω των ορίων στην χωρητικότητα φορέας σήματος του καλωδίου χαλκού, τα Local loops που χρησιμοποιούν αυτά τα καλώδια είναι το πιο αργά και λιγότερο ικανό συστατικό μιας WAN σύνδεσης. Γι'αυτό τον λόγο και προκειμένου να ικανοποιήσουν τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε bandwidth οι τοπικοί φορείς αρχίζουν να εγκαθιστούν το ομοαξονικό και οπτικό καλώδιο ινών στα local loops.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε ένα χαρακτηριστικό σχήμα



4.1 T1 και E1

Ένας carrier WAN T1 ή E1 σύνδεσης παρέχει ένα μόνιμο ,αφιερωμένο ,σημείο σε σημείο και σταθερού bandwidth σύνδεσμο ανάμεσα σε σημεία τέλους. Εκτός αν ο φορέας παροχής υπηρεσιών αλλάζει την πορεία, τα στοιχεία που στέλνονται μεταξύ των δύο σημείων τέλους σε μια carrier γραμμή WAN σύνδεσης ρέουν πάντα κατά μήκος της ίδιας φυσικής πορείας.

Το εύρος ζώνης για κάθε σύνδεση είναι εγγυημένο σε όλα τα μέρη της πορείας, επειδή κάθε σύνδεση έχει αφιερωμένα time slots. Εάν δεν υπάρχει καμία κυκλοφορία που να διαβιβάζεται, τα time slots για εκείνη την σύνδεση μένουν αχρησιμοποίητα.

- Το πραγματικό bit rate για την T1 είναι 1544Mbps ενώ για την E1 2048Mbps. Το χρησιμοποιημένο bit rate το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως bandwidth είναι το λιγότερο 1344 για την T1 και 1920 για την E1 αν και αυτά τα νούμερα διαφέρουν ανάλογα με το πρότυπο και την εφαρμογή που χρησιμοποιούμε

- Και οι 2 έχουν σταθερό bandwidth
- Οι συνδέσεις είναι αυτόματα πάντα ενεργές δηλαδή υπάρχει ένα μόνιμο κύκλωμα.

Γενικώς, αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς όπως **α)** Για να συνδέσει τους δρομολογητές πελατών με τον carrier ή isp **β)** Για να μεταφέρει δεδομένα και παραδοσιακές φωνητικές συνομιλίες **γ)** Πολλοί σύνδεσμοι T1 ή E1 μπορούν να συνδυαστούν ώστε να φτιάξουν ένα μεγαλύτερο λογικό interface μέσω της χρήσης πρωτοκόλλων 2^{ου} στρώματος όπως τα Frame Relay και PPP..

Τα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών T και E είναι ,λόγω του σταθερού bandwidth, εξαρτώμενα από την τεχνολογία. Το bandwidth είναι σταθερό και διαθέσιμο συμμετρικά. Αυτές οι τεχνολογίες καθιερώνονται εύκολα και η διαλειτουργικότητα δεν πρέπει να απασχολεί μόλις γίνει η κατάλληλη κωδικοποίηση και η διαμόρφωση και στις δύο άκρες της σύνδεσης.. Αντίθετα μπορούμε να πούμε πως η ταχύτητα είναι περίπου στα ίδια επίπεδα με την adsl.και συγκεκριμένα μπορεί, υπό τους κατάλληλους όρους, να παραδώσει πολλές φορές την απόδοση της E1 ή της T1 αλλά μόνο ασυμμετρικά.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε πως η T1 και T3 carrier γραμμές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις ΗΠΑ και στον Καναδά ενώ στην Ευρώπη οι αντίστοιχες high speed WAN συνδέσεις είναι οι E1 και E3 και J1,J3 αντίστοιχα για Ιαπωνία. (*WAN Design Guide The Lower Layers, August 2005*)

4.2 ADSL

Οι τεχνολογίες ADSL, και xDSL γενικά, παρέχουν high speed WAN συνδέσεις πάνω από τα υπάρχοντα local loop. Για να αυξήσουν το ποσό δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν πάνω από το local loop (που αποτελείται συνήθως από απλά καλώδια χαλκού), οι τεχνολογίες xDSL υιοθετούν τις προηγμένες τεχνικές διαμόρφωσης.

Η Adsl είναι μόνο ένας από πολλούς τύπους τεχνολογιών DSL. Ιστορικά, όσο οι τεχνολογίες DSL αναπτύσσονταν, η συλλογική ομάδα αναφέρθηκε συχνά σε αυτήν ως "xDSL" όπου το "X" αντικαθίσταται με ένα γράμμα που αντιπροσωπεύει έναν ιδιαίτερο τύπο του DSL, όπως ADSL (asymmetric DSL), HDSL (High bit rate DSL), και VDSL (Very high bit rate DSL). Οι διάφοροι τύποι xDSL παρέχουν διαφορετικές ταχύτητες, και η ταχύτητα καθορίζει πως χρησιμοποιείται ο κάθε τύπος xDSL. Κατά τη διάρκεια του χρόνου η αναφορά "xDSL" έχει αλλάξει και απλά τώρα αναφέρεται ως "DSL" κατά τη συζήτηση της συλλογικής ομάδας τεχνολογιών.

Επειδή η DSL λειτουργεί πάνω από τα υπάρχοντα local loop, είναι μια οικονομικώς αποδοτική WAN τεχνολογία και για τους δημόσιους φορείς αλλά και για τους πελάτες. Με την εκτέλεση των ελάχιστων ρυθμίσεων στις υπάρχουσες γραμμές χαλκού που χρησιμοποιούνται για τα περισσότερα local loop, οι δημόσιοι φορείς μπορούν να προσφέρουν στους πελάτες μια μεγάλης ταχύτητας ευρυζωνική σύνδεση. Επιπλέον, η DSL δεν απαιτεί repeaters όπως η T1 ή E1, όποτε είναι λιγότερο δαπανηρό για να εφαρμοστεί από άλλες παραδοσιακές local loop τεχνολογίες. Η DSL είναι επίσης μια ελκυστική λύση για το μεγαλύτερο μέρος των πελατών, είτε είναι απλοί πελάτες είτε μεγάλες εταιρίες.

Με την DSL η σύνδεση είναι πάντα «ανοιχτή». Για τους πελάτες που έχουν χρησιμοποιήσει τις συνδέσεις dial up, αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα δηλαδή το να σώζουν χρόνο επειδή δεν υπάρχει καμία διαδικασία dial up και εξάλειψη των νεύρων (που οφείλονταν συνήθως σε πολυάσχολα σήματα και οι αποσυνδέσεις) που συνδέονται συχνά με τις συνδέσεις dial up.

Η DSL παρόλα αυτά έχει μειονεκτήματα. Παραδείγματος χάριν, στο παρελθόν, η DSL έπασχε από μια έλλειψη προτύπων. Ο εξοπλισμός ήταν συχνά ιδιόκτητος και δεν «συνεργαζόταν» σωστά. Αυτό αλλάζει δεδομένου ότι οι ομάδες προτύπων καθορίζουν περαιτέρω τις προδιαγραφές για τους διάφορους τύπους DSL. Επιπλέον,

η DSL δεν είναι διαθέσιμη σε όλες τις περιοχές επειδή είναι μια τεχνολογία ευαίσθητη στην απόσταση. Εάν μια επιχείρηση ή ένα σπίτι είναι πολύ μακριά από το κεντρικό γραφείο (CO) του δημόσιου φορέα(public carrier), η DSL δεν πρέπει να είναι η επιλογή. Η απόσταση μεταξύ της επιχείρησης ή του σπιτιού και του κεντρικού γραφείου υπαγορεύει επίσης τα ποσοστά μετάδοσης DSL. Όσο μεγαλύτερη η απόσταση, τόσο πιο αργό το ποσοστό.

Οι DSL WAN συνδέσεις μπορούν να είναι είτε συμμετρικές είτε ασυμμετρικές, ανάλογα με το πώς τα δεδομένα διαβιβάζονται (upstream και downstream). Το downstream αναφέρεται στην κυκλοφορία που στέλνεται από το φορέα παροχής υπηρεσιών ή το δημόσιο φορέα στις εγκαταστάσεις του πελάτη. Το upstream είναι ακριβώς το αντίθετο. Αναφέρεται στην κυκλοφορία που στέλνεται από τις εγκαταστάσεις του πελάτη στο φορέα παροχής υπηρεσιών ή στο δημόσιο φορέα.

Εάν μια τεχνολογία DSL είναι συμμετρική, τα δεδομένα διαβιβάζονται με την ίδια ταχύτητα downstream αλλά και upstream Αυτό καλείται μερικές φορές duplexed DSL. Οι επιχειρήσεις πρέπει να επιλέξουν μια συμμετρική λύση DSL για τα περιβάλλοντα όπως τα εξής:

- Η WAN σύνδεση DSL συνδέει δύο περιοχές γραφείων και ίσα ποσά δεδομένων διαβιβάζονται σε κάθε περιοχή.
- Οι επιχειρήσεις πρέπει να παρέχουν μεγάλης ταχύτητας πρόσβαση στο δίκτυο ή τους web servers τους. Σε αυτήν την περίπτωση, η upstream ταχύτητα μετάδοσης θα επηρέαζε τη δυνατότητα των πελατών να έχουν πρόσβαση και να «κατεβάσουν» πληροφορίες από τους servers των επιχειρήσεων.

Εάν μια DSL τεχνολογία είναι ασυμμετρική, παρέχει διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης για upstream και downstream. Η ταχύτητα μετάδοσης downstream είναι υψηλότερη από την ταχύτητα μετάδοσης upstream,. Αυτό κάνει το ασυμμετρικό DSL ιδανικό για τη χρήση internet επειδή οι πελάτες «κατεβάζουν» περισσότερα δεδομένα από το internet από το να «ανεβάζουν». Παρακάτω μπορούμε να δούμε τους πίνακες ασυμμετρικών και συμμετρικών τεχνολογιών DSL με τις χαρακτηριστικές ταχύτητες, τις αποστάσεις, και τις χρήσεις τους.

DSL Technology	Speed	Distance	Usage
IDSL	Up to 144 Kbps	5.49 km (18,000 ft.)	Internet access, video, telephony, IP telephony
HDSL	1.544 Mbps (T1) 2.048 Mbps (E1)	2 pairs of wire; 3.66– 4.57 km (12,000– 15,000 ft.)	T1/E1 local loop, WAN connection for businesses
HDSL2	1.544 Mbps (T1) 2.048 Mbps (E1)	2 pairs of wire; 3.66– 4.57 km (12,000– 15,000 ft.)	T1/E1 local loop, WAN connection for businesses
SDSL	1.544 Mbps (T1) 2.048 Mbps (E1)	3.05 km (10,000 ft.)	T1/E1 local loop, WAN connection for businesses
SHDSL	2.3 Mbps	1 pair of wire; 5.49 km (18,000 ft.)	WAN connection, video, multimedia
VDSL*	Up to 34 Mbps	.305–1.37 km (1,000–4,500 ft.)	Multimedia, HDT
* Can be either symmetric or asymmetric; usually asymmetric			

Πίνακας συμμετρικών DSL τεχνολογιών

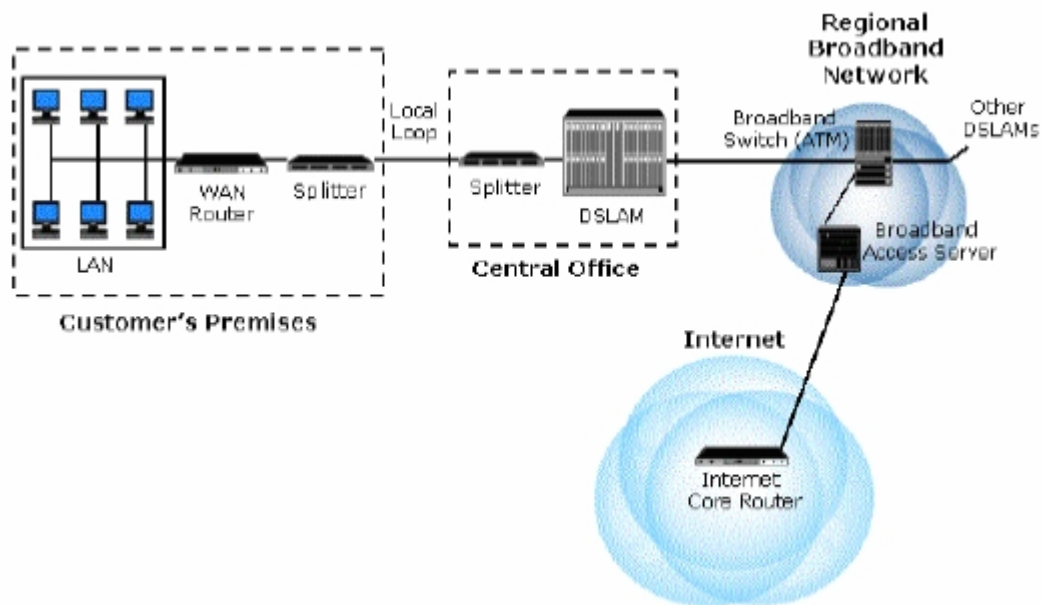
DSL Technology	Speed	Distance	Usage
ADSL	Downstream: 1.5 to 8 Mbps	3.66 – 5.49 km	Internet access, remote, LAN access, VPNs, VOIP
	Upstream: Up to 1.544 Mbps	(12,000–18,000 ft.)	
ADSL Lite (G.Lite)	Downstream: 1 Mbps	5.49 km (18,000 ft.)	Internet access, video telephony, IP telephony
	Upstream: 512 Kbps		
RADSL	Downstream: 1.5 to 8 Mbps	3.66 – 5.49 km	Internet access, remote, LAN access, VPNs, VOIP
	Upstream: Up to 1.544 Mbps	(12,000–18,000 ft.)	
ADSL2	Downstream: 12 Mbps	3.84 – 5.67 km	Internet access, video, remote LAN access, VPNs
	Upstream: Up to 1.544 Mbps	(12,600–18,600 ft.)	
ADSL2+	Downstream: Up to 25 Mbps	1.52 km (5,000 ft.)	Internet access, video, remote LAN access, VPNs
	Upstream: Up to 1.544 Mbps		
VDSL*	Downstream: 13 – 52 Mbps	.305 – 1.37 km	Multimedia, HDTV
	Upstream: 1.5 – 2.3 Mbps	(1,000 – 4,500 ft.)	
* Can be either symmetric or asymmetric; usually asymmetric			

Πίνακας συμμετρικών DSL τεχνολογιών

. Η ADSL είναι αναμφισβήτητα ο πιο standardized διαθέσιμος τύπος DSL. Η Adsl υποστηρίζει επίσης την αναλογική φωνή σε ένα local loop. Αυτό δίνει στην adsl ένα σαφές πλεονέκτημα από τις τεχνολογίες DSL επειδή οι πελάτες δεν χρειάζονται ένα χωριστό ζευγάρι καλωδίων για να διαβιβάσουν την αναλογική φωνή. Ο υπάρχων τηλεφωνικός εξοπλισμός τους μπορεί να συνεχίσει να στέλνει φωνή πέρα από το ίδιο ζευγάρι καλωδίων που φέρνουν adsl traffic. Στα adsl πρότυπα, η υποστήριξη για την αναλογική φωνή καλείται DSL over Plain Old Telephone Service (POTS), ή ADSL Annex A.

Εκτός από την υποστήριξη της αναλογικής φωνής, η Adsl υποστηρίζει ISDN traffic. Οι πελάτες που έχουν εξοπλισμό ISDN όπως τα τηλέφωνα και μηχανές fax μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν αυτόν τον εξοπλισμό κινώντας το internet ή την WAN σύνδεσή τους σε Adsl. Η υποστήριξη για το ISDN καλείται ADSL over ISDN, ή ADSL Annex B, και είναι κοινή στις χώρες όπως η Γερμανία όπου το ISDN εφαρμόζεται ευρέως.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η adsl είναι ιδανική για την πρόσβαση στο internet. Για να ενεργοποιηθεί η πρόσβαση στο internet, το περιφερειακό ευρυζωνικό δίκτυο πρέπει να συνδεθεί με το internet. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε πως το DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) συνδέεται άμεσα με έναν broadband switch, ο οποίος συνδέεται άμεσα με έναν ευρυζωνικό access server. Ο ευρυζωνικός access server συνδέεται έπειτα με έναν core Internet router. Όπως το όνομα υπονοεί, ο ευρυζωνικός access server επικυρώνει τους πελάτες που έχουν πρόσβαση στο Internet μέσω του ευρυζωνικού δικτύου πρόσβασης.



Σχήμα: Σύνδεση ADSL στο Internet

Το παραπάνω σχήμα παρουσιάζει έναν πιθανό τρόπο να συνδεθεί το DSLAM με το Internet. Η ακριβής διαμόρφωση ποικίλλει, ανάλογα με παράγοντες όπως είναι οι εξής:

- Οι ικανότητες που παρέχονται από το DSLAM
- Ο ευρυζωνικός εξοπλισμός δικτύου που ανήκει στον public carrier
- Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί το ευρυζωνικό δίκτυο

Επιπρόσθετα για να γίνει μια συγκέντρωση των πολλών συνδέσεων DSL, νέα DSLAMs παρέχουν προηγμένες ικανότητες όπως το ATM switching. Σε αυτήν την περίπτωση, το DSLAM μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τον ευρυζωνικό access server ή ακόμα και με έναν core Internet router. Το DSLAM μπορεί επίσης να συνδεθεί άμεσα με τον core Internet router, εάν εκείνο το switch ανήκει στον public carrier.

Τέλος, ο public carrier πρέπει να διαμορφώσει το DSLAM έτσι ώστε να υποστηρίξει την τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργηθεί το ευρυζωνικό δίκτυο. Επειδή η DSL αναπτύχθηκε αρχικά για τη χρήση με τα βασισμένα σε ATM ευρυζωνικά δίκτυα, αυτή είναι ακόμα η πιο κοινή αρχιτεκτονική. Στην πραγματικότητα, όταν η ADSL Lite εφαρμόζεται χωρίς splitters, το ATM απαιτείται.

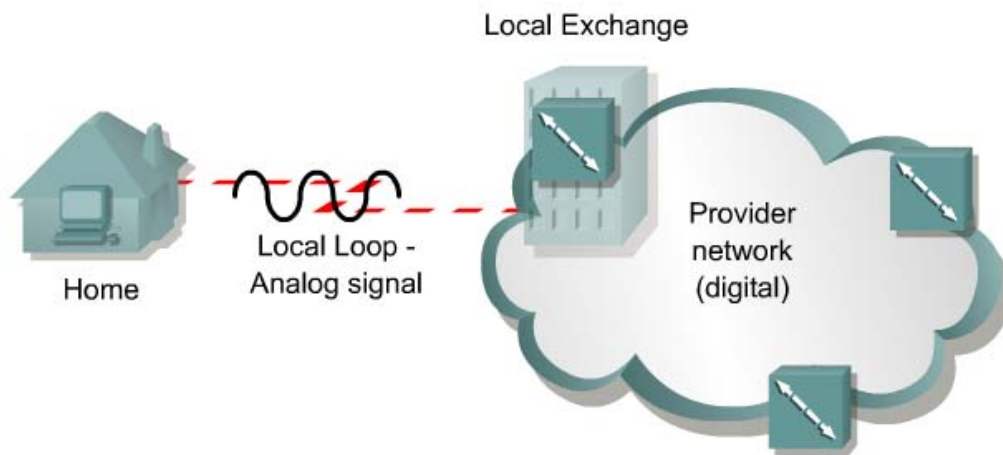
Ανακεφαλαιώνοντας μπορούμε να πούμε πως τα πλεονεκτήματα της DSL είναι ότι είναι μια οικονομικώς αποδοτική WAN τεχνολογία και για τους δημόσιους φορείς αλλά και για τους πελάτες. Με την εκτέλεση των ελάχιστων ρυθμίσεων στις υπάρχουσες γραμμές χαλκού που χρησιμοποιούνται για τα περισσότερα local loop, οι δημόσιοι φορείς μπορούν να προσφέρουν στους πελάτες μια μεγάλης ταχύτητας ευρυζωνική σύνδεση. Επιπλέον, η DSL δεν απαιτεί repeaters όπως η T1 ή E1, όποτε είναι λιγότερο δαπανηρό για να εφαρμοστεί από άλλες παραδοσιακές local loop τεχνολογίες. Η DSL είναι επίσης μια ελκυστική λύση για το μεγαλύτερο μέρος των πελατών, είτε είναι απλοί πελάτες είτε μεγάλες εταιρίες αφού πχ οι πελάτες παίρνουν μια μεγάλη σύνδεση με σχετικά χαμηλότερο κόστος μιας και η DSL είναι λιγότερο δαπανηρή από τις γραμμές T1 ή E1-carrier. Αντίθετα τα κύρια μειονεκτήματα είναι πως η DSL δεν είναι διαθέσιμη σε όλες τις περιοχές επειδή είναι μια τεχνολογία ευαίσθητη στην απόσταση. Εάν μια επιχείρηση ή ένα σπίτι είναι πολύ μακριά από το κεντρικό γραφείο (CO) του δημόσιου φορέα(public carrier), δεν πρέπει να επιλέξουμε την DSL. Η απόσταση μεταξύ της επιχείρησης ή του σπιτιού και του κεντρικού

γραφείου παίζει μεγάλο ρόλο καθώς όσο μεγαλύτερη η απόσταση, τόσο πιο αργό το ποσοστό μετάδοσης. Αυτό κάνει πολύ δύσκολο τον προγραμματισμό για bandwidth

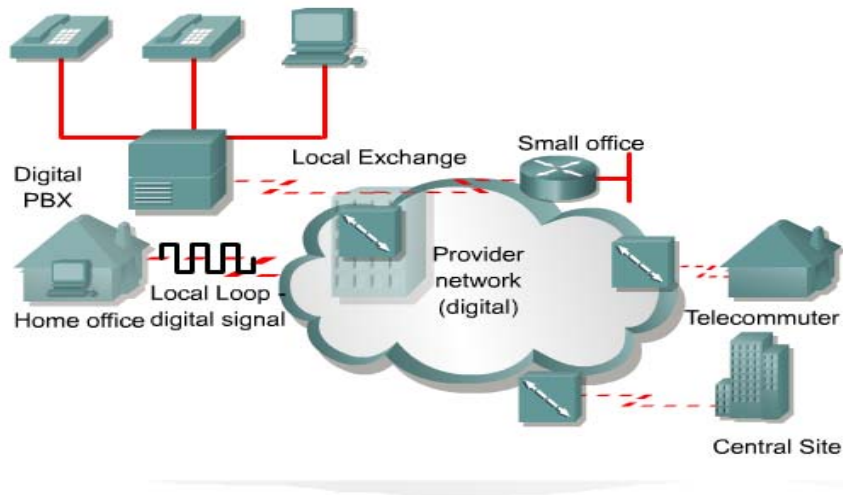
4.3 ISDN

Integrated Services Digital Network (ISDN) είναι ένα δίκτυο το οποίο παρέχει end-to-end digital επικοινωνία, το οποίο υποστηρίζει πολλές υπηρεσίες περιλαμβάνοντας φωνή και δεδομένα. Η ISDN τεχνολογία επιτρέπει σε πολλά κανάλια να λειτουργούν ταυτόχρονα μέσα από το ίδιο καλώδιο του τηλεφώνου το οποίο είναι αναλογικό, ενώ η ISDN τεχνολογία μεταφέρει ψηφιακό σήμα. Ένα συγκριτικό πλεονέκτημα με την ISDN τεχνολογία είναι ότι παρέχει γρηγορότερες ταχύτητες σε σχέση με την αναλογική μετάδοση.

Οι παραδοσιακές PSTN γραμμές βασισμένες στην αναλογική επικοινωνία μεταξύ των πελατών και local exchange που επίσης ονομάζονται και local loop περιορίζουν το bandwidth μέχρι 3000Hz.



Αντίθετα η ISDN τεχνολογίες που επιτρέπουν ψηφιακή μετάδοση στο local loop παρέχουν καλύτερες ταχύτητες στους απομακρυσμένους χρήστες.



Μερικά πλεονεκτήματα της ISDN τεχνολογίας είναι τα παρακάτω:

- Μεταφέρουν πολλούς τύπους σημάτων περιλαμβάνοντας δεδομένα, ήχο και εικόνα
- Είναι πιο γρήγορα στην δημιουργία σύνδεσης σε σύγκριση με την σύνδεση μέσω Modem
- Η ISDN τεχνολογία παρέχει δύο κανάλια επικοινωνίας, όπου το κάθε ένα είναι 64kbyte.
- Τα δύο κανάλια (B channel) τα οποία παρέχονται είναι πιο κατάλληλα για επικοινωνία Point-to-Point Protocol (PPP)

5. Δίκτυα Μεταγωγής LAN

Υπάρχουν 3 αρχιτεκτονικές LAN οι: **Token Ring**, **Fiber Distributed Data Interface(FDDI)** και **Ethernet** από τις οποίες στην ουσία η κυρίαρχη είναι το Ethernet το οποίο αποτελεί περίπου 85% της εγκατεστημένης βάσης του LAN.. Το Ethernet είναι διαθέσιμο σήμερα σε 10 Mbps(Ethernet), 100 Mbps(Fast Ethernet), 1000 Mbps (Gigabit Ethernet Gbp 1), και 10000 Mbps (10 Gbps Ethernet).Η IEEE 802,3 είναι η ομάδα εργασίας που δημιουργεί τα πρότυπα Ethernet., η IEEE 802,3 καθορίζει την πρώτη γενεά Ethernet (δηλαδή 10Mbps),η 802.3u καθορίζει το Fast Ethernet (δηλαδή 100Mbps) και η 802.3z, που εμφανίστηκε στο τέλος του 1997, καθορίζει το Gigabit Ethernet (δηλαδή 1Gbps).Η τεχνολογία Ethernet γενικά, αλλά ιδιαίτερα η Gigabit και 10Gbps Ethernet, θεωρούνται ως πολύ εύλογη λύση για broadband σε ένα local loop

Το token ring δημιουργήθηκε στο περιβάλλον της IBM. Διευκρινίζεται κάτω από την IEEE 802,5, και εμφανίζεται στα 4Mbps, 16Mbps, και 100Mbps.Η προδιαγραφή 100Mbps, αποκαλούμενη ως High-speed Token Ring, δεν κέρδισε ποτέ αποδοχή στην αγορά

Παρά το γεγονός ότι το FDDI ήταν το πρώτο πρότυπο του LAN Που πρόσφερε 100Mbps για τη χρήση σε μια backbone εφαρμογή δεν συνέλαβε σημαντικό μερίδιο αγοράς. Η μετάβαση σε έναν υψηλότερο βαθμό Ethernet είναι πολύ απλούστερη για τις επιχειρήσεις από είναι μια μετάβαση σε ένα εξ ολοκλήρου νέο πρωτόκολλο.

Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τους διάφορους τύπους Ethernet, Fast Ethernet και Gigabit Ethernet καθώς και τις απαιτήσεις σε καλώδια.

Τεχνολογία	Τύπος Καλωδίου
<i>Ethernet (10Mbps)</i>	
10Base5	Thick coax
10Base2	Thin coax
10BaseT	2-pair UTP
10BaseFL	2 strands of multimode optical fiber
<i>Fast Ethernet (100Mbps)</i>	
100BaseTX	2-pair Cat 5 UTP
100BaseT4	4-pair Cat 3 UTP
100BaseT2	2-pair Cat 3 UTP
100BaseFX	2 strands of multimode optical fiber
<i>Gigabit Ethernet (1Gbps)</i>	
1000BaseSX	Short-wavelength multimode optical fiber
1000BaseLX	Long-wavelength single-mode optical fiber

1000BaseCX	Coax patch cable
1000BaseT	4-pair Cat 5 or Cat 5e UTP
1000BaseTX	2-pair Cat 6 (currently a TIA draft proposal)

Δύο είναι τα πρωτόκολλα που παρατηρούνται σε ένα δίκτυο LAN: το **token passing** για Token Ring και FDDI και το **CSMA/CD** για Ethernet. (*Addison Wesley - Telecommunications Essentials (CHM)*)

5.1 Token passing

Το token passing λειτουργεί ως εξής σε 4 βήματα:

1. Ο ενεργός υπολογιστής (master), που επιλέγεται μέσω μιας διαδικασίας αποκαλούμενης beaconing, ενσωματώνει ένα token (δηλαδή ειδικά σχηματοποιημένο πακέτο) στο δαχτυλίδι.

2. Το token κυκλοφορεί στο δαχτυλίδι και αναπαράγεται από κάθε τερματικό σταθμό που περνά. (Στα token ring δίκτυα, ένας τερματικός σταθμός λαμβάνει τα στοιχεία μόνο από τον upstream γείτονά του, τα αναπαράγει, και τα στέλνει στον downstream γείτονά του.)

3. Όταν ένας τερματικός σταθμός έχει στοιχεία να στείλει, περιμένει το token να περάσει και τότε το παίρνει. Ο σταθμός εγγέει έπειτα τα πακέτα δεδομένων του επάνω στο καλώδιο.

4. Τα πακέτα κυκλοφορούν στο δαχτυλίδι και εξετάζονται και αναπαράγονται από κάθε τερματικό σταθμό. Μόλις λάβει ο λαμβάνων τερματικός σταθμός τα πακέτα, τα χαρακτηρίζει ως ληφθέντα όταν τα αναπαράγει και επανεισάγει. Αυτός ο χαρακτηρισμός ειδοποιεί τον αποστολέα ότι τα δεδομένα παραλήφθηκαν στην πραγματικότητα όταν επιστρέφει τελικά στον αποστολέα. Ο αποστολέας παράγει έπειτα ένα νέο token και το εγγέει στο δαχτυλίδι.

Για να αποτρέψει οποιοδήποτε τερματικό σταθμό από να μονοπωλεί το δαχτυλίδι, ένας σταθμός που μεταδίδει μπορεί να κρατήσει το token (και να διαβιβάσει έτσι τα πακέτα δεδομένων) για ένα συγκεκριμένο διάστημα, αποκαλούμενο **token hold time**. Εάν ο χρόνος λήξει προτού να διαβιβάσει ο σταθμός όλες τις πληροφορίες του, πρέπει να σταματήσει και να ξαναβάλει ένα νέο token στο δαχτυλίδι έτσι ώστε άλλοι σταθμοί να έχουν μια πιθανότητα να επικοινωνήσουν.

Όταν το σημείο επιστρέφει στον τερματικό σταθμό που περίμενε, μπορεί να επαναλάβει τη διαβίβαση.

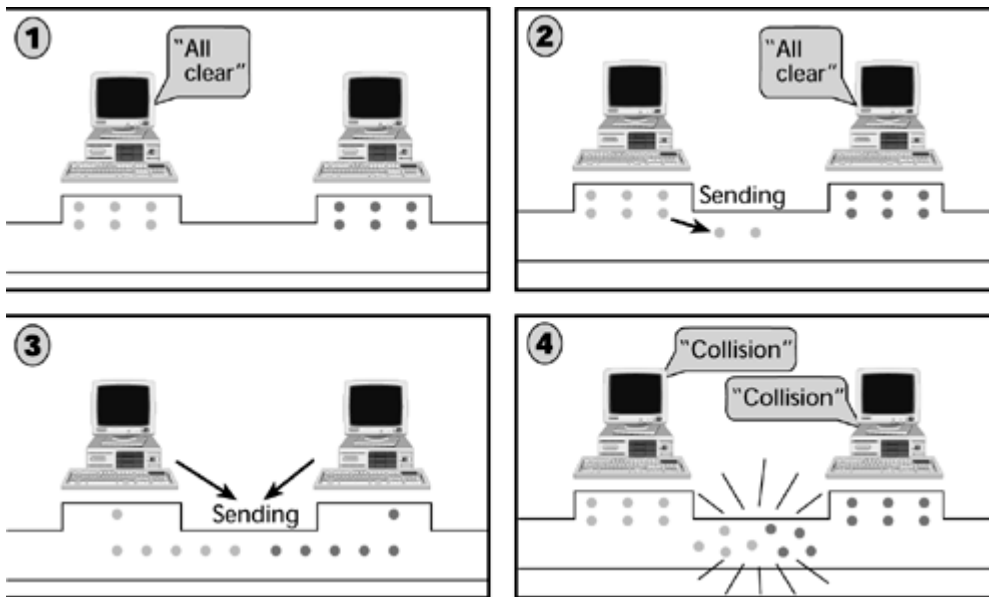
Ένα όφελος του token passing είναι ότι είναι μια «αιτιοκρατική» τεχνική: Μπορείς πάντα να υπολογίσεις τη μέγιστη καθυστέρηση που θα αντιμετωπιστεί στην κίνηση των πληροφοριών μεταξύ οποιονδήποτε δύο σημείων για εκείνο το δίκτυο, και αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις εφαρμογές με τους καθορισμένους χρόνους απόκρισης, όπως ο έλεγχος διεργασίας

Σε ένα LAN δίκτυο όπου δεν υπάρχει η ανάγκη να καθοριστεί η καθυστέρηση, το token passing λειτουργεί πολύ καλά. Το μειονέκτημα του token passing είναι ότι εμφανίζεται σε ένα ομοιοκατευθυνόμενο δαχτυλίδι, και έτσι παίρνει χρόνο ώστε να περαστούν τα token. Μια συσκευή πρέπει να περιμένει έως ότου λάβει ένα token προτού να μπορέσει να το στείλει, και εάν το δαχτυλίδι είναι «σπασμένο» επειδή μια συσκευή έχει κάποιο πρόβλημα, το δαχτυλίδι είναι έπειτα ανίκανο να στείλει τα token έως ότου αυτό επιστρέψει στην αρχική του μορφή. Σήμερα, σχεδόν όλα τα token ring έχουν παρών μια ηλεκτρική διακλάδωση για την αποφυγή αυτού το προβλήματος.

5.2 CSMA/CD

Το CSMA/CD όπως είδαμε είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται με το Ethernet. Το CSMA/CD είναι μια “nondeterministic” μέθοδος προσπέλασης που σημαίνει ότι οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να στείλει όποτε καθορίζει ότι το δίκτυο είναι ελεύθερο. Εντούτοις, κάθε συσκευή πρέπει να «ακούει» το δίκτυο πάντα επειδή υπάρχει η πιθανότητα να εμφανιστεί σύγκρουση. Εάν μια σύγκρουση εμφανιστεί, και οι δύο συσκευές που στέλνουν σταματούν και περιμένουν έναν τυχαίο αριθμό νανοδευτερολέπτων ή χιλιοστών του δευτερολέπτου πριν προσπαθήσουν να αναμεταδώσουν.

Το παρακάτω σχήμα βοηθάει στην κατανόηση αυτής της λειτουργίας.



1. Τα τερματικά ελέγχουν το δίκτυο.
 2. Και τα δύο από τα τερματικά υποθέτουν ότι το δίκτυο είναι ελεύθερο. Και τα δύο αρχίζουν την μετάδοση, αλλά συνεχίζουν να ελέγχουν επειδή ξέρουν ότι υπάρχει πιθανότητα τα μηνύματά τους θα συγκρουστούν.

3. Τα μηνύματα συγκρούονται, έτσι και τα δύο τερματικά σταματούν.

4. Ένα τερματικό περιμένει 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου, και άλλο περιμένει 50 χιλιοστά του δευτερολέπτου, και έπειτα προσπαθούν πάλι να μεταδώσουν, υποθέτοντας ότι τα μηνύματά τους δεν θα χτυπήσουν το ένα με το άλλο. Επειδή τα τερματικά περίμεναν διαφορετικό χρονικό διάστημα, το πιο πιθανό είναι ότι τα μηνύματα δεν θα συγκρουστούν και επομένως μεταδίδονται. Εντούτοις, εάν τα μηνύματα συγκρουστούν πάλι, τα τερματικά επαναλαμβάνουν την παραπάνω διαδικασία..

Σε αυτό το περιβάλλον, όσες περισσότερες συσκευές προστεθούν τόσο μεγαλύτεροι θα είναι οι όγκοι κυκλοφορίας και άρα πιθανότερες συγκρούσεις. Γι' αυτό τον λόγο αντί του hub (που θα δούμε παρακάτω) προτιμάμε LAN switches.

5.3 Τοπολογίες LAN

Οι τοπολογίες που συναντάμε σε ένα LAN δίκτυο είναι, όπως προαναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφαλαίο, οι **Bus**, **Tree**, **Ring** και **Star**. Πλέον οι τρεις πρώτες δεν

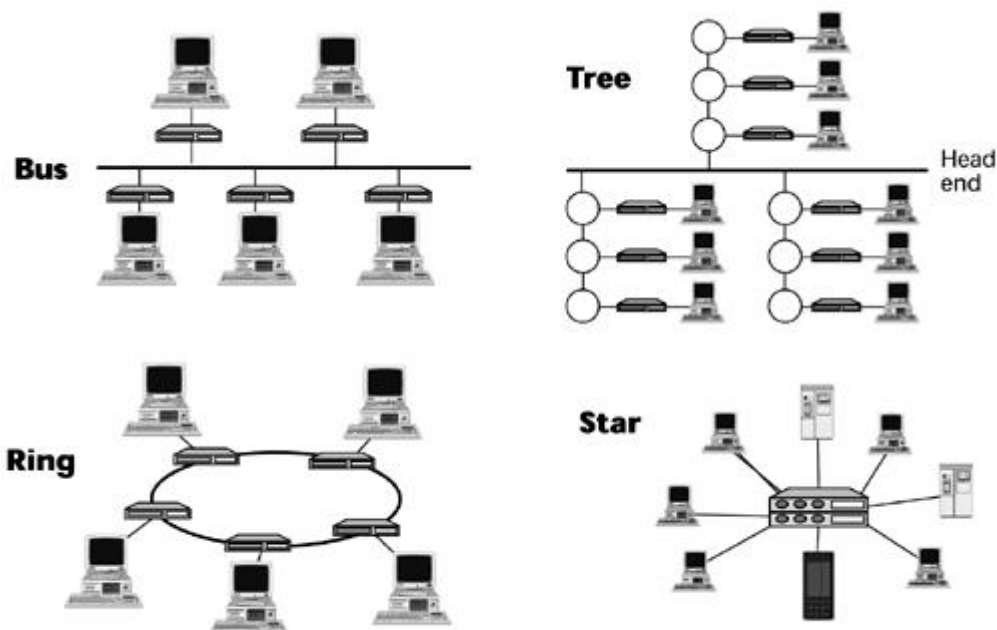
χρησιμοποιούνται τόσο συχνά γι αυτό και θα να αναφερθούμε μόνο στην τοπολογία αστέρα.

Σε αυτή, όλοι οι σταθμοί συνδέονται με τμήματα καλωδίων σε μια κεντρική συσκευή αποκαλούμενη **hub**. Οι συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν η μια με την άλλη μόνο μέσω του hub. Η τοπολογία αστέρα προσφέρει συγκεντρωμένους πόρους και διαχείριση. Τα πλεονεκτήματα της τοπολογίας αστεριών περιλαμβάνουν την ευκολία της απομόνωσης ελαττωμάτων, ευκολία στο bypassing και την επιδιόρθωση των ελαττωματικών σταθμών, και υψηλές οικονομικές αποδοτικότητες. Επίσης, είναι πολύ ευκολότερο να τροποποιηθούν ή να προστεθούν οι νέοι υπολογιστές σε ένα δίκτυο αστέρα σε αντίθεση με άλλες τοπολογίες.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την ανάγκη για μεγάλη ποσότητα καλώδιου ώστε να διασυνδεθούν όλοι οι σταθμοί και το πρόβλημα της συνολικής πτώσης του δικτύου εάν «πέσει» το κεντρικό hub.

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές στα δίκτυα αστέρα. Για παράδειγμα το αρτηρίας-αστέρα (star bus) είναι ένας συνδυασμός των τοπολογιών αρτηρίας και αστέρα.

Περιλαμβάνει διάφορα δίκτυα αστέρα που συνδέονται μαζί με γραμμικούς κορμούς bus. Το δαχτυλίδι-αστέρα (star ring), μερικές φορές καλούμενο και ως star-wired ring, φαίνεται παρόμοιο με ένα star bus. Όμως, εκτός από το ότι τα Hub στο star ring συνδέονται σε ένα σχέδιο αστέρα, και το κύριο hub περιέχει το πραγματικό δαχτυλίδι.



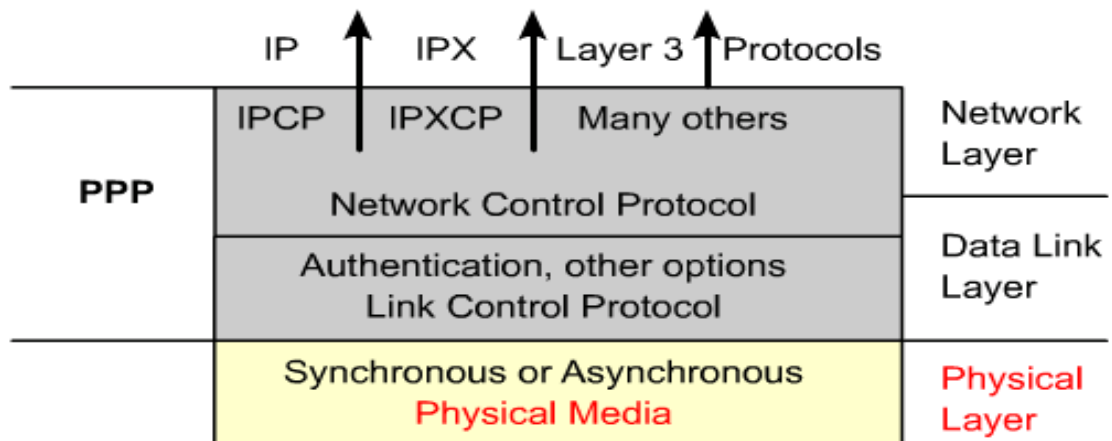
6. Πρωτόκολλα Δικτύων Μεταγωγής

6.1 PPP

Το PPP protocol (Point-to-Point) είναι το πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιείται σε serial WAN switched συνδέσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σύγχρονες και ασύγχρονες επικοινωνίες, καθώς επίσης έχει την δυνατότητα και για έλεγχο και αναγνώριση σφαλμάτων. Οι πιο σημαντικές του όμως διεργασίες είναι οι διαδικασίες πιστοποίησης που (authentication) υποστηρίζει, συγκεκριμένα η **PAP** και **CHAP** για τις οποίες θα μιλήσουμε αναλυτικά στην συνέχεια. Το πρωτόκολλο PPP χρησιμοποιείται σε πολλά μέσα μετάδοσης όπως το UTP, οπτικές ίνες, δορυφορικές επικοινωνίες κτλ.

Το πρωτόκολλο PPP είναι layer 2 πρωτόκολλο στο μοντέλο OSI, στο επίπεδο data link, και το οποίο αποτελείται και από δύο υπό-πρωτόκολλα: (**LCP, NCP**)

- **Link Control Protocol** Χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει point-to-point συνδέσεις.
- **Network Control Protocol** – Χρησιμοποιείται για την ρύθμιση επικοινωνίας με πολλά πρωτόκολλα layer network στο μοντέλο OSI.



Το πρωτόκολλο PPP μπορούμε να το ρυθμίσουμε στα παρακάτω interface:

- Asynchronous serial
- Synchronous serial
- High-Speed Serial Interface (HSSI)
- Integrated Services Digital Network (ISDN)

Το πρωτόκολλο PPP χρησιμοποιεί το Link Control Protocol (LCP) να διαπραγματευτεί (negotiate) και να εγκαταστήσει τις ρυθμίσεις πάνω στο WAN data link. Επίσης το πρωτόκολλο LCP βρίσκεται πάνω από το φυσικό επίπεδο στο μοντέλο OSI και χρησιμοποιείται να δημιουργήσει, ρυθμίσει και να τεστάρει την επικοινωνία στο data link layer στο μοντέλο OSI (Όπως είναι αντίστοιχα η εντολή ping στο layer network του OSI).

Αντίθετα χρησιμοποιεί το υποπρωτόκολλο Network Control Protocol (NCP) για το encapsulation & negotiation για την επικοινωνία με τα πρωτόκολλα των παραπάνω επιπέδων (layer) στο μοντέλο OSI.

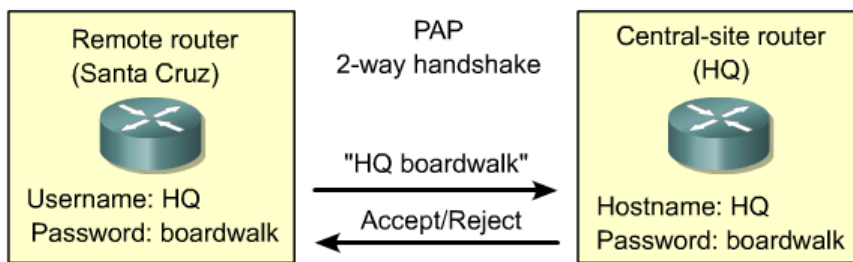
Το πρωτόκολλο PPP χρησιμοποιεί επίσης το LCP για:

- **Authentication:** Οπου όταν για παράδειγμα όταν δύο router θέλουν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ανταλλάσσουν μεταξύ τους κάποια password τα οποία έχουν οριστεί από τον διαχειριστή του δικτύου, χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι, **PAP k CHAP**.



Το **PAP** Password Authentication Protocol γίνεται σε δύο βήματα, σύμφωνα με το σχήμα από κάτω ο remote router ζητάει την σύνδεση στον central router, αν τα στοιχεία που στέλνει (username, password) αντιστοιχούν σε αυτά που έχει δηλώσει ο διαχειριστής τότε η σύνδεση αποδέχεται, αν δεν αντιστοιχούσαν θα γίνει απόρριψη. Με λίγα λόγια το PAP είναι μια απλή μέθοδος να δημιουργηθεί η σύνδεση, με δύο βήματα, αφού γίνει η επικοινωνία συνεχίζονται να αποστέλονται username, password ανά τακτά χρονικά διαστήματα με την μορφή updates μεταξύ των router μέχρι να τερματιστεί η επικοινωνία.

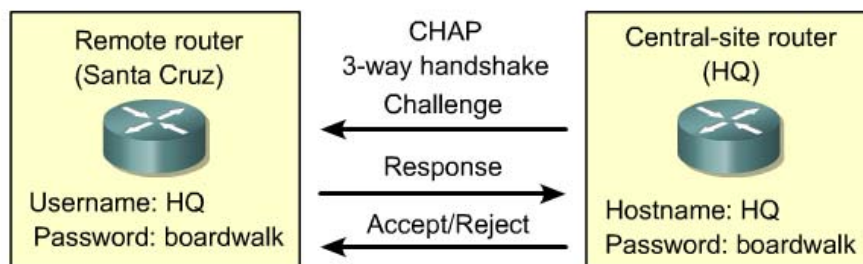
Ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι τα password στέλνονται μεταξύ του στην μορφή απλού κειμένου χωρίς καμία προφύλαξη.



Αντιθετα το **CHAP** (Challenge Handshake Authentication Protocol) γίνεται σε τρία βήματα, πρώτα ο central router θα ζητήσει τα στοιχεία του remote router, ο remote router θα του απαντήσει στέλνοντας username, password και αν αντιστοιχούν σε αυτά που είναι δηλωμένα από τον διαχειριστή θα επιτραπεί η σύνδεση.

Η διαδικασία αυτή (επικύρωση username, password) γίνεται μεταξύ των router μέχρι να τερματιστεί ή συνδεση μεταξύ τους.

Η μέθοδος CHAP παρέχει ένα συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι της PAP αφού παρέχει προστασία, χρησιμοποιώντας Message Digest 5 (MD5) για την κωδικοποίηση των μηνυμάτων.



- **Compression:** Η διαδικασία compression συμπιέζει τα δεδομένα μέσα στο frame έτσι ώστε να μειωθεί το μέγεθός τους και να μεταδίδονται τα δεδομένα ταχύτερα μέσα στο link. Αντίθετα το πρωτόκολλο PPP αποσυμπιέζει τα δεδομένα στον προορισμό. Δύο πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε cisco router είναι Stacker and Predictor.
- **Error detection** Το πρωτόκολλο PPP χρησιμοποιεί error detection έτσι ώστε να εντοπίζει σφάλματα στα δεδομένα των frame, να τα διορθώνει ή ακόμα και να ζητάει την επαναμετάδοσή τους.
- **Multilink:** Δίνει την δυνατότητα στο πρωτόκολλο PPP για πολλές συνδέσεις ταυτόχρονα.

Τα πεδία των frame σε ένα PPP πρωτόκολλο είναι τα παρακάτω:

- **Flag:** Σημαδοτεί ότι αρχίζει η μετάδοση ενός νέου frame αποτελείται από 8 bits τα οποία είναι 01111110.
- **Address:** Αποτελείτε από την standard broadcast address 11111111.
- **Control:** Είναι ένα byte το οποίο αποτελείτε από 00000011 bit.
- **Protocol:** Αναφέρει ποιο πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για το encapsulation των δεδομένων.
- **Data:** Είναι τα δεδομένα που περιέχονται σε ένα frame.
- **FCS:** Είναι το πεδίο που χρησιμοποιείται για error detection στο frame.

6.2 HDLC

Το πρωτόκολλο HDLC (High-Level Data Link Control) είναι ένα από τα πιο παλιά data link layer πρωτόκολλα για το WAN. Στην πραγματικότητα, προηγείται χρονικώς του PC και αναπτύχθηκε αρχικά για τα περιβάλλοντα κεντρικών υπολογιστών. Λόγω αυτού, το HDLC σχεδιάστηκε αρχικά για τη χρήση με τις αρχικές και δευτεροβάθμιες συσκευές, όπως ένας κεντρικός υπολογιστής με τα περιφερειακά.

Το HDLC είναι ένα πρωτόκολλο που αναπτύσσεται από το διεθνή οργανισμό για την τυποποίηση (ISO). Χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο και εφαρμόζεται ευρέως επειδή υποστηρίζει half και full duplex γραμμές επικοινωνίας, point to point και multi point δίκτυα, σε συνδέσμους μεταγωγής και μη. Το HDLC έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει την σύγχρονη μετάδοση protocol transparent data. Γενικώς έχει διάφορα παράγωγα πρωτόκολλα όπου είναι τα ακόλουθα και αποκαλούνται link access protocols:

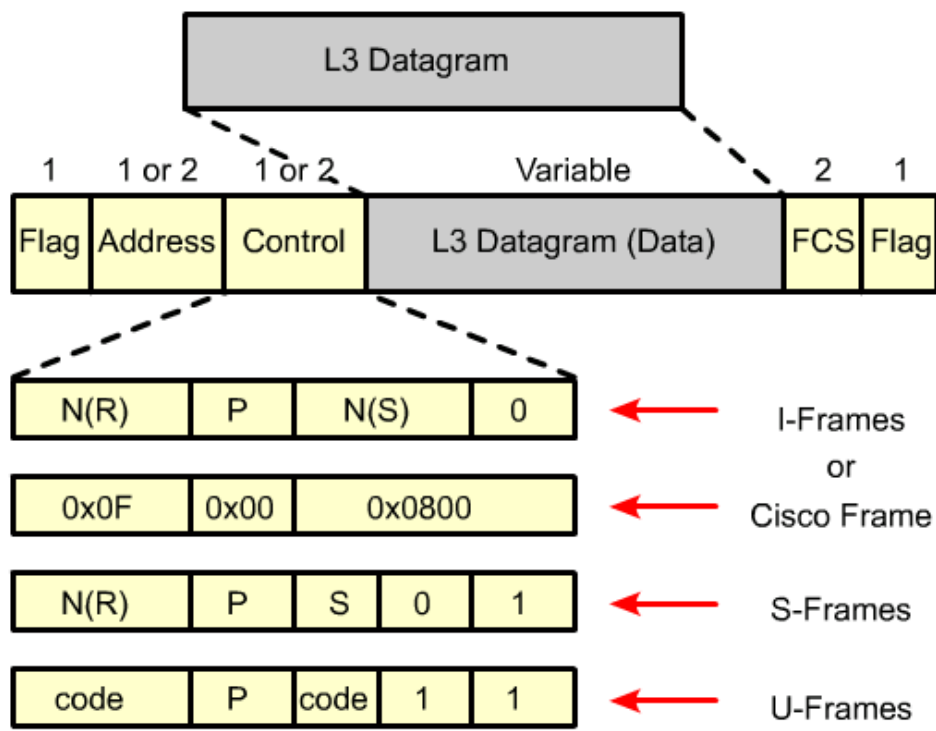
- Link Access Procedure, Balanced (LAPB) for X.25
- Link Access Procedure on the D channel (LAPD) for ISDN
- Link Access Procedure for Modems (LAPM) and PPP for modems
- Link Access Procedure for Frame Relay (LAPF) for Frame Relay

Όπως είπαμε και παραπάνω το πρωτόκολλο HDCL χρησιμοποιεί σύγχρονη σειριακή μετάδοση και παρέχει επικοινωνία μεταξύ των link χωρίς error detection. Το πρωτόκολλο HDLC καθορίζει την δομή των frame στο layer 2 του OSI montel, το οποίο επιτρέπει το flow control και error control χρησιμοποιώντας acknowledgments και a windowing scheme. Κάθε frame στο HDLC έχει την ίδια δομή, και τα frame data και control frame.

Ένα από τα μειονεκτήματα του HDLC είναι ότι δεν υποστηρίζει πολλαπλά πρωτόκολλα πάνω στο ίδιο link.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι frame στο **HDLC**, όπου το κάθε ένα έχει διαφορετικό control field format:

- **Information frames (I-frames)** - Carry the data to be transmitted for the station. There is additional flow and error control, and data may be piggybacked on an information frame.
- **Supervisory frames (S-frames)** - Provide request/response mechanisms when piggybacking is not used.
- **Unnumbered frames (U-frames)** - Provide supplemental link control functions, such connection setup. The code field identifies the U-frame type.

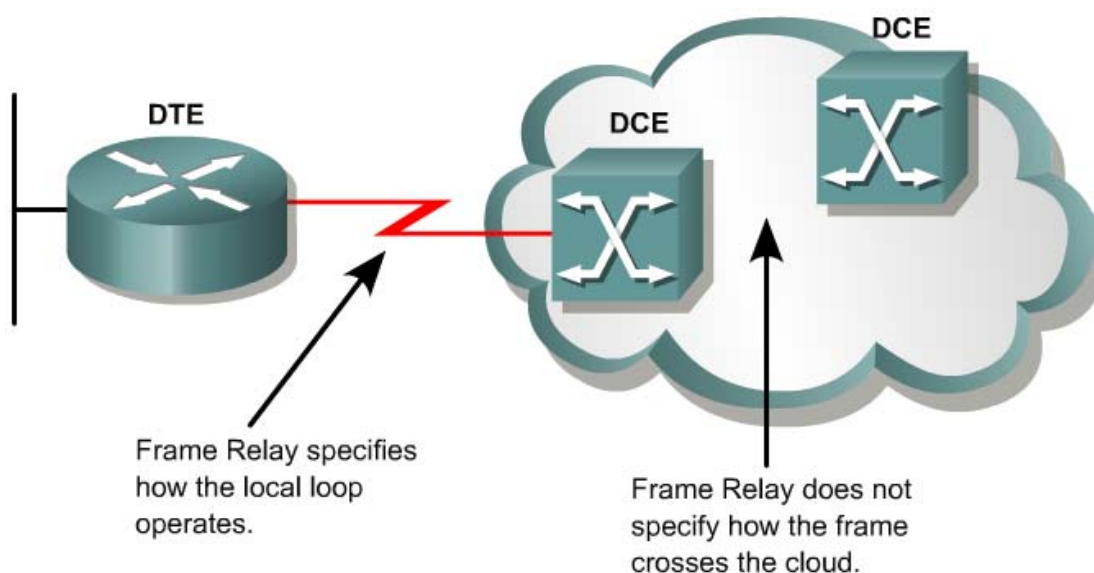


Το πρώτο ή τα δύο πρώτα bit από το control field δηλώνει το frame type.

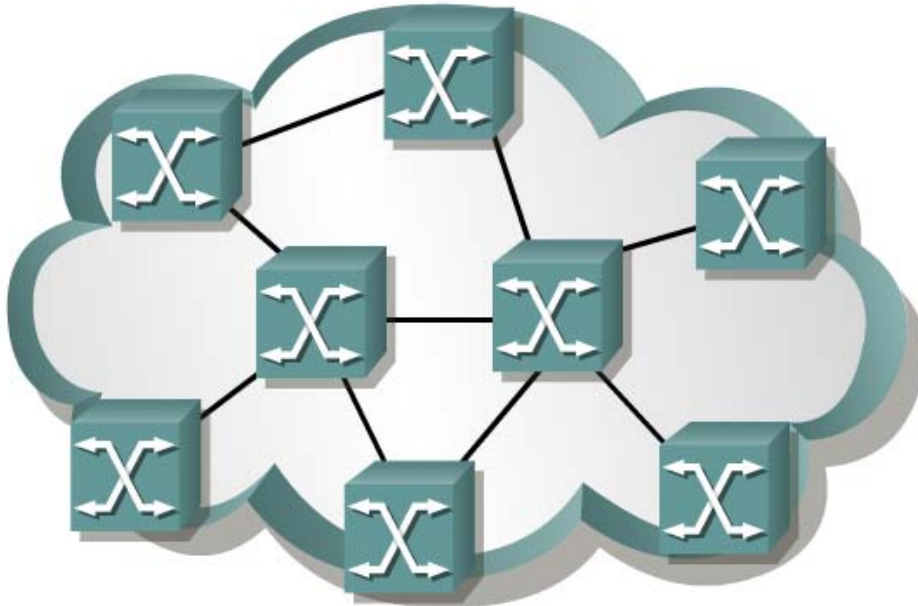
6.3 FRAME RELAY

Το frame relay είναι ένα International Telecommunication Union Telecommunications Standardization Sector (ITU-T) και American National Standards Institute (ANSI) standard. Frame relay είναι μια packet-switched, connection-oriented, WAN service, όπου με τον όρο αυτό εννοούμε ότι για να αρχίσει την μετάδοση δεδομένων το frame relay πρώτα πρέπει να δημιουργηθεί ένα νοητό κύκλωμα (virtual circuit) μεταξύ των link. Το frame relay λειτουργεί στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου OSI το data link layer και χρησιμοποιεί ένα παράγωγο πρωτόκολλο του high-level data-link control (HDLC) protocol το οποίο λέγεται Link Access Procedure for Frame Relay (LAPF).

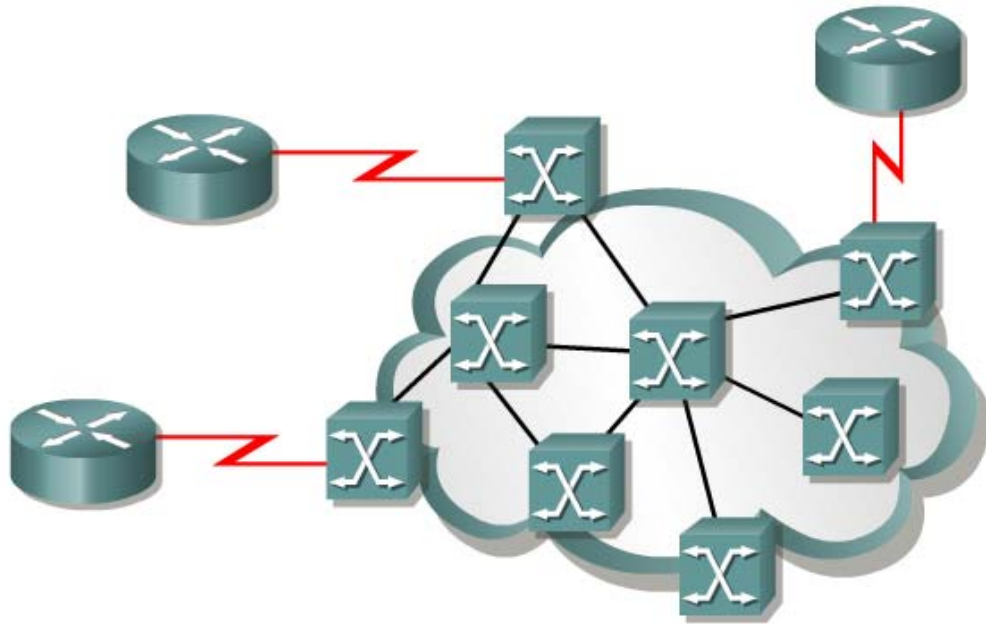
Τα frame μεταφέρουν δεδομένα μεταξύ των συσκευών των τελικών χρηστών οι οποίες ονομάζονται data terminal equipment (DTE), και data communications equipment (DCE) που συνδέονται στην άκρη ενός WAN.



Το frame relay είναι συνήθως ένα ιδιόκτητο δίκτυο για παράδειγμα όπως ένας ISP Provider, και συνήθως αποτελείται από πολλά γεωγραφικά διασκορπισμένα Frame Relay switches τα οποία συνδέονται με trunk lines. (Με το trunk lines εννοούμε ότι μέσα από το ίδιο καλώδιο μπορούν να περάσουν πολλά virtual circuit ταυτόχρονα.



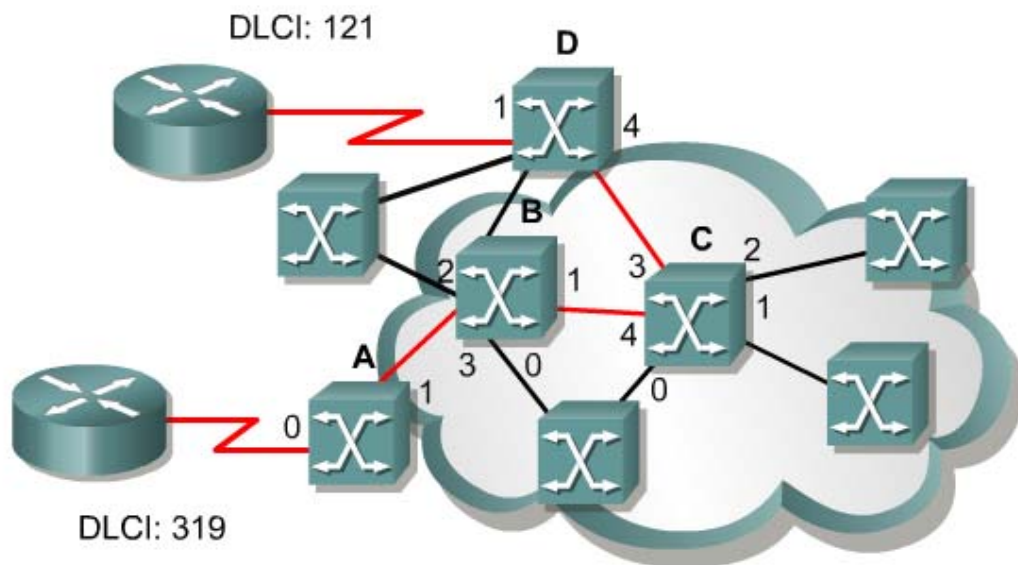
The Frame Relay WAN is a mesh of interconnected switches.



The Frame Relay WAN is a mesh of interconnected switches. Customer DTEs connect to the switches by leased lines.

Η σύνδεση σε ένα δίκτυο frame relay μεταξύ δύο DTEs λέγεται virtual circuit (VC) τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν δυναμικά στέλνοντας signaling μηνύματα στο δίκτυο και ονομάζονται switched virtual circuits (SVCs) τα συγκεκριμένα δεν χρησιμοποιούνται και πολύ και δεύτερον είναι τα μόνιμα virtual circuit το οποία λέγονται permanent virtual circuits (PVCs) και τα οποία έχουν ρυθμιστεί από τον carrier, ας υποθέσουμε ότι ο carrier είναι ένας ISP Provider όπως είπαμε και παραπάνω.

Ένα ISP Provider δημιουργεί ένα vc αποθηκεύοντας στην μνήμη των κάθε switch ένα χάρτη (map) με input-port to output-port έτσι ώστε τα δεδομένα ενός DTE χρήστη να ακολουθούν πάντα ένα συγκεκριμένο μονοπάτι μέσα στο δίκτυο το οποίο ρυθμίζεται από την αρχή.

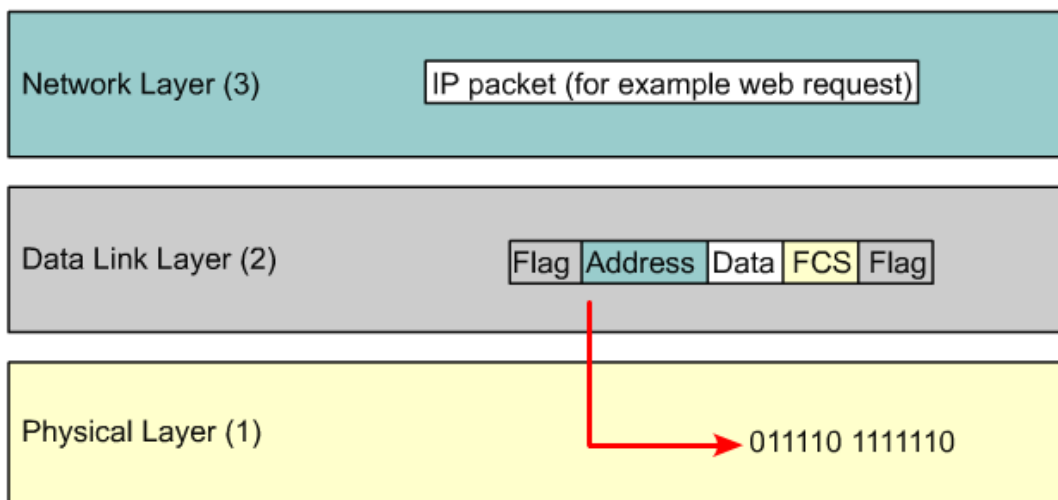


Το frame relay επειδή είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε υψηλής ποιότητας ψηφιακές γραμμές δεν είναι σχεδιασμένο να παρέχει μηχανισμούς ανάκτηση εσφαλμένων δεδομένων, έτσι όταν κάποιος κόμβος του δικτύου εντοπίσει κάποιο εσφαλμένο frame το απορρίπτει κατευθείαν χωρίς ειδοποίηση.

Ενας router συνδεδεμένος σε ένα frame relay δίκτυο έχει την δυνατότητα πολλών virtual circuit συνδέοντας πολλούς τελικούς χρήστες, αυτό έχει σαν σημαντικό πλεονέκτημα το χαμηλό κόστος και την αντικατάσταση των συνδέσεων με καλώδια. Τα διαφορετικά vc μέσα στην ίδια γραμμή διαχωρίζονται μεταξύ τους γιατί έχουν δικά τους κανάλια δεδομένων Data Link Channel Identifier (DLCI). Τα κάθε DLCI αποθηκεύονται στο πεδίο address field του κάθε frame που μεταδίδεται.

Το frame relay ασχολείται με τις παρακάτω λειτουργίες:

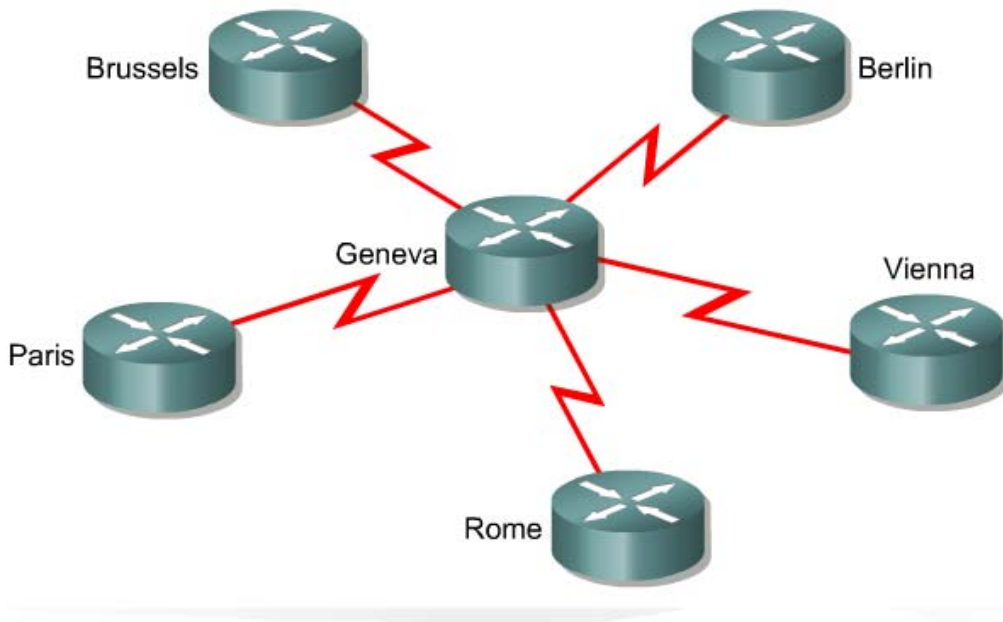
- Παίρνει τα πακέτα δεδομένων (data packets) από network layer protocol, όπως το IP ή IPX
- Encapsulates στα δεδομένα τμήμα από το Frame Relay frame
- Περνάει τα δεδομένα στο από κάτω επίπεδο physical layer για την μετάδοση τους στο καλώδιο.



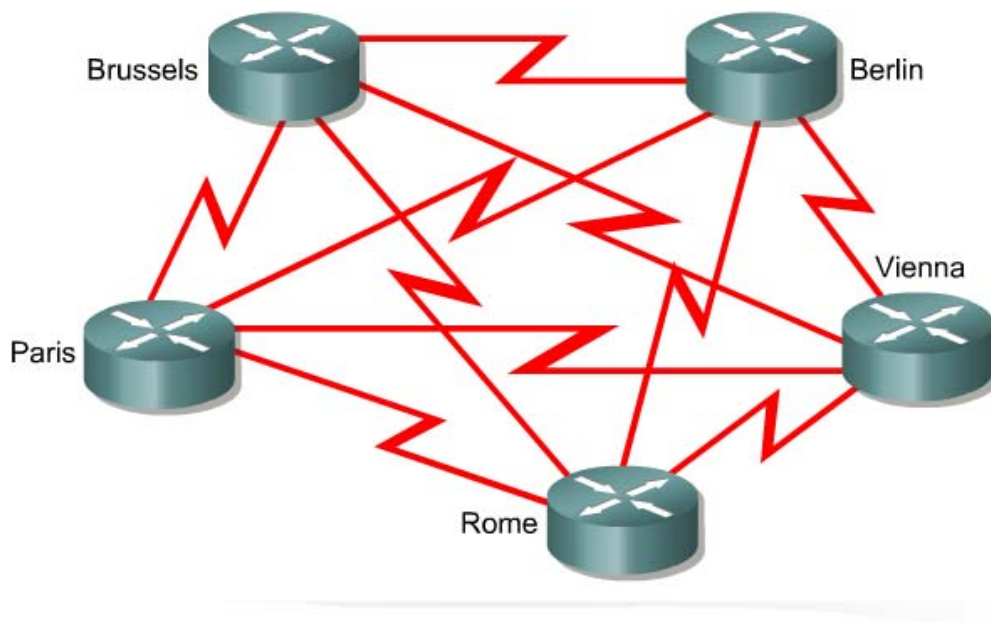
Όπως είπαμε και παραπάνω το συγκριτικό πλεονέκτημα του frame relay είναι ότι συνδυάζει πολλά κυκλώματα (virtual circuit) μέσω μιας γραμμής, η γραμμή αυτή έχει ένα συγκεκριμένο bandwidth διαθέσιμο το οποίο μοιράζεται στα διάφορα vc. Το bandwidth το οποίο έχει κάθε vc ονομάζεται committed information rate (CIR). Η τεχνολογία frame relay χρησιμοποιεί διάφορες τοπολογίες για την συνδεση, οι οποίες είναι:

- **Star topology**
- **Full mesh topology**

Star topology: Οι WAN τεχνολογίες συνήθως χρησιμοποιούν την star topology όπου υπάρχει ένας κόμβος και απομακρυσμένες περιοχές μέσω vc συνδέεται στον κεντρικό κόμβο.



Full mesh topology: Η full mesh topology επιλέγεται σαν υπηρεσία όταν οι περιοχές είναι διασκορπισμένες μεταξύ τους και απαιτείται υψηλή αξιοπιστία σύνδεσης μεταξύ των κόμβων, αφού ακόμη και αν πέσει κάποιο link υπάρχει εναλλακτικός δρόμος.



Γενικά η τεχνολογία frame relay είναι σχεδιασμένη να παρέχει μεταφορά δεδομένων (packet-switched) μεταξύ των χρηστών με την λιγότερο δυνατή καθυστέρηση, οτιδήποτε εμπλακεί με σκοπό την καθυστέρηση αποβάλλεται από το δίκτυο. Ένα χρήστης ο οποίος θα επιλέξει μια τεχνολογία frame relay αντί για παράδειγμα μια ISDN σύνδεση είναι γιατί απαιτεί δυναμική επικοινωνία, η οποία θα του διασφαλίζει γρήγορη και χωρίς προβλήματα μεταφορά δεδομένων μέσα στο δίκτυο. Το χαρακτηριστικό εκείνο το οποίο διασφαλίζει την σωστή μεταφορά των πληροφοριών ονομάζεται Local Management Interface (LMI).

Τα LMI extensions περιλαμβάνουν τα παρακάτω;

- Περιέχουν keepalives μηχανισμούς, οι οποίοι επιβεβαιώνουν ότι τα vc είναι σε λειτουργία
- The multicast mechanism
- The flow control
- The ability to give DLCIs global significance
- The VC status mechanism

Υπάρχουν πολλοί τύποι LMI όπου ο κάθε ένας είναι μεταξύ τους ασύμβατοι. Οι τύποι των LMI που ρυθμίζονται σε ένα router πρέπει να ταιριάζουν με τον τύπο που χρησιμοποιεί ο service provider. Μερικοί τύποι LMI που υποστηρίζονται από cisco router είναι οι παρακάτω:

- **Cisco**
- **Ansi**
- **q933a**

6.4 X.25

Το X.25 είναι ένα από τα ευρύτετα χρησιμοποιημένα πρωτόκολλα στα packet switched δίκτυα. Πρωτοπαρουσιάστηκε το 1976 και συνέχισε να εξελίσσεται ώστε να μπορεί να συμβαδίζει με τα νεώτερα συστήματα δικτύων. Είναι ένα πρότυπο που περιγράφει το Interface μεταξύ ενός οικοδεσπότη και ενός Packet switched δικτύου

Το X.25 προσφέρει μια υπηρεσία νοητού κυκλώματος η οποία είναι ένας σύνδεσμος που συμπεριφέρεται σαν έναν circuit switched σύνδεσμο αλλά στην ουσία είναι packet switched. Το πλεονέκτημα είναι πως έχοντας αυτήν την υπηρεσία είναι ότι προσφέρει όλα τα οφέλη της μεταγωγής πακέτου με μόνο μερικά μειονεκτήματα όπως πιθανόν καθυστερήσεις. Υπάρχουν δυο τύποι νοητού κυκλώματος: ο virtual call και permanent virtual circuit . Ο πρώτος είναι σαν το τηλεφωνικό σύστημα. δηλαδή ένας «οικοδεσπότης» μπορεί να πραγματοποιήσει μια σύνδεση με έναν άλλο «καλώντας» τον. Η επικοινωνία πραγματοποιείται και η κλήση τερματίζεται όταν η επικοινωνία σταματήσει. Ο τύπος permanent virtual circuit (όπως προσδιορίζει και το όνομα) είναι μια μόνιμη σύνδεση μεταξύ των οικοδεσποτών. Οι συνδέσεις virtual circuit πάντα δρομολογούν τα δεδομένα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο δηλαδή κάθε πακέτο θα κάνει την ίδια πορεία.

Κάθε σύνδεσμος X.25 μεταφέρει τα δεδομένα συν ένα πακέτο που ονομάζεται πακέτο έλεγχου. Αυτό αποστέλλεται κατά την «εγκαινίαση» ενός virtual circuit. Το πακέτο περιλαμβάνει ένα αριθμό νοητού κυκλώματος, τον τύπο του πακέτου και οποιαδήποτε επιπρόσθετη πληροφορία έλεγχου.

Δεδομένου ότι το X.25 δημιουργεί όλα αυτά τα virtual circuits, πρέπει να είναι αποτελεσματικό στην πολυπλεξία όλων αυτών των συνδέσμων αφού περισσότεροι του ενός σύνδεσμοι μπορεί να είναι ενεργοί ανάμεσα σε ένα router σε μια στιγμή του χρόνου. Γενικότερα, το X.25 μπορεί να μεταφέρει ως και 4095 νοητά κυκλώματα σε κάθε κόμβο ταυτόχρονα.

Το X.25 “συναναστρέφεται” με τα τρία χαμηλότερα επίπεδα του μοντέλου OSI. Ο λόγος για τον οποίο δεν χρησιμοποιεί τα υψηλότερα επίπεδα είναι γιατί γενικώς χρησιμοποιείται σαν ένα πρότυπο επικοινωνίας για την μεταφορά των δεδομένων σε μακρινές αποστάσεις και συνεπώς δεν προσαρμόζεται για τη χρήση με εφαρμογές όπως το TCP/IP. Η μείωση αυτή σε πολυπλοκότητα σημαίνει πως οι λιγότερες πρόσθετες πληροφορίες (headers) απαιτούνται για τη διαβίβαση στοιχείων. Αυτό

μειώνει τα γενικά έξοδα και αυξάνει επίσης την αποδοτικότητα της επικοινωνίας.

6.5 ATM

Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM) είναι η πιο συχνά χρησιμοποιημένη τεχνολογία στον κόσμο και πολλά υποσχόμενη εφαρμογή της τεχνικής της μεταγωγής. Συλλήφθηκε ως τεχνολογία μεταφορών "πολύ υπηρεσιών". Είναι μια "βασισμένη στα πρότυπα» τεχνολογία μεταφορών που επεκτείνεται ευρέως μέσα στον πυρήνα των δικτύων carrier και Internet. Χρησιμοποιείται επίσης συχνά στα συστήματα τηλεπικοινωνιών για να στείλει στοιχεία, φωνή και βίντεο.

Το ATM είναι περισσότερο γνωστό για την ενσωμάτωση του με άλλες τεχνολογίες και για τα διοικητικά χαρακτηριστικά του που επιτρέπουν τους μεταφορείς(carriers) να προσφέρουν εγγυήσεις της ποιότητας της υπηρεσίας (Quality of Service, QoS). Το ATM ιστορικά έχει αναφερθεί ως cell relay και χρησιμοποιεί μικρά, σταθερού μήκους πακέτα που ονομάζονται «κυψέλες» (cells) για να μεταφέρει πληροφορίες που μπορεί να είναι είτε δεδομένα είτε φωνή. Το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται κυψέλες σταθερού μεγέθους επιβαρύνει πολύ λιγότερο τις διεργασίες μεταγωγής και δρομολόγησης που εκτελούνται σε κάθε κόμβο του ATM και έτσι μπορούν επιτευχθούν πολύ υψηλές ταχύτητες μεταγωγής των δεδομένων (ως και 622Mbps) Η πληροφορία διαιρείται μεταξύ των κύψελων, μεταδίδεται και μετά ξαναανώνεται στον τελικό προορισμό τους. Αυτή η, βασισμένη σε κυψέλες, τεχνολογία έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να δουλέψει πάνω από οποιαδήποτε φυσικό στρώμα τεχνολογίας. Το ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές. Οι πελάτες μπορούν να έχουν εύκαμπτη πρόσβαση στους πόρους δικτύων και μπορούν να επιτύχουν μια λογική παραχώρηση μεταξύ της απόδοσης και του κόστους.

Η τεχνολογία του ATM αποτελείται από πολλά στρώματα. Το πρώτο στρώμα, το στρώμα προσαρμογής, κρατά τον όγκο της μετάδοσης. Το ωφέλιμο φορτίο (Payload) 48 bytes διαιρεί τα δεδομένα σε διαφορετικούς τύπους. Το ATM στρώμα περιέχει 5 ακόμα bytes προσθετής πληροφορίας που αποτελούν την επικεφαλίδα ATM (header). Η επικεφαλίδα αυτή επιτρέπει στους μεταγωγής ATM να προωθήσουν τις κυψέλες στους προορισμούς τους.

7. Τομείς Εφαρμογής Δικτύων Μεταγωγής

Στα πλαίσια του συνεχώς αυξανόμενου ανταγωνισμού στον τομέα των επιχειρήσεων, η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει γίνει επιτακτική ανάγκη για την βιώσιμη ανάπτυξη και εξέλιξή τους. Πολλές εταιρείες διαθέτουν σημαντικό αριθμό υπολογιστών σε λειτουργία, τόσο σε μικρή απόσταση όσο και σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση με πολλά εργοστάσια μπορεί να έχει έναν υπολογιστή σε κάθε μέρος για να κρατά στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα αποθέματα, να παρακολουθεί την παραγωγικότητα και να διεκπεραιώνει διάφορες εργασίες όπως τη μισθοδοσία ή την επικοινωνία μεταξύ εργαζομένων για την ολοκλήρωση εργασιών που απαιτούν ομαδική συμβολή.

Τα δίκτυα μεταγωγής, είτε πρόκειται για αυτά των πακέτων μεταγωγής είτε για αυτά των κυκλωμάτων μεταγωγής βρίσκουν εφαρμογή σε όλες τις τεχνολογίες που αφορούν τους τομείς επικοινωνίας.

Τα δίκτυα μεταγωγής είναι είναι το μέσο, ο τρόπος για να πραγματοποιηθεί η δρομολόγηση των δεδομένων. Έτσι, συναντάμε τα δίκτυα μεταγωγής στην τηλεφωνία, είτε πρόκειται για την απλή είτε για κινητά δίκτυα επικοινωνίας, γνωστά ως τρίτης γενιάς δίκτυα. Εδώ, να επισημάνουμε ότι στην τρίτης γενιάς επικοινωνία χρησιμοποιείται η μεταγωγή κυκλώματος για την τηλεφωνία και παράλληλα χρησιμοποιείται και η μεταγωγή πακέτων για τη μετάδοση πολυμεσικών (multimedia) δεδομένων, όπως ο ήχος, η εικόνα (φωτογραφίες ή βίντεο) και τα γραφικά (στατικά ή κινούμενα).

Τα δίκτυα μεταγωγής των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας, είναι βασικά δομικά στοιχεία του δικτύου κινητής τηλεφωνίας τα οποία υποστηρίζουν τόσο τις υπηρεσίες 2ης γενιάς και GPRS, όσο και τις υπηρεσίες 3ης γενιάς, όπως προαναφέραμε. Εξυπηρετούν το σύνολο των λειτουργιών και των υπηρεσιών του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας και ουσιαστικά διαχειρίζονται όλη την τηλεπικοινωνιακή κίνηση, εθνική και διεθνή ανάμεσα σε όλα τα δίκτυα με τα οποία διασυνδέεται το δίκτυο της εκάστοτε εταιρείας. Επίσης, τα δίκτυα μεταγωγής, διαχειρίζονται την παροχή των υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας στους πελάτες κάθε εταιρείας και δρομολογεί τις κλήσεις των αριθμών εκτάκτου ανάγκης σε όλη την επικράτεια με μεγάλη ακρίβεια και με βάση πάντα τη γεωγραφική θέση του συνδρομητή.

Το GPRS επικαλύπτει το υπάρχον GSM δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, με μία διεπαφή βασισμένη σε πακέτο. Έτσι, δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει μία υπηρεσία δεδομένων βασισμένη σε πακέτα. Η συμπλήρωση μίας αρχιτεκτονικής δικτύου βασισμένης σε μεταγωγή κυκλώματος με μεταγωγή πακέτου, είναι αρκετά σημαντική αναβάθμιση. Εν τούτοις, το πρότυπο του GPRS δίνεται με αρκετά κομψό τρόπο, απαιτώντας από τους διαχειριστές δικτύων να τοποθετήσουν μόνο δύο κόμβους υποδομής και να κάνουν μία αναβάθμιση λογισμικού σε κάποια άλλα στοιχεία του δικτύου.

Τα δίκτυα μεταγωγής τα συναντάμε φυσικά και στο διαδίκτυο! Το διαδίκτυο (Ίντερνετ) χρησιμοποιεί τη μεταγωγή πακέτων. Όταν κάνουμε χρήση του ηλεκτρονικού μας ταχυδρομείου ή όταν αναζητάμε πληροφορίες μέσω των μηχανών αναζήτησης τα δίκτυα παίζουν εξέχοντα ρόλο ώστε οποιοδήποτε δεδομένο να φτάσει στον παραλήπτη άμεσα, ολοκληρωμένα και με ασφάλεια.

Υπηρεσίες του διαδικτύου, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, το ηλεκτρονικό επιχειρείν ακόμα και οι ηλεκτρονικές τραπεζικές συναλλαγές στηρίζονται στα δίκτυα μεταγωγής για την καλύτερη και ταχύτερη μεταφορά δρομολόγησης των δεδομένων και πληροφοριών που αναζητά ο εκάστοτε χρήστης αυτών των υπηρεσιών.

Όσον αφορά το διαδίκτυο θα πρέπει να επισημάνουμε και την εμπλοκή των δικτύων μεταγωγής σε υπηρεσίες όπως αυτών της τηλεδιάσκεψης, τηλεεκπαίδευσης και τηλειατρικής, χάρη στα οποία είναι δυνατόν να λειτουργήσουν αυτές με αποτέλεσμα να έχουμε εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων, αύξηση αποδοτικότητας και άλλα οφέλη.

Γενικότερα, είναι γεγονός ότι με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των τεχνολογιών επικοινωνίας οι επιχειρήσεις χρησιμοποιώντας αυτές τις υπηρεσίες και τα ευέλικτα μέσα που τις υποστηρίζουν έχουν καταφέρει να διευκολύνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις δραστηριότητές τους και να οφελούνται με κάθε τρόπο από αυτές.

Το 1990 ο ΟΤΕ έθεσε σε λειτουργία το πρώτο δημόσιο δίκτυο μεταφοράς δεδομένων γνωστό με την επωνυμία HELLASPAC. Το δίκτυο αυτό βασίζεται στην τεχνολογία μεταγωγής πακέτων και σκοπό έχει να διασύνδεει χρήστες ανά την Ελλάδα αλλά και με άλλες χώρες του εξωτερικού μέσω των διεθνών διασυνδέσεων του τηλεπικοινωνιακού φορέα.

Το HELLASPAC είναι ένα σύγχρονο δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πακέτων δεδομένων. Εξυπηρετεί κυρίως μεγάλους οργανισμούς και εταιρείες για την επικοινωνία των υπολογιστικών συστημάτων τους. Αποτελείται από κόμβους - Κέντρα Μεταγωγής Πακέτων, που έχουν εγκατασταθεί σε πολλές πόλεις της Ελλάδας.

Τεχνολογική Υπόσταση του Δικτύου

Το δίκτυο HELLASPAC για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιεί τη μέθοδο αποθήκευσης και μεταγωγής πακέτων (store and forward), όπου χρησιμοποιούνται ψηφιακοί εξοπλισμοί (κόμβοι μεταγωγής πακέτων) οι οποίοι δρομολογούν τα δεδομένα στον προορισμό τους. Τα δεδομένα που στέλνει ο χρήστης στο δίκτυο χωρίζονται σε τμήματα ορισμένου μεγέθους που ονομάζονται «πακέτα».

Στα αποστελλόμενα αυτά δεδομένα εκτός από το κύριο όγκο της «καθαρής» πληροφορίας, εισάγονται και κάποιες παραπάνω πληροφορίες που αφορούν τη δρομολόγηση του δεδομένου (π.χ. διεύθυνση παραλήπτη, ταυτότητα αποστολέα κτλ.) και τον έλεγχο τυχόν λανθασμένων μεταβιβάσεων σχηματίζοντας με αυτό τον τρόπο τα πλαίσια δεδομένων (data frames). Η διάταξη που δημιουργεί τα πλαίσια αυτά μπορεί να είναι από τη μεριά του χρήστη (σύγχρονο τερματικό πακέτων) ή από τη μεριά του δικτύου (PAD).

Η «αποσυναρμολόγηση» του δεδομένου-μηνύματος από την πρόσθετη πληροφορία και η αφαίρεση της, λαμβάνει χώρα στα κέντρα μεταγωγής πακέτων (κόμβους δικτύου) τα οποία διασυνδέονται μεταξύ τους με κυκλώματα μεγάλων ταχυτήτων. Πρέπει να σημειωθεί πως οι κόμβοι επικοινωνίας που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε διαφορετικές πόλεις της Ελλάδας, δεν είναι της ίδιας χωρητικότητας αλλά ποικίλουν ανάλογα με το πλήθος χρηστών που εξυπηρετούν και τις λειτουργίες που επιτελούν. Κόμβοι όπως αυτοί της Αθήνας, του Πειραιά, της Θεσσαλονίκης, της Πάτρας και του Ηρακλείου είναι μεγάλης δυναμικότητας και αποτελούν τον κύριο άξονα πάνω στον οποίο δομείται όλο το δίκτυο. Τα υπόλοιπα κέντρα στηρίζονται πάνω στα προηγούμενα χωρίς όμως να υστερούν σε ότι αφορά στις παρεχόμενες προς τους συνδρομητές υπηρεσίες και ευκολίες. Οι υπόλοιπες αυτές μονάδες συνδέονται με τον κεντρικό τους κόμβο σε τοπολογία αστέρα. Η τοπολογία δεν είναι στατική, αλλά μεταβάλλεται δυναμικά σύμφωνα με τις απαιτήσεις (πλήθος χρηστών, φόρτος επικοινωνίας κτλ).

Το γεγονός ότι κάθε πακέτο αποτελεί μια διακεκριμένη ενότητα που συνοδεύεται από τις δικές του ξεχωριστές υπηρεσιακές ενδείξεις, κάνει δυνατή την ταυτόχρονη μεταβίβαση στην ίδια γραμμή πακέτων που ανήκουν σε διαφορετικούς χρήστες με αποτέλεσμα να βελτιστοποιείται η αποδοτικότητα των μέσων μετάδοσης του δικτύου και να μειώνεται σημαντικά το κόστος χρησιμοποίησης του.

Ο χρήστης μπορεί να θεωρεί το δίκτυο, απλά, σαν μέσο μεταφοράς όπου στέλνει τα μηνύματα του ορίζοντας τη διεύθυνση του παραλήπτη ενώ το δίκτυο φροντίζει για όλα τα υπόλοιπα παρέχοντας γρήγορη και ασφαλή μεταβίβαση των πληροφοριών στο σωστό προορισμό.

Η μεταγωγή βρίσκει εφαρμογή και σε ένα άλλο δίκτυο το HELLASSTEAM το οποίο βασίζεται στην τεχνολογία ATM.

Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς είναι μια τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας της πληροφορίας πάνω από ένα φυσικό μέσο. Χαρακτηρίζεται ως ασύγχρονος λόγω του τρόπου μεταφοράς των πακέτων – κυψελίδων (cells). Το ATM είχε προταθεί ως η τεχνολογία που θα αντιμετωπίσει τις αδυναμίες των υπάρχοντων τρόπων μεταφοράς και ήδη σήμερα χρησιμοποιείται κατά κόρον, δίνοντας λύσεις στη μεταφορά όλων των τύπων της πληροφορίας.

Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο της μεταγωγής πακέτου (packet switching) όσο και της μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching). Από την τεχνική μεταγωγής πακέτων χρησιμοποιεί την διαδικασία πολύπλεξης διάφορων ροών κίνησης από διάφορες πηγές πάνω από συγκεκριμένες φυσικές γραμμές. Από την τεχνική μεταγωγής κυκλώματος έχει κρατήσει την γρήγορη επεξεργασία των πακέτων – κυψελίδων (cells), αποδίδοντας τον ρόλο του ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων στα δύο άκρα επικοινωνίας.

Ο συνδυασμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα το ATM να εξασφαλίζει όχι μόνο την ταυτόχρονη μετάδοση όλων των τύπων πληροφορίας, όπως φωνής, δεδομένων, video και εικόνας, λόγω της ταχύτατης πολύπλεξης της πληροφορίας, αλλά και να αποτελεί την ιδανική λύση δικτύωσης, λόγω της εγγυημένης ποιότητας που παρέχει στη μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφοριών.

Τεχνικές και εμπορικές επιχειρήσεις, αεροπορικές και ναυτιλιακές εταιρείες, βιομηχανίες, τράπεζες, ασφαλιστικές εταιρείες, δημόσιους οργανισμούς και εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα είναι μόνο μερικοί από τους τομείς που χρησιμοποιείται η μεταγωγή για τη μεταφορά δεδομένων με ασφάλεια και ταχύτητα.

8. Παρουσίαση Υλικού

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση κάποιων εταιρειών που ασχολούνται με την παραγωγή προϊόντων που χρησιμοποιούμε στα δίκτυα μεταγωγής καθώς και κάποια από αυτά τα προϊόντα.

Κάποιες από τις εταιρείες που παράγουν τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την μεταγωγή είναι η D-Link η οποία ιδρύθηκε το 1986 και θεωρείται μία από τις κορυφαίες εταιρείες της αγοράς σε θέματα δικτύωσης δεδομένων και επικοινωνίας, ενώ διαθέτει εγκαταστάσεις σε Η.Π.Α., Κίνα και Ταϊβάν.

Μία δεύτερη και από πολλούς η κορυφαία εταιρεία στο τομέα της, είναι η Cisco Systems η οποία ιδρύθηκε το 1984 και επίσης ασχολείται με θέματα ανάπτυξης και κατασκευής προϊόντων δικτύου και ασύρματης επικοινωνίας. Άλλες εταιρείες είναι η Pixmania, Sitronics, και άλλες.

Κάποια από τα προϊόντα αυτών των εταιρειών που χρησιμοποιούμε για τα δίκτυα μεταγωγής είναι τα παρακάτω

- Το 1900 Catalyst switch, 2820 series
- Η σειρά 2900 Catalyst switch είναι αποτελεσματική για την παροχή πρόσβασης στο δίκτυο για συμπλέγματα διακομιστών και τελικού χρήστη (για λιγότερο από 50 χρήστες).
- Η σειρά 4000 Catalyst παρέχει μεταγωγή με υψηλής απόδοσης λύση και εκμεταλλεύεται ένα multigigabit - αρχιτεκτονική για 10/100/1000 Mbps Ethernet switching.
- Η σειρά Catalyst 5000 είναι μία αποτελεσματική συσκευή για ένα μεγάλο δίκτυο που παρέχει πρόσβαση στο δίκτυο για περισσότερους από 100 τελικούς χρήστες. Υποστηρίζει επίσης 10/100/1000 Mbps Ethernet switching.(www.cisco.com)
- DGS - 3024 - Managed Gigabit Switch 24 θυρών 10/10/1000Mbps επιχλωμένο, με 4 θύρες combo mini-GBIC Switch Gigabit Managed, 24 θυρών RJ45 με 4 θυρίδες MiniGBIC
Το νέο switch DGS-3024 της D-Link είναι τύπου Layer 2 και είναι σχεδιασμένο για τμηματικές συνδέσεις.

- DES-3018
Managed Switch της D-Link 16 θυρών 10/100 Mbps με 2 προαιρετικές υποδοχές
Switch της σειράς DES-3000

- **Switch Δρομολόγησης Τύπου L3 D-Link**
 - 24 θύρες Ethernet/4 Gigabit ανερχόμενης ζεύξης ανά switch
 - 24 Θύρες 802.3af PoE
 - Scalable rack με Single IP Management
 - Ισχυρή Ασφάλεια με Βελτιωμένη Απόδοση/Διαθεσιμότητα
 - Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) L2/L3/L4

- DGS – 3427 - Switch xStack, 24 θυρών Gigabit, τύπου L2+,
συνδεσμολογίας σε στοίβες, με 4 θύρες Combo SFP & 3 θύρες για
μονάδες 10GE

- DES-1008F
Μη διαχειριζόμενο switch της D-Link 7 θυρών 10/100Mbps + 1 θύρας
οπτικών ινών 100 Mbps (*www.dlink.gr*)

Αυτές είναι μερικές από τις πολλές και πιο σύγχρονες συσκευές των δικτύων μεταγωγής που χρησιμοποιούνται στην διεθνή αγορά.

9. Μελλοντικές Τάσεις και Τρέχουσα Έρευνα

Τα δίκτυα μεταγωγής αναπτύσσονται καθημερινά. Πολλές νέες τεχνολογίες και υπηρεσίες παρουσιάζονται που είναι βασισμένες πάνω στην μεταγωγή. Στο κομμάτι αυτό θα παρουσιαστούν τάσεις για το μέλλον αλλά και τομείς της τρέχουσας ερευνάς πάνω στα δίκτυα μεταγωγής και στις τεχνολογίες που βασίζονται πάνω σε αυτά

VoIP

Ο όρος VoIP ή IP τηλεφωνία αναφέρεται στη μεταφορά φωνής πάνω από δίκτυα που βασίζονται στην τεχνολογία του Internet και, πιο συγκεκριμένα, στο πρωτόκολλο IP. Το πρωτόκολλο πάνω στο οποίο βασίζεται το Internet δημιουργήθηκε για να υλοποιήσει δίκτυα μεταφοράς δεδομένων και, μάλιστα, με την αποστολή πακέτων δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι ένα έγγραφο που μεταφέρεται μέσω Internet τεμαχίζεται από το IP σε μικρά πακέτα δεδομένων και αποστέλλεται μέσω του δικτύου. Όταν το έγγραφο φτάσει στον προορισμό του, τα πακέτα ενώνονται δημιουργώντας ξανά το αρχικό, ώστε αυτό να δοθεί ενιαίο στον παραλήπτη του. Η ίδια λογική εφαρμόζεται και στην περίπτωση που τα δεδομένα που μεταφέρονται αντιστοιχούν σε κάποια φωνητική συνομιλία. Η φωνή ψηφιοποιείται, τεμαχίζεται σε πακέτα δεδομένων, μεταφέρεται από το δίκτυο μέσω του IP πρωτοκόλλου και στον προορισμό επανασυντίθεται ώστε να φτάσει στο συνομιλητή.

Από τη στιγμή που πλέον όλες οι επιχειρήσεις διαθέτουν πρόσβαση στο Internet, έχουν υλοποιήσει και τα εταιρικά τους δίκτυα πάνω στο IP πρωτόκολλο. Έτσι, τους δίνεται μία πρώτης τάξης ευκαιρία να αξιοποιήσουν την υποδομή αυτή, η οποία δεν περιορίζεται μόνο στις γραμμές αλλά περιλαμβάνει και λοιπό εξοπλισμό (router, switches κλπ) ώστε να έχουν πάνω σε αυτή και τηλεφωνία. Ακόμα κι εάν αυτό περιοριστεί μόνο στο εσωτερικό της επιχείρησης, τα οφέλη είναι σημαντικά. Όταν μία επιχείρηση χρησιμοποιεί μισθωμένα κυκλώματα για να συνδεθεί με απομακρυσμένα υποκαταστήματά της, η αξιοποίηση των κυκλωμάτων αυτών και για τηλεφωνία μέσω του VoIP παρέχει ουσιαστικά οφέλη στην επιχείρηση.

Για το μέλλον θα πρέπει να θεωρούμε δεδομένη την αυξανόμενη χρήση δικτύων μεταγωγής δεδομένων και κυρίως δικτύων βασισμένων στο IP για την τηλεφωνία. Η τάση αυτή υπάρχει και στους μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς που υλοποιούν τα δίκτυα κορμού τους πάνω σε τέτοιες τεχνολογίες αλλά και στις εταιρείες που αξιοποιούν τη δικτυακή τους υποδομή για την τηλεφωνία. Επίσης, καθώς τα δίκτυα δεδομένων και τηλεφωνίας θα ενοποιούνται, θα δούμε να χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο πρωτόκολλα διευθυνσιοδότησης που θα μας επιτρέπουν να στέλνουμε emails από και προς τα σταθερά τηλέφωνα, να καλούμε κάποιον χρήστη υπολογιστή από το τηλέφωνό μας και το αντίστροφο, καθιστώντας πλέον το τηλέφωνο και τη φωνητική επικοινωνία μέρος της δικτυακής επικοινωνίας. Παράλληλα, μία ιδιαίτερα σημαντική προοπτική σχετίζεται με την εξάπλωση της IP τηλεφωνίας πάνω από ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα. Παρά το γεγονός ότι δε θεωρείται απειλή για τις άλλες μορφές τηλεφωνίας, μπορεί να βρει εφαρμογή σε διάφορους τομείς επιχειρηματικότητας.

UTMS

Το UTMS προσφέρει πολύ πιο γρήγορη πρόσβαση από οτιδήποτε γνωρίζαμε ως σήμερα και ενοποιεί τις τεχνολογίες μεταγωγής πακέτων και κυκλώματος στη μετάδοση δεδομένων. Αυτή η τεχνολογία θα οδηγήσει τις επικοινωνίες στη Κοινωνία Πληροφορίας του 21ου αιώνα, παρέχοντας καθολική πρόσβαση σε υπηρεσίες πολυμέσων, ανεξαρτήτου τοποθεσίας, δικτύου και τερματικού που χρησιμοποιείται. Τα πλεονεκτήματα του UTMS είναι πάρα πολλά.

- **Οικονομικά Οφέλη:** Το UTMS θα χτιστεί πάνω στις σημερινές επενδύσεις σε εξοπλισμό της δεύτερης γενιάς, επαναχρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα συστήματα. Θα αναπτύξει μια εξελικτική πορεία από τη Δεύτερη στην Τρίτη γενιά
- **Νέες και Καλύτερες Υπηρεσίες:** Η κατοίκων εργασία θα αυξηθεί και η ανάγκη μετακινήσεων θα μειωθεί. Η χρήση αυτοματοποιημένων συσκευών σε «έξυπνα σπίτια», θα παρέχουν στους χρήστες τη δυνατότητα να ελέγχουν το σπίτι τους ενώ βρίσκονται στο δρόμο. Όλα τα συστήματα του σπιτιού από κάμερες παρακολούθησης μέχρι τη μηχανή του καφέ θα μπορούν να ελέγχονται από απόσταση
- **Δυνατότητα μετάδοσης κινούμενης εικόνας αλλά και πολλαπλής εικονοσυνεδρίας:** Το τελευταίο θα δώσει τη δυνατότητα για πρωτοποριακές υπηρεσίες όπως ιατρικής διάγνωσης από απόσταση και συστημάτων ασφαλείας και παρακολούθησης
- **Το UTMS έχει σχεδιαστεί από την αρχή σαν ένα καθολικό σύστημα, το οποίο θα συνδέει τόσο τα επίγεια όσο και τα δορυφορικά συστήματα:** Οι χρήστες θα μπορούν να μεταπηδούν από το ένα δίκτυο στο άλλο, για παράδειγμα από ένα ιδιωτικό σε ένα δημόσιο δίκτυο, μετά σε ένα δίκτυο μεγάλου εύρους όπως το Internet και σε ένα δορυφορικό δίκτυο με την ελάχιστη διακοπή επικοινωνίας.

(http://asclepieion.mpl.uoa.gr/aspasia/Health%20Services/Network-Service_Future.htm)

BISDN

Ο όρος BISDN σημαίνει Broadband Integrated Services Digital Network το οποίο μεταφράζεται ως ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων (ολοκληρωμένων) υπηρεσιών ευρέος φάσματος. Βασικός στόχος του BISDN είναι - όπως φαίνεται και από την ονομασία του - η κατασκευή ενός ψηφιακού δικτύου που θα ενοποιήσει τους διάφορους τύπους υπηρεσιών ευρέος φάσματος παρέχοντάς τους ένα κοινό (για όλες) πλαίσιο υποστήριξης. Μπορεί δηλαδή να θεωρηθεί ως επέκταση του ISDN, εξοπλισμένο όμως με δυνατότητες εξυπηρέτησης σημάτων ευρέος φάσματος.

Η διαφορά όμως μεταξύ του ISDN και του BISDN είναι ότι το πρώτο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος (circuit-mode-oriented network) που όμως έχει τη δυνατότητα να υλοποιήσει μετάδοση μεταγωγής πακέτων (packet-mode transmission), ενώ το BISDN είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων (packet-mode-oriented network) που έχει τη δυνατότητα να υλοποιήσει μετάδοση μεταγωγής κυκλώματος (circuit-mode transmission).

Ο όρος ευρύς (broadband) στο BISDN, σημαίνει με τη στενή του έννοια ότι το BISDN είναι ικανό να παρέχει υπηρεσίες ευρέος φάσματος (υπηρεσίες εκατοντάδων megabits το δευτερόλεπτο), ενώ μια πιο πλατειά θεώρηση του όρου σημαίνει ότι τόσο η συχνότητα /ρυθμός μετάδοσης (bit rate) όσο και η διάρκεια των παρεχόμενων υπηρεσιών έχουν κατανομή που εκτείνεται σε ευρεία περιοχή τιμών

Οι βασικές υπηρεσίες που θα προσφέρει το BISDN είναι αυτές που θα εμφανισθούν στο άμεσο αλλά και στο απώτερο μέλλον. Ήδη, καθώς οι κοινωνικές και επαγγελματικές δραστηριότητες γίνονται όλο και πιο απαιτητικές, η ζήτηση για υπηρεσίες πολυμέσων (multimedia) και ευρέος φάσματος (π.χ. video conference - συνεδρίαση μέσω βίντεο) γίνεται όλο και πιο έντονη.

Οι υπηρεσίες του BISDN μπορούν να ταξινομηθούν σε υπηρεσίες αλληλεπίδρασης (interactive) και υπηρεσίες διανομής σήματος (distributive), σύμφωνα με τη διεύθυνση ροής της πληροφορίας. Οι πρώτες χωρίζονται επιπλέον σε διαλογικές (conversational), απόδοσης (retrieval) και υπηρεσίες μηνυμάτων (message). Οι δεύτερες αποτελούνται από τις υπηρεσίες που επιτρέπουν έλεγχο (controllable) και

αυτές που δεν επιτρέπουν έλεγχο (noncontrollable)

Χαρακτηριστικά των υπηρεσιών του BISDN:

- Τα BISDN δίκτυα προσφέρουν ενοποίηση των υπηρεσιών, με άμεση συνέπεια την συνύπαρξη πολλών και διαφορετικών υπηρεσιών στα πλαίσια ενός τέτοιου δικτύου
- Παροχή υπηρεσιών πολυμέσων (multimedia). Για παράδειγμα το εικονοτηλέφωνο (video telephone) περιλαμβάνει τρία διαφορετικά μέσα μετάδοσης πληροφορίας : φωνή, εικόνα, data
- Συνύπαρξη υπηρεσιών διανομής σήματος και υπηρεσιών αλληλεπίδρασης. Η συνύπαρξη τόσο υπηρεσιών διανομής σήματος (distributive services, π.χ. CATV - CAble TV, δηλαδή καλωδιακή TV) όσο και υπηρεσιών αλληλεπίδρασης (interactive services, π.χ. video telephone, δηλαδή εικονοτηλέφωνο) αποτελεί ένα μοναδικό χαρακτηριστικό
- Μεγάλη διασπορά του φάσματος και της διάρκειας των υπηρεσιών. Ενώ στο ISDN τα σήματα που μεταδίδονται βρίσκονται στην περιοχή των 64 kbps, στο BISDN υπάρχει πολύ μεγάλη διασπορά συχνοτήτων.
- Συνύπαρξη υπηρεσιών συνεχούς και μη συνεχούς τύπου. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του BISDN είναι ότι τα συνεχή σήματα (continuous signals) όπως ο ήχος και η εικόνα μπορούν να συνυπάρχουν με μη συνεχή σήματα (bursty signals) όπως data από κάποιο τερματικό
(<http://egnatia.ee.auth.gr/~aalexioy/bisdn.htm>)

Πέρα όμως από τις παραπάνω τεχνολογίες σημαντικές έρευνες γίνονται πάνω στην video τεχνολογία μεταγωγής. Η καλωδιακή τηλεόραση (CATV), η απευθείας μετάδοση από το δορυφόρο (DBS), και η ISDN είναι μερικά παραδείγματα των υπηρεσιών που μπορούν να επεκταθούν.

Η πιο σύγχρονη εξέλιξη των δικτύων μεταγωγής είναι οι αρχιτεκτονικές DiffServ και MPLS όπου πολλή προσοχή έχει δοθεί στο ζήτημα των προτεραιοτήτων ρευμάτων κυκλοφορίας

Το μέλλον φαίνεται όμως πως είναι στα οπτικά δίκτυα μεταγωγής. Πολλές νέες τεχνολογίες παρουσιάζονται στον τομέα αυτό με πιο πρόσφατη την μεταγωγή optical

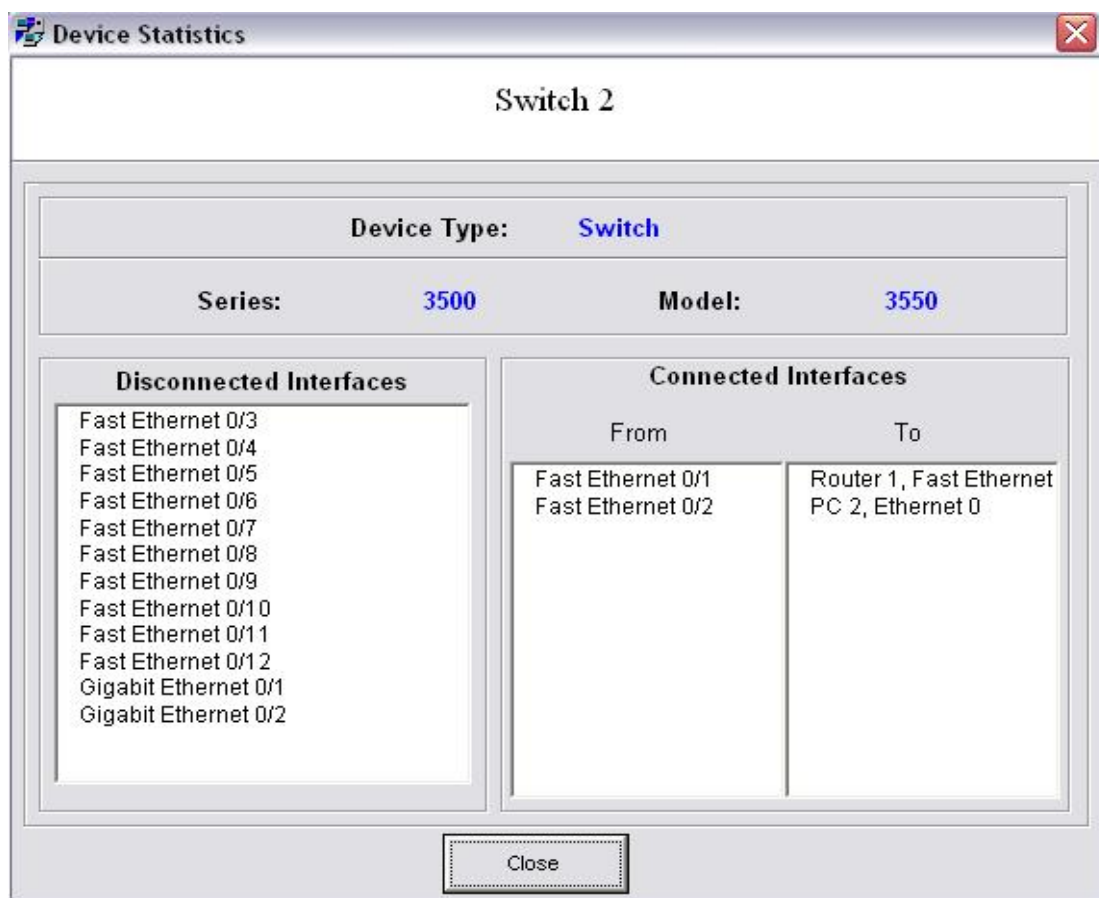
burst (Optical Burst Switching (OBS)). Το Optical Burst Switching είναι ένα νέο παράδειγμα για όλα τα μελλοντικά οπτικά δίκτυα. Η σκόπιμη μείωση των «ριπων» είναι μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να επιτύχουν την επιθυμητή ποιότητα εξυπηρέτησης. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι όλα τα οπτικά δίκτυα θα διαμορφώσουν τη σπονδυλική στήλη του μελλοντικού Διαδικτύου. Το Optical Burst Switching είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες τεχνολογίες οπτικής μεταγωγής, που συνδυάζουν τα καλύτερα στοιχεία του οπτικού κυκλώματος και της μεταγωγής πακέτων. Μια από τις προκλήσεις στο σχεδιασμό των δικτύων OBS είναι ότι παρέχει επαρκή ποιότητα εξυπηρέτησης (Quality of Service) για ορισμένες υπηρεσίες Διαδικτύου. Παραδείγματος χάριν, η τηλεφωνία Διαδικτύου απαιτεί τη σχετικά χαμηλή αναλογία απώλειας πακέτων προκειμένου να επιβεβαιώσει την ποιότητα σύνδεσης που θα είναι αποδεκτή στον τελικό χρήστη.

Τον τελευταίο καιρό η IBM κατόρθωσε να επιτύχει ένα νέο είδος switch επεξεργαστών βασισμένο στην οπτική τεχνολογία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε γρηγορότερα data rates στο κοντινό μέλλον. Αποσκοπώντας στην αντικατάσταση του χάλκινων nanowires με φωτόνια, το πιο πρόσφατο επίτευγμα στην οπτικοηλεκτρονική ανοίγει την πύλη σε μια νέα εποχή. Το ολοκαίνουργιο οπτικό switch είναι ακόμα στο πρώτο στάδιο του, και έχει τα όριά του, αλλά είναι η πρώτη προσέγγιση στην αντικατάσταση των ηλεκτρονίων με τις καθαρές ακτίνες του φωτός. Η τρέχουσα τεχνολογία ημιαγωγών χρησιμοποιεί ακόμα τα μικροσκοπικά καλώδια χαλκού για να διαβιβάσει τα ηλεκτρικά σήματα, που φέρονται από τα ηλεκτρόνια. Αντίθετα από τα μόρια του φωτός, συνήθως γνωστά ως φωτόνια, τα ηλεκτρόνια έχουν μερικές ανεπάρκειες, όπως οι αργές ταχύτητες και η παραγωγή θερμότητας. Τα CPU swithes χρησιμοποιούνται στο να κατευθύνουν τα δεδομένα μεταξύ των πυρήνων των επεξεργαστών. Οι εκτιμήσεις των ερευνητών υποστηρίζουν ότι το οπτικοηλεκτρονικό switch μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ποσοστό περίπου ενός terabit ανά δευτερόλεπτο, ενώ διαχειρίζεται πολλαπλές ακτίνες του φωτός. Αυτό είναι μια δραματική βελτίωση πέρα από τα τρέχοντα ποσοστά στοιχείων που χρησιμοποιούν τα χάλκινα ή ακόμα και άνθρακα nanowires. Η νέα τεχνολογία είναι ικανή να εξαφανίσει την καθυστέρηση μεταξύ των πυρήνων και θα επέτρεψε στους κατασκευαστές να χωρέσουν 2.000 τέτοια switch σε ένα τετραγωνικό χιλιοστόμετρο του πυριτίου.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ BOSOM NETSIM 6

Στο κομμάτι αυτό θα μιλήσουμε για ένα υποτιθέμενο σενάριο σύνδεσης υπολογιστών σε δύο διαφορετικές πόλεις. Για την εφαρμογή αυτού του σεναρίου θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα Boson NetSim της εταιρείας Cisco.

Υποθέτουμε ότι ένα γραφείο στην Αθήνα θέλει να επικοινωνήσει με ένα γραφείο στο Λονδίνο. Για την επικοινωνία αυτή, στην Αθήνα υπάρχει ένας υπολογιστής, ένα switch και ένα router. Το switch που επιλέξαμε είναι της σειράς 3500 και είναι το μοντέλο 3550. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε πως αυτό είναι ό,τι καλύτερο μας διαθέτει το πρόγραμμα λόγω του ότι βρίσκεται στην Beta έκδοση. Το μοντέλο 3550 μας προσφέρει δώδεκα θύρες Fast Ethernet και δύο Gigabit Ethernet. Από αυτές χρησιμοποιούνται οι δύο Fast Ethernet, εκ των οποίων η μια συνδέεται στην θύρα Ethernet του pc και η άλλη στην Fast Ethernet του router όπως βλέπουμε και στην εικόνα που ακολουθεί.



Athens Switch

Το router που χρησιμοποιείται είναι της σειράς 3600 και μοντέλο 3640. Παρέχει τέσσερις σειριακές θύρες και μια Fast Ethernet από τις οποίες η μία σειριακή είναι συνδεδεμένη με το router που βρίσκεται στο Λονδίνο, και η Fast Ethernet με το switch στην Αθήνα.

Ας υποθέσουμε ότι μιλάμε για την ίδια εταιρεία η οποία έχει δύο απομακρυσμένα γραφεία, και για σειριακές συνδέσεις χρησιμοποιεί ADSL γραμμές μέσω ISP Provider. Άλλες σειριακές τεχνολογίες που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει είναι ISDN, Leased lines (μισθωμένα κυκλώματα), ή ακόμα και μια απλή dial up σύνδεση. Η επιλογή αυτή εξαρτάται πάντα από τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης.

Εμείς στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγουμε ADSL συνδέσεις γιατί συνδυάζουν χαμηλό κόστος και αρκετά ικανοποιητικό εύρος ζώνης (bandwidth).

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα (χαμηλό κόστος, bandwidth) όταν συνδέουμε δύο απομακρυσμένους κόμβους (τα γραφεία μιας εταιρείας) μέσω ISP Provider χρησιμοποιούμε λιγότερα καλώδια, υπάρχει άμεση επικοινωνία, μπορούν και χρησιμοποιούν λιγότερο εξοπλισμό, για παράδειγμα μπορούν να εγκαταστήσουν ένα κοινό server για backup αρχεία στα κεντρικά γραφεία που είναι στην Αθήνα όπου να έχουν πρόσβαση και χρήστες από την εταιρεία στο Λονδίνο.

Σαν ένα σημαντικό μειονέκτημα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την ασφάλεια (security). Δηλαδή, την αποφυγή πρόσβασης στο δίκτυο από μη επιθυμητά πρόσωπα. Αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί με την εγκατάσταση συστημάτων ασφαλείας, security devices όπως είναι για παράδειγμα IPX devices ή θα μπορούσε ακόμα ο διαχειριστής του δικτύου να ρυθμίσει (configure) διάφορες access-list που θα επιτρέπουν την πρόσβαση μόνο σε άτομα της εταιρείας.

Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ υποκαταστημάτων μια επιχείρησης μας παρέχει και άλλα πλεονεκτήματα

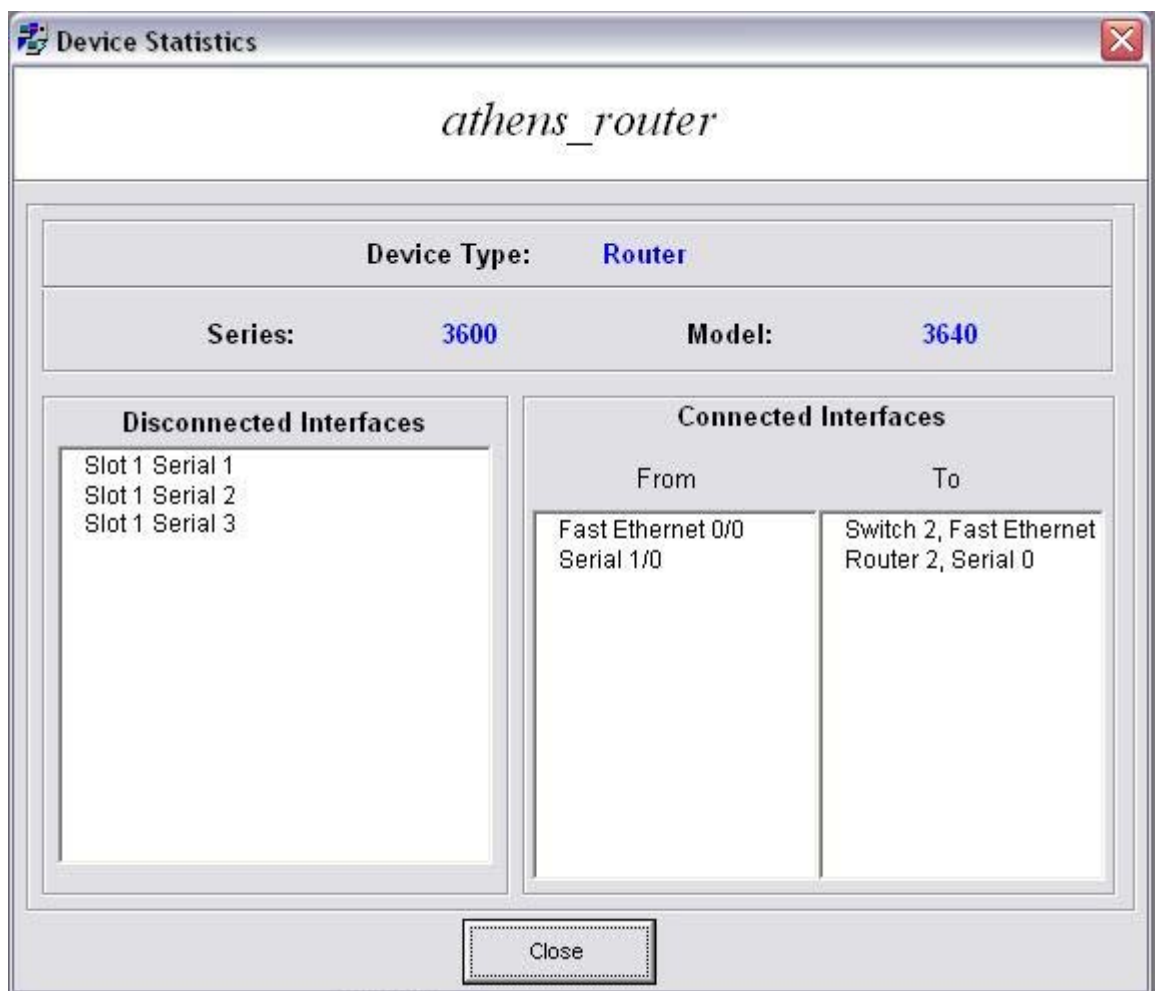
1. Διαχείριση του δικτύου (manageability)
2. Ευκολία ανάπτυξης (Adoptability)

Για παράδειγμα, για την διαχείριση δικτύου, κάθε υποκατάστημα δεν μπορεί να διαθέτει ένα τεχνικό για την διαχείριση και συντήρηση του δικτύου, κυρίως λόγω του κόστους. Στην συγκεκριμένη περίπτωση μπορούμε να ρυθμίσουμε πάνω στους router, ακόμα και στα switch κάποια διαχειριστικά εργαλεία όπως η απομακρυσμένη

πρόσβαση με την εντολή telnet. Ας υποθέσουμε ότι ο διαχειριστής του συνολικού δικτύου βρίσκεται

στα κεντρικά γραφεία στην Αθήνα, η εντολή telnet του δίνει την δυνατότητα να έχει πρόσβαση στο router, switch στο Λονδίνο και να κάνει οποιαδήποτε αλλαγή ή ρύθμιση επιθυμεί, ενώ αυτός βρίσκεται χιλιόμετρα μακριά.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα σε τέτοιου είδους δίκτυα είναι η δυνατότητα για ευκολία ανάπτυξης. Με τον όρο ευκολία ανάπτυξης (adoptability) εννοούμε ότι σε περίπτωση που η εταιρεία αναπτυχθεί και αναπτύσσεται παράλληλα και το δίκτυό της, μπορούμε εύκολα να συνδέσουμε επιπλέον καλώδια, επιπλέον switches, έτσι ώστε περισσότεροι χρήστες να έχουν πρόσβαση σε αυτό.



Στο Λονδίνο υπάρχουν ένας υπολογιστής, ένα switch και ένα router διαφορετικού τύπου και τα δύο. Το switch είναι σειράς 2900, μοντέλο 2950 (δώδεκα Fast Ethernet slots) ενώ το router είναι σειράς 1700, μοντέλο 1721 (δύο serial, ένα Bri, ένα Fast Ethernet).

Device Statistics

Switch 1

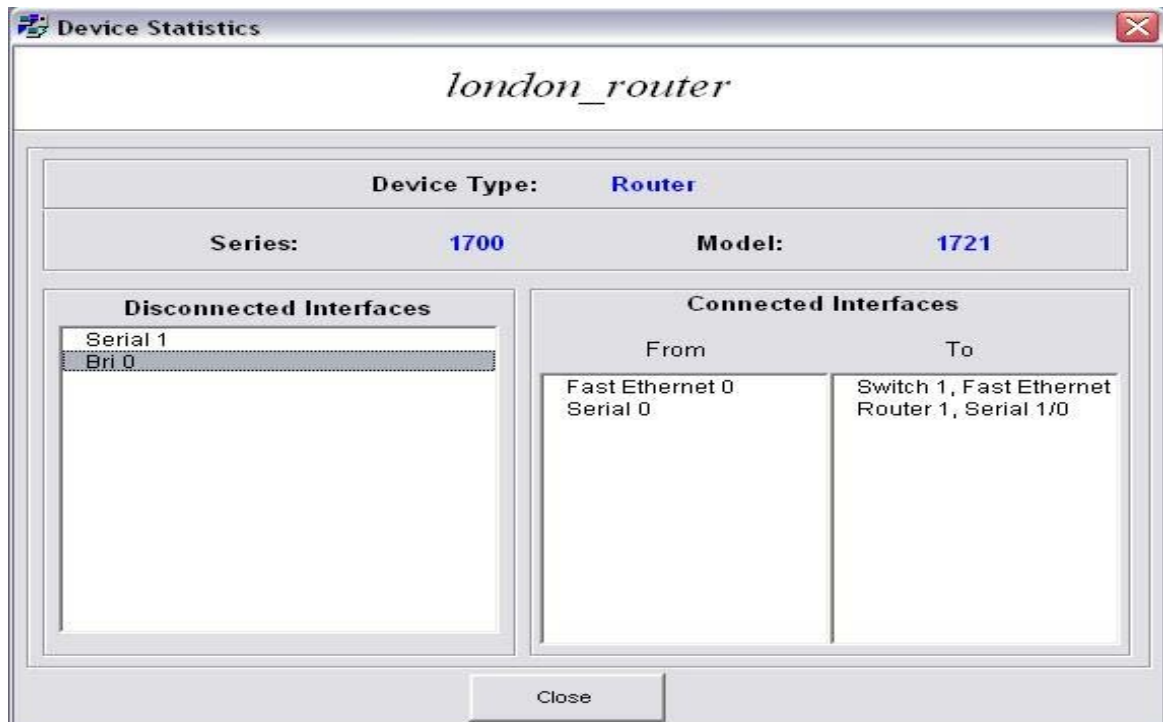
Device Type: Switch

Series: 2900 **Model:** 2950

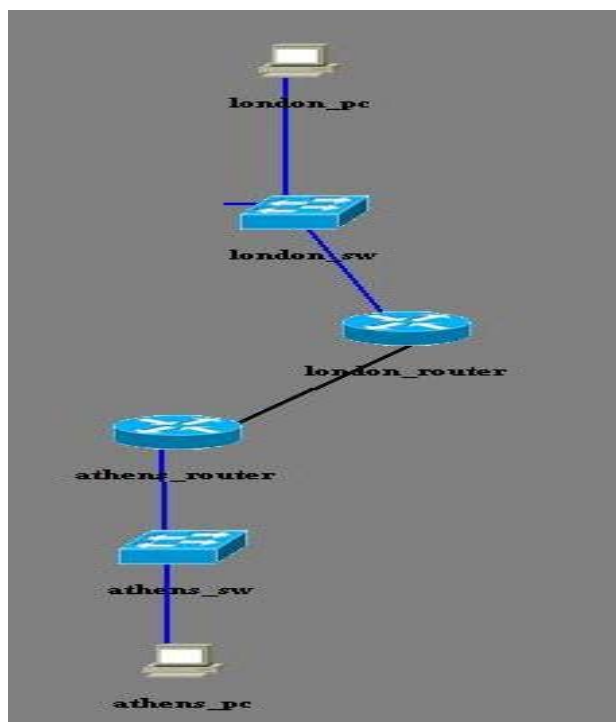
Disconnected Interfaces	
Fast Ethernet 0/4	
Fast Ethernet 0/5	
Fast Ethernet 0/6	
Fast Ethernet 0/7	
Fast Ethernet 0/8	
Fast Ethernet 0/9	
Fast Ethernet 0/10	
Fast Ethernet 0/11	
Fast Ethernet 0/12	

Connected Interfaces	
From	To
Fast Ethernet 0/1	Router 2, Fast Ethernet
Fast Ethernet 0/2	PC 1, Ethernet 0
Fast Ethernet 0/3	PC 3, Ethernet 0

Close

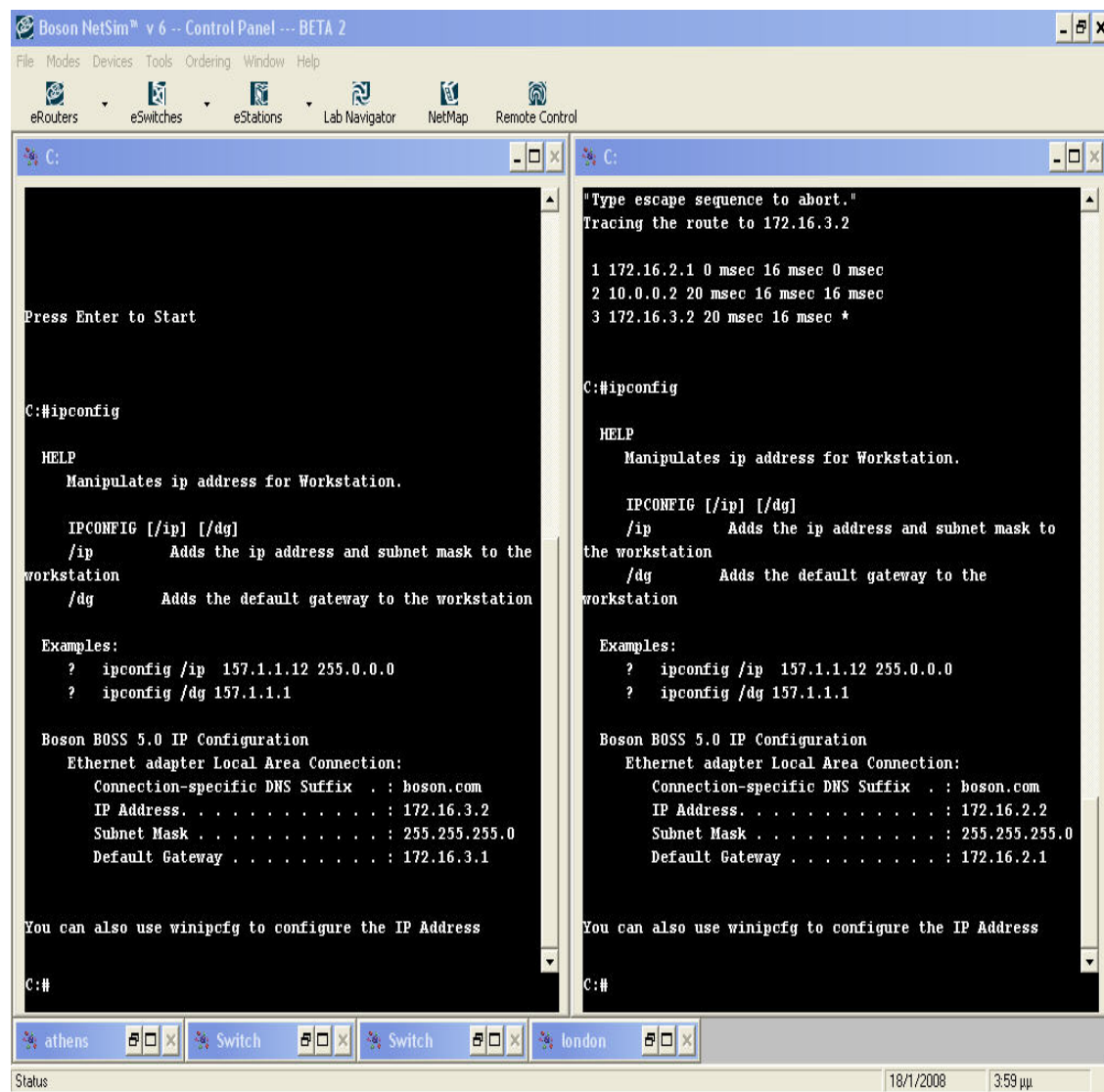


Το switch συνδέεται με Fast Ethernet με τους υπολογιστές και τα router στις αντίστοιχες θύρες και έτσι συνολικά η εικόνα μας θα είναι όπως δείχνει το σχήμα παρακάτω

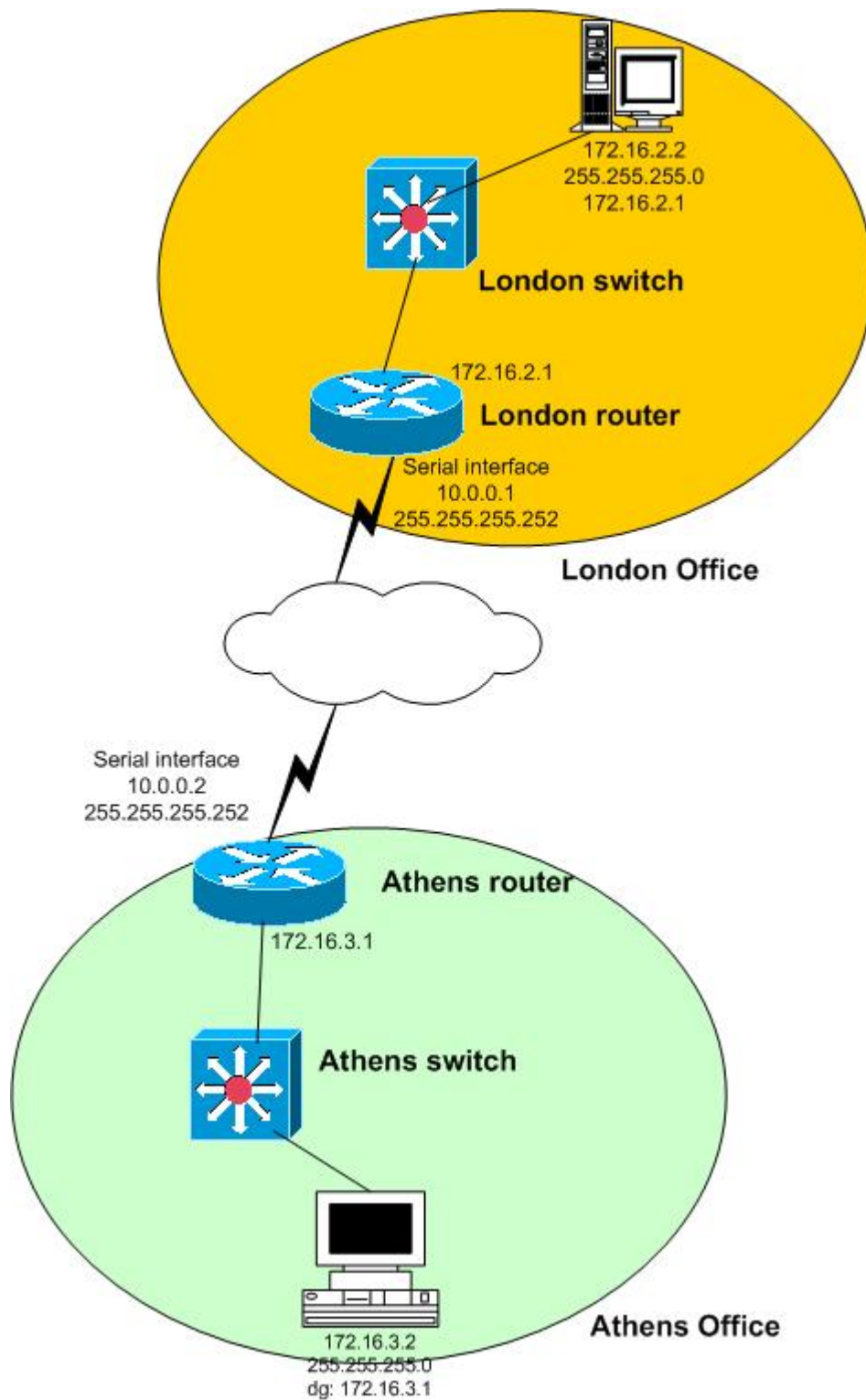


Για την επικοινωνία βέβαια δεν χρειάζεται μόνο η σύνδεση μεταξύ τους, οπότε θα πρέπει να δώσουμε ένα IP στην κάθε συσκευή και να ελέγξουμε αν όντως μπορούν να επικοινωνήσουν.

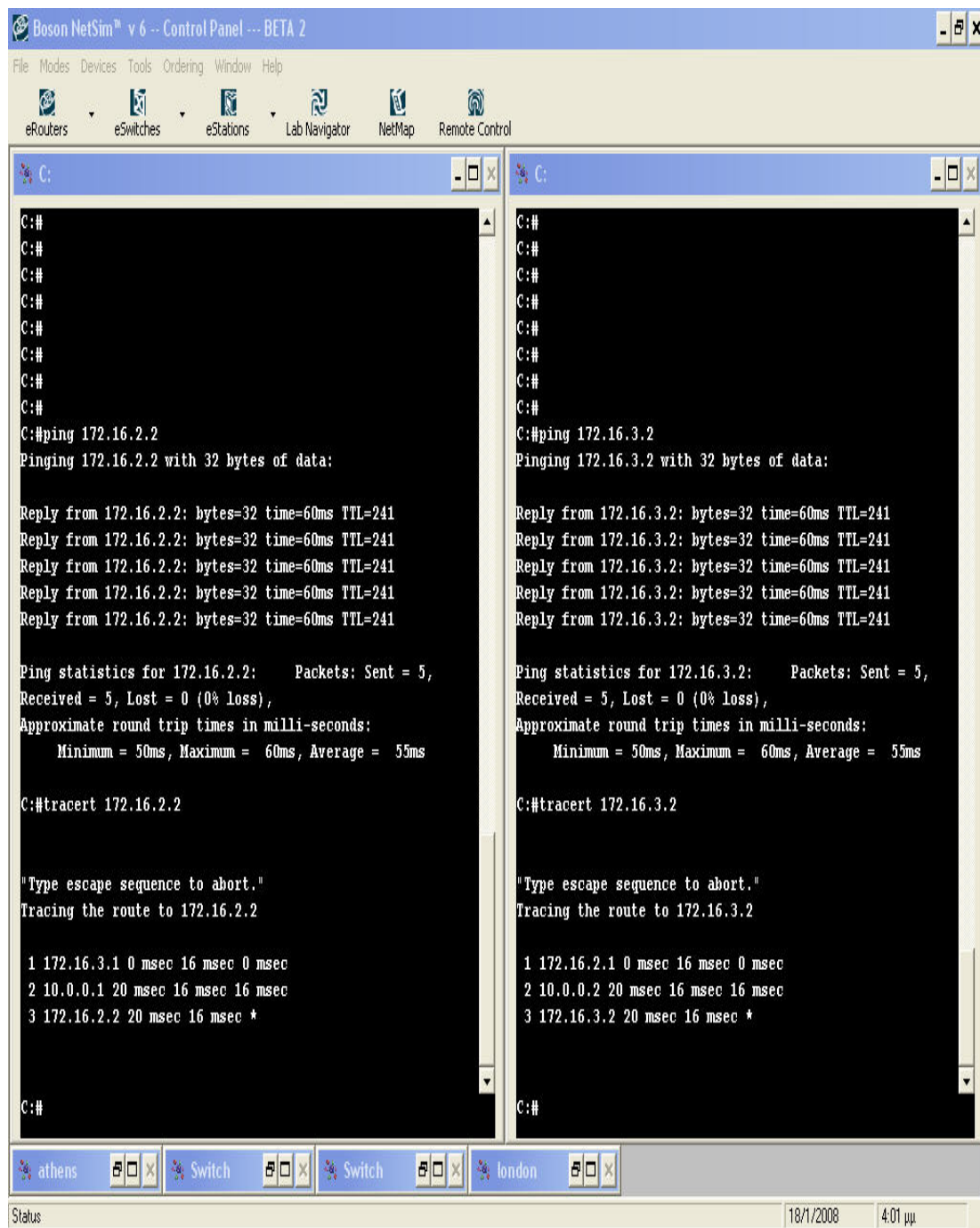
Με τις κατάλληλες εντολές θέτουμε τα πρωτόκολλα IP για τις συσκευές μας. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την διαδικασία για τους υπολογιστές μας.



Αφού ολοκληρώσαμε την διαδικασία το σύστημα μας πλέον θα είναι όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω. Στο σχήμα βλέπουμε το IP, mask και gateway κάθε συσκευής.



Τέλος, με την εντολή ping θα δούμε αν όντως υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των δύο υπολογιστών, ενώ με την εντολή tracerp θα δούμε όλες τις διαδρομές που πραγματοποιούνται, όπως φαίνεται και στο σχήμα.



Βλέπουμε λοιπόν, πως όλα είναι εντάξει και η επικοινωνία πραγματοποιείται χωρίς προβλήματα.

Τώρα μπορούμε να πούμε που βασίσαμε τις επιλογές μας αλλά και το τι θα συνέβαινε αν δεν υπήρχαν τα switches μέσα στο δίκτυό μας, αλλά και ποιά είναι τα πλεονεκτήματα απο την χρήση τους.

Το κύριο ερώτημα στο σύστημά μας είναι γιατί χρησιμοποιούμε το switch και όχι ένα hub.

Ένα hub είναι μια αρκετά απλή συσκευή μετάδοσης. Οποιοδήποτε πακέτο που μπαίνει σε οποιοδήποτε port εκπέμπεται σε κάθε port και έτσι τα hub δεν διαχειρίζονται την κυκλοφορία που περνάει μέσω των port τους. Δεδομένου ότι κάθε πακέτο στέλνεται συνεχώς μέσω κάθε port, αυτό οδηγεί στις συγκρούσεις πακέτων, το οποίο εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την ομαλή ροή της κυκλοφορίας.

Επίσης ένα άλλο μειονέκτημα που έχουν τα hubs είναι ότι δίνουν ένα περιορισμένο bandwidth, για παράδειγμα 10 ή 100 Mbit που το μοιράζει σε όλους τους χρήστες, σε όλα τα ports. Έτσι αν υποθέσουμε ότι υπάρχουν 10 χρήστες συνδεδεμένοι πάνω σε ένα hub με 100mbit μετάδοση, μοιράζονται 10mbit ανά χρήστη.

Γενικώς, πολλά hubs μπορούν να συνδεθούν μαζί έτσι ώστε να επεκταθεί ένα δίκτυο hub.

Τα πλεονεκτήματα τους είναι ότι καθιστούν εύκολο το να αλλάξουν ή να επεκτείνουν τα συστήματα καλωδίωσης, χρησιμοποιούν τα διαφορετικά ports για να προσαρμόσουν τους διαφορετικούς τύπους καλωδίωσης, και συγκεντρώνουν τον έλεγχο παρακολούθησης της δραστηριότητας και της κυκλοφορίας του δικτύου

Ένα switch απομονώνει τα ports, αυτό σημαίνει ότι κάθε λαμβανόμενο πακέτο στέλνεται μόνο στο port στο οποίο ο στόχος μπορεί να βρεθεί (υποθέτοντας ότι βρίσκεται το κατάλληλο port, εάν όχι, τότε το switch της θα μεταδώσει το πακέτο σε όλα τα port εκτός από το port από το προήλθε το αίτημα). Δεδομένου ότι το switch στέλνει τα πακέτα μόνο όπου πρέπει να πάνε η απόδοση του δικτύου μπορεί να αυξηθεί πολύ.

Αυτό αφήνει το ερώτημα του ποτέ ένα switch είναι πιο κατάλληλο, από ένα hub. Εάν η περισσότερη κίνηση του δικτύου περιλαμβάνει μόνο μερικά port, τότε θα υπάρξει λίγο κέρδος απόδοσης με την αναβάθμιση από ένα hub σε switch. Αλλά εάν η κίνηση περιλαμβάνει περισσότερα από μερικά port, τότε με ένα switch μπορεί να παραγάγει μια σημαντική βελτίωση στην απόδοση. Επίσης, τα σύγχρονα Fast Ethernet switches που έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε μικρά γραφεία ή γραφεία σπιτιού (small office / home office SOHO) κοστίζουν περίπου όσο τα hubs, κάνοντας την χρήση ενός hub κάπως άσκοπη εάν νέος εξοπλισμός πρέπει να αγοραστεί οπωσδήποτε.

Επειδή τα δεδομένα καθοδηγούνται μόνο μέσω του σωστού port και όχι της αδιάκριτης μετάδοσης όπως συμβαίνει στα hub, τα switches είναι κάπως ασφαλέστερα. Ένας χρήστης με την πρόθεση να δει τα δεδομένα άλλων χρηστών ενώ είναι συνδεδεμένος μέσω ενός switch, θα συνειδητοποιήσει πως μπορεί να δει μόνο τα δικά του δεδομένα. Αντίθετα, ένα hub θα μετέδιδε όλα τα δεδομένα που δεν κρυπτογραφούνται σε όλους τους χρήστες. Βέβαια ακόμη και η πρόσθετη ασφάλεια που παρέχεται από τα switches μπορεί παραβιαστεί με τεχνικές όπως η MAC flooding και ARP spoofing.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_switching

http://en.wikipedia.org/wiki/Network_switches

<http://en.wikipedia.org/wiki/X.25>

http://en.wikipedia.org/wiki/Packet_switched_network

<http://www.cramsession.com/articles/files/circuit-switching-vs-pack-9162003-1256.asp>

<http://www.williamstallings.com/DCC/DCC7e.html>

<http://www.lantronix.com/learning/net-tutor-switching.html>

<http://www.javvin.com/protocol/index.html>

<http://www.javvin.com/packetdoc/SwitchedNetwork.html>

<http://www.raduniversity.com/networks/1998/packet/sim.htm>

<http://www.computerworld.com/networkingtopics/networking/story/0,10801,41904,00.html>, March 20, 2000 (Computerworld)

<http://services.eng.uts.edu.au/~kumbes/ra/Switching/Packet-Switching/packet.html>,
Aaron Skelsey, Communications Networks (48740)
University of Technology, Sydney

http://radiomagonline.com/mag/radio_switched_networks/, Kevin McNamara, CNE,
Oct 1, 2002

www.cisco.com

<http://www.cs.virginia.edu/~mngroup/projects/mpls/documents/thesis/node8.html>,
Yvan Pointurier 2002-08-11

http://www.webopedia.com/TERM/C/circuit_switching.html

<http://answers.yahoo.com/question/index?qid=20060824222040AAbmLsU>

<http://inforterm.cs.aueb.gr/greek/search.php>

www.dlink.gr

www.tech-faq.com

www.aegean.gr

http://asclepieion.mpl.uoa.gr/aspasia/Health%20Services/Network-Service_Future.htm

<http://egnatia.ee.auth.gr/~aalexioy/bisdn.htm> © Μπαζιάκος Αθανάσιος

http://www.ciscoexpo.gr/2007/?show=techsolutions_isr

http://www.intracom-telecom.com/gr/products/network_solutions/network_deployment_integration/products_msn/tetra.htm

<http://www.in.gr/Articles/Article.asp?ArticleId=20009&CurrentTopId=19952&IssueTitle=ram>

<http://www.euro2day.gr/news/economy/124/articles/325044/Article.aspx> , 12:42 - 16/05/08

http://tovima.dolnet.gr/print_article.php?e=B&f=15219&m=D29&aa=1, Κυριακή 18 Νοεμβρίου 2007 - Αρ. Φύλλου 15219

<http://www.hrima.gr/article.asp?view=212&ref=204> Μάιος 2005 Τεύχος 310

Gigabit Ethernet: Technology and Applications
by Mark Norris
Artech House © 2003

Telecommunications Essentials
By Lillian Goleniewski, Publisher: Addison Wesley, Pub Date: December 26, 2001

Microsoft Encyclopedia of Networking second edition
By Mitch Tulloch, Ingrid Tulloch
Publisher: Microsoft Press

“Managing Switched Local Area Networks”, BLACK
Εκδόσεις ADDISON WESLEY, 1998

Σκουλάτος Β., ΟΤΕ ΑΕ, Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Μέρος Α: Γενικά –
Δίκτυα Μεταγωγής Κυκλώματος

Σκουλάτος Β., ΟΤΕ ΑΕ, Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Μέρος Β: Δίκτυα
Μεταγωγής Πακέτων

Α. Αλεξόπουλος – Γ. Λαγογιάννης, Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών,
Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών “-
Άρης Αλεξόπουλος, Γιώργος Λαγογιάννης

Δίκτυα Υπολογιστών “ 3^η Έκδοση
Andrew S. Tanenbaum ; Βασίλης Στυλιανάκης μετ.

Clark, K. Hamilton, K. CCIE Professional Development Cisco LAN Switching, Cisco
Press (1999)

Ethernet Distributed Packet Switching for Local Computer Networks, 4/8/2002

Hobbs, Marvin, Modern Communications Switching Systems, Tab Books (1974)

Kang, Moonsik, An Optimal Dynamic Multicast Routing Algorithm for High-Speed
LAN/MAN Interconnections

Neelakanta, P.S. A Textbook on ATM Telecommunications – Principles and
Implementation, CRC Press (2000)

*Smouts, Michel, Packet Switching Evolution from Narrowband to Broadband ISDN,
Artech House (1991)*

Cisco Press - Cisco LAN Switching Fundamentals

Artech House - Gigabit Ethernet - Technology and Applications - 2003 ! - By Laxxuss

Cisco.Press.Layer.2.VPN.Architectures.Mar.2005.eBook-LiB

10 Gigabit Ethernet Unifying The Lan, Man And Wan - Nortel Networks

Addison Wesley - Telecommunications Essentials (CHM)

John Wiley & Sons - IEEE Press -

Fundamentals.of.Telecommunications.2nd.Edition.Apr.2005

WAN Design Guide The Lower Layers, August 2005