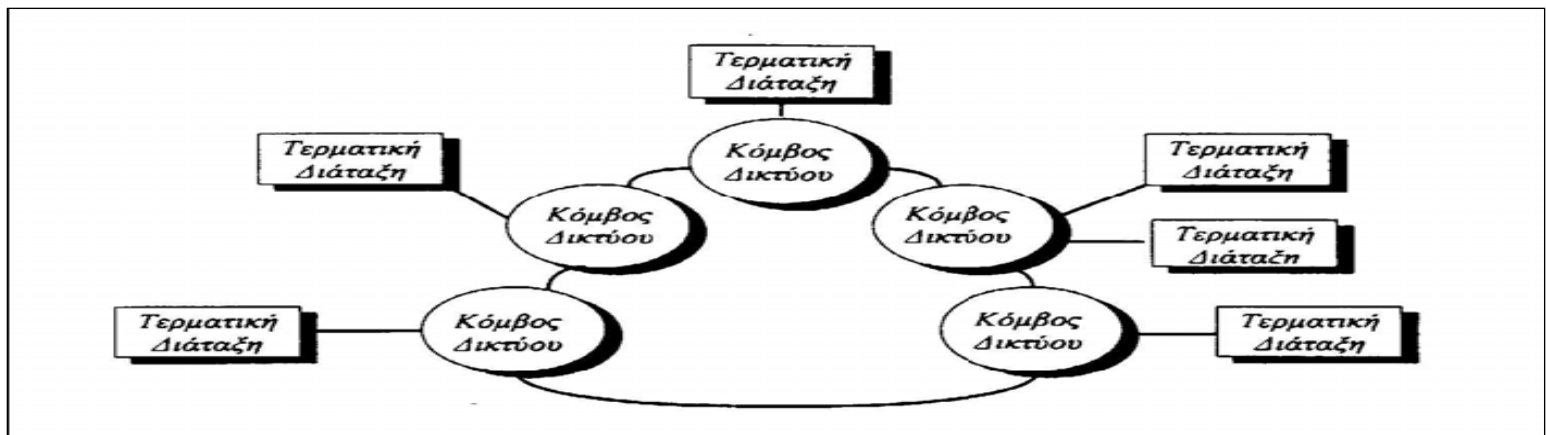
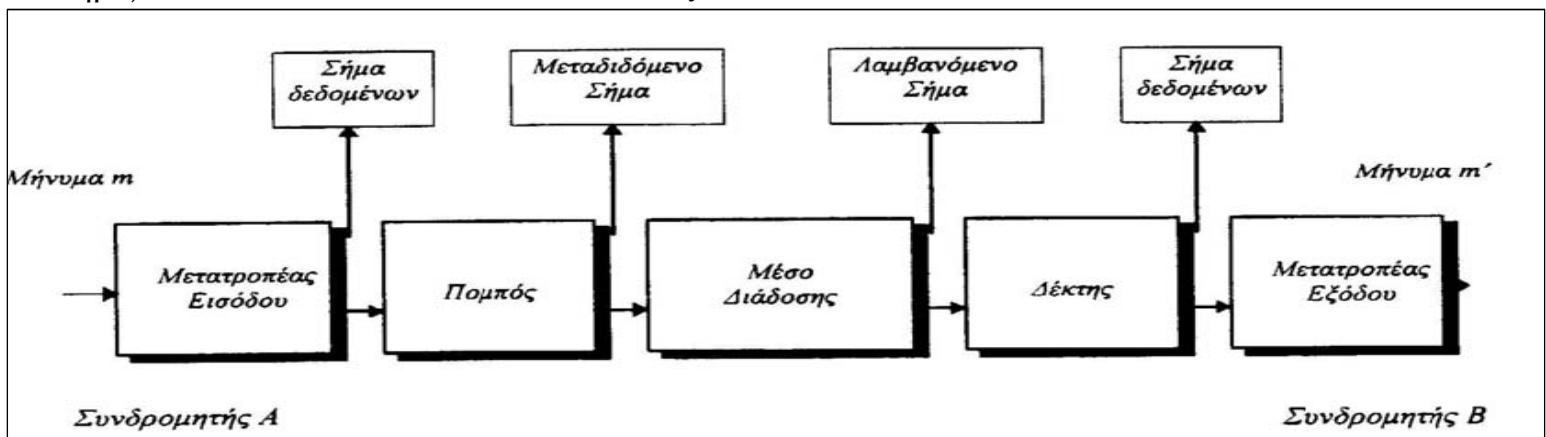


# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

**Δίκτυο :** Δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών ή απλά δίκτυο ορίζεται ένα σύνολο συσκευών (υπολογιστών, τερματικών κτλ) συνδεδεμένων μεταξύ τους με κανάλια επικοινωνίας (φυσικές συνδέσεις) τα οποία μπορούν να παράγουν, να στέλνουν, να προωθούν και να λαμβάνουν πληροφορίες (απλά δεδομένα, ήχο, βίντεο, εικόνα, κτλ).

**Απλοποιημένο μοντέλο επικοινωνιών - Δίκτυο επικοινωνίας :** Το απλό μοντέλο καλύπτει τις ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ 2 συνδρομητών. Για να καλυφθούν οι ανάγκες επικοινωνίας πολλών συνδρομητών γίνεται απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου. Το δίκτυο δίνει τη δυνατότητα σε ένα συνδρομητή να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε άλλο διαθέτει την κατάλληλη διάταξη πρόσβασης σε κάποιο οριακό σύστημα του δικτύου που ονομάζεται κόμβος ή κέντρο. Βασική ιδιότητα του δικτύου είναι η παροχή ικανοποιητικής επικοινωνίας με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διασυνδέσεων των κόμβων του. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται από πάνω ένα απλοποιημένο μοντέλο επικοινωνιών (βασικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα) και από κάτω ένα δίκτυο επικοινωνίας :



- **Πηγή :** Η συσκευή που παράγει τα δεδομένα που θα μεταδοθούν (π.χ. τηλέφωνο, PC)
- **Πομπός :** Κωδικοποιεί την πληροφορία που παράγεται από ένα σύστημα πηγής και παράγει ηλεκτρομαγνητικά σήματα μετάδοσης τα οποία μπορούν να μεταδοθούν από συγκεκριμένο σύστημα μετάδοσης (π.χ. modem μεταλλάσσει τη σειρά των bit σε αναλογικό σήμα).
- **Σύστημα μετάδοσης :** Το σύστημα που συνδέει τη πηγή με τον προορισμό. Μπορεί να είναι από μια γραμμή μετάδοσης μέχρι ένα πολύπλοκο δίκτυο.
- **Δέκτης :** Δέχεται το σήμα από το σύστημα μετάδοσης και το μετατρέπει σε μορφή «κατανοητή» από τον προορισμό (π.χ. modem από αναλογικό σήμα σε σειρά bit).
- **Προορισμός :** Παίρνει τα εισερχόμενα δεδομένα από το δέκτη.

**Δίκτυο τηλεπληροφορικής :** είναι ένα σύστημα επικοινωνιών το οποίο διαθέτει συσκευές τηλεπικοινωνιών, τηλεπικοινωνιακούς κόμβους, καθώς και τα φυσικά μέσα διέλευσης της πληροφορίας. Στην ευρύτερη έννοιά

του περιλαμβάνει και τις τερματικές συσκευές, όπως είναι οι υπολογιστές και τα τερματικά κάθε είδους και έχει μια δομή τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται η όποια επιθυμητή μεταξύ τους επικοινωνία. Στα δίκτυα τηλεπληροφορικής συναντάμε αυστηρούς κανόνες που διέπουν το τηλεπικοινωνιακό τμήμα του δικτύου καθώς επίσης και κανόνες συνομιλίας μεταξύ των υπολογιστών (πρωτόκολλα επικοινωνίας).

**Υποδιαιρέσεις δικτύων :** Τα δίκτυα διαιρούνται σε κατηγορίες που προσδιορίζονται ανάλογα με την οπτική γωνία από την οποία τα βλέπουμε. Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να δώσουμε σαφείς ερμηνείες για τους ποικίλους διαχωρισμούς δικτύων, ούτως ώστε να διαλυθούν οι όποιες παρερμηνείες γύρω από το θέμα. Οι υποδιαιρέσεις που λάβαμε υπόψη είναι : 1) Ως προς την τοπολογία των διαφόρων σημείων έχουμε το ακτινωτό, το κομβικό και το βρογχικό δίκτυο, 2) Ως προς την γεωγραφία τερματικών και υπολογιστικών σημείων διακρίνουμε τα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide area network WAN), τα τοπικά δίκτυα (Local area network LAN) και τα αστικά δίκτυα (Metropolitan area network MAN), 3) Ως προς τον τηλεπικοινωνιακό τύπο εξυπηρέτησης έχουμε το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο, τα ιδιωτικά δίκτυα, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων, το ISDN, το xDSL. Μια ιδιαίτερη περίπτωση δικτύου είναι το παγκόσμιο διαδίκτυο Internet που μετά το τηλεφωνικό θεωρείται το μεγαλύτερο δίκτυο δεδομένων του πλανήτη. 4) ως προς την τεχνική προώθησης της πληροφορίας τα διακρίνουμε σε δίκτυα μεταγωγής (switching) και ακρόασης (broadcasting). Για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις έχουμε και τα μικτά δίκτυα που αποτελούνται από συνδυασμούς των παραπάνω.

**Εύρος Ζώνης :** Ορίζεται ως : 1) Το εύρος σε ένα φάσμα συχνοτήτων ή μήκους κύματος. 2) Το ποσό της πληροφορίας που μπορεί να μεταδοθεί στη μονάδα του χρόνου. Για ψηφιακές συσκευές και συστήματα το bandwidth εκφράζεται συνήθως σε bits ανά second (bps) ή σε Bytes ανά second. Για αναλογικές συσκευές εκφράζεται σε Hertz (Hz).

- **Absolute bandwidth :** Τα δεδομένα μεταφέρονται πάνω από το μέσο μετάδοσης με τη χρήση ηλεκτρικών σημάτων που το καθένα περιέχει μια ζώνη συχνοτήτων, που ονομάζεται spectrum. Το πλάτος του spectrum ονομάζεται Απόλυτο Εύρος Ζώνης (absolute bandwidth).
- **Effective Bandwidth :** Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας του σήματος περιέχεται σε ένα στενό εύρος συχνοτήτων που ονομάζεται Αποδοτικό Εύρος Ζώνης (Effective Bandwidth). Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του Εύρους Ζώνης και του Ρυθμού Μετάδοσης Δεδομένων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο Ρυθμός Μετάδοσης τόσο μεγαλύτερο είναι το Εύρος Ζώνης και αντίστροφα.

## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μετάδοση δεδομένων λαμβάνει χώρα μεταξύ εκπομπού και δέκτη πάνω από κάποιο μέσο μετάδοσης. Τα μέσα μετάδοσης μπορούν να χαρακτηρισθούν ως κατευθυνόμενα (guided) και μη κατευθυνόμενα (unguided), η δε επικοινωνία και στις δύο περιπτώσεις είναι υπό την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Στα κατευθυνόμενα μέσα, τα κύματα οδηγούνται κατά μήκος ενός φυσικού μονοπατιού, π.χ. καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο. Τα μη κατευθυνόμενα μέσα παρέχουν τρόπους μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά δεν τα κατευθύνουν. Παραδείγματα τέτοιων μέσων είναι η μετάδοση μέσα στο κενό, στον αέρα, στη θάλασσα. Το μονοπάτι μετάδοσης μεταξύ δύο συσκευών, μέσα από το οποίο μεταδίδονται σήματα κατευθείαν από τον εκπομπό στον δέκτη χωρίς να παρεμβάλλονται ενδιάμεσα άλλες συσκευές εκτός από ενισχυτές ή επαναλήπτες, που χρησιμεύουν στην ενίσχυση του σήματος, ονομάζεται κατευθείαν σύνδεσμος (direct link). Ο όρος αυτός ισχύει τόσο για κατευθυνόμενα όσο και για μη κατευθυνόμενα μέσα. Ένα κατευθυνόμενο μέσο μετάδοσης παρέχει σύνδεση σημείου προς σημείο (point-to-point) αν αποτελεί έναν κατευθείαν σύνδεσμο μεταξύ δύο συσκευών, οι οποίες είναι οι μοναδικές συσκευές που μοιράζονται το μέσο. Αν περισσότερες από δύο συσκευές μοιράζονται το μέσο τότε έχουμε σύνδεση πολλαπλών σημείων (multipoint). Μία μετάδοση μπορεί να είναι μονόδρομη (simplex), αμφίδρομη εναλλασσόμενη (half duplex) ή αμφίδρομη ταυτόχρονη (full duplex). Σε μία μονόδρομη μετάδοση τα σήματα μεταδίδονται μόνο προς μία κατεύθυνση, ένας σταθμός είναι ο εκπομπός και ο άλλος ο δέκτης. Στην αμφίδρομη εναλλασσόμενη μετάδοση και οι δύο σταθμοί μπορούν να είναι εκπομποί αλλά κάθε φορά μεταδίδει μόνο ο ένας. Στην αμφίδρομη ταυτόχρονη μετάδοση και οι δύο σταθμοί μπορούν να μεταδίδουν ταυτόχρονα. Στην περίπτωση αυτή το μέσο μετάδοσης μεταφέρει σήματα ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις.

## ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η επικοινωνία ψηφιακών δεδομένων μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων γίνεται με την σειριακή μετάδοση των δεδομένων. Στη σειριακή μετάδοση, τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ενός μοναδικού μονοπατιού επικοινωνίας, στο οποίο στέλνονται κάθε χρονική στιγμή στοιχεία σήματος. Κάθε στοιχείο σήματος μπορεί να είναι : 1) Λιγότερο από ένα bit, π.χ. κωδικοποίηση Manchester. 2) Ένα bit, π.χ. κωδικοποιήσεις NRZ-L και FSK. 3) Περισσότερο από ένα bit, π.χ. κωδικοποίηση QPSK. Ο **συγχρονισμός** αποστολής και λήψης δεδομένων είναι μία από τις κύριες λειτουργίες της επικοινωνίας δεδομένων. Όταν ο πομπός στέλνει ένα μήνυμα, ένα bit ανά χρονική στιγμή, στον δέκτη, πρέπει ο τελευταίος να μπορεί να αναγνωρίσει την αρχή και το τέλος ενός κομματιού από bits. Επίσης πρέπει να ξέρει την χρονική διάρκεια ενός bit ώστε να μπορεί να δειγματοληπτεί την γραμμή με τον κατάλληλο χρονισμό που απαιτείται για να διαβάσει κάθε bit. Οι πιο κοινά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι συγχρονισμού είναι η ασύγχρονη και η σύγχρονη μετάδοση.

**Ασύγχρονη μετάδοση :** Η στρατηγική που χρησιμοποιείται στην ασύγχρονη μετάδοση για την εξάλειψη των προβλημάτων συγχρονισμού είναι να αποφεύγεται η μετάδοση μεγάλων, αδιάλειπτων σειρών από bits. Αντίθετα, τα δεδομένα μεταδίδονται με ρυθμό ενός χαρακτήρα ανά χρονική στιγμή, όπου κάθε χαρακτήρας έχει μήκος πέντε έως οκτώ bits. Ο συγχρονισμός της μετάδοσης είναι απαραίτητο να διατηρηθεί μόνο για κάθε χαρακτήρα και έτσι ο δέκτης έχει την ευκαιρία για απανασυγχρονισμό στην αρχή της λήψης κάθε νέου χαρακτήρα. Όταν δεν μεταδίδεται ένας χαρακτήρας η γραμμή μεταξύ το πομπού και του δέκτη βρίσκεται σε αδρανή κατάσταση. Ο ορισμός της αδρανούς κατάστασης είναι ανάλογος με αυτόν του στοιχείου σήματος για το δυαδικό 1. Στα περισσότερα πρότυπα σύνδεσης (π.χ. EIA-232-D) η αδρανής κατάσταση αντιστοιχεί στην παρουσία αρνητικής τάσης στη γραμμή. Η αρχή ενός χαρακτήρα σηματοδοτείται από το bit αρχής (start bit) που έχει την τιμή του δυαδικού 0.

**Σύγχρονη μετάδοση :** Στη σύγχρονη μετάδοση κομμάτια χαρακτήρων ή bits αποστέλλονται χωρίς την ύπαρξη κωδικών αρχής και παύσης και ο ακριβής χρόνος αναχώρησης ή άφιξης κάθε bit μπορεί να προβλεφθεί. Για να επιτευχθούν τα προηγούμενα πρέπει να υπάρχει κάποιος τρόπος συγχρονισμού των ρολογιών του πομπού και του δέκτη. Μία δυνατότητα είναι η παροχή μιας ξεχωριστής γραμμής συγχρονισμού μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε πρέπει η πληροφορία του συγχρονισμού να ενσωματωθεί στο σήμα δεδομένων. Στην περίπτωση των ψηφιακών σημάτων αυτό επιτυγχάνεται μέσω των biphase κωδικοποιήσεων. Στα αναλογικά σήματα υπάρχουν πολλές τεχνικές που μπορούν χρησιμοποιηθούν, όπως η χρήση της φέρουσας συχνότητας για συγχρονισμό του δέκτη με βάση την φάση του φέροντος σήματος. Στη σύγχρονη μετάδοση υπάρχει η ανάγκη για την ύπαρξη ενός ακόμα επιπέδου συγχρονισμού έτσι ώστε ο δέκτης να μπορεί να αντιληφθεί την αρχή και το τέλος ενός κομματιού δεδομένων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, κάθε κομμάτι ξεκινά με μία σειρά από bits που ονομάζεται preamble και τελειώνει με μία άλλη σειρά από bits που ονομάζεται postamble. Οι σειρές αυτές περιέχουν πληροφορίες ελέγχου και όχι απλά δεδομένα.

## ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

**Ορισμός - Είδη Τοπολογιών :** τοπολογία είναι η γεωμετρική αναπαράσταση των γραμμών και των συνδεδεμένων συσκευών του δικτύου. Υπάρχουν 5 βασικές τοπολογίες δικτύων : 1) Τοπολογία πλέγματος. 2) Τοπολογία αστέρα. 3) Τοπολογία διαύλου. 4) Τοπολογία δένδρου. 5) Τοπολογία δακτυλίου.

- **Τοπολογία πλέγματος :** Για κάθε ζεύγος συσκευών υπάρχει μια γραμμή σύνδεσης (Mesh Topology). Υπάρχουν  $(n - 1)$  I/O Ports και  $n(n-1) / 2$  κανάλια επικοινωνίας. Πλεονεκτήματα : 1) Μηδαμινά ως ελάχιστα προβλήματα κυκλοφορίας. 2) Μέγιστη ασφάλεια. 3) Αχρήστευση μιας γραμμής δεν οδηγεί σε αχρήστευση του συστήματος. 4) Εύκολη ανίχνευση - απομόνωση σφαλμάτων. Μειονεκτήματα : 1) Υψηλό έως απαγορευτικά υψηλό κόστος. 2) Δυσκολίες στην εγκατάσταση λόγω καλωδιώσεων.
- **Τοπολογία αστέρα :** Υπάρχει ένας κεντρικός κόμβος (hub) για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και όλες οι συσκευές συνδέονται με αυτόν με μια φυσική σύνδεση (Star Topology). Πλεονεκτήματα : 1) Μικρό κόστος και πολύ λιγότερες καλωδιώσεις. 2) Καλή λειτουργία στην αναγνώριση και απομόνωση σφαλμάτων. Μειονεκτήματα : Δυσλειτουργία ή καταστροφή του κεντρικού κόμβου οδηγεί σε κατάρρευση του συστήματος.

- **Τοπολογία διαύλου :** Υπάρχει μια γραμμή που αποτελεί το backbone του δικτύου και όλες οι συσκευές είναι συνδεδεμένες σε αυτή (Bus Topology). Πλεονεκτήματα : 1) Απαιτείται μικρός αριθμός καλωδιώσεων. 2) Μπορεί να γίνει σχετικά εύκολη διαχείριση της προσθήκης ή απομάκρυνσης συνδέσεων. Μειονεκτήματα : 1) Δυνατότητα σύνδεσης περιορισμένου αριθμού συσκευών. 2) Δυσκολία στην απομόνωση σφαλμάτων και στην ανάκαμψη του δικτύου. 3) Εξασθένιση σήματος ανάλογη με το μήκος του κεντρικού καλωδίου.
- **Τοπολογία δένδρου :** Αποτελεί επέκταση της τοπολογίας διαύλου (συνδυασμός Διαύλου με Αστέρα). Υπάρχει μια κεντρική γραμμή επικοινωνίας διαμέσου της οποίας επικοινωνούν δενδρικά οι υπολογιστές - κόμβοι (Tree Topology). Μειονεκτήματα - Πλεονεκτήματα (ίδια με της Τοπολογίας Αστέρα). Επιπλέον Πλεονεκτήματα : 1) Δυνατότητα σύνδεσης περισσότερων συσκευών σε μεγαλύτερες αποστάσεις. 2) Παροχή υπηρεσιών προτεραιότητας στην αποστολή πληροφοριών. 3) Υποστήριξη από πολλούς παραγωγούς υλικού και λογισμικού. 4) Διασύνδεση σημείου - προς - σημείο μεταξύ των κόμβων.
- **Τοπολογία δακτυλίου :** Κάθε συσκευή - κόμβος συνδέεται με μια γραμμή με τις δύο διπλανές της (Ring Topology). Πλεονεκτήματα : 1) Εύκολη εγκατάσταση και αναβάθμιση του συστήματος. 2) Ευκολία στην ανίχνευση και απομόνωση σφαλμάτων. Μειονεκτήματα : 1) Περιορισμένος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών. 2) Κίνδυνος κατάρρευσης του συστήματος από την κατάρρευση ενός σταθμού.

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

**Ορισμός :** Ένα πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων που βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα (π.χ. πρόγραμμα μεταφοράς αρχείων σε 2 διαφορετικούς υπολογιστές). Κύρια σημεία ενός πρωτοκόλλου είναι : 1) Σύνταξη : περιλαμβάνει σημεία όπως η μορφή των δεδομένων και τα επίπεδα του σήματος. 2) Σημασιολογία : πληροφορίες ελέγχου για το χειρισμό των σφαλμάτων. 3) Συγχρονισμός : εναρμονισμός της ταχύτητας και της ακολουθίας των πακέτων.

**Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων :** Είναι η δομή των υλικών και λογισμικών επιπέδων που υποστηρίζει : 1) Την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συστημάτων. 2) Κατανομημένες εφαρμογές (π.χ. ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων).

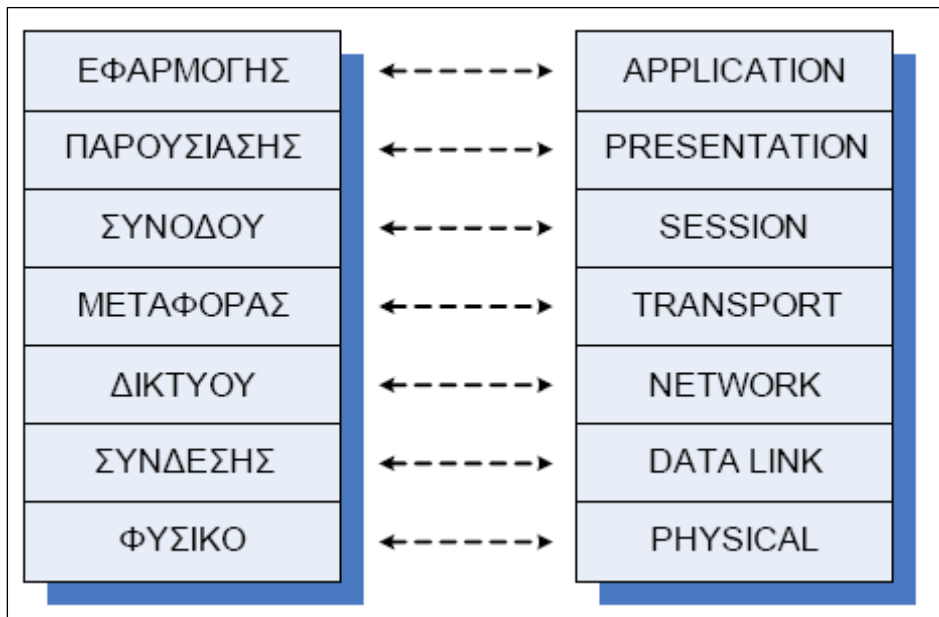
### Λειτουργίες πρωτοκόλλων :

- **Ενθυλάκωση :** Κάθε PDU (Protocol data Unit) δεν περιέχει μόνο δεδομένα αλλά και πληροφορία ελέγχου. Στην πραγματικότητα μερικά PDU αποτελούνται αποκλειστικά από πληροφορία ελέγχου που μπορεί να είναι : 1) Διεύθυνση αποστολέα ή / και παραλήπτη. 2) Κώδικα ανίχνευσης σφαλμάτων. 3) Έλεγχο του πρωτοκόλλου (πρόσθετες πληροφορίες για την υλοποίηση λειτουργιών).
- **Τεμαχισμός και συναρμολόγηση :** Γίνεται τεμαχισμός γιατί: 1) Το δίκτυο δεδομένων αποδέχεται μπλοκ δεδομένων συγκεκριμένου μεγέθους. 2) Πιο αποτελεσματικός έλεγχος. 3) Δικαιότερη πρόσβαση σε εξοπλισμό μετάδοσης - μικρότερες καθυστερήσεις. 4) Μικρότερο PDU απαιτεί μικρότερους buffers. Μειονεκτήματα : 1) Όσο μικρότερο το μπλοκ, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό της επικεφαλίδας. 2) Η άφιξη ενός PDU μπορεί να δημιουργήσει interrupt. Μικρότερα μπλοκ - περισσότερες διακοπές. 3) Περισσότερος χρόνος για την επεξεργασία των PDU's.
- **Έλεγχος σύνδεσης :** εφαρμόζεται σε μετάδοση δεδομένων με σύνδεση - connection - oriented data transfer. Κατά τον έλεγχο σύνδεσης γίνεται : 1) Αποκατάσταση σύνδεσης. 2) Μεταφορά δεδομένων. 3) Τερματισμός σύνδεσης.
- **Διατεταγμένη παράδοση :** Υπάρχει ο «κίνδυνος» PDU's να μην φτάνουν με τη σειρά που στάλθηκαν (λόγω διαφορετικών μονοπατιών). Στα πρωτόκολλα με σύνδεση γενικά απαιτείται να διατηρείται η σειρά των PDU.
- **Έλεγχος ροής :** Είναι μια λειτουργία που εκτελείται από τον παραλήπτη για να περιορίσει την ποσότητα ή το ρυθμό των δεδομένων που στέλνονται από τον αποστολέα.
- **Έλεγχος Σφαλμάτων :** Ανίχνευση σφαλμάτων : 1) Κώδικας ανίχνευσης συναρτησει των υπολοίπων bit. 2) Σε μερικά πρωτόκολλα και κώδικας διόρθωσης σφαλμάτων. Επαναμετάδοση : Τα πακέτα για τα οποία δεν έχει ληφθεί η απαραίτητη (ανάλογα με το πρωτόκολλο) επιβεβαίωση, επαναμεταδίδονται

- **Διευθυνσιοδότηση** : Πολύπλοκο θέμα σε μια αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων που καλύπτει πολλά ζητήματα : Επίπεδο διευθυνσιοδότησης, Σκοπός διευθυνσιοδότησης, Αναγνωριστές σύνδεσης, Τύπος διευθυνσιοδότησης.
- **Πολυπλεξία** : Πολλαπλές συνδέσεις στο ίδιο σύστημα (π.χ. Χ.25 –πολλαπλά νοητά κυκλώματα στο ίδιο τερματικό σύστημα). Ονόματα θυρών (π.χ. TCP Ports). Αντιστοίχιση συνδέσεων από το ένα επίπεδο στο άλλο.
- **Υπηρεσίες μετάδοσης** : Επιπρόσθετες υπηρεσίες : 1) Προτεραιότητα. (Με βάση τον τύπο του μηνύματος. Με βάση τη σύνδεση) 2) Ποιότητα Υπηρεσίας (Throughput, delay, jitter, packet loss). 3) Ασφάλεια (Μηχανισμοί ασφάλειας για τον έλεγχο πρόσβασης).

## ΜΟΝΤΕΛΟ ISO/OSI

Ο στόχος του προτύπου αυτού είναι η δημιουργία τυποποίησης ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ



υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών. Στο ακρωνύμιο OSI το Ο που οφείλεται στο Open και σημαίνει ανοικτό, εννοεί ελεύθερη επικοινωνία σε αντιδιαστολή προς τα κλειστά (της αυτής εταιρίας) συστήματα. Με το πρότυπο αυτό τίθεται ένα πλαίσιο, μέσα στο οποίο καθορίζονται standard και πρωτόκολλα για την επικοινωνία των διαφόρων επιπέδων που ορίζονται από το OSI. Η βασική φιλοσοφία που το διέπει είναι της επιπεδοποίησης (layering). Όλες οι απαιτούμενες για επικοινωνία λειτουργίες ομαδοποιούνται σε 7 μεγάλα επίπεδα. Οι λειτουργίες αυτές είναι ανεξάρτητες

μεταξύ τους έτσι ώστε αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην έχουν επίδραση στα άλλα. Στη **διπλανή εικόνα** βλέπουμε τα επτά επίπεδα, έτσι όπως έχουν τιτλοφορηθεί από τον ISO με παράλληλη παράθεση της Ελληνικής ορολογίας. Οι διακεκομμένες γραμμές μεταφράζονται σε πρωτόκολλα που συνδέουν τα διάφορα επίπεδα (ενότητες) μεταξύ τους. Τα επίπεδα αυτά είναι έτσι επιλεγμένα, ώστε να γίνει ευκολότερος ο τρόπος ορισμού των τυποποιήσεων. Ο ISO για κάθε επίπεδο τυποποιεί τις υπηρεσίες που αυτό προσφέρει και τα πρωτόκολλα που το αφορούν.

**Φυσικό επίπεδο** : Αφορά τη μετάδοση των bit μέσω των διαφόρων φυσικών μέσων. Συμπεριλαμβάνει τα ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων (interface) των δύο υπολογιστικών συστημάτων, τα δύο φυσικά επίπεδα δηλαδή των συμβαλλομένων μερών. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος του connector, τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το 1 και με ποια το 0 κλπ. Οι υπηρεσίες που προσφέρει πέρα από την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης είναι η μεταφορά των δεδομένων σε μορφή bit, σύγχρονα ή ασύγχρονα και η επισήμανση σφαλμάτων μετάδοσης.

**Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)** : Ασχολείται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί, να υποστηριχθεί και τέλος να τερματιστεί μια σύνδεση μεταξύ των δυο άκρων μιας γραμμής. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τις λειτουργίες για την αποκατάσταση μιας λογικής ζεύξης δεδομένων πάνω σε μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σημείων στο δίκτυο, όπως μεταξύ δύο κόμβων ή μεταξύ κόμβου και υπολογιστή. Η μεταφορά των δεδομένων γίνεται με block ή frame με ταυτόχρονο έλεγχο και διόρθωση σφαλμάτων. Οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο αυτό είναι : 1) Αποκατάσταση και απελευθέρωση της ζεύξης δεδομένων. 2) Μεταφορά

δεδομένων, αρίθμηση - συγχρονισμός frame, διαφάνεια μετάδοσης. 3) Έλεγχος σφαλμάτων και έλεγχος ροής των block ή frame.

**Επίπεδο Δικτύου (Network) :** το 3ο επίπεδο παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ των ακραίων συνδρομητών ενός μεγάλου δικτύου. Βασικές λειτουργίες του επιπέδου είναι η δρομολόγηση των μηνυμάτων, η οργάνωσή τους σε πακέτα, η απαρίθμηση και η ταξινόμησή τους. Φροντίζει για τη διαφανή μετάδοση δεδομένων προς τα παραπάνω επίπεδα. Παράδειγμα τέτοιου πρωτοκόλλου είναι το X.25 packet level. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι : 1) Αποκατάσταση και τερματισμός συνδέσεων μεταξύ διαφόρων ακραίων σημείων του δικτύου. 2) Προσδιορισμός των ακραίων σημείων σύνδεσης με χρήση διευθύνσεων. 3) Μεταφορά δεδομένων (κυρίως σε μορφή πακέτων). 4) Απαρίθμηση και έλεγχος σφαλμάτων. 5) Έλεγχος ροής δεδομένων.

**Επίπεδο Μεταφοράς (Transport) :** Παρέχει εκείνες τις διαδικασίες και τα μέσα που απαιτούνται, προκειμένου να έχουμε επιτυχημένη από άκρη σε άκρη μεταφορά data απαλλαγμένη λαθών. Παρέχει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση της ορθότητας της πληροφορίας μετά από σφάλμα, τον έλεγχο ροής της πληροφορίας απ άκρου εις άκρον και τον έλεγχο ακολουθίας των μηνυμάτων. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι : 1) Αποκατάσταση και τερματισμός της σύνδεσης σε επίπεδο μεταφοράς. 2) Μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με τον απαιτούμενο από τον χρήστη βαθμό αξιοπιστίας. 3) Καθορισμός και επιλογή από το χρήστη της ποιότητας εξυπηρέτησης της σύνδεσης. 4) Δυνατότητα πολύπλεξης μέσω της ίδιας ζεύξης. 5) Έλεγχος ροής.

**Επίπεδο Συνόδου (Session) :** Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η παροχή των αναγκαίων μέσων για την οργάνωση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των ανωτέρων επιπέδων από το επίπεδο συνόδου. Επιτρέπει ή απαγορεύει τη συγκεκριμένη παροχή υπηρεσίας, αποκαθιστά νέα σύνδεση όταν η πρώτη για κάποιο λόγο διακοπεί, επιτρέπει επικοινωνία αμφίδρομη, μονόδρομη κλπ. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε τις διαδικασίες login και τον έλεγχο password για την είσοδο σε έναν υπολογιστή. Το επίπεδο αυτό δίνει τα μέσα σε οντότητες του υψηλότερου επιπέδου (presentation) να οργανώσουν και να συγχρονίσουν τον διάλογό τους ώστε να εξασφαλίσουν την από άκρου σε άκρο επιτυχή μεταφορά δεδομένων. Το επίπεδο συνόδου προσφέρει υπηρεσίες που προσθέτουν αξία στη λογική σύνδεση που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των δύο άκρων μέσω των χαμηλότερων επιπέδων. Οι υπηρεσίες αυτές επιγραμματικά είναι : 1) Έναρξη και συντήρηση του διαλόγου, 2) Διαχείριση και έλεγχος προσπέλασης, 3) Επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου.

**Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation) :** Ασχολείται με την αναπαράσταση της πληροφορίας που μεταφέρεται από εφαρμογή σε εφαρμογή, καθώς επίσης και με τη δομή των data. Επιχειρεί δηλαδή την κατάλληλη τροποποίηση των data ώστε να είναι κατανοητά από την εφαρμογή και έτσι ώστε οι συνδέσεις δύο υπολογιστών να μην απαιτούν υποχρεωτικά τη χρήση κοινού κώδικα. Σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιούνται κυρίως οι διαδικασίες κρυπτογράφησης, συμπίεσης δεδομένων (data compression), ο μετασχηματισμός των κωδικών (protocol conversion) και των διαφόρων μορφών των αρχείων καθώς και η μετατροπή των χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου τερματικού. Εν συντομία οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι : 1) Μετατροπή σύνταξης δεδομένων, όπως μετατροπή οικογενειών χαρακτήρων ή μετατροπή κωδικών, για παράδειγμα από ASCII σε EBCDIC. 2) Συμπίεση και αποσυμπίεση δεδομένων (Data compression). 3) Κρυπτογράφηση για ασφαλή μεταφορά (Encryption). 4) Μετάφραση κωδικοποίησης πληροφορίας για χρήση σε οθόνες και τερματικά (χρήση των attributes για την οθόνη).

**Επίπεδο Εφαρμογών (Application) :** Είναι το τελευταίο επίπεδο προς το χρήστη, αυτό που παρέχει τον τρόπο για να μπορεί η μία εφαρμογή να συνομιλεί με την άλλη. Οι λειτουργίες του επιπέδου αυτού προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη του δικτύου γι' αυτό και οι τυποποιήσεις του είναι οι λιγότερο καθορισμένες. Υπηρεσίες που προσφέρει το 7ο επίπεδο εκτός από τη μεταφορά πληροφορίας είναι : 1) Εξακριβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν. 2) Επιβεβαίωση της διαθεσιμότητάς τους για συνομιλία. 3) Επιβεβαίωση / έλεγχος στο δικαίωμα συνομιλίας. 4) Συμφωνία στις αρμοδιότητες για το πώς θα γίνουν οι επανορθωτικές διαδικασίες. 5) Συμφωνία στις διαδικασίες για τον έλεγχο ροής των συναλλαγών και την αξιοπιστία της πληροφορίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ Χ.25 / CCITT

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών προορίζονταν για να προσφέρουν περιορισμένες υπηρεσίες και να επιτυγχάνουν συνδέσεις σε μικρή κλίμακα. Επίσης σε αυτό συνέτεινε και το μεγάλο κόστος των υπολογιστών (δεν υπήρχαν ακόμη οι σημερινοί πανίσχυροι microprocessors, οι μνήμες ήσαν ακριβές, οι χωρητικότητές τους μικρές, κ.λ.π.), σε βαθμό που να είναι ακριβή η ανάπτυξη συστημάτων δικτύων τα οποία να κάνουν αποτελεσματικό routing ή switching και γενικότερη διαχείριση δικτύου. Η λύση ήταν επομένως η αγορά και εγκατάσταση αποκλειστικών κυκλωμάτων/ γραμμών σύνδεσης με συγκεκριμένα μεγάλα mainframe συστήματα. Η έλλειψη όμως κάποιων standards έκανε απαγορευτική την επέκταση τέτοιων συστημάτων προκειμένου να συνδεθούν με άλλα διαφορετικά συστήματα. Η ανάγκη για διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων, που εν γένει είναι πολύ απομακρυσμένα μεταξύ τους, έκανε επιτακτική την ανάγκη χρήσης των δημοσίων δικτύων επικοινωνιών (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ιδιωτικές μισθωμένες γραμμές επικοινωνίας). Έτσι, προκειμένου να διασυνδέονται πολλά ετερογενή περιβάλλοντα πάνω από ένα κοινό μέσο (δημόσια δίκτυα), έγινε απαραίτητη η σύσταση κάποιων standards που ορίζουν ακριβώς τον τρόπο σύνδεσης (interface) μεταξύ των συνδρομητών και του δικτύου.

### ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ Χ.25 - ΓΕΝΙΚΑ

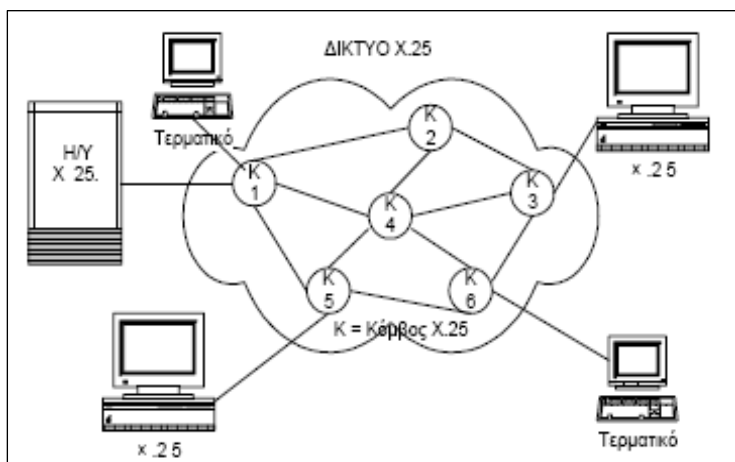
Το Χ.25 είναι μια σύσταση της CCITT που καθορίζει αυστηρά το interface μεταξύ συνδρομητών (DTE - Data Terminal Equipment) και του δικτύου μεταγωγής (DCE - Data Circuit Terminating Equipment). Η Χ.25 είναι συμβατή με το πρότυπο OSI του ISO και προδιαγράφεται για τα 3 πρώτα επίπεδά του. Τα επίπεδα από το 4ο και πάνω είναι στην αρμοδιότητα του χρήστη.

**Data terminal equipment (DTE) :** Ένα DTE είναι γενικά μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και η οποία λειτουργεί ανταλλάσσοντας πακέτα. Κλασικό παράδειγμα είναι ένα σύγχρονο τερματικό. Για να συνδεθεί ένα ασύγχρονο τερματικό σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, θα πρέπει να παρεμβληθεί ειδική συσκευή που λέγεται PAD - Packet Assembler Disassembler, η οποία πρώτα συγκεντρώνει δεδομένα σε πακέτα και μετά τα προωθεί στο δίκτυο.

**Data Circuit Terminating Equipment (DCE) :** Ένα DCE είναι γενικά ένας κόμβος ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων και ο οποίος είναι επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχόμενων κλήσεων προς άλλα DTEs, κ.λ.π. Συνήθως, τα DCEs είναι οι κόμβοι του δικτύου στους οποίους συνδέονται τα διάφορα DTEs.

**Λειτουργία Χ.25 :** Το Χ.25 είναι ακριβώς ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο ορίζει ένα σύνολο καθορισμών / προδιαγραφών για το DTE / DCE interface. Τα βασικά του καθήκοντα είναι τα εξής : 1) Ανταλλαγή κωδικών για αποκατάσταση μιας σύνδεσης (Link Set-Up). 2) Αλληλουχία λειτουργιών που αφορούν στη μετάδοση / λήψη δεδομένων, στη διαχείριση διαδικασιών ελέγχου ασφαλείας, στην εξασφάλιση έγκυρης και σωστής λήψης πληροφοριών.

**Τυπικό Δίκτυο Χ.25 :** Ένα Χ.25 δίκτυο, αποτελείται από επικοινωνιακούς κόμβους μεταγωγής πακέτων,



συνδεδεμένων ανά δύο point - to - point (Connected Mesh Topology). Υπάρχει επομένως ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ οποιονδήποτε δύο κόμβων του δικτύου. Αυτό φαίνεται στη διπλανή εικόνα.



## ΝΟΗΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

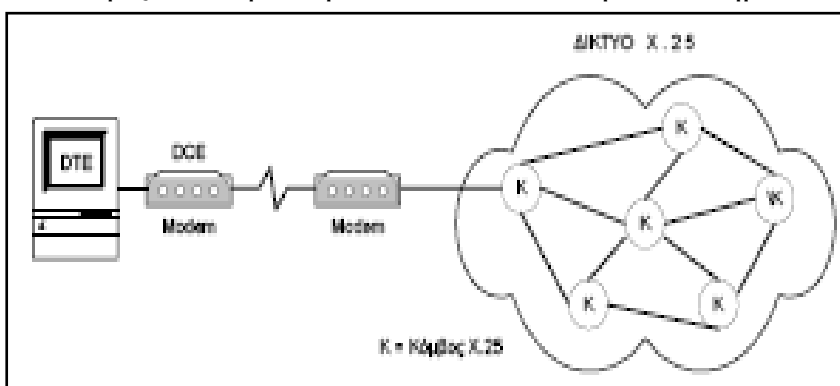
Λόγοι οικονομίας των φυσικών καλωδιώσεων, αλλά κυρίως το γεγονός ότι μια φυσική γραμμή συνήθως χρησιμοποιείται περιοδικά και για πολύ μικρά διαστήματα, επιβάλλουν την εκμετάλλευση μιας φυσικής γραμμής για περισσότερες της μιας συνδέσεων. Η τεχνική αυτή ονομάζεται πολυπλεξία (multiplexing). Όταν δύο DTEs ανταλλάσσουν πακέτα μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, τότε λέμε ότι υπάρχει ένα Νοητό Κύκλωμα μεταξύ τους (Virtual Circuit). Σε ένα τέτοιο κύκλωμα δεν υπάρχει άμεση φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο DTEs, αλλά το δίκτυο τους συνδέει νοητά με λογικό συσχετισμό των διευθύνσεων αποστολέα και παραλήπτη που υπάρχουν στα ανταλλασσόμενα πακέτα. Υπάρχουν δύο ειδών Νοητά Κυκλώματα : 1) PVC (Permanent Virtual Circuits), όπου διατηρείται συνεχώς μια μόνιμη σύνδεση μεταξύ των δύο DTEs. Η σύνδεση δημιουργείται από το φορέα του δικτύου και παραμένει μόνιμα στη διάθεση των χρηστών. Αντιστοιχούν στις μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές των τραπεζών (δεν χρειάζονται διαδικασίες αποκατάστασης και διακοπής τηλεφωνικών κλήσεων από το χρήστη). 2) SVC (Switched Virtual Circuits), όπου η σύνδεση παραμένει μεταξύ των δύο DTEs μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και διακόπτεται μετά το πέρας της μετάδοσης των δεδομένων. Αντιστοιχούν στις επιλεγόμενες κλήσεις του κοινού τηλεφωνικού δικτύου. Λέγονται και προσωρινές συνδέσεις. Πριν σταλούν δεδομένα (πακέτα με data) πάνω σε ένα SVC είναι απαραίτητη η προηγούμενη αποκατάσταση αυτού του νοητού κυκλώματος. Όταν τελειώσει η αποστολή δεδομένων μπορεί να καταργηθεί αυτό το κύκλωμα. Οι διαδικασίες αυτές γίνονται με την αποστολή ειδικών πακέτων ελέγχου. Στα PVC τέτοιες διαδικασίες δεν έχουν νόημα : ανά πάσα στιγμή μπορούν να στέλνονται πακέτα-data από τη μια άκρη της σύνδεσης στην άλλη.

### ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ X.25

Η τακτική αποστολής δεδομένων σε πολλά μικρά πακέτα έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, σε σχέση με την αποστολή των δεδομένων σε ένα μοναδικό και μεγάλο πακέτο : 1) Πιο αποτελεσματική δρομολόγηση πακέτων, μιας και ένα πακέτο δεν πρόκειται να μονοπωλεί κάποια DTE/DCE σύνδεση για πολύ χρόνο, μπλοκάροντας έτσι την προώθηση άλλων πακέτων. 2) Αν κάποιο πακέτο ληφθεί λάθος, τότε χρειάζεται να ξανασταλλεί μόνο αυτό το πακέτο και όχι όλα τα προηγούμενα. 3) Ασφάλεια Δεδομένων: προκειμένου κάποιος να κλέψει δεδομένα από το δίκτυο θα πρέπει να κλέψει όλα τα επιμέρους πακέτα της πληροφορίας και μάλιστα να τα διατάξει και στη σωστή σειρά. 4) Μεγαλύτερη Αξιοπιστία: η ανταλλαγή πακέτων κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης παρέχει επίσης ένα μηχανισμό επιβεβαίωσης της μέχρι εκείνη τη στιγμή σωστής επικοινωνίας.

### ΕΠΙΠΕΔΑ X.25

**Φυσικό επίπεδο :** Το Φυσικό Επίπεδο (Επίπεδο-1) λέγεται και Επίπεδο bits. Εδώ μας ενδιαφέρει η μεταφορά bits πληροφορίας, με όσο αξιόπιστο τρόπο γίνεται. Το επίπεδο αυτό ορίζει συστάσεις για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (επιτρεπόμενες ηλεκτρικές τάσεις, ρυθμοί μετάδοσης, κ.λ.π.), τα μηχανικά χαρακτηριστικά (χρησιμοποιούμενα καλώδια, connectors, κ.λ.π.), τα λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για μια φυσική DTE/DCE. Για μια τέτοια σύνδεση δεν καθορίζεται το μέσο, αλλά συνήθως είναι πάνω από μια αφιερωμένη γραμμή ενός επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN) με modem στις δύο άκρες του, προκειμένου να συνδεθούμε στο Δημόσιο Δίκτυο Δεδομένων (PDN - Public Data Network).



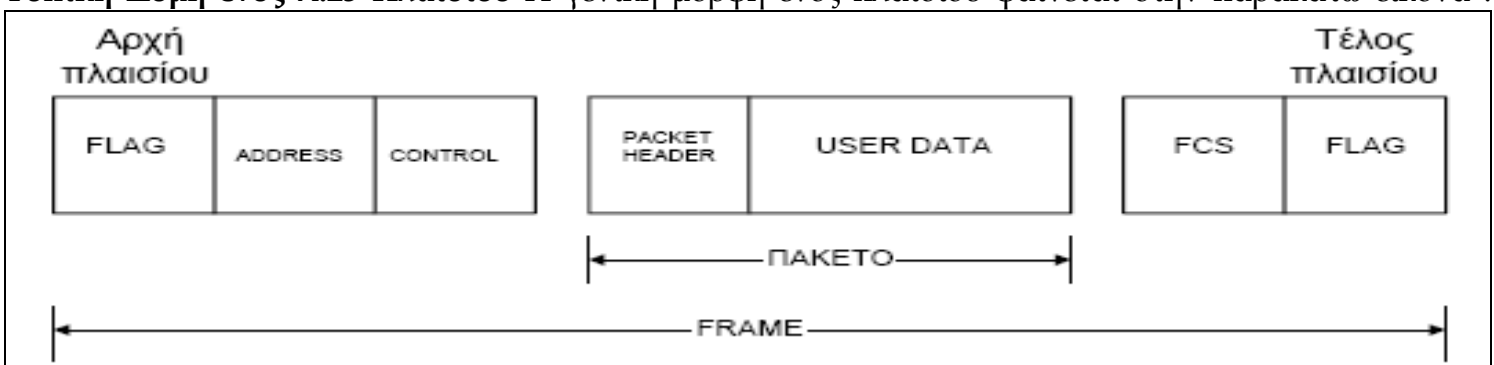
**Μια τέτοια σύνδεση φαίνεται στη διπλανή εικόνα.** Η μετάδοση πρέπει να είναι ταυτόχρονη διπλής κατεύθυνσης (Full Duplex). Η CCITT προσπάθησε στο επίπεδο αυτό να διατηρήσει τις ήδη υπάρχουσες τοποποιήσεις. Τις παραπάνω απαιτήσεις ήρθε να καλύψει η **σύσταση X.21 bis**, που γενικά επιτρέπει τις εξής εναλλακτικές συνδέσεις : 1) V.24/V.28 (ισοδύναμη με την RS-232). Χρησιμοποιείται connector ISO 2110 - 25 pins. Εδώ μπορούμε να φτάσουμε σε ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως και 19.200 bps. 2) V.24/V.10 - V.11. Χρησιμοποιείται connector ISO 4902 - 37 pins. 3) V.35. Χρησιμοποιείται connector ISO 2593 - 34 pins. Οι ρυθμοί μετάδοσης



δεδομένων μπορούν να φθάσουν έως και 48.000 bps. Ας σημειωθεί εδώ, ότι τα χρησιμοποιούμενα modems πρέπει να είναι της σειράς V/CCITT. Μια άλλη τυποποίηση είναι η **X.21**. Είναι εντελώς διαφορετική από την X.21 bis. Χρησιμοποιείται για απευθείας φυσική σύνδεση σε ψηφιακά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος και άρα δεν έχει έννοια η χρήση του modem. Στο μέλλον η χρήση αυτής της τυποποίησης αναμένεται να είναι μεγάλη, λόγω της εξάπλωσης των ψηφιακών γραμμών μεταγωγής κυκλώματος. Προσφέρει όλα τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, όπως γρήγορη επιλογή, αξιοπιστία, επενεπιλογή, κλειστές ομάδες συνδρομητών, υψηλή ταχύτητα μετάδοσης, κ.λ.π.

**Data Link Layer (Επίπεδο 2)** : Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η αξιοποίηση, χωρίς σφάλματα μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δύο άκρων ενός λογικού κυκλώματος. Ενώ στο επίπεδο-1 αποκαθίσταται η φυσική σύνδεση DTE/DCE και αποστέλλονται απλά bits, στο επίπεδο-2 γίνεται μια πρώτη οργάνωση και απόδοση έννοιας στα bits του επιπέδου-1. Τώρα στέλνονται πλαίσια (frames) και μάλιστα με αξιόπιστο τρόπο. Λέγοντας αξιόπιστο, εννοούμε ότι το πρωτόκολλο αναλαμβάνει να εκτελέσει τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου τα πλαίσια αυτά να φθάνουν τελικά σωστά στον προορισμό τους και με τη σωστή σειρά (π.χ. εντοπίζει σφάλματα αποστολής και ξαναστέλνει τα λανθασμένα). Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του επιπέδου αυτού : 1) Υπάρχει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δίκτυο. 2) Η επικοινωνία DTE/DCE είναι σύγχρονη, point-to-point και Full Duplex (ταυτόχρονης διπλής κατεύθυνσης). Η CCITT συνιστά σαν πρωτόκολλο για το Data Link Layer του X.25, το LAPB (Link Access Protocol Balanced ή το LAP (πρόγονος του LAP)).

- **LAPB Πρωτόκολλο** : Οι βασικές λειτουργίες του LAPB είναι οι εξής : 1) Αποκατάσταση Σύνδεσης (Link Set-Up) μεταξύ DTE και DCE. 2) Μεταφορά Δεδομένων. Η μεταφορά γίνεται υπό μορφή πακέτων (packets), εξασφαλίζοντας έτσι εξάλειψη σφαλμάτων και σωστή σειρά λήψης των πακέτων. 3) Τερματισμός της Σύνδεσης (Logical Connection Release). Ας σημειωθεί ότι οι παραπάνω λειτουργίες έχουν νόημα για τις SVC (προσωρινές) συνδέσεις, ενώ για τις PVC (μόνιμες) συνδέσεις έχει έννοια μόνο η λειτουργία (β), μιας και το Νοητό Κύκλωμα είναι αφιερωμένο μόνιμα. Τα frames διακρίνονται, με βάση τη γενική λειτουργία τους, σε δύο κατηγορίες : 1) Πλαίσια εντολών (Command Frames). 2) Πλαίσια Απαντήσεων (Response Frames). Το LAPB έχει τα εξής χαρακτηριστικά : 1) Είναι απλό και έξυπνο. 2) Δεν περιορίζει μια λογική σύνδεση σε μόνιμη σχέση master-slave μεταξύ DTE και DCE ή μεταξύ καλούντος DTE και καλούμενου DTE. Οι ρόλοι master-slave μπορούν να αλλάζουν ακόμη και κατά τη διάρκεια της σύνδεσης. 3) Πλαίσια εντολών στέλνει μόνο ο εκάστοτε master. Ο εκάστοτε slave στέλνει μόνο πλαίσια απαντήσεων. 4) Είτε ο καλών DTE, είτε ο καλούμενος DTE μπορεί να διακόψει τη σύνδεση. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτό μπορεί να γίνει και από τον τοπικό ή τον απομακρυσμένο DCE. Με βάση την ειδική λειτουργία τους, τα πλαίσια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες : 1) U-frames (Unnumbered Frames). Σκοπός τους είναι η αποκατάσταση ή ο τερματισμός μιας λογικής σύνδεσης SVC. 2) I-frames (Information Frames). Σκοπός τους είναι η μεταφορά πληροφορίας που περιέχει Data Packets. 3) S-frames (Supervisory Frames). Σκοπός τους είναι ο έλεγχος της ροής των πλαισίων, η επιβεβαίωση της ορθής λήψης άλλων πλαισίων, η απόρριψη εσφαλμένων ή μη δεκτών frames, κ.λ.π.
- **Τυπική Δομή ενός X.25 Πλαισίου** Η γενική μορφή ενός πλαισίου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :



**FLAG** : είναι ένα byte που έχει την τιμή 01111110. Αυτό το byte χρησιμοποιείται για να οριοθετήσει την αρχή και το τέλος του frame. Επομένως απαγορεύεται να εμφανιστεί ενδιάμεσα στο πλαίσιο κάποιος συνδυασμός από bits που να είναι ίδιος με αυτό το συνδυασμό. Για να επιτευχθεί αυτό ακολουθείται μια

τεχνική γνωστή ως Bit Stuffing. Κατά την τεχνική αυτή, όταν εντοπιστεί μια ακολουθία από 6 συνεχόμενα 1's μέσα στο προς μετάδοση πλαίσιο, τότε μετά το πέμπτο 1 παρεμβάλλεται ένα 0. Ο παραλήπτης στην άλλη άκρη, όταν λαμβάνει μια ακολουθία από 5 συνεχόμενα 1's ελέγχει το αμέσως επόμενο bit: αν αυτό είναι 0 τότε το αφαιρεί, ενώ αν είναι 1 καταλαβαίνει ότι πρόκειται για το flag byte. Το flag byte μεταδίδεται και στο διάστημα που δεν ανταλλάσσονται πλαίσια μεταξύ DTE και DCE ώστε η γραμμή να διατηρείται ενεργή. Μεταξύ δύο διαδοχικών πλαισίων είναι δυνατό να υπάρχει ένα μόνο flag byte.

**ADDRESS** : χρησιμοποιείται για να διακρίνει εντολές και απαντήσεις σε αντίθετες κατευθύνσεις. Έχει δύο μόνο τιμές: A (για εντολή του DCE και απάντηση του DTE) και τιμή B (για εντολή του DTE και απάντηση του DCE).

**CONTROL** : προσδιορίζει τον τύπο του πλαισίου, παρέχοντας παράλληλα και πληροφορία επιβεβαίωσης ορθής λήψης προηγούμενων πλαισίων.

**Πεδίο Πληροφορίας** : εμφανίζεται μόνο στα I-πλαίσια και η σημασία του απασχολεί το επίπεδο 3.

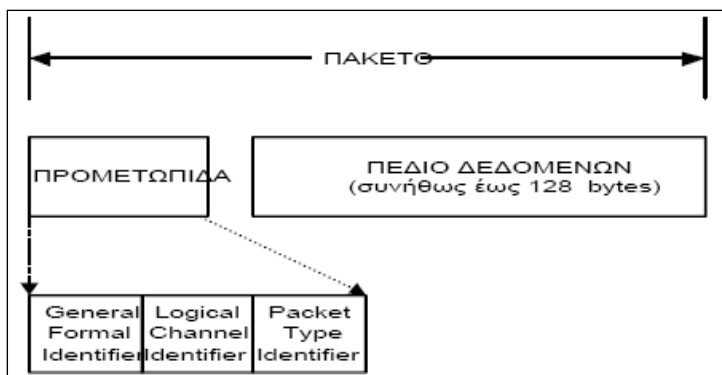
**FCS (Frame Check Sequence)** : έχει μήκος 2 bytes και αποσκοπεί στον εντοπισμό σφαλμάτων που προκλήθηκαν στα bits του πλαισίου κατά τη μεταφορά του στο δίκτυο. Το FCS είναι το υπόλοιπο μιας διαίρεσης modulo-2 πολυωνύμων (το πολυώνυμο που αντιστοιχεί στο frame με το πολυώνυμο  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ ).

- **Σημαντικότερα Πλάισια του Επιπέδου-2** : 1) Receive Ready (RR). Επιβεβαιώνει τη σωστή λήψη των I-πλαισίων που έχουν απαριθμητή εκπομπής έως Nr-1. Επίσης, δηλώνει την ετοιμότητα του δέκτη για λήψη πλαισίων πληροφορίας. 2) Receive Not Ready (RNR). Δηλώνει την προσωρινή αδυναμία λήψης άλλων I-πλαισίων. Επίσης επιβεβαιώνει τα έως τώρα ληφθέντα I-πλαίσια με το μετρητή Nr. 3) Disconnect. Έχει σκοπό τον τερματισμό της λογικής σύνδεσης. 4) Set Asynchronous Balanced Mode (SABM). Θέτει το απέναντι DTE σε κατάσταση ετοιμότητας για την αποστολή ή λήψη I-πλαισίων. 5) Unnumbered Acknowledgement (UA). Χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει τη λήψη ενός U-πλαισίου από τον παραλήπτη του.

**Network Layer (Επίπεδο 3)** : (packet - layer protocol) Το πρωτόκολλο αυτό περιγράφει την ανταλλαγή πακέτων (packets) μεταξύ DTE και DCE. Οι βασικές λειτουργίες που ορίζονται είναι οι εξής : 1) Δημιουργία πακέτων ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων. 2) Διαδικασίες ανταλλαγής των πακέτων αυτών μεταξύ DTE/DCE. 3) Δημιουργία και εποπτεία Νοητών Κυκλωμάτων. Ένα DTE μπορεί να δημιουργήσει ταυτόχρονα περισσότερα του ενός νοητά κυκλώματα PVC ή SVC προς διάφορους συνδρομητές (DTEs).

### ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΕΝΟΣ ΠΑΚΕΤΟΥ X.25

Το πακέτο συγκροτείται με λειτουργίες του τρίτου στρώματος και έχει συγκεκριμένη εσωτερική δομή. Στο επίπεδο-2 είχαμε δει ότι ένα frame έχει ένα πεδίο που περιέχει ένα τέτοιο πακέτο. Ένα πακέτο αποτελείται από δύο πεδία, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα : 1) Επικεφαλίδα (Packet Header). 2)



Πεδίο Δεδομένων (Data Field). Η Επικεφαλίδα έχει μήκος 3 bytes στη βασική μορφή του. Το μήκος του Πεδίου Δεδομένων δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από το αν μεταφέρει πραγματικά δεδομένα ή άλλες βοηθητικές πληροφορίες. Το συνηθισμένο μέγιστο μήκος για το Πεδίο Δεδομένων είναι 128 bytes. Υπάρχουν όμως δίκτυα που προσφέρουν ένα μέγιστο μήκος 64, 256, 512 ή ακόμη και 1024 bytes. Συνολικά υπάρχουν 17 διαφορετικά είδη πακέτων (data, έλεγχος ροής, κ.λ.π.). **Επικεφαλίδα** : Η επικεφαλίδα έχει τη

μορφή που φαίνεται στην εικόνα. Το **πεδίο GF** (General Format Identifier) δηλώνει το μέτρο αρίθμησης των πακέτων (αν είναι 1, τότε έχουμε modulo-8 αριθμητική, ενώ αν είναι 2 έχουμε τότε modulo- 128). Το **πεδίο LCGN** (Logical Channel Identifier) δηλώνει τον αριθμό της ομάδας του λογικού καναλιού. Μπορούν να υπάρξουν έως  $2^4=16$  ομάδες, η καθεμιά από τις οποίες περιλαμβάνει 256 λογικά κανάλια (πεδίο LCN - Logical Channel Number). Τα συνολικά διατιθέμενα κανάλια είναι επομένως 4096. Το **πεδίο PT** (Packet

Type Identifier), προσδιορίζει το είδος του πακέτου (π.χ. Call Request, Call Accepted, Reset Request, κλπ). Συνολικά, υπάρχουν 30 είδη πακέτων, αλλά ουσιαστικά είναι μόνο 17, γιατί μερικά είναι όμοια (αλλάζει μόνο το όνομά τους όταν φθάνουν στον παραλήπτη). Τα πακέτα αυτά είναι : Πακέτα έναρξης και τερματισμού κλήσης (call setup and clearing), Πακέτα πληροφορίας (data), Πακέτα διακοπής (interrupt), Πακέτα ελέγχου ροής (flow control and reset), Πακέτα restart, Διαγνωστικά πακέτα (diagnostic), Πακέτα εγγραφής (registration). **Πεδίο Δεδομένων** : δεν υπάρχει πεδίο διεύθυνσης καλούμενου και καλούντος DTE. Το ίδιο το δίκτυο γνωρίζει σε ποιο λογικό κανάλι ανήκει η κάθε DTE-to-DTE σύνδεση. Τέτοιες πληροφορίες κρατούνται σε ειδικούς πίνακες σε κάθε κόμβο DCE. Έτσι τα πακέτα μπορούν να δρομολογηθούν στον παραλήπτη τους βάσει αυτών των πληροφοριών. Αυτές οι πινακοποιημένες πληροφορίες ενημερώνονται μετά από κάθε φάση αποκατάστασης ή διακοπής μιας σύνδεσης. Επομένως, η μόνη πληροφορία που είναι απαραίτητη για να προσδιορίσει τις διευθύνσεις είναι μόνο οι αριθμοί λογικών καναλιών αποστολέα και παραλήπτη (LCNs).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ TCP / IP

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Διαδίκτυο - ορισμός :** είναι ένα σύνολο από δύο ή περισσότερα δίκτυα (LAN, MAN, WAN) που συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες συσκευές (π.χ. δρομολογητές, γέφυρες κ.α.). Το Internet είναι το Διαδίκτυο που έχει επικρατήσει και έχει κυρίαρχο ρόλο.

**Πρόδρομοι του Internet :** 1) ARPANET: Ερευνητικό δίκτυο μεταφοράς δεδομένων που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, με κατανομημένη λειτουργία και με στόχο την ανταλλαγή πληροφοριών. 2) USENET : Δίκτυο για την επικοινωνία πανεπιστημιακών ιδρυμάτων. 3) BITNET, CSNET : Πανεπιστημιακά δίκτυα που αναπτύχθηκαν στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη σχεδόν παράλληλα καλύπτοντας ακαδημαϊκά θέματα ή αποκλειστικά θέματα υπολογιστών.

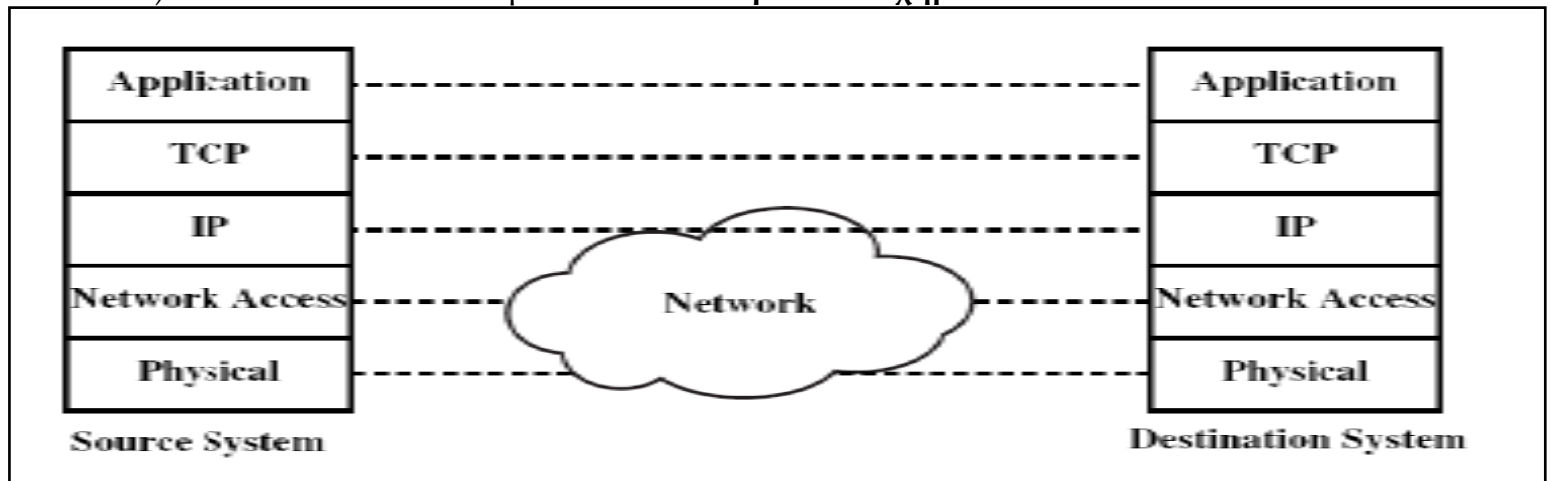
**TCP / IP vs OSI :** Η επιτυχία των TCP/IP πρωτοκόλλων έναντι του OSI έγκειται : 1) τα πρωτόκολλα TCP/IP είχαν προδιαγραφεί και εκτενώς χρησιμοποιηθεί πριν τα ISO/OSI (Μικρότερο κόστος χρήσης, Τεχνικοί κίνδυνοι της αλλαγής). 2) Το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, ως μεγαλύτερος «πελάτης» προϊόντων λογισμικού ενθάρρυνε τους κατασκευαστές να αναπτύξουν προϊόντα βασισμένα σε TCP/IP. 3) Η τεράστια εξάπλωση του Internet (που βασίζεται στη στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP) και ειδικά του World Wide Web.

### INTERNET PROTOCOL (IP)

Η πιο σημαντική Internet υπηρεσία αποτελείται από ένα μη - αξιόπιστο, καλύτερης προσπάθειας, χωρίς συνδέσεις, σύστημα διανομής πακέτων (unreliable, best-effort, connectionless packet delivery system) ανάλογη με την υπηρεσία που παρέχεται από το hardware ενός δικτύου. Η υπηρεσία είναι : 1) Unreliable γιατί η μεταφορά του πακέτου δεν είναι εγγυημένη. Παρ' όλο που το πακέτο είναι πιθανό να χαθεί, να επαναδημιουργηθεί ή να μεταφερθεί στον παραλήπτη σε λάθος σειρά, το Internet δε θα ανιχνεύσει τέτοιες καταστάσεις ούτε και θα πληροφορήσει κατάλληλα τον αποστολέα ή τον παραλήπτη για το γεγονός. 2) Connectionless γιατί κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ανεξάρτητα από όλα τα άλλα, σαν αυτόνομη οντότητα. Σε μία ακολουθία πακέτων που στέλνεται από μια μηχανή σε μία άλλη, τα πακέτα μπορεί να «ταξιδέψουν» στον προορισμό τους πάνω από διαφορετικά μονοπάτια ή μερικά πακέτα να χαθούν ενώ άλλα να μεταφερθούν σωστά. 3) Best-effort γιατί το Internet κάνει μία αρκετά «καλή» προσπάθεια για να μεταφέρει τα πακέτα. Αυτό σημαίνει πως, δεν απορρίπτει πακέτα χωρίς λόγο και κατά ένα μη-ντετερμινιστικό τρόπο. Η μη αξιοπιστία εμφανίζεται μόνο όταν οι πόροι του συστήματος εξαντλούνται ή το «από κάτω» δίκτυο επικοινωνίας αποτυγχάνει.

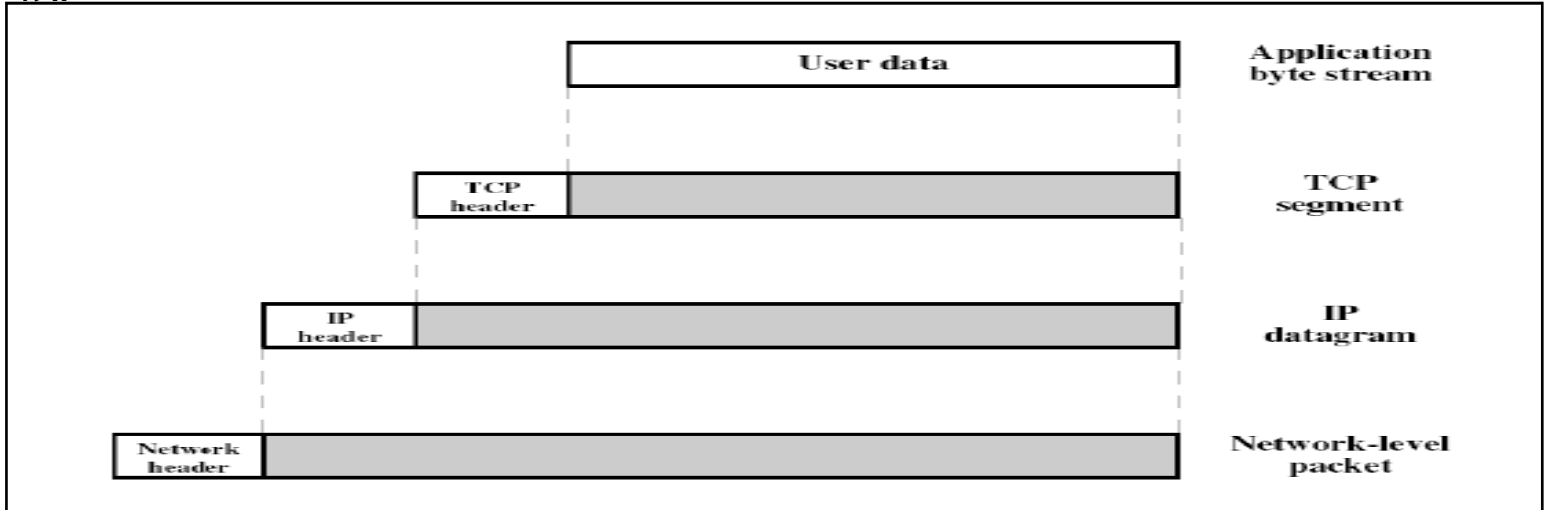
### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ TCP / IP

Δεν υπάρχει «επίσημο» μοντέλο για το πρωτόκολλο TCP / IP. Η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP αποτελείται από τα εξής 5 ανεξάρτητα επίπεδα : 1) Επίπεδο Εφαρμογής. 2) Επίπεδο Μεταφοράς ή host-to-host (Transmission Control Protocol-TCP). 3) Επίπεδο Διαδικτύου (Internet Protocol-IP). 4) Επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου. 5) Φυσικό Επίπεδο. Αυτά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



**Λειτουργίες TCP / IP :** Το IP είναι υλοποιημένο σε όλα τα τερματικά συστήματα και τους δρομολογητές. Ενεργεί σαν αναμεταδότης για να μετακινήσει block δεδομένων από έναν host, διαμέσου ενός ή περισσότερων δρομολογητών, σε ένα άλλο host. Το TCP είναι υλοποιημένο μόνο στα τερματικά συστήματα. Κρατάει ένα αρχείο των blocks δεδομένων για να εξασφαλίσει ότι όλα μεταδίδονται αξιόπιστα στην κατάλληλη εφαρμογή.

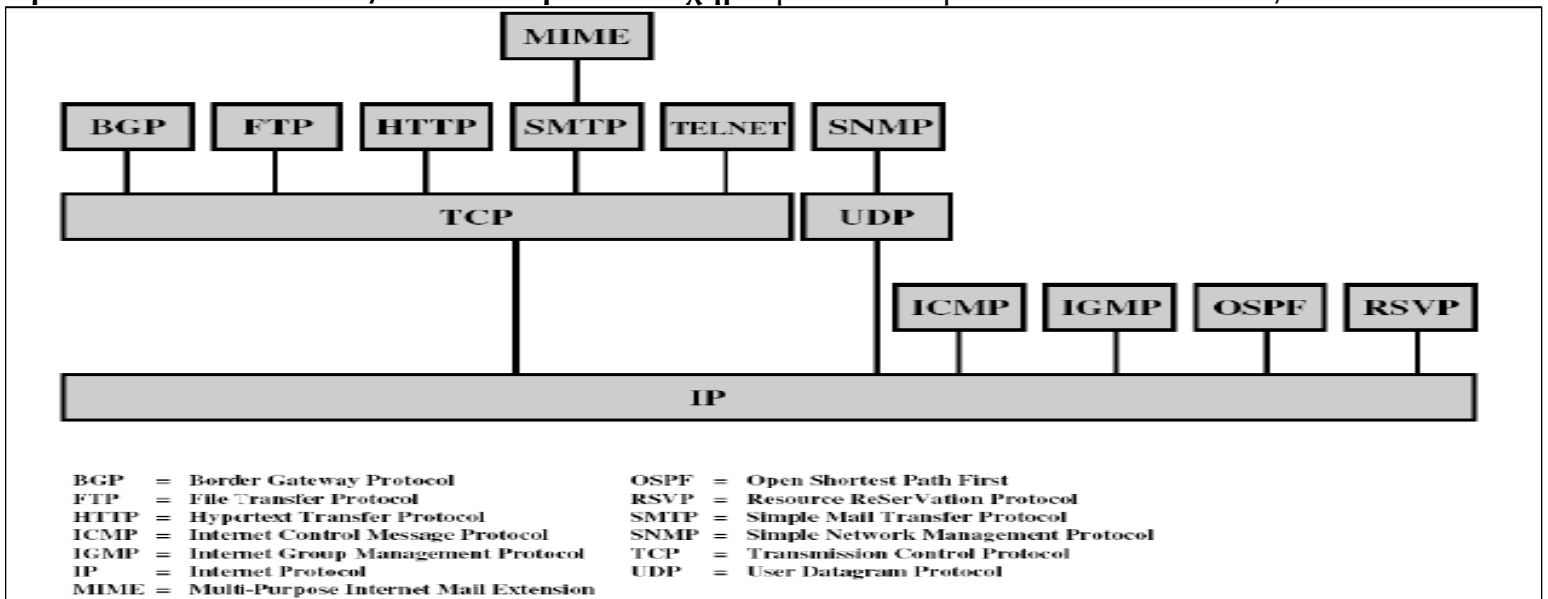
**Επίπεδα διεθυνσιοδότησης :** Κάθε host στο Δίκτυο έχει μια μοναδική παγκόσμια διεύθυνση διαδικτύου (IP address). Κάθε διεργασία σε έναν host πρέπει να έχει μια μοναδική διεύθυνση για τον host. Αυτό επιτρέπει στο end-to-end πρωτόκολλο (TCP) να παραδώσει τα δεδομένα στην κατάλληλη διεργασία. Αυτές οι διευθύνσεις ονομάζονται θύρες (ports). Οι μονάδες δεδομένων στο TCP / IP φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



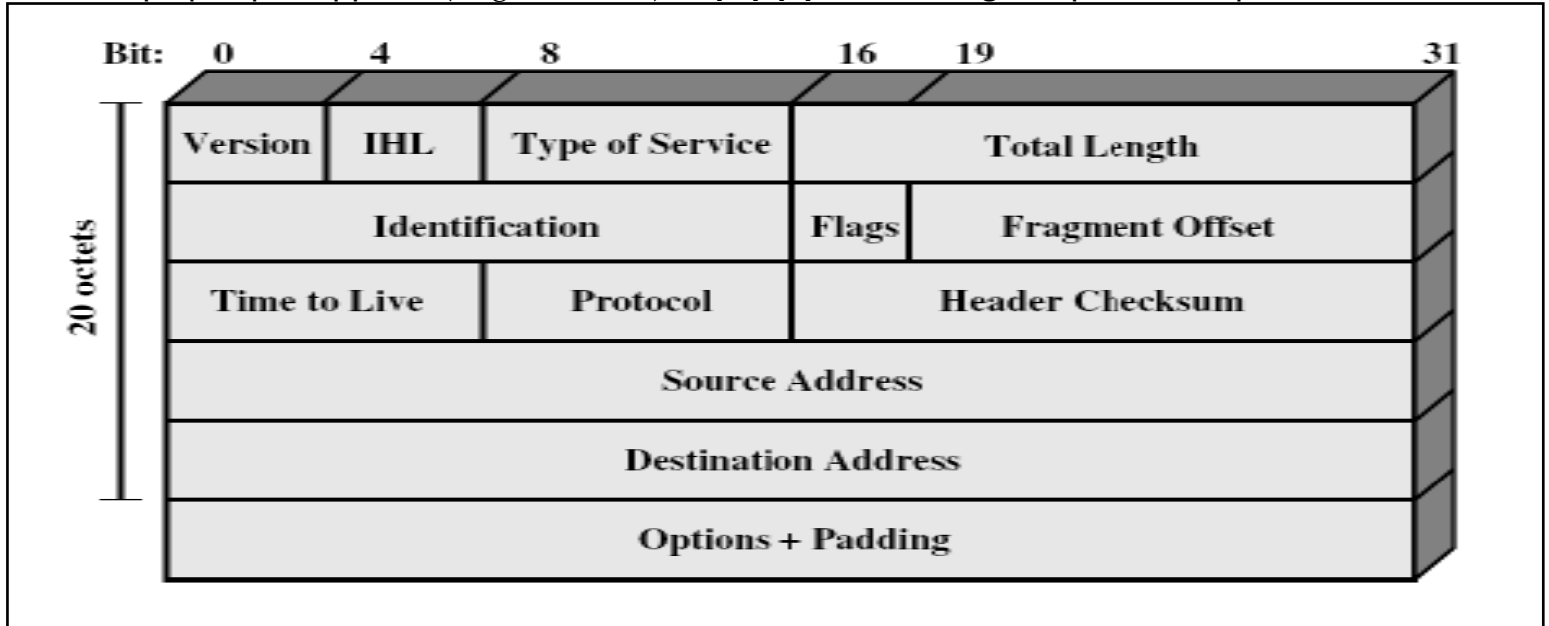
**Επικεφαλίδα IP :** η πληροφορία της επικεφαλίδας περιέχει : 1) **Διεύθυνση δικτύου προορισμού :** Το δίκτυο πρέπει να ξέρει σε ποια συνδεδεμένη συσκευή πρέπει να παραδοθεί το πακέτο. 2) **Αιτήσεις υπηρεσιών :** Το πρωτόκολλο πρόσβασης του δικτύου μπορεί να αιτηθεί τη χρήση συγκεκριμένων υπηρεσιών του δικτύου, όπως προτεραιότητα.

**Επικεφαλίδα TCP :** η πληροφορία της επικεφαλίδας περιέχει : 1) **Θύρα προορισμού :** Όταν η οντότητα TCP στον παραλήπτη πρέπει να ξέρει σε ποια διεργασία θα παραδοθούν τα δεδομένα. 2) **Αριθμός ακολουθίας :** Το TCP απαριθμεί τα τεμάχια που στέλνει με τη σειρά σε μια συγκεκριμένη θύρα προορισμού, έτσι ώστε αν φθάσουν εκτός σειράς να μπορούν να επανατοποθετηθούν. 3) **Άθροισμα ελέγχου :** Περιλαμβάνεται κώδικας που είναι συνάρτηση του περιεχομένου του πακέτου. Αν ο υπολογισμός που θα γίνει στον παραλήπτη δημιουργήσει διαφορετικό αποτέλεσμα, υπήρξε σφάλμα στη μετάδοση.

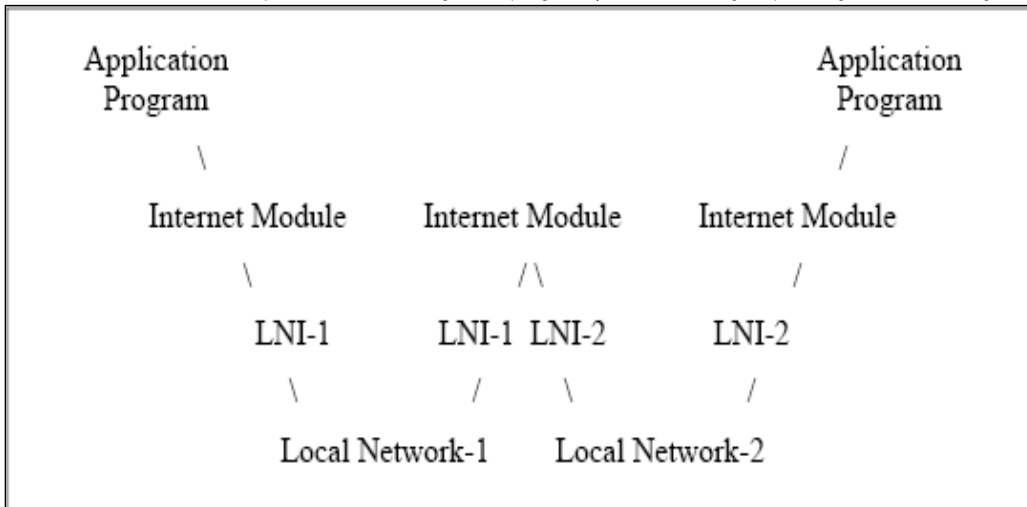
**Πρωτόκολλα τύπου TCP / IP :** στο παρακάτω σχήμα φαίνονται πρωτόκολλα τύπου TCP / IP.



**IP Datagram :** Η αναλογία μεταξύ του φυσικού δικτύου και του IP είναι σημαντική. Σε ένα φυσικό δίκτυο, η μονάδα μεταφοράς της πληροφορίας είναι το frame που περιέχει τον header και τα δεδομένα, όπου ο header δίνει πληροφορίες του τύπου διεύθυνση αποστολέα, παραλήπτη και άλλες πληροφορίες ελέγχου. Το IP ονομάζει την βασική του μονάδα μεταφοράς πληροφορίας Internet Datagram. Όπως και το frame έτσι και το datagram χωρίζεται σε header και δεδομένα. Επίσης περιλαμβάνει και τις διευθύνσεις του αποστολέα και παραλήπτη του. Το Internet δεν περιορίζει το μέγεθος των datagrams, αλλά προτείνει πως τα δίκτυα και οι gateways θα πρέπει να μπορούν να διαχειριστούν datagrams μέχρι 576 bytes χωρίς να τα κομματιάζουν σε πολλά μικρότερα κομμάτια (fragmentation). Η **μορφή του IP datagram** φαίνεται παρακάτω :



**Μοντέλο λειτουργίας :** Το IP φτιάχτηκε για να παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς τμημάτων πληροφορίας (datagrams) μεταξύ μηχανών



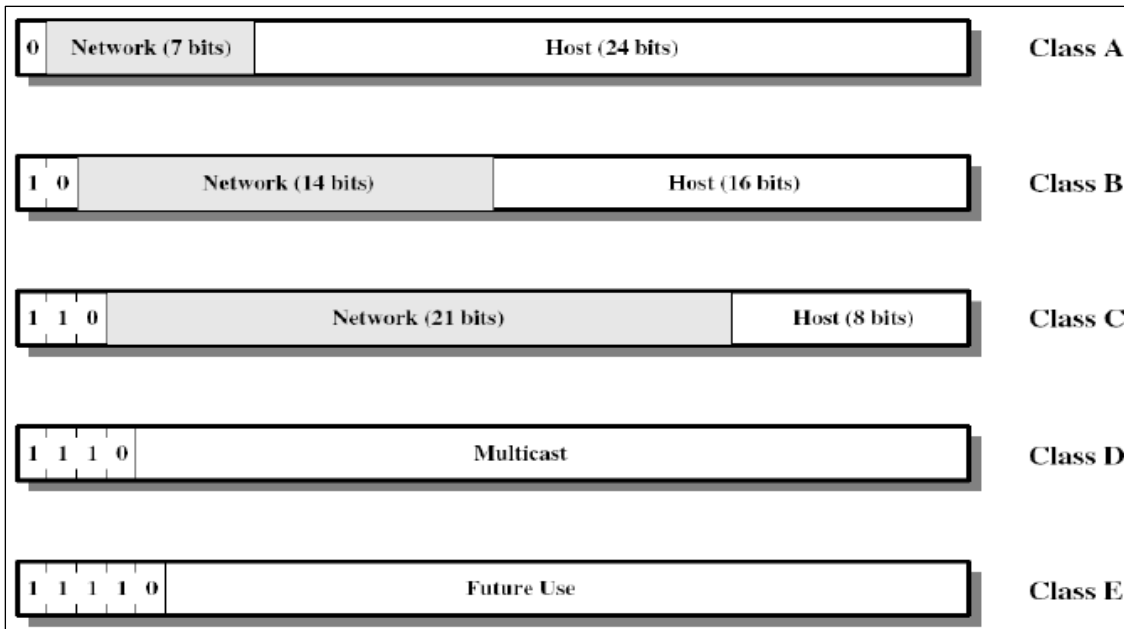
(datagrams) μεταξύ μηχανών αποστολέα-παραλήπτη, οι οποίοι και προσδιορίζονται από τις σταθερού μήκους διευθύνσεις τους. Η διαδικασία-αποστολέας ετοιμάζει τα δεδομένα της και καλεί το τοπικό της Internet module για να στείλει αυτά τα δεδομένα σαν datagrams, «περνώντας» του σαν ορίσματα την διεύθυνση του παραλήπτη και άλλες παραμέτρους. Το Internet module προετοιμάζει

έναν header και ενώνει τα δεδομένα μαζί του. Στη συνέχεια αποφασίζει τη διεύθυνση στο τοπικό δίκτυο που θα χρησιμοποιήσει. Με τη σειρά του, το τοπικό network interface δημιουργεί έναν local network header, του κολλάει το datagram και στέλνει το αποτέλεσμα μέσω του φυσικού δικτύου. Σχηματικά, το παραπάνω μοντέλο λειτουργίας φαίνεται στην **παραπάνω εικόνα**.

**Δρομολόγηση :** Η όλη διαδικασία της επιλογής των μονοπατιών για τη μετάδοση των datagrams ονομάζεται δρομολόγηση (routing). Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πως το IP αντιμετωπίζει κάθε datagram σαν μια ανεξάρτητη οντότητα, η οποία δεν έχει καμία σχέση με οποιοδήποτε άλλο datagram. Δεν υπάρχουν εδώ έννοιες όπως, σύνδεση (connection) ή λογικό κύκλωμα (logical or virtual circuit).

**Λειτουργίες IP :** Δύο είναι η βασικές λειτουργίες που υλοποιεί το IP : 1) Προσπέλαση μέσω διευθύνσεων (addressing). 2) Τμηματοποίηση των πακέτων και «επανασύνδεση» (Fragmentation and Reassembly).

- **Προσπέλαση με διευθύνσεις :** Το σχήμα διευθύνσεων που έχει υλοποιηθεί στο Internet είναι ανάλογο με



το σχήμα των φυσικών διευθύνσεων και ορίζει πως σε κάθε κόμβο που ανήκει στο Internet καταχωρείται μια ακέραια διεύθυνση, που ονομάζεται Internet Address. Ένα σημαντικό στοιχείο αυτής της μορφής των διευθύνσεων είναι ότι κωδικοποιούν την ταυτότητα ενός

δικτύου καθώς επίσης και την ταυτότητα ενός μοναδικού κόμβου σε αυτό το δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνονται λειτουργίες, όπως η δρομολόγηση (routing). Γενικά, ισχύει ότι : “Κάθε κόμβος στο Internet έχει μία μοναδική 32-bit Internet διεύθυνση, η οποία χρησιμοποιείται σε κάθε επικοινωνία από/προς τον κόμβο αυτό.”. Σχηματικά οι μορφές διευθύνσεων IP φαίνονται στο παραπάνω σχήμα. Ιδεατά, κάθε τέτοια διεύθυνση είναι ένα ζευγάρι (netid, hostid), όπου το netid προσδιορίζει ένα δίκτυο και το hostid έναν κόμβο σε αυτό το δίκτυο. Ανάλογα με τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του δικτύου και του κόμβου αντιστοίχα, οι Internet διευθύνσεις χωρίζονται σε 3 κατηγορίες : 1) Class A addresses. 2) Class B addresses. 3) Class C addresses.

- **Fragmentation & Reassembly :** Το κομμάτιασμα ενός internet datagram είναι απαραίτητο όταν αυτό ξεκινά από κάποιο τοπικό δίκτυο που επιτρέπει μεγάλο μέγεθος πακέτων και πρέπει να διασχίσει ένα άλλο τοπικό δίκτυο το οποίο περιορίζει τα πακέτα σε ένα μικρότερο μέγεθος, για να φτάσει στον προορισμό του. Τα internet modules χρησιμοποιούν πεδία στον header των datagrams για να μπορούν να τα «κομματιάσουν» και να τα «επανασυνδέουν» σωστά, όταν πρόκειται να μεταδοθούν μέσα από small packet networks. Οι Internet διαδικασίες τμηματοποίησης και επανασύνδεσης πρέπει να μπορούν να «κόψουν» ένα datagram σε σχεδόν αυθαίρετο αριθμό κομματιών, τα οποία να μπορούν αργότερα στον παραλήπτη να συνδεθούν ξανά. Ο παραλήπτης χρησιμοποιεί το IDENTIFICATION πεδίο του datagram για να εξασφαλίσει πως «κομμάτια» από διαφορετικά datagrams δεν ανακατεύονται μεταξύ τους. Το Fragment Offset πεδίο δηλώνει στον παραλήπτη την θέση ενός «κομματιού» στο αρχικό datagram. Τα Fragment Offset και Length πεδία προσδιορίζουν το τμήμα του αρχικού datagram που καλύπτεται από αυτό το fragment. Αυτά τα πεδία παρέχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για να γίνει η επανασύνδεση (reassembly) των datagrams σωστά.

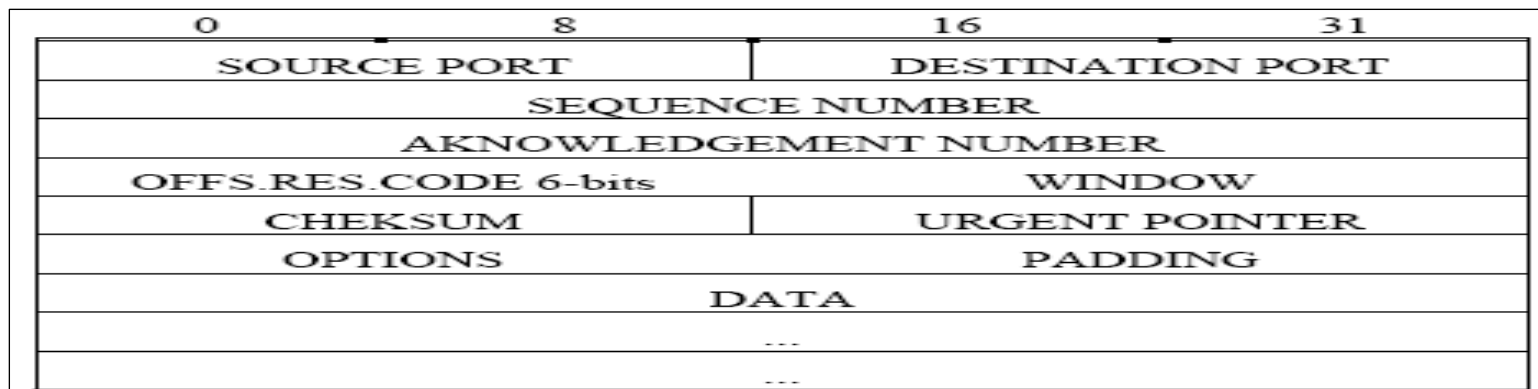
## TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL (TCP)

Το TCP αποτελεί αποτέλεσμα της δουλειάς πολλών επιστημόνων του οργανισμού για προχωρημένα ερευνητικά έργα του Υπουργείου Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών (DARPA - Defence Advanced Research Projects Agency). Σχεδιάστηκε με βασικό στόχο την υποστήριξη δυνατοτήτων αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ ζευγαριών διαδικασιών σε υπολογιστές που βρίσκονται σε διαφορετικά αλλά διασυνδεδεμένα δίκτυα επικοινωνίας (inter-process communication protocol). Παρέχει αξιόπιστες, connection-oriented, end-to-end, transport υπηρεσίες πάνω από ένα μη αξιόπιστο κανάλι, το οποίο μπορεί να καταστρέψει, να χάσει ή και να πολλαπλασιάσει πακέτα. Ταιριάζει σε μια ιεραρχημένη αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων σαν αυτή του OSI Reference model και βρίσκεται πάνω ακριβώς από ένα βασικό Internet πρωτόκολλο, το οποίο παρέχει έναν τρόπο στο TCP για να στέλνει και να λαμβάνει μεταβλητού μεγέθους



κομμάτια πληροφορίας ενσωματωμένα σε Internet datagrams. Το Internet πρωτόκολλο παρέχει έναν τρόπο για τον προσδιορισμό και την προσπέλαση του αποστολέα και παραλήπτη (source - target) TCP. Γενικά, το TCP κάνει πολύ λίγες υποθέσεις σχετικά με την αξιοπιστία των πρωτοκόλλων επικοινωνίας που βρίσκονται ιεραρχικά κάτω από αυτό. Το μόνο που θεωρεί είναι πως μπορεί να έχει ένα απλό, πιθανόν αναξιόπιστο datagram service από τα χαμηλότερου επιπέδου πρωτόκολλα και έτσι είναι ικανό να λειτουργεί αποδοτικά πάνω από ένα ευρύ φάσμα συστημάτων επικοινωνίας. Για παράδειγμα το TCP μπορεί να υλοποιηθεί για χρήση σε μία dial-up τηλεφωνική γραμμή, σε ένα τοπικό δίκτυο (LAN), σε ένα δίκτυο οπτικών ινών υψηλής ταχύτητας (High speed fiber optic network) ή σε ένα διασκορπισμένο δίκτυο χαμηλής ταχύτητας (long-haul network). Ουσιαστικά, αυτή η μεγάλη ποικιλία συστημάτων μετάδοσης που υποστηρίζει είναι ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά του. Η ύπαρξη δυνατοτήτων διασύνδεσης ετερογενών δικτύων υπολογιστών (internetworking) και ο σχεδιασμός standard πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ διεργασιών, τα οποία να μπορούν να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ήταν οι βασικοί στόχοι που επιτεύχθηκαν κατά την υλοποίηση του TCP. Το TCP είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που παρέχει τις υπηρεσίες του Internet Stream Delivery. Προσδιορίζει τη μορφή των δεδομένων και των πληροφοριών ελέγχου που πρέπει δύο υπολογιστές να ανταλλάσσουν, με σκοπό την επίτευξη μιας αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων καθώς και τις διαδικασίες που οι υπολογιστές χρησιμοποιούν για να εξασφαλίσουν πως τα δεδομένα μεταδίδονται / λαμβάνονται σωστά. Επίσης, προσδιορίζει τους τρόπους με τους οποίους : 1) Το λογικό του πρωτοκόλλου ξεχωρίζει πολλούς παραλήπτες σε μια δεδομένη μηχανή. 2) Οι υπολογιστές που επικοινωνούν επαναφέρονται σε σωστή λειτουργία μετά από σφάλματα όπως χαμένα, κατεστραμμένα ή πολλαπλά πακέτα. 3) Δύο μηχανές αρχικοποιούν μία μεταφορά ακολουθίας (stream transfer) και συμφωνούν για το τέλος αυτής.

**TCP segment format :** Το format ενός TCP segment είναι όπως παρακάτω :



## INTERNET DOMAIN NAMES

Η ιεραρχία των ονομάτων των μηχανών στο Internet ονομάζεται Σύστημα Ονομάτων Επικράτειας (Σ.Ο.Ε. Domain Name System) και έχει δύο ανεξάρτητα χαρακτηριστικά : 1) Το πρώτο είναι αφηρημένο: το συντακτικό των ονομάτων και κανόνες για τον ορισμό αρμοδιοτήτων πάνω στα ονόματα. 2) Το δεύτερο είναι συγκεκριμένο : την υλοποίηση ενός συστήματος το οποίο αντιστοιχίζει αποδοτικά ονόματα σε διευθύνσεις.

**Συντακτικό των ονομάτων :** Το Internet χρησιμοποιεί ένα ιεραρχικό σχήμα ονοματολογίας γνωστό σαν ονόματα επικράτειας domain names. Ένα τέτοιο όνομα αποτελείται από μια ακολουθία από υπο-ονόματα χωρισμένα με ένα διαχωριστικό χαρακτήρα, την τελεία. Τα αυτόνομα τμήματα του ονόματος μπορεί να αντιπροσωπεύουν περιοχές ή ομάδες, αλλά το Σ.Ο.Ε. απλά καλεί κάθε τέτοιο τμήμα σαν ετικέτα (label). Έτσι το domain name cs.purdue.edu περιέχει τρεις ετικέτες: cs, purdue, edu. Οποιοδήποτε επίθεμα από ετικέτες σε ένα όνομα επικράτειας ονομάζεται επικράτεια (domain). Έτσι, στο παραπάνω παράδειγμα το domain χαμηλότερου επιπέδου είναι το cs.purdue.edu, το αντίστοιχο του δεύτερου επιπέδου είναι purdue.edu (Purdue University) και το domain του υψηλότερου επιπέδου top level domain είναι το edu (educational institution). Όπως λοιπόν βλέπουμε, τα ονόματα επικράτειας γράφονται με την χαμηλότερου επιπέδου ετικέτα πρώτα και την υψηλότερου επιπέδου τελευταία. Οι αρχές του Internet που έχουν την τελική ευθύνη

για το σύνολο των ονομάτων, έχουν επιλέξει να χωρίσουν το ψηλότερο επίπεδο στις επικράτειες (top level domains) που φαίνονται παρακάτω :

Domain Name	Meaning
COM	Commercial organizations
EDU	Educational Institutions
GOV	Government Institutions
MIL	Military Groups
NET	Major Networks Support Centers
ORG	Other organizations
ARPA	Temporary ARPAnet domain
country code	Countries other than USA

Όταν μια ξένη χώρα επιθυμεί να συμμετάσχει στο Σ.Ο.Ε. η κεντρική αρχή της καθορίζει ένα καινούργιο top level domain που αποτελείται από τον διεθνή διψήφιο κωδικό της χώρας. Όταν ένας οργανισμός των ΗΠΑ θελήσει να συμμετάσχει στο Σ.Ο.Ε. η κεντρική αρχή του καθορίζει μια υπο-επικράτεια (sub-domain) κάτω από τις ήδη υπάρχουσες επικράτειες ψηλού επιπέδου. Ένα τελευταίο παράδειγμα ίσως ξεκαθαρίσει καλύτερα τη δομή των αρμοδιοτήτων. Η μηχανή με το όνομα atlas στο τμήμα Η/Υ του

πανεπιστημίου Purdue έχει το επίσημο όνομα επικράτειας: atlas.cs.purdue.edu. Το όνομα εγκρίθηκε και εισήχθη από το προσωπικό συστημάτων του τμήματος Η/Υ. Προηγουμένως είχαν πάρει την αρμοδιότητα να διαχειρίζονται την υπο - επικράτεια (subdomain) cs.purdue.edu από τον υπεύθυνο όλου του πανεπιστημίου, ο οποίος είχε αρμοδιότητα να διαχειρίζεται την υπο - επικράτεια purdue.edu. Η διοίκηση του Internet έχει τον έλεγχο της επικράτειας edu και γι αυτό νέα πανεπιστήμια μπορούν να προστεθούν μόνο με την έγκρισή της. Ομοίως, οι υπεύθυνοι του πανεπιστημίου Purdue κατέχουν την αρμοδιότητα για τη διαχείριση της υπο - επικράτειας purdue.edu και έτσι νέα τμήματα του πανεπιστημίου ή νέες μηχανές μπορούν να προστεθούν μόνο με την έγκρισή τους.

**Αντιστοιχηση ονομάτων επικράτειας σε διευθύνσεις :** Εκτός από τους κανόνες για το συντακτικό των ονομάτων και τον καθορισμό των αρμοδιοτήτων, το Internet σχήμα ονομάτων περιλαμβάνει ένα επαρκές, αξιόπιστο, γενικού σκοπού, καταναμημένο σύστημα για την αντιστοιχηση ονομάτων σε διευθύνσεις. Το σύστημα είναι : 1) Καταναμημένο με την τεχνική έννοια, εννοώντας ότι ένα σύνολο από εξυπηρετητές servers που βρίσκονται και λειτουργούν σε πολλές περιοχές, λύνουν συνεργαζόμενοι το πρόβλημα της αντιστοιχησης. 2) Επαρκές με την έννοια ότι τα περισσότερα ονόματα μπορούν να αντιστοιχηθούν τοπικά και πολύ λίγα χρειάζονται Internet κυκλοφορία. 3) Γενικού σκοπού γιατί δεν περιορίζεται από τα ονόματα των μηχανών. 4) Αξιόπιστο, με την έννοια ότι εάν μια μηχανή αποτύχει στη λειτουργία της (machine failure) το σύστημα συνεχίζει να δουλεύει σωστά. Το σχήμα του Internet για την απεικόνιση των ονομάτων σε διευθύνσεις αποτελείται από ανεξάρτητα, συνεργαζόμενα συστήματα που ονομάζονται εξυπηρετητές ονομάτων (name servers). Ένα τέτοιο σύστημα είναι ένα πρόγραμμα-εξυπηρετητής που παρέχει μετάφραση ονομάτων σε διευθύνσεις, απεικόνιση ονομάτων επικράτειας σε Internet διευθύνσεις. Το λογικό του πελάτη (client software) που ονομάζεται μεταφραστής ονομάτων (name resolver) χρησιμοποιεί έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές ονομάτων καθώς μεταφράζει ένα όνομα. Ιδεατά, όλοι οι Internet domain name servers είναι οργανωμένοι σύμφωνα με μια δενδρική δομή που αντιστοιχεί στην ιεραρχία των ονομάτων. Η ρίζα του δέντρου είναι ένας εξυπηρετητής που αναγνωρίζει την επικράτεια υψηλού επιπέδου. Στο επόμενο επίπεδο του ιδεατού δέντρου, ένα σύνολο εξυπηρετητών ονομάτων αναγνωρίζει μια υπο-επικράτεια ψηλού επιπέδου. Στο τρίτο επίπεδο του δέντρου, οι εξυπηρετητές αναγνωρίζουν υπο-επικράτειες κάτω από αυτές του υψηλότερου επιπέδου. Το ιδεατό δέντρο συνεχίζεται με έναν εξυπηρετητή σε κάθε επίπεδο για το οποίο ένα subdomain έχει οριστεί. Συνδέσεις στο ιδεατό δέντρο δεν υπονοούν και φυσικές συνδέσεις. Αντίθετα, δείχνουν ποιους άλλους εξυπηρετητές ονομάτων ένας συγκεκριμένος εξυπηρετητής γνωρίζει και συμβουλεύεται. Επειδή οι συνδέσεις ακολουθούν την υποδιαίρεση των αρμοδιοτήτων, ένας σύνδεσμος στο δέντρο από τον κόμβο x, κάτω προς έναν κόμβο y, σημαίνει ότι ο y είναι μια υπο-επικράτεια του x.

## IPv6

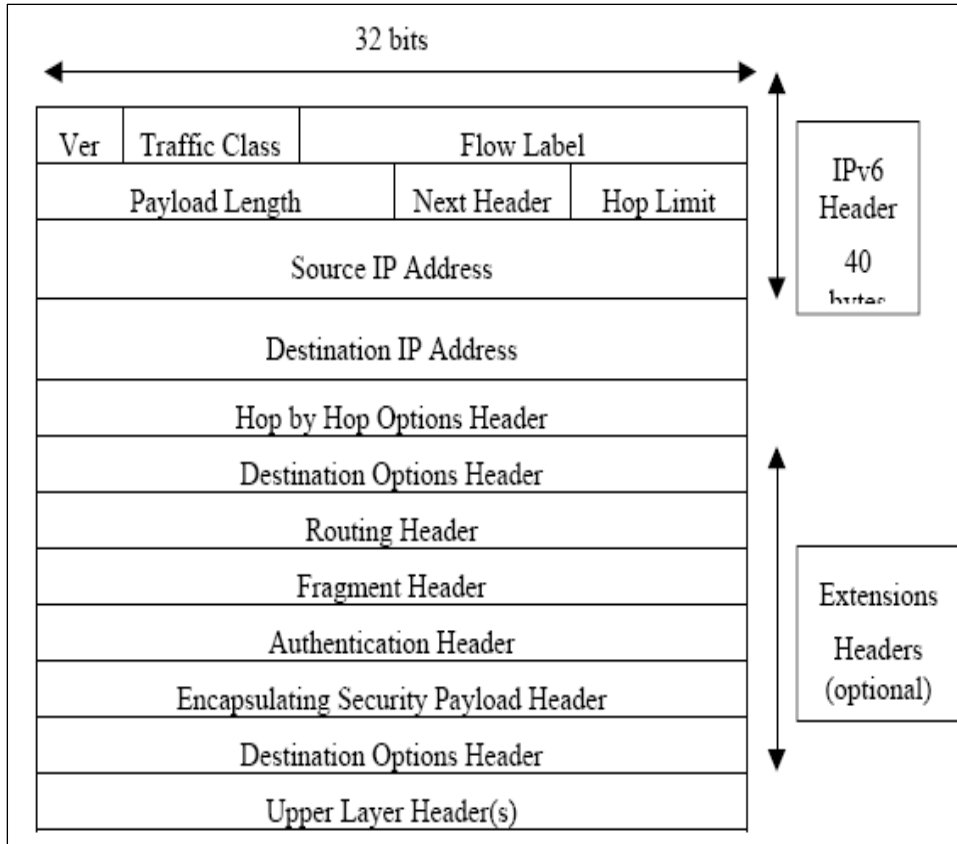
**Ανάγκη Αναβάθμισης από IPv4 σε IPv6 :** Το Διαδίκτυο αυτήν τη στιγμή χρησιμοποιεί την έκδοση τέσσερα (4) του Internet πρωτοκόλλου, γνωστή συνοπτικά σαν IPv4. Πρόκειται αναμφίβολα για το πιο πετυχημένο πρωτόκολλο με χρήση του οποίου συνδέθηκαν χιλιάδες κόμβοι εκατοντάδων διαφορετικών δικτύων δημιουργώντας αυτό που σήμερα ονομάζουμε Διαδίκτυο. Αρκετές δεκάδες εκατομμυρίων υπολογιστών και εκατοντάδες εκατομμυρίων χρηστών είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο. Η πρώτη έκδοση του IP έγινε τα μέσα του 1970. Επομένως θα έλεγε κανείς ότι το IPv4 δουλεύει αρκετά καλά, ιδιαίτερα αν αναλογιστούμε την ηλικία του. Κάθε σύστημα στον κόσμο σήμερα χρησιμοποιεί IPv4 (εκτός ίσως από λίγα πειραματικά δίκτυα που χρησιμοποιούν από τώρα IPv6) . Μιλάμε για ένα αριθμό συστημάτων της τάξης των 100 εκατομμυρίων, που χρησιμοποιούν διάφορες εκδόσεις δικτυακού λογισμικού για TCP/IP, που τρέχουν σε μια πληθώρα λειτουργικών συστημάτων και υλικού. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι μια πιθανή αναβάθμιση του πρωτοκόλλου θα επηρεάσει όλο το πιο πάνω αριθμό συστημάτων και οργανισμών αφού και αυτά πρέπει να αναβαθμιστούν ώστε να είναι συμβατά με το νέο πρωτόκολλο. Οι βασικοί λόγοι που απαιτείται η αναβάθμιση είναι οι παρακάτω : 1) Θέματα έλλειψης διευθύνσεων : Αν και οι χρήστες πιστεύουν ότι αυτός εμφανίζεται σαν ο βασικότερος λόγος αναβάθμισης του IPv4, ουσιαστικά πρόκειται μόνο για ένα από τα προβλήματα που απασχολούν την κοινότητα του Διαδικτύου. 2) Θέματα απόδοσης : Παρ' όλο που το IP λειτουργεί αποδοτικά τα 20 και πλέον χρόνια που χρησιμοποιείται, υπάρχουν πάρα πολλές βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν. Οι διαχειριστές γνωρίζουν καλύτερα από όλους το κόστος διαχείρισης των routing entries εξαιτίας της έλλειψης επιπέδων ιεραρχίας στις IP διευθύνσεις. Επίσης αρκετές εφαρμογές απαιτούν υποστήριξη ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS) από το IPv4 και προσπαθούν να ξεπεράσουν αυτή του την αδυναμία με χρήση άλλων πρωτοκόλλων σε υψηλότερα επίπεδα, μην πετυχαίνοντας όμως τα αναμενόμενα. 3) Θέματα ασφάλειας : Μετά την τεράστια εξάπλωση που γνώρισε το Διαδίκτυο και τη χρήση του σε κάθε είδος οικονομικής συναλλαγής διαπιστώθηκε ότι η ασφάλεια δεν μπορεί να απασχολεί μόνο τις εφαρμογές, αλλά το ίδιο το IP θα πρέπει να έχει μηχανισμούς ασφάλειας. 4) Θέματα αυτόματης ανάθεσης διεύθυνσης : Είναι γνωστό ότι οι ρυθμίσεις του IPv4 στους κόμβους είναι σχετικά πολύπλοκη διαδικασία. Οι χρήστες θα επιθυμούσαν μία λειτουργία "plug and play" με την έννοια του να μπορεί κάποιος να συνδέει τον υπολογιστή του στο δίκτυο IP και αυτός να μπορεί αυτόματα να βρίσκει τις ρυθμίσεις του. Οι ανάγκες των συνεχώς αυξανόμενων χρηστών που δεν έχουν σταθερό χώρο εργασίας (mobile users) απαιτούν αυτόματες ρυθμίσεις ανεξάρτητα του δικτύου που χρησιμοποιούν κάθε φορά για να συνδεθούν.

**Πλεονεκτήματα IPv6 :** Το IPv6 προσφέρει : 1) Διευρυμένο χώρο διευθύνσεων από 32 σε 128 bits. 2) Απλοποίηση της επικεφαλίδας. 3) Καλύτερη υποστήριξη επιλογών και επεκτάσεων στην στάνταρ επικεφαλίδα. 4) Δυνατότητα μαρκαρίσματος των ροών κίνησης(Flow Label). 5) Δυνατότητες για ασφάλεια(Authentication και Privacy).

**Διευθυνσιοδότηση στο IPv6 :** στο IPv6 υπάρχουν 3 κατηγορίες διευθύνσεων : unicast, multicast και anycast ενώ καταργήθηκαν οι διευθύνσεις broadcast. Οι δύο πρώτες κατηγορίες ακολουθούν το ίδιο σκεπτικό όπως και στο IPv4 ενώ οι διευθύνσεις τύπου anycast χρησιμοποιούνται για την αντιστοίχιση ενός συνόλου σταθμών σε μία διεύθυνση. Αποστολή ενός πακέτου σε διεύθυνση anycast σημαίνει την παράδοσή του σε ένα οποιοδήποτε σταθμό του συνόλου (κατά αναλογία με ATM). Μόνο οι δρομολογητές επιτρέπεται να έχουν τέτοιες διευθύνσεις, ενώ επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο ως διεύθυνση αποστολής. Αντί των διευθύνσεων τύπου broadcast υπάρχει η multicast address "all nodes" και ένας σταθμός που ενδιαφέρεται να παρακολουθεί τα πακέτα που μεταφέρονταν με τα broadcast θα πρέπει να γραφτεί στο συγκεκριμένο multicast group, απαλλάσσοντας έτσι τους κόμβους που δεν ενδιαφέρονται για τα broadcasts από περιττή πληροφορία. Η αναπαράσταση μιας IPv6 διεύθυνσης είναι της μορφής X:X:X:X:X:X:X όπου κάθε X είναι ένας δεκαεξαδικός αριθμός με μέγεθος 4 bits. Οι διευθύνσεις IPv6 χωρίζονται σε δύο τμήματα, το κομμάτι που αφορά το υποδίκτυο και το κομμάτι που αφορά τον κόμβο. Για αυτόν το λόγο είναι απαραίτητη για την περιγραφή μιας IPv6 διεύθυνσης και ένας αριθμός που δηλώνει πόσα bits είναι το πρώτο τμήμα της διεύθυνσης. Για παράδειγμα μία διεύθυνση της μορφής 1030:0:0:0:C9B4:FF12:48AA:1A2B/60 δηλώνει ότι τα πρώτα 60 bits της διεύθυνσης αφορούν το κομμάτι του υποδικτύου. Το μοντέλο διευθυνσιοδότησης του IPv6 χρησιμοποιεί πολλά χαρακτηριστικά του αντίστοιχου μοντέλου του IPv4. Έτσι μία διεύθυνση unicast

αντιστοιχεί σε ένα interface ενός κόμβου. Η διαφορά είναι ότι στο IPv6 δεν απαιτείται για τις point to point συνδέσεις να αφιερώνονται αποκλειστικές διευθύνσεις πετυχαίνοντας έτσι οικονομία διευθύνσεων. Επιπλέον στο IPv6 είναι δυνατόν να αντιστοιχιστεί μία διεύθυνση σε πολλά interfaces. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα σε περιπτώσεις που ένας εξυπηρετητής έχει πολλά interfaces και είναι επιθυμητό το μοίρασμα του φόρτου (load balancing). Οι multicast και οι anycast διευθύνσεις μπορούν επίσης να αντιστοιχιστούν με πολλά interfaces. Τέλος ένα δικτυακό interface μπορεί να αντιστοιχιστεί με πολλές διευθύνσεις όλων των κατηγοριών.

**Η Βασική Επικεφαλίδα του IPv6 :** η μορφή της επικεφαλίδας του IPv6 φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Το σύνολο μήκος της επικεφαλίδας των πακέτων IPv6 είναι το διπλάσιο μόνο από αυτό του IPv4, όταν οι αντίστοιχες διευθύνσεις είναι τετραπλάσιες σε μήκος. Επίσης εφαρμόζει δυναμική επέκταση της επικεφαλίδας μόνο όταν απαιτείται από τις συνθήκες λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα οι επικεφαλίδες στο IPv6 αποτελούνται από οχτώ (8) πεδία (δύο εκ των οποίων είναι οι διευθύνσεις αποστολέα και προορισμού) και έχουν μέγεθος σαράντα (40) bytes. Σε αντίθεση οι επικεφαλίδες στο IPv4 που περιλαμβάνουν τουλάχιστον δώδεκα (12) πεδία και το μέγεθός τους μπορεί να κυμαίνεται από είκοσι (20) bytes αν δεν έχουν χρησιμοποιηθεί τα πεδία Options μέχρι και εξήντα (60) bytes αν χρησιμοποιηθούν. Αυτή η απλοποίηση της επικεφαλίδας επιτρέπει πιο εύκολη

και γρήγορη επεξεργασία από τους δρομολογητές και άρα μεγαλύτερη ταχύτητα στη δρομολόγηση. Για παράδειγμα η συνθήκη όλες οι επικεφαλίδες να έχουν το ίδιο μέγεθος καταργεί την ανάγκη να υπάρχει πεδίο μεγέθους επικεφαλίδας. Επίσης η κατάργηση της κατάτμησης του πακέτου από τους ενδιάμεσους κόμβους (μόνο ο αποστολέας έχει αυτό το δικαίωμα) καταργεί αρκετά πεδία που χρησιμοποιούνταν για αυτό το σκοπό. Τέλος η κατάργηση του πεδίου checksum δεν επηρεάζει την αξιοπιστία αφού υπάρχουν οι αντίστοιχοι έλεγχοι στα ανώτερα πρωτόκολλα (TCP & UDP). Στο IPv6 οι επικεφαλίδες είναι οργανωμένες σε λέξεις των 64 bits και το συνολικό μέγεθος των επικεφαλίδων είναι 40 bytes. Επιπλέον στο IPv6 μπορούν να υπάρχουν προαιρετικά επικεφαλίδες επέκτασης που θα πρέπει να εμφανίζονται με συγκεκριμένη σειρά. Η κάθε επικεφαλίδα αναφέρει ποια είναι η επόμενη επικεφαλίδα που ακολουθεί ή αν είναι η τελευταία. Το πρωτόκολλο IPv6 περιλαμβάνει τα ακόλουθα πεδία στις επικεφαλίδες του : 1) Έκδοση (για το IPv6 είναι ίση με 6). 2) Κλάση : Ορίζει το είδος υπηρεσίας, που ανήκει στο μοντέλο των differentiated υπηρεσιών, που πρέπει να δοθεί στο πακέτο. 3) Ροή πακέτων : Χρησιμοποιείται για να αναγνωριστούν τα πακέτα της ίδιας ροής. 4) Μήκος πακέτου. 5) Επόμενη επικεφαλίδα : Αναφέρει πιο πρωτόκολλο χρησιμοποιείται στην επικεφαλίδα μετά το IPv6 πακέτο. 6) Hop limit. 7) Διεύθυνση αποστολέα. 8) Διεύθυνση παραλήπτη. 9) Hop-by-Hop Options Header. 10) Destination Options Header. 11) Routing Header. 12) Fragment Header. 13) Authentication Header. 14) Encapsulating Security Payload Header. 15) Destination Options Header.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΤΑΓΩΓΗ

### ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ

Για τη μετάδοση δεδομένων πέρα από μια τοπική περιοχή, η επικοινωνία συνήθως επιτυγχάνεται με τη μετάδοση δεδομένων από την πηγή στον προορισμό μέσω ενός δικτύου με ενδιάμεσους κόμβους μεταγωγής. Οι σταθμοί μπορεί να είναι υπολογιστές, τερματικά, τηλέφωνα ή άλλες συσκευές. Οι συσκευές μεταγωγής που έχουν ως σκοπό την παροχή επικοινωνίας αναφέρονται ως κόμβοι. Οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι ο ένας με τον άλλο με κάποια τοπολογία που αποτελείται από ζεύξεις μετάδοσης. Κάθε σταθμός συνδέεται σε ένα κόμβο και το σύνολο των κόμβων αναφέρεται ως δίκτυο επικοινωνιών. Οι τύποι των δικτύων που αναφέρονται εδώ ονομάζονται δίκτυα επικοινωνιών μεταγωγής. Η μεταγωγή των δεδομένων γίνεται από κόμβο σε κόμβο, άξια προσοχής είναι όμως τα παρακάτω : 1) Οι κόμβοι είναι δυνατό να συνδέονται είτε με άλλους κόμβους είτε με σταθμούς, όπου εκτός από λειτουργίες μεταγωγής πραγματοποιούν και παράδοση δεδομένων. 2) Οι ζεύξεις σε κόμβους είναι συνήθως πολυπλεγμένες, όπου χρησιμοποιούν είτε πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (FDM) είτε πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDM). 3) Συνήθως δεν είναι όλοι οι κόμβοι συνδεδεμένοι μεταξύ τους, αλλά είναι επιθυμητό να υπάρχουν περισσότερα του ενός μονοπάτια δικτύου για κάθε ζεύγος σταθμών.

### ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

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 3 φάσεις : 1) Αποκατάσταση κυκλώματος : Πριν μεταδοθεί ένα οποιοδήποτε σήμα, πρέπει να αποκατασταθεί ένα κύκλωμα από άκρο σε άκρο. 2) Μεταφορά δεδομένων : Σε αυτή τη φάση μπορεί να μεταδοθεί πληροφορία ανάμεσα στους σταθμούς. 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. Γενικά η σύνδεση είναι αμφίδρομη. 3) Αποσύνδεση κυκλώματος : Έπειτα από κάποια περίοδο μεταφοράς δεδομένων η σύνδεση τερματίζεται, συνήθως με πρωτοβουλία του ενός από τους δύο σταθμούς. Έτσι, ελευθερώνονται και οι αποκλειστικοί πόροι που χρησιμοποιούνταν.

**Κόμβος μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching) :** Ένα δίκτυο, το οποίο είναι κτισμένο γύρω από έναν κόμβο μεταγωγής κυκλώματος, αποτελείται από ένα σύνολο από σταθμούς συνδεδεμένους με μια κεντρική μονάδα μεταγωγής. Ο κεντρικός μεταγωγέας αποκαθιστά ένα αποκλειστικό μονοπάτι ανάμεσα σε οποιοδήποτε δύο συσκευές που επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Η καρδιά ενός μοντέρνου συστήματος είναι ένας **ψηφιακός μεταγωγέας**. Η λειτουργία του είναι να παρέχει ένα διάφανο μονοπάτι σήματος ανάμεσα σε οποιοδήποτε ζεύγος συνδεδεμένων συσκευών. Το μονοπάτι είναι διάφανο από την άποψη ότι στο συνδεδεμένο ζεύγος συσκευών εμφανίζεται μια άμεση σύνδεση ανάμεσά τους, η οποία επιτρέπει αμφίδρομη μετάδοση. Το στοιχείο διεπαφή δικτύου αναπαριστά τις λειτουργίες και το υλικό που χρειάζεται για τη σύνδεση ψηφιακών συσκευών, όπως συσκευές επεξεργασίας δεδομένων και ψηφιακά τηλέφωνα, με το δίκτυο. Η μονάδα ελέγχου εκτελεί 3 γενικές διεργασίες 1) αποκαθιστά συνδέσεις. Αυτό συνήθως γίνεται κατά απαίτηση, μετά από αίτηση μιας συνδεδεμένης συσκευής. 2) η μονάδα ελέγχου πρέπει να συντηρήσει τη σύνδεση. 3) η μονάδα ελέγχου πρέπει να διακόψει τη σύνδεση, είτε σε απάντηση μιας αίτησης ενός εκ των συμμετεχόντων, είτε για δικούς της λόγους.

**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. 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. Ο **ραβδεπαφικός μεταγωγέας έχει κάποιους περιορισμούς** : 1) Ο αριθμός των διασταυρώσεων αυξάνει κατά το τετράγωνο του αριθμού των συνδεδεμένων σταθμών. Αυτό είναι δαπανηρό για ένα μεγάλο μεταγωγέα. 2) Η καταστροφή μίας διασταύρωσης εμποδίζει τη σύνδεση δύο συσκευών των οποίων οι γραμμές τέμνονται σε αυτή τη διασταύρωση. 3) 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**. Αυτός ο τύπος έχει 2 πλεονεκτήματα έναντι ενός ραβδεπαφικού πίνακα ενός σταδίου : 1) Ο αριθμός των διασταυρώσεων μειώνεται, αυξάνοντας τη χρήση των ραβδεπαφών. 2) Υπάρχουν περισσότερα από ένα μονοπάτια μέσα στο δίκτυο για τη σύνδεση δύο τερματικών σημείων, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία.

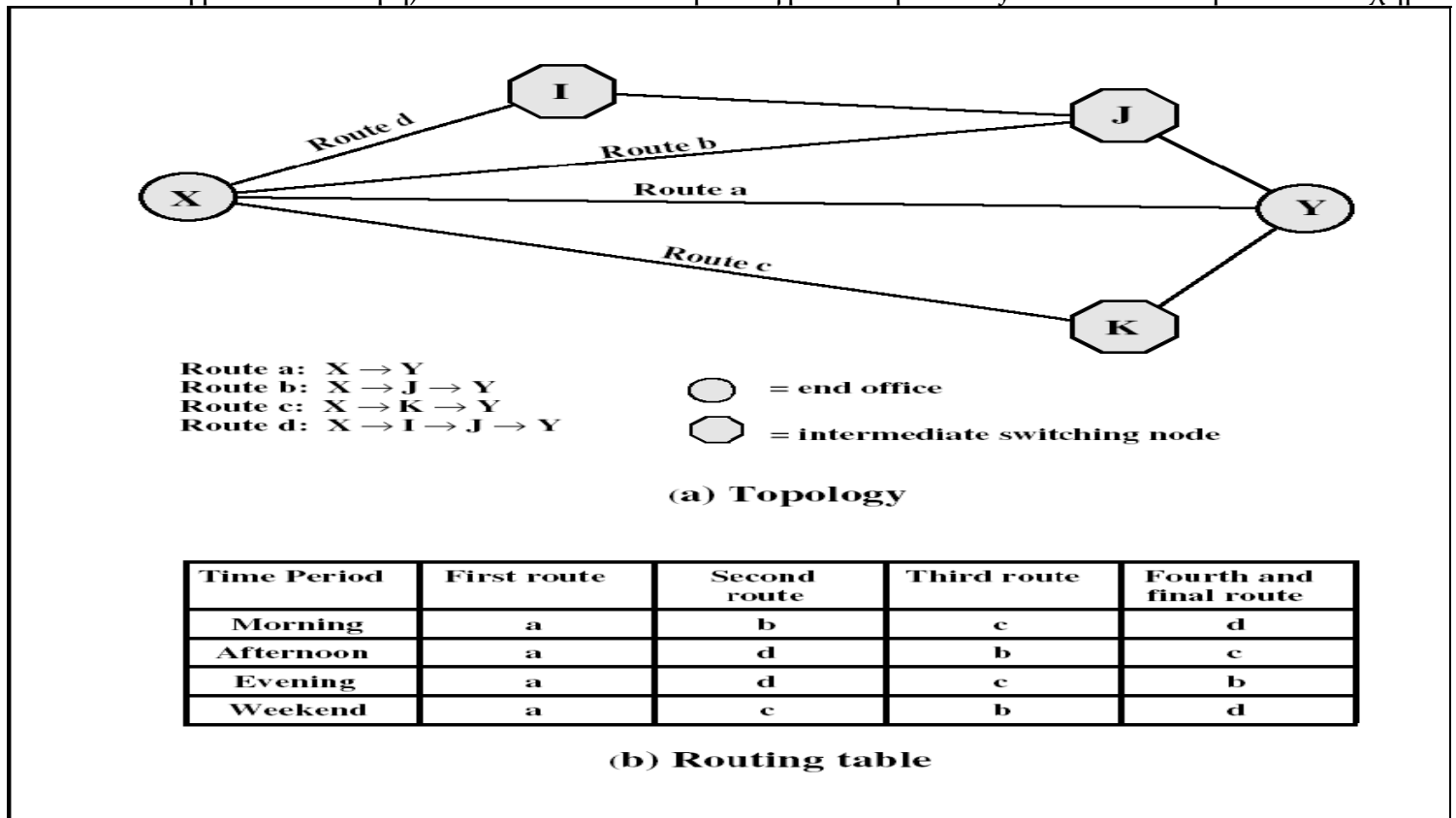
**Μεταγωγή διαίρεσης χρόνου** : Τα μοντέρνα ψηφιακά συστήματα βασίζονται στον έξυπνο έλεγχο των στοιχείων διαίρεσης χώρου και χρόνου. Στην ουσία όλοι οι μοντέρνοι μεταγωγείς κυκλωμάτων χρησιμοποιούν τεχνικές ψηφιακής διαίρεσης χρόνου για την αποκατάσταση και συντήρηση των “κυκλωμάτων”. Η μεταγωγή διαίρεσης 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.

- **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. 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.

**Δρομολόγηση σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος** : Σε μεγάλα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος πολλές από τις συνδέσεις απαιτούν ένα μονοπάτι μέσω περισσότερων από έναν μεταγωγείς. 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 : αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα. Αποδοτικότητα : είναι επιθυμητό να ελαττωθεί το μέγεθος του εξοπλισμού (μεταγωγείς και τηλεπικοινωνιακοί διαύλοι) της υποδομής του δικτύου στην ικανότητα να χειρίζεται το αναμενόμενο φορτίο. Προσαρμοστικότητα : Αν και το δίκτυο πρέπει να έχει το κατάλληλο μέγεθος σε ώρες αιχμής, είναι πιθανό η κίνηση προσωρινά να ανέβει πάνω από αυτό το επίπεδο (για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του καταιγισμού των δεδομένων). 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.

- **Εναλλακτική δρομολόγηση** : Η ουσία του σχήματος εναλλακτικής δρομολόγησης είναι ότι πιθανές διαδρομές ανάμεσα σε δύο τερματικά είναι προκαθορισμένες. Είναι ευθύνη του μεταγωγέα να επιλέξει την κατάλληλη διαδρομή για κάθε κλήση. Στο 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 4 πιθανές διαδρομές προς τον μεταγωγέα προορισμού Y. Η άμεση διαδρομή α 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 πρωινών θα δοκιμάζεται η διαδρομή β.

## ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΑΚΕΤΟΥ

Το δίκτυο μεταγωγής πακέτου είναι ένα κατανεμημένο σύνολο από κόμβους μεταγωγής πακέτων. Στην ιδανική περίπτωση, όλοι οι κόμβοι θα γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή την κατάσταση ολόκληρου του δικτύου. Δυστυχώς, επειδή οι κόμβοι είναι κατανεμημένοι, υπάρχει χρονική καθυστέρηση ανάμεσα σε μια αλλαγή κατάστασης σε ένα τμήμα του δικτύου και στη πληροφόρηση αυτής της αλλαγής κάπου αλλού. Επιπλέον υπάρχει επιβάρυνση που εμπλέκεται στη μεταδιδόμενη πληροφορία. Ως αποτέλεσμα ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου δεν μπορεί να αποδώσει τέλεια, για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται περίπλοκοι αλγόριθμοι για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων της χρονικής καθυστέρησης και της επιβάρυνσης κατά τη λειτουργία του δικτύου. Η μεταγωγή πακέτου σχεδιάστηκε για να παρέχει μία πιο αποδοτική λειτουργία από τη μεταγωγή κυκλώματος για καταιγιστική κίνηση δεδομένων. Με τη μεταγωγή πακέτου, ένας σταθμός μεταδίδει δεδομένα σε μικρά μπλοκ που ονομάζονται πακέτα. Κάθε πακέτο περιέχει ένα τμήμα των δεδομένων του χρήστη συν πληροφορία ελέγχου που απαιτείται για τη σωστή λειτουργικότητα του δικτύου. Ένα σημαντικό στοιχείο διάκρισης των δικτύων μεταγωγής πακέτων είναι κατά πόσο η εσωτερική λειτουργία βασίζεται σε αυτόνομα πακέτα ή νοητά κυκλώματα. Με εσωτερικά νοητά κυκλώματα, καθορίζεται μία διαδρομή ανάμεσα σε δύο τερματικά σημεία και όλα τα πακέτα για αυτό το νοητό κύκλωμα ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Με εσωτερικά αυτόνομα πακέτα, κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Έτσι πακέτα που έχουν τον ίδιο προορισμό είναι δυνατό να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές. Η λειτουργία δρομολόγησης ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων προσπαθεί να βρει την διαδρομή με το



ελάχιστο κόστος στο δίκτυο, με το κόστος βασισμένο στο αριθμό των αλμάτων, την αναμενόμενη καθυστέρηση ή άλλα μέτρα. Οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης συνήθως βασίζονται στη ανταλλαγή πληροφορίας σχετικά με τις συνθήκες κίνησης ανάμεσα στους κόμβους.

Στη μεταγωγή πακέτου τα δεδομένα μεταδίδονται σε μικρά πακέτα. Ένα σύνθητες 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.

**Πλεονεκτήματα έναντι μεταγωγής κυκλώματος :** 1) Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι μεγαλύτερη, επειδή μια απλή σύνδεση κόμβου – με – κόμβο μπορεί να μοιράζεται δυναμικά σε πολλά πακέτα κάθε στιγμή. 2) Μπορεί να εκτελέσει μετατροπή ρυθμού δεδομένων. Δύο σταθμοί διαφορετικών ρυθμών δεδομένων μπορούν να ανταλλάξουν πακέτα επειδή ο καθένας συνδέεται στον κόμβο με το δικό του ρυθμό δεδομένων. 3) Στα δίκτυα Μεταγωγής Κυκλώματος μια κλήση μπορεί να μπλοκαριστεί. Σε ένα δίκτυο Μεταγωγής Πακέτου τα πακέτα εξακολουθούν να γίνονται αποδεκτά, αλλά αυξάνει η καθυστέρηση παράδοσης. 4) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν προτεραιότητες. Πακέτα με προτεραιότητα που βρίσκονται σε κάποιο κόμβο μπορούν να σταλούν πρώτα, έχοντας μικρότερη καθυστέρηση.

**Τεχνική Μεταγωγής :** Αν ένας σταθμός έχει ένα μήνυμα να στείλει μέσω ενός δικτύου πακέτου το οποίο είναι μεγαλύτερου μήκους από το μέγιστο μήκος πακέτου, τεμαχίζει αυτά τα πακέτα και στέλνει ένα κάθε φορά στο δίκτυο. Μία ερώτηση που προκύπτει είναι πως 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: αυτόνομου πακέτου και νοητού καναλιού.

- **Προσέγγιση αυτόνομου πακέτου (datagram) :** Στη προσέγγιση αυτόνομου πακέτου κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά, δεν συνδέεται με πακέτα που έχουν φύγει πιο πριν. Κάθε πακέτο περιέχει την διεύθυνση προορισμού του. Τα πακέτα το καθένα με την ίδια κατεύθυνση προορισμού δεν ακολουθούν όλα την ίδια διαδρομή.
- **Προσέγγιση νοητού κυκλώματος (virtual circuit) :** Με τη μέθοδο του νοητού κυκλώματος (virtual circuit) πριν μεταδοθεί οποιοδήποτε πακέτο αποκαθίσταται μία διαδρομή. Πρώτα αποστέλλεται ένα ειδικό πακέτο ελέγχου, το οποίο ονομάζεται Αίτηση Κλήσης (Call Request). Η διαδρομή είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια της σύνδεσης και κατά κάποιο τρόπο παρόμοια με ένα κύκλωμα σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος και γι' 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. Μια σύνδεση τερματίζεται 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.

**Σύγκριση datagram - virtual circuit :** Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνικής νοητού κυκλώματος είναι ότι μία διαδρομή αποκαθίσταται πριν αρχίσει η μετάδοση δεδομένων. 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 τη 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.

- **Πλεονεκτήματα virtual circuit :** Εάν δύο σταθμοί επιθυμούν να ανταλλάξουν δεδομένα για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα υπάρχουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνική των νοητών κυκλωμάτων. Καταρχήν, το δίκτυο μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες που σχετίζονται με τη τεχνική του νοητού κυκλώματος συμπεριλαμβανομένης της ταξινόμησης των πακέτων και τον έλεγχο

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. Επίσης σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι με τη τεχνική νοητού κυκλώματος κερδίζουμε σε ταχύτητα αφού ο κάθε κόμβος δε χρειάζεται να αποφασίσει πού θα στείλει το κάθε πακέτο.

- **Πλεονεκτήματα datagram :** Ένα πλεονέκτημα της τεχνικής datagram είναι ότι δεν υπάρχει η φάση αποκατάστασης νοητού κυκλώματος. 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. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι η παράδοση του datagram είναι πιο αξιόπιστη. Με τη χρήση του νοητού κυκλώματος όταν ένας κόμβος αποτύχει τότε όλα τα πακέτα που διέρχονται από αυτό το κόμβο χάνονται. Με τη χρήση datagram όταν ένας κόμβος αποτύχει τότε αυτός ο κόμβος παρακάμπτεται με μια εναλλακτική διαδρομή.

## **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ**

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. Ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου μπορεί να εκτελέσει μετατροπή ρυθμού δεδομένων. Δυο σταθμοί διαφορετικών ρυθμών δεδομένων μπορούν να ανταλλάξουν πακέτα επειδή ο καθένας συνδέεται στο κόμβο με τον δικό του ρυθμό δεδομένων. 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, απλά 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.

**Πλεονεκτήματα μεταγωγής πακέτου έναντι μεταγωγής κυκλώματος :** Τα βασικά πλεονεκτήματα στη χρήση της μεταγωγής πακέτου σε σχέση με τη χρήση της μεταγωγής κυκλώματος αφορούν δίκτυα που μεταφέρουν κυρίως δεδομένα. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω : 1) Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι πολύ καλύτερη, αφού η κάθε σύνδεση από κόμβο σε κόμβο μπορεί να μοιραστεί δυναμικά σε πακέτα πολλών επικοινωνιών συγχρόνως. 2) Μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους σταθμοί με διαφορετικές ταχύτητες, αφού ο καθένας συνδέεται με το υπόλοιπο δίκτυο με την ταχύτητα που μπορεί να επιτύχει. 3) Δεν απορρίπτονται πακέτα, όταν υπάρχει μεγάλος φόρτος στο δίκτυο, απλώς μειώνεται η απόδοση. 4) Μπορεί να δοθεί προτεραιότητα μετάδοσης σε πακέτα. Αυτό σημαίνει πως, αν υπάρχουν αποθηκευμένα σε κάποιον κόμβο πακέτα που περιμένουν να μεταδοθούν, ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα τα πακέτα με μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έτσι αυτά τα πακέτα θα μεταδοθούν με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα πακέτα με χαμηλότερη προτεραιότητα.

Πίνακας σύγκρισης μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου με χρήση datagram και με χρήση λογικού κυκλώματος

Μεταγωγή κυκλώματος	Μεταγωγή πακέτου με χρήση Datagram	Μεταγωγή πακέτου με χρήση λογικού κυκλώματος
Αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι
Η μετάδοση δεδομένων είναι συνεχής	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα
Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση
Τα μεταδιδόμενα μηνύματα δεν αποθηκεύονται ενδιάμεσα	Τα πακέτα μπορεί να αποθηκευτούν προσωρινά σε κόμβοι κώμβο	Τα πακέτα αποθηκεύονται μέχρι να μεταφερθούν
Το μονοπάτι εγκαθιδρύεται για ολόκληρη τη σύνδεση	Μια πορεία ορίζεται για κάθε πακέτο	Μια πορεία ορίζεται για όλα τα πακέτα
Πιθανή καθυστέρηση στην εγκαθίδρυση της επικοινωνίας αλλά στη συνέχεια η καθυστέρηση είναι ελάχιστη	Πιθανή καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων	Καθυστέρηση στην εγκαθίδρυση της σύνδεσης και στη μετάδοση των πακέτων
Δίνεται σήμα κατελημμένου στον αποστολέα, αν κατά τη εγκαθίδρυση της σύνδεσης ο παραλήπτης είναι απασχολημένος	Ο αποστολέας πιθανώς να ενημερωθεί, αν κάποιο πακέτο δε φτάσει στον προορισμό	Ο αποστολέας ενημερώνεται για πιθανή αποτυχία εγκαθίδρυσης σύνδεσης
Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου πιθανά να αποτρέψει την εγκαθίδρυση νέων συνδέσεων αλλά δεν επιβαρύνει τις ήδη εγκαθιδρυμένες	Ο μεγάλος φόρτος αυξάνει την καθυστέρηση όλων των μετακινούμενων πακέτων	Ο μεγάλος φόρτος πιθανά να αποτρέψει την εγκαθίδρυση νέων συνδέσεων και αυξάνει την καθυστέρηση όλων των μετακινούμενων πακέτων
Οι κόμβοι μεταγωγής είναι ηλεκτρομηχανικοί ή χειριζόμενοι από υπολογιστή	Οι κόμβοι μεταγωγής είναι σχετικά μικρής ισχύος	Οι κόμβοι μεταγωγής είναι σχετικά μικρής ισχύος
Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για την αποτροπή απώλειας μηνυμάτων	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για ανεξάρτητα πακέτα	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για ακολουθίες πακέτων
Συνήθως δεν προκύπτει καμία μεταβολή στην ταχύτητα της σύνδεσης ή στον κώδικα που χρησιμοποιείται	Η ταχύτητα της μετάδοσης καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μετάδοσης μπορούν να αλλάξουν	Η ταχύτητα της μετάδοσης καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μετάδοσης μπορούν να αλλάξουν
Το εύρος ζώνης μετάδοσης είναι σταθερό	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά
Δεν απαιτούνται επιπλέον bits ελέγχου μέσα στην πληροφορία μετά την εγκαθίδρυση επικοινωνίας	Υπάρχουν επιπλέον bits ελέγχου σε κάθε πακέτο	Υπάρχουν επιπλέον bits ελέγχου σε κάθε πακέτο

## ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΚΤΥΑ

**Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (ΔΕΠ) ή WAN - Wide Area Network :** Ως δίκτυο ευρείας περιοχής εννοούμε τα δίκτυα εθνικού ή και υπερεθνικού επιπέδου που συνήθως έχουν τη μορφή αραιού πλέγματος με κόμβους σε μεγάλα αστικά κέντρα μιας χώρας. Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (ΔΕΠ) είναι δίκτυα μέσα από τα οποία επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ κόμβων (που μπορεί να είναι αυτόνομοι υπολογιστές ή ολόκληρα Τοπικά Δίκτυα) που βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές. Οι γεωγραφικές αυτές περιοχές μπορεί να ξεπερνούν και τα σύνορα μιας χώρας. Λόγω της μεγάλης τους έκτασης τα ΔΕΠ εμπεριέχουν πολλά Τοπικά Δίκτυα - ΤΔ (Local Area Networks - LAN) και χρησιμοποιώντας διάφορες συσκευές καλύπτουν τις ανάγκες επικοινωνίας μεταξύ τους. Ένα ΔΕΠ αναλαμβάνει να φέρει σε πέρας την επικοινωνία μεταξύ κόμβων που ανήκουν σε απομακρυσμένα ΤΔ. Τα ΤΔ των οποίων οι κόμβοι θέλουν να επικοινωνήσουν είναι πιθανό να βρίσκονται : 1) Σε απομακρυσμένες γεωγραφικές περιοχές που ανήκουν σε ένα κράτος. 2) Σε διαφορετικά κράτη της ίδιας ηπείρου. 3) Σε διαφορετικά κράτη διαφορετικών ηπείρων. Το πιο απλό και γνωστό παράδειγμα ΔΕΠ είναι το δίκτυο Internet. Το δίκτυο αυτό είναι στην ουσία ένα Διαδίκτυο (όπως είναι και η Ελληνική του ονομασία) διότι διασυνδέει ΔΕΠ μεταξύ τους. Το Internet είναι και αυτό ένα μεγάλο ΔΕΠ που περιέχει πολλά μικρότερα ΔΕΠ τα οποία με τη σειρά τους περιέχουν πολλά ΤΔ. Τα ΔΕΠ που αποτελούν το Internet λέγονται και ραχοκοκαλιά ή κορμός (Backbone) του Internet διότι μέσα από αυτά μεταφέρονται μεγάλοι όγκοι πληροφορίας σε απομακρυσμένες, γεωγραφικά, περιοχές. Υλοποιούνται χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες : 1) Μεταγωγή κυκλώματος : Αποκλειστικό μονοπάτι για την επικοινωνία μέσω κόμβων (π.χ. τηλεφωνικό δίκτυο). 2) Μεταγωγή πακέτου : Τα δεδομένα στέλνονται ως ακολουθία από πακέτα που δρομολογούνται από κόμβο σε κόμβο. 3) Frame Relay. 4) ATM. 5) ISDN.

**Τοπικά δίκτυα (ΤΔ) ή LAN (Local Area Networks) :** είναι δίκτυα επικοινωνιών που αφορούν μια μικρή γεωγραφική περιοχή. Διασυνδέουν και παρέχουν τον τρόπο για την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε διαφορετικές συσκευές. Χρησιμοποιούν συνήθως την τεχνική ευρείας εκπομπής (broadcast) αντί της μεταγωγής, μιας και δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι μεταγωγής. Η μετάδοση γίνεται από έναν σταθμό προς όλους. Τα δεδομένα μεταδίδονται συνήθως σε πακέτα.

**Διαφορές ΔΕΠ (WAN) με Τοπικά Δίκτυα (LAN) :** Οι κυριότερες διαφορές ανάμεσα στα ΔΕΠ και τα ΤΔ είναι : 1) Τα ΤΔ καλύπτουν τις ανάγκες μιας περιορισμένης γεωγραφικά περιοχής, ενώ τα ΔΕΠ μιας πολύ ευρύτερης. 2) Εν γένει, τα ΤΔ χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα διαβίβασης μεγάλου όγκου πληροφορίας, δηλαδή είναι πολύ γρήγορα, ενώ τα ΔΕΠ μπορούν να διαβιβάσουν στον ίδιο χρόνο πολύ μικρότερο όγκο πληροφοριών, δηλαδή είναι πολύ πιο αργά. Με τη πάροδο όμως του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτή η διαφορά θα μειώνεται. 3) Τα ΤΔ κατά κανόνα χαρακτηρίζονται από μικρές καθυστερήσεις κατά τη διαβίβαση της πληροφορίας, ενώ τα ΔΕΠ χαρακτηρίζονται από πολύ μεγαλύτερες καθυστερήσεις. 4) Κατά τη διαβίβαση της πληροφορίας τα λάθη που συμβαίνουν στα ΤΔ είναι πολύ λιγότερα από αυτά που συμβαίνουν κατά τη διαβίβαση της πληροφορίας στα ΔΕΠ. 5) Διαφορετικές τεχνικές λύσεις λόγω της μικρής έκτασης του LAN (κτήριο ή συγκρότημα κτηρίων). 6) Το LAN ανήκει στον ίδιο οργανισμό που ανήκουν και οι διασυνδεδεμένες συσκευές. Για το WAN αυτό είναι σπάνιο. Είναι προσεκτική η επιλογή του LAN, λόγω της επένδυσης κεφαλαίου σε αυτό, ενώ η ευθύνη διαχείρισης του LAN είναι ευθύνη του χρήστη. 7) Οι εσωτερικοί ρυθμοί δεδομένων των LAN είναι συνήθως πολύ μεγαλύτεροι από αυτούς των WAN.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ISDN

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Τι είναι το ISDN :** Εδώ και μια δεκαετία περίπου, έχει κάνει στην Ελλάδα την εμφάνιση του ένα προηγμένο δίκτυο υπηρεσιών γνωστό ως ISDN. Στα αρχικά του στάδια το δίκτυο αυτό είχε πιλοτικό και πειραματικό χαρακτήρα. Η εξέλιξη του καθυστέρησε από τον Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος κυρίως εξαιτίας το απαρχαιωμένου αναλογικού τηλεφωνικού δικτύου. Όταν λοιπόν το δίκτυο του ΟΤΕ μετατράπηκε πλήρως σε ψηφιακό, το ISDN προωθήθηκε και υποστηρίχθηκε πολύ περισσότερο. Το ISDN (Integrated Services Digital Network), το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών, αποτελεί την εξέλιξη του Δημόσιου Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN - Public Switched Telephone Network) και παρέχει τη δυνατότητα υποστήριξης, με τη χρήση μιας μόνο τηλεφωνικής σύνδεσης, διαφόρων μορφών επικοινωνίας όπως φωνής, εικόνας, δεδομένων. Η χρήση του υφισταμένου Τηλεφωνικού Δικτύου επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση σε ένα Ψηφιακό Κέντρο του ανάλογου λογισμικού και υλικού. Το ISDN βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική δικτύου, η οποία προσφέρει ψηφιακή επικοινωνία από άκρη σε άκρη (end to end).

**Πλεονεκτήματα ISDN :** 1) Υψηλές ταχύτητες για μεταφορά δεδομένων, ήχου, εικόνας, και πρόσβαση στο Internet. 2) Υψηλή πιστότητα στη μεταφορά ήχου και εικόνας. 3) Αξιοπιστία στη μεταφορά δεδομένων. 4) Μείωση του χρόνου που οδηγεί σε σημαντική μείωση του κόστους. 5) Συμπληρωματικές υπηρεσίες (αναγνώριση κλήσης, πληροφορίες χρέωσης κλπ.) που διευκολύνουν τις καθημερινές ανάγκες επικοινωνίας. 6) Περισσότεροι από ένα αριθμοί κλήσης στην ίδια τηλεφωνική γραμμή (μέχρι 8 στην Βασική Πρόσβαση), οι οποίοι μπορούν να αντιστοιχηθούν με ισάριθμες τερματικές συσκευές (FAX G3, FAX G4, Εικονοτηλέφωνα, Τηλεφωνικές συσκευές, Η/Υ κ.λ.π.).

**Βασικά χαρακτηριστικά :** Τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου ISDN έχουν τις παρακάτω ιδιότητες : 1) Πλήρης ψηφιακή μετάδοση της πληροφορίας από άκρο σε άκρο με υψηλούς ρυθμούς. 2) Χρήση με τρόπο ενοποιημένο των υπηρεσιών φωνής, δεδομένων εικόνας και κειμένου μέσω μιας μόνο σύνδεσης. Παλιότερα για να επιτευχθεί οπτικοακουστική επικοινωνία και ταυτόχρονη μεταφορά δεδομένων θα χρειάζονταν τρεις ξεχωριστές γραμμές και δύο ανεξάρτητα δίκτυα (τηλέφωνο και δεδομένων). 3) Ποιοτική ψηφιακή μετάδοση, λιγότερο ευαίσθητη στα παράσιτα τόσο, στο τηλεφωνικό δίκτυο όσο και στη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των τερματικών των πελατών που επικοινωνούν μέσω ISDN. 4) Ασφαλέστερη μετάδοση. 5) Καλύτερη και πιο αποτελεσματική χρήση του τηλεφωνικού δικτύου. 6) Ταχύτητες μετάδοσης που ξεκινούν από τα 64 kbps και μπορούν να φτάσουν ως και 1920 kbps (βασική / πρωτεύουσα σύνδεση). Εξαρτώνται τόσο από το επιλεγμένο είδος πρόσβασης του συνδρομητή όσο και από τις δυνατότητες του παροχέα υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Service Provider). 7) 2 ή και περισσότερες γραμμές ταυτόχρονης επικοινωνίας (πολλαπλά κανάλια επικοινωνίας). 8) Σύνδεση πολλών τερματικών σε μια μόνο δισύρματη γραμμή μεταξύ εγκατάστασης, συνδρομητή και τοπικού κέντρου ISDN (τηλεφωνική συσκευή, fax, ηλεκτρονικός υπολογιστής, εικονοτηλέφωνο, ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο).

**Αρχές ISDN :** 1) Υποστήριξη εφαρμογών με φωνή και χωρίς φωνή, χρησιμοποιώντας ένα περιορισμένο σύνολο προτυποποιημένων υπηρεσιών : Η αρχή αυτή καθορίζει τόσο το σκοπό του ISDN όσο και τα μέσα επίτευξης. Το ISDN υποστηρίζει μια ποικιλία υπηρεσιών που σχετίζονται με τις επικοινωνίες φωνής (τηλεφωνικές κλήσεις) ή όχι (ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων). 2) Υποστήριξη μεταγώμενων και μη μεταγώμενων εφαρμογών : Υποστηρίζει τόσο μεταγωγή κυκλώματος όσο και μεταγωγή πακέτου. Υποστηρίζει και υπηρεσίες χωρίς μεταγωγή, μισθωμένες γραμμές. 3) Αξιοπιστία σε γραμμές των 64 kbps : Παρέχει συνδέσεις μεταγωγής κυκλώματος ή πακέτου στα 64 kbps. Επιλέχθηκε ως πρότυπος ρυθμός για ψηφιοποιημένη φωνή. Ο ρυθμός αυτός αν και χρήσιμος, είναι πλέον περιοριστικός. 4) Ευφυΐα στο δίκτυο : Σκοπός του ISDN δικτύου είναι να παρέχει σύνθετες υπηρεσίες πέρα από την απλή εγκατάσταση μιας κλήσης με μεταγωγή κυκλώματος. 5) Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων οργανωμένη σε στρώματα : Αρχιτεκτονική στρώματων που αντιστοιχούν στο μοντέλο OSI. Τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί για το OSI μπορούν να χρησιμοποιηθούν (π.χ. X.25 επίπεδο 3). Νέα πρότυπα βασίζονται σε υπάρχοντα (π.χ. το LAPD βασίζεται στο LAPB). Τέλος, πρότυπα μπορούν να αναπτυχθούν ξεχωριστά για κάθε στρώμα. 6) Ποικιλία διατάξεων : Περισσότερες από μια φυσικές διατάξεις είναι πιθανές για την υλοποίηση του ISDN.

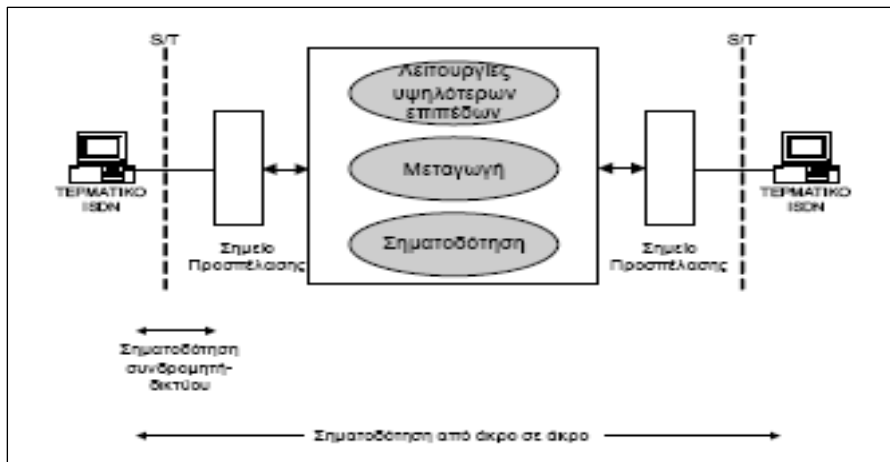
Αυτό επιτρέπει : Διαφορές στην εθνική πολιτική (μονοπώλιο έναντι ανταγωνισμού), διαφορές στην κατάσταση της τεχνολογίας, διαφορές στις ανάγκες και στον υπάρχοντα εξοπλισμό των πελατών.

**Στόχοι ISDN :** 1) Προτυποποίηση : Ανάγκη ύπαρξης μοναδικού συνόλου προτύπων ISDN για να είναι δυνατή η παγκόσμια πρόσβαση όσο και η ανάπτυξη επικερδούς εξοπλισμού. 2) Διαφάνεια : Η «διαφανής» μετάδοση επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύσσουν εφαρμογές και πρωτόκολλα με την πεποίθηση ότι δεν θα επηρεάζονται από το υποκείμενο ISDN. 3) Διαχωρισμός ανταγωνιστικών λειτουργιών : Διαχωρισμός λειτουργιών που θα μπορούσαν να παρέχονται ανταγωνιστικά με αυτές που αποτελούν βασικά τμήματα του ISDN. 4) Μισθωμένες και μεταγώμενες υπηρεσίες : Παροχή μισθωμένων από σημείο σε σημείο υπηρεσιών καθώς και μεταγόμενων. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη βελτίωση της υλοποίησης τεχνικών μεταγωγής και δρομολόγησης. 5) Κοστολόγια : Η τιμή των υπηρεσιών σχετίζεται με το κόστος και είναι ανεξάρτητη από τον τύπο δεδομένων. 6) Ομαλή μεταφορά : Δυνατότητα συνύπαρξης με τον προϋπάρχοντα εξοπλισμό. 7) Υποστήριξη πολυπλεξίας : Για τη δυνατότητα εξυπηρέτησης PBX (Private branch exchange) – Ιδιωτικό κέντρο μεταγωγής και LAN.

## ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ISDN

Όταν αναφερόμαστε στην τεχνολογία που διέπει το ISDN οφείλουμε να επισημάνουμε τους εξής τομείς της : 1) Την γενικότερη αρχιτεκτονική του. 2) Τις χρησιμοποιούμενες συσκευές (σε επίπεδο γενικών χαρακτηριστικών). 3) Τα σημεία αναφοράς του δικτύου ISDN. 4) Τα κανάλια μετάδοσης

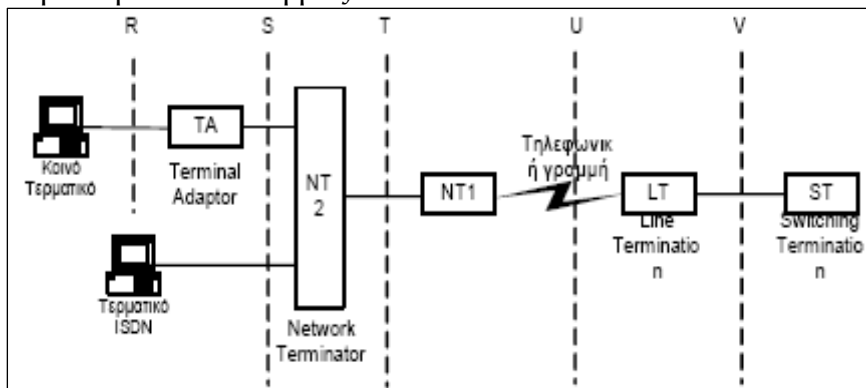
**Αρχιτεκτονική ISDN :** Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η χρησιμοποιούμενη αρχιτεκτονική του ISDN. Όπως



φαίνεται και στο σχήμα, σημαντικό ρόλο παίζει το S/T Interface, που είναι και το αρμόδιο για τη σύνδεση τερματικού στο ISDN. Τρεις είναι οι βασικές ενότητες που συνθέτουν τη λειτουργία του ISDN : Το δίκτυο, οι τερματικές μονάδες και οι κανόνες χρήσης και εμπορικής εκμετάλλευσης. Στην αρχιτεκτονική του ISDN τα σπουδαιότερα στοιχεία είναι : 1) Οι συσκευές που χρησιμοποιεί το δίκτυο και οι συσκευές των χρηστών. 2) Τα σημεία αναφοράς. 3) Τα σημεία διασύνδεσης

χρηστών και δικτύου. Ο αριθμός και ο τύπος των χρησιμοποιούμενων καναλιών μεταδόσεως. 4) Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

**Βασικά στοιχεία ISDN - Χρησιμοποιούμενες Συσκευές :** το παρακάτω σχήμα θα αποτελέσει οδηγό στην περαιτέρω ανάλυσή μας.



- **Συσκευή TE :** Με TE (Terminal Equipment) χαρακτηρίζουμε όλες τις τερματικές συσκευές, είτε αυτές είναι συμβατές με το ISDN, είτε όχι. Με TE1 χαρακτηρίζουμε τις τερματικές συσκευές που είναι συμβατές με το ISDN, ενώ αντιθέτως με TE2 τις μη συμβατές με ISDN συσκευές, όπως κοινές τερματικές συσκευές με V.24 interface ή απλές τηλεφωνικές συσκευές.
- **Συσκευή TA :** Η σύνδεση ενός τερματικού ISDN στο δίκτυο γίνεται μέσω του σημείου αναφοράς S σε αντίθεση με ένα απλό τερματικό το οποίο απαιτεί την προσθήκη ενός ειδικού μετατροπέα που ονομάζεται Terminal Adapter (TA). Οι θύρες επικοινωνίας μιας συσκευής TA μπορεί να είναι σειριακές V.24 V.36 V.21 κλπ ή αναλογικές θύρες για σύνδεση απλών τηλεφώνων, fax, τηλεφωνικών κέντρων κλπ.

- **Συσκευή NT2 :** Το NT2 (Network Termination 2) έρχεται σε επαφή με δύο σημεία αναφοράς. Το S προς τη πλευρά του τερματικού και το T προς την πλευρά του δικτύου. Οι βασικές λειτουργίες είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των πληροφοριών στις εγκαταστάσεις του χρήστη, όπως επίσης και ο έλεγχος προσπέλασης των πληροφοριών στο δίκτυο. Βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του χρήστη και επιλέγει λειτουργίες πολυπλεξίας ή και μεταγωγής πληροφορίας. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε το PABX που οι λειτουργίες του αντιστοιχούν στο NT2. Στην πράξη οι περισσότερες ISDN συσκευές εμφανίζουν ένα S/T Interface ή ένα U Interface καθώς έχουν ενσωματώσει NT1 και NT2 συσκευές.
- **Συσκευή NT1 :** Το NT1 (Network Termination 1) είναι το τελευταίο σημείο του δικτύου προς την πλευρά του χρήστη. Ανήκει στο δίκτυο και είναι το σημείο προσαρμογής των λειτουργιών του δικτύου με τις συσκευές του χρήστη. Στην πράξη πρόκειται για μια απλή συσκευή που μετατρέπει το δισύρματο U Interface στο τετρασύρματο S/T Interface.
- **LT (Line Termination) :** Βρίσκεται στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο και ανήκει στη γραμμή του κάθε συνδρομητή. Τη σύνδεση μεταξύ κέντρου και συνδρομητή περικλείουν από τη μία μεριά το LT και από την άλλη το NT1. Τα NT1 και LT έχουν στην αρμοδιότητα τους την παρακολούθηση της ποιότητας της μετάδοσης, την προστασία από τυχόν παρεμβάσεις κλπ.
- **ET ή ST :** Το ET (Exchange Termination) ή αλλιώς ST (Switching Termination) είναι το τοπικό κέντρο μεταγωγής του δικτύου ISDN. Εκεί που φθάνει η πληροφορία του χρήστη για να γίνει η πρώτη μεταγωγή. Τρεις είναι οι παράμετροι που προσδιορίζουν την ψηφιακή μεταγωγή στο κέντρο: η ταχύτητα, ο τρόπος που γίνεται η μεταγωγή (circuit ή packet switching) και ο τρόπος που αποκαθίσταται η επικοινωνία (κλήση με διεπιλογή, μόνιμη σύνδεση, reserved). Τρεις είναι οι τρόποι της σηματοδότησης που χρησιμοποιούνται : 1) Μεταξύ του χρήστη και του ISDN. 2) Μέσα στο ISDN (π.χ. μεταξύ των κόμβων του). 3) Από χρήστη σε χρήστη.

**Σημεία αναφοράς του δικτύου :** Τα σημεία αναφοράς του ISDN είναι τα σημεία διαχωρισμού βασικών λειτουργιών του δικτύου και περιγράφονται αναλυτικά στις συμβάσεις της ITU-T. Πέντε είναι τα σημεία αυτά, τα R, S, T, U, V.

- **Σημείο αναφοράς R :** Είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ ενός τερματικού (TE2) που δεν είναι συμβατό με το ISDN και ενός μετατροπέα (TA) που το συνδέει στο δίκτυο.
- **Σημείο αναφοράς S :** Είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ ενός ISDN τερματικού (TE1) και ενός NT2 ή μεταξύ του μετατροπέα TA και ενός NT2. Ο βασικός ρυθμός μετάδοσης εδώ είναι 144 kbps. Όμως δεν είναι υποχρεωμένα όλα τα τερματικά να χρησιμοποιούν αυτό το ρυθμό διότι απλούστατα μπορεί να μην τον χρειάζονται. Έτσι τίθεται θέμα διαμοιρασμού του ρυθμού μετάδοσης μεταξύ των διαφορετικών τερματικών. Το σημείο αναφοράς S βρίσκεται ακριβώς στο σημείο που γίνεται διαμοιρασμός της γραμμής του δικτύου σε περισσότερα τερματικά, εφόσον αυτό απαιτείται. Η δομή εδώ του βασικού ρυθμού μετάδοσης είναι του τύπου  $2*B+D$ .
- **Σημείο αναφοράς T :** Είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ του άκρου του δικτύου από πλευράς χρήστη NT2 και του άκρου από πλευράς δικτύου NT1 και είναι ισοδύναμο με το σημείο S. Βασικό στοιχείο του σημείου αναφοράς T είναι οι δύο ρυθμοί μετάδοσης που παρέχονται στους χρήστες : 144 kbps που ονομάζεται basic rate (βασικός ρυθμός), 1984 kbps που ονομάζεται primary rate (πρωτεύων ρυθμός). Η δομή της βασικής ταχύτητας (basic rate) του ISDN είναι :  $2*B + D = 2*64 + 16 = 144$  kbps. Στον πρωτεύοντα ρυθμό (primary rate), η πολυπλεγμένη δομή του είναι :  $30*B + D = 30*64 + 64 = 1984$  kbps. Εδώ και το κανάλι B και το κανάλι D είναι της τάξης των 64 kbps. Στο σημείο αυτό πρέπει να κάνουμε σαφή το διάκριση μεταξύ του «παρεχόμενου ρυθμού μετάδοσης» στο χρήστη και του «παρεχόμενου ρυθμού μετάδοσης της γραμμής». Σε κάθε περίπτωση ο ρυθμός της γραμμής είναι μεγαλύτερος του παρεχόμενου στο χρήστη. Για παράδειγμα αναφέρουμε την περίπτωση του primary rate όπου ο ρυθμός μετάδοσης της γραμμής είναι 2048 kbps, ενώ ο παρεχόμενος από το ISDN είναι 1984 kbps. Αυτό οφείλεται στο ότι το δίκτυο κρατάει για δική του χρήση μερικά bit. Ομοίως στο βασικό ρυθμό έχουμε 192 kbps στη γραμμή ενώ στο χρήστη 144 kbps.



- **Σημείο αναφοράς U :** Το U είναι το σημείο αναφοράς μεταξύ του NT1 και του LT, που μεταφέρει ISDN σήματα μέσω μεγάλου μήκους δισύρματης γραμμής μεταξύ του πλησιέστερου επικοινωνιακού κόμβου και της εγκατάστασης του συνδρομητή.
- **Σημείο αναφοράς V :** Το σημείο αναφοράς V βρίσκεται μεταξύ LT και ET και εξυπηρετεί τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις μεταξύ κόμβων ISDN που ανήκουν στον τηλεπικοινωνιακό οργανισμό.

**Κανάλια Μετάδοσης :** Η σύνδεση ενός συνδρομητή με το δίκτυο ISDN γίνεται μέσω μιας φυσικής γραμμής, η χωρητικότητα της οποίας διαιρείται σε κανάλια επικοινωνίας. Η ITU-T προσδιορίζει τρεις τύπους καναλιών : 1) Κανάλι B των 64 kbps. 2) Κανάλι D των 16 ή 64 kbps. 3) Κανάλι H των 384 ή 1536 ή 1920 kbps. Το κανάλι B είναι το κύριο κανάλι επικοινωνίας του συνδρομητή και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει data, φωνή σε ψηφιακή μορφή κλπ. Τρεις είναι οι κύριοι τύποι σύνδεσης που προσφέρει το κανάλι B : 1) Circuit switched, όπου χρησιμοποιείται το κανάλι D για την αποκατάσταση της σύνδεσης. 2) Packet switched, όπου ο συνδρομητής συνδέεται σε ένα κόμβο μεταγωγής πακέτων και η επικοινωνία ακολουθεί το πρωτόκολλο X.25. 3) Semipermanent, όπου προκαθορισμένες συνδέσεις μεταξύ συνδρομητών αποκαθίστανται από το δίκτυο. Αντιστοιχούν στις γνωστές αφιερωμένες γραμμές. Το κανάλι D έχει βασικό σκοπό να μεταφέρει τη σηματοδότηση (signaling) των κλήσεων του καναλιού B για circuit switched τύπο σύνδεσης. Επίσης εκτός από αυτό χρησιμοποιείται για μετάδοση data σε χαμηλές ταχύτητες. Το κανάλι H εξυπηρετεί μεταδόσεις που απαιτούν μεγάλες ταχύτητες όπως είναι η μετάδοση video, ήχου υψηλής ποιότητας, κλπ.

## ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ISDN

Το ISDN διατίθεται πανελλαδικά με 2 τύπους πρόσβασης, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να επιλέξουν την πρόσβαση που καλύπτει τις ανάγκες τους. Οι τύποι αυτοί είναι :

- **Βασική Πρόσβαση (Basic Rate Access / BRA) :** απευθύνεται σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, σε ελεύθερους επαγγελματίες και ιδιώτες. Οι πιο κοινές συνδέσεις των συνδρομητών στο ISDN γίνονται με τη χρήση δύο καναλιών B των 64 kbps και ενός D των 16 kbps με συνολική ταχύτητα 144 kbps.
- **Πρωτεύουσα Πρόσβαση (Primary Rate Access / PRA) :** απευθύνεται σε επιχειρήσεις και οργανισμούς με σύνθετες τηλεπικοινωνιακές απαιτήσεις και αυξημένη τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι οι 30 γραμμές επικοινωνίας που εξασφαλίζονται από τα 30 B κανάλια και αυτό τη διαφοροποιεί από την βασική πρόσβαση παρέχοντας συνολική ταχύτητα 2.048Mbps.

## ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ (NETMOD)

Ο πιο διαδεδομένος από τους δύο τρόπους πρόσβασης στο ISDN δίκτυο είναι η Βασική Πρόσβαση. Για να επιτευχθεί όμως σύνδεση στο ISDN δίκτυο είναι απαραίτητη η ύπαρξη Συσκευής Τερματισμού Δικτύου (NT1). Η συσκευή που χρησιμοποιείται στο δίκτυο του ΟΤΕ και καλύπτει τις ανάγκες ενός NT1, είναι το Netmod. Η συσκευή όμως αυτή, η οποία εγκαθίσταται στη πλευρά του συνδρομητή, δεν λειτουργεί μόνο σαν NT1. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει : 1) Διάταξη Τερματισμού γραμμής δικτύου 1 (Network Termination 1 / NT1). 2) Τερματικό προσαρμογέα ISDN (Terminal Adapter), μέσω του οποίου είναι δυνατό να συνδεθούν μέχρι δύο μη ISDN τηλεφωνικές συσκευές ή FAX G3. 3) Τερματικό προσαρμογέα ISDN (ISDN Modem T/A), που δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης H/Y μέσω σειριακής θύρας ή θύρας USB. Το Netmod διαθέτει : 1) δύο υποδοχές RJ-45 για τη σύνδεση τερματικών συσκευών ISON. Οι υποδοχές αυτές αποτελούν τις θύρες διασύνδεσης με το S-Bus της συσκευής. 2) δύο υποδοχές RJ-11 για σύνδεση αναλογικών τερματικών συσκευών. Οι υποδοχές αυτές αποτελούν τις αναλογικές θύρες (P1 και P2) της συσκευής. 3) μία υποδοχή RJ-11 για τη σύνδεση με τη δισύρματη γραμμή U. Το Netmod συνοπτικά προσφέρει τις εξής δυνατότητες και λειτουργίες : 1) Μετάδοση δεδομένων (data) στη σειριακή θύρα RS232 με ταχύτητες έως και 230.4 kbps προς και από τον H/Y που είναι συνδεδεμένος, για συνδέσεις σημείου - προς - σημείο ή πρόσβαση στο Internet. Σημειώνεται ότι οι περισσότεροι H/Y δεν υποστηρίζουν ταχύτητα 230.4 kbps στη σειριακή τους θύρα, με αποτέλεσμα η ταχύτητα να περιορίζεται στα 115.2 kbps. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η προσθήκη στον H/Y μιας περιφερειακής κάρτας, η οποία θα παρέχει σειριακή θύρα για την υποστήριξη της επιθυμητής ταχύτητας 230.4 kbps. 2) Μετάδοση δεδομένων (data) στη θύρα USB (που υποστηρίζει ταχύτητες έως και 12 Mbps) για πλήρη εκμετάλλευση του εύρους των 128 kbps. 3) Λειτουργία με

οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα (Linux, Windows 95 / 98 / NT κλπ.) χρησιμοποιώντας τυποποιημένα πρωτόκολλα. 4) Σύγχρονη - σε - ασύγχρονη μετατροπή πρωτοκόλλου PPP (Point - to - Point Protocol) για επικοινωνία 64 kbps. 5) Συνδυασμός των 2 B καναλιών μέσω του πρωτοκόλλου Multilink-PPP σε μια ζεύξη ρυθμού μετάδοσης έως και 128 kbps. 6) Διαφανής λειτουργία μεταξύ των B καναλιών και των θυρών διασύνδεσης με τον Η/Υ (RS232 ή USB). 7) Πρωτόκολλα καθορισμού εύρους ζώνης BACP/BAP. 8) Προσαρμογή εύρους ζώνης ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις συνθήκες μετάδοσης (Bandwidth on Demand). Το Netmod υποστηρίζει πλήρως όλες τις βασικές και πρόσθετες υπηρεσίες αλλά δεν είναι εκείνο το οποίο τις ενεργοποιεί ή τις απενεργοποιεί. Ο τρόπος με τον οποίο τις υποστηρίζει είναι ξεχωριστός για την καθεμία και εξαρτάται από τις ρυθμίσεις με τις οποίες είναι προγραμματισμένο. Οι περισσότερες προσφερόμενες υπηρεσίες είναι ενεργοποιημένες από default στο Netmod αλλά και εκείνες που δεν είναι, μπορούν να ενεργοποιηθούν εκ των υστέρων. Το Netmod λειτουργεί και σαν ISDN Modem οπότε κάνει δυνατή τη σύνδεση του χρήστη στο Internet μέσω της υπηρεσίας Dial - Up. Με χρήση πρωτοκόλλου PPP ή ML-PPP η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται σε ταχύτητες των 64 kbps ή 128 kbps αντίστοιχα, ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα κανάλια. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι το Netmod έχει ενσωματωμένο ISDN Modem και όχι αναλογικό (PSTN Modem). Αυτό σημαίνει ότι δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αναλογικό Modem. Με το Netmod όμως μπορεί να επιτευχθεί και επικοινωνία με άλλο Η/Υ για μεταφορά αρχείων μέσω Hyperterminal ή dial-up networking και χρησιμοποιώντας το D κανάλι, ενεργοποιώντας ορισμένες επιπλέον εντολές. Αυτή είναι μια λειτουργία του Netmod η οποία δεν είναι ευρύτερα γνωστή και για να ενεργοποιηθεί είναι αναγκαίες περαιτέρω οδηγίες φυλλαδίου του ΟΤΕ.

### **ISDN ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ (B - ISDN)**

Οι νέες ανάγκες για τηλεπικοινωνίες που συνεχώς προκύπτουν, η ανάγκη για την ολοκλήρωση εφαρμογών που με το ISDN στενής ζώνης (Narrowband) δεν καλύπτονται και η ανάπτυξη των οπτικών ινών, έφεραν στο προσκήνιο ένα νέο project που ονομάστηκε ISDN ευρείας ζώνης ή άλλως Broadband ISDN (B- ISDN). Η ITU - T ανέπτυξε τυποποιήσεις για Broadband ISDN με σκοπό την εξυπηρέτηση των εφαρμογών υψηλών απαιτήσεων. Αναλυτικότερα οι εφαρμογές που θα μπορούν να καλύπτονται από το δίκτυο είναι : 1) Τηλεοπτικά προγράμματα. 2) Videotext με κινούμενη εικόνα. 3) Τηλεφημερίδα. 4) Τηλεδιαφήμιση. 5) Τηλεκδόσεις. 6) Διανομή Data, Video και Audio. 7) Broadband βιντεοτηλέφωνο. 8) Επικοινωνίες πολυμέσων (Multimedia). 9) Ραδιοφωνία. 10) Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο όχι μόνο κειμένου αλλά και εικόνας και ήχου. 11) Real Time μηχανογραφικές εφαρμογές. 12) Τηλεσυνδιασκέψεις με ταυτόχρονη μετάδοση φωνής, εικόνας αλλά και κειμένου. 13) Όλα αυτά δε όχι μόνο μεταξύ δύο συνδρομητών του δικτύου, αλλά και μεταξύ ενός συνδρομητή και μιας ομάδας συνδρομητών, ή μεταξύ δύο ομάδων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Ασυμμετρικές Τεχνολογίες Πρόσβασης

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για δεκαετίες τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4.000Hz. Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως και στην περίπτωση του DSL. Το DSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Digital Subscriber Line και στην ουσία αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής. Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές επιδόσεις. Με το DSL επιτυγχάνονται υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (μέχρι και 52,8 Mbps από το Διαδίκτυο ή άλλο απομακρυσμένο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο προς το χρήστη -downstream- και 2,3 Mbps από το χρήστη προς το Διαδίκτυο -upstream- ενώ ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής.

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ xDSL

**ADSL :** Το ADSL, το οποίο προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Asymmetric Digital Subscriber Line, είναι αυτό που δίνεται στους περισσότερους απλούς χρήστες και στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή παρέχεται πιλοτικά από τον ΟΤΕ με μοναδική υπηρεσία το Fast Internet. Η τεχνολογία ADSL εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας τη δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής. Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται με ασύμμετρο τρόπο, δηλαδή προσφέρει διαφορετικό ρυθμό για τη λήψη (μέχρι 8 Mbps downstream) και διαφορετικό για την αποστολή δεδομένων (640 kbps upstream). Το σημαντικότερο είναι ότι το εύρος ζώνης δεν το μοιραζόμαστε, αλλά είναι εξ' ολοκλήρου στη διάθεσή μας. Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η απόδοση του ADSL εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του χρήστη από τον τηλεπικοινωνιακό παροχέα και φθάνει τα : 1,5 Mbps για απόσταση 5,5 km, 2,0 Mbps για απόσταση 4,9 km, 6,3 Mbps για απόσταση 3,6 km, 8,4 Mbps για απόσταση 2,7 km

**HDSL :** Το ακρωνύμιο HDSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων High-bit-rate Digital Subscriber Line και σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρικό και προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για τη αποστολή όσο και για τη λήψη. Ωστόσο, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3,5 km. Μια άλλη βασική διαφορά από το ADSL είναι ότι απαιτείται η εγκατάσταση 2 τηλεφωνικών γραμμών (2 συνεστραμμένα καλώδια).

**SDSL :** Το SDSL, Single-line Digital Subscriber Line, είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps), που απαιτεί όμως μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού. Για το λόγο αυτό, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km.

**VDSL :** Το VDSL, Very-high-data-rate Digital Subscriber Line, βρίσκεται ακόμη σε φάση ανάπτυξης και υπόσχεται να δώσει εντυπωσιακά μεγαλύτερες ταχύτητες που μπορεί να φτάνουν τα 52 Mbps, με περιορισμό όμως τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του χάλκινου αγωγού. Ανάλογα με την υλοποίηση, το VDSL δε μπορεί να ξεπερνά το 1,5 km και οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται για τη λήψη από 13 έως 52 Mbps και για την αποστολή από 1,5 έως 2,3 Mbps.

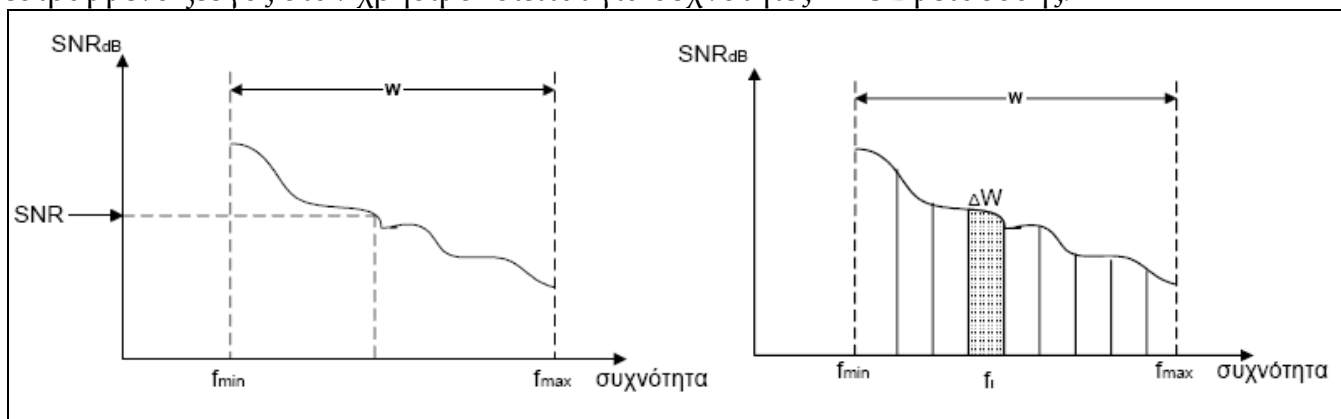
**ADSL και υπάρχουσα υποδομή :** Η τεχνολογία Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) προσπαθεί να επιλύσει το πρόβλημα της στενωπού του δικτύου που παρουσιάζεται στα τελευταία χιλιόμετρα του δικτύου πρόσβασης μεταξύ του Παροχέα Πρόσβασης Δικτύου και του χρήστη των υπηρεσιών δικτύου. Χρησιμοποιεί το πιο κοινό μέσο μετάδοσης δηλαδή τα συνεστραμμένα καλώδια χαλκού του τηλεφωνικού δικτύου πετυχαίνοντας υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (μέχρι και 8 Mbps) που δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες

των δικτύων να κάνουν πράξη προηγμένες επικοινωνιακές εφαρμογές εξασφαλίζοντας παράλληλα απόδοση και αξιοπιστία με χαμηλό κόστος.

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ADSL

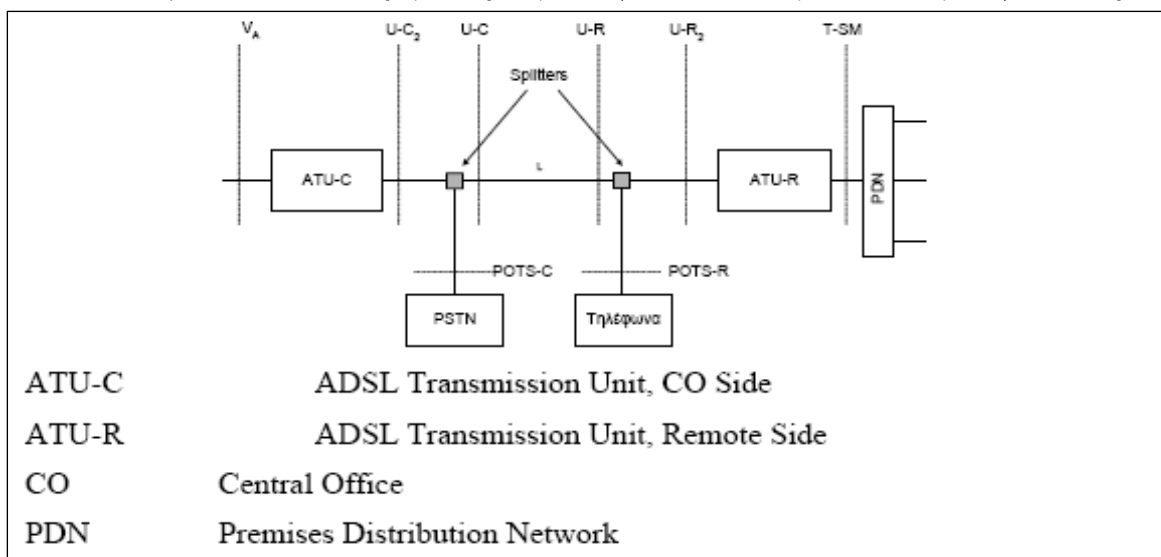
**Φιλοσοφία του ADSL :** Η φιλοσοφία του ADSL είχε προταθεί στην αρχή της δεκαετίας από αναλυτές μελετών από τα εργαστήρια AT&T και Bell και το Πανεπιστήμιο Stanford και στηρίζεται σε ένα κανάλι υψηλού ρυθμού με καθοδική κατεύθυνση προς τον πελάτη και ένα με χαμηλότερο ρυθμό από τον πελάτη προς το δίκτυο (με ανοδική κατεύθυνση). Το κανάλι υψηλής ταχύτητας με καθοδική κατεύθυνση και το κανάλι χαμηλής ταχύτητας με ανοδική κατεύθυνση περιέχουν ψηφιακές πληροφορίες. Στο ADSL έχουμε πολύπλεξη την ψηφιακής πληροφορίας με ένα κανάλι αναλογικής φωνής δίνοντας τη δυνατότητα στους πελάτες να διατηρούν την υπηρεσία ενώ ταυτόχρονα έχουν πρόσβαση στις ψηφιακές υπηρεσίες του ADSL. Αυτό επιτυγχάνεται με πολύπλεξη στην συχνότητα μεταξύ τηλεφωνικής υπηρεσίας και ADSL μετάδοσης και είτε με πολύπλεξη στην συχνότητα είτε με καταστολή ηχούς μεταξύ ανοδικού και καθοδικού ADSL καναλιού.

**Συχνότητες ADSL μετάδοσης :** Στηριζόμενοι στο θεώρημα του Shannon γνωρίζουμε ότι ο ρυθμός σε ένα κανάλι εξαρτάται από το εύρος ζώνης και τον λόγο σήματος προς θόρυβο ( $C = B * \log_2(1 + S/N)$ ). Και βασικότερη παράμετρος στο να αυξηθεί το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης φτάνοντας μέχρι και το 1 MHz ήταν η χρήση των μικροεπεξεργαστών, η οποία επέτρεψε αφ' ενός την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζονται στις συχνότητες αυτές, αφ' ετέρου δε την πολύπλεξη των διαφορετικών συχνοτήτων με την βοήθεια του FFT. Στα ακόλουθα σχήματα είναι φανερή η διαφορά μεταξύ ενός καναλιού στο οποίο η εξασθένιση δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την συχνότητα και ενός στο οποίο συμβαίνει το αντίθετο, όπως το συνεστραμμένο ζεύγος όταν χρησιμοποιείται για συχνότητες ADSL μετάδοσης.



## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ADSL

**Γενική Αρχιτεκτονική :** Αρχικά η τεχνολογία ADSL είχε αναπτυχθεί για να προσφέρει υπηρεσίες Video-on-



demand με ρυθμό μετάδοσης downstream (από το CO προς τον χρήστη) της τάξης των 1.544 Mbps και ρυθμό μετάδοσης upstream (από τον χρήστη στο CO) από 16 kbps έως 64 kbps. Στη διπλανή Εικόνα δείχνεται η βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ADSL όπως περιγράφεται από το

PSTN	Public Switched Telephone Network
POTS-C	Διεπιφάνεια μεταξύ του PSTN και του splitter στην πλευρά του CO
POTS-R	Διεπιφάνεια μεταξύ του PSTN και του splitter στην πλευρά του remote
T-SM	Διεπιφάνεια μεταξύ του ATU-R και των Service Modules
U-C	Διεπιφάνεια U στην πλευρά του CO
U-C <sub>2</sub>	Διεπιφάνεια U στην πλευρά του CO από τον Splitter στο ATU-C
U-R	Διεπιφάνεια U στην πλευρά remote
U-R <sub>2</sub>	Διεπιφάνεια U στην πλευρά remote από τον Splitter στο ATU-R
V <sub>A</sub>	Διεπιφάνεια V, στην πλευρά του CO από τον κόμβο πρόσβασης στην υπηρεσία δικτύου

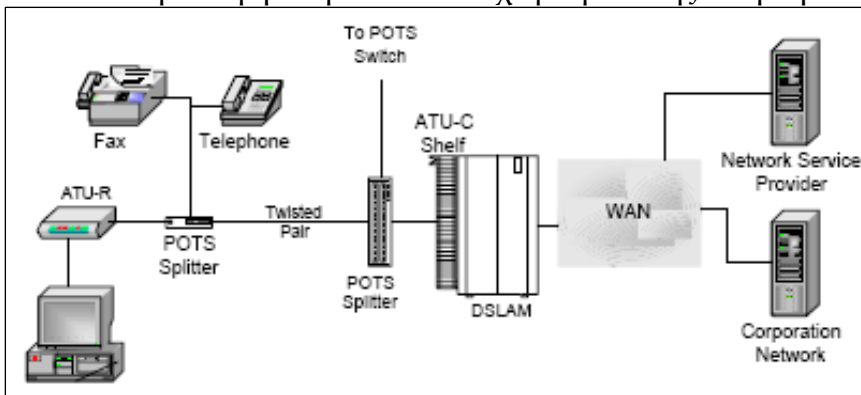
ADSL Forum. Βασικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι επιτρέπεται η μετάδοση τηλεφωνικών υπηρεσιών (αναφέρονται ως POTS : Plain old telephone service). Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι ότι οι υπηρεσίες που παρέχονται από ένα σύστημα ADSL,

συμπεριλαμβανομένης και της ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων, είναι ευρυζωνικές υπηρεσίες (για παράδειγμα υπηρεσίες video on demand ή προσπέλαση του διαδικτύου με υψηλές ταχύτητες). Η πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες πραγματοποιείται εκτός των διακοπών του CO (Central Office) ή LE (Local Exchange), λύνοντας έτσι το πρόβλημα της συμφόρησης στο τηλεφωνικό δίκτυο και στους διακόπτες μεταγωγής. Αυτό το σημείο πρόσβασης ονομάζεται DSLAM (DSL access module). **Στην παραπάνω εικόνα δείχνονται, επίσης, οι διεπαφές μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του δικτύου.** Το B-interface είναι μια άμεση διεπαφή και δηλώνει μια πιθανή βοηθητική είσοδο, όπως για παράδειγμα ένα set top box. Η διεπαφή T-SM μεταξύ του ATU-R και του service module μπορεί και να ταυτίζεται με την διεπαφή T κυρίως όταν το service module είναι ολοκληρωμένο μέσα στο ATU-R. Εάν υφίσταται η διεπαφή T-SM τότε μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου για κάθε ATU-R, για παράδειγμα ένα ATU-R μπορεί να έχει δύο τύπου ηλεκτρικές συνδέσεις όπως 10Base-T ή V.35. Με παρόμοιο τρόπο, η διεπαφή T μεταξύ Premises Distribution Network και τερματικές συσκευές μπορεί επίσης να απουσιάζει εάν η τερματική συσκευή είναι με κάποιο τρόπο ολοκληρωμένη μέσα στο ATU-R. Οι διάφορες U διεπαφές μπορούν και να μην υπάρχουν εάν η συσκευή του splitter είναι μέρος των ATU συσκευών ή στην περίπτωση που αφαιρεθεί τελείως ο splitter. Επίσης, οι διεπαφές V μπορεί να είναι λογικές διεπαφές παρά φυσικές, πράγμα που ισχύει κυρίως για την V<sub>A</sub> στην περίπτωση που το DSLAM εκτελεί λειτουργίες πολύπλεξης ή μεταγωγής. Εάν η διεπαφή V<sub>C</sub> προς τους παροχείς των υπηρεσιών είναι φυσική τότε επιτρέπεται να πάρει διάφορες μορφές (όπως για παράδειγμα TCP/IP ή ATM) προσαρμοσμένες στο δίκτυο υπηρεσιών.

**Λειτουργία και εφαρμογές του POTS splitter :** Ο POTS splitter χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα κανάλια upstream και downstream από το τηλεφωνικό κανάλι, δηλαδή για να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός από 300 KHz μέχρι τα 3,5 MHz. Στο φάσμα αυτό, ο POTS splitter εκτός των σημάτων φωνής πρέπει να επιτρέπει και την διέλευση των τόνων dial, ringing και των σημάτων on/off hook. Η δομή του POTS splitter είναι πανομοιότυπη και για το ATU-R και για το ATU-C. Αποτελείται κυρίως από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο για την διεπαφή του POTS και από ένα υψιπερατό φίλτρο για τα κανάλια upstream και downstream. Το χαμηλοπερατό φίλτρο αφαιρεί, από το κανάλι POTS, την παρεμβολή των καναλιών upstream και downstream. Το υψιπερατό φίλτρο αφαιρεί, από τα κανάλια upstream και downstream, την παρεμβολή από το κανάλι POTS. Επίσης θα πρέπει να αποφευχθεί η εισαγωγή των αρμονικών, που δημιουργούν τα σήματα ringing και των on/off hook, στα κανάλια upstream και downstream. Ο POTS splitter μπορεί να είναι ενσωματωμένος στις διατάξεις ATU-R. Το ATU-R συνδέεται με την τηλεφωνική γραμμή και πραγματοποιεί τον διαχωρισμό των καναλιών POTS και ADSL. Το κανάλι POTS δρομολογείται προς τις τηλεφωνικές συσκευές του συνδρομητή. Κάθε κανάλι ADSL πρέπει να συνδεθεί με ένα service module. Ο POTS splitter μπορεί να υλοποιηθεί και εξωτερικά σε ένα ATU-R. Μια τέτοια αρχιτεκτονική παρέχει την ευελιξία της θέσης του ATU-R, καθώς και της αποφυγής της μετάδοσης του καναλιού ADSL μέσα από τις εσωτερικές καλωδιώσεις του συνδρομητή. Χαμηλής ποιότητας καλωδίωση μπορεί να μειώσει αισθητά την απόδοση του συστήματος.

## DSLAM :

- **Αρχιτεκτονική :** Η βασική μορφή καθώς και οι λειτουργίες ενός DSLAM δεν έχουν καλυφθεί πλήρως από κανένα ADSL ή γενικά xDSL standard. Η βασική ιδέα του DSLAM είναι η εξυπηρέτηση πολλαπλών ATU-Cs ή και HTU-Cs. Πέραν τούτου, οι λειτουργίες που θα εκτελεί καθώς και ο τρόπος που θα τις εκτελεί, εξαρτάται αποκλειστικά από τον κατασκευαστή. Αυτό σημαίνει ότι όλο το πεδίο γύρω από τις λειτουργίες ενός DSLAM είναι ασαφές, με τα περισσότερα προϊόντα να υποστηρίζουν μερικές βασικές λειτουργίες. Το DSLAM καταλαμβάνει μια θέση κλειδί σε ολόκληρη την αρχιτεκτονική του δικτύου ADSL. Όλη η κίνηση από και προς τους χρήστες διεκπεραιώνεται μέσω του DSLAM. Όλη η κίνηση από και προς τους εξυπηρετητές του δικτύου πίσω από το DSLAM περνάει επίσης μέσω αυτού. Το DSLAM εκτελεί λειτουργίες ολοκλήρωσης της ADSL κίνησης ανεξάρτητα από τον τύπο δεδομένων που μεταφέρει, είτε πρόκειται για δεδομένα είτε για φωνή. Το μόνο που βλέπει το DSLAM είναι ATM κελιά στην U διεπαφή. Τα κελιά αυτά πολυπλέκονται σε μια κοινή ανοδική σύνδεση η οποία επικοινωνεί με έναν ATM διακόπτη.
- **POTS splitter σε DSLAM :** Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός ADSL δικτύου με έμφαση στο διαχωρισμό της τηλεφωνικής κίνησης από την ADSL κίνηση.



Η ύπαρξη των POTS Splitter επιτρέπει την συνύπαρξη των ADSL σημάτων με τα τηλεφωνικά. Είναι απαραίτητη η παρουσία ενός POTS Splitter και στις δύο άκρες του συνεστραμμένου καλωδίου. Στην μία άκρη της σύνδεσης το POTS Splitter συνδυάζει τα δύο σήματα, ενώ στην άλλη άκρη γίνεται ο διαχωρισμός των σημάτων. Ουσιαστικά, τα POTS Splitter αποτελούν συσκευές τριών θυρών περιέχοντας ένα δυκατευθυντήριο υπερυπερατό φίλτρο και ένα δυκατευθυντήριο χαμηλοδιαβατό φίλτρο. Το POTS Splitter μπορεί να είναι είτε μερικώς είτε πλήρως ολοκληρωμένο σε ένα ATU-R ή ATU-C. Έτσι, από την πλευρά του DSLAM τα POTS Splitter αποτελούν ένα subrack στο οποίο γίνεται ο διαχωρισμός των σημάτων και τα τηλεφωνικά σήματα οδεύουν προς τον POTS διακόπτη ενώ τα ADSL σήματα οδηγούνται προς τα ATU-Cs όπου και πολυπλέκονται και διοχετεύονται στο δίκτυο κορμού.

- **Σχεδίαση DSLAM :** Η σχεδίαση ενός DSLAM βασίζεται σε τρεις κυρίως παράγοντες : 1) Ο συνολικός αριθμός των απαιτούμενων DSL θυρών (access links). 2) Ο συνολικός αριθμός των απαιτούμενων trunk θυρών (trunk links). 3) Συνολική κίνηση που προσφέρεται στο διακόπτη (το άθροισμα όλων των ρυθμών των θυρών - total ports). Το μέγεθος του DSLAM καθορίζεται από την ικανότητα διαχείρισης της κίνησης καθώς και από τον αριθμό των θυρών. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός ολόκληρης της αρχιτεκτονικής του δικτύου ADSL σε τρία μέρη, ιδίως από την σκοπιά του DSLAM. Το μοντέλο αυτό τα ATU-Rs, ή άλλες xDSL συσκευές όπως ένα HTU-R, συνθέτουν το Service user (SU) τμήμα του δικτύου. Τα ATU-Cs, HTU-Cs, ή άλλες διεπαφές του DSLAM συνθέτουν το Network Access Provider (NAP) τμήμα του δικτύου. Το δίκτυο πρόσβασης και γενικά τα δίκτυα μέσω των οποίων παρέχονται οι υπηρεσίες αποτελούν το Network Service Provider (NSP) τμήμα. Ο κεντρικός ρόλος του DSLAM σαν NAP είναι η πραγματοποίηση της σύνδεσης μεταξύ του χρήστη και του παροχέα της υπηρεσίας.

**Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο :** Κατά την διάρκεια μιας ADSL σύνδεσης αποστέλλεται κάθε 17 msec ένα superframe (υπερπλαίσιο) (περίπου 59 το δευτερόλεπτο) που αποτελείται από 68 ADSL frames (πλαίσια). Τα ADSL πλαίσια περιέχουν και τα δύο "fast" (ήχος και βίντεο, που είναι ευαίσθητα σε καθυστερήσεις και απαιτούν οι καθυστερήσεις να είναι όσο το δυνατόν περιορισμένες) και "interleaved" (για παράδειγμα ιστοσελίδες, που είναι συνήθως ευαίσθητες σε σφάλματα αλλά ανεκτικές σε καθυστερήσεις) bits. Το ερώτημα που γεννιέται τώρα είναι τι βρίσκεται μέσα στα ADSL πλαίσια. Το ADSL Forum έχει ορίσει 4 διαφορετικούς τρόπους διανομής (distribution modes) για όλες τις xDSL τεχνολογίες

συμπεριλαμβανομένου και την ADSL. Οι τρόποι διανομής καθορίζουν ποια μορφή θα πάρουν τα bits μέσα στα ADSL πλαίσια πριν αποσταλούν. Στην επόμενη ερώτηση παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των τεσσάρων αυτών τρόπων διανομής.

- Ο πρώτος τρόπος διανομής είναι ο bit synchronous mode που είναι ταυτόχρονα και ο πιο απλός. Ο όρος synchronous θέλει να δηλώσει ότι κάθε bit που τοποθετείται στον buffer (είτε πρόκειται για τον "fast" είτε για τον "interleaved" buffer δεδομένων) μιας συσκευής στο ένα άκρο της σύνδεσης (για παράδειγμα το ATU-R) θα εμφανιστεί στον buffer της συσκευής στο άλλο άκρο της σύνδεσης (το ATU-C). Το ADSL forum προτείνει ο "fast" buffer να λειτουργεί 10 φορές γρηγορότερα απ' ό τι ο "interleaved" buffer. Η ADSL σύνδεση λειτουργεί πάντα με σταθερή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, αυτό που καλούμε constant bit rate (CBR). Η ADSL σύνδεση μπορεί να χωριστεί σε κανάλια χρησιμοποιώντας την τεχνική TDM (Time Division Multiplexing) δημιουργώντας time slots μέσα στα ADSL πλαίσια.
- Ο δεύτερος τρόπος διανομής είναι ο packed adapter mode. Η μόνη διαφορά που υπάρχει, παρατηρείται στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή. Ειδικότερα, η διαφορά με το bit synchronous mode είναι ότι τώρα οι συσκευές στην πλευρά του χρήστη αποστέλλουν και λαμβάνουν πακέτα και όχι απλά συρμούς από bits. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να συνδεθεί από την πλευρά του χρήστη ένα SOHO ή και ένα τοπικό δίκτυο (LAN). Έτσι, πακέτα από πολλές πηγές και από πολλούς προορισμούς (στο δίκτυο του συνδρομητή) μπορούν να μοιραστούν ένα LS1 κανάλι σε μια ADSL σύνδεση. Βέβαια, το ATU-R χαρτογραφεί τα πακέτα σε σταθερά κανάλια, και στην περίπτωση που στην άλλη άκρη πίσω από το DSLAM βρίσκεται ένας Internet Router η επεξεργασία των πακέτων γίνεται πιο αποτελεσματική.
- Ο τρίτος τρόπος διανομής του σχήματος είναι ο end-to-end packed mode. Η κύρια διαφορά με τον packed adapter mode είναι ότι τώρα τα πακέτα πολυπλέκονται μέσα στο ADSL κανάλι. Τα πακέτα του χρήστη πρέπει να είναι τα ίδια με αυτά του παροχέα των υπηρεσιών στην άλλη άκρη της σύνδεσης. Το πρωτόκολλο στο οποίο βασίζεται αυτός ο τρόπος σύνδεσης είναι κυρίως το TCP/IP πρωτόκολλο.
- Ο τελευταίος τρόπος διανομής είναι ο Asynchronous transfer mode (ATM), ή καλύτερα end-to-end ATM mode. Εδώ η πληροφορία τοποθετείται σε ATM κελιά και όχι σε IP πακέτα. Από την μεριά του CO, το ATU-C μεταβιβάζει τα κελιά σε ένα ATM δίκτυο. Μέσα στα ATM κελιά μπορεί να βρίσκονται IP πακέτα (Το ADSL forum έχει υιοθετήσει το IP point-to-point over ATM πρωτόκολλο για αυτόν τον τρόπο διανομής). Το ADSL δίκτυο πρέπει όμως να επεξεργαστεί τα ATM κελιά προκειμένου να δημιουργήσει τα ADSL πλαίσια.

**ADSL και ATM :** Για την μεταφορά ATM κελιών από πομποδέκτες σύμφωνους με τις ADSL PHY συστάσεις, θα πρέπει τα κανάλια να μπορούν να αρχικοποιηθούν ανεξάρτητα, σε οποιοδήποτε ρυθμό μετάδοσης ο οποίος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο των 32 Kbps μέχρι ένα ανώτατο ρυθμό που έχει καθοριστεί κατά την διαδικασία αποκατάστασης της κλήσης (start-up). Επίσης, για κάθε κανάλι ο ρυθμός μετάδοσης upstream και downstream μπορεί να καθοριστεί ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Σύμφωνα με το T1.413 της ANSI και το G.992.1 της ITU, παρέχονται ένα "interleaved" κανάλι και ένα "fast" κανάλι που αντιστοιχούν σε κανάλια με χαμηλό ρυθμό εμφάνισης σφαλμάτων (BER: Bit Error Rate) αλλά με μεγάλη καθυστέρηση, καθώς και σε κανάλια με υψηλότερο ρυθμό εμφάνισης σφαλμάτων με μικρότερη όμως καθυστέρηση αντιστοίχα. Για την μεταφορά μόνο ATM πακέτων πάνω από ADSL, όλοι οι πομποδέκτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το ATM0 κανάλι (AS0 downstream και LS0 upstream).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κάθε είδους κτίρια ανεξάρτητα από την αποστολή τους και το μέγεθός τους, από την αρχή της δεκαετίας του '70 άρχισαν να εφοδιάζονται εκτός από το ηλεκτρικό δίκτυο και με ένα συνεχώς επεκτεινόμενο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο. Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο στην σημερινή του μορφή είναι το δίκτυο μέσα από το οποίο ταξιδεύουν ρεύματα που μεταφέρουν σήματα διαφόρων κατηγοριών τα οποία δεν είναι κατ' αποκλειστικότητα μόνο τηλεφωνικά. Το δίκτυο των υπολογιστών είναι επίσης άλλο ένα τέτοιο δίκτυο όπως επίσης και τα δίκτυα ασφάλειας. Σε γενικές γραμμές τα δίκτυα που υπάρχουν σήμερα είναι : 1) Τηλεφωνικό με όλες τις νέες εφαρμογές. 2) Ηλεκτρονικών υπολογιστών. 3) Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου. 4) Συστημάτων Ασφαλείας. 5) Συστημάτων Ανακοινώσεων, Μουσικής, Video κλπ. Η αύξηση του αριθμού των διαφόρων δικτύων οφείλεται στις δυνατότητες που παρέχει σε νέες οικονομικές εφαρμογές η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των επικοινωνιών και η διαμόρφωση νέων κοινωνικών συνθηκών και αναγκών. Η εξελικτική αυτή πορεία δημιούργησε έναν κυκλώνα από πολλά ανεξάρτητα μεταξύ τους ηλεκτρικά δίκτυα τα οποία άρχισαν να δημιουργούν δυσεπίλυτα προβλήματα και στη σχεδίαση αλλά και στην χρήση και εκσυγχρονισμό τους.

**Τι είναι δομημένη καλωδίωση :** ξέρουμε ότι δεν είναι δυνατόν να σχεδιαστεί καθένα από όλα τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα χωρίς να είναι γνωστό από την αρχή με ακρίβεια η χρήση κάθε χώρου εντός του κτιρίου και η ακριβής θέση εγκατάστασης του κάθε μηχανήματος ή συσκευής. Επίσης ξέρουμε ότι για κάθε δίκτυο χρησιμοποιούνται τελείως διαφορετικά καλώδια ενώ τα υλικά τερματισμού και συνδέσεως των καλωδίων ακολουθούν την ίδια και μεγαλύτερη πολυμορφία. Συνήθως παρατηρείται και το φαινόμενο μηχανήματα που προορίζονται για την ίδια ακριβώς λειτουργία και προέρχονται από διαφορετικού κατασκευαστές, να πρέπει να συνδεθούν με ξεχωριστό τρόπο στο δίκτυο ή ακόμα και να μην συνεργάζονται αρμονικά με άλλες συσκευές του δικτύου. Για τους λόγους αυτούς, γεννήθηκε η ανάγκη για ένα κοινό πρότυπο πάνω στο οποίο θα βασιζόταν η σχεδίαση των δικτύων. Η ανάγκη για ενοποίηση των δικτύων ανεξαρτήτως μεγέθους και τύπου σε ένα ενιαίο δίκτυο οδήγησε σε ένα νέο τύπο δικτύου που λόγω της κατασκευής του ονομάστηκε "Δομημένη Καλωδίωση". Η χρήση δομημένης καλωδίωσης (structured cabling) κατά την εγκατάσταση ενός δικτύου, διασφαλίζει την αποτελεσματική διαχείριση του δικτύου, καθώς και την εύκολη επέκτασή του εάν κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο.

### ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΜΗΜΕΝΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Τα κύρια χαρακτηριστικά του νέου τύπου δικτύου, το οποίο λόγω της κατασκευής του επικράτησε να λέγεται «Δομημένη Καλωδίωση», είναι τα ακόλουθα : 1) Το δίκτυο καλύπτει επιτυχώς τις απαιτήσεις των τηλεπικοινωνιακών συσκευών και ακολουθεί το κτίριο για περισσότερο από 10 χρόνια χωρίς την ανάγκη μετατροπών ή αχρηστεύσεως τμημάτων του δικτύου. 2) Εάν υπάρχει ανάγκη επεκτάσεως, αυτή να γίνεται εύκολα και χωρίς ή με ελάχιστες διαταραχές στο υφιστάμενο δίκτυο. 3) Τα δομικά υλικά του δικτύου είναι απολύτως τυποποιημένα, κατασκευάζονται βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών και η αποδέσμευση λόγω της τυποποίησεως από συγκεκριμένους κατασκευαστές, έκανε τις τιμές ανταγωνιστικότερες και την διαθεσιμότητα των υλικών μεγαλύτερη. 4) Το δίκτυο είναι εξ ορισμού τελείως ανεξάρτητο από την τεχνολογία κατασκευής και την προέλευση των μηχανημάτων που θα συνδεθούν μέσω αυτού. Το δίκτυο επίσης μπορεί να σχεδιαστεί χωρίς να υπάρχει λεπτομερής γνώση για το είδος, τον τρόπο λειτουργίας, την ακριβή θέση και τον αριθμό των συσκευών που πρόκειται να εγκατασταθούν. Το δίκτυο δηλαδή, όσον αφορά την σχεδίαση και εγκατάσταση, γίνεται τελείως ανεξάρτητο από τα μηχανήματα που συνδέει και οι μηχανικοί δικτύων δεν απαιτείται πέραν των γενικών γνώσεων να κατέχουν πλήρως τα της λειτουργίας των μηχανημάτων αυτών ούτε με λεπτομέρεια τις θέσεις εγκαταστάσεως. 5) Όλα τα μηχανήματα πλην των τερματικών συσκευών είναι συγκεντρωμένα, ούτως ώστε τόσο η συντήρηση όσο και η διαχείριση να γίνονται ταχύτερα, απλούστερα και με ελάχιστη παρενόχληση από τους χρήστες. 6) Η αρχιτεκτονική του δικτύου είναι Ιεραρχικού Αστέρος. Δηλαδή όλα τα καλώδια ξεκινούν από τον καταναμητή και καταλήγουν στις πρίζες χωρίς να έχουν ενδιάμεσες συνδέσεις ή διακλαδώσεις. Εάν υπάρχει λόγος οι καταναμητές να

συνδεθούν με κεντρικότερο κατανεμητή η σύνδεση γίνεται πάλι με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή, οι μικροί κατανεμητές συνδέονται με τον κεντρικότερο κατανεμητή με ευθείες διαδρομές καλωδίων. Εάν απαιτείται σύνδεση με ακόμη κεντρικότερο κατανεμητή, αυτό επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο.

## ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Διάφορα φυσικά μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματική μετάδοση. Το καθένα από αυτά έχει τη δική του θέση όσον αφορά στο εύρος ζώνης, στην καθυστέρηση, στο κόστος και στην ευκολία εγκατάστασης και συντήρησής τους. Τα μέσα αυτά διακρίνονται σε διπλαγωγούς, ομοαξονικά καλώδια και οπτικές ίνες.

**Ομοαξονικό Καλώδιο :** (coaxial cable). Επινοήθηκε το 1929 και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1941 από την AT&T για την εγκατάσταση της διηπειρωτικής επικοινωνίας. Αποτελείται από έναν εσωτερικό αγωγό ο οποίος περιβάλλεται από μονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό περιβάλλεται από κυλινδρικό αγωγό ο οποίος έχει τη μορφή ενός πυκνού πλέγματος. Ο εξωτερικός αγωγός καλύπτεται με τη σειρά του από ένα πλαστικό προστατευτικό κάλυμμα. Και οι δυο αγωγοί μοιράζονται έναν κεντρικό άξονα και για το λόγο αυτό ονομάζεται ομοαξονικό καλώδιο. Το ομοαξονικό καλώδιο έχει εύρος ζώνης τα 400Mhz και είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στην εξωτερική παρεμβολή. Χρησιμοποιείται για να συνενώσει αποστάσεις 300-600 μέτρων και το κόστος του είναι χαμηλό. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως στην αγορά. Τα μειονεκτήματά του είναι ότι είναι αρκετά χοντρό για καλώδιο και ότι μερικές φορές είναι δύσκολο στην εγκατάσταση. Ο πιο κοινός τύπος connector που χρησιμοποιείται είναι ο BNC. Υπάρχουν δύο είδη ομοαξονικού καλωδίου. Το λεπτό ομοαξονικό καλώδιο και το χοντρό. Το ομοαξονικό καλώδιο θεωρείται ως ένα από τα πιο ευέλικτα μέσα μετάδοσης και οι πιο σημαντικές εφαρμογές του είναι : 1) Η μακρινής αποστάσεως τηλεφωνία και μετάδοση τηλεοπτικού σήματος. 2) Η διανομή τηλεοπτικού σήματος. 3) Η καλωδίωση τοπικών δικτύων. 4) Η μικρού μήκους σύνδεση συστημάτων. Εξαιτίας της μόνωσής του και της ομόκεντρης κατασκευής του, το ομοαξονικό καλώδιο επηρεάζεται λιγότερο από τις παρεμβολές και τον θόρυβο από ότι το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους.

**Καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους :** αποτελείται από δύο μονωμένα χάλκινα σύρματα τοποθετημένα σε μία κανονική σπειροειδή διάταξη. Ένα ζεύγος συρμάτων αυτού του είδους αποτελεί ένα μοναδιαίο επικοινωνιακό σύνδεσμο. Συνήθως ένας αριθμός από τέτοια ζεύγη ομαδοποιούνται σε ένα καλώδιο τυλίγοντας τα με μία ανθεκτική προστατευτική επικάλυψη. Όταν πρόκειται για μεγάλες αποστάσεις τα καλώδια μπορούν να περιέχουν εκατοντάδες ζευγών. Η συστροφή των ανεξάρτητων ζευγαριών ελαχιστοποιεί την ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή μεταξύ τους. Το συνεστραμμένο ζεύγος αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέσο μετάδοσης τόσο αναλογικών όσο και ψηφιακών δεδομένων. Αποτελεί την βάση του τηλεφωνικού συστήματος και χρησιμοποιείται και για την δημιουργία τοπικών δικτύων. Όταν μεταδίδονται μέσω του ζεύγους αναλογικά σήματα είναι απαραίτητη η χρήση ενισχυτών κάθε 5 με 6 χιλιόμετρα. Στην περίπτωση μετάδοσης ψηφιακών σημάτων είναι απαραίτητη η χρήση επαναληπτών κάθε 2 ή 3 χιλιόμετρα. Το ζεύγος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στις παρεμβολές και στον θόρυβο που προέρχονται από ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι διπλαγωγοί προσφέρουν ευκολία στην εγκατάσταση και είναι ικανοί για συνδέσεις μέχρι 100 μέτρα. Διακρίνονται σε 5 κατηγορίες βάσει χαρακτηριστικών. 1) Category 1 Voice Only (Telephone Talk). 2) Category 2 Data to 4Mbps (Local Talk). 3) Category 3 Data to 10Mbps (Ethernet). 4) Category 4 Data to 20Mbps (16Mbps Token Ring). 5) Category 5 Data to 100Mbps (Fast Ethernet). 6) Category 6 Data to 1Gbps (Gigabit Ethernet). Η κατηγορία 5 συναντάται συνήθως σε 10Mbps Ethernet δίκτυα.

**Οπτική Ίνα :** είναι ένα λεπτό (2 έως 125  $\mu\text{m}$ ), εύκαμπτο μέσο ικανό να μεταφέρει μία οπτική ακτίνα. Για την κατασκευή της χρησιμοποιείται πλαστικό και γυαλί διαφόρων ειδών. Ένα καλώδιο οπτικής ίνας έχει κυλινδρικό σχήμα και αποτελείται από τρεις ομόκεντρους τομείς, τον πυρήνα (core), την επένδυση (cladding) και το χιτώνιο (jacket). Ο πυρήνας είναι ο εσωτερικότερος τομέας και αποτελείται από μία ή περισσότερες πολύ λεπτές ίνες γυαλιού ή πλαστικού. Κάθε ίνα έχει την δική της επένδυση από γυαλί ή πλαστικό με οπτικές ιδιότητες διαφορετικές από αυτές του πυρήνα. Το χιτώνιο είναι ο εξωτερικός τομέας του καλωδίου και περικλείει τις επενδυμένες ίνες. Αποτελείται από πλαστικό και άλλα υλικά με στόχο την

προστασία των ινών από περιβαλλοντικούς κινδύνους όπως η υγρασία, οι πιέσεις κ.λπ. Η κατασκευή πρακτικών επικοινωνιακών συστημάτων οπτικής ίνας αποτέλεσε μία από τις μεγαλύτερες προόδους στον τομέα της μετάδοσης δεδομένων. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα καλώδια οπτικών ινών από τα δύο προηγούμενα είδη καλωδίων είναι : 1) Μεγαλύτερο εύρος ζώνης. 2) Μικρό μέγεθος και βάρος. 3) Μικρή εξασθένηση σήματος. 4) Προστασία έναντι ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. 5) Μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ επαναληπτών. Η χρήση καλωδίων οπτικών ινών είναι ιδιαίτερα ευεργετική για τις παρακάτω 5 βασικές κατηγορίες εφαρμογών : 1) Κεντρικούς διαύλους μεγάλου μήκους (Long haul trunks). Οι διαυλοι αυτοί έχουν μέσο μήκος 1500 χιλιόμετρα και μεταφέρουν 20 έως 60 χιλιάδες κανάλια φωνής. 2) Κεντρικούς διαύλους αστικής περιοχής (Metropolitan trunks). Οι διαυλοι αυτοί έχουν μέσο μήκος 12.5 χιλιόμετρα και μεταφέρουν έως 100 χιλιάδες κανάλια φωνής. 3) Κεντρικούς διαύλους επαρχιών (Rural exchange trunks). Οι διαυλοι αυτοί έχουν μήκος από 40 έως 160 χιλιόμετρα και μεταφέρουν έως 5 χιλιάδες κανάλια φωνής, χρησιμοποιούνται δε στην σύνδεση επαρχιακών πόλεων και χωριών. 4) Τοπικούς βρόγχους (Local loops). Τοπικός βρόγχος είναι η σύνδεση από το κέντρο στον συνδρομητή. Η χρήση οπτικών ινών σε αυτές τις συνδέσεις επιτρέπει την μεταφορά προς τον συνδρομητή όχι μόνο φωνής και δεδομένων αλλά και ακίνητης και κινούμενης εικόνας. 5) Τοπικά δίκτυα. Η χρήση οπτικών ινών στα τοπικά δίκτυα επιτρέπει ταχύτητες άνω των 100 Mbps και υποστήριξη εκατοντάδων σταθμών.

Η οπτική ίνα μεταδίδει μία ακτίνα φωτός μέσω του φαινομένου της ολικής εσωτερικής ανάκλασης (total internal reflection). Το φως από κάποια πηγή εισέρχεται στον γυάλινο ή πλαστικό πυρήνα της ίνας και οι ακτίνες με μικρή ακτίνα ανακλώνται και μεταδίδονται κατά μήκος της ίνας ενώ όλες οι άλλες ακτίνες απορροφούνται από την επένδυση. Αυτό το είδος ονομάζεται πολύτροπη (multimode) μετάδοση, λόγω της πληθώρας των γωνιών που επιτρέπουν την ανάκλαση. Όσο μειώνεται η ακτίνα του πυρήνα της οπτικής ίνας τόσο λιγότερες γωνίες προκαλούν ανάκλαση. Αν η ακτίνα του πυρήνα μειωθεί στην τάξη μεγέθους του μήκους κύματος τότε μόνο μία γωνία μπορεί να ανακλαστεί και είναι αυτή που αντιστοιχεί στην αξονική ακτίνα (axial ray). Ο τρόπος αυτό μετάδοσης ονομάζεται μονοτροπική (single mode) μετάδοση. Η μονοτροπική μετάδοση έχει πολύ καλύτερη απόδοση από την πολυτροπική. Υπάρχει και ένας τρίτος, ενδιάμεσος, τρόπος μετάδοσης που ονομάζεται πολυτροπική βαθμωτού δείκτη (multimode graded index) μετάδοση. Σε αυτή η ανάκλαση είναι μεταβλητή επιτρέποντας έτσι την αποδοτικότερη εστίαση των ακτίνων. Στα οπτικά συστήματα ως πηγές φωτός χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί μηχανισμοί, το LED (Light Emitting Diode) και το ILD (Injection Laser Diode).

**Μικροκυματική ζεύξη :** αποτελείται από δύο κεραίες μικροκυμάτων που έχουν σχήμα παραβολικού «πάτου» και οι οποίες βρίσκονται σε ευθεία θέασης (line of sight) η μία με την άλλη. Τα μικροκύματα μεταδίδονται μεταξύ τους μέσω μιας στενής ακτίνας, οι δε κεραίες συνήθως τοποθετούνται αρκετά υψηλότερα από το έδαφος ώστε να αυξάνεται η απόσταση μεταξύ τους και να γίνεται δυνατή η μετάδοση των μικροκυμάτων πάνω από παρεμβαλλόμενα εμπόδια. Για να επιτευχθεί μεγάλου μήκους μετάδοση γίνεται χρήση σειρών πολλαπλών πύργων αναμετάδοσης (relay towers) που σχηματίζουν έτσι μικροκυματικές συνδέσεις σημείου-προς-σημείο. Η κύρια χρήση των επίγειων μικροκυματικών ζεύξεων είναι οι μεγάλου μήκους τηλεπικοινωνίες όπου οι ζεύξεις χρησιμοποιούνται σαν αντικαταστάτης του ομοαξονικού καλωδίου για την μεταφορά φωνής και τηλεοπτικού σήματος. Οι πιο κοινές συχνότητες που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση είναι μεταξύ 2 και 40 GHz, που δίνουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 2 έως και πάνω από 274 Mbps. Η κύρια πηγή προβλημάτων στις ζεύξεις είναι η μείωση της ισχύος του σήματος. Η μείωση αυτή μεταβάλλεται σε σχέση με το τετράγωνο της απόστασης και επηρεάζεται πολύ από την βροχόπτωση. Μία άλλη πηγή προβλημάτων είναι η παρεμβολή που προκαλείται λόγω επικάλυψης των περιοχών μετάδοσης.

**Δορυφορική ζεύξη :** Ένας δορυφόρος τηλεπικοινωνιών είναι στην πραγματικότητα ένας σταθμός αναμετάδοσης μικροκυμάτων. Χρησιμοποιείται για την σύνδεση δύο ή περισσότερων επίγειων μικροκυματικών πομπών / δεκτών. Ο δορυφόρος δέχεται μεταδόσεις σε μία ζώνη συχνοτήτων (uplink), ενισχύει (σε περίπτωση αναλογικής μετάδοσης) ή επαναλαμβάνει (σε περίπτωση ψηφιακής μετάδοσης) το σήμα και το αναμεταδίδει σε μία άλλη συχνότητα (downlink). Ένας τροχιακός δορυφόρος λειτουργεί σε έναν αριθμό ζωνών συχνοτήτων που ονομάζονται transponder channels. Υπάρχουν δύο συνήθεις χρήσεις

δορυφορικών ζεύξεων. Στην πρώτη περίπτωση, ο δορυφόρος παρέχει μια σύνδεση σημείου-προς-σημείο μεταξύ δύο απομακρυσμένων επίγειων σταθμών. Στη δεύτερη περίπτωση, παρέχει επικοινωνία μεταξύ ενός επίγειου πομπού και ενός αριθμού επίγειων δεκτών. Για την επιτυχή λειτουργία ενός επικοινωνιακού δορυφόρου, υπάρχει η γενική απαίτηση να βρίσκεται σε σταθερή θέση σε σχέση με κάποιο επίγειο σημείο. Δύο δορυφόροι που λειτουργούν στο ίδιο εύρος ζώνης πρέπει να απέχουν μεταξύ τους ικανή απόσταση ώστε να μην προκαλούνται παρεμβολές. Ο τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος αποτελεί τεχνολογική επανάσταση αντίστοιχη με αυτή της χρήσης οπτικών ινών. Μεταξύ των πιο σημαντικών εφαρμογών του είναι : 1) Η διανομή τηλεοπτικού σήματος. 2) Η τηλεφωνική μετάδοση μεγάλου μήκους. 3) Η δικτύωση ιδιωτικών επιχειρήσεων. Οι δορυφορικές ζεύξεις παρουσιάζουν αρκετές ιδιαιτερότητες με πιο σημαντικές την καθυστέρηση διάδοσης που φτάνει τα 240 έως 300 ms από τον επίγειο πομπό έως τον επίγειο δέκτη και την broadcast φύση του μέσου.

**Ραδιοφωνική Ζεύξη :** Η βασική διαφορά μεταξύ της ραδιοφωνικής και της μικροκυματικής ζεύξης είναι ότι η πρώτη γίνεται προς κάθε κατεύθυνση ενώ η δεύτερη είναι εστιαζόμενη. Οι ραδιοφωνικές ζεύξεις χρησιμοποιούν συχνότητες της VHF και UHF ζώνης και συγκεκριμένα από 30 MHz έως 1 GHz. Εκτός των τυπικών χρήσεων τους, οι ραδιοφωνικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται και για την δημιουργία packet radio συστημάτων που κάνουν χρήση επίγειων κεραιών για την σύνδεση πολλών περιοχών σε ένα δίκτυο μετάδοσης δεδομένων. Για την επικοινωνία ψηφιακών δεδομένων το κύριο μειονέκτημα που παρουσιάζει η χρήση ραδιοφωνικών ζεύξεων είναι ο μικρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, που βρίσκεται στη περιοχή των kilobit αντί για την περιοχή των megabit. Η κύρια πηγή προβλημάτων των ραδιοφωνικών ζεύξεων είναι η παρεμβολή πολλαπλών μονοπατιών (multipath interference).

## ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στοιχεία της δομής του τηλεπικοινωνιακού συστήματος καλωδίωσης αποτελούν τα ακόλουθα υποσυστήματα :

**Οριζόντια Καλωδίωση :** Είναι το τμήμα του δικτύου που συνδέει τις τηλεπικοινωνιακές πρίζες των χώρων εργασίας, με τους κατανεμητές ορόφου. Περιλαμβάνει τον κατανεμητή ορόφου, τις καλωδιώσεις μεταξύ αυτού και των τηλεπικοινωνιακών πριζών, τις τηλεπικοινωνιακές πρίζες, τις διατάξεις τερματισμού των καλωδίων στους κατανεμητές ορόφου και τις πρίζες και την μεικτονόμηση με ενεργό εξοπλισμό. Η τοπολογία της Οριζόντιας Καλωδίωσης Ορόφου είναι ιεραρχικού αστέρα, με κέντρο τον κατανεμητή ορόφου. Σε περιπτώσεις ορόφων με πολύ λίγες πρίζες, αυτές μπορούν να συνδεθούν στους κατανεμητές του προηγούμενου ή επόμενου ορόφου. Συνήθως τοποθετείται ένας τουλάχιστον κατανεμητής ανά όροφο ή επιφάνεια ορόφου 1000 τ.μ.

**Κατακόρυφη Καλωδίωση :** Η κατακόρυφη καλωδίωση προορίζεται να παρέχει διασυνδέσεις μεταξύ κατανεμητών ορόφων, χώρου τηλεπικοινωνιακών συσκευών και σημείου εισαγωγής στο κτίριο. Η κατακόρυφη καλωδίωση αποτελείται από τα καλωδιακά μέσα μετάδοσης, τα ενδιάμεσα και το κύριο σημείο μεικτονόμησης και τους μηχανικούς τερματισμούς των καλωδίων κορμού. Επίσης η κατακόρυφη καλωδίωση περιλαμβάνει και τα καλωδιακά μέσα μεταξύ κτιρίων, στην περίπτωση που οι κατανεμητές, η αίθουσα επικοινωνιακού εξοπλισμού και η εισαγωγή κτιρίου βρίσκονται σε διαφορετικά κτίρια.

**Υποσύστημα Θέσης Εργασίας :** Τα στοιχεία που αποτελούν τη θέση εργασίας, εκτείνονται από το τέλος της οριζόντιας καλωδίωσης, που είναι η πρίζα, ως τον εξοπλισμό της θέσης εργασίας, που μπορεί να είναι οποιοσδήποτε τύπος συσκευών, όπως τηλέφωνα, τερματικά και υπολογιστές. Επειδή η καλωδίωση της θέσης εργασίας (από την πρίζα στη συσκευή) είναι συνήθως προσωρινή, πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί εύκολα να αλλαχθεί. Η πρακτική που συνίσταται εδώ είναι το ελεύθερο καλώδιο. Το μέγιστο μήκος του καλωδίου της θέσης εργασίας έχει καθοριστεί στα 3μ. Όμως το όριο αυτό μπορεί να αυξηθεί αρκεί να μην καταστρατηγείται ο περιορισμός για μέγιστη απόσταση 100μ. (απόσταση πρίζας-κατανεμητή ορόφου +μήκος καλωδίου θέσης εργασίας) και να έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το οριζόντιο καλώδιο. Όταν στη θέση εργασίας απαιτούνται προσαρμογές, αυτές πρέπει να γίνονται εξωτερικά στην πρίζα. Αυτό διευκολύνει την τήρηση ομοιομορφίας στην οριζόντια καλωδίωση και παρέχει τη δυνατότητα χρήσης της για διαφορετικούς τύπους συνδέσεων.

**Κατανεμητής :** Ο κατανεμητής γενικά είναι ένας χώρος σε κάθε όροφο ενός κτιρίου που προορίζεται για τη διασύνδεση της οριζόντιας καλωδίωσης με την κατακόρυφη καλωδίωση, ενώ μπορεί να αποτελεί ένα ενδιάμεσο ή το κύριο σημείο μεικτονόμησης για διαφορετικά τμήματα του συστήματος κατακόρυφης καλωδίωσης. Κάθε κτίριο πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον ένα κατανεμητή, χωρίς να υπάρχει άνω όριο στο πλήθος των κατανεμητών που μπορεί να υπάρχουν. Ένας κατανεμητής θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ανά όροφο. Πρόσθετοι κατανεμητές είναι δυνατόν να υπάρχουν όταν η εξυπηρετούμενη επιφάνεια του ορόφου υπερβαίνει κάποια όρια, τυπικά τα 1000τ.μ. ή η απόσταση του κατανεμητή από την πιο ακραία θέση εργασίας υπερβαίνει τα 90μ. Κάθε κατανεμητής πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητα τα ακόλουθα παθητικά στοιχεία : 1) Μεταλλικό ικρίωμα με διαστάσεις επαρκείς για τη στέγαση των στοιχείων, που προορίζονται να αναρτηθούν σ' αυτό και με δυνατότητα ασφάλισης. 2) Σύνθετα πλαίσια μεικτονόμησης (modular patch panels) για τον τερματισμό της οριζόντιας καλωδίωσης. 3) Οπτικό κατανεμητή για τη σύνδεση οπτικών ινών της κατακόρυφης καλωδίωσης. 4) Οριολωρίδες για τον τερματισμό πολύξυγων UTP κάθετων καλωδίων. 5) Οδηγούς καλωδίων για την οργάνωση των καλωδίων μεικτονόμησης.

**Χώρος συσκευών επικοινωνίας :** Ο χώρος συσκευών επικοινωνίας είναι το δωμάτιο εκείνο του κτιρίου, που φιλοξενεί τα κεντρικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα, που είναι απαραίτητο να συνδεθούν στο σύστημα καλωδίωσης ασθενών ρευμάτων του κτιρίου. Κάθε κτίριο περιλαμβάνει ένα τουλάχιστον χώρο συσκευών επικοινωνίας. Ο χώρος συσκευών επικοινωνίας πρέπει να βρίσκεται κοντά στην όδευση της καλωδίωσης κορμού με την οποία και συνδέεται. Στο χώρο πρέπει να υπάρχει δυνατότητα κλιματισμού για τις ανάγκες των συσκευών και να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή εισροής σκόνης. Η τροφοδοσία ισχύος του χώρου πρέπει να εξασφαλίζεται από ειδική παροχή ξεχωριστού πίνακα καθώς επίσης ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δίνεται στη σωστή γείωση.

**Σημείο Εισαγωγής στο Κτίριο :** Το σημείο εισαγωγής αποτελείται από τα καλώδια, τον εξοπλισμό διασύνδεσης, για τις συσκευές προστασίας και οτιδήποτε άλλο εξοπλισμό απαιτείται για τη σύνδεση του κτιρίου με τον έξω κόσμο. Το σημείο εισαγωγής ουσιαστικά αποτελείται από την εισαγωγή του ΟΤΕ στο κτίριο, καθώς και το σημείο εισόδου, που παρέχει τη σύνδεση μεταξύ των κτιρίων (διακτιριακή) και στην ενδοκτιριακή κατακόρυφη καλωδίωση και λέγεται ενδοκτιριακό σημείο εισόδου. Η θέση του χώρου εισαγωγής, είναι προτιμότερο να βρίσκεται όσο πλησιέστερα γίνεται στην κατακόρυφη καλωδίωση.

**Γειώσεις :** Αναπόσπαστο στοιχείο ενός συστήματος καλωδίωσης αποτελούν οι γειώσεις που το προστατεύουν. Εκτός από την προστασία του ανθρώπινου προσωπικού και του εξοπλισμού από επικίνδυνες τάσεις, οι γειώσεις μπορούν να μειώσουν την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής από και προς το τηλεπικοινωνιακό σύστημα καλωδίωσης. Ακατάλληλη γείωση μπορεί να ευνοήσει παρεμβολή επαγωγικών τάσεων στα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα. Η γείωση πρέπει να είναι συνδεδεμένη στο ενιαίο σύστημα γείωσης του ηλεκτρικού συστήματος του χώρου, έτσι ώστε να είναι η ίδια για όλες τις συνδεδεμένες συσκευές : 1) Τα κουτιά των κατανεμητών πρέπει να είναι γειωμένα για την ασφάλεια του προσωπικού, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας. 2) Καλώδια FTP γειώνονται μόνον μέσω patch panel και όχι και από άλλα ενδιάμεσα σημεία του καλωδίου ή της πρίζας. 3) Τα patch panels γειώνονται σε ειδικό αγωγό γειώσεως επάνω στον οποίον συνδέεται επίσης το σώμα του ικρίωματος, το κουτί, οι πόρτες κλπ. Οι συνδέσεις γίνονται με πολύκλωνα καλώδια γειώσεων ελάχιστης διατομής 2,5 χιλιοστών. 4) Στην περίπτωση που υπάρχουν στο δίκτυο πολλές γειώσεις πρέπει να είναι ισοδυναμικές ή να μην υπάρχει μεταξύ τους διαφορά μεγαλύτερη του 1V RMS.

## **ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

**Hub :** είναι μια δικτυακή συσκευή που επιτρέπει την διασύνδεση πολλών υπολογιστών σχηματίζοντας ένα δίκτυο. Είναι ένα μικρό τετράγωνο κουτί που τροφοδοτείται με ρεύμα από υποδοχή στον τοίχο. Οι υπολογιστές μπορούν να επικοινωνούν απευθείας ο ένας με τον άλλον μέσω αυτού του δικτύου. Περιλαμβάνει μια σειρά από θύρες στις οποίες τοποθετούνται τα καλώδια του δικτύου. Μικρά hub μπορούν να εξυπηρετήσουν έως και 4 υπολογιστές. Ο υπολογισμός γίνεται βάσει του αριθμού των θυρών που διαθέτει κάθε hub. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει έξτρα θύρα για τη διασύνδεση hub μεταξύ τους. Μεγαλύτερα hub μπορούν να έχουν από 8-24 θύρες. Το πιο συνηθισμένο είδος hub είναι το Ethernet hub. Τα hub θεωρούνται

ως συσκευές επιπέδου 1 του OSI Model. Τα hub διαχωρίζονται σε 3 κατηγορίες. Τα παθητικά, τα ενεργητικά και τα έξυπνα. Τα παθητικά hub ή αλλιώς 'συγκεντρωτές' απλά παραλαμβάνουν τα εισερχόμενα πακέτα και τα στέλνουν σε όλες τις συσκευές του δικτύου. Τα ενεργητικά hub ή 'πολύθυροι επαναλήπτες' ενισχύουν το ηλεκτρικό σήμα των εισερχόμενων πακέτων πριν τους διαδώσουν στο δίκτυο. Τα έξυπνα hub είναι εύκολα αποθηκευσιμα και παρέχουν υποστήριξη από απόσταση. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των hub είναι το χαμηλό κόστος τους.

**Switches (Μεταγωγείς) :** Η συσκευή switch είναι μια μικρή συσκευή που επιτυγχάνει διασύνδεση υπολογιστών σε χαμηλό επίπεδο. Τεχνικά, οι switches λειτουργούν στο επίπεδο 2 (Data Layer) του OSI Model. Οι συσκευές αυτές επιτρέπουν σε κάθε χρήστη να στέλνει πληροφορίες στο δίκτυο χωρίς να καθυστερεί τους άλλους χρήστες και χωρίς να επιβαρύνει τις λειτουργίες τους. Μοιάζουν πολύ με τα hub, αλλά είναι ικανά να επιβλέπουν τα πακέτα δεδομένων που παραλαμβάνουν, να επαληθεύουν τον αποστολέα και τον παραλήπτη και να τα προωθούν. Τα switches εξοικονομούν εύρος δικτύου με το να αποστέλλουν μηνύματα μόνο στην συσκευή που πρέπει και όχι σε ολόκληρο το δίκτυο.

**Router (δρομολογητής) :** Ως router θεωρούμε ένα ειδικού σκοπού υπολογιστή ο οποίος κατευθύνει τα πακέτα δεδομένων στο δίκτυο. Είναι συσκευές που μπορούν να ανιχνεύσουν εάν μέρος του δικτύου δεν λειτουργεί ή βρίσκεται σε συμφόρηση και να επανακατευθύνουν την πληροφορία. Οι routers επιτρέπουν την διασύνδεση δικτύων με διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ο router είναι η μόνη συσκευή που ουσιαστικά βλέπει κάθε μήνυμα που αποστέλλεται και από τις δύο πλευρές του δικτύου. Διασφαλίζει ότι η πληροφορία θα φτάσει στον προορισμό της και απαγορεύει την πρόσβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο, απαγορεύοντας μη αναγκαία πληροφορία να μεταφέρεται από δίκτυο σε δίκτυο. Οι routers συνδέουν πολλαπλά δίκτυα LAN και έχει πρόσβαση στις network addresses. Ένας πίνακας απόφασης είναι ένα από τα βασικά εργαλεία του router για να γνωρίζει που θα αποσταλούν τα πακέτα. Στην σύνθεση ενός router περιέχονται και κανόνες για τη διασφάλιση του δικτύου οι οποίοι όμως δεν είναι αρκετοί και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και firewalls. Υπάρχουν δυο τύποι routing, ο στατικός και ο δυναμικός. Στατικό ονομάζουμε το routing όταν υπάρχει ένας σταθερός τρόπος που δρομολογούνται τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση του δικτύου. Αντίθετα, στον δυναμικό τρόπο, λαμβάνεται υπ' όψιν η κατάσταση δικτύου και υπάρχει επαναδρομολόγηση εάν αυτό κριθεί απαραίτητο.

**Bridges :** χρησιμοποιούνται για να διασυνδέσουν LAN τουλάχιστον επιπέδου 2 του OSI Model. Διαθέτουν θύρες για να συνδεθούν τα δίκτυα μεταξύ τους. Πακέτα που λαμβάνονται σε μια θύρα είναι δυνατόν να αναμεταδοθούν από διαφορετική θύρα. Η bridge κρατάει στην μνήμη την διεύθυνση του πακέτου καθώς και τη θύρα από την οποία μεταδόθηκε. Στην συνέχεια ψάχνει στην μνήμη του για την διεύθυνση προορισμού. Εάν η διεύθυνση βρίσκεται στην μνήμη, τότε το πακέτο προωθείται. Εάν δεν βρεθεί η απαραίτητη πληροφορία στην μνήμη, τότε το πακέτο προωθείται από κάθε άλλη θύρα εκτός από την θύρα προέλευσης. Οι bridges κατηγοριοποιούνται με διάφορους τρόπους. Ένας σήνηθες τρόπος διαχωρισμού είναι βάσει τις έκτασης της περιοχής που εξυπηρετούν. Έτσι, υπάρχουν bridges που διασυνδέουν LAN σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και αποκαλούνται Remote Bridges καθώς και bridges που παρέχουν άμεση επικοινωνία μεταξύ δικτύων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή. Αυτές ονομάζονται Local Bridges. Υπάρχουν επίσης και άλλου είδους bridges. 'Transparent', χρησιμοποιούνται συνήθως με Ethernet, Source-Route και κυρίως με Token Ring. 'Translational', που παρέχουν μεταφραστικές υπηρεσίες μεταξύ διαφορετικών τύπων αρχείων, και 'Source-Route Transparent', που επιτρέπουν επικοινωνία μεταξύ πρωτοκόλλων Token Ring και Ethernet. Μειονέκτημα των bridges είναι ότι είναι αρκετά αργές συσκευές. Switches και Routers αντικαθιστούν με γοργούς ρυθμούς τις bridges εξαιτίας της μεγαλύτερης ταχύτητας τους και της ικανότητά τους να διασυνδέουν διαφορετικού τύπου δίκτυα.

**Gateways :** Οι gateways λειτουργούν στο υψηλότερο επίπεδο του OSI (Application Layer). Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση ανόμοιων δικτύων και εφαρμογών. Οι gateway αποτελούνται από software μετατροπής πρωτοκόλλων ικανού να επεξεργαστεί την πληροφορία με τρόπο που να γίνεται κατανοητή από τον παραλήπτη. Παρ' όλο που αυτό θεωρείται μεγάλο πλεονέκτημα, οι gateway είναι πολύ αργές συσκευές στην μετάδοση δεδομένων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ - INTERNET OVER SATELLITE

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Τηλεπικοινωνιακός Δορυφόρος :** Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος (communications satellite) ονομάζεται ένας μη επανδρωμένος τεχνητός δορυφόρος (unmanned artificial satellite) μέσω του οποίου επιτυγχάνονται υπηρεσίες μεγάλων αποστάσεων, τηλεοπτικής μετάδοσης (television broadcasting), τηλεφωνικών επικοινωνιών (telephone communications) και συνδέσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών (computer links). Οι δορυφόροι μπορούν να έχουν ενεργητικό ή παθητικό ρόλο. Δορυφόρος με ενεργητικό ρόλο συλλέγει δεδομένα ή σήματα, τα επεξεργάζεται και τα επανεκπέμπει στη γη. Αντίθετα, ένας παθητικός δορυφόρος απλά τα ανακλά. Οι δορυφόροι εξυπηρετούν κυρίως 3 σκοπούς : μελέτη του διαστήματος, εφαρμογές και τηλεπικοινωνίες. Για τη μελέτη του διαστήματος γίνονται μετρήσεις όπως του μαγνητικού πεδίου του ήλιου ή για τις διάφορες συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο σύμπαν. Οι εφαρμογές μπορεί να είναι μετεωρολογικές ή μετρήσεις των φυσικών πόρων της γης. Τέλος οι επικοινωνιακοί δορυφόροι μεταφέρουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, τηλεοπτικά κανάλια και πληροφορίες ελέγχου για τους δορυφόρους. Υποθέτοντας ότι η ατμόσφαιρα απλά ανακλά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τότε και άλλα σώματα, όπως οι πλανήτες και τα αστέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκλαση των σημάτων. Μια διαφορετική προσέγγιση είναι η εγκατάσταση τεχνητών σταθμών στο διάστημα οι οποίοι δέχονται τα ραδιοσήματα και τα αναμεταδίδουν προς κάποιο άλλο σημείο της γης. Αυτή είναι η βασική ιδέα με την οποία κατασκευάστηκαν οι δορυφόροι. Οι δορυφόροι χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές μεταφέροντας μεγάλες ποσότητες φωνής και δεδομένων, και παρέχοντας υπηρεσίες εύρεσης θέσης και πλοήγησης. Στους δορυφόρους μπορούμε να βρούμε χαρακτηριστικά που δεν υπάρχουν σε άλλα συστήματα επικοινωνιών. Το γεγονός ότι μπορούν και καλύπτουν μεγάλες περιοχές της γήινης επιφάνειας, δίνει την δυνατότητα επικοινωνίας σε απομακρυσμένα σημεία ή σε ομάδες χρηστών που βρίσκονται διασκορπισμένοι γεωγραφικά.

**Τεχνολογίες Δορυφόρων :** Από τις κυριότερες εταιρίες στον χώρο των δορυφορικών επικοινωνιών είναι η COMSAT, με περισσότερα από 30 χρόνια παρουσίας στον χώρο. Η COMSAT προσφέρει τηλεπικοινωνιακές λύσεις με τα δορυφορικά συστήματα Intelsat, Inmarsat. Μέσω του συστήματος της Intelsat, η COMSAT παρέχει τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, αναμετάδοση σήματος και ψηφιακά δίκτυα μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και του υπόλοιπου κόσμου. Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται από παροχείς υπηρεσιών Internet (ISPs), πολυεθνικούς συνεταιρισμούς, τηλεπικοινωνιακούς φορείς ακόμα και από κυβερνήσεις. Χρησιμοποιώντας το σύστημα της Inmarsat, η COMSAT παρέχει θαλάσσιες, αεροναυτικές και υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας ξηράς. Οι πελάτες μπορούν να είναι συνεχώς σε επαφή, ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές, με αξιόπιστες υπηρεσίες φωνής και δεδομένων. Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το δορυφορικό δίκτυο Inmarsat περιλαμβάνουν άμεση τηλεφωνία, fax, e-mail και εφαρμογές δεδομένων για ναυτικές επικοινωνίες (πχ. GPS - προσδιορισμός θέσης). Επίσης το Inmarsat χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις άμεσης ανάγκης και από τα τηλεοπτικά μέσα για σύνδεση με περιοχές που δεν υπάρχει άλλη υποδομή. Πλέον σήμερα υπάρχει μεγάλος αριθμός διαθέσιμων δορυφορικών τεχνολογιών, για πλήθος εφαρμογών, οι κυριότερες από τις οποίες είναι : Τεχνολογία ARCHIMEDES, Τεχνολογία ARIES, Τεχνολογία GEOSTAR, Τεχνολογία GLOBALSTAR, Τεχνολογία INMARSAT, Τεχνολογία INTELSAT 5, Τεχνολογία INTELSAT 6,7, Τεχνολογία IRIDIUM, Τεχνολογία MSAT.

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ

**Κυρίως σώμα :** Το σώμα του δορυφόρου περιλαμβάνει όλο τον επιστημονικό εξοπλισμό και άλλα απαραίτητα εξαρτήματα του δορυφόρου. Τα εξαρτήματα των δορυφόρων είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά, συνδυάζοντας τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες ώστε τα επικοινωνιακά και υπολογιστικά συστήματα να ταξιδέψουν με ασφάλεια στο διάστημα. Υπάρχουν διάφορα θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και την επιλογή των υλικών από τους μηχανικούς. Το εξωτερικό περίβλημα προστατεύει το δορυφόρο από τις συγκρούσεις με μικρομετεωρίτες και άλλα σώματα που βρίσκονται στο διάστημα. Τα ηλεκτρονικά συστήματα του δορυφόρου είναι υψηλής ακρίβειας και συνεπώς

αρκετά ευαίσθητα σε παρεμβολές από ακτινοβολίες. Το κύριο υλικό με το οποίο καλύπτονται τα διάφορα εξαρτήματα ώστε να απορροφάται η ακτινοβολία είναι ο μολυβδος, που είναι φθηνός και έχει μεγάλη αντοχή. Ένα συχνά χρησιμοποιούμενο υλικό στην κατασκευή σκελετών δορυφόρων είναι το Kevlar, που είναι το όνομα προϊόντος ινών με μεγάλη αντοχή, χαμηλό βάρος, που είναι ανθεκτικό σε μεγάλες θερμοκρασίες.

**Έλεγχος θέσης στην τροχιά :** Ένα άλλο ζήτημα που εγείρεται κατά τον σχεδιασμό ενός δορυφόρου είναι ο τρόπος με τον οποίο θα μπορεί να αντιλαμβάνεται που βρίσκεται στην τροχιά. Συχνά οι τροχιές αλλοιώνονται λόγω τριβών, και τότε χρειάζονται κάποιες ενέργειες για τη σταθεροποίηση του δορυφόρου, αλλιώς υπάρχει κίνδυνος να ξεφύγει από την προκαθορισμένη τροχιά. Ένας δορυφόρος μπορεί να κρατήσει τη σταθερότητά του με περιστροφή και προς τις τρεις κατευθύνσεις. Η περιστροφή επιτυγχάνεται με χρήση πηνίων από τα οποία περνάει ηλεκτρικό ρεύμα. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι το πολύ μικρό ποσό ενέργειας που απαιτείται (πολύ λιγότερο από τη χρήση προωθητηρίων). Τα μειονεκτήματα είναι ότι οι ηλιακοί συλλέκτες ενέργειας “βλέπουν” τον ήλιο περιοδικά. Ένας άλλος τρόπος σταθεροποίησης είναι η χρήση προωθητήρων στις τρεις διευθύνσεις, που όμως χρειάζεται μεγάλο ποσό ενέργειας.

**Πηγές Ενέργειας :** Όλοι οι δορυφόροι χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών συσκευών που φέρουν. Την ενέργεια που χρειάζεται πρέπει να την συλλέγει ή να την παράγει από τη θέση που βρίσκεται. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι ένας τρόπος που χρησιμοποιεί την πηγή ενέργειας του ήλιου. Άλλος τρόπος παροχής ενέργειας σε έναν δορυφόρο είναι η χρήση μπαταριών (συσσωρευτών). Η πυρηνική ενέργεια είναι μια λύση που προσφέρει απεριόριστα ποσά ενέργειας. Στους δορυφόρους η πυρηνική ενέργεια παράγεται στις θερμοηλεκτρικές γεννήτριες ραδιοϊσοτόπων. Μια τελευταία μέθοδος εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που εκπέμπει ο ήλιος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχει ένα παραβολικό πιάτο που αντανακλά τη θερμότητα του ήλιου σε ένα boiler που κάνει τη μετατροπή.

**Επικοινωνιακό σύστημα :** Κάθε δορυφόρος χρειάζεται κάποιον τρόπο ώστε να επικοινωνεί με επίγειους σταθμούς. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κάποιας κεραίας. Κεραία είναι το εξάρτημα που λαμβάνει και εκπέμπει ραδιοκύματα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι κεραίων. Ο πιο απλός τύπος είναι η κλασική κεραία, ένα απλό σύρμα. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι απλές στην κατασκευή, αλλά πρέπει να έχουν μεγάλο μέγεθος, ώστε να μπορούν να λαμβάνουν τα σήματα. Ένας άλλος κλασικός τύπος είναι ο παραβολικός δίσκος. Λαμβάνει τα σήματα και τα αντανακλά σε ένα σημείο που ονομάζεται εστίαση (focus). Οι δικτυωτές κεραίες (patch array antennas) αποτελούνται από ένα πλέγμα. Συνήθως τυλίγονται γύρω από το σώμα του δορυφόρου για να μην αυξάνουν το μέγεθός του. Είναι εξαιρετικά πρακτικές και με μέτριο κόστος. Υπάρχουν και οι inflatable antennas που μοιάζουν με επίπεδο αλεξιπτώτο, είναι αρκετά αξιόπιστες.

**Υπολογιστικό σύστημα :** Ένας δορυφόρος εκτός από κεραίες και πηγές ενέργειας, κουβαλάει και διάφορα υπολογιστικά συστήματα. Αυτά τα συστήματα κάνουν τις μετρήσεις, καταγράφουν τις ενέργειες του δορυφόρου, ελέγχουν τη θέση του κλπ. Το υποσύστημα που αποθηκεύει και αναλύει τα δεδομένα που έχει συλλέξει ο δορυφόρος λέγεται σύστημα τηλεμετρίας, ανίχνευσης και ελέγχου (telemetry tracking & control). Η τηλεμετρία είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία επικοινωνίας που τα δεδομένα συλλέγονται από απόσταση και έπειτα μεταδίδονται για να αποθηκευθούν και να αναλυθούν.

## **ΤΡΟΧΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ**

Όσο κι αν φαίνεται παράξενο, αφού ένας δορυφόρος εκτοξευθεί στο διάστημα, χρειάζεται ελάχιστη ως καθόλου ενέργεια για να συνεχίσει να κινείται. Οι δορυφόροι κινούνται σε ένα μονοπάτι γύρω από τη γη, που λέγεται τροχιά. Ένας δορυφόρος διατηρείται σε τροχιά, εξ αιτίας της ισορροπίας δύο δυνάμεων. Η τροχιά είναι ένας συνδυασμός της γραμμικής ταχύτητας του δορυφόρου και της ελκτικής δύναμης της γης πάνω στον δορυφόρο. Η βαρύτητα συγκρατεί τον δορυφόρο από το να χαθεί στο διάστημα και η ταχύτητά του επιτρέπει να κινείται γύρω από τη γη και να μην πέφτει σε αυτή. Οι τροχιές χωρίζονται σε κυκλικές και ελλειπτικές. Οι κυκλικές μπορεί να είναι γεωστατικές (υψηλή τροχιά), χαμηλές/μέσες (LEO/MEO), πολικές, συγχρονισμένες με τον ήλιο (sun synchronous), ισημερινές (equatorial) κλπ. Οι ελλειπτικές μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα και μέγεθος.



**Γεωστατική τροχιά :** Ο δορυφόρος φαίνεται να μην κινείται στον ουρανό. Στην πραγματικότητα κινείται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα που κινείται και η γη. Μια τέτοια τροχιά βρίσκεται πάνω από τον ισημερινό σε ύψος 35850 km και είναι γνωστή σαν υψηλή τροχιά. Ο δορυφόρος κοιτάζει συνεχώς την ίδια περιοχή που ονομάζεται και ίχνος (footprint).

**Ισημερινή τροχιά :** Ο δορυφόρος κινείται σε τροχιά πάνω από τον ισημερινό. Συνήθως είναι χαμηλής / μέσης τροχιάς και χρησιμοποιούνται για την παρατήρηση τροπικών καιρικών συνθηκών.

**Πολική τροχιά :** Έχει γωνία ανύψωσης 90° και η τροχιά διέρχεται από τους πόλους. Εκμεταλλευόμενος την κίνηση της γης προς τα ανατολικά, ο δορυφόρος μπορεί να καλύψει όλη τη γη σε 14 μέρες.

**Τροχιά συγχρονισμένη με τον ήλιο :** Είναι μια ειδική περίπτωση πολικής τροχιάς που ο δορυφόρος βρίσκεται συνεχώς στο φωτισμένο τμήμα της γης. Ο δορυφόρος σε αυτή την τροχιά περνάει κάθε μέρα την ίδια τοπική ώρα από τον ίδιο σημείο της γης. Αυτή η τροχιά επιτρέπει στο δορυφόρο να χρησιμοποιεί συνεχώς ηλιακούς συλλέκτες.

**Ελλειπτικές τροχιές :** Τροχιά σε σχήμα έλλειψης. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της τροχιάς είναι ότι η ταχύτητα αλλάζει ανάλογα με τη θέση του δορυφόρου. Όταν βρίσκεται κοντά στη γη έχει μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω της δυνατότερης έλξης που δέχεται και αντίστροφα. Αυτές οι τροχιές είναι χρήσιμες στις τηλεπικοινωνίες, γιατί ένας δορυφόρος παρατηρεί μια συγκεκριμένη περιοχή για μεγάλο διάστημα της τροχιάς και από την άλλη μεριά της γης περνάει ταχύτερα.

**Χαμηλές τροχιές :** Επιτρέπουν στους δορυφόρους να κάνουν ακριβείς παρατηρήσεις από αρκετά χαμηλά. Χρησιμοποιούνται συχνά για μετεωρολογικές ανάγκες. Οι δορυφόροι σε χαμηλές τροχιές κινούνται μέσα στην ατμόσφαιρα της γης, που όμως είναι αρκετά αραιή ώστε να είναι οι τριβές πολύ μικρές. Επίσης έχουν το πλεονέκτημα ότι χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια για να τεθούν σε τροχιά.

## **ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

**Ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα :** Μερικά δορυφορικά δίκτυα παρουσιάζουν ένα ασύμμετρο εύρος ζώνης, περισσότερα δεδομένα προς τη μια κατεύθυνση από την άλλη, εξ αιτίας των ορίων πάνω στην δύναμη της μεταφοράς και στο μέγεθος της κεραίας στο τέλος του δεσμού. Χρησιμοποιούμε την έκφραση «ασυμμετρική» για να δηλώσουμε τις διαφορετικές φυσικές χωρητικότητες στους προς τα εμπρός και επιστρεφόμενους συνδέσμους. Η ασυμμετρία είναι ένα πρόβλημα για το TCP.

**Δορυφορικός σύνδεσμος «last hope» :** Μερικοί providers δορυφόρων χρησιμοποιούν το δορυφορικό σύνδεσμο σαν ένα μοιραζόμενο υψηλής ταχύτητας σύνδεσμο προς πολλούς χρήστες με χαμηλότερη ταχύτητα, και μη διαμοιραζόμενους επίγειους συνδέσμους που χρησιμοποιούνται σαν επιστρεφόμενοι σύνδεσμοι για αιτήσεις και επιβεβαιώσεις. Πολλές φορές αυτό δημιουργεί ένα ασυμμετρικό δίκτυο.

**Υβριδικά δορυφορικά δίκτυα :** Στη πιο γενική περίπτωση οι δορυφορικοί σύνδεσμοι μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο της δικτυακής τοπολογίας. Σε αυτό το περιβάλλον, μια δοσμένη συνδεσμολογία μπορεί να σταλεί πάνω σε επίγειους συνδέσμους (περιλαμβανομένων και χωρίς καλώδια), αρκετά καλά όπως οι δορυφορικοί σύνδεσμοι.

**Σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα :** Στα σημείο προς σημείο δορυφορικά δίκτυα, η μόνη ελπίδα στο δίκτυο είναι πάνω από το δορυφορικό σύνδεσμο. Αφού είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο, μερικές βελτιωτικές αλλαγές που δεν είναι κατάλληλες για διαμοιραζόμενα δίκτυα μπορούν να θεωρηθούν.

## **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ**

**Θόρυβος :** Η ισχύς ενός ραδιοσήματος μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης που διανύει. Η απόσταση για μια δορυφορική σύνδεση είναι μεγάλη και έτσι το σήμα εξασθενεί πριν φτάσει στον προορισμό του. Αυτό έχει ως συνέπεια χαμηλό λόγο σήματος-θορύβου. Μερικές συχνότητες είναι ιδιαίτερες ευαίσθητες σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα, όπως η βροχή. Για κινητές εφαρμογές, τα δορυφορικά κανάλια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε παρεμβολές λόγω πολλαπλών μονοπατιών και στη σκίαση (π.χ. παρεμπόδιση από κτίρια). Οι τυπικοί ρυθμοί λαθών bits (bit error rate - BER) για μια δορυφορική σύνδεση σήμερα είναι της τάξης του 1 λάθους ανά 10 εκατομμύρια bits ή λιγότερο. Προχωρημένες κωδικοποιήσεις

ελέγχου λαθών (π.χ. Reed Solomon) μπορούν να προστεθούν στις υπάρχουσες δορυφορικές υπηρεσίες και χρησιμοποιούνται ήδη από αρκετές από αυτές.

**Εύρος ζώνης (Bandwidth) :** Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι ένας πεπερασμένος φυσικός πόρος, οπότε υπάρχει ένα περιορισμένο ποσό εύρους ζώνης διαθέσιμο για δορυφορικά συστήματα που ελέγχεται τυπικά με άδειες. Αυτοί οι περιορισμοί δυσχεραίνουν τη χρησιμοποίηση bandwidth για την επίλυση άλλων σχεδιαστικών προβλημάτων. Τυπικές φέρουσες (carrier) συχνότητες για τις υπάρχουσες, από σημείο σε σημείο, εμπορικές δορυφορικές υπηρεσίες είναι 6 GHz (uplink) και 4 GHz (downlink), επίσης γνωστό ως ζώνη (band) C, και 14/12 GHz (Ku band). Το bandwidth δεν είναι περιορισμένο μόνο από τη φύση, αλλά η κατανομή του στις εμπορικές τηλεπικοινωνίες περιορίζεται από διεθνείς συμφωνίες, ώστε αυτός ο σπάνιος πόρος να μπορεί να χρησιμοποιηθεί δίκαια από πολλές διαφορετικές εφαρμογές.

**Μεγάλη καθυστέρηση ανάδρασης :** Λόγω της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης μερικών δορυφορικών καναλιών (π.χ. περίπου 250 ms για ένα γεωστατικό δορυφόρο) απαιτείται πολύς χρόνος από τον TCP αποστολέα για να καθορίσει αν ένα πακέτο λήφθηκε επιτυχώς από τον τελικό προορισμό. Αυτή η καθυστέρηση ζημιώνει τις αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, όπως το telnet, καθώς και μερικούς από τους αλγορίθμους ελέγχου συμφόρησης του TCP.

**Μεγάλο γινόμενο καθυστέρησης\*bandwidth :** Το γινόμενο αυτό (delay\*bandwidth product - DBP) ορίζει το μέγεθος των δεδομένων που ένα πρωτόκολλο πρέπει να έχει «στον αέρα» (δεδομένα που έχουν υποστεί εκπομπή, αλλά δεν έχει σταλεί ακόμα επιβεβαίωση γι' αυτά) σε κάθε στιγμή, ώστε να χρησιμοποιεί πλήρως τη διαθέσιμη χωρητικότητα του καναλιού. Επειδή η καθυστέρηση σε μερικά δορυφορικά περιβάλλοντα είναι μεγάλη, το TCP αναγκάζεται να κρατήσει ένα μεγάλο αριθμό πακέτων «στον αέρα» (σταλμένα, αλλά όχι επιβεβαιωμένα).

**Λάθη εκπομπής :** Τα δορυφορικά κανάλια παρουσιάζουν ένα υψηλότερο ρυθμό λαθών bit (BER) από τα τυπικά επίγεια δίκτυα. Το TCP αντιμετωπίζει τις απορρίψεις πακέτων ως ενδείξεις συμφόρησης του δικτύου και μειώνει το μέγεθος του παραθύρου σε μια προσπάθεια να μειώσει τη συμφόρηση.

**Ασυμμετρική χρήση :** Λόγω του κόστους του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για να στείλει δεδομένα στους δορυφόρους, συχνά κατασκευάζονται ασυμμετρικά δορυφορικά δίκτυα. Μια άλλη περίπτωση προκύπτει όταν τόσο η εισερχόμενη όσο και η εξερχόμενη κυκλοφορία γίνεται μέσω μιας δορυφορικής σύνδεσης, αλλά το uplink έχει λιγότερη διαθέσιμη χωρητικότητα από το downlink.

**Μεταβλητοί χρόνοι Round Trip :** Σε μερικά δορυφορικά περιβάλλοντα, όπως αυτό των σχηματισμών χαμηλής τροχιάς (LEO), η καθυστέρηση διάδοσης προς και από το δορυφόρο διαφέρει με το χρόνο.

**Διακοπτόμενη συνδετικότητα :** Στις διαμορφώσεις μη γεωστατικών δορυφόρων, οι TCP συνδέσεις πρέπει να μεταφέρονται από ένα δορυφόρο σε έναν άλλο ή από έναν επίγειο σταθμό σε έναν άλλο ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτή η αλλαγή μπορεί να προκαλέσει απώλειες πακέτων, αν δεν χειριστεί σωστά.

## ΖΩΝΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Ζώνη	Μπάντα συχνοτήτων	Άνω ζεύξη GHz	Κάτω ζεύξη GHz	Εύρος ζώνης MHz
C	4/6	5.925 – 6.425	3.7 – 4.2	500
X	7/8	7.9 – 8.4	7.25 – 7.75	500
Ku	12/14	14 – 14.5	11.7 – 12.2	500
Ka	20/30	27.5 – 31	17.7 – 21.2	3 500

Η μπάντα συχνοτήτων 4/6 GHz χρησιμοποιείται εκτεταμένα και σε επίγεια συστήματα επικοινωνίας. Έτσι αφού η μπάντα 4/6 GHz χρησιμοποιείται τόσο

από δορυφορικά όσο και από επίγεια συστήματα επικοινωνίας, τα σήματα που εκπέμπουν οι δορυφόροι μπορούν να παρεμβάλλουν επίγειους δέκτες, και αντίστροφα σήματα που εκπέμπουν επίγειοι πομποί είναι δυνατόν να παρεμβάλλουν δορυφορικούς δέκτες. Έτσι οι δορυφορικοί πομποί περιορίζονται σε μια μέγιστη ισχύ 8 ή 10 W για κάθε κανάλι στα 4 GHz ώστε να ελαχιστοποιηθεί η παρεμβολή με τους επίγειους δέκτες. Η ζώνη X χρησιμοποιείται για κυβερνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς. Μια άλλη μπάντα συχνοτήτων που χρησιμοποιείται ευρύτατα από δορυφορικά συστήματα επικοινωνίας είναι των 12/14 GHz. Αυτή δεν

παρουσιάζει πολλά προβλήματα παρεμβολών με επίγεια συστήματα αφού υπάρχουν ελάχιστα τέτοια που χρησιμοποιούν αυτή την μπάντα.

## INTERNET OVER SATELLITE

**Στόχοι - πλεονεκτήματα :** η μεγάλη ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών, έκανε αρκετές επιχειρήσεις παροχής Internet να επενδύσουν στο δορυφορικό Internet (Internet over Satellite), στοχεύοντας στην παροχή υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης και Quality of Service με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Ο συνδυασμός δορυφορικών και επίγειων δικτύων παρουσιάζεται αρκετά υποσχόμενος αφού συγκεντρώνει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα : 1) Είδος τοπολογίας : οι τοπολογίες των δορυφορικών δικτύων ταιριάζουν με την τοπολογία αστεριού με αποτέλεσμα την υποστήριξη multicast & broadcast μετάδοσης δεδομένων. 2) Μεγάλο διαθέσιμο εύρος ζώνης : μεγάλοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων, που φθάνουν τα αρκετά Mbps παρέχονται απευθείας στους τελικούς χρήστες. 3) Πολλαπλή κάλυψη χρηστών : η δυνατότητα κάλυψης απομακρυσμένων χρηστών που δεν έχουν πρόσβαση σε κάποιο δίκτυο υπολογιστών.

**Είδη συνδέσεων :** Μπορούμε να διακρίνουμε 3 διαφορετικές μορφές σύνδεσης στο Internet over Satellite. Στη πρώτη περίπτωση ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας μέσω ενός ιδιωτικού συστήματος αποστολής και λήψης δεδομένων με το δορυφόρο. Στη δεύτερη περίπτωση η δορυφορική σύνδεση προσφέρεται στον τελικό χρήστη μέσω ενός Internet Service Provider (ISP) ο οποίος έχει τη δική του δορυφορική σύνδεση, ενώ στην τρίτη περίπτωση ο Internet Service Provider (ISP), δε διαθέτει απευθείας δορυφορική σύνδεση αλλά συνδέεται με κάποια εταιρεία η οποία διαθέτει δορυφορική σύνδεση με κάποιο δορυφόρο (είτε ιδιωτικό είτε μισθωμένο).

- **Δορυφορική Σύνδεση απευθείας στον Τελικό Χρήστη :** Σε αυτή την περίπτωση ο τελικός χρήστης (ιδιώτης ή επιχείρηση), συνδέεται απευθείας σε μια δορυφορική σύνδεση διαθέτοντας μια κάρτα δορυφορικής λήψης και ένα δορυφορικό δέκτη. Το κόστος ενός τέτοιου δικτύου, σε απαιτούμενο υλικό και λογισμικό, είναι αρκετά υψηλό κάνοντας τέτοιες συνδέσεις απαγορευτικές προς το παρόν. Η λήψη των δεδομένων γίνεται μέσω της δορυφορικής σύνδεσης, ενώ η αποστολή των δεδομένων συνεχίζει να γίνεται μέσω μιας παραδοσιακής σύνδεσης στο Internet. Γι' αυτό το λόγο αν και αυξάνεται ο ρυθμός λήψης δεδομένων αγγίζοντας τα 45Mbps, η ταχύτητα αποστολής των δεδομένων παραμένει χαμηλή.
- **Άμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP :** Σε αυτή την περίπτωση ο ISP διαθέτει ένα δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο. Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP. Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο δορυφόρο. Παρατηρούμε λοιπόν ότι σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε μια καθαρά δορυφορική σύνδεση αλλά ένα συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών συνδέσεων με αποτέλεσμα η απόδοση της σύνδεσης να επηρεάζεται από τους περιορισμούς των dial-up επίγειων συνδέσεων (όπως για παράδειγμα ταχύτητες που ο επλεγμένος ISP προσφέρει και κίνηση στο Διαδίκτυο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή). Φυσικά η απόδοση της σύνδεσης εξαρτάται και από τις ταχύτητες uplink & downlink που ο κάθε ISP μπορεί να προσφέρει. Οι ταχύτητες αυτές μπορούν να φθάνουν έως και τα 5Mbps για uplink, ενώ αγγίζουν τα 45Mbps για downlink.
- **Έμμεση Δορυφορική Σύνδεση μέσω ISP :** Σε αυτή την περίπτωση ο ISP δε διαθέτει δορυφορικό πιάτο επικοινωνίας με το δορυφόρο αλλά συνδέεται είτε δορυφορικά είτε επίγεια με κάποια εταιρεία που διαθέτει απευθείας σύνδεση με κάποιο δορυφόρο. Η κλήση κάθε χρήστη που συνδέεται με τον Internet Provider φθάνει μέσω των τηλεφωνικών γραμμών από το modem του χρήστη στο διακομιστή του ISP. Αν τα δεδομένα που ο χρήστης ζητά βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα στο διακομιστή τότε επιστρέφονται στο χρήστη. Διαφορετικά η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στο διακομιστή της εταιρείας που παρέχει το δορυφόρο.

**Βασική απαιτούμενη υποδομή :** Και στις τρεις μορφές σύνδεσης η απαιτούμενη κοινή υποδομή περιλαμβάνει : 1) Έναν uplink σταθμό μετάδοσης δεδομένων προς το δορυφόρο. 2) Μια πλατφόρμα προγραμμάτων δορυφορικής λήψης πολυμεσικών δεδομένων. 3) Μια ή περισσότερες δορυφορικές συνδέσεις.

**Τεχνικές βελτίωσης Συνδέσεων :** Δυο τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της καθυστέρησης μεταφοράς δεδομένων στα δορυφορικά δίκτυα είναι : 1) η τεχνική της αποθήκευσης συχνά χρησιμοποιούμενων πακέτων δεδομένων στους διακομιστές (Intelligent Caching). 2) η αποστολή πακέτων χωρίς να είναι πάντα απαραίτητα η λήψη επιβεβαιώσεων, μειώνοντας το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην αποστολή διαδοχικών πακέτων.

**Θέματα Ασφάλειας :** Σημαντικό θέμα προβληματισμού αποτελεί η εξασφάλιση της ασφάλειας των μεταδιδόμενων δεδομένων πάνω από δορυφορικά δίκτυα. Η ασύρματη φύση μετάδοσης των δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση ενός καναλιού επικοινωνίας χωρίς να είναι δυνατή η ανίχνευση. Μια προτεινόμενη λύση είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων από τον πομπό και η αποκρυπτογράφηση από το δέκτη, είτε με δημόσια είτε με ιδιωτικά κλειδιά, η οποία εξασφαλίζει ασφαλή μετάδοση των δεδομένων και αποφυγή υποκλοπών. Μέσα στην προσπάθεια πρωτοτυποποίησης των πρωτοκόλλων για δορυφορικά δίκτυα εντάσσεται και η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου ασφάλειας.

**QoS στο Internet over Satellite :** Η ανάπτυξη μηχανισμών που θα προσφέρουν QoS σε ένα πλήθος εφαρμογών αλλά και συνόλου χρηστών του Internet over Satellite αποτελεί αντικείμενο μελέτης αρκετών ερευνητών. Οι μηχανισμοί που θα αναπτυχθούν θα πρέπει να ικανοποιούν τα ακόλουθα πέντε χαρακτηριστικά του Quality of Service : 1) Ταχύτητα μετάδοσης. Ο ελάχιστος αποτελεσματικός ρυθμός δεδομένων που πρέπει να παρέχεται μαζί με ένα ανεκτό ανώτατο όριο. 2) Όρια στην καθυστέρηση και διακύμανσή της. Η μέγιστη αποτελεσματική διακοπή που επιτρέπεται, ειδικά για video και άλλα σήματα που μεταφέρουν πληροφορίες πραγματικού χρόνου. 3) Throughput. Το ποσό των δεδομένων τα οποία μεταδίδονται σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο. 4) Schedule. Οι χρόνοι έναρξης και λήξης για μian αιτούμενη υπηρεσία. 5) Loss rate. Ο μέγιστος αναμενόμενος ρυθμός απώλειας πακέτων σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα (ειδικά στις δορυφορικές συνδέσεις στις οποίες η απώλεια πακέτων μπορεί να οφείλεται είτε στη συμφόρηση είτε στη δημιουργία λαθών ή στις προβληματικές συνδέσεις).

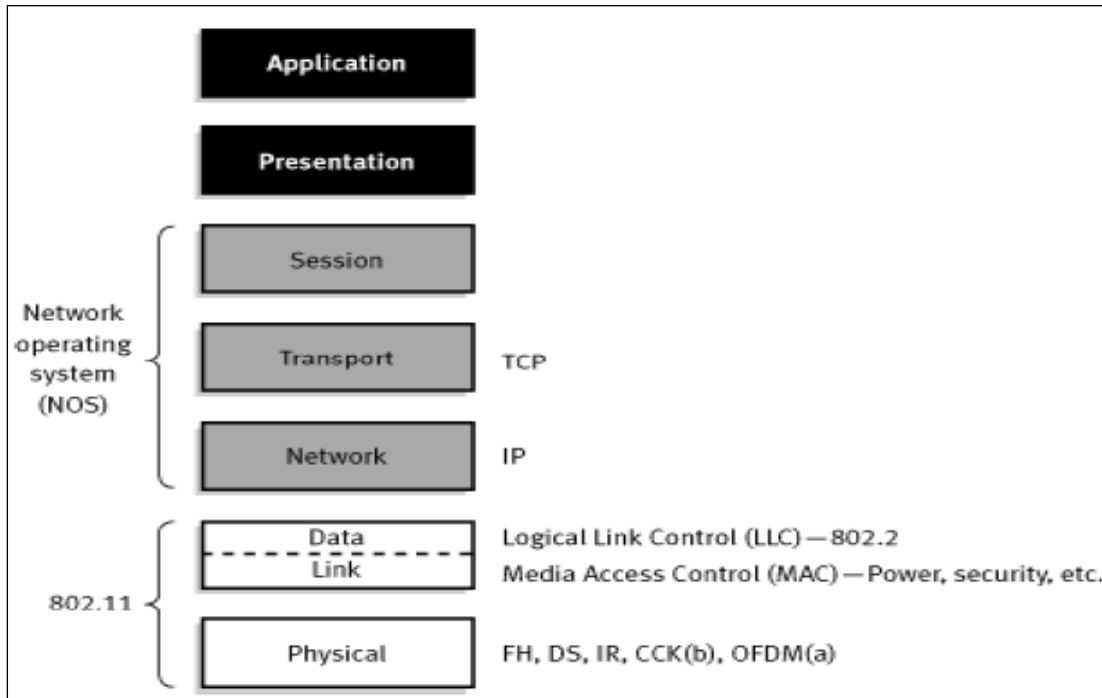
**Προσφερόμενες Υπηρεσίες στο Internet over Satellite :** Το μεγάλο εύρος ζώνης που εξασφαλίζει το Internet over Satellite, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα σύνολο υπηρεσιών προσφερόμενες είτε προς μεμονωμένους τελικούς χρήστες (ιδιώτες) είτε προς επιχειρήσεις. Τις δυνατότητες του Internet over Satellite, δεν εκμεταλλεύονται όμως το ίδιο καλά όλες οι εφαρμογές, αλλά περισσότερο όσες έχουν το χαρακτηριστικό της multicast και broadcast μετάδοσης. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες : 1) τις μονόδρομες, όπως η δορυφορική τηλεόραση. 2) τις αμφίδρομες ή αλλιώς διαδραστικές (interactive), όπως η εξ' αποστάσεως εκπαίδευση, η τηλε-ιατρική και η τηλε-εργασία. Οι μονόδρομες εφαρμογές χρησιμοποιούν τις δορυφορικές συνδέσεις μόνο ως προς τη μια κατεύθυνση (downlink), ενώ οι αμφίδρομες χρησιμοποιούν και τις δυο κατευθύνσεις (uplink & downlink), με αποτέλεσμα να απαιτούν πιο ακριβές συνδέσεις σε σχέση με τις αντίστοιχες επίγειες. Τόσο οι αμφίδρομες όσο και οι μονόδρομες εφαρμογές είναι γνωστές και ως ασυμμετρικές. Ορισμένες από τις προσφερόμενες εφαρμογές είναι οι ακόλουθες : 1) Δίκτυο κορμού για εκπομπή Internet με μεγάλη ταχύτητα για ISP's (ISP Backbone Service). 2) Εκπομπή σε εταιρικά δίκτυα (Intranets). 3) Εκπομπή μέσω Διαδικτύου (Web casting). 4) Δορυφορικά πολυμέσα. 5) Τηλε-εκπαίδευση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΥΜΒΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11

**Ορισμός - Εφαρμογές WLANs :** Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (**Wireless Local Area Network - WLAN**) είναι ένα επικοινωνιακό σύστημα που χρησιμοποιείται ως επέκταση ή εναλλακτική λύση ενός κοινού ενσύρματου δικτύου (Ethernet) και επιτρέπει στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων. Εφαρμογές των WLANs είναι : 1) Προσφέρουν ασύρματη πρόσβαση ανάμεσα σε PCs, φορητούς υπολογιστές αλλά και άλλες προσωπικές συσκευές όπως Palmtops και PDAs. 2) Μικρές ομάδες εργασίας με διαμοιραζόμενες πληροφορίες. 3) Εργαστήρια πανεπιστημίων. 4) Ιστορικά κτήρια όπου η εγκατάσταση καλωδίων είναι δύσκολη ή αδύνατη. 5) Μεγάλες βιομηχανικές μονάδες με τεράστιες ανάγκες καλωδίωσης.

### ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11

Το IEEE 802.11 είναι το πρώτο πρότυπο που δημιουργήθηκε για ασύρματη δικτύωση. Όπως όλα τα πρότυπα



802 της IEEE, έτσι και το 802.11 επικεντρώνεται στα 2 χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου διαστροφάτωσης OSI (Open System Interconnection), δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer - PHY) και στο υπόστρωμα MAC (Medium Access Control) του στρώματος ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer), όπως φαίνεται στη **διπλανή εικόνα**. Το άλλο υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων, δηλαδή το υπόστρωμα ελέγχου λογικής ζεύξης (Logical Link

Control - LLC), είναι αυτό που έχει προτυποποιηθεί ως IEEE 802.2 και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με όλα τα διαφορετικά MAC της σειράς IEEE 802. Η φιλοσοφία που ακολουθεί το πρότυπο 802.11 είναι η ύπαρξη ενός μόνο MAC που όμως υποστηρίζει περισσότερα του ενός φυσικά στρώματα. Κάθε φυσικό στρώμα χωρίζεται σε δύο υποστρώματα. Το υπόστρωμα PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) χρησιμεύει στην προσαρμογή των διαφόρων φυσικών στρωμάτων στο κοινό MAC. Το υπόστρωμα PMD (Physical Medium Dependent) περιέχει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας από το εκάστοτε φυσικό στρώμα.

**Wifi - ΚΑΙ IEEE 802.11 :** Το Wi-Fi είναι μη κερδοσκοπικός διεθνής οργανισμός με μέλη κατασκευαστές προϊόντων 802.11. Σκοπός του είναι να πιστοποιήσει την διαλειτουργικότητα προϊόντων βασισμένων στο IEEE 802.11. Η πιστοποίηση Wi-Fi σε μία συσκευή αποτελεί μία εγγύηση για τον αγοραστή για την διαλειτουργικότητα της συσκευής.

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ IEEE 802.11

Τα ασύρματα δίκτυα 802.11 αποτελούνται από 4 βασικές μονάδες : 1) Σημείο πρόσβασης (Access Point - AP) : Το AP είναι η μονάδα που παίζει το ρόλο γέφυρας μεταξύ του ενσύρματου και του ασύρματου δικτύου, μετατρέποντας κατάλληλα τα πλαίσια που ανταλλάσσονται μεταξύ αυτών. Επιτελεί και πολλές άλλες λειτουργίες στο ασύρματο δίκτυο. 2) Σύστημα διανομής (Distribution System) : Το σύστημα διανομής ενώνει τα διάφορα AP του ίδιου δικτύου, επιτρέποντάς τους να ανταλλάσσουν πλαίσια. Το 802.11 δεν προσδιορίζει τον τρόπο που θα γίνεται αυτό. 3) Ασύρματο μέσο μετάδοσης (Wireless Medium) : Έχουν οριστεί διάφορα φυσικά στρώματα που χρησιμοποιούν είτε ραδιοσυχνότητες είτε υπέρυθρες ακτίνες για τη μετάδοση των πλαισίων μεταξύ των σταθμών του ασύρματου δικτύου. 4) Σταθμοί (Stations) : Οι σταθμοί

που ανταλλάσσουν πληροφορία μέσω του ασυρμάτου δικτύου συνήθως είναι φορητές συσκευές (για παράδειγμα laptops), χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο. Η βασική δομική μονάδα κάθε 802.11 δικτύου αποκαλείται Basic Service Set (BSS) και αποτελείται από μία ομάδα σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους. Τα όρια του BSS καθορίζονται από την περιοχή ραδιοκάλυψης, που ονομάζεται Basic Service Area (BSA). Ένας σταθμός σε ένα BSS μπορεί να επικοινωνεί με οποιονδήποτε άλλο σταθμό στο ίδιο BSS. Ένα σύνολο από ενσύρματα LANs και BSSs αποκαλείται Extended Service Set (ESS).

### **ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ - ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

Υπάρχουν 2 βασικές τοπολογίες, βάσει των οποίων ορίζονται 2 είδη ασυρμάτων δικτύων. Πρόκειται για τα ανεξάρτητα δίκτυα (independent networks) και τα δίκτυα υποδομής (infrastructure networks). Σε ένα independent δίκτυο κάθε σταθμός επικοινωνεί απευθείας με όλους τους υπόλοιπους. Το BSS σε αυτήν την περίπτωση ονομάζεται και IBSS (Independent BSS) ή ad-hoc BSS ή πιο απλά ad-hoc δίκτυο. Το IBSS αποτελείται το λιγότερο από δύο σταθμούς και συνήθως είναι προσωρινό, δηλαδή δημιουργείται για κάποιον σκοπό και μετά διαλύεται. Είναι ο απλούστερος τύπος ασύρματου δικτύου. Ο άλλος τύπος δικτύου είναι το infrastructure δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση το BSS διακρίνεται από την παρουσία ενός AP σε αυτό. Το AP, εκτός από το ότι συνδέει το BSS με το ενσύρματο δίκτυο, είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή πλαισίων μεταξύ των σταθμών και γενικότερα για τον κεντρικό έλεγχο της λειτουργίας του BSS. Όταν ένας σταθμός θέλει να στείλει ένα πλαίσιο σε έναν άλλο σταθμό, το πλαίσιο αρχικά αποστέλλεται στο AP και αυτό με την σειρά του το στέλνει στον τελικό προορισμό του. Η BSA σε αυτήν την περίπτωση είναι η περιοχή όπου υπάρχει ραδιοκάλυψη από το AP. Έτσι σε αντίθεση με το IBSS, όπου όλοι οι σταθμοί πρέπει να βρίσκονται στην περιοχή ραδιοκάλυψης των υπολοίπων, για να επικοινωνήσουν με αυτούς, εδώ αρκεί να βρίσκονται στην περιοχή ραδιοκάλυψης του AP, άσχετα με την μεταξύ τους απόσταση. Για να συμμετέχει ένας σταθμός στο BSS πρέπει να ακολουθήσει τη διαδικασία του association (στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω) με το AP. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει πάντα με πρωτοβουλία του σταθμού και είναι απόφαση του AP αν ο σταθμός θα γίνει τελικά δεκτός στο BSS. Το 802.11 δεν ορίζει μέγιστο αριθμό σταθμών που μπορούν να συμμετάσχουν σε ένα BSS, αλλά τίθενται περιορισμοί στις διάφορες υλοποιήσεις AP.

### **ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Τα πιο κοινά WLANs λειτουργούν στη μη αδειοδοτημένη περιοχή συχνοτήτων ISM (Industrial, Scientific and Medical) των 2,4 GHz και στην UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) μπάντα των 5 GHz. Τα IEEE 802.11b WLANs λειτουργούν στη ζώνη 2,4 -2.4835 GHz. Το πρότυπο IEEE 802.11a χρησιμοποιεί την περιοχή των 5 GHz UNII. Αυτή η περιοχή έχει εύρος 300 MHz και είναι χωρισμένη σε δύο υποπεριοχές. Η χαμηλότερη υποπεριοχή επεκτείνεται από 5,15 MHz ως 5,35 MHz. Η ανώτερη υποπεριοχή είναι από 5.725 MHz ως 5.825 MHz. (Η EETT δεν έχει δώσει άδεια χρήσης της στην Ελλάδα).

### **ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 802.11**

Το ασύρματο δίκτυο 802.11 προσφέρει 9 βασικές υπηρεσίες. Τρεις από αυτές σχετίζονται με τη μεταφορά δεδομένων και οι υπόλοιπες έξι σχετίζονται με τη διαχείριση. Οι υπηρεσίες αυτές είναι οι εξής : 1) Distribution : Η υπηρεσία αυτή είναι απαραίτητη για την παράδοση ενός πλαισίου από το AP στον τελικό προορισμό του. Συνίσταται στον εντοπισμό του παραλήπτη, ώστε να γίνει εφικτή η τελική παράδοση του πλαισίου. Έτσι λαμβάνεται απόφαση αν ένα πλαίσιο πρέπει να σταλεί στο ίδιο BSS ή πρέπει να σταλεί στο DS προς παράδοση σε σταθμό συσχετιζόμενο με άλλο AP. 2) Integration : Η υπηρεσία αυτή παρέχεται από το σύστημα διανομής. Είναι υπεύθυνη για τη διασύνδεση του συστήματος διανομής DS σε ένα δίκτυο διαφορετικό του 802.11. Στην ουσία είναι υπεύθυνη για την μετάφραση των πλαισίων από τον ένα τύπο στον άλλο. 3) MSDU Delivery : Η παράδοση των πλαισίων MAC (MAC Service Data Unit) στον τελικό προορισμό τους. 4) Association : Απαραίτητη διαδικασία συσχετισμού ενός σταθμού με το AP, προκειμένου να είναι σε θέση να στείλει και να δεχτεί πλαίσια μέσω του ασυρμάτου δικτύου. Όταν ένας σταθμός είναι συσχετισμένος με ένα AP, δημιουργείται τότε μια λογική σχέση μεταξύ τους, ώστε το DS να γνωρίζει πού και πώς να παραδώσει δεδομένα σε έναν ασύρματο σταθμό. 5) Reassociation : Χρησιμοποιείται από τους κινητούς σταθμούς σε περίπτωση μετακίνησης από μία BSS σε μία άλλη. Είναι μέρος του μηχανισμού της διαπομπής. 6) Disassociation : Η διαδικασία αυτή αφαιρεί έναν σταθμό από το δίκτυο. Το MAC του 802.11

μπορεί να χειριστεί και σταθμούς που εγκαταλείπουν το δίκτυο χωρίς να κάνουν πρώτα disassociation. 7) Authentication : Αν απαιτείται από το διαχειριστή του δικτύου, πρέπει κάθε χρήστης να πιστοποιεί την ταυτότητά του πριν να προχωρήσει στη διαδικασία του association. 8) Deauthentication : Τερματισμός μιας ισχύουσας κατάστασης authentication. Τερματίζει επίσης και το association, εφόσον το authentication είναι προαπαιτούμενο αυτού. 9) Privacy : Λόγω του ασύρματου περιβάλλοντος μετάδοσης έχει οριστεί από το 802.11 μία προαιρετική υπηρεσία κρυπτογράφησης των δεδομένων που ονομάζεται WEP (Wired Equivalent Privacy). Το WEP δεν προσφέρει σε καμία περίπτωση ασφαλής μεταφορά δεδομένων και ήδη μελετάται η αντικατάστασή του.

### **ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΤΟΥ 802.11**

Στο φυσικό στρώμα προδιαγράφονται 3 τεχνικές διαμόρφωσης : 1) Direct Sequence Spread Spectrum (Απλωμένο Φάσμα Ευθείας Ακολουθίας) στην ISM μπάντα των 2,4 GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps. 2) Frequency Hopping Spread Spectrum (Απλωμένο Φάσμα και Πήδημα Συχνότητας) στην ISM μπάντα των 2,4 GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps. 3) Infrared (Υπέρυθρες Ακτίνες) σε μήκη κύματος μεταξύ 850 και 950 nm με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps. Οι 2 πρώτες είναι τεχνικές εξάπλωσης φάσματος (Spread Spectrum). Σε αυτές αφού διαμορφώσουμε το σήμα πληροφορίας στη συνέχεια εξαπλώνουμε την ισχύ του σήματος σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων.

**Frequency Hopping Spread Spectrum** : Η τεχνική Frequency Hopping χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε εμπορικά προϊόντα. Πλεονεκτήματά του έναντι του εναλλακτικού Direct Sequence φυσικού στρώματος, αποτελούν τα απλούστερα και φθηνότερα ηλεκτρονικά για την υλοποίηση των ανάλογων συσκευών, η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και η δυνατότητα συνύπαρξης πολλών τέτοιων δικτύων στην ίδια περιοχή χωρίς να επηρεάζεται η συνολική διέλευση. Όσον αφορά την μετάδοση, η τεχνική FHSS βασίζεται στην ιδέα της αλλαγής της φέρουσας ενός σήματος μέσα σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και σύμφωνα με μια συγκεκριμένη ψευδοτυχαία ακολουθία (hopping pattern). Μοιάζει με την κλασική FDMA (Frequency Division Multiple Access), με τη διαφορά ότι κάθε χρήστης χρησιμοποιεί διάφορες φέρουσες ανάλογα με το hopping pattern του. Για να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη πρέπει ο δέκτης να γνωρίζει το hopping pattern του πομπού και να υπάρχει καλός συγχρονισμός μεταξύ τους. Πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η δυνατότητα συνύπαρξης διαφορετικών ασυρμάτων δικτύων, αρκεί τα hopping patterns τους να είναι διαφορετικά, δηλαδή σε κάθε χρονική στιγμή κάθε σύστημα να μεταδίδει σε διαφορετική φέρουσα. Τότε τα hopping patterns ονομάζονται ορθογώνια και η συνολική διέλευση μεγιστοποιείται. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα συνύπαρξης με χρήστες που εκπέμπουν σήματα στενής ζώνης. Αν η εκπομπή γίνεται με αρκετά μεγάλη ισχύ τότε η παρεμβολή από το Frequency Hopping σύστημα σε αυτούς είναι αμελητέα. Αλλά και η δική τους παρεμβολή στο Frequency Hopping σύστημα είναι αμελητέα, εφόσον μπλοκάρουν μία μόνο φέρουσα από όσες αυτό χρησιμοποιεί.

- **FHSS και 802.11 Φυσικό Στρώμα** : Το φυσικό στρώμα αυτό διαιρεί την ISM μπάντα των 2,4 GHz σε κανάλια εύρους 1 MHz, με το πρώτο κανάλι (κανάλι 0) να έχει τη κεντρική του συχνότητα στα 2,4 GHz. Επιπλέον ορίζεται ότι περίπου το 99% της ενέργειας του εκπεμπόμενου σήματος πρέπει να βρίσκεται μέσα στο κανάλι.

**Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)** : Η τεχνική Direct Sequence είναι η πιο επιτυχημένη τεχνική που έχει χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα ασύρματα δίκτυα. Σε σχέση με τη Frequency Hopping τεχνική μετάδοσης απαιτεί περισσότερη ενέργεια για να επιτύχει παρόμοια διέλευση, όμως το μεγάλο πλεονέκτημά της είναι ότι μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί για την επίτευξη υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης. Όσον αφορά την μετάδοση, η τεχνική DSSS αντικαθιστά κάθε bit πληροφορίας με μία σειρά από bits που ονομάζεται spreading code (κώδικας εξάπλωσης). Τα bits του spreading code κατά σύμβαση ονομάζονται chips. Τα chips μεταδίδονται σε πολύ υψηλότερο ρυθμό από τα αρχικά bits πληροφορίας και έτσι το φάσμα του μεταδιδόμενου σήματος «απλώνεται». Αυτή η τεχνική έχει λοιπόν το χαρακτηριστικό ότι διευρύνει το φάσμα του προς μετάδοση σήματος, μειώνοντας ταυτόχρονα το πλάτος του, δηλαδή απλώνει την ισχύ του σήματος σε πολύ μεγαλύτερο φασματικό εύρος. Ο δέκτης εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή εξάγει τα αρχικά bits πληροφορίας, δημιουργώντας ξανά ένα σήμα στενής ζώνης. Για να το κάνει αυτό πρέπει να γνωρίζει το spreading code που χρησιμοποίησε ο πομπός. Ένα πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η

ανοχή σε παρεμβολές στενής ζώνης, καθώς και μεγαλύτερη ασφάλεια, εφόσον το «απλωμένο» σήμα μοιάζει σαν απλός θόρυβος σε πομπό που λαμβάνει μόνο σήμα στενής ζώνης.

- **DSSS και 802.11 Φυσικό Στρώμα :** Για το φυσικό στρώμα αυτό ορίστηκαν 14 κανάλια στην μπάντα των 2,4 GHz με εύρος 5 MHz το κάθε ένα. Το κανάλι 1 έχει κεντρική συχνότητα τα 2,412 GHz τα υπόλοιπα ακολουθούν κάθε 5 MHz. Στην πράξη κάθε κανάλι καταλαμβάνει περίπου 22 MHz εύρος, γύρω από την κεντρική του συχνότητα. Γίνεται χρήση RF φίλτρων για να καταπιέζονται οι πλευρικοί λοβοί έξω από τα 22 MHz κατά 30 και 50 dB κάτω από την ισχύ της κεντρικής συχνότητας.

**Υπέρυθρες ακτίνες :** Η τεχνική των υπέρυθρων ακτίνων (Infrared – IR) δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα. Η λειτουργία του βασίζεται στην εκπομπή παλμών διάρκειας 250 nsec, που παράγονται από τα LEDs (Light Emitting Diode) του πομπού. Η ακτίνα λειτουργίας του μπορεί να φτάσει περίπου τα 20 μέτρα, σε ελεύθερο φυσικά οπτικό πεδίο.

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟ**

Ο μηχανισμός πρόσβασης στο μέσο που χρησιμοποιείται από το 802.11 MAC είναι ο CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). Έχουν προβλεφθεί 2 τρόποι λειτουργίας, ένας αποκεντρωμένος μέσω του αλγορίθμου DCF (Distributed Coordination Function) και ένας με κεντρικό έλεγχο μέσω του αλγορίθμου PCF (Point Coordination Function) που προέκταση του DCF. Ο αλγόριθμος PCF εκτελείται μόνο σε AP, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε infrastructure δίκτυα. Μία τρίτη επιλογή προσφέρεται στο υποπρότυπο 802.11e, το οποίο συμπληρώνει το MAC υπόστρωμα του 802.11 και ορίζει έναν επιπλέον μηχανισμό ελέγχου πρόσβασης μέσω του αλγορίθμου HCF (Hybrid Coordination Function). Ο αλγόριθμος DCF είναι κατάλληλος για εξυπηρέτηση ασύγχρονης κίνησης, ενώ ο PCF είναι κατάλληλος για σύγχρονη κίνηση. Ο HCF εισάγει ένα σχήμα προτεραιοτήτων για να προσφέρει συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service – QoS).

**Χρόνοι Αναμονής (Interframe Spacing) :** Οι παραπάνω αλγόριθμοι χρησιμοποιούν διάφορες χρονικές περιόδους για τον έλεγχο της πρόσβασης στο μέσο. Γενικά, κάθε σταθμός που θέλει να μεταδώσει κάποιο πλαίσιο πρέπει πρώτα να περιμένει ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (interframe space) και αν δεν ανιχνεύσει άλλη μετάδοση σε αυτό τότε να προχωρήσει στο επόμενο βήμα της διαδικασίας απόκτησης πρόσβασης στο μέσο, που διαφέρει ανάλογα με τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται (DCF ή PCF). Το χρονικό διάστημα αυτό ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου που πρόκειται να μεταδοθεί. Οι χρόνοι αναμονής που ορίζονται από το πρότυπο είναι οι ακόλουθοι : 1) Short Interframe Space (SIFS): Ο μικρότερος χρόνος αναμονής. Χρησιμοποιείται για μεταδόσεις μέγιστης προτεραιότητας, όπως είναι τα πλαίσια RTS/CTS και οι επιβεβαιώσεις. 2) PCF Interframe Space (PIFS): Μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το SIFS, χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον αλγόριθμο PCF. Οι σταθμοί περιμένουν PIFS χρόνο πριν μεταδώσουν κατά την περίοδο που την πρόσβαση στο μέσο ελέγχει ο κεντρικός αυτός αλγόριθμος (περίοδος χωρίς ανταγωνισμό - contention - free period), αποκτώντας προτεραιότητα έναντι αυτών που προσπαθούν να μεταδώσουν με χρήση του DCF. 3) DCF Interframe Space (DIFS): Ο μικρότερος χρόνος αναμονής για λειτουργία με βάση τον αλγόριθμο DCF (περίοδος με ανταγωνισμό - contention period). Μεγαλύτερος σε διάρκεια από τους δύο προηγούμενους χρόνους. 4) Extended Interframe Space (EIFS): Ο μέγιστος χρόνος αναμονής, δεν έχει κάποια συγκεκριμένη τιμή και χρησιμοποιείται όταν συμβεί κάποιο σφάλμα κατά την μετάδοση του πλαισίου.

**Μηχανισμός Ανίχνευσης Φέροντος :** Είναι γνωστό πως στα ενσύρματα δίκτυα ο τρόπος λειτουργίας του μηχανισμού ανίχνευσης φέροντος είναι σχετικά απλός. Κάθε σταθμός παρακολουθεί το μέσο μετάδοσης και αν εντοπίσει σήμα συγκεκριμένης ισχύος καταλαβαίνει ότι κάποια μετάδοση πλαισίου βρίσκεται σε εξέλιξη. Όταν όμως το μέσο μετάδοσης γίνει ασύρματο τότε αυτός ο μηχανισμός δεν είναι επαρκής. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού στα σχήματα διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται, των διαφόρων περιπτώσεων όσο αφορά τις αποστάσεις μεταξύ των σταθμών αλλά και με το πρόβλημα των hidden nodes είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί αξιόπιστος μηχανισμός ανίχνευσης φέροντος που να λειτουργεί αποκλειστικά στο φυσικό επίπεδο. Γι' αυτό το λόγο το πρότυπο 802.11 προβλέπει και έναν δεύτερο μηχανισμό ανίχνευσης φέροντος που λειτουργεί όμως στο υπόστρωμα MAC. Ο εικονικός μηχανισμός ανίχνευσης φέροντος (virtual carrier sensing) χρησιμοποιεί έναν μετρητή χρόνου που ονομάζεται NAV (Network Allocation Vector). Στην ουσία



πρόκειται για μια δομή δεδομένων, η οποία κατασκευάζεται με βάση τα όσα «ακούν» οι διάφοροι σταθμοί του δικτύου από μεταδόσεις πλαισίων RTS/CTS/DATA/ACK καθένα από τα οποία περιλαμβάνουν την διάρκεια μιας επερχόμενης μετάδοσης. Αυτός ο μετρητής συμπεριλαμβάνεται στα περισσότερα πλαίσια που ανταλλάσσονται. Κάθε σταθμός θέτει το πεδίο αυτό ίσο με το χρόνο που θέλει να κρατήσει δεσμευμένο το μέσο μετάδοσης, όταν αποκτήσει βέβαια δικαίωμα να το κάνει.

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ**

Η διαδικασία του association ενός κινητού σταθμού με ένα AP είναι απαραίτητη προκειμένου να αποκτήσει ο σταθμός πλήρη πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Η πρόσβαση όμως ενός σταθμού στο ασύρματο δίκτυο περιλαμβάνει κι άλλα βήματα που προηγούνται του association. Παράλληλα η διαχείριση της πρόσβασης στο δίκτυο είναι απαραίτητη για την υποστήριξη της κινητικότητας (mobility) του σταθμού και παίζει σημαντικό ρόλο στον μηχανισμό της διαπομπής (handover). Στην συνέχεια παρατίθενται τα βασικά βήματα για να αποκτήσει ένας σταθμός πρόσβαση σε ένα ασύρματο δίκτυο 802.11.

**Scanning :** Ο σταθμός πρέπει πρώτα να εντοπίσει το δίκτυο στο οποίο θέλει να αποκτήσει πρόσβαση. Για τον σκοπό λοιπόν αυτό πρέπει να εντοπίσει όλα τα υπάρχοντα δίκτυα στην περιοχή που βρίσκεται. Υπάρχουν δύο παραλλαγές του scanning, το ενεργό (active scanning) και το παθητικό (passive scanning). Κατά το passive scanning ο σταθμός δεν εκπέμπει τίποτα, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια. Παρακολουθεί τα διαθέσιμα κανάλια ψάχνοντας για πλαίσια Beacon που δηλώνουν την ύπαρξη κάποιου δικτύου. Κατά το active scanning ο σταθμός εκπέμπει περιοδικά σε όλα τα διαθέσιμα κανάλια πλαίσια Probe Request που περιέχουν και το SSID (ή network name) του δικτύου που ψάχνει.

**Joining :** Αφού εντοπιστεί το δίκτυο ακολουθεί η διαδικασία του joining, δίχως όμως ο κινητός σταθμός να αποκτήσει ακόμα πρόσβαση στο δίκτυο. Με άλλα λόγια η διαδικασία του joining δεν δίνει σε έναν σταθμό πρόσβαση στο δίκτυο, απλώς είναι ένα απαραίτητο βήμα στη διαδικασία του association. Ο σταθμός, έχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες από το scanning, εξετάζει τις παραμέτρους κάθε BSS και αποφασίζει με ποιο από αυτά θα προχωρήσει τη διαδικασία του association.

**Authentication :** Αφού ο σταθμός επιλέξει σε ποιο BSS θέλει να προσχωρήσει (joining) πρέπει να ακολουθήσει τη διαδικασία του authentication. Η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική στη διατήρηση της ασφάλειας στα ασύρματα δίκτυα, εφόσον δεν υπάρχουν ουσιαστικά φυσικοί περιορισμοί για κάποιον που θέλει να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα δίκτυο. Για την πιστοποίηση πρέπει να ανταλλαχθούν οι κατάλληλες πληροφορίες και κλειδιά. Η διαδικασία αυτή έχει μεγαλύτερη σημασία σε infrastructure δίκτυα εφόσον το authentication είναι μονόδρομο και όχι αμφίδρομο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σταθμός που θέλει να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο πρέπει να πιστοποιήσει τον εαυτό του σε κάποιο AP, αλλά το AP δεν έχει καμιά υποχρέωση πιστοποίησης.

**Association :** Το association του σταθμού με το AP είναι το τελικό βήμα για να αποκτήσει ο σταθμός πρόσβαση στο δίκτυο. Το association απαιτεί την ανταλλαγή δύο πλαισίων μεταξύ σταθμού και AP. Το πρώτο πλαίσιο το στέλνει ο σταθμός και είναι τύπου Association Request. Σε περίπτωση που δεν έχει προηγηθεί authentication το AP απαντά με ένα πλαίσιο Deauthentication. Σε περίπτωση που το authentication έχει γίνει κανονικά το AP αποφασίζει αν θα ολοκληρώσει ή όχι τη διαδικασία. Αν τελικά η αίτηση γίνει δεκτή, το AP απαντά με ένα πλαίσιο Association Response. Επίσης, γνωστοποιεί την ύπαρξη του σταθμού στο δικό του BSS στο σύστημα διανομής (Distribution System – DS) ώστε να δρομολογούνται σωστά πλαίσια που προορίζονται για τον σταθμό αυτόν.

### **HANDOVER – ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΤΩΝ**

Ένα γνωστό πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται στις κινητές επικοινωνίες προκύπτει κατά τη μετακίνηση ενός χρήστη από ένα AP στο οποίο είναι αρχικά «ασύρματα» συνδεδεμένος στην σύνδεσή του σε ένα άλλο AP. Η διαδικασία αποσύνδεσης ενός ασύρματου χρήστη από ένα AP και η σύνδεση με ένα άλλο ονομάζεται “handover”. Κατά το handover ενός κινητού χρήστη, διακόπτονται οι οποιεσδήποτε ενεργές συνδέσεις του και όσα πακέτα φτάνουν στη συνέχεια στον προηγούμενο AP του χάνονται (η φυσική σύνδεση έχει κοπεί). Στο πρότυπο 802.11 είναι γνωστό πως υπάρχουν τα παρακάτω 2 διαφορετικά είδη **κινητικότητας** : 1) Roaming (περιπλάνηση) ενός κινητού σταθμού εντός των ορίων του ίδιου ESS ( Intra-Network Handover). Η AP διεύθυνση ενός σταθμού παραμένει ίδια κατά την αλλαγή AP. 2) Roaming (περιπλάνηση) ενός

κινητού σταθμού μεταξύ BSS που ανήκουν σε διαφορετικά ESS ( Inter-Network Handover). Η AP διεύθυνση ενός σταθμού μπορεί να αλλάξει κατά την αλλαγή AP. Στην δεύτερη περίπτωση ο κινητός σταθμός επαναλαμβάνει τη διαδικασία του association με το νέο AP.

## **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΙΑ IEEE 802.11**

**Υποπρότυπο IEEE 802.11a :** Η IEEE αναγνωρίζοντας ότι οι τηλεοπτικές, όπως και οι 'βαριές' εφαρμογές πολυμέσων θα απαιτούσαν ταχύτητες υψηλότερες από 11 Mb/s, εξέδωσε το 1999 το πρότυπο IEEE 802.11a, το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για υψηλή απόδοση στα εσωτερικά περιβάλλοντα. Παρέχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι 54 Mb/s, ενώ χρησιμοποιεί την μπάντα των 5GHz. Βασίζεται στην τεχνική πολυπλεξίας OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Ορθογωνική Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας).

**Υποπρότυπο IEEE 802.11b :** Το 802.11b είναι σήμερα, το πιο δημοφιλές από τα μέλη της οικογένειας των προτύπων ασύρματης δικτύωσης IEEE 802.11, με υποστήριξη από πολλούς κατασκευαστές. Το πρώτο 802.11 πρότυπο παρείχε αρκετά χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων με αρκετά υψηλό κόστος για να υιοθετηθεί ευρέως. Έτσι το 1999, η IEEE εξέδωσε ένα νέο πρότυπο, το 802.11b, το οποίο υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 11 Mb/s και χρησιμοποιεί την ελεύθερη μπάντα συχνοτήτων των 2,4 GHz.

**Υποπρότυπο IEEE 802.11e (Quality of Service (QoS)) :** Το πρότυπο αυτό παρέχει εγγυήσεις για ποιότητα υπηρεσίας. Στην ουσία το πρότυπο αυτό παρέχει λειτουργίες Quality of Service (QoS), με εισαγωγή προτεραιοτήτων στα πακέτα των δικτύων 802.11, για μεταδόσεις VoIP και streaming media. Στα WLAN, όπως και στην περίπτωση των LAN, η ποιότητα υπηρεσιών από άκρη σε άκρη δεν είναι εξασφαλισμένη. Οι αλγόριθμοι πρόσβασης στο μέσο DCF και PCF δεν υποστηρίζουν μηχανισμούς Diffserv και κατ' επέκταση QoS. Την λύση έρχεται φυσικά να δώσει ο αλγόριθμος πρόσβασης στο μέσο HCF που ονομάζεται και Enhanced DCF (EDCF). Ένα BSS που υποστηρίζει το πρότυπο IEEE 802.11e ονομάζεται QoS supporting BSS.

**Υποπρότυπο IEEE 802.11f :** Το πρότυπο, που είναι ακόμα γνωστό και σαν IAPP (Inter Access Point Protocol), ορίζει ακριβώς την διαδικασία handover, ανάλογα με τα δύο είδη κινητικότητας. Έτσι προσδιορίζει την επικοινωνία των APs ενός IEEE 802.11 ESS. Εφαρμόζεται σε ένα Σύστημα Διανομής (Distribution System - DS) το οποίο υποστηρίζει ένα ασύρματο δίκτυο 802.11.

**Υποπρότυπο IEEE 802.11g :** Το πρότυπο 802.11g, το οποίο επεκτείνει το 802.11b προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 54 Mbps αλλά και συμβατότητα με το 802.11b. Χρησιμοποιεί και αυτό την ISM μπάντα των 2,4 GHz. Σε αντίθεση με το 802.11b χρησιμοποιεί την OFDM για να πετύχει τους επιθυμητούς ρυθμούς μετάδοσης.

**Υποπρότυπο IEEE 802.11i :** Πρόκειται για το πρότυπο που μελετά θέματα ασφαλείας στα WLAN. Είναι σαφές ότι τα ενσύρματα LAN είναι πιο ασφαλή από ότι τα ασύρματα και αυτό οφείλεται σε 2 : 1) Στα WLAN το μέσο μετάδοσης (Ασύρματο κανάλι) έχει συγκεκριμένες δυνατότητες απόδοσης και εμφανίζει σημαντικές και μεγάλες διαφορές συγκρινόμενο με το ασύρματο κανάλι των LANs. Κάτι τέτοιο οφείλεται προφανώς στην ασύρματη φύση του καναλιού και στο ότι παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές με το πέρασμα του χρόνου. 2) Ο οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση στο κανάλι μετάδοσης (αέρας), κάτι που δεν ισχύει στα ενσύρματα δίκτυα. Οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως ο WEP (Wired Equivalent Privacy), ο WPA (Wi-Fi Protected Access) και IP SEC παρουσιάζουν κάποια προβλήματα. Για παράδειγμα ο πρώτος εμφανίζει σημαντικά κενά ασφαλείας, ο WPA ενώ έρχεται να καλύψει τα κενά του WEP, στην πραγματικότητα δεν καλύπτει την ουσιαστική ασφάλεια στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Τέλος ο IP SEC εφαρμόζεται τοπικά σε κάθε χρήστη και καλύπτει Point-to-Point συνδέσεις. Η ομάδα εργασίας προσανατολίζεται στην δημιουργία του προτύπου IEEE 802.11i (Extensible Authentication Protocol-EAP, Advanced Encryption Standard-AES, Temporal Key Integrity Protocol-TKIP, Robust Security Network-RSN).

**Υποπρότυπο IEEE 802.11h :** Η ομάδα αυτή θα προσπαθήσει να εισάγει στο 802.11a την δυνατότητα για καλύτερο έλεγχο συγκρούσεων, καθώς και την λειτουργία Transmit Power Control (TPC) και Dynamic Frequency Selection (DFS). Μια συσκευή θα επιλέγει αυτόματα την ελάχιστη αναγκαία ισχύ εκπομπής, πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 : ΔΙΚΤΥΑ ΟΤΕ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Τα Δίκτυα του ΟΤΕ σήμερα (Υποδομή και Τεχνολογίες) :** Ο ΟΤΕ διαθέτει ως υποδομή 17.033χλμ. καλωδίων οπτικών ινών, από τα οποία τα 14.133χλμ. είναι χερσαία και τα 2.900χλμ. υποβρύχια. Σε αυτά τα νούμερα κυρίαρχη συμμετοχή έχει το γνωστό σε όλους, τηλεφωνικό δίκτυο το οποίο ακόμα αποτελεί για τον ΟΤΕ την αιχμή του δόρατος. Στις 31/12/2001, η Εταιρεία είχε εγκατεστημένες 6.070.659 παροχές, από τις οποίες οι 5.802.559 ήταν ψηφιακές και 268.100 ήταν αναλογικές. Ένα ακόμα σημαντικό για την χώρα δίκτυο που από το 1994 λειτουργεί είναι το ISDN. Με υποδομή που βασίζεται κυρίως στο παρεχόμενο τηλεφωνικό δίκτυο φιλοδοξεί να αποτελέσει σε λίγο καιρό το κυρίαρχο δίκτυο επικοινωνίας των Ελλήνων. Η εγκατεστημένη χωρητικότητα ISDN-BRA (Βασική πρόσβαση) φθάνει στις 276.025 παροχές και οι ISDN-PRA (Πρωτεύουσα πρόσβαση) τις 8.206, ενώ η κατειλημμένη χωρητικότητα στις 199.033 συνδέσεις BRA (2 κανάλια) και τις 5.385 συνδέσεις PRA (30 κανάλια). Το δίκτυο ATM καθώς και η εμπορική εκμετάλλευση της επένδυσης με την επωνυμία HellasStream επεκτείνεται διαρκώς με αποτέλεσμα η τεχνολογία ATM να γεφυρώνει τους "κόσμους" των τοπικών δικτύων (LAN) και των δικτύων ευρείας περιοχής (WAN) χωρίς ενδιάμεσους μετατροπείς πρωτοκόλλων. Τα, από παλιά γνωστά, δίκτυα HELLASPAC και HELLASCOM αποτελούν ακόμα και σήμερα σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη των δικτύων του ΟΤΕ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νέα τεχνολογία του FRAME RELAY που ενδυναμώνει τις δυνατότητες του HELLASPAC. Ο ΟΤΕ σταδιακά όμως επενδύει και σε νέα δίκτυα, προηγμένων τεχνολογικά λύσεων, όπως είναι εκείνο της ADSL τεχνολογίας αλλά και στην αναβάθμιση ήδη υπάρχοντων με τη χρήση νέων τεχνολογιών όπως είναι οι οπτικές ίνες. Οι σύγχρονες όμως απαιτήσεις οδηγούν στο χώρο των ασύρματων και δορυφορικών επικοινωνιών όπου ο ΟΤΕ επιδιώκει να εμπλακεί δυναμικά. Για το σκοπό αυτό έχει δημιουργηθεί και η πρώτη Δορυφορική Ψηφιακή Πλατφόρμα (ΔΨΠ) η οποία εκπέμπει πιλοτικά από τις αρχές του 2000 μέσω του Δορυφορικού Οργανισμού EUTELSAT στο δορυφόρο HOTBIRD 3. Παράλληλα εφαρμόζονται και αναπτύσσονται και υποβρύχια καλωδιακά συστήματα και δορυφορικά συστήματα που απευθύνονται κυρίως στη ναυτιλία, στις μεταφορές αέρος και ξηράς, και σε χρήστες φορητών σταθμών ξηράς.

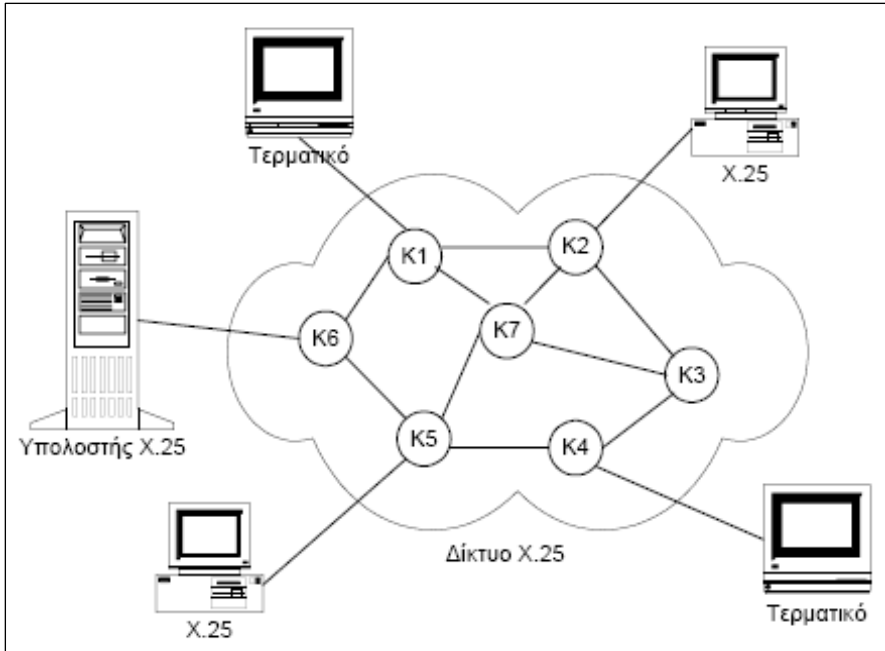
**Παρεχόμενες Υπηρεσίες :** Ο ΟΤΕ διαθέτει ένα πλήθος υπηρεσιών και προϊόντων που επιδιώκουν να καλύψουν τις απαιτήσεις των πελατών-συνδρομητών του. Επιγραμματικά αυτές συνοψίζονται στις παρακάτω : Μετάδοση φωνής, Μετάδοση εικόνας (Εικονοτηλεφωνία), Μετάδοση δεδομένων, Ψηφιακές Υπηρεσίες (αναγνώριση, εκτροπή, φραγή κλήσεων και άλλες), Διασύνδεση με το INTERNET (ΕΠΑΚ, ΠΕΑΚ κτλ), Διασύνδεση προηγμένων πληροφοριακών συστημάτων, Τηλεφωνική εξυπηρέτηση πελατών, Υπηρεσίες προβολής, Ραδιοτηλεοπτικές Μεταδόσεις, Τηλεκειμενογραφία, Ηλεκτρονικό Εμπόριο, Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο, Video Conference, Video-On-Demand, Video Streaming, Voice-Over-IP, Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική.

**Μελλοντικοί Στόχοι :** Πρωταρχικός στόχος της εταιρείας για το 2003 είναι ο εκσυγχρονισμός της υποδομής της και η ανάπτυξη υπηρεσιών και προϊόντων που καλύπτουν τις σύγχρονες ανάγκες επιχειρήσεων και καταναλωτών. Εκτός της σταθερής τηλεφωνίας, ο όμιλος παρέχει υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας, εφαρμογές Internet, ασύρματες και δορυφορικές επικοινωνίες, συμβουλευτικές υπηρεσίες, υπηρεσίες για τη ναυτιλία, ενώ αναλαμβάνει και τηλεπικοινωνιακά έργα υποδομής στην Ελλάδα και το εξωτερικό. Η σημαντικότερη επένδυση στα προσεχή χρόνια - η οποία έχει ήδη αρχίσει να λαμβάνει μορφή - είναι η εγκατάσταση, λειτουργία και επέκταση δικτύου τεχνολογίας ADSL (και στη συνέχεια και SDSL, VDSL). Ένας ακόμα στόχος είναι η εγκατάσταση δακτυλίων SDH και ενός εθνικού δικτύου συγχρονισμού. Μέσα στα επόμενα σχέδια είναι και η ολοκλήρωση του δικτύου IP και των εγκαταστάσεων για την έναρξη παροχής υπηρεσιών IP VPN και Internet dial-up (wholesale). Τέλος σχεδιάζεται η παροχή υπηρεσιών του ασύρματου συστήματος ευρυζωνικής πρόσβασης LMDS (Local Multipoint Distribution Service). Το παραπάνω δίκτυο παρέχει υπηρεσίες ATM, frame relay, μισθωμένα κυκλώματα, circuit emulation, IP.

**Τηλεφωνικό Δίκτυο :** Το τηλεφωνικό δίκτυο του ΟΤΕ αποτελεί εδώ και χρόνια τη ραχοκοκαλιά των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα. Είναι ίσως το πρώτο δίκτυο που εγκαταστάθηκε ποτέ στην Ελλάδα και

λειτουργεί τα τελευταία 50 χρόνια. Έχει αποτελέσει πολύ συχνά τη βάση για τη δημιουργία και λειτουργία και άλλων δικτύων και συνεχίζει να το κάνει. Είναι η κύρια πηγή εσόδων για τον Οργανισμό και πιθανότατα αυτός είναι και ο λόγος που κάθε τεχνολογική καινοτομία του ΟΤΕ βασίζεται ή έστω περιέχει σαν μέρος της την υποδομή και την πελατειακή βάση του τηλεφωνικού δικτύου.

**Τεχνολογική Υποδομή Δικτύου :** Όπως τα περισσότερα δημόσια δίκτυα, έτσι και το Δημόσιο Επιλεγόμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο (PSTN) του ΟΤΕ στηρίζεται πάνω στο διεθνώς διαδεδομένο πρωτόκολλο επικοινωνίας X.25. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου, προσδιορίζεται



από μια σειρά συστάσεων της Διεθνούς Συμβουλευτικής Επιτροπής για την Τηλεφωνία και Τηλεγραφία (CCITT) και καθορίζει αυστηρά τον τρόπο διασύνδεσης διαφορετικών συστημάτων, που είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους. Καθορίζει δηλαδή το interface μεταξύ των συνδρομητών (Data Terminal Equipment: DTE) και του δικτύου (Data Circuit Equipment: DCE). Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία του δικτύου του ΟΤΕ είναι φυσικά ο κατάλληλος εξοπλισμός, ο οποίος σε γενικές γραμμές είναι ο ακόλουθος : 1) Τερματικός Εξοπλισμός Δεδομένων (ΤΕΔ ή DTE), ο οποίος είναι μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και φροντίζει για την ανταλλαγή

των πακέτων, π.χ. μια τηλεφωνική συσκευή, ένα τερματικό, modem κλπ. 2) Εξοπλισμός Τερματικού Κυκλώματος Δεδομένων (ΕΤΚΔ ή DCE), ο οποίος είναι ένας κόμβος του δικτύου, επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχομένων κλήσεων προς άλλα ΤΕΔ. Τέτοιος εξοπλισμός βρίσκεται συνήθως στους Κόμβους του ΟΤΕ. Στην **παραπάνω εικόνα** παριστάνεται αυτή η δομή σε ένα τυπικό X.25 δίκτυο, σαν αυτό του ΟΤΕ. Οι συνδέσεις μεταξύ δύο DTE σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, ονομάζονται Νοητά Κυκλώματα. Η υλοποίηση τέτοιων κυκλωμάτων πραγματοποιείται με την πολύπλεξη πολλών και διαφορετικών λογικών καναλιών. Τα λογικά κανάλια δεν είναι συνδέσεις μεταξύ DTE - DTE, αλλά μεταξύ DTE - DCE. Η σύνδεση αυτή υλοποιείται με τη χρήση διούρματων χάλκινων συνδέσεων ανάμεσα στα δύο μέρη η οποία είναι γνωστή ως τοπικός βρόχος. Σε αντίθεση με τις συνδέσεις DTE - DCE, οι συνδέσεις DTE - DTE πραγματοποιούνται σήμερα πλέον με τη χρήση όχι μόνο χαλκού αλλά και οπτικών ινών.

**Παρεχόμενες Υπηρεσίες Τηλεφωνικού Δικτύου :** Μέσα από το επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο ο κύριος όγκος πληροφορίας που μεταδίδεται αφορά φωνή. Για την επικοινωνία υπολογιστικών συστημάτων μέσω του επιλεγόμενου δικτύου απαιτούνται ειδικές συσκευές, οι οποίες να μετατρέπουν το αναλογικό σήμα των γραμμών σε καθαρά ψηφιακό για να μπορεί να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ 2 υπολογιστικών συστημάτων. Οι συσκευές αυτές λέγονται διαμορφωτές / αποδιαμορφωτές και είναι τα γνωστά μας modem. Ακολουθούν συγκεκριμένα πρότυπα τυποποίησης και τα οποία μάλιστα πρέπει να είναι τα ίδια για δυο υπολογιστικά συστήματα ώστε να εξασφαλιστεί σωστή φυσική διασύνδεση. Φυσικά για να μπορέσουν οι χρήστες να επιτύχουν αυτή την επικοινωνία που σε φυσικό επίπεδο τους παρέχεται, πρέπει να κατέχουν και τα κατάλληλα προγράμματα εφαρμογών που δίνουν τις διάφορες υπηρεσίες, όπως είναι η μεταφορά αρχείων, η πλοήγηση στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web), η συνομιλία με άλλους χρήστες, η υπηρεσία εξομοίωσης τερματικού και άλλες. Καταλυτική όμως υπήρξε από μεριάς υπηρεσιών και η μετάβαση του δικτύου αυτού από την αναλογική μορφή στην ψηφιακή. Ύστερα από αυτή την ενέργεια η ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service, QoS) βελτιώθηκε αισθητά και εκτός από την προφανή αναβάθμιση της ποιότητας, ταχύτητας και αξιοπιστίας των γραμμών προσφέρθηκαν και σημαντικές ψηφιακές υπηρεσίες και διευκολύνσεις. Οι διευκολύνσεις αυτές αφορούν : Διαπραγματέυση παραμέτρων ελέγχου ροής (Flow

Control negotiation). Διαπραγμάτευση κλάσης διεκπεραιωτικής ικανότητας (Throughput class negotiation). Ταχεία επικοινωνία (Fast select). Αποδοχή ταχείας επικοινωνίας (Fast select acceptance). Φραγή εξερχόμενων κλήσεων (Outgoing calls barred). Φραγή εισερχομένων κλήσεων (Incoming calls barred). Κλειστή ομάδα χρηστών (Closed user group). Εξερχόμενα λογικά κανάλια μονής κατεύθυνσης (One way logical channel outgoing). Ανάστροφη Χρέωση (Reverse charging). Αποδοχή ανάστροφης χρέωσης (Reverse charging Acceptance). Επανεκπομπή πακέτων (Packet retransmission). Μη τυποποιημένο μέγεθος πακέτου (Non standard default packet sizes). Μη τυποποιημένο μέγεθος παραθύρου (Non standard default window sizes). Πληροφορίες χρέωσης (Charging information). Ομάδα συνοπτικής κλήσης (Hunt group). Εκτροπή κλήσης (Call redirection). Ένδειξη εκτροπής κλήσης (Call redirection notification). Αποτροπή τοπικής χρέωσης (Local charging prevention). Κωδικός αναγνώρισης χρήστη (Network user identification).

**Κόστος :** Το κόστος χρήσης υπηρεσιών παρεχομένων από το επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο κυμαίνονται αναλόγως με το είδος της επικοινωνίας, με το χρονικό διάστημα χρήσης της επιλεγόμενης υπηρεσίας και την γεωγραφική θέση στην οποία βρίσκονται τα δύο η και περισσότερα μέλη μιας επικοινωνίας που παρέχεται μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε το κόστος σε 3 μεγάλες κατηγορίες : 1) Λειτουργικά έξοδα (τέλος σύνδεσης ή μεταφοράς, πάγιο τέλος κτλ). 2) Μηνιαία έξοδα που προέρχονται από την χρήση των υπηρεσιών με βάση τη χρεωστική τιμολογιακή πολιτική του ΟΤΕ. 3) Έξοδα χρήσης διαφόρων ψηφιακών ή και άλλων διευκολύνσεων.

## **ΜΙΣΘΩΜΕΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ**

**Τι είναι Μισθωμένη Γραμμή :** Μισθωμένη γραμμή είναι μια τηλεπικοινωνιακή γραμμή, που συνδέει ένα σημείο συγκεκριμένου πελάτη με άλλο σημείο του ίδιου ή τρίτου, χωρίς τη μεσολάβηση των επιλογικών οργάνων (κέντρων) του ΟΤΕ. Η γραμμή αυτή όμως μπορεί να έχει πολλές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το είδος της και επομένως να παρέχει διαφορετικές υπηρεσίες και χαρακτηριστικά. Συνεπακόλουθα οι τεχνολογικές αυτές διακυμάνσεις είναι λογικό να προκαλούν με τη σειρά τους και διακυμάνσεις στην τιμολόγηση αυτού του δικτύου.

**Τεχνολογία :** Αντίθετα από τις επιλεγόμενες γραμμές, που πρέπει να δημιουργούνται κάθε φορά, που απαιτείται σύνδεση μεταξύ δύο σημείων, οι μισθωμένες γραμμές παρέχουν μια επικοινωνιακή γραμμή έτοιμη να χρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή. Οι μισθωμένες γραμμές είναι διαθέσιμες 24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα, και γι' αυτό είναι κατάλληλες, πχ για την μόνιμη σύνδεση μεταξύ των υποκαταστημάτων μιας εταιρίας, για την σύνδεση εταιριών με το διαδίκτυο, προκειμένου να παρέχουν υπηρεσίες πληροφόρησης διαρκώς διαθέσιμες.

### **Είδη Γραμμών :**

- **Ανάλογα με τη Γεωγραφική Θέση :** Ανάλογα με το γεωγραφικό χώρο που καλύπτουν, οι μισθωμένες γραμμές χαρακτηρίζονται σε : Αστικές : είναι εκείνες οι οποίες συνδέουν δύο σημεία που βρίσκονται στην ίδια πόλη. Υπεραστικές : εκείνες οι οποίες συνδέουν δύο σημεία που βρίσκονται σε δύο διαφορετικές πόλεις της χώρας. Διεθνείς : οι οποίες συνδέουν δύο σημεία το ένα από τα οποία βρίσκεται σε άλλη χώρα.
- **Ανάλογα με την Τεχνική Δομή :** Η γεωγραφική θέση μπορεί να είναι ένας παράγοντας διάκρισης των μισθωμένων γραμμών, όχι όμως και ο σημαντικότερος. Εκείνο κυρίως που τις ξεχωρίζει είναι η τεχνολογία που υποστηρίζεται μέσω αυτών και της τεχνικής τους δομής. Έτσι διακρίνουμε καταρχήν τις αναλογικές 3 ποιότητες, σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις της ITU-T : 1) Απλές γραμμές ποιότητας M-1040(Φωνή). 2) Γραμμές ειδικής ποιότητας M -1025(Δεδομένα). 3) Γραμμές ειδικής ποιότητας M -1020(Δεδομένα). Στη συνέχεια έχουμε τις ψηφιακές γραμμές διαφόρων ταχυτήτων από 64 K bit/s μέχρι 2 Mbit/s ή και 34 Mbit/s ή 155 Mbit/s, κατάλληλες για μεταφορά δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες, φωνής και εικόνας εναλλακτικά ή και ταυτόχρονα. Παρέχουν υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας, ευκολότερη διαχείριση και ταχύτητες αισθητά μεγαλύτερες από τις αναλογικές γραμμές. Πολύ συχνά χρησιμοποιούμενη γραμμή είναι η E1 στα 2,048 Mbrps (για την Ευρώπη) ή οι γραμμές T1 στα 1,544 Mbrps (για την Β. Αμερική και Ιαπωνία).

**Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα :** Χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες μισθωμένες γραμμές μεταξύ των διαφόρων σημείων της επιχειρηματικής δραστηριότητας μιας εταιρείας σε μικρή ή μεγάλη γεωγραφική κλίμακα, μπορεί η εκάστοτε εταιρεία να δημιουργήσει το δικό της δίκτυο, με το οποίο να παρέχεται η δυνατότητα να εξυπηρετεί όποιες ανάγκες επικοινωνίας. Ο ενδιαφερόμενος έχει την αποκλειστική χρήση του δικτύου χωρίς τη μεσολάβηση επιλογικών οργάνων του ΟΤΕ, και μάλιστα την έχει ολόκληρο το 24ωρο. Η χρέωση του γίνεται με μισθώματα προκαθορισμένα, ανεξάρτητα από τον όγκο της τηλεπικοινωνιακής κίνησης και των πληροφοριών που μεταβιβάζεται. Στα βασικά πλεονεκτήματα ενός τέτοιου δικτύου πρέπει επίσης να προσθέσουμε τη μόνιμη σύνδεση με το ΙΝΤΕΡΝΕΤ.

**Κόστος :** Η τιμολόγηση μισθωμένης γραμμής είναι συνάρτηση της ταχύτητας και της απόστασης μεταξύ των δύο ακραίων σημείων, κι όχι του όγκου των δεδομένων, που διακινούνται μέσα από αυτή. Αναλυτικότερα το κόστος εξαρτάται ανάλογα με το αν η μισθωμένη γραμμή που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι αναλογική ή ψηφιακή, ποιας ταχύτητας ψηφιακή (19,2 Kbits/sec-1920 Kbits/sec ή 2 Mbits/sec ή 34 Mbits/sec ή 155 Mbits/sec), ραδιοφωνική ή τηλεοπτική. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως το κόστος μιας ψηφιακής μισθωμένης γραμμής μεταξύ 2 κόμβων που απέχουν 250 km (π.χ. Πάτρα-Αθήνα) ταχύτητας 34 Mbits/sec και μεταβλητού μισθώματος ανέρχεται στα 4402 € για το τέλος σύνδεσης ανά άκρο και στα 16463 € για το μηνιαίο μίσθωμα ανά άκρο (τιμές Ιουνίου 2003).

## HELLASPAC

**Τι είναι και που εφαρμόζεται :** Το 1990 ο ΟΤΕ έθεσε σε λειτουργία το πρώτο δημόσιο δίκτυο μεταφοράς δεδομένων γνωστό με την επωνυμία HELLASPAC. 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. Το δίκτυο εγγυάται την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων χωρίς πιθανότητα λαθών. Οι ταχύτητες που προσφέρει είναι από 300 hrs έως 2 Mbrps. Σ' αυτό το δίκτυο μπορούν να συνδεθούν χρήστες από όλη την Ελλάδα και μέσω των διεθνών διασυνδέσεων του ΟΤΕ να συνδεθούν και με δίκτυα δεδομένων άλλων χωρών.

**Που απευθύνεται :** Το δίκτυο αυτό μπορεί να καλύψει ανάγκες για μεταβίβαση, άντληση και αποθήκευση πληροφοριών μιας οποιασδήποτε επιχείρησης που δραστηριοποιείται στον τομέα της πληροφορικής ή και στο γενικότερο τομέα της διακίνησης πληροφορίας. Το δίκτυο λοιπόν αυτό απευθύνεται σε εταιρείες με ανάγκες όπως : 1) Πρόσβαση σε τράπεζες πληροφοριών. 2) Ανάπτυξη συστημάτων software. 3) Διατήρηση αρχείων πελατών. 4) Κρατήσεις θέσεων σε μεταφορικά μέσα. 5) Τραπεζικές συναλλαγές. 6) Έλεγχος αποθεμάτων.

**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. Στα αποσπελλόμενα 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 «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. Η τοπολογία δεν είναι στατική, αλλά μεταβάλλεται δυναμικά σύμφωνα με τις απαιτήσεις (πλήθος χρηστών, φόρτος επικοινωνίας κτλ). Στον κόμβο της Αθήνας βρίσκεται ενσωματωμένο το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (Network Control and Management Center - NCMC), το οποίο είναι επιφορτισμένο με σημαντικές αρμοδιότητες για την ορθή και αδιάκοπη λειτουργία του δικτύου.

**Τεχνικός Εξοπλισμός :** Οι υποψήφιοι χρήστες για να συνδεθούν στο δίκτυο θα πρέπει να διαθέτουν τον κατάλληλο τεχνικό εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός αυτός που αποτελεί το σταθμό δεδομένων χρήστη,

περιλαμβάνει : 1) Τη Συσκευή Τερματικού Κυκλώματος δεδομένων - DCE (Data Circuit Terminating Equipment) π.χ. MODEM (διαποδιαμορφωτή). 2) Τη Τερματική Συσκευή Δεδομένων - DTE (Data Terminal Equipment) π.χ. ηλεκτρονικός υπολογιστής, τερματικό. 3) Τον εξοπλισμό που παρεμβάλλεται μεταξύ τους. Ο εξοπλισμός που μπορεί να συνδεθεί στο HELLASPAC αυτός όπως προκύπτει από τις σχετικές συστάσεις της ITU-T μπορεί να είναι είτε σύγχρονες τερματικές συσκευές (Packet DTE ή P-DTE) που επικοινωνούν με πρωτόκολλο X.25 ή Frame Relay, είτε ασύγχρονες τερματικές συσκευές (Character DTE ή C-DTE) που επικοινωνούν με πρωτόκολλο X.28. Το Σύγχρονο Τερματικό (P-DTE) έχει τη δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης των μεταδιδόμενων ή λαμβανόμενων από αυτό πακέτων. Τα σύγχρονα τερματικά συνδέονται στο δίκτυο με μόνιμη 4-σύρματη ή 2-σύρματη ζεύξη και εξυπηρετούν ταχύτητες από 2400 bps και πάνω, αμφίδρομης επικοινωνίας (Full Duplex). Σε αυτή την κατηγορία συσκευών μπορούν να ανήκουν : 1) Μεγάλοι Η/Υ (Host Computers). 2) Μετωπικοί Υπολογιστές Επικοινωνιών (Front End Processors). 3) Routers. 4) Απομακρυσμένοι Συγκεντρωτές (Remote Concentrators). 5) Κόμβοι Επικοινωνιών. 6) Εξωτερικά PAD. 7) Gateways Τοπικών Δικτύων. 8) Μικρά Συστήματα (Unix) και PC εξοπλισμένα με κατάλληλες κάρτες X.25. 9) Συσκευές Πρόσβασης Frame Relay - Frame Relay Access Devices (FRAD). Το Ασύγχρονο Τερματικό (C-DTE) ή Τερματικό Χαρακτήρων έχει τη δυνατότητα εκπομπής ή λήψης της πληροφορίας μόνο σε μορφή χαρακτήρων και επομένως δε μπορεί να διαχειριστεί πακέτα. Σε αυτή την κατηγορία των συσκευών ανήκουν : 1) Απλά ασύγχρονα τερματικά. 2) Μικρά Συστήματα (Unix) και PC με ασύγχρονη πόρτα επικοινωνίας. 3) Λοιπές ασύγχρονες τερματικές συσκευές. Επειδή όμως το δίκτυο λειτουργεί με μεταγωγή πακέτων, για να λυθεί αυτό το πρόβλημα και να συνεργαστούν σύγχρονα και ασύγχρονα τερματικά, το δίκτυο χρησιμοποιεί μια διάταξη που ονομάζεται PAD (Packet Assembler Disassembler).

**Πρόσβαση στο Δίκτυο :** Για να έχει κάποιος σύνδεση με το δίκτυο του HELLASPAC πρέπει να συνδέσει το τερματικό του με τον πλησιέστερο κόμβο του HELLASPAC. Οι τρόποι σύνδεσης με το δίκτυο αυτό είναι 2 και διακρίνονται σε : Μόνιμη σύνδεση, Σύνδεση μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου.

- **Μόνιμη Σύνδεση :** Με τον τρόπο αυτό διατίθεται στον χρήστη μια αποκλειστική φυσική σύνδεση (γραμμή δεδομένων) που συνδέει τον εξοπλισμό που βρίσκεται στο χώρο του με τον πλησιέστερο κόμβο του HELLASPAC. Η γραμμή αυτή μπορεί να είναι είτε 2σύρματη (1 ζευγάρι) είτε 4σύρματη (2 ζευγάρια). Μπορούν να συνδεθούν με μόνιμη σύνδεση κυρίως σύγχρονα (X.25) και ασύγχρονα (X.28) τερματικά.
- **Σύνδεση μέσω του επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου :** Αν οι συνδρομητές του HELLASPAC είναι χρήστες ασύγχρονων τερματικών μπορούν να χρησιμοποιήσουν - σαν εναλλακτική λύση - τη σύνδεση του τερματικού τους εξοπλισμού μέσω 2-σύρματης γραμμής του Επιλεγόμενου Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN: Public Switched Telephone Network) χρησιμοποιώντας και πάλι τον κατάλληλο για το σκοπό αυτό μετατροπέα. Είναι η πιο απλή περίπτωση σύνδεσης ενός τερματικού με το δίκτυο γιατί δεν απαιτείται κατασκευή ιδιαίτερης γραμμής από την πλευρά του ΟΤΕ. Η έννοια της σύνδεσης αυτής συνίσταται στην παράλληλη σύνδεση του τερματικού του χρήστη σε μια τηλεφωνική του σύνδεση. Η αποκατάσταση της επικοινωνίας με το δίκτυο πραγματοποιείται με την επιλογή ειδικού τηλεφωνικού αριθμού που αντιστοιχεί στο PAD.

**Παρεχόμενες Υπηρεσίες και Πλεονεκτήματα :** Ο ΟΤΕ σχεδιάζοντας το HELLASPAC, προσπάθησε να ανταποκριθεί στις σημερινές ανάγκες των χρηστών στην Ελλάδα, προσφέροντας μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως : 1) Αξιοπιστία, γιατί το δίκτυο χρησιμοποιεί εξοπλισμούς προηγμένης τεχνολογίας και διαθέτει για όλες τις σημαντικές εγκαταστάσεις αντίστοιχες εφεδρικές που βρίσκονται πάντα σε ετοιμότητα για εναλλακτική δρομολόγηση της μεταβιβαζόμενης κίνησης σε περίπτωση βλάβης. 2) Ευελιξία, γιατί παρέχει στο χρήστη την ευχέρεια επιλογής της βασικής και των ευκολιών εκείνων που εξυπηρετούν τις συγκεκριμένες εφαρμογές τους. Επίσης κάνει εφικτή την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών εξοπλισμών διαφορετικού τύπου και διαφορετικών ταχυτήτων. 3) Ποιότητα επικοινωνίας, γιατί η τεχνική που υιοθετήθηκε εξασφαλίζει υψηλή προστασία από σφάλματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια ανταλλαγής πληροφοριών. 4) Τυποποίηση, γιατί λειτουργεί σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και τις προδιαγραφές που καθορίζει η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (I.T.U.). 5) Ασφάλεια, γιατί η χρησιμοποιούμενη τεχνική μετάδοσης δεδομένων ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο αυθαιρέτης παρέμβασης στις επικοινωνίες και παρέχει πρόσθετη ασφάλεια και προστασία στους χρήστες του. 6) Επεκτασιμότητα, γιατί το



δίκτυο έχει τη δυνατότητα να επεκτείνει ή να αυξήσει τη χωρητικότητα του ώστε ανάλογα με τη ζήτηση που υπάρχει, να ικανοποιεί μεγαλύτερο αριθμό χρηστών.

**Κόστος :** Το τιμολόγιο του HELLASPAC διέπεται από μια βασική αρχή : είναι ανεξάρτητο της απόστασης μεταξύ των ανταποκρινόμενων χρηστών και επίσης ανεξάρτητο της απόστασης μεταξύ του χρήστη και του σημείου πρόσβασης του στο δίκτυο. Τα τέλη διακρίνονται συνοπτικά σε : Τέλος Σύνδεσης, Πάγιο Μηνιαίο Τέλος, Τέλη Επικοινωνιών. Μονάδα μέτρησης του όγκου κίνησης είναι το SEGMENT που ισοδυναμεί σε 64 bytes, δηλαδή 64 χαρακτήρες των 8 bits.

## HELLASCOM

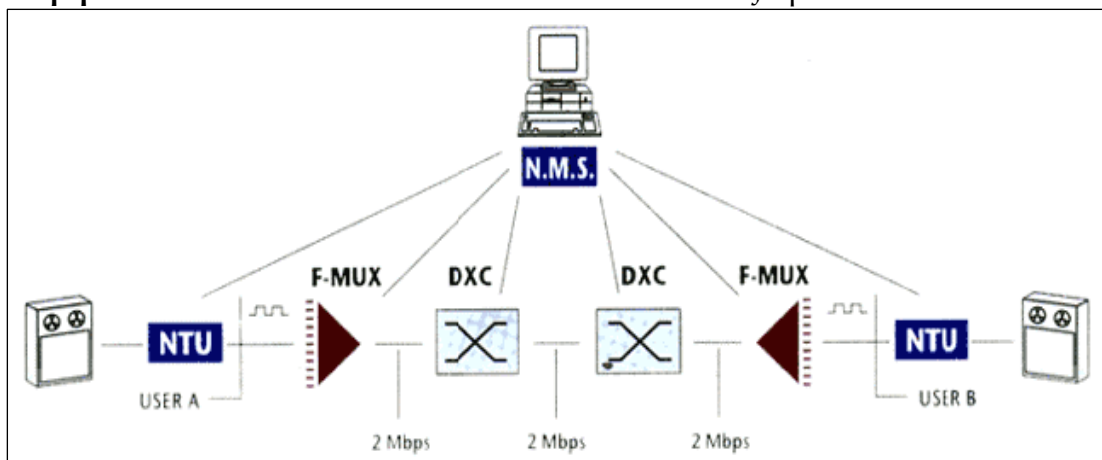
**Τι είναι και που εφαρμόζεται :** Το HELLASCOM είναι ένα εθνικό, τηλεπικοινωνιακό δίκτυο μετάδοσης δεδομένων και φωνής. Είναι ειδικά σχεδιασμένο βάσει διεθνών προδιαγραφών και παρέχει μισθωμένα, ψηφιακά, σταθεροζευκτικά κυκλώματα χαμηλής ή υψηλής ταχύτητας, για 24ωρη χρήση, με ταχύτητες από 2,4 Kbps έως 2Mbps, σε χρήστες που βρίσκονται σε οποιοδήποτε μέρος της Ελλάδας. Συγκροτείται από τις μονάδες Τερματισμού Δικτύου, τους κόμβους πρόσβασης και τα συστήματα ψηφιακής Διασύνδεσης. Το σύνολο του δικτύου διαχειρίζεται και ελέγχεται από ένα Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης (Network Management System - NMS) παρέχοντας ευελιξία, αξιοπιστία και ασφάλεια.

**Πού απευθύνεται :** Απευθύνεται δηλαδή κυρίως σε : 1) Μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμούς του ιδιωτικού και δημοσίου τομέα όπως Τράπεζες, Βιομηχανίες, Ναυτιλιακά Γραφεία, Εταιρείες Μεταφορών, Ασφαλιστικές Εταιρείες κλπ. 2) Μεγάλα Νοσοκομεία (εφαρμογές Τηλεϊατρικής). 3) Εκπαιδευτικά Ιδρύματα. 4) Ερευνητικά Κέντρα και Αναπτυξιακούς Φορείς. 5) Εταιρείες Τηλεπικοινωνιών, Πληροφορικής κ.α.

**Παρεχόμενες Υπηρεσίες :** Το HELLASCOM παρέχει τις ακόλουθες επιλογές υπηρεσιών ψηφιακών συνδέσεων : 1) Παροχή ψηφιακών κυκλωμάτων χαμηλής ταχύτητας, 2400, 4800, 9600 και 19200 bps. 2) Παροχή ψηφιακών κυκλωμάτων υψηλής ταχύτητας, Nx64 Kbps (N=1,2,3,...,31). 3) Μετάδοση σημείου προς σημείο αλλά και σημείου προς πολλαπλά σημεία (μέχρι 16), μονόδρομη (broadcast) για ταχύτητες Nx64 Kbps ή αμφίδρομη μέχρι 19,2 Kbps (bidirectional). 4) Υπηρεσία VPN (Virtual Private Network). 5) Εγκατάσταση πολυπλέκτη που λειτουργεί σαν τερματική διάταξη στο χώρο του χρήστη όταν επιθυμεί τη μίσθωση μεγάλου πλήθους κυκλωμάτων. Εδώ απαιτείται φορέας 2Mbps και όχι 2σύρματος συνδρομητικός βρόγχος.

**Πλεονεκτήματα :** 1) Έλεγχος : όλο το σύστημα ελέγχεται από το NMS με αποτέλεσμα τις άμεσες αντιδράσεις στις ανάγκες των χρηστών. 2) Αξιοπιστία : μέσω του NMS ανιχνεύονται ταχύτατα τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν. 3) Υψηλή ποιότητα επικοινωνίας : πλήρως ψηφιακό δίκτυο με τεχνικές ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών. 4) Ασφάλεια : ο σχεδιασμός του δικτύου καθιστά αδύνατη την υποκλοπή δεδομένων. 5) Ταχύτητα : ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι σήμερα μέχρι τα 2Mbps για κάθε συνδρομητή. 6) Πλήρως ψηφιακό δίκτυο μετάδοσης δεδομένων. 7) Επιλογή σύγχρονης ή ασύγχρονης μετάδοσης. 8) Μεγάλοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων. 9) Δίκτυο κεντρικά ελεγχόμενο. 10) Τερματικές διατάξεις δικτύου που επιβλέπονται από το σύστημα. 11) Ευκολία εγκατάστασης. 12) Μοναδική απαίτηση καλωδιακής σύνδεσης τερματικού-πολυπλέκτη. 13) Ποικιλία τερματικών διατάξεων.

**Δομή Δικτύου :** Το HELLASCOM αποτελεί ένα εξαιρετικό ευέλικτο δίκτυο. Η οργανωτική του διάταξη



αποτελείται από 3 λειτουργικά επίπεδα τα οποία είναι : 1) Το περιφερειακό επίπεδο, που αποτελείται από τους Ευέλικτους Πολυπλέκτες, τους Κόμβους Πρόσβασης και τις Τερματικές Διατάξεις. 2) Το επίπεδο διασύνδεσης, που περιλαμβάνει τον εξοπλισμό



της ψηφιακής διασύνδεσης (DXC1/0). 3) Το επίπεδο λειτουργίας και συντήρησης, που αποτελείται από το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου του Δικτύου. Συνοπτικά η τοπολογία του δικτύου, όπως φαίνεται στην **παραπάνω εικόνα**, αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες : 1) Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (NMS - Network Management System). 2) Διατάξεις Τερματισμού του Δικτύου (NTU - Network Terminating Units). 3) Ευέλικτοι Πολυπλέκτες (FMUX - Flexible MUltipleXers). 4) Κόμβοι Πρόσβασης (AN - Access Nodes). 5) Συστήματα Ψηφιακής Διασύνδεσης (DXC - Digital Cross Connect).

- **Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου** : Η όλη λειτουργία του HELLASCOM ελέγχεται από το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (NMS) που παρέχει σε όλη την έκταση κεντρικά συντονισμένη διαχείριση και έλεγχο. Το κέντρο διαχείρισης και ελέγχου επιτρέπει : 1) Την αυτόματη δρομολόγηση ή αναδρομολόγηση κυκλωμάτων data άριστης ποιότητας με υψηλές ταχύτητες. 2) Τη διαχείριση και τον έλεγχο του δικτύου μέχρι το χρήστη. 3) Τη διαχείριση τμήματος του δικτύου από τον ίδιο τον χρήστη (ιδεατό ιδιωτικό δίκτυο - VPN), εφόσον προηγηθεί συμφωνία με τον ΟΤΕ. 4) Την καταγραφή πληροφοριών για τη διαθεσιμότητα των γραμμών και της χρησιμοποίησής τους για λόγους χρέωσης.
- **Συστήματα Ψηφιακής Διασύνδεσης** : Τα συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (DXC) είναι υπεύθυνα για τη μεταγωγή δεδομένων από την περιοχή του ενός συνδρομητή προς την περιοχή του άλλου. Αποτελούν τους βασικούς κόμβους του δικτύου, είναι κέντρα μεγάλης δυναμικότητας και δέχονται ζεύξεις των 2Mbps.
- **Διατάξεις Τερματισμού Δικτύου** : Οι τερματικές διατάξεις συνδέονται από τη μια πλευρά με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές των συνδρομητών και από την άλλη με το δίκτυο του ΟΤΕ. Η σύνδεση με τον κόμβο του δικτύου γίνεται μέσω κοινής δισύρματης γραμμής μη φορτισμένης, ενώ για μεγαλύτερες ταχύτητες από τα 128Kbps η γραμμή πρέπει να είναι 4σύρματη με επαναλήπτες (αναγεννητές), κατάλληλη για μετάδοση 2Mbps.
- **Κόμβοι Προσπέλασης και Ευέλικτοι Πολυπλέκτες** : Οι κόμβοι πρόσβασης και οι ευέλικτοι πολυπλέκτες (AN & FMUX) διαχειρίζονται άμεσα το δίκτυο συνδρομητών και πολυπλέκουν τα δεδομένα πολλών συνδρομητών σε ένα κανάλι των 2Mbps. Αυτοί οι κόμβοι συλλέγουν τους συνδρομητές που βρίσκονται εντός ακτίνας 7-9 Km γύρω τους.

**Τοπολογία Δικτύου** : Ο κορμός του Δικτύου συγκροτείται από συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (DXC) διασυνδεδεμένα με ζευκτικά κυκλώματα 2Mbps και πάνω από 1000 κόμβους πρόσβασης κατανεμημένους σε όλη τη χώρα.

**Εφαρμογές Δικτύου** : Η ευελιξία που προσφέρεται μέσω των κόμβων του δικτύου και των διατάξεων ψηφιακής διασύνδεσης αλλά και οι διάφοροι τρόποι σύνδεσης του ευέλικτου πολυπλέκτη μπορούν να ικανοποιήσουν το χρήστη. Έτσι είναι δυνατό να έχουμε συνδέσεις στην πόλη αλλά και συνδέσεις σε εθνική και διεθνή κλίμακα. Οι δυνατότητες και οι εφαρμογές που μπορούν να εξυπηρετηθούν από το δίκτυο του HELLASCOM εκτός από τη σύνδεση στο τηλεφωνικό δίκτυο και το FAX, είναι η τηλεδιάσκεψη και σύνδεση κάποιου τοπικού δικτύου στο δίκτυο του HELLASCOM.

**Κόστος** : Η σύνδεση με το δίκτυο HELLASCOM γίνεται με τη χρήση μισθωμένων ψηφιακών γραμμών οι οποίες διακρίνονται σε αστικές και υπεραστικές. Το κόστος εγκατάστασης μιας τέτοιας γραμμής διαιρείται σε : 1) Κόστος για τέλος σύνδεσης ή μεταφοράς ανά άκρο. 2) Κόστος που αφορά το μηνιαίο μίσθωμα της γραμμής. Από εκεί και πέρα η κοστολόγηση προφανώς καθορίζεται και από την ταχύτητα με την οποία ο συνδρομητής επιθυμεί να συνδεθεί στο δίκτυο, αλλά και το αν η σύνδεση αφορά αστικές ή υπεραστικές γραμμές.

## HELLASSTREAM

**Τι είναι και πού εφαρμόζεται** : Πρόκειται για ένα δίκτυο βασισμένο στην ATM τεχνολογία (Asynchronous Transfer Mode). Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο της μεταγωγής πακέτου (packet switching) όσο και της μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching). 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.

**Χρήσεις Hellasstream :** Το δίκτυο HellasStream μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σύγχρονες εφαρμογές επικοινωνίας όπως : 1) Διασύνδεση τοπικών δικτύων (LAN-LAN Interconnection). 2) Ανάπτυξη VPN14 (Intranet Extranet). 3) Διασύνδεση Ιδιωτικών Τηλεφωνικών Κέντρων (PABX Interconnection). 4) Υποστήριξη Εφαρμογών Πολυμέσων από προσωπικό υπολογιστή (Multimedia to the Desktop). 5) Video on Demand. 6) Τηλεδιάσκεψη (Video Conferencing). 7) Τηλε-εκπαίδευση. 8) Μετάδοση ιατρικής εικόνας / Εφαρμογές τηλεϊατρικής (Medical Imaging and Telemedicine)

**ATM Τεχνολογία :** Η ATM τεχνολογία υλοποιεί μετάδοση πληροφορίας με μεταγωγή πακέτου σε υψηλές ταχύτητες (155 Mbps), χρησιμοποιώντας την τεχνική της ασύγχρονης πολύπλεξης (statistical multiplexing) στο χρόνο, όπου η πολυπλεγμένη πληροφορία οργανώνεται σε τμήματα σταθερού μήκους, τα "πακέτα" (cells). Κάθε πακέτο αποτελείται από το πεδίο πληροφορίας (information field) και την επικεφαλίδα (header). Η τεχνολογία ATM είναι η πρώτη η οποία συνένωσε τις επικοινωνίες φωνής, video και δεδομένων σε μια κοινή μορφή, κατάλληλη και για τις δύο. Εκτός των δυνατοτήτων υποστήριξης πολλών υπηρεσιών (multi-service capability) και υψηλού εύρους ζώνης (bandwidth efficiency), η τεχνολογία ATM είναι προσαρμοσμένη στον εκάστοτε απαραίτητο ρυθμό μετάδοσης (scalability), αφού ορίζει μόνο την μορφή του μεταδιδόμενου πακέτου και όχι το ρυθμό μετάδοσης αυτού. Ακόμη, προσφέρει ευελιξία (flexibility) στο χρήστη λόγω του τρόπου που παραχωρεί προσπέλαση στο εύρος ζώνης.

**Τεχνολογική Υπόσταση του Δικτύου :** Το ATM σχεδιάστηκε για να καλύψει όλες τις ανάγκες των σημερινών επιχειρήσεων και τηλεπικοινωνιακών οργανισμών. Το πανελλαδικό δίκτυο του ΟΤΕ περιλαμβάνει συνολικά 47 κόμβους, εξοπλισμένους σε 24 πόλεις τις Ελλάδος. Μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες : 1) Σε κόμβους πρόσβασης, πάνω στους οποίους συνδέονται πελάτες. 2) Σε κόμβους κορμού. Τα ζευκτικά κυκλώματά για τους μεν κόμβους κορμού είναι στα 622 Mbps ενώ για τους κόμβους πρόσβασης είναι στα 155 Mbps (αν και αυτά αναβαθμίζονται συνεχώς για να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη κίνηση).

**Πλεονεκτήματα :** 1) Ευελιξία : Παρέχει στον πελάτη ενιαία πλατφόρμα για τη μετάδοση πολλών τύπων πληροφορίας καθιστώντας με αυτό τον τρόπο μη αναγκαία τη χρήση διαφορετικών δικτύων δεδομένων και φωνής. Έχει δυνατότητα υποστήριξης πολλών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στενής ζώνης (ταχύτητες μετάδοσης < 2 Mbps) και ευρείας ζώνης (ταχύτητα μετάδοσης > 2 Mbps) χάρη στη δυνατότητα πολύπλεξης .

2) Επεκτασιμότητα : Ο πελάτης προκειμένου να ικανοποιήσει τις σημερινές και μελλοντικές του ανάγκες εύκολα και γρήγορα μπορεί : να επλέξει την κατάλληλη ταχύτητα πρόσβασης στο δίκτυο, να αυξήσει ή να μειώσει πολύ εύκολα την ταχύτητα μετάδοσης, να μεταβάλλει τον αριθμό των σημείων διασύνδεσής του. 3) Ταχύτητα : Η δομή του πρωτοκόλλου ATM επιτρέπει την επίτευξη μεγάλης διεκπεραιωτικής ικανότητας της τάξης των Gbps. 4) Οικονομία : Είναι οικονομική λύση για διασυνδέσεις μεγάλων αποστάσεων καθώς και για διασύνδεση πολλαπλών σημείων. Ο χρήστης, με ένα σημείο πρόσβασης, μπορεί : να χρησιμοποιήσει πολλά κυκλώματα και να χρεωθεί το εύρος ζώνης που συνολικά χρησιμοποιεί χωρίς να χρειάζεται να ζητά μεγαλύτερη χωρητικότητα από αυτή που τελικά έχει ανάγκη και να ελαττώσει τις δαπάνες του για εξοπλισμό πρόσβασης αφού καταργούνται οι πολλαπλές και διαφορετικές συνδέσεις. 5) Αξιοπιστία :

Εγγυάται τις παραμέτρους ποιότητας της πληροφορίας (Quality of Service parameters) καθιστώντας αξιόπιστη τη μετάδοση από άκρο σε άκρο. Ακόμη, το δίκτυο μετάδοσης τύπου SDH που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των κόμβων του δικτύου παρέχει δυνατότητες εφεδρικής δρομολόγησης και προστασίας αυτόματης αναδρομολόγησης. 6) Ασφάλεια : Προσφέρει ασφάλεια στη μετάδοση της πληροφορίας λόγω των κοινών χαρακτηριστικών των ιδεατών κυκλωμάτων του με τα μισθωμένα κυκλώματα. Ακόμη το δίκτυο εξασφαλίζει υψηλή ασφάλεια στη μετάδοση πληροφοριών λόγω του ότι ανήκει αποκλειστικά στον ΟΤΕ, ο οποίος έχει την πλήρη διαχείριση του δικτύου από άκρο σε άκρο, χωρίς να μεσολαβούν άλλοι παροχείς. 7) Εκσυγχρονισμός :

Είναι ιδανικό ως δίκτυο υποδομής για δίκτυα άλλων τεχνολογιών (π.χ. IP και Frame Relay) παρέχοντας με αυτό τον τρόπο οικονομίες κλίμακας στην ανάπτυξη δικτύων - κορμού επιχειρήσεων και παροχών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. 8) Μεγάλη Γεωγραφική Έκταση : Παρέχει πανελλαδική κάλυψη με κόμβους στις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας οι οποίοι διασυνδέονται κυρίως με ταχύτητα μετάδοσης μεγαλύτερη από 155 Mbps καθώς και διεθνείς διασυνδέσεις με Ευρώπη και Αμερική.

**Παρεχόμενες Υπηρεσίες :** το HellasStream μπορεί να παρέχει μια ευρεία ποικιλία υπηρεσιών, ακόμα και των πιο απαιτητικών όπως είναι οι υπηρεσίες πολυμέσων (multimedia) μερικές από τις οποίες είναι : Video

on demand, Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική, Εικονο-τηλεφωνία, Διασύνδεση τοπικών δικτύων, Ενοποίηση Φωνής και Δεδομένων (VoATM).

**Σύνδεση με το HellasStream :** Ο τρόπος σύνδεσης με το HellasStream ποικίλει και μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους : 1) Με Κλασικές ATM (Cell Relay) συνδέσεις. 2) Με Frame Relay συνδέσεις. 3) Με Circuit Emulation συνδέσεις.

- **Κλασικές ATM :** Σε αυτές τις συνδέσεις το δίκτυο δέχεται από τον χρήστη, κίνηση σε μορφή κυψελών (cells). Οι ATM υπηρεσίες αυτές διακρίνονται σε : 1) Σταθερού Ρυθμού - CBR : Υποστηρίζουν κίνηση σταθερού ρυθμού. 2) Μεταβλητού ρυθμού - VBR : Η υπηρεσία VBR χαρακτηρίζεται από τις παραμέτρους κίνησης PCR (Peak Cell Rate) και SCR (Sustainable Cell Rate) η τιμή της οποίας χαρακτηρίζει το μέσο ρυθμό μετάδοσης σε bps. Χωρίζονται σε rt - VBR (Real Time - Variable Bit Rate) και nrt - VBR (Non Real Time - Variable Bit Rate). : Υποστηρίζουν κίνηση μεταβλητού ρυθμού που δεν είναι ευαίσθητη σε μικρές καθυστερήσεις μετάδοσης, όπως η μετάδοση δεδομένων.
- **Frame Relay :** Οι συνδέσεις Frame Relay διεπαφών παρέχουν μόνιμα νοητά κυκλώματα (PVC). Σε αυτές τις συνδέσεις το δίκτυο δέχεται από τον χρήστη, κίνηση σε μορφή πλαισίων (frames). Οι προσφερόμενες ταχύτητες για αυτό τον τρόπο μετάδοσης κυμαίνονται μεταξύ 8 Kbps έως 2 Mbps.
- **Circuit Emulation :** Πρόκειται για ψηφιακές μισθωμένες γραμμές με κεντρική διαχείριση. Προσφέρει ταχύτητες που κυμαίνονται σε ένα εύρος  $N \cdot 64$  Kbps όπου  $N = [4, 31]$ .

**Κόστος :** Το κόστος παροχής των υπηρεσιών του ATM δικτύου καθορίζεται από ορισμένους παράγοντες οι οποίοι επιγραμματικά είναι : 1) Τέλος σύνδεσης ή μεταφοράς σύνδεσης. 2) Μηνιαίο τέλος πρόσβασης ανά άκρο. 3) Μηνιαίο τέλος χρήσης ανά άκρο. 4) Δευτερεύοντα τέλη (για τη σύνδεση (αλλαγή ταχύτητας, μεταφορά), για το PVC (κατασκευή, αλλαγή υπηρεσίας ή ταχύτητας)).

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΤΟΥ ΟΤΕ

### Αξιολόγηση Ενσώματων Δικτύων :

- **Υποδομή :** Αναμφίβολα το πιο εκτεταμένο δίκτυο στην Ελλάδα είναι εκείνο του Επιλεγόμενου Τηλεφωνικού Δικτύου. Αυτό άλλωστε είναι το πιο φυσικό αφού είναι και το μακροβιότερο στην Ελλάδα. Μάλιστα αποτελεί και τη βάση για αρκετά από τα υπόλοιπα δίκτυα, όπως κυρίως το ISDN και το HELLASPAC. Δεν είναι όμως σε καμία περίπτωση το πιο τεχνολογικά προηγμένο. Σε αυτή τη θέση μπορεί να τοποθετηθεί πιθανότατα το HELLASSTREAM, καθότι η τεχνολογία του είναι εκείνη που αποτελεί την πρωτοπόρο σε σχέση με τα υπόλοιπα (ATM πρωτόκολλο). Εξαιρετικά προηγμένο μπορεί να θεωρηθεί και το HELLASCOM αφού είναι ένα πλήρως ψηφιακό δίκτυο με ανίχνευση και διόρθωση λαθών.
- **Υπηρεσίες :** Οι υπηρεσίες που προσφέρει ένα δίκτυο είναι άμεση συνάρτηση της υποδομής και της τεχνολογικής του υπόστασης. Είναι λοιπόν λογικό, το αναλογικό σήμα του τηλεφωνικού δικτύου να είναι αναξιόπιστο, χαμηλής ποιότητας και ταχύτητας. Για χαμηλής όμως ταχύτητας δίκτυα το X.25 είναι αρκετά στέρεο πρωτόκολλο και επιβιώνει ακόμα και από μεγάλα συγκριτικά επίπεδα λαθών. Οι μέγιστες ταχύτητες που μπορούν να μεταδώσουν και να λάβουν τα X.25 δίκτυα (όπως το τηλεφωνικό) περιορίζονται στα 64 kbps. Καλύτερη είναι η κατάσταση στο HELLASPAC, του οποίου οι παρεχόμενες ταχύτητες αν και ξεκινούν από 300 bps μπορούν να φτάσουν μέχρι και 2 Mbps. Το δίκτυο όμως που φυσικά υπερτερεί έναντι όλων από την άποψη της ταχύτητας είναι το ATM (HELLASSTREAM). Οι ταχύτητες του δικτύου ξεκινούν από 2 Mbps και φτάνουν μέχρι και τα 155 Mbps, αν πρόκειται για Cell Relay διεπαφές, από 64 kbps μέχρι και 2 Mbps, αν πρόκειται για Frame Relay διεπαφές και από 256 kbps ως και 2 Mbps για Circuit Emulation διεπαφές.
- **Κόστος :** Ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας που μπορεί σαφώς να διακρίνει τα δίκτυα και τις υπηρεσίες τους είναι το κόστος στο οποίο αυτά παρέχονται. Σήμερα ο ΟΤΕ, προσπαθεί να ακολουθήσει μια τιμολογιακή πολιτική που να μην οδηγήσει στους «αφανισμό» κανενός από τα υπάρχοντα δίκτυα του και αντιθέτως προσπαθεί να δώσει κίνητρα ώστε οι φορείς και οι επιχειρήσεις να επιλέξουν το δίκτυο που τους συμφέρει σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες. Γι αυτό και είναι δύσκολο να ειπωθεί ότι το

«τάδε» δίκτυο είναι πιο φτηνό ή το «δείνα» είναι πιο ακριβό. Αυτό που είναι σαφές πάντως όπως και να έχει, είναι ότι το κόστος ανεβαίνει όσο η παρεχόμενη ταχύτητα αυξάνει.

### **Συγκρίνοντας τις Ενσύρματες Επικοινωνίες με τις Ασύρματες :**

- **Ασύρματες Επικοινωνίες :** Είναι κυρίως οι υψηλότερες ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν με πιο εύκολο τρόπο με τις ασύρματες επικοινωνίες και σε αισθητά χαμηλότερο κόστος. Φυσικά δεν πρέπει να παραμεληθεί και η έλλειψη των αντι-αισθητικών και αντι-λειτουργικών καλωδίων. Εκεί όμως που αναμφισβήτητα οι ασύρματες και δορυφορικές επικοινωνίες θα φανούν πολύ πιο χρήσιμες είναι στον «στίβο» των ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων εξαιτίας της αισθητά μεγαλύτερης ευκολίας και οικονομίας που παρέχουν. Φυσικά οφείλουμε να επισημάνουμε τη μεγάλη σημασία των ασύρματων δικτύων σε τομείς ζωτικής σημασίας όπως είναι η ναυτιλία η αεροπορία, αλλά και στις διαστημικές επιχειρήσεις.
- **Ενσύρματες Επικοινωνίες :** Σοβαρό μειονέκτημα των ασύρματων δικτύων και κύριος λόγος που δεν έχει καταφέρει να υπερκεράσει μέχρι στιγμής τα ενσύρματα δίκτυα, είναι η χαμηλή αξιοπιστία που παρέχουν, οφειλόμενη στην φυσική αδυναμία τους επηρεαζόμενα από τις εκάστοτε καιρικές και κλιματολογικές συνθήκες. Μεγάλο πρόβλημα επιπλέον αποτελεί η έλλειψη ασφάλειας, εξαιτίας της αδυναμίας υλοποίησης ενός (ή περισσότερων) πρωτοκόλλων ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων πάνω από ένα μη ασφαλές μέσο μετάδοσης όπως είναι ο αέρας.