

**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΕΣ  
ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»**

**ΑΝΑΣΤΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**A.M 5064**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, 2010**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	4
2.	<b>ΥΠΟΔΟΜΕΣ</b> .....	5
	<b>ΕΠΙΓΕΙΑ ΔΙΚΤΥΑ</b> .....	5
	2.1.1 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ.....	5
	2.1.2 Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ.....	7
	2.1.3 ΕΙΔΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	8
	2.1.4 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	11
	2.1.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	14
	2.1.6 ΟΠΤΙΚΟΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΕΣ.....	21
	<b>ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ</b> .....	24
	2.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ Ρ/Η-ΖΕΥΞΕΩΝ.....	24
	2.2.2 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BLUETOOTH.....	26
	<b>ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ</b> .....	28
	2.3.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	28
	<b>UMTS-ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> .....	33
	2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
	2.4.2 ΠΡΟ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ ΤΟΥ UMTS.....	36
	2.4.3 ΓΕΝΙΚΗ ΡΑΔΙΟΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΑΚΕΤΩΝ.....	36
	2.4.4 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ GPRS.....	36
	2.4.5 ΑΠΟΨΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	37
	2.4.6 ΚΙΝΗΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΓΩΓΗ.....	39
3.	<b>ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ</b> .....	41
	<b>3.1 ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ</b> .....	41
	3.1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.....	41
	3.1.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.....	41
	3.1.3 ΔΙΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	41
	3.1.4 ΜΗ ΔΙΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	42
	3.1.5 ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.....	42
	3.1.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	43
	3.1.7 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	44
	3.1.8 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ.....	44
	3.1.9 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΗΧΟ.....	45
	3.1.10 ΚΕΡΔΟΣ ΕΝΑΝΤΙ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	47
	3.1.11 ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.....	48

3.1.12 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.....	48
3.1.13 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ.....	49
3.1.14 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	51
3.2 ΤΗΛΕΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ.....	51
3.2.1 ΕΙΔΗ ΤΗΛΕΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	52
3.3 ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ (VIDEOCONFERENCING).....	52
3.3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ.....	52
3.3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗΣ.....	53
3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ.....	54
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>56</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>57</b>

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεγάλες και ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις συντελούν στις σοβαρές αλλαγές σε όλους τους τομείς της οικονομίας, της εργασίας, του πολιτισμού και της επιστήμης.

Οι προκλήσεις της ψηφιακής τεχνολογίας είναι μεγάλες για τον σύγχρονο κόσμο και οι εφαρμογές της επεκτείνονται συνεχώς.

Ο προβληματισμός των πολιτών για τη νέα πραγματικότητα που θα έρθει στην κοινωνική και εργασιακή σχέση είναι έντονος.

Τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι μεγάλα. Με ποιούς τρόπους θα έχουν πρόσβαση οι πολίτες στη νέα πραγματικότητα;

Πως θα βελτιωθούν οι ρυθμοί ανάπτυξης των διαφόρων κρατών καθώς και η παραγωγικότητα των οικονομικών μονάδων; Ποια θα είναι η νέα μορφή του εργασιακού περιβάλλοντος;

Ποια θα είναι τα αποτελέσματα της τηλεεργασίας, τηλεεκπαίδευσης της τηλεϊατρικής και του ηλεκτρονικού εμπορίου; Ποια είναι τα όρια ταχύτητας και όγκου πληροφοριών μέσα στα δίκτυα;

Εύλογα λοιπόν προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι ψηφιακές και τηλεπικοινωνιακές εξελίξεις αφορούν όλους μας και η ενημέρωσή μας στις νέες εφαρμογές της τεχνολογίας είναι απαραίτητη, καθώς αλλάζουν συνεχώς τον τρόπο ζωής μας και τις μορφές εργασιακών σχέσεων.

Γι' αυτό πρέπει να αναζητηθούν και να εφαρμοστούν όλες οι παράμετροι που θα οδηγήσουν αρχικά στην σωστή ενημέρωση και στη συνέχεια στην αξιοποίηση αυτών των τεχνολογικών επιτευγμάτων.

Η συνεχής εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών συμβάλει στην μείωση του χρόνου αναζήτησης και ανάκτησης πληροφοριών καθώς και στην ποσοτική και ποιοτική βελτίωση αυτών.

Οι τηλεπικοινωνιακές υποδομές οφείλουν να προσαρμόζονται με όλες τις άλλες τεχνολογικές δομές και να βρίσκονται πρωτοπόρες στον ανταγωνισμό που αναπτύσσεται συνεχώς.

Οι σύγχρονες τηλεπικοινωνιακές υποδομές περιλαμβάνουν ένα πλήθος τηλεπικοινωνιακών δικτύων όπως είναι τα επίγεια δίκτυα, τα ασύρματα δίκτυα, τα δίκτυα υπολογιστών, η ψηφιακή τηλεόραση, τα συστήματα μετάδοσης και μεταγωγής, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.

Η ανάπτυξη νέων υποδομών επιτρέπουν την παροχή υπηρεσιών ευρείας ζώνης (ATM, ADSL) και ξεπερνούν τα φράγματα της περιορισμένης ταχύτητας, ενώ ανοίγουν δρόμους για νέες υπηρεσίες.

Η ανάπτυξη πύλης στο Internet (Portal) διευκολύνει την αναζήτηση πληροφοριών και αναπτύσσει το ηλεκτρονικό εμπόριο με την παροχή θεματικής ιεράρχησης και ταξινόμηση περιεχομένου και συνδέσμων (links).

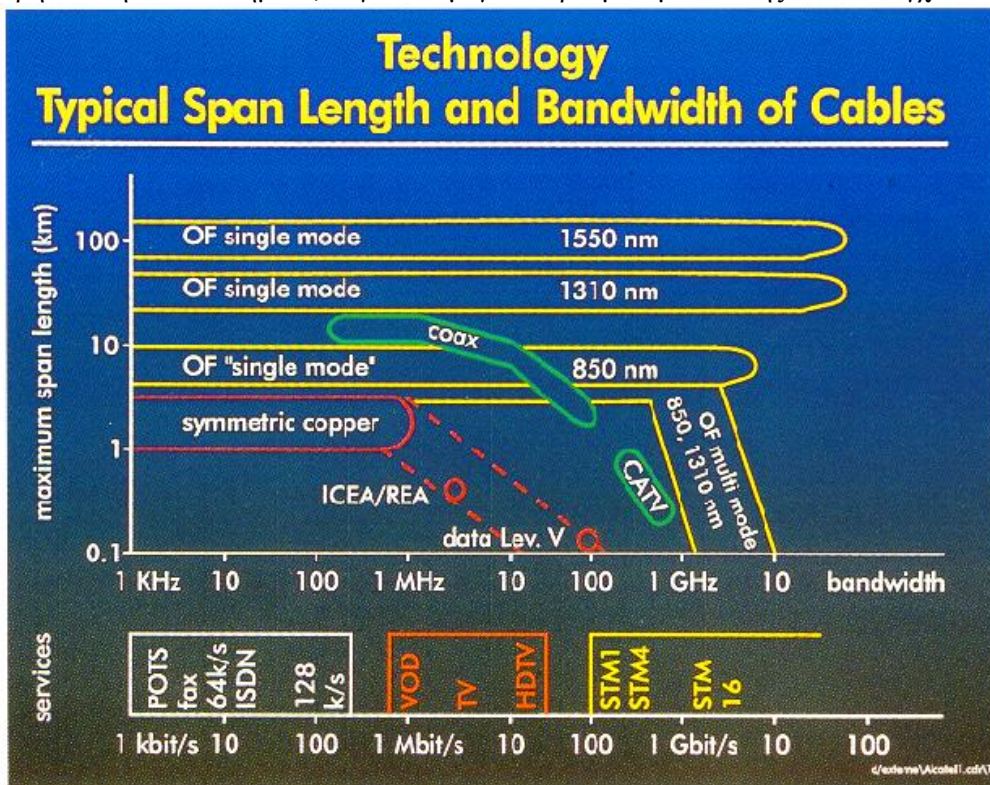
Οι επιτυχημένες εταιρίες της επόμενης δεκαετίας θα είναι αυτές που θα χρησιμοποιούν ψηφιακά εργαλεία για τη γρήγορη λήψη αποδοτικών αποφάσεων, ενώ θα έρχονται με θετικό τρόπο σε άμεση επαφή με τον πελάτη τους.

## 2. ΥΠΟΔΟΜΕΣ

### 2.1 Επίγεια δίκτυα

#### 2.1.1 Οπτικές Ίνες

Οι οπτικές ίνες αποτελούν το περισσότερο τεχνολογικά προηγμένο ενσύρματο μέσο μετάδοσης, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1. Έχουν εκτοπίσει πλήρως κάθε άλλο ενσύρματο μέσο στο υπεραστικό και ζευκτικό τμήμα του δικτύου, ενώ η εισαγωγή τους στο αστικό δίκτυο είναι μαζική, με την οπτική ίνα να φθάνει μέχρι τον εξωτερικό καταναλωτή (FTTC - Fibre To The Curb), την εισαγωγή της οικοδομής (FTTB - Fibre To The Building) και σε ειδικές περιπτώσεις μέχρι τον συνδρομητή (FTTH - Fibre To The Home ή ακόμη FTTD - Fibre To The Desk). Οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται επίσης και στα τοπικά δίκτυα μεγάλων επιχειρήσεων ή πανεπιστημίων, λόγω των μεγάλων ρυθμών μετάδοσης που επιτυγχάνουν.



Σχήμα 1 Σύγκριση επιδόσεων ενσύρματων μέσων

Τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών σε σύγκριση με τα χάλκινα καλώδια συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- *Πρακτικά απεριόριστο εύρος ζώνης* (Το θεωρητικό όριο συχνότητας για μετάδοση σε υλικό με συντελεστή διάθλασης  $n \approx 1,5$  με μήκος κύματος  $\lambda=1500$  nm, είναι:

$f_{\max} = c / (n \cdot \lambda) = 3 \times 10^8 / 1,5 \times (1,5 \times 10^{-6}) \approx 1,3 \times 10^{14}$  Hz ή 130 THz). Στην πράξη η επίδοση ανά ζεύξη υπερβαίνει τα 10 Gb/s, επιτρέποντας την ταυτόχρονη μετάδοση άνω των 150.000 τηλεφωνικών συνδιαλέξεων από ένα ζευγάρι οπτικών ινών. Η χωρητικότητα της ίνας μπορεί να πολλαπλασιαστεί με χρήση πολλών φερουσών ακτινοβολιών σε διαφορετικά μήκη κύματος, σύμφωνα με την τεχνική πολυπλεξίας με Διαίρεση Μήκους Κύματος (WDM<sup>1</sup>). Σήμερα, αν και οι περισσότερες εφαρμογές WDM βασίζονται σε 8 ή 16 μήκη κύματος, διατίθενται συστήματα DWDM<sup>2</sup> μέχρι 64 μηκών κύματος. Επίσης ερευνητές της NTT, πέτυχαν πρόσφατα<sup>3</sup>, σε εργαστηριακό περιβάλλον, μετάδοση δεδομένων σε ρυθμούς 3 Tb/s σε μήκος ίνας 40 km.

- *Πολύ μικρή εξασθένιση*, που μόλις υπερβαίνει το 0,1 dB/km (για μονότροπες ίνες και σε μήκος κύματος 1500 nm), επιτρέποντας την υλοποίηση ζεύξεων σε απόσταση άνω των 200 km, χωρίς την χρήση ενδιάμεσων βαθμίδων αναγέννησης. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε υποβρύχιες ζεύξεις. Στην χώρα μας, η ζεύξη Λαγονήσι - Χανιά καλύπτει απόσταση 285 km χωρίς να απαιτείται ενδιάμεση ενίσχυση. Η χρήση ενδιάμεσων ενισχυτών οπτικών ινών (που περιέχουν ίνες νοθευμένες με Erb) μπορεί να πενταπλασιάσει την απόσταση αυτή (μέχρι τέσσερις σε σειρά ενισχυτικές βαθμίδες), επιτρέποντας υποβρύχιες ζεύξεις άνω των 1000 km.
- *Μικρές διαστάσεις* (διατομή ίνας  $\sim 0,25$  mm, συμπεριλαμβανομένης της πρωτεύουσας επικάλυψης του μανδύα) και *μικρό βάρος*, που επιτρέπουν την τοποθέτηση μεγάλου αριθμού ινών στο ίδιο καλώδιο, χωρίς να αυξάνονται η διατομή και το βάρος του καλωδίου. Σε καλώδια διαμέτρου  $\sim 1,75$  cm τοποθετούνται συνήθως από 8 έως 144 ίνες (τυποποιημένα μεγέθη καλωδίων 8, 16, 24, 48, 60, 96 και 144 ινών), σε σωληνίσκους με χαλαρή συνήθως δομή, ενώ στην Ιαπωνία έχουν κατασκευαστεί καλώδια μέχρι και 2.000 ινών σε δομή ταινίας (ribbon fibres). Επίσης, η σημαντική διαφορά σε βάρος (περίπου 9 φορές ελαφρύτερο από αντίστοιχο ομοαξονικό) διευκολύνουν τις διαδικασίες εγκατάστασης του καλωδίου.
- *Αναισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές*. Οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικό περιβάλλον με υψηλά επίπεδα ηλεκτρο-μαγνητικής μόλυνσης (EMI<sup>4</sup>). Οπτικές

---

<sup>1</sup> Wavelength Division Multiplexing

<sup>2</sup> Dense Wavelength Division Multiplexing

<sup>3</sup> Fibre Systems, Απρίλιος 1999, σελ. 5

<sup>4</sup> Electro-Magnetic Interference

ίνες τοποθετούνται κατά μήκος σιδηροδρομικών γραμμών και ενεργειακών καλωδίων (OPGW<sup>5</sup>, ADSS<sup>6</sup>, OPAC<sup>7</sup>), για συνεκμετάλλευση της υπάρχουσας υποδομής.

- *Προστασία των δεδομένων από υποκλοπή.* Επειδή το οπτικό σήμα που μεταφέρει τα δεδομένα περιορίζεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας, δεν είναι δυνατή η υποκλοπή των δεδομένων, χωρίς υποβάθμιση της στάθμης του σήματος, που γίνεται όμως αντιληπτή στον δέκτη. Τόσο κυβερνητικοί και στρατιωτικοί φορείς, όσο και επιχειρήσεις θεωρούν την οπτική ίνα ως “ασφαλές” μέσο μετάδοσης.
- *Μόνωση.* Η οπτική ίνα αποτελείται από διηλεκτρικό υλικό, και ως εκ τούτου δεν μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα, που μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικό σπινθήρα με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς. Για τον λόγο αυτό ένα ινοοπτικό καλώδιο μπορεί να διατρέχει τοξικά ή εκρηκτικά περιβάλλοντα (π.χ. σωληνώσεις αποβλήτων ή υγρών καυσίμων), όπου η χρήση ηλεκτρικών καλωδίων είναι απαγορευμένη. Επίσης η χρήση εξ ολοκλήρου διηλεκτρικού ινοοπτικού καλωδίου προστατεύει τις τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις από τους κεραυνούς.
- *Χαμηλότερο κόστος πρώτης ύλης.* Η πρώτη ύλη από την οποία κατασκευάζονται οι οπτικές ίνες είναι το πυρίτιο (γυαλί), που βρίσκεται σε αφθονία στους κόκκους της άμμου, σε σύγκριση με το χαλκό, που αποτελεί το υλικό των δισύρματων και ομοαξονικών καλωδίων, τα αποθέματα του οποίου είναι σπανιότερα.

Κάποια αρχικά μειονεκτήματα, σχετικά με την πολυπλοκότητα στην σύνδεση, διακλάδωση και βυσμάτωση των μονότροπων οπτικών ινών, έχουν σήμερα πλήρως ξεπεραστεί με την κατάλληλη τεχνολογική ωρίμανση. Οι διαδικασίες έχουν απλοποιηθεί και αυτοματοποιηθεί με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται τυπικές τιμές: 0,1 dB/συγκόλληση και 0,3 dB/βυσμάτωση.

### 2.1.2 Η δομή της οπτικής ίνας

Η οπτική ίνα είναι ένας γυάλινος κυματοδηγός κυλινδρικής διατομής. Η βασική της δομή περιλαμβάνει μια κεντρική κυλινδρική ράβδο, που ονομάζεται πυρήνας, και έναν σωλήνα, που περιβάλλει τον πυρήνα και ονομάζεται μανδύας. Για λόγους προστασίας από εξωτερικούς παράγοντες, ο μανδύας καλύπτεται από πρωτογενή επικάλυψη πλαστικού, γνωστή ως πρωτεύουσα επικάλυψη ή εξωτερικό περίβλημα.

Τόσο ο πυρήνας, όσο και ο μανδύας είναι συνήθως κατασκευασμένα από συνθετικό γυαλί υψηλής καθαρότητας ( $\text{SiO}_2$  - με συντελεστή διαθλάσεως 1,46), ενώ ο πυρήνας περιλαμβάνει νοθεύσεις  $\text{GeO}_2$  (με συντελεστή διαθλάσεως 1,48) και άλλων προσμίξεων, που μεταβάλλουν τον συντελεστή διάθλασης του πυρήνα, επιτυγχάνοντας την διαφορά από τον συντελεστή διάθλασης του μανδύα,  $\Delta n \approx 0,01$ , που απαιτείται για την κυματοδηγηση. Τυπικές τιμές συντελεστών διάθλασης είναι για τον πυρήνα  $n_1 = 1,47$  και για τον μανδύα  $n_2 = 1,46$ .

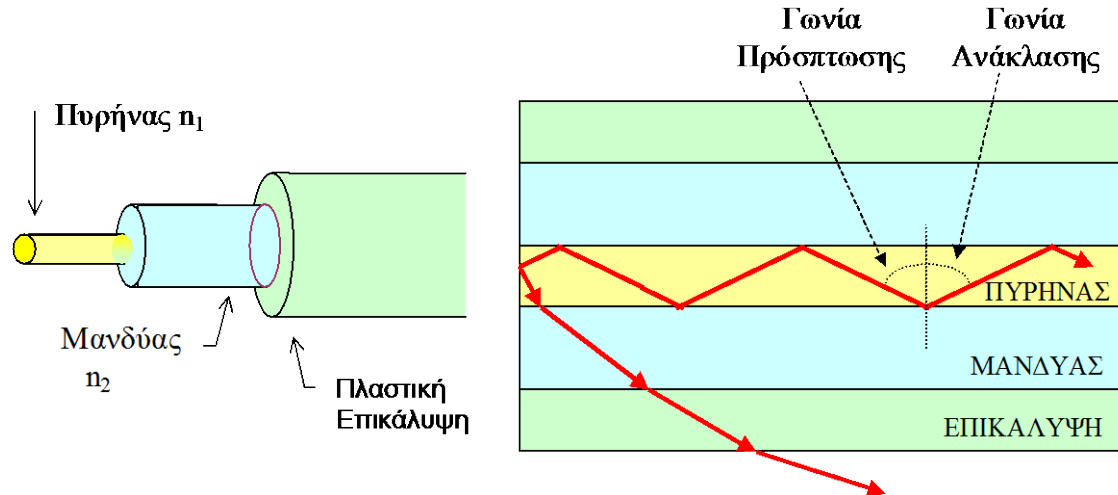
---

<sup>5</sup> Optical Ground Wire

<sup>6</sup> All Dielectric Self Supporting Aerial Cable

<sup>7</sup> Optical Attached Cable

Οι κατασκευαστές των οπτικών ινών ελέγχουν με ακρίβεια την διαφορά των συντελεστών διάθλασης,  $\Delta n$ , προκειμένου να επιτύχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά κυματοδηγησης. Το οπτικό σήμα κυματοδηγείται στον πυρήνα της οπτικής ίνας μέσω του φαινομένου των διαδοχικών εσωτερικών ολικών ανακλάσεων στην κοινή επιφάνεια πυρήνα - μανδύα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Στο εσωτερικό του πυρήνα, μια ακτίνα φωτός, προσπίπτουσα στην κοινή επιφάνεια με γωνία μεγαλύτερη της κρίσιμης γωνίας, ανακλάται ολικά και συνεχίζει την διαδρομή της εντός του πυρήνα, μέσω συνεχών ανακλάσεων. Αντίθετα, αν η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρότερη της κρίσιμης γωνίας, το φως διαθλάται μέσα από τον μανδύα και χάνεται μετά από κάποια απόσταση.



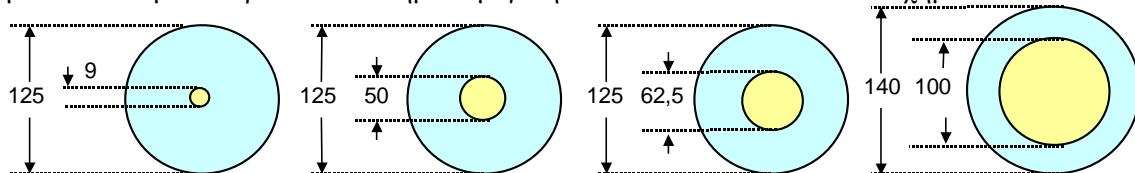
Σχήμα 2: Κυματοδηγηση μέσω ολικής ανάκλασης σε οπτική ίνα

Τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μετάδοσης του φωτός σε έναν οπτικό κυματοδηγό εξαρτώνται :

- Από την διάμετρο του πυρήνα.
- Τους συντελεστές διάθλασης πυρήνα και μανδύα.
- Το μήκος κύματος του φωτός.

Ο συσχετισμός των ανωτέρω μεγεθών καθορίζει το είδος της κυματοδηγησης.

Τα διάφορα μεγέθη οπτικών ινών εκφράζονται από την διάμετρο του πυρήνα ακολουθούμενη από την διάμετρο του μανδύα, έτσι ώστε το 50/125 δηλώνει διάμετρο πυρήνα 50  $\mu\text{m}$  και μανδύα 125  $\mu\text{m}$ . Μερικά τυποποιημένα μεγέθη οπτικών ινών δίδονται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Τυποποιημένα μεγέθη οπτικών ινών (9/125, 50/125, 62,5/125 και 100/140)

### 2.1.3 Είδη οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες κατηγοριοποιούνται ως προς:

- α) Το υλικό κατασκευής πυρήνα και μανδύα,
- β) Την μεταβολή του δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα στον μανδύα και
- γ) Το πλήθος των τρόπων μετάδοσης που υποστηρίζουν.



Η κατηγοριοποίηση ως προς το υλικό κατασκευής δίδει:

### **Εξ ολοκλήρου γυάλινες οπτικές ίνες**

Αποτελούν το περισσότερο διαδεδομένο είδος οπτικών ινών στις τηλεπικοινωνίες και ως εκ τούτου θα αποτελέσουν το κύριο αντικείμενο αναφοράς. Τόσο ο πυρήνας, όσο και ο μανδύας, είναι κατασκευασμένα από συνθετικό γυαλί (με το εμπορικό όνομα quartz), υψηλής καθαρότητας σε διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ), στο οποίο έχουν προστεθεί κατάλληλες προσμίξεις, προκειμένου να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη διαφορά στο συντελεστή διάθλασης πυρήνα και μανδύα. Πιο συνηθισμένοι τύποι προσμίξεων είναι:

- το γερμάνιο (Ge) και ο φώσφορος (P), που χρησιμοποιούνται κυρίως στον πυρήνα, αυξάνοντας τον συντελεστή διάθλασης του γυαλιού,
- το βόριο (B) και το φθόριο (F), που χρησιμοποιούνται κυρίως στον μανδύα, μειώνοντας τον συντελεστή διάθλασης του γυαλιού.

### **Ίνες γυάλινου πυρήνα και πλαστικού μανδύα (Plastic Clad Silica - PCS)**

Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορά φωτός και εικόνας σε μικρές αποστάσεις σε εξειδικευμένες εφαρμογές (ενδοσκοπήσεις). Η χρήση τους σήμερα φθίνει και τείνουν να αντικατασταθούν από εξ ολοκλήρου πλαστικές ίνες.

### **Εξ ολοκλήρου πλαστικές ίνες (Plastic Optical Fibre – POF)**

Συγκρινόμενες με τα άλλα είδη ινών παρουσιάζουν εμφανώς κατώτερες επιδόσεις, ως προς την ελάχιστη εξασθένιση (0,15 dB/m στα 650 nm) και το διαθέσιμο εύρος ζώνης, καθώς και μεγάλη ευαισθησία σε θερμοκρασιακές μεταβολές. Βρίσκουν όμως εφαρμογή στη μεταφοράς φωτός (αυτοκινητοβιομηχανία), σε τοπικά δίκτυα και εσωτερικές καλωδιώσεις κτιρίων, κυρίως λόγω του πολύ χαμηλότερου κόστους των πλαστικών ινών και των παρελκομένων αυτών.

Ως προς το πλήθος των τρόπων μετάδοσης, που υποστηρίζουν, οι οπτικές ίνες κατηγοριοποιούνται σε : *Πολύτροπες* και *Μονότροπες*.

Οι πολύτροπες ίνες χαρακτηρίζονται από την μεταβολή της τιμής του δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα στο περίβλημα σε :

- *βαθμιαίου δείκτη* (graded index)
- *βηματικού δείκτη* (step index).

Το σχήμα 4 δείχνει τα είδη διάδοσης σε μονότροπες και πολύτροπες ίνες, βηματικής και βαθμιαίας μεταβολής του δείκτη διάθλασης.

Η κατηγοριοποίηση των οπτικών ινών κατά EN 188 000 δίδεται στους πίνακες 1α και 1β για πολύτροπες και μονότροπες ίνες αντίστοιχα.

Για πολύτροπες ίνες η μεταβολή του συντελεστή διάθλασης πυρήνα εκφράζεται από την σχέση :

$$n(x) = n(1) + [n(0) - n(1)] \cdot (1 - x^g),$$

όπου  $n(0)$  και  $n(1)$  οι τιμές του συντελεστή διάθλασης στον πυρήνα και στον μανδύα αντίστοιχα,  $x$  η κανονικοποιημένη απόσταση από το κέντρο του πυρήνα και  $g$  η σταθερά, που καθορίζει το είδος της κατανομής συντελεστή διάθλασης.

Κατηγορία	Υλικά	Είδος	Όρια
A1a	Υάλινος Πυρήνας/Υάλινος Μανδύας	Ίνα βαθμιαίου δείκτη (62,5/126)	$1 \leq g < 3$
A1b	Υάλινος Πυρήνας/Υάλινος Μανδύας	Ίνα βαθμιαίου δείκτη (50/125)	
A2.1	Υάλινος Πυρήνας/Υάλινος Μανδύας	Ίνα οιονεί βηματικού δείκτη Ίνα βηματικού δείκτη	$3 \leq g < 10$
A2.2	Υάλινος Πυρήνας/Υάλινος Μανδύας		$10 \leq g < \infty$
A.3	Υάλινος Πυρήνας/Πλαστικός Μανδύας	Ίνα οιονεί βηματικού δείκτη	$10 \leq g < \infty$
A.4	Πλαστική ίνα		

Πίνακας 1α: Κατηγορίες πολύτροπων ινών

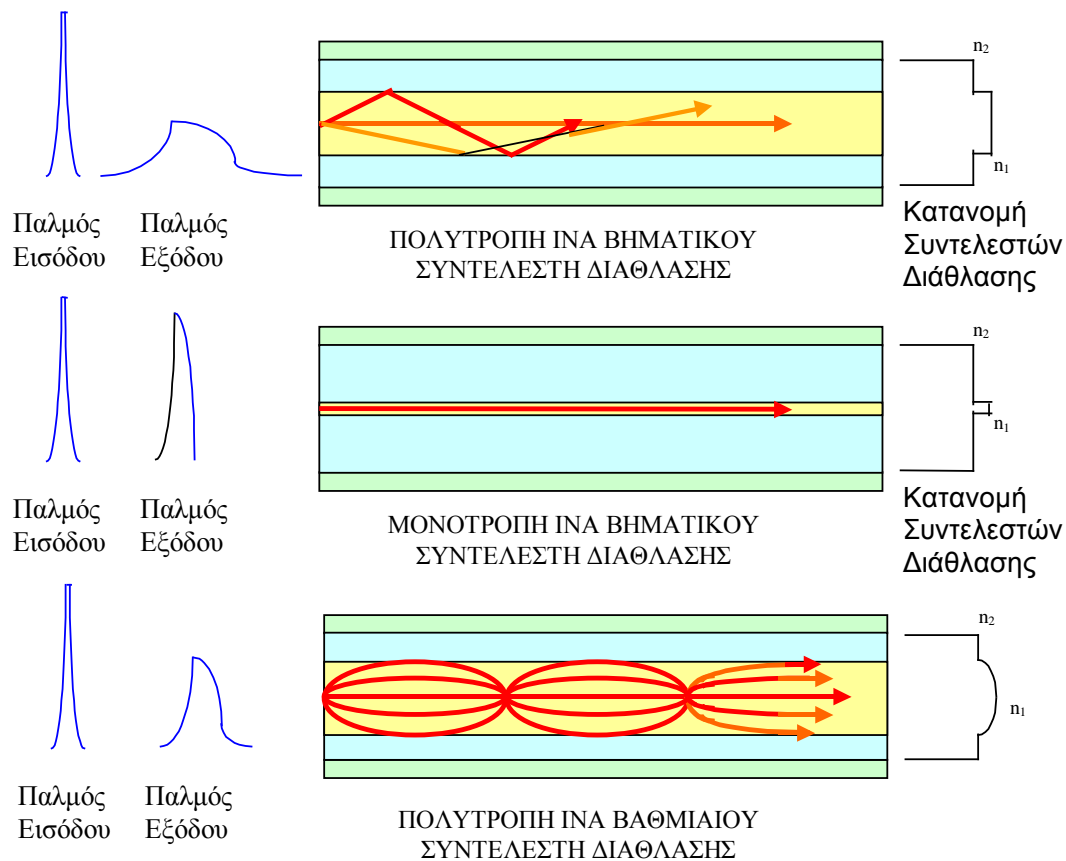
Κατηγορία	Είδος	Μήκος κύματος μηδενικής διασποράς Ονομαστική τιμή (nm)	Μήκος κύματος λειτουργίας Ονομαστική τιμή (nm)
B1.1	Μη-μετατοπισμένης διασποράς.	1310	1310
B1.2	Ελαχιστοποιημένης απώλειας <sup>8</sup>	1310	1550
B2	Μετατοπισμένης διασποράς	1550	1550
B3	Πεπλατυσμένης διασποράς	<sup>9</sup>	1310 και 1550
B4	Μη – μηδενικής διασποράς	<sup>10</sup>	1550

Πίνακας 1β: Κατηγορίες μονότροπων ινών γυάλινου πυρήνα / γυάλινου μανδύα

<sup>8</sup> Οι ίνες της κατηγορίας B 1.2 δεν είναι μονότροπες στην περιοχή 1310 nm.

<sup>9</sup> Οι μονότροπες ίνες της κατηγορίας B3 χαρακτηρίζονται από χαμηλή διασπορά σε μια μεγάλη περιοχή μηκών κύματος.

<sup>10</sup> Η διασπορά κυμαίνεται από 0,1 έως 6,0 ps/nm.km στην φασματική περιοχή 1530 – 1565 nm.



Σχήμα 4. Είδη μετάδοσης σε μονότροπες και πολύτροπες ίνες.

#### 2.1.4 Τρόποι Μετάδοσης

Ο “τρόπος μετάδοσης” είναι μια μαθηματική και φυσική έννοια, που αναφέρεται στην μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μέσα από ένα μέσο κυματοδήγησης. Στην μαθηματική του μορφή, η θεωρία των τρόπων μετάδοσης προέρχεται από τις εξισώσεις του Maxwell, που αποτελούν την βάση της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας. Οι “τρόποι μετάδοσης” αποτελούν λύσεις των εξισώσεων του Maxwell, προσαρμοσμένων σε συνθήκες μετάδοσης οπτικής ακτινοβολίας σε διηλεκτρικό κυματοδηγό κυλινδρικής διατομής. Για τις ανάγκες του παρόντος κεφαλαίου όμως, οι τρόποι μετάδοσης θα αναφέρονται στις διαφορετικές διαδρομές, που μπορούν να ακολουθήσουν οι ακτίνες φωτός μέσα στον πυρήνα μιας οπτικής ίνας.

Το πλήθος των τρόπων μετάδοσης, που υποστηρίζει μια οπτική ίνα δίδεται από τον εμπειρικό τύπο :

- $N = V^2 / 2$  για ίνες βηματικής μεταβολής δείκτη διάθλαση ή
- $N = V^2 / 4$  για ίνες βαθμιαίας μεταβολής δείκτη διάθλαση,

όπου  $V = (2\pi \cdot d / \lambda) \cdot (NA)$ , είναι παράμετρος της οπτικής ίνας, γνωστή και σαν κανονικοποιημένη συχνότητα, η οποία συσχετίζει την διάμετρο του πυρήνα,  $d$ , το μήκος κύματος του φωτός,  $\lambda$ , και το αριθμητικό άνοιγμα<sup>11</sup> ( $NA$ ) της ίνας, που εξαρτάται από τους συντελεστές διάθλασης πυρήνα,  $n_1$ , και μανδύα,  $n_2$ .

Στην πράξη, μια οπτική ίνα μπορεί να υποστηρίζει από 1 έως και 100.000 τρόπους μετάδοσης, ανάλογα με τις διαστάσεις της. Κάθε τρόπος μεταφέρει μέρος της

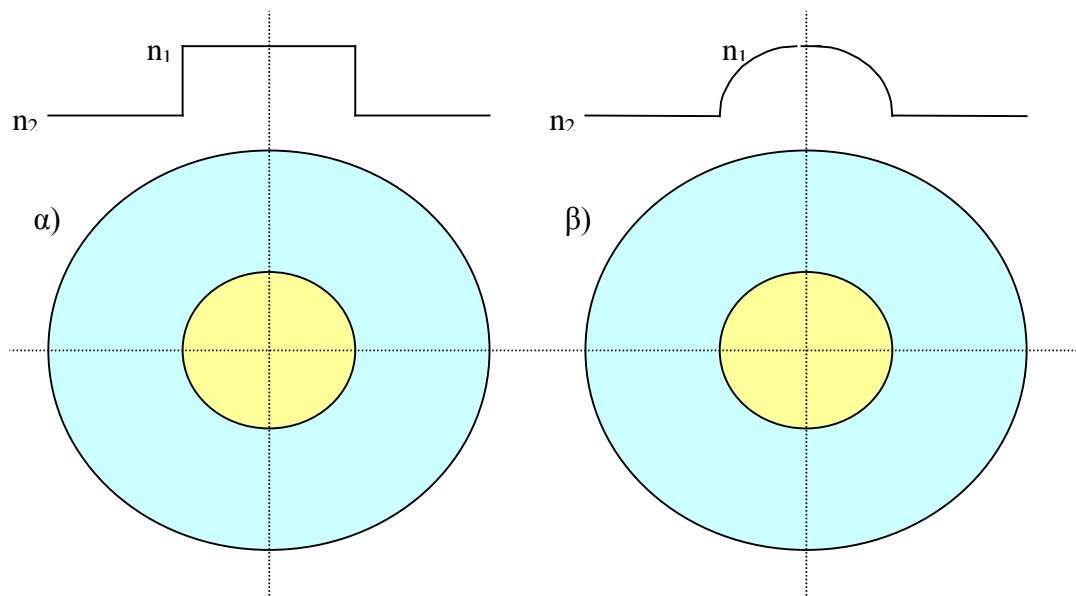
<sup>11</sup>  $NA = \{ n_1^2 - n_2^2 \}^{0,5}$

κυματοδηγούμενης ενέργειας. Η κατανομή της ενέργειας στους διάφορους τρόπους μιας πολύτροπης ίνας γίνεται κατά την εισαγωγή του φωτός στην ίνα, και εξαρτάται από τις συνθήκες εισαγωγής. Ακόμη και αν κάποιοι τρόποι δεν διεγείρονται κατά την εισαγωγή, μετά από κάποιο μήκος κυματοδήγησης, μικρές κατασκευαστικές ατέλειες της ίνας, καθώς και καμπυλότητες κατά μήκος της διαδρομής, οδηγούν στην διεγερση όλων των δυνατών τρόπων κυματοδήγησης μέσω φαινομένων οπτικής σύζευξης. Το μήκος αυτό, γνωστό και ως “μήκος υπερπλήρωσης”, είναι μερικά μέτρα για πλαστικές ίνες, ενώ για πολύτροπες γυάλινες ίνες φθάνει το ένα χιλιόμετρο.

## Πολύτροπες ίνες

Οι πολύτροπες ίνες υποστηρίζουν περισσότερους του ενός τρόπους μετάδοσης και κατηγοριοποιούνται ως προς την κατανομή του δείκτη διάθλασης σε :

- βηματικής μεταβολής (σχήμα 5α) και
- βαθμιαίας μεταβολής (σχήμα 5β).



Σχήμα 5α. Κατανομή συντελεστή διάθλασης σε πυρήνα βηματικής μεταβολής.

5β. Κατανομή συντελεστή διάθλασης σε πυρήνα βαθμιαίας μεταβολής.

## Ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης

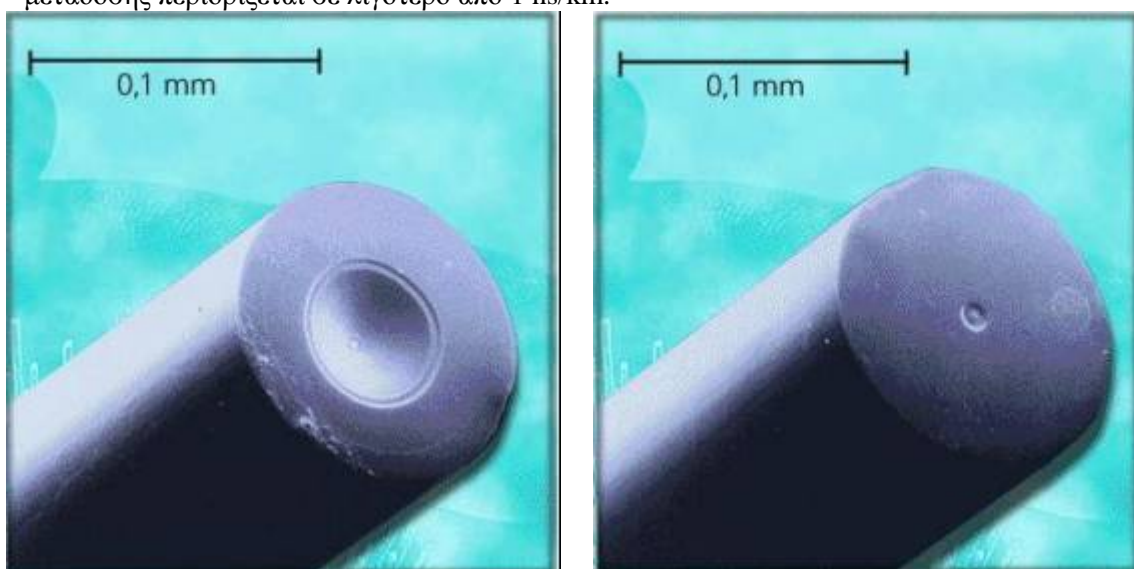
Οι πολύτροπες ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης αποτελούν το απλούστερο είδος οπτικής ίνας, έχουν διάμετρο πυρήνα από 100 έως 970  $\mu\text{m}$  και μπορεί να είναι εξολοκλήρου γυάλινες, γυάλινου πυρήνα με πλαστικό μανδύα ή και εξολοκλήρου πλαστικές. Επειδή κάθε τρόπος μετάδοσης κυματοδηγείται με διαφορετική γωνία ολικής ανάκλασης στην κοινή επιφάνεια πυρήνα/μανδύα, ακολουθεί διαδρομή διαφορετικού μήκους. Πιο συγκεκριμένα, ο τρόπος που κινείται κατά μήκος της οπτικής ίνας στο κέντρο του πυρήνα, γνωστός ως βασικός τρόπος, έχει την μικρότερη διαδρομή, ενώ ο τρόπος με την μικρότερη γωνία ολικής ανάκλασης την μεγαλύτερη διαδρομή. Σαν αποτέλεσμα, η μεταφερόμενη από τους διαφορετικούς τρόπους ενέργεια του σήματος πληροφορίας, καταφθάνει στην έξοδο της ίνας σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, προκαλώντας παραμόρφωση του σήματος στον δέκτη, που είναι γνωστή ως διασπορά τρόπου μετάδοσης. Οι τιμές διασποράς τρόπου μετάδοσης, για πολύτροπες ίνες βηματικής μεταβολής δείκτη διάθλασης, κυμαίνονται από 15 έως 30 ns/km, περιορίζοντας το διαθέσιμο εύρος ζώνης σε 60 και 30 MHz.km αντίστοιχα. Η μείωση της διασποράς τρόπου μετάδοσης αυξάνει το διαθέσιμο εύρος ζώνης.

Οι πολύτροπες ίνες βηματικής μεταβολής δείκτη διάθλασης δεν χρησιμοποιούνται πλέον για μετάδοση δεδομένων, και έχουν αντικατασταθεί από πολύτροπες ίνες βαθμιαίας μεταβολής δείκτη διάθλασης.

### Ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης

Η μείωση της διασποράς σε πολύτροπες ίνες μπορεί να επιτευχθεί με χρήση ινών βαθμιαίου δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα στον μανδύα. Στις ίνες αυτές, ο πυρήνας αποτελείται από ομόκεντρες στρώσεις, με αυξανόμενη προς το κέντρο πυκνότητα νόθευσης, που αυξάνει την τιμή του δείκτη διάθλασης (σχήματα 5β και 6α).

Σημειώσατε ότι στις ίνες αυτές, οι διάφοροι τρόποι μετάδοσης δεν ακολουθούν ευθύγραμμες διαδρομές εντός του πυρήνα, όπως στις ίνες βηματικής μεταβολής, αλλά καμπύλες, διαθλώμενοι συνεχώς σε κάθε στρώση, μέχρις ότου επιτευχθεί η απαιτούμενη για την κυματοδηγηση ολική ανάκλαση. Επειδή το φως κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα σε υλικά με μικρότερο συντελεστή διάθλασης, οι τρόποι μετάδοσης, που διέρχονται μακρύτερα από το κέντρο του πυρήνα, καλύπτουν μεν μεγαλύτερη διαδρομή, κινούμενοι όμως γρηγορότερα από άλλους, που διέρχονται κοντύτερα στο κέντρο του πυρήνα, εξισορροπώντας έτσι κάπως το φαινόμενο της διασποράς τρόπου μετάδοσης. Ως αποτέλεσμα, η διασπορά τρόπου μετάδοσης περιορίζεται σε λιγότερο από 1 ns/km.



Σχήμα 6α. Πολύτροπη Ίνα Βαθμιαίας Μεταβολής Δείκτη Διάθλασης β. Μονότροπη Ίνα

Οι ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης χρησιμοποιούνται σήμερα σε καλωδιώσεις τοπικών δικτύων, καθώς και σε δίκτυα δομημένης καλωδίωσης (κυρίως καλωδίωση κορμού). Η διάμετρος του πυρήνα έχει τυποποιηθεί σε 50, 62,5 και σπανιότερα 85  $\mu\text{m}$ , ενώ η διάμετρος του περιβλήματος σε 125  $\mu\text{m}$ . Αν και το κόστος ινών βαθμιαίας μεταβολής δείκτη διάθλασης είναι σήμερα μεγαλύτερο από το κόστος των μονότροπων ινών, η συνολική εξοικονόμηση, λόγω του χαμηλότερου κόστους των παρελκομένων (πομποδεκτών, συνδέσμων κλπ), καθιστά την χρήση πολύτροπων ινών οικονομικότερη για καλωδιώσεις μικρού σχετικά μήκους.

### Μονότροπες ίνες

Στις μονότροπες ίνες, το φως δεν μεταδίδεται με συνεχείς ανακλάσεις στα κοινά τοιχώματα πυρήνα / μανδύα, αλλά κινείται κατά μήκος του πυρήνα. Ο τρόπος αυτός είναι γνωστός σαν *βασικός τρόπος μετάδοσης*.

Οι μονότροπες ίνες υποστηρίζουν την μετάδοση μόνον του βασικού τρόπου, μηδενίζοντας έτσι τις επιπτώσεις της διασποράς τρόπου μετάδοσης, που εμφανίζεται στις πολύτροπες ίνες.

Αυτό επιτυγχάνεται με ελάττωση της διαμέτρου του πυρήνα σε τιμές κάτω των 10  $\mu\text{m}$  (σχήμα 1.6β), ενώ για λόγους τυποποίησης, η διάμετρος του μανδύα παραμένει στα 125  $\mu\text{m}$ . Ο συσχετισμός της μονότροπης λειτουργίας με τις γεωμετρικές παραμέτρους της οπτικής ίνας, γίνεται από τον εμπειρικό τύπο:

$$V \leq 2.405$$

όπου  $V$  η κανονικοποιημένη συχνότητα<sup>12</sup> της ίνας.

Από τον ορισμό της παραμέτρου  $V$ , η μονότροπη λειτουργία φαίνεται ότι εξαρτάται και από το μήκος κύματος της κυματοδηγούμενης ακτινοβολίας. Οι μονότροπες οπτικές ίνες, που χρησιμοποιούνται σήμερα στις τηλεπικοινωνίες, έχουν σχεδιασθεί για λειτουργία είτε στα 1300 nm (αστικό δίκτυο) είτε στα 1550 nm (υπεραστικό και υποβρύχιο δίκτυο). Αυτό σημαίνει ότι οι ίνες αυτές λειτουργούν ως πολύτροπες στα 820 nm.

Ως μήκος κύματος αποκοπής ορίζεται το μήκος κύματος, πάνω από το οποίο η οπτική ίνα συμπεριφέρεται ως μονότροπη. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\lambda_{co} = 2\pi \cdot d \cdot (NA) / 2.405$$

Προκειμένου να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή διάμετρος πυρήνα<sup>13</sup>,  $d$ , το μήκος κύματος λειτουργίας,  $\lambda$ , επιλέγεται να είναι λίγο μεγαλύτερο από το μήκος κύματος αποκοπής,  $\lambda_{co}$ . Για παράδειγμα, σε μια ίνα που έχει σχεδιασθεί για μονότροπη λειτουργία στα 1300 nm, το μήκος κύματος αποκοπής είναι συνήθως στα 1200 nm.

Στις μονότροπες ίνες, ένα σημαντικό μέρος της κυματοδηγούμενης ισχύος βρίσκεται στον μανδύα, κοντά στην κοινή επιφάνεια πυρήνα/μανδύα. Το ποσοστό αυτό αυξάνεται, όταν η τιμή της παραμέτρου  $V$  μικραίνει. Για παράδειγμα, σε ίνες με παράμετρο  $V$  μικρότερη από 1,4, περισσότερο από το μισό της κυματοδηγούμενης ισχύος βρίσκεται στον μανδύα<sup>14</sup>. Το είδος αυτό της κυματοδότησης είναι γνωστό σαν *χαλαρή κυματοδότηση*.

Για μετάδοση με μικρή εξασθένηση, η οπτική ποιότητα του υλικού του περιβλήματος γύρω από τον πυρήνα, πρέπει να είναι αντίστοιχη με εκείνη του πυρήνα. Πρέπει επομένως να εξασφαλισθεί μανδύας υψηλής ποιότητας υλικού, πάχους περίπου 50  $\mu\text{m}$ , γύρω από τον πυρήνα. Αντίθετα, σε πολύτροπες ίνες, το ποσοστό της ισχύος στον μανδύα είναι ελάχιστο, και δεν απαιτείται έτσι υψηλής ποιότητας υλικό μανδύα.

### 2.1.5 Χαρακτηριστικά μεγέθη οπτικών ινών

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη των οπτικών ινών περιλαμβάνουν **Εξασθένηση** και **Διασπορά**.

#### Εξασθένηση

Ως *εξασθένηση* ορίζεται η απώλεια της οπτικής ισχύος κατά την κυματοδότηση, και ανέρχεται σε 150 dB/km για πλαστικές ίνες, ενώ μόνο 0,21 dB/km σε μονότροπες ίνες. Στον πίνακα 2 δίδονται χαρακτηριστικές τιμές εξασθένησης για όλα τα είδη των οπτικών ινών .

---

<sup>12</sup>  $V = (2\pi \cdot d / \lambda) \cdot (NA)$

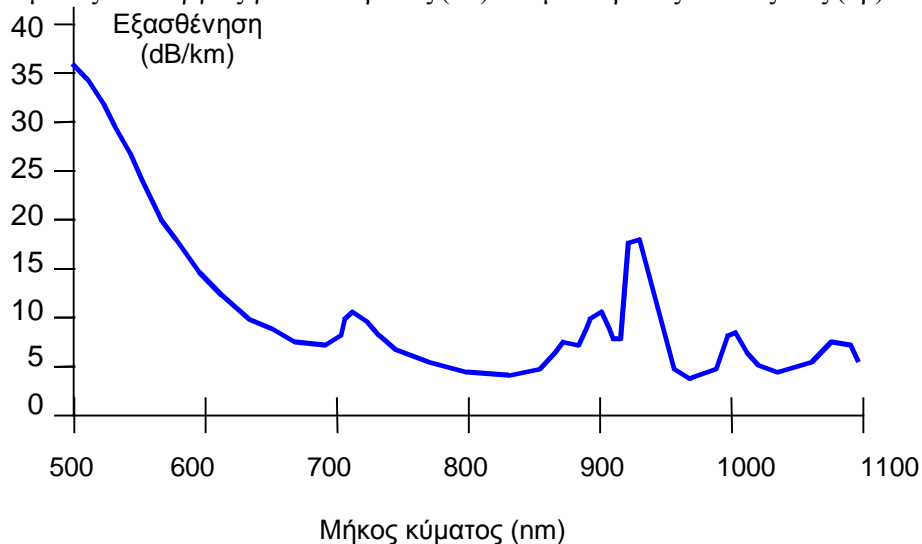
<sup>13</sup> Επιδιώκεται για αποδοτικότερη εισαγωγή του φωτός και ευκολότερη διασύνδεση.

<sup>14</sup> J.M. Senior, Optical Fiber Communications, σελ. 58

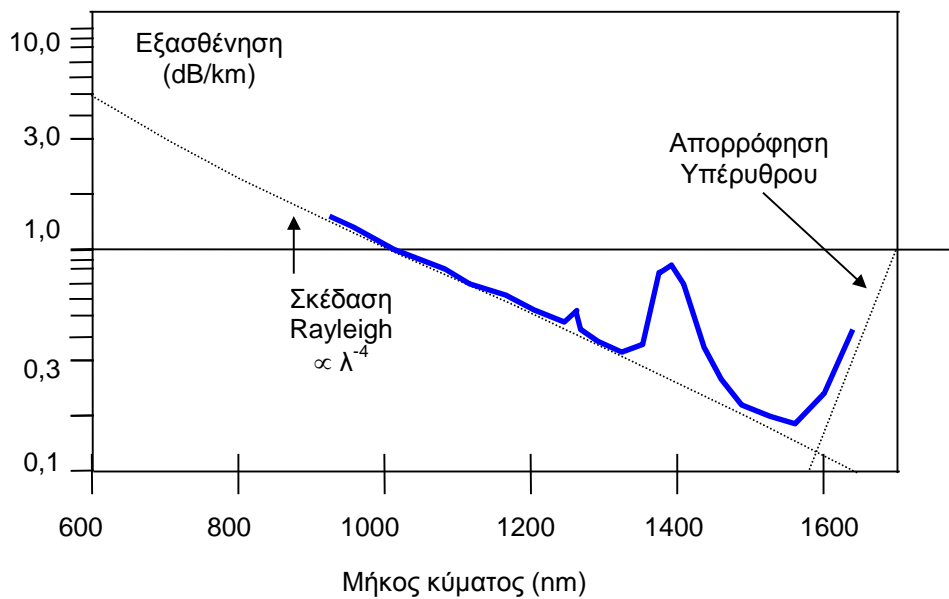
Είδος Ίνας	Διαστάσεις Πυρήνα/Μανδύα	Εξασθένηση (dB/km)
Μονότροπη	9/125	2 - 5 $\lambda$ = 850 nm 0,35 $\lambda$ = 1300nm 0,21 $\lambda$ = 1550 nm
Πολύτροπη (βαθμιαίας μεταβολής)	50/125	4,00 $\lambda$ = 850 nm 2,50 $\lambda$ = 1300 nm
	62,5/125	6,00 $\lambda$ = 850 nm
	85/125	7,00 $\lambda$ = 850 nm
Πολύτροπη (βηματικής μεταβολής)	200/380	6,00 $\lambda$ = 850 nm
	300/440	6,00 $\lambda$ = 850 nm
PCS (γυάλινου πυρήνα με πλαστικό μανδύα)	200/350	10,00 $\lambda$ = 790 nm
	400/550	10,00 $\lambda$ = 790 nm
	600/900	6,00 $\lambda$ = 790 nm
Πλαστική	750	150 $\lambda$ = 650 nm
	1000	200 $\lambda$ = 650 nm

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικές τιμές εξασθένησης σε οπτικές ίνες

Εκτός του υλικού κατασκευής η εξασθένηση εξαρτάται και από το μήκος κύματος της κυματοδηγούμενης ακτινοβολίας. Έτσι, σε γυάλινες ίνες, η εξασθένηση είναι μικρότερη στο υπέρυθρο μέρος του οπτικού φάσματος ( $\lambda > 800$  nm), στην περιοχή από 1200 έως 1600 nm, ενώ σε πλαστικές ίνες, η εξασθένηση είναι μικρότερη στην ορατή περιοχή του φάσματος γύρω στα 650 nm. Στο σχήμα 7 φαίνεται η μεταβολή της εξασθένησης σαν συνάρτηση του μήκους κύματος λειτουργίας για πολύτροπες (7α) και μονότροπες οπτικές ίνες (7β).



Σχήμα 7α. Η εξασθένηση σαν συνάρτηση του μήκους κύματος για εξ ολοκλήρου γυάλινη πολύτροπη ίνα.



Σχήμα 7β. Η εξασθένιση σαν συνάρτηση του μήκους κύματος για μονότροπη ίνα.

Δυο είναι τα βασικά φυσικά φαινόμενα, που καθορίζουν το κατώτερο όριο εξασθένισης στις γυάλινες οπτικές ίνες.

- **Η σκέδαση.**

Απώλεια οπτικής ενέργειας λόγω ατελειών στην βασική δομή της ίνας.

- α) Σε χαμηλά μήκη κύματος, εμφανίζεται η σκέδαση *Raleigh*, που οφείλεται στην μη-κανονικότητα της κρυσταλλικής και ατομικής δομής του γυαλιού. Το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο, όταν το μήκος κύματος του φωτός προσεγγίζει το μέγεθος της ατομικής δομής του γυαλιού. Η εξασθένιση, που οφείλεται στην σκέδαση *Raleigh* μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα ως προς την τέταρτη δύναμη του μήκους κύματος ( $1/\lambda^4$ ).
- β) Άλλο υπαρκτό είδος σκέδασης είναι η σκέδαση *Mie*, που οφείλεται σε ατέλειες στην κυλινδρική δομή του κυματοδηγού. Τέτοιες ατέλειες εμφανίζονται κυρίως στην κοινή επιφάνεια πυρήνα / μανδύα, λόγω μικρών μεταβολών στους συντελεστές διάθλασης των υλικών, διαφοροποιήσεων της διαμέτρου πυρήνα κατά μήκος της ίνας και λόγω ύπαρξης μικρο-φυσαλλίδων. Οι επιπτώσεις από την σκέδαση *Mie* ελαχιστοποιούνται με βελτιώσεις στην διαδικασία κατασκευής.

Εκτός από τα ανωτέρω είδη γραμμικής σκέδασης, υπάρχουν και φαινόμενα μη-γραμμικής σκέδασης, που εμφανίζονται κυρίως, όταν οι οπτικές ίνες δέχονται μεγάλα επίπεδα οπτικής ισχύος. Τα γνωστότερα είδη μη-γραμμικής σκέδασης είναι η σκέδαση *Brillouin* και η σκέδαση *Raman*, που εμφανίζονται σε μονότροπες ινοοπτικές ζεύξεις μεγάλου μήκους, που τροφοδοτούνται από οπτικά σήματα μεγάλης ισχύος.

- **Η απορρόφηση.**

Το φως απορροφάται από το υλικό μετάδοσης και η ενέργεια του μετατρέπεται σε θερμότητα. Δυο μορφές απορρόφησης εμφανίζονται σε γυάλινες οπτικές ίνες:

- α) Η απορρόφηση από ξένες μοριακές δομές στο διοξείδιο του πυριτίου, όπως υδροξύλια ( $\text{OH}^-$ ), ιόντα σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ), χαλκού ( $\text{Cu}^{2+}$ ), νικελίου ( $\text{Ni}^{2+}$ ) και χρωμίου ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Οι σύγχρονες μέθοδοι παραγωγής οπτικών ινών, ελέγχουν αποτελεσματικά την παρουσία των περισσότερων από τα ανωτέρω στοιχεία, περιορίζοντας την εξασθένιση λόγω απορρόφησης αυτής της μορφής.
- β) Η απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας, που οφείλεται σε ταλάντωση των δομικών στοιχείων του υλικού της ίνας, όπως οι δεσμοί Si-O (9,2  $\mu\text{m}$ ), P-O (8,1  $\mu\text{m}$ ), B-O (7,2  $\mu\text{m}$ ) και Ge-O (11,0  $\mu\text{m}$ ) εντός του γυαλιού. Για μήκη κύματος άνω του 1,7  $\mu\text{m}$ , οι σωρευτικές επιδράσεις



στις ανωτέρω φασματικές περιοχές απορρόφησης, προξενούν εξασθένηση του οπτικού σήματος.

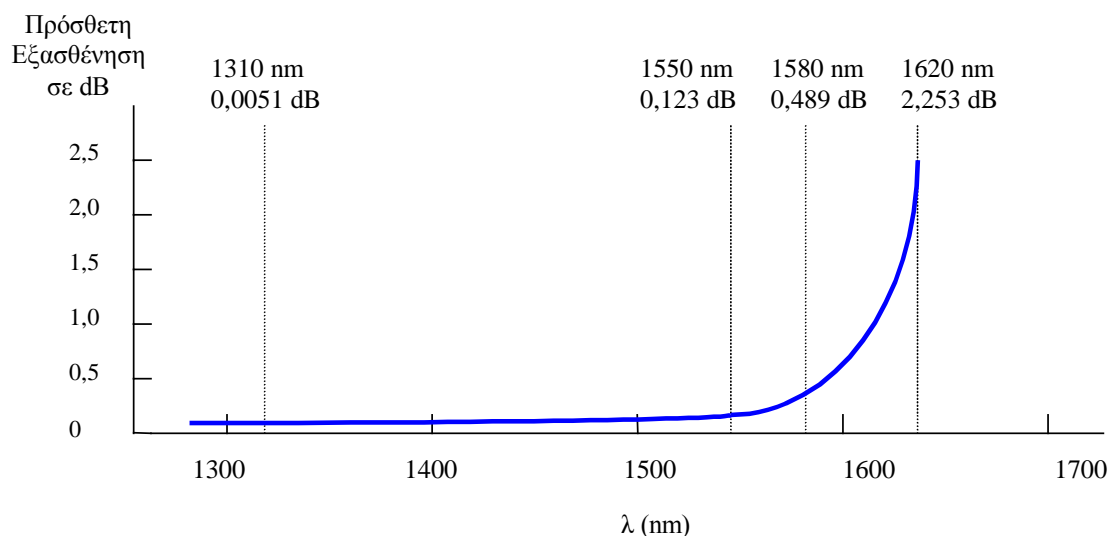
Σε μονότροπες ίνες, η μεταβολή της εξασθένησης σαν συνάρτηση του μήκους κύματος, όπως διαμορφώνεται από την επίδραση των μηχανισμών σκέδασης και απορρόφησης (σχήμα 6β), ορίζει δυο περιοχές λειτουργίας, στα 1300 nm και 1550 nm, με τιμές απόσβεσης 0,35 dB και 0,21 dB αντίστοιχα. Η αύξηση της εξασθένησης, που παρατηρείται στα 1400 nm, διαχωρίζοντας τις δυο αυτές περιοχές, οφείλεται σε απορρόφηση από ιόντα  $\text{OH}^-$ , που δεν είναι δυνατόν να ελεγχθούν πλήρως, ακόμη και σε γυαλί πολύ υψηλής καθαρότητας. Οι φασματικές περιοχές, που αντιστοιχούν στα ελάχιστα της εξασθένησης, είναι γνωστές και σαν “παράθυρα” λειτουργίας. Έτσι, λειτουργία στο δεύτερο παράθυρο, υπονοεί μήκος κύματος 1300 nm, ενώ στο τρίτο παράθυρο, το μήκος κύματος είναι 1550 nm. Ως πρώτο παράθυρο νοείται η περιοχή των 850 nm, με εξασθένηση περίπου 2,5 dB/km, που δεν χρησιμοποιείται πλέον στις τηλεπικοινωνίες.

Η επιλογή του παραθύρου λειτουργίας γίνεται με βάση τεχνοοικονομικά κριτήρια. Στο υπεραστικό και υποβρύχιο δίκτυο, που οι αποστάσεις μετάδοσης είναι μεγάλες, απαιτείται η μικρότερη δυνατή εξασθένηση, και ως εκ τούτου επιλέγεται το τρίτο παράθυρο λειτουργίας. Αντίθετα στο αστικό και ζευκτικό δίκτυο, που οι ζεύξεις είναι πολλές μεν αλλά μικρών αποστάσεων, επικρατεί η επιλογή του δεύτερου παραθύρου λειτουργίας, κυρίως λόγω του σημαντικά χαμηλότερου κόστους του πομπού laser στα 1300 nm, σε σύγκριση με τον αντίστοιχο στα 1500 nm.

Οι οπτικές ίνες σχεδιάζονται έτσι ώστε να διατηρούν τις επιδόσεις τους, ως προς την εξασθένηση και μετά την εγκατάστασή τους. Έχει όμως παρατηρηθεί ότι οι επιδόσεις αυτές μπορεί να επιδεινωθούν, υπό την επίδραση εξωτερικών παραγόντων, όπως λόγω κάμψης της ίνας κατά την εγκατάσταση του οπτικού καλωδίου, καθώς και λόγω έκθεσης της οπτικής ίνας σε περιβάλλοντα υδρογόνου και πυρηνικής ραδιενέργειας.

**Απώλειες από κάμψη.** Αν και οι οπτικές ίνες αποθηκεύονται τυλιγμένες σε στροφέια, υπάρχει μια ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας πέραν της οποίας η οπτική ίνα σπάει. Οι κάμψεις έχουν δυο βασικές επιπτώσεις στις μονότροπες οπτικές ίνες:

α) *Μικρή αύξηση των απωλειών.* Αυτό οφείλεται στο ότι, το μέρος της ενέργειας που κυματοδηγείται στο περίβλημα της ίνας, απαιτείται να κινηθεί στο εξωτερικό μέρος της καμπυλότητας, με ταχύτητα μεγαλύτερη της ταχύτητας του φωτός στο συγκεκριμένο υλικό, προκειμένου να καλύψει την μεγαλύτερη διαδρομή που προκύπτει. Σαν αποτέλεσμα, το μέρος αυτό της ενέργειας ακτινοβολείται, με σύζευξη σε τρόπο ακτινοβολήσης, προκαλώντας μικρή αύξηση των απωλειών. Για μη-καλωδιωμένη ίνα, η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας είναι τα 30 mm, ενώ για καλωδιωμένες ίνες, βάσει ενός εμπειρικού κανόνα, η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας του καλωδίου είναι πενταπλάσια της διαμέτρου του καλωδίου. Για μια δεδομένη ακτίνα καμπυλότητας η απώλεια από κάμψη εξαρτάται από το μήκος κύματος και αυξάνει για μακρύτερα μήκη κύματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 8, λόγω αύξησης του ποσοστού οπτικής ισχύος που κυματοδηγείται στον μανδύα (μικρότερη τιμή κανονικοποιημένης συχνότητας  $V$ ).



Σχήμα 8. Απώλεια από κάμψη σαν συνάρτηση του μήκους κύματος<sup>15</sup>. Τύλιξη 5m μη-καλωδιωμένης ίνας σε τύμπανο με ακτίνα καμπυλότητας 30mm.

Στους οργανωτήρες συγκολλήσεων οι αποκαλωδιωμένες ίνες αποθηκεύονται σε θήκες με ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας 30 mm. Η καμπυλότητα αυτή δεν είναι όμως ικανοποιητική (σχήμα 8) για λειτουργία στα 1620 nm και θα πρέπει να αυξηθεί στα 37,5 mm προκειμένου να μην παρατηρηθεί αύξηση των απωλειών λόγω κάμψης. Πρέπει να γίνουν επομένως σχετικές προβλέψεις, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάγκη επανασυναρμογής των ινών, που θα προκύψει από την επέκταση του λειτουργικού φάσματος στην περιοχή 1560 - 1620 nm (L-band) με χρήση συστημάτων υπέρθεσης DDWM.

β) *Μείωση της αντοχής της ίνας σε εφελκυσμό.* Σε καλώδια, που υφίστανται εφελκυσμό, η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας πρέπει να είναι δεκαπλάσια της διαμέτρου του καλωδίου.

### Η επίδραση του υδρογόνου

Η εμφάνιση του υδρογόνου οφείλεται στην εισχώρηση υγρασίας στο εσωτερικό του οπτικού καλωδίου. Το υδρογόνο εκλύεται είτε από την χημική αποσύνθεση των υλικών του μανδύα, είτε από την ηλεκτρολυτική επίδραση της υγρασίας στην μεταλλική θωράκιση του καλωδίου. Η έκθεση της οπτικής ίνας σε υδρογόνο, προκαλεί την διάχυση του υδρογόνου στο υλικό του γυαλιού, μεταβάλλοντας έτσι την χαρακτηριστική καμπύλη εξασθένησης της ίνας, και αυξάνοντας τις απώλειες. Η πρόσθετη εξασθένηση εμφανίζεται σωρευτικά, και είναι της τάξης των 0,15 dB/(km.Atm) για μήκος κύματος 1550 nm και θερμοκρασία 25°C. Οι επιπτώσεις του φαινομένου αυτού είναι σημαντικότερες σε υποβρύχιες ζεύξεις, όπου το νερό μπορεί να εισχωρήσει σε μεγάλο μήκος του καλωδίου, από μικρούς τραυματισμούς του εξωτερικού μανδύα, και να προκαλέσει καταστροφική για την ζεύξη αύξηση της συνολικής εξασθένησης.

### Η επίδραση της ραδιενέργειας

Τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις μπορούν να εκτεθούν σε ραδιενέργεια κατά την διάρκεια ενός πυρηνικού ατυχήματος ή πολεμικής σύγκρουσης. Σε πιο περιορισμένη κλίμακα, η έκθεση αυτή μπορεί να γίνει στον εσωτερικό ή περιβάλλοντα χώρο ενός πυρηνικού αντιδραστήρα, ή σε χώρο νοσοκομείου, όπου ραδιενεργές πηγές χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς. Η ραδιενέργεια (κυρίως ακτίνες γ) επιδρά στην μοριακή δομή του υλικού της οπτικής ίνας, δημιουργώντας χρωματικά κέντρα απορρόφησης. Άρα, η έκθεση οπτικών ινών

<sup>15</sup> FibreSystems, Vol.3, No.9, Nov.1999

σε ραδιενεργό περιβάλλον μεταβάλλει την χαρακτηριστική απόσβεσης αυξάνοντας την εξασθένηση κατά ποσό, που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως: το υλικό της ίνας, το είδος της ραδιενέργειας (ακτίνες γ, θερμικά νετρόνια κλπ), την συνολική δόση, τον ρυθμό δόσης, την θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ισχύ του οπτικού σήματος. Η αύξηση των απωλειών μπορεί να είναι μόνιμη ή προσωρινή, ανάλογα με το είδος των προσμίξεων, που περιέχονται στην οπτική ίνα. Ίνες, που περιλαμβάνουν  $\text{GeO}_2$  στον πυρήνα τους (τηλεπικοινωνιακές ίνες), δείχνουν μικρότερη ευαισθησία στη ραδιενέργεια, η αύξηση όμως της εξασθένησης είναι μόνιμη και οι μετέπειτα επιπτώσεις σωρευτικές. Αντίθετα, ίνες με πυρήνα από  $\text{SiO}_2$  και μανδύα με νοθεύσεις φθορίου (F) και φωσφόρου (P), εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στη ραδιενέργεια, η επίδραση όμως είναι προσωρινή, με χρόνους επαναφοράς, από μερικά δευτερόλεπτα έως μερικές ώρες. Ο χρόνος επαναφοράς μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά, παρέχοντας στο σύστημα πρόσθετη εξωτερική ενέργεια, που απορροφάται από τα χρωματικά κέντρα, αποκαθιστώντας τα ελαττώματα στην μοριακή δομή του γυαλιού, που προκάλεσε η ραδιενέργεια. Η πρόσθετη αυτή ενέργεια μπορεί να παρέχεται, είτε με αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (θέρμανση της ίνας), είτε με την διέλευση ισχυρού οπτικού σήματος ( $100 \mu\text{W} - 1 \text{mW}$ ) από την ίνα. Η διόρθωση των μοριακών ελαττωμάτων με φως είναι γνωστή ως *φωτοαποκατάσταση* και χρησιμοποιείται για προστασία οπτικών ζεύξεων, που εκτίθενται σε ραδιενεργό περιβάλλον. Το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο σε χαμηλότερα μήκη κύματος, λόγω του μεγαλύτερου ποσού ενέργειας που μεταφέρουν<sup>16</sup>.

Ορισμένοι κατασκευαστές προσφέρουν, για εξειδικευμένες εφαρμογές, ειδικών προδιαγραφών ίνες “ανθεκτικές στην ραδιενέργεια”, που έχουν ήδη εκτεθεί σε ραδιενεργό περιβάλλον και ως εκ τούτου, παρουσιάζουν μικρότερη ευαισθησία στην επίδραση της ραδιενέργειας.

## Διασπορά

Ως *διασπορά* ορίζεται η χρονική παραμόρφωση του σήματος πληροφορίας (αναλογικού και ψηφιακού) στον δέκτη, λόγω της διαφορετικής ταχύτητας στην μετάδοση των διαφόρων τμημάτων του σήματος. Η παραμόρφωση αυτή, που, σε περίπτωση ψηφιακής μετάδοσης, εμφανίζεται σαν διεύρυνση των παλμών του πομπού στον δέκτη, έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του μέγιστου ρυθμού μετάδοσης της οπτικής ζεύξης.

Εμφανίζονται τρία διαφορετικά είδη διασποράς:

- Διασπορά τρόπου μετάδοσης
- Διασπορά υλικού και
- Διασπορά κυματοδηγού

### Διασπορά τρόπου μετάδοσης

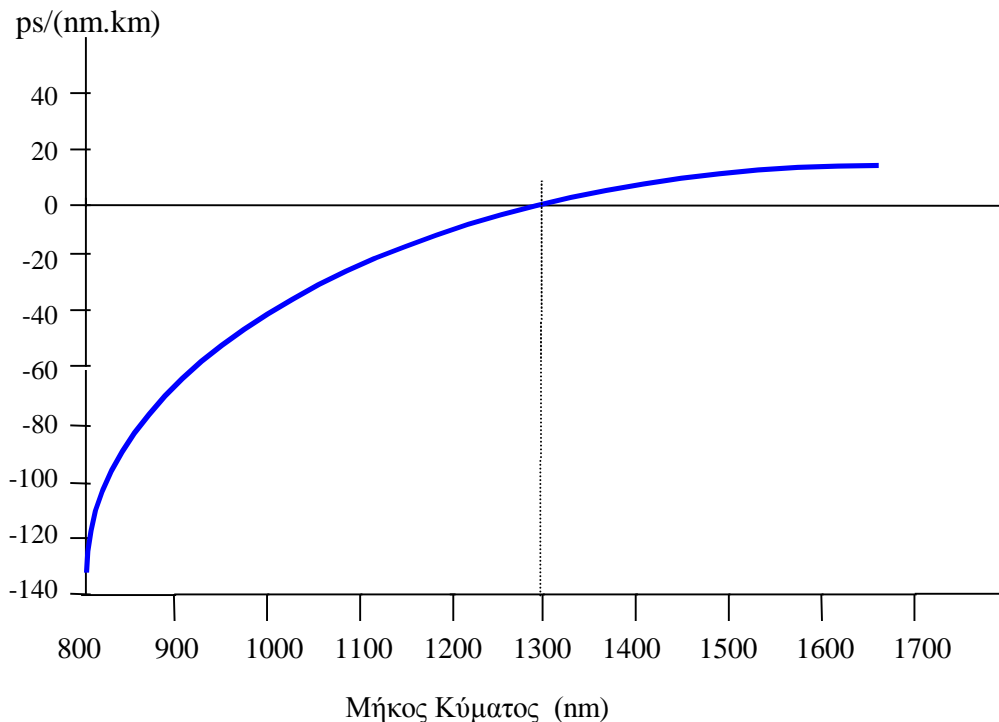
Η διασπορά τρόπου μετάδοσης εμφανίζεται μόνο σε πολύτροπες ίνες, και οφείλεται στον επιμερισμό της οπτικής ισχύος του σήματος σε περισσότερους τρόπους μετάδοσης, που κινούνται στον οπτικό κυματοδηγό με διαφορετικές ταχύτητες. Η τιμή της διασποράς τρόπου μετάδοσης αυξάνει ανάλογα με το πλήθος των τρόπων μετάδοσης, που υποστηρίζει ο κυματοδηγός, άρα εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του πυρήνα. Σε πολύτροπες ίνες βηματικής μεταβολής του συντελεστή διάθλασης πυρήνα, μια τυπική τιμή διασποράς τρόπου μετάδοσης είναι τα  $30 \text{ ns/km}$ , ενώ σε πολύτροπες ίνες βαθμιαίας μεταβολής του συντελεστή διάθλασης πυρήνα η διασπορά τρόπου μετάδοσης είναι μικρότερη από  $1 \text{ ns/km}$ .

---

<sup>16</sup>  $E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$

## Διασπορά υλικού

Η διασπορά υλικού, γνωστή και ως *χρωματική διασπορά*, εμφανίζεται τόσο σε πολύτροπες όσο και μονότροπες οπτικές ίνες, και οφείλεται στην μεταβολή της τιμής του συντελεστή διάθλασης στον πυρήνα και τον μανδύα, σαν συνάρτηση του μήκους κύματος. Όταν το οπτικό σήμα του πομπού περιλαμβάνει περισσότερα από ένα μήκη κύματος, κάθε μήκος κύματος *βλέπει* διαφορετικούς συντελεστές διάθλασης πυρήνα/μανδύα, και το αντίστοιχο μεταφερόμενο μέρος του σήματος κινείται με διαφορετική ταχύτητα, προκαλώντας διασπορά του οπτικού σήματος στον δέκτη. Το μέγεθος της διασποράς υλικού εξαρτάται από το φασματικό εύρος της πηγής, που είναι περίπου 25 nm για δίοδο LED και 2-3 nm για δίοδο laser.



Σχήμα 9. Διασπορά υλικού και μήκος κύματος μηδενικής διασποράς σε μονότροπες ίνες.

## Διασπορά κυματοδηγού

Η διασπορά κυματοδηγού οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα μετάδοσης μεταξύ πυρήνα και μανδύα, λόγω της μικρής μεταξύ τους διαφοράς ως προς τον συντελεστή διάθλασης. Εμφανίζεται κυρίως σε μονότροπες ίνες, όπου μεγάλο μέρος της κυματοδηγούμενης οπτικής ενέργειας διέρχεται από τον μανδύα, ενώ είναι ασήμαντη σε πολύτροπες ίνες.

Η τιμή της διασποράς κυματοδηγού εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κυματοδηγού (μεταβολή του συντελεστή διάθλασης στον πυρήνα και στον μανδύα), και μπορεί, με κατάλληλο σχεδιασμό, να επιτευχθούν επιδιωκόμενες τιμές διασποράς. Μια τυπική τιμή διασποράς κυματοδηγού στα 1300 nm είναι 2 ps/(nm.km).

## Συνολική Διασπορά

Ο συσχετισμός της διασποράς,  $\Delta$ , και εύρους ζώνης,  $B$ , μιας οπτικής ίνας είναι πολύπλοκος, και για μονότροπες ίνες δίδεται από την εμπειρική σχέση:

$$B = 0,187 / \{ \Delta \cdot (\Phi E) \cdot L \},$$

όπου  $\Phi E$  είναι το φασματικό εύρος της πηγής και  $L$  το μήκος της ζεύξης.

Για λειτουργία στα 1550 nm, η συνολική διασπορά δίδεται από το άθροισμα της διασποράς υλικού,  $\Delta_Y$ , με τη διασπορά κυματοδηγού,  $\Delta_K$ , και υπολογίζεται ως :

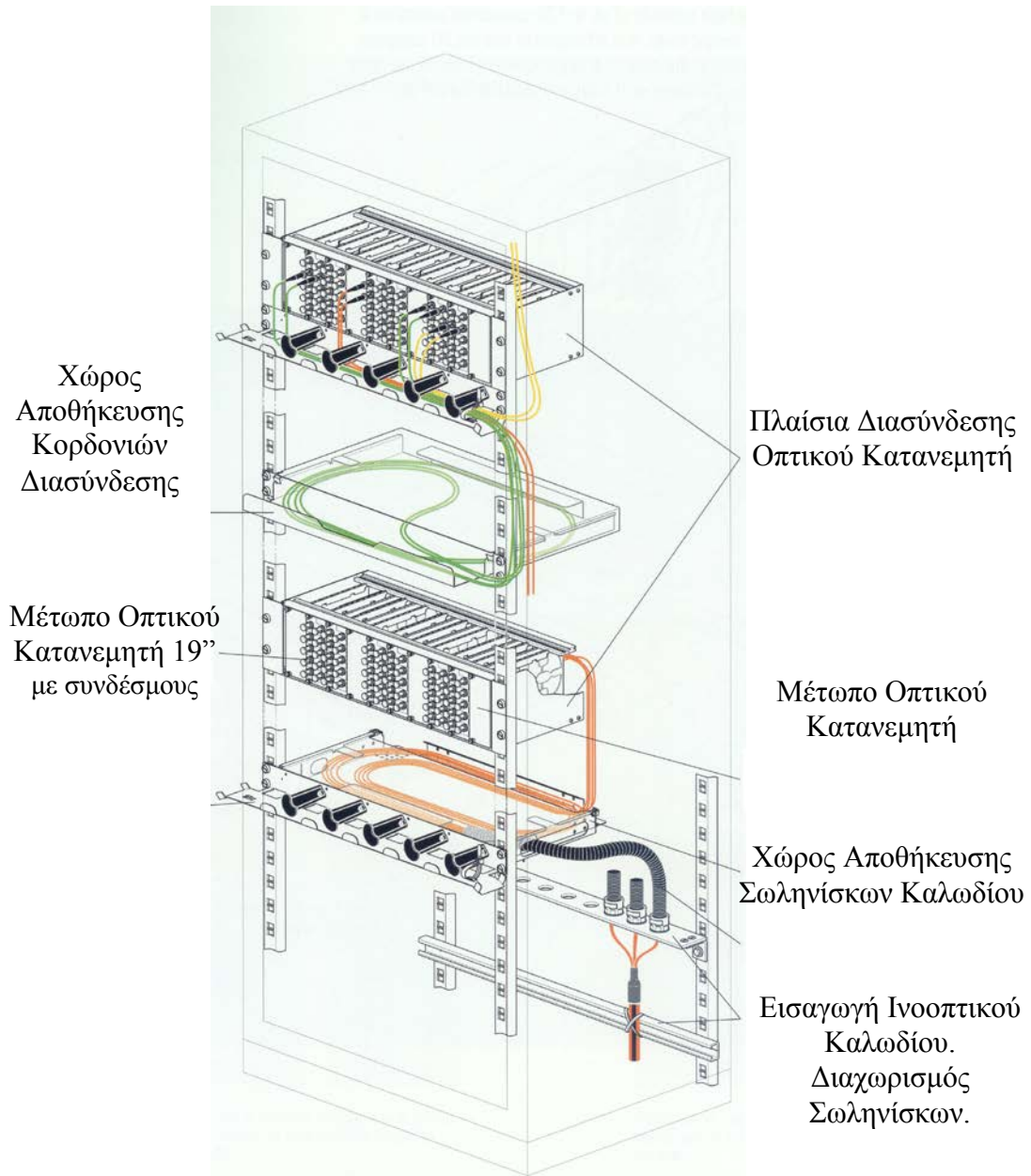
$$\Delta = \Delta_Y + \Delta_K = 12 \text{ ps/(nm.km)} - 7 \text{ ps/(nm.km)} = 5 \text{ ps/(nm.km)}.$$

Άρα, για πηγή με φασματικό εύρος  $\Phi E = 1\text{nm}$ , το εύρος ζώνης ανά km είναι 38 GHz.

### 2.1.6 Οπτικοί καταναμητές

Ο οπτικός καταναμητής τερματίζει τις ίνες ενός ινοοπτικού καλωδίου και επιτρέπει την σύνδεση τους στον ενεργό εξοπλισμό με χρήση κορδονιών διασύνδεσης. Ο τερματισμός σε οπτικό καταναμητή αποτελεί το σημείο πρόσβασης στις ίνες του καλωδίου για εκτέλεση δοκιμών και μικτονομήσεων.

Ο οπτικός καταναμητής (σχήμα 10) περιλαμβάνει ένα πλήθος από πλαίσια διασύνδεσης, που τοποθετούνται σε ικρίωματα κατακόρυφης ή οριζόντιας τεχνικής.



Σχήμα 10. Η εσωτερική δομή του καταναμητή (R&M)

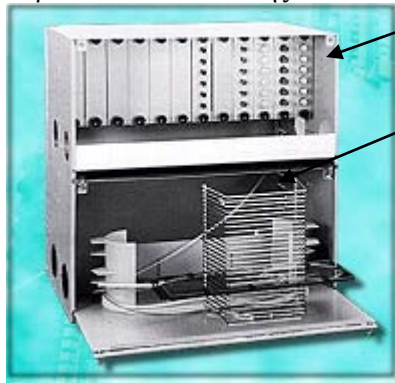
Κάθε πλαίσιο διασύνδεσης αποτελείται από δυο βασικά μέρη:

## Το μέτωπο

Περιλαμβάνει έναν αριθμό από διπλούς προσαρμογείς συνδέσεων σε ικανή πυκνότητα, ώστε να είναι δυνατή η εύκολη προσαρμογή των συνδέσεων των ινών του εισερχόμενου καλωδίου με τους αντίστοιχους συνδέσμους των κορδονιών διασύνδεσης.

*Τον χώρο αποθήκευσης:*

Αποθηκεύονται οι οργανωτήρες σύνδεσης των ινών του καλωδίου με προτερματισμέ-νες καλωδιο-ουρές. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η ανάγκη για την απ' ευθείας βυσμάτωση των ινών του καλωδίου σε συνδέσμους. Επίσης περιλαμβάνει τον απαραίτητο χώρο για την αποθήκευση της περίσσειας των σωληνίσκων του καλωδίου, των καλωδιο-ουρών και των κορδονιών διασύνδεσης.



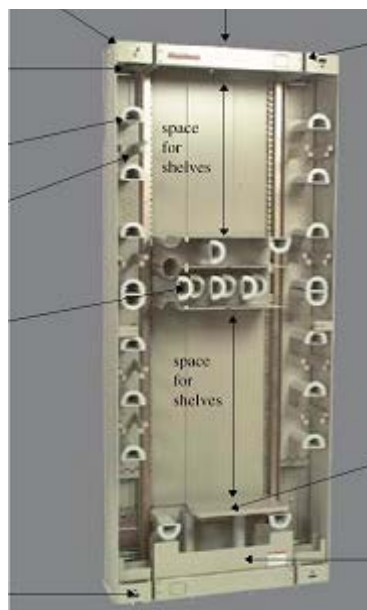
Μέτωπο Οπτικού Κατανεμητή με συνδέσμους

Χώρος Αποθήκευσης Ινο-ουρών, Κορδονιών Διασύνδεσης και Σωληνίσκων του Καλωδίου

Κατανεμητής Οίκου SIEMENS

Χώρος Αποθήκευσης  
Κορδονιών Διασύνδεσης

Εισαγωγή Καλωδίων και  
Κορδονιών Διασύνδεσης



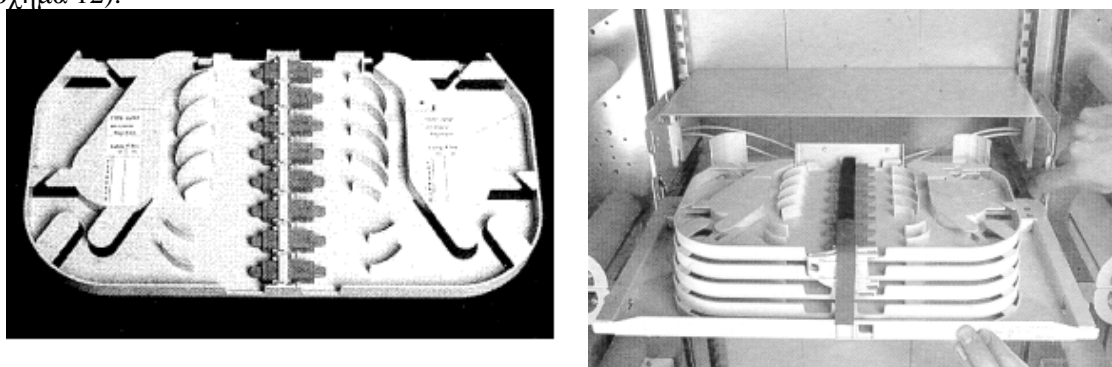
Θέσεις οργανωτήρων  
συνενώσεων και  
κατανεμητών

Κατανεμητής Οίκου RAYCHEM

Σχήμα 11. Οπτικοί κατανεμητές των Οίκων SIEMENS και RAYCHEM

Στο σχήμα 11 εικονίζονται δυο τύποι οπτικών κατανεμητών που χρησιμοποιούνται ως κεντρικοί οπτικοί κατανεμητές στα τηλεπικοινωνιακά κέντρα. Η διάταξη των διπλών

προσαρμογέων στο πλαίσιο διασύνδεσης μπορεί να είναι κατακόρυφη<sup>17</sup> ή οριζόντια. Για μεγαλύτερη πυκνότητα τερματισμού προτιμάται η οριζόντια διάταξη<sup>18</sup>, ενώ ορισμένοι προμηθευτές τοποθετούν τους προσαρμογείς, για μεγαλύτερη προστασία, σε ειδικούς δίσκους που παραμένουν καλυμμένοι κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας (βλέπε σχήμα 12).



Σχήμα 12. Διπλοί προσαρμογείς σε οπτικό καταναμητή μονοκυκλωματικής διαχείρισης (RAYCHEM).

Οι ίνες του καλωδίου τερματίζουν σε διπλούς προσαρμογείς στο εσωτερικό του πλαισίου διασύνδεσης, χρησιμοποιώντας προτερματισμένες καλωδιο-ουρές<sup>19</sup> ή συνδέσμους απ' ευθείας προσαρμοσμένους στα άκρα τους.

### Η κατασκευή των οπτικών ινών

Η κατασκευή αξιόπιστων οπτικών ινών με πολύ μικρή απόσβεση και ελεγχόμενη διασπορά αποτέλεσε την βάση για την καθιέρωση των οπτικών ινών ως το πλέον επιτυχημένο ενσύρματο μέσο μετάδοσης.

Οι πρώτοι μέθοδοι κατασκευής βασίζονταν σε εφελκυσμό από υγρής μορφής μίγματα γυάλινων ενώσεων, με χαμηλή θερμοκρασία τήξης<sup>20</sup>. Με την τεχνική αυτή η εξασθένηση των παραγόμενων ινών ήταν της τάξης των 20 dB/km, οφειλόμενη κυρίως σε απορρόφηση, λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού ξένων προσμίξεων.

Οι σύγχρονοι μέθοδοι βασίζονται στον εφελκυσμό ενός πρωτοτύπου από συνθετικό γυαλί (καθαρό SiO<sub>2</sub> - με το εμπορικό όνομα QUARTZ), με τον πυρήνα και τον μανδύα κατασκευασμένους με μεθόδους χημικής εναπόθεσης.

<sup>17</sup> Τύπου Slim Rack.

<sup>18</sup> Μέχρι και 96 τερματισμοί ινών σε ένα πλαίσιο 19 ιντσών.

<sup>19</sup> Απόδοση του όρου pig-tails

<sup>20</sup> Βλέπε τεχνική “διπλού δοχείου” (Double Crucible), Optical Fibers for Transmission, John E. Midwinter, p.166-178.

## 2.2 Ασύρματα δίκτυα

### 2.2.1 Βασικές αρχές της τεχνικής P/H - Ζεύξεων

#### Ορισμοί - ιδιότητες

*Μια ραδιοζεύξη επιτυγχάνεται εναλλακτικά με ένα από τους παρακάτω τρόπους.*

- Με μετάδοση H/M κυμάτων στην επιφάνεια της γης.
- Με σύνδεση πάνω από την επιφάνεια του ορίζοντα.
- Με δορυφορική σύνδεση.

*Τα παρακάτω χαρακτηριστικά αναφέρονται στην ραδιοζεύξη:*

- Η δημιουργία έντονης δέσμης, εξαρτάται από την συχνότητα.
- Η συχνότητα πρέπει να είναι η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη.
- Οριακή επιτρεπτή συχνότητα 200 MHz.
- Μοντέρνα P/H - συστήματα λειτουργούν > 400 MHz.
- Πεδίο εκπομπής θεωρείται η απόσταση μεταξύ δύο θέσεων μετάδοσης (εκπομπή - λήψη).
- Γραμμή εκπομπής είναι η αλληλοσύνδεση πολλών πεδίων (συχνά αναφέρεται και ως ραδιοζεύξη).
- Πορεία εκπομπής είναι η γεωγραφική πορεία γραμμών εκπομπής.
- P/H - δίκτυο είναι το σύνολο γραμμών εκπομπών.
- Ράδιο - σύστημα θεωρείται το σύνολο των τεχνικών εγκαταστάσεων.

Η ψηφιακή ιεραρχία στον ευρωπαϊκό χώρο είναι:

2,048 Mbit/sec	30 κανάλια
8,448 Mbit/sec	120 κανάλια
34,368 Mbit/sec	480 κανάλια
139,264 Mbit/sec	1920 κανάλια

Σε P/H εφαρμογές ιδιωτικών δικτύων έχουν μεγάλη διάδοση:

- 2 Mbit/sec - 2x2 Mbit/sec - 8 Mbit/sec - 2x8 Mbit/sec
- 34 Mbit/sec - 16x2 (17x2) Mbit/sec.



## **Οπτικές ραδιοζεύξεις**

Για την σύνδεση μέσω της ατμόσφαιρας 2 LAN σε απόσταση έως 4.000m και εύρος ζώνης έως 155 Mbit/s, υπάρχουν πολλές δυνατότητες π.χ. Ethernet, δακτύλιος αδειοδοτικού, FDDI, ATM, ISDN (για την σύνδεση εγκαταστάσεων τηλεφωνίας).

Προσοχή: Η μετάδοση με Laser είναι πολύ επικίνδυνη για το ανθρώπινο μάτι. Η απόσταση ασφαλείας για την τάξη III των Laser είναι τουλάχιστον 37m.

Για την σωστή μελέτη ραδιοζεύξεων ο μελετητής πρέπει να διαθέτει: Το σύστημα που έχει επιλεγεί για την τοποθέτηση, τις κυκλοφοριακές συνθήκες της περιοχής, τα σχέδια κτιρίων περιοχής, τα σχέδια θέσης κεραιών.

### **Μέθοδοι μετάδοσης δεδομένων**

Τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν με ένα φυσικό μέσο από διαφορετικά κανάλια. Ένα κανάλι είναι απλώς ένα τμήμα του συνολικού εύρους ζώνης του μέσου. Ένα κανάλι προκύπτει από την υποδιαίρεση των συχνοτήτων, που μπορεί να μεταδώσει ένα μέσο ή από την υποδιαίρεση της ζώνης σε μανδύες. Εάν ένα μέσο υποστηρίζει 10 Mbps, μπορεί να δημιουργηθούν δύο κανάλια με 5 Mbps. Εάν ένα μέσο υποστηρίζει συχνότητες 1 MHz και 10 GHz, μπορεί να δημιουργηθούν κανάλια με τις συχνότητες 1 MHz, 10 MHz, 100 MHz, 1 GHz και 10 GHz. Για την χρήση του εύρους ζώνης υπάρχουν δύο τρόποι μετάδοσης η βασική ζώνη και η ευρεία ζώνη.

### **Μετάδοση βασικής ζώνης**

Τα συστήματα βασικής ζώνης χρησιμοποιούν την συνολική χωρητικότητα του μέσου μετάδοσης για ένα και μόνο κανάλι. Δίκτυα βασικής ζώνης μπορούν να χρησιμοποιήσουν είτε αναλογική είτε ψηφιακή σηματοδότηση. Η ψηφιακή είναι η συνηθέστερη. Αν και μπορεί να μεταδοθεί ένα μόνο σήμα, είναι δυνατόν να συνδυασθούν μέσα σ' αυτό το ένα σήμα περισσότερες συνδιαλέξεις, καθώς γίνεται χρήση της τεχνικής της πολυπλεξίας με διαίρεση ρυθμού.

Συνήθως τα σήματα βασικής ζώνης είναι πιο αξιόπιστα στην παράσταση και αναγέννησή τους από τα σήματα ευρείας ζώνης.

### **Μετάδοση ευρείας ζώνης**

Τα συστήματα ευρείας ζώνης χρησιμοποιούν την χωρητικότητα του μέσου μετάδοσης για περισσότερα κανάλια. Πολλαπλά κανάλια προκύπτουν, καθώς το εύρος ζώνης του μέσου μπορεί να διαιρεθεί με χρήση πολυπλεξίας με διαίρεση συχνότητας. Με χρήση αναλογικών σημάτων τα δίκτυα ευρείας ζώνης μπορούν να υποστηρίξουν άμεσα πολλαπλή μετάδοση συνδιαλέξεων ή δεδομένων.

### **Τεχνικές μεταγωγής**

Σε ένα δίκτυο επικοινωνιών όλα τα μέλη είναι πιθανοί επικοινωνιακοί σύνδεσμοι και μεταξύ τους πρέπει να υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης. Αυτή η σύνδεση δεν πρέπει να είναι συνεχής, αλλά να δημιουργείται και να είναι διαθέσιμη όταν είναι επιθυμητό.

Μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη λαμβάνει χώρα επικοινωνία και χαρακτηρίζεται από μια κοινωνικοποιημένη μετάδοση σε δυαδική μορφή με καταστάσεις 0 και 1. Η αναλογική μετάδοση απαιτεί μια μετατροπή των δυαδικών σημάτων, με αντίστοιχες μεθόδους

διαμόρφωσης, σε αναλογικά σήματα. Στον παραλήπτη ακολουθεί η αντίστροφη διαδικασία και η μετατροπή των αναλογικών σε δυαδικά σήματα.

Ο πομπός και ο δέκτης ονομάζονται σταθμοί πληροφοριών. Αυτές οι διατάξεις αποτελούνται από το τεχνικό μέρος μετάδοσης - την διάταξη μετάδοσης δεδομένων - και την τελική διάταξη δεδομένων. Στην ψηφιακή μετάδοση σημάτων η διάταξη μετάδοσης δεδομένων είναι μια διεπαφή (interface), σε αντίθεση με την αναλογική μετάδοση είναι ο διαποδιαμορφωτής (modem).

Η διάταξη μετάδοσης δεδομένων βρίσκεται στην κατοχή του χρήστη. Ο σκοπός της είναι η προσαρμογή των εκπεμπόμενων σημάτων στο γενικό μέσο μετάδοσης και αντίστροφα για την λήψη.

Το Interface συσκευών αποτελείται από πολλά σύρματα, είναι ψηφιακό έχει μικρή εμβέλεια και ακολουθεί τις Νόρμες της ITU.

Το Interface αγωγών αποτελείται από 2 σύρματα είναι αναλογικό ή ψηφιακό έχει μεγάλη εμβέλεια και περιέχει προσαρμογέα δικτύου.

Η τελική διάταξη δεδομένων αποτελείται από τον πομπό και το δέκτη οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο.

### **Μέθοδοι μετάδοσης**

Γενικά υπάρχουν τα ακόλουθα είδη μετάδοσης:

- Αμφίδρομη (Duplex): όπου η μετάδοση γίνεται σε δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα.
- Μονόδρομος (Simplex): όταν στην μονάδα χρόνου η μετάδοση λαμβάνει χώρα σε μια κατεύθυνση.
- Σημειοσημιακή (Point to Point): μια σημείο προς σημείο σύνδεση είναι η πιο απλή μορφή μετάδοσης. Μια σύνδεση ανάμεσα σε δύο υπολογιστές είναι μια σημειοσημιακή (Point to Point) σύνδεση.

## **2.2.2 Η τεχνολογία Bluetooth**

### **Συνοπτική περιγραφή**

Η τεχνολογία Bluetooth είναι μια ανοιχτή παγκόσμια προδιαγραφή ασύρματης επικοινωνίας για δεδομένα και φωνή. Βασίζεται σε μία μικρής εμβέλειας και χαμηλού κόστους, ασύρματη ζεύξη, ενσωματωμένη σε ένα microchip 9 x 9 mm και διευκολύνει προστατευμένες συνδέσεις ad hoc (μη προγραμματισμένες) σε περιβάλλον, σταθερής και κινητής τηλεφωνίας. Η τεχνολογία Bluetooth καθιστά δυνατή την αντικατάσταση των καλωδίων που συνδέουν τη μία συσκευή με την άλλη, με μία ενιαία ζεύξη μικρής εμβέλειας.

Π.χ., αν υπάρχει ενσωματωμένη η τεχνολογία Bluetooth σε μια τηλεφωνική συσκευή κινητής τηλεφωνίας και σε ένα φορητό υπολογιστή, δεν απαιτούνται τα καλώδια που χρησιμοποιούνται σήμερα για να συνδεθούν μεταξύ τους αυτές οι δύο συσκευές.

Σχεδόν κάθε ψηφιακή συσκευή, όπως εκτυπωτές, Προσωπικοί Ψηφιακοί Βοηθοί - Personal Digital Assistants (PDA), οθόνες - monitors, συσκευές τηλεομοιοτυπίας - FAX, πληκτρολόγια - keyboards, παιχνιολαβές - joysticks, μπορούν να αποτελέσουν τμήμα του συστήματος Bluetooth.

Αλλά πέρα από την αποδέσμευση των συσκευών αφού καταργούνται τα καλώδια, η ασύρματη τεχνολογία Bluetooth παρέχει:

- α) μια ενιαία γέφυρα στα υπάρχοντα συστήματα δεδομένων,
- β) μια περιφερειακή διεπαφή (peripheral interface) και

γ) ένα μηχανισμό για να σχηματίζονται μικρές ιδιωτικές ομάδες συνδεδεμένων συσκευών ανεξάρτητες από τις υποδομές των δικτύων. Επειδή είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί σε περιβάλλον ραδιοσυχνοτήτων με θορύβους, χρησιμοποιεί ένα γρήγορο σχήμα αναγνώρισης και αναπήδησης συχνοτήτων ώστε η ζεύξη να είναι αξιόπιστη.

Τα ασύρματα δομικά στοιχεία της τεχνολογίας Bluetooth αποφεύγουν τις παρεμβολές από άλλα σήματα με την αναπήδηση σε άλλη συχνότητα μετά την εκπομπή ή λήψη ενός πακέτου. Συγκρινόμενη με άλλα συστήματα που λειτουργούν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων, έχει πιο γρήγορη αναπήδηση και χρησιμοποιεί μικρότερα πακέτα. Αυτό την κάνει πιο αξιόπιστη από άλλα συστήματα.

Τα μικρά πακέτα και η γρήγορη αναπήδηση περιορίζουν επίσης την επίδραση των οικιακών και επαγγελματικών φούρνων μικροκυμάτων.

Η χρησιμοποίηση της εμπροσθόδοτης διόρθωσης σφάλματος (Forward Error Correction) περιορίζει την επίδραση του τυχαίου θορύβου στις ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων.

Η κωδικοποίηση βελτιστοποιείται για περιβάλλον μη συντονισμένο. Λειτουργεί στη μη αδειοδοτημένη ζώνη ISM (unlicensed ISM band) στους 2,4 GHz. Χρησιμοποιείται ένα πομποδέκτης αναπήδησης συχνότητας ώστε να αντιμετωπισθούν οι παρεμβολές και η διάλειαση (fading).

Χρησιμοποιείται επίσης μια μορφοποιημένη, δυαδική διαμόρφωση FM για να ελαχιστοποιήσει την συνθετότητα του πομποδέκτη. Gross data rate: 1Mb/s.

Χρησιμοποιείται χρονοδιακριτική αμφίδρομη επικοινωνία (time division duplex) για να επιτευχθεί πλήρης αμφίδρομη επικοινωνία.

Το πρωτόκολλο της ζώνης βάσης του Bluetooth είναι συνδυασμός μεταγωγής κυκλωμάτων και πακέτων όπου μπορούν να κρατούνται θυρίδες για σύγχρονα πακέτα. Κάθε πακέτο μεταδίδεται σε διαφορετική συχνότητα αναπήδησης. Ένα πακέτο κανονικά καλύπτει μια θυρίδα αλλά μπορεί να γίνει επέκταση και να καλύπτει μέχρι και 5 θυρίδες.

Η τεχνολογία Bluetooth μπορεί να υποστηρίξει ασύγχρονο διάλογο δεδομένων μέχρι και 3 ταυτόχρονους διαύλους φωνής ή ένα διάλογο, ο οποίος ταυτόχρονα υποστηρίζει ασύγχρονα δεδομένα και σύγχρονη φωνή.

Κάθε διάλογος φωνής υποστηρίζει 64 kb/s σύγχρονη ζεύξη (φωνής). Ο ασύγχρονος διάλογος μπορεί να υποστηρίξει μια ασυμμετρική ζεύξη, το μέγιστο 721 kb/s σε κάθε κατεύθυνση, ενώ επιτρέπει 57,6 kb/s στην κατεύθυνση επιστροφής ή 432,6 kb/s συμμετρική ζεύξη.

Οι διαφορετικές μονάδες του συστήματος Bluetooth είναι:

- Ασύρματη μονάδα
- Μονάδα ελέγχου ζεύξης
- Διαχείριση ζεύξης
- Λειτουργίες λογισμικού

2,4GHz ασύρματη  
ζεύξη Bluetooth

Ελεγκτήρας ζώνης  
βάσης Bluetooth

host

## 2.3 Δίκτυα υπολογιστών

### 2.3.1 Τοπολογίες δικτύων

Οι τοπολογίες δικτύων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες και στην κάθε μία αναφέρονται οι ιδιότητες και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της:

#### Πλήρες συνδετικό σχήμα

Η πιο απλή δομή προκύπτει από την απευθείας διασύνδεση του κάθε σταθμού με όλους τους άλλους. Η εργασία εγκατάστασης είναι πολυδάπανη και ο αριθμός των συνδέσεων  $N*(N-1)$  όπου  $N$  ο αριθμός των σταθμών.

Οι ιδιότητες που εμφανίζονται σ' αυτή την τοπολογία είναι ότι:

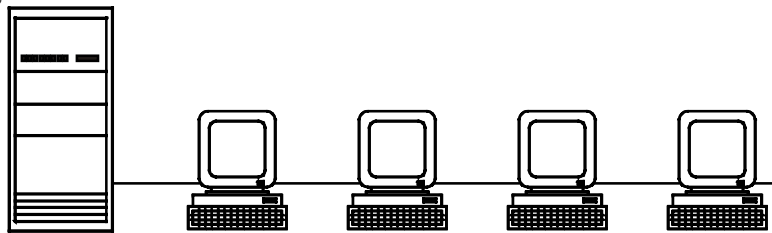
- Δεν χρειάζεται λειτουργία δρομολόγησης.
- Ο κάθε σταθμός είναι πάντα σε θέση να δεχθεί πληροφορίες ακόμη και αν η απ' ευθείας σύνδεση διακοπεί. Σε μια τέτοια περίπτωση βέβαια θα χρειασθεί μια λειτουργία δρομολόγησης.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι:

- Αυτή η τοπολογία έχει ιδανικές ιδιότητες διασύνδεσης, δεν είναι όμως κατάλληλη για μεγάλα δίκτυα, διότι το κόστος των πολλών συνδέσεων είναι μεγάλο.
- Κάθε επέκταση με νέο σταθμό επηρεάζει και όλους τους άλλους.

#### Τοπολογία αρτηρίας (Bus)

Είναι ένα κανάλι (καλώδιο) πάνω στο οποίο συνδέονται παθητικά οι σταθμοί εργασίας. Τα δίκτυα αυτά λέγονται και διαχυτικά δίκτυα, γιατί οι πληροφορίες διαχέονται προς όλες τις κατευθύνσεις.



Εικόνα 1. Τοπολογία αρτηρίας (Bus)

Αυτή η τοπολογία έχει τις πιο κάτω ιδιότητες:

- Η πτώση μιας σύνδεσης έχει επιπτώσεις σε ολόκληρο το δίκτυο.
- Η προσθήκη νέων σταθμών εργασίας γίνεται εύκολα.

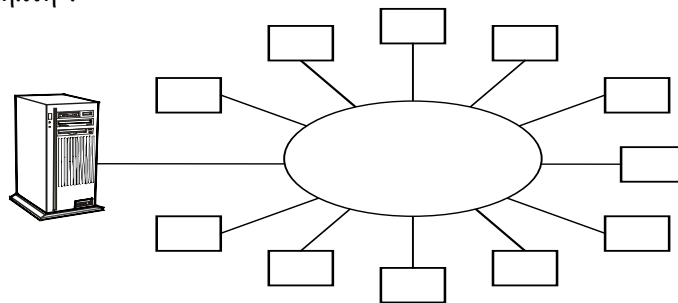
- Ο αριθμός των παθητικών συνδέσεων και επομένως των σταθμών εργασίας είναι περιορισμένο, γιατί το σήμα δεν ενισχύεται. Όλα εξαρτώνται από το μήκος της αρτηρίας.
- Δεν χρειάζεται δρομολόγηση, διότι οι πληροφορίες πηγαίνουν σε όλη την αρτηρία αποκωδικοποιούνται μόνο από τον σταθμό εργασίας " παραλήπτη". (Κάθε μεταφερόμενη πληροφορία έχει διεύθυνση "αποστολέα" και "παραλήπτη").

**Σε γενικές γραμμές η τοπολογία αυτή:**

- Είναι πολύ διαδεδομένη τοπολογία
- Έχει μεγάλη ευελιξία στις αλλαγές
- Υπάρχει δυσκολία στη διάγνωση λαθών
- Οι παθητικές συνδέσεις εγγυώνται ασφάλεια στην λειτουργία
- Το κόστος είναι χαμηλό
- Έχει μικρό μήκος

**Τοπολογία δακτυλίου (Ring)**

Ο δακτύλιος αποτελείται από μία κλειστή αλυσίδα (σταθμών εργασίας) με δισημειακές συνδέσεις σε συγκεκριμένη κατεύθυνση. Οι σταθμοί εργασίας λειτουργούν σαν ενεργά στοιχεία, όπου οι πληροφορίες παίρνονται, ενισχύονται και στέλνονται στον επόμενο σταθμό μέχρι τον "παραλήπτη".



Εικόνα 2. Τοπολογία δακτυλίου(ring)

Ένα πλεονέκτημα είναι ότι με αυτή την τοπολογία είναι δυνατή η κατασκευή δικτύου τεραστίων διαστάσεων.

Ενώ το μειονέκτημα που εμφανίζει είναι ότι εάν πέσει ένας σταθμός, αυτό οδηγεί στην πτώση ολόκληρου του δικτύου.

Το πρόβλημα αυτό λύνεται με ηλεκτρονόμους οι οποίοι βραχυκυκλώνουν τα καλώδια όταν ένας σταθμός τεθεί εκτός λειτουργίας. Σε περίπτωση όμως που πέσουν γειτονικοί σταθμοί τότε δημιουργείται πρόβλημα λόγω πιθανής υπέρβασης της μέγιστης αποστάσεως.

Τα δίκτυα δακτυλίων είναι κατάλληλα για χρησιμοποίηση οπτικών καλωδίων.

Δεν χρειάζεται δρομολόγηση, γιατί οι πληροφορίες τρέχουν σε όλο το δακτύλιο, αλλά αποκωδικοποιούνται μόνο από τον παραλήπτη.

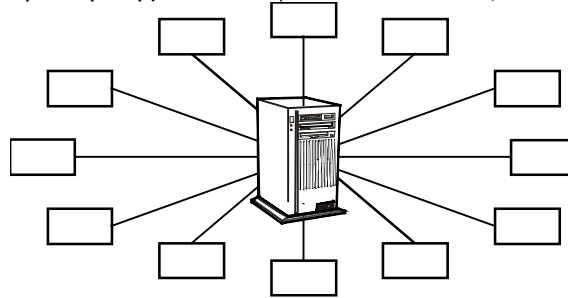
Συμπερασματικά, η τοπολογία δακτυλίου:

- Είναι κατάλληλη για την κατασκευή δικτύων (μεγάλων διαστάσεων).

- Η σύνδεση νέων σταθμών εργασίας γίνεται χωρίς πρόβλημα (απαιτείται όμως διακοπή λειτουργίας δικτύου κατά το χρονικό διάστημα των εργασιών).

### Τοπολογία αστέρα (Star)

Στο αστεροειδές δίκτυο υπάρχει μια ξεχωριστή κεντρική μονάδα μεγάλης σημασίας, όσον αφορά τις συνδέσεις (όλες οι συνδέσεις γίνονται μέσα από αυτήν) και την ασφάλεια λειτουργίας (εάν πέσει η κεντρική μονάδα πέφτει όλο το δίκτυο).



Εικόνα 3. Τοπολογία αστέρα (Star)

Το πλεονέκτημα είναι ότι αυτή η σημαντική κεντρική μονάδα αναγνωρίζεται επακριβώς και υπάρχει μόνο μια φορά στο δίκτυο.

#### ***Η αστεροειδής τοπολογία έχει τις εξής ιδιότητες:***

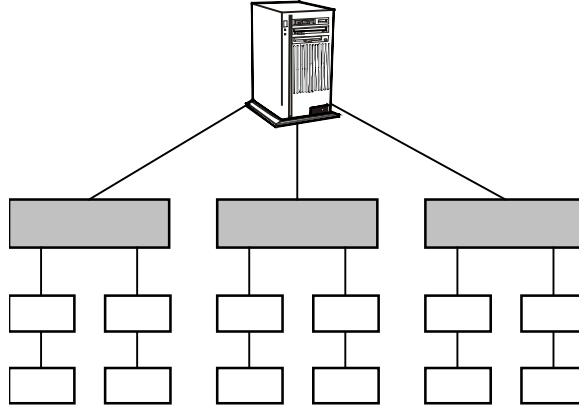
- Ένα αστεροειδές δίκτυο με N σταθμούς έχει ακριβώς N συνδέσεις.
- Κάθε μονοπάτι μεταξύ δύο τυχαίων σταθμών οδηγεί σε δύο διαδρόμους:
  - Αποστολέας - κεντρική μονάδα
  - Κεντρική μονάδα - παραλήπτης
- Οι συνδέσεις είναι δύο κατευθύνσεων.
- Η φυσική σύνδεση νέων σταθμών είναι απλή εφ' όσον η κεντρική μονάδα διαθέτει ελεύθερες θέσεις και δεν χρειάζεται διακοπή του δικτύου.
- Δεν χρειάζεται λειτουργία δρομολόγησης.

#### ***Συμπερασματικά λοιπόν:***

- Τα αστεροειδή δίκτυα έχουν μεγάλα πλεονεκτήματα στις λειτουργίες τους, γιατί η σύνδεση του κάθε σταθμού με την κεντρική μονάδα είναι ανεξάρτητη των άλλων και μπορεί να διακοπεί χωρίς καμία επίπτωση στο δίκτυο.
- Τα προβλήματα ασφαλείας της κεντρικής μονάδας επιδέχονται λύσεων.
- Ο αριθμός των απαιτούμενων καλωδίων αυξάνει γραμμικά με τον αριθμό των σταθμών.
- Το συνολικό μήκος της καλωδίωσης είναι μεγάλο.
- Οι τηλεπικοινωνιακές μονάδες είναι κόμβοι στα αστρικά δίκτυα.

## Τοπολογία δένδρου (Tree)

Σε μία τοπολογία δένδρου τα φύλλα συνδέονται με τις ρίζες με στοιχεία διακλαδώσεων, τα οποία μπορεί να είναι ενεργά ή παθητικά. Η τοπολογία δένδρου επιτρέπει μια καλή προσαρμογή στα γεωγραφικά δεδομένα, και με αυτό στην ελαχιστοποίηση των αναγκαίων καλωδιώσεων.



Εικόνα 4. Τοπολογία δένδρου (Tree)

### *Η δομή ενός δένδρου προκύπτει με πολλούς τρόπους:*

Ένα γραμμικό τμηματικό δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί σαν όριο ενός δικτύου τοπολογίας δένδρου. Ένα τμηματικό δίκτυο στην τοπολογία δένδρου προκύπτει μέσω μιας διάταξης αστερών με βαθμίδες. Μια τέτοια δικτυακή μορφή απαιτεί λειτουργία δρομολόγησης κατά την οποία ο κάθε κόμβος θα πρέπει να ξέρει τις διευθύνσεις των σταθμών στο διπλανό τμηματικό δίκτυο.

Μια τοπολογία δένδρου προκύπτει επίσης μέσω σύνδεσης διαφόρων αρτηριών με επαναλήπτες. Στην προκειμένη περίπτωση δεν χρειάζεται λειτουργία δρομολόγησης, διότι ολόκληρο το δίκτυο είναι διαχυτικό. Εάν γίνει σύνδεση των αρτηριών με γέφυρες τότε η τοπολογία είναι ίδια (δένδρου), αλλά η ροή των πληροφοριών αλλάζει τελείως. Οι γέφυρες γνωρίζουν τις διευθύνσεις των σταθμών εργασίας από την μια και την άλλη πλευρά τους και αφήνουν να περνούν μόνο εκείνες οι πληροφορίες με την κατάλληλη διεύθυνση. Η οργάνωση ροής των πληροφοριών στις αρτηρίες είναι τελείως ανεξάρτητη από αυτήν ολοκλήρου του δικτύου. Στην προκειμένη περίπτωση απαιτείται να γίνει λειτουργία δρομολόγησης από τις γέφυρες.

Τυπική περίπτωση τοπολογίας δένδρου είναι τα τοπικά δίκτυα (LAN) και τα δίκτυα καλωδιακής Τηλεόρασης (CATV). Σε ένα δίκτυο Καλωδιακής τηλεόρασης φεύγουν οι πληροφορίες από τον επικεφαλής σταθμό (στην ρίζα του δένδρου) και από εκεί με διαίρετες φθάνουν στους υπόλοιπους σταθμούς. Στην περίπτωση που ένας σταθμός εκπέμπει, αυτό γίνεται με ένα δεύτερο κανάλι (καλώδιο ή συχνότητα). Οι πληροφορίες μεταφέρονται έτσι στον επικεφαλής σταθμό και από εκεί στους άλλους σταθμούς.

Η προσθήκη σταθμών στα ευρυζωνικά δίκτυα δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμη, ενώ στην τοπολογία δένδρου βαθμωτής διάταξης αστερός είναι πραγματοποιήσιμη χωρίς πρόβλημα.

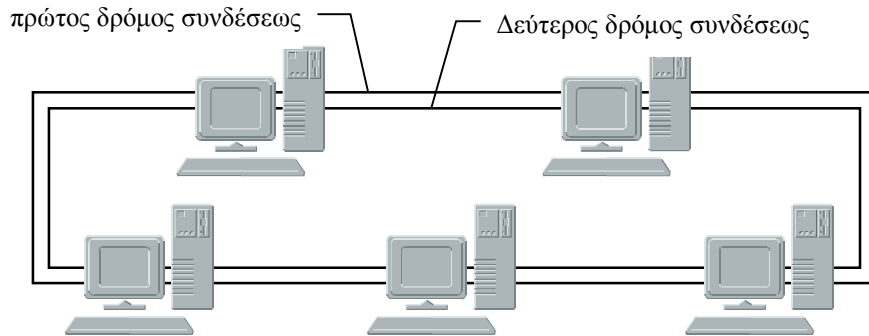
Έτσι η τοπολογία δένδρου προκύπτει από συνδέσεις διαφόρων άλλων τοπολογιών και επιτρέπει την καλή προσαρμογή στα τοπικά γεωγραφικά δεδομένα.

## Δίκτυα πλέγματος

Στα δίκτυα αυτά δεν υπάρχει συστηματική σύνδεση μεταξύ των σταθμών. Ο μοναδικός όρος είναι να υπάρχει τουλάχιστον μία σύνδεση ανά δύο σταθμούς. Τα δίκτυα μεταφορών μεταξύ πόλεων είναι σχεδόν πάντα τύπου πλέγματος και οι συνδέσεις εντός ενός τέτοιου δικτύου πρέπει να βελτιστοποιούνται για την ελαχιστοποίηση κόστους. Η βελτιστοποίηση ενός

δικτύου πλέγματος με ορισμένες οριακές συνθήκες (π.χ. κάθε σταθμός θα πρέπει να επιτυγχάνεται με τουλάχιστον 2 ανεξάρτητα μονοπάτια) είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα. Σε τέτοια δίκτυα εμφανίζονται διάφορα προβλήματα, όπως η δρομολόγηση, ο έλεγχος συμφόρησης και ο έλεγχος ροής, όταν υπάρχει περιπλοκή.

Τα δίκτυα πλέγματος είναι μια τυπική τοπολογία δικτύων των κλασικών μεταφορών μεγάλων αποστάσεων, στην οποία εμφανίζονται όλα τα προβλήματα δικτύων λόγω έλλειψης υποδομής.



Εικόνα 5. Δίκτυα πλέγματος

### Κανονικές δομές

Στην τοπολογία κανονικών δομών όλοι οι σταθμοί είναι συνδεδεμένοι με τον ίδιο τρόπο. Κάθε γραμμή, ή στήλη, δημιουργεί ένα δακτύλιο. Προβλήματα μπορεί να εμφανιστούν στους οριακούς σταθμούς.

Στις τηλεπικοινωνίες αυτή η τοπολογία, εκτός αυτής του δακτυλίου, δεν παίζει κανένα ρόλο. Την τοπολογία των κανονικών δομών θα την βρούμε μόνο στην τοποθέτηση επεξεργαστών σε παράλληλους super computers.



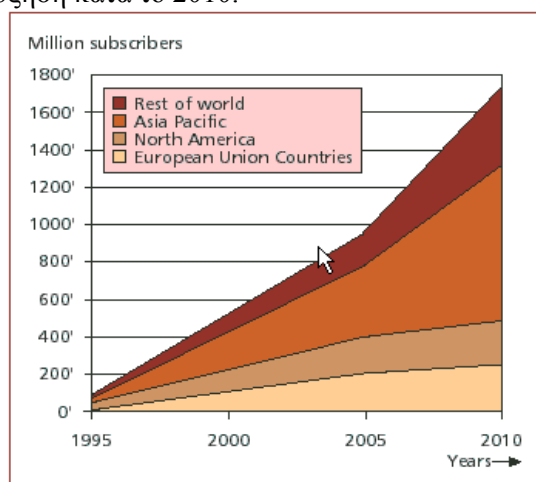
## 2.4 UMTS -

# Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών

### 2.4.1 Εισαγωγή

Οι κινητές τηλεπικοινωνίες εξελίσσονται ταχύτατα σήμερα αλλά η τεχνολογία τους δεν είναι πρόσφατη. Στην πραγματικότητα, πριν από 30 - 40 χρόνια έκαναν την εμφάνισή τους μεγάλου κόστους κινητές διατάξεις τηλεπικοινωνιών. Το σημαντικό βήμα έγινε στις αρχές της δεκαετίας του '80 οπότε εμφανίστηκε η αναλογική κυψελοειδής τεχνολογία. Φτάνοντας στο τέλος της χιλιετίας, η κινητή τηλεφωνία έχει μετατραπεί σε μαζικό προϊόν στην αγορά των τηλεπικοινωνιών. Το σύστημα GSM (Global System for Mobile Communications = Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών) που λειτουργεί σε συχνότητα 900MHz καθώς και το DCS1800 (Digital Cellular System = Ψηφιακό Κυψελοειδές Σύστημα) που λειτουργεί σε συχνότητα 1800GHz, αποτελούν τη συμβολή της Ευρώπης στην εξέλιξη των κινητών τηλεπικοινωνιών. Τα συστήματα αυτά σχεδιάστηκαν κατά τη δεκαετία του '80 και άρχισαν να εφαρμόζονται σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες κατά το 1992. Το σύστημα GSM είναι ένα ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα το οποίο κατέκτησε την παγκόσμια αγορά παρόλο που αρχικά αναπτύχθηκε αποκλειστικά για τα ευρωπαϊκά δεδομένα. Επιπλέον, το σύστημα αυτό διαθέτει πολλές προηγμένες υπηρεσίες και χαρακτηριστικά συμπεριλαμβανομένης της συμβατότητας με το ISDN (Integrated Services Digital Network = Ψηφιακό Σύστημα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών) καθώς και δυνατότητα περιαγωγής (roaming) παγκοσμίως σε άλλα δίκτυα GSM.

Ωστόσο, ο αριθμός των συνδρομητών στο GSM εκτιμάται από το Φόρουμ UMTS (Universal Mobile Telecommunications System = Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών) αυτή τη στιγμή σε 1.7 δισεκατομμύρια. Στο σχήμα 1 φαίνεται γραφικά η αύξηση των συνδρομητών κινητών επικοινωνιών με τα χρόνια. Πρέπει να αναφερθεί ότι στην Ασία αναμένεται τεράστια αύξηση κατά το 2010.



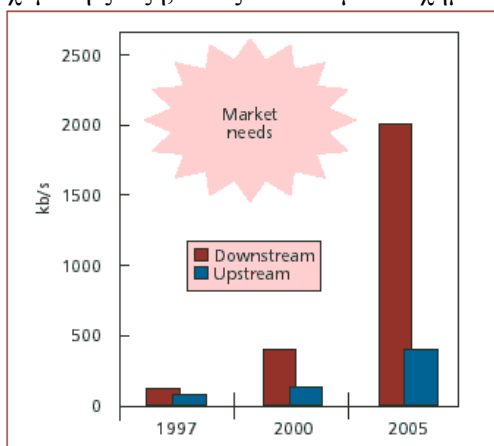
Σχήμα 1. Συνδρομητές κινητών επικοινωνιών ανά τον κόσμο

Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση των κινητών επικοινωνιών έχει ήδη προβλεφθεί και αναμένεται ότι το 2010, περίπου το 60% των επικοινωνιών της Ευρώπης θα πραγματοποιούνται με πολυμεσικές εφαρμογές κινητών επικοινωνιών. Μια ανάλογη αύξηση

αναμένεται και παγκοσμίως, με ετήσιο ρυθμό γύρω στο 70%. Σημειώνεται, ότι οι χρήστες δεδομένων το 1998 έφταναν τα 3 εκατομμύρια ενώ το 2010 αναμένεται να είναι 180 εκατομμύρια. Οι προβλέψεις της αγοράς των κινητών ραδιοσυστημάτων δείχνει μια αυξανόμενη ζήτηση μεγάλης σειράς υπηρεσιών από υπηρεσίες φωνής και χαμηλόρυθμες υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων μέχρι υπηρεσίες μετάδοσης υψηλής ταχύτητας. Στην πραγματικότητα, οι προσδοκίες της αγοράς προέρχονται από τη μελέτη των μελλοντικών αναγκών στο χώρο των επικοινωνιών. Προβλέπεται ότι θα απαιτούνται πιο προηγμένες υπηρεσίες από τις υπηρεσίες φωνής και τις χαμηλόρυθμες υπηρεσίες μετάδοσης σύμφωνα με τις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

1. Ηλεκτρονικά δεδομένα με πρόσβαση στο διαδίκτυο, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, σύγχρονη μεταφορά εικόνων, μεταφορά αρχείων πολυμέσων, φορητοί υπολογιστές
2. Κινητές τηλεπικοινωνίες, βιντεοσυνδιάσκεψη, υπηρεσίες GSM και ISDN, εικονοτηλεφωνία, υπηρεσίες ευρυζωνικών δεδομένων.
3. Δεδομένα εικόνας / ήχου με προαιρετική την εικόνα, αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες εικόνας, infotainment, ηλεκτρονικά έντυπα, αγορές από απόσταση ή ηλεκτρονικό εμπόριο, υπηρεσίες διαδικτύου προστιθέμενης αξίας, συμβολή στο ραδιόφωνο και στην τηλεόραση.

Εκτός από τα παραπάνω η ένωση για το GSM (οργανισμός χειριστών συστήματος GSM) αναμένει υψηλό επίπεδο ασυμμετρίας ανάμεσα στην κατερχόμενη και την ανερχόμενη ζεύξη για τη μετάδοση δεδομένων (π.χ. για πρόσβαση στο Διαδίκτυο), όπου απαιτείται μεγαλύτερη χωρητικότητα στην κατερχόμενη ζεύξη, όπως στο επόμενο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Ασύμμετρη κυκλοφορία δεδομένων

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι όχι μόνο έχει αυξηθεί ο αριθμός των χρηστών με το πέρασμα των χρόνων αλλά και οι κινητές επικοινωνίες έχουν γίνει πιο απαιτητικές σε εύρος ζώνης και πιο ασύμμετρες. Επιπλέον, η τρέχουσα κατάσταση των δικτύων 2<sup>ης</sup> γενιάς συνίσταται στην ανάπτυξη μεγάλου αριθμού προδιαγραφών ραδιοδικτύων και επίγειων δικτύων. Η στρατηγική που ακολουθείται από τη βιομηχανία υπαγορεύει να συγκλίνουν οι υπάρχουσες προδιαγραφές σε ένα μοναδικό παγκόσμιο πρότυπο προδιαγραφών. Επιπλέον, τα τρέχοντα κινητά συστήματα 2<sup>ης</sup> γενιάς δεν μπορούν με κανένα τρόπο να ανταποκριθούν στις παραπάνω απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και στη συμβατότητα.

Αναπόφευκτα, οι παραπάνω εφαρμογές παρουσιάζουν τεχνικές απαιτήσεις, οι οποίες μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο με την ανάπτυξη μιας νέας βελτιωμένης γενιάς κινητών ραδιοσυστημάτων.

Η τρίτη γενιά κινητών συστημάτων επικοινωνιών είναι γνωστή ως IMT-2000 (International Mobile Telecommunications = Διεθνείς Κινητές Τηλεπικοινωνίες). Η σύγκλιση των

σημερινών προδιαγραφών 2<sup>ης</sup> γενιάς σε αυτό το μοναδικό παγκόσμιο πρότυπο πραγματοποιείται από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU). Η σταδιακή μετάβαση από τα συστήματα δεύτερης στα συστήματα τρίτης γενιάς αναμενόταν να ξεκινήσει με την αλλαγή του αιώνα. Υπάρχουν παγκόσμιοι φορείς τυποποίησης των οποίων έργο είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των συστημάτων 3<sup>ης</sup> γενιάς. Οι φορείς αυτοί είναι:

1. Για την Ευρώπη ο ETSI (European Telecommunications Standards Institute = Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης των Τηλεπικοινωνιών)
2. Για τις ΗΠΑ ο TIA (Telecommunications Industry Association = Ένωση Βιομηχανιών Τηλεπικοινωνιών)
3. Για την Ιαπωνία ο ARIB (Association of Radio Industries and Businesses = Ένωση Βιομηχανιών και Επιχειρήσεων Ραδιοεπικοινωνιών)
4. Για τη Νότια Κορέα ο TTA (Telecommunications Technology Association= Ένωση για τις Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών).

Για να εξασφαλισθούν οι διεθνείς προδιαγραφές, αναπτύσσεται ένα εκτεταμένο έργο με τον τίτλο 3GPP (3d Generation Partnership Project = Έργο Συνεργασίας 3<sup>ης</sup> Γενιάς), το οποίο είναι αποτέλεσμα συνεργασίας των παραπάνω φορέων. Το UMTS που έχει προταθεί από τον ETSI είναι η πρόταση της Ευρώπης για τα παγκόσμια συστήματα 3<sup>ης</sup> γενιάς IMT –2000. Ωστόσο η εισαγωγή των κινητών συστημάτων 3<sup>ης</sup> γενιάς θα πραγματοποιηθεί μέσω ενός αριθμού προ-λειτουργικών και λειτουργικών φάσεων. Σκοπός αυτής της προσέγγισης είναι να μειωθεί ο κίνδυνος και το κόστος για τους χειριστές, να εξασφαλιστεί η γρήγορη αναγνώριση των υπηρεσιών από τους τελικούς χρήστες και να είναι εγγυημένη η επιτυχής εφαρμογή του κινητού συστήματος τρίτης γενιάς. Οι πρωταρχικές φάσεις ανάπτυξης του UMTS είναι οι ακόλουθες:

1. *Αύξηση της χωρητικότητας του GSM* έτσι ώστε να περιλαμβάνει πακέτα (GRPS) και λειτουργίες μεταφορές υψηλών ταχυτήτων (EDGE = Enhanced Data Rates for GSM = Βελτιωμένοι ρυθμοί δεδομένων για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών). Η φάση αυτή είναι γνωστή ως φάση GSM 2+.
2. *Προ UMTS δοκιμαστική φάση*, κατά την οποία οι σταθμοί βάσης θα δοκιμάζονται είτε ως υποσύνολα είτε ως απομονωμένα δοκιμαστικά δίκτυα πακέτου.
3. *Βασική φάση ανάπτυξης* θα περιλαμβάνει την πρώτη ενσωμάτωση των σταθμών βάσης UTRA σε «ενεργά» δίκτυα και την προώθηση των δορυφορικών υπηρεσιών UMTS. Επίσης, θα περιλαμβάνει νέες υπηρεσίες βασισμένες εξολοκλήρου στις δυνατότητες του UMTS και υποστήριξη υπηρεσιών μικρού και μεγάλου εύρους ζώνης στις ίδιες διεπαφές UTRA (UMTS Terrestrial Access = UMTS Επίγειας Πρόσβασης).
4. *Φάση εμπορευματοποίησης*, ενσωματώνει τις βελτιώσεις της απόδοσής του και εισάγοντας νέες πολύπλοκες υπηρεσίες UMTS.

Η παρούσα φάση των τηλεπικοινωνιών είναι η GSM 3+. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών και να διαφυλαχθεί η ανταγωνιστικότητα, βασικό μέλημα κατά την ανάπτυξη της φάσης GSM 3+ από τον ETSI, ήταν πρώτα απ'όλα ο προσδιορισμός μιας γενικής ραδιοϋπηρεσίας πακέτου (GPRS), η οποία παρέχει συνδέσεις με

υψηλό εύρος ζώνης. Το σύστημα με τις ιδιότητες αυτές θα προσφέρει στους χειριστές πολύτιμες υπηρεσίες στη χρήση ασυνδεδεσμένων συστημάτων και θα παράσχει μια βάση για την ανάπτυξη υπηρεσιών διασυνεργασίας και διεπαφές παροχέα υπηρεσιών. Το επόμενο βήμα μετά τα GPRS είναι το σύστημα EDGE (Βελτιωμένοι ρυθμοί δεδομένων για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών), το οποίο εξασφαλίζει την ομαλή μετάβαση στην τρίτη γενιά συστημάτων.

#### **2.4.2 Προ-λειτουργικές φάσεις του UMTS: GPRS/EDGE**

Η εισαγωγή του συστήματος UMTS θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μέσα από μια σειρά προ-λειτουργικών φάσεων. Οι πρωταρχικές φάσεις ανάπτυξης του συστήματος UMTS είναι η επέκταση της χωρητικότητας του συστήματος GSM προκειμένου να περιλαμβάνει την τεχνολογία υψηλών ταχυτήτων GPRS και στη συνέχεια, η χρήση του συστήματος EDGE. Τα δυο συστήματα επικοινωνιών που αναφέρθηκαν θα προσφέρουν πολύτιμη εμπειρία στα ασυνδεδεσμένα συστήματα και μπορούν να παρέχουν μια βάση για την ανάπτυξη υπηρεσιών διασυνεργασίας, διεπαφών παροχέα υπηρεσιών καθώς επίσης και ενός πυρήνα κινητών υπηρεσιών πολυμέσων.

#### **2.4.3 Γενική Ραδιοϋπηρεσία Πακέτου**

**(GPRS = General Packet Radio Service)**

Η ιδέα του GPRS εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1992 και αφορά μια τεχνολογία μεταφοράς πακέτων δεδομένων υψηλών ταχυτήτων. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε φάση ανάπτυξης. Βασίζεται στη μεταγωγή πακέτων, η οποία είναι ταχύτερη και περισσότερη αποδοτική οικονομικά, απ' ό,τι η τεχνολογία μεταγωγής κυκλωμάτων. Πρόκειται για μια υπηρεσία που παρέχει πρόσβαση πακέτου μέσω ραδιοεπικοινωνιών σε σταθμούς κινητών επικοινωνιών GSM καθώς επίσης λειτουργικές δυνατότητες δρομολόγησης μεταγωγής πακέτου σε υποδομή GSM.

#### **2.4.4 Επεξήγηση του GPRS**

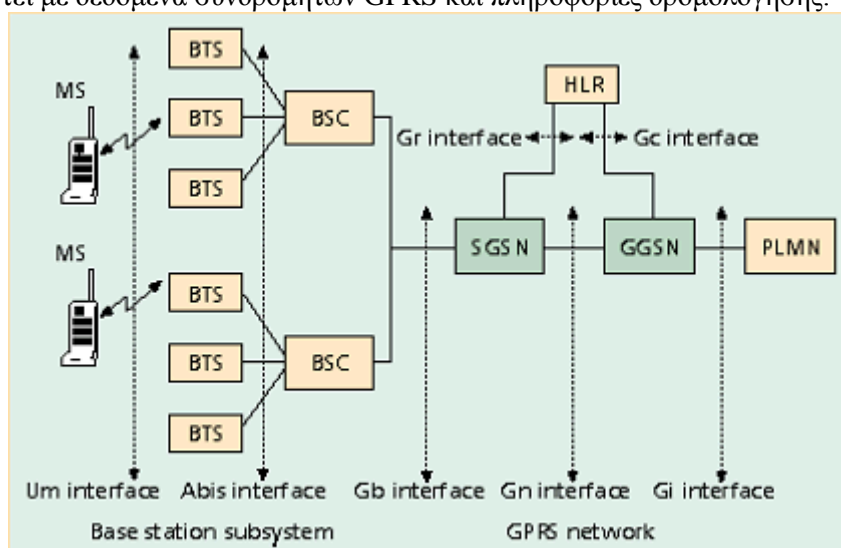
Το GPRS προσφέρει ρυθμό δεδομένων μέχρι 171.5 Kbps και είναι αποτελεσματικός φορέας για τις υπάρχουσες και τις νέες υπηρεσίες επικοινωνιών. Η τεχνολογία μεταγωγής πακέτων εισάγεται για να βελτιώσει τις διαδικασίες μεταφοράς δεδομένων καθώς και τις εκάστοτε μεταφορές μεγάλων όγκων δεδομένων. Η εκρηκτικότητα που χαρακτηρίζει τη μεταφορά δεδομένων, επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται την ραδιοδιεπαφή και τους δικτυακούς πόρους, χωρίς να μειώνεται ιδιαίτερα η αποτελεσματικότητα καθεμιάς μετάδοσης. Στοχεύει κυρίως στις εφαρμογές που χαρακτηρίζονται από τακτική μεταφορά μικρών όγκων δεδομένων και την περιστασιακή μεταφορά μεγαλύτερων όγκων δεδομένων. Η μεταφορά μεγάλων όγκων εξακολουθεί να πραγματοποιείται μέσω μεταγωγής κυκλωμάτων, προκειμένου να προλαμβάνεται ο αποκλεισμός του ραδιοφάσματος πακέτου. Οι πιθανές εφαρμογές του GPRS, ξεκινώντας από τα εργαλεία επικοινωνίας που διαθέτει ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων, αναζήτηση στο Διαδίκτυο) και φτάνοντας σε ειδικές εφαρμογές με σχετικά μικρές απαιτήσεις σε ταχύτητα μετάδοσης (τηλεμετρία, έλεγχος κυκλοφορίας σε δρόμους και σιδηρόδρομους, αποστολή ταξί και οχημάτων, δυναμική καθοδήγηση σε οδούς, νομισματικές συναλλαγές).

Το πιο μεγάλο πλεονέκτημα του GPRS για τους χρήστες είναι ότι πρόκειται για μια τεχνολογία πακέτου, η οποία χρησιμοποιεί το κανάλι επικοινωνίας μόνο για τον χρόνο κατά τον οποίο μεταδίδονται τα δεδομένα. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη να πληρώνουν για χωρητικότητα που δε χρησιμοποιείται και το φάσμα παραχωρείται σε άλλους χρήστες. Επομένως, πολλοί χρήστες μπορούν να μοιραστούν το ίδιο κανάλι αποτελεσματικά. Επιπλέον, το GPRS μπορεί να παρέχει αδιάκοπη και άμεση σύνδεση στο Διαδίκτυο από έναν φορητό υπολογιστή και η αρχιτεκτονική του είναι βασισμένη στην ήδη υπάρχουσα υποδομή του δικτύου GSM.

Από την σκοπιά του χειριστή του δικτύου, οι ανεπαρκείς πόροι του συστήματος πρέπει να αξιοποιούνται με αποτελεσματικό τρόπο. Ειδικά στις υπηρεσίες δεδομένων, η κερηκτικότητα της μετάδοσης επιτρέπει την κοινή χρήση των πόρων από πολλούς χρήστες, χωρίς να μειώνεται σημαντικά η αποτελεσματικότητα κάθε μετάδοσης ξεχωριστά.

## 2.4.5 Άποψη του συστήματος

Στο σχήμα 3. φαίνεται η αρχιτεκτονική του συστήματος GPRS. Σε σύγκριση με το σύστημα GSM, εισάγονται δυο νέα στοιχεία προκειμένου να δημιουργηθεί μια διατεμαστική σύνδεση μεταφοράς πακέτων. Επιπλέον, ο Εθνικός Καταχωρητής Θέσης Αναζήτησης (HLR) έχει εμπλουτιστεί με δεδομένα συνδρομητών GPRS και πληροφορίες δρομολόγησης.

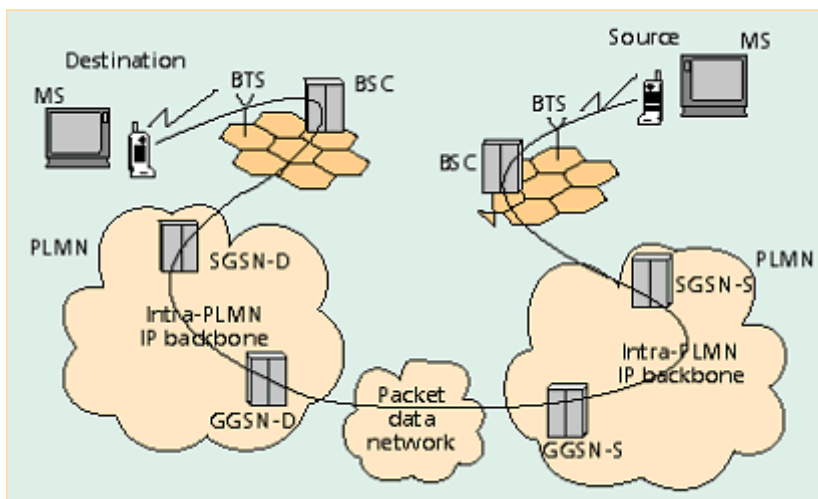


Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική συστήματος GPRS

Η εξατομικευμένη δρομολόγηση και μεταφορά πακέτων εντός του Εθνικού Κινητού Δικτύου Ξηράς (PLMN) υποστηρίζεται από έναν νέο λογικό δικτυακό κόμβο που ονομάζεται Κόμβος Υποστήριξης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου (GSN). Ο Κόμβος Υποστήριξης Πύλης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου (GGSN) λειτουργεί ως μια λογική διεπαφή για εξωτερικά δίκτυα πακέτων δεδομένων. Ο Κόμβος Εξυπηρέτησης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου (SGSN) είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά πακέτων στους κινητούς σταθμούς (MS) εντός της περιοχής εξυπηρέτησης. Εντός του δικτύου του Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου, ενσωματώνονται στο αρχικό σύστημα GSN Ομάδες Δεδομένων Πρωτοκόλλου (PDU), οι οποίες απομακρύνονται από το τελικό GSN. Ανάμεσα στο αρχικό και το τελικό GSN, το πρωτόκολλο IP χρησιμοποιείται ως ο βασικός φορέας μεταφοράς Μονάδων Δεδομένων Πρωτοκόλλου. Ολόκληρη η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται ως διαδικασία σήραγγα (η πορεία που ακολουθεί ένα αυτοδύναμο πακέτο κατά τη διάρκεια της ενσωμάτωσής του). Ο κόμβος Υποστήριξης Πύλης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου διατηρεί επίσης πληροφορίες για τη δρομολόγηση στη σήραγγα, οι οποίες αποκτήθηκαν κατά τη διαδικασία σήραγγας των

Μονάδων Δεδομένων Πρωτοκόλλου στον Κόμβο Εξυπηρέτησης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου, ο οποίος εξυπηρετεί τον Κινητό Σταθμό τη δεδομένη στιγμή. Όλα τα δεδομένα σχετικά με τους χρήστες της Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου που απαιτούνται από τον Κόμβο Εξυπηρέτησης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου, προκειμένου να πραγματοποιήσουν τη λειτουργία δρομολόγησης και μεταφοράς δεδομένων αποθηκεύονται στον Εθνικό Καταχωρητή Θέσης Αναζήτησης (HLR).

Στο σχήμα 4. φαίνεται ένα απλό παράδειγμα δρομολόγησης κατά τη μετάδοση από ένα σύστημα κινητής προέλευσης. Ο συγκεκριμένος Κόμβος Εξυπηρέτησης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου της κινητής μονάδας «Πηγή (source)» (SGSN –S) περιλαμβάνει τα πακέτα που μεταδίδονται από τον κινητό σταθμό και τα δρομολογεί στο κατάλληλο κόμβο Υποστήριξης Πύλης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου Πηγής (GGSN-S). Βάσει της διεύθυνσης προορισμού, τα πακέτα δρομολογούνται στον Κόμβο Υποστήριξης Πύλης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου Προορισμού, μέσω του δικτύου δεδομένων πακέτου. Ο Κόμβος Υποστήριξης Πύλης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου Προορισμού ελέγχει τα δεδομένα δρομολόγησης που σχετίζονται με τη διεύθυνση προορισμού και αποφασίζει ποιες θα είναι οι λοιπές συνθήκες της διαδικασίας σήραγγας. Κάθε πακέτο ενσωματώνεται και προωθείται προς τον Κόμβο Εξυπηρέτησης Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου Πηγής, ο οποίος το μεταφέρει στο κινητό σύστημα προορισμού. Μόλις ο κινητός σταθμός ξεκινήσει τη μεταφορά δεδομένων, το σύστημα GSN εκτελεί τη δρομολόγηση τμήμα προς τμήμα μέσω του δικτύου κινητών επικοινωνιών, χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση προορισμού στην επικεφαλίδα του μηνύματος. Οι πίνακες δρομολόγησης ενημερώνονται από τα συστήματα GSN που χρησιμοποιούν το Πρωτόκολλο Σήραγγας Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου. Το πρωτόκολλο αυτό μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες μετάφρασης και απεικόνισης διευθύνσεων, προκειμένου να μετατραπούν οι διευθύνσεις PDN σε διευθύνσεις αναγνώσιμες εντός των Δημόσιων Κινητών Δικτύων Ξηράς. Μια διαδικασία Πρωτοκόλλου Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου ορίζεται από δυο συσχετισμένα πλαίσια εφαρμογής σε διαφορετικούς κόμβους GSN και ορίζονται με έναν Κωδικό Σήραγγας. Μια σήραγγα Πρωτοκόλλου Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου είναι απαραίτητη για τη διακίνηση πακέτων ανάμεσα σε ένα εξωτερικό δίκτυο πακέτων δεδομένων και ένα στρώμα χρήστη Κινητού Σταθμού.



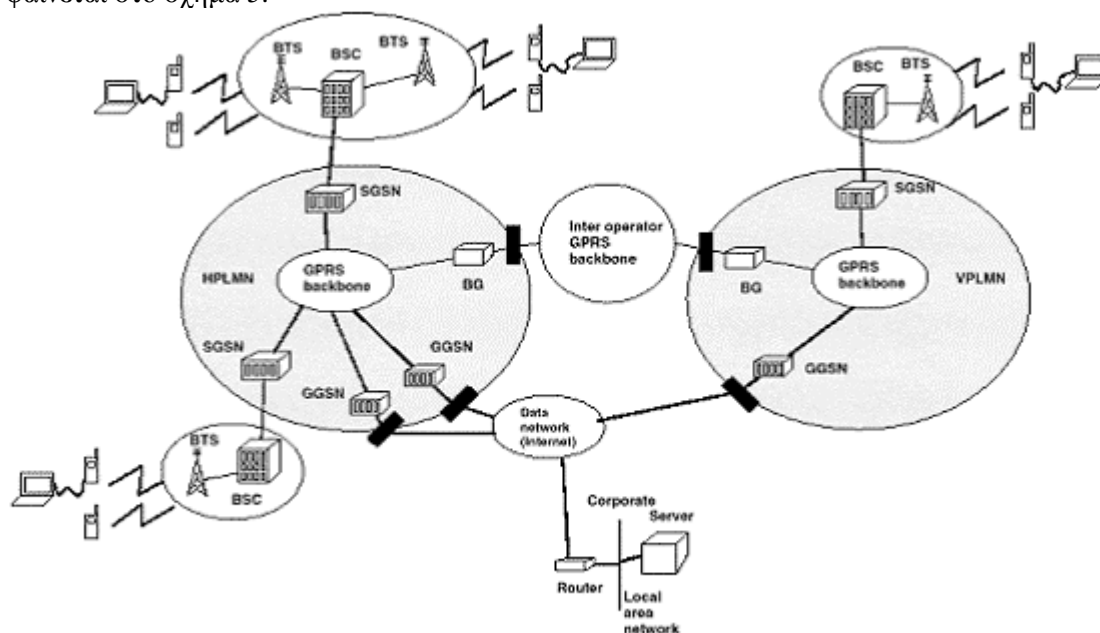
Σχήμα 4. Παράδειγμα δρομολόγησης πακέτου δεδομένων

Φαίνεται λοιπόν ότι τα δεδομένα θα περάσουν από διάφορες μετατροπές καθώς διακινούνται μέσα στο δίκτυο. Ανάλογα με τη διεύθυνση προορισμού PDN, τα δεδομένα μπορούν: α) Να προωθούνται, χρησιμοποιώντας τη λειτουργία αναμετάδοσης, από τον έναν κόμβο στον άλλον, β) Να χρησιμοποιούνται σε διαδικασία σήραγγας προκειμένου να μεταφέρουν δεδομένα από ένα Δημόσιο Δίκτυο Ξηράς σε άλλο, γ) Να συμπίεζονται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η ραδιοδιαδρομή αποτελεσματικά. Οι αλγόριθμοι συμπίεσης μπορούν να

χρησιμοποιηθούν και από τους κατασκευαστές που θέλουν να χαρακτηρίζουν με μοναδικό τρόπο τα προϊόντα τους, αλλά ίσως αντιμετωπίσουν προβλήματα διασυνεργασίας με ετερογενή δίκτυα. δ) Να κρυπτογραφούνται προκειμένου να προστατευθεί ο κινητός σταθμός από υποκλοπές (οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ως παράγοντας διάκρισης).

#### 2.4.6 Κινητότητα και Περιαγωγή

Η ικανότητα περιαγωγής ορίζεται ως η δυνατότητα χρήσης πολλαπλών υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών διατηρώντας μόνο μια επίσημη πελατειακή σχέση. Οι υπηρεσίες περιαγωγής παρέχονται πλέον παγκοσμίως. Στη Γενική Ραδιοϋπηρεσία Πακέτου, βασικός σκοπός των συμφωνιών περιαγωγής είναι να μπορούν οι συνδρομητές ενός δικτύου Α να χρησιμοποιούν τη Γενική Ραδιοϋπηρεσία Πακέτου άλλων δικτύων καθώς και να εκτελούν την τιμολόγηση των υπηρεσιών περιαγωγής για τους συνδρομητές. Μια τυπική σχέση του τύπου αυτού φαίνεται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5. Σχεδιάγραμμα διαλειτουργίας Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου

Η κινητότητα και η περιαγωγή εισάγουν νέους προβληματισμούς για την Γενική Ραδιοϋπηρεσία Πακέτου και γενικότερα για το πρωτόκολλο IP. Το πρωτόκολλο IP και οι μηχανισμοί δρομολόγησης που χρησιμοποιούνται στο διαδίκτυο έχουν σχεδιαστεί για στατικές δομές δικτύων. Κάθε σημείο προσάρτησης στο δίκτυο έχει μια διεύθυνση, η οποία αποτελείται από μια ταυτότητα υποδικτύου και μια ταυτότητα του host. Οι διαδικασίες δρομολόγησης βασίζονται στην ταυτότητα του δικτύου, η οποία αποτελεί μέρος της διεύθυνσης προορισμού. Η διεύθυνση του host χρησιμοποιείται από το δίκτυο προορισμού για να δρομολογηθεί το πακέτο στον κατάλληλο host. Αν θεωρήσουμε κόμβους κινητών επικοινωνιών που βρίσκονται μακριά από κάποια σταθερή τοποθεσία, η δρομολόγηση προς τέτοιους κόμβους είναι δυνατή μόνο αν η αλλαγή του σημείου προσάρτησης στο Διαδίκτυο πραγματοποιείται τοπικά (χωρίς αλλαγή υποδικτύου). Ο οργανισμός IETF (Internet Engineering Task Force) ασχολείται με τα προβλήματα κινητότητας προκειμένου να επιλυθούν τα προβλήματα που εμφανίζονται. Με τη σύγκλιση των δικτύων φωνής και των δικτύων δεδομένων, τα δίκτυα του μέλλοντος θα κατασκευάζονται με χρήση τεχνολογιών μεταγωγής πακέτων IP, αξιοποιώντας περισσότερο τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται από την τεχνολογία αυτή. Η μετάβαση από τα σημερινά ασύρματα δίκτυα που βασίζονται στο SS7 (Σύστημα Σηματοδοσίας 7) στα κεντρικά ασύρματα δίκτυα IP βρίσκεται σε φάση ολοκλήρωσης.

## Βελτιωμένοι ρυθμοί δεδομένων για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (EDGE) για την εξέλιξη του συστήματος GSM

Το τελικό βήμα για τη βελτίωση και τη μετάβαση από το σύστημα GSM στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών 3<sup>ης</sup> γενιάς είναι η χρήση του μοντέλου EDGE (Βελτιωμένοι ρυθμοί δεδομένων για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών). Πρόκειται για ένα ακόμα σύνολο προδιαγραφών για υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων μέσω δικτύων κινητών επικοινωνιών, το οποίο έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε να προσφέρει ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων 384 Kbps, όπως προτάθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης των Τηλεπικοινωνιών. Αρχικά αναπτύχθηκε από την εταιρία Ericsson για δίκτυα κινητών επικοινωνιών που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το φάσμα UMTS και αποτελεί μια εξελικτική προσέγγιση από τη Γενική Ραδιοϋπηρεσία Πακέτου στο σύστημα UMTS. Ο συνδυασμός της Γενικής Ραδιοϋπηρεσίας Πακέτου και του EDGE θα δώσει μια εξαιρετικά βελτιωμένη αξιοποίηση του ραδιοδικτύου και θα επιτρέψει τους φορείς δικτύων 2<sup>ης</sup> γενιάς να διατηρήσουν την ανταγωνιστικότητά τους έναντι των φορέων 3<sup>ης</sup> γενιάς, κατά την πρώιμη φάση ανάπτυξης. Η εφαρμογή του EDGE δεν θα απαιτήσει παρά μικρές αλλαγές στην υποδομή και το λογισμικό που διαθέτει το ήδη υπάρχον δίκτυο GSM, επειδή η ανάπτυξή του βασίζεται στο GSM. Επομένως, διατηρώντας πλήρως τη συμβατότητα με το σύστημα GSM, το μοντέλο EDGE θα επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης χρησιμοποιώντας τις ίδιες ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται και σήμερα.

### EGPRS και ECSD

Λόγω του υψηλού ρυθμού μετάδοσης δυφίων και την ανάγκη προσαρμογής του EDGE στην ποιότητα του καναλιού, το πρωτόκολλο RLC είναι κάπως διαφορετικό από το αντίστοιχο πρωτόκολλο GPRS. Οι βασικές διαφορές αφορούν τις βελτιώσεις των μοντέλων ελέγχου της ποιότητας των δεσμών. Ο Έλεγχος Ποιότητας Συνδέσμου (LQC) είναι ένας κοινός όρος για τις τεχνικές προσαρμογής της καλής ποιότητας του συνδέσμου της ραδιοζεύξης στη μεταβαλλόμενη ποιότητα του καναλιού.

Παραδείγματα τεχνικών LQC είναι:

- α) Η *Προσαρμογή Συνδέσμων* η οποία ελέγχει τακτικά την ποιότητα των συνδέσμων και επιλέγει την καλύτερη δυνατή διαμόρφωση και κωδικοποίηση για τις επόμενες περιπτώσεις μετάδοσης, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων προς τον χρήστη.
- β) Ο *Αυξητικός Πλεονασμός*, στον οποίο οι πληροφορίες στέλνονται πρώτα με χαμηλό ρυθμό και στη συνέχεια αποκαθίσταται ένας υψηλός ρυθμός αν η αποκωδικοποίηση είναι άμεσα επιτυχής. Αν η αποκωδικοποίηση δεν επιτύχει τότε αποστέλλονται επιπλέον κωδικοποιημένα δυφία μέχρι να επιτύχει η αποκωδικοποίηση. Όσο μικρότερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και όσο μεγαλύτερη η καθυστέρηση, τόσο περισσότερα κωδικοποιημένα δεδομένα πρέπει να αποσταλούν. Το EGPRS υποστηρίζει ένα μοντέλο συνδυασμένου συνδέσμου και το μοντέλο του αυξητικού πλεονασμού. Ο αρχικός ρυθμός μετάδοσης του κώδικα για το αυξητικό πλεονασμό βασίζεται σε μετρήσεις της ποιότητας του συνδέσμου.



## 3. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

### 3.1 Τηλεκπαίδευση

Τηλεκπαίδευση είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα για το σχεδιασμό, τη μεταφορά και τη διαχείριση προγραμμάτων εκπαίδευσης με χρήση προηγμένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η τηλεκπαίδευση επιτρέπει στους οργανισμούς να προσφέρουν εκπαίδευση σε απομακρυσμένους χρήστες που βρίσκονται οπουδήποτε στον κόσμο. Οι μαθητές μπορούν να επικοινωνούν τόσο με τους εκπαιδευτές όσο και με τους άλλους μαθητές.

Η τηλεκπαίδευση από απόσταση, αναγνωρίζεται σαν το κλειδί για την παροχή περισσότερης εκπαίδευσης σε περισσότερους ανθρώπους, σε περισσότερα ζητήματα, με πολύ πιο αποδοτικό τρόπο και μάλιστα με πολύ πιο οικονομικό τρόπο. Κάθε οργανισμός που θέλει να είναι ανταγωνιστικός, χρειάζεται το προσωπικό του να μαθαίνει γρήγορα αλλά και να ενημερώνεται συνεχώς για τις νέες εξελίξεις. Στην έννοια του οργανισμού μπορούν να συμπεριληφθούν τόσο εταιρείες όσο και εκπαιδευτικά ιδρύματα. Με τη χρήση της τηλεκπαίδευσης οι μαθητές δεν θα πρέπει να μετακινούνται σε κάποιες «αίθουσες διδασκαλίας», αλλά θα μπορούν μέσω ενός πληροφοριακού συστήματος τηλεκπαίδευσης να έχουν πρόσβαση στη ζητούμενη πληροφορία όταν τη χρειάζονται και στη μορφή που είναι βολική για αυτούς.

#### 3.1.1 Πλεονεκτήματα Τηλεκπαίδευσης

Η υλοποίηση ενός συστήματος τηλεκπαίδευσης μπορεί να επιφέρει σε ένα οργανισμό σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Καταρχήν αυξάνεται η παραγωγικότητα και η αποτελεσματικότητα, καθώς δίνεται η δυνατότητα να εκπαιδευτούν περισσότεροι άνθρωποι και μάλιστα πολύ πιο συχνά. Επίσης ελαττώνεται το κόστος των ταξιδιών το οποίο συνεπάγεται πέρα από το οικονομικό θέμα και κέρδος χρόνου. Δίνεται ακόμη η δυνατότητα να προσθέσουμε όσους επιπλέον μαθητές θέλουμε χωρίς αυτό να συνεπάγεται κάποια πρόσθετη αύξηση του κόστους.

Δεύτερον αυξάνεται η ποιότητα της εκπαίδευσης που παρέχεται στους εργαζόμενους ή τους μαθητές, με τη χρήση πραγματικών και διαλογικών προγραμμάτων. Επίσης ο εκπαιδευόμενος μπορεί να ενημερωθεί πάνω σε κάποιο θέμα τη στιγμή που αυτός χρειαστεί, που σημαίνει ότι σε περίπτωση που υπάρξει κάτι νέο σε αυτό το θέμα, θα γίνει αυτόματα γνώστης της εξέλιξης αυτής.

#### 3.1.2 Υλοποίηση Συστήματος Τηλεκπαίδευσης

Τα πλεονεκτήματα της Τηλεκπαίδευσης είναι τέτοια που την καθιστούν απαραίτητη. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος και η μορφή του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με σημαντικότερους τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν, τον τρόπο χρήσης του και τις υπηρεσίες που θα παρέχει. Υπάρχουν δυο προσεγγίσεις στο θέμα της τηλεκπαίδευσης. Η μια προσέγγιση είναι διαλογικά συστήματα και η άλλη μη διαλογικά.

#### 3.1.3 Διαλογικά συστήματα

Στην προσέγγιση αυτή, οι μαθητές και οι διδασκόμενοι βρίσκονται σε μια ιδεατή (virtual) αίθουσα μαζί στον ίδιο χώρο. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες. Αυτά που βασίζονται στο video και αυτά που βασίζονται σε δίκτυο δεδομένων. Στην πρώτη υποκατηγορία το σύστημα λειτουργεί περίπου όπως η διαλογική τηλεόραση. Υπάρχουν

διάφοροι τρόποι διασύνδεσης, ένα προς ένα, ένας προς πολλούς και πολλοί προς πολλούς το οποίο είναι γνωστό και ως εικονοδιάσκηψη.

Από την άλλη πλευρά στην κατηγορία των συστημάτων που βασίζονται σε δίκτυα δεδομένων, όπως είναι για παράδειγμα το World Wide Web, η εκπαίδευση βασίζεται σε πολυμέσα / υπερμέσα και απαιτούνται δίκτυα με μεγάλο εύρος ζώνης (τουλάχιστον 10 Mbs) το οποίο δεν μπορεί να διατεθεί από τους εθνικούς οργανισμούς, οπότε εφαρμόζεται κυρίως σε τοπικά δίκτυα. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα αναμένεται να δώσει η εξάπλωση των ATM δικτύων. Η μεταφορά των δεδομένων μπορεί να γίνει με δυο τρόπους: σύγχρονα (real – time) και ασύγχρονα (non real – time). Μεταξύ διδάσκοντα και μαθητή οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις γίνονται μέσω του συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (mail), αλλά και με γράψιμο κάποιων μηνυμάτων που σχεδόν ταυτόχρονα εμφανίζονται στις οθόνες τόσο του διδάσκοντα όσο και του μαθητή. Για την περίπτωση ασύγχρονων διασυνδέσεων, που η μορφή αυτή ήδη παρουσιάζεται μέσω του διαδικτύου, τα μαθήματα μπορούν να βρίσκονται αποθηκευμένα σε έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές με τη βοήθεια κάποιου εργαλείου και μπορεί κάποιος να τα παρακολουθήσει οποιαδήποτε στιγμή αυτός θελήσει. Εκτός από αυτό μπορεί να παρακολουθήσει μόνο κάποιο συγκεκριμένο θέμα που αυτός θέλει χωρίς να είναι υποχρεωμένος να παρακολουθήσει όλο το μάθημα.

### 3.1.4 Μη διαλογικά συστήματα

Στην περίπτωση αυτή που η επικοινωνία είναι επίσης ασύγχρονη, η εκπαίδευση γίνεται μέσω CD-ROMs. Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζει αυτή η προσέγγιση είναι περιορισμένη χωρητικότητα του μέσου αυτού. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει μια στατικότητα λόγω έλλειψης πληροφόρησης σχετικά με τις τελευταίες εξελίξεις. Επίσης δεν υπάρχει διάλογος μεταξύ μαθητή και διδάσκοντα. Οι λόγοι αυτοί καθιστούν τη μέθοδο αυτή λιγότερο ικανή σε σχέση με τις προηγούμενες.

### 3.1.5 Παραδοσιακός τρόπος Εκπαίδευσης

Μέχρι σήμερα ο όρος ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ παρέπεμπε στο σχολείο με την κλασσική έννοια.

Δηλαδή στη διαδικασία της μεταβίβασης γνώσης μέσω της καθημερινής επαφής των κατεχόντων την γνώση (εκπαιδευτικών) στους μαθητές τους.

Η γνώση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εφόδια για τον άνθρωπο, την ολοκλήρωση της προσωπικότητας του και κατά συνέπεια την ανάπτυξη του κοινωνικού συνόλου.

Υπάρχουν δύο τρόποι μεταβίβασης της γνώσης, η «φυσική» και η «σχολική» διδασκαλία. Η φυσική διδασκαλία πραγματοποιείται παντού και πάντοτε, κατά τρόπο φυσικό και αυθόρμητα. Η σχολική διδασκαλία πραγματοποιείται σε ορισμένο χώρο (σχολείο), με ορισμένο περιεχόμενο (πρόγραμμα σπουδών), από ειδικά εκπαιδευμένα πρόσωπα (εκπαιδευτικούς), σε παιδιά ορισμένης ηλικίας (μαθητές).

Η διδασκαλία σαν έννοια δεν αφορά μόνο στην εκμάθηση των περιεχομένων των σχολικών βιβλίων αλλά ανάλογα με τις δυνατότητες που προσφέρει το εκάστοτε σχολείο, στη διαμόρφωση ολοκληρωμένων προσωπικοτήτων. Αυτή η διαδικασία απαιτεί την συλλογική προσπάθεια εκπαιδευτικών και μαθητών.

Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να:

- Είναι γνώστες του αντικειμένου τους.
- Διαθέτουν μεταδοτικότητα και ικανότητα παρουσίασης και πληροφόρησης.
- Παρέχουν ασφάλεια και σιγουριά στους μαθητές τους.

Επιβλέπουν την πρόοδο των μαθητών τους και να επεμβαίνουν διορθωτικά όταν χρειάζεται.

- Μια επιτυχημένη διαδικασία μάθησης προϋποθέτει:
- Σωστές μεθόδους.
- Κίνητρα.

- Ετοιμότητα και εμπειρία.
- Φιλική ατμόσφαιρα.
- Διδασκαλικές ικανότητες.
- Σωστή οργάνωση.
- Συνεχή επίβλεψη και αξιολόγηση της προόδου των μαθητών.

Σημαντικό ρόλο σε επιτυχημένη διδασκαλία έχουν τα μέσα που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός για την βελτίωση και την αξιολόγηση της απόδοσης των μαθητών. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για σωστή διδασκαλία δεν περιορίζονται μόνο στον σχολικό χώρο. Χρησιμοποιούνται στον χώρο της εκπαίδευσης εργαζόμενων, στην διαφήμιση, καθώς και στο οικογενειακό περιβάλλον (αποσκοπώντας στην όσο το δυνατό καλύτερη ανατροφή των παιδιών).

### 3.1.6 Τεχνολογία και Εκπαίδευση

Με την παραδοσιακή μέθοδο, ο δάσκαλος αποτελεί το κύριο μέσο μετάδοσης γνώσεων. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας όμως, έχει ανοίξει νέους ορίζοντες στην εκπαίδευση, προσφέροντας την δυνατότητα στην χρήση διάφορων οπτικοακουστικών και μέσων.

- Τα πιο διαδεδομένα ηχητικά μέσα είναι: Κασέτες, Μαγνητοταινίες, Δίσκοι.
- Τα πιο διαδεδομένα οπτικά μέσα είναι: Διαφάνειες, Αδιαφανείς εικόνες, Μακέτες, Απεικονίσεις, Αφίσες, Χάρτες, Πίνακες διδασκαλίας.
- Τα πιο διαδεδομένα οπτικοακουστικά μέσα είναι: Τηλεόραση, Κινηματογράφος, Υπολογιστής.

Με την χρήση των μέσων αυτών η διδασκαλία γίνεται πιο ενδιαφέρουσα και ελκυστική. Επιπλέον, η γνώση αφομοιώνεται καλύτερα και ευκολότερα. Ο μαθητής χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του και ενεργοποιεί την φαντασία του. Συγχρόνως βοηθά τον εκπαιδευτικό να ανταποκριθεί στο βάρος της διδασκαλίας καθώς οι γνώσεις αυξάνονται και μεταβάλλονται με γρήγορους ρυθμούς.

Ιδιαίτερη η χρησιμοποίηση υπολογιστών στην εκπαίδευση, επέφερε επανάσταση στον τρόπο μάθησης. Ο εκπαιδευόμενος έχει την δυνατότητα να δουλεύει μόνος του με τον υπολογιστή στον χώρο της δικής του επιλογής. Επιπλέον με την χρήση εκπαιδευτικών προγραμμάτων επεκτείνεται το εύρος των αντικειμένων εκπαίδευσης, καθώς ο εκπαιδευόμενος έχει την δυνατότητα να εμβαθύνει στο αντικείμενο που τον ενδιαφέρει αναζητώντας πιο εξειδικευμένες γνώσεις.

Η χρήση υπολογιστών βοηθάει στους εξής τομείς:

- Επιμόρφωση και κατάρτιση σε επαγγελματικά θέματα είτε με την μορφή σεμιναρίων, είτε σε ατομικό επίπεδο.
- Εξέταση, διόρθωση των Test στα οποία υποβάλλονται οι εξεταζόμενοι και ανάλυση αποτελεσμάτων.

Ο σκοπός της εισαγωγής των υπολογιστών στην εκπαίδευση δεν είναι να υποκαταστήσει τον εκπαιδευτικό, αλλά να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του. Σε αυτόν επαφίεται να χρησιμοποιήσει σωστά το μηχάνημα εκμεταλλευόμενος τα πλεονεκτήματα που του προσφέρει.

### 3.1.7 Παράγοντες - κλειδιά στην Εκπαίδευση από απόσταση

Παρακάτω αναφέρονται περιληπτικά ο ρόλος αυτών των παραγόντων και οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν.

**Μαθητές** – Ο θεμέλιος λίθος ενός αποδοτικού προγράμματος εκπαίδευσης από απόσταση και το κριτήριο όλης της προσπάθειας είναι να εκπληρωθούν οι εκπαιδευτικές ανάγκες των μαθητών. Ανεξάρτητα από το εκπαιδευτικό περιεχόμενο ο πρωταρχικός σκοπός είναι η μάθηση. Αυτό είναι ένα θέμα το οποίο απαιτεί δραστηριοποίηση, σχεδιασμό και την ικανότητα ανάλυσης και εφαρμογής του διδακτέου περιεχομένου. Ιδιαίτερα όταν η εκπαίδευση γίνεται από απόσταση, επιπρόσθετες προκλήσεις ανακύπτουν γιατί οι μαθητές βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους, με διαφορετικά ενδιαφέροντα και έχουν λιγότερες δυνατότητες να διαλέγονται με τους δάσκαλους τους εκτός τάξης έχοντας δυνατότητα επικοινωνίας μόνο μέσω τεχνητών κόμβων.

**Ικανότητες** – Στον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας η ευθύνη του εκπαιδευτή περιλαμβάνει την συγκέντρωση όλων των περιεχομένων των μαθημάτων και την κατανόηση των αναγκών των μαθητών. Στην εκπαίδευση από απόσταση ο εκπαιδευτής οφείλει επιπλέον να:

- Κατανοήσει τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των εκπαιδευόμενων έχοντας περιορισμένη προσωπική επαφή με αυτούς.
- Προσαρμόσει το στυλ διδασκαλίας λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις πολλαπλού και συχνά διαφορετικού κοινού.
- Κατανοήσει την τεχνολογία μετάδοσης, παραμένοντας συγκεντρωμένος στον εκπαιδευτικό του ρόλο.
- Λειτουργεί αποδοτικά ως ικανός παροχέας διευκολύνσεων.

**Προσωπικό υποστήριξης** – Είναι η γέφυρα μεταξύ εκπαιδευτών και εκπαιδευόμενων. Πρέπει να είναι πρόθυμοι να ακολουθήσουν τις ντιρεκτίβες που έχουν τεθεί από τον εκπαιδευτή. Εγκαθιστούν τον εξοπλισμό, συγκεντρώνουν ανατιθέμενες εργασίες και λειτουργούν ως το δεξί χέρι του εκπαιδευτή. Πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα από απόσταση απαιτούν ειδικές εργασίες όπως εγγραφή μαθητών, διανομή υλικού, παραγγελίες βιβλίων, προγραμματισμό δραστηριοτήτων, επεξεργασία αναφορών των βαθμών κτλ. Το προσωπικό αυτό είναι οι αφανείς ήρωες της επιχείρησης και συμβάλλουν στην επιτυχία του προγράμματος με τον τρόπο τους.

**Διαχειριστές** - Παρόλο που ο ρόλος τους δεν είναι τόσο σημαντικός στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα συνήθως αφήνουν τον έλεγχο στους τεχνικούς διευθυντές όταν το πρόγραμμα είναι σε λειτουργία. Οι αποτελεσματικοί διαχειριστές είναι κατά γενική ομολογία αυτοί που αποφασίζουν και γενικότερα παίζουν τον ρόλο του διαιτητή. Συνεργάζονται με το τεχνικό προσωπικό και το προσωπικό υποστήριξης, διασφαλίζοντας ότι οι τεχνολογικοί πόροι αναπτύσσονται αποτελεσματικά εξυπηρετώντας την αποστολή της επιχείρησης.

### 3.1.8 Εκπαιδευτική Τηλεόραση

Η εκπαιδευτική τηλεόραση (ITV) είναι ένα αποδοτικό σύστημα μετάδοσης τηλεκπαίδευσης το οποίο μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα στο πρόγραμμα σε τρία βασικά επίπεδα:

- Μόνο μάθημα - Τα προγράμματα αφορούν ένα συγκεκριμένο θέμα ή ιδέα, εφοδιάζοντας το με μία εισαγωγή του μαθήματος ή περίληψη.
- Επιλεγμένη ενότητα - Μια σειρά προγραμμάτων.

- Πλήρης σειρά - Προγράμματα από μία ή περισσότερες σειρές ITV μπορούν να ολοκληρωθούν μέσα σε ένα εξάμηνο τυπικά σε συνδυασμό με εκτυπώσεις.

Η ITV μπορεί να είναι είτε παθητική είτε διαλογική. Η παθητική αφορά προπαραγόμενα προγράμματα τα οποία διανέμονται σε βιντεοκασέτες ή με τεχνολογίες βασισμένες σε τεχνικές video όπως broadcast, cable, ή satellite. Αντίθετα η διαλογική, μέσω ζωντανού εκπαιδευτή. Για παράδειγμα τηλεόραση δύο δρόμων με δύο δρόμων audio επιτρέπει σε όλους τους μαθητές να βλέπουν και να επικοινωνούν με τον δάσκαλο. Ο δάσκαλος ταυτόχρονα έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί όλους τους μαθητές του με την χρήση κάμερας.

### **Πλεονεκτήματα της εκπαιδευτικής τηλεόρασης**

- Είναι μέσο προσιτό στο ευρύ κοινό.
- Κίνηση και εικόνες μπορούν να συνδυαστούν για να είναι πιο εύκολα κατανοητά.
- Η ITV μπορεί να μεταφέρει τους μαθητές σε νέα περιβάλλοντα, όπως το φεγγάρι, μια ξένη χώρα κτλ).
- Δυνατότητα αργής κίνησης.
- Είναι αποδοτική στο να εισάγει και να συνοψίζει ιδέες.

### **Όρια της εκπαιδευτικής τηλεόρασης**

- Ακριβή ποιότητα εκπομπής.
- Η παραγωγή video παίρνει χρόνο και απαιτεί υψηλά τεχνικά στάνταρ
- Οι κόμβοι που επιλέγουν ITV πρέπει να έχουν ειδικό εξοπλισμό, δυνατότητες και προσωπικό.
- Δεν προσφέρεται για άτομα με ειδικές ανάγκες.
- Είναι απαραίτητη η επίβλεψη επαγγελματία.
- Γενικά αυτά τα προγράμματα δέχονται δύσκολα διορθωτικές κινήσεις.

### **3.1.9 Εκπαίδευση με ήχο (instructional audio)**

Στα εργαλεία για αλληλεπιδραστική εκπαίδευση με ήχο για τον εκπαιδευτή περιλαμβάνονται το τηλέφωνο, η τηλεφωνική συνδιάσκεψη, και το ραδιόφωνο. Η τηλεφωνική συνδιάσκεψη μπορεί να είναι μόνο ηχητική ή να υποστηρίζεται από εικόνα ή μετάδοση πληροφορίας. Η διάσκεψη που περιλαμβάνει μόνο ήχο χρησιμοποιεί το τηλεφωνικό δίκτυο για να συνδέσει ανθρώπους σε δυο ή περισσότερες τοποθεσίες. Για την περίπτωση μεγαλύτερων γκρουπ ανθρώπων, επιπλέον συσκευές χρησιμοποιούνται για την μείωση του θορύβου και των παρεμβολών. Τεχνικά συστατικά από μια τυπική μόνο – ηχητική διάσκεψη μπορεί να περιλαμβάνουν: τηλεφωνικές συσκευές, ηχεία ή μικρόφωνα και μια συσκευή για ομιλητή για να διευκολύνονται πολλαπλές αλληλεπιδράσεις.

Η ηχογραφική διάσκεψη (audiographic conference) συνδυάζει τεχνολογίες για επικοινωνία με φωνή με μεταφορά εικόνας και πληροφορίας. Ενώ η φωνή παραμένει το πρωταρχικό μέσο επικοινωνίας, τα περιφερειακά που χρησιμοποιούνται για αυτόν τον τρόπο εκπαίδευσης παρέχουν και ένα οπτικό συστατικό. Αυτές οι περιφερειακές συσκευές περιλαμβάνουν τον ηλεκτρονικό πίνακα, τεχνολογία ακίνητου video και τους υπολογιστές.

Παθητικά (μονόδρομο) audio εργαλεία είναι οι κασέτες ήχου και το ράδιο. Εκπαιδευτικά, αυτά τα εργαλεία χρησιμοποιούνται περίπου σαν printers. Αν και η απουσία αλληλεπίδρασης είναι εμφανής και μερικές φορές προβληματική, ωστόσο και οι κασέτες ήχου και το μονόδρομο ράδιο μπορούν να υλοποιήσουν πιο διαλογικές μορφές από την καθαρά ηχητική επικοινωνία.

### **Πλεονεκτήματα της ηχητικής διάσκεψης**

- Είναι σχετικά εύκολα στην εγκατάσταση, χειρισμό και την συντήρηση.
- Χρησιμοποιεί τη διαθέσιμη τηλεφωνική τεχνολογία και έτσι μπορεί να προσεγγίσει πολλούς μαθητές.
- Είναι μια σχετικά προσιτή τεχνολογία σε καθηγητές και μαθητές και εύκολη στη χρήση.
- Είναι ένα διαλογικό μέσο, που επιτρέπει την απευθείας επικοινωνία μαθητών και καθηγητών.
- Μπορεί να γίνει πιο αποδοτική αν συνδυαστεί με άλλα μέσα, όπως εκτύπωση, video και υπολογιστές.

### **Όρια της ηχητικής διάσκεψης**

- Μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα μέχρις ότου ο χρήστης να εξοικειωθεί με τον εξοπλισμό και τον τρόπο αποδοτικής χρησιμοποίησής του.
- Μπορεί να γίνει απρόσωπη καθώς στερείται η δυνατότητα χρήσης της γλώσσας του σώματος, όπως χαμόγελα ή κινήσεις των άκρων.
- Θέτει περιορισμούς στους τύπους περιεχομένου που μπορεί να μεταφερθεί σε γραπτή μορφή.

Η διδασκαλία με ένα σύστημα το οποίο δεν διαθέτει real – time, αμφίδρομη επικοινωνία μπορεί να εξαλείψει τον αυθορμητισμό της αλληλεπίδρασης δάσκαλου – μαθητή και μαθητή – μαθητή. Μερικές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα θα μπορούσαν να προσφέρουν τα παρακάτω:

- Ενθάρρυνση της αλληλεπίδρασης μαθητή με μαθητή εισάγοντας τους μαθητές σε συζητήσεις.
- Ανάθεση της ευθύνης για μια συγκεκριμένη ερώτηση, ενέργεια ή θέμα συζήτησης σε μια ομάδα ή ατομικά.
- Ίσως η υποχρεωτική χρήση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου να αυξήσει την αλληλεπίδραση.
- Εκφώνηση ερωτήσεων. Όταν οι οπτικοί υπαινιγμοί λείπουν, οι ερωτήσεις είναι το πρωταρχικό μέσο απόκτησης ανάδρασης από τον μαθητή εισάγοντας τον σε ένα εκπαιδευτικό διάλογο.

- Αναμονή αρκετή ώρα για αποκρίσεις. Ίσως ένα διάστημα μεταξύ 10 με 25 sec να είναι αρκετό πριν την εκφώνηση άλλης ερώτησης ή την επανεκφώνηση της ίδιας.

Για την αύξηση της ανάδρασης οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει:

- Να ζητούν από τον μαθητή τα στοιχεία του με συζήτηση μέσω τηλεφώνου, e-mail, και ταχυδρομείου.
- Να κάνουν σχόλια και σαφείς αναθέσεις, οι οποίες θα πρέπει να είναι σαφείς και ενθαρρυντικές.
- Να χρησιμοποιούν τεστ μη βαθμολογήσιμα για να αποκτήσουν την συμμετοχή του μαθητή.
- Να αφήνουν τους μαθητές να επιβλέπουν οι ίδιοι την πρόοδο τους μέσω αυτό – βαθμολογήσιμων αντικειμένων όπως ερωτήσεις μελέτης, checklists και selftests.

### 3.1.10 Κέρδος έναντι κόστους

Κατά την εγκατάσταση ενός προγράμματος τηλεκπαίδευσης, σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι το κόστος του συστήματος. Σημαντικό ρόλο στο κόστος παίζουν τα παρακάτω απαιτητά στοιχεία:

- Τεχνολογία – υλικό (όπως κάμερες, computers, VHS) και λογισμικό (όπως προγράμματα υπολογιστών).
- Μετάδοση – Έξοδα για την εξασφάλιση μέσων μετάδοσης.
- Συντήρηση – Διόρθωση και αναβάθμιση εξοπλισμού.
- Υποδομή – Το βασικό δίκτυο και οι τηλεπικοινωνίες που είναι εγκατεστημένες.
- Παραγωγή – Τεχνολογική και Εργασιακή υποστήριξη που απαιτείται για την ανάπτυξη και την προσαρμογή των υλικών εκπαίδευσης.
- Υποστήριξη – Έξοδα που απαιτούνται για να επιβεβαιωθούμε ότι το σύστημα λειτουργεί επιτυχώς συμπεριλαμβανόμενων του κόστους διαχειρίσεις, εγγραφής, συμβουλών, διευκολύνσεων και τοπικής υποστήριξης.

### Προσωπικό

Παρόλο που το κόστος προσφοράς τμημάτων τηλεκπαίδευσης μπορεί να είναι υψηλό, υπάρχουν υψηλά κόστη και κατά την παροχή συμβατικών τμημάτων εκπαίδευσης. Τα πλεονεκτήματα της τηλεκπαίδευσης για τον εκπαιδευόμενο περιλαμβάνουν:

- Εκπαίδευση σε μαθητές που βρίσκονται σε δύσκολα προσβάσιμες περιοχές.
- Μειώνονται τα ταξιδιωτικά έξοδα.
- Περισσότερες επιλογές για ποιοτικά προγράμματα.
- Μάθηση στον χώρο εργασίας ή στο γραφείο.

### 3.1.11 Μέθοδοι τηλεκαίτευσης

Η τηλεκαίτευση διακρίνεται ως προς τη μεθοδολογία εφαρμογής σε δύο κατηγορίες: τη σύγχρονη και την ασύγχρονη.

- Στην **ασύγχρονη μέθοδο** ο εκπαιδευόμενος παίρνει το εκπαιδευτικό υλικό ή επικοινωνεί όποτε αυτός το κρίνει σκόπιμο. Μέσα που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μέθοδο είναι: τα αλληλεπιδραστικά πολυμέσα (interactive multimedia), το Internet, το World Wide Web, videotapes, υλικά εκτύπωσης και fax.
- Στην **σύγχρονη μέθοδο** όλοι οι εκπαιδευόμενοι παίρνουν το εκπαιδευτικό υλικό και επικοινωνούν με τον διδάσκοντα την ίδια στιγμή. Μέσα που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μέθοδο είναι: videoconferencing, satellite TV, Internet (σε πραγματικό χρόνο συζητήσεις - real time chats) και World Wide Web (μερικά περιβάλλοντα που είναι βασισμένα στο Web επιτρέπουν σε πραγματικό χρόνο συζητήσεις κ.λ.π.).

Το κλασικό μοντέλο αλληλεπίδρασης στην εκπαίδευση στο οποίο βασίζονται όλα τα εκπαιδευτικά συστήματα βρίσκεται στην άμεση επίδραση και συνεργασία διδάσκοντος και διδασκόμενου. Η αποτελεσματικότητα αυτού του μοντέλου όπως φαίνεται υπήρξε και παραμένει αξεπέραστη.

Η προσπάθεια προσαρμογής του κλασσικού αυτού μοντέλου στην νέα εκπαιδευτική διαδικασία της τηλεκαίτευσης δίνει τη δυνατότητα **διάκρισης τριών μεθοδολογιών διδασκαλίας σήμερα**. Κάθε εκπαιδευτική μεθοδολογία μπορεί να υποστηρίζεται είτε από διαφορετικές τεχνικές, είτε από τεχνολογίες πολυμέσων και τηλεπικοινωνιών και να συνδυάζεται με την υπάρχουσα τεχνογνωσία εκπαίδευσης σε μια αναβαθμισμένη ή όχι μορφή.

### 3.1.12 Πλεονεκτήματα τηλεκαίτευσης

Τα κύρια πλεονεκτήματα της τηλεκαίτευσης είναι:

- Προσαρμόζεται στις ανάγκες των εκπαιδευομένων.
- Οι μέθοδοι διδασκαλίας και μάθησης είναι ευέλικτοι, άμεσοι και κατανοητοί, ακόμη και για αυτούς που έχουν αφήσει τα θρανία χρόνια τώρα και δεν διαθέτουν την απαιτούμενη ελευθερία χρόνου για μελέτη.
- Το νέο σύστημα εκπαίδευσης υποστηρίζει τον εκπαιδευόμενο σε κάθε βήμα και σε όλη τη διάρκεια των σπουδών του.
- Ο εκπαιδευόμενος έχει την ελευθερία επιλογής στο που και πότε θα σπουδάσει.
- Δίνει ισότιμη πρόσβαση και ευκαιρία σε άτομα που έχουν προβλήματα μετακίνησης (άτομα με ειδικές ανάγκες, μητέρες, δημόσιοι υπάλληλοι, στρατιωτικοί, φυλακισμένοι, κ.λ.π.).



- Είναι θαυμάσιο ότι με την εξ αποστάσεως εκπαίδευση έχουν τις ίδιες ευκαιρίες μόρφωσης άτομα που βρίσκονται σ' ένα μεγάλο αστικό κέντρο με άτομα που ζουν σ' ένα νησί, σε μία μικρή επαρχιακή πόλη, άτομα αρτιμελή με άτομα με σοβαρές κινητικές δυσκολίες.
- Η τηλεεκπαίδευση συνδέεται άμεσα: (α) με την αναπροσαρμογή του εργατικού δυναμικού, ώστε αυτό να μπορεί να ανταποκριθεί στις νέες ανάγκες της παραγωγής, (β) με την καταπολέμηση της ανεργίας, και (γ) με την προώθηση της κοινωνικής ένταξης. Η Έκθεση Μπάνγκεμαν συνδέει όμως την τηλεεκπαίδευση και με την ικανοποίηση ευρύτερων κοινωνικών αναγκών.

### 3.1.13 Οι σύγχρονες ανάγκες

Τα τελευταία χρόνια, η τηλεεκπαίδευση γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη, ωθούμενη από νέες επιτακτικές κοινωνικοοικονομικές απαιτήσεις αλλά και από την αλματώδη τεχνολογική πρόοδο στον τομέα της πληροφορικής τεχνολογίας. Τα νέα δεδομένα, που εξακολουθούν να μεταβάλλονται, είναι:

Η όλο και **αυξανόμενη ανάγκη επανεκπαίδευσης** του υπάρχοντος ανθρώπινου δυναμικού στις νέες δυνατότητες που παρέχει η πληροφορική τεχνολογία. Αυτό το φαινόμενο είναι πιο έντονο σε κλάδους που έχουν τεχνικό όπου η έλλειψη συνεχόμενης ενημέρωσης και εκπαίδευσης στις νέες τεχνολογίες οδηγεί στην περιθωριοποίηση του εργαζόμενου, μέσα σε ένα έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Αλλά το ίδιο συμβαίνει και σε άλλους κλάδους.

Καθώς αυξάνεται η εξειδίκευση σε όλους τους τομείς, ακόμα και ο εργάτης που πριν μερικά χρόνια αρκούσε να ξέρει καλά τη δουλειά του, χρειάζεται σήμερα να επανεκπαιδευτεί για να συμβαδίσει με την εξέλιξη της εταιρείας του. Στις Η.Π.Α., όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται, τα επόμενα δέκα χρόνια, το 60% του εργατικού δυναμικού θα χρειαστεί επανεκπαίδευση για να εκμεταλλευτεί τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις.

Η τηλεεκπαίδευση θα μπορούσε να δώσει λύση σε αυτά τα προβλήματα, διευκολύνοντας τους εργαζόμενους να αποκτήσουν την εκπαίδευση που χρειάζονται, χωρίς να χρειαστεί να αφήσουν την εργασία τους.

Η **παγκοσμιοποίηση της οικονομίας**, οδηγεί κυρίως τις ασθενέστερες οικονομικά χώρες σε περικοπές δαπανών σε καίριους κοινωνικούς τομείς, για να μπορέσουν να επιβιώσουν οικονομικά. Αυτό έχει επιπτώσεις και στην εκπαίδευση, όπου αναζητούνται πλέον οικονομικά εφικτές λύσεις για την αντιμετώπιση προβλημάτων όπως αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Το πλήθος των χρηματοδοτήσεων που έρεε μέχρι πριν μερικά χρόνια, έχει περιοριστεί αρκετά. Η εκπαίδευση εκτός από αποτελεσματική πρέπει πλέον να είναι και αποδοτική με οικονομικούς όρους.

Τα κράτη χρειάζονται πιο προχωρημένες λύσεις από τις μέχρι τώρα εφαρμοσμένες. Η δημιουργία της υποδομής ενός δικτύου τηλεεκπαίδευσης δείχνει να είναι η πιο αποδοτική λύση για χώρες όπου οι γεωγραφικές ιδιαιτερότητες αλλά και τα περιορισμένα οικονομικά, δεν επιτρέπουν την υιοθέτηση του παραδοσιακού μοντέλου εκπαίδευσης.

### Η εξέλιξη της Τηλεεκπαίδευσης συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη του Internet

Το Internet σήμερα, μεταφέρει την επικοινωνία στον κόσμο και επιτρέπει την διεθνή επαφή και ανταλλαγή πληροφοριών σε μεγάλη ακτίνα.

Μετά από στατιστικές μελέτες στις Η.Π.Α. μπορούμε να συμπεράνουμε και ποιος μπορεί να είναι ο τυπικός μαθητής για την εκπαίδευση εξ αποστάσεως:

- Μέσος όρος ηλικίας γύρω στα 35.
- 80% είναι εργαζόμενοι.

- Περισσότεροι από τους μισούς είναι παντρεμένοι, με ένα προστατευόμενο μέλος.
- Τα δύο τρίτα είναι γυναίκες.

Το Ανοικτό Πανεπιστήμιο μπορεί να προσφέρει ζωντανές δορυφορικές εκπομπές συνδυασμένες με συστήματα αμφίδρομης επικοινωνίας, φωνητικής και δεδομένων. Υπάρχει ένα κεντρικό στούντιο στο οποίο πηγαίνει ο εκάστοτε καθηγητής για να μεταδώσει το μάθημα της εκπομπής, το οποίο είναι εξοπλισμένο με βιντεοκάμερα, ένα πίνακα σχεδίασης, υπολογιστή για μετάδοση δεδομένων άλλης μορφής, έναν έγχρωμο σαρωτή και ηχητικό εξοπλισμό. Ο καθηγητής, μετά από κατάλληλη προετοιμασία, δίνει το μάθημα ζωντανά, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα στον πίνακα χρήσιμα σχέδια και μεταδίδοντας χρήσιμα ηλεκτρονικά αρχεία. Οι μαθητές που είναι εγγεγραμμένοι, συγκεντρώνονται την προκαθορισμένη μέρα και ώρα στα κέντρα μελέτης όπου παρακολουθούν το μάθημα, και επικοινωνούν με το διδάσκοντα μέσω τηλεφώνου (τηλεφωνική συνδιάσκεψη) αλλά και μέσω υπολογιστικού δικτύου. Στη συνέχεια, μπορούν να μελετήσουν μόνοι τους κάποιο υλικό, το οποίο έχει αποσταλεί ηλεκτρονικά, και να στείλουν ηλεκτρονική αλληλογραφία προς τους διδάσκοντες ή να συμμετέχουν σε ηλεκτρονικές διασκέψεις όλο το 24h, είτε από το σπίτι τους, αν διαθέτουν υπολογιστή, είτε τις ώρες που είναι ανοικτό το κέντρο μελέτης. Αυτός ο τρόπος τηλεκαίτευσης προσφέρει τη δυνατότητα σε σπουδαστές από όλη τη χώρα να ωφεληθούν από τη διδασκαλία κορυφαίων επιστημόνων και ειδικών, οι οποίοι δεν θα πήγαιναν σε απομακρυσμένα μέρη για να διδάξουν. Ακόμη, καθώς οι εκπομπές γίνονται μέσω δορυφόρου, το πανεπιστήμιο μπορεί να ανοίξει ανά πάσα στιγμή νέα κέντρα μελέτης έχοντας σαν δαπάνη μόνο τον νέο εξοπλισμό που θα παρέχει τη σύνδεση και την αλληλεπίδραση με το υπάρχον σύστημα. Η τηλεφωνική επικοινωνία δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις διαμεταγωγής, καθώς τα μεταδιδόμενα σήματα από την περιφέρεια προς το κέντρο είναι μόνο ηχητικά και δεδομένων.

Για να προωθηθεί η τηλεκαίτευση στα σχολεία απαιτείται κατάλληλη δικτυακή υποδομή και επαρκής αριθμός υπολογιστών νέας γενιάς. Η κατάσταση παρουσιάζει δύο όψεις: μία αρκετά προηγμένη και μία ανεπαρκώς αναπτυσσόμενη.

Η πρώτη όψη αφορά τα ιδρύματα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης κυρίως, καθώς και μερικά σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, συγκεντρωμένα στις μεγάλες πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο, κ.λ.π.).

Όλα τα ΑΕΙ και ΤΕΙ της χώρας διαθέτουν ένα υπολογιστικό δίκτυο, λιγότερο ή περισσότερο εκτεταμένο, και επίσης συνδέονται (ή πρόκειται σύντομα να συνδεθούν) μεταξύ τους μέσω του ΕΔΕΤ (Ελληνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας). Όλα τα ΑΕΙ επίσης, έχουν σύνδεση με το Internet, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε φοιτητές και καθηγητές να ενημερώνονται διαρκώς για τις νέες εξελίξεις στην επιστήμη και να επικοινωνούν με συναδέλφους τους σε όλο τον κόσμο.

Το Ε.Μ.Π. ειδικότερα, αποτελεί πρότυπο εφαρμογής της τηλεματικής, όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και σε όλο τον Βαλκανικό χώρο. Το εσωτερικό δίκτυο δεδομένων και φωνής του Ε.Μ.Π., εγκατεστημένο με τη βοήθεια του επιστημονικού προσωπικού του, βρίσκεται στην αιχμή της τεχνολογίας.

Στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, γίνεται μια προσπάθεια να εξοπλιστούν Γυμνάσια και Λύκεια με υπολογιστές για την πληρέστερη εκπαίδευση των μαθητών. Ακόμη όμως, ο αριθμός των σχολείων που διαθέτουν υπολογιστές για εκπαιδευτικούς σκοπούς, είναι περιορισμένος, ενώ είναι ακόμη πιο λίγα τα σχολεία τα οποία έχουν επικοινωνίες εκτός του εσωτερικού τους δικτύου. Σε πολλά σχολεία μάλιστα, οι υπολογιστές που διατίθενται είναι παρωχημένης τεχνολογίας, και πολύ λίγοι αριθμητικά, για να καλύψουν τις ανάγκες των μαθητών.

Η δεύτερη όψη αφορά ολόκληρη την επαρχία, έξω από τις μεγάλες πόλεις. Εκεί όπου δεν υπάρχει βέβαια τριτοβάθμια εκπαίδευση, αλλά και η υπάρχουσα πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια δεν έχει πρόσβαση σε πληροφορικούς και τηλεπικοινωνιακούς πόρους σε επαρκή βαθμό. Υπάρχουν όμως και κάποιες φωτεινές εξαιρέσεις

### 3.1.14 Προβλήματα στην Τηλεκπαίδευση

Το κύριο πρόβλημα είναι η παρατηρούμενη αρνητική νοοτροπία κάποιων διδασκόντων, διότι υποχρεούνται να μάθουν να χειρίζονται νέες τεχνολογίες στην εκπαιδευτική πράξη. Δεν περιμένεις να είσαι σε μια αίθουσα και από πίσω να έχεις τον σκηνοθέτη να στα αναβοσβήνει, πρέπει μόνος σου να κάθεσαι να αναβοσβήνεις κουμπιά, να γυρίζεις κάμερες, να δίνεις την ομιλία. Πρέπει να κάνει πολλά πράγματα ο διδάσκων την ίδια στιγμή. Άρα λοιπόν, πρώτο πρόβλημα και σημαντικό είναι, ότι οι διδάσκοντες δεν είναι εύκολο να προσαρμοστούν.

Δεύτερο πρόβλημα είναι η νοοτροπία των φοιτητών. Το γεγονός δηλαδή, ότι οι φοιτητές προτιμούν την άμεση επαφή με τον διδάσκοντα, παρά την επαφή μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον. Άρα λοιπόν, τα προβλήματα τελικά που θα αντιμετωπίσουμε και που αντιμετωπίζει αυτή την στιγμή η διεθνής κοινότητα στην τηλεκπαίδευση, είναι περισσότερο προβλήματα ανθρώπινης επικοινωνίας, παρά προβλήματα τεχνολογίας.

## 3.2 Τηλεσυνεργασία

CSCW (Computer Supported Cooperative Work) ή τηλεσυνεργασία είναι συστήματα υπολογιστών που υποστηρίζουν ομάδες εργαζομένων οι οποίοι δουλεύουν πάνω σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο, παρέχοντας σε αυτούς πρόσβαση σε ένα διαμοιραζόμενο περιβάλλον. Συμπεριλαμβάνεται η μελέτη των εργαλείων και των τεχνικών της ομαδικής εργασίας και τα επακόλουθά της στην ψυχολογία του εργαζομένου, στην κοινωνία και στις οργανωτικές αρχές της εργασίας.

Τυπικές εφαρμογές για το σκοπό αυτό είναι τα: email, shared databases, hypertext, videocollterencing, chat systems, real time shared applications, collaborative writing systems κ.λ.π.

Μελέτες για το πώς μπορεί η επιστήμη της πληροφορικής να υποστηρίξει μια ομάδα ανθρώπων που μοιράζονται κοινούς τομείς πάνω σε μία συγκεκριμένη εργασία έχουν αρχίσει από το 1985 και οι πρώτες προσπάθειες αφορούσαν απλά τον αυτοματισμό γραφείου.

Εφαρμογές που μπορούσαν να διευκολύνουν τους χρήστες δημιουργήθηκαν και έγιναν ευρέως εφαρμόσιμες (επεξεργαστές κειμένου, λογιστικά φύλλα κλπ). Στη συνέχεια, η έρευνα επικεντρώθηκε στην προσπάθεια υποστήριξης ομάδας ανθρώπων με τέτοια εργαλεία. Σιγά-σιγά το πεδίο τέτοιων εφαρμογών έγινε πιο μεγάλο και δημιουργήθηκαν μια σειρά από εργαλεία για την υποστήριξη συνεργασίας μεταξύ κάποιας ομάδας ανθρώπων.

Κεντρικά ζητήματα της τηλεσυνεργασίας αποτελούν τα εξής:

- Group Awareness (Αντίληψη Ομάδας)
- Multi - User (Πολύ - Χρηστικά) Interfaces
- Concurrency Control (Ελεγχος Ταυτόχρονης Προσπέλασης)
- Επικοινωνία και Συνεργασία μέσα στο Group
- Διαμοιραζόμενος Πληροφοριακός Χώρος και
- Η Υποστήριξη ενός Ετερογενούς, Ανοιχτού Περιβάλλοντος που ολοκληρώνει τις υπάρχουσες εφαρμογές για ένα χρήστη.

Αν και διάφορες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται στην τηλεσυνεργασία, η βασική προσέγγιση είναι ένα σύνολο από workstations συνδεδεμένα μεταξύ τους σε κάποιο διάταξη.

### 3.2.1 Είδη τηλεσυνεργασίας

Τα περιβάλλοντα τηλεσυνεργασίας σε γενικές γραμμές μπορεί να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Συνεργασία στην συγγραφή κειμένων (Shared Editing). Η συγκεκριμένη συνεργασία μπορεί να γίνεται σύγχρονα (ταυτόχρονη επαφή με το κείμενο κλειδώμα περιοχών εργασίας), ασύγχρονα (συγγραφή από έναν χρήστη και στη συνέχεια επέμβαση από κάποιον άλλο απομακρυσμένο χρήστη) και παράλληλα (ταυτόχρονη επαφή με το κείμενο χωρίς μηχανισμούς κλειδώματος). Στην περίπτωση της σύγχρονης γραφής κειμένων η λειτουργία απαιτεί μηχανισμούς κλειδώματος οι οποίοι μπορεί να γίνονται σε διάφορα επίπεδα: Κεφαλαίου, σελίδας, παραγράφου ή και απλά χαρακτήρα.
- Συνεργασία στον σχεδιασμό και υλοποίηση εφαρμογών (Shared applications). Παράδειγμα τέτοιας μορφής τηλεσυνεργασίας είναι η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση κάποιου CAD εργαλείου από μια ομάδα μηχανικών.
- Ανταλλαγή κειμένων, εικόνων (Document exchanging). Ανταλλαγή αρχείων με διάφορες πληροφορίες.
- Περιβάλλοντα ανάπτυξης εφαρμογών τηλεσυνεργασίας (Frameworks). Πρόκειται ουσιαστικά για CASE tools προσαρμοσμένα στις ανάγκες των εφαρμογών τηλεσυνεργασίας.

## 3.3 Τηλεδιάσκεψη (Videoconferencing)

Η σημερινή ραγδαία ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών, συνεχώς διαμορφώνει μια νέα πραγματικότητα στις υπηρεσίες και τεχνολογίες ανταλλαγής πληροφοριών φωνής, δεδομένων και εικόνας. Η ολοκλήρωση της τυποποίησης των τρόπων σύνδεσης από τους διεθνείς οργανισμούς (ETSI, ANSI, κ.λ.π.) έχει συμβάλει αποτελεσματικά στην γρήγορη εξάπλωση της τεχνολογίας ISDN στις περισσότερες χώρες και των εφαρμογών της τηλεδιάσκεψης.

### 3.3.1 Τι είναι η Τηλεδιάσκεψη;

Η Τηλεδιάσκεψη αποτελεί ένα νέο συναρπαστικό τρόπο επικοινωνίας και συνεργασίας, που σήμερα αναγνωρίζεται από τη διεθνή επιχειρηματική κοινότητα σαν ένα από τα πιο σημαντικά επικοινωνιακά εργαλεία.

Μέσα από την οθόνη τηλεόρασης ή τον προσωπικό υπολογιστή, το κατάλληλο λογισμικό, την κάμερα και το μικρόφωνο, δίνεται στους χρήστες η δυνατότητα να συναντηθούν και να συνομιλήσουν μέσω «ζωντανής» σύνδεσης, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση και απόσταση.

Οι εφαρμογές είναι απεριόριστες! Είτε σε περιβάλλον γραφείου, είτε εργοστασίου, η τηλεδιάσκεψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιμορφωτικά σεμινάρια, επιδείξεις προϊόντων, παρουσιάσεις νέων τεχνολογιών ή μελών του προσωπικού, ακόμη και για εκπαίδευση στη γραμμική παραγωγή. Ειδικοί σε συγκεκριμένους τομείς μπορούν να κληθούν για να προσφέρουν τις γνώσεις τους για θέματα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια μίας διάσκεψης. Ανάλογα με τις ανάγκες που θέλει να καλύψει κάθε χρήστης, υπάρχουν και οι ανάλογες κατηγορίες συστημάτων τηλεδιάσκεψης, για ατομική θέση εργασίας (desk top systems), για ομαδική τηλεδιάσκεψη (group systems).

Τα συστήματα τηλεδιάσκεψης **Desktop** προσφέρουν στο σύγχρονο επιχειρηματία ένα αποτελεσματικό εργαλείο, που στα πλαίσια της αναμενόμενης διάδοσης του ISDN, θα συμβάλλει στην καλύτερη αξιοποίηση του χρόνου του και των πληροφοριών του, δίνοντας τη δυνατότητα για επικοινωνία «πρόσωπο με πρόσωπο».

Περιλαμβάνουν κάρτα Video/Audio με διεπαφή ISDN BRI, έγχρωμη κάμερα, μικρόφωνο / ακουστικά και λογισμικό τόσο για τον έλεγχο των συνδιαλέξεων όσο και για την τηλεσυνεργασία.

Η τηλεσυνεργασία πάνω σε οποιαδήποτε εφαρμογή από Windows 3.11 έως Windows 7, με ταυτόχρονη συνομιλία και οπτική επαφή μέσα από την κάμερα και την οθόνη του υπολογιστή αποτελεί και την σημαντικότερη εφαρμογή των συστημάτων αυτών.

Έτσι οι χρήστες, που μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικές πόλεις, έχουν τη δυνατότητα να δουλεύουν πάνω στο ίδιο κείμενο, λογιστικό φύλλο, γραφική παράσταση, ή άλλη εφαρμογή, σχολιάζοντας τις διορθώσεις τη στιγμή που πραγματοποιούνται και βλέποντας ο ένας τον άλλο.

Η κατηγορία συστημάτων ομαδικής τηλεδιάσκεψης **Group**, περιλαμβάνει συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες επικοινωνίας μεγάλων ομάδων και τοποθετούνται σε ειδικά διαρρυθμισμένους χώρους - αίθουσες συσκέψεων και διαμορφώνουν ένα νέο τοπίο στις καθημερινές επαφές με πελάτες, συνεργάτες και προμηθευτές.

Περιλαμβάνουν μονάδα επεξεργασίας ήχου / εικόνας, έγχρωμη κάμερα, μικρόφωνο και ασύρματο τηλεχειριστήριο για τον έλεγχο των λειτουργιών και στις δύο αίθουσες που παίρνουν μέρος στη σύσκεψη.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στα συστήματα Group μπορούν να συνδεθούν μία σειρά περιφερειακών, όπως video, επιπλέον οθόνη, PC, επιπλέον κάμερες, document camera (ειδική συσκευή για παρουσίαση εγγράφων / μικρών αντικειμένων), slide projector κ.α., δίνοντας στην επικοινωνία απεριόριστες δυνατότητες.

Η νέα κατηγορία συστημάτων τηλεδιάσκεψης είναι τα **compact** συστήματα, που προσφέρουν όλες τις δυνατότητες των group συστημάτων, προσθέτοντας τρία πλεονεκτήματα: είναι οικονομικά, εύκολα στη χρήση και φορητά.

Τα συστήματα τηλεδιάσκεψης μίας ολόκληρης εταιρίας ή δικτύου μπορούν να συνδεθούν πάνω σε μία ειδική γέφυρα διασύνδεσης (multipoint bridge), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για ταυτόχρονες διασκέψεις με διαφορετικούς χρήστες - την ίδια στιγμή από το ίδιο δωμάτιο.

### 3.3.2 Πλεονεκτήματα τηλεδιάσκεψης

Τα οφέλη για την αποδοτικότερη οργάνωση γραφείου μιας επιχείρησης, με την τεχνολογία της τηλεδιάσκεψης είναι τα παρακάτω:

- Αυξάνει την παραγωγικότητα της επιχείρησης, επικοινωνώντας αποδοτικότερα και πιο ολοκληρωμένα με τους προμηθευτές και τους πελάτες της.
- Μειώνει το χρόνο λήψης αποφάσεων.
- Μειώνει το κόστος και αυξάνει τα έσοδα, μέσω των επικοινωνιακών διασυνδέσεων.
- Δημιουργεί μια αλλαγή στην κουλτούρα της εταιρίας, για να μπορεί να υλοποιεί μια συνεχή βελτίωση, μέσω της τεχνολογίας.

- Προσδίδει μια διεθνή εικόνα στην εταιρία.
- Αναπτύσσει νέες διαδικασίες που οδηγούν σε αλλαγή των δομών λειτουργίας της εταιρίας.
- Ενεργοποιεί στο προσωπικό της, για να αναπτύξει νέες επιδεξιότητες.
- Αποκτά στρατηγικό πλεονέκτημα έναντι του ανταγωνισμού της.

Φιλοσοφία των συστημάτων τηλεδιάσκεψης, είναι η καλύτερη δυνατή προσομοίωση «παραδοσιακού» meeting και η δημιουργία κλίματος εμπιστοσύνης μεταξύ συνεργατών (ή και πελατών), που μέσω της παραδοσιακής τηλεφωνικής επικοινωνίας είναι ανέφικτη. Έχει αποδειχθεί από μελέτες που συντάχθηκαν στο Πανεπιστήμιο UCLA στις ΗΠΑ, ότι η έκφραση του προσώπου είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας στην επικοινωνία (55%), ενώ το ύψος της έκφρασης (38%) και το περιεχόμενο (7%) παίζουν, όσο και αν φαίνεται παράξενο, δευτερεύοντα ρόλο.

Με τα συστήματα τηλεδιάσκεψης, επιτυγχάνεται μείωση των εξόδων για ταξίδια και διαμονή που είναι συνηθισμένα για υψηλόβαθμα στελέχη, ενώ επιταχύνεται ουσιαστικά η λήψη αποφάσεων.

Η δεδομένη γεωγραφική διασπορά των τραπεζικών δραστηριοτήτων και οι επικοινωνιακές ανάγκες που προκύπτουν από αυτήν, σηματοδοτούν την ανάγκη δημιουργίας ιδιόκτητων επιχειρησιακών δικτύων επικοινωνιών. Τα δίκτυα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας με φωνή, δεδομένα και εικόνα και την εισαγωγή και υποστήριξη σύγχρονων εφαρμογών όπως remote banking, home banking, corporate banking και telephone banking, προσδίδοντας ένα πολυδιάστατο χαρακτήρα στην εσωτερική και εξωτερική επικοινωνία. Ενδεικτικές τηλεματικές υπηρεσίες μέσω των δικτύων επικοινωνιών είναι οι παρακάτω:

- Διασύνδεση τοπικών δικτύων (LAN) σε υψηλές ταχύτητες (nx64kbps).
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.
- Virtual LANs και συνθήκες ομάδας εργασίας.
- Μεταφορά και κοινή χρήση αρχείων.
- Τηλεδιάσκεψη.
- Ταχυδρομείο φωνής και αυτόματα απαντητικά συστήματα.
- Call centers.

### 3.4 Ηλεκτρονικό εμπόριο

Ηλεκτρονικό εμπόριο είναι η εφαρμογή των τεχνολογιών της πληροφορίας, προκειμένου να διευκολυνθεί η αγορά και η πώληση προϊόντων και υπηρεσιών πάνω από τα δημόσια δίκτυα μετάδοσης.

Για την διευκόλυνση της επικοινωνίας και των εμπορικών πράξεων είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και των κατάλληλων προγραμμάτων.

Μέσα στα δίκτυα μετάδοσης συμπεριλαμβάνεται και το Internet που έχει εύκολη πρόσβαση, έχει παγκόσμια εφαρμογή και εξάπλωση.

Οι επιπτώσεις του ηλεκτρονικού εμπορίου στη ζωή μας είναι φανερές. Η επίδρασή του στις επιχειρήσεις είναι αισθητή, διότι το ηλεκτρονικό εμπόριο αυξάνει τον ανταγωνισμό και διευρύνει τη βάση της αγοράς.

Τα προβλήματα που σήμερα υπάρχουν στην διάδοση και επικράτηση αυτού του είδους του εμπορίου είναι:

- Η γνώση της αγγλικής γλώσσας.
- Οι συσκευές πρόσβασης στο Internet καθώς και η διείσδυσή του στις διάφορες χώρες.
- Η χρήση και διείσδυση των πιστωτικών καρτών.
- Η ασφάλεια των συναλλαγών και η δυσκολία παροχής στοιχείων πιστωτικών καρτών.
- Η μυστικότητα των προσωπικών στοιχείων στο Internet.
- Το ύψος των ταχυδρομικών τελών, που πολλές φορές φέρνουν σημαντική επιβάρυνση.

Γενικά σήμερα οι online αγορές βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα, κυρίως λόγω της έλλειψης εμπιστοσύνης στην ασφάλεια του δικτύου, όμως οι ρυθμοί ανάπτυξής τους είναι πολύ μεγάλοι. Τόσο μεγάλοι ώστε μερικοί ισχυρίζονται ότι σε λίγα χρόνια οι εκτός Internet εταιρείες θα έχουν βάλει λουκέτο.

Στο πέρασμα των αιώνων, οι εμπορικές συναλλαγές αποτέλεσαν ένα από τα βασικότερα στοιχεία της ανθρώπινης ευφυΐας και ενεργητικότητας, αναδεικνύοντας ως κυρίαρχη τη θέληση του ανθρώπου να αποκτήσει προνομαϊκή πρόσβαση στην πηγή παραγωγής προϊόντων και αγαθών.

Η διάνοιξη χερσαίων, θαλάσσιων και, στις αρχές του αιώνα μας, εναέριων διόδων κυκλοφορίας, είχε ως στόχο τη διασπορά των εμπορευμάτων σε όσο το δυνατό περισσότερους γήινους προορισμούς, καθώς η μεγέθυνση της αγοράς απέφερε πάντοτε μεγαλύτερα οφέλη σε παραγωγούς και διακινητές, ενώ πρόσφερε στους καταναλωτές μεγαλύτερη δυνατότητα επιλογών και ευνοϊκότερους όρους διαπραγμάτευσης.

Η απόσταση που χώριζε τον τόπο παραγωγής και κατανάλωσης ήταν καθοριστική όχι μόνο για την τιμή πώλησης του προϊόντος, αλλά γι' αυτή καθαυτή τη δυνατότητα διάθεσής του.

Η ασφαλής διέλευση των εμπορευμάτων, η ταχύτατη διακίνηση των προϊόντων και η μείωση του κόστους μεταφοράς, αποτέλεσε το κύριο μέλημα των πρώτων οργανωμένων κρατών, και αργότερα των κυβερνήσεων στα πλαίσια της βιομηχανικής κοινωνίας.

Η διάνοιξη μεγάλων οδικών αρτηριών, η ραγδαία ανάπτυξη της θαλάσσιας επικοινωνίας και η ανάδειξη της εναέριας κυκλοφορίας ως αναπόσπαστο μέρος της προσπάθειας του ανθρώπου για γρήγορη και ασφαλή επικοινωνία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη τεχνικών συντήρησης και μεθόδων διακίνησης των εμπορευμάτων, διαμόρφωσε τις συνθήκες για την ανταλλαγή προϊόντων και αγαθών σε πλανητική κλίμακα.

Η παγκοσμιοποίηση των αγορών, η ελεύθερη διακίνηση ανθρώπων, εμπορευμάτων και κεφαλαίων παραμέρισε - βίαια, τις περισσότερες φορές - τα τελευταία εμπόδια που υπήρχαν, με αποτέλεσμα στις μέρες μας οι περισσότεροι πολίτες του αναπτυγμένου κόσμου να απολαμβάνουν τα πλεονεκτήματα της νέας παγκόσμιας αγοράς προϊόντων και υπηρεσιών. Εμπορεύματα, προϊόντα και αγαθά διακινούνται πλέον με ασφάλεια και ταχύτητα σε όλους σχεδόν τους γήινους προορισμούς.

Η έλευση της Κοινωνίας της Πληροφορίας επιφέρει θεμελιώδεις αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο διενεργούνται οι εμπορικές συναλλαγές σε παγκόσμια κλίμακα. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών διόδων επικοινωνίας - των λεωφόρων της πληροφορίας - αλλάζει τα δεδομένα στο χώρο του παγκόσμιου εμπορίου.

Η αλλαγή έγκειται στην επίδραση που ασκεί η ανατροπή της βασικής σχέσης ανθρώπου και πληροφορίας στις εμπορικές συναλλαγές. Τεράστιος όγκος πληροφοριών για αγαθά και εμπορεύματα διαχέεται μέσω των δικτύων στους ενδιαφερόμενους, οι οποίοι επιλέγουν τα προϊόντα της αρεσκείας τους επεξεργαζόμενοι πληθώρα διαθέσιμων εμπορικών στοιχείων

μέσω της οθόνης του ηλεκτρονικού τους υπολογιστή, από το σπίτι ή το γραφείο, χωρίς μετακινήσεις, χάσιμο χρόνου και ταλαιπωρία.

Το προϊόν, η υπηρεσία, το αγαθό, αναζητείται από τον καταναλωτή με τη μορφή πληροφορίας μέσω του δικτύου. Το μέλλον των εμπορικών συναλλαγών είναι ηλεκτρονικό, και ενώ μέχρι σήμερα η προσοχή μας ήταν στραμμένη στην ασφάλεια των χερσαίων, θαλάσσιων και εναέριων αρτηριών, στις μέρες μας προέχει η ασφάλης, ταχεία και οικονομική πρόσβαση των ανθρώπων στις λεωφόρους των πληροφοριών.

## **4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Καθώς αναλύσαμε παραπάνω τις τηλεπικοινωνιακές υποδομές και υπηρεσίες συμπεραίνουμε ότι φτάνουμε σε ένα σημείο σαν άνθρωποι όπου τα πάντα γύρω μας εξαρτώνται από τις τηλεπικοινωνίες. Ο άνθρωπος μπορεί να εκπαιδευτεί, να επικοινωνήσει, να συνυπάρξει στη ζωή του με τις τηλεπικοινωνίες καθώς με την ανάπτυξη τους κερδίζουμε χρόνο, χώρο και χρήμα και μας βοήθησε να κάνουμε τη ζωή μας πιο εύκολη και πιο ποιοτική.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!!!**



# **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Β. Σκουλάτος, Α. Κωνσταντινόπουλος, Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, 1996**

**Β. Σκουλάτος, Χ. Βασιλόπουλος, Ι. Ντόκος, Σύγχρονα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, 2000**

**Σπύρος Λεοντίσης, UMTS, 2000**

**Γ. Τσαμασφύρος, Τηλεκπαίδευση, 1999**

**Βασιλική Δανέλλη, Τηλεϊατρική, 2000**

**Ιω. Αντωνίου – Δ. Καλογερόπουλος, Τηλεκπαίδευση, 2000**