

---

# ΕΑΠ – Θ.Ε. ΠΛΗ36

## Σύγχρονα Δίκτυα και Υπηρεσίες

Διαφάνειες ΟΣΣ 03  
Ακ. Έτος 2007-2008

Δρ. Ι. Μαριάς  
Λέκτορας  
Τμήμα Πληροφορικής – Ο.Π.Α.

# Περιεχόμενα

---

- ❑ Περιβάλλον ανάπτυξης δικτύων και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών
- ❑ Φωτονικά Δίκτυα
- ❑ Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες
- ❑ Τεχνολογίες πρόσβασης

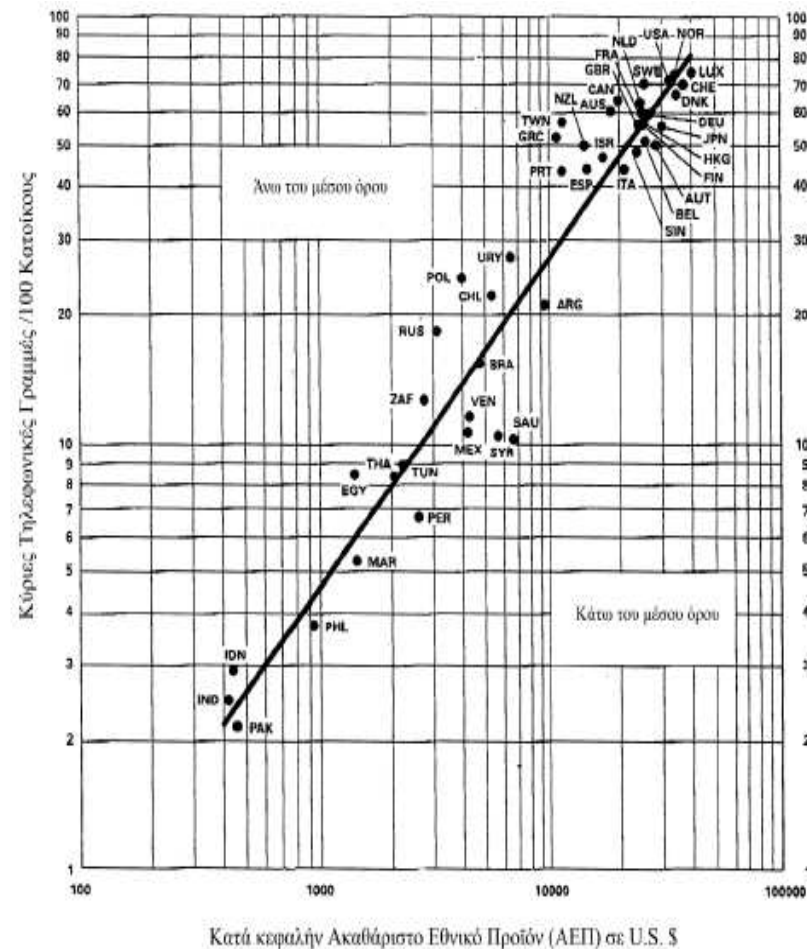
# Περιεχόμενα

---

- ❑ **Περιβάλλον ανάπτυξης δικτύων και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών**
- ❑ Φωτονικά Δίκτυα
- ❑ Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες
- ❑ Τεχνολογίες πρόσβασης

# Τηλεπικοινωνίες και Ανάπτυξη

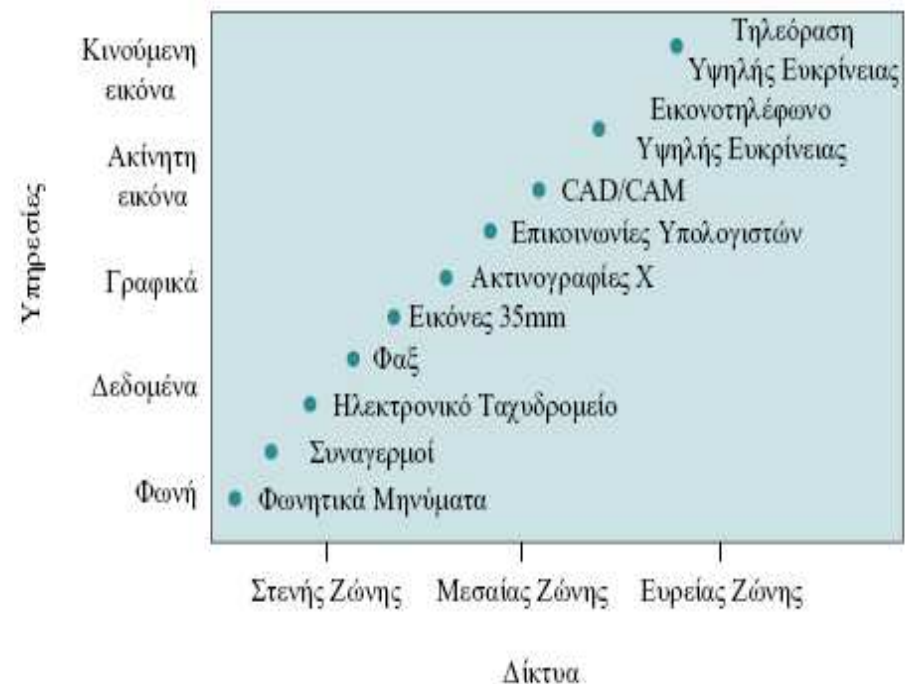
- Τηλεφωνία και κατά κεφαλήν ΑΕΠ
- Ανάπτυξη από την τηλεφωνία ή δείκτης ανάπτυξης ?
- Στοιχεία 1998



# Ανάγκες Σε Εύρος Ζώνης

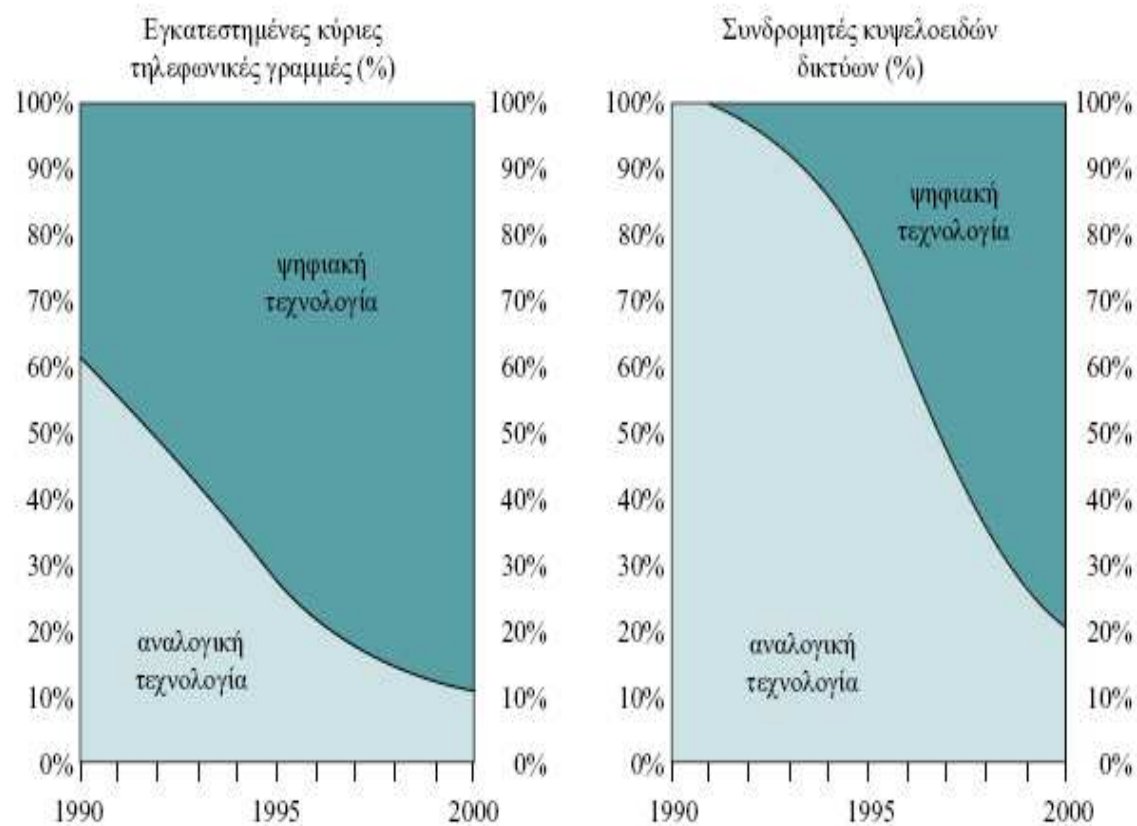
## □ Ζώνες Δικτύων

- στενής ζώνης 64kb/s,
- μεσαίου εύρους ζώνης από 64 kb/s – 1.5 Mb/s
- δίκτυα ευρείας ζώνης > 2 Mb/s



# Ψηφιοποίηση

## □ Σταθερή / Κινητή Τηλεφωνία



# Πρότυπα

---

## □ Γιατί

- Διαλειτουργία και διασύνδεση
- Συμβατότητα και πιστοποίηση ορθής λειτουργίας

## □ Είδη

- De-jure (ανοικτά) – π.χ., ITU, OSI/ISO/ETSI
- Industrial (βιομηχανικά) – Ενώσεις Εταιρειών
- De-facto (ιδιογενή) – IEEE, IETF, etc

# Θεσμικό Πλαίσιο

---

- ❑ Άρση Μονοπωλίου
- ❑ Κανόνες – διαδικασίες
  - Άρση μονοπωλίων
    - Όχι μονοπωλιακά δικαιώματα
  - Ιδιωτικοποίηση
    - Πλήρης ή μερική μετάβαση σε ιδιώτες δικαιώματος παροχής τηλ. υπηρεσιών
  - Απορρύθμιση
    - Άρση αυστηρών (κρατικών) κανονισμών



# Περιεχόμενα

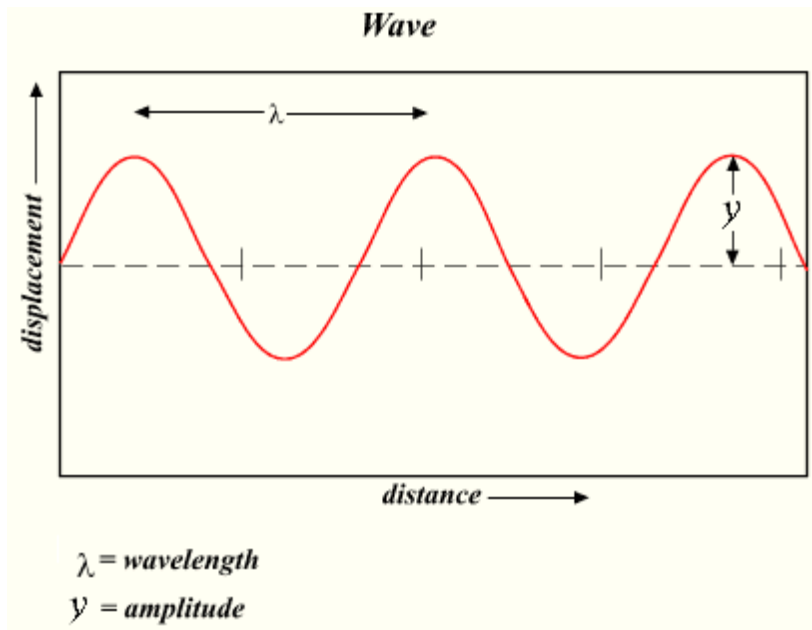
---

- ❑ Περιβάλλον ανάπτυξης δικτύων και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών
- ❑ **Φωτονικά Δίκτυα**
- ❑ Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες
- ❑ Τεχνολογίες πρόσβασης

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Θεμελίωση

- **Μήκος Κύματος** : απόσταση μεταξύ γειτονικών μονάδων μεταδιδόμενου παλμού (κύματος) σε μία συχνότητα



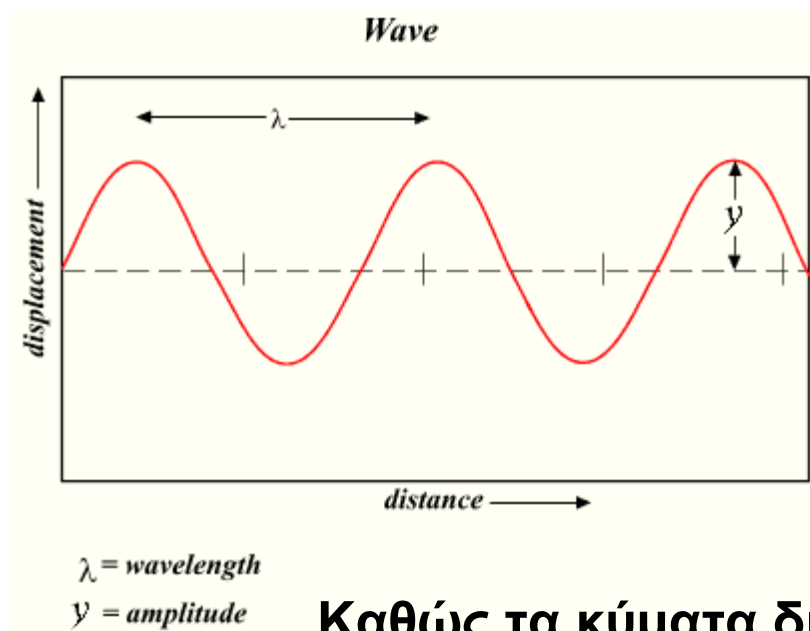
- light, water, sound waves

**Μετρίσιμο σε (nano)meters (nm)**

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Θεμελίωση

### ▪ Μήκος Κύματος και συχνότητα



**Συχνότητα  $F$ : αριθμός παλμών μιας στάθμης που διέρχονται ανά μονάδα χρόνου**

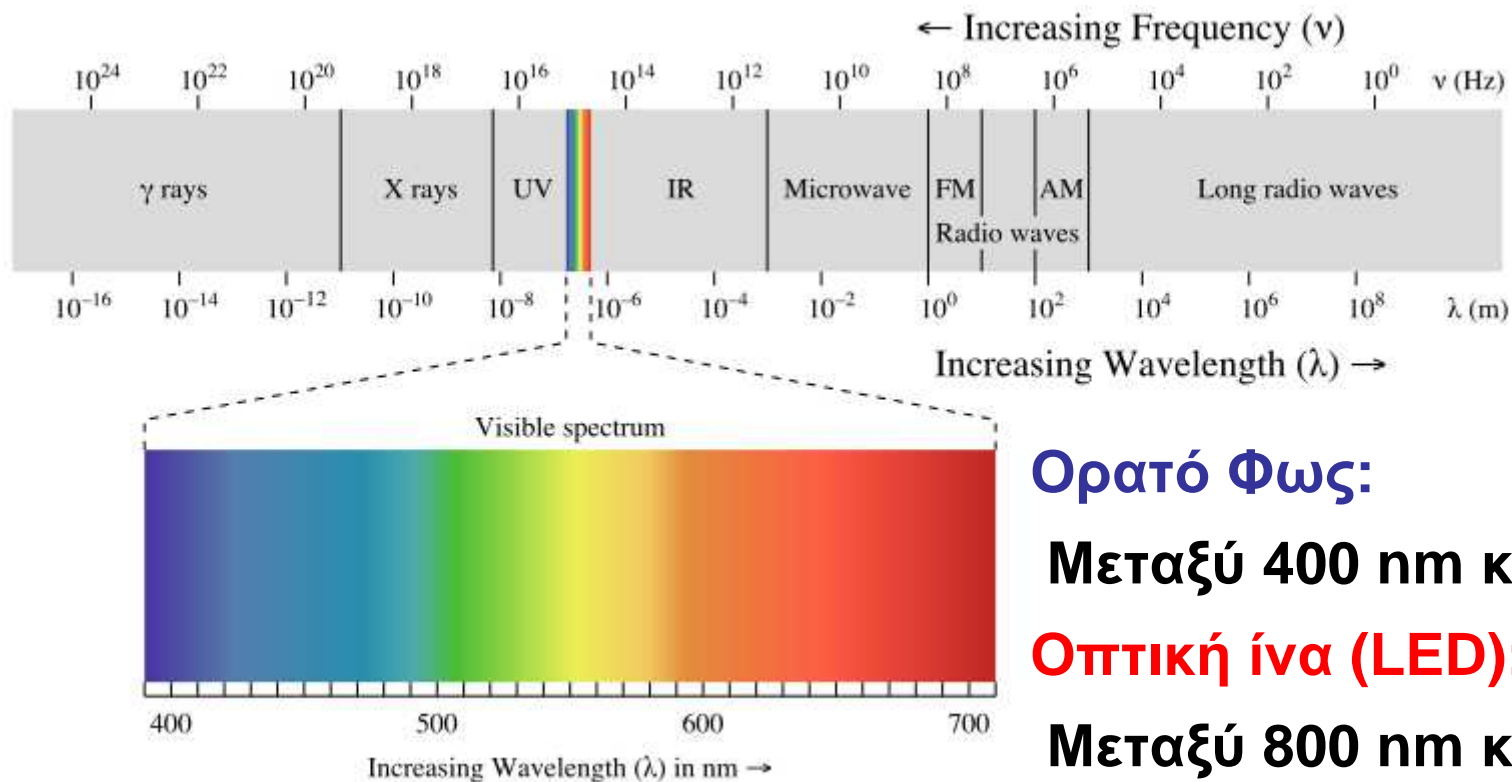
**$\lambda = V/F$ : ταχύτητα διάδοσης κύματος,**

**πχ φως στο κενό  $V=c \sim 3 \times 10^8 \text{ m/s}$**

**Καθώς τα κύματα διαπερνούν διαφορετικά μέσα η ταχύτητα αλλάζει, αλλά όχι η συχνότητα**

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Θεμελίωση - Electromagnetic Spectrum



**Ορατό Φως:**

**Μεταξύ 400 nm και 700 nm**

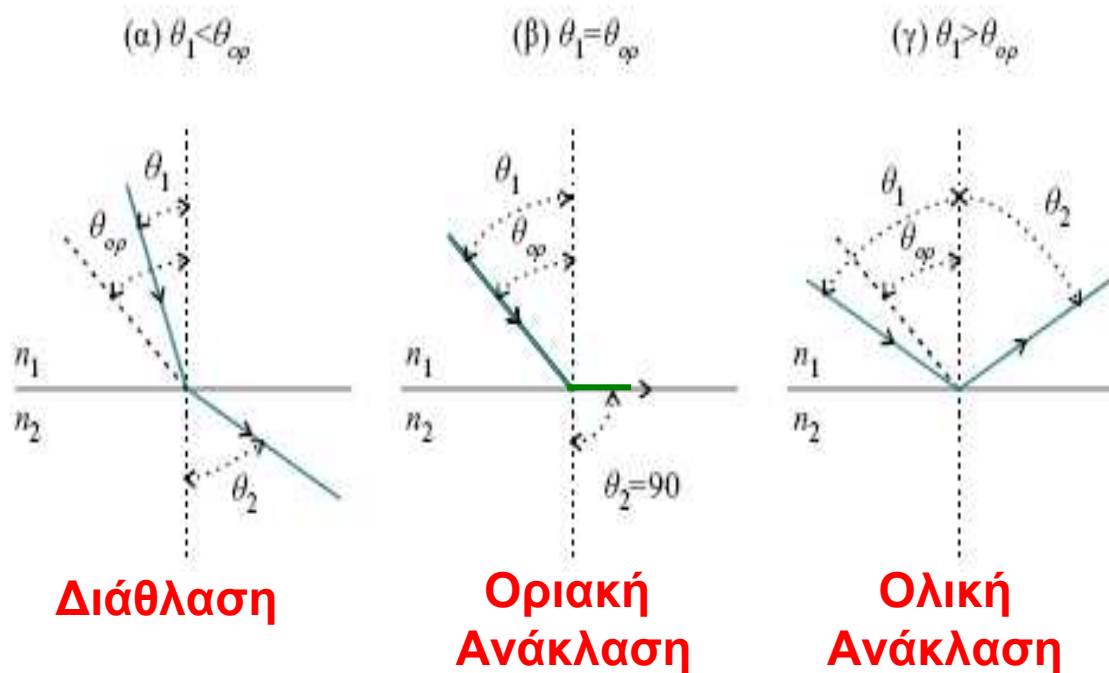
**Οπτική ίνα (LED):**

**Μεταξύ 800 nm και 1600 nm**

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Θεμελίωση

### ▪ Διάθλαση – ανάκλαση φωτός



$n_1, n_2$  δείκτες διάθλασης ( $n_1 > n_2$ )

π.χ. αέρας, γυαλί

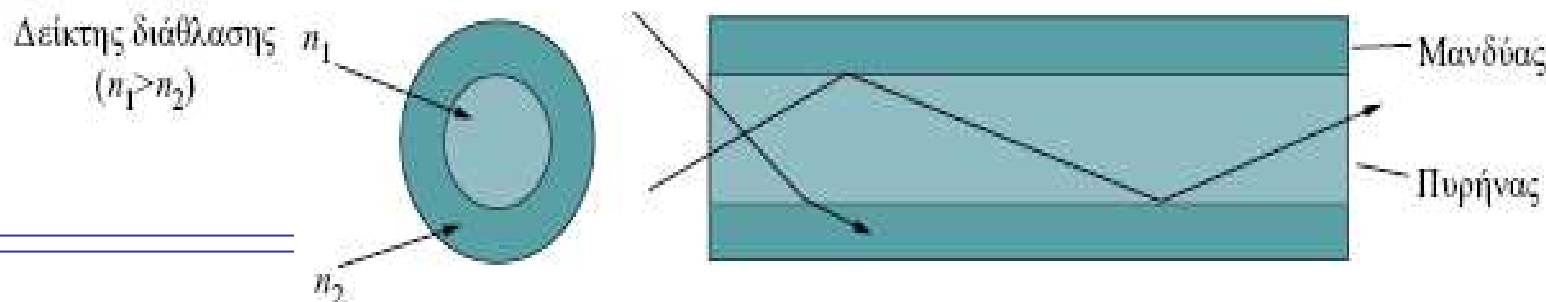
Οριακή γωνία πρόσπτωσης  $\theta_{op}$

Γωνία πρόσπτωσης φωτός  $\theta_1$

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Οπτική ίνα και ανάκλαση φωτός

- Πυρήνας: κυλινδρικό τμήμα γυαλιού (core)
- Ο πυρήνας περιβάλλεται από τον μανδύα (cladding)
  - από γυαλί με δείκτης διάθλασης μικρότερος του πυρήνα
- Μια ακτίνα φωτός που εισέρχεται στον πυρήνα υπό κατάλληλη γωνία ύστερα από διαδοχικές ανακλάσεις στην επιφάνεια πυρήνα / μανδύα
  - Κατευθύνεται κατά μήκος της ίνας,

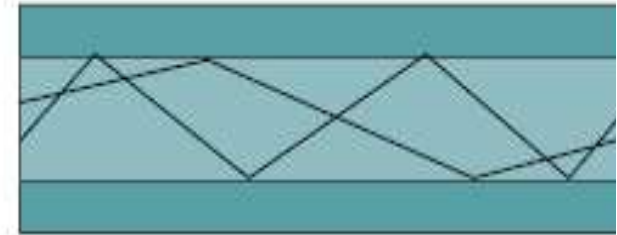
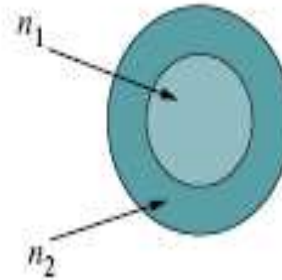


# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Μονό/Πολύ-τροπες Ίνες

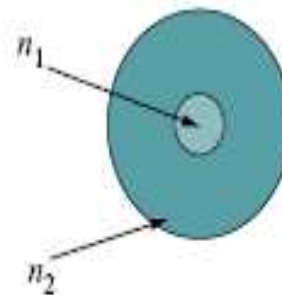
### ■ Πολύτροπες (multimode)

- διάμετρο πυρήνα 62,5  $\mu\text{m}$
- διάμετρο μανδύα 125  $\mu\text{m}$
- Διασπορά τρόπων
- Χρονική διεύρυνση παλμού



### ■ Μονότροπες (monomode)

- διάμετρο πυρήνα 8-12  $\mu\text{m}$
- διάμετρο μανδύα 125  $\mu\text{m}$
- Μόνο ένας τρόπος
- Χρονική επιτάχυνση παλμού



# Φωτονικά Δίκτυα

---

## □ Δομικά υποσυστήματα οπτικής μετάδοσης

- Πομπός
  - Ηλεκτροοπτική διάταξη
- Δέκτης
  - Οπτοηλεκτρική διάταξη
- Ίνα
  - Μονότροπη – πολύτροπη



# Φωτονικά Δίκτυα

---

## □ Δομικά υποσυστήματα οπτικής μετάδοσης

### □ Πομπός

- LEDs (δίοδοι εκπομπής φωτός - Light Emitting Diodes) ή
- Laser ημιαγωγού
  - Προτιμητέο
- χαρακτηριστικά Laser ημιαγωγού
  - λειτουργία σε περιοχές μήκους κύματος 1310nm και 1550nm
  - Μικρό εύρος ζώνης εκπομπής ( $< 1\text{nm}$ )
    - ελαχιστοποιούνται οι σχετικές απώλειες.
- Υψηλή ισχύς εξόδου
  - το παραγόμενο σήμα καλύπτει μεγαλύτερη απόσταση
  - πριν απαιτηθεί ενίσχυσή του.

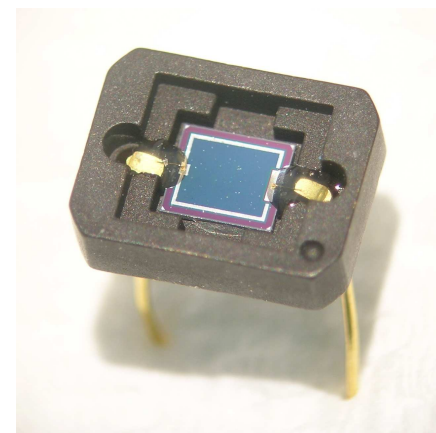
# Φωτονικά Δίκτυα

---

## □ Δομικά υποσυστήματα οπτικής μετάδοσης

### □ Δέκτης

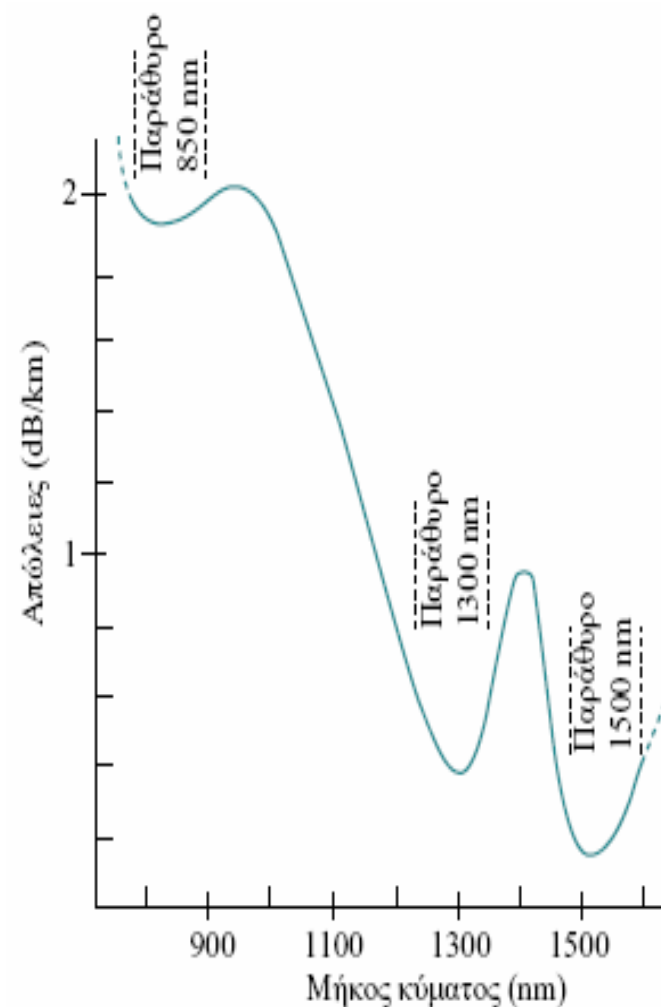
- Φωτοδιόδους PIN ή φωτοδιόδους κατάρρευσης (Avalanche Photo Diodes - APD)
- Ενίσχυση πριν εισέλθει στη φωτοδίοδο του δέκτη.
- Αποκρισιμότητα φωτοδίοδου
  - το πηλίκο ρεύματος εξόδου προς την οπτική ισχύ εισόδου



# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Θεμελίωση – Απώλειες

- Εξασθένιση του σήματος,
  - Decibel/χιλιόμετρο οπτικής ίνας (dB/km)
- Διασπορά σήματος: παραμορφώσεις παλμών καθώς μεταδίδονται στο μέσο
  - ύστερα από μήκος διαδρομής να μην αναγνωρίζονται στο δέκτη
- Διασπορά και εξασθένιση
  - περιορίζουν τη μέγιστη απόσταση μετάδοσης
  - χωρίς ενδιάμεση ενίσχυση ή αναμόρφωση σήματος



# Φωτονικά Δίκτυα

---

## □ Φωτονική (Photonics)

- μια συστημική τεχνική για τη μεταβίβαση και επεξεργασία πληροφοριών όπου συνδυάζονται οπτικές, οπτοηλεκτρονικές και ηλεκτρονικές τεχνικές

## □ Εναλλακτικά χρησιμοποιείται ο όρος οπτοηλεκτρονική

## □ φωτονικά δίκτυα

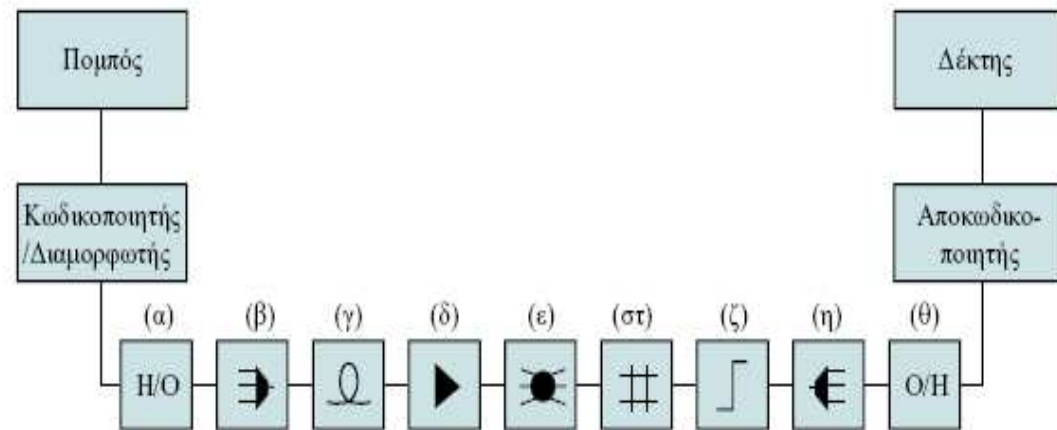
- συγκροτούνται από φωτονικά υποσυστήματα
- καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από οπτικές εισόδους ή οπτικές εξόδους ή και τα δύο.

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ φωτονικά υποσυστήματα

### ■ Οπτικά διαφανής διάταξη

- Είσοδος έξοδος φωτονίων
- Οπτική επεξεργασία σήματος



Σχήμα 2.3

Στοιχεία μιας φωτονικής ζεύξης μετάδοσης πληροφοριών (Baack, 1998)

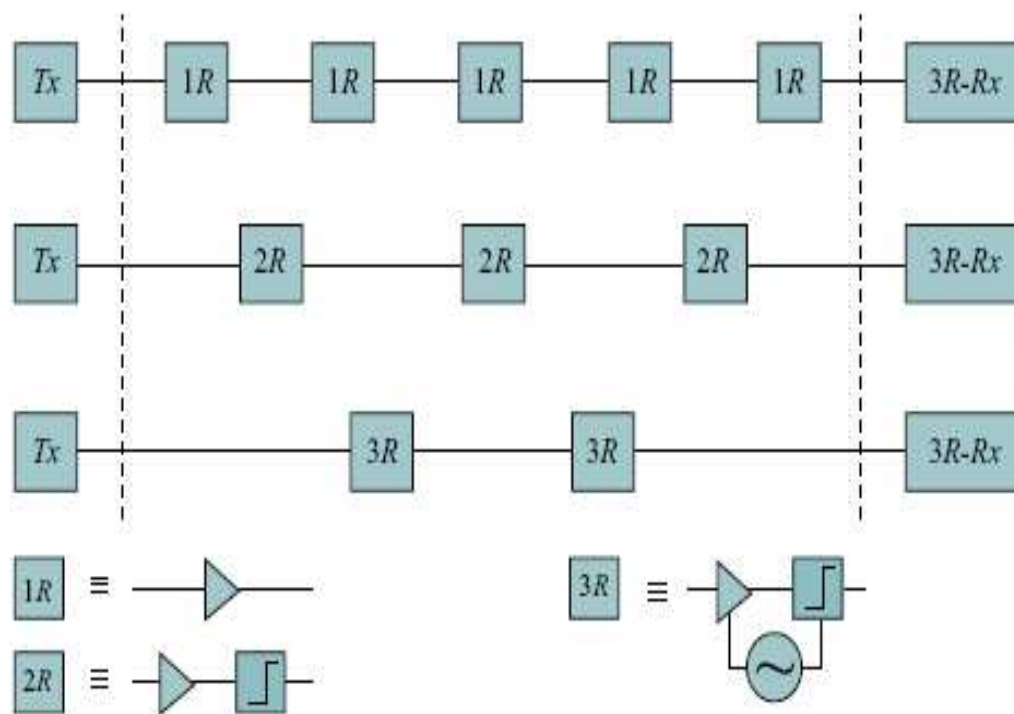
- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| α) Ηλεκτροοπτικός μετατροπέας | στ) Οπτική μνήμη ζεύξης       |
| β) Οπτικός πολυπλέκτης        | ζ) Οπτικός αναγεννητής        |
| γ) Οπτική ίνα                 | η) Οπτικός αποπολυπλέκτης     |
| δ) Οπτικός ενισχυτής          | θ) Οπτοηλεκτρικός μετατροπέας |
| ε) Οπτικός συζεύκτης          |                               |
| αστεροειδής συζεύκτης         |                               |

# Φωτονικά Δίκτυα

## Ενίσχυση σήματος στο Ηλεκτρικό πεδίο

### □ The triple R

- 1R: Ενίσχυση (Repowering).
- 2R: Ενίσχυση + Αναμόρφωση (Repowering + Reshaping).
- 3R: Ενίσχυση + Αναμόρφωση + Επαναχρονισμός



# Φωτονικά Δίκτυα

## Ενίσχυση σήματος στο οπτικό πεδίο

- οπτικός ενισχυτής με προσμίξεις ερβίου
  - Erbium Dopped Fiber Amplifier, EDFA)
  - Στα σημεία της εξασθένισης (π.χ., κάθε 50Km)
    - Παρεμβάλεται γυαλί με προσμίξεις ερβίου στην ίνα 1.500 nm
    - Εισάγεται με Laser (που λειτουργεί με μικρότερο  $\lambda$  από ότι το προς ενίσχυση σήμα), οπτική ενέργεια για ενίσχυση
    - Απολαβή (gain) των 20 dB



# Φωτονικά Δίκτυα

---

- πολυπλεξία επιμερισμού μήκους κύματος
  - Wavelength Division Multiplexing, WDM
  - Εισάγονται συγχρόνως σε ένα πολλά σήματα
  - με χρήση πολλών πομπών
  - ο καθένας λειτουργεί σε διαφορετικό μήκος κύματος
    - έχουν αναπτυχθεί πομποί των οποίων το φάσμα εκπομπής ανέρχεται σε μερικά μόνο MHz
  - Στην περιοχή των 1500 nm ένα πλάτος 50 nm αντιστοιχεί σε ζώνη συχνοτήτων πλάτους 6.450 GHz περίπου



# Φωτονικά Δίκτυα

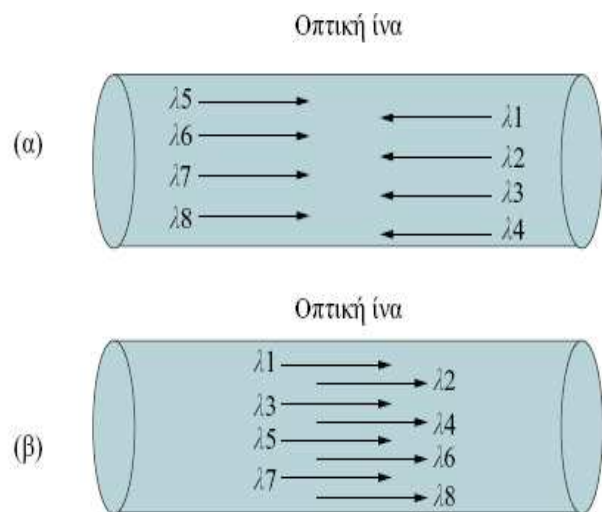
---

- πυκνή πολυπλεξία επιμερισμού μήκους κύματος
  - Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM
  - Δίαυλος
    - Ένα μήκος κύματος σε ίνα
  - Πρότυπο ITU:
    - απόσταση μεταξύ δύο «γειτονικών» διαύλων που βρίσκονται μεταξύ 1.528 nm και 1.565 nm, μπορεί να είναι μικρότερη των 100 GHz

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ πυκνή πολυπλεξία επιμερισμού μήκους κύματος

### ■ Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM



- Δίαυλοι μοιράζονται ίδια οπτική ίνα και εξυπηρετούν υπηρεσίες με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης

- Ευκολία προσθήκης εύρους ζώνης
  - πιο οικονομική λύση από σκάψιμο

# Φωτονικά Δίκτυα

---

## □ Οπτικός Κατανεμητής

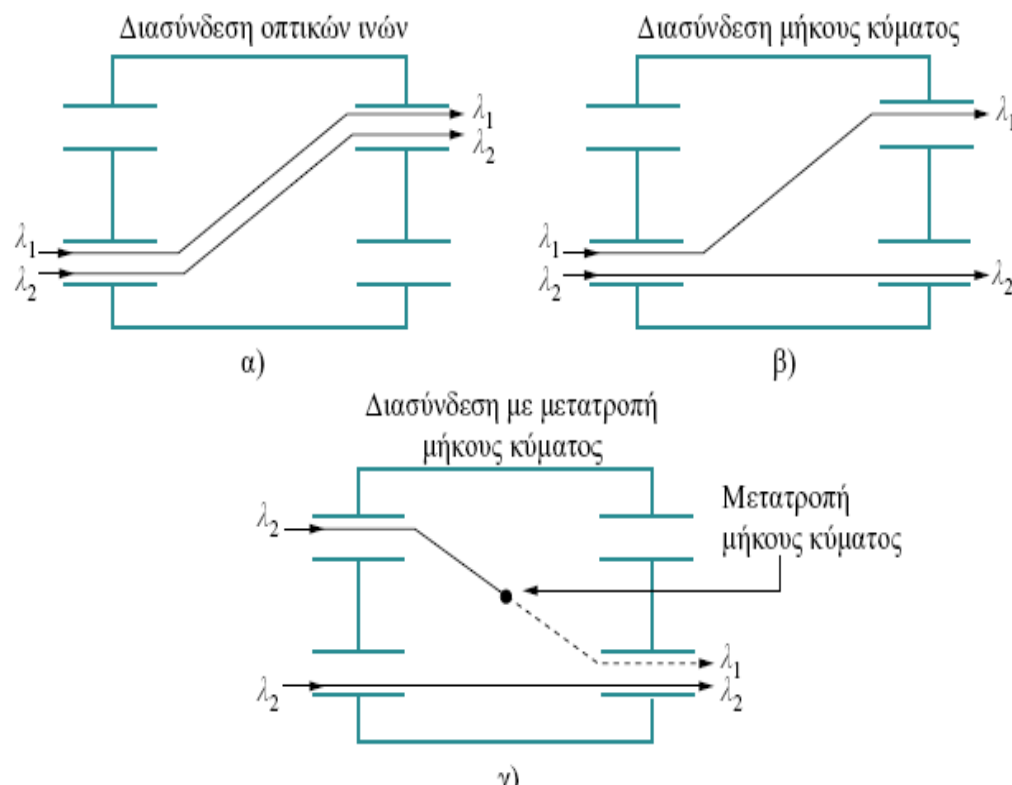
- Optical Cross Connect, OXC
- Είσοδοι: ίνες κάθε μία από τις οποίες μεταφέρει διαύλους (μήκη κύματος) WDM
- Έξοδοι: ίνες που μεταφέρουν επίσης διαύλους WDM.

## □ Αποστολή

- ομαδοποίηση και δρομολόγηση των διαφόρων μηκών κύματος που εισάγονται από τις ίνες εισόδου προς τις ίνες εξόδου.

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Οπτικός Κατανεμητής



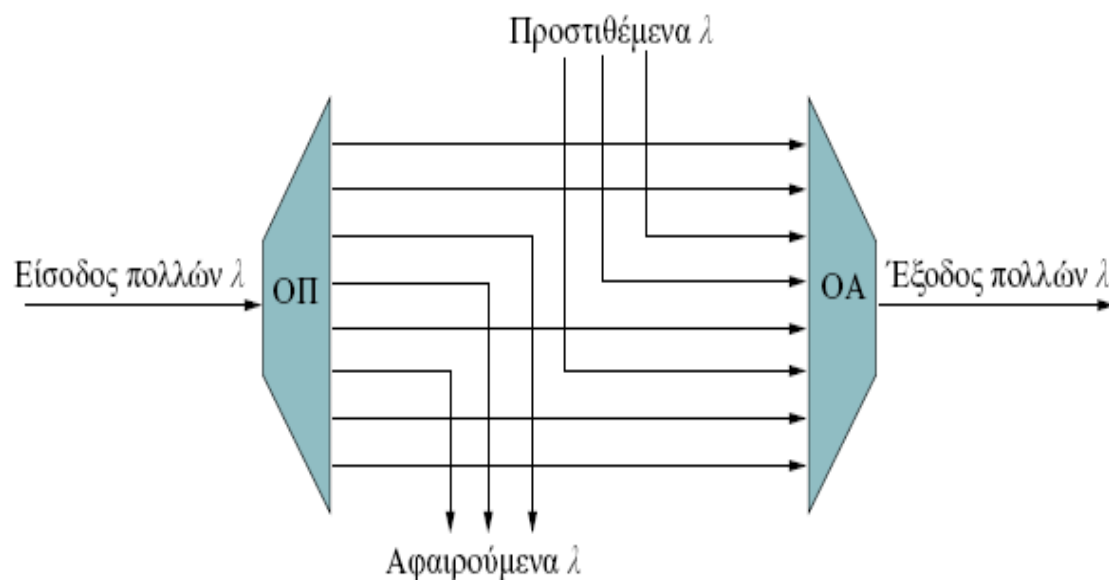
**α) Διασύνδεση οπτικής ίνας**

**β) Διασύνδεση μήκους κύματος ή Δρομολόγηση μήκους κύματος**

**γ) Μετατροπή μήκους κύματος ή Δρομολόγηση με μετατροπή του μήκους κύματος**

# Φωτονικά Δίκτυα

- Οπτική πολυπλεξία προσθαφαίρεσης
  - Optical Add / Drop Multiplexing (OADM)

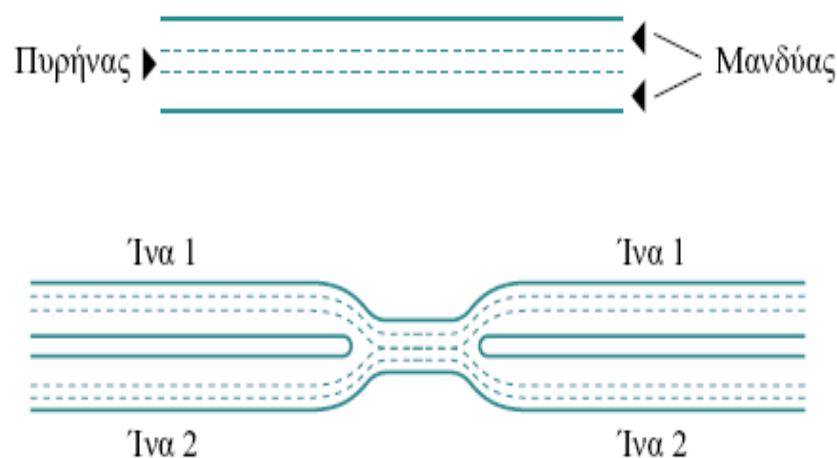


- σε σημεία του δικτύου ανάγκη να εισαχθούν σε ίνα νέα μήκη κύματος και να απομαστευθούν μήκη κύματος που μεταφέρει
- μπορούν να διαχειρίζονται σήμερα 40 μήκη κύματος
- Διακρίνονται σε σταθερούς και προγραμματιζόμενους

# Φωτονικά Δίκτυα

## □ ΟΠΤΙΚΗ ΣΥΖΕΥΞΗ (coupler)

- εισαγωγή σε οπτική ίνα σημάτων που έρχονται από περισσότερες της μίας οπτικές ίνες



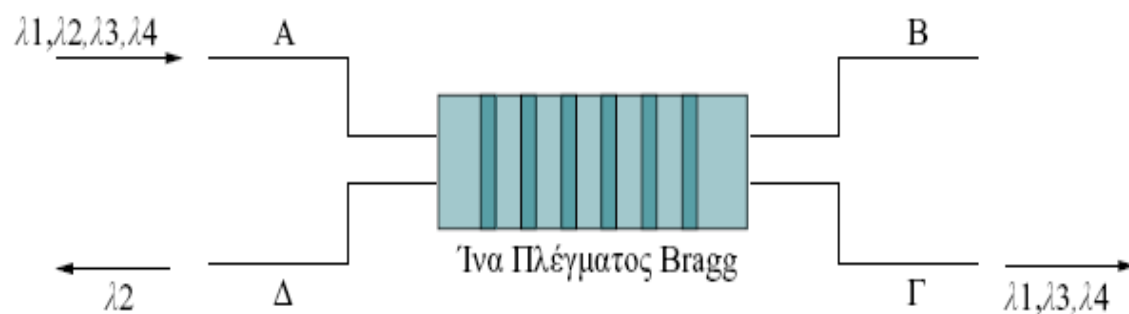
- Απλός οπτικός συζεύκτης: οι πυρήνες δύο οπτικών ινών έρχονται σε στενή επαφή μεταξύ τους ύστερα από αφαίρεση τμήματος του μανδύα

- συγκόλληση πυρήνων ινών με υψηλή θερμοκρασία

# Φωτονικά Δίκτυα

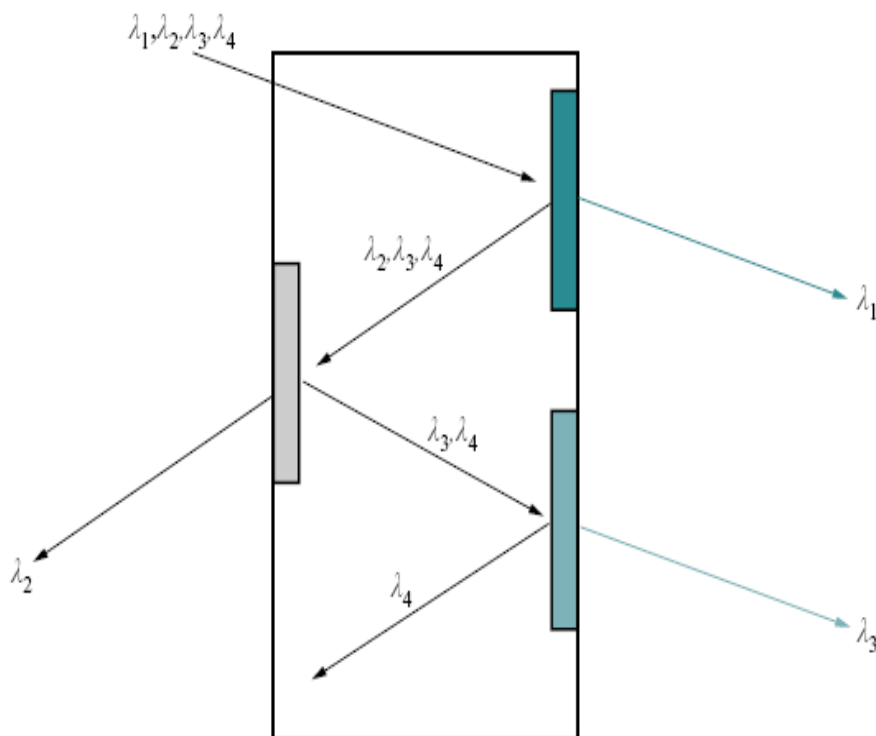
## □ πολυπλέκτης προσθαφαίρεσης

- add-drop multiplexer
- σε ένα μικρό κομμάτι μιας ίνας δημιουργούνται περιοδικές μεταβολές του δείκτη διάθλασης.
- Ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των μεταβολών αυτών, φως ορισμένης συχνότητας ανακλάται και γυρίζει πίσω
- άλλα μήκη κύματος μπορούν να διέλθουν το πλέγμα



# Φωτονικά Δίκτυα

## □ Αποπολυπλεξία



- αποπολύπλεξη ενός σήματος DWDM και οδήγηση του εκάστοτε επιθυμητού μήκους κύματος προς την επιθυμητή έξοδο
- πολυστρωματικών φίλτρων παρεμβολής
  - αφήνει μόνο ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος να διέλθει,
  - τα υπόλοιπα μήκη κύματος ανακλώνται και οδηγούνται με διαδοχικές ανακλάσεις σε διάφορα φίλτρα



# Φωτονικά Δίκτυα

---

- ❑ Σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:
  - Αυξημένη ασφάλεια έναντι υποκλοπών
  - Απουσία ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων.
  - Μικρό όγκο και βάρος έναντι συμβατικών καλωδίων
    - λιγότερο από 10%
  - Άφθονη πρώτη ύλη
    - Γυαλί
  - Ηλεκτρική μόνωση λόγω απουσίας ηλεκτρισμού κατά τη μεταβίβαση
    - αποφυγή ηλεκτρικών σπινθήρων σε περιβάλλον εύφλεκτων υλικών

# Περιεχόμενα

---

- ❑ Περιβάλλον ανάπτυξης δικτύων και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών
- ❑ Φωτονικά Δίκτυα
- ❑ **Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες**
- ❑ Τεχνολογίες πρόσβασης

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

- ❑ Περιοχή  
    συχνοτήτων (GHz)
- ❑ Ονομασία
- ❑ Χρήση στις  
    τηλεπικοινωνίες

0,1 – 0,3	VHF	Επίγειες ραδιοεπικοινωνίες, TV, κυβελοειδή δίκτυα, μετεωρολογικοί δορυφόροι.
0,3 – 1,0	UHF	TV, κυβελοειδή GSM στα 0,9 GHz.
1,0 – 2,0	L	Δορυφορικές ναυτιλιακές και κινητές υπηρεσίες, GSM στα 1,8 GHz.
2,0 – 4,0	S	
4,0 – 8,0	C	Δορυφορικές επικοινωνίες για σταθερούς σταθμούς.
8,0 – 12,0	X	
12 – 18	Ku	Δορυφορικές υπηρεσίες άμεσης εκπομπής.
18 – 24	K	Ζεύξη δορυφόρων χαμηλής τροχιάς (LEO) προς το σταθμό εδάφους 19–20 GHz. Ζεύξη μεταξύ δορυφόρων LEO 23 GHz.
24 – 40	Ka	Σταθμός εδάφους προς LEO δορυφόρο 29 GHz. Για την τοπική διανομή σε ακτίνα 8 km χρησιμοποιείται η ζώνη στα 38 GHz. Το σύστημα είναι ευαίσθητο στη βροχή. Η υψηλή συχνότητα επιτρέπει λήψη με κάτοπτρα κεραιών διαμέτρου 30 – 60 cm που τοποθετούνται στα κτίρια.

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

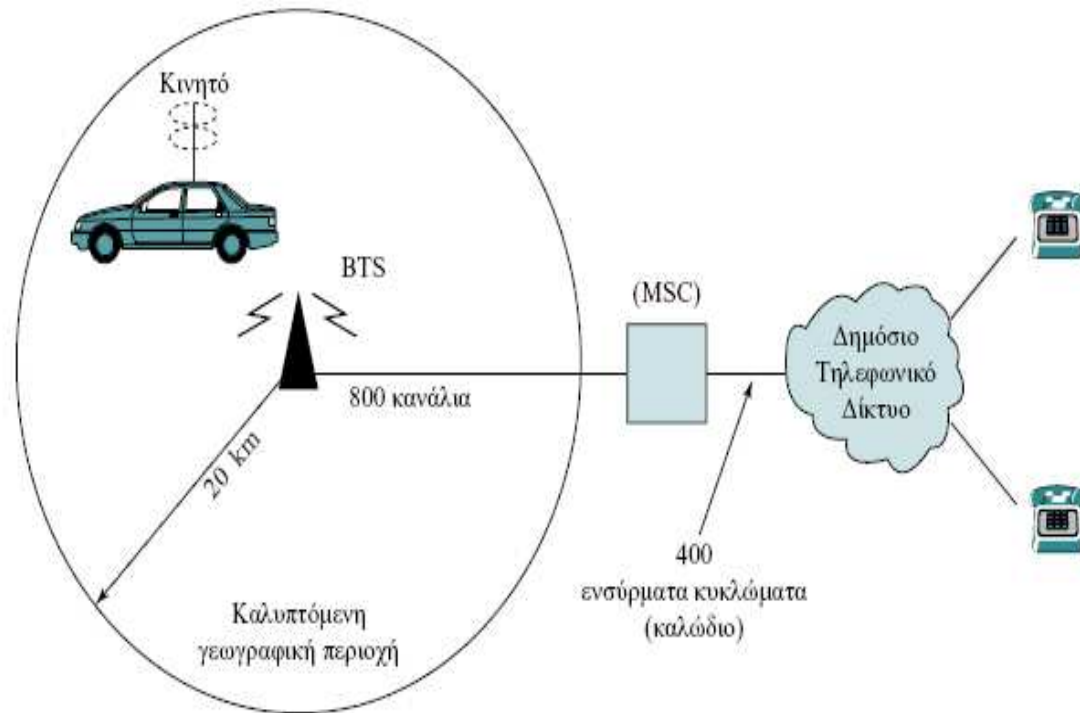
---

## ❑ Κυψελωτή/Κινητή Τηλεφωνία

- Μικρή – Μέση – Μεγάλη Εμβέλεια
- Υποστήριξη φωνής, μηνυμάτων (SMS), images (MMS), data (WAP/HTML) και πλέον Video
- Υψηλές ταχύτητες στην κίνηση των χρηστών
- Υποστηρίζουν μεταπομπή (handover) και περιαγωγή (roaming)
- Δημόσια πρόσβαση
- Πρότυπα: GSM, DCS1800, D-AMPS (IS54/IS136), IS-95, JDC, GPRS, UMTS

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Γενική θεώρηση αρχιτεκτονικής (1970) κινητής (κυψελωτής) τηλεφωνίας



- Σταθμό Πομποδεκτών Βάσης (Base Transceiver Station, BTS)
- Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Επικοινωνιών (Mobile Switching Centre, MSC)

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## ❑ Κυψελωτή Τηλεφωνία – Εξέλιξη – Αναλογική Μετάδοση

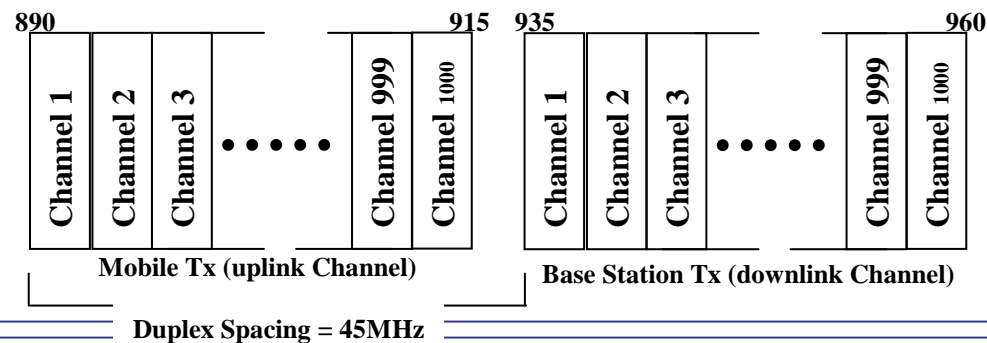
- Advanced Mobile Phone System (AMPS)
- πρώτο κυψελωτό τηλεφωνικό δίκτυο (ΗΠΑ αρχές 80s).
- πρώτη γενιά κυψελωτών δικτύων
  - **αναλογική** FM (Frequency Modulation) για μετάδοση φωνής
  - Σε επίπεδο MAC χρησιμοποιήθηκε FDMA.
- Πρώτη υλοποίηση στο Σικάγο (1976).

Πρότυπο	MobileTx/BaseTx (MHz)	Channel Spacing (kHz)	Number of Channels	Περιοχή
AMPS	824-849/869-894	30	832	Αμερική
TACS	890-915/935-960	25	1000	Μεγ. Βρετανία
RTMS	450-455/460-465	25	200	Ιταλία
C-450	450-455/460-465	10	573	Γερμανία
NTT	925-940/870-885	25	600	Ιαπωνία
NMT450	453-457/463-467	25	180	Β. Ευρώπη
NMT900	890-915/935-960	25	1000	Β. Ευρώπη

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## ❑ Κυψελωτή Τηλεφωνία – Εξέλιξη – Αναλογική Μετάδοση

- Το TACS είναι μία έκδοση του AMPS που υιοθετήθηκε στη Μεγάλη Βρετανία
  - Total Access Communication System
- Χρησιμοποιεί κανάλια των 25 KHz, με τεχνική FDMA
  - ένα κανάλι για κάθε κλήση
  - **Αναλογική** διαμόρφωση
- Παρέχει ένα σύνολο από 1000 κανάλια φωνής στη ζώνη των 900MHz
- Δύο πάροχοι (Vodafone, Cellnet) πήραν άδεια χρήσης για TACS



# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

- Κυψελωτή Τηλεφωνία – Εξέλιξη – Ψηφιακό GSM
  - εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας
  - ανάγκη για μεγαλύτερους ρυθμούς πρόσβασης
  - εξυπηρέτηση μεγαλύτερου αριθμού χρηστών
  - οδήγησε στη 2<sup>η</sup> γενιά κυψελωτής τηλεφωνίας
  - κύριους εκπροσώπους
    - GSM στην Ευρώπη,
    - D-AMPS (IS-54/IS-136) και IS-95 στην Αμερική
    - PDC στην Ιαπωνία.



# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Κυψελωτή Τηλεφωνία – Εξέλιξη – Ψηφιακό GSM

- πλεονεκτήματά σε σχέση με την αναλογική
- Ομαλή διασύνδεση με υφιστάμενα ψηφιακά ενσύρματα δημόσια δίκτυα (PSTN, ISDN, ATM)
- Ευελιξία στην υποστήριξη πρόσθετων υπηρεσιών και μετάδοσης δεδομένων (βλέπε SMS, WAP, MMS)
- Δυνατότητα υποστήριξης περισσότερων χρηστών ανά κυψέλη, λόγω των νέων κωδικοποιητών φωνής
- Περισσότερη αυτονομία των κινητών διατάξεων λόγω μειωμένης ισχύς μετάδοσης και μηχανισμών εξοικονόμησης ενέργειας (Power Saving)
- Ασφάλεια επικοινωνιών λόγω της ενσωμάτωσης μηχανισμών κρυπτογράφησης

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM

- Global System for Mobile communications
- Η ιδέα για ένα Πανευρωπαϊκό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας γεννήθηκε το 1982 από το CEPT
- Στόχος ήταν να αναπτυχθεί ένα,
  - ψηφιακό πρότυπο
  - δημόσιας κινητής τηλεφωνίας,
  - κοινό για όλα τα μέλη του CEPT
  - γεφύρωση χάσματος που είχαν προκληθεί από την πανσπερμία των αναλογικών συστημάτων πρώτης γενιάς
- Από το 1989 το GSM προτυποποιείται από τον ETSI (European Telecommunications Standard Institute)

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM

- Το GSM παρέχει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών :
  - Teleservices: Υπηρεσίες Φωνής, SMS, Fax
  - Bearer service: Υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων (έως 9600 Kbps)
  - Supplementary Services: Ευφυής Υπηρεσίες (π.χ., Αναγνώριση Καλούντα, Προώθηση Κλήσης, Αναμονή Κλήσης, κοκ)
- Αρχικά, η βασική ζώνη στο GSM ήταν 890-915 MHz για την ανοδική περίοδο (Mobile Tx) και 935-960 MHz για την καθοδική περίοδο (Base Tx).
  - Στο extended GSM προστέθηκαν 10 MHz ανά ζώνη, 880-890 MHz για την ανοδική και 925-935 MHz για την καθοδική

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM – Διεπαφή Um

Medium Access	TDMA
Duplexing	FDD
Channel Spacing	200 KHz
Number of Radio Channels	124
Users per Frequency Pair	8
Mobile Tx Base Tx	(880) 890-915 (925) 935-960
Transmission Rate	270.833 Kbps
Rx/Tx Spacing frequency	45 MHz
Rx/Tx Spacing time	1,15 ms
Slots per Frame	8
Frame Period	4,615 ms
Time Slot Period	576,9 μs
Bit Period	3,692 μs
Bits per Slot	148

Στο TDMA κάθε χρήστης έχει πρόσβαση για μικρή χρονική περίοδο, ίση με ένα time slot (χρονοθυρίδα). Μοιράζεται τη συχνότητα που του έχει εκχωρηθεί με άλλους χρήστες, οι οποίοι έχουν δεσμεύσει time slots σε διαφορετικό χρόνο. Δηλαδή το φάσμα στο TDMA καταχωρείται εφήμερα σε χρήστες, έτσι ώστε ο χρήστης Α,Β,Γ, ... χρησιμοποιεί τα time slots 1,2,3, ... αντίστοιχα

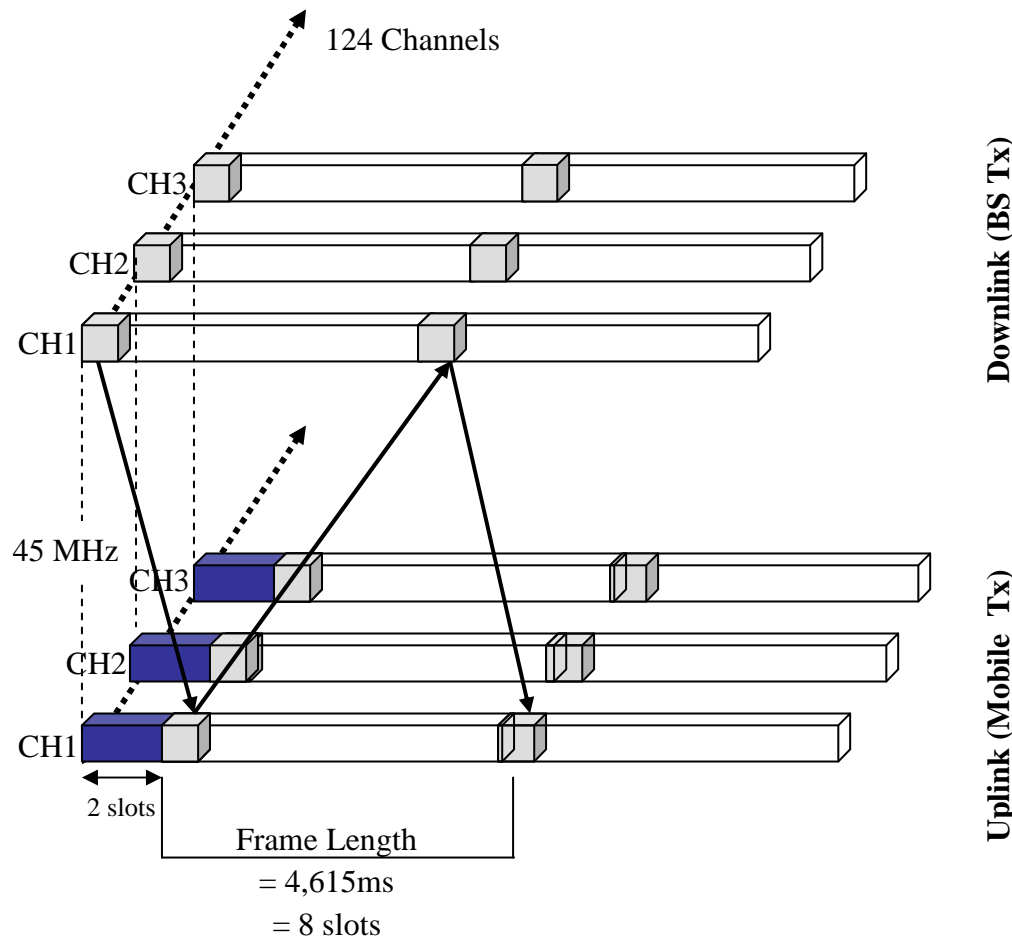
Τα κανάλια, αναφέρονται από την κεντρική τους συχνότητα, και ονομάζονται ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). Για το GSM τα ARFCNs αριθμούνται από 1 έως και 124, και η κεντρική τους συχνότητα προκύπτει από τις σχέσεις:

$$\text{MobileTx} \quad F_{\text{up}} = 890.2 + 0.2(n-1) \text{ MHz}$$

$$\text{BaseTx} \quad F_{\text{down}} = F_{\text{up}} + 45 \text{ MHz}$$

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## ❑ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM – Διεπαφή Um



Downlink (BS Tx)

Uplink (Mobile Tx)

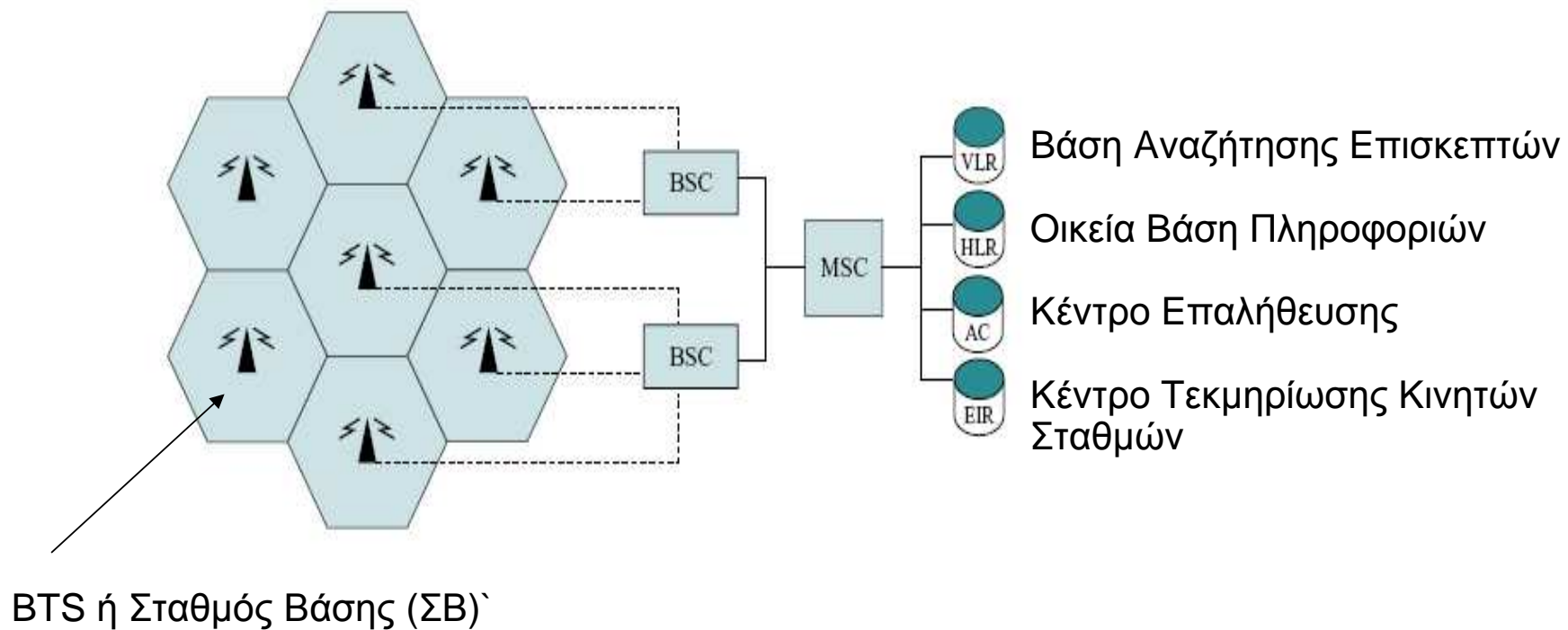
Οι ανοδικές και καθοδικές περιόδους για κάθε ζεύγος καναλιών έχουν απόσταση 45MHz στο φασματικό πεδίο (Rx/Tx Spacing frequency). Έτσι αποτρέπονται οι αλληλοπαρεμβολές μεταξύ ανοδικών και καθοδικών συνδέσεων

Οι ανοδικές και καθοδικές χρονοθυρίδες υπολείπονται μεταξύ τους κατά 2 time slots (Rx/Tx Spacing time = 1.15ms) στο πεδίο του χρόνου. Έτσι εξασφαλίζεται ότι οι μεταδότες θα έχουν ικανό χρόνο να μεταχθούν σε κατάσταση λήψης (ή αντίστροφα).

Κάθε πάροχος **αδειοδοτείται** για υποσύνολο των 124 ραδιοσυχνοτήτων

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

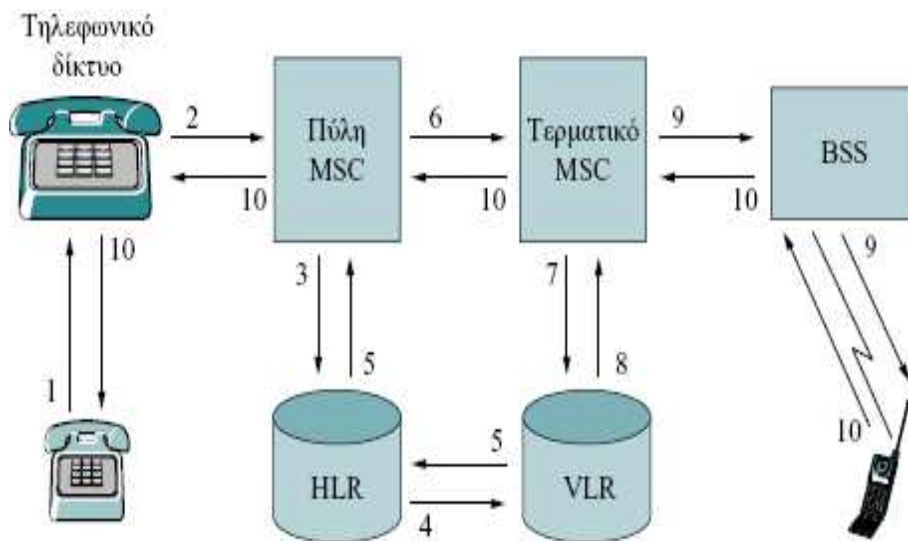
## ❑ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM – Δομικά στοιχεία



# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## ❑ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM – Κλήση

- δρομολόγηση μιας κλήσης από το συνδρομητή σταθερού τηλεφωνικού δικτύου προς κινητό τηλέφωνο

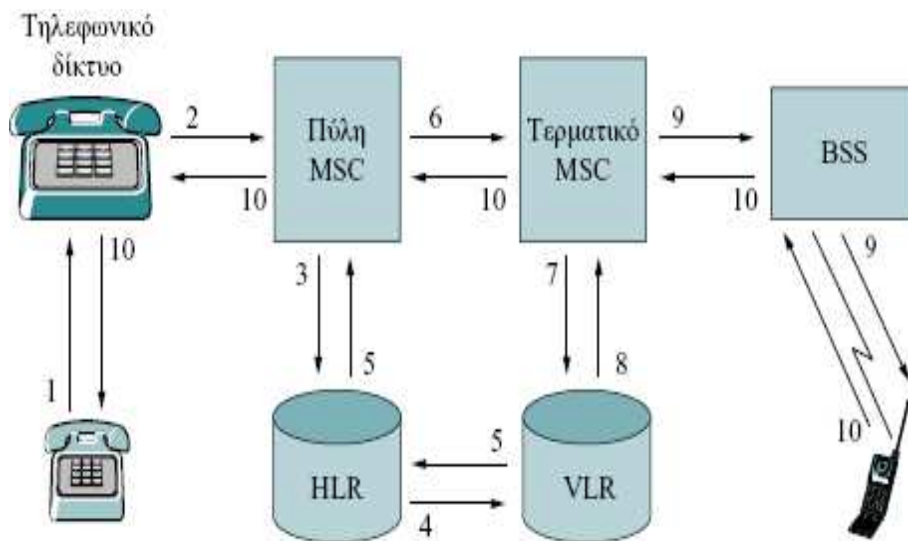


1. Εκδήλωση κλήσης από σταθερό προς κινητό
2. Το τηλεφωνικό δίκτυο αναγνωρίζει ότι πρόκειται για αριθμό κινητού και το διαβιβάζει προς το πλησιέστερο MSC ώστε να εισέλθει στο σύστημα GSM.
3. Το MSC δεν έχει στοιχεία δρομολόγησης, γι' αυτό τα αναζητεί από το HLR του χρήστη.
4. Το HLR ρωτάει το VLR για στοιχεία της τρέχουσας θέσης.

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Κυψελωτή Τηλεφωνία – GSM – Κλήση

- δρομολόγηση μιας κλήσης από το συνδρομητή σταθερού τηλεφωνικού δικτύου προς κινητό τηλέφωνο



5. Το VLR δίνει τα στοιχεία της τρέχουσας θέσης στο HLR το οποίο τα στέλνει στην πύλη MSC.

6. Η κλήση κατευθύνεται στο τερματικό MSC που βρίσκεται ο συνδρομητής

7. Το τερματικό MSC ρωτάει το VLR για να συσχετίσει κλήση με συνδρομητή.

8. Το VLR συμφωνεί.

9. Το κινητό ειδοποιείται για την κλήση

10. Το κινητό απαντάει και μέσω των δύο MSC αποκαθίσταται η επικοινωνία και διεξάγεται η κλήση.



# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

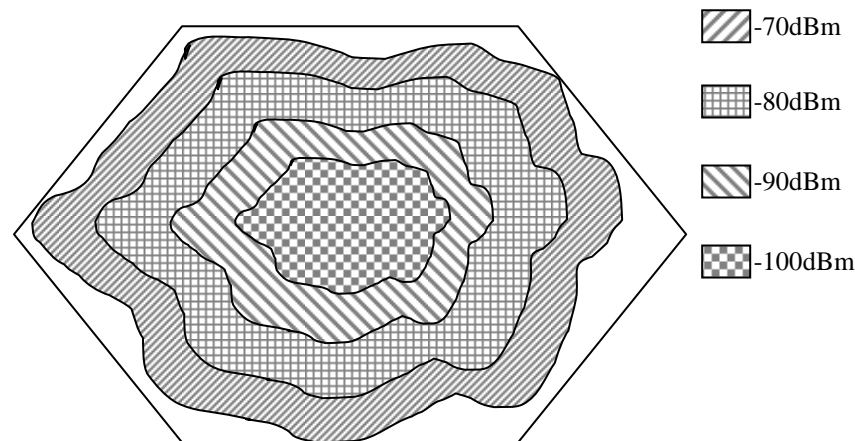
---

## □ Γιατί Κυψέλη

- Ανάγκη επανα-χρησιμοποίησης συχνοτήτων στον χώρο
  - Κάλυψη περισσότερων συνδρομητών με το ίδιο φάσμα
- Ανάγκη αποφυγής παρεμβολών (interference)
  - Όταν στον ίδιο χώρο απολήγουν σήματα ίδιας συχνότητας

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Γιατί Κυψέλη



Χάρτης επιπέδων ισχύς μίας κυψέλης [FARU96]

Το κανονικό εξάγωνο ταιριάζει πλήρως με το χάρτη απώλειας ισχύς. Τα Κινητά Τερματικά (ΚΤ) που βρίσκονται μέσα στο εξάγωνο θεωρούνται πως λαμβάνουν ικανό σήμα για τη διατήρηση του ασύρματης σύνδεσης με τον Σταθμό Βάσης (ΣΒ) που βρίσκεται στο κέντρο του εξαγώνου.

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Επαναχρησιμοποίηση Συχνότητας

- Το μεταδιδόμενο σήμα ενός ΣΒ ή ΚΤ εξασθενεί πλήρως σε κάποιο σημείο
  - πρακτικά στα γεωγραφικά όρια μιας κυψέλης
- Σε σημεία που η εξασθένιση είναι αρκετά μεγάλη ένας άλλος ΣΒ μπορεί να εγκατασταθεί.
- Το φαινόμενο εξασθένισης σήματος κρύβεται πίσω από τη δυνατότητα πολλοί ΣΒ να χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις.
- Έτσι στα κυψελωτά δίκτυα εισάγεται ο παράγοντας «απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας» (frequency re-use distance).

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Επαναχρησιμοποίηση Συχνότητας

- Η πτώση της στάθμης του σήματος καλείται απώλεια διάδοσης (propagation path loss).
- Υπάρχουν εξίσωσεις για υπολογισμό απώλειας ισχύς σε ένα σημείο, για μια συχνότητα, συγκεκριμένα ύψη κεραίας και περιβαλλοντικές συνθήκες
  - Hata και Okumura / Walfisch και Ikegami, χρησιμοποιούνται ευρέως
- Στην πιο απλή φόρμουλα εξασθένισης το μεταδιδόμενο σήμα εξασθενεί κατά  $P_t d^{-\gamma}$  :  $P_t$  είναι η μεταδιδόμενη ισχύς,  $d$  είναι η απόσταση μέτρησης της εξασθένισης και  $\gamma$  είναι η σταθερά εξασθένισης διάδοσης
- Η σταθερά  $\gamma$  εξαρτάται από τη διάρθρωση του περιβάλλοντα χώρου
  - τιμές μεταξύ 1 και 5 (2 στο κενό)

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Αλληλοπαρεμβολές

- Δύο είδη αλληλοπαρεμβολών
  - γειτνιάζουσα (adjacent channel interference-ACI)
  - κοινής χρήσης φορέα (co-channel interference-CCI)
- ACI παρατηρείται όταν διαχέεται ενέργεια μεταξύ δύο γειτονικών συχνοτήτων. Μέθοδοι μείωσης
  - προληπτικές (αυξάνοντας το αδιάθετο φάσμα μεταξύ γειτονικών φορέων)
  - κατασταλτικές στο υπό μετάδοση περιεχόμενο (π.χ., FEC).
- Η CCI παρατηρείται όταν ο ίδιος RF carrier χρησιμοποιείται από ΣΒ οι οποίοι βρίσκονται κοντά γεωγραφικά
  - αντιμετωπίζεται με κατάλληλη ανάθεση των συχνοτήτων στους ΣΒ

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ **Ανάθεση Συχνοτήτων (Channel Allocation, CA)**

- Οι πάροχοι που διαθέτουν αδειοδοτημένες συχνότητες (συχνότητες που χρησιμοποιούν κατά αποκλειστικότητα) θα πρέπει να εφαρμόζουν κατάλληλες πολιτικές επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων στο χώρο (ήτοι ανάθεσης συχνοτήτων σε ΣΒ) για
- Αποφυγή αλληλοπαρεμβολών ACI, CCI
- Τη μείωση της πιθανότητας απόρριψης κλήσεων (Call Blocking Probability, CBP)
  - Άυξηση χρηστών ανά μονάδα χρόνου

## □ **Ανάθεση Συχνοτήτων**

### ■ **Channel Allocation, CA**

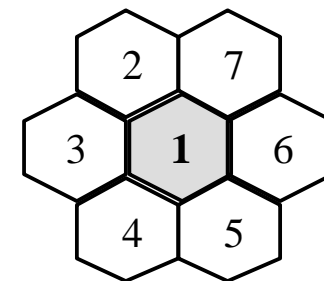
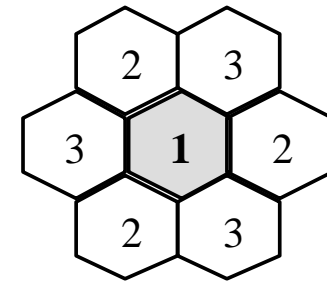
### ■ Μέθοδοι Ανάθεσης Συχνοτήτων

- Στατική Ανάθεση (Fixed Channel Allocation)
  - Σε κάθε ΣΒ ανατίθεται μόνιμα ένα σύνολο συχνοτήτων
- Δυναμική Ανάθεση (Dynamic Channel Allocation)
  - Σε κάθε ΣΒ ανατίθεται δυναμικά συχνότητες
- Υβριδική Ανάθεση (Hybrid Channel Allocation)
  - Συνδυασμός των ανωτέρω

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Ανάθεση Συχνοτήτων

- Στην εικόνα διακρίνονται επτά γειτονικά cells.
- Ο ΣΒ σε κάθε cell τροφοδοτείται με μία διαφορετική συχνότητα (RF-carrier).
- Οι 7 ΣΒ που χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες συνιστούν συγκρότημα κυψελών (cluster).
  - μέγεθος του συγκροτήματος (cluster size) είναι 3 (πάνω) ή 7 (κάτω)
- Γενικά, το μέγεθος του συγκροτήματος,  $N$ , δίνεται από τη σχέση
  - $N = i^2 + i*j + j^2$ , όπου  $i, j = 0, 1, 2, 3, \dots$  **Σχέση 1**
- Επομένως, μόνο μεγέθη 3, 4, 7, 9, 12, 16, κοκ, είναι πιθανά για ΣΒ με omnidirectional antennas
  - Αυτά ονομάζονται κανονικές δομές

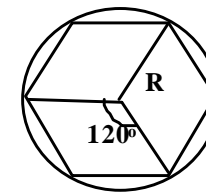




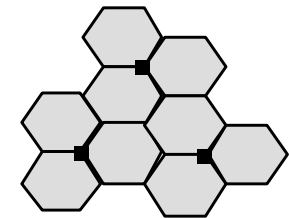
# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Ανάθεση Συχνοτήτων

- Σε ορισμένα είδη cells κάθε ΣΒ τροφοδοτείται με ένα αριθμό συχνοτήτων και κάθε συχνότητα χρησιμοποιείται μόνο σε ένα τομέα (sector) του cell, με χρήση κατευθυντικών κεραιών (directional).
- Ένα 3-sectorised cell απεικονίζεται στην Εικόνα(a), ενώ στην Εικόνα (b) εμφανίζεται ένα cell cluster τύπου 3/9 (στο οποίο κάθε cell έχει τρεις τομείς).



(a)



(b)

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## □ Ανάθεση Συχνοτήτων

- Για τις κανονικές δομές ισχύει

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

- όπου D η απόσταση επαναχρησιμοποίησης, R η ακτίνα του cell, και N το cluster size (N=3,4,7,9...).

- Η CCI σε κανονικές μορφές δίνεται από το λόγο φορέα προς την αλληλοπαρεμβολή (Carrier to Interference Ration, ή C/I).

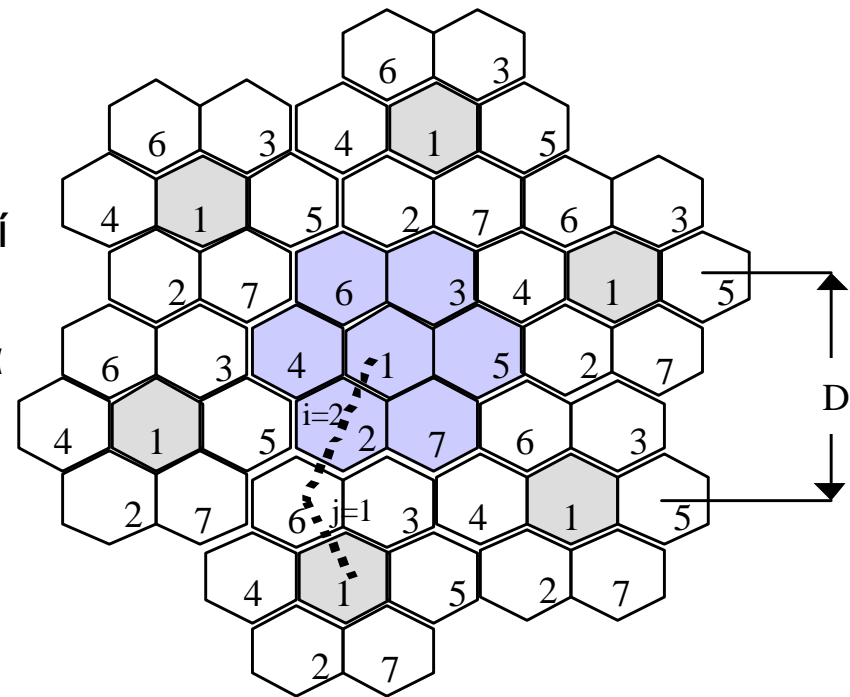
$$\frac{C}{I} = 10 \log \left[ \frac{1}{j} \left( \frac{D}{R} \right)^\gamma \right] = 10 \log \left[ \frac{1}{j} (\sqrt{N})^\gamma \right]$$

- όπου j ο αριθμός των CCI παρεμβολών, γ η σταθερά διάδοσης, D η απόσταση επαναχρησιμοποίησης, R η ακτίνα του cell, και N το cluster size (N=3,4,7,9...).

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Επαναχρησιμοποίηση συχνότητας – ξανά

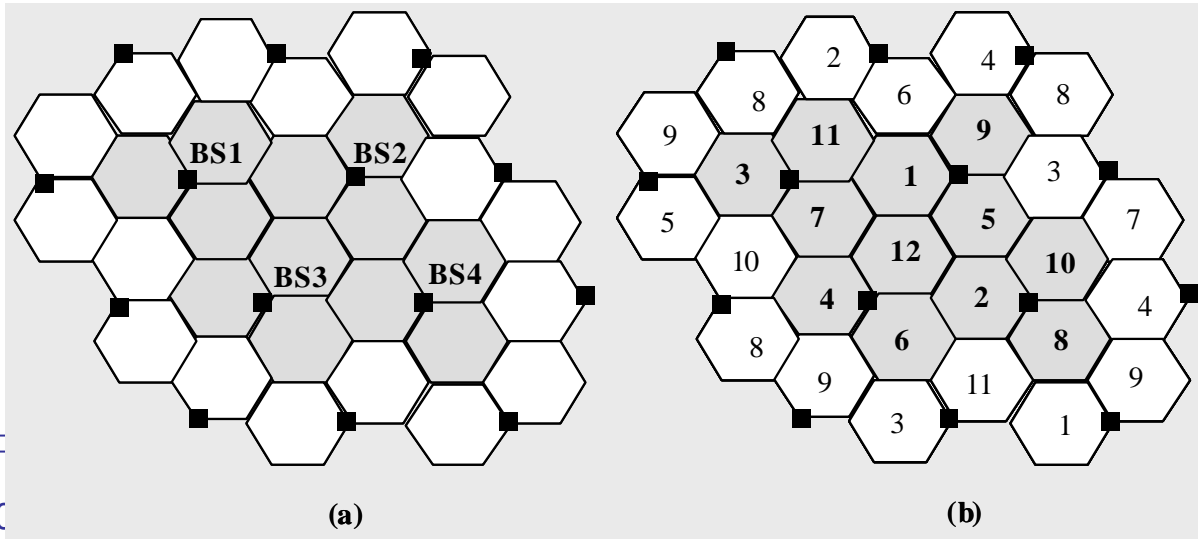
- Οι τελεστές  $i$  και  $j$  στη Σχέση 1 ονομάζονται συντελεστές μετακίνησης
- Για omnidirectional ΣΒ αν ξεκινήσει κανείς από οποιοδήποτε cell, μετακινηθεί μέσω οποιουδήποτε γειτονικού cell κατά  $i$  cell, στρίψει  $60^\circ$  κατά την αντίθετη φορά του ρολογιού, και μετακινηθεί κατά  $j$  cells, τότε το cell προορισμού είναι το κοντινότερο cell, ως προς το cell αφετηρίας, που μπορεί να χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες με το cell αφετηρίας.



# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## □ Επαναχρησιμοποίηση συχνότητας – ξανά

- Η μορφή αναδίπλωσης τύπου 4x3 είναι διαδεδομένη (στην εικόνα διακρίνεται ένα 4x3 cluster).
  - Τα δώδεκα cells αποτελούν το συγκρότημα (έντονη απόχρωση).
- Στην Εικόνα (a) οι ΣΒ στο cluster (μαύρα στίγματα στα cells έντονης απόχρωσης) είναι αριθμημένοι από 1 έως 4. Έστω ότι υπάρχουν 12 διαθέσιμες συχνότητες. Πως θα κατανεμηθούν σε ένα cluster ώστε να επιτυγχάνεται ελάχιστη ACI και CSI αλληλοπαρεμβολής;
- Το σενάριο Εικόνας (b) εξασφαλίζει το μικρότερο επίπεδο ACI και CSI ταυτόχρονα



# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

---

## ❑ Συστήματα Τρίτης Γενιάς (3G) UMTS / IMT2000

Οι βασικοί στόχοι

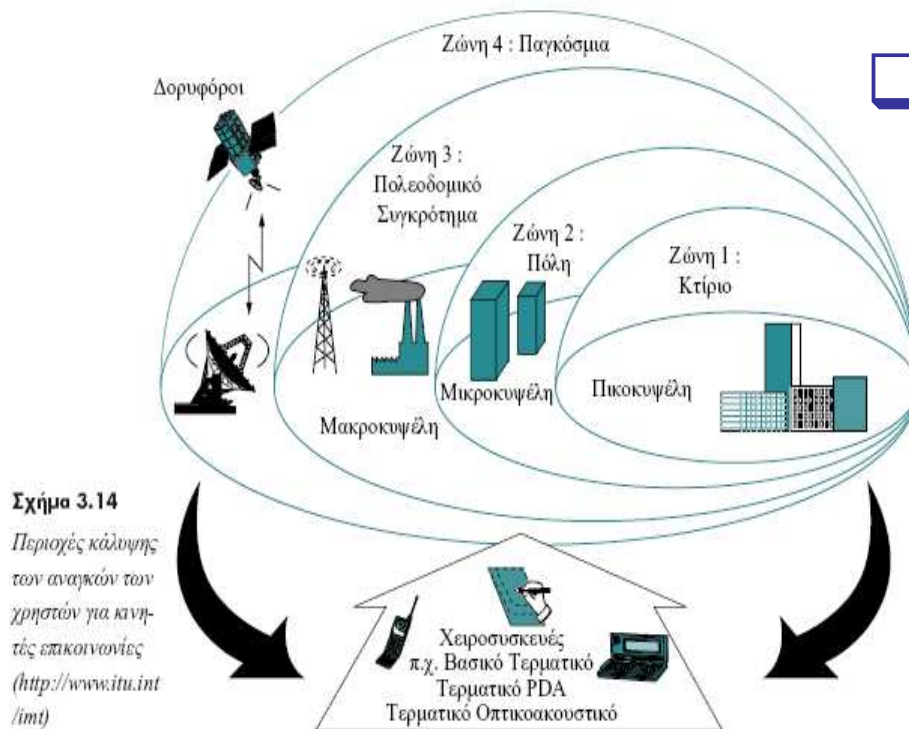
- Κοινά σχεδιαστικά γνωρίσματα σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Συμβατότητα υπηρεσιών, τόσο στο πλαίσιο των UMTS / IMT 2000 όσο και με τις υπηρεσίες των σταθερών δικτύων
- Υψηλή ποιότητα επικοινωνίας.
- Μικρό μέγεθος τερματικών για παγκόσμια χρήση.
- Δυνατότητα παγκόσμιας περιαγωγής.
- Δυνατότητα για εφαρμογές πολυμέσων και για εκμετάλλευση πληθώρας υπηρεσιών και τερματικών.

## ❑ Συστήματα Τρίτης Γενιάς (3G) UMTS / IMT2000

- Το εύρος φάσματος καλύπτει τις ζώνες 1885–2025 και 2110–2200 MHz
  - οι υποζώνες 1980–2010 και 2170–2200 MHz αφορούν το δορυφορικό τμήμα
- Η εκρηκτική ανάπτυξη των αναγκών για κινητές επικοινωνίες επέβαλε καθορισμό πρόσθετων ζωνών συχνοτήτων λειτουργίας για το IMT 2000 στις περιοχές των 806–960, 1720–1885 και 2500–2690 MHz

# Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες

## ❑ Συστήματα Τρίτης Γενιάς (3G) UMTS / IMT2000



### ❑ κύρια γνωρίσματα

- Υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας
- Μετάδοση δεδομένων
- Φιλικό περιβάλλον παροχής υπηρεσιών
- Κινητότητα και κάλυψη

# Περιεχόμενα

---

- ❑ Περιβάλλον ανάπτυξης δικτύων και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών
- ❑ Φωτονικά Δίκτυα
- ❑ Ασύρματες, κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες
- ❑ **Τεχνολογίες πρόσβασης**



# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

## □ Τελευταίο μίλι

- Ή Local Loop / Ή Access Network

## □ Αρχικά μόνο τηλεφωνικό

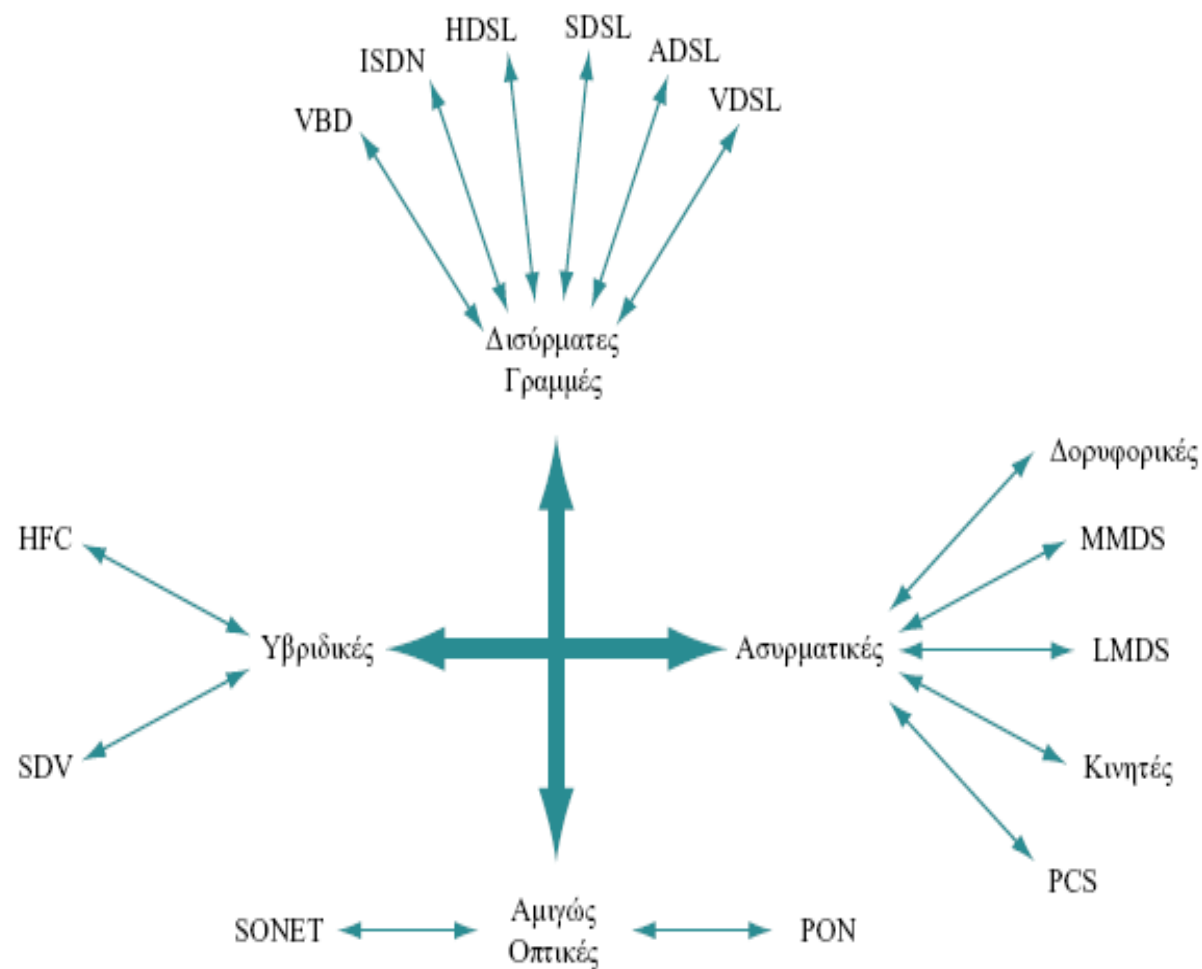
- PSTN/POTS
  - αναλογικός χαρακτήρας
  - συνεστραμμένο ζεύγος (twisted pair) χάλκινων αγωγών
  - περιορισμένο εύρος φάσματος ζώνης των 3,3 KHz
  - Εξασθένιση, cross-talk

## □ Μετά CATV

- Και αυτό προβλήματα

# Τεχνολογίες πρόσβασης

## □ Σήμερα



# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

## □ Τεχνολογίες δισύρματων γραμμών

- Ζητούμενο: υψηλές ταχύτητες πρόσβασης
- ITU V.34
  - Αναλογική διαμόρφωση/απόδιαμόρφωση
  - 36-56Kbps
- Ψηφιακό Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών (ISDN)
  - μετάδοση δεδομένων 144 Kbps και προς τις δύο κατευθύνσεις
    - Τα 144 Kbps χωρίζονται σε 2 διαύλους B των 64 kbps ο καθένας και σε 1 δίαυλο D των 16 Kbps.
    - Οι δίαυλοι B μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δύο ξεχωριστές τηλεφωνικές κλήσεις (επικοινωνίες), για μια τηλεφωνική κλήση και μια κλήση δεδομένων ή για μια κλήση δεδομένων των 128 Kbps.

# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

## □ Τεχνολογίες δισύρματων γραμμών

- Ψηφιακές Συνδρομητικές Γραμμές
- Digital Subscriber Line, DSL
- γραμμές xDSL
- ομάδα διαφορετικών τεχνολογιών για εφαρμογή στη δισύρματη γραμμή του δικτύου πρόσβασης
- Για υποστήριξη μετάδοσης διαφορετικών μορφών πληροφοριών, όπως δεδομένα, φωνή, κινούμενη εικόνα – βίντεο
- Μεταξύ των τεχνολογιών υπάρχουν διαφορές
  - καλυπτόμενης απόστασης
  - ρυθμός μετάδοσης,
  - συμμετρία των ρυθμών μετάδοσης αποστολής / λήψης

# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

## □ ADSL / Assymetric DSL

- Ασύμμετρη μετάδοση
- ADSL-1
  - ρυθμούς μετάδοσης 1,5 ή 2 Mbps προς το συνδρομητή και 16–64 Kbps από το συνδρομητή,
- ADSL-3
  - ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 6,144 Mbps προς το συνδρομητή, και αμφίδρομο δίαυλο μέχρι 640 Kbps
- ADSL-1 για αποστάσεις 5,5 km
- ADSL-3 για αποστάσεις 3,7 km

# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

- ❑ Υψίρρυθμη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή
  - High Bit–Rate Digital Subscriber Line, HDSL
  - Σύμμετρη μετάδοση
  - 1 δισύρματο ζεύγος για ρυθμό μετάδοσης 768 Kbps
  - 2 δισύρματες για ρυθμό μετάδοσης 1.544 Mbps
  - 3 δισύρματες για ρυθμό μετάδοσης 2,048 Mbps.
  - ως εναλλακτικές συνδέσεις των γραμμών T1 / E1,
    - ρυθμούς μετάδοσης 1,5 ή 2 Mbps προς το συνδρομητή και 16–64 Kbps από το συνδρομητή,
  - HDSL για αποστάσεις 4-5 km
    - Χωρίς ενίσχυση

# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

## ❑ Ψηφιακή Γραμμή Πολύ Υψηλού Ρυθμού

- Very – High – Data Rate Digital Subscriber Line, VDSL
- προσφέρει τον υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης που φθάνει στα 52 Mbps
- μείωση της απόστασης στο συνδρομητικό βρόχο
  - 300 – 1500 μέτρα.
- Χρήση οπτικού μέχρι διανομέα
  - μονάδα οπτικού δικτύου (Optical Network Unit, ONU)
- Που τερματίζει το οπτικό ;
  - «οπτική ίνα στη γειτονιά» (Fiber to the Neighborhood, FTTN)
  - «οπτική ίνα στο υπόγειο» (Fiber to the Basement, FTTB),
  - «οπτική ίνα στον ακραίο διακλαδωτή» (Fiber to the Curb, FTTC).
- Μετά δισύρματο ζεύγος

# Τεχνολογίες πρόσβασης

---

## ❑ Ψηφιακή Γραμμή Πολύ Υψηλού Ρυθμού

- Συμμετρική
  - 13 έως 26Mbps DOWNLINK-UPLINK
- Ασύμμετρη
  - 26 έως 52Mbps DOWNLINK
  - 3 έως 6Mbps UPLINK
- Εφαρμογές
  - βίντεο κατ' απαίτηση
  - καλωδιακή τηλεόραση
  - ιδιωτικά δίκτυα
  - ψηφιακή τηλεόραση HDTV.