

# Λίγη ιστορία

- 1864 Theory of electromagnetic fields (J. C. Maxwell)
- 1886 Experimental demonstration of the wave character of electrical transmission in space (H. Hertz)
- 1896 Public demonstration of wireless telegraphy (G. Marconi)
- 1901 First transatlantic radio transmission (G. Marconi)



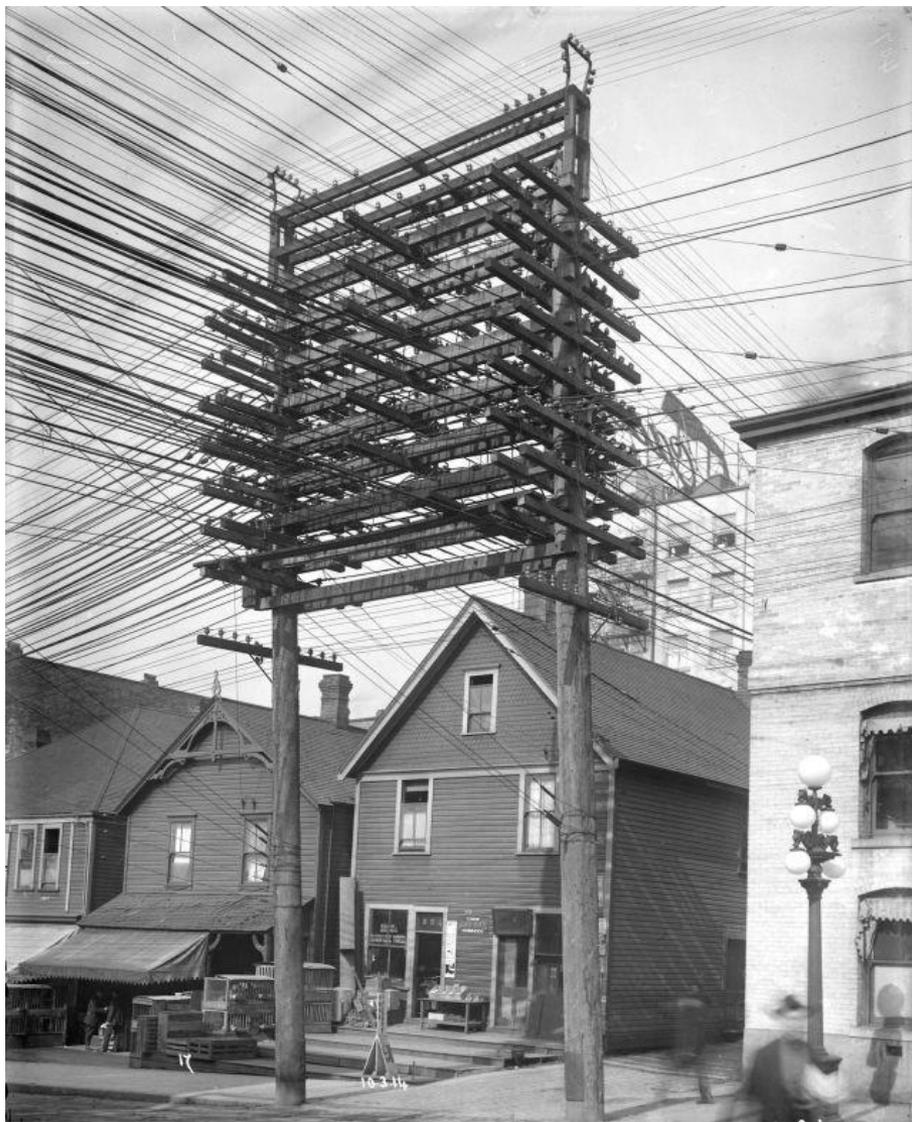
James Clerk Maxwell  
(1831-1879)



Heinrich Hertz  
(1857 - 1894)



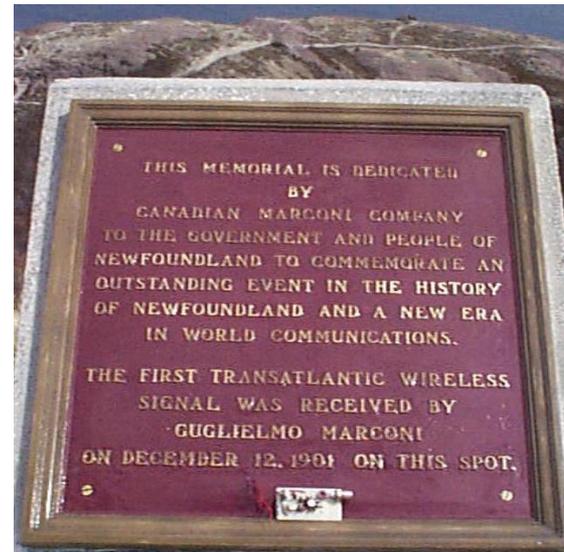
Guglielmo Marconi  
(1874 - 1937)



1901: Marconi



"Are you ready"



"S"

- 1906 Wireless transmission of human speech (R. A. Fessenden)
- 1909 First broadcast radio station in America
- 1921 Mobile receivers installed in Detroit police cars
- 1946 Interconnection of mobile users to public switched telephone network (AT&T)



Early version of a "mobile" phone (Bell Labs, 1924)



Wireless Telephone Set (Marconi, 1920)

## Εξέλιξη των ασυρμάτων επικοινωνιών φωνής

- ❑ Υπηρεσία κινητών τηλεφώνων πρώτη η AT&T το 1946.
- ❑ Κινητή αλλά όχι κυψελοειδής. Ο σταθμός βάσης είχε εμβέλεια περίπου 100 km.
- ❑ Τα πρώτα συστήματα, βασισμένα στο FM, απαιτούσαν φάσμα εύρους 120 kHz για μετάδοση φάσματος φωνής 3 kHz.
- ❑ Ογκώδεις συσκευές (εγκατεστημένες σε αυτοκίνητα).
- ❑ Μικρή χωρητικότητα: 50 χρήστες
- ❑ Μέθοδος πολλαπλής προσπέλασης FD (διαίρεση συχνότητας)

## Εξέλιξη των ασυρμάτων επικοινωνιών φωνής

- ❑ Το επόμενο βήμα ήταν η χρήση μεθόδων συγκανάλωσης (trunking – trunk=κορμός)
- ❑ Χαλαρώνοντας τον περιορισμό της απαίτησης ενός καναλιού αποκλειστικά δεσμευμένου για κάθε χρήστη.
- ❑ Έτσι αναπτύχθηκαν πομποδέκτες γρήγορου συντονισμού για ανεύρεση ελευθέρων καναλιών.

- ❑ Η έννοια της **κυψελοειδούς κάλυψης** εμφανίζεται στην αρχή της δεκαετίας του 1970.
- ❑ Η κυψελοειδής κάλυψη δεν είναι μια νέα τεχνολογία αλλά μια νέα οργάνωση των πόρων για κάλυψη μεγάλης περιοχής.
- ❑ Η έννοια της κυψελοειδούς κάλυψης οδήγησε στην έννοια της **επαναχρησιμοποίησης** της συχνότητας.
- ❑ Απαιτεί πολύπλοκους αλγορίθμους ελέγχου κυρίως για την υποστήριξη της μεταπομπής (handoff ) δηλαδή την μεταγωγή από ένα σταθμό βάσης σε άλλο.
- ❑ Στην αρχή των 1990s γίνεται ψηφιακή μετάδοση της φωνής - συστήματα 2<sup>ης</sup> γενιάς (2G).
- ❑ Αναπτύσσονται μικρότερες και με μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίες. Σμίκρυνση των κινητών συσκευών.

1988 Σχεδίαση του GSM

1988 Ανάπτυξη του IS-54 (ΗΠΑ)

1988 Ανάπτυξη του CDMA (ΗΠΑ)

1991 Ανάπτυξη του GSM

1993 Ανάπτυξη του IS-95 (ΗΠΑ)

1998 Αρχίζει η σύνταξη κανονισμών (standards) για το 3G

1999 Η ITU επιλεγεί 5 τεχνολογίες για το IMT-2000

2001 Η NTT DoCoMo εγκαθιστά το πρώτο W-CDMA

2009 Πρώτη εμπορική εγκατάσταση 4G στη Νορβηγία

### Mobile 1G

AMPS, NMT, TACS



### Mobile 2G

D-AMPS, GSM/GPRS,  
cdmaOne



### Mobile 3G

CDMA2000/EV-DO,  
WCDMA/HSPA+, TD-SCDMA



### Mobile 4G LTE

LTE, LTE Advanced



N/A

Analog Voice



<0.5 Mbps<sup>1</sup>

Digital Voice + Simple Data



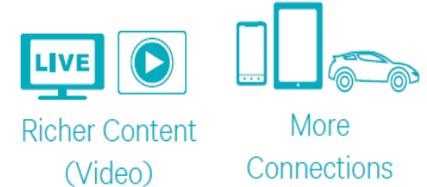
63+ Mbps<sup>2</sup>

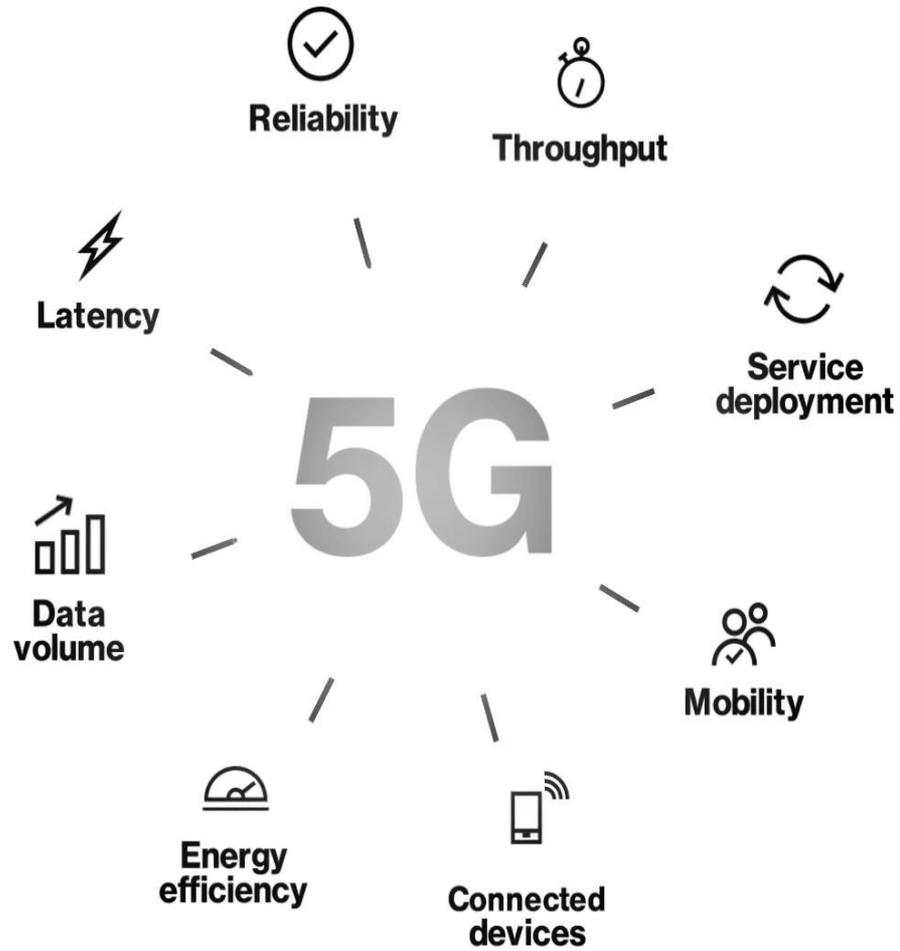
Mobile Broadband



300+ Mbps<sup>3</sup>

Faster and Better





# Λίγη ακόμα ιστορία

## Εξέλιξη ασυρμάτων δικτύων μετάδοσης δεδομένων

1983 ARDIS – Ιδιωτικό δίκτυο Motorola/IBM

1990 Αρχίζει η σύνταξη του **IEEE 802.11**

1992 Αναπτύσσεται το HIPERPLAN στην Ευρώπη

1997 Απελευθερώνονται οι ζώνες φάσματος U-NII (5.8GHz), ολοκληρώνεται η προδιαγραφή IEEE 802.11, ξεκινά το **GPRS**

1998 Εμφανίζονται το **Bluetooth** and το **IEEE 802.11b** (2.4GHz, 11Mbps)

1999 Εμφανίζονται τα **IEEE 802.11a** (5GHz, 54Mbps) και HIPERPLAN-2.

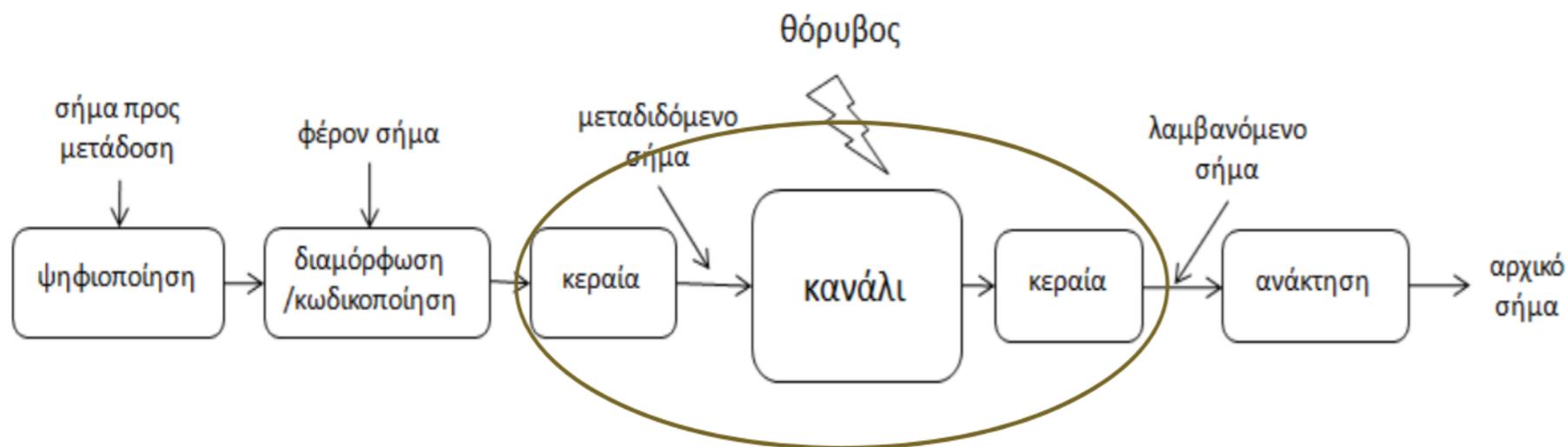
2003 Εμφανίζεται το **IEEE 802.11g** (2.4GHz, 54Mbps)

2004 Εμφανίζεται το **IEEE 802.16a (WiMAX)** (2.4-11GHz, 75Mbps, 50 km)

# Ασύρματες Ζεύξεις

- Ως «ασύρματες ζεύξεις» ή «ραδιοζεύξεις», χαρακτηρίζονται οι ζεύξεις που, για τη μετάδοση πληροφορίας (φωνής, εικόνας, δεδομένων κλπ.), χρησιμοποιούν **ηλεκτρομαγνητικά κύματα (30 kHz – 300GHz)**
- Κύριο χαρακτηριστικό των ζεύξεων αυτών είναι η απουσία φυσικής σύνδεσης (γραμμή μεταφοράς κυματοδηγός) μεταξύ πομπού και δέκτη και η **χρήση της ατμόσφαιρας ή του διαστήματος** ως μέσου μετάδοσης

# Διάδοση σήματος

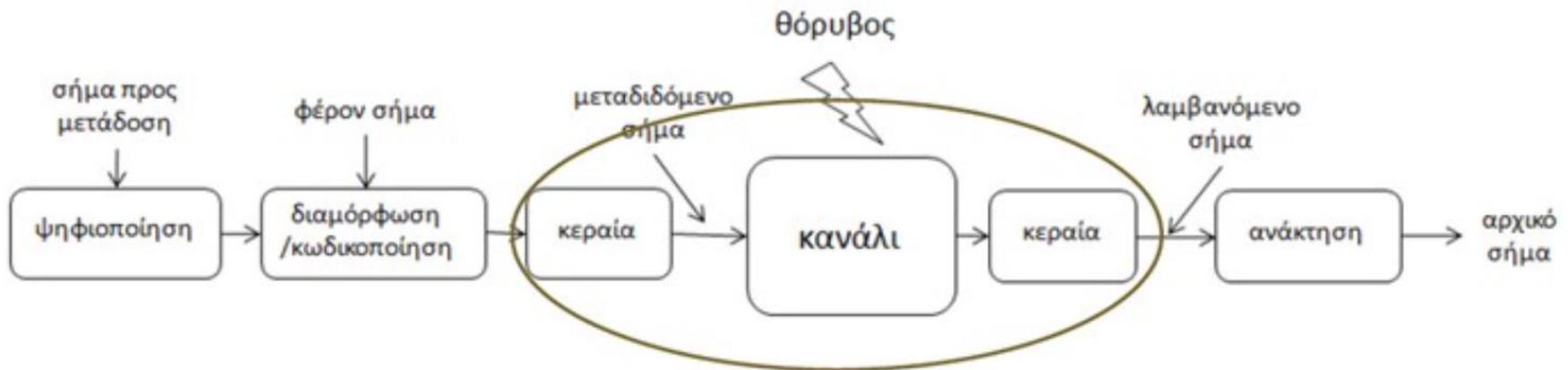


# Χαρακτηριστικά καναλιού επικοινωνίας

- Κατευθυνόμενη ή μη επικοινωνία
  - το ηλ ηλ. κύμα διαδίδεται προς “μια” κατεύθυνση η προς περισσότερες (ή όλες) τις κατευθύνσεις
- Εύρος ζώνης συχνοτήτων  $W$  (Hz)
  - το σύνολο των συχνοτήτων που μπορεί να έχει ένα σήμα ώστε να μεταδοθεί μέσα από το κανάλι
- Επίπεδο θορύβου
  - συνήθως μετράται με το λόγο ισχύος σήματος προς θόρυβο  $S/N$  ( συνήθως σε dB)
- Χωρητικότητα καναλιού
  - ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (ταχύτητα μετάδοσης )

# Ασύρματη διάδοση (1/2)

- Φορέας μεταφοράς πληροφορίας:
  - Ηλεκτρομαγνητικό κύμα (σε όλες τις μορφές του)



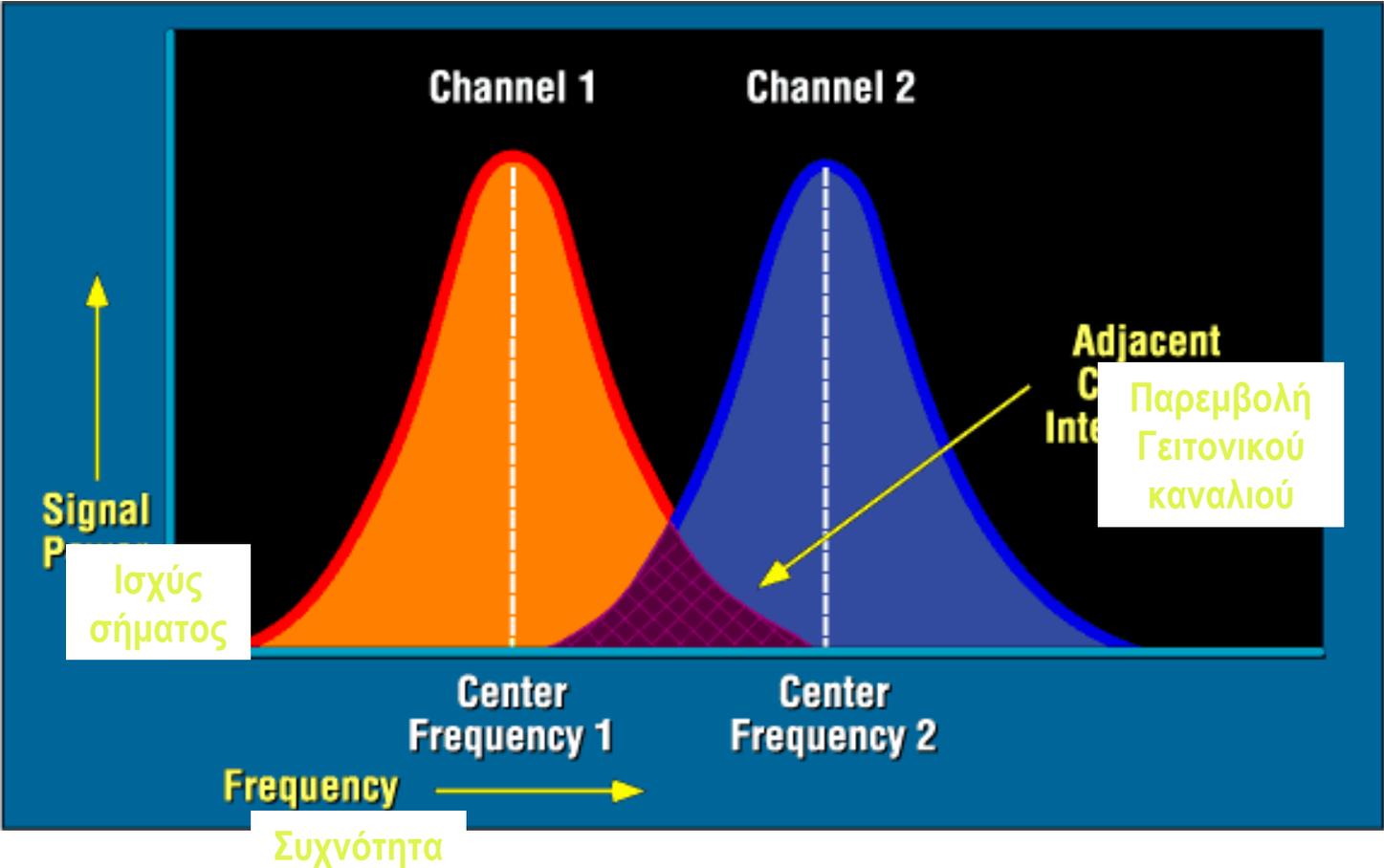
*Διάδοση: περιγράφει τη διέλευση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος μέσα από το κανάλι επικοινωνίας*

# Ασύρματη διάδοση (2/2)

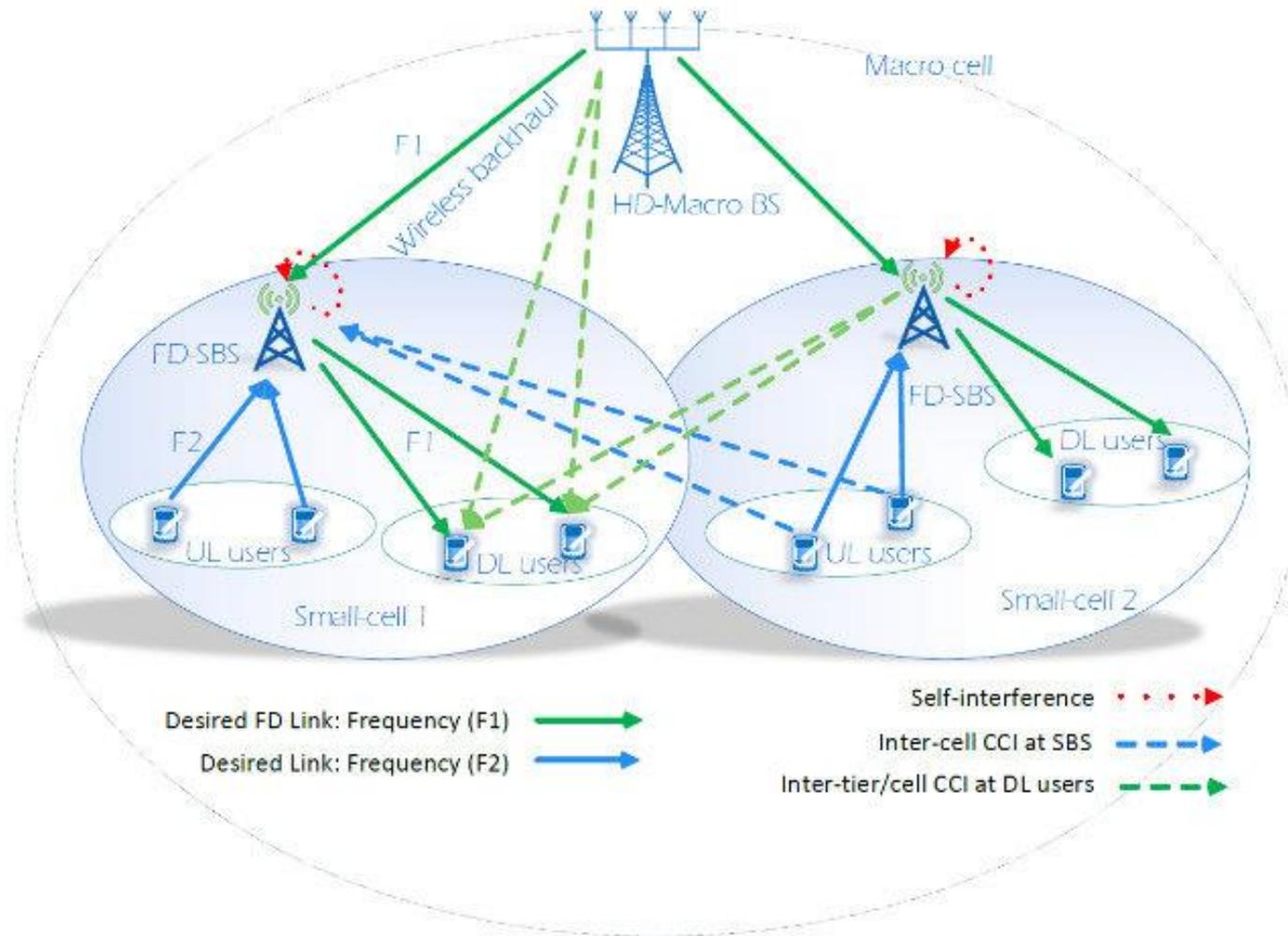
- Διακρίνονται δύο είδη:
  - κατευθυνόμενη
    - το η/μ κύμα διαδίδεται προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις
  - μη κατευθυνόμενη
    - το η/μ κύμα διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις
- Χαρακτηριστικά μεταδιδόμενου η/μ κύματος
  - ισχύς
    - επηρεάζει την απόσταση της ζεύξης
  - συχνότητα ( $f$ ) (ισοδύναμα: μήκος κύματος  $\lambda=c/f$ )
    - επηρεάζει τις απώλειες ισχύος και επομένως την απόσταση της ζεύξης (μεγαλύτερες συχνότητες  $\rightarrow$  μεγαλύτερες απώλειες)
    - συνήθως το μεταδιδόμενο η/μ κύμα αποτελείται από πολλά η/μ κύματα με διαφορετικές συχνότητες
    - διαφορετικές συνθήκες διάδοσης για κάθε συνιστώσα



# Παρεμβολή Γειτονικού καναλιού



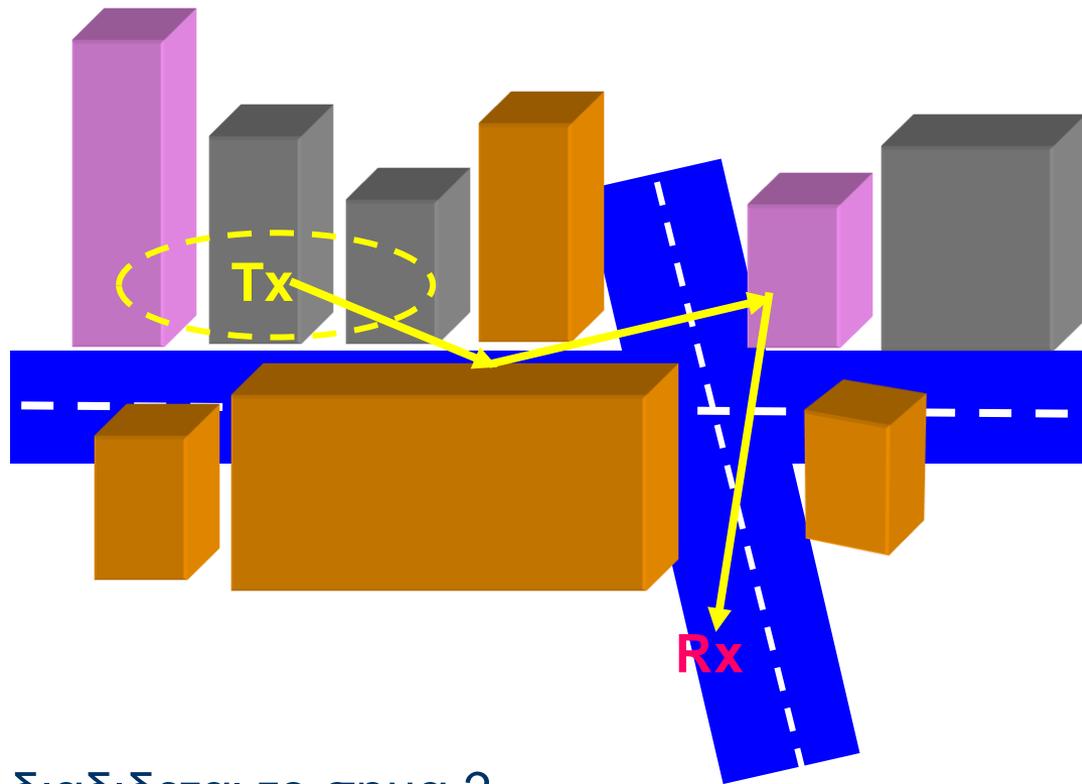
# Συγκαναλική παρεμβολή



# Σημαντικοί παράμετροι επικοινωνίας στην ασύρματη επικοινωνία

- Ύψη κεραιών από το έδαφος
- Απουσία ύπαρξης απευθείας κύματος
- Επίδραση του εδάφους και παρουσία ηλεκτρομαγνητικών σκεδαστών
- Μεταβολή του εδαφικού ανάγλυφου (πχ θάλασσα)

# Τι μελετάμε με τα μοντέλα διάδοσης



- πως διαδίδεται το σήμα ?
- ποση αποσβεση ή παραμόρφωση υφίσταται ?
- Πως φτάνει το σήμα στον δέκτη ?

# Κατηγορίες μοντέλων διάδοσης

## – *Μεγάλης Κλίμακας (Large-scale)*

Πραγματοποιείται εκτίμηση της ισχύος του σήματος σε μεγάλες αποστάσεις Πομπού – Δέκτη (T-R Distance: Μερικές εκατοντάδες ή και χιλιάδες μέτρων)

## – *Μικρής κλίμακας (Small-scale)*

Πραγματοποιείται εκτίμηση της ισχύος του σήματος σε πολύ μικρές αποστάσεις Πομπού – Δέκτη (T-R Distance: 15-30 μέτρα σε εξωτερικό χώρο)

# Μοντέλα Διάδοσης

- Αναλυτικά μοντέλα : Χρησιμοποιούν γεωμετρικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος διάδοσης – ντετερμινιστική εκτίμηση
- Εμπειρικά : Προέρχονται από προσαρμογές σε πειραματικά αποτελέσματα, δίνουν στατιστικές κατανομές των διαλείψεων και την εξασθένιση του σήματος με την απόσταση πομπού-δέκτη
- Στατιστικά μοντέλα : Βασίζονται σε συγκεκριμένες παραδοχές (πιο απλά)

# Αναλυτικά Μοντέλα διάδοσης

- Βασίζονται στην άθροιση των κύριων συνιστωσών του σήματος στο δέκτη
- Αξιοποιούνται βασικές αρχές της γεωμετρικής οπτικής, Φυσικής κτλ
- Ray –tracing : Μέθοδος μελέτης διάδοσης βήμα-βήμα
  - Χρειάζονται πλήρης πληροφορίες σχετικά με τον πομπό, τον δέκτη και τους σκεδαστές καθώς και τα χαρακτηριστικά των υλικών των σκεδαστών
  - Βασίζεται είτε σε όλες τις ακτίνες που φθάνουν στον δέκτη, είτε στις πιο σημαντικές (μέχρι 2<sup>ης</sup> τάξης)

# Εμπειρικά μοντέλα διάδοσης

- Βασικές παράμετροι :
  - Συχνότητα
  - Περιβάλλον διάδοσης (αστικό, ήμι-αστικό, αγροτικό)
  - Απόσταση πομπού-δέκτη
  - Ύψη κεραίας εκπομπής και λήψης
  - Μορφολογία περιβάλλοντος διάδοσης (ύψη κτιρίων, θέσεις δρόμων, παρουσία δένδρων κτλ)
- Ο υπολογισμός της μέσης λαμβανόμενης ισχύος ή της απώλειας διάδοσης γίνεται με βάση τις τιμές της μέσης λαμβανόμενης ισχύος ή της απώλειας διάδοσης σε μία συγκεκριμένη απόσταση αναφοράς πομπού – δέκτη  $d_0$  (Η  $d_0$  πρέπει να είναι σχετικά μικρή αλλά να ανήκει στο μακρινό πεδίο)

# Μοντέλο ανάλογα με τις συνθήκες διάδοσης

Models	Frequency Range	Applicable	Different terrain support/comments
ITU Terrain Model	Any	LOS	Support all terrains/based on diffraction theory
Egli model	Not specified	LOS	Not applicable in the foliage area
Early ITU model	Not specified	LOS	Support vegetation obstacles/ suitable for microwave link
Weissberger's model	230 MHz-95 GHz	LOS	Only applicable when foliage obstruction in the microwave link
Okumura model	200 MHz-1920 MHz	LOS/NLOS	Ideal in the city area
Hata model	150 MHz-1500 MHz	LOS/NLOS	Support all terrains/ limited antenna height 10 m. in small city
Lee model (Area to Area)	900 MHz	LOS/NLOS	Use more correction factors to make it flexible in all conditions
Lee model (Point to point)	900 MHz	LOS	Use more correction factors to make it flexible in all conditions
Longley –Rice model	20 MHz-20 GHz	LOS/NLOS	Suitable in VHF and UHF use

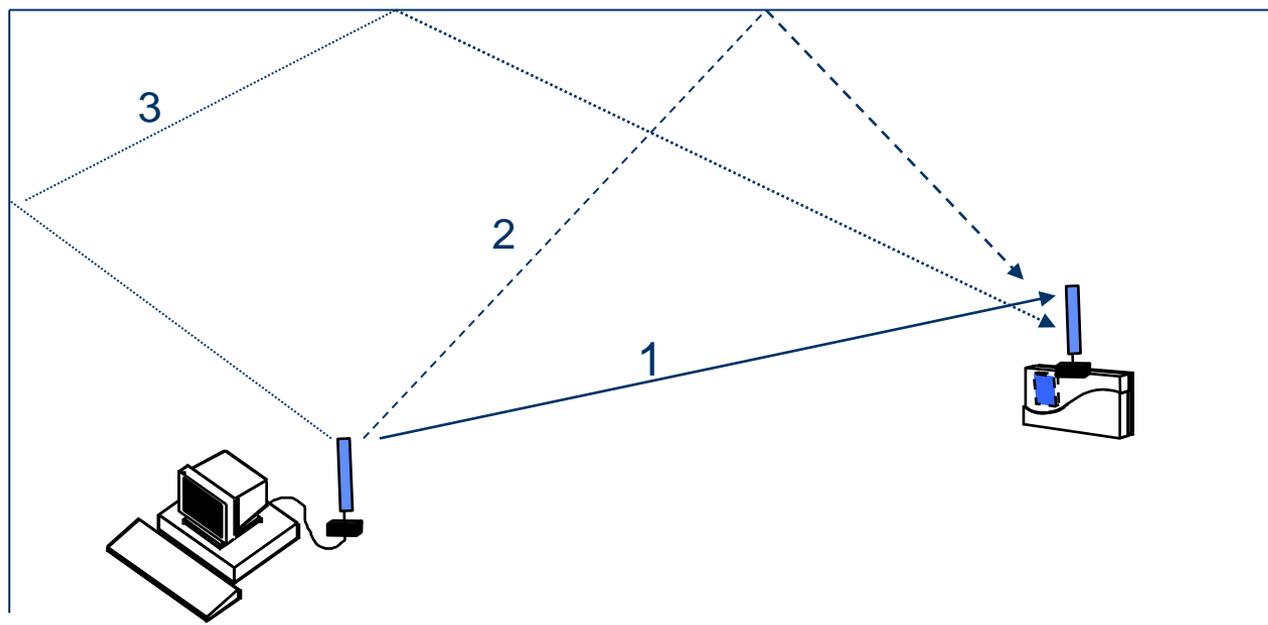
# Πολλαπλά μοντέλα για πολλαπλά σήματα



Σήμα εκπομπής



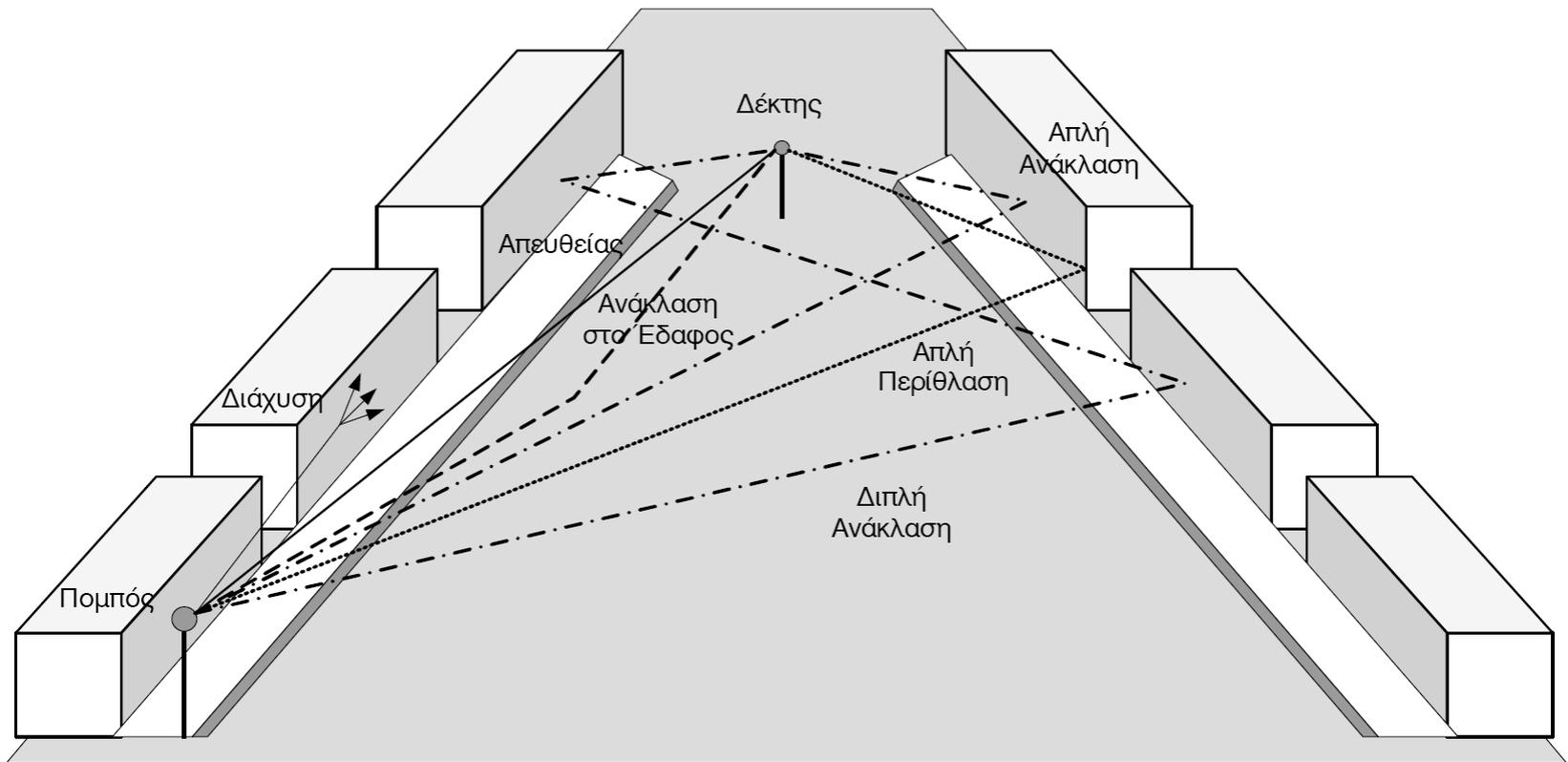
Σήμα λήψης



# Φαινόμενα διάδοσης

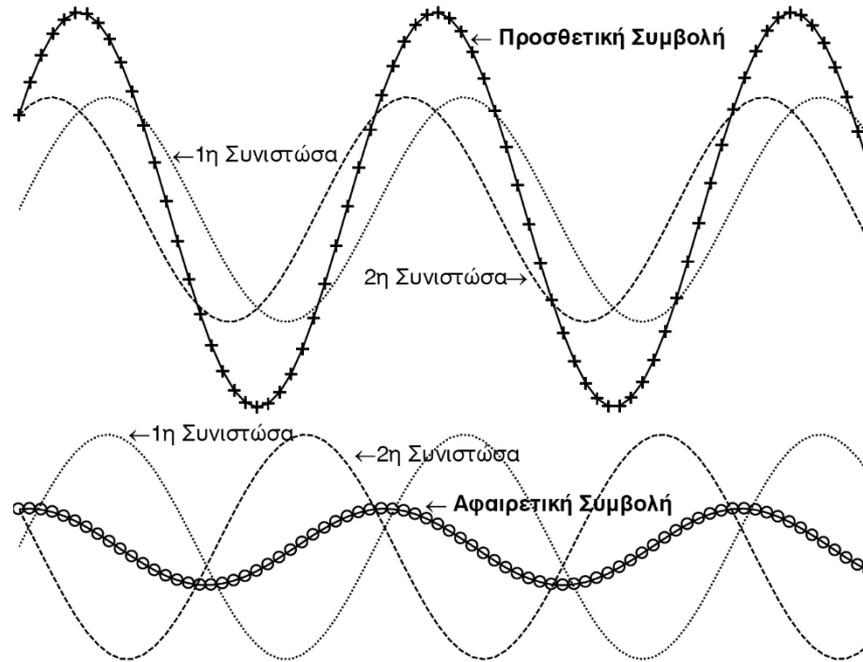
- Εξασθένιση πλάτους (path loss) : Εκφράζει την εξάρτηση της μέσης ισχύος του λαμβανόμενου σήματος με την απόσταση πομπού-δέκτη
- Σκίαση (shadowing) : Εκφράζει τη κατανομή της μέσης τιμής της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος σε σχέση με το περιβάλλον διάδοσης
- Πολυδιαδρομική διάδοση (multipath) : Εκφράζει τη μικρής ή μεγάλης κλίμακας διαλείψεις της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος λόγω αθροιστικής ή αφαιρετικής συμβολής των συνιστωσών του. Η κλίμακα αντιστοιχεί σε μικρές ή μεγάλες μετατοπίσεις του δέκτη
- Παρεμβολές (interference) : Εκφράζει τις παρεμβολές στον ίδιο δίαυλο ή μεταξύ γειτονικών διαύλων

# Περιβάλλον Διάδοσης=Διαλείψεις



Ανάλογα με το περιβάλλον, ο δέκτης λαμβάνει πολλαπλές συνιστώσες (εκδόσεις) του ίδιου σήματος

# Συμβολή Κυμάτων



- Διαφορετικό μονοπάτι = Ολίσθηση φάσης = Αφαιρετική ή Προσθετική συμβολή
- Κινούμενο δέκτης ή/και κινούμενα αντικείμενα = Πλήρως δυναμικό περιβάλλον

# Χωρική Μεταβολή Περιβάλλουσας (πλάτους)

