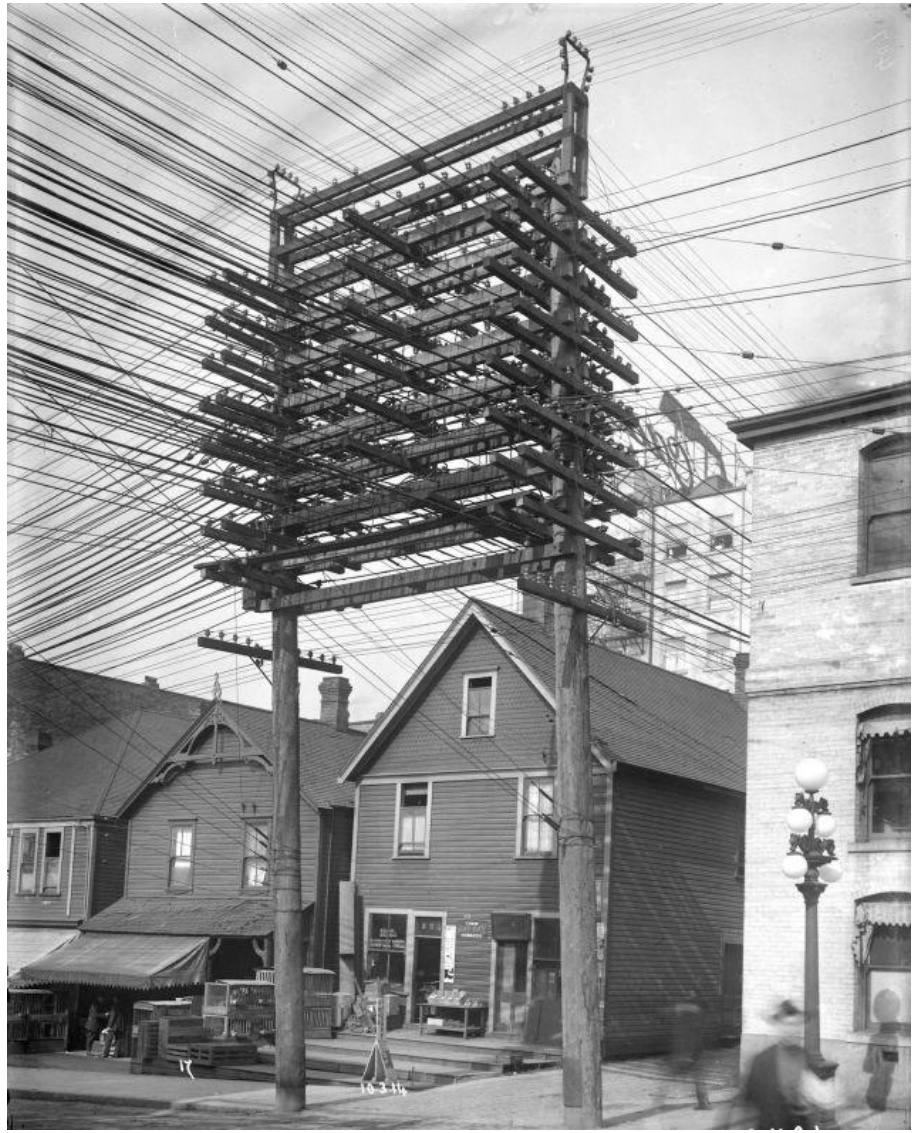
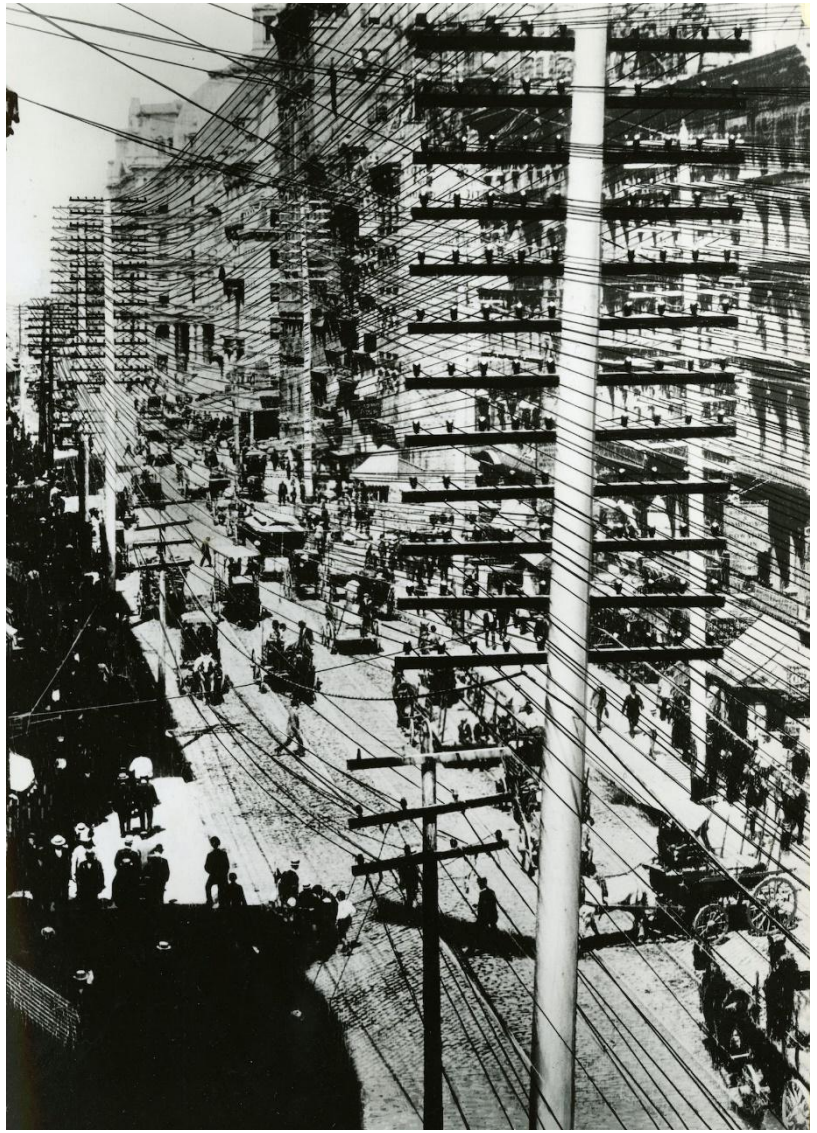
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

IP και δίκτυα κινητών επικοινωνιών

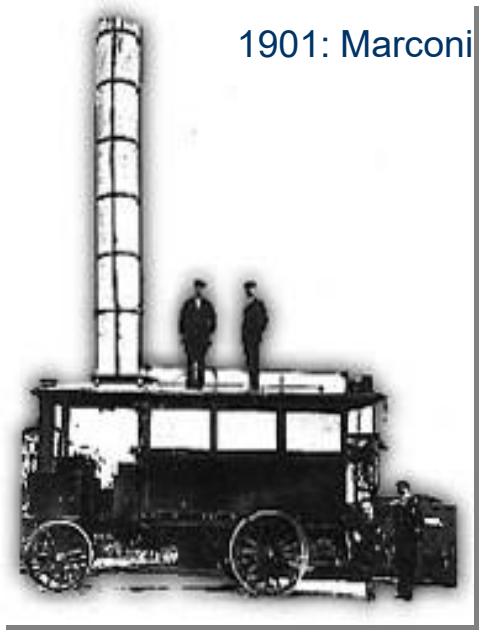
Πριν τις ασύρματες επικοινωνίες





Κινητές Επικοινωνίες στις αρχές του 20ου αιώνα

1901: Marconi

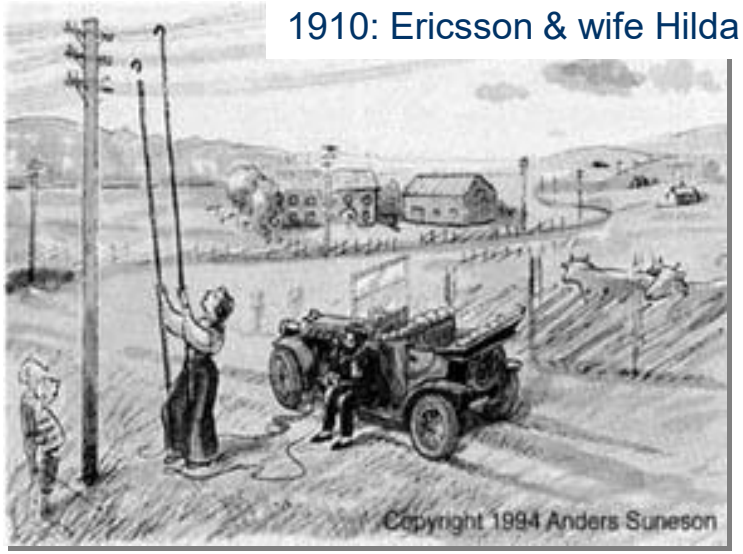


"Are you ready"

"S"

Κινητές Επικοινωνίες στις αρχές του 20ου αιώνα

1910: Ericsson & wife Hilda



1924: First mobile radio telephone

Courtesy of Rich Howard

Γενιές κινητών επικοινωνιών

- 0G: Briefcase-size mobile radio telephones
- 1G: *Analog* cellular telephony (end ‘70s)
- 2G: *Digital* cellular telephony (beg ’90’s)
- 3G: *High-speed* digital cellular telephony (including *video telephony*) (beg ’00)
- 4G: IP-based “anytime, anywhere” voice, data, and multimedia telephony at *faster* data rates than 3G (beg ’10)
- 5G: 10-times faster data rates, much more flexible in mobility, Internet of Things (IoT) support (cheap, low energy, massive number of devices) (beg ’20)

Εξέλιξη

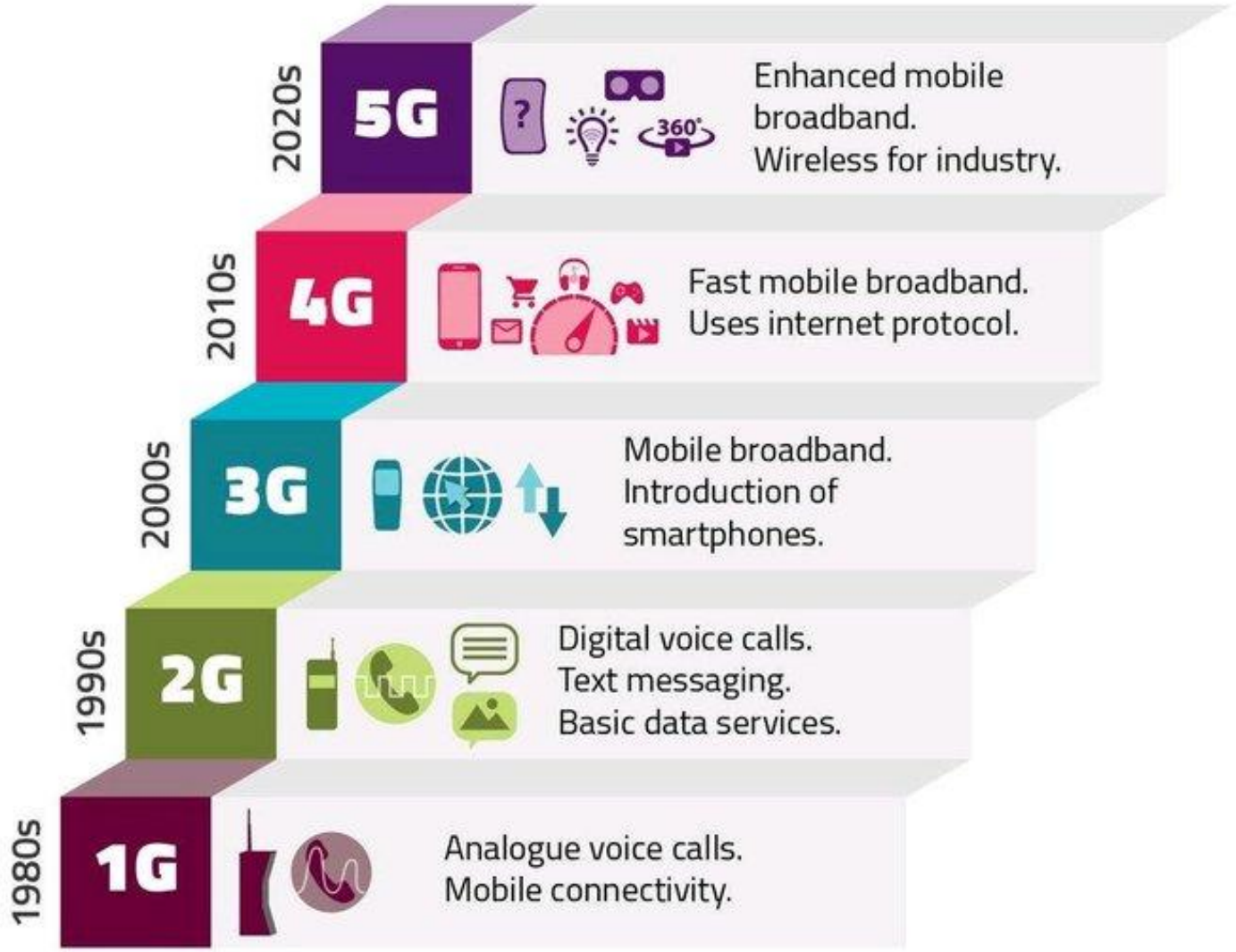
- Το πρώτο επίσημο κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιήθηκε στη Σουηδία από την αστυνομία το 1946 – μπορούσε να πραγματοποιήσει 6 σύντομες κλήσεις μέχρι να αδειάει η μπαταρία του αυτοκινήτου

- Ανάπτυξη κυψελωτών συστημάτων από την Bell Labs το 1947

- Το 1983 η Motorola διέθεσε εμπορικά το DynaTAC 8000X (900gr - $3.500)

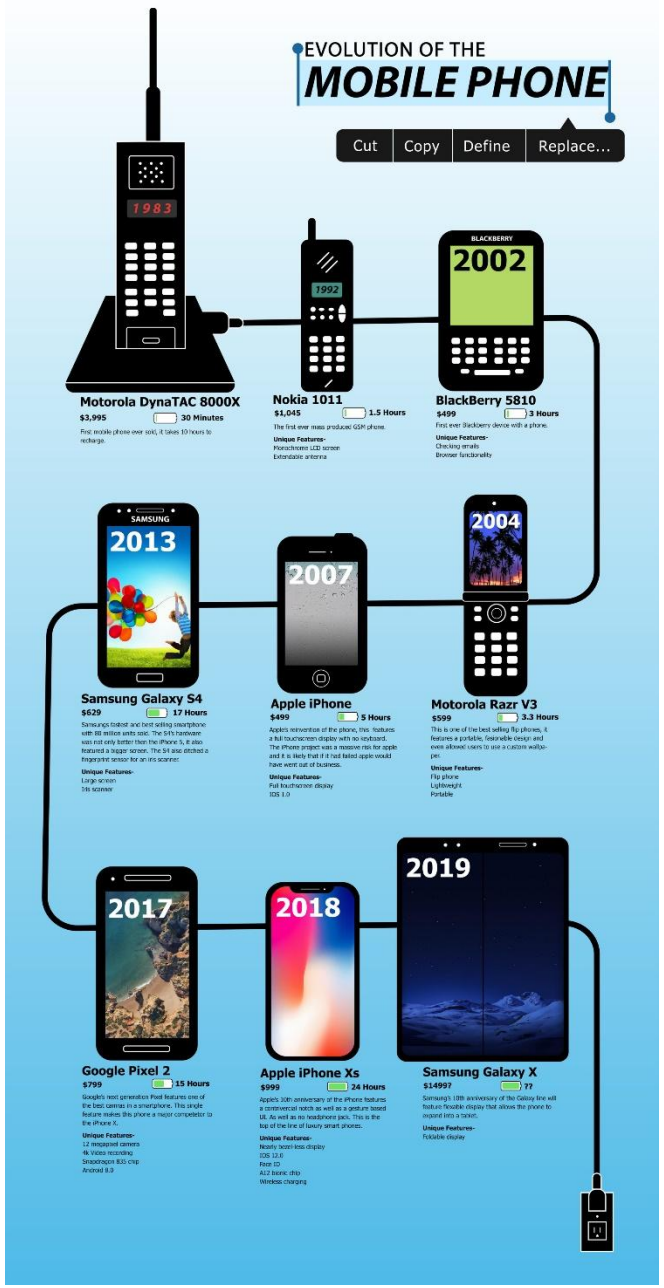
- Το 1991 η Motorola εισήγαγε το MicroTac Lite ως μια αισθητά ελαφρύτερη έκδοση (350gr - $1.000)

Εξέλιξη


2020s
5G
Enhanced mobile broadband.
Wireless for industry.
2010s
4G
Fast mobile broadband.
Uses internet protocol.
2000s
3G
Mobile broadband.
Introduction of smartphones.
1990s
2G
Digital voice calls.
Text messaging.
Basic data services.
1980s
1G
Analogue voice calls.
Mobile connectivity.

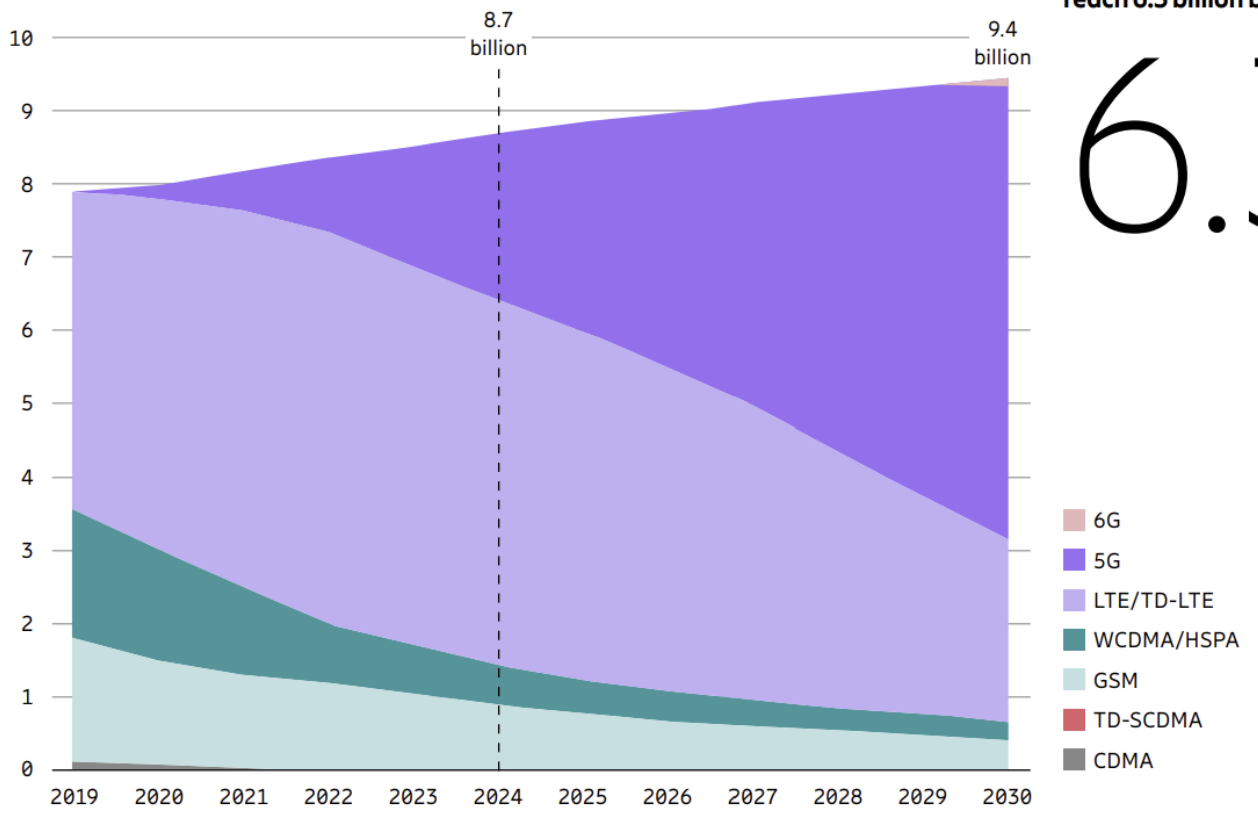
Εξέλιξη

The Evolution Of Mobiles
1973 to 2020
CC@TechnicalDesk


EVOLUTION OF THE
MOBILE PHONE
Cut
Copy
Define
Replace...
1983
Motorola DynaTAC 8000X
$3,995
30 Minutes
1992
Nokia 1011
$1,045
1.5 Hours
BLACKBERRY
2002
BlackBerry 5810
$499
3 Hours
SAMSUNG
2013
Samsung Galaxy S4
$629
17 Hours
2007
Apple iPhone
$499
5 Hours
2004
Motorola Razr V3
$599
3.3 Hours
2017
Google Pixel 2
$799
15 Hours
2018
Apple iPhone Xs
$999
24 Hours
2019
Samsung Galaxy X
$14997
??

Αύξηση συνδρομητών ανά τεχνολογία

Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)

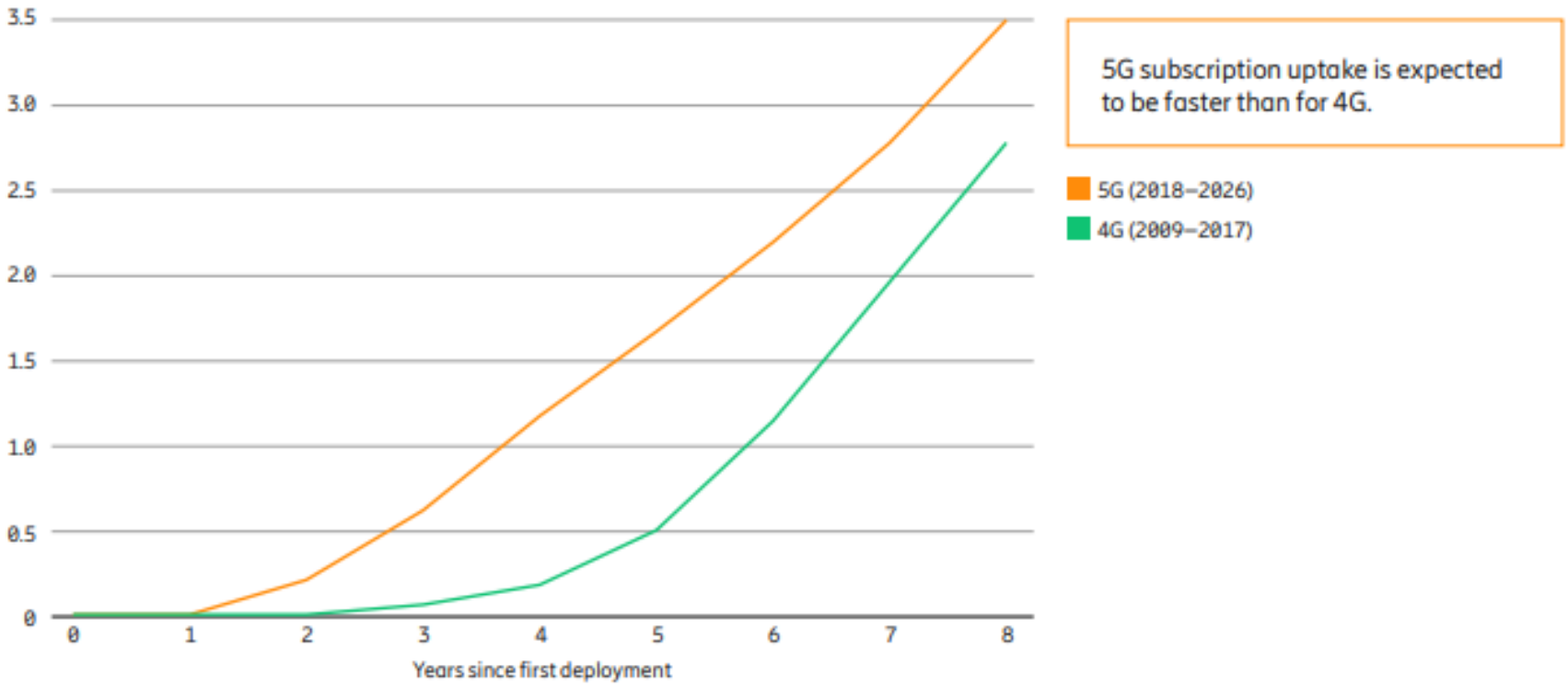


5G subscriptions are forecast to reach 6.3 billion by the end of 2030.

6.3bn

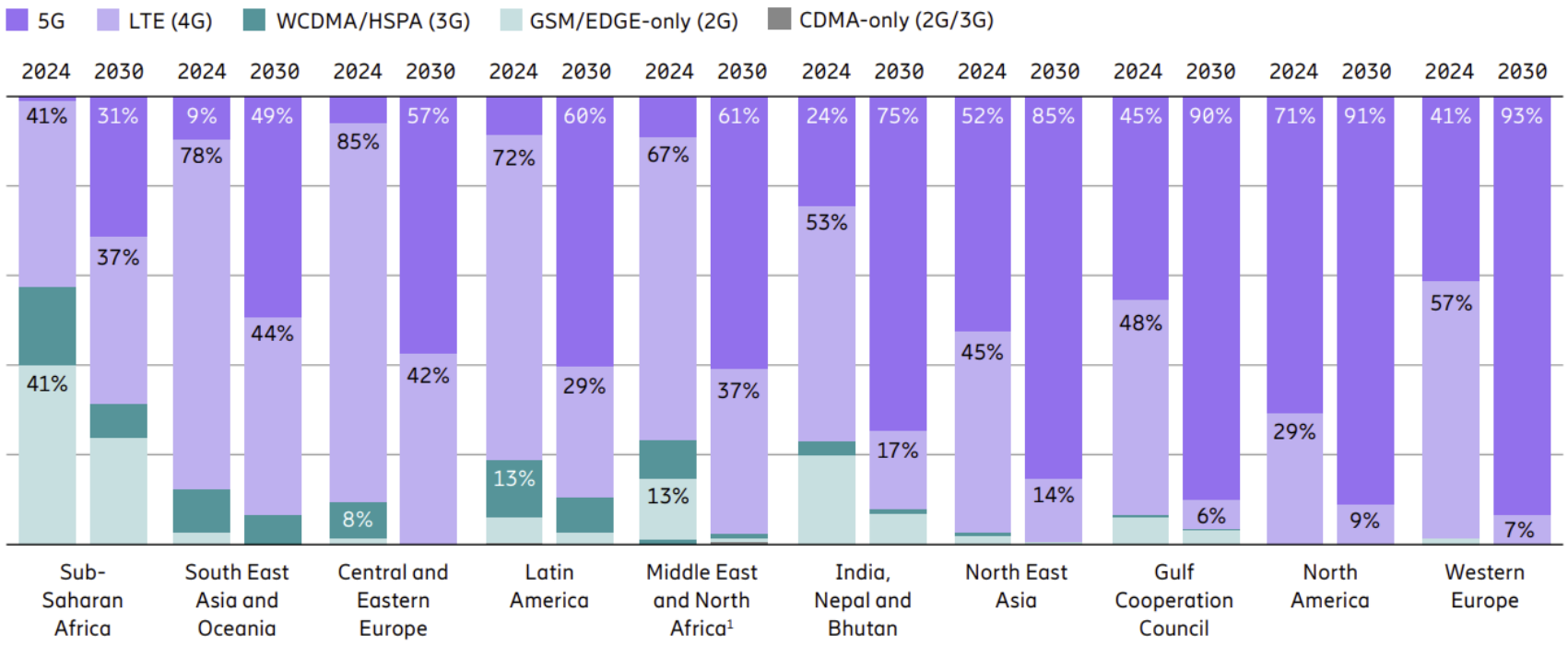
[1] GSA and Ericsson (May 2025).

Συνδρομητές 4G/5G



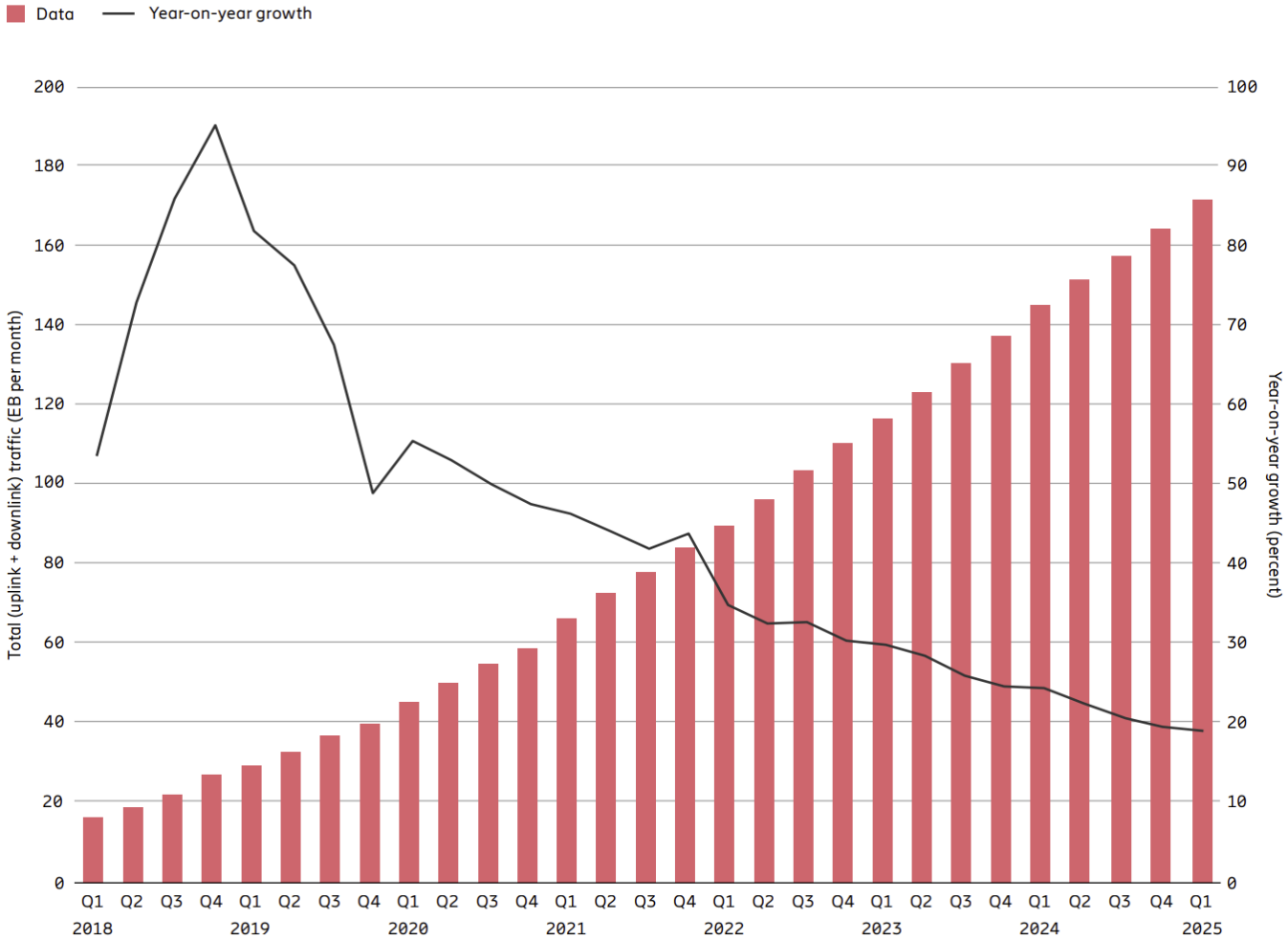
Συνδρομητές ανά περιοχή

Figure 3: Mobile subscriptions by region and technology (percent)



Κίνηση δεδομένων

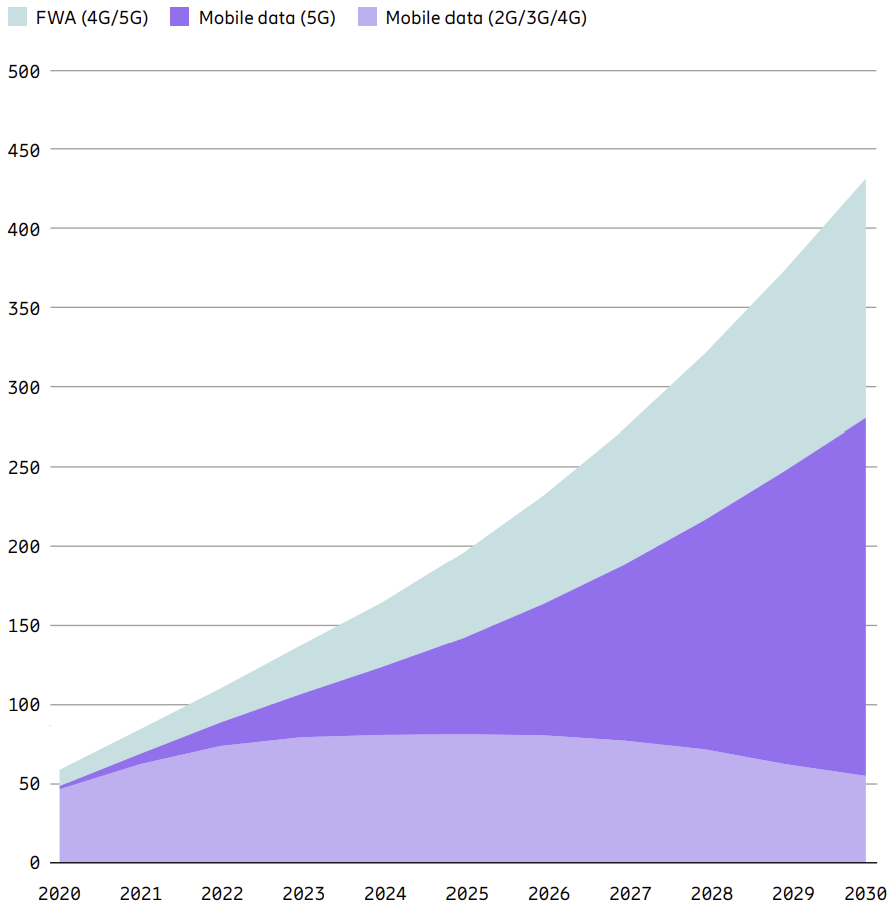
Figure 4: Global mobile network data traffic and year-on-year growth



1 ExaByte = 10^{18} bytes

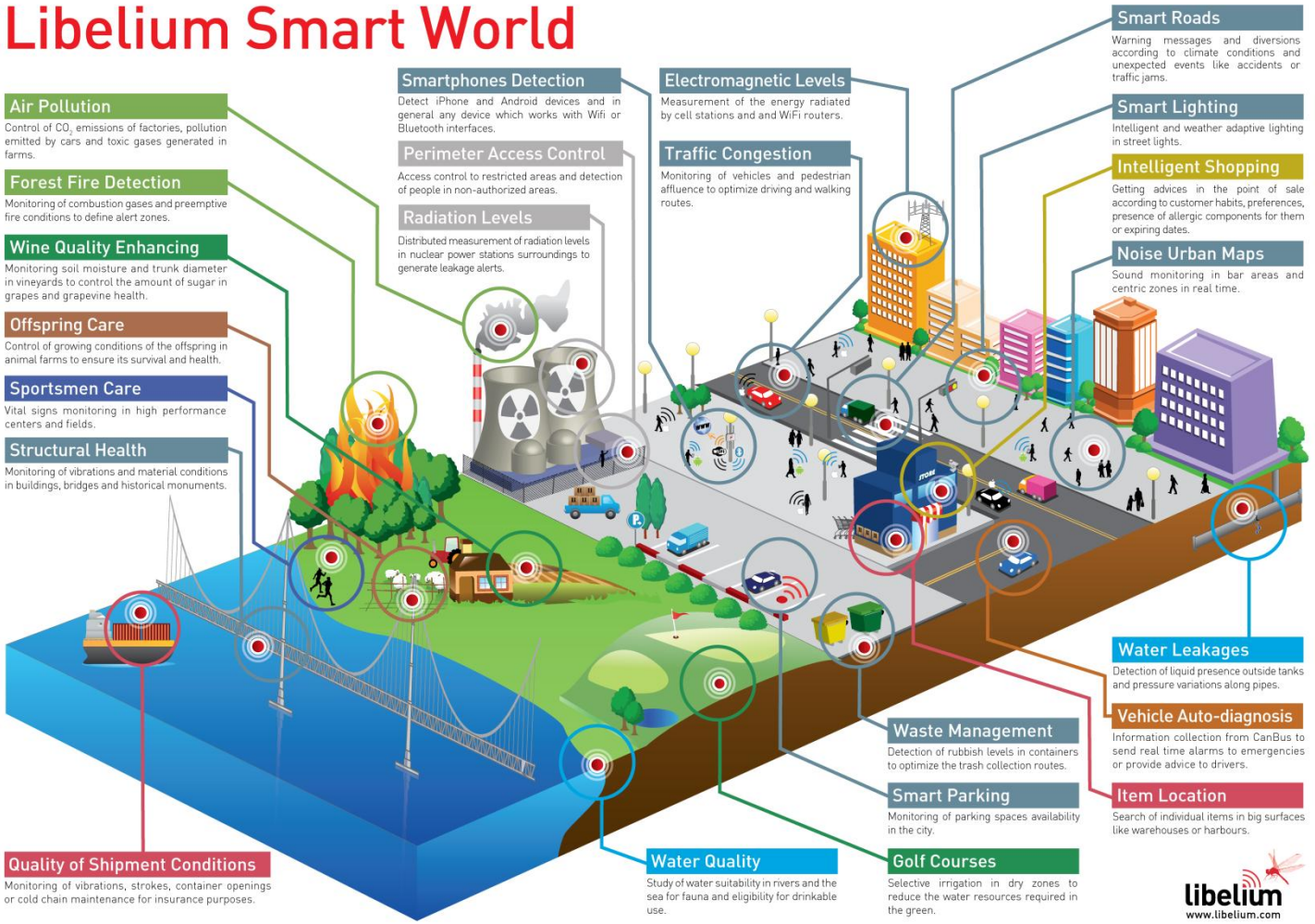
Κίνηση δεδομένων από κινητές συσκευές

Figure 5: Global mobile network data traffic (EB per month)

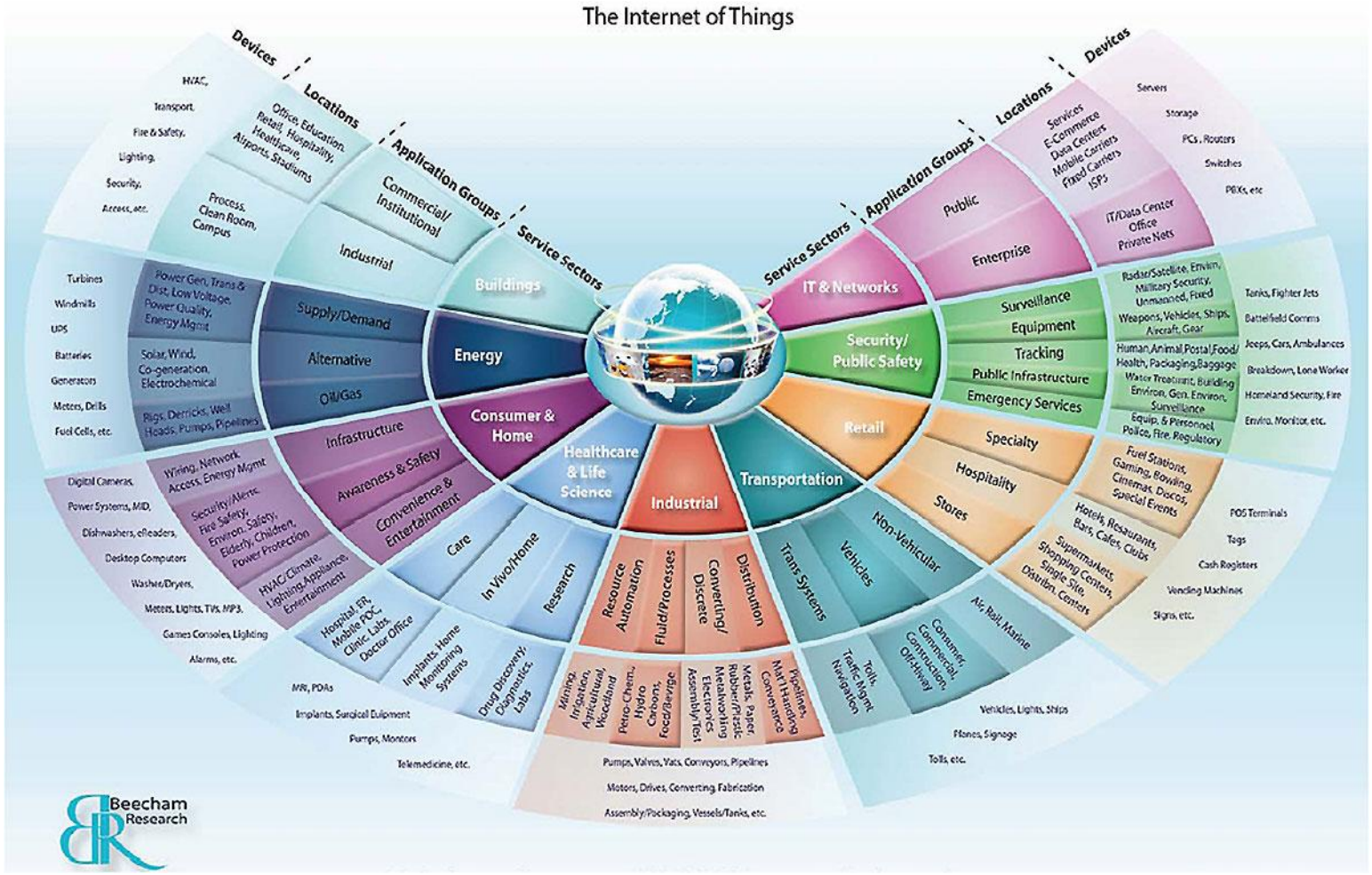


1 ExaByte = 10^{18} bytes

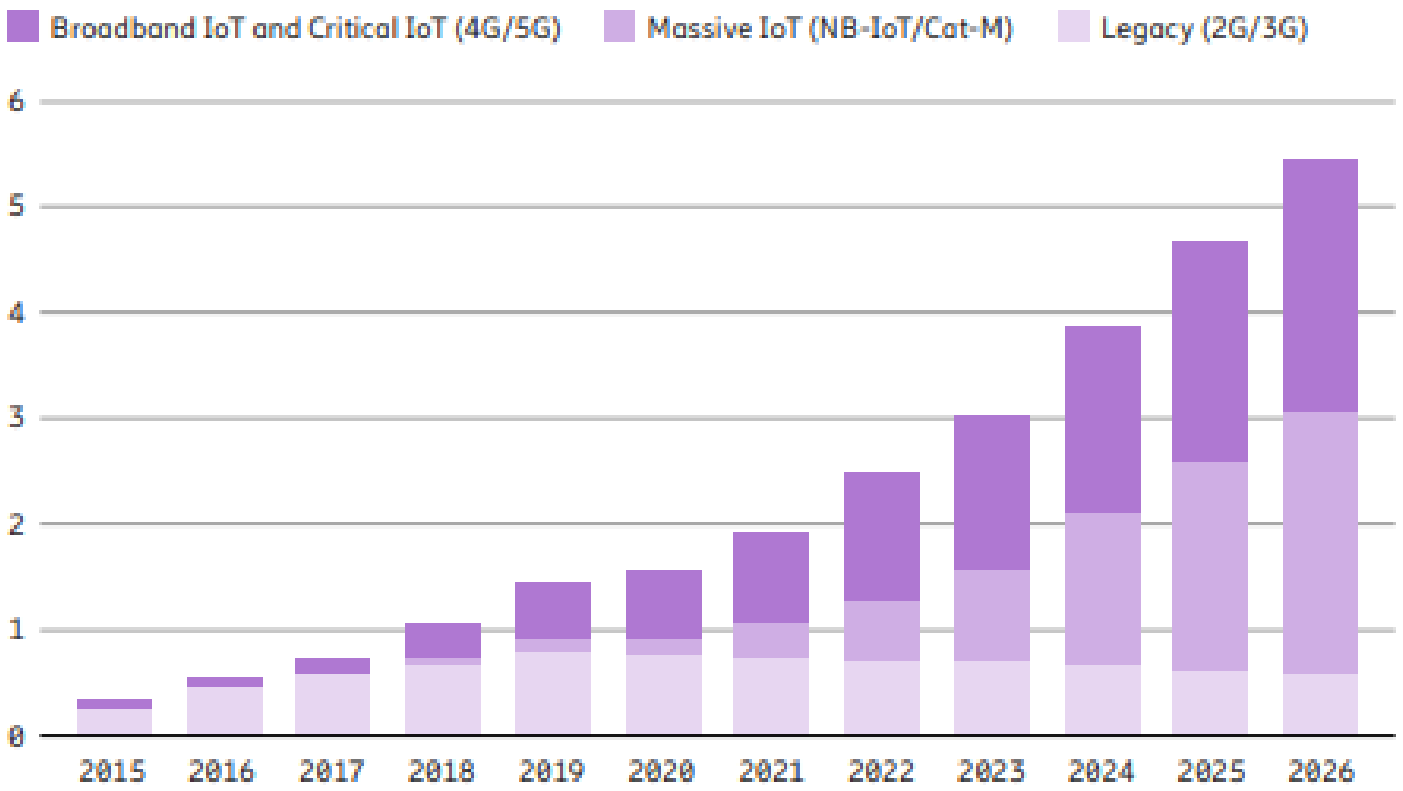
Internet of Things (IoT)



Internet of Things (IoT)

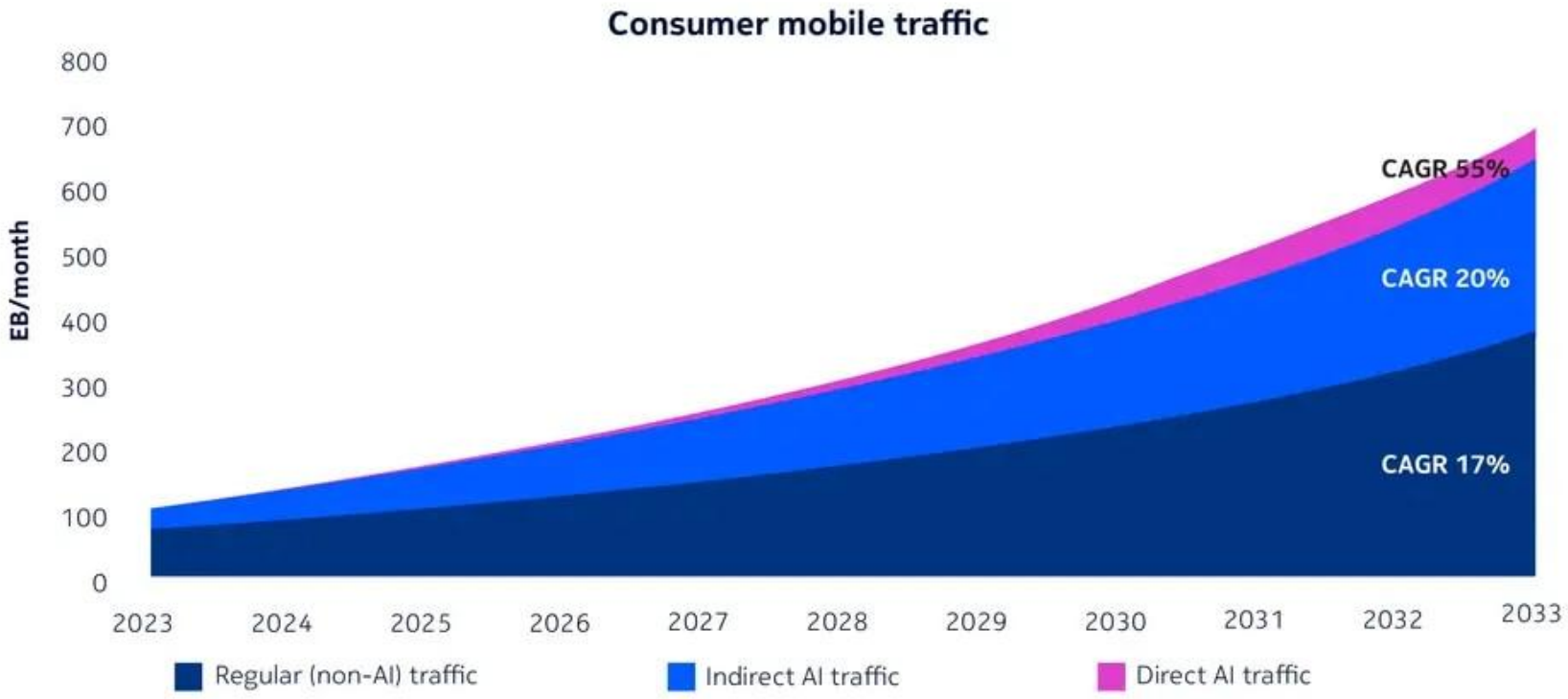


Ανάπτυξη IoT



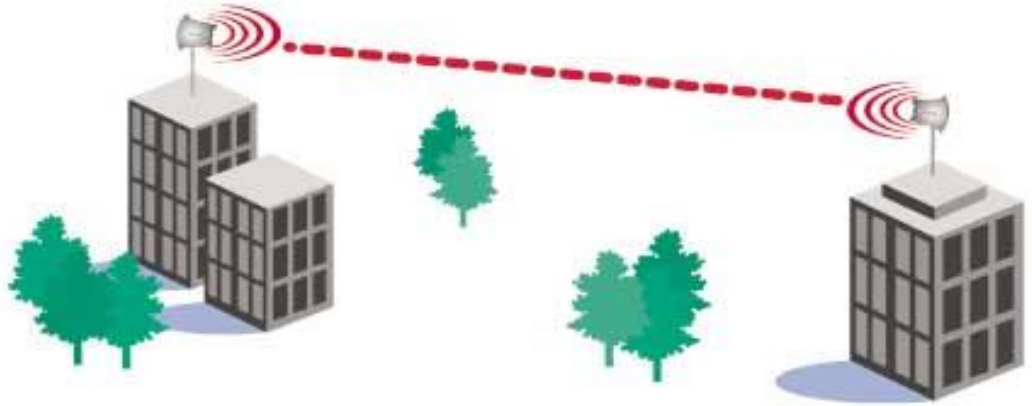
IoT	2020	2026	CAGR
Wide-area IoT	1.7	5.8	23%
Cellular IoT[2]	1.6	5.4	23%
Short-range IoT	10.7	20.6	12%
Total	**12.4**	**26.4**	**13%**

AI Mobile Traffic



Υψηλός αριθμός λαθών

- Εξασθένηση σήματος λόγω
  - Απόστασης
  - Φυσικών εμποδίων

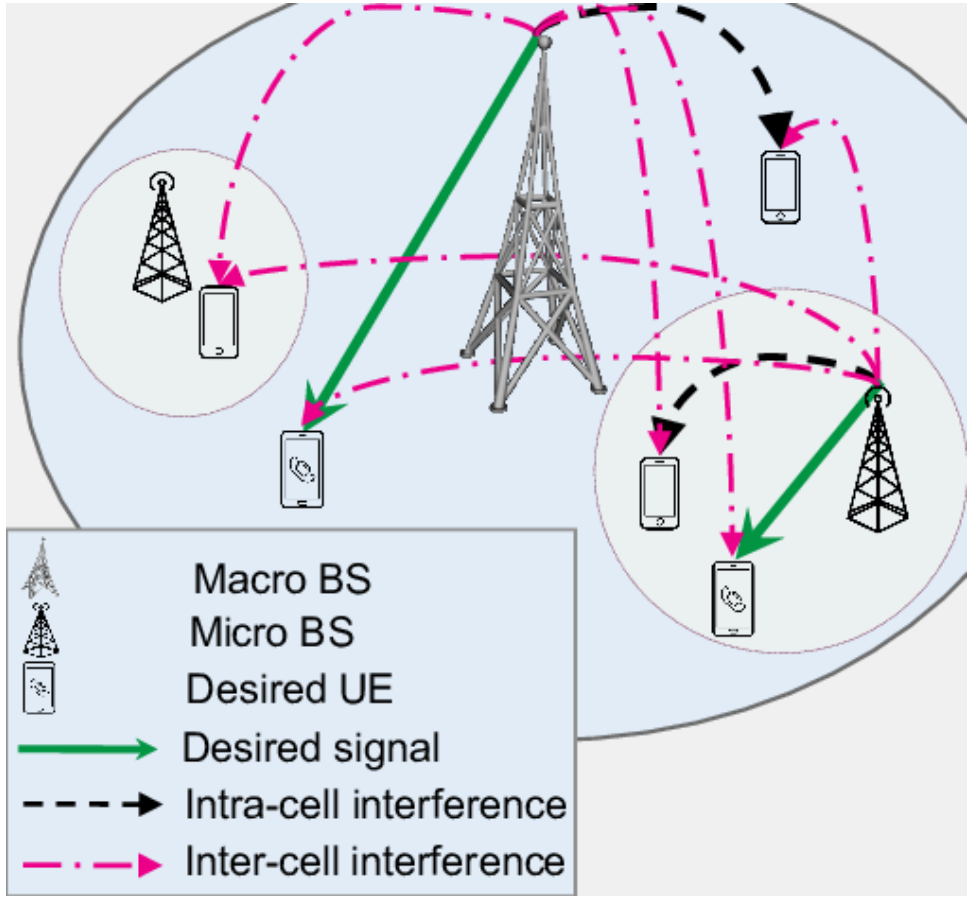


Υψηλός αριθμός λαθών

- Παρεμβολές από άλλες πηγές
  - Πολλές συσκευές στην ίδια συχνότητα
  - π.χ., 2.4 GHz ασύρματο τηλέφωνο αλληλο-παρεμβάλεται με το WiFi
  - H/M θόρυβος (π.χ., φούρνος μικροκυμάτων)

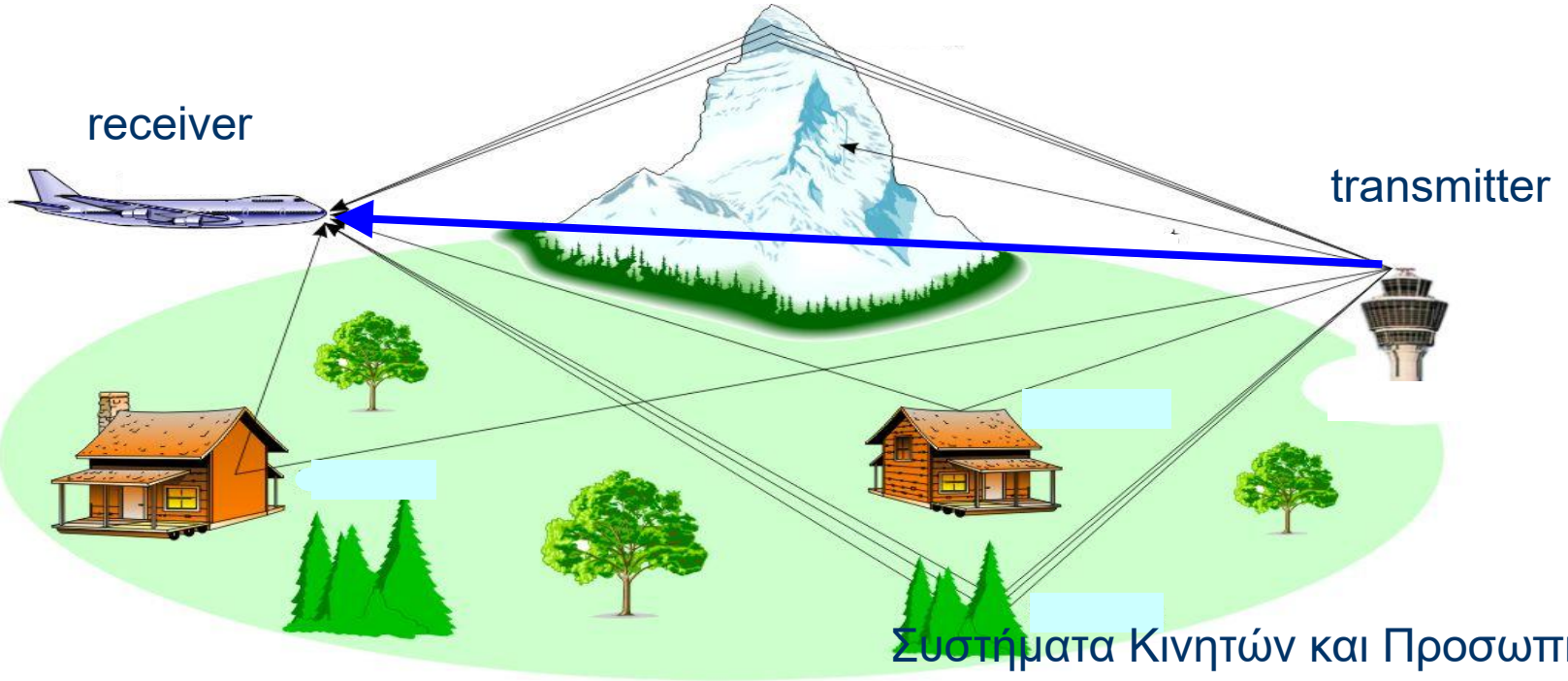
Υψηλός αριθμός λαθών

- Παρεμβολές στο ίδιο σύστημα

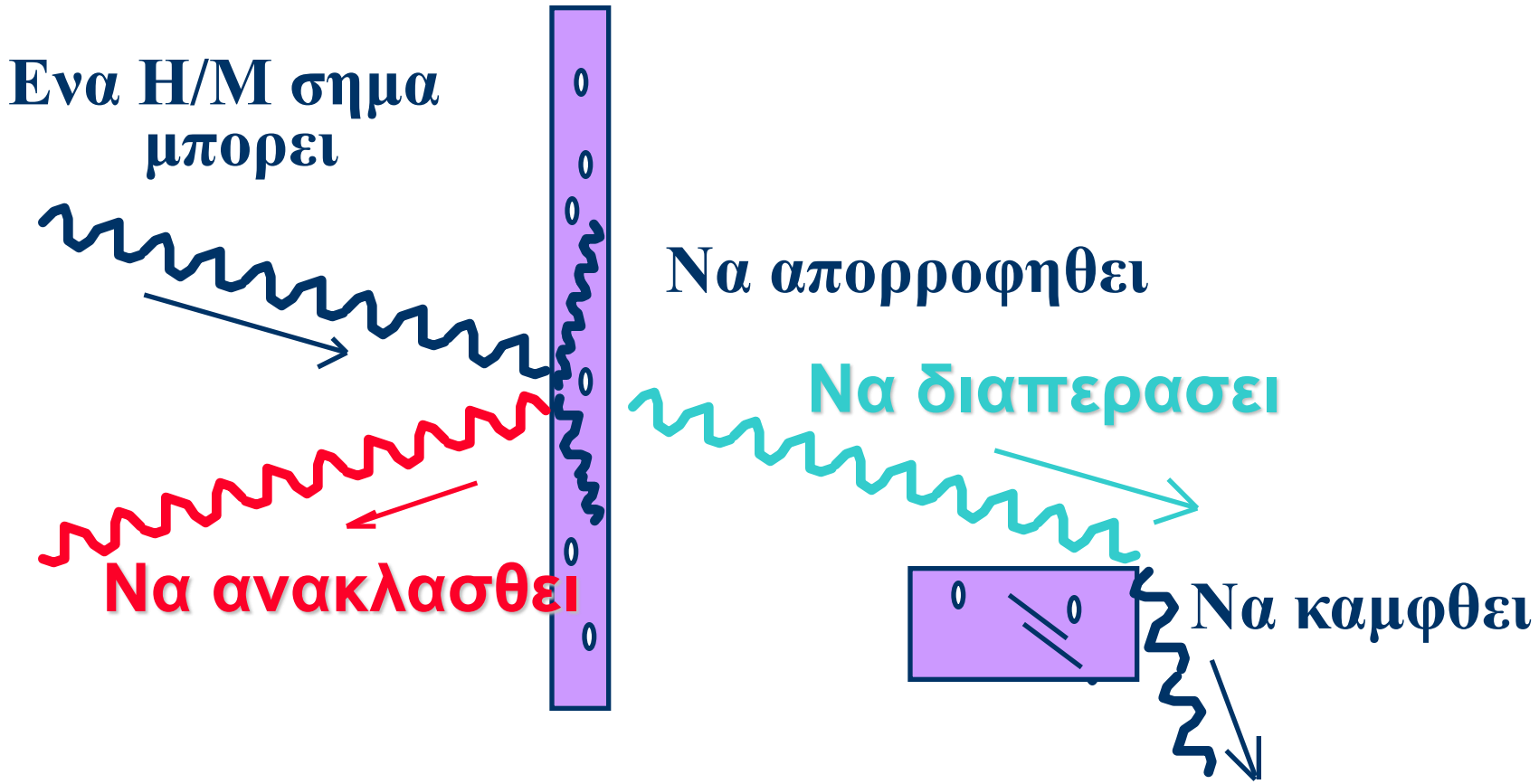


Υψηλός αριθμός λαθών

- Πολλαπλές διαδρομές
  - Αντανάκλαση σε εμπόδια
  - Πολλαπλά μονοπάτια
  - Σύγχυση του δέκτη



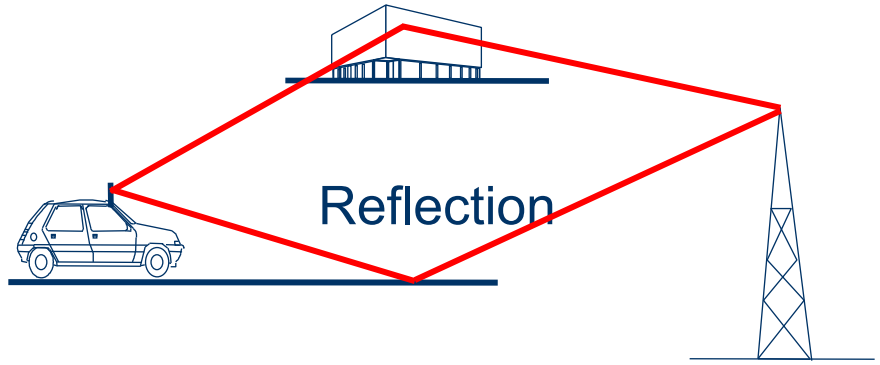
Διαδοση στην πραξη

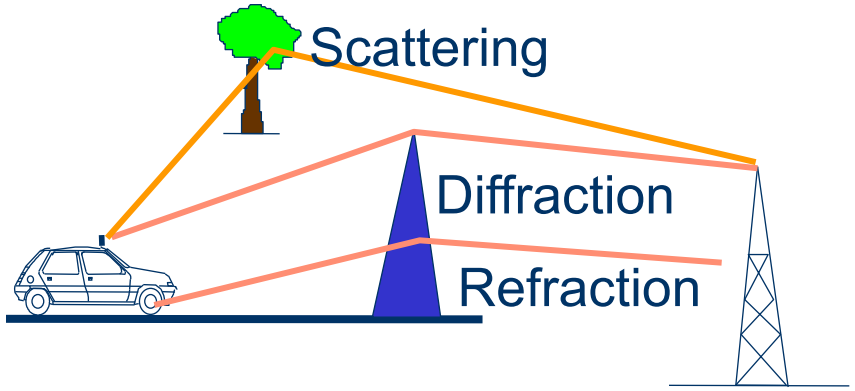


Γενικές αρχές για τη διάδοση

Οι μηχανισμοί που διέπουν τη διάδοση είναι πολύπλοκοι και ποικίλοι – τέσσερις είναι οι βασικοί:

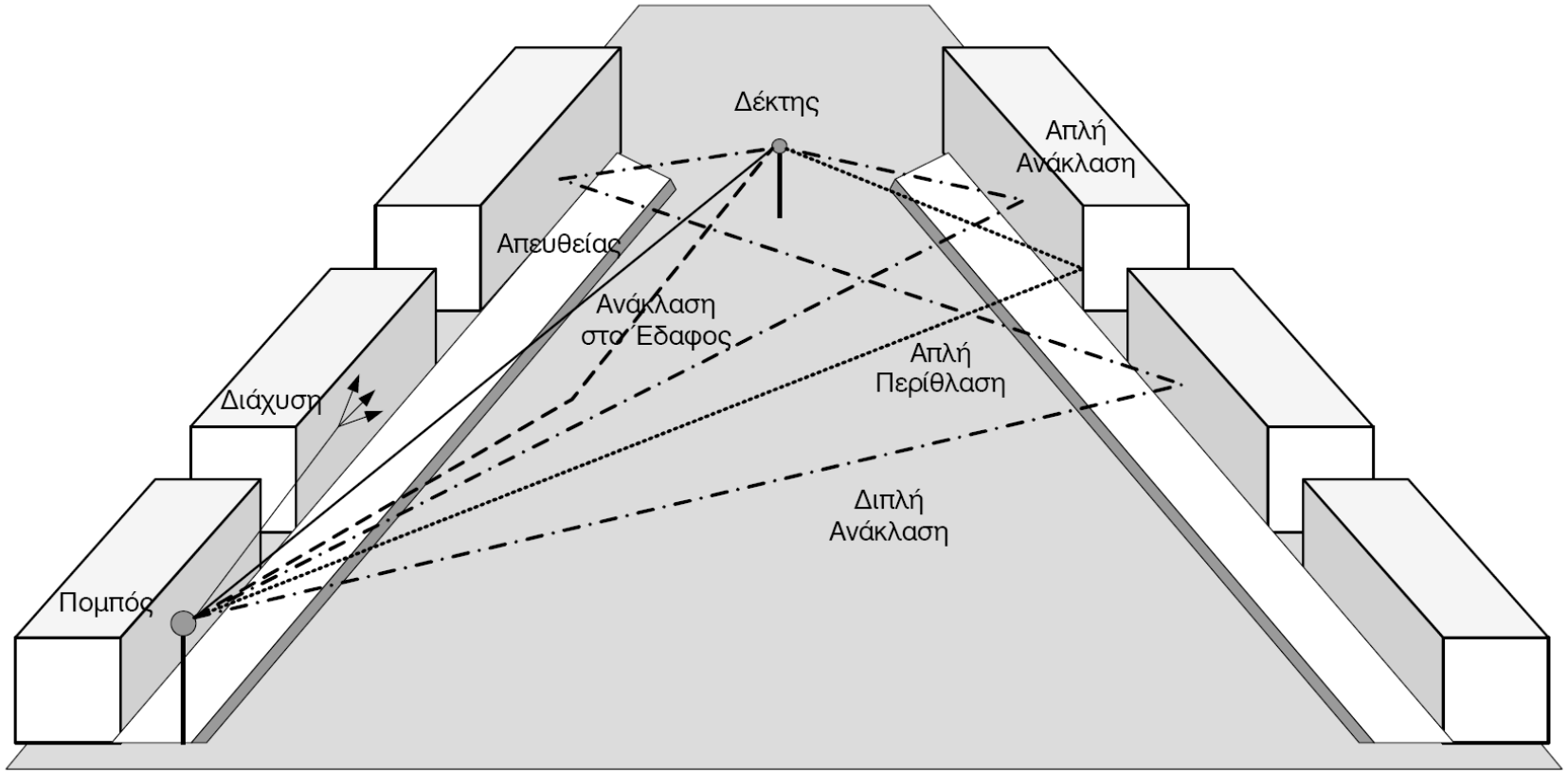
- Ανάκλαση (reflection): διαστάσεις εμποδίων >>λ – διάδοση προς μια κατεύθυνση.
- Διάθλαση (refraction): συμπαγή εμπόδια στην πορεία του σήματος >>λ.
- Σκέδαση (scattering): διαστάσεις εμποδίων ≤ λ – διάδοση σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- Περίθλαση (diffraction): παρεμβολή σώματος στη διαδρομή διάδοσης (δευτερογενή κύματα – αρχή Huygens).



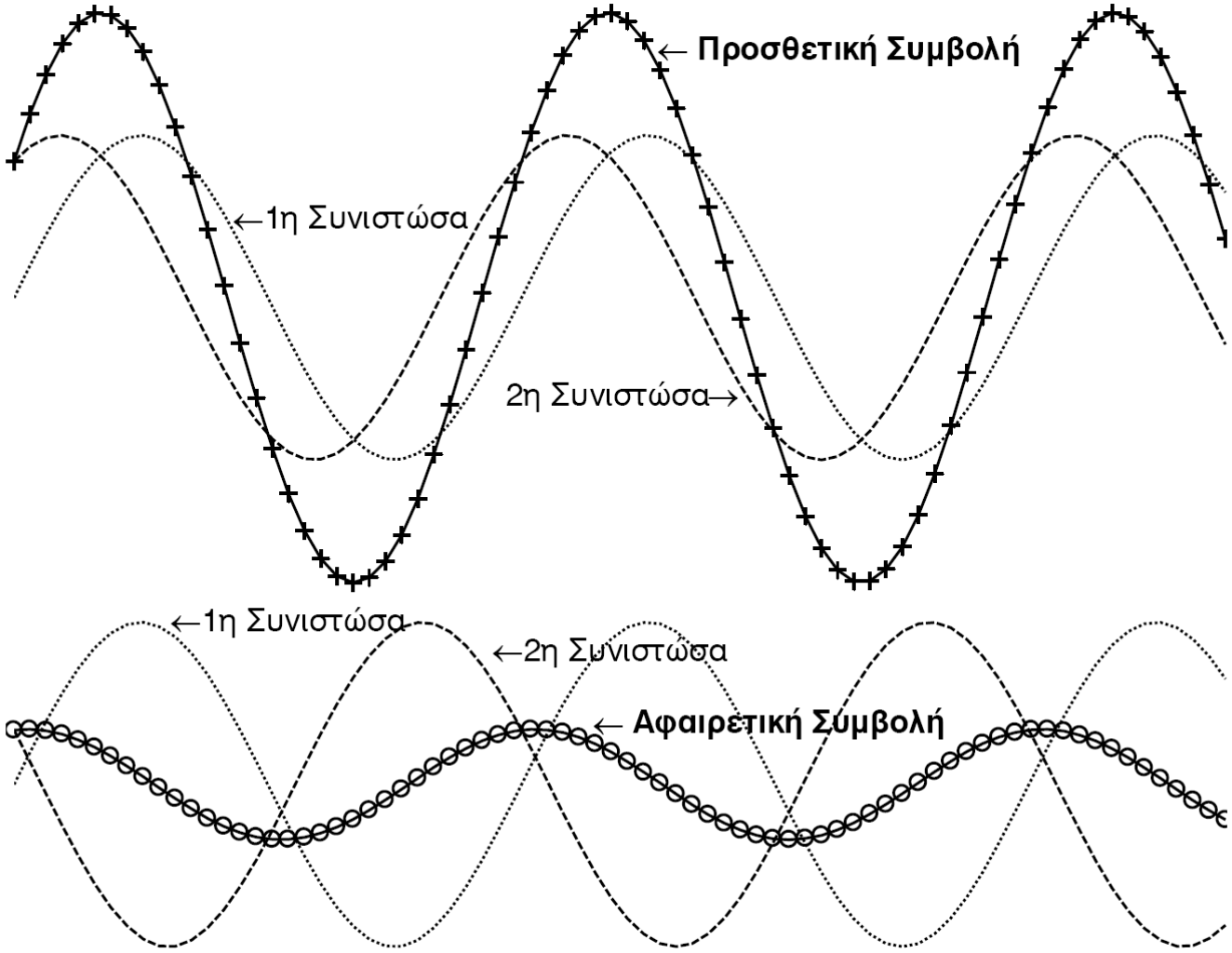


** Μπορεί να δημιουργούν προβλήματα αλλά να δίνουν και λύσεις όταν δεν υπάρχει οπτική επαφή **

Περιβάλλον διάδοσης

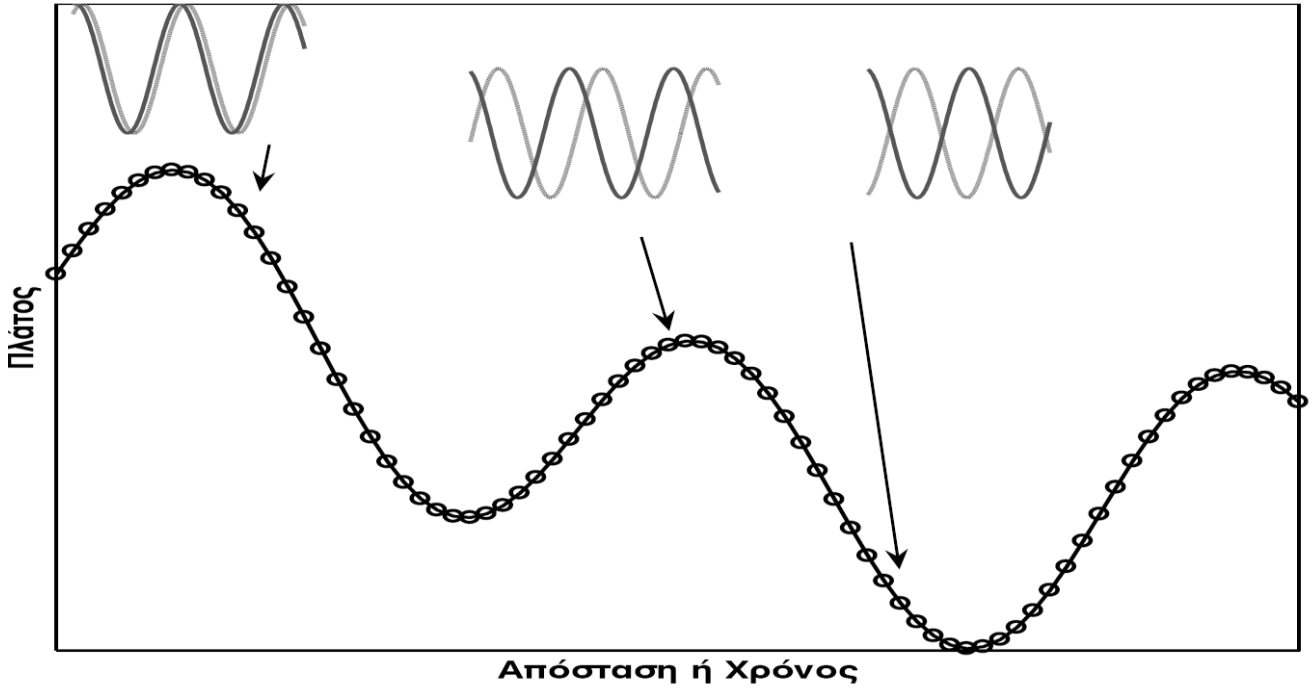


Συμβολή κυμάτων



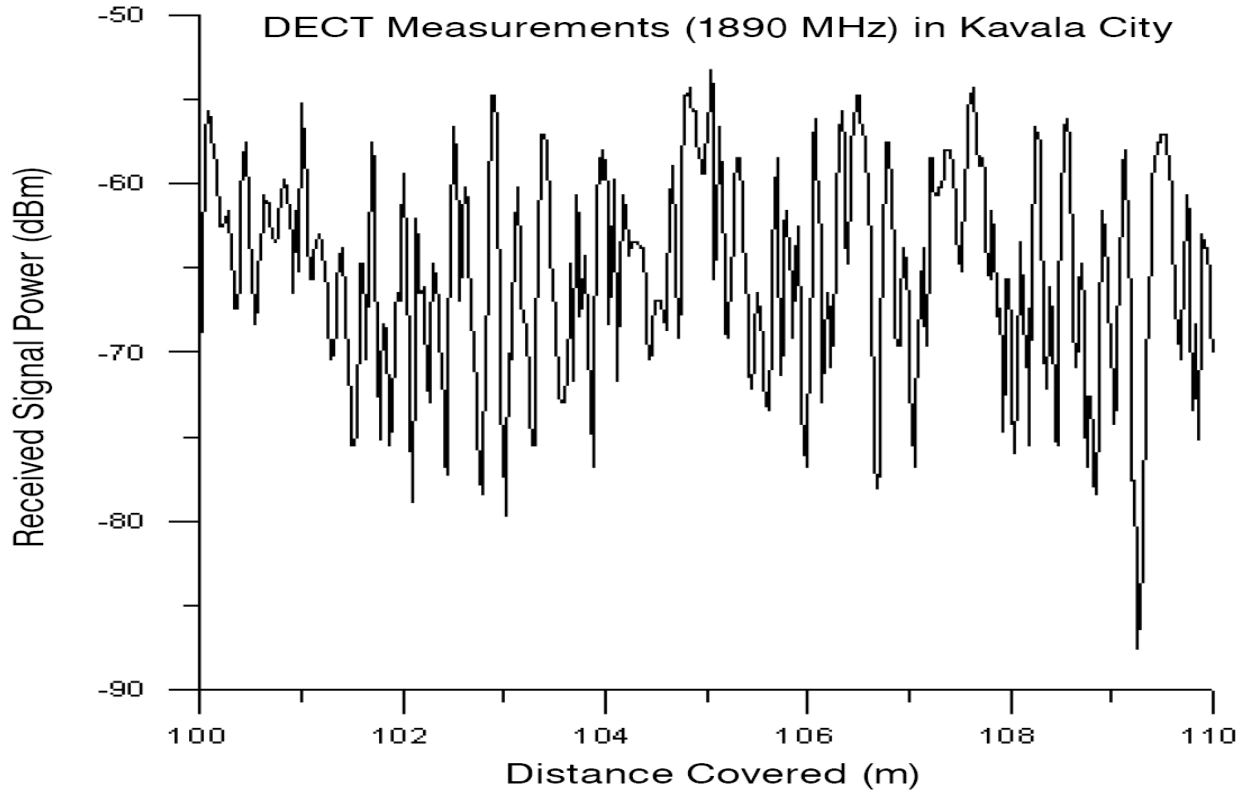
Κινητός δέκτης – Δύο συνιστώσες

- Δυναμικό περιβάλλον πολυδιαδρομικής διάδοσης
  - Συνεχής αλλαγές του ηλεκτρικού μήκους μονοπατιού και σχετικές ολισθήσεις φάσης συναρτήσει της θέσης



Κινητός δέκτης – Πραγματικότητα

- Περισσότερες και ποικιλόμορφες συνιστώσες
  - Πιο περίπλοκη περιβάλλουσα στο δέκτη
  - Ο δέκτης κινείται στο χώρο των διαλείψεων

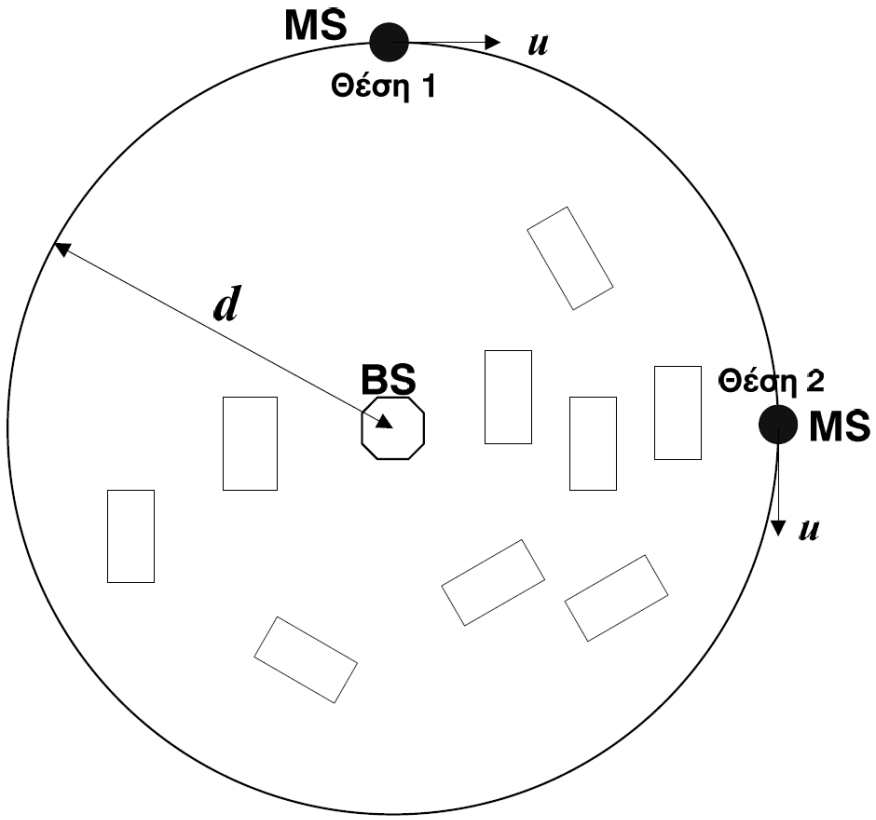


Είδη διαλείψεων

- Διαλείψεις μεγάλης κλίμακας (large scale fading)
  - Απώλειες Διάδοσης
    - Μεταβολή της μέσης εξασθένισης με την απόσταση
  - Σκίαση (μεγάλα εμπόδια)
    - Τυχαία μεταβολή της εξασθένισης γύρω από τη μέση τιμή για δεδομένη απόσταση

- Διαλείψεις μικρής κλίμακας (small scale fading)
  - Μεταβολή των χαρακτηριστικών του σήματος (πλάτος, φάση, κλπ) για μετατοπίσεις του κινητού σταθμού λ/2
  - Λόγω χρονικής διασποράς από πολυδιόδευση
  - Λόγω μετατόπισης δέκτη και σκεδαστών

Φαινόμενο σκίασης



Επιπλέον εμπόδια από αυτά που θεωρούνται στα εμπειρικά μοντέλα

Στιγμιαία λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

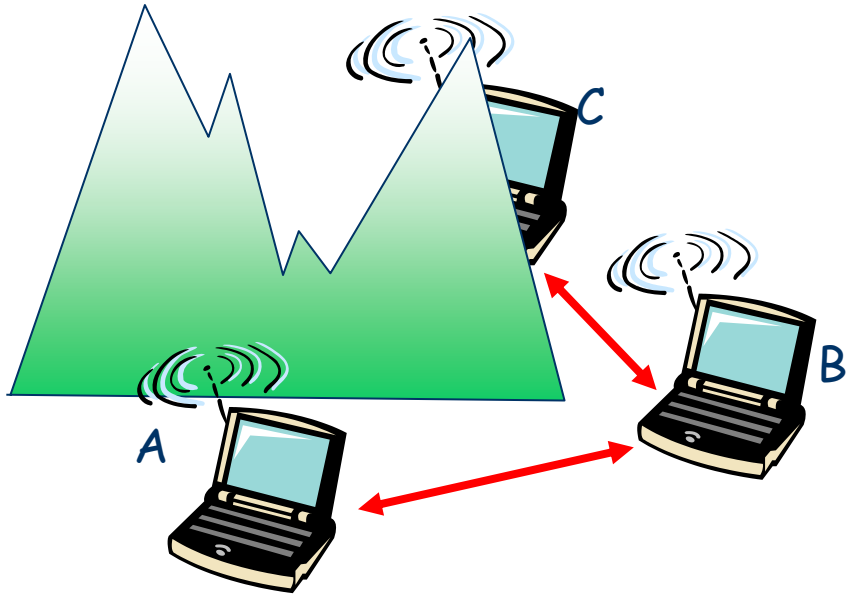
$$F = L + (S-L) + (F-S)$$

Πως χειριζόμαστε τα λάθη

- Σταθερά vs. κινητά
  - Σταθερά: Λάθη εξαιτίας συμφόρησης
  - Ασύρματα: περισσότερα και με διαφορετικά αίτια
- Τι κάνουμε
  - Αύξηση της ισχύος μετάδοσης
    - Περισσότερη κατανάλωση ενέργειας (κακό για τη μπαταρία)
    - Δημιουργεί παρεμβολές σε άλλους δέκτες
  - Έλεγχος και διόρθωση λαθών
    - Πιο ισχυροί κώδικες (επεξεργασία, κατανάλωση καναλιού)
    - Επαναμεταδόσεις (κατανάλωση καναλιού)

Περιορισμοί στη μετάδοση

- Σταθερά δίκτυα: Όλοι οι κόμβοι ακούνε τις μεταδόσεις
- Ασύρματα: Κρυμμένα τερματικά

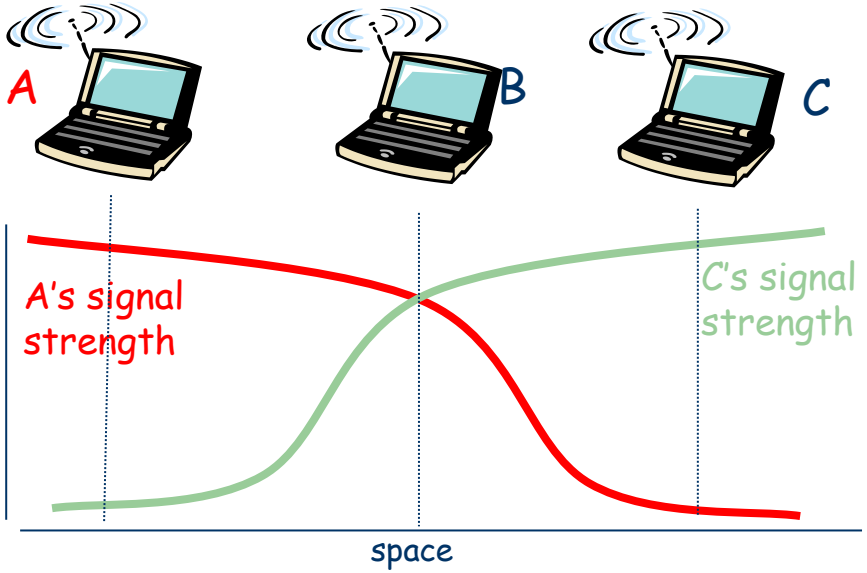


•Α και Β ακούνε
•Β και C ακούνε
•Αλλά, ο Α και ο C δεν ακούνε

Άρα, οι Α και C μπορεί να δημιουργήσουν παρεμβολή στο Β

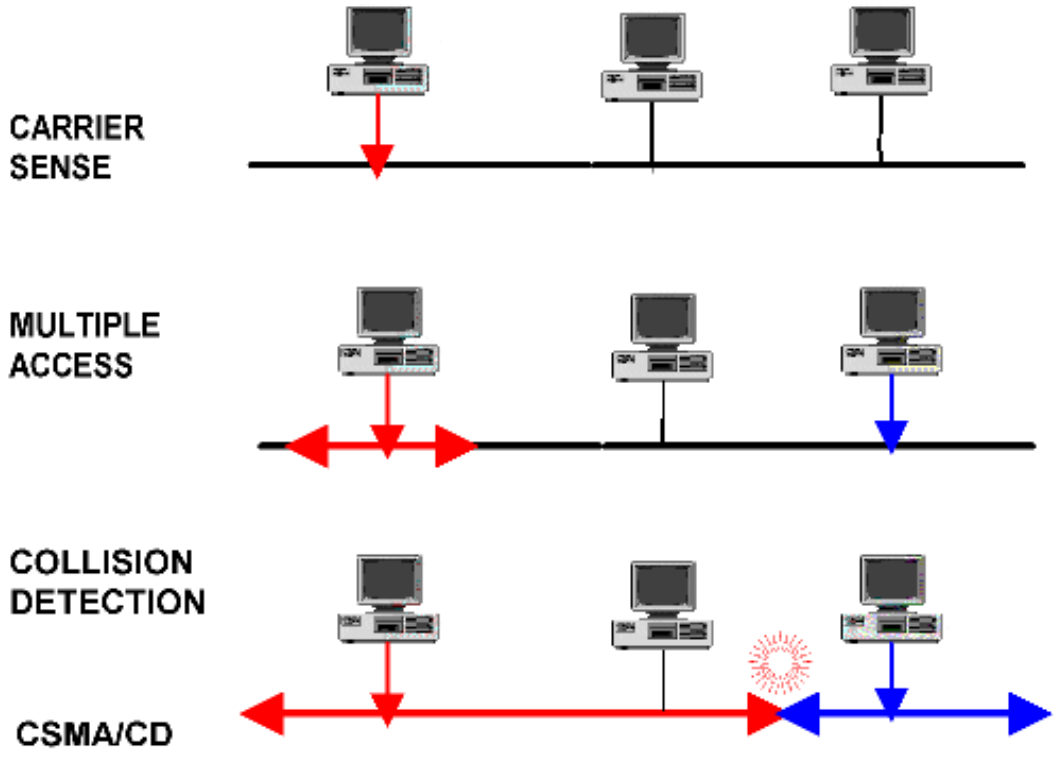
Περιορισμοί στη μετάδοση

- Σταθερά δίκτυα: Όλοι οι κόμβοι ακούνε τις μεταδόσεις
- Ασύρματα: Εξασθένηση σήματος



•Α και Β ακούνε
•Β και C ακούνε
•Αλλά, ο Α και ο C δεν ακούνε

Άρα, οι Α και C μπορεί να δημιουργήσουν παρεμβολή στο Β

Περιορισμοί στη μετάδοση

- Σταθερά δίκτυα: Όλοι οι κόμβοι ακούνε τις μεταδόσεις