

ΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Εισαγωγή

Σκοπός του μαθήματος

- Μελέτη της **αρχιτεκτονικής** και της **λειτουργίας** των δικτύων κινητών και ασύρματων επικοινωνιών.
- Το αντικείμενο είναι τεράστιο και δεν μπορεί να καλυφθεί μόνο με το μάθημα αυτό.
- Χωρίζεται σε δύο μέρη
 - Ασύρματη/Κινητή πρόσβαση στο Διαδίκτυο
 - Δίκτυα κινητών επικοινωνιών

<http://eclass.uoa.gr/courses/D211/>

Η ύλη του μαθήματος

Ασύρματη/Κινητή πρόσβαση στο Διαδίκτυο:

- Εξέλιξη, Γενικές Αρχές Κινητών Επικοινωνιών
- Προβλήματα IP πάνω από ασύρματα
- Ασύρματες επικοινωνίες – Διαμόρφωση, μετάδοση
- Ασύρματα Δίκτυα – WLANs, WPANs, WMANs
- Κινητικότητα

Δίκτυα κινητών επικοινωνιών

- 4G networks – LTE - LTE-A
- 5G architecture
- Εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας
- Παρεμβολές στα κυψελωτά συστήματα
- Διαχείριση ασυρμάτων πόρων
- Λειτουργίες υποστήριξης κινητικότητας
- Διαχείριση επικοινωνιών

Assignment

- **Students that will attend this course, will have to prepare a 15-minute presentation on a subject related to the course.**
- **A list of subjects will be proposed by mid-November, while the students will be allowed to propose a subject of their own choice.**
- **The presentations will be recorded and uploaded through eclass by the end of January 2023.**
- **The grade of the presentation will be 30% of the final grade.**
- **70% of the grade will be through the final examinations (language of your choice).**



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Αναζήτηση...

▼ Ενεργά εργαλεία

Ανακοινώσεις

Έγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα **25**

Ομάδες Χρηστών

> Ανενεργά εργαλεία

> Διαχείριση μαθήματος



npassas



Χαρτοφυλάκιο / Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (M121 - EN23/IC1)

Nikos Passas



Περιγραφή



The rapid development of wireless and mobile communications, that started in the 80's, mainly through WIFI and GSM, continues in our days with 4G and now with 5G mobile networks. The aim of this course is to describe the principles and architecture of modern wireless and mobile networks, focusing on their main functionalities. The course will cover:

Wireless/mobile Internet access:

- History, general principles of mobile communications
- Problems of Internet Protocol (IP) over wireless networks
- Wireless communications – Modulation, transmission
- Wireless networks – WLANS
- IP mobility support

Mobile Networks:

- 4G networks – Architecture and operation
- 5G architecture
- Quality of Service / Quality of Experience support in modern networks
- Radio resource management
- Interference mitigation/management
- Mobility support in mobile networks

The course also includes an individual assignment for the students, in the form of a 15-minute presentation on a relevant subject. A list of

Περσσότερα

> Πληροφορίες



ALL RIGHTS
RESERVED



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

Αναζήτηση...



Ενεργά εργαλεία

Ανακοινώσεις

Εγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα

25

Ομάδες Χρηστών

Ανενεργά εργαλεία

Διαχείριση μαθήματος



npassas



Χαρτοφυλάκιο / Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα / Έγγραφα

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (M121 - EN23/IC1)

Έγγραφα



Ανέβασμα αρχείου



Αρχικός κατάλογος

Τύπος	Όνομα	Μέγεθος	Ημερομηνία	
	Winter semester 2018-2019		12/10/18	
	Winter semester 2019-2020		1/10/19	
	Winter semester 2020-2021		14/10/20	
	Winter semester 2021-2022		13/10/21	
	Εαρινό 2014-2015		2/3/15	
	Παλαιότερα έγγραφα		2/3/15	
	Χειμερινό 2015-2016		8/10/15	
	Χειμερινό 2016-2017		20/10/16	
	Χειμερινό 2017-2018		16/10/17	
	Χειμερινό εξάμηνο 2022-2023		4/10/22	

Νέο



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Αναζήτηση...

▼ Ενεργά εργαλεία

Ανακοινώσεις

Εγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα **25**

Ομάδες Χρηστών

> Ανενεργά εργαλεία

> Διαχείριση μαθήματος



npassas



Χαρτοφυλάκιο / Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα / Έγγραφα

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (M121 - EN23/IC1)

Έγγραφα



Ανέβασμα αρχείου



Αρχικός κατάλογος » Winter semester 2021-2022

Επάνω

Τύπος	Όνομα ▾	Μέγεθος	Ημερομηνία	
	Lecture 01 - Introduction	5.55 MB	13/10/21	
	Lecture 02 - IP over wireless	2.54 MB	28/10/21	
	Lecture 03 - Wireless Transmission and Multiple Access	2.26 MB	28/10/21	
	Lecture 04 - Wireless Local Area Networks - WiFi	3.25 MB	5/11/21	
	Lecture 05 - Wireless Local Area Networks - WiFi - Part 2	3.14 MB	24/11/21	
	Lecture 06 - Wireless Local Area Networks - WiFi - part 3	1.93 MB	24/11/21	
	Lecture 07 - Cellular structure	2.16 MB	2/12/21	
	Lecture 08 - Long Term Evolution (LTE)	1.88 MB	9/12/21	
	Lecture 09 - Long Term Evolution Advanced (LTE-A)	4.05 MB	16/12/21	
	Lecture 10 - 5G	4.08 MB	13/1/22	
	Lecture 11 - 5G - Part 2	4.81 MB	20/1/22	



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

Αναζήτηση...



Επιλογές Μαθήματος

Ανακοινώσεις

Εγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα

25

Ομάδες Χρηστών



npassas



Χαρτοφυλάκιο / Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα / Ανακοινώσεις

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (M121 - EN23/IC1)

Ανακοινώσεις



Εμφάνισε 10 αποτελέσματα

Αναζήτηση...



Ανακοίνωση	Ημερομηνία										
<p>Εναρξη διαλέξεων χειμερινού εξαμήνου 2022-2023</p> <p>Οι διαλέξεις του μαθήματος θα ξεκινήσουν αύριο Τετάρτη 5/10 στις 14:15 στην αίθουσα Ε με βάση το πρόγραμμα. Οι φοιτητές παρακαλούνται να εγγραφούν στη σελίδα του μαθήματος στο eclass γλ...</p> <p>περισσότερα</p>	σήμερα - 2:42 μ.μ.										
<p>Εξ αναβολής εξετάσεις μαθήματος</p> <p>Οι εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2022, οι οποίες αναβλήθηκαν λόγω της απεργίας στα ΜΜΜ, θα πραγματοποιηθούν τη Δευτέρα 3/10/2022 στις 19:00 στην αίθουσα Γ. Όσοι πιστοί προσέλθετε.</p> <p>περισσότερα</p>	Τετάρτη, 28 Σεπτεμβρίου 2022 - 12:09 μ.μ.										
<p>Αναβολή σημερινής εξέτασης</p> <p>Αναβολή εξετάσεων 21/9/2022</p> <p>περισσότερα</p>	Τετάρτη, 21 Σεπτεμβρίου 2022 - 12:17 μ.μ.										
<p>About the exams tomorrow</p> <p>Due to the strike in public transport tomorrow, it might be difficult (or in some cases impossible) to come to the department for the exams. Those that are planning to participate, please send me a message and I will thi...</p> <p>περισσότερα</p>	Τρίτη, 20 Σεπτεμβρίου 2022 - 4:24 μ.μ.										
<p>Results of examinations (February 2022) - correction</p> <table><thead><tr><th>#</th><th>StudentID</th><th>Final exam</th><th>Presentation</th><th>Grade</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>περισσότερα</td></tr></tbody></table>	#	StudentID	Final exam	Presentation	Grade					περισσότερα	Τετάρτη, 9 Μαρτίου 2022 - 3:51 μ.μ.
#	StudentID	Final exam	Presentation	Grade							
				περισσότερα							



Περιεχόμενο Αναζήτηση με λέξεις - κλειδιά σε καταγεγραμμένο περιεχόμενο
Θεματική περιοχή Τμήμα Εκδήλωση

Ακαδημαϊκό Έτος: 2021-2022 [Κάντε κλικ για αλλαγή]

Ενεργές Επιλογές Αναζήτησης: Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα Πασσάς Νικόλαος Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Αφαίρεση Όλων

Βρέθηκαν 31 αποτελέσματα

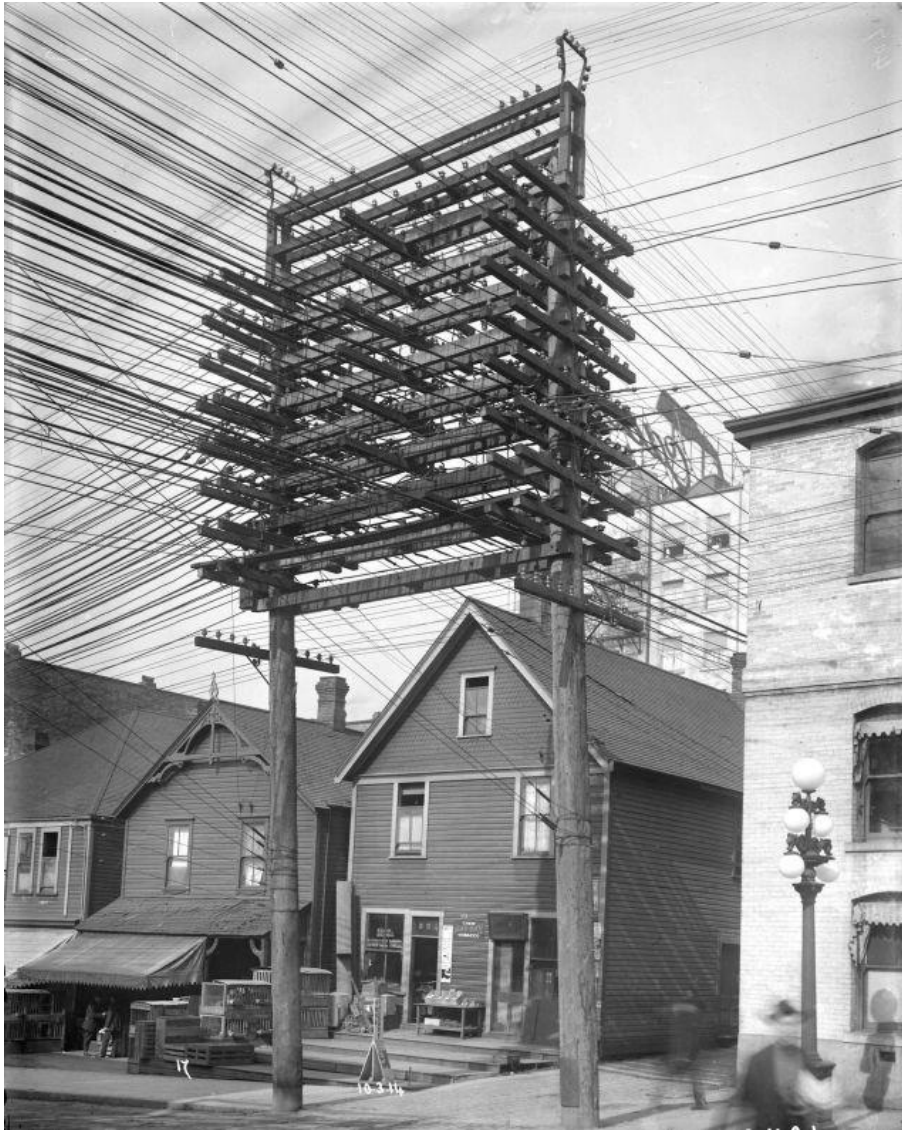
Ημερομηνία Λεπτομερής

- ▶ 1. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2022-01-19-14:00:02) / Μέρος 1 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)**
Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος
Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2022-01-19 | 01:00:00 | 57
- ▶ 2. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2022-01-19-15:00:06) / Μέρος 2 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)**
Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος
Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2022-01-19 | 01:00:00 | 34
- ▶ 3. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2022-01-19-16:00:06) / Μέρος 3 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)**
Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος
Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2022-01-19 | 00:59:54 | 47
- ▶ 4. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2022-01-12-14:00:02) / Μέρος 1 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)**
Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος
Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2022-01-12 | 01:00:00 | 46
- ▶ 5. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2022-01-12-15:00:05) / Μέρος 2 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)**
Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

video paused



Πριν τις ασύρματες επικοινωνίες



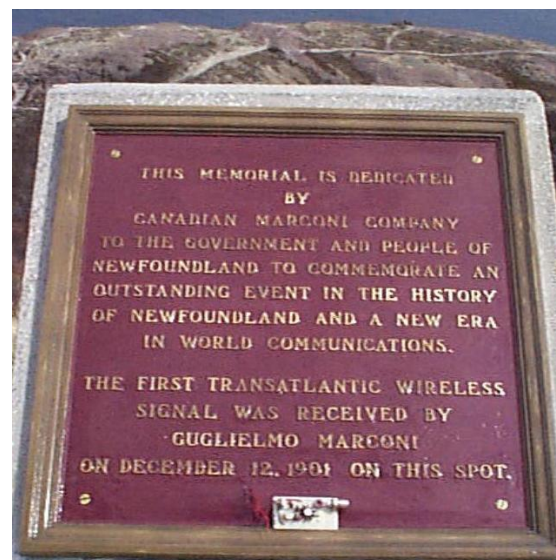
Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Κινητές Επικοινωνίες στις αρχές του 20ου αιώνα

1901: Marconi



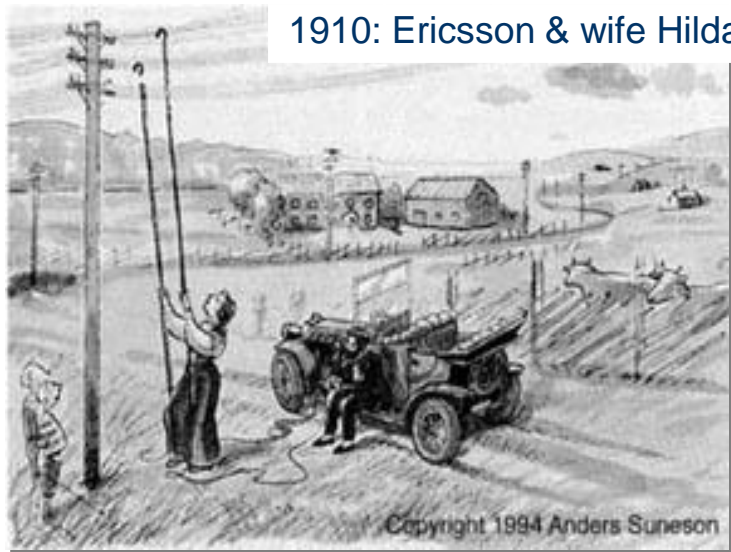
"Are you ready"



"S"

Κινητές Επικοινωνίες στις αρχές του 20ου αιώνα

1910: Ericsson & wife Hilda



1924: First mobile radio telephone

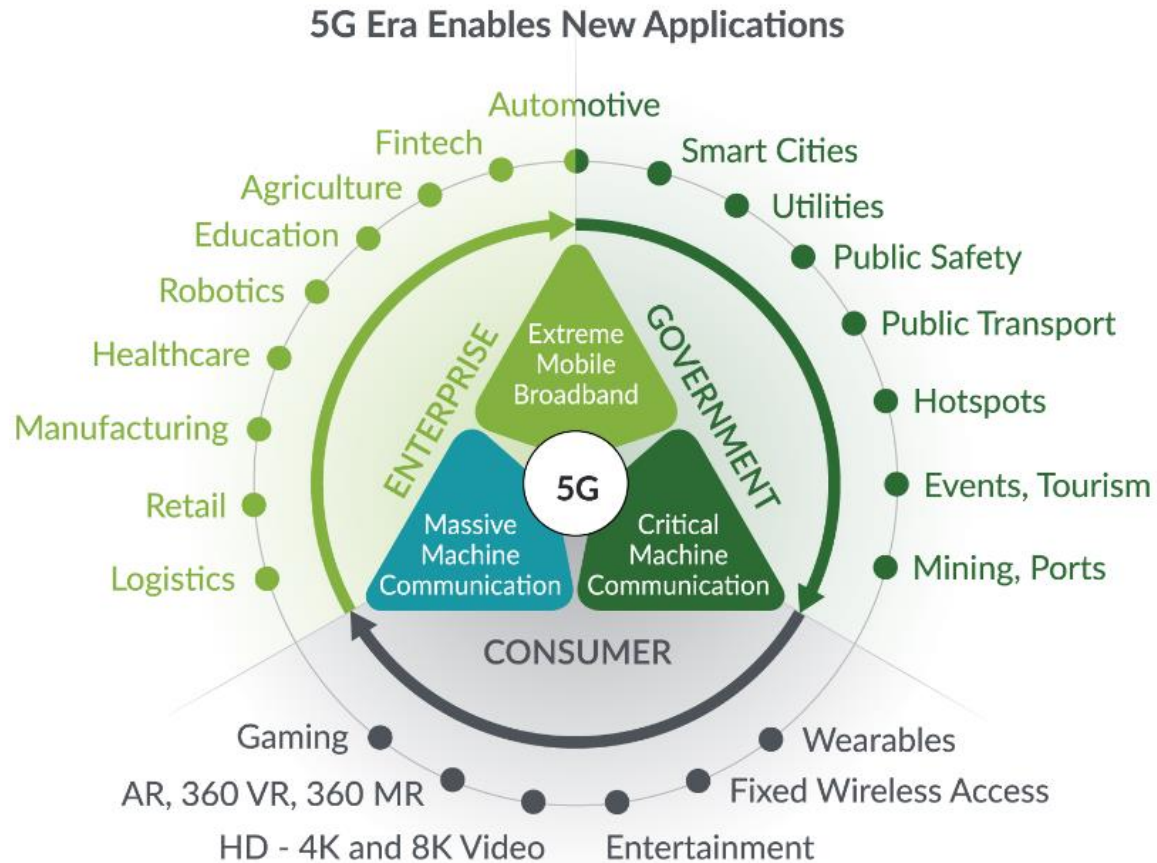


Courtesy of Rich Howard

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)

New applications



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

The Evolution Of Mobiles

1973 to 2020



CC@TechnicalDesk

EVOLUTION OF THE MOBILE PHONE

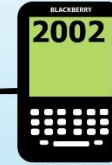
Cut Copy Define Replace...



Motorola DynaTAC 8000X
\$3,995
This mobile phone over cost 4 times, 10 hours to recharge.



Nokia 1011
\$1,045
The first ever mass produced GPRS phone.
Unique Features-
Panicchrom LCD screen
External antenna



BlackBerry 5810
\$499
First ever Blackberry device with a phone.
Unique Features-
Checklist mode
Booker functionality



Samsung Galaxy S4
\$629
Samsungs fastest and best selling smartphone with 48 million units sold. The S4's processor was not only faster than the iPhone 5, it also featured a bigger screen. The S4 also enables a fingerprint sensor for an iris scanner.
Unique Features-
Large screen
16 camera



Apple iPhone
\$499
Apples reinvention of the phone, this features a full touchscreen display with no keyboard. The phone's success was a massive one for apple and it is likely that if it had failed apple would have went out of business.
Unique Features-
Full touchscreen display
iOS 2.0



Motorola Rizr V3
\$299
This is one of the best selling flip phones, it features a portable, foldable design and even allowed users to use a custom webkit OS.
Unique Features-
Flip phone
Lightweight
Flexible



Google Pixel 2
\$799
Google's next generation Pixel features one of the best cameras in a smartphone. This single feature makes the phone a major competitor to the iPhone X.
Unique Features-
12 megapixel camera
4K video recording
Snapdragon 835 Chip
Android 8.0



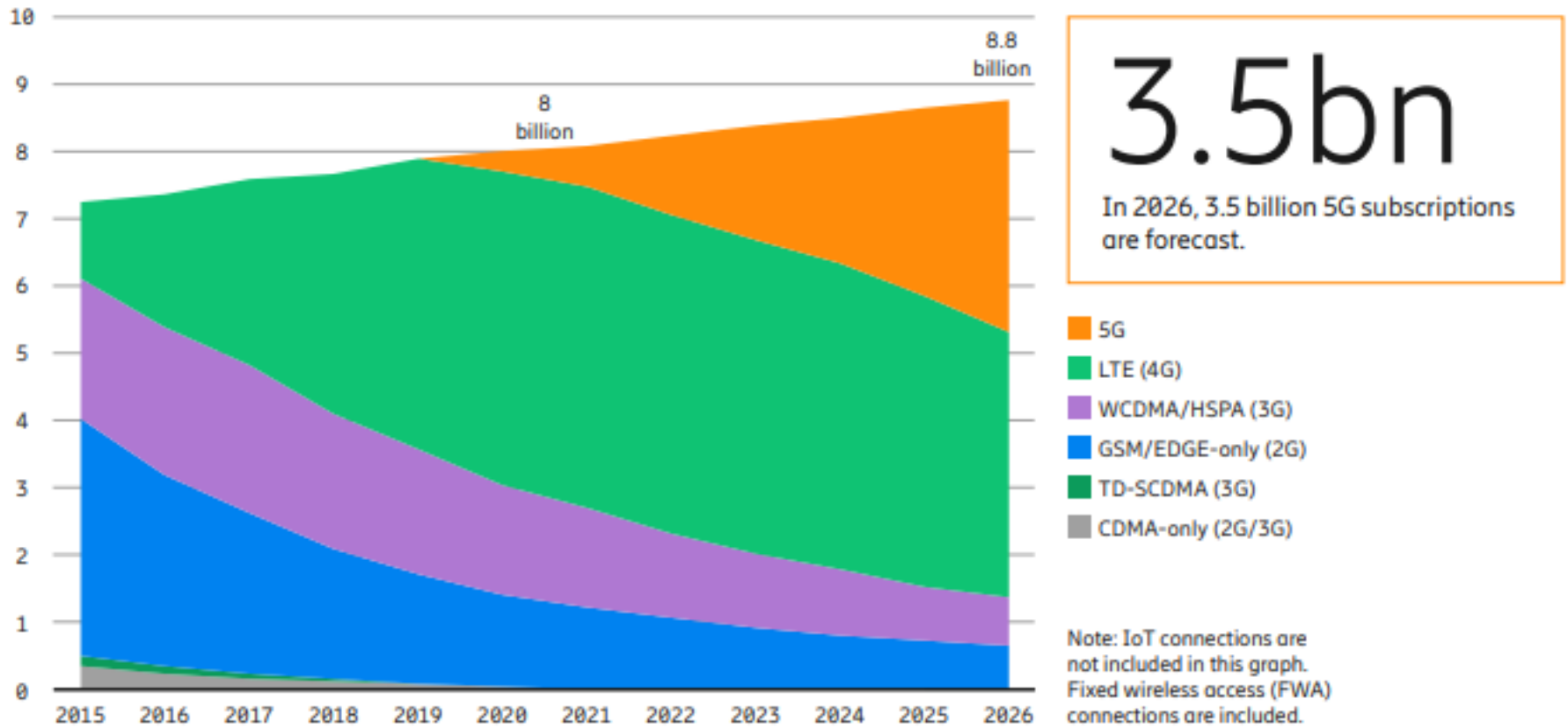
Apple iPhone Xs
\$999
Apples 10th anniversary of the iPhone features a revolutionary new as well as a gesture based UI, as well as its toughest skin. This is at the top of the line of luxury smart phones.
Unique Features-
Rearranged home button display
iOS 12.0
Face ID
A12 Bionic chip
Wireless charging



Samsung Galaxy X
\$14997
Samsung's 10th anniversary of the Galaxy line with fold-in flexible display that allows the phone to expand into a tablet.
Unique Features-
Foldable display



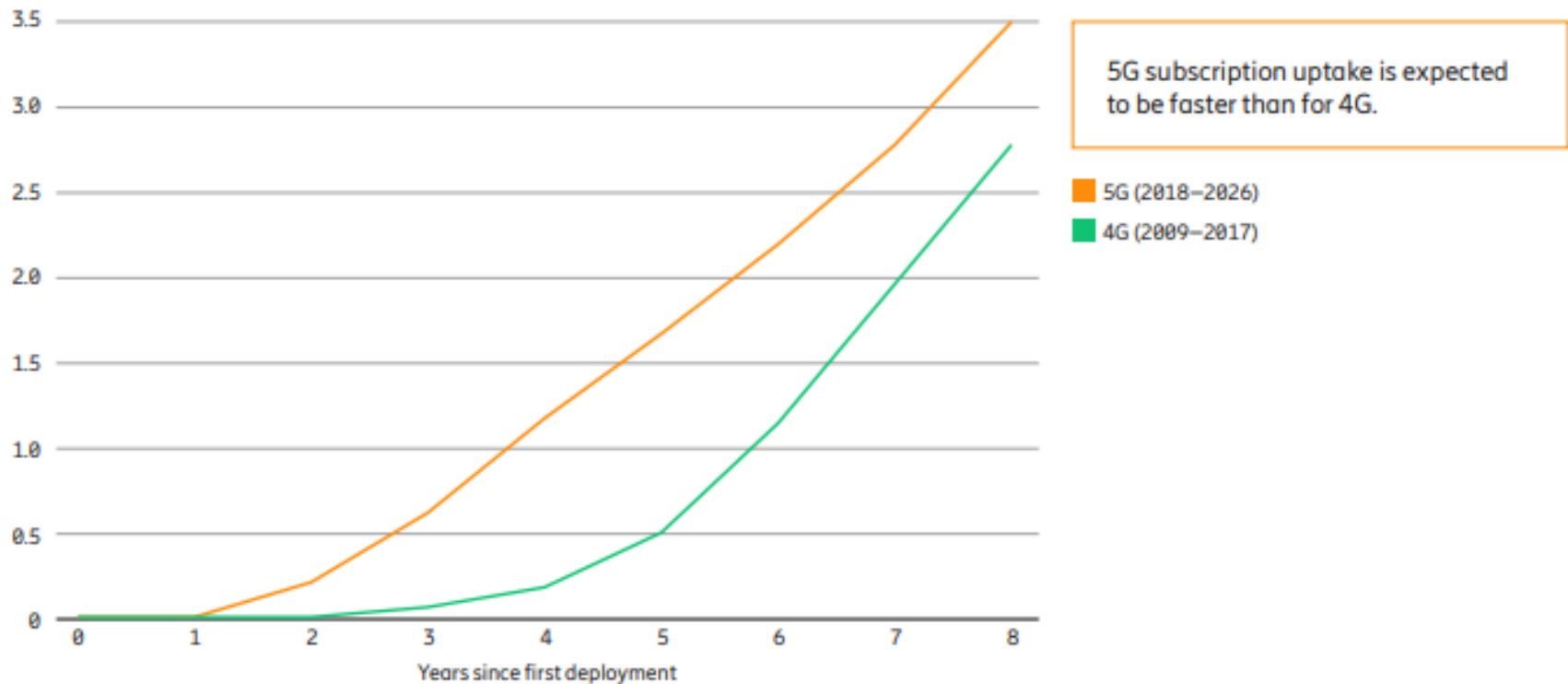
Αύξηση συνδρομητών ανά τεχνολογία



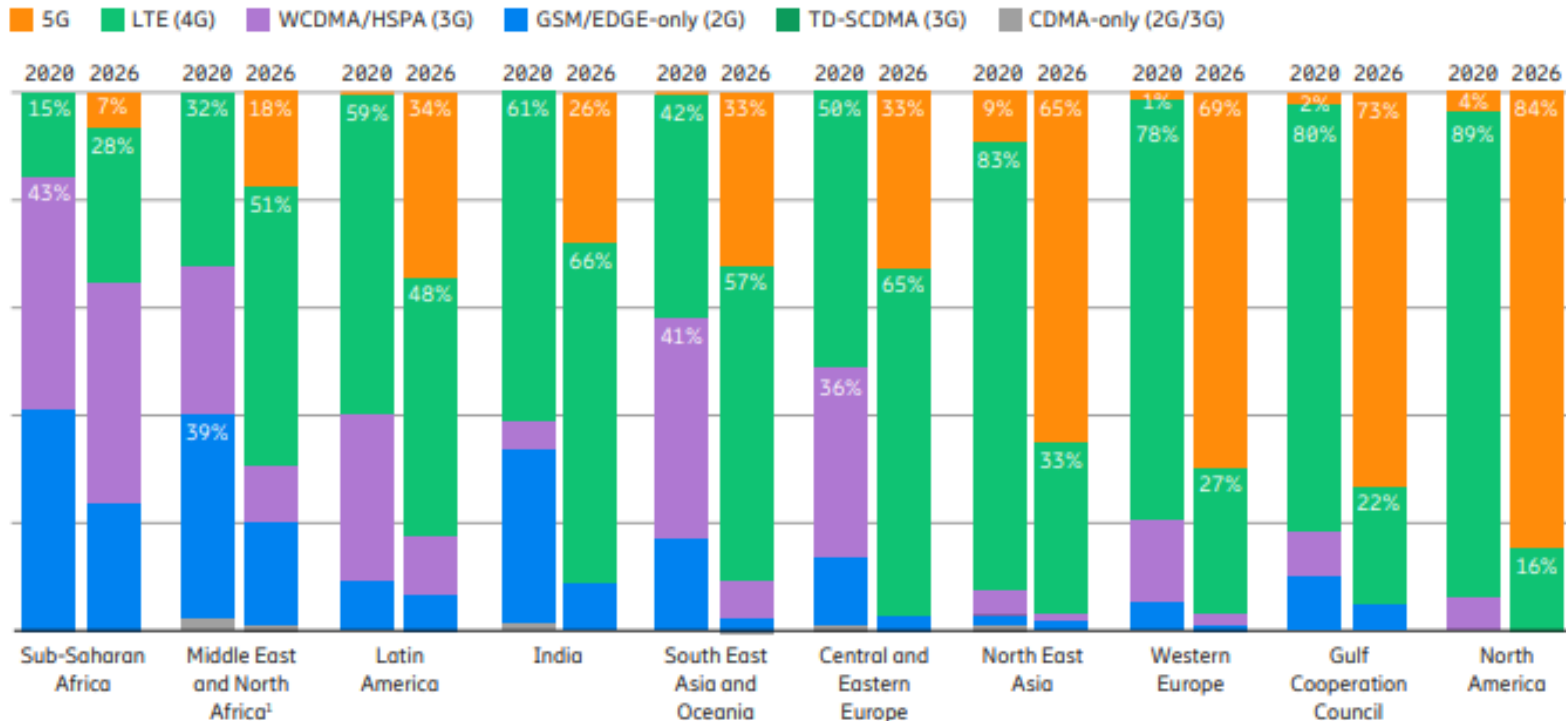
¹ GSA (April 2021).

² A 5G subscription is counted as such when associated with a device that supports New Radio (NR), as specified in 3GPP Release 15, and is connected to a 5G-enabled network.

Συνδρομητές 4G/5G



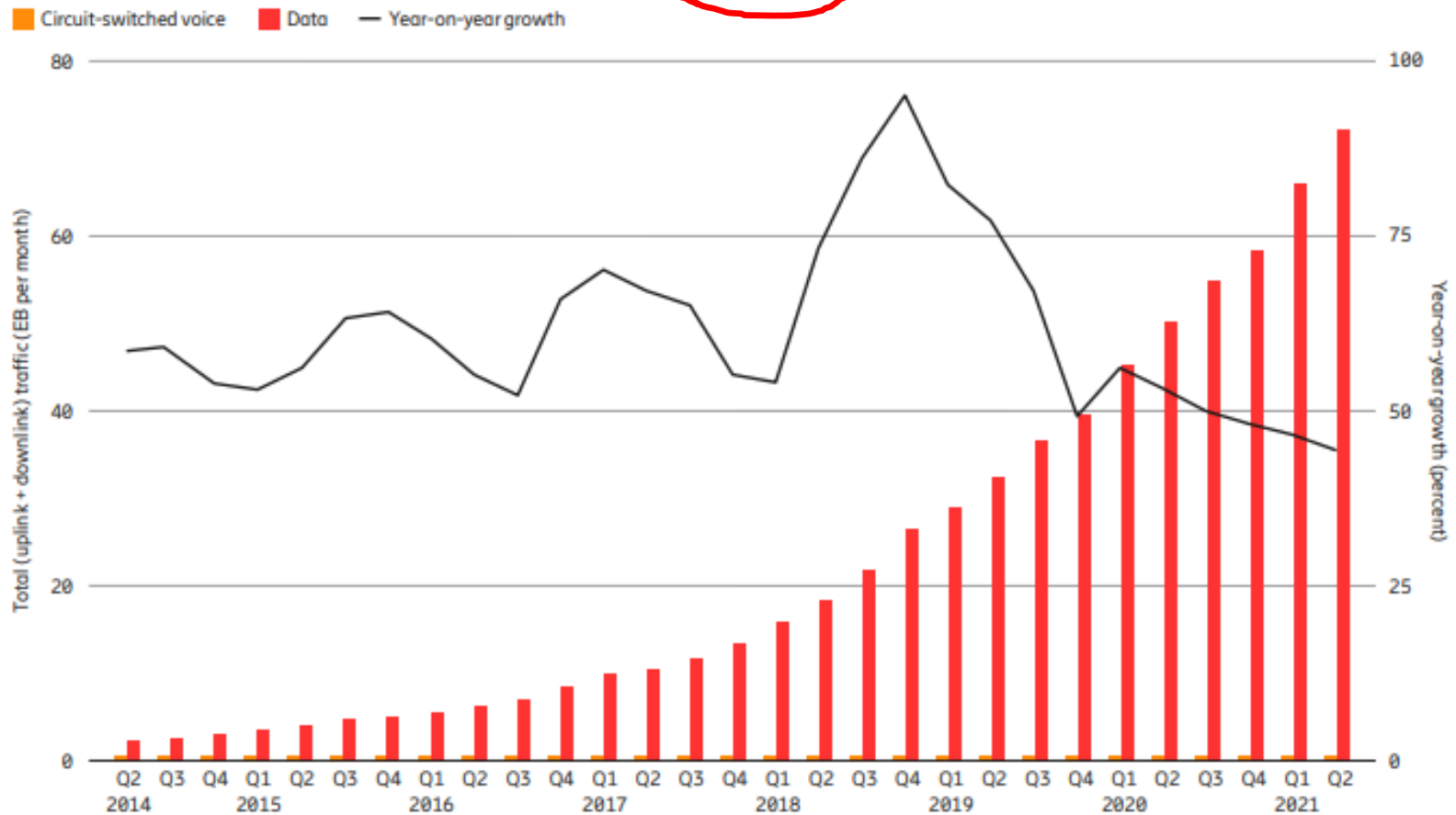
Συνδρομητές ανά περιοχή



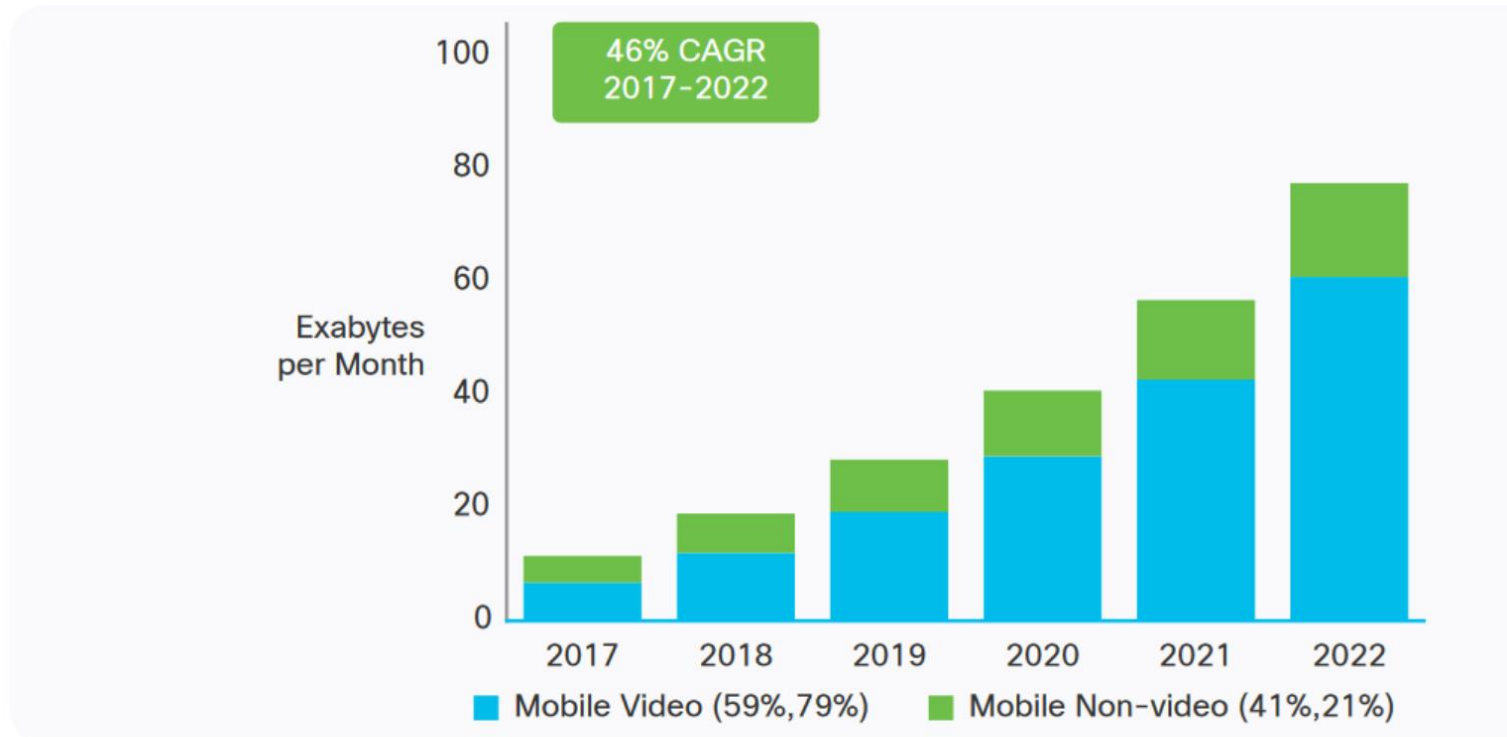
Note: Except for 5G, technologies with less than 1 percent of subscriptions are not shown on the graph.

Κίνηση δεδομένων

Global mobile network data traffic and year-on-year growth (EB per month)



Κίνηση δεδομένων βίντεο

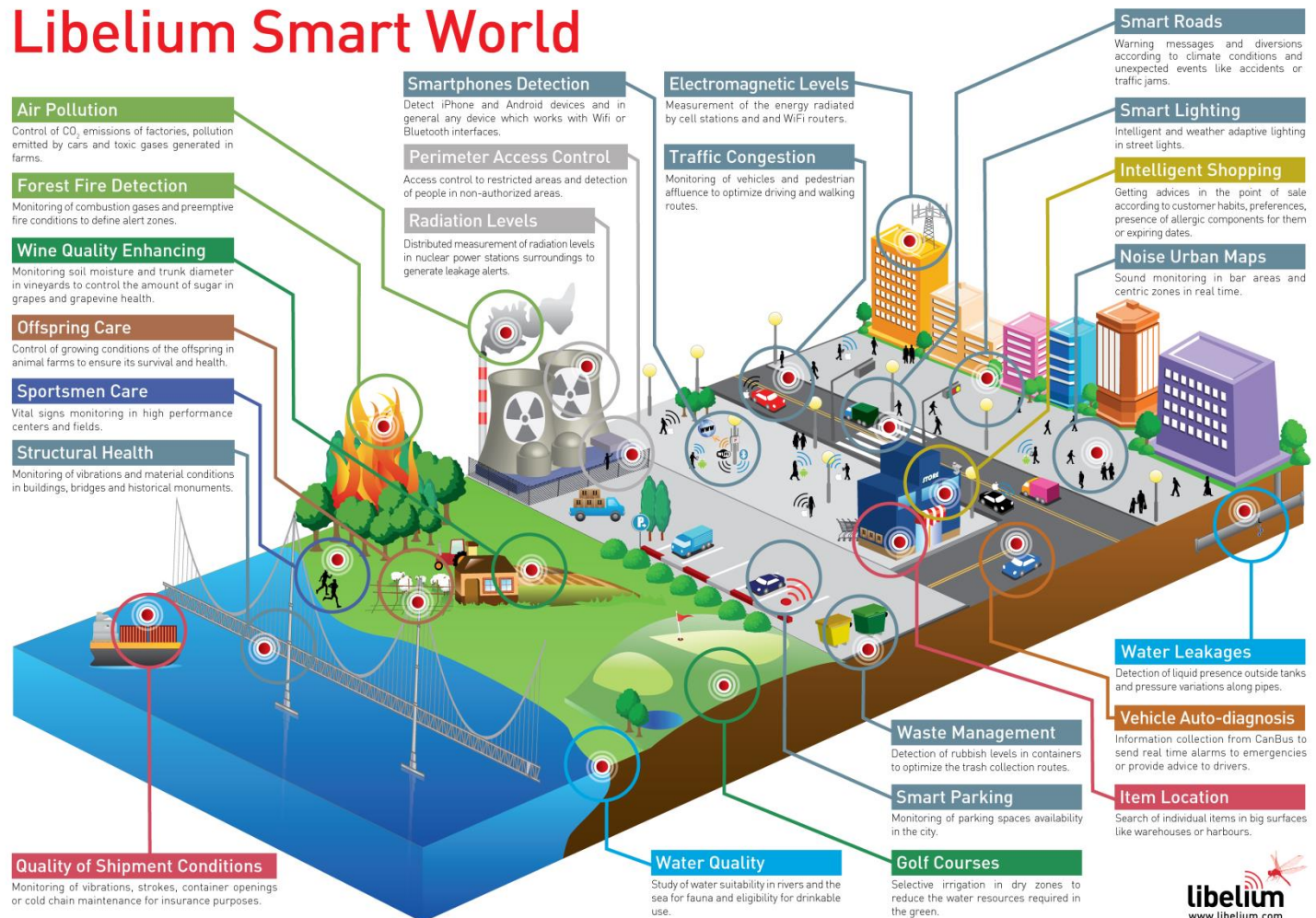


Note: Figures in parentheses refer to 2017 and 2022 traffic share.
Source: Cisco VNI Mobile, 2019

1 ExaByte = 10^{18} bytes

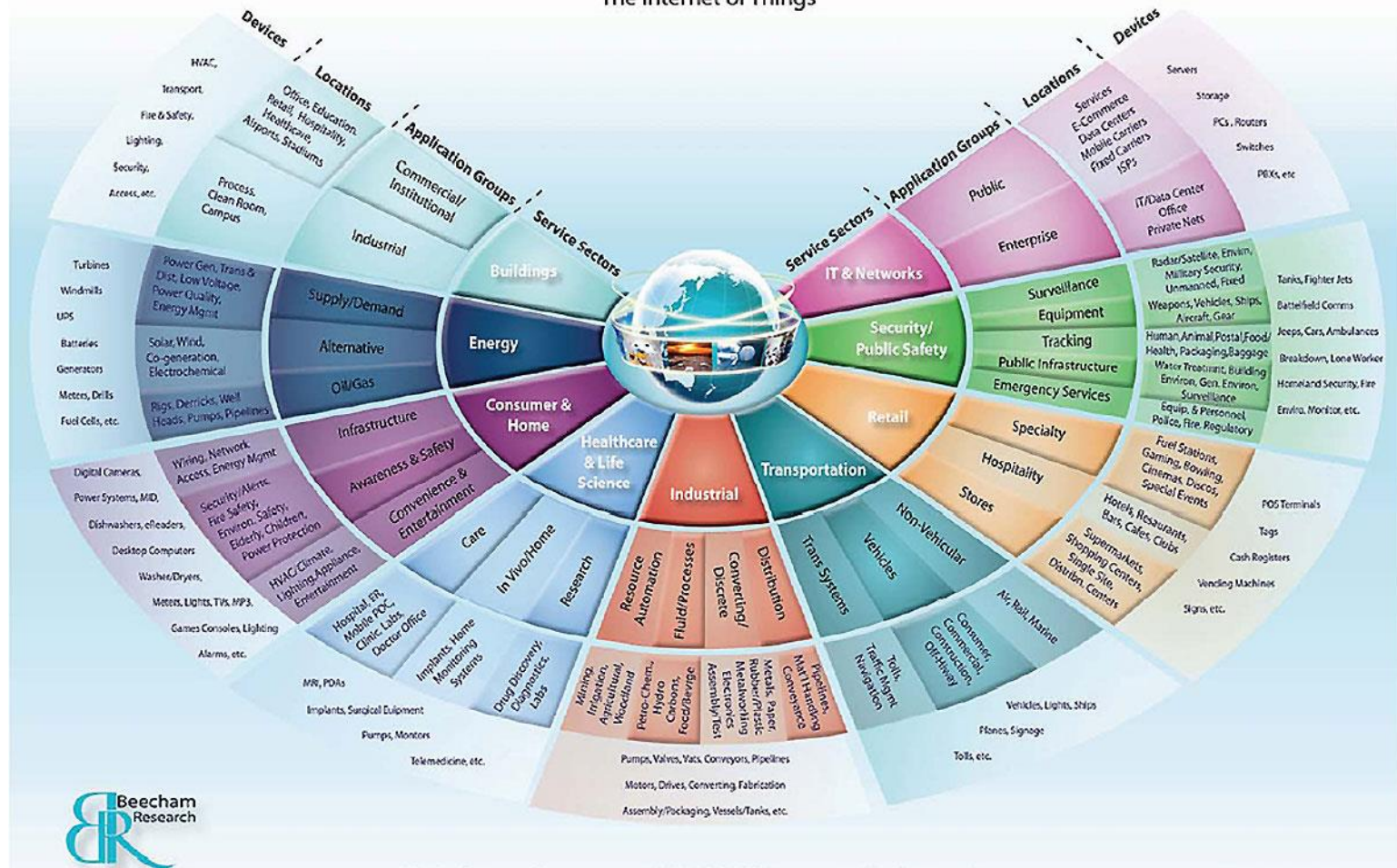
Internet of Things (IoT)

Libelium Smart World

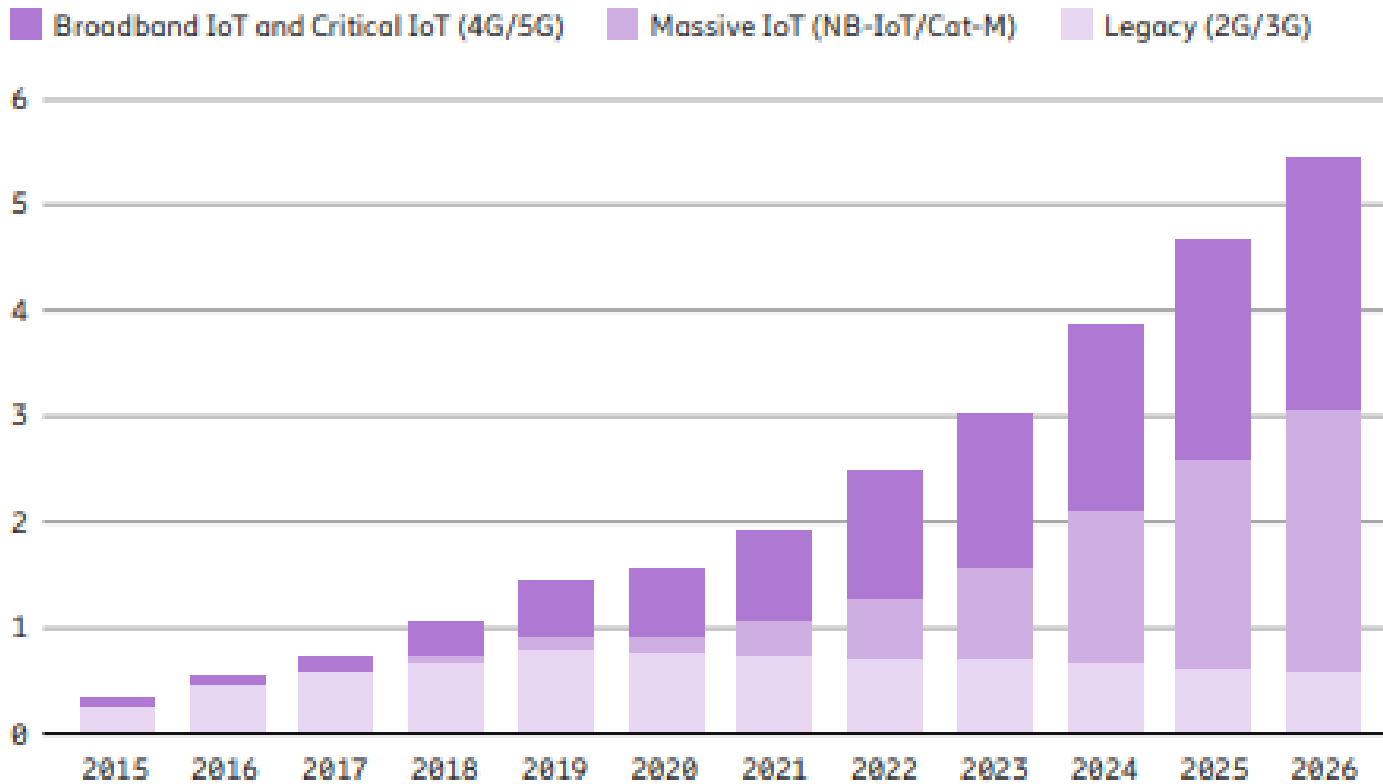


Internet of Things (IoT)

The Internet of Things



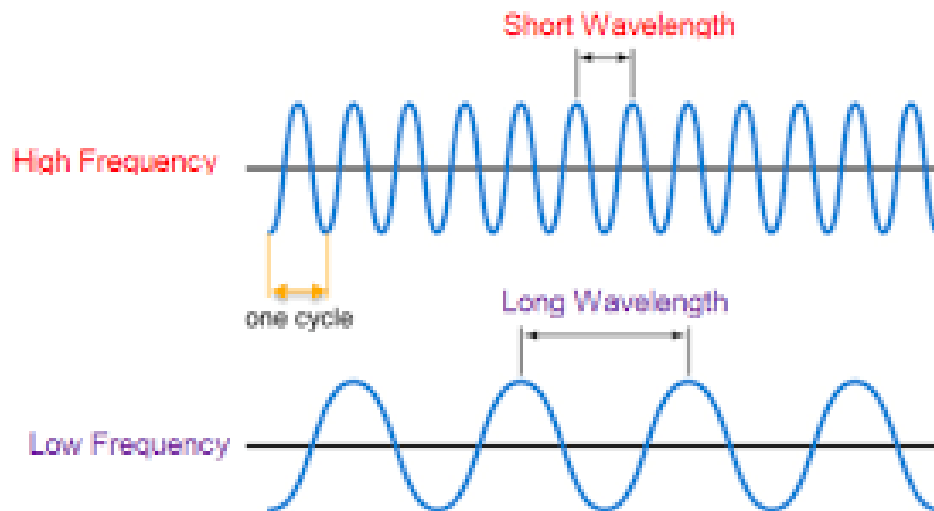
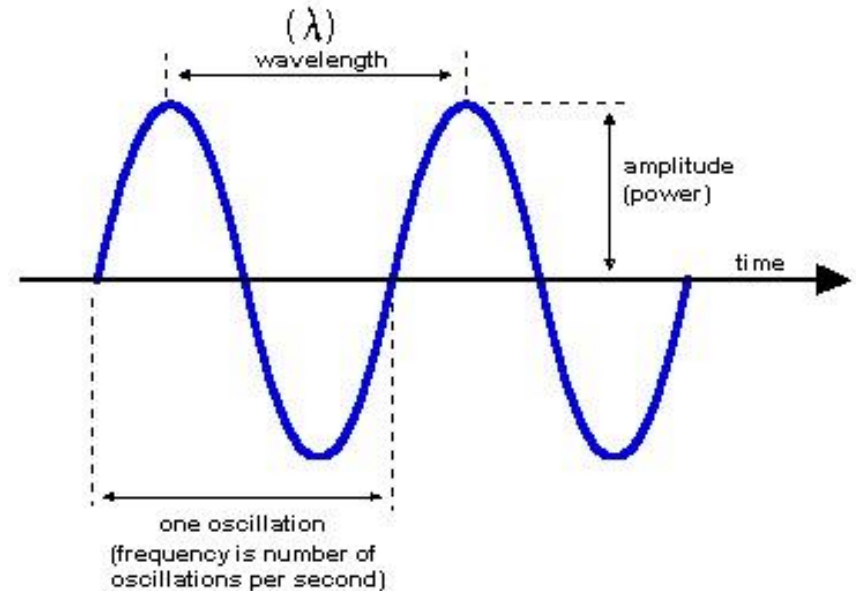
Ανάπτυξη IoT



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%

Frequency and Wave length

- Relationship:
- $\lambda = c/f$
- wave length λ ,
- speed of light $c \cong 3 \times 10^8 \text{m/s}$,
- frequency f



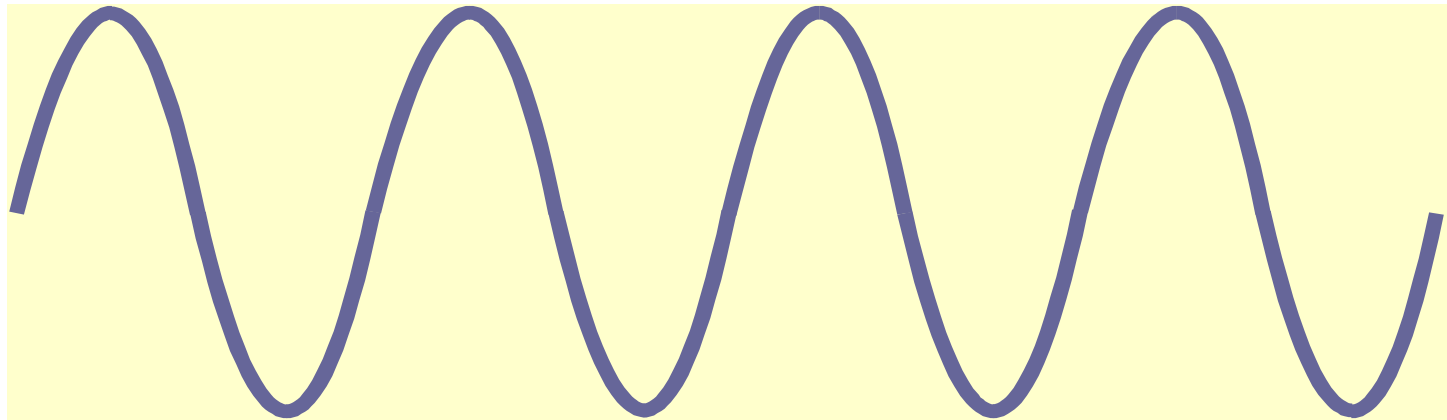
Frequency of transverse waves

The **frequency** is the number of waves passing any point each second.

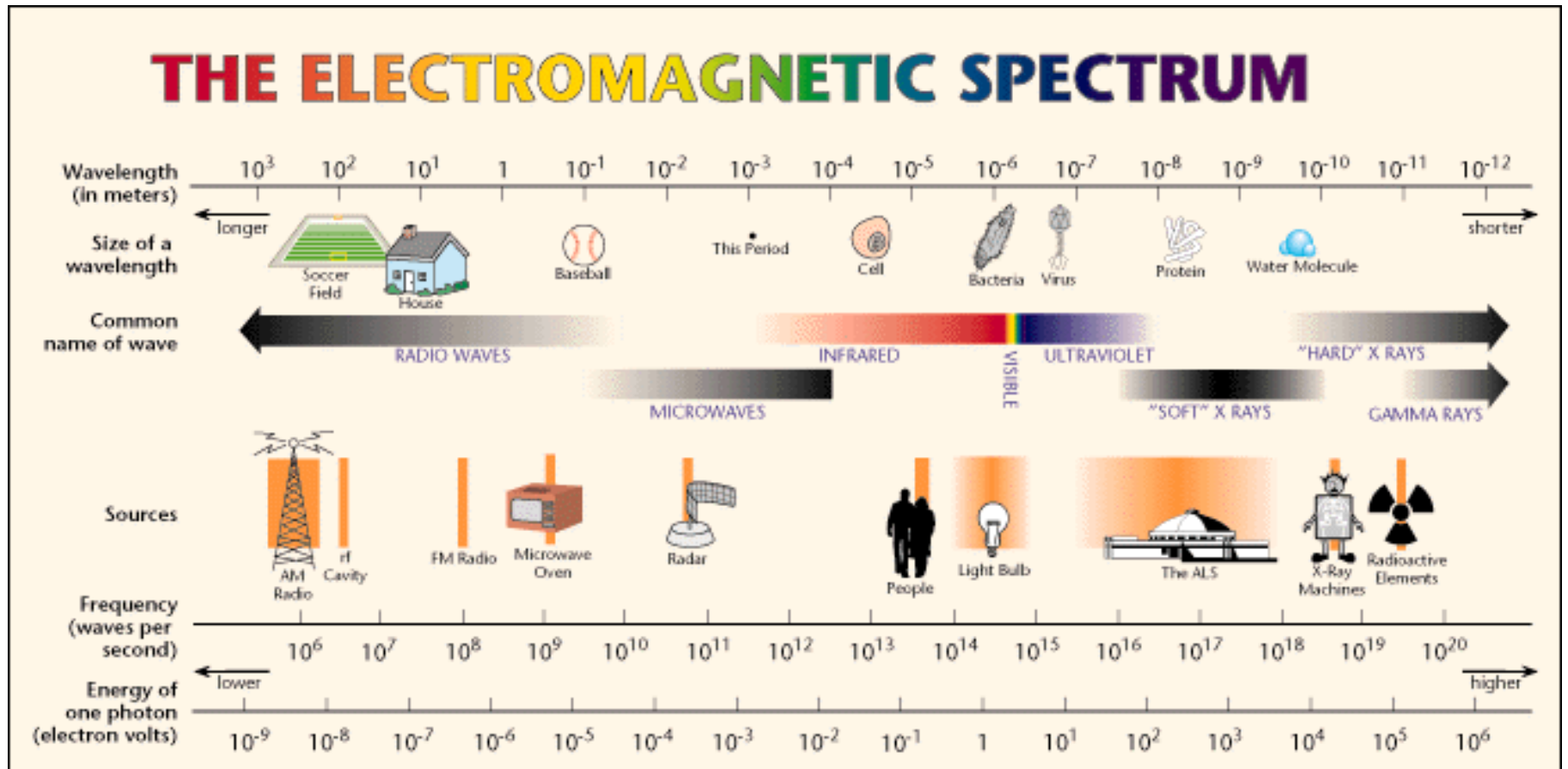
- frequency = number of waves past a point / time
- frequency is measured in hertz (Hz)
- 1 wave per second = 1 Hz

If this set of transverse waves pass a point in one second, what is the frequency?

4 Hz

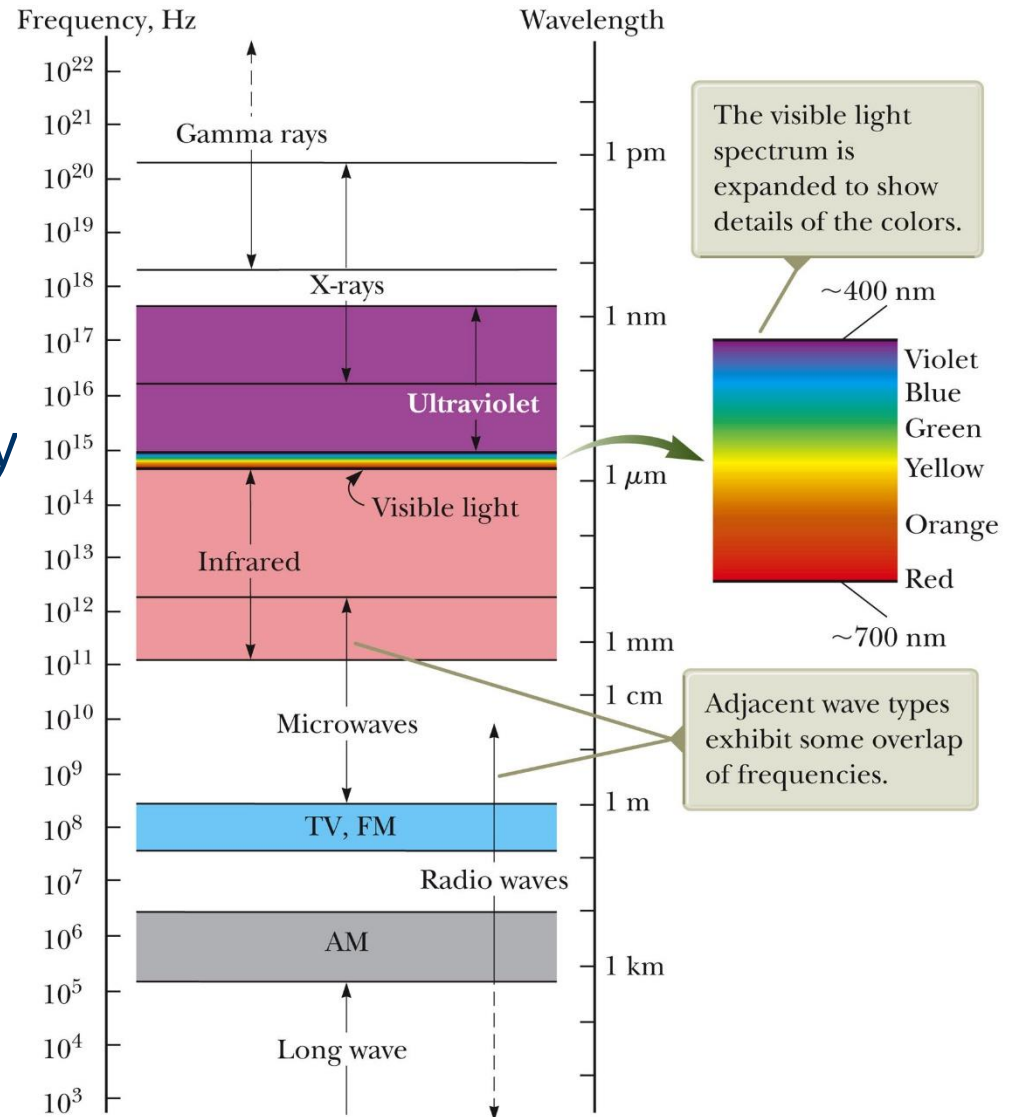


Electromagnetic spectrum

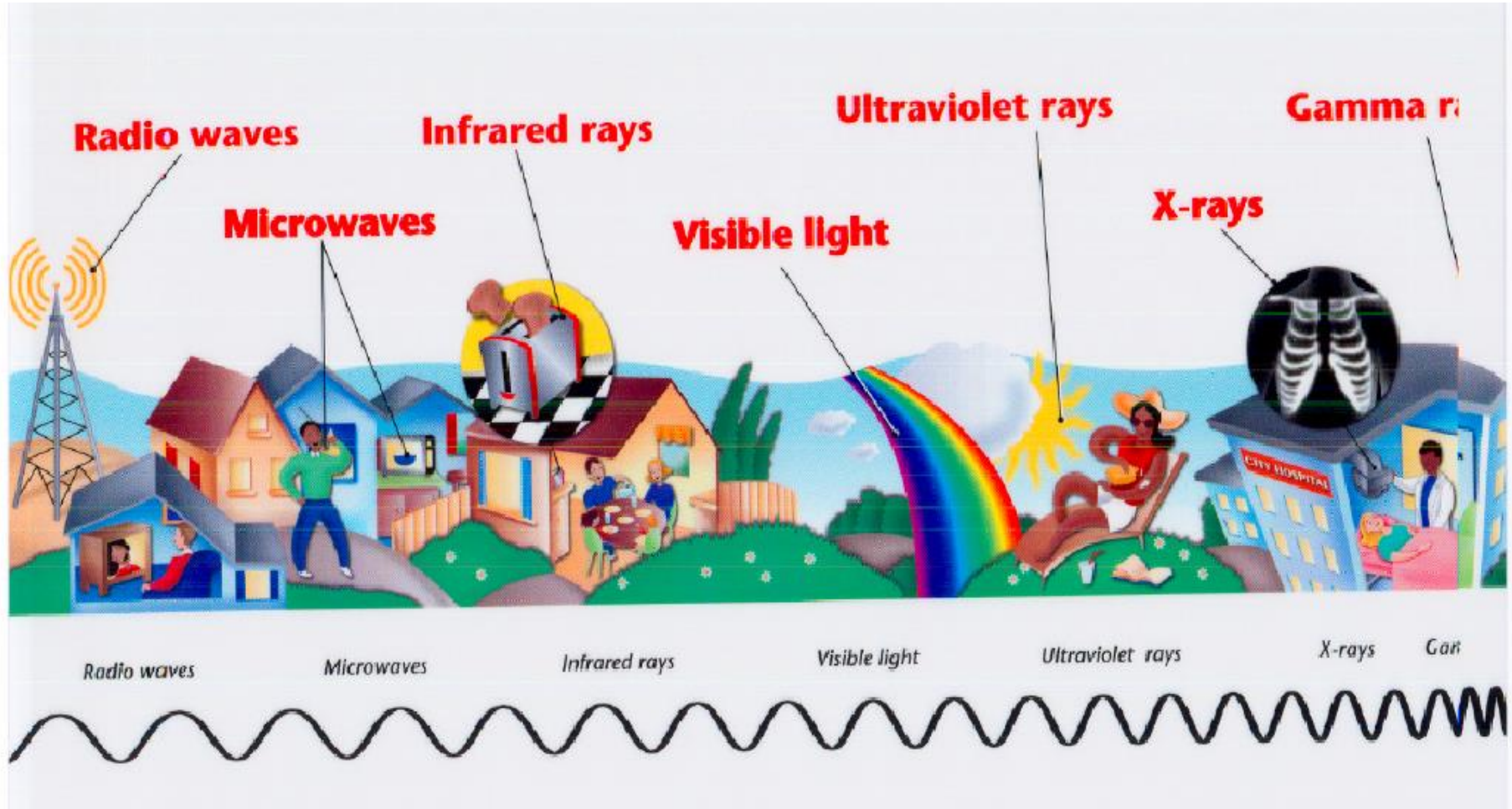


The EM Spectrum

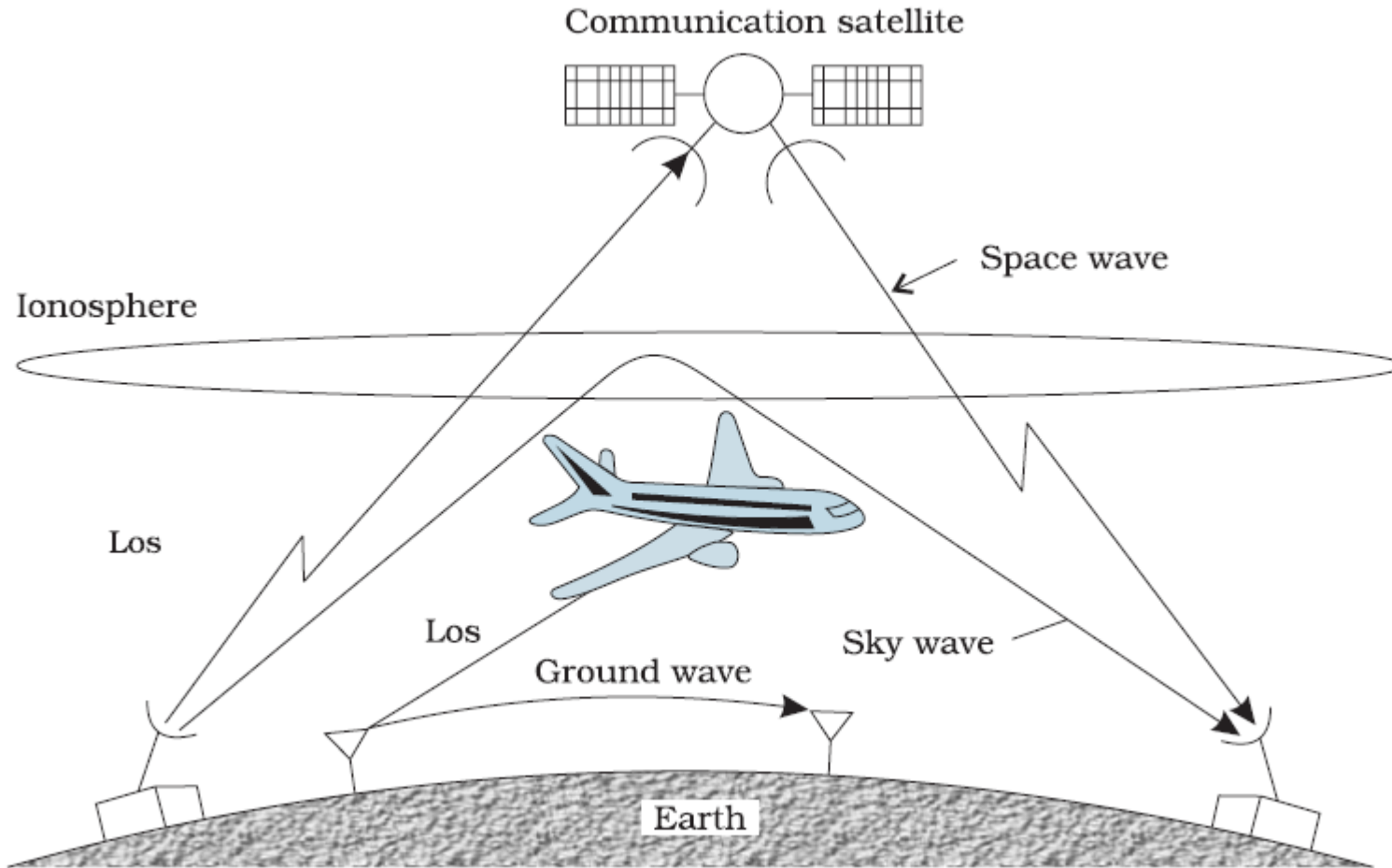
- Note the overlap between types of waves
- Visible light is a small portion of the spectrum.
- Types are distinguished by frequency or wavelength
- Signal behavior based on the frequency



Electromagnetic spectrum



Διάδοση σήματος

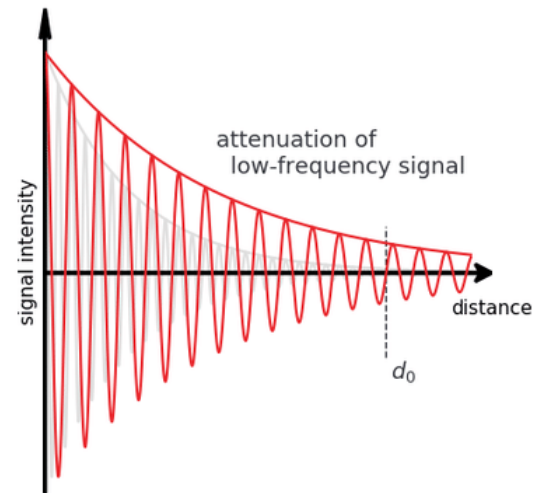
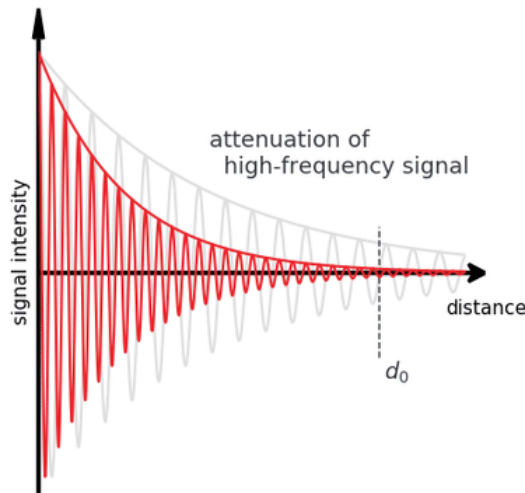
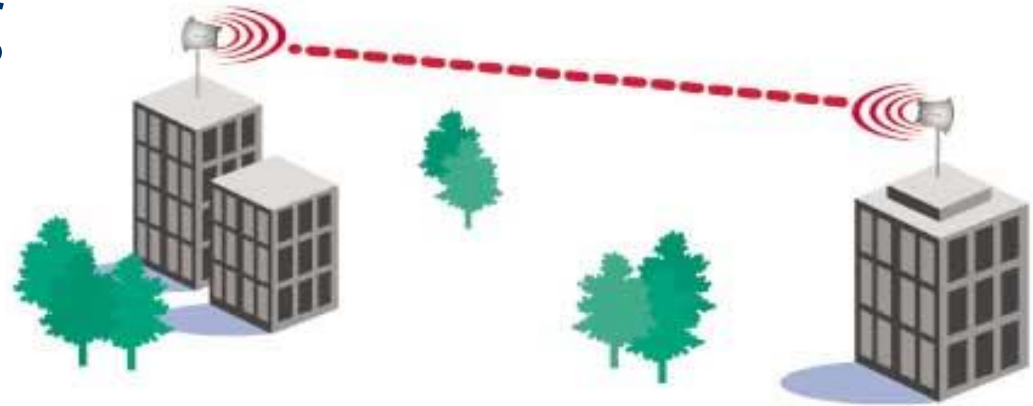


Διάδοση σήματος

Classification Band	Initials	Frequency Range	Characteristics
Extremely low	ELF	< 300 Hz	Ground wave
Infra low	ILF	300 Hz - 3 kHz	
Very low	VLF	3 kHz - 30 kHz	
Low	LF	30 kHz - 300 kHz	
Medium	MF	300 kHz - 3 MHz	
High	HF	3 MHz - 30 MHz	Sky wave
Very high	VHF	30 MHz - 300 MHz	Space wave
Ultra high	UHF	300 MHz - 3 GHz	
Super high	SHF	3 GHz - 30 GHz	
Extremely high	EHF	30 GHz - 300 GHz	
Tremendously high	THF	300 GHz - 3000 GHz	

Διάδοση σήματος

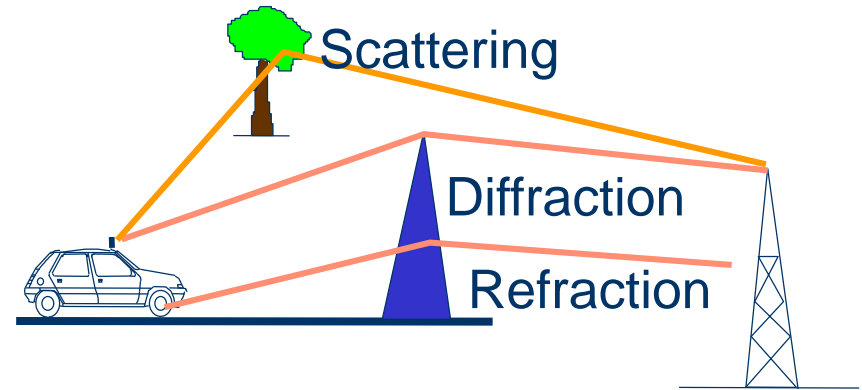
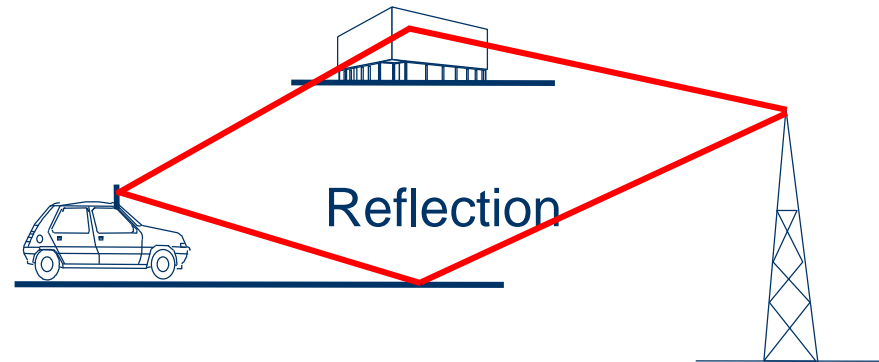
- Εξασθένηση σήματος λόγω
 - Απόστασης
 - Εμποδίων



Γενικές αρχές για τη διάδοση

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

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



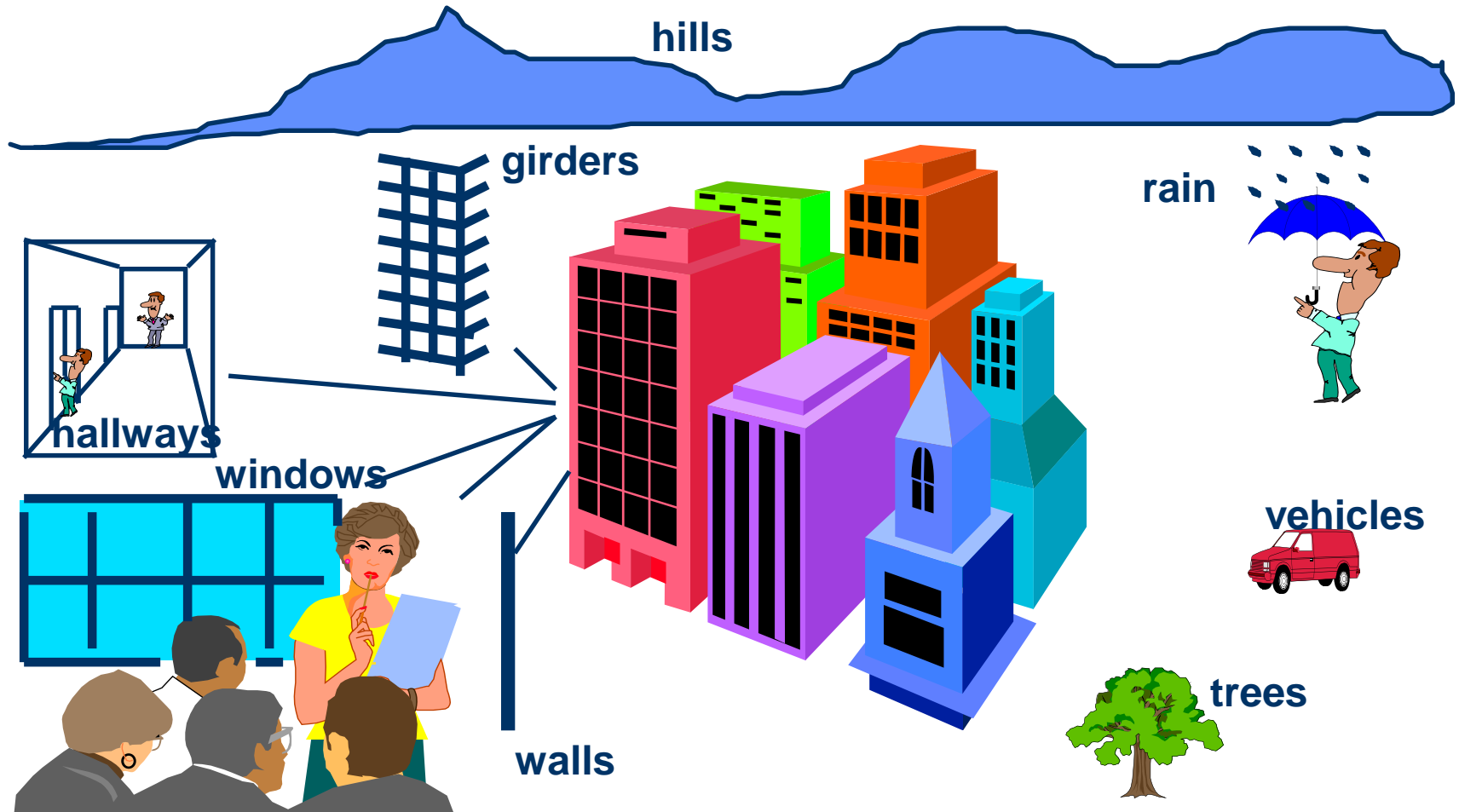
**** Μπορεί να δημιουργούν προβλήματα αλλά να δίνουν και λύσεις όταν δεν υπάρχει οπτική επαφή ****

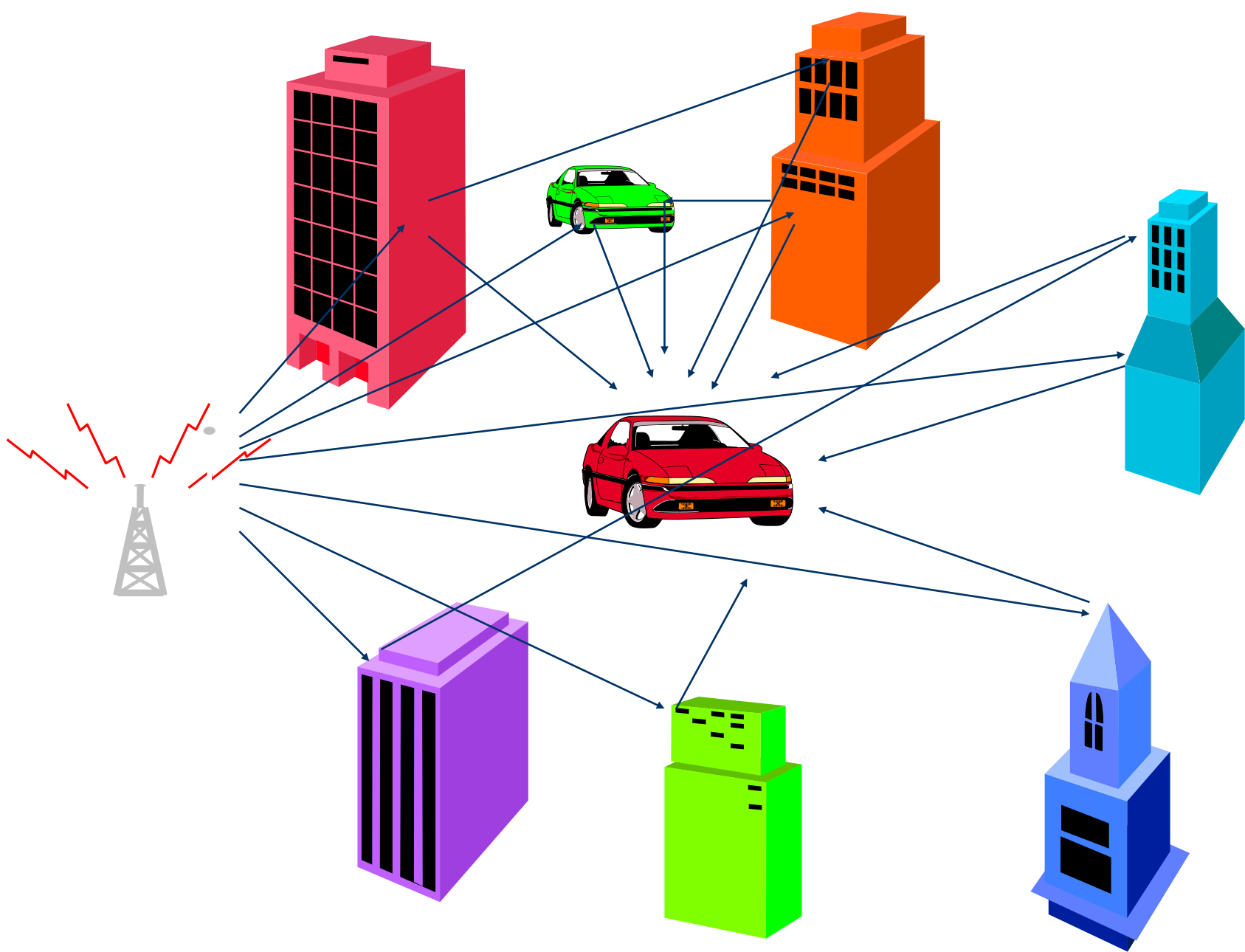
Γενικές αρχές για τη διάδοση

Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε περιβάλλοντα κινητών επικοινωνιών χαρακτηρίζεται από τρία επιμέρους φαινόμενα:

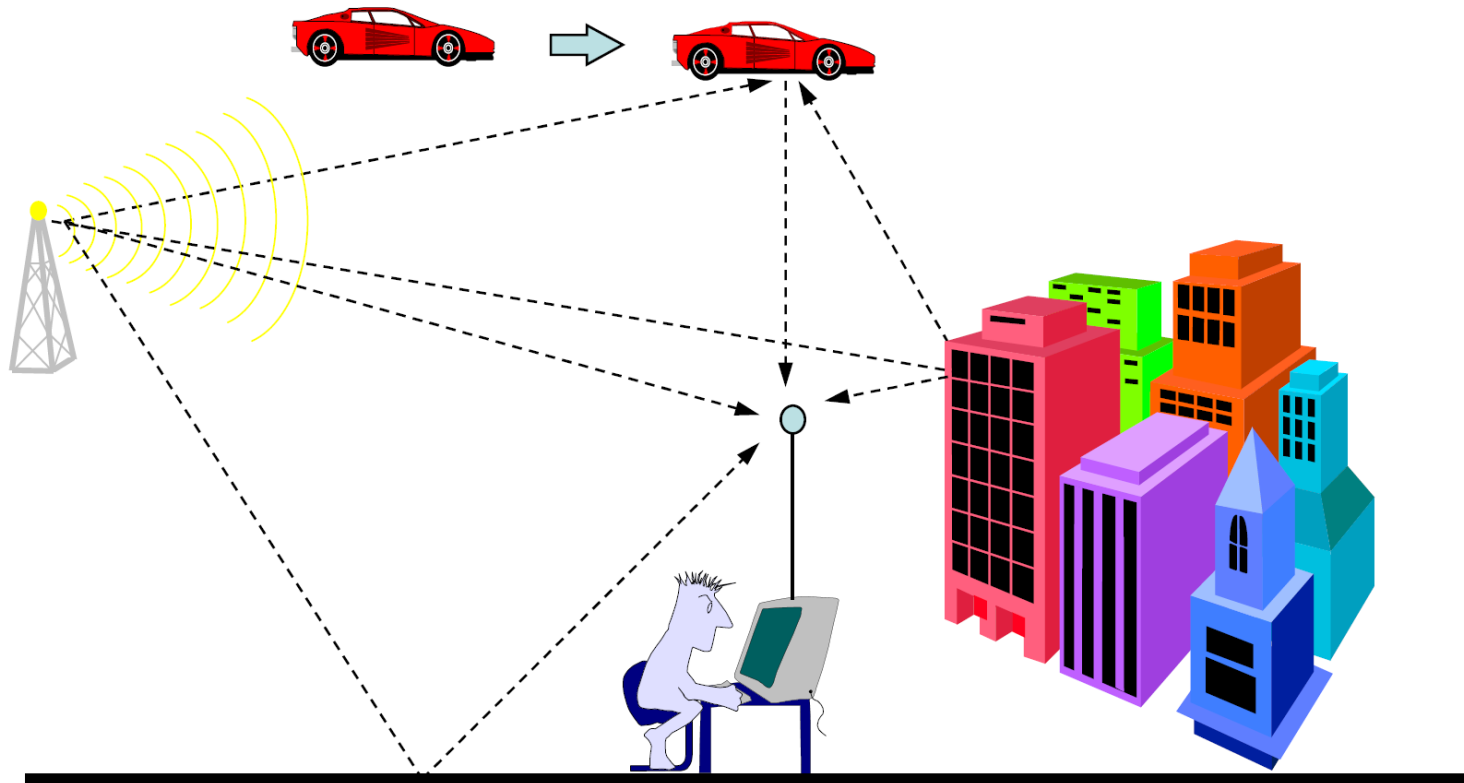
- *Απώλειες διαδρομής (path loss) - εξασθένιση*
- *Σκίαση (shadowing) – περίθλαση/διάθλαση*
- *Διαλείψεις πολλαπλών διαδρομών (multipath fading) – ανάκλαση/σκέδαση*

Παράγοντες που επηρεάζουν την διάδοση των Η/Μ κυμάτων

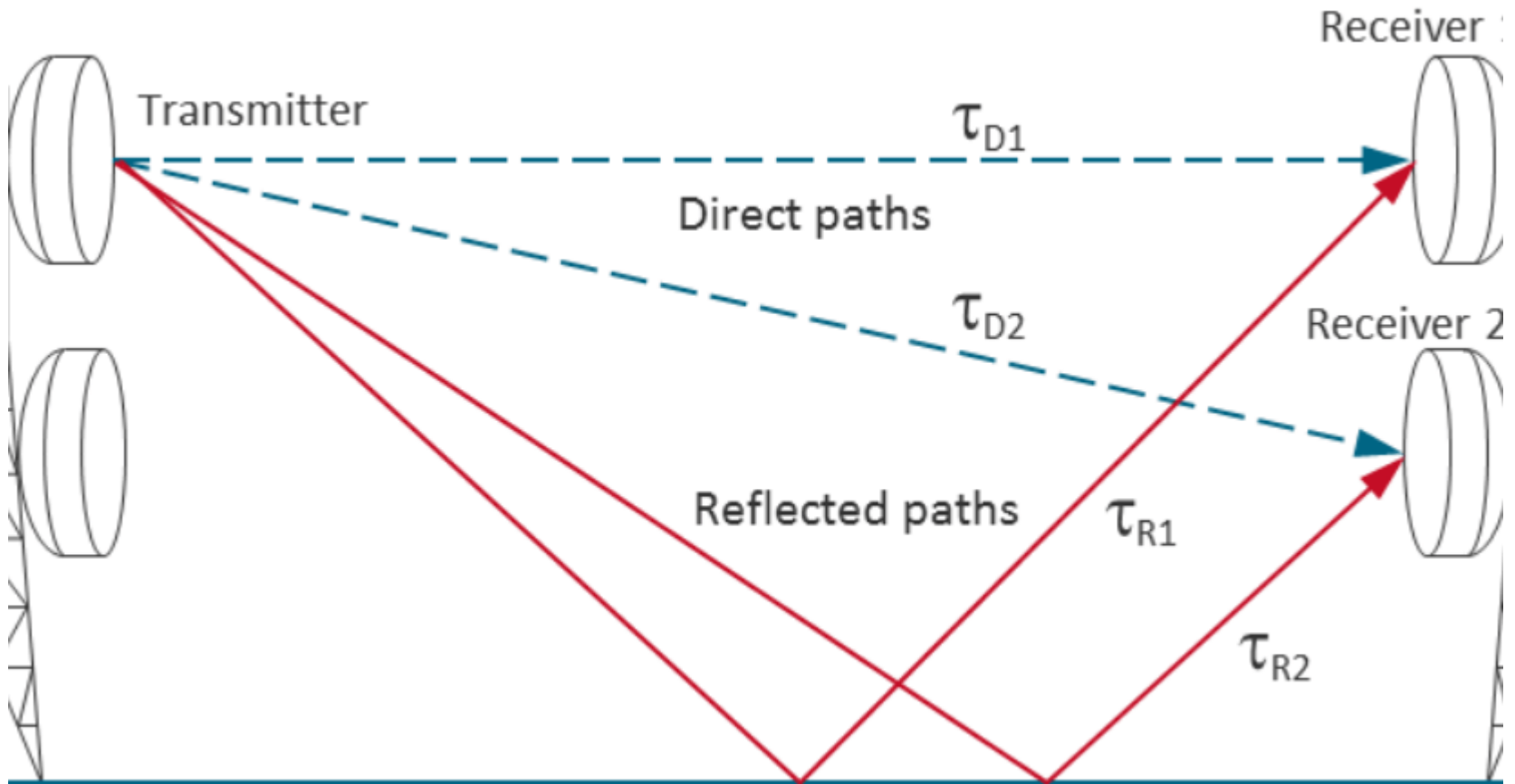




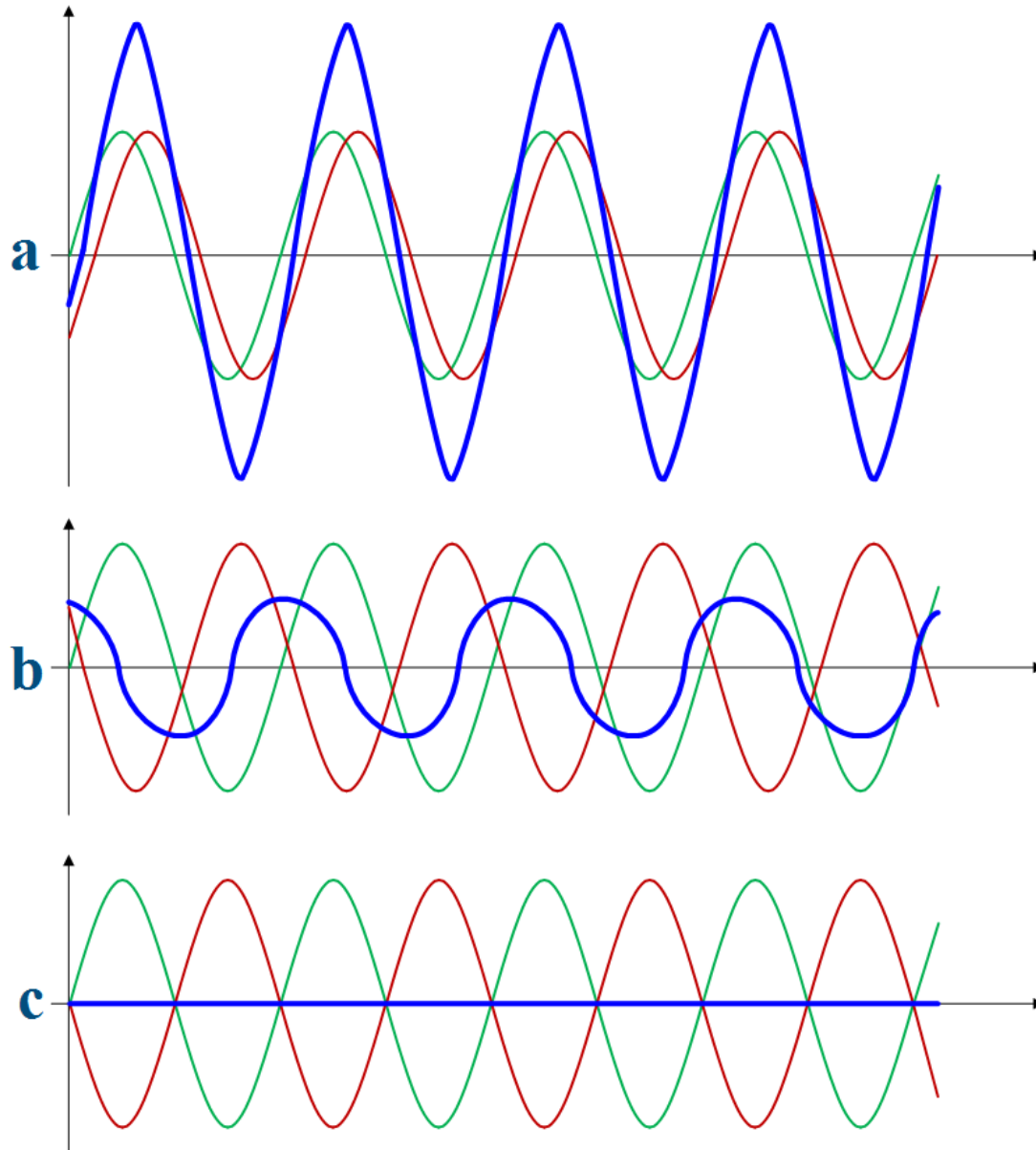
Μια από τις διαδρομες είναι μεταβαλλόμενη



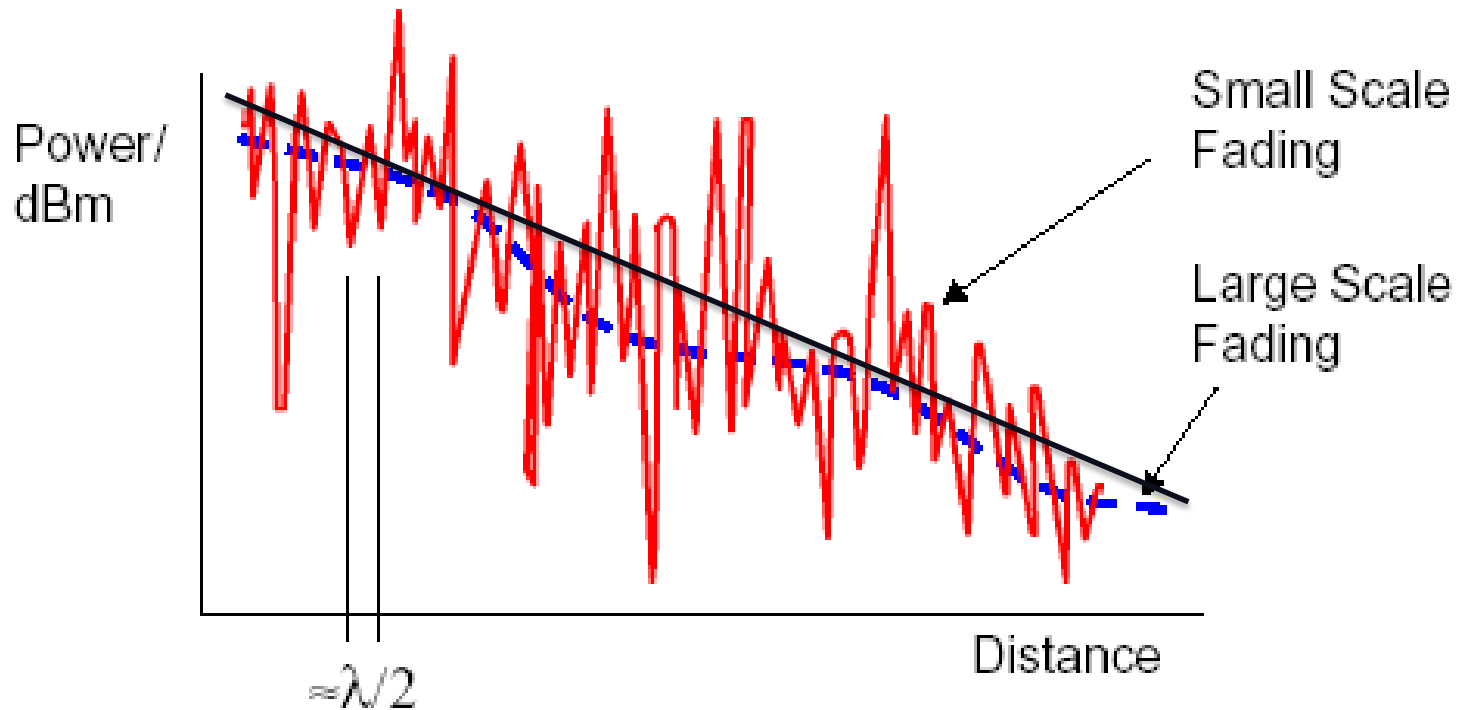
Πολυοδική διάδοση



Πολυοδική διάδοση



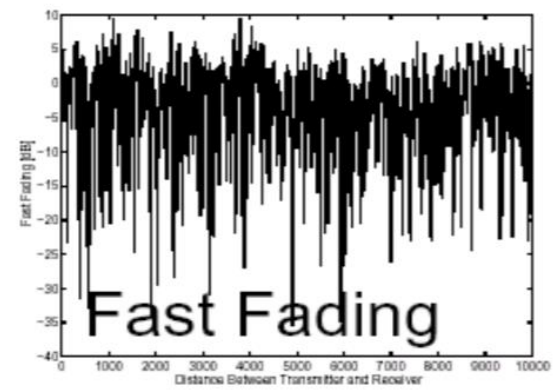
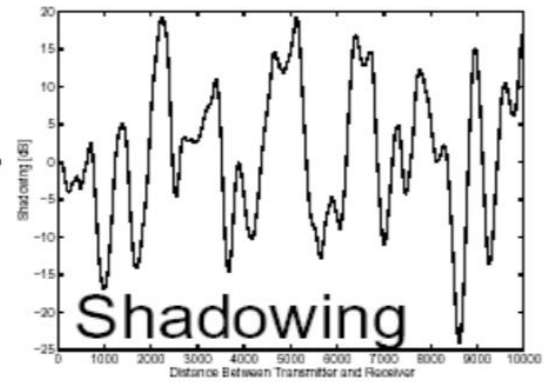
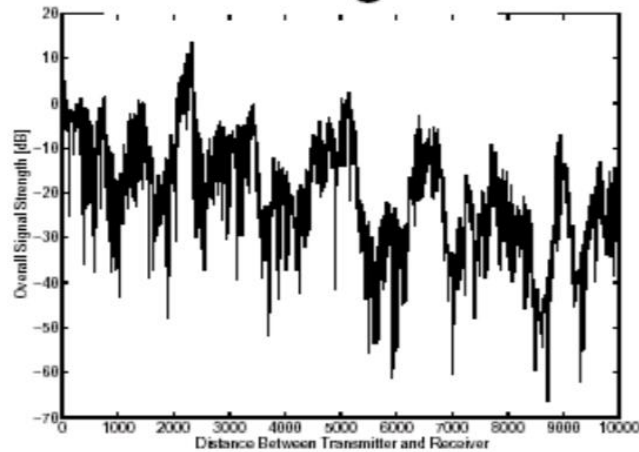
Διαλείψεις



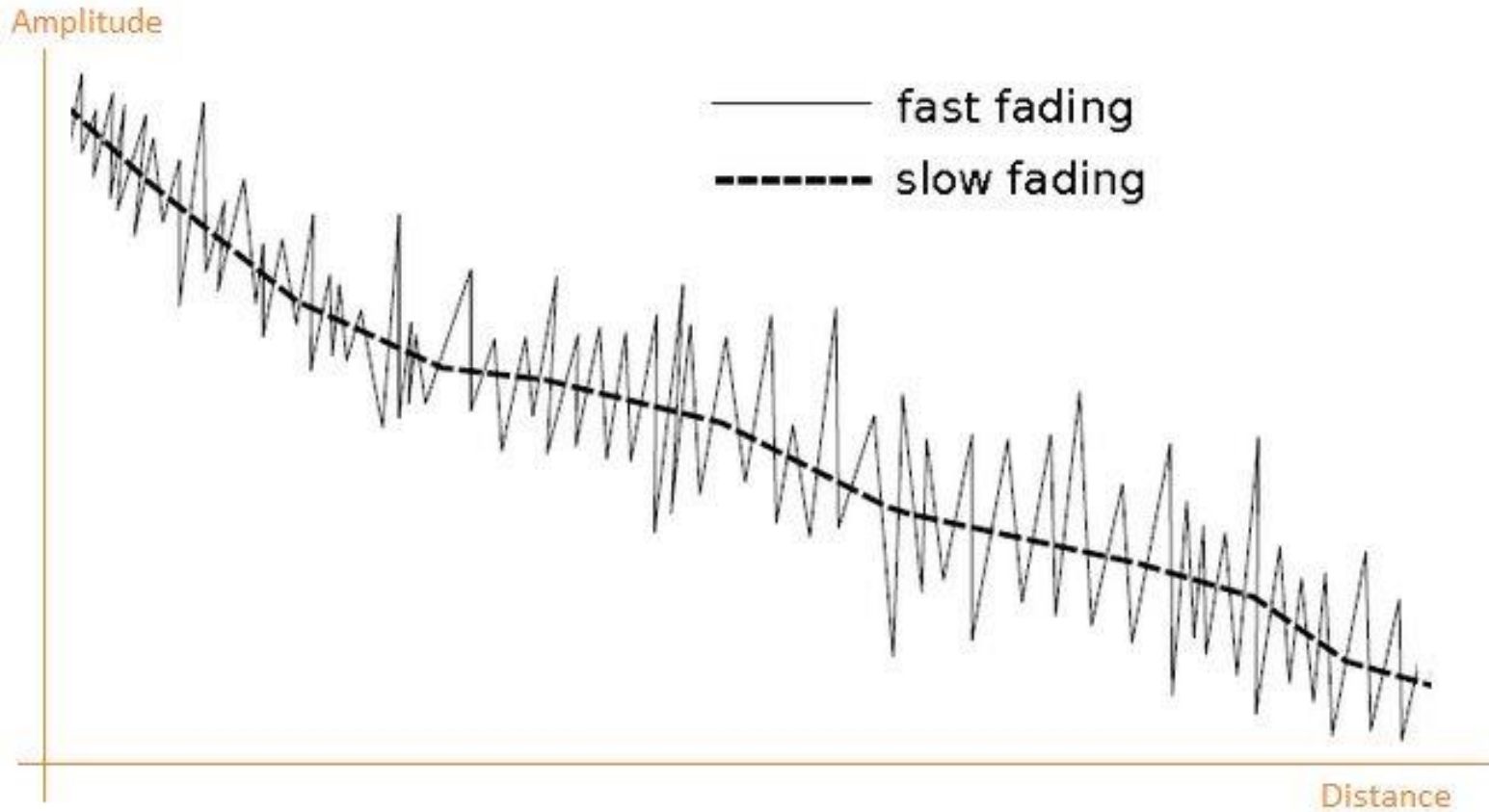
- A αποτελεσματα μεγαλης κλιμακας - Απωλειες διαδρομης
- B αποτελεσματα μεσαιας κλιμακας- σκιαση λογω εμποδιων
- C αποτελεσματα μικρης κλιμακας – ταχειες διακυμανσεις του πλατους του σηματος (small scale fading)

ΤΡΕΙΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ

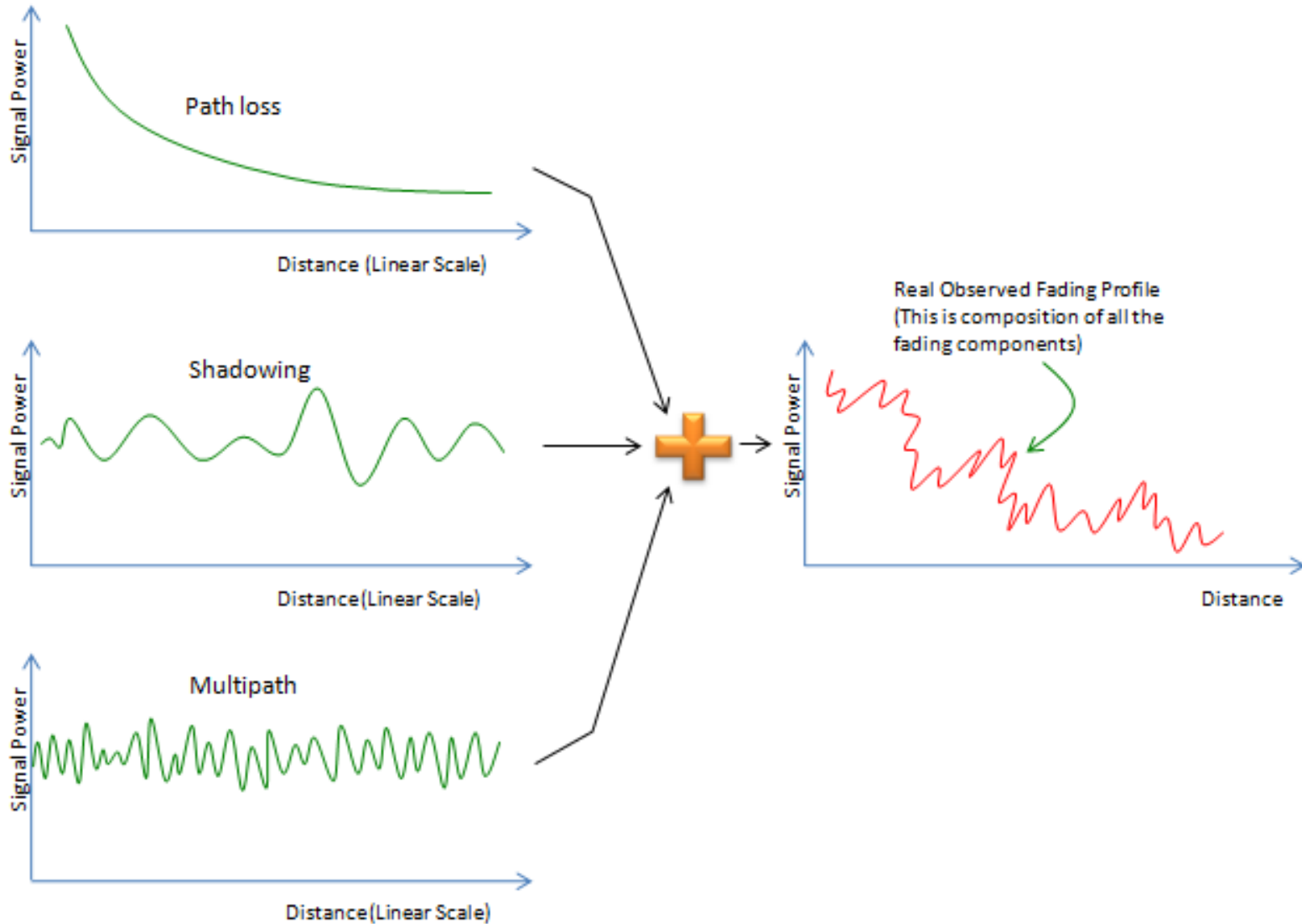
Total Signal



Διαλείψεις



Διαλείψεις



Θόρυβος και παρεμβολές

- Μετάδοση από άλλες πηγές
 - Πολλές συσκευές που μεταδίδουν στην ίδια συχνότητα
 - Π.χ., 2.4 GHz ασύρματο τηλέφωνο, Bluetooth και Wi-Fi
 - Η/Μ θόρυβος (π.χ., φούρνος μικροκυμάτων)



ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Channel characteristics change over time and location

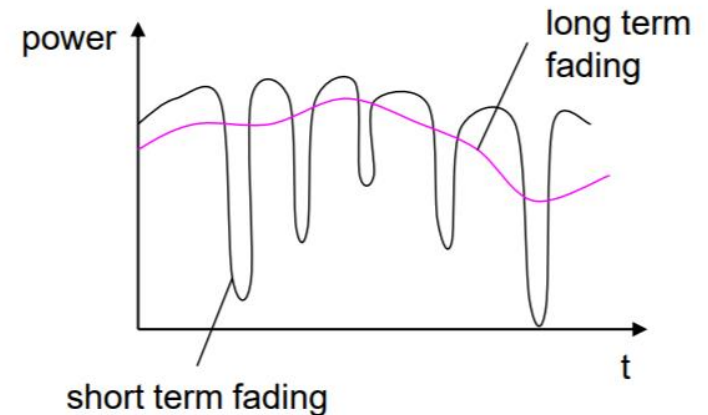
- ❑ signal paths change
- ❑ different delay variations of different signal parts
- ❑ different phases of signal parts

→ quick changes in the power received (short term fading)

Additional changes in

- ❑ distance to sender
- ❑ obstacles further away

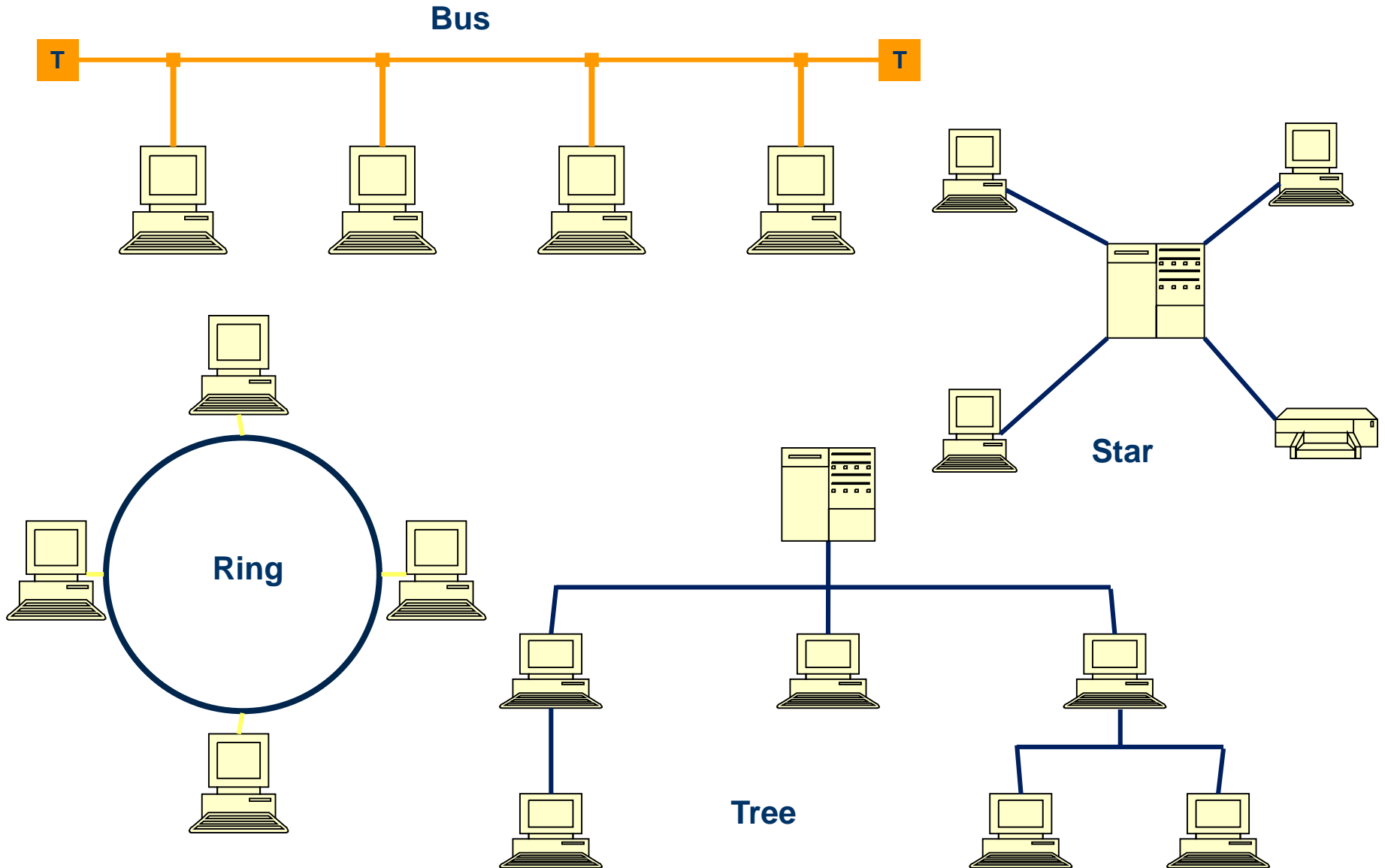
→ slow changes in the average power received (long term fading)



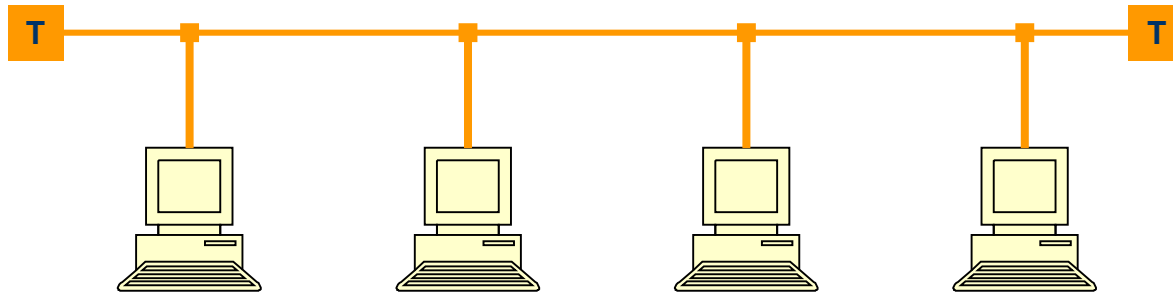
Πως χειριζόμαστε τα λάθη

- 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)

Network Topologies

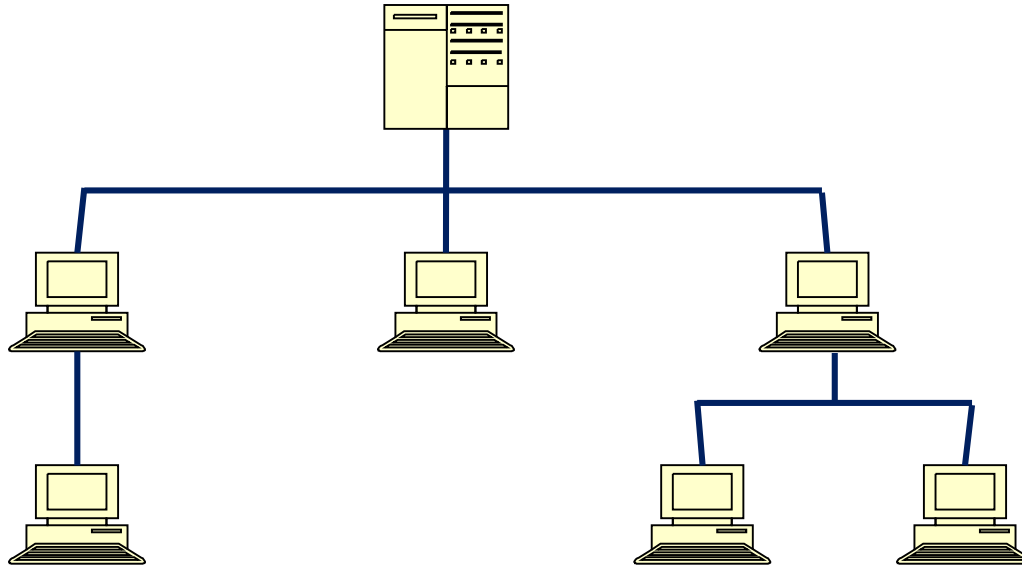


Bus



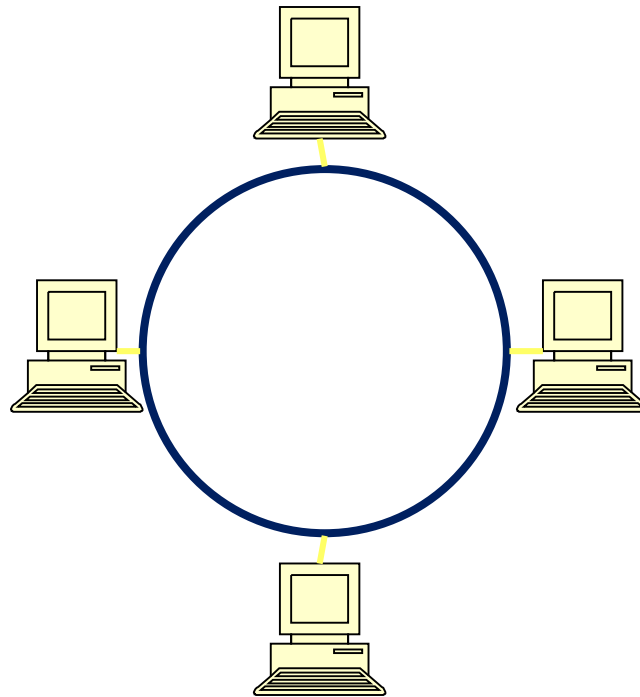
- All terminals on the bus
- Terminals can be connected/disconnected seamlessly
 - End points
- Only one message at a time
 - Low cable cost

Tree



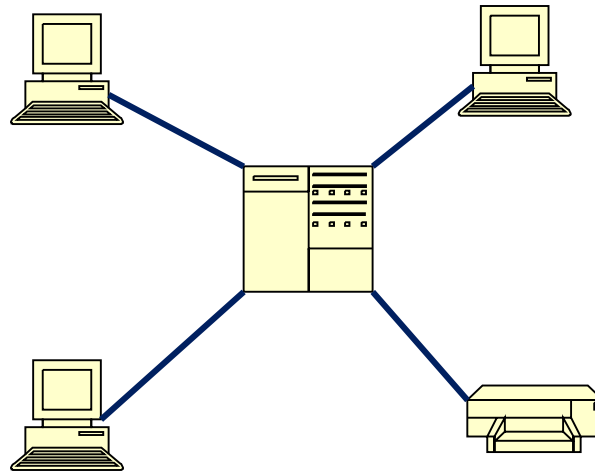
- Parent node can be a bottleneck
- Parent node out of order -> all tree out of order
- Add nodes at the lowest level

Ring



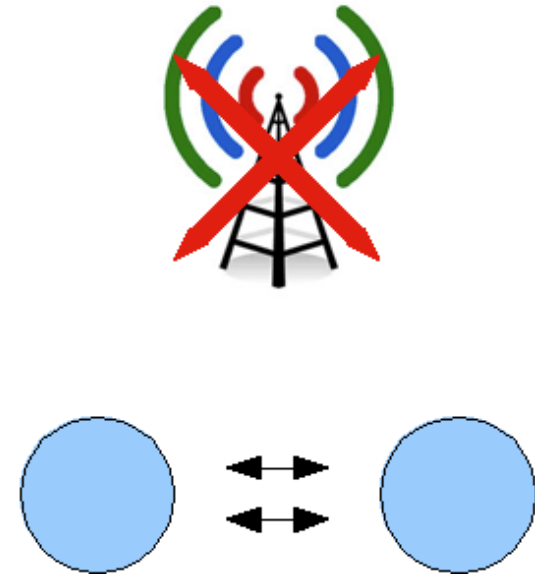
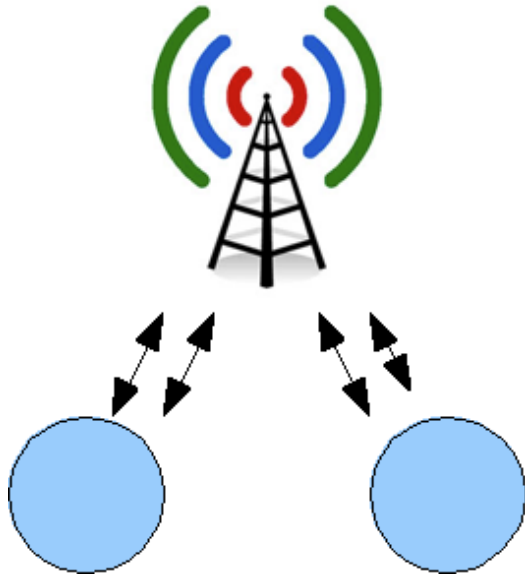
- Hop by hop transmissions
- Transmit/receive/check/forward
- Networks keep working on node errors

Star



- All nodes connected in a central node
- Single point of failure

Mobile network topologies



- Cellular or Ad-hoc
- Common medium (bus)
- All traffic through a node (star)
- Hop-by-hop transmissions (ring)
- Multiple access control
- Error control
- Mobility