

Mobile and Wireless Networks

Introduction

Scope of this course

- Study of the architecture and operations of mobile and wireless networks.
- This area is huge and cannot be covered in one course.
- Divided in two parts
 - Wireless/mobile Internet access
 - Mobile networks

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

Parts of this course

Wireless/mobile Internet access

- History, general principles of mobile communications
- Problems of IP over wireless networks
- Wireless communications – Modulation, transmission
- Wireless networks – WLANs
- Mobility support

Mobile Networks

- 4G networks – LTE - LTE-A
- 5G architecture
- Quality of Service – Quality of Experience
- Radio resource management
- Interference management
- Mobility support

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 2026.**
- **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).**

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



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

Αναζήτηση...

- Ενεργά εργαλεία
 - Ανακοινώσεις
 - Εγγραφα
 - Εργασίες
 - Μηνύματα 32
 - Ομάδες Χρηστών
- Ανενεργά εργαλεία
 - Διαχείριση μαθήματος

🏠 npassas ☰

📖 Χαρτοφυλάκιο / Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless...

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless Networks (M121 - EN23/IC1)
Νίκος Πασσάς

👤 📊 📎 📧 📁 🔧

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 [Περισσότερα](#) ↓

➤ [Περίγραμμα](#) +



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



Αρχική

Χαρτοφυλάκιο

Μαθήματα

Συχνές ερωτήσεις

Αναζήτηση...

Ν Π



ΧΡΗΣΤΗΣ



Επιλογές Μαθήματος

Ανακοινώσεις

Έγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα

34

Ομάδες Χρηστών

Χαρτοφυλάκιο > Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless... > Έγγραφα

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless Networks

M121 - EN23/IC1 - Νίκος Πασσάς



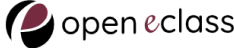
Έγγραφα

Αρχικός κατάλογος



Όνομα	Μέγεθος	Ημερομηνία	
Winter Semester 2024-2025		6/10/24	Download
Winter Semester 2025-2026	Νέο	5/10/25	Download

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



ΑρχικήΧαρτοφυλάκιοΜαθήματαΣυχνές ερωτήσεις

Αναζήτηση...ΝΠ

ΧΡΗΣΤΗΣ

Επιλογές Μαθήματος

Ανακοινώσεις

Έγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα34

Ομάδες Χρηστών

Χαρτοφυλάκιο > Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless... > Έγγραφα

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless Networks

M121 - EN23/IC1 - Νίκος Πασσάς

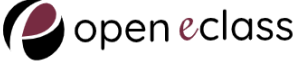
Έγγραφα

Αρχικός κατάλογος > Winter Semester 2024-2025

Επάνω

Όνομα	Μέγεθος	Ημερομηνία
Lecture 01 - Introduction	4.11 MB	6/10/24, 12:17 μ.μ.
Lecture 02 - IP over wireless	1.47 MB	12/10/24, 1:21 μ.μ.
Lecture 03 - Wireless transmission	898.09 KB	20/10/24, 12:03 μ.μ.
Lecture 04 - Multiple Access Control / WiFi introduction	2.53 MB	24/10/24, 1:39 μ.μ.
Lecture 05 - WiFi part 2	1.02 MB	5/11/24, 5:40 μ.μ.
Lecture 06 - Subjects for the assignment (θέματα εργασίας)	1.39 MB	6/11/24, 2:52 μ.μ.
Lecture 07 - WiFi part 3	868.96 KB	21/11/24, 12:34 μ.μ.
Lecture 08 - WiFi part 4	5.29 MB	27/1/25, 2:12 μ.μ.
Lecture 09 - Long Term Evolution	3.1 MB	27/1/25, 2:12 μ.μ.
Lecture 10 - Long Term Evolution Advanced	15.32 MB	27/1/25, 2:13 μ.μ.
Lecture 11 - 5G part 1	3.3 MB	27/1/25, 2:13 μ.μ.
Lecture 12 - 5G part 2	4.97 MB	27/1/25, 2:13 μ.μ.

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



ΑρχικήΧαρτοφυλάκιοΜαθήματαΣυχνές ερωτήσειςΑναζήτηση...ΝΠ

ΧΡΗΣΤΗΣ

Επιλογές Μαθήματος

Ανακοινώσεις

Έγγραφα

Εργασίες

Μηνύματα

Ομάδες Χρηστών

Χαρτοφυλάκιο > Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless... > Ανακοινώσεις

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα - Mobile and Wireless Networks

M121 - EN23/IC1 - Νίκος Πασσάς

Ανακοινώσεις

Εμφάνισε 10 αποτελέσματα

Αναζήτηση...

Ανακοίνωση	Ημερομηνία
Έναρξη διαλέξεων την Τετάρτη 8/10/2025 Οι διαλέξεις του μαθήματος θα ξεκινήσουν την Τετάρτη 8/10/2025 στις 14:00.	Δευτέρα 29 Σεπτεμβρίου 2025 - 2:11 μ.μ.
Εξέταση Σεπτεμβρίου 2025 Όσοι/ες σκοπεύουν να συμμετάσχουν στην αυριανή εξέταση, ας μου στείλουν ένα μήνυμα πληροφοριακά για την καλύτερη οργάνωση...	Τρίτη 16 Σεπτεμβρίου 2025 - 3:44 μ.μ.
Εξεταστική Σεπτεμβρίου 2025 και εργασία Όσοι φοιτητές σκοπεύουν να συμμετάσχουν στην εξέταση του μαθήματος στην επερχόμενη εξεταστική του Σεπτεμβρίου 2025...	Σάββατο 16 Αυγούστου 2025 - 9:58 π.μ.
Examination results - February 2025	Τετάρτη 5 Μαρτίου 2025 - 4:47 μ.μ.



Περιεχόμενο

Αναζήτηση με λέξεις - κλειδιά σε καταγεγραμμένο περιεχόμενο



Θεματική περιοχή

Τμήμα

Εκδήλωση

Ακαδημαϊκό Έτος: 2024-2025 [Κάντε κλικ για αλλαγή]

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

Βρέθηκαν 35 αποτελέσματα

↓ Ημερομηνία ▾ ▢ Λεπτομερές ▾

▶ 1. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2025-01-10-18:10:14) / Μέρος 2 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος

Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2025-01-10 | 01:00:00 | 58

▶ 2. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2025-01-10-17:10:10) / Μέρος 1 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος

Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2025-01-10 | 01:00:00 | 42

▶ 3. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2025-01-10-19:10:14) / Μέρος 3 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος

Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2025-01-10 | 00:59:45 | 46

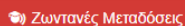
▶ 4. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2024-12-20-17:10:09) / Μέρος 1 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)

Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Προγραμματισμένη Μετάδοση μαθήματος

Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | 2024-12-20 | 01:00:01 | 38

▶ 5. Κινητά και Ασύρματα Δίκτυα (2024-12-20-18:10:14) / Μέρος 2 (Πασσάς Νικόλαος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό)



Ζωντανές Μεταδόσεις

Αναζήτηση με λέξεις - κλειδιά στις ζωντανές μεταδόσεις



Τμήμα ▾

📘 Επιλέξτε 'Τμήμα' για να περιορίσετε τα αποτελέσματα

Βρέθηκαν 5 αποτελέσματα



Τμήμα

Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (5)

Μάθημα

Διακριτά Μαθηματικά

Δικτύωση Βασισμένη στο Λογισμικό

Ειδικά Θέματα Κβαντικής Πληροφορίας και Υπολογιστικής

Ενισχυτική μηχανική μάθηση και Στοχαστικά παίγνια

Λειτουργικά Συστήματα

Υπεύθυνος

Αλωνιστιώτη Αθανασία

Καλουπτσίδης Νίκος

Μανδηλαρά Αικατερίνη

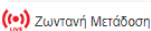
Χαμόδρακας Ιωάννης

Χατζηευθυμιάδης Ευστάθιος

► 1. Λειτουργικά Συστήματα (Χατζηευθυμιάδης Ευστάθιος, Καθηγητής)

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Εξάμηνο: 5ο | ⌚ 15:10 | ⌚ 2 Ώρες | 🏠 Αμφιθέατρο (μεγάλο), Τμήμα Πληροφ. και Τηλεπικ. | Πρόσβαση: Με Ιδρυματικό λογαριασμό



Ζωντανή Μετάδοση



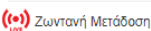
AUTO

Καταγραφή

► 2. Ειδικά Θέματα Κβαντικής Πληροφορίας και Υπολογιστικής (Μανδηλαρά Αικατερίνη, Συνεργάτης)

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Εξάμηνο: - | ⌚ 15:10 | ⌚ 2 Ώρες | 🏠 Αίθουσα Ε', Τμήμα Πληροφ. και Τηλεπικ. | Πρόσβαση: Με Ιδρυματικό λογαριασμό



Ζωντανή Μετάδοση



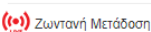
AUTO

Καταγραφή

► 3. Δικτύωση Βασισμένη στο Λογισμικό (Αλωνιστιώτη Αθανασία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια)

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Εξάμηνο: Μεταπτυχιακό | ⌚ 15:10 | ⌚ 3 Ώρες | 🏠 Αίθουσα Γ', Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών | Πρόσβαση: Με Ιδρυματικό λογαριασμό



Ζωντανή Μετάδοση



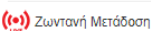
AUTO

Καταγραφή

► 4. Διακριτά Μαθηματικά (Χαμόδρακας Ιωάννης, Ειδικό Διδακτικό Προσωπικό)

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Εξάμηνο: 1ο | ⌚ 13:10 | ⌚ 4 Ώρες | 🏠 Αμφιθέατρο Α1, Τμήμα Πληροφ. και Τηλεπικ. | Πρόσβαση: Με Ιδρυματικό λογαριασμό

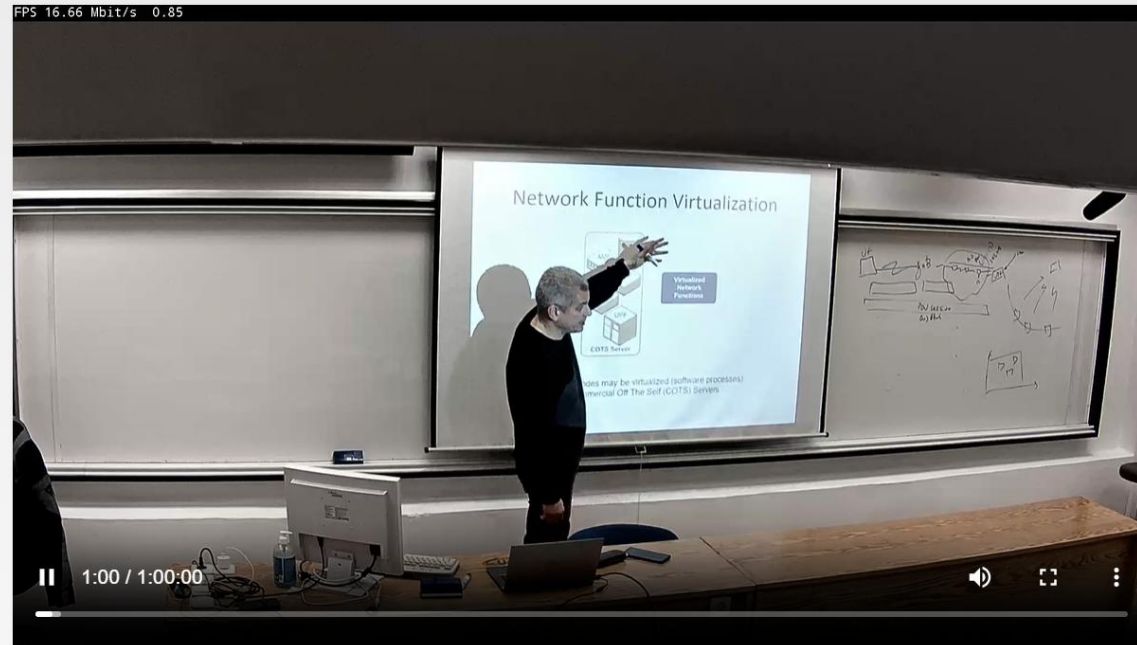


Ζωντανή Μετάδοση



AUTO

Καταγραφή



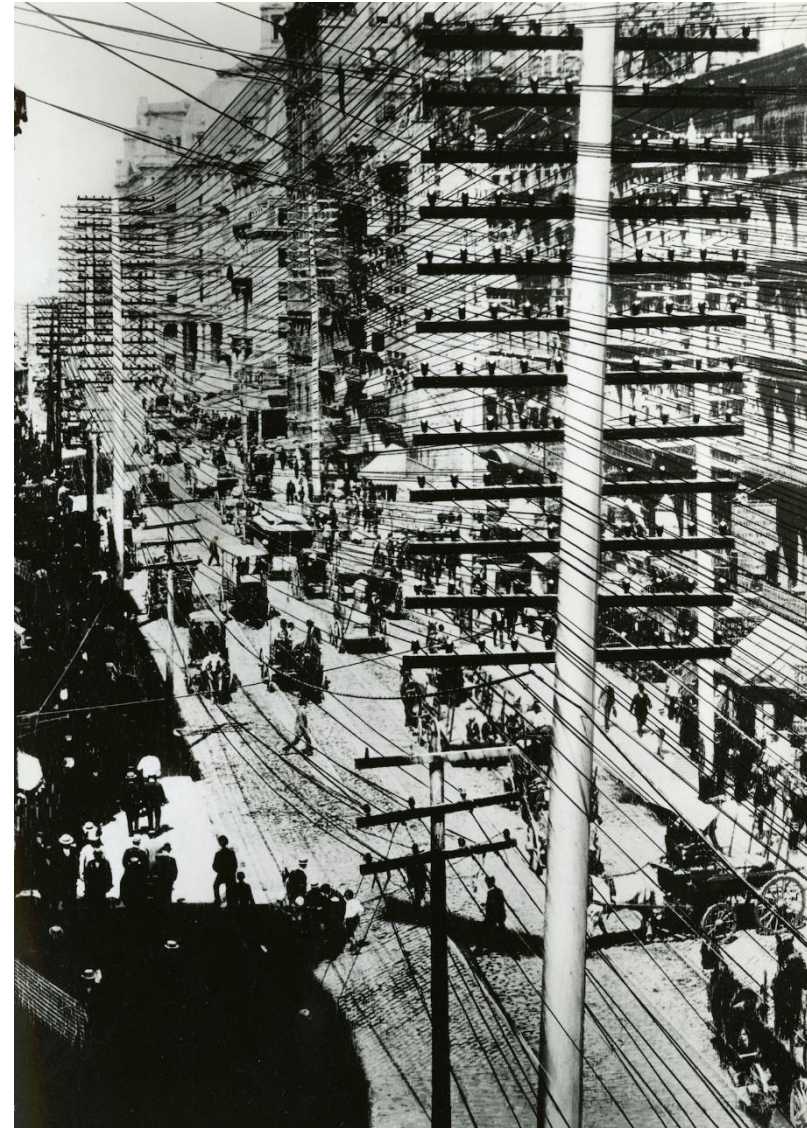
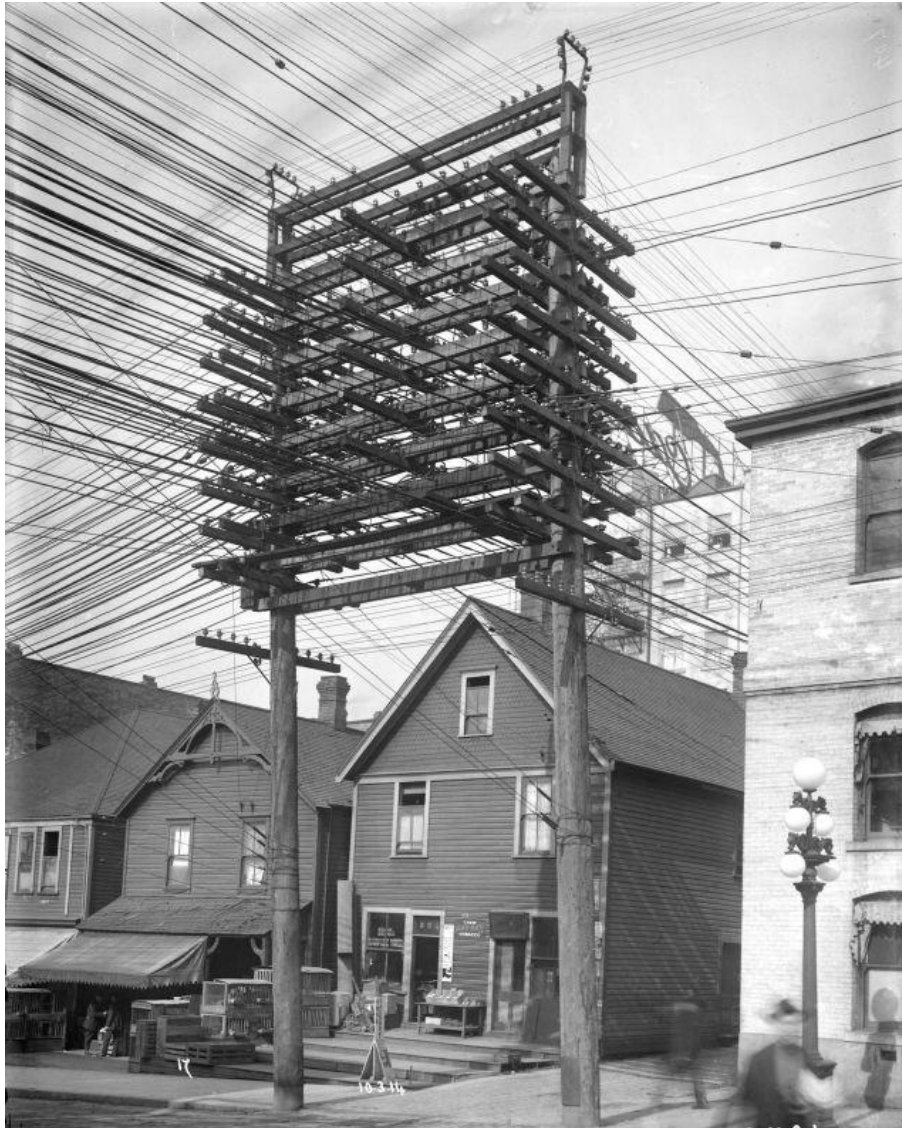
00:01:00 / 01:00:00

© National & Kapodistrian University of Athens | www.uoa.gr

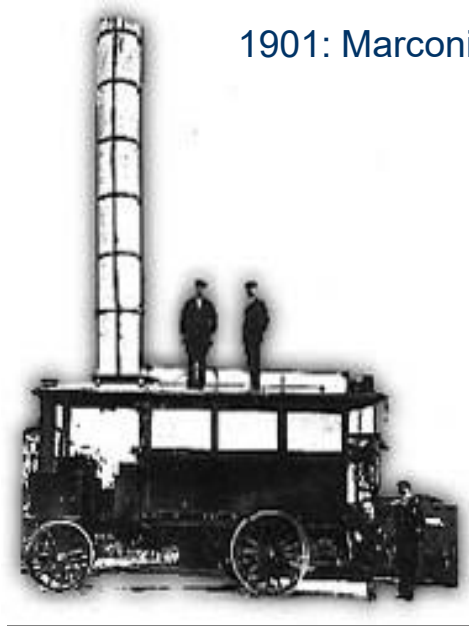


5

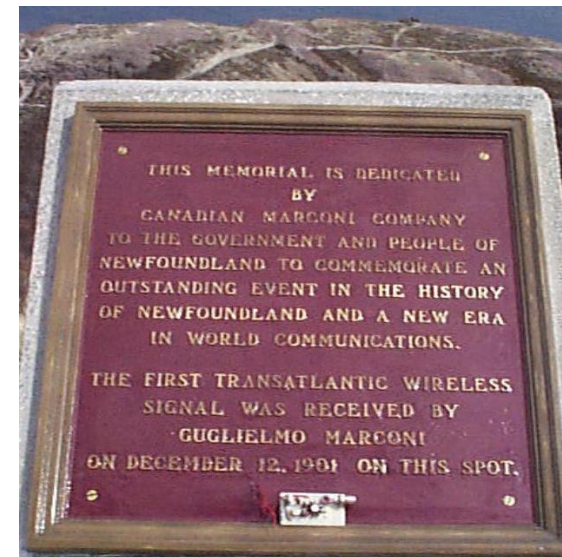
Before wireless communications



Mobile communications start



"Are you ready"



"S"

Mobile Communications at the beginning of the 20th century

1910: Ericsson & wife Hilda



1924: First mobile radio telephone

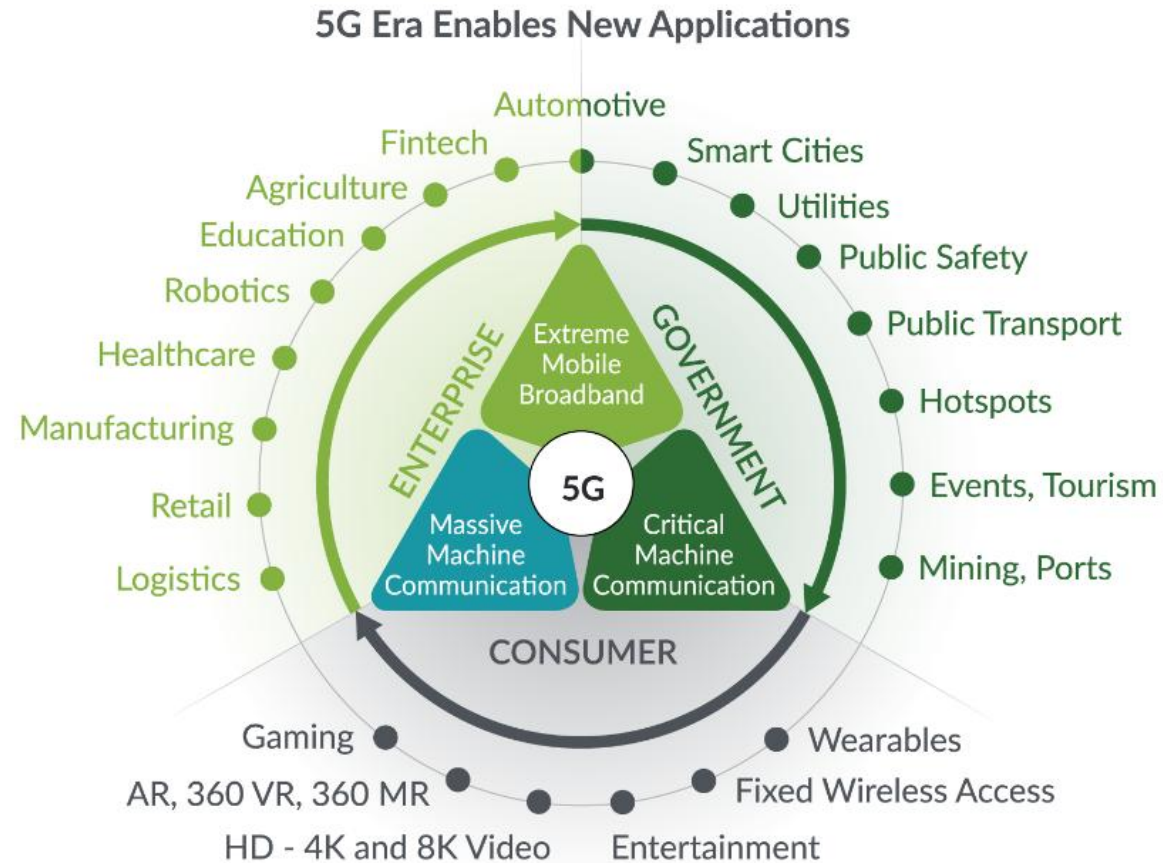


Courtesy of Rich Howard

Generations of Mobile Networks

- **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

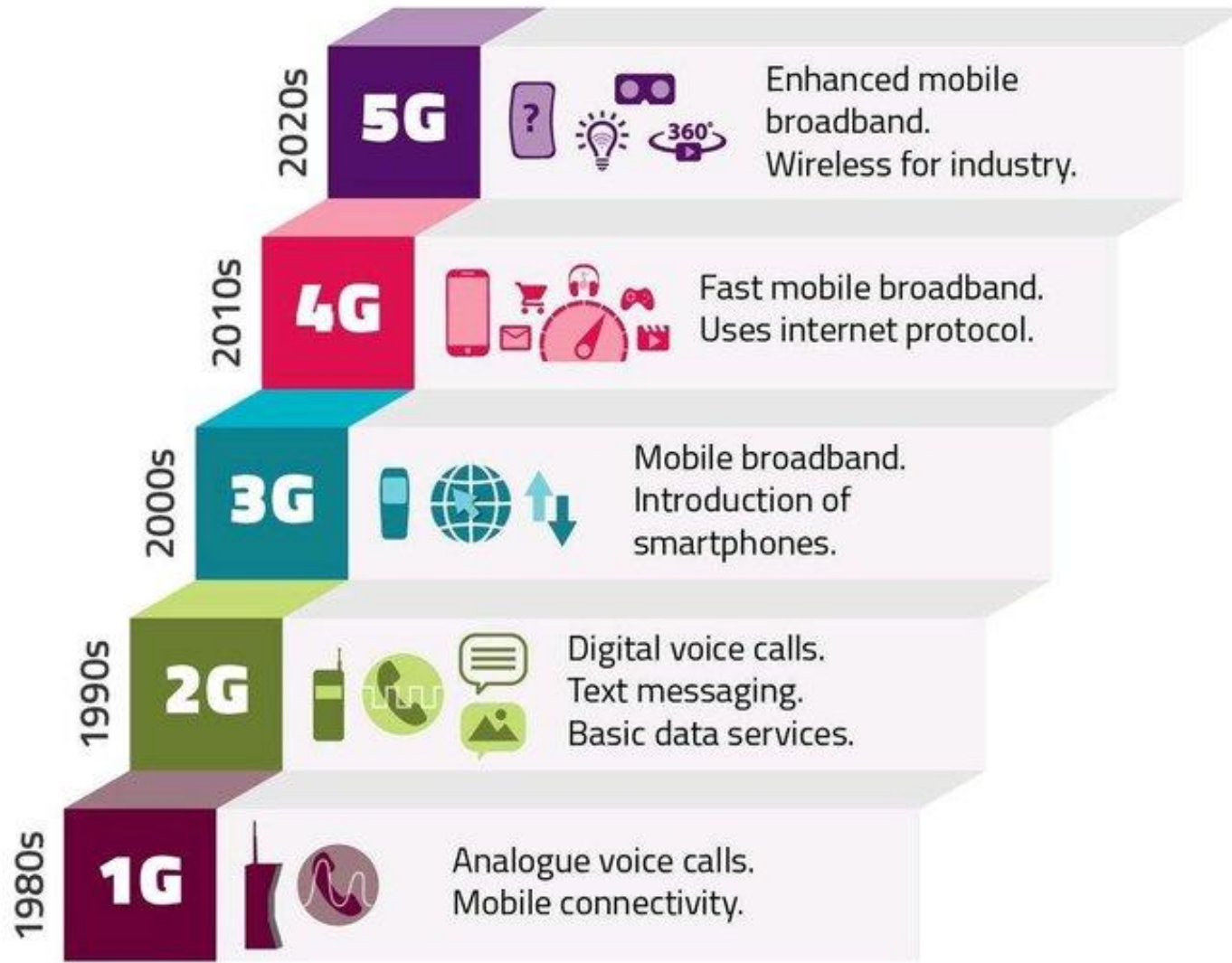


Through the years

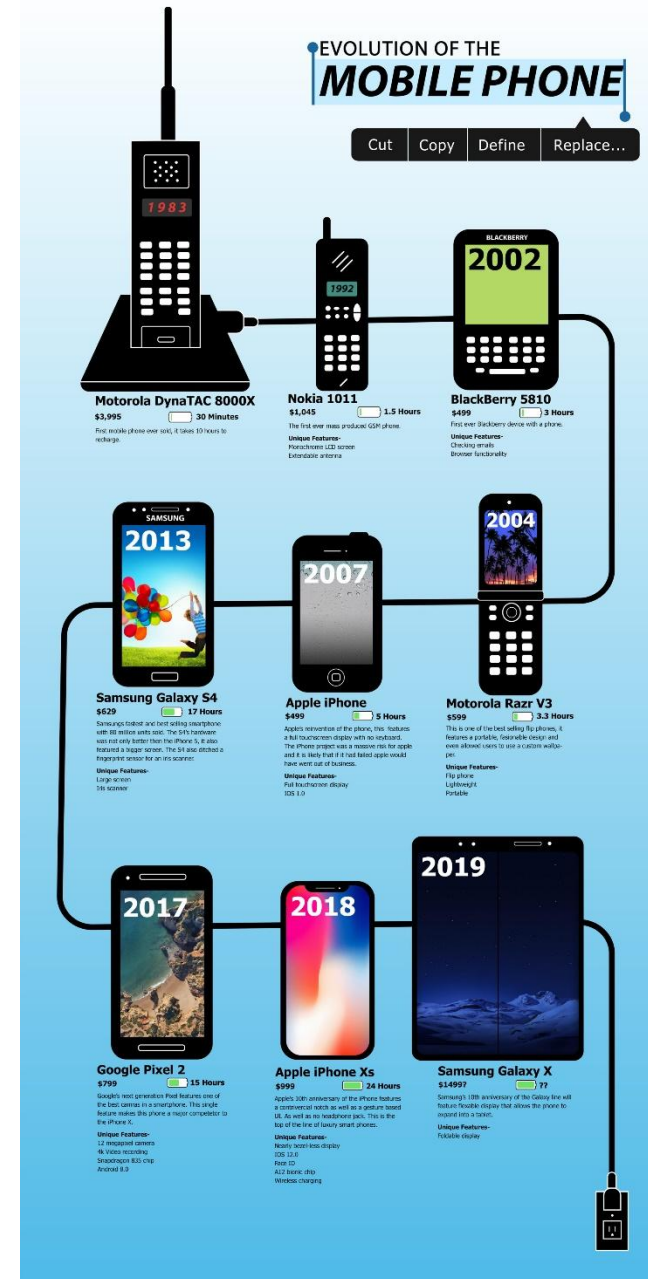
- The first official mobile phone used in Sweden by the Swedish police in 1946; could make 6 phone calls before car's battery was drained
- development of first cell phone (creation of towers/cells at Bell Labs in 1947)
- 1983 Motorola DynaTAC 8000X made commercially available: 2 lbs (900gr), \$3,500
- 1991 Motorola MicroTac Lite (350gr) the lightest phone: \$1,000



Εξέλιξη

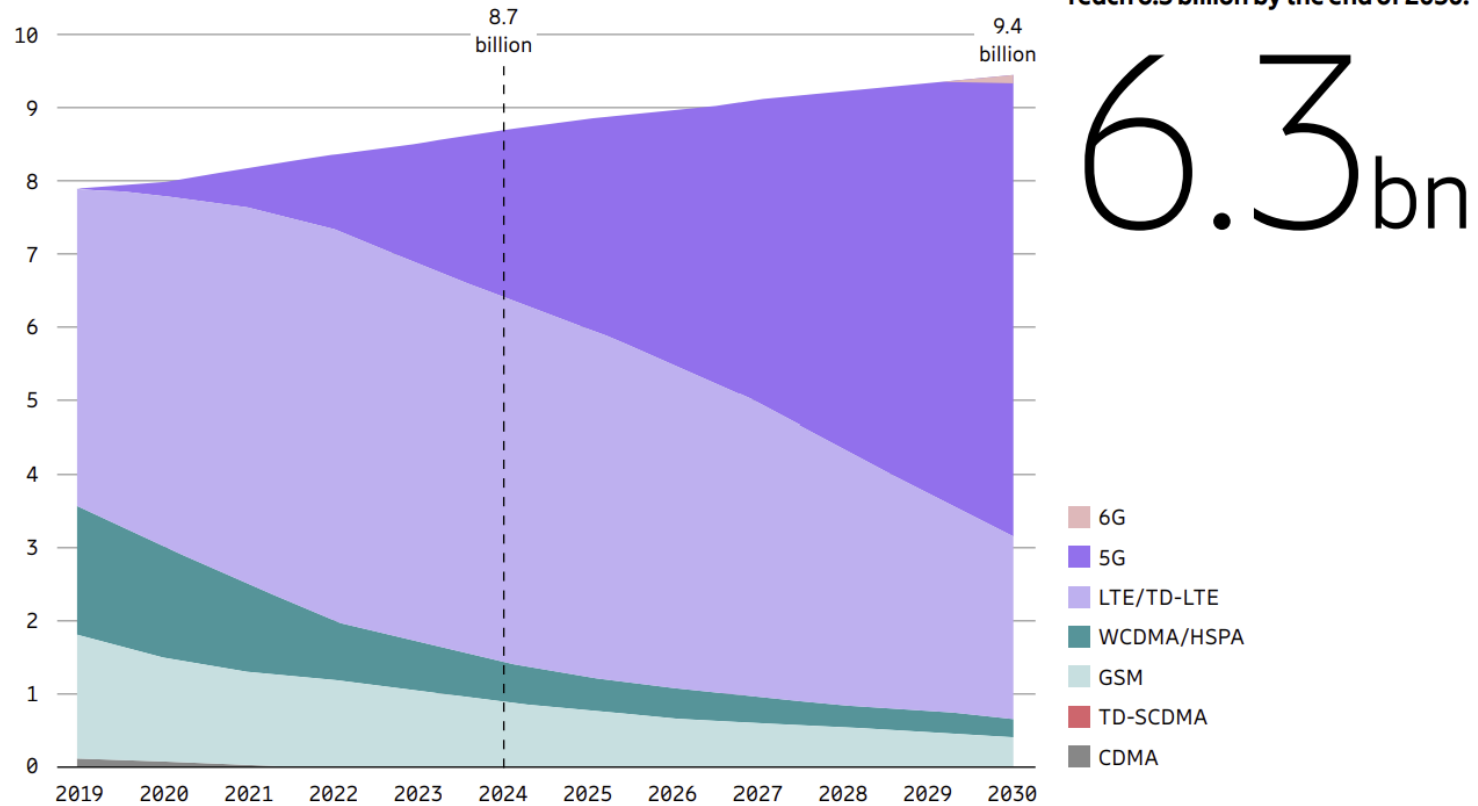


Εξέλιξη



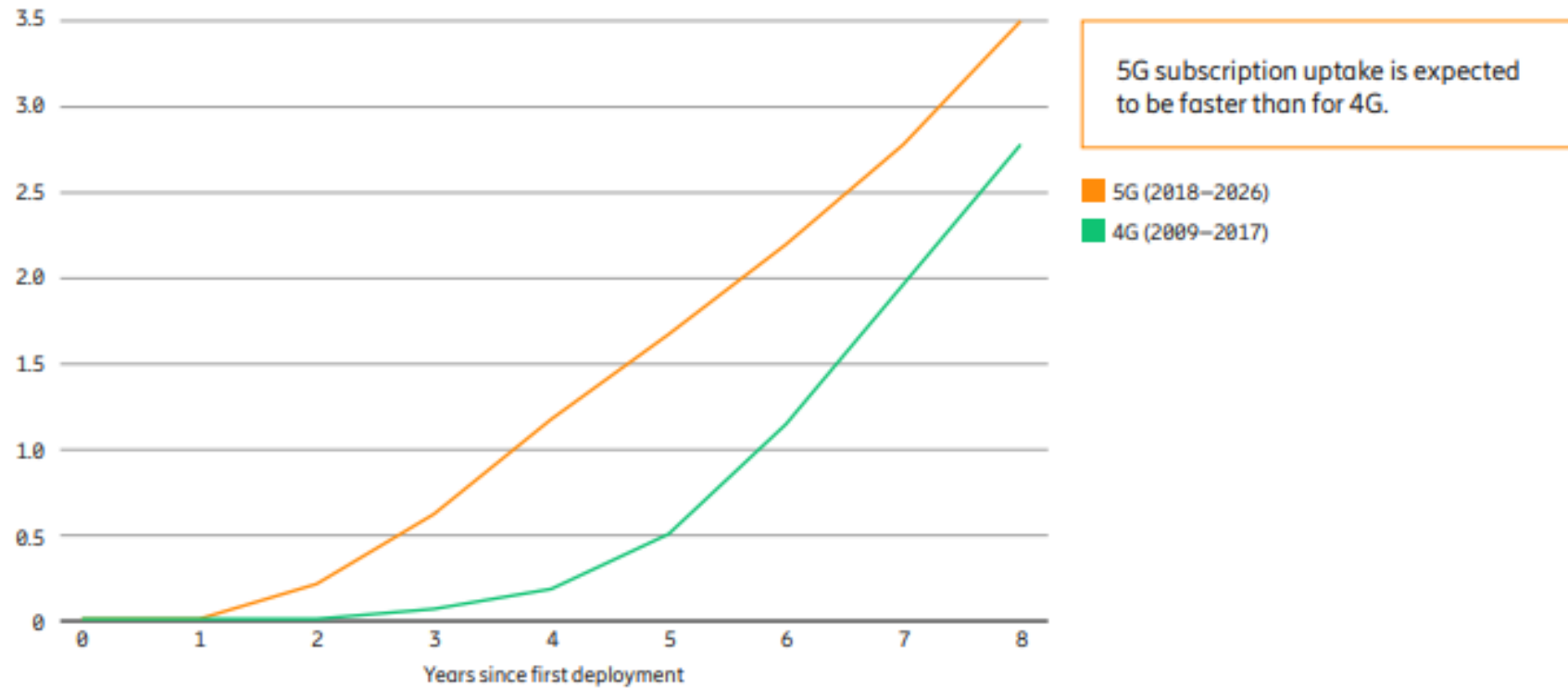
Αύξηση συνδρομητών ανά τεχνολογία

Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)



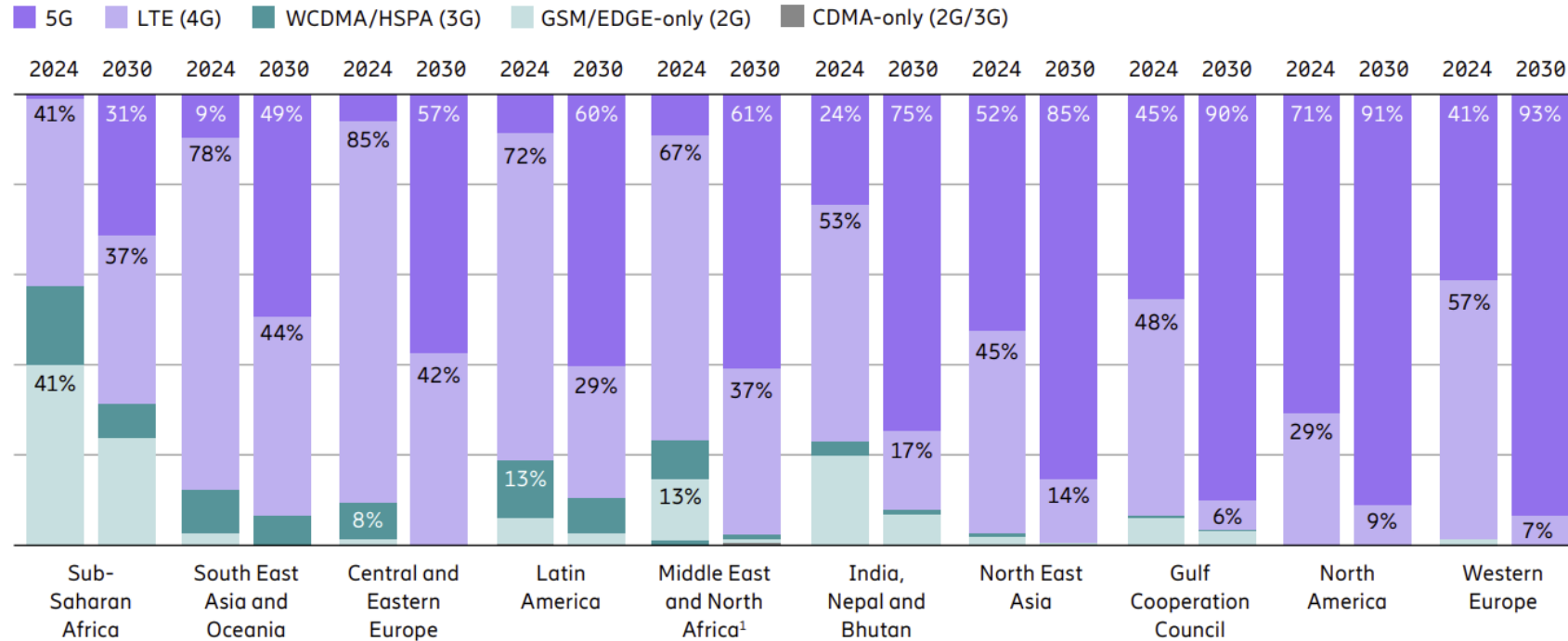
¹ GSA and Ericsson (May 2025).

Συνδρομητές 4G/5G



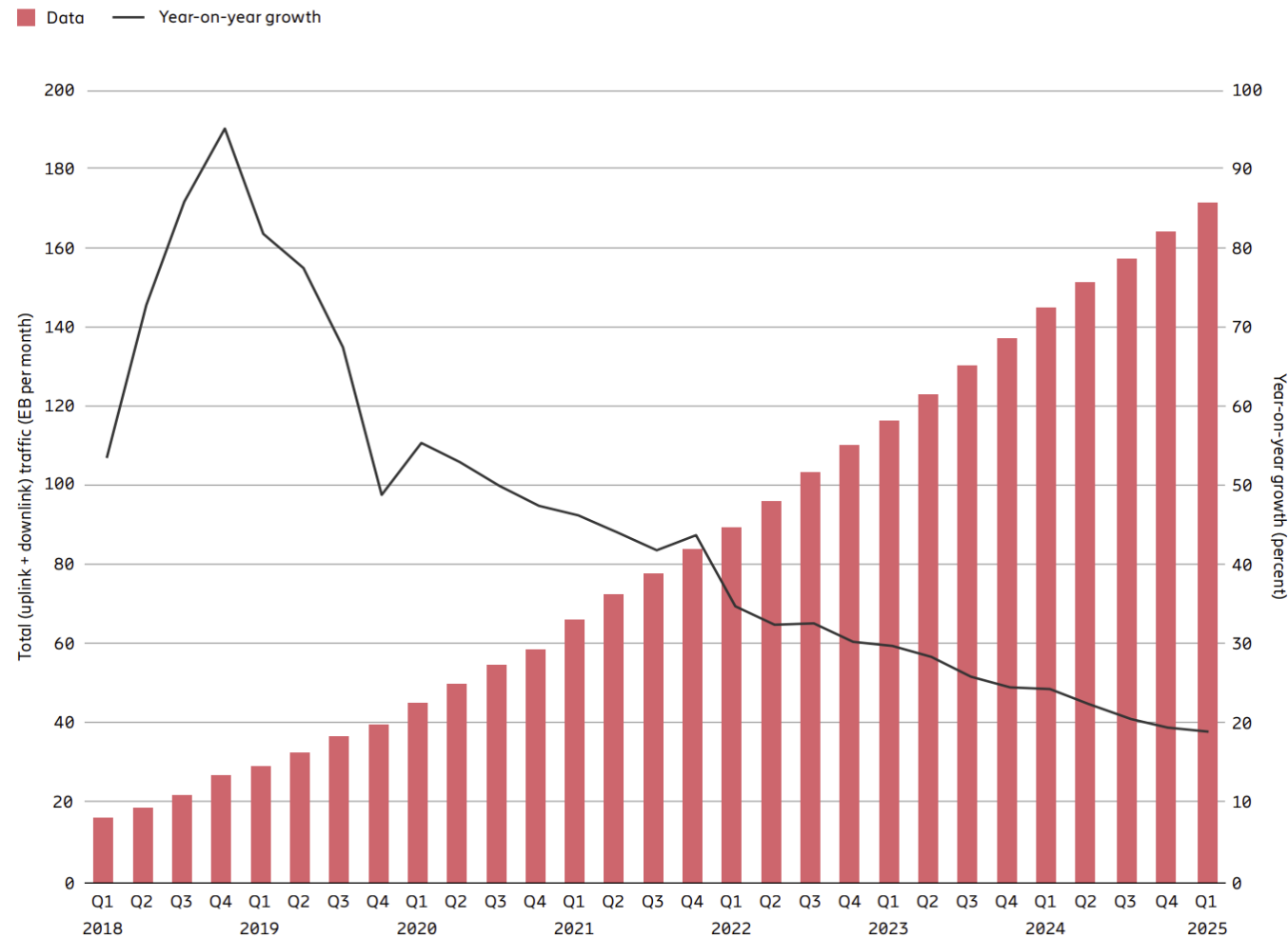
Συνδρομητές ανά περιοχή

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



Κίνηση δεδομένων

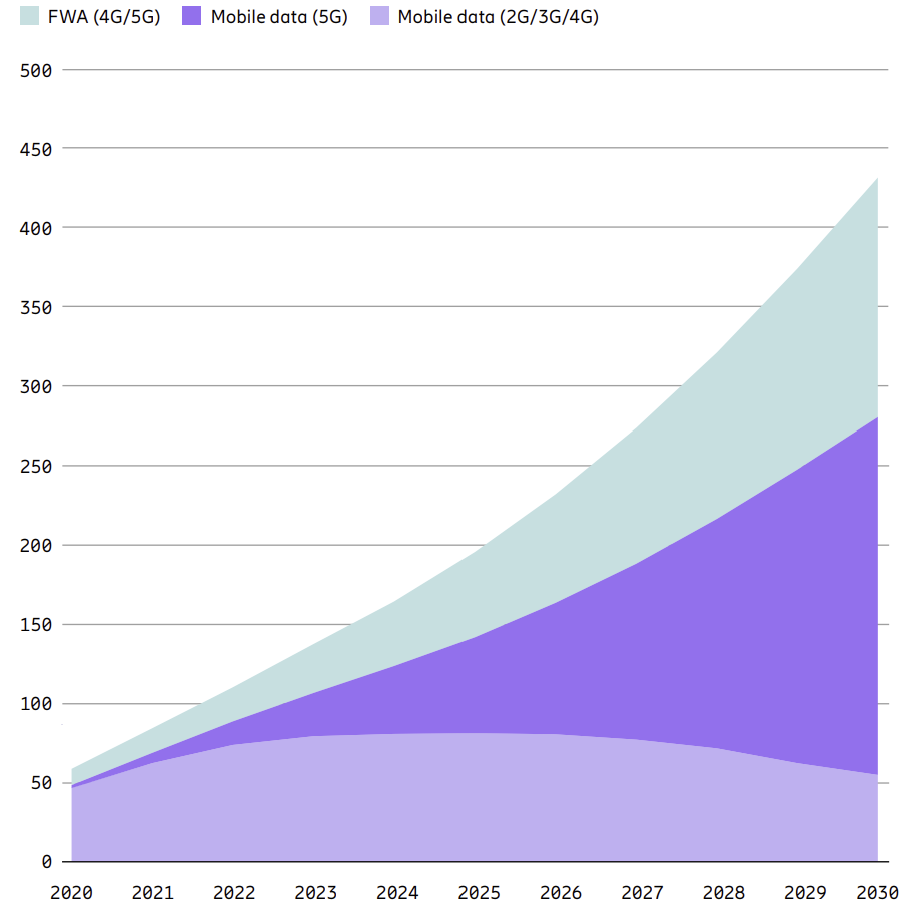
Figure 4: Global mobile network data traffic and year-on-year growth



1 ExaByte = 10^{18} bytes

Κίνηση δεδομένων από κινητές συσκευές

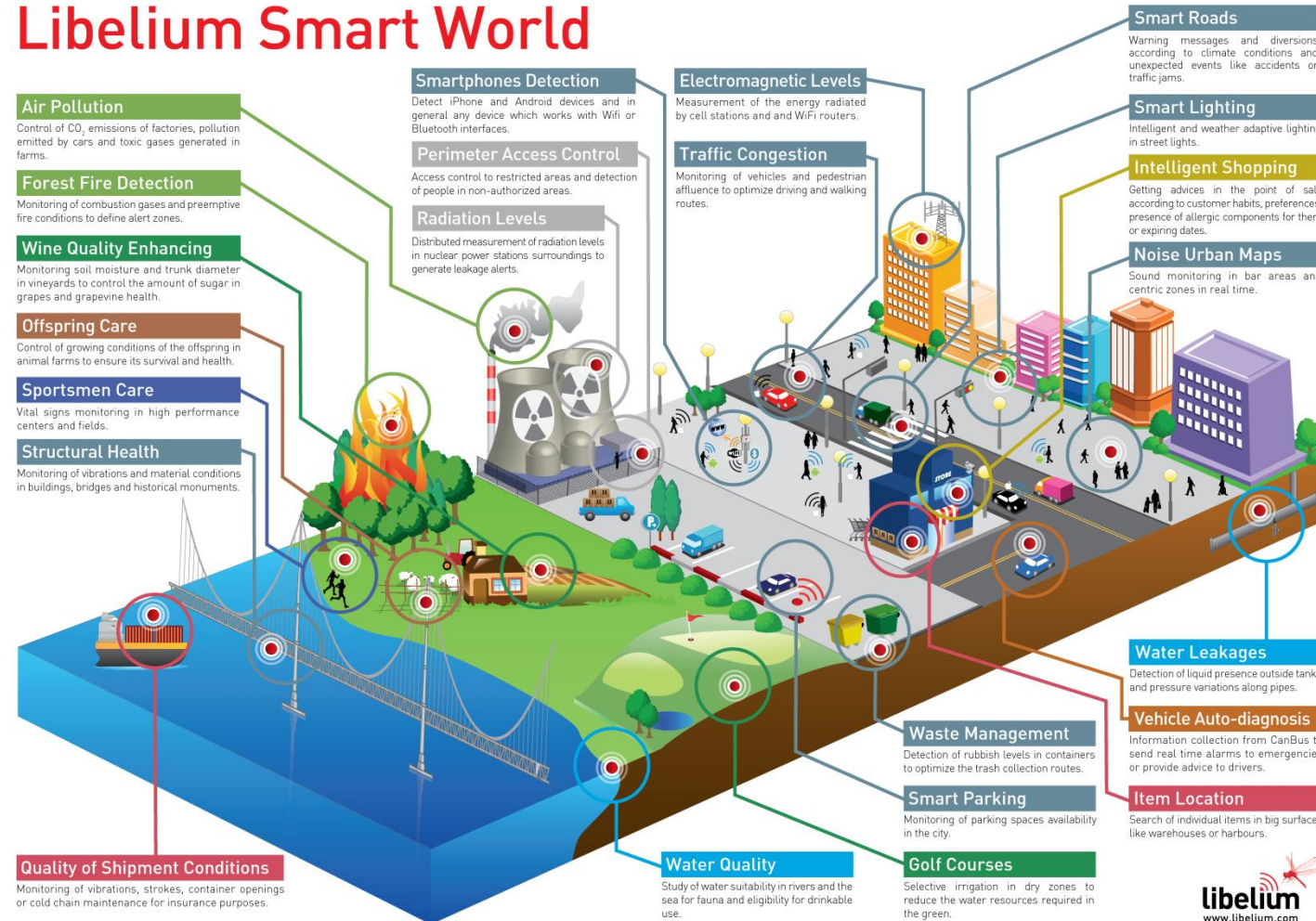
Figure 5: Global mobile network data traffic (EB per month)



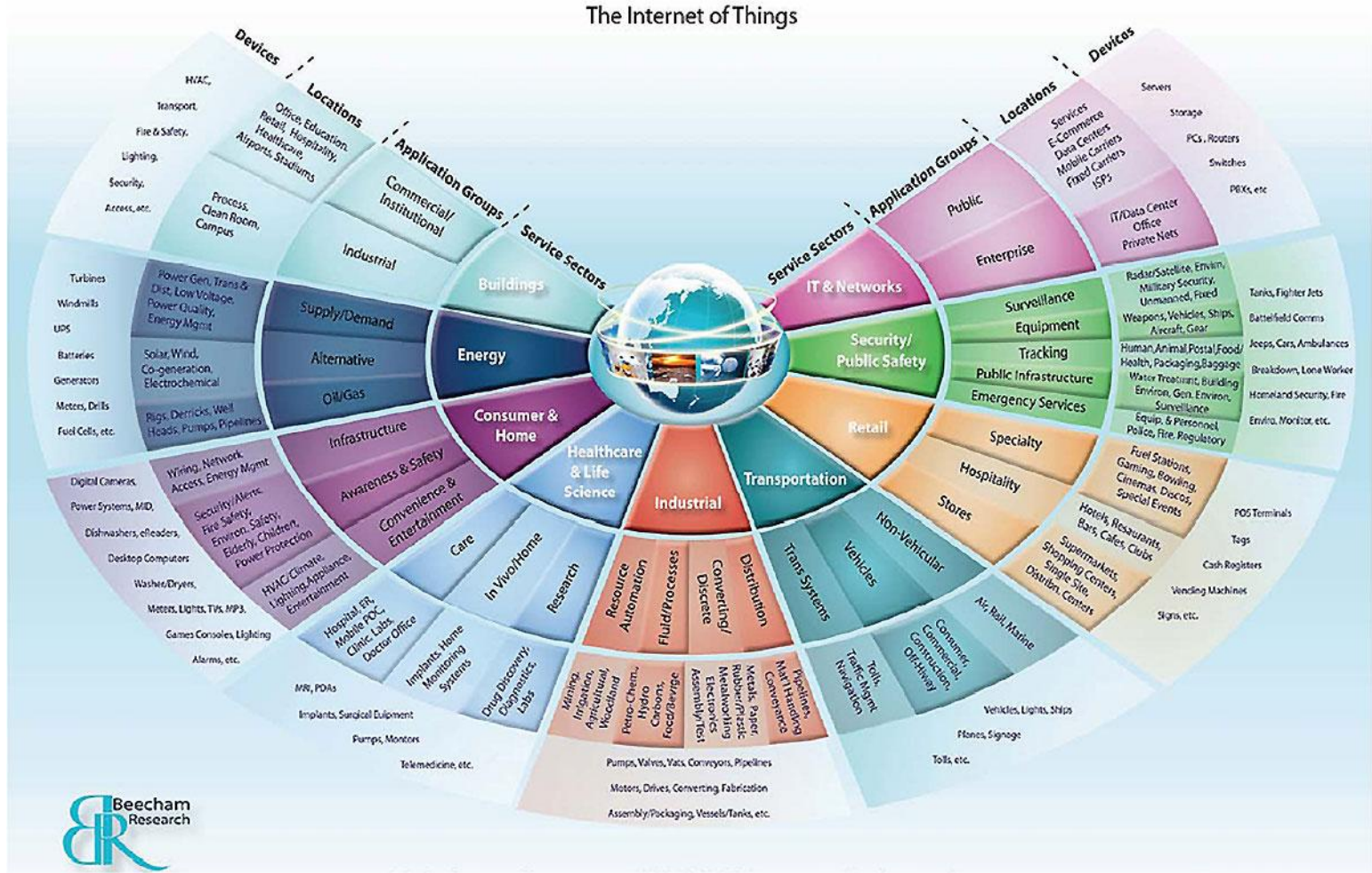
1 ExaByte = 10^{18} bytes

Internet of Things (IoT)

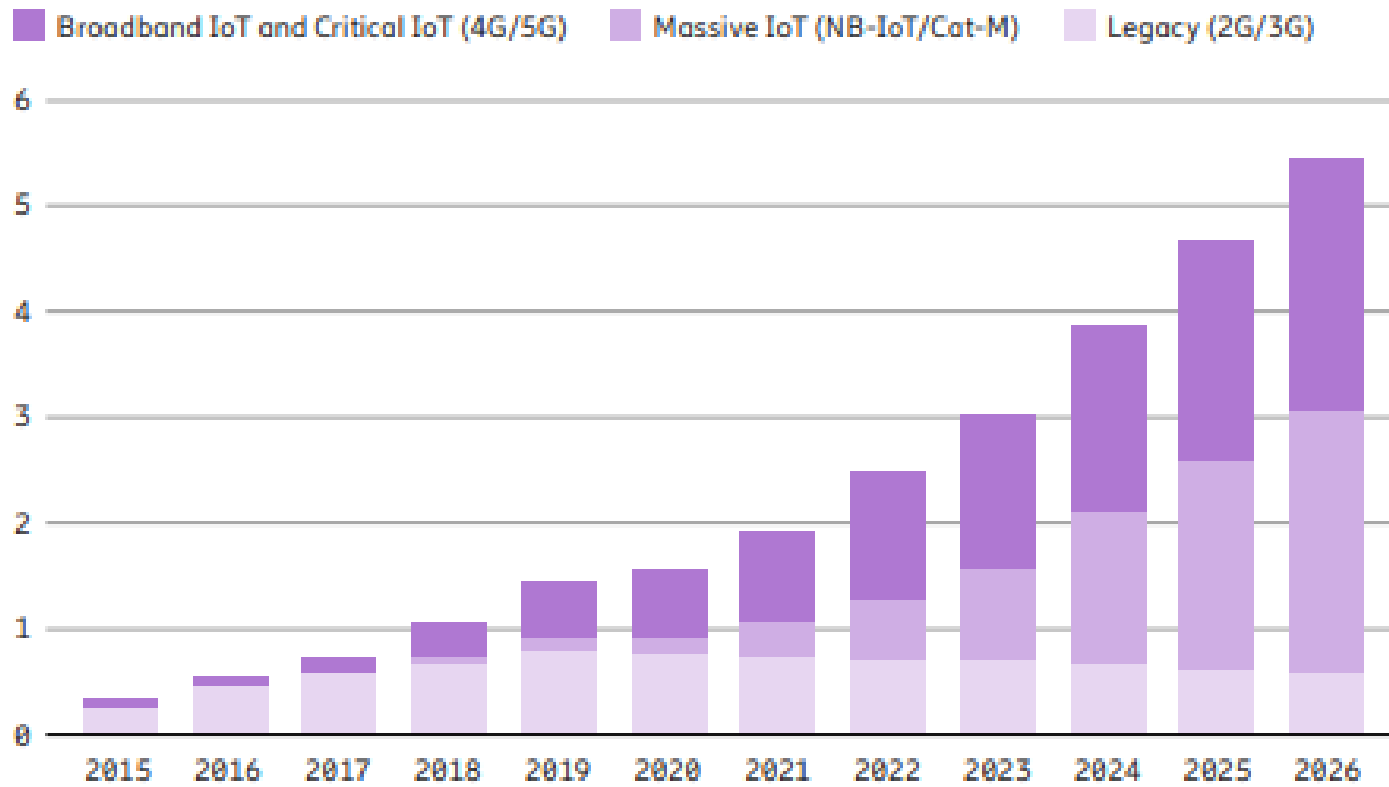
Libelium Smart World



Internet of Things (IoT)

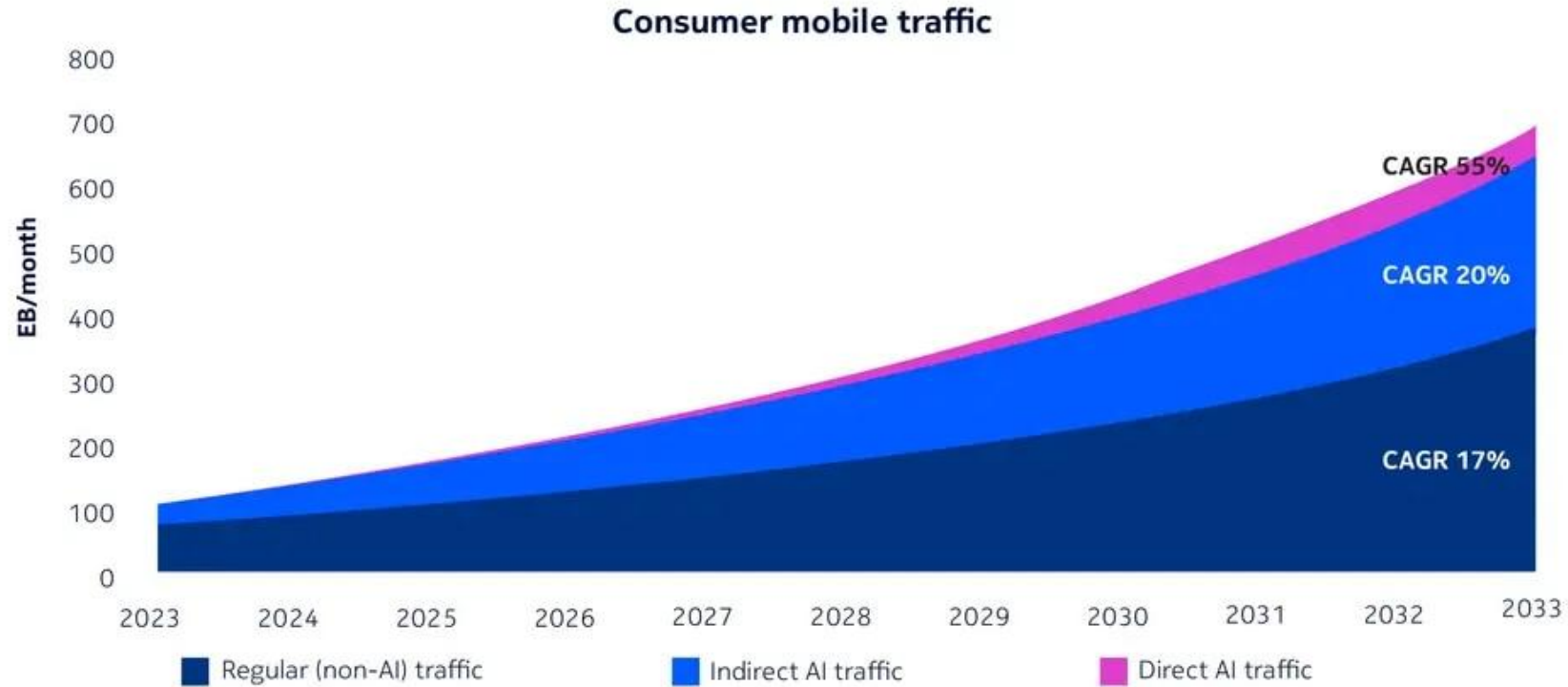


Ανάπτυξη IoT



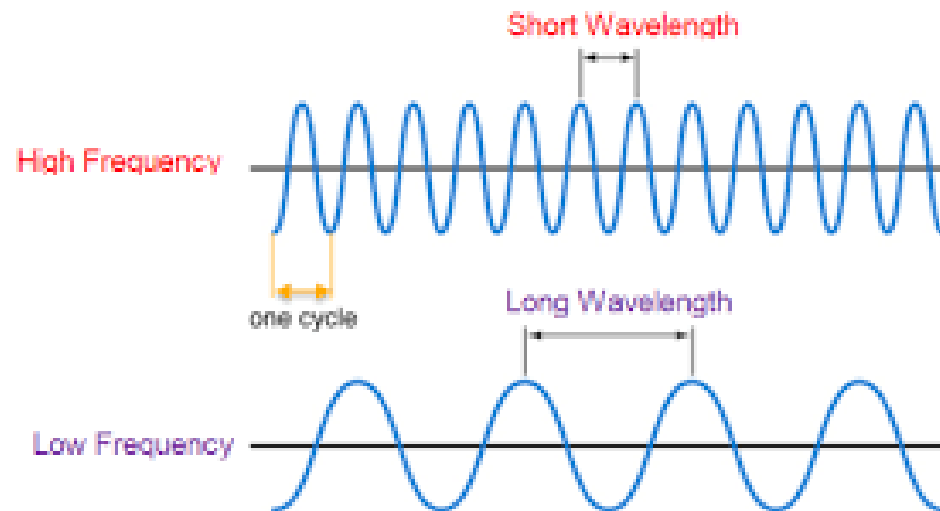
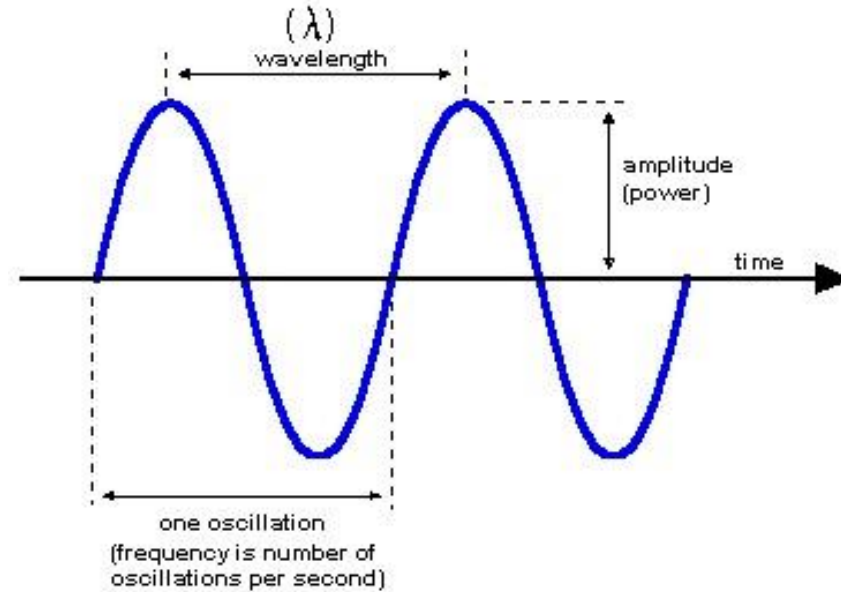
IoT	2020	2026	CAGR
Wide-area IoT	1.7	5.8	23%
Cellular IoT ²	1.6	5.4	23%
Short-range IoT	10.7	20.6	12%
Total	12.4	26.4	13%

AI Mobile Traffic



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



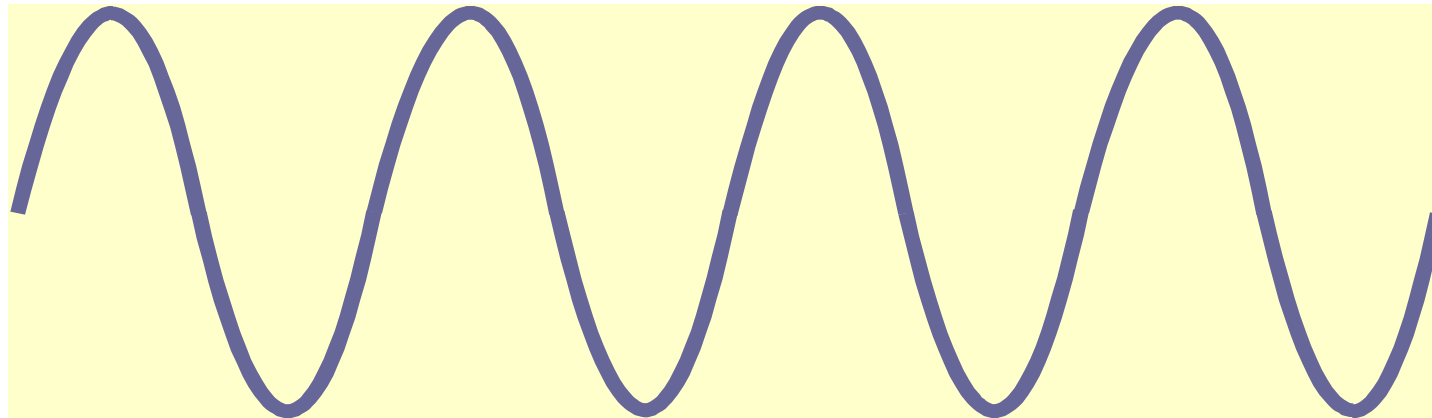
Frequency of transverse waves

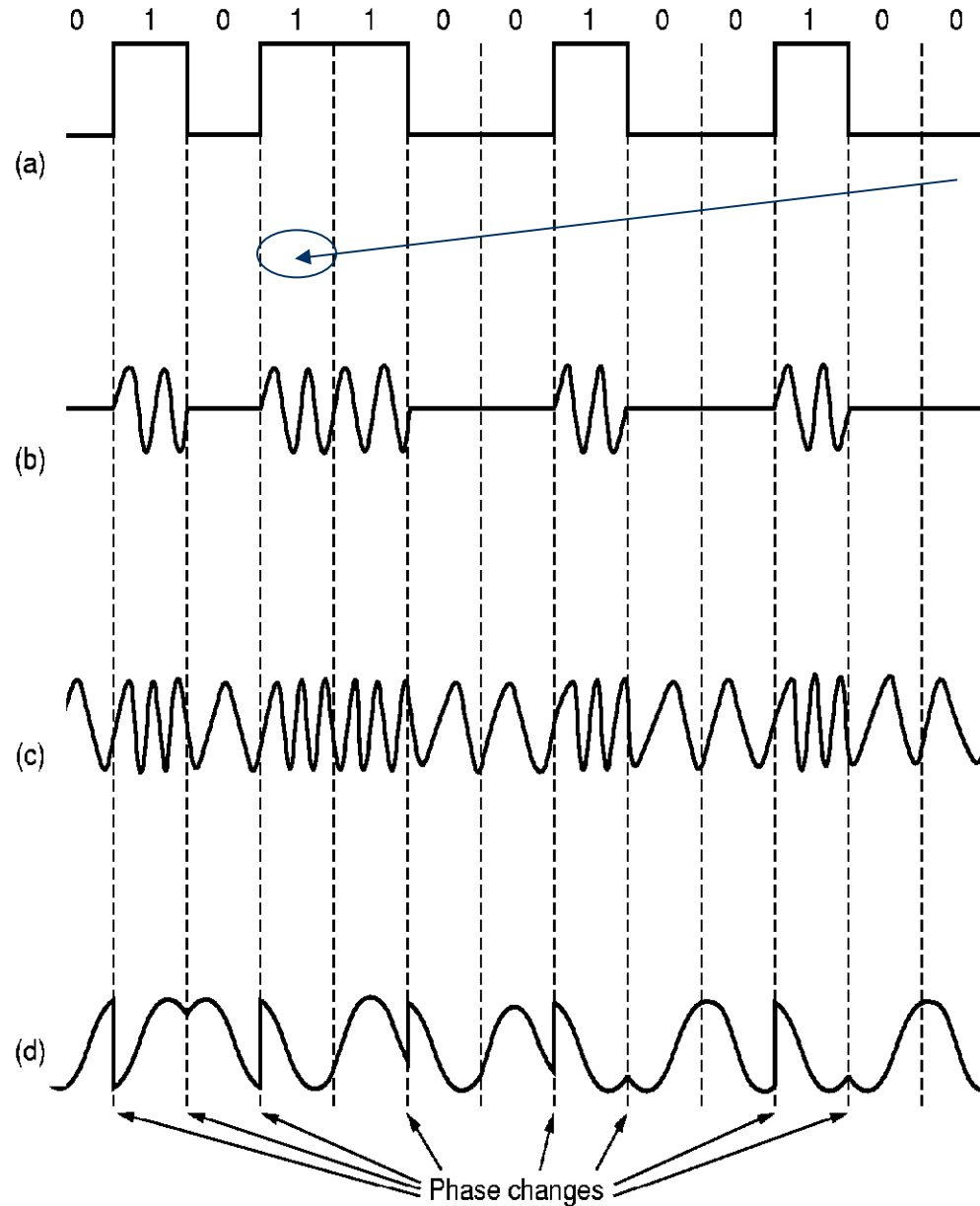
The **frequency** is the number of waves passing any point each second.

- 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





Sample

Sample Rate=Samples/sec (Baud Rate)

During one Sample one **“symbol”** is sent

Symbol=piece of information=level of voltage

Στην απλούστερη περίπτωση:

1 symbol = 1 bit (0/1) = voltage/no voltage

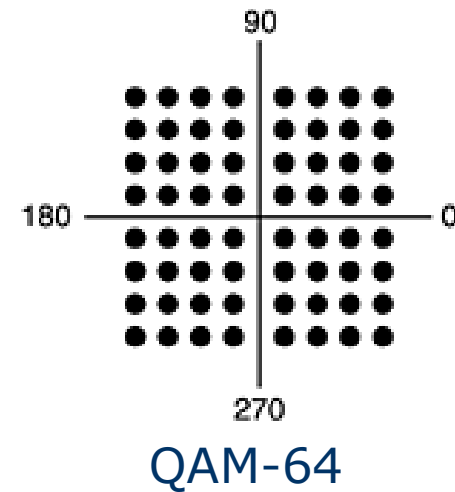
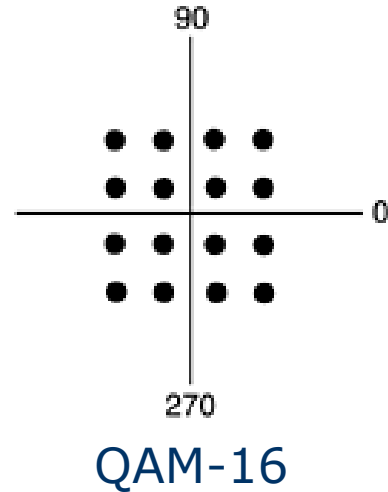
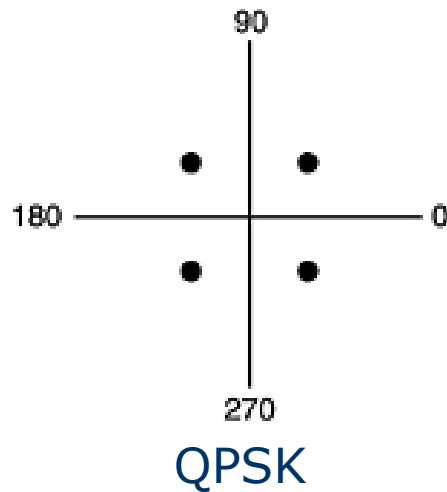
Για να αυξήσουμε την ταχύτητα μετάδοσης δε μπορούμε να μειώνουμε το sample επ' άπειρον.

Μπορούμε όμως να αυξάνουμε τον αριθμό των πιθανών symbols (επιπέδων έντασης μετάδοσης, δηλαδή εύρους σήματος)

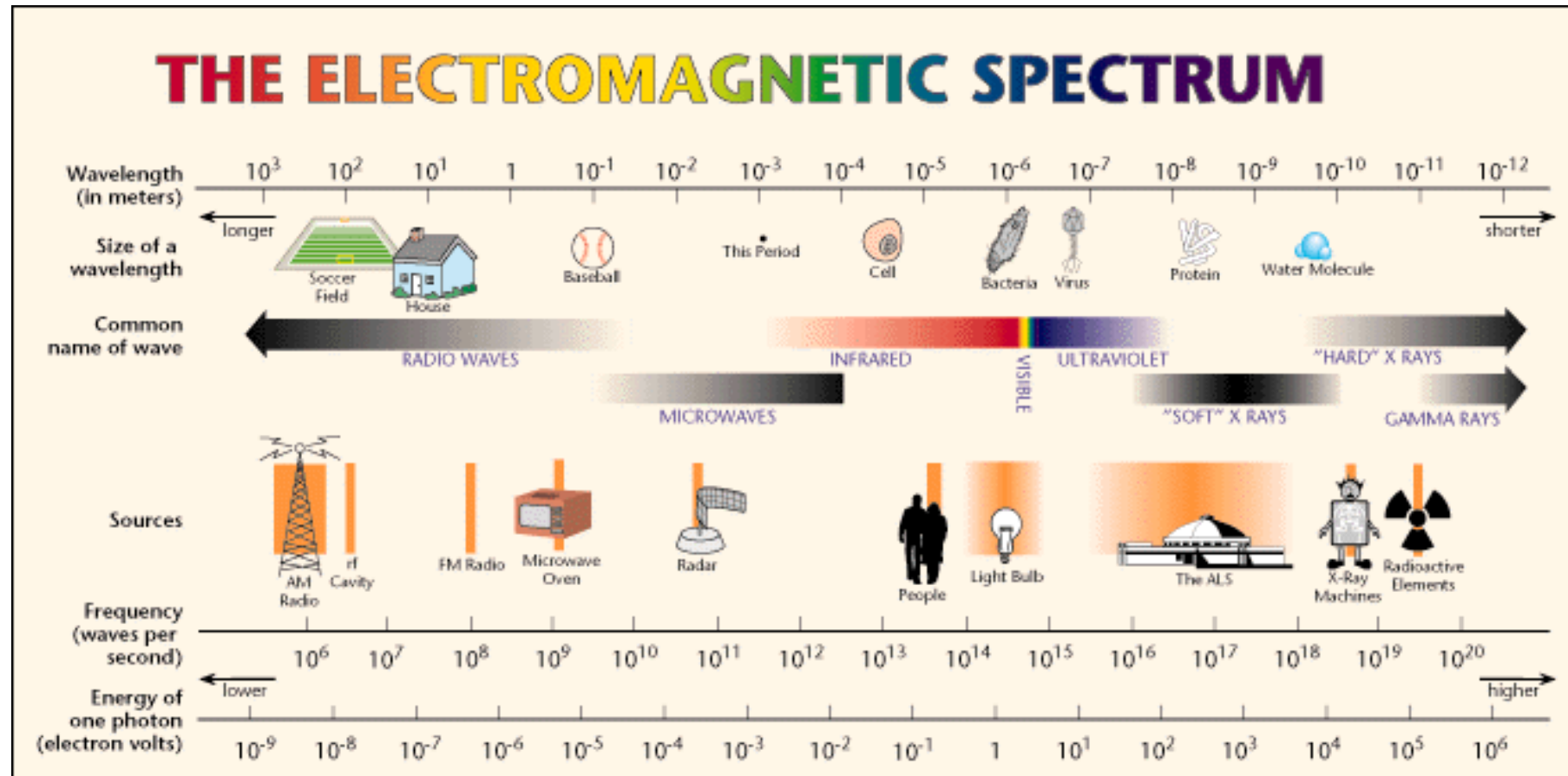
Συνηθέστερος συνδυασμός της τεχνικής αυτής με PSK.

Multiple modulations

- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) = 4 phase shifts, 1 amplitude level, 2 bits/symbol
- QAM-16 = 4 phase shifts, 4 amplitude levels, 4 bits/symbol
- QAM-64 = 4 phase shifts, 16 amplitude levels, 6 bits/symbol

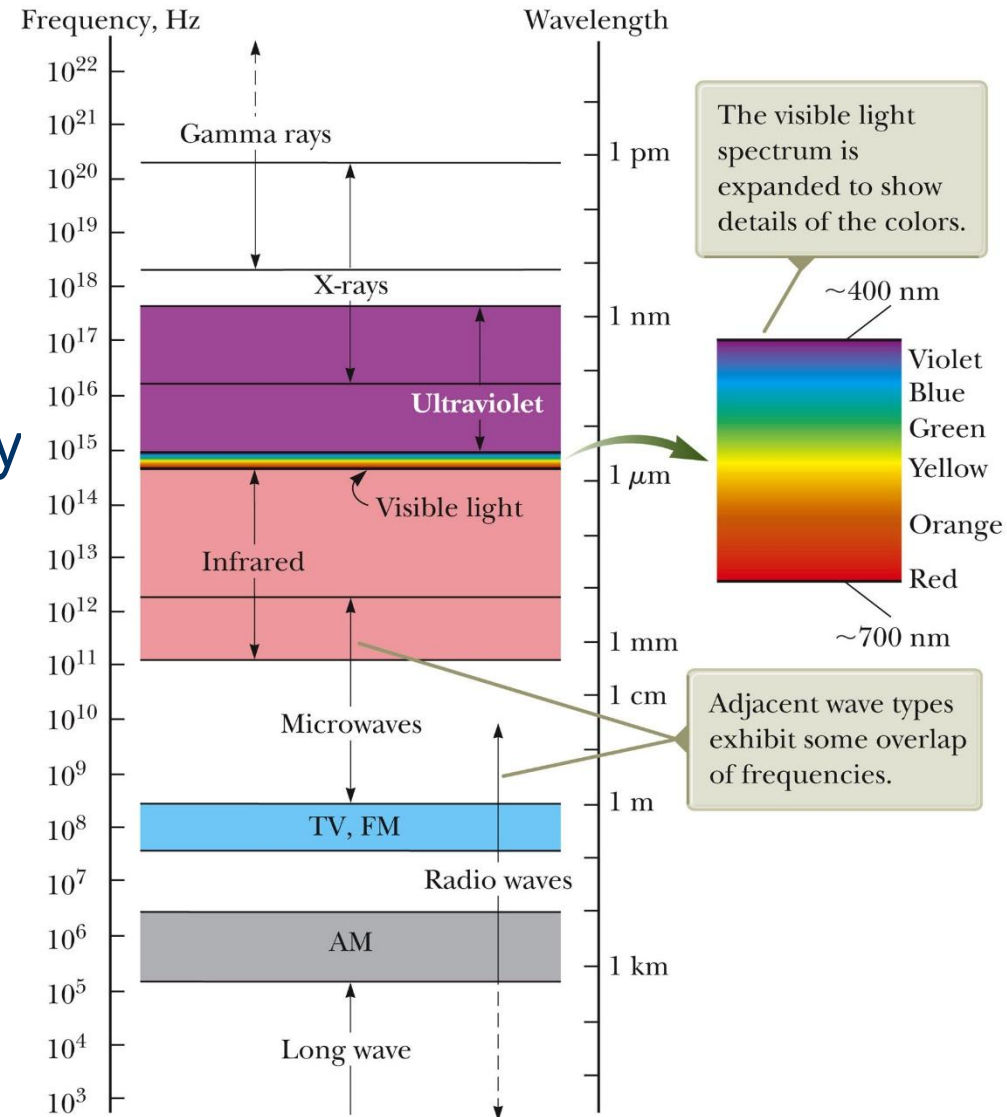


Electromagnetic spectrum

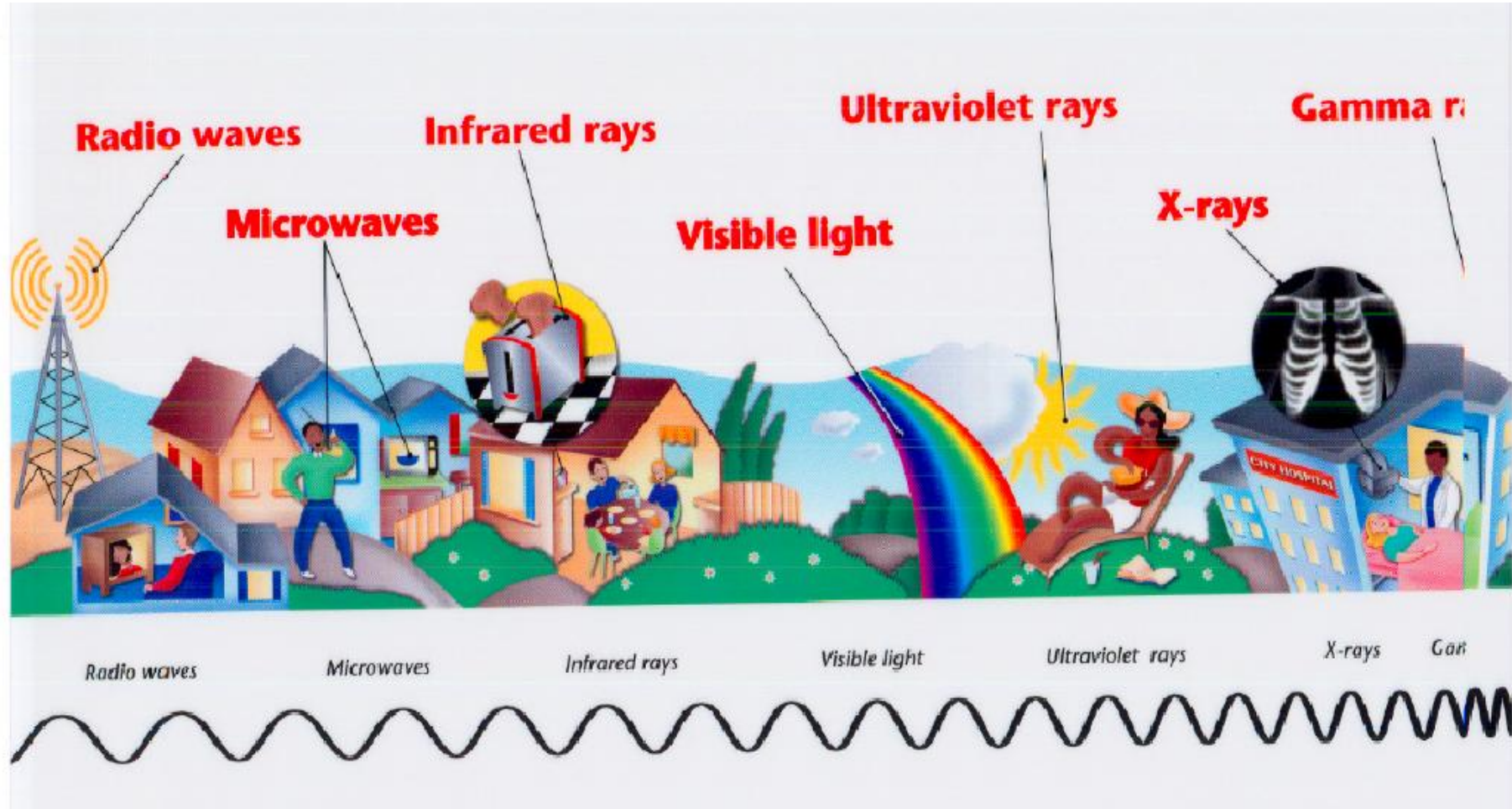


The EM Spectrum

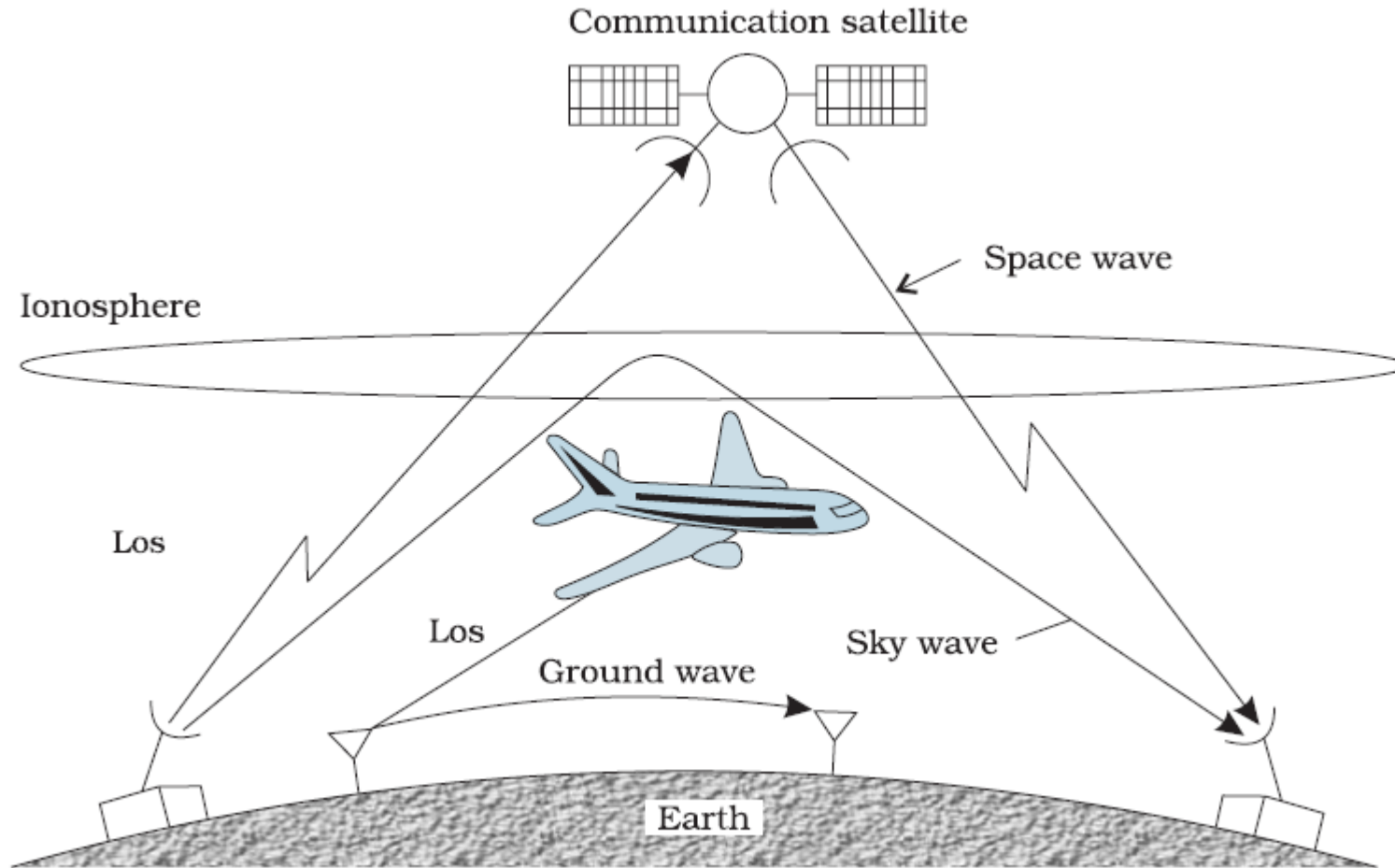
- Note the overlap between types of waves
- Visible light is a small portion of the spectrum.
- Types are distinguished by frequency or wavelength
- Signal behavior based on the frequency



Electromagnetic spectrum



Signal propagation

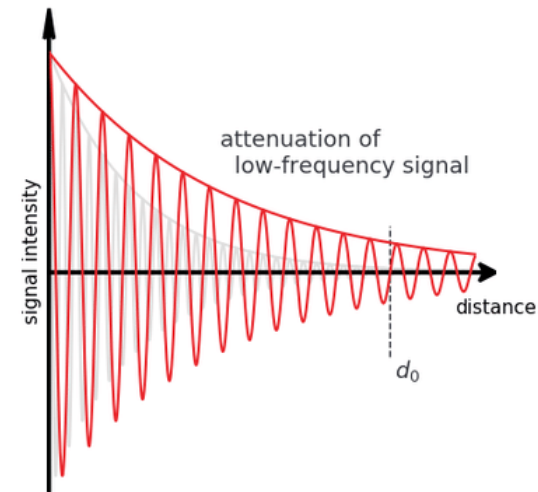
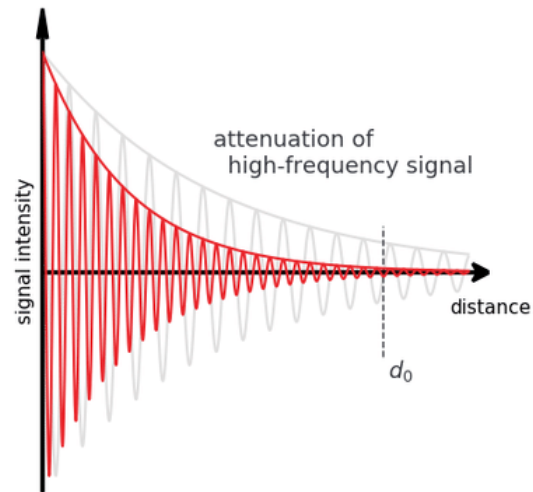
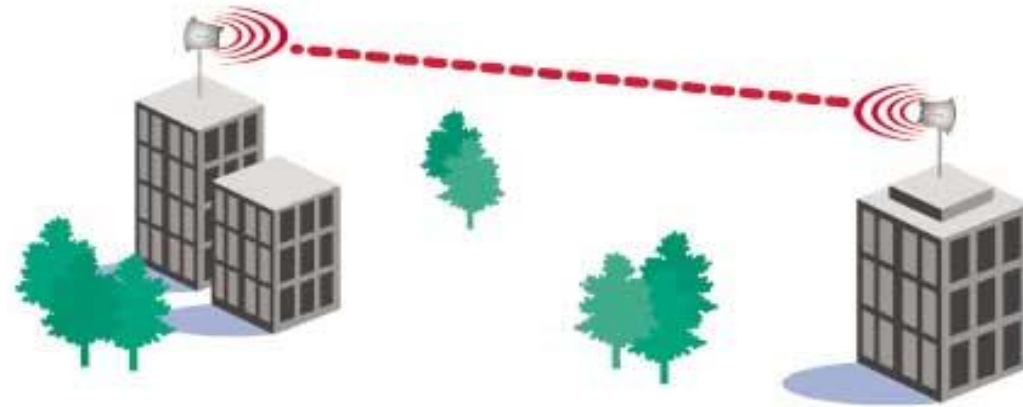


Signal propagation

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	

Signal propagation

- Signal attenuation due to
 - Distance
 - Obstacles



Signal propagation

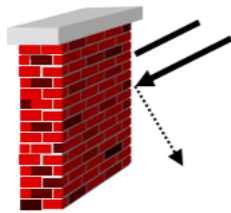
Propagation in free space always like light (straight line)

Receiving power proportional to $1/d^2$

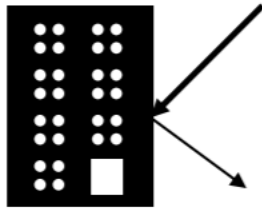
(d = distance between sender and receiver)

Receiving power additionally influenced by

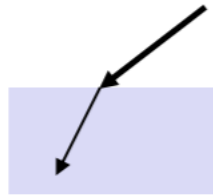
- ❑ fading (frequency dependent)
- ❑ shadowing
- ❑ reflection at large obstacles
- ❑ refraction depending on the density of a medium
- ❑ scattering at small obstacles
- ❑ diffraction at edges



shadowing



reflection



refraction

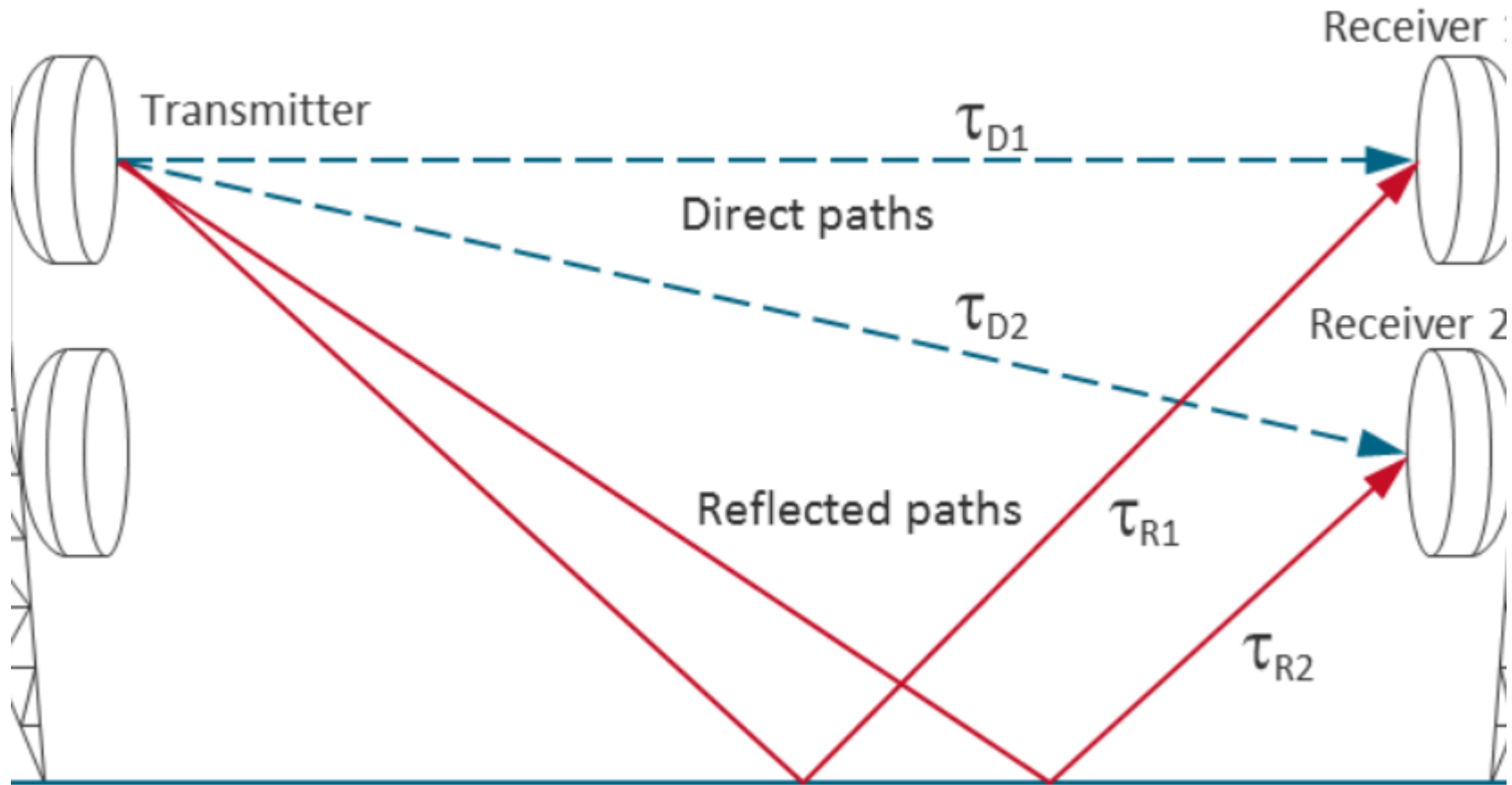


scattering



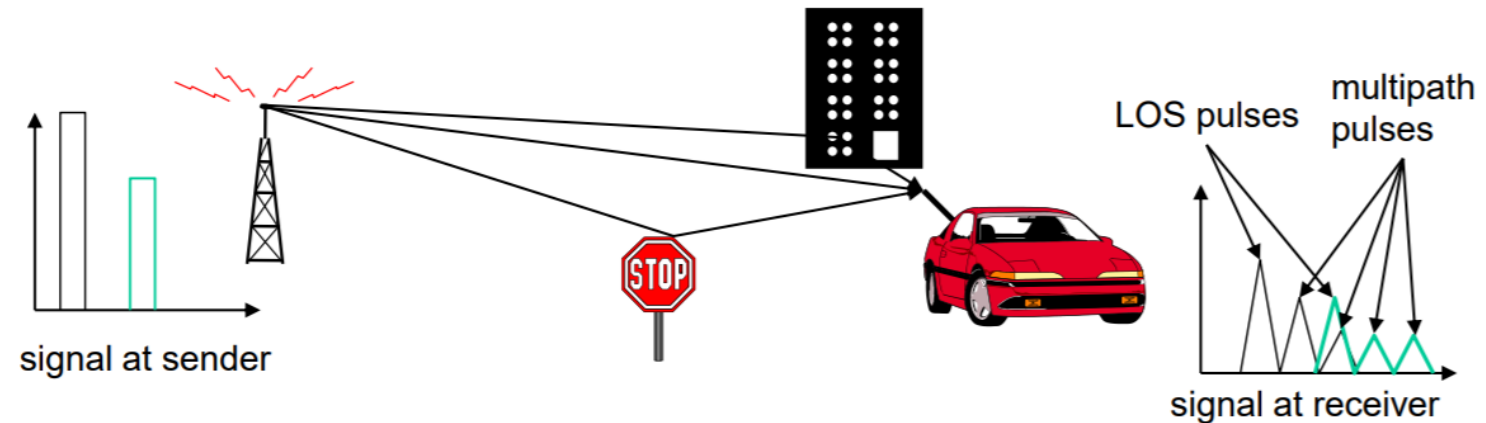
diffraction

Multipath propagation



Multipath propagation

Signal can take many different paths between sender and receiver due to reflection, scattering, diffraction



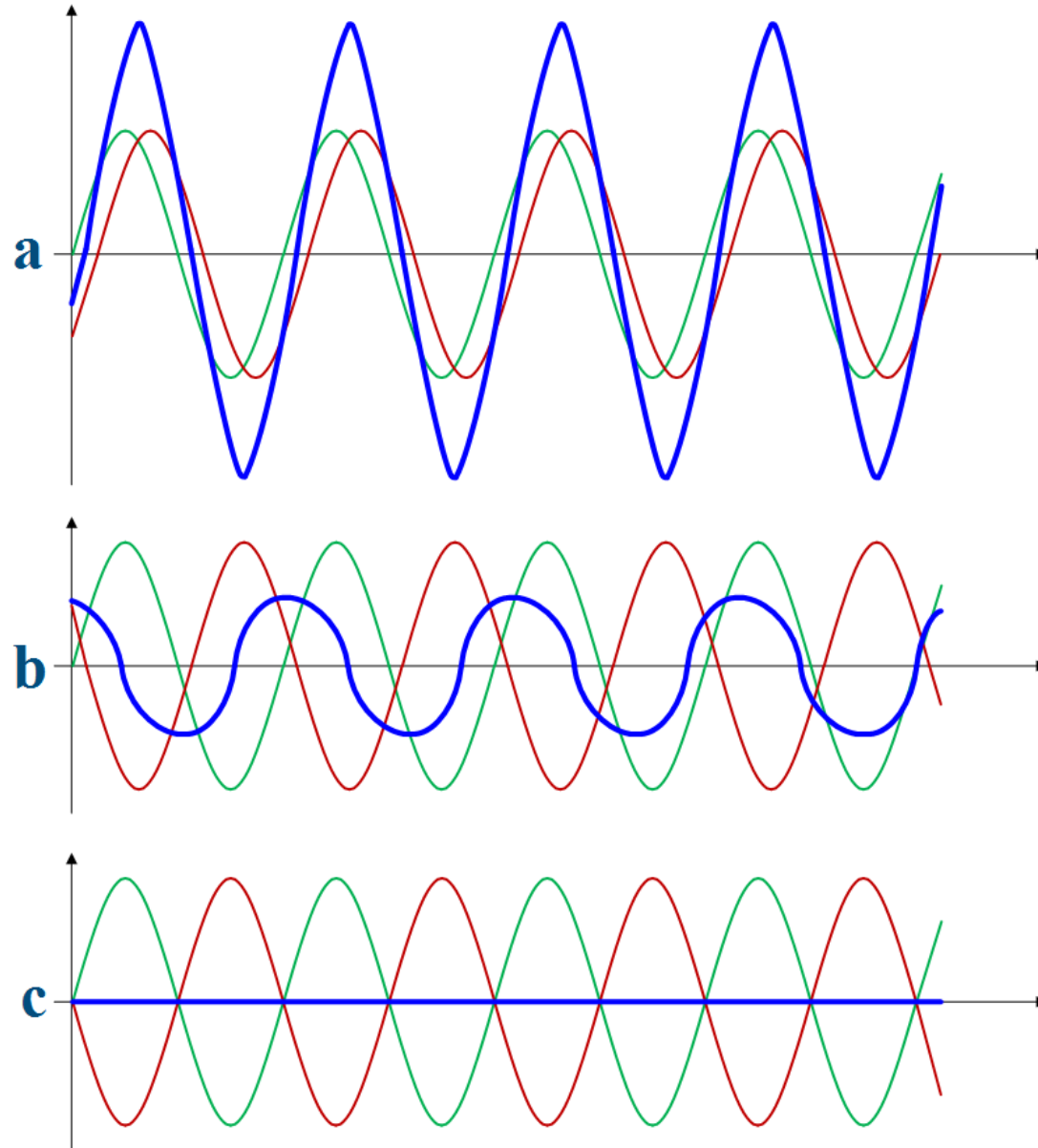
Time dispersion: signal is dispersed over time

→ interference with “neighbor” symbols, Inter Symbol Interference (ISI)

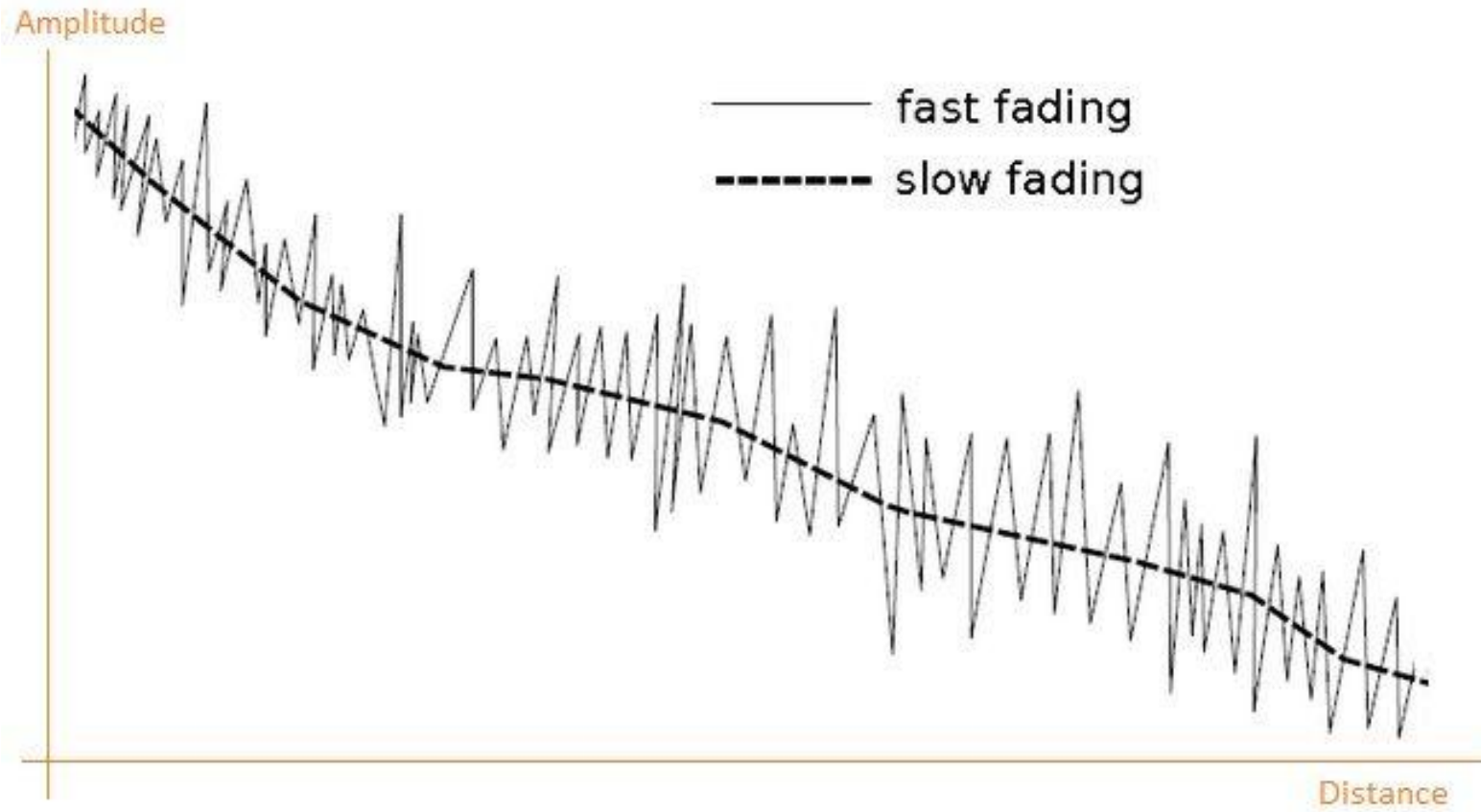
The signal reaches a receiver directly and phase shifted

→ distorted signal depending on the phases of the different parts

Multipath propagation



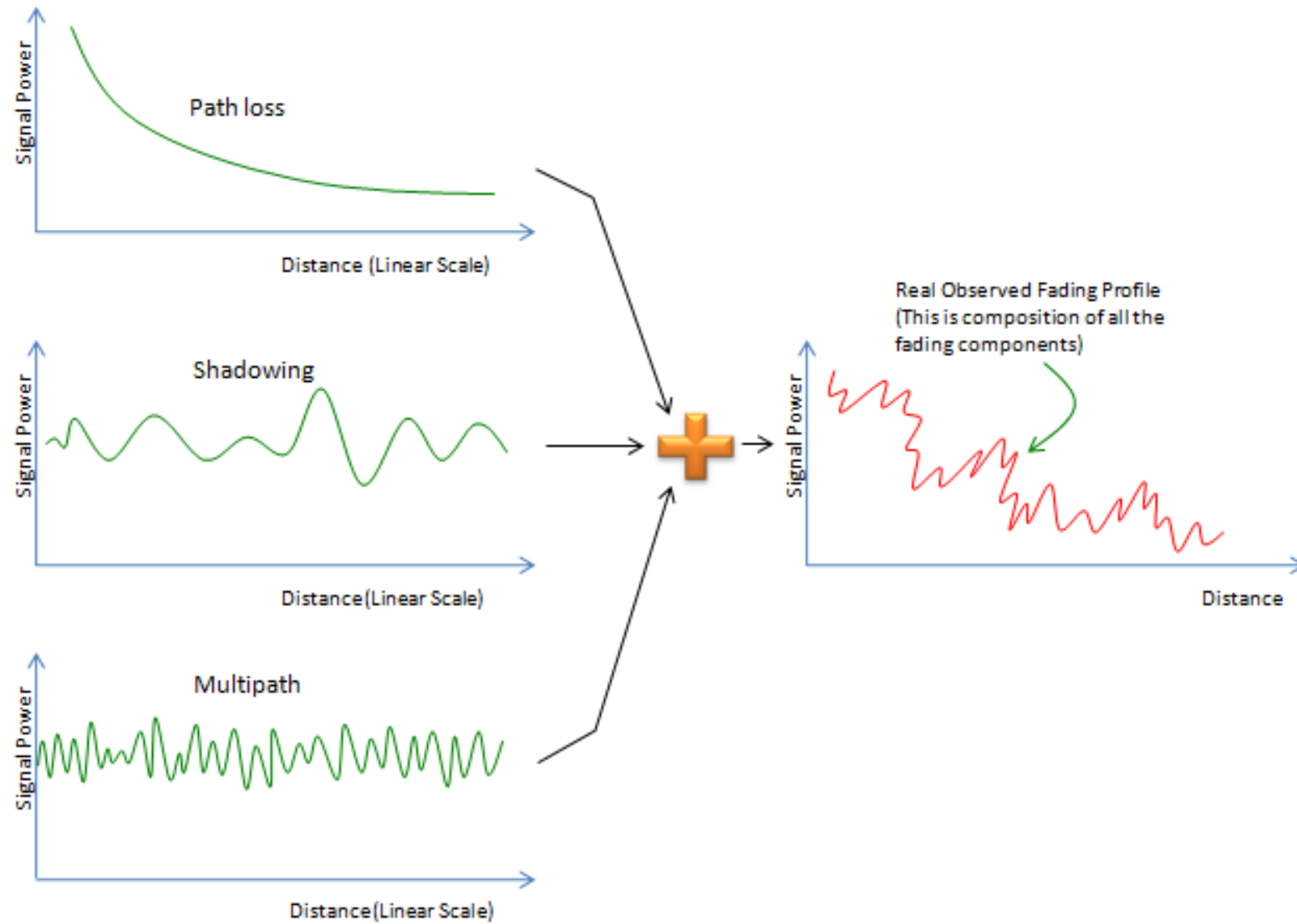
Fading



Fading

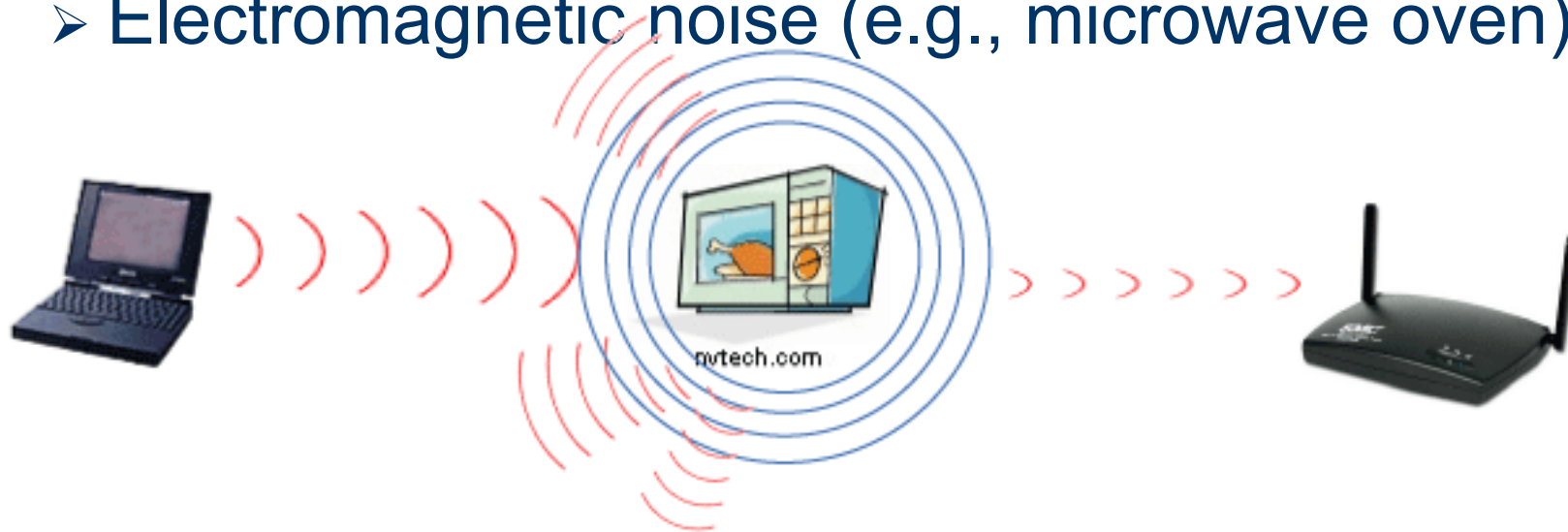
- Large-scale fading (slow - shadowing)
 - Long term variation in the mean signal level caused by the mobile unit moving into the shadow of surrounding objects
- Small-scale fading (fast - multipath)
 - Short term fluctuation in the signal amplitude caused by the local multipath

Fading



Noise and interference

- Transmissions from other sources
 - Many devices transmitting in the same frequency
 - E.g., 2.4 GHz wireless telephone, Bluetooth and Wi-Fi use the same frequency band
 - Electromagnetic noise (e.g., microwave oven)



Effects of mobility

Channel characteristics change over time and location

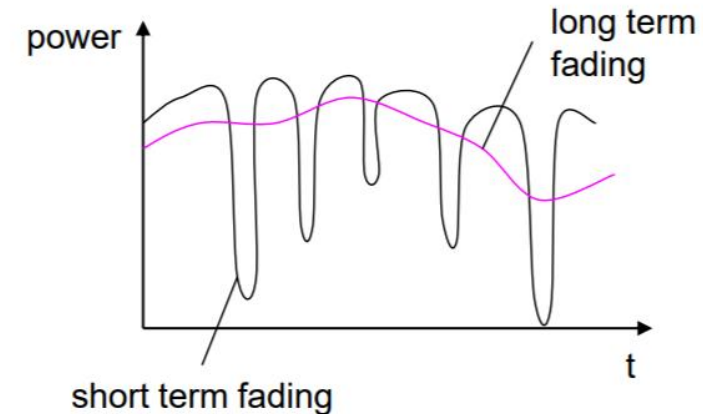
- ❑ signal paths change
- ❑ different delay variations of different signal parts
- ❑ different phases of signal parts

➔ 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)



How we handle errors

- Fixed vs. Wireless
 - Fixed: Errors due to congestion
 - Wireless: many different reasons
- What to do
 - Increase of transmitting power
 - Increased power consumption (bad for the battery)
 - Increased interference to other receivers
 - Error detection and correction
 - More powerful codes (processing, channel overhead)
 - retransmissions (power consumption, channel overhead)