

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

C. E. Shannon-W. Weaver:

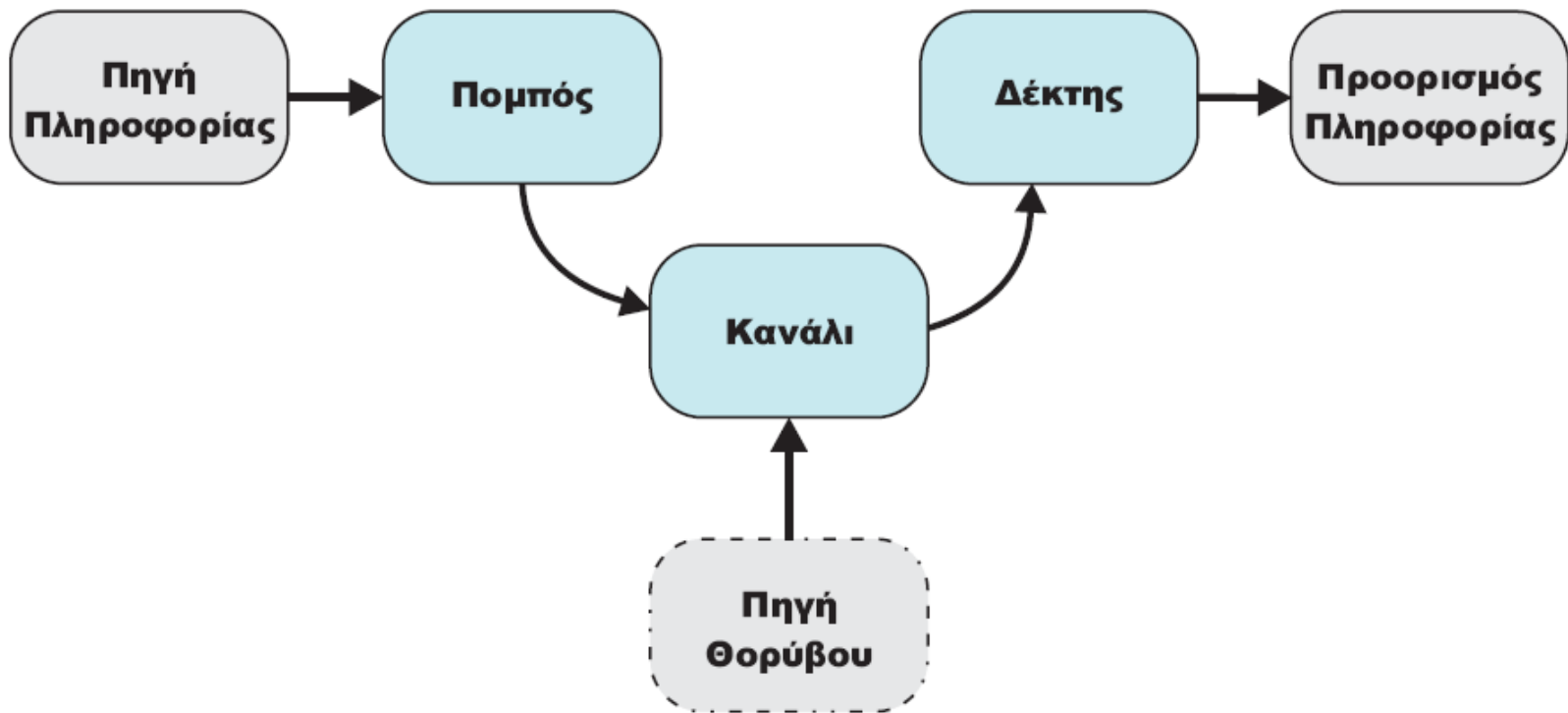
«Επικοινωνία είναι το σύνολο των διαδικασιών που εμπλέκονται στη μεταφορά της πληροφορίας από τον αποστολέα στον παραλήπτη...».

Το επικοινωνιακό μοντέλο C.E. Shannon-W. Weaver, το οποίο συχνά ονομάζεται η “μητέρα όλων των μοντέλων”, εισάγει τις έννοιες:

- Της πηγής πληροφορίας (information source),
- Του μηνύματος (message),
- Του πομπού (transmitter),
- Του δέκτη (receiver),
- Του καναλιού (channel),
- Της κωδικοποίησης (coding),
- Της πιθανότητας σφάλματος (probability of error),
- Της χωρητικότητας καναλιού (channel capacity),
- Της εντροπίας (entropy), κ.λ.π.

Το μοντέλο αυτό έγινε ευρέως αποδεκτό και από διάφορες άλλες επιστήμες εκτός από τις τηλεπικοινωνίες, όπως η παιδαγωγική, η ψυχολογία, η κοινωνιολογία, κ.λ.π.

Το επικοινωνιακό μοντέλο C.E. Shannon-W. Weaver



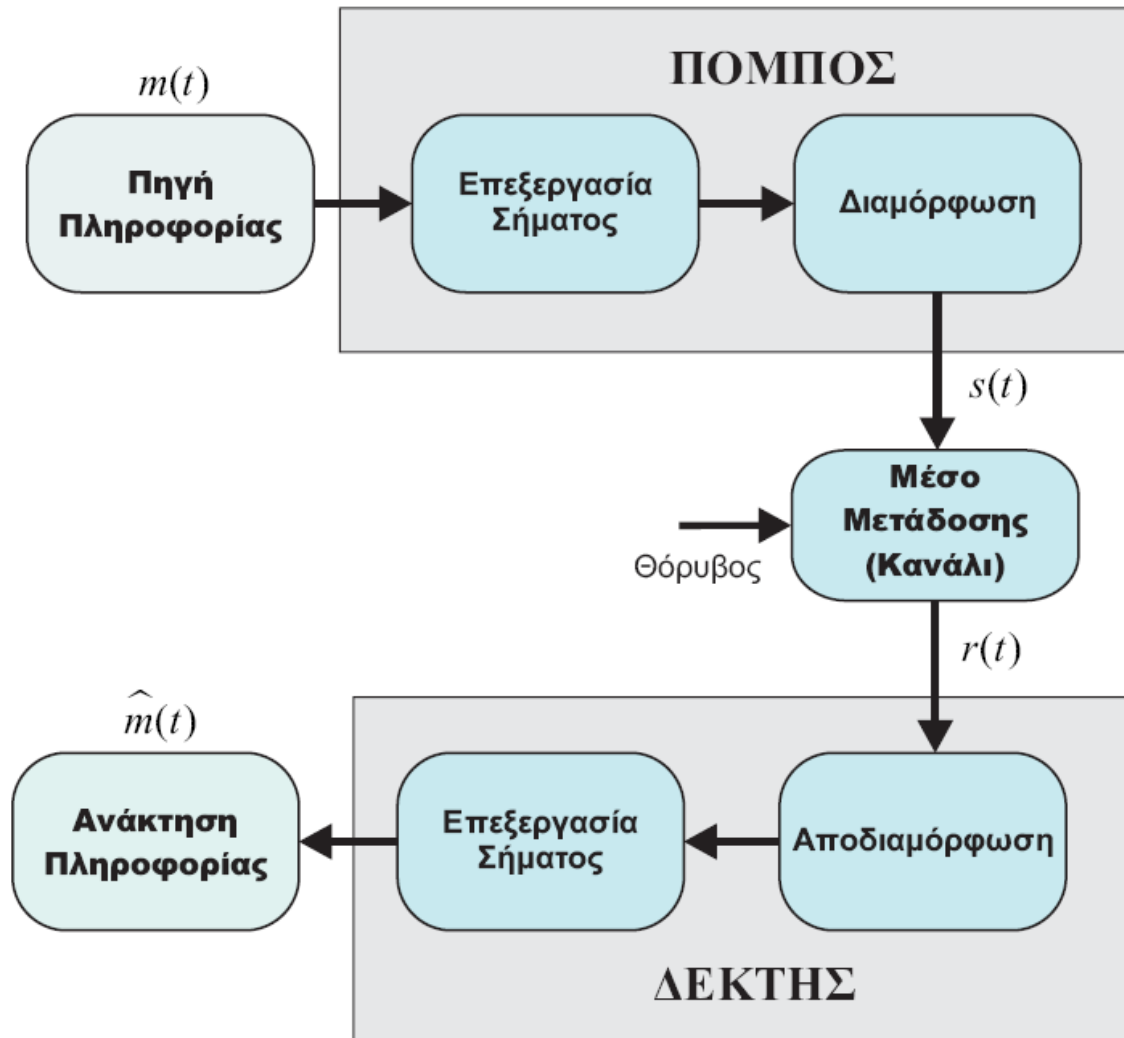
Το επικοινωνιακό μοντέλο κατά τον Umberto Eco

Umberto Eco: Ορίζει την έννοια της επικοινωνίας διακρίνοντας την “Σημειολογία της Επικοινωνίας (Semiotics of Communication)” από την “Σημειολογία του Νοήματος (Semiotics of significance)” ως δύο μη-αμοιβαία αποκλειόμενες έννοιες.

Κατά τον Eco: “Στην περίπτωση της επικοινωνίας μεταξύ δύο συσκευών – μηχανών αυτό που πραγματοποιείται είναι η μεταφορά της πληροφορίας αλλά όχι η σημασιολογική ή νοηματική πλευρά αυτής. Όταν όμως ο παραλήπτης είναι νοητική ύπαρξη, ανεξάρτητα αν ο αποστολέας είναι συσκευή – μηχανή ή νοητική ύπαρξη και δεδομένου ότι το σήμα δεν είναι απλά ένας ερεθισμός αλλά μια σύνθετη νοηματική έκφραση, τότε λαμβάνει χώρα η σημειολογία του νοήματος...”

Είναι φανερό ότι κατά τον Eco η έννοια της επικοινωνίας εξαρτάται και από την ιδιότητα του παραλήπτη (μηχανή ή νοητική ύπαρξη), κάτι που δεν συμβαίνει με τους Shannon-Weaver οι οποίοι ορίζουν τη διαδικασία της επικοινωνίας σαφέστατα από την πλευρά του μηχανικού.

Τηλεπικοινωνιακό σύστημα: Βασική δομή

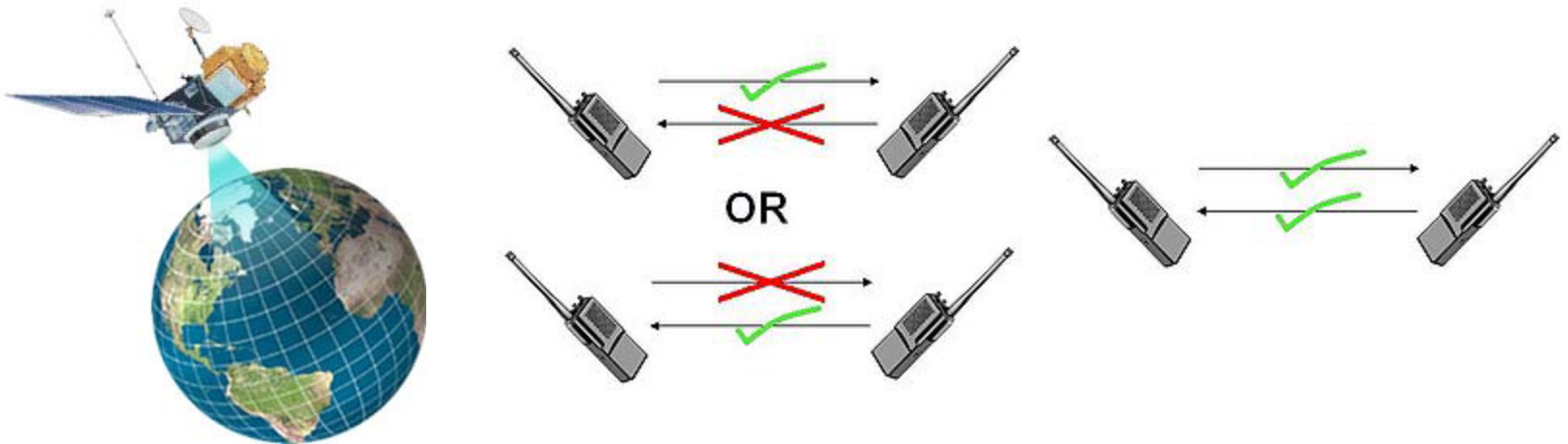


Είδη επικοινωνίας

Μονόδρομες-Simplex. Η πληροφορία μεταδίδεται μόνο προς μια κατεύθυνση. Παραδείγματα μονόδρομης επικοινωνίας είναι το ραδιόφωνο και η τηλεόραση, τα οποία συνήθως ονομάζονται και συστήματα *ευρείας εκπομπής (broadcasting)*.

Ημιαμφίδρομες-Half-duplex. Η επικοινωνία πραγματοποιείται και προς τις δύο κατευθύνσεις αλλά χωρίς να είναι ταυτόχρονη. Μια μόνο τηλεπικοινωνιακή ζεύξη χρησιμοποιείται εναλλάξ για αποστολή και λήψη πληροφοριών με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα συστήματα *Citizens Band radio (CB)*.

Αμφίδρομες-Full-duplex. Η πληροφορία μεταδίδεται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις, όπως για παράδειγμα στο τηλεφωνικό δίκτυο, στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, κ.λ.π.



Φάσμα Συχνοτήτων

Αριθμός Ζώνης	Όνομα Ζώνης	Συμβολισμός	Περιοχή Συχνοτήτων
4	VLF		3-30 kHz
5	LF		30-300 kHz
6	MF		300-3000 kHz
7	HF		3-30 MHz
8	VHF		30-300 MHz
9	UHF		300-3000 MHz
		L	1-2 GHz
		S	2-4 GHz
10	SHF		3-30 GHz
		C	4-8 GHz
		X	8-12 GHz
		Ku	12-18 GHz
		K	18-27 GHz
11	EHF		30-300 GHz
		Ka	27-40 GHz
		Μίλιμετρικά	40-300 GHz

Φάσμα Συχνοτήτων

Όνομασία Ζώνης	Συνομογραφία	Όρια Συχνοτήτων	Τρόπος Διάδοσης	Απόσταση	Εφαρμογές
Extremely Low Frequencies	<i>ELF</i>	1 Hz έως 10 KHz	Στατικά Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία		Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας,
Very Low Frequencies	<i>VLF</i>	10 KHz έως 30 KHz	Επιφανειακό κύμα, Κύματα Γη-Ιονόσφαιρα, D στρώμα (σχεδόν τέλεια ανάκλαση)	Παγκόσμια (trans-world)	Ραδιοπλοήγηση, Ραδιοφωνία AM
Low Frequencies	<i>LF</i>	30 KHz έως 300 KHz	Κύμα εδάφους, Ανάκλαση στο D στρώμα (μερική απορρόφηση)	1000 Km	Ραδιοπλοήγηση, Ραδιοφωνία AM
Median Frequencies	<i>MF</i>	300 KHz έως 3 MHz	Κύμα εδάφους κατά την διάρκεια της ημέρας, Ανάκλαση στο E στρώμα την νύκτα, Απορρόφηση στο D στρώμα	100 Km (ημέρα) 1000 Km (νύκτα)	Ραδιοφωνία AM
High Frequencies	<i>HF</i>	3 MHz έως 30 MHz	Κύμα εδάφους - Διάδοση μέχρι λίγο μετά τα όρια του ορίζοντος . Ανάκλαση στο F στρώμα	Μέχρι 100 Km κατευθείαν, 1000 Km μέσω της Ιονόσφαιρας	Ραδιοφωνία AM
Very High Frequencies	<i>VHF</i>	30 MHz έως 300 MHz	Κατευθείαν Κύμα - Οπτική Επαφή. Ιονοσφαιρική ανάκλαση	Μέχρι 50 Km κατευθείαν, 1000 Km με Ιονοσφαιρική σκέδαση	Ραδιοφωνία FM, Τηλεόραση, Ραδιοπλοήγηση, Κινητή Τηλεφωνία (1 ^η Γενιά)

Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα

- Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα έχουν στόχο την **μετάδοση πληροφορίας** από ένα σημείο σε ένα άλλο.
- Για την αποθήκευση και μετάδοση της πληροφορίας χρησιμοποιούν **μεταβαλλόμενα ρεύματα και τάσεις (μεταβαλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία)**.
- Χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα για τη μετάδοση των σημάτων, όπως
 - ✓ χάλκινα καλώδια (συστρεφόμενου ζεύγους, ομοαξονικά καλώδια...)
 - ✓ κυματοδηγοί
 - ✓ οπτικές ίνες
 - ✓ ασύρματα
- Τα σήματα προσαρμόζονται στο μέσο μετάδοσης μέσω της **διαμόρφωσης (modulation)** και της **κωδικοποίησης (coding)**.
- Οι τεχνικές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης επιλέγονται με βάση
 - ✓ το μέσο μετάδοσης
 - ✓ Την πηγή πληροφορίας (στατιστική, τον ρυθμό μετάδοσης (rate) – ποιότητα επικοινωνίας (Quality of Service-QoS))

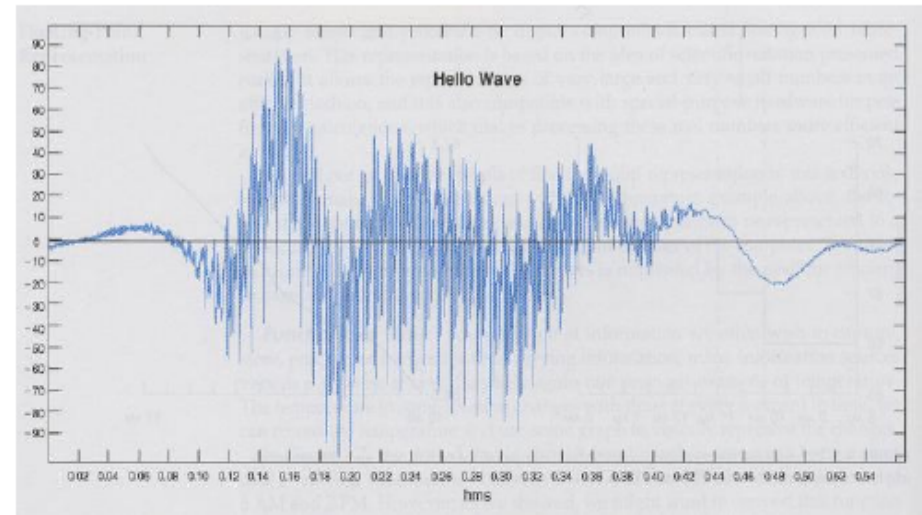
Παράμετροι στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα

- ✓ Χρόνος μετάδοσης του μηνύματος (1 msec, 1 sec). Π.χ. η φωνή μέσω κινητής τηλεφωνίας μεταδίδεται σε msec. Μέσω δορυφόρου ο χρόνος μετάδοσης αυξάνεται σημαντικά
- ✓ Ποσότητα μεταδιδόμενης πληροφορίας (1 λέξη, ένα κείμενο, μια φωτογραφία κλπ.)
- ✓ Ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας (ποσότητα πληροφορίας στη μονάδα του χρόνου). π.χ. Με τα σήματα Morse μεταδίδουμε 10 λέξεις ανά sec. Με Ethernet μερικές εκατοντάδες Mb/sec
- ✓ Ποιότητα επικοινωνίας (Quality-of-Service, QoS)
- ✓ Δυνατότητα διόρθωσης λαθών
- ✓ Κατανάλωση ενέργειας

Πηγές πληροφορίας

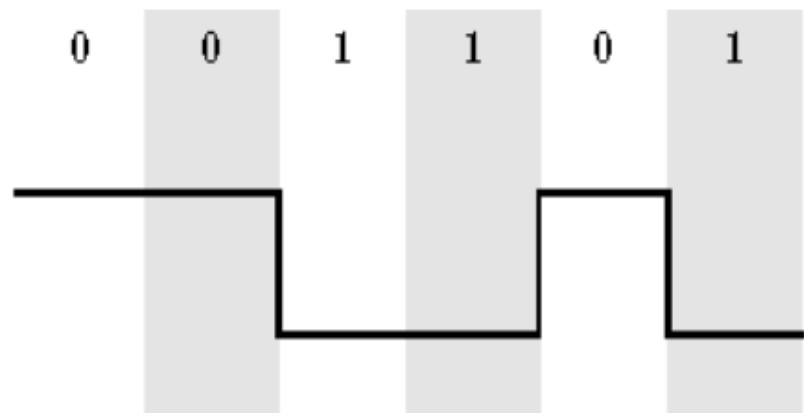
• Αναλογικές πηγές πληροφορίας:

- ✓ Το σήμα ενός μικροφώνου
- ✓ Το σήμα μιας αναλογικής τηλεοπτικής κάμερας.



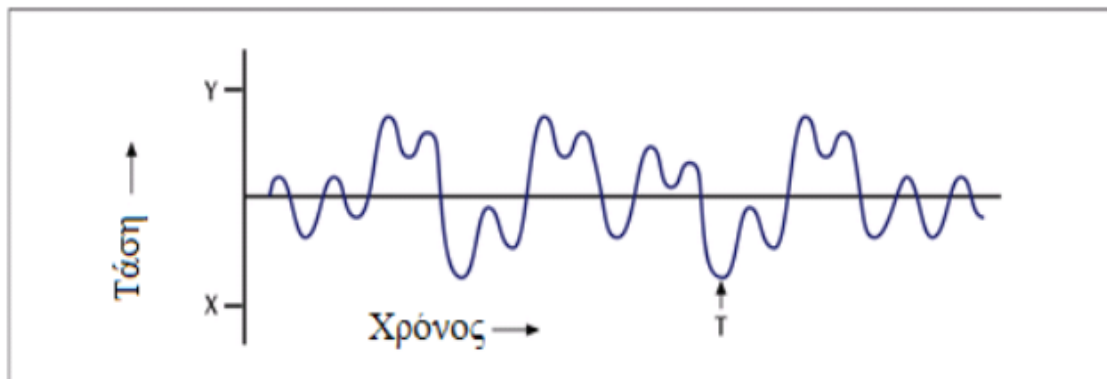
• Ψηφιακές πηγές πληροφορίας:

- ✓ Υπολογιστές
- ✓ Ψηφιακή λήψη

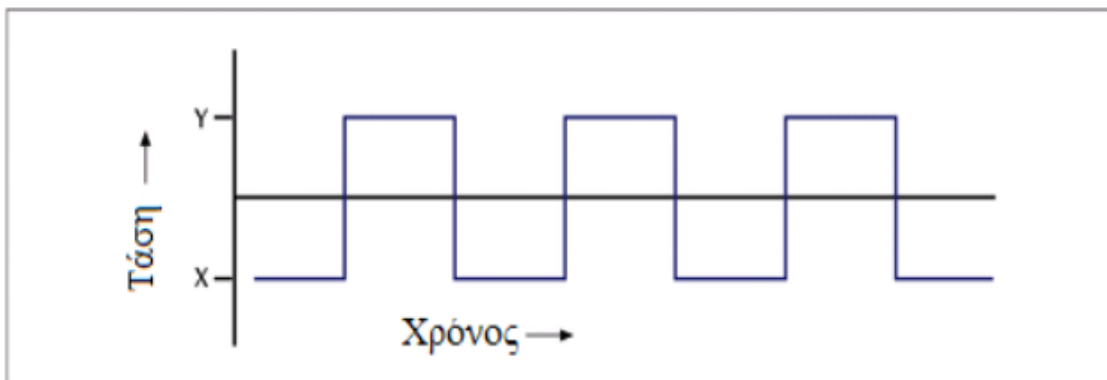


Αναλογικά σήματα-Ψηφιακά σήματα

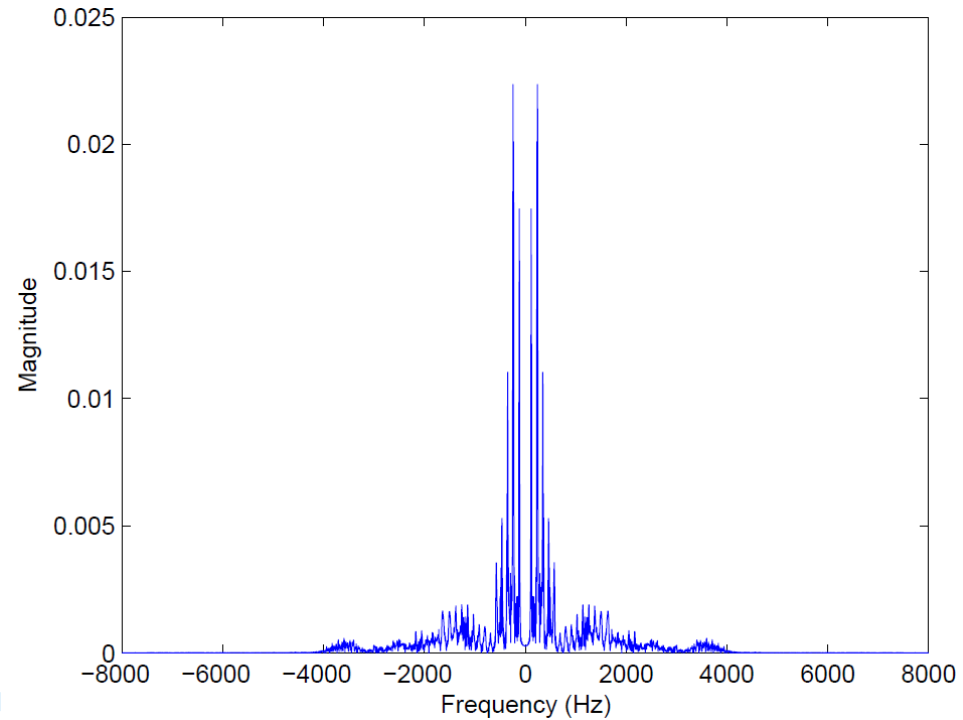
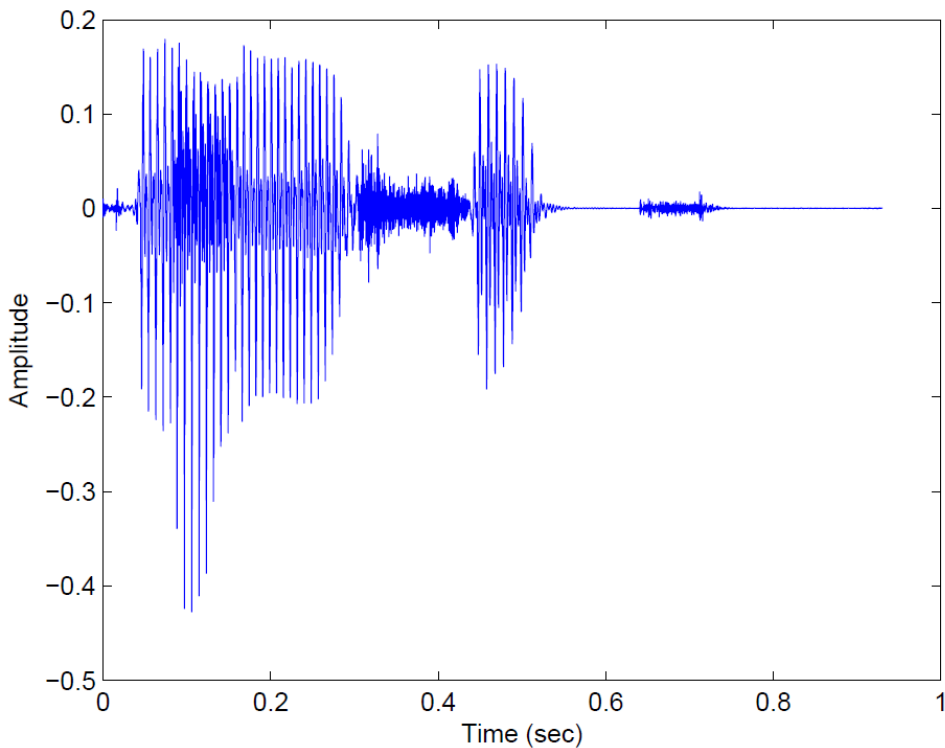
Το αναλογικό σήμα είναι μια συνεχής κυματομορφή, όπως π.χ. η μουσική και το video.



Το ψηφιακό σήμα αντιπροσωπεύει μια διακριτή κυματομορφή, όπως π.χ. Τα 0 και 1 των Η/Υ.

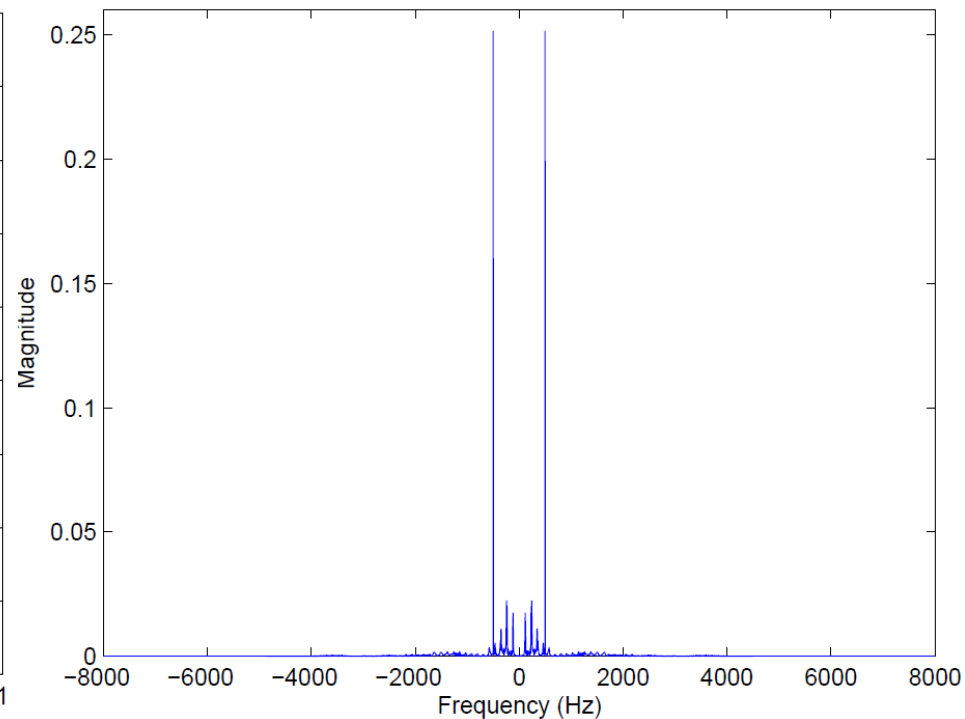
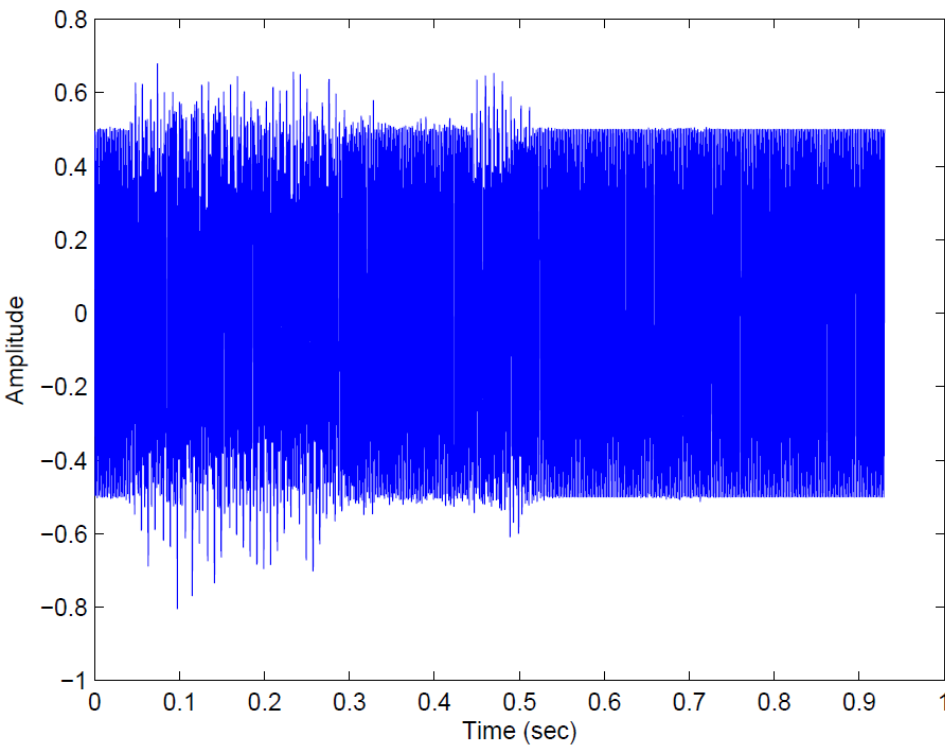


ΣΗΜΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 1



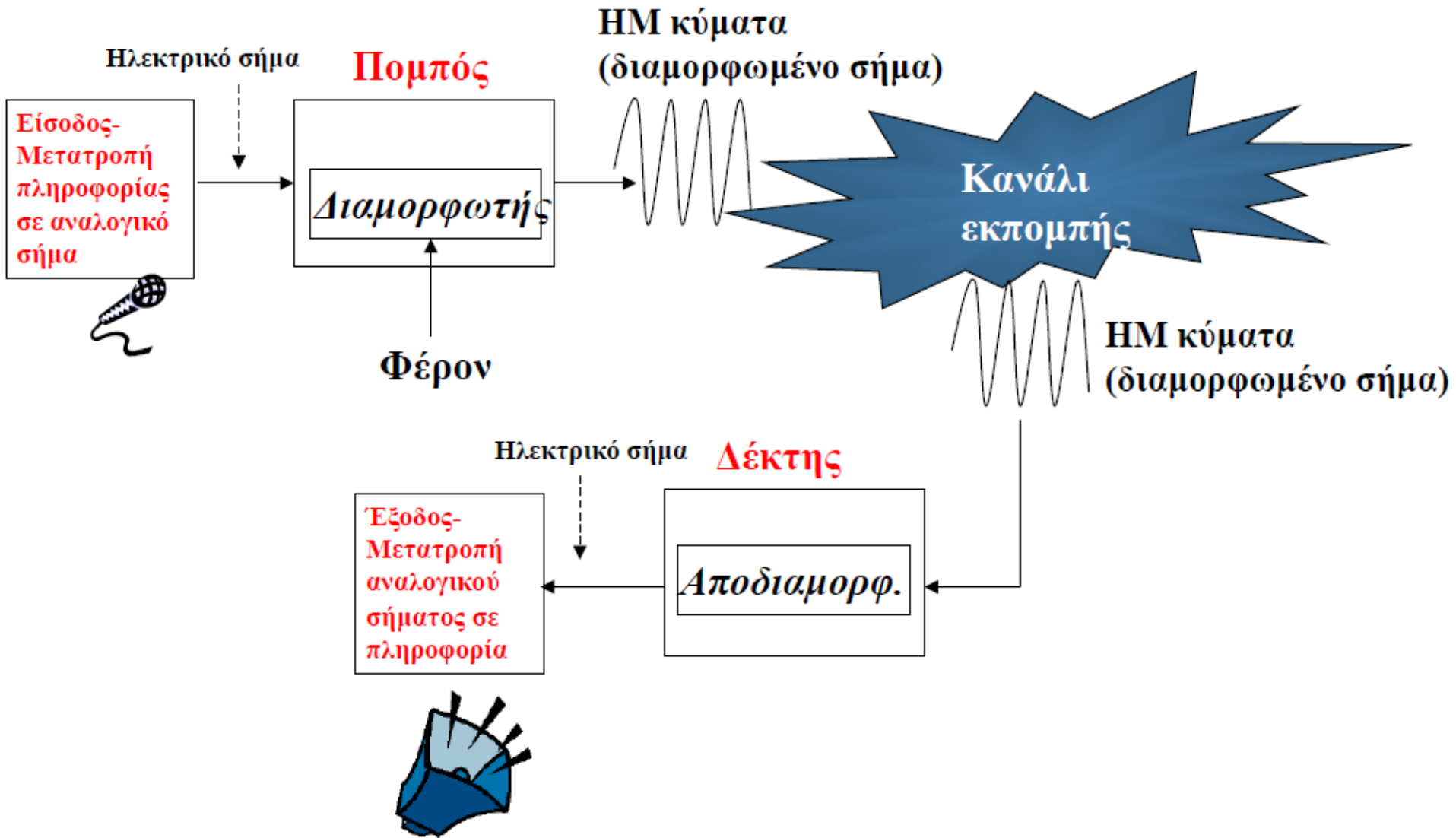
Σήμα ομιλίας

ΣΗΜΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 2

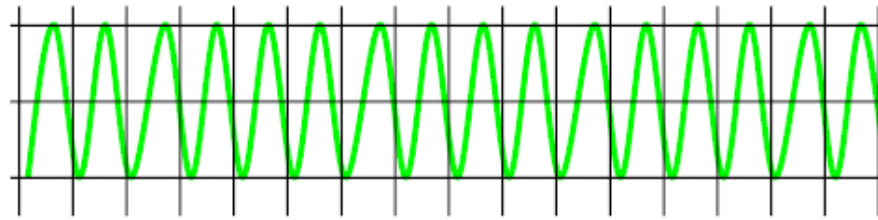


Σήμα ομιλίας + συνημίτονο 500 Hz

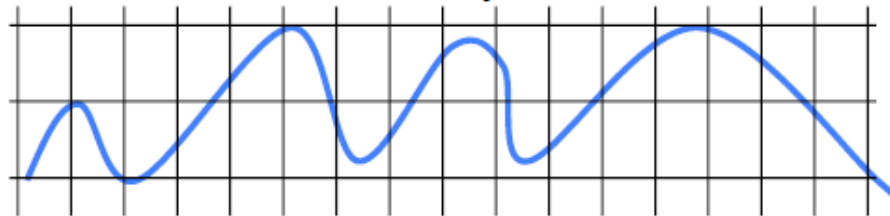
Βασικό αναλογικό σύστημα επικοινωνίας



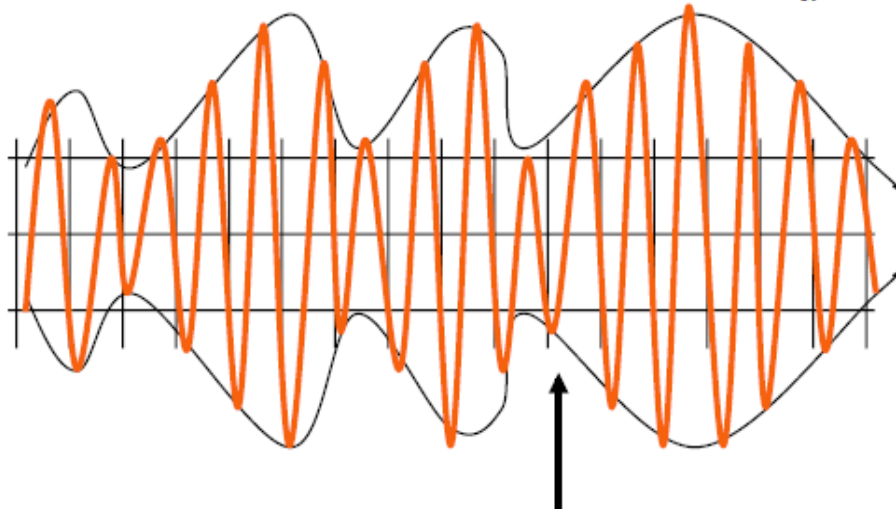
Αναλογικές Διαμορφώσεις AM- FM



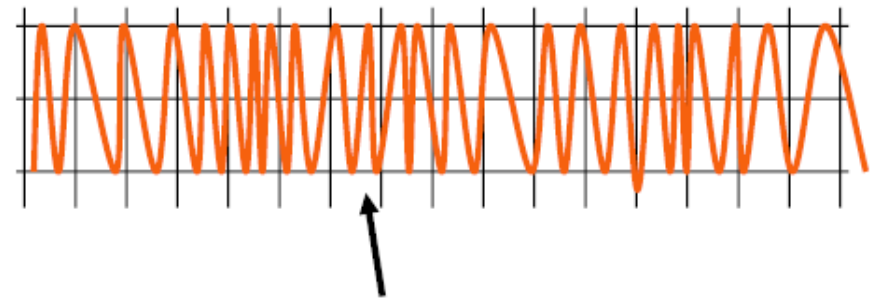
Φέρον



Σήμα Βασικής ζώνης



Σταθερή Συχν. Μεταβαλλ. Πλάτος, AM



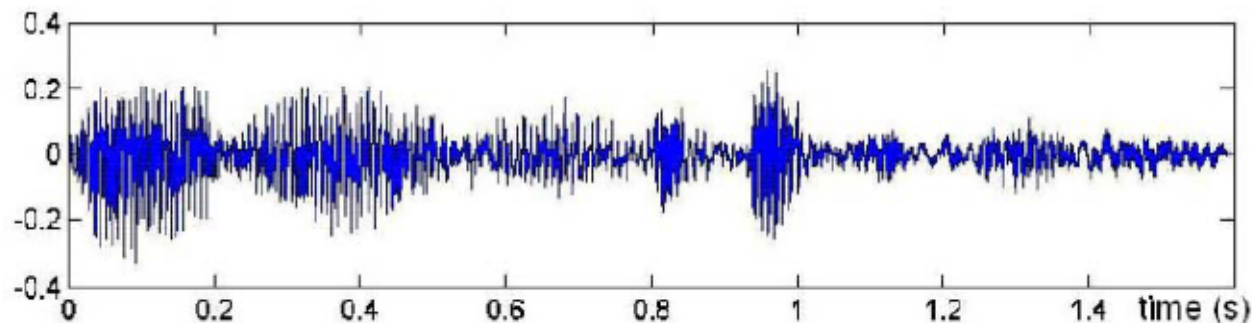
Σταθερό πλάτος. Μεταβαλλ. Συχνότητα, FM

Διαμόρφωση

- **Γιατί είναι απαραίτητη η διαμόρφωση;** Για να γίνει εφικτή η μετάδοση του σήματος στο μέσο διάδοσης.
 - ✓ Ενσύρματη μετάδοση
 - ❖ Προσαρμογή στο μέσο διάδοσης.
 - ✓ Ασύρματη μετάδοση
 - ❖ Γίνεται εφικτή η μετάδοση ΗΜ κυμάτων με κεραίες μικρών διαστάσεων. Ένα ΗΜ κύμα απαιτεί κεραία με μήκος συγκρίσιμου του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου/λαμβανόμενου σήματος.
 - ❖ Επομένως η μετάδοση ΗΜ κυμάτων με χαμηλή συχνότητα θα απαιτούσε τεράστιες κεραίες.

Σήματα: Βασικής ζώνης και Ζωνοπερατό

- Σήμα βασικής ζώνης (*baseband*) είναι το σήμα με μη-μηδενικό φασματικό περιεχόμενο στην περιοχή γύρω από την συχνότητα $f = 0$ και σχεδόν μηδενικό περιεχόμενο στην υπόλοιπη περιοχή του φάσματος.



- Ζωνοπερατό (*bandpass*) είναι το σήμα με μη-μηδενικό φασματικό περιεχόμενο συγκεντρωμένο γύρω από μία κεντρική συχνότητα $f = \pm f_c$ (με $f_c \gg 0$) και με σχεδόν μηδενικό περιεχόμενο στην υπόλοιπη περιοχή του φάσματος.

$$X(f) = 0, |f - f_c| \geq 2W.$$



$$x(t) = Am(t) \cos 2\pi f_c t$$

Διαμόρφωση

Διαμόρφωση, είναι η διαδικασία αντιστοίχισης της πληροφορίας που μεταφέρει το σήμα βασικής ζώνης $m(t)$ σε ένα χαρακτηριστικό ενός ζωνοπερατού σήματος, κατάλληλου για μετάδοση στο κανάλι

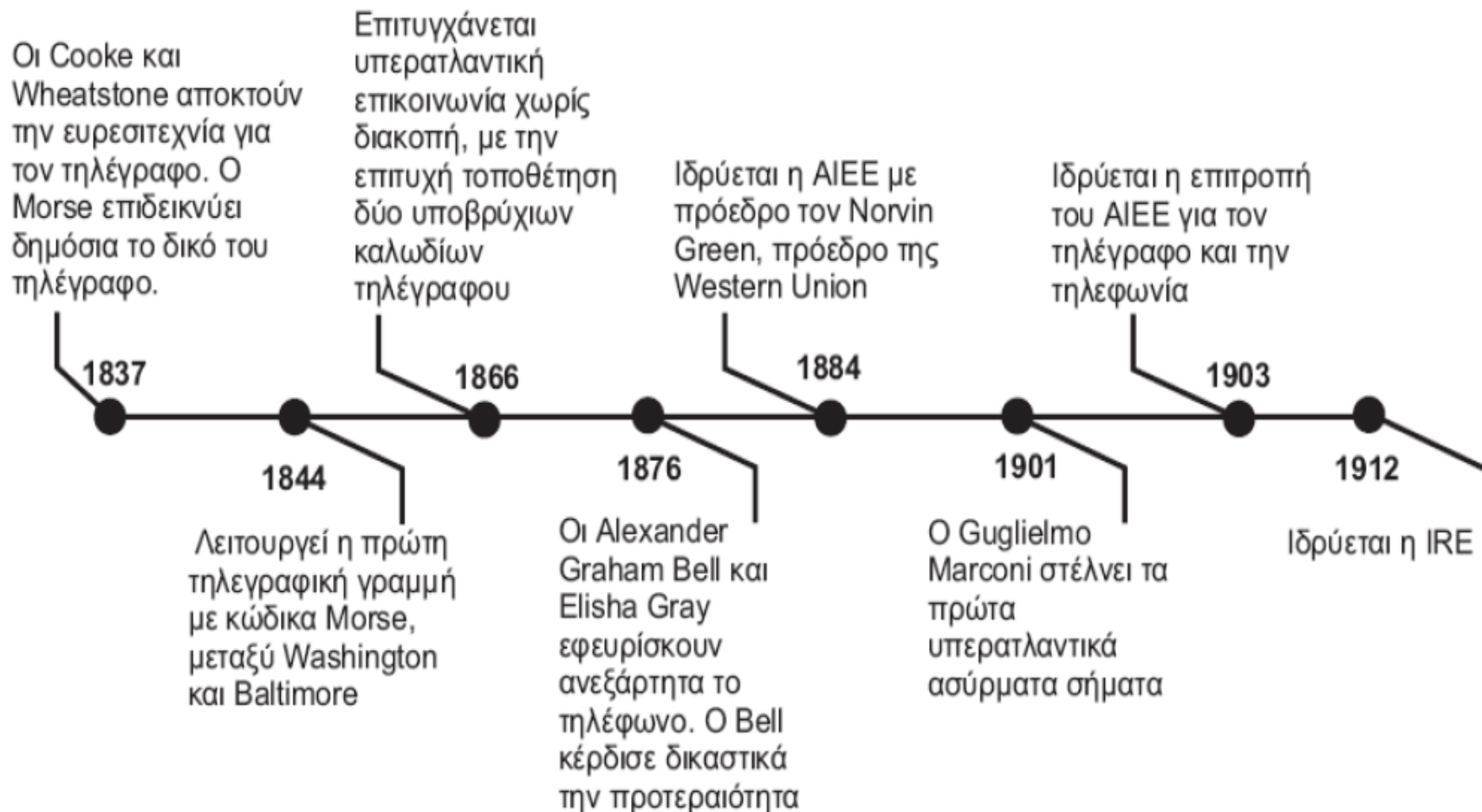
•Ανθρώπινη ομιλία (εύρος συχνοτήτων 20 Hz με 5 KHz).
•Δεν υπάρχουν κεραίες για συχνότητες αυτής της τάξης (μήκος κύματος της τάξης των 100 Km)

- ✓ Χαμηλή πολυπλοκότητα διατάξεων εκπομπή-λήψης Η/Μ ακτινοβολίας
- ✓ Πολυπλεξία
- ✓ Αντιμετώπιση των περιορισμών που επιβάλλει το κανάλι
- ✓ Διαμόρφωση για περιορισμό θορύβου και παρεμβολών
- ✓ Απονομή συχνοτήτων

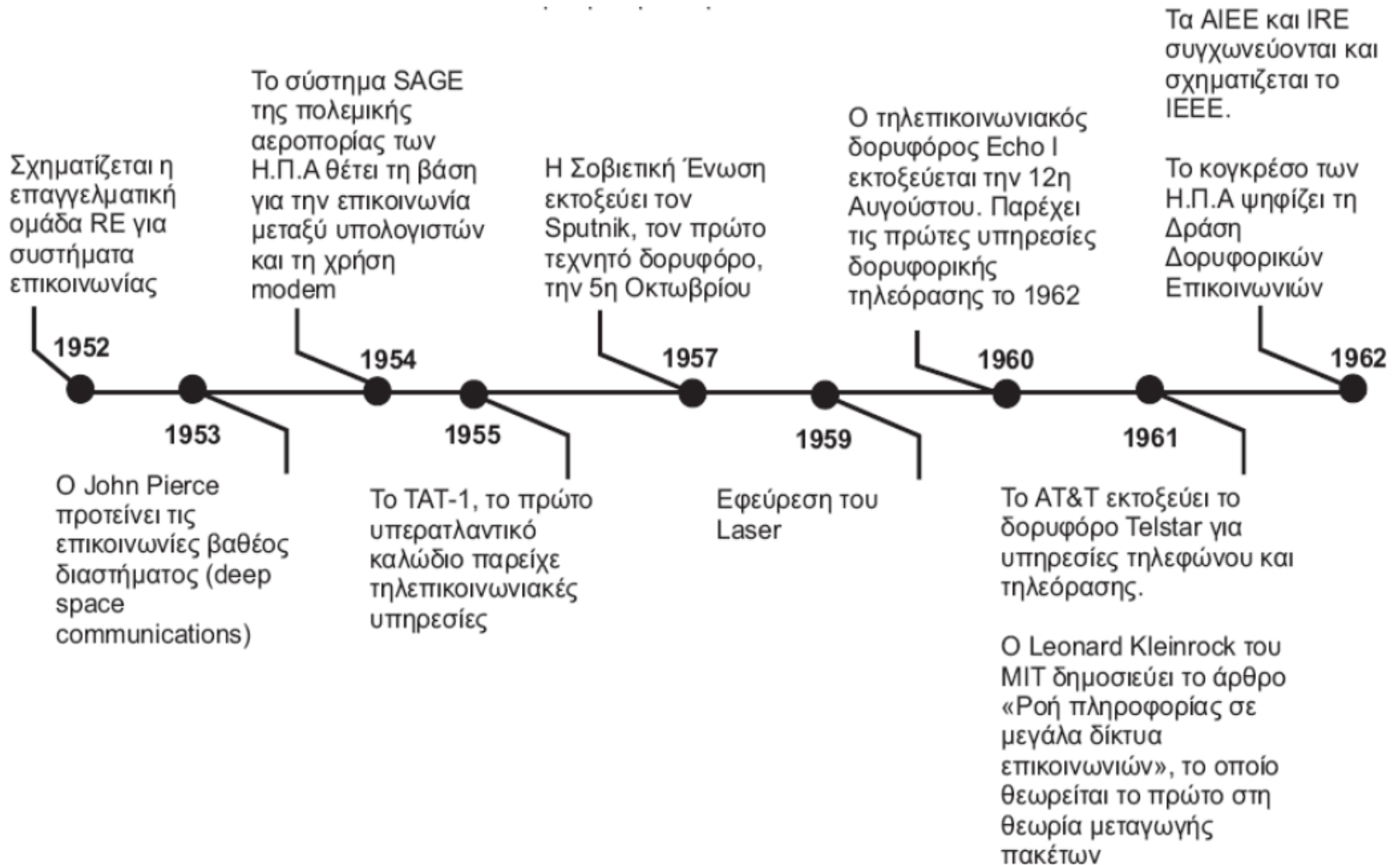
Κινητή τηλεφωνία

Ραδιοφωνία-Τηλεόραση

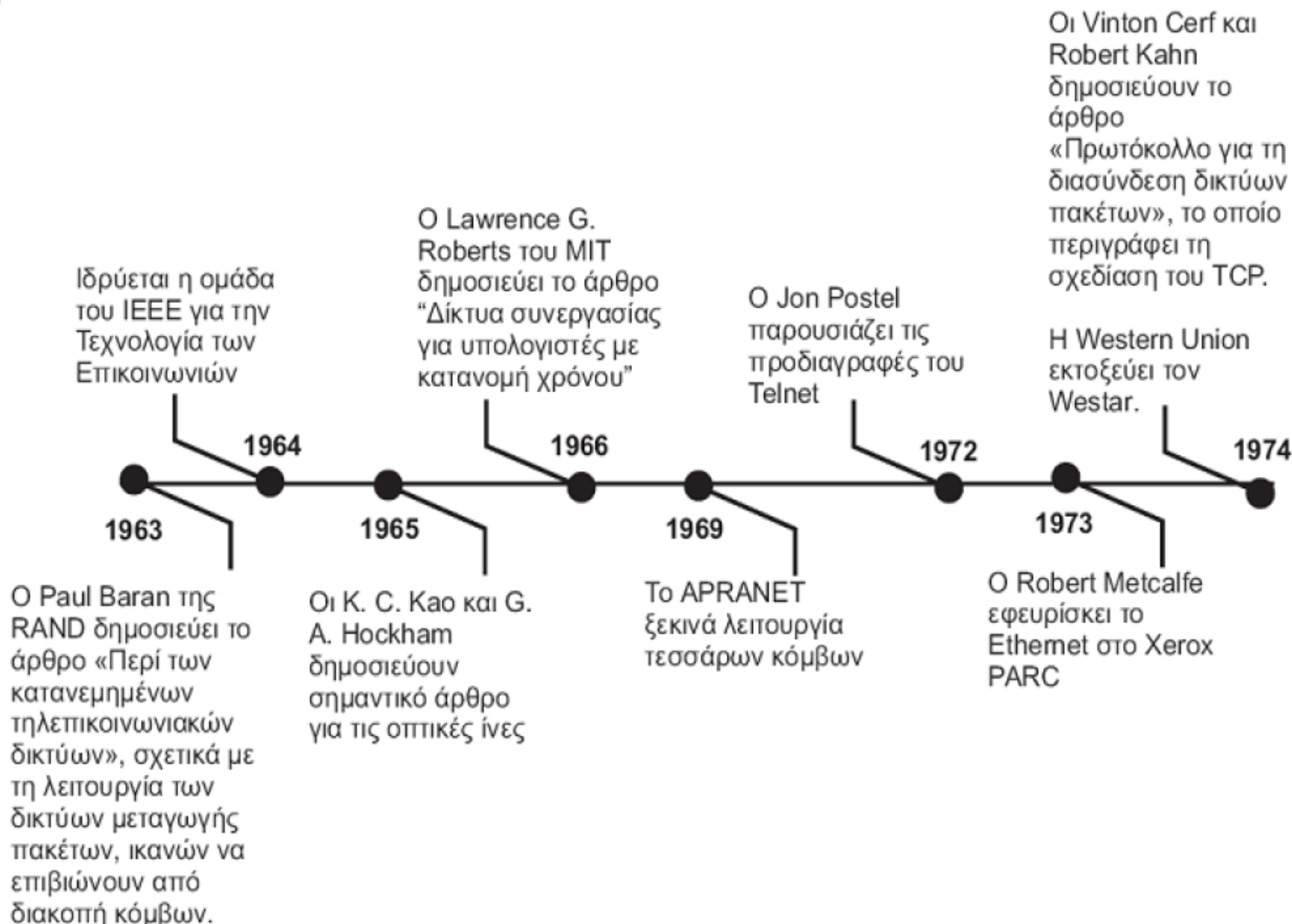
Ιστορικό (μετά την εμφάνιση του ηλεκτρισμού)



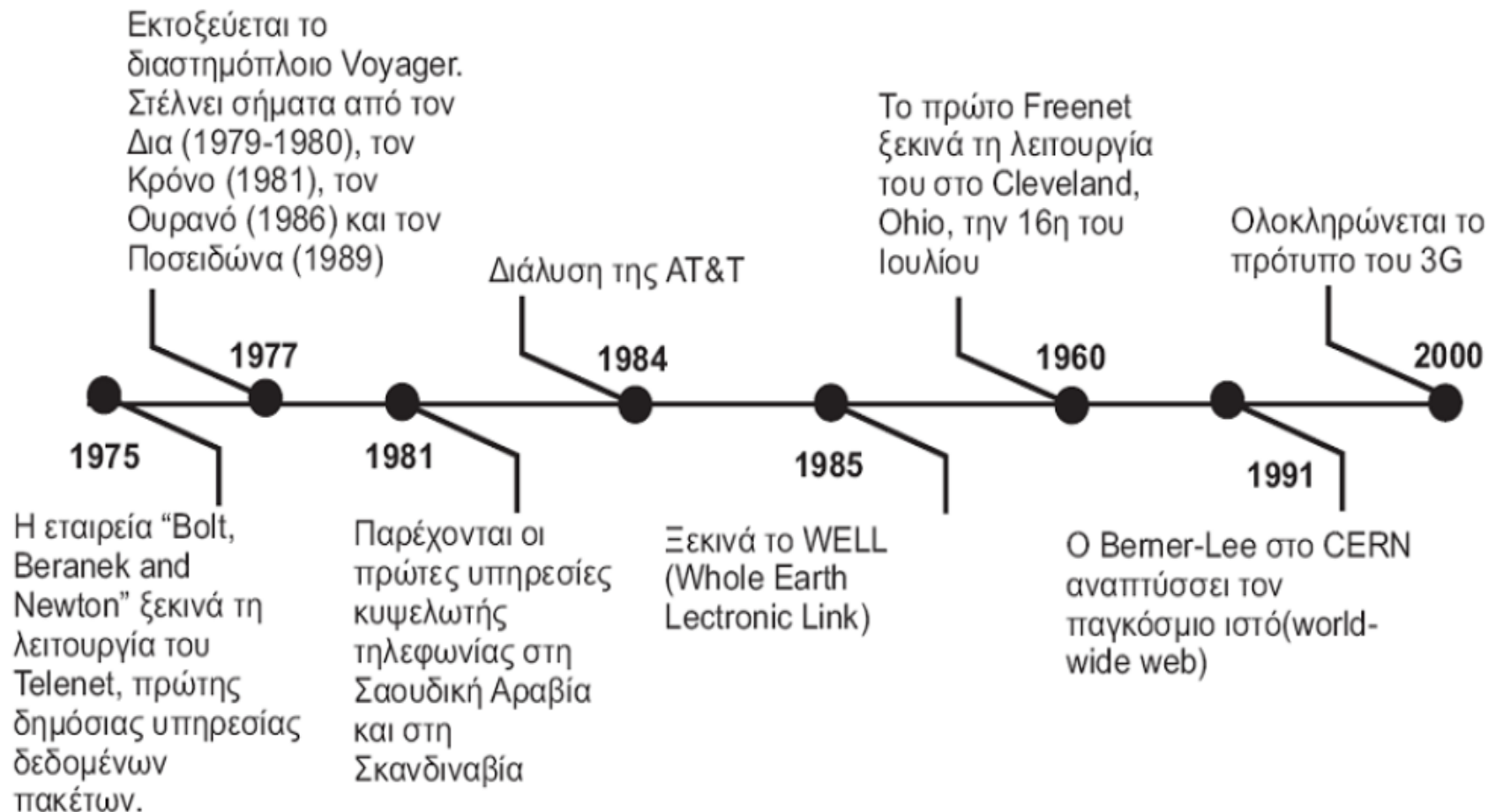
Ιστορικό (μετά την εμφάνιση του ηλεκτρισμού)



Ιστορικό (μετά την εμφάνιση του ηλεκτρισμού)



Ιστορικό (μετά την εμφάνιση του ηλεκτρισμού)



Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα: Ιστορικό Code Division Multiple Access (CDMA)

❖ Η Hedy Lamar (Hedwig Kiesler) και ο George Antheil ανέπτυξαν τον Αύγουστο του 1942 ένα σύστημα το οποίο το ονόμασαν Frequency Hopping.

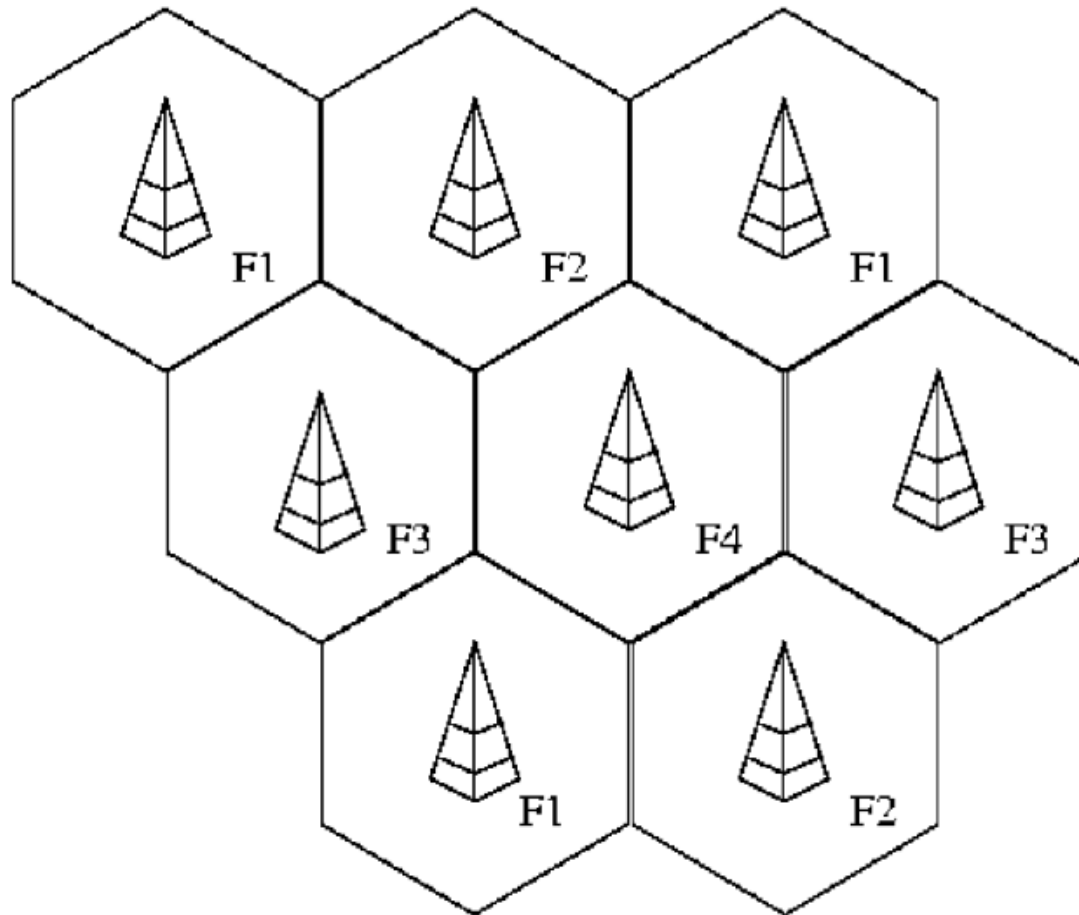
❖ Η ιδέα ήταν να κατασκευαστεί μία τηλεκατευθυνόμενη τορπίλη. Η δουλειά αυτή οδήγησε σε μία πατέντα με την ονομασία Secret Communication System. Όμως ο Αμερικάνικος στρατός δεν έδωσε ιδιαίτερη σημασία στην ιδέα αυτή, έως το 1963 (Κρίση με Κούβα).

❖ Η Lamar γεννήθηκε στην Αυστρία και δούλεψε σαν ηθοποιός στο Hollywood. Ο Antheil γεννήθηκε στο Παρίσι και είχε ένα piano bar.



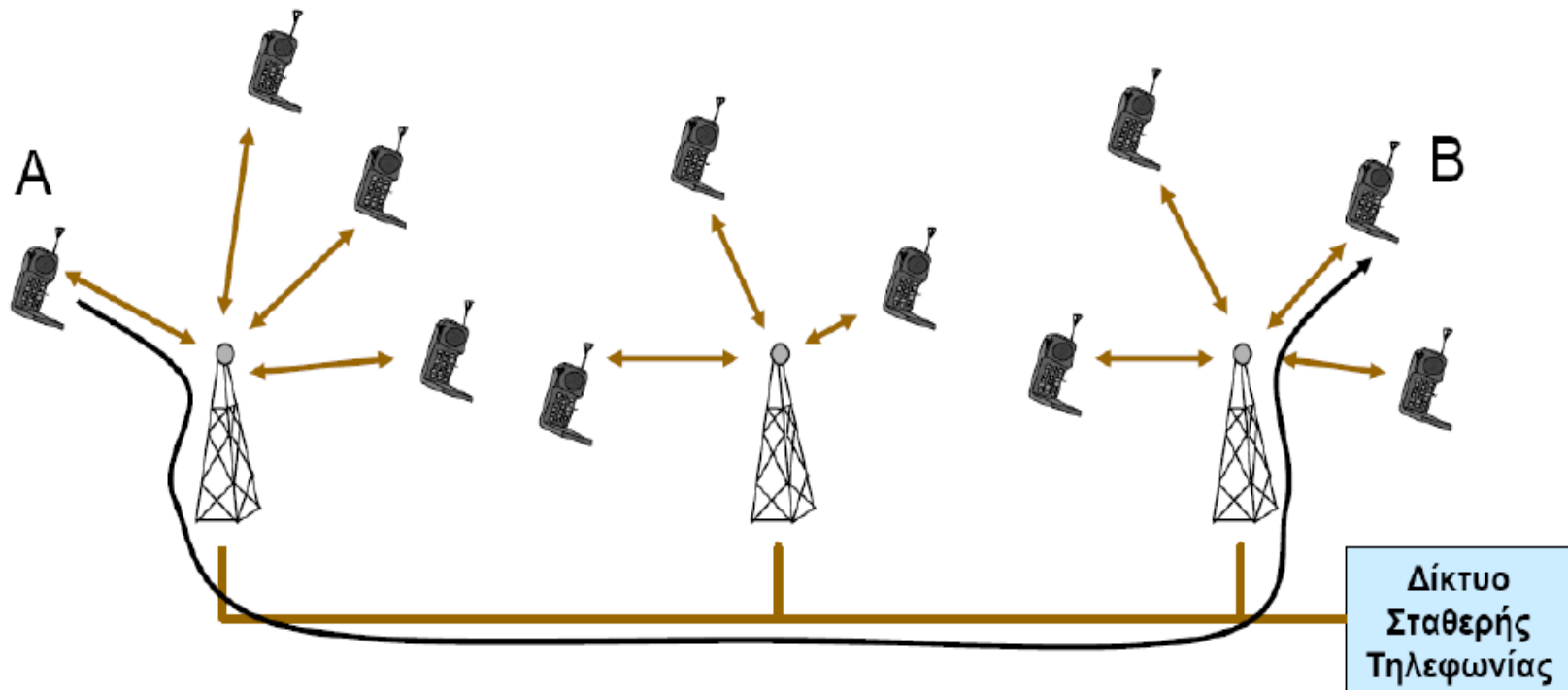
Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα: Ιστορικό

Κυψελωτή Τοπολογία



Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα: Ιστορικό

Κυψελωτά Δίκτυα



- Οι χρήστες επικοινωνούν αποκλειστικά με τους σταθμούς βάσης
- Τα κινητά τηλέφωνα έχουν περιορισμένες αρμοδιότητες και δυνατότητες

Ασύρματη Τηλεφωνία 1ης Γενιάς

- Κυψελωτή Τοπολογία
- Αναλογική διαμόρφωση FM
- Μερικά συστήματα:
 - NTT Cellular, Japan, 1979
 - Advanced Mobile Phone System (AMPS), USA, 1983
 - European Total Access Cellular System (ETACS), Ευρώπη, 1985



Ασύρματη Τηλεφωνία 2^{ης} Γενιάς (2G)

- Ψηφιακή Μετάδοση
- GSM: Global System for Mobile Commun.
 - Πανευρωπαϊκό standard, Time Division Multiple Access (TDMA)
- IS-95
 - Αμερικανικό standard, βασισμένο σε τεχνολογία Code Division Multiple Access (CDMA) Qualcomm
- Pacific Digital Cellular (PDC)
 - Ιαπωνικό standard, TDMA
- IS-136
 - Αμερικανικό standard, TDMA

Ασύρματη Τηλεφωνία Γενιάς 2.5G

- High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) για το GSM.
 - Κάθε χρήστης λαμβάνει πολλαπλές οπές (slots)
- General Packet Radio Service (GPRS) για τα GSM, IS-136
 - Μεταγωγή Πακέτου όπως στο Internet!
- Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) για τα GSM, IS-136
 - Πολλαπλές οπές και προσαρμογή στο κανάλι
- IS-95B για το IS-95
 - Κάθε χρήστης λαμβάνει πολλαπλούς κώδικες

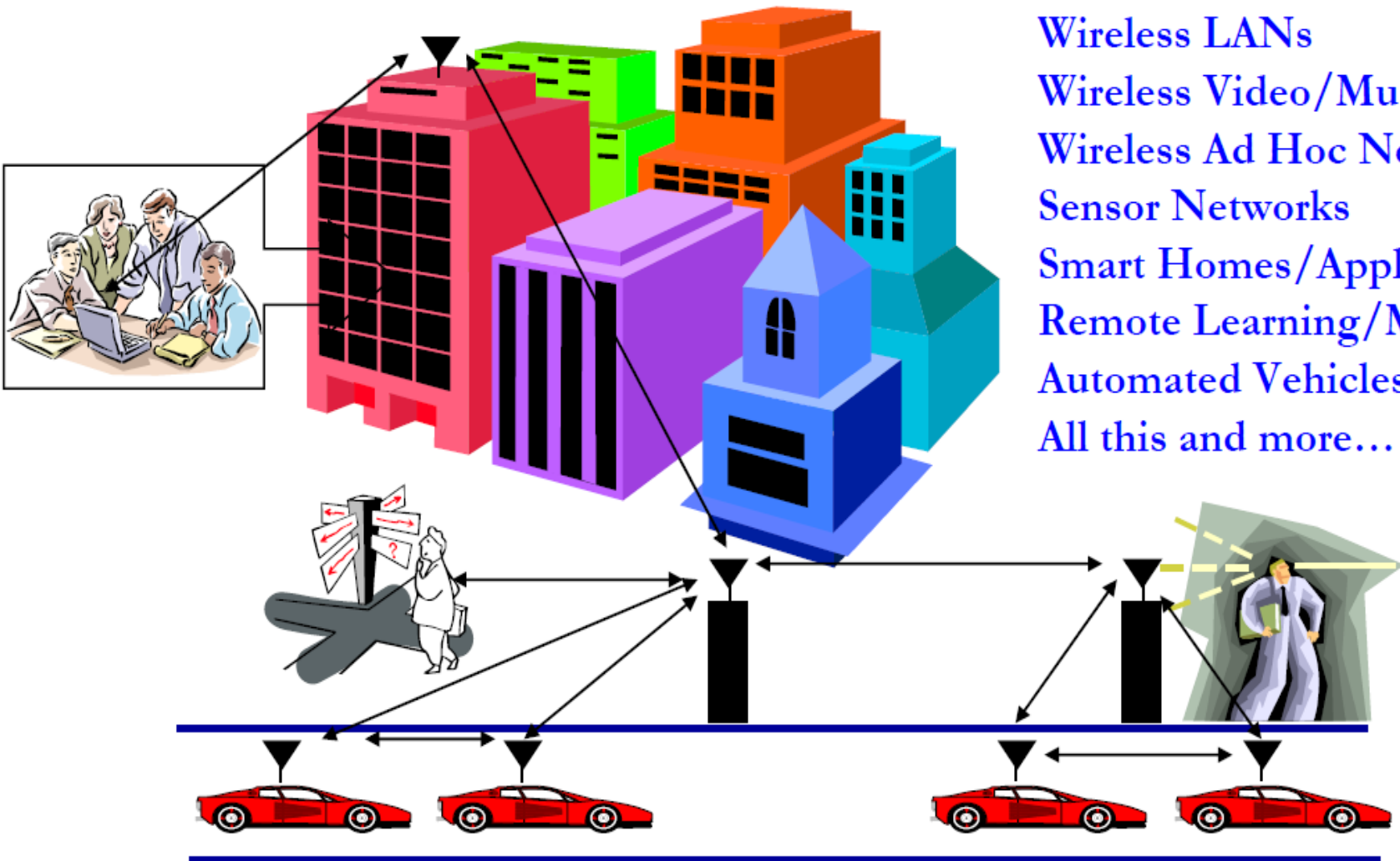
Κυψελοειδής Τηλεφωνία Γενιάς 3G

- 3G W-CDMA (UMTS)
 - Μετεξέλιξη του GSM, αλλά βασισμένο σε Wideband CDMA και μεταγωγή πακέτου.
Ευρωπαϊκό standard
- 3G cdma2000
 - Μετεξέλιξη του ISM-95, αμερικανικό standard
- 3G TD-SCDMA
 - Κινεζικό standard, βασισμένο στο GSM

Μελλοντικά συστήματα ασύρματης επικοινωνίας

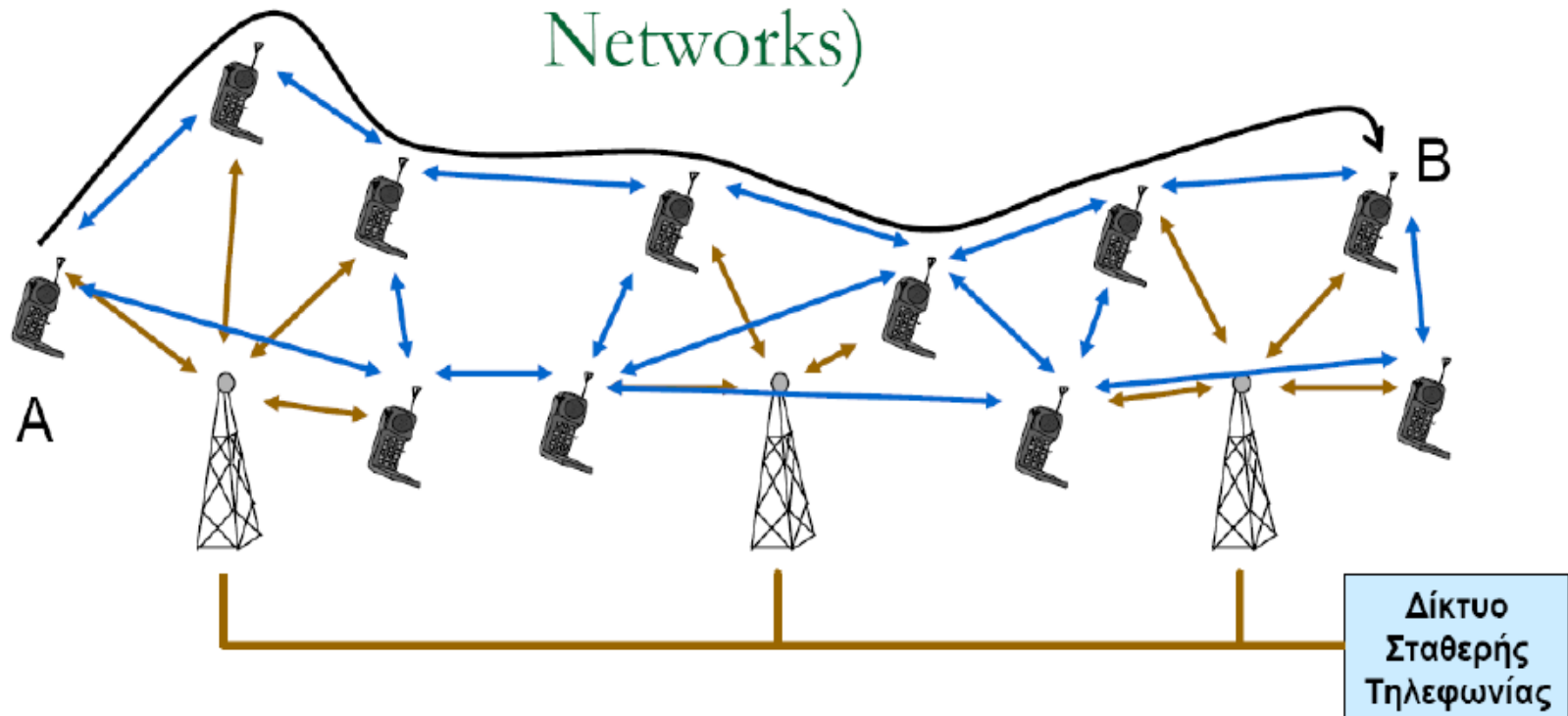
Συνεχής επικοινωνία ανθρώπων και συσκευών

Nth Generation Cellular
Wireless LANs
Wireless Video/Music
Wireless Ad Hoc Networks
Sensor Networks
Smart Homes/Appliances
Remote Learning/Medicine
Automated Vehicles/Robots
All this and more...



Υπάρχει μέλλον για τις τηλεπικοινωνίες;

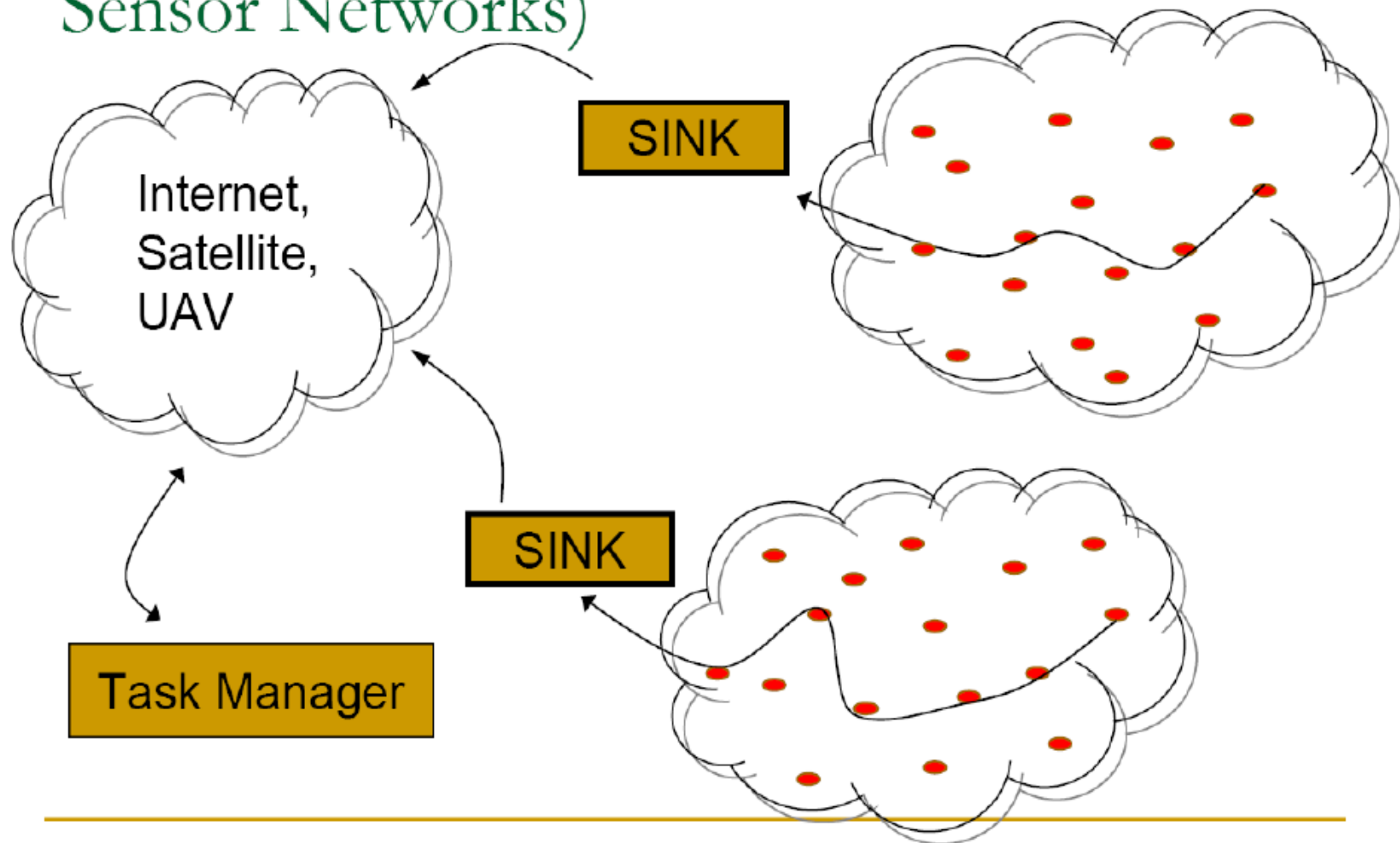
Ασύρματα Αδόμητα Δίκτυα (Wireless Ad Hoc Networks)



- Οι χρήστες δημιουργούν ένα εξ ολοκλήρου ασύρματο δίκτυο.
- Οι χρήστες έχουν πλέον αυξημένες δυνατότητες και αρμοδιότητες.

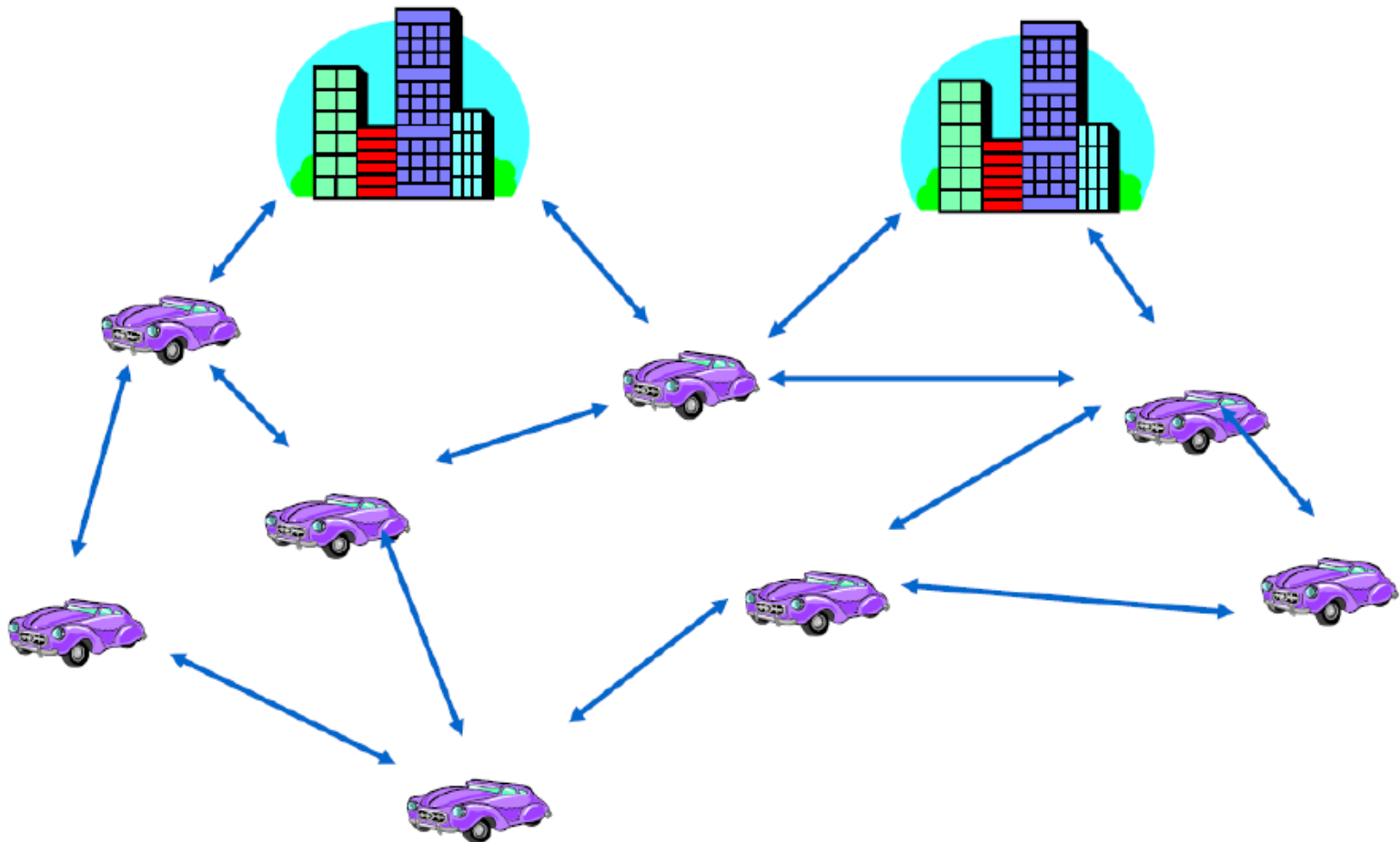
Υπάρχει μέλλον για τις τηλεπικοινωνίες;

Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks)



Υπάρχει μέλλον για τις τηλεπικοινωνίες;

Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs)



Υπάρχει μέλλον για τις τηλεπικοινωνίες;

Εφαρμογές

- Αυτόματη ανταλλαγή πληροφοριών σχετικών με ασφάλεια
 - Απότομο φρενάρισμα, ολισθηρό οδόστρωμα
- Μετάδοση πληροφοριών χρήσιμων στον οδηγό
 - Μποτιλιάρισμα μπροστά
 - Έργα στο οδόστρωμα μπροστά
 - Δελτία καιρού
 - software upgrades, κοκ.
- Πρόσβαση στο Internet (“Infotainment”)