



Πανεπιστήμιο Κύπρου

Πρόγραμμα Προϋπηρεσιακής Κατάρτισης

ΠΡΥ 017 – Πολυτεχνικά και Τεχνικά Επαγγέλματα

Διάλεξη 11

Τηλεπικοινωνίες



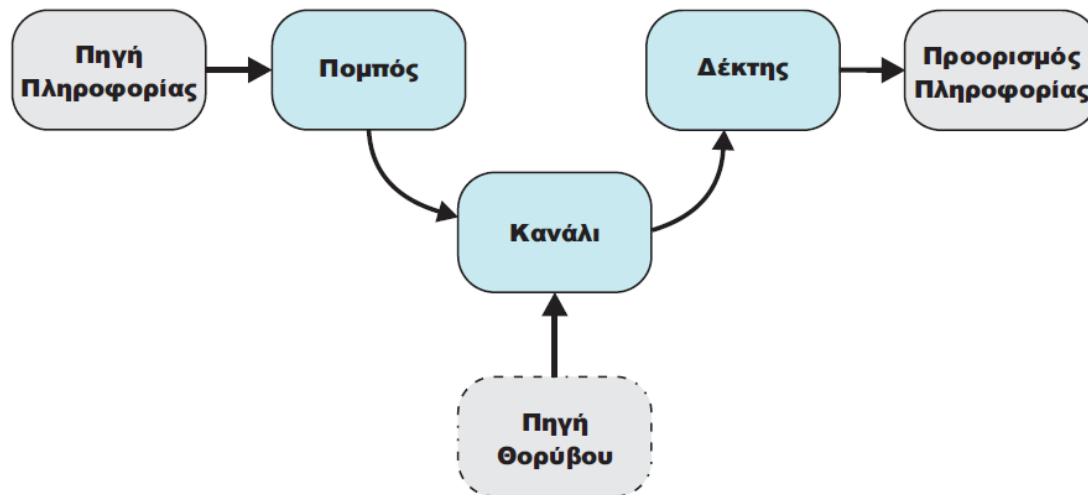
- Η εποχή μας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί “εποχή της πληροφορίας”.
- Ασύλληπτα μεγάλος αριθμός πληροφοριών μεταφέρονται από τον πομπό στο δέκτη της πληροφορίας
- Τηλε + Επικοινωνίες
 - Μετάδοση πληροφορίας (Φωνή, δεδομένα, κλπ)
- Μετάδοση σήματος με
 - Ηλεκτρικό ρεύμα σε ομοαξονικό καλώδιο ή σε άλλα καλώδια
 - Τηλεφωνική γραμμή σπιτιού,
 - Δίκτυα Η/Υ όπως Ethernet, cable TV
 - Ηλεκτρομαγνητικά κύματα στον αέρα
 - Ραδιόφωνο, TV, κινητή τηλεφωνία
 - Παλμούς φωτός σε οπτικές ίνες
 - Μακρινές γραμμές τηλεφώνου





• Γενικό Μοντέλο Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος

- Η πηγή παράγει το προς μετάδοση σήμα
- Ο πομπός μετατρέπει το σήμα εισόδου σε μορφή κατάλληλη για τη μετάδοση από το κανάλι (αναλογικό σήμα)
- Το κανάλι εισάγει παραμόρφωση, θόρυβο και παρεμβολή
- Ο δέκτης αποδιαμορφώνει και επεξεργάζεται το ληφθέν σήμα
- Ο μετατροπέας εξόδου/προορισμός μετατρέπει την έξοδο του δέκτη στην αρχική μορφή της πληροφορίας

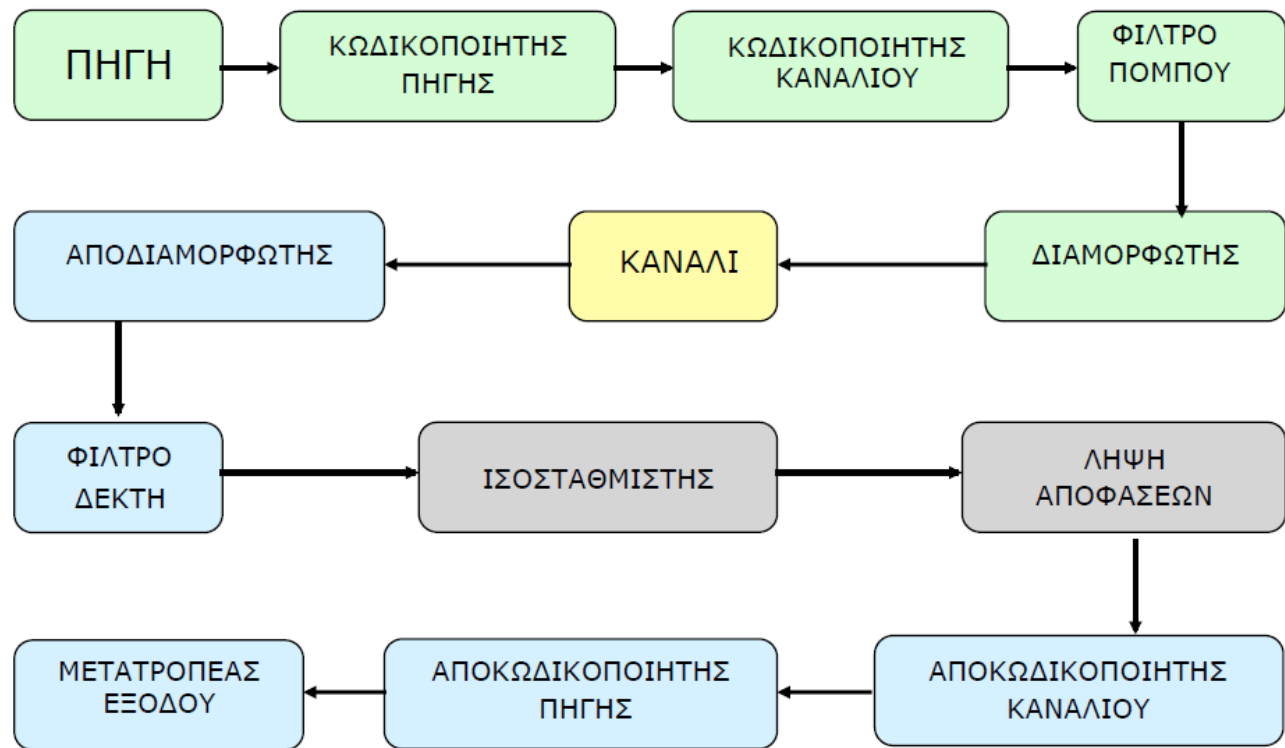




• Μοντέλο Ψηφιακού Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

- C είναι η χωρητικότητα του καναλιού σε bits ανά δευτερόλεπτο,
B είναι το εύρος ζώνης του καναλιού σε hertz
S είναι η μέση ισχύς του λαμβανόμενου σήματος σε watt (ή βολτ τετράγωνο).
N είναι η μέση ισχύς του θορύβου και των παρεμβολών σε watt (ή βολτ τετράγωνο).





- **Διαμόρφωση**

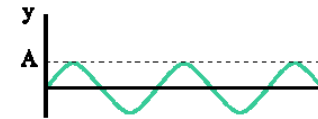
- Το σήμα προστίθεται σε ένα αρμονικό υψίσυχο κύμα, που παράγεται στον πομπό και έχει ορισμένη συχνότητα (φέρουσα συχνότητα.)

- **Διαμόρφωση κατά πλάτος ή AM (amplitude modulation)**

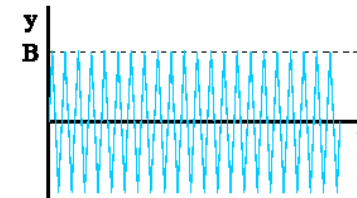
- Στο φέρον κύμα δημιουργούνται “κορυφές” και “κοιλιάδες” που αντιστοιχούν στο κύμα της πληροφορίας.

- **Διαμόρφωση κατά συχνότητα ή FM (frequency modulation)**

- Στο φέρον κύμα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα.
- Το πλεονέκτημα αυτής της διαμόρφωσης είναι ότι το διαμορφωμένο κύμα δεν επηρεάζεται σημαντικά από παράσιτα.
 - Τα παράσιτα, κατά τη συμβολή τους με το διαμορφωμένο κύμα, επηρεάζουν κυρίως το πλάτος και λιγότερο τη συχνότητα.



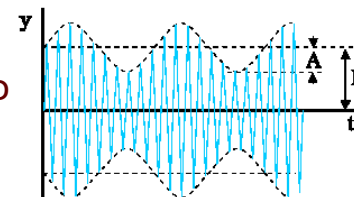
Πληροφορία (ήχος, φωνή κλπ)



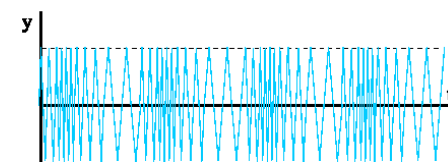
Φέρον Κύμα



Διαμόρφωση AM

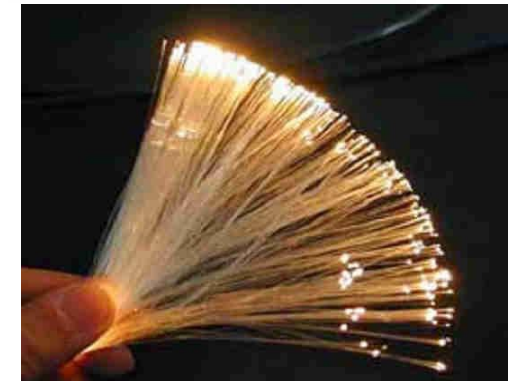
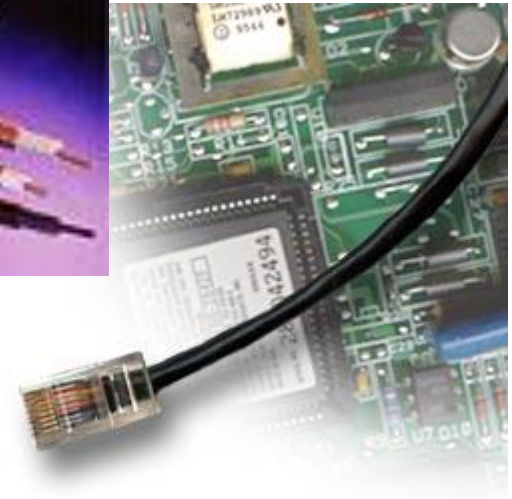


Διαμόρφωση FM





- Αποτελεί τον πιο κοινό τρόπο σύνδεσης
- Το κανάλι επικοινωνίας είναι ένα φυσικό υλικό μέσο το οποίο είναι καλός αγωγός του μεταδιδόμενου σήματος
 - Καλώδια για μετάδοση ηλεκτρικού ρεύματος
 - Οπτικές ίνες για μετάδοση παλμών φωτός



Τα Πρώτα Βήματα των Καλωδιακών Επικοινωνιών



• Τηλέγραφος

- Samuel Morse, 1837
- Κώδικας Μορς
- Πρώτο μήνυμα: "A patient waiter is no loser."
- Πρώτο υπερατλαντικό καλώδιο, 1858



Samuel Morse (1791-1892)



Τηλεγραφική συσκευή

• Τηλέφωνο

- Η πατρότητα του τηλεφώνου ακόμα αμφισβητείται (Antonio Meucci, Johann Philipp Reis, Alexander Graham Bell, Thomas Edison και Elisha Gray)
- Διπλώματα ευρεσιτεχνίας πήραν οι Bell και Edison



Ο Alexander Graham Bell μιλά στο τηλέφωνο (1892)



Σύστημα Τηλεφώνου



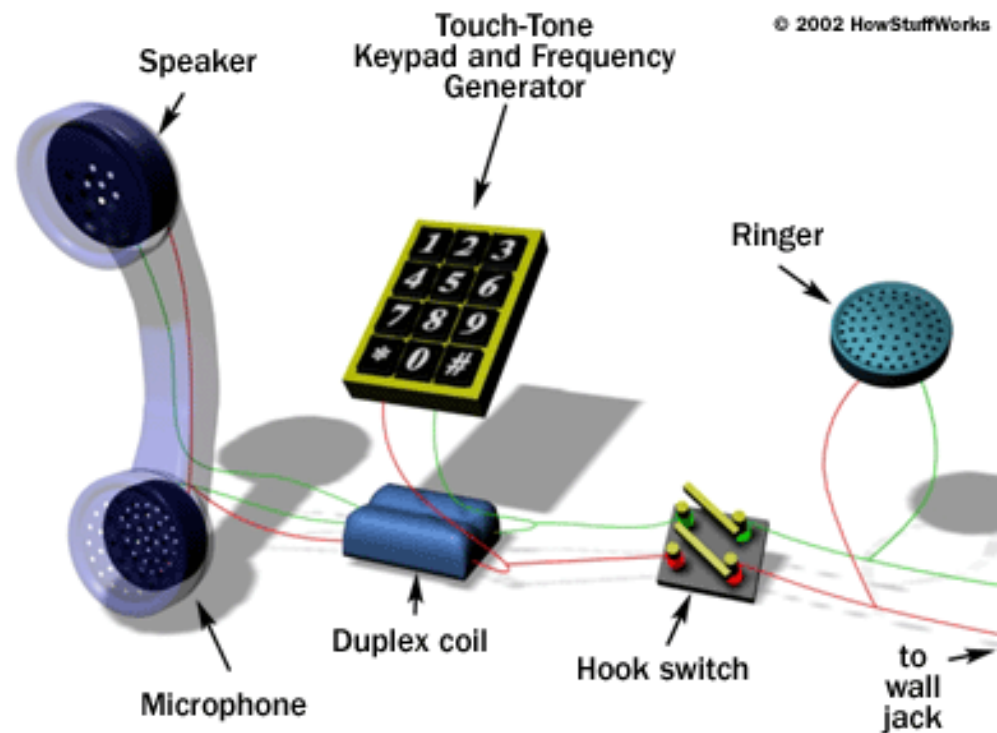
- **Μετάδοση φωνής μεταξύ δύο χρηστών**
- **Το πιο απλό και ένα από τα πιο παλιά μέσα επικοινωνίας**
- **Ο άνθρωπος είναι αναλογικό σύστημα**
- **Η συσκευή τηλεφώνου θα έχει πάντα αναλογικά στοιχεία**
 - το μικρόφωνο στο οποίο μιλούμε
 - ο δέκτης του τηλεφώνου από όπου ακούμε την φωνή του ατόμου με το οποίο μιλούμε
- **Το αρχικό σύστημα ήταν εξολοκλήρου αναλογικό**
 - Η τεχνολογία τώρα άλλαξε σε ψηφιακή



Το Τηλέφωνο



- Πολύ απλή τεχνολογία
- Ένα switch που συνδέει και αποσυνδέει το τηλέφωνο από το δίκτυο
 - Η σύνδεση γίνεται όταν “σηκώνουμε το ακουστικό” του τηλεφώνου
 - Επιλογή και μετάδοση αριθμού με παλμούς ηλεκτρικού ρεύματος (“dial pulse”)
- Το μικρόφωνο (microphone) είναι ο πομπός (αναλογικό σήμα)
- Το μεγάφωνο (speaker) είναι ο δέκτης του τηλεφώνου
- Πηνίο για ταυτόχρονη διπλή κατεύθυνση (Duplex coil)
 - Για να μην ακούμε την δική μας φωνή όταν μιλάμε στο μικρόφωνο
- Πληκτρολόγιο για την δημιουργία τόνων
 - Κάθε αριθμός έχει ένα μοναδικό τόνο
 - Επιλογή και μετάδοση αριθμού με ηχητικά σήματα – τόνους διαφορετικών συχνοτήτων (“touch tone”)
- Κουδούνι που κτυπά όταν το τηλέφωνο καλείται



Σύστημα Μεταγωγής



- **Σύστημα μεταγωγής (switching system)**

- Ενώνει ένα συγκεκριμένο πομπό σε ένα συγκεκριμένο δέκτη (και αντιστρόφως)

- **Χειροκίνητα Κέντρα:**

- Όταν κάποιος καλούσε ένα αριθμό ανάβε μία λάμπα στο “switch board”
- Η τηλεφωνήτρια σύνδεε τον καλώντα με τον καλούμενο τοποθετώντας το κατάλληλο βύσματα καλωδίου στην κατάλληλη υποδοχή

- **Αυτόματα Κέντρα μεταγωγής: αντικατάσταση χειροκίνητων κέντρων με ηλεκτρονικούς υπολογιστές**

- Επιλογή και μετάδοση αριθμού με παλμούς ηλεκτρικού ρεύματος (“dial pulse”)
- Επιλογή και μετάδοση αριθμού με ηχητικά σήματα – τόνους διαφορετικών συχνοτήτων (“touch tone”)



1895

Σήμερα





- Υπάρχει συνδυασμός αναλογικών και ψηφιακών σημάτων καθώς και συνδυασμός αναλογικής και ψηφιακής τεχνολογίας
- Το σήμα είναι αναλογικό από την συσκευή τηλεφώνου μέχρι το πρώτο γραφείο μεταγωγής τηλεφώνου
- Μετατροπή αναλογικού ηλεκτρικού σήματος σε ψηφιακό σήμα
 - Δειγματοληψία με συχνότητα 8 KHz $\rightarrow$ 8.000 δείγματα / sec
 - Κβαντισμός με 256 επίπεδα $\rightarrow$ 8 bits / δείγμα
 - Ρυθμός δυαδικού ψηφίου (bit rate)
 - $= 8.000 \text{ δείγματα} \times 8 \text{ bits/ δείγμα}$
 - $= 64.000 \text{ bits / sec}$
- Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό
- Η τεχνολογία εξελίσσεται $\rightarrow$ ψηφιακά τηλέφωνα IP
 - οι μετατροπές A/D και D/A γίνονται μέσα στην τηλεφωνική συσκευή
 - Ενωμένα σε δίκτυο IP



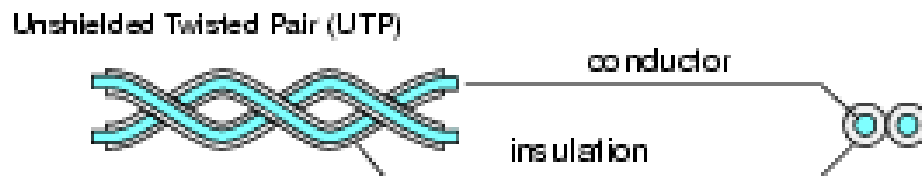
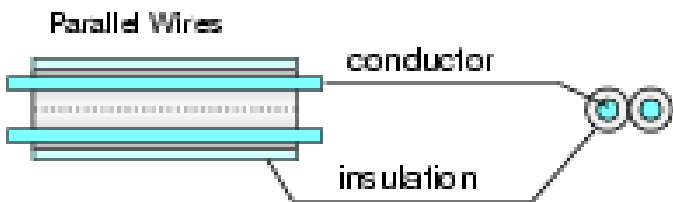


- **Παράλληλα Καλώδια**

- Αποτελείται από χάλκινους αγωγούς σε ζεύγη
- Λιγότερο κατάλληλα για μεταφορά πληροφορίας

- **Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών (twisted wires)**

- Είναι τα γνωστά χάλκινα σύρματα των τηλεφωνικών γραμμών - DSL
- Αποτελείται από τέσσερις ή περισσότερους χάλκινους αγωγούς συστρεμμένους σε ζεύγη (ένα για τη γείωση κι ένα για τη μεταφορά του σήματος)
- Συνήθως, με το ένα ζεύγος γίνεται η αποστολή και με το άλλο η λήψη
- Ταχύτητες μετάδοσης 300 bits / sec – 10 Mbits / sec



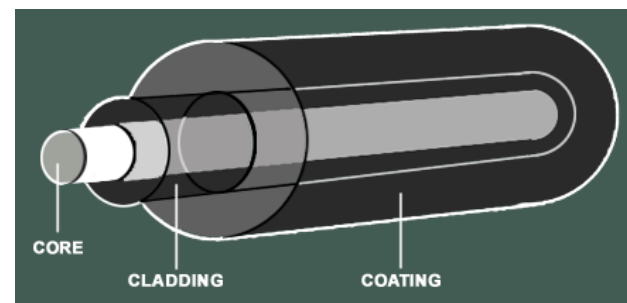


- **Ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables)**

- Οι (δύο) αγωγοί είναι τοποθετημένοι ο ένας μέσα στον άλλο και χωρίζονται μεταξύ τους από ένα μονωτικό υλικό
- Μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης (56 kbits /sec - 200 Mbits / sec)
- Μετάδοση τηλεοπτικού σήματος

- **Καλώδια οπτικών ινών (fiber-optic cables)**

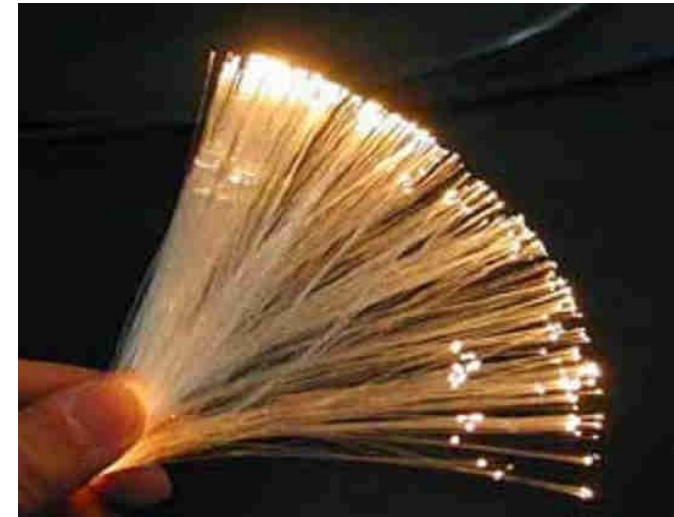
- Εύκαμπτες ίνες (νήματα-καλώδια) από πλαστική ύλη ή γυαλί, μέσω των οποίων διέρχονται ακτίνες φωτός ή laser
- Αποτελεί το ταχύτερο (500 Kbits /sec – 10 Gbits / sec), ασφαλέστερο αλλά και πιο δαπανηρό μέσο μετάδοσης





Πλεονεκτήματα Οπτικών Ινών

- **Μεγάλο εύρος ζώνης (~25 THz/παράθυρο στο υπέρυθρο 0.8, 1.3 και 1.55 μm)**
- **Χαμηλή εξασθένιση (~0.25 dB/km στο 1.55 μm)**
 - Αν η θάλασσα ήταν τόσο καθαρή θα μπορούσαμε να βλέπουμε το βυθό κάτω από 20 km νερού!!!
- **Χαμηλό κόστος παραγωγής (~σεντ/km)**
- **Μικροσκοπικό πάχος (~ μm)**
- **Αναισθησία σε ΗΜΜ παρεμβολές**
- **Προστασία από πιθανές υποκλοπές (;)**
- **Απλουστευμένη εξήγηση λειτουργίας ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ**
 - http://www.corning.com/opticalfiber/discovery_center/tutorials/fiber_101/

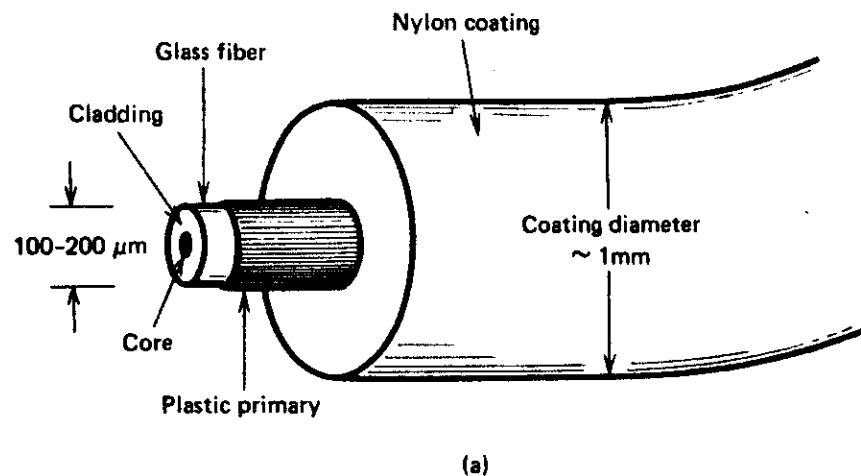


Ανατομία μιας Οπτικής Ίνας

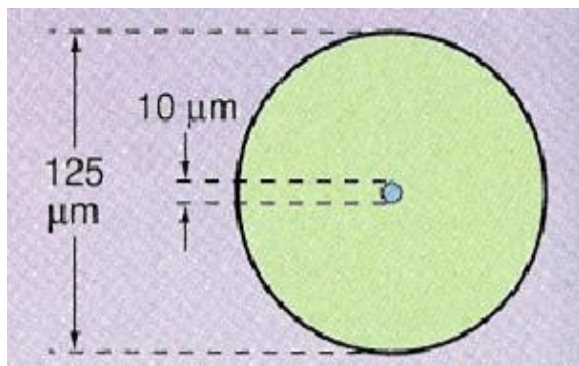


- **Διάμετρος:**

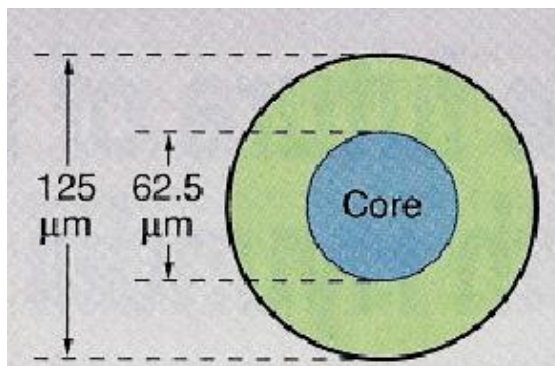
- Μονότροπη οπτική ίνα
 - 8 μm πυρήνας, 125 μm μανδύας
- Πολύτροπη οπτική ίνα
 - 50, 62.5, 100 μm πυρήνας, 125 μm μανδύας



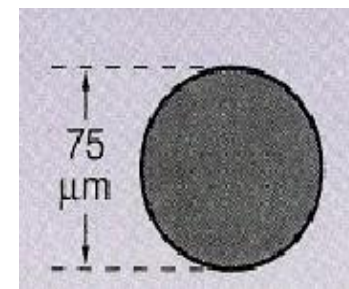
Μονότροπη



Πολύτροπη



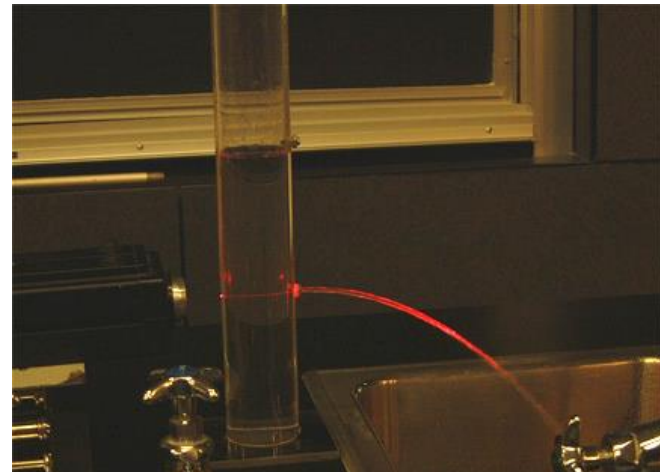
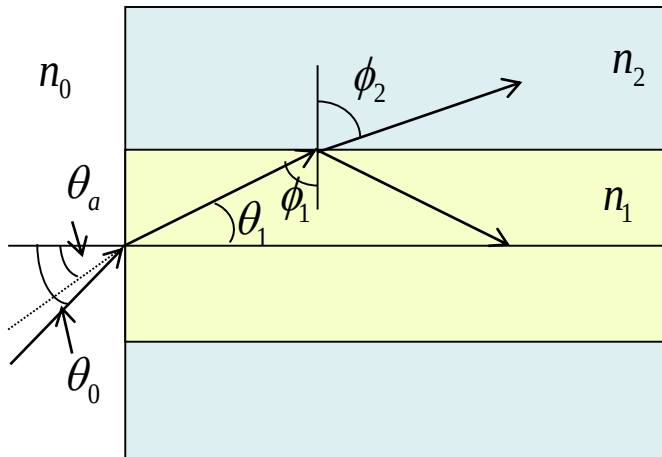
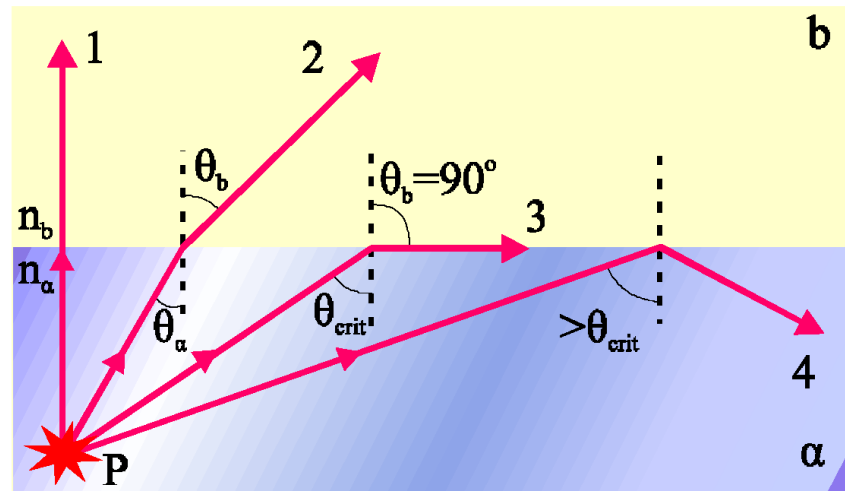
Ανθρώπινη τρίχα



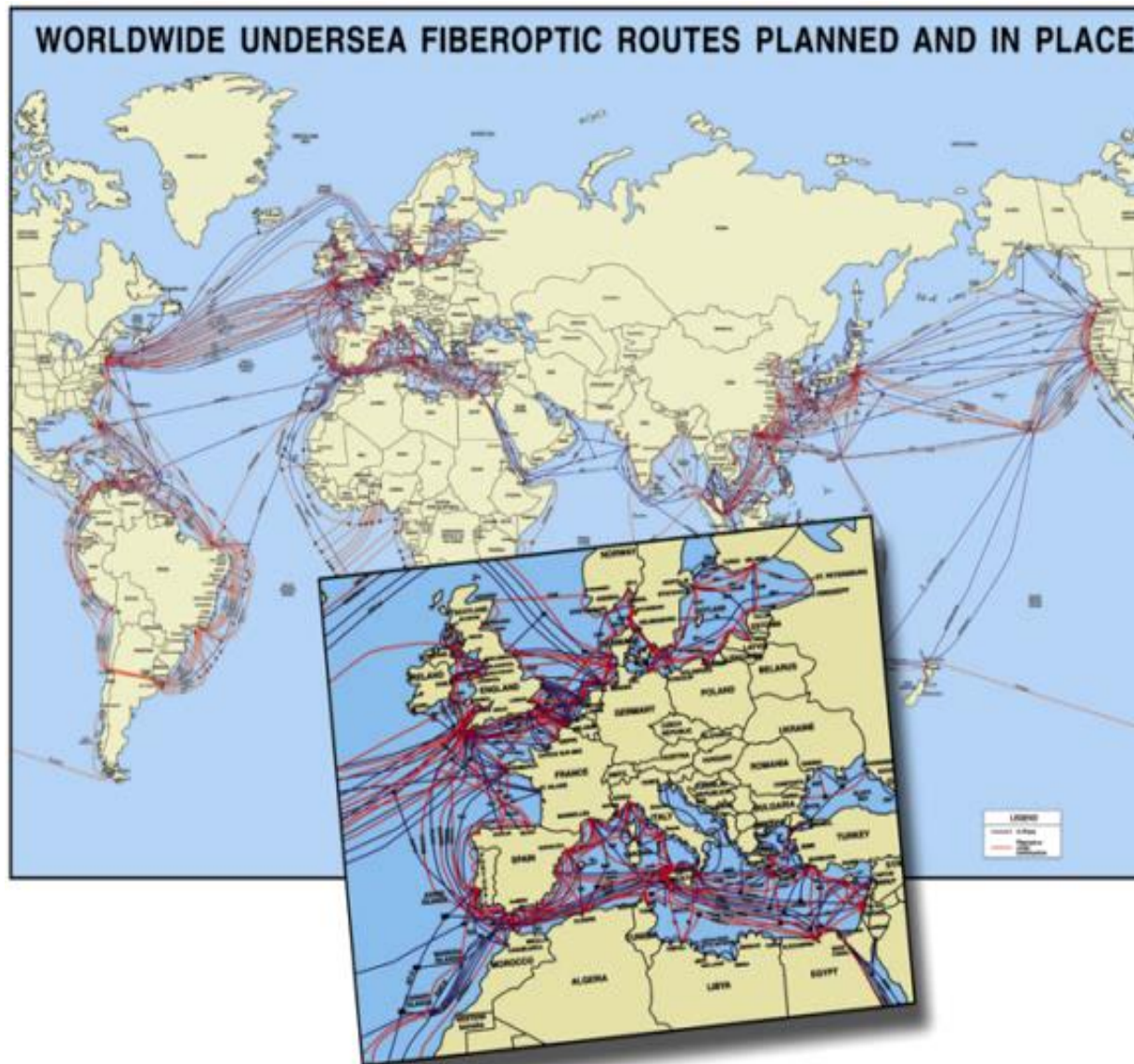
Διάθλαση και Ολική Ανάκλαση



- Διάθλαση
- Ολική ανάκλαση
 - Κρίσιμη γωνία (ή οριακή γωνία) θ_{crit}
 - $n_a \sin(\theta_{\text{crit}}) = n_b \sin(90^\circ)$
 - $\theta_{\text{crit}} = \sin^{-1}(n_b / n_a)$



Υποθαλάσσιο Δίκτυο Οπτικών Ινών



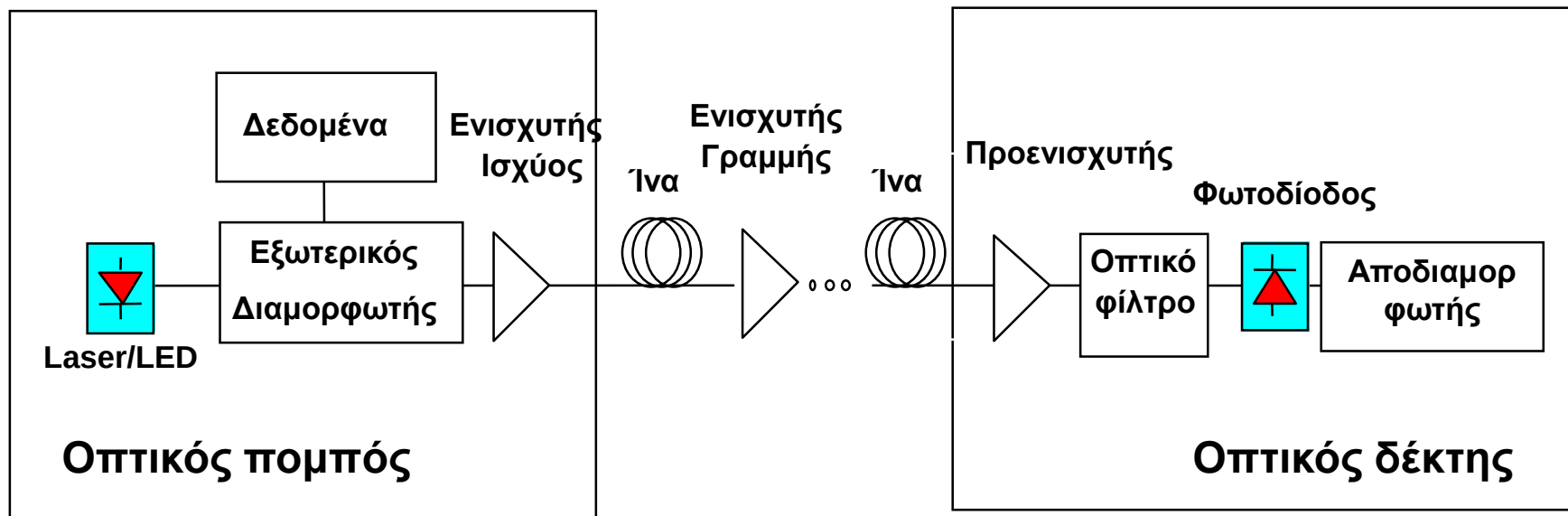
Υπερατλαντικό Καλώδιο FLAG Atlantic-1



- Ρυθμός σηματοδοσίας (Tb/s):2.4/κατεύθυνση
- Μήκος (km): 6250/κατεύθυνση
- Κόστος κατασκευής (δισ Δολάρια):1.1
- Χώρες που συνδέονται:ΗΠΑ, Γαλλία, Αγγλία
- Βάση δεδομένων υποβρυχίων καλωδίων (International Cable Protection Committee)
 - <http://iscpc.org>
- Πώς ποντίζεται ένα οπτικό καλώδιο;
 - <http://www.alcatel.com/submarine>



Οπτικό Τηλεπικοινωνιακό Σύστημα





- Αποτελεί τον πιο γοργά αναπτυσσόμενο τρόπο σύνδεσης
- Το κανάλι επικοινωνίας είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα μέσω των οποίων μεταδίδεται το σήμα
 - Επίγειες επικοινωνίες (ασύρματος, τηλέφωνο, τηλεόραση, κλπ)
 - Δορυφορικές επικοινωνίες
 - Κλπ

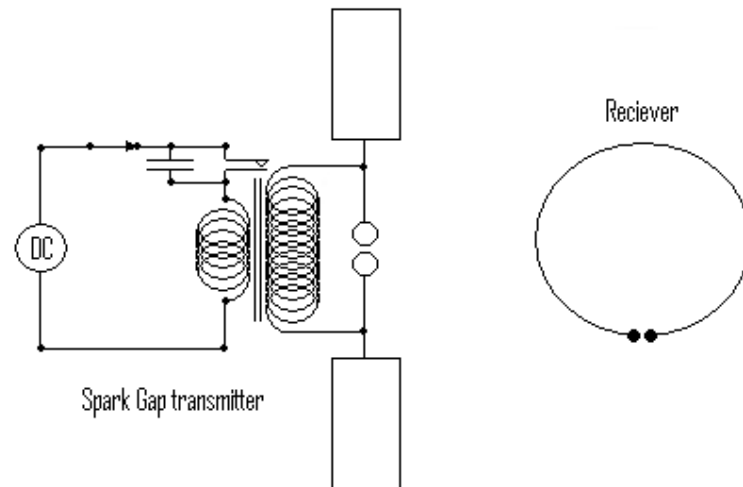


Τα Πρώτα Βήματα στις Ασύρματες Επικοινωνίες (~1880-1980)



- **Heinrich Rudolf Hertz**

- Ανακάλυψε τη διπολική κεραία, το 1886
- Επιβεβαίωσε την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (που είχαν προβλεφθεί από τους Maxwell και Faraday), το 1888
- “I do not think that the wireless waves I have discovered will have any practical application [...] you can't even see them”

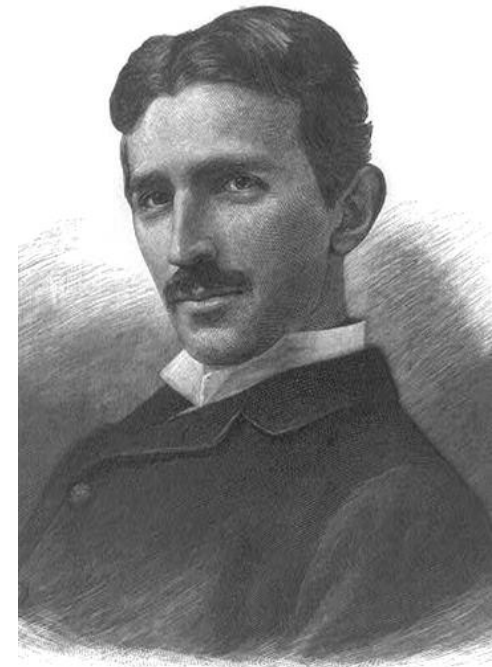


Τα Πρώτα Βήματα στις Ασύρματες Επικοινωνίες (~1880-1980)



- **Nikola Tesla**

- Κατασκεύασε τις πρώτες πρακτικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος
- Κατασκεύασε το πρώτο ασύρματο σύστημα επικοινωνίας, το 1893
 - Σήματα Morse, ακτίνα 80 km το 1895
- Έλαβε το πρώτο αμερικάνικο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το 1898
- Κατασκεύασε μια τηλεκατευθυνόμενη βάρκα, το 1898
- Έχασε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Marconi, το 1904 – Δικαιώθηκε ~1940's



Τα Πρώτα Βήματα στις Ασύρματες Επικοινωνίες (~1880-1980)



- **Guglielmo Marconi**

- Έλαβε το πρώτο βρετανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1897
- Έστειλε το πρώτο υπερατλαντικό σήμα το 1901
- Ίδρυσε εταιρεία υπερατλαντικού ασύρματου τηλέγραφου το 1903
- Νόμπελ Φυσικής το 1909
- Μέλος του Ιταλικού Φασιστικού Κόμματος και Συμβουλίου



Τα Πρώτα Βήματα στις Ασύρματες Επικοινωνίες (~1880-1980)



- **Reginald Fessenden**

- Πρώτη μετάδοση ήχου (της δικής του φωνής) το 1901
 - Διαμόρφωση Πλάτους (AM)
- Πρώτη αμφίδρομη υπερατλαντική ασύρματη επικοινωνία (1906)
- Πρώτη ραδιοφωνική εκπομπή (μουσικό περιεχόμενο) το 1906



Τα Πρώτα Βήματα στις Ασύρματες Επικοινωνίες (~1880-1980)



• 1900-1940

- Ευρεία χρήση ασύρματου τηλέγραφου κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο
- Ραδιοφωνικές Εκπομπές 1920-1930
- Πλοήγηση Αεροσκαφών με χρήση ραδιοβοηθημάτων (μετά το 1920)
- Διαμόρφωση FM (Frequency Modulation) το 1935
- Ευρεία χρήση ασύρματων από αστυνομίες αμερικάνικων πόλεων (μετά το 1930)

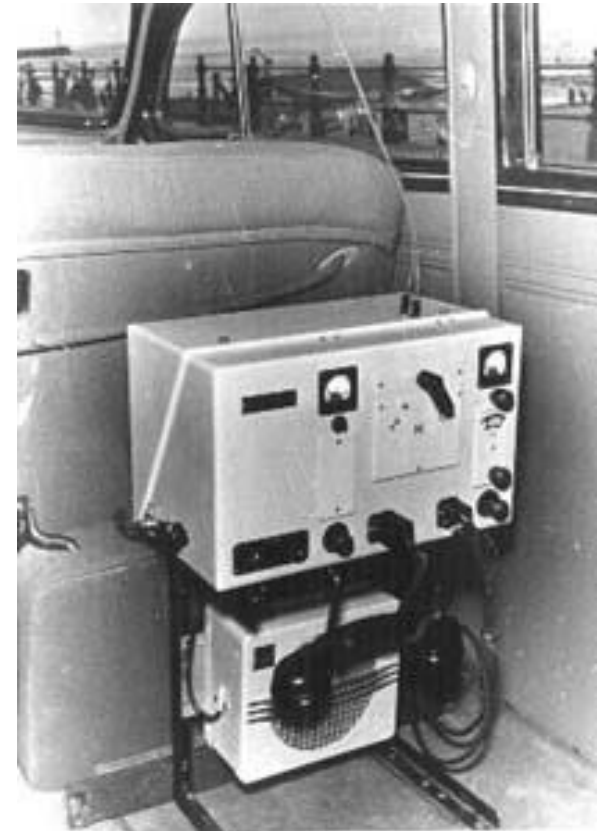


Τα Πρώτα Βήματα στις Ασύρματες Επικοινωνίες (~1880-1980)



- **Ασύρματη Τηλεφωνία 0ης Γενιάς**

- Πρώτη λειτουργία συστήματος σε ευρεία βάση το 1946, στο St. Louis, στις Η.Π.Α
 - Frequency Modulation, κανάλι 120 KHz
 - Αρχικά Push-to-Talk, αργότερα Full-Duplex
- Τοπολογία Δικτύου: Μια πολύ μεγάλη κεραία για κάθε μεγάλη αμερικανική πόλη
- Πρόβλημα: περιορισμένος αριθμός καναλιών
 - Πολύ γρήγορα τα συστήματα κορέστηκαν



Ολλανδικό Ραδιο-τηλέφωνο, 1937



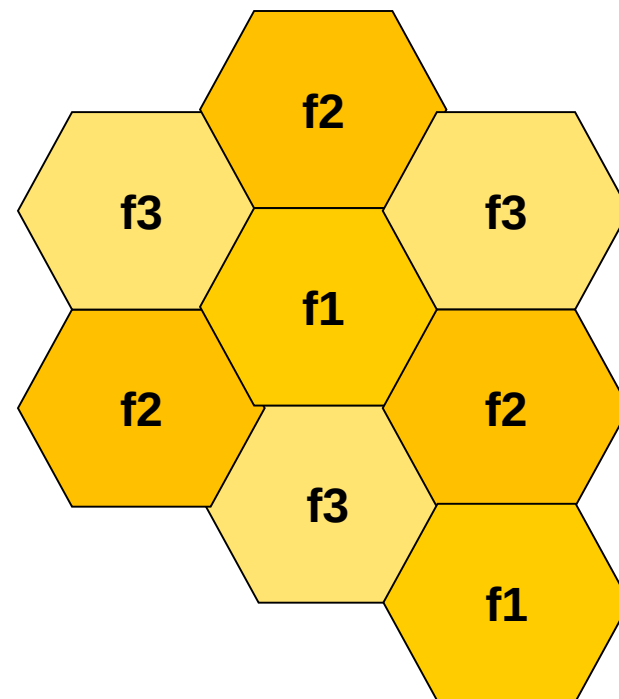
- **Περιορισμοί**

- Οι ραδιοσυχνότητες είναι περιορισμένες → ο αριθμός ταυτόχρονων κινητών συνομιλιών είναι περιορισμένος
- Σήμα πολύ ψηλής συχνότητας δεν μπορεί να ταξιδέψει μακριά σε καταιγίδα με βροχή

- **Η καινοτομία της κινητής τηλεφωνίας είναι ο διαχωρισμός μίας πόλης σε μικρά κύτταρα ή κυψέλες**

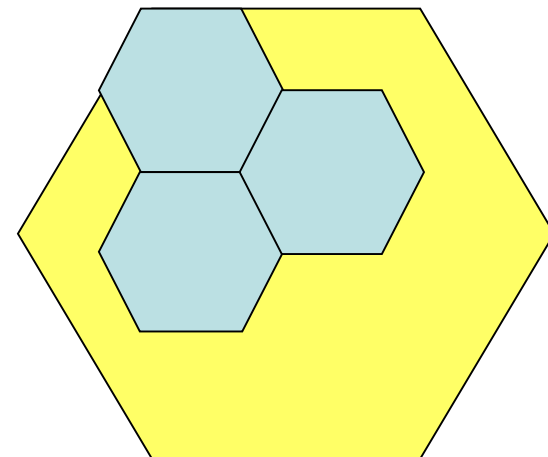
- Επιτρέπει να χρησιμοποιούνται οι ίδιες ραδιοσυχνότητες σε διαφορετικές περιοχές μιας πόλης (φτάνει να μην εφάπτονται) → δυνατότητα να εξυπηρετούνται περισσότεροι χρήστες
- Επιτρέπει ευελιξία στην ανάπτυξη του δικτύου

- **Μία μεγάλη πόλη μπορεί να έχει εκατοντάδες κύτταρα**





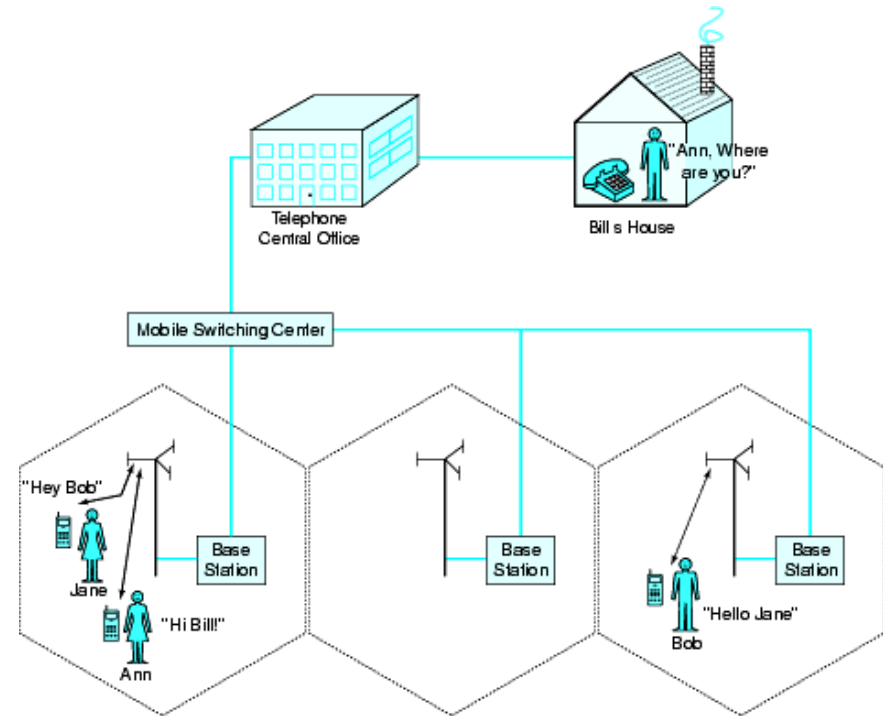
- **Αν σε κάποια κυψέλη χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερα κινητά τηλέφωνα → υποδιαίρεση της κυψέλης**
 - Εγκαθίστανται πρόσθετοι σταθμοί Βάσης που με μικρότερη ισχύ εκπομπής εξυπηρετούν τις μικρότερες κυψέλες τους → ευελιξία στην δομή και λειτουργία της κινητής τηλεφωνίας
- **Το μέγεθος της κυψέλης ορίζεται από τον αναμενόμενο αριθμό χρηστών κινητών τηλεφώνων και καθορίζεται κατά το σχεδιασμό του δικτύου**
 - Τυπικό μέγεθος στις ΗΠΑ 26 km^2
 - Μπορεί να είναι 1 έως 4 km^2 ή και μικρότερο στο κέντρο κάποιας μεγαλούπολης



Κινητή Τηλεφωνία



- Σε κάθε κυψέλη υπάρχει ένας **Σταθμός Βάσης (base station)** που επικοινωνεί με τα κινητά τηλέφωνα στην κυψέλη του
 - Αν κάποιο κινητό τηλέφωνο απομακρυνθεί από την κυψέλη, τότε η σύνδεση μεταβιβάζεται αυτόματα στην επόμενη κυψέλη
- **Κέντρο μεταγωγής κινητού τηλεφώνου (Mobile Switching Center ή Mobile Telephone Switching Office - MTSO)**
 - Ελέγχει όλους τους Σταθμούς Βάσης
 - Ενώνει όλες τις κλήσεις στο σταθερό σύστημα τηλεφώνου

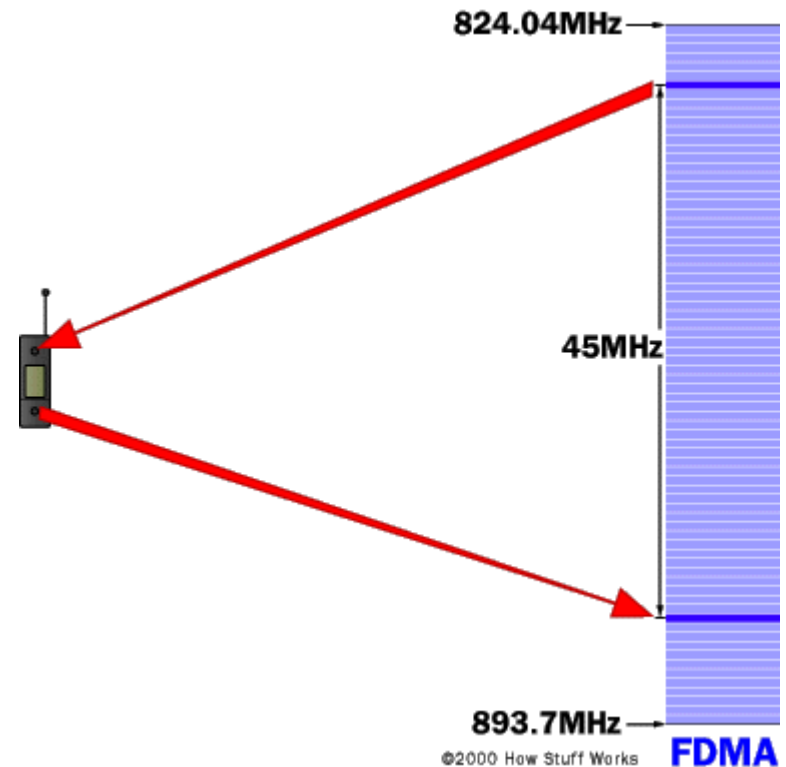


Τεχνολογίες Πρόσβασης Κινητής Τηλεφωνίας



- Πρόσβαση με Πολυπλέξη Διαίρεσης Συχνότητας - Frequency Division Multiplexing Access (FDMA)

- Με FDMA κάθε τηλέφωνο λαμβάνει 2 διαφορετικές συχνότητες → βάζει κάθε κλήση σε ξεχωριστή συχνότητα
- Όχι αποτελεσματική για ψηφιακή κινητή τηλεφωνία

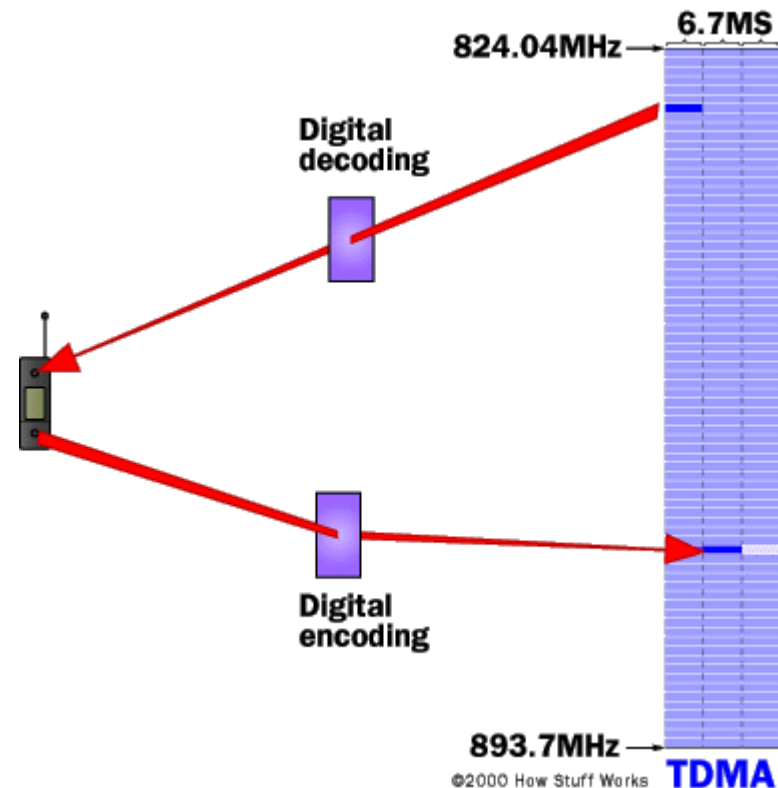


Τεχνολογίες Πρόσβασης Κινητής Τηλεφωνίας



- Πρόσβαση με Πολυπλέξη Διαίρεσης Χρόνου – Time Division Multiplexing Access (TDMA)

- TDMA χωρίζει μία συχνότητα σε 3 χρονικά διαστήματα.
- Οι συχνότητες καναλιών χωρίζονται με 30 KHz
- Δίνει σε κάθε κλήση μέρος του χρόνου σε μία συγκεκριμένη συχνότητα

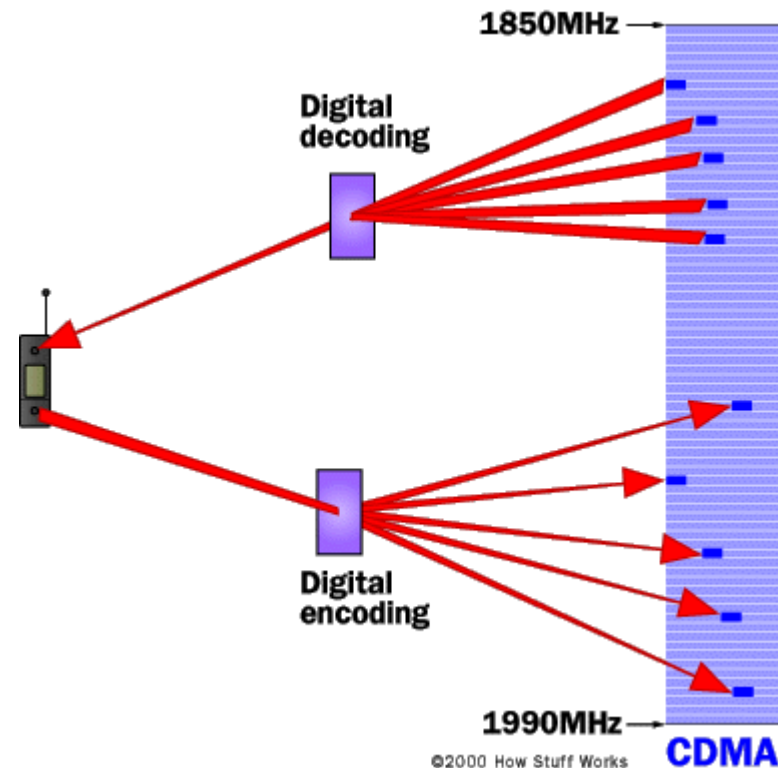


Τεχνολογίες Πρόσβασης Κινητής Τηλεφωνίας



- Πρόσβαση με Πολυπλέξη Διαίρεσης Κώδικα - CDMA (Code Division Multiple Access)

- Δίνει ένα μοναδικό κωδικό σε κάθε κλήση και την σκορπά σε όλες τις ελεύθερες συχνότητες
- Ο κωδικός χρησιμοποιείται στην κωδικοποίηση των ψηφιακών δεδομένων
- Ο δέκτης χρησιμοποιεί τον ίδιο κωδικό για να αποκωδικοποιήσει το σήμα





- Κυψελωτή Τοπολογία
- **Αναλογική** διαμόρφωση FM
- **Μερικά συστήματα:**
 - Advanced Mobile Phone System (AMPS)
 - 1983 στις ΗΠΑ
 - Συχνότητες 824 – 894 MHz
 - Κάθε χρήστης λαμβάνει 2 συχνότητες για την διάρκεια της συνομιλίας
 - Δηλ. χρησιμοποιεί FDMA (Frequency Division Multiple Access)
 - Η επικοινωνία δεν ήτανε απόρρητη, η συνομιλία μπορούσε να ανιχνευτεί
 - European Total Access Cellular System (ETACS), Ευρώπη, 1985
 - NTT Cellular, Japan, 1979





- **GSM (Global System for Mobile Communications)**

- Πανευρωπαϊκό standard από τα μέσα του 1980
- Αρχικά το διεθνές πρότυπο στην Ευρώπη, Αυστραλία, Ασία και Αφρική και τώρα υπάρχει και στις ΗΠΑ
- Συχνότητες: 900 MHz και 1800 MHz στην Ευρώπη και Ασία, 1900 MHz στις ΗΠΑ
- Μετατροπή φωνής σε ψηφιακό σήμα
 - 64.000 bits / sec που επεξεργάζεται και κωδικοποιείται έτσι ώστε το bit rate να μειώνεται στα 13.000 bits / sec.
 - Αυτή η επεξεργασία επιτρέπει 3-10 ψηφιακές κλήσεις στον ίδιο ραδιοχώρο που χρειάζεται μία αναλογική κλήση
- Χρησιμοποιεί κρυπτογραφία για ασφάλεια της συνομιλίας
- Χρησιμοποιεί TDMA (Time Division Multiple Access)
 - Αντί να χωρίζονται οι συχνότητες χωρίζεται ο χρόνος
 - Χρησιμοποιεί 30 kHz μεταξύ των καναλιών και 3 χρονικά διαστήματα



- **Συστήματα τρίτης γενεάς (3G) - 1990**

- Ψηλότερα data rates για video, internet access
- Λειτουργία παντού σε όλο τον κόσμο και μέσα στο αεροπλάνο (global roaming)
- Μοιάζουν σαν PDAs (Personal digital assistants)
- Προσφέρουν video-conferencing, advanced personal calendar multi-player gaming

- **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



- Εκτός από την βασική λειτουργία για τηλεφωνικές κλήσεις πολλά κινητά προσφέρουν

- Μνήμη για καταχώρηση στοιχείων επικοινωνίας, ραντεβού και άλλες πληροφορίες (PDA)
- Ημερολόγιο, ρολόι, αριθμομηχανή
- Δυνατότητα για πρόσβαση στο διαδύκτιο και Email
- Ηλεκτρονικά παιχνίδια
- Συνδυασμό άλλων τεχνολογιών όπως GPS receiver, MP3 player, ψηφιακή κάμερα
- Άλλά;





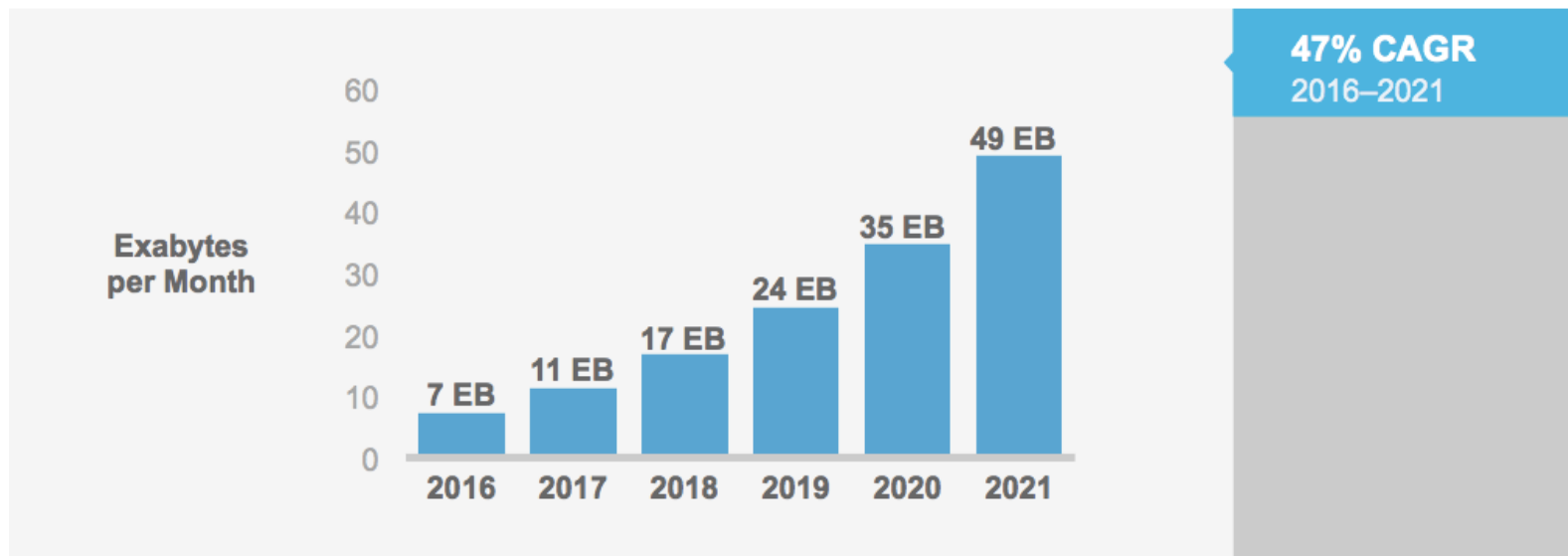
- **Συστήματα τέταρτης γενεάς (4G) - 2010**
 - Βασισμένο στο IP (πρωτόκολλο Διαδικτύου)
 - Στέλνει και λαμβάνει δεδομένα σε πακέτα.
 - Ταχύτερο, πιο αξιόπιστο, φθηνότερο
- **Υψηλότερες ταχύτητες**
 - 10 x 3G
 - LTE ή WiMax
- **Long-Term Evolution (LTE - Μακροπρόθεσμη Εξέλιξη)**
 - Βασίζεται στις τεχνολογίες GSM και UMTS.
 - Χρήση διαφορετικής ραδιοκυμματικής διεπαφής μαζί με βασικές βελτιώσεις δικτύου.
 - Έως και 100Mbps
- **Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX - Παγκόσμια διαλειτουργικότητα για πρόσβαση με μικροκύματα)**
 - Με βάση το σύνολο προτύπων IEEE 802.16
 - Πολλαπλές επιλογές φυσικού επιπέδου (PHY) και Media Access Control (MAC).
 - 6 Mbps

Κυψελοειδής Τηλεφωνία 5ης Γενιάς (5G)



Global Mobile Data Traffic Growth / Top-Line

Global Mobile Data Traffic will Increase 7-Fold from 2016–2021



Source: Cisco VNI Global Mobile Data Traffic Forecast, 2016–2021

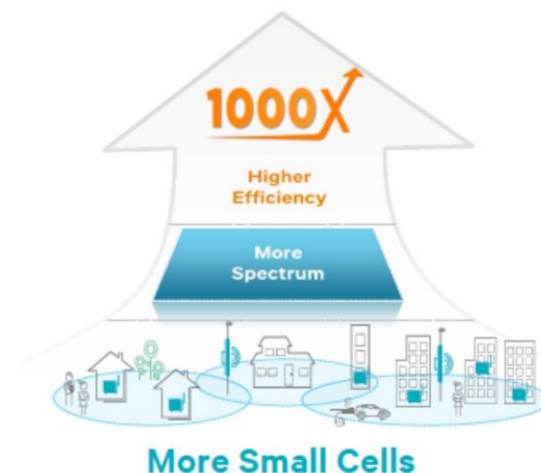
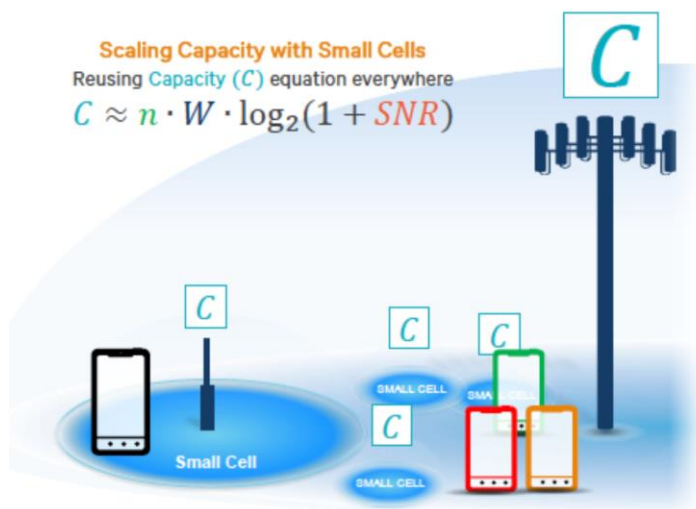
© 2017 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public 6

1 Exabyte= 10^{18} bytes

Κυψελοειδής Τηλεφωνία 5ης Γενιάς (5G)



- Μικρότερες κυψέλες, ψηλότερες συχνότητες
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων
 - Συνολικός ρυθμός δεδομένων ή χωρητικότητα 1000x 4G
- Καθυστέρηση (latency)
 - Καθυστέρηση μετ'επιστροφής 1 msec (15 msec στο 4G)
- Ενέργεια και κόστος
 - Μείωση Joules ανά bit τουλάχιστον 100x σε σχέση με το 4G
- Τύποι και αριθμός συσκευών
 - Ένα μακρο-κύτταρο να μπορεί να υποστηρίξει 10.000 ή περισσότερες συσκευές χαμηλού ρυθμού μαζί με τους παραδοσιακούς χρήστες κινητής τηλεφωνίας

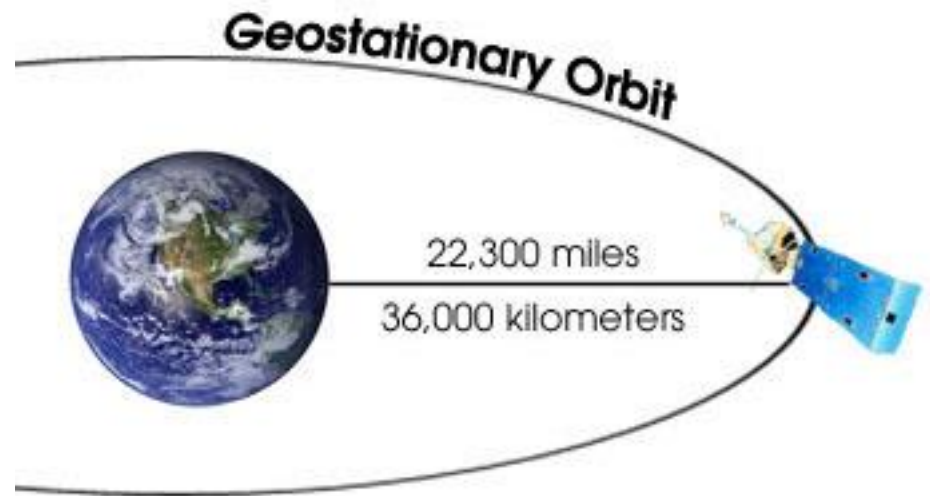


Κυψελοειδής Τηλεφωνία 5ης Γενιάς (5G)



Technology	1G	2G/2.5G	3G	4G	5G
Deployment	1970/1984	1980/1999	1990/2002	2000/2010	2014/2015
Bandwidth	2kbps	14-64kbps	2mbps	200mbps	>1gbps
Technology	Analog cellular	Digital cellular	Broadbandwidth/ cdma/ip technology	Unified ip & seamless combo of LAN/WAN/WLAN/PAN	4G+WWWW
Service	Mobile telephony	Digital voice, short messaging	Integrated high quality audio, video & data	Dynamic information access, variable devices	Dynamic information access, variable devices with AI capabilities
Multiplexing	FDMA	TDMA/CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit/circuit for access network&air interface	Packet except for air interface	All packet	All packet
Core network	PSTN	PSTN	Packet network	Internet	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal& Vertical	Horizontal& Vertical

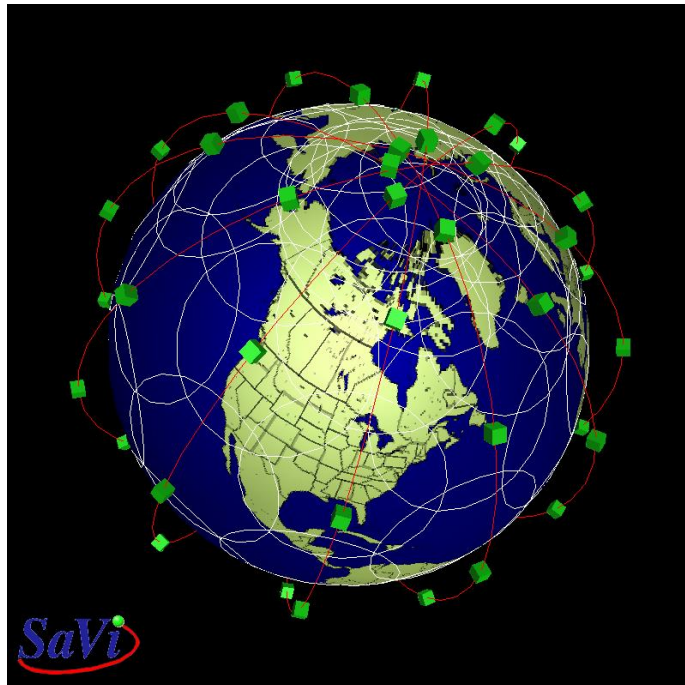
Δορυφορικές Επικοινωνίες με Γεωστατικούς Δορυφόρους



Δορυφορικές Επικοινωνίες με Δορυφόρους Χαμηλής Τροχιάς (Low Earth Orbit – LEO)



- Χρήσιμο σε περιοχές που δεν μπορούν να υπάρχουν άλλα συστήματα τηλεφώνου όπως σε πλοία στην θάλασσα και σε μακρινές απομονωμένες περιοχές
- Χρήσιμο σε κατάσταση μαζικής καταστροφής τηλεφωνικών γραμμών και κέντρων σε μία περιοχή



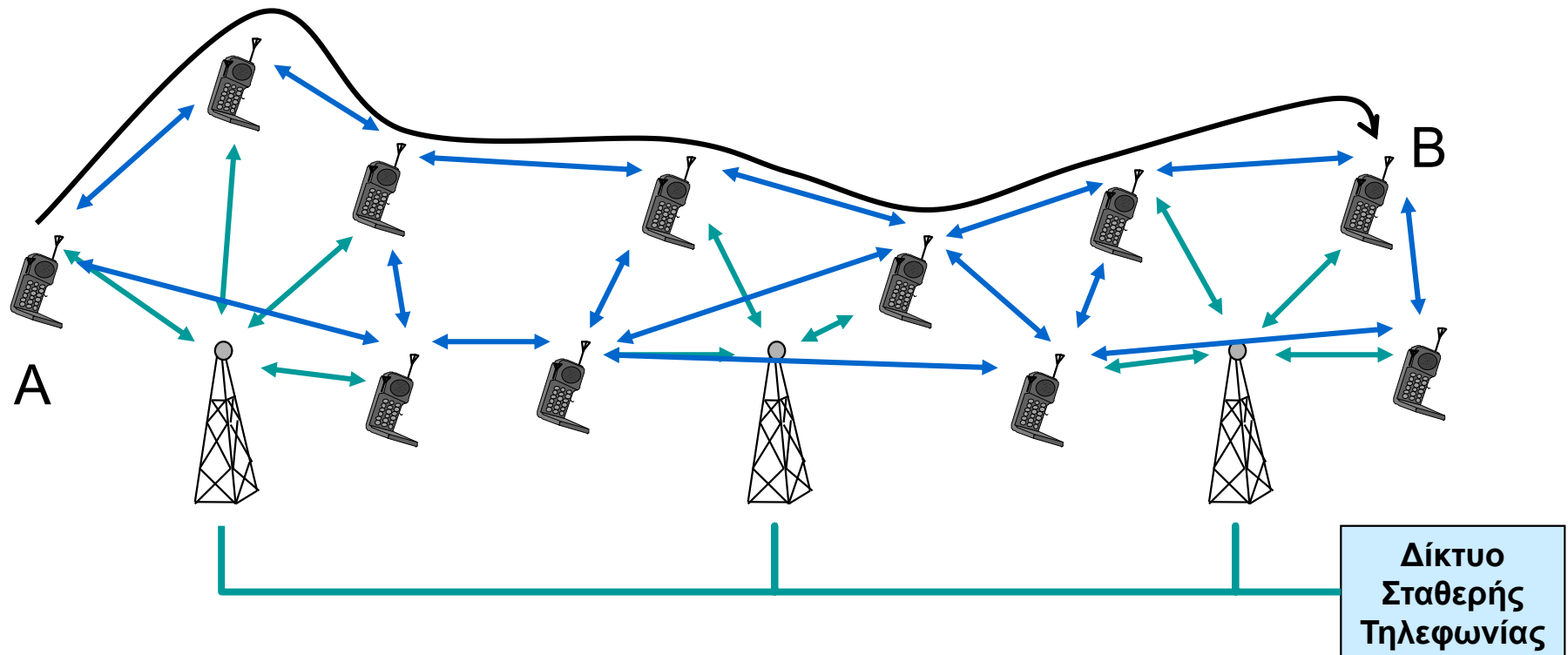
Δορυφορικές Επικοινωνίες με Δορυφόρους Χαμηλής Τροχιάς (Low Earth Orbit – LEO)



- **Δορυφορικά συστήματα**

- INMARSAT (International Marine Satellite)
 - Προσφέρει τηλεπικοινωνία σε πλοία οπουδήποτε και σε μακρινές απομονωμένες περιοχές
- Iridium Motorola Corporation (1999) 66 δορυφόρους σε χαμηλή τροχία της γής (low earth orbit) σε ύψος 780 km
 - Ψηφιοποίηση σήματος όπως στο GSM, αλλά οι κυψέλες είναι από πάνω και κινούνται
 - Λόγω του ψηλού κόστους η εταιρεία σταμάτησε την λειτουργία του συστήματος το 2000 αλλά μετά ξανάρχισε το Μάρτη του 2001
 - <http://www.iridium.com/>
- Globalstar: έτος λειτουργίας 1998, 40 δορυφόροι που επικοινωνούν με σταθμούς βάσης
 - Ούτε και αυτή η εταιρία έχει κέρδος





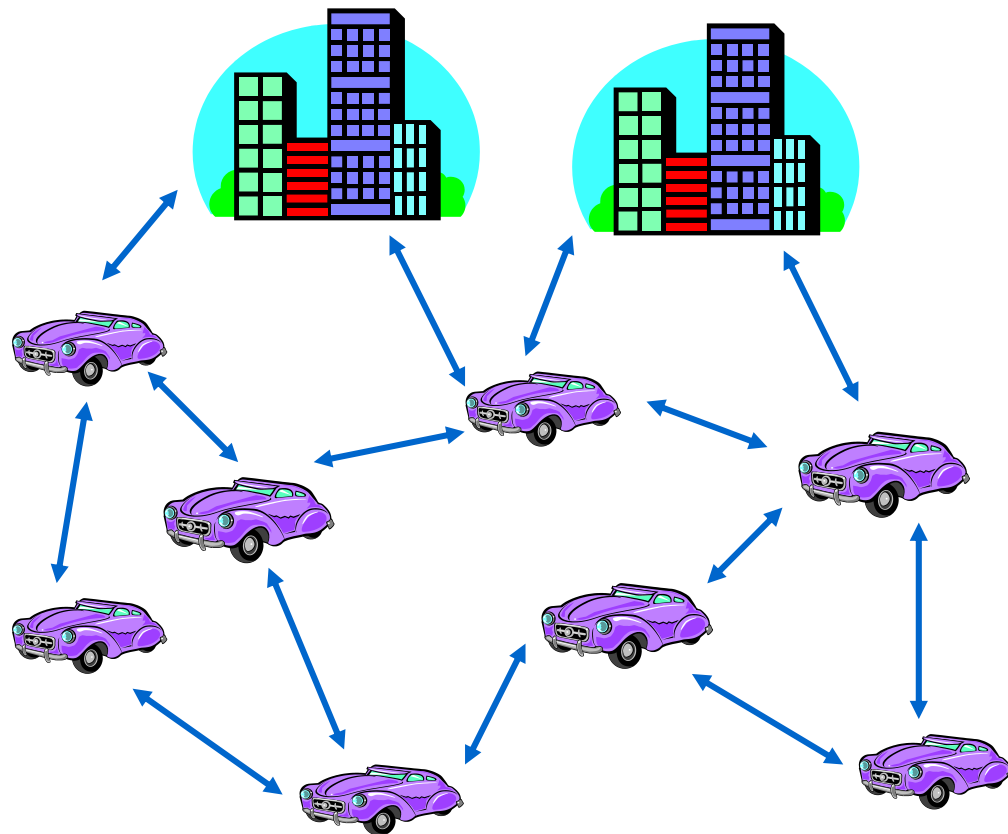
- Οι χρήστες δημιουργούν ένα εξ ολοκλήρου ασύρματο δίκτυο.
- Οι χρήστες έχουν πλέον αυξημένες δυνατότητες και αρμοδιότητες.

Το Μέλλον Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs)

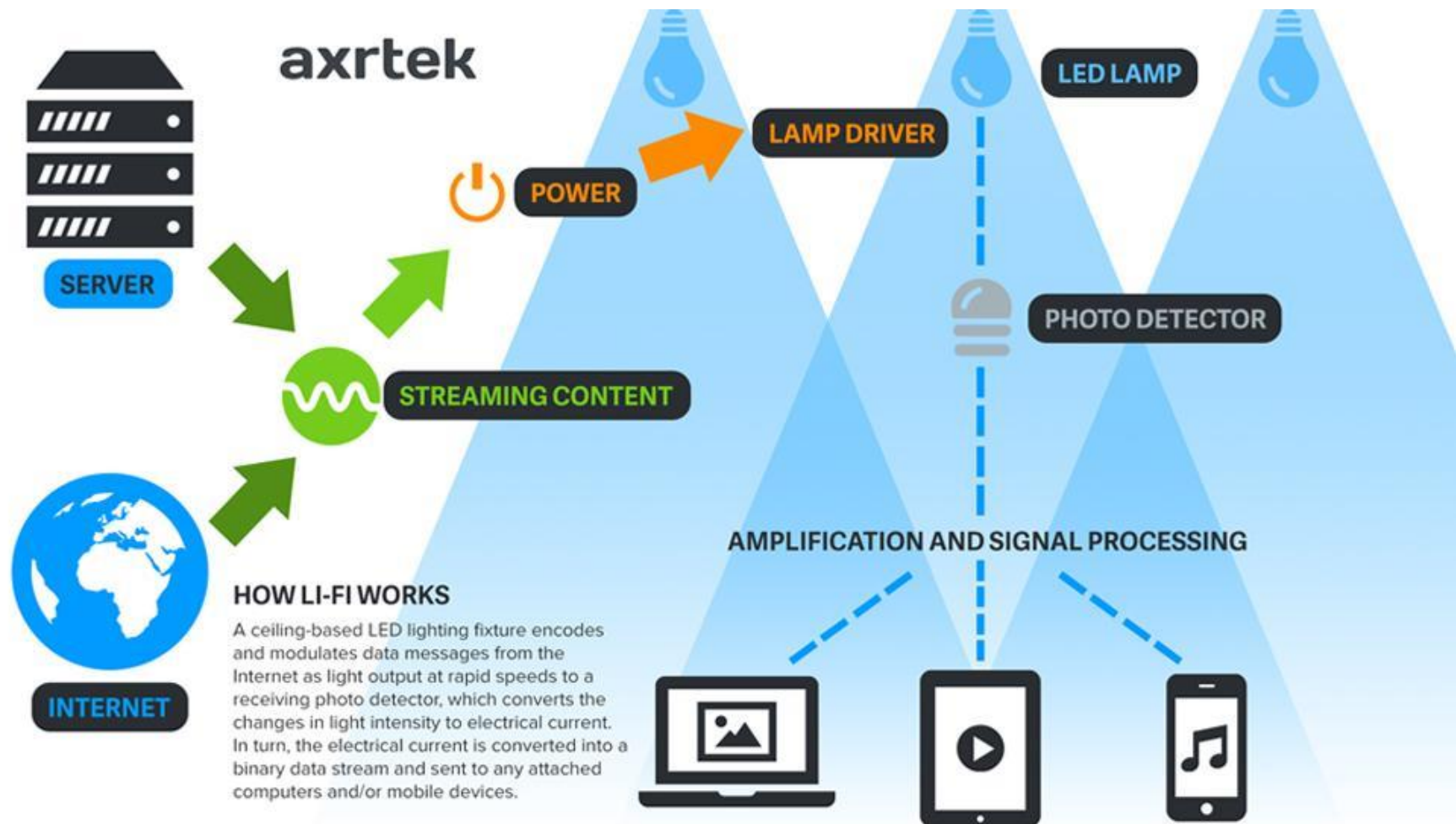


• Εφαρμογές

- 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”)
- Μετάδοση Διαφημίσεων
 - «McDonalds στα δεξιά»



Το Μέλλον LiFi



Το μέλλον Διαδίκτυο από το διάστημα



- **Δορυφόροι χαμηλής τροχιάς**
 - OneWeb → 900+
 - SpaceX → 4300+
 - Project Kuiper (Amazon) → 3200+
- **Αρχικές δοκιμές OneWeb:**
 - Έξι δορυφόροι
 - Ταχύτητες άνω των 400 megabit ανά δευτερόλεπτο
 - Καθυστέρηση 40 msec
- **Παγκόσμια κάλυψη αναμένεται το 2020-2021**

