

Ασύρματα τοπικά δίκτυα

Σαράντης Πασκαλής <paskalis@di.uoa.gr>

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Ιστορικό

- 1970: Πανεπιστήμιο Χαβάης → ALOHANet
 - Το πρώτο ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας υπολογιστών (και το πρώτο δίκτυο μεταγωγής πακέτων!)
- 1979: Ερευνητικές προσπάθειες για χρήση spread spectrum για δημιουργία ασύρματων τοπικών δικτύων.
- 1991: Δημιουργία IEEE 802.11 working group

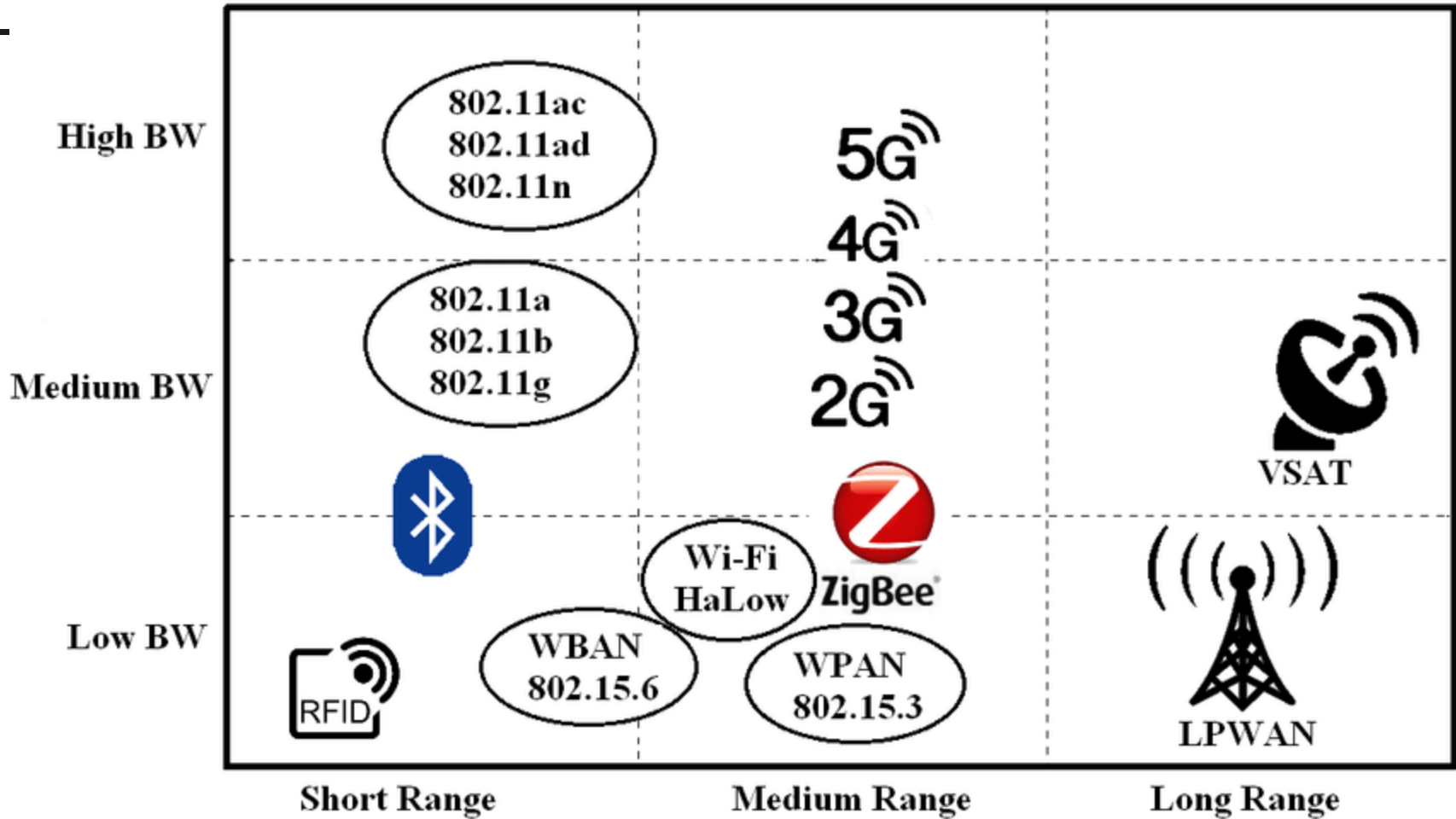


Αναγκαιότητα

- Ζήτηση για μεγάλο εύρος ζώνης
 - από κινούμενους χρήστες
 - σε μέρη χωρίς καλωδιακή υποδομή δικτύου υπολογιστών
 - σπίτι
 - υπαίθριοι χώροι
 - γραφείο
 - χώροι αναψυχής, εστιατόρια, καφετέριες
 - αεροδρόμια, σταθμοί λεωφορείων, τραινών



Σύγκριση με άλλα ασύρματα συστήματα πρόσβασης

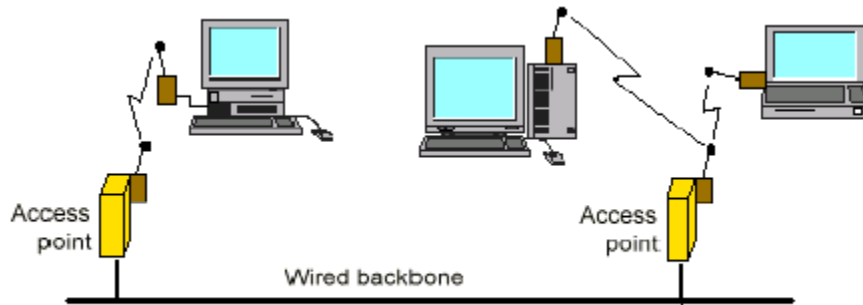


Κατηγορίες

- Βασιζόμενα σε σταθερή υποδομή (infrastructure-based)
- Δημιουργούμενα κατά περίπτωση (ad-hoc)
- Μικτά



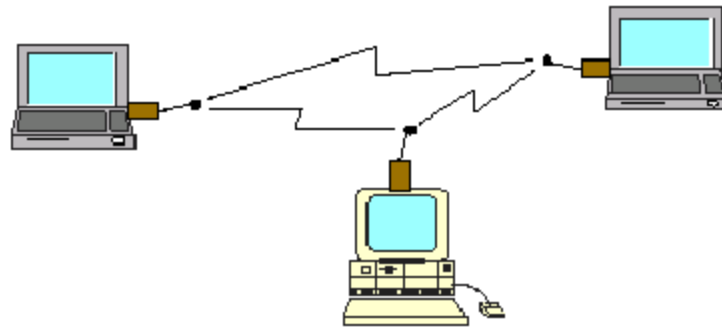
Infrastructure-based



- Η δικτυακή πρόσβαση παρέχεται από υποδομή σταθερού δικτύου
- Ο σταθμός βάσης (access point) είναι υπεύθυνος για τις κρισιμότερες δικτυακές λειτουργίες.



Ad-hoc



- Οι ασύρματοι κόμβοι αυτο-οργανώνονται σε δίκτυο
- Δεν υπάρχουν εξ αρχής ρυθμιστές του δικτύου (π.χ. access points). Αυτοί μπορεί να εκλεγούν/δημιουργηθούν στην πορεία.

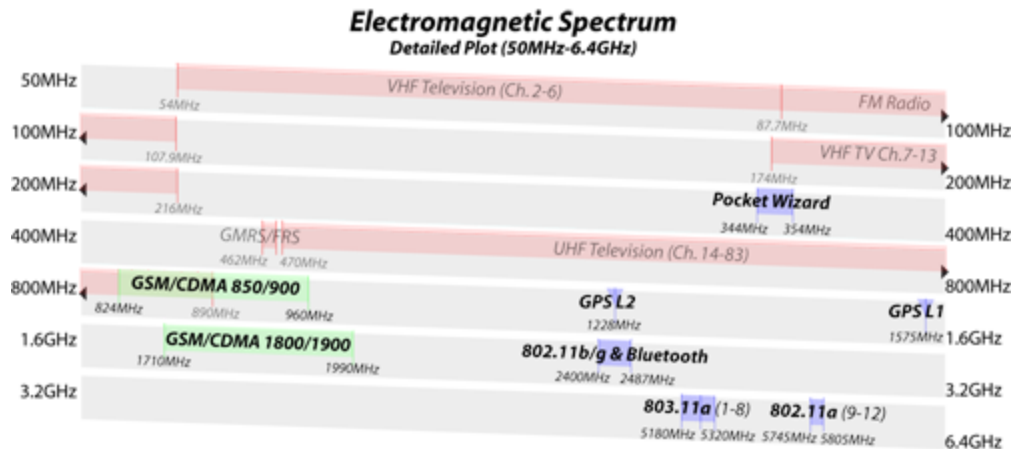


Μικτά

- Η αρχιτεκτονική του τοπικού δικτύου παρέχει τη δυνατότητα να λειτουργεί το δίκτυο
 - μόνο σε κατάσταση σταθερής υποδομής
 - μόνο σε κατάσταση ad-hoc
 - και στις δύο καταστάσεις
- Παράδειγμα: οικογένεια προτύπων IEEE 802.11



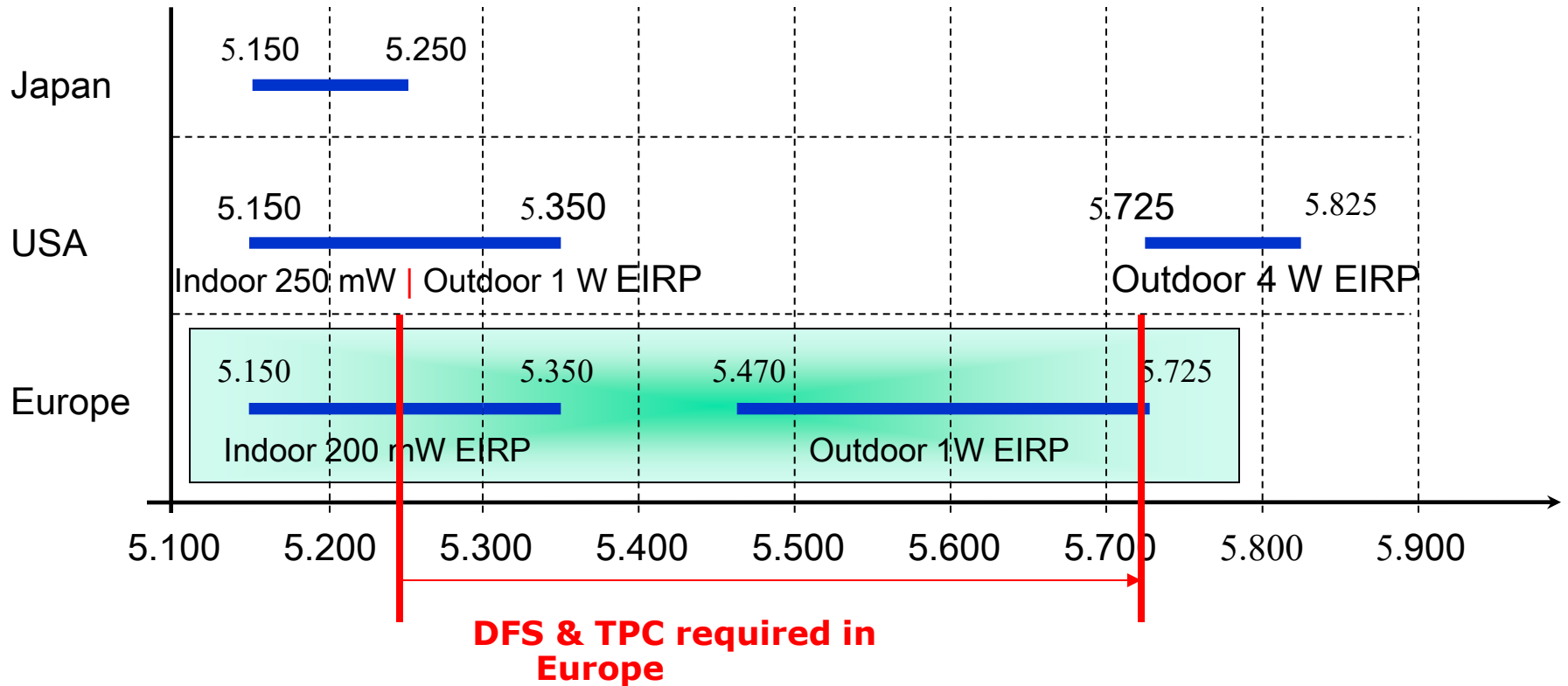
Μη αδειοδοτημένο φάσμα



- Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα λειτουργούν σε περιοχές μη αδειοδοτημένου φάσματος
 - 2,45 GHz (ISM band 2400-2500 MHz)
 - 5 GHz (διαφορές ανά χώρα/ήπειρο)

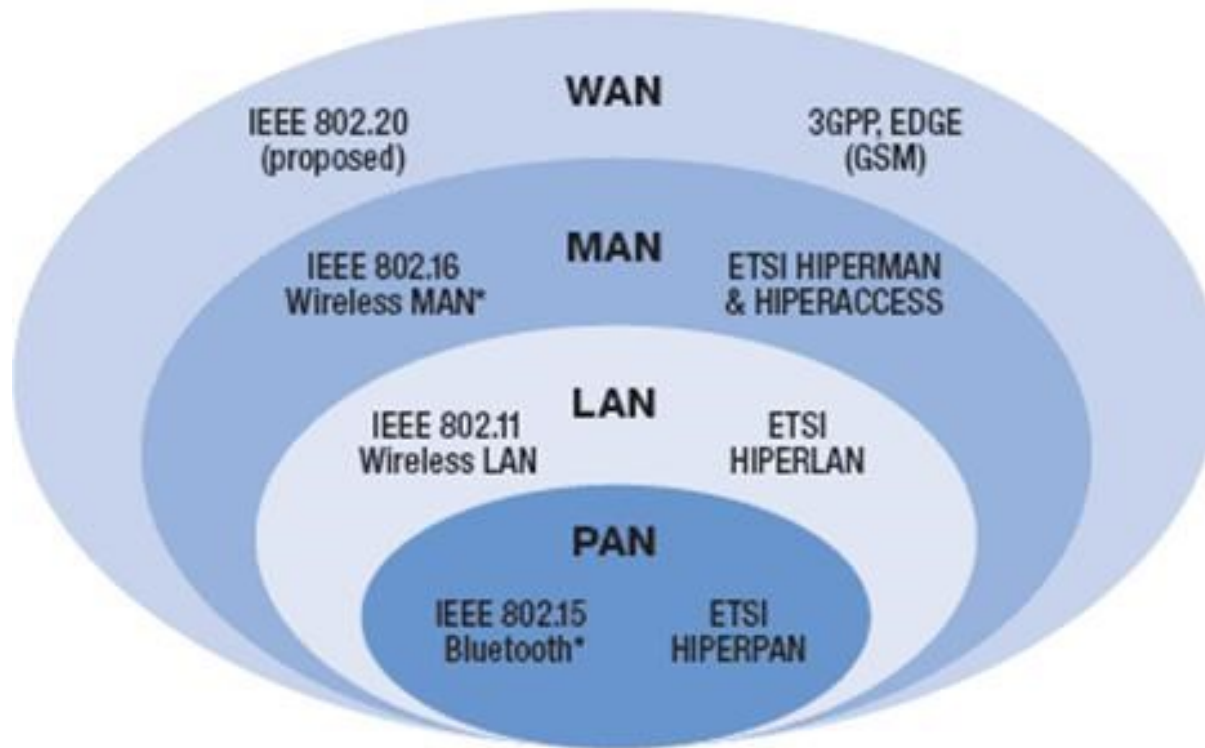


Μη αδειοδοτημένο φάσμα 5 GHz

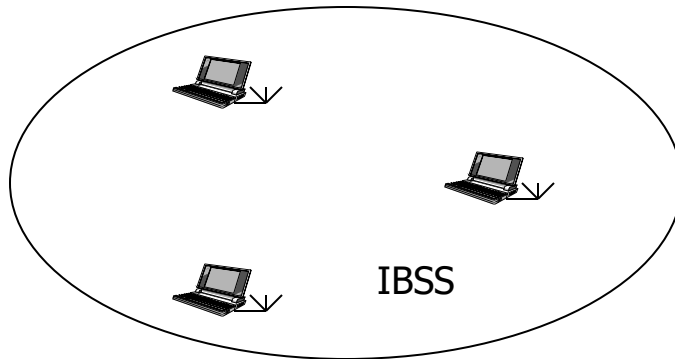


Πρότυπα

Global Wireless Standards



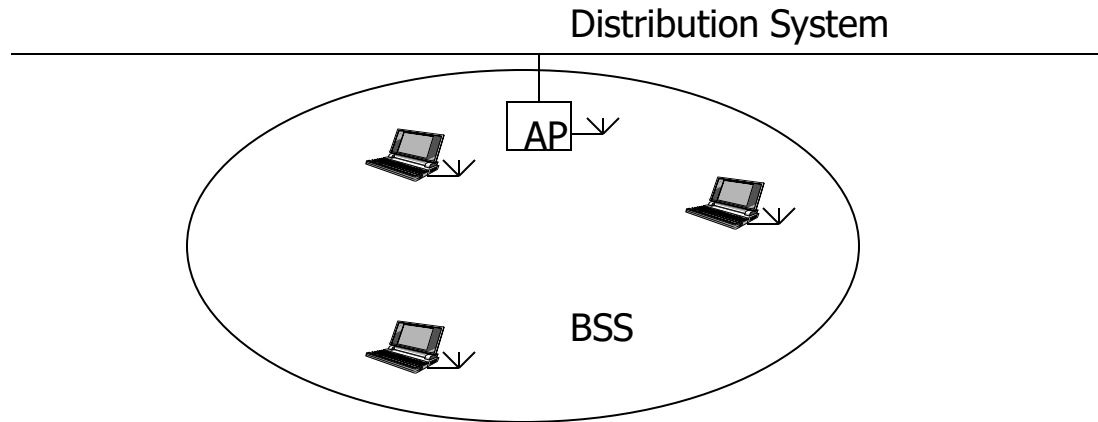
Τοπολογίες - IBSS



- Independent Basic Service Set
- Ad-hoc mode



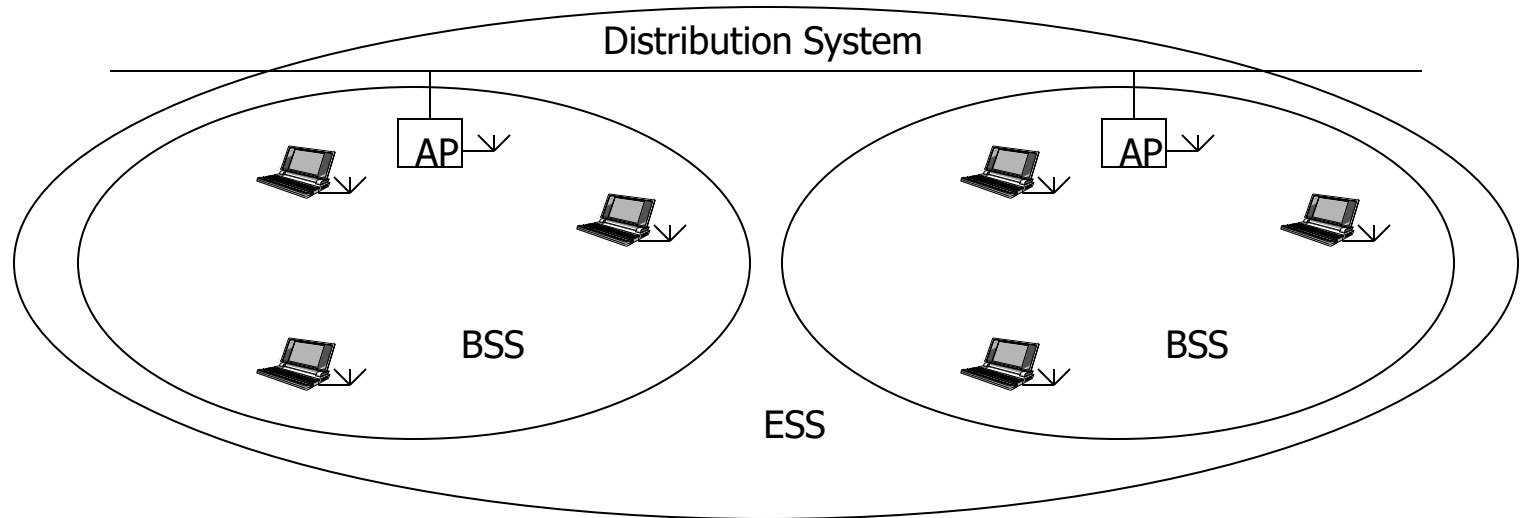
Τοπολογίες - BSS



- Infrastructure Basic Service Set
- Infrastructure mode
- Όλα τα τερματικά επικοινωνούν με το σταθμό βάσης (access point)



Τοπολογίες - ESS



- Extended Service Set
- Οι σταθμοί βάσης επικοινωνούν μεταξύ τους για να εξυπηρετήσουν κινούμενα τερματικά
- Το ESS «κρύβει» την κινητικότητα από δικτυακές συσκευές εκτός ESS

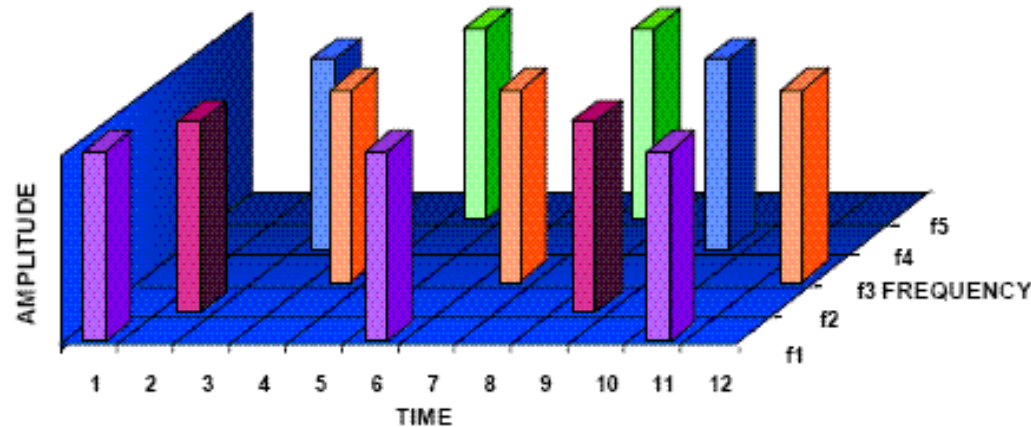


802.11 PHY

- 2,4 & 5 GHz
- Baseband IR, 1 & 2 Mbps, 16-PPM & 4-PPM
- 2,4 GHz Frequency Hopping Spread Spectrum
- 2,4 GHz Direct Sequence Spread Spectrum
- 2,4 GHz High Rate DSSS (802.11b)
- 5 GHz OFDM (802.11a)



Frequency Hopping Spread Spectrum

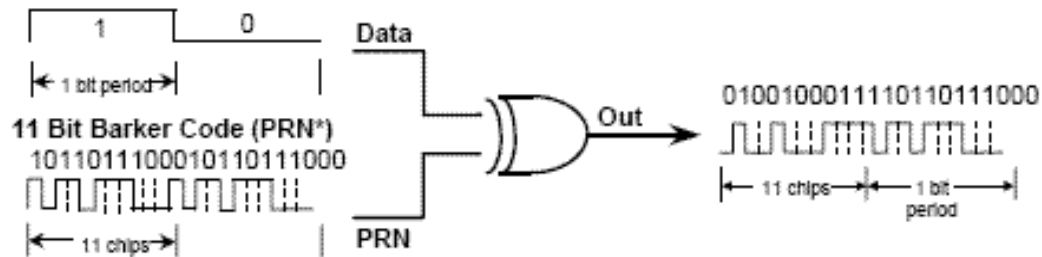


- Ζώνη εύρους 83,5 MHz
- Χωρίζεται σε 75 κανάλια < 1 MHz
- Οι πομποδέκτες αλλάζουν κανάλι ομαδικά με ψευδοτυχαίο τρόπο
- Ισχύς φιλτράρεται σε -20db στην άκρη ζώνης

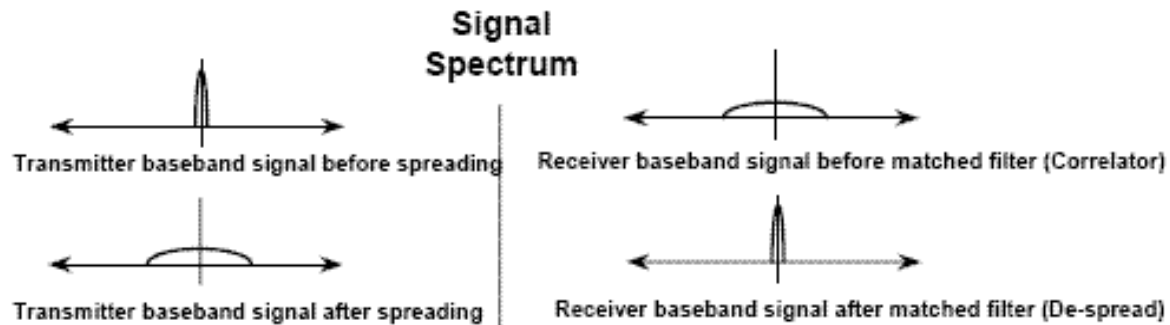


Direct Sequence Spread Spectrum

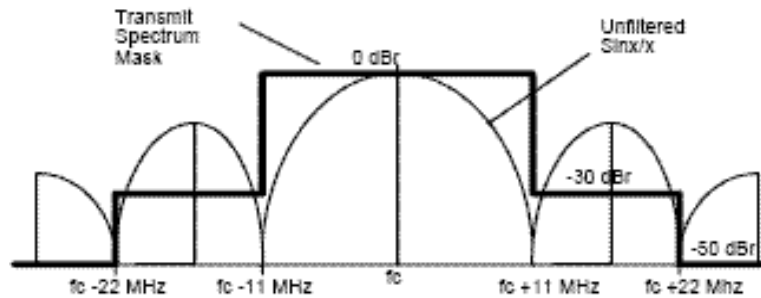
RF Energy is Spread by XOR of Data with PRN Sequence



* PRN: Pseudorandom Number



DSSS και κανάλια



Channel	USA	ETSI	Japan
1	2412 MHz	2412 MHz	N/A
2	2417 MHz	2417 MHz	N/A
3	2422 MHz	2422 MHz	N/A
4	2427 MHz	2427 MHz	N/A
5	2432 MHz	2432 MHz	N/A
6	2437 MHz	2437 MHz	N/A
7	2442 MHz	2442 MHz	N/A
8	2447 MHz	2447 MHz	N/A
9	2452 MHz	2452 MHz	N/A
10	2457 MHz	2457 MHz	N/A
11	2462 MHz	2462 MHz	N/A
12	N/A	2467 MHz	N/A
13	N/A	2472 MHz	N/A
14	N/A	N/A	2484 MHz



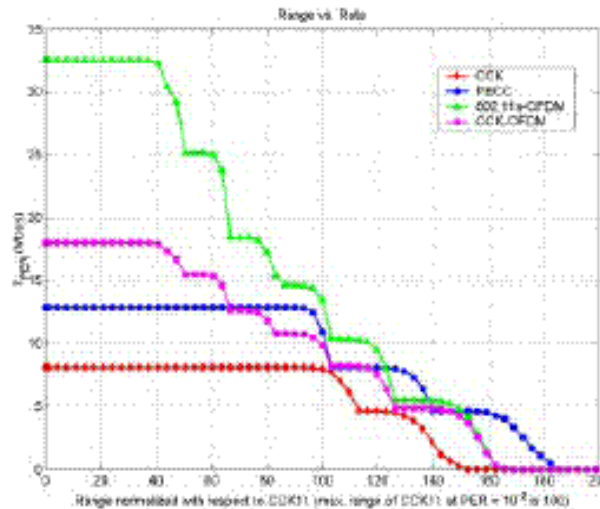
OFDM PHY

- Data rates: 6, 12, 18, 24, 36, 48, 54Mbps
- 48 sub-carriers
- Sub-carrier modulation: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
- Bit interleaved convolutional coding, $K=7$, $R=1/2, 2/3, 3/4$
- OFDM frame duration: 4 μ s guard interval: 0.8ms
- 18MHz channel spacing, 9-10 channels in 200MHz bandwidth



IEEE 802.11g

- Υποχρεωτικά:
 - CCK με πρόλογο (802.11b)
 - OFDM στα (802.11a στα 2,4 GHz)
- Προαιρετικά:
 - PBCC (Texas Instruments, 22 Mbps)
 - CCK-OFDM (Intersil, 54 Mbps)



Range vs. throughput rate comparison of

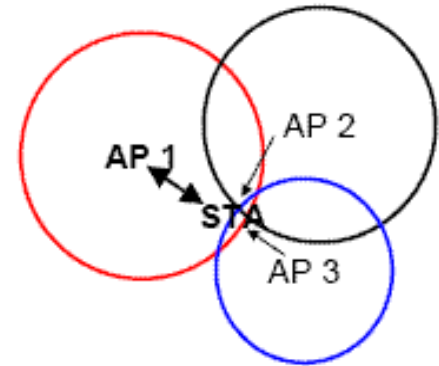
- CCK (802.11b),
- OFDM ("802.11a"),
- PBCC,
- CCK-OFDM

(Batra, Shoemake; Texas Instruments; Doc: 11-01-286r2)



802.11h

- Διαχείριση φάσματος και ισχύος εκπομπής
- TPC (Transmission Power Control)
 - Υποστηρίζει μείωση παρεμβολών, μείωση κατανάλωσης ενέργειας, έλεγχο κάλυψης και ευρωστία ζεύξης
 - Οι σταθμοί βάσης ορίζουν και αλληλοενημερώνονται για τους περιορισμούς ισχύος (τοπικούς και κανονιστικούς)
 - Οι σταθμοί επιλέγουν τη βέλτιστη ισχύ εκπομπής για κάθε πλαίσιο σύμφωνα με τους περιορισμούς
- DFS (Dynamic Frequency Selection)
 - Οι σταθμοί βάσης επιλέγουν
 - Τα τερματικά παρέχουν αναφορές



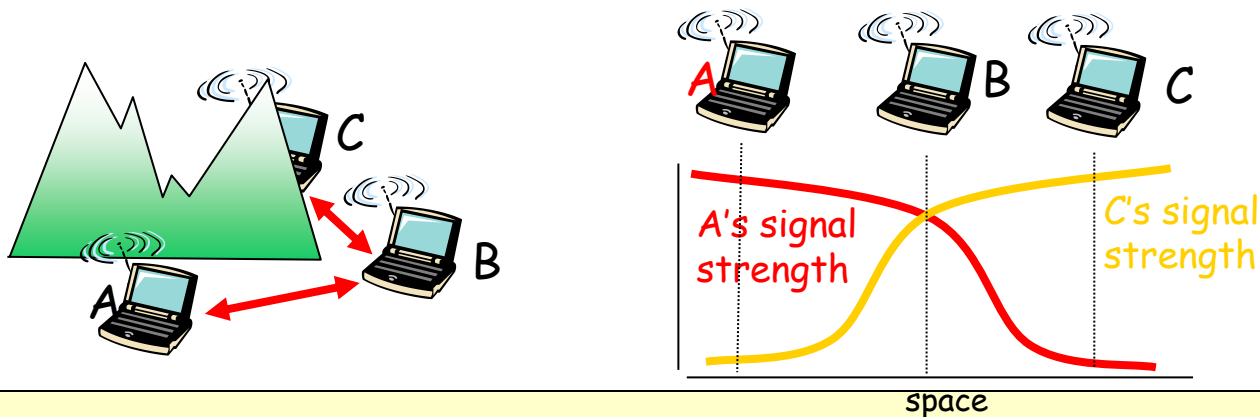
802.11 MAC

- Βασικά χαρακτηριστικά
 - Distributed Coordination Function (DCF)
 - CSMA/CA
 - Χρησιμοποιεί Clear Channel Assessment (CCA) από το φυσικό επίπεδο για Carrier Sense
 - Αντιμετωπίζει παρεμβολές
 - CSMA/CA + ACK για unicast
 - CSMA για broadcast
 - Παραμετροποιήσιμη χρήση RTS/CTS για προστασία από το πρόβλημα «κρυμμένων τερματικών»
 - Περιλαμβάνει κατάτμηση για να λειτουργεί με διαφορετικά φυσικά επίπεδα
- Point Coordination Function (PCF)
 - Ο σταθμός βάσης συντονίζει τα τερματικά



802.11 Multiple Access

- αποφυγή συγκρούσεων: >2 κόμβοι μεταδίδουν ταυτόχρονα
- 802.11: CSMA - sense before transmitting
 - αποφυγή σύγκρουσης με τερματικό που μεταδίδει
- 802.11: *no* collision detection!
 - δύσκολο να αντιληφθεί συγκρούσεις κατά τη μετάδοση, εξαιτίας αδύναμων σημάτων
 - δεν μπορεί να αντιληφθεί συγκρούσεις σε όλες τις περιπτώσεις (κρυμμένο τερματικό, εξασθένηση)
 - στόχος: αποφυγή συγκρούσεων: CSMA/C(ollision)A(avoidance)



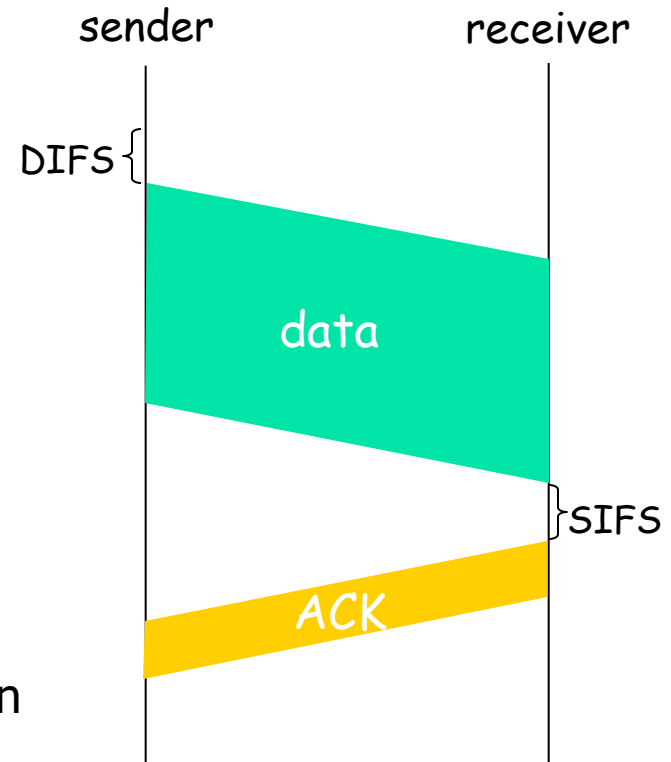
802.11 CSMA/CA

802.11 sender

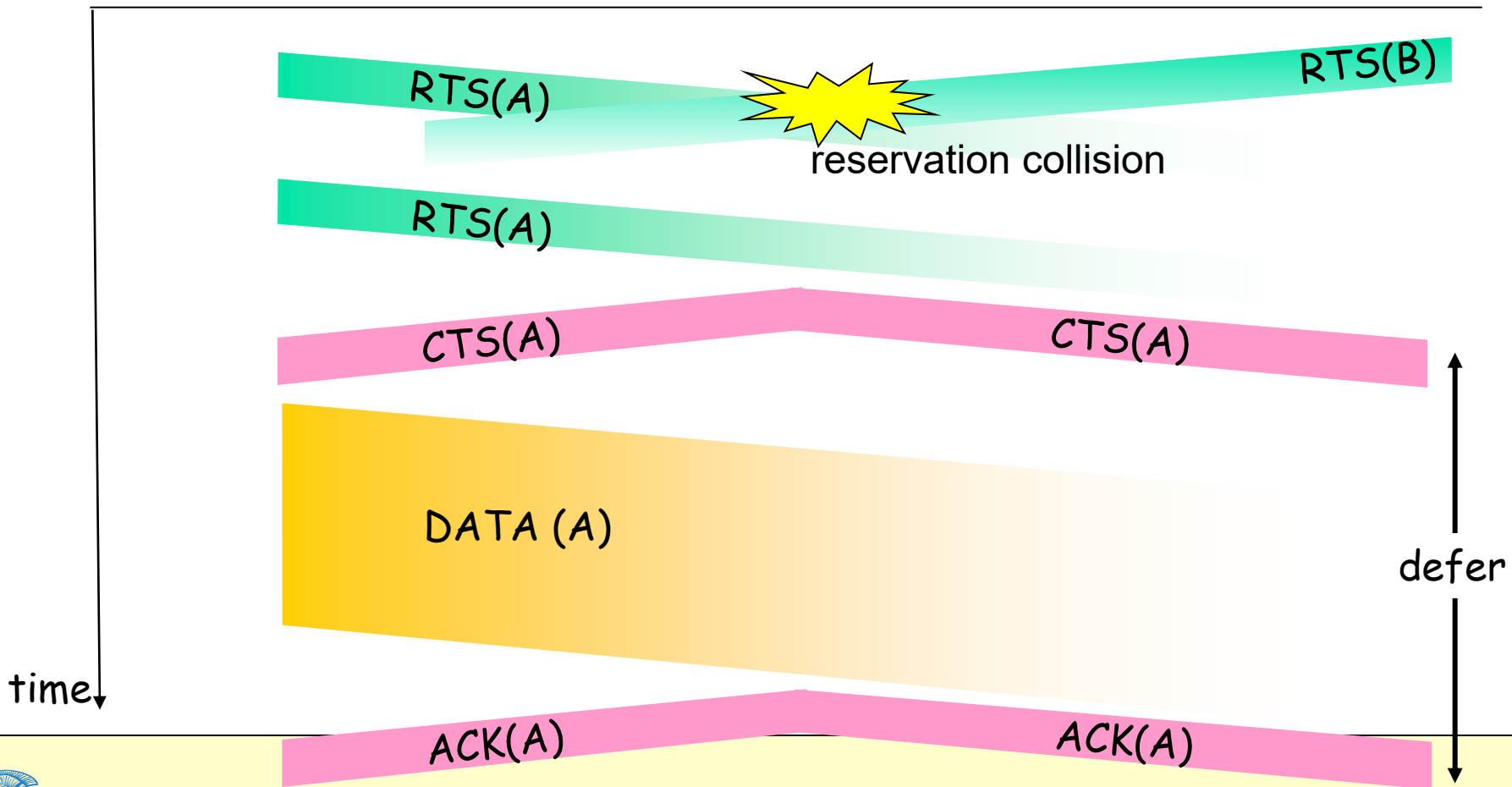
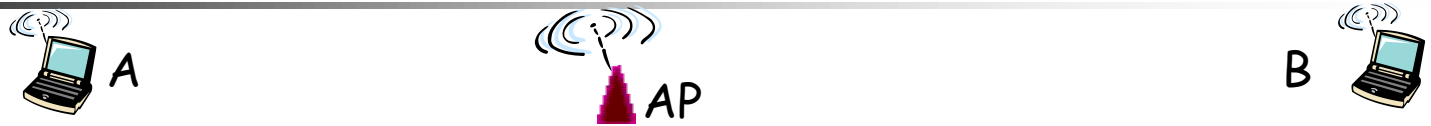
- 1 if sense channel idle for **DIFS** then transmit entire frame (no CD)
- 2 if sense channel busy then start random backoff time
timer counts down while channel idle
transmit when timer expires
if no ACK, increase random backoff interval, repeat 2

802.11 receiver

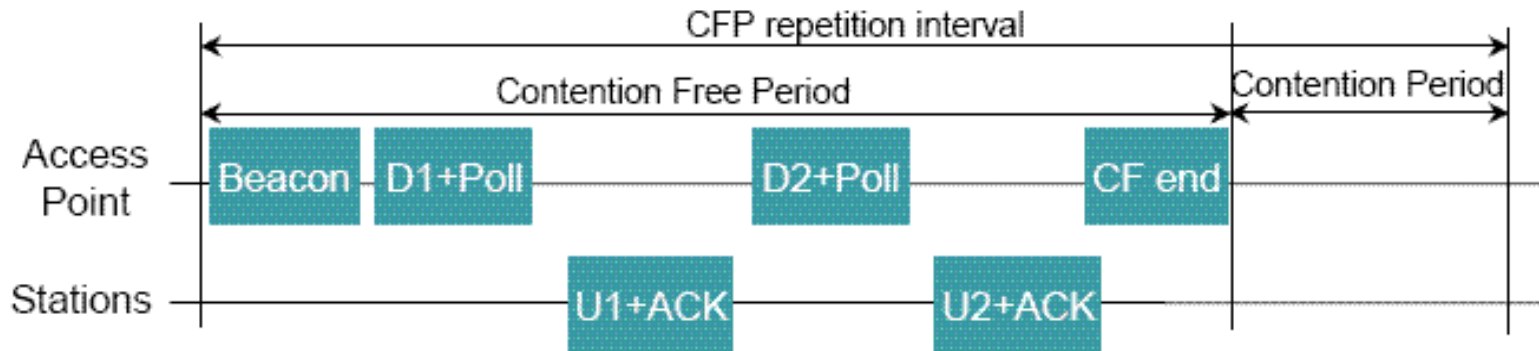
- if frame received OK
return ACK after **SIFS** (ACK needed due to hidden terminal problem)



RTS-CTS



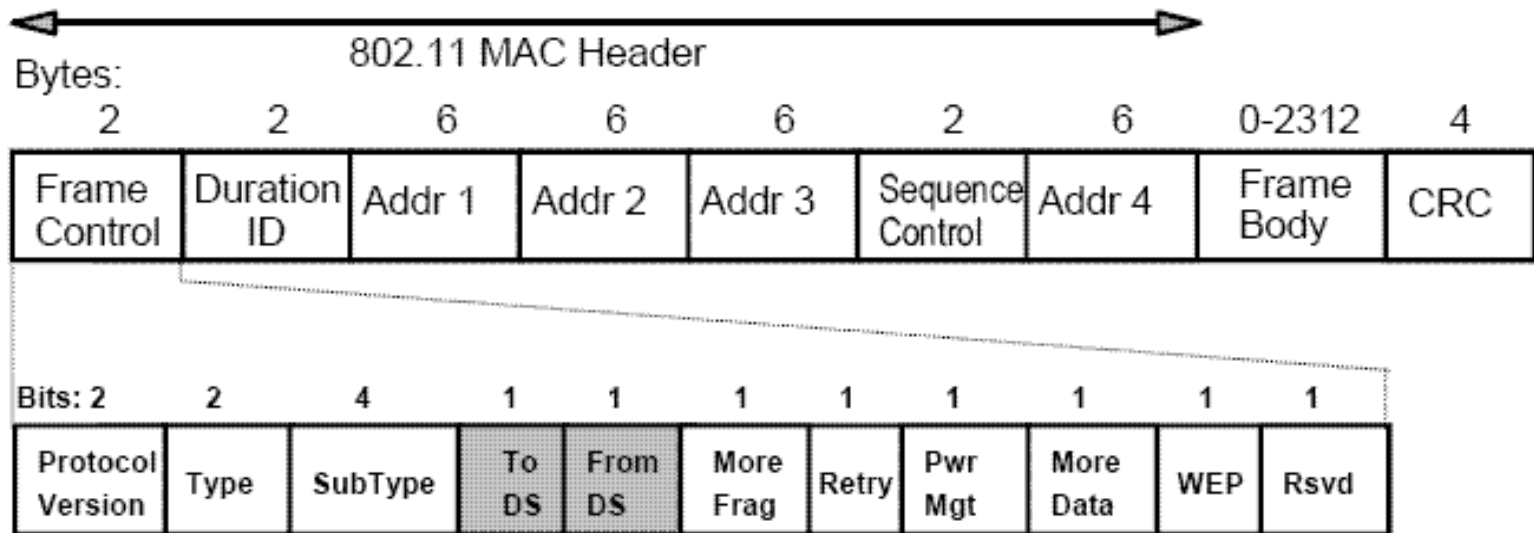
Point Coordination Function (PCF)



- Παρέχεται χρονική περίοδος χωρίς ανταγωνισμό και χρονική περίοδος με ανταγωνισμό υπό τον έλεγχο του σταθμού βάσης
- Ο σταθμός βάσης ρωτάει τα τερματικά κατά τη διάρκεια της περιόδου χωρίς ανταγωνισμό
- Το NAV (Network Allocation Vector) παραπέμπει την κίνηση υπό ανταγωνισμό στο τέλος
- Οι PCF και DCF παραπέμπουν η μία στην άλλη



Μορφή πλαισίου

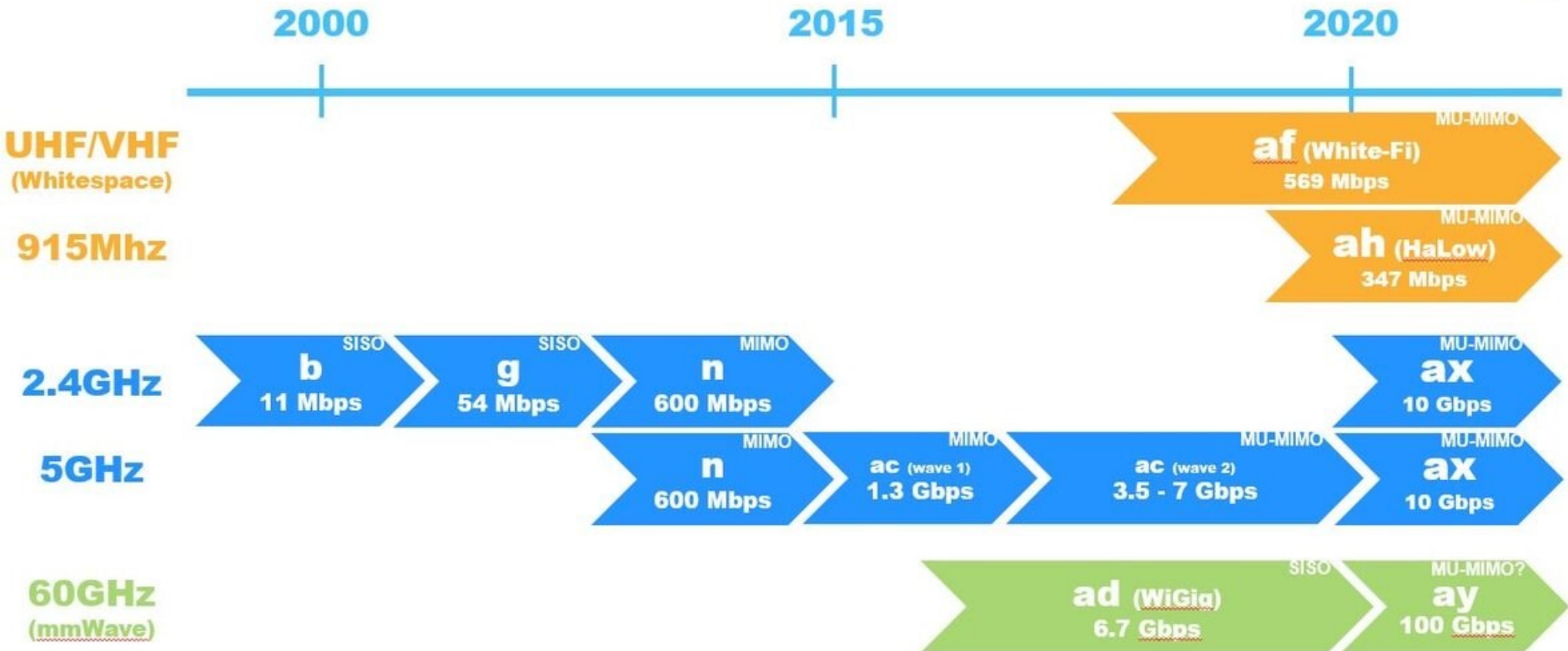


- Πλαίσια ελέγχου
- Πλαίσια διαχείρισης
- Πλαίσια δεδομένων

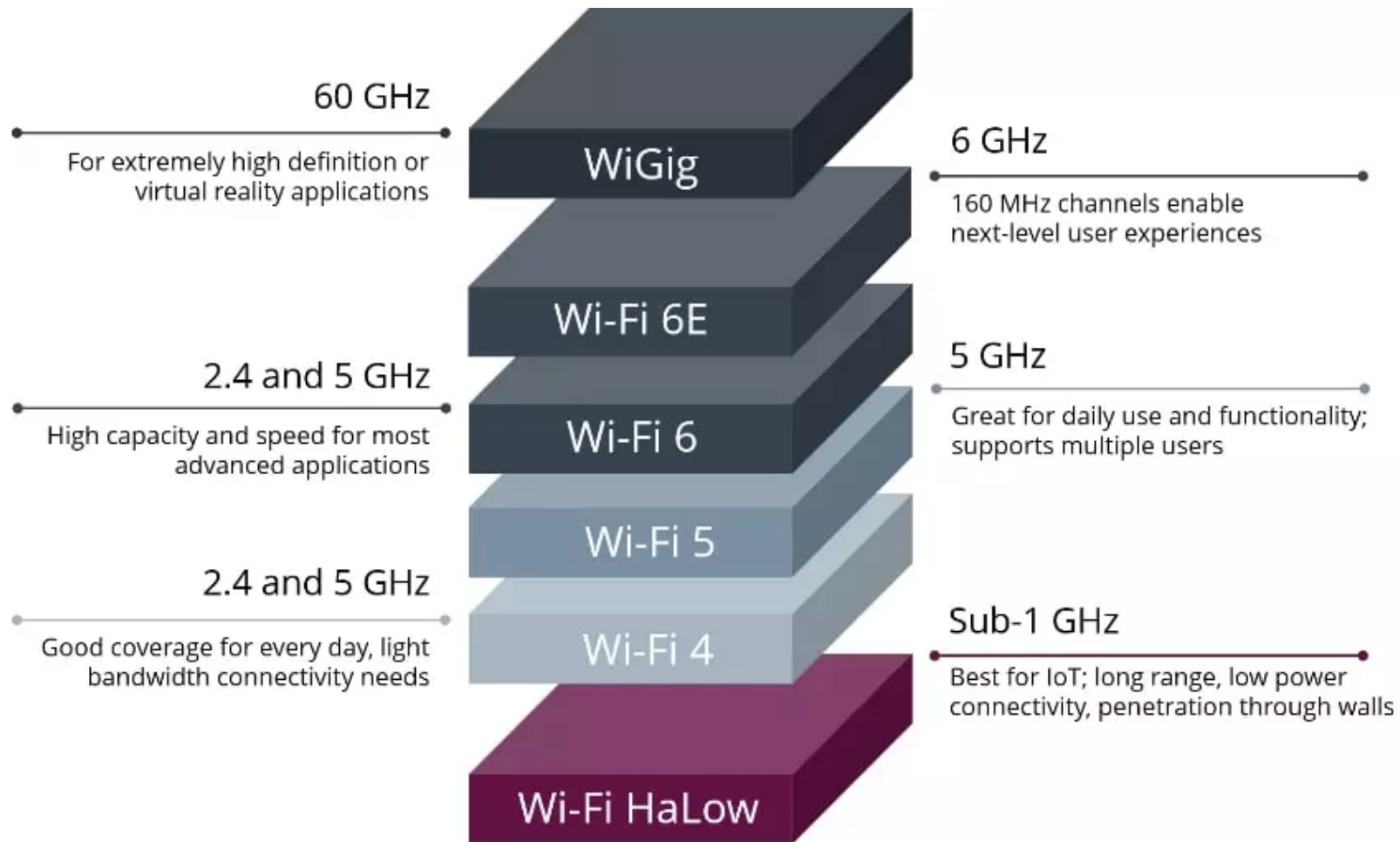


Οικογένεια 802.11

WiFi Mix



Οικογένεια 802.11



802.11n – WiFi 4 (2009)

- Μέχρι 600 Mbps, 2.4/5 GHz.
- Χρήση πολλαπλών κεραιών (MIMO)
 - μέχρι 4 διαφορετικές ροές δεδομένων
 - μέχρι 150 Mbps ανά ροή
 - μέχρι 600 Mbps η μέγιστη απόδοση
- Κανάλια 40 MHz
- ως 4 διαφορετικές ροές δεδομένων



802.11ac – WiFi 5 (2014)

- Up to 6.9 Gbps, 5 GHz only, common in modern devices.
- wider channels (80 or even 160 MHz)
- Up to 8 MIMO streams
- Downlink Multi User MIMO
- Better modulation scheme



802.11ax – WiFi 6 (2019)

- Up to 9.6 Gbps, 2.4/5/6 GHz, improved efficiency in crowded areas
- Operation in all ISM bands
- OFDMA
- Multi user MIMO (downlink + uplink)
- Spatial frequency reuse
- 2 NAVs



802.11be – WiFi 7 (2024)

- Up to 46 Gbps, 2.4/5/6 GHz, designed for 8K video and VR.
- 4K-QAM
- Channels 320MHz wide
- Multi-Link Operation
- 16 spatial streams and Multiple Input Multiple Output (MIMO) protocols enhancements
- Flexible Channel Utilization
- Multiple Resource Units



802.11bn – WiFi 8 (in progress)

- Focus on Ultra-High-Reliability



Τέλος

- Ερωτήσεις ;

