



Ασύρματα τοπικά δίκτυα



- Εξασφαλίζουν απαιτήσεις:
 - Κινητικότητας
 - Μετεγκατάστασης
 - Δικτύωσης ad hoc
- Παρέχουν τρόπο κάλυψης σε περιοχές που υπάρχει δυσκολία καλωδίωσης
- Παρέχουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (αρκετά Mbps) σε φορητά τερματικά
 - που μετακινούνται σε περιορισμένες περιοχές (π.χ. μέσα σε μεγάλα κτίρια, σε πανεπιστημιούπολεις, νοσοκομειακούς χώρους, εμπορικά κέντρα)



Ασύρματα LAN

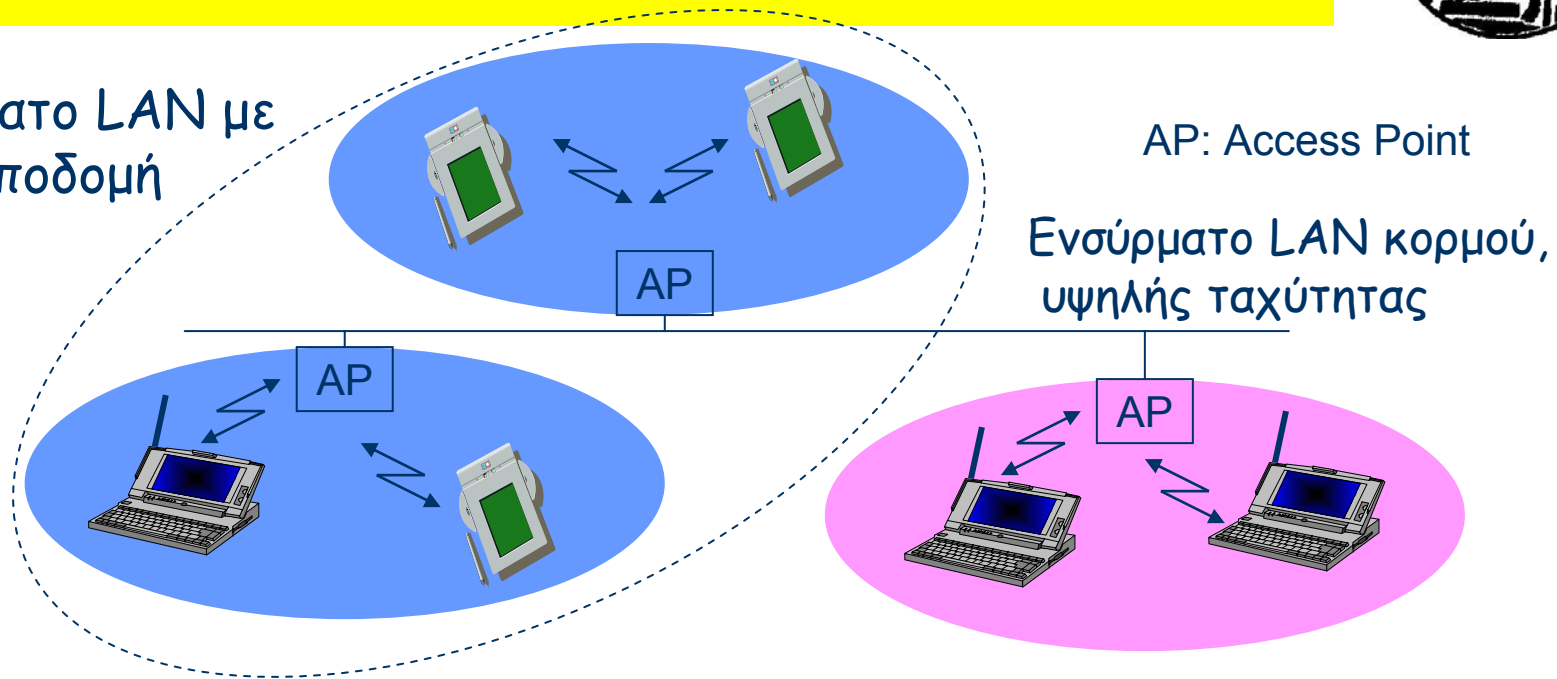
- Εναλλακτική λύση στα ενσύρματα LAN
 - χώροι με μεγάλες ανοικτές επιφάνειες (εργοτάξια, αποθήκες, κλπ.)
 - ιστορικά κτίρια
 - μικρά γραφεία
- Διασύνδεση μεταξύ κτιρίων
- Νομαδική πρόσβαση
- Δίκτυα Ad hoc

Μπορεί να συνυπάρχουν με ενσύρματα συστήματα

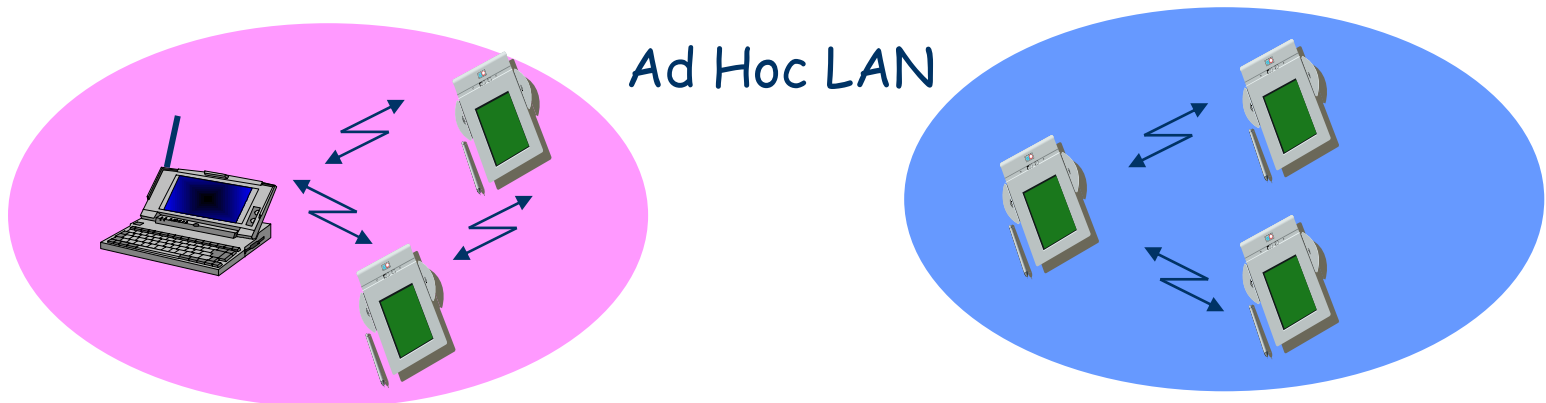
Αρχιτεκτονικές ασύρματων LAN



Ασύρματο LAN με υποδομή



Ad Hoc LAN

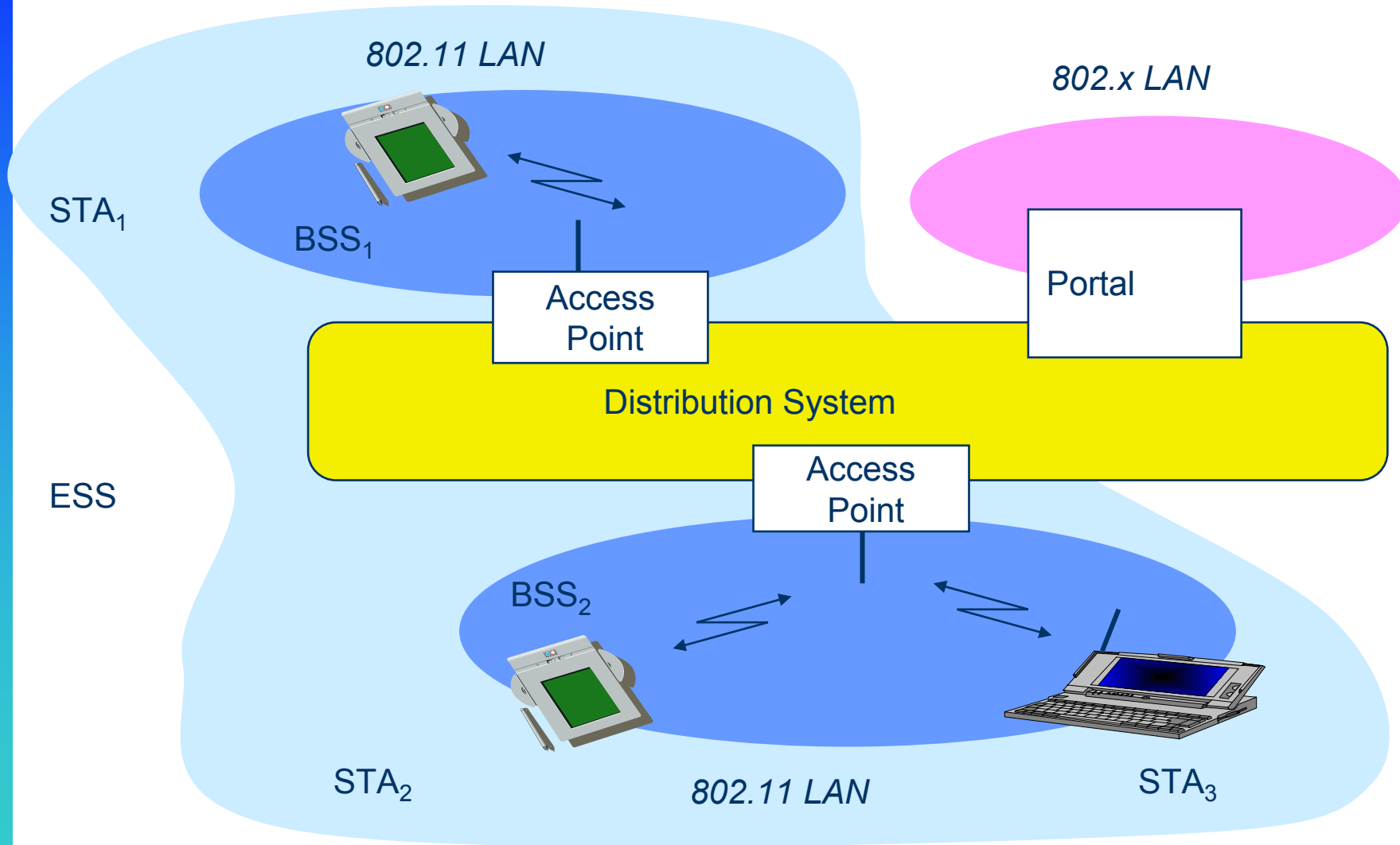




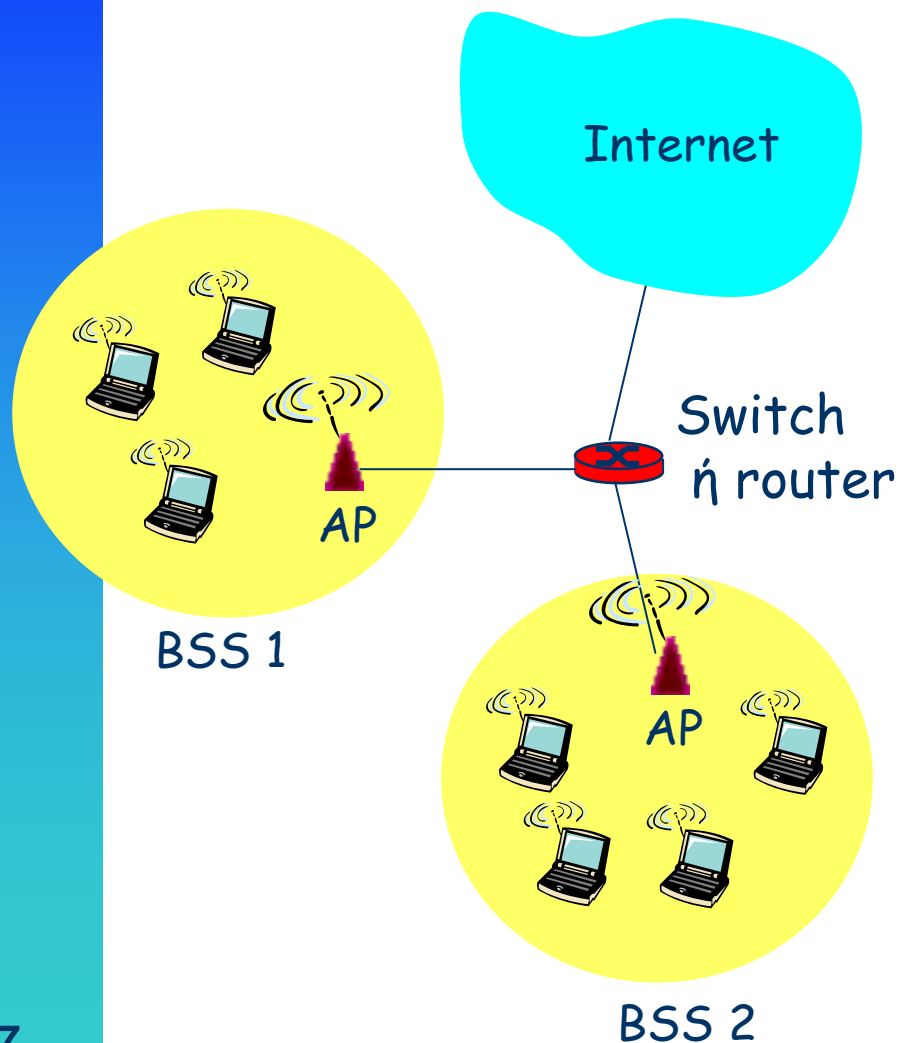
Τα συστατικά

- *Station (STA)* - Σταθμός: τερματικό με μηχανισμούς πρόσβασης στο ασύρματο μέσο
- *Basic Service Set (BSS)* - Βασικό σύνολο υπηρεσιών: ομάδα σταθμών στην ίδια συχνότητα
- *Access Point (AP)* - Σημείο πρόσβασης: σταθμός ενσωματωμένος στο σύστημα διανομής
- *Portal* - Πύλη: γέφυρα με μη 801.11 τοπικά δίκτυα
- *Distribution System (DS)* - Σύστημα διανομής: δίκτυο διασύνδεσης για σχηματισμό ενός λογικού δικτύου (EES: Extended Service Set) βασισμένο σε πολλά BSS

Δίκτυο με υποδομή



Δίκτυο με υποδομή

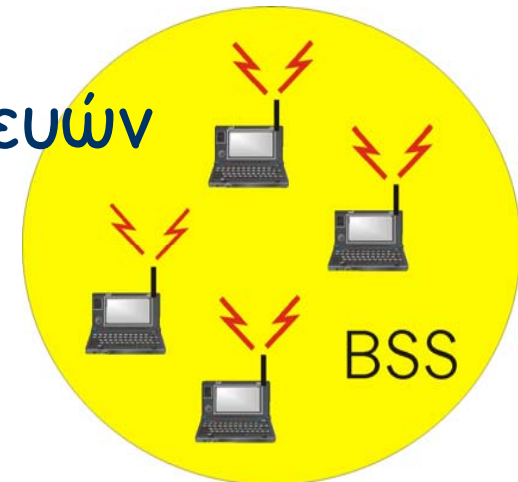


- Ο κινητός host επικοινωνεί με ένα σημείο πρόσβασης - **Access Point (AP)**
- τα BSS μπορεί να συνδυάζονται ώστε να σχηματίζουν ένα **Extended Service Set (ESS)**



Δίκτυο Ad Hoc

- **Δίκτυο Ad hoc:** οι σταθμοί μπορεί να σχηματίζουν δυναμικά ένα δίκτυο **χωρίς AP**
- οι κινητοί host επικοινωνούν μεταξύ τους
 - η μεταφορά πακέτου από έναν κινητό host σε άλλον μπορεί να δρομολογηθεί μέσω άλλων κινητών host
- Εφαρμογές:
 - συνάντηση με "φορητούς υπολογιστές" σε αίθουσα συνεδρίασης
 - διασύνδεση "προσωπικών" συσκευών





Σχεδιαστικοί στόχοι

- Διέλευση
- Υποστήριξη μεγάλου αριθμού σταθμών
- Επικοινωνία με σταθμούς ενσύρματων LAN
- Περιοχή κάλυψης ακτίνας 50 ÷ 150 m
- Περιορισμένη κατανάλωση ισχύος από τους κινητούς host
- Αξιοπιστία μετάδοσης και ασφάλεια επικοινωνίας
- Λειτουργία χωρίς άδεια
- Κινητικότητα (διαπομπή/περιαγωγή)
- Δυναμική αναδιάρθρωση

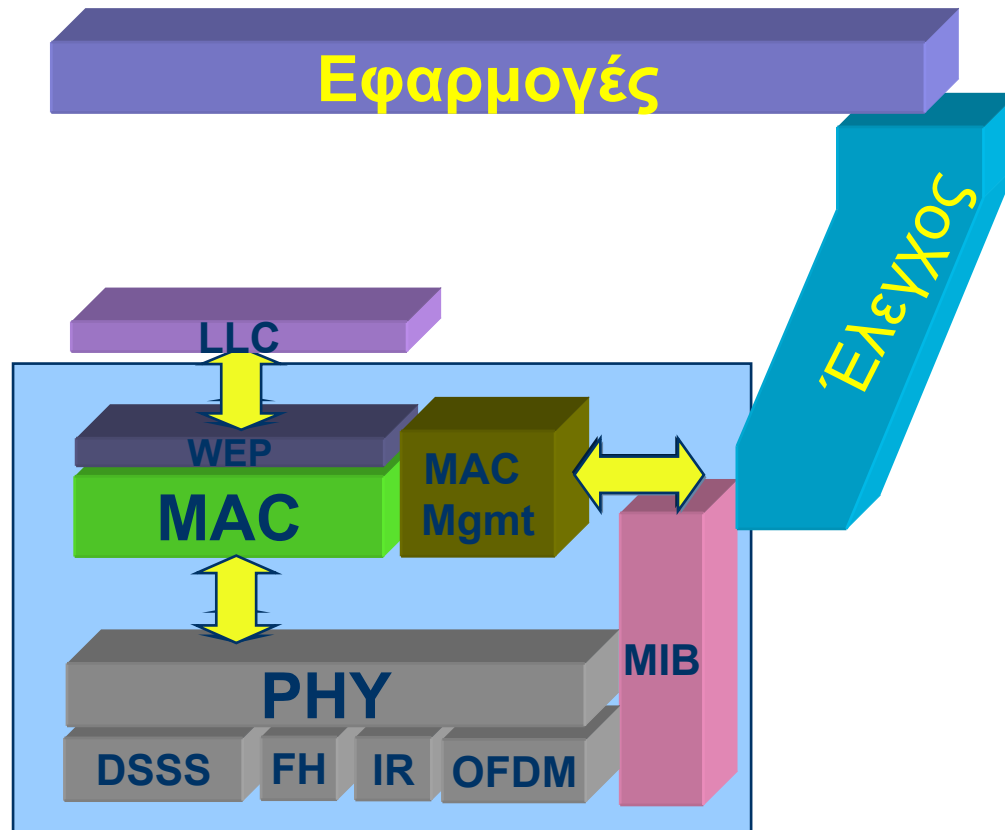


Πρωτόκολλα ΙΕΕΕ 802.11



Προδιαγραφές 802.11

- Καλύπτουν τα στρώματα κάτω από το LLC
- Περιλαμβάνουν και τις διεπαφές ελέγχου/διαχείρισης



Μοντέλο αναφοράς IEEE 802.11



	επίπεδο χρήστη	επίπεδο ελέγχου	επίπεδο διαχείρισης
Στρώμα ζεύξης δεδομένων	Medium Access Control (MAC)	Διαχείριση MAC	Διαχείριση σταθμού
Φυσικό στρώμα	Physical Layer Convergence Procedure (PLCP)	Διαχείριση PHY	
	Physical Medium Dependent (PMD)		



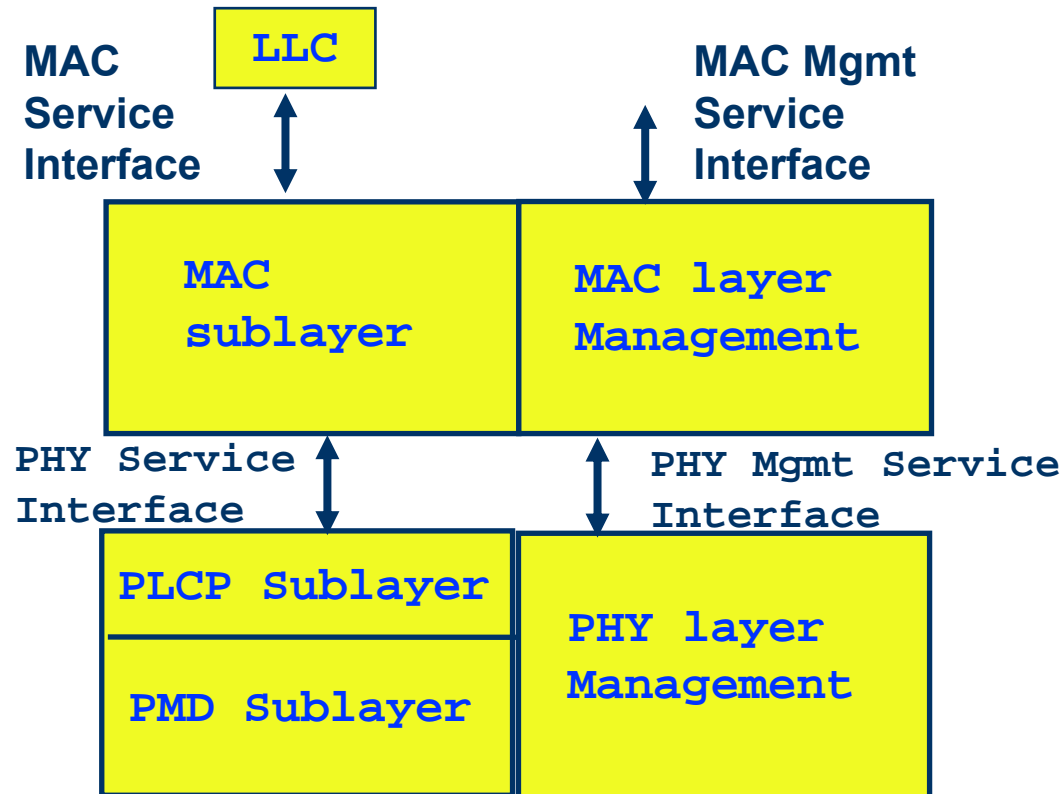
- Είναι το εμπορικό όνομα με το οποίο προωθούνται τα συμβατά με τα πρωτόκολλα IEEE 802.11 προϊόντα
- Ο συνασπισμός "Wi-Fi Alliance" βεβαιώνει τη διαλειτουργικότητα προϊόντων που βασίζονται στα πρότυπα 802.11
 - Μη κερδοσκοπικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1999
 - Περισσότερα από 200 μέλη
- Παρότι δεν είναι ορθό έχει επικρατήσει ότι κατ' αναλογία με το Hi-Fi, το Wi-Fi σημαίνει Wireless fidelity
 - Το Wi-Fi είναι ένας λογότυπος



Προδιαγραφές 802.11



- Το πρότυπο ΙΕΕΕ 802.11 αρχικά ήταν για 1 και 2 Mbps στα 2.4 GHz και IR (1997)
- Όλα τα άλλα πρότυπα 802.11x (πλην δύο εξαιρέσεων 802.11F and 802.11T) είναι τροποποιήσεις (amendments) σε αυτό

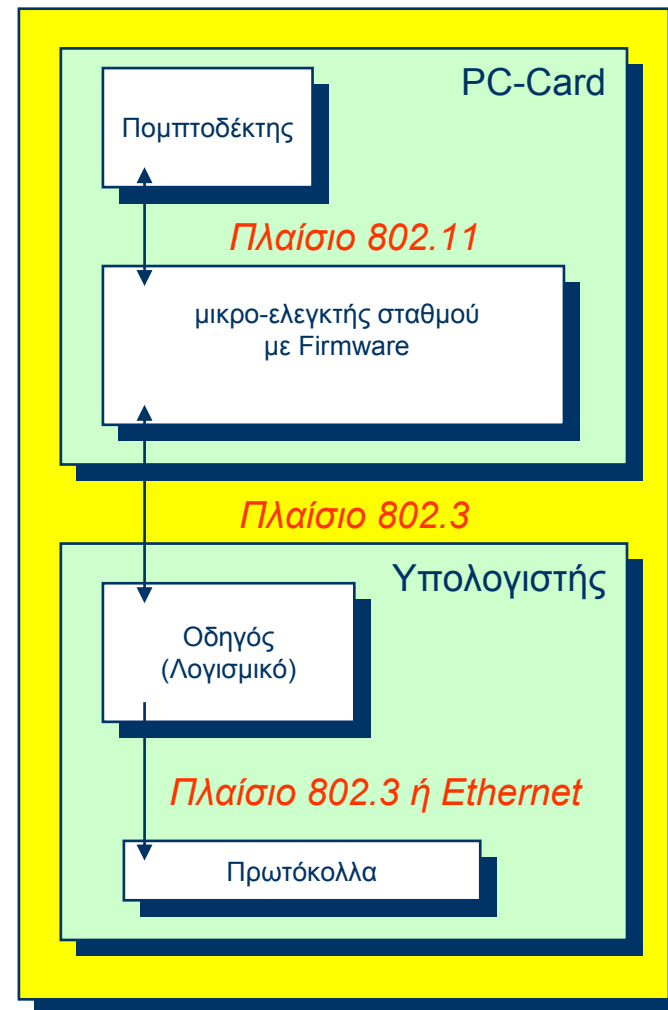


Ορολογία ΙΕΕΕ 802.11



Σταθμός (STA):

- Στοιχείο που περιέχει διεπαφή MAC και PHY προς το ασύρματο μέσο συμβατή με ΙΕΕΕ 802.11, αλλά δεν παρέχει πρόσβαση σε σύστημα διανομής
- Π.χ. ακραίο τερματικό (φορητός υπολογιστής, κλπ)
- Υλοποίηση σε PC-card

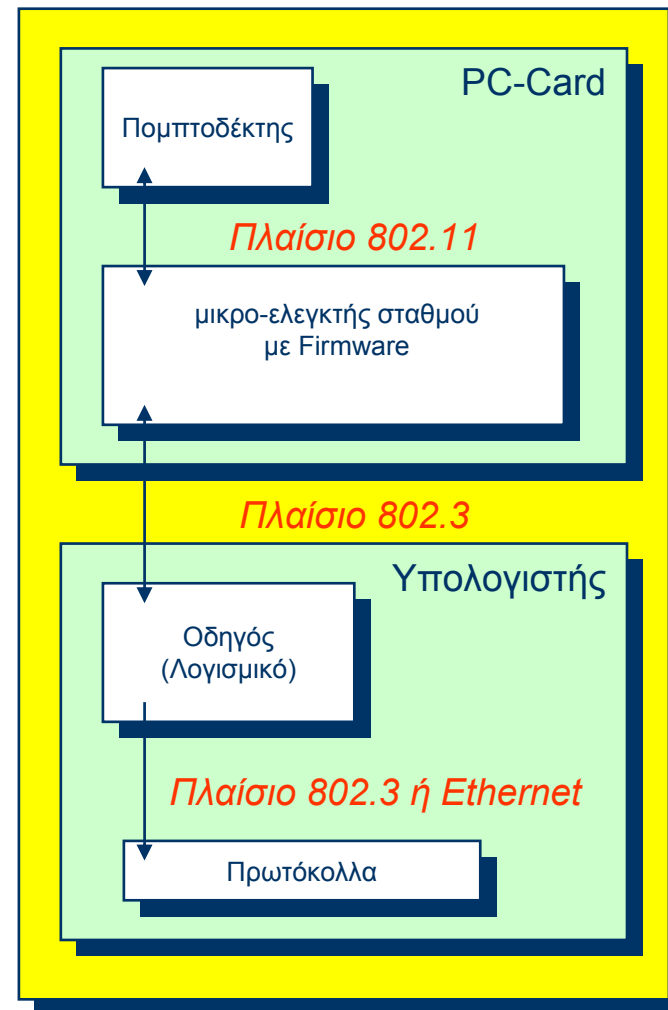


Ορολογία ΙΕΕΕ 802.11



Σταθμός (STA):

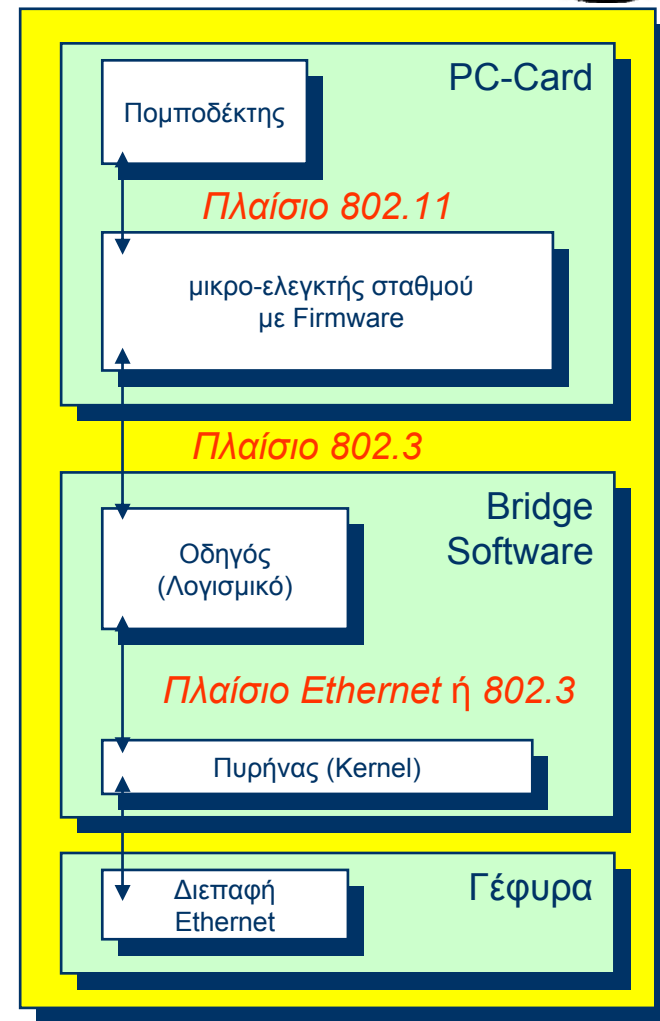
- Διεπαφή παρόμοια με Ethernet για να υποστηρίζονται τα συνήθη πρωτόκολλα
- Διαφανής γεφύρωση με Ethernet
- Ενθυλάκωση σύμφωνα με
 - ΙΕΕΕ 802.1H
 - ή RFC 1042 (Standard for the Transmission of IP Datagrams over IEEE 802 Networks)





Σημείο Πρόσβασης (AP):

- Στοιχείο που περιέχει διεπαφή MAC και PHY προς το ασύρματο μέσο συμβατή με ΙΕΕΕ 802.11, και προσφέρει πρόσβαση σε σύστημα διανομής στους συνδεδεμένους με αυτό σταθμούς
 - Συνήθως υποδομή για σύνδεση με το ενσύρματο δίκτυο
- Οι σταθμοί επιλέγουν ένα AP και σχετίζονται με αυτό

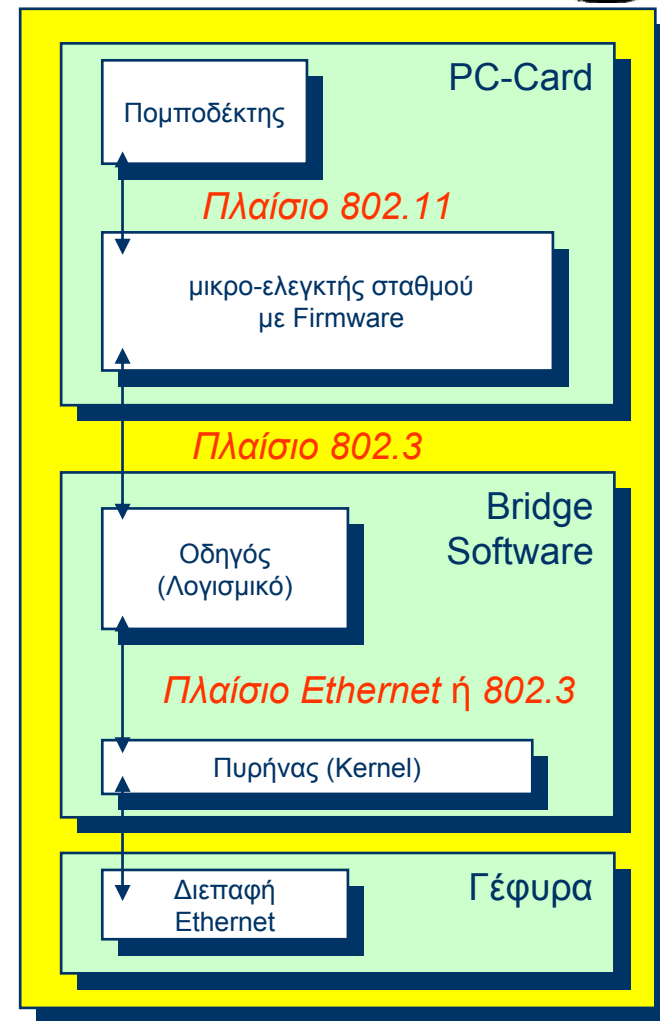


Ορολογία IEEE 802.11

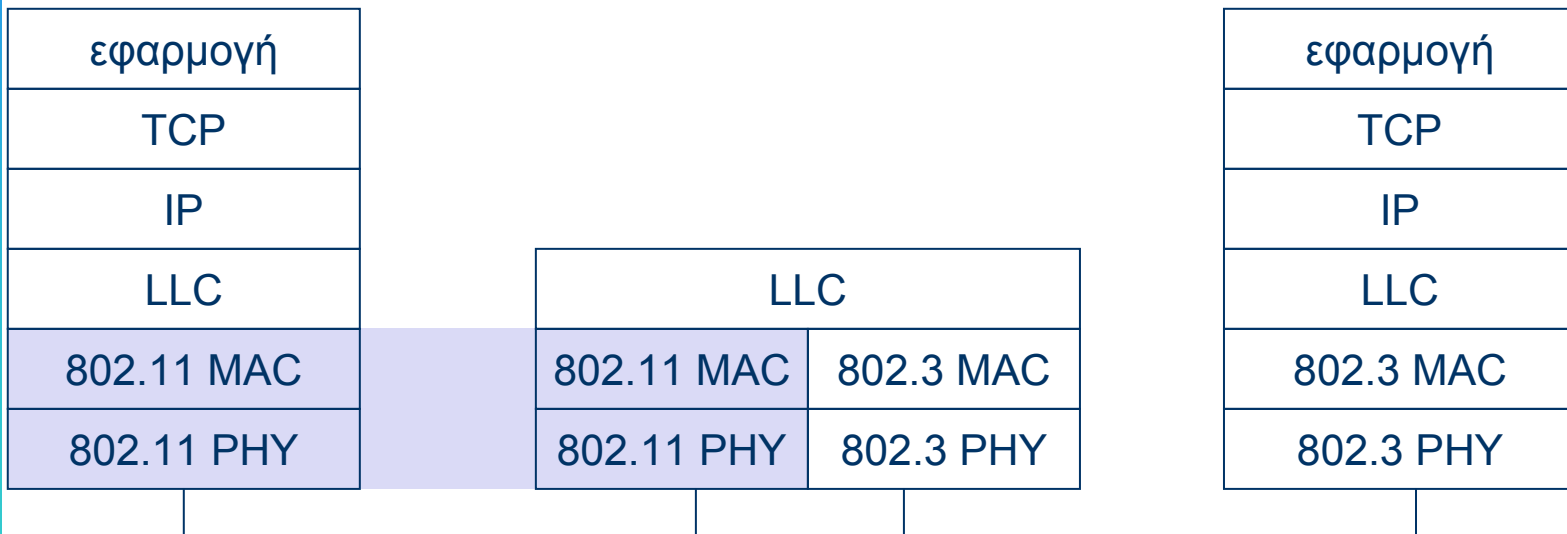


Σημείο Πρόσβασης (AP):

- Τα σημεία πρόσβασης:
 - Υποστηρίζουν κινητικότητα
 - Παρέχουν συγχρονισμό (ραδιοφάροι - beaconing)
 - Παρέχουν διαχείριση ισχύος (Power Management)
- Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση συνήθως διέρχεται μέσω του AP
 - Στην περίπτωση IBSS υπάρχει απευθείας επικοινωνία σταθμών



802.11 και TCP/IP

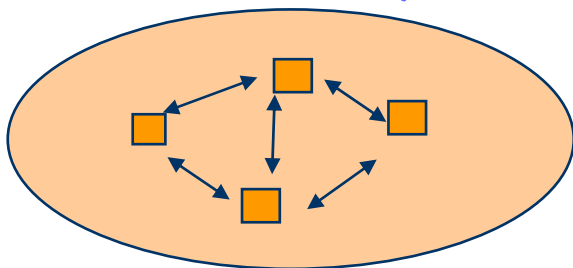


Αρχιτεκτονική IEEE 802.11



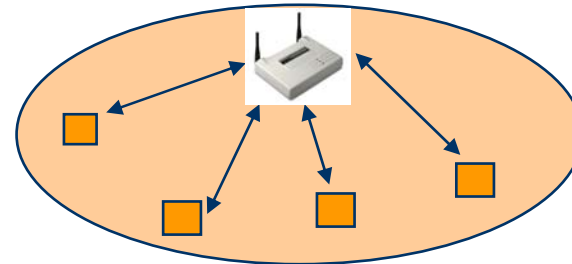
Ένα σύνολο σταθμών που **Basic Service Set (BSS)**: επικοινωνούν μεταξύ τους

Independent Basic Service Set (IBSS)



- Μόνο απευθείας επικοινωνία
- Δεν υπάρχει λειτουργία αναμετάδοσης (relay)

Infrastructure Basic Service Set (BSS)



- Το σημείο πρόσβασης (AP) παρέχει
 - Σύνδεση το ενσύρματο δίκτυο
 - Λειτουργία αναμετάδοσης
- Οι σταθμοί δεν επικοινωνούν απευθείας

Basic Service Set



- Η βασική δομική μονάδα των ασύρματων δικτύων IEEE 802.11
- Σύνολο σταθμών που ελέγχονται ενιαία από **μία** λειτουργία συντονισμού "Coordination Function"
 - η λογική λειτουργία που προσδιορίζει πότε μπορεί ένας σταθμός να εκπέμψει ή να λάβει
- Η περιοχή κάλυψης, αντίστοιχη της κυψέλης (cell) της κινητής τηλεφωνίας
- Η διάμετρος της κυψέλης είναι περίπου το διπλάσιο της απόστασης ραδιοκάλυψης μεταξύ δύο ασύρματων σταθμών
- Το BSS μπορεί να έχει Access Point (είτε σε αυθύπαρκτα -standalone- δίκτυα ή σε δίκτυα με υποδομή) ή μπορεί να λειτουργεί χωρίς AP (μόνο σε αυθύπαρκτα δίκτυα)



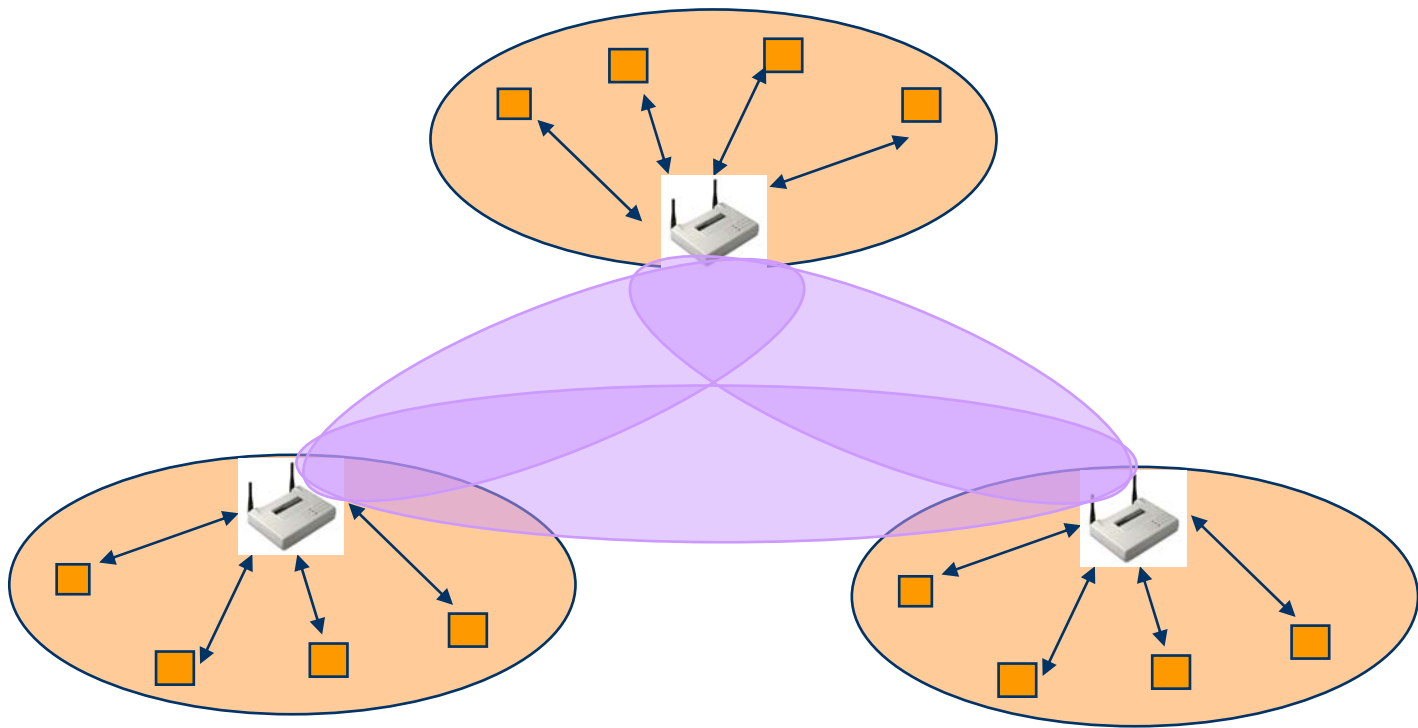
Independent Basic Service Set

- Ένα BSS που σχηματίζει αυθύπαρκτο δίκτυο χωρίς πρόσβαση σε σύστημα διανομής
- Στην απλούστερη εκδοχή είναι δύο ασύρματοι σταθμοί
 - BSS χωρίς σημείο πρόσβασης (AP)
- Ένας από τους σταθμούς του IBSS μπορεί να ρυθμισθεί ώστε να "αρχικοποιεί" το δίκτυο και αναλαμβάνει το ρόλο της λειτουργίας συντονισμού (Coordination Function)
- Η διάμετρος της κυψέλης είναι περίπου η απόσταση ραδιοκάλυψης μεταξύ δύο ασύρματων σταθμών

Extended Service Set



ESS: ένα σύνολο από BSS διασυνδεδεμένα με σύστημα διανομής (Distribution System - DS)





Extended Service Set

- ESS είναι το σύνολο ενός ή περισσότερων διασυνδεδεμένων BSS και τοπικών δικτύων (LAN) που στο στρώμα LLC (Logical Link Control) εμφανίζονται ως ένα BSS για οποιονδήποτε σταθμό σχετίζεται με κάποια από αυτά τα BSS
- Το σύνολο των διασυνδεδεμένων BSS πρέπει να έχει κοινή SSID
- Τα BSS μπορεί να λειτουργούν στην ίδια συχνότητα ή σε διαφορετικές ώστε να αυξηθεί η διέλευση
- Η κίνηση πάντα μέσω του AP
- Τα AP επικοινωνούν μεταξύ τους για να προωθούν την κίνηση
 - Η κίνηση των σταθμών εντός του ESS είναι αόρατη για τα ανώτερα στρώματα

Distribution System



- Ένα σύστημα για τη διασύνδεση των BSS
 - Ενσωματωμένο: Ένας AP σε αυθύπαρκτο δίκτυο
 - Ενσύρματο: Τα AP συνδέονται με καλώδια
 - Ασύρματο: Τα AP συνδέονται με ασύρματο τρόπο



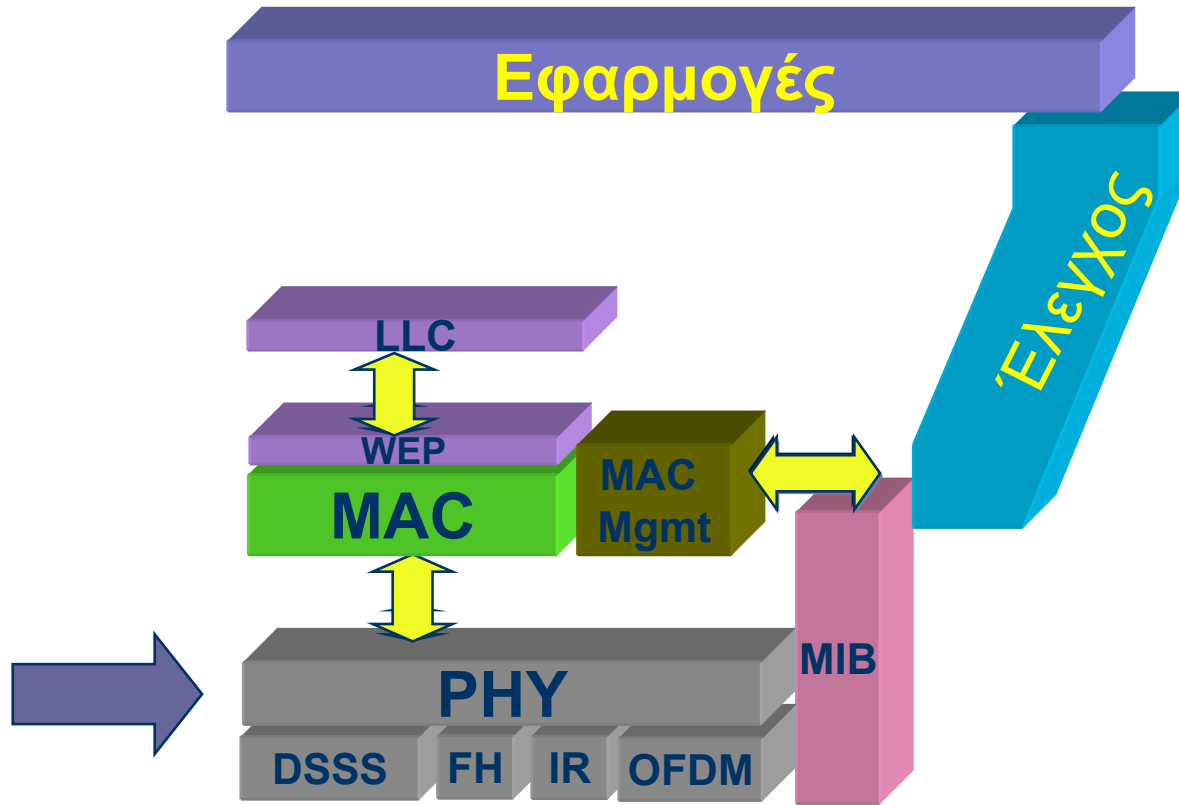
Service Set Identifier (SSID):

- "Όνομα δικτύου"
- Μήκος 32 byte
- Ένα δίκτυο (ESS ή IBSS) έχει ένα SSID

Basic Service Set Identifier (BSSID)

- "ταυτότητα κυψέλης"
- Μήκος 6 byte (μορφή διεύθυνσης MAC)
- Ένα BSS έχει μία BSSID
- Η τιμή της BSSID είναι ίδια με την διεύθυνση MAC του ραδιοπομπού στο AP

IEEE 802.11: Φυσικό στρώμα





Βασική προδιαγραφή

- Το MAC (Medium Access Control) είναι κοινό για όλη την οικογένεια 802.11
- Τρία είδη πρόσβασης στο φυσικό στρώμα:
 - FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
 - DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

IEEE 802.11: Φυσικό στρώμα



Πομπός

Δέκτης

MAC Protocol Data Unit (MPDU)

MAC Protocol Data Unit (MPDU)

MAC
PHY

PLCP header
MAC Protocol Data Unit (MPDU)

PLCP header
MAC Protocol Data Unit (MPDU)

Physical Media
Dependent (PMD) layer

PMD layer



Frequency Hopping Spread
Spectrum (FHSS) PHY
1, 2 Mbps

Direct Sequence Spread
Spectrum (DSSS) PHY
1, 2 Mbps

Infrared (IR) PHY
1, 2 Mbps

HR DSSS 1, 2, 5, 11 Mbps
OFDM 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
802.11g

High rate DSSS PHY
11, 5.5 Mbps
802.11b

Orthogonal Frequency Division
Multiplexing (OFDM) PHY
6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
802.11a

2.4 GHz

5 GHz



Το φάσμα

- Το 802.11 λειτουργεί σε μη αδειοδοτούμενες περιοχές του φάσματος (ISM - Industrial Scientific and Medical band)
- Τρεις περιοχές
 - 902 μέχρι 928 MHz (Cordless Telephony)
 - 2.4 μέχρι 2.483 GHz (802.11b)
 - 5.725 to 5.875 GHz (η 3^η περιοχή συχνοτήτων ISM)
 - 802.11α: 5.15 μέχρι 5.825 GHz

IEEE 802.11



	802.11a	802.11b	802.11g	802.11
Έγκριση προτύπου	Σεπτ. 1999	Σεπτ. 1999	Ιούνιος 2003	Ιούλιος 1997
Διαθέσιμο εύρος ζώνης	300 MHz	83.5 MHz	83.5 MHz	83.5 MHz
Συχνότητα λειτουργίας	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Ρυθμοί μετάδοσης ανά δίαυλο (Mbps)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1, 2, 5.5, 11	1, 2, 5.5, 11, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1, 2
Διέλευση (Mbps)	23	4.3	19	0.9
Ακτίνα κάλυψης	~120 μέτρα εξ. ~35 μέτρα εσ.	~140 μέτρα εξ. ~38 μέτρα εσ.	~140 μέτρα εξ. ~38 μέτρα εσ.	~100 μέτρα εξ. ~20 μέτρα εσ.
Διαμόρφωση	OFDM	DSSS/CCK	DSSS/CCK DSSS/OFDM	DSSS, FHSS

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing



- Λειτουργεί στην περιοχή των 5 GHz
 - Οι συχνότητες και το πλήθος των διαύλων διαφέρουν ανά χώρα
- Στις ΗΠΑ 5.15-5.35 και **5.725-5.825** GHz με 12 διαύλους
- Στην Ευρώπη 5.15 - 5.725 GHz με 19 διαύλους
- Χρησιμοποιεί OFDM (Orthogonal Freq. Div. Multiplexing) με 52 φέροντα
- Διαμόρφωση BPSK/QPSK/QAM
- Forward Error Correction (Convolutional)
- Ρυθμοί: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps

ISM



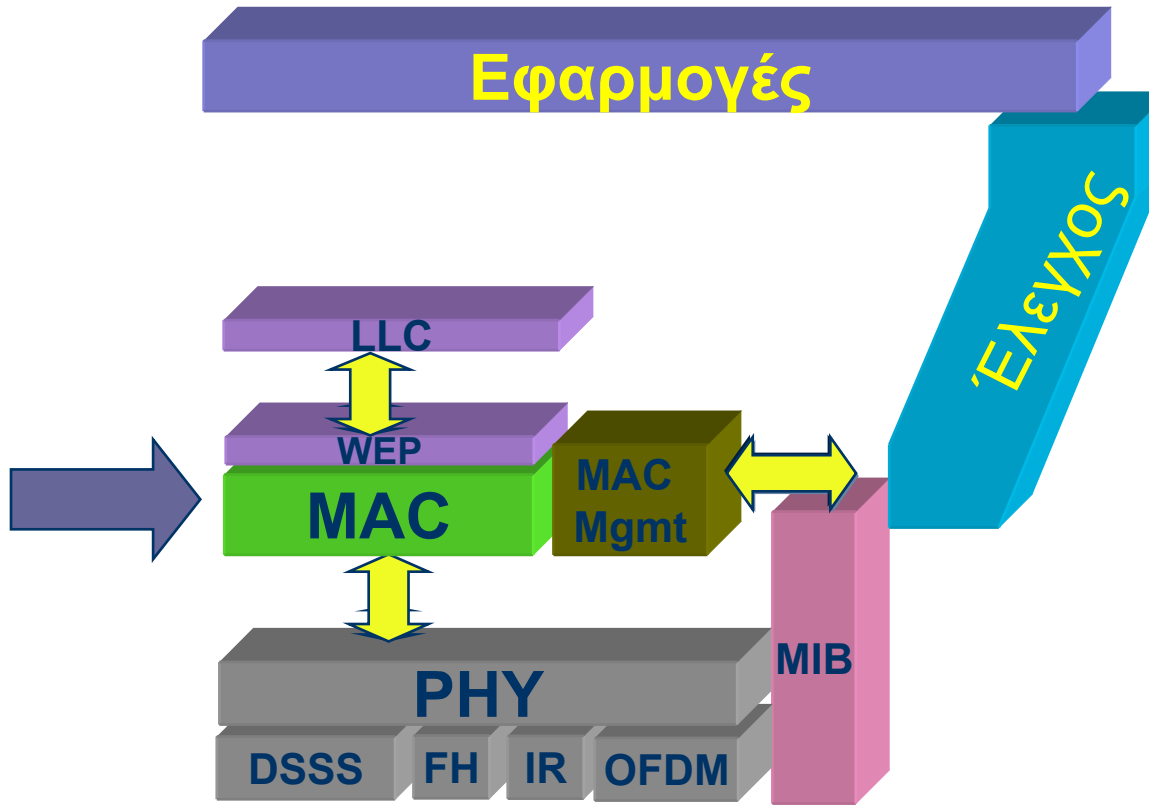
- Λειτουργεί στην περιοχή ISM των 2.4 GHz
 - Το πλήθος των διαύλων διαφέρει ανά χώρα
 - Ο πρώτος δίαυλος έχει κεντρική συχνότητα 2.412 GHz
 - Απόσταση μεταξύ διαύλων 5 MHz
- Στις ΗΠΑ 11 δίαυλοι 2.412-2.462 GHz
- Στην Ευρώπη 13 δίαυλοι 2.412-2.472 GHz
- Χρησιμοποιεί DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- Διαμόρφωση DBPSK/DQPSK/CCK (Complementary Code Keying)
- Ρυθμοί: 1, 2, 5.5, 11 Mbps

IEEE 802.11g



- Λειτουργεί στην περιοχή ISM των 2.4 GHz
 - Όπως το 802.11b
- Χρησιμοποιεί OFDM (Orthogonal Freq. Div. Multiplexing) με 52 φέροντα, διαμόρφωση BPSK/QPSK/QAM και ρυθμούς 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
 - Αντιγραφή από το 802.11a
- Μεταπίπτει σε DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), διαμόρφωση DBPSK/DQPSK/CCK και ρυθμούς 1, 2, 5.5, 11 Mbps
 - Για συμβατότητα με το 802.11b

IEEE 802.11: Στρώμα ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC)





- Δύο κατηγορίες υπηρεσιών
 - Ασύγχρονη υπηρεσία δεδομένων (υποχρεωτική)
 - ανταλλαγή δεδομένων βάσει "best-effort"
 - Υπηρεσία με χρονικούς περιορισμούς (προαιρετική)
 - σφυγμομέτρηση (polling) των σταθμών
- Δύο τύποι λειτουργίας συντονισμού
 - **DCF** (Distributed Coordination Function)
 - **PCF** (Point Coordination Function)
- Μέθοδοι πρόσβασης
 - DCF CSMA/CA (υποχρεωτική)



Πρόσβαση στο μέσο

- Distributed Coordination Function (DCF)
 - Οι σταθμοί ανταγωνίζονται για την πρόσβαση στο μέσο και μεταδίδουν όταν το μέσο γίνει αδρανές
 - Υποχρεωτική στο 802.11
- Point Coordination Function (PCF)
 - Λειτουργεί μόνο σε συνδυασμό με την DCF
 - Προαιρετική
 - Το AP ερωτά τους σταθμούς σε περιόδους χωρίς ανταγωνισμό και δίνει πρόσβαση σε ένα σταθμό
 - Μετά το πέρας της περιόδου χωρίς ανταγωνισμό ακολουθεί περίοδος ανταγωνισμού



Βασικές λειτουργίες

- Ανίχνευση φέροντος - *Carrier sensing (CSMA)*
 - Στον ραδιοδίαυλο (*physical carrier sensing*)
 - Στο στρώμα MAC (*virtual carrier sensing*)
- Ανίχνευση συγκρούσεων - *Collision Detection (CD)*
 - Στον ραδιοδίαυλο δε διαφέρει από τη λάθος μετάδοση
 - Αποστολή επιβεβαίωσης στο στρώμα MAC



Physical carrier sensing

- Πώς γίνεται;
 - Ανιχνεύει την παρουσία άλλων χρηστών βλέποντας τα πακέτα
 - Ανιχνεύει τη δραστηριότητα στον δίαυλο μέσω της ισχύος του σήματος από άλλες πηγές
- Η φυσική ανίχνευση φέροντος έχει λόγο εφαρμογής στα ασυρματικά δίκτυα:
 - **όχι φέρον** → **μπορείς να μεταδώσεις**
 - εάν μεταδίδει μόνο ένας σταθμός έχει διαθέσιμο όλο το εύρος ζώνης
 - **φέρον** → **μη μεταδώσεις**
 - εάν ακούσει άλλη μετάδοση, δεν θα προκαλέσει σύγκρουση
 - εάν δύο σταθμοί μεταδώσουν ταυτόχρονα, υπάρχει σύγκρουση



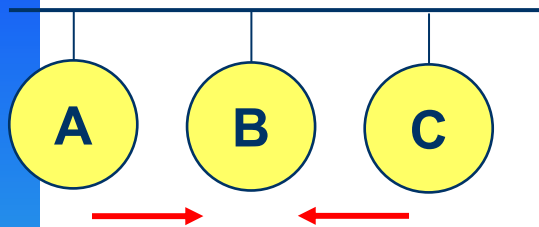
Γιατί δεν αρκεί το CSMA/CD?

- Στο IEEE 802.3 (Ethernet), ο σταθμός ακούει το μέσο, μεταδίδει όταν το μέσο είναι ελεύθερο και παρακολουθεί για συγκρούσεις
 - Εάν ανιχνεύσει σύγκρουση, μετά μια περίοδο οπισθοχώρησης, ο σταθμός επαναμεταδίδει
- Η ανίχνευση σύγκρουσης δεν είναι εφικτή στα WLAN
 - Ο σταθμός δε γνωρίζει το κατά πόσο το σήμα αλλοιώθηκε στην γειτονιά του δέκτη
- Το IEEE 802.11 χρησιμοποιεί Carrier Sense Multiple Access (CSMA), αλλά αντί της ανίχνευσης σύγκρουσης υιοθετεί την **αποφυγή σύγκρουσης**

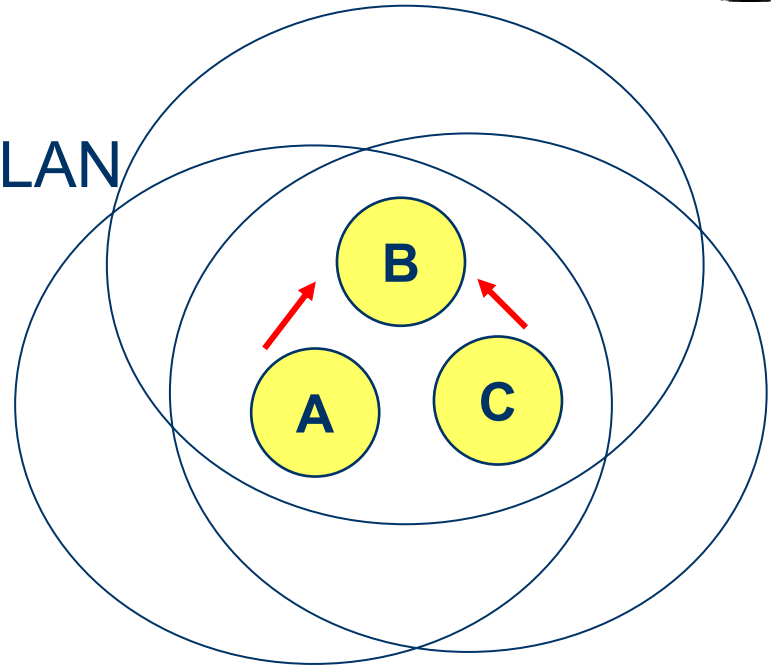
Διαφορά μεταξύ ασύρματων και ενσύρματων δικτύων



Ethernet LAN



Ασύρματο LAN



- Εάν αμφότεροι οι A και C αντιληφθούν ταυτόχρονα το κανάλι άδειο θα στείλουν
 - Η σύγκρουση θα ανιχνευθεί από τον **αποστολέα** στο Ethernet
 - Μόνο ο **παραλήπτης** την ανιχνεύει στα ασύρματα LAN

Αποφυγή συγκρούσεων Collision Avoidance (CA)



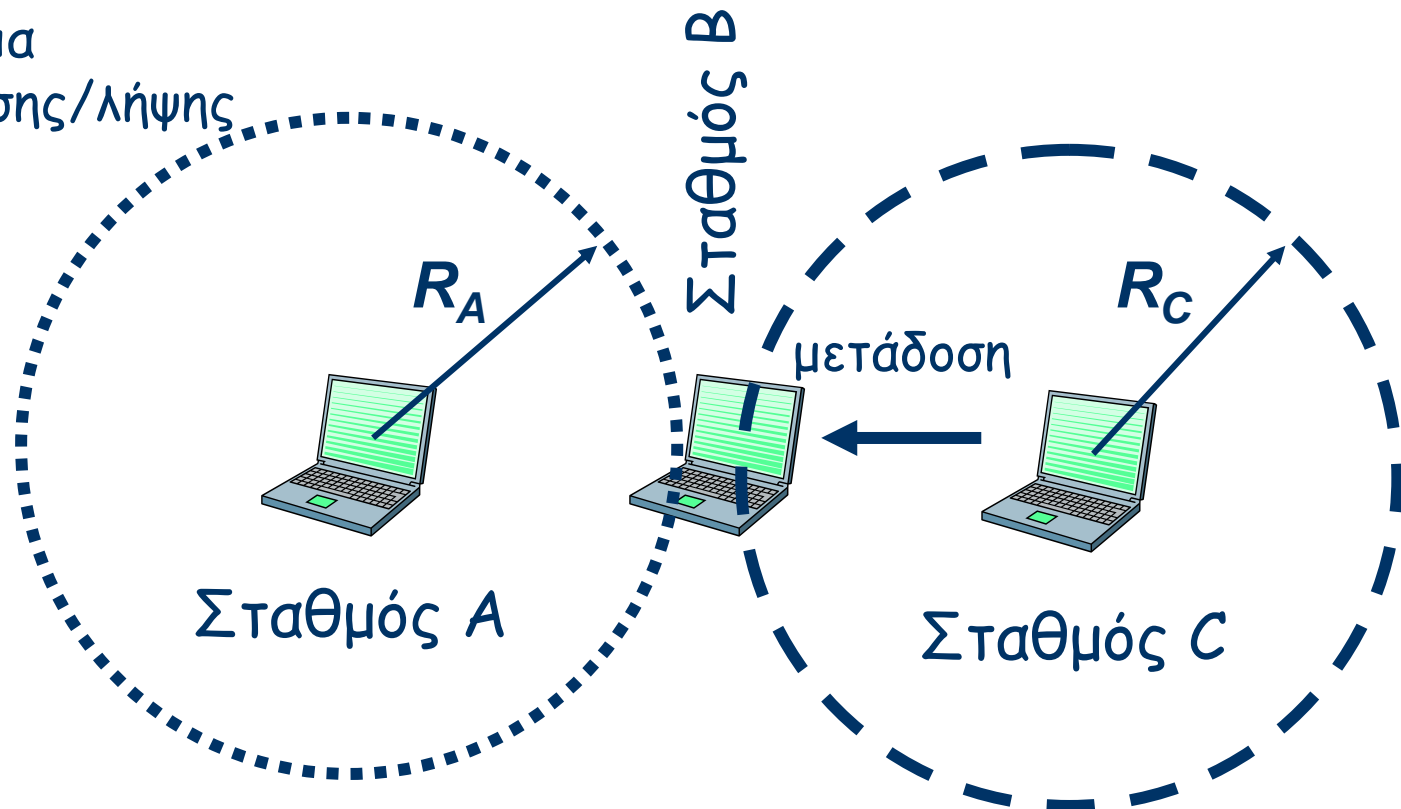
- Λειτουργία εκτίμησης ελεύθερου διαύλου (Clear Channel Assessment - CCA)
- Μειώνει την πιθανότητα να γίνει σύγκρουση
- Αλγόριθμος οπισθοχώρησης για ευστάθεια σε μεγάλα φορτία
- Δυνατότητα υλοποίησης διαφορετικών επιπέδων προτεραιότητας
- Προτεραιότητα στα ack



Το πρόβλημα κρυμμένου κόμβου

- Ο σταθμός A δε ξέρει ότι ο σταθμός B είναι απασχολημένος λαμβάνοντας από τον σταθμό C
 - Μπορεί να αρχίσει τη δικιά του μετάδοση και να προκαλέσει σύγκρουση

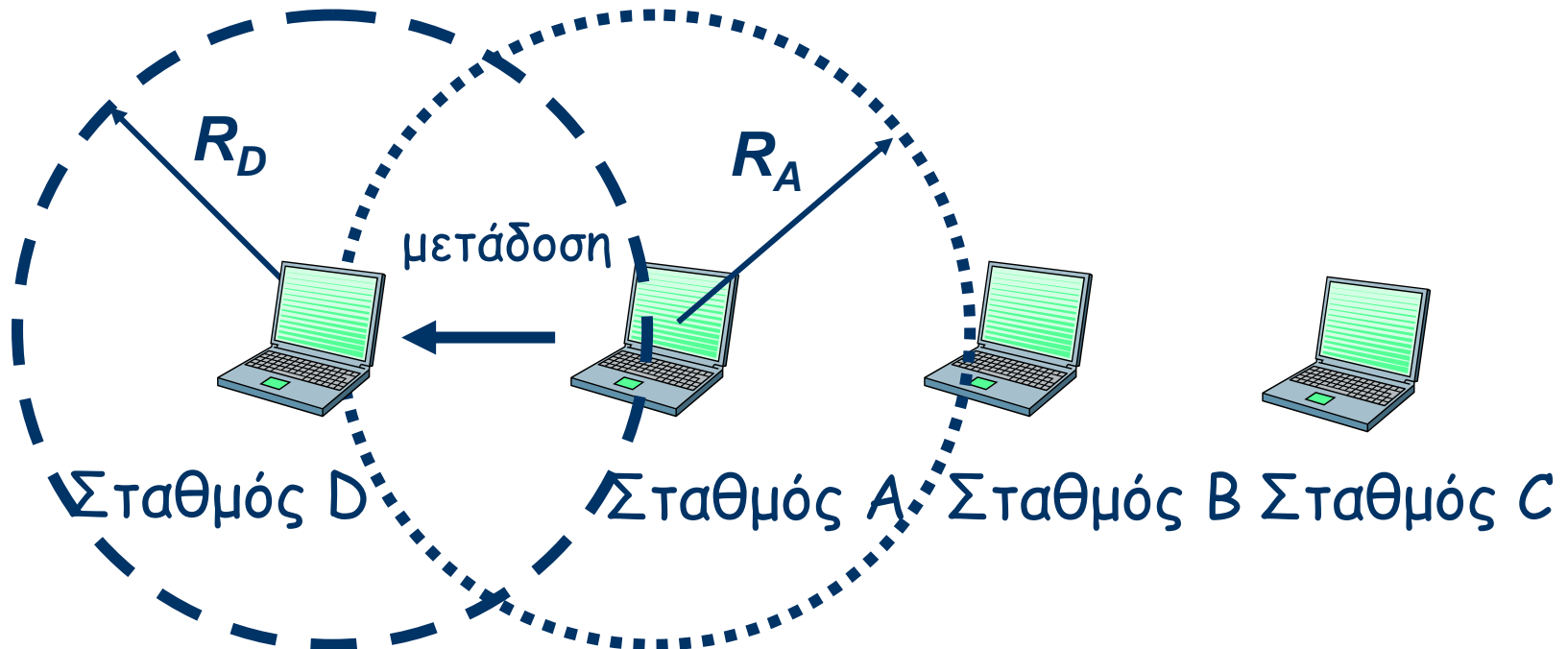
Εμβέλεια
μετάδοσης/λήψης
του A





Το πρόβλημα εκτεθειμένου κόμβου

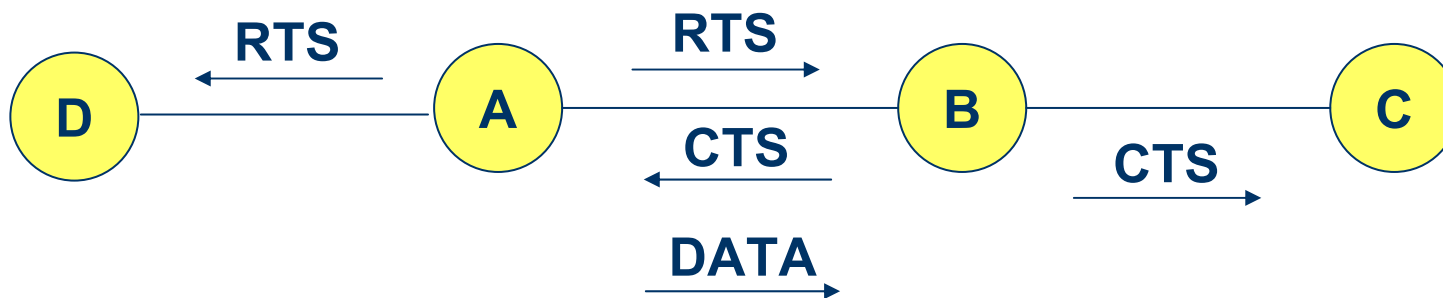
- Ο σταθμός Β θέλει να μεταδώσει στον C, αλλά λανθασμένα νομίζει ότι θα παρεμβάλει τη μετάδοση του A προς τον D
 - **Απέχει από τη μετάδοση (μειωμένη απόδοση)**



Μια λύση



- Ο Α στέλνει πρώτα το *Request-to-Send (RTS)* στον Β
- Λαμβάνοντας το *RTS*, ο Β απαντά με *Clear-to-Send (CTS)*
- Ο κρυμμένος κόμβος C ακούει το *CTS* και παραμένει σιωπηλός
- Ο εκτεθειμένος κόμβος ακούει το *RTS* αλλά όχι το *CTS*
 - Η μετάδοση από τον D δεν θα παρεμβάλει στον Β



- Αποτέλεσμα παρόμοιο με την ανίχνευση φέροντος (*virtual carrier sense*)



CSMA/CA



Εισαγωγή στην CSMA/CA

- Ο σταθμός που επιθυμεί να μεταδώσει, ακούει το μέσο
- Εάν είναι κατειλημμένο, περιμένει να ελευθερωθεί
- Εάν είναι ανενεργό, μεταδίδει μετά από μια περίοδο αποχής (περίοδος ανταγωνισμού)
 - Η περίοδος ανταγωνισμού (αποχής) είναι το άθροισμα μιας υποχρεωτικής ελάχιστης περιόδου συν μιας τυχαίας περιόδου οπισθοχώρησης (0 έως το παράθυρο ανταγωνισμού)
 - Έτσι αποφεύγονται συγκρούσεις λόγω πολλών σταθμών που μεταδίδουν αμέσως μόλις ακούσουν ότι το μέσο είναι ελεύθερο

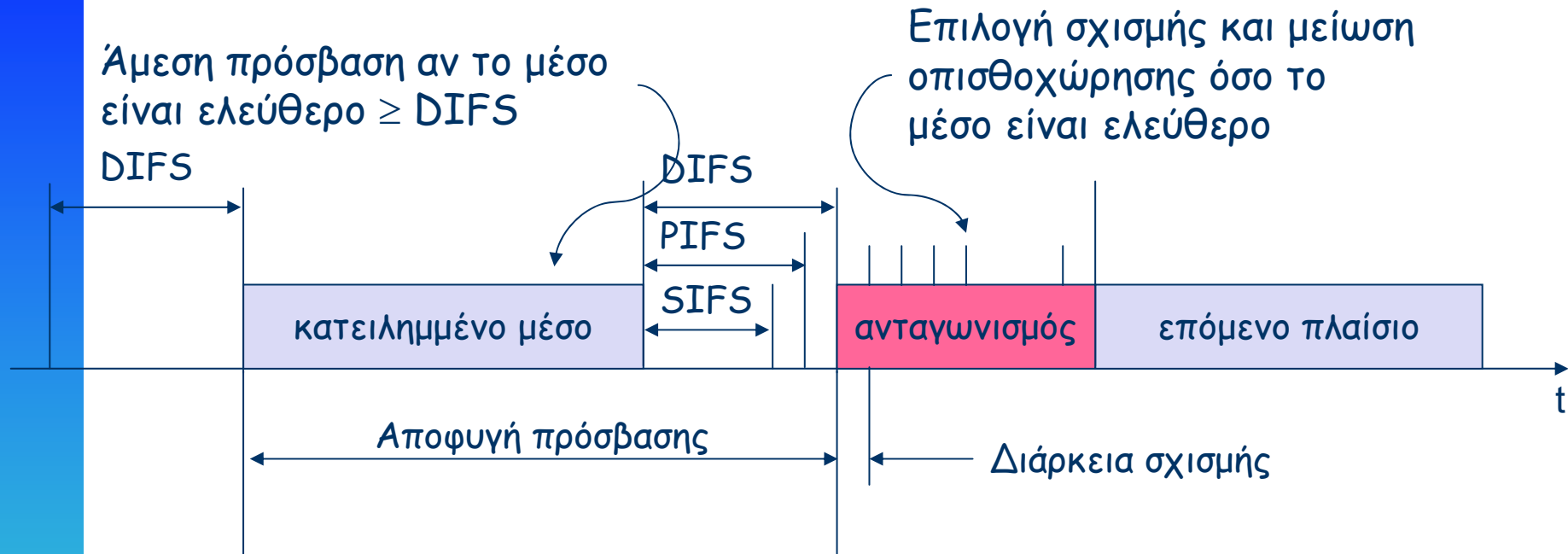


Εισαγωγή στην CSMA/CA

- Δεν γίνεται ανίχνευση σύγκρουσης, αλλά εάν το πλαίσιο δεν επιβεβαιωθεί (ACK), ο σταθμός υποθέτει ότι έχει συμβεί σύγκρουση
 - Ο σταθμός επαναμεταδίδει όμως τώρα το παράθυρο ανταγωνισμού διπλασιάζεται
 - εκθετική οπισθοχώρηση παρόμοια με το IEEE 802.3
- Προαιρετικά, ο πομπός και ο δέκτης μπορούν να δεσμεύσουν τον δίαυλο μέσω ανταλλαγής πλαισίων RTS/CTS
- Η μείωση της διέλευσης λόγω της περιόδου αποχής αντισταθμίζεται από τις λιγότερες αναμεταδόσεις

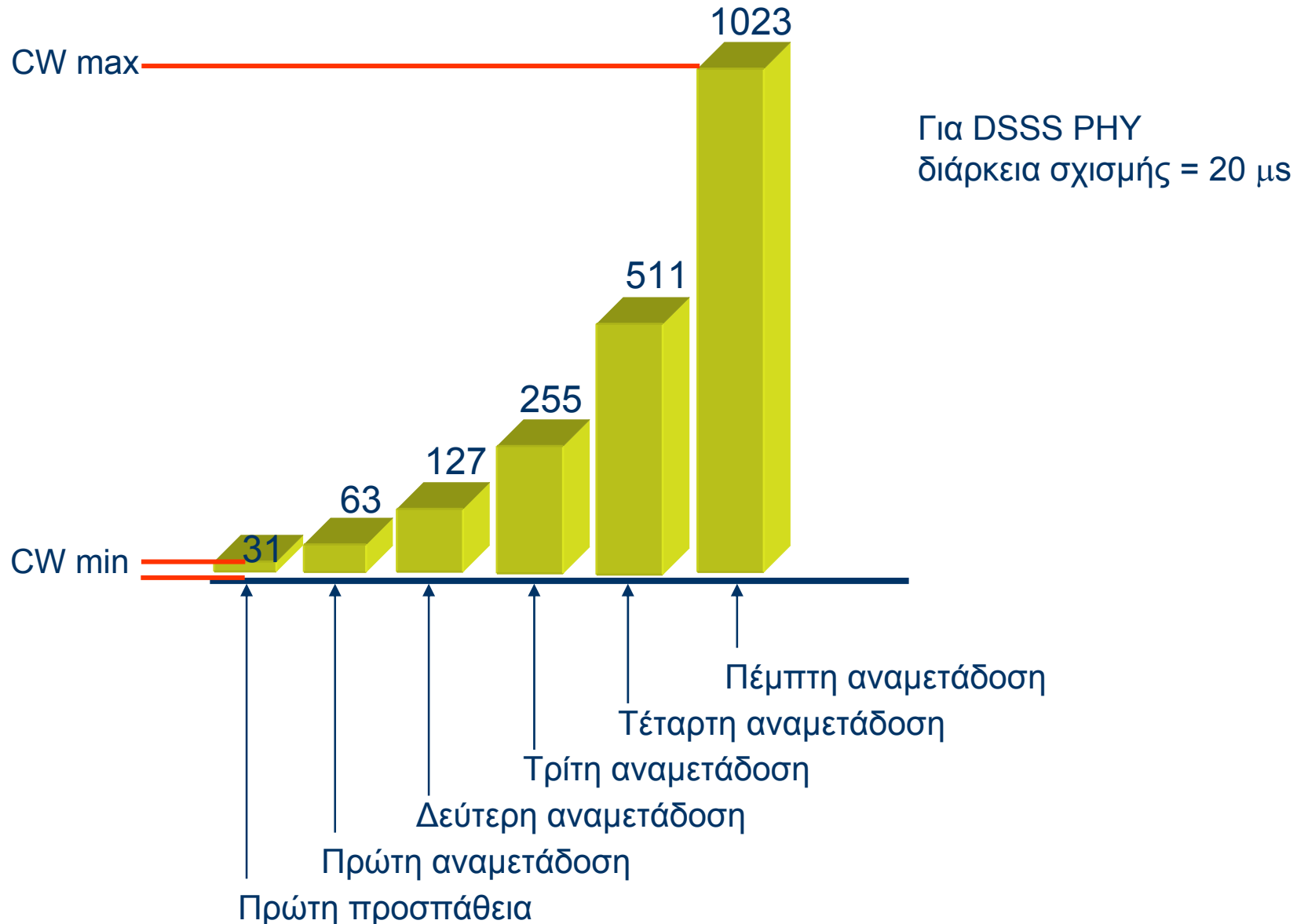


Χρήση CSMA με αποφυγή συγκρούσεων



- Αναγκαία κενά για τη λειτουργία του πρωτοκόλλου
 - SIFS = Short Interframe Space
 - PIFS = PCF Interframe Space = SIFS + 1
 - DIFS = DCF Interframe Space = PIFS + 1
- Μετρητής οπισθοχώρησης εκφρασμένος σε πλήθος σχισμών

Παράθυρο ανταγωνισμού



Το χρονοδιάγραμμα

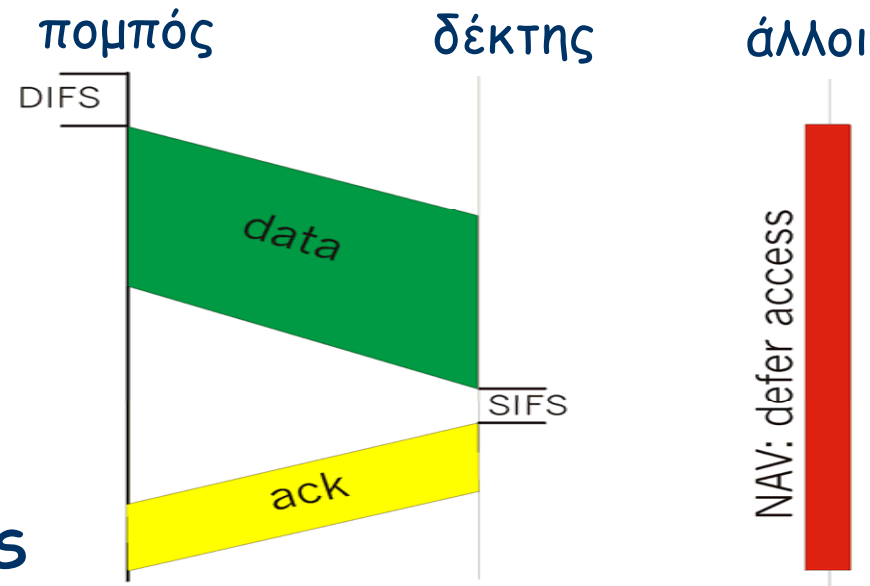


802.11 CSMA: εκπομπή

- εάν ο δίαυλος είναι αδρανής για **DIFS** sec
τότε στέλνεται ένα πλαίσιο (δεν ανιχνεύονται συγκρούσεις)
- αν ο δίαυλος είναι κατειλημμένος τότε γίνεται εκθετική οπισθοχώρηση

802.11 CSMA λήψη:

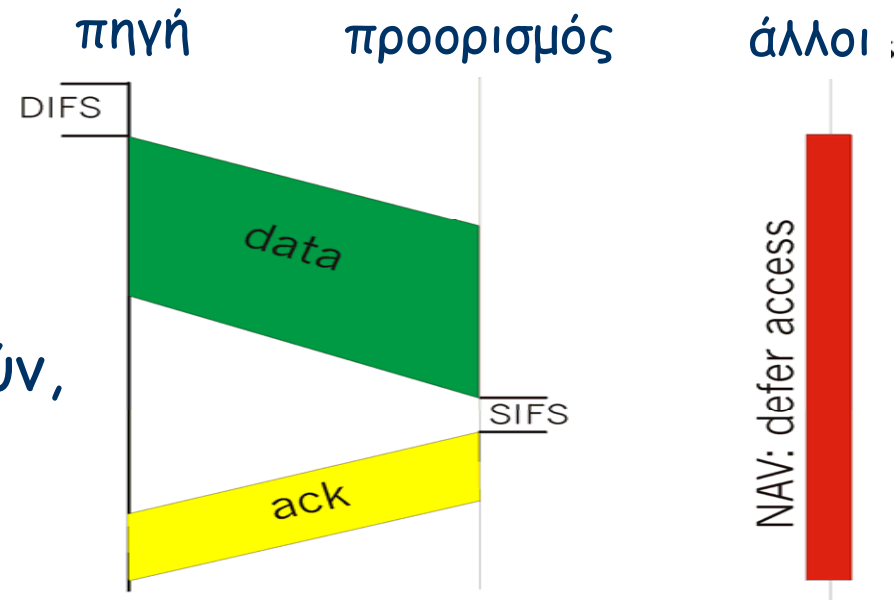
- αν το πλαίσιο ληφθεί σωστά αποστέλλεται ACK μετά από **SIFS** sec
(απαιτείται ACK λόγω του κρυμμένου τερματικού)



Το χρονοδιάγραμμα



- το πλαίσιο 802.11 έχει πεδίο που δείχνει τη διάρκεια μετάδοσης
- τούτο επιτρέπει στους άλλους σταθμούς να καθορίσουν τον ελάχιστο χρόνο αποχής **NAV** (Network Allocation Vector)
- οι υπόλοιποι σταθμοί που ακούν, δεν επιχειρούν πρόσβαση για χρονικό διάστημα NAV

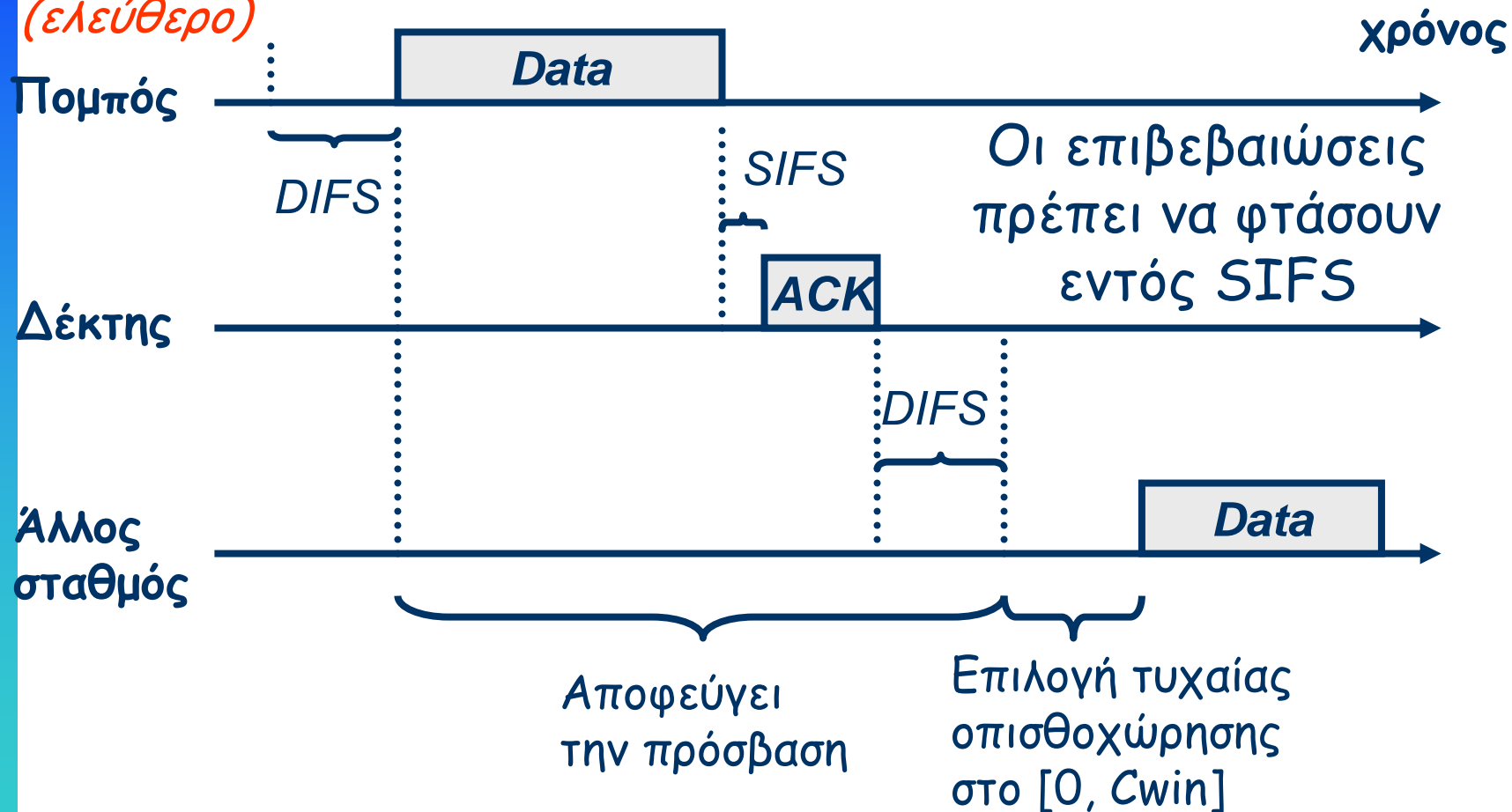


Το χρονοδιάγραμμα



Ξεκινά η ακρόαση
του μέσου
(ελεύθερο)

C_{win} = παράθυρο ανταγωνισμού

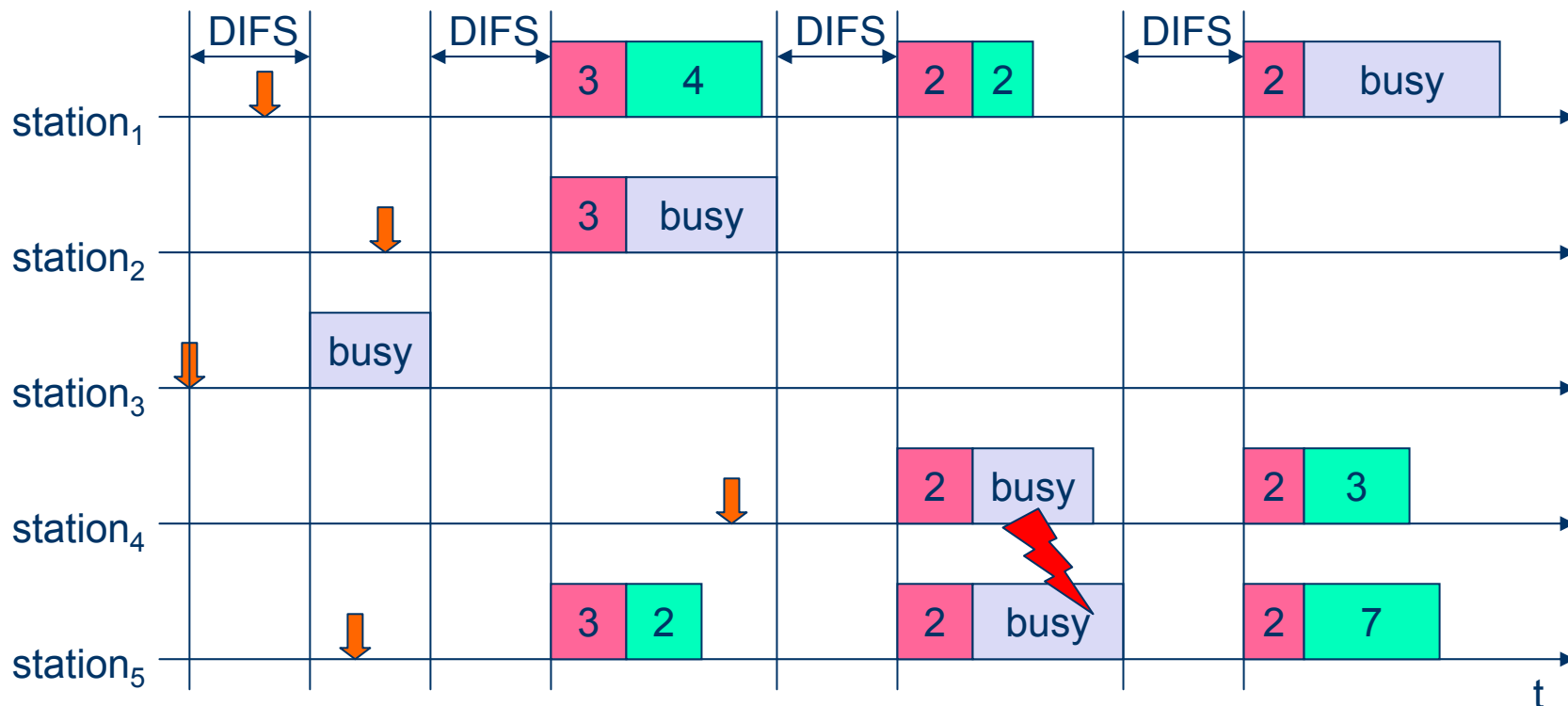


Network Allocation Vector (NAV)



- Μετρητής που διατηρεί κάθε σταθμός με την τιμή του χρόνου που πρέπει να περάσει μέχρι το μέσο να ελευθερωθεί πάλι
 - Περιλαμβάνει το διάστημα που θα απαιτηθεί ώστε ο σταθμός που μεταδίδει να ολοκληρώσει τη μετάδοσή του
 - Ο σταθμός δε μπορεί να μεταδώσει μέχρι το NAV γίνει μηδέν
- Κάθε σταθμός υπολογίζει το χρόνο που θα χρειασθεί για να μεταδώσει το πλαίσιό του (βάσει του ρυθμού μετάδοσης και του μήκους πλαισίου)
 - Αυτή η πληροφορία περιλαμβάνεται στο πεδίο μήκους της επικεφαλίδας PLCP
 - Χρησιμοποιείται από τους άλλους σταθμούς για να θέσουν τη τιμή του NAV

Παράδειγμα CSMA/CA



busy

απασχολημένο (πλαίσιο, ack, κλπ)

bo_e

Παρωχημένη οπισθοχώρηση



Άφιξη πακέτου στο MAC

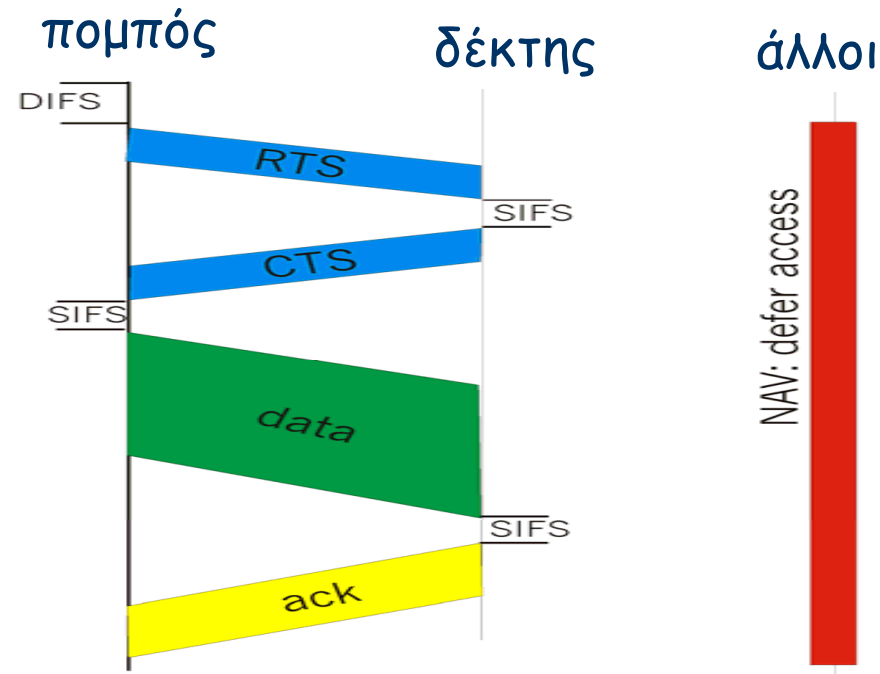
bo_r

Υπολειπόμενη οπισθοχώρηση

Ανταλλαγή RTS-CTS



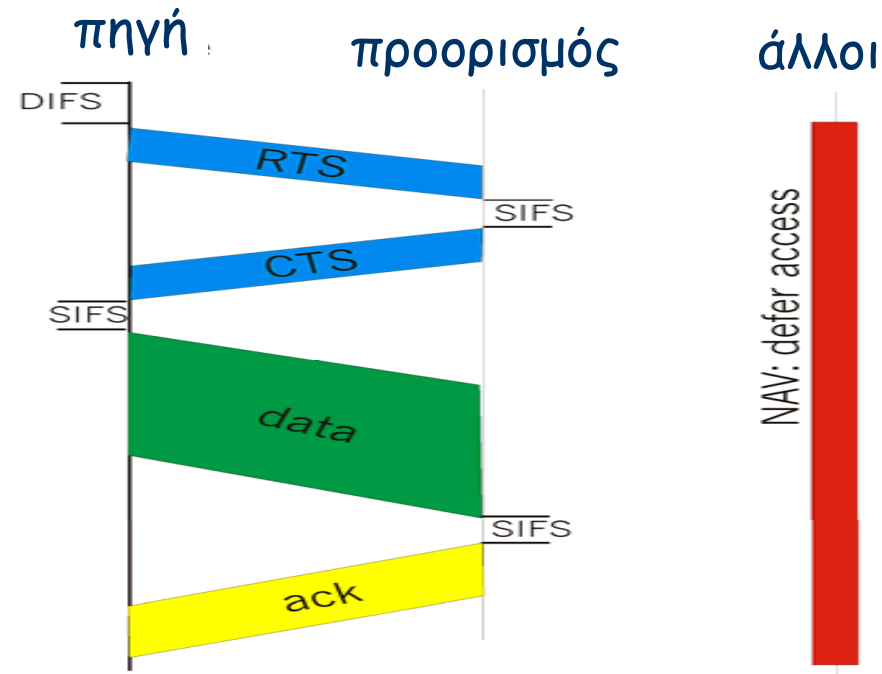
- **CSMA/CA** με σαφή κράτηση του διαύλου
 - πομπός: στέλνει RTS (request to send)
 - δέκτης: απαντά με CTS (clear to send)
- το CTS κρατάει τον δίαυλο για τον πομπό, ειδοποιώντας τους (τυχόν κρυμμένους) σταθμούς
 - αποφυγή συγκρούσεων λόγω κρυμμένων σταθμών



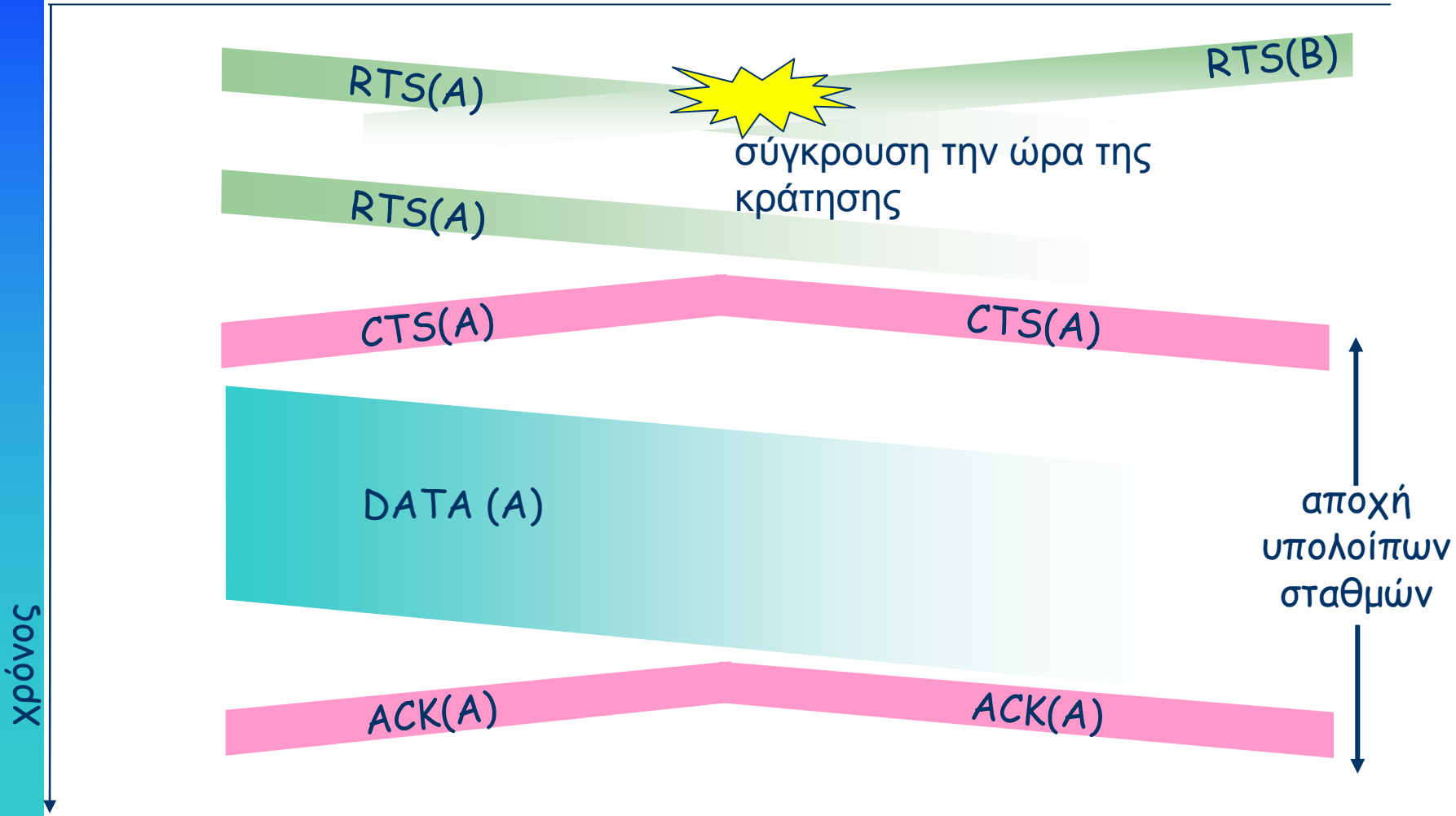
Ανταλλαγή RTS-CTS



- σύντομα RTS και CTS:
 - μικρότερη πιθανότητα σύγκρουσης
 - μικρότερης διάρκειας σύγκρουσης
 - αποτέλεσμα παρόμοιο με την ανίχνευση φέροντος (*virtual carrier sense*)



Virtual Carrier Sense

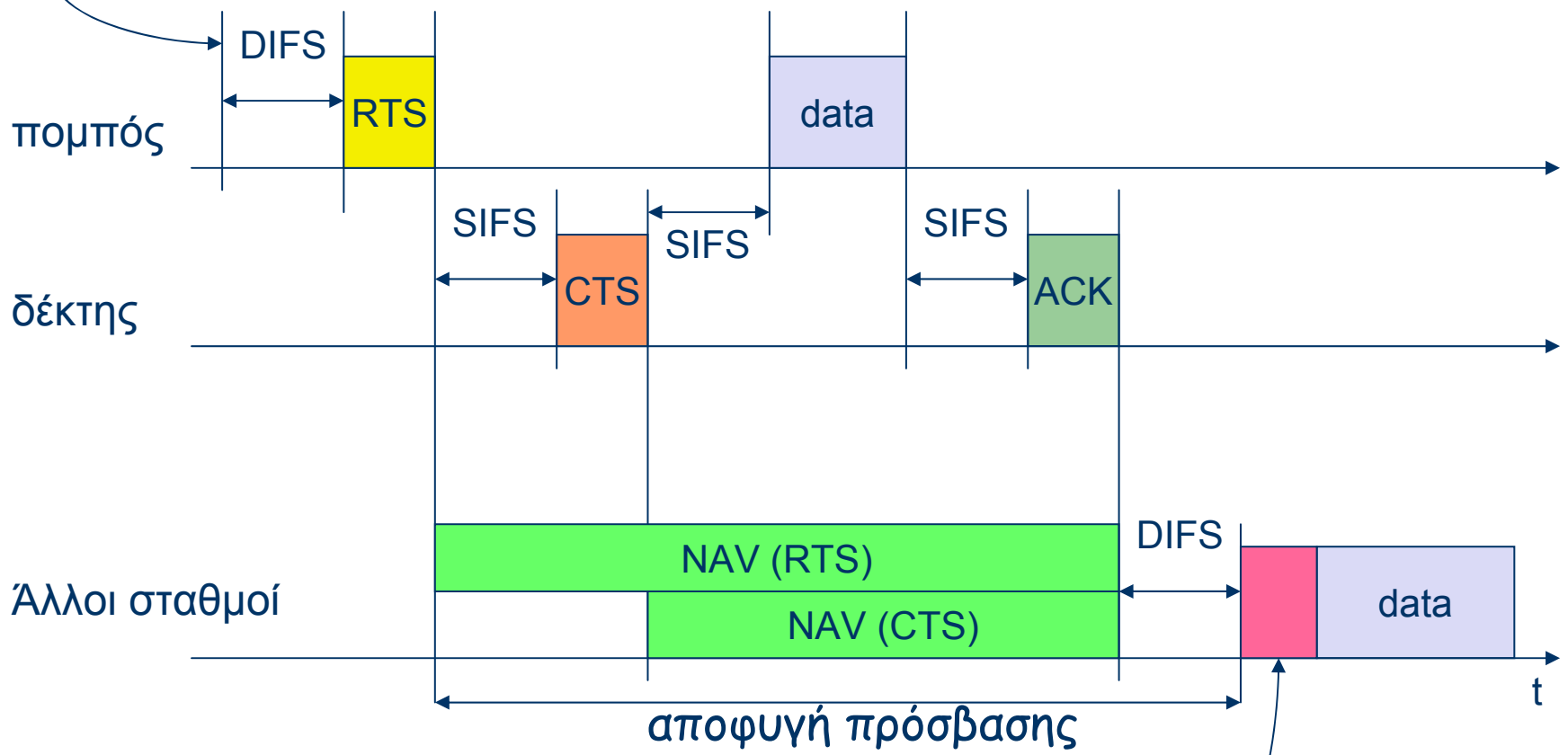


Το χρονοδιάγραμμα με RTS/CTS



Ξεκινά η ακρόαση του μέσου (ελεύθερο)

C_{win} = παράθυρο ανταγωνισμού



Ανταγωνισμός: επιλογή τυχαίας οπισθοχώρησης στο $[0, C_{win}]$

802.11: RTS/CTS + ACK

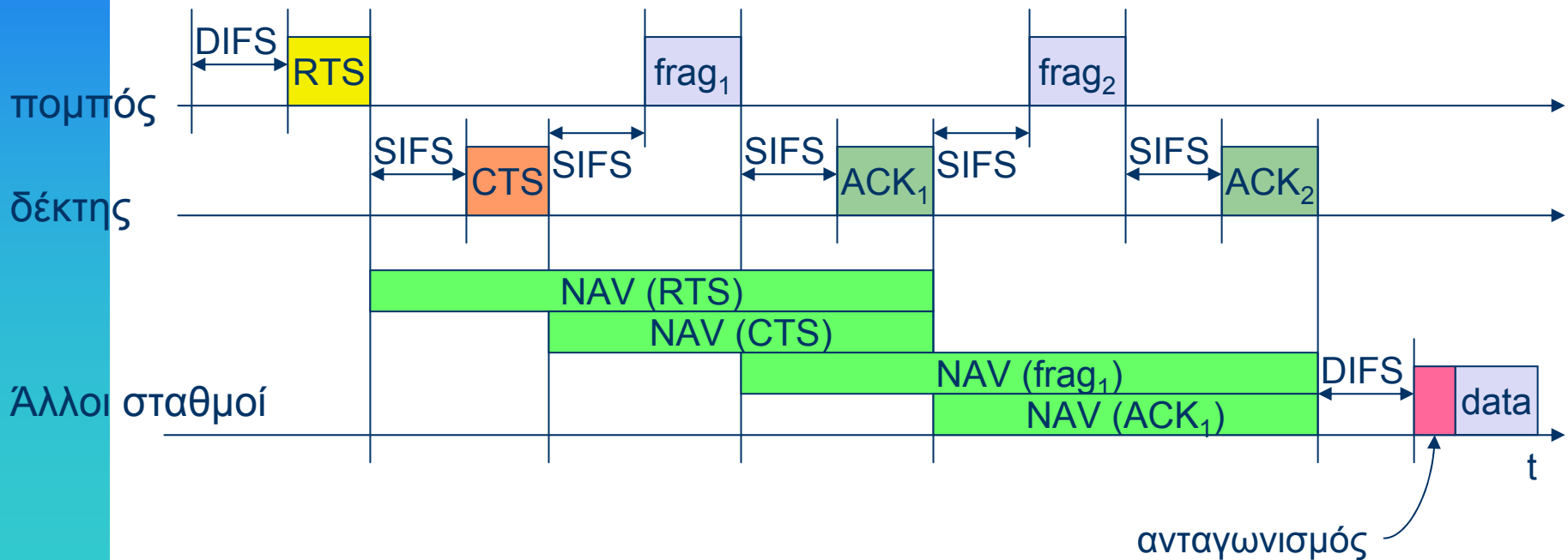


- 802.11 προσθέτει ACK στη σηματοδότηση για βελτίωση της αξιοπιστίας
 - συνέπεια: για αποφυγή σύγκρουσης με τις ACK, κάθε σταθμός που ακούει RTS δεν πρέπει να στείλει για χρόνο NAV
 - έτσι, ένας σταθμός δεν πρέπει να στείλει για χρόνο NAV αν ακούσει είτε RTS είτε CTS
- Σημείωση: το RTS/CTS είναι προαιρετικό στο 802.11, οπότε μπορεί να μην είναι πάντα ενεργοποιημένο
 - μερικές κάρτες δικτύου το ενεργοποιούν μόνο όταν το μήκος ενός πλαισίου υπερβαίνει δοθέν κατώφλι

Θρυμματισμός



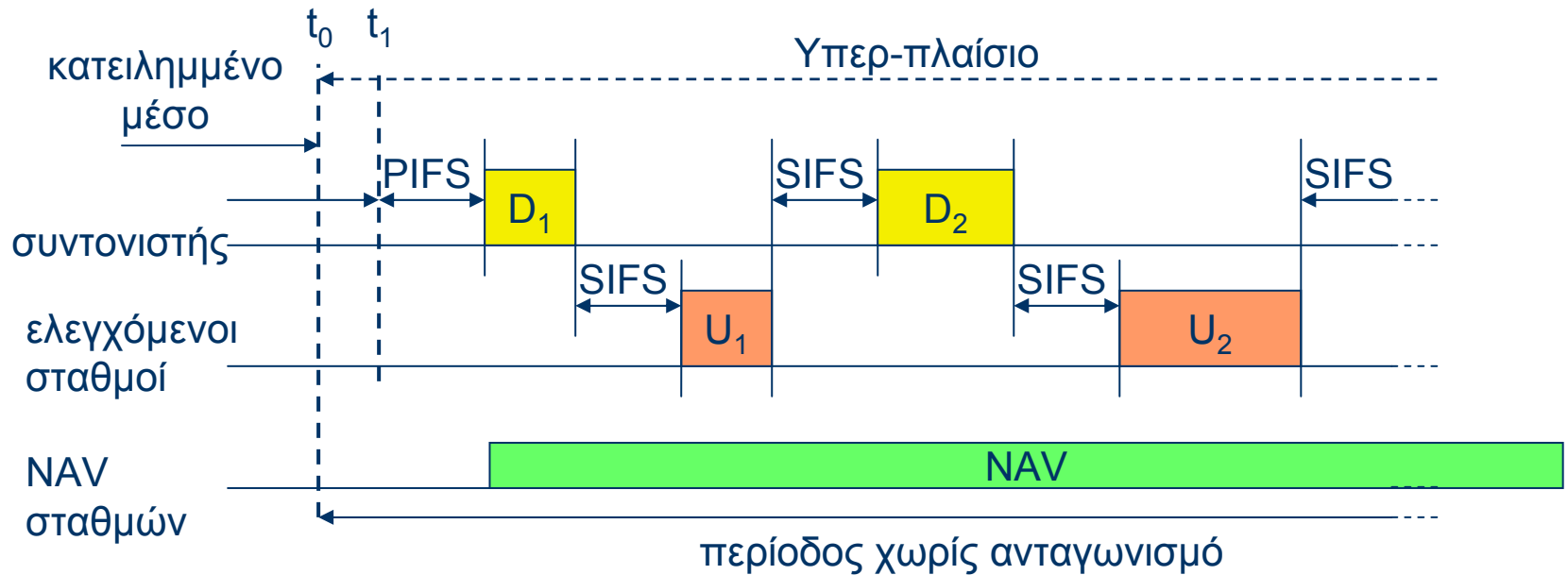
- Για να μειωθεί ο χρόνος κατάληψης του καναλιού σε περίπτωση σύγκρουσης, ένα πλαίσιο μπορεί να θρυμματισθεί και να μεταδοθεί ως πολλά μικρότερης διάρκειας πλαίσια



Point Coordination Function (PCF)



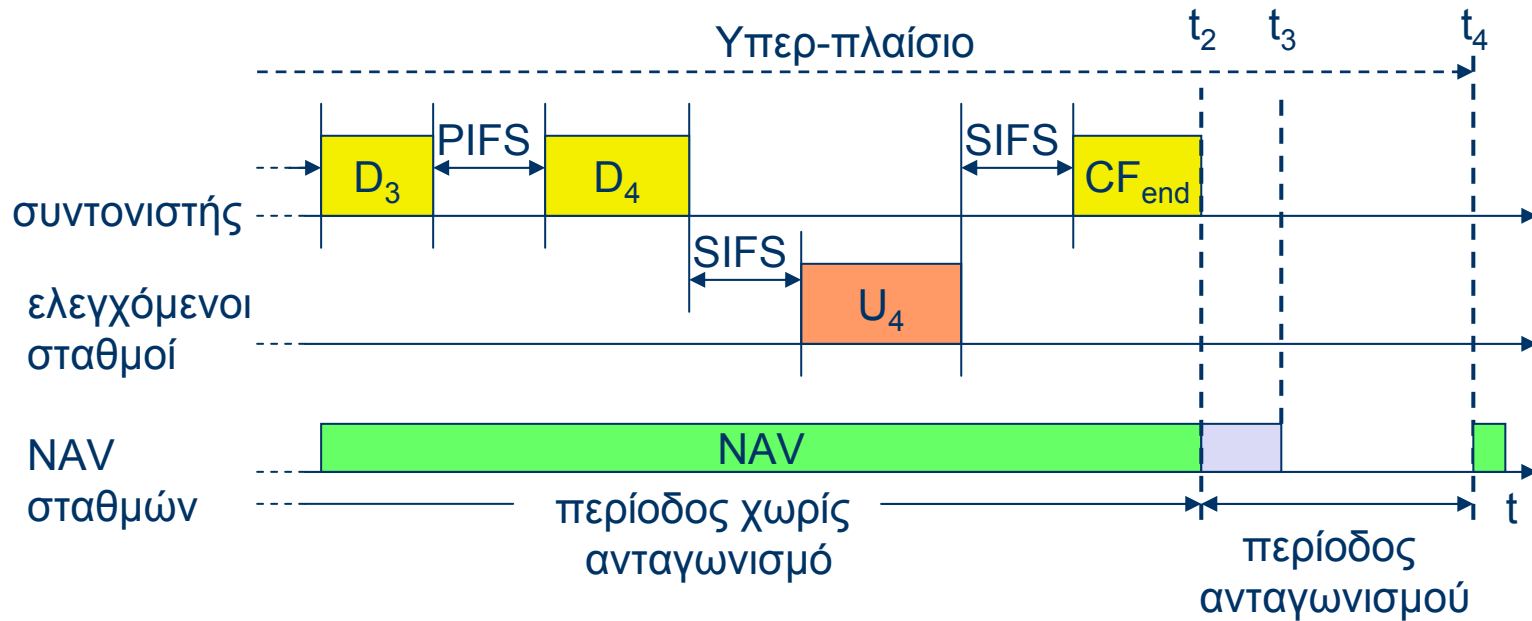
- Σε τι διαφέρει η PCF και η DCF?
- Ερωταποκρίσεις σταθμών → Polling



D: ροή καθόδου ή δεδομένα από τον συντονιστή

U: δεδομένα από ελεγχόμενο ασύρματο σταθμό

PCF (συν)





Βασικές διαδικασίες



802.11: Δίαυλοι, συσχέτιση

- Το διαθέσιμο φάσμα διαιρείται σε διαύλους διαφορετικών συχνοτήτων
 - ο διαχειριστής του AP μπορεί να επιλέξει συχνότητα για το AP
 - πιθανότητα παρεμβολής: κάποιος δίαυλος μπορεί να είναι κοινός με δίαυλο γειτονικού AP
- σταθμός: πρέπει να *συσχετισθεί* με ένα AP



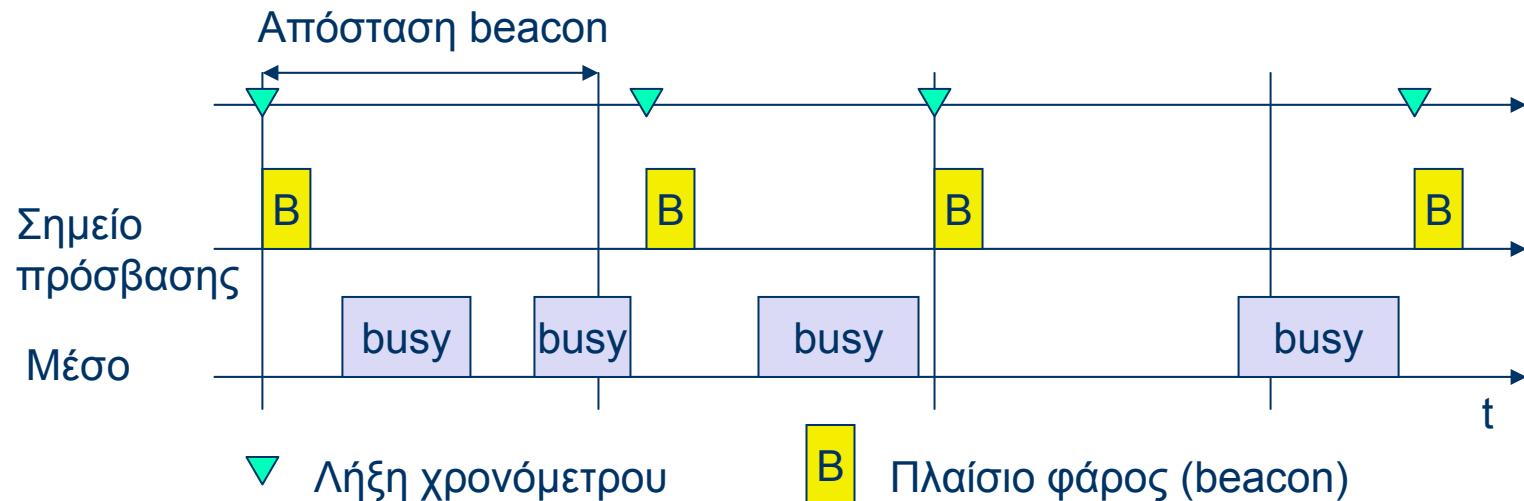
Συσχέτιση - Association

- Εγκατάσταση σχέσης με το AP
- Οι σταθμοί σαρώνουν την περιοχή συχνότητων και επιλέγουν το AP με την καλύτερη ποιότητα επικοινωνίας
 - Ενεργή σάρωση (αποστολή διερευνητικής αίτησης "Probe request" σε συγκεκριμένους διαύλους και λήψη απάντησης)
 - Παθητική σάρωση (εκτίμηση της ποιότητας επικοινωνίας από πλαίσια φάρους (beacon)
 - Τα πλαίσια φάρου περιέχουν το όνομα (SSID) και τη διεύθυνση MAC του AP
- Τα AP διατηρούν λίστα των συσχετισμένων σταθμών
 - Ιδιότητες των σταθμών (ρυθμός δεδομένων)
- Οι διευθύνσεις MAC των σταθμών διατηρούνται σε πίνακες προώθησης ανάλογα με τη θύρα που εντοπίζονται

Συγχρονισμός (υποδομή)



- Το σύστημα είναι συγχρονισμένο!
 - Οι σταθμοί διατηρούν ρολόγια που συγχρονίζονται βάσει πληροφορίας (πλαίσια beacon) που εκπέμπει το σημείο πρόσβασης



Πιστοποίηση αυθεντικότητας Authentication



- Έλεγχος της πρόσβασης στην υποδομή
- Οι σταθμοί δηλώνουν την ταυτότητά τους σε άλλους σταθμούς ή AP πριν την αποστολή δεδομένων (ή τη συσχέτιση)
- Ανοικτό σύστημα (Open System Authentication)
 - Δε χρησιμοποιεί αλγόριθμο πιστοποίησης αυθεντικότητας
 - Προεπιλεγμένο (default)
- Διαμοιραζόμενο κλειδί (Shared Key Authentication)
 - Χρήση αλγορίθμων κρυπτογράφησης (π.χ. WEP privacy algorithm)
 - Προαιρετικό
- Εγκατάσταση σχέσης με το AP
 - επιλέγει AP
 - τρέχει το DHCP για να αποκτήσει διεύθυνση IP στο υποδίκτυο του AP



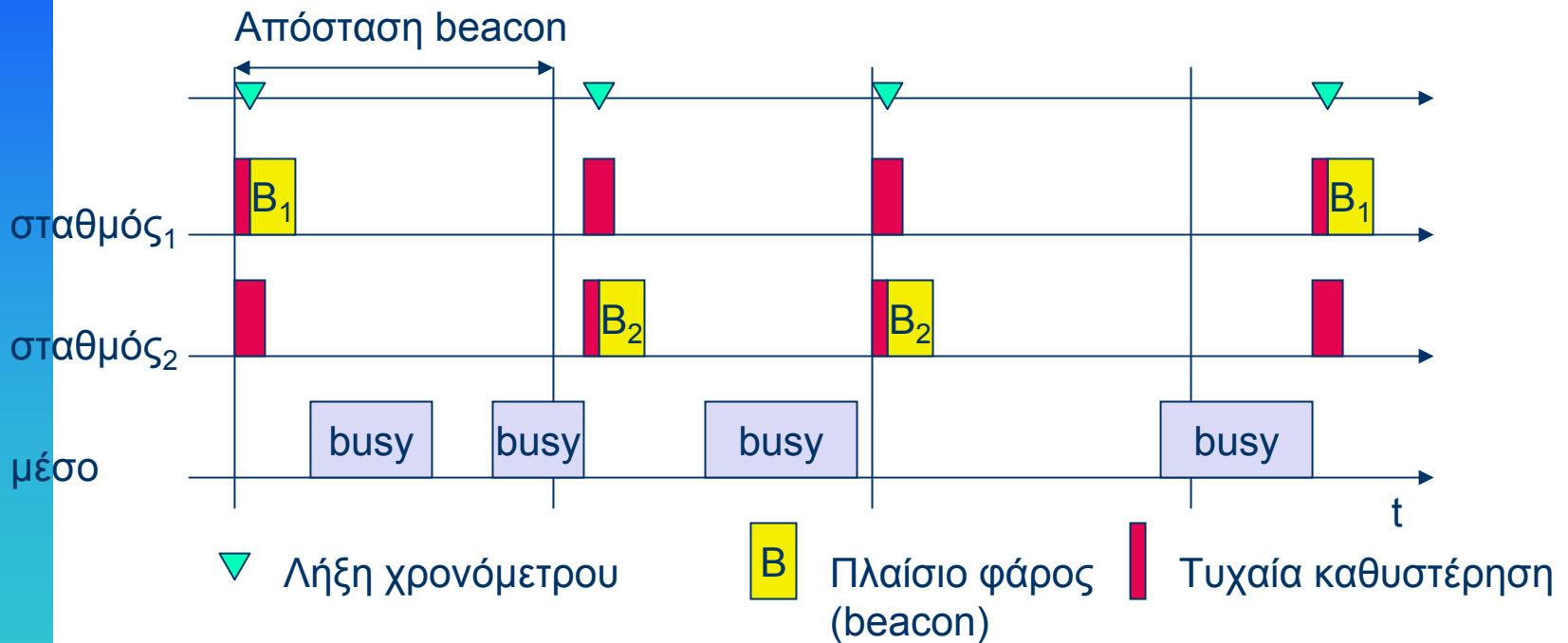
Εκκίνηση ESS

- Το δίκτυο υποδομής προσδιορίζεται από την ESSID
- Όλα τα AP έχουν διαρθρωθεί σύμφωνα με αυτή την ESSID
- Οι σταθμοί όταν ενεργοποιούνται αποστέλλουν Probe Requests και εντοπίζουν το AP με το οποίο θα συσχετισθούν:
 - "το καλύτερο" AP με την δοθείσα ESSID
 - "το καλύτερο" AP εάν η επιθυμητή SSID είναι "ANY"



- Ο σταθμός που λειτουργεί σε IBSS "αναζητεί" πλαίσια φάρους που περιέχουν όνομα δικτύου (SSID) που ταιριάζει με τη δική του
 - Όταν λαμβάνονται πλαίσια beacon με ταιριαστό όνομα δικτύου που παράγονται από AP, ο σταθμός συσχετίζεται με το AP
 - Όταν λαμβάνονται πλαίσια beacon με ταιριαστό όνομα δικτύου που παράγονται από άλλο σταθμό που λειτουργεί σε IBSS, ο σταθμός εισέρχεται στο IBSS
 - Εάν δε λαμβάνονται πλαίσια beacon με ταιριαστό όνομα δικτύου, ο σταθμός θα αρχίσει να εκπέμπει πλαίσια beacon
- Όλοι οι σταθμοί στο δίκτυο IBSS συνεργάζονται στην αποστολή πλαισίων beacon
 - Ξεκινούν ένα τυχαίο μετρητή (timer) πριν τη στιγμή που θα πρέπει να σταλεί το επόμενο πλαίσιο beacon
 - Ο σταθμός του οποίου το χρονόμετρο λήγει πρώτο αποστέλλει το επόμενο πλαίσιο beacon

Συγχρονισμός (ad-hoc)





Το πλαίσιο ΜΑC



Μορφές πλαισίων

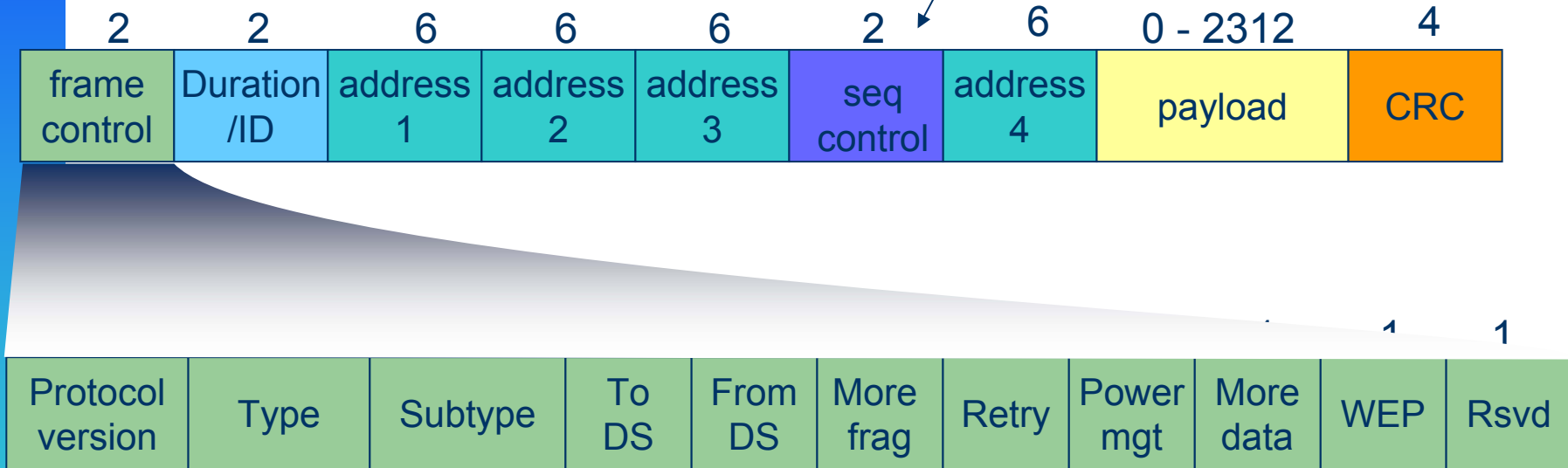
- Η μορφή της επικεφαλίδας MAC διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου:
 - Πλαίσια ελέγχου (Control Frames): παραλείπονται αρκετά πεδία
 - Πλαίσια διαχείρισης (Management Frames)
 - Πλαίσια δεδομένων (Data Frames)

Μορφή πλαισίου δεδομένων MAC 802.11b



διάρκεια του χρόνου κράτησης (μs)
για τη μετάδοση (RTS/CTS)

αύξων αριθ. πλαισίου
(για αξιόπιστη μετάδοση)



τύπος πλαισίου

00: mgmt, 01: control (RTS, CTS, ACK,...)

10: data, 11: reserved



Το πρώτο byte του πεδίου ελέγχου πλαισίου

- Protocol Version (2 bit) - έκδοση του πρωτοκόλλου
- Type (2 bit) - διάκριση μεταξύ πλαισίων διαχείρισης (00), πλαισίων ελέγχου (01), ή πλαισίων δεδομένων (10)
- Subtype (4 bit) - εξειδίκευση του τύπου πλαισίου



Το δεύτερο byte του πεδίου ελέγχου πλαισίου

- Το DS (1 bit) - σημαία που τίθεται ίση με 1 όταν το πλαίσιο στέλνεται στο AP για προώθηση προς το σύστημα διανομής (DS) μέσω του AP. περιλαμβανομένης και της περίπτωσης όπου ο προορισμός βρίσκεται στο ίδιο BSS
- From DS (1 bit) - σημαία που τίθεται ίση με 1 όταν το πλαίσιο προέρχεται από το σύστημα διανομής (DS)
- More Fragment (1 bit) - σημαία που τίθεται όταν πρόκειται να ακολουθήσουν τεμάχια του ιδίου πλαισίου
- Retry (1 bit) - δείχνει ότι το πλαίσιο είναι επαναμετάδοση (για να αναγνωρίζονται αντίγραφα πλαισίων π.χ. σε περίπτωση απώλειας του ACK)



Το δεύτερο byte του πεδίου ελέγχου πλαισίου

- **Power Management (1 bit)** - δείχνει την κατάσταση ισχύος που θα τεθεί στον σταθμό μετά τη μετάδοση του τρέχοντος πλαισίου (active, power saving)
- **More data (1 bit)** - χρησιμοποιείται για διαχείριση της ενέργειας: ο AP δείχνει ότι υπάρχουν και άλλα πλαίσια στην ουρά για τον συγκεκριμένο σταθμό, ο σταθμός αποφασίζει να συνεχίσει το Polling ή τη μετάβαση σε active
- **WEP (1 bit)** - τα δεδομένα κρυπτογραφούνται με WEP
- **Order (1 bit)** το πλαίσιο αποστέλλεται με την υπηρεσία αυστηρής σειράς



Τα άλλα πεδία

- **Duration/ID (2 byte)** - Στα πλαίσια Power-Save Poll είναι η ταυτότητα του σταθμού. Για όλα τα άλλα πλαίσια, περιέχει τη διάρκεια προς χρήση στον υπολογισμό του NAV
- **Sequence control (2 byte)** - αύξων αριθμός τεμαχίου (δια την αναγνώριση της σειράς των τεμαχίων του ιδίου πλαισίου και εντοπισμό αντιγράφων)
- **Frame body (0 μέχρι 2312 byte)**
- **FCS (4 bytes)** - Frame Check Sequence (32 bit CRC)



Οι διευθύνσεις

- Το πλαίσιο μπορεί να περιλαμβάνει μέχρι 4 διευθύνσεις
- Τα πεδία διευθύνσεων Address (6 byte έκαστη) περιλαμβάνουν την BSSID, διεύθυνση πηγής (SA), διεύθυνση προορισμού (DA), διεύθυνση πομπού (TA), διεύθυνση δέκτη (RA)
- Η σημασία τους εξαρτάται από τις τιμές των πεδίων To DS και From DS



Οι διευθύνσεις

- Η *Address1* είναι πάντα η διεύθυνση του δέκτη (άμεσου παραλήπτη του πλαισίου). Εάν το *To DS* είναι 1, τότε είναι η διεύθυνση του AP. Εάν το *To DS* είναι 0, τότε είναι η διεύθυνση του άλλου σταθμού
- Η *Address2* είναι πάντα η διεύθυνση του πομπού που μεταδίδει το πλαίσιο. Εάν το *From DS* είναι 1, τότε είναι η διεύθυνση του AP. Εάν το *From DS* είναι 0, τότε είναι η διεύθυνση του σταθμού

Πεδία διευθύνσεων



Bits: 2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Protocol Version	Type	SubType	To DS	From DS	More Frag	Retry	Pwr Mgt	More Data	WEP	Rsvd
Frame Control Field										

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	N/A
0	1	DA	BSSID	SA	N/A
1	0	BSSID	SA	DA	N/A
1	1	RA	TA	DA	SA

DA: διεύθυνση προορισμού του πλαισίου

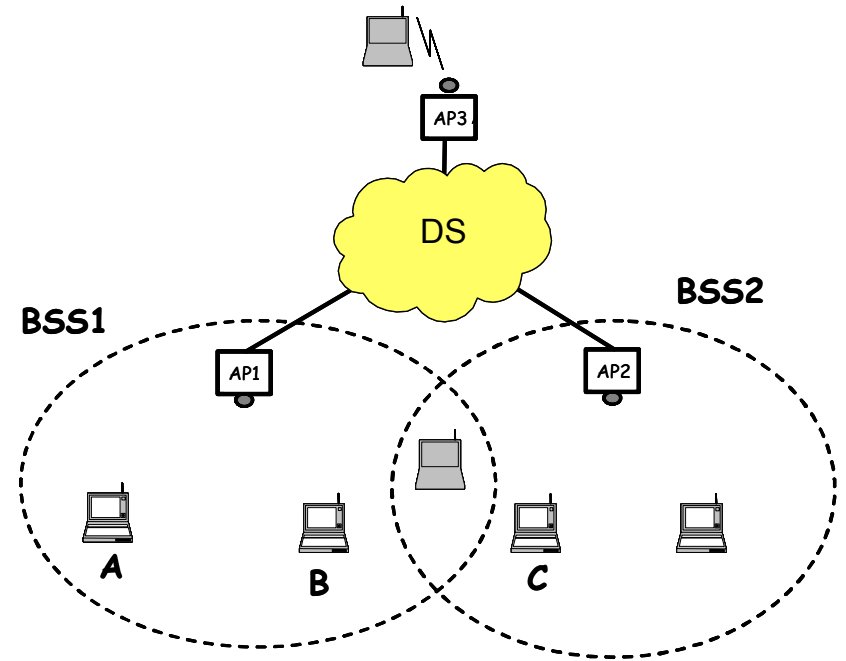
SA: διεύθυνση πηγής του πλαισίου

RA: διεύθυνση του δέκτη (επόμενου ενδιάμεσου παραλήπτη)

TA: διεύθυνση του πομπού AP (στο WDS που μεταδίδει το πλαίσιο)

BSSID: διεύθυνση του AP

Παράδειγμα χρήσης

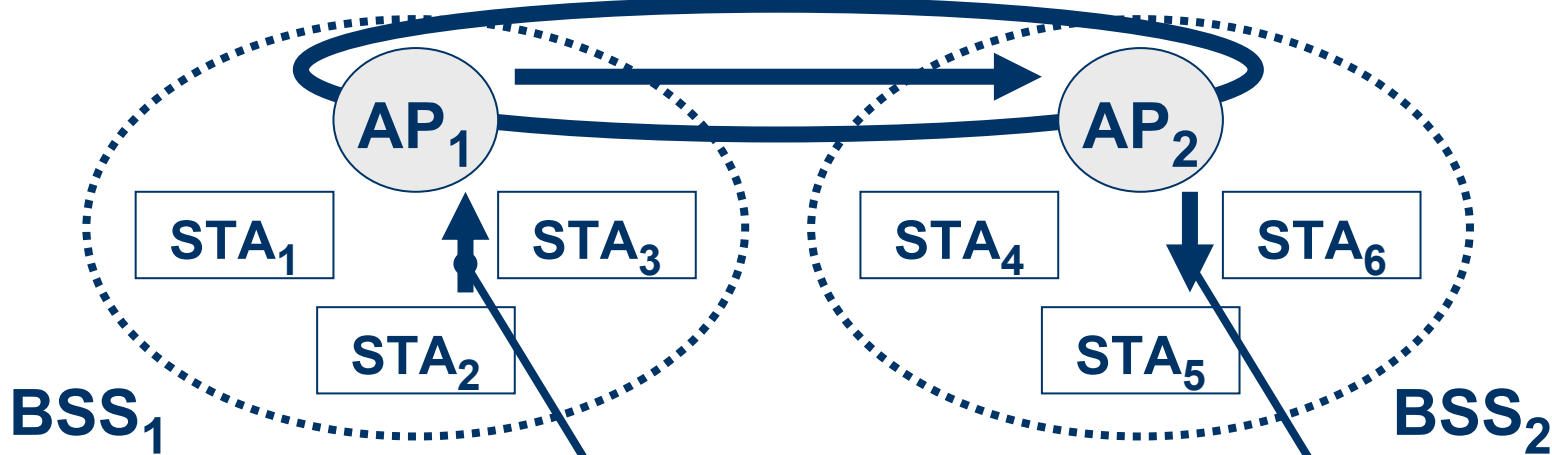


	Addr1	Addr2	Addr3	Addr4
A→B	B	A	BSS1	-
AP2→C	C	AP2	A	-
A→C	AP1	A	C	-
AP1→AP2	AP2	AP1	C	A

Παράδειγμα χρήσης σε DS



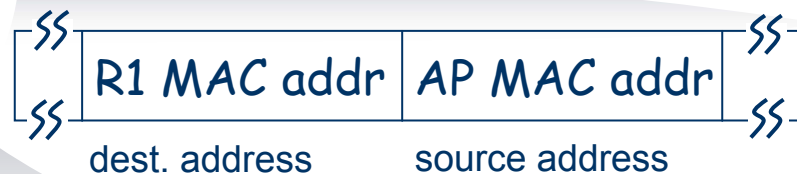
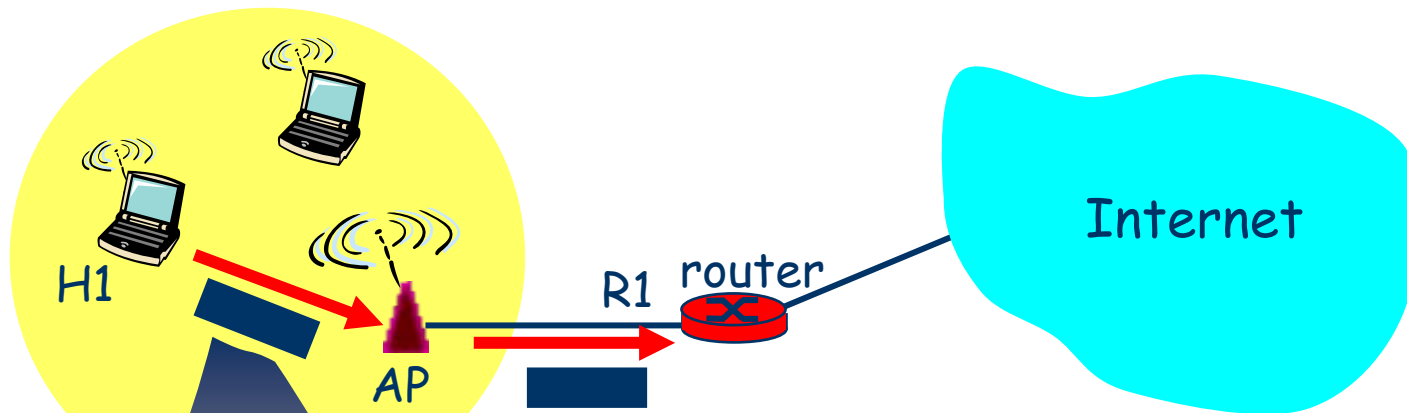
Σύστημα διανομής (DS)



SA = STA₂
DA = STA₅
TA = STA₂
RA = AP₁

SA = STA₂
DA = STA₅
TA = AP₂
RA = STA₅

Παράδειγμα χρήσης με υποδομή



Πλαίσιο 802.3

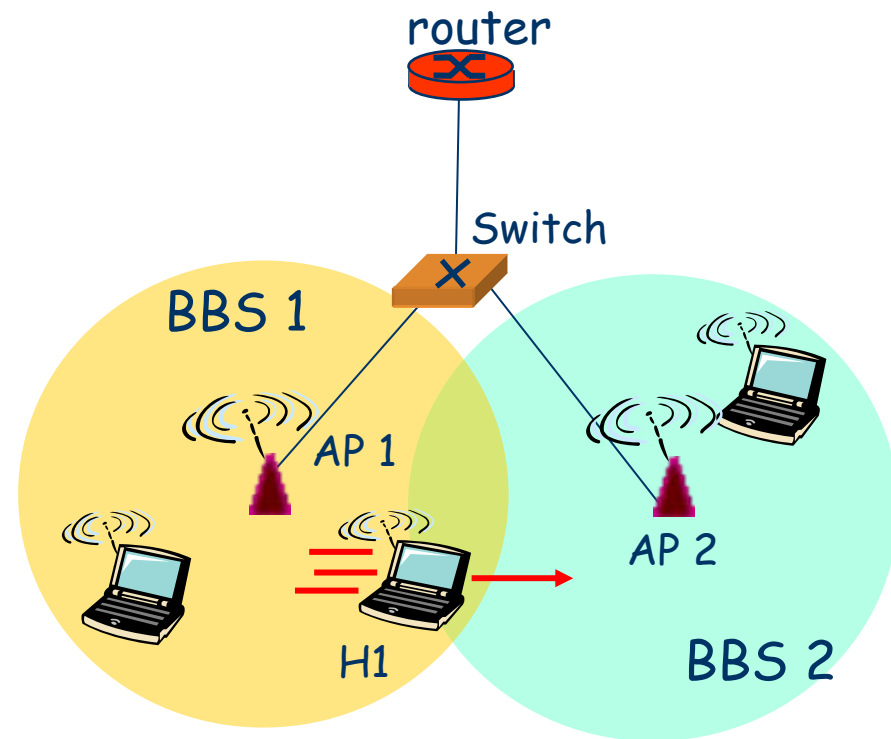


Πλαίσιο 802.11

802.11: Κινητικότητα στο ίδιο υποδίκτυο



- Ο Η1 παραμένει στο ίδιο υποδίκτυο IP: η διεύθυνση IP μπορεί να παραμείνει ίδια
- Το switch που είναι συσχετισμένο με τον Η1:
 - με αυτοεκπαίδευση θα μάθει από πού λαμβάνει πλαίσια του Η1 και θα "θυμάται" σε ποια πόρτα θα στέλνει πλαίσια για τον Η1



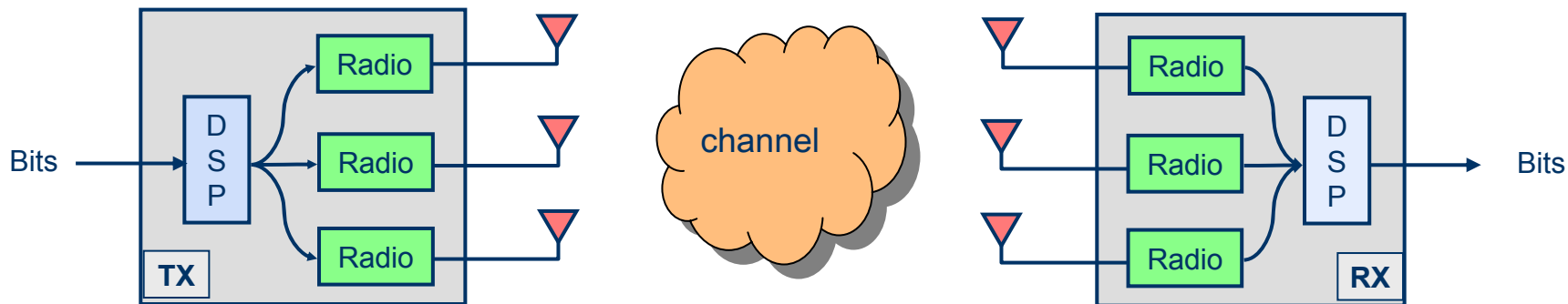


Νέα πρότυπα ΙΕΕΕ 802.11

Το πρότυπο 802.11n



- Το νέο πρότυπο 802.11n σκοπεύει σε WLAN υψηλών ταχυτήτων
 - Ρυθμοί 64-600Mbps
- Συμβατότητα προς τα πίσω
 - Παραδοσιακά a/b/g, πχ. σημείο πρόσβασης 802.11n AP και σταθμοί a/b/g
 - Μεικτή χρήση, πχ. σημείο πρόσβασης 802.11n και σταθμοί a/b/g/n
- MIMO



Το πρότυπο 802.11s: πλέγματα



- Στο 802.11s προδιαγράφονται δίκτυα πλέγματα (mesh) για βελτιωμένη ραδιοκάλυψη και αποφυγή μοναδικών σημείων αστοχίας
 - Τα σημεία πρόσβασης, Mesh Points (MP), σχηματίζουν ζεύξεις μεταξύ τους, πάνω από τις οποίες εγκαθίστανται διαδρομές μέσω πρωτοκόλλων δρομολόγησης. Τα MP μπορεί να είναι:
 - μεμονωμένες συσκευές που χρησιμοποιούν υπηρεσίες mesh
 - Σημεία πρόσβασης που παρέχουν πρόσβαση στο πλέγμα σε κινητούς σταθμούς
 - Πύλες προς σταθερά δίκτυα
 - Το 802.11s ορίζει ένα υποχρεωτικό πρωτόκολλο δρομολόγησης το Hybrid Wireless Mesh Protocol (HWMP) και επιτρέπει τη χρήση εναλλακτικών
 - Το HWMP βασίζεται στο AODV