



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ασύρματα
Τοπικά Δίκτυα



- Βασικές αρχές και θέματα υλοποίησης για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα
 - Σχεδιαστικοί στόχοι
 - Αρχιτεκτονικές
- Δίκτυα IEEE 802.11



Περιεχόμενα

- Εισαγωγή στα ασύρματα τοπικά δίκτυα
- Δίκτυα IEEE 802.11
 - Μοντέλο αναφοράς
 - Στοιχεία δικτύου
 - Αρχιτεκτονική
- Φυσικό στρώμα IEEE 802.11
- Βασικές διαδικασίες στα δίκτυα IEEE 802.11
- MAC IEEE 802.11
- CSMA/CA
- Μορφή πλαισίου MAC
- Νέα πρότυπα IEEE 802.11

Ασύρματα LAN



- 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



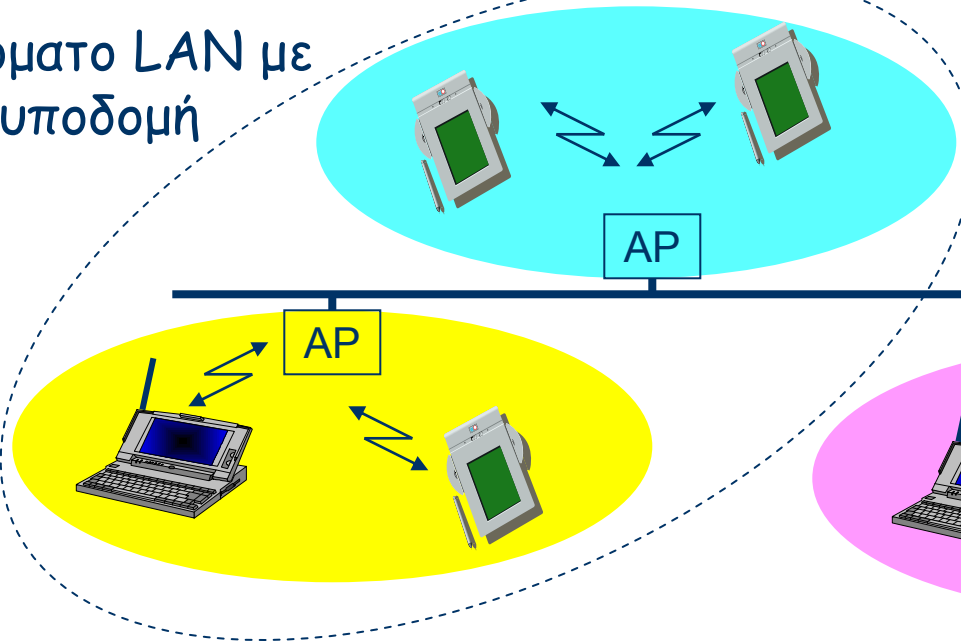
- Εναλλακτική λύση στα ενσύρματα LAN
 - χώροι με μεγάλες ανοικτές επιφάνειες (εργοστάσια, αποθήκες, κλπ.)
 - ιστορικά κτίρια
 - μικρά γραφεία
- Διασύνδεση μεταξύ κτιρίων
- Νομαδική πρόσβαση
- Δίκτυα Ad hoc

Μπορεί να συνυπάρχουν με ενσύρματα συστήματα

Αρχιτεκτονικές ασύρματων LAN

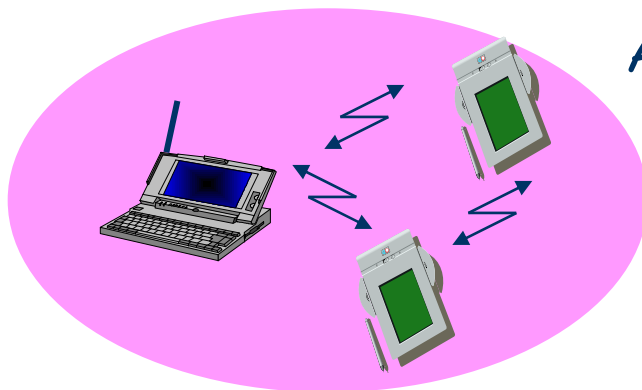


Ασύρματο LAN με υποδομή

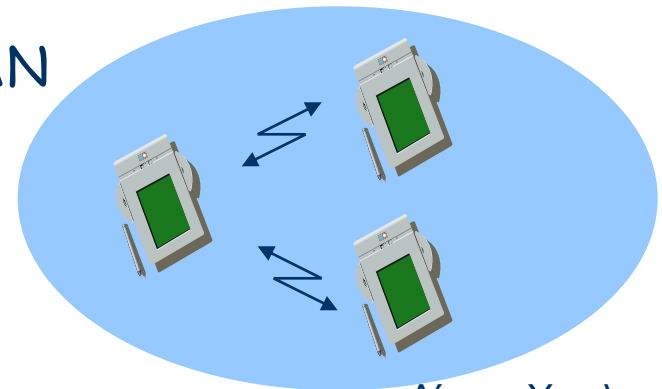


AP: Access Point

Ενσύρματο LAN κορμού, υψηλής ταχύτητας



Ad Hoc LAN



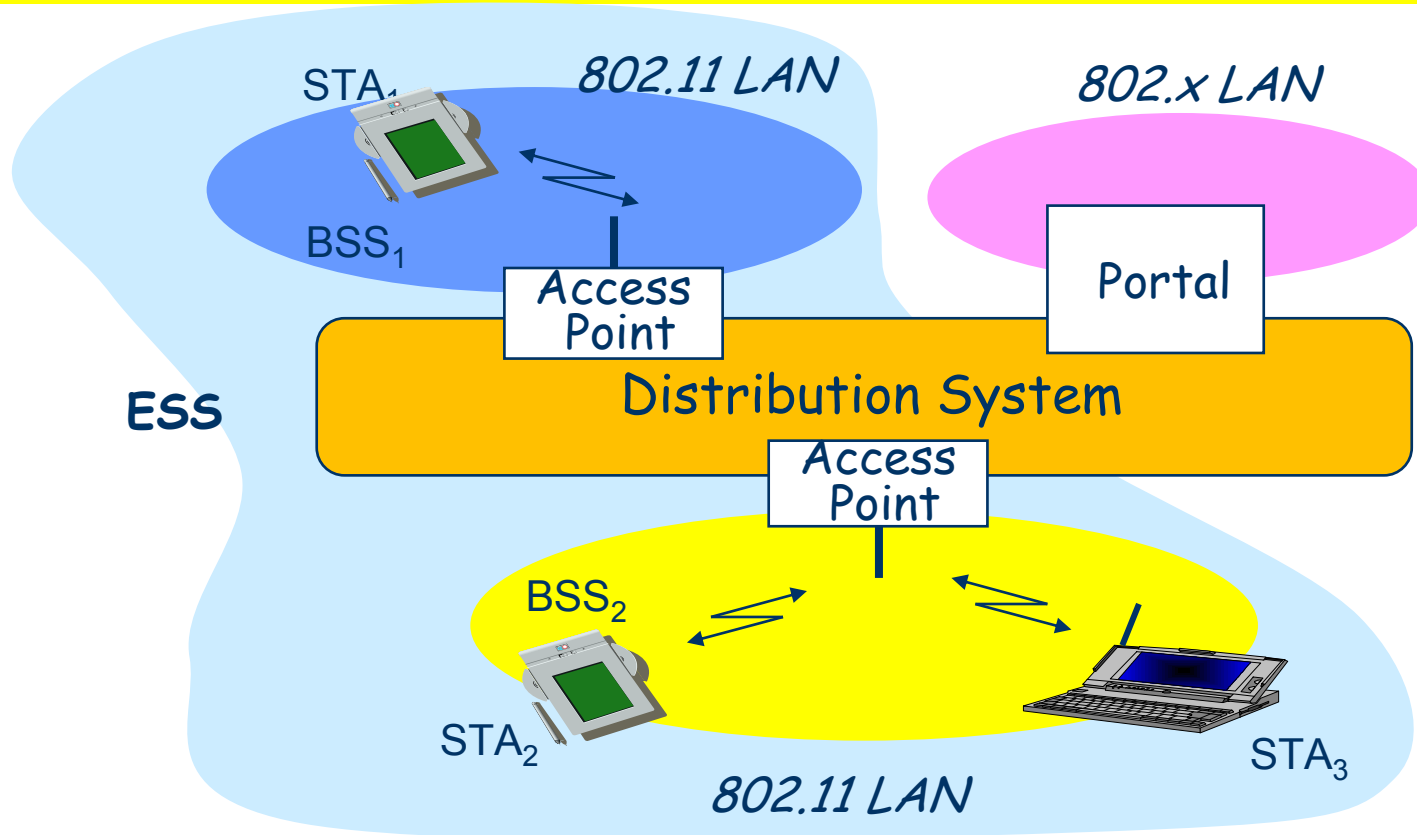
Δίκτυα Υπολογιστών

Τα συστατικά των WLAN



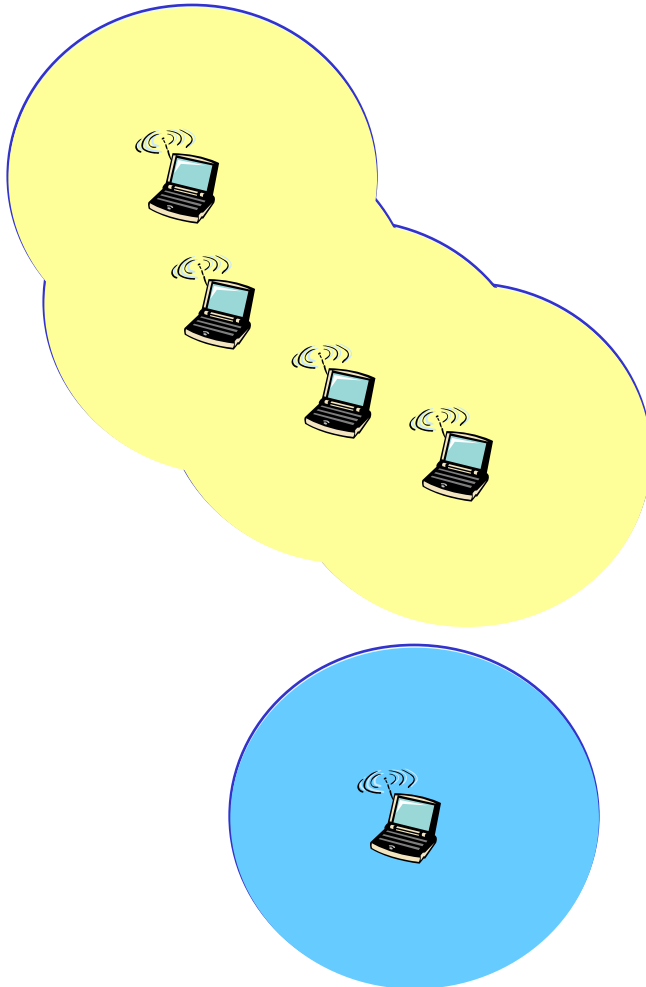
- **Station (STA) - Σταθμός:** τερματικό με μηχανισμούς πρόσβασης στο ασύρματο μέσο
- **Basic Service Set (BSS) - Βασικό σύνολο εξυπηρέτησης:** ομάδα σταθμών στην ίδια συχνότητα
- **Access Point (AP) - Σημείο πρόσβασης:** σταθμός ενσωματωμένος στο σύστημα διανομής
- **Portal - Πύλη:** γέφυρα προς μη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

Δίκτυο με υποδομή



- Ο κινητός host επικοινωνεί με ένα **AP**
- Τα BSS μπορεί να συνδυάζονται, ώστε να σχηματίζουν ένα **Extended Service Set (ESS)**

Δίκτυο Ad Hoc



- ❑ Οι σταθμοί σχηματίζουν δυναμικά ένα δίκτυο χωρίς AP
- ❑ Οι σταθμοί μπορεί να μεταδίδουν σε άλλους σταθμούς που βρίσκονται στην εμβέλεια μετάδοσής τους
- ❑ Οι σταθμοί οργανώνονται σε ένα δίκτυο και δρομολογούν την κίνηση μεταξύ τους

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

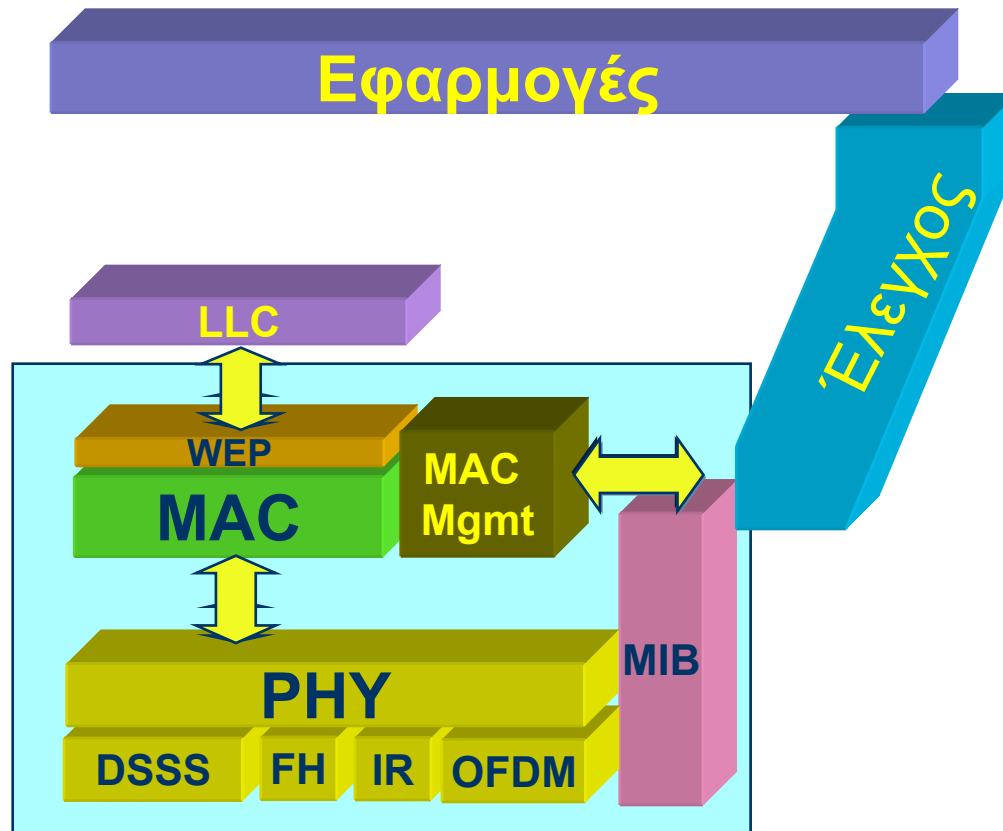


Δίκτυα IEEE 802.11

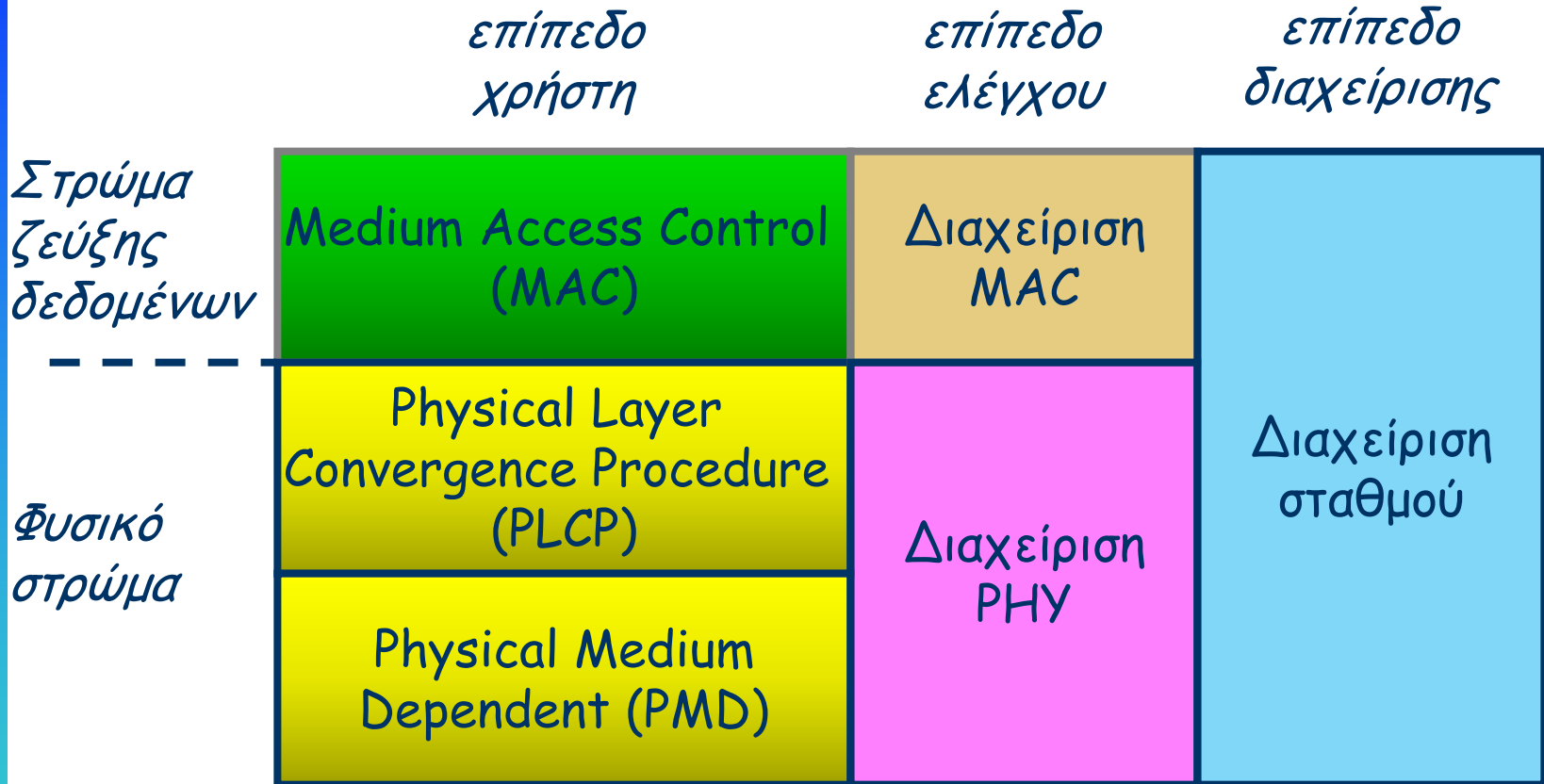
Προδιαγραφές 802.11



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



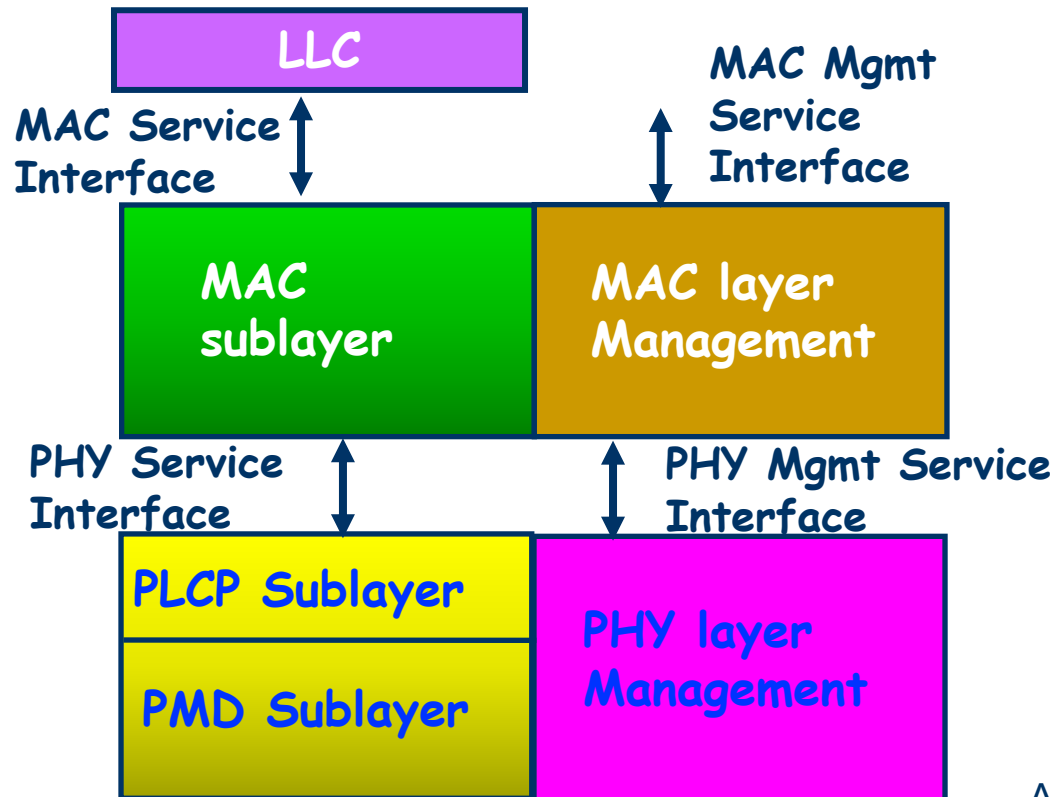
Μοντέλο αναφοράς ΙΕΕΕ 802.11



Προδιαγραφές 802.11



- Το πρότυπο IEEE 802.11 αρχικά ήταν για ρυθμούς μετάδοσης **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





- 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

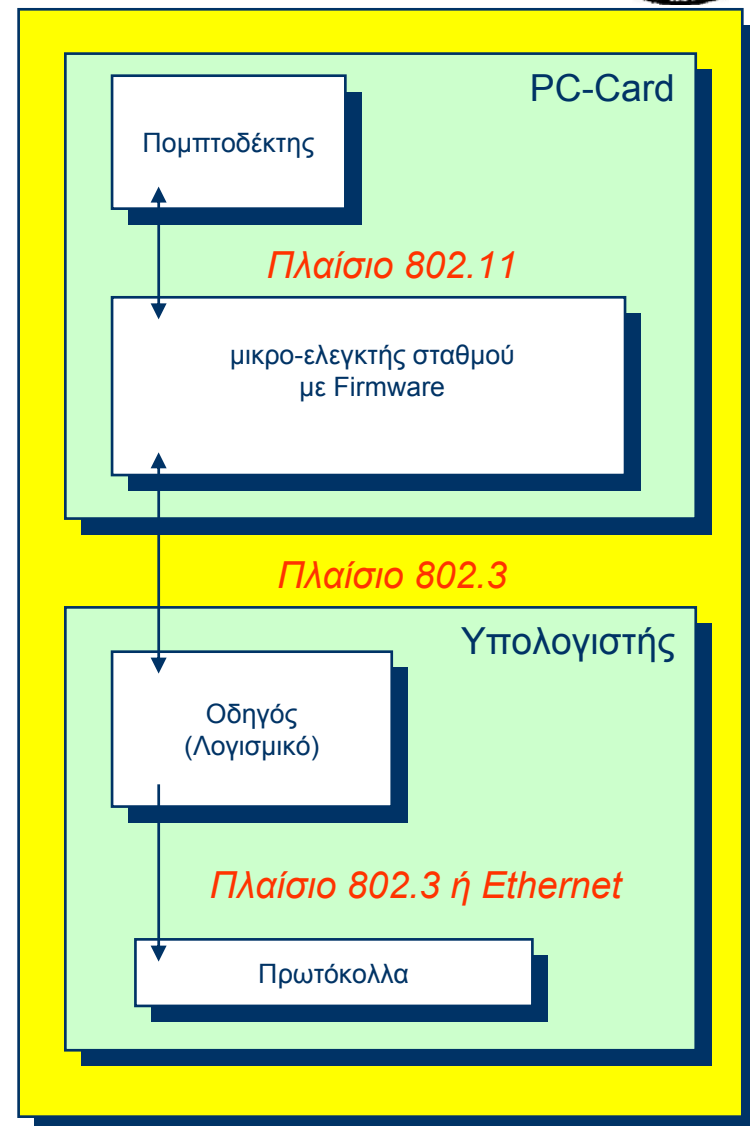


Στοιχεία δικτύου ΙΕΕΕ 802.11



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
 - ακραίο τερματικό (φορητός υπολογιστής, κλπ)
- Υλοποίηση σε PC-card

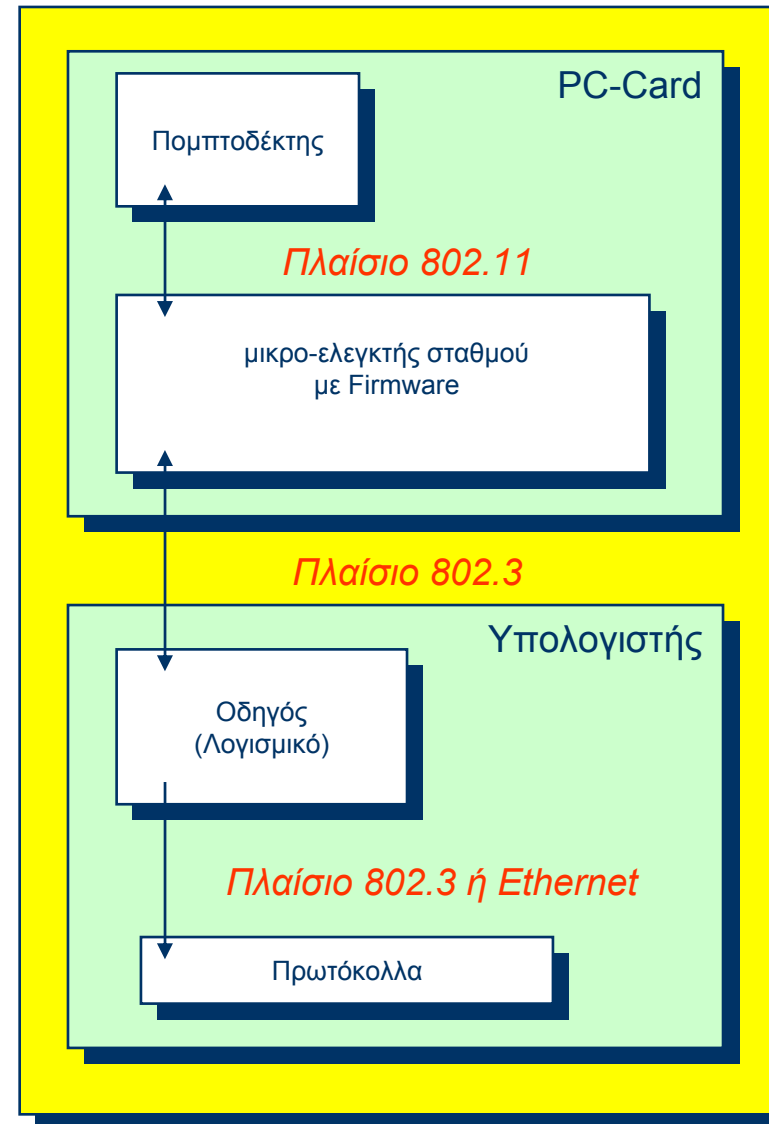


Στοιχεία δικτύου ΙΕΕΕ 802.11



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)

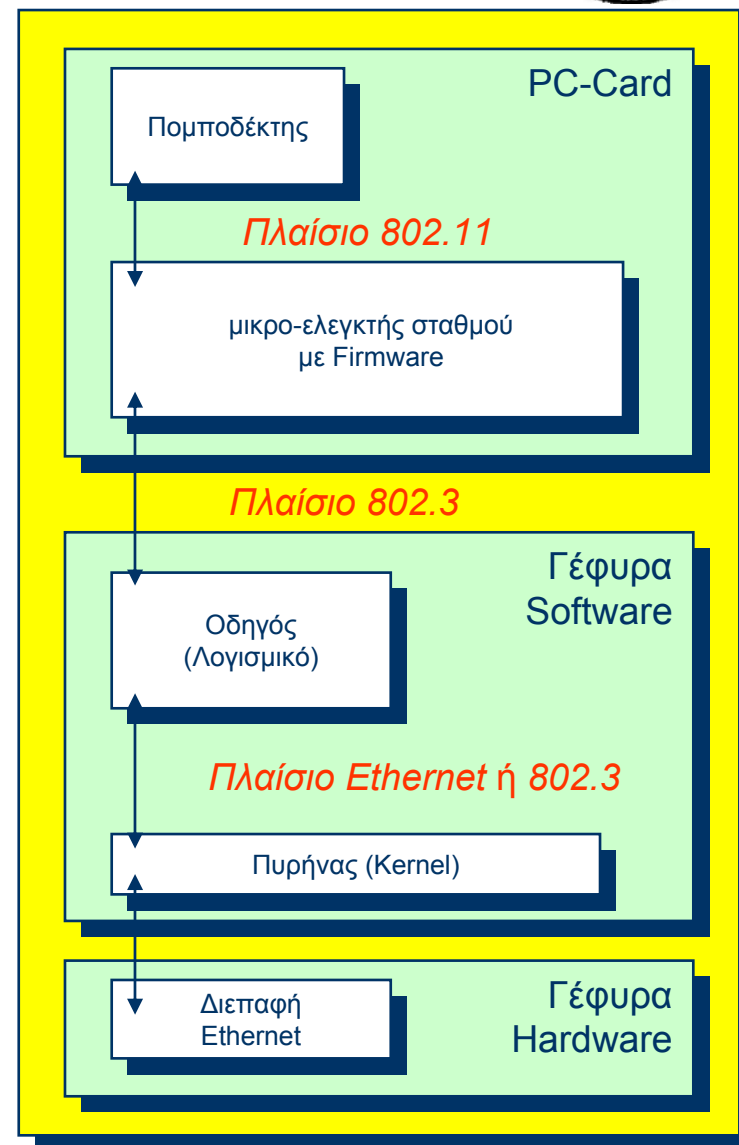


Στοιχεία δικτύου ΙΕΕΕ 802.11



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

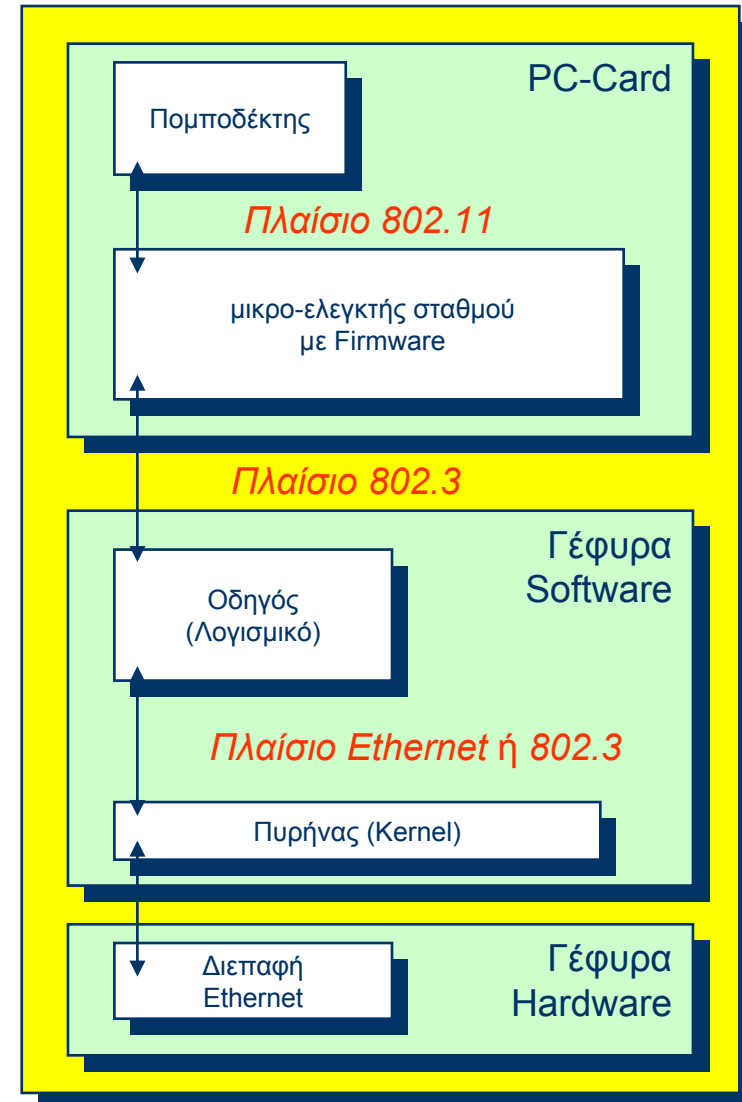


Στοιχεία δικτύου IEEE 802.11



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

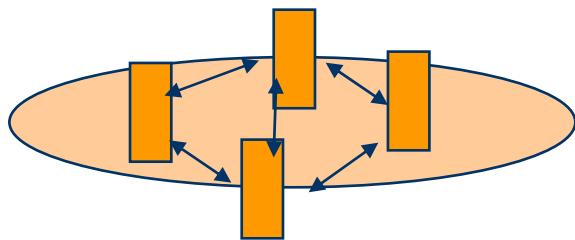


Αρχιτεκτονική δικτύου IEEE 802.11



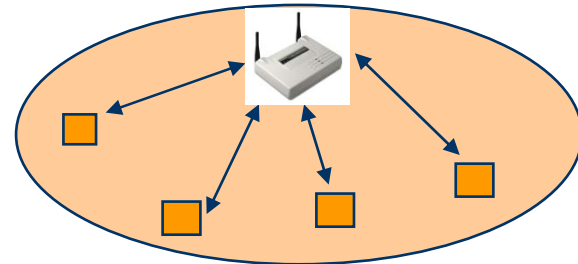
Basic Service Set (BSS): Ένα σύνολο σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους

Independent Basic Service Set (IBSS)



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

Infrastructure Basic Service Set (BSS)

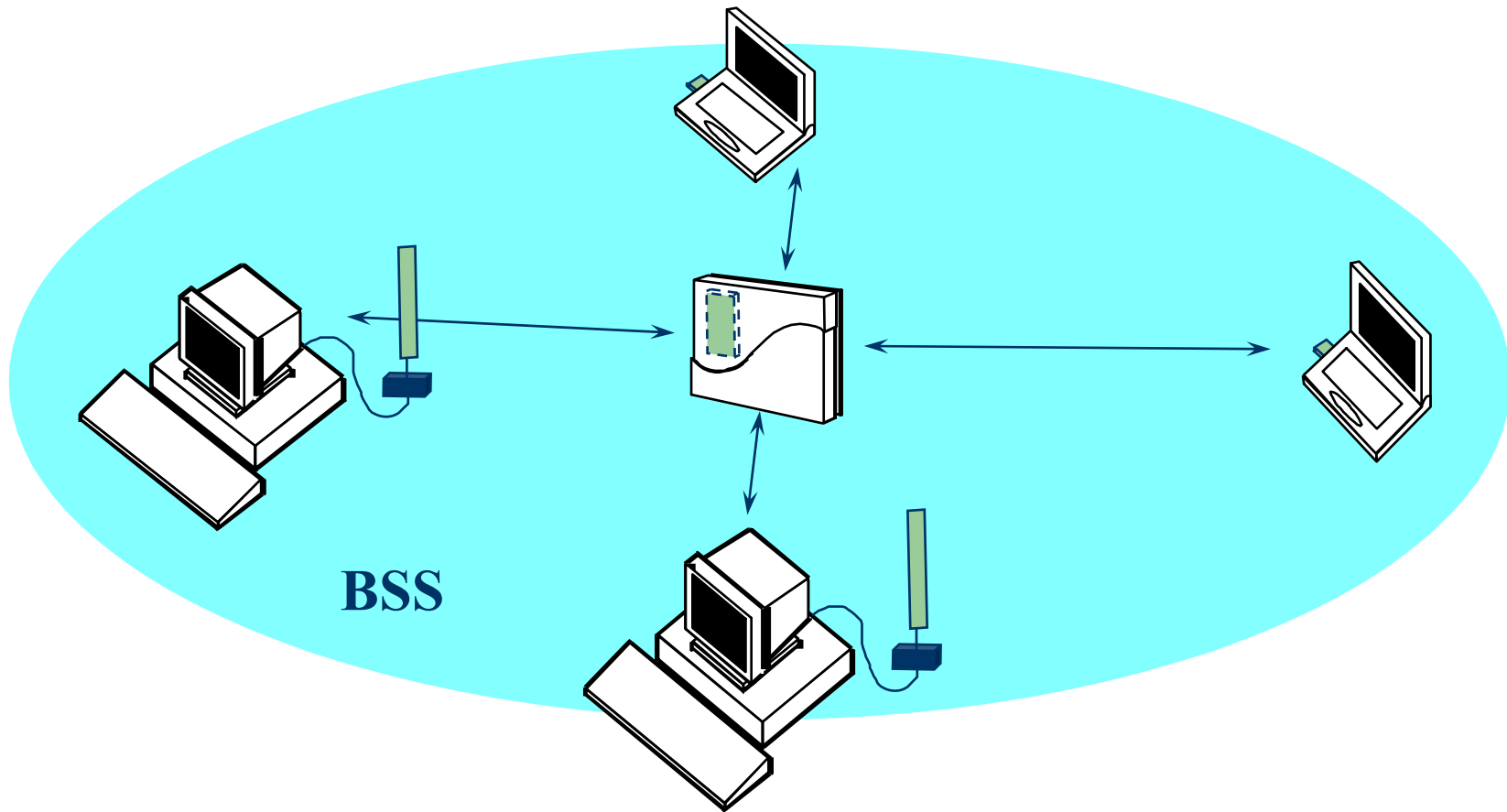


- Το AP παρέχει
 - Σύνδεση προς το ενσύρματο δίκτυο
 - Λειτουργία αναμετάδοσης
- Οι σταθμοί δεν επικοινωνούν απευθείας

Basic Service Set (BSS)



- 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)
- Κάθε BSS προσδιορίζεται από την **SSID**

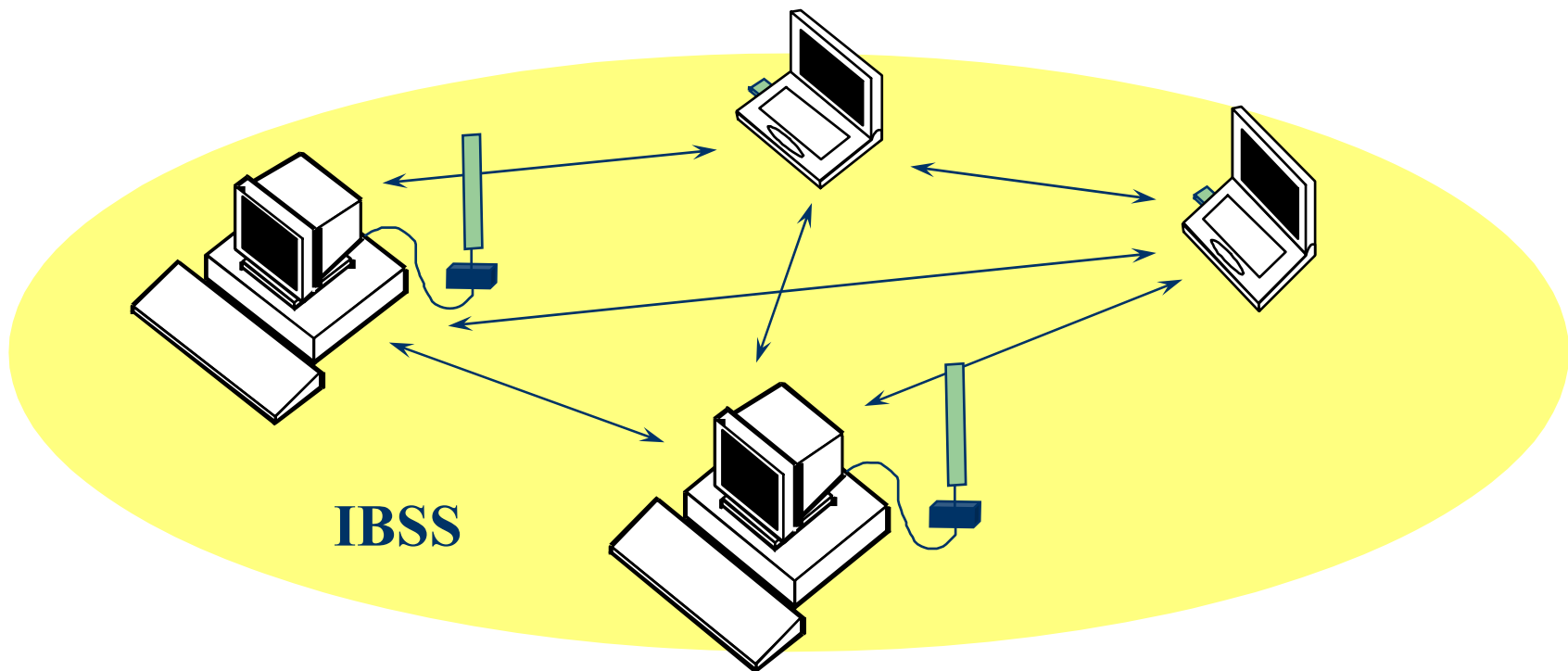


Independent BSS (IBSS)



- 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

IBSS



Extended Service Set (ESS)

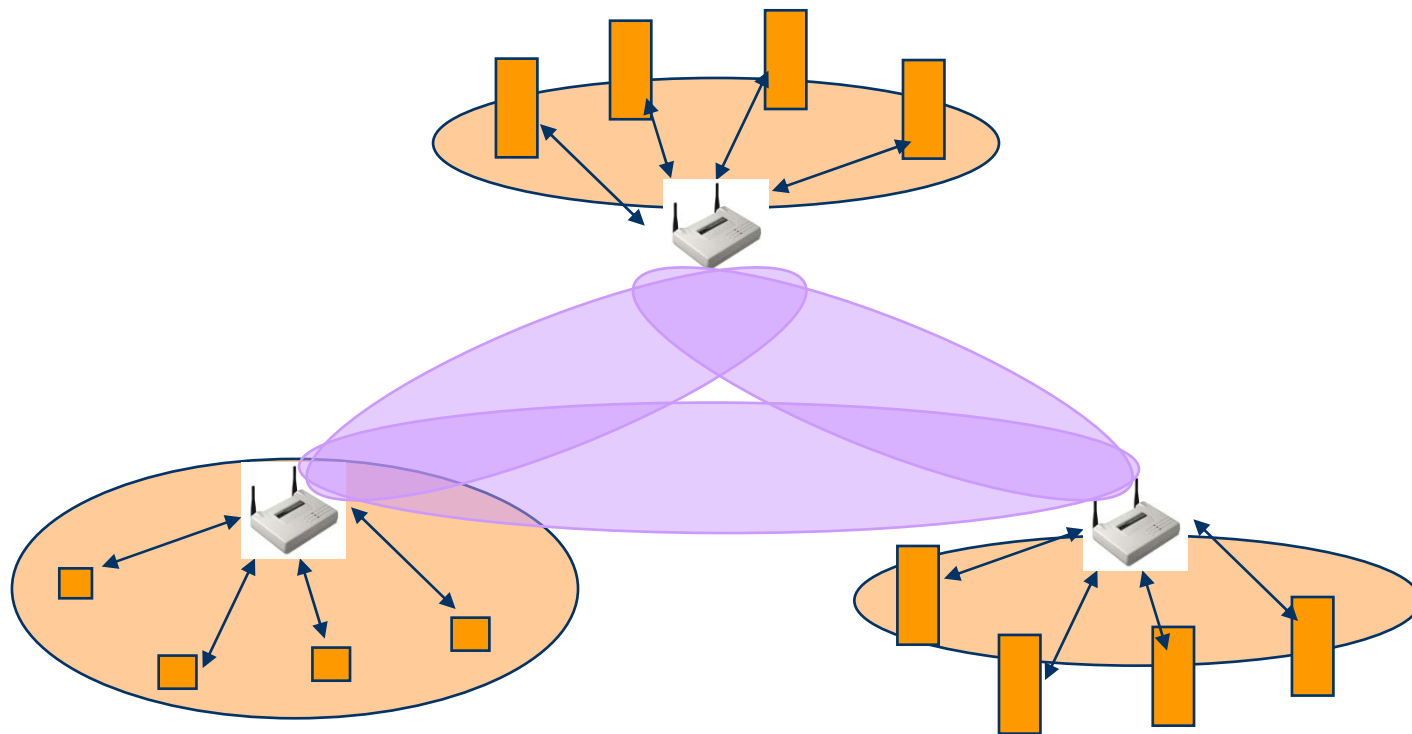


- ESS είναι το σύνολο ενός ή περισσότερων διασυνδεδεμένων BSS και τοπικών δικτύων (LAN) που στο στρώμα LLC (Logical Link Control) εμφανίζονται ως ένα BSS για οποιονδήποτε σταθμό σχετίζεται με κάποια από αυτά τα BSS
- Το σύνολο των διασυνδεδεμένων BSS πρέπει να έχει κοινή SSID
- Τα BSS μπορεί να λειτουργούν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

Extended Service Set



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



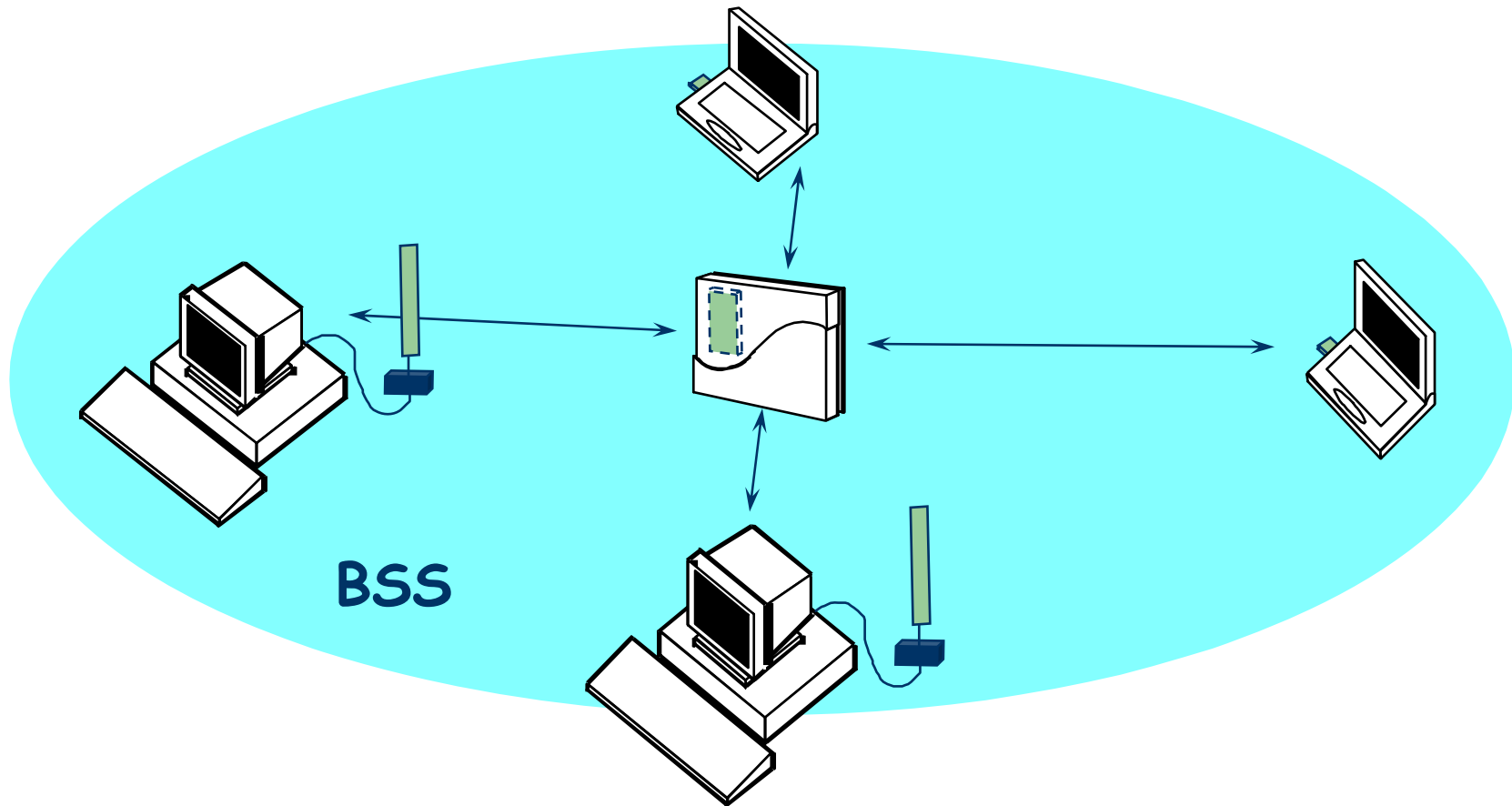
Distribution System (DS)



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

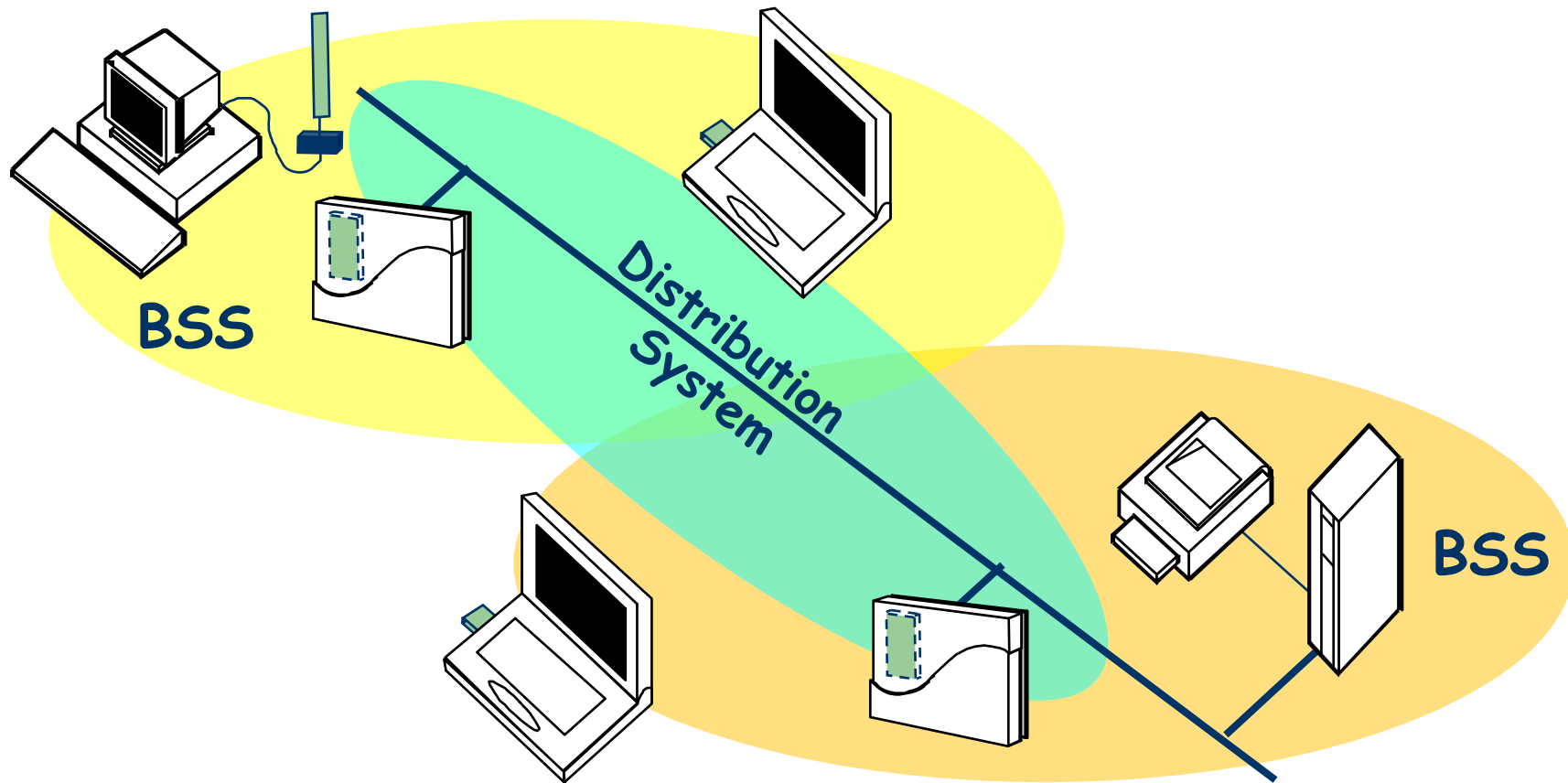


Ένα BSS με ενσωματωμένο DS



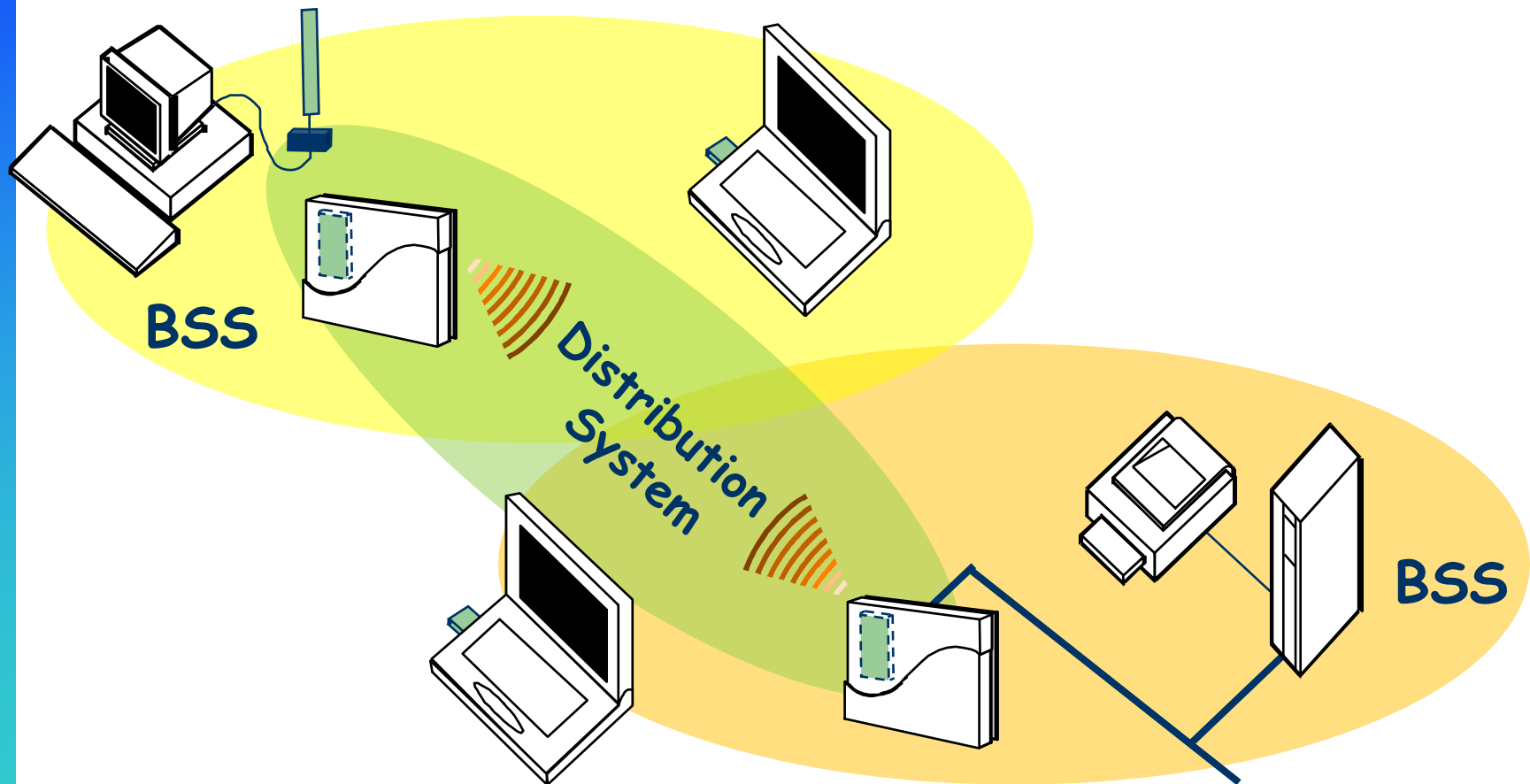


Δύο BSS και ενσύρματο DS





Δύο BSS και ασύρματο DS





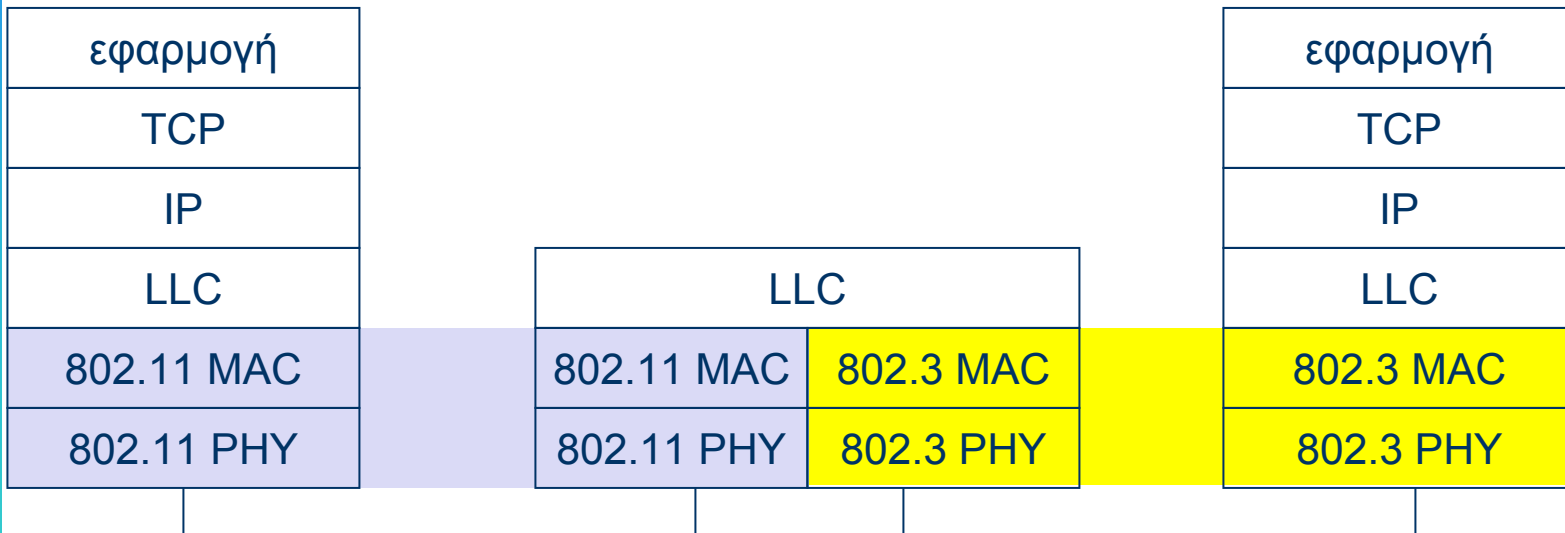
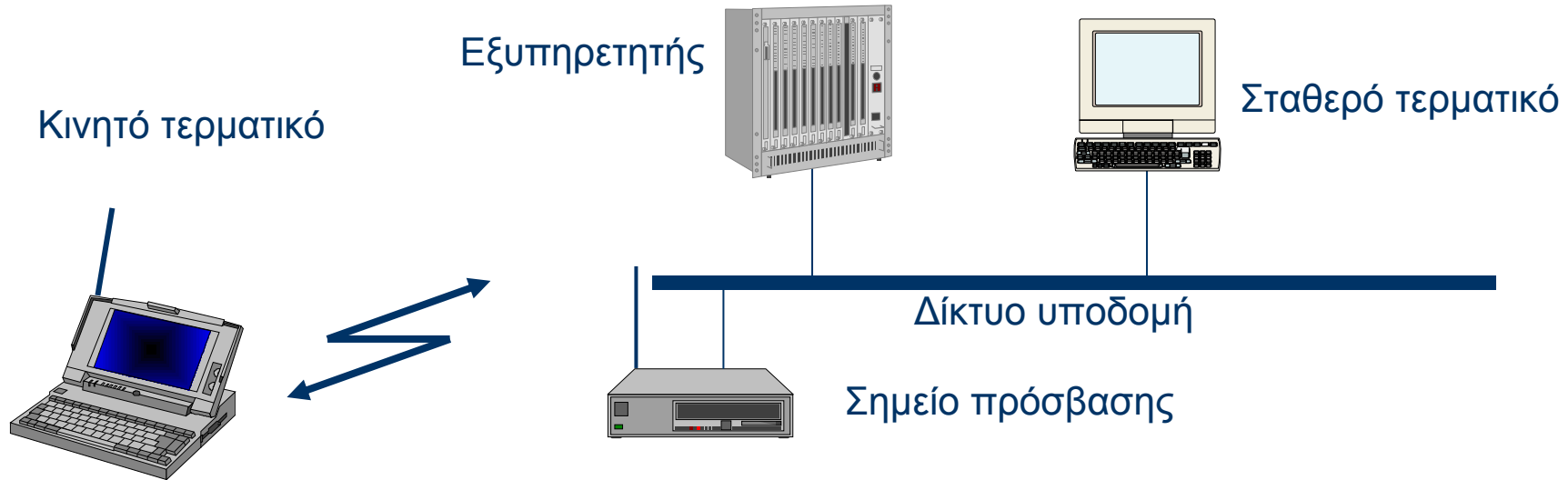
Service Set Identifier (SSID)

- "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

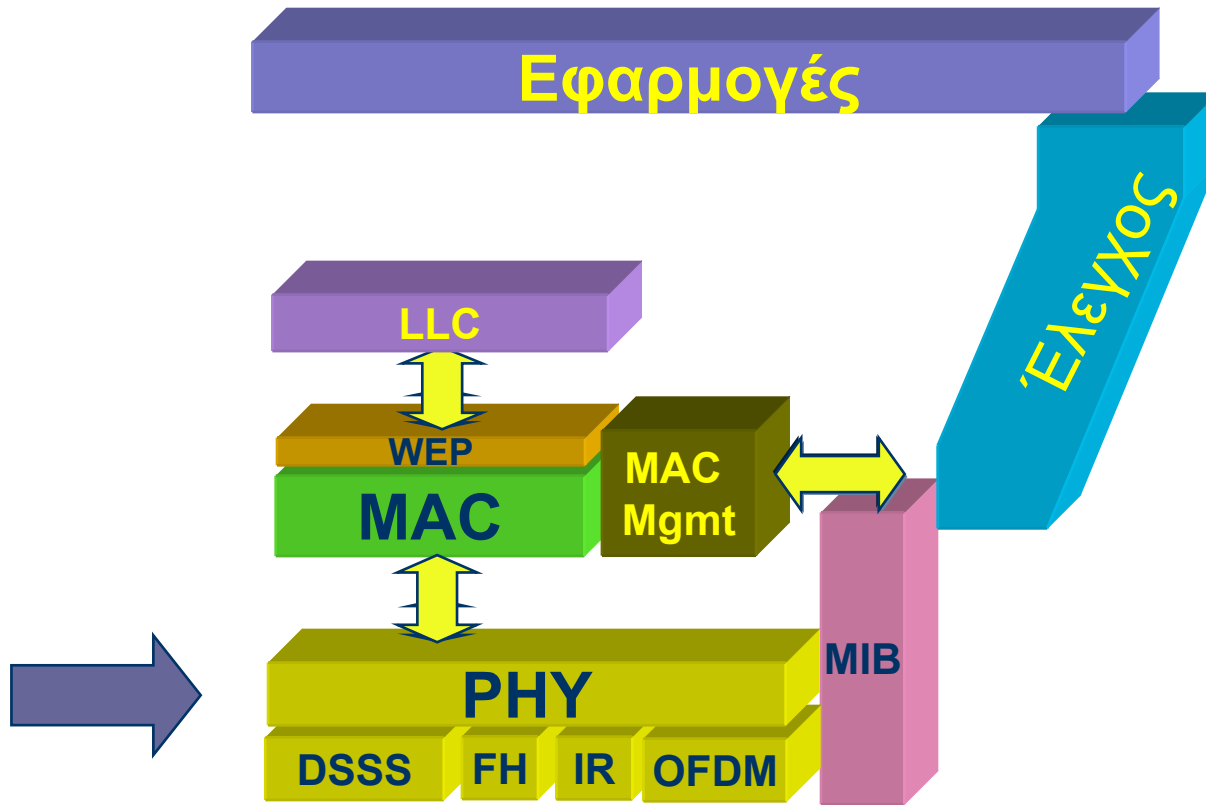
802.11 και TCP/IP





IEEE 802.11: Φυσικό στρώμα

Φυσικό στρώμα

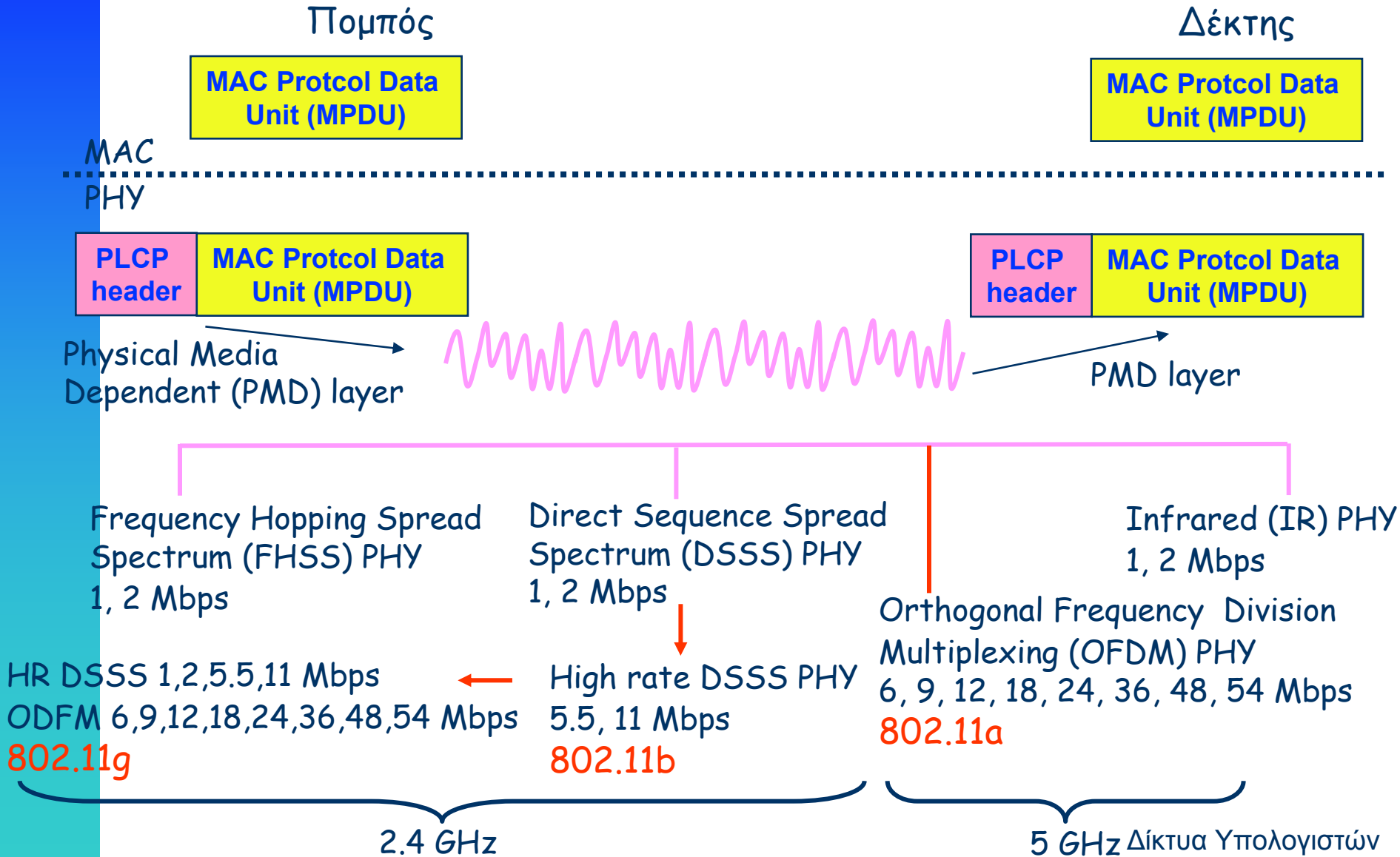


Βασική προδιαγραφή



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

Πρόσβαση στο φυσικό στρώμα



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)
 - 802.11a: 5.15 μέχρι 5.825 GHz

IEEE 802.11: πρότυπα



	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

IEEE 802.11a



- 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



Βασικές διαδικασίες στα δίκτυα IEEE 802.11



Δίαυλοι, συσχέτιση

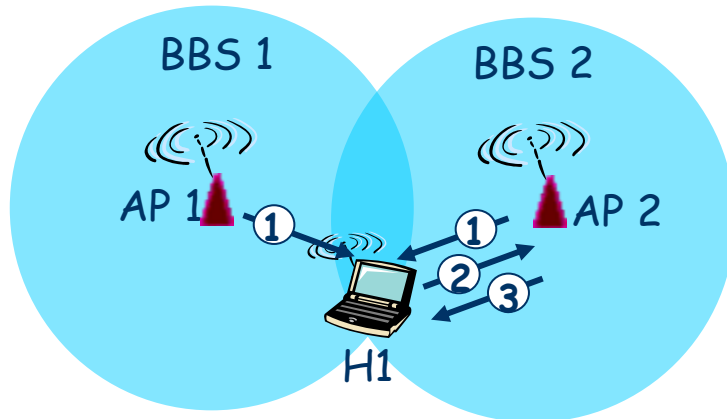
- Το διαθέσιμο φάσμα διαιρείται σε διαύλους διαφορετικών συχνοτήτων
 - ο διαχειριστής του AP μπορεί να επιλέξει συχνότητα για το AP
 - πιθανότητα παρεμβολής: κάποιος δίαυλος μπορεί να είναι κοινός με δίαυλο γειτονικού AP
- Συσχέτιση: **εγκατάσταση σχέσης με το AP**
- Οι σταθμοί σαρώνουν την περιοχή συχνοτήτων και επιλέγουν το AP με την καλύτερη ποιότητα επικοινωνίας

Συσχέτιση - Association



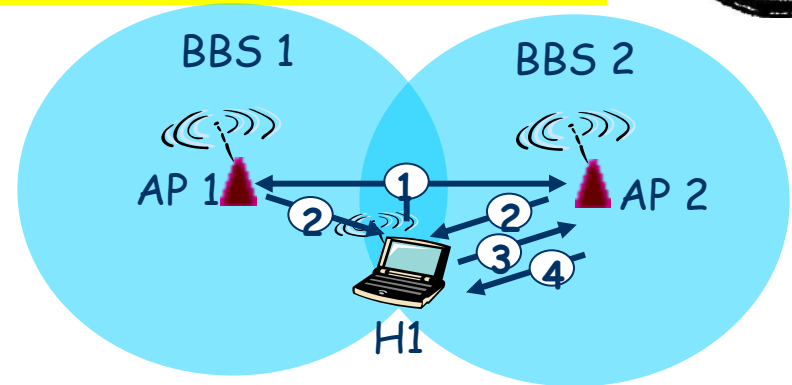
- **Ενεργή σάρωση:** αποστολή διερευνητικής αίτησης "Probe request" σε συγκεκριμένους διαύλους και λήψη απάντησης
- **Παθητική σάρωση:** εκτίμηση της ποιότητας επικοινωνίας από πλαίσια φάρους (beacon)
 - Τα πλαίσια φάρου περιέχουν το όνομα (SSID) και τη διεύθυνση MAC του AP
- μπορεί ο σταθμός να κάνει πιστοποίηση αυθεντικότητας
- συνήθως, τρέχει μετά το DHCP για να αποκτήσει διεύθυνση IP στο υποδίκτυο που ανήκει το 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

802.11: παθητική/ενεργή σάρωση



Παθητική σάρωση:

- (1) άποστολή πλαισίων beacon από τα AP
- (2) αποστολή πλαισίου association Request: από H1 στο επιλεγέν AP
- (3) αποστολή πλαισίου association Response: από H1 στο επιλεγέν AP



Ενεργή σάρωση:

- (1) εκπομπή πλαισίου Probe Request από H1
- (2) αποστολή πλαισίων Probe response από τα AP
- (3) αποστολή πλαισίου association Request: από H1 στο επιλεγέν AP
- (4) αποστολή πλαισίου association Response: από H1 στο επιλεγέν AP

Πιστοποίηση αυθεντικότητας



- Έλεγχος της πρόσβασης στην υποδομή
- Οι σταθμοί δηλώνουν την ταυτότητά τους σε άλλους σταθμούς ή στο AP πριν την αποστολή δεδομένων (ή τη συσχέτιση)
- Ανοικτό σύστημα (Open System Authentication)
 - Δεν χρησιμοποιεί αλγόριθμο πιστοποίησης αυθεντικότητας
 - Προεπιλεγμένο (default)
- Διαμοιραζόμενο κλειδί (Shared Key Authentication)
 - Χρήση αλγορίθμων κρυπτογράφησης (π.χ. WEP privacy algorithm)
 - Προαιρετικό

Εκκίνηση ESS



- Το δίκτυο υποδομής προσδιορίζεται από την ESSID
- Όλα τα AP έχουν διαρθρωθεί σύμφωνα με αυτήν 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"

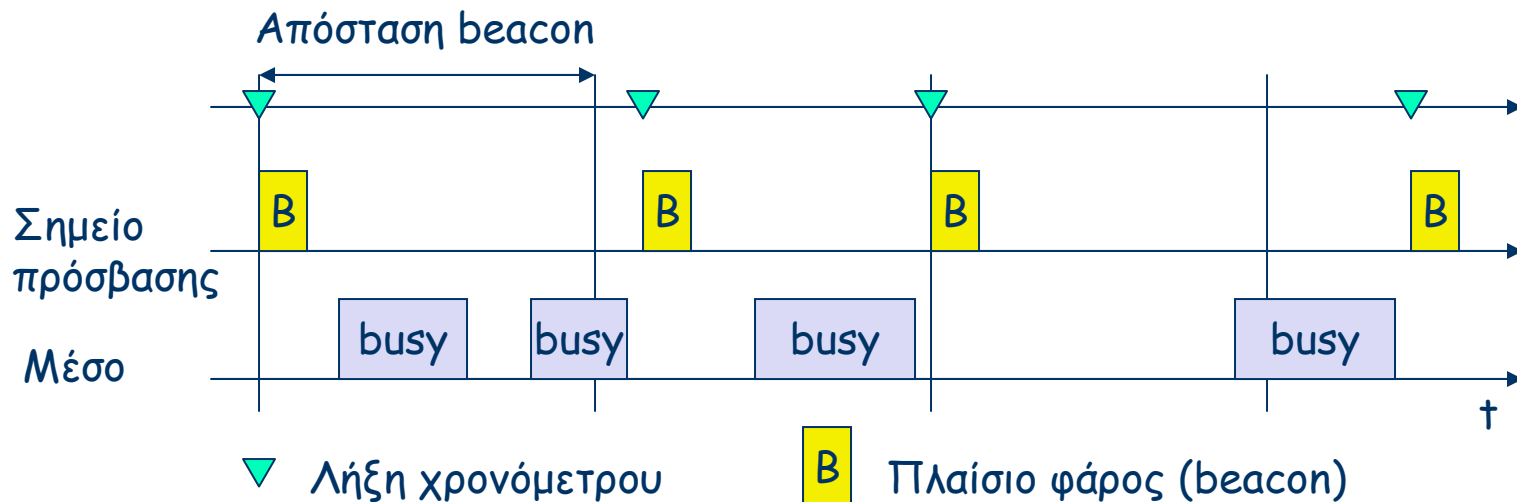


- Ο σταθμός που λειτουργεί σε IBSS "αναζητεί" πλαίσια beacon που περιέχουν όνομα δικτύου (SSID) που ταιριάζει με τη δική του
 - Όταν λαμβάνονται πλαίσια beacon με ταιριαστό όνομα δικτύου που παράγονται από AP, ο σταθμός συσχετίζεται με το AP
 - Όταν λαμβάνονται πλαίσια beacon με ταιριαστό όνομα δικτύου 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

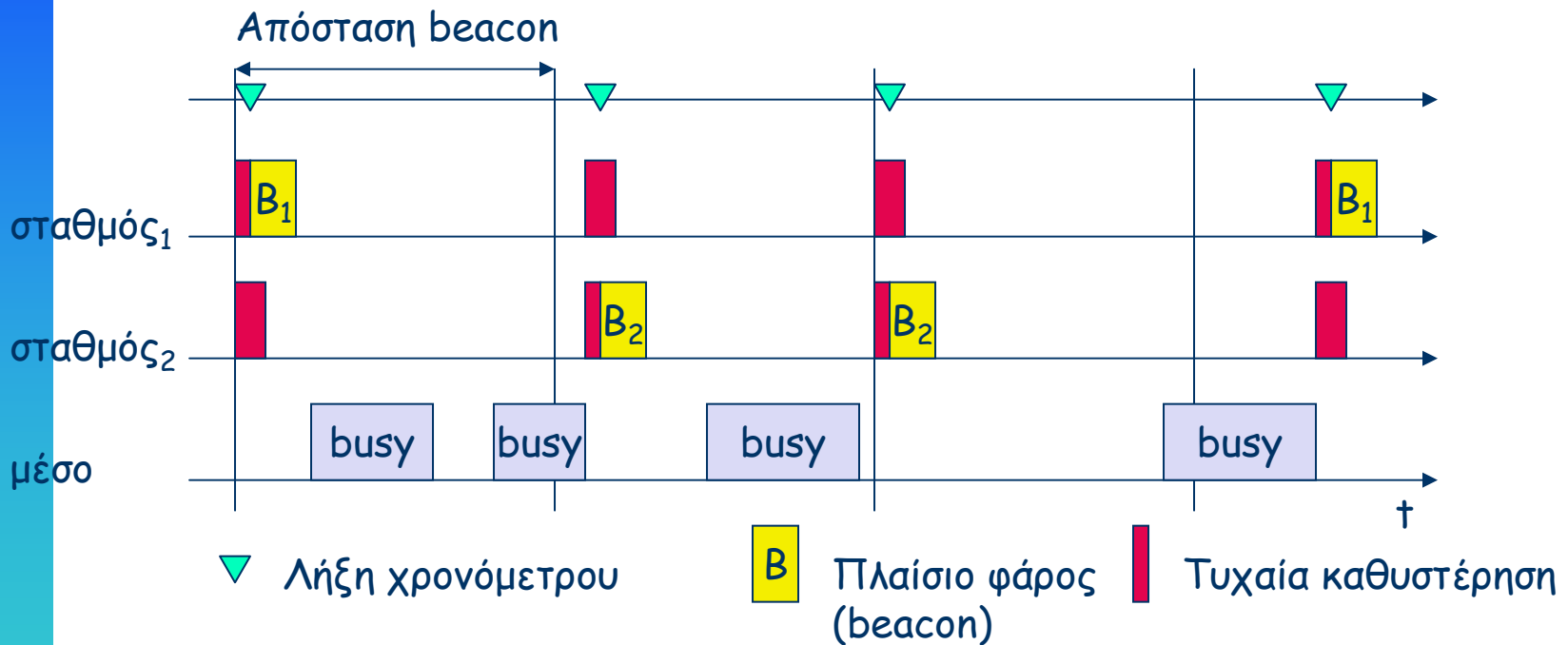
Συγχρονισμός (υποδομή)



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



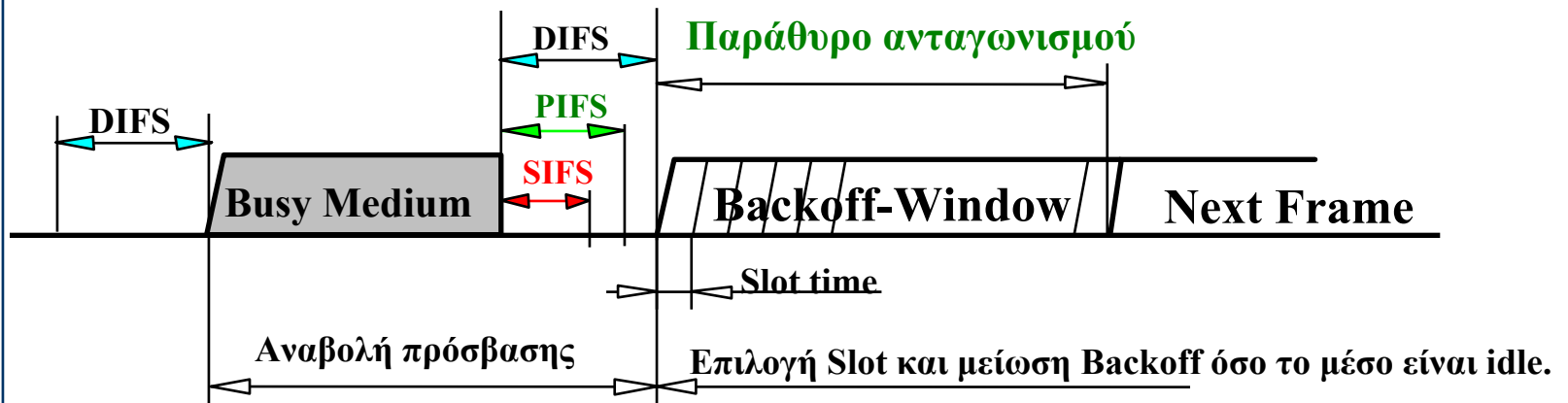
Συγχρονισμός (ad-hoc)



Inter-frame spacing

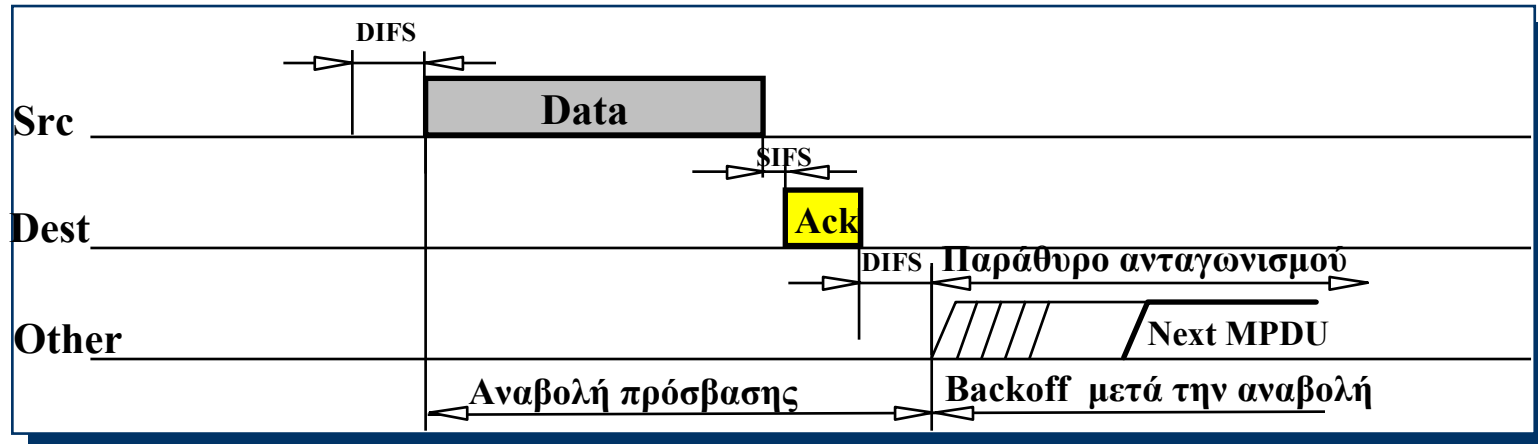


Ελεύθερη πρόσβαση όταν το μέσο
είναι ελεύθερο για διάστημα μεγαλύτερο από DIFS



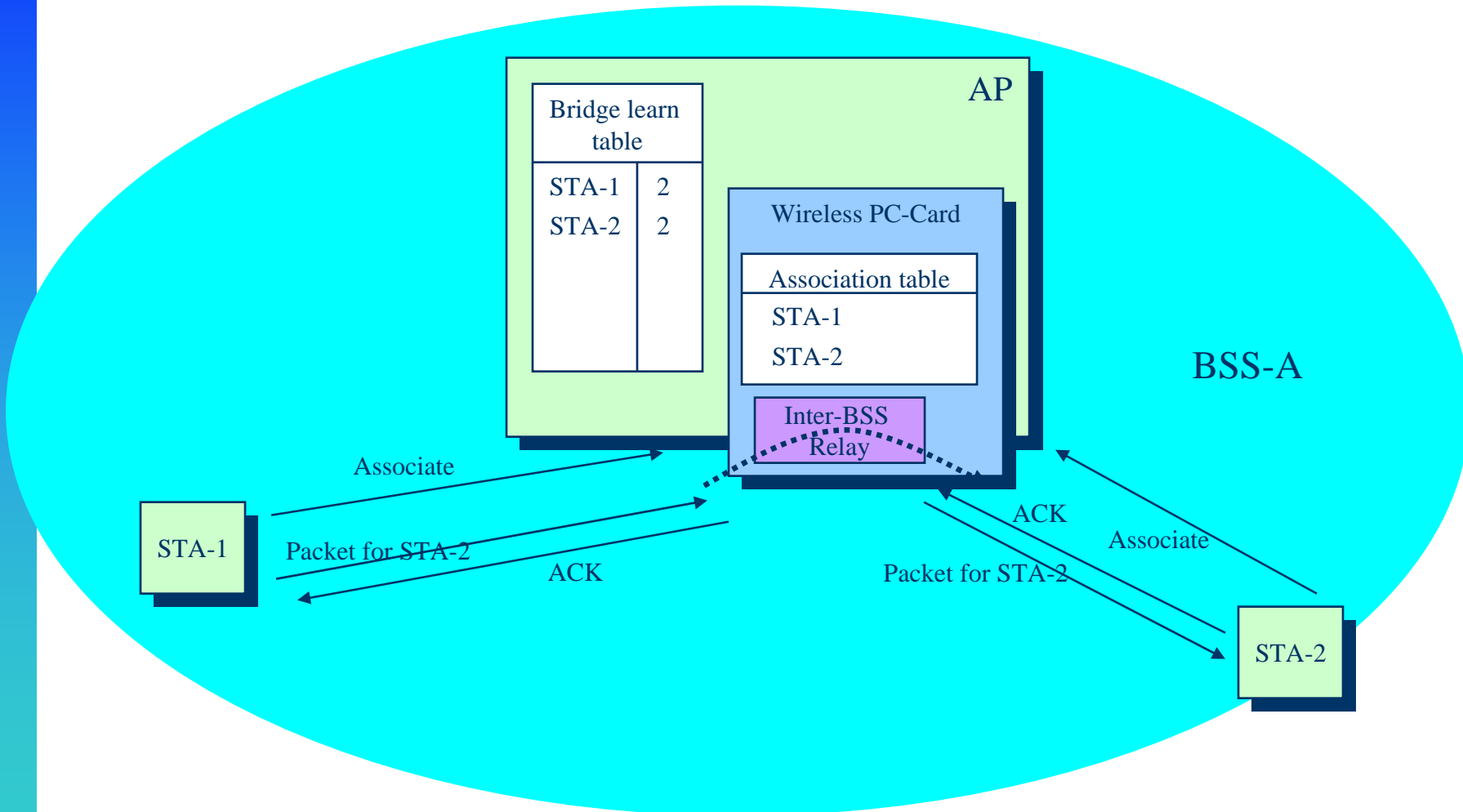
- Inter frame spacing απαιτείται για τις μεταδόσεις στο στρώμα MAC
 - SIFS = Short InterFrame Space
 - PIFS = PCF InterFrame Space
 - DIFS = DCF InterFrame Space
- Back-off timer: εκφράζεται σε αριθμό time slots

Πλαίσια data και η επαλήθευσή τους

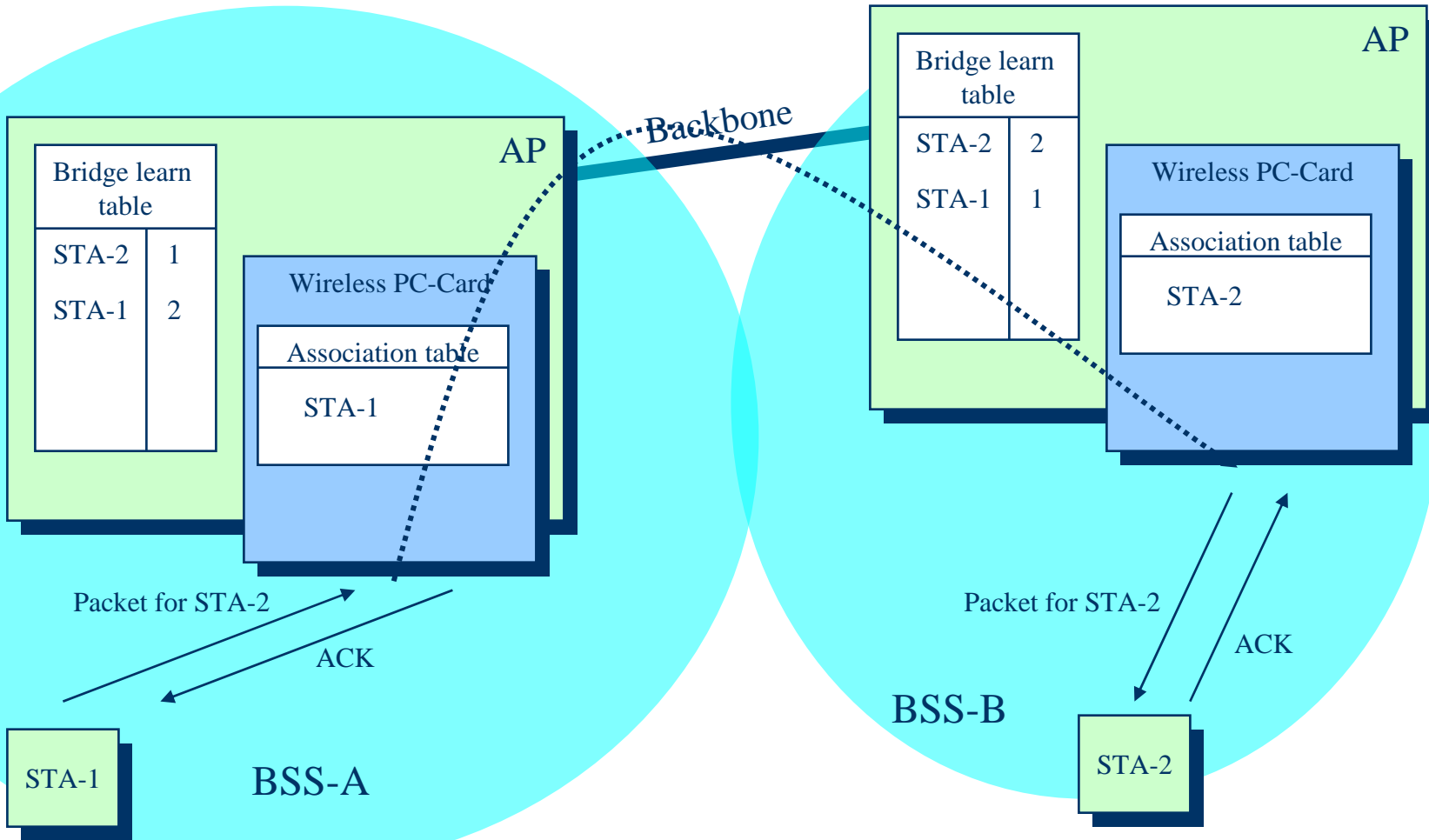


- Οι επαληθεύσεις στέλνονται μετά από SIFS
- Απαιτείται να παρέλεθει χρονικό διάστημα DIFS πριν το μέσον θεωρηθεί ελεύθερο για χρήση

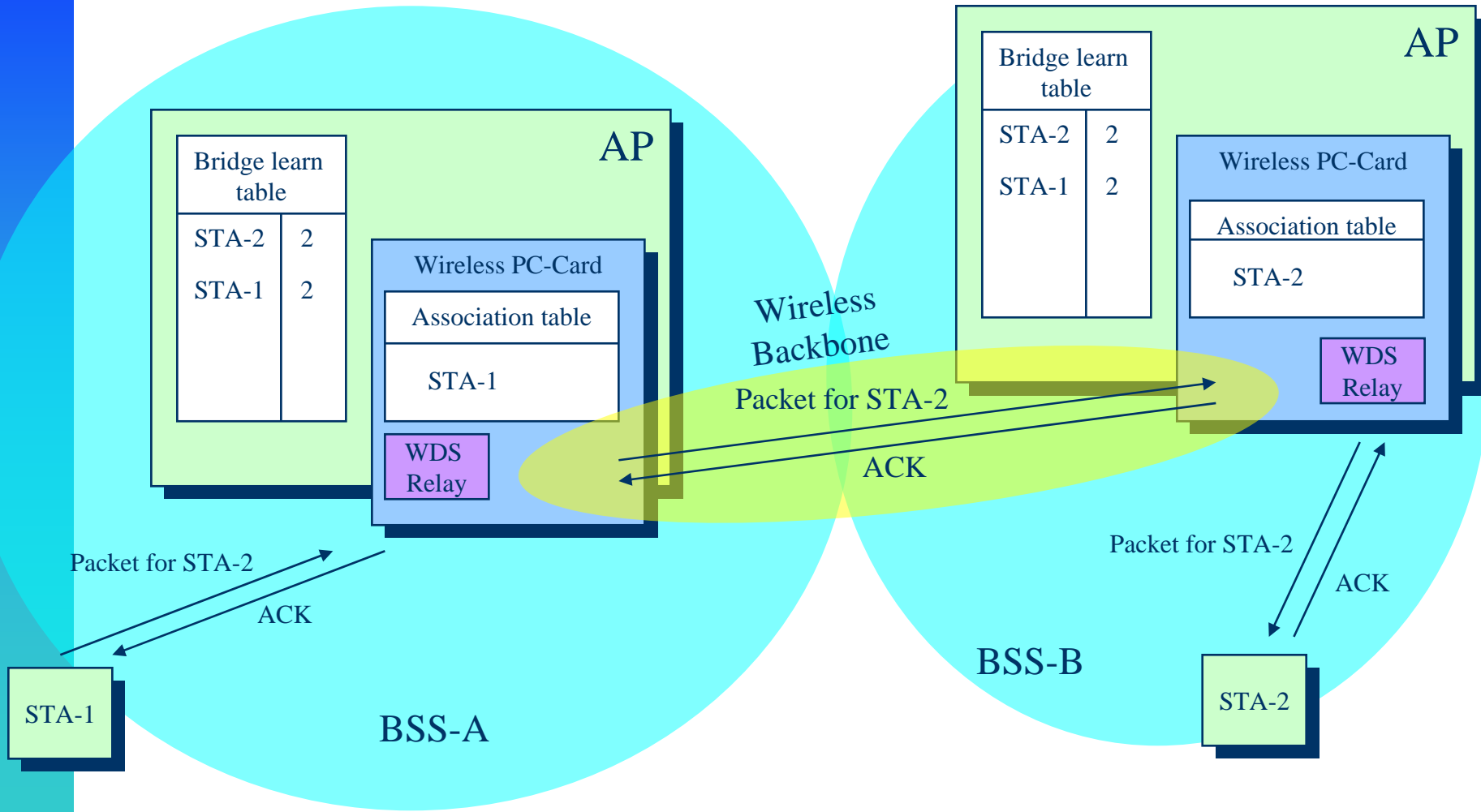
Ροή κίνησης - Λειτουργία BSS



Ροή κίνησης - Λειτουργία ESS



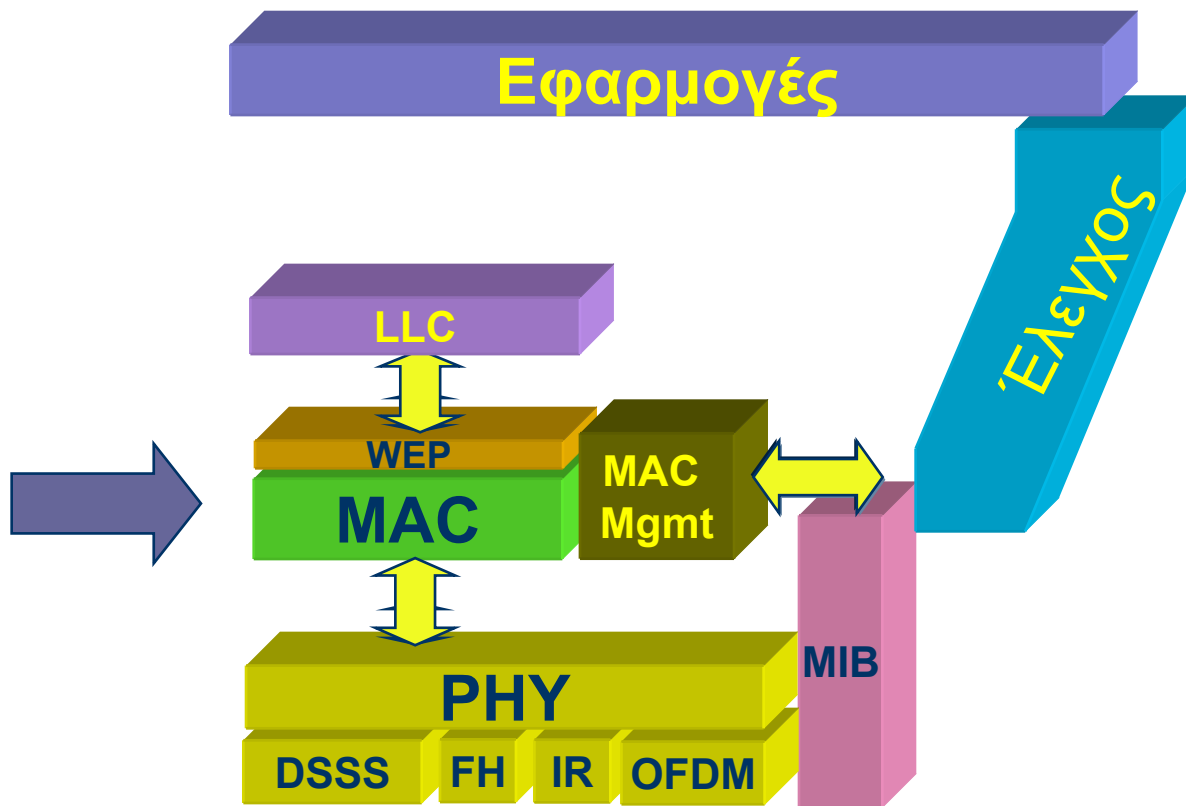
Ροή κίνησης - Λειτουργία WDS





IEEE 802.11: MAC

IEEE 802.11: MAC



Υπηρεσίες και μέθοδοι πρόσβασης



- 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 δεν διαφέρει από τη λάθος μετάδοση
 - Αποστολή επιβεβαίωσης στο στρώμα MAC

Φυσική ανίχνευση φέροντος



- 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;

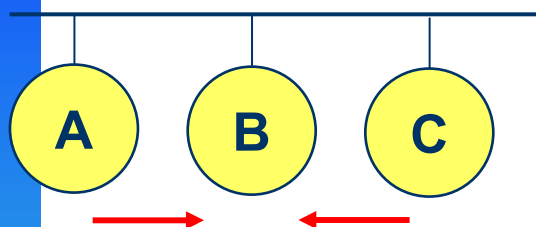


- Στο IEEE 802.3 (Ethernet), ο σταθμός ακούει το μέσο, μεταδίδει όταν το μέσο είναι ελεύθερο και παρακολουθεί για συγκρούσεις
 - Εάν ανιχνεύσει σύγκρουση, μετά μια περίοδο οπισθοχώρησης, ο σταθμός επαναμεταδίδει
- Η ανίχνευση σύγκρουσης δεν είναι εφικτή στα WLAN
 - Ο σταθμός δε γνωρίζει το κατά πόσο 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**

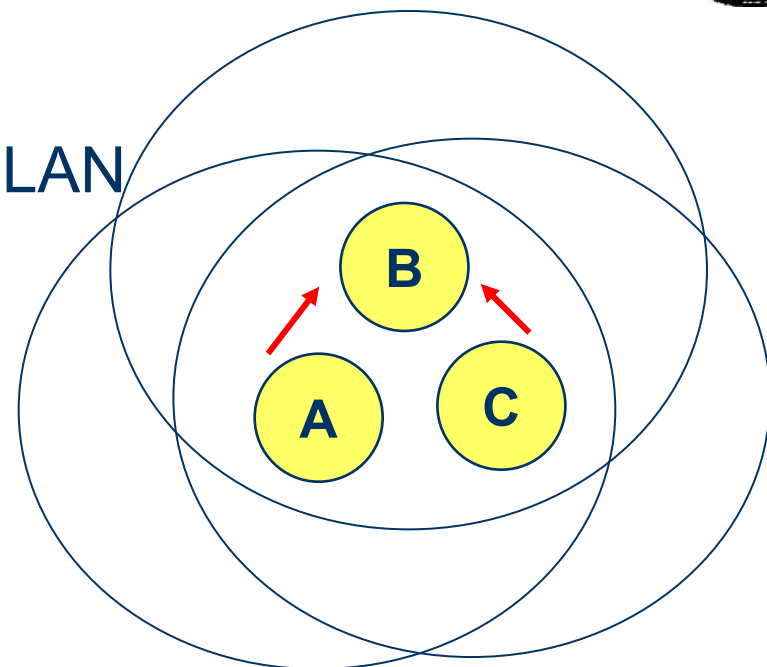
Διαφορά μεταξύ ασύρματων και ενσύρματων δικτύων



Ethernet LAN



Ασύρματο LAN



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

Αποφυγή συγκρούσεων Collision Avoidance (CA)



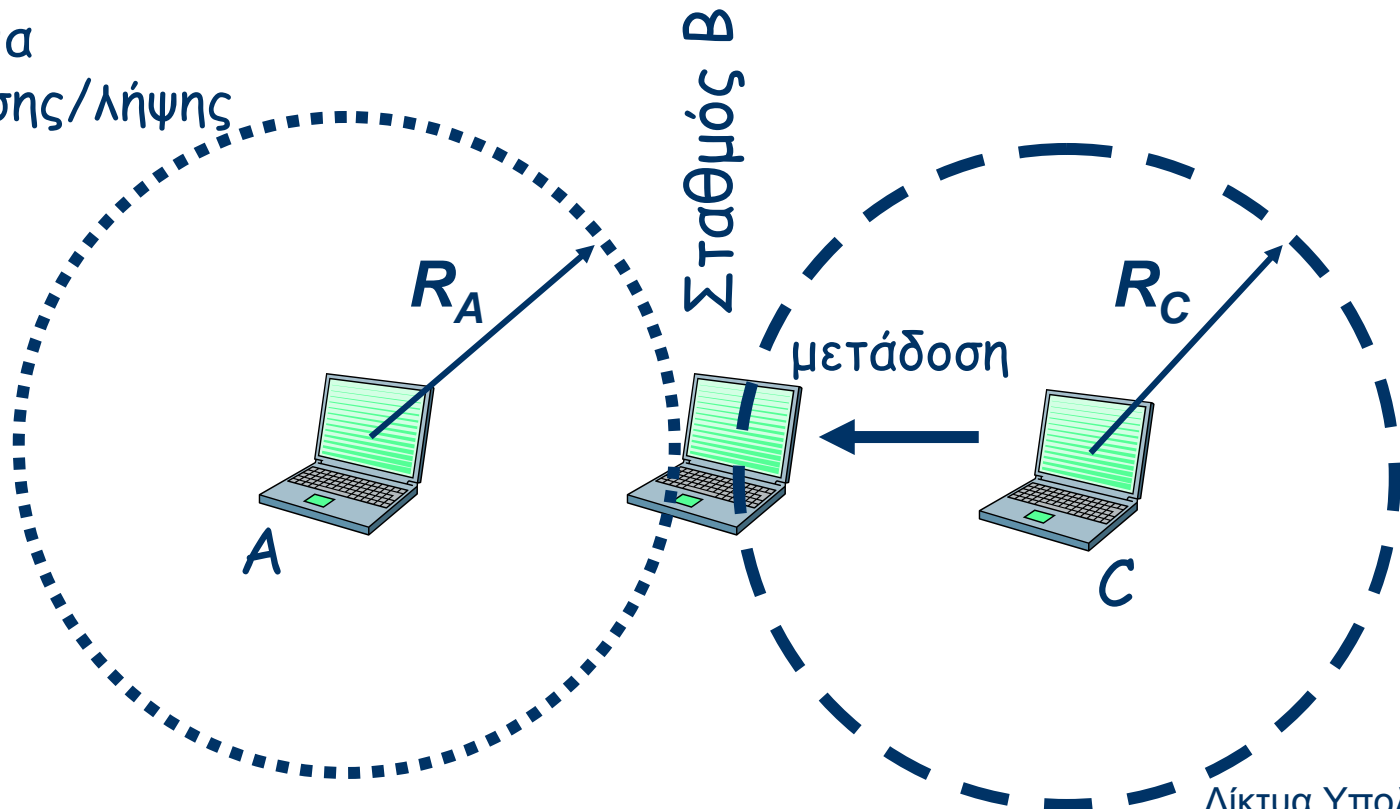
- Λειτουργία εκτίμησης ελεύθερου διαύλου (Clear Channel Assessment - CCA)
- Μειώνει την πιθανότητα να γίνει σύγκρουση
- Αλγόριθμος οπισθοχώρησης για ευστάθεια σε μεγάλα φορτία
- Δυνατότητα υλοποίησης διαφορετικών επιπέδων προτεραιότητας
- Προτεραιότητα στα πλαίσια ACK

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

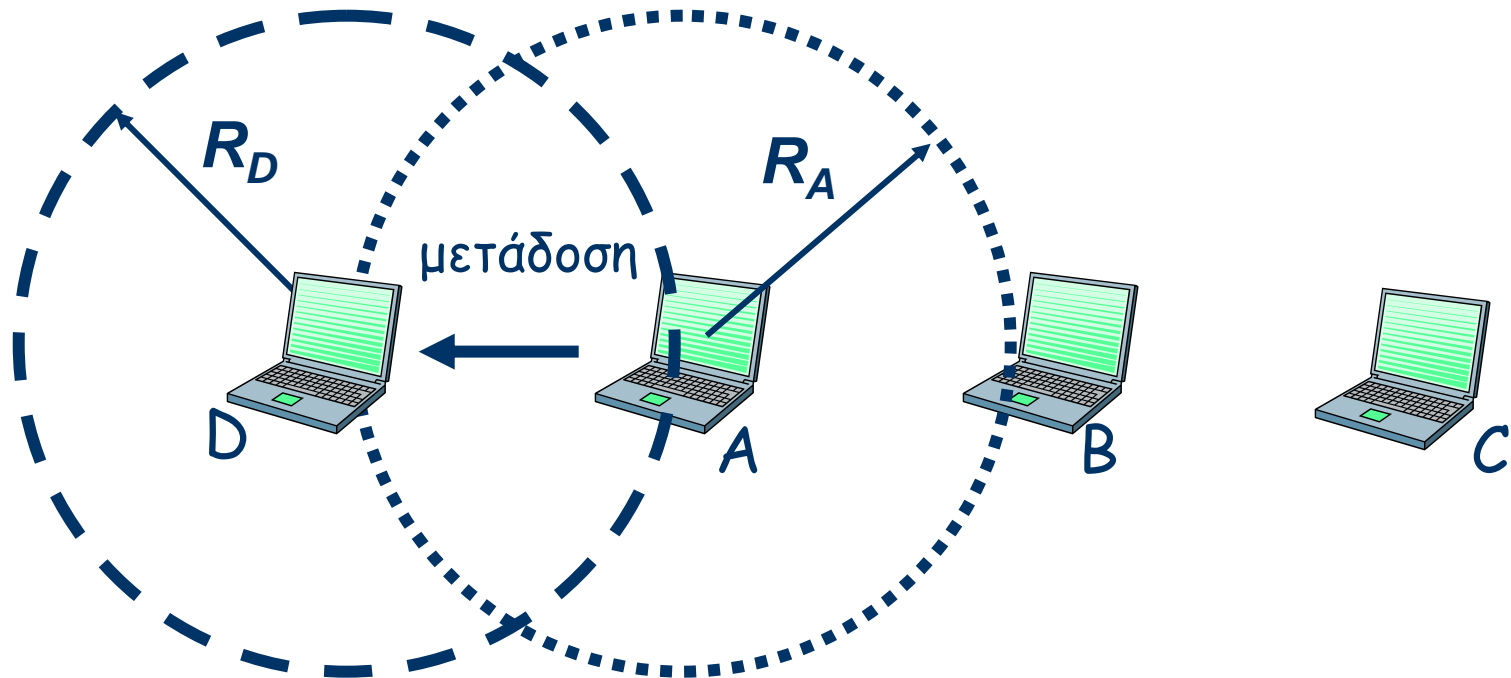
Εμβέλεια
μετάδοσης/λήψης
του A



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 D
- Λαμβάνοντας το *RTS*, ο D απαντά με *Clear-to-Send (CTS)*
- Ο κρυμμένος κόμβος που ακούει το *CTS* θα παραμένει σιωπηλός
- Ο εκτεθειμένος κόμβος B ακούει το *RTS* αλλά όχι το *CTS*
 - Η μετάδοση από τον B δεν θα παρεμβάλει στον D



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



CSMA/CA

Εισαγωγή στην CSMA/CA



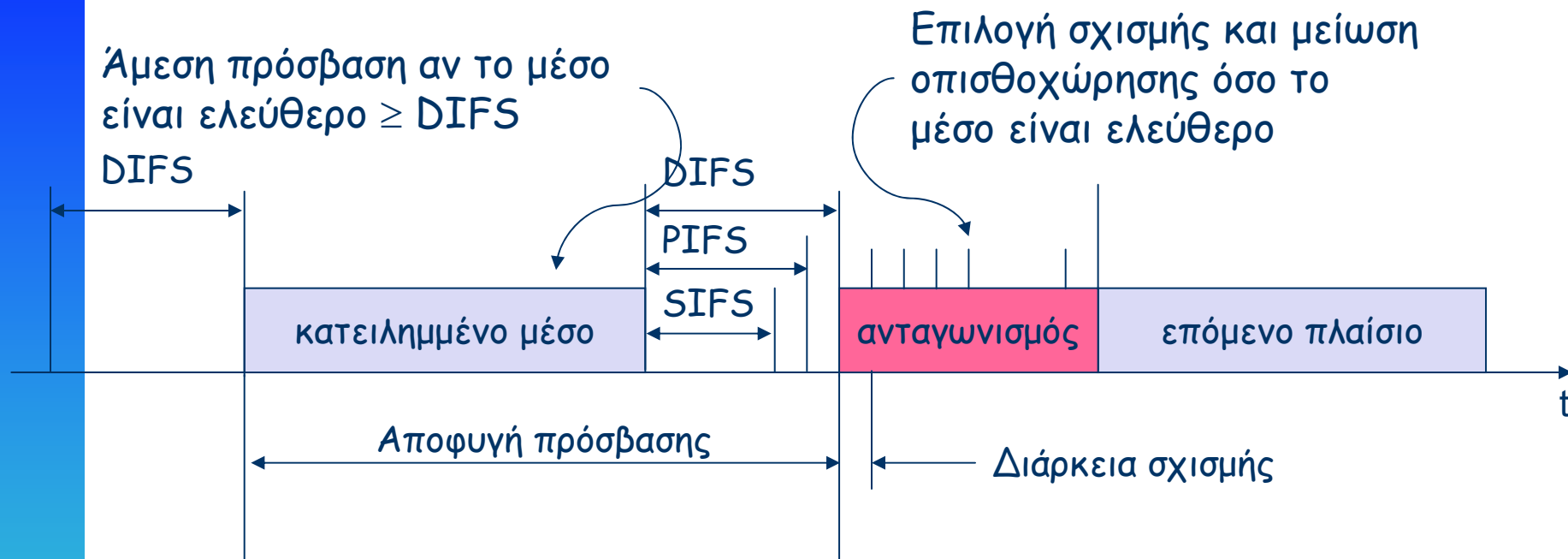
- Ο σταθμός που επιθυμεί να μεταδώσει, ακούει το μέσο
- Εάν είναι κατειλημμένο, περιμένει να ελευθερωθεί
- Εάν είναι ανενεργό, μεταδίδει μετά από μια περίοδο αποχής (περίοδος ανταγωνισμού)
 - Η περίοδος ανταγωνισμού (αποχής) είναι το άθροισμα μιας υποχρεωτικής ελάχιστης περιόδου συν μιας τυχαίας περιόδου 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



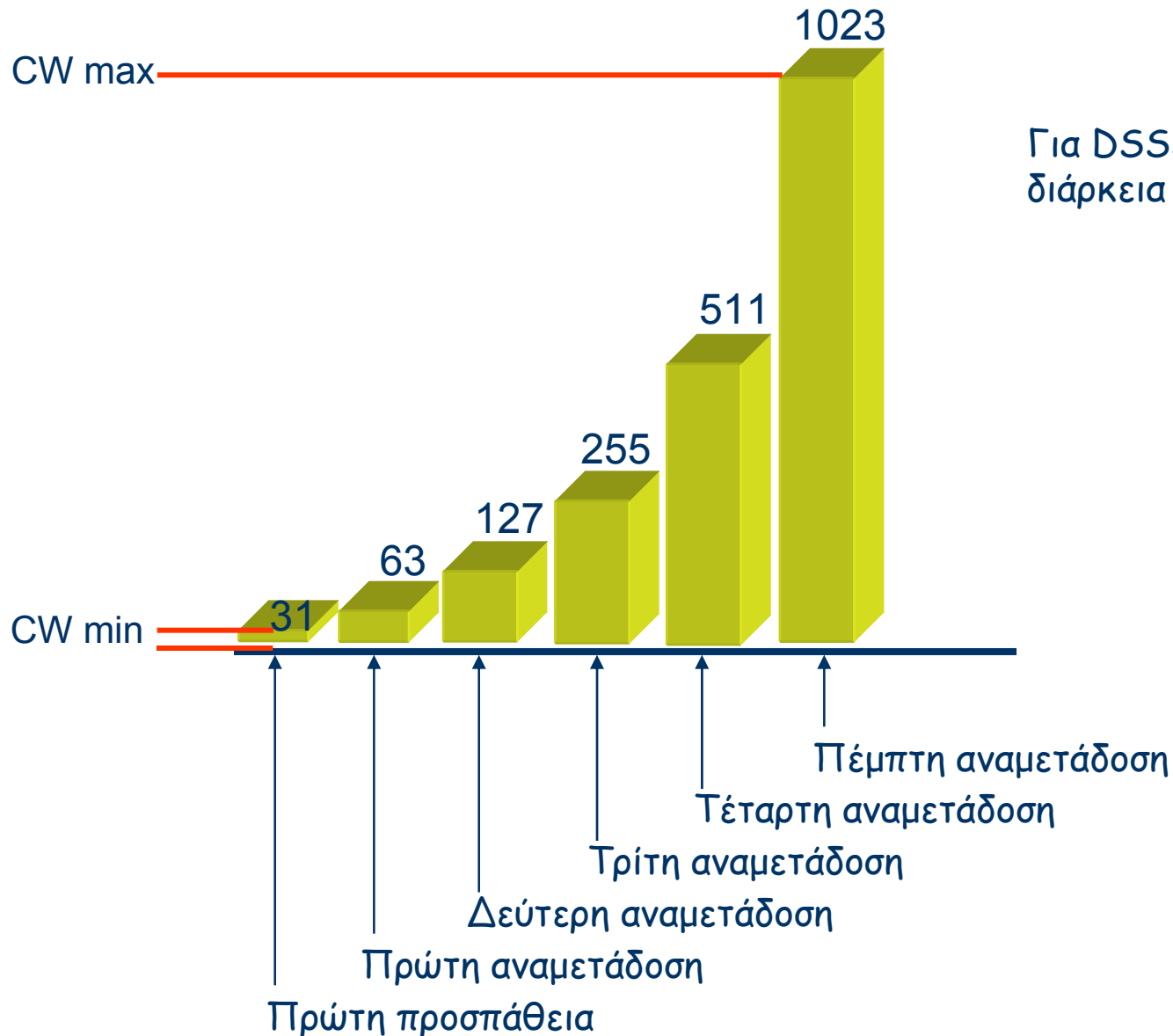
- Δεν γίνεται ανίχνευση σύγκρουσης, αλλά εάν το πλαίσιο δεν επιβεβαιωθεί (ACK), ο σταθμός υποθέτει ότι έχει συμβεί σύγκρουση
 - Ο σταθμός επαναμεταδίδει, όμως τώρα το παράθυρο ανταγωνισμού διπλασιάζεται
 - εκθετική οπισθοχώρηση παρόμοια με το IEEE 802.3
- Προαιρετικά, ο πομπός και ο δέκτης μπορούν να 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

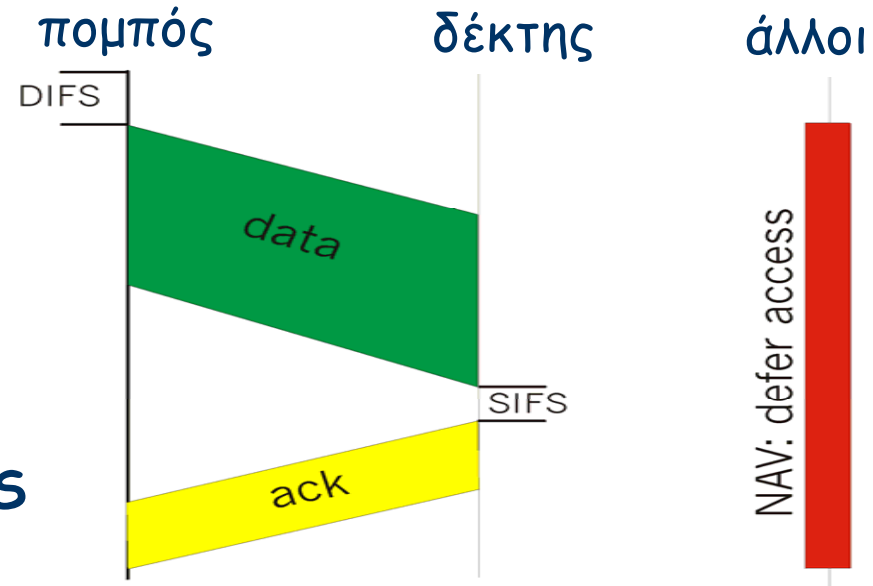


802.11 CSMA: εκπομπή

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

802.11 CSMA λήψη:

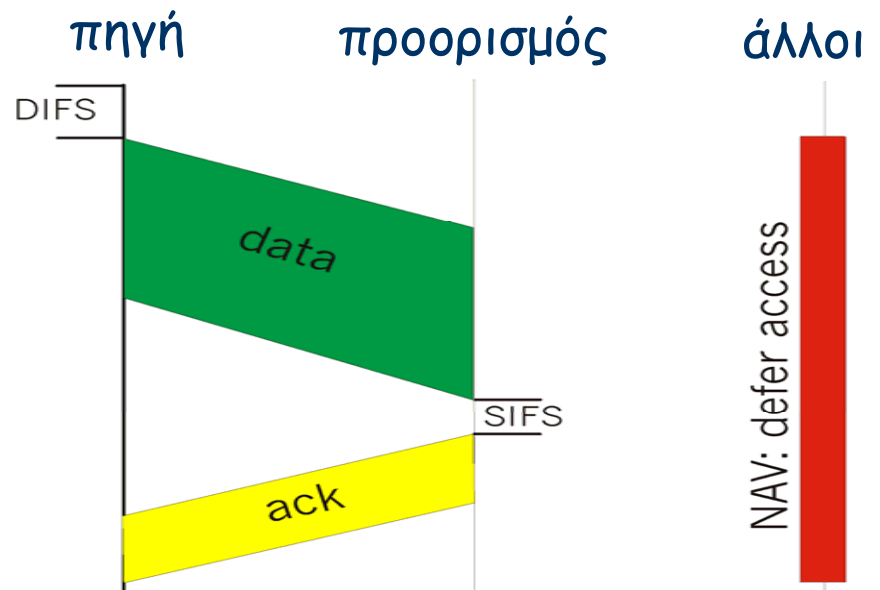
- αν το πλαίσιο ληφθεί σωστά αποστέλλεται **ACK** μετά από **SIFS sec**
(απαιτείται **ACK** λόγω του κρυμμένου τερματικού)



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

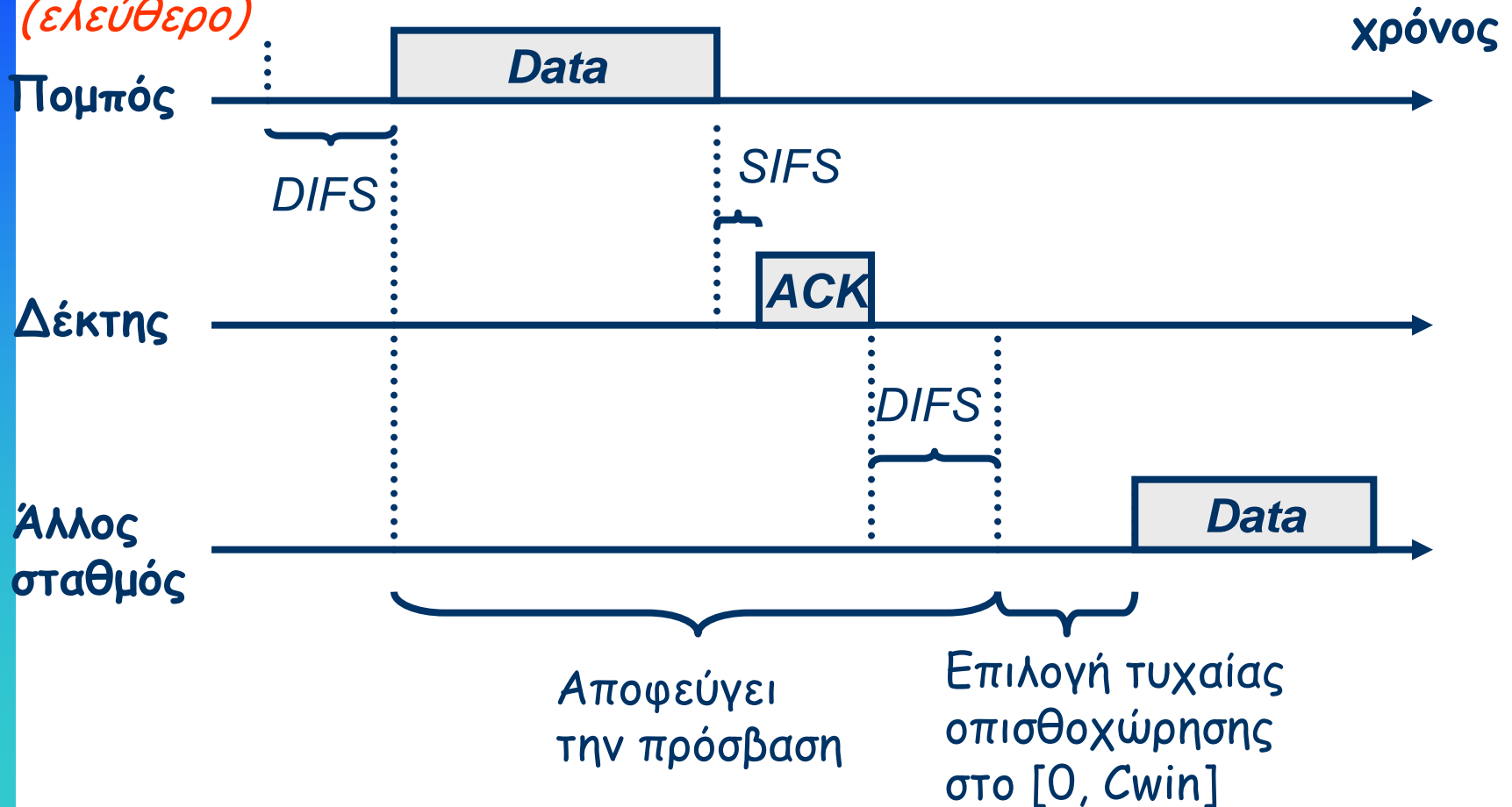


Το χρονοδιάγραμμα



Ξεκινά η ακρόαση
του μέσου
(ελεύθερο)

C_{win} = παράθυρο ανταγωνισμού

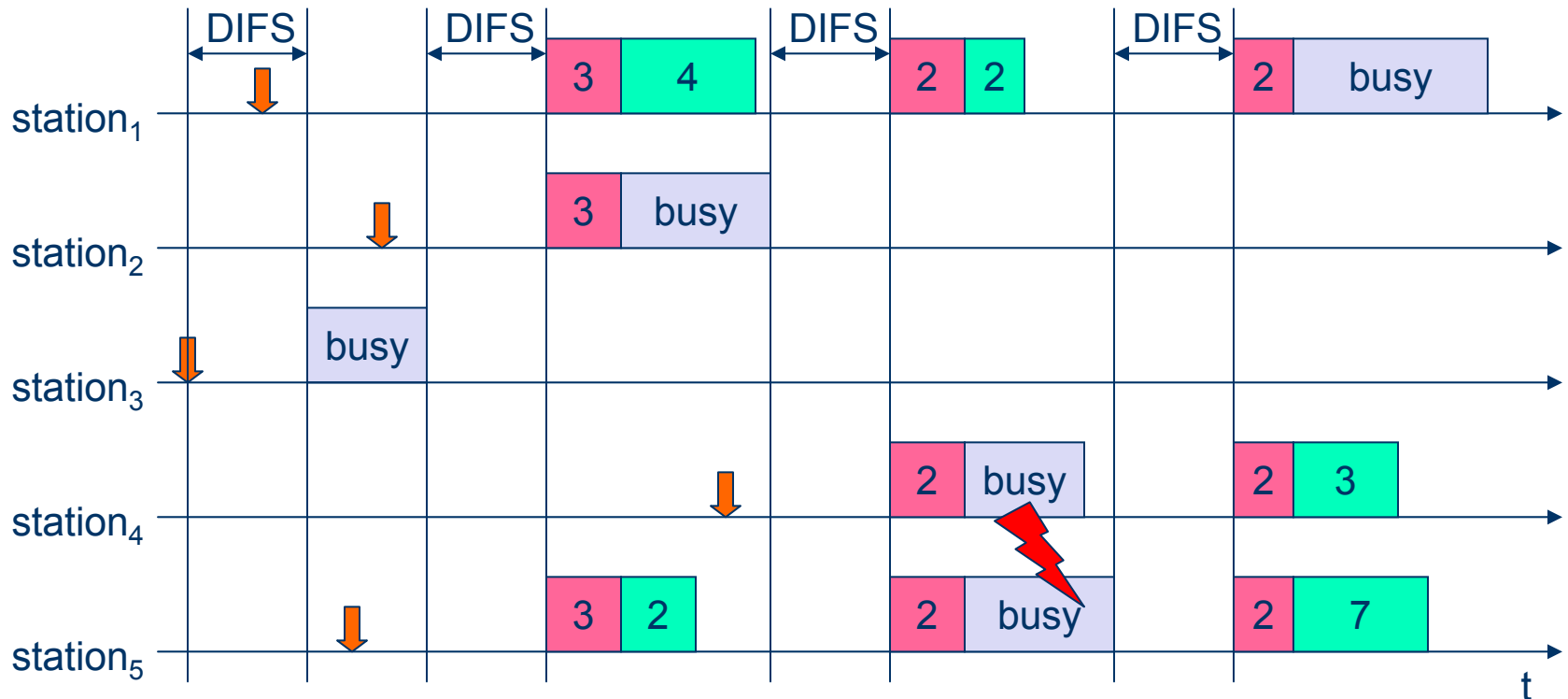


Network Allocation Vector (NAV)



- 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

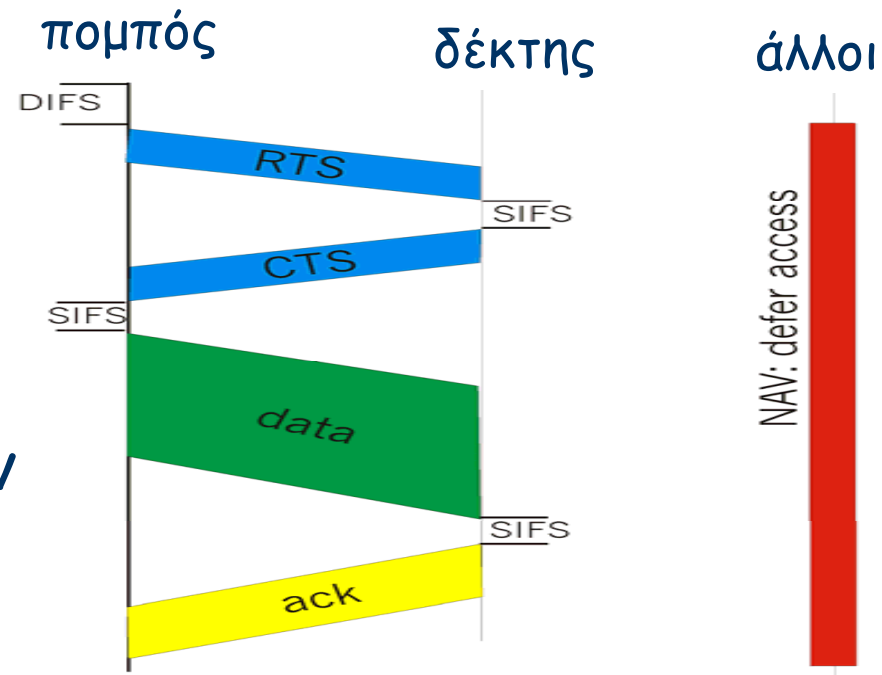
bo_r

Υπολειπόμενη οπισθοχώρηση

Ανταλλαγή RTS-CTS



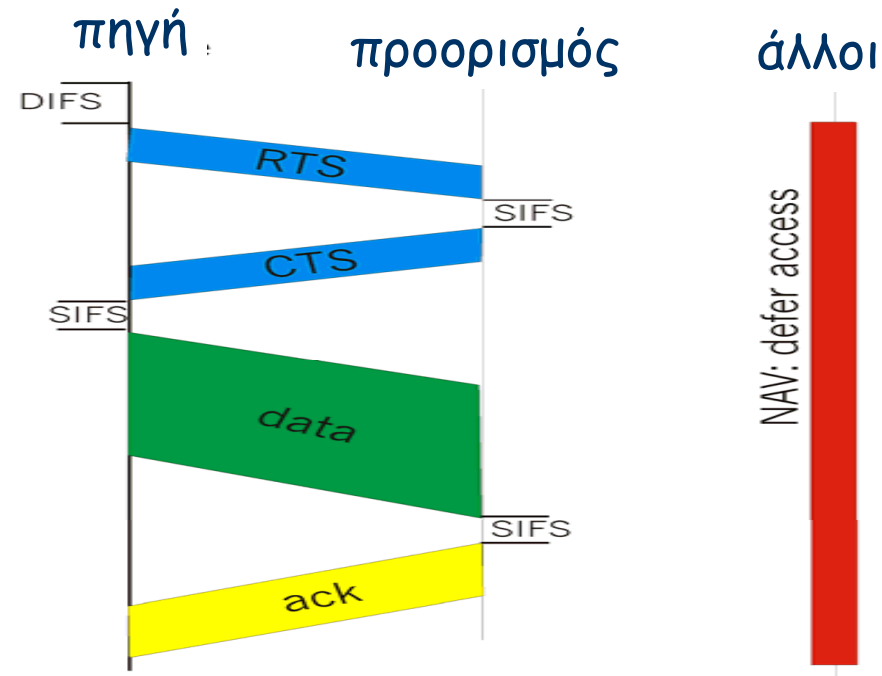
- **CSMA/CA με σαφή κράτηση του διαύλου**
 - πομπός: στέλνει RTS (request to send)
 - δέκτης: απαντά με CTS (clear to send)
- το CTS κρατάει τον δίαυλο για τον πομπό, ειδοποιώντας τους (τυχόν κρυμμένους) σταθμούς
 - αποφυγή συγκρούσεων λόγω κρυμμένων σταθμών



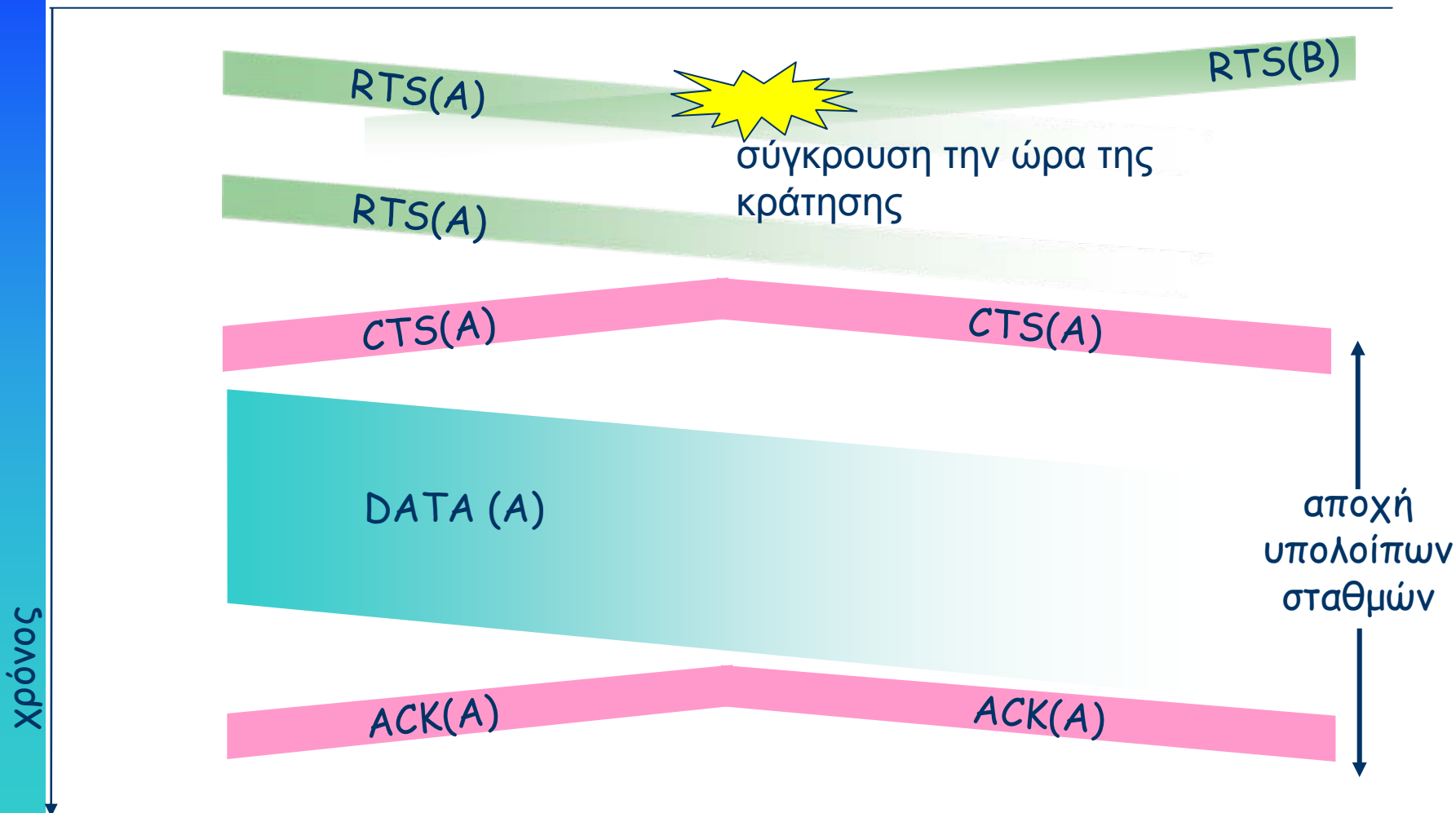
Ανταλλαγή RTS-CTS



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



Virtual Carrier Sense

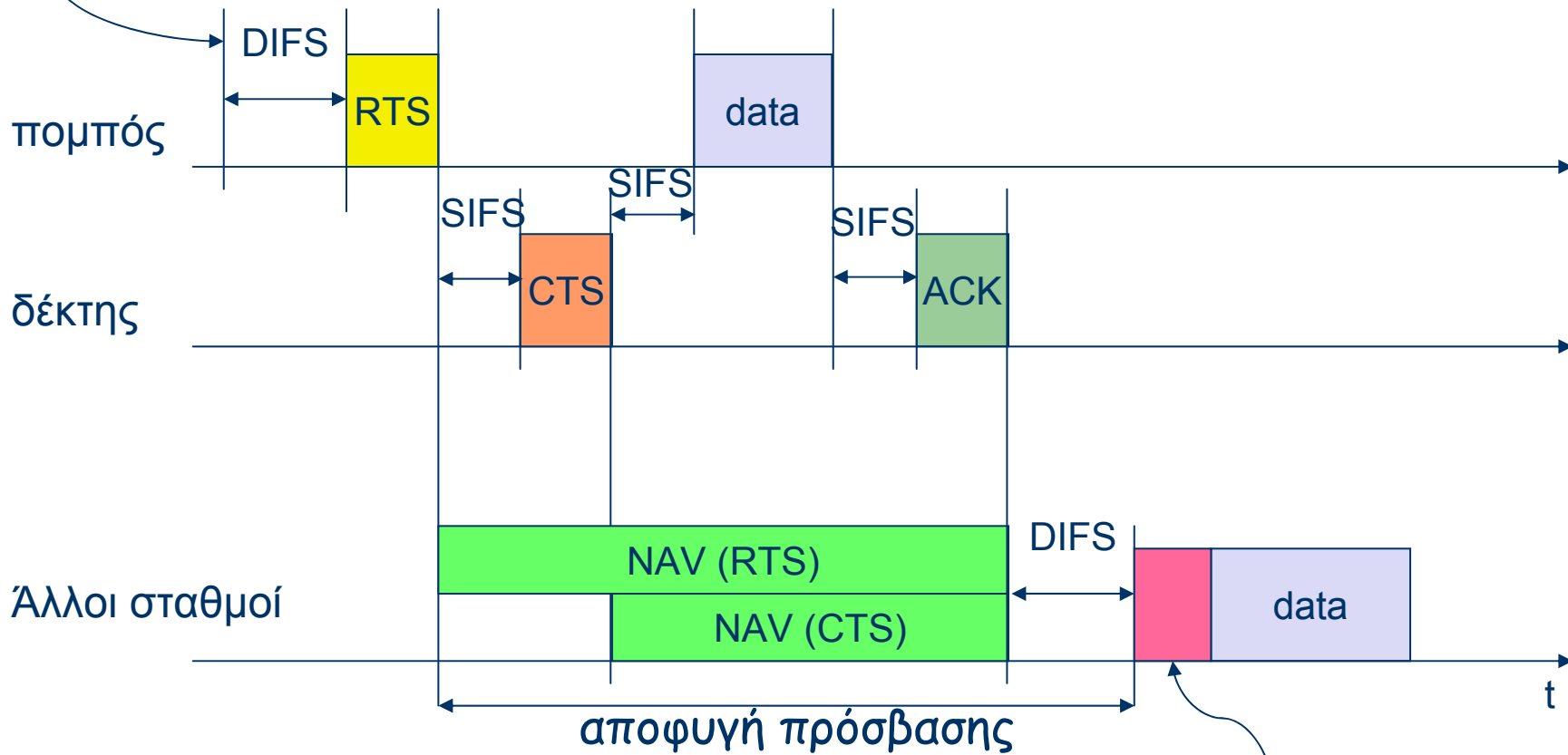


Το χρονοδιάγραμμα με RTS/CTS



Ξεκινά η ακρόαση του μέσου (ελεύθερο)

C_{win} = παράθυρο ανταγωνισμού



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

802.11: RTS/CTS + ACK

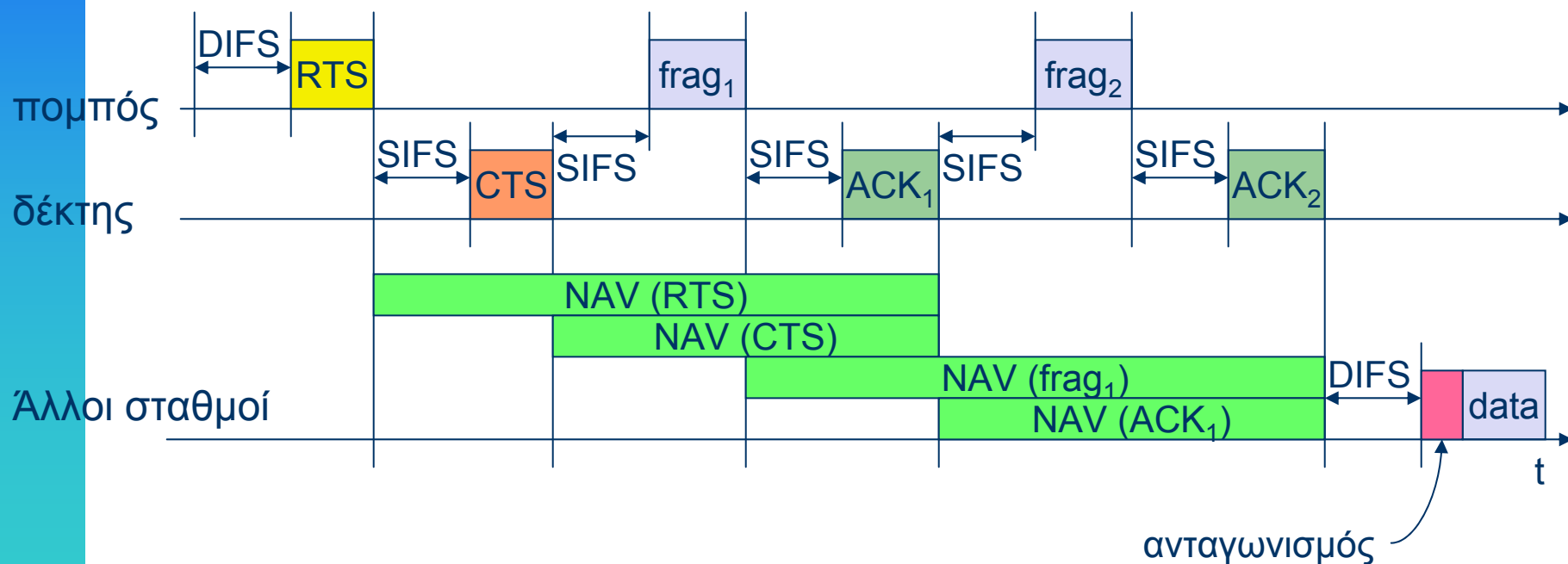


- 802.11 προσθέτει ACK στη σηματοδότηση για βελτίωση της αξιοπιστίας
 - συνέπεια: για αποφυγή σύγκρουσης με τις ACK, κάθε σταθμός που ακούει RTS δεν πρέπει να στείλει για χρόνο NAV
 - έτσι, ένας σταθμός δεν πρέπει να στείλει για χρόνο NAV αν ακούσει είτε RTS είτε CTS
- Σημείωση: το RTS/CTS είναι προαιρετικό 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



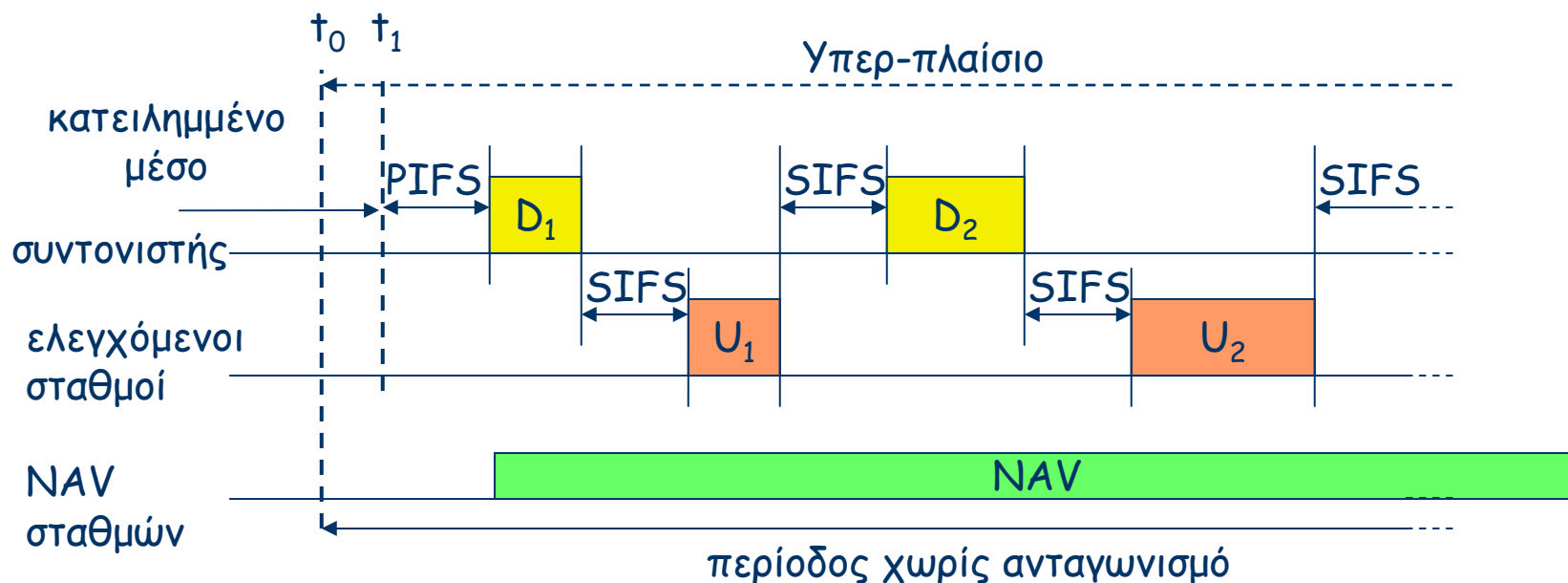
- Για να μειωθεί ο χρόνος κατάληψης του καναλιού σε περίπτωση σύγκρουσης, ένα πλαίσιο μπορεί να θρυμματισθεί και να μεταδοθεί ως πολλά μικρότερης διάρκειας πλαίσια



Point Coordination Function (PCF)

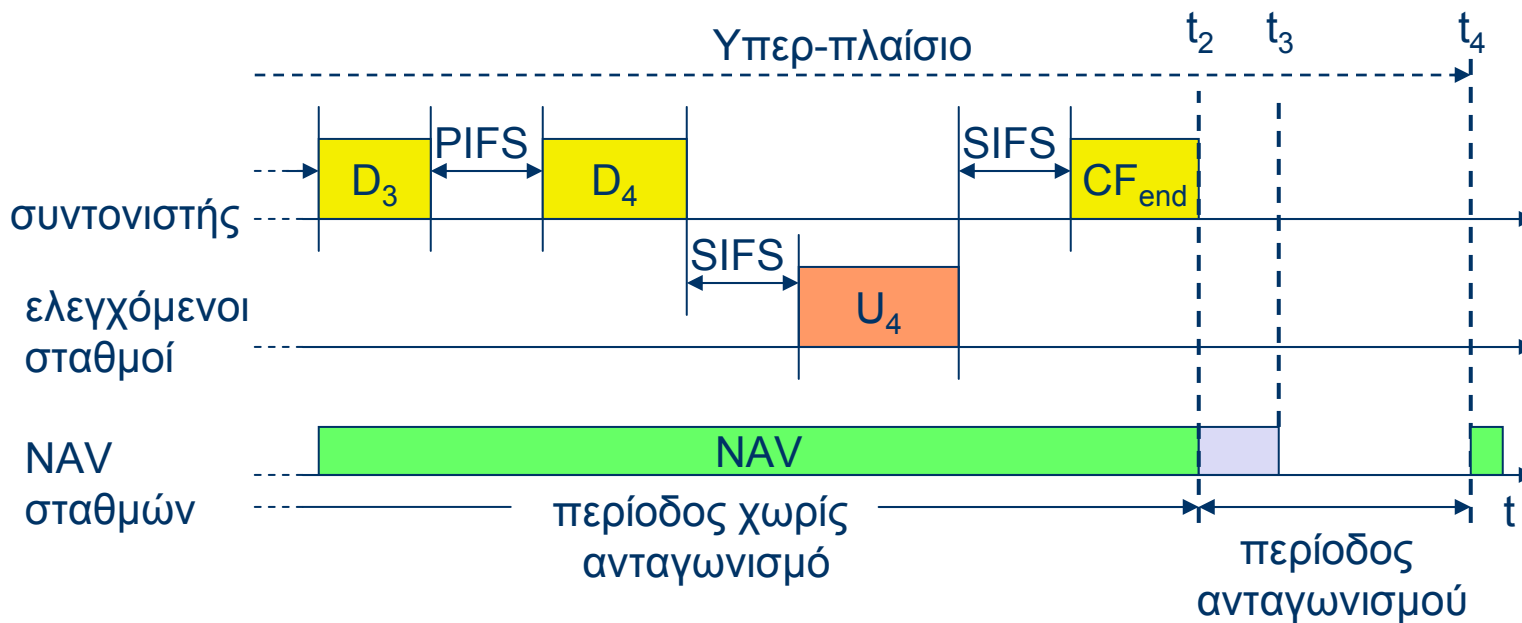


- Σε τι διαφέρει η PCF και η DCF?
- Ερωταποκρίσεις σταθμών → Polling



D: ροή καθόδου ή δεδομένα από τον συντονιστή
U: δεδομένα από ελεγχόμενο ασύρματο σταθμό

PCF (συν)





Το πλαίσιο ΜΑC



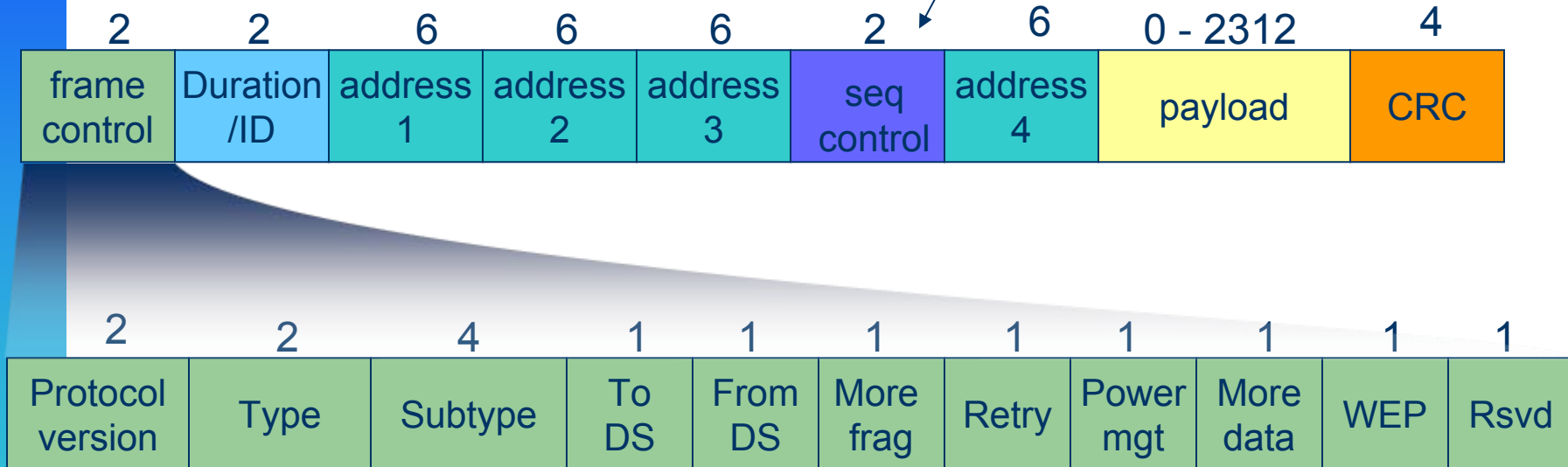
- Η μορφή της επικεφαλίδας MAC διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου:
 - Πλαίσια ελέγχου (Control Frames): παραλείπονται αρκετά πεδία
 - Πλαίσια διαχείρισης (Management Frames)
 - Πλαίσια δεδομένων (Data Frames)

Μορφή πλαισίου 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

Πλαίσια διαχείρισης MAC



- Beacon

- Χρονοσήμανση, διάστημα μεταξύ Beacon, δυνατότητες, SSID, υποστηριζόμενοι ρυθμοί μετάδοσης, παράμετροι
- Traffic Indication Map (TIM) για διαχείριση ισχύος

- Probe

- SSID, δυνατότητες, υποστηριζόμενοι ρυθμοί μετάδοσης

- Probe Response

- Χρονοσήμανση, Beacon Interval, δυνατότητες, SSID, υποστηριζόμενοι ρυθμοί μετάδοσης, παράμετροι
- ίδιο με το Beacon εκτός από το TIM

Πλαίσια διαχείρισης MAC



- Dis-association
 - Κωδικός αιτίας
- Authentication
 - Αλγόριθμος, ακολουθία, Status, Challenge Text
- De-authentication
 - Αιτία

Το 1^ο 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

2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Protocol version	Type	Subtype	To DS	From DS	More frag	Retry	Power mgt	More data	WEP	Rsvd

Το 2^ο byte του πεδίου ελέγχου πλαισίου



- **To 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 ίδιου πλαισίου
- **Retry** (1 bit) - δείχνει ότι το πλαίσιο είναι επαναμετάδοση (για να αναγνωρίζονται αντίγραφα πλαισίων π.χ. σε περίπτωση απώλειας του ACK)

Το 2^ο 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: το 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 (για την αναγνώριση της σειράς των τεμαχίων του ίδιου πλαισίου και εντοπισμό αντιγράφων)
- **Payload** (0 μέχρι 2312 byte)
- **CRC** (4 bytes)



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

2	2	6	6	6	2	6	0 - 2312	4
frame control	Duration /ID	address 1	address 2	address 3	seq control	address 4	payload	CRC

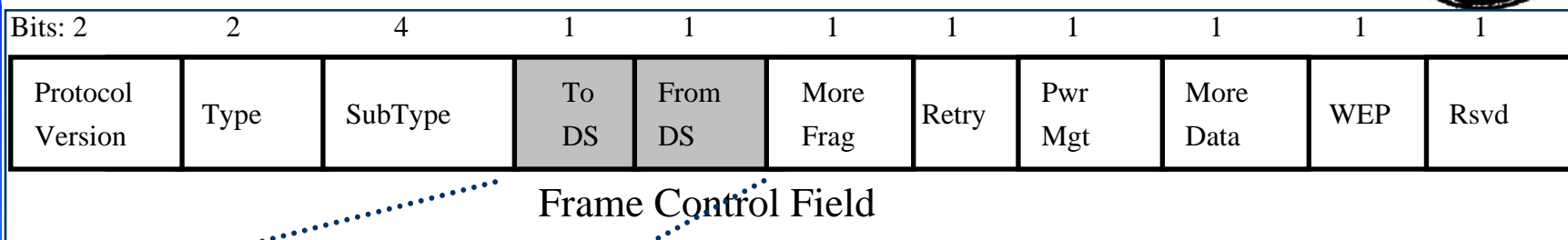
Οι διευθύνσεις



- 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 αποστέλλοντος σταθμού



Πεδία διευθύνσεων



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

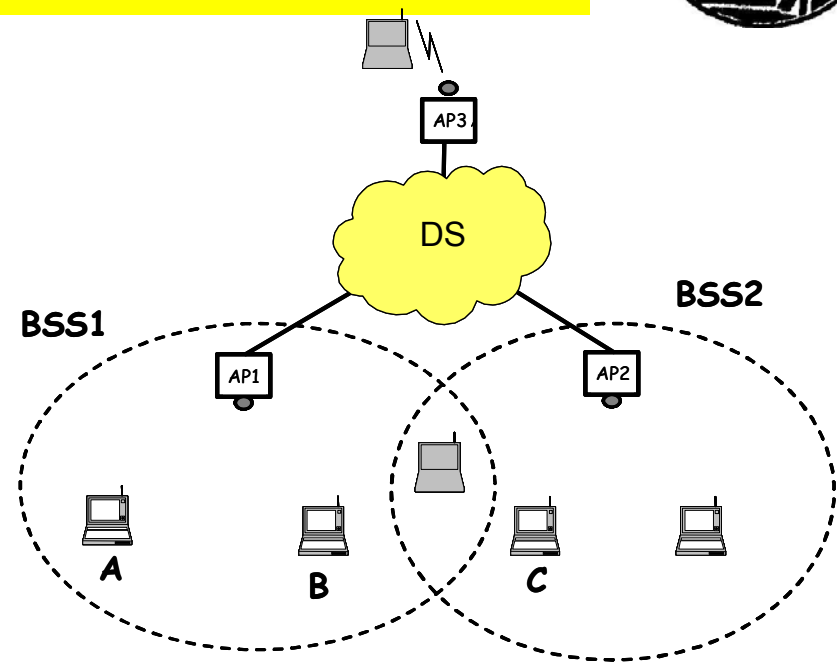
SA: διεύθυνση πηγής του πλαισίου

RA: διεύθυνση του δέκτη (επόμενου ενδιάμεσου παραλήπτη)

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

BSSID: διεύθυνση του AP

Παράδειγμα χρήσης



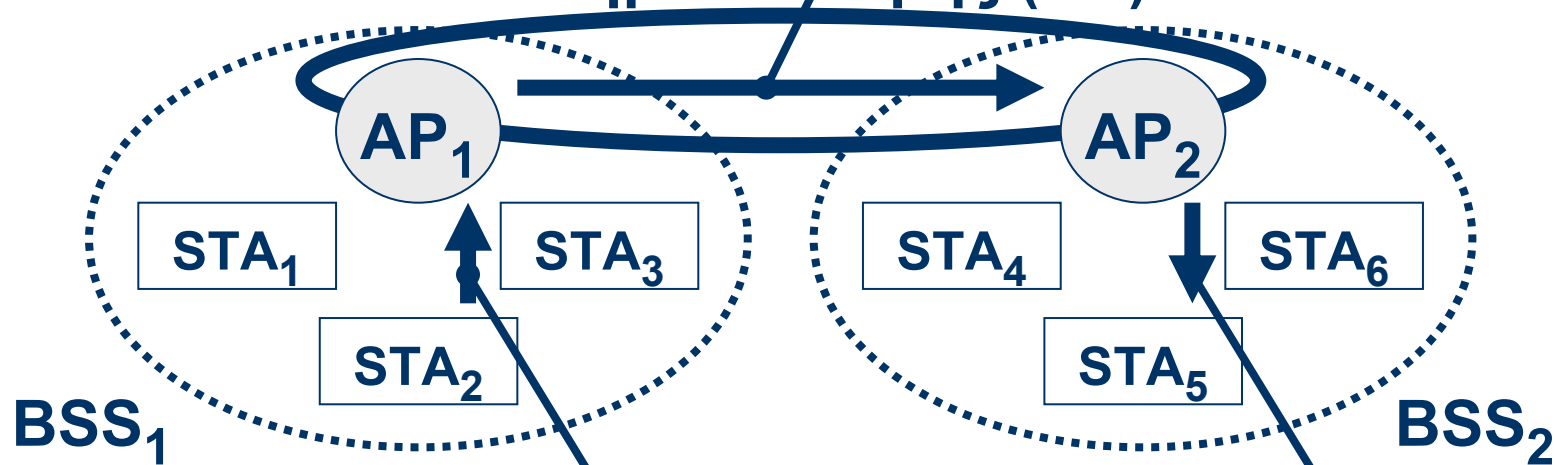
		Addr1	Addr2	Addr3	Addr4
$A \rightarrow B$	$A \rightarrow AP1$	AP1	A	B	-
	$AP1 \rightarrow B$	B	AP1	A	-
$A \rightarrow C$	$A \rightarrow AP1$	AP1	A	C	-
	$AP1 \rightarrow AP2$	AP2	AP1	C	A
	$AP2 \rightarrow C$	C	AP2	A	-

Παράδειγμα χρήσης σε DS



$RA = AP_2$, $TA = AP_1$, $DA = STA_5$, $SA = STA_2$

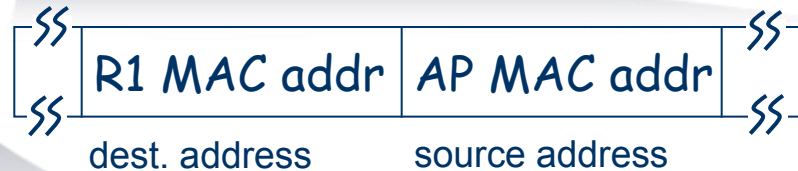
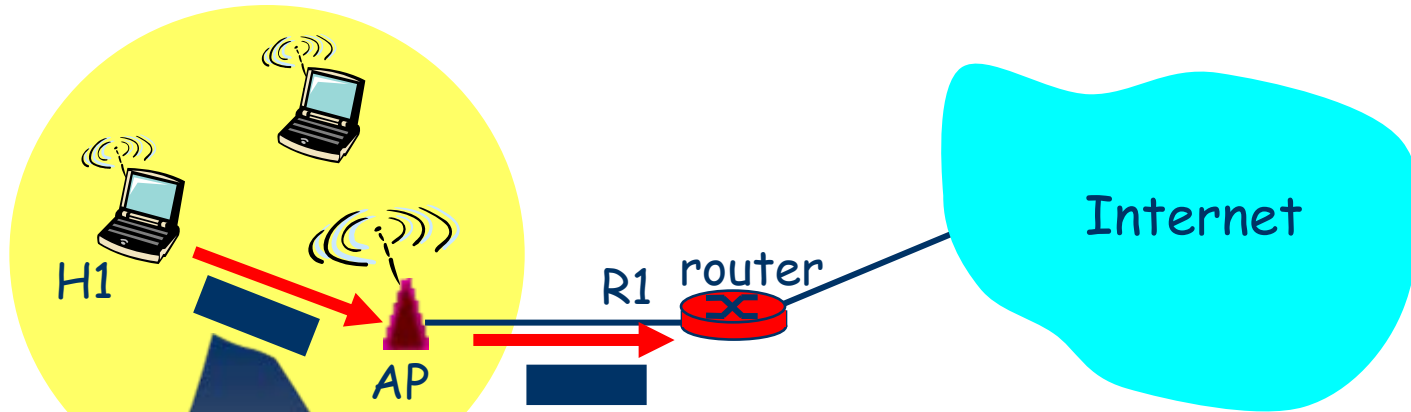
Σύστημα διανομής (DS)



$RA = AP_1$
 $SA = STA_2$
 $DA = STA_5$

$DA = STA_5$
 $TA = AP_2$
 $SA = STA_2$

Παράδειγμα χρήσης με υποδομή



Πλαίσιο 802.3

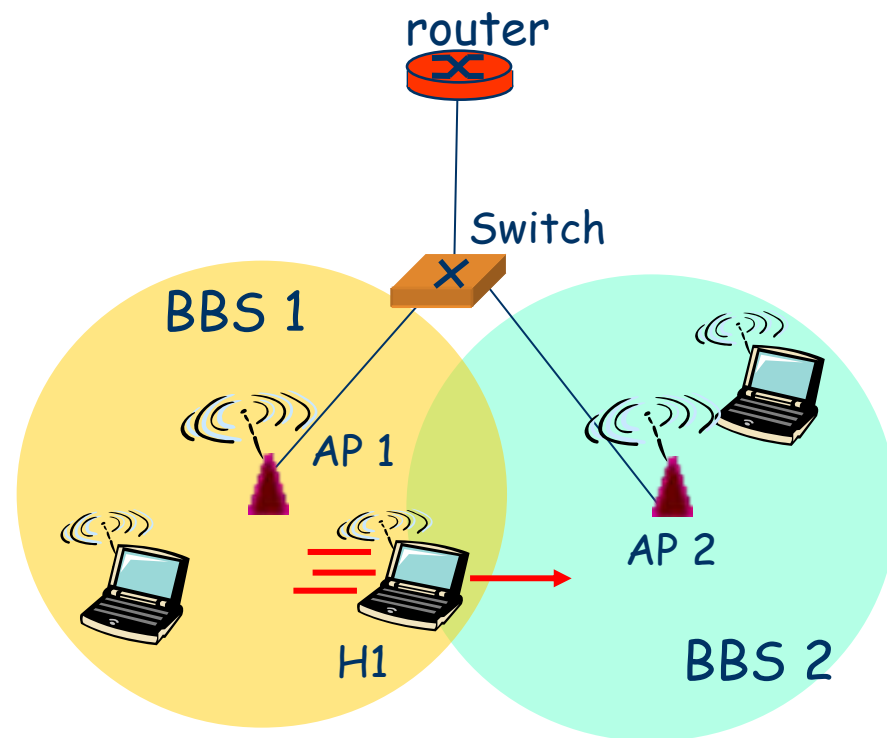


Πλαίσιο 802.11

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



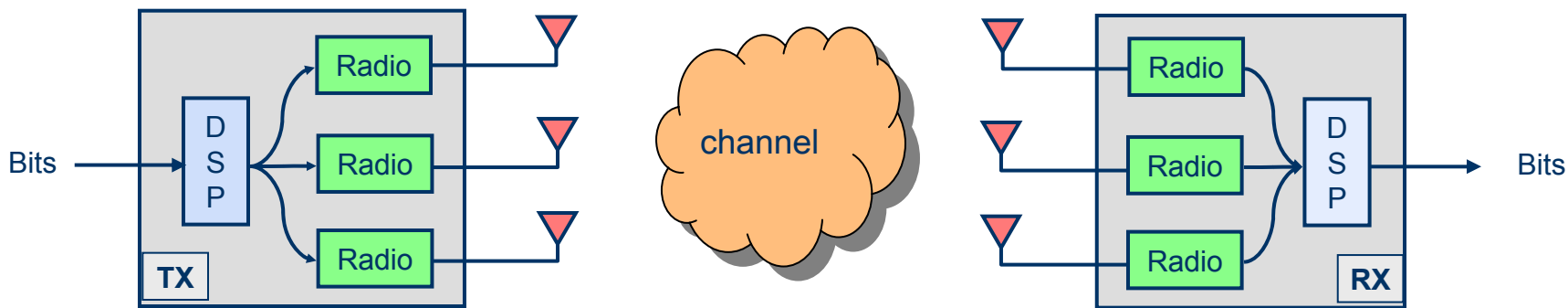


Νέα πρότυπα ΙΕΕΕ 802.11

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 και σταθμοί a/b/g
 - Μεικτή χρήση, πχ. σημείο πρόσβασης 802.11n και σταθμοί a/b/g/n
- MIMO

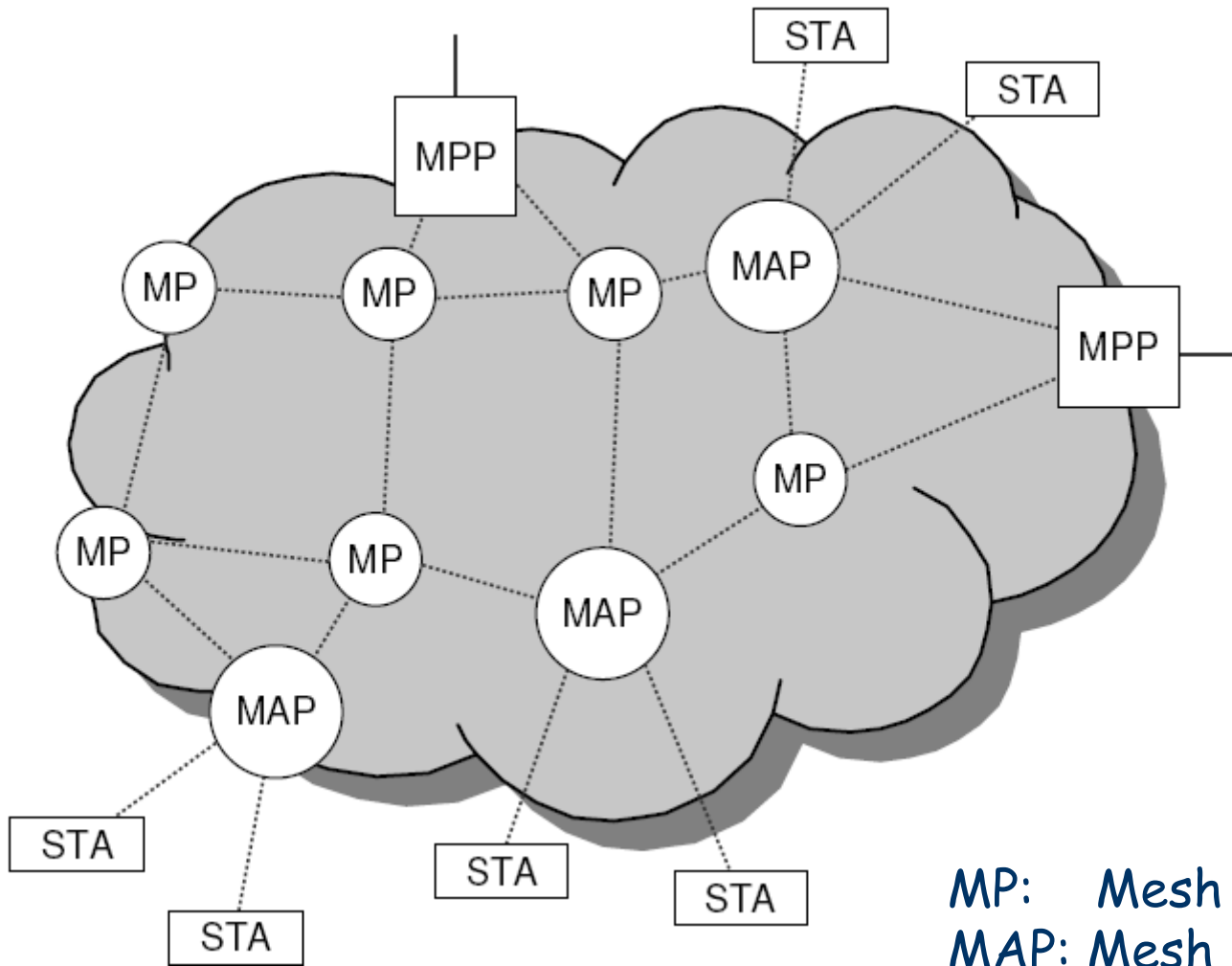


Το πρότυπο 802.11s: πλέγματα



- 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 στο πλέγμα, που παρέχουν πρόσβαση 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 (Ad hoc On-demand Distance Vector)

Το πρότυπο 802.11s: πλέγματα



MP: Mesh point
MAP: Mesh Access Point
MPP: Mesh Portal Point

Το πρότυπο 802.11s: πλέγματα



- Wireless Mesh Networks (WMN) είναι δίκτυα στα οποία κάθε κόμβος μπορεί να επικοινωνεί απ' ευθείας με έναν ή περισσότερους ομότιμους κόμβους.
- Διαφορετικά από τα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα (π.χ. 802.11 WLAN) που απαιτούν κεντρικά σημεία πρόσβασης ενδιάμεσα.
- Κάθε κόμβος λειτουργεί όχι μόνο ως ένας host αλλά και ως router, που προωθεί πακέτα εκ μέρους άλλων κόμβων που μπορεί να μη βρίσκονται στην περιοχή κάλυψης των προορισμών τους.
- Είναι δυναμικά αυτό-οργανούμενα και αυτοσχηματιζόμενα. Οι κόμβοι μπορεί αυτόματα να εγκαθιστούν και να διατηρούν πολλαπλή σύνδεση μεταξύ τους