



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Κινητές Τεχνολογίες

Διάλεξη 6η: Ασύρματη πρόσβαση και ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs)

Γ. Καρυδάκης

Τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Περιεχόμενα ενότητας

- Περιοχές αποκωδικοποίησης και παρεμβολής
- Προβλήματα κρυμμένου και εκτεθειμένου τερματικού
- Βασικές διαφορές μεταξύ κινητών δικτύων και ασύρματων τοπικών δικτύων
- Βασικές διαφορές μεταξύ κινητών δικτύων και ασύρματων τοπικών δικτύων
- Wireless Local Area Network (WLAN) 802.11 δίκτυο

Διάλεξη 6

Ασύρματη πρόσβαση και ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs)

Βασικές διαφορές μεταξύ κινητών δικτύων και ασύρματων τοπικών δικτύων

- Παρέχουν υπηρεσίες φωνής και δεδομένων
- Τα κινητά δίκτυα περιλαμβάνουν σταθερούς κόμβους (σταθμούς βάσης) με εμβέλεια που μπορεί να φτάσει αρκετά χιλιόμετρα
- Κάθε σταθμός βάσης μπορεί να εξυπηρετήσει τόσους κινητούς χρήστες όσα και τα συχνοτικά κανάλια που διαθέτει (άρα τα κινητά δίκτυα έχουν πεπερασμένη χωρητικότητα)

Βασικές διαφορές μεταξύ κινητών δικτύων και ασύρματων τοπικών δικτύων (συν.)

- Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (wireless local area network, WLAN) έχουν σχεδιασθεί κατά βάση για να παρέχουν υπηρεσίες δεδομένων
- Περιλαμβάνουν -συνήθως- κόμβους με ενσύρματη σύνδεση στο Internet , τα σημεία πρόσβασης (access points – AP)
- Η εμβέλεια των ασύρματων κόμβων δεν ξεπερνά τα λίγες εκατοντάδες μέτρα (συνήθως λίγες δεκάδες)
- Οι ασύρματοι κόμβοι χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες και ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να (δεσμεύσουν το ασύρματο κανάλι και να μεταδώσουν δεδομένα)
- Όταν πολλοί ασύρματοι κόμβοι χρησιμοποιούν το ίδιο AP, τότε πέφτει η ρυθμαπόδοσή τους (throughput) καθώς δημιουργούνται πολλές συγκρούσεις (collisions) πακέτων δεδομένων

Wireless Local Area Network (WLAN)

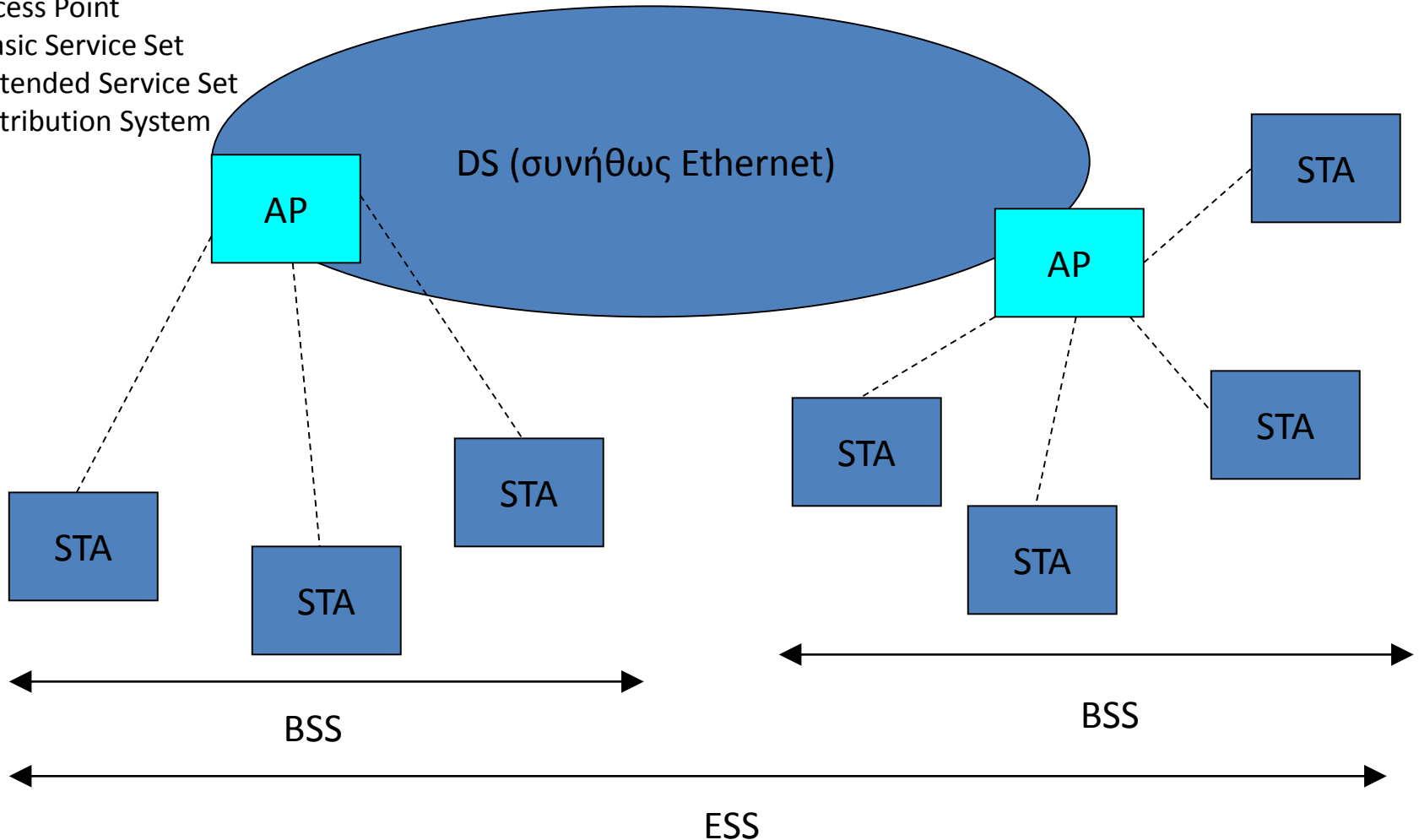
802.11 δίκτυο

AP: Access Point

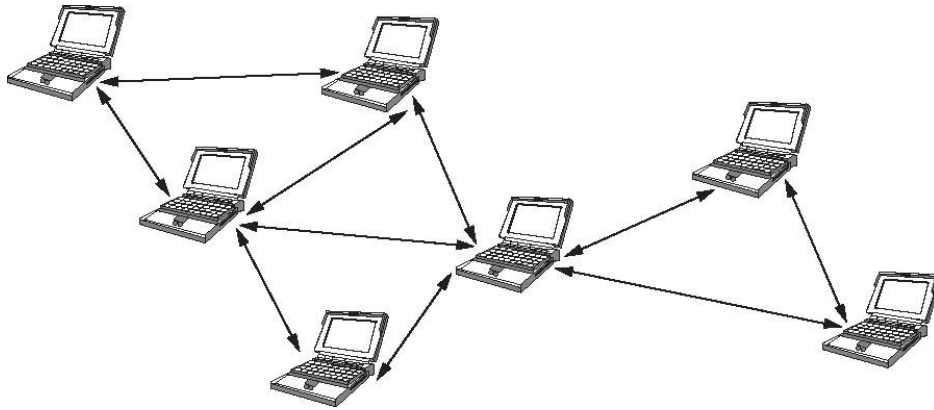
BSS: Basic Service Set

ESS: Extended Service Set

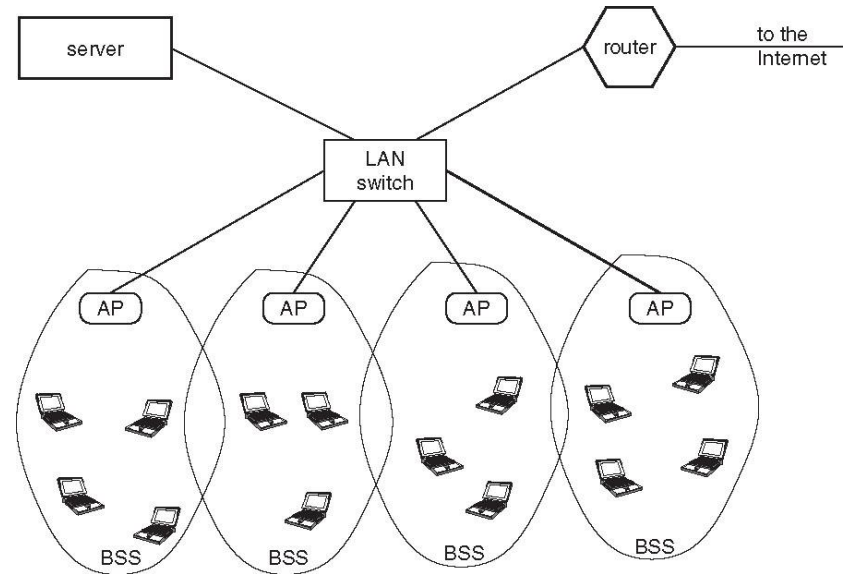
DS: Distribution System



Τοπολογίες/αρχιτεκτονικές στα WLANs



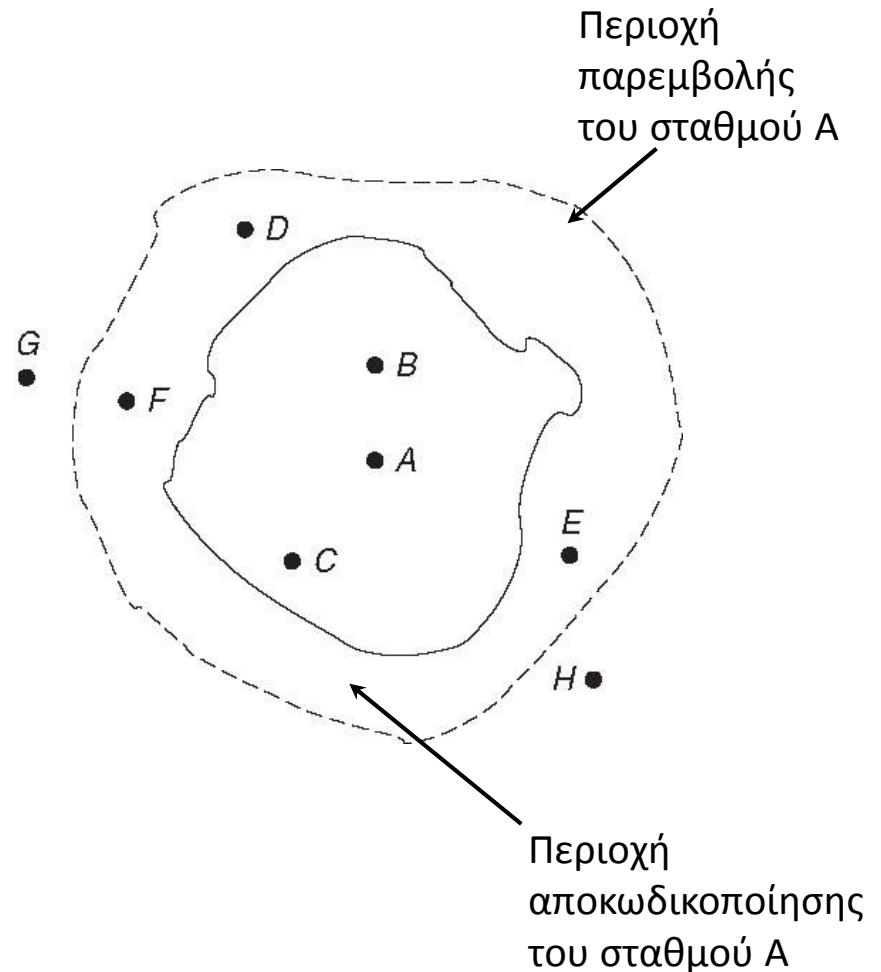
Η αδόμητη τοπολογία (ad hoc mode)



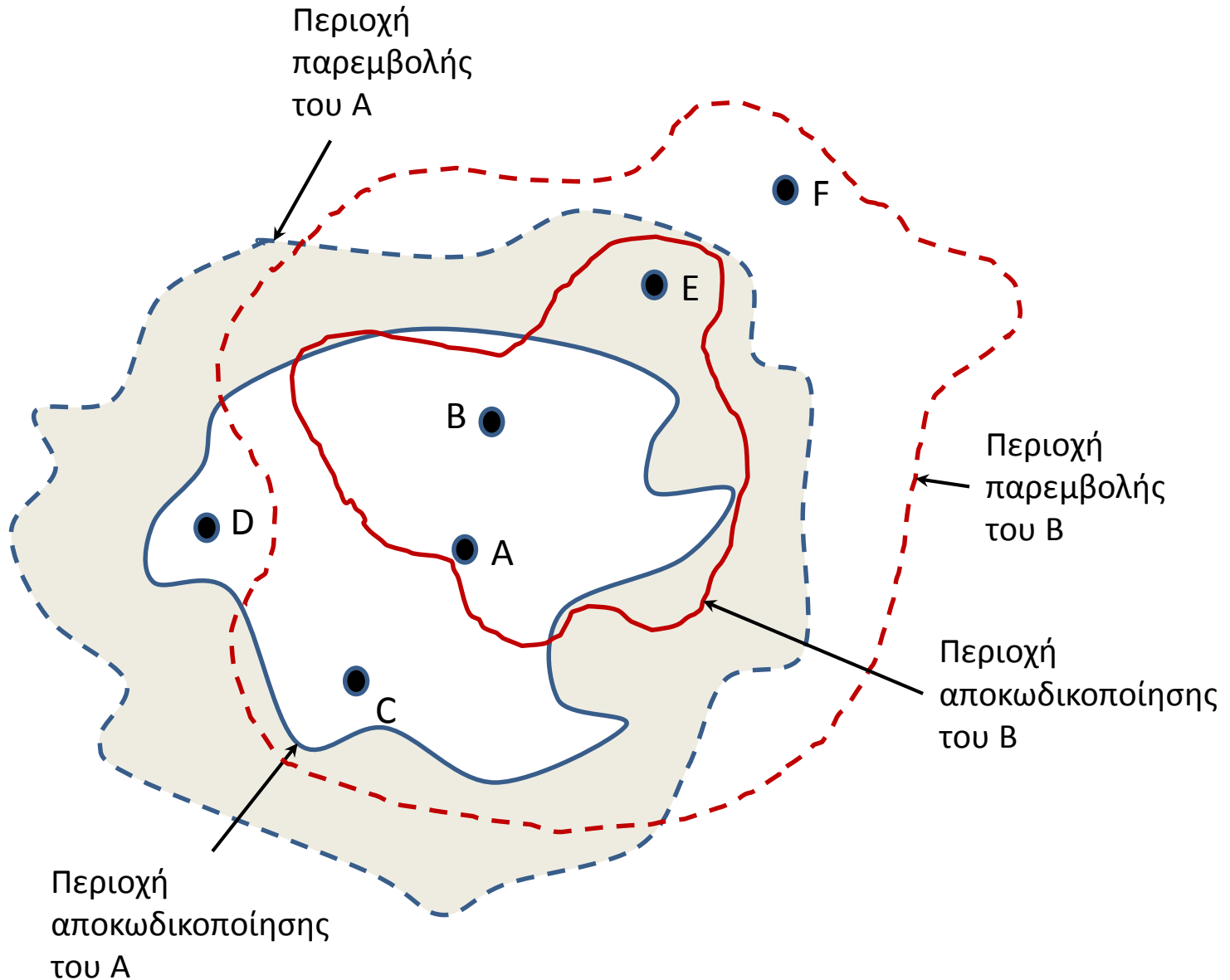
Τοπολογία υποδομής (infrastructure mode)

Περιοχές αποκωδικοποίησης και παρεμβολής

- Περιοχή αποκωδικοποίησης:
 - οι κόμβοι της περιοχής αυτής θα αποκωδικοποιήσουν πακέτα του A
- Περιοχή παρεμβολής:
 - Οι κόμβοι της περιοχής αυτής δε θα μπορέσουν να αποκωδικοποιήσουν πακέτα του A, αλλά ο A μπορεί να τους παρεμβάλει
- Οι κόμβοι που βρίσκονται εκτός της περιοχής παρεμβολής δεν μπορούν να δεχθούν παρεμβολή από τον A



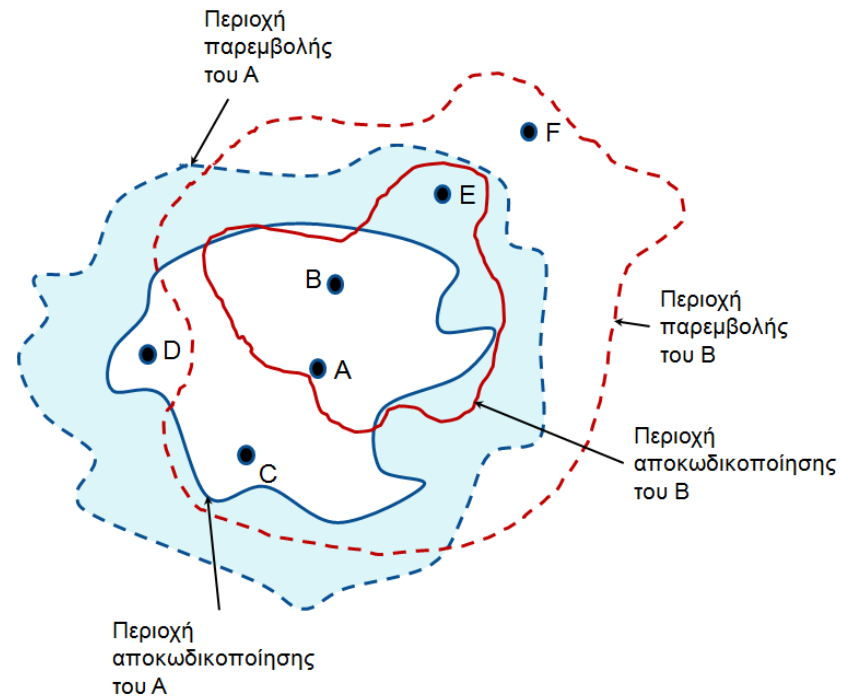
Άσκηση #1



Άσκηση #1

Θεωρήστε την τοπολογία ασυρμάτου δικτύου της εικόνας και τα εξής σενάρια:

1. Ο A εκπέμπει στον B
2. Ο A εκπέμπει στον E
3. Ο B και ο A εκπέμπουν στον E
4. Ο A εκπέμπει στον C και ο B εκπέμπει στον E
5. Ο A εκπέμπει στον D και ο B εκπέμπει στον E



- Εξηγήστε αν σε καθένα από αυτά τα σενάρια οι παραλήπτες θα αποκωδικοποιήσουν τα πακέτα ή θα συμβεί σύγκρουση

Άσκηση #1 - Λύση

Περιοχή αποκωδικοποίησης:

Όποιος κόμβος ανήκει σε αυτή την περιοχή θα αποκωδικοποιήσει πακέτα του A

Περιοχή παρεμβολής:

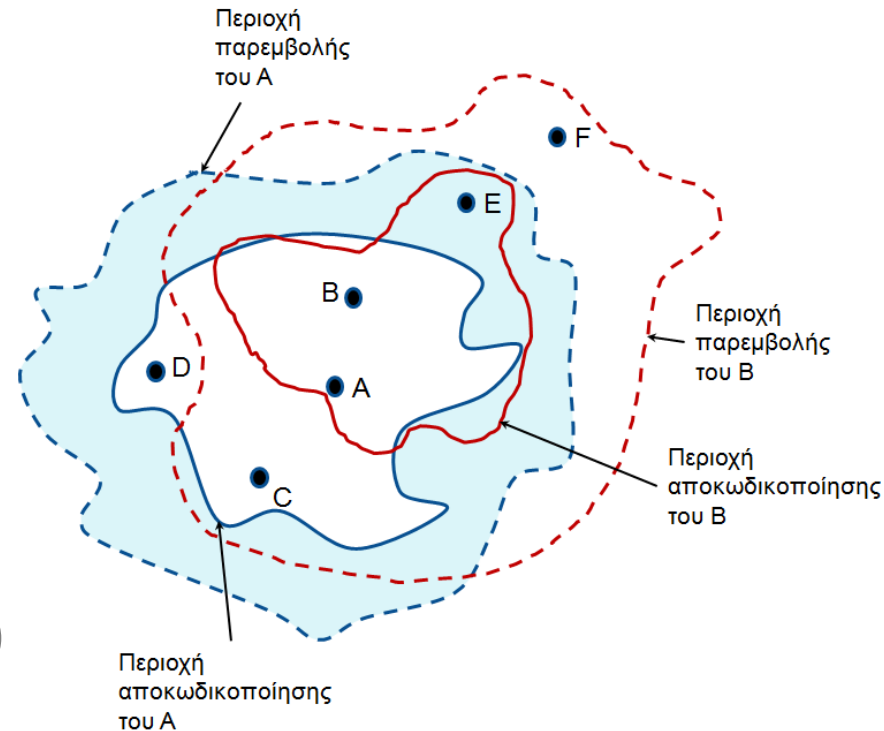
Όποιος κόμβος ανήκει σε αυτή την περιοχή δεν θα αποκωδικοποιήσει πακέτα του A, ωστόσο ο A μπορεί να τον παρεμβάλει

Οι κόμβοι που βρίσκονται εκτός της περιοχής παρεμβολής δεν μπορούν να δεχθούν παρεμβολές από τον A

Άσκηση #1 - Λύση

Σενάρια:

1. Ο Α εκπέμπει στον Β
Το πακέτο θα αποκωδικοποιηθεί (παραληφθεί) από το Β
2. Ο Α εκπέμπει στον Ε
Το πακέτο δε θα αποκωδικοποιηθεί από τον Ε
3. Ο Β και ο Α εκπέμπουν στον Ε
Θα συμβεί σύγκρουση
4. Ο Α εκπέμπει στον C και ο Β εκπέμπει στον Ε
Θα υπάρξει παρεμβολή (σύγκρουση) στον C και στον Ε
5. Ο Α εκπέμπει στον D και ο Β εκπέμπει στον Ε
Ο D θα αποκωδικοποιήσει, στον Ε θα συμβεί παρεμβολή (σύγκρουση)



Προβλήματα κρυμμένου και εκτεθειμένου τερματικού

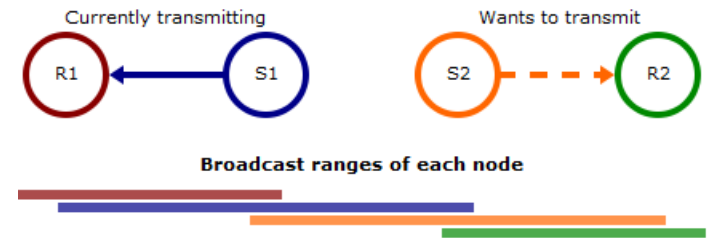
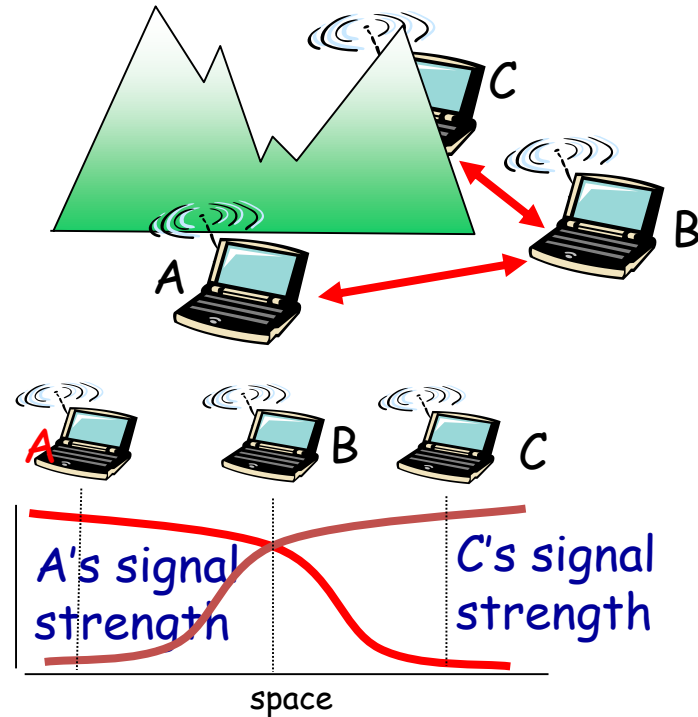
Πρόβλημα κρυμμένου τερματικού
(hidden terminal)

- B, A «ακούν» ο ένας τον άλλο
- B, C «ακούν» ο ένας τον άλλο
- A, C δεν «ακούν» ο ένας τον άλλο

Άρα οι A, C αγνοούν ότι δημιουργούν παρεμβολή στο B

Πρόβλημα εκτεθειμένου τερματικού
(exposed terminal)

- Ο S_2 ακροάζεται το κανάλι (ακούει τη μετάδοση του S_1) και αναβάλλει τη μετάδοσή του αδικαιολόγητα (παρότι ο R_2 θα μπορούσε να λάβει το πακέτο, του S_2 καθώς είναι εκτός εμβέλειας του S_1)

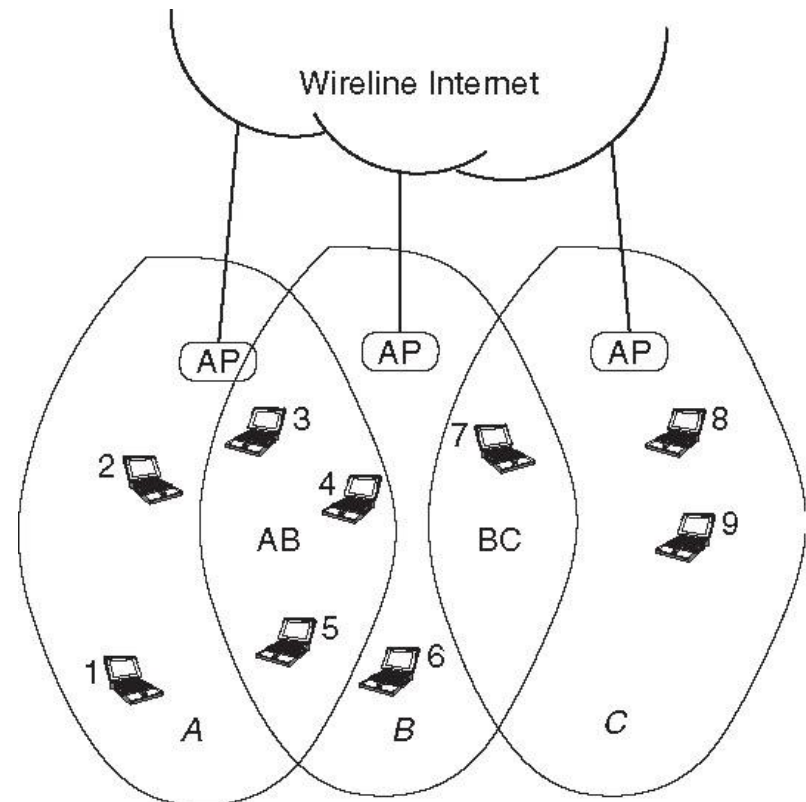


Συσχετισμός σε 802.11 WLANs

- Συχνά ένας σταθμός πρέπει να επιλέξει (συσχετισθεί) μεταξύ >1 APs (τα οποία ενδέχεται να υποστηρίζουν διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης)

- Η συσχέτιση γίνεται βάσει ενός κανόνα:

1. από ποιο AP λαμβάνει σήμα μεγαλύτερης ισχύος (RSSI)
2. πόσα τερματικά έχουν ήδη συσχετισθεί με το AP (άρα ποια ρυθμαπόδοση μπορεί να υποστηρίξει)



IEEE 802.11 Wireless LANs (Wi-Fi)

- Το **Wi-Fi** είναι ένα όνομα που αναφέρεται σε όλες τις τεχνολογίες που προδιαγράφονται από τα IEEE 802.11 πρότυπα

- **802.11b**

- 2.4-5 GHz φάσμα συχνοτήτων
- ως 11 Mbps
- Πολύ μεγάλη εγκατεστημένη βάση, χρησιμοποιεί base stations

- **802.11a**

- 5-6 GHz φάσμα συχνοτήτων
- ως 54 Mbps

- **802.11g**

- 2.4-5 GHz φάσμα συχνοτήτων
- ως 54 Mbps

- Όλα τα πρότυπα χρησιμοποιούν **CSMA/CA** (παρόμοιο μ' εκείνο των δικτύων Ethernet) ως πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης

- Χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές διαμόρφωσης (modulation)

- Τα 802.11b και 802.11g διαιρούν το φάσμα συχνοτήτων σε 14 κανάλια που το κέντρο των συχνοτήτων τους είναι σε απόσταση 5 MHz

CSMA/CA: το MAC πρωτόκολλο του Wi-Fi

- CSMA - «άκουσε» το κανάλι πριν εκπέμψεις
 - Αποκλείεται η σύγκρουση με μετάδοση δεδομένων που βρίσκεται σε εξέλιξη
- Ωστόσο, **δε** γίνεται ανίχνευση σύγκρουσης!
 - Η ανίχνευση συγκρούσεων είναι δύσκολη κατά τη διάρκεια της μετάδοσης καθώς τα σήματα που λαμβάνονται είναι εξασθενημένα (fading)
 - Έτσι κι αλλιώς η ανίχνευση όλων των συγκρούσεων είναι αδύνατη (βλ. πρόβλημα κρυμμένου τερματικού)
- Λύση: **αποφυγή συγκρούσεων:**
 - CSMA/C(ollision)A(voidance)

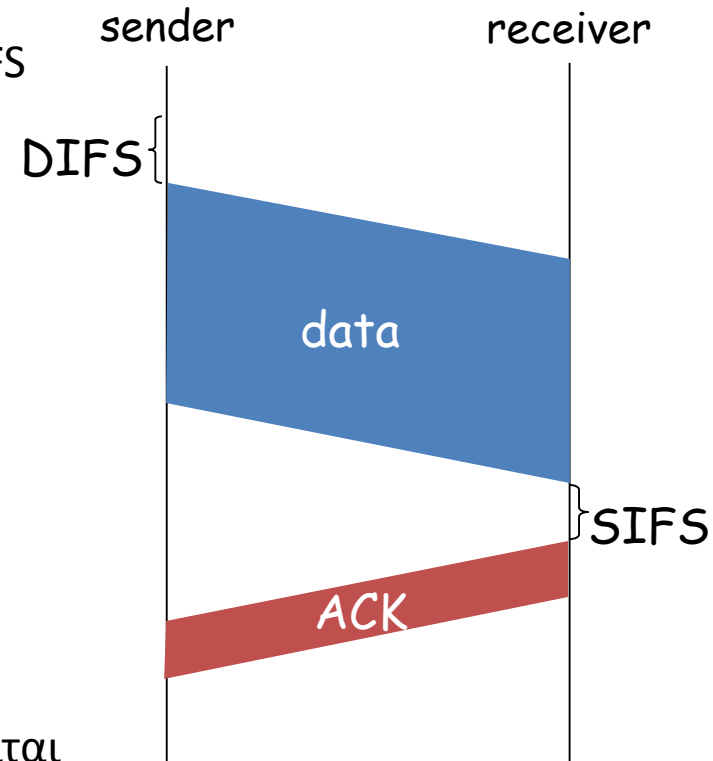
IEEE 802.11 MAC πρωτόκολλο: CSMA/CA

802.11 αποστολέας

- 1 Αν το κανάλι είναι διαθέσιμο (idle) για διάστημα DIFS τότε εκπέμπεις όλο το frame (χωρίς ανίχνευση σύγκρουσης)
- 2 Αν το κανάλι είναι κατειλημμένο τότε
 - Περίμενε τυχαίο χρόνο (random backoff time)
 - Εκπέμπεις όταν ο χρόνος εκλείψει
 - Αν δε λάβεις επιβεβαίωση (ACK), περίμενε περισσότερο τυχαίο χρονικό διάστημα και επανέλαβε το βήμα 2

802.11 παραλήπτης

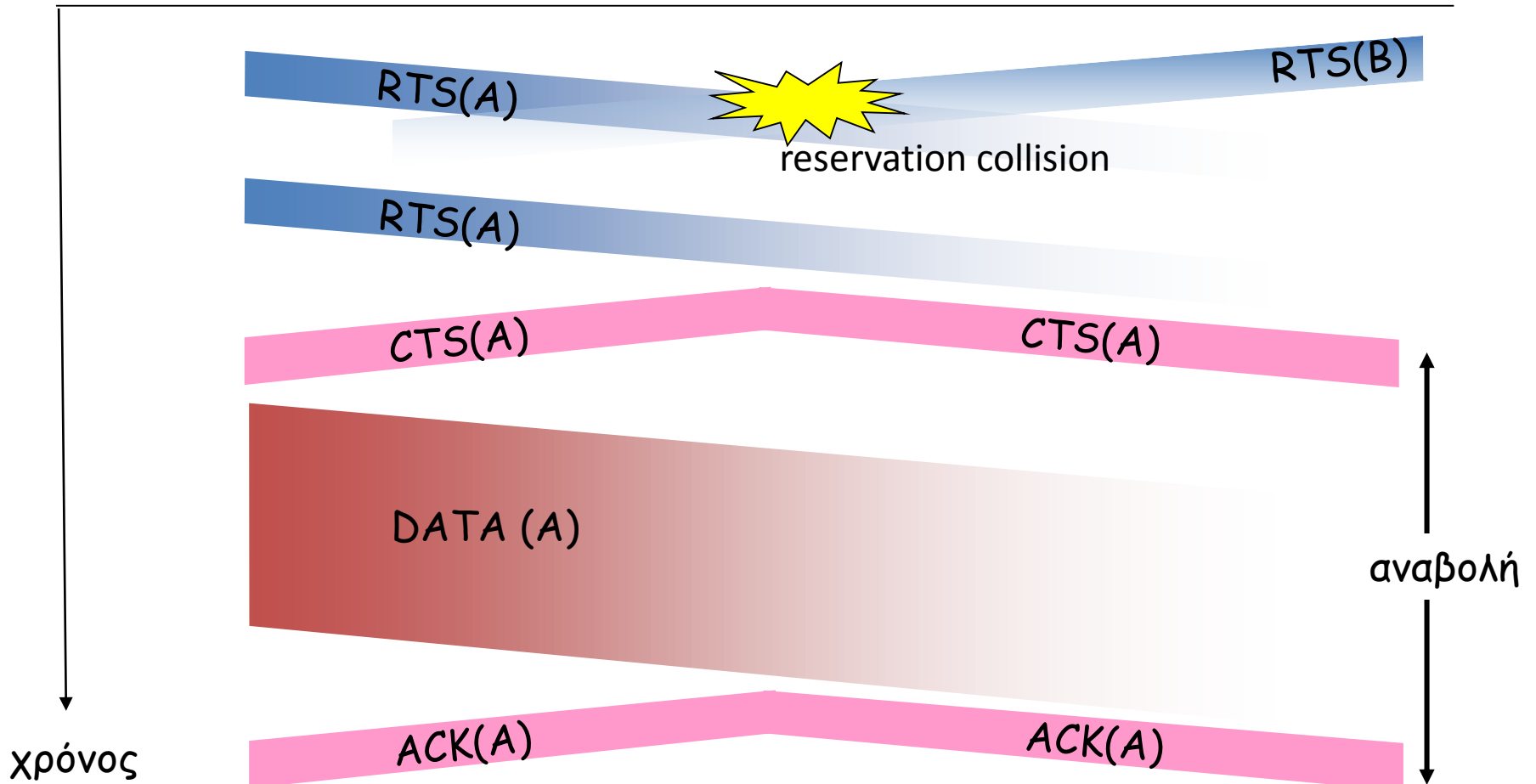
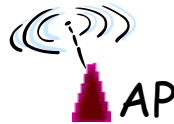
- Αν το frame έχει ληφθεί OK επέστρεψε ACK μετά από χρόνο SIFS (το ACK απαιτείται λόγω του hidden terminal problem)



Αποφυγή συγκρούσεων

- ιδέα: επέτρεψε στον αποστολέα αρχικά να “δεσμεύσει” το κανάλι αντί να στείλει άμεσα data frames: αποφυγή συγκρούσεων μεγάλων data frames
- Ο αποστολέας στέλνει αρχικά ένα μικρό request-to-send (RTS) πακέτο στον BS χρησιμοποιώντας CSMA
 - Τα RTSs μπορεί να συγκρουστούν (αλλά είναι μικρά, άρα μικρό το κακό)
- Τα AP στέλνουν (broadcast) clear-to-send (CTS) πακέτο σε απάντηση του RTS
- Τα CTS λαμβάνονται από όλους τους κόμβους
 - Ο αποστολέας εκπέμπει το data frame
 - Οι άλλοι κόμβοι αναβάλλουν την εκπομπή των πακέτων τους

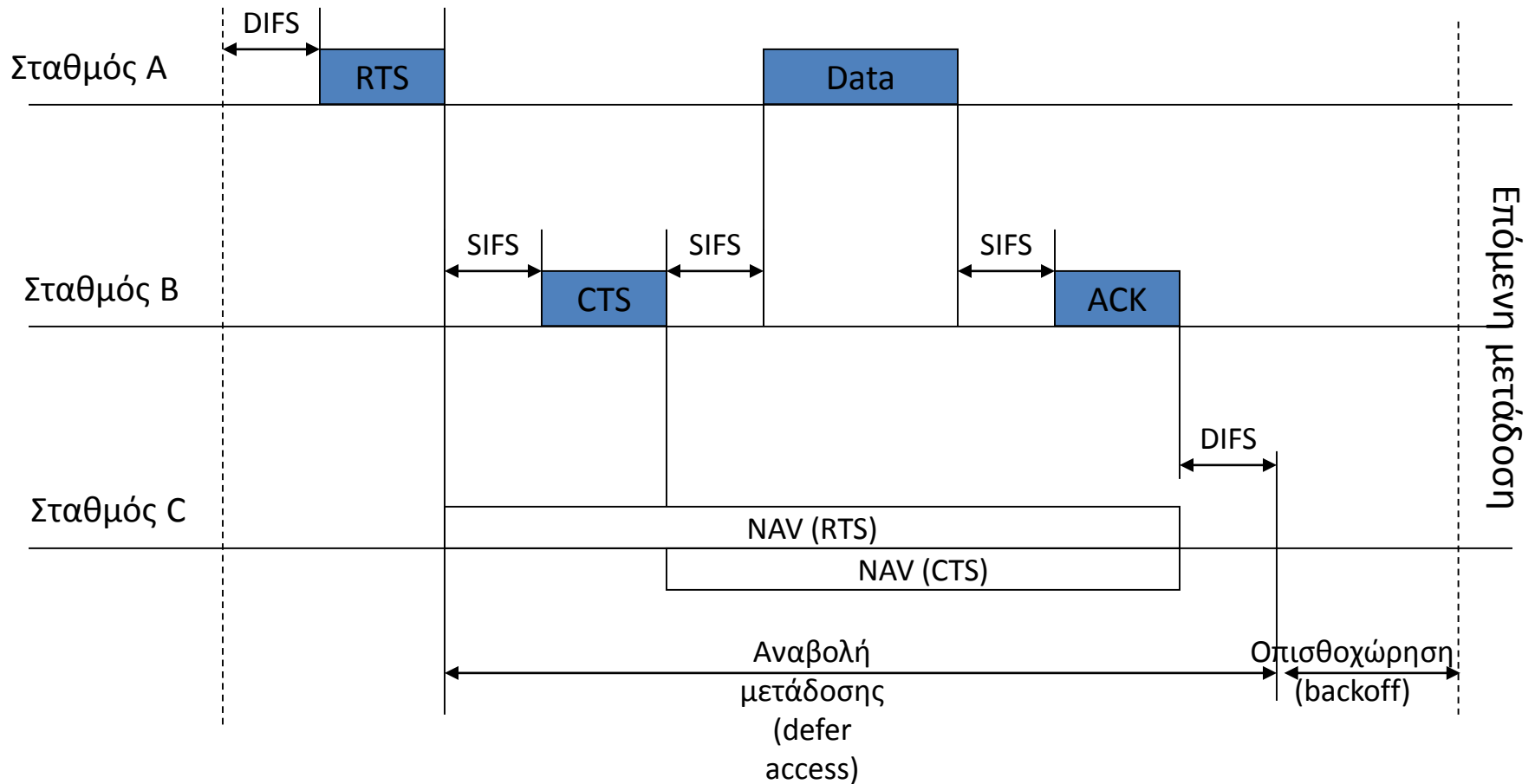
Αποφυγή συγκρούσεων: ανταλλαγή RTS-CTS



Δια-πλαισιακά διαστήματα (Inter-Frame Spaces, IFS) στο IEEE 802.11

- **SIFS** (Short IFS): χρησιμοποιείται για ενέργειες άμεσης απόκρισης (π.χ. μετάδοση ACK)
- **PIFS** (Point Coordination IFS): χρησιμοποιείται από τα APs (συντονιστές σημείου) όταν θέλουν να προσπελάσουν το μέσο μετάδοσης πριν από τους άλλους σταθμούς
- **DIFS** (Distributed IFS): το επιπλέον διάστημα που μεσολαβεί αφότου ένας κόμβος ανιχνεύσει το μέσο ως ελεύθερο και προτού μεταδώσει πακέτα.
- **EIFS** (Extended IFS): διάστημα που αναβάλουν μετάδοση οι κόμβοι που δεν μπορούν να αποκωδικοποιήσουν μια λήψη (λόγω σύγκρουσης ή χαμηλού SNR).

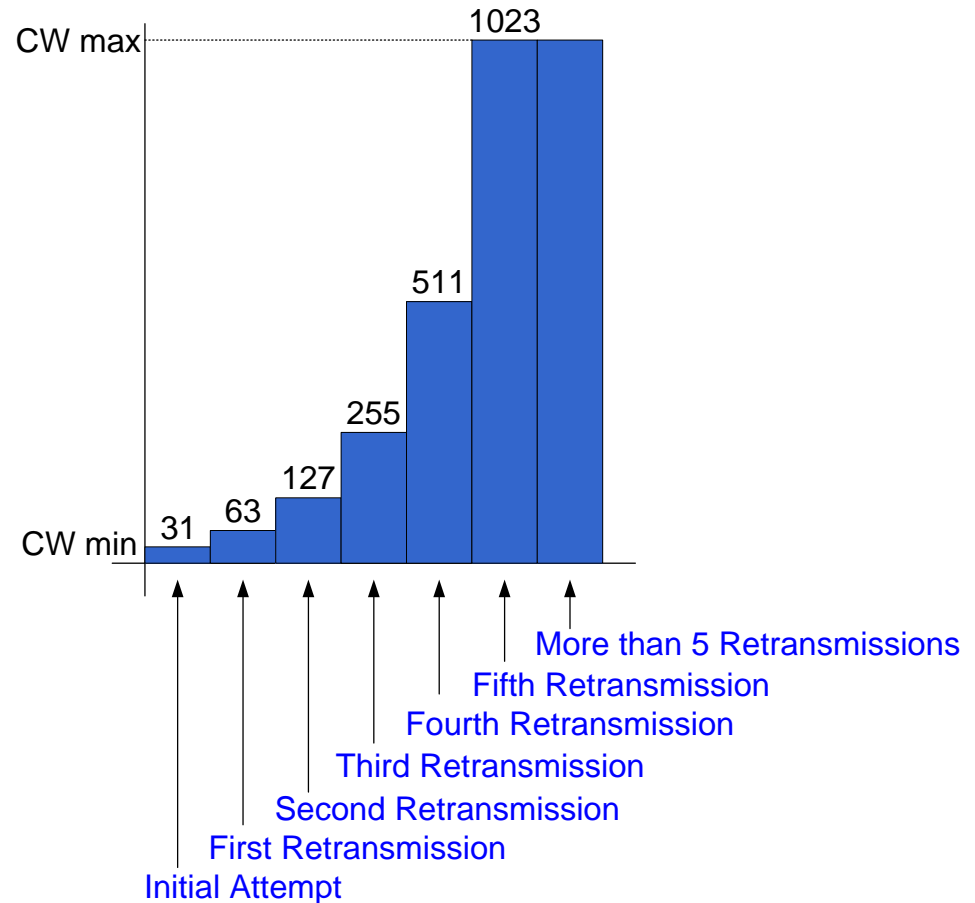
Λειτουργία του IEEE 802.11



Αλγόριθμος εκθετικής οπισθοχώρησης (backoff) στο IEEE 802.11

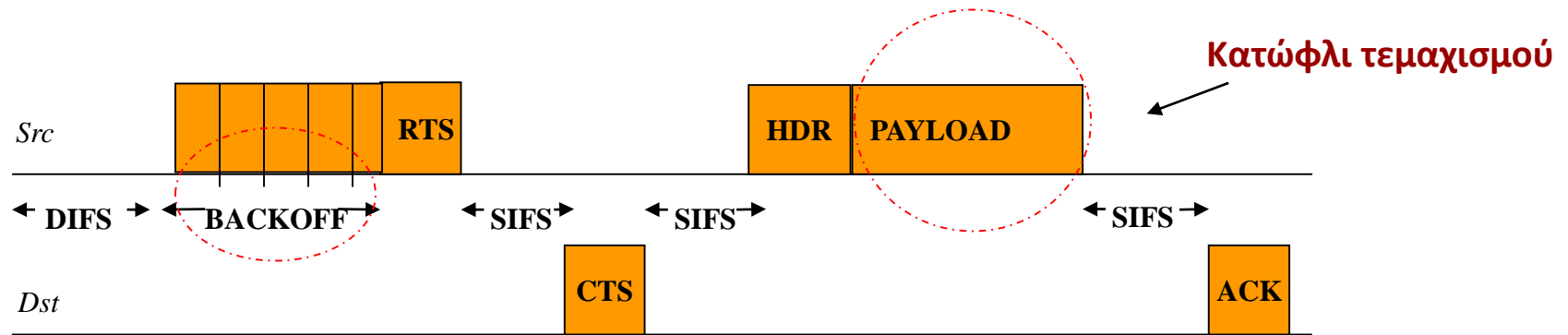
- Εφόσον τη στιγμή επιθυμητής μετάδοσης ένας κόμβος ακροαστεί το μέσο ως απασχολημένο, τότε αναβάλλει τη μετάδοσή του και εν συνεχεία περιμένει για ένα επιπλέον διάστημα οπισθοχώρησης τότε επιλέγει έναν τυχαίο αριθμό στο διάστημα που ορίζει ένα παράθυρο κατοχής (contention window, CW): $[0, CW]$: Backoff Time = $\text{Random}() \times \text{aSlotTime}$
- Αφότου παρέλθει ο χρόνος οπισθοχώρησης, ο κόμβος μεταδίδει
- Σε περίπτωση που η μετάδοση δεν είναι επιτυχημένη (λόγω συνθηκών καναλιού, σύγκρουσης ή timeout), το CW διπλασιάζεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται

Αλγόριθμος εκθετικής οπισθοχώρησης στο IEEE 802.11



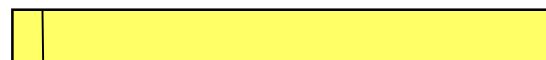
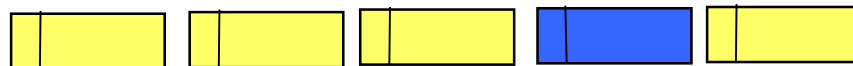
$$C_{\text{backoff}} = (2^{4+i} - 1) * \text{rand}() * \text{slot_time}, i=1, \dots, 6$$

Τεμαχισμός δεδομένων (fragmentation)



- Κατώφλι τεμαχισμού
 - Πακέτα με μέγεθος $>$ κατώφλι τεμαχίζονται σε μικρότερα πακέτα
 - Χρήσιμο σε κανάλια με υψηλό θόρυβο, αλλά με αξιοσημείωτη επιβάρυνση σε κανάλια με καλές συνθήκες

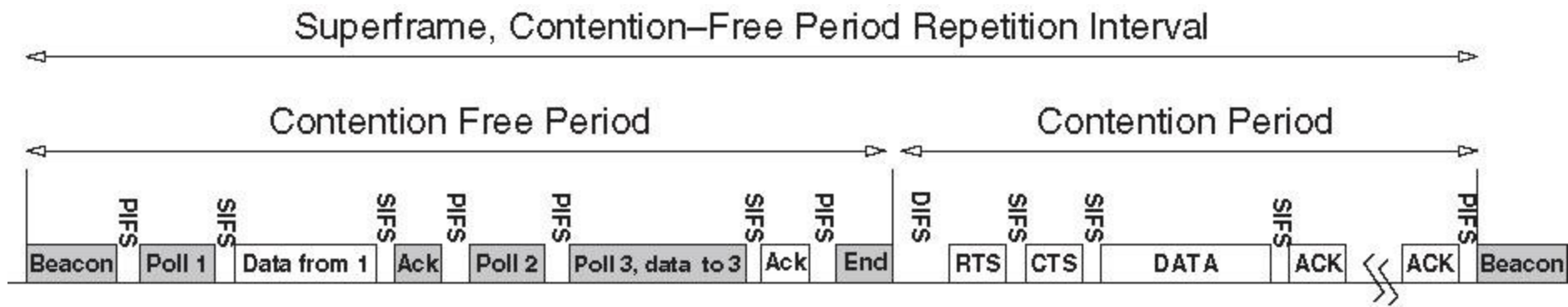
 Κανάλι με κακές συνθήκες



Κανάλι με καλές συνθήκες

Τα υπερ-πλαίσια του IEEE 802.11

- Στο IEEE 802.11 ο 'χρόνος' διαιρείται σε περιόδους που ορίζονται από τη διάρκεια των υπερ-πλαισίων (superframes). Κάθε superframe χωρίζεται σε 2 περιόδους:
 - Point coordination function (PCF): το AP βολιδοσκοπεί (polling) με τη σειρά τους συσχετισμένους με αυτό σταθμούς αν έχουν δεδομένα για μετάδοση
 - Περίοδος ελεύθερη ανταγωνισμού (contention-free)
 - Distributed coordination function (DCF): οι σταθμοί ανταγωνίζονται για την πρόσβαση στο μέσο και τη μετάδοση πακέτων



Άσκηση #2

- Έστω ένα **IEEE 802.11** δίκτυο με δύο σταθμούς **A** και **B**. Περιγράψτε (και σχηματικά) ένα σενάριο στο οποίο μετά από μια επιτυχημένη μετάδοση του A, οι δύο σταθμοί προσπαθούν να μεταδώσουν ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να συμβεί σύγκρουση.
- Η σύγκρουση θα επαναληφθεί και στην επόμενη απόπειρα των σταθμών να μεταδώσουν
- Τα ελάχιστα και μέγιστα παράθυρα σύγκρουσης (**collision windows**) είναι $CW_{min}=32$ και $CW_{max}=1024$ θυρίδες, αντίστοιχα
- Ποια η πιθανότητα να συμβεί η αρχική σύγκρουση;
- Ποια η πιθανότητα να μην επιλυθεί η σύγκρουση μετά τον 1^ο γύρο της διαδικασίας επίλυσής της;

Άσκηση #2 - Λύση

- Η πρώτη σύγκρουση συμβαίνει επειδή οι δύο σταθμοί επιλέγουν τον ίδιο αριθμό (ο αριθμός του slot κατά το οποίο θα στείλουν το RTS πακέτο) μεταξύ των ακεραίων αριθμών $[0, 31]$ του παραθύρου σύγκρουσης
 - Για παράδειγμα επιλέγουν και οι δύο τον αριθμό '20'
- Μετά την πρώτη σύγκρουση, το παράθυρο σύγκρουσης διπλασιάζεται (=64).
- Άρα, η δεύτερη σύγκρουση συμβαίνει επειδή οι δύο σταθμοί επιλέγουν τον ίδιο αριθμό μεταξύ των ακεραίων αριθμών $[0, 63]$
 - Για παράδειγμα επιλέγουν και οι δύο τον αριθμό '34'

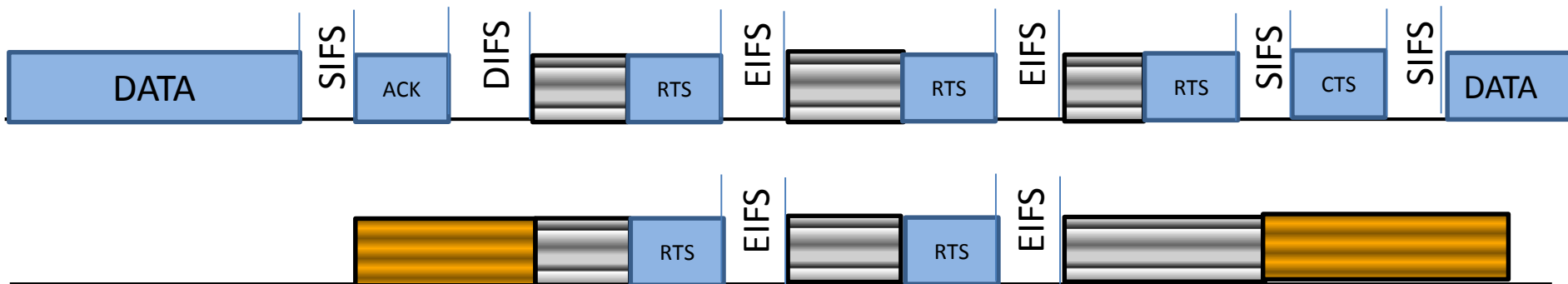
Άσκηση #2 - Λύση

- Πιθανότητα να συμβεί η αρχική σύγκρουση:

$$P_1 = 1/32$$

- Πιθανότητα επανάληψης της σύγκρουσης:

$$P_2 = (1/32) \cdot (1/64)$$



Αναβολή μετάδοσης



Οπισθοδρόμηση (backoff)

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης