

# Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

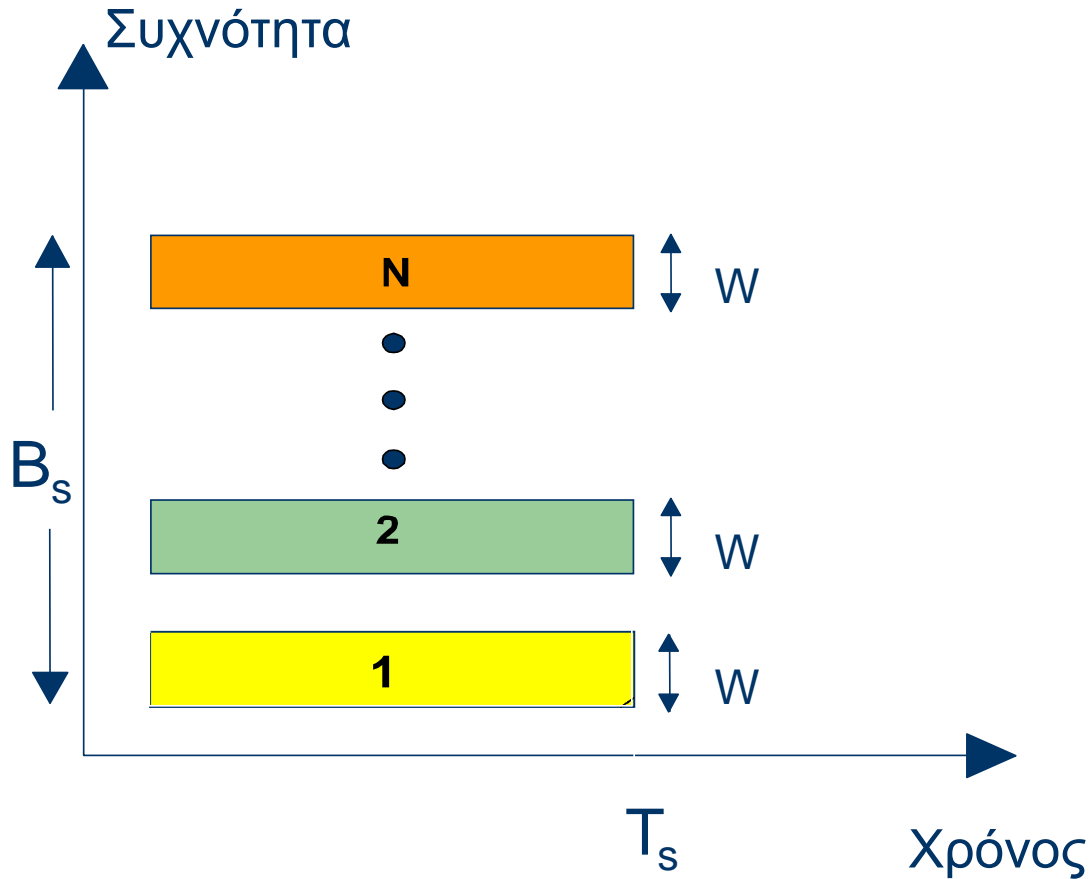
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FDMA

- Όλοι οι σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα, αλλά σε διαφορετικές συχνότητες.
- Ο αριθμός συχνοτήτων είναι περιορισμένος.
  - Κυψελωτή δομή, επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων
- Είναι πολύ απλή.
- Μειονεκτήματα:
  - Χαμηλή απόδοση φάσματος,
  - Ακατάλληλη για υπηρεσίες πολυμέσων,
  - Ακριβότεροι σταθμοί βάσης σε σχέση με την TDMA

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FDMA



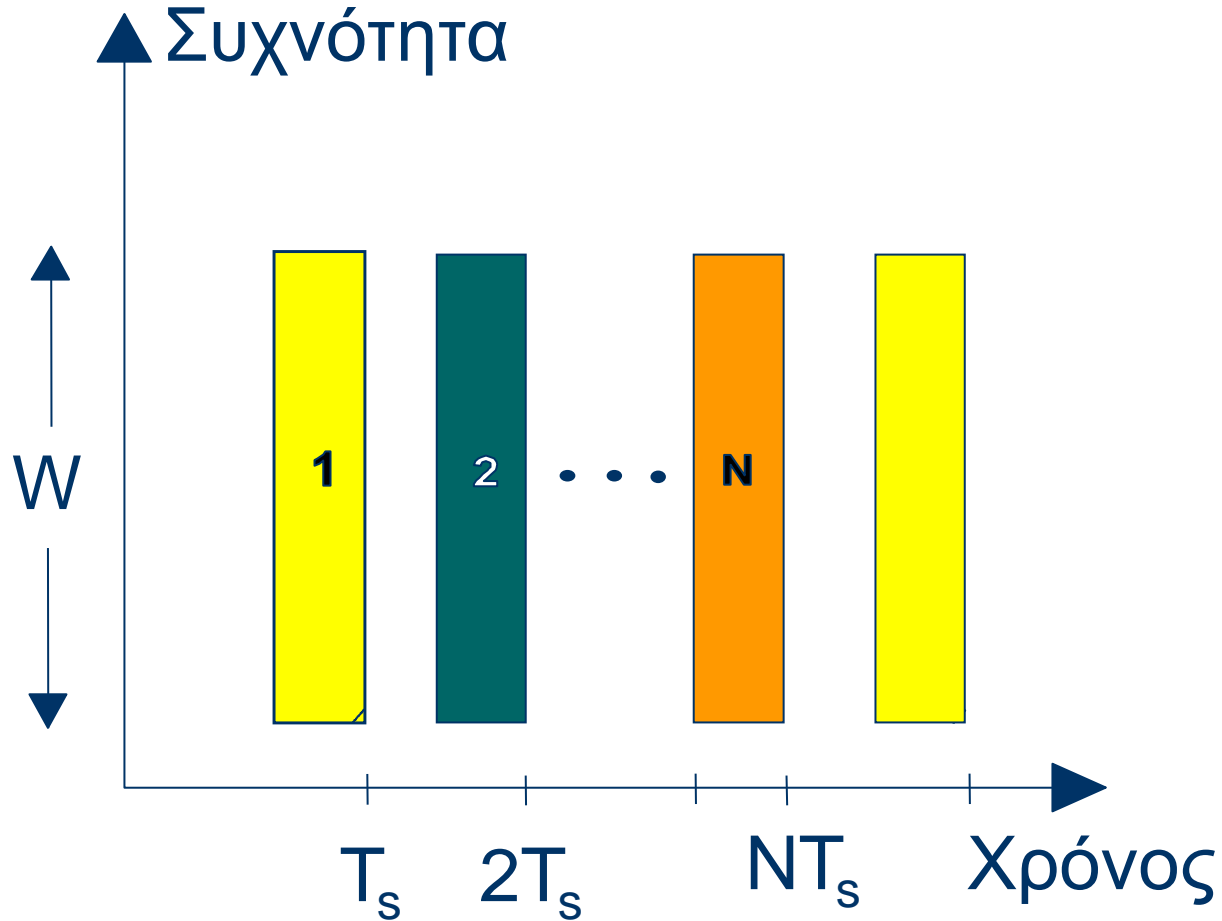
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## TDMA

- Όλοι οι σταθμοί μεταδίδουν δεδομένα στην ίδια συχνότητα, αλλά σε διαφορετικούς χρόνους.
- Ανάγκη συγχρονισμού.
- Πλεονεκτήματα:
  - Μπορεί να δοθεί διαφορετικό εύρος ζώνης σε διαφορετικούς χρήστες,
  - Τα κινητά μπορεί να χρησιμοποιούν τους νεκρούς χρόνους για να καθορίσουν τον καλύτερο σταθμό βάσης,
  - Μπορεί να παραμείνουν κλειστά όταν δεν εκπέμπουν.
- Μειονεκτήματα:
  - Πλεονάζουσα πληροφορία για συγχρονισμό,
  - Κενά διαστήματα μεταξύ μεταδόσεων

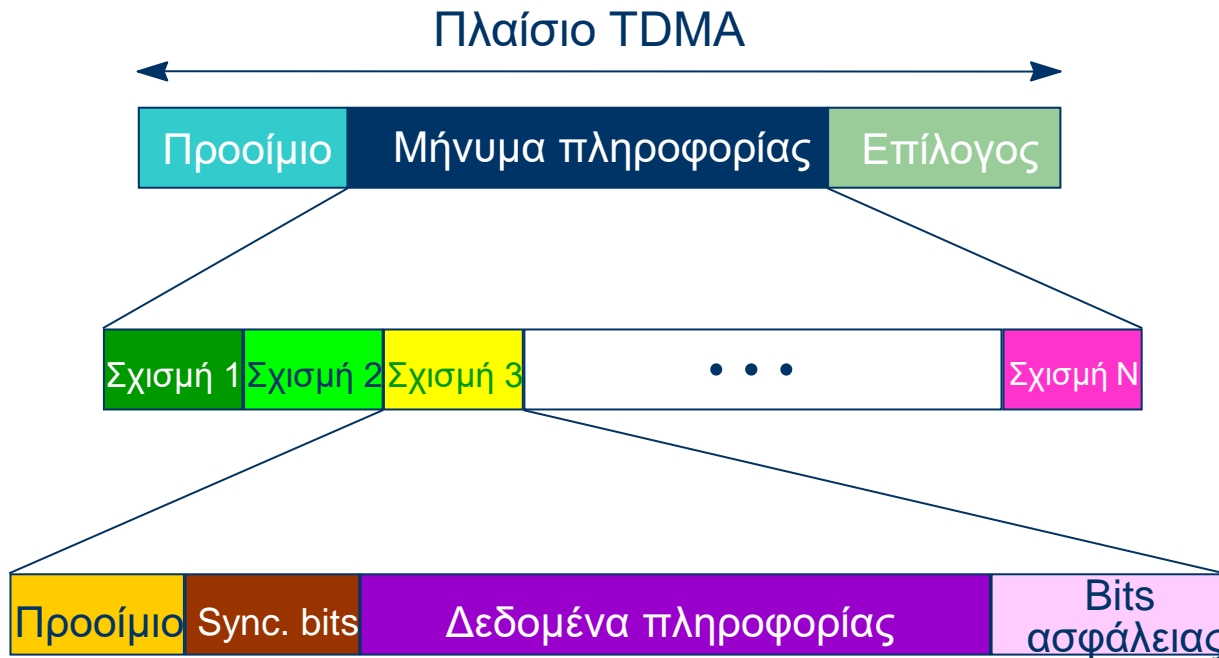
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## TDMA

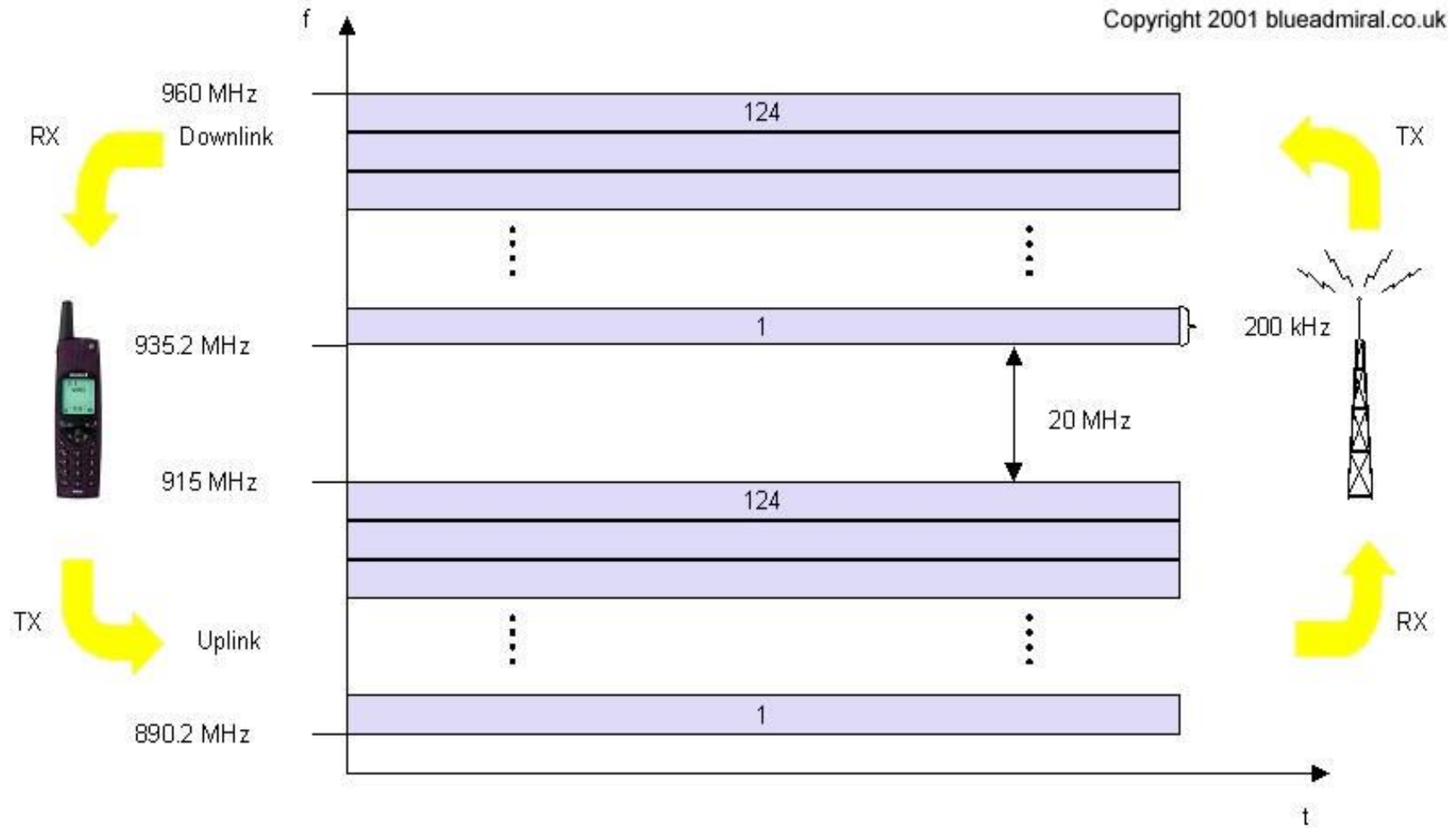


# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## Δομή πλαισίου TDMA

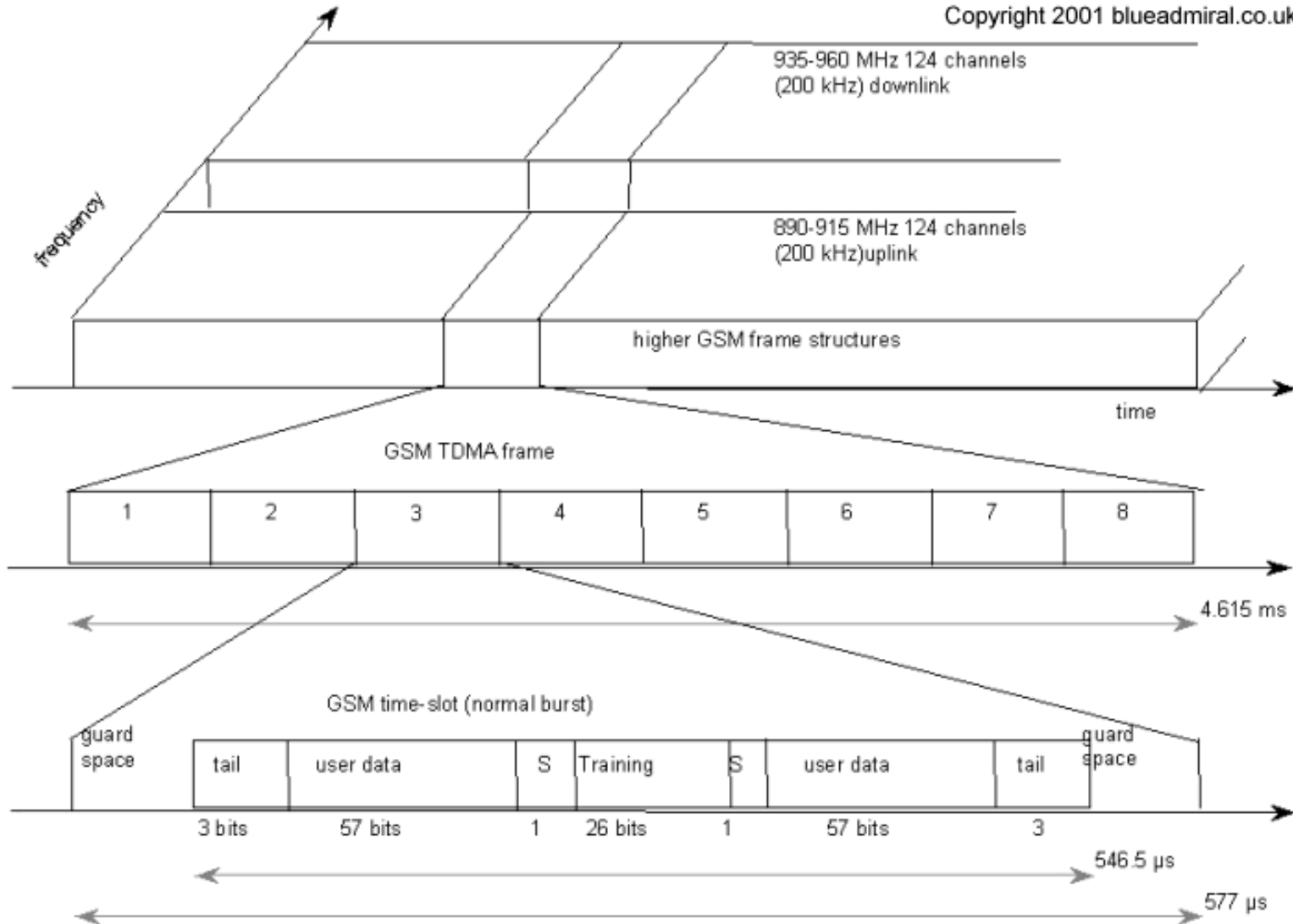


# Πολλαπλή πρόσβαση στο GSM



# GSM resource allocation

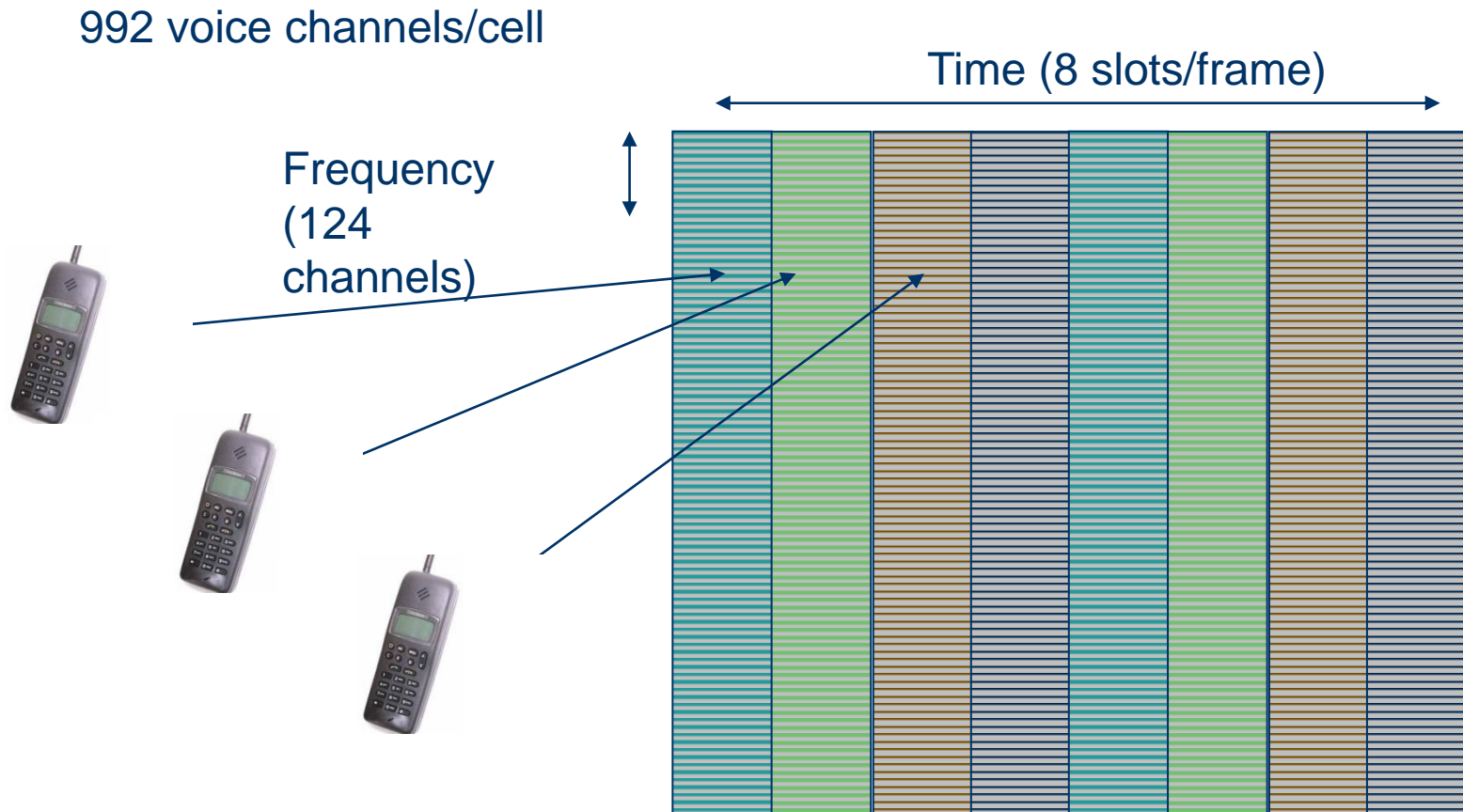
Copyright 2001 blueadmiral.co.uk



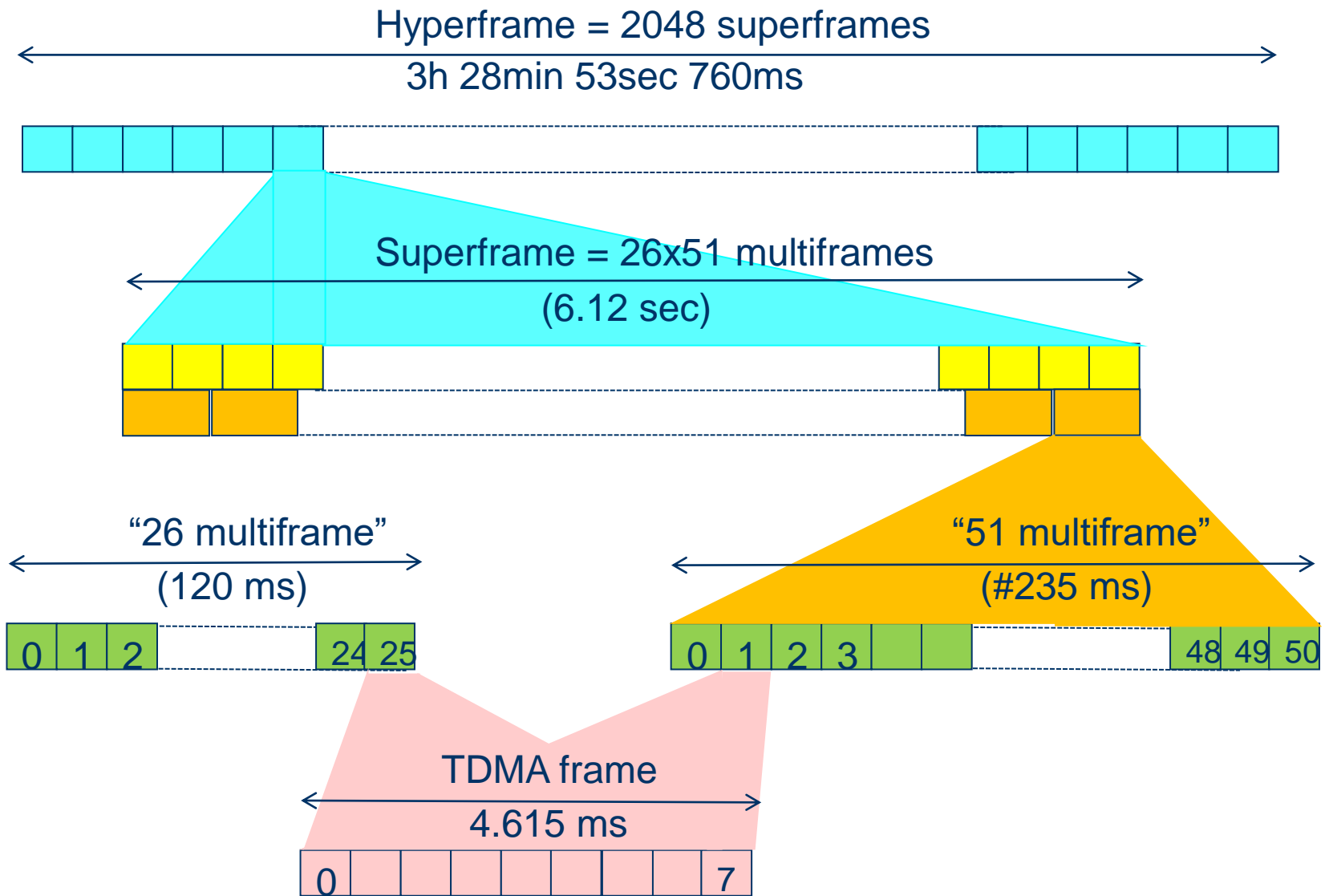


# GSM System – Multiple Access

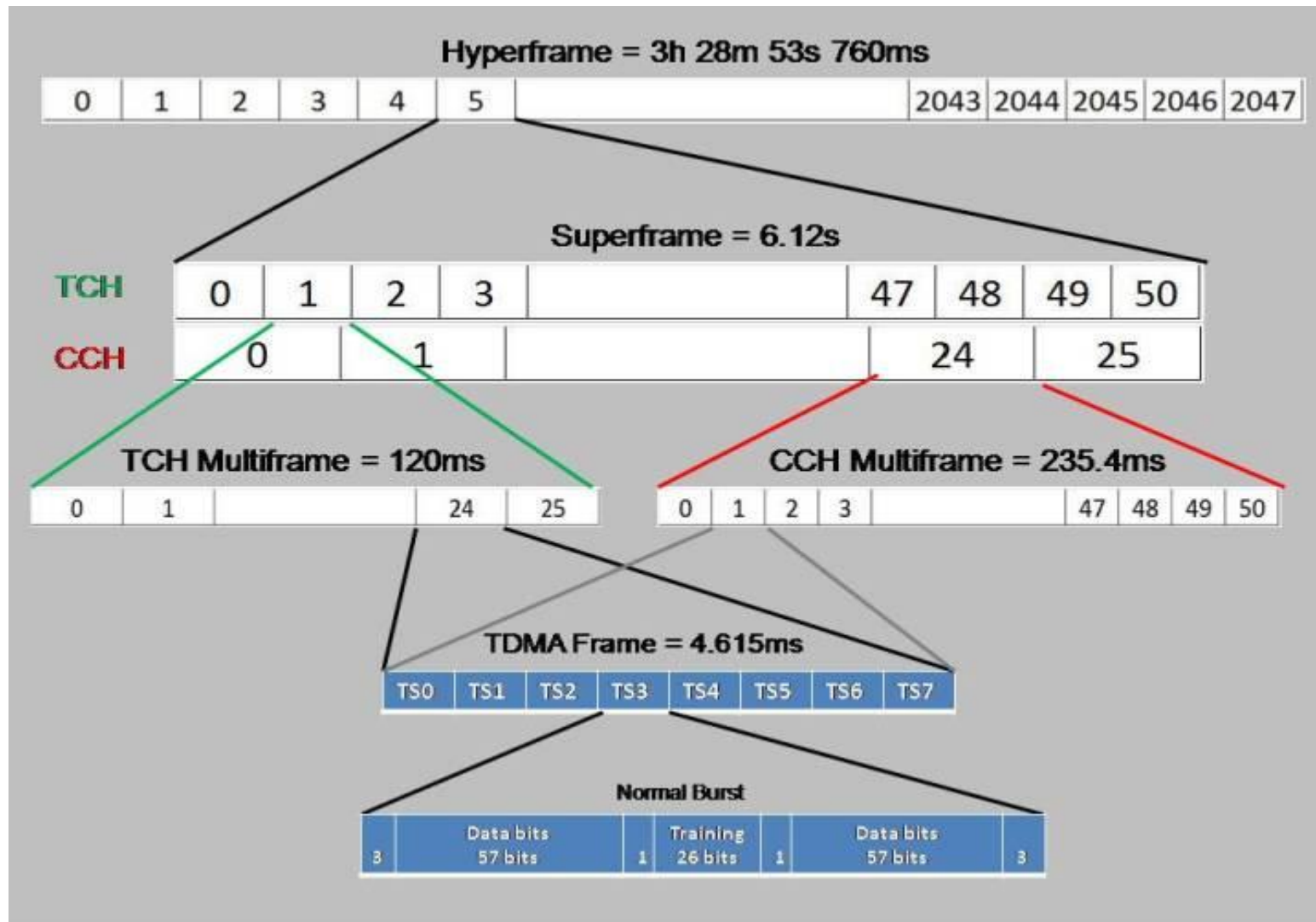
## Time Division Multiple Access (TDMA)



# Ιεραρχία πλαισίων στο GSM

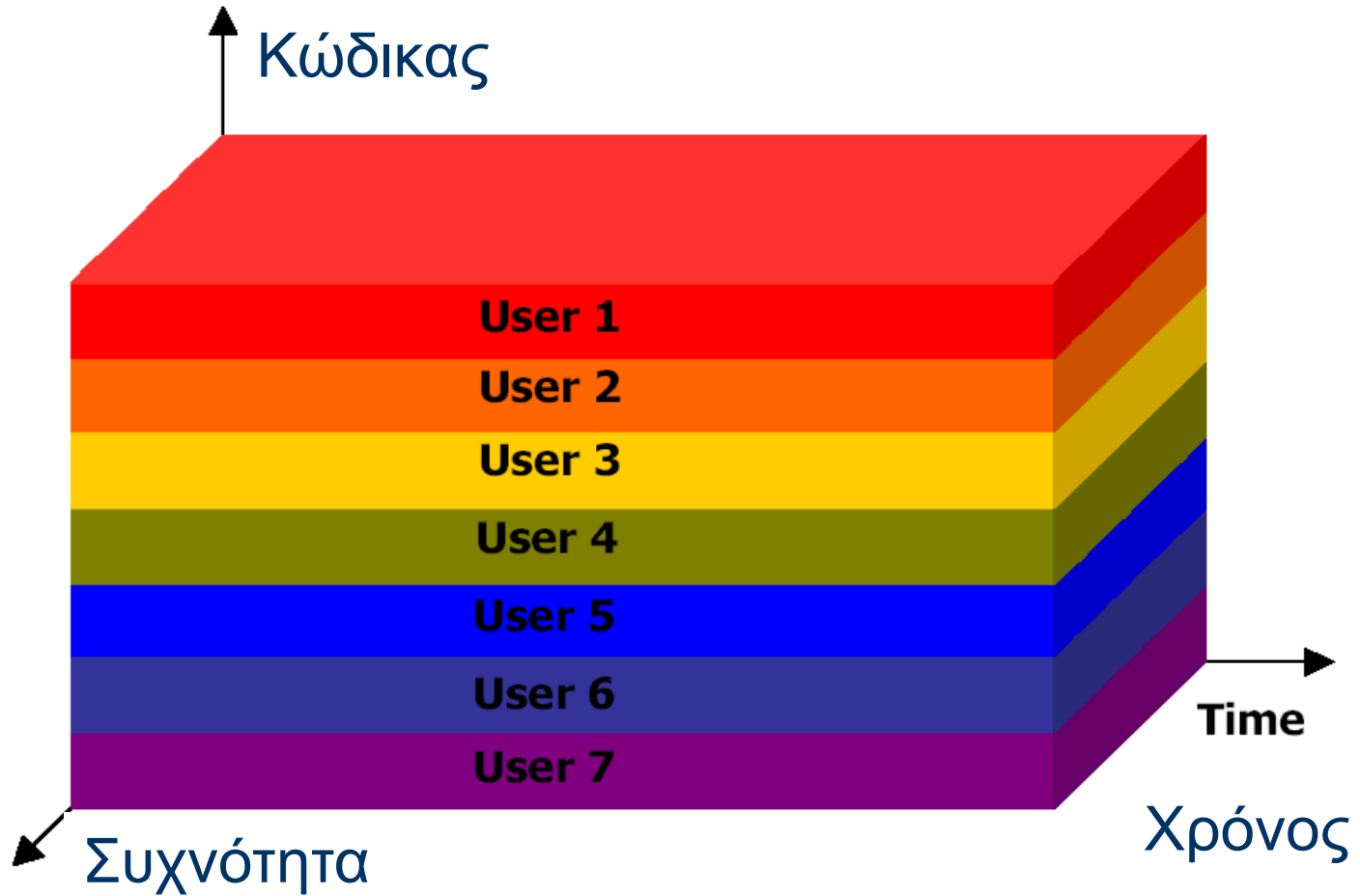


# Ιεραρχία πλαισίων στο GSM



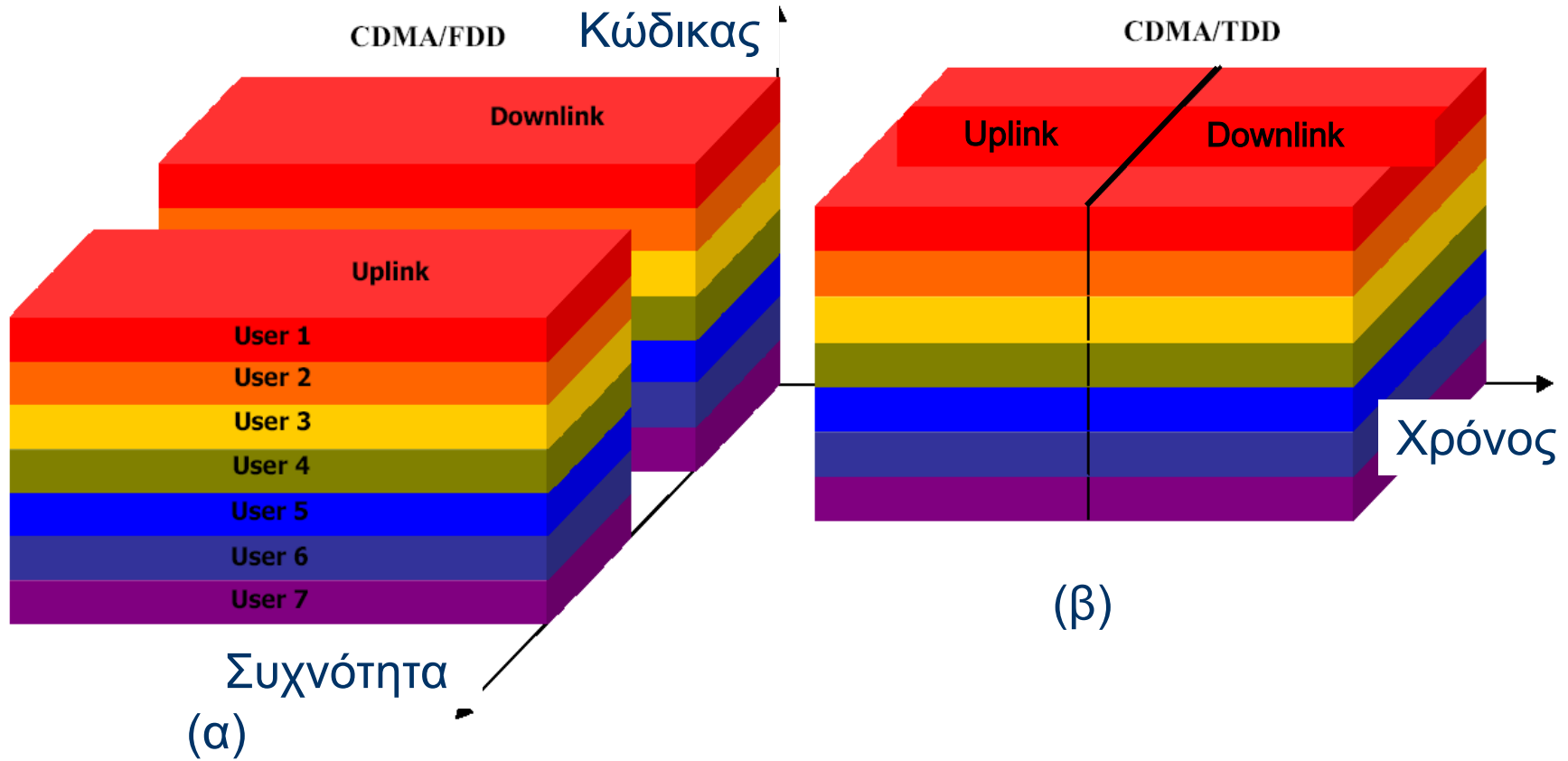
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## CDMA



# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## CDMA



# Μεταφορική Παρουσίαση του CDMA

- Έστω ότι σ' ένα μεγάλο δωμάτιο, πολλά ζευγάρια ανθρώπων συνομιλούν:
  - με το TDMA όλα τα άτομα βρίσκονται οπουδήποτε στο δωμάτιο, αλλά ο καθένας περιμένει τη σειρά του για να μιλήσει (πρώτα μιλάει ο ένας, μετά ο άλλος κ.ο.κ.)
  - με το FDMA οι άνθρωποι στο δωμάτιο χωρίζονται σε ομάδες, όπου κάθε ομάδα βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από την άλλη ώστε οι ομάδες να συνομιλούν ταυτόχρονα αλλά ανεπηρέαστα η μία από την άλλη
  - με το CDMA όλα τα άτομα βρίσκονται οπουδήποτε στο δωμάτιο και μιλάνε ταυτόχρονα, αλλά σε διαφορετική γλώσσα ώστε αυτοί που μιλάνε την ίδια γλώσσα επικοινωνούν, ενώ απορρίπτουν τις άλλες συνομιλίες σαν θόρυβο

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## CDMA

- CDMA ευθείας ακολουθίας (Direct Sequence CDMA, DS/CDMA)
- CDMA με μεταπήδηση συχνότητας (Frequency Hopping CDMA, FH/CDMA)
- CDMA με μεταπήδηση χρόνου (Time Hopping CDMA, TH/CDMA)
- Υβριδικά συστήματα CDMA

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## DS/CDMA

- Επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιραστούν το ίδιο εύρος ζώνης.
- Τα σήματα των χρηστών διαχωρίζονται στον δέκτη χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες του κώδικα.
- Η παρεμβολή μεταξύ των χρηστών περιορίζεται από την ετεροσυσχέτιση των κωδικών.
- Στην κάθοδο, το σήμα και η παρεμβολή έχουν την ίδια ισχύ.
- Στην άνοδο, “κοντινοί” χρήστες εξαφανίζουν “μακρινούς” χρήστες (near-far πρόβλημα)
- Ομαλή υποβάθμιση (Graceful degradation) – το σύστημα υποβαθμίζεται ομαλά καθώς αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών



# DS/CDMA

- Κάθε σταθμός μετάδοσης παίρνει ένα κωδικό (chip sequence) που αντιπροσωπεύει τη μετάδοση του 1 (το συμπληρωματικό αντιπροσωπεύει το 0)
  - Π.χ. 1=00011011 0=11100100 (8-chip code)
- Το μετάδοση του 0 σηματοδοτείται με  $-1$  και το 1 με  $+1$  (π.χ. τάση σε volts)

A: 0 0 0 1 1 0 1 1

B: 0 0 1 0 1 1 1 0

C: 0 1 0 1 1 1 0 0

D: 0 1 0 0 0 0 1 0

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)

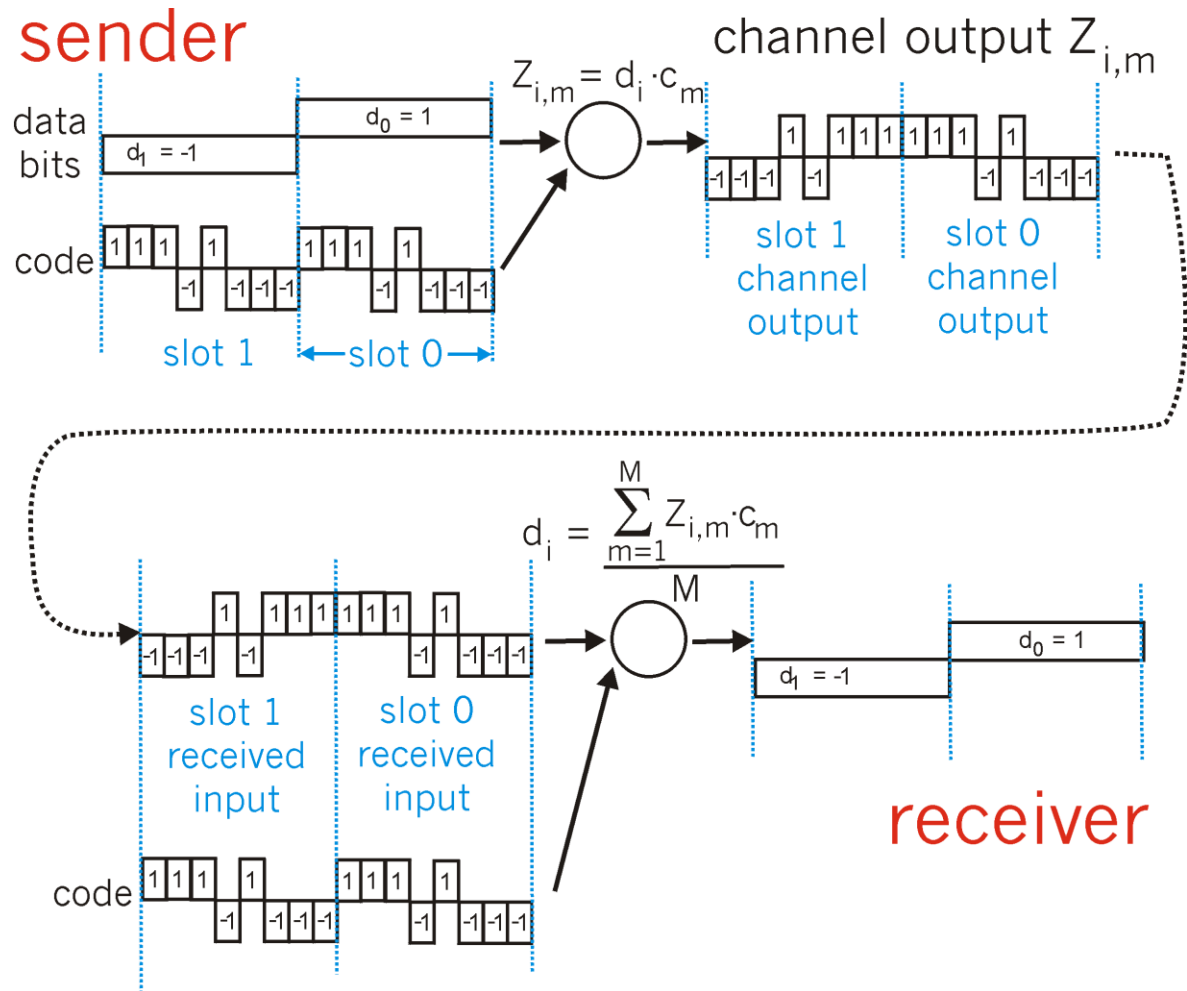
B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)

C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)

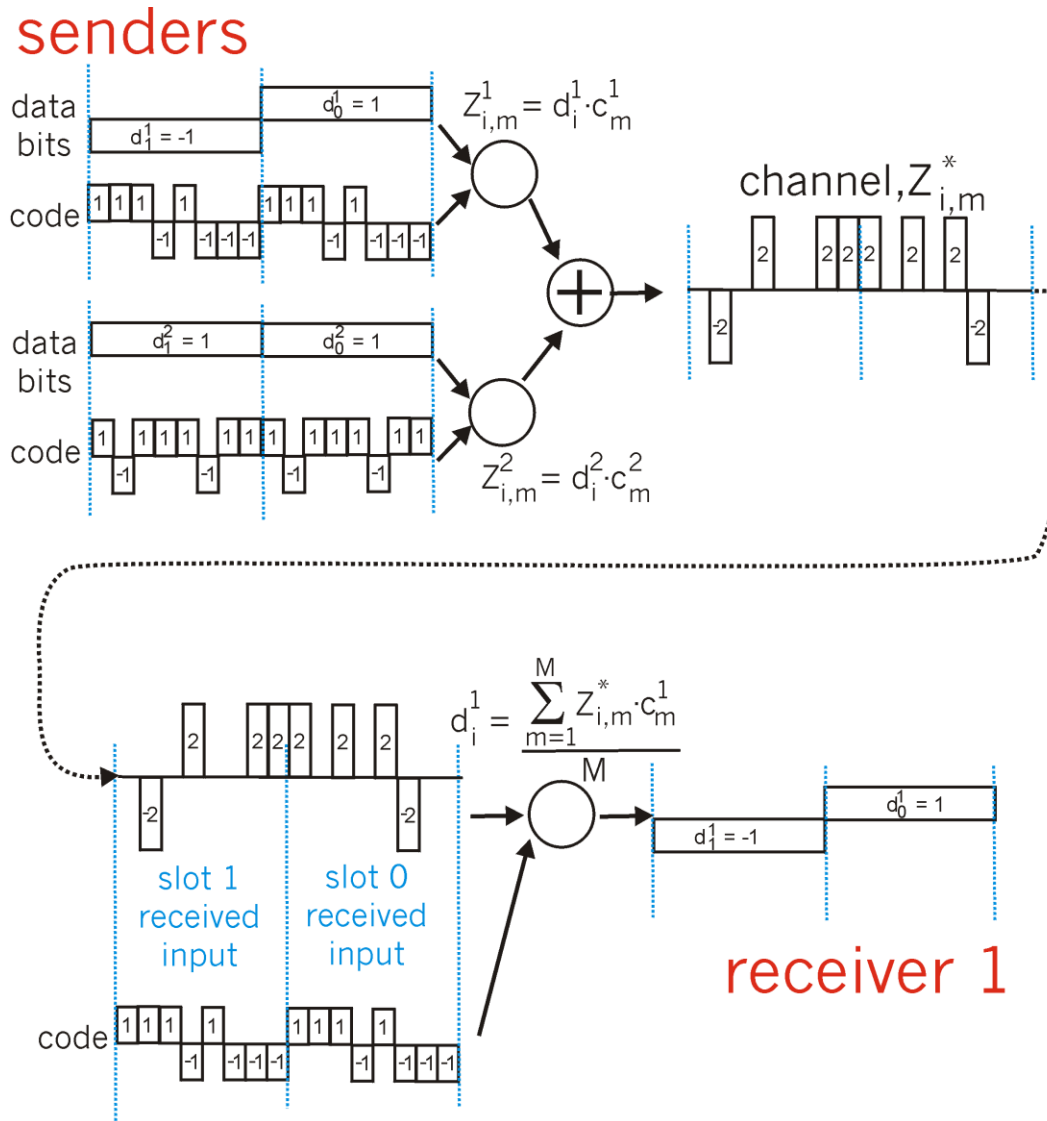
D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

Chip Sequence:	1 0 1 1 0 0
Spreading Sequence:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 1:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 0:	-1 1 -1 -1 1 1
No transmission:	0 0 0 0 0 0

# DS/CDMA Encode/Decode

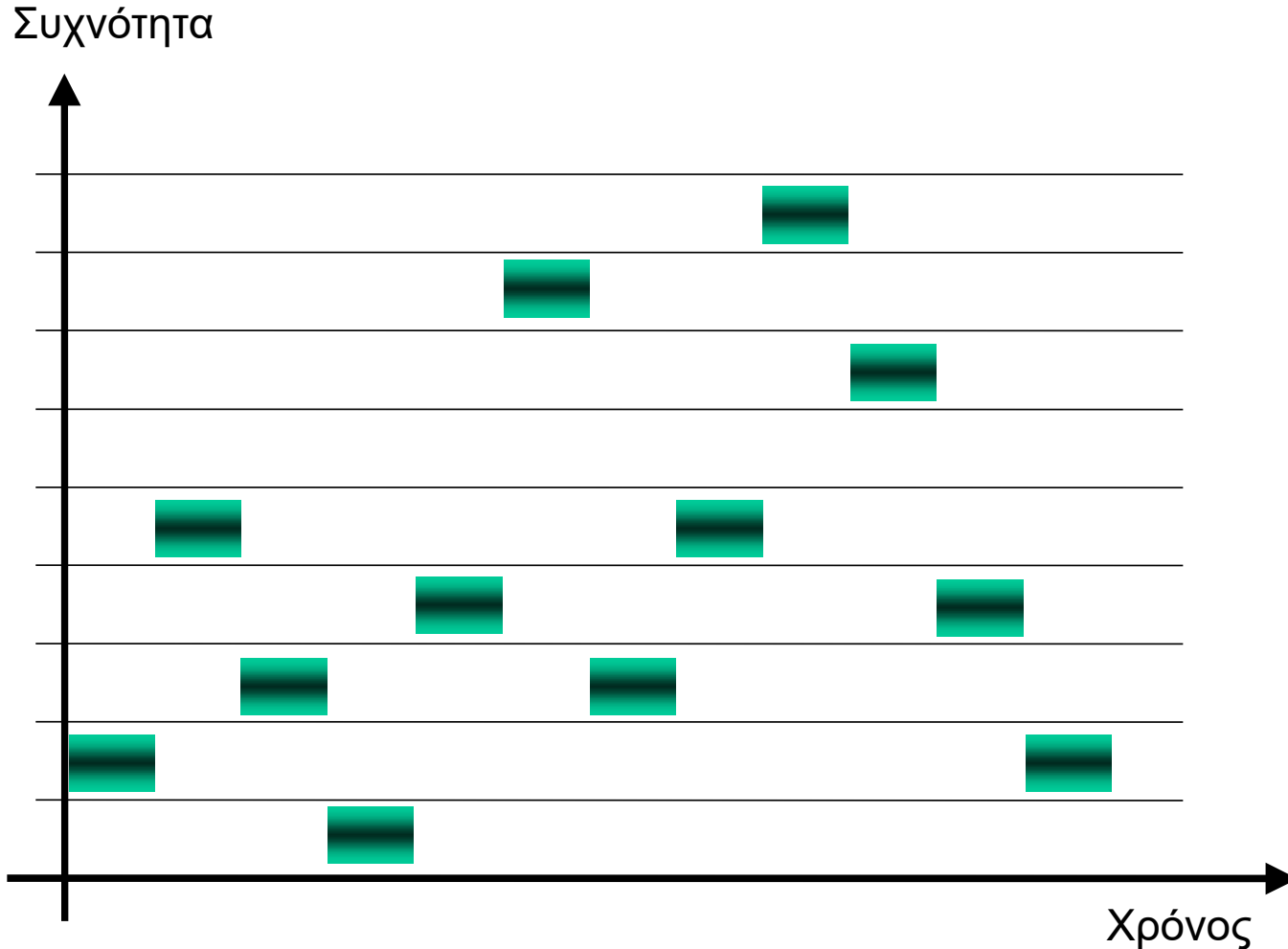


# DS/CDMA: two-sender interference



# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FH/CDMA



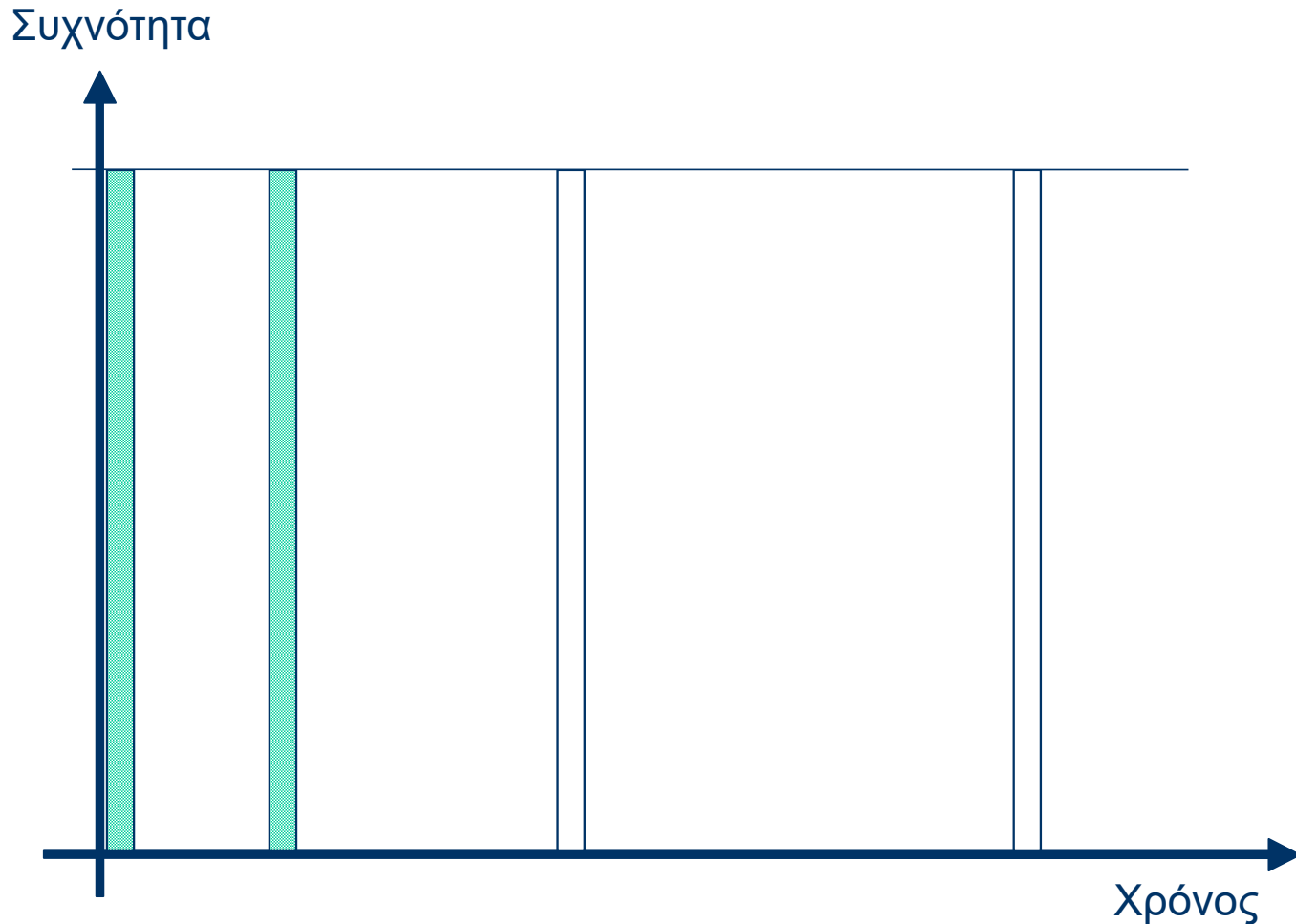
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FH/CDMA

- Χρησιμοποιεί μέρος του εύρους ζώνης αλλά η θέση του μέρους αυτού μεταβάλλεται χρονικά.
- Πλεονεκτήματα:
  - Οι διάφορες ζώνες συχνοτήτων δεν χρειάζεται να είναι γειτονικές στο φάσμα,
  - Η πιθανότητα να μεταδίδουν πολλοί χρήστες ταυτόχρονα στην ίδια περιοχή συχνοτήτων είναι μικρή.
- Μειονεκτήματα:
  - Απαιτείται πολύπλοκος συνθέτης συχνοτήτων
  - Απότομη μεταβολή του σήματος κατά τη μεταπήδηση
  - Δύσκολη η αποδιαμόρφωση.

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## ΤΗ/CDMA



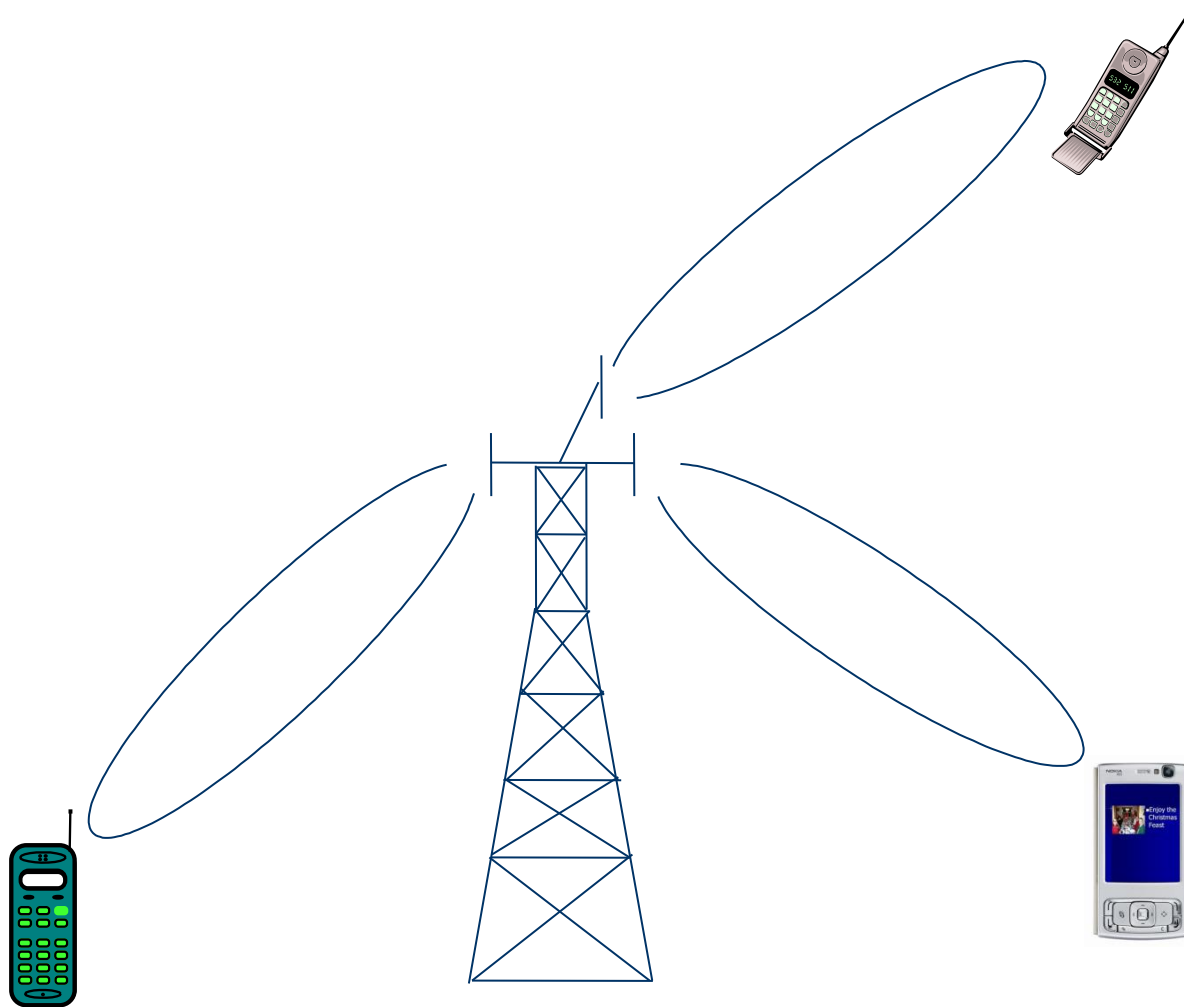
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## ΤΗ/CDMA

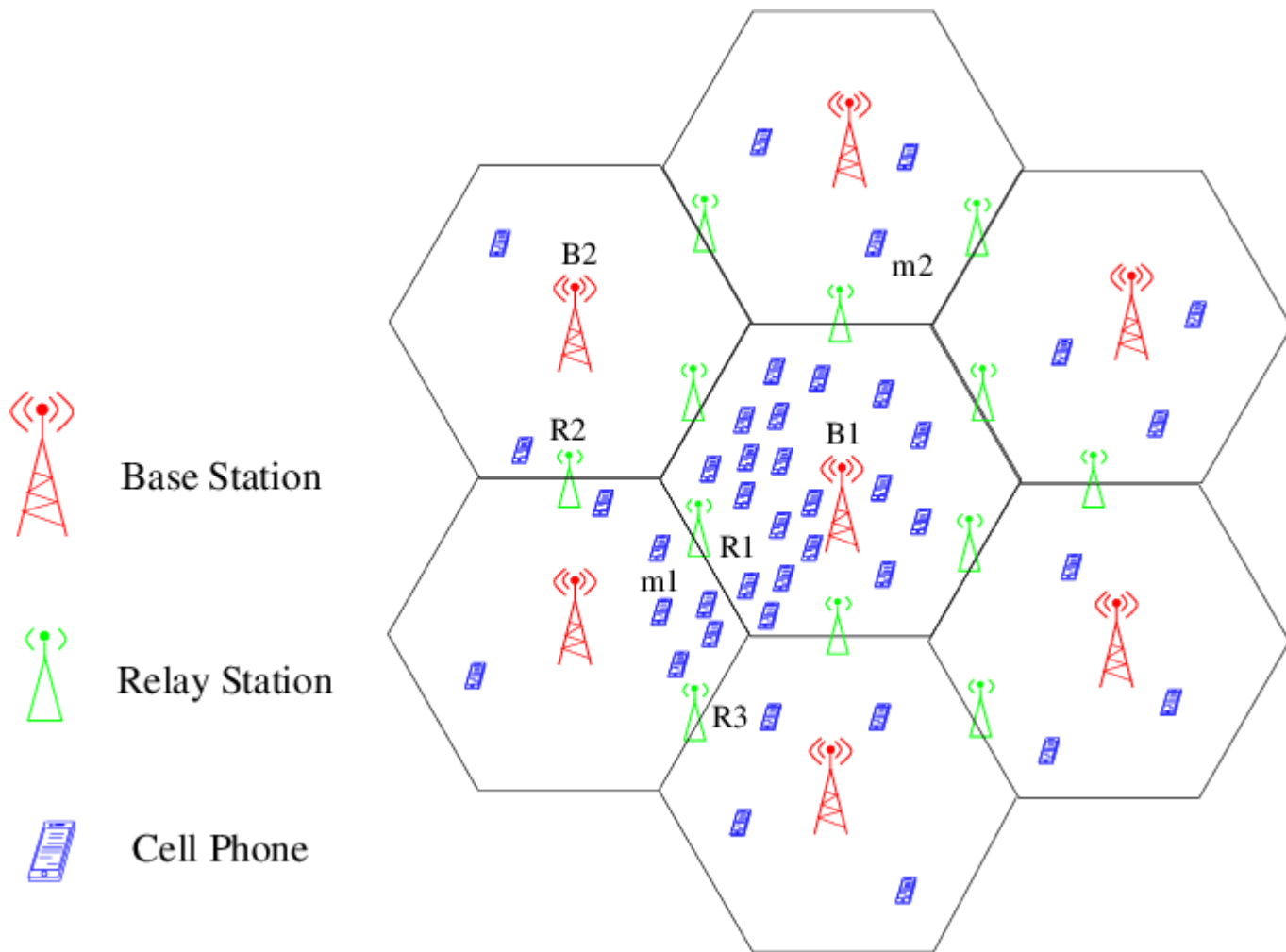
- Ο χρόνος διαιρείται σε πλαίσια και κάθε πλαίσιο σε Μ χρονοσχισμές.
- Κατά τη διάρκεια ενός πλαισίου ο χρήστης μεταδίδει σε μία από τις χρονοσχισμές σύμφωνα με κάποιον κώδικα.
- Πλεονεκτήματα:
  - Ευκολότερη υλοποίηση από την FH/CDMA,
  - Χρήσιμη όταν υπάρχει περιορισμός ως προς το μέσο ρυθμό και όχι ως προς τη μέγιστη (μετάδοση με ριπές),
  - Το φαινόμενο near-far είναι λιγότερο σημαντικό, γιατί κάθε τερματικό μεταδίδει μόνο του.
- Μειονεκτήματα:
  - Απαιτείται πολύς χρόνος για τον συγχρονισμό.

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου



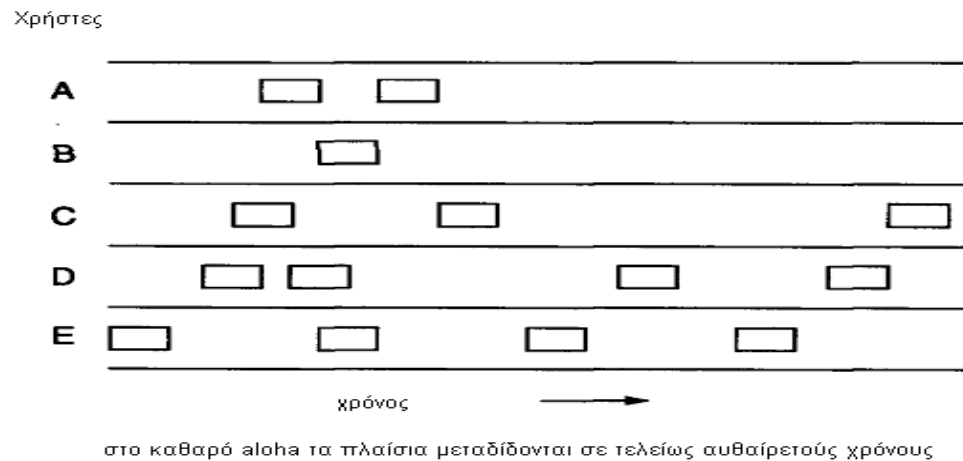




Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

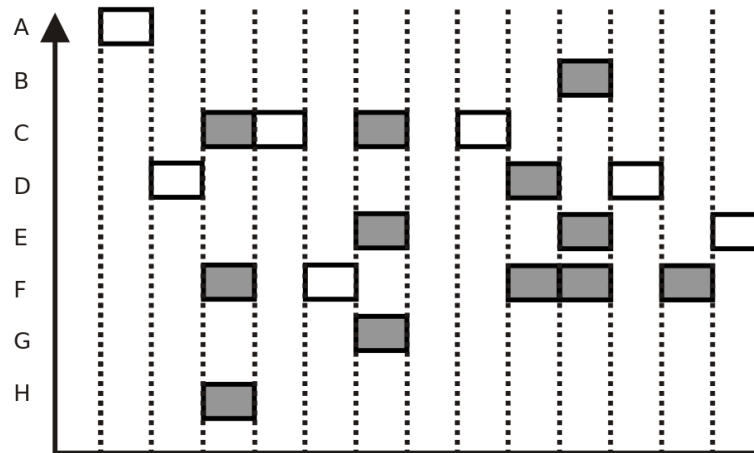
# ALOHA (Καθαρό)

- Συνεχής χρόνος, μετάδοση οποιαδήποτε χρονική στιγμή
- Δεν υπάρχει συγχρονισμός και ο κάθε κόμβος ξεκινά τη μετάδοση αμέσως μόλις δεχτεί το πακέτο στην ουρά του (άφιξη πακέτου)
- Εάν υπάρξει σύγκρουση το πακέτο επαναμεταδίδεται μετά από τυχαίο χρονικό διάστημα



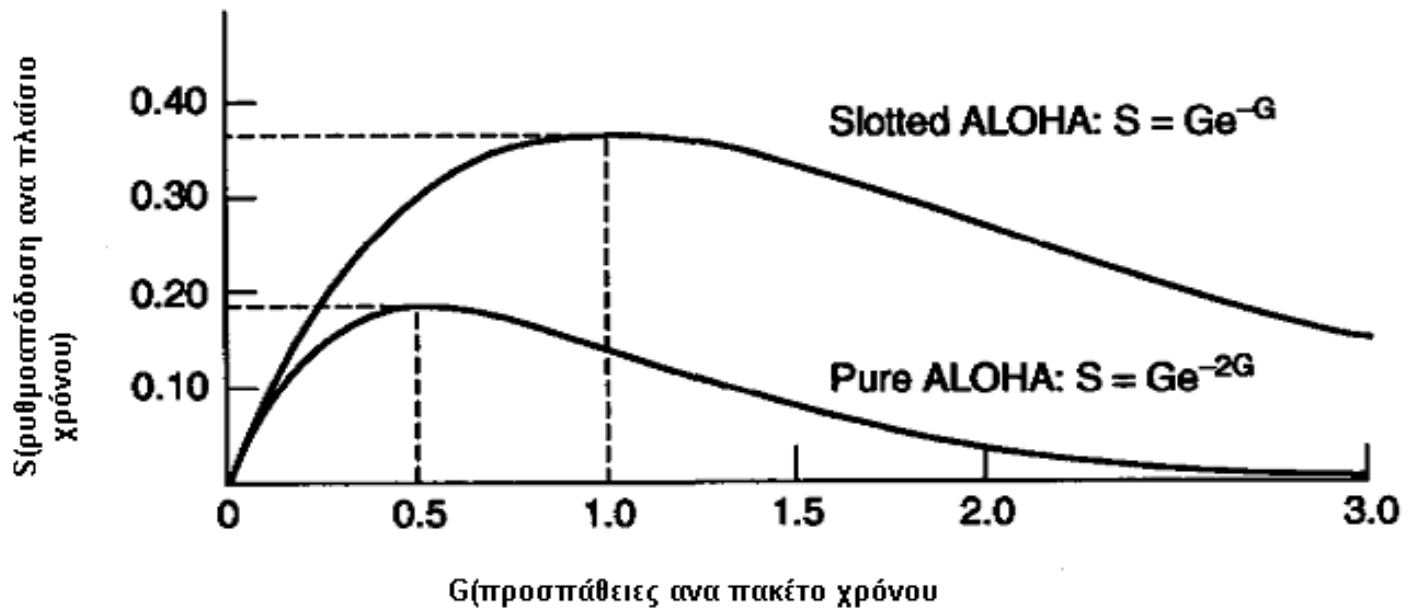
# Τεμαχισμένο ALOHA (Slotted Aloha)

- Σταθερό μέγεθος πακέτων
- Χρόνος μετάδοσης πακέτου = 1 μονάδα χρόνου = μέγεθος χρονοθυρίδας (slot)
- Κάθε πακέτο μεταδίδεται στην πρώτη χρονοθυρίδα μετά την άφιξη του
- Απαιτείται συγχρονισμός της μετάδοσης με την αρχή κάθε χρονοθυρίδας
- Σε περίπτωση σύγκρουσης η μετάδοση επαναλαμβάνεται μετά από τυχαίο αριθμό χρονοθυρίδων



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

# Ρυθμαπόδοση (Throughput)



Η ρυθμαπόδοση για τα διάφορα ALOHA συστήματα

# Πολλαπλή Προσπέλαση Ανίχνευσης Φέροντος (CSMA)

- Ένας κόμβος μπορεί να ακούσει αν άλλοι κόμβοι μεταδίδουν ύστερα από ένα χρονικό διάστημα
- Εφόσον οι κόμβοι μπορούν να ακούσουν μεταδόσεις άλλων, μπορούν να αναβάλουν τη μετάδοσή τους, ώστε να αποφύγουν μια βέβαιη σύγκρουση
- Δεν αποφεύγονται όλες οι συγκρούσεις εξαιτίας της αργοπορημένης ανίχνευσης μετάδοσης (καθυστέρηση διάδοσης σήματος)

# Πολλαπλή Προσπέλαση Ανίχνευσης Φέροντος Με Ανίχνευση Σύγκρουσης(CSMA/CD)

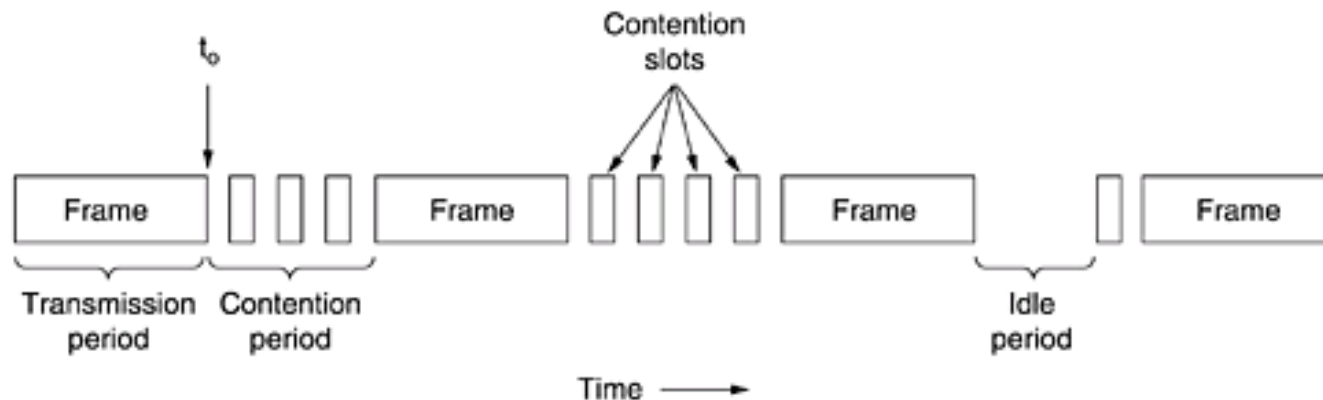
κάθε κόμβος μπορεί να ακούσει **πριν μεταδώσει** και οι φυσικές ιδιότητες του καναλιού επιτρέπουν σε ένα κόμβο να ακούει το κανάλι **ενώ μεταδίδει**  
αμέσως μόλις ο κόμβος ανιχνεύσει την σύγκρουση:

εγκαταλείπει τη μετάδοση

περιμένει τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναπροσπαθήσει

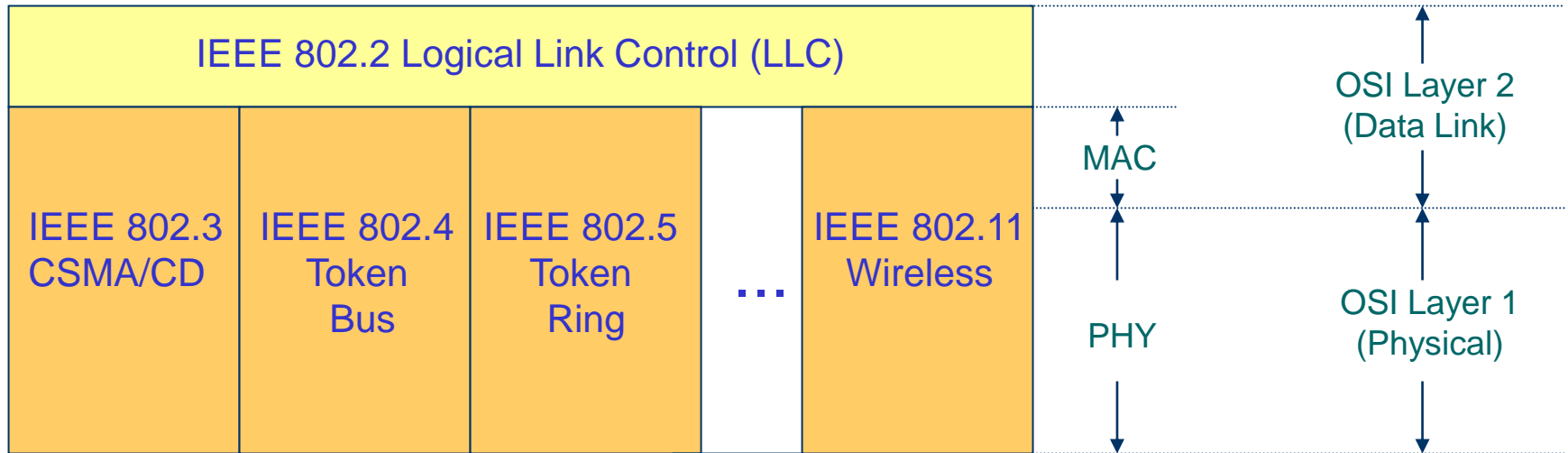
Χρησιμοποιείται στο Ethernet

**δύσκολο να εφαρμοστεί σε ασύρματες μεταδόσεις**



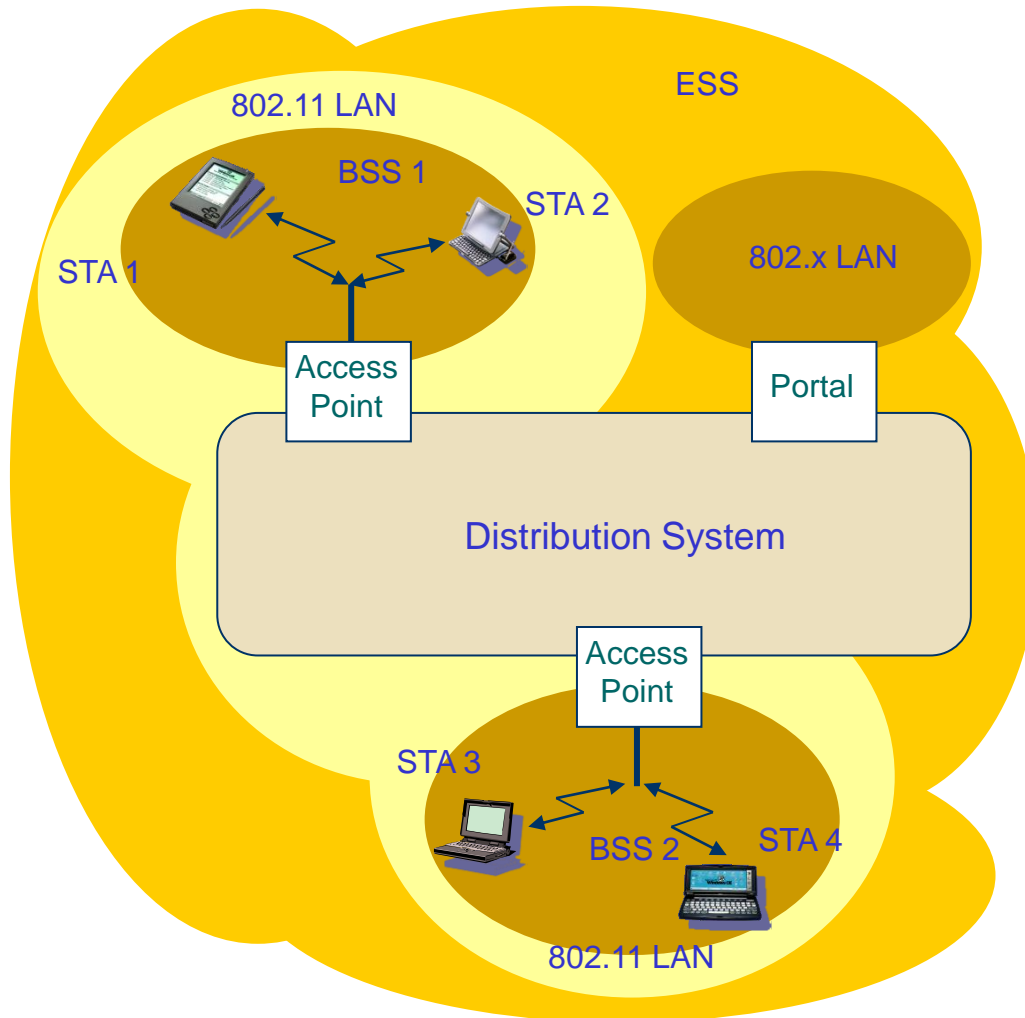
# **Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα Τύπου IEEE 802.11**

# Η οικογένεια προτύπων 802.x





# 802.11 Με Υποδομή



## Station (STA) - Σταθμός

τερματικό με μηχανισμούς πρόσβασης στο ασύρματο μέσο και δυνατότητα επικοινωνίας με το Access Point

## Basic Service Set (BSS)

ομάδα σταθμών που χρησιμοποιούν την ίδια ραδιο-συχνότητα

## Access Point – Σημείο Πρόσβασης

σταθμός ο οποίος επικοινωνεί τόσο με το ασύρματο τοπικό δίκτυο, όσο και με το σύστημα διανομής (distribution system)

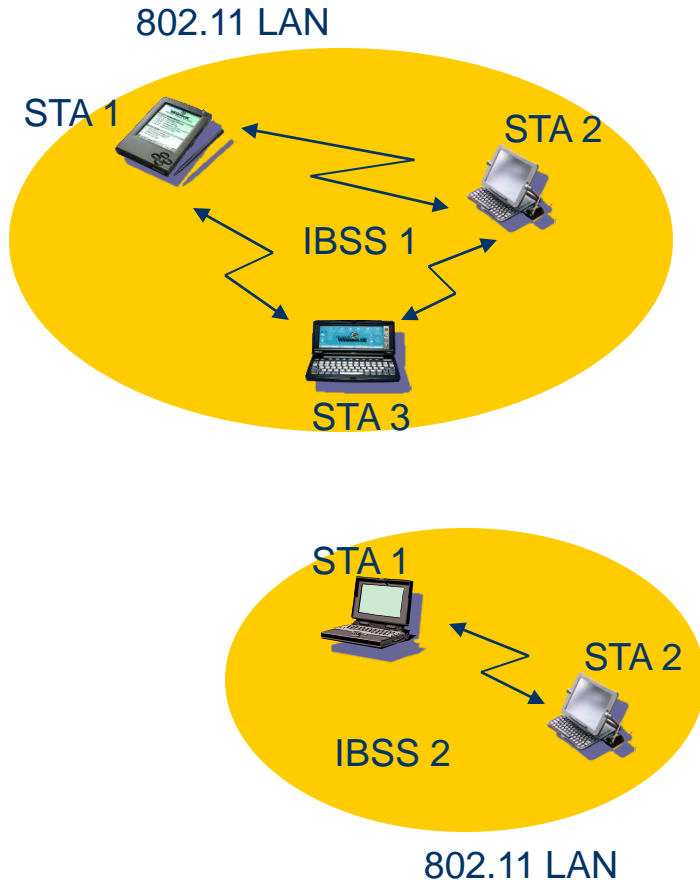
## Portal

γέφυρα μεταξύ του συστήματος διανομής και εξωτερικών δικτύων

## Distribution System – Σύστημα Διανομής

δίκτυο διασύνδεσης πολλών BSS σε ένα ESS (Extended Service Set)

# 802.11 Χωρίς Υποδομή (Ad-Hoc)



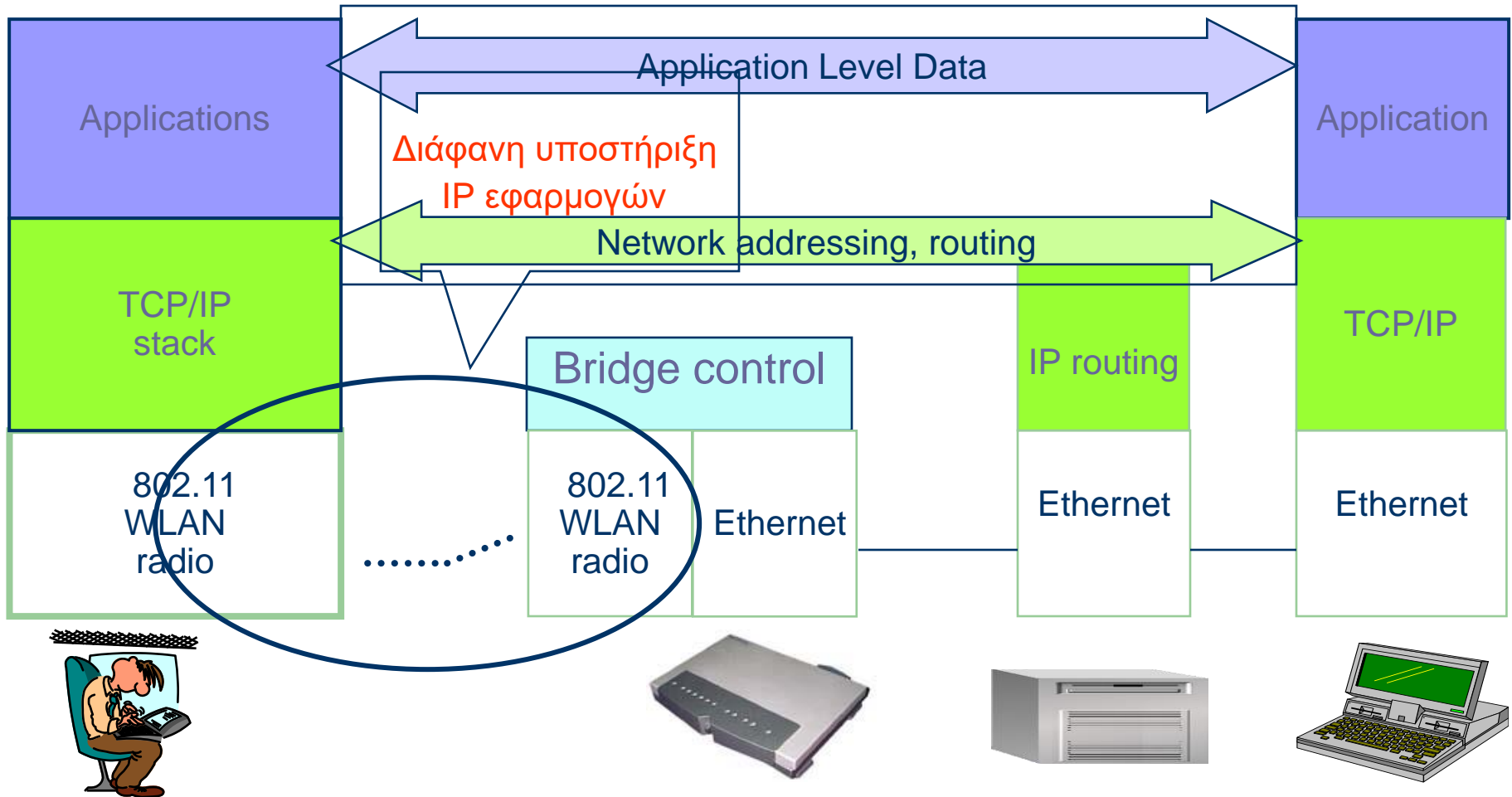
## Station (STA)

τερματικό με μηχανισμούς πρόσβασης στο ασύρματο μέσο

## Independent Basic Service Set (IBSS)

ομάδα σταθμών που χρησιμοποιούν την ίδια ραδιο-συχνότητα, χωρίς την παρεμβολή σημείου πρόσβασης

# 802.11 – Ασύρματα Επέκταση του Ethernet



# Το MAC είναι υπεύθυνο για

- ✓ δέσμευση του καναλιού
- ✓ διευθυνσιοδότηση (addressing)
- ✓ δομή των πλαισίων μετάδοσης
- ✓ έλεγχο λαθών (επαναμεταδόσεις)
- ✓ fragmentation/reassembly

## Τρία είδη πλαισίων:

- ✓ management (association, synchronization, authentication)
- ✓ control (acks, end of contention-free period)
- ✓ user data

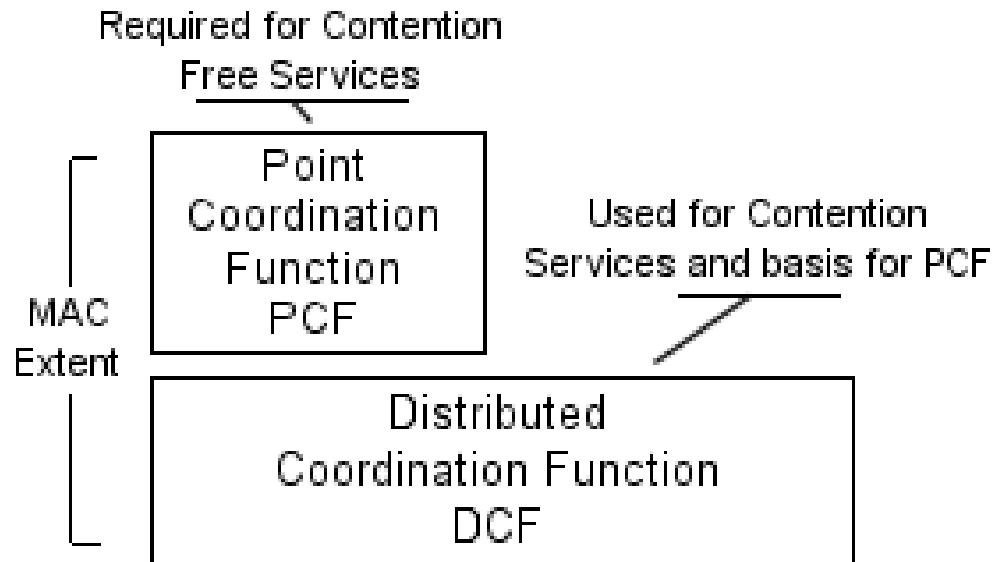
# Μέθοδοι Πρόσβασης

## Distributed Coordination Function (DCF)

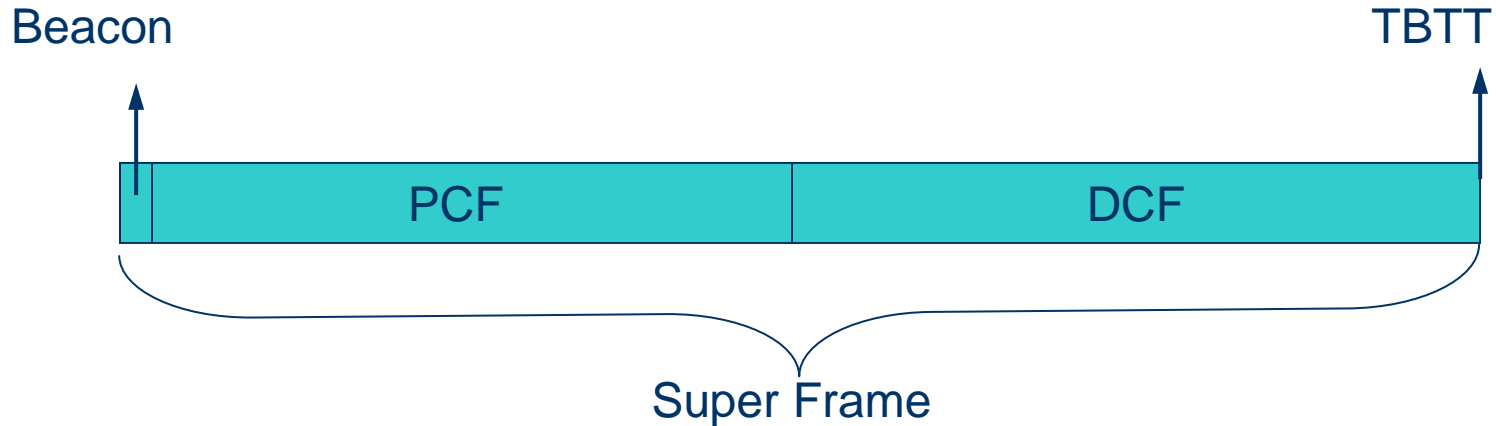
- υποχρεωτική
- η βασική μέθοδος πρόσβασης
- βασίζεται στον ανταγωνισμό για το μέσο (contention)

## Point Coordination Function (PCF)

- προαιρετική
- χωρίς ανταγωνισμό
- μειώνει τις μεταβολές στις καθυστερήσεις μετάδοσης
- μόνο στη δομημένη διάρθρωση (infrastructure mode)



# Μέθοδοι Πρόσβασης



DCF - Distributed Coordinated Function  
(Contention Period - *Ad-hoc Mode*)

PCF - Point Coordinated Function  
(Contention Free Period - *Infrastructure BSS*)

Beacon - Management Frame

Synchronization of Local timers

Delivers protocol related parameters (e.g., version)

TBTT (Target Beacon Transition Time)

# Πολλαπλή Προσπέλαση Ανίχνευσης Φέροντος Με Ανίχνευση Σύγκρουσης(CSMA/CD)

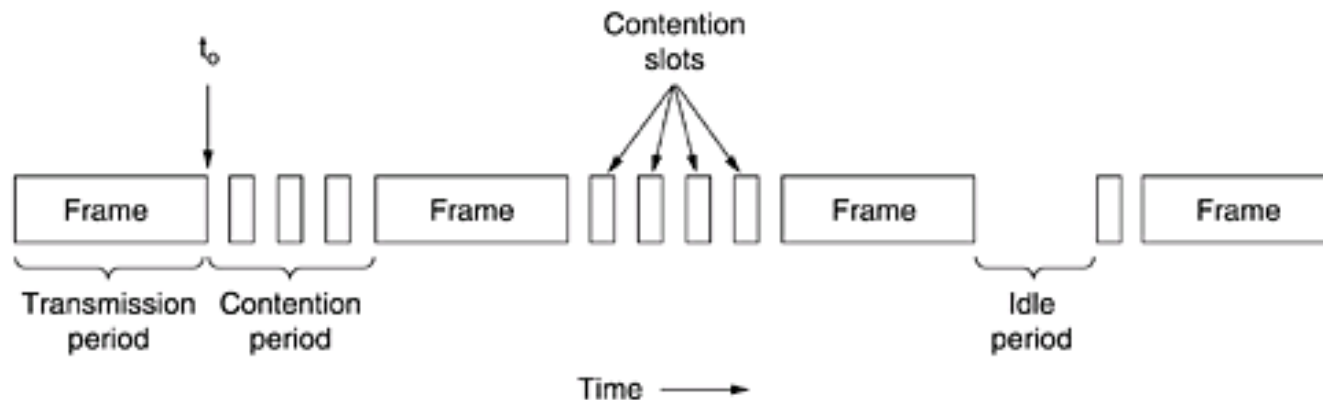
κάθε κόμβος μπορεί να ακούσει **πριν μεταδώσει** και οι φυσικές ιδιότητες του καναλιού επιτρέπουν σε ένα κόμβο να ακούει το κανάλι **ενώ μεταδίδει** αμέσως μόλις ο κόμβος ανιχνεύσει την σύγκρουση:

εγκαταλείπει τη μετάδοση

περιμένει τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναπροσπαθήσει

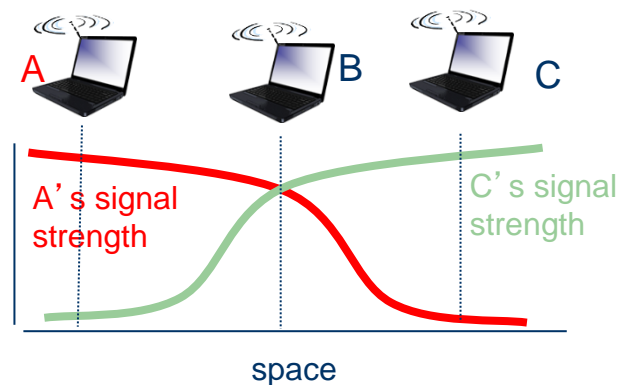
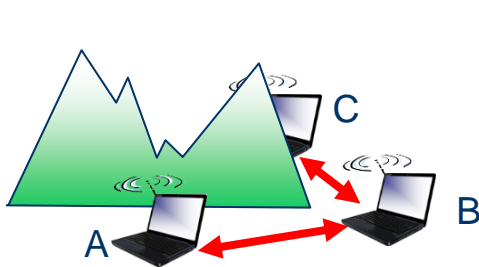
Χρησιμοποιείται στο Ethernet

**δύσκολο να εφαρμοστεί σε ασύρματες μεταδόσεις**



# IEEE 802.11: πολλαπλή πρόσβαση

- αποφυγή συγκρούσεων: >1 κόμβοι μεταδίδουν την ίδια στιγμή
- 802.11: CSMA – “αφουγκράζεται” το κανάλι πριν μεταδώσει
  - μη συγκρουστείς με εν εξελίξει μετάδοση από άλλο κόμβο
- 802.11: χωρίς ανίχνευση σύγκρουσης!
  - δύσκολο να λάβει (ανιχνεύσει συγκρούσεις) όταν μεταδίδει λόγω αδύναμων λαμβανόμενων σημάτων (εξασθένιση)
  - δεν μπορεί να αντιληφθεί όλες τις συγκρούσεις σε κάθε περίπτωση: κρυμμένο τερματικό, εξασθένιση
  - στόχος: **αποφυγή συγκρούσεων**: CSMA/C(ollision)A(voidance)





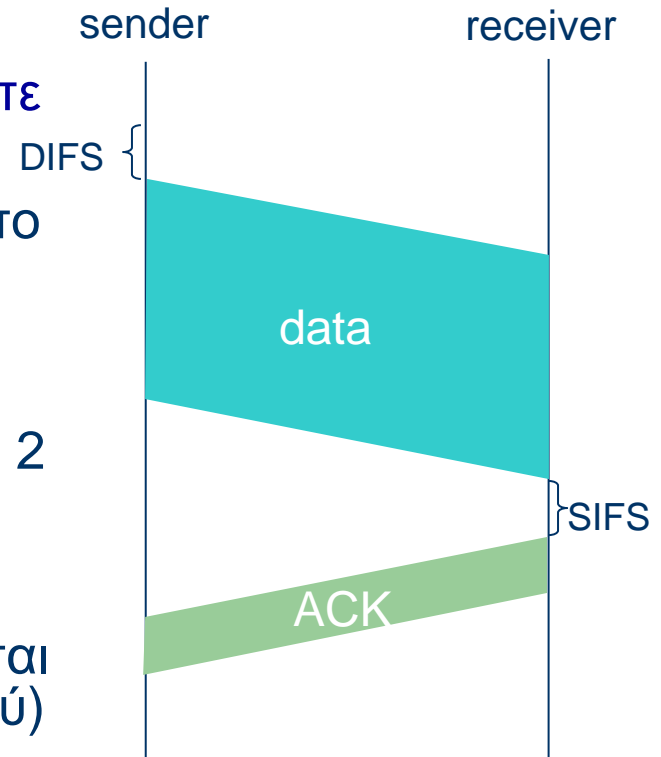
# IEEE 802.11 MAC Protocol: CSMA/CA

## 802.11 αποστολέας

- αν «αισθανθείς» το κανάλι αδρανές για **DIFS** τότε μετάδωσε ολόκληρο το πλαίσιο (όχι CD)
- αν «αισθανθείς» το κανάλι απασχολημένο τότε
  - ξεκίνησε τυχαίο χρόνο οπισθοχώρησης
  - χρονομετρητής μετράει αντίστροφα όταν το κανάλι είναι αδρανές
  - μετάδωσε όταν λήξει ο χρονομετρητής
  - αν δεν λάβεις ACK, αύξησε το τυχαίο διάστημα οπισθοχώρησης, επανάλαβε το 2

## 802.11 δέκτης

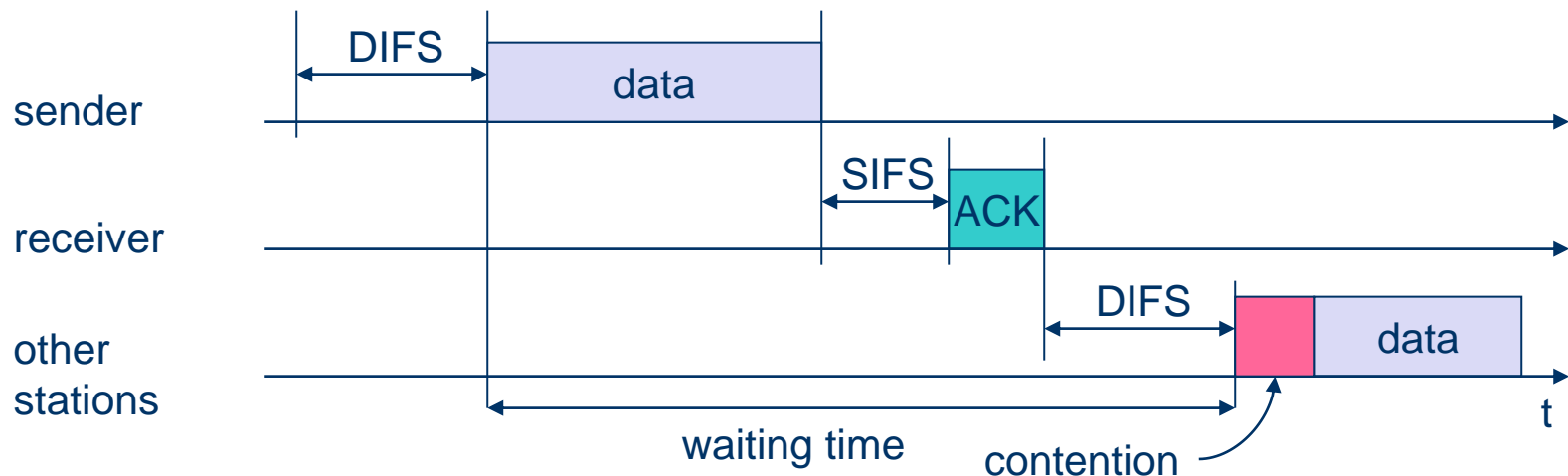
- αν το πλαίσιο παραληφθεί OK
  - στείλε ACK μετά από **SIFS** (ACK χρειάζεται λόγω προβλήματος κρυμμένου τερματικού)



# 802.11 - CSMA/CA access method

## ➤ Αποστολή πακέτων

- Ο κόμβος πρέπει να διαπιστώσει το κανάλι αδρανές για χρόνο ίσο με DIFS πριν στείλει δεδομένα
- Ο παραλήπτης επιβεβαιώνει (μετά από χρόνο SIFS) αν το πακέτο παρελήφθη σωστά (CRC)
- Σε περίπτωση λάθους, επαναμέταδοση μετά από τυχαίο χρόνο



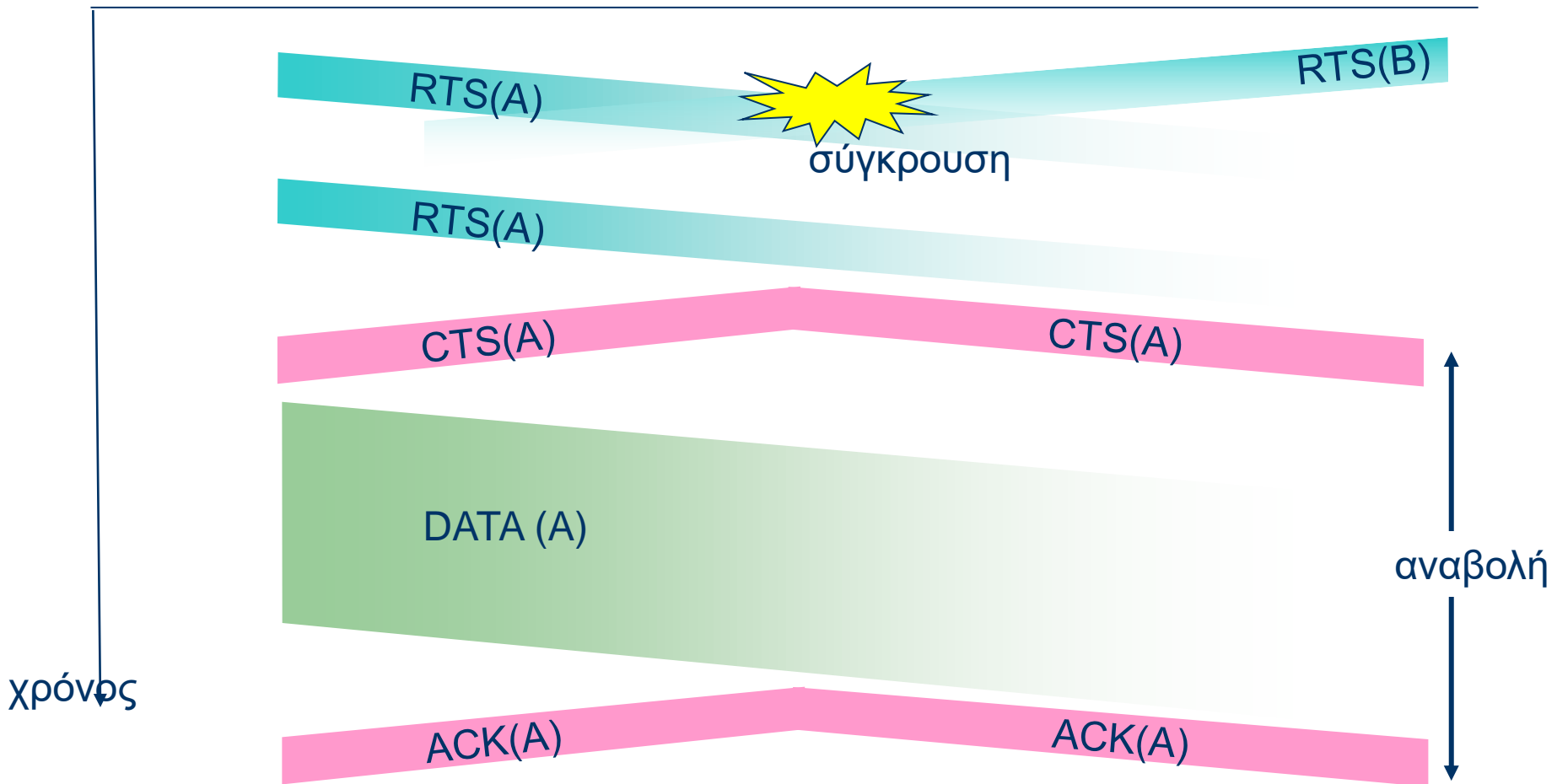
# Αποφυγή συγκρούσεων (περισσότερα)

**ιδέα:** επέτρεψε στον αποστολέα να “**κάνει κράτηση**” στο κανάλι αντί για τυχαία πρόσβαση των πλαισίων δεδομένων → αποφυγή συγκρούσεων μεγάλων πλαισίων δεδομένων

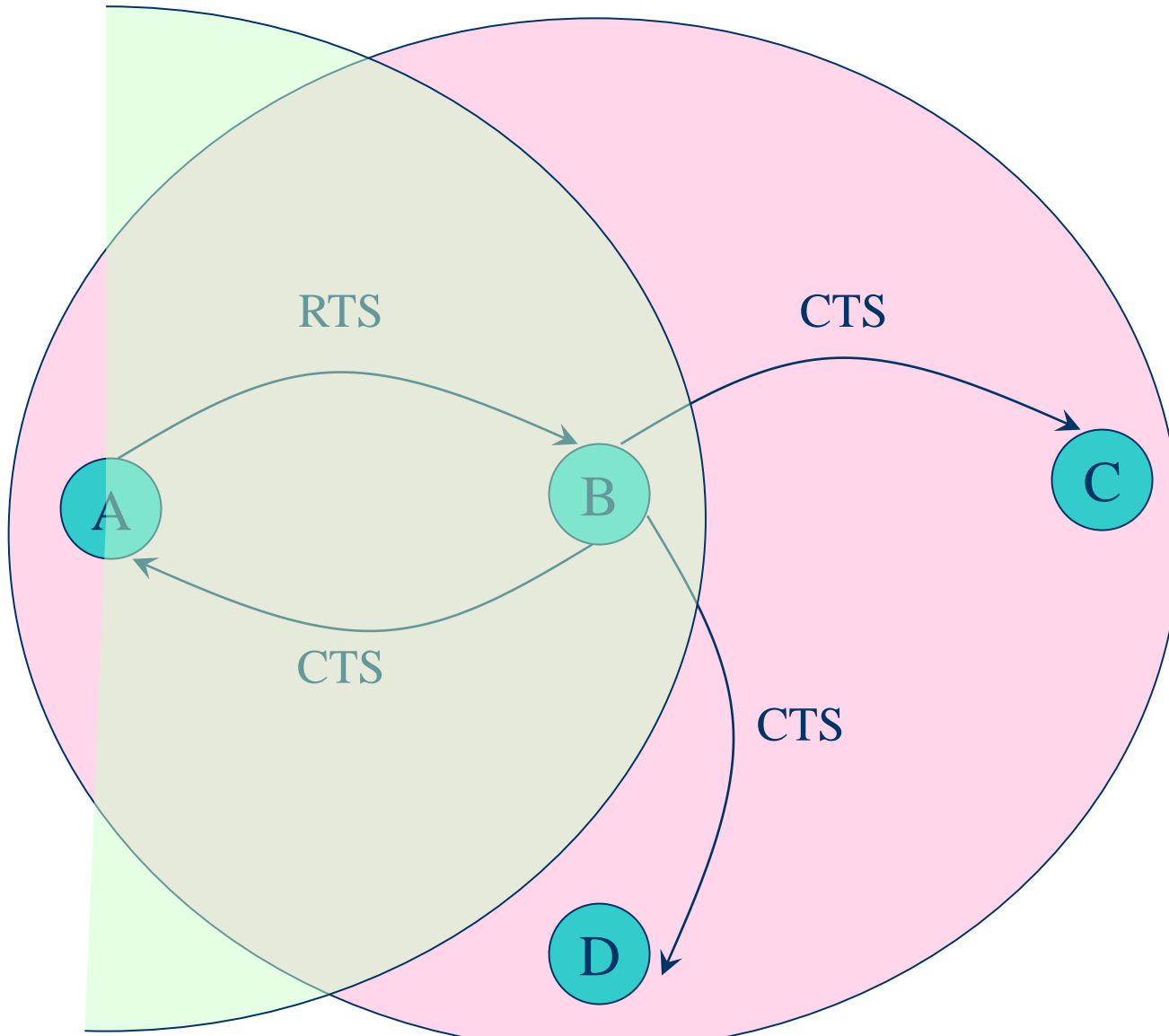
- ο αποστολέας πρώτα μεταδίδει *μικρά* πακέτα **request-to-send (RTS)** (αίτηση για αποστολή) στο BS (σταθμό βάσης) χρησιμοποιώντας CSMA
  - τα RTS μπορεί να συγκρουστούν μεταξύ τους (αλλά είναι μικρά)
- AP εκπέμπει **clear-to-send (CTS)** σε απόκριση του RTS
- το CTS (clear to send – “ελεύθερο” για αποστολή) ακούγεται από όλους τους κόμβους
  - ο αποστολέας μεταδίδει πλαίσιο δεδομένων
  - οι άλλοι σταθμοί αναβάλλουν τις μεταδόσεις

*απόφυγε συγκρούσεις πλαισίων δεδομένων εντελώς,  
χρησιμοποιώντας μικρά πακέτα κράτησης!*

# Αποφυγή Συγκρούσεων: «κράτηση» καναλιού μέσω RTS-CTS

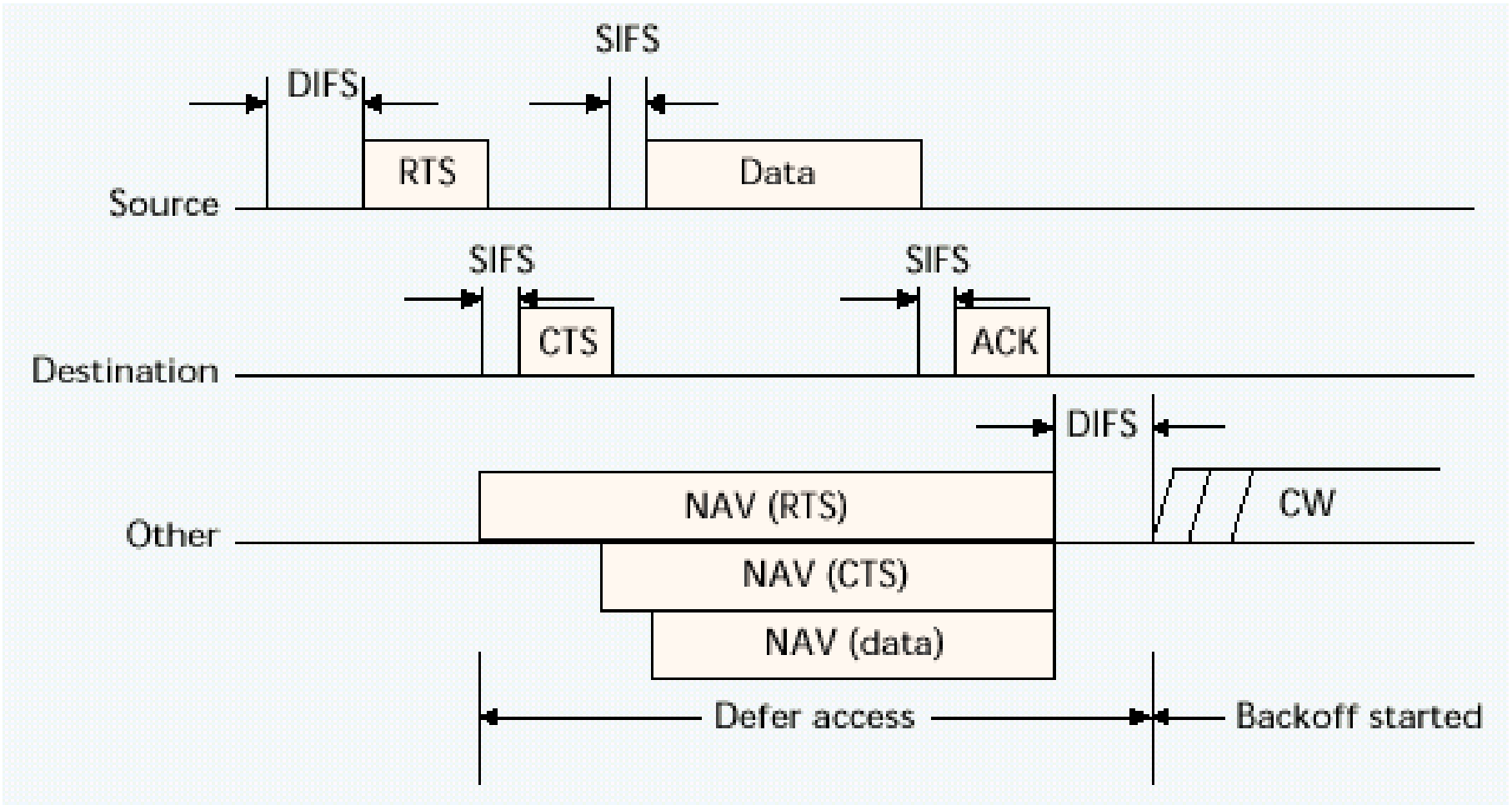


# Αποφυγή σύγκρουσης στον κόμβο B



# Distributed Coordination Function

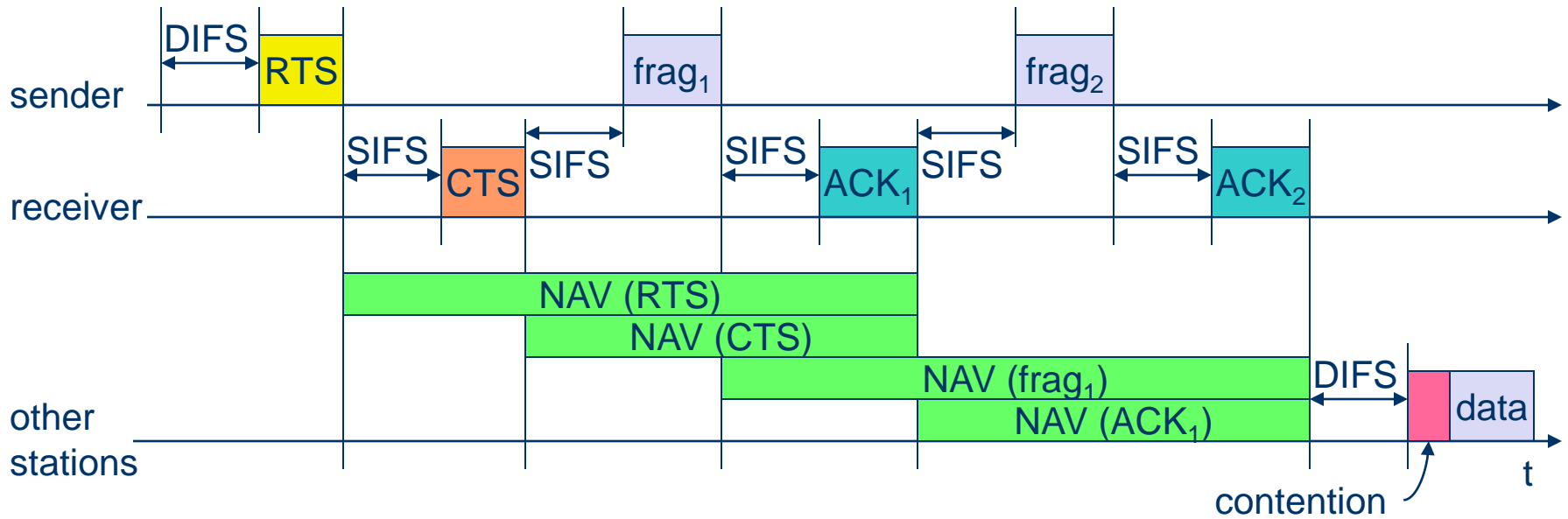
- CSMA/CA based protocol
  - Listen before talk
  - Collision Avoidance αντί για Collision Detection
  - Διαφορετικό από τα CSMA/CD που χρησιμοποιούνται σε ενσύρματα
- Χρησιμοποιεί Acknowledgment για κάθε μετάδοση
- Διόρθωση λαθών μέσω επαναμεταδόσεων
- Χρησιμοποιεί 4-way handshake (μέσω μηνυμάτων RTS/CTS) για «Virtual Carrier Sensing»
- Αντιμετωπίζει το πρόβλημα του κρυμμένου τερματικού



➤ Ισχύει πάντα  $SIFS < DIFS$

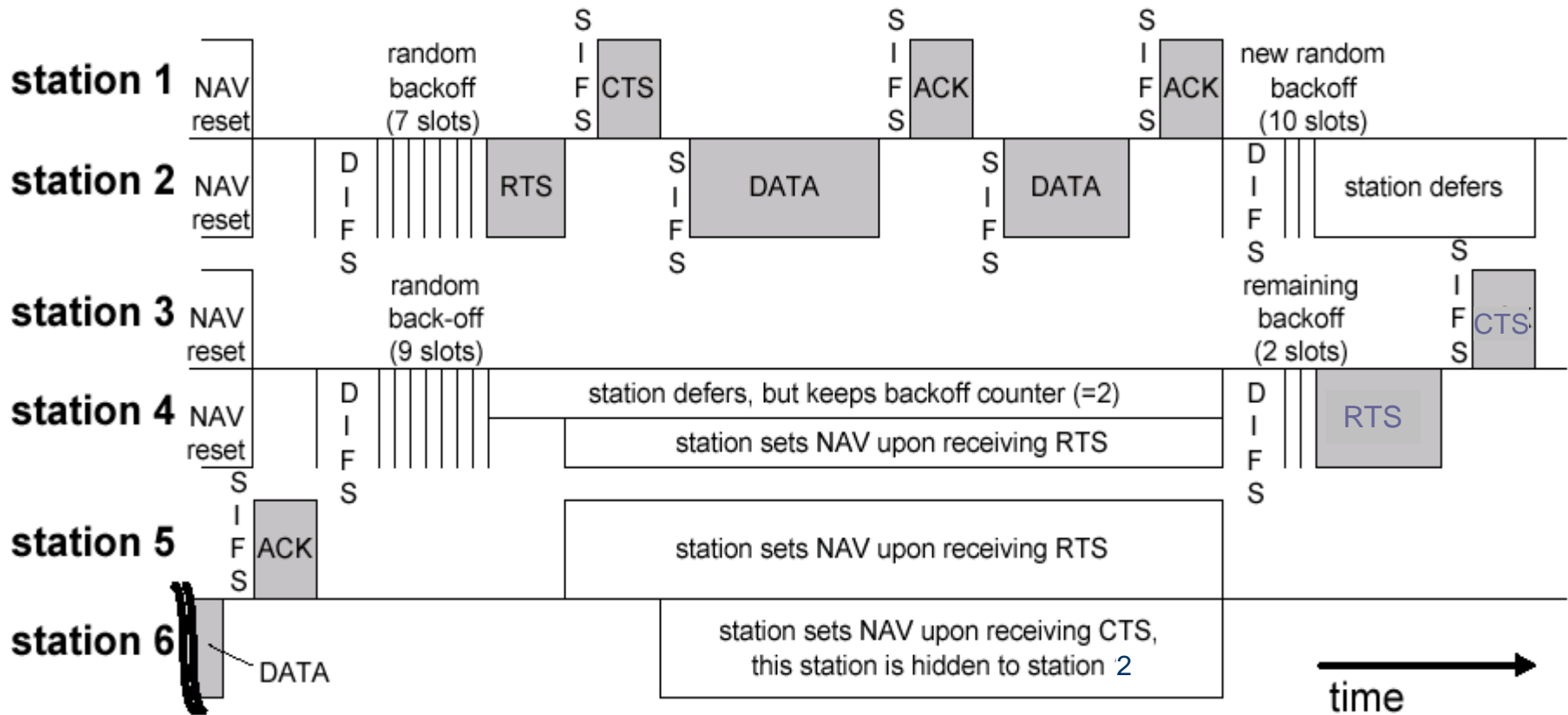
➤ Πολύ σημαντική η ενημέρωση των NAVs (Network Allocation Vectors) με τη χρήση των RTS/CTS/data MPDUs για την εφαρμογή power saving μηχανισμών και την αποφυγή συγκρούσεων

# Fragmentation





# Παράδειγμα Μετάδοσης με DCF



Το CW διπλασιάζεται μετά από κάθε σύγκρουση

- Initial CW → 3 (τιμές backoff 0-3)
- CW after Collision 1 → 7 (τιμές backoff 0-7)
- CW after Collision 2 → 15 (τιμές backoff 0-15)
- CW after Collision 3 → 31 (τιμές backoff 0-31)
- CW after Collision 4 → 63 (τιμές backoff 0-63)