

Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης (συνέχεια)

Πολλαπλή πρόσβαση

Επίλυση του προβλήματος

- Αρχικά, επιλέγουμε μια **βασική τεχνολογία** για να διαχωρίσουμε την κίνηση που προέρχεται από διαφορετικούς χρήστες (τερματικά).
 - Μπορεί να είναι στο πεδίο του χρόνου ή στο πεδίο της συχνότητας.
- Στη συνέχεια, επιλέγουμε πώς να κατανέμουμε έναν περιορισμένο αριθμό πόρων μετάδοσης σε μεγαλύτερο σύνολο ανταγωνιζόμενων χρηστών.
- Η ύπαρξη σταθμού βάσης διευκολύνει την πολλαπλή πρόσβαση.

Πολλαπλή πρόσβαση

Βασικοί στόχοι στη σχεδίαση

- **Ευελιξία:** δυνατότητα εξυπηρέτησης ολοκληρωμένης κίνησης φωνής, δεδομένων και video και δυνατότητα αντιμετώπισης της μετακίνησης του τερματικού.
- **Ποιότητα:** ικανοποίηση των απαιτήσεων υπηρεσίας, όπως π.χ. είναι οι περιορισμοί καθυστέρησης και απώλειας πακέτων.
- **Χωρητικότητα:** μεγιστοποίηση του αριθμού των χρηστών που εξυπηρετούνται για το διατιθέμενο εύρος ζώνης συχνοτήτων.

Πολλαπλή πρόσβαση

Περιορισμοί

- Έλλειψη φάσματος:
 - Δύσκολα βρίσκεται διαθέσιμο φάσμα,
 - Λίγες συχνότητες διατίθενται για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων,
 - Τα σχήματα πολλαπλής πρόσβασης πρέπει να μην σπαταλούν εύρος ζώνης.

Πολλαπλή πρόσβαση

Περιορισμοί

- Χαρακτηριστικά των ραδιοζεύξεων:
 - Δεκτικές σε σφάλματα
 - Διαλείψεις
 - Παρεμβολές
 - Φαινόμενο σύλληψης
 - Το τερματικό με τη μεγαλύτερη ισχύ καλύπτει το άλλο.
 - Το τερματικό χαμηλής ισχύος μπορεί να μην έχει ποτέ τη δυνατότητα να ακουστεί.

Πολλαπλή πρόσβαση

Αμφιδρόμηση



Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

- Διαχωρισμός των δεδομένων των διαφόρων πηγών.
- Τέσσερις βασικές επιλογές:
 - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (Frequency division multiple access, FDMA)
 - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (Time division multiple access, TDMA)
 - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (Code division multiple access, CDMA)
 - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου (Space Division Multiple Access, SDMA)

Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

Κυψελωτό σύστημα	Τεχνική πολλαπλής πρόσβασης
Advanced Mobile Phone System (AMPS)	FDMA/FDD
Global System for Mobile (GSM)	TDMA/FDD
U.S. Digital Cellular (USDC)	TDMA/FDD
Japanese Digital Cellular (JDC)	TDMA/FDD
Cordless Telephone 2 (CT2)	FDMA/TDD
Digital European Cordless Telephone (DECT)	TDMA/TDD
U.S. Narrowband Spread Spectrum (IS-95)	CDMA/FDD
cdma2000	CDMA/FDD
UMTS (UTRA-FDD)	WCDMA/FDD
UMTS (UTRA-TDD)	WCDMA/TDD

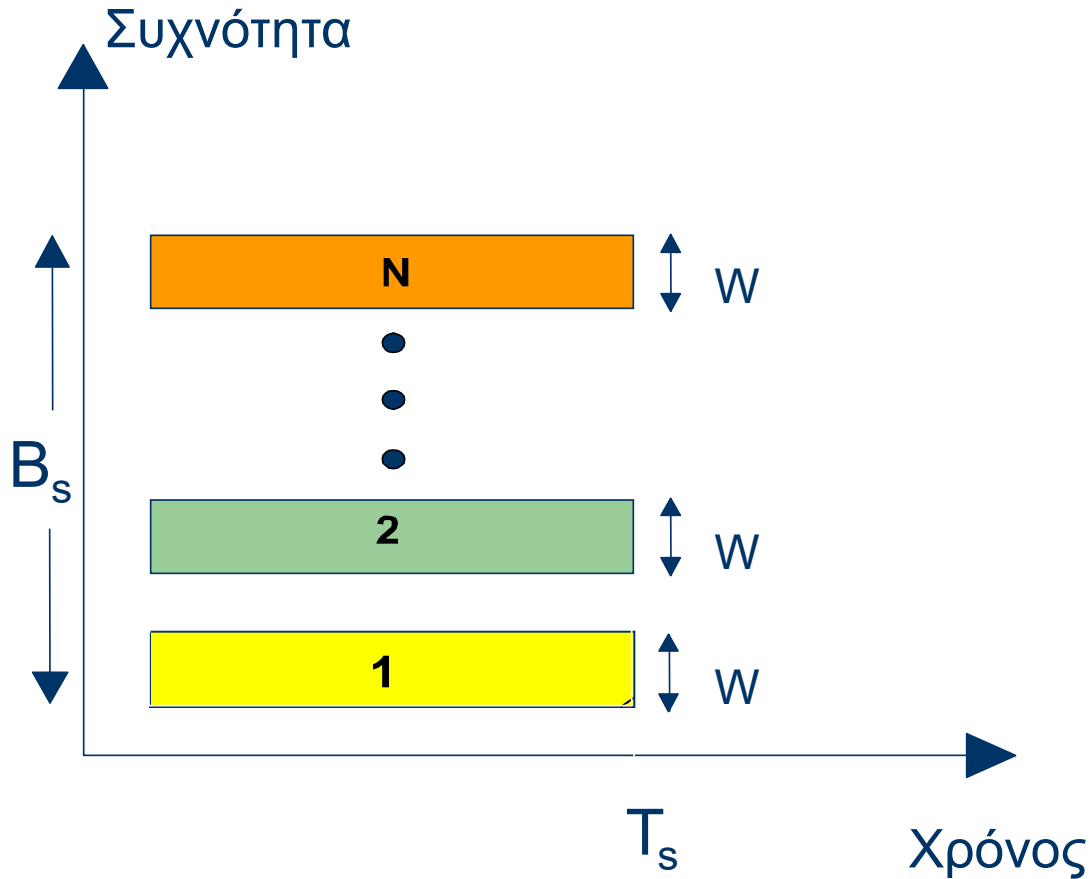
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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



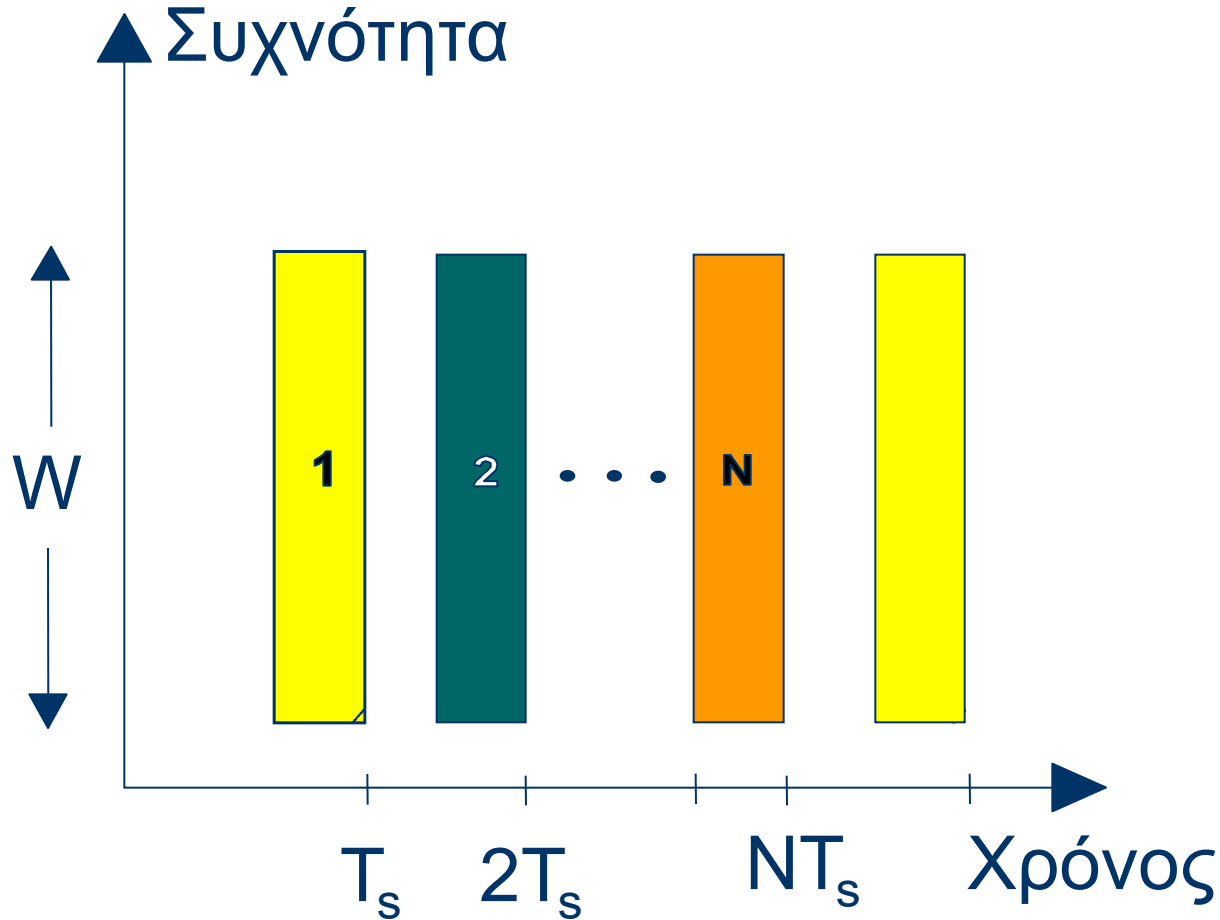
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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

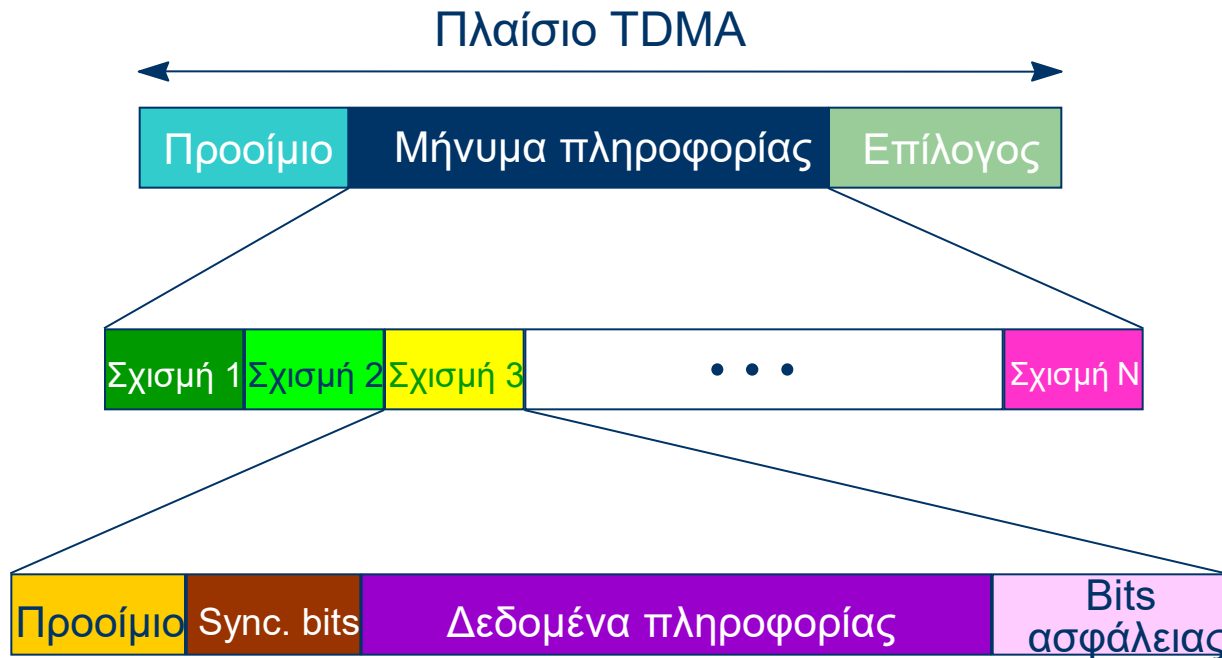
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

TDMA

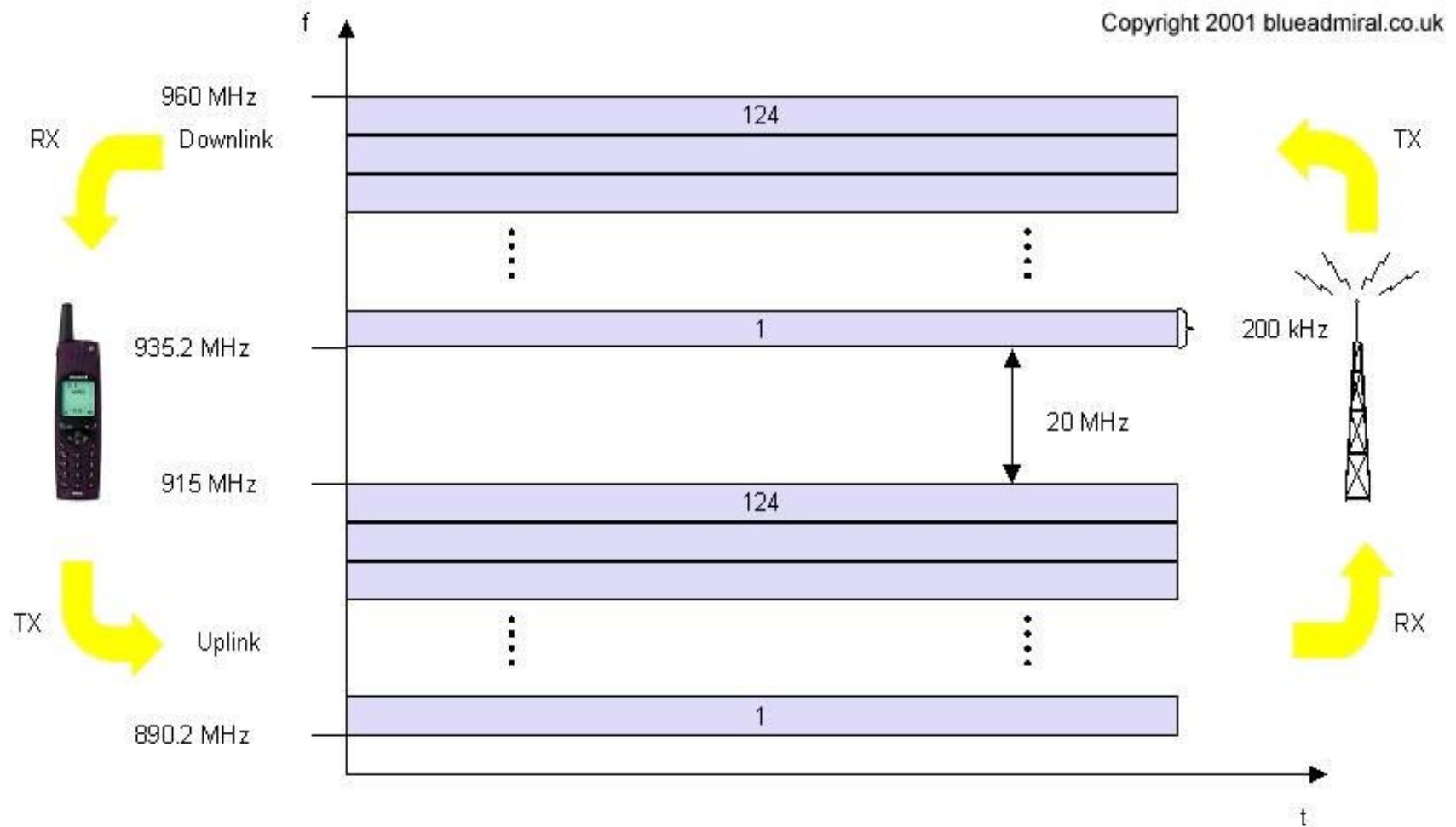


Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

Δομή πλαισίου TDMA

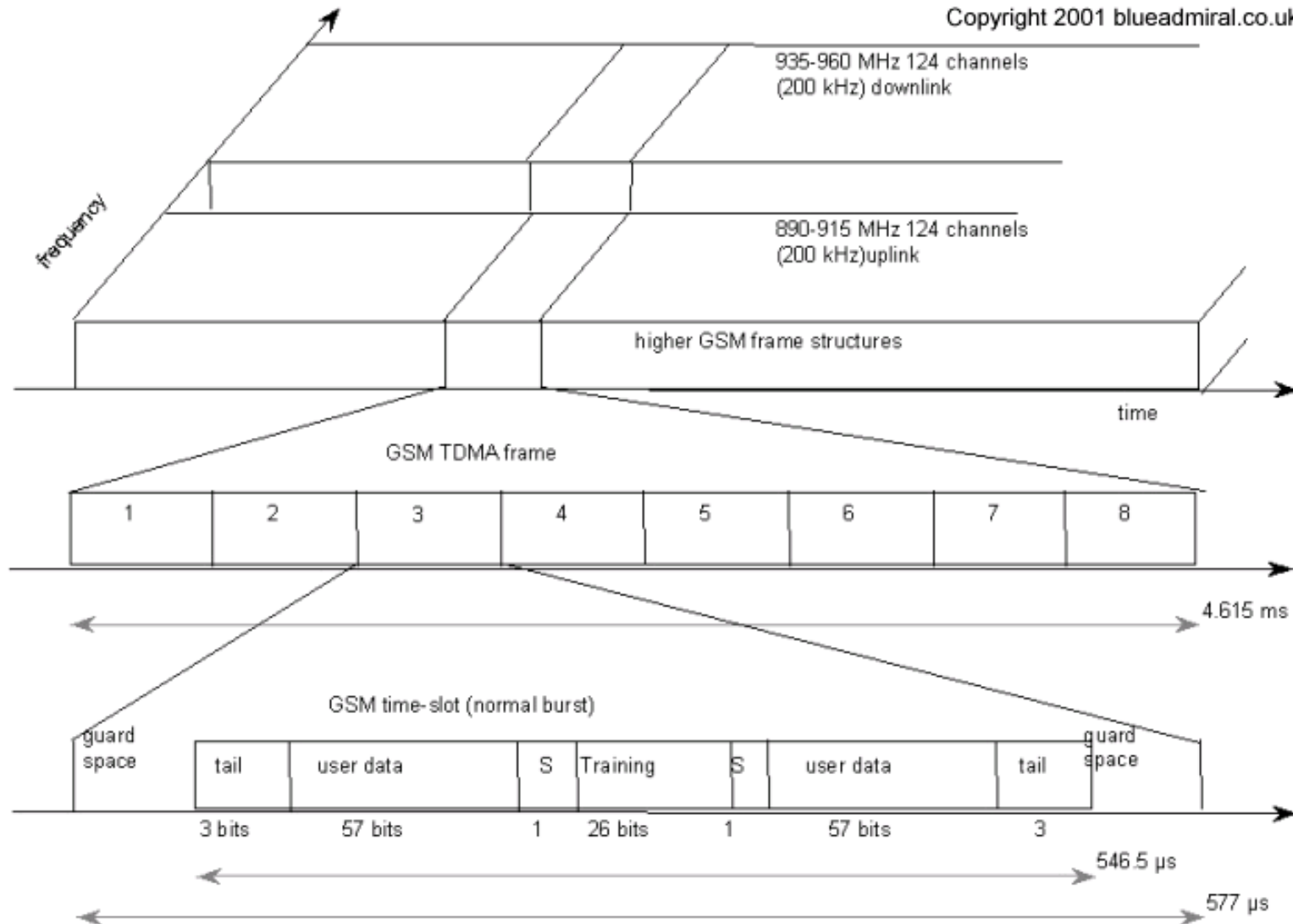


Πολλαπλή πρόσβαση στο GSM



GSM resource allocation

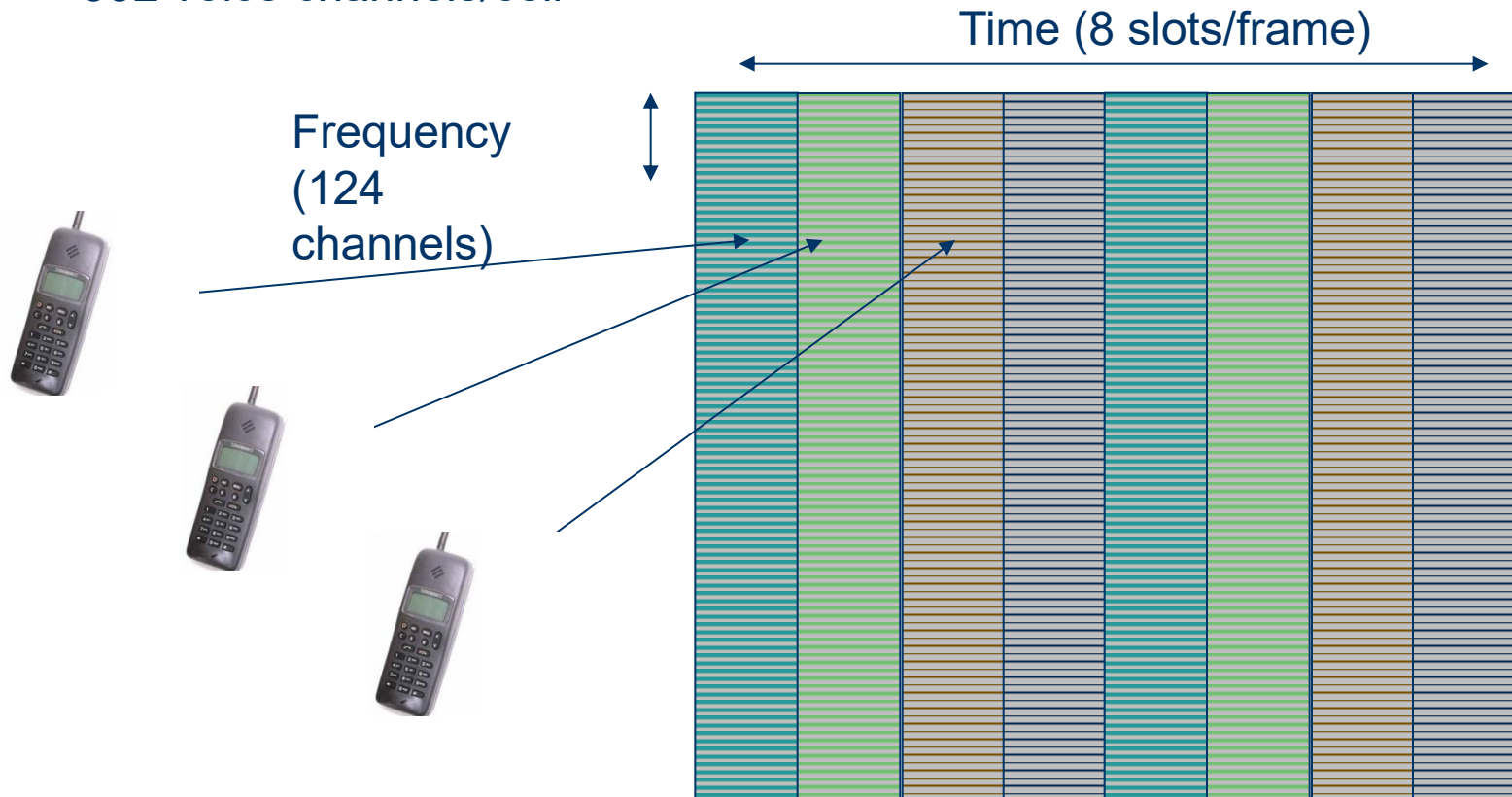
Copyright 2001 blueadmiral.co.uk



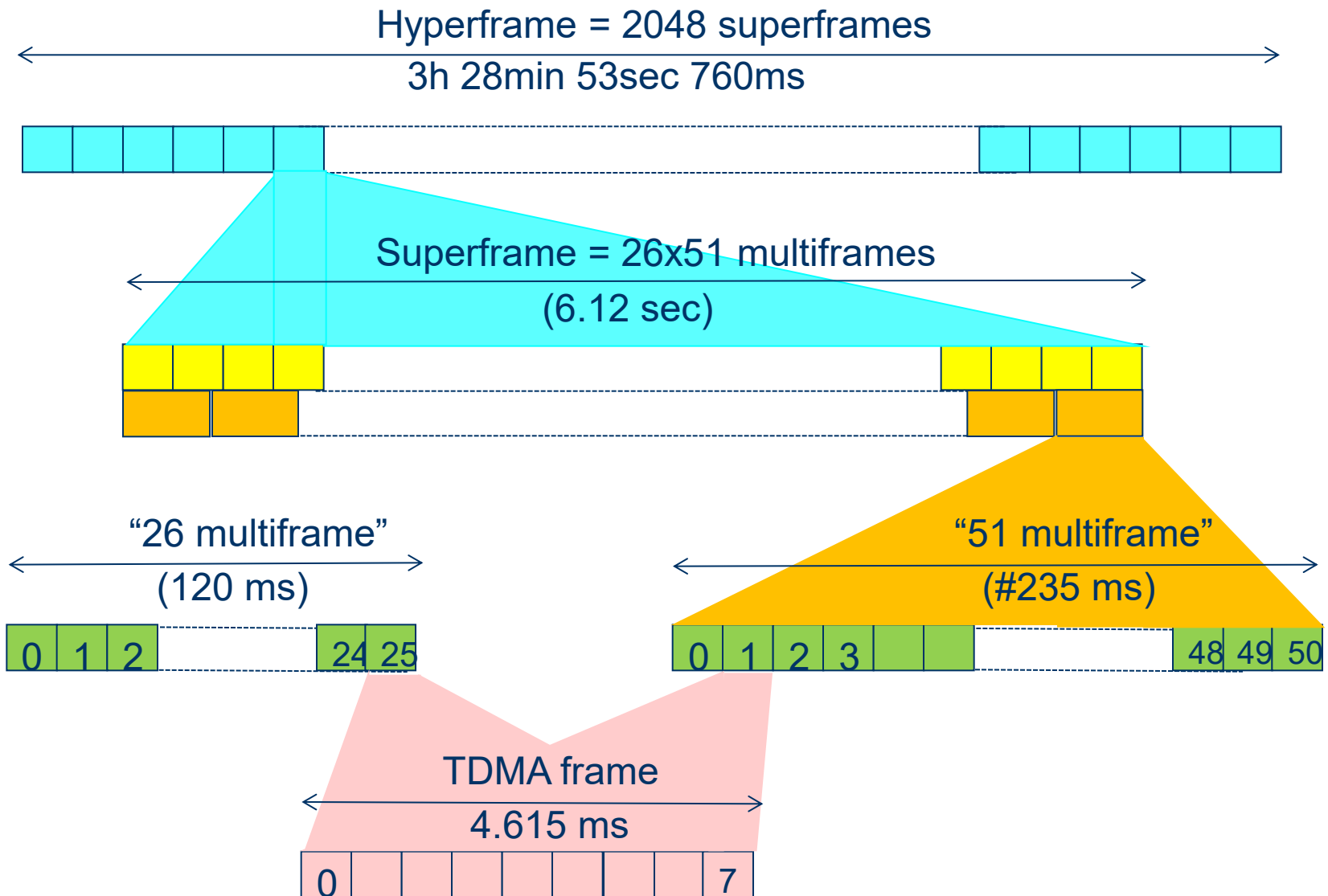
GSM System – Multiple Access

Time Division Multiple Access (TDMA)

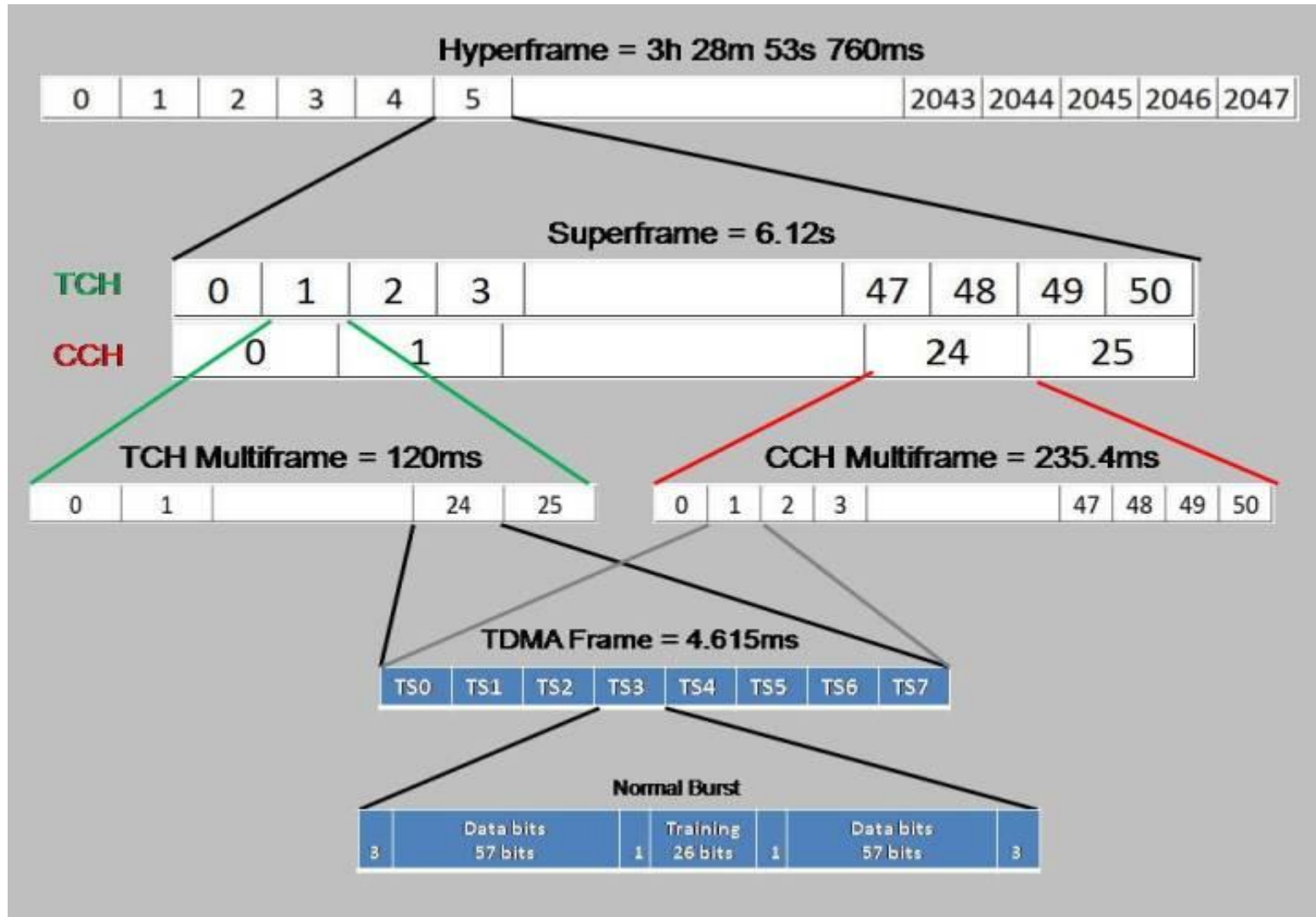
992 voice channels/cell



Ιεραρχία πλαισίων στο GSM

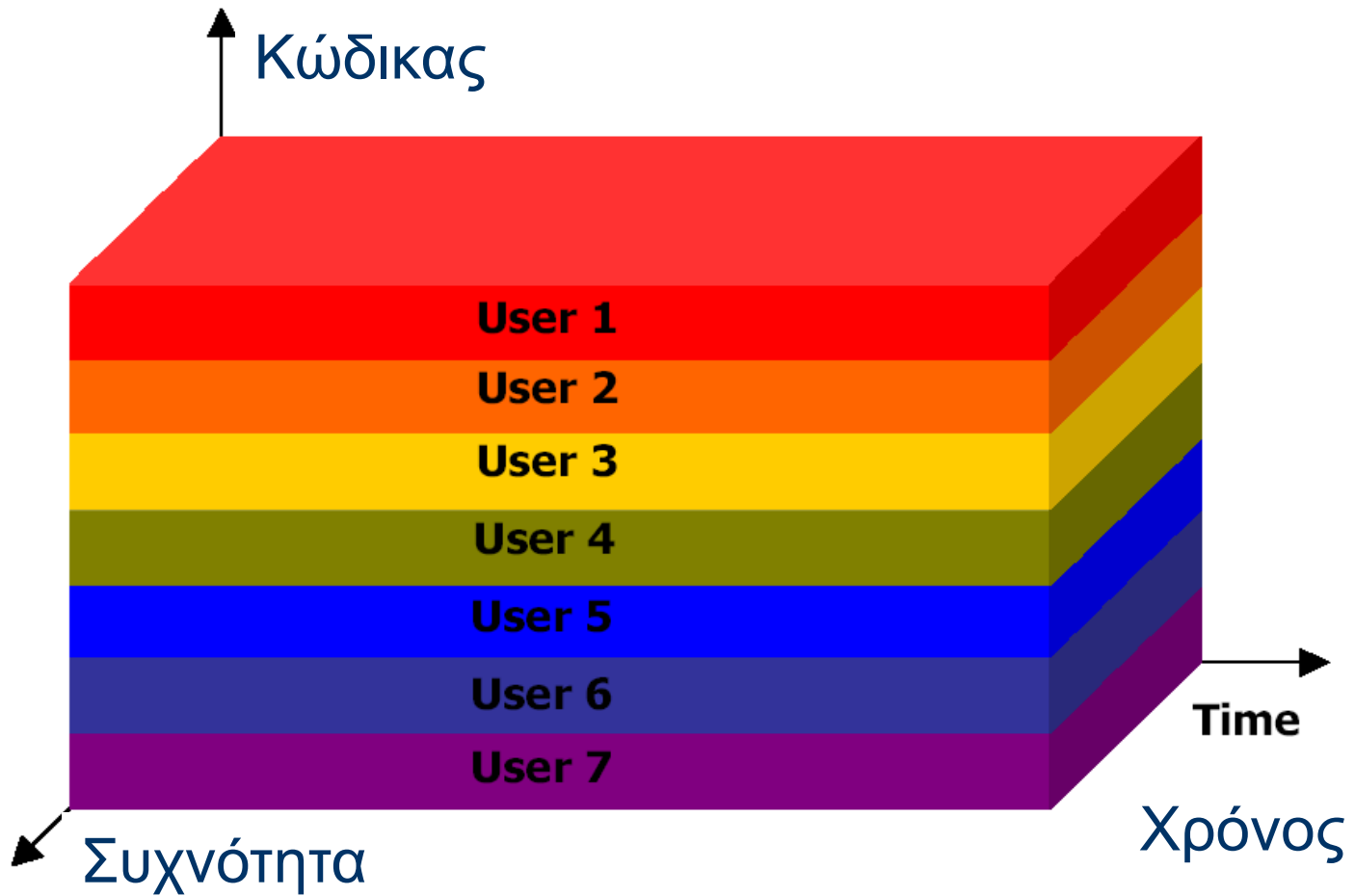


Ιεραρχία πλαισίων στο GSM



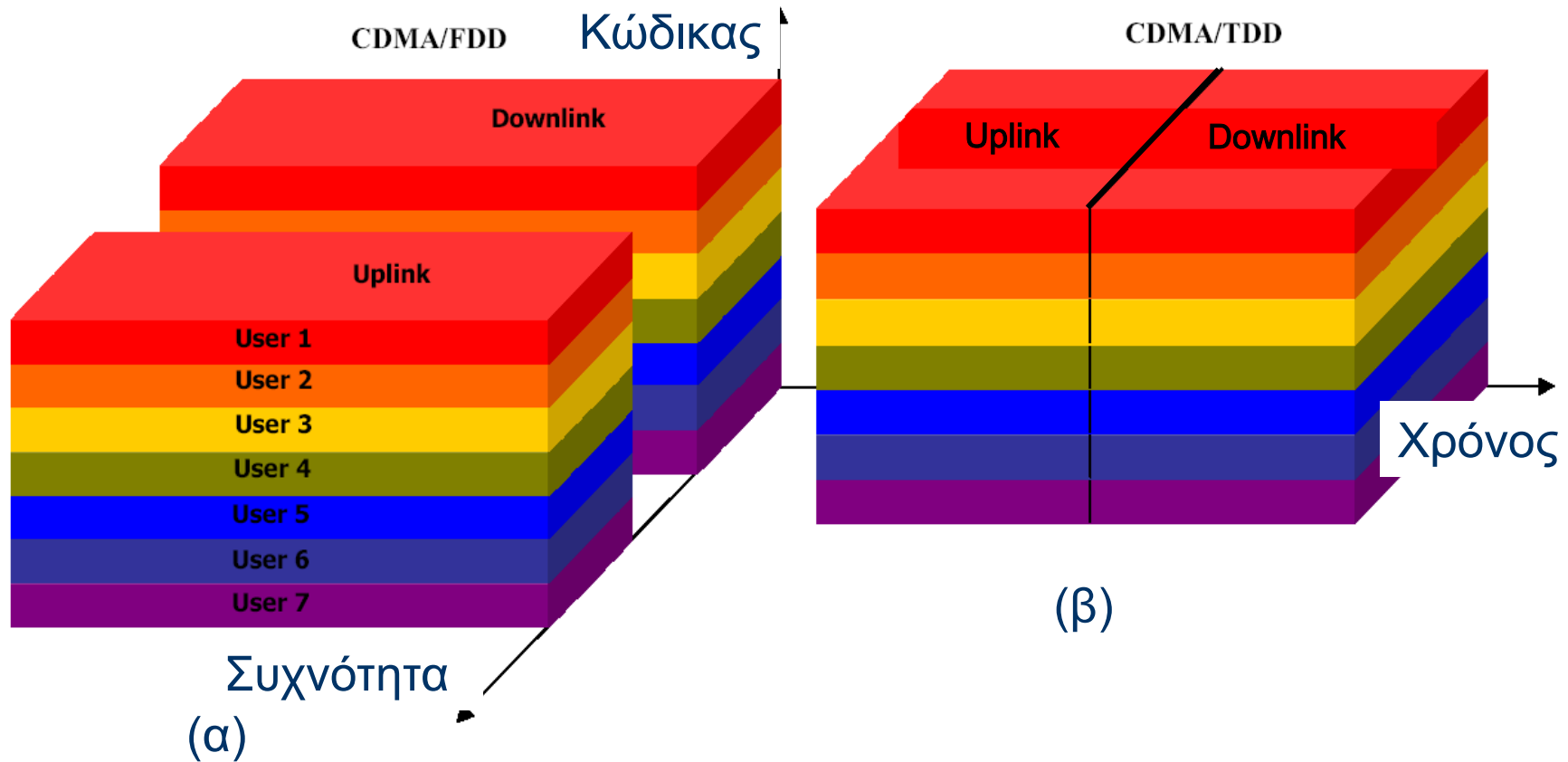
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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: $(-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)$

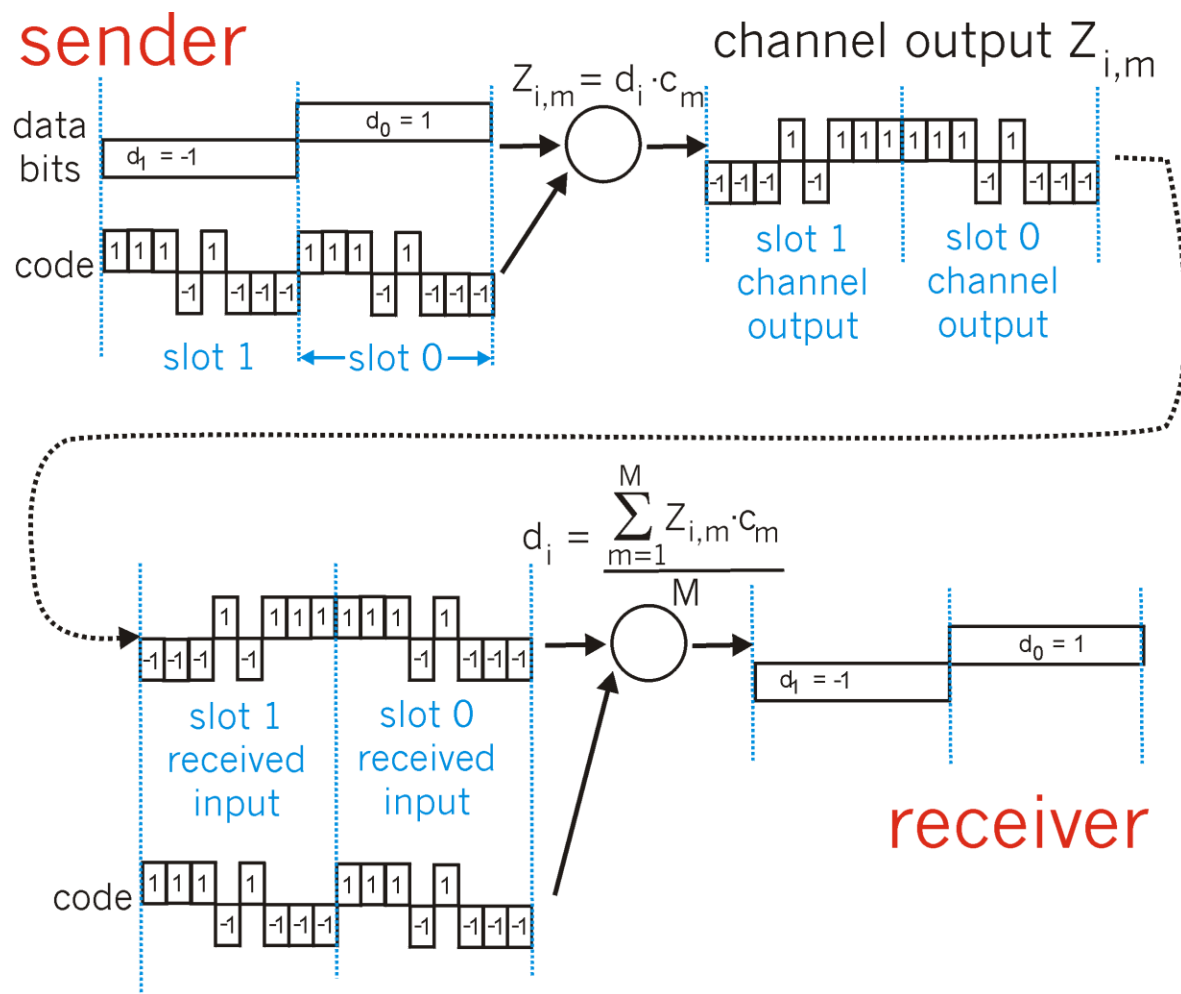
B: $(-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)$

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

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

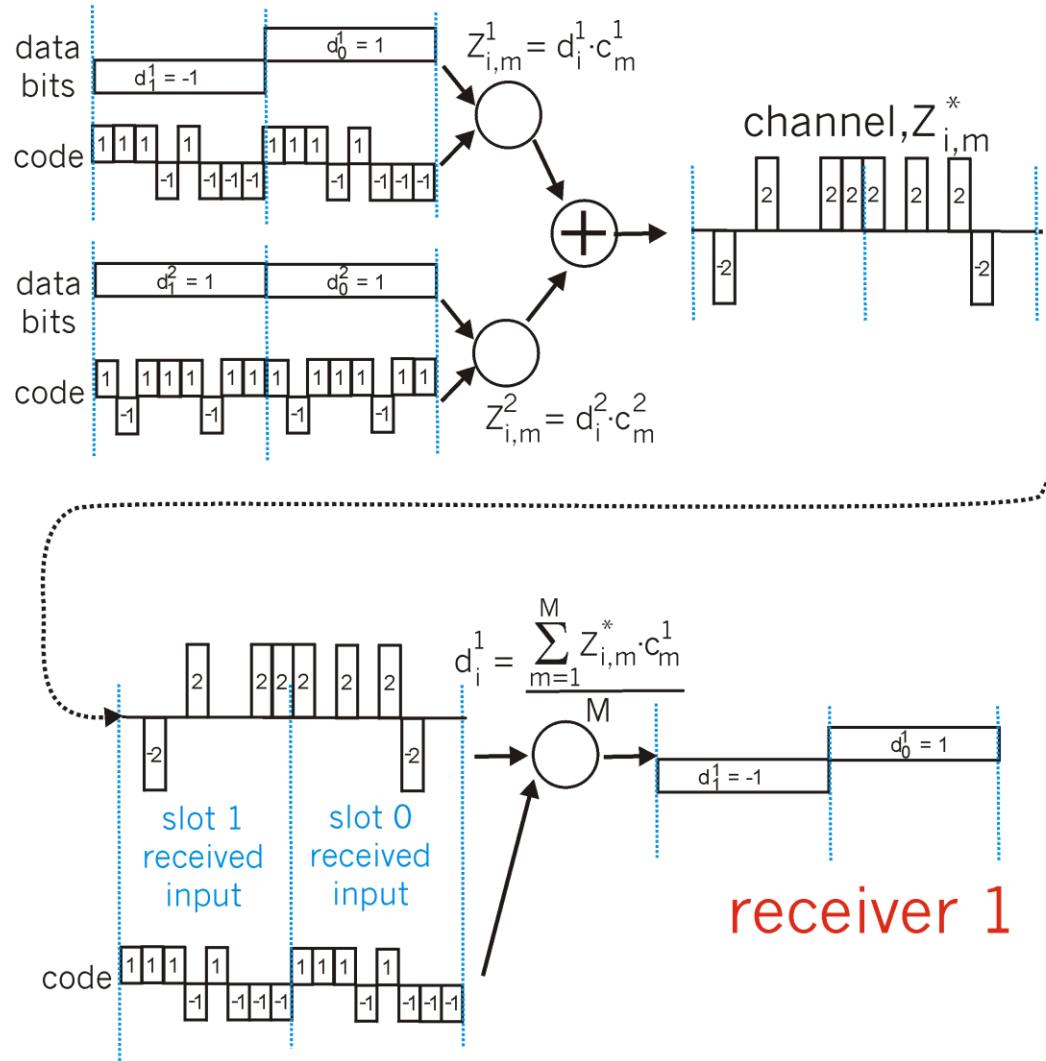
Chip Sequence:	1 0 1 1 0 0
Spreading Sequence:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 1:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 0:	-1 1 -1 -1 1 1
No transmission:	0 0 0 0 0 0

DS/CDMA Encode/Decode



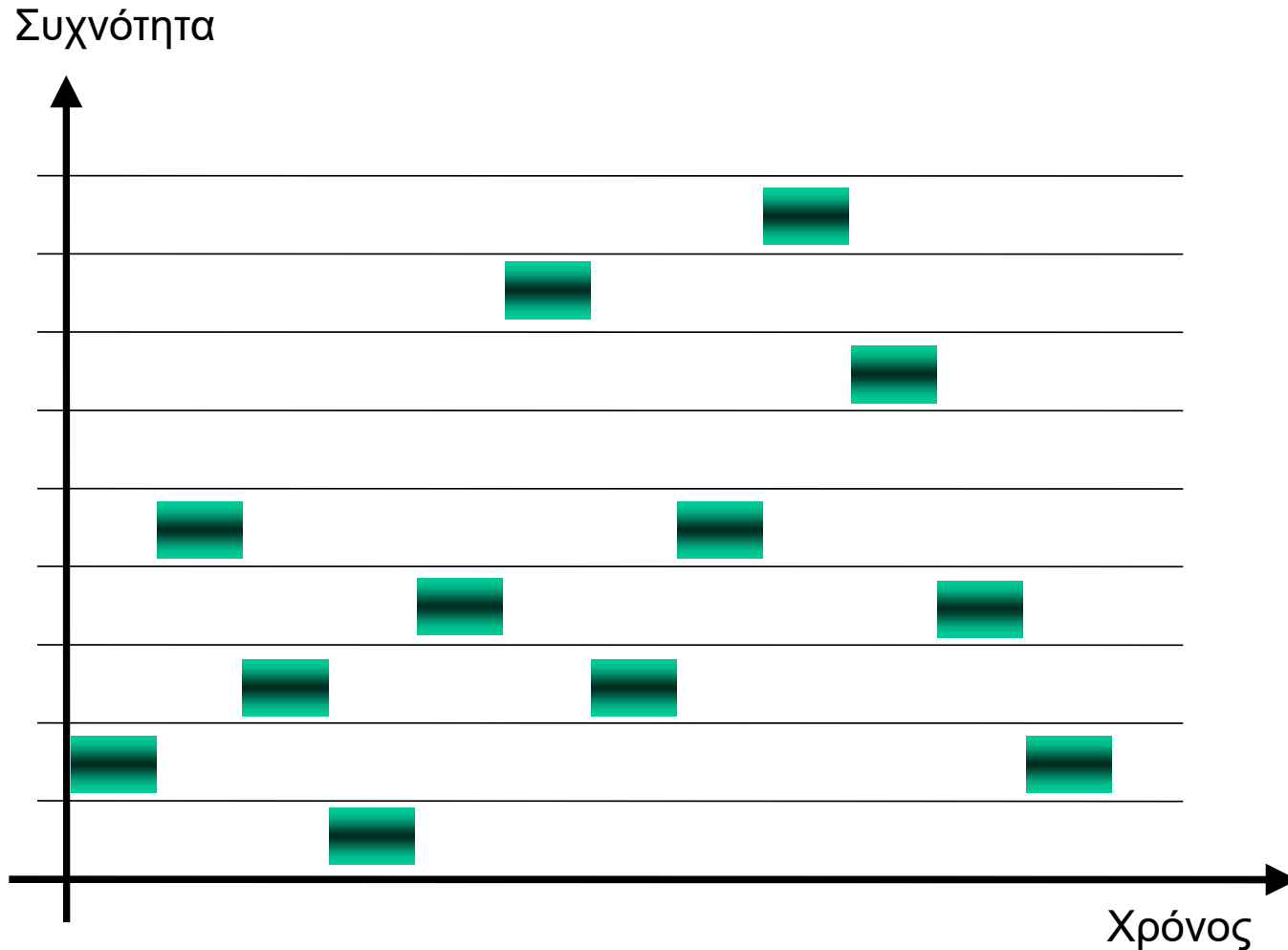
DS/CDMA: two-sender interference

senders



Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

FH/CDMA



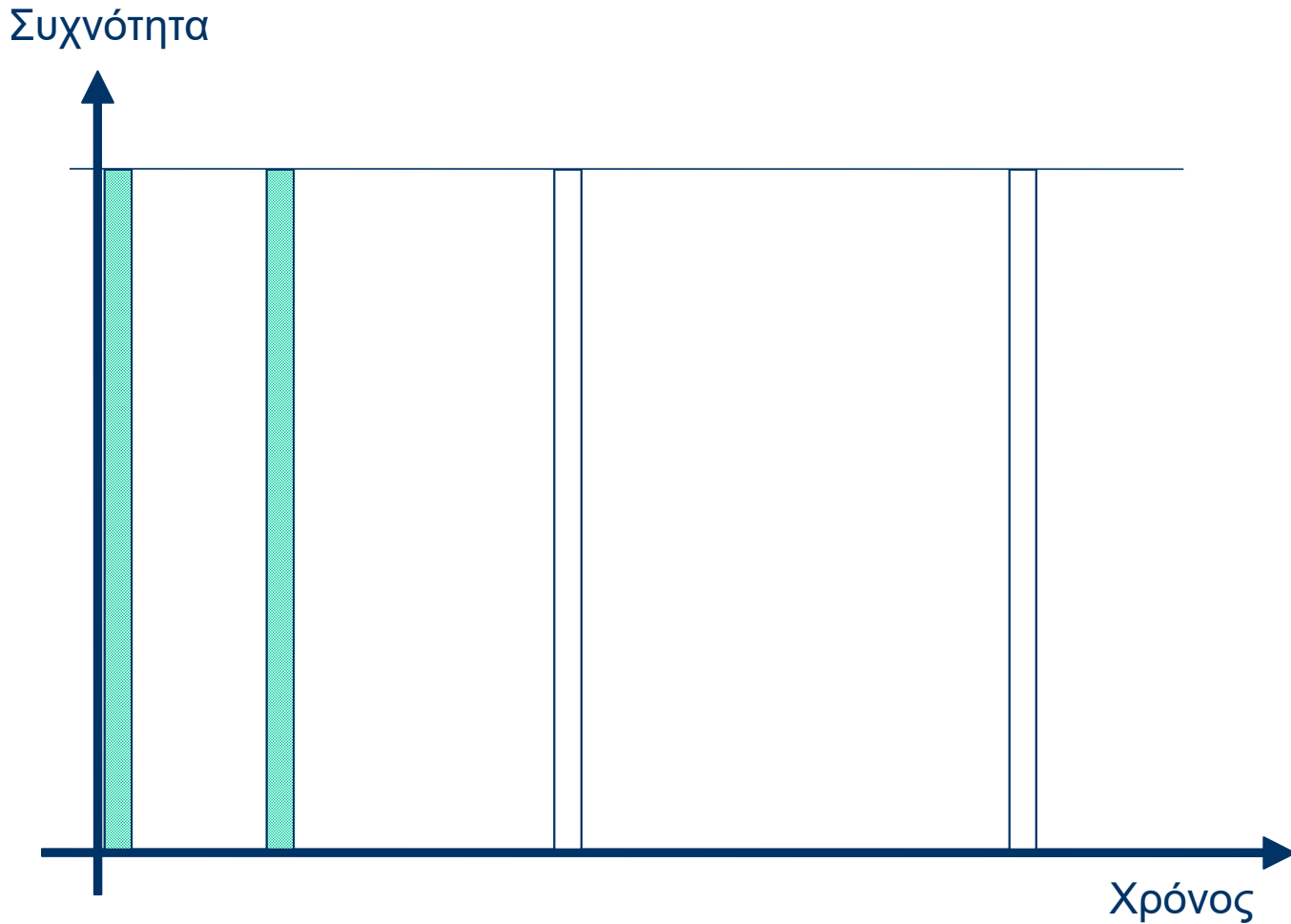
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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



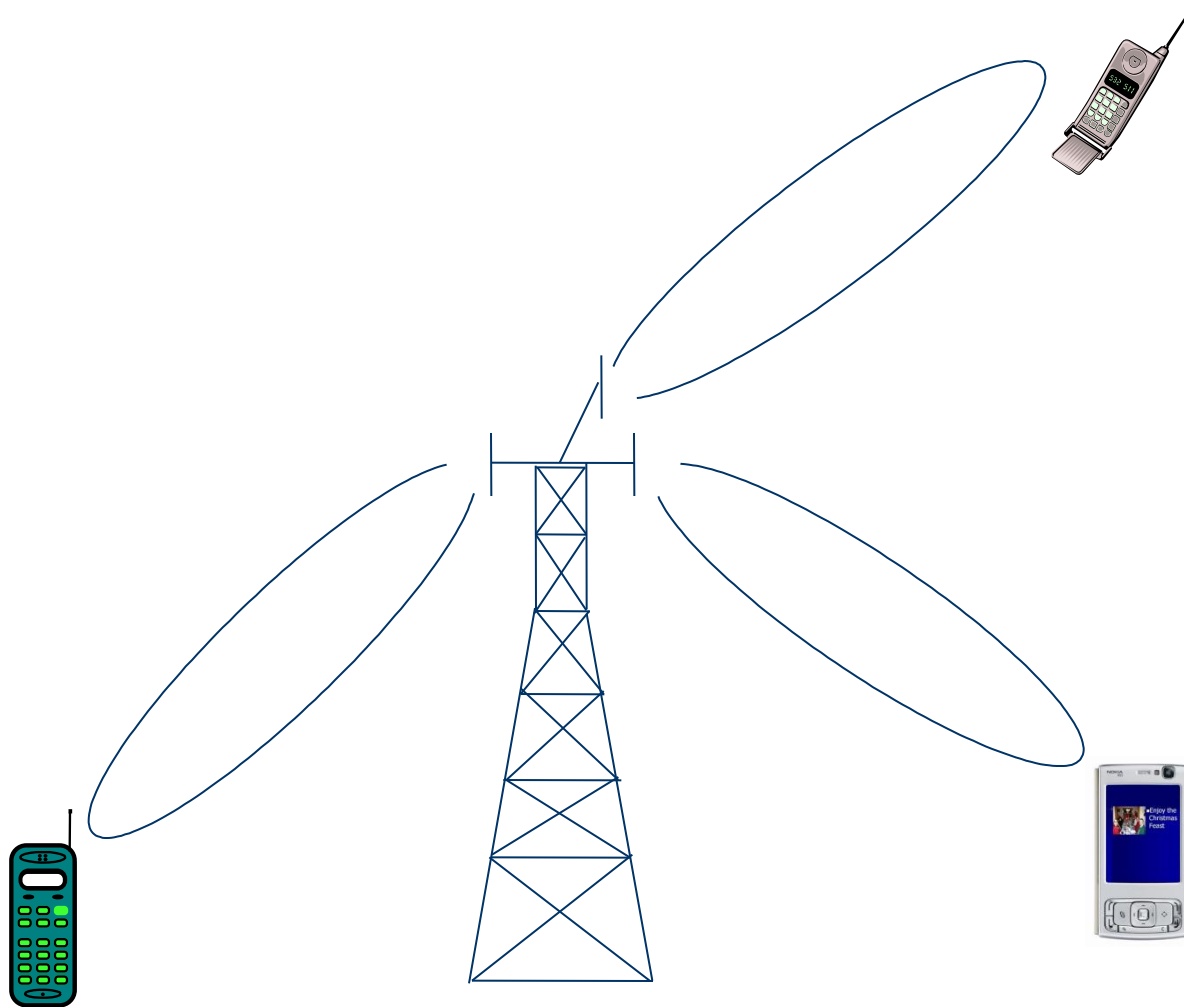
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

ΤΗ/CDMA

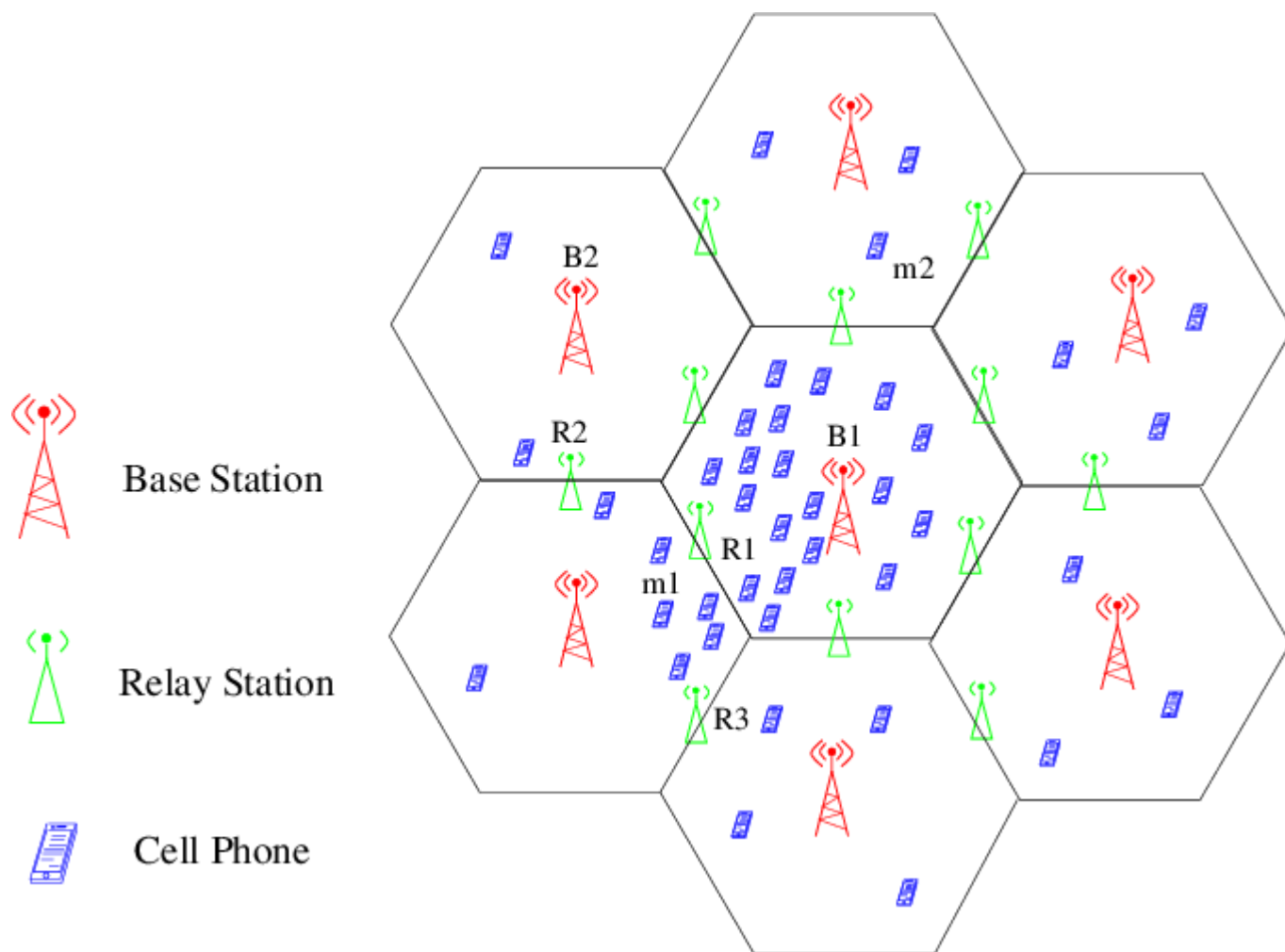
- Ο χρόνος διαιρείται σε πλαίσια και κάθε πλαίσιο σε Μ χρονοσχισμές.
- Κατά τη διάρκεια ενός πλαισίου ο χρήστης μεταδίδει σε μία από τις χρονοσχισμές σύμφωνα με κάποιον κώδικα.
- Πλεονεκτήματα:
 - Ευκολότερη υλοποίηση από την FH/CDMA,
 - Χρήσιμη όταν υπάρχει περιορισμός ως προς το μέσο ρυθμό και όχι 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



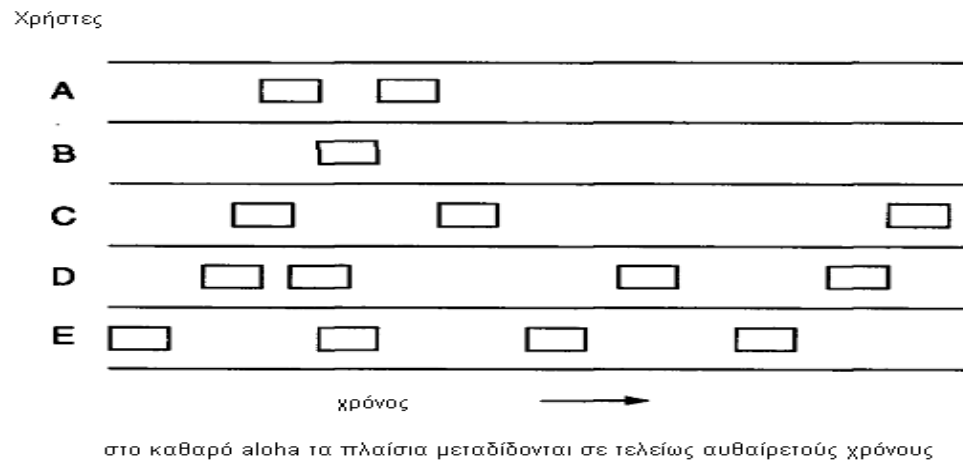
Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

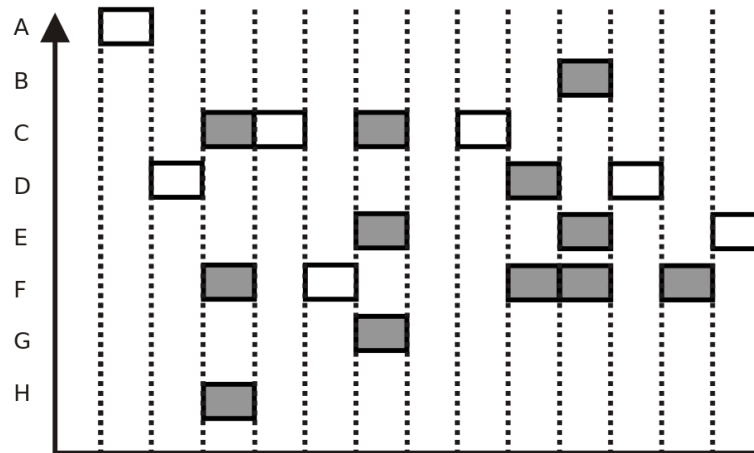
ALOHA (Καθαρό)

- 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



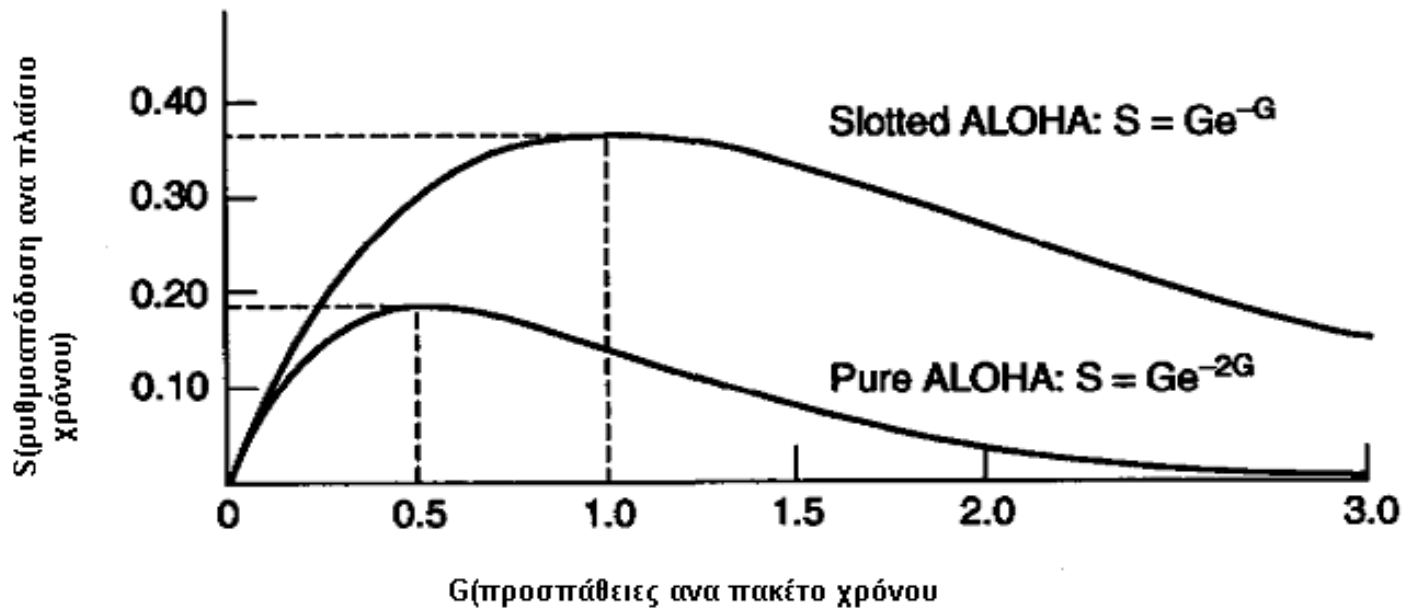
Τεμαχισμένο ALOHA (Slotted Aloha)

- 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)

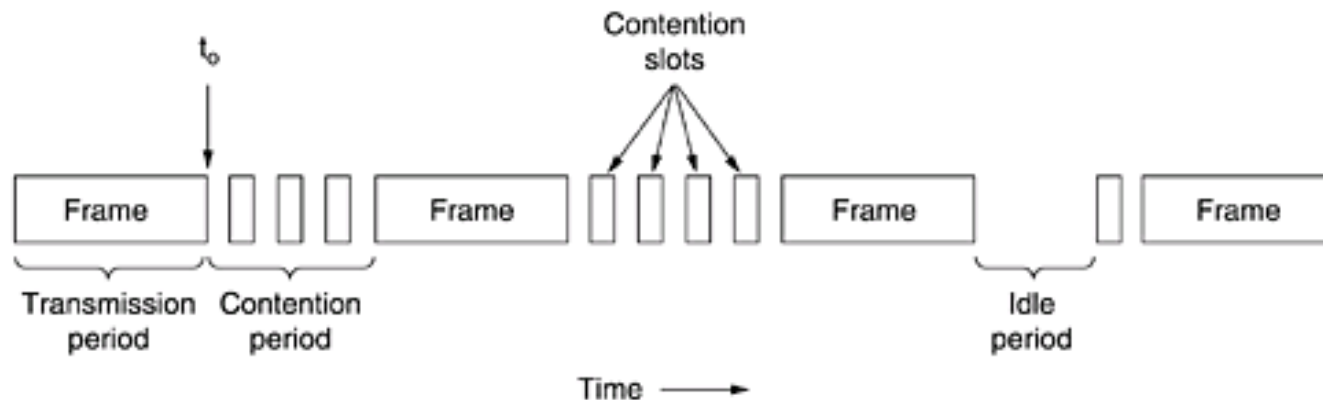
- κάθε κόμβος μπορεί να ακούσει **πριν μεταδώσει** και οι φυσικές ιδιότητες του καναλιού επιτρέπουν σε ένα κόμβο να ακούει το κανάλι **ενώ μεταδίδει** αμέσως μόλις ο κόμβος ανιχνεύσει την σύγκρουση:

 - εγκαταλείπει τη μετάδοση

 - περιμένει τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναπροσπαθήσει

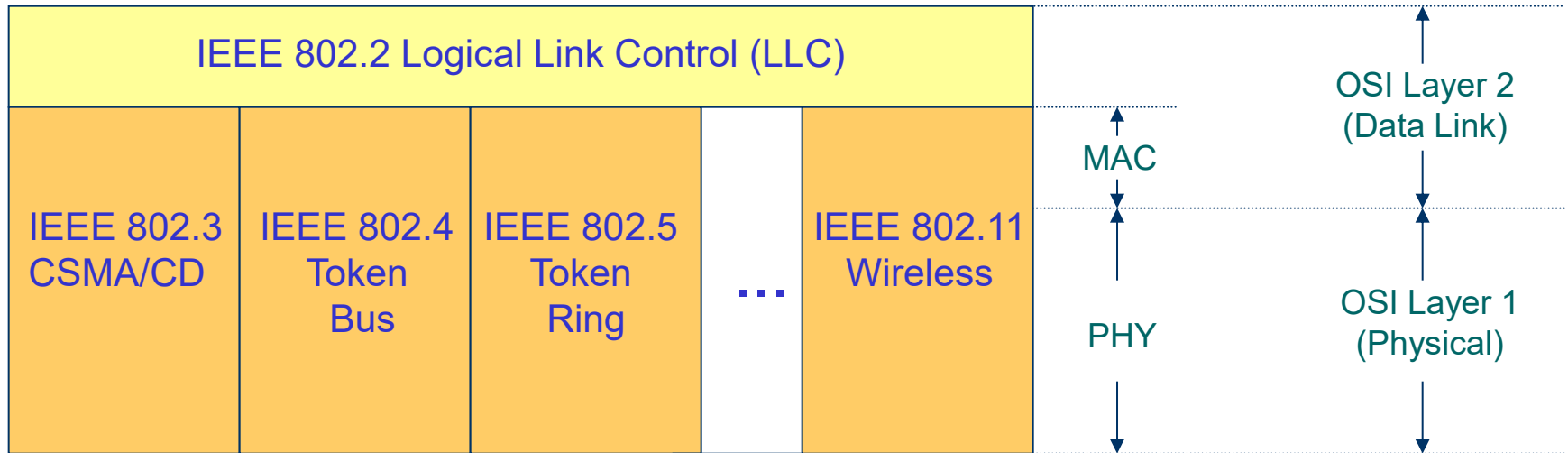
- Χρησιμοποιείται στο Ethernet

- δύσκολο να εφαρμοστεί σε ασύρματες μεταδόσεις

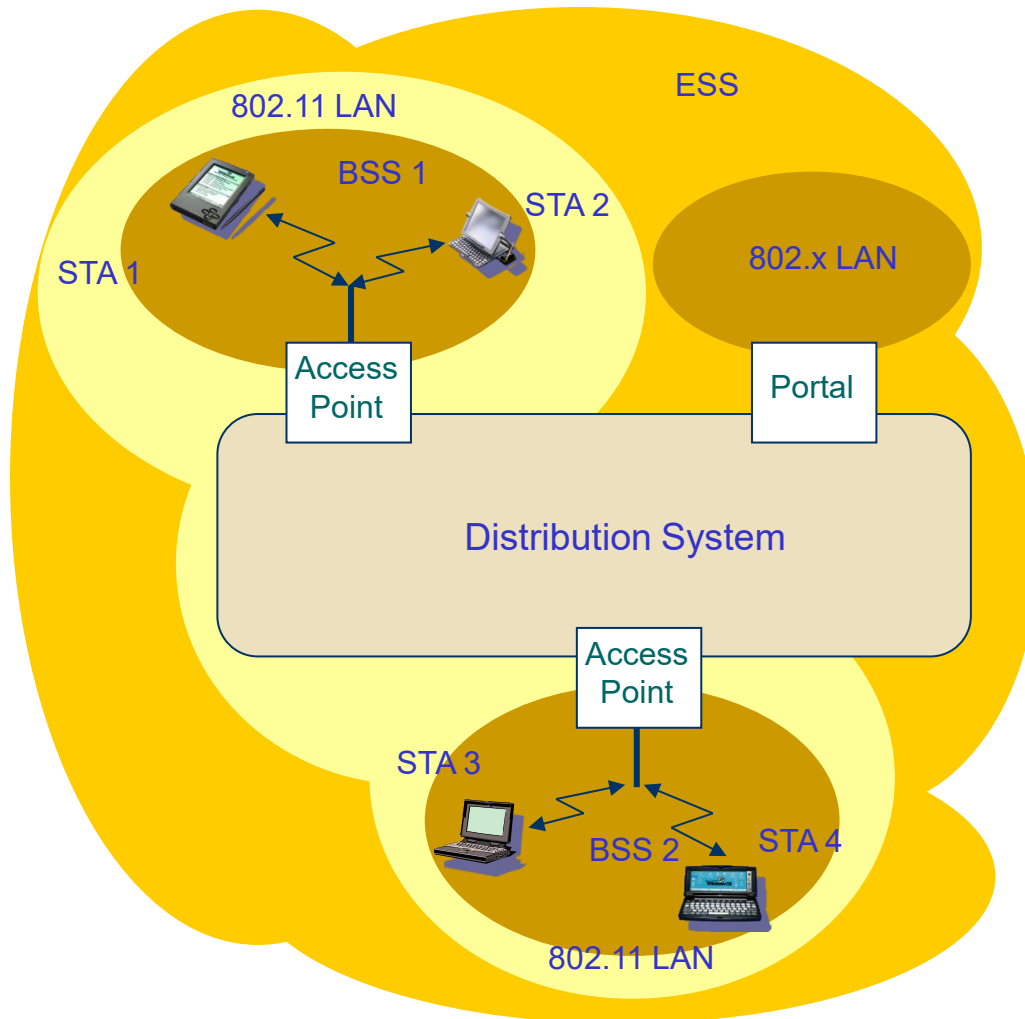


Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα Τύπου IEEE 802.11

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)

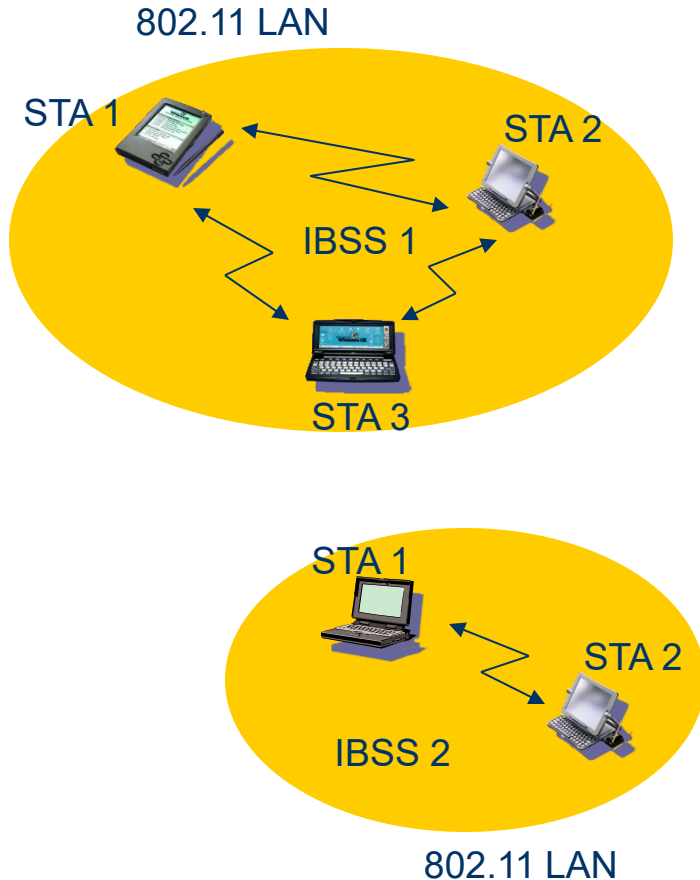
Portal

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)



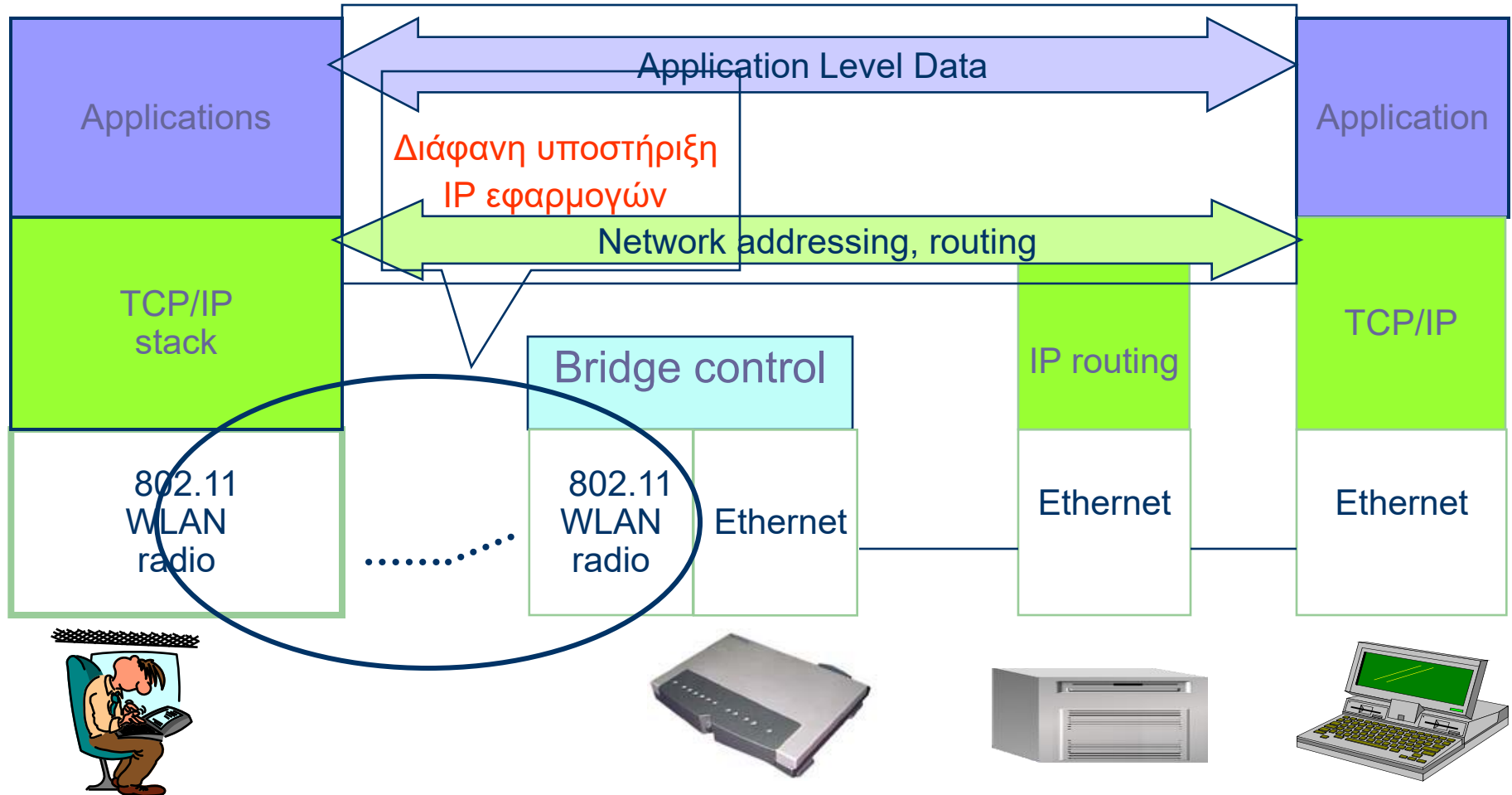
Station (STA)

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

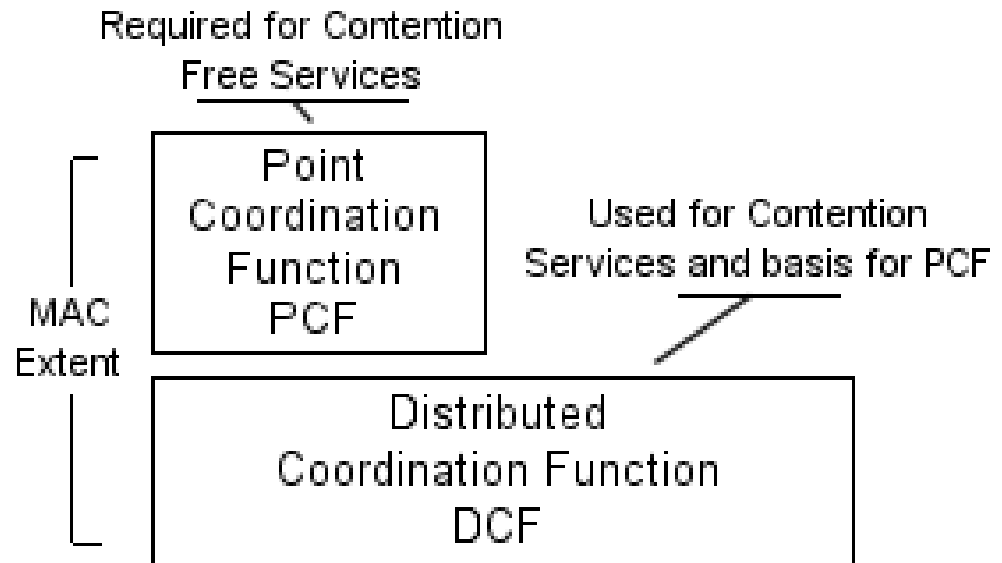
Μέθοδοι Πρόσβασης

Distributed Coordination Function (DCF)

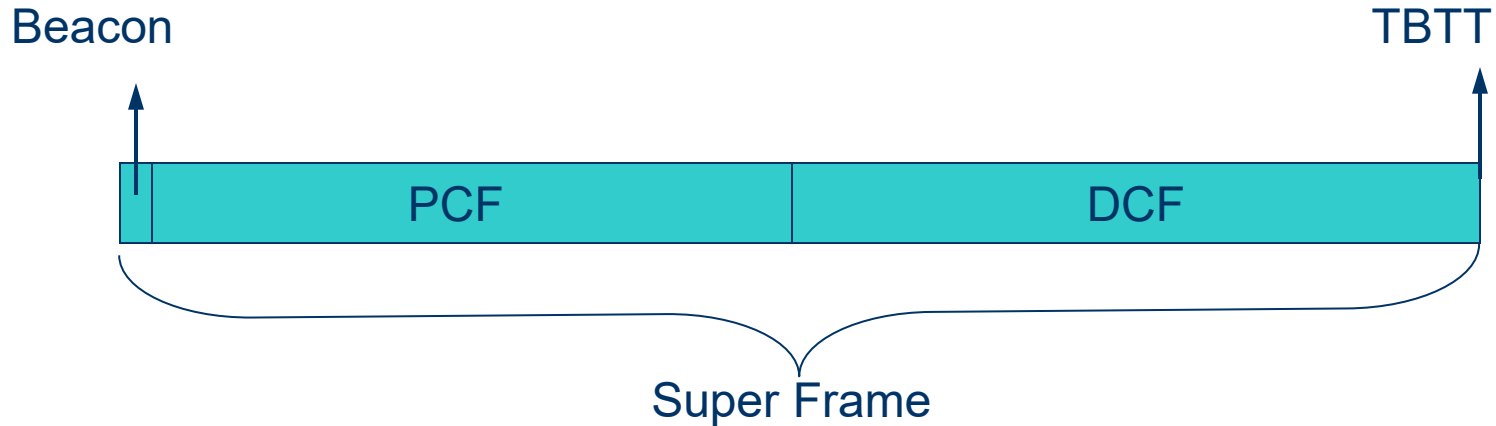
- υποχρεωτική
- η βασική μέθοδος πρόσβασης
- βασίζεται στον ανταγωνισμό για το μέσο (contention)

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)

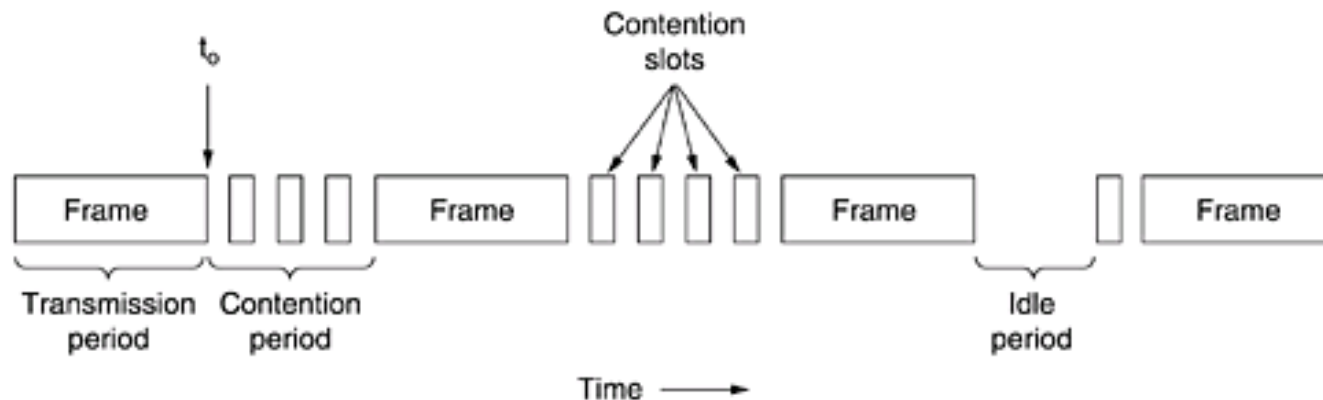
- κάθε κόμβος μπορεί να ακούσει **πριν μεταδώσει** και οι φυσικές ιδιότητες του καναλιού επιτρέπουν σε ένα κόμβο να ακούει το κανάλι **ενώ μεταδίδει** αμέσως μόλις ο κόμβος ανιχνεύσει την σύγκρουση:

 - εγκαταλείπει τη μετάδοση

 - περιμένει τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναπροσπαθήσει

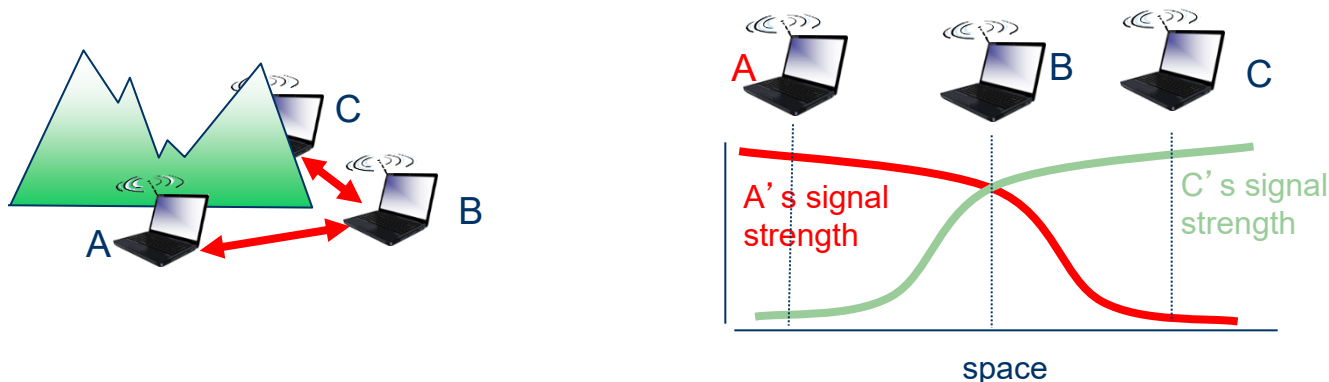
- Χρησιμοποιείται στο Ethernet

- 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)



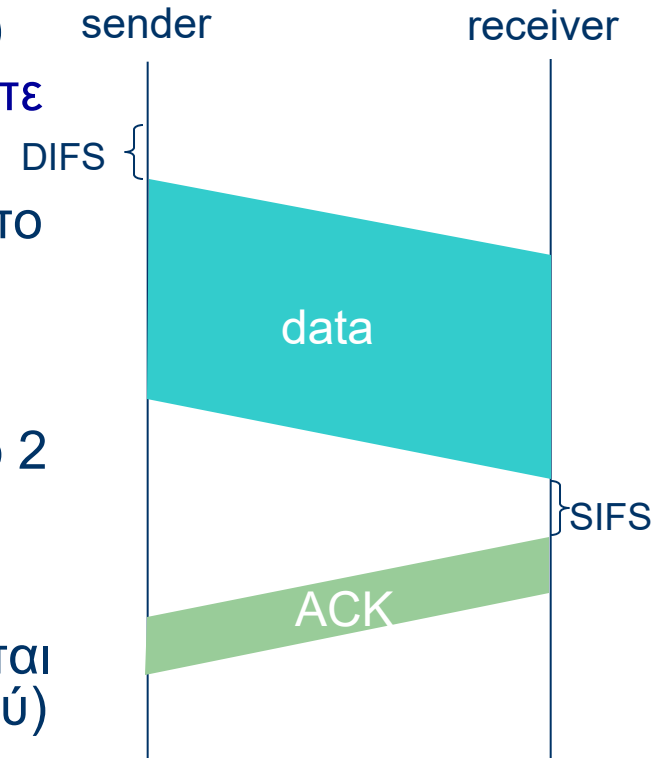
IEEE 802.11 MAC Protocol: CSMA/CA

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

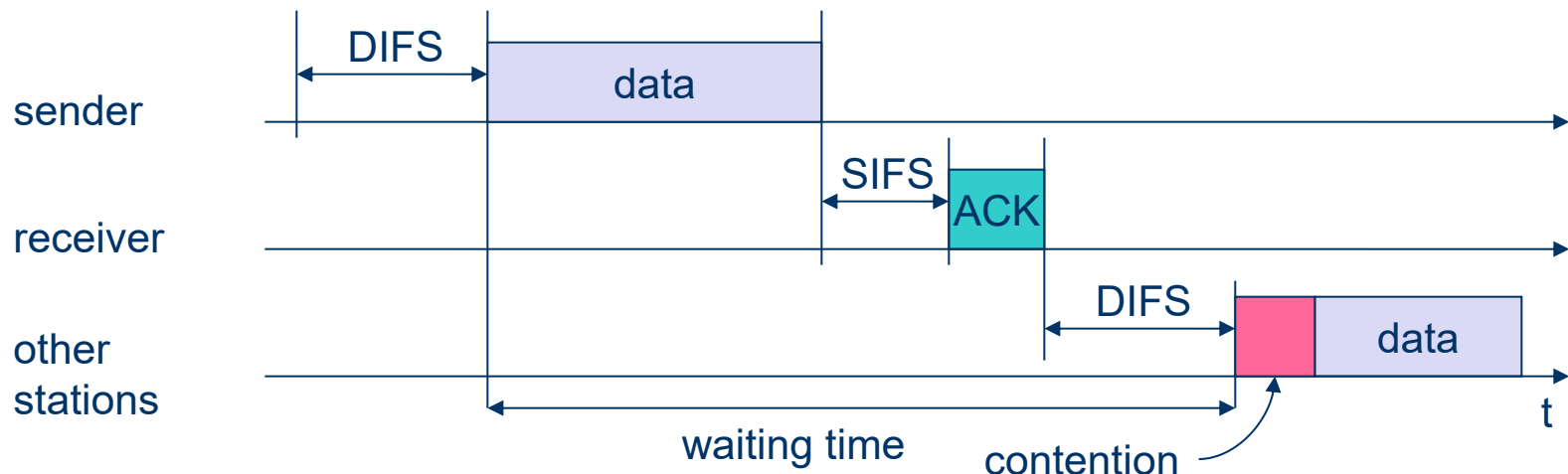
- αν το πλαίσιο παραληφθεί OK
 - στείλε ACK μετά από **SIFS** (ACK χρειάζεται λόγω προβλήματος κρυμμένου τερματικού)



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



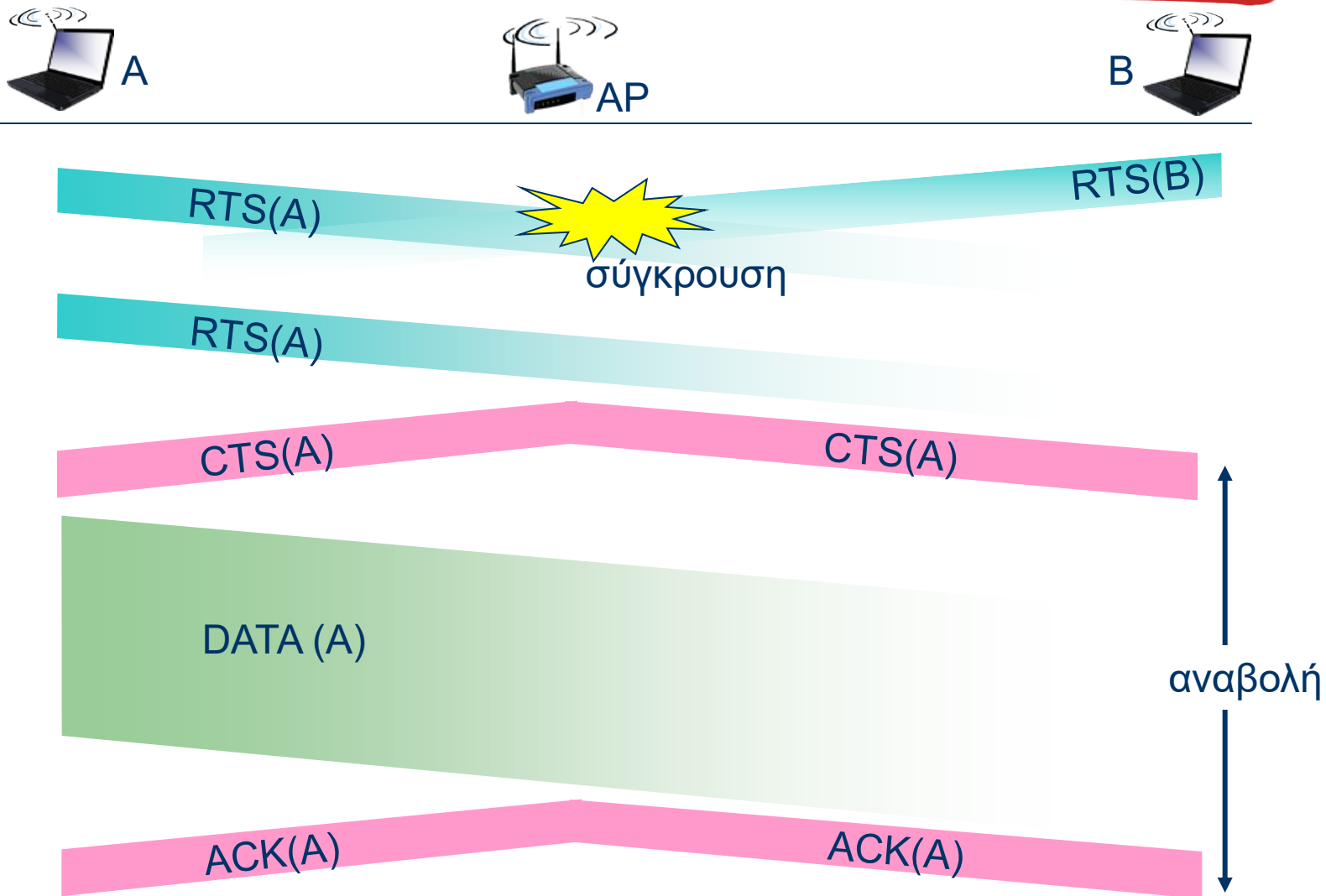
Αποφυγή συγκρούσεων (περισσότερα)

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

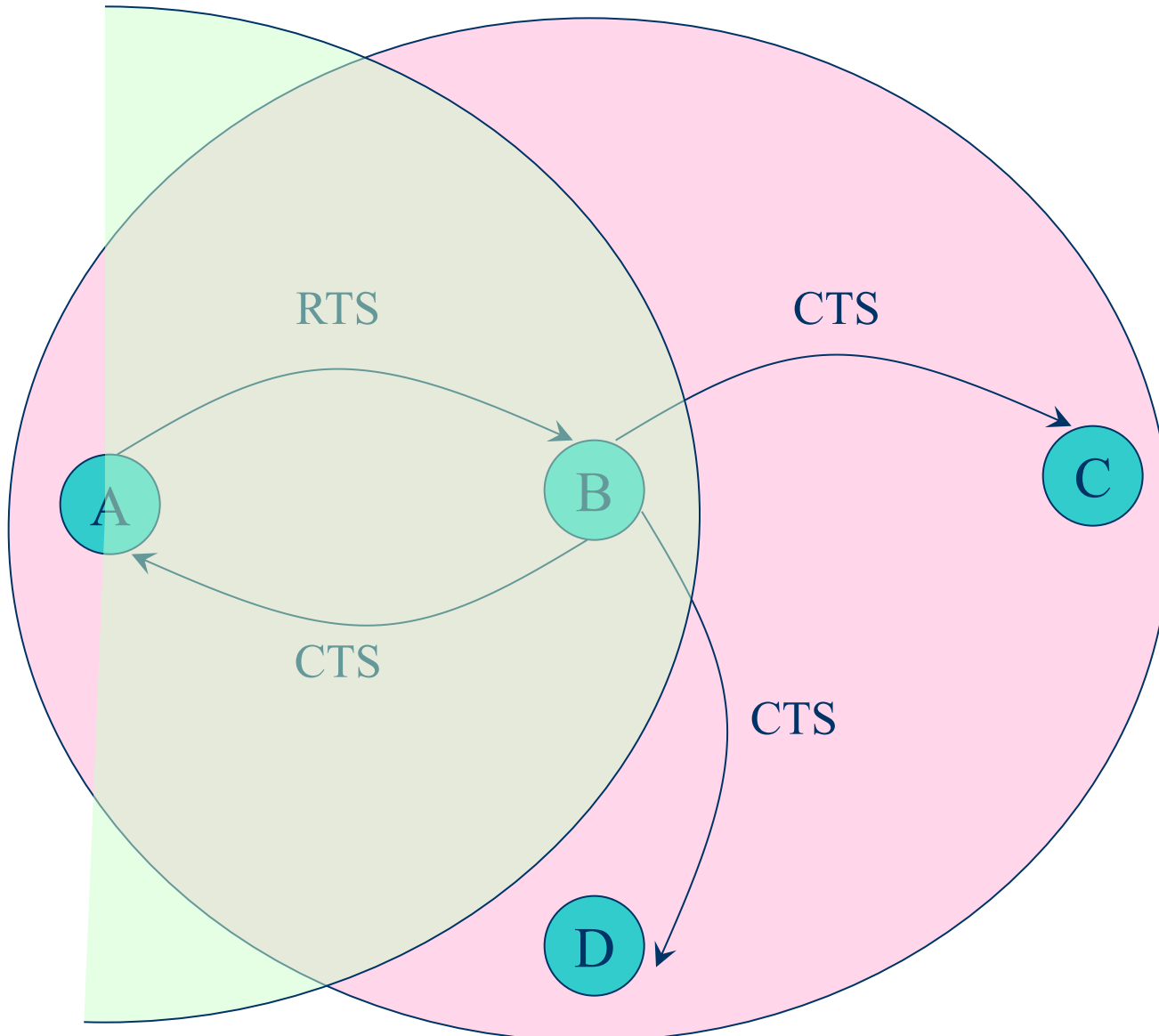
- ο αποστολέας πρώτα μεταδίδει *μικρά* πακέτα **request-to-send (RTS)** (αίτηση για αποστολή) στο BS (σταθμό βάσης) χρησιμοποιώντας CSMA
 - τα RTS μπορεί να συγκρουστούν μεταξύ τους (αλλά είναι μικρά)
- AP εκπέμπει **clear-to-send (CTS)** σε απόκριση του RTS
- το CTS (clear to send – “ελεύθερο” για αποστολή) 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

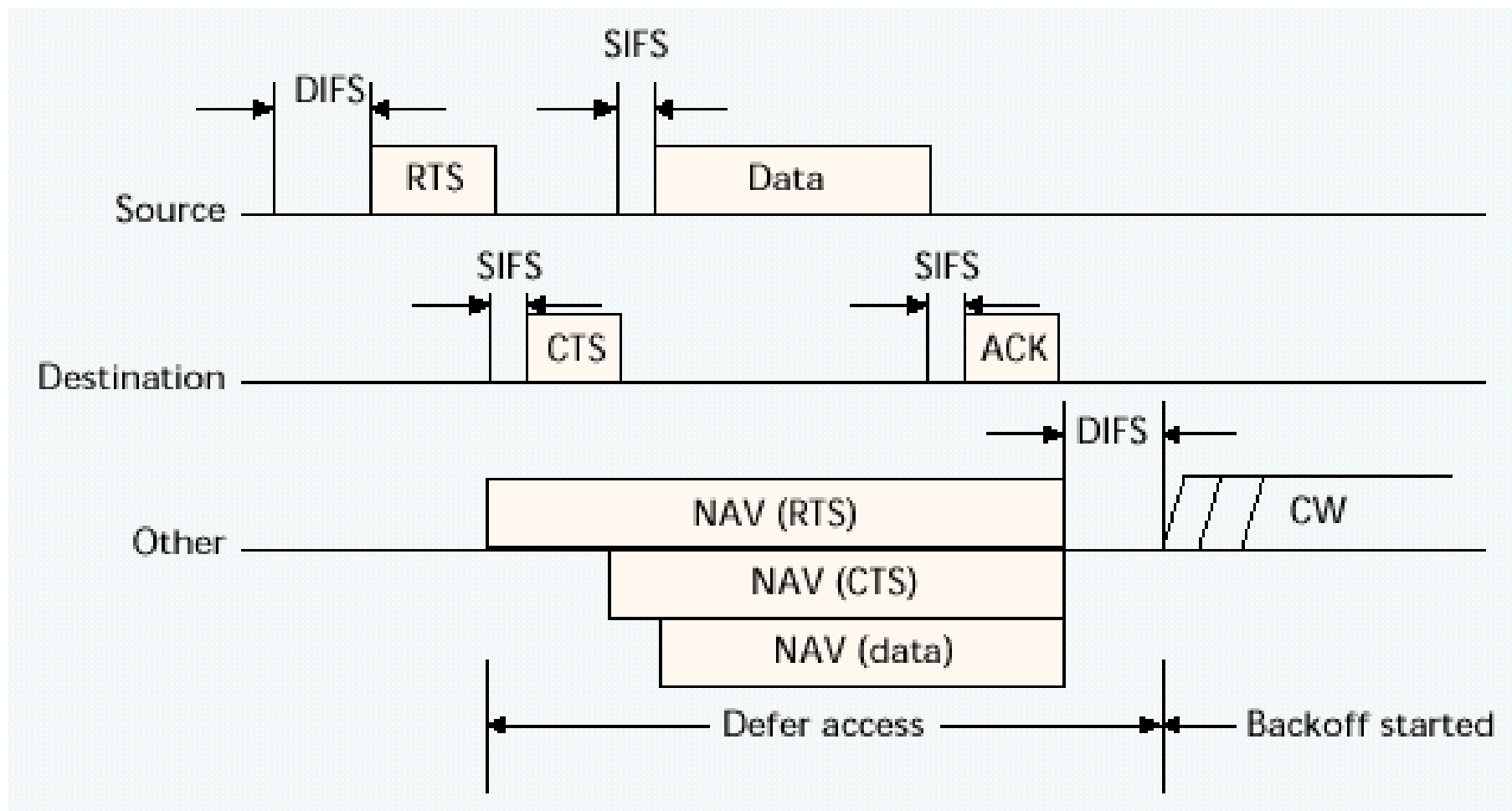


Αποφυγή σύγκρουσης στον κόμβο B



Distributed Coordination Function

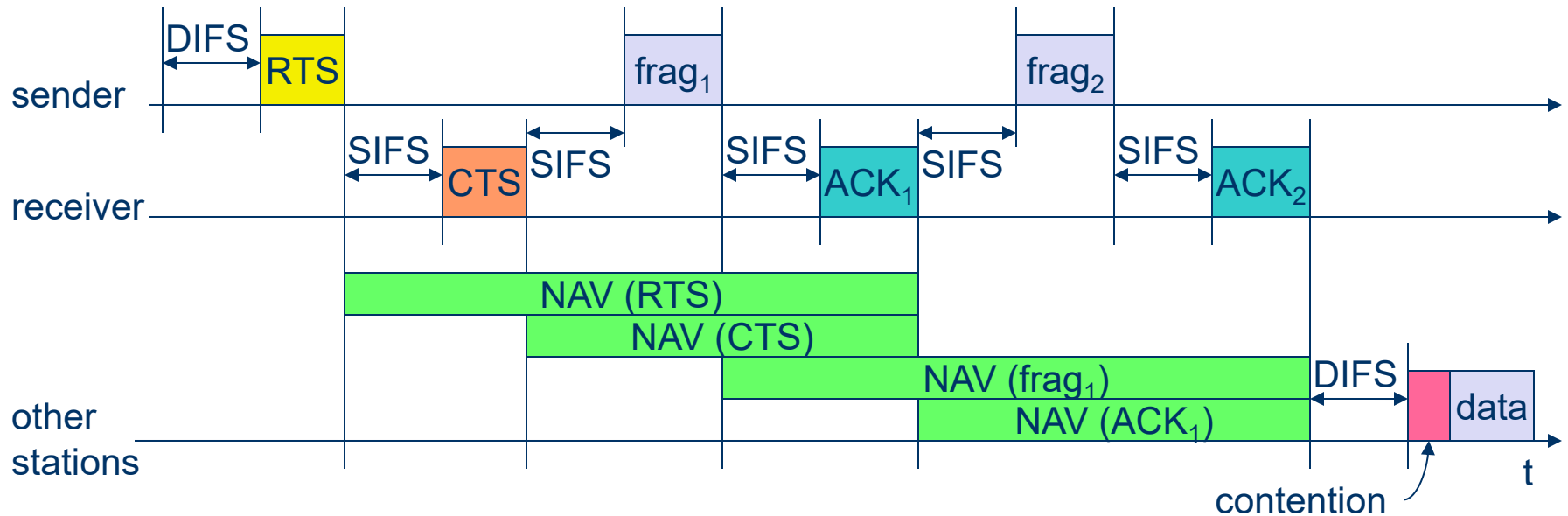
- CSMA/CA based protocol
 - Listen before talk
 - Collision Avoidance αντί για Collision Detection
 - Διαφορετικό από τα CSMA/CD που χρησιμοποιούνται σε ενσύρματα
- Χρησιμοποιεί Acknowledgment για κάθε μετάδοση
- Διόρθωση λαθών μέσω επαναμεταδόσεων
- Χρησιμοποιεί 4-way handshake (μέσω μηνυμάτων RTS/CTS)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



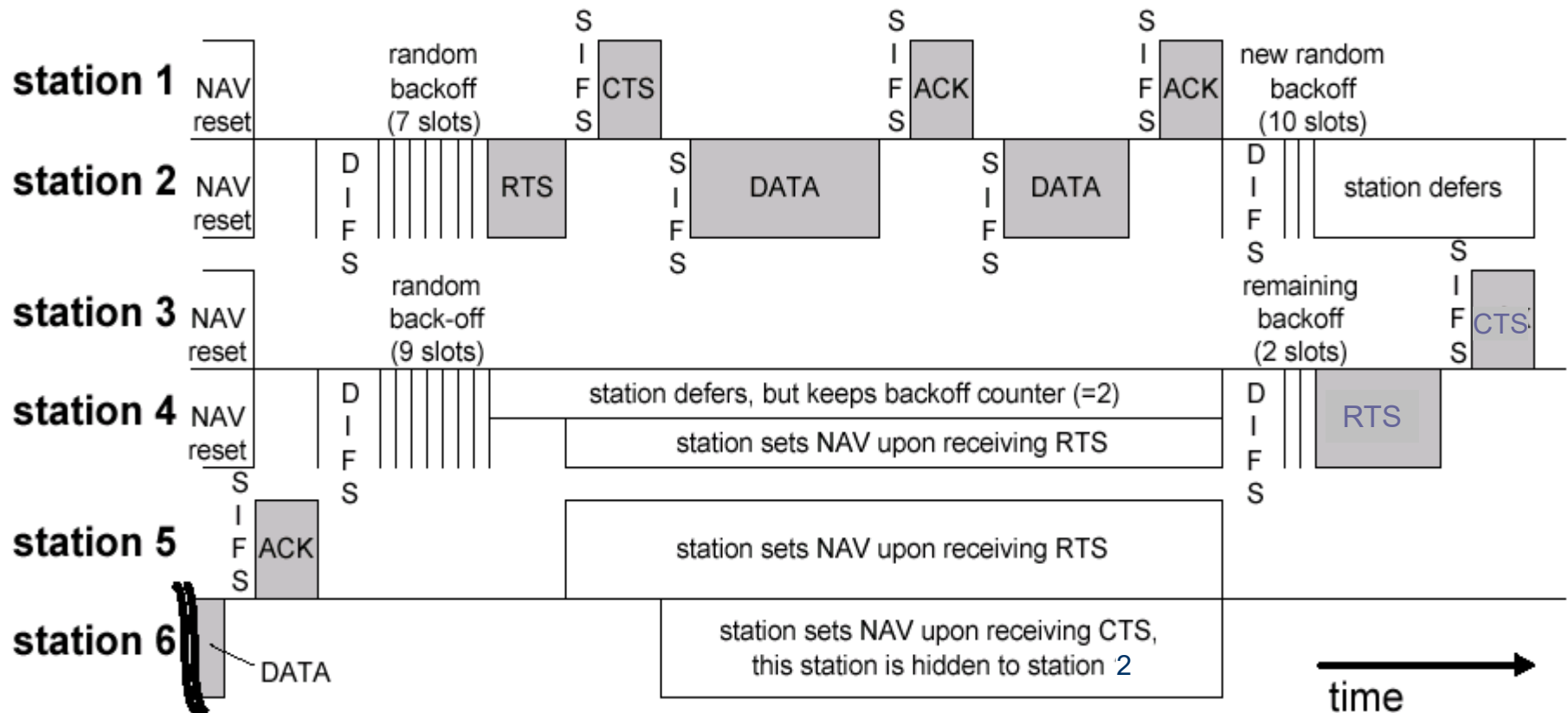
➤ Ισχύει πάντα $SIFS < DIFS$

➤ 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)

Βασικά Μειονεκτήματα DCF

- Απρόβλεπτος αριθμός συγκρούσεων
- Απρόβλεπτες καθυστερήσεις επιτυχούς μετάδοσης
- Απρόβλεπτη ρυθμαπόδοση (throughput)
- Μη ελεγχόμενη επιλογή σταθμού προς μετάδοση

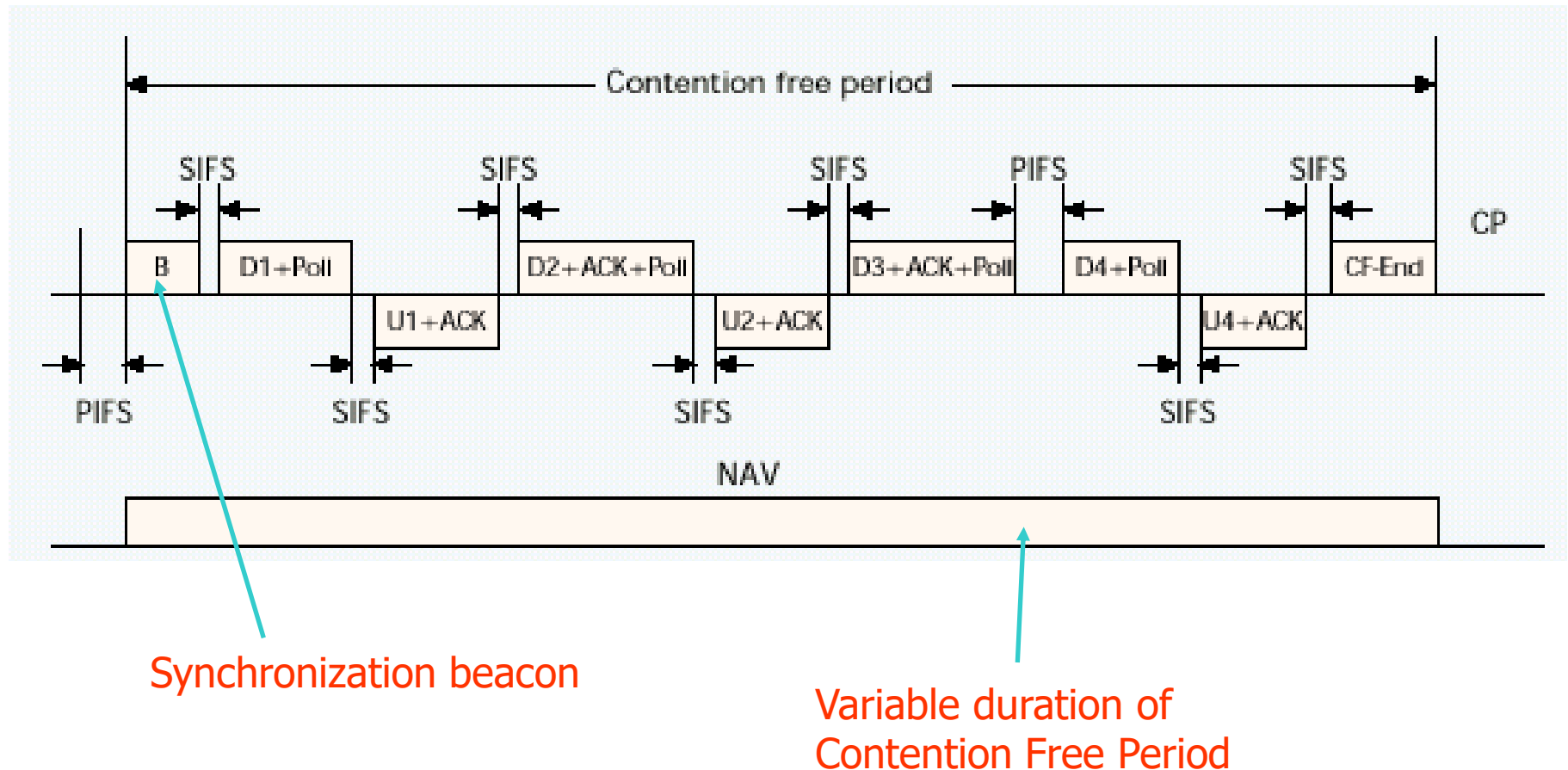
Και ένα πλεονέκτημα:

- Χαμηλή καθυστέρηση μετάδοσης και καλή απόδοση σε χαμηλό φόρτο

Point Coordination Function (I)

- ✓ Ενεργοποιείται από το AP όποτε αυτό κρίνει ότι πρέπει να περάσει σε contention-free period (π.χ. όταν διακρίνει μεγάλο αριθμό συγκρούσεων)
- ✓ Γενικά, όταν η κίνηση είναι χαμηλή συμφέρει το DCF, ενώ όταν είναι υψηλή συμφέρει το PCF
- ✓ Σε αυτή τη λειτουργία το AP ονομάζεται και Point Coordinator
- ✓ Έχει προτεραιότητα σε σχέση με την DCF γιατί ενεργοποιείται μετά από ανενεργό χρόνο $PIFS < DIFS$

Point Coordination Function (II)



Βασικά μειονεκτήματα του PCF

- ✓ Τα τερματικά δεν έχουν τρόπο να μεταδώσουν τις απαιτήσεις τους στο AP
- ✓ Το AP δεν έχει τρόπο να διακόψει μια μετάδοση σε εξέλιξη για να στείλει το synchronization beacon *
- ✓ Το Poll δεν καθορίζει χρόνο για τον οποίο δίνεται το κανάλι με αποτέλεσμα ένας σταθμός να μπορεί να το κρατήσει όσο έχει δεδομένα προς μετάδοση *

* Maximum packet (MPDU) allowed 4095 bytes = 32760 bits = 32,76 msec (για κανάλι 1Mbps)

Ασφάλεια στο 802.11

Όπου απαιτείται κρυπτογράφηση και πιστοποίηση 3 παράγοντες λαμβάνονται υπόψη

- οι ανάγκες του χρήστη για ασφάλεια και πόσο αυτές θα κοστίσουν
- η ευκολία στη χρήση του μηχανισμού
- οι κυβερνητικοί περιορισμοί στις μεθόδους κρυπτογράφησης, ειδικά όσον αφορά την εξαγωγή τους

Wired Equivalent Privacy (WEP) Protocol

- Σχετικά αποδοτικό, σε σχέση με το κόστος και τις ανάγκες που καλύπτει
- «Αυτο-συγχρονιζόμενο» (σταθμοί μπαίνουν και βγαίνουν εύκολα)
- Χαμηλών υπολογιστικών αναγκών
- Προαιρετικό στην υλοποίηση
- Περιλαμβάνει δύο διαδικασίες (κρυπτογράφηση και πιστοποίηση)
- Κρυπτογράφηση και πιστοποίηση γίνονται με τον ίδιο τρόπο και το ίδιο κλειδί (όποιος κλέψει το κλειδί μπορεί να κάνει τα πάντα)

Κρυπτογράφηση (Encryption)

- Υλοποιείται με ένα κρυφό κλειδί μήκους 40 bits αποθηκευμένο μόνιμα στους σταθμούς
- Το κλειδί αυτό περνά από μια γεννήτρια για να παραχθεί μια ακολουθία χαρακτήρων βασισμένη στο κρυφό κλειδί
- Η ακολουθία και τα δεδομένα τροφοδοτούν μια συνάρτηση XOR
- Το αποτέλεσμα τροφοδοτείται για μετάδοση

Παράδειγμα Κρυπτογράφησης

Έστω ότι το διαδικό 2 (00000010) είναι το κλειδί κρυπτογράφησης.
Περνάει από μια XOR με το κείμενο που θέλουμε να μεταδώσουμε.
Για το παράδειγμά μας το κείμενο είναι το “HI”

	H	I
	0 1 0 0 1 0 0 0	0 1 0 0 1 0 0 1
XOR	0 0 0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0 1 0
	0 1 0 0 1 0 1 0	0 1 0 0 1 0 1 1

Κρυπτογραφημένο κείμενο

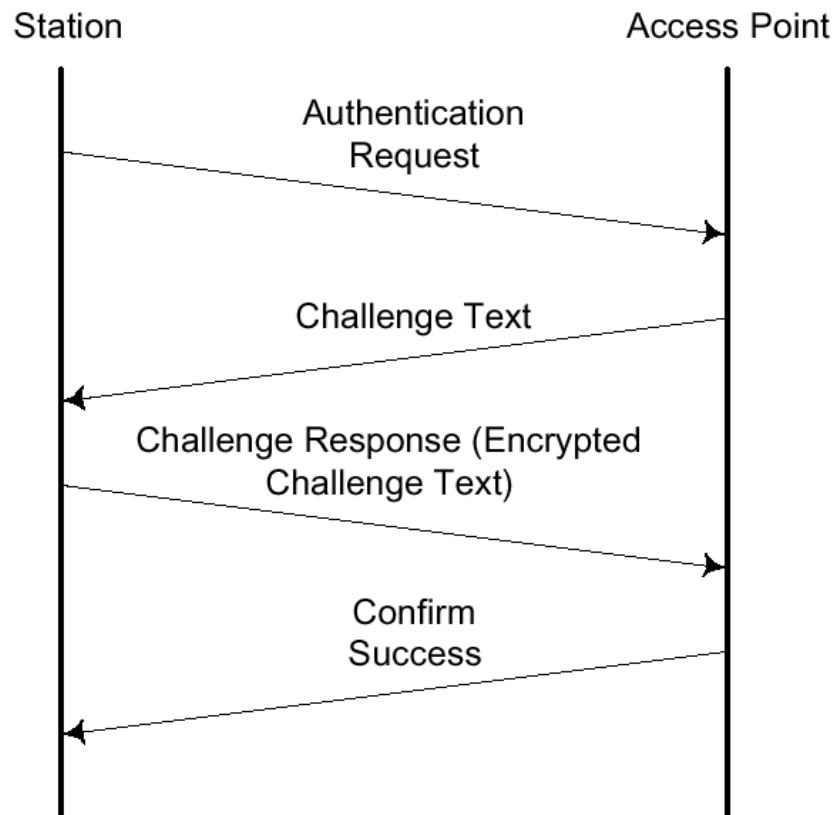
Όταν λαμβάνεται το κρυπτογραφημένο κείμενο περνά πάλι από μια XOR
Με το ίδιο κλειδί για να ανακτηθεί το αρχικό κείμενο.

	0 1 0 0 1 0 1 0	0 1 0 0 1 0 1 1
XOR	0 0 0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0 1 0
	0 1 0 0 1 0 0 0	0 1 0 0 1 0 0 1
	H	I

Κρυπτογραφημένο κείμενο

Πιστοποίηση (Authentication)

- Χρησιμοποιεί το ίδιο κρυφό κλειδί με την κρυπτογράφηση (όχι και τόσο καλό από άποψη ασφάλειας)



Shared Key Authentication

Node

Access Point

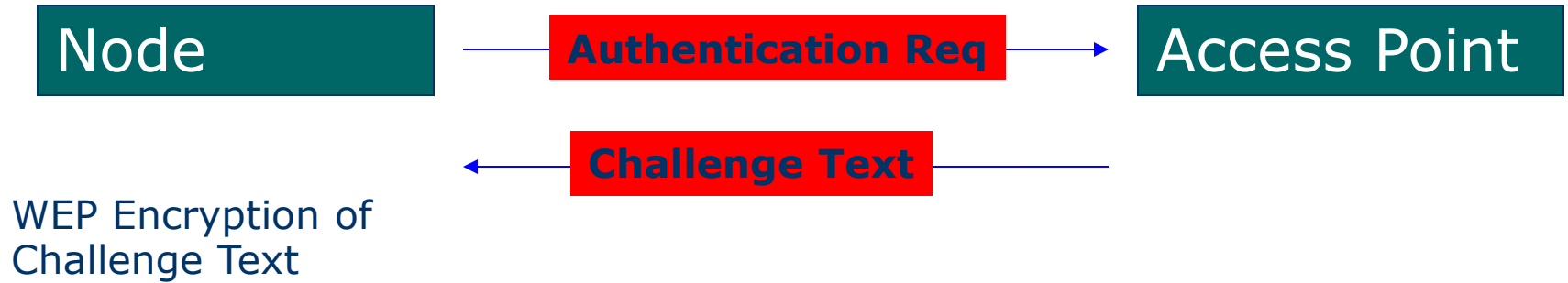
Shared Key Authentication



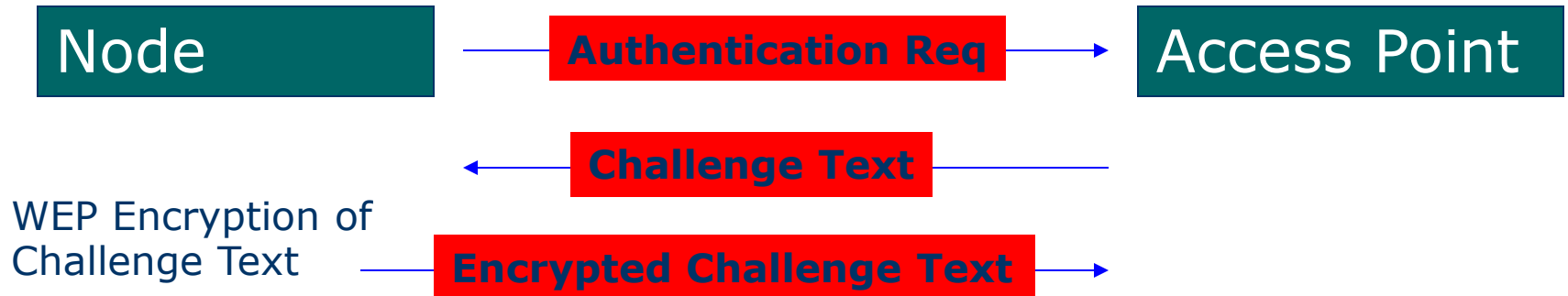
Shared Key Authentication



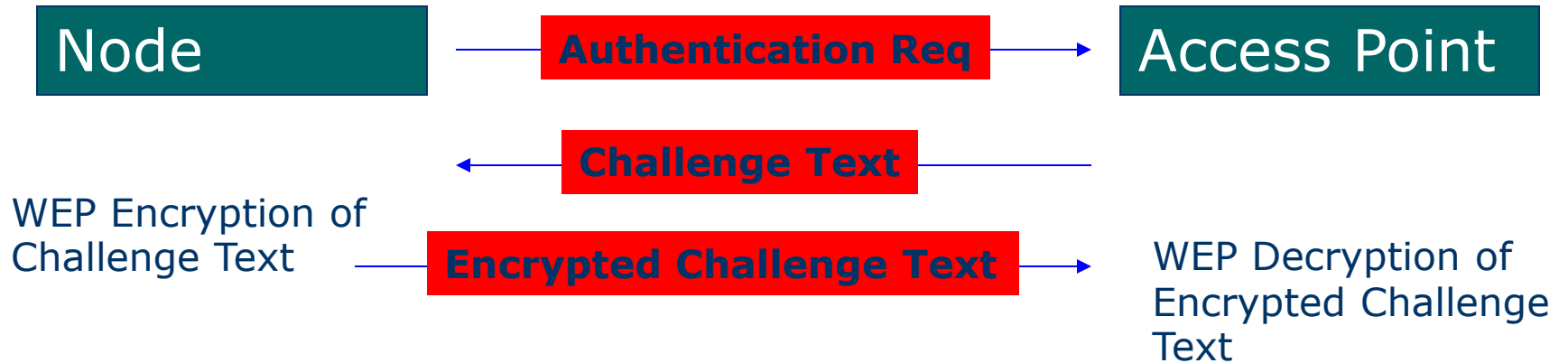
Shared Key Authentication



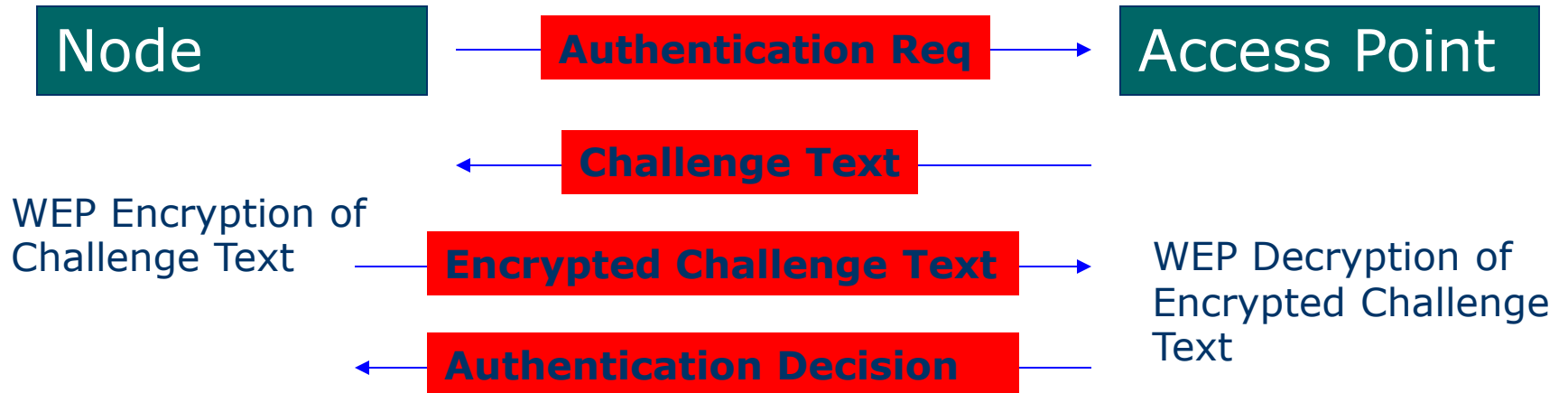
Shared Key Authentication



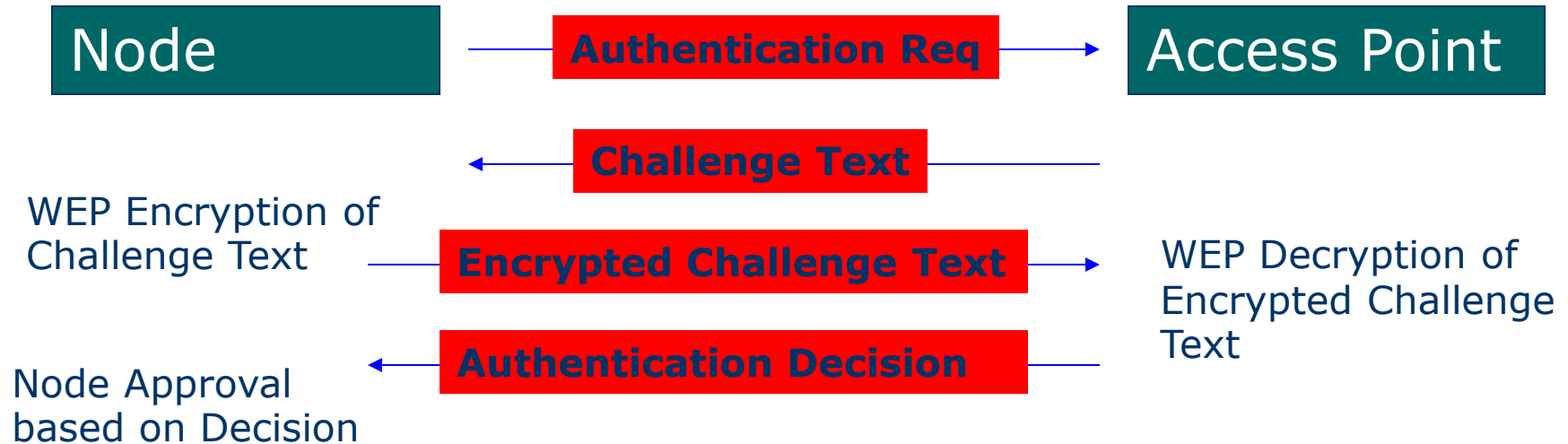
Shared Key Authentication



Shared Key Authentication



Shared Key Authentication



Κινητικότητα

A STA associated with a BSS

Poor connection quality ?

Yes

Scan the medium

Find a better connection ?

Yes

Reassociation request to new AP

Reassociation response

Yes

No

No

STA has roamed to a new AP
Old AP is notified through DS

- Καμία ρύθμιση για τα πακέτα που θα χαθούν κατά τη διάρκεια του handover

