



ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Πρωτόκολλα
πολλαπλής
πρόσβασης

Περίληψη



- Πολλαπλή πρόσβαση
- Πολλαπλή πρόσβαση στα δίκτυα εκπομπής
- Πρωτόκολλα ελέγχου πολλαπλής πρόσβασης
 - Ταξινόμηση
 - Κριτήρια επίδοσης
- Πρωτόκολλα MAC τυχαίας πρόσβασης
 - ALOHA
 - Slotted ALOHA
 - CSMA και CSMA/CD
- Πρωτόκολλα MAC εκχώρησης σειράς
 - Δακτύλιος με σκυτάλη
 - Αρτηρία με σκυτάλη
 - FDDI
- Έλεγχος λογικής ζεύξης (LLC)

Πολλαπλή πρόσβαση



Οι συνδεδεμένοι σταθμοί χρησιμοποιούν από κοινού το μέσο μετάδοσης

Πολλαπλή πρόσβαση



- Στα δίκτυα εκπομπής, που χαρακτηρίζονται και ως δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης, η μεταδιδόμενη πληροφορία λαμβάνεται από όλους τους σταθμούς, οπότε δεν απαιτείται δρομολόγηση.
- Ένα επίπεδο σχήμα διευθυνσιοδότησης αρκεί για να καθορίζεται σε ποιον χρήστη απευθύνεται η πληροφορία.
- Απαιτείται όμως ένα πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης, για να ρυθμίζει τις μεταδόσεις από τους διάφορους χρήστες.

Πολλαπλή πρόσβαση



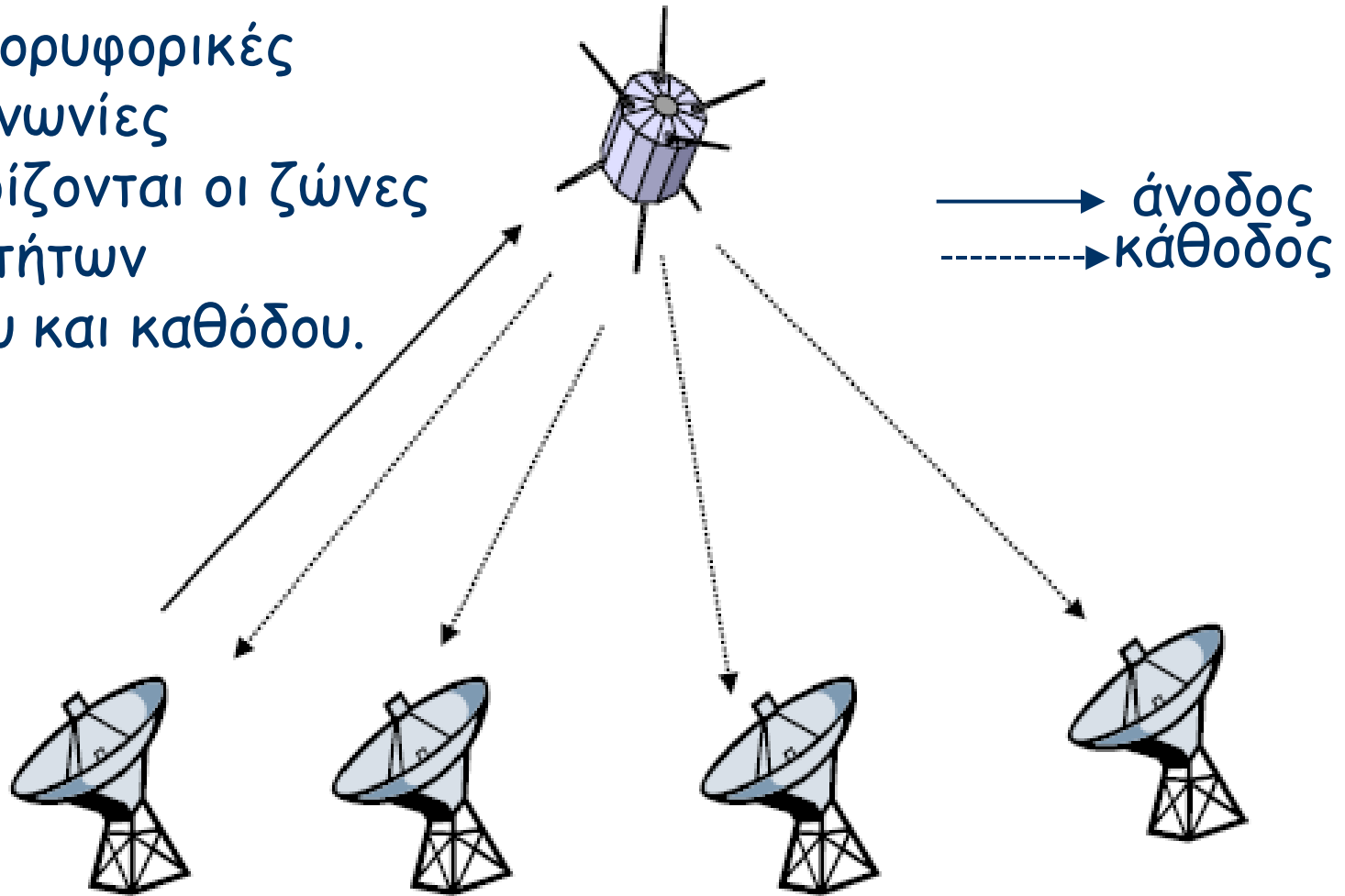
- Τα τοπικά δίκτυα, για λόγους περιορισμού του κόστους, είναι συνήθως δίκτυα εκπομπής.
- Ο ρόλος των πρωτοκόλλων ελέγχου πρόσβασης (Medium Access Control, MAC) είναι να ρυθμίζουν την πρόσβαση στο κοινό μέσο μετάδοσης.
- Οι τεχνικές για την από κοινού χρησιμοποίηση του μέσου μετάδοσης μπορεί να ενταχθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:
 - Στατικού επιμερισμού του μέσου
 - Δυναμικού ελέγχου πρόσβασης στο μέσο

Πολλαπλή πρόσβαση



Στατικός επιμερισμός

Στις δορυφορικές επικοινωνίες επιμερίζονται οι ζώνες συχνοτήτων ανόδου και καθόδου.

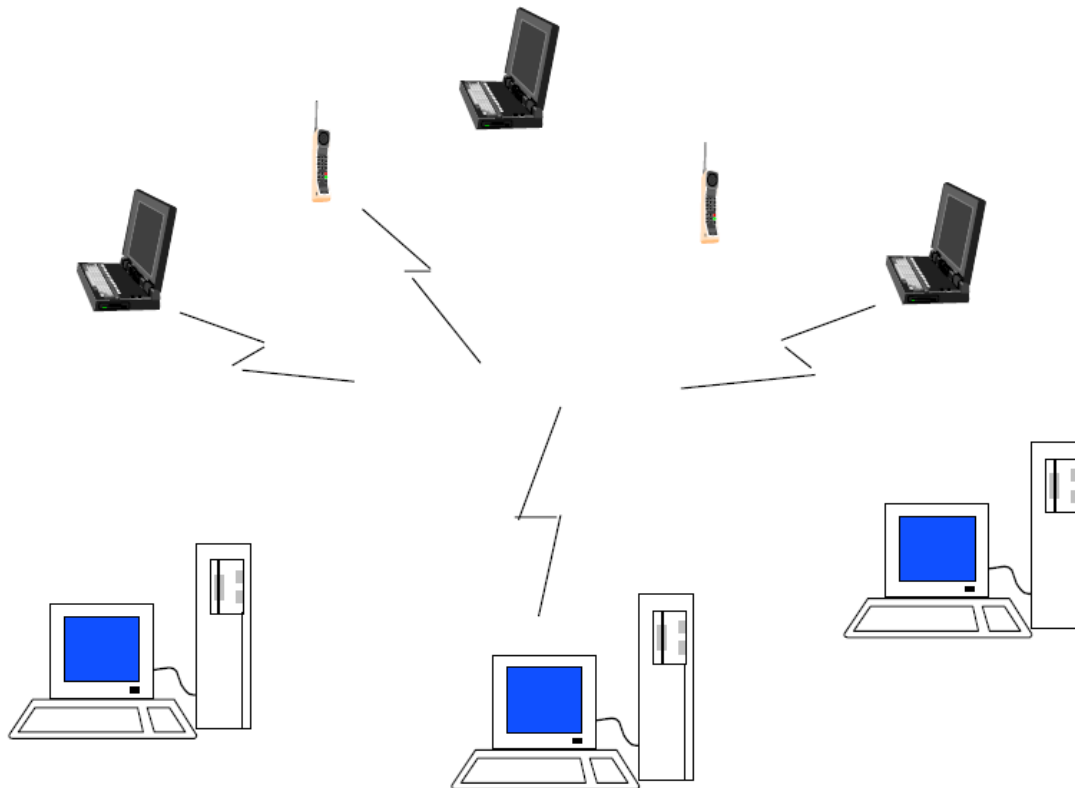


Πολλαπλή πρόσβαση



Δυναμικός έλεγχος πρόσβασης

Στα ασύρματα τοπικά δίκτυα χρειάζεται πρωτόκολλο MAC για την από κοινού χρησιμοποίηση του μέσου μετάδοσης.



Πολλαπλή πρόσβαση



Πρόβλημα

- Θεωρήστε διάσκεψη όπου:
 - όταν μιλάει ένας, όλοι οι άλλοι μπορούν να ακούνε,
 - αν μιλούν περισσότεροι ταυτόχρονα, όλες οι ομιλίες καταστρέφονται.
- Πώς θα συντονίσουν τις ενέργειές τους οι συμμετέχοντες, ώστε:
 - να μεγιστοποιείται ο αριθμός των ανταλλασσόμενων μηνυμάτων ανά μονάδα χρόνου,
 - να ελαχιστοποιείται ο χρόνος αναμονής για να μπορεί κάποιος να μιλήσει.

Πολλαπλή πρόσβαση



Απλές λύσεις

- Κεντρική λύση (χρήση συντονιστή)
 - ο κάθε ομιλητής θα πρέπει να περιμένει να τον καλέσει ο συντονιστής, ακόμη και αν δεν περιμένει κανείς άλλος να μιλήσει
 - τι γίνεται όταν πάθει κάτι ο συντονιστής;
- Κατανεμημένη λύση
 - Μιλάει κάποιος όταν δεν μιλάει κανείς άλλος.
 - Αλλά, εάν δύο ομιλητές περιμένουν κάποιον τρίτο να τελειώσει, θα γίνει σύγκρουση.
- Η σχεδίαση καλών σχημάτων πρόσβασης είναι πολύ δύσκολη.



Πρόβλημα

- Κοινό μέσο μετάδοσης
 - τα μηνύματα από οιονδήποτε σταθμό λαμβάνονται από όλους τους άλλους σταθμούς
- Μόνο ένας σταθμός μπορεί να μεταδώσει επιτυχώς κάθε φορά.
- Τα συγκρουόμενα μηνύματα καταστρέφονται.
- Στόχος: η ικανοποίηση των κριτηρίων επίδοσης
 - μεγιστοποίηση της διέλευσης μηνυμάτων
 - ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου αναμονής



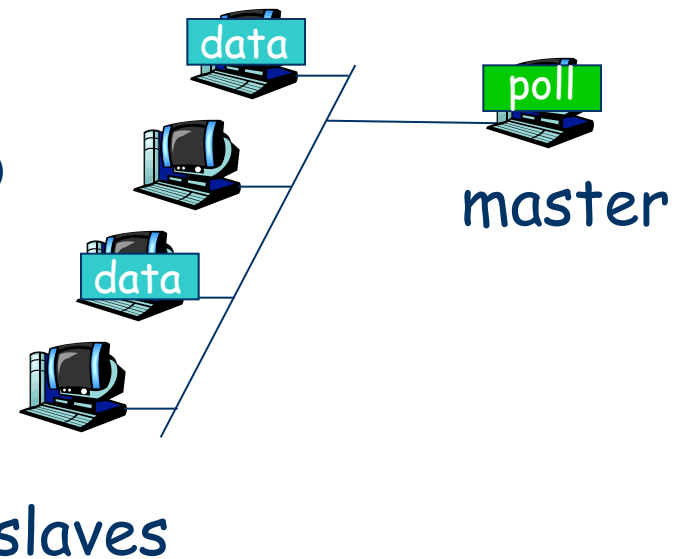
Λύση του προβλήματος

- Αρχικά, επιλέγουμε μια βασική τεχνολογία για να ξεχωρίσουμε τις ροές πληροφορίας από τους διάφορους σταθμούς
 - μπορεί να είναι στο πεδίο του χρόνου ή στο πεδίο της συχνότητας.
- Στη συνέχεια, προσπαθούμε να βρούμε πώς να κατανείμουμε το μέσο μετάδοσης σε μεγαλύτερο σύνολο ανταγωνιζόμενων σταθμών.



Επιλογές

- **Κεντρικό σχήμα**
 - υπάρχει συντονιστής
 - ένας από τους σταθμούς είναι ο **ελέγχων (*master*)** και οι άλλοι είναι **ελεγχόμενοι (*slaves*)**
 - μειονεκτήματα
 - πλεονασμός από το polling
 - καθυστέρηση
 - μοναδικό σημείο αποτυχίας
- **Κατανεμημένο σχήμα**
 - όλοι οι σταθμοί είναι **ομότιμοι**





Κατανεμημένα σχήματα

- Συγκρινόμενα με τα κεντρικά σχήματα:
 - είναι περισσότερο αξιόπιστα,
 - έχουν μικρότερες καθυστερήσεις μηνυμάτων,
 - συχνά επιτρέπουν υψηλότερη χρησιμοποίηση δικτύου,
 - αλλά είναι πιο πολύπλοκα.

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



- **Πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης** είναι ένας **κατανεμημένος αλγόριθμος** που καθορίζει πώς θα μοιράζονται οι σταθμοί τον δίαυλο, δηλ. τότε μπορεί να μεταδώσει κάθε σταθμός.
- Η επικοινωνία για τη χρήση του μέσου (σηματοδοσία) χρησιμοποιεί το ίδιο το μέσο.
- Τι να προσέχουμε στα πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης:
 - σύγχρονα ή ασύγχρονα
 - απαιτούμενη πληροφορία για τους άλλους σταθμούς
 - αντοχή (π.χ., σε σφάλματα διαύλου)
 - επίδοση

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Ιδανικό πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης

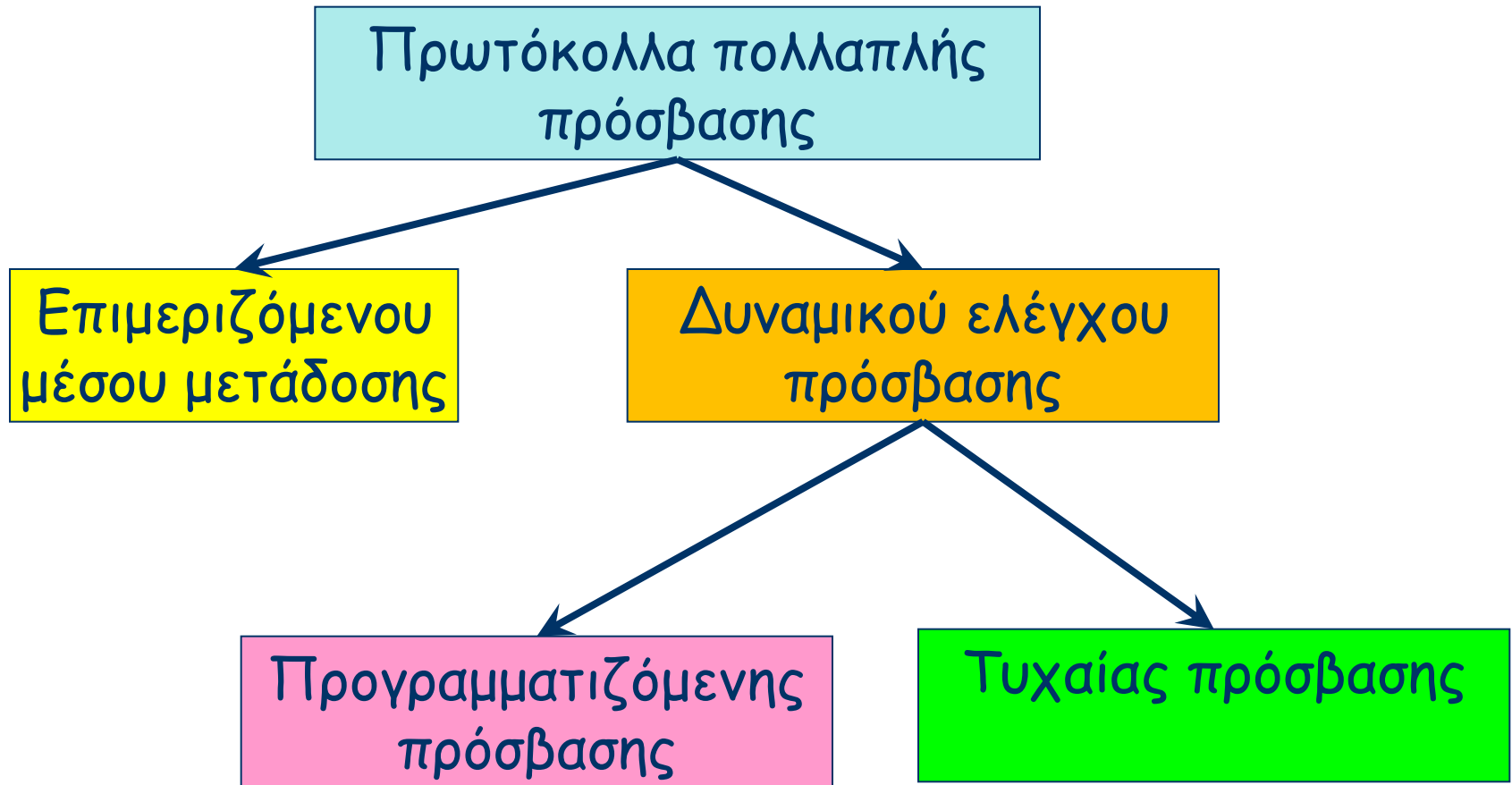
Δίαυλος εκπομπής ρυθμού μετάδοσης R bps

1. Όταν θέλει να στείλει ένας σταθμός, μπορεί να στείλει με ρυθμό R .
2. Όταν θέλουν να στείλουν M σταθμοί, ο καθένας θα μπορεί να στέλνει με ρυθμό R/M .
3. Πλήρως αποκεντρωμένο
 - όχι ειδικός σταθμός για τον συντονισμό των μεταδόσεων
 - όχι συγχρονισμός ρολογιών, χρονοσχισμών
4. Απλό

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Ταξινόμηση



Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Επιμεριζόμενου μέσου μετάδοσης

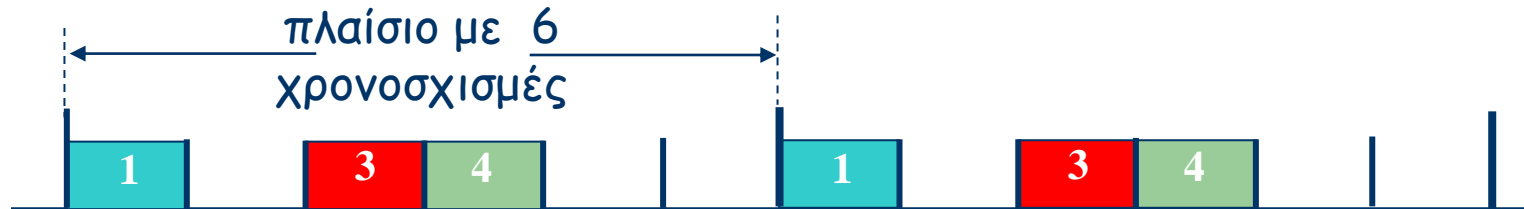
- Θεωρήστε δίκτυο όπου M σταθμοί χρησιμοποιούν από κοινού ένα μέσο μετάδοσης για να παρέχουν την ίδια σταθερή ροή πληροφορίας.
- Έχει έννοια τότε να διαιρέσουμε το μέσο σε M διαύλους και να εκχωρηθεί ένας σε κάθε σταθμό για αποκλειστική χρήση.
- Σχήματα επιμερισμού:
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης

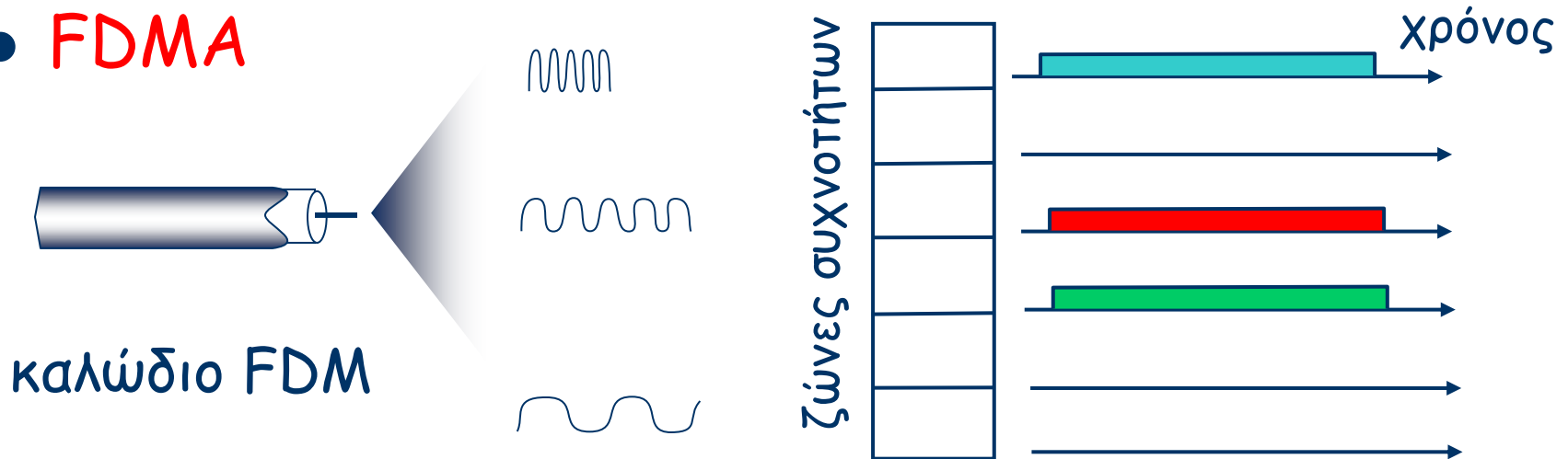


Επιμεριζόμενου μέσου μετάδοσης

- **TDMA**



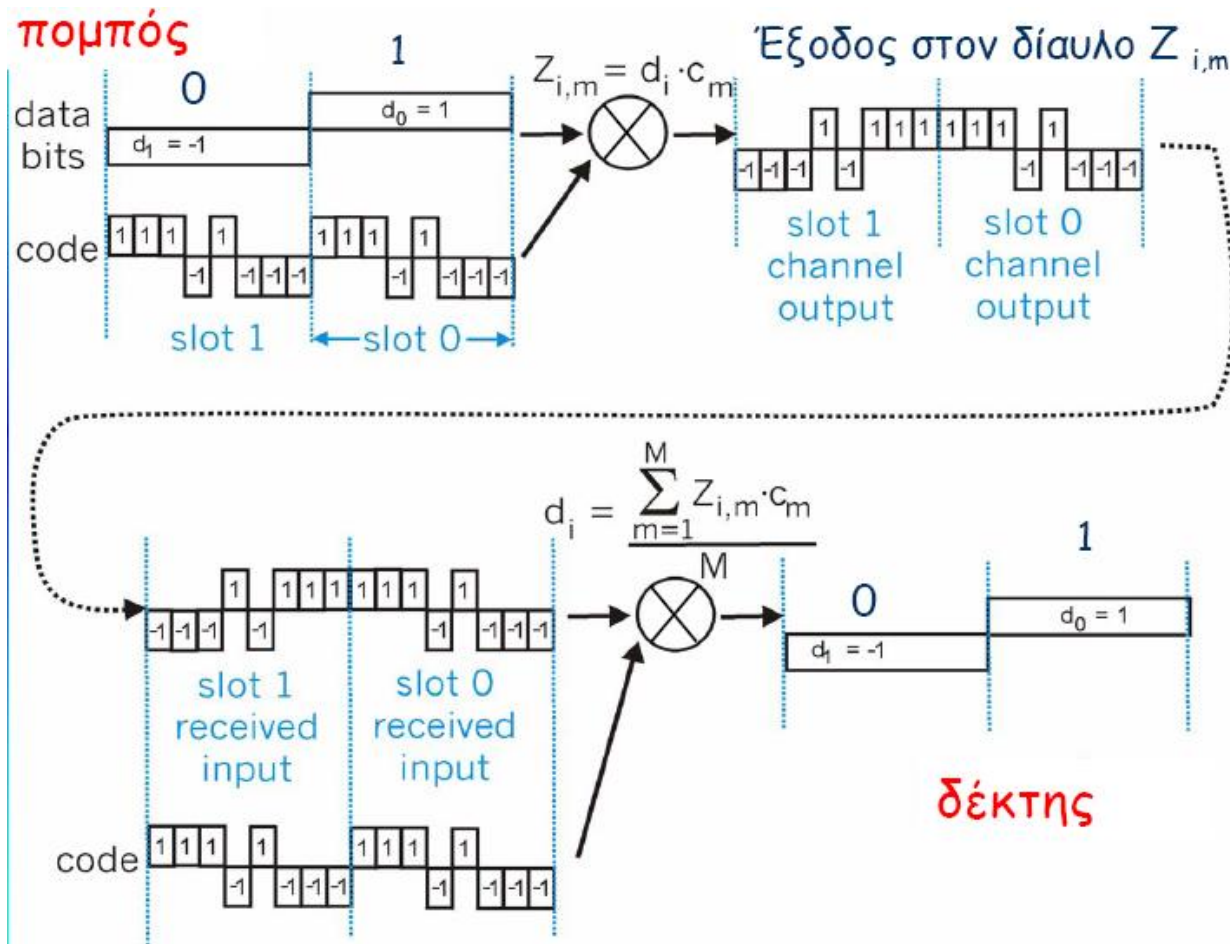
- **FDMA**



Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Επιμεριζόμενου μέσου μετάδοσης CDMA

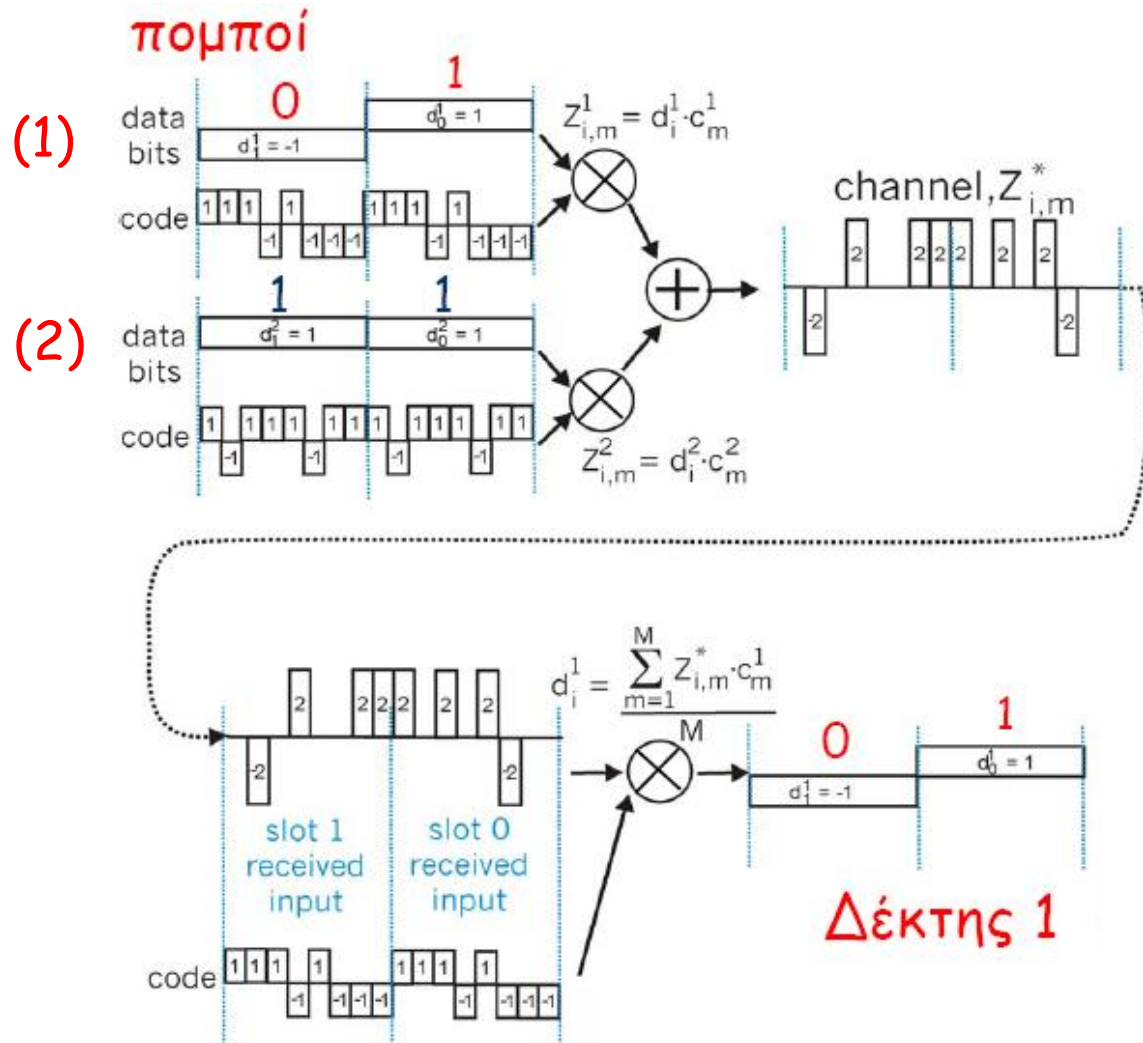


Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Επιμεριζόμενου μέσου μετάδοσης

CDMA



Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Δυναμικού ελέγχου πρόσβασης

Τυχαία πρόσβαση

- Όταν ένας σταθμός έχει πακέτο να στείλει:
 - μεταδίδει σε πλήρη ρυθμό μετάδοσης R .
 - δεν υπάρχει συντονισμός μεταξύ των σταθμών.
- Αν μεταδίδουν δύο ή περισσότεροι σταθμοί ταυτόχρονα \Rightarrow "σύγκρουση"
- Το πρωτόκολλο **MAC τυχαίας πρόσβασης** καθορίζει:
 - πώς να ανιχνεύονται οι συγκρούσεις,
 - πώς να επιλύονται οι συγκρούσεις (πχ., με καθυστερημένες αναμεταδόσεις).
- Παραδείγματα πρωτοκόλλων MAC τυχαίας πρόσβασης:
 - ALOHA
 - ALOHA με χρονοσχισμές
 - CSMA and CSMA/CD

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης

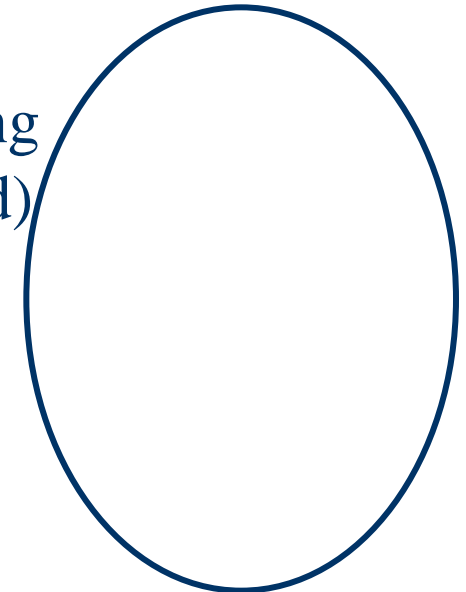


Δυναμικού ελέγχου πρόσβασης

Προγραμματιζόμενη πρόσβαση (Εκχώρηση σειράς)

- Συντονιζόμενη κοινή πρόσβαση για αποφυγή συγκρούσεων.
- Επιδιώκουν τα καλύτερα από τις δύο άλλες κατηγορίες.
- Η σκυτάλη ελέγχου διέρχεται από κάθε κόμβο διαδοχικά.
- Μήνυμα σκυτάλης
- Μειονεκτήματα:
 - πλεονασμός σκυτάλης
 - καθυστέρηση
 - αποτυχία κεντρικού σημείου (σκυτάλη)

(nothing to send)



data

Δίκτυα επικοινωνιών

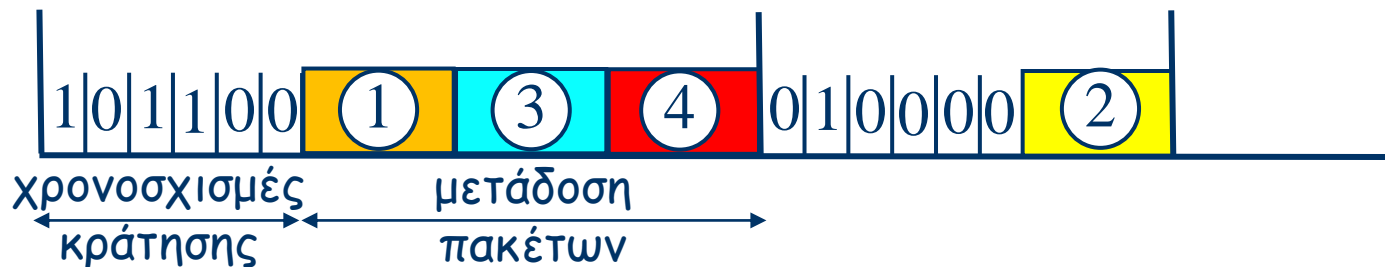
Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Δυναμικού ελέγχου πρόσβασης

Προγραμματιζόμενη πρόσβαση (Κρατήσεις)

- Ο χρόνος διαιρείται σε χρονοσχισμές.
- Αρχίζουμε με N σύντομες **χρονοσχισμές κράτησης**
 - η διάρκεια της χρονοσχισμής κράτησης ισούται με τον χρόνο διάδοσης απ' άκρη σ' άκρη του διαύλου
 - σταθμός που έχει μήνυμα να στείλει κάνει κράτηση
 - όλοι οι σταθμοί βλέπουν τις κρατήσεις
- Μετά τις χρονοσχισμές κράτησης, οι μεταδόσεις των μηνυμάτων γίνονται με τη σειρά κράτησης.



Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Επιλογή πρωτοκόλλου

- Εξαρτάται κυρίως από τον λόγο του χρόνου διάδοσης στο μέσο προς τον χρόνο μετάδοσης ενός πλαισίου.
- Η καθυστέρηση μεταφοράς που αντιμετωπίζουν τα πλαίσια είναι ένα ενδιαφέρον μέτρο επίδοσης.
- **Καθυστέρηση μεταφοράς πλαισίου (frame transfer delay) T** : ο χρόνος που παρέχεται από την άφιξη του πρώτου bit του πλαισίου στο MAC του πομπού έως και τη παράδοση του τελευταίου bit στο MAC του δέκτη.

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Καθυστέρηση μεταφοράς πλαισίου

Χρόνος αναμονής

Χρόνος μετάδοσης

Χρόνος διάδοσης

Χρόνος
μετάδοσης από
άλλους σταθμούς

Χρόνος για την
πρόσβαση στο
μέσο μετάδοσης

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Κριτήρια επίδοσης

- Διέλευση
- Καθυστέρηση μεταφοράς πλαισίου
- Αξιοπιστία: αντοχή σε σφάλματα του υλικού, ώστε να μην επηρεάζεται η παρεχόμενη υπηρεσία.
- Δικαιοσύνη: ενδιαφέρει κυρίως να λαμβάνουν οι σταθμοί το κατάλληλο εύρος ζώνης και τα πλαίσια να αντιμετωπίζουν την κατάλληλη καθυστέρηση.

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Κριτήρια επίδοσης

- **Διέλευση**
 - Διέλευση πρωτοκόλλου MAC είναι η μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης στο LAN, όταν είναι πολύ φορτωμένο.
 - **Διέλευση** = απόδοση × ταχύτητα μετάδοσης στο φυσικό μέσο
 - **Απόδοση** πρωτοκόλλου MAC είναι το μέγιστο ποσοστό του χρόνου που μπορούν οι κόμβοι να μεταδώσουν επιτυχώς, όταν χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο και όταν το δίκτυο είναι πολύ φορτωμένο και έχει πολλούς κόμβους.

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Κριτήρια επίδοσης

➤ Διέλευση

- Μ σταθμοί παράγουν πλαίσια με ρυθμό λ πλ./sec και τα πλαίσια έχουν μήκος L bit.
- Κανονικοποιημένη διέλευση ή φορτίο: $\rho = \lambda L / R$
- Πρέπει $\lambda L < R$, οπότε $\rho = \lambda L / R < 1$
- Γενικά κάθε πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης έχει μέγιστη διέλευση $< R / L$ πλαίσια/sec, διότι μέρος του χρόνου χάνεται σε συγκρούσεις ή για την αποστολή πληροφοριών συντονισμού
- Συνεπώς, το φορτίο ρ δεν μπορεί να υπερβαίνει κάποια κανονικοποιημένη τιμή διέλευσης $\rho_{\max} < 1$

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



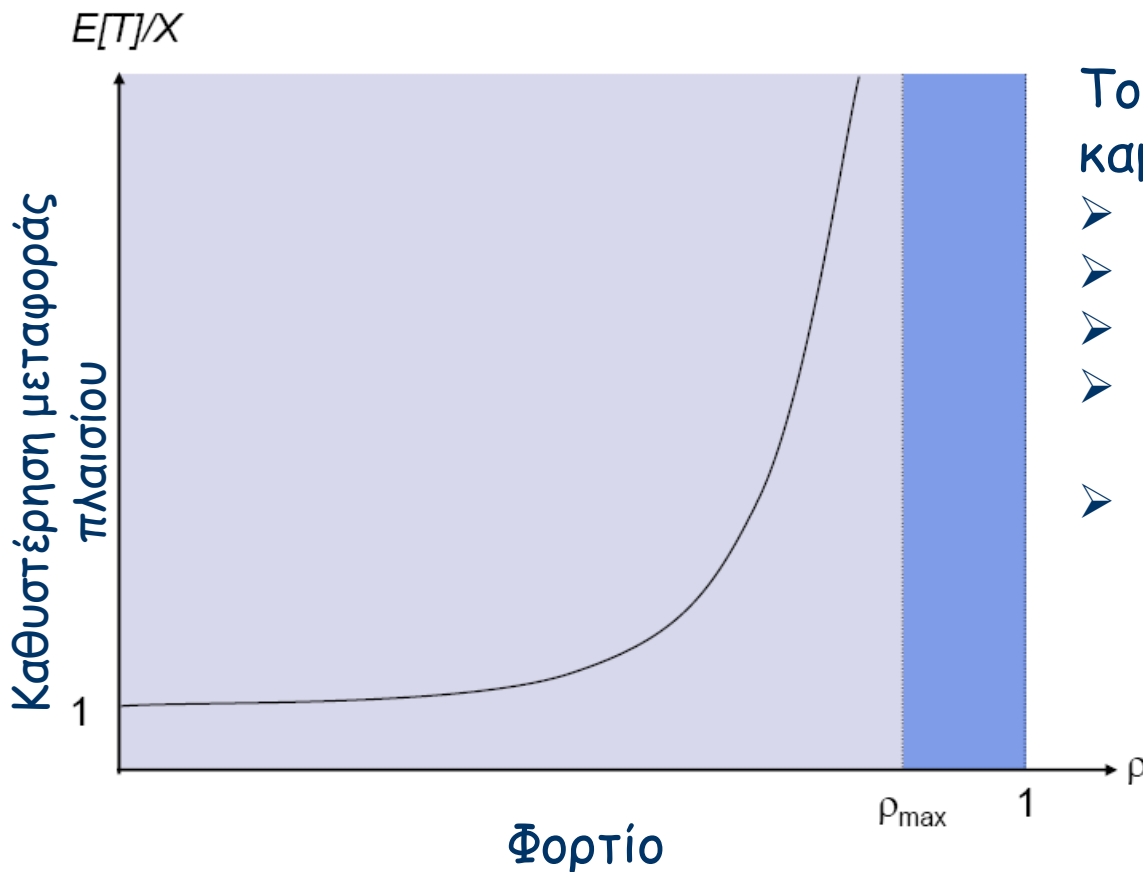
Κριτήρια επίδοσης

- **Καθυστέρηση μεταφοράς πλαισίου**
 - Η μέση καθυστέρηση μεταφοράς πλαισίου $E[T]$ και η διέλευση ενός πρωτοκόλλου πολλαπλής πρόσβασης σχετίζονται.
 - Όταν το φορτίο είναι μικρό δεν υπάρχει ή υπάρχει μικρός ανταγωνισμός και η μέση καθυστέρηση μεταφοράς πλαισίου είναι παραπλήσια με τον χρόνο μετάδοσης πλαισίου $X = L/R$.
 - Όσο αυξάνει το φορτίο υπάρχει μεγαλύτερος ανταγωνισμός για το μέσο μετάδοσης και τα πλαίσια περιμένουν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα πριν μεταφερθούν.

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Κριτήρια επίδοσης

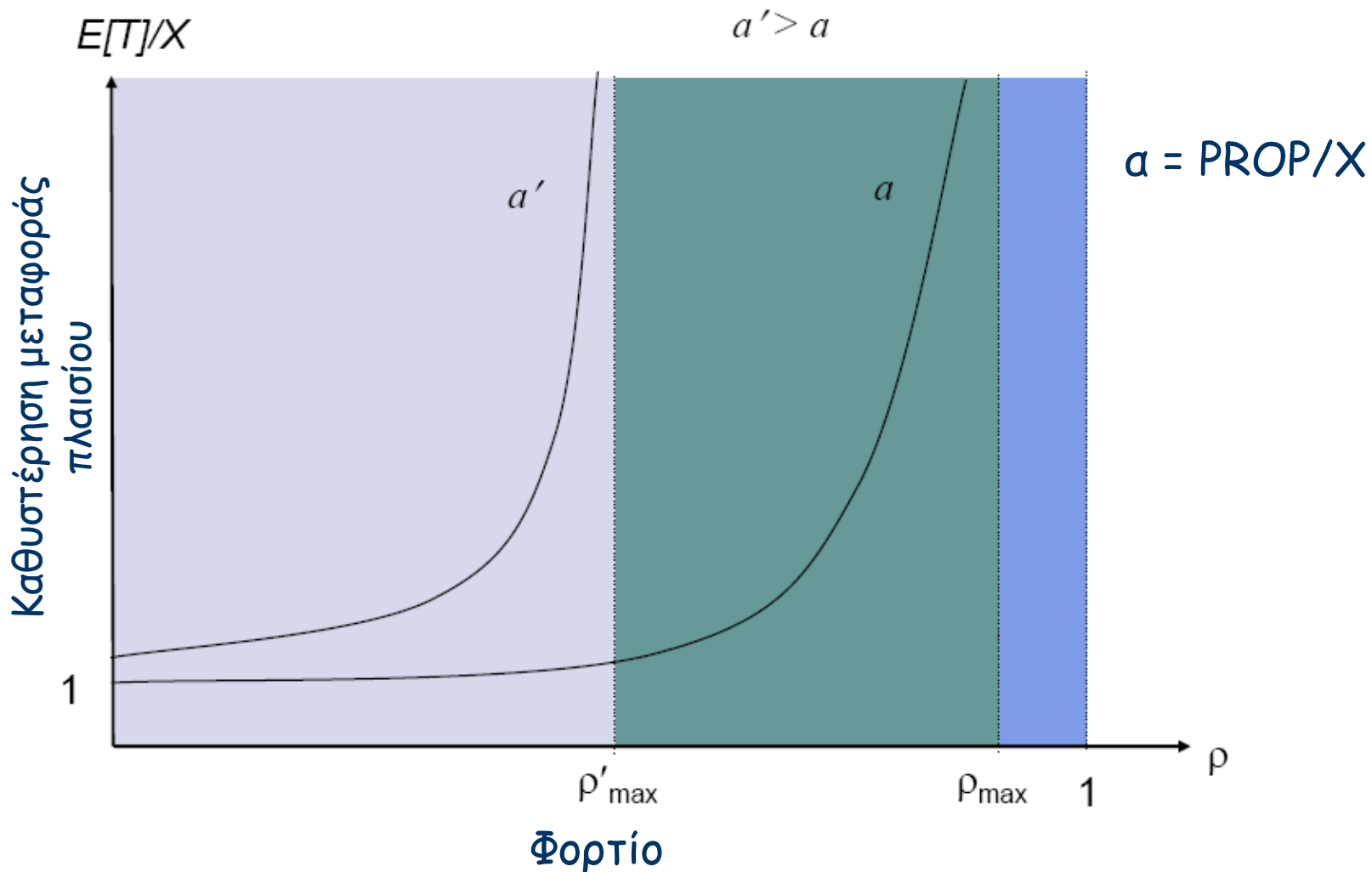


- Το ακριβές σχήμα της καμπύλης εξαρτάται από:
- το μέσο μετάδοσης
 - το πρωτόκολλο MAC,
 - τον αριθμό των σταθμών
 - τον τρόπο άφιξης των πλαισίων στους σταθμούς
 - την κατανομή των μηκών των πλαισίων

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Κριτήρια επίδοσης



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



ALOHA



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



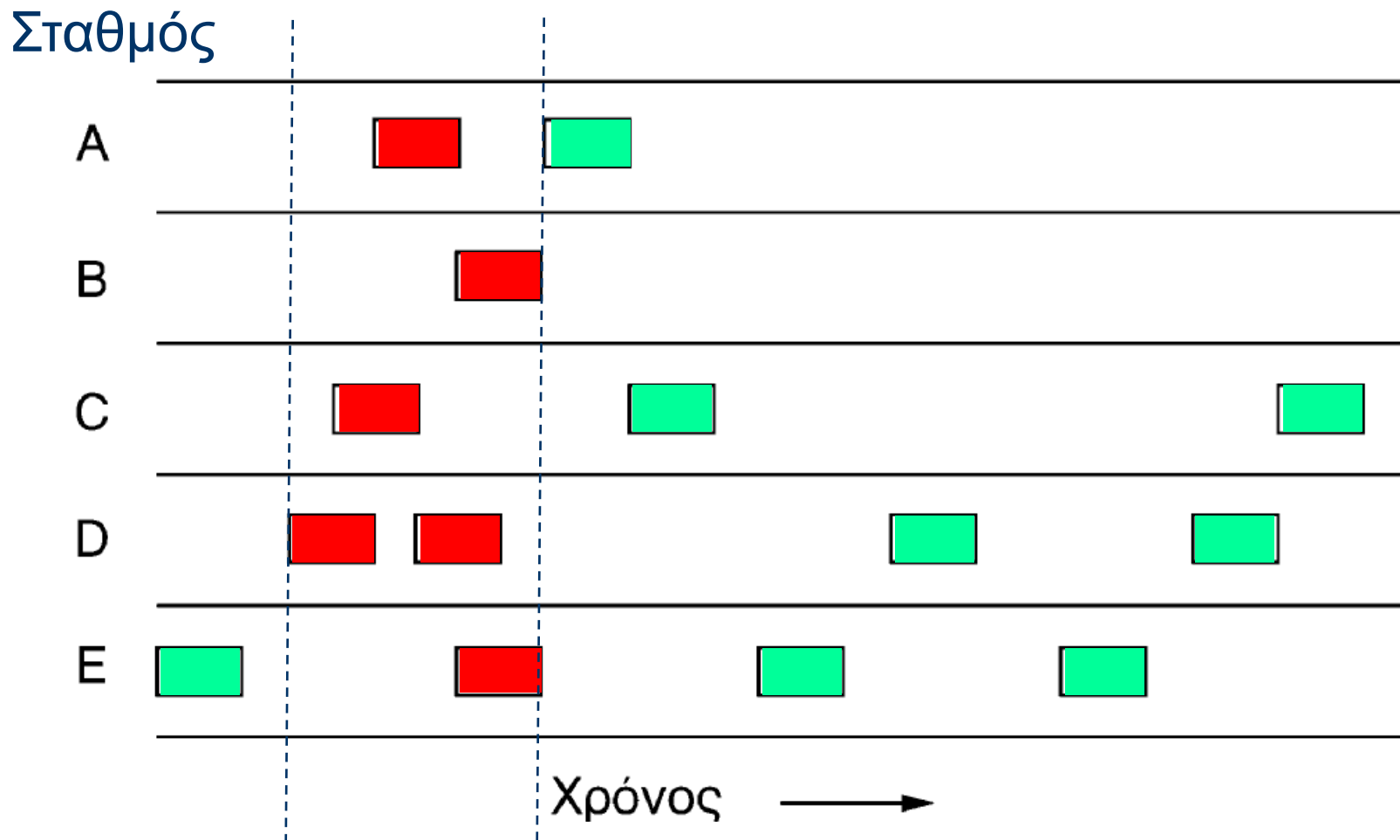
ALOHA

- Σύστημα ασύρματης μετάδοσης πλαισίων.
- Όταν ένας σταθμός έχει πλαίσιο, το μεταδίδει.
- Ο σταθμός αποστολής ακούει για χρονικό διάστημα ίσο με τον μέγιστο χρόνο μετάβασης και επιστροφής.
 - Αν έρθει ACK, εντάξει. Αν όχι, επαναμεταδίδει.
 - Αν δεν σταλεί ACK μετά από πολλές επαναμεταδόσεις, εγκαταλείπει.
- Υπάρχει έλεγχος σειράς πλαισίων.
- Αν το πλαίσιο είναι σωστό και ταιριάζει η διεύθυνση προορισμού του με εκείνη του δέκτη, στέλνεται ACK.
- Το πλαίσιο μπορεί να καταστραφεί από θόρυβο ή από άλλο σταθμό που εκπέμπει την ίδια στιγμή (σύγκρουση).
- Οποιοσδήποτε επικαλυπτόμενες μεταδόσεις πλαισίων προκαλούν σύγκρουση.

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Λειτουργία του ALOHA



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Απόδοση του ALOHA



$$S = G \times p$$

επικίνδυνη περίοδος

$$\Pr\{N = n\} = \frac{(GT)^n}{n!} e^{-GT} \Rightarrow$$

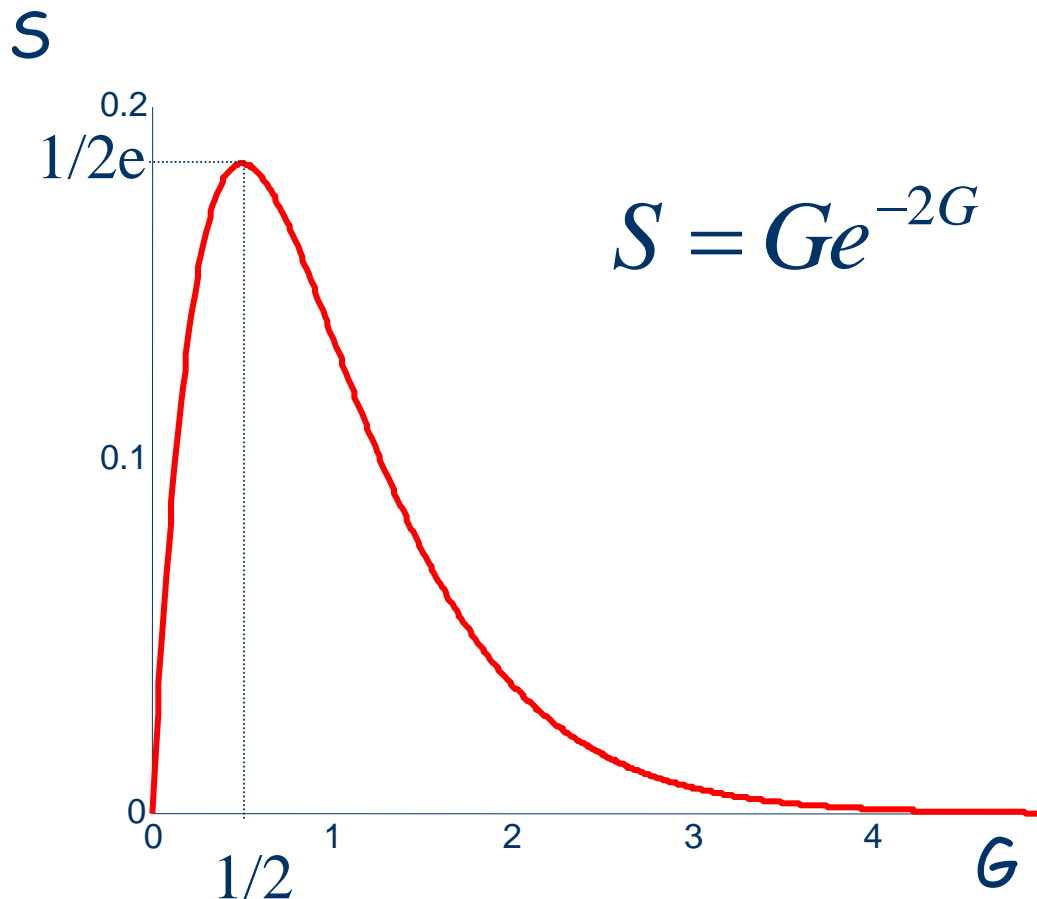
$$p = \Pr\{N = 0\} = e^{-2G} \quad (T = 2) \Rightarrow$$

$$S = Ge^{-2G}$$

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Απόδοση του ALOHA



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



ALOHA με χρονοσχισμές (Slotted ALOHA)

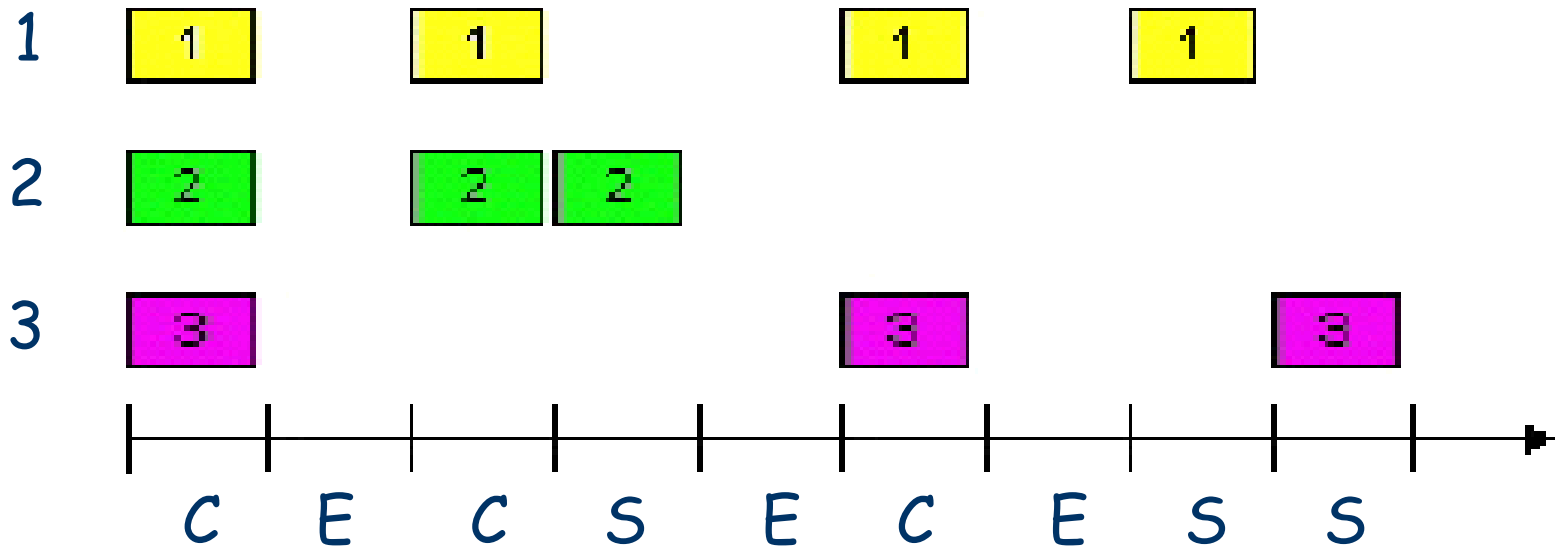
- Ο χρόνος διαιρείται σε όμοιες χρονοσχισμές ίσες με το χρόνο μετάδοσης πλαισίου
- Ανάγκη ύπαρξης κεντρικού ρολογιού (ή άλλου μηχανισμού συγχρονισμού)
- Ο σταθμός που έχει πλαίσιο να στείλει, το στέλνει στην αρχή της επόμενης χρονοσχισμής
- Αν γίνει σύγκρουση, επαναμεταδίδει το πλαίσιο με πιθανότητα p , μέχρι να το πετύχει.

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Λειτουργία του ALOHA με χρονοσχισμές

Σταθμός

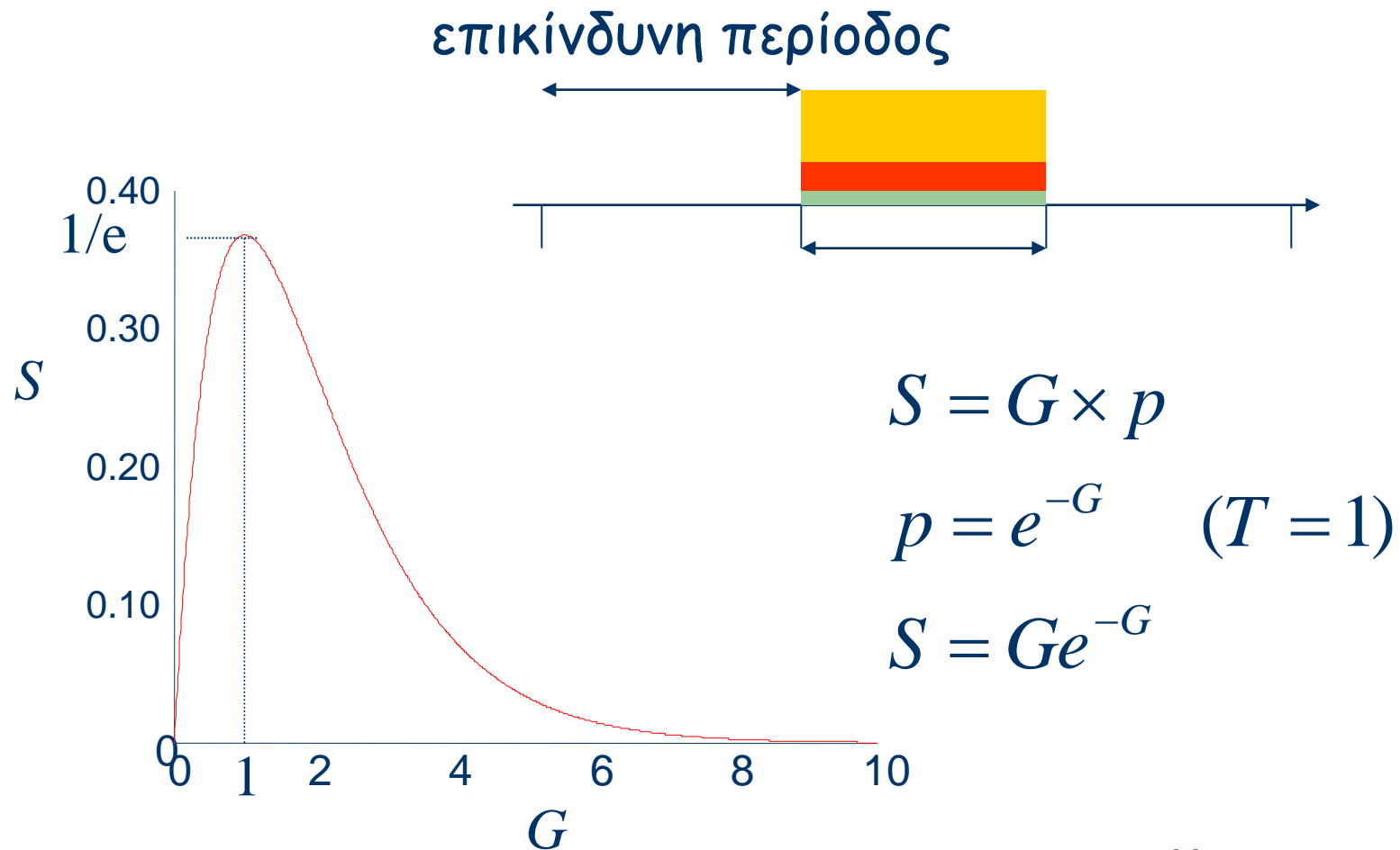


S: Success
C: Collision
E: Empty slot

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Απόδοση του ALOHA με χρονοσχισμές



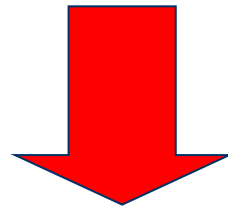
Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



ALOHA με χρονοσχισμές

Αναμενόμενος αριθμός μεταδόσεων

$$E[N] = e^{-G} \times 1 + (1 - e^{-G})(1 + E[N])$$

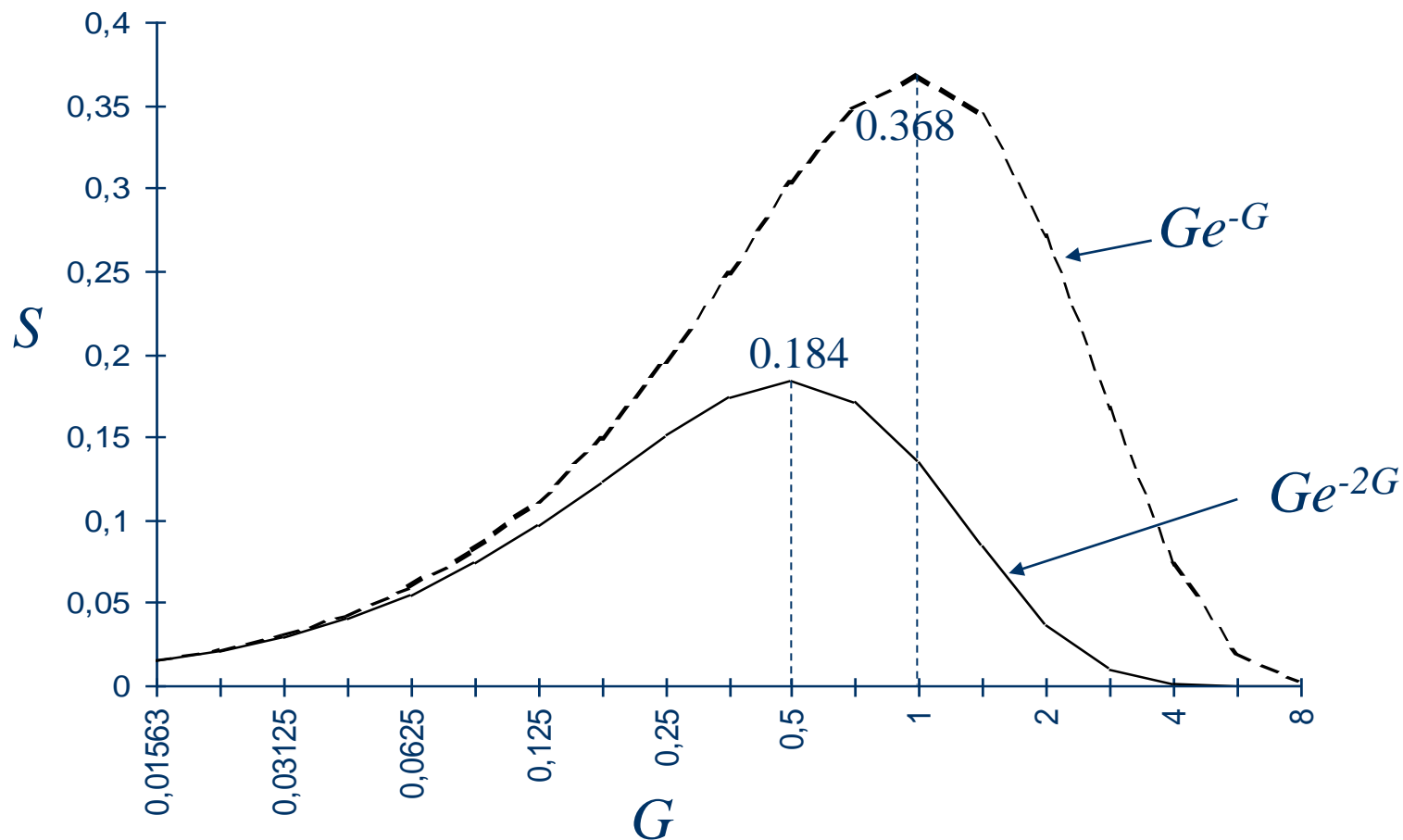


$$E[N] = e^G$$

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



ALOHA και ALOHA με χρονοσχισμές



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



ALOHA με κρατήσεις

1. Αρχίζει με μια περίοδο κρατήσεων σύμφωνα με το πρωτόκολλο ALOHA με σχισμές (απόδοση < 0.36).
2. Ακολουθεί η μετάδοση από όσους είχαν κάνει κρατήσεις.

$$\text{Απόδοση: } \eta = \frac{T}{\tau/0.36 + T}$$

- T : διάρκεια μετάδοσης του πλαισίου δεδομένων
- τ : διάρκεια της σχισμής κράτησης
- με $\tau/T = 0.05$ προκύπτει $\eta = 88\%$.

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- **Θεμελιώδης αρχή:** έλεγξε κατά πόσο το μέσο μετάδοσης είναι απασχολημένο πριν στείλεις πλαίσιο (π.χ. ανιχνεύοντας το φέρον).
- Στείλε ένα πλαίσιο μόλις απελευθερωθεί το μέσο.
- Αν κατά την ανίχνευση, το μέσο βρεθεί κατειλημμένο, περίμενε να ελευθερωθεί και στείλε -> *1-persistent*.
- Αν κατά την ανίχνευση, το μέσο βρεθεί κατειλημμένο, βάλε χρονόμετρο και δοκίμασε αργότερα -> *non-persistent*.
- Πρόβλημα με το persistent: δύο σταθμοί που περιμένουν θα συγκρουσθούν.

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA

- Χρόνος διάδοσης \ll χρόνος μετάδοσης πλαισίου.
- Όλοι οι σταθμοί ξέρουν σχεδόν αμέσως ότι άρχισε κάποια μετάδοση.
- Πρώτα ακούν για ελεύθερο μέσο (ανίχνευση φέροντος)
- Αν το μέσο είναι ελεύθερο, μεταδίδουν.
 - Αν δύο σταθμοί αρχίζουν την ίδια στιγμή, συγκρούονται
- Περιμένουν εύλογο διάστημα (round trip + ανταγωνισμό για μετάδοση ACK).
 - Αν δεν υπάρξει ACK, τότε αναμεταδίδουν
- Η μέγιστη απόδοση εξαρτάται από τον χρόνο διάδοσης (μήκος μέσου) και το μήκος πλαισίου.
 - Μακρύτερο πλαίσιο και βραχύτερος χρόνος διάδοσης δίνουν καλύτερη απόδοση.

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA

Ο σταθμός A αρχίζει τη μετάδοση τη στιγμή $t=0$



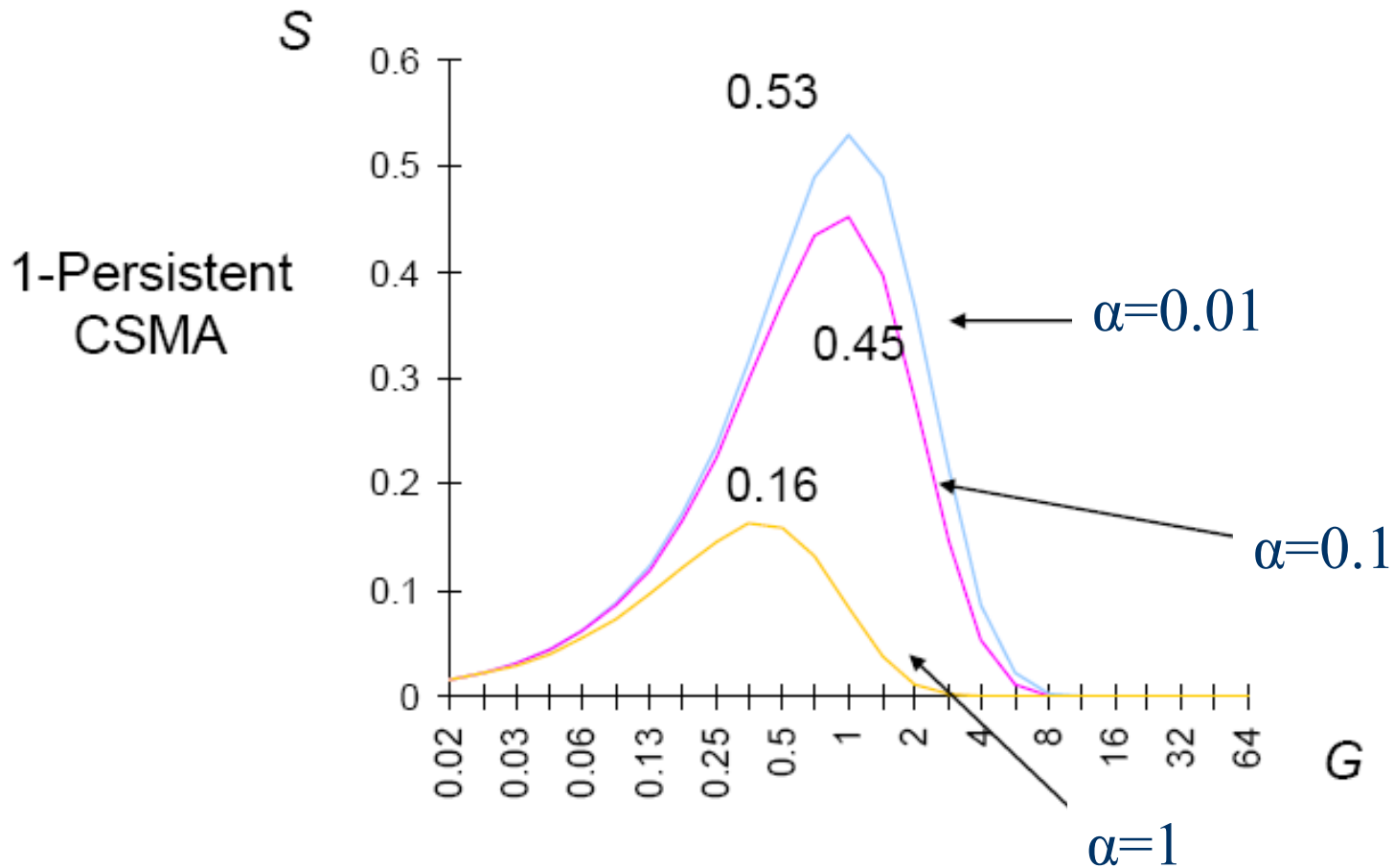
Ο σταθμός A καταλαμβάνει τον δίαυλο τη στιγμή $t=t_{prop}$



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



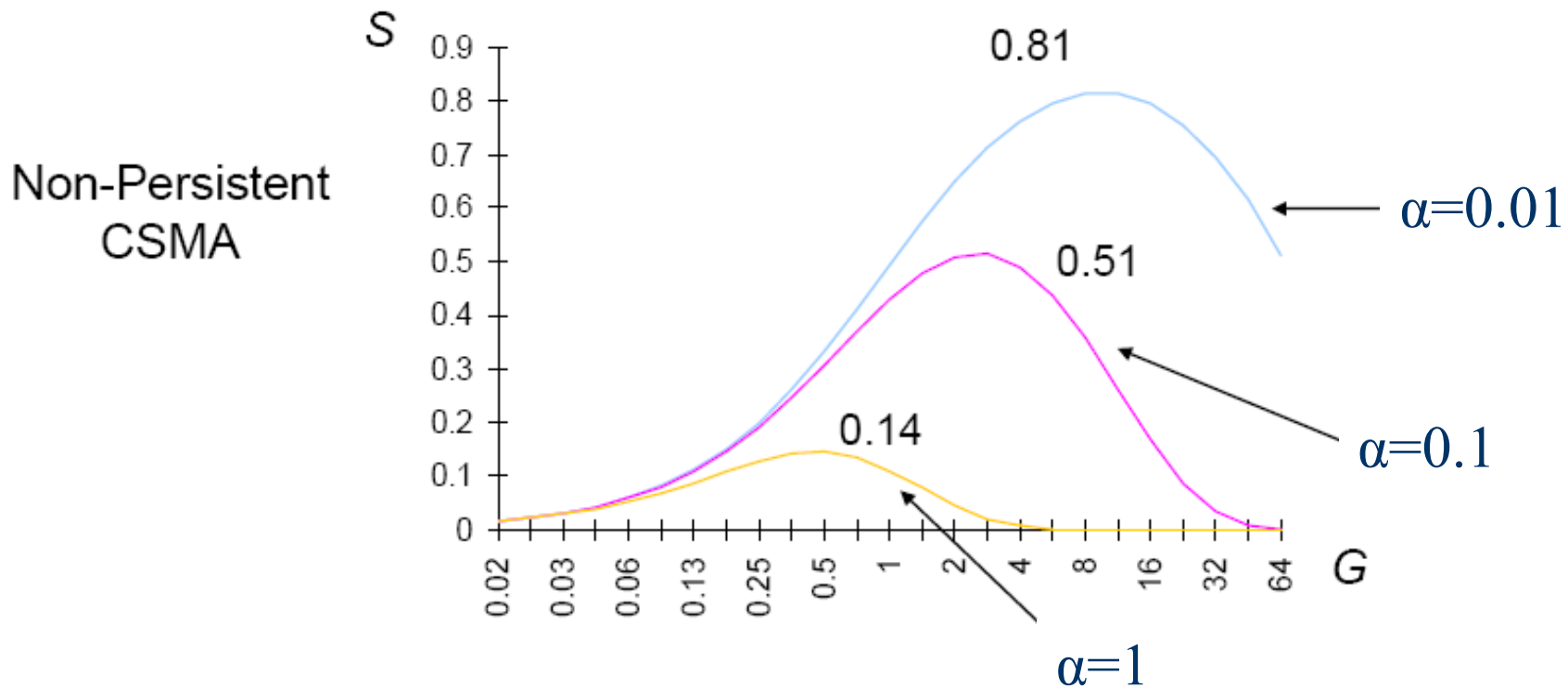
CSMA



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



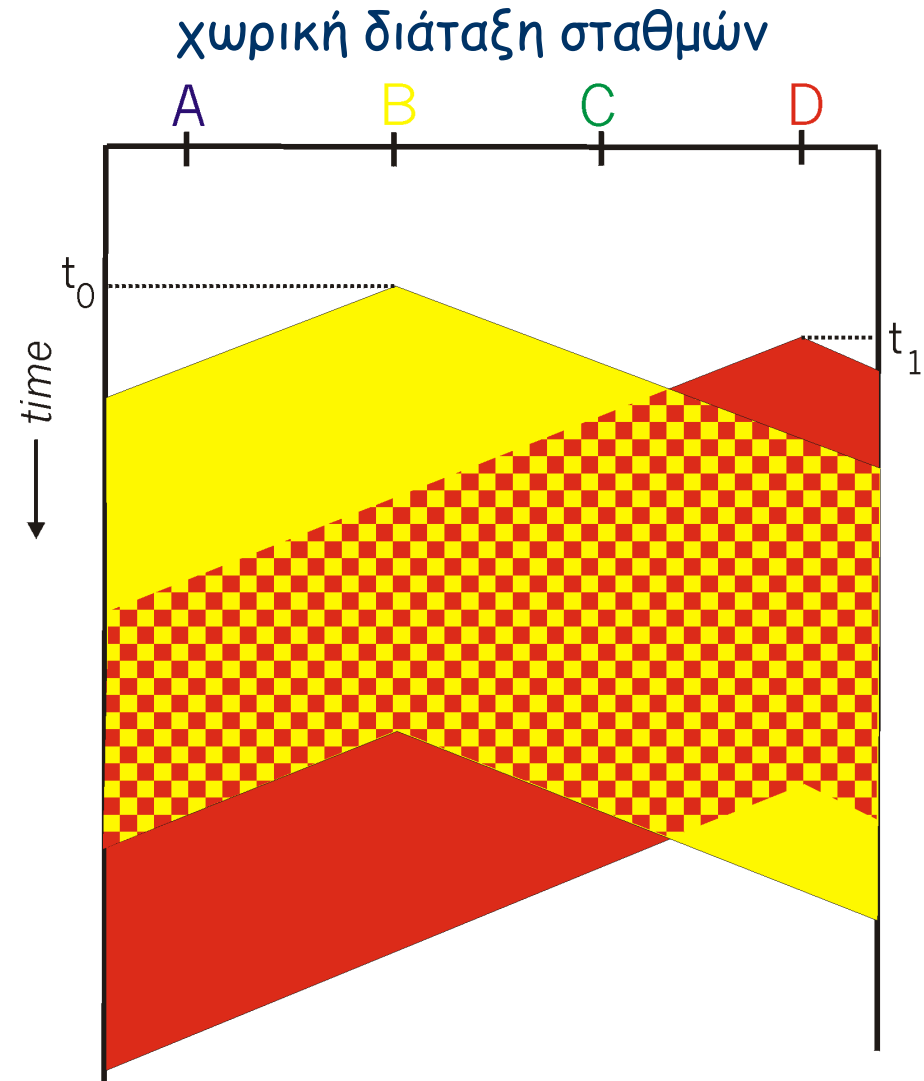
CSMA: συγκρούσεις

Υπάρχουν συγκρούσεις:

λόγω του χρόνου διάδοσης ένας σταθμός μπορεί να μην προλάβει να ακούσει τη μετάδοση του άλλου

Σύγκρουση:

το μέσο μετάδοσης παραμένει κατειλημμένο καθ' όλη τη διάρκεια μετάδοσης των πακέτων



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA/CD

- Στο CSMA/CD, οι σταθμοί ακούν και κατά τη διάρκεια της μετάδοσης.
 - οι συγκρούσεις ανιχνεύονται σύντομα
 - οι συγκρουόμενες μεταδόσεις διακόπτονται περιορίζοντας την άσκοπη κατάληψη του μέσου
- Μετά τη σύγκρουση, περιμένουν τυχαίο χρονικό διάστημα και ξαναρχίζουν.
 - Δυαδική εκθετική υποχώρηση
- Ανίχνευση συγκρούσεων
 - εύκολη στα ενσύρματα LAN
 - δύσκολη στα ασύρματα LAN

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA/CD

Ο Α αρχίζει να μεταδίδει
τη στιγμή $t=0$



Ο Β αρχίζει
τη στιγμή
 $t = t_{prop} - \delta$.



Ο Β ανιχνεύει
σύγκρουση
την $t = t_{prop}$

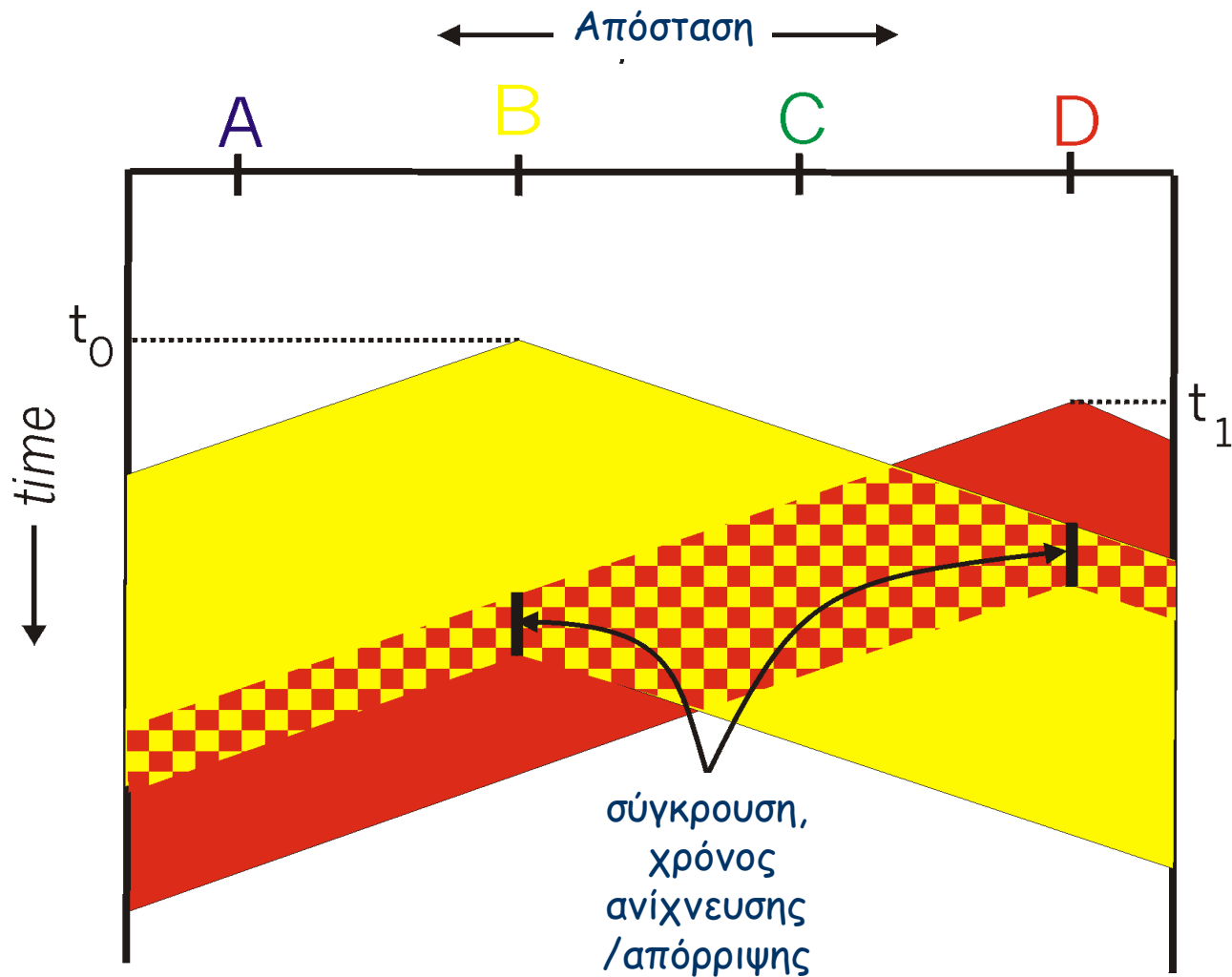
Ο Α
ανιχνεύει
σύγκρουση
την
 $t = 2 t_{prop} - \delta$

Χρειάζεται χρόνος $2 t_{prop}$ για να διαπιστωθεί
ότι ο δίαυλος έχει καταληφθεί

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



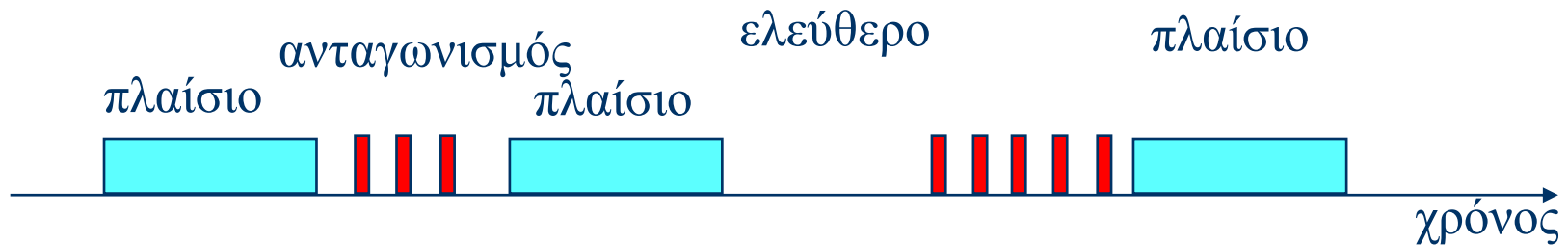
CSMA/CD ανίχνευση σύγκρουσης



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA/CD



- Η ανάλυση για την απόδοση σε 1-persistent CSMA/CD μπορεί να γίνει αν θεωρήσουμε ότι ο χρόνος διαιρείται σε μικροσχισμές διάρκειας $2t_{prop}$
- Υποθέτουμε ότι η σταθμοί ανταγωνίζονται για τον δίαυλο και κάθε σταθμός μεταδίδει κατά τη διάρκεια μιας μικροσχισμής ανταγωνισμού με πιθανότητα p .

$$P_{success} = np(1 - p)^{n-1}$$

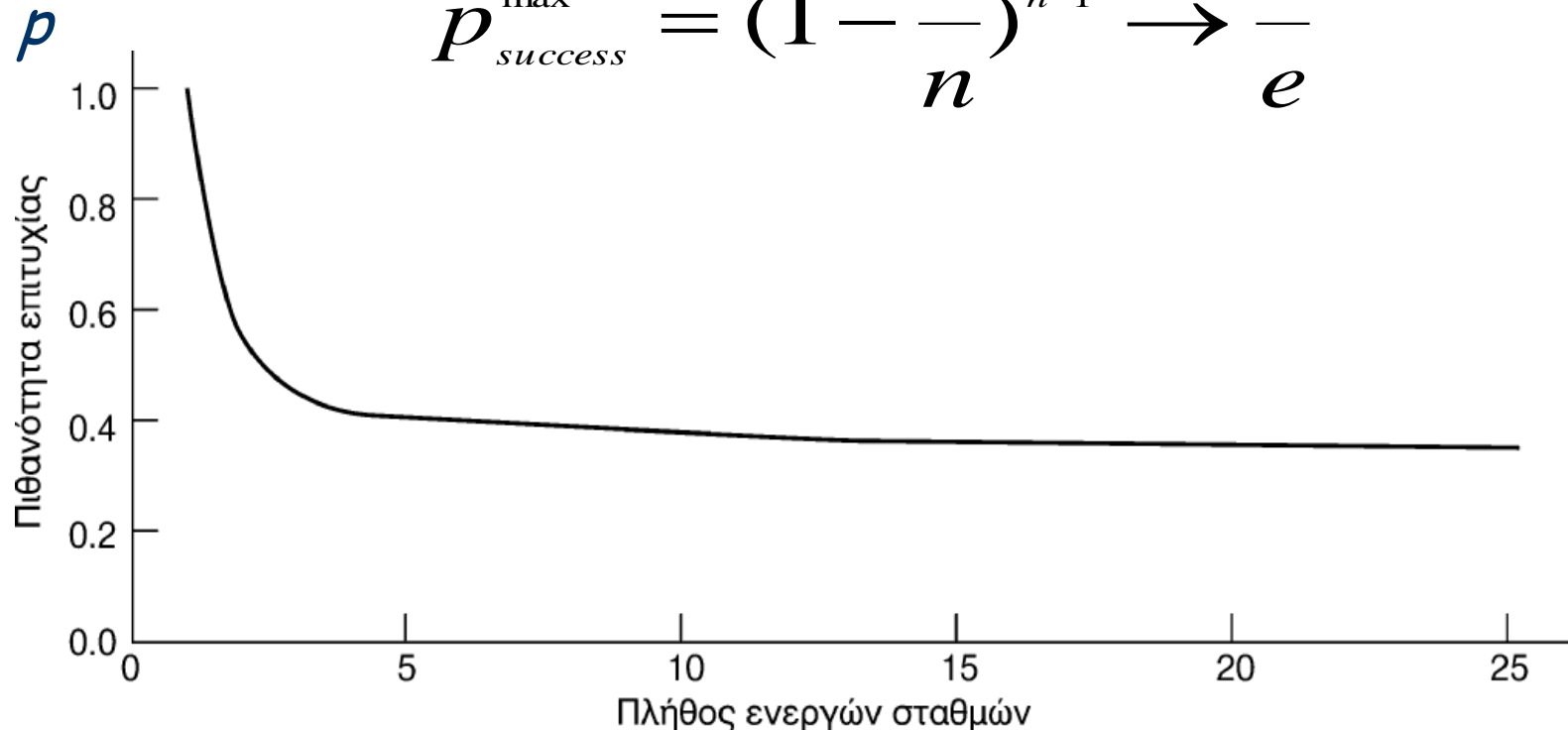
Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA/CD

Η $p_{success}$ μεγιστοποιείται για $p=1/n$:

$$p_{success}^{max} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{n-1} \rightarrow \frac{1}{e}$$



Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



CSMA/CD

$$E[N] = p_{success}^{\max} \times 1 + (1 - p_{success}^{\max})(1 + E[N])$$



$$E[N] = e$$

$$\eta_{CSMA/CD}^{\max} = \frac{X}{X + t_{prop} + 2et_{prop}} = \frac{1}{1 + (2e + 1)\alpha} \quad \alpha = \frac{t_{prop}}{X}$$

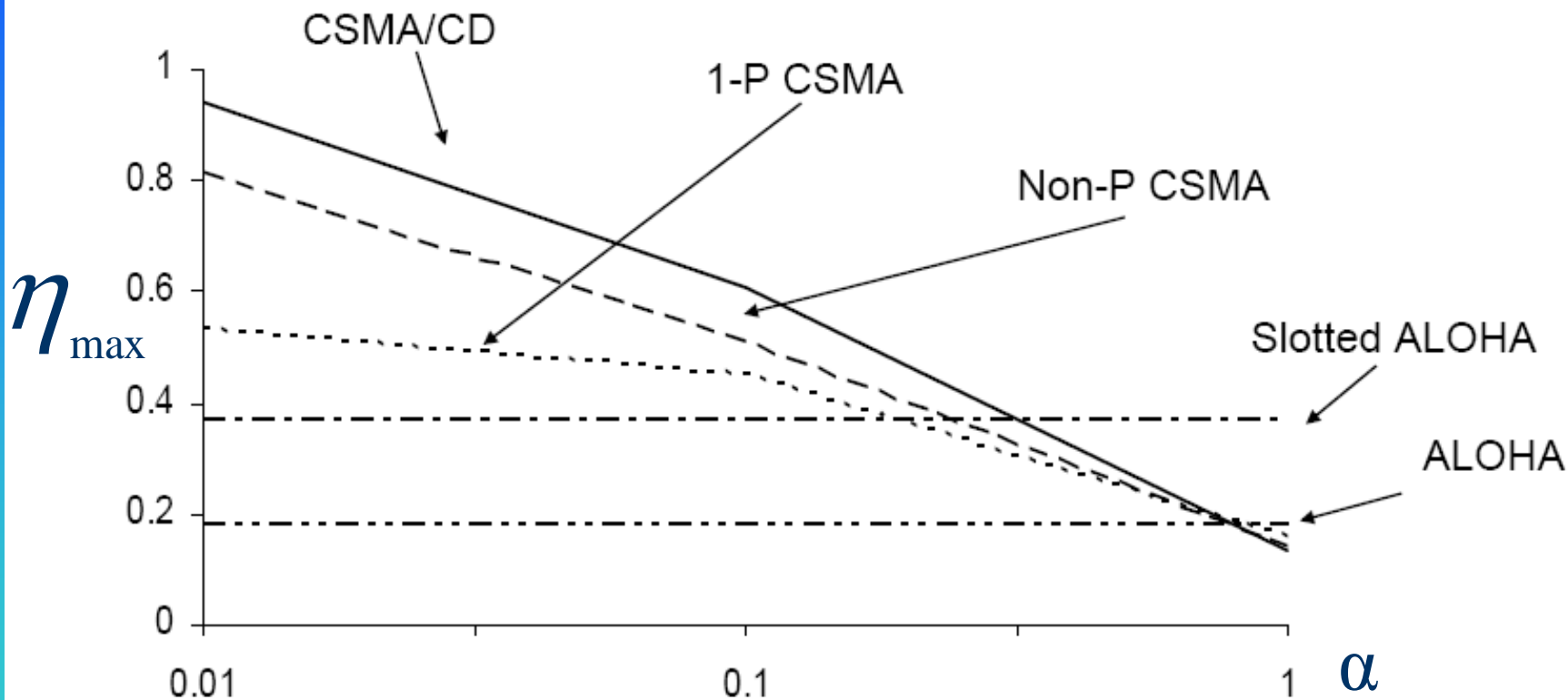
Προσομοιώσεις έχουν δείξει ότι ο χρόνος που χάνεται προσεγγίζει $5t_{prop}$, οπότε:

$$\eta_{CSMA/CD} \approx \frac{1}{1 + 5\alpha}$$

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



Μέγιστες αποδόσεις για τα σχήματα τυχαίας πρόσβασης



Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Δακτύλιος με σκυτάλη

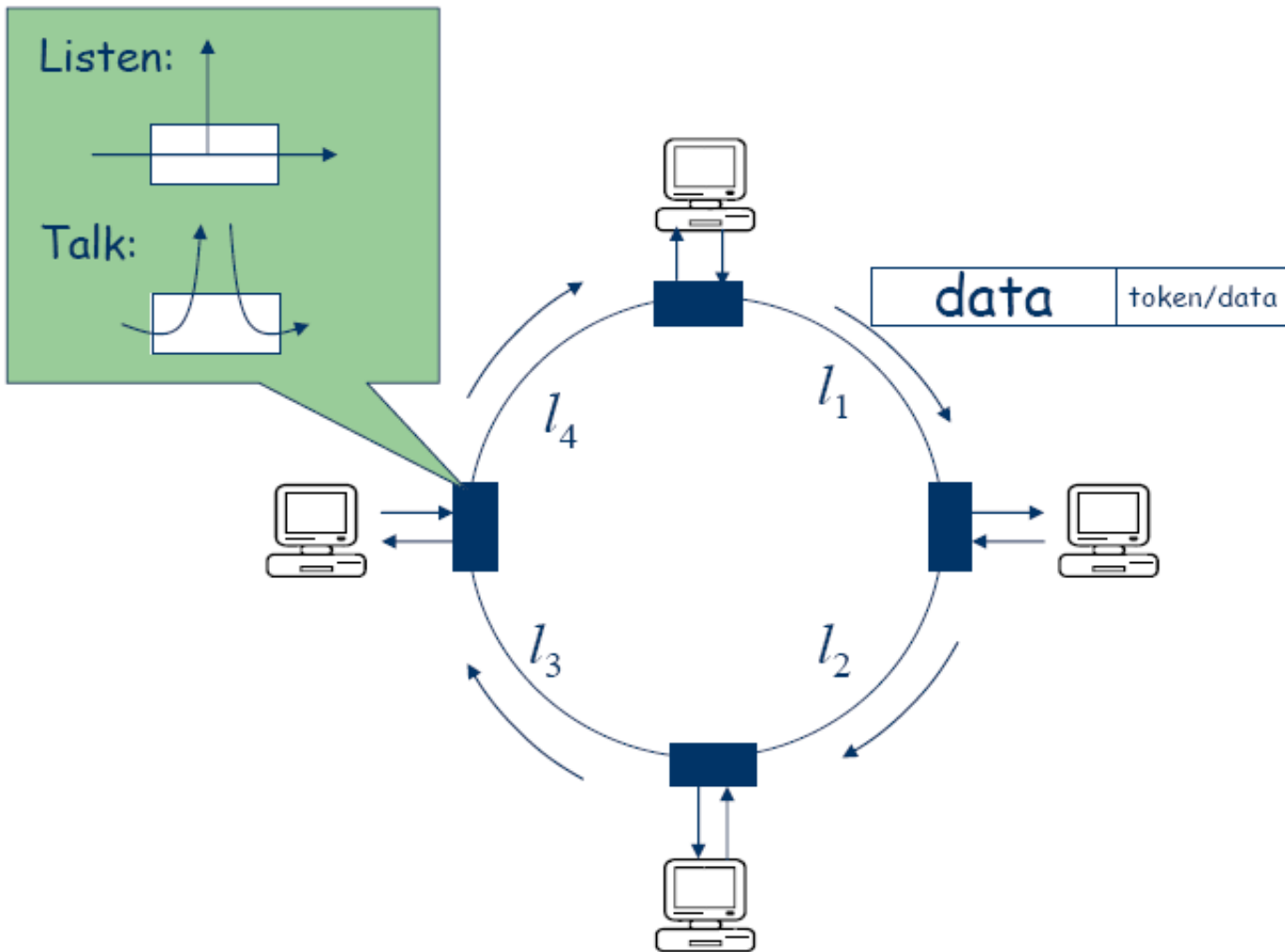
➤ Πρωτόκολλο MAC

- Μικρό πλαίσιο (σκυτάλη) κυκλοφορεί όταν δεν μεταδίδει κανείς.
- Ο σταθμός περιμένει τη σκυτάλη.
- Αλλάζει ένα bit στη σκυτάλη για να την καταλάβει.
- Προσαρτά τα υπόλοιπα δεδομένα του.
- Το πλαίσιο κάνει τον κύκλο και αποσύρεται από τον σταθμό που το μετέδωσε.
- Στη συνέχεια ο σταθμός εισάγει νέα σκυτάλη.
- Με μικρό φορτίο, μικρή απόδοση.
- Με βαρύ φορτίο, κυκλική ανάθεση.

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Δακτύλιος με σκυτάλη



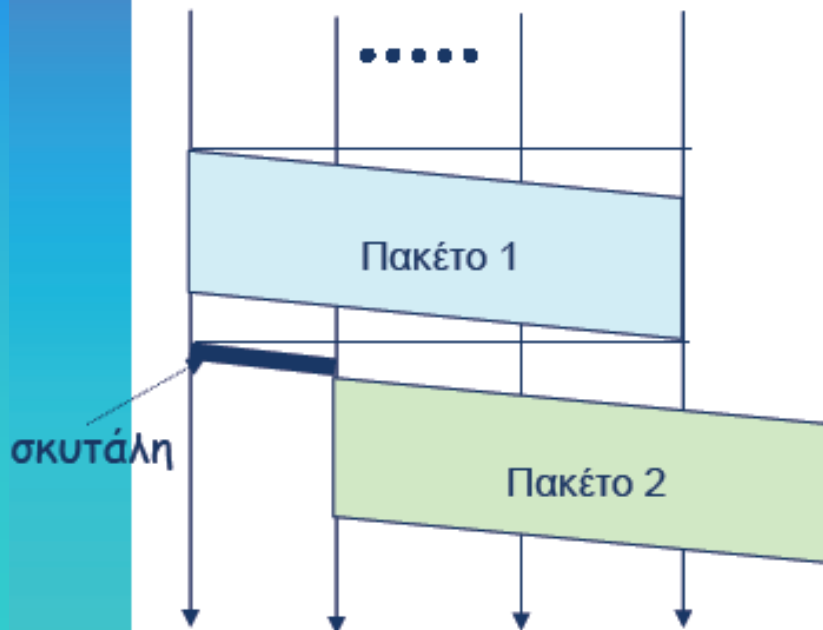
Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Δακτύλιος με σκυτάλη

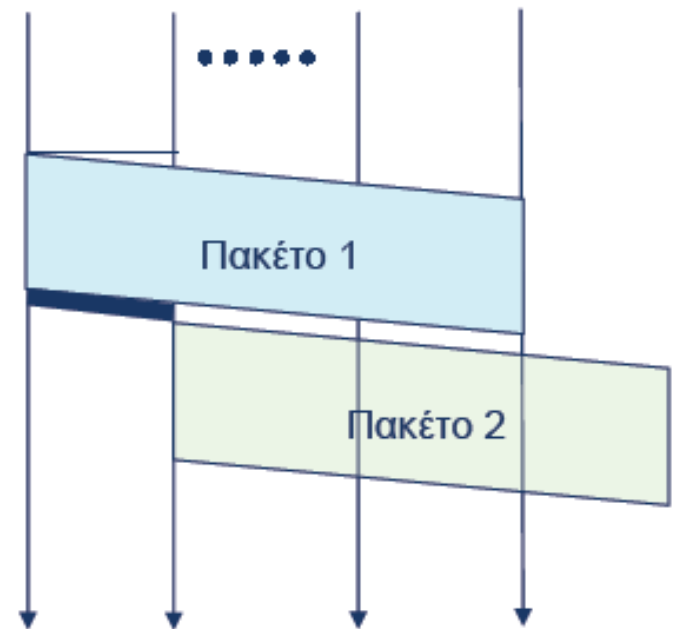
- Release After Reception (RAR)
 - Παράδειγμα: IEEE 802.5 Token Rings (4Mbps)

σταθμός₁ σταθμός₂ σταθμός_N σταθμός₁



- Release After Transmissions (RAT)
 - Παράδειγμα: Fiber Distributed Data Interface (FDDI) (100Mbps)

σταθμός₁ σταθμός₂ σταθμός_N σταθμός₁

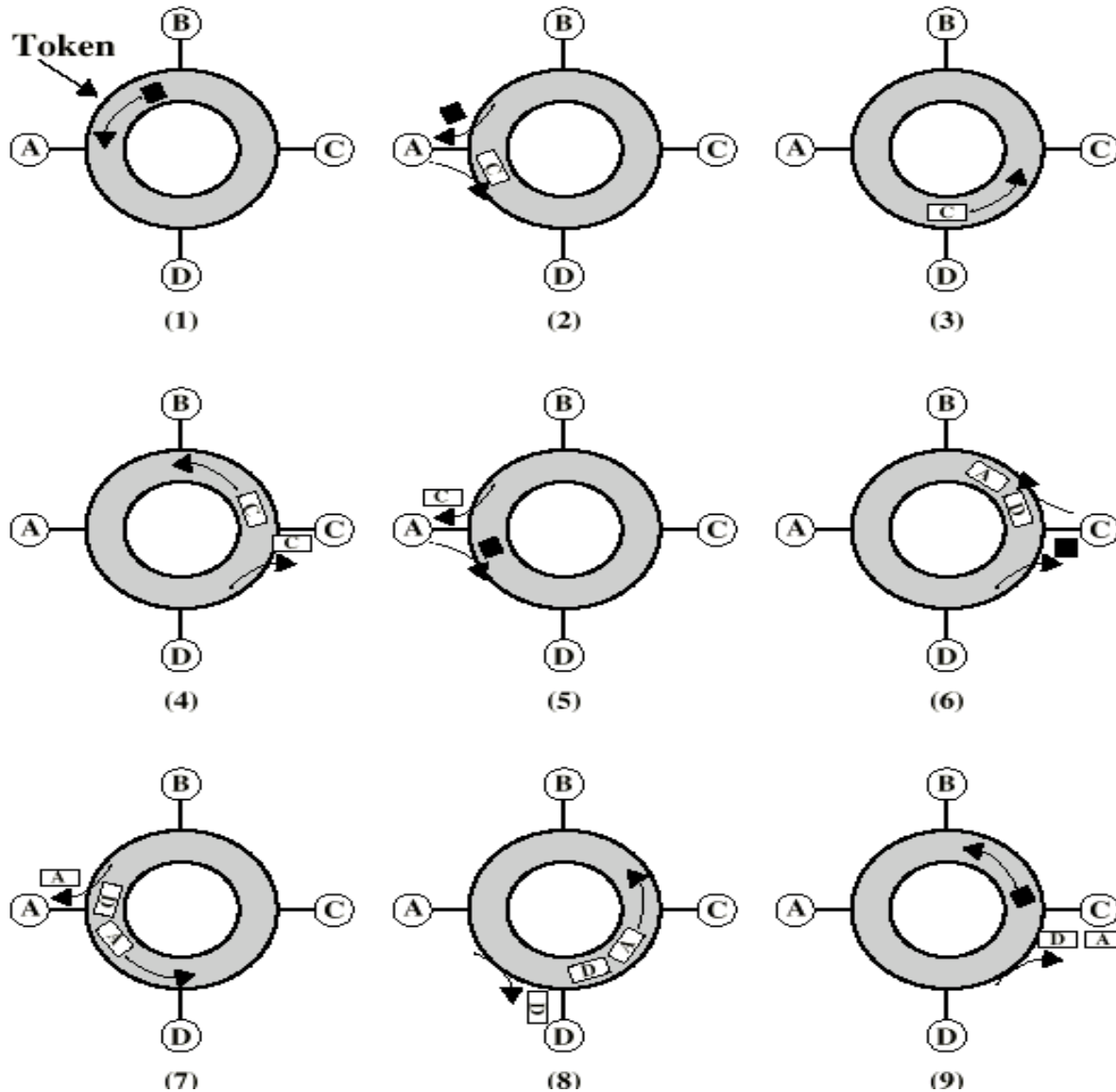


Δίκτυα επικοινωνιών

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



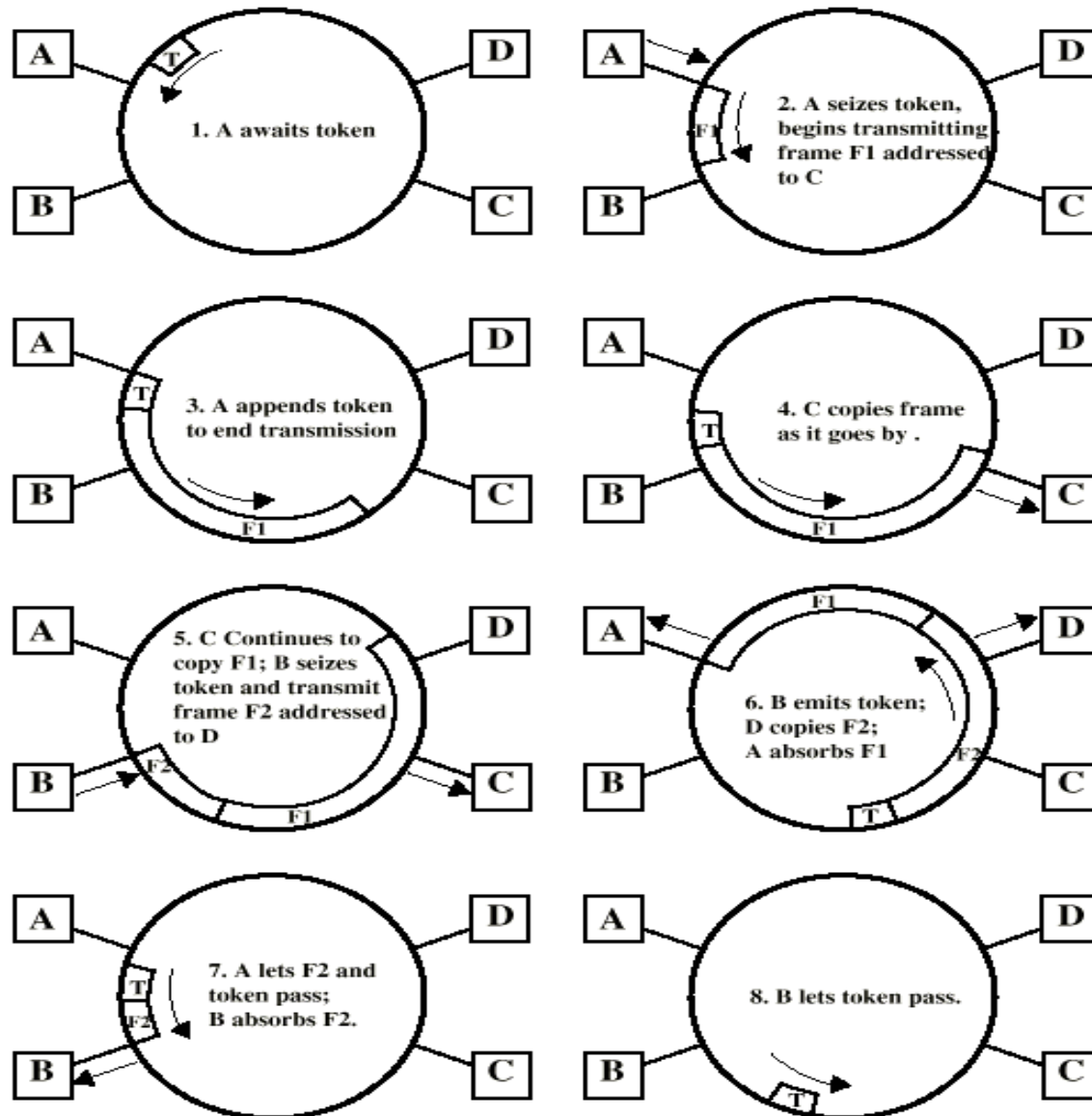
RAR



Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



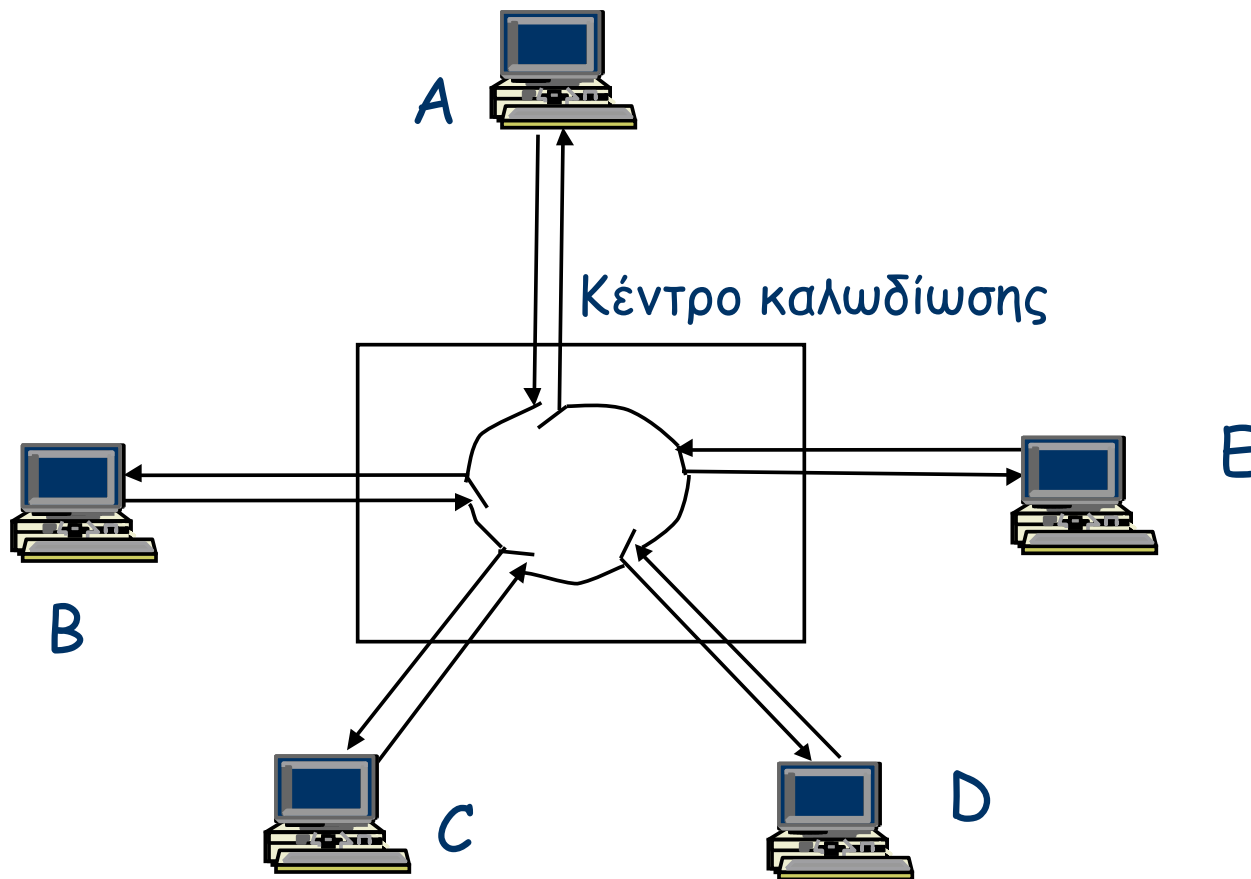
RAT



Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Δακτύλιος με σκυτάλη



Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



IEEE 802.5: φυσικό στρώμα

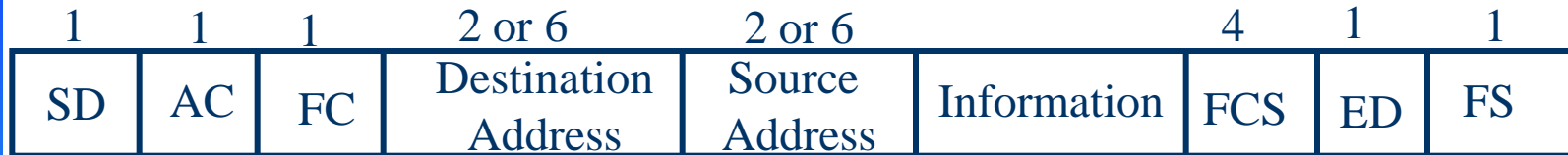
• Data Rate	4	16	100
• Medium	UTP	STP	Fiber
• Signaling	Differential Manchester		
• Max Frame	4550	18200	18200

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



IEEE 802.5 Μορφή πλαισίου

ΣΚΥΤΆΛΗ



Starting delimiter



J, K non-data symbols (line code)

Access control



PPP Priority, T Token bit
M Monitor bit, RRR Reservation

Frame control



FF : frame type (MAC ή LLC)
ZZZZZZ control bit

Ending delimiter



I intermediate-frame bit
E error-detection bit

Frame status

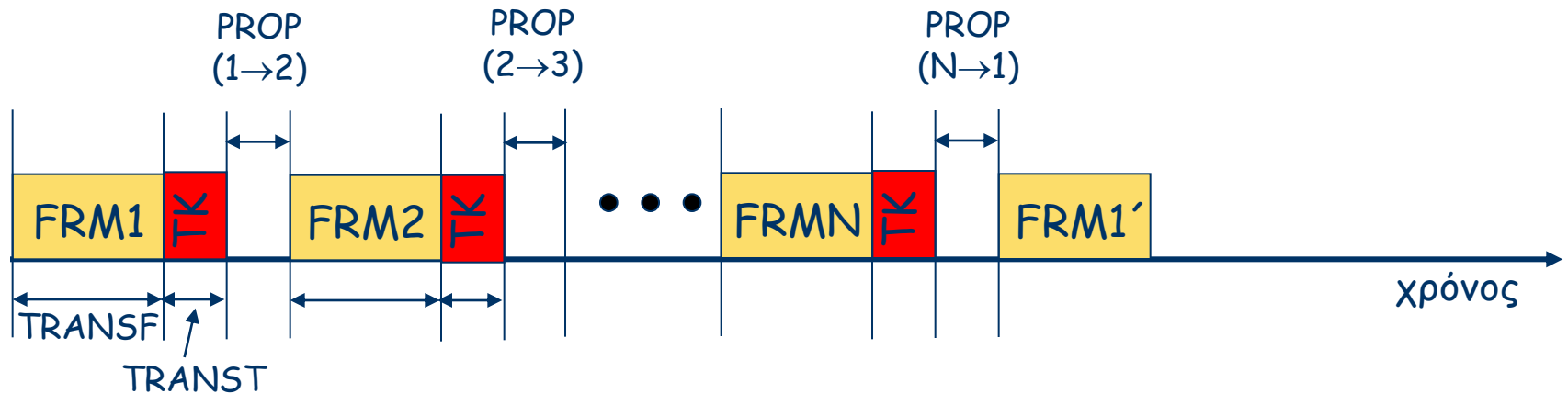


A address-recognized bit
xx undefined
C frame-copied bit

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Απόδοση πρωτοκόλλου RAT



$$T_{ολ} = N \times (TRANSF + TRANST) + PROP + N$$
$$\approx N \times TRANSF + PROP$$

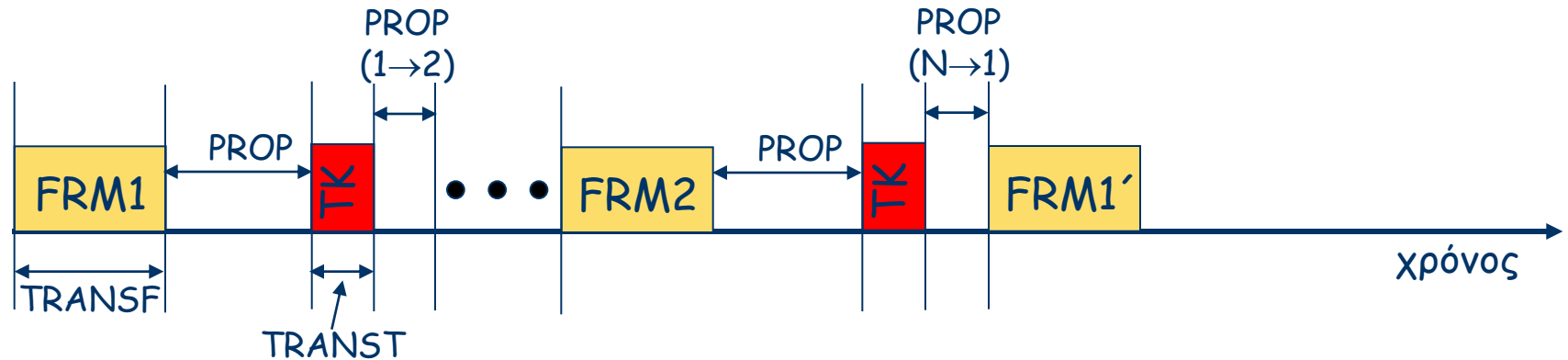
$$\eta_{RAT} = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{N}}$$

$$\text{με } \alpha = \frac{PROP}{TRANSF}$$

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Απόδοση πρωτοκόλλου RAR



$$T_{ολ} = N \times (TRANSF + TRANST + PROP) + PROP + N$$
$$\approx N \times (TRANSF + PROP)$$

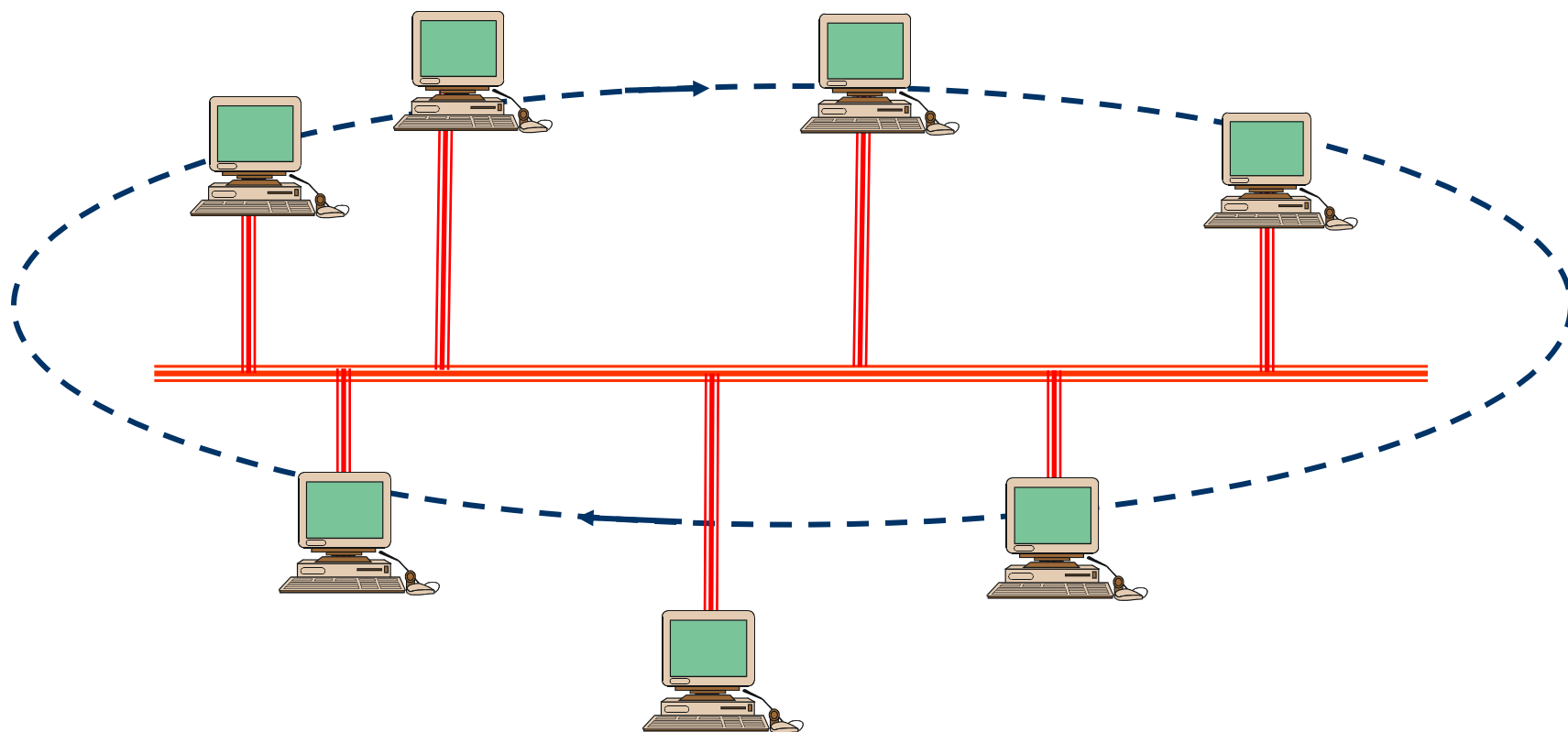
$$\eta_{RAR} = \frac{1}{1 + \alpha}$$

$$\text{με } \alpha = \frac{PROP}{TRANSF}$$

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



Αρτηρία με σκυτάλη

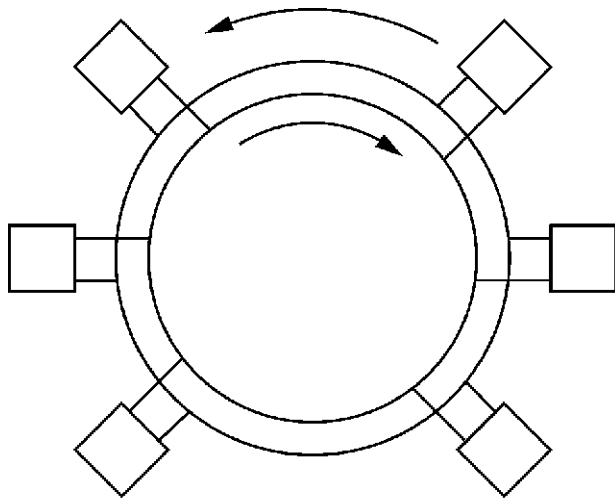


Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς

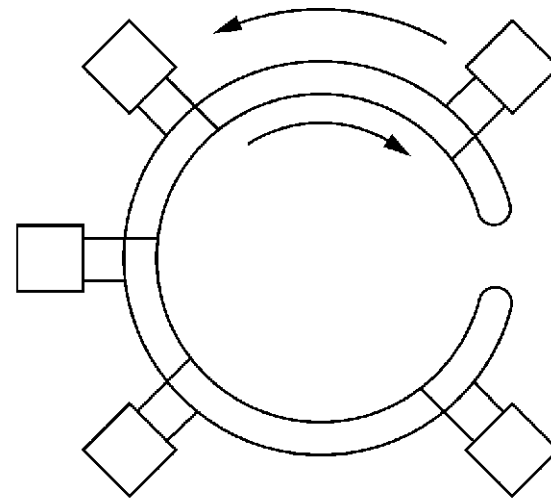


FDDI

- 100Mbps
- LAN και MAN
- Δακτύλιος με σκυτάλη



(α)



(β)

Πρωτόκολλα εκχώρησης σειράς



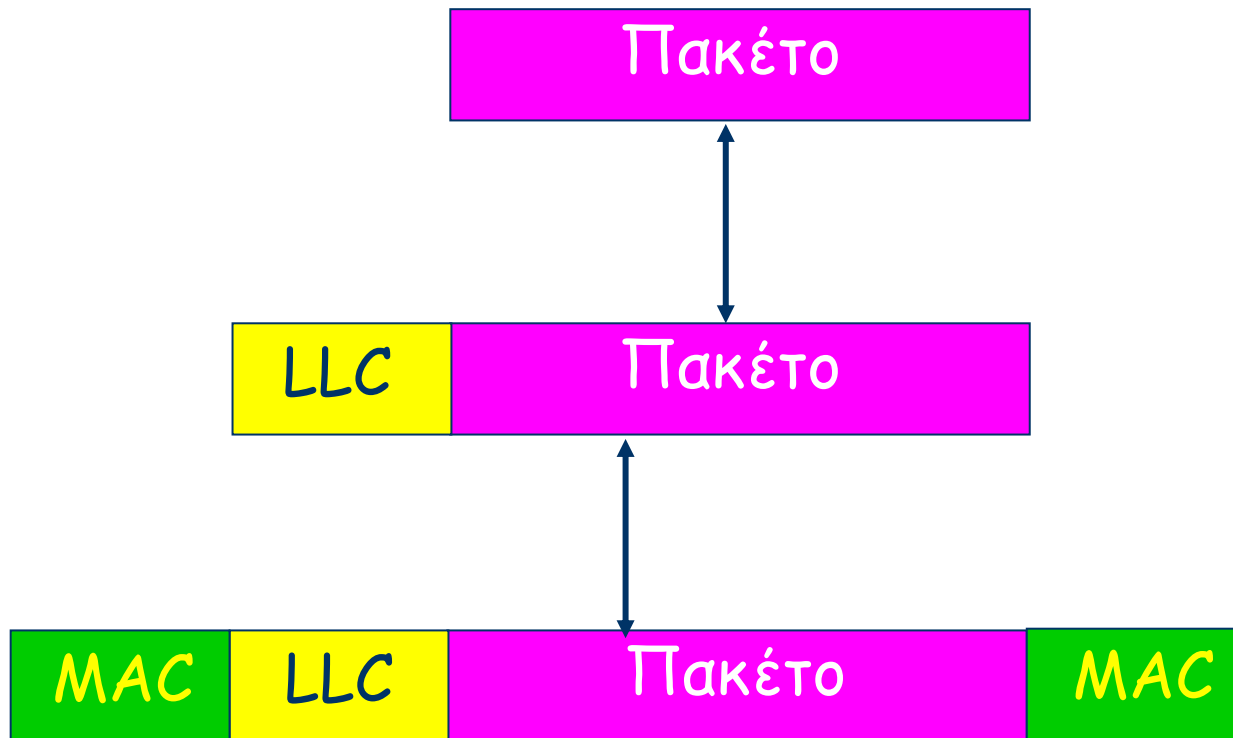
FDDI: πρωτόκολλο MAC

- Όπως και στο IEEE 802.5 εκτός:
 - RAT
 - Μετά την κατάληψη της σκυτάλης, ένα ή περισσότερα πλαίσια δεδομένων

Έλεγχος λογικής ζεύξης



Τυπική χρήση του LLC



Έλεγχος λογικής ζεύξης



LLC: Υπηρεσίες

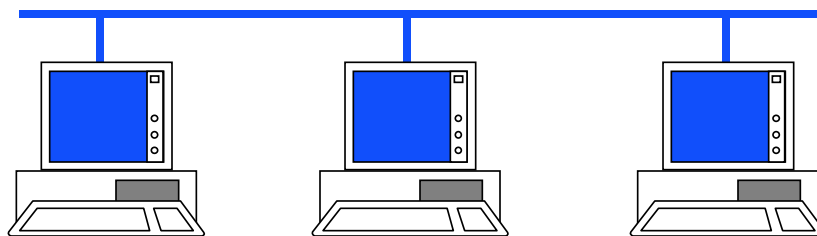
Το LLC παρέχει τρεις επιλογές υπηρεσίας:

- Αναξιόπιστη υπηρεσία δεδομενογραμμάτων
- Υπηρεσία δεδομενογραμμάτων με επαληθεύσεις
- Αξιόπιστη υπηρεσία με σύνδεση

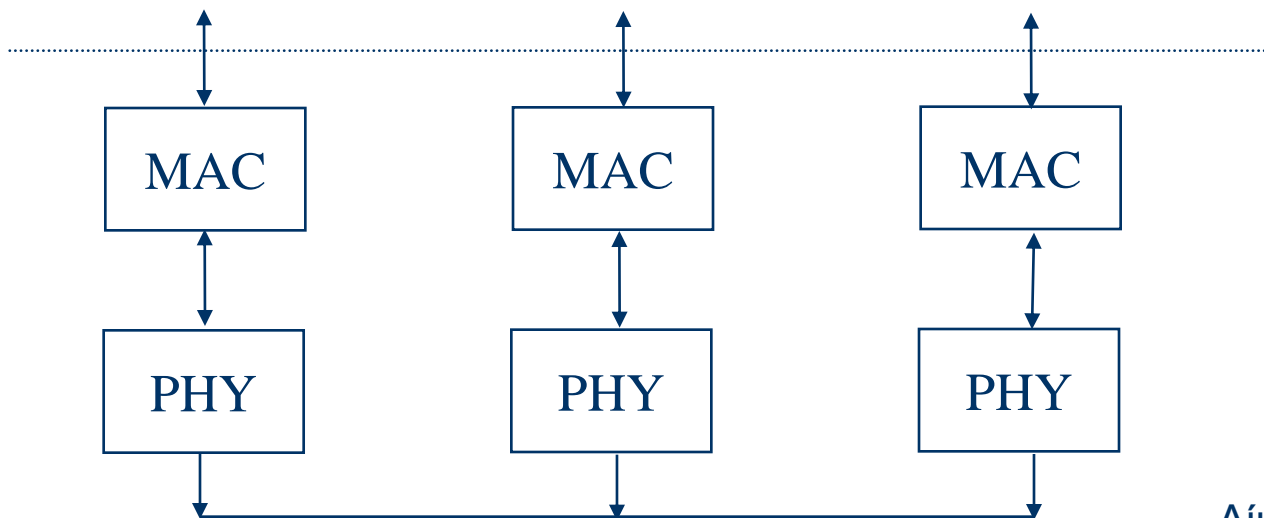
Έλεγχος λογικής ζεύξης



LLC: Υπηρεσίες



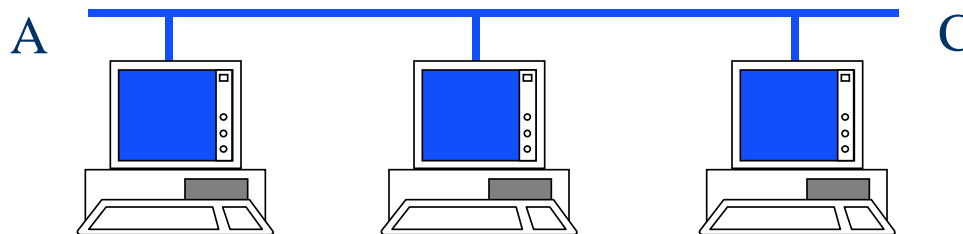
Αναξιόπιστη υπηρεσία δεδονογραμμάτων



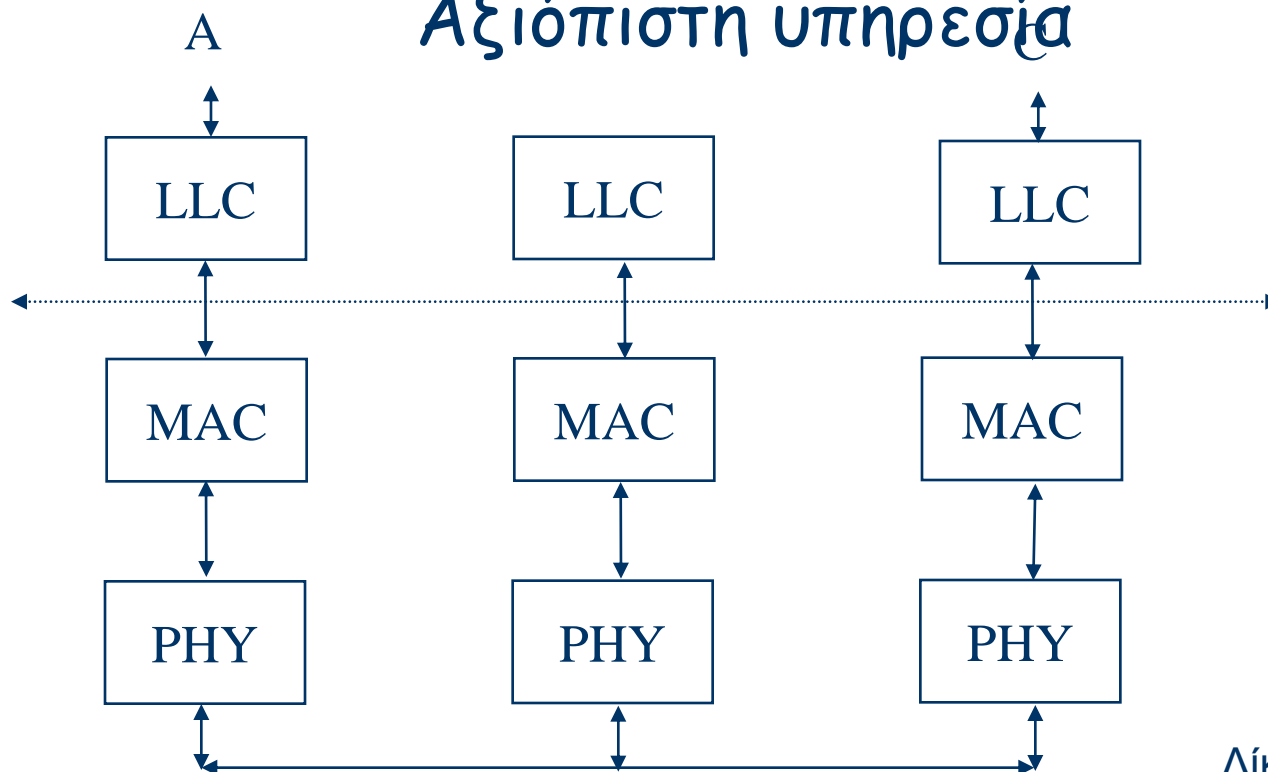
Έλεγχος λογικής ζεύξης



LLC: Υπηρεσίες



Αξιόπιστη υπηρεσία



Έλεγχος λογικής ζεύξης



LLC: Μορφή πλαισίου

