



ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Τοπικά δίκτυα

Περίληψη



- Εισαγωγή
- Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων τοπικών δικτύων
- Πολλαπλή πρόσβαση
- Πρωτόκολλα MAC
 - Τυχαίας πρόσβασης
 - Εκχώρησης σειράς προτεραιότητας
- Πρωτόκολλα ALOHA
- Πρωτόκολλα CSMA και CSMA/CD
- IEEE 802.3 Ethernet
- IEEE 802.4 Αρτηρία με σκυτάλη
- IEEE 802.5 Δακτύλιος με σκυτάλη
- FDDI
- Έλεγχος λογικής ζεύξης (LLC)

Τοπικά δίκτυα



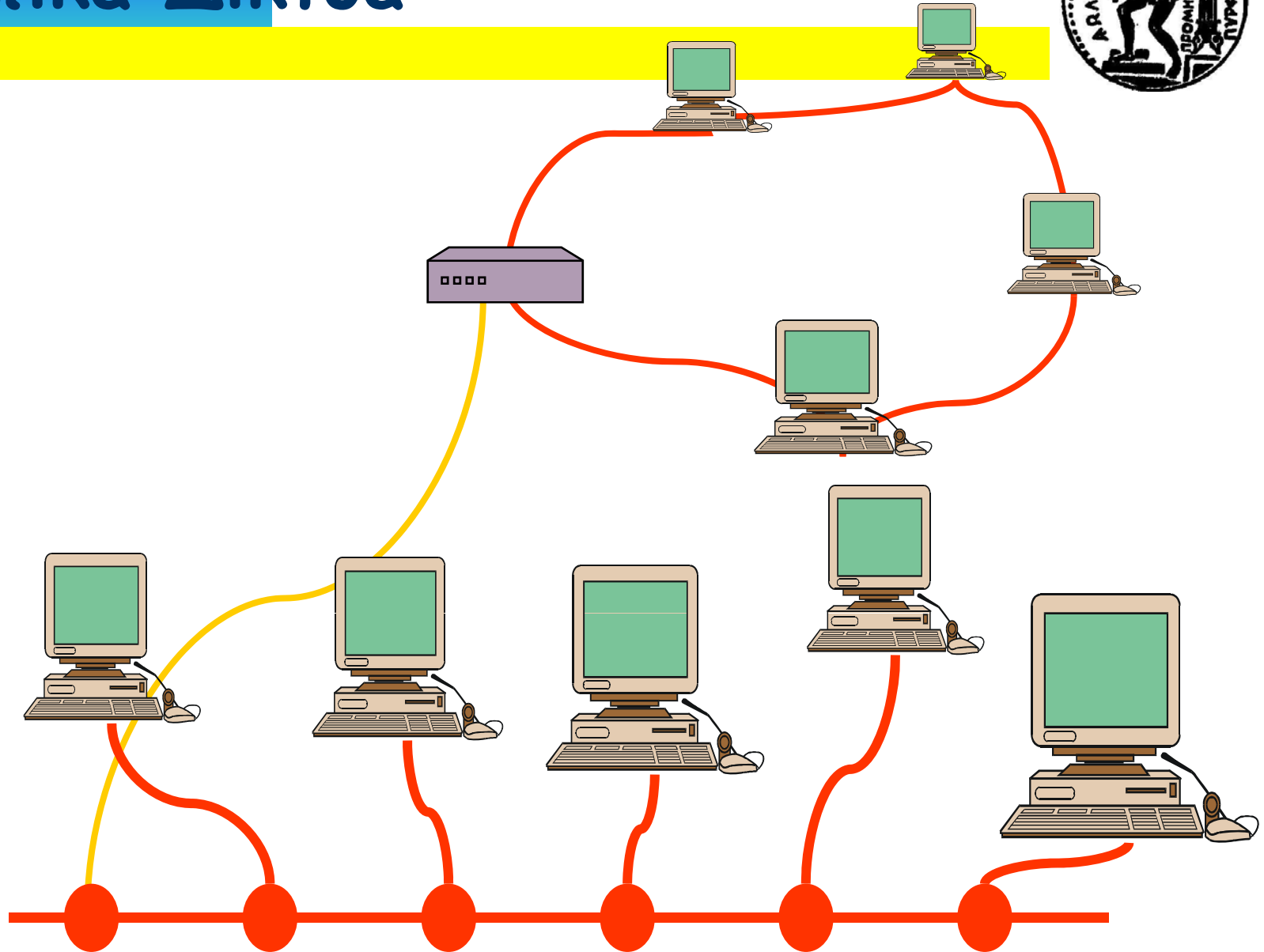
- Δημοφιλής ομάδα δικτύων, επειδή παρέχουν οικονομικές και γρήγορες διασυνδέσεις υπολογιστών
- Είναι δίκτυα **εκπομπής**. Οι συνδεδεμένοι σταθμοί χρησιμοποιούν από κοινού το μέσο μετάδοσης
- Ουσιώδης διαδικασία για τη μετάδοση πακέτων σε ένα τοπικό δίκτυο είναι η ρύθμιση πρόσβασης στο κοινό μέσο
- Η οργάνωση πρωτοκόλλων στα τοπικά δίκτυα διαφέρει από τα άλλα δίκτυα

Ιδιότητες των τοπικών δικτύων



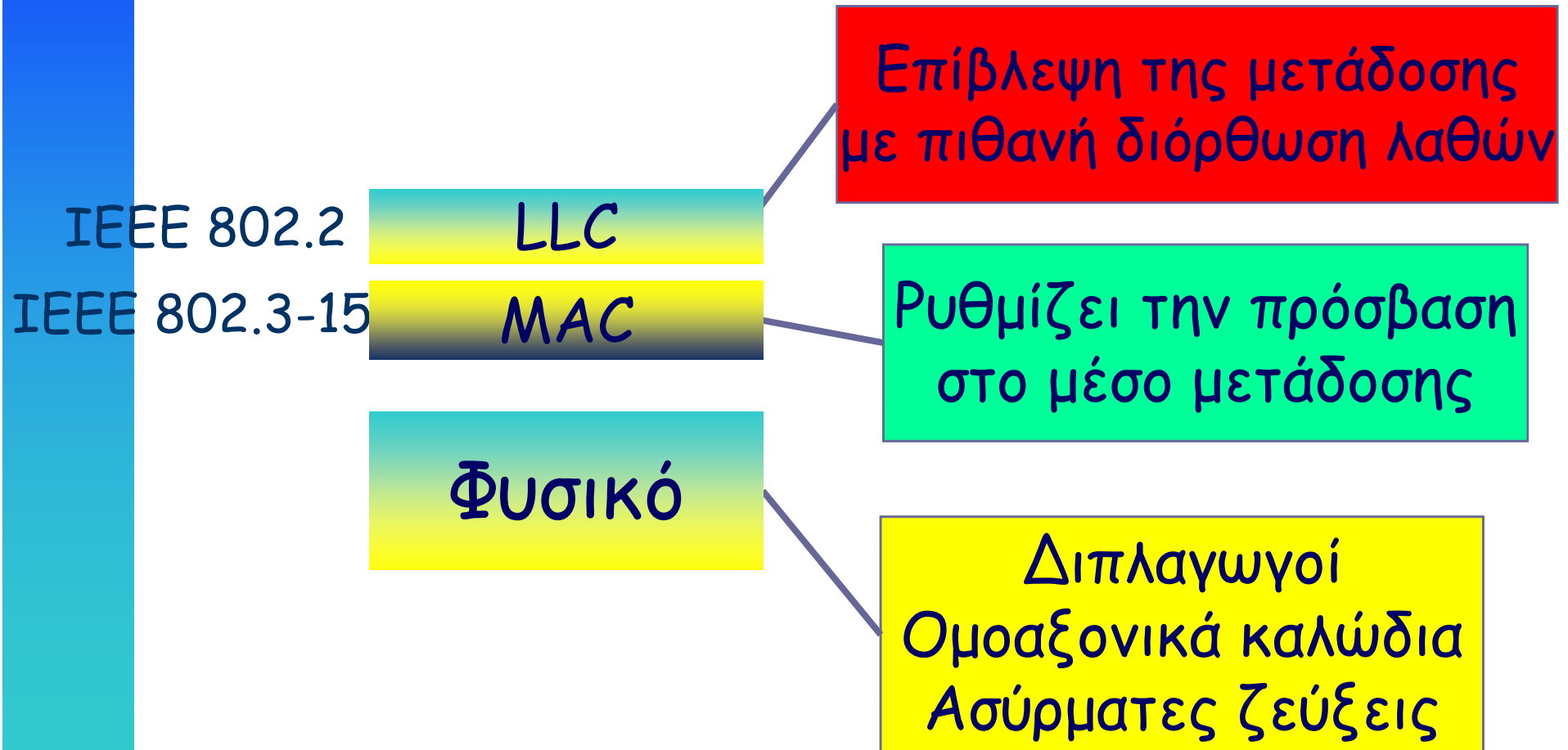
- Ακτίνα λίγων χιλιομέτρων το πολύ.
- Ταχύτητες από μερικά Mb/s ως εκατοντάδες Mb/s.
- Ειδικές καλωδιώσεις.
- Κοινή πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης και ειδικά πρωτόκολλα για να αποφεύγονται οι συγκρούσεις.

Τοπικά Δίκτυα



Δίκτυα Επικοινωνιών

Αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων των τοπικών δικτύων



Κριτήρια επίδοσης ΜΑC



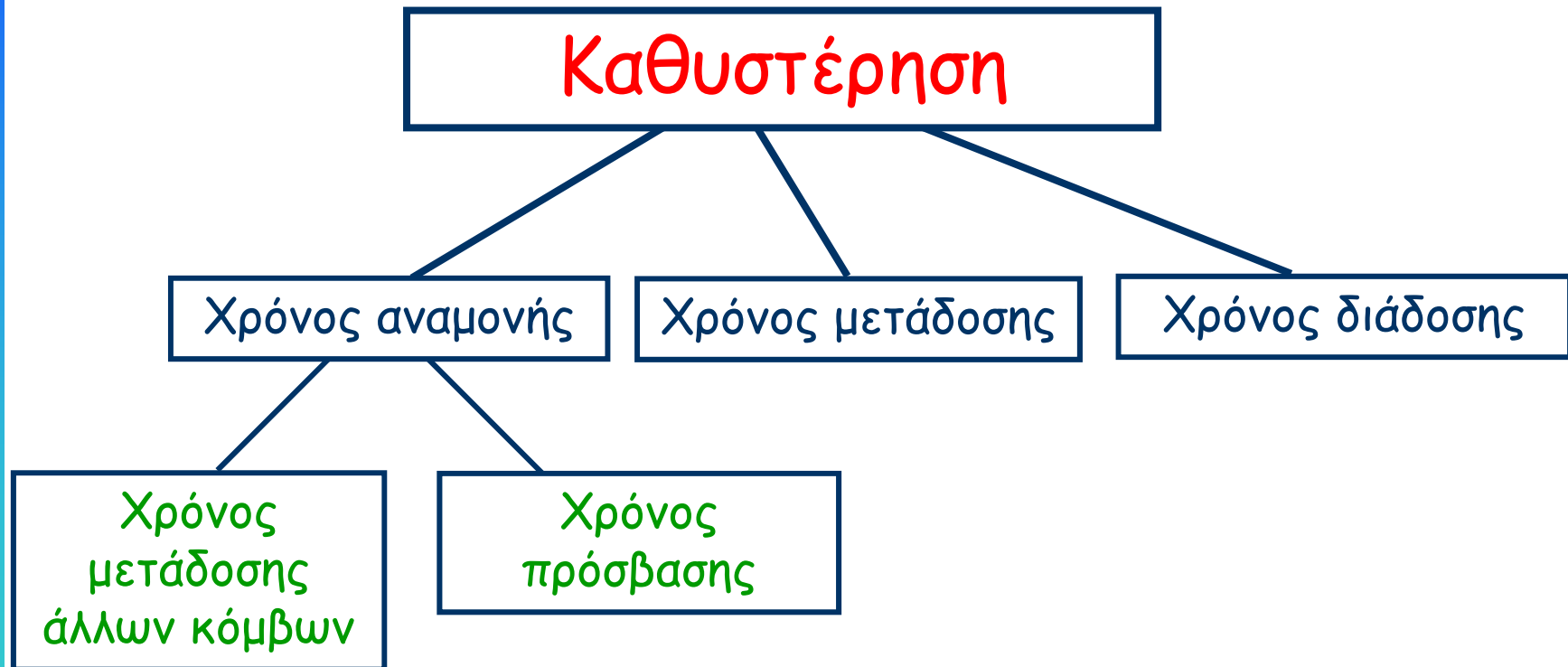
- Διέλευση

- **Διέλευση** πρωτοκόλλου ΜΑC είναι η μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης στο LAN, όταν είναι πολύ φορτωμένο
- **Διέλευση** = απόδοση × ταχύτητα μετάδοσης στο φυσικό μέσο
- **Απόδοση** πρωτοκόλλου ΜΑC 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

Κριτήρια επίδοσης MAC



- Καθυστέρηση



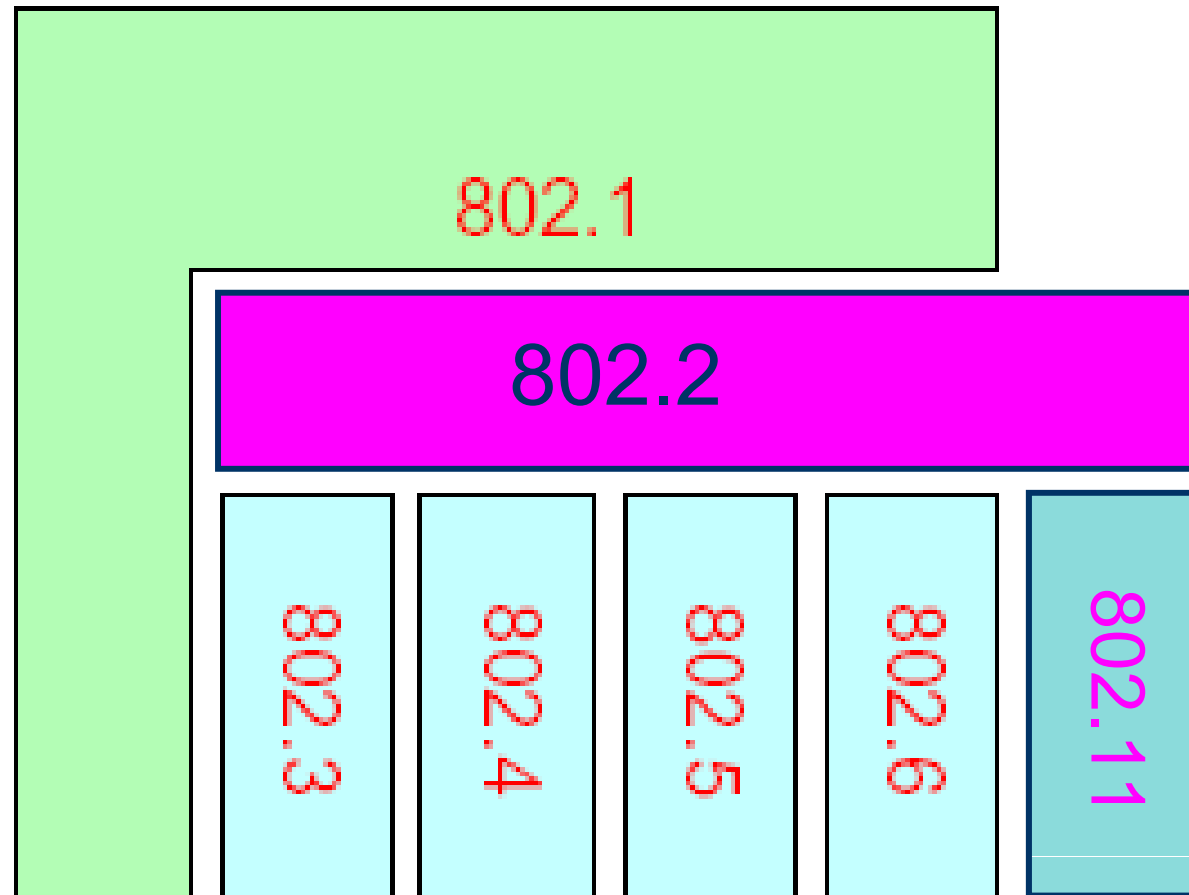
Πρότυπα



- Σειρά προτύπων: IEEE 802 (ISO 8802)
 - Διαφορετικό φυσικό στρώμα
 - Διαφορετικό MAC
 - Συμβατότητα στο LLC
- 802.1 Εισαγωγή
- 802.2 LLC
- 802.3 CSMA/CD
- 802.4 Αρτηρία με σκυτάλη (Token bus)
- 802.5 Δακτύλιος με σκυτάλη (Token ring)
- 802.6 Distributed Queue Dual Bus (DQDB)
- 802.11 WLAN



IEEE 802 standard



Πολλαπλή πρόσβαση



Το πρόβλημα της πολλαπλής πρόσβασης



- Θεωρήστε τηλεφωνική διάσκεψη όπου
 - όταν ένας μιλάει, 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 *sec*
 - να ελαχιστοποιείται ο χρόνος αναμονής για να μπορεί κάποιος να μιλήσει

Μερικές απλές λύσεις



- Χρήση συντονιστή (κεντρική λύση)
 - ο κάθε ομιλητής θα πρέπει να περιμένει να τον καλέσει ο συντονιστής, ακόμη και αν δεν περιμένει κανείς άλλος να μιλήσει
 - τι γίνεται όταν κοπεί η σύνδεση του συντονιστή;
- 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

Το πρόβλημα της πολλαπλής πρόσβασης στα τοπικά δίκτυα



- *Κοινό μέσο μετάδοσης*
 - τα μηνύματα από οιονδήποτε κόμβο λαμβάνονται από όλους τους άλλους κόμβους
- Μόνο ένας κόμβος 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 χρηστών



- **Κεντρικό ή κατανεμημένο σχήμα**
 - υπάρχει συντονιστής
 - ένας από τους σταθμούς είναι ο **ελέγχων** (*master*) και οι άλλοι είναι **ελεγχόμενοι** (*slaves*)
 - κατεύθυνση master->slave = κάθοδος
 - κατεύθυνση slave->master = άνοδος
- **Κατανεμημένο σχήμα**
 - όλοι οι σταθμοί είναι **ομότιμοι**

Μέτρα επίδοσης



- Κανονικοποιημένη διέλευση
- Μέση καθυστέρηση
- Ευστάθεια
- Δικαιοσύνη

Κατανεμημένα σχήματα



- Συγκρινόμενα με τα κεντρικά σχήματα
 - 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 ΜΑC: ταξινόμηση



- **Επιμεριζόμενου μέσου**

- το μέσο διαιρείται σε μικρότερα "μέρη" (χρονοσχισμές, συχνότητες)
- εκχωρείται ένα μέρος σε κάθε κόμβο για αποκλειστική χρήση
- μοιράζουν αποτελεσματικά τον δίαυλο σε υψηλό φορτίο
- μη αποτελεσματικά σε χαμηλό φορτίο: καθυστέρηση στην πρόσβαση, εκχωρείται το $1/N$ του εύρους ζώνης ακόμη και αν δεν είναι ένας κόμβος ενεργός

Πρωτόκολλα ΜΑC: ταξινόμηση



- **Τυχαίας πρόσβασης**
 - Επιτρέπουν συγκρούσεις
 - Υπάρχει τρόπος επίλυσης των συγκρούσεων
 - υψηλό φορτίο: πλεονασμός λόγω συγκρούσεων
 - καλή απόδοση σε χαμηλό φορτίο: ένας κόμβος μπορεί να χρησιμοποιεί πλήρως τον δίαυλο
- **Εκχώρησης σειράς**
 - συντονιζόμενη κοινή πρόσβαση για αποφυγή συγκρούσεων
 - επιδιώκουν τα καλύτερα από τις δύο άλλες κατηγορίες

Πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης



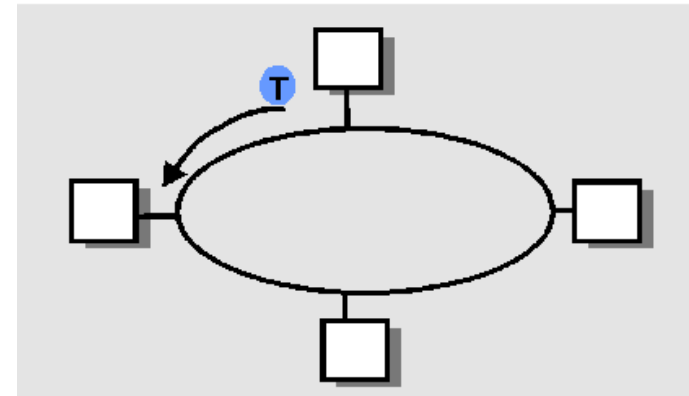
- Όταν ένας κόμβος έχει πακέτο να στείλει
 - μεταδίδει σε πλήρη ρυθμό μετάδοσης R.
 - δεν υπάρχει εκ των προτέρων συντονισμός μεταξύ των κόμβων
- αν μεταδίδουν δύο ή περισσότεροι κόμβοι ταυτόχρονα -> "σύγκρουση",
- **το πρωτόκολλο MAC τυχαίας πρόσβασης** καθορίζει:
 - πώς να ανιχνεύονται οι συγκρούσεις
 - πώς να επιλύονται οι συγκρούσεις (πχ., με καθυστερημένες αναμεταδόσεις)
- Παραδείγματα πρωτοκόλλων MAC τυχαίας πρόσβασης:
 - ALOHA με σχισμές
 - γνήσιο ALOHA
 - CSMA and CSMA/CD

Πρωτόκολλα MAC εκχώρησης σειράς



Διέλευσης σκυτάλης:

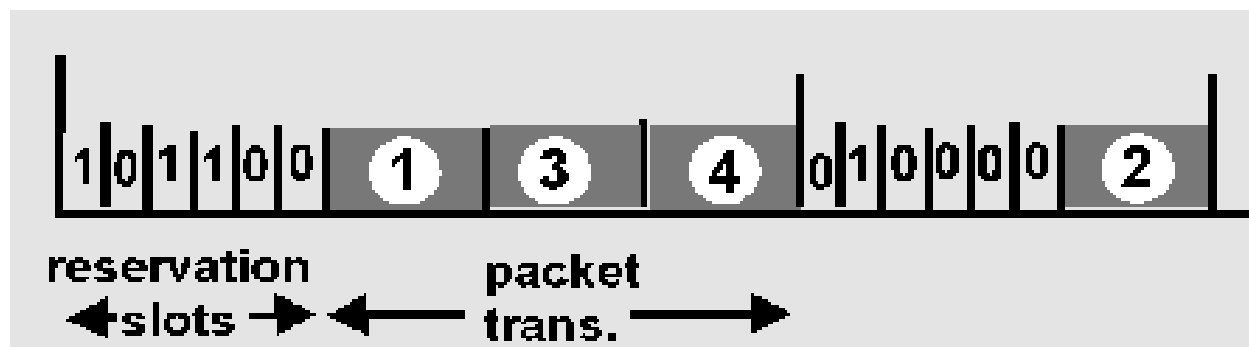
- η σκυτάλη ελέγχου διέρχεται από κάθε κόμβο διαδοχικά.
- μήνυμα σκυτάλης
- μειονεκτήματα:
 - πλεονασμός σκυτάλης
 - καθυστέρηση
 - αποτυχία κεντρικού σημείου (σκυτάλη)



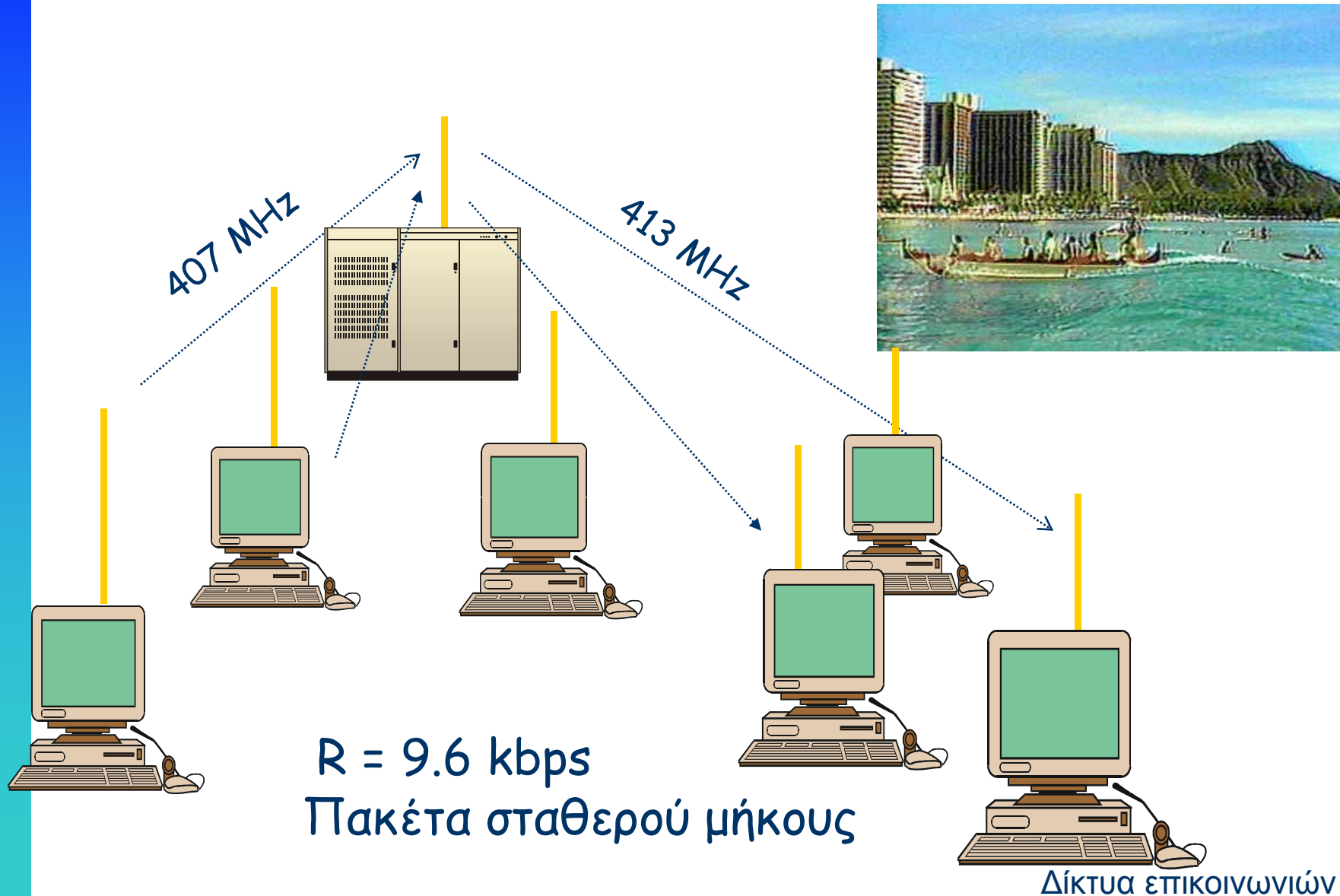
Πρωτόκολλα βασιζόμενα σε κρατήσεις



- ο χρόνος διαιρείται σε χρονοσχισμές
- αρχίζουμε με N σύντομες **χρονοσχισμές κράτησης**
 - η διάρκεια της χρονοσχισμής κράτησης ισούται με το χρόνο διάδοσης απ' άκρη σ' άκρη του διαύλου
 - σταθμός που έχει μήνυμα να στείλει κάνει κράτηση
 - η κράτηση βλέπεται από όλους τους σταθμούς
- μετά τις χρονοσχισμές κράτησης, οι μεταδόσεις των μηνυμάτων γίνονται με τη σειρά κράτησης



Το πρωτόκολλο ALOHA



ALOHA

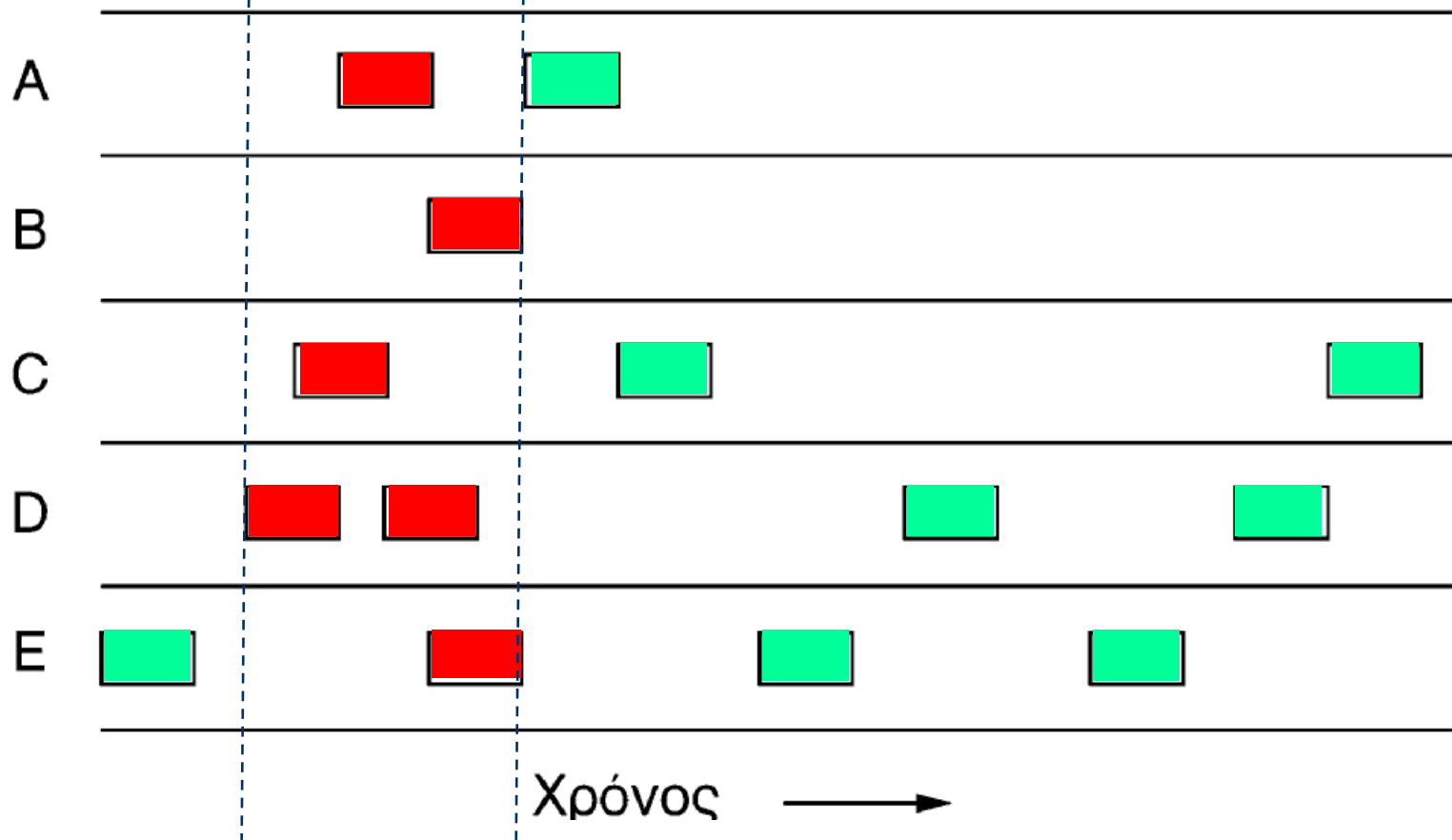


- Σύστημα ασύρματης μετάδοσης πακέτων
- Όταν ένας σταθμός έχει πακέτο, μεταδίδει
- Ο σταθμός ακούει για χρονικό διάστημα ίσο με τον μέγιστο χρόνο μετάβασης και επιστροφής
- Αν έρθει ACK, εντάξει. Αν όχι, επαναμεταδίδει
- Αν δεν σταλεί ACK μετά από πολλές επαναμεταδόσεις, εγκαταλείπει
- Υπάρχει έλεγχος σειράς πακέτων
- Αν το πλαίσιο είναι σωστό και ταιριάζει η διεύθυνσή του με 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

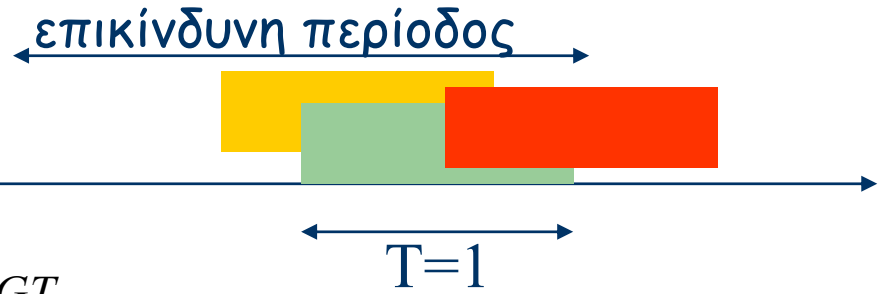
Λειτουργία του ALOHA



Χρήστης



Απόδοση του ΑΛΟΗΑ



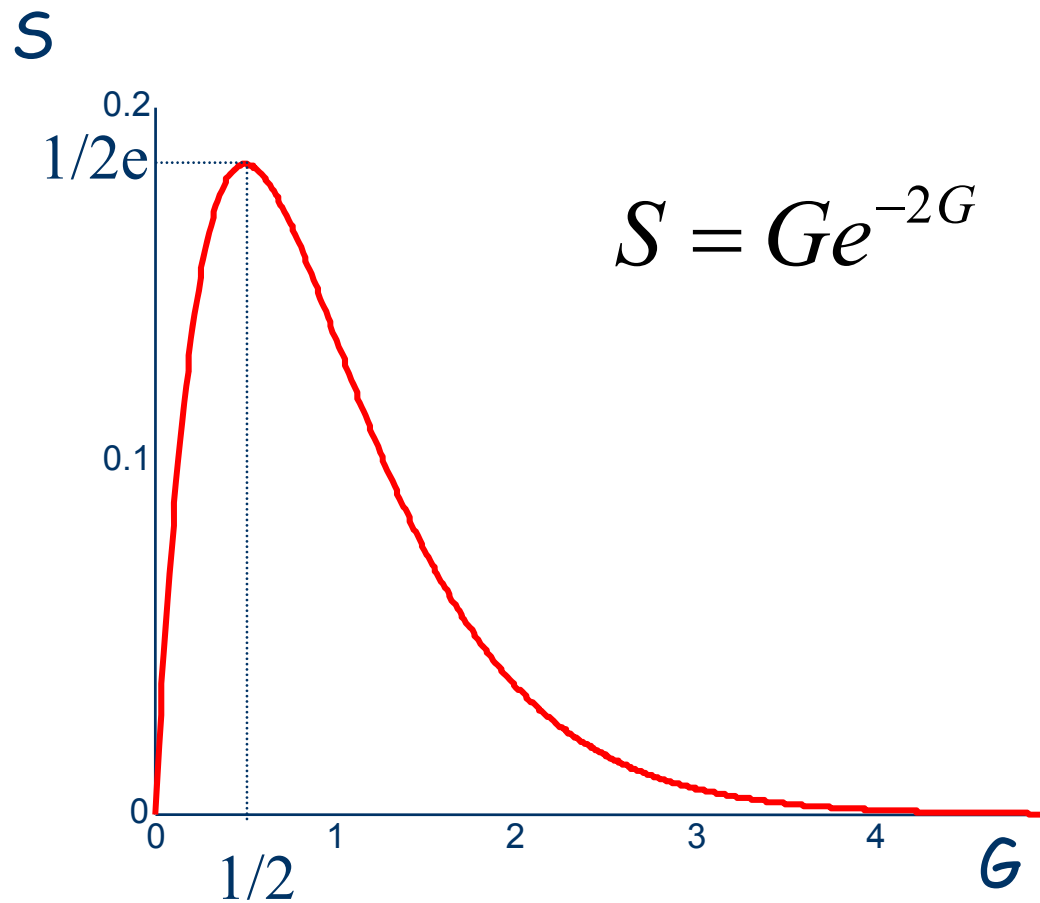
$$S = G \times p$$

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

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

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

Απόδοση του ALOHA



ΑΛΟΗΑ με σχισμές

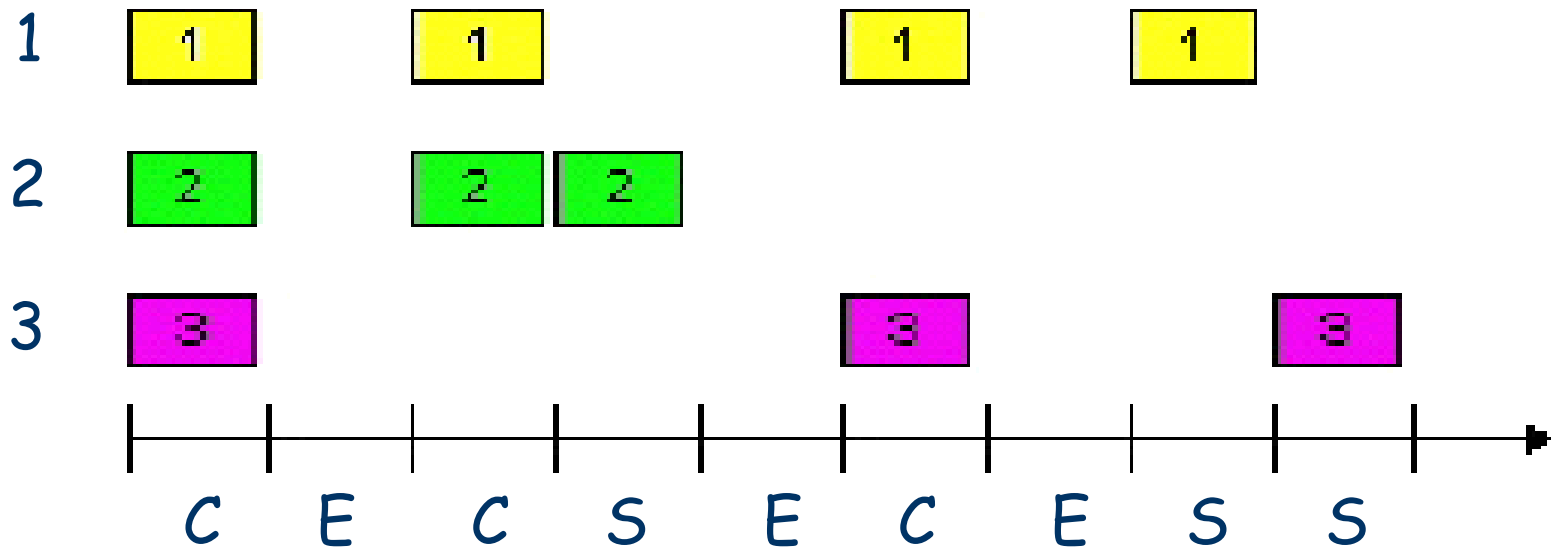


- Ο χρόνος διαιρείται σε όμοιες χρονοσχισμές ίσες με το χρόνο μετάδοσης πλαισίου
- Ανάγκη ύπαρξης κεντρικού ρολογιού (ή άλλου μηχανισμού συγχρονισμού)
- Ο κόμβος που έχει πακέτο να στείλει, το στέλνει στην αρχή της επόμενης χρονοσχισμής
- Αν γίνει σύγκρουση: επαναμεταδίδει το πακέτο με πιθανότητα p ,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

ΑΛΟΗΑ με σχισμές



Κόμβος

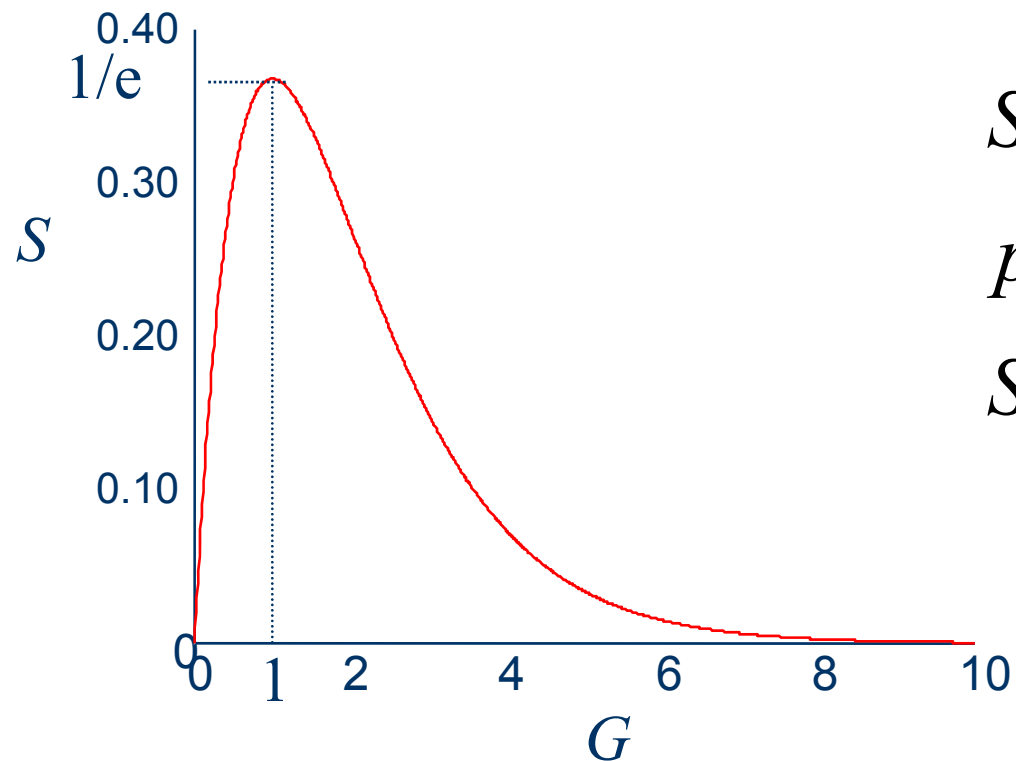
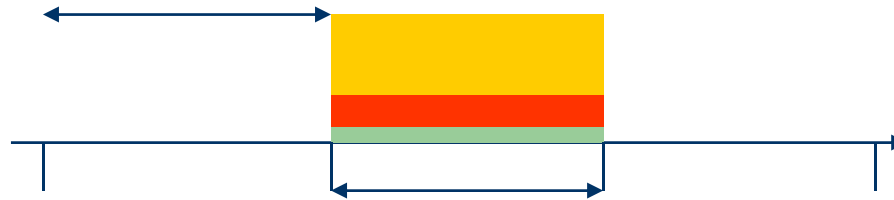


S: Success
C: Collision
E: Empty slot

Slotted ALOHA



επικίνδυνη περίοδος



$$S = G \times p$$

$$p = e^{-G} \quad (T = 1)$$

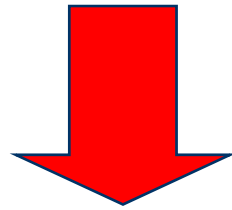
$$S = Ge^{-G}$$

Slotted ALOHA



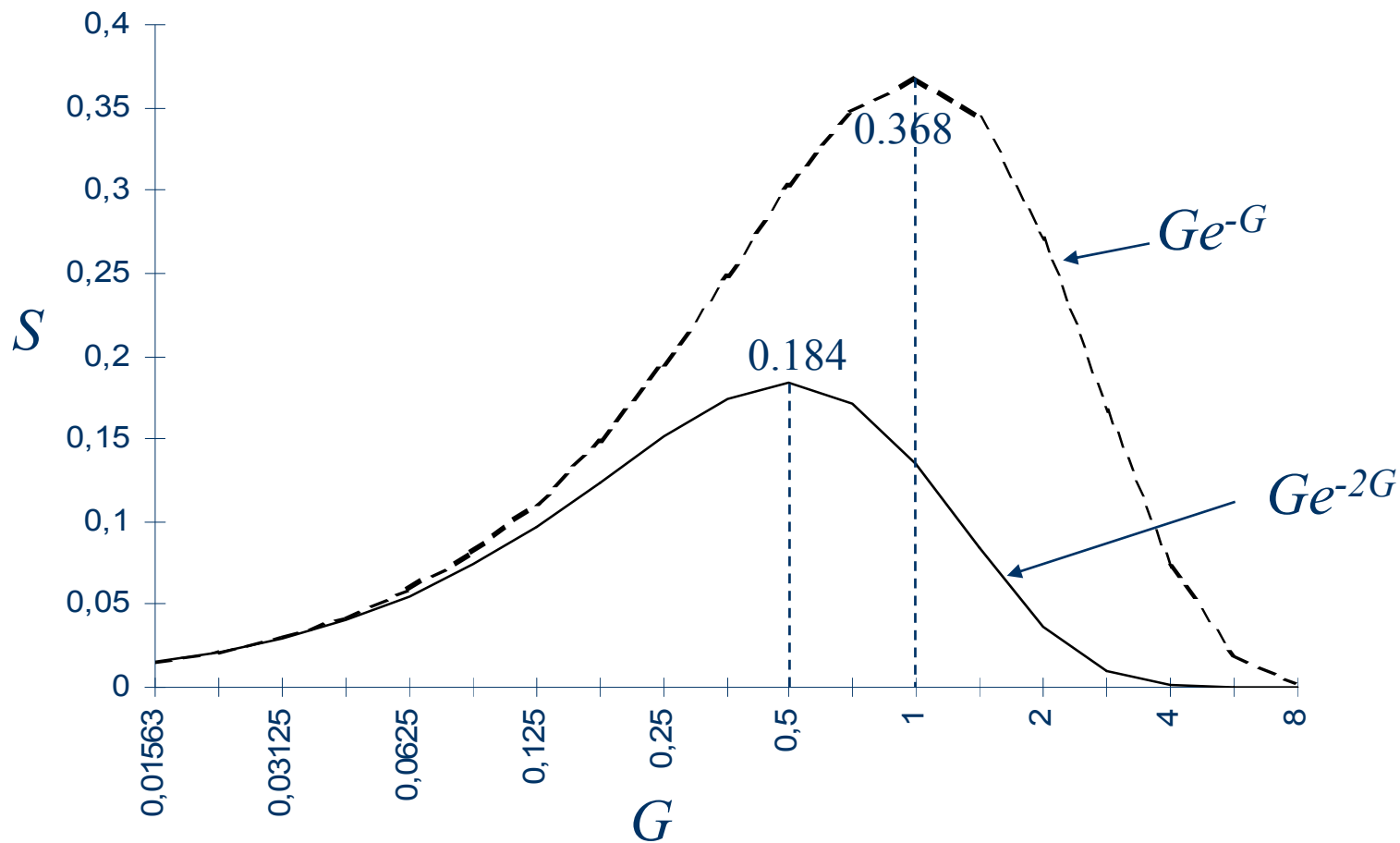
Αναμενόμενος αριθμός μεταδόσεων

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



$$E = e^G$$

ΑΛΟΗΑ και ΑΛΟΗΑ με σχισμές



ΑΛΟΗΑ με κρατήσεις



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

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

όπου T είναι η διάρκεια μετάδοσης του πακέτου δεδομένων και τ είναι η διάρκεια της σχισμής κράτησης.

Με $\tau/T=0.05$ προκύπτει $\eta=88\%$.

Carrier Sense Multiple Access (CSMA)



- Θεμελιώδης αρχή: έλεγξε κατά πόσο το μέσο μετάδοσης είναι απασχολημένο πριν στείλεις πακέτο (π.χ. ανιχνεύοντας το φέρον)
- Στείλε ένα πακέτο μόλις απελευθερωθεί το μέσο
- Αν κατά την ανίχνευση, το μέσο βρεθεί κατειλημμένο, περίμενε να ελευθερωθεί και στείλε -> *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



- Ο χρόνος διάδοσης είναι πολύ μικρότερος από τον χρόνο μετάδοσης
- 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

CSMA τυχαίας πρόσβασης



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



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



CSMA/CD



- Στο CSMA, η σύγκρουση καταλαμβάνει το μέσον καθ' όλη τη διάρκεια της μετάδοσης
- Στο CSMA/CD, οι σταθμοί ακούν και κατά τη διάρκεια της μετάδοσης
- Αν το μέσο είναι ελεύθερο μεταδίδουν
- Εάν όχι, περιμένουν για ελεύθερο και ύστερα μεταδίδουν
- Αν διαπιστωθεί σύγκρουση, τότε σταματούν τη μετάδοση και στέλνουν σήμα συνωστισμού (32-48 bit)
- Μετά τη σύγκρουση, περιμένουν τυχαίο χρονικό διάστημα και ξαναρχίζουν
 - Δυαδική εκθετική υποχώρηση

CSMA/CD



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



B

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

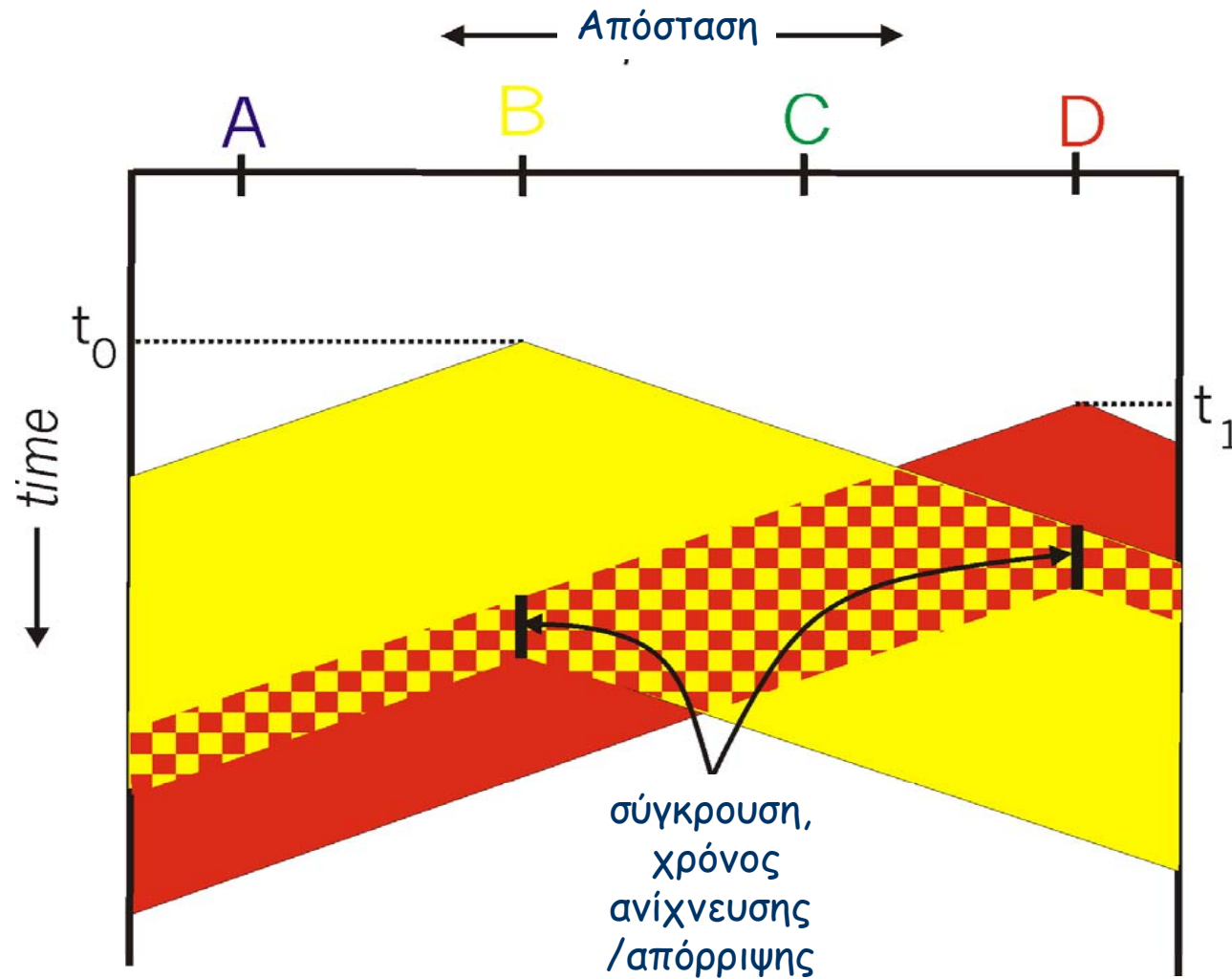


Ο Β ανιχνεύει
σύγκρουση
την $t = t_{prop}$

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

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

CSMA/CD ανίχνευση σύγκρουσης

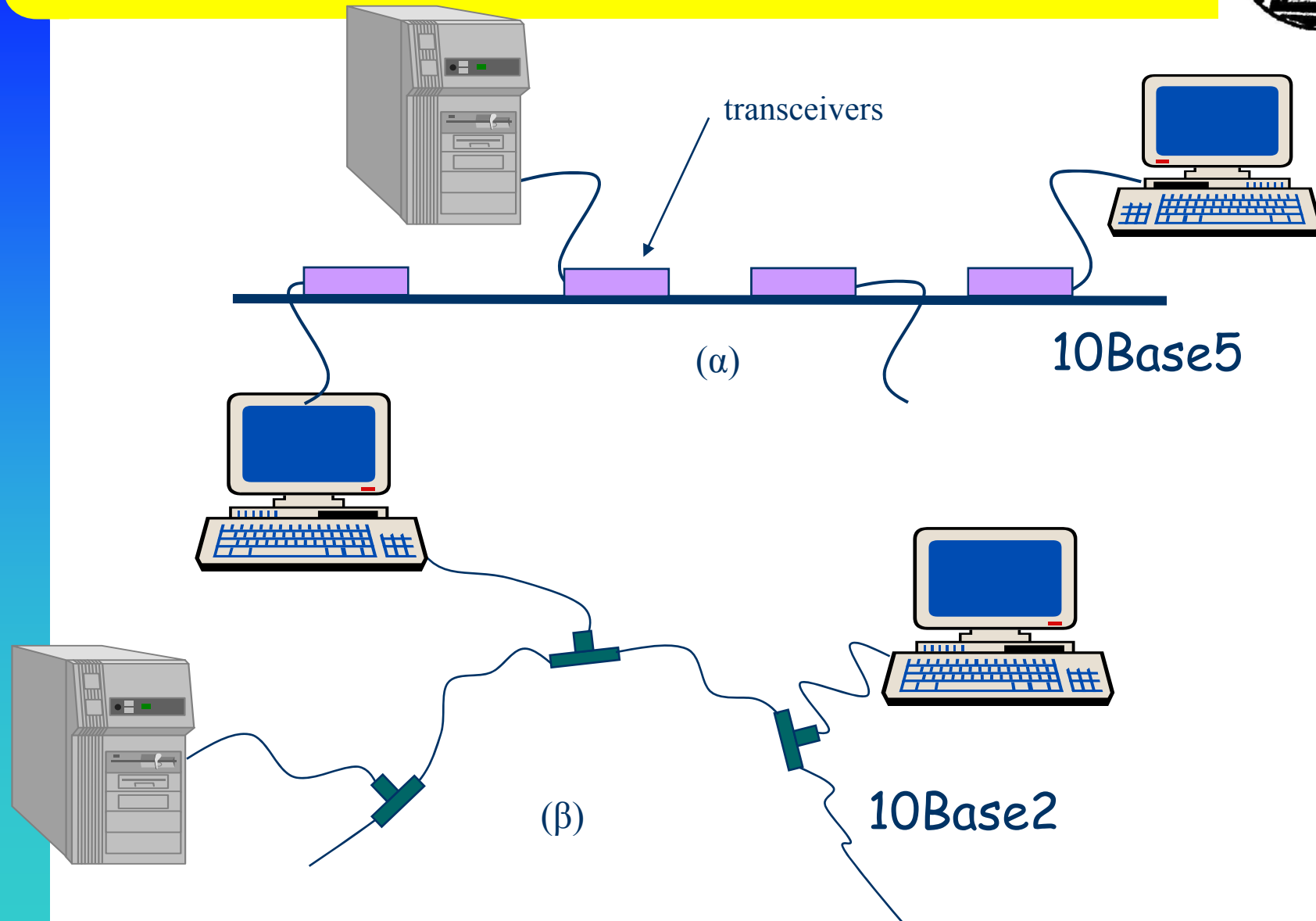


Ethernet και IEEE 802.3

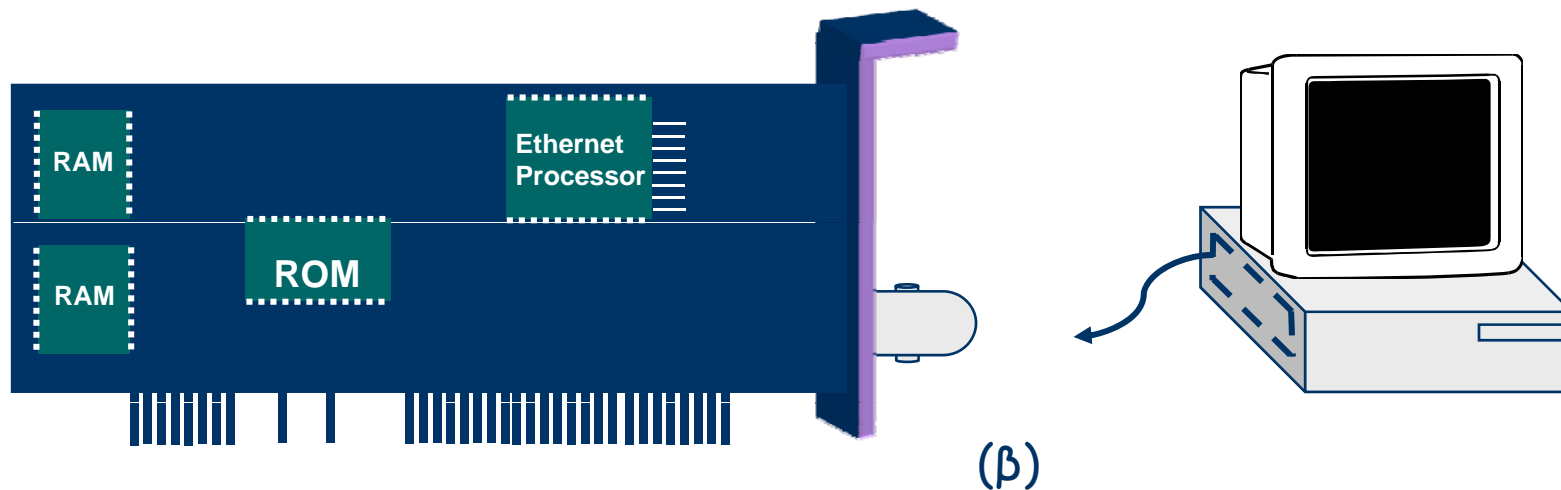
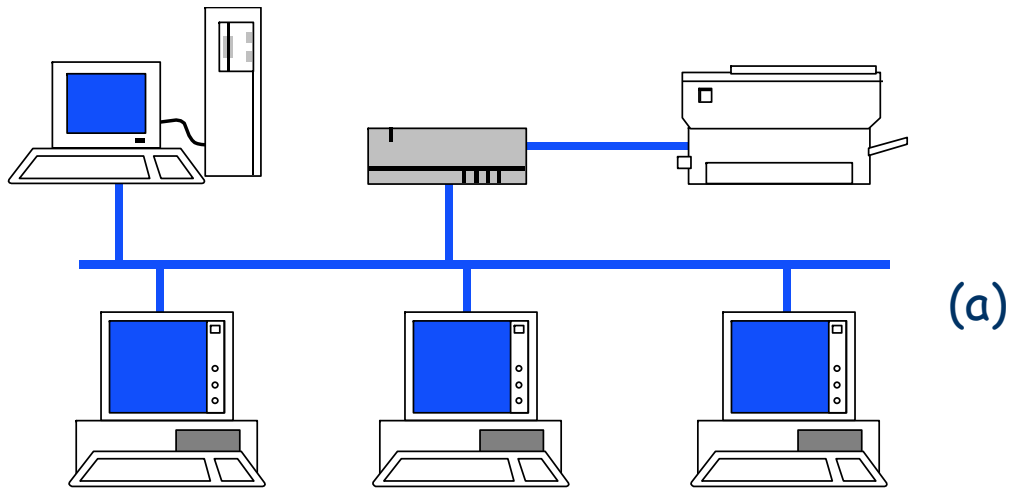


	10Base5 Ethernet	10Base2 Cheapernet	1Base5 StarLan	10Broad36 Broadband	10BaseT
Μέσο	ομοαξ. 50Ω, 10mm	ομοαξ. 50Ω, 5mm	διπλαγωγός	ομοαξ. 75Ω	2 διπλαγω- γοί
Σήματα	10Mbps Manch	10Mbps Manch	1 Mbps Manchester	10Mbps DPSK	10Mbps Manch
Μέγιστο τμήμα	500m	185m	500m	1800m	100m
Μέγιστη απόσταση	2.5 km	0.925 km	2.5 km	3.6 km	1 km
Κόμβοι ανά τμήμα	100	30			

Δομή τοπικού δικτύου



Δομή τοπικού δικτύου

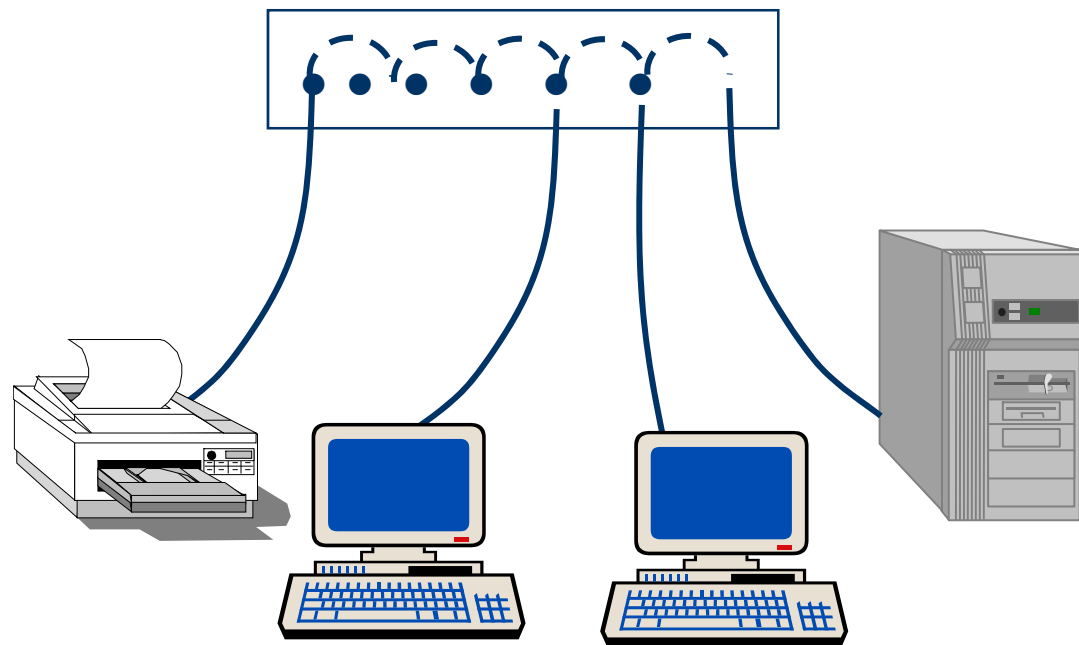


Δίκτυα επικοινωνιών

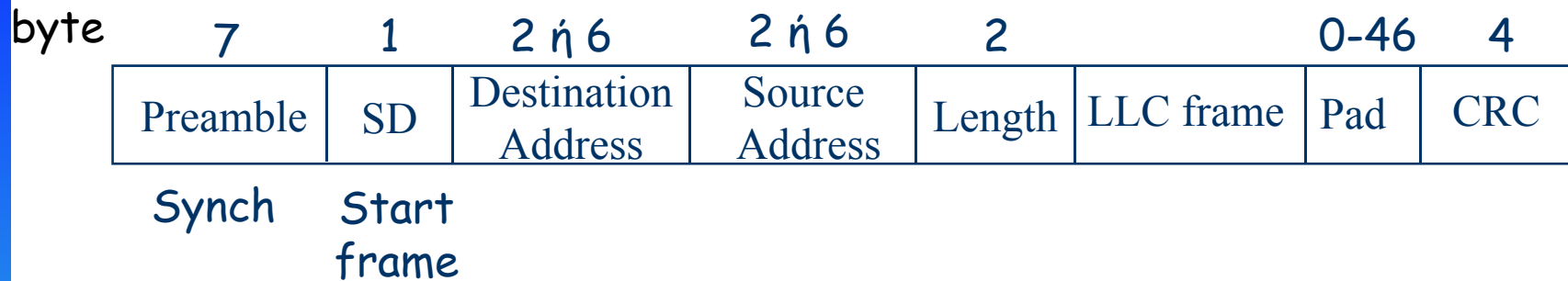
Base-T



Ενιαίο πεδίο σύγκρουσης



Πλαίσιο MAC 802.3



64 έως 1518 byte

0	Μοναδική διεύθυνση
---	--------------------

1	Ομαδική διεύθυνση
---	-------------------

0	Τοπική διεύθυνση
---	------------------

1	Γενική διεύθυνση
---	------------------

Επίδοση του 802.3

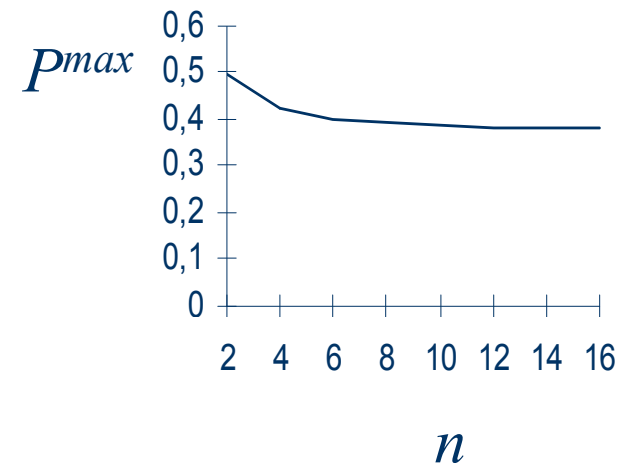


Πιθανότητα για 1 επιτυχή μετάδοση:

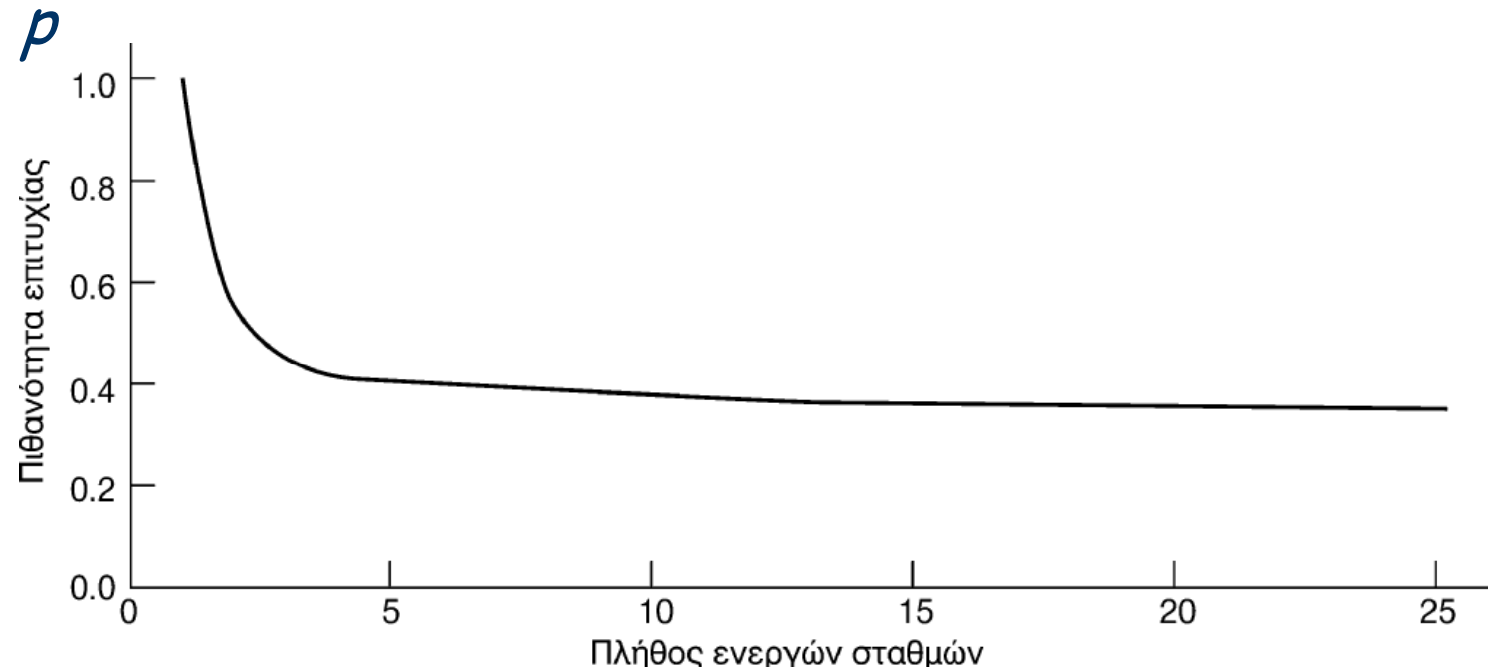
$$P_{success} = np(1-p)^{n-1}$$

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

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



Επίδοση του 802.3



Επίδοση του 802.3



$$A = p_{\max} \times 1 + (1 - p_{\max})(1 + A)$$



$$A = e$$

$$\eta_{CSMA-CD} \approx \frac{TRANSP}{TRANSP + 2\tau e} = \frac{1}{1 + 5.4\alpha}$$

$$\alpha = PROP / TRANSP$$

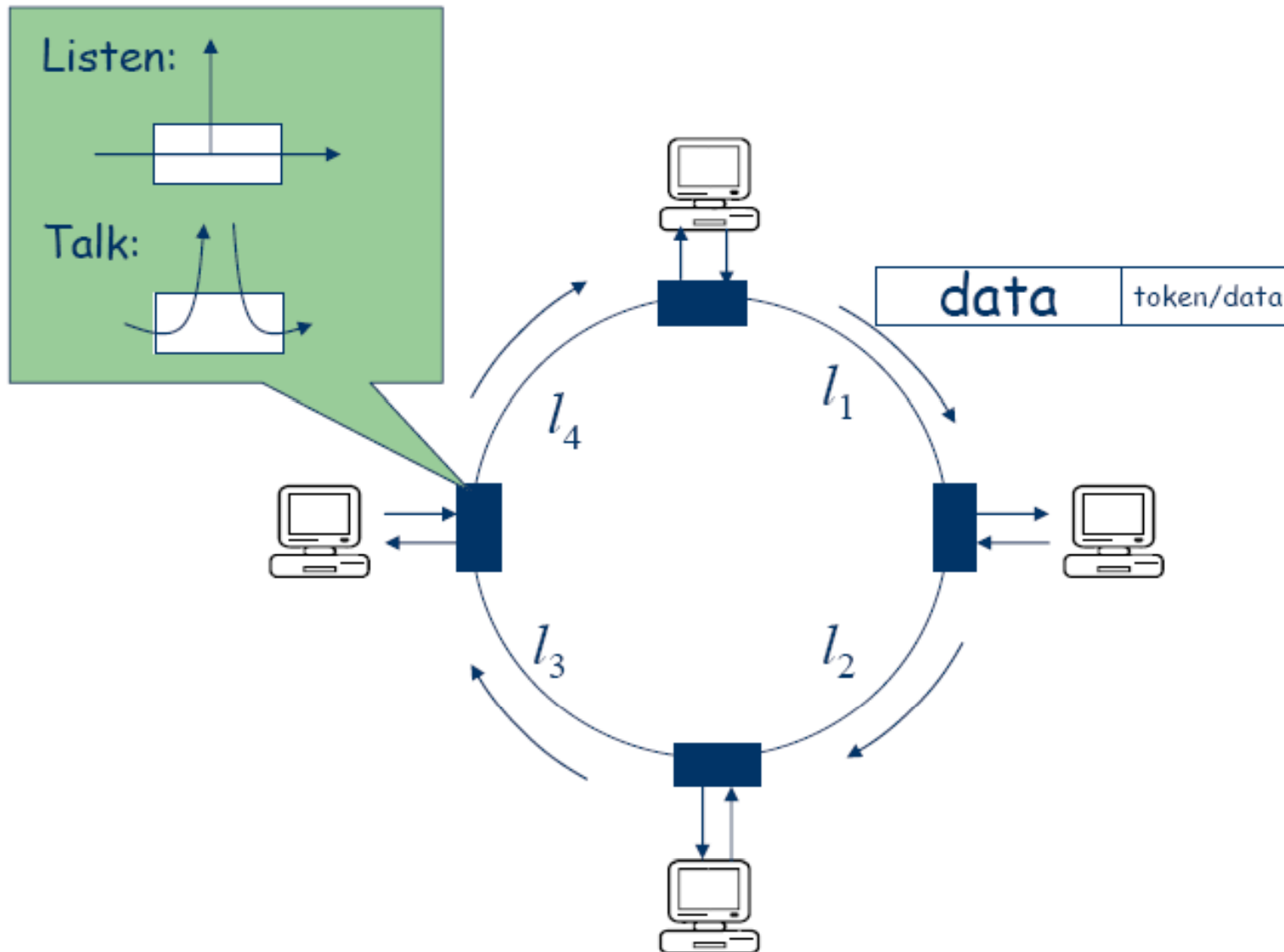
$$\eta_{CSMA-CD} = \frac{1}{1 + 5\alpha}$$

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

Δακτύλιος με σκυτάλη

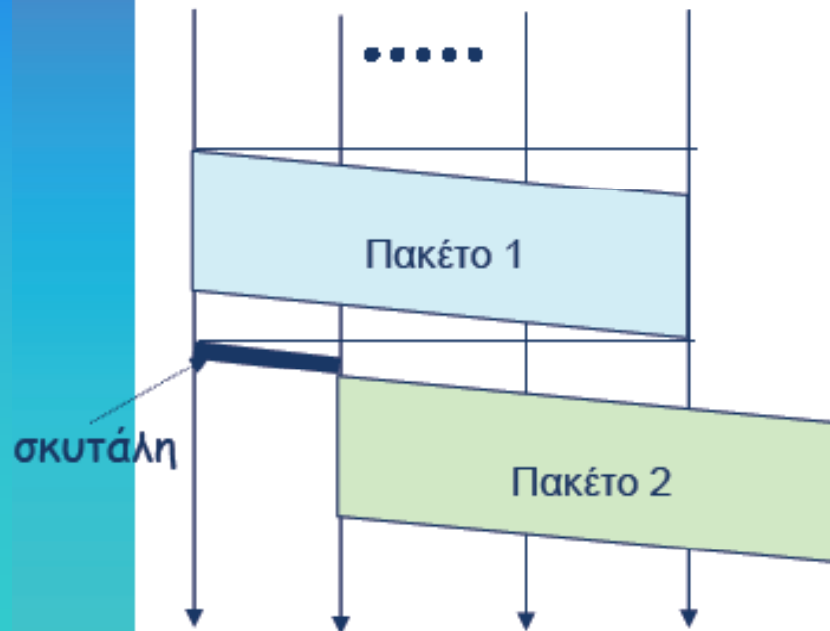


Δακτύλιος με σκυτάλη



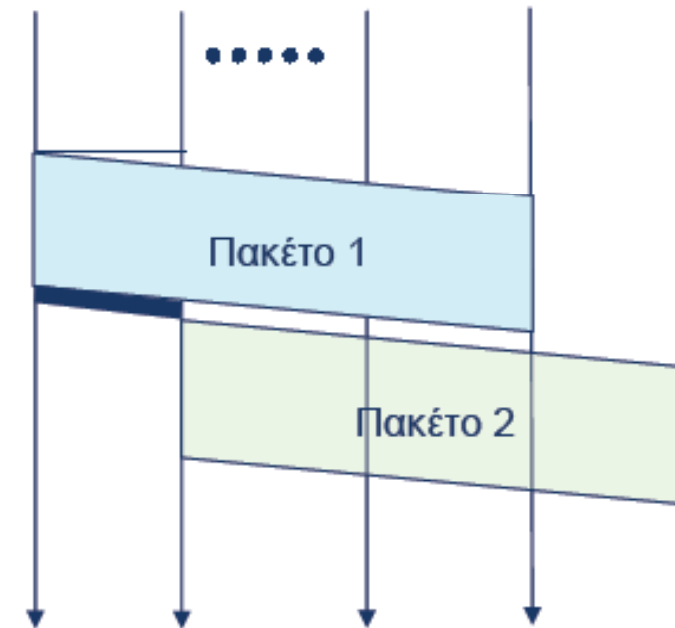
- Release After Reception (RAR)
 - Παράδειγμα: IEEE 802.5 Token Rings (4Mbps)

σταθμός₁ σταθμός₂ σταθμός_N σταθμός₁

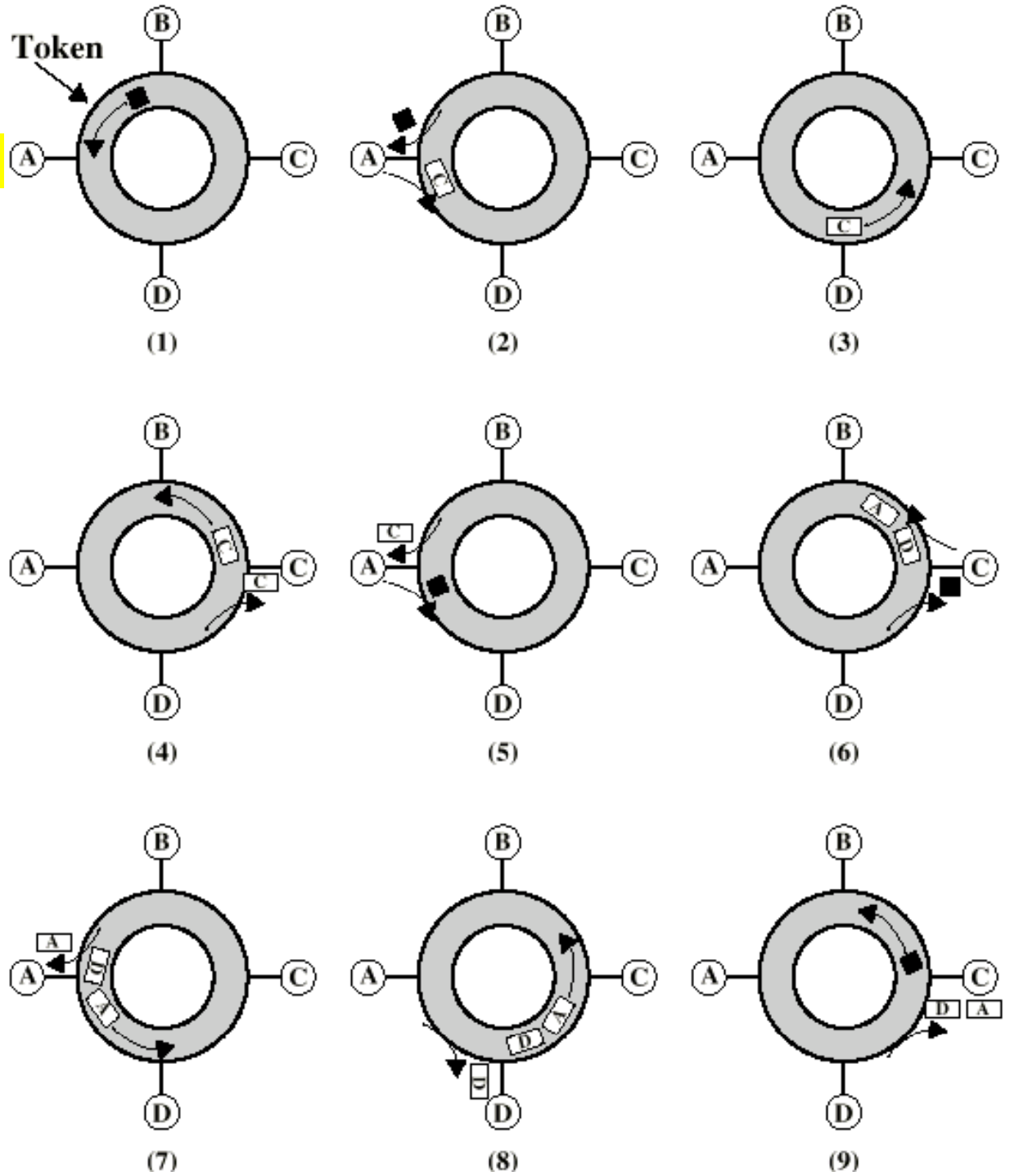


- Release After Transmissions (RAT)
 - Παράδειγμα: Fiber Distributed Data Interface (FDDI) (100Mbps)

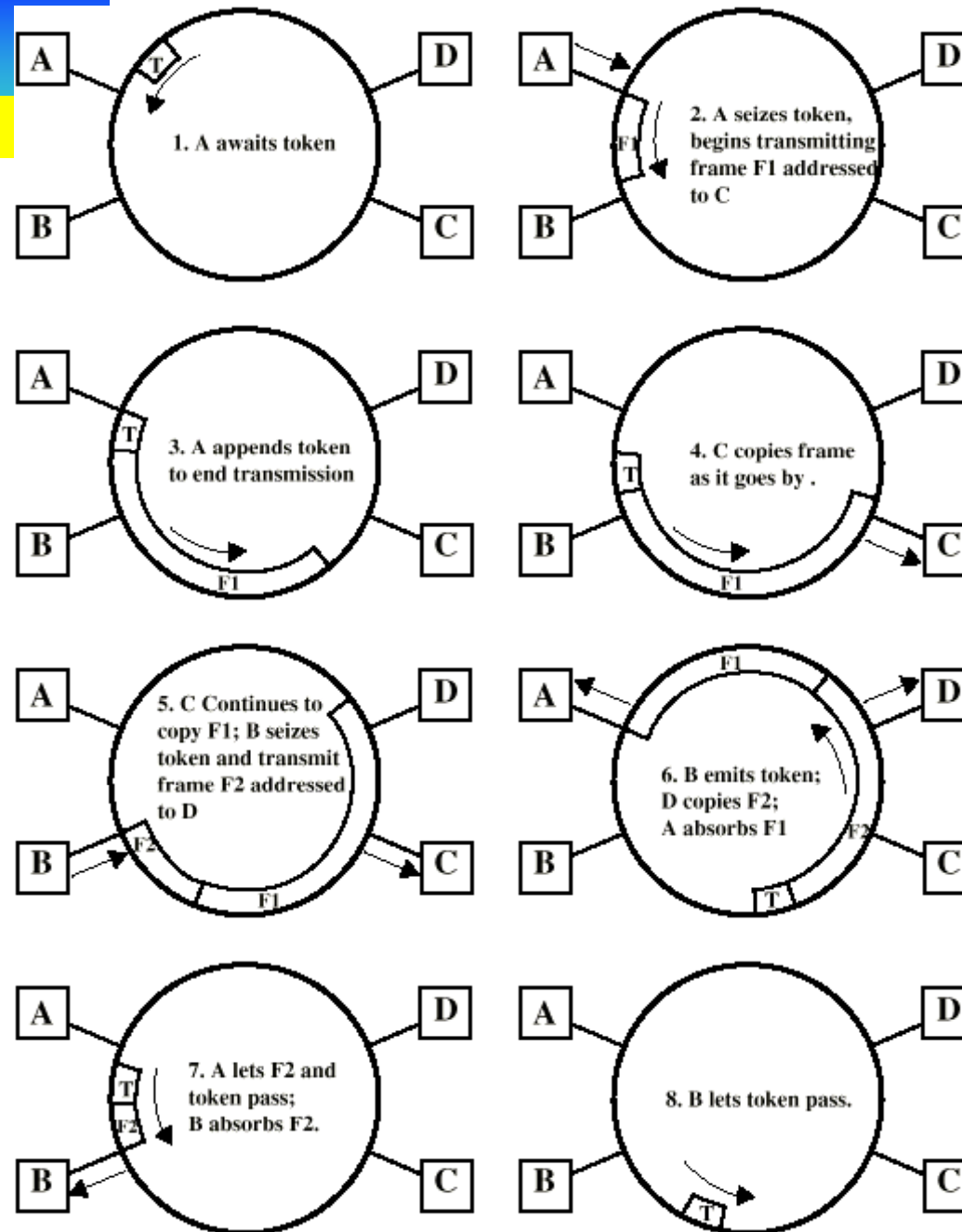
σταθμός₁ σταθμός₂ σταθμός_N σταθμός₁



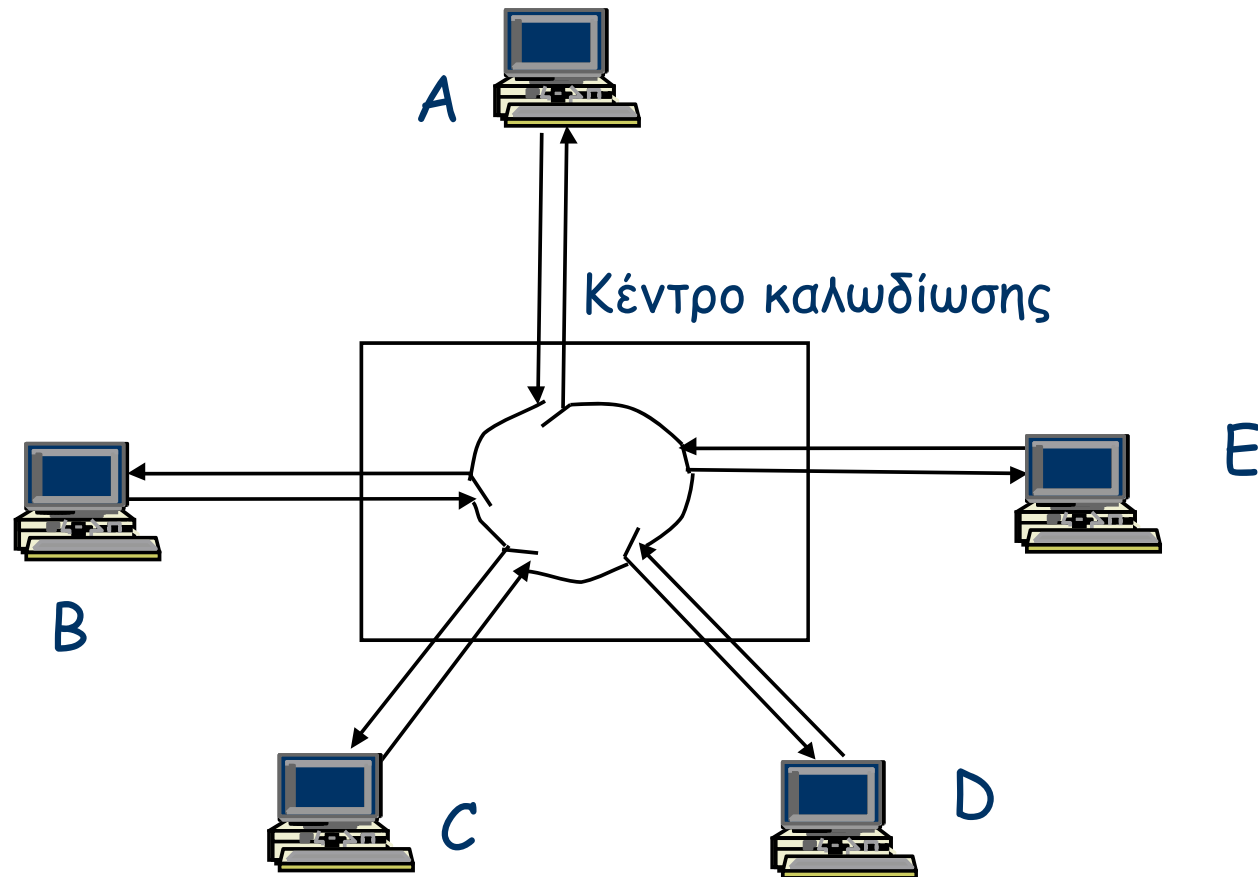
RAR



RAT



Δακτύλιος με σκυτάλη



802.5 φυσικό στρώμα



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

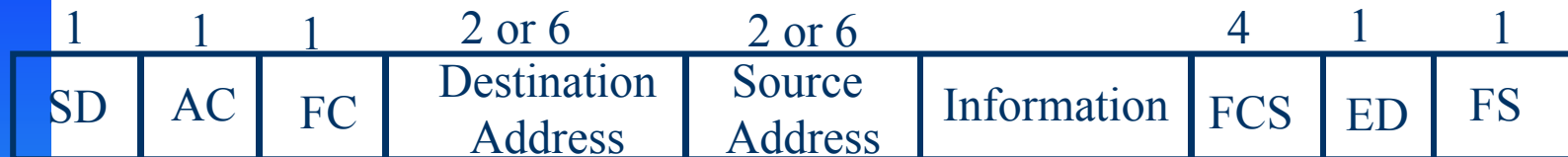
802.5 Μορφή πλαισίου



ΣΚΥΤΆΛΗ



Μορφή πλαισίου



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



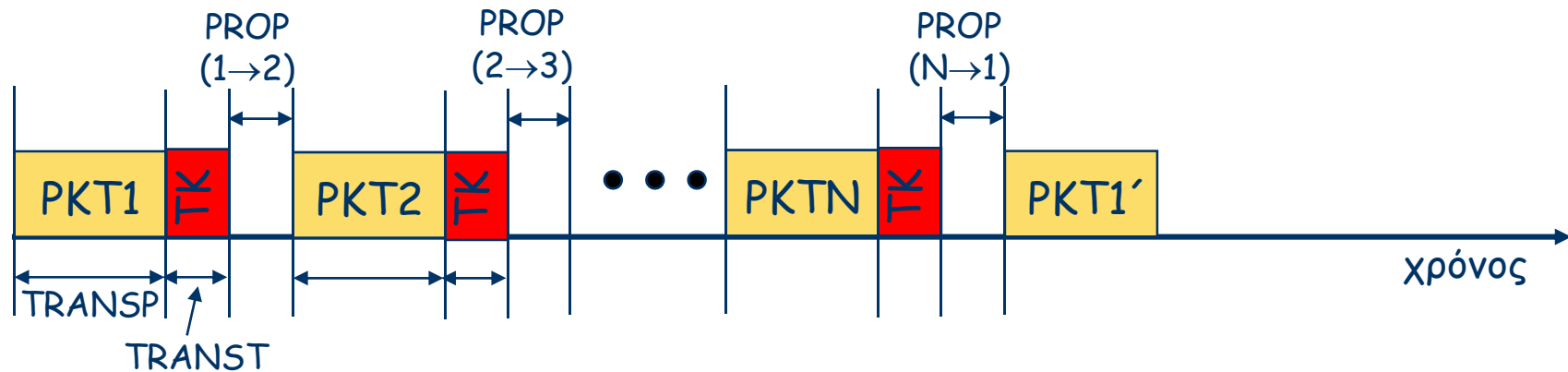
I intermediate-frame bit
E error-detection bit

Frame status



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

Απόδοση πρωτοκόλλου RAT

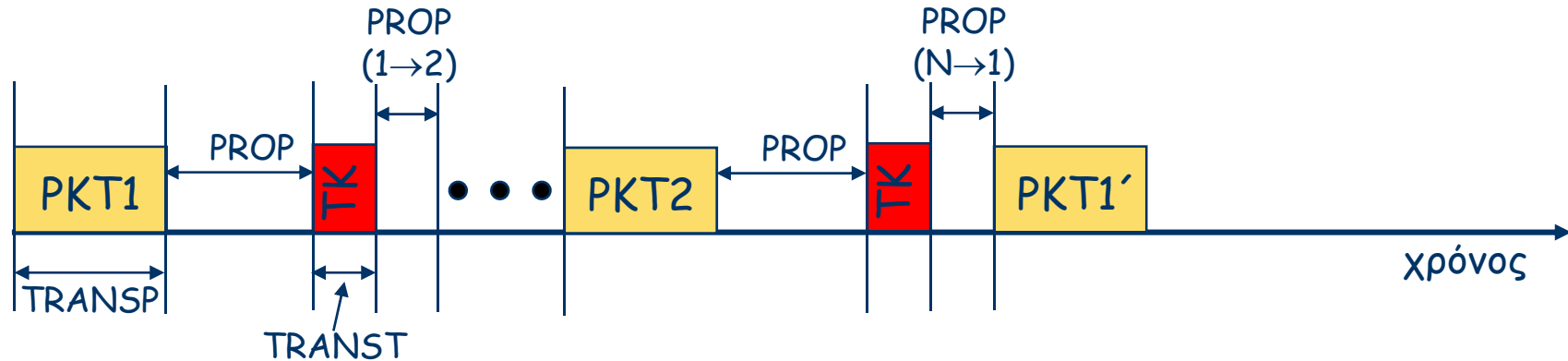


$$T_{ολ} = N \times (TRANSP + TRANSF) + PROP + N$$
$$\approx N \times TRANSP + PROP$$

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

$$\mu\epsilon \alpha = \frac{PROP}{TRANSP}$$

Απόδοση πρωτοκόλλου RAR

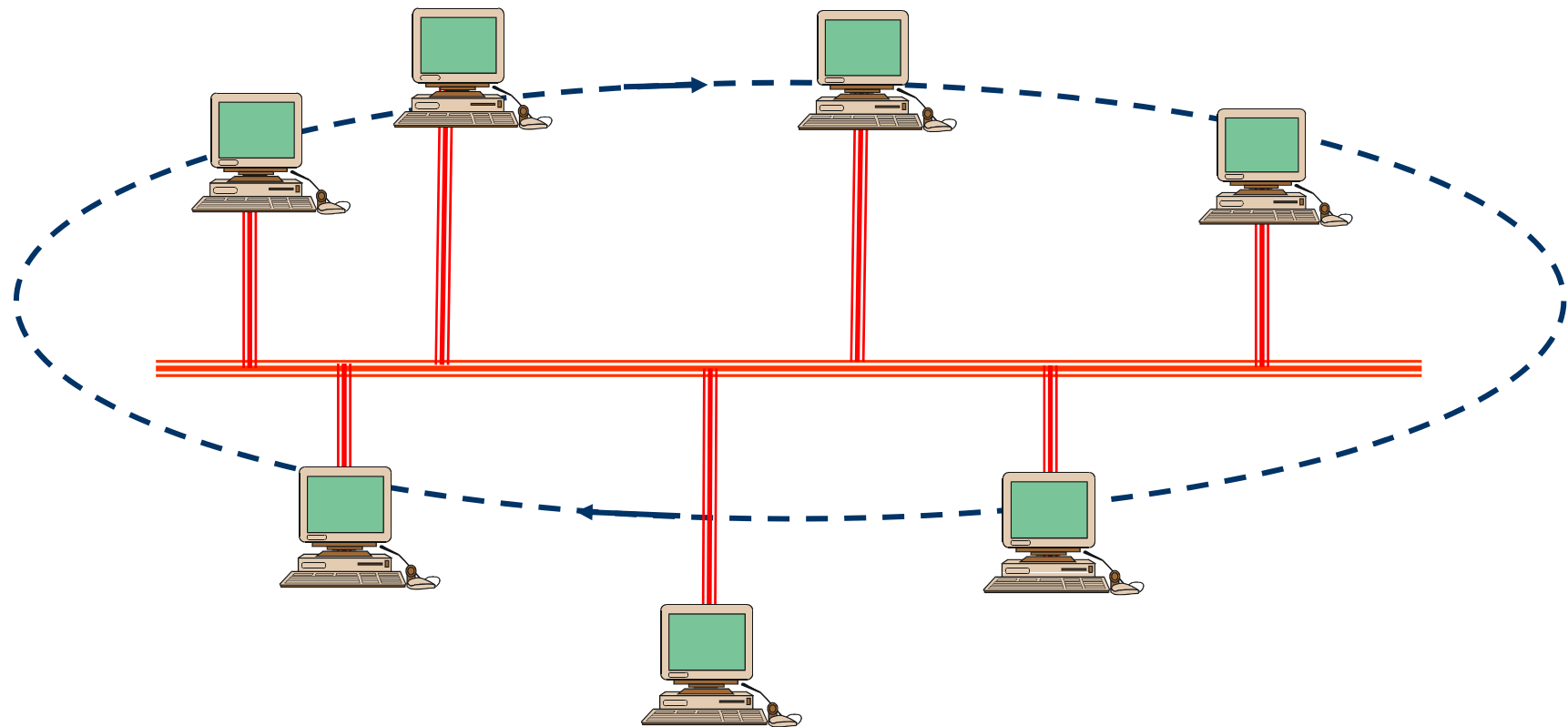


$$T_{ολ} = N \times (TRANSP + TRANST + PROP) + PROP + N$$
$$\approx N \times (TRANSP + PROP)$$

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

$$\mu\epsilon \alpha = \frac{PROP}{TRANSP}$$

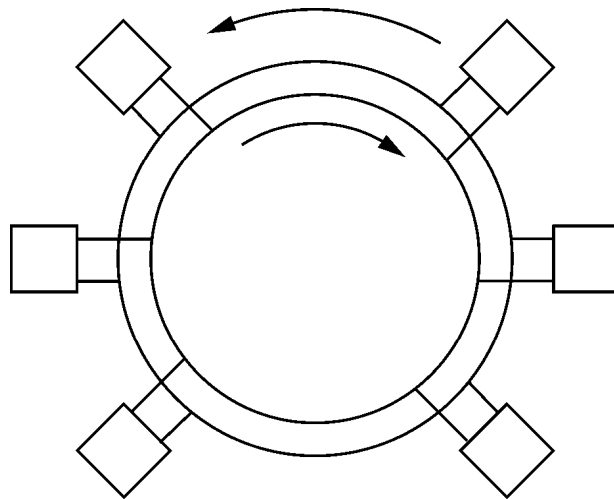
Αρτηρία με σκυτάλη



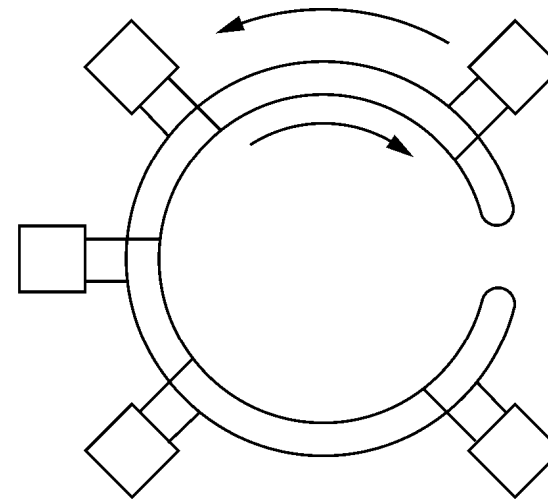
FDDI



- 100Mbps
- LAN και MAN
- Δακτύλιος με σκυτάλη



(α)



(β)

FDDI πρωτόκολλο MAC

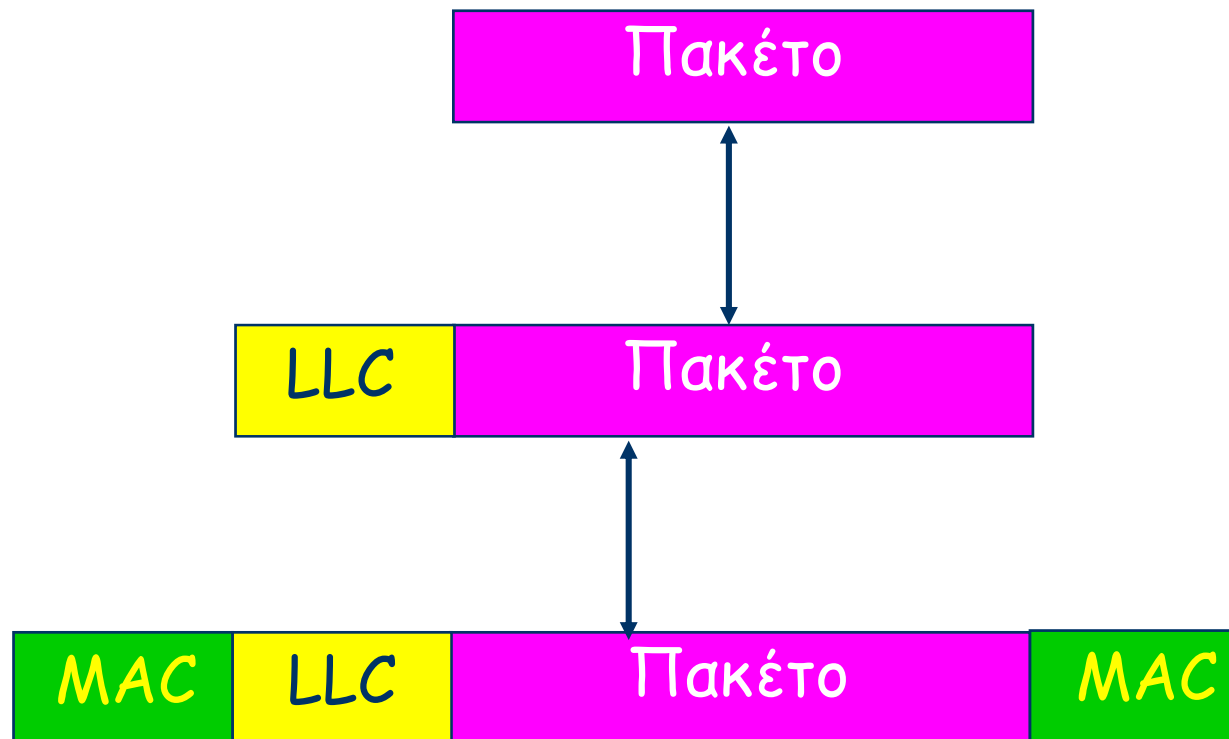


- Όπως και στο 802.5 εκτός:
 - RAT
 - Μετά την κατάληψη της σκυτάλης, ένα ή περισσότερα πλαίσια δεδομένων

Έλεγχος λογικής ζεύξης



Τυπική χρήση του LLC



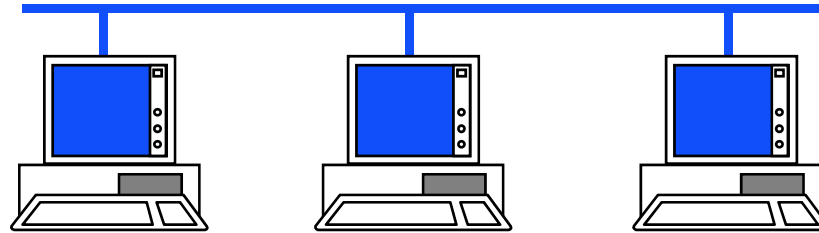
LLC: Υπηρεσίες



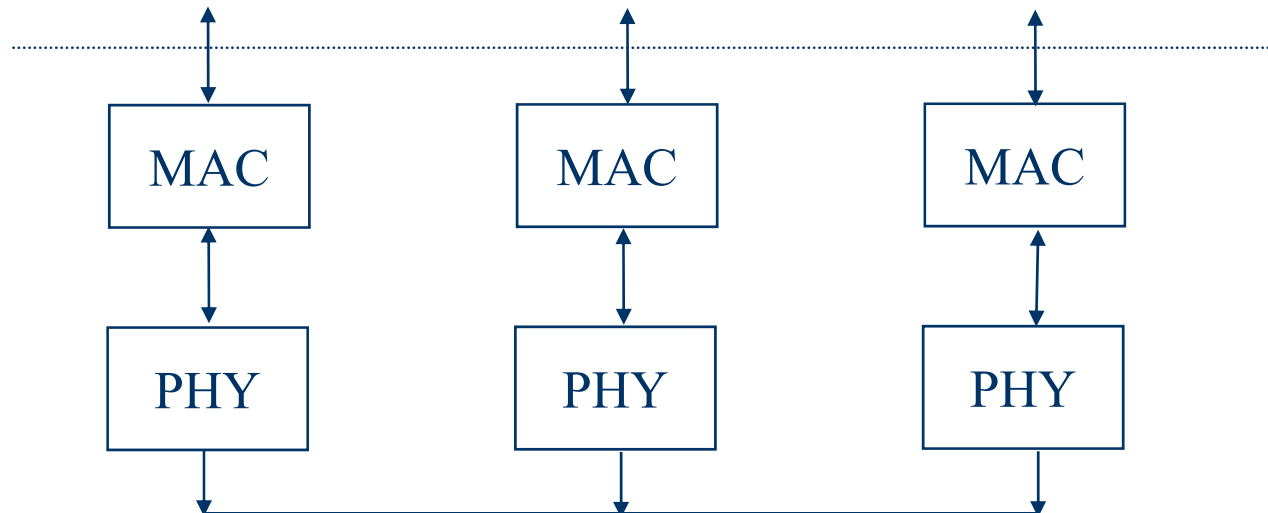
Το LLC παρέχει τρεις επιλογές υπηρεσίας:

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

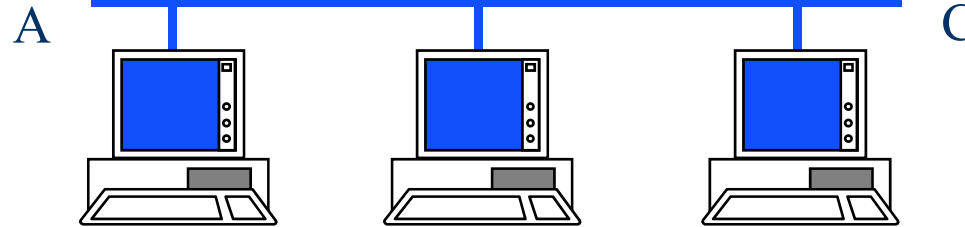
LLC: Υπηρεσίες



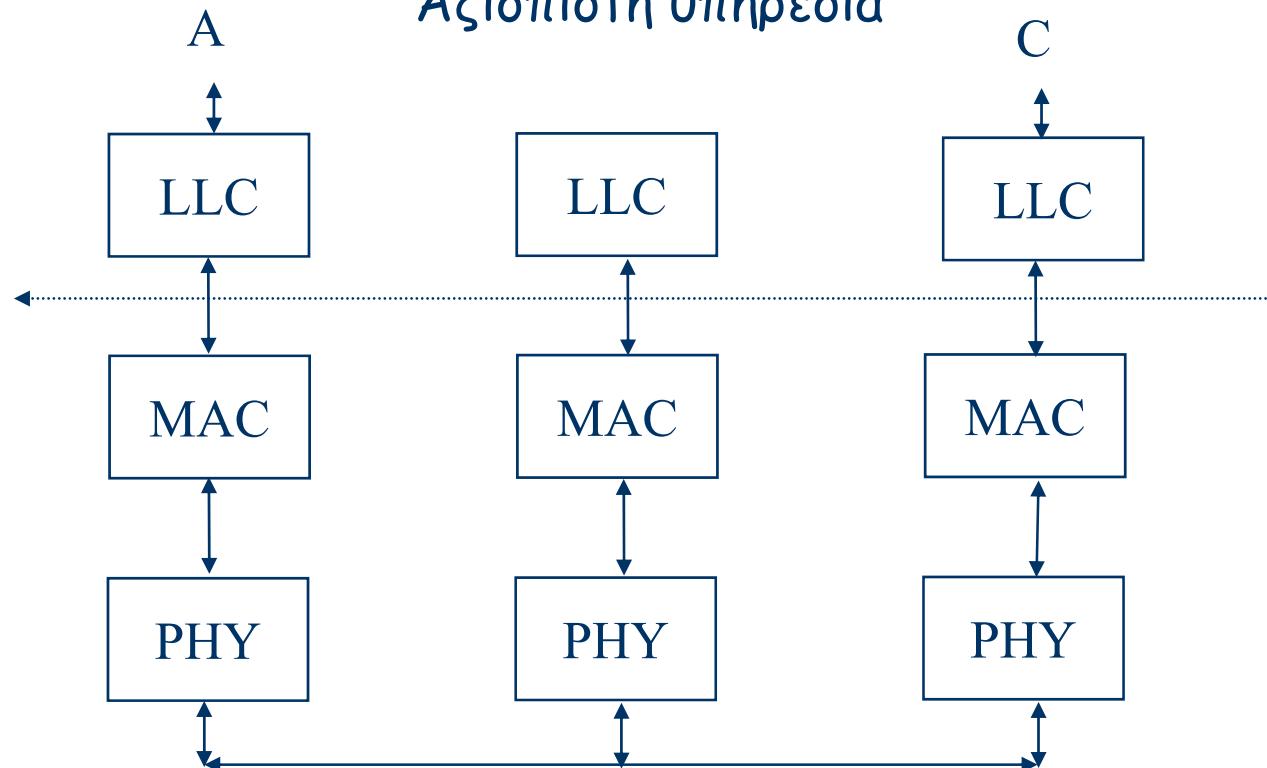
Αναξιόπιστη υπηρεσία δεδομογραφημάτων



LLC: Υπηρεσίες



Αξιόπιστη υπηρεσία



LLC: Μορφή πλαισίου

