

# Δίκτυα Υπολογιστών I

Δίκτυα άμεσου συνδέσμου: Μέρος Α'



Ευάγγελος Παπαπέτρου

Τμ. Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής, Παν. Ιωαννίνων

## Διάρθρωση

1. Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου
2. Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό
3. Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Διάρθρωση

1. Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου
2. Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό
3. Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha

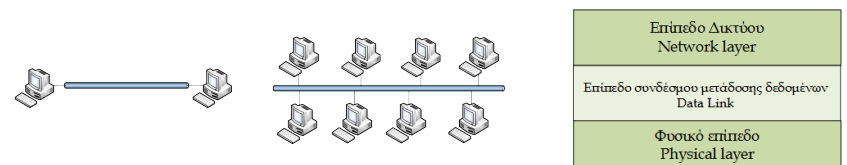


## Δίκτυα άμεσου συνδέσμου και μοντέλο OSI (1/2)

Οι κανόνες επικοινωνίας μέσα από ένα σύνδεσμο περιγράφονται κατά OSI από το επίπεδο **συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων**

Δύο σενάρια διασύνδεσης με ένα σύνδεσμο (ζεύξη):

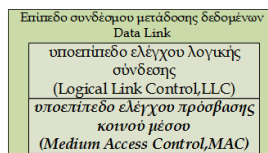
- ▶ διασύνδεση δύο υπολογιστών → αποκλειστική χρήση ζεύξης
- ▶ διασύνδεση πολλών υπολογιστών → δίκτυο άμεσου συνδέσμου



## Δίκτυα άμεσου συνδέσμου και μοντέλο OSI (2/2)

Το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων αποτελείται από δύο υποεπίπεδα

- ▶ το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής σύνδεσης (Logical Link Control, LLC)
- ▶ το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης κοινού μέσου (Medium Access Control, MAC)



Το υποεπίπεδο LLC χρησιμοποιείται πάντα με στόχο την υλοποίηση μιας λογικής σύνδεσης μεταξύ των υπολογιστών που επικοινωνούν

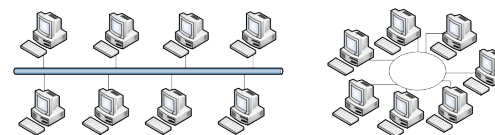
Το υποεπίπεδο MAC χρησιμοποιείται μόνο σε δίκτυα άμεσου συνδέσμου

- ▶ περιγράφει τον μηχανισμό πρόσβασης (medium access mechanism) στο κοινό μέσο ή απλά τον αλγόριθμο ή μηχανισμό MAC



## Δίκτυα άμεσου συνδέσμου και μηχανισμός πρόσβασης

Τα δίκτυα άμεσου συνδέσμου (direct link networks) είναι συνήθως τοπικά και σπανιότερα μητροπολιτικά δίκτυα



Η υλοποίηση δικτύων άμεσου συνδέσμου απαιτεί ένα μηχανισμό πρόσβασης (ή προσπέλασης) στο κοινό μέσο

### Μηχανισμός πρόσβασης στο κοινό μέσο (Medium Access)

Οι κανόνες που ρυθμίζουν την από κοινού χρήση ενός συνδέσμου και έχουν ως αποτέλεσμα κάθε κόμβος να λαμβάνει το δικαίωμα μετάδοσης (ή εκπομπής)

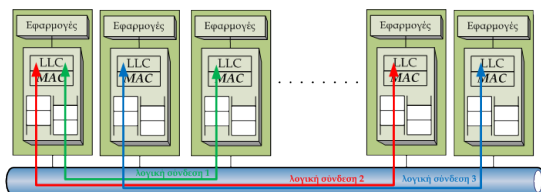
⇒ Οι αλγόριθμοι πρόσβασης στο κοινό μέσο ονομάζονται και **πολλαπλής πρόσβασης** γιατί επιτρέπουν την πρόσβαση πολλών υπολογιστών στο σύνδεσμο

## Μηχανισμός πρόσβασης και λογικές συνδέσεις

Ένας υπολογιστής μπορεί να διαχειρίζεται παραπάνω από μια λογικές συνδέσεις προς άλλους υπολογιστές

Ο μηχανισμός πρόσβασης αποδίδει το δικαίωμα εκπομπής σε κάθε κόμβο

- ▶ ο κάθε κόμβος είναι υπεύθυνος να αξιοποιήσει το δικαίωμα εκπομπής για να μεταδώσει δεδομένα από διαφορετικές λογικές συνδέσεις



⇒ Ορισμένοι μηχανισμοί πρόσβασης, οι οποίοι στοχεύουν στην **ποιότητα υπηρεσιών**, αποδίδουν το δικαίωμα εκπομπής λαμβάνοντας υπόψη το πλήθος των πλαισίων ή τις **λογικές συνδέσεις** που ένας υπολογιστής εξυπηρετεί

## Διάρθρωση

1. Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου
2. Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό
3. Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Κατηγορίες μηχανισμών πρόσβασης

Οι μηχανισμοί πρόσβασης διακρίνονται σε:

- ▶ **κατανεμημένους (distributed)**: ο μηχανισμός υλοποιείται σε κάθε κόμβο ανεξάρτητα από τους άλλους κόμβους
- ▶ **κεντροποιημένους (centralized)**: ο μηχανισμός απαιτεί την ύπαρξη κάποιου κεντρικού κόμβου που έχει αυξημένες αρμοδιότητες

Επίσης, η σχεδίαση ενός μηχανισμού πρόσβασης εξαρτάται από:

- ▶ τον **τρόπο σύνδεσης** των κόμβων και του συνδέσμου  
τοπολογία αρτηρίας (*bus topology*)  
τοπολογία δακτυλίου (*ring topology*)
- ▶ τις **ιδιότητες του συνδέσμου** (π.χ. ασύρματη ενσύρματη μετάδοση)

Τέλος, οι μηχανισμοί πρόσβασης διακρίνονται σε:

- ▶ μηχανισμούς **χωρίς ανταγωνισμό (contentionless)**
- ▶ μηχανισμούς **με ανταγωνισμό (contention-based)**



## Διάρθρωση

1. Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου

- Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό

- Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Πρόσβαση με ανταγωνισμό: βασικές αρχές και σενάρια χρήσης (1/2)

Κεντρική ιδέα: όλοι οι κόμβοι **ανταγωνίζονται** για να κερδίσουν το δικαίωμα χρήσης του συνδέσμου (**δικαίωμα εκπομπής**)

- ▶ μια δεδομένη χρονική στιγμή **μόνο ένα κόμβος μπορεί να μεταδώει δεδομένα** στο σύνδεσμο
- ▶ όλοι οι κόμβοι ακολουθούν τους **ιδιους κανόνες** αλλά **ανεξάρτητα** ο ένας από τον άλλο

Πρόβλημα: δύο ή παραπάνω κόμβοι μπορεί να επιχειρήσουν ταυτόχρονα τη μετάδοση πλαισίων οπότε προκύπτει **σύγκρουση**

- ▶ η σύγκρουση πλαισίων είναι αποτέλεσμα της **ανεξάρτητης** και **κατανεμημένης** λειτουργίας των κόμβων

### Σύγκρουση πλαισίων (frame collision)

Η κατάσταση κατά την οποία, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, **δύο ή περισσότερα** πλαίσια **μεταδίδονται ταυτόχρονα** μέσα στο ίδιο κανάλι με αποτέλεσμα **την καταστροφή των δεδομένων** που αυτά μεταφέρουν

## Πρόσβαση με ανταγωνισμό: βασικές αρχές και σενάρια χρήσης (2/2)

Η **επίλυση των συγκρούσεων** γίνεται με την επανεκπομπή των πλαισίων που συγκρούστηκαν

- ▶ σε πολλές περιπτώσεις ένας κόμβος ακολουθεί ειδική διαδικασία για την επανεκπομπή πλαισίων που συγκρούστηκαν

Οι τεχνικές πρόσβασης με ανταγωνισμό έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρο σε **τοπικά δίκτυα με κατανεμημένη τοπολογία**

- ▶ η απλότητα υλοποίησης είναι ο βασικός παράγοντας επιτυχίας αυτών των δικτύων (π.χ. δίκτυα Ethernet)



## Πρόσβαση με ανταγωνισμό: κριτική

### Πλεονεκτήματα:

- ▶ ευέλικτη αξιοποίηση του συνδέσμου
- ▶ μπορούν να υλοποιηθούν καταναμημένα με χαμηλή πολυπλοκότητα και κόστος

### Μειονεκτήματα:

- ▶ ο ανταγωνισμός μπορεί να δημιουργήσει χρονικά διαστήματα όπου το κοινό μέσο δεν αξιοποιείται
- ▶ οι συγκρούσεις πλαισίων μειώνουν τη ρυθμαπόδοση του δικτύου
- ▶ η καθυστέρηση πρόσβασης στο κοινό μέσο (access delay) μπορεί να γίνει αυθαίρετα μεγάλη
- ▶ όσο μεγαλώνει το πλήθος των κόμβων αλλά και των υπό μετάδοση πλαισίων οι συγκρούσεις αυξάνονται υπερβολικά



## Διάρθρωση

Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου

- Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό

- Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό: βασικές αρχές

Κεντρική ιδέα: το δικαίωμα εκπομπής κάθε κόμβου έχει καθοριστεί πριν τη μετάδοση των δεδομένων

- ▶ απαιτούνται δύο φάσεις: ανάθεση δικαιωμάτων εκπομπής και μετάδοσης δεδομένων
- ▶ κατά τη φάση μετάδοσης δεδομένων δεν υπάρχει περίπτωση σύγκρουσης πλαισίων

### Ανάθεση δικαιώματος εκπομπής:

- ▶ ένας κόμβος που επιθυμεί να μεταδώσει: αιτείται το δικαίωμα εκπομπής ή αναμένει κάποια περιοδική ανάθεση του δικαιώματος εκπομπής
- ▶ ο μηχανισμός υλοποιείται συνήθως με τη βοήθεια κεντρικού κόμβου αν και η καταναμημένη υλοποίηση είναι επίσης δυνατή
- ▶ απαιτεί την ανταλλαγή μηνυμάτων ελέγχου (σηματοδοσία) μεταξύ των κόμβων



## Σενάρια πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό

Οι μηχανισμοί πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό χρησιμοποιούνται συνήθως σε κεντροποιημένες υλοποιήσεις

- ▶ σε τοπικά δίκτυα όπου ένας κεντρικός κόμβος ρυθμίζει την επικοινωνία μεταξύ όλων των κόμβων του δικτύου (π.χ. IEEE 802.11)
- ▶ όταν οι κόμβοι ενός δικτύου επιθυμούν την μετάδοση δεδομένων προς έναν κεντρικό κόμβο (access networks)
- ▶ σπανιότερα χρησιμοποιούνται σε τοπικά δίκτυα χωρίς κεντρικό κόμβο (π.χ. token networks)

Σε πολλές περιπτώσεις πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό η φάση μετάδοσης δεδομένων χρησιμοποιεί κάποια τεχνική πολυπλεξίας

- ▶ παραδείγματα:
  - με διαίρεση συχνότητας (Frequency Division Multiple Access - FDMA)
  - με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access - TDMA)
  - με κώδικες (Code Division Multiple Access - CDMA)



## Πρόσβαση χωρίς ανταγωνισμό: κριτική

### Πλεονεκτήματα:

- ▶ η έλλειψη συγκρούσεων επιτρέπει την υψηλή αξιοποίηση του συνδέσμου (μεγάλη ρυθμαπόδοση)
- ▶ μπορεί να τεθεί ένα άνω όριο στην καθυστέρηση πρόσβασης ενός κόμβου στο μέσο
- ▶ η ρυθμαπόδοση και η καθυστέρηση πρόσβασης που επιτυγχάνει ένας κόμβος δεν υποβαθμίζεται κάτω από κάποιο όριο όσο αυξάνει ο φόρτος στο δίκτυο (δικαιότερη κατανομή των πόρων του συνδέσμου)

### Μειονεκτήματα:

- ▶ η ανάθεση του δικαιώματος εκπομπής ενέχει **υψηλή πολυπλοκότητα** και **σημαντικό φορτίο σηματοδοσίας**
- ▶ μικρή ευελιξία στην εκχώρηση του συνδέσμου: η δυναμική εκχώρηση σε έναν κόμβο ανάλογα με το φόρτο είναι **αδύνατη** ή **απαιτεί επιπλέον σηματοδοσία**
- ▶ η χρήση κεντρικού κόμβου **μειώνει την αξιοπιστία** του δικτύου



## Πρότυπα Δικτύων άμεσου συνδέσμου

Έχουν αναπτυχθεί διαφορετικά **πρότυπα** που περιγράφουν την υλοποίηση δικτύων άμεσου συνδέσμου

- ▶ επίσης υπάρχουν μεμονωμένα πρωτόκολλα που περιγράφουν συγκεκριμένους μηχανισμούς πρόσβασης

Σημαντικότερα πρότυπα/πρωτόκολλα:

- ▶ τοπολογία αρτηρίας με ανταγωνισμό: **Ethernet (IEEE 802.3)**
- ▶ τοπολογία αρτηρίας χωρίς ανταγωνισμό: **Token Bus (IEEE 802.4)**
- ▶ τοπολογία δακτυλίου χωρίς ανταγωνισμό: **Token Ring (IEEE 802.5), Fiber Distributed Data Interface, (FDDI)**
- ▶ ασύρματη μετάδοση με ανταγωνισμό: **Aloha, Slotted Aloha, IEEE 802.11 (WiFi)**
- ▶ άλλοι μηχανισμοί χωρίς ανταγωνισμό: **TDMA, FDMA, CDMA**

### Πρωτόκολλο vs Πρότυπο

➡ Με τον όρο **πρότυπο (standard)** αναφερόμαστε σε ένα σύνολο από πρωτόκολλα που εκδίδονται από ένα οργανισμό τυποποίησης και περιγράφουν μια τεχνολογία δικτύων

## Διάρθρωση

- 1 Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου
- 2 Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό
- 3 Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Διάρθρωση

- 1 Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου
- 2 Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό
- 3 Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Αλγόριθμος Aloha (1/2)

Το πρωτόκολλο Aloha (ή Pure Aloha) αναπτύχθηκε για εφαρμογή σε ασύρματα δίκτυα

- ▶ υλοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο της Hawaii το 1970

Είναι ένα κατανεμημένο πρωτόκολλο με χαμηλή πολυπλοκότητα

Κάθε υπολογιστής υπηρεσίας που θέλει να μεταδώσει ένα πλαίσιο:

- ▶ εκπέμπει το πλαίσιο **αμέσως μόλις αυτό δημιουργηθεί**
- ▶ μεταδίδει πλαίσια **προκαθορισμένης διάρκειας** (επομένως και μεγέθους)

Πρόβλημα: **μεγάλη πιθανότητα σύγκρουσης** πλαισίων από διαφορετικούς υπολογιστές

- ▶ η πιθανότητα σύγκρουσης αυξάνεται με το πλήθος των προσπαθειών μετάδοσης (περισσότεροι υπολογιστές ή περισσότερα δεδομένα)

⇒ Οι συγκρούσεις πλαισίων μπορεί να ανιχνευτούν από τους μηχανισμούς της λογικής σύνδεσης εξαιτίας της απώλειας του πλαισίου ή από το φυσικό επίπεδο

## Αλγόριθμος Aloha (2/2)

Αν ένα πλαίσιο καταστραφεί λόγω σύγκρουσης τότε επανεκπέμπεται μετά από **τυχαίο χρονικό διάστημα** (χρόνος αναμονής)

- ▶ το τυχαίο χρονικό διάστημα επιλέγεται συνήθως **ομοιόμορφα** από ένα εύρος τιμών  $[t_{min}, t_{max}]$
- ▶ η τυχαιότητα εισάγεται ώστε δύο πλαίσια που συγκρούστηκαν να έχουν μικρή πιθανότητα να ξανασυγκρουστούν

Η μέση τιμή του χρόνου αναμονής ( $\frac{t_{min}+t_{max}}{2}$ ) επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργία του αλγόριθμου

- ▶ μικρή μέση τιμή: μεγάλη πιθανότητα επανάληψης της σύγκρουσης (ιδιαίτερα αν έχουν συγκρουστεί πολλά πλαίσια)
- ▶ μεγάλη μέση τιμή: μεγάλη αναμονή ακόμα και όταν δεν χρειάζεται

⇒ Σε πραγματικά συστήματα ένα πλαίσιο θα **απορριφθεί** αν η μετάδοσή του δεν ολοκληρωθεί μετά από ένα προκαθορισμένο αριθμό προσπαθειών

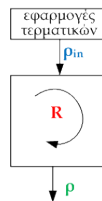
## Απόδοση Aloha (1/3)

Το τηλεπικοινωνιακό φορτίο στο σύστημα ( $R$ ) αποτελείται από:

- ▶ από το εισερχόμενο τηλεπικοινωνιακό φορτίο ( $\rho_{in}$ )
- ▶ το τηλεπικοινωνιακό φορτίο που αναφέρεται σε πλαίσια που επανεκπέμπονται λόγω **μιας ή περισσότερων αποτυχιών** μετάδοσης

$$R = \rho + RP_{col}$$

$P_{col}$ : πιθανότητα σύγκρουσης πλαισίων



### Υποθέσεις

- Η στοχαστική διεργασία που περιγράφει τις **αφίξεις νέων πλαισίων** είναι μια διαδικασία Poisson με ρυθμό  $\lambda$  και τηλεπικοινωνιακό φορτίο  $\rho = \lambda T$ 
  - ◆ ο πληθυσμός των τερματικών που δημιουργεί την κίνηση είναι **άπειρος**
  - ◆ πιθανότητα αφίξης  $k$  πλαισίων σε χρονικό διάστημα  $t$ :  $P_t(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$
  - ◆ κατά μέσο όρο δημιουργούνται  $\lambda$  πλαίσια στη μονάδα του χρόνου
- Η στοχαστική διεργασία που περιγράφει τις **προσπάθειες μετάδοσης πλαισίων** στο σύστημα είναι μια διαδικασία Poisson με ρυθμό  $\Lambda$  και τηλεπικοινωνιακό φορτίο  $R = \Lambda T$
- Το σύστημα βρίσκεται σε **στατιστική ισορροπία**  $\Rightarrow \rho_{in} = \rho$

## Απόδοση Aloha (2/3)

Συνθήκη για μετάδοση ενός πλαισίου χωρίς σύγκρουση: **καμία επιπλέον προσπάθεια** μετάδοσης ενός πλαισίου για χρόνο  $2T$

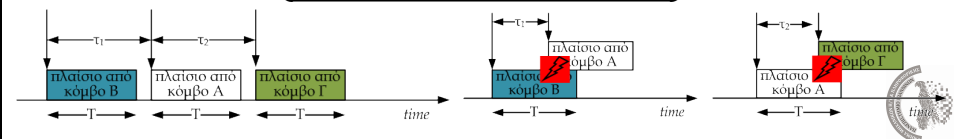
- ▶ οι προσπάθειες μετάδοσης αφορούν νέα πλαίσια ή πλαίσια υπό αναμετάδοση

Πιθανότητα μετάδοσης χωρίς σύγκρουση:

$$P_{2T}(0) = \frac{(2\Lambda T)^0}{0!} e^{-2\Lambda T} = e^{-2\Lambda T}$$

Πιθανότητα σύγκρουσης (ενός ή περισσότερων πλαισίων):

$$P_{col} = 1 - P_{2T}(0) = 1 - e^{-2\Lambda T}$$



## Απόδοση Aloha (3/3)

Επομένως, το τηλεπικοινωνιακό φορτίο  $R$  εκφράζεται ως:

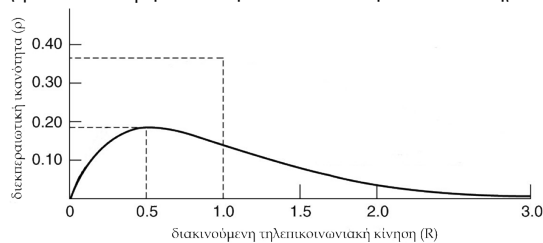
$$R = \rho + RP_{col} \xrightarrow{P_{col}=1-e^{-2\Lambda T}, R=\Lambda T} R = \rho + R(1 - e^{-2\Lambda T}) \Rightarrow$$

$$\rho = Re^{-2R}$$

Μέγιστη διεκπεραιωτική ικανότητα (όταν  $R = 1/2$ ):

$$\rho = \frac{1}{2e} \approx 0.18$$

- η διεκπεραιωτική ικανότητα είναι εξαιρετικά μικρή επειδή κάθε κόμβος δεν λαμβάνει υπόψη του την κατάσταση του συστήματος



## Διάρθρωση

- Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου
- Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό
  - Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό
- Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha

## Αλγόριθμος Slotted Aloha

Κεντρική ιδέα: η χρήση **χρονισμού** στο κανάλι επικοινωνίας μπορεί να μειώσει τις συγκρούσεις πλαισίων

- η μείωση των συγκρούσεων βελτιώνει την απόδοση του συστήματος

Χρονισμός: ο χρόνος διαιρείται σε **χρονοθυρίδες** διάρκειας  $T$

- ένα πλαίσιο μεταδίδεται στη διάρκεια μιας χρονοθυρίδας
- είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου κεντρικού κόμβου που θα επιβάλλει το χρονισμό στο κανάλι

Αλγόριθμος **Slotted Aloha**:

- κάθε υπολογιστής υπηρεσίας που θέλει να μεταδώσει ένα πλαίσιο εκπέμπει το πλαίσιο στην **αμέσως επόμενη χρονοθυρίδα** από αυτή στην οποία το πλαίσιο εμφανίστηκε
- η υπόλοιπη λειτουργία είναι όμοια με αυτή του αλγόριθμου Aloha

## Απόδοση Slotted Aloha (1/2)

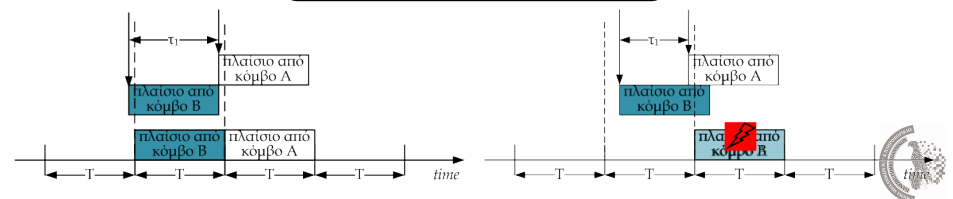
Συνθήκη για μετάδοση ενός πλαισίου χωρίς σύγκρουση: **καμία επιπλέον προσπάθεια μετάδοσης** ενός πλαισίου για χρόνο  $T$

Πιθανότητα μετάδοσης χωρίς σύγκρουση:

$$P_T(0) = \frac{(\Lambda T)^0}{0!} e^{-\Lambda T} = e^{-\Lambda T}$$

Πιθανότητα σύγκρουσης (ενός ή περισσότερων πλαισίων):

$$P_{col} = 1 - P_T(0) = 1 - e^{-\Lambda T}$$





## Απόδοση Slotted Aloha (2/2)

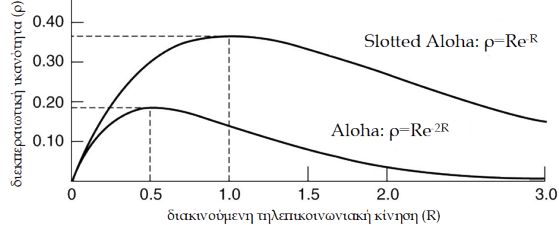
Το τηλεπικοινωνιακό φορτίο  $R$  εκφράζεται ως:

$$R = \rho + RP_{col} \xrightarrow{P_{col}=1-e^{-\Lambda T}, R=\Lambda T} R = \rho + R(1 - e^{-\Lambda T}) \Rightarrow$$

$$\rho = Re^{-R}$$

Μέγιστη διεκπεραιωτική ικανότητα (όταν  $R = 1$ ):  $\rho = \frac{1}{e} \approx 0.37$

- ▶ η απόδοση βελτιώνεται με αντάλλαγμα την πολυπλοκότητα αλλά και τη μείωση της αξιοπιστίας λόγω της ύπαρξης κεντρικού σταθμού
- ▶ η διεκπεραιωτική ικανότητα εξακολουθεί να είναι μικρή επειδή οι κόμβοι δεν λαμβάνουν υπόψη τους την κατάσταση του συστήματος

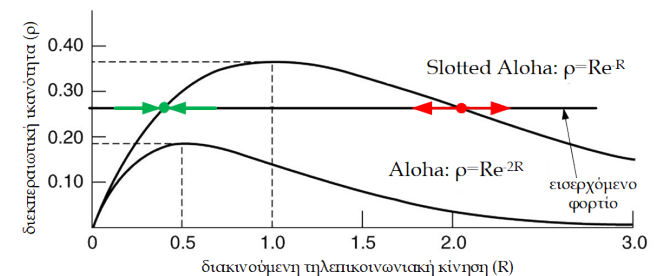


## Ευστάθεια Slotted Aloha (1/2)

Πρόβλημα: συμπεριφορά του συστήματος στις στατιστικές μεταβολές του εισερχόμενου τηλεπικοινωνιακού φορτίου

Για δεδομένο εισερχόμενο τηλεπικοινωνιακό φορτίο ένα δίκτυο Slotted Aloha (ή Aloha) εμφανίζει δύο περιοχές λειτουργίας

- ▶ η περιοχή όπου  $R < 1$  (αντίστοιχα  $R < 1/2$  στο Aloha) ονομάζεται περιοχή **ευστάθειας**
- ▶ η περιοχή όπου  $R > 1$  (αντίστοιχα  $R > 1/2$  στο Aloha) ονομάζεται περιοχή **αστάθειας**



## Ευστάθεια Slotted Aloha (2/2)

Σημείο ευστάθειας: ένα σημείο λειτουργίας στη περιοχή ευστάθειας

- ▶ οι στατιστικές διακυμάνσεις του εισερχόμενου φορτίου με **μεγάλη πιθανότητα** δεν μεταβάλλουν το σημείο λειτουργίας

Σημείο αστάθειας: ένα σημείο λειτουργίας στη περιοχή αστάθειας

- ▶ οι συνθήκες λειτουργίας του δικτύου συνεχώς μεταβάλλονται και με μεγάλη πιθανότητα το σύστημα οδηγείται στην **κατάρρευση**
- ▶ κατάρρευση συστήματος:
  - το πλήθος των πακέτων που αναμένουν μετάδοση τείνει στο άπειρο
  - η πιθανότητα σύγκρουσης τείνει στο 1

⇒ Σε δίκτυα Aloha με πεπερασμένο πλήθος τερματικών το σύστημα δεν μπορεί να οδηγηθεί σε κατάρρευση

## Διάρθρωση

Επικοινωνία μέσω ενός συνδέσμου

Μηχανισμοί Πρόσβασης: βασικές αρχές και κατηγοριοποίηση  
 Μηχανισμοί Πρόσβασης με ανταγωνισμό  
 Μηχανισμοί Πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό

- 3 Δίκτυα Aloha
  - Aloha
  - Slotted Aloha
  - Reservation Aloha



## Αλγόριθμος Reservation Aloha (1/2)

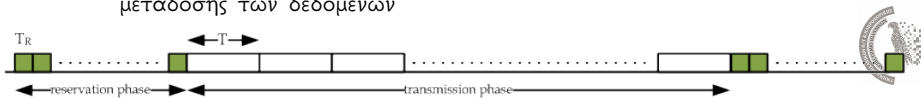
Ο αλγόριθμος **Reservation Aloha** είναι μια επέκταση του Slotted Aloha που μπορεί να αυξήσει τη ρυθμαπόδοση

Κεντρική ιδέα: τα τερματικά ανταγωνίζονται με χρήση του αλγόριθμου Slotted Aloha για τη δέσμευση μιας χρονοθυρίδας διάρκειας  $T$

- ο αλγόριθμος αποτελείται από δύο φάσεις:
  - κράτησης (reservation) με χρονοθυρίδες μεγέθους  $T_R$
  - μετάδοσης (transmission) με χρονοθυρίδες μεγέθους  $T \gg T_R$

Φάση κράτησης:

- τα τερματικά ανταγωνίζονται μεταδίδοντας **μικρά μηνύματα ελέγχου**, διάρκειας  $T_R$ , με τα οποία δηλώνουν την επιθυμία τους να εκπέμψουν
- επιτυχία μετάδοσης ενός μηνύματος ελέγχου σημαίνει δέσμευση μιας χρονοθυρίδας
- η σειρά επιτυχούς μετάδοσης των μηνυμάτων ελέγχου καθορίζει τη σειρά μετάδοσης των δεδομένων



## Αλγόριθμος Reservation Aloha (2/2)

Φάση μετάδοσης:

- τα τερματικά μεταδίδουν πλαίσια διάρκειας  $T$  με τη σειρά που καθορίστηκε στη φάση κράτησης
- κατά τη φάση μετάδοσης δεν υπάρχουν συγκρούσεις πλαισίων και η αξιοποίηση του συνδέσμου είναι πλήρης

Απόδοση:

- αν υπάρχουν  $k$  χρονοθυρίδες στη φάση μετάδοσης τότε απαιτείται η μετάδοση  $k$  μηνυμάτων ελέγχου για τη δέσμευσή τους
- χρειάζονται κατά μέσο όρο  $\frac{k}{0.37}$  χρονοθυρίδες για τη μετάδοση  $k$  μηνυμάτων ελέγχου  
κατά τη διάρκεια της φάσης κράτησης η μέγιστη απόδοση είναι 37%

$$n = \frac{kT}{0.37 T_R + kT} \Rightarrow n = \frac{1}{1 + 2.7 \frac{T_R}{T}}$$

Ο αλγόριθμος δημιουργεί **υψηλό φορτίο σηματοδοσίας**

- τα τερματικά πρέπει να ενημερώνονται για τη σειρά δέσμευσης των χρονοθυρίδων