



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

# Δίκτυα Υπολογιστών

Μαρία Παπαδοπούλη

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών  
Πανεπιστήμιο Κρήτης

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Σημείωμα αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



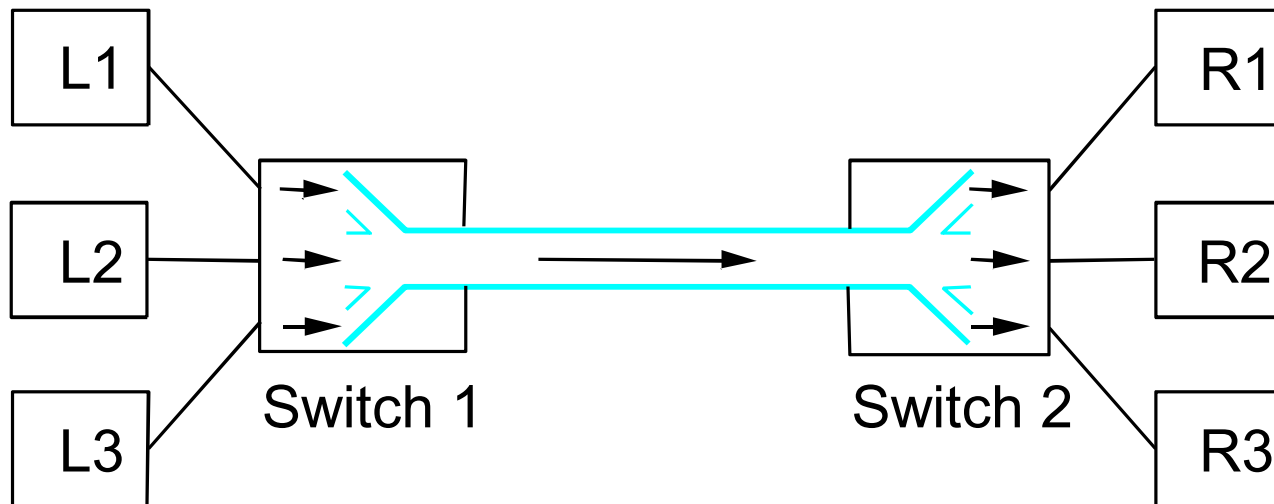
- Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:
  - που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
  - που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
  - που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Σκοποί ενότητας

- Είδη πολυπλεξίας
- Μεταγωγή
- Καθυστερήσεις και απώλειες πακέτων σε δίκτυο

# Είδη πολυπλεξίας

- Πολυπλεξία με
- **διαίρεση χρόνου** - Time Division Multiplexing (TDM)
- **διαίρεση συχνότητας** - Frequency Division Multiplexing (FDM)
- **στατιστική πολυπλεξία** - Statistical Multiplexing



- **διαίρεση κωδίκων** - Code Division Multiple Access (CDMA)

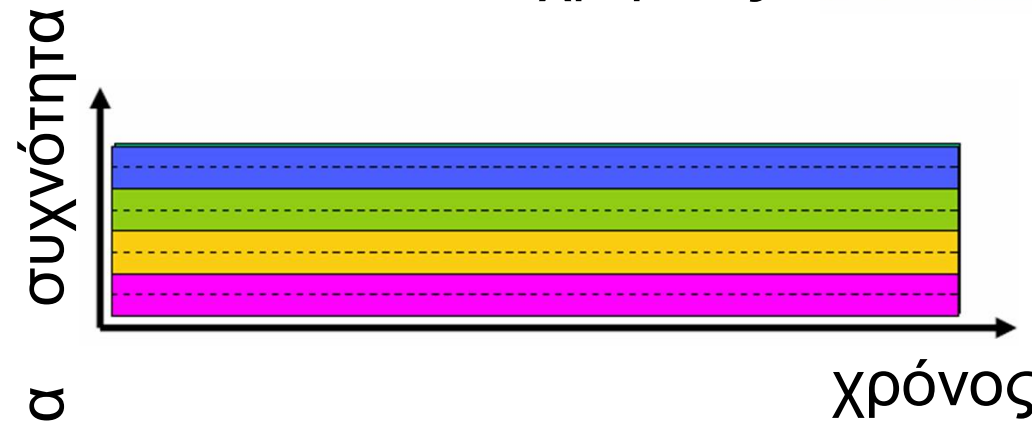
# Μεταγωγή Κυκλωμάτων: FDM και TDM

Παράδειγμα:

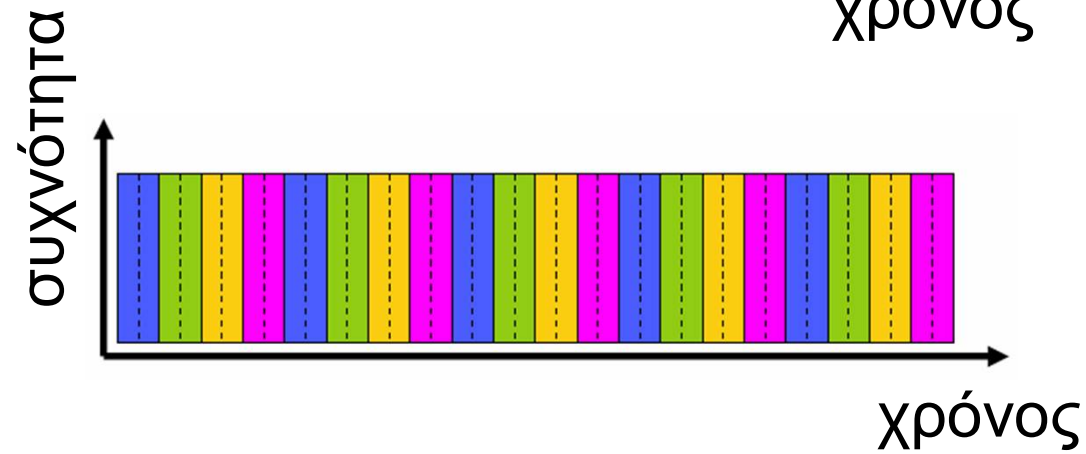
4 χρήστες



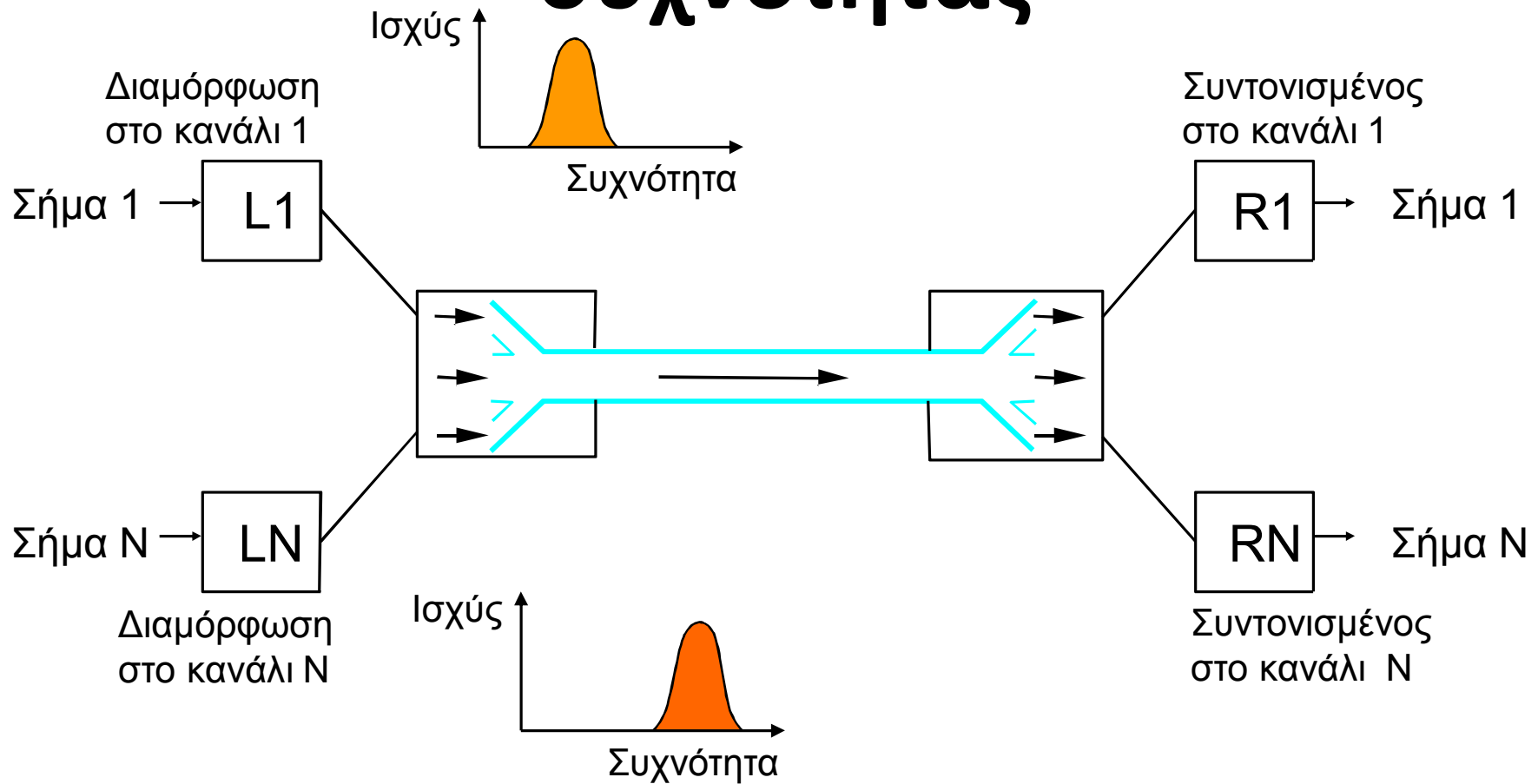
FDM



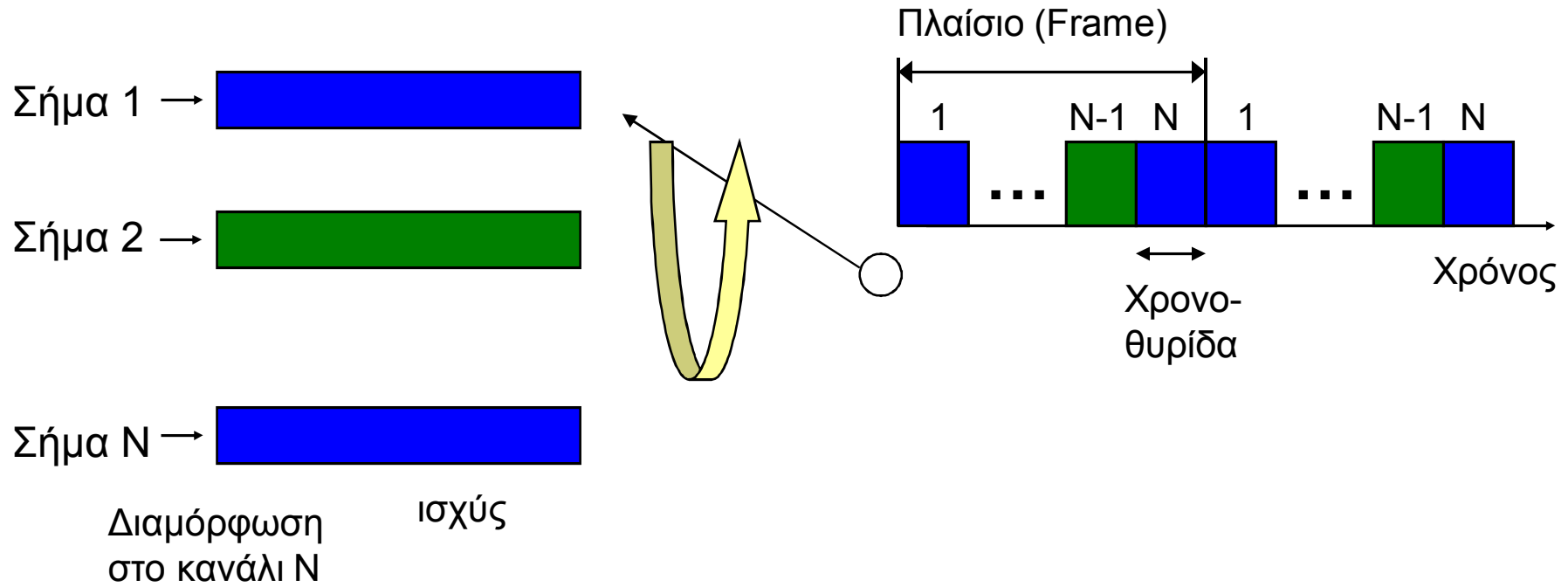
TDM



# Πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας



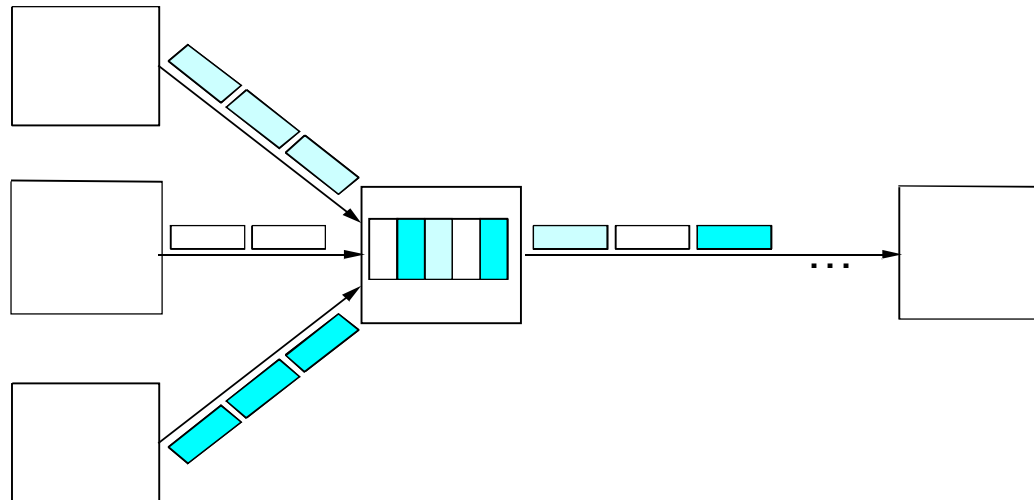
# Πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου





# Στατιστική πολυπλεξία (statistical multiplexing)

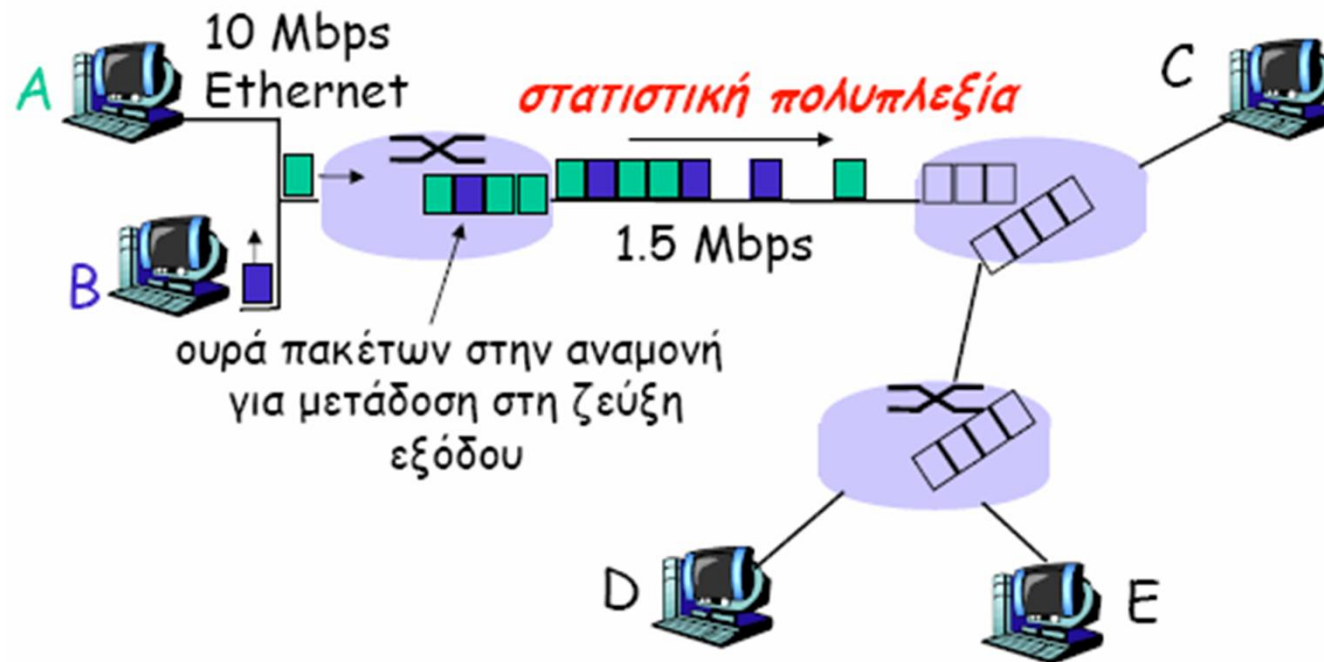
- Διαίρεση χρόνου «κατ' αίτηση»
- Χρονοπρογραμματισμός συνδέσμου ανά πακέτο
- Πακέτα από **διαφορετικές πηγές** εναλλάσσονται στον σύνδεσμο
- Ζητήματα:
  - Τα πακέτα χρειάζονται ετικέτες (labels) ή διευθύνσεις (addresses)
  - 📎 Απαιτείται η ενταμίευση πακέτων
- 📎 Μπορεί να συμβεί **υπερχείλιση ενταμιευτών σε καταστάσεις συμφόρησης**



# Πολυπλεξία FDM και TDM

- **FDM:**
  - προσαρμόζει το σήμα στα χαρακτηριστικά του μέσου
  - παράδειγμα: μετάδοση τηλεόρασης
- **TDM:**
  - κατάλληλο για σύγχρονη επικοινωνία
  - παράδειγμα: σταθερή τηλεφωνία, κινητή τηλεφωνία (GSM)
- Κι οι δύο τεχνικές **δεσμεύουν πόρους** (συχνότητα ή χρονοθυρίδες) με στατικό τρόπο
- Λόγω της **στατικής** δέσμευσης **δεν είναι αποδοτικές για εκρηκτική κίνηση** (bursty traffic)

# Μεταγωγή Πακέτων: Στατιστική Πολυπλεξία



Η ακολουθία πακέτων παράγεται από τις πηγές A και B με τυχαίο τρόπο → **στατιστική πολυπλεξία**

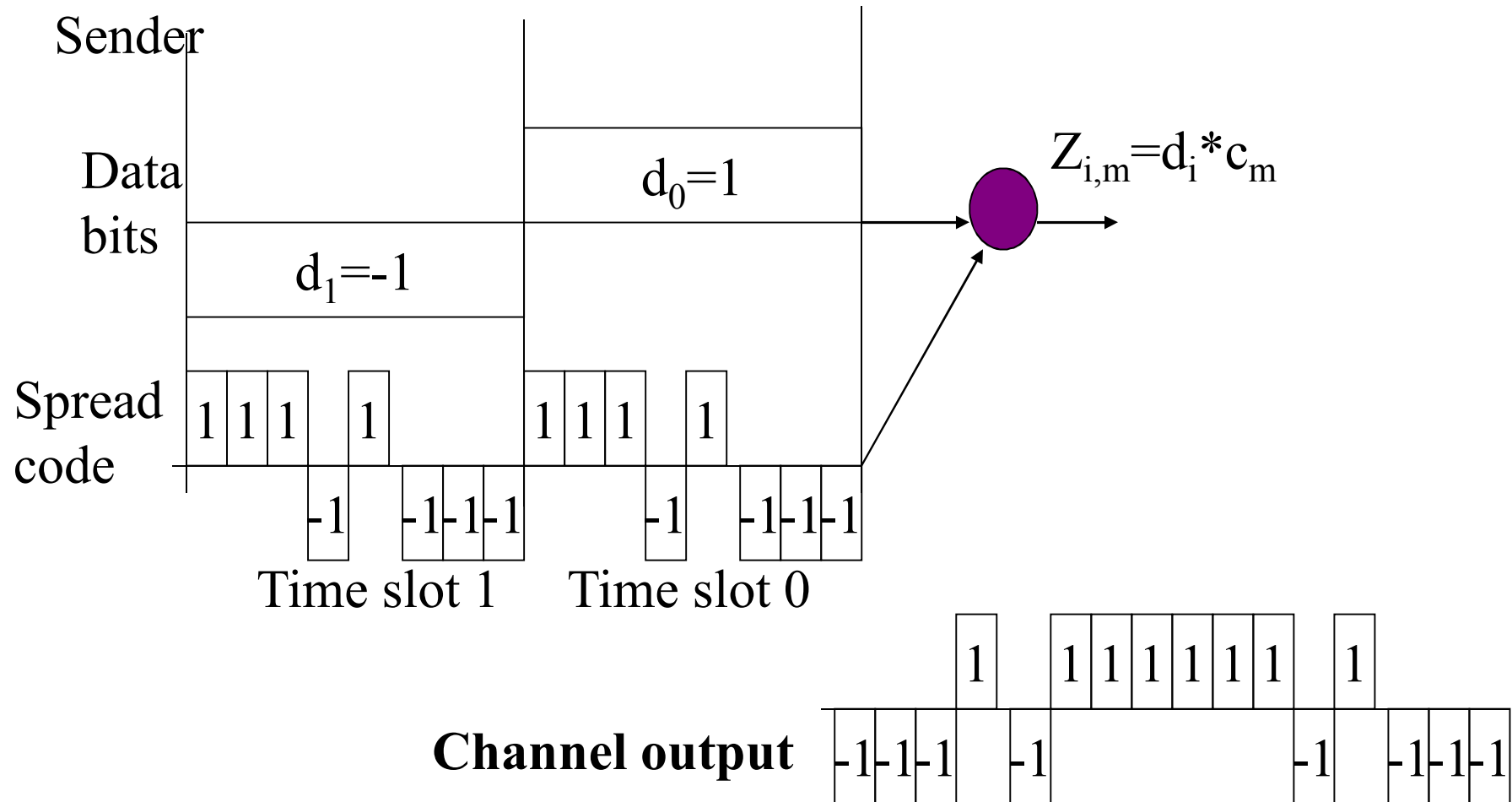
## Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα (CDMA) 1

- Στο CDMA ορίζεται σε κάθε κόμβο ένας διαφορετικό κώδικας
- Οι κώδικες είναι **ορθογώνιοι μεταξύ τους** (δηλ. το εσωτερικό γινόμενο μεταξύ οποιωνδήποτε δύο κωδίκων είναι 0)
- Κάθε κόμβος χρησιμοποιεί το δικό του μοναδικό κώδικα για να κωδικοποιήσει τα bits των δεδομένων που στέλνει

## Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα (CDMA) 2

- Οι κόμβοι μπορούν να εκπέμπουν ταυτόχρονα
- Πολλαπλοί κόμβοι σε κάθε κανάλι
- Οι αντίστοιχοι προς αυτούς δέκτες
  - Λαμβάνουν σωστά τα κωδικοποιημένα bits δεδομένων ενός πομπς
    - Θεωρώντας ότι ο δέκτης γνωρίζει τον κώδικα του πομπού, παρά τις παρεμβαλλόμενες μεταδόσεις άλλων κόμβων

# Παράδειγμα CDMA



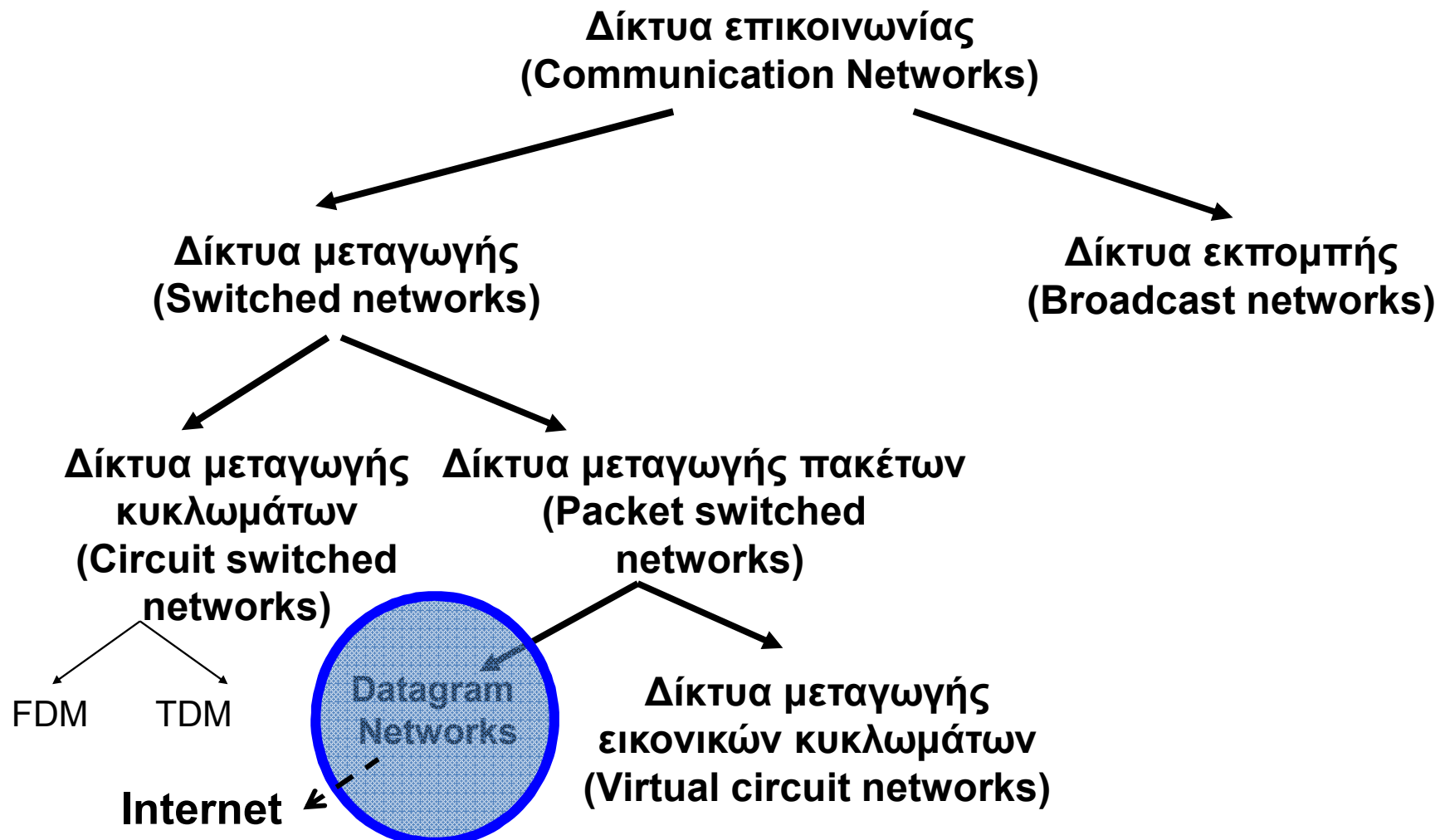
# Παράδειγμα CDMA (συνέχεια)

- Όταν δεν υπάρχουν παρεμβάλλοντες πομποί
  - Ο δέκτης
    - Λαμβάνει τα κωδικοποιημένα bits
    - Ανακτά τα αρχικά bit δεδομένων,  $d_i$ , υπολογίζοντας το

$$d_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M z_{i,m} * c_m$$

- Τα παρεμβάλλοντα εκπεμπόμενα δυαδικά σήματα είναι προσθετικά

# Ταξινόμηση δικτύων επικοινωνίας βάσει του τρόπου ανταλλαγής δεδομένων





# Πυρήνας Δικτύου: Μεταγωγή Κυκλωμάτων

Οι δικτυακοί πόροι (π.χ bandwidth) διαιρούνται σε «κομμάτια»

- Τα κομμάτια απονέμονται στις κλήσεις
- Πόροι δε χρησιμοποιούνται όταν η πηγή είναι αδρανής

Διαίρεση bandwidth σε «κομμάτια»

- Διαίρεση συχνότητας
- Διαίρεση χρόνου

# Παράδειγμα

- ◇ Πόσο χρόνο θα πάρει για να σταλεί ένα αρχείο των 640,000 bits από τον κόμβο A στον κόμβο B πάνω από ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων;
  - Όλοι οι σύνδεσμοι είναι στα 1.536 Mbps
  - Κάθε σύνδεσμος χρησιμοποιεί το TDM με 24 θυρίδες το δευτερόλεπτο
  - Χρειάζονται 500 ms για να δημιουργηθεί ένα end-to-end κύκλωμα

# Παράδειγμα

❖ Πόσο χρόνο θα πάρει για να σταλεί ένα αρχείο των 640,000 bits από τον κόμβο A στον κόμβο B πάνω από ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων;

- Όλοι οι σύνδεσμοι έχουν χωρητικότητα 1,536 Mbps
- Κάθε σύνδεσμος χρησιμοποιεί το TDM με 24 θυρίδες/δευτερόλεπτο
- Χρειάζονται 500 ms για να δημιουργηθεί ένα end-to-end κύκλωμα

✎ Κάθε κύκλωμα έχει ρυθμό μετάδοσης  $1.536 \text{ Mbps} / 24 = 64 \text{ Kbps}$

⇒ Χρειάζεται  $640000 \text{ bits} / 64 \text{ Kbps} = 10 \text{ s}$  για να μεταδώσει το αρχείο

Προσθέτοντας 500 ms για να δημιουργηθεί το κύκλωμα:  $10 \text{ s} + 500 \text{ ms} = 10.5 \text{ s}$  συνολικά για να μεταδοθεί το αρχείο.

☞ Ο χρόνος μετάδοσης είναι ανεξάρτητος από τον # συνδέσμων.

# Άλλο ένα παράδειγμα

- ◆ Πόσο χρόνο θα πάρει για να σταλεί ένα αρχείο των 640000 bits από τον κόμβο A στον κόμβο B πάνω από ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων;
  - Όλοι οι σύνδεσμοι είναι στα 1.536 Mbps
  - Κάθε σύνδεσμος χρησιμοποιεί το FDM με 24 κανάλια (συχνότητες)
  - Χρειάζονται 500 msec για να δημιουργηθεί ένα end-to-end κύκλωμα

# Άλλο ένα αριθμητικό παράδειγμα

- ◇? Πόσο χρόνο θα πάρει για να σταλεί ένα αρχείο των 640000 bits από τον κόμβο A στον κόμβο B πάνω από ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων;
  - Όλοι οι σύνδεσμοι είναι στα 1.536 Mbps
  - Κάθε σύνδεσμος χρησιμοποιεί το FDM με 24 κανάλια (συχνότητες)
  - Χρειάζονται 500 msec για να δημιουργηθεί ένα end-to-end κύκλωμα

Οι υπολογισμοί είναι οι ίδιοι με το προηγούμενο παράδειγμα.

# Πυρήνας Δικτύου: Μεταγωγή Πακέτων

Κάθε ροή δεδομένων  
διαίρεείται σε πακέτα

- Τα πακέτα των χρηστών A, B μοιράζονται τους δικτυακούς πόρους
- Κάθε πακέτο χρησιμοποιεί όλο το bandwidth της ζεύξης
- Πόροι χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζεται

Διαίρεση bandwidth σε «κομμάτια»  
Δέσμευση πόρων

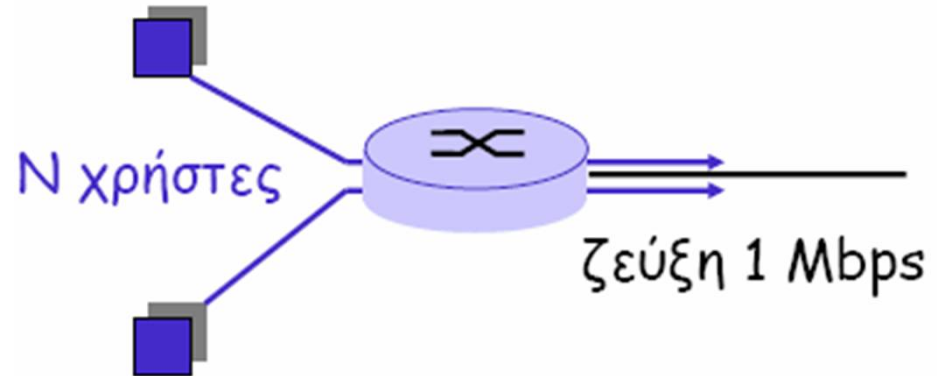
- Ανταγωνισμός για τους πόρους
- Η συνολική ζήτηση πόρων ενδέχεται να υπερβαίνει τους διαθέσιμους πόρους
- Συμφόρηση: πακέτα περιμένουν τη σειρά τους για μετάδοση στην ουρά
- Αποθήκευση και προώθηση: μεταφορά κατά άλματα
- (hop by hop):
  - Μετάδοση στη ζεύξη
  - Αναμονή στην επόμενη ζεύξη

# Μεταγωγή πακέτων έναντι μεταγωγής κυκλωμάτων 1

Η μεταγωγή πακέτων επιτρέπει σε περισσότερους χρήστες να χρησιμοποιούν το δίκτυο

## ✍ Παράδειγμα

- Κάθε χρήστης:
  - 100 kbps όταν «ενεργός»
  - **Ενεργός 10% του χρόνου**
- Μεταγωγή κυκλώματος: 10 χρήστες
- Μεταγωγή πακέτων:
- Με 35 χρήστες, **πιθανότητα > 10 ενεργοί χρήστες ταυτόχρονα: πολύ μικρή**
  - Με  $\leq 10$  χρήστες, συνολικό bandwidth που χρειάστηκε  $\leq 1$  Mbps
  - 😊 ίδια απόδοση, καμία καθυστέρηση με πάνω από **3X των χρηστών**



# Μεταγωγή πακέτων έναντι μεταγωγής κυκλωμάτων 2

Μεταγωγή πακέτων:

- Ιδανική για δεδομένα που χαρακτηρίζονται από σποραδικότητα (bursty)
  - Διαμοιρασμός πόρων
  - Απλούστερη: δεν απαιτεί εγκαθίδρυση σύνδεσης
- Υπερβολική συμφόρηση: καθυστέρηση & απώλειες πακέτων
  - Απαιτούνται πρωτόκολλα για την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, έλεγχο συμφόρησης



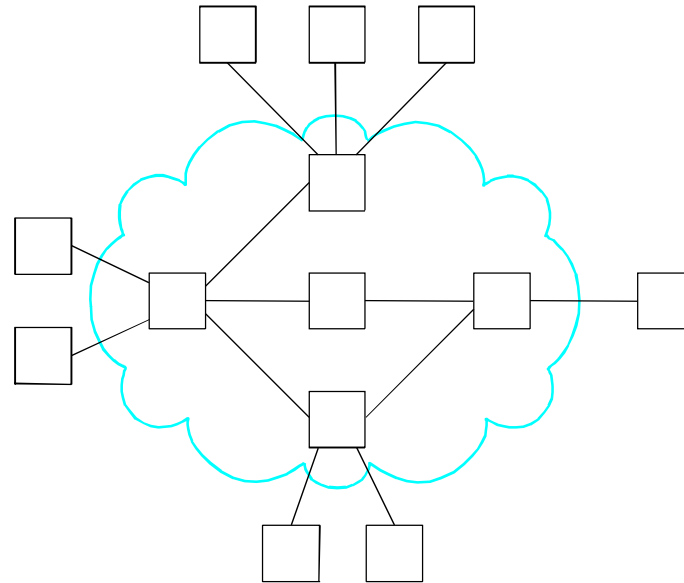
# Μεταγωγή πακέτων έναντι μεταγωγής κυκλωμάτων 2 συνέχεια

- Ξ τρόπος να συμπεριφερθεί όπως η μεταγωγή κυκλωμάτων;
  - ☞ Εφαρμογές audio/video απαιτούν εγγυήσεις ως προς το **bandwidth, jitter** → **Quality of Service (QoS)**
  - ✎ Θα το εξετάσουμε αργότερα ...

# Δίκτυα μεταγωγής πακέτων: προώθηση

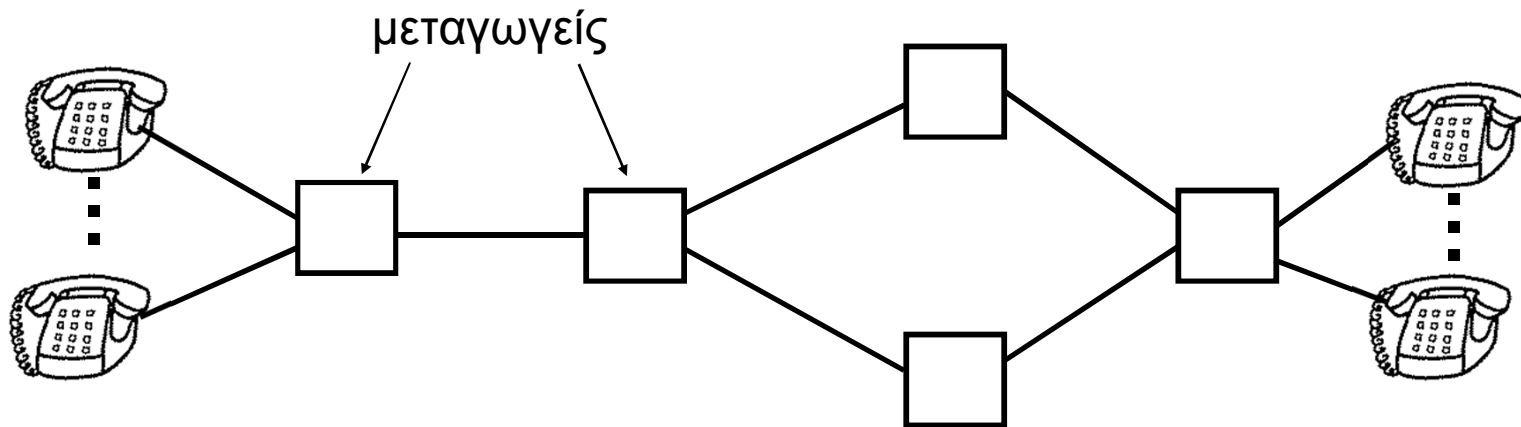
- Στόχος: μετακίνηση πακέτων από την πηγή στον προορισμό μέσω δρομολογητών
  - **Αλγόριθμοι δρομολόγησης (routing algorithms):** αλγόριθμοι επιλογής διαδρομής μεταξύ πηγής – προορισμού (κεφάλαιο 4)
- Δίκτυο αυτοδύναμων πακέτων (datagrams)
  - Η διεύθυνση προορισμού που περιέχεται στο πακέτο προσδιορίζει τον επόμενο κόμβο
  - ☞ Οι διαδρομές ενδέχεται να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας
- Δίκτυο εικονικών κυκλωμάτων (virtual circuits)
  - Κάθε πακέτο «ετικέτα» (ID εικονικού κυκλώματος), η ετικέτα προσδιορίζει τον επόμενο κόμβο
  - ☞ Η διαδρομή προσδιορίζεται κατά την εγκαθίδρυση κλήσης, παραμένει αμετάβλητη κατά τη διάρκεια της κλήσης
  - Οι δρομολογητές διατηρούν πληροφορία για την κατάσταση κάθε κλήσης

# Μεταγωγή (switching)



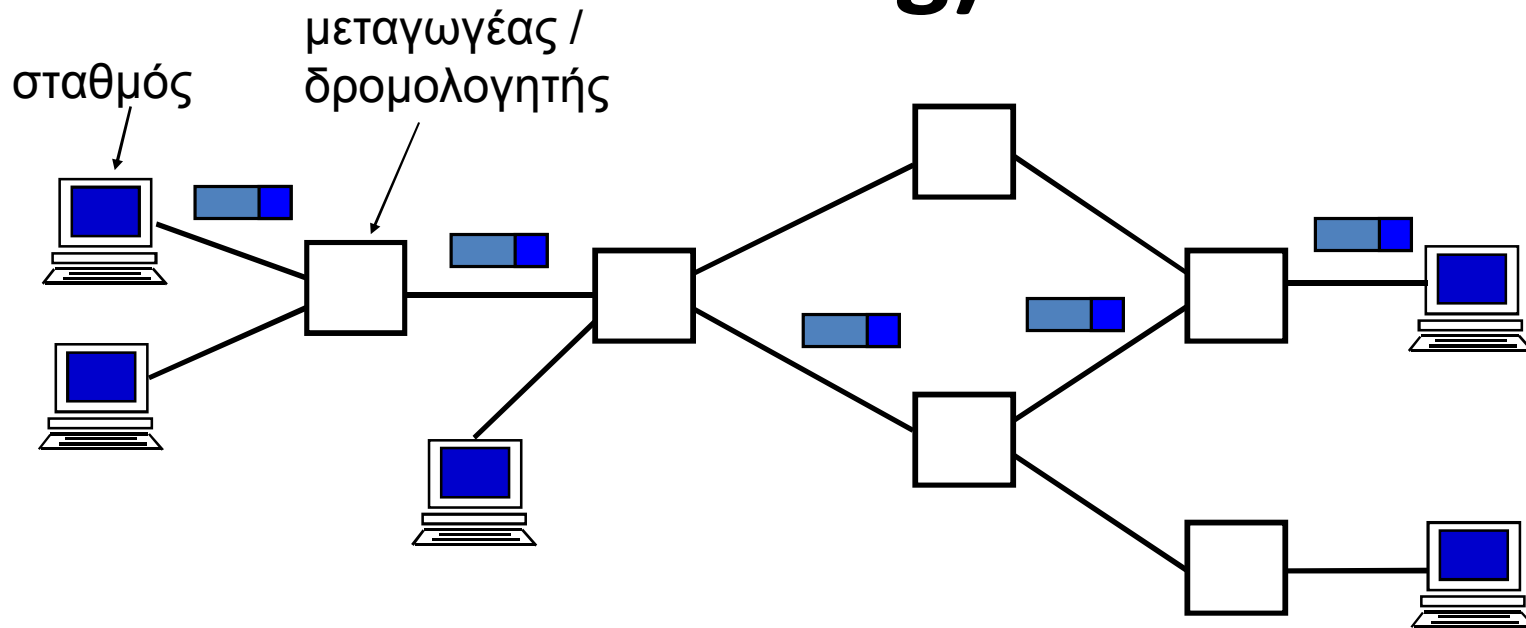
- Δίκτυο επικοινωνίας: διασύνδεση κόμβων
- Μεταγωγή: προώθηση δεδομένων από τον σύνδεσμο εισόδου στον σύνδεσμο εξόδου ενός κόμβου

# Μεταγωγή κυκλωμάτων (circuit switching)



- Μεταγωγείς και σύνδεσμοι συμμετέχουν στην δημιουργία κυκλωμάτων από-άκρο-σε-άκρο (end-to-end)
- Τα κυκλώματα δεσμεύονται για τους χρήστες μόνο για την διάρκεια της επικοινωνίας

# Μεταγωγή πακέτων (packet switching)



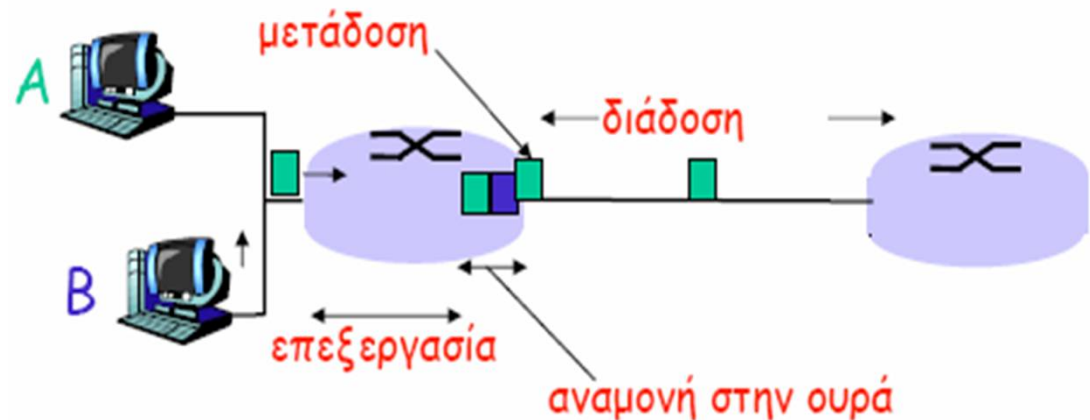
- Τα μηνύματα διαιρούνται σε πακέτα (τεμαχισμός - fragmentation)
- Κάθε πακέτα περιέχει τα δεδομένα του χρήστη και πληροφορία ελέγχου (π.χ. διευθύνσεις)
- Ένας κόμβος λαμβάνει τα πακέτα, τα αποθηκεύει προσωρινά, και τα προωθεί στον επόμενο κόμβο (store-and-forward)

Ας θεωρήσουμε τώρα ένα δίκτυο μεταγωγής  
πακέτων και ας συζητήσουμε τις διάφορες  
καθυστερήσεις και απώλειες των πακέτων ...

# Τέσσερις πηγές καθυστέρησης σε ένα δρομολογητή

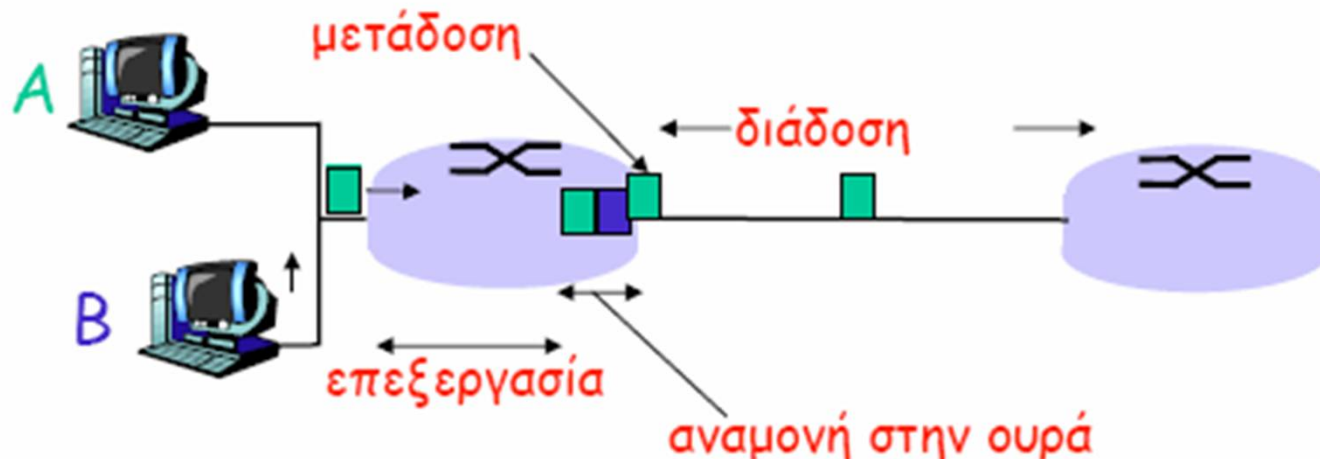
1. Επεξεργασία στον κόμβο:
  - Εξέταση του header
  - Προσδιορισμός ζεύξης εξόδου
  - Έλεγχος σφαλμάτων bits
  - Τάξεως microseconds

2. Αναμονή στην ουρά:
  - Χρόνος αναμονής στη ζεύξη εξόδου
  - Εξαρτάται από το βαθμό συμφόρησης του δρομολογητή
  - Τάξεως microseconds ~milliseconds



# Τέσσερις πηγές καθυστέρησης σε ένα δρομολογητή

- 3. Καθυστέρηση μετάδοσης
  - R: **bandwidth** ζεύξης (bps)
  - L: **μήκος πακέτου** (bits)
  - Χρόνος μετάδοσης πακέτου:  $L/R$
  - Τάξεως microseconds με milliseconds
  - ☞ Αντιστοιχεί στην προώθηση **όλων των bits του πακέτου** στη ζεύξη
- 4. Καθυστέρηση διάδοσης
  - D: **μήκος φυσικής ζεύξης**
  - S: **ταχύτητα διάδοσης μέσου** ( $\sim 2-3 \times 10^8$  m/sec)
  - Χρόνος διάδοσης πακέτου  $D/S$
  - Τάξεως microseconds με milliseconds
  - ☞ **Ένα bit**, αφού προωθηθεί προς τη ζεύξη, **πρέπει να διαδοθεί ως το δρομολογητή**





# Καθυστέρηση στον κόμβο

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Καθυστερηση κομβου ειναι η καθυστερηση σε ενα δρομολογητή

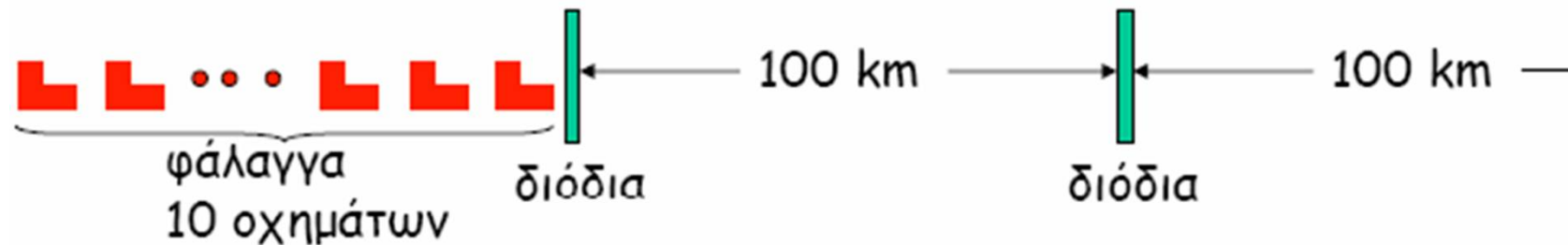
- $d_{\text{proc}}$  = καθυστέρηση επεξεργασίας (processing delay)
  - Συνήθως μερικά microseconds ή λιγότερο
- $d_{\text{queue}}$  = καθυστέρηση αναμονής ουράς (queuing delay)
  - Εξαρτάται από τη συμφόρηση

# Καθυστέρηση Διάδοσης έναντι Καθυστέρησης Μετάδοσης

 Πολύ σημαντική διαφορά!

- Καθυστέρηση μετάδοσης: Ο χρόνος που απαιτείται ώστε ο δρομολογητής να προωθήσει το πακέτο
  - Συνάρτηση του μήκους πακέτου & του ρυθμού μετάδοσης της ζεύξης
  - ☞ ΔΕΝ έχει να κάνει με την απόσταση μεταξύ των δύο δρομολογητών
- Καθυστέρηση διάδοσης: ο χρόνος που χρειάζεται ένα bit για να διαδοθεί από τον ένα δρομολογητή στον επόμενο
  - Σχετίζεται με την απόσταση μεταξύ των δύο δρομολογητών
  - ☞ ΔΕΝ έχει να κάνει με το μήκος πακέτου ή το ρυθμό μετάδοσης της ζεύξης

# Αναλογία/παράδειγμα με μία φάλαγγα οχημάτων 1



Υποθέσεις προβλήματος

- όχημα  $\Rightarrow$  **bit**,      φάλαγγα  $\Rightarrow$  **πακέτο**
- Όλα τα αυτοκίνητα της φάλαγγας πρέπει να φτάσουν @ πρώτα διόδια πριν το πρώτο αυτοκίνητο ξεκινήσει για τα δεύτερα διόδια

# Αναλογία/παράδειγμα με μία φάλαγγα οχημάτων 2

- Οχήματα «οδεύουν» με ταχύτητα 100 km/hr  $\Rightarrow$  χρόνος διάδοσης
  - Κάθε όχημα κάνει 12 sec στα διόδια  $\Rightarrow$  χρόνος μετάδοσης
  - Δεν υπάρχουν άλλα οχήματα  $\Rightarrow$  καμία άλλη κίνηση & καθυστερήσεις στην ζεύξη
- ◆ Πόσος χρόνος για να φθάσει η φάλαγγα @ δεύτερα διόδια;

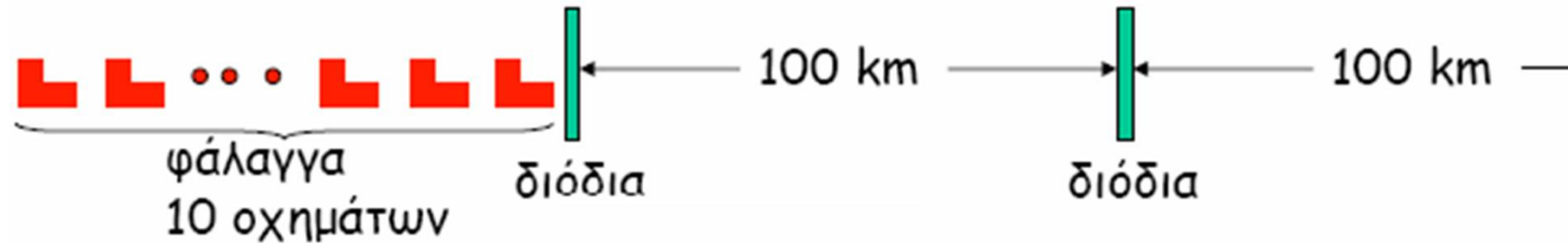
# Αναλογία/παράδειγμα με μία φάλαγγα οχημάτων 3



**Πόσος χρόνος για να φθάσει η φάλαγγα στα  
δεύτερα διόδια;**

- Συνολικός χρόνος διέλευσης από τα διόδια για όλα  
τα οχήματα = 12 (λεπτά το κάθε ένα στα διόδια)  
\*10 (αυτοκίνητα) = 120 sec = 2min
- Χρόνος διαδρομής για το τελευταίο όχημα από τα  
πρώτα διόδια στα δεύτερα:  $100\text{km}$  (απόσταση S) /  
 $100\text{km/hr}$  (ταχύτητα D) = 1 hr

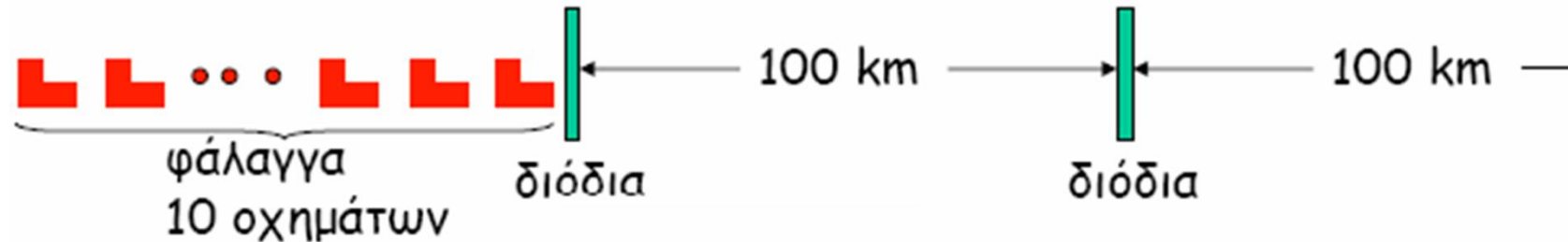
# Αναλογία (Φάλαγγα οχημάτων)



- Τα οχήματα τώρα «οδεύουν» με ταχύτητα 1000 km/hr
- Χρόνος στα διόδια ανά όχημα: 1 min
- ◇ Θα φτάσουν τα οχήματα @ δεύτερα διόδια πριν όλα τα οχήματα εξυπηρετηθούν @ πρώτα διόδια;

- Συνολικός χρόνος διέλευσης από τα διόδια για όλα τα οχήματα =  $1 \cdot 10 = 10$  min
- Χρόνος διαδρομής από τα πρώτα διόδια σε δεύτερα:  
 $100\text{km}/(1000\text{km/hr}) = 6$  min
- Μετά από 7 λεπτά, το πρώτο όχημα θα είναι στα δεύτερα διόδια και 3 οχήματα θα είναι ακόμα στα πρώτα...

# Αναλογία (Φάλαγγα οχημάτων)



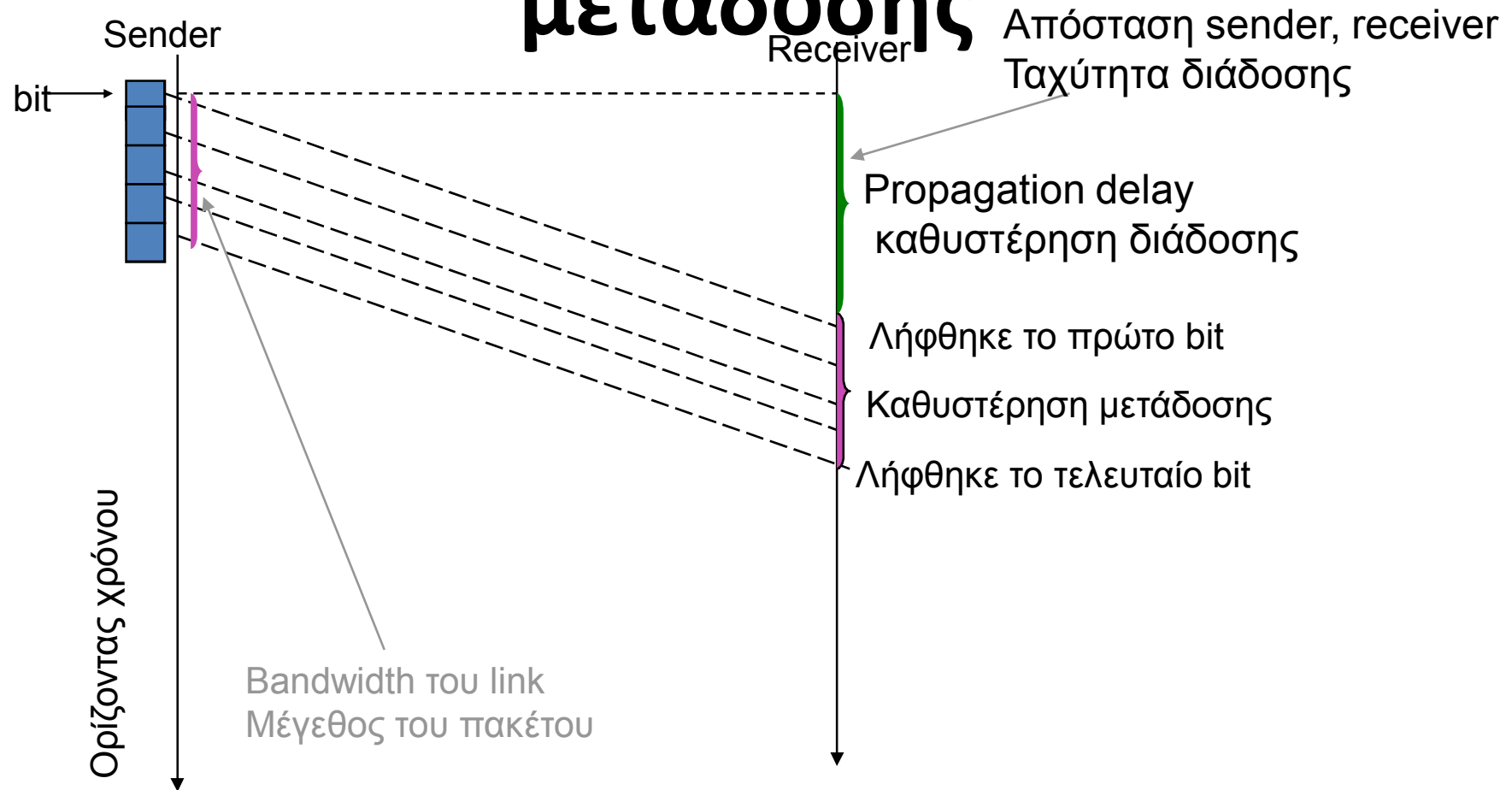
- Τα οχήματα τώρα «οδεύουν» με ταχύτητα 1000 km/hr
  - Χρόνος στα διόδια ανά όχημα 1 min
  - Ε: Θα φτάσουν τα οχήματα στα δεύτερα διόδια πριν όλα τα οχήματα εξυπηρετηθούν στα πρώτα διόδια;
- ⌚ **ΝΑΙ, το πρώτο bit του πακέτου μπορεί να φτάσει στον δεύτερο δρομολογητή πριν το πακέτο έχει σταλεί ολόκληρο από τον πρώτο δρομολογητή**
- Συνολικός χρόνος διέλευσης από τα διόδια για όλα τα οχήματα =  $1 \cdot 10 = 10$  min
  - Χρόνος διαδρομής από τα πρώτα διόδια σε δεύτερα:  
 $100\text{km}/(1000\text{km/hr}) = 6$  min
  - Στο 7 λεπτό το πρώτο όχημα θα είναι στα δεύτερα διόδια και 3 οχήματα θα είναι ακόμα στα πρώτα.

- Αυτή η κατάσταση συμβαίνει επίσης σε δίκτυα μεταγωγής πακέτων:

Το πρώτο bit ενός πακέτου μπορεί να φτάσει σε ένα δρομολογητή ενώ πολλά από τα υπόλοιπα bits του πακέτου **ακόμη περιμένουν να μεταδοθούν από τον προηγούμενο δρομολογητή**



# Καθυστέρηση διάδοσης & μετάδοσης



# Μερικοί ακόμη όροι

- Ακραίος δρομολογητής (edge router): Ο πρώτος δρομολογητής σε μια διαδρομή από ένα ακραίο σύστημα (end system) σε οποιοδήποτε άλλο μακρινό ακραίο σύστημα


# Διατερματική καθυστέρηση (End-to-end delay) 1

- Έστω  $N-1$  δρομολογητές μεταξύ του αρχικού και του τελικού host
- Πακέτο μήκους  $L$
- Το δίκτυο είναι ασυμφόρητο (uncongested)  $\Rightarrow$  Καθυστέρηση αναμονής στην ουρά  $d_{\text{queue}}=0$
- Η καθυστέρηση επεξεργασίας σε κάθε δρομολογητή και στον αρχικό host είναι  $d_{\text{proc}}$ , ο ρυθμός μετάδοσης από κάθε δρομολογητή και από τον αρχικό host είναι  $R$  bits/sec και η καθυστέρηση διάδοσης σε κάθε ζεύξη είναι  $d_{\text{prop}}$ .

# Διατερματική καθυστέρηση (End-to-end delay) 2

- Οι καθυστερήσεις κόμβων αθροίζονται και δίνουν τη διατερματική καθυστέρηση:

$$d_{\text{end-to-end}} = N^* (d_{\text{proc}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}), \text{ όπου}$$
$$d_{\text{trans}} = L/R$$

 Γενικεύστε τον παραπάνω τύπο στην περίπτωση που υπάρχουν ετερογενείς ζεύξεις ή διαφορετικές καθυστερήσεις στα διάφορα τμήματα του δικτύου

# Απώλειες πακέτων 1

- Η ουρά (buffer) στη ζεύξη εξόδου έχει πεπερασμένη χωρητικότητα
- ☞ Όταν ένα πακέτο **βρίσκει την ουρά γεμάτη**, το πακέτο απορρίπτεται (χάνεται)
- Επίσης, το πακέτο μπορεί να μη ληφθεί σωστά, σε περιπτώσεις:
  - ταυτόχρονων μεταδόσεων σε μία ζεύξη
  - παρεμβολών και θορύβου
  - **χαμηλής έντασης σήματος στον παραλήπτη**
  - πολλών λαθών

# Απώλειες πακέτων 2

- Ένα πακέτο που χάνεται μπορεί να **επαναμεταδοθεί** από προηγούμενο κόμβο, από άκρο σε άκρο ή **μπορεί να μην επαναμεταδοθεί καθόλου**

# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

