



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών

Ενότητα 7: Στρώμα δικτύου

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Συνιστώμενο Βιβλίο:

*Δικτύωση Υπολογιστών
Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω*

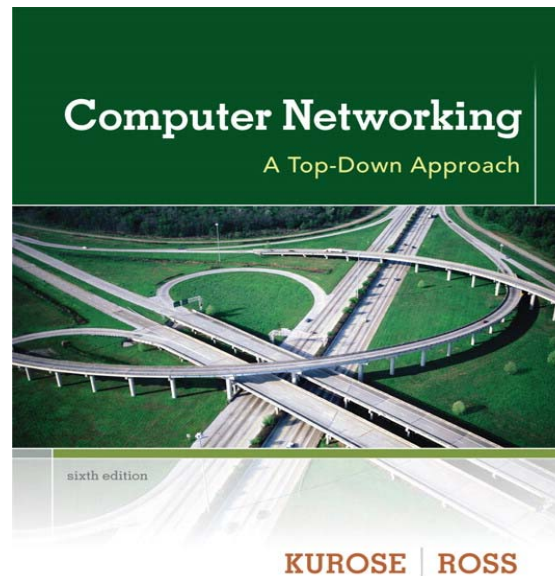
KUROSE | ROSS

Τίτλος στην Αγγλική: Computer Networking: A Top-Down Approach

Επιμέλεια Ελληνικής Μετάφρασης: Μαυρίδης Ιωάννης - Φουληράς Παναγιώτης

Εκδόσεις : Μ. Γκιούρδας

Έκτη Έκδοση



Η πλειονότητα των διαφανειών της 7^{ης} ενότητας αποτελούν προσαρμογή και απόδοση στα ελληνικά των διαφανειών του 4^{ου} κεφαλαίου που συνοδεύουν το βιβλίο «Computer Networking: A Top-Down Approach» J.F Kurose and K.W. Ross, 6/E, Addison-Wesley (**Copyright © Pearson Education Inc**).

Η παρούσα προσαρμογή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε απόδοση των διαφανειών αυτών στα ελληνικά, την επιμέλεια της οποίας είχε ο καθηγητής του Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Λάζαρος Μεράκος.



Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των βασικών αρχών πίσω από τις υπηρεσίες του στρώματος δικτύου:
 - Μοντέλα υπηρεσιών του στρώματος δικτύου
 - Προώθηση vs δρομολόγηση (forwarding vs routing)
 - Πως δουλεύει ένας δρομολογητής (router)



Περιεχόμενα ενότητας

- Λειτουργίες στρώματος δικτύου
- Αλληλεπίδραση μεταξύ δρομολόγησης και προώθησης
- Μοντέλα υπηρεσιών στρώματος δικτύου
- Εικονικά κυκλώματα (virtual circuits)
- Δίκτυα Δεδομενογράμματος (Datagram)
- Αρχιτεκτονική δρομολογητή



Κεφάλαιο 4: Στρώμα Δικτύου

4.1 Εισαγωγή

4.2 Δίκτυα εικονικού κυκλώματος και δεδομενογράμματος

4.3 Τι βρίσκεται μέσα σ' ένα δρομολογητή

4.4 IP: Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol)

- Μορφή δεδομενογράμματος
- Διευθυνσιοδότηση IPv4
- ICMP
- IPv6

4.5 Αλγόριθμοι δρομολόγησης

- Κατάστασης ζεύξης (link state)
- Διανύσματος απόστασης (distance vector)
- Ιεραρχική δρομολόγηση (hierarchical routing)

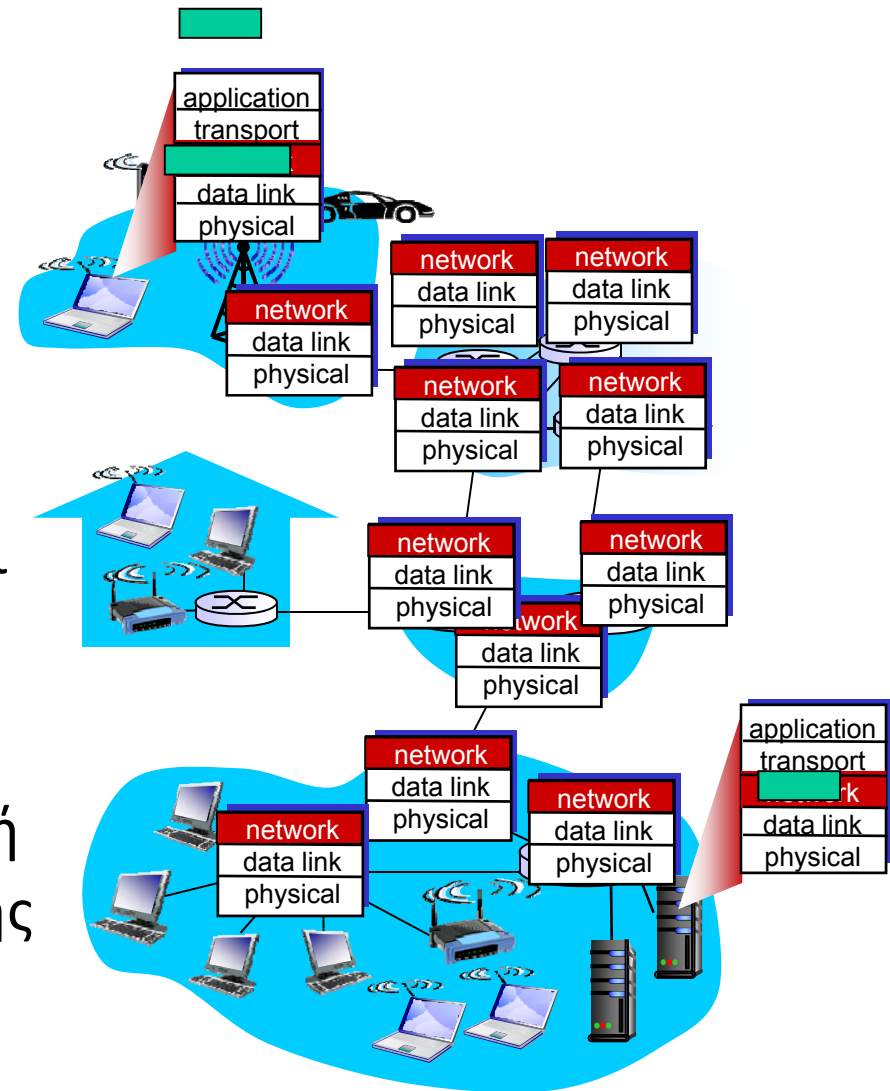
4.6 Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο

- RIP
- OSPF
- BGP



Στρώμα Δικτύου

- ❖ Μεταφορά τμήματος από τον υπολογιστή αποστολέα στον υπολογιστή δέκτη
- ❖ Στην πλευρά αποστολής ενθυλακώνει τα τμήματα σε δεδομενογράμματα (datagrams)
- ❖ Στην πλευρά του δέκτη, παραδίδει τα τμήματα στο στρώμα μεταφοράς
- ❖ Πρωτόκολλα στρώματος δικτύου σε **κάθε** υπολογιστή, δρομολογητή
- ❖ Ο δρομολογητής εξετάζει πεδία της κεφαλίδας όλων των IP datagrams που περνούν από αυτόν



Δύο λειτουργίες κλειδιά του στρώματος δικτύου

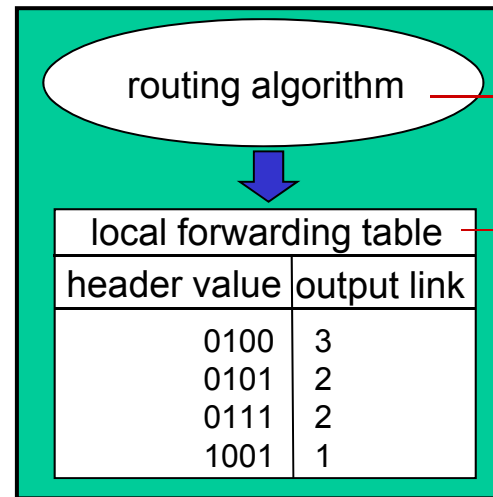
- ❖ **Πρώθηση (forwarding):** μετακίνηση πακέτων από την είσοδο του δρομολογητή στην κατάλληλη έξοδο του δρομολογητή
- ❖ **Δρομολόγηση (routing):** καθορισμός διαδρομής που ακολουθούν τα πακέτα από την προέλευση στον προορισμό
 - *Αλγόριθμοι δρομολόγησης*

αναλογία:

- ❖ **δρομολόγηση:** διαδικασία σχεδιασμού ταξιδιού από την προέλευση στον προορισμό
- ❖ **πρώθηση:** διαδικασία περάσματος από μία διασταύρωση



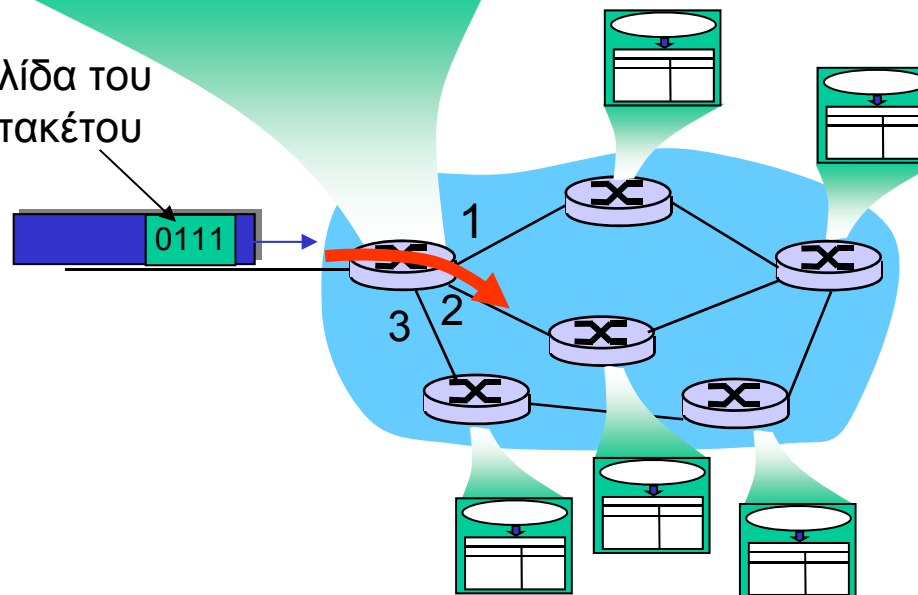
Αλληλεπίδραση μεταξύ δρομολόγησης και προώθησης



Ο αλγόριθμος δρομολόγησης καθορίζει το μονοπάτι από άκρο σε άκρο διαμέσου του δικτύου

Ο πίνακας προώθησης καθορίζει την προώθηση τοπικά σε αυτόν τον δρομολογητή

Τιμή στην κεφαλίδα του αφικνούμενου πακέτου



Δημιουργία σύνδεσης

- ❖ Η 3η σημαντική λειτουργία σε ορισμένες δικτυακές αρχιτεκτονικές:
 - ATM, frame relay, X.25
- ❖ Πριν τη ροή των datagrams, οι δύο τερματικοί υπολογιστές και οι δρομολογητές που μεσολαβούν εγκαθιστούν εικονική σύνδεση
 - συμμετέχουν οι δρομολογητές
- ❖ Υπηρεσία σύνδεσης στρώματος δικτύου έναντι μεταφοράς:
 - **δικτύου:** μεταξύ δύο υπολογιστών (μπορεί επίσης να συμμετέχουν δρομολογητές που μεσολαβούν στην περίπτωση των εικονικών κυκλωμάτων (VCs))
 - **μεταφοράς:** μεταξύ δύο διεργασιών



Μοντέλο υπηρεσιών δικτύου

Ε: Ποιό μοντέλο υπηρεσίας για το «κανάλι» που μεταφέρει datagrams από τον αποστολέα στο δέκτη;

Παράδειγμα υπηρεσιών για ξεχωριστά datagrams:

- Εγγυημένη παράδοση
- Εγγυημένη παράδοση
- με καθυστέρηση μικρότερη από 40 msec

Παράδειγμα υπηρεσιών για ροή datagrams:

- ❖ Σε σειρά παράδοση των datagrams
- ❖ Εγγυημένο ελάχιστο εύρος ζώνης στη ροή
- ❖ Περιορισμοί στις αλλαγές των αποστάσεων των πακέτων



Μοντέλα υπηρεσιών στρώματος δικτύου

Αρχιτεκτονική Δικτύου	Μοντέλο Υπηρεσίας	Εγγυήσεις;				Ανάδραση συμφόρησης
		Εύρος ζώνης	Απώ- λειες	Σειρά	Χρονισμός	
Internet	best effort	καμία	όχι	όχι	όχι	όχι (συνάγεται από απώλειες)
ATM	CBR	σταθερός ρυθμός	ναι	ναι	ναι	χωρίς συμφόρηση
ATM	VBR	εγγυημένος ρυθμός	ναι	ναι	ναι	χωρίς συμφόρηση
ATM	ABR	εγγυημένος ρυθμός	όχι	ναι	όχι	ναι
ATM	UBR	καμία	όχι	ναι	όχι	όχι



Κεφάλαιο 4: Στρώμα Δικτύου

4.1 Εισαγωγή

4.2 Δίκτυα εικονικού κυκλώματος και δεδομενογράμματος

4.3 Τι βρίσκεται μέσα σ' ένα δρομολογητή

4.4 IP: Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol)

- Μορφή δεδομενογράμματος
- Διευθυνσιοδότηση IPv4
- ICMP
- IPv6

4.5 Αλγόριθμοι δρομολόγησης

- Κατάστασης ζεύξης (link state)
- Διανύσματος απόστασης (distance vector)
- Ιεραρχική δρομολόγηση (hierarchical routing)

4.6 Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο

- RIP
- OSPF
- BGP



Υπηρεσία στρώματος δικτύου με και χωρίς σύνδεση

- ❖ **Το δίκτυο *datagram*** παρέχει υπηρεσία στρώματος δικτύου χωρίς σύνδεση (***connectionless***)
- ❖ **Το δίκτυο *εικονικού κυκλώματος* (*Virtual Circuit-VC*)** παρέχει υπηρεσία στρώματος δικτύου **με σύνδεση**
- ❖ Ανάλογο με τις υπηρεσίες TCP/UDP στρώματος μεταφοράς, αλλά:
 - **υπηρεσία:** υπολογιστής-προς-υπολογιστή (host-to-host)
 - **χωρίς επιλογή:** το δίκτυο παρέχει τη μία ή την άλλη
 - **υλοποίηση:** στον πυρήνα του δικτύου



Εικονικά κυκλώματα (Virtual circuits)

“Η διαδρομή από την προέλευση στον προορισμό συμπεριφέρεται σαν τηλεφωνικό κύκλωμα”

- ως προς την απόδοση
- ενέργειες του δικτύου κατά μήκος της διαδρομής από την προέλευση στον προορισμό

- ❖ Εγκαθίδρυση και τερματισμός για κάθε κλήση πριν τα δεδομένα αρχίσουν να ρέουν
- ❖ Κάθε πακέτο φέρει αναγνωριστικό του VC (όχι τη διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού)
- ❖ Κάθε δρομολογητής στη διαδρομή προέλευσης-προορισμού διατηρεί «κατάσταση» για κάθε σύνδεση που περνά
- ❖ Οι πόροι ζεύξης, δρομολογητή (εύρος ζώνης, ενταμιευτές) μπορούν να αποδοθούν σε VC (αποκλειστικοί πόροι = προβλέψιμη υπηρεσία)



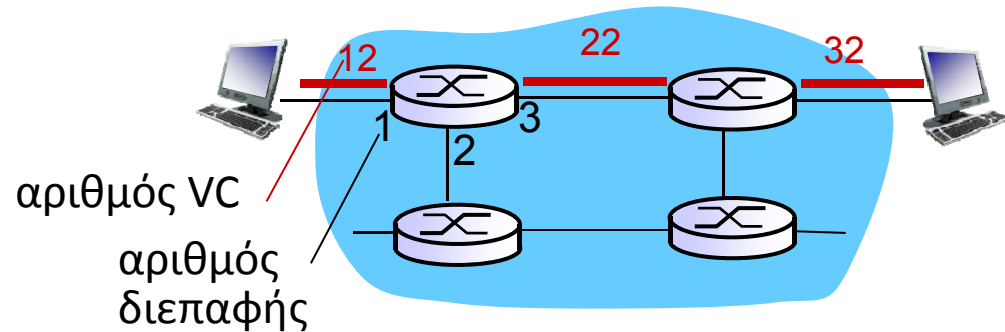
Υλοποίηση VC

Ένα VC αποτελείται από

1. **διαδρομή** από την προέλευση στον προορισμό
 2. **αριθμούς VC**, ένας αριθμός για κάθε ζεύξη κατά μήκος της διαδρομής
 3. **καταχωρίσεις σε πίνακες προώθησης** στους δρομολογητές κατά μήκος της διαδρομής
-
- ❖ Το πακέτο που ανήκει στο VC φέρει τον αριθμό του VC (αντί για διεύθυνση προορισμού)
 - ❖ Ο αριθμός VC ενδέχεται να αλλάζει σε κάθε ζεύξη.
 - Ο νέος αριθμός VC προέρχεται από τον πίνακα προώθησης



Πίνακας προώθησης VC



Πίνακας προώθησης
στον πάνω αριστερά δρομολογητή:

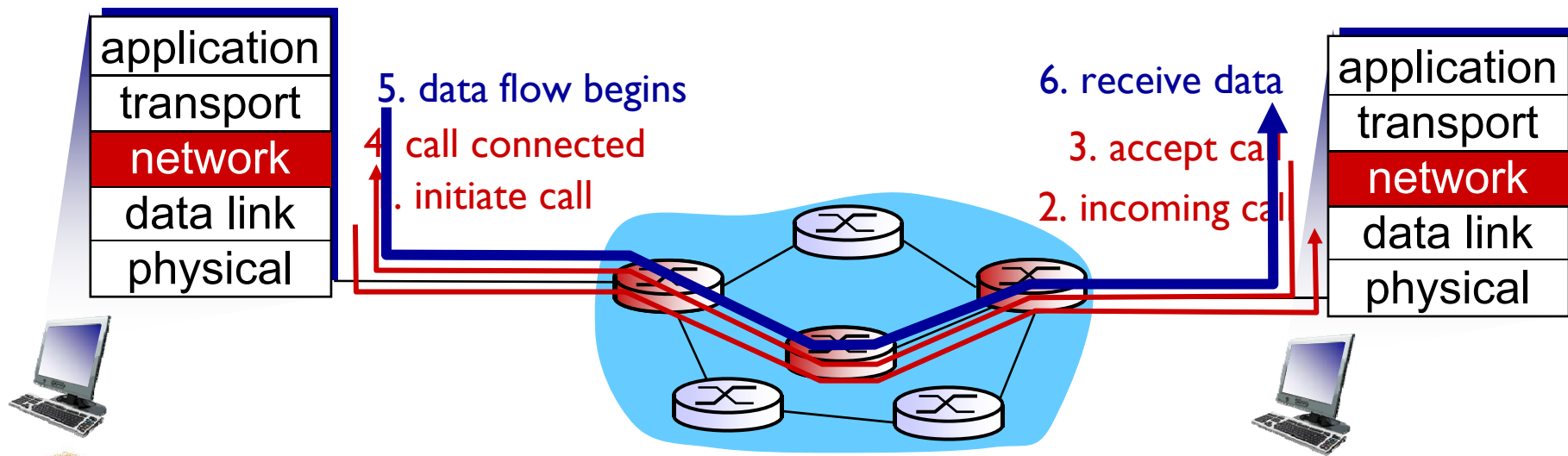
Incoming interface	Incoming VC #	Outgoing interface	Outgoing VC #
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...

Οι δρομολογητές VC διατηρούν πληροφορίες κατάστασης σύνδεσης!



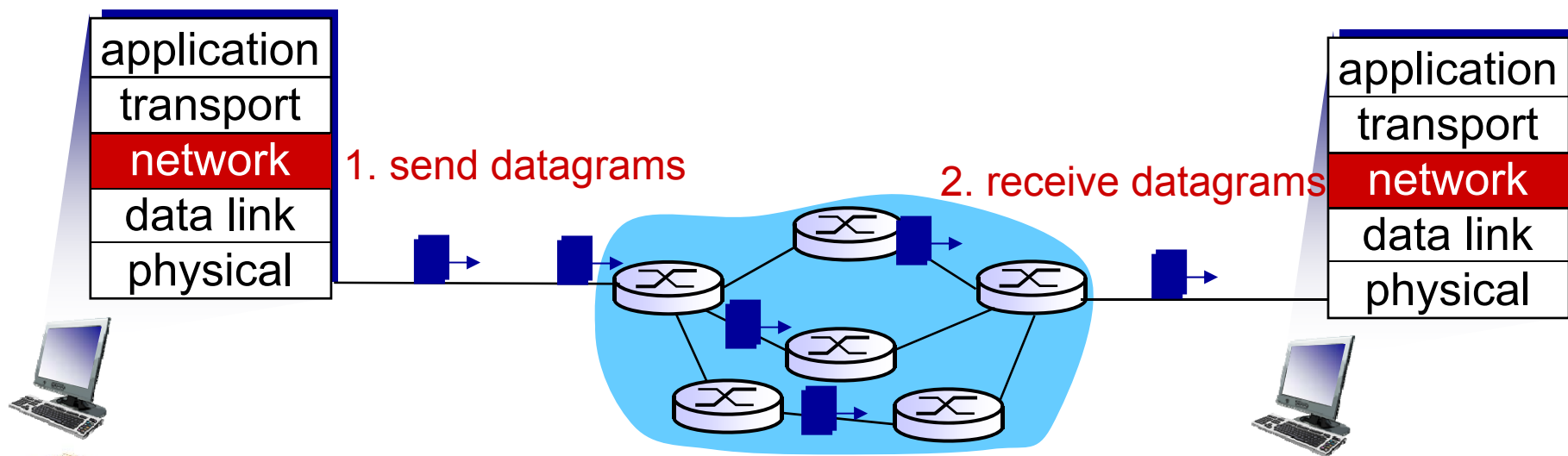
Εικονικά κυκλώματα: πρωτόκολλα σηματοδότησης

- ❖ Χρησιμοποιούνται για την εγκαθίδρυση, συντήρηση και τερματισμό του VC
- ❖ Χρησιμοποιούνται στα ATM, frame-relay, X.25
- ❖ Δε χρησιμοποιούνται στο σημερινό Διαδίκτυο

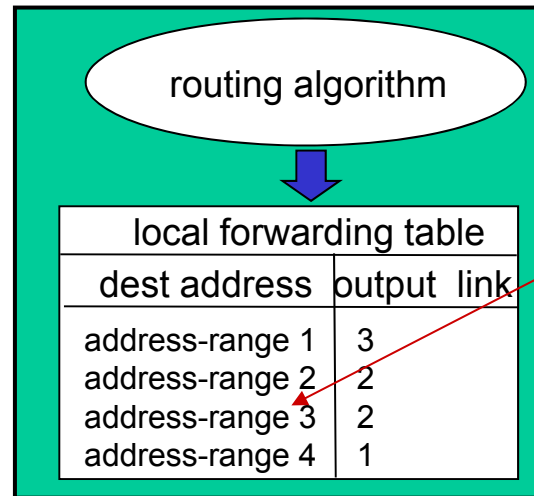


Δίκτυα Δεδομενογράμματος (Datagram)

- ❖ Χωρίς εγκαθίδρυση κλήσης στο στρώμα δικτύου
- ❖ δρομολογητές: χωρίς κατάσταση για τις από-άκρο-σε-άκρο συνδέσεις
 - Χωρίς την έννοια της «σύνδεσης» στο στρώμα δικτύου
- ❖ Τα πακέτα προωθούνται χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού

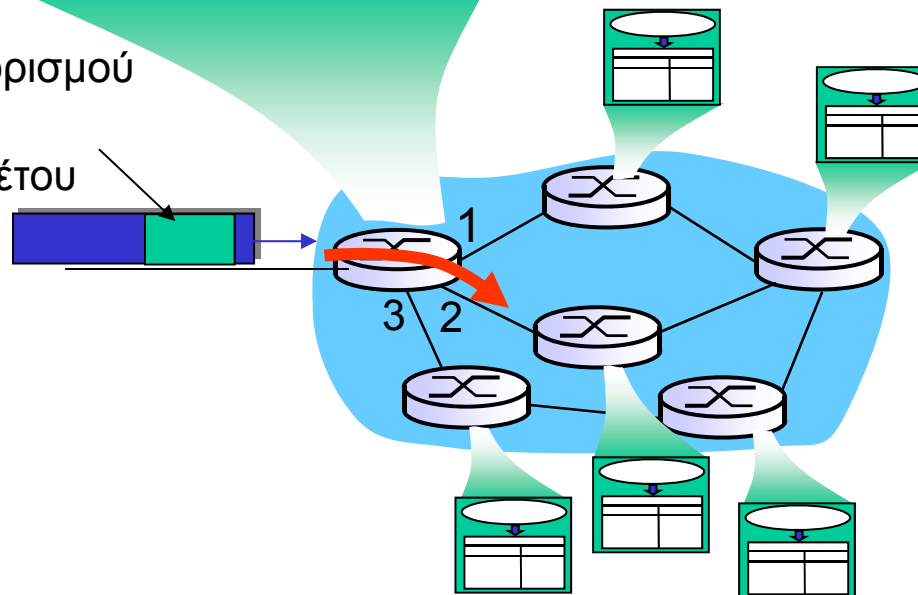


Πίνακας Προώθησης Δεδομενογραμμάτων



4 δις IP διευθύνσεις, οπότε, αντί να καταγράφονται ξεχωριστές διευθύνσεις προορισμού, καταγράφεται το εύρος των διευθύνσεων (αθροιστικές καταχωρίσεις πίνακα)

IP διεύθυνση προορισμού στην κεφαλίδα του αφικνούμενου πακέτου



Πίνακας Προώθησης Δεδομενογραμμάτων

Εύρος διευθύνσεων προορισμού	Διεπαφή Ζεύξης
11001000 00010111 00010000 00000000 έως 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 έως 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 έως 11001000 00010111 00011111 11111111	2
διαφορετικά	3

E: Τι συμβαίνει αν το εύρος δεν κατανέμεται τόσο βολικά;



Ταίριασμα μεγαλύτερου προθέματος (Longest prefix matching)

Ταίριασμα μεγαλύτερου προθέματος

κατά την αναζήτηση καταχώρισης στον πίνακα προώθησης για δοσμένη διεύθυνση προορισμού, χρησιμοποιείται το **μεγαλύτερο** πρόθεμα διεύθυνσης που ταιριάζει στη διεύθυνση προορισμού

Εύρος διεύθυνσης προορισμού	Διεπαφή ζεύξης
11001000 00010111 00010*** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011*** *****	2
διαφορετικά	3

Παραδείγματα:

DA: 11001000 00010111 00010110 10100001

Ποια διεπαφή;

DA: 11001000 00010111 00011000 10101010

Ποια διεπαφή;



Δίκτυο datagram ή VC: Γιατί;

Διαδίκτυο (*datagram*)

- ❖ Ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ υπολογιστών
 - «ελαστική» υπηρεσία, χωρίς αυστηρές χρονικές απαιτήσεις
- ❖ Πολλά είδη ζεύξεων
 - Διαφορετικά χαρακτηριστικά
 - Δύσκολα ομοιόμορφη υπηρεσία
- ❖ «Έξυπνα» τερματικά συστήματα (υπολογιστές)
 - Μπορούν να προσαρμόζονται, να επιτελούν έλεγχο, διόρθωση σφαλμάτων
 - **Απλό εντός του δικτύου, πολυπλοκότητα στα «άκρα»**

ATM (VC)

- ❖ Εξελίχθηκε από την τηλεφωνία
- ❖ Ανθρώπινες συζητήσεις:
 - Αυστηρές χρονικές απαιτήσεις, απαιτήσεις αξιοπιστίας
 - Ανάγκη για εγγυημένη υπηρεσία
- ❖ «Χαζά» τερματικά συστήματα
 - Τηλέφωνα
 - **Πολυπλοκότητα εντός του δικτύου**



Κεφάλαιο 4: Στρώμα Δικτύου

4.1 Εισαγωγή

4.2 Δίκτυα εικονικού κυκλώματος και δεδομενογράμματος

4.3 Τι βρίσκεται μέσα σ' ένα δρομολογητή

4.4 IP: Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol)

- Μορφή δεδομενογράμματος
- Διευθυνσιοδότηση IPv4
- ICMP
- IPv6

4.5 Αλγόριθμοι δρομολόγησης

- Κατάστασης ζεύξης (link state)
- Διανύσματος απόστασης (distance vector)
- Ιεραρχική δρομολόγηση (hierarchical routing)

4.6 Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο

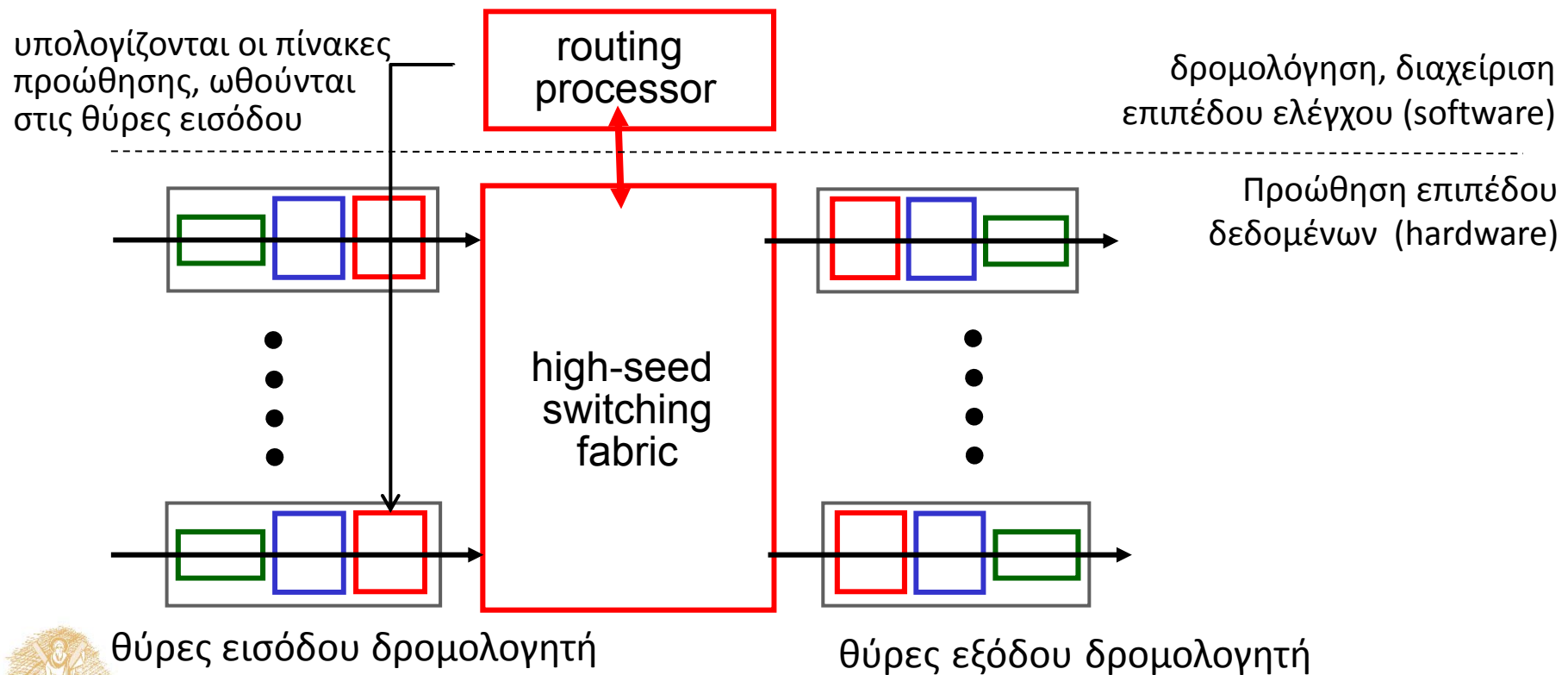
- RIP
- OSPF
- BGP



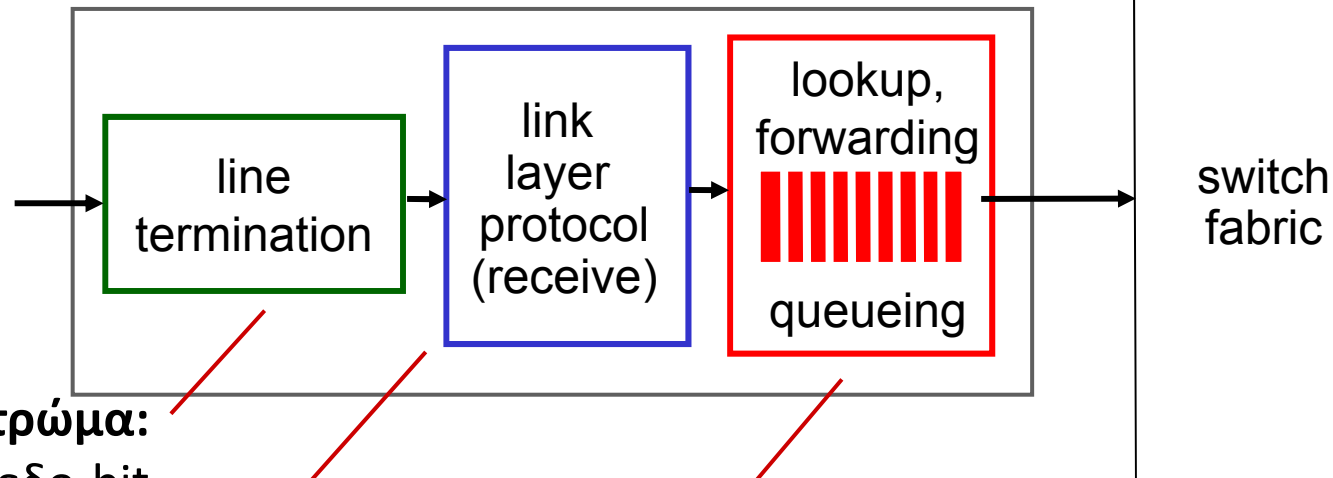
Επισκόπηση αρχιτεκτονικής δρομολογητή

Δύο βασικές λειτουργίες του δρομολογητή:

- ❖ Εκτέλεση αλγορίθμων/πρωτοκόλλων δρομολόγησης (RIP, OSPF, BGP)
- ❖ Προώθηση datagrams από εισερχόμενη σε εξερχόμενη ζεύξη



Λειτουργίες θύρας εισόδου



Φυσικό στρώμα:
Λήψη σε επίπεδο-bit

**Επίπεδο ζεύξης
δεδομένων:**
π.χ., Ethernet
βλ. κεφ. 5

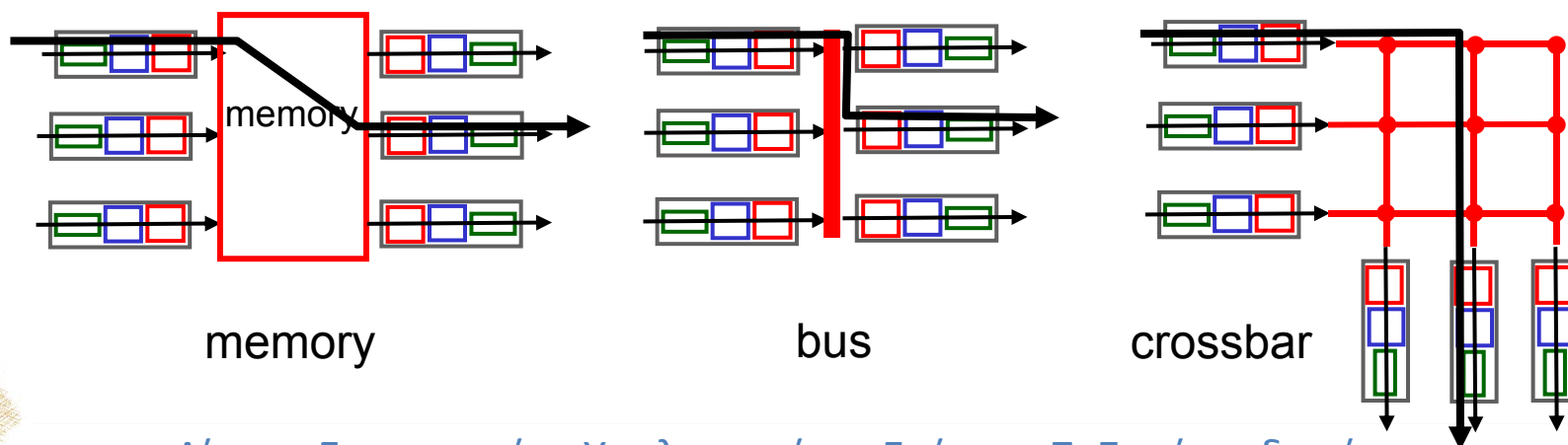
Αποκεντρωμένη μεταγωγή:

- ❖ Δεδομένου του προορισμού του datagram, αναζήτηση της θύρας εξόδου με χρήση του πίνακα προώθησης στη μνήμη της θύρας εισόδου (“match plus action”)
- ❖ Σκοπός: ολοκλήρωση της επεξεργασίας της θύρας εισόδου με «ταχύτητα γραμμής» (‘line speed’)
- ❖ Αναμονή: αν τα datagrams φτάνουν ταχύτερα από το ρυθμό προώθησης στη δικτυοδομή μεταγωγής (switch fabric)



Τύποι δικτυοδομής μεταγωγής (switching fabrics)

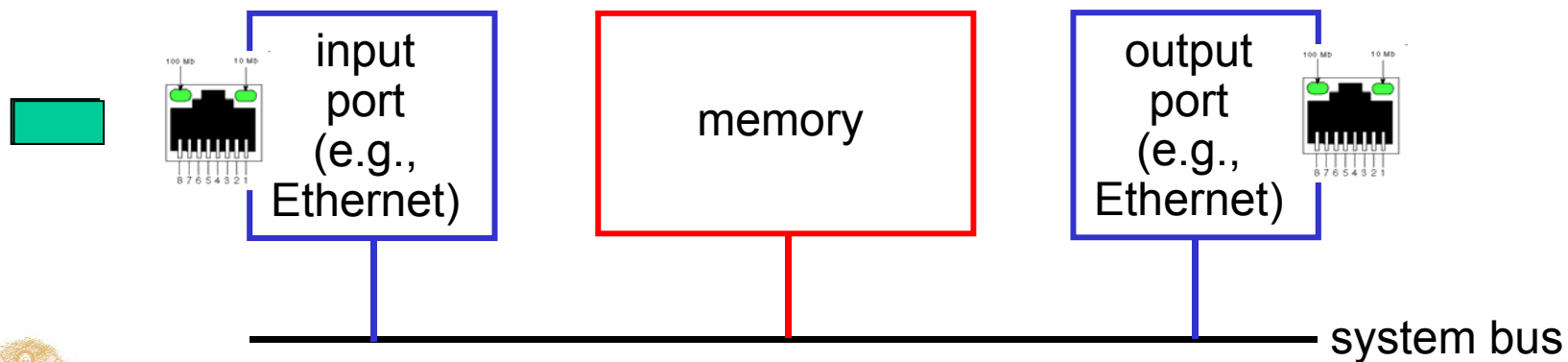
- ❖ Μεταφορά πακέτου από τον ενταμιευτή (buffer) εισόδου στον κατάλληλο ενταμιευτή εξόδου
- ❖ Ρυθμός μεταγωγής: ρυθμός στον οποίο τα πακέτα μπορούν να μεταφερθούν από τις εισόδους στις εξόδους
 - συχνά μετριέται ως πολλαπλάσιο του ρυθμού εισόδου/εξόδου της γραμμής
 - N εισοδοί: ρυθμός μεταγωγής N φορές ο επιθυμητός ρυθμός της γραμμής
- ❖ 3 τύποι δικτυοδομής μεταγωγής



Μεταγωγή μέσω μνήμης

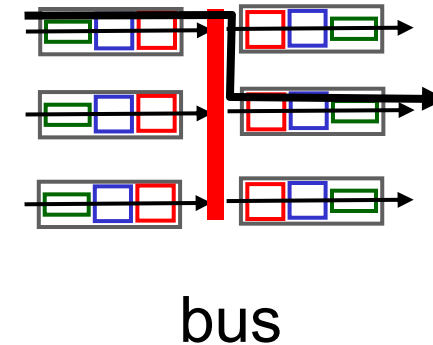
Δρομολογητές πρώτης γενιάς:

- ❖ παραδοσιακοί υπολογιστές με μεταγωγή υπό τον άμεσο έλεγχο της CPU
- ❖ το πακέτο αντιγράφεται στη μνήμη του συστήματος
- ❖ η ταχύτητα περιορίζεται από το εύρος ζώνης της μνήμης (2 διασχίσεις του διαύλου ανά datagram)



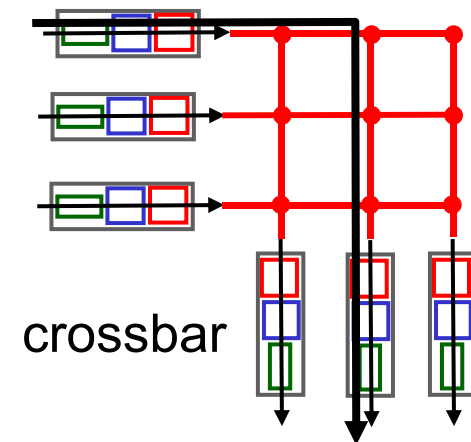
Μεταγωγή μέσω διαύλου

- ❖ Το datagram από τη θύρα εισόδου της μνήμης στη θύρα εξόδου της μνήμης μέσω διαμοιραζόμενου διαύλου (bus)
- ❖ **Ανταγωνισμός διαύλου:** η ταχύτητα μεταγωγής περιορίζεται από το εύρος ζώνης του διαύλου
- ❖ Διαύλος 32 Gbps, Cisco 5600: επαρκής ταχύτητα για δρομολογητές πρόσβασης και εταιρικούς δρομολογητές

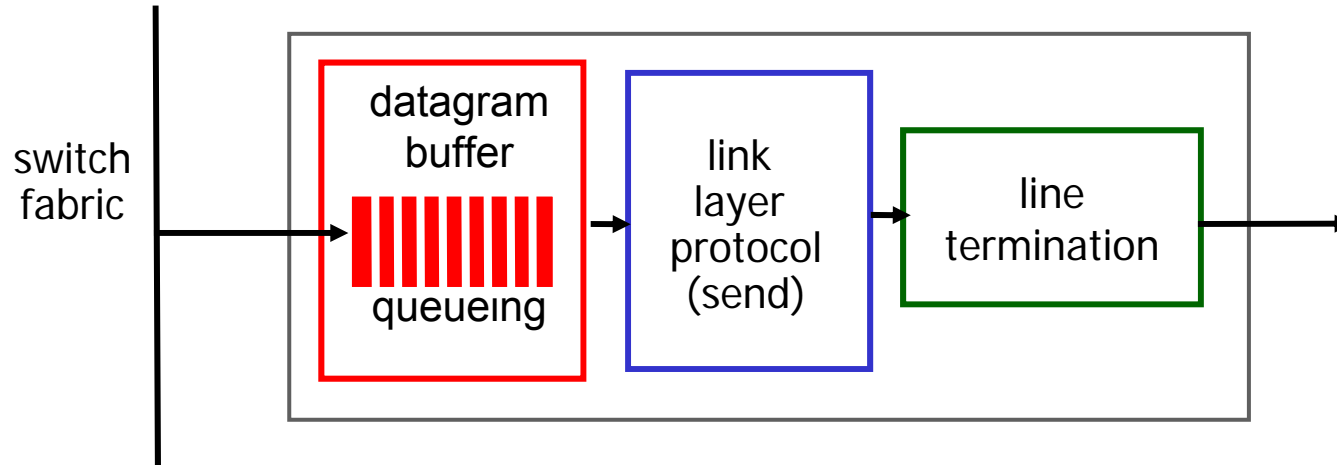


Μεταγωγή μέσω δικτύου διασύνδεσης

- ❖ Ξεπερνά τους περιορισμούς εύρους ζώνης του διαύλου
- ❖ Δίκτυα Banyan, crossbar δίκτυα, άλλα δίκτυα διασύνδεσης που αρχικά αναπτύχθηκαν για τη διασύνδεση επεξεργαστών σε πολυεπεξεργαστικά συστήματα
- ❖ Προηγμένη σχεδίαση: κατάτμηση του datagram σε σταθερού μήκους κελιά (cells), μεταγωγή των κελιών διαμέσω του δομήματος
- ❖ Cisco 12000: μετάγει 60 Gbps μέσω του δικτύου διασύνδεσης



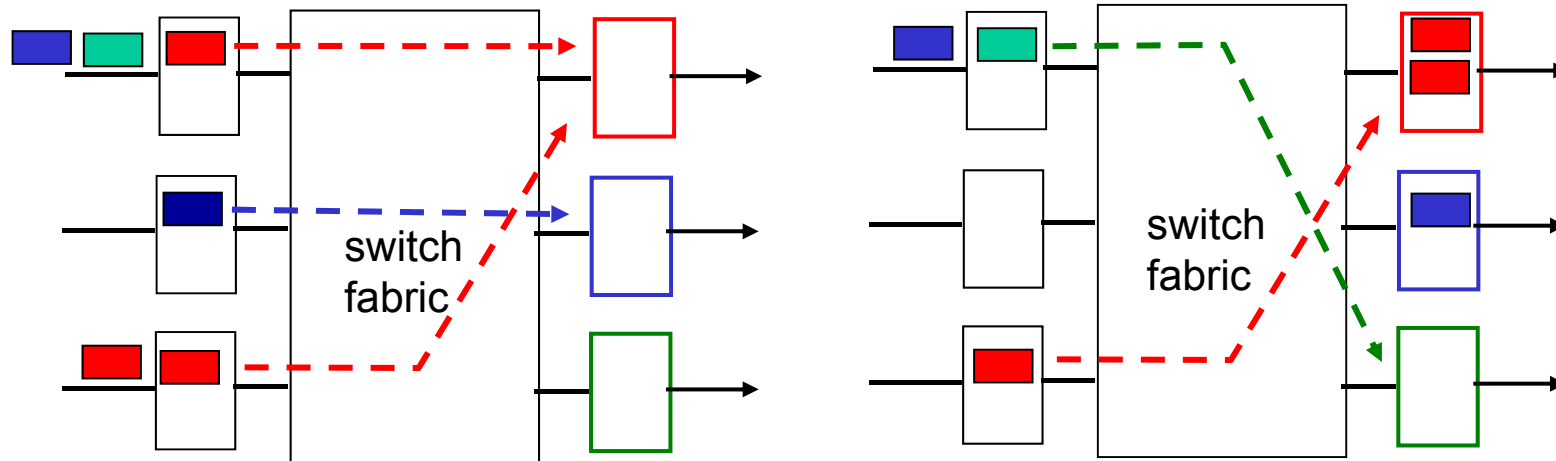
Θύρες εξόδου



- ❖ Απαιτείται **ενταμίευση (buffering)** όταν τα datagrams φτάνουν από τη δικτυοδομή μεταγωγής ταχύτερα από το ρυθμό μετάδοσης
- ❖ Η **πολιτική χρονοπρογραμματισμού (scheduling discipline)** επιλέγει κάποιο από τα ενταμιευμένα datagrams για μετάδοση



Ενταμίευση στη θύρα εξόδου



τη στιγμή t , περισσότερα
πακέτα από την είσοδο
στην έξοδο

ένα πακέτο αργότερα

- ❖ Ενταμίευση απαιτείται όταν ο ρυθμός άφιξης μέσω του μεταγωγού υπερβαίνει την ταχύτητα της γραμμής εξόδου
- ❖ **Καθυστέρηση αναμονής και απώλειες λόγω υπερχείλισης του ενταμιευτή της θύρας εξόδου!**



Πόση ενταμίευση;

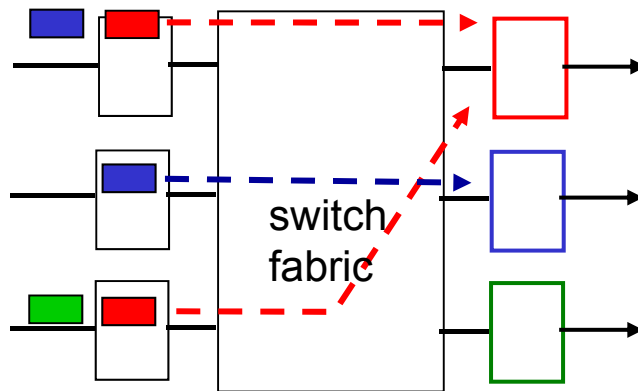
- ❖ Πρακτικός κανόνας του RFC 3439: μέση ενταμίευση ίση με το «τυπικό» RTT (π.χ. 250 msec) επί τη χωρητικότητα της ζεύξης C
 - π.χ., C = 10 Gps ζεύξη : ενταμιευτής 2.5 Gbit
- ❖ Πρόσφατη σύσταση: με N ροές, ενταμίευση ίση με

$$\frac{RTT \cdot C}{\sqrt{N}}$$

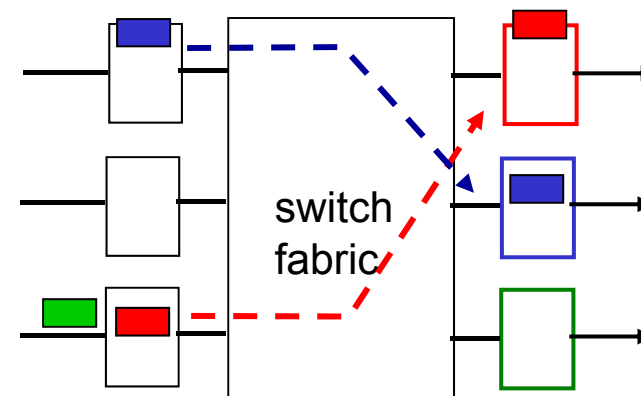


Ενταμίευση στη θύρα εισόδου

- ❖ Η δικτυοδομή μεταγωγής πιο αργή από το συνδυασμό των θυρών εισόδου -> ενδέχεται να εμφανιστεί αναμονή στις ουρές εισόδου
 - Καθυστέρηση αναμονής και απώλειες λόγω υπερχείλισης του ενταμιευτή της θύρας εισόδου!
- ❖ **Μπλοκάρισμα κεφαλής γραμμής (Head-of-the-Line (HOL) blocking):** ενταμιευμένο datagram στην κορυφή της ουράς εμποδίζει άλλα datagrams από το να προωθηθούν



συναγωνισμός στη θύρα εξόδου:
μόνο ένα κόκκινο datagram
μπορεί να μεταφερθεί
το χαμηλότερο κόκκινο πακέτο
μπλοκάρεται



ένα πακέτο αργότερα:
το πράσινο πακέτο
αντιμετωπίζει
μπλοκάρισμα κεφαλής
γραμμής



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Πανεπιστημίου Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Μιχαήλ Λογοθέτης. «Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών. Στρώμα δικτύου». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE604/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 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-sa/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.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση του ακόλουθου έργου:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες/Πίνακες

[1] J. Kurose and K. Ross, Δικτύωση Υπολογιστών – Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω, 6^η έκδοση, Γκιούρδας, 2013

