



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών

Ενότητα 13: Στρώμα μεταφοράς

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Συνιστώμενο Βιβλίο:

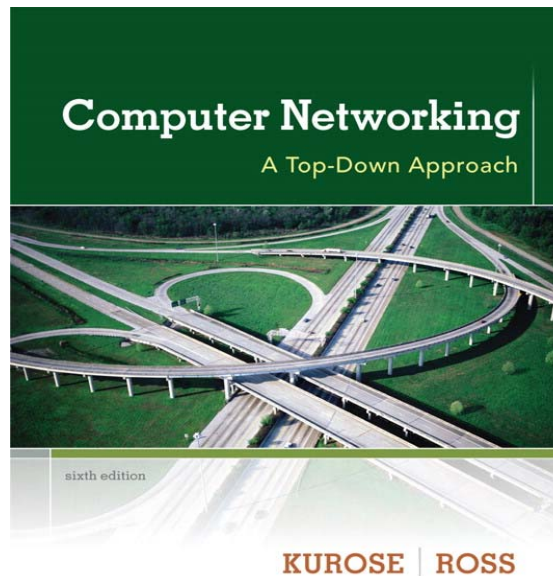
Δικτύωση Υπολογιστών
Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω
KUROSE | ROSS

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 13^{ης} ενότητας αποτελούν προσαρμογή και απόδοση στα ελληνικά των διαφανειών του 3^{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 αρχών ελέγχου συμφόρησης
- Κατανόηση του ελέγχου συμφόρησης του TCP



Περιεχόμενα ενότητας

- Αρχές του Ελέγχου Συμφόρησης
- Αίτια/κόστη συμφόρησης
- Προσεγγίσεις στον έλεγχο συμφόρησης
- Έλεγχος συμφόρησης TCP: προσθετική αύξηση, πολλαπλασιαστική μείωση (AIMD)
- Αργή εκκίνηση του TCP
- TCP: ανίχνευση, αντίδραση σε απώλειες
- TCP: Μετάβαση από αργή εκκίνηση σε αποφυγή συμφόρησης (Slow Start to Congestion Avoidance)
- Διεκπεραιωτική ικανότητα TCP
- Δικαιοσύνη του TCP



Κεφάλαιο 3: Στρώμα Μεταφοράς

3.1 Υπηρεσίες επιπέδου μεταφοράς

3.2 Πολύπλεξη και αποπολύπλεξη

3.3 Ασυνδεσμική μεταφορά: UDP

3.4 Αρχές της αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων

3.5 Συνδεσμική μεταφορά: TCP

- Δομή τμήματος
- Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων
- Έλεγχος ροής
- Διαχείριση σύνδεσης

3.6 Αρχές ελέγχου συμφόρησης

3.7 Έλεγχος συμφόρησης του TCP



Αρχές του Ελέγχου Συμφόρησης

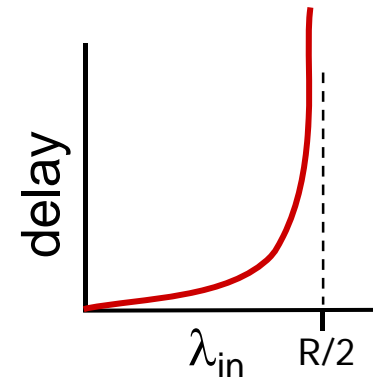
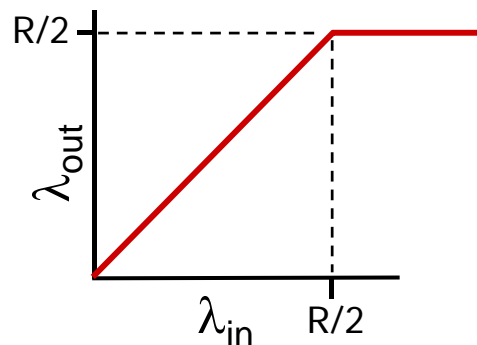
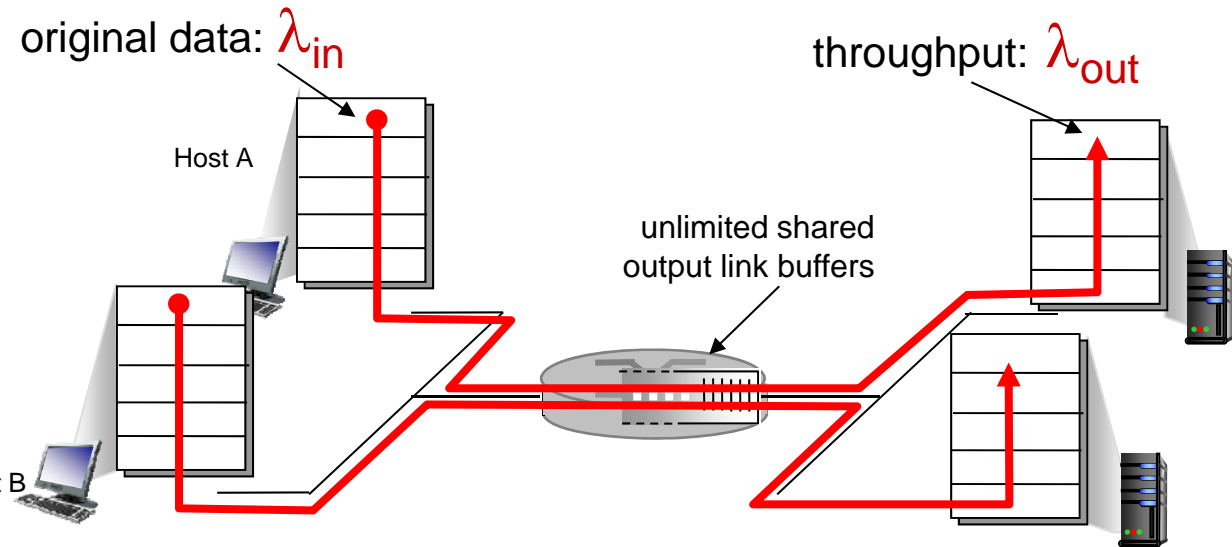
Συμφόρηση:

- ❖ “πολλές πηγές που στέλνουν πολλά δεδομένα πολύ γρήγορα για να τα χειριστεί το δίκτυο”
- ❖ διαφορετικό από τον έλεγχο ροής!
- ❖ συμπτώματα:
 - χαμένα πακέτα (υπερχείλιση ενταμιευτών στους δρομολογητές)
 - μεγάλες καθυστερήσεις (αναμονή στους ενταμιευτές των δρομολογητών)
- ❖ σημαντικό πρόβλημα!



Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 1

- ❖ Δύο αποστολείς, δύο δέκτες
- ❖ Απεριόριστοι ενταμιευτές, ένας δρομολογητής
- ❖ Χωρητικότητα εξερχόμενης ζεύξης: R
- ❖ Χωρίς αναμεταδόσεις



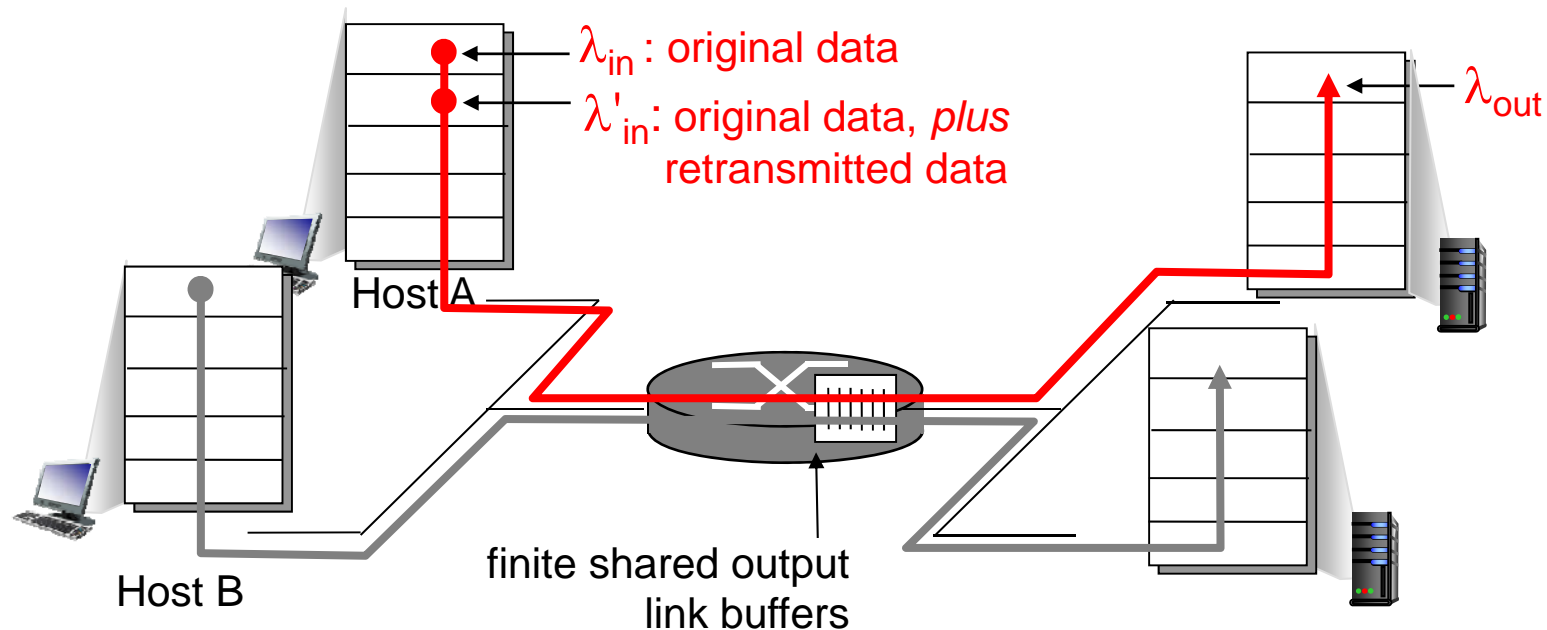
- ❖ Μέγιστη διεκπεραιωτική ικανότητα: $R/2$

- ❖ Μεγάλες καθυστερήσεις δεδομένου ότι ο ρυθμός άφιξης, λ_{in} , προσεγγίζει την χωρητικότητα



Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 2

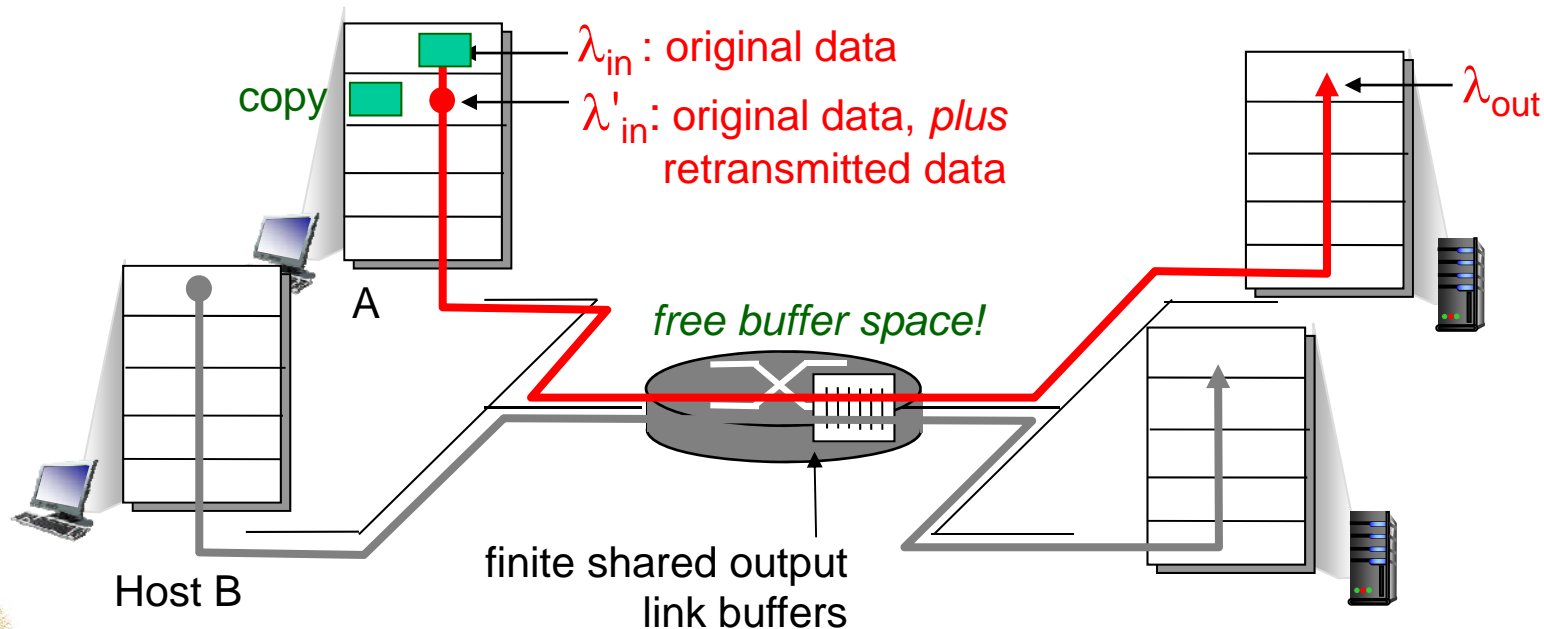
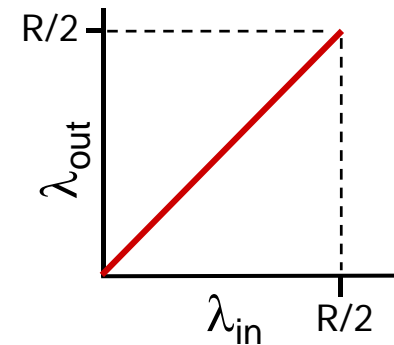
- ❖ Ένας δρομολογητής, **πεπερασμένοι ενταμιευτές**
- ❖ Ο αποστολέας αναμεταδίδει τα χαμένα πακέτα
 - Είσοδος στρώματος εφαρμογής = έξοδος στρώματος εφαρμογής: $\lambda_{in} = \lambda_{out}$
 - Είσοδος στρώματος μεταφοράς περιλαμβάνει αναμεταδόσεις: $\lambda'_{in} \geq \lambda_{in}$



Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 2 (συν.)

Ιδανικά: άριστη γνώση

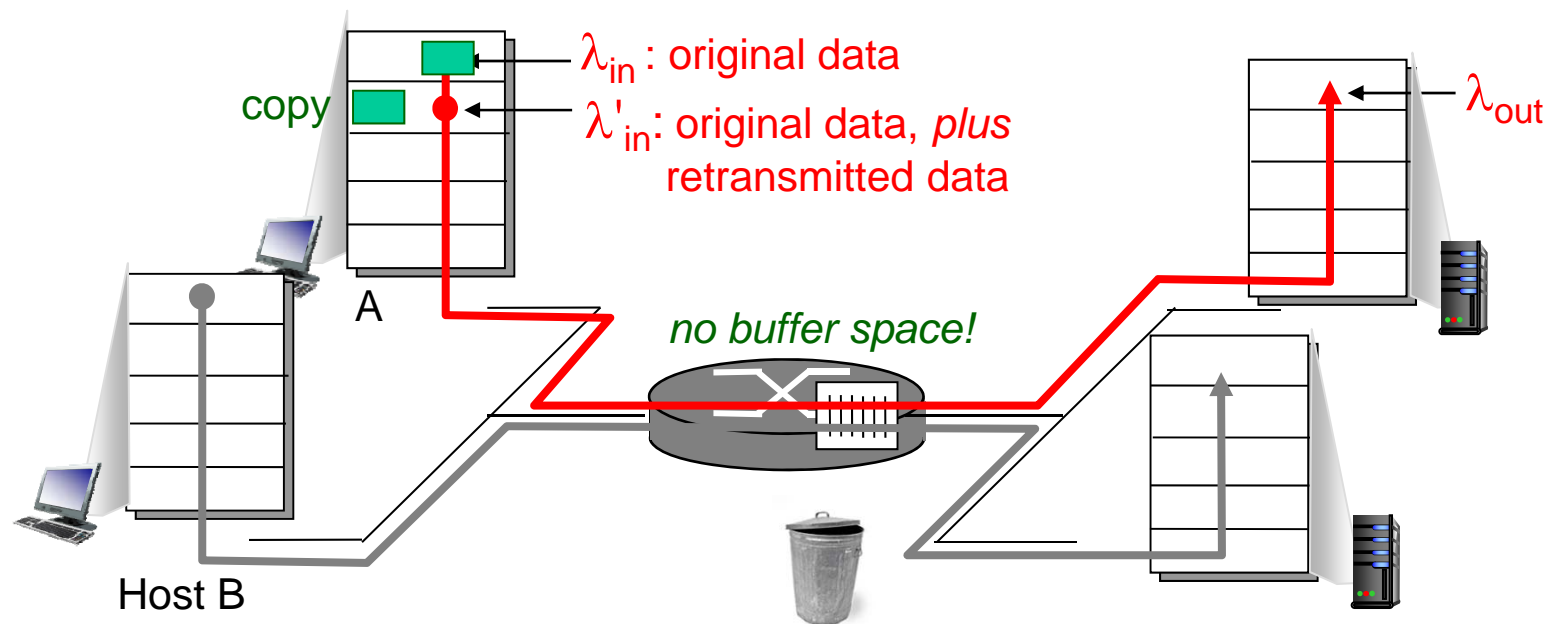
- ❖ Ο αποστολέας στέλνει μόνο όταν οι ενταμιευτές του δρομολογητή είναι διαθέσιμοι



Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 2 (συν.)

Ιδανικά: γνωστές απώλειες

- Τα πακέτα μπορούν να χαθούν, όταν όταν οι ενταμιευτές του δρομολογητή είναι πλήρεις
- ❖ Ο αποστολέας ξαναστέλνει το πακέτο μόνο αν γνωρίζει ότι το πακέτο έχει χαθεί

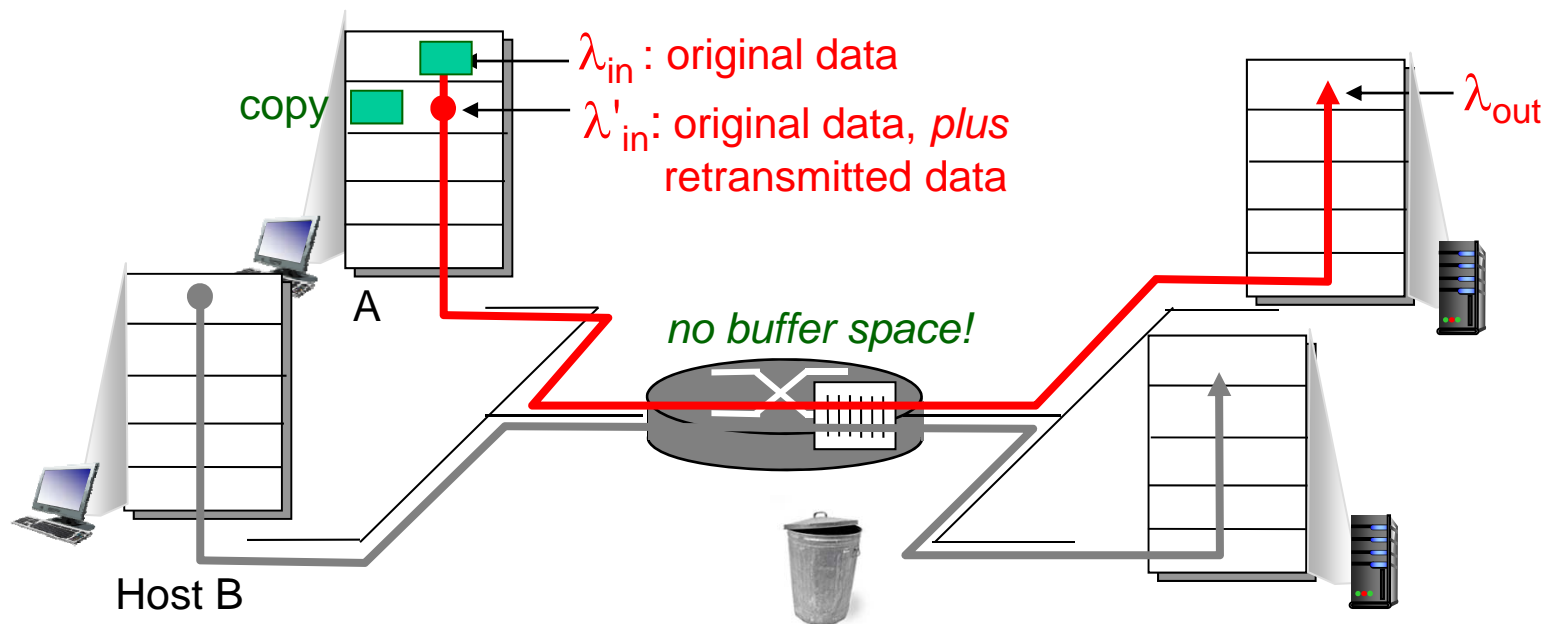
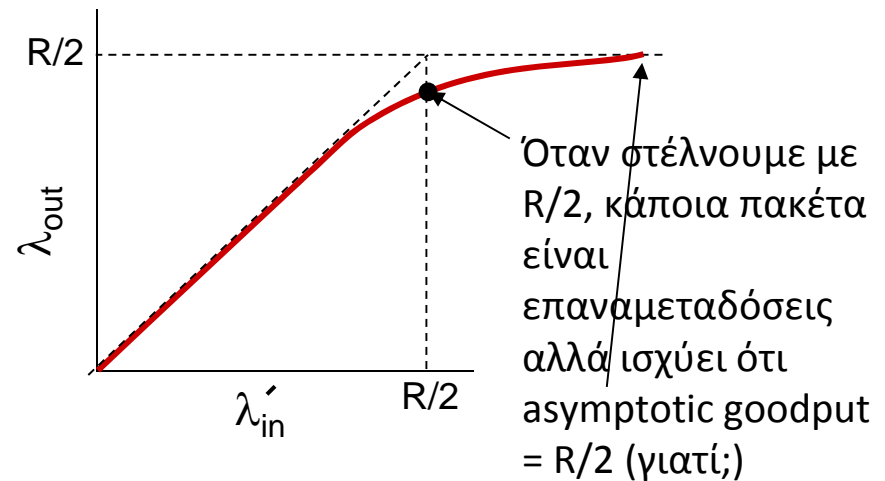


Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 2 (συν.)

Ιδανικά: γνωστές απώλειες

Τα πακέτα μπορούν να χαθούν, όταν όταν οι ενταμιευτές του δρομολογητή είναι πλήρεις

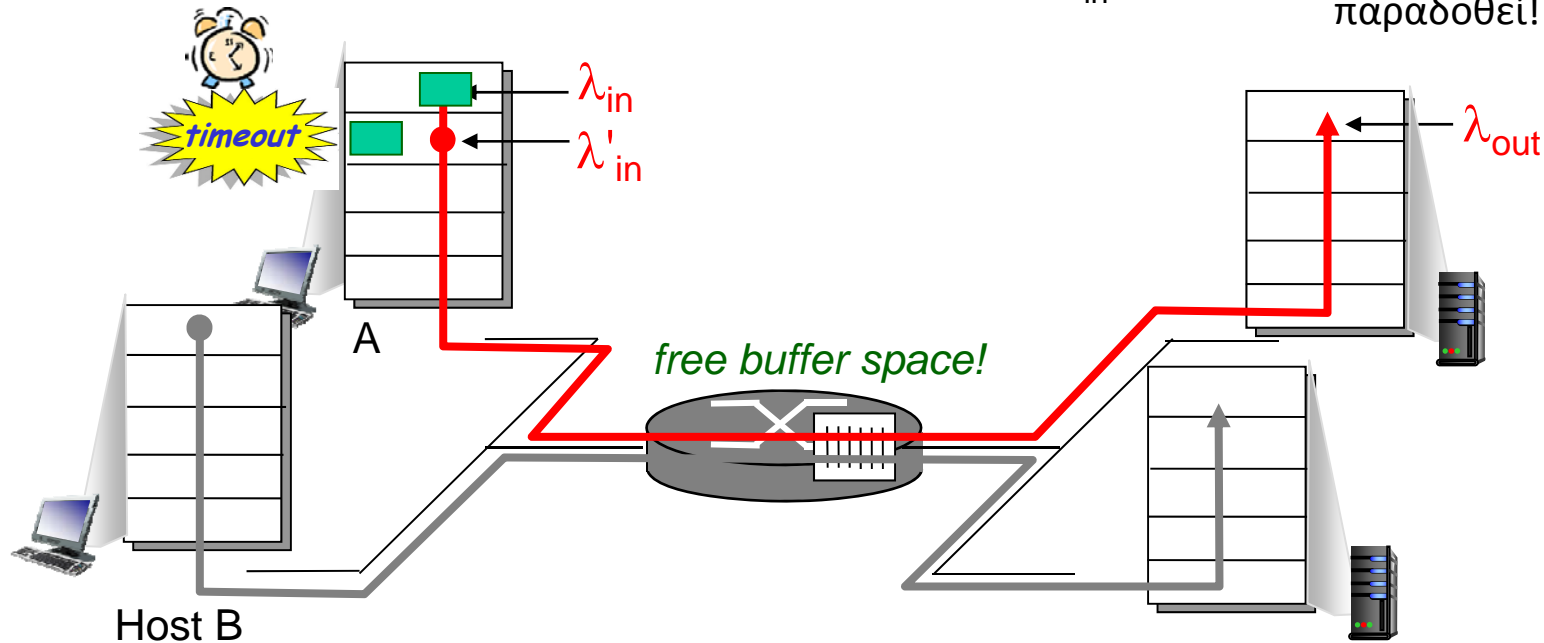
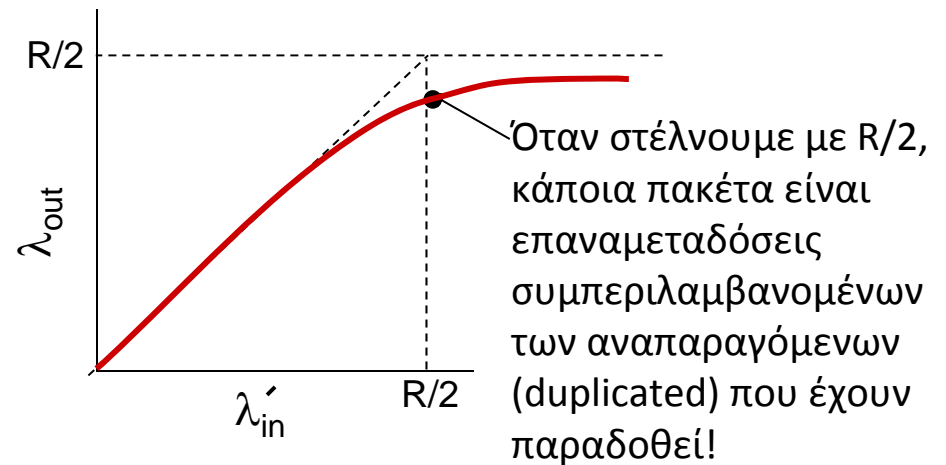
- ❖ Ο αποστολέας ξαναστέλνει το πακέτο μόνο αν γνωρίζει ότι το πακέτο έχει χαθεί



Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 2 (συν.)

Ρεαλιστικά: διπλότυπα

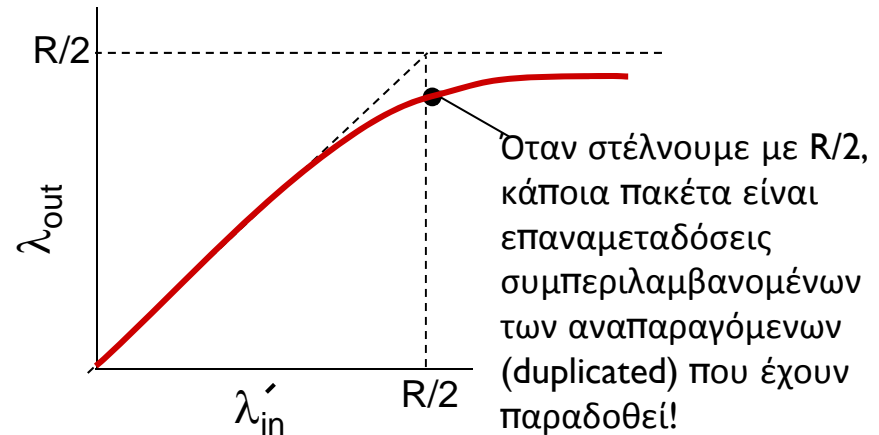
- ❖ Τα πακέτα μπορούν να χαθούν, απορριφθούν στον δρομολογητή λόγω πληρότητας των ενταμιευτών
- ❖ Στον αποστολέα συμβαίνει πρόωρη λήξη χρόνου οπότε φτάνει στον παραλήπτη τόσο το πακέτο αρχικών δεδομένων όσο και η επαναμετάδοση



Αίτια/κόστη συμφόρησης: σενάριο 2 (συν.)

Ρεαλιστικά: διπλότυπα

- ❖ Τα πακέτα μπορούν να χαθούν, απορριφθούν στον δρομολογητή λόγω πληρότητας των ενταμιευτών
- ❖ Στον αποστολέα συμβαίνει πρόωρη λήξη χρόνου οπότε φτάνει στον παραλήπτη τόσο το πακέτο αρχικών δεδομένων όσο και η επαναμετάδοση



“Κόστη” συμφόρησης:

- ❖ Ο αποστολέας πρέπει να κάνει επαναμεταδόσεις για να αντισταθμίσει τα απορριφθέντα (χαμένα) πακέτα
- ❖ Άχρηστες επαναμεταδόσεις από τον αποστολέα: η ζεύξη μεταφέρει πολλαπλά αντίγραφα ενός πακέτου
 - Μείωση διεκπεραιωτικής ικανότητας

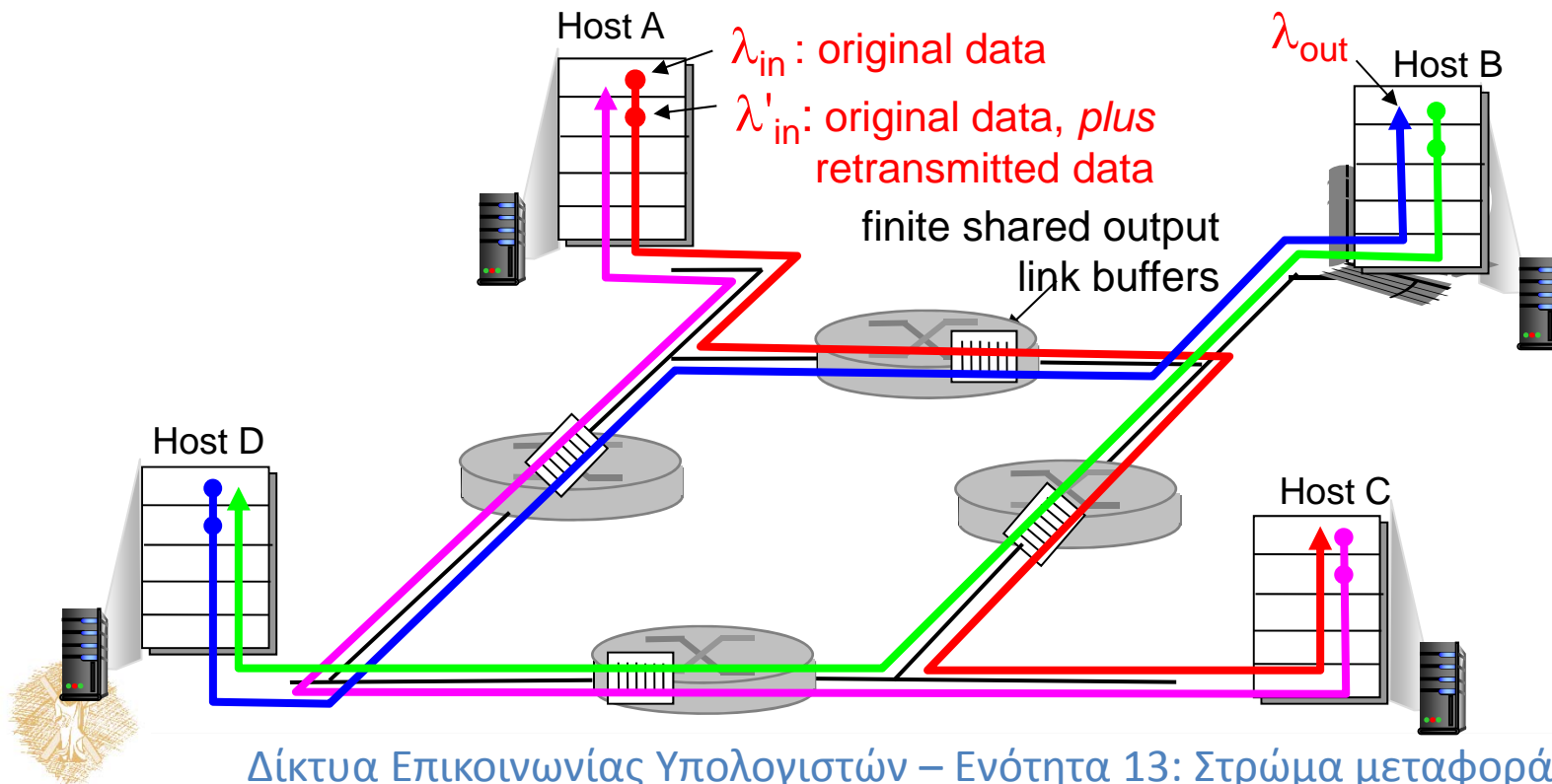


Αίτια/κόστη της συμφόρησης: σενάριο 3

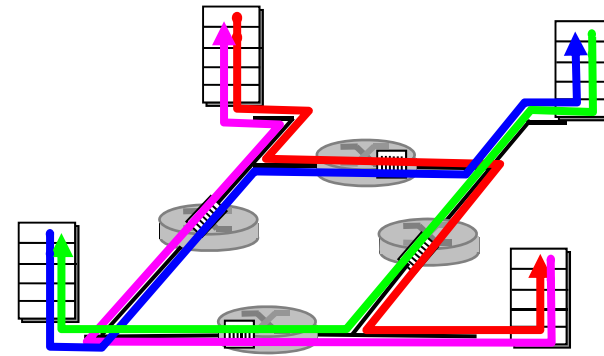
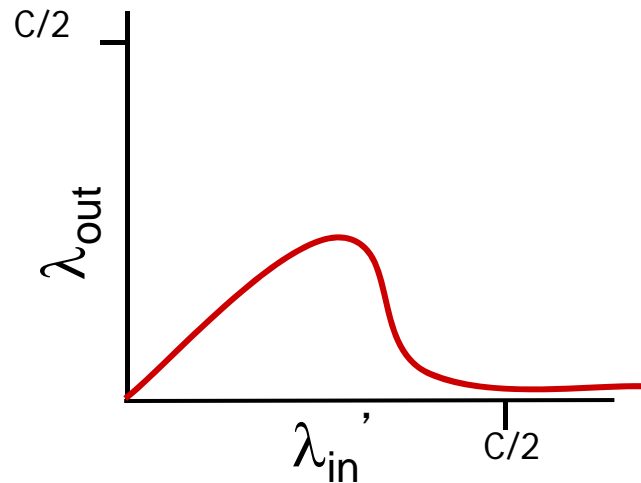
- ❖ Τέσσερις αποστολές
- ❖ Διαδρομές πολλαπλών τμημάτων
- ❖ Λήξη χρόνου/αναμετάδοση

E: τι συμβαίνει καθώς το λ_{in} και το λ'_{in} αυξάνουν;

A: καθώς το κόκκινο λ'_{in} αυξάνει, όλα τα μπλε πακέτα που φθάνουν στην πάνω ουρά απορρίπτονται, blue throughput $\rightarrow 0$



Αίτια/κόστη της συμφόρησης: σενάριο 3



Ένα άλλο “κόστος” της συμφόρησης:

- ❖ όταν ένα πακέτο χάνεται, η “upstream” (αντιρευματική) χωρητικότητα που χρησιμοποιήθηκε για τη μετάδοσή του έχει σπαταληθεί!



Προσεγγίσεις στον έλεγχο συμφόρησης

Από άκρο σε άκρο έλεγχος συμφόρησης:

- ❖ καμιά άμεση ανάδραση από το δίκτυο
- ❖ η συμφόρηση συνάγεται από τις απώλειες, καθυστερήσεις που παρατηρούν τα τερματικά συστήματα
- ❖ προσέγγιση που ακολουθεί το TCP

Έλεγχος συμφόρησης επιβοηθούμενος από το δίκτυο:

- ❖ οι δρομολογητές παρέχουν ανάδραση στα τερματικά συστήματα
 - ένα bit που υποδεικνύει συμφόρηση (SNA, DECbit, TCP/IP ECN, ATM)
 - σαφής ρυθμός με τον οποίο ο αποστολέας θα πρέπει να στέλνει



Μελέτη περίπτωσης: Έλεγχος συμφόρησης ATM ABR

ABR: available bit rate
(διαθέσιμος ρυθμός bit):

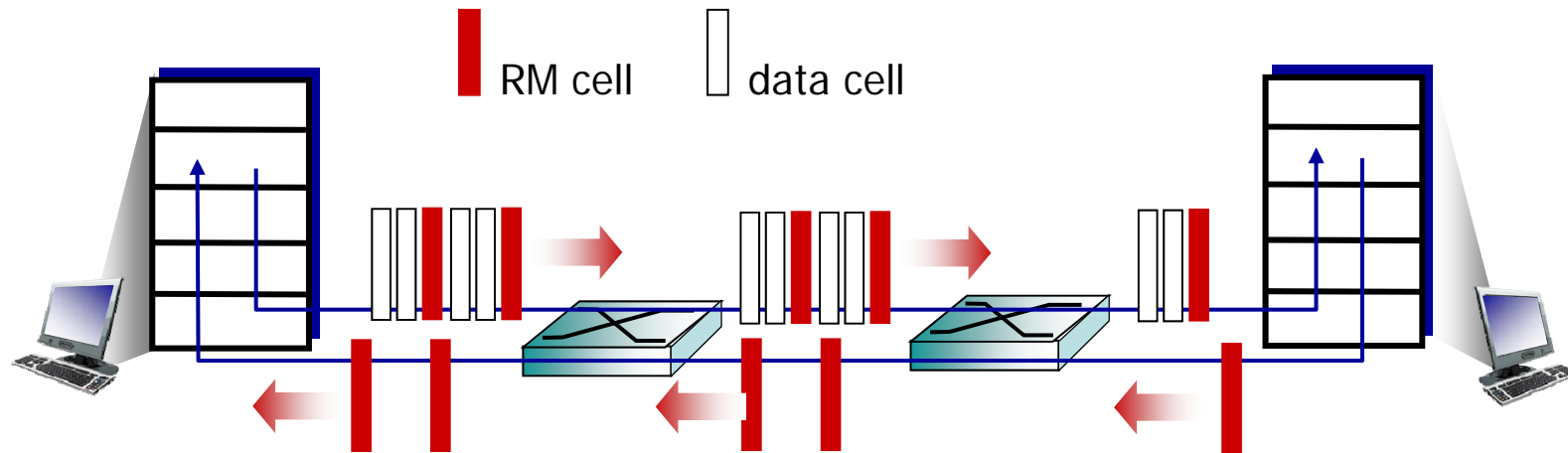
- ❖ “ελαστική υπηρεσία”
- ❖ Αν η διαδρομή του αποστολέα είναι υποφορτωμένη (“underloaded”):
 - Ο αποστολέας θα πρέπει να χρησιμοποιήσει όσο από το διαθέσιμο εύρος ζώνης επιθυμεί/μπορεί
- ❖ Αν η διαδρομή του αποστολέα είναι σε συμφόρηση:
 - Ο αποστολέας ρυθμίζει το ρυθμό μετάδοσης στον ελάχιστο εγγυημένο ρυθμό

RM (resource management) cells
(κελιά διαχείρισης πόρων):

- ❖ Στέλνονται από τον αποστολέα, διασπαρμένα σε κελιά δεδομένων
- ❖ Κάποια bits στο RM cell τίθενται από τους μεταγωγούς (επιβοηθούμενο από το δίκτυο)
 - **NI bit:** όχι αύξηση στο ρυθμό (μέτρια συμφόρηση)
 - **CI bit:** ένδειξη συμφόρησης
- ❖ Τα RM cells επιστρέφονται στον αποστολέα από το δέκτη, με τα bits άθικτα



Μελέτη περίπτωσης: Έλεγχος συμφόρησης ATM ABR



- ❖ πεδίο ER (explicit rate): δύο bytes στο κελί RM
 - μεταγωγός με συμφόρηση μπορεί να θέσει χαμηλότερη τιμή του ER στο κελί
 - έτσι ο ρυθμός αποστολής του αποστολέα ισούται με το μέγιστο υποστηριζόμενο ρυθμό στη διαδρομή
- ❖ EFCI bit στα κελιά δεδομένων: τίθεται 1 σε μεταγωγό με συμφόρηση
 - αν το κελί δεδομένων που προηγείται του κελιού RM έχει το EFCI ίσο με 1, ο προορισμός θέτει 1 το CI bit στο κελί RM που στέλνει πίσω



Κεφάλαιο 3: Στρώμα Μεταφοράς

3.1 Υπηρεσίες επιπέδου μεταφοράς

3.2 Πολύπλεξη και αποπολύπλεξη

3.3 Ασυνδεσμική μεταφορά: UDP

3.4 Αρχές της αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων

3.5 Συνδεσμική μεταφορά: TCP

- Δομή τμήματος
- Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων
- Έλεγχος ροής
- Διαχείριση σύνδεσης

3.6 Αρχές ελέγχου συμφόρησης

3.7 Έλεγχος συμφόρησης του TCP

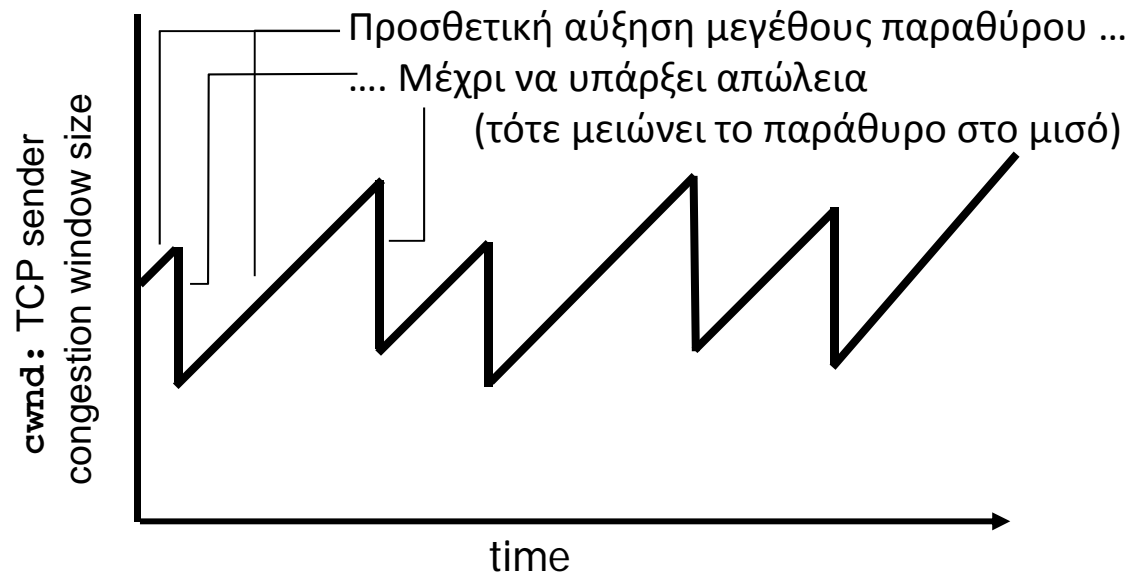


Έλεγχος συμφόρησης TCP: προσθετική αύξηση, πολλαπλασιαστική μείωση (AIMD)

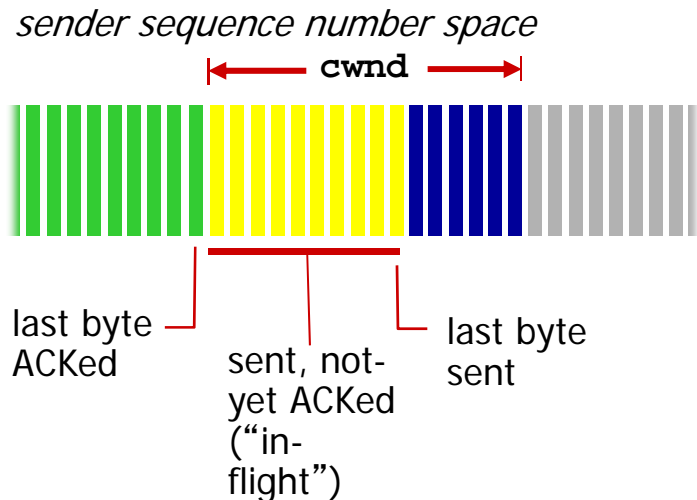
❖ **Προσέγγιση:** αύξηση ρυθμού μετάδοσης αποστολέα (μέγεθος παραθύρου), ανίχνευση του χρησιμοποιήσιμου εύρους ζώνης, μέχρι να εμφανιστεί απώλεια

- **προσθετική αύξηση (additive increase):** αύξηση του **cwnd (CongWin)** κατά 1 MSS κάθε RTT μέχρι να εμφανιστεί απώλεια
- **πολλαπλασιαστική μείωση (multiplicative decrease) :** μείωση του **CongWin** στο μισό μετά από απώλεια

AIMD «πριονωτή» συμπεριφορά



Έλεγχος συμφόρησης TCP: λεπτομέρειες



- ❖ Ο αποστολέας περιορίζει την μετάδοση:

$$\text{LastByteSent} - \text{LastByteAked} \leq \text{cwnd}$$

- ❖ **Cwnd** είναι δυναμικό, συνάρτηση της παρατηρούμενης συμφόρησης του δικτύου

TCP ρυθμός αποστολής:

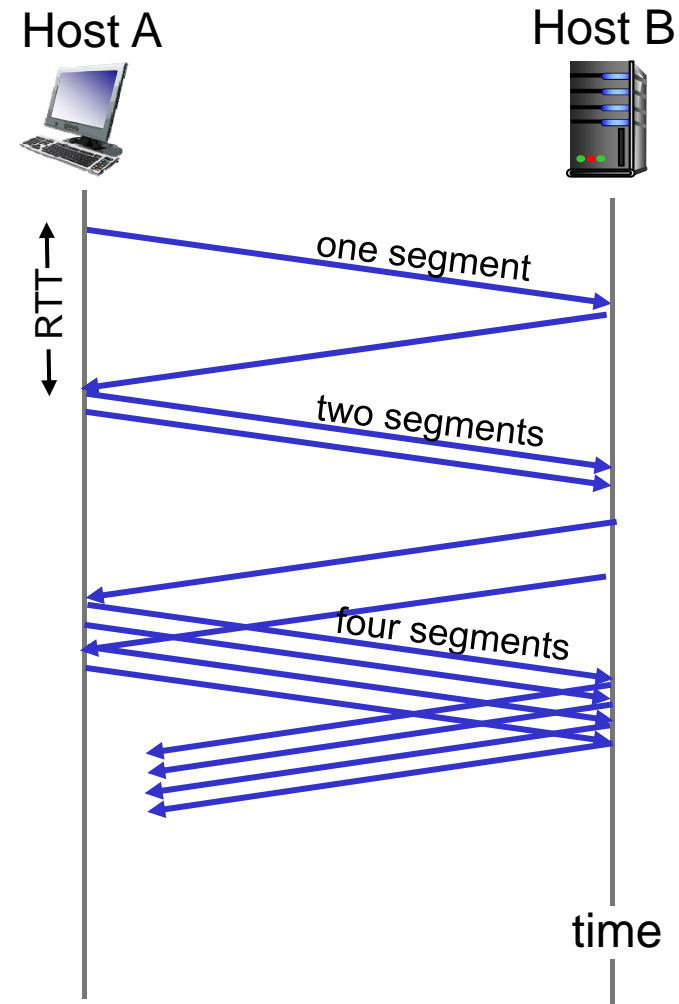
- ❖ περίπου: στέλνει **CongWin** bytes, περιμένει **RTT** για ACKs, τότε στέλνει περισσότερα bytes

$$\text{rate} \approx \frac{\text{cwnd}}{\text{RTT}} \text{ bytes/sec}$$



Αργή εκκίνηση του TCP

- ❖ Όταν ξεκινά η σύνδεση, ο ρυθμός αυξάνεται εκθετικά μέχρι την πρώτη απώλεια:
 - αρχικά CongWin = 1 MSS
 - το CongWin διπλασιάζεται σε κάθε RTT
 - γίνεται αυξάνοντας το CongWin με κάθε ACK που λαμβάνεται
- ❖ **Σύνοψη:** αρχικός ρυθμός αργός, αλλά ανεβαίνει εκθετικά γρήγορα



Αργή εκκίνηση του TCP(συν.)

- ❖ Όταν ξεκινά η σύνδεση, **CongWin** = 1 MSS
 - Π.Χ.: MSS = 500 bytes & RTT = 200 msec
 - Αρχικός ρυθμός = 20 kbps
(500bytes*8bits/byte*1/0.2sec)
- ❖ Το διαθέσιμο εύρος ζώνης ενδέχεται να είναι >> MSS/RTT
 - Είναι επιθυμητή η γρήγορη επίτευξη ενός σεβαστού ρυθμού



TCP: ανίχνευση, αντίδραση σε απώλειες

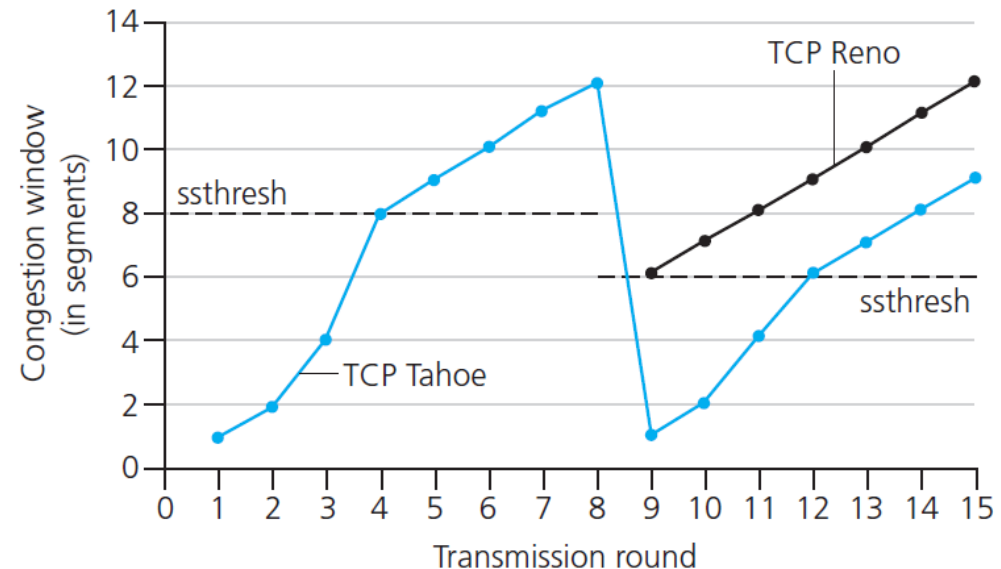
- ❖ οι απώλειες υποδεικνύονται από τα timeout:
 - το CongWin ορίζεται σε 1 MSS
 - στη συνέχεια το παράθυρο αυξάνεται εκθετικά (όπως στην αργή εκκίνηση) μέχρι ένα κατώφλι (Threshold), μετά αυξάνεται γραμμικά
- ❖ απώλειες υποδεικνύονται από 3 διπλότυπα ACK: TCP RENO
 - διπλότυπα ACKs υποδεικνύουν δίκτυο ικανό να παραδώσει ορισμένα τμήματα
 - το CongWin μειώνεται στο μισό παράθυρο, μετά αυξάνεται γραμμικά
- ❖ TCP Tahoe πάντα θέτει το CongWin στο 1 (timeout ή 3 διπλά ACK)



TCP: Μετάβαση από αργή εκκίνηση σε αποφυγή συμφόρησης (Slow Start to Congestion Avoidance)

Ε: Πότε θα πρέπει να γίνει η αλλαγή από εκθετική σε γραμμική αύξηση;

Α: Όταν το **CongWin** γίνει το 1/2 της τιμής του πριν το timeout.

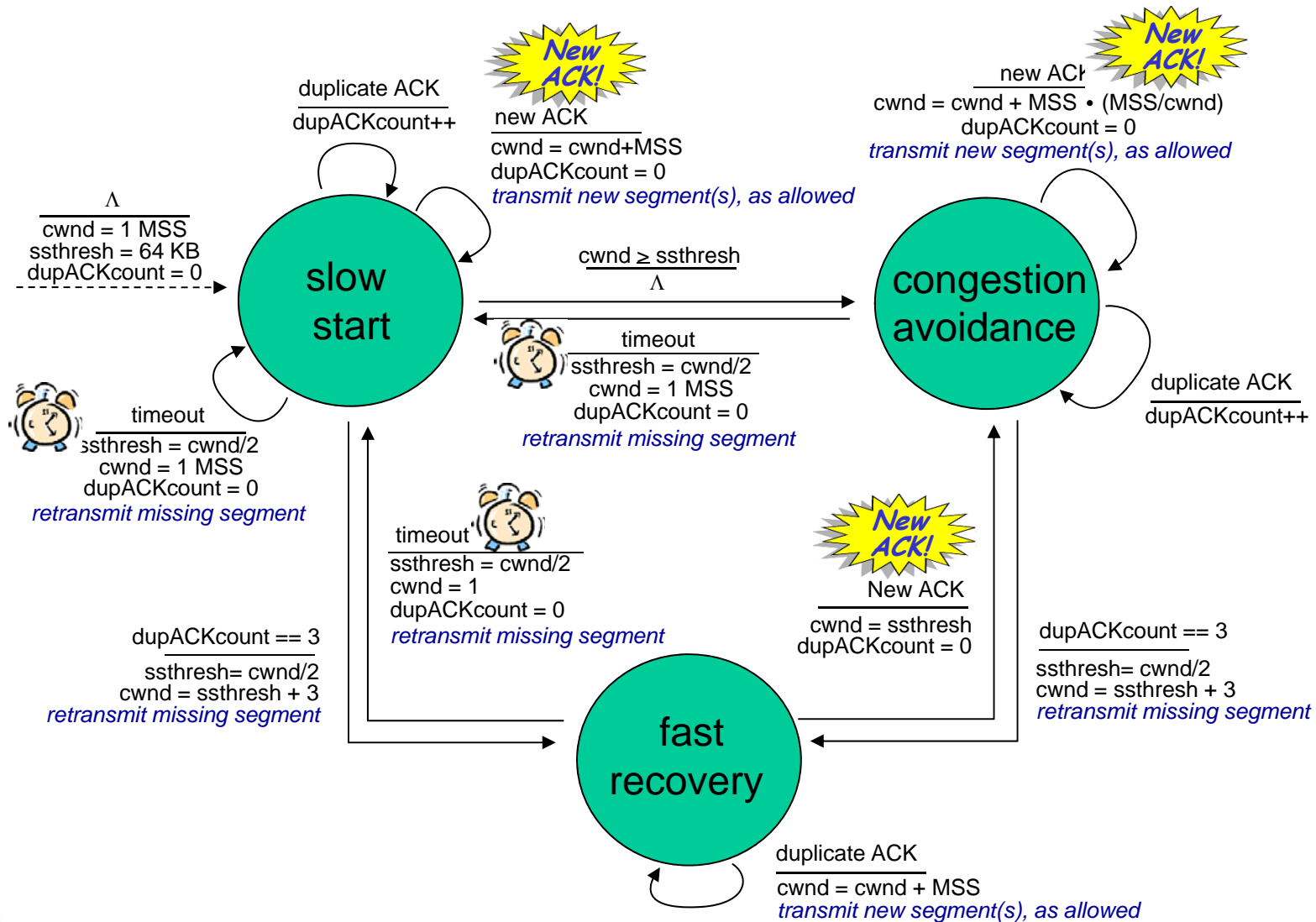


Υλοποίηση:

- ❖ Μεταβλητό κατώφλι-Threshold (ssthresh)
- ❖ Σε γεγονός απώλειας, το Threshold τίθεται στο 1/2 του CongWin πριν το γεγονός της απώλειας



Σύνοψη: Έλεγχος συμφόρησης TCP



Σύνοψη: Έλεγχος Συμφόρησης του TCP (2)

- ❖ Όταν το CongWin είναι κάτω από το Threshold, ο αποστολέας είναι στη φάση αργής εκκίνησης, το παράθυρο αυξάνεται εκθετικά.
- ❖ Όταν το CongWin είναι πάνω από το Threshold, ο αποστολέας είναι στη φάση αποφυγής συμφόρησης, το παράθυρο αυξάνεται γραμμικά.
- ❖ Όταν εμφανιστεί τριπλό διπλότυπο ACK, το Threshold τίθεται σε $\text{CongWin}/2$ και το CongWin τίθεται σε Threshold.
- ❖ Όταν εμφανιστεί timeout, το Threshold τίθεται σε $\text{CongWin}/2$ και το CongWin τίθεται σε 1 MSS.



Έλεγχος συμφόρησης του αποστολέα TCP (3)

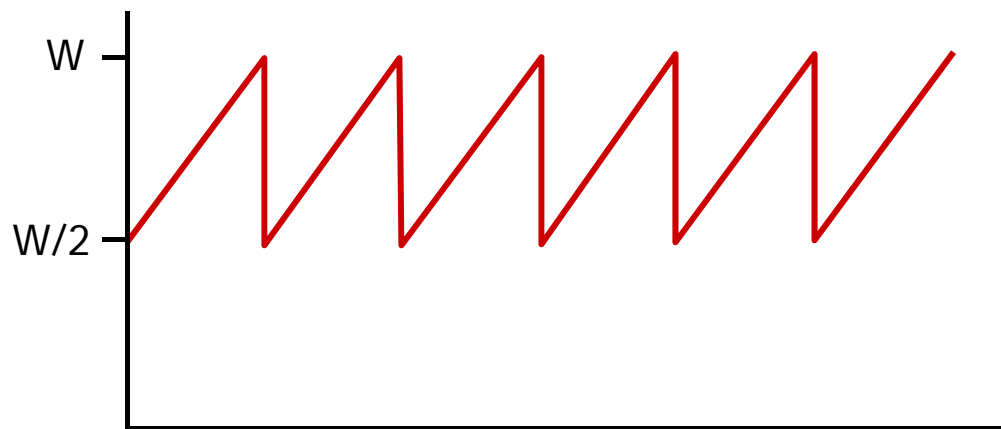
Κατάσταση	Συμβάν	Ενέργεια αποστολέα TCP	Σχόλια
Αργή Εκκίνηση Slow Start (SS)	Λήψη ACK για δεδομένα που δεν έχουν επιβεβαιωθεί προηγουμένως	$CongWin = CongWin + MSS$, If ($CongWin > Threshold$) θέσε κατάσταση σε «Αποφυγή Συμφόρησης»	Έχει ως αποτέλεσμα διπλασιασμό του $CongWin$ σε κάθε RTT
Αποφυγή Συμφόρησης Congestion Avoidance (CA)	Λήψη ACK για δεδομένα που δεν έχουν επιβεβαιωθεί προηγουμένως	$CongWin = CongWin + MSS * (MSS / CongWin)$	Προσθετική αύξηση που έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του $CongWin$ κατά 1 MSS σε κάθε RTT
SS ή CA	Ανίχνευση συμβάντος απώλειας από τρία διπλότυπα ACK	$Threshold = CongWin / 2$, $CongWin = Threshold$, θέσε κατάσταση σε «Αποφυγή Συμφόρησης»	Ταχεία επαναφορά, υλοποιώντας πολλαπλασιαστική μείωση. Το $CongWin$ δεν θα πέσει κάτω από 1 MSS.
SS ή CA	Λήξη χρόνου (Timeout)	$Threshold = CongWin / 2$, $CongWin = 1 MSS$, θέσε κατάσταση σε «Αργή Εκκίνηση»	Είσοδος σε «Αργή Εκκίνηση»
SS ή CA	Διπλότυπο ACK	Αύξηση του μετρητή διπλότυπων ACK για το τμήμα η λήψη του οποίου επιβεβαιώθηκε	Τα $CongWin$ και $Threshold$ δεν αλλάζουν



Διεκπεραιωτική ικανότητα TCP

- ❖ Ποιά είναι η διεκπεραιωτική ικανότητα του TCP ως συνάρτηση του μεγέθους παραθύρου και του RTT;
 - Αγνοώντας την αργή εκκίνηση, υποθέτοντας ότι υπάρχουν πάντα δεδομένα για αποστολή
- ❖ Έστω W το μέγεθος παραθύρου (σε bytes) όταν εμφανίζεται απώλεια.
 - Μέσο μέγεθος παραθύρου (# εν πτήση bytes) είναι $\frac{3}{4} W$
 - Μέση διεκπεραιωτική ικανότητα: $\frac{3}{4} W$ ανά RTT

$$\text{avg TCP thrupt} = \frac{3}{4} \frac{W}{\text{RTT}} \text{ bytes/sec}$$



Μέλλον του TCP: TCP πάνω από «μεγάλου μήκους, χοντρές σωληνώσεις» (“long, fat pipes”)

Παράδειγμα: τμήματα 1500 byte, **100ms RTT**, επιθυμητή διεκπεραιωτική ικανότητα **10 Gbps**

- ❖ Απαιτούμενο μέγεθος παραθύρου $W = 83,333$ «εν-πτήσει» τμήματα
- ❖ Διεκπεραιωτική ικανότητα ως συνάρτηση της πιθανότητας απώλειας τμημάτων, L :

$$\text{TCP throughput} = \frac{1.22 \cdot \text{MSS}}{\text{RTT} \sqrt{L}}$$

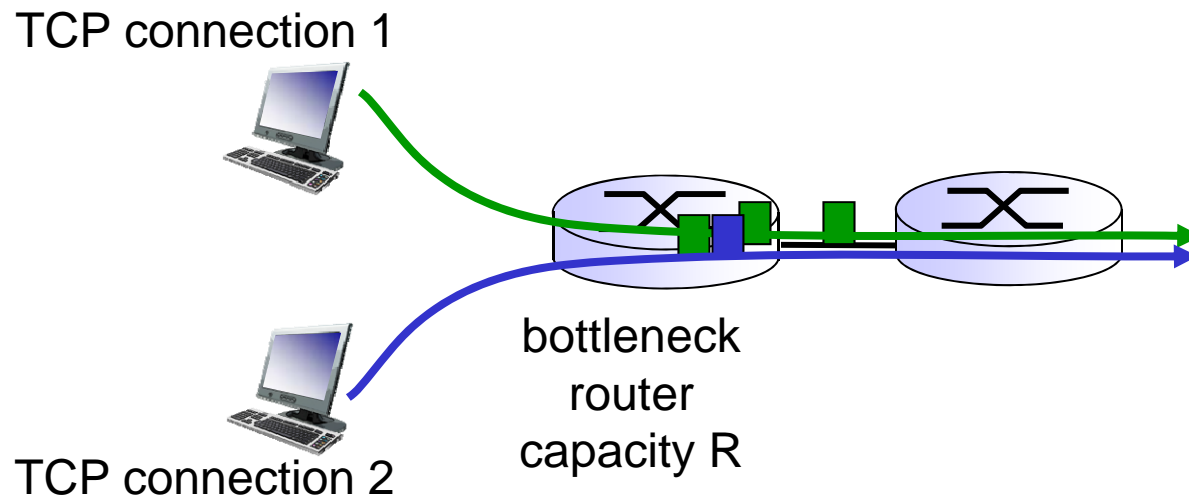
→ για να επιτευχθεί διεκπεραιωτική ικανότητα 10 Gbps απαιτείται ρυθμός απωλειών $L = 2 \cdot 10^{-10}$ – *πολύ μικρός ρυθμός απωλειών!*

- ❖ Νέες εκδόσεις του TCP για υψηλές ταχύτητες



Δικαιοσύνη του TCP

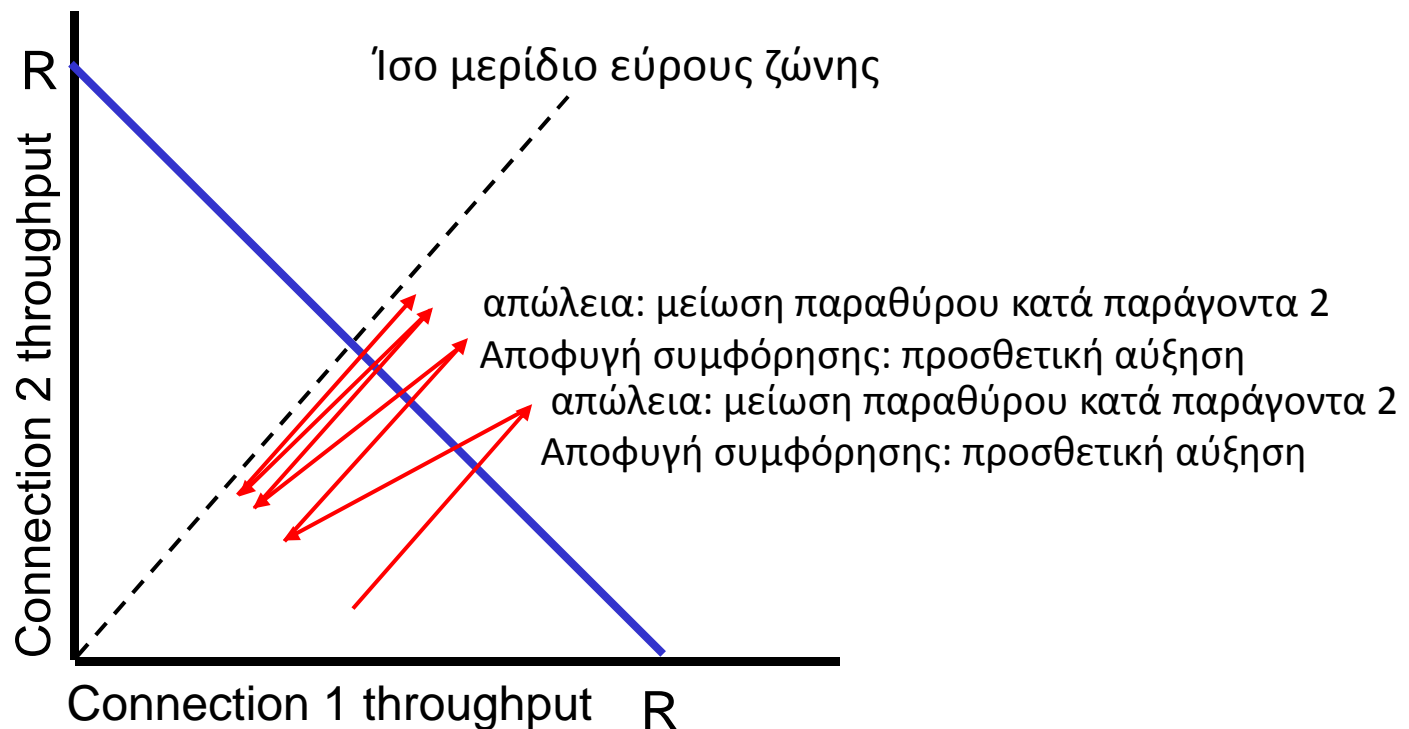
Στόχος δικαιοσύνης: αν K συνδέσεις TCP μοιράζονται την ίδια μπουτλιαρισμένη ζεύξη (bottleneck link) εύρους ζώνης R , καθεμία θα έπρεπε να έχει μέσο ρυθμό R/K



Γιατί είναι το TCP δίκαιο;

Δύο ανταγωνιζόμενες συνδέσεις:

- ❖ Η προσθετική αύξηση δίνει κλίση 1, καθώς αυξάνει η διεκπεραιωτική ικανότητα
- ❖ Η πολλαπλασιαστική μείωση μειώνει αναλογικά τη διεκπεραιωτική ικανότητα



Δικαιοσύνη (συνέχεια)

Δικαιοσύνη και UDP

- ❖ Οι εφαρμογές πολυμέσων συχνά δε χρησιμοποιούν TCP
 - Δεν θέλουν έλεγχο του ρυθμού από τον έλεγχο συμφόρησης
- ❖ Αντί αυτού, UDP:
 - αποστολή audio/video με σταθερό ρυθμό, ανοχή σε απώλειες πακέτων

Δικαιοσύνη και παράλληλες συνδέσεις TCP

- ❖ Μία εφαρμογή μπορεί να ανοίξει πολλαπλές παράλληλες συνδέσεις μεταξύ δύο υπολογιστών
- ❖ Οι Web browsers το κάνουν

Παράδειγμα: ζεύξη ρυθμού R που υποστηρίζει 9 συνδέσεις

- Νέα εφαρμογή ζητά 1 σύνδεση TCP, παίρνει ρυθμό $R/10$
- Νέα εφαρμογή ζητά 11 συνδέσεις TCP, παίρνει ρυθμό $R/2$!



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 μεταφοράς». 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

