



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Προχωρημένα Θέματα

Προγραμματισμού Δικτύων

Ενότητα 9: Έλεγχος Ροής Κλειστού Βρόχου (1)

Φώτης Βαρζιώτης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΤΕ

Προχωρημένα Θέματα Προγραμματισμού Δικτύων

Ενότητα 9: Έλεγχος Ροής Κλειστού Βρόχου (1)

Φώτης Βαρτζιώτης

Καθηγητής Εφαρμογών

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- 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.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Περιεχόμενα Ενότητας

- Ταξινόμηση τεχνικών ελέγχου ροής πακέτων κλειστού βρόχου.
- Επιτήρηση με μετρήσεις: εξωτερική vs. εσωτερική.
- Έλεγχος: παράθυρο vs. ρυθμού μετάδοσης.
- Σημείου ελέγχου: Hop-by-hop vs end-to-end.
- Τεχνική On-Off.
- Τεχνική Stop & Wait.



Έλεγχος Ροής Κλειστού Βρόγχου

- Σε περίπτωση ανοικτού βρόγχου το δίκτυο:
 - Δέχεται σαν είσοδο μία «Περιγραφή της εισερχόμενης Ροής».
 - Αποδοχή;
 - δέσμευση πόρων.
 - Ρύθμιση/εποπτεία Ροής.

Έλεγχος Ροής Κλειστού Βρόχου

- Σε περίπτωση κλειστού βρόχου:
 - δεν υπάρχει περιγραφή της ροής ή το δίκτυο δεν υποστηρίζει δέσμευση πόρων.
 - το δίκτυο εποπτεύει τη διαθεσιμότητα του εύρους ζώνης για εκχώρηση.
 - πιθανώς, εκχωρείται με βάση GPS-emulation.
 - Προσαρμογή μετάδοσης σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα του εύρους ζώνης
 - Αν δεν γίνει προσαρμογή
 - απόρριψη πακέτων.
 - περιττές καθυστερήσεις.



Ταξινόμηση τεχνικών «Έλέγχου Ροής Πακέτων Κλειστού Βρόχου»(1/2)

- 1^{ης} Γενιάς
 - Αγνοούν την κατάσταση του δικτύου.
 - Προσαρμόζουν τον ρυθμό με βάση τον παραλήπτη.



Ταξινόμηση τεχνικών «Ελέγχου Ροής Πακέτων Κλειστού Βρόχου»(2/2)

- 2^{ης} Γενιάς
- Λαμβάνει υπόψη την κατάσταση του δικτύου που αναγνωρίζεται μέσα από:
 - *Επιτήρηση κατάστασης δικτύου με μετρήσεις*
 - εσωτερική ή εξωτερική.
 - *Έλεγχος*
 - μέγεθος παραθύρου ή ρυθμό μετάδοσης πακέτων.
 - *Σημείο Ελέγχου*
 - Τελικός χρήστης ή ενδιάμεσο σημείο του δικτύου.

Επιτήρηση με Μετρήσεις

Εξωτερική vs. Εσωτερική

- Εξωτερική
 - το δίκτυο ενημερώνει την πηγή για τον τρέχον ρυθμό υποστήριξης
 - Καλύτερος έλεγχος
 - Όμως, περισσότερη πρόσθετη πληροφορία (overhead)
- Ιδανικά,
 - επιθυμούμε το “overhead” της εσωτερικής και
 - την αποδοτικότητα της εξωτερικής επιτήρησης.
- Εσωτερική
 - Ο παραλήπτης διαμορφώνει τον ρυθμό επιτηρώντας το δίκτυο
 - Λιγότερη πρόσθετη πληροφορία



Παράθυρο Έλεγχου Ροής

- Παράθυρο (window)
 - ο μέγιστος αριθμός πακέτων που έχουν σταλεί χωρίς να έχει ληφθεί η επιβεβαίωση (acks) για ορθή λήψη.
 - Αν η πηγή έχει στείλει όλα τα πακέτα σε ένα τέτοιο «παράθυρο»,
 - πρέπει να τεθεί σε αναμονή,
 - και να μειώσει τον ρυθμό μετάδοσης.

Το παράθυρο αυτό ονομάζεται **παράθυρο μετάδοσης**.



Έλεγχος ροής:

Παράθυρο vs. Ρυθμού Μετάδοσης

- Παράθυρο
 - Δεν υπάρχει ανάγκη χρονιστή μεγάλης ακριβείας,
 - Αυτό – περιορισμός της πηγής.
 - Ρυθμός Μετάδοσης
 - Καλύτερος έλεγχος,
 - Διακριτός ρόλος ελέγχου ροής και ελέγχου σφαλμάτων
- Ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή
- overhead και
 - υπέρμετρης αποστολής πακέτων



Σημείου Ελέγχου:

Hop-by-hop vs. end-to-end

- Hop-by-hop:
Θεωρεί τον επόμενο κόμβο κατά μήκος του μονοπατιού σύνδεσης σαν παραλήπτη.
 - Πλεονεκτήματα
 - απλούστερη υλοποίηση,
 - κατανέμει την υπερχειλίση (λόγω παραγωγής acks μεταξύ των κόμβων),
 - ασκεί καλύτερο έλεγχο στο δίκτυο.
- End-to-end:
Ο αποστολέας λαμβάνει υπόψη του το σύνολο του μονοπατιού.
 - Πλεονέκτημα
 - είναι φθηνότερος.



Έλεγχος Ροής Πακέτων Κλειστού Βρόχου “On-off”

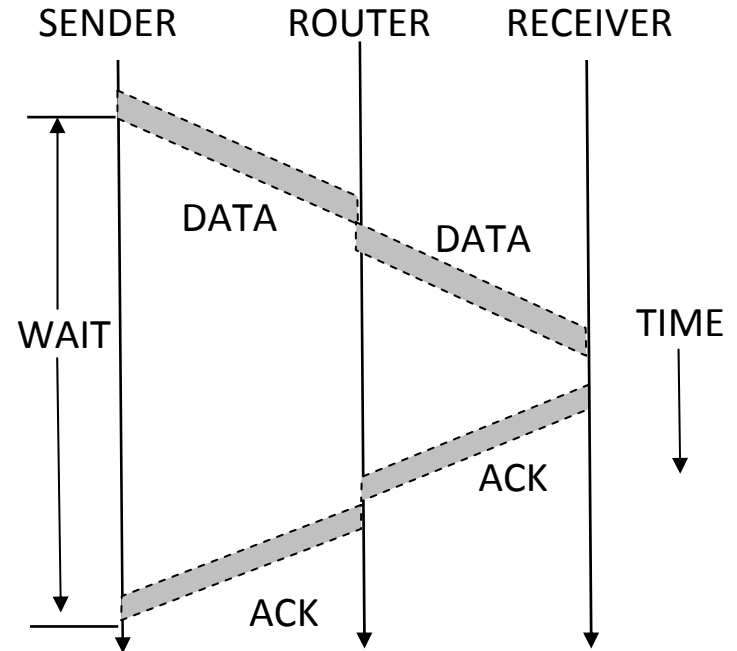
Στη διάρκεια της σύνδεση ο παραλήπτης στέλνει σήματα ON και OFF

- αν στείλει ON, η πηγή στέλνει σε πλήρη ρυθμό
- αν στείλει OFF, η πηγή αναβάλλει την αποστολή πακέτων
- Καλή λειτουργία, όταν το RTT μικρό.
- Αν χαθεί το σήμα OFF (π.χ. λόγω συμφόρησης) κακή λειτουργία.
- Αποδεικνύεται ότι εμφανίζει πρόβλημα στις ριπές.
- Χρησιμοποιείται κυρίως σε σειριακές γραμμές ή LANs.

Έλεγχος Ροής Πακέτων Κλειστού Βρόχου “Stop and Wait”

Λειτουργία

- Στείλε ένα πακέτο.
- Περίμενε για ack πριν την αποστολή του επόμενου πακέτου.





Παράδειγμα “Stop and Wait” (1/2)

Παράδειγμα

• Ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που επιτυγχάνεται από μια πηγή που χρησιμοποιεί έλεγχο ροής πακέτων κλειστού βρόχου «Stop and Wait», όταν το μέγιστο μέγεθος πακέτου είναι 1000 Bytes και το μονοπάτι της σύνδεσης έχει μήκος

α) 10 Km,

β) 5000 Km.



Παράδειγμα “Stop and Wait” (2/2)

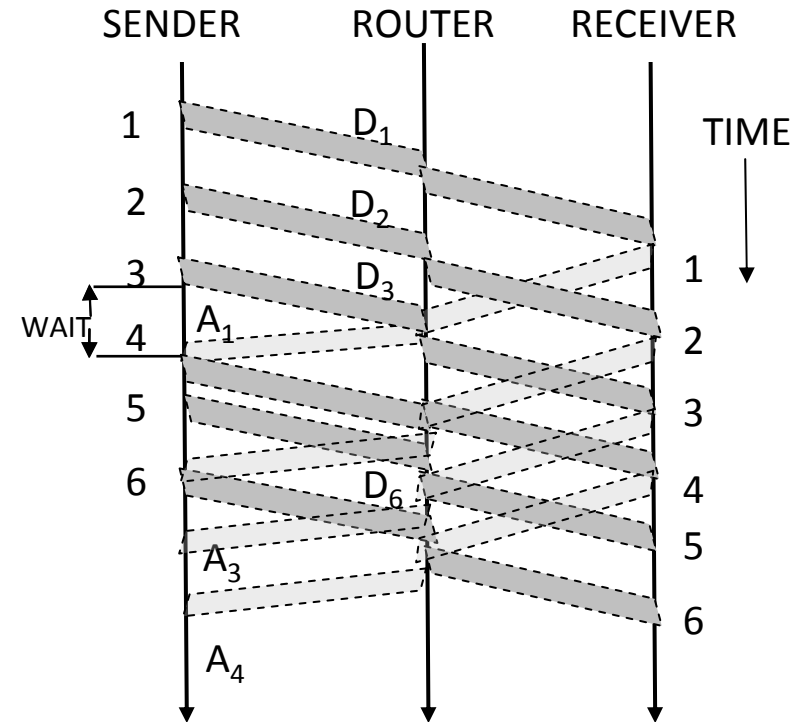
Λύση

- Έστω ότι η σύνδεση γίνεται με οπτική ίνα, η καθυστέρηση διάδοσης είναι:
 $1/(0.7 * 3 * 10^5) \text{ sec/Km}$ ή $4.76 \mu\text{sec/Km}$.
Έστω ότι αγνοούμε τις καθυστερήσεις ουράς και εξυπηρέτησης.
- A) Για μονοπάτι σύνδεσης 10 Km, η καθυστέρηση στη μετάδοση του πακέτου (Round Trip Time – RTT) είναι:
 $2 * 10 \text{ Km} * 4.76 \mu\text{sec} = 95.2 \mu\text{sec}$.
Ο μέγιστος δυνατός ρυθμός μετάδοσης της πηγής είναι 1 πακέτο / RTT
ή $(1000 * 8 \text{ bits}) / 95.2 \mu\text{sec} = 84.03 \text{ Mbps}$.
- B) Αφού το μονοπάτι σύνδεσης είναι 500 φορές μεγαλύτερο, ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης υποβαθμίζεται 500 φορές, δηλαδή ισούται με $84.03 \text{ Mbps} / 500 = 0.168 \text{ MBps}$!



Έλεγχος Ροής Πακέτων Κλειστού Βρόχου «Στατικό Παράθυρο»

- Η μέθοδος Stop and wait στέλνει μόνο ένα πακέτο ανά RTT.
- Η μέθοδος παραθύρου επιτρέπει την αποστολή πολλαπλών πακέτων ανά RTT (*Παράθυρο Μετάδοσης*)





Βέλτιστο Μήκος «Παράθυρου Μετάδοσης»

- Έστω ότι ο πιο αργός κόμβος στο μονοπάτι υποστηρίζει ρυθμό μετάδοσης b pkts/sec,
- Έστω $RTT = R$ sec,
- Έστω παράθυρο μετάδοσης ίσο με w πακέτα,
- Ρυθμός αποστολής: w πακέτα σε R seconds,
 w/R
- Για πλήρη αξιοποίηση του αργού κόμβου:
 $w/R > b \Rightarrow w > bR$
- bR : καλείται Βέλτιστο Μέγεθος Παραθύρου.



Στατικό Παράθυρο

Η μέθοδος «Στατικό Παράθυρο»

- Δουλεύει καλά για σταθερά b και R .
- Όμως, το b αλλάζει με τον χρόνο.
- Μια στατική επιλογή του w δημιουργεί προβλήματα:
 - Πολύ μικρό ή
 - Πολύ μεγάλο παράθυρο.
- Απαιτείται κατάλληλη προσαρμογή βάσει της «τρέχουσας» βέλτιστης τιμής για το παράθυρο.

Παράδειγμα (1/2)

Να υπολογιστεί το βέλτιστο παράθυρο μετάδοσης για πακέτα μεγέθους 53 Bytes, όταν η καθυστέρηση μετάδοσης RTT είναι 60 ms και ο πιο αργός κόμβος εξυπηρετεί με ρυθμό

- α) 1.5 Mbps,
- β) 155 Mbps.



Παράδειγμα (2/2)

Λύση

- Α) Ο ρυθμός εξυπηρέτησης (πακέτα / sec) αργού κόμβου είναι:
 $1.5 \text{ Mbps} / (53 * 8 \text{ bits/packet}) = 3537.7 \text{ πακέτα / sec.}$
Συνεπώς, το βέλτιστο παράθυρο είναι:
 $3537.7 * 0.06 = 212.3 \text{ πακέτα.}$
- Β) Ομοίως, ο ρυθμός εξυπηρέτησης σε πακέτα / sec του πιο αργού κόμβου είναι
 $365566 \text{ πακέτα / sec,}$
και το βέλτιστο παράθυρο είναι 21933 πακέτα.



Βιβλιογραφία

- L.Peterson, B. Davie, (2009), Δίκτυα Υπολογιστών: Μια προσέγγιση από τη σκοπιά των συστημάτων, Εκδ. Κλειδάριθμος.
- Keshav, S., (1997), An Engineering Approach to Computer Networking, Εκδ. Addison – Wesley.



Σημείωμα Αναφοράς

Βαρτζιώτης Φ. (2015). Προχωρημένα Θέματα Προγραμματισμού Δικτύων.
ΤΕΙ Ηπείρου, Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/COMP120/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. 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».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

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



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Μαργαρίτη Σπυριδούλα
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τέλος Ενότητας

Έλεγχος Ροής Κλειστού Βρόχου (1)



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο