



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Προχωρημένα Θέματα

Προγραμματισμού Δικτύων

Ενότητα 8: Έλεγχος Ροής Ανοικτού Βρόχου

Φώτης Βαρζιώτης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΤΕ

Προχωρημένα Θέματα Προγραμματισμού Δικτύων

Ενότητα 8: Έλεγχος Ροής Ανοικτού Βρόχου

Φώτης Βαρτζιώτης

Καθηγητής Εφαρμογών

Άρτα, 2015



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

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

- Ορισμός του μοντέλου περιγραφής ροής χρήστη.
- Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης.
- Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης.
- Η γραμμική διεργασία περιορισμού μετάδοσης.



Έλεγχος Ροής Πακέτων Ανοιχτού Βρόχου (1/2)

- Αναγνωρίζονται δύο φάσεις για κάθε ροή πακέτων:
 - η «Εγκατάσταση» της Κλήσης
 - η Μετάδοση των Πακέτων
- «Εγκατάσταση» Κλήσης
 - ορισμός προκαθορισμένων παραμέτρων από το δίκτυο,
 - επιλογή τιμών για τις παραμέτρους από το χρήστη,
 - το δίκτυο αποδέχεται ή απορρίπτει την κλήση.



Έλεγχος Ροής Πακέτων Ανοικτού Βρόχου (2/2)

- *Μετάδοση Πακέτων*
 - ο χρήστης μεταδίδει με προκαθορισμένο ρυθμό μετάδοσης.
 - το δίκτυο εποπτεύει τους χρήστες.
 - τεχνικές προγραμματισμού πόρων αναλαμβάνουν να παρέχουν στον χρήστη QoS.

Προβλήματα προς επίλυση

- Ο διαχειριστής του δικτύου θα πρέπει να διευθετήσει θέματα όπως:
 - επιλογή του μοντέλου περιγραφής ροής χρήστη,
 - επιλογή τεχνικής προγραμματισμού πόρων στους κόμβους του δικτύου,
 - αποδοχή κλήσεων έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι QoS.



Μοντέλο Περιγραφής Ροής Χρήστη

Η περιγραφή της ροής:

- Προστίθεται ως περίβλημα στα πακέτα του χρήστη.
- Στόχος
 - να περιορίσει την ροή του χρήστη εντός των προδιαγραφόμενων ορίων.
- Το μοντέλο περιγραφής χρησιμοποιείται με τρεις τρόπους:
 - ως βάση για τη δημιουργία συμβολαίου,
 - ως είσοδος στους «ρυθμιστές» των κόμβων του δικτύου,
 - ως είσοδος στους μηχανισμούς «εποπτείας» του δικτύου.



Απαιτήσεις Μοντέλου Περιγραφής

- *Αντιπροσωπευτικότητα:*
 - επαρκή περιγραφή ροής χρήστη, ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη ή οικονομία των πόρων.
- *Παροχή αποδείξεων*
 - επιβεβαίωση ότι η σύμβαση τηρείται.
- *Διατηρησιμότητα*
 - διατήρηση περιγραφής ροής χρήστη μέσα στο δικτύο.
- *Ευχρηστία.*



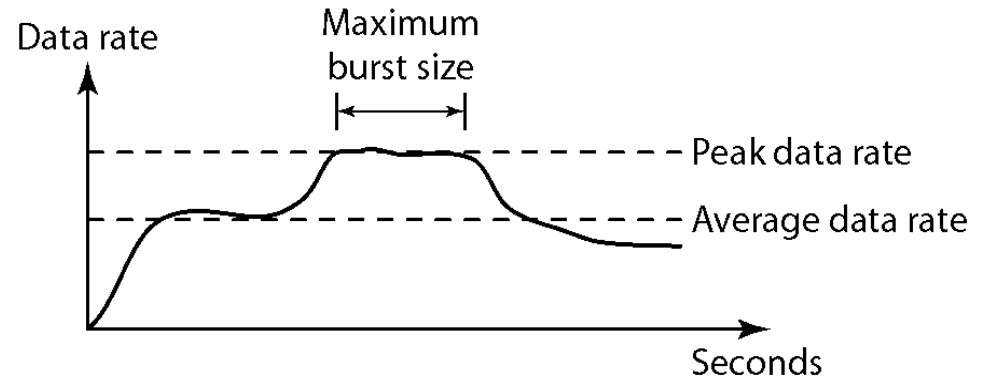
Παραδείγματα Μοντέλων Περιγραφής Ροής Χρήστη

- *Χρονική περιγραφή αποστολής πακέτων:*
 - αντιπροσωπευτική,
 - παρέχει αποδείξεις,
 - μη χρηστική.
- *Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης:*
 - παρέχει αποδείξεις,
 - διατηρησιμότητα,
 - εύχρηστο
 - όχι αντιπροσωπευτικό.



Κοινά μοντέλα περιγραφής ροής χρήστη

- Μέγιστος Ρυθμός Μετάδοσης,
- Μέσος ρυθμός μετάδοσης,
- Γραμμική Διεργασία Περιορισμού Μετάδοσης.





Μοντέλο Μέγιστου Ρυθμού Μετάδοσης (1/2)

- Υψηλότερος ρυθμός (R_{max}) μετάδοσης που μπορεί μια πηγή να μεταδώσει.
- Μηχανισμός υπολογισμού R_{max} για κάθε κόμβο.
 - Για δίκτυα με σταθερό μήκος πακέτου
 - Ελάχιστο διάκενο μεταξύ πακέτων.
 - Για δίκτυα με μεταβλητό μήκος πακέτου
 - Υψηλότερος ρυθμός που επιτυγχάνεται σε συγκεκριμένη διάρκεια.



Μοντέλο Μέγιστου Ρυθμού Μετάδοσης (2/2)

- Ρυθμιστής για σταθερό μέγεθος πακέτου

Αποτελείται από:

- Buffer: προσωρινή αποθήκευση πακέτου
- Χρονιστή:
 - ενεργοποιείται σε κάθε μετάδοση πακέτου.
 - με την εκπνοή του στέλνεται το επόμενο πακέτο, αν υπάρχει.



Παράδειγμα (1/2)

- a) Αν όλα τα πακέτα μιας σύνδεσης έχουν μέγεθος 50 Bytes και η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της αποστολής δύο πακέτων είναι 10 ms, να βρεθεί ποιος είναι ο ζητούμενος μέγιστος ρυθμός μετάδοσης.
- b) Αν ο μέγιστος ρυθμός μιας σύνδεσης είναι 8 Mbps για κάθε χρονικό διάστημα των 15 ms, ποιο είναι το μέγιστο πλήθος δεδομένων που μπορούν να παραχθούν σε 75 ms;
- c) σε 70 ms;



Παράδειγμα (2/2)

Λύση

- a) $R_{\max} = 50 \text{ Bytes} / 10 \text{ ms} = 5000 \text{ Bytes} / \text{sec}.$
- b) $8 \text{ Mbps} * 75 \text{ ms} = 600.000 \text{ bits}.$
- c) Έστω ότι όλα τα δεδομένα παράγονται τα πρώτα 5 ms του χρονικού διαστήματος των 15 ms. Άρα, και πάλι, το μέγιστο πλήθος δεδομένων που μπορούν να παραχθούν σε 70 ms είναι 600.000 bits.



Μοντέλο Μέσου Ρυθμού Μετάδοσης (1/2)

- Εκφράζει το μέσο ρυθμό μετάδοσης των πακέτων μιας ροής σε μια περίοδο του χρόνου (*window*).
- Μεθοδολογία
 - Ορισμός παραμέτρων
 - t : «παράθυρο» χρόνου
 - a : ο αριθμός μεταδιδόμενων bits ανά t
 - Επιλογή τύπου παραθύρου
 - Jumping window.
 - Moving window.



Μοντέλο Μέσου Ρυθμού Μετάδοσης (2/2)

- **Jumping window**
 1. Σε συνεχόμενα διαστήματα μήκους t , μόνο a bits στέλνονται.
 2. Ένας ρυθμιστής αρχικοποιεί κάθε διάστημα.
- **Moving window**
 1. Για κάθε διάστημα μήκους t , μόνο a bits στέλνονται.
 2. Ο ρυθμιστής «ξεχνά» τα πακέτα που στάλθηκαν νωρίτερα από t seconds.



Παράδειγμα (1/3)

Έστω σε δίκτυο ένα μοντέλο μέσου ρυθμού μετάδοσης με παραμέτρους $a = 100$ KB και $t = 1$ sec. Ένα σύνολο πακέτων φτάνει με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

(χρόνος, μέγεθος): (0.2 sec, 20 KB), (0.25 sec, 40 KB), (0.5 sec, 20 KB) ,
(0.6 sec, 20 KB), (0.8 sec, 10 KB), (1 sec, 30 KB), (1.7 sec, 30 KB)
(1.9 sec, 30 KB).

- Να βρεθεί ο χρόνος αναχώρησης του κάθε πακέτου
 - A) για ρυθμιστή “Jumping Window”,
 - B) για ρυθμιστή “Moving Window”.



Παράδειγμα (2/3)

Λύση

A) “Jumping Window

- τα τέσσερα πρώτα πακέτα αναχωρούν άμεσα.
- το πακέτο που φτάνει στα 0.8 sec θα πρέπει να καθυστερήσει την αναχώρησή του μέχρι την εκκίνηση του 2ου παραθύρου.
- Τα υπόλοιπα πακέτα αναχωρούν άμεσα.



Παράδειγμα (3/3)

Λύση

B) “Moving Window”.

- Τα τέσσερα πρώτα πακέτα αναχωρούν και πάλι άμεσα.
- Το πακέτο που φτάνει στα 0.8 sec θα πρέπει να καθυστερήσει για τόσο χρόνο, έστω x , ώστε στο χρονικό διάστημα $[x - t, x]$ να μην έχουν αποσταλεί περισσότερα από 100 KB.
- Αυτό συμβαίνει για $x = 1.2$. Στον παραπάνω χρόνο, το πρώτο πακέτο έχει διαγραφεί.
- Για τον ίδιο λόγο, το πακέτο που φτάνει σε χρόνο 1 sec, πρέπει να φύγει σε χρόνο 1.25 sec.
- Τα υπόλοιπα πακέτα αναχωρούν άμεσα.



Γραμμική Διεργασία Περιορισμού Μετάδοσης (ΓΔΠΜ)

- Η πηγή περιορίζει τον αριθμό των απεσταλμένων bits σε κάθε χρονικό διάστημα με βάση μια γραμμική συνάρτηση του χρόνου.
- Ο αριθμός των bits που έχουν μεταδοθεί σε κάθε ενεργό διάστημα μήκους t πρέπει:

$$\#bits < rt + s$$

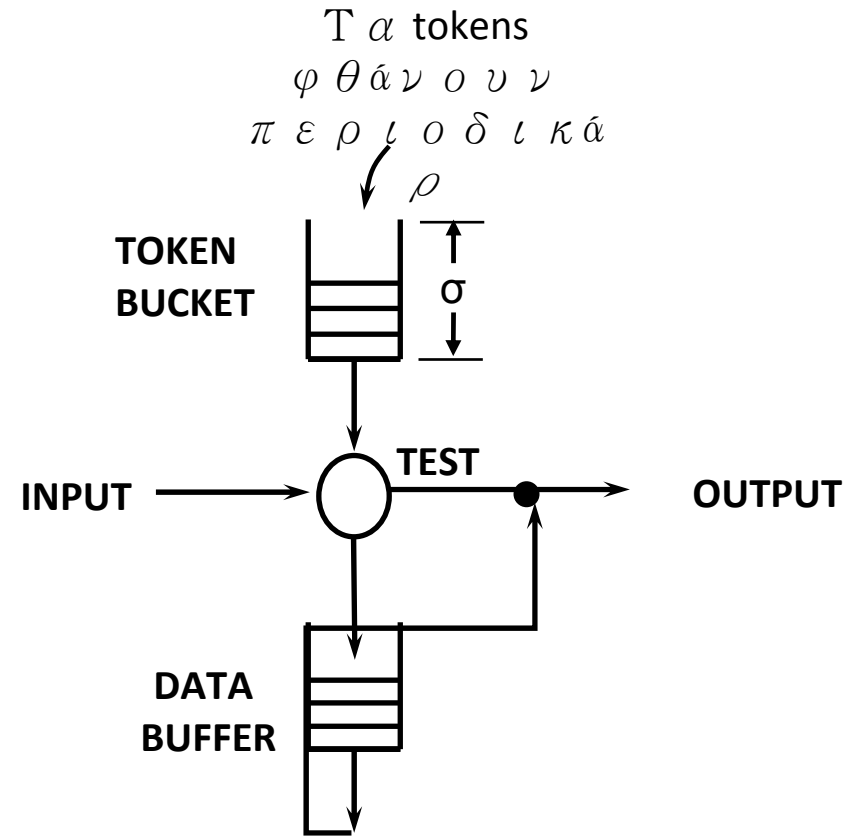
Όπου

- r : είναι ο μακροπρόθεσμος ρυθμός μετάδοσης ροής πακέτων και
 - s : είναι το όριο για μια «ριπή» δεδομένων.
- *Υλοποίηση: ρυθμιστής “Leaky bucket”.*



Leaky bucket

- Ρυθμιστής για το μοντέλο ΓΔΠΜ.
- Το “Token bucket” του ρυθμιστή γεμίζει με ρυθμό r
- *Μέγιστος # tokens < s*



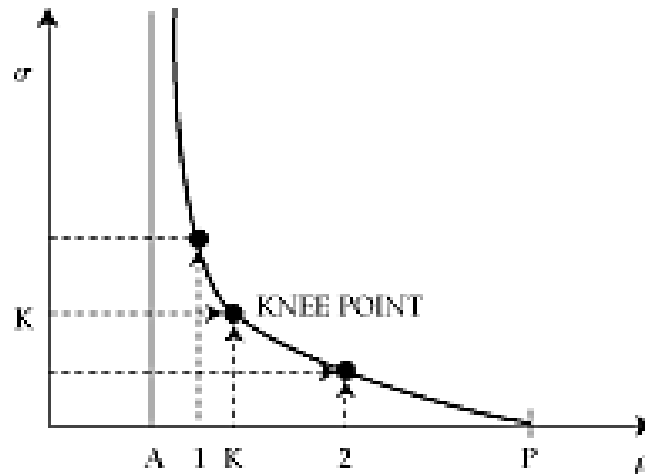


Επιλογή παραμέτρων LBAP

- Καθοριστική η επιλογή παραμέτρων για:
 - την απόδοση ενός δικτύου.
 - το κόστος ενός δικτύου.
- Tradeoff μεταξύ r και s :
 - αν υπερέχει το s , το r είναι μικρότερο (εξομάλυνση).
 - για κάθε r , ένα τουλάχιστον s .

Choosing minimal parameters

- βέλτιστο ζεύγος r, s (Knee Point) \Rightarrow
 - οικονομικότερη λειτουργία του δικτύου





Κριτική του ΓΔΠΜ

- Δημοφιλές στην πράξη και στις δημοσιεύσεις.
- Μέχρι ένα βαθμό αντιπροσωπευτικό.
- Ικανό να αποδεικνύει τη λειτουργία του.
- Μέχρι ένα βαθμό διατηρήσιμο.
- Αρκετά χρηστικό.
- Προβληματικό για Μεγάλες ριπές.



Παράδειγμα (1/2)

Έστω ότι tokens των 100 Bytes προστίθενται σε έναν ρυθμιστή “*Leaky bucket*” χωρητικότητας 500 Bytes δύο φορές το δευτερόλεπτο.

- A) Ποιος είναι ο μέσος ρυθμός μετάδοσης πακέτων και η μεγαλύτερη ριπή της ροής στην οποία εφαρμόζεται ο παραπάνω ρυθμιστής.
- B) Μπορεί ο ρυθμιστής αυτός να χειριστεί πακέτα μεγέθους 700 Bytes;
- Γ) Αν ένα πακέτο μεγέθους 400 Bytes φτάσει στον ρυθμιστή όταν αυτός περιέχει ήδη tokens 100 Bytes, ποια είναι η ελάχιστη και η μέγιστη καθυστέρηση που θα είχε το πακέτο πριν την προώθησή του;



Παράδειγμα (2/2)

Λύση

- A) Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης πακέτων της ροής είναι $200 \text{ Bytes} / \text{sec} = 1.6 \text{ Kbps}$. Η μεγαλύτερη ριπή της ροής μπορεί να είναι μεγέθους 500 Bytes .
- B) Δεν μπορεί ο ρυθμιστής να χειριστεί πακέτα μεγέθους 700 Bytes γιατί δεν μπορεί να διαθέσει tokens συνολικής αξίας 700 Bytes .
- Γ) Αν το πακέτο φτάσει ακριβώς πριν την άφιξη του τρίτου token θα καθυστερήσει λίγο περισσότερο από 0.5 sec (ελάχιστη καθυστέρηση). Αν φτάσει ακριβώς μετά την άφιξη του δεύτερου token θα καθυστερήσει 1 sec (μέγιστη καθυστέρηση).



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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τέλος Ενότητας

Έλεγχος Ροής Ανοικτού Βρόχου



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

