



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Προχωρημένα Θέματα

Προγραμματισμού Δικτύων

Ενότητα 4: ΠΠΔ για “Best Effort” συνδέσεις (2)

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 4: ΠΠΔ για “Best Effort” συνδέσεις (2)

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





Περιεχόμενα Ενότητας

- Weighted Fair Queueing (WFQ).



Weighted Fair Queueing (WFQ)

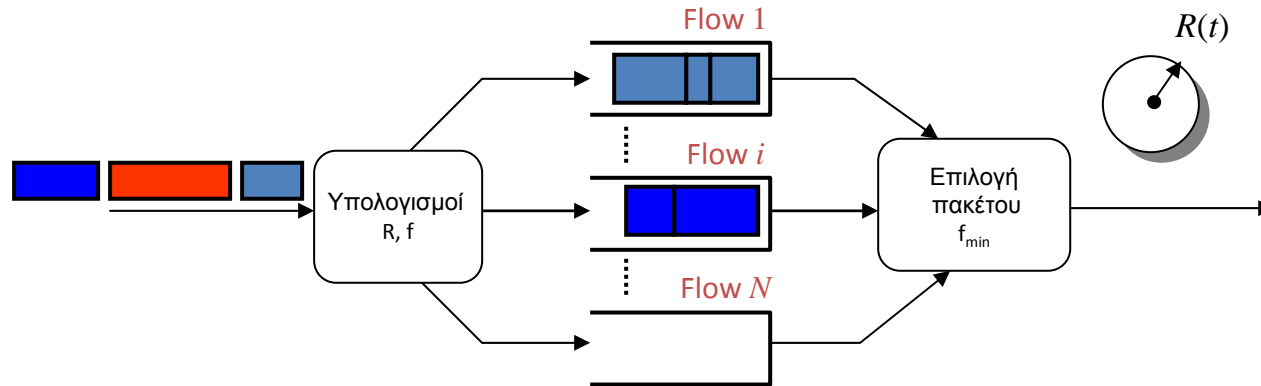
- Εργάζεται καλύτερα με πακέτα μεταβλητού μήκους και βάρους ως προς τη **Δίκαιη Κατανομή Πόρων**
- Προσπαθεί να προσεγγίσει την GPS:
 - βρίσκει το χρόνο ολοκλήρωσης ενός πακέτου,
 - και εξυπηρετεί τα πακέτα με βάση τους χρόνους ολοκλήρωσης.



Διαδικασία WFQ (1/2)

- Έστω, σε κάθε γύρο, ο εξυπηρετητής εξυπηρετεί ένα bit από κάθε ενεργή σύνδεση.
- Αριθμός γύρων R (Round number): αριθμός των γύρων που έχουν ολοκληρωθεί.
 - Μπορεί να είναι κλασματικός αριθμός.
- Πότε θα εξυπηρετηθεί το πακέτο;

Διαδικασία WFQ (2/2)



1. Αν πακέτο μήκους p bit φτάσει σε άδεια ουρά και αριθμός γύρων = R , θα εξυπηρετηθεί πλήρως όταν ο αριθμός γύρων = $R + p$.
 - ο αριθμός ολοκλήρωσης (finish number) είναι $f = R + p$,
 - ανεξάρτητα από τον αριθμό των άλλων συνδέσεων.
2. Αν το πακέτο φτάσει σε μια μη κενή ουρά και το προηγούμενο πακέτο έχει αριθμό ολοκλήρωσης f , τότε ο αριθμός ολοκλήρωσης του πακέτου είναι $f+p$.
 - Εξυπηρετεί τα πακέτα με βάση τους αριθμούς ολοκλήρωσης.



WFQ - Θεώρηση

- Αναγκαία θεώρηση: μη κενή ουρά ακόμη και αν δεν περιέχει πακέτα.
 - π.χ. πακέτα μήκους 1 από συνδέσεις A και B, σε μια γραμμή με ταχύτητα 1 bit/sec.
 - σε χρόνο 1, εξυπηρετείται ένα πακέτο από την A, ο αριθμός γύρων = 0.5.
 - η A δεν έχει πια πακέτα στην ουρά, ωστόσο πρέπει να θεωρηθεί μη κενή, γιατί ένα πακέτο που φθάνει σε αυτή σε χρόνο 1, πρέπει να έχει αριθμό ολοκλήρωσης $1 + p$.
- Ενεργή (active) σύνδεση: αν το τελευταίο πακέτο που έχει εξυπηρετηθεί ή είναι στην ουρά της, έχει αριθμό ολοκλήρωσης μεγαλύτερο από τον τρέχοντα αριθμό γύρων.

WFQ

- Έστω ότι γνωρίζουμε τον τρέχων αριθμό γύρων R .
- Ο αριθμός ολοκλήρωσης ενός πακέτου μήκους p είναι:
 - αν φτάνει σε ενεργή σύνδεση = προηγούμενος αριθμός ολοκλήρωσης + p ,
 - αν φτάνει σε ανενεργή σύνδεση = $R + p$.
- Για την υλοποίηση της WFQ πρέπει να απαντηθούν:
 - Είναι η σύνδεση ενεργή;
 - Αν όχι, ποιος είναι ο τρέχων αριθμός γύρων;
- Οι απαντήσεις εξαρτώνται από τον υπολογισμό του τρέχοντος αριθμού γύρων.

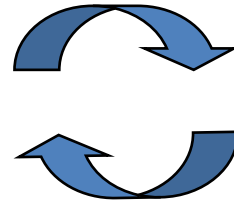


WFQ: Υπολογισμός αριθμού γύρων

- 1^η Προσέγγιση
 - αριθμός Γύρων = Αριθμός γύρων εξυπηρέτησης που έχουν ολοκληρωθεί ως τώρα.
- Όμως,
 - τι συμβαίνει αν δεν έχουν εξυπηρετηθεί όλες τις συνδέσεις σε ένα γύρο;
 - τι συμβαίνει αν κάποιες συνδέσεις γίνουν ενεργές κατά τη διάρκεια ενός γύρου;
- Ορίζεται ξανά ο Αριθμός Γύρων ως μια μεταβλητή πραγματικής τιμής, η οποία αυξάνεται με ρυθμό αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού των υπαρχόντων ενεργών συνδέσεων.
- Έτσι:
 - η WFQ εξομοιώνει την GPS αντί μιας bit-by-bit Round Robin.

Πρόβλημα: Iterated Deletion

αριθμός
γύρων



ενεργών
συνδέσεων

- Εξυπηρετητής: σε κάθε άφιξη πακέτου υπολογίζει ξανά τον αριθμό γύρων
 - ο αριθμός των ενεργών συνδέσεων μπορεί να αυξηθεί μέγιστο κατά ένα,
 - αλλά μπορεί να μειωθεί στο μηδέν => υπερεκτίμηση ($R = 1/0$).
- Λύση
 - χρήση της αμέσως προηγούμενης μέτρησης για τον υπολογισμό του αριθμού ολοκλήρωσης,
 - ανενεργή σύνδεση; Ξανά υπολογισμός,
 - επανάληψη υπολογισμών μέχρι να μην καθίσταται ανενεργή κάποια σύνδεση.

Υλοποίηση WFQ

- Στην άφιξη πακέτου:
 - χρησιμοποίησε διεύθυνση πηγής + προορισμού (ή VCI), ταξινομήσε και έλεγξε τον αριθμό ολοκλήρωσης του τελευταίου πακέτου που εξυπηρετήθηκε (ή περιμένει να εξυπηρετηθεί),
 - υπολόγισε ξανά τον *Αριθμό Γύρων*,
 - υπολόγισε τον *Αριθμό Ολοκλήρωσης*,
 - εισήγαγε το πακέτο στη σειρά προτεραιότητας με βάση την ταξινόμηση με τους Αριθμούς Ολοκλήρωσης,
 - αν δεν υπάρχει χώρος στην ουρά, ρίξε το πακέτο με το μεγαλύτερο Αριθμό Ολοκλήρωσης.
- Όταν ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση ενός πακέτου:
 - επέλεξε το πακέτο με τον μικρότερο Αριθμό Ολοκλήρωσης.

Πλεονεκτήματα WFQ

- Προστασία.
- Όριο χειρίστης καθυστέρηση μετάδοσης πακέτου.
- Δίνει κίνητρα στους χρήστες να χρησιμοποιήσουν ευφυές "flow control"
 - παρέχει δυναμική πληροφορία για το ρυθμό μετάδοσης της σύνδεσης.



Μειονεκτήματα WFQ

- Διατήρηση κατάστασης ανά σύνδεση,
- "Iterated Deletion": περίπλοκο
- Απαιτεί υλοποίηση ουράς προτεραιότητας.



Παράδειγμα (1/5)

- Έστω ότι τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, ένας WFQ ΠΠΔ δέχεται τρία πακέτα μεγέθους 1, 2 και 2 μονάδων που ανήκουν σε τρεις διαφορετικές ισοβαρείς πηγές A, B, και Γ αντίστοιχα. Επίσης, θεωρείστε ότι ένα τέταρτο πακέτο μεγέθους 2 μονάδων της σύνδεσης A καταφθάνει τη χρονική στιγμή $t = 4$. Αν ο ρυθμός εξυπηρέτησης των πακέτων είναι 1 μονάδα/sec υπολογίστε:
 - α) τους Αριθμούς Ολοκλήρωσης που λαμβάνουν τα τέσσερα πακέτα,
 - β) την τιμή του Αριθμού Γύρων όταν το σύστημα επανέρχεται σε κατάσταση αδράνειας,
 - γ) την χρονική στιγμή που ολοκληρώνεται η εξυπηρέτηση όλων των πακέτων.



Παράδειγμα (2/5)

Λύση

- Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, ο Αριθμός Ολοκλήρωσης των τριών συνδέσεων f και ο Αριθμός Γύρων R είναι:

$$f_A = f_B = f_\Gamma = R = 0$$

- ο Αριθμός Ολοκλήρωσης για το πρώτο πακέτο, υπολογίζεται ως:

$$f_{A,1} = \max(f_A, R) + 1 = \max(0, 0) + 1 = 1 \quad (1)$$

- Ομοίως, για το 2ο πακέτο:

$$f_{B,2} = 2 \quad (2)$$

- και για το 3ο πακέτο

$$f_{\Gamma,1} = 2 \quad (3)$$



Παράδειγμα (3/5)

Λύση (συνέχεια)

- Οι Αριθμοί Ολοκλήρωσης δεν σηματοδοτούν τον πραγματικό χρόνο εξυπηρέτησης του κάθε πακέτου.
- Στον πραγματικό χρόνο θα εξυπηρετηθούν τα πακέτα ως εξής:
 - το 1ο πακέτο (της σύνδεσης Α) την χρονική στιγμή $t=1$ (έχει το μικρότερο f και ο ρυθμός εξυπηρέτησης είναι 1 μονάδα / sec).
 - στη συνέχεια, μετά από τυχαία επιλογή (τα δύο επόμενα πακέτα έχουν ίσο f) εξυπηρετείται:
 - το 2ο πακέτο (της σύνδεσης Β) ως τη χρονική στιγμή $t=3$ και
 - το 3ο πακέτο (της σύνδεσης Γ) ως τη χρονική στιγμή $t=5$.
- Για να υπολογιστεί ο Αριθμός Ολοκλήρωσης του 2ου πακέτου της σύνδεσης Α, που αποστέλλεται τη χρονική στιγμή $t=4$, πρέπει να είναι γνωστός ο Αριθμός Γύρων την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



Παράδειγμα (4/5)

Λύση (συνέχεια)

- Αριθμός Γύρων R :
$$R = \frac{1}{3} \cdot t \quad (4)$$
 - Αφού το R αυξάνεται με τον χρόνο με ρυθμό ίσο με τον αντίστροφο του αριθμού των ενεργών συνδέσεων
- Για $t=0$, τρεις ενεργές συνδέσεις: Α, Β, Γ
- Όταν $R=1$ (f_A), τότε η σύνδεση Α καθίσταται ανενεργή (όταν $t=3$).
- Για $t=3$, οι ενεργές συνδέσεις είναι 2: οι Β, Γ και το R υπολογίζεται πια από την σχέση:

$$R = R_{t=3} + \frac{1}{2} \cdot (t - 3) \quad (5)$$



Παράδειγμα (5/5)

Λύση (συνέχεια)

- για $t=4$, εισέρχεται το 2^ο της σύνδεσης A, $R = 1.5$.
 - Οπότε:

$$f_{A,2} = \max(f_{A1}, R) + 2 = \max(1, 1.5) + 2 = 3.5 \quad (6)$$

- Από τις σχέσεις (2), (3) και (6) \Rightarrow 3 ενεργές συνδέσεις.
- $R =$;

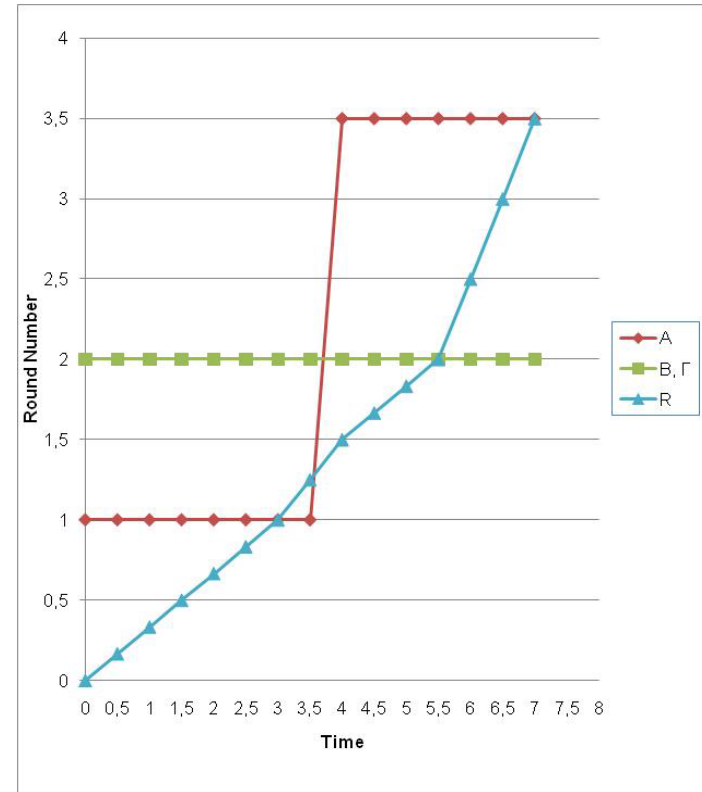
$$R = R_{t=4} + \frac{1}{2} \cdot (t - 4) \quad (7)$$

- Όταν το R φτάσει την τιμή 2 (f_B, f_Γ), τότε οι συνδέσεις B, Γ: ανενεργές. Αυτό συμβαίνει για $t=5.5 \Rightarrow$ Μένει ενεργή σύνδεση μόνο η A.
 - $R =$;

$$R = R_{t=5.5} + 1 \cdot (t - 5.5) \quad (8)$$

Παράδειγμα (5/5)

- Το σύστημα επανέρχεται σε αδρανή κατάσταση όταν εξυπηρετηθεί και το 2ο πακέτο της σύνδεσης A.
- Πότε;
 - όταν $R = 3.5$ (Αριθμός Ολοκλήρωσης τελευταίου πακέτου).
- Σχέση (8) \Rightarrow το 2ο πακέτο της A έχει εξυπηρετηθεί ως την χρονική στιγμή $t=7$.





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

ΠΠΔ για “Best Effort” συνδέσεις (2)



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο