

1 Ιουνίου 2022

**Άσκηση 1** Σε μια ζεύξη εξόδου ενός δρομολογητή φτάνουν τρία ρεύματα πακέτων. Η ζεύξη έχει ταχύτητα μετάδοσης 50 Mbps. Τα πακέτα του ρεύματος 1 έχουν μήκος 1000 bytes, τα πακέτα του ρεύματος 2 έχουν μήκος 2000 bytes και τα πακέτα του ρεύματος 3 έχουν μήκος 1600 bytes. Στο χρονικό διάστημα  $[0 - 10]$  διάρκειας 10 msec φτάνουν πακέτα στην ουρά (χώρο αναμονής) της ζεύξης με τους εξής χρόνους άφιξης (σε msec):

**Ρεύμα 1:** 0.3, 0.6, 0.7, 1, 1.4, 2.1, 2.2, 3, 5.1, 6.2, 7, 7.1, 8.5.

**Ρεύμα 2:** 0.2, 0.4, 0.5, 2.1, 2.2, 2.3, 5.1, 5.2, 5.3, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5.

**Ρεύμα 3:** 0.1, 0.2, 0.25, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3, 6, 9.1, 9.2, 9.3, 9.5.

1. Έστω ότι τα πακέτα προωθούνται προς μετάδοση σύμφωνα με τη σειρά άφιξης τους (First In- First Out, FIFO). Να υπολογίσετε τη σειρά αναχώρησης και τον πραγματικό χρόνο ολοκλήρωσης της μετάδοσης κάθε πακέτου  $(i, j)$  (όπου ως χρόνος ολοκλήρωσης της μετάδοσης νοείται η στιγμή που έχει φύγει και το τελευταίο bit), όπου  $i$  είναι το ρεύμα ( $i = 1, 2, 3$ ) και  $j$  είναι ο αύξων αριθμός του πακέτου μέσα στο ρεύμα ( $j = 1, 2, \dots$ ). Στη συνέχεια να βρείτε τη μέση καθυστέρηση για κάθε ρεύμα χωριστά καθώς και για τα τρία ρεύματα μαζί. Ως καθυστέρηση νοείται ο χρόνος ολοκλήρωσης της μετάδοσης ενός πακέτου από τη ζεύξη μείον τον χρόνο άφιξης στην ουρά της ζεύξης. Να θεωρήσετε ότι όλες οι ουρές της ζεύξης ήταν κενές στο χρονικό σημείο  $t = 0$ .
2. Έστω ότι η σειρά μετάδοσης υπολογίζεται με τη μέθοδο της *Δίκαιης Ουράς* (Fair Queueing - FQ). Να υπολογίσετε τη σειρά μετάδοσης των πακέτων και στη συνέχεια να υπολογίσετε τα ίδια με το προηγ. ερώτημα.
3. Έστω ότι η σειρά μετάδοσης υπολογίζεται με τη μέθοδο της *Σταθμισμένης Δίκαιης Ουράς* (Weighted Fair Queueing - WFQ), όπου στο ρεύμα 3 δίνεται διπλάσια ταχύτητα από τα άλλα δύο ( $W_1 = 1, W_2 = 1, W_3 = 2$ ), όπως στην Εικ. 5-29 του βιβλίου του Tanenbaum. Να υπολογίσετε τη σειρά μετάδοσης των πακέτων και στη συνέχεια να υπολογίσετε τα ίδια με το προηγούμενα ερωτήματα.

Στο τέλος να προσθέσετε ένα πίνακα με τις μέσες καθυστερήσεις ανά ρεύμα, καθώς και τη συνολική για όλα τα ρεύματα μαζί, για καθένα από τα σχήματα FIFO, FQ, WFQ, ώστε να προκύπτει η σχετική σύγκριση.

**Άσκηση 2** Στο πρόβλημα αυτό θα κάνουμε εκτιμήσεις για τις καθυστερήσεις του προηγούμενου προβλήματος που θα έβρισκε κάποιος χρησιμοποιώντας τη θεωρία αναμονής.

1. Ο διαχειριστής του δικτύου παρακολουθεί τις αφίξεις που περιγράφονται στην προηγούμενη άσκηση και κάνει ένα γρήγορο υπολογισμό της καθυστέρησης χρησιμοποιώντας το μοντέλο αναμονής M/M/1. Δηλαδή υπολογίζει το μέσο χρόνο

μεταξύ διαδοχικών αφίξεων (παίρνοντας 39 τιμές για τους χρόνους μεταξύ αφίξεων και υπολογίζοντας τη μέση τιμή), ώστε να βρει μια εκτίμηση για τον ρυθμό αφίξεων  $\lambda$  (σε πακέτα ανά sec). Κατόπιν υπολογίζει τη μέση διάρκεια της μετάδοσης ενός πακέτου (για τα 40 συνολικά πακέτα), ώστε να βρει το ρυθμό αναχωρήσεων  $\mu$  (σε πακέτα ανά sec) που μπορεί να υποστηρίξει η ζεύξη. Τέλος υπολογίζει τη μέση συνολική καθυστέρηση (αναμονή + μετάδοση) από τον σχετικό τύπο του M/M/1, δηλ.

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

Ποια είναι η τιμή που βρίσκει;

2. Στη συνέχεια σκέφτεται ότι ίσως η παραδοχή ότι τα πακέτα έχουν εκθετικά κατανεμημένους χρόνους μετάδοσης να μην είναι τόσο καλή και θέλει να δοκιμάσει το μοντέλο M/D/1 όπου οι χρόνοι μετάδοσης (εξυπηρέτησης) είναι σταθεροί. Εδώ βέβαια δεν είναι ακριβώς σταθεροί, αλλά παίρνουν τρεις διαφορετικές τιμές. Προκειμένου όμως να χρησιμοποιήσει το M/D/1 βρίσκει τον μέσο χρόνο μετάδοσης και για τα τρία ρεύματα και τον θεωρεί κατά προσέγγιση ως σταθερό χρόνο μετάδοσης για όλα τα πακέτα. Τέλος, υπολογίζει τη μέση καθυστέρηση  $d$  με τον τύπο του M/D/1

$$d = \frac{1}{2\mu} \times \frac{2 - \rho}{1 - \rho}$$

όπου  $\rho = \lambda/\mu$ . Ποια είναι η τιμή που βρίσκει;

3. Πώς συγκρίνονται αυτά τα μεγέθη με εκείνα που έχετε δείξει στον τελικό πίνακα της προηγ. άσκησης; Ποια είναι η ερμηνεία σας για τις αποκλίσεις;