



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής

Εργαστήριο Διαχείρισης και Βέλτιστου Σχεδιασμού Δικτύων Τηλεματικής - NETMODE

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου, 157 80

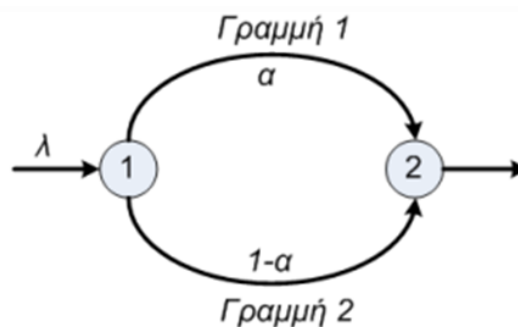
e-mail: queuing@netmode.ntua.gr, URL: <http://www.netmode.ntua.gr>

23/5/2022

## 5<sup>η</sup> Ομάδα Ασκήσεων

### Δίκτυο με εναλλακτική δρομολόγηση

Θεωρείστε ένα απλό δίκτυο με δύο κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους με δύο παράλληλους συνδέσμους (γραμμές), όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Ροή πακέτων με ρυθμό  $\lambda = 10 * 10^3$  πακέτα/sec (10 Kpps) πρόκειται να δρομολογηθεί από τον κόμβο 1 στον κόμβο 2 (προς μία κατεύθυνση μόνο). Το μέσο μήκος πακέτου είναι 128 bytes. Οι χωρητικότητες των δύο παράλληλων συνδέσμων (γραμμών) είναι  $C_1 = 15$  Mbps και  $C_2 = 12$  Mbps, αντίστοιχα. Υποθέστε ότι το ποσοστό  $\alpha$  των πακέτων δρομολογείται από τη γραμμή 1, και ποσοστό  $(1-\alpha)$  δρομολογείται από τη γραμμή 2.

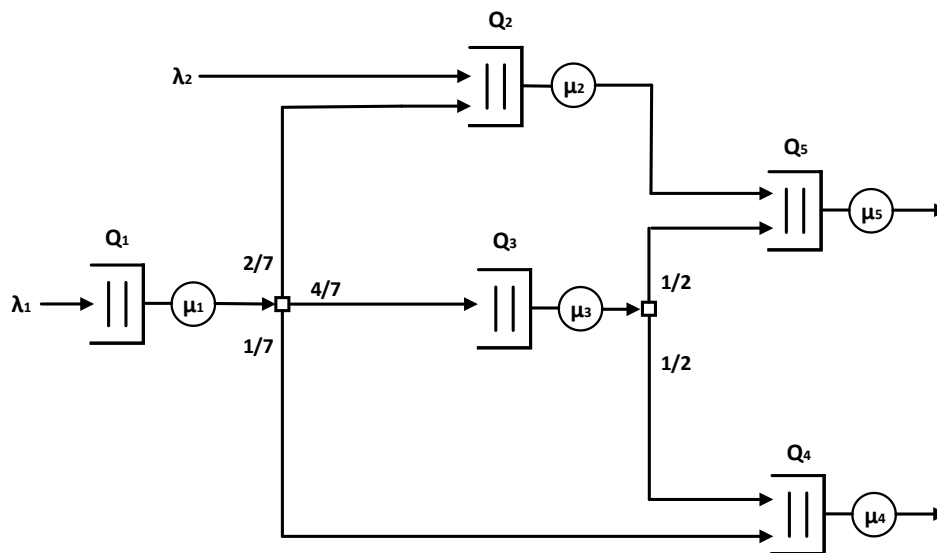


(1) Να αναφέρετε τις απαραίτητες παραδοχές ώστε οι σύνδεσμοι (γραμμές) να μπορούν να μοντελοποιηθούν σαν M/M/1 ουρές.

(2) Με τις ανωτέρω παραδοχές και χρησιμοποιώντας το Octave για τιμές του  $\alpha = 0.001:0.001:0.999$  να κάνετε το διάγραμμα του μέσου χρόνου καθυστέρησης  $E(T)$  ενός τυχαίου πακέτου στο σύστημα συναρτήσει του  $\alpha$ . Στη συνέχεια, υπολογίστε με το Octave την τιμή του  $\alpha$  που ελαχιστοποιεί το  $E(T)$ , καθώς και τον ελάχιστο χρόνο καθυστέρησης  $E(T)$ .

### Ανοιχτό δίκτυο ουρών αναμονής

Το παρακάτω σχήμα παριστά ένα ανοιχτό δίκτυο ουρών αναμονής. Όλες οι αφίξεις ακολουθούν την κατανομή Poisson με παραμέτρους  $\lambda_i$ ,  $i = 1, 2$  και οι εξυπηρετήσεις είναι εκθετικά κατανομημένες με ρυθμούς  $\mu_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .



(1) Ποιες είναι οι απαραίτητες παραδοχές ώστε το παραπάνω δίκτυο να μπορεί να μελετηθεί ως ένα ανοιχτό δίκτυο με το θεώρημα Jackson;

(2) Να προσδιορίσετε την ένταση του φορτίου  $\rho_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  που δέχεται η κάθε ουρά του δικτύου συναρτήσει των παραμέτρων  $\lambda_i$ ,  $i = 1, 2$  και  $\mu_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ . Στη συνέχεια, να υλοποιήσετε σε Octave τη συνάρτηση **intensities**, η οποία θα υπολογίζει τις τιμές  $\rho_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ . Η συνάρτησή σας θα δέχεται ως όρισμα τις παραμέτρους  $\lambda_i$ ,  $i = 1, 2$  και  $\mu_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  και θα επιστρέφει (α) τις τιμές  $\rho_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  και (β) την ακέραια τιμή 1, εάν το σύστημά σας είναι εργοδικό ή 0, εάν παραβιάζεται η συνθήκη της εργοδικότητας σε κάποια ουρά. Παράλληλα, η συνάρτησή σας θα πρέπει να εμφανίζει τις τιμές  $\rho_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .

(3) Με τη βοήθεια της συνάρτησης του προηγούμενου ερωτήματος, να γράψετε σε Octave τη συνάρτηση **mean\_clients**, η οποία θα δέχεται ως ορίσματα τις παραμέτρους τις τιμές  $\lambda_i$ ,  $i = 1, 2$  και  $\mu_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  και θα επιστρέφει ένα διάνυσμα με τους μέσους αριθμούς πελατών των  $Q_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .

(4) Για τις τιμές των παραμέτρων (σε πελάτες/sec)  $\lambda_1 = 4, \lambda_2 = 1, \mu_1 = 6, \mu_2 = 5, \mu_3 = 8, \mu_4 = 7, \mu_5 = 6$  να υπολογίσετε χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες συναρτήσεις (α) την ένταση του φορτίου που δέχεται η κάθε ουρά και (β) το μέσο χρόνο καθυστέρησης ενός πελάτη από άκρο σε άκρο του δικτύου.

(5) Να προσδιορίσετε ποια ουρά είναι η στενωπός (bottleneck) του δικτύου. Με βάση αυτήν την ουρά, να υπολογίσετε την μέγιστη τιμή της παραμέτρου  $\lambda_1$  ώστε το σύστημα να παραμένει εργοδικό.

(6) Για τις τιμές των παραμέτρων του ερωτήματος (4) και για  $\lambda_1$  από 0.1 έως 0.99 της μέγιστης τιμής, να κάνετε το διάγραμμα του μέσου χρόνου καθυστέρησης ενός πελάτη από άκρο σε άκρο του δικτύου.