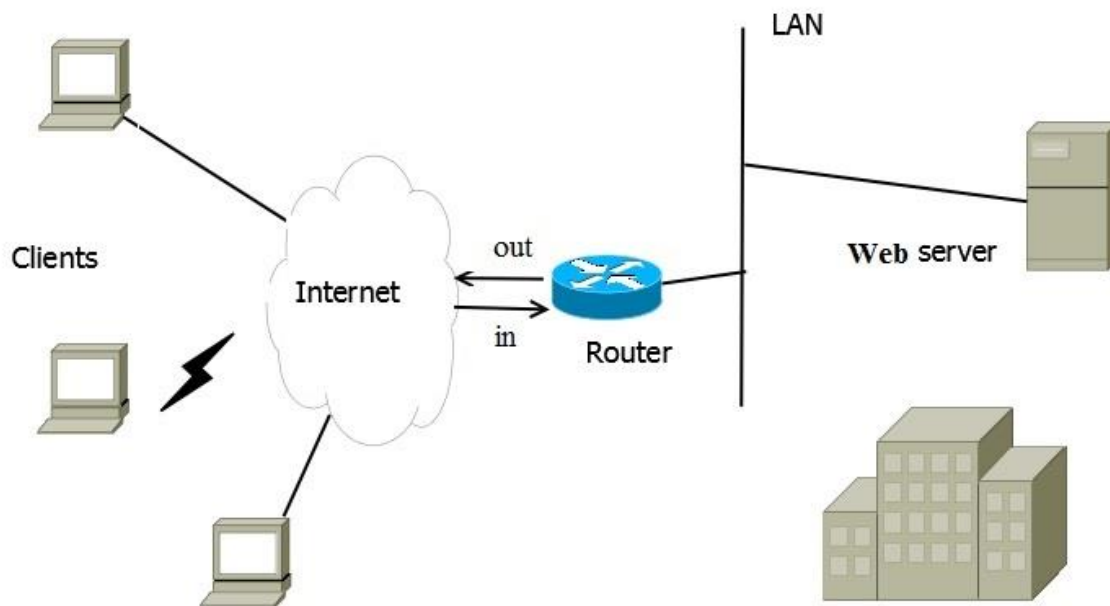


## ΕΠΙΔΟΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### ΘΕΜΑ 2

Το τμήμα ενημέρωσης ενός οργανισμού παροχής ιατρικών υπηρεσιών υποστηρίζεται από εξυπηρετητή δικτυακού τόπου (webserver), ο οποίος περιλαμβάνει μια ΚΜΕ (CPU) και έναν δίσκο. Το φορτίο του συστήματος αποτελείται από αιτήσεις http που προέρχονται από το Διαδίκτυο και φθάνουν στο σύστημα μέσω εισερχόμενης σύνδεσης. Οι επισκέπτες του τόπου εξετάζουν διάφορες μορφές περιεχομένου, όπως αρχεία κειμένου, εικόνες και video.



### A. Χαρακτηρισμός φορτίου

Προκειμένου να μελετηθεί η επίδοση του συστήματος με τη βοήθεια μοντέλου αναμονής, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι παράμετροι του φορτίου (workload characterization). Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με χρήση εργαλείων εποπτείας (monitors) του συστήματος. Τα δεδομένα των μετρήσεων περιγράφονται στη συνέχεια.

#### Σύνολο δεδομένων

Το αρχείο "webserver.log" είναι ένα αρχείο καταγραφής (logfile), όπου έχουν αποτυπωθεί εργασίες (jobs), οι οποίες εκτέλεσαν συναλλαγές στο υπό μελέτη υπολογιστικό σύστημα, σε μια συνεχή περίοδο χρόνου 45.100 sec. Το αρχείο περιλαμβάνει 256.776 εγγραφές (γραμμές), κάθε εγγραφή αντιστοιχεί σε μία εργασία και έχει 4 πεδία (οι χρόνοι σε msec):

1. Συνολικός χρόνος (απαίτηση) εξυπηρέτησης της εργασίας στη CPU (Total CPU Time per Job)
2. Συνολικός χρόνος (απαίτηση) εξυπηρέτησης της εργασίας στον δίσκο (Total Disk Time per Job)
3. Συνολικός αριθμός επισκέψεων της εργασίας στον δίσκο (Total Disk Accesses per Job)
4. Συνολικός χρόνος (απαίτηση) μετάδοσης των αποτελεσμάτων της εργασίας στην εξερχόμενη σύνδεση (Total Outgoing Link Transmission Time per Job)

## Ομαδοποίηση (Clustering)

Τα δεδομένα των μετρήσεων εμφανίζουν υψηλή μεταβλητότητα ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά, οπότε ένα μοντέλο βασισμένο στη συνολική μέση συμπεριφορά του φορτίου δεν θα ήταν αντιπροσωπευτικό. Συνεπώς, θα γίνει ομαδοποίηση των μετρήσεων, ώστε να προκύψουν ομάδες (clusters) με χαμηλή μεταβλητότητα στο εσωτερικό τους, οι οποίες θα αντιστοιχούν σε διαφορετικές κατηγορίες πελατών.

Για την ομαδοποίηση και την εξαγωγή των κατηγοριών, θα χρησιμοποιηθεί το εργαλείο “JWAT” του πακέτου JMT και, συγκεκριμένα, η εφαρμογή “Workload Analysis”.

Για την εισαγωγή των δεδομένων, στο tab “Input” θα θέσετε το αρχείο “webserver.log” ως αρχείο εισόδου (input file), και το αρχείο “SWF webserver.jwatformat” ως αρχείο μορφοποίησης (file format), το οποίο επιτρέπει την ανάγνωση του logfile. Ως μέθοδο δειγματοληψίας του φορτίου (workload sampling method) θα θέσετε την τυχαία δειγματοληψία (random sampling) και ως αριθμό παρατηρήσεων (number of observations) θα θέσετε τις 100.000 μετρήσεις.

Η ομαδοποίηση θα πραγματοποιηθεί με χρήση του αλγορίθμου *k*-Means και θα βασιστεί στα πεδία των εγγραφών (χαρακτηριστικά) που ορίστηκαν παραπάνω. Οι παράμετροι της ομαδοποίησης ορίζονται στο tab “Clustering”. Στις παραμέτρους του *k*-Means (clustering options) επιλέξτε:

- Μέγιστος αριθμός ομάδων:  $k=5$
- Αριθμός επαναλήψεων (iterations): 50
- Μετασχηματισμός (transformation):  $(\text{value} - \text{min}) / (\text{max} - \text{min})$

## Αποτελέσματα

Στη συνέχεια, πατήστε “επίλυση” (solve). Στο επόμενο tab “Clustering information”, θα δείτε τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης για 2, 3, 4 και 5 ομάδες (Num. of clusters). Στον ίδιο πίνακα, περιλαμβάνονται δύο κριτήρια της ποιότητας του clustering: ο δείκτης Ratio και ο δείκτης Overall Mean Square Ratio (OMSR). Ο δείκτης Ratio εκφράζει τον λόγο της διακύμανσης των μεταβλητών μεταξύ των ομάδων ως προς τη διακύμανσή τους εντός των ομάδων (higher better).

Από τα αποτελέσματα, θα χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά την ομαδοποίηση σε  $k=3$  ομάδες, που αντιστοιχούν στις τρεις κατηγορίες εργασιών που θέλουμε να διακρίνουμε στο υπό μελέτη σύστημα. Για  $k=3$  ομάδες, θα εκτελέσετε 5 επαναλήψεις της ομαδοποίησης, με διαφορετική αρχικοποίηση κάθε φορά, και θα επιλέξετε την ομαδοποίηση εκείνη, που πετυχαίνει το υψηλότερο Ratio. Για να ξαναγίνει αρχικοποίηση του αλγόριθμου πρέπει να πάτε πίσω στο tab “Input”, να δεχθείτε το reset και να επαναλάβετε τη διαδικασία. Τα διαδοχικά τρεξίματα του αλγόριθμου αποθηκεύονται στο tab “Clustering information” στον πίνακα “Clusterings” με τη σειρά εκτέλεσής τους.

Για την ομαδοποίηση που θα επιλεγεί ως βέλτιστη, στο tab “Clustering info” στον πίνακα “Cluster details”, θα βρείτε το ποσοστό των εργασιών που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία. Στο δεύτερο tab, “Cluster info”, θα βρείτε τις συνολικές μέσες τιμές – κέντρα (Center) της κάθε ομάδας για τις διάφορες μεταβλητές εισόδου. Με βάση τις τιμές αυτές, μπορούν να προσδιοριστούν οι παράμετροι του φορτίου για κάθε κατηγορία εργασιών.

## **B. Ανάλυση επίδοσης**

Για τη μελέτη της επίδοσης του συστήματος θα αναπτυχθεί πρόγραμμα προσομοίωσης βασισμένο στο μοντέλο που ορίστηκε στο Α μέρος (ανοικτό δίκτυο με τρεις κατηγορίες πελατών). Το πρόγραμμα θα γραφτεί σε γλώσσα προγραμματισμού της επιλογής σας. Όσον αφορά την απεικόνιση του συστήματος στη σχεδίαση της προσομοίωσης, θα ληφθούν υπόψη τα παρακάτω.

Η επεξεργασία μιας εργασίας (οποιασδήποτε κατηγορίας) στη CPU διακόπτεται όποτε χρειάζεται προσπέλαση στον δίσκο για αναζήτηση αρχείων. Μετά την εξυπηρέτηση στον δίσκο, η εργασία επιστρέφει στη CPU, όπου συνεχίζεται η επεξεργασία της. Όταν περατωθεί η εκτέλεση μιας εργασίας, το αποτέλεσμα μεταδίδεται προς το Internet μέσω εξερχόμενης σύνδεσης.

Οι τιμές των παραμέτρων που απαιτούνται για τον ορισμό του μοντέλου προσομοίωσης (ρυθμοί αφίξεων, χρόνοι εξυπηρέτησης ανά επίσκεψη, πιθανότητες δρομολόγησης) υπολογίζονται άμεσα. Οι χρόνοι εξυπηρέτησης στην εισερχόμενη σύνδεση, στον δρομολογητή και στο τοπικό δίκτυο, που φαίνονται στο σχήμα, θεωρούνται αμελητέοι. Θα υποθέσουμε ότι οι χρόνοι εξυπηρέτησης στη CPU ακολουθούν κατανομές Erlang-4, ενώ οι χρόνοι εξυπηρέτησης στον δίσκο και στην εξερχόμενη σύνδεση θα ακολουθούν εκθετικές κατανομές. Υποθέτουμε ότι στη CPU όλες οι εργασίες εξυπηρετούνται με κανονισμό Processor Sharing, ενώ στον δίσκο και στην εξερχόμενη σύνδεση με κανονισμό FIFO.

Επιπλέον των παραπάνω, οι εργασίες που υποβάλλονται στο σύστημα χαρακτηρίζονται από την ακόλουθη συμπεριφορά, που αναφέρεται ως «οπισθοχώρηση» (balking). Συγκεκριμένα, κάθε εργασία, κατά την άφιξή της στο σύστημα, «λαμβάνει γνώση» του συνολικού αριθμού  $K$  των εργασιών όλων των κατηγοριών που βρίσκονται στη CPU και στον δίσκο. Με βάση την πληροφορία αυτή, η εργασία «αποφασίζει» αν θα προχωρήσει κανονικά ή θα «ματαιωθεί» οπισθοχωρώντας μπροστά στην πιθανή καθυστέρηση. Συνεπώς, κάθε εργασία που φθάνει στο σύστημα διαθέτει ένα ανώτατο όριο  $\theta$  (εξαρτώμενο από διάφορα στοιχεία του φορτίου και του συστήματος), τέτοιο ώστε να σημειώνεται οπισθοχώρηση όταν  $K > \theta$ .

Σύμφωνα με μετρήσεις, το όριο  $\theta$  των εργασιών μπορεί να παρασταθεί ως τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή  $\mu=12$  και τυπική απόκλιση  $\sigma=3$ , κοινή για όλες τις κατηγορίες.

Μπορούμε στο σημείο αυτό να παρατηρήσουμε ότι το logfile του A μέρους αφορούσε μόνο εργασίες που δεν οπισθοχώρησαν.

---

Ζητούνται ο ρυθμός απόδοσης και ο χρόνος απόκρισης του συστήματος, συνολικά και για κάθε κατηγορία πελατών, καθώς και ο βαθμός χρησιμοποίησης των πόρων του συστήματος, σε σχέση με τις εργασίες που εξυπηρετούνται από το σύστημα (δεν οπισθοχωρούν). Επίσης, ζητείται να προσδιοριστεί το ποσοστό των εργασιών που οπισθοχωρούν.

Θα χρησιμοποιηθεί η αναγεννητική μέθοδος με βαθμό εμπιστοσύνης 95%. Το διάστημα εμπιστοσύνης μπορεί να υπολογίζεται κάθε 20 αναγεννητικούς κύκλους. Η εκτέλεση του προγράμματος θα σταματά όταν το διάστημα εμπιστοσύνης για τον μέσο χρόνο απόκρισης έχει μήκος μικρότερο από το 10% της μέσης τιμής ή όταν εκτελεστούν 1000 αναγεννητικοί κύκλοι.

Υπόδειξη: Πριν ασχοληθείτε με το B μέρος, να διαβάσετε προσεκτικά το Παράδειγμα 7.3 του Συγγράμματος.