



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΠΙΔΟΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3η ΑΣΚΗΣΗ

Αχλάτης Στέφανος-Σταμάτης (03116149)

<el16149@central.ntua.gr>

Ιούνιος 2020

1.Εισαγωγή

Στο παρόν Project μελετάται ένα σύστημα εξυπηρετητή-πελατών ως ανοιχτό και κλειστό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται η μελέτη του τμήματος ενημέρωσης ενός οργανισμού παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών, το οποίο υποστηρίζεται από έναν κεντρικό εξυπηρετητή (mainframe), που περιλαμβάνει μια ΚΜΕ (CPU) και δύο δίσκους. Το φορτίο του συστήματος αποτελείται από διάφορες εφαρμογές (όπως HTTPS, SFTP, SMTP, SSH) που φτάνουν στο σύστημα μέσω VPN, ενώ μετά την επεξεργασία της κάθε αίτηση (εργασία) εξέρχεται από το σύστημα μέσω εξερχόμενης σύνδεσης. Σημειώνεται πως οι επισκέπτες δημιουργούν διάφορες απαιτήσεις σε υπολογιστικούς πόρους του συστήματος και ότι η επιβάρυνση λόγω του VPN θεωρείται αμελητέα.

Αρχικά, πραγματοποιείται ο χαρακτηρισμός των φορτίων και η ομαδοποίηση τους σε κατηγορίες (Clustering). Στη συνέχεια, γίνεται μελέτη του ανοιχτού δικτύου με βάση τις τιμές των παραμέτρων που προέκυψαν από την ομαδοποίηση. Τέλος, γίνεται η μοντελοποίηση ως κλειστό δίκτυο.

2.Χαρακτηρισμός Φορτίου

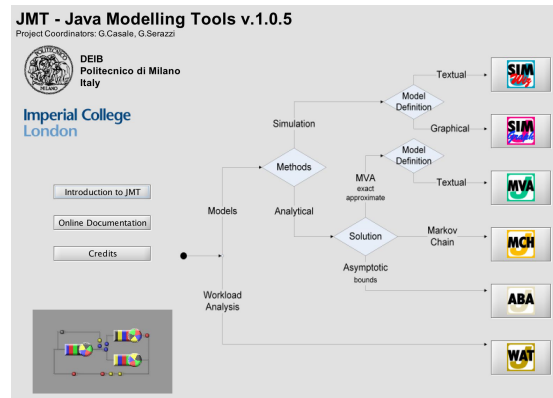
Στην ενότητα αυτή προσδιορίζονται οι παράμετροι του φορτίου (workload characterization), προκειμένου να μελετηθεί η επίδοση του συστήματος με τη βοήθεια μοντέλου αναμονής. Αρχικά, διεξήχθησαν μετρήσεις με χρήση εργαλείων εποπτείας (monitors) του συστήματος, από τις οποίες λήφθηκαν τα εξής δεδομένα:

- Το αρχείο "webserver.log", το οποίο είναι ένα αρχείο καταγραφής (logfile), όπου καταγράφονται εργασίες (jobs), οι οποίες εκτέλεσαν συναλλαγές στο σύστημα σε μια συνεχή περίοδο χρόνου 194.250 sec. Στο αρχείο αυτό κάθε γραμμή περιγράφει μια άφιξη στο σύστημα και παρέχει τις εξής πληροφορίες:
Μέση απαίτηση (χρόνος) ανά επίσκεψη στη CPU
Μέση απαίτηση (χρόνος) ανά επίσκεψη στο δίσκο 1
Αριθμός επισκέψεων στο δίσκο 1
Μέση απαίτηση (χρόνος) ανά επίσκεψη στο δίσκο 2
Αριθμός επισκέψεων στο δίσκο 2
Μέση απαίτηση (χρόνος) ανά επίσκεψη στην εξερχόμενη σύνδεση
- Το αρχείο "SWFwebserver.jwatformat", το οποίο αποτελεί ένα αρχείο μορφοποίησης (fileformat), που επιτρέπει την ανάγνωση του logfile.

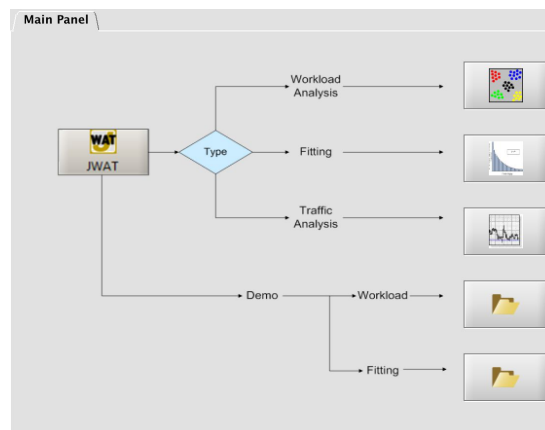
Ομως, τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μετρήσεις εμφανίζουν υψηλή μεταβλητότητα ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να μην είναι αντιπροσωπευτικό ένα μοντέλο που θα στηριζόταν στη συνολική μέση συμπεριφορά του φορτίου. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη ομαδοποίησης των δεδομένων σε ομάδες (clusters) με παρεμφερή χαρακτηριστικά και χαμηλή μεταβλητότητα. Οι ομάδες αυτές προσομοιώνουν διαφορετικές κατηγορίες πελατών.

2.1 Περιγραφή Χρήσης Εργαλείου “JWAT”

Η διαδικασία της ομαδοποίησης (clustering) και εξαγωγής κατηγοριών πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο “JWAT” του πακέτου JMT (Εικόνα 1: τελευταίο εικονίδιο) και ειδικότερα με την εφαρμογή “Workload Analysis” (Εικόνα 2: πρώτο εικονίδιο).

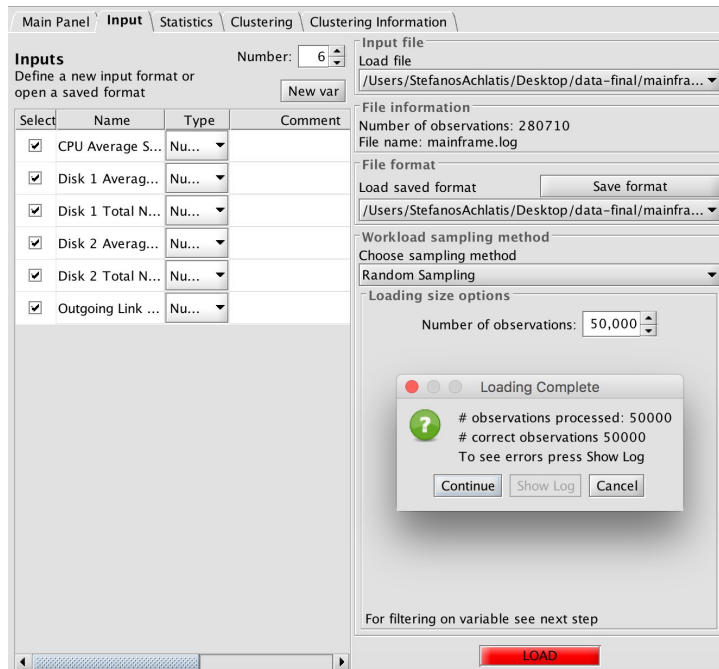


Εικόνα 1: JMT Main Panel



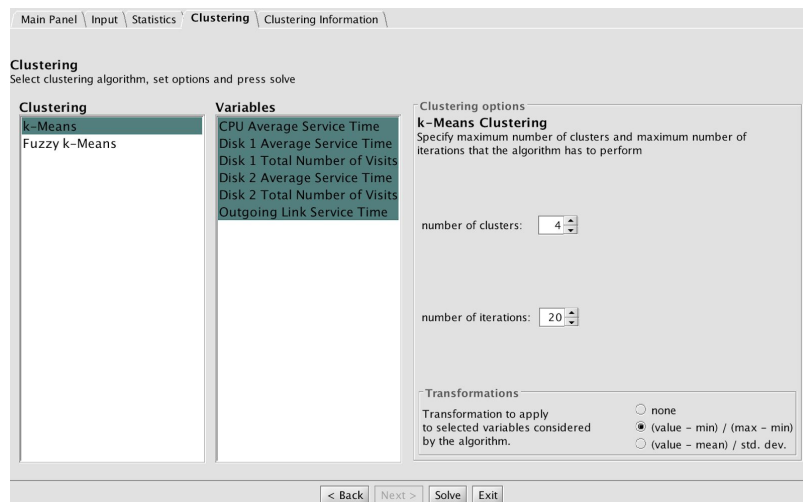
Εικόνα 2: JWAT Main Panel

Αφού εισέλθουμε στην καρτέλα Workload Analysis, αρχικά εισάγουμε τα δεδομένα ως εξής: στο tab “Input” εισάγουμε το αρχείο εισόδου “webserver.log”, στο tab “File Format” εισάγουμε το αρχείο μορφοποίησης (filefor- mat) “SWFwebserver.jwatformat” και ως μέθοδο δειγματοληψίας “Workload sampling method” θα διαλέξουμε τυχαία δειγματοληψία (“Random sampling”) με τιμή 50.000 παρατηρήσεις (Εικόνα 3). Στη συνέχεια με το Load Button γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων. Αφου ολοκληρωθεί κλικάρουμε Continue στο αναδυόμενο παράθυρο.



Εικόνα 3: Είσοδος Δεδομένων στο JWAT

Στη συνέχεια, γίνεται η ομαδοποίηση των δεδομένων. Στο tab “Clustering” επιλέγεται ως αλγόριθμος ομαδοποίησης ο “k-Means”. Επίσης, επιλέγονται όλες οι διαθέσιμες μεταβλητές και στις παραμέτρους του αλγορίθμου θέτουμε ‘Number of clusters: 4’, ‘Αριθμός επαναλήψεων (iterations): 20’ και ‘Μετασχηματισμός (transformation): (value – min) / (max – min)’ (Εικόνα 4). Αφού εισάγουμε τα δεδομένα επιλέγουμε το Solve Button ώστε το JWAT να τρέξει τον αλγόριθμο.



Εικόνα 4: Αρχικοποίηση του k-mean Αλγόριθμου

Στο πλαίσιο της παρούσας άσκησης επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία πέντε φορές εξαιρουμένων των άκυρων εκτελέσεων, μηδενικά αποτελέσματα, οι οποίες αγνοούνται και διαγράφονται. Για να επαναρχικοποιηθούν τα δεδομένα επιστρέφουμε στο tab “Input”, επιλέγουμε το reset button και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία που περιγράφηκε.

2.2 Αποτελέσματα Ομαδοποίησης (Clustering Results)

Τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης εμφανίζονται στο tab “Clustering information”, όπου ταξινομούνται ανάλογα με τις ομάδες για 2, 3 και 4 ομάδες (Num. of clusters). Σύμφωνα με την εκφώνηση της άσκησης, θα χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά την ομαδοποίηση σε $k=3$ ομάδες, που αντιστοιχούν στις τρεις κατηγορίες εργασιών που θέλουμε να διακρίνουμε στο υπό μελέτη σύστημα.

Το εργαλείο JWAT παρέχει δύο κριτήρια της ποιότητας του clustering: το δείκτη Ratio και το δείκτη Overall Mean Square Ratio (OMSR). Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιούμε το δείκτη Ratio, ο οποίος εκφράζει το λόγο της διακύμανσης των μεταβλητών μεταξύ των ομάδων ως προς τη διακύμανσή τους εντός των ομάδων (higher better).

Επομένως, μετά την εκτέλεση πέντε επιτυχημένων επαναλήψεων με διαφορετική αρχικοποίηση κάθε φορά, επιλέγεται η αρχικοποίηση που πετυχαίνει το υψηλότερο Ratio για $k=3$ ομάδες. Τα διαδοχικά αποτελέσματα του αλγόριθμου αποθηκεύονται στο tab “Clustering information” στον πίνακα “Clusterings” με τη σειρά εκτέλεσής τους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των 5 εκτελέσεων (5 έγκυρες - 0 άκυρες):

Clusterings			
Clustering	Cl.		
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
Num. of clusters			
Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	686.172E2	234.206E...
3	🟢	292.978E2	218.385E...
4	🔴	134.156E2	000.000E0

Clusterings			
Clustering	Cl.		
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
Num. of clusters			
Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	829.461E2	261.149E...
3	🟢	317.620E2	197.384E...
4	🔴	160.915E2	000.000E0

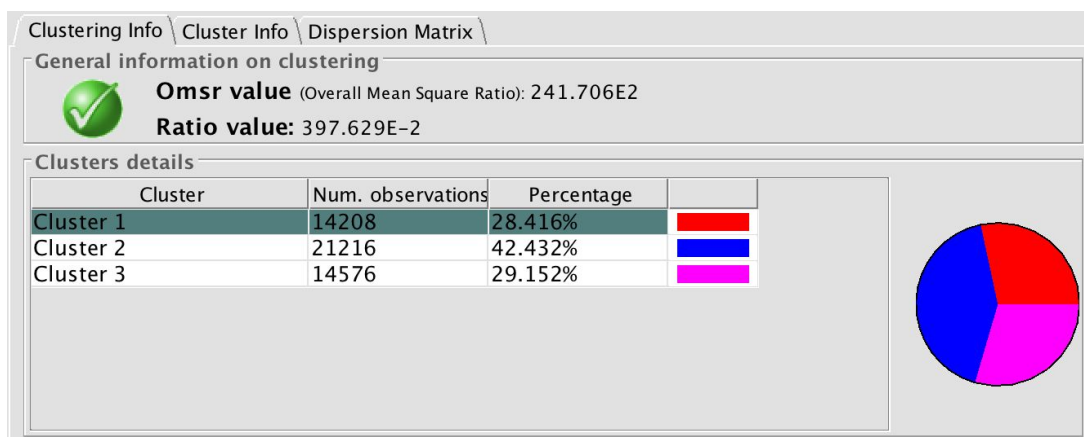
Clusterings			
Clustering	Cl.		
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
Num. of clusters			
Cl	G	OMSR	Ratio
2	🔴	390.162E2	126.423E...
3	🟢	308.616E2	293.578E...
4	🔴	105.122E2	000.000E0

Clusterings			
Clustering	Cl.		
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
Num. of clusters			
Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	421.959E2	193.127E...
3	🟢	218.487E2	321.061E...
4	🔴	680.516E1	000.000E0

Clusterings			
Clustering	Cl.		
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
k-Means	4		✗
Num. of clusters			
Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	362.860E2	150.124E...
3	🟢	241.706E2	397.629E...
4	🔴	607.869E1	000.000E0

Εικόνα 5: Αποτελέσματα του k-mean Αλγόριθμου

Επιλέγεται ως βέλτιστη η τέταρτη εκτέλεση με Ratio 397.629E-3. Για την ομαδοποίηση αυτή, στο tab “Clustering info” στον πίνακα “Cluster details”, αναγράφεται το ποσοστό των εργασιών που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία.



Εικόνα 6: Ποσοστό κάθε Cluster

Τέλος, στο tab “Cluster info” αναγράφονται οι συνολικές μέσες τιμές - κέντρα (Center) κάθε ομάδας για όλες τις μεταβλητές εισόδου.

Cluster Information
This panel shows information of variables (center and statistics) within a single cluster

Cluster 1/3 has 14208 observations

Sel.	Name	Center	Std. Dev.	Kurt.	Skew.
<input checked="" type="checkbox"/>	CPU Average Service Time	101.060E-1	316.790E...	183.112E...	341.905E...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 1 Average Service Time	653.035E-1	119.335E...	256.731E...	-531.826...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 1 Total Number of Visits	847.128E-2	203.410E...	618.930E...	-226.519...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 2 Average Service Time	101.060E-1	316.790E...	183.112E...	341.905E...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 2 Total Number of Visits	202.569E-1	442.020E...	-136.098...	354.246E...
<input checked="" type="checkbox"/>	Outgoing Link Service Time	315.559E0	503.600E...	147.618E...	-852.194...

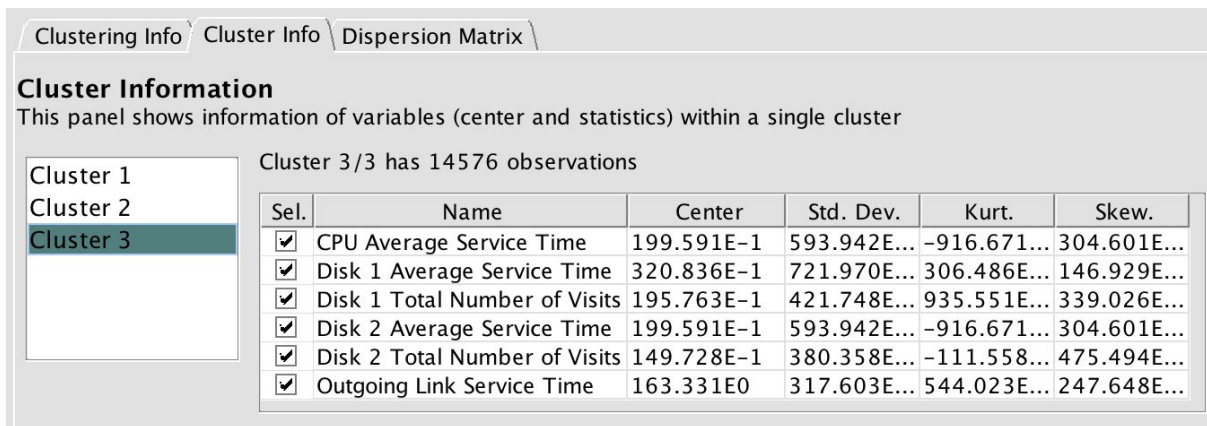
Εικόνα 7: Πληροφορίες Πρώτου Cluster

Cluster Information
This panel shows information of variables (center and statistics) within a single cluster

Cluster 2/3 has 21216 observations

Sel.	Name	Center	Std. Dev.	Kurt.	Skew.
<input checked="" type="checkbox"/>	CPU Average Service Time	152.443E-1	399.703E...	217.192E...	695.389E...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 1 Average Service Time	471.008E-1	102.945E...	121.615E...	577.656E...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 1 Total Number of Visits	120.694E-1	296.123E...	-162.029...	-964.127...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 2 Average Service Time	152.443E-1	399.703E...	217.192E...	695.389E...
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk 2 Total Number of Visits	968.722E-2	302.785E...	-120.984...	-370.151...
<input checked="" type="checkbox"/>	Outgoing Link Service Time	217.130E0	476.155E...	590.853E...	393.694E...

Εικόνα 8: Πληροφορίες Δεύτερου Cluster



Εικόνα 9: Πληροφορίες Τρίτου Cluster

3. Μελέτη ανοικτού δικτύου

Με βάση τις τιμές (Centers) που υπολογίστηκαν στο πρώτο μέρος μπορούν να προσδιοριστούν οι παράμετροι του φορτίου για κάθε κατηγορία εργασιών. Αρχικά παρατίθενται οι τιμές που εξήσθησαν από το εργαλείο JWAT:

	Ποσοστό(%)	Scpu (ms)	Sdisk1 (ms)	Sdisk2 (ms)	Sout (ms)	Udisk1	Udisk2
Cluster 1	28,42	10,11	65,3	10,11	315,56	8,47	20,26
Cluster 2	42,43	15,24	47,1	15,24	217,13	12,07	9,69
Cluster 3	29,15	19,96	32,08	19,96	163,33	19,58	14,97

3.1.Ρυθμός Αφίξεων

Μελετούμε το ανοιχτό δίκτυο σε μια συνεχή περίοδο χρόνου $L = 194.250 \text{ sec}$. Στο διάστημα αυτό ο συνολικός αριθμός αφίξεων είναι $N = 280.710$ αφίξεις(όσες και οι γραμμές του logfile). Τις γραμμές του logfile μπορούμε να τις βρούμε γράφοντας στο terminal:

```
(base) MacBook-Pro-tou-chreste-Stephanos:~ StefanosAchlati$ cat -n /Users/StefanosAchlati/Desktop/data-final/mainframe.log
```

και βλέπουμε ότι το αποτέλεσμα αυτής της εντολής είναι:

```
280706 "22.68" "34.21" "16" "22.68" "22" "188.88"
280707 "15.73" "59.87" "14" "15.73" "6" "269.53"
280708 "24.70" "31.54" "15" "24.70" "6" "186.08"
280709 "14.75" "68.71" "10" "14.75" "25" "262.34"
280710 "12.51" "37.27" "14" "12.51" "7" "175.56"
```

Συνεπώς, ο συνολικός ρυθμός αφίξεων για όλες τις κατηγορίες είναι ίσος με:

$$\lambda = \frac{N}{L} = \frac{280710}{194250} = 1.445 \frac{\text{πελάτες}}{\text{sec}}$$

Έτσι, Ο ρυθμός αφίξεων για τις επιμέρους κατηγορίες πελατών (Clusters) υπολογίζεται ως εξής:

$$\lambda^{c1} = \text{Ποσοστό}^{C1} * \lambda = 0.2842 * 1.445 = 0.411 s^{-1}$$

$$\lambda^{c2} = \text{Ποσοστό}^{C2} * \lambda = 0.4243 * 1.445 = 0.613 s^{-1}$$

$$\lambda^{c3} = \text{Ποσοστό}^{C3} * \lambda = 0.2915 * 1.445 = 0.421 s^{-1}$$

3.2.Απαίτηση Εξυπηρέτησης

Όπως, περιγράφεται το μοντέλο στην εκφώνηση της άσκησης, ο μεσός αριθμός επισκέψεων στον επεξεργαστή ισούται με $uCPU = uDisk1 + uDisk2 + 1$. Επιπλέον αφού ο σταθμός link αναφέρεται στην εξερχόμενη σύνδεση του συστήματος ισχύει ότι $uOutLink = 1$. Επομένως, η συνολική απαίτηση εξυπηρέτησης ανά εργασία, για κάθε σταθμό του δικτύου και για κάθε κατηγορία υπολογίζεται ως εξής:

Για το cluster 1:

$$D_{disk1}^{C1} = v_{disk1}^{C1} * S_{disk1}^{C1} = 8.47 * 65.3 ms = 553.09 ms$$

$$D_{disk2}^{C1} = v_{disk2}^{C1} * S_{disk2}^{C1} = 20.26 * 10.11 ms = 204.83 ms$$

$$D_{CPU}^{C1} = v_{CPU}^{C1} * S_{CPU}^{C1} = 29.73 * 10.11 ms = 300.57 ms$$

$$D_{out}^{C1} = v_{out}^{C1} * S_{out}^{C1} = 1 * 315.56 ms = 315.56 ms$$

Για το cluster 2:

$$D_{disk1}^{C2} = v_{disk1}^{C2} * S_{disk1}^{C2} = 12.07 * 47.1 ms = 568.49 ms$$

$$D_{disk2}^{C1} = v_{disk2}^{C1} * S_{disk2}^{C1} = 9.69 * 15.24 ms = 147.68 ms$$

$$D_{CPU}^{C1} = v_{CPU}^{C1} * S_{CPU}^{C1} = 22.76 * 15.24 ms = 346.86 ms$$

$$D_{out}^{C1} = v_{out}^{C1} * S_{out}^{C1} = 1 * 217.13 ms = 217.13 ms$$

Για το cluster 3:

$$D_{disk1}^{C3} = v_{disk1}^{C3} * S_{disk1}^{C3} = 19.58 * 32.08 ms = 628.13 ms$$

$$D_{disk2}^{C3} = v_{disk2}^{C3} * S_{disk2}^{C3} = 14.97 * 19.96 ms = 298.8 ms$$

$$D_{CPU}^{C3} = v_{CPU}^{C3} * S_{CPU}^{C3} = 35.55 * 19.96 ms = 709.58 ms$$

$$D_{out}^{C3} = v_{out}^{C3} * S_{out}^{C3} = 1 * 163.33 ms = 163.33 ms$$

3.3 Ρυθμός Απόδοσης

Ο ρυθμός απόδοσης για κάθε σταθμό του δικτύου και για κάθε κατηγορία υπολογίζεται ως εξής:

Για το cluster 1:

$$\begin{aligned} X_{disk1}^{C1} &= v_{disk1}^{C1} * \lambda^{C1} = 8.47 * 0.411 = 3.48 s^{-} \\ X_{disk2}^{C1} &= v_{disk2}^{C1} * \lambda^{C1} = 20.26 * 0.411 = 8.33 s^{-} \\ X_{CPU}^{C1} &= v_{CPU}^{C1} * \lambda^{C1} = 29.73 * 0.411 = 12.22 s^{-} \\ X_{out}^{C1} &= v_{out}^{C1} * \lambda^{C1} = 1 * 0.411 = 0.41 s^{-} \end{aligned}$$

Για το cluster 2:

$$\begin{aligned} X_{disk1}^{C2} &= v_{disk1}^{C2} * \lambda^{C2} = 12.07 * 0.613 = 7.39 s^{-} \\ X_{disk2}^{C2} &= v_{disk2}^{C2} * \lambda^{C2} = 9.69 * 0.613 = 5.94 s^{-} \\ X_{CPU}^{C2} &= v_{CPU}^{C2} * \lambda^{C2} = 22.76 * 0.613 = 13.95 s^{-} \\ X_{out}^{C2} &= v_{out}^{C2} * \lambda^{C2} = 1 * 0.613 = 0.61 s^{-} \end{aligned}$$

Για το cluster 3:

$$\begin{aligned} X_{disk1}^{C3} &= v_{disk1}^{C3} * \lambda^{C3} = 19.58 * 0.421 = 8.24 s^{-} \\ X_{disk2}^{C3} &= v_{disk2}^{C3} * \lambda^{C3} = 14.97 * 0.421 = 6.3 s^{-} \\ X_{CPU}^{C3} &= v_{CPU}^{C3} * \lambda^{C3} = 35.55 * 0.421 = 14.97 s^{-} \\ X_{out}^{C3} &= v_{out}^{C3} * \lambda^{C3} = 1 * 0.421 = 0.42 s^{-} \end{aligned}$$

3.4 Βαθμός Χρησιμοποίησης

Ο βαθμός χρησιμοποίησης για κάθε σταθμό του δικτύου και για κάθε κατηγορία υπολογίζεται ως εξής:

Για το cluster 1:

$$\begin{aligned} U_{disk1}^{C1} &= D_{disk1}^{C1} * \lambda^{C1} = 553.09 * 0.411 = 22.73\% \\ U_{disk2}^{C1} &= D_{disk2}^{C1} * \lambda^{C1} = 204.83 * 0.411 = 8.49\% \\ U_{CPU}^{C1} &= D_{CPU}^{C1} * \lambda^{C1} = 300.57 * 0.411 = 12.35\% \\ U_{out}^{C1} &= D_{out}^{C1} * \lambda^{C1} = 315.56 * 0.411 = 12.97\% \end{aligned}$$

Για το cluster 2:

$$\begin{aligned} U_{disk1}^{C2} &= D_{disk1}^{C2} * \lambda^{C2} = 568.49 * 0.613 = 34.85\% \\ U_{disk2}^{C2} &= D_{disk2}^{C2} * \lambda^{C2} = 147.68 * 0.613 = 9.05\% \\ U_{CPU}^{C2} &= D_{CPU}^{C2} * \lambda^{C2} = 346.86 * 0.613 = 21.26\% \\ U_{out}^{C2} &= D_{out}^{C2} * \lambda^{C2} = 217.13 * 0.613 = 13.31\% \end{aligned}$$

Για το cluster 3:

$$\begin{aligned} U_{disk1}^{C3} &= D_{disk1}^{C3} * \lambda^{C3} = 628.13 * 0.421 = 26.44\% \\ U_{disk2}^{C3} &= D_{disk2}^{C3} * \lambda^{C3} = 298.8 * 0.421 = 12.58\% \\ U_{CPU}^{C3} &= D_{CPU}^{C3} * \lambda^{C3} = 709.58 * 0.421 = 29.87\% \\ U_{out}^{C3} &= D_{out}^{C3} * \lambda^{C3} = 163.33 * 0.421 = 6.88\% \end{aligned}$$

Ο συνολικός βαθμός χρησιμοποίησης για κάθε σταθμό του δικτύου υπολογίζεται ως εξής:

$$U_{Disk1} = \sum_i U_{Disk1}^{Ci} = U_{Disk1}^{C1} + U_{Disk1}^{C2} + U_{Disk1}^{C3}$$

$$U_{Disk2} = \sum_i U_{Disk2}^{Ci} = U_{Disk2}^{C1} + U_{Disk2}^{C2} + U_{Disk2}^{C3}$$

$$U_{CPU} = \sum_i U_{CPU}^{Ci} = U_{CPU}^{C1} + U_{CPU}^{C2} + U_{CPU}^{C3}$$

$$U_{OutLink} = \sum_i U_{OutLink}^{Ci} = U_{OutLink}^{C1} + U_{OutLink}^{C2} + U_{OutLink}^{C3}$$

Επομένως έχουμε:

$$U_{disk1} = 84.02\%$$

$$U_{disk2} = 30.12\%$$

$$U_{CPU} = 63.48\%$$

$$U_{Out} = 33.16\%$$

3.5 Χρόνος Παραμονής

Ο χρόνος παραμονής σε κάθε σταθμό του δικτύου και για κάθε κατηγορία δεδομένου πως οι σταθμοί προσομοιώνονται ως σταθμοί αναμονής υπολογίζεται ως εξής:

Για το cluster 1:

$$R_{disk1}^{C1} = D_{disk1}^{C1} / (1 - U_{disk1}) = 553.09 / (1 - 0.84) = 3.46s$$

$$R_{disk2}^{C1} = D_{disk2}^{C1} / (1 - U_{disk2}) = 204.83 / (1 - 0.30) = 0.29s$$

$$R_{CPU}^{C1} = D_{CPU}^{C1} / (1 - U_{CPU}) = 300.57 / (1 - 0.64) = 0.84s$$

$$R_{out}^{C1} = D_{out}^{C1} / (1 - U_{out}) = 315.56 / (1 - 0.33) = 0.47s$$

Για το cluster 2:

$$R_{disk1}^{C2} = D_{disk1}^{C2} / (1 - U_{disk1}) = 568.49 / (1 - 0.84) = 3.55s$$

$$R_{disk2}^{C2} = D_{disk2}^{C2} / (1 - U_{disk2}) = 147.68 / (1 - 0.30) = 0.21s$$

$$R_{CPU}^{C2} = D_{CPU}^{C2} / (1 - U_{CPU}) = 346.86 / (1 - 0.64) = 0.96s$$

$$R_{out}^{C2} = D_{out}^{C2} / (1 - U_{out}) = 217.13 / (1 - 0.33) = 0.32s$$

Για το cluster 3:

$$R_{disk1}^{C3} = D_{disk1}^{C3} / (1 - U_{disk1}) = 628.13 / (1 - 0.84) = 3.93s$$

$$R_{disk2}^{C3} = D_{disk2}^{C3} / (1 - U_{disk2}) = 298.8 / (1 - 0.30) = 0.43s$$

$$R_{CPU}^{C3} = D_{CPU}^{C3} / (1 - U_{CPU}) = 709.58 / (1 - 0.64) = 1.97s$$

$$R_{out}^{C3} = D_{out}^{C3} / (1 - U_{out}) = 163.33 / (1 - 0.33) = 0.24s$$

Ο συνολικός χρόνος απόκρισης για κάθε κατηγορία υπολογίζεται ως εξής:

$$R^{C1} = \sum_i R_i^{C1} = R_{Disk1}^{C1} + R_{Disk2}^{C1} + R_{CPU}^{C1} + R_{OutLink}^{C1}$$

$$R^{C2} = \sum_i R_i^{C2} = R_{Disk1}^{C2} + R_{Disk2}^{C2} + R_{CPU}^{C2} + R_{OutLink}^{C2}$$

$$R^{C3} = \sum_i R_i^{C3} = R_{Disk1}^{C3} + R_{Disk2}^{C3} + R_{CPU}^{C3} + R_{OutLink}^{C3}$$

Επομένως έχουμε ότι:

$$R^{C1} = 5.06 \text{ s}$$

$$R^{C2} = 5.04 \text{ s}$$

$$R^{C3} = 6.57 \text{ s}$$

3.6 Μέσος Αριθμός Εργασιών

Ο μέσος αριθμός εργασιών σε κάθε σταθμό του δικτύου και για κάθε κατηγορία δεδομένου πως οι σταθμοί προ- σομοιώνονται ως σταθμοί αναμονής υπολογίζεται ως εξής:

Για το cluster 1:

$$Q_{disk1}^{C1} = R_{disk1}^{C1} * \lambda^{C1} = 3.46 * 0.411 = 1.42$$

$$Q_{disk2}^{C1} = R_{disk2}^{C1} * \lambda^{C1} = 0.29 * 0.411 = 0.12$$

$$Q_{CPU}^{C1} = R_{CPU}^{C1} * \lambda^{C1} = 0.84 * 0.411 = 0.35$$

$$Q_{out}^{C1} = R_{out}^{C1} * \lambda^{C1} = 0.47 * 0.411 = 0.19$$

Για το cluster 2:

$$Q_{disk1}^{C2} = R_{disk1}^{C2} * \lambda^{C2} = 3.55 * 0.613 = 2.18$$

$$Q_{disk2}^{C2} = R_{disk2}^{C2} * \lambda^{C2} = 0.21 * 0.613 = 0.13$$

$$Q_{CPU}^{C2} = R_{CPU}^{C2} * \lambda^{C2} = 0.96 * 0.613 = 0.59$$

$$Q_{out}^{C2} = R_{out}^{C2} * \lambda^{C2} = 0.32 * 0.613 = 0.17$$

Για το cluster 3:

$$Q_{disk1}^{C3} = R_{disk1}^{C3} * \lambda^{C3} = 3.93 * 0.421 = 1.66$$

$$Q_{disk2}^{C3} = R_{disk2}^{C3} * \lambda^{C3} = 0.43 * 0.421 = 0.18$$

$$Q_{CPU}^{C3} = R_{CPU}^{C3} * \lambda^{C3} = 1.97 * 0.421 = 0.83$$

$$Q_{out}^{C3} = R_{out}^{C3} * \lambda^{C3} = 0.24 * 0.421 = 0.10$$

Ο μέσος αριθμός εργασιών για κάθε κατηγορία υπολογίζεται ως εξής:

$$Q^{C1} = \sum_i Q_i^{C1} = Q_{Disk1}^{C1} + Q_{Disk2}^{C1} + Q_{CPU}^{C1} + Q_{OutLink}^{C1}$$

$$Q^{C2} = \sum_i Q_i^{C2} = Q_{Disk1}^{C2} + Q_{Disk2}^{C2} + Q_{CPU}^{C2} + Q_{OutLink}^{C2}$$

$$Q^{C3} = \sum_i Q_i^{C3} = Q_{Disk1}^{C3} + Q_{Disk2}^{C3} + Q_{CPU}^{C3} + Q_{OutLink}^{C3}$$

Επομένως έχουμε ότι:

$$Q^{C1} = 2.08$$

$$Q^{C2} = 3.07$$

$$Q^{C3} = 2.77$$

4. Μελέτη κλειστού δικτύου

Ο οργανισμός μελετά την επέκταση των πληροφορικών υποδομών του με την ανάπτυξη ενός εταιρικού δικτύου intranet, ώστε μελλοντικά να μπορεί να ανταποκριθεί σε αύξηση του φορτίου. Η μελέτη βασίζεται στον σχεδιασμό κλειστού δικτύου, με χρήση των δεδομένων του ανοικτού δικτύου. Επειδή δεν ικανοποιούνται πλήρως οι προϋποθέσεις του μοντέλου BCMP, συνίσταται η χρήση του εργαλείου JSIM του JMT.

Στην ΚΜΕ και στους δίσκους η απαίτηση εξυπηρέτησης θα ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέση τιμή ίση με αυτή που υπολογίστηκε στο ανοικτό δίκτυο για την κάθε κατηγορία.

Ωστόσο επειδή τα αντίστοιχα κελia της προσομοίωσης ζητάνε service time, θα τοποθετηθούν οι αντίστοιχες τιμές service time όπως βρέθηκαν από το clustering ως μέσες τιμές.

Η CPU ακολουθεί κανονισμό PS και οι δίσκοι FCFS.

Η εισερχόμενη σύνδεση αντικαθίσταται από τερματικά με χρόνο σκέψης που θα ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέση τιμή 100 φορές τον χρόνο εξυπηρέτησης στον εξερχόμενο σύνδεσμο για την κάθε κατηγορία του ανοικτού δικτύου. Όπως φαίνεται στο αρχικό πινακάκι. Ο μέσος αριθμός εργασιών γιας προς τον αριθμό εργασιών ανά κατηγορία, προβλέπεται να είναι πενταπλάσιος από τον μέσο αριθμό εργασιών της κάθε κατηγορίας στο ανοικτό δίκτυο στρογγυλοποιημένος προς τον επάνω ακέραιο (ceiling). Έχουμε ότι

- $Q^{C1'} = \text{ceil}(Q^{C1} * 5) = \text{ceil}(2.08 * 5) = 11$
- $Q^{C2'} = \text{ceil}(Q^{C2} * 5) = \text{ceil}(3.07 * 5) = 16$
- $Q^{C3'} = \text{ceil}(Q^{C3} * 5) = \text{ceil}(2.77 * 5) = 14$

Για όλες τις κατηγορίες θεωρήστε ως σταθμό αναφοράς τα τερματικά.

Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία εφαρμογής παραμέτρων στο εργαλείο JSIM:

Classes | Stations | Connections | Station Parameters | Performance Indices | Reference Stations | Finite Capacity Regions | Simulation | What-if Analysis

Classes Characteristics
Define type (Open or Closed), name and parameters for each customer class.
Closed Classes: If a **ClassSwitch** is in the model, then **all** the closed classes must have the **same** reference station.
Open Classes: An open class that has **Fork**, **ClassSwitch**, **Scaler** or **Transition** as the reference station is **not** generated by **any** Source.
Priorities: A larger value implies a higher priority.

Add Class

Classes: 3

Name	Type	Priority	Population	Interarrival Time Distribution	
Class1	Closed	0	11		X
Class2	Closed	0	16		X
Class3	Closed	0	14		X

Classes
Stations
Connections
Station Parameters
Performance Indices
Reference Stations
Finite Capacity Regions
Simulation
What-if Analysis

Classes Characteristics

Define type (Open or Closed), name and parameters for each customer class.

Closed Classes: If a **ClassSwitch** is in the model, then **all** the closed classes must have the **same** reference station.

Open Classes: An open class that has **Fork**, **ClassSwitch**, **Scaler** or **Transition** as the reference station is **not** generated by **any** Source.

Priorities: A larger value implies a higher priority.

Add Class

Classes: 3

Name	Type	Priority	Population	Interarrival Time Distribution	
Class1	Closed	0	11		X
Class2	Closed	0	16		X
Class3	Closed	0	14		X

Classes
Stations
Connections
Station Parameters
Performance Indices
Reference Stations
Finite Capacity Regions
Simulation
What-if Analysis

Station Characteristics

Define type and name for each station

Add Station

Stations: 4

Name	Type
CPU	Queue
Disk1	Queue
Disk2	Queue
Terminals	Delay

What-if Analysis
Classes
Stations
Connections
Station Parameters
Performance Indices
Reference Stations
Finite Capacity Regions
Simulation

Station Connections

Click on table entry (i,j) to connect station i to station j.

	CPU	Disk1	Disk2	Terminals
CPU	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Disk1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Disk2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Terminals	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Classes
Stations
Connections
Station Parameters
Performance Indices
Reference Stations
Finite Capacity Regions
Simulation

Station Parameters

For each station in the list, define the requested parameters

CPU
Disk1
Disk2
Terminals

CPU Parameters Definition

Queue Section
Service Section
Routing Section

Number of Servers

Number: 1

Service Time Distributions

Class	Strategy	Service Time Distribution	
Class1	Load Independent	exp(3.327)	Edit
Class2	Load Independent	exp(2.883)	Edit
Class3	Load Independent	exp(1.409)	Edit

Station Parameters

For each station in the list, define the requested parameters

CPU

CPU Parameters Definition

Queue Section | Service Section | Routing Section

Capacity

☒ Infinite

Queue Policy

Station queue policy: **Preemptive Scheduling**

Class	Queue Policy	Drop Rule	Service Weight
Class1	PS	Infinite Capacity	--
Class2	PS	Infinite Capacity	--
Class3	PS	Infinite Capacity	--

Classes | Stations | Connections | **Station Parameters** | Performance Indices | Reference Stations | Finite Capacity Regions | Simulation

Station Parameters

For each station in the list, define the requested parameters

Disk1

Disk1 Parameters Definition

Queue Section | Service Section | Routing Section

Number of Servers

Number: **1**

Service Time Distributions

Class	Strategy	Service Time Distribution	
Class1	Load Independent	exp(1.808)	Edit
Class2	Load Independent	exp(1.759)	Edit
Class3	Load Independent	exp(1.592)	Edit

Station Parameters

For each station in the list, define the requested parameters

Disk1

Disk1 Parameters Definition

Queue Section | Service Section | Routing Section

Capacity

☒ Infinite

Queue Policy

Station queue policy: **Non-preemptive Scheduling**

Class	Queue Policy	Drop Rule	Service Weight
Class1	FCFS	Infinite Capacity	--
Class2	FCFS	Infinite Capacity	--
Class3	FCFS	Infinite Capacity	--

Classes | Stations | Connections | **Station Parameters** | Performance Indices | Reference Stations | Finite Capacity Regions | Simulation

Station Parameters

For each station in the list, define the requested parameters

Disk2

Disk2 Parameters Definition

Queue Section | Service Section | Routing Section

Number of Servers

Number: **1**

Service Time Distributions

Class	Strategy	Service Time Distribution	
Class1	Load Independent	exp(4.882)	Edit
Class2	Load Independent	exp(6.771)	Edit
Class3	Load Independent	exp(3.347)	Edit

Station Parameters
For each station in the list, define the requested parameters

CPU
Disk1
Disk2
Terminals

Disk2 Parameters Definiton

Queue Section | Service Section | Routing Section

Capacity

☒ Infinite

Queue Policy

Station queue policy: Non-preemptive Scheduling

Class	Queue Policy	Drop Rule	Service Weight
Class1	FCFS	Infinite Capacity	--
Class2	FCFS	Infinite Capacity	--
Class3	FCFS	Infinite Capacity	--

Classes | Stations | Connections | **Station Parameters** | Performance Indices | Reference Stations | Finite Capacity Regions | Simulation

Station Parameters
For each station in the list, define the requested parameters

CPU
Disk1
Disk2
Terminals

Terminals Parameters Definiton

Service Section | Routing Section

Number of Servers

Number:

Service Time Distributions

Class	Strategy	Service Time Distribution	
Class1	Load Independent	exp(0.031)	Edit
Class2	Load Independent	exp(0.046)	Edit
Class3	Load Independent	exp(0.061)	Edit

Performance Indices
Define performance indices to be collected and plotted by the simulation engine.

---Select an index---

Performance Index	Class/Mode	Station/Region/System	Stat.Res.	Conf.Int.	Max Rel.Err.	
Response Time	Class1	System	<input type="checkbox"/>	0.99	0.03	✗
Response Time	Class2	System	<input type="checkbox"/>	0.99	0.03	✗
Response Time	Class3	System	<input type="checkbox"/>	0.99	0.03	✗

Classes | Stations | Connections | Station Parameters | Performance Indices | **Reference Stations** | Finite Capacity Regions | Simulation

Reference Station
Define reference station for each closed class. This is used to calculate system throughput for that class.

Class	Reference Station
Class1	Terminals
Class2	Terminals
Class3	Terminals

Όπου βλέπουμε το εξής αποτέλεσμα για system response time για κάθε κλάση:



Κατά την παράδοση του συστήματος θα υπογραφεί Συμφωνία Επιπέδου Υπηρεσίας (Service Level Agreement – SLA). Ένας από τους όρους του SLA ορίζει ότι ο μέσος χρόνος απόκρισης των αιτημάτων για κάθε κατηγορία δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει ένα δεδομένο ποσοστό του μέσου χρόνου σκέψης στα τερματικά.

Για την κλαση 1:

Μέσος χρόνος απόκρισης = 32.605 sec

Μέσος χρόνος σκέψης = 31.556 sec

Άρα $X * 31.556 = 32.605 \Rightarrow X = 1.03$

Άρα, για να μην παραβιστή η SLA πρέπει να είναι 103%

Για την κλαση 2:

Μέσος χρόνος απόκρισης = 21.95 sec

Μέσος χρόνος σκέψης = 21.713 sec

Άρα $X * 21.713 = 21.95 \Rightarrow X = 1.01$

Άρα, για να μην παραβιστή η SLA πρέπει να είναι 101%

Για την κλαση 3:

Μέσος χρόνος απόκρισης = 16.37 sec

Μέσος χρόνος σκέψης = 16.333 sec

Άρα $X * 16.33 = 16.37 \Rightarrow X = 1.00$

Άρα, για να μην παραβιστή η SLA πρέπει να είναι 100%