

Επίδοση Υπολογιστικών Συστημάτων

Θέμα 1-Group5

8^ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκή περίοδος 2021 – 2022

Ονοματεπώνυμο	Αριθμός Μητρώου
Μπούφαλης Οδυσσεύς Δημήτριος	el18118
Αναστάσιος Παπαζαφειρόπουλος	el18079

Παρακάτω έχουμε τις μετρήσεις που μας δίνονται στην εκφώνηση για το σύστημα:

α/α σταθμού	Σταθμός	Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης ανά επίσκεψη (Si), msec	Μέσος αριθμός επισκέψεων (vi)
2	LANC	56	2
3	Web server CPU	47	10
4	Web server disk	51	6
5	LANA	14	8
6	App server CPU	55	21
7	App server disk	64	12
8	Db server CPU	63	24
9	Db server disk	31	18
10	LANB	24	18

Το σύστημα που μας δίνεται αποτελείται από δύο διασυνδεδεμένα υποσυστήματα Α και Β και ακολουθεί αρχιτεκτονική τριών βαθμίδων. Για την ανάλυση μας θα βασιστούμε στη μέθοδο της ιεραρχικής μοντελοποίησης. Το υποσύστημα Β έχει περιορισμένη μνήμη αφού μπορεί κάθε φορά να εξυπηρετήσει έως και 48 πελάτες με τους υπόλοιπους να περιμένουν σε μία ουρά. Αρχικά, θα βραχυκυκλώσουμε το σύστημα Β και θα το μελετήσουμε μόνο του σε απομόνωση από το υπόλοιπο σύστημα (επίλυση χαμηλού επιπέδου) υπολογίζοντας για κάθε δυνατό πληθυσμό $k = 1, \dots, 48$ τον ρυθμό απόδοσης $X(k)$. Την ανάλυση αυτή την κάνουμε χρησιμοποιώντας το εργαλείο JMVA του JMT. Ορίζουμε κλειστό μοντέλο δικτύου αναμονής μιας κατηγορίας ως εξής:

Classes
Stations
Service Times
Visits
Reference Station
What-if
Comment

Classes characteristics
Number: 1

Number, customized name, type of classes and number of customers (closed class) or arrival rate (open class). Add classes one by one or define total number at once.

New Class

*	Name	Type	No. of Customers	Arrival Rate (λ)
1	Class1	closed	1	

Στη συνέχεια, ορίζουμε τους σταθμούς που είναι ανεξάρτητοι του φορτίου, οι οποίοι απαρτίζουν το σύστημα B και προσθέτουμε έναν επιπλέον σταθμό τύπου delay τον Reference που θα τον χρησιμοποιήσουμε ως σταθμό αναφοράς ο οποίος δεν πρέπει να αυξάνει τον χρόνο για αυτό έχει service time = 0 και visits = 1.

Stations characteristics
Number: 6

Number, customized name and type of stations. Add stations one by one or define the total number at once. Load Dependent stations necessarily require the use of MVA.

New Station

*	Name	Type
1	AppServerCpu	Load Independent
2	AppServerDisk	Load Independent
3	DbServerCpu	Load Independent
4	DbServerDisk	Load Independent
5	LanB	Load Independent
6	Reference	Delay (Infinite Server)

Έπειτα, συμπληρώνουμε τα service times και τα visits σύμφωνα με τις πληροφορίες που έχουμε από το πινακάκι.

Classes Stations **Service Times** Visits Reference Station What-if

Service Times
 Input service times of each station for each class.
 If the station is "Load Dependent" you can set the service times for each number of customers by double-click on "LD Settings..." button.
 Press "Service Demands" button to enter service demands instead of service times and visits.
 MULTICLASS MODELS: when for a station the per-class service times are different, the results are correct ONLY IF its scheduling discipline is assumed Processor Sharing (PS) and not FCFS (See BCMP Theorem).

*	Class1
AppServer...	0.0550
AppServer...	0.0640
DbServerC...	0.0630
DbServerD...	0.0310
LanB	0.0240
Reference	0.0000

Classes Stations Service Times **Visits** Reference Station What-if Comment

Visits
 Average number of visits to each station per class.

*	Class1
AppServe...	21.0000
AppServe...	12.0000
DbServer...	24.0000
DbServer...	18.0000
LanB	18.0000
Reference	1.0000

Τέλος θα κάνουμε what-if analysis μεταβάλλοντας το πλήθος των εργασιών από 1 έως 48 και παίρνουμε τις τιμές $X(1), X(2), \dots, X(48)$.

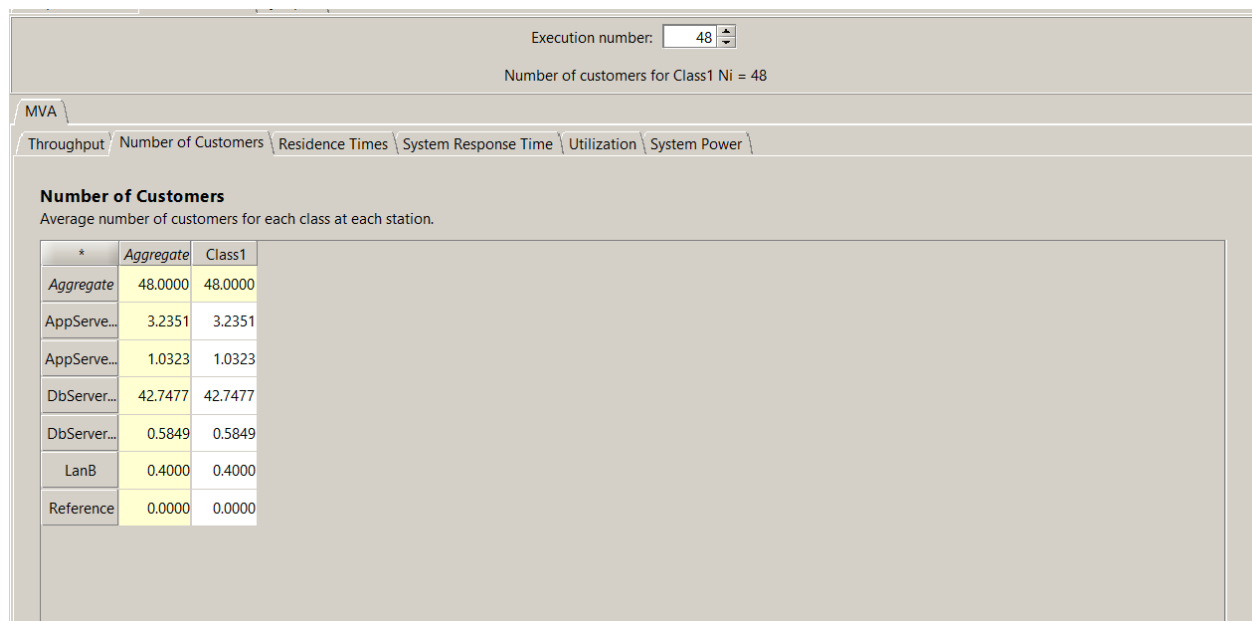
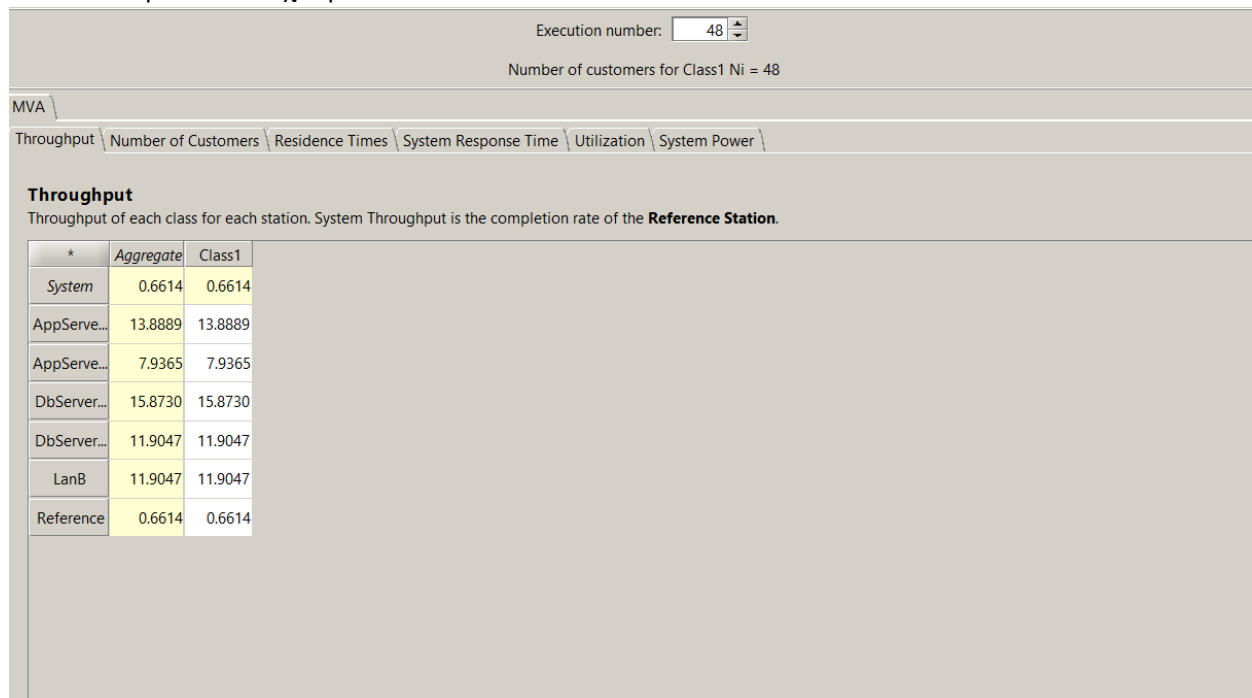
Classes	Stations	Service Times	Visits	Reference Station	What-if	Comment
What-if analysis Solve models with increasing (or decreasing) number of customers of selected closed class.						
Control Parameter :						Number of Customers ▼
Class :						Class1 ▼
From (Ni) :						1
To (Ni) :						48
Steps (n. of executions) :						48

Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω:

1: 0.22598870056497172
2: 0.3643683791486428
3: 0.45384473124865954
4: 0.5138201374998568
5: 0.5550556467228971
6: 0.583950437338437
7: 0.6045018870096552
8: 0.6192976425836403
9: 0.6300580512747331
10: 0.6379509023229637
11: 0.6437824865479372
12: 0.6481175963967003
13: 0.6513568813871115
14: 0.6537877476317628
15: 0.6556184242484738
16: 0.6570011052481545
17: 0.658047884936721
18: 0.658841871017769
19: 0.6594450278037193
20: 0.6599037738771687
21: 0.6602530185332357

22: 0.6605190997635549
23: 0.6607219405369833
24: 0.6608766428490951
25: 0.6609946734492932
26: 0.6610847504414212
27: 0.6611535090865429
28: 0.6612060035650491
29: 0.6612460861983521
30: 0.6612766947161401
31: 0.6613000702649321
32: 0.6613179230954862
33: 0.6613315586294063
34: 0.6613419734650579
35: 0.6613499285416925
36: 0.6613560049265039
37: 0.6613606463696715
38: 0.6613641917764126
39: 0.6613668999913274
40: 0.6613689687187488
41: 0.6613705489686765
42: 0.6613717560877028
43: 0.6613726781829732
44: 0.6613733825557323
45: 0.661373920615003
46: 0.6613743316306012
47: 0.6613746455997406
48: 0.6613748854366301

Ενδεικτικά για N = 48 έχουμε:



Execution number: 48

Number of customers for Class1 Ni = 48

MVA

Throughput | Number of Customers | Residence Times | System Response Time | Utilization | System Power

System Response Time
 The global aggregate is the "System Response Time" and is obtained weighting the aggregated values by the relative per-class throughput.
A: This value of System Response Time **includes** the Residence Time of the Reference Station.
B: This value of System Response Time **does NOT include** the Residence Time of the Reference Station.
 Notice: For **open classes** the Reference Station always coincides with the arrival process. Thus the **B** values are not computed.

*	Aggregate	Class1
A	72.5761	72.5761
B	72.5761	72.5761

Έχοντας καταγράψει αυτές τις τιμές $X(k)$ μπορούμε να συνεχίσουμε την ανάλυσή μας με το μοντέλο υψηλού επιπέδου. Εδώ θα προσθέσουμε έναν σταθμό ισοδύναμο με το υποσύστημα B ο οποίος θα έχει ρυθμό εξυπηρέτησης εξαρτώμενο από το φορτίο και ορίζεται ως εξής:

$$\mu(k) = \begin{cases} X(k), k = 1, \dots, 48 \\ X(48), k = 49, \dots, 125 \end{cases}$$

Τώρα, θα ορίσουμε πάλι ένα κλειστό σύστημα μιας κατηγορίας με αριθμό εργασιών 125. Ορίζουμε τους σταθμούς όλου του συστήματος προσθέτοντας τον ισοδύναμο σταθμό SystemB ο οποίος είναι load dependent. Επίσης, προσθέτουμε και έναν σταθμό Clients ο οποίος θα προσομοιώνει τα τερματικά. Θα είναι τύπου delay με service time = 26 sec που είναι ο μέσος χρόνος σκέψης των χρηστών στα τερματικά και θα έχει visits = 1.

Classes | **Stations** | Service Times | Visits | Reference Station | What-if | Comment

Stations characteristics
 Number, customized name and type of stations. Add stations one by one or define the total number at once. Load Dependent stations necessarily require the use of MVA.

Number: 6

New Station

*	Name	Type
1	Clients	Delay (Infinite Server)
2	LanC	Load Independent
3	WebServerCpu	Load Independent
4	WebServerDisk	Load Independent
5	LanA	Load Independent
6	SystemB	Load Dependent

Στη συνέχεια συμπληρώνουμε τα service times και τα visits με βάση τις μετρήσεις. Για τον ισοδύναμο σταθμό B στα service times πάμε στα LD settings και συμπληρώνουμε τις 125 τιμές. Εφόσον έχουμε τις μετρήσεις από την ανάλυση του χαμηλού επιπέδου κάθε μια από αυτές τις τιμές θα είναι ίση με $1/\mu(k)$.

Classes Stations **Service Times** Visits Reference Station What-if C

Service Times
Input service times of each station for each class.
If the station is "Load Dependent" you can set the service times for each number of customers by double-click on "LD Settings..." button.
Press "Service Demands" button to enter service demands instead of service times and visits.
MULTICLASS MODELS: when for a station the per-class service times are different, the results are correct ONLY IF its scheduling discipline is assumed Processor Sharing (PS) and not FCFS (See BCMP Theorem).

*	Class1
Clients	26.0000
LanC	0.0560
WebServer...	0.0470
WebServer...	0.0510
LanA	0.0140
SystemB	LD Settings...

Classes Stations Service Times **Visits** Reference Station

Visits
Average number of visits to each station per class.

*	Class1
Clients	1.0000
LanC	2.0000
WebServe..	10.0000
WebServe..	6.0000
LanA	8.0000
SystemB	3.0000

Έστω x ο μέσος αριθμός επισκέψεων από το A στο B. Τότε, επειδή έχουμε ότι ο μέσος αριθμός visits στο LanA = 8 θα ισχύει με βάση την τοπολογία του δικτύου ότι $2 + 2x = 8 \rightarrow x = 3$ μέσος αριθμός επισκέψεων στο σύστημα B. Έτσι προκύπτει το 3 που φαίνεται παραπάνω. Τέλος, ως reference station θεωρούμε τους clients. Τα αποτελέσματα που έχουμε παρατίθενται παρακάτω:

Throughput

Throughput of each class for each station. System Throughput is the completion rate of the **Reference Station**.

*	Aggregate	Class1
System	0.2205	0.2205
Clients	0.2205	0.2205
LanC	0.4409	0.4409
WebServe..	2.2046	2.2046
WebServe..	1.3227	1.3227
LanA	1.7637	1.7637
SystemB	0.6614	0.6614

Throughput Number of Customers Residence Times System Response Time Utilization System Power Synopsis

Number of Customers

Average number of customers for each class at each station.

*	Aggregate	Class1
Aggregate	125.0000	125.0000
Clients	5.7319	5.7319
LanC	0.0253	0.0253
WebServe..	0.1156	0.1156
WebServe..	0.0723	0.0723
LanA	0.0253	0.0253
SystemB	119.0295	119.0295

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
Residence Times Total time spent by each customer class summed across all visits to a station.						
*	Aggregate	Class1				
Clients	26.0000	26.0000				
LanC	0.1148	0.1148				
WebServe..	0.5243	0.5243				
WebServe..	0.3281	0.3281				
LanA	0.1148	0.1148				
SystemB	539.9185	539.9185				

System Response Time The global aggregate is the "System Response Time" and is obtained weighting the aggregated values by the relative per-class throughput. A: This value of System Response Time includes the Residence Time of the Reference Station. B: This value of System Response Time does NOT include the Residence Time of the Reference Station. Notice: For open classes the Reference Station always coincides with the arrival process. Thus the B values are not computed.		
*	Aggregate	Class1
A	567.0007	567.0007
B	541.0007	541.0007

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
Utilization						
Utilization of a customer class at the selected station. The utilization of a delay station is the average number of customers in the						
*	Aggregate	Class1				
Clients	0.9968	0.9968				
LanC	0.0247	0.0247				
WebServe..	0.1036	0.1036				
WebServe..	0.0675	0.0675				
LanA	0.0247	0.0247				
SystemB	1.0000	1.0000				

Με βάση τα παραπάνω έχουμε ότι:

- Ο ρυθμός απόδοσης του συστήματος είναι 0.2205
- Ο μέσος χρόνος απόκρισης του συστήματος είναι 567.0007 seconds
- Ο ρυθμός απόδοσης του υποσυστήματος B είναι 0.6614
- Ο μέσος αριθμός εργασιών στο υποσύστημα B είναι 119.0295
- Ο μέσος χρόνος απόκρισης του υποσυστήματος B με βάση τον νόμο του Little είναι $T = \frac{E[N]}{\lambda} = \frac{119.0295}{0.6614} = 179.965981 \text{ sec}$

Γενικά παρατηρούμε ότι και στο high level όπως και στο low level ισχύει ότι ο συνολικός μέσος αριθμός εργασιών είναι 125 και 48 αντίστοιχα κάτι που επιβεβαιώνει ότι $Q = N$ για τα κλειστά δίκτυα. Επίσης, παρατηρούμε στο συνολικό δίκτυο ότι ο μέσος αριθμός εργασιών στο B είναι 119.0295 από τις οποίες οι 48 είναι στο σύστημα και οι υπόλοιπες περιμένουν στην ουρά για να εισέλθουν στο υποσύστημα B. Επίσης παρατηρούμε ότι παράλληλα με τον αυξημένο μέσο αριθμό εργασιών στο B, αυτό παρουσιάζει και βαθμό χρησιμοποίησης που είναι ίσος με 1. Αυτά τα 2 είναι πράγματα τα οποία περιμέναμε αφού με βάση το αρχικό πινακάκι των μετρήσεων βλέπουμε ότι τα stations που απαρτίζουν το υποσύστημα B έχουν αθροιστικά πολύ μεγαλύτερο αριθμό visits από το υπόλοιπο δίκτυο κάτι που σημαίνει ότι εκεί γίνεται ο μεγαλύτερος όγκος του computation. Επιπλέον, βλέπουμε ότι επιβεβαιώνεται ο νόμος του Little για τον μέσο χρόνο απόκρισης του συνολικού συστήματος αφού αν κάνουμε την πράξη $\frac{E[N]}{\lambda} = \frac{125}{0.2205} = 566.893424 \text{ seconds}$ είναι πολύ κοντά στο 567.0007 seconds που λαμβάνουμε από το JMVA. Τέλος, γνωρίζουμε ότι ο ρυθμός απόδοσης του συνολικού συστήματος, έστω X , συνδέεται με κάποιον από τους επιμέρους σταθμούς με την σχέση $X_i = v_i X$. Έτσι, εφαρμόζοντας τον τύπο αυτό για το ισοδύναμο B και το συνολικό σύστημα, δεδομένου ότι το $v_i = 3$ για το B, έχουμε ότι για το υποσύστημα B το throughput

προκύπτει ίσο με $3 * 0.2205 = 0.6615$ που προσεγγίζει πολύ καλά το 0.6614 που λαμβάνουμε από το JMVA.