

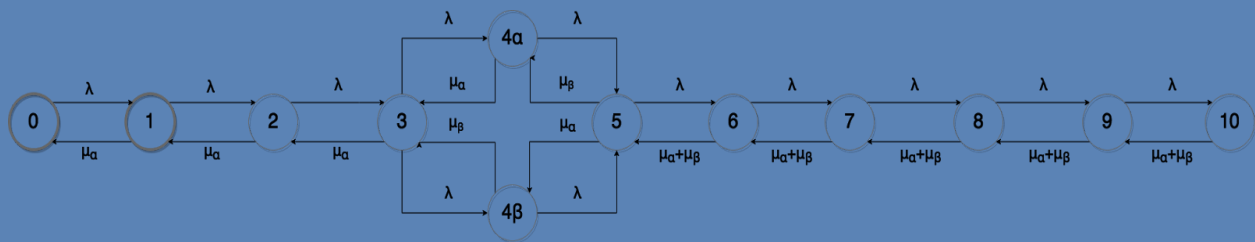
Συστήματα Αναμονής

Άσκηση Προσομοίωσης

Μητρόπουλος Κωνσταντίνος - 03113169

M/M/2/10 Simulation with threshold

Στη άσκηση αυτή υλοποιήσαμε σε C ένα σύστημα αναμονής M/M/2/K με 2 εξυπηρετητές A και B. Ο εξυπηρετητής A δέχεται πάντα πελάτες, ενώ ο B ενεργοποιείται μόνο εφόσον ο αριθμός πελατών στο σύστημα είναι μεγαλύτερος από k ($= 1, 2, 3, \dots, 9$). Για το σύστημα θα χρησιμοποιήσουμε ρυθμούς αφίξεων $\lambda = 1, 2$ και 3 πελάτες/sec, ενώ οι εξυπηρετητές μας θα έχουν ίδιους ρυθμούς αναχώρησης $\mu_a = \mu_b = 2$ πελάτες/sec. Το διάγραμμα καταστάσεων του συστήματος φαίνεται παρακάτω (για $k = 3$).



Υλοποίηση

Το πρόγραμμα μας λειτουργεί ως εξής: κατά το τρέξιμο ζητάει ρυθμό άφιξης λ από τον χρήστη. Ύστερα για κάθε $k = 1, 2, \dots, 9$ θα προκληθεί ένας μεγάλος αριθμός συμβάντων. Για κάθε event θα γίνει παραγωγή ενός random αριθμού από το 0 έως 1, ο οποίος αν είναι μικρότερος από $\lambda/(\lambda + \mu_a + \mu_b)$ θα έχουμε άφιξη, αν είναι μικρότερος από $(\lambda + \mu_a)/(\lambda + \mu_a + \mu_b)$ έχουμε εξυπηρέτηση από τον A και αν είναι μεγαλύτερος από τον B. Για κάθε event χειριζόμαστε κατάλληλα την κατάσταση αυξάνοντας το arrivalcount (ή το ClientServedA ή το ClientServedB) του state στο οποίο βρισκόμαστε (αυτά βρίσκονται σε ένα struct State που δημιουργήσαμε). Αφού γίνει ο προκαθορισμένος αριθμός των events, υπολογίζονται τα $P[i]$ του κάθε state και από αυτό το $E[n]$. Αν ικανοποιηθεί το κριτήριο σύγκλισης τότε εκτυπώνονται τα δεδομένα για το k και προχωράμε στο επόμενο. Διαφορετικά συνεχίζουμε για περισσότερες επαναλήψεις την παραπάνω διαδικασία.

Τα δεδομένα εκτυπώνονται σε ένα αρχείο output_i.txt, ένα excel_i.csv και ένα excel_mac_i.csv. Στο πρώτο εκτυπώνονται οι μέσοι όροι για κάθε k και τα throughputs/throughput ratios. Στα csv εκτυπώνονται τα παραπάνω, μαζί όμως και με όλους τους μέσους όρους που βρήκαμε πριν ικανοποιηθεί το κριτήριο σύγκλισης. Το excel_i.csv και excel_mac_i.csv έχουν διαφορετικό format για να αναγνωρίζονται τα columns από το Excel και από Windows και από macOS.

Αποτελέσματα

Arrival rate $\lambda = 1$

For k = 1: 0.531154

Throughput of server A is 0.700060

Throughput of server B is 0.299940

Throughput of all servers is 2.334000

For k = 2: 0.666588

Throughput of server A is 0.870614

Throughput of server B is 0.129386

Throughput of all servers is 6.728825

For k = 3: 0.785350

Throughput of server A is 0.941972

Throughput of server B is 0.058028

Throughput of all servers is 16.232989

For k = 4: 0.861725

Throughput of server A is 0.968505

Throughput of server B is 0.031485

Throughput of all servers is 30.760436

For k = 5: 0.925226

Throughput of server A is 0.986964

Throughput of server B is 0.013036

Throughput of all servers is 75.711251

For k = 6: 0.955348

Throughput of server A is 0.995574

Throughput of server B is 0.004400

Throughput of all servers is 226.270335

For k = 7: 0.978960

Throughput of server A is 0.998414

Throughput of server B is 0.001535

Throughput of all servers is 650.579787

For k = 8: 1.002017

Throughput of server A is 1.006311

Throughput of server B is 0.006493

Throughput of all servers is -154.972826

For k = 9: 1.003137

Throughput of server A is 1.002937

Throughput of server B is 0.003282

Throughput of all servers is 305.571429

Arrival rate $\lambda = 2$

For k = 1: 1.310449

Throughput of server A is 1.166040

Throughput of server B is 0.832761

Throughput of all servers is 1.400210

For k = 2: 1.623581

Throughput of server A is 1.409348

Throughput of server B is 0.588768

Throughput of all servers is 2.393727

For k = 3: 2.057010

Throughput of server A is 1.552367

Throughput of server B is 0.444755

Throughput of all servers is 3.490384

For k = 4: 2.433004

Throughput of server A is 1.623187

Throughput of server B is 0.372629

Throughput of all servers is 4.356041

For k = 5: 2.920985

Throughput of server A is 1.692285

Throughput of server B is 0.299332

Throughput of all servers is 5.653534

For k = 6: 3.327453

Throughput of server A is 1.727902

Throughput of server B is 0.260346

Throughput of all servers is 6.636949

For k = 7: 3.724285

Throughput of server A is 1.752749

Throughput of server B is 0.225046

Throughput of all servers is 7.788418

For k = 8: 4.251458

Throughput of server A is 1.786652

Throughput of server B is 0.170280

Throughput of all servers is 10.492412

For k = 9: 4.529143

Throughput of server A is 1.801305

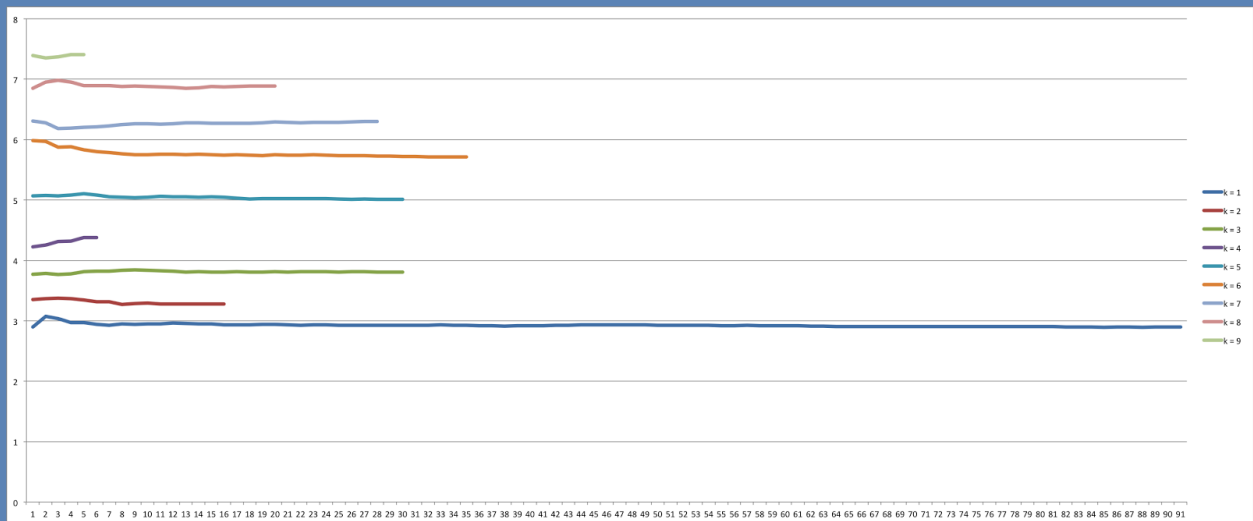
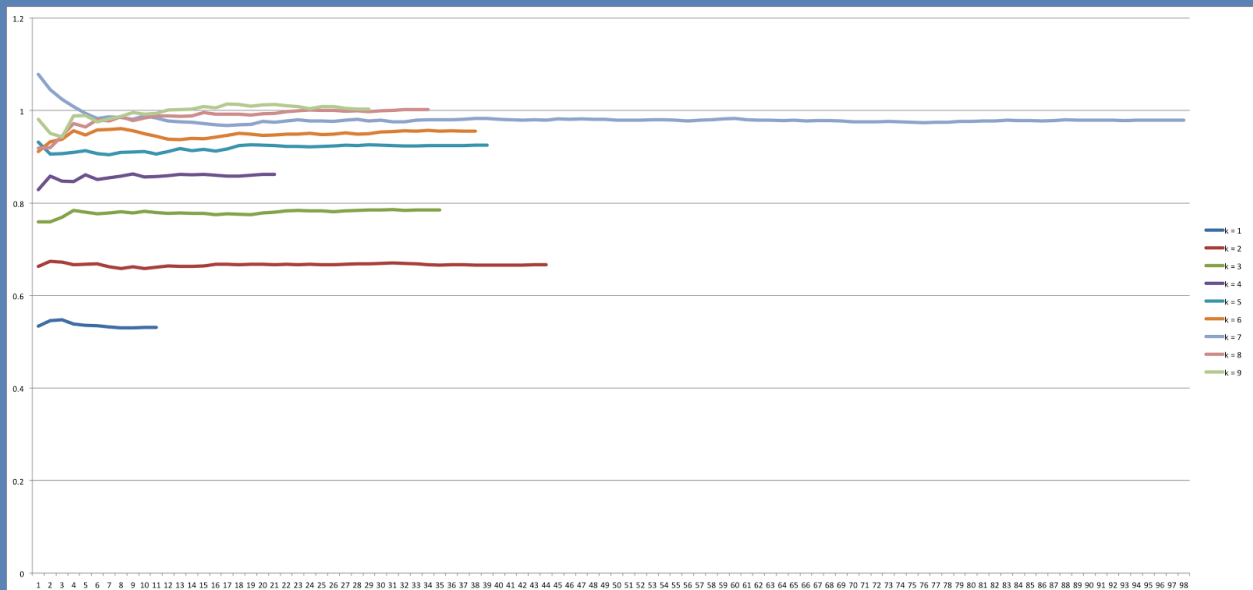
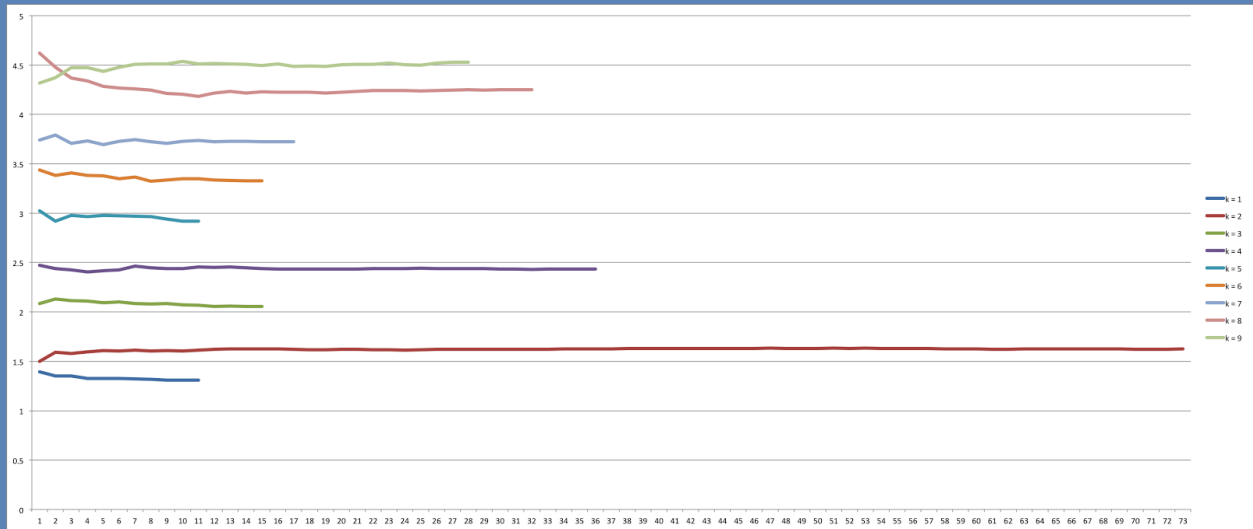
Throughput of server B is 0.124168

Throughput of all servers is 14.506944

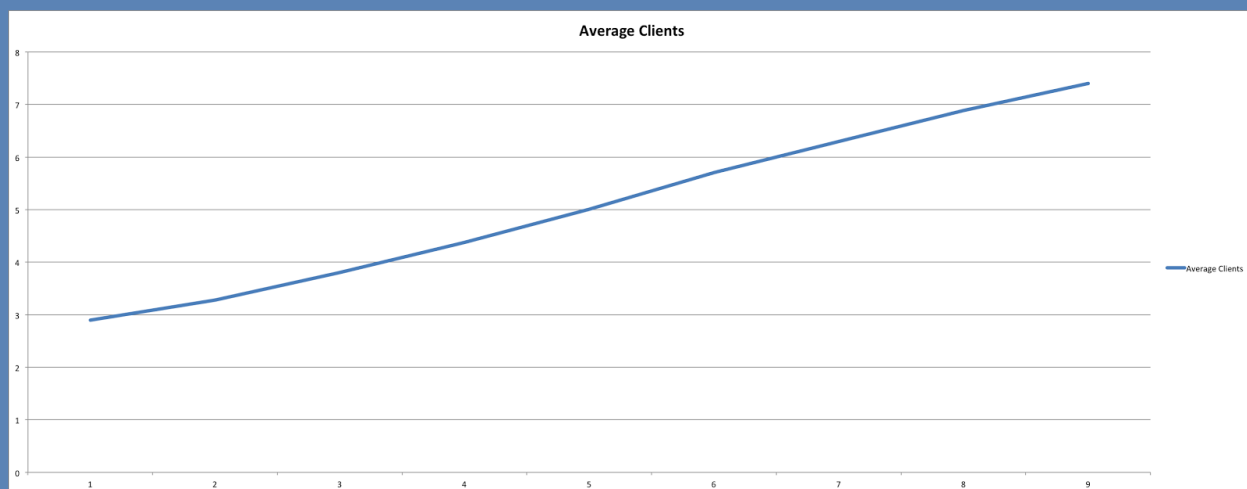
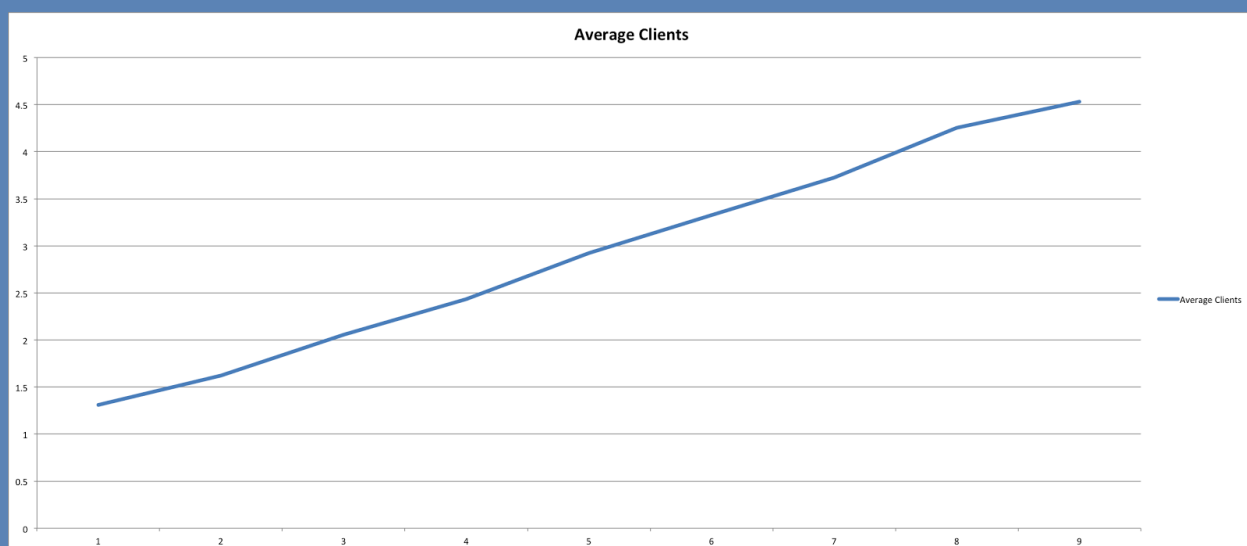
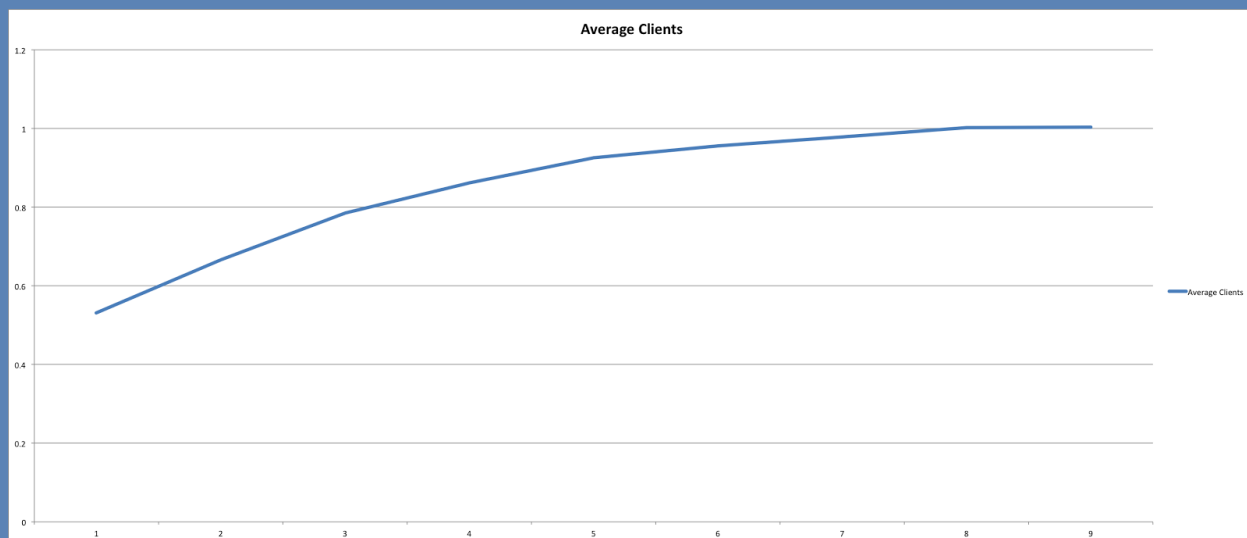
Arrival rate $\lambda = 3$
For k = 1: 2.893728
 Throughput of server A is 1.562548
 Throughput of server B is 1.387614
 Throughput of all servers is 1.126068
For k = 2: 3.276176
 Throughput of server A is 1.739890
 Throughput of server B is 1.201587
 Throughput of all servers is 1.447994
For k = 3: 3.805452
 Throughput of server A is 1.835193
 Throughput of server B is 1.089329
 Throughput of all servers is 1.684701
For k = 4: 4.376157
 Throughput of server A is 1.895124
 Throughput of server B is 1.011748
 Throughput of all servers is 1.873119
For k = 5: 5.010582
 Throughput of server A is 1.931024
 Throughput of server B is 0.947739
 Throughput of all servers is 2.037506
For k = 6: 5.709472
 Throughput of server A is 1.955588
 Throughput of server B is 0.870725
 Throughput of all servers is 2.245931
For k = 7: 6.296609
 Throughput of server A is 1.966574
 Throughput of server B is 0.794232
 Throughput of all servers is 2.476069
For k = 8: 6.884411
 Throughput of server A is 1.976420
 Throughput of server B is 0.683009
 Throughput of all servers is 2.893695
For k = 9: 7.404496
 Throughput of server A is 1.981267
 Throughput of server B is 0.529569
 Throughput of all servers is 3.741278

Οι γραφικές των αποτελεσμάτων πριν τη σύγκλιση καθώς και των παραπάνω, φαίνονται παρακάτω.

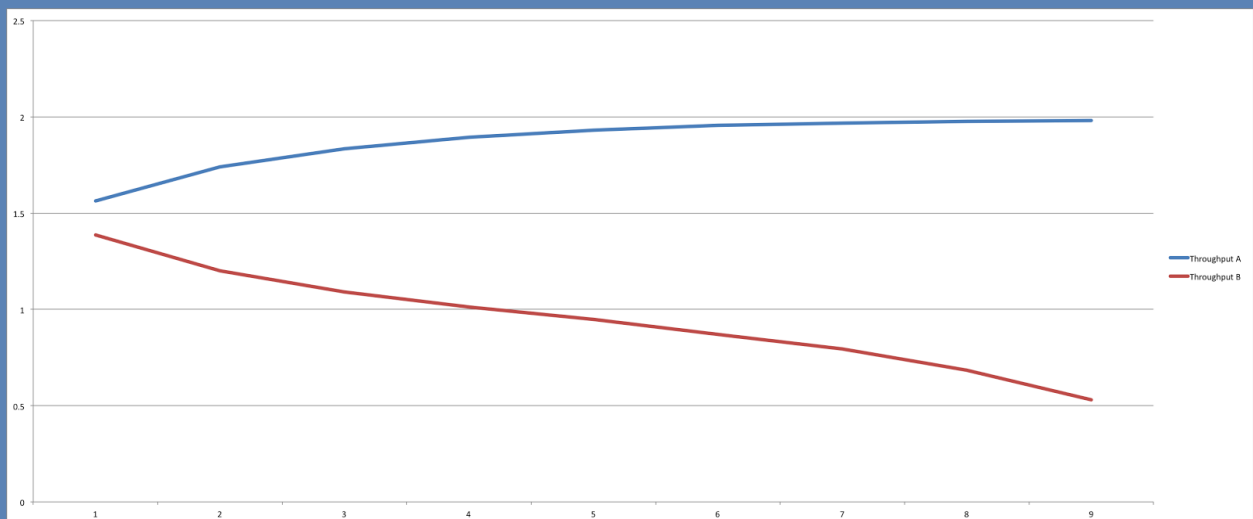
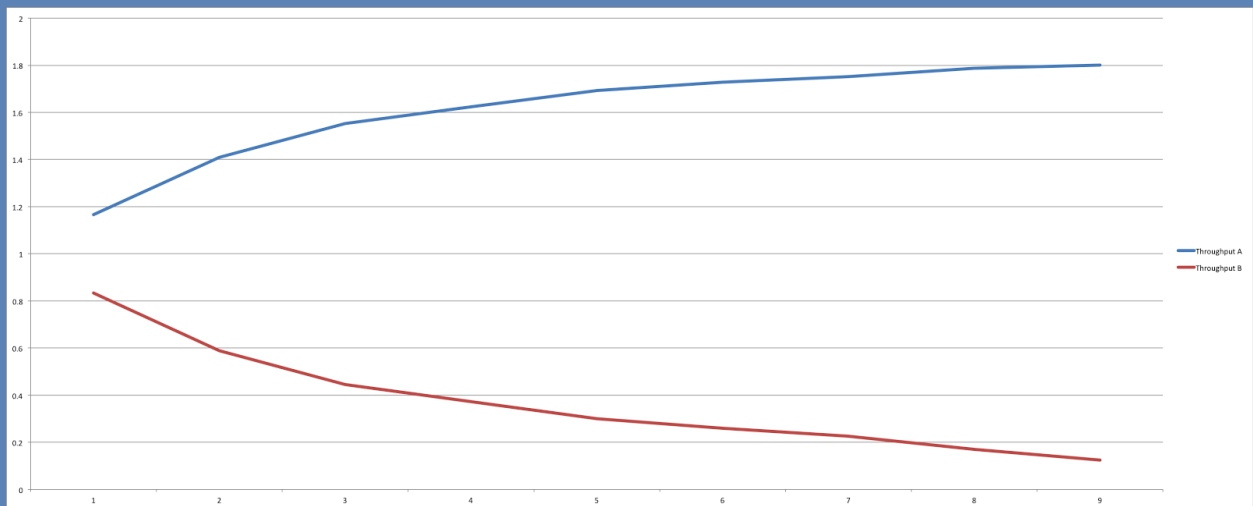
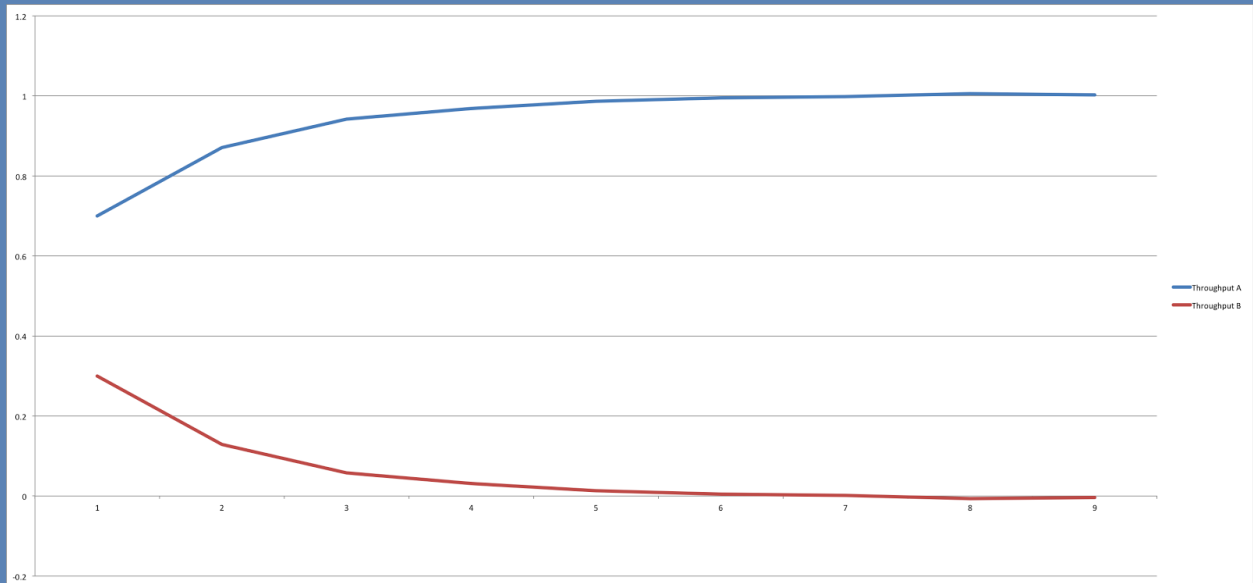
Γραφικές πριν τη σύγκλιση για $\lambda = 1, 2$ και 3 αντίστοιχα.



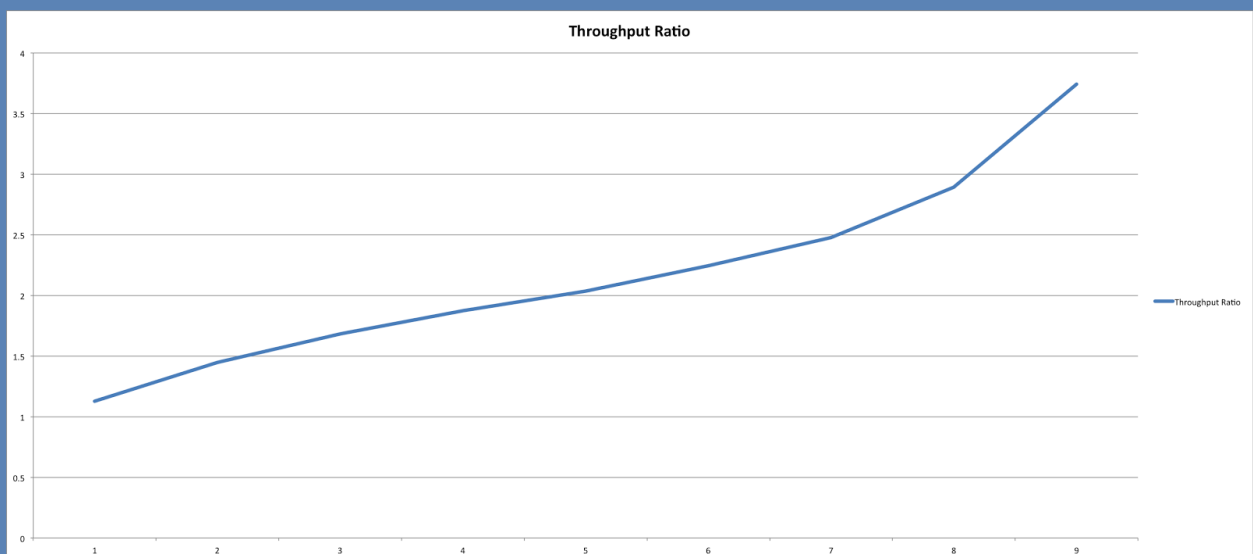
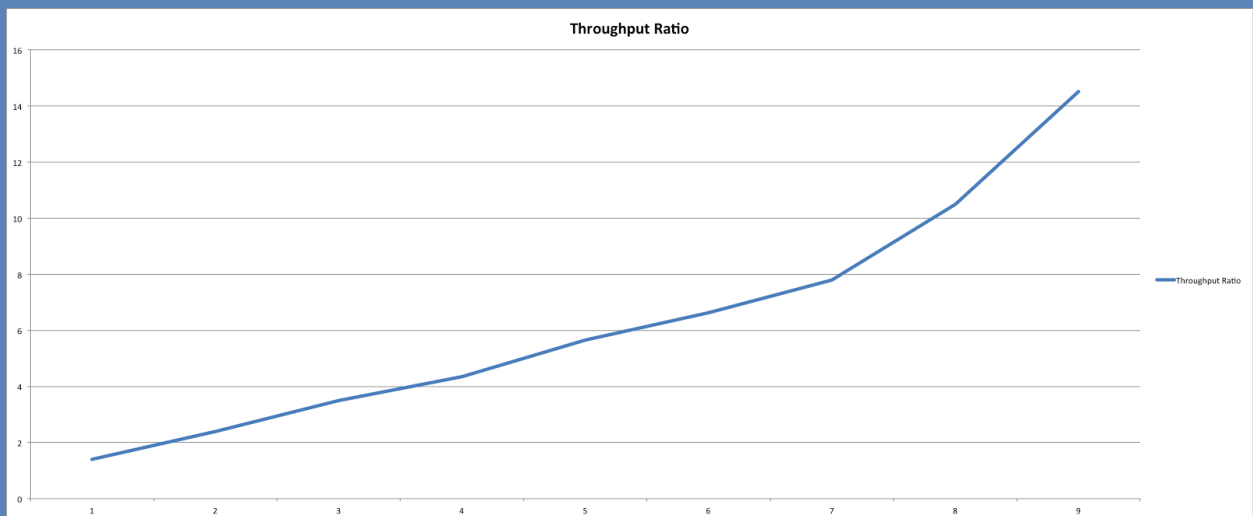
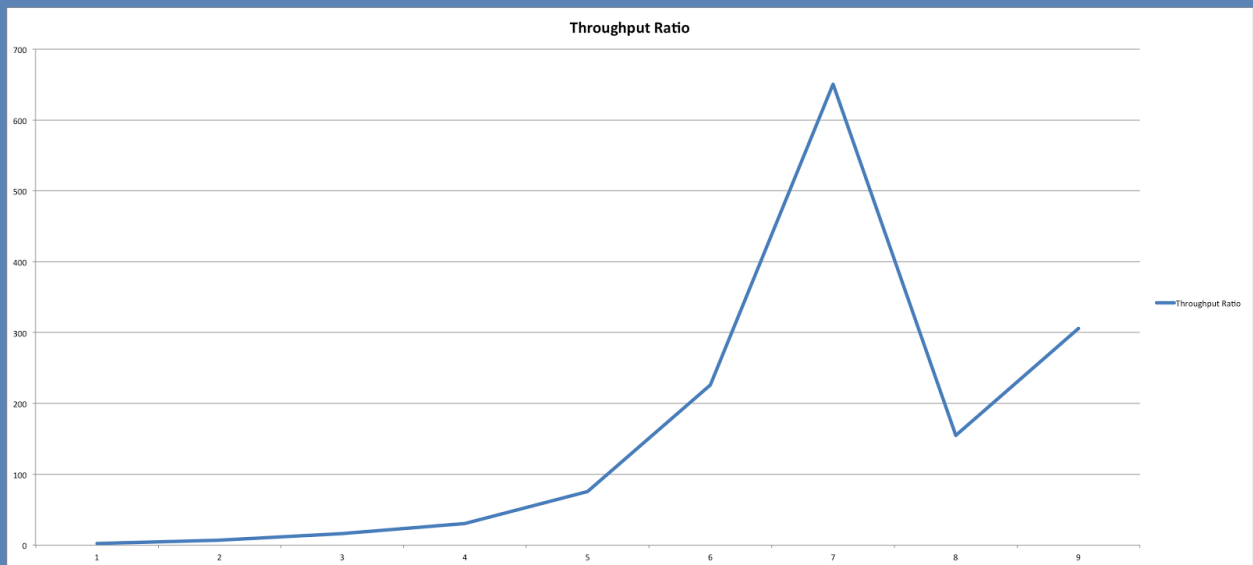
Γραφικές μετά τη σύγκλιση για $\lambda = 1, 2$ και 3 αντίστοιχα.



Γραφικές των throughputs και των 2 servers για $\lambda = 1, 2, 3$.



Γραφικές των throughput Ratio για $\lambda = 1, 2, 3$.



Συμπεράσματα

1. Ο χρόνος σύγκλισης των μέσων όρων των πελατών φαίνεται να είναι τυχαίος. Για κάθε διαφορετικό τρέξιμο του προγράμματος παράγονται διαφορετικά αποτελέσματα με διαφορετικές ταχύτητες σύγκλισης για κάθε k .
2. Για τους τελικούς μέσους όρους (μετά τη σύγκλιση), η αύξηση του λ προκαλεί αύξηση και στους μέσους όρους πελατών στο σύστημα. Αυτό είναι λογικό, αφού έρχονται περισσότεροι πελάτες στο σύστημα, αλλά με τους ίδιους ρυθμούς εξυπηρέτησης, με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι πελάτες μέσα στο σύστημα. Τώρα για σταθερό λ , η αύξηση του k αυξάνει επίσης το μέσο όρο πελατών, αποτέλεσμα επίσης λογικό, αφού η αύξηση του k , στην ουσία προκαλεί μείωση της χρήσης του server B, με αποτέλεσμα να ικανοποιούνται λιγότεροι πελάτες και συνεπώς να αυξάνονται οι πελάτες στο σύστημα.

Παραδοτέα

Μαζί με αυτήν την αναφορά, παραδίδονται ο κώδικας, τα outputs για $\lambda = 1, 2$ και 3 , οι γραφικές παραστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν, και το διάγραμμα καταστάσεων του συστήματος.