

Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Επίδοση Υπολογιστικών Συστημάτων – 8ο Εξάμηνο
2η Άσκηση – Ακ. Έτος 2021-2022

Ομάδα 66
Κυριακόπουλος Γεώργιος – el18153
Τζελέπης Σεραφείμ – el18849

Εισαγωγή

Σε αυτή την εργασία θα ασχοληθούμε με την επίδοση ενός υπολογιστικού συστήματος, μελετώντας 3 διαφορετικούς κανονισμούς εξυπηρέτησης στη CPU. Συγκεκριμένα θα δούμε τους κανονισμούς FIFO (First In First Out), LWTF (Longest Waiting Time First), LRUF (Least Recent Usage First). Το σύστημα μας υποστηρίζεται από έναν εξυπηρετητή (server), ο οποίος περιλαμβάνει μία CPU και ένα δίσκο. Για τις αφίξεις γνωρίζουμε ότι ακολουθούν κατανομή Poisson με ρυθμό αφίξεων

$$\lambda = 0.9 \text{ erg/sec}.$$

Επίσης, ακολουθούν μερικές γενικές πληροφορίες από κάποιες μετρήσεις για το σύστημα (οι χρόνοι σε msec και αφορούν μέσους χρόνους ανά επίσκεψη).

Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης στη CPU	54
Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης στο δίσκο	35
Μέσος αριθμός επισκέψεων στο δίσκο	18
Μέσος χρόνος μετάδοσης αποτελέσματος (εξερχόμενη σύνδεση)	234

Για την προσομοίωση του συστήματος βασιστήκαμε σε μεγάλο βαθμό (τόσο στη γενικότερη δομή, όσο και σε συγκεκριμένες υλοποιήσεις συναρτήσεων) σε [μία προσομοίωση που βρήκαμε στο GitHub](#), σε περιβάλλον Python - Jupyter Notebook.

Ο κώδικας προσομοίωσης ξεκινάει με αρκετές αρχικοποιήσεις για μεταβλητές και δομές δεδομένων που κρατάνε τα απαραίτητα δεδομένα για τη διεξαγωγή της προσομοίωσης, όπως και στατιστικά, ενώ ορίζονται και κάποιες χρήσιμες συναρτήσεις, όπως αυτές για τους χρόνους αφίξεων και την επιλογή των επόμενων γεγονότων.

Στη συνέχεια εκτελείται η ουσιαστική προσομοίωση, μέχρις ότου να ικανοποιηθεί μία από τις 2 συνθήκες που περιγράφονται στην εκφώνηση. Δηλαδή, είτε όταν το διάστημα εμπιστοσύνης για το μέσο χρόνο απόκρισης, το οποίο υπολογίζεται ανά 20 κύκλους, έχει μήκος μικρότερο από 10% της μέσης τιμής, είτε όταν εκτελεστούν 1000 αναγεννητικοί κύκλοι.

Έχουμε 3 είδη γεγονότων που εκτελούνται στο σύστημα, τα άφιξη, ολοκλήρωση επεξεργασίας στη CPU και ολοκλήρωση εξυπηρέτησης στο δίσκο. Το επόμενο τέτοιο γεγονός επιλέγεται μέσω μίας συνάρτησης, όπως σημειώθηκε και νωρίτερα. Αναλόγως με το ποιο από τα 3 ακολουθεί, συμβαίνουν και οι αντίστοιχες επιθυμητές ενέργειες στο επόμενο βήμα, με βάση το σώμα της προσομοίωσης.

Εάν μία εργασία βρει τόσο τον επεξεργαστή όσο και το δίσκο άδειους, έχουμε την περίπτωση ενός νέου αναγεννησιακού κύκλου, ενώ σε κάθε περίπτωση προχωράει κανονικά η προσομοίωση, όπως περιγράφηκε ήδη, δηλαδή ανάλογα με το είδος της εργασίας – γεγονόςτος.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της εκτέλεσης της προσομοίωσης εμφανίζονται και τα επιθυμητά δεδομένα – δείκτες επίδοσης, με βάση τα οποία μπορούμε να εξάγουμε τα συμπεράσματα μας σχετικά με την επίδοση των διαφορετικών κανονισμών εξυπηρέτησης στη CPU.

Παρακάτω, ακολουθούν οι 3 διαφορετικοί κανονισμοί με τα αποτελέσματα για κάθε έναν, ενώ στο τέλος ακολουθεί ένας γενικότερος σχολιασμός και τα τελικά συμπεράσματα για αυτήν την εργασία.

FIFO

Ο κανονισμός FIFO ακολουθεί την παρακάτω λογική σχετικά με την επιλογή της επόμενης εργασίας. Όταν ολοκληρώνεται η τρέχουσα εξυπηρέτηση στη CPU (μετάβαση στο δίσκο ή έξοδος) επιλέγεται για εξυπηρέτηση μεταξύ των εργασιών που βρίσκονται στην ουρά της CPU εκείνη που έχει την πιο πρόσφατη άφιξη στο σύστημα.

Εκτελέσαμε 10 φορές τον κώδικα προσομοίωσης για τον κανονισμό FIFO για να εξαλείψουμε σε ένα βαθμό τον παράγοντα τυχαιότητας λόγω των τυχαίων αριθμών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα σημεία και εξάγαμε τα παρακάτω αποτελέσματα (σε πίνακες των 10 εκτελέσεων).

- Average response time:
[15811.799, 16922.147, 15362.667, 15154.676, 15710.355, 15359.072, 13277.596, 11247.683, 16697.593, 14317.767]
- CPU utilization:
[0.969, 0.965, 0.963, 0.964, 0.967, 0.965, 0.967, 0.955, 0.962, 0.955]
- Disk utilization:
[0.572, 0.567, 0.566, 0.567, 0.567, 0.564, 0.569, 0.555, 0.564, 0.556]

LWTF

Ο κανονισμός LWTF ακολουθεί την παρακάτω λογική σχετικά με την επιλογή της επόμενης εργασίας. Όταν ολοκληρώνεται η τρέχουσα εξυπηρέτηση στη CPU (μετάβαση στο δίσκο ή έξοδος) επιλέγεται για εξυπηρέτηση μεταξύ των εργασιών που βρίσκονται στην ουρά της CPU εκείνη που έχει περάσει τον μεγαλύτερο συνολικό (αθροιστικό) χρόνο αναμονής στην CPU.

Εκτελέσαμε 10 φορές τον κώδικα προσομοίωσης για τον κανονισμό LWTF για να εξαλείψουμε σε ένα βαθμό τον παράγοντα τυχαιότητας λόγω των τυχαίων αριθμών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα σημεία και εξάγαμε τα παρακάτω αποτελέσματα (σε πίνακες των 10 εκτελέσεων).

- Average response time:
[13652.732, 14013.864, 14873.39, 19777.808, 18971.762, 12272.984, 16174.365, 13484.831, 15431.418, 17538.829]
- CPU utilization:
[0.97, 0.966, 0.966, 0.97, 0.971, 0.962, 0.966, 0.96, 0.964, 0.964]
- Disk utilization:
[0.57, 0.565, 0.568, 0.574, 0.575, 0.562, 0.567, 0.559, 0.566, 0.566]

LRUF

Ο κανονισμός LRUF ακολουθεί την παρακάτω λογική σχετικά με την επιλογή της επόμενης εργασίας. Όταν ολοκληρώνεται η τρέχουσα εξυπηρέτηση στη CPU (μετάβαση στο δίσκο ή έξοδος) επιλέγεται για εξυπηρέτηση μεταξύ των εργασιών που βρίσκονται στην ουρά της CPU εκείνη της οποίας η πιο πρόσφατη εξυπηρέτηση στην CPU είχε τη μικρότερη διάρκεια. Αν μια εργασία δεν έχει εξυπηρετηθεί ακόμη, η πιο πρόσφατη εξυπηρέτηση λαμβάνεται μηδενική.

Εκτελέσαμε 10 φορές τον κώδικα προσομοίωσης για τον κανονισμό LRUF για να εξαλείψουμε σε ένα βαθμό τον παράγοντα τυχαιότητας λόγω των τυχαίων αριθμών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα σημεία και εξάγαμε τα παρακάτω αποτελέσματα (σε πίνακες των 10 εκτελέσεων).

- Average response time:
[15994.044, 14910.909, 17079.912, 13358.184, 13710.778, 19121.213, 13142.91, 17050.537, 14077.475, 19415.481]
- CPU utilization:
[0.967, 0.966, 0.968, 0.962, 0.96, 0.968, 0.968, 0.974, 0.966, 0.973]
- Disk utilization:
[0.567, 0.568, 0.571, 0.562, 0.562, 0.572, 0.569, 0.575, 0.57, 0.577]

Συμπεράσματα

Παρακάτω, ακολουθούν οι μέσες τιμές για τους δείκτες επίδοσης του συστήματος για κάθε κανονισμό.

	FIFO	LWTF	LRUF
Mean Average response time	14986.14	15619.2	15786.144
Mean CPU utilization	0.963	0.966	0.967
Mean Disk utilization	0.565	0.567	0.569

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, μπορούμε να πούμε ότι ο μέσος βαθμός χρησιμοποίησης τόσο της CPU όσο και του δίσκου είναι ίσος και στους 3 κανονισμούς. Για τη CPU αυτός είναι εξαιρετικά υψηλός που σημαίνει ότι η CPU χρησιμοποιείται στο μέγιστο των δυνατοτήτων της, ωστόσο θα μπορούσε να παίξει και το ρόλο του bottleneck του συστήματος εάν εμφανιζόταν μία μικρή αύξηση στο φορτίο. Για το δίσκο, παρατηρούμε ότι χρησιμοποιείται λίγο πάνω από το μισό του χρόνου, κάτι που σημαίνει πως ένας λιγότερο ικανός δίσκος θα μπορούσε να ανταποκριθεί στο ίδιο φόρτο εργασίας (θεωρώντας ότι ο βαθμός χρησιμοποίησης του θα ανέβει αλλά δεν θα πλησιάσει τόσο το 1, σε σημείο που να είναι επικίνδυνο για bottleneck), έχοντας παράλληλα χαμηλότερο κόστος.

Για τους μέσους χρόνους απόκρισης βλέπουμε πως οι κανονισμοί LWTF και LRUF ανταποκρίνονται ελαφρώς χειρότερα (4-5%) από τον κανονισμό FIFO, με τον LWTF να παρουσιάζει την χειρότερη επίδοση, ωστόσο με μικρή διαφορά (1%) από το δεύτερο LRUF. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι ο κανονισμός FIFO αποδίδει καλύτερα από τους άλλους δύο (περίπου 5% πιο γρήγορος) για το συγκεκριμένο τύπο φορτίου και συστήματος, ακολουθούμενος από τον LWTF και τέλος τον LRUF.