



## Εργασία 1 (υποχρεωτική) – Προγραμματισμός με Pthreads

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2022 – 2023

(ΕΚΦΩΝΗΣΗ) ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 25 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2022

(ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΣΤΟ ECLASS ΜΕΧΡΙ) ΤΡΙΤΗ 6 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2022

### Πληροφορίες για τις Υποχρεωτικές Εργασίες του μαθήματος

- Κάθε ομάδα μπορεί να αποτελείται από 1 ή 2 φοιτητές. Όλα τα μέλη της ομάδας πρέπει να έχουν ισότιμη συμμετοχή και να γνωρίζουν τις λεπτομέρειες της υλοποίησης της ομάδας.
- Για την εξεταστική Σεπτεμβρίου δε θα δοθούν άλλες εργασίες. Το Σεπτέμβριο εξετάζεται μόνο το γραπτό.
- Επίσημη υπολογιστική πλατφόρμα του μαθήματος είναι το δίκτυο των υπολογιστών του Τμήματος με λειτουργικό σύστημα Linux Ubuntu (linux01.di.uoa.gr έως linux30.di.uoa.gr).
- Μαζί με τον κώδικά σας καλείστε να υποβάλετε και τα σχετικά αρχεία Makefile.
- Στην αναφορά σας καλείστε να δώσετε πληροφορίες σχετικά με το όνομα του υπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιείτε, καθώς επίσης και το μοντέλο επεξεργαστή, τον αριθμό των πυρήνων, την έκδοση του λειτουργικού συστήματος, και την έκδοση του μεταγλωττιστή. Για τα πειραματικά δεδομένα που παρουσιάζετε, καλείστε να αναφέρετε ρητά στα εκάστοτε σημεία της αναφοράς τις εισόδους που χρησιμοποιήσατε. Καλείστε να εκτελέσετε κάθε πείραμα (το οποίο ορίζεται ως η εκτέλεση ενός προγράμματος για συγκεκριμένο αριθμό νημάτων και παραμέτρους εισόδου) πολλές φορές (για παράδειγμα, 4 φορές) και να παρουσιάσετε τον μέσο όρο των αποτελεσμάτων (σύσταση: δημιουργήστε scripts για την εκτέλεση των πειραμάτων, ακόμα και για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την δημιουργία γραφημάτων).
- Προαιρετικά, μπορείτε να υποβάλετε και τα scripts που χρησιμοποιήσατε για να τρέξετε τα πειράματα και να δημιουργήσετε τα σχετικά γραφήματα.
- Καλείστε να προσεγγίσετε την κάθε άσκηση στην αναφορά σας ως εξής: περιγραφή προβλήματος, σύντομη περιγραφή της λύσης σας, παράθεση πειραματικών αποτελεσμάτων (χρήση πινάκων ή γραφημάτων), και σχολιασμός αποτελεσμάτων.
- Σε περίπτωση αντιγραφής θα μηδενίζονται όλες οι ομάδες που μετέχουν σε αυτή.
- Η παράδοση της Εργασίας πρέπει να γίνει μέχρι τα μεσάνυχτα της προθεσμίας ηλεκτρονικά και μόνο στο eclass (να ανεβάσετε ένα μόνο αρχείο zip ή rar με την αναφορά σας σε PDF και τον κώδικά σας). Μην περιμένετε μέχρι την τελευταία στιγμή. Η εκφώνηση της επόμενης εργασίας θα ανατεθεί αμέσως μετά.

### Άσκηση 1.1

Υποθέστε ότι πετάμε βελάκια σε έναν τετράγωνο στόχο του οποίου οι πλευρές έχουν μήκος 2 μέτρα, με το κέντρο του στόχου να αποτελεί το σημείο αρχής (0, 0) του συστήματος συντεταγμένων. Υποθέστε επίσης ότι σε αυτόν τον τετράγωνο στόχο είναι εγγεγραμμένος ένας κύκλος. Η ακτίνα του κύκλου είναι 1 μέτρο και το εμβαδόν του είναι π τετραγωνικά μέτρα. Αν τα σημεία στα οποία καταλήγουν τα βέλη είναι ομοιόμορφα κατανομημένα (και τα βέλη πετυχαίνουν πάντα τον τετράγωνο στόχο), τότε το πλήθος των βελών που πετυχαίνουν το εσωτερικό του κύκλου θα πρέπει, κατά προσέγγιση, να ικανοποιεί την εξίσωση:

$$\frac{\text{πλήθος\_βελών\_εντός\_κύκλου}}{\text{πλήθος\_ρίψεων}} = \frac{\pi}{4}$$

αφού ο λόγος του εμβαδού του κύκλου προς το εμβαδόν του τετραγώνου είναι π/4.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την εξίσωση για να υπολογίσουμε μια εκτίμηση για την τιμή του π μέσω μιας γεννήτριας τυχαίων αριθμών:

```
βέλη_κύκλου = 0;
for (ρίψη = 0; ρίψη < πλήθος_ρίψεων; ρίψη++) {
    x = τυχαίος_double_μεταξύ_-1_και_1;
    y = τυχαίος_double_μεταξύ_-1_και_1;
    τετράγωνο_απόστασης = x*x + y*y;
    if (τετράγωνο_απόστασης <= 1)
        βέλη_κύκλου++;
}
εκτίμηση_π = 4*βέλη_κύκλου/((double) πλήθος_ρίψεων);
```

Αυτή η μέθοδος ονομάζεται «Μόντε Κάρλο» επειδή χρησιμοποιεί τυχαίες μεταβλητές (οι ρίψεις των βελών).

Γράψτε ένα πρόγραμμα που να χρησιμοποιεί τη μέθοδο Μόντε Κάρλο για την εκτίμηση της τιμής του  $\pi$  με σειριακό αλγόριθμο και με χρήση Pthreads. Το κύριο νήμα θα πρέπει να διαβάζει το πλήθος των ρίψεων και να υπολογίζει την εκτίμηση για την τιμή του  $\pi$  χρησιμοποιώντας πρώτα τον σειριακό αλγόριθμο και έπειτα τον παράλληλο αλγόριθμό σας. Το πρόγραμμά σας θα πρέπει να τυπώνει τον χρόνο εκτέλεσης του σειριακού αλγόριθμου και του παράλληλου αλγόριθμου ξεχωριστά. Προτιμήστε τον τύπο `long long int` για το πλήθος των βελών εντός του κύκλου και για το πλήθος των ρίψεων, αφού και οι δύο αυτοί αριθμοί θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλοι (για παράδειγμα, το πλήθος ρίψεων να είναι  $10^8$  ή  $10^9$ ) για να πάρετε μια καλή εκτίμηση για το  $\pi$ .

Χρειάστηκε να χρησιμοποιήσετε συγχρονισμό και γιατί; Συγκρίνετε την απόδοση του παράλληλου προγράμματος σας για διαφορετικό αριθμό νημάτων και διαφορετικό αριθμό πλήθος ρίψεων σε σχέση με τον σειριακό αλγόριθμο. Παρατηρείτε επιτάχυνση και γιατί;

### Άσκηση 1.2

Σε αυτή την άσκηση καλείστε να αξιολογήσετε και να αντιμετωπίσετε το πρόβλημα της ψευδούς κοινοχρησίας. Σας δίνεται το πρόγραμμα πολλαπλασιασμού μήτρας-διανύσματος του βιβλίου «Εισαγωγή στον Παράλληλο Προγραμματισμό». Αρχικά καλείστε να αξιολογήσετε το πρόβλημα της ψευδούς κοινοχρησίας για διαφορετικές διαστάσεις της μήτρας και του διανύσματος (για παράδειγμα,  $8000000 \times 8$ ,  $8000 \times 8000$ ,  $8 \times 8000000$ ,  $8 \times 80000000$ ). Έπειτα καλείστε να τροποποιήσετε το πρόγραμμα πολλαπλασιασμού μήτρας-διανύσματος όταν υπάρχει πιθανότητα ψευδούς κοινοχρησίας ακολουθώντας τις εξής δύο προσεγγίσεις.

Στην πρώτη προσέγγιση συμπληρώνετε με εικονικά στοιχεία το διάνυσμα  $y$ . Η συμπλήρωση πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε, αν τα νήματα εκτελούνται με «συγχρονισμένο βηματισμό» (lock step), να μην υπάρχει πιθανότητα μια γραμμή κρυφής μνήμης η οποία περιέχει ένα στοιχείο του  $y$  να προσπελάζεται από δύο ή περισσότερα νήματα.

Στη δεύτερη προσέγγιση τροποποιήστε το πρόγραμμα πολλαπλασιασμού μήτρας-διανύσματος ώστε κάθε νήμα να χρησιμοποιεί ιδιωτικό αποθηκευτικό χώρο για το δικό του μέρος του  $y$  στον βρόχο `for i`. Όταν ένα νήμα ολοκληρώνει τον υπολογισμό του δικού του τμήματος του  $y$ , θα πρέπει να αντιγράφει τα τοπικά δεδομένα του στην κοινόχρηστη μεταβλητή.

### Άσκηση 1.3 (Προαιρετική)

Σε αυτή την άσκηση καλείστε να υλοποιήσετε τα δικά σας κλειδώματα ανάγνωσης-εγγραφής. Για την υλοποίησή σας θα χρησιμοποιήσετε μια δομή που αποτελείται από δύο μεταβλητές συνθήκης, ένα `mutex`, και επιπλέον πεδία, σύμφωνα με την περιγραφή που υπάρχει στο Κεφάλαιο 4.9.5 του βιβλίου «Εισαγωγή στον Παράλληλο Προγραμματισμό». Καλείστε να υλοποιήσετε δύο προσεγγίσεις: (α) στην πρώτη προσέγγιση θα δίνετε προτεραιότητα στα νήματα ανάγνωσης, ενώ (β) στην δεύτερη προσέγγιση θα δίνετε προτεραιότητα στη νήματα εγγραφής. Σας δίνεται το πρόγραμμα συνδεδεμένης λίστας του βιβλίου που χρησιμοποιεί κλειδώματα ανάγνωσης-εγγραφής της Pthreads. Καλείστε να τροποποιήσετε αυτό το πρόγραμμα ώστε να χρησιμοποιεί τα δικά σας κλειδώματα και να συγκρίνετε την απόδοση του προγράμματος όταν δίνεται προτεραιότητα στα νήματα ανάγνωσης με την απόδοσή του όταν δίνεται προτεραιότητα στα νήματα εγγραφής για διαφορετικές τιμές νημάτων και διάφορα ποσοστά λειτουργιών.