



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
www.cslab.ece.ntua.gr

9 Μαρτίου 2015

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
Εξετάσεις Κανονικής Περιόδου Ακ. Έτους 2014-2015

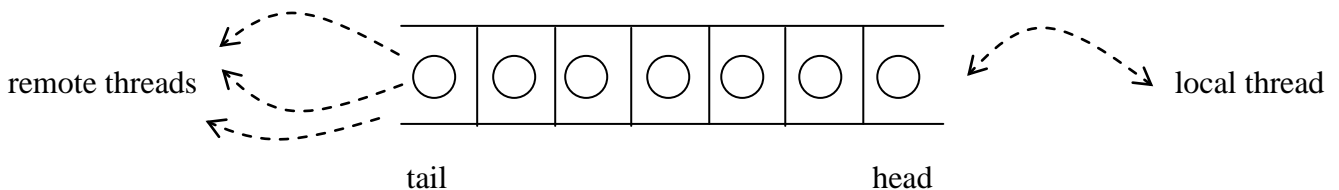
Η εξέταση γίνεται με κλειστά βιβλία και σημειώσεις. Μπορείτε να έχετε μαζί σας μόνο μία κόλλα Α4. Διάρκεια εξέτασης $2^{1/2}$ ώρες.

Θέμα 1^ο (10%):

Τι λέει ο Νόμος του Amdahl; Αναφέρετε όλους τους λόγους για τους οποίους μπορεί να μην κλιμακώνει ένα παράλληλο πρόγραμμα, και χρησιμοποιείτε το νόμο του Amdahl για να εξηγήσετε τι συμβαίνει σε κάθε περίπτωση.

Θέμα 2^ο (25%):

Σε ένα πολυπύρηνο σύστημα έχει υλοποιηθεί σύστημα χρόνου εκτέλεσης που υποστηρίζει εργασίες (tasks) και work stealing ανάμεσα στα νήματα εκτέλεσης. Κάθε νήμα τηρεί μια τοπική λίστα στην οποία εισάγει (push) και εξάγει (pop) εργασίες στην κορυφή της. Νήματα που εκτελούνται σε άλλους πυρήνες έχουν τη δυνατότητα να κλέβουν εργασίες (dequeue) από την ουρά της λίστας (βλ. παρακάτω σχήμα).



- Περιγράψτε την υλοποίηση της παραπάνω δομής (με λόγια ή ψευδοκώδικα) με χρήση coarse-grain locking. Σχολιάστε τη δυνατότητα της υλοποίησής σας να επιτρέπει ταυτόχρονες προσβάσεις στη δομή (5%).
- Περιγράψτε υλοποίηση της παραπάνω δομής με χρήση κλειδωμάτων που να επιτρέπει την ταυτόχρονη πρόσβαση στη δομή τόσο του τοπικού όσο και ενός εκ των απομακρυσμένων νημάτων. Αξιοποιείτε μεταβλητή που δείχνει πόσα αντικείμενα περιλαμβάνει η δομή και η οποία μπορεί να αυξηθεί/μειωθεί ατομικά (10%).
- Περιγράψτε υλοποίηση της παραπάνω δομής χωρίς τη χρήση κλειδωμάτων (lock-free) (10%).

Θέμα 3^ο (25%):

A. Σε έναν επεξεργαστή διασυνδέονται 16 private caches με αντίστοιχα 16 modules της κοινής Last Level Cache (LLC), σε έναν server διασυνδέονται πάνω στο board τέσσερις πολυπύρρηνοι επεξεργαστές, και σε έναν υπερυπολιστή διασυνδέονται χιλιάδες κόμβοι. Ποια από τις τοπολογίες πλήρης (*fully connected*), *crossbar* και *τόρο* θα επιλέξετε σε κάθε περίπτωση; Δικαιολογήστε την απάντησή σας (6%).

B. Θέλουμε να καταστρώσουμε ένα ιεραρχικό δίκτυο διασύνδεσης 2 επιπέδων, το οποίο αποτελείται από N_1 νησίδες (islands) των N_2 κόμβων (σύνολο κόμβων $N = N_1 \times N_2$). Για τη διασύνδεση των κόμβων εντός της νησίδας επιλέγεται τοπολογία Multistage Interconnection Network (MIN, π.χ. Omega), ενώ οι νησίδες μεταξύ τους διασυνδέονται με πλήρες δίκτυο.

- i. Σχεδιάστε ένα δίκτυο σαν το παραπάνω χρησιμοποιώντας 2×2 διακόπτες που να διασυνδέει 16 κόμβους. Δεν ενδιαφέρει η συνδεσμολογία των διακοπών, δείξτε μόνο τη διάταξή τους (8%).
- ii. Ποια είναι η διάμετρος, ο αριθμός των συνδέσεων και ο αριθμός των διακοπών στη γενική περίπτωση που έχουμε N κόμβους σαν συνάρτηση των N_1, N_2 (6%).
- iii. Βελτιστοποιήστε το παραπάνω δίκτυο επιλέγοντας κατάλληλα τις παραμέτρους N_1, N_2 για $N = 2000$ (5%).

Θέμα 4^ο (40%):

Δίνεται ο παρακάτω υπολογιστικός πυρήνας:

```
for (i = 0; i < N1; i++)
  for (j = 0; j < N2; j++)
    A[i][j] = f(A[i-1][j-1], A[i-1][j], A[i][j-1]);
```

- i. Υπολογίστε τις εξαρτήσεις του παραπάνω κώδικα και επισημάνετε ποιοι βρόχοι μπορούν να παραλληλοποιηθούν (5%).
- ii. Σχεδιάστε το γράφο των εξαρτήσεων για $N_1 = N_2 = 4$, επισημάνετε το κρίσιμο μονοπάτι και υπολογίστε τη μέγιστη επιτάχυνση που μπορεί να επιτευχθεί. Γενικεύστε για οποιαδήποτε N_1, N_2 (5%).
- iii. Δώστε παράλληλη υλοποίηση σε ψευδοκώδικα του παραπάνω αλγορίθμου στο μοντέλο της κοινής μνήμης (12%).
- iv. Για το μοντέλο ανταλλαγής μηνυμάτων, επιλέξτε και σχεδιάστε μία κατανομή δεδομένων σε επεξεργαστές και επισημάνετε τα σημεία και τον τρόπο επικοινωνίας (5%).
- v. Δώστε παράλληλη υλοποίηση σε ψευδοκώδικα του παραπάνω αλγορίθμου στο μοντέλο της ανταλλαγής μηνυμάτων (13%).