



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

---

## ΕΜ 361: ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ (PARALLEL COMPUTING)

ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ: 3η

Όνομα Καθηγητή: Χαρμανδάρης Ευάγγελος

Τμήμα Εφαρμοσμένων Μαθηματικών

**ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ**  
**ΕΜ 361: ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ (PARALLEL COMPUTING)**

**Χειμερινό Εξάμηνο 2010/11**

**3<sup>η</sup> ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ**

**Ημερομηνία Παράδοσης:** Μέχρι την Πέμπτη 02/12 ώρα 24:00. Η παράδοση θα γίνει στέλνοντας με email το αρχείο αναφοράς σε μορφή *Eponymo.tar*. Το αρχείο θα περιέχει αναφορά σε μορφή pdf καθώς και όλους του κώδικες που χρησιμοποιήσατε. Στην αναφορά θα πρέπει επίσης να αναγράφονται τα στοιχεία σας: ονοματεπώνυμο, ΑΜ, αριθμός εξαμήνου.

**ΑΣΚΗΣΗ 1: Μέτρηση Χρόνου Επικοινωνίας (35 Μονάδες)**

Στόχος της άσκησης είναι η μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για την αποστολή ενός μηνύματος σε παράλληλο πρόγραμμα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήστε κώδικα της μορφής (pseudocode):

```
Processor 0:      time(&t1);
                  send(&x, P1);
                  time(&t2);
                  time_P0 = difftime(t2,t1);
                  recv(&time_P1, P1);
                  printf ("time of P0= %d", time_P0)
```

```
Processor 1:      time(&t1);
                  recv(&x, P0);
                  time(&t2);
                  time_P1 = difftime(t2,t1);
                  send(&time_P1, P0);
```

όπου P0 και P1 είναι 2 επεξεργαστές,  $x$  είναι ένα σύνολο δεδομένων με μέγεθος  $x\_size$  και  $time$  μια συνάρτηση που επιστρέφει το χρόνο. Η τελευταία μπορεί να είναι η  $clock()$ ,  $time()$  ή  $gettimeofday()$ . Χρησιμοποιήστε δεδομένα με διαφορετικό μέγεθος και αριθμό ώστε να βρείτε μια ακριβή εκτίμηση του χρόνου επικοινωνίας.

Βρείτε και γράψτε σε μια αναφορά τα ακόλουθα:

- A) Πως εξαρτάται ο χρόνος αποστολής με το μέγεθος του μηνύματος; Δώστε ένα κατάλληλο γράφημα ( $time\_send$  vs  $x\_size$ ) και ελέγξτε αν μπορεί να γίνει μια προσαρμογή (fitting) στα αποτελέσματα.
- B) Υπολογίστε τον χρόνο υστέρησης επικοινωνίας (Communication Latency),  $t_{lat}$  και τον χρόνο που απαιτείται για την αποστολή ενός δεδομένου,  $t_{data}$ .
- C) Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιώντας συναρτήσεις συλλογικής επικοινωνίας (π.χ. broadcast, gather). Παρουσιάστε πάλι διάγραμμα  $time\_send$  vs

$x\_size$ . Πόσο διαφέρουν τα αποτελέσματα από το (A); Προσοχή: στη σύγκριση με το (A) κανονικοποιήστε ώστε ο χρόνος να είναι ανά **μία** πράξη επικοινωνίας.

## ΑΣΚΗΣΗ 2: Πράξεις με Πίνακες (65 Μονάδες)

Θεωρήστε πίνακες  $A, B$  με  $A \in \mathbb{R}^{m,n}$  και  $B \in \mathbb{R}^{n,k}$ .

A) Φτιάξτε έναν σειριακό κώδικα, σε C ή Fortran, ο οποίος θα υπολογίζει το γινόμενο των δύο πινάκων  $D=AB$ . Το πρόγραμμα θα διαβάζει τις παραμέτρους  $n, m$ , και  $k$ , θα κατασκευάζει τους πίνακες  $A$  και  $B$  χρησιμοποιώντας τυχαίους αριθμούς και κατόπιν θα υπολογίζει τον  $D$ . Μετρήστε τον χρόνο εκτέλεσης του κώδικα (μόνο των υπολογισμών) για διάφορες τιμές του  $N$  ( $m=n=k=N$ ).

B) Επεκτείνετε/τροποποιήστε τον παραπάνω κώδικα ώστε να γίνει παράλληλος. Κάθε επεξεργαστής θα υπολογίζει ένα μέρος του  $D$ . Κατόπιν ένας επεξεργαστής θα αναλαμβάνει να συλλέξει τα τοπικά αποτελέσματα και να κατασκευάσει ολόκληρο το  $D$ . Για την επικοινωνία χρησιμοποιήστε αποκλειστικά MPI\_Send και MPI\_Recv. Μετρήστε τον χρόνο εκτέλεσης (υπολογισμοί + επικοινωνία) για διάφορες τιμές του  $N$  ( $m=n=k=N$ ) και διαφορετικό αριθμό επεξεργαστών  $P$ .

C) Στην περίπτωση του (B) τροποποιήστε τον κώδικα χρησιμοποιώντας συναρτήσεις συλλογικής επικοινωνίας (π.χ. MPI\_Scatter, MPI\_Gather ή όποια άλλη χρειαστείτε). Μετρήστε τον χρόνο εκτέλεσης (υπολογισμοί + επικοινωνία) για διάφορες τιμές του  $N$  ( $m=n=k=N$ ) και διαφορετικό αριθμό επεξεργαστών  $P$ .

D) Γράψτε μια αναφορά στην οποία θα περιγράφονται τα παρακάτω: περιγραφή του σειριακού και των παράλληλων αλγόριθμων (πως γίνεται η κατανομή των δεδομένων, ποιες συναρτήσεις MPI χρησιμοποιήθηκαν). Ποια είναι η μέγιστη τιμή του  $N$  που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε; Επίσης θα περιγράψετε και θα αναλύσετε τα αποτελέσματα. Για το σκοπό αυτό φτιάξτε τα παρακάτω γραφήματα:

- (1) Γράφημα με x-άξονα την παράμετρο  $N$  και y-άξονα τον χρόνο. Στο γράφημα θα υπάρχουν οι χρόνοι εκτέλεσης του σειριακού και των παράλληλων κωδίκων (από τα (B) και (C)).
- (2) Γράφημα με x-άξονα την παράμετρο  $N$  και y-άξονα τον λόγο επιτάχυνσης  $S(P)$  όπου  $P$  είναι ο αριθμός των επεξεργαστών που χρησιμοποιήσατε.
- (3) Για την μεγαλύτερη τιμή του  $N$  που χρησιμοποιήσατε φτιάξτε ένα γράφημα με x-άξονα τον αριθμό των επεξεργαστών  $P$  και y-άξονα τον λόγο επιτάχυνσης  $S(P)$ .

## Σημειώματα

### Σημείωμα αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Κρήτης, Χαρμανδάρης Ευάγγελος, 2011. Χαρμανδάρης Ευάγγελος. Παράλληλοι Υπολογισμοί. 3η Σειρά Ασκήσεων». Έκδοση: 1.0. Ηράκλειο 2011.

### Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

### Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

## Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

