

Σετ προγραμμάτων #2  
(MPI)**Υπολογισμός πρώτων αριθμών (30%)**

Στο προηγούμενο σετ ασκήσεων έπρεπε να παραλληλοποιήσετε με OpenMP ένα πρόγραμμα το οποίο, δεδομένου του  $N$ , υπολόγιζε το πλήθος των πρώτων αριθμών καθώς και τον μεγαλύτερο πρώτο αριθμό μέχρι και το  $N$ . Σας ζητείται να το παραλληλοποιήσετε με χρήση MPI. Η βασική ιδέα είναι κάθε διεργασία να αναλαμβάνει να ελέγχει ένα υποσύνολο των αριθμών.

**Πολλαπλασιασμός πινάκων με μεταβίβαση μηνυμάτων (35%)**

Υλοποιήστε και χρονομετρήστε ένα προγράμματα για τον πολλαπλασιασμό πίνακα επί πίνακα χρησιμοποιώντας το MPI και παραλληλοποίηση του εξωτερικού βρόχου (ο οποίος διατρέχει τις γραμμές). Η παραλληλοποίηση αυτή είναι γνωστή και ως μέθοδος διαχωρισμού γραμμών (strip-partitioning) όπου κάθε διεργασία αναλαμβάνει τον υπολογισμό μια «λωρίδας» συνεχόμενων γραμμών του αποτελέσματος.

**Μονόπλευρες επικοινωνίες (35%)**

Η επικοινωνία μεταξύ δύο διεργασιών, όπως την έχουμε δει μέχρι στιγμής, θεωρείται αμφίπλευρη (two-sided) διότι, για να ολοκληρωθεί, πρέπει να ενεργήσουν και οι δύο εμπλεκόμενες διεργασίες· η μία διεργασία πρέπει να εκτελέσει αποστολή και η άλλη λήψη. Στη λεγόμενη μονόπλευρη επικοινωνία (one-sided communication), ενεργεί μόνο ένα από τα δύο μέρη, είτε ο αποστολέας είτε ο παραλήπτης. Στην περίπτωση αυτή, εκείνος που εκτελεί την επικοινωνία πρέπει να προσδιορίσει όλες τις απαραίτητες παραμέτρους. Για παράδειγμα, στη μονόπλευρη αποστολή, η πηγή πρέπει να καθορίσει τον χώρο που βρίσκεται το μήνυμα που θα σταλθεί αλλά και τον χώρο (στον προορισμό) όπου θα αποθηκευτεί και η αποστολή θα γίνει χωρίς τη μεσολάβηση του παραλήπτη. Οι μονόπλευρες επικοινωνίες είναι ευρύτερα γνωστές με τον όρο απομακρυσμένη προσπέλαση μνήμης (Remote Memory Access, RMA), όπου μία διεργασία μπορεί να προσβεί, γράφοντας ή διαβάζοντας, άμεσα τη μνήμη μίας άλλης.

Αναζητήστε πληροφορίες για το τι ακριβώς είναι οι μονόπλευρες επικοινωνίες, τι παρέχει το MPI και πώς τις χρησιμοποιεί κάποιος σε μία εφαρμογή προκειμένου να γράψετε έναν μικρό οδηγό (2-3 σελίδες) για αυτές στην αναφορά σας.

**Λεπτομέρειες****Απαιτούμενα**

- Θα πρέπει να παραδώσετε πλήρη αναφορά, περιλαμβάνοντας και γραφικές παραστάσεις χρονομετρήσεων καθώς και συζήτηση γύρω από τα αποτελέσματα.
- Τα προγράμματά σας (πηγαίοι κώδικες + αναφορά) θα πρέπει να τα παραδώσετε με turnin set2@mye023. Πληροφορίες στην ιστοσελίδα του μαθήματος.
- Για τη χρονομέτρηση θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κλήση χρονομέτρησης που παρέχει το ίδιο το MPI (MPI\_wtime()). Θα πρέπει, εκτός από το χρόνο εκτέλεσης να υπολογίζετε και τα overheads (βλ. και τις Παρατηρήσεις παρακάτω).
- Τα προγράμματά σας θα πρέπει να τα εκτελέσετε σε τρεις διαφορετικές “εικονικές” μηχανές (που φτιάχνετε μέσω του αρχείου hostfile) με 2, 4 και 8 υπολογιστές η κάθε μία, και να συγκρίνετε τον χρόνο εκτέλεσης σε κάθε περίπτωση με τον χρόνο που απαιτήθηκε για το σειριακό πρόγραμμα (βλ. και τις Παρατηρήσεις παρακάτω).

- Για κάθε περίπτωση, το πρόγραμμα θα εκτελείται 4 φορές και ο τελικός χρόνος θα είναι ο μέσος όρος των τεσσάρων χρόνων. Θα πρέπει επομένως να ετοιμάσετε ένα πίνακα αποτελεσμάτων για κάθε ένα από τα προγράμματά σας, ακριβώς όπως στις προηγούμενες εργασίες σας.
- Μαζί με τους παραπάνω πίνακες, θα πρέπει να ετοιμάσετε και μία γραφική παράσταση των (μέσων) χρόνων συναρτήσει του αριθμού των διεργασιών.
- Τέλος, θα πρέπει να σχολιάσετε τους χρόνους που βρήκατε. Στο σχολιασμό θα πρέπει να περιλαμβάνονται και τα παρακάτω:
  - Είναι τα αποτελέσματα κοντά στα ιδεώδη;
  - Γιατί;
  - Πόσο χρόνο σπαταλούν οι διεργασίες στους υπολογισμούς και πόσο στις επικοινωνίες;

### Παρατηρήσεις

1. Η ανάπτυξη των προγραμμάτων σας μπορεί να γίνει οπουδήποτε αλλά η εκτέλεση και χρονομέτρηση των πειραμάτων σας θα πρέπει να γίνει σε υπολογιστές του τμήματος.
2. Σε κάθε κόμβο της εικονικής μηχανής που χρησιμοποιείτε να κάνετε χρήση όλων των πυρήνων. Δηλαδή, αν στην εικονική μηχανή συμμετέχουν 2 κόμβοι, κάθε ένας εκ των οποίων είναι τετραπύρηνος, το πλήθος των διεργασιών που θα πρέπει να δημιουργηθούν είναι  $2 \times 4 = 8$
3. Οδηγίες χρήσεως του MPI θα βρείτε στην ιστοσελίδα του μαθήματος. Οι υπολογιστές του τμήματος διαθέτουν 3 υλοποιήσεις του MPI εκ των οποίων η βασική είναι αυτή του OpenMPI.
4. Για τον πολλαπλασιασμό πινάκων, δοκιμάστε πίνακες ακεραίων  $1024 \times 1024$  στοιχείων (δίνονται στην ιστοσελίδα του μαθήματος). Τα στοιχεία τους θα πρέπει να τα αποθηκεύσετε σε αρχεία ώστε να μπορέσετε να ελέγξετε τη σωστή λειτουργία των προγραμμάτων σας συγκρίνοντας με τα αποτελέσματα του σειριακού (εγγυημένα σωστού) προγράμματος. **Προσοχή:** μην χρονομετρήσετε το μέρος του κώδικα που διαβάζει / γράφει στα αρχεία.
5. Θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε (όπου χρειάζεται) τις κλήσεις για συλλογικές επικοινωνίες.
6. Θα πρέπει να υπολογίζετε πάντα και τα *overheads* του παραλληλισμού, αφαιρώντας από τον συνολικό (αθροιστικό) χρόνο εκτέλεσης, τους χρόνους υπολογισμών.

### Προθεσμία παράδοσης:

Δευτέρα, 1 Ιουνίου 2020

Βασίλειος Δημακόπουλος