

Εργασία #3 (MPI και υβριδικός προγραμματισμός)

Πολλαπλασιασμός πινάκων με μεταβίβαση μηνυμάτων (40%)

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 κόμβος αναλαμβάνει τον υπολογισμό μια «λωρίδας» συνεχόμενων γραμμών του αποτελέσματος.

Θα πρέπει να χρονομετρηθεί τόσο ο συνολικός χρόνος των προγραμμάτων όσο και ο χρόνος που σπαταλήθηκε σε επικοινωνίες. Σε κάθε περίπτωση να γίνεται χρήση συλλογικών επικοινωνιών, όπου και εφόσον είναι εφικτό.

Υβριδικός πολλαπλασιασμός πινάκων MPI/OpenMP (20%)

Ο υβριδικός προγραμματισμός χρησιμοποιεί συνδυασμό προγραμματιστικών μοντέλων για την παραλληλοποίηση μίας εφαρμογής. Η πιο συνηθισμένη μορφή του σε υπολογιστικές συστάδες (clusters) είναι να χρησιμοποιείται το MPI με μία διεργασία ανά κόμβο, και μέσα στον κάθε (πολυπύρηνο) κόμβο η διεργασία να παραλληλοποιεί τον υπολογισμό της με νήματα είτε μέσω της βιβλιοθήκης νημάτων POSIX, είτε μέσω OpenMP.

Σας ζητείται να επαναλάβετε το προηγούμενο πρόγραμμα πολλαπλασιασμού πινάκων με υβριδικό προγραμματισμό MPI + OpenMP, όπου θα έχετε 1 διεργασία ανά κόμβο και η διεργασία θα εκμεταλλεύεται τα πολλαπλά cores του κόμβου μέσω OpenMP.

Με άλλα λόγια, αν η μηχανή σας αποτελείται από K κόμβους των N πυρήνων ο καθένας, αντί να φτιάξετε $K \times N$ διεργασίες MPI, θα πρέπει να φτιάξετε K διεργασίες. Κάθε μία από αυτές θα παραλληλοποιεί τον υπολογισμό που της αντιστοιχεί με χρήση OpenMP, όπου η παράλληλη περιοχή θα εκτελείται από N νήματα.

Υπολογισμός του $\pi=3.141592$ με αυτοδρομολόγηση (40%)

Πρέπει να υλοποιήσετε και να χρονομετρήσετε παράλληλο πρόγραμμα για τον υπολογισμό του π χρησιμοποιώντας την τεχνική της αυτοδρομολόγησης: η διεργασία 0 θα δέχεται αιτήσεις, θα μοιράζει τις εργασίες (η ίδια δεν θα συμμετέχει στον υπολογισμό) και θα τυπώνει το τελικό αποτέλεσμα. Το πλήθος των διαστημάτων θα δίνεται από τον χρήστη μετά την εκκίνηση του προγράμματος. Κάθε εργασία (πλην της τελευταίας πιθανώς) να είναι περίπου 10.000 επαναλήψεις του βρόχου υπολογισμού.

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 set3@mye023`. Πληροφορίες στην ιστοσελίδα του μαθήματος.
- Για τη χρονομέτρηση θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κλήση χρονομέτρησης που παρέχει το ίδιο το MPI (`MPI_wtime()`).
- 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 τους χρόνους εκτέλεσης 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 πρέπει 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 $2 \times 4 = 8$ (εκτός βέβαια της περίπτωσης του υβριδικού προγράμματος, όπου θα δημιουργείτε 1 διεργασία ανά κόμβο).
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 2048×2048 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 και θα πρέπει να χρονομετρήσετε ξεχωριστά τον χρόνο που σπαταλήθηκε σε επικοινωνίες.

Προθεσμία παράδοσης:

Δευτέρα, 22 Ιουνίου 2026