

ΕCE445: ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Χειμερινό Εξάμηνο 2024-2025

Εργασία 1:

Σχεδιασμός Παράλληλων Αλγορίθμων – Έμμεσος παραλληλισμός
(Ημερομηνία Παράδοσης: Κυριακή 08.11.2024, 23:55)

Γενικές Οδηγίες για όλες τις εργασίες:

Ακολουθείστε το υπόδειγμα κειμένου (*template.docx*) καθώς και αυτό αποτελεί μέρος στο βαθμό σας.

Εισάγετε *Captions* (*References* → *Insert Caption*) σε εικόνες και πίνακες και όταν να αναφέρετε μέσα στο κείμενο κάντε χρήση του *References* → *Cross-Reference*, ώστε να συνδέεται σωστά το κείμενο με τα εν λόγω αντικείμενα.

Γράψτε καθαρά τα ονοματεπώνυμά σας και τα ΑΕΜ σας στην πρώτη σελίδα.

Στις θεωρητικές ασκήσεις γράψτε αναλυτικά τις απαντήσεις σας με δικά σας λόγια και αναφέρετε τις πηγές από όπου τις αντλήσατε.

Στις προγραμματιστικές, εξηγήστε τον αλγόριθμο που προγραμματίσατε και παρουσιάστε αναλυτικά τα πειραματικά αποτελέσματα των προγραμμάτων σας.

Σε περίπτωση που πήρατε έτοιμο κώδικα, να αναφέρετε τη συγκεκριμένη πηγή (π.χ., *github* κλπ.) στη βιβλιογραφία, ωστόσο να εξηγήσετε το αλγόριθμο που υλοποιεί

Περιγράψτε την υλοποίησή σας αλλά και το μηχανήμα στο οποίο δουλέψατε (χαρακτηριστικά υλικού, *OS*, *compiler* κλπ.).

Προγραμματίστε σε *C* και σε περιβάλλον *Linux*, χρησιμοποιείτε αρχεία *Makefile* για *compile/link/execution* των προγραμμάτων σας.

Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας, και παρουσιάστε τα αποτελέσματα με πίνακες, γραφικές παραστάσεις.

Γραφήματα και γραφικές παραστάσεις πρέπει να έχουν δημιουργηθεί με λογισμικό και να μην είναι σκαναρισμένα.

Γενικά το κείμενο σας πρέπει να είναι καλογραμμένο και ευανάγνωστο ενώ θα πρέπει να δικαιολογείτε ΠΛΗΡΩΣ τα βήματα που ακολουθήσατε, και να σχολιάζετε τα αποτελέσματα από κάθε άσκηση. **(20 μον)**

Παραδώστε την εργασία σας μέσω *eclass* σε ένα *zip* αρχείο (***hw1_AEM1_AEM2_AEM3.zip***), το οποίο θα περιέχει το κείμενο με τις λύσεις/αποτελέσματα και σχόλια σας, τον κώδικά σας (.c, .h αρχεία και το *Makefile* σας).

Σημειώνεται ότι οι ομάδες δεν αλλάζουν στη διάρκεια του εξαμήνου.

Άσκηση 1. (30)

Να παραστήσετε με γραφήματα την επίλυση του παρακάτω προβλήματος:

Αν (x_i, y_i) , $i=0,1,2,\dots,n$ σημεία από τη γραφική παράσταση μιας συνάρτησης, να υπολογισθεί το ολοκλήρωμα της με χρήση του κανόνα του τραpezίου.

Εξηγήστε τι διεργασία εκτελεί κάθε κόμβος του γραφήματος και χρησιμοποιήστε κατευθυνόμενα βέλη για να δηλώσετε εξάρτηση μεταξύ διεργασιών και ανταλλαγή δεδομένων.

Υπολογίστε μέγιστο και μέσο βαθμό παραλληλίας για γενικό n , ενώ δημιουργείτε τα γραφήματα σας για **$n=8$ ή 16.**

Δοκιμάστε να γράψετε παράλληλο αλγόριθμο, για το συγκεκριμένο πρόβλημα, ο οποίος να τρέχει σε p επεξεργαστές. Ποια η σχέση ανάμεσα σε p και n τέτοια ώστε να έχουμε ομοιόμορφο καταμερισμό εργασιών; Υποθέστε ότι ισχύει αυτή η σχέση για να κάνετε τη μελέτη σας.

Λάβετε υπόψιν σας ότι το κόστος 1 πράξης είναι 1 μονάδα χρόνου και το κόστος μεταφοράς μιας λέξης είναι 1, υπολογίστε S_p και E_p .

Κάντε γραφικές παραστάσεις (μία για το S_p και μια για την E_p) ως προς τον αριθμό επεξεργαστών ($p = 1, 4, 8, 16, 32, 64$) για $n = 64, 128, 256, 512, 1024$. Θα υπολογίζετε τις τιμές μόνο στις συγκεκριμένες τιμές και τα ενώνεται

τα σημεία με τεθλασμένες γραμμές (διαφορετικό χρώμα για κάθε n). Στη γραφική παράσταση του S_p σχεδιάστε και την κύρια διαγώνιο για να μπορείτε να συγκρίνετε με το perfect speed up.

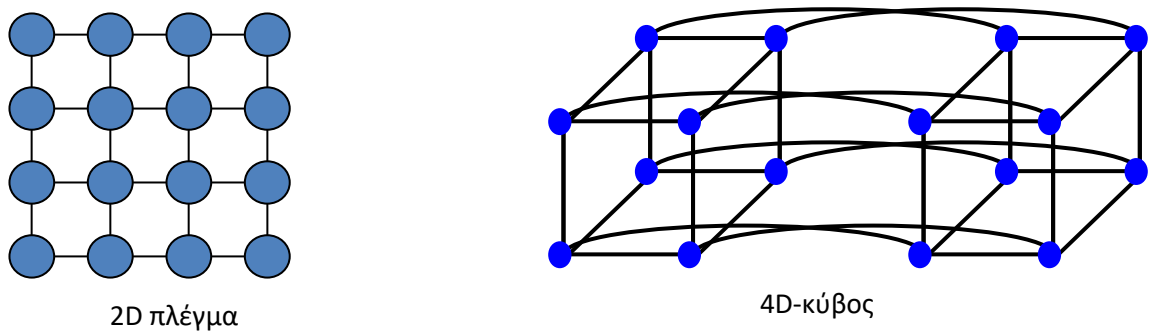
Άσκηση 2. (20)

Υποθέστε 2 γραφήματα $G(V, E)$ και $G'(V', E')$. Το G είναι δισδιάστατο πλέγμα 16 κορυφών όπως στο Σχ. 1, και το G' είναι υπερκύβος 4ης διάστασης. Υπολογίστε την αντιστοίχιση μεταξύ των id των κόμβων των 2 γράφων ώστε και οι τρεις ιδιότητες της ένθεσης να είναι ίσες με 1. Για το 2d πλέγμα θεωρείστε αρίθμηση κόμβων τύπου καρτεσιανών συντεταγμένων, ενώ για τον υπερκύβο θεωρείστε αρίθμηση με δυαδική αναπαράσταση, όπως αυτή που φαίνεται στις διαφάνειες.

α) (10) Γράψτε τον τύπο που συνδέει τα id μεταξύ τους.

β) (10) Γράψτε ένα γενικό μετασχηματισμό που να δουλεύει για γενικές περιπτώσεις, όπου ο υπερύβος είναι k διάστασης και το 2D πλέγμα έχει 2^k κόμβους και k άρτιος αριθμός.

Υπόδειξη: Εργαστείτε με αναδρομή.



Σχήμα 1. Δισδιάστατο πλέγμα, $G(V,E)$, υπερκύβος 4^{ης} διάστασης, $G'(V', E)$.

Άσκηση 3. (70)

Θεωρούμε το πρόβλημα υπολογισμού της 1-νόρμας ενός $n \times n$ πίνακα A , δηλ.

$$\|A\|_1 = \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |a_{ij}|$$

Η 1-νόρμα μπορεί να υπολογιστεί με 2 loops. Για να μελετήσουμε την επίδραση του βήματος του loop, θα εκτελέσουμε το loop των αθροισμάτων με διαφορετικό βήμα ($k=1, 2, 4, 8, 16$) με k ξεχωριστές εντολές.

- (20) Γράψτε τις 5 αντίστοιχες συναρτήσεις οι οποίες να υπολογίζουν τα αθροίσματα των στοιχείων της κάθε στήλης με διαφορετικό βήμα k και να μετρούν το χρόνο εκτέλεσης.
- (10) Κάντε τη γραφική παράσταση του χρόνου υπολογισμού της νόρμας ως προς το k .
- (10) Ποιο το πλήθος των πράξεων (πρόσθεση ή πολλαπλασιασμός) με αριθμούς κινούμενης υποδιαστολής στο πρόγραμμά σας;
- (10) Ποια είναι η μέγιστη ταχύτητα του προγράμματός σας σε FLOPS (Floating Point Operations Per Second);
- (10) Ποιο ή ποια k κρίνονται κρίσιμα για την βελτίωση της αποδοτικότητας;
- (10) Ποιος ο λόγος που περιμένουμε βελτίωση στην αποδοτικότητα;
- Βεβαιωθείτε ότι οι πράξεις και τα αποτελέσματά σας είναι σωστά. Απαντήστε σε κάθε υποερώτηση ξεχωριστά και καθαρά αιτιολογώντας τις παρατηρήσεις σας.

Υπόδειξη 1: Γράψτε κώδικα για να δημιουργεί πίνακες μεγάλους πυκνούς με στοιχεία μονάδες, δηλαδή $a_{ij} = 1$, $1 \leq i, j \leq n$. οπότε $\|A\|_1 = n$. Δοκιμάστε $n = 2^{10}, 2^{12}, 2^{14}, 2^{16}, 2^{18}, 2^{20}$ κλπ., μέχρι ο υπολογιστής σας να μην μπορεί να ανταποκριθεί. Χρησιμοποιήστε αυτόν τον κώδικα μέσα στο πρόγραμμά σας ώστε να δουλεύετε με μεγάλους

πίνακες και να βεβαιώνετε ότι κάνετε σωστούς υπολογισμούς και όσο το δυνατόν σωστότερες μετρήσεις του χρόνου εκτέλεσης.

Υπόδειξη 2 : Συμβουλευτείτε από το [netlib.org](http://www.netlib.org/lapack/explore-html/d0/d16/sdot_8f_source.html) τη συνάρτηση `sdot` της LAPACK/BLAS για το πώς θα πρέπει να αντιμετωπίσετε την δημιουργία `for loops` με διαφορετικά βήματα k
http://www.netlib.org/lapack/explore-html/d0/d16/sdot_8f_source.html

Άσκηση 4. (70)

Θεωρούμε το πρόβλημα υπολογισμού της \max -νόρμας ενός $n \times n$ πίνακα A , δηλ.

$$\|A\|_{\infty} = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |a_{ij}|$$

Η \max -νόρμα μπορεί να υπολογιστεί με 2 `loops`. Για να μελετήσουμε την επίδραση του βήματος του `loop`, θα εκτελέσουμε το `loop` των αθροισμάτων με διαφορετικό βήμα ($k=1, 2, 4, 8, 16$) με k ξεχωριστές εντολές .

- α. (20) Γράψτε αντίστοιχες συναρτήσεις οι οποίες να υπολογίζουν τα αθροίσματα των στοιχείων της κάθε γραμμής με διαφορετικό βήμα k και να μετρούν το χρόνο εκτέλεσης.
- β. (10) Κάντε τη γραφική παράσταση του χρόνου υπολογισμού της νόρμας ως προς το k .
- γ. (10) Ποιο το πλήθος των πράξεων (πρόσθεση ή πολλαπλασιασμός) με αριθμούς κινούμενης υποδιαστολής στο πρόγραμμά σας;
- δ. (10) Ποια είναι η μέγιστη ταχύτητα του προγράμματος σας σε FLOPS (Floating Point Operations Per Second);
- ε. (10) Ποιο ή ποια k κρίνονται κρίσιμα για την βελτίωση της αποδοτικότητας;
- στ. (10) Ποιος ο λόγος που περιμένουμε βελτίωση στην αποδοτικότητα;
- ζ. Βεβαιωθείτε ότι οι πράξεις και τα αποτελέσματά σας είναι σωστά. Απαντήστε σε κάθε υποερώτηση ξεχωριστά και καθαρά αιτιολογώντας τις παρατηρήσεις σας.

Υπόδειξη 1 : Όπως η υπόδειξη 1 στην προηγούμενη άσκηση.

Άσκηση 5. (30)

Παρατηρείτε κάποια διαφορά στο χρόνο εκτέλεσης μεταξύ των 2 προγραμμάτων των ασκήσεων 3 και 4; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.