



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

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ  
9ο εξάμηνο ΗΜΜΥ, ακαδημαϊκό έτος 2006-07

ΑΣΚΗΣΗ 2

Προθεσμίες παράδοσης:

Επίδειξη προγραμμάτων έως 15 Ιανουαρίου 2007

Παράδοση αναφοράς έως Ημέρα γραπτής εξέτασης του μαθήματος

1 Γενικά

Η Μερική Διαφορική Εξίσωση (ΜΔΕ)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -c \nabla u$$

περιγράφει την κίνηση αερίων μαζών και χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση καιρικών φαινομένων στη μετεωρολογία. Στις δύο διαστάσεις η παραπάνω εξίσωση γράφεται

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -c \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

Με τη βοήθεια της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών, κάθε μερική παράγωγος της παραπάνω εξίσωσης αντικαθίσταται από ένα λόγο διαφορών, έτσι που η αριθμητική επίλυση της παραπάνω εξίσωσης να προκύπτει από τον υπολογισμό του επαναληπτικού αλγορίθμου

$$U_{ij}^{n+1} = (1 - 2c \frac{dt}{dx}) U_{ij}^n + c \frac{dt}{dx} (U_{ij-1}^n + U_{i-1j}^n)$$

Για να είναι ευσταθής ο παραπάνω αλγόριθμος θα πρέπει να ισχύει  $dx \geq 2cdt$ ,  $c > 0$ .

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η σχεδίαση και υλοποίηση παράλληλου αλγορίθμου και προγράμματος που θα επιλύει την παραπάνω ΜΔΕ για χωρίο  $X \times Y$  και χρονικό παράθυρο  $T$ .

## 2 Ζητούμενα

1. Αναπτύξτε σειριακό πρόγραμμα που να επιλύει την παραπάνω ΜΔΕ.
2. Αναπτύξτε παράλληλο πρόγραμμα στο μοντέλο ανταλλαγής μηνυμάτων (message-passing) με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης MPI που να επιλύει τη ΜΔΕ σε ένα παράλληλο σύστημα κατανεμημένης μνήμης. Ακολουθείστε τη λογική του λεπτοκομμένου (*fine-grain*) παραλληλισμού. Χρησιμοποιείστε σαν πλατφόρμα εκτέλεσης τη συστοιχία των *kids* (16 κόμβοι *kid1-kid16*).
3. Ομοίως με το προηγούμενο ζητούμενο υλοποιώντας όμως χονδροκομμένο (*coarse-grain*) παραλληλισμό.
4. Αναπτύξτε υβριδικό παράλληλο πρόγραμμα με τη βοήθεια των βιβλιοθηκών MPI και OpenMP που να επιλύει τη ΜΔΕ σε ένα παράλληλο σύστημα που ακολουθεί τη διεπίπεδη αρχιτεκτονική. Χρησιμοποιείστε σαν πλατφόρμα εκτέλεσης τους οκτώ διπλοεπεξεργαστικούς κόμβους της συστοιχίας των *twins*.
5. Πραγματοποιείστε μετρήσεις επίδοσης (χρόνος εκτέλεσης, επιτάχυνση, MFLOPs) για διάφορες τιμές των  $X, Y, T$  και  $dt$  με βάση συγκεκριμένο σενάριο που θα σας δοθεί στο εργαστήριο.
6. Συγκεντρώστε τις παρατηρήσεις και τα αποτελέσματά σας σε συνοπτική αναφορά.

## 3 Διευκρινίσεις

- Το πρόγραμμά σας πρέπει να είναι πλήρως παραμετρικό και να δέχεται σαν είσοδο τον αριθμό των επεξεργαστών και τις τιμές των  $X, Y, T$  και  $dt$ . Το  $dx$  θα υπολογίζεται με βάση το κριτήριο ευστάθειας. Θεωρήστε  $c = 0.5$ .
- Αρχικοποιείστε ως εξής:  $U_{ij}^0 = 0.0$ ,  $i, j \neq 0$ ,  $U_{0j}^t = 1.0$  και  $U_{i0}^t = 2.0$ .
- Η μνήμη που θα χρησιμοποιήσετε θα δεσμεύεται δυναμικά (π.χ. με `malloc`). Για εξοικονόμηση χώρου μνήμης θεωρήστε ότι ενδιαφέρει το αποτέλεσμα του τελευταίου χρονικού βήματος, επομένως η μνήμη που αποθηκεύει αποτελέσματα ενδιάμεσων χρονικών βημάτων μπορεί (και πρέπει) να επαναχρησιμοποιείται.