



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 2007-08

### ΑΣΚΗΣΗ 1

Προθεσμίες παράδοσης:  
Επίδειξη προγραμμάτων έως 18 Ιανουαρίου 2008  
Παράδοση αναφοράς έως 1 Φεβρουαρίου 2008

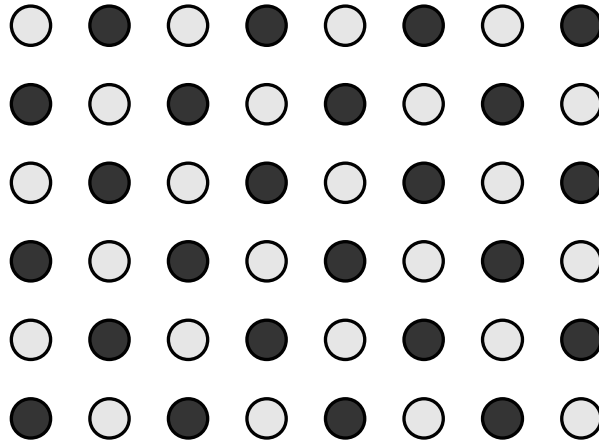
#### 1 Γενικά

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης του μαθήματος είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη παράλληλου αλγορίθμου και προγράμματος που θα υλοποιεί την επαναληπτική μέθοδο επίλυσης Red-Black. Η μέθοδος Red-Black χρησιμοποιείται για την επίλυση Μερικών Διαφορικών Εξισώσεων. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε ένα διακριτοποιημένο χωρίο στις δύο χωρικές διαστάσεις μεγέθους  $X \times Y$  τότε η μέθοδος επίλυσης προσεγγίζει επαναληπτικά τη λύση για κάθε σημείο σαν το μέσο όρο των τεσσάρων γειτονικών του, δηλ.

$$x_{ij}^{k+1} = \frac{1}{4}(x_{i-1j}^k + x_{i+1j}^k + x_{ij-1}^k + x_{ij+1}^k)$$

Προκειμένου να αυξηθεί ο παραλληλισμός της μεθόδου, το χωρίο διαμοιράζεται σε “κόκκινα” και “μαύρα” σημεία, έτσι ώστε κάθε κόκκινο σημείο να περιβάλλεται από μαύρα και κάθε μαύρο από κόκκινα (βλ. Σχήμα 1).

Ο υπολογισμός προχωράει σε διακριτές φάσεις, έτσι ώστε στην πρώτη φάση τα κόκκινα σημεία ενημερώνονται διαβάζοντας τα μαύρα, στη δεύτερη τα μαύρα ενημερώνονται



Σχήμα 1: Χωρίο υπολογισμού διαμοιρασμένο σε κόκκινα και μαύρα σημεία.

διαβάζοντας τα κόκκινα κ.ο.κ. Ο υπολογισμός σταματά όταν ικανοποιηθεί κάποιο κριτήριο σύγκλισης, ή μετά από  $T$  φάσεις.

## 2 Ζητούμενα

1. Αναπτύξτε σειριακό πρόγραμμα που να υλοποιεί τον παραπάνω υπολογισμό για χωρίο τριών χωρικών διαστάσεων ( $x_{ijl}^{k+1} = \frac{1}{6}(x_{i-1jl}^k + x_{i+1jl}^k + x_{ijl-1}^k + x_{ijl+1}^k + x_{ijl-1}^k + x_{ijl+1}^k)$ ).
2. Αναπτύξτε παράλληλο πρόγραμμα στο μοντέλο ανταλλαγής μηνυμάτων (message-passing) με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης MPI που να υλοποιεί τον παραπάνω υπολογισμό σε ένα παράλληλο σύστημα κατανεμημένης μνήμης. Χρησιμοποιείστε σαν πλατφόρμα εκτέλεσης τη συστοιχία των *twins* (8 διπλοεπεξεργαστικοί κόμβοι).
3. Αναπτύξτε παράλληλο πρόγραμμα στο μοντέλο κοινής μνήμης (shared memory) με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης OpenMP που να υλοποιεί τον παραπάνω υπολογισμό σε ένα παράλληλο σύστημα κοινής μνήμης. Χρησιμοποιείστε σαν πλατφόρμα εκτέλεσης έναν εκ των κόμβων της συστοιχίας των *twins*.
4. Πραγματοποιείστε μετρήσεις επίδοσης (χρόνος εκτέλεσης, επιτάχυνση, MFLOPs) για διάφορες τοπολογίες επεξεργαστών και τιμές των  $T$ ,  $X$ ,  $Y$  και  $Z$  (διαστάσεις του 3-διάστατου χωρίου και μέγεθος του χρονικού παραθύρου για την εξομοίωση) με βάση συγκεκριμένο σενάριο που θα σας δοθεί στο εργαστήριο.
5. Συγκεντρώστε τις παρατηρήσεις και τα αποτελέσματά σας σε συνοπτική αναφορά.

## 3 Διευκρινίσεις

- Για οδηγίες σύνδεσης, μεταγλώττισης, εκτέλεσης κ.λ.π. των προγραμμάτων σας συμβουλευτείτε τις “ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ” που σας έχουν δοθεί. Το αρ-

χείο με τις οδηγίες είναι διαθέσιμο επίσης στο <http://www.cslab.ece.ntua.gr/courses/pps/files/pps-lab-guide.pdf>.

- Η μνήμη που θα χρησιμοποιήσετε θα δεσμεύεται **δυναμικά** (π.χ. με `malloc`). Διατηρήστε δεδομένα μόνο για τα βήματα που χρειάζεστε στους υπολογισμούς σας.
- Αρχικοποιείστε ως εξής:  $x_{ijl}^0 = c_1$ ,  $x_{0jl}^k = c_2$ ,  $x_{i0l}^k = c_3$ ,  $x_{ij0}^k = c_4$ .
- Για τη μέτρηση των χρόνων εκτέλεσης προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση βιβλιοθήκης `gettimeofday` του `sys/time.h`. Παρατηρείστε ότι κατά την μέτρηση χρόνων ενδιαφέρει **μόνο** το υπολογιστικό κομμάτι του αλγορίθμου, και όχι η φάση αρχικοποίησης ή π.χ. εκτύπωσης των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό πραγματοποιείται κατάλληλος συγχρονισμός των διεργασιών ή νημάτων πριν τις μετρήσεις χρόνου ως εξής:

```
/* ορισμός μεταβλητών, δεσμεύσεις μνήμης,  
   αρχικοποιήσεις πινάκων, αρχικοποιήσεις MPI */  
Barrier();  
gettimeofday(start,(struct timezone*)NULL);  
/* παράλληλος αλγόριθμος */ ...  
Barrier();  
gettimeofday(finish,(struct timezone*)NULL);  
duration=f(finish-start);  
/*Εκτυπώσεις και finalization*/
```