



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 Ακαδημαϊκό Έτος 2003-2004, 9ο Εξάμηνο ΗΜΜΥ

ΑΣΚΗΣΗ

Έστω ο παρακάτω τριπλά φωλιασμένος βρόχος (nested loop):

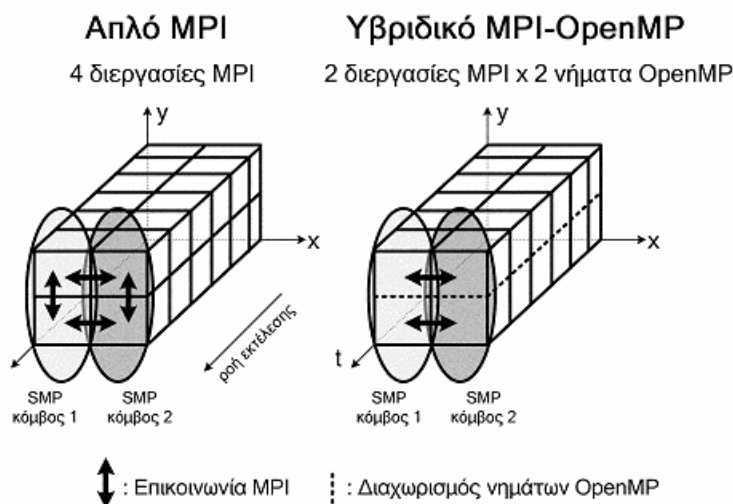
```
for t = 1 to T-1
  for x = 1 to X-1
    for y = 1 to Y-1
```

$$V(t,x,y) = \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{V(t-1,x-1,y)} + \sqrt{V(t-1,x,y-1)} \right\}$$

Ο πίνακας V είναι τύπου `double` με αρχικές τιμές $V(t,x,y)=0$ στην επιφάνεια $y=0$ και $V(t,x,y)=1$ στην επιφάνεια $x=0$. Να γραφεί αντίστοιχο παράλληλο πρόγραμμα σε απλό MPI μοντέλο ή υβριδικό MPI-OpenMP. Να γίνουν μετρήσεις χρησιμοποιώντας 2, 4, 8 και 16 επεξεργαστές (kid1-kid16 για απλό MPI, twin1-4, twin6, twin7, twin9, twin12 για υβριδικό MPI-OpenMP), και για χώρους $T \times X \times Y$: 8192x128x512, 8192x512x512, 8192x512x128. Να γίνει σύγκριση με το αντίστοιχο σειριακό (ο παραπάνω αλγόριθμος σε έναν επεξεργαστή) όσον αφορά τον χρόνο εκτέλεσης, και να φτιαχτούν τα διαγράμματα της επιτάχυνσης ως προς τον αριθμό των επεξεργαστών. Για κάθε χώρο, να προσδιοριστεί πειραματικά ο ελάχιστος χρόνος παράλληλης εκτέλεσης σε 16 επεξεργαστές.

Υπόδειξη: Η διαμέριση του χώρου TXY μπορεί να γίνει όπως φαίνεται στο σχήμα, για μια περίπτωση υλοποίησης σε απλό MPI, καθώς και για μια εναλλακτική υλοποίηση σε υβριδικό MPI-OpenMP. Η απεικόνιση στους επεξεργαστές μπορεί να γίνει κατά το επίπεδο xy , ενώ η ροή εκτέλεσης σε κάθε επεξεργαστή μπορεί να είναι ακολουθιακή κατά t . Στο απλό μοντέλο, θα υπάρχουν μόνο διεργασίες MPI (π.χ. 4 διεργασίες MPI για τους 4 επεξεργαστές), και ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ αυτών ανά ομάδα επαναλήψεων κατά t . Αντίθετα, στο υβριδικό θα υπάρχουν τόσο διεργασίες MPI, όσο και νήματα OpenMP (π.χ. 2 διεργασίες MPI x 2 νήματα OpenMP ανά διεργασία για τους 4 επεξεργαστές), ενώ επίσης απαιτείται τόσο ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των διεργασιών, όσο και συγχρονισμός μεταξύ των νημάτων.

Παράδειγμα με δύο dual-SMP κόμβους



Σημειώσεις:

- Το πρόγραμμά σας να είναι όσο το δυνατόν πιο παραμετρικό, τόσο για τα διάφορα T , X , Y , όσο και για τον αριθμό των επεξεργαστών $p=2^Y$.
- Η υλοποίηση σε υβριδικό MPI-OpenMP είναι σχετικά πιο δύσκολη, γι' αυτό και θα προμηθοτηθεί με μια επιπλέον μονάδα.
- Επειδή σε κάποιες περιπτώσεις οι απαιτήσεις σε ανάθεση μνήμης θα υπερβαίνουν τους διαθέσιμους πόρους του συστήματος, προτείνεται να γίνεται ανάθεση χώρων με διάσταση 2 κατά t , δεδομένου ότι σε κάθε βήμα t ένας επεξεργαστής χρειάζεται μόνο τις τρέχουσες τιμές (t) και τις αμέσως προηγούμενες ($t-1$). Για απλότητα, υποθέτουμε ότι μας ενδιαφέρουν μόνο οι τελικές τιμές της επιφάνειας $t=T-1$.
- Η μέτρηση του χρόνου εκτέλεσης να γίνεται μόνο αναφορικά με το κομμάτι υπολογισμού του παράλληλου προγράμματος (δηλαδή να μην μετρώνται και οι αρχικοποιήσεις).
- Η παρακάτω βιβλιογραφία δίνεται για λόγους πληρότητας και μόνο. Δεν είναι αναγκαία για την εκτέλεση της άσκησης. Μπορείτε να τη ζητήσετε από τους βοηθούς του μαθήματος.

Βιβλιογραφία:

- [1] E. Hodzic, W. Shang, "On Supernode Transformation with Minimized Total Running Time", IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, vol. 9, no. 5, pp. 417--428, May 1998.
- [2] M. Wolf and M. Lam, "Maximizing parallelism via loop parallelism", in Proceedings of the Third Workshop on Languages and Compilers for Parallel Computing, August 1990.
- [3] G. Goumas, A. Sotiropoulos and N. Koziris, "Minimizing Completion Time for Loop Tiling with Computation and Communication Overlapping", in Proceedings of IEEE Int'l Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'01), San Francisco, April 2001.
- [4] A. Sotiropoulos, G. Tsoukalas and N. Koziris, "A Pipelined Execution of Tiled Nested Loops onto a Cluster of PCs using PCI-SCI NICs", in Proceedings of the 2001 SCI-Europe Conference, Dublin, Ireland, October 2001.
- [5] N. Koziris, A. Sotiropoulos and G. Goumas, "A pipelined schedule to minimize completion time for loop tiling with computation and communication", in Journal of Parallel and Distributed Computing, 2003.
- [6] M. Athanasaki, A. Sotiropoulos, G. Tsoukalas, N. Koziris, "Pipelined Scheduling of Tiled Nested Loops onto Clusters of SMPs using Memory Mapped Network Interfaces", SuperComputing Conference on High Performance Networking and Computing (SC2002), Baltimore, Maryland, November 2002.
- [7] N. Drosinos and N. Koziris, "Performance Comparison of Pure MPI vs Hybrid MPI-OpenMP Parallelization Models on SMP Clusters", technical report, October 2003.