



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 2015-16

### ΑΣΚΗΣΗ 3 - Παράλληλη επίλυση του αλγορίθμου Floyd-Warshall σε πολυπύρηνες αρχιτεκτονικές

Παράδοση Τελικής Αναφοράς 8 Δεκεμβρίου

#### 1 Ο αλγόριθμος Floyd-Warshall

Ο αλγόριθμος των Floyd-Warshall (FW) υπολογίζει τα ελάχιστα μονοπάτια ανάμεσα σε όλα τα ζεύγη των  $N$  κόμβων ενός γράφου (all-pairs shortest path). Θεωρώντας το γράφο αποθηκευμένο στον πίνακα γειτνίασης  $A$ , ο αλγόριθμος έχει ως εξής:

```
for (k=0; k<N; k++)  
  for (i=0; i<N; i++)  
    for (j=0; j<N; j++)  
       $A[i][j] = \min(A[i][j], A[i][k]+A[k][j]);$ 
```

Εκτός από την *standard* έκδοση του αλγορίθμου, έχουν προταθεί άλλες δύο εκδόσεις, μία αναδρομική (*recursive*) και μία *tiled*, προκειμένου να αξιοποιείται καλύτερα η κρυφή μνήμη (βλ. παρουσίαση άσκησης). Οι τρεις εκδόσεις του αλγορίθμου σας δίνονται στον scirouter στο φάκελο:  
`/home/parallel/pps/2015-2016/a3`

#### 2 Ζητούμενα

Στόχος της άσκησης είναι να αναπτύξετε διαφορετικές παράλληλες εκδόσεις του αλγορίθμου Floyd-Warshall, να αξιολογήσετε την παραγωγικότητα (productivity) ανάπτυξης παράλληλου κώδικα και την τελική επίδοση του παράλληλου προγράμματος, επιλέγοντας ένα από τα τρία προγραμματιστικά εργαλεία για αρχιτεκτονικής κοινής μνήμης: OpenMP, Cilk, Threading Building Blocks (TBBs).

Για τις εκδόσεις του αλγορίθμου Floyd-Warshall που σας δίνονται:

1. Ανακαλύψτε τον παραλληλισμό του αλγορίθμου σε κάθε έκδοση και σχεδιάστε την παραλληλοποίησή του.

2. Αναπτύξτε διαφορετικές παράλληλες εκδόσεις του αλγορίθμου Floyd-Warshall, αξιοποιώντας τις δομές παράλληλου προγραμματισμού που διαθέτει το προγραμματιστικό εργαλείο που επιλέξατε.
3. Πραγματοποιήστε μετρήσεις για τις καλύτερες παράλληλες εκδόσεις, για μεγέθη πινάκων 1024x1024, 2048x2048 και 4096x4096, για 1, 2, 4, 8, 16, 32 και 64 threads στο μηχάνημα *sandman*.
4. Περιγράψτε τις καλύτερες παράλληλες εκδόσεις σας και παρουσιάστε τις μετρήσεις σας στην τελική αναφορά.

### 3 Περιβάλλον εκτέλεσης

- Για την άσκηση αυτή, θα χρησιμοποιήσετε το μηχάνημα *sandman*, που ανήκει στην ουρά *serial* (βλ. παρουσίαση άσκησης). Για να υποβάλλετε ένα script, έστω `script.sh`, στο μηχάνημα, δίνετε την εντολή `qsub` ως εξής:  

```
$ qsub -q serial -l nodes=sandman:ppn=64 script.sh
```
- Για να ρυθμίσετε το περιβάλλον μεταγλώττισης και εκτέλεσης για OpenMP, Cilk και TBBs, θα χρησιμοποιήσετε τα `modules`. Λεπτομέρειες για τη χρήση των `modules` μπορείτε να βρείτε εδώ: <https://admin.cslab.ece.ntua.gr/trac/wiki/EnvModulesUsage>. Φορτώνετε το αντίστοιχο `module` ως εξής:
  - Για το OpenMP: `module load openmp`
  - Για τη CilkPlus: `module load cilk-plus`
  - Για τη Cilk-MIT: `module load cilk-mit`
  - Για τα TBBs: `module load tbbz`
- Στον `scirouter`, στο φάκελο `/home/parallel/pps/2015-2016/a3` θα βρείτε τους φακέλους `tbb-workspace` και `cilk-workspace` με οδηγίες για τη μεταγλώττιση και την εκτέλεση προγραμμάτων σε TBBs και Cilk και παραδείγματα.