



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 2019-20

### Οδηγίες Εργαστηρίου

#### 1 Μηχανήματα / Συστοιχίες Εργαστηρίου

- **orion.cslab.ece.ntua.gr**: Ο κεντρικός εξυπηρετητής του εργαστηρίου.
- **scirouter.cslab.ece.ntua.gr**: Ο εξυπηρετητής των μηχανημάτων/συστοιχιών του εργαστηρίου.
- **Συστοιχία clones (Ουρά parlab)**: 32 μηχανήματα (*clone1 -- clone32*). Κάθε κόμβος έχει 2 CPUs με 4 cores (σύνολο 8 cores / κόμβο, 256 cores συνολικά στη συστοιχία). Οι μετρήσεις των προγραμμάτων σας θα γίνονται στη συστοιχία των clones. Σχετικές οδηγίες θα δοθούν με την εκάστοτε άσκηση.
- **Ουρά serial**: Μηχανήματα υψηλής επίδοσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Δεν αποτελούν ομοιογενή συστοιχία. Για τη χρήση κάποιου μηχανήματος της ουράς serial, θα σας δοθούν σχετικές οδηγίες με την εκάστοτε άσκηση.

#### 2 Λογαριασμοί / Σχετικές Εντολές

- Στη διάθεση σας θα έχετε δύο λογαριασμούς (accounts) για δύο διαφορετικές ομάδες μηχανημάτων<sup>1</sup>:
  - Ένα για τα μηχανήματα στον χώρο των φοιτητών και το *orion*.
  - Ένα για τον *scirouter*.
- Το username των λογαριασμών είναι της μορφής *parlabXX*
- Το password για κάθε λογαριασμό μπορεί να αλλάξει με την εντολή *yppasswd* στον *orion* και στον *scirouter*.
- Η πρόσβαση στα μηχανήματα θα πραγματοποιείται μέσω SSH. Για Unix/Linux μηχανήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή *ssh*, ενώ για Windows μηχανήματα προγράμματα, όπως το *Putty*. Απομακρυσμένη σύνδεση χρειάζεστε μόνο για τον *scirouter*.

<sup>1</sup>Η κάθε ομάδα μηχανημάτων έχει κοινό/διαμοιραζόμενο *\$HOME*

- Για να συνδεθείτε στον *scirouter*, πρέπει πρώτα να συνδεθείτε στον *orion*.
- Η μεταφορά αρχείων στα μηχανήματα, επίσης, θα πραγματοποιείται μέσω SSH. Για Unix/Linux μηχανήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι εντολές *scp*, *sftp*, ενώ για Windows μηχανήματα προγράμματα, όπως το *WinSCP* ή το *sftp* του *Putty*.

### 3 Βασικές Εντολές Linux/Unix

Εντολή	Επεξήγηση	Παραδείγματα Χρήσης
<b>man</b>	Εγχειρίδιο Χρήσης Εντολών	<i>man man</i> <i>man mpicc mpirun</i> <i>man gettimeofday</i> <i>man MPI_Send</i>
<b>cat</b>	Εκτύπωση αρχείου	<i>cat .bash_profile</i>
<b>&gt;, &lt; (bash)</b>	Ανακατεύθυνση Ε/Ε	<i>cat.bash_profile &gt; 1</i> <i>run &lt;in &gt;out 2&gt;err</i>
<b>ls</b>	Λίστα Αρχείων	<i>ls</i> <i>ls -la</i>
<b>grep</b>	Εκτύπωση Γραμμών Αρχείων	<i>grep MPI_Send *.c</i>

### 4 Εντολές για Μεταγλώττιση Προγραμμάτων

Η μεταγλώττιση γίνεται **MONO** στις συστοιχίες.

- **Μεταγλώττιση Προγράμματος OpenMP:**  
*parlab01@clone2:~\$ gcc -o mde\_omp mde\_omp.c -O3 -Wall -fopenmp*
- **Μεταγλώττιση Προγράμματος MPI:**  
*parlab01@clone2:~\$ module load openmpi/1.8.3*  
*parlab01@clone2:~\$ mpicc -o mde mde.c -O3 -Wall*

### 5 Εντολές για Εκτέλεση Προγραμμάτων

Οι εφαρμογές που εκτελούνται στα clusters του CSLab χρονοδρομολογούνται με χρήση του TORQUE/PBS. Η μεταγλώττιση των προγραμμάτων γίνεται και αυτή με υποβολή της σχετικής εργασίας στο χρονοδρομολογητή της συστοιχίας.

Παράδειγμα υποβολής εργασίας στην ουρά **parlab** (μέρος της συστοιχίας clones):

```
parlab01@scirouter:~$ qsub -q parlab my_script.sh
```

Στον κατάλογο */home/parallel/scripts/* θα βρείτε δύο scripts για την υποβολή εργασίας μεταγλώττισης (*make\_on\_queue.sh*) και εκτέλεσης προγράμματος MPI (*mpirun\_on\_queue.sh*) στις συστοιχίες του εργαστηρίου.

### 6 Υποβολή εργασιών στον Torque/PBS

- Για την εκτέλεση μίας εφαρμογής στον Torque δεν υποβάλλουμε το εκτελέσιμο της εφαρμογής, αλλά ένα script που περιέχει την εντολή για την εκτέλεση της εφαρμογής.

- Ο Torque διαχειρίζεται όλους τους υπολογιστικούς πόρους της συστοιχίας. Μία εφαρμογή απαιτεί συγκεκριμένο σύνολο πόρων, επομένως η εργασία που υποβάλλουμε στον Torque πρέπει να αιτείται τους κατάλληλους πόρους. Αυτό γίνεται με δύο τρόπους:
  - Με παραμέτρους στην εντολή `qsub`.  
Παράδειγμα υποβολής εργασίας σε 4 κόμβους και 32 πυρήνες (8 πυρήνες ανά κόμβο):  
`parlab01@scirouter:~$ qsub -q parlab -l nodes=4:ppn=8 my_script.sh`
  - Με PBS directives στο script.  
Παράδειγμα υποβολής εργασίας σε 4 κόμβους και 32 πυρήνες (8 πυρήνες ανά κόμβο):  
`parlab01@scirouter:~$ cat my_script.sh`  
`#!/bin/bash`  
`#PBS -l nodes=4:ppn=8`  
`#PBS -l walltime=00:10:00`  
`module load openmpi1.8.3`  
`mpirun -np 32 ./my_application`  
`parlab01@scirouter:~$ qsub -q parlab my_script.sh`
- Οι πόροι που ζητά ο χρήστης από τον Torque πρέπει να είναι συμβατοί με τις δυνατότητες του συστήματος. Για παράδειγμα, οι κόμβοι της ουράς `parlab` διαθέτουν 8 πυρήνες ο καθένας. Επομένως, μία εργασία που ζητά περισσότερους από 8 πυρήνες ανά κόμβο (π.χ. 10 πυρήνες, `ppn=10`) δε θα δρομολογηθεί ποτέ προς εκτέλεση: θα παραμείνει σε κατάσταση αναμονής στην ουρά του Torque.

## 7 Environment modules

Στη συστοιχία `clones` υπάρχουν εγκατεστημένες πολλαπλές εκδόσεις του `gcc` και της βιβλιοθήκης `OpenMPI` και ο κάθε χρήστης μπορεί να επιλέξει κάποια από τις διαθέσιμες εκδόσεις. Για τη διευκόλυνση των χρηστών, χρησιμοποιούνται τα `environment modules`. Τα `environment modules` είναι ένα εργαλείο που απλοποιεί την αρχικοποίηση του φλοιού και επιτρέπει στους χρήστες να μεταβάλλουν εύκολα το περιβάλλον εκτέλεσης. Όταν ο χρήστης φορτώνει ένα `module`, το `module` θέτει ή μεταβάλλει τις κατάλληλες μεταβλητές περιβάλλοντος, όπως `PATH`, `LD_LIBRARY_PATH` κλπ.

Για προγράμματα `MPI`, θα χρειαστεί να φορτώνετε το `module openmpi/1.8.3` με την εντολή `module load openmpi/1.8.3` κάθε φορά πριν από τη μεταγλώττιση και την εκτέλεση του προγράμματός σας. Δείτε το παράδειγμα της ενότητας 4.

Αντίστοιχα, για προγράμματα `OpenMP` θα χρειαστεί να φορτώνετε το `module openmp` και για προγράμματα που χρησιμοποιούν τη βιβλιοθήκη `TBBs` θα χρειαστεί να φορτώνετε το `module tbbz`.

Περισσότερες πληροφορίες:

<https://admin.cslab.ece.ntua.gr/trac/wiki/TorqueRun>

<https://admin.cslab.ece.ntua.gr/trac/wiki/CheatSheet>

<https://admin.cslab.ece.ntua.gr/trac/wiki/EnvModulesUsage>