



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 2023-24

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 CPU sockets 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 μηχανημάτων¹:
 - 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*.
- **Για να συνδεθείτε στον scirouter, πρέπει πρώτα να συνδεθείτε στον orion.**

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

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

4 Εντολές για Μεταγλώττιση Προγραμμάτων

Η μεταγλώττιση γίνεται ΜΟΝΟ 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/pps/2023-2024/lab_guide* θα βρείτε scripts στα αντίστοιχα directories για την υποβολή εργασίας μεταγλώττισης (*make_on_queue.sh*) και εκτέλεσης προγραμμάτων OpenMP ή MPI (*run_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://trac.cslab.ece.ntua.gr/wiki/TorqueCheatsheet>

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

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