

Modèles et techniques en programmation parallèle hybride et multi-cœurs

Marc Tajchman

CEA - DEN/DM2S/STMF/LMES

November 29, 2017

Plan (2 premières séances)

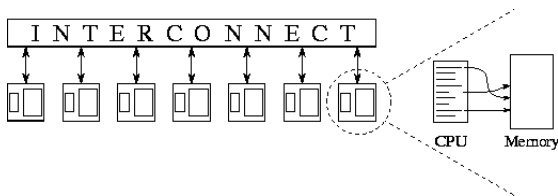
Rappels sur l'architecture matérielle

Programmation séquentielle efficace

Rappels sur l'architecture matérielle

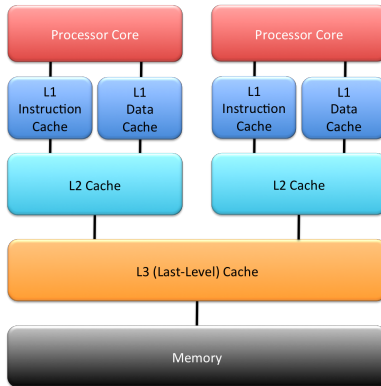
On peut voir la structure d'une machine de calcul à différentes échelles:

Vue globale: un ensemble de nœuds de calcul chacun contenant un ou plusieurs processeurs et de la mémoire, les nœuds sont connectés par un réseau:



(les machines les plus puissantes actuellement contiennent plusieurs centaines de milliers de nœuds)

Vue interne d'un nœud (variable suivant le modèle de processeur et la génération utilisée):



utilisée):



Situation actuelle (et encore pour plusieurs années):

vitesse de calcul (d'un processeur)

*\approx vitesse de la mémoire interne (registres)
du processeur*

*> vitesse des différentes mémoires cache,
intermédiaires entre le processeur et la
mémoire centrale du nœud (vitesse $L1 > L2 > L3$,
taille $L1 < L2 < L3$)*

*» vitesse de la mémoire centrale d'un
nœud*

» vitesse du réseau qui connecte les nœuds

Fonctionnement :

- ▶ Il faut copier les données dans les registres du processeur qui va les utiliser, en laissant des copie dans les différents niveaux de cache de ce processeur.
- ▶ Les zones mémoires sont copiées par bloc entre la mémoire centrale et les mémoires cache.
Donc si une donnée est proche d'une autre qui vient d'être utilisé, elle a peut-être déjà été copiée (et l'utilisation de cette 2nde donnée est plus rapide)

- ▶ Si une donnée est utilisée n fois par le même processeur dans des instructions proches, les $n - 1$ dernières utilisations seront plus rapides.
- ▶ Si un processeur a modifié une donnée dans une de ses mémoires, il faut répercuter cette modification dans les différentes copies de cette donnée.

Cette gestion peut représenter une partie importante du temps d'exécution (pour assurer la cohérence des différentes parties de la mémoire et leurs mises à jour correctes).

Pour obtenir un code efficace (en temps d'exécution), il faut:

- ▶ utiliser les algorithmes les plus efficaces possible (pas couvert par ce cours)
- ▶ organiser le placement des données (améliorer la localité spatiale)
- ▶ organiser la séquence d'instructions (améliorer la localité temporelle)
- ▶ écrire les instructions pour qu'elles soient les plus rapides (utilisation du // interne des processeurs, éviter si possible les tests)

Programmation séquentielle efficace

Localité spatiale

Règle: autant que possible, utiliser des zones mémoires proches les unes des autres dans une séquence d'instructions

But: réduire la fréquence de transferts mémoire centrale - mémoire cache

Localité temporelle

Règle: autant que possible, pour une zone mémoire, les instructions qui l'utilisent doivent s'exécuter de façon rapprochée

But: réduire la fréquence de transferts mémoire centrale - mémoire cache

Utilisation du // interne au processeur

Règle: essayer de rassembler plusieurs instructions simples en une seule (quand cela a un sens), essayer d'éviter les tests

But: utiliser la présence éventuelle de plusieurs unités de calcul dans le processeur, simplifier le travail du processeur.

Exemple: remplaceur

```
for (i=0; i<n; i++) {  
    u[i] = u0[i];  
    if (terme1) u[i] += a*v[i];  
    if (terme2) u[i] += b*w[i];  
}
```

par:

```
if (terme1) aa = a; else aa = 0.0;  
if (terme2) bb = b; else bb = 0.0;  
for (i=0; i<n; i++) {  
    u[i] = u0[i] + aa*v[i] + bb*w[i];  
}
```