ALGORITMI PARALELI ȘI DISTRIBUIȚI
Tema #3 Calcule colaborative în sisteme distribuite

Responsabili: Elena Apostol, Radu-Ioan Ciobanu

Termen de predare: 23-01-2022 23:59
Ultima modificare: 20-12-2021 22:40

Cuprins

Cerință

Să se implementeze un program distribuit în MPI în care procesele sunt grupate într-o topologie formată din trei clustere, fiecare din acestea având câte un coordonator și câte un număr arbitrar de procese worker. Procesele worker dintr-un cluster pot să comunice doar cu coordonatorul lor, iar toți cei trei coordonatori pot să comunice între ei pentru a conecta clusterele.

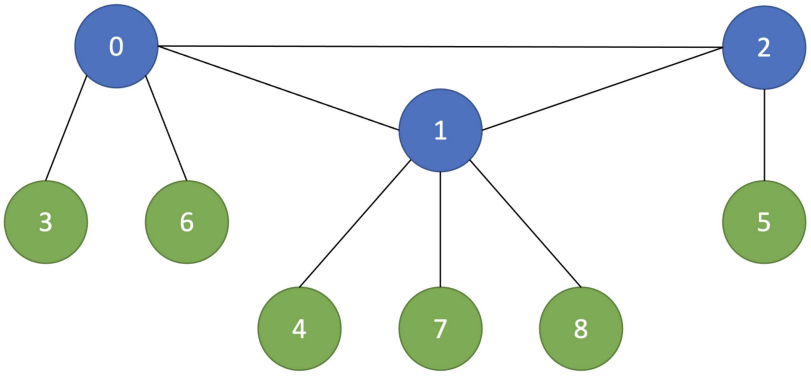
Scopul temei este ca toate procesele worker să ajungă să lucreze împreună, cu ajutorul coordonatorilor, pentru rezolvarea unor task-uri computaționale. Acest lucru se va realiza prin stabilirea topologiei și diseminarea ei către toate procesele, și apoi prin împărțirea calculelor în mod cât mai echilibrat între workeri.

Detalii

Această temă este formată din trei etape, care se punctează individual (ultima din ele fiind bonus).

Stabilirea topologiei

Sistemul distribuit implementat în această temă este format din trei clustere cu câte un număr arbitrar de procese worker, așa cum se poate observa în exemplul din figura de mai jos. Fiecare proces cunoaște faptul că sunt trei clustere încă de la începutul rulării programului.



Fiecare cluster are câte un coordonator, adică procesele cu rangurile 0, 1 și 2 în cadrul implementării voastre (acest lucru fiind cunoscut din start de către toți coordonatorii). Fiecare coordonator este responsabil de propriile sale procese worker, așa cum se poate observa în figura de mai sus (unde fiecare linie dintre două procese reprezintă un canal de comunicație).

Atenție! Un proces nu poate să comunice decât pe baza legăturilor din topologie.

La începutul execuției programului distribuit, procesele coordonator vor citi informații despre procesele din clusterele lor din trei fișiere de intrare (câte unul pentru fiecare coordonator), numite *cluster0.txt*, *cluster1.txt* și *cluster2.txt*. Pentru topologia prezentată în figura de mai sus, cele trei fișiere de intrare vor arăta astfel:

```
$ cat cluster0.txt
2
3
6

$ cat cluster1.txt
3
4
7
8
```

```
$ cat cluster2.txt
1
5
```

În exemplele de mai sus, prima linie reprezintă numărul de procese worker dintr-un cluster, iar următoarele linii conțin rangurile workerilor. Coordonatorul cu rangul 0 va citi din fișierul *cluster0.txt*, coordonatorul 1 va citi din *cluster1.txt*, iar coordonatorul 2 va citi din *cluster2.txt*.

La începutul rulării programului distribuit, un proces worker nu știe ce rang are coordonatorul clusterului în care se află. De aceea, este sarcina coordonatorilor de cluster să își informeze workerii despre cine este coordonatorul lor.

Prima sarcină pe care trebuie să o rezolvați este **stabilirea topologiei sistemului distribuit în toate procesele**. La finalul acestei sarcini, trebuie ca fiecare proces (fie că e coordonator, fie că e worker) să cunoască topologia întregului sistem și să o afișeze pe ecran. Nu vi se cere să folosiți un algoritm anume pentru acest lucru, deci puteți să vă faceți propria logică, atât timp cât **procesele comunică doar pe baza legăturilor din topologie** (un worker poate comunica doar cu coordonatorul său, coordonatorii pot comunica între ei).

Fiecare mesaj trimis de un proces trebuie logat în terminal astfel (în exemplul de mai jos, procesul 0 a trimis un mesaj către procesul 5, iar procesul 3 a trimis un mesaj către procesul 2):

```
M(0,5)
M(3,2)
```

Atenție! Când afișați mesajele de mai sus, rangurile proceselor sunt cele din comunicatorul global.

În momentul în care un proces are topologia finală, va trebui să o afișeze în terminal astfel:

```
1 -> 0:3,6 1:4,7,8 2:5
```

În exemplul de mai sus, procesul 1 a aflat topologia și o afișează, iar topologia este cea din imaginea prezentată anterior. Așadar, cele trei clustere sunt afișate în ordine, începând cu rangul coordonatorului, urmat de rangurile proceselor worker din acel cluster.

Atenție! Toate procesele trebuie să afișeze topologia atunci când o află.

Punctajul pe această etapă este primit în totalitate cât timp toate procesele ajung să afle și să afișeze topologia corectă fără a comunica direct cu procese cu care nu sunt conectate în topologie.

Realizarea calculelor

Odată ce toate procesele cunosc topologia, urmează partea de calcule, care este coordonată de către procesul 0. Mai concret, procesul 0 va genera un vector V de dimensiune N (unde N este primit ca parametru la rularea programului și este inițial cunoscut doar de către procesul 0), unde V[K] = K (cu K între 0 și N - 1), care trebuie dublat (fiecare element trebuie înmulțit cu 2). Înmulțirea cu 2 a elementelor vectorului trebuie realizată **doar** de către procesele worker, deci este responsabilitatea proceselor coordonator să împartă calculele în mod cât mai echilibrat la procesele worker.

Atenție! Echilibrarea calculelor se face la nivel de procese worker, nu de cluster. Astfel, dacă avem de făcut 6000 de iterații, fiecare worker va realiza câte 1000 (deci, în exemplul de topologie de mai sus, primul

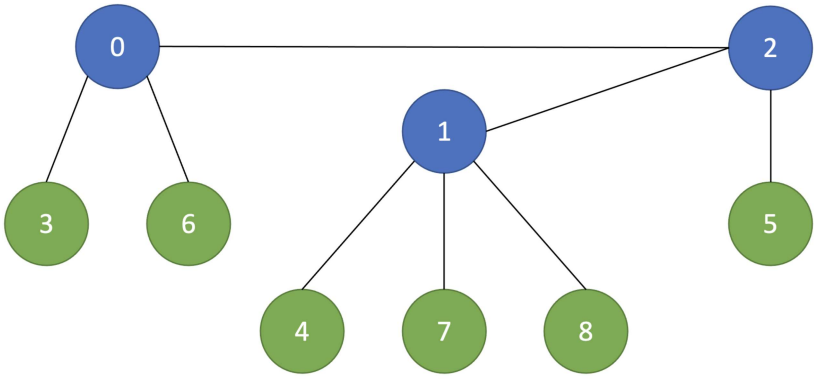
cluster va face 2000 de calcule, al doilea va face 3000, iar ultimul va face doar 1000).

Odată ce procesul 0 generează vectorul, va distribui mai departe calculele către clusterul său și către celelalte două clustere. Când calculele sunt finalizate, vectorul rezultat trebuie reasamblat la procesul 0 și afișat de către acesta. Un exemplu de afișare poate fi observat mai jos, pentru un vector de dimensiune 12:

```
Rezultat: 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22
```

Tratarea defectelor pe canalul de comunicație

A treia parte a temei este **bonus** și presupune **tratarea cazului când avem o eroare pe canalul de comunicație dintre procesele 0 și 1**. Mai precis, legătura dintre cele două procese dispare, așa cum se poate observa în imaginea de mai jos (unde avem aceeași structură a sistemului distribuit prezentată anterior).



Astfel, pentru această cerință, trebuie să faceți pașii de la primele două cerințe (stabilirea topologiei în toate procesele și apoi dublarea vectorului) în lipsa legăturii dintre procesele 0 și 1. Toate cerințele legate de logica de implementare și de afișări de la primele două puncte rămân în continuare valabile.

Execuție

Compilarea surselor voastre trebuie să rezulte într-un binar de MPI numit *tema3*, care se va rula în felul următor:

```
mpirun -np <numar_procese> ./tema3 <dimensiune_vector> <eroare_comunicatie>
```

Al doilea parametru dat la rulare va fi 0 dacă legătura dintre procesele 0 și 1 există (nu are loc o eroare pe canalul de comunicație, ceea ce înseamnă rularea pentru primele două cerințe), sau 1 dacă procesele 0 și 1 nu pot comunica direct (adică rularea pentru cerința bonus).

Atenție! Se presupune că datele de intrare sunt întotdeauna corecte.

Notare

Tema se va trimite și testa automat la această adresă și se va încărca de asemenea și pe Moodle. Se va încărca o arhivă Zip care, pe lângă fișierele sursă, va trebui să conțină următoarele două fișiere **în rădăcina arhivei**:

- *Makefile* - cu directiva *build* care compilează tema voastră și generează un executabil numit *tema3* aflat în rădăcina arhivei
- *README* - fișier text în care să se descrie pe scurt implementarea temei.

Punctajul este divizat după cum urmează:

- **40p** - stabilirea corectă a topologiei în toate procesele
- **40p** - corectitudinea calculelor realizate de procesele worker
- **20p** - claritatea codului și a explicațiilor din README
- **20p (bonus)** - realizarea corectă și echilibrată a calculelor atunci când legătura dintre procesele 0 și 1 dispare.

Veți fi depunctați pentru următoarele elemente:

- **-100p** - un proces comunică direct cu un alt proces cu care nu este conectat în topologie (de exemplu, doi workeri comunică direct între ei, un worker dintr-un cluster comunică direct cu un coordoonator al unui alt cluster, etc.)
- **-100p** - neutilizarea MPI
- **-100p** - citirea fișierelor de intrare de către alte procese decât coordonatorii de cluster
- **-30p** - neechilibrarea calculelor pe care procesele worker le realizează (această depunctare se va da în cazul în care există o diferență semnificativă între cantitățile de calcule pe care procesele worker trebuie să le facă)
- **-30p** - neafișarea la output a mesajelor de comunicare între procese
- **-30p** - afișarea la output de mesaje în plus față de cele specificate în enunț
- **-30p** - implicarea proceselor coordonator în realizarea calculelor.

Testare

Pentru a vă putea testa tema și local, găsiți în repository-ul temei un set de fișiere de intrare de test, precum și un script Bash (numit *test.sh*) pe care îl puteți rula pentru a vă verifica corectitudinea rezultatelor. Acest script este folosit și pentru testarea automată. Pentru a putea rula scriptul așa cum este, trebuie să aveți următoarea structură de fișiere:

```
$ tree
.
+-- sol
|   +-- Makefile
|   +-- [...] (fisierele sursa)
+-- test.sh
+-- tests
|   +-- test1
|   |   +-- [...] (fisiere test)
|   +-- test2
|   |   +-- [...] (fisiere test)
|   +-- test3
|   |   +-- [...] (fisiere test)
|   +-- test4
|   |   +-- [...] (fisiere test)
+---+-- testbonus
        +-- [...] (fisiere test)
```

La rulare, scriptul execută următorii pași:

1. compilează sursele
2. rulează patru teste unde există legătura dintre procesele 0 și 1
3. pentru fiecare test, se verifică dacă toate procesele afișează corect topologia, dacă rezultatul calculelor este corect, și dacă nu se trimit mesaje pe canale de comunicație inexistente
4. se rulează un test unde nu există conexiunea dintre procesele 0 și 1 (pentru bonus) și se verifică dacă toate procesele afișează corect topologia, dacă rezultatul calculelor este corect, și dacă nu se trimit mesaje pe canale de comunicație inexistente
5. se calculează punctajul final din cele 80 de puncte (sau 100, cu bonus) alocate corectitudinii execuției (20 de puncte fiind rezervate pentru claritatea codului și a explicațiilor).

Scriptul necesită existența utilitarelor *sed* și *timeout*.

Atenție! Scriptul nu verifică toate potențialele depunctări (conform baremului), deci nota afișată de el nu va fi neapărat nota finală.

Atenție! Dacă primiți o eroare la rularea comenzii de *mpirun* prin care vi se spune că nu aveți suficiente slot-uri să rulați programul, puteți adăuga flag-ul *--oversubscribe* la execuția de *mpirun* din scriptul de testare.