UNIVERZITET U BEOGRADU - ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

MULTIPROCESORKI SISTEMI (13S114MUPS, 13E114MUPS)

DOMAĆI ZADATAK 2 –MPI

Izveštaj o urađenom domaćem zadatku

Predmetni saradnici:

doc. dr Marko Mišić

dipl. ing. Pavle Divović

Studenti:

Lazar Erić 2019/0235

Aleksa Račić 2019/0235

Beograd, decembar 2022.

SADRŽAJ

1. PROBLEM 1 - PRIME

1.1. Tekst problema

Paralelizovati program koji vrši određivanje ukupnog broja prostih brojeva u zadatom opsegu. Program se nalazi u datoteci **prime.c** u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Proces sa rangom 0 treba da učita ulazne podatke, raspodeli posao ostalim procesima, na kraju prikupi dobijene rezultate i ravnopravno učestvuje u obradi. Za razmenu podataka, koristiti rutine za kolektivnu komunikaciju. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci **run**. [1, N]

1.2. Delovi koje treba paralelizovati

1.2.1. Diskusija

U okviru ovog zadatka mozemo uociti fise funkcija od kojih je nama od najveceg interesa prime_number. U ostalim funkcijama i main-u ne postoji delova koda koji bi mogli da budu paralelizovani ili smesteni u task-ove.

1.2.2. Način paralelizacije

Kako imamo 2 for petlje u prime_number funkciji, moramo rucno rasporediti iteracije koje master nit salje ostalima koji rade zapravo svoj deo iteracija u for petljama. Kako je promenljiva total na kraju for-a povecava i samo tu menja, ona ce biti reduction promenljiva.

1.3. Rezultati

U okviru ove sekcije su izloženi rezultati paralelizacije problema 1.

1.3.1. Logovi izvršavanja

Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere i različit broj niti. Obavezno uključiti u ispis i vremena izvršavanja. Logove pojedinačno uokviriti i obeležiti.

```
--------------------unoptimized--------------------
N      Pi     Time
1      0      0.000125
2      1      0.000001
4      2      0.000001
8      4      0.000001
```

```
16     6      0.000001
32     11     0.000001
64     18     0.000001
128    31     0.000001
256    54     0.000003
512    97     0.000008
1024   172    0.000026
2048   309    0.000092
4096   564    0.000332
8192   1028   0.001218
16384  1900   0.004714
32768  3512   0.016289
65536  6542   0.05972
131072       12251  0.227838

5      3      0.000119
50     15     0.000001
500    95     0.000008
5000   669    0.000511
50000  5133   0.039446
500000       41538  3.176562

1      0      0.000104
4      2      0.000001
16     6      0.000001
64     18     0.000001
256    54     0.000003
1024   172    0.000026
4096   564    0.00033
16384  1900   0.004619
65536  6542   0.059847

TOTAL TIME : 3.591951

--------------------optimized--------------------
Size   MaxWallTime        MinWallTime        AvgWallTime
1      1.311489           1.311489           1.311489
1      12.636851          12.636851          12.636851
1      0.276818           0.276818           0.276818
```

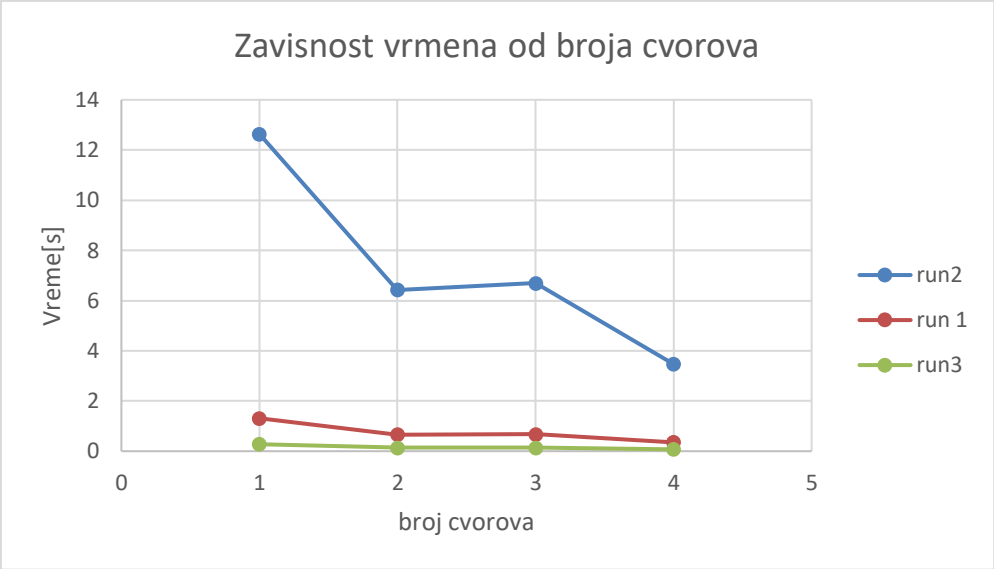
```
2     0.671683          0.663852          0.667768
2     6.437754          6.420637          6.429196
2     0.140734          0.139886          0.14031
3     0.669759          0.666336          0.668615
3     6.699568          6.682187          6.693769
3     0.140915          0.140383          0.140735
4     0.35569           0.346772          0.350689
4     3.488552          3.460801          3.470624
4     0.073767          0.072387          0.073201


Size MaxCpuTime     MinCpuTime   AvgCpuTime Max-Avg     Avg-Min
1     1.311462     1.311462      1.311462   0           0
1     12.636303    12.636303    12.636303   0           0
1     0.276707     0.276707     0.276707    0           0
2     0.671627     0.663755     0.667691    0.003915    0.003916
2     6.437492     6.420613     6.429053    0.008558    0.008559
2     0.14065      0.139841     0.140246    0.000424    0.000424
3     0.669694     0.666252     0.668472    0.001144    0.002279
3     6.699526     6.681907     6.693575    0.005799    0.011582
3     0.140805     0.140377     0.140661    0.00018     0.000352
4     0.355681     0.34677      0.35067     0.005001    0.003917
4     3.488227     3.460696     3.470485    0.017928    0.009823
4     0.073671     0.072314     0.073127    0.000566    0.000814
```

Listing 1. Paralelno neoptimizovano i optimizovano izvršavanje programa

1.3.2. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.



Slika 1. Grafik zavisnosti ubrzanja neoptimizovanog programa za N = 1,2,3 i 4 niti i
run 1 - mpirun -np $t ./prime 1 131072 2
run 2 - mpirun -np $t ./prime 5 500000 10
run 3 - mpirun -np $t ./prime 1 65536 4

1.3.3. Diskusija dobijenih rezultata

Sa datih grafika možemo primeniti da je ubrzanje sve uocljivije kako se povecava broj niti i kako se povecava. Takodje, vidi se ogromna razlika izmedju optimizovanog i neoptimizovanog koda.

2. PROBLEM 2 - FEYMAN

2.1. Tekst problema

Paralelizovati program koji vrši izračunavanje 3D Poasonove jednačine korišćenjem Feyman-Kac algoritma. Algoritam stohastički računa rešenje parcijalne diferencijalne jednačine krenuvši N puta iz različitih tačaka domena. Tačke se kreću po nasumičnim putanjama i prilikom izlaska iz granica domena kretanje se zaustavlja računajući dužinu puta do izlaska. Proces se ponavlja za svih N tačaka i konačno aproksimira rešenje jednačine. Program se nalazi u datoteci **feyman.c** u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Program testirati sa parametrima koji su dati u datoteci **run**. [1, N]

2.2. Delovi koje treba paralelizovati

2.2.1. Diskusija

U okviru ovog problema vidimo veci broj funkcija, ali one su sve pomocne koje nam sluze da izvrsimo neke jednostavne matematicke operacije. Zato se one izvrsavaju sekvencijalno, a najveci fokus je na main-u gde ima vise ugnjezndenih for pelji.

2.2.2. Način paralelizacije

S obzirom da broj iteracija prve tri for petlje nije preveliki, mi se koncentrisemo na paralelizaciju najuugnjezdenije for petlje koju rade i master i ostali procesi sa svojim chunk_size-om.

2.3. Rezultati

U okviru ove sekcije su izloženi rezultati paralelizacije problema 2

2.3.1. Logovi izvršavanja

Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere i različit broj niti. Obavezno uključiti u ispis i vremena izvršavanja. Logove pojedinačno uokviriti i obeležiti.

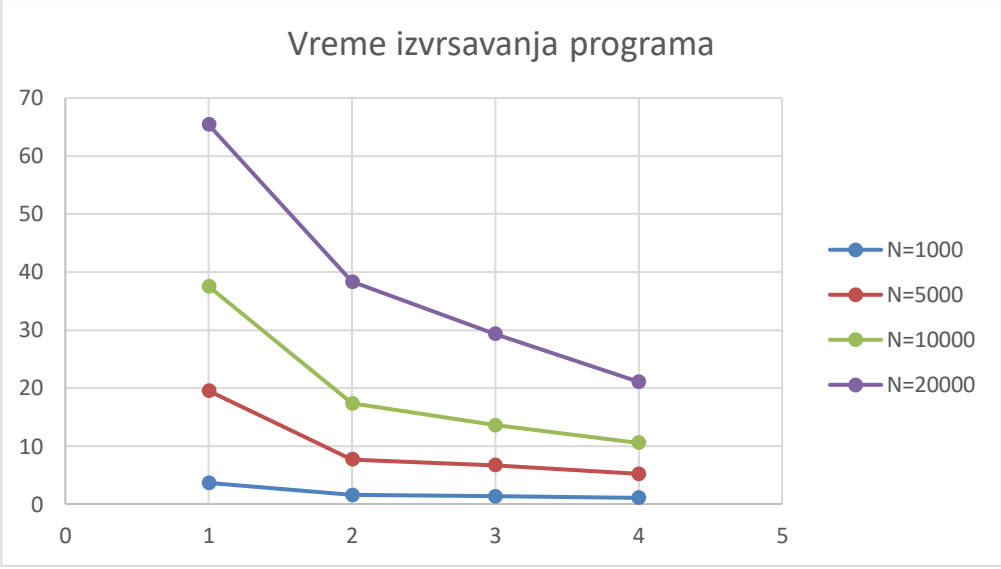
```
--------------------optimized--------------------
Num_Threads  N      RMS    MaxTime      MinTime      AvgTime
1      1000   0.021717    3.635621     3.635621     3.635621
1      5000   0.021273    19.510467    19.510467    19.510467
1      10000  0.0211      37.529069    37.529069    37.529069
```

```
1       20000 0.021027    65.397179    65.397179    65.397179
2       1000  0.022108    1.545373     1.542642     1.544008
2       5000  0.021083    7.66284      7.651001     7.65692
2       10000 0.020968    17.362141    17.346726    17.354434
2       20000 0.021022    38.345505    38.317076    38.331291
3       1000  0.021974    1.345273     1.342823     1.344196
3       5000  0.021201    6.709455     6.699402     6.703298
3       10000 0.02105     13.582462    13.563605    13.575155
3       20000 0.020961    29.316467    29.279916    29.304087
4       1000  0.021577    1.048798     1.047524     1.048242
4       5000  0.020977    5.203013     5.195298     5.198469
4       10000 0.020979    10.532916    10.517366    10.524769
4       20000 0.020875    21.087035    21.030404    21.062726
```

Listing 2. Paralelno neoptimizovano i optimizovano izvršavanje programa

2.3.2. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.



Slika 2. Grafik zavisnosti ubrzanja neoptimizovanog programa za N = 1,2,3 i 4 niti

2.3.3. Diskusija dobijenih rezultata

Sa datih grafika možemo primeniti da je ubrzanje uočljivo i da je sve veće kako je i broj niti veći. Takodje se vidi i ogromna razlika u vremenu izvrsavanja neoptimizovanog i optimizovanog programa.

3. PROBLEM 3 - MOLDYN

3.1. Tekst problema

Paralelizovati jednostavan program koji se bavi molekularnom dinamikom. Kod predstavlja simulaciju molekularne dinamike argonovog atoma u ograničenom prozoru (prostoru) sa periodičnim graničnim uslovima. Atomi se inicijalno nalaze raspoređeni u pravilnu mrežu, a zatim se tokom simulacije dešavaju interakcije između njih. U svakom koraku simulacije u glavnoj petlji se dešava sledeće:

- Čestice (atomi) se pomeraju zavisno od njihovih brzina i brzine se parcijalno ažuriraju u pozivu funkcije domove.

- Sile koje se primenjuju na nove pozicije čestica se izračunavaju; takođe, akumuliraju se prosečna kinetička energija (virial) i potencijalna energija u pozivu funkcije forces.

- Sile se skaliraju, završava ažuriranje brzine i izračunavanje kinetičke energije u pozivu funkcije mkekin.

- Prosečna brzina čestice se računa i skaliraju temperature u pozivu funkcije velavg.

- Pune potencijalne i prosečne kinetičke energije (virial) se računaju i ispisuju u funkciji prnout.

Program se nalazi u datoteci direktorijumu MolDyn u arhivi koja je priložena uz ovaj dokument. Program se sastoji od više datoteka, od kojih su od interesa datoteke main.c i forces.c, jer se u njima provodi najviše vremena. Analizirati dati kod i obratiti pažnju na redukcione promenljive unutar datoteke forces.c. Ukoliko je potrebno međusobno isključenje prilikom paralelizacije programa, koristiti kritične sekcije ili atomske operacije. [1, N]

3.2. Delovi koje treba paralelizovati

3.2.1. Diskusija

U okviru ovog zadatka mozemo uociti fise .c fajlova od kojih je nama od najveceg interesa forces.c i main.c. U ostalim fajlovima se najvise nalazi kod koji ne moze biti paralelizovan.

3.2.2. Način paralelizacije

Paralelizaciju smo uradili u dva fajla – forces.c i main.c . U fajlu forces.c se odvija najvise izracunavanja. Izvrsili smo paralelizaciju for direktivom i redukciju epot i vir promenjivih uz pomoc broadcasta kada svi procesi salju masteru koji na kraju to redukuje.

3.3. Rezultati

U okviru ove sekcije su izloženi rezultati paralelizacije problema 3.

3.3.1. Logovi izvršavanja

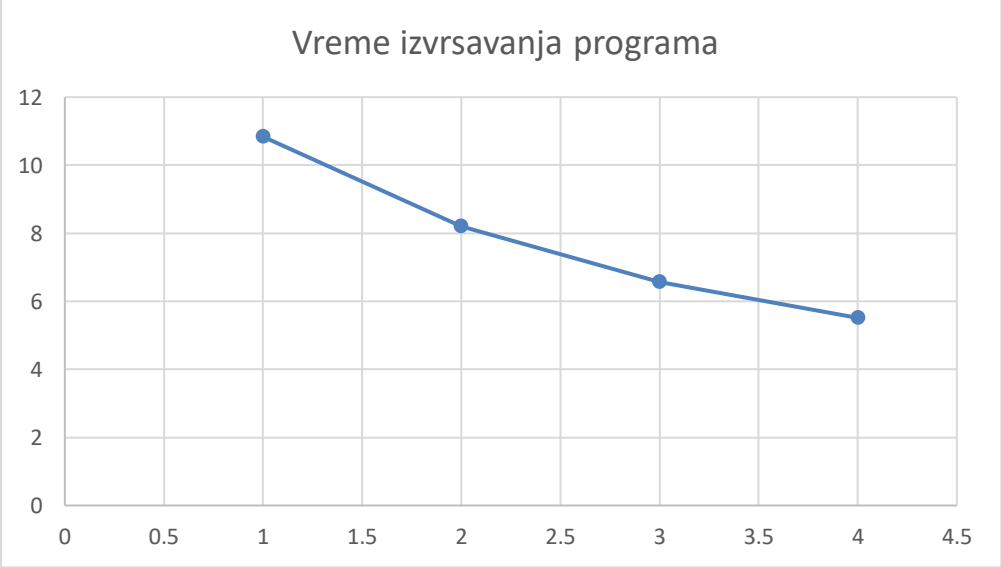
Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere i različit broj niti. Obavezno uključiti u ispis i vremena izvršavanja. Logove pojedinačno uokviriti i obeležiti.

```
Thread_Num   Time
1      10.837424
2      8.206704
3      6.572324
4      5.513658
```

Listing 3.

3.3.2. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.



Slika 3. Grafik zavisnosti ubrzanja programa za N = 1000 kada rade 1,2,3 i 4 niti

3.3.3. Diskusija dobijenih rezultata

Sa datih grafika možemo primeniti da je ubrzanje uočljivo i da je sve veće kako je i broj niti veći. Takodje, jasno se vidi povecanje vremena izvrsavanja kada se povecava broj N.

4. PROBLEM 4 - MOLDYN

4.1. Tekst problema

4.2. Delovi koje treba paralelizovati

Prethodni program paralelizovati korišćenjem *manager - worker* modela. Proces gospodar (master) treba da učita neophodne podatke, generiše poslove, deli posao ostalim procesima i ispiše na kraju dobijeni rezultat. U svakom koraku obrade, proces gospodar šalje procesu radniku na obradu jednu jedinicu posla čiji veličinu treba pažljivo odabrati. Proces radnik prima podatke, vrši obradu, vraća rezultat, signalizira gospodaru kada je spreman da primi sledeći posao i ponavlja opisani postupak dok ne dobije signal da prekine sa radom. Veličinu jedne jedinice posla prilagoditi karakteristikama programa. Ukoliko je moguće, koristiti rutine za neblokirajuću komunikaciju za razmenu poruka. Način pokretanja programa se nalazi u datoteci **run**. [1, N]

4.2.1. Diskusija

U okviru ovog zadatka mozemo uociti fise .c fajlova od kojih je nama od najveceg interesa forces.c i main.c. U ostalim fajlovima se najvise nalazi kod koji ne moze biti apralelizovan.

4.2.2. Način paralelizacije

Paralelizaciju smo uradili u dva fajla – forces.c i main.c . U fajlu forces.c se odvija najvise izracunavanja. Izvrsili smo paralelizaciju for direktivom i redukciju epot i vir promenjivih uz pomoc broadcasta kada svi procesi salju masteru koji na kraju to redukuje. S tim stoe je sada razlika da master sam ne ucestvuje u obradi vec deli poslove worker-ima, pa sje tako kada imamo N = 2, tj. Jednog worker-a i master-a sporije neko sekvencijalno.

4.3. Rezultati

U okviru ove sekcije su izloženi rezultati paralelizacije problema 5.

4.3.1. Logovi izvršavanja

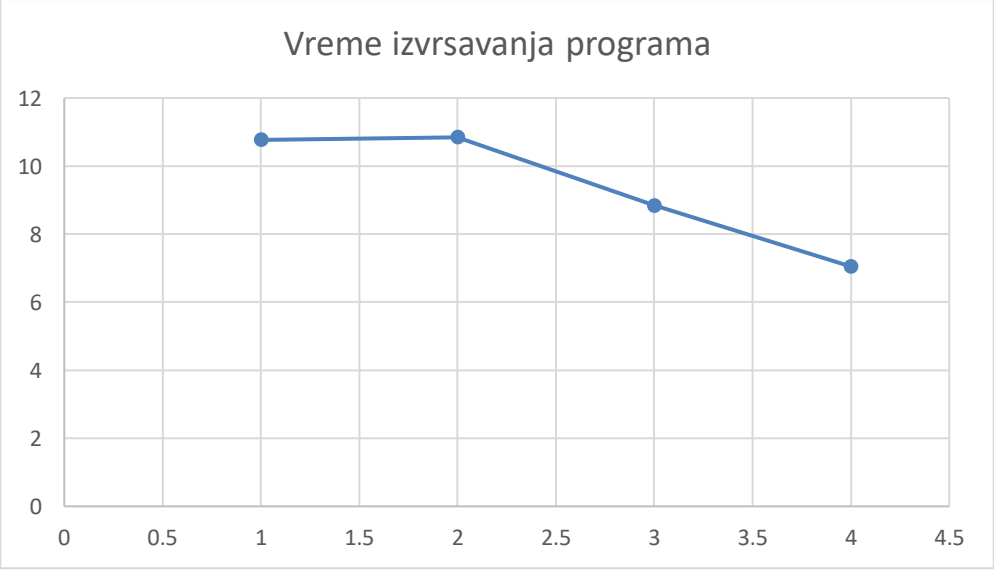
Ovde su dati logovi izvršavanja za definisane test primere i različit broj niti. Obavezno uključiti u ispis i vremena izvršavanja. Logove pojedinačno uokviriti i obeležiti.

```
Thread_Num   Time
1      10.778501
2      10.845185
3      8.841843
4      7.049351
```

Listing 4.

4.3.2. Grafici ubrzanja

U okviru ove sekcije su dati grafici ubrzanja u odnosu na sekvencijalnu implementaciju.



Slika 4. Grafik zavisnosti ubrzanja programa za N = 1,2,3 i 4 niti

4.3.3. Diskusija dobijenih rezultata

Sa datih grafika možemo primeniti da je ubrzanje sve uocljivije kako se povecava broj niti i kako se povecava.