

Vilniaus universitetas  
Matematikos ir informatikos fakultetas  
Programų sistemų katedra

Lygiagrečiojo programavimo

Laboratorinio darbo #2 ataskaita

Autoriai: Monika Gasparaitė, 3k. 4 gr.  
Mantas Petrikas, 3k. 5gr.

Vilnius, 2017

## Užduotis

1. Sudaryti nuoseklųjį algoritmą, kuris įvertintų apytikslę  $\pi$  reikšmę pagal aukščiau aprašytą teorinį modelį. Siekiant išvengti didelių skaičių, naudokite ciklo ciklo struktūrą. Pavyzdžiui, norint sugeneruoti 1 mln. taškų, išorinis ciklas vykdomas 100 kartų, o vidinis – 10000. Generuojamų taškų skaičių parinkite taip, kad nuosekliojo algoritmo vykdymo laikas būtų daugiau 5 sekundžių.
2. Išlygiagretinkite sudarytą algoritmą vidinio ciklo iteracijas paskirstydami gijoms. Po kiekvienos išorinio ciklo iteracijos, pagrindinis procesorius (master) turi atspausdinti turimą  $\pi$  skaičiaus aproksimaciją.
3. Skaičių generavimui naudokite funkciją `rand()` ir stebėkite algoritmo pagreitėjimą didinant gijų skaičių.
4. Funkciją `rand()` pakeiskite funkcija `randr(unsigned int*seed)`, kur `seed` – pradinė atsitiktinių skaičių sekos reikšmė, kuri kiekvienai gijai turi būti skirtinga.

## Gauti rezultatai

Norint įvertinti pagreitėjimą nuoseklūs ir lygiagretūs algoritmai buvo po tris kartus leidžiami prisijungus prie MIF Linux serverio kompiuterio, turinčio 12 branduolių. Paleidžiant lygiagrečius algoritmus buvo keičiamas naudojamų branduolių skaičius.

Algoritmas vykdymo metu sugeneruoja 200 000 000 taškų (išorinis ciklas vykdomas 10 kartų, vidinis - 20 000 000 kartų).

1 lentelėje pateikiamos nuoseklaus algoritmo (žr. 1 priedą), naudojančio funkciją rand, vykdymo trukmės.

1 lentelė. Nuoseklaus algoritmo vykdymo laiko įverčiai naudojant rand funkciją

Vykdymo laikas sekundėmis			
1 bandymas	2 bandymas	3 bandymas	Vidutinis
13,131	12,285	12,127	12,551

2 lentelėje pateikiamos išlygiagretinto algoritmo (žr. 2 priedą), naudojančio funkciją rand, vykdymo trukmės ir praktiniai pagreitėjimai, apskaičiuoti pagal formulę:

$$S_p = \frac{T_0}{T_p},$$

kur  $T_0$  – nuosekliojo algoritmo vykdymo laikas,  $T_p$  – lygiagretaus algoritmo vykdymo laikas naudojant  $p$  procesorių.

2 lentelė. Lygiagretaus algoritmo vykdymo laiko įverčiai naudojant rand funkciją

	Vykdymo laikas sekundėmis				
Procesorių skaičius	1 bandymas	2 bandymas	3 bandymas	Vidutinis	Pagreitėjimas
1	14,418	19,972	13,019	13,469	0,931
2	92,577	88,206	73,534	84,772	0,148
4	331,604	367,49	365,555	354,883	0,035

Pakeitus funkciją rand į rand\_r ir kiekvienai gijai suteikus skirtingą pradinę kintamojo seed reikšmę, buvo atliekami pakartotiniai bandymai.

Nuoseklaus algoritmo (žr. 3 priedą), naudojančio funkciją rand\_r, vykdymo trukmės pateikiamos 3 lentėje.

3 lentelė. Nuoseklaus algoritmo vykdymo laiko įverčiai naudojant rand\_r funkciją

Vykdymo laikas sekundėmis			
1 bandymas	2 bandymas	3 bandymas	Vidutinis
10,126	10,823	11,088	10,679

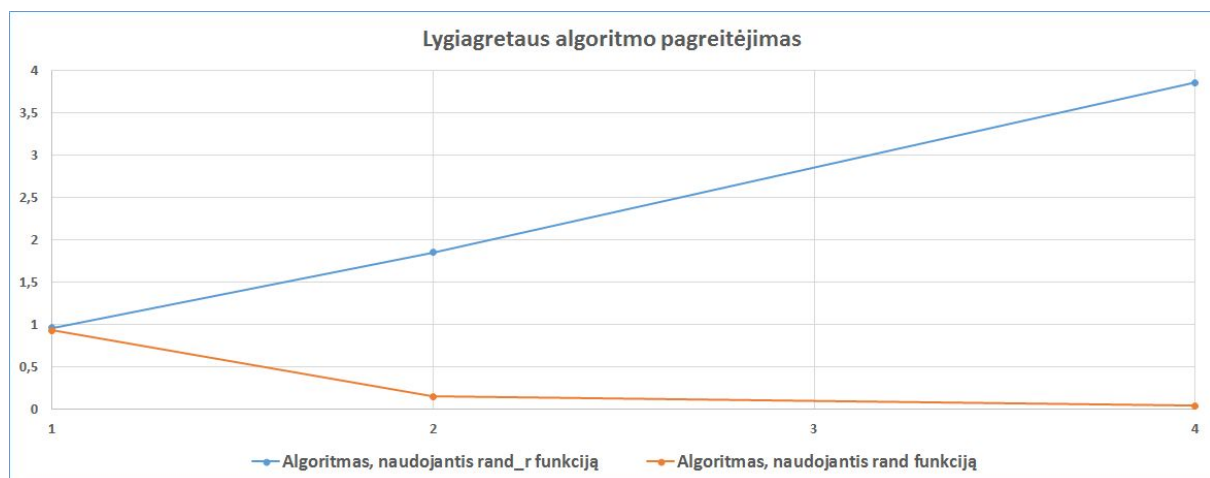
Išlygiagretinto algoritmo (žr. 4 priedą) naudojančio funkciją rand\_r vykdymo trukmės ir praktiniai pagreitėjimai pateikimi 4 lentelėje.

4 lentelė. Lygiagretaus algoritmo vykdymo laiko įverčiai naudojant rand\_r funkciją

	Vykdymo laikas sekundėmis				
Procesorių skaičius	1 bandymas	2 bandymas	3 bandymas	Vidutinis	Pagreitėjimas
1	10,448	11,119	11,805	11,124	0,959
2	5,972	6,015	5,313	5,766	1,851
4	2,713	2,664	2,93	2,769	3,856

Lygiagrečių algoritmų, naudojančių rand ir rand\_r funkcijas bei vykdomų su skirtingais procesorių kiekiais, pagreitėjimo palyginimas pateikiamas 1 grafike.

1 grafikas. Lygiagretaus algoritmo pagreitėjimas naudojant rand ir rand\_r funkcijas



## Išvados

Nuoseklusis algoritmas, naudojantis funkciją `rand`, yra vykdomas ilgiau nei nuoseklusis algoritmas, naudojantis funkciją `rand_r`. Beje, nuosekliųjų algoritmų atitinkamos vykdymo trukmės yra mažesnės už lygiagrečiųjų algoritmų vykdymo trukmes naudojant 1 procesorių. Išlygiagretinto algoritmo, naudojančio `rand` funkciją, praktinis pagreitėjimas mažėja didinant procesorių skaičių, tuo tarpu naudojant `rand_r` funkciją - didėja. Palyginus išlygiagretintų algoritmų, naudojančių `rand` bei `rand_r` funkcijas, vykdymo trukmes ir pagreitėjimus, galima daryti išvadą, jog funkcija `rand` nėra skirta naudoti lygiagrečiam kode, nes ji lėtina algoritmo darbą didinant procesorių skaičių, o pakeitus `rand` funkciją į `rand_r` ir kiekvienai gijai suteikus skirtingą parametro *seed* pradinę reikšmę - algoritmo vykdymo trukmė mažėja.

## Priedai

### 1 Priedas. Nuosekliojo algoritmo kodas naudojantis funkciją rand().

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <sys/time.h>
#include <math.h>

double getRandomDoubleWithoutSeed() {
    return (double)rand()/RAND_MAX;
}

double GetTime() {
    struct timeval laikas;
    gettimeofday(&laikas, NULL);
    return (double)laikas.tv_sec+(double)laikas.tv_usec/1000000;
}

int calculatePi (int outerLoop, int innerLoop) {
    int inCircle = 0;
    int total = 0;
    for (int fr1 = 0; fr1 < outerLoop; fr1++) {
        for (int fr2 = 0; fr2 < innerLoop; fr2++) {
            double x = getRandomDoubleWithoutSeed();
            double y = getRandomDoubleWithoutSeed();
            if (pow(x,2) + pow(y,2) < 1) {
                inCircle++;
            }
            total++;
        }
    }
    printf("pi %f\n", ((double)inCircle / total) * 4);
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]){  
    srand(time(NULL));  
    double startTime = GetTime();  
    calculatePi(10, 20000000);  
    double endTime = GetTime();  
    printf("time: %.3f\n", endTime - startTime);  
}
```

## 2 priedas. Lygiagrečiojo algoritmo kodas naudojantis funkciją rand().

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <sys/time.h>
#include <omp.h>
#include <math.h>
#include <sstream>

double getRandomDoubleWithoutSeed() {
    return (double)rand()/RAND_MAX;
}

double GetTime() {
    struct timeval laikas;
    gettimeofday(&laikas, NULL);
    return (double)laikas.tv_sec+(double)laikas.tv_usec/1000000;
}

int calculatePi (int outerLoop, int innerLoop) {
    int inCircle = 0;
    int total = 0;
    for (int fr1 = 0; fr1 < outerLoop; fr1++) {
        #pragma omp parallel for reduction (+:inCircle, total)
        for (int fr2 = 0; fr2 < innerLoop; fr2++) {
            double x = getRandomDoubleWithoutSeed();
            double y = getRandomDoubleWithoutSeed();
            if (pow(x,2) + pow(y,2) < 1) {
                inCircle++;
            }
            total++;
        }
    }
    printf("pi %f\n", ((double)inCircle / total) * 4);
}
```



```
int main(int argc, char *argv[]){
    if (argc > 1) {
        // thread count value;
        int threadarg;
        std::istringstream ss(argv[1]);
        if (!(ss >> threadarg)) {
            printf("Invalid argument: Invalid number %s\n", argv[1]);
            return -1;
        }
        omp_set_num_threads(threadarg);
    }
    srand(time(NULL));
    double startTime = GetTime();
    calculatePi(10, 20000000);
    double endTime = GetTime();
    printf("time: %.3f\n", endTime - startTime);
}
```

**3 priedas. Nuosekliojo algoritmo kodas naudojantis funkciją rand\_r(unsigned int \*seed).**

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <time.h>
```

```
#include <sys/time.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
double getRandomDouble(unsigned int *seed) {  
    return (double)rand_r(seed)/RAND_MAX;  
}
```

```
double GetTime() {  
    struct timeval laikas;  
    gettimeofday(&laikas, NULL);  
    return (double)laikas.tv_sec+(double)laikas.tv_usec/1000000;  
}
```

```
int calculatePi (int outerLoop, int innerLoop, unsigned int seedRandom) {  
    int inCircle = 0;  
    int total = 0;  
    for (int fr1 = 0; fr1 < outerLoop; fr1++) {  
        for (int fr2 = 0; fr2 < innerLoop; fr2++) {  
            double x = getRandomDouble(&seedRandom);  
            double y = getRandomDouble(&seedRandom);  
            if (pow(x,2) + pow(y,2) < 1) {  
                inCircle++;  
            }  
            total++;  
        }  
        printf("pi %f\n", ((double)inCircle / total) * 4);  
    }  
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]){
```

```
struct timeval laikas;  
gettimeofday(&laikas, NULL);  
double startTime = GetTime();  
calculatePi(10, 20000000, (unsigned int) laikas.tv_usec);  
double endTime = GetTime();  
printf("time: %.3f\n", endTime - startTime);  
}
```

#### 4 priedas. Lygiagrečiojo algoritmo kodas naudojantis funkciją rand\_r(\*seed).

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <sys/time.h>
#include <omp.h>
#include <math.h>
#include <sstream>

double getRandomDouble(unsigned int *seed) {
    return (double)rand_r(seed)/RAND_MAX;
}

double GetTime() {
    struct timeval laikas;
    gettimeofday(&laikas, NULL);
    return (double)laikas.tv_sec+(double)laikas.tv_usec/1000000;
}

int calculatePi (int outerLoop, int innerLoop, unsigned int seedRandom) {
    int inCircle = 0;
    int total = 0;
    #pragma omp parallel
    {
        unsigned int seed = (unsigned int) omp_get_thread_num() * seedRandom;
        for (int fr1 = 0; fr1 < outerLoop; fr1++) {
            #pragma omp for reduction (+:inCircle, total)
            for (int fr2 = 0; fr2 < innerLoop; fr2++) {
                double x = getRandomDouble(&seed);
                double y = getRandomDouble(&seed);
                if (pow(x,2) + pow(y,2) < 1) {
                    inCircle++;
                }
                total++;
            }
        }
    }
}
```

```

        #pragma omp master
        {
            printf("pi %f\n", ((double)inCircle / total) * 4);
        }
    }
}

int main(int argc, char *argv[]){
    if (argc > 1) {
        // thread count value;
        int threadarg;
        std::istringstream ss(argv[1]);
        if (!(ss >> threadarg)) {
            printf("Invalid argument: Invalid number %s\n", argv[1]);
            return -1;
        }
        omp_set_num_threads(threadarg);
    }
    struct timeval laikas;
    gettimeofday(&laikas, NULL);
    double startTime = GetTime();
    calculatePi(10, 20000000, (unsigned int) laikas.tv_usec);
    double endTime = GetTime();
    printf("time: %.3f\n", endTime - startTime);
}

```