Университет ИТМО

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа № 1 по дисциплине "Параллельные вычисления"

Выполнили:

Айтуганов Д. А.
Чебыкин И. Б.

Группа: P42111, P42101

Проверяющий: Балакшин П. В.

Санкт-Петербург, 2019

Цель работы

На компьютере с многоядерным процессором установить ОС Linux и компилятор GCC версии не ниже 4.7.2. При невозможности устано- вить Linux или отсутствии компьютера с многоядерным процессором можно выполнять лабораторную работу на виртуальной машине. Скомпилировать написанную программу, используя встроенное в gcc средство автоматического распараллеливания Graphite с помощью следующей команды ``/home/user/gcc -O2 -Wall -Werror -floopparallelize- all -ftree-parallelize-loops=K lab1.c -o lab1-par-K" (переменной K по- очерёдно присвоить хотя бы 4 различных целых значений, выбор обосновать).

Вариант:

Айтуганов: 9

Дмитрий: 7

Андреевич: 9

A: 567

Вариант	Задание
4	Гиперболический котангенс корня числа
4	Модуль котангенса
4	Выбор большего (т.е. $M2[i] = max(M1[i], M2[i]))$)
4	Stupid Sort

N1 = 14

N2 = 20

Конфигурация

Процессор

```
CPU(s):                          16
On-line CPU(s) list:             0-15
Thread(s) per core:              2
Core(s) per socket:              8
Socket(s):                       1
NUMA node(s):                    1
Vendor ID:                       AuthenticAMD
Model name:                      AMD Ryzen 7 1700 Eight-Core Processor
CPU MHz:                         2645.861
CPU max MHz:                     3000.0000
CPU min MHz:                     1550.0000
```

RAM: 32 GB

Компиляторы

```
gcc (GCC) 9.1.0
clang version 8.0.0
icc (ICC) 19.0.5.281 20190815
```

Исходный код

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

const static int c_a = 567;
const static int c_experiments = 50;

void generate(unsigned int seed, double *p, unsigned int N,
              unsigned int min, unsigned int max) {
    unsigned int i;
    for (i = 0; i < N; i++) {
        p[i] = (rand_r(&seed) % max) + min;
    }
}

void lab_swap(double * lhs, double * rhs) {
    double tmp = *lhs;
    *lhs = *rhs;
    *rhs = tmp;
}

int correct(double *arr, int n) {
    while (n-- > 0) {
        if (arr[n - 1] > arr[n]) {
            return 0;
        }
    }
    return 1;
}

void shuffle(double *arr, int n) {
    int i;
    for (i = 0; i < n; i++) {
        lab_swap(&arr[i], &arr[(rand() % n)]);
    }
}

void bogo_sort(double *arr, int n) {
    while (!correct(arr, n))
        shuffle(arr, n);
}

double lab_abs(double v) {
    if (v < 0) {
        return -v;
```

```
    }
    return v;
}

double lab_min(double lhs, double rhs) {
    return lhs > rhs ? rhs : lhs;
}

double lab_max(double lhs, double rhs) {
    return lhs < rhs ? rhs : lhs;
}

double lab_cot(double val) {
    return cos(val) / sin(val);
}

double lab_coth(double val) {
    return cosh(val) / sinh(val);
}

void print_array(double *p, unsigned int N) {
    unsigned int i = 0;
    for (i = 0; i < N - 1; i++) {
        printf("%f ", p[i]);
    }
    printf("%f\n", p[N - 1]);
}

int main(int argc, char *argv[]) {
    if (argc < 2) {
        return -1;
    }

    struct timeval begin, end;
    const int N = atoi(argv[1]);
    if (N < 0) {
        return -2;
    }

    double * m1 = malloc(sizeof(double) * N);
    double * m2 = malloc(sizeof(double) * N / 2);

    gettimeofday(&begin, NULL);
    double reduced_sum = 0.0;
    unsigned int i;
    for (i = 0; i < c_experiments; i++) {
        // 1. Generate: M1 of N elements, M2 of N/2 elements
        generate(i, m1, N, 1, c_a);
        //puts("M1");
        //print_array(m1, N);
        generate(i, m2, N / 2, c_a, 10 * c_a);
        //puts("M2");
        //print_array(m2, N / 2);
        // 2. Map: coth(sqrt(M1[j])) ; M2[j] = abs(cot(M2[j]))
        unsigned int j;
        for (j = 0; j < N; j++) {
```

```
            m1[j] = lab_coth(sqrt(m1[j]));
        }
        //puts("M1 coth");
        //print_array(m1, N);
        //m2[0] = lab_abs(cot(m2[0] [> + 0.0 <]));
        for (j = 0; j < N / 2; j++) {
            m2[j] = lab_abs(lab_cot(m2[j]));
        }
        //puts("M2 abs cot");
        //print_array(m2, N / 2);
        // 3. Merge: M2[j] = max(M1[j], M2[j]) , j e N/2
        for (j = 0; j < N / 2; j++) {
            m2[j] = lab_max(m1[j], m2[j]);
        }
        //puts("max of M1 M2");
        //print_array(m2, N / 2);
        // 4. Sort: gnome_sort(M2, N/2)
        bogo_sort(m2, N/2);
        //puts("sorted");
        //print_array(m2, N / 2);
        // 5. Reduce: 1. min_non_zero(M2)
        //            2. if (((long)(M2[j] / min_non_zero)) & ~(1))
        //                   sum += sin(M2[j])
        double min_non_zero = DBL_MAX;
        for (j = 0; j < N / 2; j++) {
            if (m2[j] != 0) {
                min_non_zero = lab_min(min_non_zero, m2[j]);
            }
        }
        //printf("Min non zero: %f\n", min_non_zero);
        for (j = 0; j < N / 2; j++) {
            if (((long)(m2[j] / min_non_zero)) & ~(1)) {
                reduced_sum += sin(m2[j]);
            }
        }
        //printf("Sum: %e\n", reduced_sum);
    }
    gettimeofday(&end, NULL);
    long delta_ms = 1000 * (end.tv_sec - begin.tv_sec) + (end.tv_usec - begin.tv_usec) / 1000;
    printf("N = %d. milliseconds passed: %ld\n", N, delta_ms);
    printf("N = %d. X=%e\n", N, reduced_sum / c_experiments);

    return 0;
}
```

Результаты

GCC

Использованные флаги компиляции:

```
-O3 -floop-parallelize-all -ftree-parallelize-loops=${THREADS}
```

Последовательное выполнение

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
seq(N)	18	166	19280
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 2 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-2(N)	19	160	19309
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 4 потоках

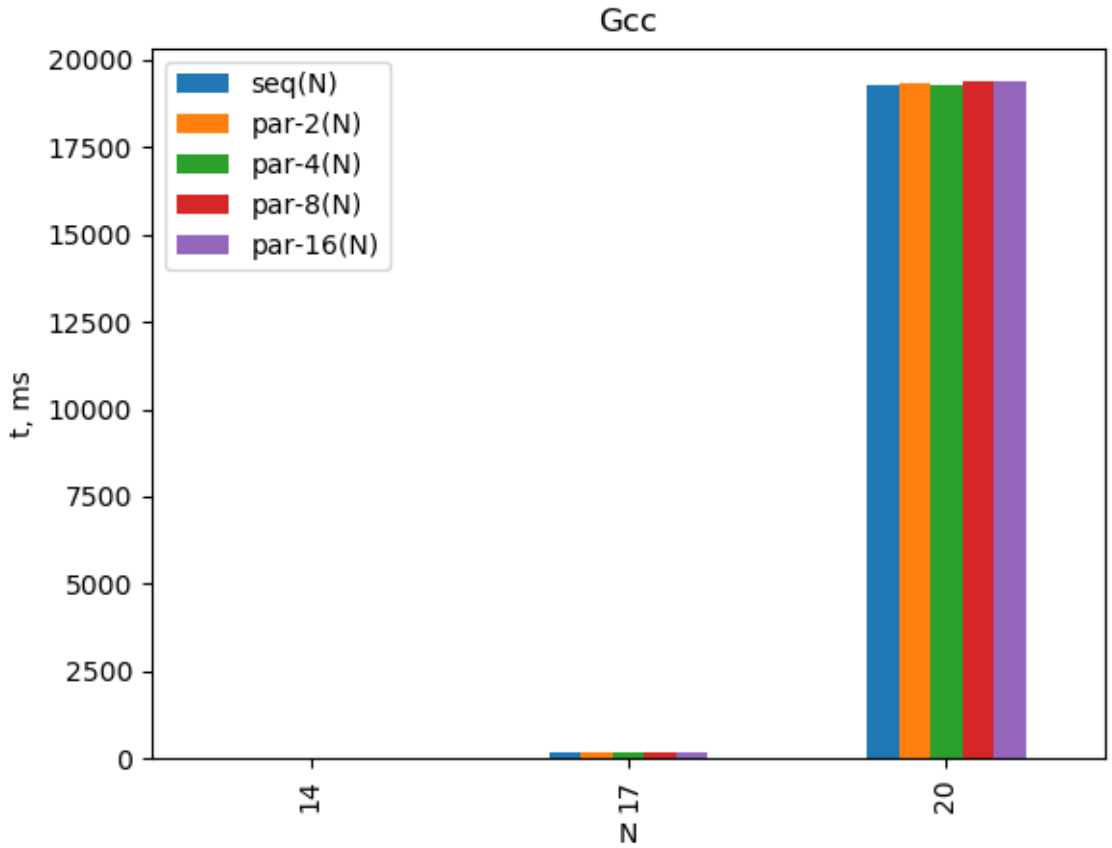
	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-4(N)	35	165	19251
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 8 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-8(N)	21	165	19376
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 16 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-16(N)	19	162	19376
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02



Зависимость времени выполнения от N

Clang

Использованные флаги компиляции:

```
-O3 -mllvm -polly -mllvm -polly-parallel -mllvm
-polly-num-threads=${THREADS}
```

Последовательное выполнение

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
seq(N)	28	169	18510
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 2 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-2(N)	19	155	18536

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 4 потоках

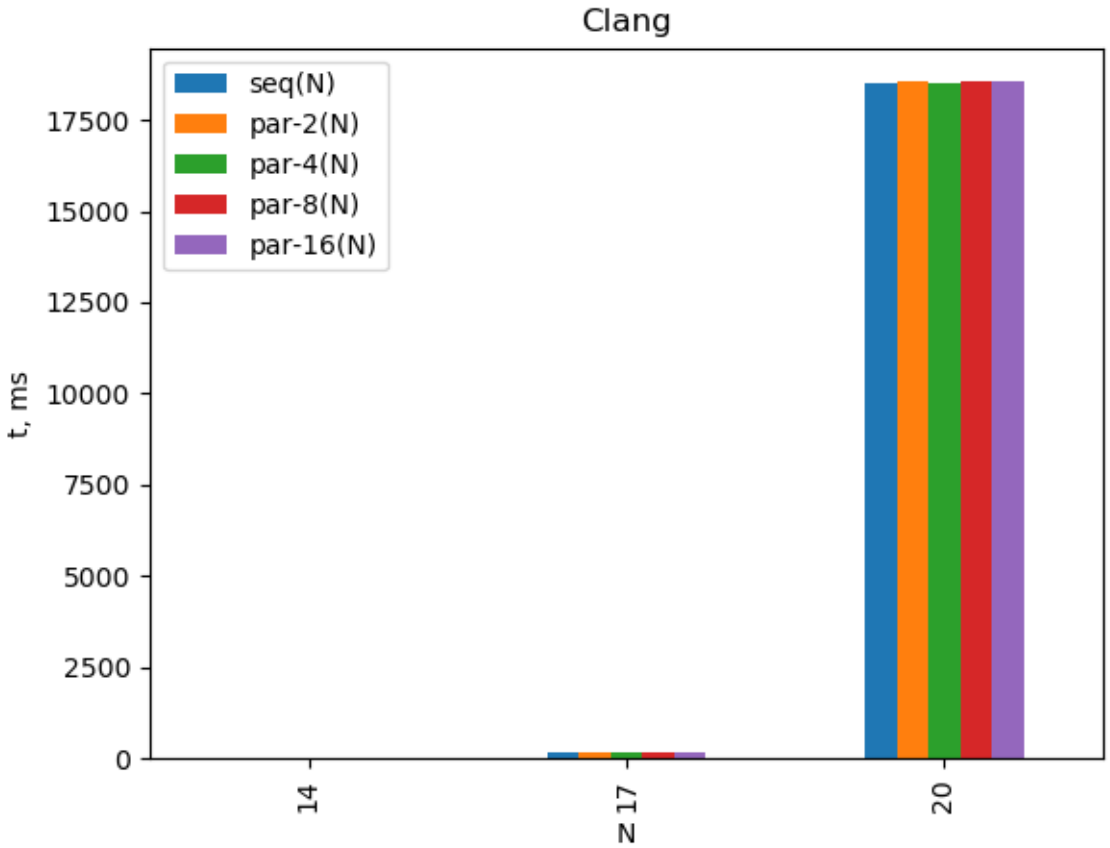
	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-4(N)	24	160	18527
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 8 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-8(N)	20	154	18539
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 16 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-16(N)	22	167	18548
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02



Зависимость времени выполнения от N

ICC

Использованные флаги компиляции:

```
-O3 -parallel -par-threshold=${THREADS}
```

Последовательное выполнение

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
seq(N)	41	149	18611
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 2 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-2(N)	18	179	21446

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 4 потоках

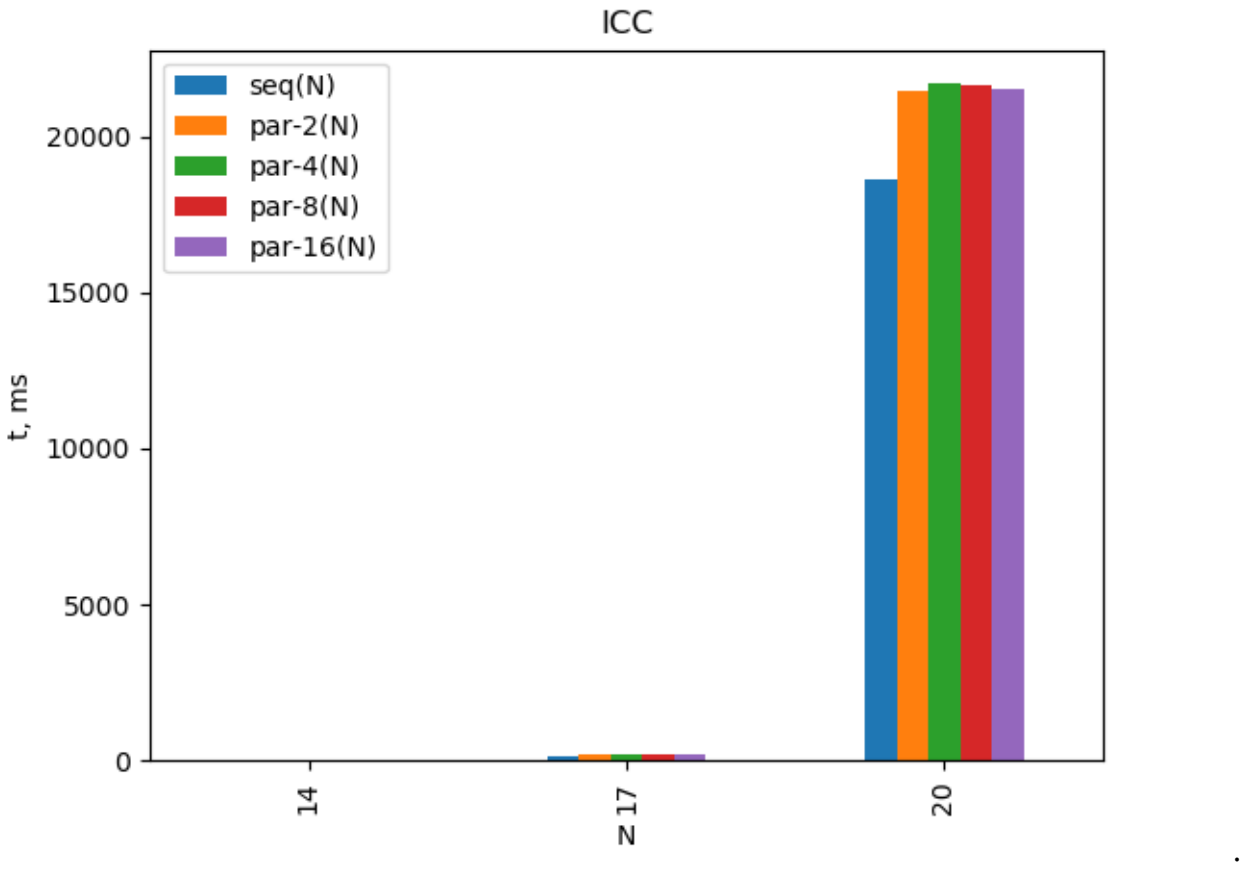
	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-4(N)	29	192	21693
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 8 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-8(N)	23	180	21666
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02

Выполнение при 16 потоках

	$N1+\delta$	$N1+\delta$	$N2$
N	14	17	20
par-16(N)	25	175	21513
X	5.580714e-02	-5.985867e-03	3.367889e-02



Зависимость времени выполнения от N

Выводы

После выполнения лабораторной работы можно сказать, что распараллеливание данной программы не приносит существенного эффекта. Согласно отладочной информации GCC удалось распараллелить стадию Merge, Polly не показала существенного эффекта, а согласно gdb ICC создает множество потоков при сортировке, что только увеличивает время работы программы.