Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Институт №8 “Компьютерные науки и прикладная математика”

Кафедра №806 “Вычислительная математика и программирование”

Лабораторная работа № 2 по курсу

«Операционные системы»

Группа: М8О-214Б-23

Студент: Шестаков К. Р.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: _____

Дата: 15.11.24

Москва, 2024

Постановка задачи

Вариант 8.

Составить программу на языке Си, обрабатывающую данные в многопоточном режиме. При обработки использовать стандартные средства создания потоков операционной системы (Windows/Unix). Ограничение максимального количества потоков, работающих в один момент времени, должно быть задано ключом запуска вашей программы.

Есть К массивов одинаковой длины. Необходимо сложить эти массивы.

Общий метод и алгоритм решения

В данной лабораторной работе реализованы две версии программы для многопоточного суммирования массивов на языке Си с использованием WinAPI. Первая версия использует мьютекс для синхронизации доступа к общему ресурсу (результирующему массиву). Вторая версия применяет атомарные операции для инкремента значений в результирующем массиве, исключая необходимость явной блокировки. Основной алгоритм заключается в разделении задачи на подзадачи, каждая из которых обрабатывается отдельным потоком.

Использованные системные вызовы включают CreateThread для создания потоков, WaitForSingleObject и WaitForMultipleObjects для ожидания завершения потоков, CreateMutex для создания мьютекса, ReleaseMutex для освобождения мьютекса, и InterlockedExchangeAdd для атомарного сложения значений.

Код программы

threads_p.c

```c
#include <windows.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

typedef struct
{
    int *data;
    int length;
} Array;

typedef struct
{
    Array *arrays;
    int *result;
    int start;
    int end;
    int array_count;
    HANDLE mutex;
} ThreadData;

DWORD WINAPI ThreadFunction(LPVOID arg)
{
```

```
    ThreadData *data = (ThreadData *)arg;
    for (int i = data->start; i < data->end; ++i)
    {
        int sum = 0;
        for (int j = 0; j < data->array_count; ++j)
        {
            sum += data->arrays[j].data[i];
        }
        WaitForSingleObject(data->mutex, INFINITE);
        data->result[i] = sum;
        ReleaseMutex(data->mutex);
    }
    return 0;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc < 3)
    {

        MessageBoxW(NULL, L"Not enough arguments", L"Error", MB_OK);
        return 1;
    }

    int max_threads = atoi(argv[1]);
    int array_count = atoi(argv[2]);
    int array_length = 1000;

    Array *arrays = (Array *)malloc(array_count * sizeof(Array));
    for (int i = 0; i < array_count; ++i)
    {
        arrays[i].data = (int *)malloc(array_length * sizeof(int));
        arrays[i].length = array_length;

        for (int j = 0; j < array_length; ++j)
        {
            arrays[i].data[j] = rand() % 100;
        }
    }

    int *result = (int *)malloc(array_length * sizeof(int));

    HANDLE mutex = CreateMutex(NULL, FALSE, NULL);

    LARGE_INTEGER frequency;
    LARGE_INTEGER start, end;
    QueryPerformanceFrequency(&frequency);
    QueryPerformanceCounter(&start);

    HANDLE *threads = (HANDLE *)malloc(max_threads * sizeof(HANDLE));
    ThreadData *threadData = (ThreadData *)malloc(max_threads * sizeof(ThreadData));

    int chunk_size = array_length / max_threads;
    for (int i = 0; i < max_threads; ++i)
```

```
    {
        threadData[i].arrays = arrays;
        threadData[i].result = result;
        threadData[i].start = i * chunk_size;
        threadData[i].end = (i == max_threads - 1) ? array_length : (i + 1) * chunk_size;
        threadData[i].array_count = array_count;
        threadData[i].mutex = mutex;
        threads[i] = CreateThread(NULL, 0, ThreadFunction, &threadData[i], 0, NULL);
        if (threads[i] == NULL)
        {
            MessageBoxW(NULL, L"Could not create thread", L"Error", MB_OK);

            free(threads);
            free(threadData);

            return 1;
        }
    }

    WaitForMultipleObjects(max_threads, threads, TRUE, INFINITE);

    QueryPerformanceCounter(&end);
    double elapsed_time = (double)(end.QuadPart - start.QuadPart) / frequency.QuadPart;

    wchar_t message[256];
    swprintf_s(message, 256, L"Elapsed time: %f seconds", elapsed_time);
    MessageBoxW(NULL, message, L"Time", MB_OK);

    for (int i = 0; i < array_count; ++i)
    {
        free(arrays[i].data);
    }
    free(arrays);
    free(result);
    free(threads);
    free(threadData);
    CloseHandle(mutex);

    return 0;
}
```

threads_a.c

```
#include <windows.h>

#include <stdlib.h>

#include <stdio.h>



typedef struct

{

    int *data;
```

```
    int length;
} Array;

typedef struct
{
    Array *arrays;
    volatile LONG *result;
    int start;
    int end;
    int array_count;
} ThreadData;

DWORD WINAPI ThreadFunction(LPVOID arg)
{
    ThreadData *data = (ThreadData *)arg;
    for (int i = data->start; i < data->end; ++i)
    {
        int sum = 0;
        for (int j = 0; j < data->array_count; ++j)
        {
            sum += data->arrays[j].data[i];
        }
        InterlockedExchangeAdd(data->result + i, sum);
    }
    return 0;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc < 3)
    {
        MessageBoxW(NULL, L"Not enough arguments", L"Error", MB_OK);
```

```
        return 1;
    }

    int max_threads = atoi(argv[1]);
    int array_count = atoi(argv[2]);
    int array_length = 1000;

    Array *arrays = (Array *)malloc(array_count * sizeof(Array));
    for (int i = 0; i < array_count; ++i)
    {
        arrays[i].data = (int *)malloc(array_length * sizeof(int));
        arrays[i].length = array_length;

        for (int j = 0; j < array_length; ++j)
        {
            arrays[i].data[j] = rand() % 100;
        }
    }

    volatile LONG *result = (volatile LONG *)malloc(array_length * sizeof(LONG));

    for (int i = 0; i < array_length; ++i)
    {
        result[i] = 0;
    }

    LARGE_INTEGER frequency;
    LARGE_INTEGER start, end;
    QueryPerformanceFrequency(&frequency);
    QueryPerformanceCounter(&start);

    HANDLE *threads = (HANDLE *)malloc(max_threads * sizeof(HANDLE));
```

```
        ThreadData *threadData = (ThreadData *)malloc(max_threads *
sizeof(ThreadData));


        int chunk_size = array_length / max_threads;

        for (int i = 0; i < max_threads; ++i)

        {

            threadData[i].arrays = arrays;

            threadData[i].result = result;

            threadData[i].start = i * chunk_size;

            threadData[i].end = (i == max_threads - 1) ? array_length : (i + 1) *
chunk_size;

            threadData[i].array_count = array_count;

            threads[i] = CreateThread(NULL, 0, ThreadFunction, &threadData[i], 0,
NULL);

            if (threads[i] == NULL)

            {

                MessageBoxW(NULL, L"Could not create thread", L"Error", MB_OK);


                free(threads);

                free(threadData);


                return 1;

            }

        }


        WaitForMultipleObjects(max_threads, threads, TRUE, INFINITE);


        QueryPerformanceCounter(&end);

        double elapsed_time = (double)(end.QuadPart - start.QuadPart) /
frequency.QuadPart;


        wchar_t message[256];

        swprintf_s(message, 256, L"Elapsed time: %f seconds", elapsed_time);
```

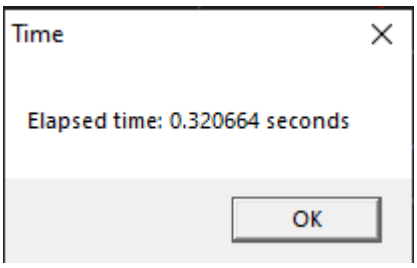
```
    MessageBoxW(NULL, message, L"Time", MB_OK);


    for (int i = 0; i < array_count; ++i)
    {
        free(arrays[i].data);
    }
    free(arrays);
    free((void *)result);
    free(threads);
    free(threadData);


    return 0;
}
```

Протокол работы программы

Тестирование:

```
D:\code\osi\lab2> gcc threads_a.c -o threads_p.exe
D:\code\osi\lab2> NtTrace D:\code\osi\lab2\threads_p.exe 4 100000 > trace.log
```

(Скриншот консоли программы)



(Вывод времени выполнения через MessageBoxW)

nttrace:

...

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x74137fec50 [0x000001e15b786000], ZeroBits=0, pSize=0x74137fecf8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x74137fec50 [0x000001e15b787000], ZeroBits=0, pSize=0x74137fecf8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x74137fec50 [0x000001e15b788000], ZeroBits=0, pSize=0x74137fecf8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtCreateThreadEx(ThreadHandle=0x74137feea8 [0xcc], DesiredAccess=DELETE|READ_CONTROL|WRITE_DAC|WRITE_OWNER|SYNCHRONIZE|0xffff, ObjectAttributes=null, ProcessHandle=-1, StartRoutine=0x7ff77e6a1450, Argument=0x1e15a111df0, CreateFlags=0, ZeroBits=0, StackSize=0, MaximumStackSize=0, AttributeList=0x74137fefd0) => 0

Created thread: 4952 at 00007FF77E6A1450

NtCreateThreadEx(ThreadHandle=0x74137feea8 [0xd0], DesiredAccess=DELETE|READ_CONTROL|WRITE_DAC|WRITE_OWNER|SYNCHRONIZE|0xffff, ObjectAttributes=null, ProcessHandle=-1, StartRoutine=0x7ff77e6a1450, Argument=0x1e15a111e10, CreateFlags=0, ZeroBits=0, StackSize=0, MaximumStackSize=0, AttributeList=0x74137fefd0) => 0

Created thread: 13784 at 00007FF77E6A1450

NtDeviceIoControlFile(FileHandle=0x50, Event=0, ApcRoutine=null, ApcContext=null, IoStatusBlock=0x74139fed80, IoControlCode=0x00500016, InputBuffer=0x74139fed90, InputBufferLength=0x30, OutputBuffer=null, OutputBufferLength=0) => 0xc00700bb [187 'Не найдено указанное имя системного семафора.']

Created thread: 10664 at 00007FF77E6A1450

NtCreateThreadEx(ThreadHandle=0x74137feea8 [0xb4], DesiredAccess=DELETE|READ_CONTROL|WRITE_DAC|WRITE_OWNER|SYNCHRONIZE|0xffff, ObjectAttributes=null, ProcessHandle=-1, StartRoutine=0x7ff77e6a1450, Argument=0x1e15a111e30, CreateFlags=0, ZeroBits=0, StackSize=0, MaximumStackSize=0, AttributeList=0x74137fefd0) => 0

Created thread: 18024 at 00007FF77E6A1450

NtWaitForSingleObject(Handle=0x40, Alertable=false, Timeout=null) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x74139fe990 [0x000001e15b789000], ZeroBits=0, pSize=0x74139fea38 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtCreateThreadEx(ThreadHandle=0x74137feea8 [0xd4], DesiredAccess=DELETE|READ_CONTROL|WRITE_DAC|WRITE_OWNER|SYNCHRONIZE|0xffff, ObjectAttributes=null, ProcessHandle=-1,

StartRoutine=0x7ff77e6a1450, Argument=0x1e15a111e50, CreateFlags=0, ZeroBits=0, StackSize=0, MaximumStackSize=0, AttributeList=0x74137fefd0) => 0

NtSetEvent(EventHandle=0x40, PrevState=null) => 0

NtTestAlert() => 0

NtWaitForSingleObject(Handle=0x40, Alertable=false, Timeout=null) => 0

...

Табличка график с тестированием по временили 100000 массивов

Примитивы

Число потоков	Время исполнения (мс)	Ускорение	Эффективность
1	990	1	1
2	520	1,9	0,95
3	390	2,54	0,847
4	340	2,91	0,728
5	310	3,19	0,638
6	300	3,3	0,55

Атомики

Число потоков	Время исполнения (мс)	Ускорение	Эффективность
1	980	1	1
2	515	1,9	0,95
3	385	2,55	0,85
4	335	2,93	0,733
5	305	3,21	0,642
6	295	3,32	0,553

Результаты показывают, что с увеличением числа потоков время выполнения программы уменьшается как для примитивов синхронизации, так и для атомиков. Эффективность снижается с ростом числа потоков, что говорит о насыщении ресурсов и увеличении конкуренции за них.

Атомики показывают немного лучшую производительность по сравнению с примитивами синхронизации за счёт меньших накладных расходов.

Вывод

В данной лабораторной работе реализованы две версии программы для многопоточного суммирования массивов на языке Си с использованием WinAPI. При выполнении лабораторной работы основной проблемой была необходимость ручного управления памятью и синхронизацией потоков. Например, требовалось явно освобождать выделенную память для массивов и потоков, а также корректно инициализировать мьютекс и использовать атомарные операции. Также возникли сложности с преобразованием типов данных для корректного вывода информации через MessageBoxW.