Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Факультет информационных технологий и прикладной математики

Кафедра вычислительной математики и программирования

**Лабораторная работа №6-8 по курсу**

**«Операционные системы»**

**Темы работы**

**“Управлении серверами сообщений”**

**“Применение отложенных вычислений”**

**“Интеграция программных систем друг с другом”**

Студент: Молчанов Владислав Дмитриевич

Группа: М8О-208Б-20

Вариант: 26

Преподаватель: Миронов Евгений Сергеевич

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Москва, 2021

**Содержание**

1. Репозиторий
2. Постановка задачи
3. Общие сведения о программе
4. Общий метод и алгоритм решения
5. Исходный код
6. Демонстрация работы программы
7. Выводы

**Репозиторий**

<https://github.com/molch4nov>

**Постановка задачи**

Реализовать распределенную систему по асинхронной обработке запросов. В данной распределенной системе должно существовать 2 вида узлов: «управляющий» и «вычислительный». Необходимо объединить данные узлы в соответствии с той топологией, которая определена вариантом. Связь между узлами необходимо осуществить при помощи технологии очередей сообщений. Также в данной системе необходимо предусмотреть проверку доступности узлов в соответствии с вариантом. При убийстве («kill -9») любого вычислительного узла система должна пытаться максимально сохранять свою работоспособность, а именно все дочерние узлы убитого узла могут стать недоступными, но родительские узлы должны сохранить

свою работоспособность.

Управляющий узел отвечает за ввод команд от пользователя и отправку этих команд на вычислительные узлы. Список основных поддерживаемых команд:

Создание нового узла  
Удаление существующего узла  
Выполнение функции

Проверка доступности узлов

**Общие сведения о программе**

Код работы содержится в двух файлах – main\_prog.cpp(код для управляющего узла) и child\_node(код для вычислительного узла). Также для удобства был создан Makefile. После компиляции появляются два исполняемых файла – main\_prog и child\_node. Для начала работы программы требуется запустить ./main\_prog.

**Общий метод и алгоритм решения**

1. create id

Вставка нового узла осуществляется по правилам бинарного дерева. Если это первый вычислительный узел – то узел id станет корнем этого дерева. Иначе – id будет сравниваться со всеми узлами дерева, в зависимости от результатов сравнения будет помещаться в левый или правый сокет (если тот свободен, иначе он опять сравнится, но с потомком). Если встретится узел с таким же id, то узел не создастся, а пользователю выведется ошибка.

1. exec id k n1…nk

Аналогично предыдущей команде сигнал отправляется вниз по дереву. Если встречается узел с искомым id – он считает сумму чисел и возвращает её наверх, иначе пользователю выведется ошибка.

1. kill id

Искомый процесс завершает работу. Все его потомки отсекаются от системы, но родительские процессы сохраняют работоспособность. Если искомого процесса нет, пользователю выведется ошибка.

1. ping id

Команда проверяет доступность конкретного узла. Если узла нет, то необходимо выводить ошибку: «Error: Not found»

**Исходный код**

**main\_prog.cpp**

#include <zmq.hpp>

#include <unistd.h>

#include <iostream>

#include <vector>

using namespace std;

int main()

{

    zmq::context\_t context(1);

    zmq::socket\_t main\_socket(context, ZMQ\_REP);

    string adr = "tcp://127.0.0.1:300";

    string command;

    int child\_id = 0;

    cout << "Commands:\ncreate id\nexec id k n1...nk\nheartbeat time\nkill id\nexit\n";

    while (1)

    {

        cout << "Please, enter command\n";

        cin >> command;

        if (command == "create")

        {

            if (child\_id == 0)

            {

                int id;

                cin >> id; //1

                int id\_tmp = id - 1;

                main\_socket.bind(adr + to\_string(++id\_tmp)); //tcp://127.0.0.1:3001

                string new\_adr = adr + to\_string(id\_tmp);

                char \*adr\_ = new char[new\_adr.size() + 1];

                memcpy(adr\_, new\_adr.c\_str(), new\_adr.size() + 1);

                char \*id\_ = new char[to\_string(id).size() + 1];

                memcpy(id\_, to\_string(id).c\_str(), to\_string(id).size() + 1);

                char \*args[] = {"./child\_node", adr\_, id\_, NULL};

                int id2 = fork();

                if (id2 == -1)

                {

                    cout << "ERROR: CALCULATING NODE WAS NOT CREATED\n";

                    id = 0;

                    exit(1);

                }

                else if (id2 == 0)

                {

                    execv("./child\_node", args);

                }

                else

                {

                    child\_id = id;

                }

                zmq::message\_t message;

                main\_socket.recv(&message);

                string recieved\_message(static\_cast<char \*>(message.data()), message.size());

                cout << recieved\_message << "\n";

                delete[] adr\_;

                delete[] id\_;

            }

            else

            {

                int id;

                cin >> id;

                string message\_string = command + " " + to\_string(id);

                zmq::message\_t message(message\_string.size());

                memcpy(message.data(), message\_string.c\_str(), message\_string.size());

                main\_socket.send(message);

                main\_socket.recv(&message);

                string recieved\_message(static\_cast<char \*>(message.data()), message.size());

                cout << recieved\_message << "\n";

            }

        }

        else if (command == "exec")

        {

            int id, N;

            cin >> id >> N;

            string s;

            vector<int> v(N);

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

            {

                cin >> v[i];

                s = s + to\_string(v[i]) + '$'; //exec 1 3 1 22 3      //1$22$3$

            }

            string message\_string = command + " " + to\_string(id) + " " + s;

            zmq::message\_t message(message\_string.size());

            memcpy(message.data(), message\_string.c\_str(), message\_string.size());

            main\_socket.send(message);

            main\_socket.recv(&message);

            string recieved\_message(static\_cast<char \*>(message.data()), message.size());

            cout << recieved\_message << "\n";

        }

        else if (command == "heartbeat")

        {

            int TIME;

            const int beat\_amount = 1;

            cin >> TIME;

            // "heartbeat 2000"

            for (int j = 0; j < 10; j++)

            {

                string message\_string = command + " " + to\_string(TIME);

                zmq::message\_t message(message\_string.size());

                memcpy(message.data(), message\_string.c\_str(), message\_string.size());

                // receive answer from child

                //for (int j = 0; j < beat\_amount; j++)

                //{

                main\_socket.send(message);

                main\_socket.recv(&message);

                string recieved\_message(static\_cast<char \*>(message.data()), message.size());

                if (recieved\_message != "OK")

                {

                    cout << "Unavailable nodes: ";

                }

                cout << recieved\_message << "\n";

                sleep((unsigned)(TIME / 1000));

            }

        }

        else if (command == "kill")

        {

            int id;

            cin >> id;

            if (child\_id == 0)

            {

                cout << "Error: there aren't any nodes\n";

            }

            else if (child\_id == id)

            {

                string kill\_message = "DIE";

                zmq::message\_t message(kill\_message.size());

                memcpy(message.data(), kill\_message.c\_str(), kill\_message.size());

                main\_socket.send(message);

                cout << "Tree was deleted\n";

                child\_id = 0;

            }

            else

            {

                string kill\_message = command + " " + to\_string(id);

                zmq::message\_t message(kill\_message.size());

                memcpy(message.data(), kill\_message.c\_str(), kill\_message.size());

                main\_socket.send(message);

                main\_socket.recv(&message);

                string received\_message(static\_cast<char \*>(message.data()), message.size());

                cout << received\_message << "\n";

            }

        }

        else if (command == "exit")

        {

            if (child\_id)

            {

                string kill\_message = "DIE";

                zmq::message\_t message(kill\_message.size());

                memcpy(message.data(), kill\_message.c\_str(), kill\_message.size());

                main\_socket.send(message);

                cout << "Tree was deleted\n";

                child\_id = 0;

            }

            main\_socket.close();

            context.close();

            return 0;

        }

        else

        {

            cout << "Error: incorrect command\n";

        }

    }

}

child\_node.cpp

#include <zmq.hpp>

#include <iostream>

#include <unistd.h>

using namespace std;

void **send\_message**(std::string message\_string, zmq::socket\_t &socket)

{

    zmq::message\_t **message\_back**(message\_string.**size**());

**memcpy**(message\_back.**data**(), message\_string.**c\_str**(), message\_string.**size**());

    if (!socket.**send**(message\_back))

    {

        std::cout << "Error: can't send message from node with pid " << **getpid**() << "\n";

    }

}

int **main**(int argc, char \*argv[])

{

    string adr = argv[1];

    zmq::context\_t **context**(1);

    zmq::socket\_t **main\_socket**(context, ZMQ\_REQ);

    main\_socket.**connect**(argv[1]);

    main\_socket.**setsockopt**(ZMQ\_SNDTIMEO, 3000);

**send\_message**("OK: " + **to\_string**(**getpid**()), main\_socket);

    int id = **stoi**(argv[2]); //

    int left\_id = 0;

    int right\_id = 0;

    zmq::context\_t **context\_l**(1);

    zmq::context\_t **context\_r**(1);

    zmq::socket\_t **left\_socket**(context\_l, ZMQ\_REP);

    left\_socket.**setsockopt**(ZMQ\_SNDTIMEO, 3000);

    string adr\_left = "tcp://127.0.0.1:300";

    zmq::socket\_t **right\_socket**(context\_r, ZMQ\_REP);

    right\_socket.**setsockopt**(ZMQ\_SNDTIMEO, 3000);

    string adr\_right = "tcp://127.0.0.1:300";

    while (1)

    {

        zmq::message\_t message\_main;

        main\_socket.**recv**(&message\_main);

        string **recieved\_message**(static\_cast<char \*>(message\_main.**data**()), message\_main.**size**());

        string command;

        for (int i = 0; i < recieved\_message.**size**(); ++i)

        {

            if (recieved\_message[i] != ' ')

            {

                command += recieved\_message[i];

            }

            else

            {

                break;

            }

        }

        if (command == "exec")

        {

            int id\_proc;

            string id\_proc\_, value\_;

            string key;

            int sum = 0;

            int pos;

            for (int i = 5; i < recieved\_message.**size**(); ++i)

            {

                if (recieved\_message[i] != ' ')

                {

                    id\_proc\_ += recieved\_message[i];

                }

                else

                {

                    pos = i;

                    break;

                }

            }

            id\_proc = **stoi**(id\_proc\_);

            int sub = 1;

            int number = 0;

            if (id\_proc == id)

            {

                for (int i = recieved\_message.**size**() - 1; i >= pos; --i)

                {

                    if (recieved\_message[i] == '$' || recieved\_message[i] == ' ')

                    {

                        sub = 1;

                        sum = sum + number;

                        number = 0;

                    }

                    else

                    {

                        number = number + (recieved\_message[i] - '0') \* sub; //exec 4 2 1$22$

                        sub = sub \* 10;

                    }

                }

                string res = "OK:" + id\_proc\_ + ":" + **to\_string**(sum);

                zmq::message\_t **message**(res.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), res.**c\_str**(), res.**size**());

                if (!main\_socket.**send**(message))

                {

                    cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                }

            }

            else

            { // id != prod\_id

                if (id > id\_proc)

                { //go to left

                    if (left\_id == 0)

                    { // if node not exists

                        string message\_string = "Error:id: Not found";

                        zmq::message\_t **message**(message\_string.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), message\_string.**c\_str**(), message\_string.**size**());

                        if (!main\_socket.**send**(message))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                    }

                    else

                    {

                        zmq::message\_t **message**(recieved\_message.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), recieved\_message.**c\_str**(), recieved\_message.**size**());

                        if (!left\_socket.**send**(message))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to left node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                        // catch and send to parent

                        if (!left\_socket.**recv**(&message))

                        {

                            cout << "Error: can't receive message from left node in node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                        if (!main\_socket.**send**(message))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                    }

                }

                else

                { // go to right

                    if (right\_id == 0)

                    { // if node not exists

                        string message\_string = "Error:id: Not found";

                        zmq::message\_t **message**(message\_string.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), message\_string.**c\_str**(), message\_string.**size**());

                        if (!main\_socket.**send**(message))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                    }

                    else

                    {

                        zmq::message\_t **message**(recieved\_message.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), recieved\_message.**c\_str**(), recieved\_message.**size**());

                        if (!right\_socket.**send**(message))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to right node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                        // catch and send to parent

                        if (!right\_socket.**recv**(&message))

                        {

                            cout << "Error: can't receive message from left node in node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                        if (!main\_socket.**send**(message))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                        }

                    }

                }

            }

        }

        else if (command == "create")

        {

            int id\_proc; // id of node for creating

            string id\_proc\_;

            for (int i = 7; i < recieved\_message.**size**(); ++i)

            {

                if (recieved\_message[i] != ' ')

                {

                    id\_proc\_ += recieved\_message[i];

                }

                else

                {

                    break;

                }

            }

            id\_proc = **stoi**(id\_proc\_);

            if (id\_proc == id)

            {

**send\_message**("Error: Already exists", main\_socket);

            }

            else if (id\_proc > id)

            {

                if (right\_id == 0)

                { // there is not right node

                    right\_id = id\_proc;

                    int right\_id\_tmp = right\_id - 1;

                    while (1)

                    {

                        try

                        {

                            right\_socket.**bind**(adr\_right + **to\_string**(++right\_id\_tmp));

                            break;

                        }

                        catch (...)

                        {

                        }

                    }

                    adr\_right += **to\_string**(right\_id\_tmp);

                    char \*adr\_right\_ = new char[adr\_right.**size**() + 1];

**memcpy**(adr\_right\_, adr\_right.**c\_str**(), adr\_right.**size**() + 1);

                    char \*right\_id\_ = new char[**to\_string**(right\_id).**size**() + 1];

**memcpy**(right\_id\_, **to\_string**(right\_id).**c\_str**(), **to\_string**(right\_id).**size**() + 1);

                    char \*args[] = {"./child\_node", adr\_right\_, right\_id\_, NULL};

                    int f = **fork**();

                    if (f == 0)

                    {

**execv**("./child\_node", args);

                    }

                    else if (f == -1)

                    {

                        cout << "Error in forking in node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                    }

                    else

                    {

                        zmq::message\_t message\_from\_node;

                        if (!right\_socket.**recv**(&message\_from\_node))

                        {

                            cout << "Error: can't receive message from right node in node with pid:" << **getpid**() << "\n";

                        }

                        string **recieved\_message\_from\_node**(static\_cast<char \*>(message\_from\_node.**data**()), message\_from\_node.**size**());

                        if (!main\_socket.**send**(message\_from\_node))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to main node from node with pid:" << **getpid**() << "\n";

                        }

                    }

                    delete[] adr\_right\_;

                    delete[] right\_id\_;

                }

                else

                { // send task to right node

**send\_message**(recieved\_message, right\_socket);

                    // catch and send to parent

                    zmq::message\_t message;

                    if (!right\_socket.**recv**(&message))

                    {

                        cout << "Error: can't receive message from left node in node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                    }

                    if (!main\_socket.**send**(message))

                    {

                        cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                    }

                }

            }

            else

            {

                if (left\_id == 0)

                { // there is not left node

                    left\_id = id\_proc;

                    int left\_id\_tmp = left\_id - 1;

                    while (1)

                    {

                        try

                        {

                            left\_socket.**bind**(adr\_left + **to\_string**(++left\_id\_tmp));

                            break;

                        }

                        catch (...)

                        {

                        }

                    }

                    adr\_left += **to\_string**(left\_id\_tmp);

                    char \*adr\_left\_ = new char[adr\_left.**size**() + 1];

**memcpy**(adr\_left\_, adr\_left.**c\_str**(), adr\_left.**size**() + 1);

                    char \*left\_id\_ = new char[**to\_string**(left\_id).**size**() + 1];

**memcpy**(left\_id\_, **to\_string**(left\_id).**c\_str**(), **to\_string**(left\_id).**size**() + 1);

                    char \*args[] = {"./child\_node", adr\_left\_, left\_id\_, NULL};

                    int f = **fork**();

                    if (f == 0)

                    {

**execv**("./child\_node", args);

                    }

                    else if (f == -1)

                    {

                        cout << "Error in forking in node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                    }

                    else

                    {

                        // catch message from new node

                        zmq::message\_t message\_from\_node;

                        if (!left\_socket.**recv**(&message\_from\_node))

                        {

                            cout << "Error: can't receive message from left node in node with pid:" << **getpid**() << "\n";

                        }

                        string **recieved\_message\_from\_node**(static\_cast<char \*>(message\_from\_node.**data**()), message\_from\_node.**size**());

                        // send message to main node

                        if (!main\_socket.**send**(message\_from\_node))

                        {

                            cout << "Error: can't send message to main node from node with pid:" << **getpid**() << "\n";

                        }

                    }

                    delete[] adr\_left\_;

                    delete[] left\_id\_;

                }

                else

                { // send task to left node

**send\_message**(recieved\_message, left\_socket);

                    // catch and send to parent

                    zmq::message\_t message;

                    if (!left\_socket.**recv**(&message))

                    {

                        cout << "Error: can't receive message from left node in node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                    }

                    if (!main\_socket.**send**(message))

                    {

                        cout << "Error: can't send message to main node from node with pid: " << **getpid**() << "\n";

                    }

                }

            }

        }

        else if (command == "ping")

        {

            int id\_proc; // id of node for creating

            string id\_proc\_;

            for (int i = 5; i < recieved\_message.**size**(); ++i)

            {

                if (recieved\_message[i] != ' ')

                {

                    id\_proc\_ += recieved\_message[i];

                }

                else

                {

                    break;

                }

            }

            id\_proc = **stoi**(id\_proc\_);

            if (id\_proc == id)

            {

                string s = "OK: 1";

                zmq::message\_t **message**(s.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), s.**c\_str**(), s.**size**());

                main\_socket.**send**(message);

            }

            else if (id\_proc < id)

            {

                if (left\_id == 0)

                {

                    string s = "OK: 0";

                    zmq::message\_t **message**(s.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), s.**c\_str**(), s.**size**());

                    main\_socket.**send**(message);

                }

                else

                {

                    left\_socket.**send**(message\_main);

                    zmq::message\_t answ;

                    left\_socket.**recv**(&answ);

                    main\_socket.**send**(answ);

                }

            }

            else if (id\_proc > id)

            {

                if (right\_id == 0)

                {

                    string s = "OK: 0";

                    zmq::message\_t **message**(s.**size**());

**memcpy**(message.**data**(), s.**c\_str**(), s.**size**());

                    main\_socket.**send**(message);

                }

                else

                {

                    right\_socket.**send**(message\_main);

                    zmq::message\_t answ;

                    right\_socket.**recv**(&answ);

                    main\_socket.**send**(answ);

                }

            }

        }

        else if (command == "kill")

        {

            int id\_proc; // id of node for killing

            string id\_proc\_;

            for (int i = 5; i < recieved\_message.**size**(); ++i)

            {

                if (recieved\_message[i] != ' ')

                {

                    id\_proc\_ += recieved\_message[i];

                }

                else

                {

                    break;

                }

            }

            id\_proc = **stoi**(id\_proc\_);

            if (id\_proc > id)

            {

                if (right\_id == 0)

                {

**send\_message**("Error: there isn`t node with this id", main\_socket);

                }

                else

                {

                    if (right\_id == id\_proc)

                    {

**send\_message**("Ok: " + **to\_string**(right\_id), main\_socket);

**send\_message**("DIE", right\_socket);

                        right\_socket.**unbind**(adr\_right);

                        adr\_right = "tcp://127.0.0.1:300";

                        right\_id = 0;

                    }

                    else

                    {

                        right\_socket.**send**(message\_main);

                        zmq::message\_t message;

                        right\_socket.**recv**(&message);

                        main\_socket.**send**(message);

                    }

                }

            }

            else if (id\_proc < id)

            {

                if (left\_id == 0)

                {

**send\_message**("Error: there isn`t node with this id", main\_socket);

                }

                else

                {

                    if (left\_id == id\_proc)

                    {

**send\_message**("OK: " + **to\_string**(left\_id), main\_socket);

**send\_message**("DIE", left\_socket);

                        left\_socket.**unbind**(adr\_left);

                        adr\_left = "tcp://127.0.0.1:300";

                        left\_id = 0;

                    }

                    else

                    {

                        left\_socket.**send**(message\_main);

                        zmq::message\_t message;

                        left\_socket.**recv**(&message);

                        main\_socket.**send**(message);

                    }

                }

            }

        }

        else if (command == "DIE")

        {

            if (left\_id)

            {

**send\_message**("DIE", left\_socket);

                left\_socket.**unbind**(adr\_left);

                adr\_left = "tcp://127.0.0.1:300";

                left\_id = 0;

            }

            if (right\_id)

            {

**send\_message**("DIE", right\_socket);

                right\_socket.**unbind**(adr\_right);

                adr\_right = "tcp://127.0.0.1:300";

                right\_id = 0;

            }

            main\_socket.**unbind**(adr);

            return 0;

        }

    }

}

**Демонстрация работы программы**vladislav@DESKTOP-OL36FK8:/mnt/c/Users/vlad-/Desktop$ ./main\_prog

Commands:

create id

exec id k n1...nk

ping id

kill id

exit

Please, enter command

create 1

OK: 26

Please, enter command

create 2

OK: 33

Please, enter command

ping 2

OK: 1

Please, enter command

exec 2 3 15 15 15

OK:2:45

Please, enter command

kill 2

Ok: 2

Please, enter command

ext

Error: incorrect command

Please, enter command

exit

Tree was deleted

**Выводы**Данная лабораторная работа научила меня пользоваться библиотекой ZMQ, познакомила с такой технологией как очереди сообщений.