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: Фаттяхетдинов Сильвестр Динарович

Группа: М8О-208Б-20

Вариант: 29

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/silverfatt

**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. heartbeat time

В течение 10\*Time миллисекунд все вычислительные узлы каждые time миллисекунд сообщают о своей работоспособности.

**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]);

    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);

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

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

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

    while (1)

    {

        zmq::message\_t message\_main;

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

        //sleep(1);

        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")

        { //----------EXEC----------

            int id\_proc;

            string id\_proc\_, value\_;

            string key;

            int sum = 0;

            int pos;

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

            { //exec 2 55$2$3$121$

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

                {

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

                }

                else

                {

                    pos = i;

                    break;

                }

            }

            //0123456

            //exec 2 55$2$3$121$

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

            int sub = 1;

            int number = 0;

            if (id\_proc == id)

            { // id == proc\_id, this node must execute

                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;

                        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")

        {

            //sleep(2);

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

            string id\_proc\_;

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

            { //create 1

                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 == "heartbeat")

        {

            /\*

            1)Получение команды хартбит от родителя

            2)Отправление команды хартбит потомкам

            ----10 раз----

            3)Принятие ответов от потомков

            4)Ответ родителю

            ----10 раз----

            \*/

            //cout << id << " TEST1\n";

            string timestr;

            for (int i = 10; i < recieved\_message.size(); ++i)

            { //heartbeat 1000

                timestr.push\_back(recieved\_message[i]);

            }

            //cout << "STRING : " << timestr << "\n";

            if (left\_id != 0)

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

            //cout << id << " TEST2\n";

            if (right\_id != 0)

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

            //cout << id << " TEST3\n";

            int TIME = stoi(timestr);

            for (int i = 0; i < 1; i++)

            {

                //cout << id << " TEST4\n";

                string l = "OK";

                string r = "OK";

                if (left\_id != 0)

                {

                    zmq::message\_t message\_left;

                    if (left\_socket.recv(&message\_left))

                    {

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

                        l = left;

                    }

                    else

                    {

                        l = to\_string(left\_id);

                    }

                }

                //cout << id << " TEST5\n";

                if (right\_id != 0)

                {

                    zmq::message\_t message\_right;

                    if (right\_socket.recv(&message\_right))

                    {

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

                        r = right;

                    }

                    else

                    {

                        r = to\_string(right\_id);

                    }

                }

                //cout << id << " TEST6\n";

                if (l == r && l == "OK")

                {

                    send\_message("OK", main\_socket);

                }

                else

                {

                    if (l != "OK" && r != "OK")

                    {

                        send\_message(l + " " + r, main\_socket);

                    }

                    else if (l != "OK")

                    {

                        send\_message(l, main\_socket);

                    }

                    else

                    {

                        send\_message(r, main\_socket);

                    }

                }

                //cout << id << " TEST7\n";

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

            }

        }

        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;

            }

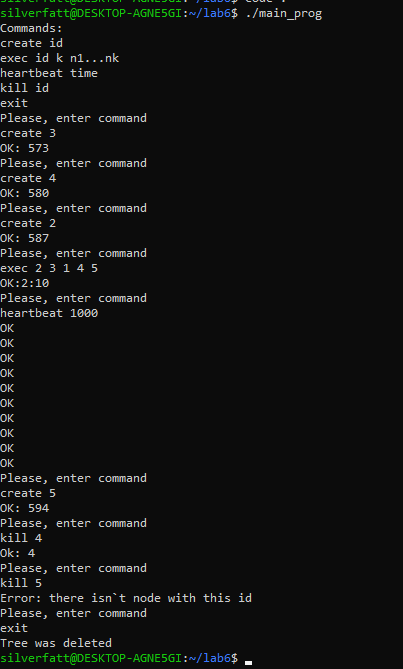
            main\_socket.unbind(adr);

            return 0;

        }

    }

}

**Демонстрация работы программы  
  
**

**Выводы**Данная лабораторная работа научила меня пользоваться библиотекой ZMQ, познакомила с такой технологией как очереди сообщений. Благодаря ЛР 6-8 я вновь понял, насколько обширным и интересным является мир программирования. Данная лабораторная работа является достойным завершением курса Операционных Систем.