Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Факультет информационных технологий и прикладной математики

Кафедра вычислительной математики и программирования

**Лабораторная работа №5-7 по курсу**

**«Операционные системы»**

**Тема работы**

**“Очереди сообщений”**

Студент: Эсмедляев Федор Романович

Группа: М8О-212Б-22

Вариант: 44

Преподаватель: Соколов Андрей Алексеевич

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Москва, 2023

**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

**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.  
  
Вариант 44. Команды:  
create id  
exec id n n1 n2… ni (набор чисел, требуется посчитать сумму)  
heartbeat time

**Общие сведения о программе**

Для выполнения данной лабораторной работы я предварительно реализовал 6 файлов с кодом:  
  
BalancedTree.h - реализация идеально сбалансированного дерева, требуемого по моему варианту. Нужен для добавления id в дерево согласно правилу добавления в наименьшее поддерево. Это, скорее, вспомогательный файл.  
  
ZMQFunctions.h - отдельный файл для функций zero-message queue, сделанный для удобства работы и во избежание загрязнения кода.  
  
CalculationNode.h - файл с основной реализацией команд, выполняемых программой.  
  
ClientProgram.cpp - реализация программы клиента.

ServerProgram.cpp - реализация программы сервера.

**Общий метод и алгоритм решения**  
По сути, две работающие программы. В начале запускается client, который уже в себе вызывает server от конкретных значений child\_id, parent\_port и parent\_id. После того, как клиент получает сообщение, он отправляет его на сервер. Все операции проходят с объектом node класса CalculationNode. Программа client работает до специального символа -1, а до него считывает все предусмотренные вариантом комманды и коммуницирует с сервером. При этом каждый следующий id добавляется в контейнер set, являющийся приватным полем класса BalancedTree.

**Исходный код**

**BalancedTree.h**

#ifndef BALANCED\_TREE\_H

#define BALANCED\_TREE\_H

#include <bits/stdc++.h>

class BalancedTree {

class BalancedTreeNode {

public:

int id;

BalancedTreeNode\* left;

BalancedTreeNode\* right;

int height;

bool available;

BalancedTreeNode (int id) {

this->id = id;

available = true;

left = NULL;

right = NULL;

}

void CheckAvailability (int id) {

if (this->id == id){

available = false;

}

else {

if (left != NULL) {

left->CheckAvailability(id);

}

if (right != NULL) {

right->CheckAvailability(id);

}

}

}

void Remove (int id, std::set<int> &ids) {

if (left != NULL && left->id == id) {

left->RecursionRemove(ids);

ids.erase(left->id);

delete left;

left = NULL;

}

else if (right != NULL && right->id == id) {

right->RecursionRemove(ids);

ids.erase(right->id);

delete right;

right = NULL;

}

else {

if (left != NULL) {

left->Remove(id, ids);

}

if (right != NULL) {

right->Remove(id, ids);

}

}

}

void RecursionRemove (std::set<int> &ids) {

if (left != NULL) {

left->RecursionRemove(ids);

ids.erase(left->id);

delete left;

left = NULL;

}

if (right != NULL) {

right->RecursionRemove(ids);

ids.erase(right->id);

delete right;

right = NULL;

}

}

void AddInNode (int id, int parent\_id, std::set<int> &ids) {

if (this->id == parent\_id) {

if (left == NULL){

left = new BalancedTreeNode(id);

}

else {

right = new BalancedTreeNode(id);

}

ids.insert(id);

}

else {

if (left != NULL) {

left->AddInNode(id, parent\_id, ids);

}

if (right != nullptr) {

right->AddInNode(id, parent\_id, ids);

}

}

}

int MinimalHeight() {

if (left == NULL || right == NULL) {

return 0;

}

int left\_height = -1;

int right\_height = -1;

if (left != NULL && left->available == true) {

left\_height = left->MinimalHeight();

}

if (right != NULL && right->available == true) {

right\_height = right->MinimalHeight();

}

if (right\_height == -1 && left\_height == -1) {

available = false;

return -1;

}

else if (right\_height == -1) {

return left\_height + 1;

}

else if (left\_height == -1) {

return right\_height + 1;

}

else {

return std::min(left\_height, right\_height) + 1;

}

}

int IDMinimalHeight(int height, int current\_height) {

if (height < current\_height) {

return -2;

}

else if (height > current\_height) {

int current\_id = -2;

if (left != NULL && left->available == true) {

current\_id = left->IDMinimalHeight(height, (current\_height + 1));

}

if (right != NULL && right->available == true && current\_id == -2){

current\_id = right->IDMinimalHeight(height, (current\_height + 1));

}

return current\_id;

}

else {

if (left == NULL || right == NULL){

return id;

}

return -2;

}

}

~BalancedTreeNode() {}

};

private:

BalancedTreeNode\* root;

public:

std::set<int> ids;

BalancedTree() {

root = new BalancedTreeNode(-1);

}

bool Exist(int id) {

if (ids.find(id) != ids.end()) {

return true;

}

return false;

}

void AvailabilityCheck(int id) {

root->CheckAvailability(id);

}

int FindID() {

int h = root->MinimalHeight();

return root->IDMinimalHeight(h, 0);

}

void AddInTree(int id, int parent) {

root->AddInNode(id, parent, ids);

}

void RemoveFromRoot(int idElem) {

root->Remove(idElem, ids);

}

~BalancedTree() {

root->RecursionRemove(ids);

delete root;

}

};

#endif

**CalculationNode.h**

#include <bits/stdc++.h>

#include "ZMQFunctions.h"

#include "unistd.h"

class CalculationNode {

private:

zmq:: context\_t context;

public:

zmq:: socket\_t left, right, parent;

int id, left\_id = -2, right\_id = -2, parent\_id;

int left\_port, right\_port, parent\_port;

CalculationNode(int id, int parent\_port, int parent\_id):

id(id),

parent\_port(parent\_port),

parent\_id(parent\_id),

left(context, ZMQ\_REQ),

right(context, ZMQ\_REQ),

parent(context, ZMQ\_REP)

{

if (id != -1) {

connect(parent, parent\_port);

}

}

std:: string create (int child\_id) {

int port;

bool isleft = false;

if (left\_id == -2) {

left\_port = bind(left, child\_id);

left\_id = child\_id;

port = left\_port;

isleft = true;

}

else if (right\_id == -2) {

right\_port = bind(right, child\_id);

right\_id = child\_id;

port = right\_port;

}

else {

std:: string fail = "Error: can not create the calculation node";

return fail;

}

int fork\_id = fork();

if (fork\_id == 0) {

if (execl("./server", "server", std:: to\_string(child\_id).c\_str(), std:: to\_string(port).c\_str(), std:: to\_string(id).c\_str(), (char\*)NULL) == -1) {

std:: cout << "Error: can not run the execl-command" << std:: endl;

exit(EXIT\_FAILURE);

}

}

else {

std:: string child\_pid;

try {

if (isleft) {

left.setsockopt(ZMQ\_SNDTIMEO, 3000);

send\_message(left, "pid");

child\_pid = receive\_message(left);

}

else {

right.setsockopt(ZMQ\_SNDTIMEO, 3000);

send\_message(right, "pid");

child\_pid = receive\_message(right);

}

return "Ok: " + child\_pid;

}

catch (int) {

std:: string fail = "Error: can not connect to the child";

return fail;

}

}

}

std:: string ping (int id) {

std:: string answer = "Ok: 0";

if (this->id == id) {

answer = "Ok: 1";

return answer;

}

else if (left\_id == id) {

std:: string message = "ping " + std:: to\_string(id);

send\_message(left, message);

try {

message = receive\_message(left);

if (message == "Ok: 1") {

answer = message;

}

}

catch(int){}

}

else if (right\_id == id) {

std:: string message = "ping " + std:: to\_string(id);

send\_message(right, message);

try {

message = receive\_message(right);

if (message == "Ok: 1") {

answer = message;

}

}

catch(int){}

}

return answer;

}

std:: string sendstring (std:: string string, int id) {

std:: string answer = "Error: Parent not found";

if (left\_id == -2 && right\_id == -2) {

return answer;

}

else if (left\_id == id) {

if (ping(left\_id) == "Ok: 1") {

send\_message(left, string);

try{

answer = receive\_message(left);

}

catch(int){}

}

}

else if (right\_id == id) {

if (ping(right\_id) == "Ok: 1") {

send\_message(right, string);

try {

answer = receive\_message(right);

}

catch(int){}

}

}

else {

if (ping(left\_id) == "Ok: 1") {

std:: string message = "send " + std:: to\_string(id) + " " + string;

send\_message(left, message);

try {

message = receive\_message(left);

}

catch(int) {

message = "Error: Parent not found";

}

if (message != "Error: Parent not found") {

answer = message;

}

}

if (ping(right\_id) == "Ok: 1") {

std:: string message = "send " + std:: to\_string(id) + " " + string;

send\_message(right, message);

try {

message = receive\_message(right);

}

catch(int) {

message = "Error: Parent not found";

}

if (message != "Error: Parent not found") {

answer = message;

}

}

}

return answer;

}

std:: string exec (std:: string string) {

std:: istringstream string\_thread(string);

int result = 0;

int amount, number;

string\_thread >> amount;

for (int i = 0; i < amount; ++i) {

string\_thread >> number;

result += number;

}

std:: string answer = "Ok: " + std:: to\_string(id) + ": " + std:: to\_string(result);

return answer;

}

std:: string treeclear (int child) {

if (left\_id == child) {

left\_id = -2;

unbind(left, left\_port);

}

else {

right\_id = -2;

unbind(right, right\_port);

}

return "Ok";

}

std:: string kill () {

if (left\_id != -2){

if (ping(left\_id) == "Ok: 1") {

std:: string message = "kill";

send\_message(left, message);

try {

message = receive\_message(left);

}

catch(int){}

unbind(left, left\_port);

left.close();

}

}

if (right\_id != -2) {

if (ping(right\_id) == "Ok: 1") {

std:: string message = "kill";

send\_message(right, message);

try {

message = receive\_message(right);

}

catch (int){}

unbind(right, right\_port);

right.close();

}

}

return std:: to\_string(parent\_id);

}

~CalculationNode() {}

};

**ClientProgram.cpp**#include <bits/stdc++.h>

#include "CalculationNode.h"

#include "ZMQFunctions.h"

#include "BalancedTree.h"

int main() {

std:: string command;

CalculationNode node(-1, -1, -1);

std:: string answer;

std:: cout << "Hello there! Please check out the task commands: " << std:: endl;

std:: cout << '\t' << "create id: for creating a new calculation node" << std:: endl;

std:: cout << '\t' << "exec id n n1 n2... n: for calculating a sum" << std:: endl;

std:: cout << '\t' << "heartbeat time: for checking node-availabilty" << std:: endl;

std:: cout << '\t' << "kill id: for killing a calculation node" << std:: endl;

BalancedTree tree;

while ((std:: cout << "Please enter your command: ") && (std:: cin >> command)) {

if (command == "create") {

int child;

std:: cin >> child;

if (tree.Exist(child)) {

std:: cout << "Error: Already exists" << std:: endl;

}

else {

while (true) {

int idParent = tree.FindID();

if (idParent == node.id) {

answer = node.create(child);

tree.AddInTree(child, idParent);

break;

}

else {

std:: string message = "create " + std:: to\_string(child);

answer = node.sendstring(message, idParent);

if (answer == "Error: Parent not found") {

tree.AvailabilityCheck(idParent);

}

else {

tree.AddInTree(child, idParent);

break;

}

}

}

std:: cout << answer << std::endl;

}

}

else if (command == "exec") {

std:: string str;

int child;

std:: cin >> child;

getline(std:: cin, str);

if (!tree.Exist(child)) {

std:: cout << "Error: Parent is not existed" << std:: endl;

}

else {

std:: string message = "exec " + str;

answer = node.sendstring(message, child);

std:: cout << answer << std:: endl;

}

}

else if (command == "ping") {

int child;

std:: cin >> child;

if (!tree.Exist(child)) {

std::cout << "Error: Parent is not existed" << std:: endl;

}

else if (node.left\_id == child || node.right\_id == child) {

answer = node.ping(child);

std:: cout << answer << std:: endl;

}

else {

std:: string message = "ping " + std:: to\_string(child);

answer = node.sendstring(message, child);

if (answer == "Error: Parent not found") {

answer = "Ok: 0";

}

std:: cout << answer << std:: endl;

}

}

else if (command == "heartbeat") {

int time;

std:: cin >> time;

std:: string str;

std:: vector<int> not\_available;

for (int i = 0; i < 10; ++i) {

for (int j : tree.ids) {

std:: string answer = node.ping(j);

std:: cout << answer << " " << j << std:: endl;

if (answer != "Ok: 1") {

not\_available.push\_back(j);

}

}

if (not\_available.empty()) {

std:: cout << "Ok" << std:: endl;

}

else {

std:: cout << "Next nodes are not available: ";

for (int z = 0; z < not\_available.size(); ++z) {

std:: cout << not\_available[z] << " ";

}

std:: cout << std:: endl;

not\_available.clear();

}

sleep((unsigned int)(time/1000));

}

}

else if (command == "kill") {

int child;

std:: cin >> child;

std:: string message = "kill";

if (!tree.Exist(child)) {

std:: cout << "Error: Parent is not existed" << std:: endl;

}

else {

answer = node.sendstring(message, child);

if (answer != "Error: Parent not found") {

tree.RemoveFromRoot(child);

if (child == node.left\_id){

unbind(node.left, node.left\_port);

node.left\_id = -2;

answer = "Ok";

}

else if (child == node.right\_id) {

node.right\_id = -2;

unbind(node.right, node.right\_port);

answer = "Ok";

}

else {

message = "clear " + std:: to\_string(child);

answer = node.sendstring(message, std:: stoi(answer));

}

std:: cout << answer << std:: endl;

}

}

}

else if (command = "-1")

exit(0);

else {

std:: cout << "Please enter correct command!" << std:: endl;

}

}

node.kill();

return 0;

}

**ServerProgram.cpp**#include <bits/stdc++.h>

#include "CalculationNode.h"

#include "ZMQFunctions.h"

#include "BalancedTree.h"

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

if (argc != 4) {

std:: cout << "Usage: 1)./main, 2) child\_id, 3) parent\_port, 4) parent\_id" << std:: endl;

exit(EXIT\_FAILURE);

}

CalculationNode node(atoi(argv[1]), atoi(argv[2]), atoi(argv[3]));

while(true) {

std:: string message;

std:: string command;

message = receive\_message(node.parent);

std:: istringstream request(message);

request >> command;

if (command == "pid") {

std:: string answer = std:: to\_string(getpid());

send\_message(node.parent, answer);

}

else if (command == "ping") {

int child;

request >> child;

std:: string answer = node.ping(child);

send\_message(node.parent, answer);

}

else if (command == "create") {

int child;

request >> child;

std:: string answer = node.create(child);

send\_message(node.parent, answer);

}

else if (command == "send"){

int child;

std:: string str;

request >> child;

getline(request, str);

str.erase(0, 1);

std:: string answer = node.sendstring(str, child);

send\_message(node.parent, answer);

}

else if (command == "exec") {

std:: string str;

getline(request, str);

std:: string answer = node.exec(str);

send\_message(node.parent, answer);

}

else if (command == "kill") {

std:: string answer = node.kill();

send\_message(node.parent, answer);

disconnect(node.parent, node.parent\_port);

node.parent.close();

break;

}

else if (command == "clear") {

int child;

request >> child;

std:: string answer = node.treeclear(child);

send\_message(node.parent, answer);

}

}

return 0;

}

**Демонстрация работы программы**

fedorubuntu@fedorubuntu-ZenBook-UX325JA-UX325JA:~/Документы/OS/lab5-7/build$ "/home/fedorubuntu/Документы/OS/lab5-7/build/lab6"

Hello there! Please check out the task commands:

create id: for creating a new calculation node

exec id n n1 n2... n: for calculating a sum

heartbeat time: for checking node-availabilty

kill id: for killing a calculation node

Please enter your command: create 1

Ok: 6092

Please enter your command: exec 1 4

Ok: 1: 0

Please enter your command: exec 1 4 6 7 7 5

Ok: 1: 25

Please enter your command: heartbeat 10

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Ok: 1 1

Ok

Please enter your command: create 4

Ok: 6492

Please enter your command: kill 1

Ok

Please enter your command: exec 1 2 2 3

Error: Parent is not existed

Please enter your command: -1

fedorubuntu@fedorubuntu-ZenBook-UX325JA-UX325JA:~/Документы/OS/lab5-7/build$

**Выводы**Данная лабораторная работа была очень и очень непростой. Во время ее выполнения я полностью осознал концепцию очередей сообщений на основе zero message queue.