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: Меджидли Махмуд Ибрагим оглы

Группа: М8О-208Б-20

Вариант: 1

Преподаватель: Миронов Евгений Сергеевич

Оценка: _____

Дата: _____

Подпись: _____

Москва, 2022

Содержание

Репозиторий

https://github.com/loshadkaigogo/OS

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 – control_node.cpp (код для управляющего узла) и calculation_node.cpp (код для вычислительного узла).

Также для удобства был создан Makefile. После компиляции появляются два исполняемых файла – server и child_node. Для начала работы программы требуется запустить ./server.

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. При создании узла с id 0 ошибок не будет, но он буде недоступен из-за особенностей работы программы. В целом можно создавать id с отрицательными узлами, однако иногда при удалении и последующем обращении программа падает с ошибкой.

2) I) exec id start – запускает таймер в вычислительном узле с данным id.

   II) exec id stop – останавливает таймер в вычислительном узле с данным id.

   III) exec id time – показывает замеренное время в вычислительном узле с данным id.

   Аналогично предыдущей команде сигнал отправляется вниз по дереву. Если встречается узел с искомым id – он выполняет одну из 3 команд, иначе пользователю выведется ошибка.

3) kill id

Искомый процесс завершает работу. Все его потомки отсекаются от системы и процессы убиваются, но родительские процессы сохраняют работоспособность. Если искомого процесса нет, пользователю выведется ошибка. На месте удалённого узла можно создать новые.

4) heartbeat time amount

   По сути это не heartbeat, а многократный pingall. В течение amount*time миллисекунд все вычислительные узлы каждые time миллисекунд сообщают о своей работоспособности.

Исходный код

control_node.cpp

```
#include
<iostream>

            #include <zmq.hpp>

            #include <unistd.h>



            int main()

            {

                zmq::context_t context(1);

                zmq::socket_t main_socket(context, ZMQ_REP);

                mainn_socket.setsockopt(ZMQ_RCVTIMEO, 3000);

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

                std::string command;

                int child_id = 0;
```

```
        while(true)
        {
            std::cout << "Enter command\n";
            std::cin >> command;
             if (command == "create")
            {
                 if(!child_id)
                {
                     int id;
                    std::cin >> id;
                     int temp = id - 1;
                     while(true)
                    {
                          try
                        {
                              main_socket.bind(adr + std::to_string(++temp));
                              break;
                          }
                        catch(...)
                        {
                          }
                      }
                    std::string new_adr = adr + std::to_string(temp);
                      char* address_of_child = new char[new_adr.size() + 1];
                      memcpy(address_of_child, new_adr.c_str(), new_adr.size() + 1);
                      char* id_of_child = new char[std::to_string(id).size() + 1];
                      memcpy(id_of_child, std::to_string(id).c_str(),
std::to_string(id).size() + 1);
```

```
                char* arguments[] = {"./child_node", address_of_child,
id_of_child, NULL};
                int process = fork();
                if (process == -1)
               {
                     std::cout << "Unable to create first worker node\n";
                     id = 0;
                     return 1;
                }
               else if (!process)
               {
                     execv("./child_node", arguments);
                }
               else
               {
                     child_id = id;
                }
                zmq::message_t message;
                main_socket.recv(&message);
               std::string
recieved_message(static_cast<char*>(message.data()), message.size());
               std::cout << recieved_message << "\n";
                delete [] address_of_child;
                delete [] id_of_child;
            }
           else
           {
                int id;
```

```
                std::cin >> id;

                std::string message_string = command + " " +
std::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);

                std::string
recieved_message(static_cast<char*>(message.data()), message.size());

                std::cout << recieved_message << "\n";

            }

        }

       else if(command == "exec")

       {

            int id, value;

           std::string parameter;

           std::cin >> id >> parameter;

           std::string message_string = command + " " + std::to_string(id) + "
" +  parameter;

            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);

           std::string recieved_message(static_cast<char*>(message.data()),
message.size());

            std::cout << recieved_message << "\n";

        }

       else if (command == "heartbeat")
```

```
        {
             int time, amount;
            std::cin >> time >> amount;
             for (int j = 0; j < amount; j++)
             {
                std::string message_string = command + " " +
std::to_string(time);
                 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);
                std::string
recieved_message(static_cast<char*>(message.data()), message.size());
                if (recieved_message != "OK")
                {
                   std::cout << "Unavailable nodes: ";
                }
                std::cout << recieved_message << "\n";
                usleep((unsigned)((unsigned long long)(1000) * time));
             }
         }
        else if (command == "kill")
        {
             int id;
            std::cin >> id;
             if(!child_id)
            {
                std::cout << "Error: there isn't nodes\n";
```

```
            }
            else if (child_id == id)
            {
                std::string kill_message = "terminate";
                zmq::message_t message(kill_message.size());
                memcpy(message.data(), kill_message.c_str(),
kill_message.size());
                main_socket.send(message);
               std::cout << "Tree deleted successfully\n";
               child_id = 0;
            }
            else
            {
                std::string kill_message = command + " " + std::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);
               std::string
received_message(static_cast<char*>(message.data()), message.size());
               std::cout << received_message << "\n";
            }
        }
       else if(command == "exit")
       {
           if (child_id)
            {
               std::string kill_message = "terminate";
```

```
                zmq::message_t message(kill_message.size());
                memcpy(message.data(), kill_message.c_str(),
kill_message.size());
                main_socket.send(message);
               std::cout << "Tree deleted successfully\n";
            }
            main_socket.close();
            context.close();
            return 0;
        }
       else
       {
           std::cout << "Error: incorrect command\n";
        }
    }
}
```

calculation_node.cpp

```
#include
<iostream>
            #include <zmq.hpp>
            #include <unistd.h>
            #include <chrono>



            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[])

{

    std::string adr = argv[1], address_of_left = "tcp://127.0.0.1:300",
address_of_right = "tcp://127.0.0.1:300";

    zmq::context_t parent_context(1), left_context(1), right_context(1);

    zmq::socket_t parent_socket(parent_context, ZMQ_REQ),
left_socket(left_context, ZMQ_REP), right_socket(right_context, ZMQ_REP);

    parent_socket.setsockopt(ZMQSNDTIMEO, 3000);

    parent_socket.setsockopt(ZMQSNDTIMEO, 3000);

    left_socket.setsockopt(ZMQSNDTIMEO, 3000);

    left_socket.setsockopt(ZMQSNDTIMEO, 3000);

    right_socket.setsockopt(ZMQSNDTIMEO, 3000);

    right_socket.setsockopt(ZMQSNDTIMEO, 3000);

    parent_socket.connect(adr);

    send_message("OK: " + std::to_string(getpid()), parent_socket);

    int id = std::stoi(argv[2]), left_id = 0, right_id = 0, time_clock = 0;

    bool measuring = false;

    std::chrono::high_resolution_clock::time_point t1, t2;

    while (true)
```

```
    {
        zmq::message_t message_main;
        parent_socket.recv(&message_main);
       std::string recieved_message(static_cast<char*>(message_main.data()),
message_main.size());
       std::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_of_process;
           std::string process_id, parameter;
           for(int i = 5; i < recieved_message.size(); ++i)
           {
                if (recieved_message[i] != ' ')
              {
                    process_id += recieved_message[i];
                }
              else
```

```
                    {
                          break;
                     }
                }
                id_of_process = std::stoi(process_id);
                if(id_of_process == id)
               {
                    for (int i = 6 + process_id.size(); i <
recieved_message.size(); ++i)
                    {
                          if(recieved_message[i] != ' ')
                        {
                              parameter += recieved_message[i];
                          }
                        else
                        {
                              break;
                          }
                     }
                    std::string message = "OK:" + std::to_string(id);
                    if (parameter == "start")
                    {
                           t1 = std::chrono::high_resolution_clock::now();
                           measuring = true;
                           message += ": " + std::to_string(time_clock);
                    }
                    else if (parameter == "stop")
                    {
```

```
                        if (measuring)
                        {
                                t2 = std::chrono::high_resolution_clock::now();
                                time_clock +=
std::chrono::duration_cast<std::chrono::milliseconds>(t2 - t1).count();
                        }
                        measuring = false;
                    }
                    else if (parameter == "time")
                    {
                        message += ": " + std::to_string(time_clock);
                    }
                    send_message(message, parent_socket);
                 }
                else
                {
                     if (id > id_of_process)
                    {
                          if (!left_id)
                        {
                            std::string message_string = "Error:id: Not found";
                              send_message("Error:id: Not found", parent_socket);
                          }
                        else
                        {
                              zmq::message_t message(recieved_message.size());
                              memcpy(message.data(), recieved_message.c_str(),
recieved_message.size());
```

```
                        if(!left_socket.send(message))
                      {
                            std::cout << "Error: can't send message to left
node from node with pid: " << getpid() << "\n";
                        }
                        if(!left_socket.recv(&message))
                      {
                            std::cout << "Error: can't receive message from
left node in node with pid: " << getpid() << "\n";
                        }
                        if(!parent_socket.send(message))
                      {
                            std::cout << "Error: can't send message to main
node from node with pid: " << getpid() << "\n";
                        }
                    }
                }
               else
               {
                     if (!right_id)
                   {
                       std::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(!parent_socket.send(message))
                      {
                            std::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))
                    {
                            std::cout << "Error: can't send message to right
node from node with pid: " << getpid() << "\n";
                        }
                        if (!right_socket.recv(&message))
                    {
                            std::cout << "Error: can't receive message from
left node in node with pid: " << getpid() << "\n";
                        }
                        if(!parent_socket.send(message))
                    {
                            std::cout << "Error: can't send message to main
node from node with pid: " << getpid() << "\n";
                        }
                    }
                }
            }
        }
        else if (command == "create")
        {
            int id_of_process;
```

```
std::string process_id;
 for (int i = 7; i < recieved_message.size(); ++i)
{
     if(recieved_message[i] != ' ')
   {
         process_id += recieved_message[i];
     }
   else
   {
         break;
     }
 }
 id_of_process = std::stoi(process_id);
 if(id_of_process == id)
{
     send_message("Error: Already exists", parent_socket);
 }
else if(id_of_process > id)
{
     if (!right_id)
   {
         right_id = id_of_process;
         int temp = right_id - 1;
         while(true)
       {
            try
          {
```

```
                            right_socket.bind(address_of_right +
std::to_string(++temp));
                            break;
                        }
                      catch(...)
                      {
                        }
                    }
                    address_of_right += std::to_string(temp);
                    char* right_address = new char[address_of_right.size() +
1];
                    memcpy(right_address, address_of_right.c_str(),
address_of_right.size() + 1);
                    char* id_of_right = new
char[std::to_string(right_id).size() + 1];
                    memcpy(id_of_right, std::to_string(right_id).c_str(),
std::to_string(right_id).size() + 1);
                    char* arguments[] = {"./child_node", right_address,
id_of_right, NULL};
                    int process = fork();
                  if (process == -1)
                  {
                      std::cout << "Error in forking in node with pid: " <<
getpid() << "\n";
                  }
                  else if (!process)
                  {
                       execv("./child_node", arguments);
                    }
                  else
```

```
                    {
                        zmq::message_t message_from_node;
                        if (!right_socket.recv(&message_from_node))
                      {
                            std::cout << "Error: can't receive message from
right node in node with pid:" << getpid() << "\n";
                        }
                      std::string
recieved_message_from_node(static_cast<char*>(message_from_node.data()),
message_from_node.size());
                        if(!parent_socket.send(message_from_node))
                      {
                            std::cout << "Error: can't send message to main
node from node with pid:" << getpid() << "\n";
                        }
                    }
                    delete [] right_address;
                    delete [] id_of_right;
                 }
               else
               {
                    send_message(recieved_message, right_socket);
                    zmq::message_t message;
                    if (!right_socket.recv(&message))
                   {
                          std::cout << "Error: can't receive message from left
node in node with pid: " << getpid() << "\n";
                    }
                    if (!parent_socket.send(message))
```

```
                    {
                          std::cout << "Error: can't send message to main node
from node with pid: " << getpid() << "\n";
                    }
                }
            }
            else
            {
                if (!left_id)
                {
                    left_id = id_of_process;
                    int temp = left_id - 1;
                    while(true)
                    {
                        try
                        {
                            left_socket.bind(address_of_left +
std::to_string(++temp));
                            break;
                        }
                        catch(...)
                        {
                        }
                    }
                    address_of_left += std::to_string(temp);
                    char* left_address = new char[address_of_left.size() + 1];
                    memcpy(left_address, address_of_left.c_str(),
address_of_left.size() + 1);
                    char* id_of_left = new char[std::to_string(left_id).size()
```

```
+ 1];
                    memcpy(id_of_left, std::to_string(left_id).c_str(),
std::to_string(left_id).size() + 1);
                    char* arguments[] = {"./child_node", left_address,
id_of_left, NULL};
                    int process = fork();
                  if (process == -1)
                  {
                       std::cout << "Error in forking in node with pid: " <<
getpid() << "\n";
                    }
                    if (!process)
                  {
                       execv("./child_node", arguments);
                    }
                  else
                  {
                       zmq::message_t message_from_node;
                       if (!left_socket.recv(&message_from_node))
                     {
                         std::cout << "Error: can't receive message from left
node in node with pid:" << getpid() << "\n";
                       }
                     std::string
recieved_message_from_node(static_cast<char*>(message_from_node.data()),
message_from_node.size());
                       if(!parent_socket.send(message_from_node))
                     {
                            std::cout << "Error: can't send message to main
node from node with pid:" << getpid() << "\n";
```

```
                        }
                    }
                    delete [] left_address;
                    delete [] id_of_left;
                 }
                else
                {
                    send_message(recieved_message, left_socket);
                    zmq::message_t message;
                    if (!left_socket.recv(&message))
                   {
                        std::cout << "Error: can't receive message from left
node in node with pid: " << getpid() << "\n";
                    }
                    if (!parent_socket.send(message))
                   {
                        std::cout << "Error: can't send message to main node
from node with pid: " << getpid() << "\n";
                    }
                 }
             }
         }
        else if(command == "heartbeat")
        {
             std::string timestr;
             for(int i = 10; i<recieved_message.size(); ++i)
            {
                timestr += recieved_message[i];
```

```
                }
                if (left_id) send_message(recieved_message, left_socket);
               if (right_id) send_message(recieved_message, right_socket);
                int TIME = std::stoi(timestr);
               std::string l = "OK";
               std::string r = "OK";
                if(left_id)
               {
                    zmq::message_t message_left;
                    if (left_socket.recv(&message_left))
                   {
                       std::string left(static_cast<char*>(message_left.data()),
message_left.size());
                        l = left;
                    }
                   else
                   {
                        l = std::to_string(left_id);
                    }
                }
                if(right_id)
                {
                     zmq::message_t message_right;
                     if (right_socket.recv(&message_right))
                    {
                        std::string
right(static_cast<char*>(message_right.data()), message_right.size());
                         r = right;
```

```
            }
            else
            {
                r = std::to_string(right_id);
            }
        }
        if (l == r && l == "OK")
        {
            send_message("OK", parent_socket);
        }
        else
        {
            if (l != "OK" && r != "OK")
            {
                send_message(l + " " + r, parent_socket);
            }
            else if (l != "OK")
            {
                send_message(l, parent_socket);
            }
            else
            {
                send_message(r, parent_socket);
            }
        }
        usleep((unsigned)((unsigned long long)(1000) * TIME));
    }
```

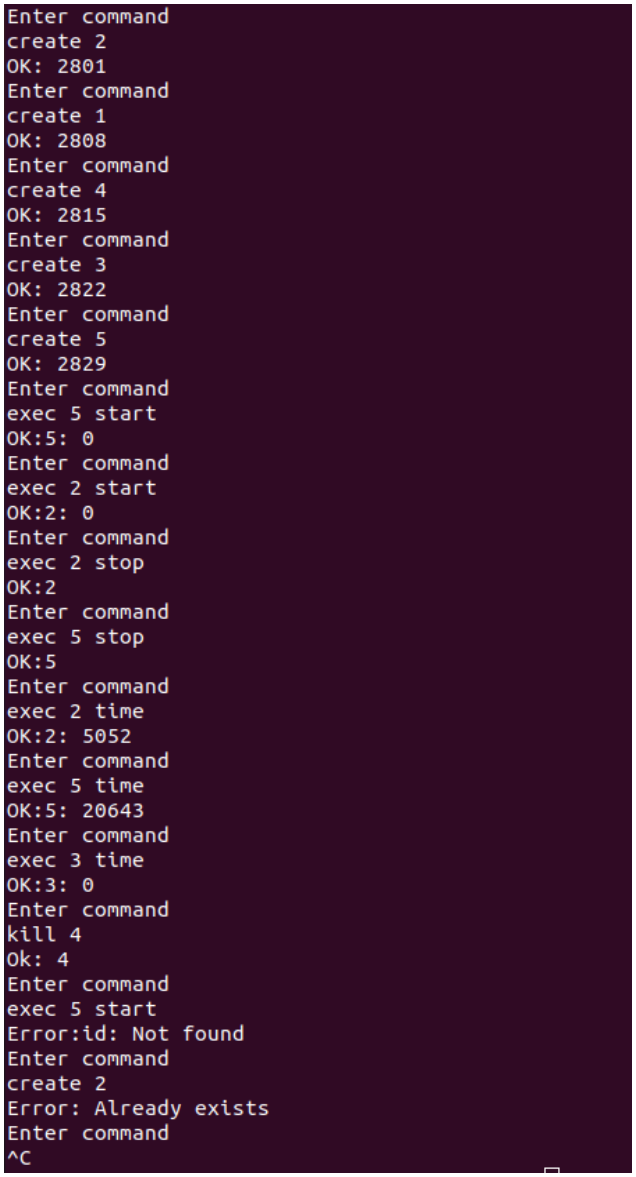
```
        else if (command == "kill")
        {
             int id_of_process;
            std::string process_id;
             for(int i = 5; i < recieved_message.size(); ++i)
            {
                 if(recieved_message[i] != ' ')
               {
                      process_id += recieved_message[i];
                 }
               else
               {
                      break;
                 }
             }
             id_of_process = std::stoi(process_id);
             if (id_of_process > id)
            {
                 if (!right_id)
               {
                      send_message("Error: there isn`t node with this id",
parent_socket);
                 }
               else
               {
                      if (right_id == id_of_process)
                    {
                          send_message("terminate", right_socket);
```

```
                        send_message("Ok: " + std::to_string(right_id),
parent_socket);
                            right_socket.unbind(address_of_right);
                            address_of_right = "tcp://127.0.0.1:300";
                            right_id = 0;
                        }
                       else
                       {
                            right_socket.send(message_main);
                            zmq::message_t message;
                            right_socket.recv(&message);
                            parent_socket.send(message);
                        }
                    }
                }
               else if (id_of_process < id)
               {
                    if(!left_id)
                   {
                        send_message("Error: there isn`t node with this id",
parent_socket);
                    }
                   else
                   {
                        if (left_id == id_of_process)
                       {
                            send_message("terminate", left_socket);
                          send_message("OK: " + std::to_string(left_id),
parent_socket);
```

```
                left_socket.unbind(address_of_left);
                address_of_left = "tcp://127.0.0.1:300";
                left_id = 0;
             }
            else
            {
                left_socket.send(message_main);
                zmq::message_t message;
                left_socket.recv(&message);
                parent_socket.send(message);
             }
         }
     }
 }
else if (command == "terminate")
{
    if (left_id)
    {
       send_message("terminate", left_socket);
       left_socket.unbind(address_of_left);
       address_of_left = "tcp://127.0.0.1:300";
       left_id = 0;
    }
    if (right_id)
    {
       send_message("terminate", right_socket);
       right_socket.unbind(address_of_right);
```

```
                    address_of_right = "tcp://127.0.0.1:300";
                    right_id = 0;
                }



                parent_socket.disconnect(adr);



                 return 0;
            }
        }
    }
```

Демонстрация работы программы
./server



Выводы

Данная лабораторная работа научила меня пользоваться библиотекой ZMQ, познакомила с такой технологией как очереди сообщений. На мой взгляд, самая интересная лабораторная работа, хоть и делать её было убийственно.