МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Лабораторная работа №3

по дисциплине: Компьютерные сети
тема: «Программирование протокола IP с использованием библиотеки Winsock»

Выполнил: ст. группы ПВ-223
Пахомов Владислав Андреевич

Проверили:
Рубцов Константин Анатольевич

Белгород 2025 г.

Лабораторная работа №3
Программирование протокола IP с использованием библиотеки Winsock
Вариант 6

Цель работы: изучить принципы и характеристику протокола IP и разработать программу для приема/передачи пакетов с использованием библиотеки Winsock.

Краткие теоретические сведения

Internet Protocol или IP (англ. internet protocol - межсетевой протокол) - маршрутизируемый сетевой протокол сетевого уровня семейства TCP/IP.

Протокол IP используется для негарантированной доставки данных, разделяемых на так называемые пакеты от одного узла сети к другому. Это означает, что на уровне этого протокола (третий уровень сетевой модели OSI) не даётся гарантий надёжной доставки пакета до адресата. В частности, пакеты могут прийти не в том порядке, в котором были отправлены, продублироваться (когда приходят две копии одного пакета - в реальности это бывает крайне редко), оказаться повреждёнными (обычно повреждённые пакеты уничтожаются) или не прибыть вовсе. Гарантии безошибочной доставки пакетов дают протоколы более высокого (транспортного) уровня сетевой модели OSI - например, TCP - который использует IP в качестве транспорта.

Обычно в сетях используется IP четвёртой версии, также известный как IPv4. В протоколе IP этой версии каждому узлу сети ставится в соответствие IP-адрес длиной 4 октета (1 октет состоит из 8 бит). При этом компьютеры в подсетях объединяются общими начальными битами адреса. Количество этих бит, общее для данной подсети, называется маской подсети (ранее использовалось деление пространства адресов по классам — A, B, C; класс сети определяется диапазоном значений старшего октета и определяет число адресуемых узлов в данной сети).

IP-пакет представляет собой форматированный блок информации, передаваемый по вычислительной сети. Соединения вычислительных сетей, которые не поддерживают пакеты, такие как традиционные соединения типа «точка-точка» в телекоммуникациях, просто передают данные в виде последовательности байтов, символов или битов. При использовании пакетного форматирования сеть может передавать длинные сообщения более надежно и эффективно.

IP-адрес имеет длину 4 байта и обычно записывается в виде четырех чисел, представляющих значения каждого байта в десятичной форме, и разделенных точками, например, 128.10.2.30 – традиционная десятично-точечная форма представления адреса, 10000000 00001010 00000010 00011110 - двоичная форма представления этого же адреса.

Классы сетей IP IP-адреса разделяются на 5 классов: A, B, C, D, E. Адреса классов A, B и C делятся на две логические части: номер сети и номер узла. На рис. 3.1 показана структура IP-адреса разных классов.

Рис. 3.1. Структура IP-адреса разных классов

Идентификатор сети, также называемый адресом сети, обозначает один сетевой сегмент в более крупной объединенной сети, использующей протокол TCP/IP. IP-адреса всех систем, подключенных к одной сети, имеют один и тот же идентификатор сети. Этот идентификатор также используется для уникального обозначения каждой сети в более крупной объединенной сети.

Идентификатор узла, также называемый адресом узла, определяет узел TCP/IP (рабочую станцию, сервер, маршрутизатор или другое устройство) в пределах каждой сети. Идентификатор узла уникальным образом обозначает систему в том сегменте сети, к которой она подключена.

У адресов класса A старший бит установлен в 0. Длина сетевого префикса 8 бит. Для номера узла выделяется 3 байта (24 бита). Таким образом, в классе A может быть 126 сетей (2^7 - 2, два номера сети имеют специальное значение). Каждая сеть этого класса может поддерживать максимум 16777214 узлов (2^{24} - 2). Адресный блок класса A может содержать максимум 231 уникальных адресов, в то время как в протоколе IP версии 4 возможно существование 232 адресов. Таким образом, адресное пространство класса A занимает 50% всего адресного пространства протокола IP версии 4. Адреса класса A предназначены для использования в больших сетях, с большим количеством узлов. На данный момент все адреса класса A распределены.

У адресов класса B два старших бита установлены в 1 и 0 соответственно. Длина сетевого префикса – 16 бит. Поле номера узла тоже имеет длину 16 бит. Таким образом, число сетей класса B равно 16384 (214); каждая сеть класса B может поддерживать до 65534 узлов (216 - 2). Адресный блок сетей класса Класс B предназначен для применения в сетях среднего размера. У адресов класса C три старших бита установлены в 1, 1 и 0 соответственно. Префикс сети имеет длину 24 бита, номер узла - 8 бит. Максимально возможное количество сетей класса C составляет 2097152 (2^{21}). Каждая сеть может поддерживать максимум 254 узла (2^8 - 2). Класс C предназначен для сетей с небольшим количеством узлов.

Адреса класса D представляют собой специальные адреса, не относящиеся к отдельным сетям. Первые 4 бита этих адресов равны 1110. Таким образом, значение первого октета этого диапазона адресов находится в пределах от 224 до 239. Адреса класса D используются для многоадресных пакетов, с помощью которых во многих разных протоколах данные передаются многочисленным группам узлов. Эти адреса можно рассматривать как заранее запрограммированные в логической структуре большинства сетевых устройств. Это означает, что при обнаружении в пакете адреса получателя такого типа устройство на него обязательно отвечает. Например, если один из хостов передает пакет с IP-адресом получателя 224.0.0.5, на него отвечают все маршрутизаторы (использующие протокол OSPF), которые находятся в сегменте сети с этим адресом Ethernet.

Адреса в диапазоне 240.0.0.0 - 255.255.255.255 называются адресами класса E. Первый октет этих адресов начинается с битов 1111. Эти адреса зарезервированы для будущих дополнений в схеме адресации IP. Но возможность того, что эти дополнения когда-либо будут приняты, находится под вопросом, поскольку уже появилась версия 6 протокола IP (IPv6).

Некоторые IP-адреса являются зарезервированными. Для таких адресов существуют следующие соглашения об их особой интерпретации:

1. Если все биты IP-адреса установлены в нуль, то он обозначает адрес данного устройства.

2. Если в поле номера сети стоят нули, то считается, что получатель принадлежит той же самой сети, что и отправитель.

3. Если все биты IP-адреса установлены в единицу, то пакет с таким адресом должен рассылаться всем узлам, находящимся в той же сети, что и отправитель. Такая рассылка называется ограниченным широковещательным сообщением.

4. Если все биты номера узла установлены в нуль, то пакет предназначен для данной сети.

5. Если все биты в поле номера узла установлены в единицу, то пакет рассылается всем узлам сети с данным номером сети. Такая рассылка называется широковещательным сообщением.

6. Если первый октет адреса равен 127, то адрес обозначает тот же самый узел. Такой адрес используется для взаимодействия процессов на одной и той же машине (например, для целей тестирования). Этот адрес имеет название возвратного.

Поля номеров сети и подсети образуют расширенный сетевой префикс. Для выделения расширенного сетевого префикса используется маска подсети (subnet mask).

Маска подсети – это 32-разрядное двоичное число, в разрядах расширенного префикса содержащая единицу; в остальных разрядах находится ноль. Расширенный сетевой префикс получается побитным сложением по модулю два (операция XOR) IP-адреса и маски подсети.

При таком построении очевидно, что число подсетей представляет собой степень двойки – 2^n, где n - длина поля номера подсети. Таким образом, характеристики IP-адреса полностью задаются собственно IP-адресом и маской подсети.

Стандартные маски подсетей для классов A, B, C приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Стандартные маски подсетей для классов A, B, C

Класс адреса	Биты маски подсети	Маска подсети
Класс A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0
Класс B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0
Класс C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0

Для упрощения записи применяют следующую нотацию (так называемая CIDR-нотация): IP-адрес/длина расширенного сетевого префикса. Например, адрес 192.168.0.1 с маской 255.255.255.0 будет в данной нотации выглядеть как 192.168.0.1/24 (24 – это число единиц, содержащихся в маске подсети).

Для разбития сети на подсети необходимо найти минимальную степень двойки, большую или равную числу требуемых подсетей. Затем эту степень прибавить к префиксу сети. Количество IP-адресов в каждой подсети будет на 2 меньше теоретически возможного, потому что сеть должна будет вместить адрес сети и броадкастовый адрес.

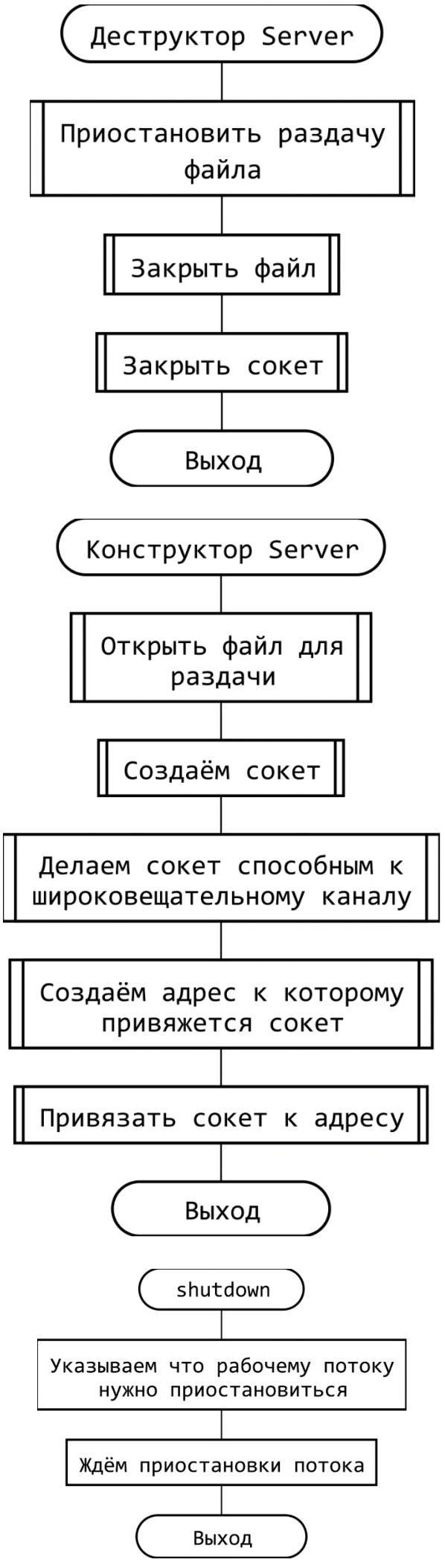
Основные функции API для работы с протоколом IPX

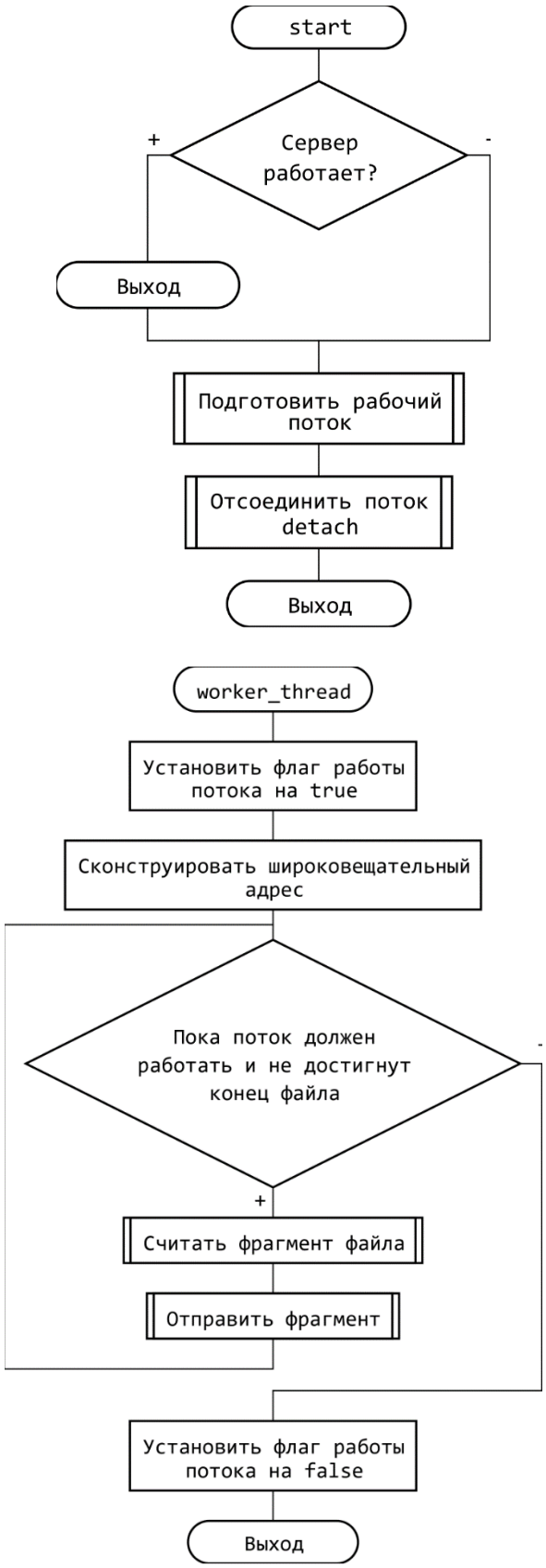
- Функция WSAStartup (WORD wVersionRequested, LPWSADATA lpWSAData) необходима для инициализации библиотеки Winsock. Здесь wVersionRequested – запрашиваемая версия winsock; lpWSAData – структура, в которую возвращается информация по инициализированной библиотеке (статус, версия и пр.). В случае успеха возвращает 0, иначе возвращает код возникшей ошибки.
- Функция WSAGetLastError (void) возвращает код ошибки возникшей при выполнении последней операции.
- Функция WSACleanup (void) очищает память, занимаемую библиотекой Winsock. Возвращает 0, если операция была выполнена успешно, иначе возвращает SOCKET_ERROR и номер ошибки можно получить при помощи функции WSAGetLastError.
- Функция u_short htons (u_short hostshort) осуществляет перевод целого короткого числа из порядка байт, принятого на компьютере, в сетевой порядок байт. hostshort – число, которое необходимо преобразовать. Возвращает преобразованное число.
- Функция socket (int af, int type, int protocol) нужна для создания и инициализации сокета. Здесь af – сведения о семействе адресов. Для интернет-протоколов указывается константа AF_INET; type – тип передаваемых данных (поток или дейтаграммы). В данной лабораторной работе используется константа SOCK_DGRAM; protocol – протокол передачи данных. Для протокола IP используется константа IPPROTO_IP. Функция возвращает дескриптор созданного сокета.
- Функция bind (SOCKET s, const struct sockaddr FAR* name, int namelen) привязывает адрес и порт к ранее созданному сокету Здесь s – дескриптор сокета; name – структура, содержащая нужный адрес и порт; namelen – размер, в байтах, структуры name.
- Функция unsigned long inet_addr (const char FAR *cp) конвертирует строку в значение, которое можно использовать в структуре sockaddr_in. Здесь cp – строка, которая содержит IP адрес в десятично-точечном формате (например, 123.23.45.89). Возвращает IP адрес в виде целого числа, либо если произошла ошибка возвращает константу INADDR_NONE. Для конвертации адреса в стандартный формат используется функция char (FAR * inet_ntoa(struct in_addr in); in – IP-адрес, заданный в сетевом порядке расположения байт. Она возвращает строку, содержащую IP-адрес в стандартном строчном виде, с числами и точками.
- Для определения IP адреса по имени используется функция struct hostent FAR * gethostbyname (const char FAR * name). В качестве результата, функция возвращает структуру hostent.
- В случае автоматического распределения адресов и портов узнать какой адрес и порт присвоен сокету можно при помощи функции getsockname (SOCKET s, struct sockaddr FAR* name, int FAR* namelen). Если операция выполнена успешно, возвращает 0, иначе 35 возвращает SOCKET_ERROR и номер ошибки можно получить при помощи функции WSAGetLastError.
- Функция gethostname (char FAR * name, int namelen) записывает в буфер name длинной namelen стандартное имя хоста для данного компьютера. В случае успеха возвращает 0, иначе возвращает SOCKET_ERROR.
- Функция sendto (SOCKET s, const char FAR * buf, int len, int flags, const struct sockaddr FAR * to, int tolen) служит для передачи данных. Здесь s - дескриптор сокета; buf - указатель на буфер с данными, которые необходимо переслать; len - размер (в

байтах) данных, которые содержатся по указателю buf; flags - совокупность флагов, определяющих, каким образом будет произведена передача данных; to - указатель на структуру sockaddr, которая содержит адрес сокета-приёмника; tolen - размер структуры to. Если операция выполнена успешно, возвращает количество переданных байт, иначе возвращает SOCKET_ERROR и номер ошибки можно получить при помощи функции WSAGetLastError.

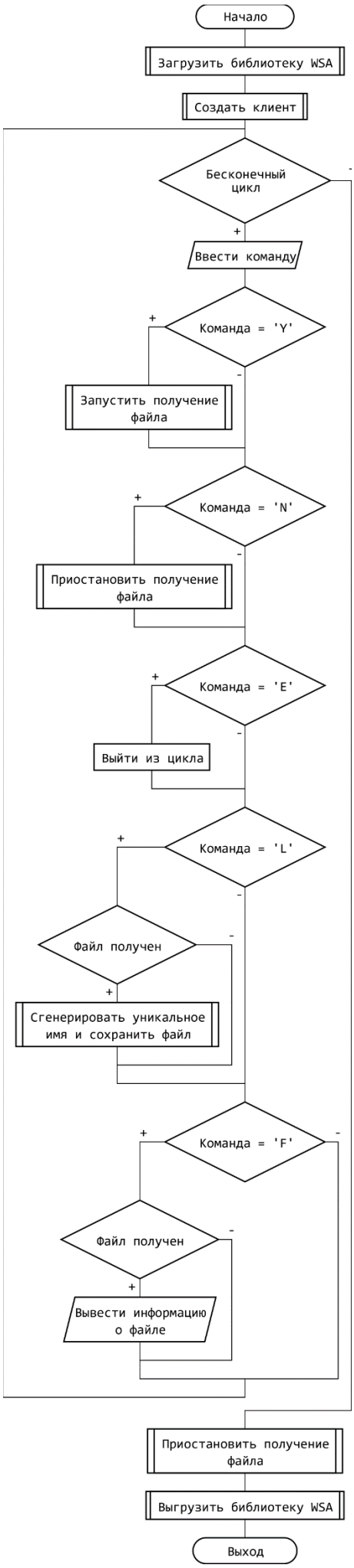
- Функция recvfrom (SOCKET s, char FAR* buf, int len, int flags, struct sockaddr FAR* from, int FAR* fromlen) служит для приема данных. Если операция выполнена успешно, возвращает количество полученных байт, иначе возвращает SOCKET_ERROR и номер ошибки можно получить при помощи функции WSAGetLastError.
- Функция closesocket (SOCKET s) нужна для закрытия сокета. Она возвращает 0, если операция была выполнена успешно, иначе возвращает SOCKET_ERROR и номер ошибки можно получить при помощи функции WSAGetLastError.

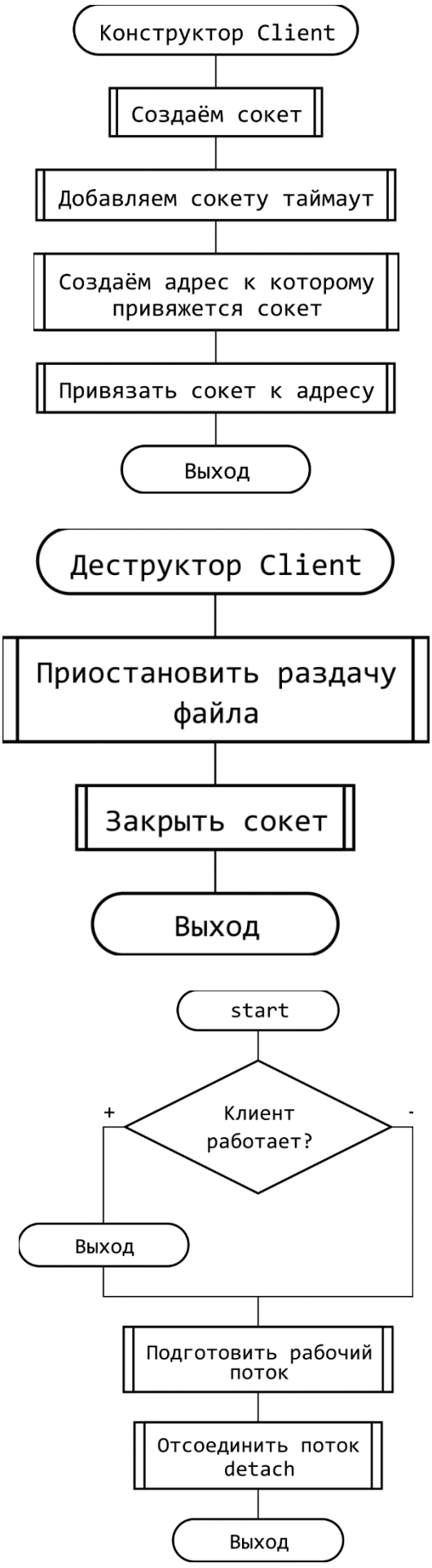
Разработка программы. Блок-схемы программы. Сервер

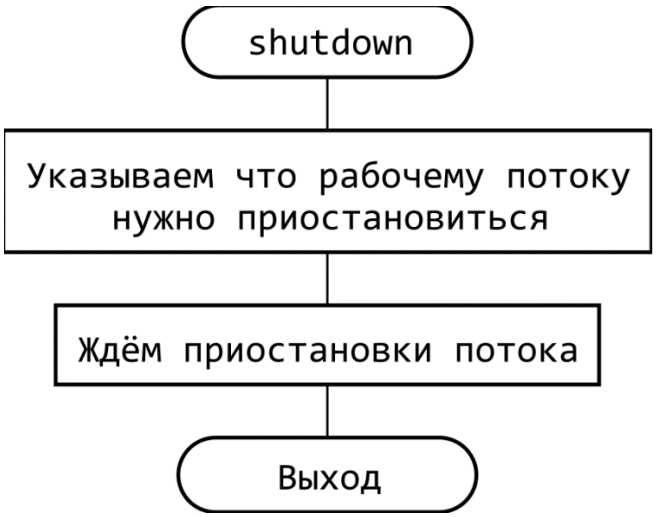

Деструктор Server
Приостановить раздачу файла
Закрыть файл
Закрыть сокет
Выход
Конструктор Server
Открыть файл для раздачи
Создаём сокет
Делаем сокет способным к широковещательному каналу
Создаём адрес к которому привяжется сокет
Привязать сокет к адресу
Выход
shutdown
Указываем что рабочему потоку нужно приостановиться
Ждём приостановки потока
Выход


start
Сервер работает?
+
-
Выход
Подготовить рабочий поток
Отсоединить поток detach
Выход
worker_thread
Установить флаг работы потока на true
Сконструировать широковещательный адрес
Пока поток должен работать и не достигнут конец файла
+
-
Считать фрагмент файла
Отправить фрагмент
Установить флаг работы потока на false
Выход

Клиент


Начало
Загрузить библиотеку WSA
Создать клиент
Бесконечный цикл
Ввести команду
Команда = 'Y'
Запустить получение файла
Команда = 'N'
Приостановить получение файла
Команда = 'E'
Выйти из цикла
Команда = 'L'
Файл получен
Сгенерировать уникальное имя и сохранить файл
Команда = 'F'
Файл получен
Вывести информацию о файле
Приостановить получение файла
Выгрузить библиотеку WSA
Выход


Конструктор Client
Создаём сокет
Добавляем сокету таймаут
Создаём адрес к которому привяжется сокет
Привязать сокет к адресу
Выход
Деструктор Client
Приостановить раздачу файла
Закрыть сокет
Выход
start
Клиент работает?
+
-
Выход
Подготовить рабочий поток
Отсоединить поток detach
Выход



Анализ функционирования программ

	Время, сек.
№1	9,860
№2	9,776
№3	10,006
№4	10,114
№5	9,802
Среднее	9,912
Дисперсия	0,021

Размер файла, МиБ
593,04101562500000

Скорость передачи, Мбит/с
478,66420364379800

	Объём (Virtual Box), МиБ		Объём (ноутбук), МиБ
№1	144,77943801879800		6,33197784423828
№2	124,54181671142500		5,26857376098632
№3	148,39307403564400		5,85187149047851
№4	123,90086746215800		6,45842361450195
№5	153,90678787231400		6,29322052001953
№6	139,83787918090800		
№7	141,66141128540000		
№8	150,49905014038000		
Среднее	140,94004058837800		6,04081344604492
Средние потери, %	76%		99%

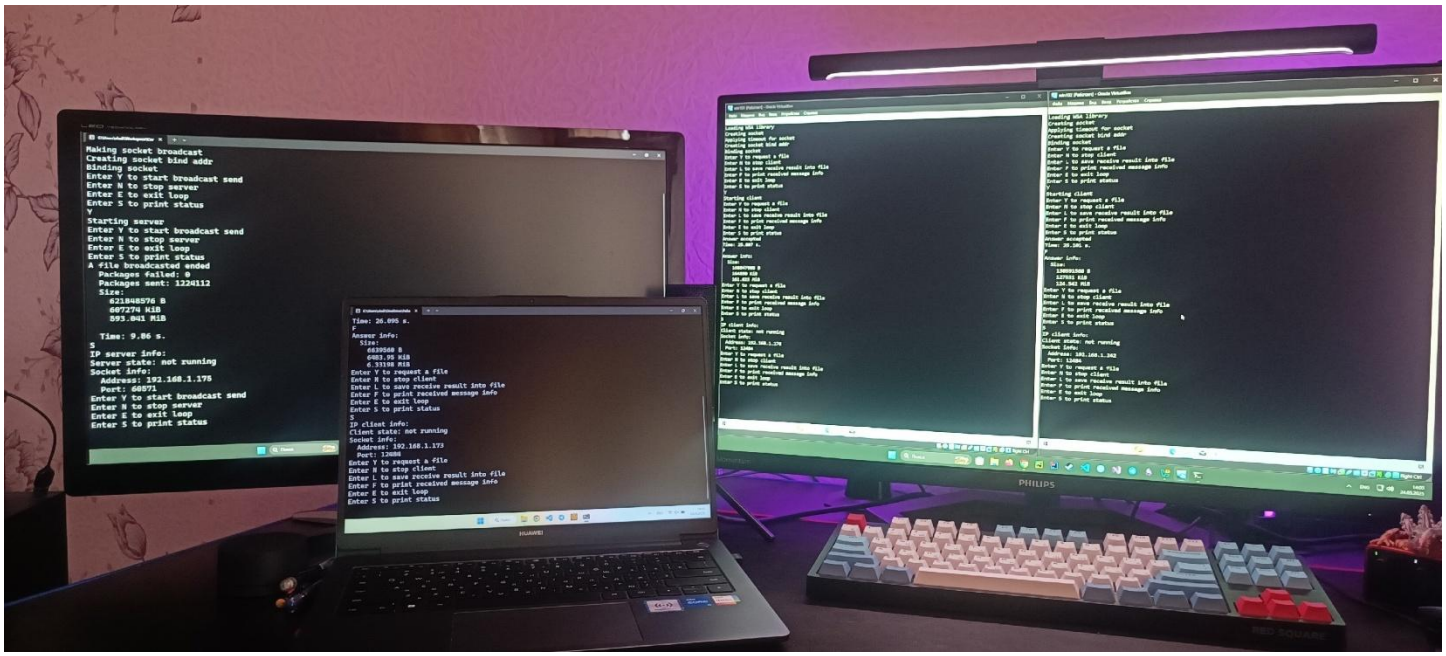
Скорость передачи информации многократно выросла по сравнению с прошлой лабораторной работой и приблизилась к возможностями компьютеров (для ПК Intel® WiFi 6, Realtek 2.5Gb Ethernet, TUF LANGuard, для ноутбука IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax,160 MHz) и роутера (TP-Link Archer AX1800 с максимальной скоростью 1000 Мбит/с).

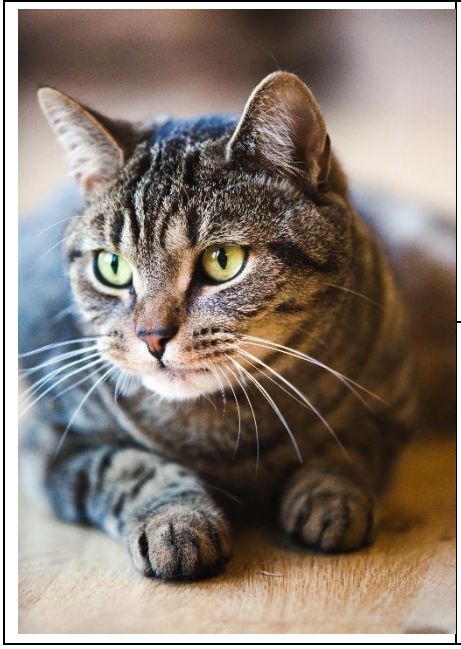
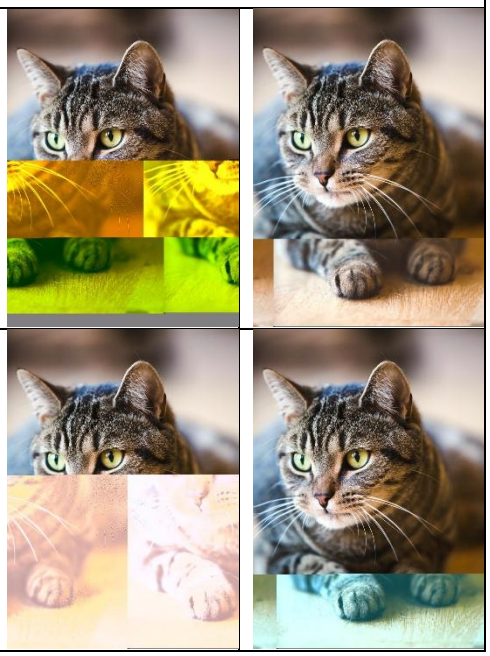
Производительность сильно выросла, что позволило передавать гораздо большие по объёму данные, однако потери также выросли. Для передачи по сети «по проводу» процент потерь составил 76%, а для передачи по Wi-Fi - 99%. Такие потери связаны с тем, что скорость передачи данных с сервера (запускался с ПК с хоста) гораздо выше чем скорость приёма и на виртуальной машине и на ноутбуке.

Вывод: в ходе лабораторной изучили принципы и характеристику протокола IP и разработать программу для приема/передачи пакетов с использованием библиотеки Winsock.

Текст программ. Скриншоты программ.

Ссылка на репозиторий с кодом: https://github.com/IAmProgrammist/comp_net/tree/lab3



Исходное изображение	Получено на виртуальной машине (локальное подключение по Ethernet-кабелю)	Получено на ноутбуке (Wi-Fi подключение)
		

```
#include <iostream>
#include <WinSock2.h>
#include <cstdio>
#include <fstream>
#include "client.h"
#include "../shared.h"

Client::Client() {
    std::clog << "Creating socket" << std::endl;
    // Создаём сокет
    this->socket_descriptor = socket(
```

```
        AF_INET,
        SOCK_DGRAM,
        IPPROTO_IP
    );

    std::clog << "Applying timeout for socket" << std::endl;
    // Добавляем сокету таймаут
    int timeout_ms = 10000;
    if (setsockopt(this->socket_descriptor, SOL_SOCKET, SO_RCVTIMEO, (char*)&timeout_ms,
sizeof(timeout_ms)) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to make socket
broadcast"));

    std::clog << "Creating socket bind addr" << std::endl;
    // Создаём адрес к которому привяжется сокет
    sockaddr_in bind_addr;
    bind_addr.sin_family = AF_INET;
    bind_addr.sin_addr = getDeviceAddrInfo().sin_addr;
    bind_addr.sin_port = htons(CLIENT_DEFAULT_PORT);

    std::clog << "Binding socket" << std::endl;
    // Привязать сокет к адресу
    if (bind(this->socket_descriptor, (sockaddr*)&bind_addr, sizeof(bind_addr)) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to bind socket
descriptor"));
}

Client::~Client() {
    std::clog << "Stopping worker thread" << std::endl;
    // Приостанавливаем рабочий поток
    this->shutdown();

    std::clog << "Closing socket" << std::endl;
    // Закрываем сокет
    if (closesocket(this->socket_descriptor) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to close socket"));
}

void Client::request(char* payload, int payload_size) {
    // Если клиент уже работает, выходим из него
    if (this->running) {
        std::clog << "Client is already running" << std::endl;
        return;
    }

    std::clog << "Starting client" << std::endl;
    // Подготавливаем рабочий поток
    delete this->current_runner;
    this->should_run = true;
    this->temporary_data.clear();
    this->current_runner = new std::thread([this]() {
        // Устанавливаем флаг работы потока на true
        this->running = true;

        char buffer[IMAGE_FRAGMENT_SIZE];
        int bytes_received;

        auto a = std::chrono::high_resolution_clock::now();

        // Получаем сегменты и сохраняем их в буфер
        while (should_run && (bytes_received = recvfrom(
            this->socket_descriptor,
            buffer,
            sizeof(buffer),
            0,
            nullptr,
            nullptr)) != SOCKET_ERROR) {
```

```
            this->temporary_data.insert(this->temporary_data.end(), buffer, buffer +
sizeof(buffer));
        }

        auto b = std::chrono::high_resolution_clock::now();

        std::clog << "Answer accepted\n" <<
            "Time: " << std::chrono::duration_cast<std::chrono::milliseconds>(b - a).count() /
1000.0 << " s." << std::endl;

        // Устанавливаем флаг работы потока на false
        this->running = false;
    });

    this->current_runner->detach();
}

bool Client::isReady() {
    return !this->running;
}

const std::vector<char>& Client::getAnswer() {
    return this->temporary_data;
}

void Client::wait_for_client_stop() {
    while (this->running) {
    }
}

void Client::shutdown() {
    if (!this->running) {
        std::clog << "Client is already stopped" << std::endl;
        return;
    }

    std::clog << "Stopping client" << std::endl;
    // Указываем что клиенту нужно приостановиться
    // и ждём пока он остановится
    this->should_run = false;
    wait_for_client_stop();
    delete this->current_runner;
}

std::ostream& Client::printClientInfo(std::ostream& out) {
    sockaddr_in client_address;
    int client_address_size = sizeof(client_address);
    int get_sock_name_res = getsockname(this->socket_descriptor, (sockaddr*)&client_address,
&client_address_size);

    out << "IP client info:\n" <<
        "Client state: " << (this->running ? "running" : "not running") << "\n";

    if (get_sock_name_res == SOCKET_ERROR) {
        out << "Unable to get socket info\n";
    }
    else {
        out << "Socket info:\n";
        printSockaddrInfo(out, client_address);
        out << "\n";
    }

    out.flush();

    return out;
}
```

```cpp
std::ostream& Client::printAnswerInfo(std::ostream& out) {
    out << "Answer info:\n" << "  Size:\n";
    out << "    " << this->temporary_data.size() << " B\n";
    out << "    " << this->temporary_data.size() / 1024.0 << " KiB\n";
    out << "    " << this->temporary_data.size() / 1024.0 / 1024.0 << " MiB\n";

    out.flush();

    return out;
}
```

```cpp
#pragma once

#include <vector>
#include <thread>
#include "iclient.h"

class Client : public IClient {
    void wait_for_client_stop();
protected:
    std::atomic<bool> running = false;
    std::atomic<bool> should_run = false;
    SOCKET socket_descriptor;
    std::vector<char> temporary_data;
    std::thread* current_runner = nullptr;
public:
    // Создаёт клиента
    Client();
    // Освобождает ресурсы клиента
    virtual ~Client();
    // Приостановить работу клиента
    void shutdown();
    // Запрашивает данные с клиента с дополнительной отправкой данных.
    // payload и payload_size игнорируется в данной реализации
    void request(char* payload, int payload_size);
    // Возвращает true если ответ принят
    bool isReady();
    // Возвращает true если ответ принят
    const std::vector<char>& getAnswer();
    // Отобразить информацию о клиенте
    std::ostream& printClientInfo(std::ostream& out);
    // Отобразить информацию о файле
    std::ostream& printAnswerInfo(std::ostream& out);
};
```

```cpp
#pragma once

#include <sstream>
#include <WinSock2.h>
#include <iostream>
#include "iclient.h"
#include "../shared.h"

void IClient::init() {
    std::clog << "Loading WSA library" << std::endl;
    loadWSA();
}

void IClient::detach() {
    std::clog << "Unloading WSA library" << std::endl;
    unloadWSA();
}

IClient::IClient() {
```

```
}

IClient::~IClient() {
}

void IClient::request() {
    return this->request(nullptr, 0);
}
```

```
#pragma once

#include <string>
#include <vector>

class IClient {
public:
    // Создаёт клиента
    IClient();
    // Освобождает ресурсы клиента
    virtual ~IClient();
    // Приостановить работу клиента
    virtual void shutdown() = 0;
    // Запрашивает данные с клиента
    void request();
    // Запрашивает данные с клиента с дополнительной отправкой данных
    virtual void request(char* payload, int payload_size) = 0;
    // Возвращает true если ответ принят
    virtual bool isReady() = 0;
    // Возвращает true если ответ принят
    virtual const std::vector<char>& getAnswer() = 0;
    // Отобразить информацию о клиенте
    virtual std::ostream& printClientInfo(std::ostream& out) = 0;
    // Отобразить информацию о файле
    virtual std::ostream& printAnswerInfo(std::ostream& out) = 0;

    // Загружает библиотеку WinSock
    static void init();
    // Выгружает библиотеку WinSock
    static void detach();
};
```

```
#include <iostream>
#include <WinSock2.h>
#include <algorithm>
#include "../shared.h"
#include "client.h"

#pragma comment(lib, "ws2_32.lib")

int main() {
    try {
        // Инициализация библиотеки WSA
        IClient::init();

        // Создать клиент
        IClient* c = new Client();

        // Оставляем клиент работать, пока пользователь не решит его приостановить
        std::string input;
        while (true)
        {
            std::cout << "Enter Y to request a file\n"
                << "Enter N to stop client\n"
                << "Enter L to save receive result into file\n"
```

```
                << "Enter F to print received message info\n"
                << "Enter E to exit loop\n"
                << "Enter S to print status" << std::endl;

            std::cin >> input;
            std::transform(input.begin(), input.end(), input.begin(), toupper);
            if (input == "Y") {
                // Запустить клиент
                c->request();
            }
            else if (input == "N") {
                // Приостановить клиент
                c->shutdown();
            }
            else if (input == "E") {
                // Выход из цикла
                break;
            }
            else if (input == "L") {
                // Сохранить файл если он был успешно получен
                if (!c->isReady())
                    std::cout << "Client response is not ready yet" << std::endl;

                std::string save_path = getUniqueFilepath();
                saveByteArray(c->getAnswer(), save_path);
                std::cout << "A response was saved at '" << save_path << "'" << std::endl;
            }
            else if (input == "F") {
                // Вывести информацию о файле если он был успешно получен
                if (!c->isReady())
                    std::cout << "Client response is not ready yet" << std::endl;

                c->printAnswerInfo(std::cout);
            }
            else if (input == "S") {
                // Вывести информацию о клиенте
                c->printClientInfo(std::cout);
            }
        }

        // Приостановить сервер
        c->shutdown();

        delete c;
    }
    catch (const std::runtime_error& error) {
        std::cerr << "Failed while running server. Caused by: '" << error.what() << "'" <<
std::endl;

        return -1;
    }

    // Выгрузка библиотеки WSA
    IClient::detach();

    return 0;
}
```

```
#include <sstream>
#include <WinSock2.h>
#include <WS2tcpip.h>
#include <filesystem>
#include <random>
#include <fstream>
#include "shared.h"
```

```cpp
namespace uuid {
    static std::random_device              rd;
    static std::mt19937                    gen(rd());
    static std::uniform_int_distribution<> dis(0, 15);
    static std::uniform_int_distribution<> dis2(8, 11);

    std::string generate_uuid_v4() {
        std::stringstream ss;
        int i;
        ss << std::hex;
        for (i = 0; i < 8; i++) {
            ss << dis(gen);
        }
        ss << "-";
        for (i = 0; i < 4; i++) {
            ss << dis(gen);
        }
        ss << "-4";
        for (i = 0; i < 3; i++) {
            ss << dis(gen);
        }
        ss << "-";
        ss << dis2(gen);
        for (i = 0; i < 3; i++) {
            ss << dis(gen);
        }
        ss << "-";
        for (i = 0; i < 12; i++) {
            ss << dis(gen);
        };
        return ss.str();
    }
}

std::string getErrorTextWithWSAErrorCode(std::string errorText) {
    std::ostringstream resultError;
    resultError << errorText << " " << WSAGetLastError();

    return resultError.str();
}

std::ostream& printSockaddrInfo(std::ostream& out, sockaddr_in& sock) {
    char address[64] = {};
    inet_ntop(AF_INET, &sock.sin_addr, address, sizeof(address));

    out << "  Address: " << address << "\n" <<
        "  Port: " << htons(sock.sin_port);

    return out;
}

sockaddr_in getDeviceAddrInfo() {
    // Получить имя текущего устройства
    char host_name[256] = {};
    if (gethostname(host_name, sizeof(host_name)) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to get host name"));

    addrinfo hints = {};

    hints.ai_family = AF_UNSPEC;
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
    hints.ai_protocol = IPPROTO_TCP;
    struct addrinfo* result = NULL;

    // Получить информацию об адресах на устройстве в сети
    DWORD dwRetval = getaddrinfo(host_name, "", &hints, &result);
```

```
    if (dwRetval != 0) {
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Getaddrinfo failed for device host
name"));
    }

    for (addrinfo* ptr = result; ptr != NULL; ptr = ptr->ai_next) {
        // Если адрес для устройства является IPv4 адресом, мы нашли нужный адрес, возвращаем его
        if (ptr->ai_family == AF_INET) {
            sockaddr_in device_sockaddr = {};
            memcpy(&device_sockaddr, ptr->ai_addr, sizeof(device_sockaddr));
            // Плохой костыль, нужно было использовать GetAdaptersInfo
            // Иначе не получится найти нужный айпишник с гейтвеем на роутер
            if (device_sockaddr.sin_addr.S_un.S_un_b.s_b3 > 10) {
                continue;
            }

            return device_sockaddr;
        }
    }

    throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Getaddrinfo failed for device host
name"));
}

void loadWSA() {
    WORD wVersionRequested;
    WSADATA wsaData;
    wVersionRequested = MAKEWORD(2, 0);

    // Загрузить библиотеку WinSock
    if (WSAStartup(wVersionRequested, &wsaData) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to load WSA library"));
}

void unloadWSA() {
    // Выгрузить библиотеку WinSock
    if (WSACleanup() == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to unload WSA library"));
}

std::string getUniqueFilepath() {
    return "./" + uuid::generate_uuid_v4() + ".jpg";
}

void saveByteArray(const std::vector<char>& data, std::string path) {
    // Открываем файл
    std::ofstream save_file(path, std::ios::binary);

    if (!save_file.good())
        throw std::runtime_error("Unable to open file '" + path + "' for reading");

    // Пишем массив в файл
    for (int i = 0; i < data.size() / IMAGE_FRAGMENT_FILE_SIZE; i++)
        save_file.write(&data[i * IMAGE_FRAGMENT_FILE_SIZE], sizeof(char) *
IMAGE_FRAGMENT_FILE_SIZE);

    // Сохраняем и закрываем файл
    save_file.flush();
    save_file.close();
}
```

```
#pragma once

#include <string>
#include <WinSock2.h>
```

```h
#include <vector>

#define SERVER_DEFAULT_PORT      0
#define CLIENT_DEFAULT_PORT      12484
#define IMAGE_FRAGMENT_SIZE      508
#define IMAGE_FRAGMENT_FILE_SIZE 512

// Формирует текст ошибки вместе с WSA кодом
std::string getErrorTextWithWSAErrorCode(std::string errorText);
// Выводит информацию о структуре sockaddr
std::ostream& printSockaddrInfo(std::ostream& out, sockaddr_in& sock);
// Возвращает IP адрес для текущего ПК
sockaddr_in getDeviceAddrInfo();
// Загружает WSA
void loadWSA();
// Выгружает WSA
void unloadWSA();
// Возвращает неконфликтующее имя для текущего файла
std::string getUniqueFilepath();
// Сохраняет массив байтов в файл
void saveByteArray(const std::vector<char>& data, std::string path);
```

```cpp
#pragma once

#include <sstream>
#include <WinSock2.h>
#include <iostream>
#include "iserver.h"
#include "../shared.h"

void IServer::init() {
    std::clog << "Loading WSA library" << std::endl;
    loadWSA();
}

void IServer::detach() {
    std::clog << "Unloading WSA library" << std::endl;
    unloadWSA();
}

IServer::IServer() {
}

IServer::~IServer() {
}
```

```h
#pragma once

#include <string>

// Абстрактный класс для работы с WinSock библиотекой
class IServer {
public:
    // Создаёт сервер
    IServer();
    // Освобождает ресурсы сервера
    virtual ~IServer() = 0;
    // Возобновить работу сервера
    virtual void start() = 0;
    // Приостановить работу сервера
    virtual void shutdown() = 0;
    // Отобразить информацию о сервере
    virtual std::ostream& printServerInfo(std::ostream& out) = 0;
```

```
    // Загружает библиотеку WinSock
    static void init();
    // Выгружает библиотеку WinSock
    static void detach();
};
```

```
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include "server.h"

int main() {
    try {
        // Инициализация библиотеки WSA
        IServer::init();

        // Ввести путь к раздаваемому файлу
        std::cout << "Input path to file to send: ";
        std::cout.flush();
        std::string input;
        std::cin >> input;

        // Создать сервер
        IServer* s = new Server(input);

        // Оставляем сервер работать, пока пользователь не решит его приостановить
        while (true)
        {
            std::cout << "Enter Y to start broadcast send\n"
                << "Enter N to stop server\n"
                << "Enter E to exit loop\n"
                << "Enter S to print status" << std::endl;

            std::cin >> input;
            std::transform(input.begin(), input.end(), input.begin(), toupper);
            if (input == "Y") {
                // Запустить сервер
                s->start();
            }
            else if (input == "N") {
                // Приостановить сервер
                s->shutdown();
            }
            else if (input == "E") {
                // Выход из цикла
                break;
            }
            else if (input == "S") {
                // Вывести информацию о сервере
                s->printServerInfo(std::cout);
            }
        }

        // Приостановить сервер
        s->shutdown();

        delete s;
    }
    catch (const std::runtime_error& error) {
        std::cerr << "Failed while running server. Caused by: '" << error.what() << "'" <<
std::endl;

        return -1;
    }

    // Выгрузка библиотеки WSA
    IServer::detach();
```

```
    return 0;
}
```

```
#include <exception>
#include <WinSock2.h>
#include <sstream>
#include <iostream>
#include <chrono>
#include "server.h"
#include "../shared.h"

#pragma comment(lib, "ws2_32.lib")

Server::Server(std::string file_path, int port) {
    std::clog << "Opening file " << file_path << std::endl;
    // Открываем файл
    this->file = new std::ifstream(file_path, std::ios::binary);
    if (!this->file->is_open())
        throw std::runtime_error("Unable to open file for read " + file_path);

    std::clog << "Creating socket" << std::endl;

    // Создаём сокет
    this->socket_descriptor = socket(
        AF_INET,
        SOCK_DGRAM,
        IPPROTO_IP
    );

    std::clog << "Making socket broadcast" << std::endl;
    // Делаем сокет способным к широковещательному каналу
    bool broadcast = true;
    if (setsockopt(this->socket_descriptor, SOL_SOCKET, SO_BROADCAST, (char*)&broadcast,
sizeof(broadcast)) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to make socket
broadcast"));

    std::clog << "Creating socket bind addr" << std::endl;
    // Создаём адрес к которому привяжется сокет
    sockaddr_in bind_addr;
    bind_addr.sin_family = AF_INET;
    bind_addr.sin_addr = getDeviceAddrInfo().sin_addr;
    bind_addr.sin_port = htons(port);

    std::clog << "Binding socket" << std::endl;
    // Привязать сокет к адресу
    if (bind(this->socket_descriptor, (sockaddr*)&bind_addr, sizeof(bind_addr)) == SOCKET_ERROR)
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to bind socket
descriptor"));
}

Server::~Server() {
    std::clog << "Stopping worker thread" << std::endl;
    // Приостанавливаем рабочий поток
    this->shutdown();

    std::clog << "Closing file" << std::endl;
    // Закрываем файл
    this->file->close();
    delete this->file;

    std::clog << "Closing socket" << std::endl;
    // Закрываем сокет
    if (closesocket(this->socket_descriptor) == SOCKET_ERROR)
```

```
        throw std::runtime_error(getErrorTextWithWSAErrorCode("Unable to close socket"));
}

std::ostream& Server::printServerInfo(std::ostream& out) {
    sockaddr_in server_address;
    int server_address_size = sizeof(server_address);
    int get_sock_name_res = getsockname(this->socket_descriptor, (sockaddr*)&server_address,
&server_address_size);

    std::cout << "IP server info:\n" <<
        "Server state: " << (this->running ? "running" : "not running") << "\n";

    if (get_sock_name_res == SOCKET_ERROR) {
        std::cout << "Unable to get socket info\n";
    }
    else {
        std::cout << "Socket info:\n";
        printSockaddrInfo(std::cout, server_address);
        std::cout << "\n";
    }

    std::cout.flush();

    return out;
}

void Server::start() {
    // Если сервер уже работает, выходим из него
    if (this->running) {
        std::clog << "Server is already running" << std::endl;
        return;
    }

    // Подготавливаем рабочий поток
    delete this->current_runner;

    std::clog << "Starting server" << std::endl;
    this->should_run = true;

    this->current_runner = new std::thread([this]() {
        // Устанавливаем флаг работы потока на true
        this->running = true;

        this->file->clear();
        this->file->seekg(0, std::ios::beg);
        char buffer[IMAGE_FRAGMENT_SIZE];
        int packages_success = 0, packages_failed = 0;

        // Конструируем широковещательный sockaddr_in
        sockaddr_in client_sockaddr;
        client_sockaddr.sin_family = AF_INET;
        client_sockaddr.sin_port = htons(CLIENT_DEFAULT_PORT);
        client_sockaddr.sin_addr = getDeviceAddrInfo().sin_addr;
        memset(((char*)&client_sockaddr.sin_addr) + 3, 0xff, 1);

        int total_bytes = 0;

        auto a = std::chrono::high_resolution_clock::now();

        // Пока поток должен работать и не достигнут конец файла
        while (this->should_run && !this->file->eof()) {
            // Считать файл
            this->file->read(buffer, sizeof(buffer));
            int bytes_read = this->file->gcount();
            total_bytes += bytes_read;

            // Отправить фрагмент
```

```
            if (sendto(
                this->socket_descriptor,
                buffer,
                bytes_read,
                0,
                (sockaddr*)&client_sockaddr,
                sizeof(client_sockaddr)) == SOCKET_ERROR) {
                packages_failed++;
            }
            else {
                packages_success++;
            }
        }

        auto b = std::chrono::high_resolution_clock::now();

        std::clog << "A file broadcasted ended\n  Packages failed: "
            << packages_failed << "\n  Packages sent: " << packages_success << "\n" <<
            "  Size:" << "\n" <<
            "    " << total_bytes << " B\n" <<
            "    " << total_bytes / 1024.0 << " KiB\n" <<
            "    " << total_bytes / 1024.0 / 1024.0 << " MiB\n" <<
            "\n  Time: " << std::chrono::duration_cast<std::chrono::milliseconds>(b - a).count()
/ 1000.0 << " s." << std::endl;

        // Устанавливаем флаг работы потока на false
        this->running = false;
    });

    this->current_runner->detach();
}

void Server::shutdown() {
    if (!this->running) {
        std::clog << "Server is already stopped" << std::endl;
        return;
    }

    std::clog << "Stopping server" << std::endl;
    // Указываем что серверу нужно приостановиться
    // и ждём пока он остановится
    this->should_run = false;
    wait_for_server_stop();
    delete this->current_runner;
}

void Server::wait_for_server_stop() {
    // Используем спинлок, так как пакеты относительно небольшие и сервер должен
    // быстро увидеть что пора заканчивать работу
    while (this->running) {
    }
}
```

```
#pragma once

#include <WinSock2.h>
#include <fstream>
#include <thread>
#include <mutex>
#include <atomic>
#include "iserver.h"
#include "../shared.h"

class Server : public IServer {
    void wait_for_server_stop();
```

```
protected:
    std::atomic<bool> running = false;
    std::atomic<bool> should_run = false;
    std::ifstream* file = nullptr;
    SOCKET socket_descriptor;
    std::thread* current_runner = nullptr;

public:

    // Создаёт сервер
    Server(std::string file_path, int port = SERVER_DEFAULT_PORT);
    // Освобождает ресурсы сервера
    ~Server();
    // Возобновить работу сервера
    void start();
    // Приостановить работу сервера
    void shutdown();
    // Отобразить информацию о сервере
    std::ostream& printServerInfo(std::ostream& out);
};
```