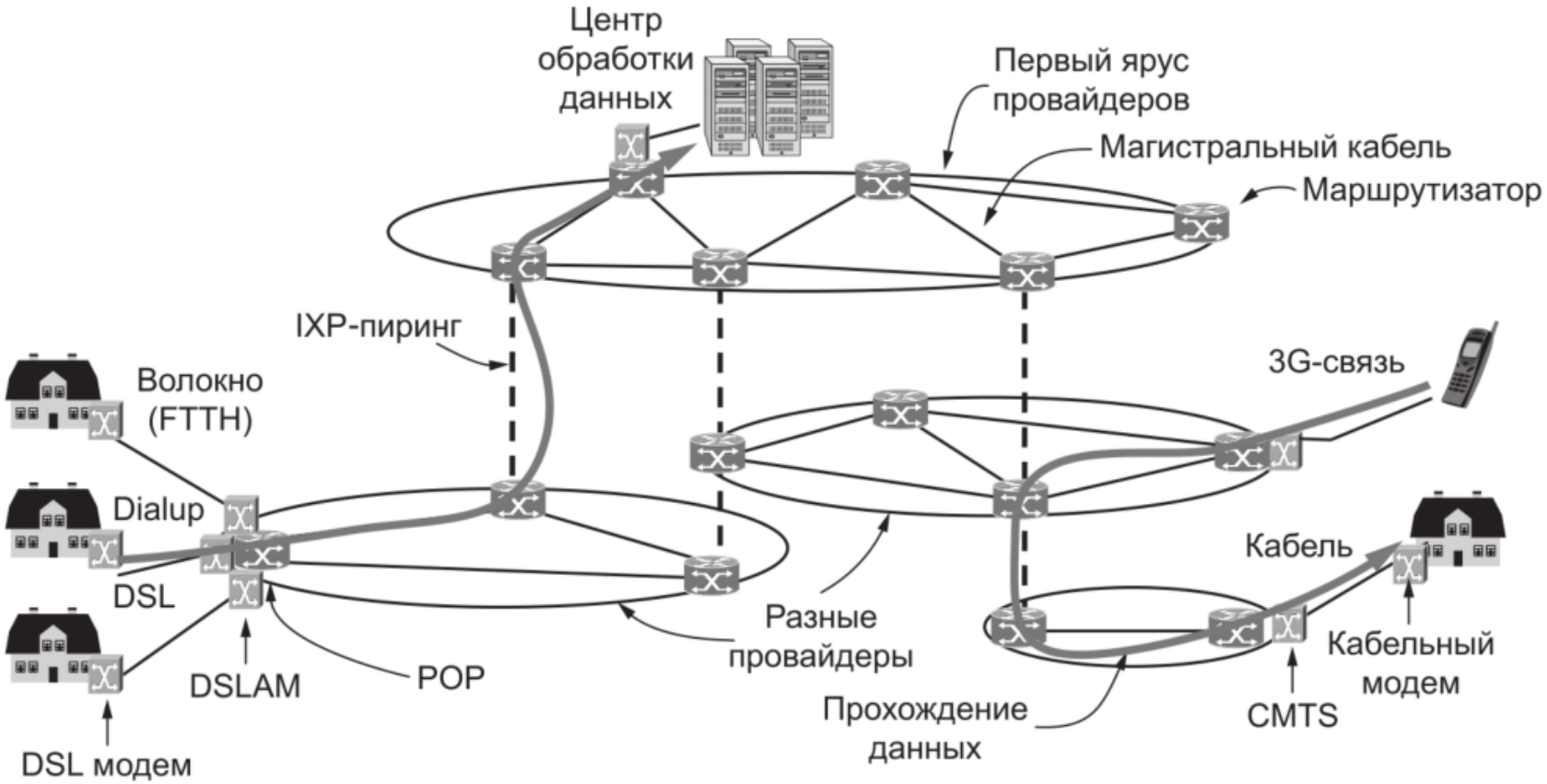
Работа с сетью

Низкий уровень

Юрий Литвинов
yurii.litvinov@gmail.com

04.10.2019г

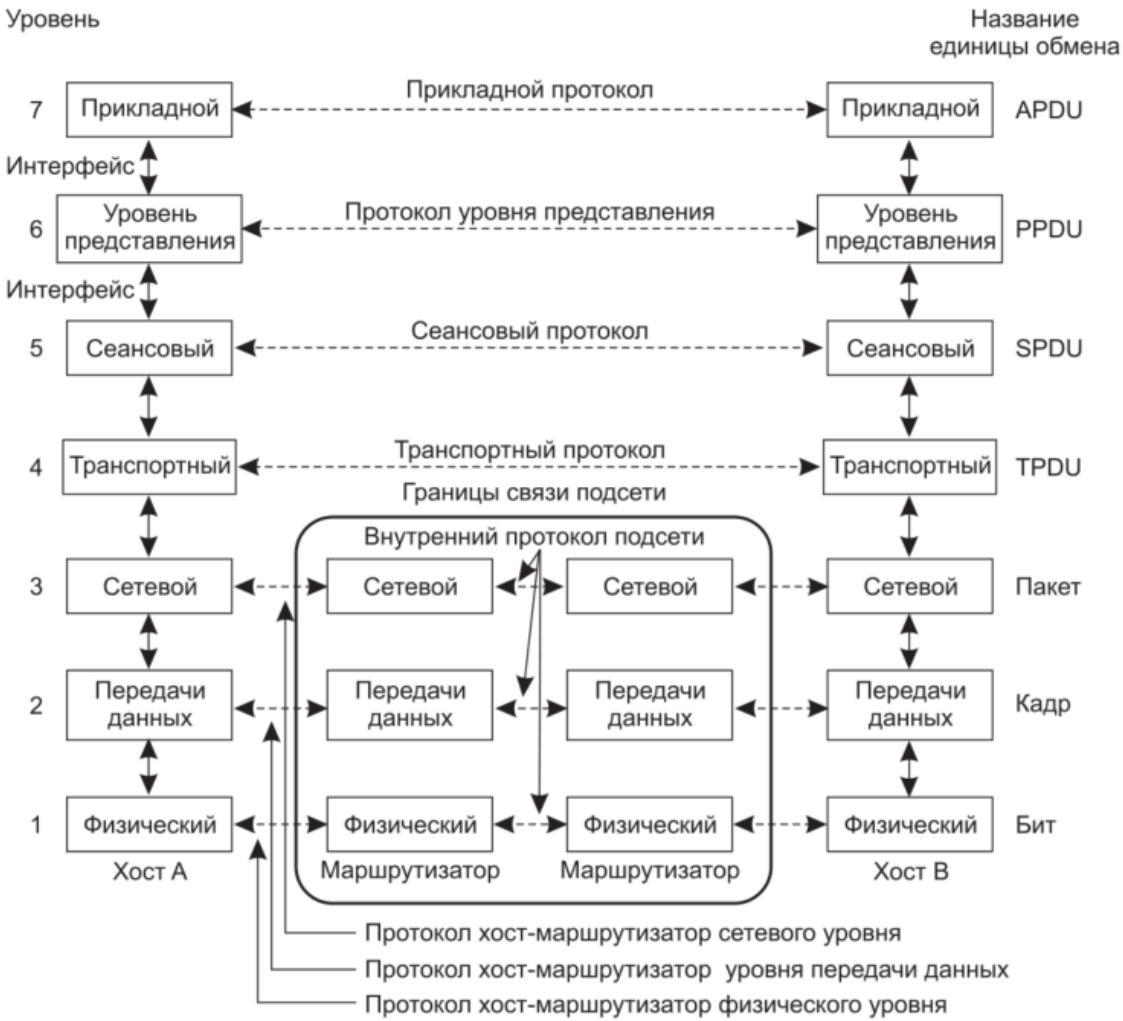
Архитектура глобальной сети



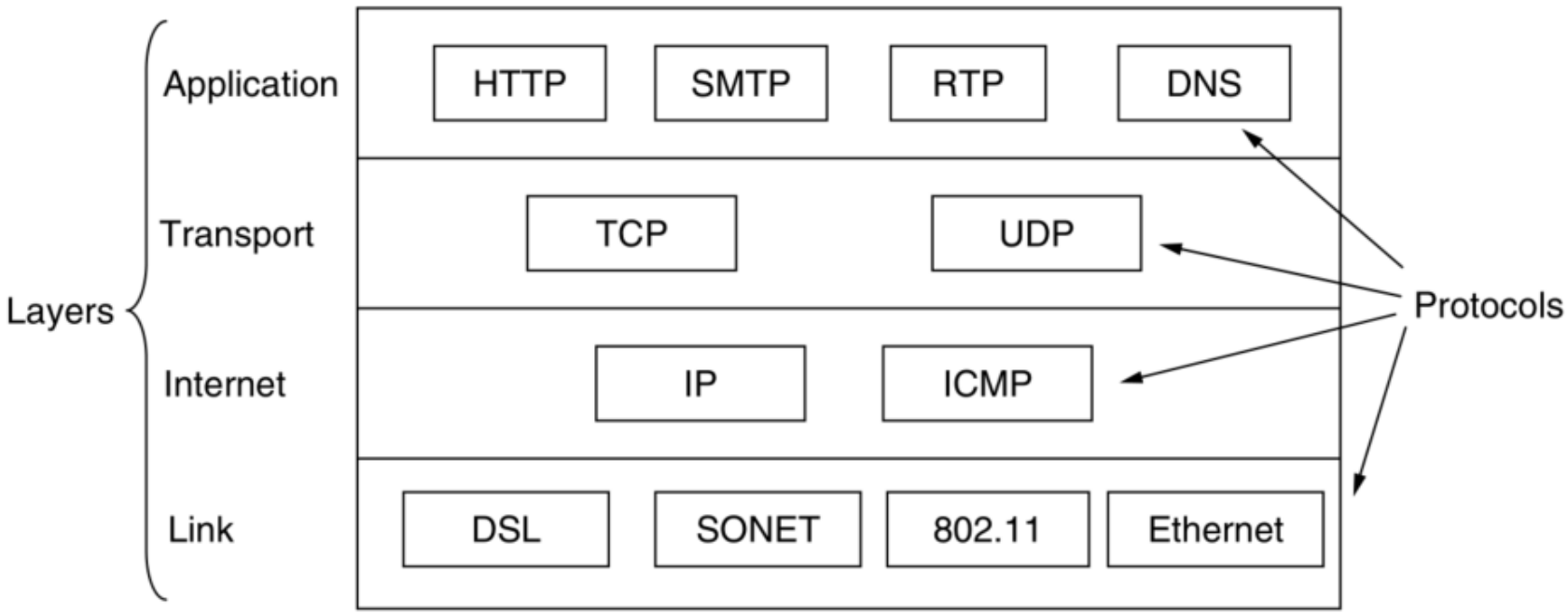
© Э. Таненбаум

Уровневая архитектура

Модель OSI



Модель TCP/IP



© Э. Таненбаум

Физический уровень

- Физические параметры канала (электрические, электромагнитные, ...)
- Ethernet (витая пара), USB, xDSL, Bluetooth, IEEE 802.11 (WiFi), оптические сети, спутниковая связь, мобильные сети (GSM, EDGE, LTE) и т.д.
  - RFC 1149 “IP over Avian Carriers” (https://tools.ietf.org/html/rfc1149)
- Отвечает только за передачу сигнала в рамках среды распространения между двумя точками
- Вопросы кодирования битов уровнями сигнала, синхронизации, помехоустойчивости, мультиплексирования
- Передаёт биты или блоки битов

Канальный уровень

- Общение напрямую соединённых устройств сети
- PPP (Point to Point Protocol)
- Понятия MAC и LLC
  - MAC-адрес: D8-FB-5E-E5-55-67
- Вопросы коррекции ошибок физического уровня (коды Хэмминга, Рида-Соломона, свёрточные коды и прочая алгебра с теорией чисел), повтора передачи пропавших данных, управления скоростью передачи
- Передаёт фрэймы (или кадры)

Сетевой уровень

- Сеть из нескольких устройств
- Вопросы поиска оптимального маршрута внутри сети (роутинга), передачи по принципиально разным сетям (например, один пакет по оптоволокну, второй — через спутник)
- IP (Internet Protocol)
- Понятие IP-адреса (IPv4, IPv6)
- Передаёт пакеты

Транспортный уровень

- Соединение двух устройств через сеть
- Вопросы надёжности доставки, разделения-сборки сообщения, правильного порядка сообщений, подтверждения и повторной отправки
- Протоколы TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol)
  - TCP — протокол, гарантирующий доставку данных в правильном порядке, без потерь и порчи, если это вообще возможно
    - Передача файлов, текстовых данных (включая веб-страницы), веб-сервисы
  - UDP — протокол, позволяющий отправлять “датаграммы” без гарантий их доставки или доставки в правильном порядке, но в разы быстрее TCP
    - Стриминг фильмов, музыки, компьютерные игры

Сеансовый уровень

- Установление, поддержание и закрытие соединения
- Протокол TCP

Уровень представления

- Кодировка и представление передаваемых данных
  - Шифрование
  - Сериализация/десериализация

Прикладной уровень

- Общение конкретных приложений
- Протоколы HTTP, FTP, SMTP и т.д.
- Протоколы поверх HTTP: REST, SOAP и т.д.

IP-адреса

- IPv4: 192.168.0.1 (4 байта)
  - Уникален в рамках подсети (не глобально уникальный)
  - 192.168.x.x, 172.16-31.x.x, 10.x.x.x — адреса, зарезервированные для локальных подсетей
  - 127.0.0.1 (точнее, 127.x.x.x) — loopback (локальный адрес самого компа), часто используется для отладки
  - Маска подсети — битовая маска, определяющая кусок IP-адреса
- IPv6: fe80::488f:1f6:9030:46c7%10 (16 байт)

Формат пакета IPv4

DNS, NAT

- DNS — сопоставление непонятным IP-адресам читаемых доменных имён
  - Более-менее глобальный сервис
  - DNS-запрос по доменному имени (google.com) возвращает IP-адрес (64.233.164.113), только после этого возможен “настоящий” запрос
  - Есть локальные DNS-сервера, есть общеизвестные (например, 8.8.8.8, Google Public DNS)
  - localhost — всегда (более-менее) раскрывается в 127.0.0.1
- NAT — Network Address Translation, механизм, позволяющий компьютерам с локальными IP получать ответы из Интернет (только если они инициировали запросы)
- Ports forwarding — механизм, позволяющий компьютерам за NAT принимать входящие запросы
- Прокси — программа, которая пересылает запросы (и может делать с ними что-нибудь)

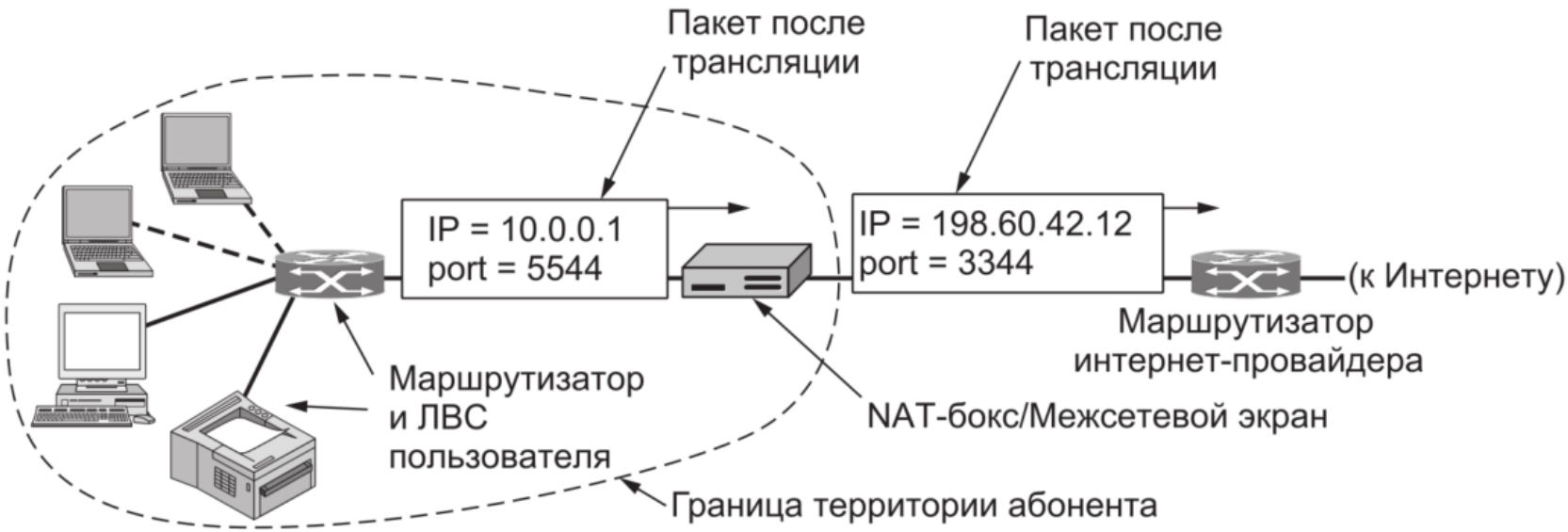
Порты и сокеты

Понятия транспортного/сеансового уровня

- Порт — число от 1 до 65535
- Привязан к сетевому интерфейсу
- Ресурс, управляемый ОС
- Типичные порты
  - 22 — SSH
  - 25 — SMTP
  - 80 — HTTP
  - 443 — HTTPS
  - 666 — Doom
  - Первые 1024 порта зарезервированы
- Ненужные порты обычно закрыты на уровне ОС (файерволл), чтобы было труднее взломать компьютер — поэтому ваше первое сетевое приложение, скорее всего, не заработает
- Сокет — программный интерфейс к порту
- Сетевой стек — важная часть операционной системы, сокеты — способ для прикладного программиста с ним работать

Как работает NAT

Или ещё одна причина, почему ваше первое сетевое приложение не заработает



Полезные консольные команды

- ping — проверка соединения с указанным IP или доменным именем, показывает время отклика узла
  - Удалённый компьютер имеет право не отвечать
- tracert (traceroute) — показывает все узлы, через которые шёл запрос со временами их отклика (если они хотят откликнуться)
  - Хороший способ диагностировать проблемы с интернетом
- ipconfig под Windows, ifconfig под Linux — узнать всё про локальный сетевой интерфейс (IP-адреса, MAC-адреса, используемые DNS и т.д.)
  - Наиболее полезен ipconfig /all

Полезные консольные команды (2)

- netcat, nc — позволяет опросить указанный порт или наоборот, прикинуться сервером, работающим по данному порту, очень полезна при отладке сетевых приложений
  - Под Windows не входит в стандартную поставку, надо ставить отдельно
- telnet — открывает TCP-соединение с заданным хостом на заданный порт
  - Пример:

    telnet smtp.gmail.com 25
    220 smtp.gmail.com ESMTP m71-v6sm2246896lje.84 - gsmtp
    HELP
    214 2.0.0 https://www.google.com/search?btnI&q=RFC+5321 m71-v6sm2246896lje.84 - gsmtp
  - Выйти — Ctrl + ‘]’, quit
  - Под Windows не входит в стандартную поставку, надо ставить отдельно

Работа с сетью в .NET

- Пространство имён System.Net
- Классы TcpListener, TcpClient, UdpClient — управляют стеком протоколов, предоставляют сокеты или потоки байтов
- Класс Socket — абстракция сетевого соединения (сокета)
- Чаще всего в реальной жизни обработка запросов на сервере асинхронна — каждый клиент обслуживается своей задачей в пуле потоков
- Dns — класс, отвечающий за работу с DNS-службой
- IPEndPoint — абстракция адреса (IP-адрес + порт)

Минимальный пример, сервер

```
static void Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    var listener = new TcpListener(IPAddress.Any, port);
    listener.Start();
    Console.WriteLine($"Listening on port {port}...");
    using (var socket = listener.AcceptSocket())
    {
        var stream = new NetworkStream(socket);
        var streamReader = new StreamReader(stream);
        var data = streamReader.ReadToEnd();
        Console.WriteLine($"Received: {data}");
    }
    listener.Stop();
}
```

Минимальный пример, клиент

```
static void Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    using (var client = new TcpClient("localhost", port))
    {
        Console.WriteLine($"Sending to port {port}...");
        var stream = client.GetStream();
        var writer = new StreamWriter(stream);
        writer.Write("Hello, world!");
        writer.Flush();
    }
}
```

Канал работает в обе стороны

Сервер

```
static void Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    var listener = new TcpListener(IPAddress.Any, port);
    listener.Start();
    Console.WriteLine($"Listening on port {port}...");
    using (var socket = listener.AcceptSocket())
    {
        var stream = new NetworkStream(socket);
        var reader = new StreamReader(stream);
        var data = reader.ReadLine();
        Console.WriteLine($"Received: {data}");

        Console.WriteLine($"Sending \"Hi!\"");
        var writer = new StreamWriter(stream);
        writer.Write("Hi!");
        writer.Flush();
    }
    listener.Stop();
}
```

Канал работает в обе стороны

Клиент

```
static void Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    using (var client = new TcpClient("localhost", port))
    {
        Console.WriteLine($"Sending \"Hello!\" to port {port}...");
        var stream = client.GetStream();
        var writer = new StreamWriter(stream);
        writer.WriteLine("Hello!");
        writer.Flush();

        var reader = new StreamReader(stream);
        var data = reader.ReadToEnd();
        Console.WriteLine($"Received: {data}");
    }
}
```

Немного асинхронности

Сервер

```
static async Task Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    var listener = new TcpListener(IPAddress.Any, port);
    listener.Start();
    Console.WriteLine($"Listening on port {port}...");
    using (var socket = await listener.AcceptSocketAsync())
    {
        var stream = new NetworkStream(socket);
        var reader = new StreamReader(stream);
        var data = await reader.ReadLineAsync();
        Console.WriteLine($"Received: {data}");

        Console.WriteLine($"Sending \"Hi!\"");
        var writer = new StreamWriter(stream);
        writer.AutoFlush = true;
        await writer.WriteAsync("Hi!");
    }
    listener.Stop();
}
```

Или, более типично

Сервер

```
static async Task Main(string[] args) {
    const int port = 8888;
    var listener = new TcpListener(IPAddress.Any, port);
    listener.Start();
    Console.WriteLine($"Listening on port {port}...");
    while (true) {
        var socket = await listener.AcceptSocketAsync();
        Task.Run(async () => {
            var stream = new NetworkStream(socket);
            var reader = new StreamReader(stream);
            var data = await reader.ReadLineAsync();
            Console.WriteLine($"Received: {data}");

            Console.WriteLine($"Sending \"Hi!\"");
            var writer = new StreamWriter(stream);
            await writer.WriteAsync("Hi!");
            await writer.FlushAsync();

            socket.Close();
        });
    }
}
```

Теперь можно писать и читать одновременно

Полнодуплексное соединение, на примере сервера

```
private static async Task Main(string[] args) {
    ...
    while (true) {
        var client = await listener.AcceptTcpClientAsync();
        Writer(client.GetStream());
        Reader(client.GetStream());
    }
}

private static void Writer(NetworkStream stream) {
    Task.Run(async () => {
        ...
    });
}

private static void Reader(NetworkStream stream) {
    Task.Run(async () => {
        ...
    });
}
```

Например

```
private static void Writer(NetworkStream stream)
{
    Task.Run(async () =>
    {
        var writer = new StreamWriter(stream) { AutoFlush = true };
        while (true)
        {
            Console.WriteLine(">");
            var data = Console.ReadLine();
            await writer.WriteAsync(data + "\n");
        }
    });
}
```

UdpClient

Сервер

```
static async Task Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    var udpClient = new UdpClient(port);
    Console.WriteLine($"Listening on port {port}...");
    var received = await udpClient.ReceiveAsync();
    var data = Encoding.UTF8.GetString(received.Buffer);
    Console.WriteLine($"Received: {data}");
}
```

UdpClient

Клиент

```
static async Task Main(string[] args)
{
    const int port = 8888;
    var udpClient = new UdpClient();

    Console.WriteLine($"Sending \"Hello!\" to port {port}...");
    var data = Encoding.UTF8.GetBytes("Hello!");
    await udpClient.SendAsync(data, data.Length, "localhost", port);
}
```

Не следует посылать UDP-датаграммы более 508 байт размером