

Работа с сетью

Высокий уровень

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

07.10.2025

Протоколы прикладного уровня

- ▶ Если вы пользуетесь «голыми» сокетами под .NET, скорее всего, вы делаете что-то не так
- ▶ TCP и UDP обеспечивают транспорт, вся полезная работа делается протоколами прикладного уровня
- ▶ Их тысячи:
 - ▶ DNS
 - ▶ Электронная почта: SMTP, IMAP, POP3
 - ▶ Различные виды удалённого вызова: WCF, Apache Thrift, gRPC, ...
 - ▶ WWW: HTTP, HTTPS
 - ▶ Стриминг: RTP, RTCP
 - ▶ P2P и доставка контента: BitTorrent
 - ▶ ...

Как работает браузер

1. Определяет URL, указывающий на желаемую страницу
2. Выполняет DNS-запрос на доменное имя из URL, узнаёт IP
3. Устанавливает TCP-соединение с портом 80 целевой машины
4. Отправляет HTTP-запрос на получение файла
5. Получает ответ от сервера с HTML-страницей
6. Если страница содержит URL, необходимые для её отображения, браузер повторяет процесс
 - ▶ Картинки, скрипты, стили и т.д.
7. Браузер отображает страницу, отдаёт скрипты на интерпретацию, при необходимости запускает плагины
8. Если новых запросов некоторое время не поступает, браузер разрывает соединение с сервером

Протокол HTTP

- ▶ Простой текстовый протокол поверх TCP
- ▶ Запрос-ответ
- ▶ Вид запроса:
 - <Метод> параметр <версия протокола>
 - <Заголовки>
 - <Тело запроса>
 - <Пустая строка>

Пример

Слегка сокращённый

GET http://se.math.spbu.ru/SE HTTP/1.1

Host: se.math.spbu.ru

Connection: keep-alive

Upgrade-Insecure-Requests: 1

User-Agent: Chrome/68.0.3440.106

Accept: text/html,application/xhtml+xml

Referer: http://se.math.spbu.ru/

Accept-Encoding: gzip, deflate

Accept-Language: ru-RU,ru;q=0.9,en-US;q=0.8,en;q=0.7

Ответ

Очень сокращённый

HTTP/1.1 200 OK

Server: Zope/(Zope 2.10.6-final, python 2.4.6, linux2) ZServer/1.1 Plone/3.1.3

Date: Sat, 01 Sep 2018 12:57:32 GMT

Content-Length: 29068

Content-Language: ru

Expires: Sat, 1 Jan 2000 00:00:00 GMT

Content-Type: text/html; charset=utf-8

<!DOCTYPE html ...>

<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="ru"

lang="ru">

<head>

</head>

<body>

</body>

</html>

Виды запросов

Методы

- ▶ **GET** — получить страницу
- ▶ **HEAD** — получить только заголовок
- ▶ **PUT** — залить новую страницу на сервер
- ▶ **POST** — добавить что-нибудь к странице
- ▶ **DELETE** — удалить страницу
- ▶ **TRACE** — отправить запрос обратно (для отладки)
- ▶ **CONNECT** — подключиться через прокси
- ▶ **OPTIONS** — узнать, что можно использовать

Коды ответов

Код	Значение	Примеры
1xx	Информация	100 — сервер согласен обрабатывать запросы
2xx	Успех	200 — запрос успешно обработан, 204 — ответ пустой
3xx	Перенаправление	301 — страница перемещена, 304 — возьмите из своего кэша
4xx	Ошибка клиента	404 — страница не найдена, 403 — нет прав
5xx	Ошибка сервера	500 — сервер упал, 503 — попробуйте позже

Как это работает в .NET

HttpClient

```
class Program
```

```
{
```

```
    private static async Task Main(string[] args)
```

```
    {
```

```
        var httpClient = new HttpClient();
```

```
        var response = await httpClient.GetAsync("http://hwproj.me/");
```

```
        if (response.IsSuccessStatusCode)
```

```
        {
```

```
            var content = await response.Content.ReadAsStringAsync();
```

```
            Console.WriteLine(content);
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

Exponential backoff

```
static async Task<string> DownloadStringWithRetries(string uri)
{
    using (var client = new HttpClient()) {
        var delay = TimeSpan.FromSeconds(1);
        for (int i = 0; i != 3; ++i) {
            try {
                return await client.GetStringAsync(uri);
            } catch {
            }
            await Task.Delay(delay);
            delay *= 2;
        }

        // Попробуем последний раз, дав ошибке распространиться
        return await client.GetStringAsync(uri);
    }
}
```

Зачем всё это?

- ▶ Писать свой браузер можно, но не нужно
- ▶ HTTP — основа для протоколов общения «приложение-приложение»
- ▶ Веб-сервисы — страницы в интернете, предназначенные не для браузеров, а для других приложений
 - ▶ Интерфейс для облачных сервисов типа GMail, Google Drive, ВКонтакте, Twitter и т.д.
 - ▶ Браузерные клиенты часто пользуются тем же API, что доступен сторонним разработчикам
 - ▶ Публичные API для приложений (например, бэкапы смартфонов)
 - ▶ Распределённые приложения в одной корпоративной сети
 - ▶ Сервер базы данных, сервер бизнес-логики, сервера вспомогательных служб со своими API

Как оно работает

- ▶ Удалённый вызов — клиент посылает HTTP-запрос с именем метода и параметрами, сервер исполняет запрос и отправляет ответ обратно
- ▶ Требуется сериализация: XML, JSON, protobuf, ...
- ▶ Требуется механизм общения сервера и клиента:
 - ▶ SOAP — старый, громоздкий, но до сих пор очень популярный протокол, использует XML
 - ▶ WCF — библиотека для разработки веб-сервисов под .NET, несколько устарела, но до сих пор очень популярна, может использовать SOAP
 - ▶ REST — легковесный протокол общения, очень-очень популярен
- ▶ Машиночитаемое описание возможностей веб-сервиса

Representational State Transfer

REST

- ▶ «Легковесный» интерфейс для веб-сервисов, построенный на HTTP-запросах
- ▶ Запрос и его параметры передаются в основном через URL
 - ▶ Иногда используется тело HTTP-запроса с JSON или бинарными данными
- ▶ Сервер не хранит состояние сессии, запросы всё таскают с собой
 - ▶ Удобно, запрос может прийти откуда угодно и когда угодно, лишь бы он был правильный

Интерфейс сервиса

- ▶ Коллекции
 - ▶ `http://api.example.com/resources/`
- ▶ Элементы
 - ▶ `http://api.example.com/resources/item/17`
- ▶ HTTP-методы
 - ▶ GET
 - ▶ PUT
 - ▶ POST
 - ▶ DELETE
- ▶ Передача параметров прямо в URL
 - ▶ `http://api.example.com/resources?user=me&access_token=ASFQF`

Пример, Google Drive REST API

- ▶ GET <https://www.googleapis.com/drive/v2/files> — список всех файлов
- ▶ GET <https://www.googleapis.com/drive/v2/files/fileId> — метаданные файла по его Id
- ▶ POST <https://www.googleapis.com/upload/drive/v2/files> — загрузить новый файл
- ▶ PUT <https://www.googleapis.com/upload/drive/v2/files/fileId> — обновить файл
- ▶ DELETE <https://www.googleapis.com/drive/v2/files/fileId> — удалить файл

REST и HttpClient

Сырой REST

```
private static async Task Main(string[] args)
{
    var httpClient = new System.Net.Http.HttpClient();

    var request = "https://api.exchangeratesapi.io/latest?base=USD&symbols=RUB";
    var response = await httpClient.GetAsync(request);
    if (response.IsSuccessStatusCode)
    {
        var content = await response.Content.ReadAsStringAsync();
        var data = JsonConvert.DeserializeObject<JObject>(content);
        var baseCurrency = data["base"];
        var ruble = data.Value<JToken>("rates").Values<JProperty>().First();
        Console.WriteLine($"1 {baseCurrency} = {ruble.Value} {ruble.Name}");
    }
}
```


REST и клиентские библиотеки

Google Drive API

class Program

```
{
    private static readonly string[] Scopes = { DriveService.Scope.DriveReadOnly };
    private const string ApplicationName = "GDriveDemo";

    static async Task Main(string[] args) {
        UserCredential credential;

        using (var stream =
            new FileStream("credentials.json", FileMode.Open, FileAccess.Read)) {
            var credPath = "token.json";
            credential = await GoogleWebAuthorizationBroker.AuthorizeAsync(
                GoogleClientSecrets.Load(stream).Secrets,
                Scopes,
                "user",
                CancellationToken.None,
                new FileDataStore(credPath, true));
            Console.WriteLine("Credential file saved to: " + credPath);
        }
        ...
    }
}
```

Google Drive API (2)

```
class Program
{
    ...
    static async Task Main(string[] args) {
        UserCredential credential;
        ...
        var service = new DriveService(new BaseClientService.Initializer() {
            HttpClientInitializer = credential,
            ApplicationName = ApplicationName,
        });

        FilesResource.ListRequest listRequest = service.Files.List();
        listRequest.PageSize = 10;
        listRequest.Fields = "nextPageToken, files(id, name)";
        ...
    }
}
```

Google Drive API (3)

```
class Program
```

```
{
```

```
....
```

```
static async Task Main(string[] args) {
```

```
    FilesResource.ListRequest listRequest = service.Files.List();
```

```
    ...
```

```
    IList<Google.Apis.Drive.v3.Data.File> files = listRequest.Execute().Files;
```

```
    Console.WriteLine("Files:");
```

```
    if (files != null && files.Count > 0) {
```

```
        foreach (var file in files) {
```

```
            Console.WriteLine($"{file.Name} ({file.Id})");
```

```
        }
```

```
    } else {
```

```
        Console.WriteLine("No files found.");
```

```
    }
```

```
    Console.Read();
```

```
}
```

```
}
```

Как это отлаживать

Fiddler

The screenshot displays the Fiddler Web Debugger interface. The top menu includes File, Edit, Rules, Tools, View, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons for WinConfig, Replay, Go, Stream, Decode, and other functions. The main window is divided into two panes.

The left pane shows a list of sessions with columns: #, Result, Protocol, Host, URL, Body, Caching, and Content-Type. The sessions are as follows:

#	Result	Protocol	Host	URL	Body	Caching	Content-Type
1	200	HTTP	se.math.spbu.ru	/	217		text/html; c
2	200	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE	29 068	Expires...	text/html; c
3	200	HTTP	Tunnel to	clients4.google.com:443	0		
4	304	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE/newsitem_jcon.gif	0		
5	304	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE/spinner.gif	0		
6	304	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE/bullet.gif	0		
7	304	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE/link_jcon.gif	0		
8	304	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE/input_background.gif	0		
9	304	HTTP	se.math.spbu.ru	/SE/search_jcon.gif	0		
10	200	HTTP	Tunnel to	www.google-analytics.co...	0		
11	200	HTTP	Tunnel to	29.client-channel.google...	0		

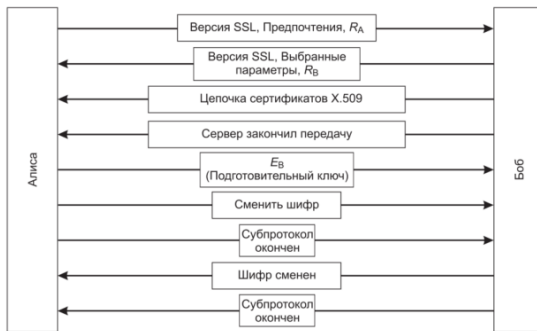
The right pane shows the details of the selected session (Session 2). It includes tabs for Raw, JSON, XML, Headers, TextView, SyntaxView, WebForms, HexView, Auth, and Cookies. The Raw tab is active, displaying the raw HTTP data:

```

GET http://se.math.spbu.ru/SE HTTP/1.1
Host: se.math.spbu.ru
Connection: keep-alive
Upgrade-Insecure-Requests: 1
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/91.0.4472.124 Safari/537.36
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,*/*;q=0.8
Accept-Encoding: gzip, deflate
Accept-Language: ru-RU,ru;q=0.9,en-US;q=0.8,en;q=0.7
Cookie: __ym_uid=14964115231040825938; __utmz=108296320.1508163081.17
  
```

Below the raw data, there is a section for the response headers and body. The response is an HTTP/1.1 200 OK from the Zope server. The body contains HTML content with a meta tag for XML namespace and language.

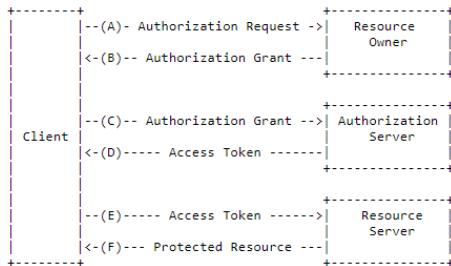
HTTPS



© Э. Таненбаум

- ▶ SSL (Secure Sockets Layer)
- ▶ HTTPS — HTTP через SSL

OAuth 2



© RFC 6749

- ▶ Позволяет разрешить пользование ресурсом, не раскрывая хозяину ресурса логин и пароль пользователя
 - ▶>Login по аккаунту в Google или аккаунту в VK