version: 221021

# Клиентский HTTP в .NET: от WebRequest до SocketsHttpHandler

Евгений Пешков
JetBrains
@epeshk

# О чём будем говорить

***Hypertext Transfer Protocol (HTTP)*** - сетевой протокол для клиент-серверного взаимодействия с request-response семантикой

Применение:

- Загрузка Web-страниц (headless браузеры, Selenium)
- Межсервисное взаимодействие через API
- Транспорт для других протоколов (gRPC-over-HTTP2)

# Стандартный доклад про HTTP в .NET

- Есть класс `HttpClient`
- У него есть метод `.Dispose()`

```
using (var httpClient = new HttpClient())
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

- Так нельзя, это не даёт переиспользовать TCP-соединения!
- Нужно переиспользовать объекты `HttpClient`

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient())
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient())
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)
2. Какой механизм отправки запросов будет использован?

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
    v
    .
}
```

```
public abstract class HttpMessageHandler : IDisposable
{
  protected internal abstract Task<HttpResponseMessage>
    SendAsync(
      HttpRequestMessage request,
      CancellationToken cancellationToken);
}
```

1.
2.

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
    v
    .
}
```

1.

```
public abstract class HttpMessageHandler : IDisposable
{
  protected internal abstract Task<HttpResponseMessage>
    SendAsync(
      HttpRequestMessage request,
      CancellationToken cancellationToken);
}
```

2.

```
public class HttpMessageInvoker : IDisposable
{
  new HttpMessageInvoker(HttpMessageHandler handler) { }

  public Task<HttpResponseMessage> SendAsync(..., ...);
}
```

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)
2. Какой механизм отправки запросов будет использован?

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)
2. Какой механизм отправки запросов будет использован?
3. Как устроены Request/Response body? Как с ними работать?

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)
2. Какой механизм отправки запросов будет использован?
3. Как устроены Request/Response body? Как с ними работать?
4. Как устанавливается соединение с сервером? (DNS, версия HTTP…)

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)
2. Какой механизм отправки запросов будет использован?
3. Как устроены Request/Response body? Как с ними работать?
4. Как устанавливается соединение с сервером? (DNS, версия HTTP…)
5. Особенности защищённого соединения, проверка сертификата

# Рассмотрим этот пример подробнее

```
using (var httpClient = new HttpClient(new HttpClientHandler()))
{
  var stream = await httpClient.GetStreamAsync("https://dot.net");
  ...
}
```

1. `HttpClient` появился только в .NET Framework 4.5 (*4.0 – NuGet)
2. Какой механизм отправки запросов будет использован?
3. Как устроены Request/Response body? Как с ними работать?
4. Как устанавливается соединение с сервером? (DNS, версия HTTP…)
5. Особенности защищённого соединения, проверка сертификата
6. Ситуации, когда запросов несколько, переиспользование соединений

# Основная проблема

- Работа с клиентским HTTP зависит от реализации .NET
- В интернете представлена противоречивая информация о клиентском HTTP

# HTTP клиенты в .NET Framework

На .NET Framework:

- WebRequest – основное API
  - Основан на Managed Socket + winapi
- WebClient – устаревшая обёртка над ним
- HttpClientHandler – тоже обёртка над WebRequest

# HTTP клиенты в .NET Core/.NET

- HttpClient – основное API
- WebRequest – неудачная обёртка над HttpClient
- WebClient – неудачная обёртка над WebRequest

Ну а что вы хотели, всё ради быстрого перехода на кор

Почему неудачные – будет рассказано позже

# HttpMessageHandler's: .NET Core/.NET

Рассмотрим, какие HttpMessageHandler используются в современном .NET

Мир современного .NET в плане клиентского HTTP делится на:

- До .NET Core 2.1
- .NET Core 2.1 и следующие

# .NET Core до 2.1: нативные хэндлеры

- `WinHttpHandler (http.sys)`
  - Входит в .NET Core как internal (в .NET 5 уже нет)
  - Доступен из NuGet как public
- `CurlHandler (libcurl)` – internal only

Недостатки:

- Неконсистентная работа на разных ОС
- Сложная обработка ошибок

# .NET Core 2.1 and later

SocketsHttpHandler

- Managed-реализация (на основе класса Socket)
- Consistent behavior across all .NET platforms (*Docs)
- Поддержка HTTP/2 с .NET Core 3.0
- Множество настроек, делающих хаки ненужными
- Единственная развивающаяся реализация HTTP в .NET

https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/api/system.net.http.httpclient?view=net-5.0

# .NET Framework: alternative handlers

- Стандартный – обёртка над WebRequest
- WinHTTPHandler (NuGet)
  - Возможное применение – HTTP/2.0
- SocketsHttpHandler ??? его здесь НЕТ
  - На .NET 5-* переезжайте
  - Backport на .NET Standard 2 (на свой страх и риск)
    - https://github.com/TalAloni/StandardSocketsHttpHandler/tree/3.1

# Mono

- До 6.0: custom WebRequest + HttpClientHandler
- С 6.0:
  - SocketsHttpHandler (default)
  - MonoWebRequestHandler

"Imperial Red": Bring HttpClient from CoreFx

https://github.com/mono/mono/pull/11906

# 3. Вред обёрток

Повторим, что:

- HttpClientHandler в .NET Framework – обёртка над WebRequest
- WebRequest в .NET Core/.NET – обёртка над HttpClient

Покажем один из недостатков этих обёрток

# Big streams

Отправим большой стрим в качестве Request Body

```
new HttpRequestMessage(HttpMethod.Post, ...) {
  Content = new StreamContent(bigStream)
});
```

SocketsHttpHandler: OK

.NET Framework: контент стрима копируется в память, если Stream – non-seekable

# Big streams: HttpClient в Framework

```
var client = new HttpClient(new HttpClientHandler
{
    MaxRequestContentBufferSize = 4096
});
```

```
System.Net.Http.HttpRequestException:
Cannot write more bytes to the buffer than
the configured maximum buffer size: 4096.
```

# Big streams: HttpClient в Framework

```
new HttpRequestMessage(HttpMethod.Post, ...) {
  Content = new StreamContent(bigStream) {
    Headers = { ContentLength = bigStream.Length }
  }
});

new HttpRequestMessage(HttpMethod.Post, ...) {
    Content = new StreamContent(bigStream),
    Headers = { TransferEncodingChunked = true }
});
// OK: хорошая практика так делать всегда
```

# Big streams: WebRequest на .NET Core

- Всё ещё хуже: буферизуется любой стрим

`System.Net.RequestStream`

```
// Cache the request stream into a MemoryStream. This is the
// default behavior of Desktop HttpWebRequest.AllowWriteStreamBuffering (true).
// Unfortunately, this property is not exposed in .NET Core, so it can't be changed
// This will result in inefficient memory usage when sending (POST'ing) large
// amounts of data to the server such as from a file stream.
```

- Упомянутый метод на самом деле в .NET Core есть
- Решений нет
- ИМХО, реальная причина – никому не нужен легаси

# Какое API из стандартных выбрать?

- HttpClient stack
  - Основное API для современного .NET (с SocketsHttpHandler)
  - Good enough на .NET Framework
  - Универсален для использования в библиотеках
- WebRequest на .NET Framework
  - Если вы чётко понимаете, для чего вам это нужно

# Рекомендация по работе с HttpClient

- Никогда не используйте конструктор HttpClient без параметров
- Всегда создавайте HttpClientHandler по умолчанию или конкретную его реализацию и сконфигурируйте всё, что вам нужно

# Альтернативные API (нугет либы)

Как же всё сложно, пойду скачаю либу, где уже всё сделали за меня

- RestSharp (98M downloads, 25000/day)
- Flurl.Http (15M downloads, 5700/day)

# RestSharp

- 98 миллионов загрузок, 25 тысяч в день
- До сих пор использует legacy HttpWebRequest

Issues:

- RestSharp on .NET Core loads entire file into memory when uploading #1481
- Out of Memory issue when uploading large files in .NET Core #1441

# RestSharp

Но у меня нет больших стримов, это меня не коснётся!!!

- Это лишь одна из возможных проблем
- Нельзя предсказать новые требования к сервису
- Использование legacy – бомба замедленного действия

# Swagger Codegen

Генератор API-клиентов по спецификации

- Проблема:
  - Генерирует RestSharp-based клиент
  - В итоге сгенерированный клиент плох для .NET Core/.NET
- Решение:
  - Использовать другой генератор (NSwag)

# Flurl

- Использует System.Net.Http
- Даёт возможность тюнинга хэндлера
- Но всё по прежнему вручную
- Ничего криминального не диагностировано
- Но ничего и не гарантируется

# HTTP/2.0 & QUIC

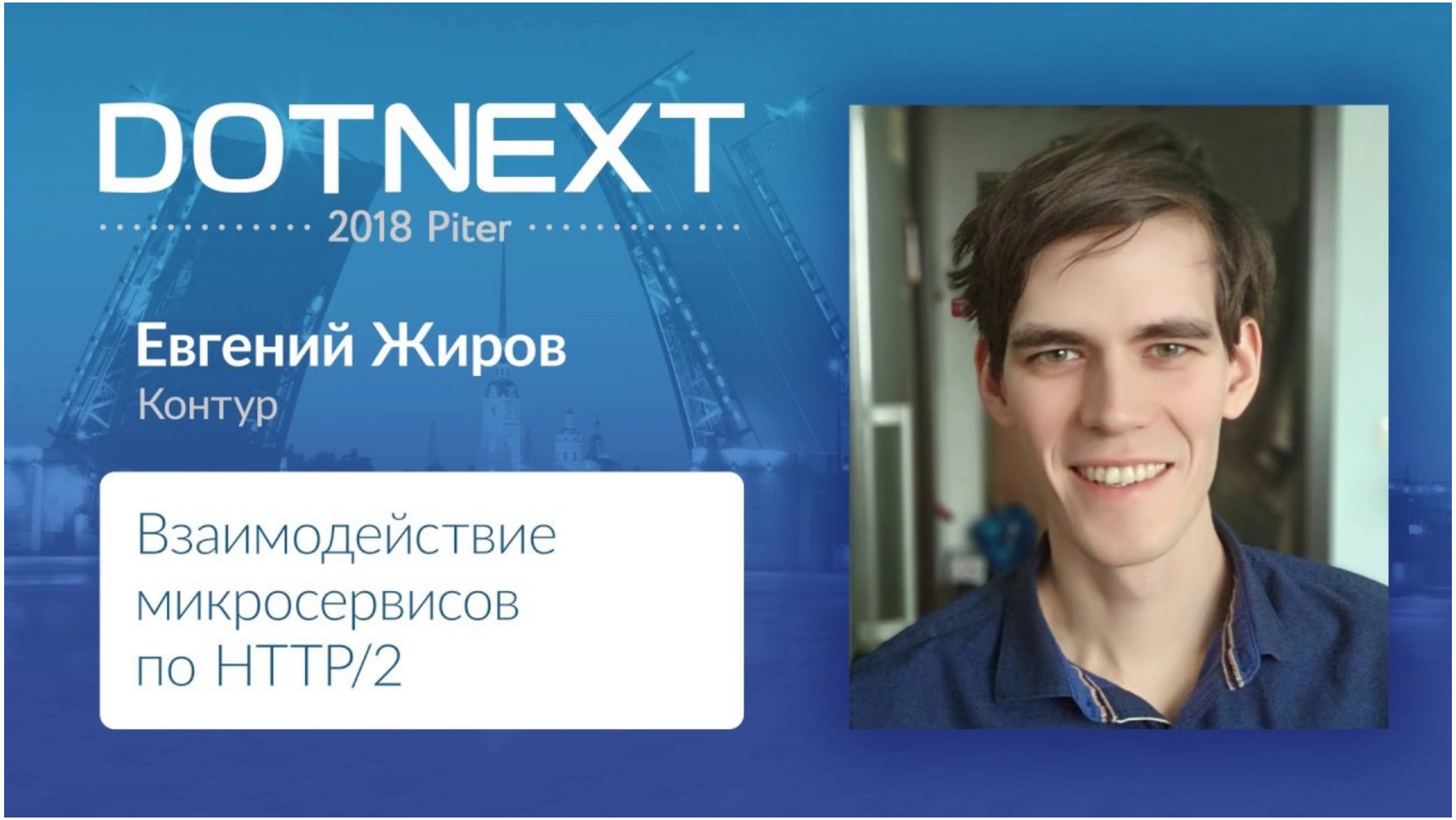
# Версии HTTP

- 1991 год: HTTP/0.9 – первая документированная версия
- 1996 год: HTTP/1.0 – почти современный
- 1997 год: HTTP/1.1 – pipelining, keep-alive, Chunked Transfer Encoding
- 2015 год: HTTP/2.0 – эффективное использование TCP-соединений
- 2020 год: HTTP/3.0 (QUIC) – переход на UDP

# HTTP/2.0 в .NET

- .NET Framework
  - WinHTTPHandler
  - Порт SocketsHttpHandler (на свой страх и риск)
- .NET Core/.NET
  - Нативные хэндлеры (WinHTTPHandler/CurlHandler)
    - Изничтожены с .NET 5
  - SocketsHttpHandler (с .NET Core 3.0)
    - Да, в .NET Core 2.1 и 2.2 по умолчанию HTTP/2 не работал

# Native handlers: HTTP/2.0




https://www.youtube.com/watch?v=QgK6-8zCnQM
https://2018.dotnext-piter.ru/2018/spb/people/l5snp8o1igiw4awwyaeqo/
https://assets.ctfassets.net/9n3x4rtjlya6/2D1uCQKQ4QoaE4YCEq4sey/0467c6c44911a6bc6530793307b8b7fc/Evgeny_Zhirov_-_Microservice_interaction_with_HTTP2.pdf

# Native handlers: HTTP/2.0

Одна из проблем:

- WinHTTPHandler поддерживает только HTTP2-over-TLS
- В use-case из доклада это приводило к большому потреблению unmanaged памяти

# Plain text HTTP/2.0 (h2c)

- Изначально HTTP/2.0 требовал шифрование
- Но к релизу стандарта здравый смысл победил паранойю
- Но обязательный TLS успел стать частью реализаций

# SocketsHttpHandler: h2c

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

HttpRequestMessage message = new (HttpMethod.Get, "http://nghttp2.org/")
{
    Version = new Version(2, 0),
};

HttpResponseMessage response = await httpClient.SendAsync(message);
Version usedVersion = response.Version;
Console.WriteLine(usedVersion);
```

```
// 1.1
```

# SocketsHttpHandler: h2c

## .NET Core 3.x

- `AppContext.SetSwitch("System.Net.Http.SocketsHttpHandler.Http2UnencryptedSupport", true);`
- DOTNET_SYSTEM_NET_HTTP_SOCKETSHTTPHANDLER_HTTP2UNENCRYPTEDSUPPORT

## .NET 5.0 - *

```
new HttpRequestMessage(...)
{
  Version = new Version(2, 0),
  VersionPolicy = HttpVersionPolicy.RequestVersionExact
};                                  // .RequestVersionOrHigher
                                    // (exactly same for plaintext!)
```

# HTTP/3.0 (QUIC)

- В разработке
- Сейчас используется нативная реализация MsQuic

https://github.com/dotnet/runtimelab/tree/feature/System.Net.Experimental.MsQuic
https://devblogs.microsoft.com/dotnet/http-3-support-in-dotnet-6/

# Low level & Performance

# Request timeout

- `.Timeout` в `WebRequest` работает только для синхронных запросов
- Замена – CancellationToken с таймаутом
- Таймауты бывают разные (DNS, headers, body)

# DNS Cache

DNS: IP-адрес сервиса может измениться.

`WebRequest` (Framework):

A)
```
ServicePointManager.DnsRefreshTimeout = 0;
request.ServicePoint.ConnectionLeaseTimeout = ...;
```

B) `dnsapi.dll calls for Windows DNS cache (ipconfig /flushdns)`

https://www.derpturkey.com/system-net-dns-flush-cache-issues/
https://stackoverflow.com/questions/7277582/how-do-i-clear-system-net-client-dns-cache

# DNS Cache

DNS: IP-адрес сервиса может измениться.

SocketsHttpHandler (modern .NET):

A) `handler.PooledConnectionLifetime = ...;`

B) `HttpClientFactory (require Microsoft DI)`

C) `your OS DNS cache`

# Другие сетевые хаки

- ARP cache (IP-to-MAC)
- TCP Keep-Alive

- Остаются для самостоятельного рассмотрения

# S for Security and Suffering

- Аналогично – конфигурируется в разных местах
  - Certificate validation callback
- Mono: custom cert store

https://www.mono-project.com/docs/faq/security/

# Много запросов

WebRequest – ограничение тредпула

```
Exception: "There were not enough free threads
in the ThreadPool to complete the operation."
```

# Много запросов

## WebRequest – ограничение тредпула

```
internal static bool IsThreadPoolLow() {
    int workerThreads, completionPortThreads;
    ThreadPool.GetAvailableThreads(out workers, out iocp);

    return workers < 2;
}
```

- Решение: сконфигурировать тредпул – увеличить количество потоков, создаваемых без задержки (`SetMinThreads`)

# 6. Много запросов

WebRequest – ограничение числа соединений к одному endpoint

Для localhost – бесконечно

Для внешних хостов – по умолчанию 2

Тестируйте ваш сетевой код не только на LocalHost

```
request.ServicePoint.ConnectionLimit = ...;
httpClientHandler.MaxConnectionsPerSever = ...;
```

https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/network-programming/managing-connections

# 6. Много запросов: троттлинг

Для самостоятельного изучения:

- Nagle Algorithm
- Expect: 100-continue

# Выводы

- Устройство HTTP-клиента зависит от платформы
- Используйте современный .NET и SocketsHttpHandler
- Даже популярные либы могут подвести
- Делаете библиотеку – предусмотрите extension point для конфигурации клиента
- Тестируйте код на всех платформах, где он будет работать
- Тестируйте код в условиях, приближенных к боевым

# Links

- Подводные камни HTTP в .NET (@YuriyIvon)
  https://habr.com/ru/post/424873/
- Reusing HttpClient didn't solve all my problems (@rahulbhuwal)
  (О тюнинге настроек WebRequest на Framework, на самом деле)
  https://itnext.io/reusing-httpclient-didnt-solve-all-my-problems-142a32a5b4d8
- Vostok.ClusterClient.Transport
  (Используемая в Контуре обёртка над различными HTTP API со множеством хаков)
  https://github.com/vostok/clusterclient.transport
- Sources
  https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/src/libraries/System.Net.Http/src/

# Вопросы

Евгений Пешков
JetBrains
@epeshk