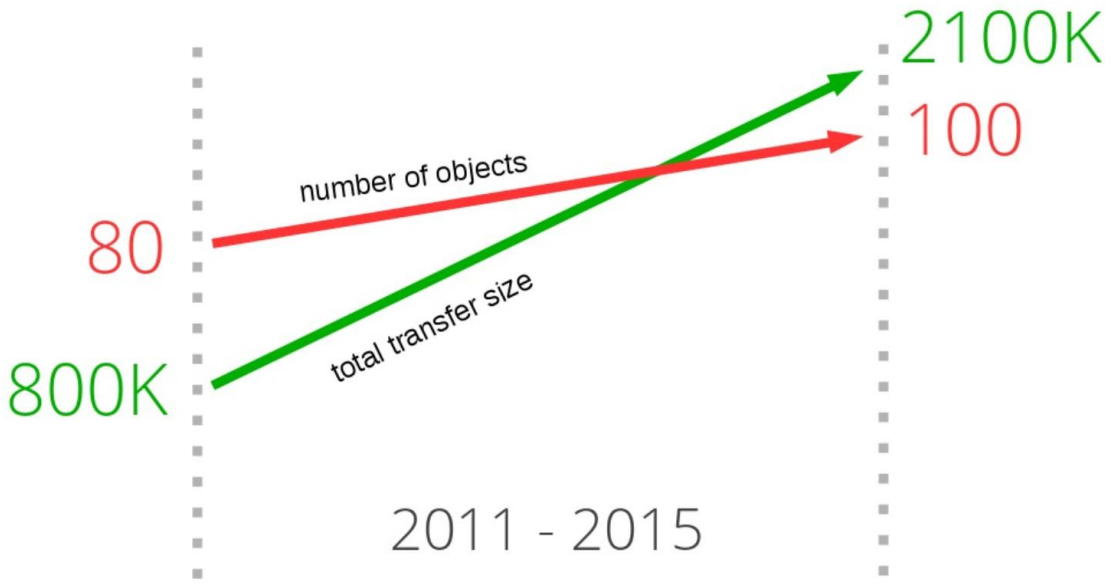
第三部分：HTTP/2 协议

第 1 课 HTTP/1.1 发展中遇到的问题

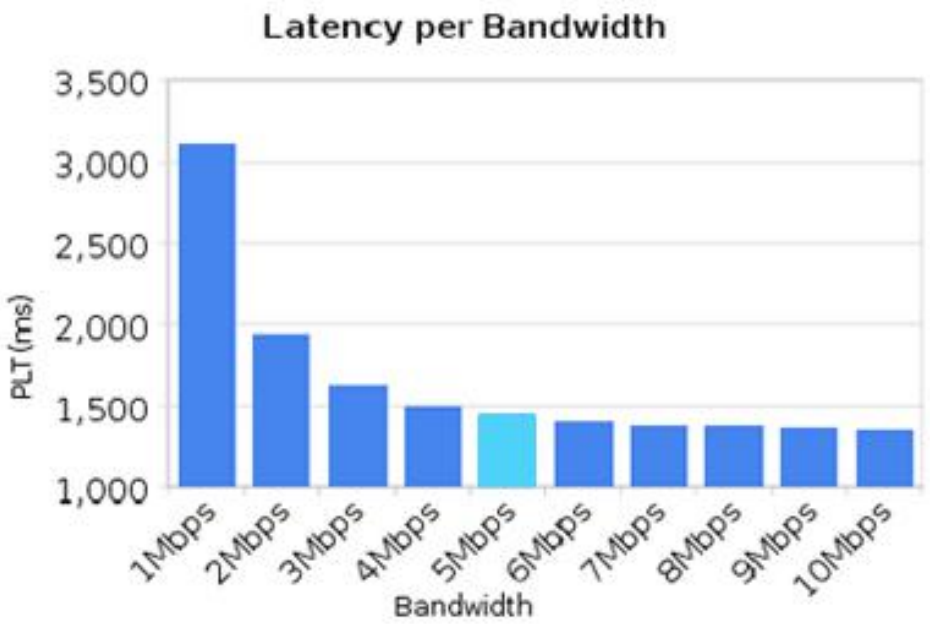
HTTP/1.1 发明以来发生了哪些变化？

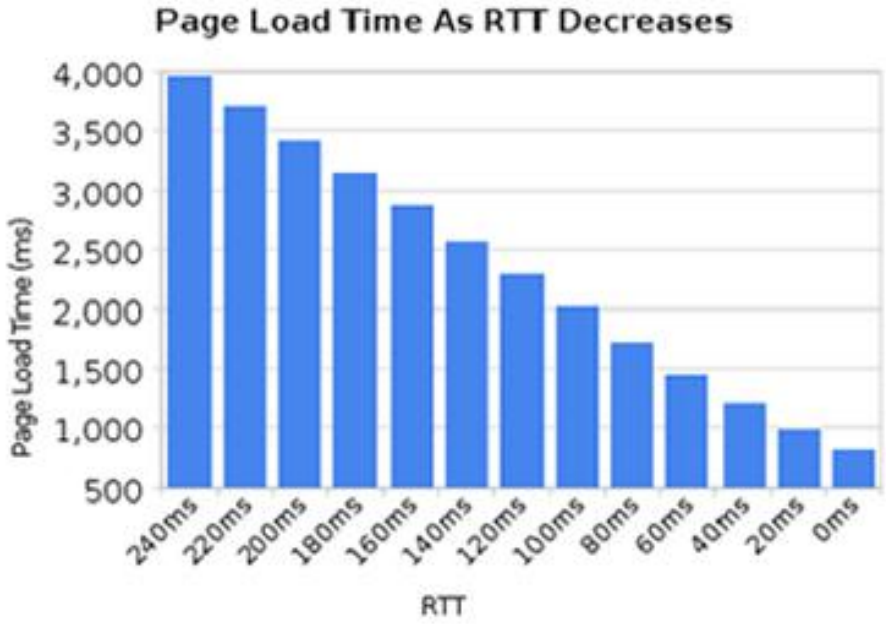
- 从几 KB 大小的消息，到几 MB 大小的消息
- 每个页面小于 10 个资源，到每页面 100 多个资源
- 从文本为主的内容，到富媒体（如图片、声音、视频）为主的内容
- 对页面内容实时性高要求的应用越来越多



HTTP/1.1 的高延迟问题

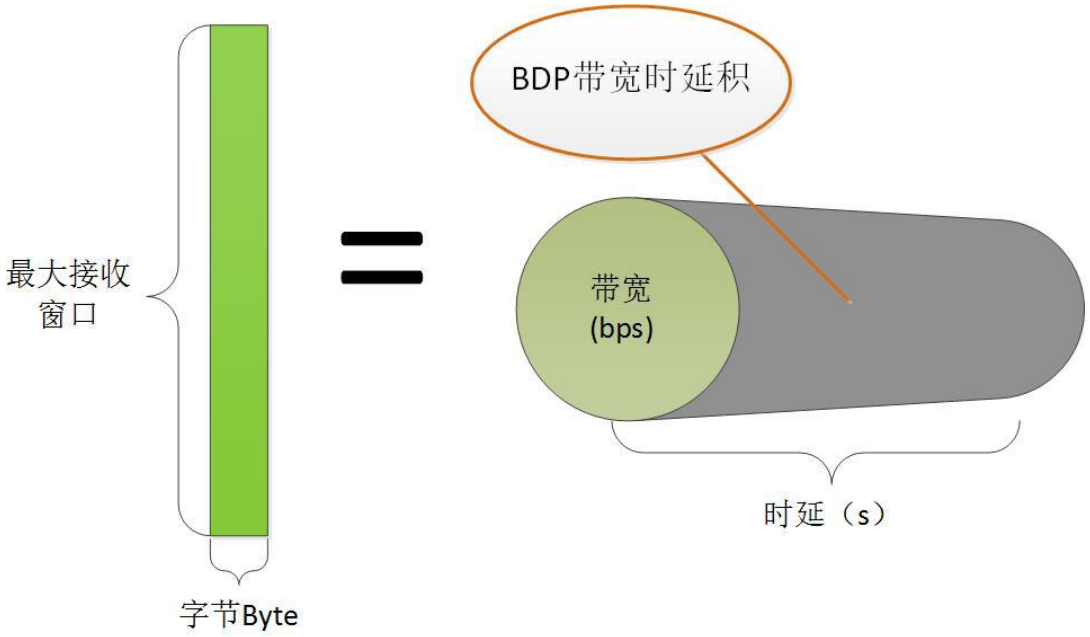
- 高延迟带来页面加载速度的降低
  - 随着带宽的增加，延迟并没有显著下降
  - 并发连接有限
  - 同一连接同时只能在完成一个 HTTP 事务（请求/响应）才能处理下一个事务

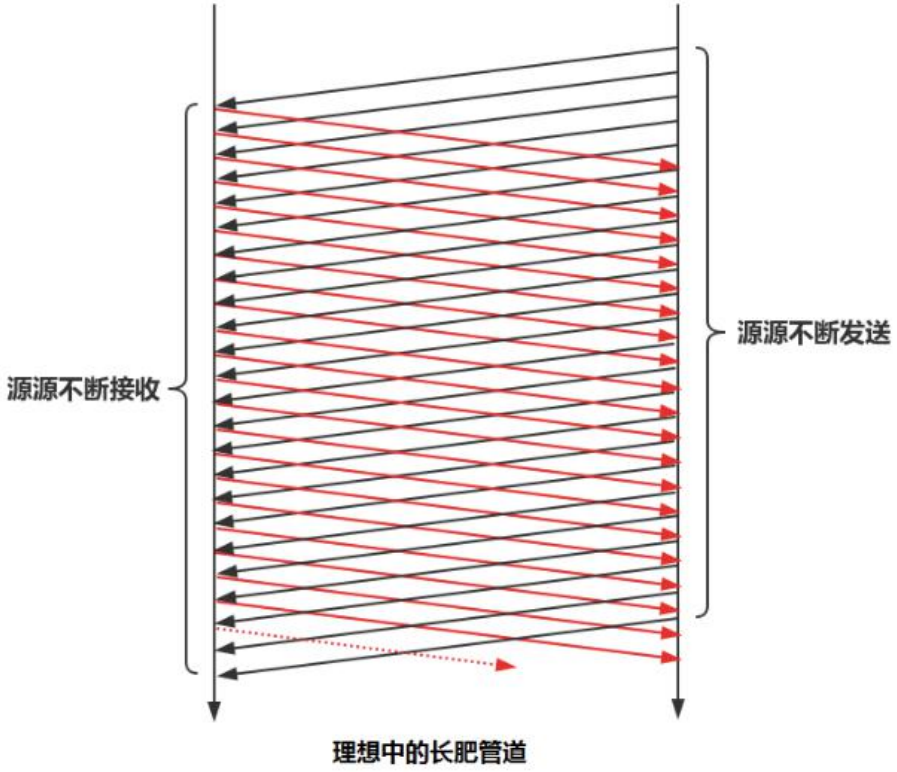




高延迟 VS 高带宽

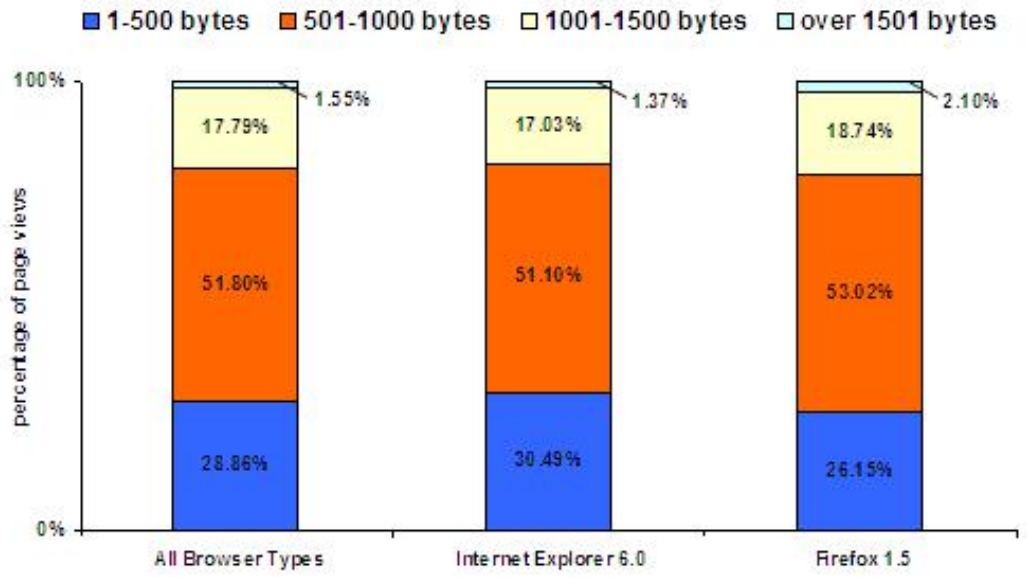
- 单连接上的串行请求
- 无状态导致的高传输量（低网络效率）





无状态特性带来的巨大 HTTP 头部

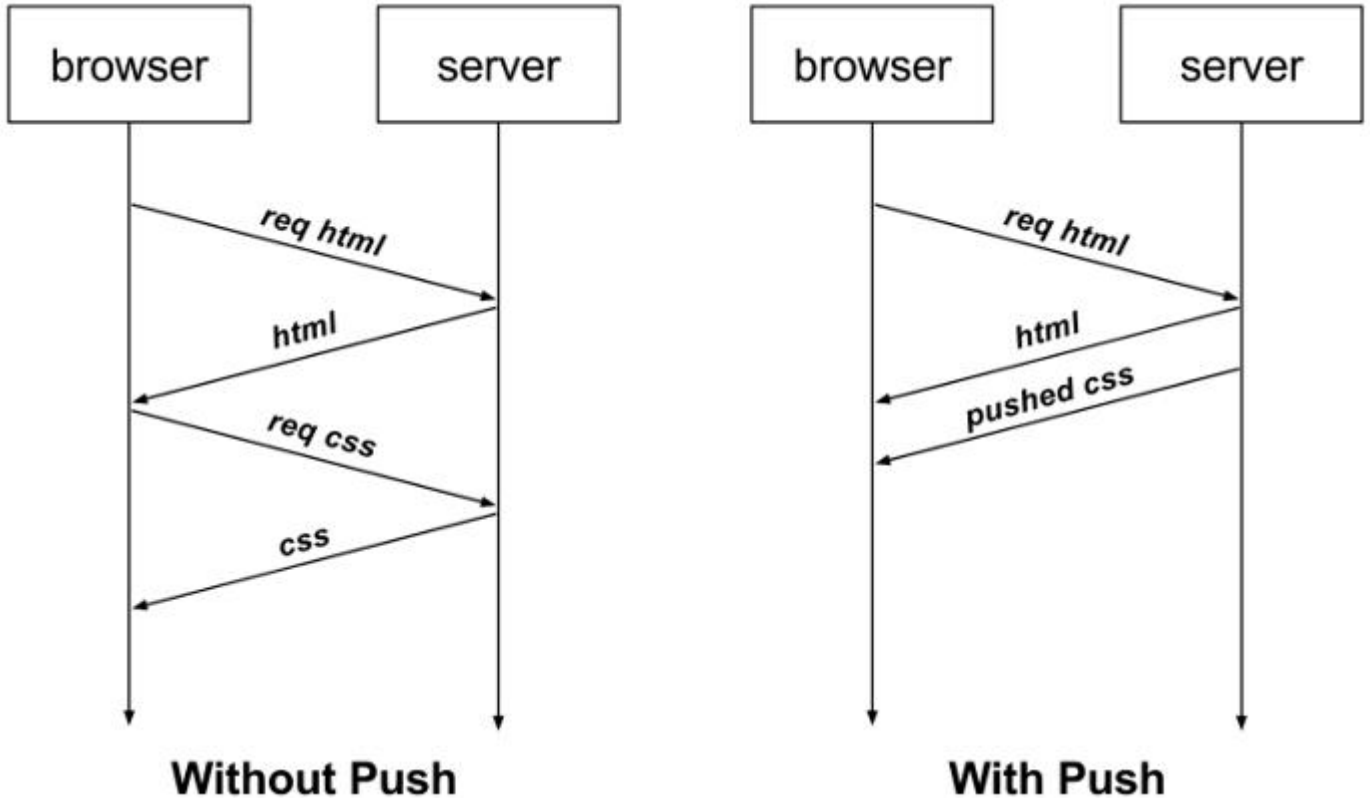
- 重复传输的体积巨大的 HTTP 头部



HTTP/1.1 为了解决性能问题做过的努力

- Spriting 合并多张小图为一张大图供浏览器 JS 切割使用
  - 不能区别对待
- Inlining 内联，将图片嵌入到 CSS 或者 HTML 文件中，减少网络请求次数
- Concatenation 拼接，将多个体积较小的 JavaScript 使用 webpack 等工具打包成 1 个体积更大的 JavaScript 文件
  - 1 个文件的改动导致用户重新下载多个文件
- Sharding 分片，将同一页面的资源分散到不同域名下，提升连接上限

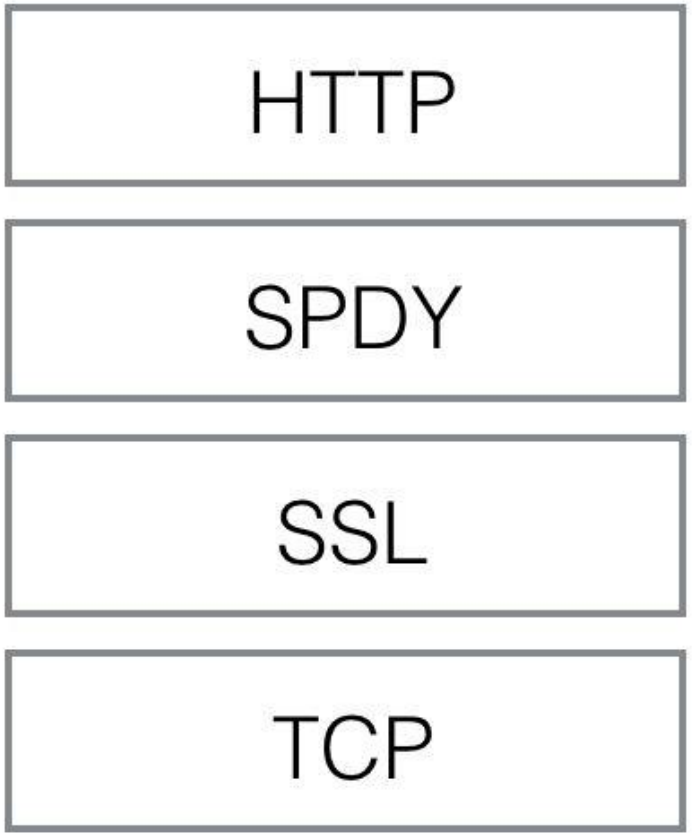
HTTP/1.1 不支持服务器推送消息



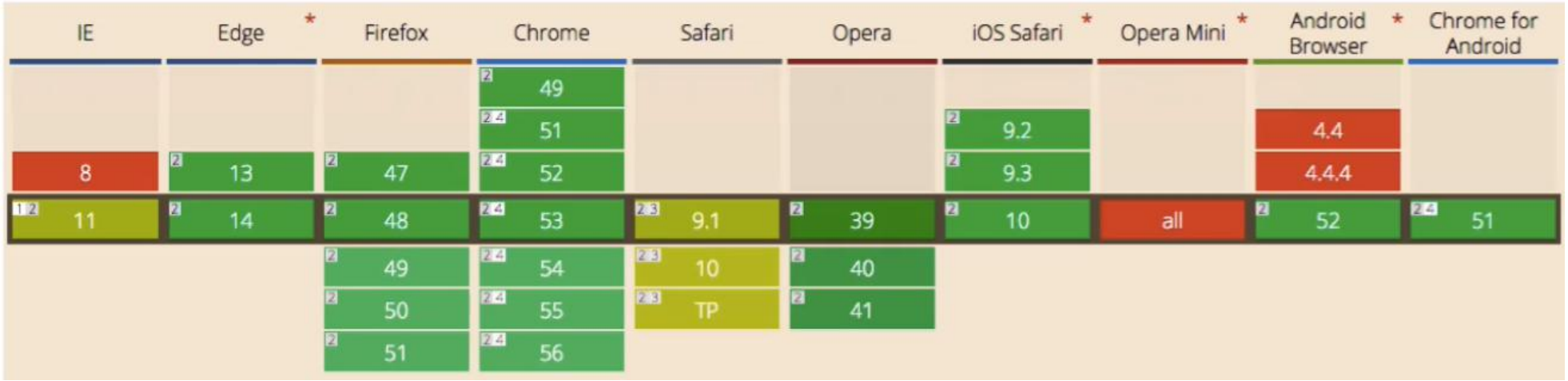
第 2 课 HTTP/2 有哪些特性?

解决 HTTP/1 性能问题的 HTTP/2

- SPDY（2012-2016）
- HTTP2（RFC7540，2015.5）
  - 在应用层上修改，基于并充分挖掘 TCP 协议性能
  - 客户端向 server 发送 request 这种基本模型不会变。
  - 老的 scheme 不会变，没有 http2://。
  - 使用 http/1.x 的客户端和服务器可以无缝的通过代理方式转接到 http/2 上。
  - 不识别 http/2 的代理服务器可以将请求降级到 http/1.x

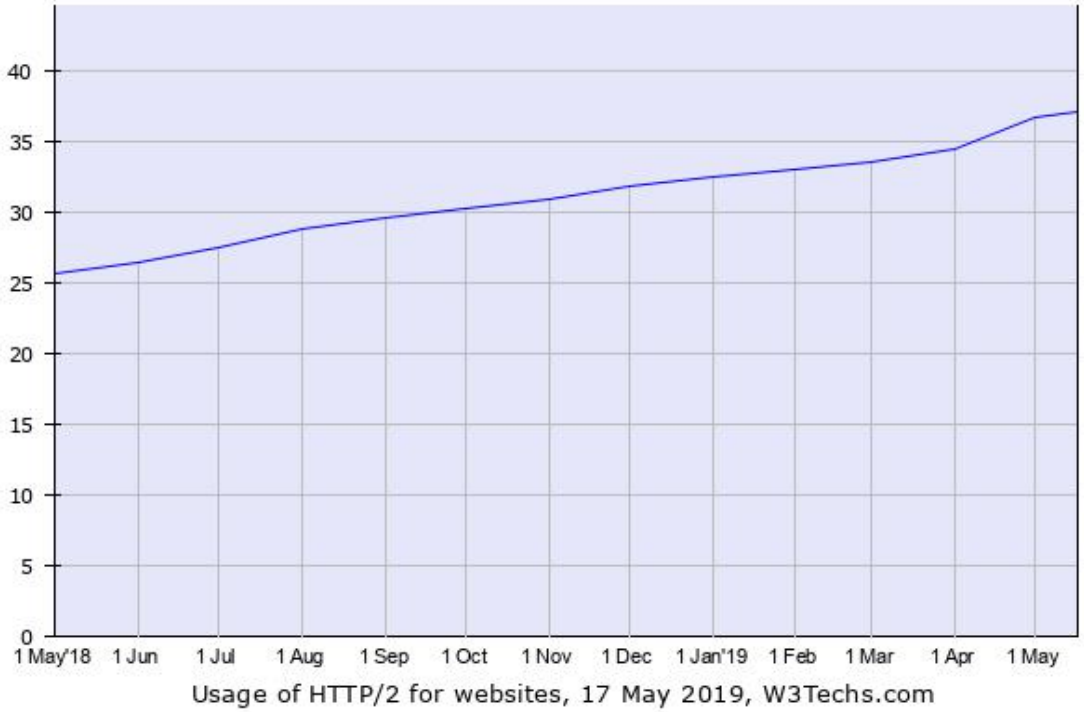


主流浏览器对 HTTP/2 的支持程度

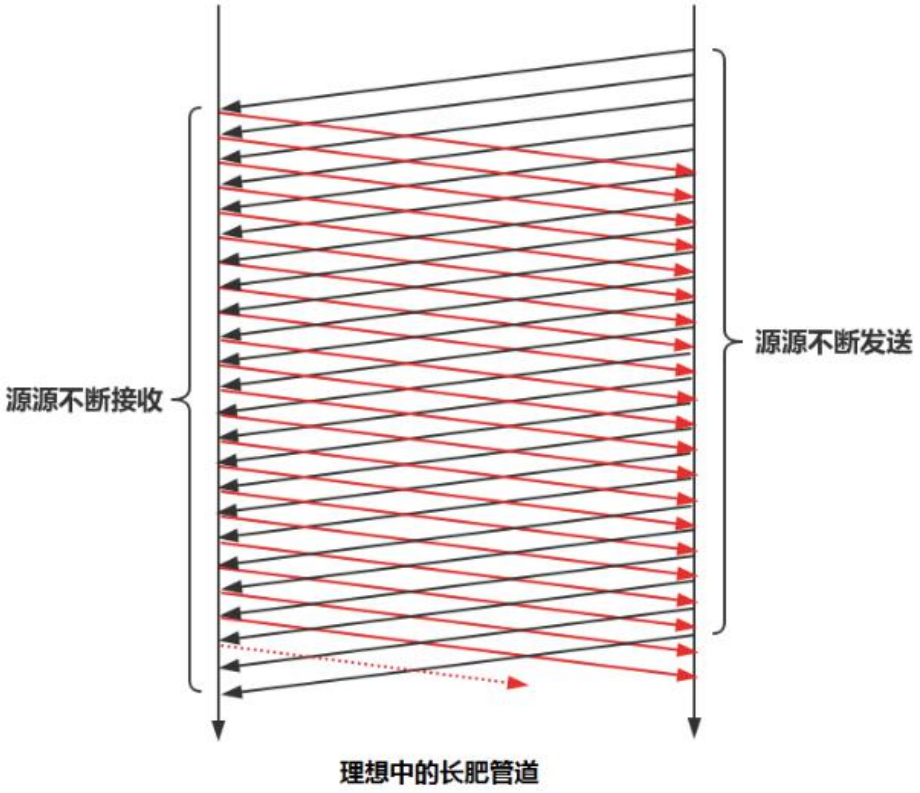


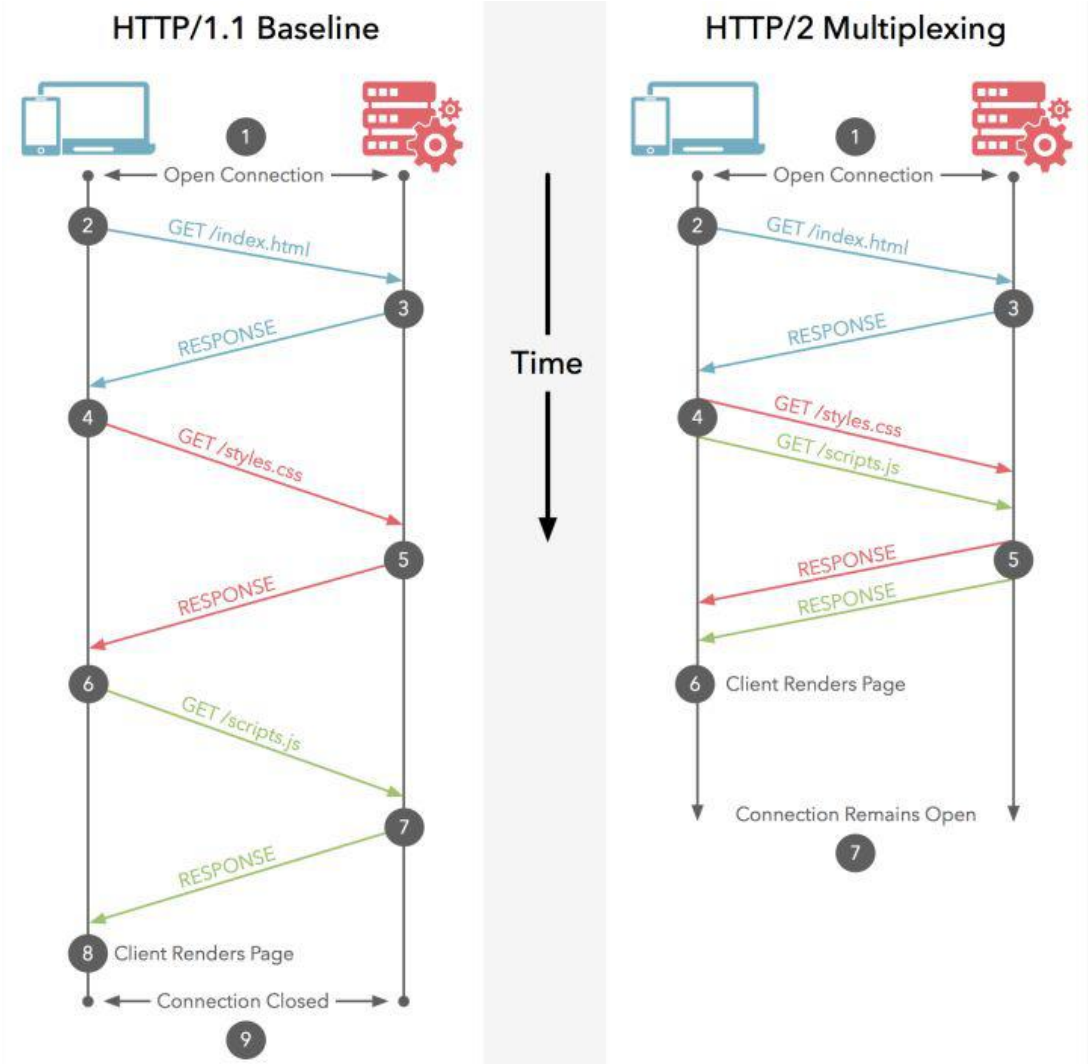
HTTP/2 的应用状况

- 截止 2019.5.17 号，互联网上使用 HTTP/2 协议的站点已经达到 37.2%
- 快速推广的原因
  - 未改变 HTTP/1.1 的语义
  - 基于 TCP，仅在应用层变动



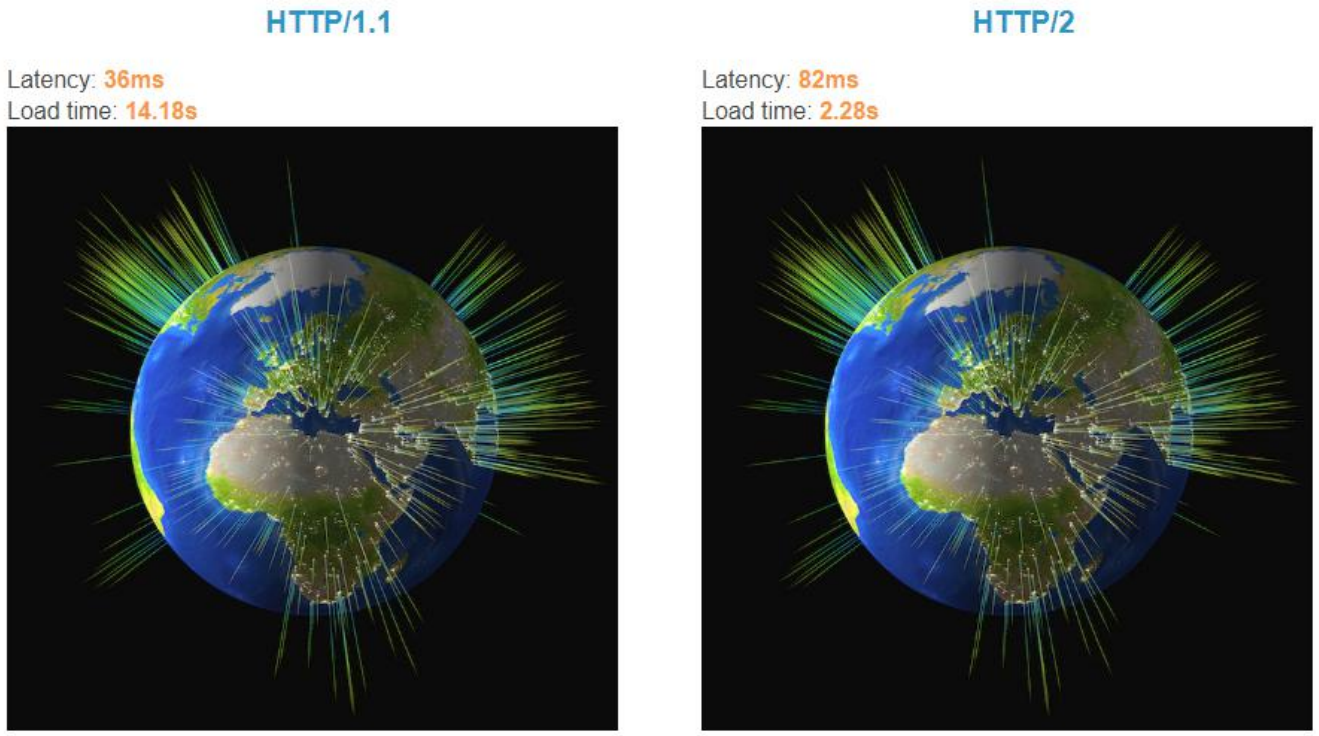
多路复用带来的提升


源源不断接收
源源不断发送
理想中的长肥管道


HTTP/1.1 Baseline
HTTP/2 Multiplexing
Time
Open Connection
GET /index.html
RESPONSE
GET /styles.css
RESPONSE
GET /scripts.js
RESPONSE
Client Renders Page
Connection Closed
Connection Remains Open

HTTP/2 的强大之处

- https://http2.akamai.com/demo



HTTP/2 主要特性

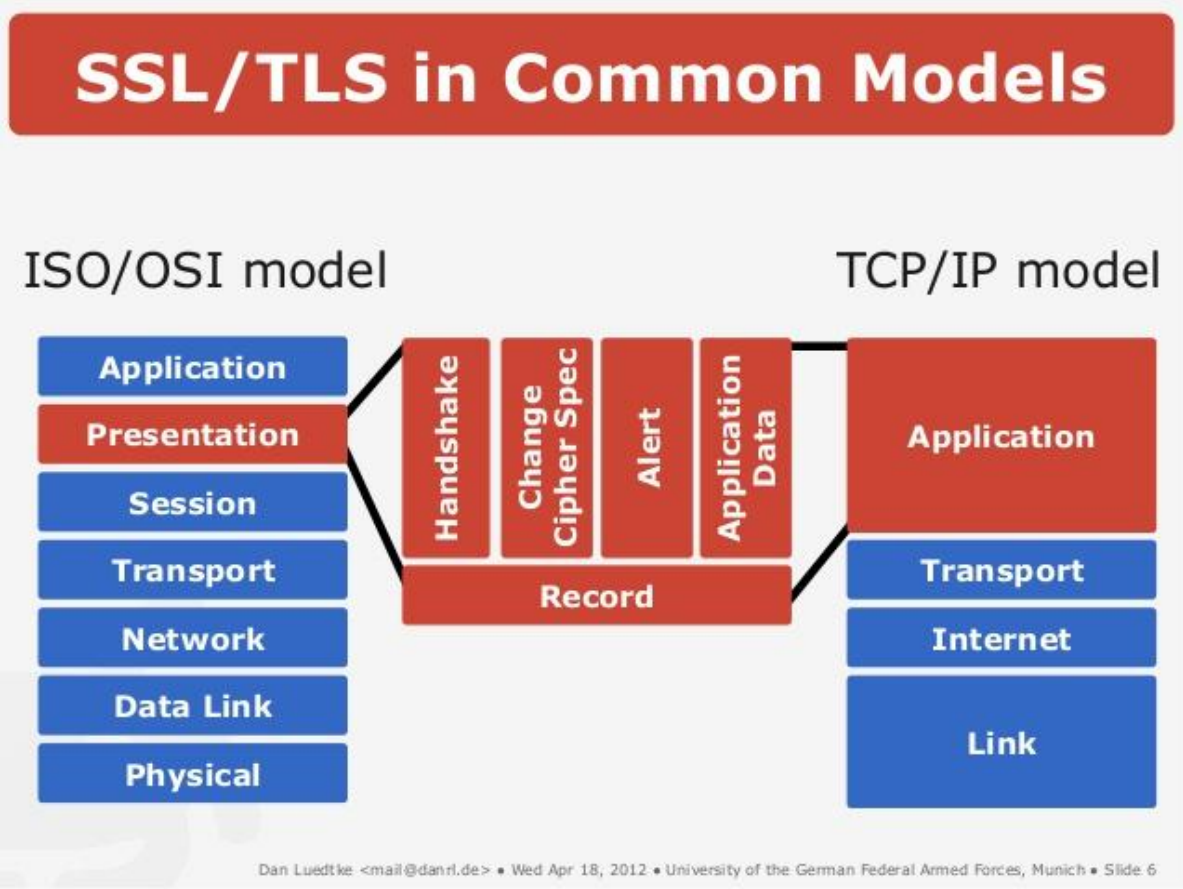
- **传输数据量的大幅减少**
  - 以二进制方式传输
  - 标头压缩
- **多路复用及相关功能**
  - 消息优先级
- **服务器消息推送**
  - 并行推送

第 3 课　如何使用 Wireshark 解密 TLS/SSL 报文?

Chrome 浏览器检测 HTTP/2 插件

- HTTP/2 and SPDY indicator
  - https://chrome.google.com/webstore/detail/http2-and-spdy-indicator/mpbpobfflnpcgagjijhmgnchggcjblin

在 HTTP/2 应用层协议之下的 TLS 层



TLS1.2 的加密算法

- 常见加密套件

- 对称加密算法：AES_128_GCM
  - 每次建立连接后，加密密钥都不一样
- 密钥生成算法：ECDHE
  - 客户端与服务器通过交换部分信息，各自独立生成最终一致的密钥

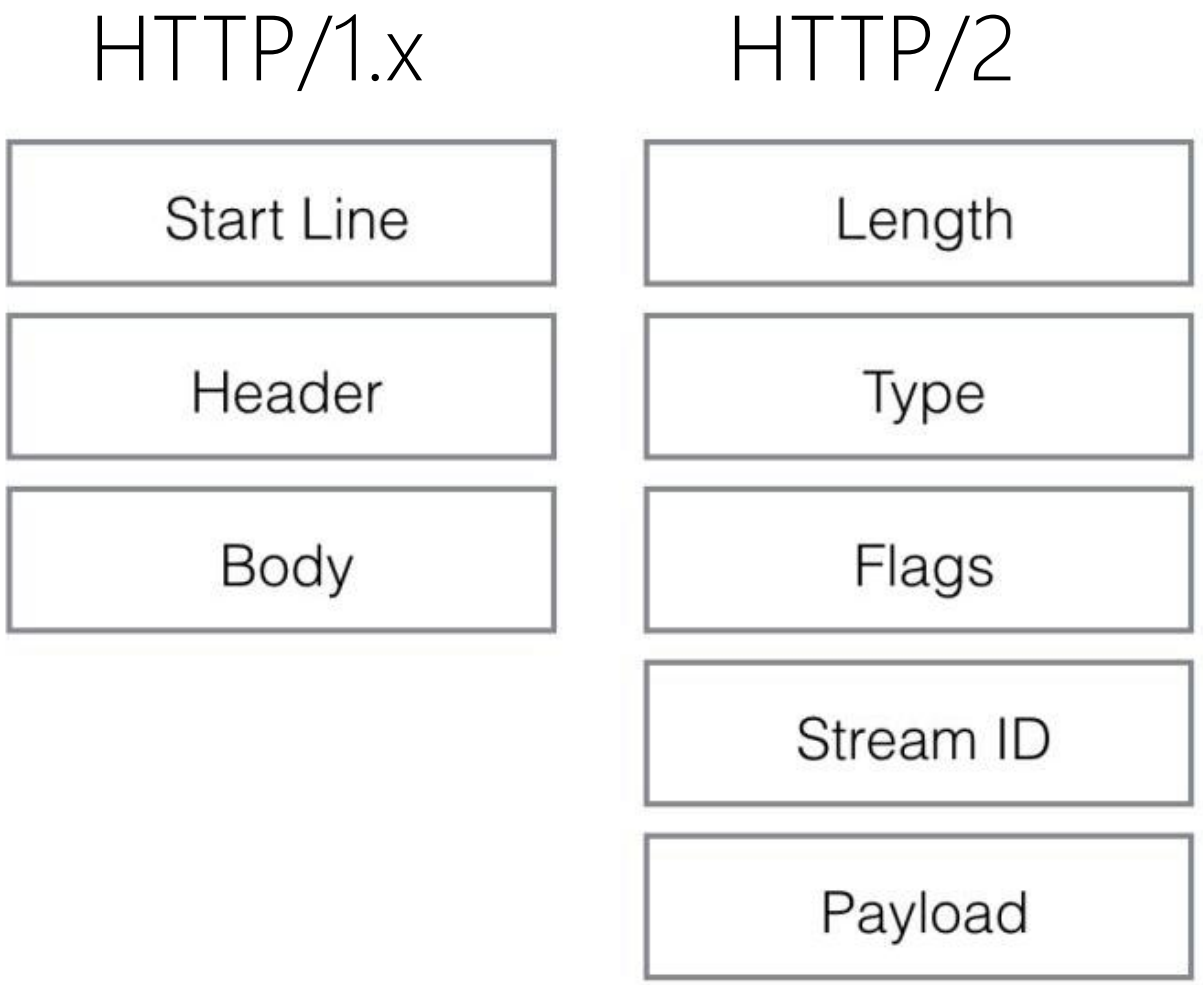
Wireshark 如何解密 TLS 消息?

- **原理：获得 TLS 握手阶段生成的密钥**
  - 通过 Chrome 浏览器 DEBUG 日志中的握手信息生成密钥
- **步骤**
  - 配置 Chrome 输出 DEBUG 日志
    - 配置环境变量 SSLKEYLOGFILE
  - 在 Wireshark 中配置解析 DEBUG 日志
    - 编辑->首选项->Protocols->TLS/SSL
      - (Pre)-Master-Secret log filename

```
CLIENT_RANDOM afc4de62f9507f5783
ecf4bd78fd429c6ca6077a70afe94bad
7d
CLIENT_RANDOM 524de51b66f0d1d6e6
82fbc3e7fbf214cb408a4ded1f19aaf4
ea
CLIENT_HANDSHAKE_TRAFFIC_SECRET
d26d9369722978831a0d08ca0834878c
201e5a227b742b9ef41e0dee064b9f5c
SERVER_HANDSHAKE_TRAFFIC_SECRET
d26d9369722978831a0d08ca0834878c
b957b59ad738d466527236001l3e3df1
```

二进制格式与可见性

- TLS/SSL 降低了可见性门槛
  - 代理服务器没有私钥不能看到内容

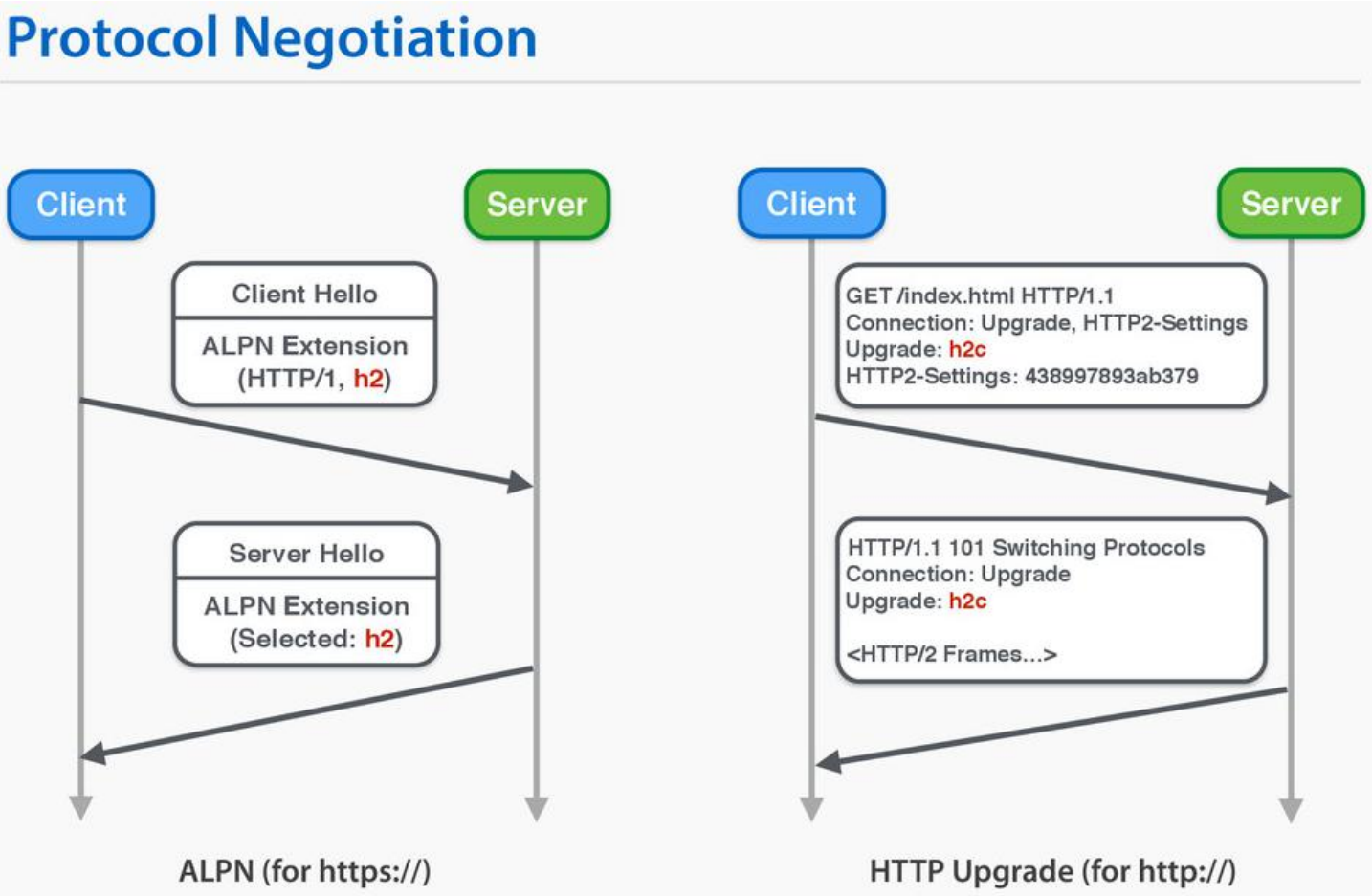


第 4 课　h2c：如何从 http://升级到 HTTP/2 协议？

HTTP/2 是不是必须基于 TLS/SSL 协议?

- IETF 标准不要求必须基于TLS/SSL协议
- 浏览器要求必须基于TLS/SSL协议
- 在 TLS 层 ALPN (Application Layer Protocol Negotiation)扩展做协商，只认 HTTP/1.x 的代理服务器不会干扰 HTTP/2
- shema：http://和 https:// 默认基于 80 和 443 端口
- h2：基于 TLS 协议运行的 HTTP/2 被称为 h2
- h2c：直接在 TCP 协议之上运行的 HTTP/2 被称为 h2c

h2 与 h2c


Protocol Negotiation
Client
Server
Client Hello
ALPN Extension
(HTTP/1, h2)
Server Hello
ALPN Extension
(Selected: h2)
ALPN (for https://)
Client
Server
GET /index.html HTTP/1.1
Connection: Upgrade, HTTP2-Settings
Upgrade: h2c
HTTP2-Settings: 438997893ab379
HTTP/1.1 101 Switching Protocols
Connection: Upgrade
Upgrade: h2c
<HTTP/2 Frames...>
HTTP Upgrade (for http://)

H2C：不使用 TLS 协议进行协议升级（1）

- 客户端测试工具：curl（7.46.0版本）
  - curl http://nghttp/2.org –http/2 -v

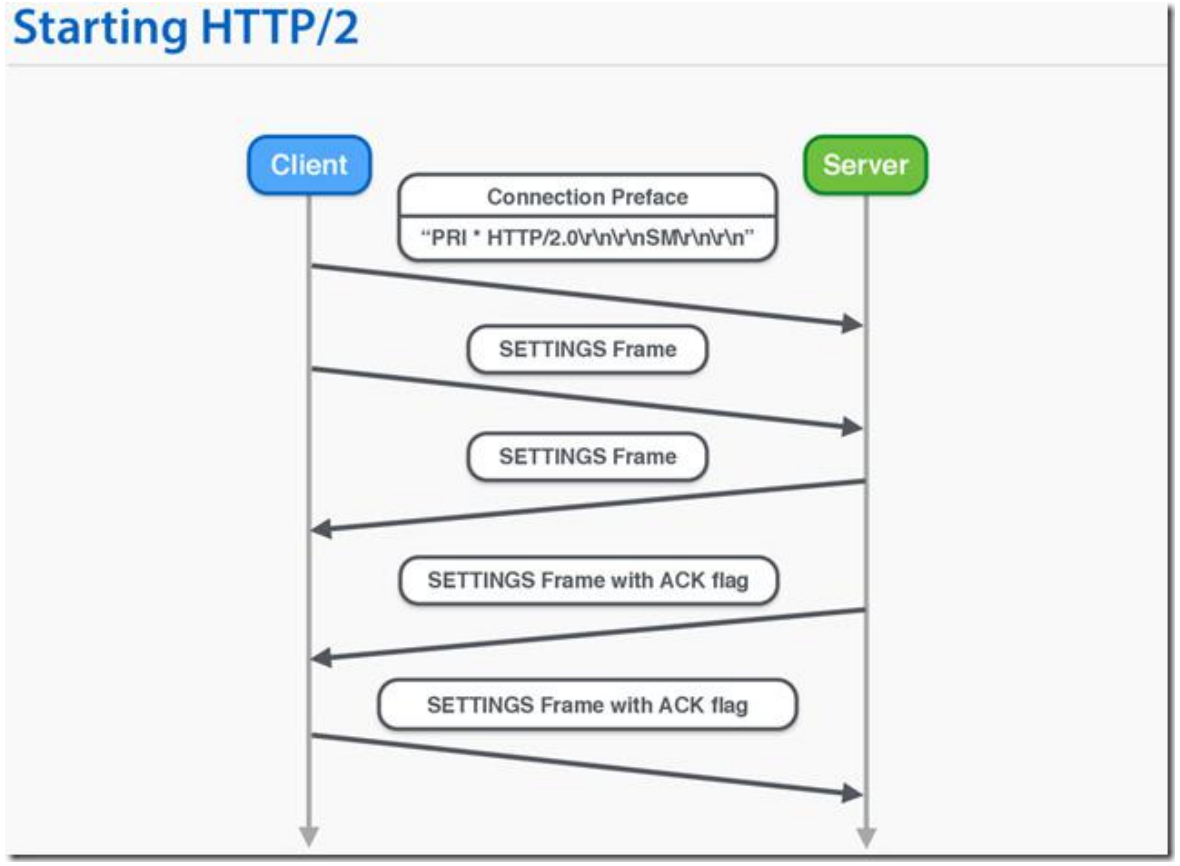
```
GET / HTTP/1.1\r\n
Host: nghttp2.org\r\n
User-Agent: curl/7.46.0\r\n
Accept: */*\r\n
Connection: Upgrade, HTTP2-Settings\r\n
Upgrade: h2c\r\n
HTTP2-Settings: AAMAAABkAAQAAP__\r\n
\r\n
```

```
HTTP/1.1 101 Switching Protocols\r\n
Connection: Upgrade\r\n
Upgrade: h2c\r\n
\r\n
```

H2C：客户端发送的 Magic 帧

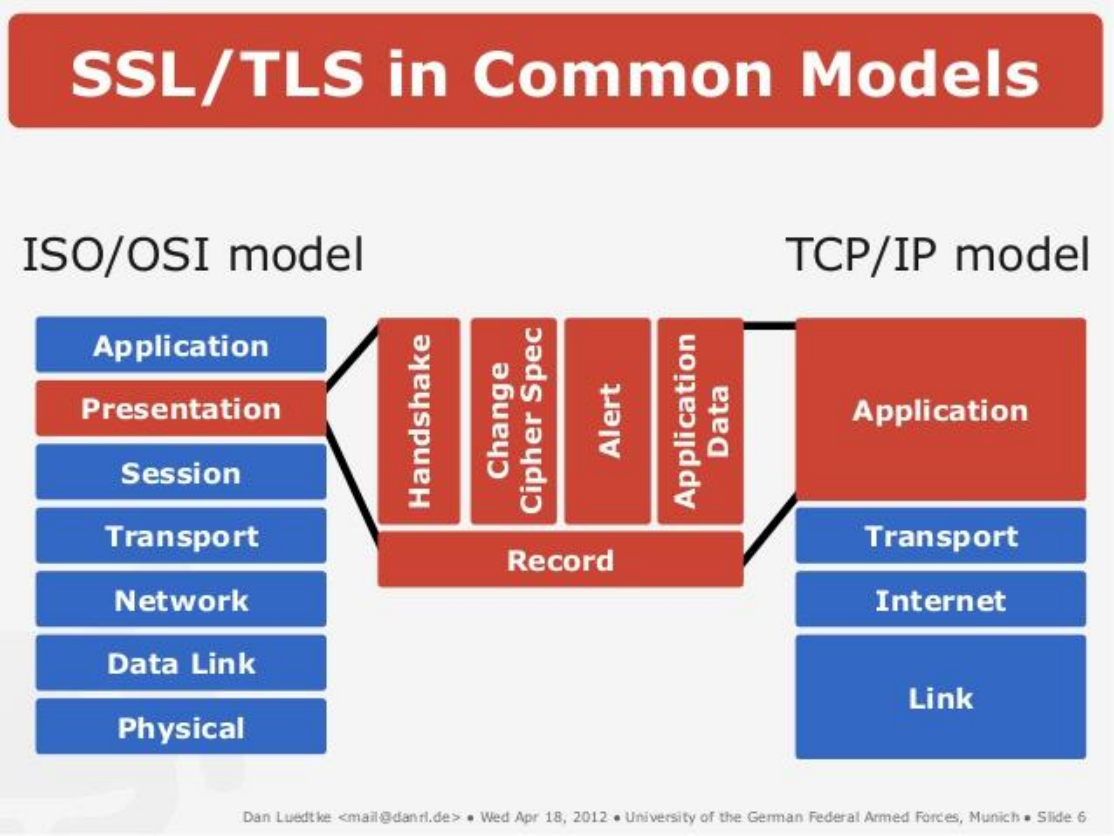
- **Preface（ASCII 编码，12字节）**
  - 何时发送?
    - 接收到服务器发送来的 101 Switching Protocols
    - TLS 握手成功后
  - Preface 内容
    - 0x505249202a20485454502f322e300d0a0d0a534d0d0a0d0a
    - PRI * HTTP/2.0\r\n\r\nSM\r\n\r\n
  - 发送完毕后，应紧跟 SETTING 帧

统一的连接过程


Starting HTTP/2
Client
Server
Connection Preface
"PRI * HTTP/2.0\r\n\r\nSM\r\n\r\n"
SETTINGS Frame
SETTINGS Frame
SETTINGS Frame with ACK flag
SETTINGS Frame with ACK flag

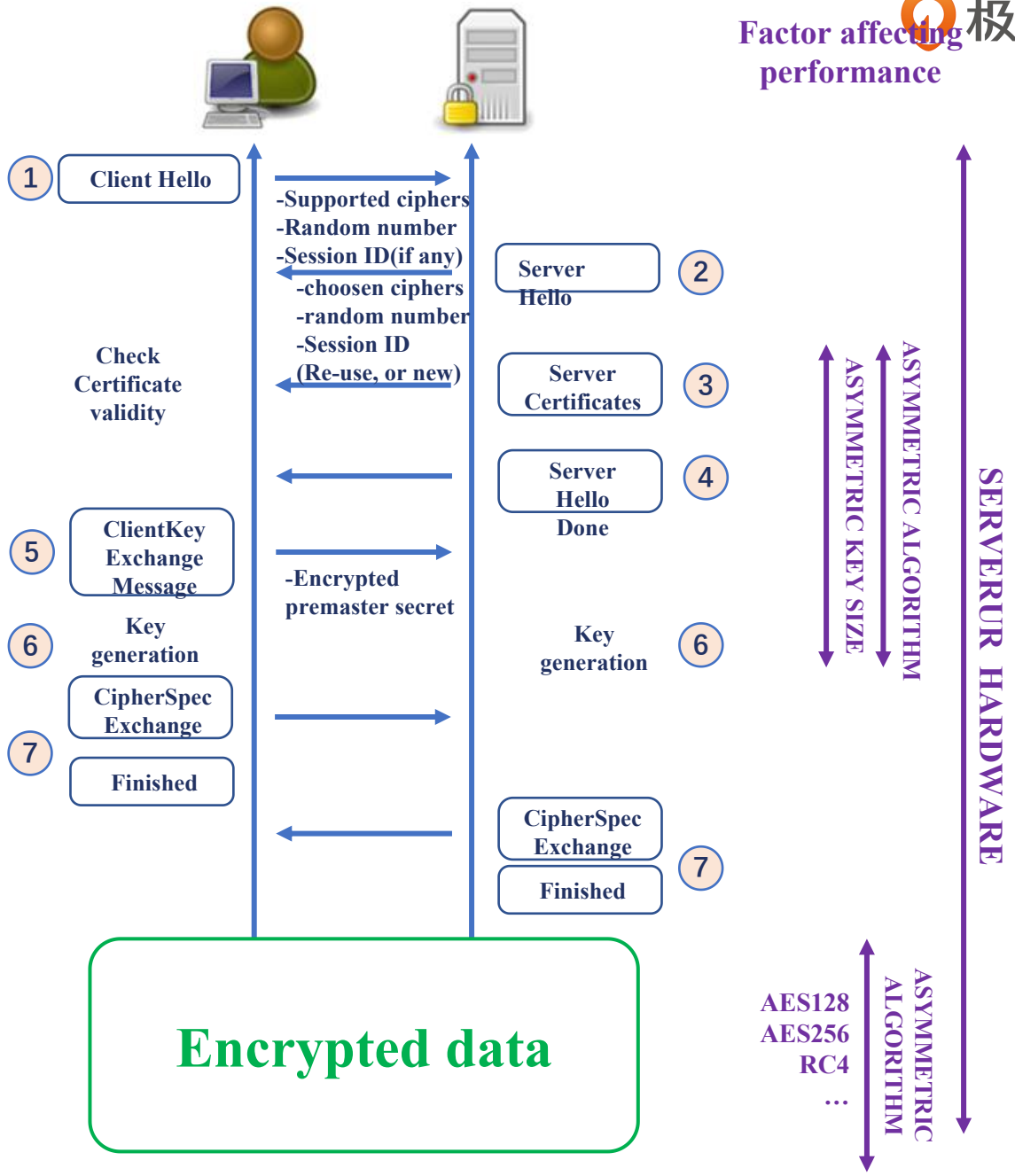
第 5 课　h2：如何从 https://升级到 HTTP/2 协议？

在 HTTP/2 应用层协议之下的 TLS 层



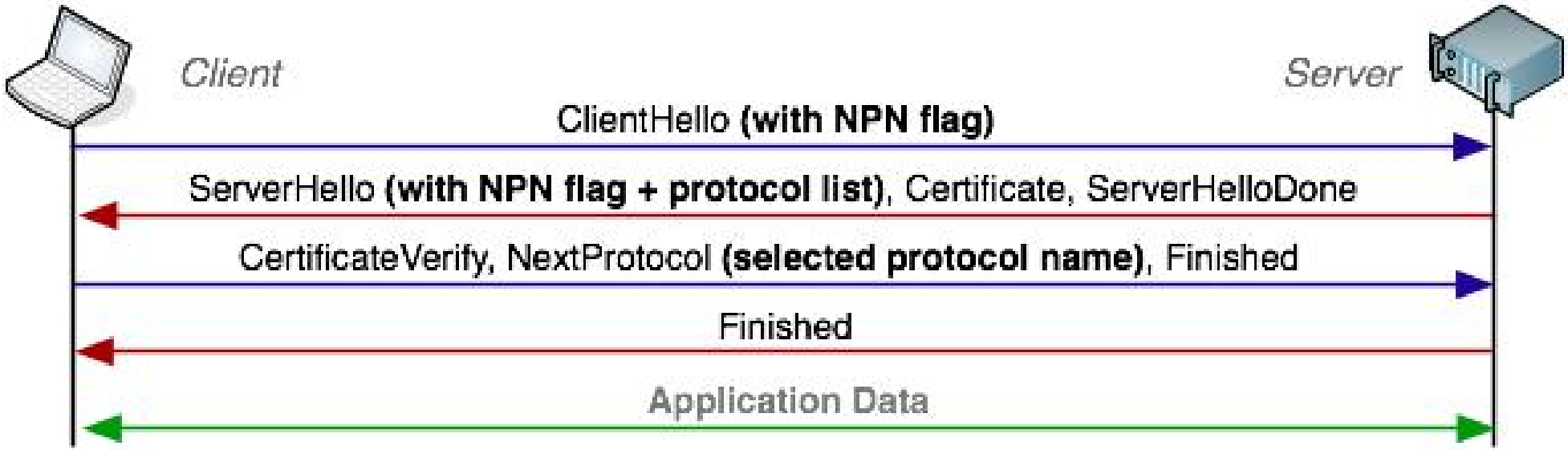
TLS 通讯过程

- 验证身份
- 达成安全套件共识
- 传递密钥
- 加密通讯



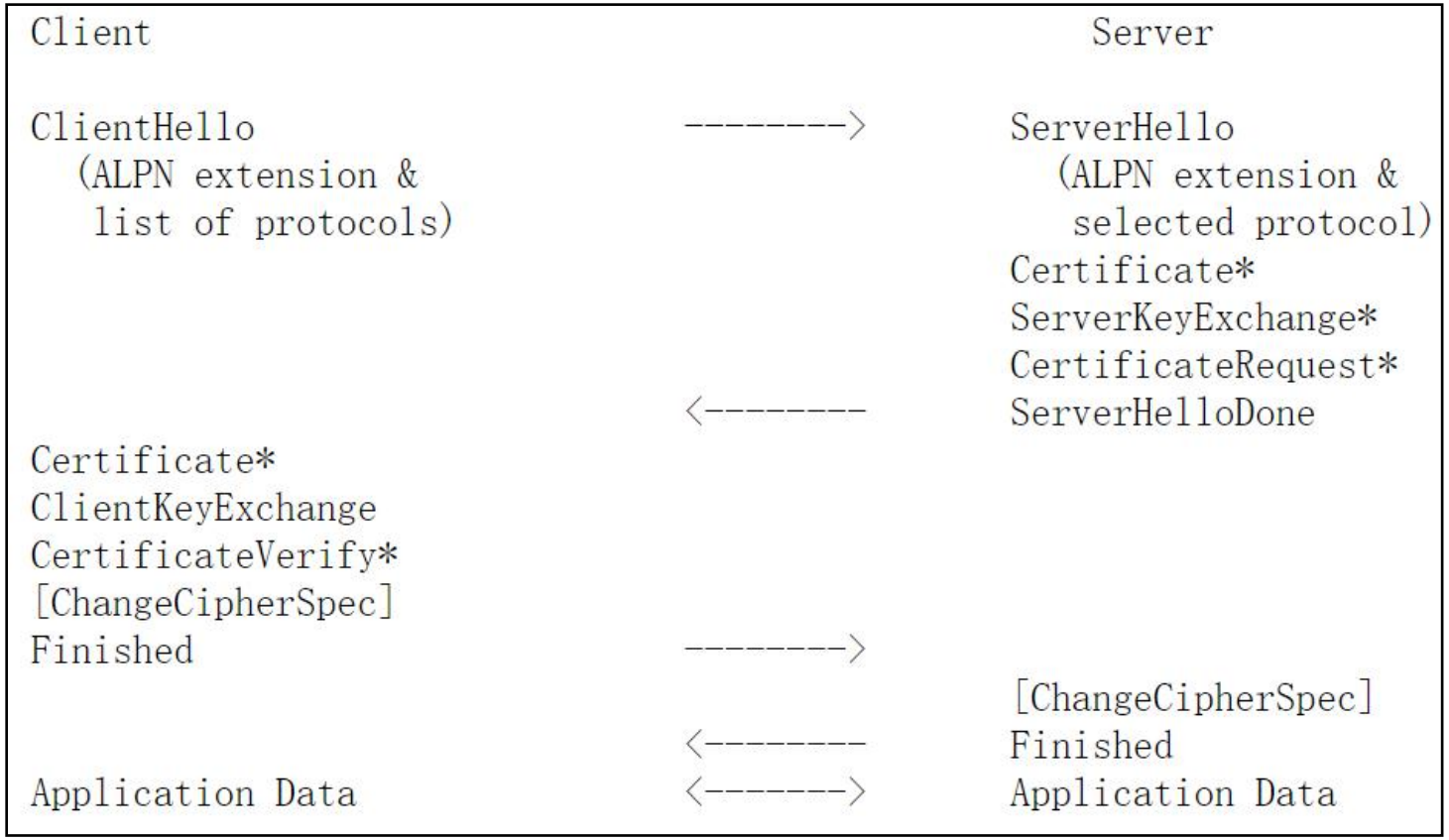
Next Protocol Negotiation (NPN)

- SPDY 使用的由客户端选择协议的 NPN 扩展



Application-Layer Protocol Negotiation Extension

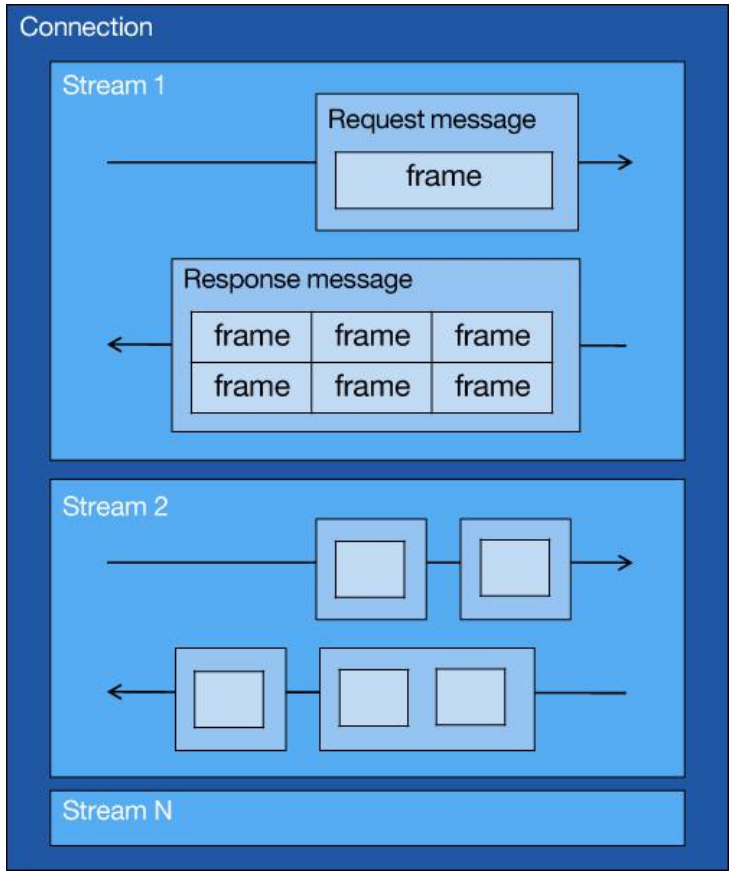
- RFC7301



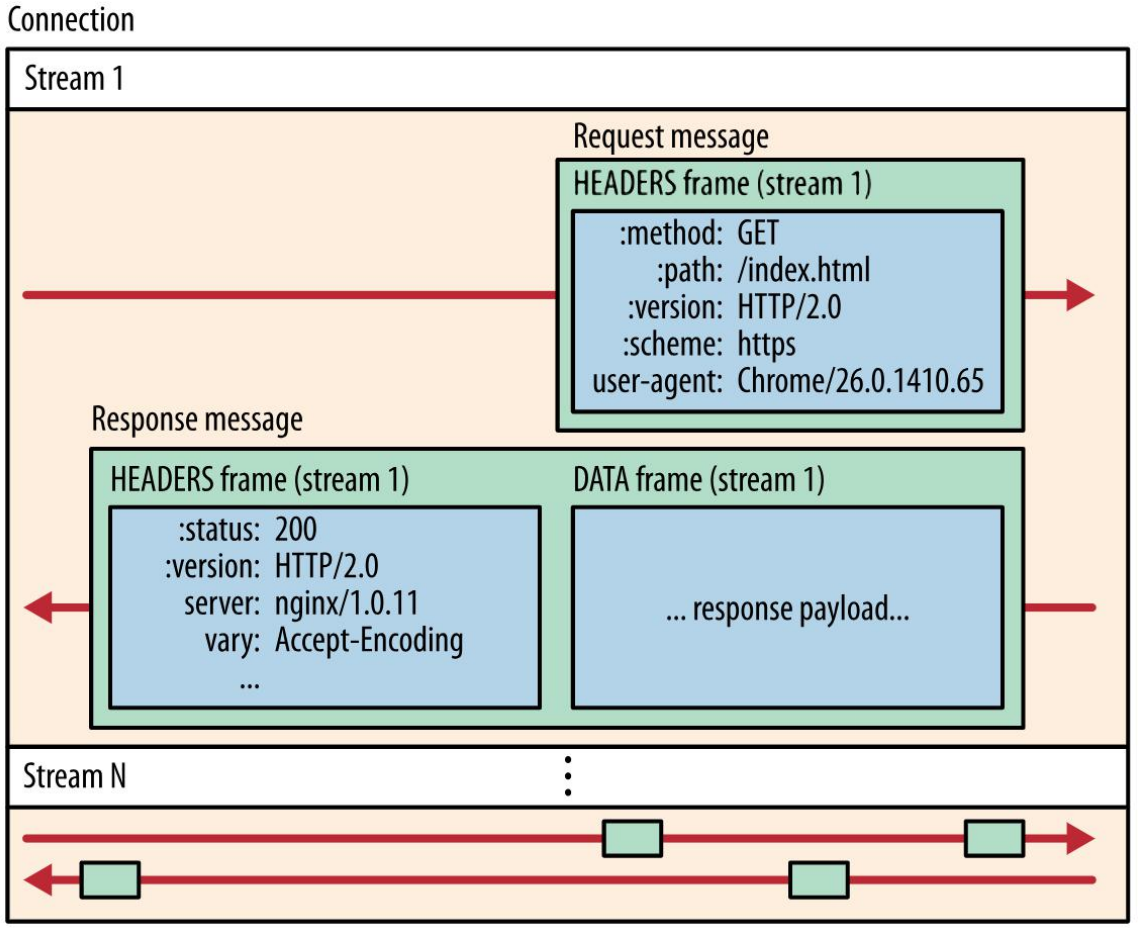
第 6 课　Stream、Message、Frame 间的关系

HTTP/2 核心概念

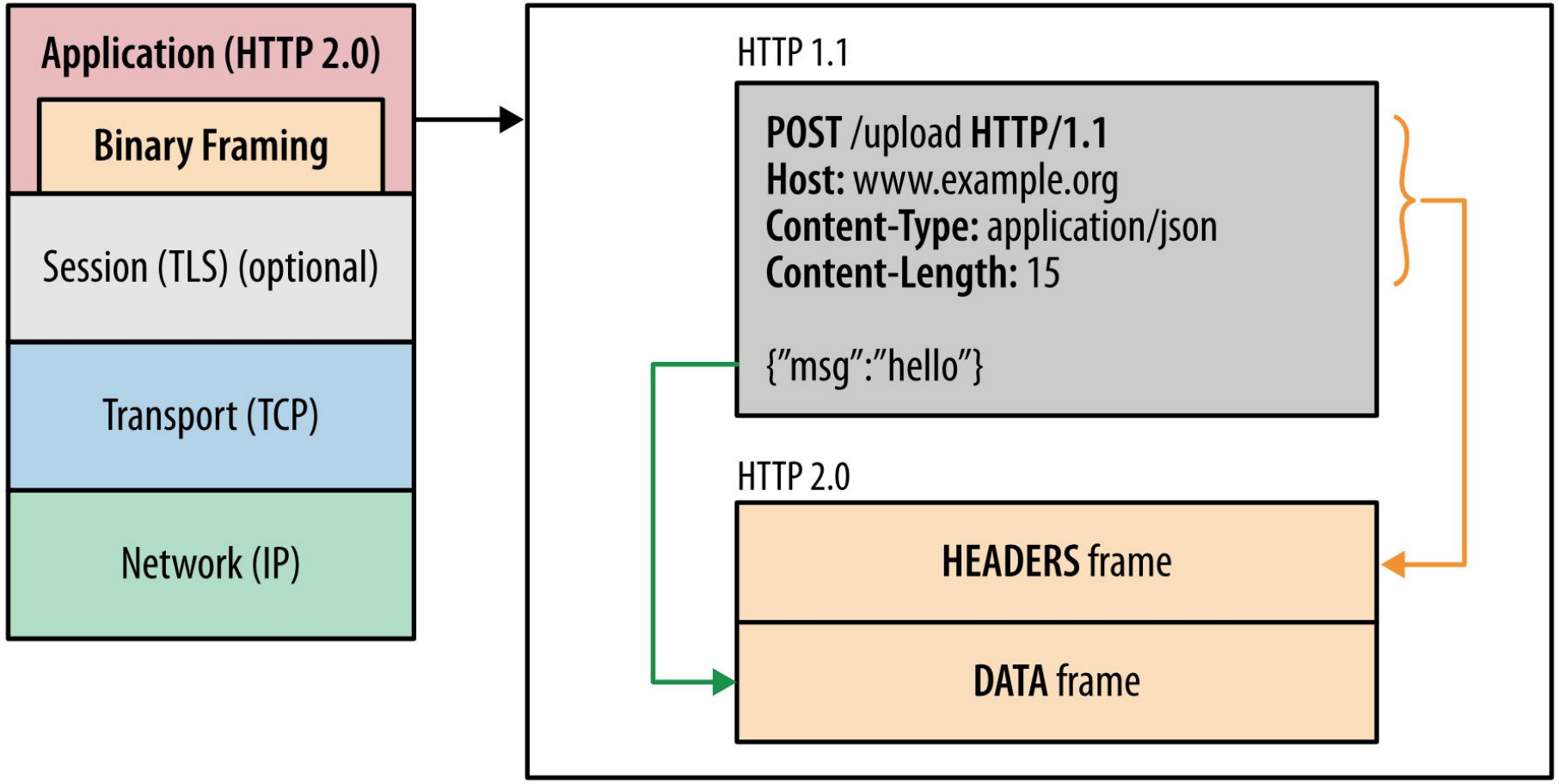
- 连接 Connection：1个 TCP 连接，包含一个或者多个 Stream
- 数据流 Stream：一个双向通讯数据流，包含 1 条或者多条 Message
- 消息 Message：对应 HTTP/1 中的请求或者响应，包含一条或者多条 Frame
- 数据帧 Frame：最小单位，以二进制压缩格式存放 HTTP/1 中的内容



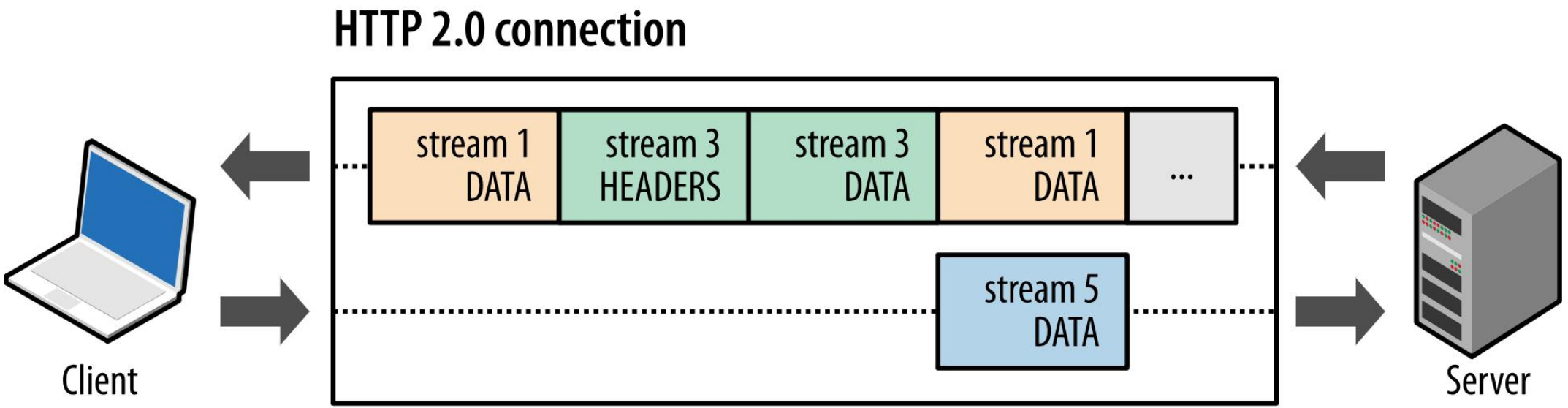
Stream、Message、Frame 间的关系



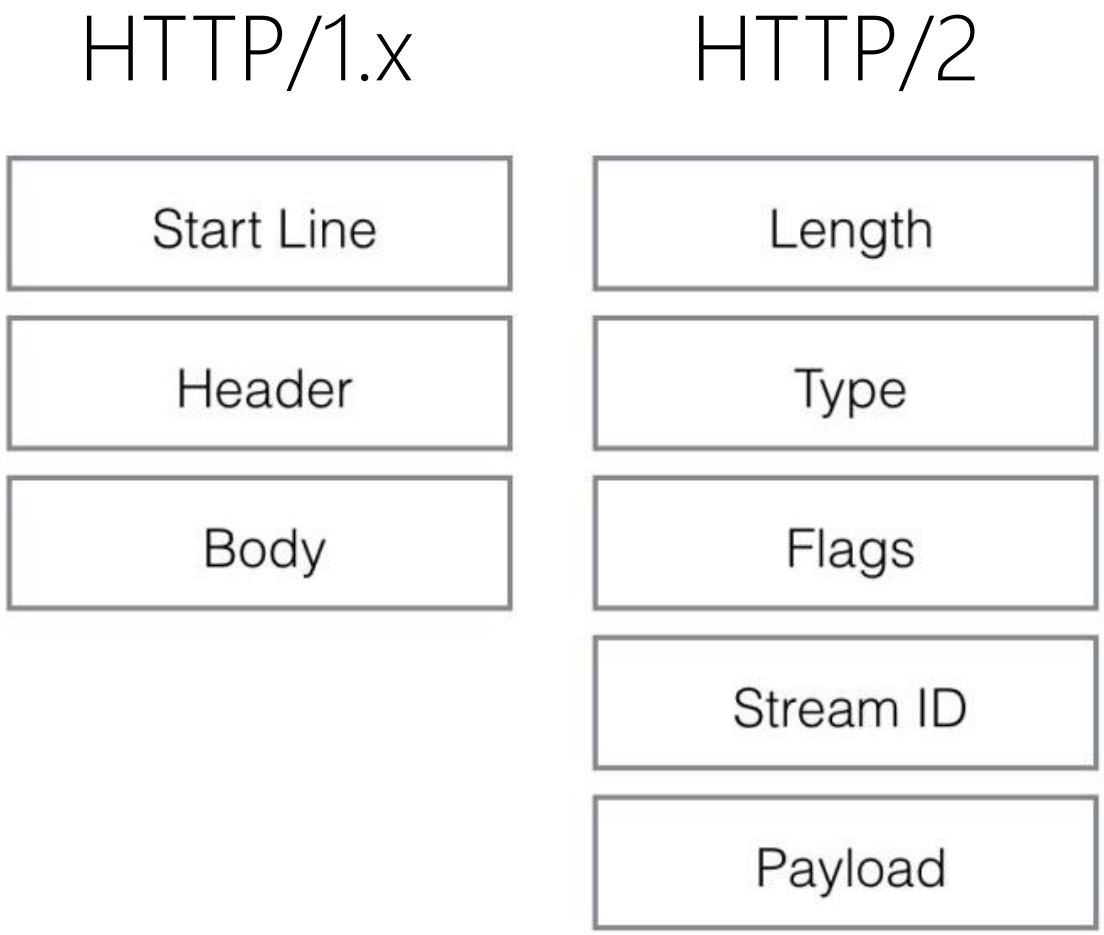
消息的组成：HEADERS 帧与 DATA 帧



传输中无序，接收时组装

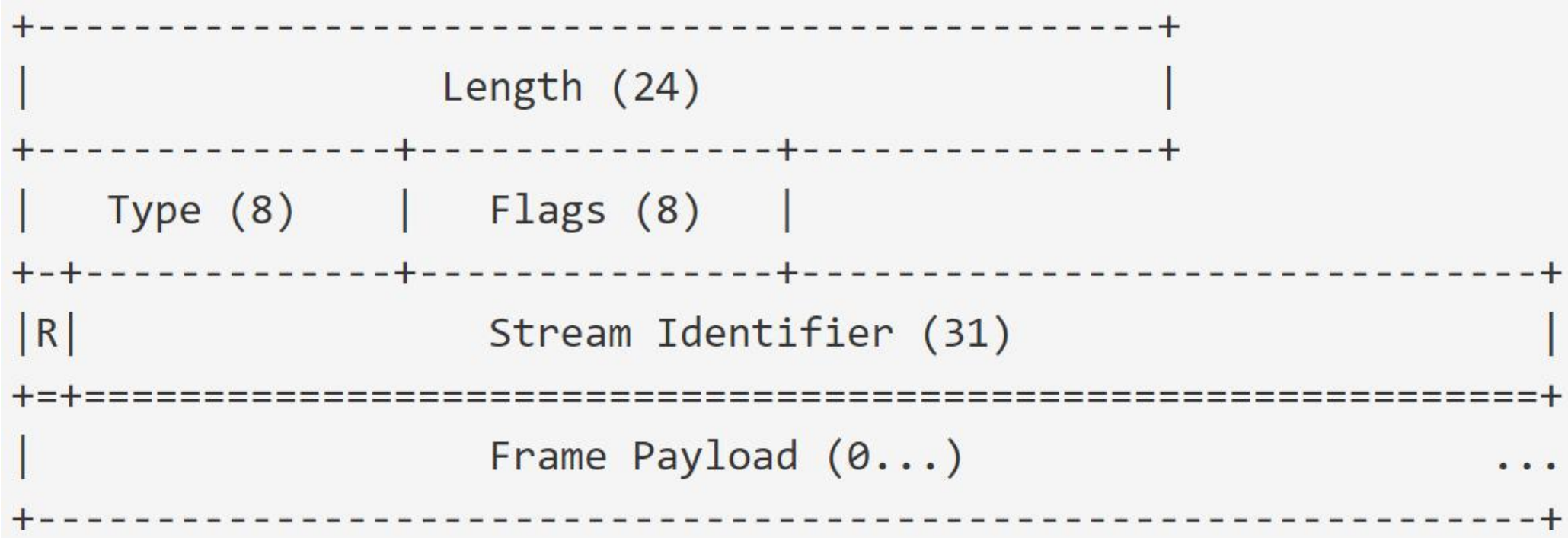

HTTP 2.0 connection
stream 1
DATA
stream 3
HEADERS
stream 3
DATA
stream 1
DATA
...
stream 5
DATA
Client
Server

消息与帧


HTTP/1.x
Start Line
Header
Body
HTTP/2
Length
Type
Flags
Stream ID
Payload

第 7 课　消息帧的格式

9 字节标准帧头部


Length (24)
Type (8)
Flags (8)
R
Stream Identifier (31)
Frame Payload (0...)
...

标准帧头与 HTT


```
▼ HyperText Transfer Protocol 2
  ▼ Stream: HEADERS, Stream ID: 1, Length 198, 200 OK
      Length: 198
      Type: HEADERS (1)
    ▶ Flags: 0x04
      0... .... .... .... .... .... .... .... = Reserved: 0x0
      .000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 = Stream Identifier: 1
      [Pad Length: 0]
      Header Block Fragment: 886196c361be940baa681fa50400bea01ab8005c1
      [Header Length: 401]
      [Header Count: 13]
    ▶ Header: :status: 200 OK
    ▶ Header: date: Fri, 17 May 2019 04:00:23 GMT
    ▶ Header: content-type: text/html
    ▶ Header: last-modified: Thu, 18 Apr 2019 06:19:33 GMT
    ▶ Header: etag: "5cb816f5-19d8"
    ▶ Header: accept-ranges: bytes
    ▶ Header: content-length: 6616
    ▶ Header: x-backend-header-rtt: 0.024989
```

Frame 帧的类型

TYPE 类型：

- HEADERS：帧仅包含 HTTP 标头信息。
- DATA：帧包含消息的所有或部分有效负载。
- PRIORITY：指定分配给流的重要性。
- RST_STREAM：错误通知：一个推送承诺遭到拒绝。终止流。
- SETTINGS：指定连接配置。
- PUSH_PROMISE：通知一个将资源推送到客户端的意图。
- PING：检测信号和往返时间。
- GOAWAY：停止为当前连接生成流的停止通知。
- WINDOW_UPDATE：用于管理流的流控制。
- CONTINUATION：用于延续某个标头碎片序列。

帧长度 Length

- 0 至 2^{14} (16,384) -1
  - 所有实现必须可以支持 16KB 以下的帧
- 2^{14} (16,384) 至 2^{24}-1 (16,777,215)
  - 传递 16KB 到 16MB 的帧时，必须接收端首先公布自己可以处理此大小
    - 通过 SETTINGS_MAX_FRAME_SIZE 帧（Identifier=5）告知

Setting 设置帧格式

- type=0x4
- 设置帧并不是“协商”，而是发送方向接收方通知其特性、能力