HTTPS工作原理

6 回复 358 查看


(https://www.shiyanlou.com/user/5054) 实验楼MM 2015-12-31 13:59 技术分享 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=技术分享)

目标读者：理解HTTP协议，对称和非对称加密，想要了解HTTPS协议的工作原理

读完本文，你能明白

1.什么是HTTPS，TLS(SSL)，TLS和HTTPS是什么关系

2.什么是证书和数字签名，它们是如何传递信任的

3.HTTPS有什么样的功能，它是如何实现这样的功能的

分享到微博

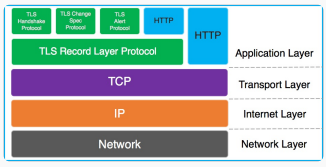
全部回答


实验楼MM (https://www.shiyanlou.com/user/5054)
(https://www.shiyanlou.com/user/5054)

简介

HTTPS，也称作HTTP over TLS。TLS的前身是SSL (https://en.wikipedia.org/wiki/Transport_Layer_Security)，TLS 1.0通常被标示为SSL 3.1，TLS 1.1为SSL 3.2，TLS 1.2为SSL 3.3。本文着重描述TLS协议的1.2版本

下图描述了在TCP/IP协议栈中TLS(各子协议）和HTTP的关系



> Credit: Kaushal Kumar Panday (http://blogs.msdn.com/213737/ProfileUrlRedirect.ashx) From: SSL Handshake and HTTPS Bindings on IIS (http://blogs.msdn.com/b/kaushal/archive/2013/08/03/ssl-handshake-and-https-bindings-on-iis.aspx)

其中Handshake protocol，Change Ciper Spec protocol和Alert protocol组成了SSL Handshaking Protocols。

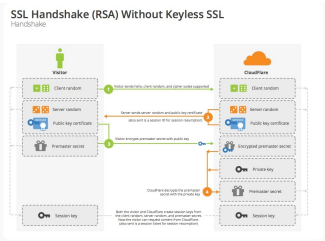
HTTPS和HTTP协议相比提供了

- 数据完整性：内容传输经过完整性校验
- 数据隐私性：内容经过对称加密，每个连接生成一个唯一的加密密钥
- 身份认证：第三方无法伪造服务端（客户端）身份

其中，数据完整性和隐私性由TLS Record Protocol保证，身份认证由TLS Handshaking Protocols实现。

总览

使用RSA算法的SSL握手过程是这样的

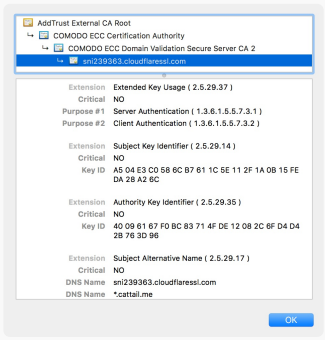


> Source: Keyless SSL: The Nitty Gritty Technical Details (https://blog.cloudflare.com/keyless-ssl-the-nitty-gritty-technical-details/)

- [明文] 客户端发送随机数client_random和支持的加密方式列表
- [明文] 服务器返回随机数server_random，选择的加密方式和服务器证书链
- [RSA] 客户端验证服务器证书，使用证书中的公钥加密premaster secret发送给服务端
- 服务端使用私钥解密premaster secret
- 两端分别通过client_random，server_random和premaster secret生成master secret，用于对称加密后续通信内容

证书（Digital certificate）

那么什么是证书呢?



证书中包含什么信息

- 证书信息：过期时间和序列号
- 所有者信息：姓名等
- 所有者公钥

为什么服务端要发送证书给客户端

互联网有太多的服务需要使用证书来验证身份，以至于客户端（操作系统或浏览器等）无法内置所有证书，需要通过服务端将证书发送给客户端。

2015-12-31 13:59

实验楼MM (https://www.shiyanlou.com/user/5054)

(https://www.shiyanlou.com/user/5054)

客户端为什么要验证接收到的证书

中间人攻击

```
客户端<-------------攻击者<-------------服务端
          伪造证书                拦截请求
```

客户端如何验证接收到的证书

为了回答这个问题，需要引入数字签名(Digital Signature)。

```
+----------------------+
| A digital signature |
|(not to be confused  |
|with a digital       |
|certificate)         |             +----------+               +---------+
| is a mathematical   |----哈希--->| 消息摘要  |---私钥加密--->| 数字签名 |
|technique used       |             +----------+               +---------+
|to validate the      |
|authenticity and     |
|integrity of a       |
|message, software    |
|or digital document. |
+----------------------+
```

将一段文本通过哈希（hash）和私钥加密处理后生成数字签名。

假设消息传递在Bob，Susan和Pat三人之间发生。Susan将消息连同数字签名一起发送给Bob，Bob接收到消息后，可以这样验证接收到的消息就是Susan发送的

```
+----------------------+
| A digital signature |
|(not to be confused  |
|with a digital       |
|certificate)         |             +----------+
| is a mathematical   |----哈希--->|  消息摘要 |
|technique used       |             +----------+
|to validate the      |                  |
|authenticity and     |                  |
|integrity of a       |                  |
|message, software    |                 对
|or digital document. |                 比
+----------------------+                  |
                                          |
                                          |
          +---------+                +----------+
          | 数字签名 |---公钥解密--->|  消息摘要 |
          +---------+                +----------+
```

当然，这个前提是Bob知道Susan的公钥。更重要的是，和消息本身一样，公钥不能在不安全的网络中直接发送给Bob。

此时就引入了证书颁发机构 (https://en.wikipedia.org/wiki/Certificate_authority)（Certificate Authority，简称CA），CA数量并不多，Bob客户端内置了所有受信任CA的证书。CA对Susan的公钥（和其他信息）数字签名后生成证书。

Susan将证书发送给Bob后，Bob通过CA证书的公钥验证证书签名。

Bob信任CA，CA信任Susan 使得Bob信任Susan，信任链 (https://en.wikipedia.org/wiki/Chain_of_trust)（Chain Of Trust）就是这样形成的。

事实上，Bob客户端内置的是CA的根证书(Root Certificate)，HTTPS协议中服务器会发送证书链（Certificate Chain）给客户端。

2015-12-31 14:00

实验楼MM (https://www.shiyanlou.com/user/5054)

(https://www.shiyanlou.com/user/5054)

TLS协议 (https://tools.ietf.org/html/rfc5246)

TLS协议包括TLS Record Protocol和TLS Handshake Protocol。总览中的流程图仅涉及到TLS Handshake Protocol。

TLS Record Protocol

在TLS协议中，有四种子协议运行于Record protocol之上

- Handshake protocol
- Alert protocol

- Change cipher spec protocol
- Application data protocol

Record protocol起到了这样的作用

- 在发送端：将数据（Record）分段，压缩，增加MAC (https://en.wikipedia.org/wiki/Message_authentication_code)(Message Authentication Code)和加密
- 在接收端：将数据（Record）解密，验证MAC，解压并重组

> 值得一提的是，Record protocol提供了数据完整性和隐私性保证，但Record类型（type）和长度（length）是公开传输的

Record Protocol有三个连接状态(Connection State)，连接状态定义了压缩，加密和MAC算法。所有的Record都是被当前状态（Current State）确定的算法处理的。

```
empty state -------------------> pending state ------------------> current state
             Handshake Protocol                Change Cipher Spec
```

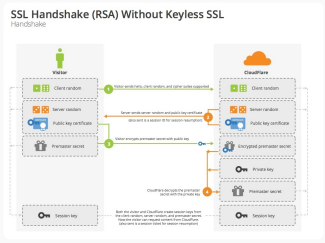
初始当前状态（Current State）没有指定加密，压缩和MAC算法，因而在完成TLS Handshaking Protocols一系列动作之前，客户端和服务端的数据都是**明文传输**的；当TLS完成握手过程后，客户端和服务端确定了加密，压缩和MAC算法及其参数，数据（Record）会通过指定算法处理。

> 其中，Record首先被加密，然后添加MAC（message authentication code）以保证数据完整性。

TLS Handshaking Protocols

Handshakeing protocols包括Alert Protocol，Change Ciper Spec Protocol和Handshake protocol。本文不会详细介绍Alert Protocol和Change Ciper Spec Protocol。

使用RSA算法的握手过程是这样的（已在总览中提到）



> Source: Keyless SSL: The Nitty Gritty Technical Details (https://blog.cloudflare.com/keyless-ssl-the-nitty-gritty-technical-details/)

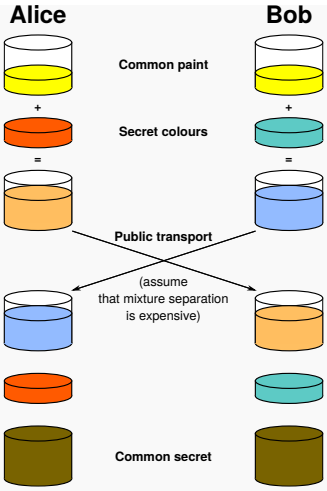
2015-12-31 14:01


(https://www.shiyanlou.com/user/5054)

实验楼MM (https://www.shiyanlou.com/user/5054)

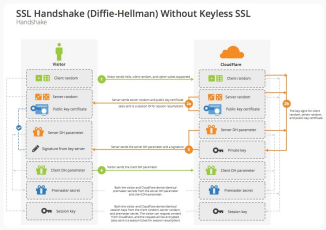
客户端和服务端在握手hello消息中明文交换了client_random和server_random，使用RSA公钥加密传输premaster secret，最后通过算法 (https://cattail.me/tech/2015/11/30/how-https-works.html#master-secret是如何计算的)，客户端和服务端分别计算master secret。其中，不直接使用premaster secret的原因是：保证secret的随机性不受任意一方的影响。

除了使用RSA算法在公共信道交换密钥，还可以通过Diffie–Hellman算法。Diffie–Hellman算法的原理是这样的



> By Original schema: A.J. Han Vinck, University of Duisburg-Essen SVG version: Flugaal [Public domain], via Wikimedia Commons

使用Diffie–Hellman算法交换premaster secret的流程



> Source: Keyless SSL: The Nitty Gritty Technical Details (https://blog.cloudflare.com/keyless-ssl-the-nitty-gritty-technical-details/)

小结

TLS Handshaking Protocols协商了TLS Record Protocol使用的算法和所需参数，并验证了服务端身份；TLS Record Protocol在协商后保证应用层数据的完整性和隐私性。

TLS Handshaking Protocol的核心是在公开信道上传递premaster secret。

Q&A

为什么传输内容不直接使用非对称加密？

性能

HTTPS能保证正常连接？

no

> There are a number of ways in which a man-in-the-middle attacker can attempt to make two entities drop down to the least secure method they support.

攻击者甚至可以直接丢弃双方的数据包

服务端如何验证客户端身份？

通过Client Certificate

> This message conveys the client's certificate chain to the server; the server will use it when verifying the CertificateVerify message (when the client authentication is based on signing) or calculating thepremaster secret (for non-ephemeral Diffie- Hellman). The certificate MUST be appropriate for the negotiated cipher suite's key exchange algorithm, and any negotiated extensions.

2015-12-31 14:02

实验楼MM (https://www.shiyanlou.com/user/5054)

(https://www.shiyanlou.com/user/5054)

Alert protocol有什么作用？

Closure Alerts：防止Truncation Attack

> In a truncation attack, an attacker inserts into a message a TCP code indicating the message has finished, thus preventing the recipient picking up the rest of the message. To prevent this, SSL from version v3 onward has a closing handshake, so the recipient knows the message has not ended until this has been performed.

Error Alerts：错误处理

master secret是如何计算的

```
master_secret = PRF(pre_master_secret, "master secret",
                    ClientHello.random + ServerHello.random)
                    [0..47];
```

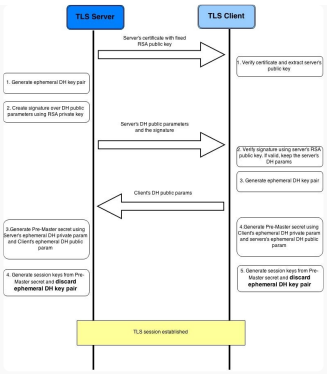
加密，压缩和MAC算法参数是如何计算的

Handshaking Protocols使得客户端和服务端交换了三个参数：client_random，server_random和master_secret，通过以下算法生成算法所需要的参数

```
To generate the key material, compute

  key_block = PRF(SecurityParameters.master_secret,
                  "key expansion",
                  SecurityParameters.`server_random ` +
                  SecurityParameters.`client_random`);

until enough output has been generated.  Then, the key_block is
partitioned as follows:

  client_write_MAC_key[SecurityParameters.mac_key_length]
  server_write_MAC_key[SecurityParameters.mac_key_length]
  client_write_key[SecurityParameters.enc_key_length]
  server_write_key[SecurityParameters.enc_key_length]
  client_write_IV[SecurityParameters.fixed_iv_length]
  server_write_IV[SecurityParameters.fixed_iv_length]
```

> The master secret is expanded into a sequence of secure bytes, which is then split to a client write MAC key, a server write MAC key, a client write encryption key, and a server write encryption key

使用Diffie-Hellman算法的TLS握手细节



> Source: https://cipherstuff.wordpress.com/ (https://cipherstuff.wordpress.com/)

2015-12-31 14:02

实验楼MM (https://www.shiyanlou.com/user/5054)
(https://www.shiyanlou.com/user/5054)

拓展阅读

- Keyless (https://blog.cloudflare.com/keyless-ssl-the-nitty-gritty-technical-details/)
- Let's Encrypt (https://letsencrypt.org/)
- Session resume
- 证书Revoke

参考链接

- TLS1.2规范：The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2 (https://tools.ietf.org/html/rfc5246)
- 证书和数字签名：What is a Digital Signature? (http://www.youdzone.com/signature.html)
- TLS Handshake：Keyless SSL: The Nitty Gritty Technical Details (https://blog.cloudflare.com/keyless-ssl-the-nitty-gritty-technical-details/)

文章来源： 猫尾博客

文章链接：https://cattail.me/tech/2015/11/30/how-https-works.html

2015-12-31 14:02

登录后才能回答问题哟~

我要提问

标签

Linux (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Linux)　Python (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Python)

C/C++ (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=C/C++)　实验环境 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=实验环境)

技术分享 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=技术分享)　功能建议 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=功能建议)

课程需求 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=课程需求)　Java (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Java)

其他 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=其他)　SQL (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=SQL)

NodeJS (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=NodeJS)　Hadoop (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Hadoop)

常见问题 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=常见问题)　Web (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Web)

Shell (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Shell)　PHP (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=PHP)

Git (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Git)　HTML (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=HTML)

HTML5 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=HTML5)　信息安全 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=信息安全)

网络 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=网络)　GO (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=GO)

NoSQL (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=NoSQL)　训练营 (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=训练营)

Android (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Android)　Ruby (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Ruby)

Perl (https://www.shiyanlou.com/questions/?tag=Perl)

相关问题

谈Runtime机制和使用的整体化梳理 (https://www.shiyanlou.com/questions/3010)

JavaScript：彻底理解同步、异步和事件循环(Event Loop) (https://www.shiyanlou.com/questions/3009)

Github上的十大深度学习项目 (https://www.shiyanlou.com/questions/3000)

git基础知识整理 (https://www.shiyanlou.com/questions/2999)

Linux编程之内存映射 (https://www.shiyanlou.com/questions/2992)