# Protokol TLS (Transport-Layer Security)

- cíl: po obousměrném proudovém spojení (třeba TCP) poskytovat bezpečné proudové spojení

HTTPS = HTTP nad TLS
viz též DTLS (Datagram TLS)

- evoluce: SSL 1 → SSL 2 → SSL 3 → TLS 1.0 → TLS 1.1 → TLS 1.2 → TLS 1.3

SSL 1: Secure Sockets Layer firmy Netscape (verze 1 nepublikována)
SSL 2: první HTTPS
TLS 1.1: obsoletní a děrované
TLS 1.2: ještě běžné (lze používat bezpečně)
TLS 1.3: aktuální

## TLS 1.3 [RFC 8446]

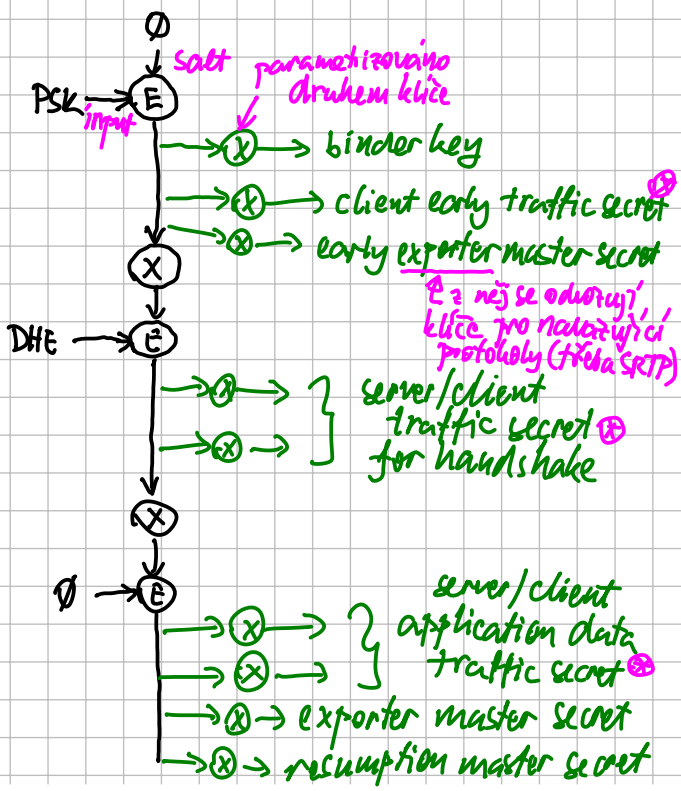
Kombinuje: ① výměnu klíčů - typicky (EC)DHE
② autentikaci stran - typicky RSA podpis + veřejný klíč + certifikát
③ šifrování dat - šifra v režimu AEAD (tedy šifra a MAC v jednom)
↳ třeba AES-GCM nebo ChaCha20 + Poly1305
④ vyjednávání o parametrech
- verze protokolu
- ① grupy pro DHE
- ② autentikační mechanismus včetně nešování/ce
- ③ cipher suite

- základem je Record Protocol
  - přenáší zprávy protokolů vyšší vrstvy - zprávy umí šifrovat - na počátku se nešifruje
    - pak dočasným klíčem
    - nakonec finálním klíčem
  - handshake (inicializace) → zprávy obsahují pevné položky + extensions
  - application data → proud dat libovolně rozsekaný na zprávy
  - alert (hlášení chyb) a EOF
  - přidává padding (lze padovat víc, než je nutné) ] zamlží délku plaintextu

- rozvrh klíčů

odvozený z HKDF [RFC 5869]
HMAC-based extract & expand Key Derivation Function
cíl: původní data "promíchat" (extract) → (E)
a pak z nich vyrobit klíče žádané velikosti (Expand) → (X)

⊛ traffic secret: z něj se odvozuje klíč a IV pro cipher suite
↳ časem se přepočítá, abychom 1 klíč nepoužívali moc dlouho
↳ IV a seq. no. se odvozuje nonce



- Handshake Protocol (1-RTT handshake)

ClientHello →
- key share
- nabízené množiny parametrů
- nabízené PSK exchange modes
- nabízené PSK (jejich identity)
- early data

← ServerHello
- key share
- vybraná hodnoty parametrů
- vybraný PSK (identita) + exch. mode

Šifrování handshake klíči:
- Encrypted extensions
- [Certificate request – pokud se má klient autentikovat]
- [Certificate (serveru)
- CertVerify – transcript podepsaný soubor. klíčem k certifikátu]
- Finished – MAC transcriptu

[application data]

Šifr. HS klíči:
- [Certificate]
- [CertVerify] →
- Finished
- application data →

← app. data

- Pre-Shared Keys – lze používat s DHE i bez
  - klient pošle seznam identit PSK + pro každou binder – MAC transcriptu pomocí binder key z rozvrhu klíčů pro daný PSK

↓ používají se také pro session resume:
- server pošle NewSessionTicket (kdykoli, může i vícekrát) s nonce a identitou (do té zahodovaný stav spojení)
- oba z nonce a resumption master secretu spočítají klíč

} při založení dalšího spojení lze použít jako PSK (na 1 použití)

↓ ale server mi může dát víc klíčů, abych mohl založit paralelní spojení

- KeyUpdate: pošlu, pokud měním svůj traffic key na další v pořadí
  - mohu požádat protistranu, aby udělala totéž v opačném směru
- HelloRetry: odpoví server místo ServerHello, pokud se mu nelíbí navržené parametry, a navrhne nové
  - předání stavu přes klienta (cookie extension)

Rozšíření
- heartbeat – žádá o periodické zasílání "oživovacích" zpráv
- Raw Public Keys [RFC 7250] – podpis bez certifikátu, veřejný klíč validuji jinudy, třeba přes DNSSEC
- 0-RTT handshake – jen při session resume ... v NewSessionTicketmi server dovolí posílat early data
  - early data mohu přibalit k ClientHello
  - pozor, nejsou chráněna proti replayování! – používat jen na žádost aplikace
    - např. u HTTP GET bezpečné (nemá side-efekty)

- Server Name Indication (SNI) – host name pro servery obsluhující více domén
  - podle něj server typicky volí certifikát
  - pozor, není šifrované!
    ↳ experimentální rozšíření: Encrypted SNI, Encrypted Hello } klíče brané z DNS
- Application-Level Protocol Id (ALPN) – umožňuje na 1 portu provozovat víc protokolů
  - např. HTTP/1 vs. HTTP/2
- post-handshake auth – lze dodatečně požádat klienta o certifikát

Dohadování na verzi protokolu

Problémy: ① downgradovací útoky
② kostnatění protokolu kvůli zastaralým middleboxům "protocol ossification"

Řešení: ② číslo verze v hlavičce posíláme jako TLS 1.2, skutečné je v extension & další zprávy připomínají v1.2, než začnenee šifrovat
① starší verze posílají v obou hello nonce
  - pokud server odpovídá starou verzí, ale umí novou, změní 8 z 32 bytů nonce na fixní string ⇒ klient to pozná
    (útočník to nemůže změnit zpět, neb by nesly podpisy)

## Útoky na starší verze

- useknutí spojení – "cookie cutting attack" – v hlavičce "Cookie" smažu "; secure" na konci, takže klient cookie pošle i po nešifrovaném HTTP
  ↳ proto máme Close Alert, ale dodnes ho aplikace běžně ignorují
- Re-negotiation attack
  - staré TLS umí spustit dohadování znovu (třeba kvůli změně klíčů po několika GB dat) nebo dodatečné žádosti o klientův cert
  - ale nepodepisuje návaznost na předchozí stav
    ↳ útočník naváže spojení se serverem, pošle data, požádá o re-nego a propojí s obětí ⇒ oběť si myslí, že má čerstvé spojení } umožňuje vložit data před klientova
  - TLS 1.2 má rozšíření Secure Re-negotiation
  - TLS 1.3 re-nego úplně ruší
- BEAST – TLS 1.0 a jeho nešikovné CBC
- CRIME – TLS ≤ 1.2 umělo kompresi, v 1.3 není
- Lucky 13 – bloková šifra s CBC měla padding oracle
  ⇒ TLS 1.3 podporuje jen AEAD
- POODLE – jiný útok na padding v SSL3
- DROWN, ROBOT – variace na Bleichenbacherův útok na RSA

} viz str. 52–53 starých zápisků

Shrnutí: TLS 1.3 se vyhýbá známým útokům
TLS 1.2 vyžaduje pečlivou konfiguraci + rozšíření, pak je též bezpečné
Víc starého nepoužívat!