Kriptográfia és Információbiztonság
4_szt. előadás

MÁRTON Gyöngyvér

Sapientia Egyetem, Matematika-Informatika Tanszék
Marosvásárhely, Románia
mgyongyi@ms.sapientia.ro

2023

Webbiztonság (web security)

Biztonsági szempontok:

- a WWW lényegében egy kliens/szerver alkalmazás, amely az Interneten és a TCP/IP intraneten keresztül fut
- egyszerű:
  - a webböngészők használata
  - a webszerverek konfigurálása és kezelése
  - a webtartalom fejlesztése
- a web alapjául szolgáló szoftver komplex, számos biztonsági hibát tartalmazhat, sebezhető lehet a különféle támadásokkal szemben
- webszerver: egy vállalat, egy intézmény teljes számítógéprendszerének az indítópadjaként funkcionál
- sikeres támadás esetén a támadó hozzáférhet érzékeny adatokhoz, amelyek a lokális szerveren vannak tárolva

Webbiztonság, biztonsági szempontok

Biztonsági szempontok:

- a webalapú szolgáltatásokat gyakran igénybe veszik olyan felhasználók akik
  - nincsenek tisztában az alapvető biztonsági kérdésekkel
  - nem látják át az alapvető biztonsági kockázatokat
  - nem rendelkeznek megfelelő ismeretekkel
  - nincsenek alkalmas eszközeik, amelyek segítségével védekezni tudnának

Webbiztonság, veszélyek

- integritás (integrity):
  - fenyegetés: a felhasználó adatainak, a memóriának, a tranzit üzenetforgalomnak a módosítása, trójai faló a böngészőben
  - következmények: információvesztés, a számítógép teljes sérülése
  - megoldás: MAC használata
- bizalmasság (confidentiality):
  - fenyegetés: adatszerzés szerverről, ügyfelektől, a hálózati konfigurációról, a kliens szerver kommunikációról
  - következmények: információvesztés, a magánélet elvesztése, a szoftver megsemmisítése
  - megoldás: titkosítás, proxy szerver

Webbiztonság, veszélyek

- szolgáltatás megtagadás (denial of service):
  - fenyegetés: a felhasználó thread-ek megsemmisítése, a gép elárasztása kérésekkel, a memória megtöltése
  - következmények: bosszantó, a feladatvégzések megszakítása
  - megoldás: nehéz kivédeni
- hitelesítés (authentication):
  - fenyegetés: legális felhasználók megszemélyesítése, adathamisítás
  - következmények: a felhasználók félrevezetése, hamis adatok valódinak való feltüntetése
  - megoldás: kriptográfiai technikák

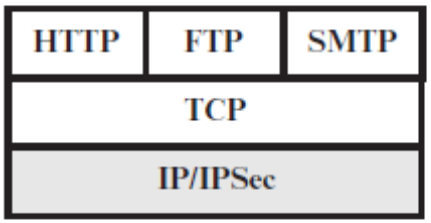
Webbiztonság, fenyegetések

A fenyegetéseket kétféle szempont szerint lehet csoportosítani:

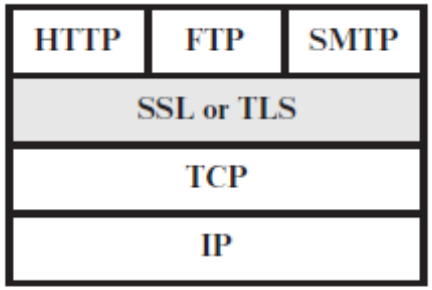
- passzív és aktív támadások
  - passzív támadások
    - a böngésző és a szerver közötti hálózati forgalom lehallgatása
    - a biztosnágosnak hitt webhelyen található információkhoz való hozzáférés
  - aktív támadások
    - egy másik felhasználó megszemélyesítése, a kliens és a kiszolgáló közötti adatátvitel során
    - az üzenetek megváltoztatása az adatátvitel során
    - a webhelyen található információk megváltoztatása
- a fenyegetés helye szerint: ez lehet a webszerver, a webböngésző, valamint a böngésző és a szerver közötti hálózati forgalom

Webbiztonság, megvalósítások

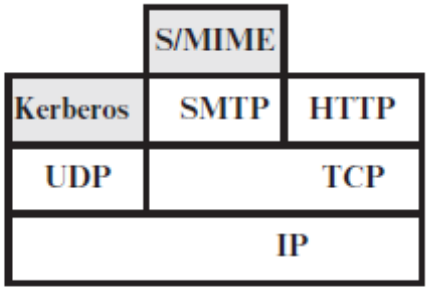
- a webbiztonságot többféleképpen lehet megvalósítani
- a megvalósítások a szolgáltatásokat figyelembe véve nem sokban különböznek
- a megvalósítások az alkalmazási területet, illetve a TCP/IP protokoll vermen belüli helyüket figyelembe véve azonban különböznek
- megkülönböztetünk hálózati (network level), szállítási (transport level), illetve alkalmazási rétegben (application level) megvalósuló biztonságot



(a) Network level



(b) Transport level

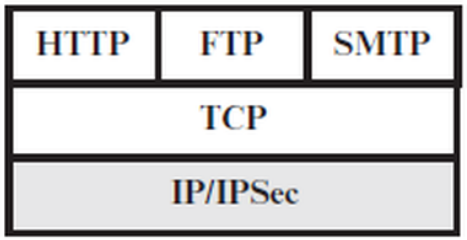


(c) Application level

Webbiztonság, megvalósítások

a hálózati rétegben megvalósuló webbiztonságot az IP security (IPsec) biztosítja

- előnye: átlátható a végfelhasználók és az alkalmazások számára
- általános célú megoldást kínál, szűrési lehetőséggel: csak a kiválasztott forgalom kell átmenjen az IPsec-feldolgozáson
- az operációs rendszer része, ezért módosításához az OP-t is módosítani kell
- gyakran használják virtuális magánhálózatok - Virtual Private Network VPN létrehozására

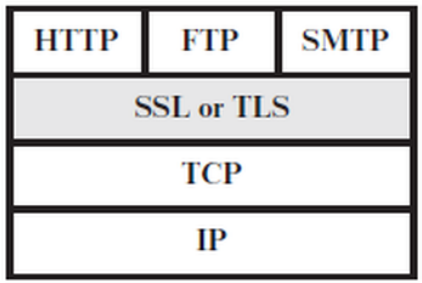


(a) Network level

Webbiztonság, megvalósítások

a szállítási rétegben megvalósuló biztonságot a TCP felett implementálják

- a Secure Sockets Layer (SSL) és az azt követő Transport Layer Security (TLS) biztosítja a biztonságot
- hasonlóan az IPsec-hez titkosítást, integritásvédelmet és hitelesítést biztosít, csak egyszerűbb, és elsősorban a webes tranzakciók biztonságának a megvalósítására használják,
- két implementációs lehetőség ismert:
  - az SSL/TLS az alapul szolgáló protokollcsomag része, ezért átlátható az alkalmazások számára
  - az SSL/TLS meghatározott csomagokba van beágyazva, például minden böngészőben benne van a TLS

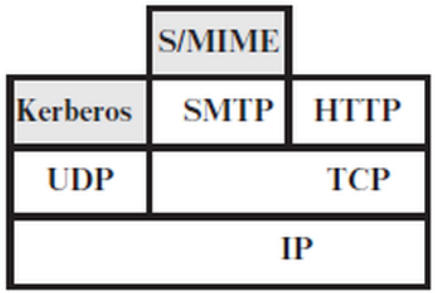


(b) Transport level

Webbiztonság, megvalósítások

az alkalmazási rétegben megvalósuló biztonság

- a biztonsági szolgáltatások egy adott alkalmazásba vannak beágyazva
- előnye, hogy a szolgáltatás az adott alkalmazás speciális igényeihez szabható
- a Secure/Multipurpose Internet Mail Extension (S/MIME) az RSA Data Security technológiáján alapuló MIME internetes e-mail formátumszabvány biztonsági továbbfejlesztése, több szabvány is leírja, például RFC 5322
- Kerberos: elnevezése a görög mitológiából ered, hitelesítést biztosít szimmetrikus kriptot használva, általában lokális hálózatok esetében használják



(c) Application level

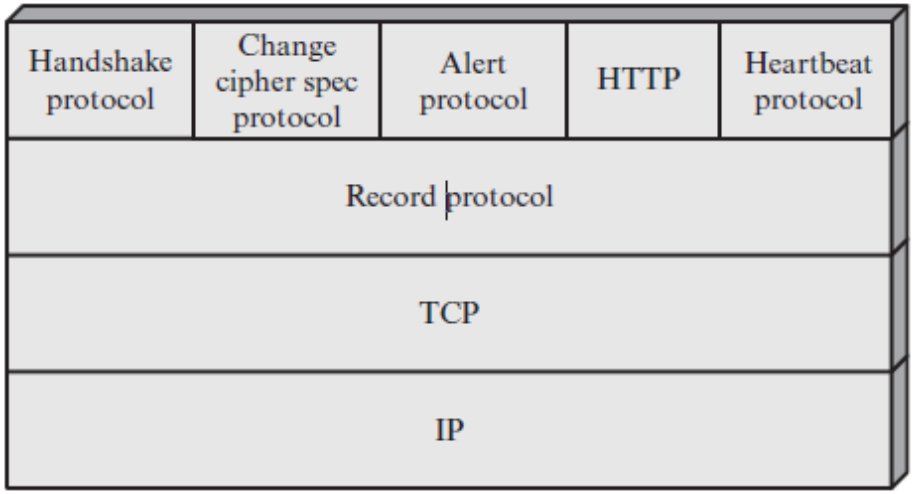
Az SSL és a TLS

- a TLS az Internet Engineering Task Force (IETF) által ajánlott internetes szabvány
- először 1999-ben írták le, a jelenlegi standard a TLS 1.3, ezt 2018-ban definiálták
- a TLS az első SSL specifikációknak is része volt (1994, 1995, 1996), amelyeket a Netscape Communications fejlesztett a saját webböngészői számára
- a TLS első közzétett verziója alapvetően SSLv3.1-nek tekinthető, és nagyon közel áll az SSLv3-hoz, és visszafelé kompatibilis vele
- az SSL/TLS-t úgy tervezték, hogy a TCP-t használva megbízható, teljes körű biztonságos szolgáltatást nyújtson
- általános célú szolgáltatás, amelyet TCP-n alapuló protokollok részeként valósítanak meg
- kliens/szerver alkalmazásokban a kommunikáció lehallgatása és manipulálása ellen nyújt védelmet
- két fontos SSL/TLS-fogalom: SSL/TLS-munkamenet, SSL/TLS-kapcsolat:
  - kapcsolat (connection): peer-to-peer kapcsolatok (a hálózat végpontjain levő eszközök közvetlenül egymással kommmunikálnak), amelyek átmenetiek és minden kapcsolat egy munkamenethez van társítva
  - munkamenet (session): a Handshake Protocol hozza létre, a biztonsági paraméterek készletét határozza meg, amelyek több kapcsolat között megoszthatók

Az SSL/TLS

Az SSL/TLS nem egyetlen protokoll, hanem két protokollrétegből áll:

- az SSL Record Protocol alapvető biztonsági szolgáltatásokat nyújt a különböző magasabb szintű protokollokhoz, például a Hypertext Transfer Protocol (HTTP) adatátviteli szolgáltatást biztosít a webes kliens/szerver interakcióhoz, ez az SSL/TLS-n felül is működhet
- a Handshake, a Change Cipher Spec, az Alert, és a Heartbeat protokollok további magasabb szintű protokollok



Az SSL/TLS

SSL/TLS-kapcsolat (connection):

- a kliens/szerver alkalmazásokban az alkalmazásoknak kérnie kell a szervertől a SSL/TLS-kapcsolat létrehozását (anélkül is tudnak kommunikálni)
- a SSL/TLS kapcsolat létrehozásához:
  - más portszámot használnak a SSL/TLS-kapcsolatokhoz, pl a 80-as portot a titkosítatlan HTTP-forgalomhoz, a 443-as portot a titkosított HTTPS-forgalomhoz
  - a kliens protokoll-specifikus kérést küld a szervernek, hogy kapcsolja át az SSL/TLS-re; például STARTTLS kérést kezdeményez a levelezési, a hír-protokollok esetében
- a felek között több biztonságos kapcsolat is létezhet

Az SSL/TLS

SSL/TLS-munkamenet (session):

- a munkameneteket a Handshake protokoll hozza létre
- egy munkameneten belül a felek több kriptográfiai paraméterben is megegyeznek, amelyeket több kapcsolaton belül is lehet használni
- elméletileg egyidejűleg több munkamenet is előfordulhat a felek között, de ezt a funkciót a gyakorlatban nem használják
- az egyes munkamenetekhez több állapot tartozik: aktuális működési állapot íráshoz/olvasáshoz, függőben lévő működési állapot íráshoz/olvasáshoz
- költséges, mert minden szesszió alkalmával publikus kulcsok cseréjére kerül sor
- ha már létezik egy SSL/TLS munkamenet (session), akkor egy SSL/TLS kapcsolatot (connection) hatékonyan ki lehet építeni: a felek már osztoznak egy szimmetrikus kulcson, amelyet fel lehet használni új kapcsolatok (connectionok) kiépítésére

Az SSL/TLS

egy SSL/TLS-kapcsolat paraméterei (connection's parameters) :

- a szerver és kliens random értéke: minden kapcsolathoz más random értéket választanak ki
- a szerver MAC értéke: a szerver által küldött adatok esetében használt szimmetrius/titkos MAC érték/kulcs
- a kliens MAC értéke: a kliens által küldött adatok esetében használt szimmetrikus/titkos MAC érték/kulcs
- a szerver szimmetrikus kulcsa: a szimmetrikus titkosítási eljárásokban használt titkos kulcs, a szerver titkosít ezzel a kulccsal a kliens meg a visszafejtéshez használja
- a kliens szimmetrikus kulcsa: a szimmetrikus titkosítási eljárásokban használt titkos kulcs, a kliens titkosít ezzel a kulccsal a szerver meg a visszafejtéshez használja
- inicializálási vektor (IV): CBC módban minden kulcshoz más inicializálási vektort (IV) társítunk, kezdetben az SSL/TLS Handshake Protokoll inicializálja
- sorszámok: kapcsolatonként mindegyik fél külön sorszámozza az elküldött és fogadott üzeneteket. Amikor az egyik fél "change cipher spec message" üzenetet küld vagy fogad, a megfelelő sorszám nullára lesz állítva. A sorszámok nem haladhatják meg a $2^{64} - 1$ értéket.

Az SSL/TLS

SSL/TLS-munkamenet (session) paraméterei (session's parameteres):

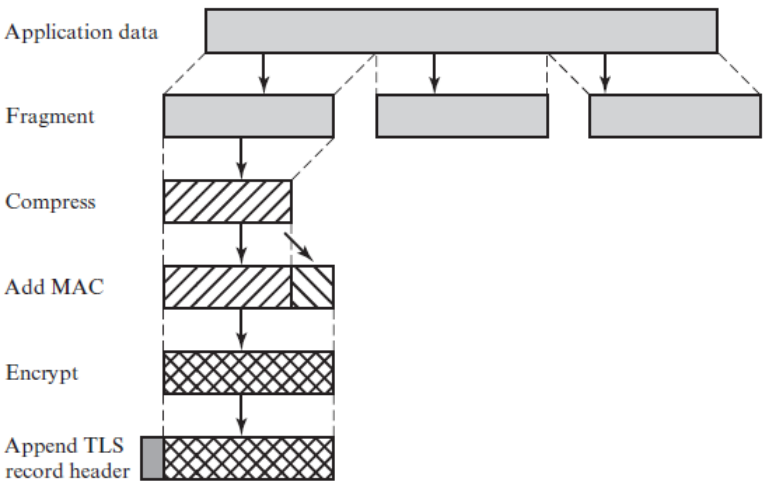
- a munkamenet azonosító: a szerver által választott tetszőleges bájt szekvencia
- peer tanúsítvány: egy X509.v3 tanúsítvány, lehet null is
- tömörítési módszer: az adatok tömörítésére használt algoritmus (titkosítás előtt)
- a titkosítás paraméterei: meghatározza a MAC-hez használt titkosítási algoritmust (pl. AES), a hash függvényt (pl. SHA-1), a hash méretet
- mester kulcs/titok (master secret): a kliens és a szerver között megosztott 48 bájtos kulcs/titok.
- jelző érték: amely jelzi, hogy a munkamenet használható-e új kapcsolatok indítására

Az SSL/TLS Record Protokoll

két fontos szolgáltatása:

- bizalmas kommunikáció (confidentiality):
  - a Handshake Protokoll létrehoz egy szimmetrikus/titkos kulcsot a titkosításhoz
  - a használt titkosítási algoritmusok: AES(128, 256), 3DES(168), RC4-128(128)
- üzenetek sértetlensége (message integrity):
  - a Handshake Protokoll létrehoz egy szimmetrikus/titkos kulcsot a MAC-hez
  - a HMAC algoritmust használja, amelynek leírása az RFC 2104-ben van megadva
  - $HMAC_{key}(m) = H[(key^{+} \oplus opad)||H[(key^{+} \oplus ipad)||m]]$
    - H hash függvény (SHA család)
    - az $ipad = 00110110$, $opad = 01011100$ konstansok
    - key a szimmetrikus/titko s kulcs, amelyet szükség esetén nullásokkal paddingolnak jobbról, hogy elérje a hash függvény blokméretének méretét,
    - m az üzenet

Az SSL/TLS Record Protokoll



- fragmentálás (fragment): minden üzenetet (application data) legtöbb 2^{14} bájt méretű blokkra oszt
- tömörítés (compress): opcionális, veszteségmentesnek kell lennie, és a tartalmat nem növelheti több mint 1024 bájttal
- MAC alkalmazása (add MAC): a HMAC kerül alkalmazásra
- titkosítás (encrypt): 128 bites kulcsméretű szimmetrikus titkosítás, a tartalmat nem növelheti több mint 1024 bájttal, AES(128, 256), 3DES-168, RC4-128. Blokk titkosítás esetében a padding-et a MAC után végzi
- a header hozzáadása (append TLS record header): négy típusú mező hozzáadását jelenti, az első három a fragment feldolgozásához használt módszer írja le, a negyedik az üzenet hosszát tartalmazza

Az SSL/TLS Change Cipher Spec és Alert Protokollok

Change Cipher Spec protokoll:

- egyetlen egy bájtos üzenetből áll; jelzi, ha a munkamenet titkosítási módját egy másik rekord módosítja

Alert Protokoll:

- két bájtból áll, az első warning, vagy fatal értéket jelent, a második a riasztás kódját tartalmazza
- normal handshake vagy alkalmazáscsere esetén nem kerül elküldésre, de bármikor amikor riasztás szükséges elküldhető
- a munkamenet lezárását is maga után vonhatja

Az SSL/TLS Heartbeat Protokoll

- 2012-ben határozták meg az RFC 6250-ben
- két célt szolgál:
  - biztosítja a feladót, hogy a címzett még mindig *életben* van, még akkor is, ha egy ideig nem volt semmilyen tevékenység
  - aktivitást generál a kapcsolaton keresztül tétlenségi időszakokban, így elkerülhető a tétlen kapcsolatokat nem toleráló tűzfal azonnali bezárása
- egy hardver vagy szoftver által generált periodikus jel, amely jelzi a normál működést, vagy a rendszer más részeinek szinkronizálását végzi
- az SSL/TLS Record Protokollon felül fut

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

- a SSL/TLS legösszetettebb része
- lehetővé teszi a szerver és a kliens kölcsönös hitelesítését
- lehetővé teszi, hogy a felek megállapodjanak, hogy milyen titkosító, illetve MAC-algoritmust használjanak a kommunikáció során
- az alkalmazásadatok átvitele előtt használják

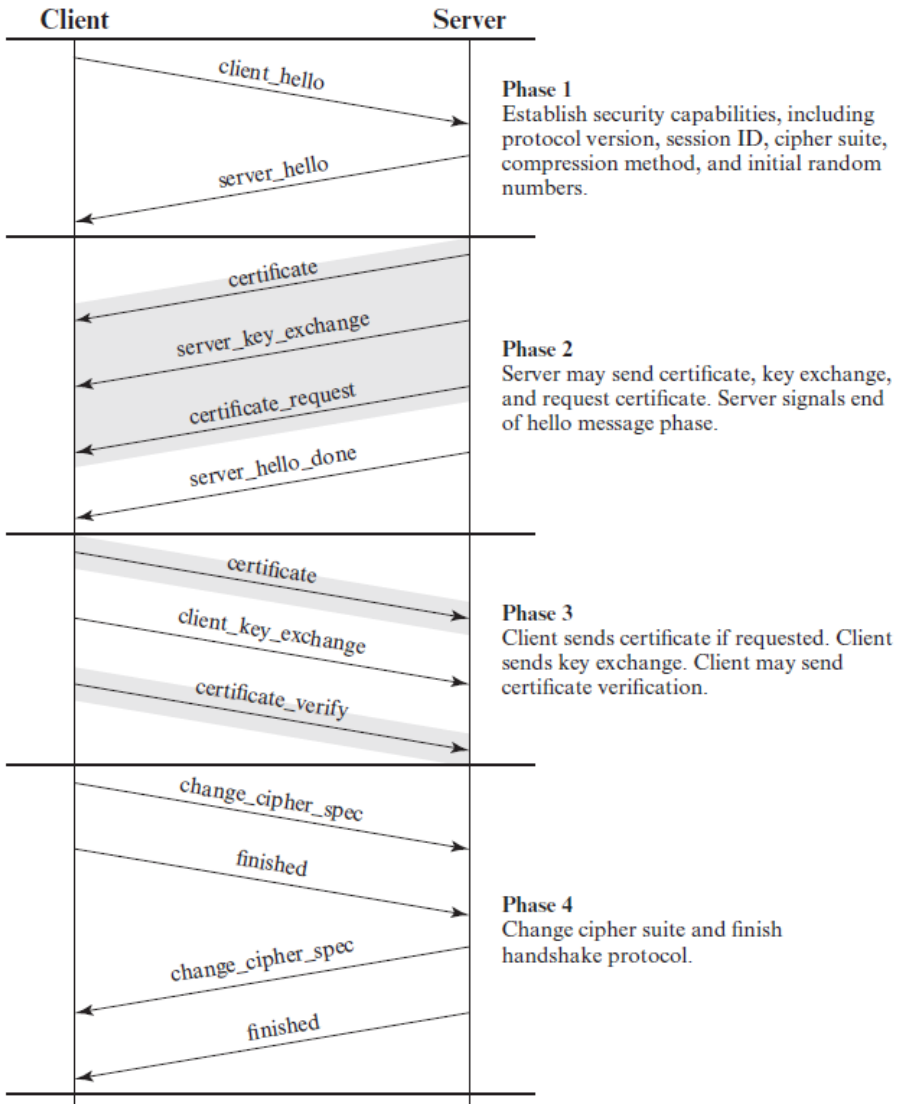
Az SSL/TLS Handshake Protokoll

- a kliens és a szerver által váltott üzenetek sorozatából áll, ahol minden üzenet három mezővel rendelkezik:
  - a 10 lehetséges üzenet egyikét jelzi (1 bájt)
  - az üzenet hossza bájtban (3 bájt)
  - az üzenethez tartozó paraméterek

Az üzenetek a következő típusúak lehetnek:

típus	paraméter	
1	hello_request	null
2	client_hello	version, rand, session ID, cipher suite, compression method
3	server_hello	version, rand, session ID, cipher suite, compression method
4	certificate	chain of X.509v3 certificates
5	server_key_exchange	parameters, signature
6	certificate_request	type, authorities
7	server_done	null
8	certificate_verify	signature
9	client_key_exchange	parameters, signature
10	finished	hash value

Az SSL/TLS Handshake Protokoll



Az SSL/TLS Handshake Protokoll

Az 1. fázisban a kliens kezdeményezésére egy logikai kapcsolat jön létre, a megfelelő biztonsági beállításokkal. A kliens egy `client_hello` üzenetet küld, amelynek a következők a paraméterei:

- version: a kliens által ismert legnagyobb SSL/TLS verziószám
- random: a kliens generálja, egy 32 bites timestamp-ből és egy véletlenszám-generátor által generált számból (28 bájt) áll; nonce-ként a replay-attack támadások megelőzésére a kulcscsere során kerülnek használatra
- session ID: változó hosszúságú, a nullától eltérő érték jelzi, hogy a kliens frissíteni szeretné egy meglévő kapcsolata paramétereit. A nullás érték azt jelzi, hogy a kliens egy új kapcsolatot akar létrehozni.
- cipher suite (titkosító készlet): a kliens által támogatott kriptográfiai algoritmusokat tartalmazza, preferencia szerint csökkenő sorrendben. A lista minden eleme meghatároz egy kulcscsere-algoritmust és egy CipherSpec-et
- compression method: a kliens által támogatott tömörítési módszerek listája

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

A `server_hello`-nak ugyanazok a paraméterei, mint a `client_hello`-nak:

- version: a szerver által ismert legkisebb TLS verziószám
- random: a szerver által generált random érték, amely független a kliens random értékétől
- session ID: ha a kliens session ID-ja nullától különbözött, akkor a szerver ugyanezt az értéket fogja használni, másképp egy új munkemenethez szükséges érték lesz
- cipher suite: a kliens által megadott listából kiválasztott cipher suite-et fogja tartalmazni
- compression method: a kliens által megadott listából kiválasztott tömörítési módszert fogja tartalmazni

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

A cipher suite paraméter első eleme meghatározza a kulcscsere módszert, amely a következő lehet:

- RSA: a szimmetrikus/titkos kulcs a fogadó RSA publikus kulcsával van titkosítva; elérhető kell legyen a fogadó publikus kulcsának a tanúsítványa
- Fixed Diffie–Hellman: egy rögzített (fixed) szimmetrikus/titkos kulcsot eredményez, ahol a szerver tanúsítványa tartalmazza a tanúsító hatóság (CA) által aláírt Diffie–Hellman publikus paramétereket. Ha a szerver igényli a kliens hitelesítését, akkor a kliensnek biztosítania kell a Diffie–Hellman publikus paramétereire kiállított tanusítványt.
- Ephemeral Diffie-Hellman: átmeneti, egyszeri (temporary, one-time) hitelesített szimmetrikus/titkos kulcsokat eredményez, ahol a Diffie–Hellman publikus paramétereket a küldő aláírja a saját RSA vagy DSS privát kulcsával. Az RSA, DSS publikus kulcsok hitelesítésére tanúsítványokat használnak. Ez tűnik a legbiztonságosabbnak a három Diffie–Hellman opció közül.
- Anonymous Diffie–Hellman: az alap Diffie–Hellman algoritmus kerül alkalmazásra, hitelesítés nélkül. Mindkét oldal elküldi a publikus Diffie–Hellman paramétereit a másiknak hitelesítés nélkül. Támadható a man-in-the middle típusú támadással.

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

A kulcscsere módszer definícióját követi a CipherSpec, amely a következő mezőket tartalmazza:

- CipherAlgoritm: a korábban felsorolt algoritmusok bármelyike: RC4, RC2-40, DES, 3DES, DES-40 vagy IDEA
- MAC Algorithm: MD5 vagy SHA-1
- CipherType: Stream vagy Block
- isExportable: igaz vagy hamis
- HashSize: 0, 16 MD5 esetén, vagy 20 bájt SHA-1 esetén
- IV méret: A CBC mód használata esetén az inicializáló vektor értékének mérete

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

A 2. fázisban a szerver hitelesítésére és a kulcscserére kerül sor:

- ha szükség van a szerver hitelesítésére, a szerver elküldi a tanúsítványát; az üzenet egy vagy több X.509 tanúsítványt tartalmaz.
- a tanúsítványüzenetre minden kulcscsere módszer esetében szükség van, kivéve az anonymous Diffie–Hellmant
- ha a fixed Diffie–Hellman kulcserére kerül sor akkor ez a tanúsítványüzenet a szerver kulcscsere-üzeneteként működik, mivel tartalmazza a szerver publikus Diffie–Hellman paramétereit
- a `server_key_exchange` üzenetre nincs szükség ha
  - a szerver küldött egy tanúsítványt fixed Diffie–Hellman paraméterekkel
  - RSA kulcscserére fog sor kerülni

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

a `server_key_exchange` üzenetre szükség van ha:

- anonymous Diffie–Hellman esetében: az üzenet tartalmazza a két publikus Diffie–Hellman értéket (egy prímszámot és a generátor elemet) és a szerver publikus Diffie–Hellman kulcsát
- efemer Diffie–Hellman esetében: az üzenet tartalmazza az anonymous Diffie–Hellmanhoz szükséges három paraméter értékét, valamint ezen paraméterek aláírását
- RSA-kulcscsere esetében, amikor csak az aláírásra szolgáló RSA-kulccsal rendelkezik:
  - a kliens nem küldheti el egyszerűen a szimmetrikus/titkos kulcsot a szerver publikus kulcsával titkosítva
  - a szerver létre kell hozzon egy ideiglenes RSA publikus/privát kulcspárt,
  - a `server_key_change` üzenettel el kell küldje az ideiglenes RSA publikus kulcsot (a modulus és kitevő értékeket) és ennek a publikus kulcsnak az aláírt értékét

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

Megjegyzések:

- az aláírás általában úgy jön létre, hogy meghatározzuk az üzenet hash értékét, majd titkosítjuk azt a küldő privát kulcsával
- az aláírás most a kezdeti hello üzenetek két nonce értékét is tartalmazza, hogy biztosítja a replay-attack támadásokkal szembeni védelmet:

```
hash = hash (Client.random || Server.random || ServerParams)
```

- DSS aláírás esetén a hash az SHA-1 algoritmussal történik
- RSA aláírás esetén egy MD5 és egy SHA-1 hash is kiszámításra kerül, és a két hash összefűzött értéke (36 bájt) lesz titkosítva a szerver privát kulcsával

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

Megjegyzések:

- anonymous Diffie–Hellman esetében a szerver kérheti a kliens tanúsítványát, ez két értéket megadását jelenti: a tanúsítvány típusát és a tanúsítványt kiállító hatóságok listáját, ahol a tanúsítvány típusa a következő lehet:
  - RSA, csak aláírás
  - DSS, csak aláírás
  - RSA a fixed Diffie–Hellmanhoz; csak hitelesítésre használható az RSA-val aláírt tanúsítvány
  - DSS fix Diffie–Hellmanhoz; ismét csak hitelesítésre használható
- a 2. fázis utolsó kötelező üzenete a `server_done`, amelyet a szerver küld el, hogy jelezze a kapcsolódó üzenetek végét, majd várja a kliens válaszát

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

A 3. fázisban a kliens hitelesítésére és a kulcscserére kerül sor:

- a `server_done` kézhezvételekor a kliensnek ellenőriznie kell, hogy a szerver tanúsítványa érvényes-e, és hogy a `server_hello` paraméterek elfogadhatóak-e
- ha minden rendben, a kliens egy vagy több üzenetet küld vissza a szervernek
- ha a szerver kéri a tanúsítványát, akkor a `certificate` üzenetet küldi vissza, utána pedig a `client_key_exchange` üzenet következik, amelynek tartalma a kulcscsere típusától függ:
  - RSA: a kliens egy 48 bájtos *pre-master secret* értéket állít elő, amelyet titkosít a szerver publikus kulcsával vagy az ideiglenes RSA kulccsal
  - ephemeral vagy anonymous Diffie–Hellman: elküldésre kerül a kliens publikus Diffie–Hellman paramétere
  - fixed Diffie–Hellman: a tanusítvány részeként a kliens publikus Diffie–Hellman paraméterei már korábban elküldésre kerültek, ezért ennek az üzenetnek a tartalma nulla.

Az SSL/TLS Handshake Protokoll

A 3. fázisban a kliens hitelesítésére és a kulcscserére kerül sor (folyatás):

- a kliens küldhet egy `certificate_verify`-t, amely az előző üzeneteinek egy aláírt értéke, amelyet a hiteles privát kulcsával kell aláírjon
- a kliens és a szerver az átküldött random számok és adott esetben a *pre-master secret* értéket felhasználva kiszámolják a közös titkot, a **master-secret** értékét

A 4. fázis a kommunikáció lezárásához szükséges üzenetváltásból áll.

SSL/TLS támadások

Az SSL/TLS megjelenése óta számos sikeres támadás jelent meg $\Rightarrow$ módosították a titkosítási eszközöket, az implementációt, stb. A támadásokat négy kategóriába sorolhatjuk:

- a handshake protokoll elleni támadások: 1998-ban sikeres támadás a handshake protokoll ellen, amely az RSA titkosítási séma támadásán alapult
- a record- és application-protokollok elleni támadások: 2011-ben Thai Duong és Juliano Rizzo bemutatták a BEAST-et (Browser Exploit Against SSL/TLS). A támadás a választott nyíltszöveg támadás (chosen-plaintext attack) egy gyakorlati megvalósítása. Ugyanez a csapat 2012-ben a CRIME-ban (Compression Ratio Info-leak Made Easy) bemutatták, hogy miként tudja egy támadó visszaállítani a webes cookie-k tartalmát, ha az adattömörítést TLS-sel együtt használták.

SSL/TLS támadások

- a PKI elleni támadások: az X.509-tanúsítványok érvényességének ellenőrzése számos támadásnak van kitéve (nem csak a SSL/TLS-ben). Közismert, hogy az OpenSSL, a GnuTLS, a JSSE, az ApacheHttpClient, a Weberknecht, a cURL, a PHP, a Python és az ezekre a termékekre épülő alkalmazások forráskódjának számos hiányossága létezik.
- egyéb támadások: a The Hackers Choice német hackercsoport által 2011-ben bejelentett DoS támadás, amely megterhelte a szervert handshake kérések sokaságával. A handshake kérelmek feldolgozása a szerveren történik: szerver kényszerítve van, hogy új random értékeket határozzon meg, új kulcsokat generáljon.

- számos SSL/TLS támadás és ellenintézkedés látott napvilágot
- nincs "tökéletes" protokoll és nincs "tökéletes megvalósítás"
- a fenyegetések és az ellenintézkedések határozzák meg a biztonságos internet alapú protokollok fejlődését

SSL TLS különbségek

- MAC algoritmus:
  - A TLS az RFC 2104-ben leírt standardot használja

$$HMAC_{key}(m) = H[(key^{+} \oplus opad)||H[(key^{+} \oplus ipad)||m]]$$

  - SSLv3: a *key*-hez nem XOR-al adja hozzá az *opad*, illetve *ipad* értékeket, hanem konkatenációt alkalmaz,
  - SSLv3: a MAC érték meghatározásakor a tömorítéshez használt verziót is meg lehet adni
- pszeudorandom függvény: a TLS egy PRF-et használ, annak érdekében, hogy a titkos adattartalmat megnövelje:

$$PRF(secret, seed) = HMAC(secret, A(1)||seed)||HMAC(secret, A(2)||seed)||HMAC(secret, A(3)||seed)$$
$$A(0) = seed$$
$$A(i) = HMAC(secret, A(i-1)$$

- Alert Code: A TLS az összes SSLv3-ban definiálható alert code-t kezeli kivéva a `no_certificate`-et, illetve továbbiakat is, például: `record_overflow, unknown_ca, insufficient_security`, stb.
- további különbségek: az alkalmazható titkosító készlet, a kliens tanusítvány típusa, a `pre_master_secret` kiszámítása, a padding