Hálózatok építése és üzemeltetése

WiFi biztonság

Wireless Fidelity

- WiFi - Wireless Fidelity
  - Maximum: 800Mbps/3.2Gbps – 3.5Gbps/14Gbps
  - Világrekordok (erősítés nélkül)
    - 200km - USA, Las Vegas
    - 304km – Olaszország
    - 382km (3Mbps) - Venezuela

Vezetéknélküli hálózatok – miért is?

- Előnyök a korábbi vezetékes hálózatokkal szemben
  - Felhasználók
    - Az Intranet és Internet elérése vezetékek nélkül (vezetékes telefon és vezetéknélküli telefon)
    - Csatlakozás a frekventált helyeken (HOTSPOT)
      - Reptéri terminálok
      - Kávézók, szórakozóhelyek
      - Szállodák
  - Adminisztrátorok
    - Könnyen üzembe helyezhető
    - Olyan helyekre is elvihető, ahova vezetékeket nehezen lehet kihúzni
  - Üzleti szempont
    - Hosszútávon olcsóbb üzemeltetni, beruházás is olcsóbb lehet
    - HotSpot esetében a felhasználók fizetnek a szolgáltatásért
    - **WiFi offload – Tehermentesíteni más (mobil) hálózatokat**

Vezetéknélküli hálózat elemei

- Vezetéknélküli hálózati kártya
  - Leginkább könnyen mozgatható eszközökhöz Laptop, PDA és TablePC
    - De ma már fényképezőgép, videójáték, mobiltelefon …
  - Beépített eszközök, PCMCIA, CF kártya, USB eszköz, stb..
  - Egyedi MAC cím
- Hozzáférési pont (Access Point – AP)
  - A vezetéknélküli eszközök rádiókapcsolatban vannak a hozzáférési ponttal

IEEE 802.11 család

IEEE 802.11 - The original 1 Mbit/s and 2 Mbit/s, 2.4 GHz RF and IR standard (1999)
IEEE 802.11a - 54 Mbit/s, 5 GHz standard (1999, shipping products in 2001)
IEEE 802.11b - Enhancements to 802.11 to support 5.5 and 11 Mbit/s (1999)
IEEE 802.11c - Bridge operation procedures; included in the IEEE 802.1D standard (2001)
IEEE 802.11d - International (country-to-country) roaming extensions (2001)
IEEE 802.11e - Enhancements: QoS, including packet bursting (2005)
IEEE 802.11f - Inter-Access Point Protocol (2003)
IEEE 802.11g - 54 Mbit/s, 2.4 GHz standard (backwards compatible with b) (2003)
IEEE 802.11h - Spectrum Managed 802.11a (5 GHz) for European compatibility (2004)
IEEE 802.11i - Enhanced security (2004)
IEEE 802.11j - Extensions for Japan (2004)
IEEE 802.11k - Radio resource measurement enhancements
IEEE 802.11l - (reserved, typologically unsound)
IEEE 802.11m - Maintenance of the standard; odds and ends.
IEEE 802.11n - Higher throughput improvements
IEEE 802.11o - (reserved, typologically unsound)
IEEE 802.11p - WAVE - Wireless Access for the Vehicular Environment (such as ambulances and passenger cars)
IEEE 802.11q - (reserved, typologically unsound, can be confused with 802.1q VLAN trunking)
IEEE 802.11r - Fast roaming
IEEE 802.11s - ESS Mesh Networking
IEEE 802.11T - Wireless Performance Prediction (WPP) - test methods and metrics
IEEE 802.11u - Interworking with non-802 networks (e.g., cellular)
IEEE 802.11v - Wireless network management
IEEE 802.11w - Protected Management Frames
IEEE 802.11y - 3650-3700 MHz Operation in USA
IEEE 802.11z - Extensions to Direct Link Setup

IEEE 802.11aa - Video Transport Streams (2012)
IEEE 802.11ac - Very High Throughput 6GHz (2013)
IEEE 802.11ad - Very High Throughput 60GHz (2012)
IEEE 802.11ae – Prioritization of Management Frames (2012)
IEEE 802.11af - TV White Spaces (2014)
IEEE 802.11ah -Sub 1 GHz
IEEE 802.11ai - Fast Initial Link Setup
IEEE 802.11aj - China Millimeter Wave
IEEE 802.11ak – General Link
IEEE 802.11aq - Pre-Association Discovery
IEEE 802.11ax – High Efficiency WLAN
IEEE 802.11ay – Next Generation 60GHz
IEEE 802.11az: Next Generation Positioning
IEEE 802.11ba: Wake Up Radio
IEEE 802.11bb: Light Communications

WiFi Biztonság

Vezetéknélküli hálózatok kihívásai

- Legfőbb kihívások
  - Rádióhullámok (csatornák) interferenciája
    - Több hozzáférési pont elhelyezése
    - Egymást zavaró adások/zajok
    - Tereptárgyak hatásai
  - Eszközök tápellátása (részben vezetékes..)
    - Tápfelhasználás optimalizálása
  - Mozgás a hozzáférési pontok között
    - AP váltás, szolgáltató-váltás, technológia váltás
  - **Biztonság**

Vezetéknélküli hálózatok biztonsága

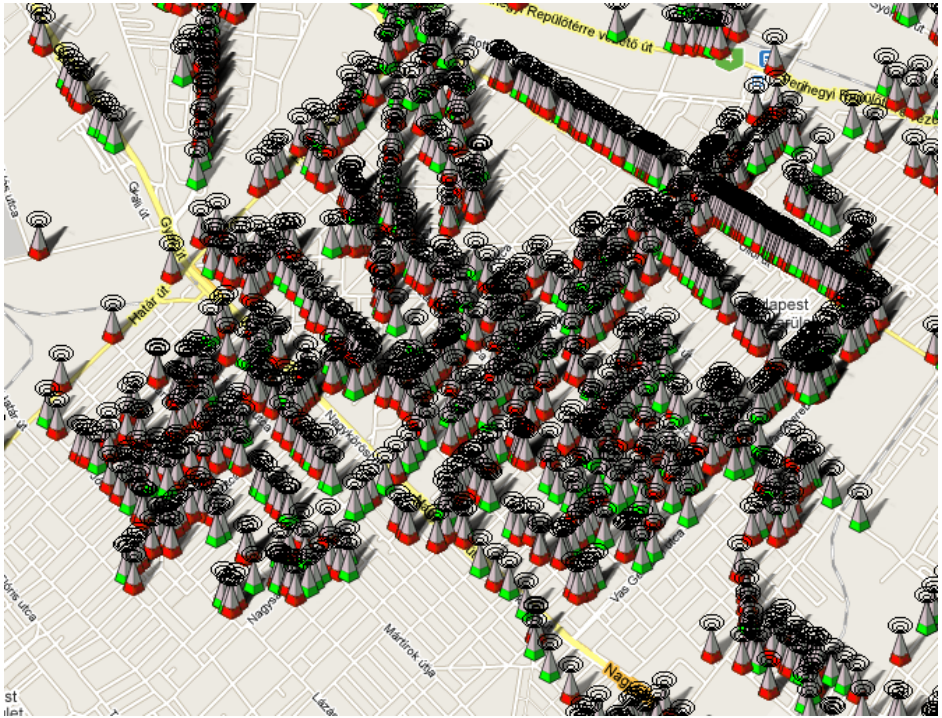
- Vezetékes hálózat esetében az infrastruktúrához való hozzáférés már sok behatolót megállít
- Vezetéknélküli hálózat esetén azonban megszűnik ez a korlát
  - A fizikai közeg nem biztosít adatbiztonságot, a küldött/fogadott adatokat mindenki észleli
  - A támadó nehézségek nélkül és észrevétlenül hozzáfér a hálózathoz
  - Sokszor a hálózat eljut az lefedni kívánt területen kívülre is

Vezetéknélküli hálózatok biztonsága 2.

- Felmerülő biztonsági kérdések
  - Hálózat elérésének korlátozása
  - Hitelesítés
    - A felhasználó hitelesítése
    - A szolgáltató hitelesítése
  - Sikeres hitelesítés után az adatok védelme
  - Infrastruktúra védelme
  - Anonimitás (jelenleg nem cél)

Wardriving

Évekkel ezelőtt



www.wifiterkep.hu:
AP titkosított: 61%
(16247db)
AP nyílt: 39%
(10451db)

Hitelesítés problémái

- Kihívás-válasz alapú hitelesítés
  - Vezetékes környezetben jól működik
    - A felhasználó általában bízhat a vezeték épségében
  - Vezetéknélküli környezetben már nem tökéletes
    - A támadó könnyen megszerezheti a kihívást és a választ is
    - Gyenge jelszavak (és protokollok) eseték egyszerű a szótáras támadás

Szolgáltatásbiztonság problémái

- Hamis hozzáférési pontok (rogue AP)
  - Könnyű elrejteni – egy SD kártya is lehet AP!
  - Lehet falakon kívül is (irányított antennák)
  - A felhasználó nem feltétlenül ismeri
    Pl.: HOTSPOT környezet
  - Segítségével közbeékelődéses (man-in-the-middle) támadások

- Szolgálatmegtagadás DoS
  - Szolgálatmegtagadás elárasztással egy vezetékes eszközről
  - Fizikai akadályoztatás (jammer)

Hozzáférés vezérlés – MAC szűrés

- Hozzáférés szűrése MAC címek alapján
  - A hozzáférési pontnak listája van az engedélyezett kártyákról (vagy tiltott kártyák)
  - Nem biztonságos, mert:
    - A MAC címek lehallgathatóak a hálózaton és felvehetőek egy másik eszköz által
    - Az eszközök megszerzése már hozzáférést biztosít
    - Több hozzáférési pont menedzsmentje nehéz
- Sajnos ma is ez van a sok „biztonságos” helyen

Hozzáférés vezérlés – SSID tiltás

- A hozzáférési pontok elrejtése
  - A hozzáférési pont nem közli a saját azonosítóját (Service Set ID - SSID)
  - Csak azok a készülékek csatlakozhatnak, akik ismerik ezt
    - PROBE request
  - Lehallgatással felderíthető!

www.wifiterkep.hu:

TOP 10 ESSID (hálózatnév):

ESSID:	darabszám:
SMC	1274
linksys	1013
default	1003
TP-LINK	500
NETGEAR	437
dlink	409
belkin54g	322
GIGABYTE	213
WIERA	195
WLAN	150

Hozzáférés vezérlés - WEP

- Hitelesítés és adatkommunikáció védelem a WEP protokollal
  - Wired Equivalent Privacy
  - Hitelesítés és titkosítás
    - Hitelesítés: az eszköz ismeri a WEP kulcsot
    - Továbbra sem a felhasználót hitelesítjük!
  - Tervezési hibák! -> könnyen feltörhető
    - **Hamis biztonságérzet!**
    - Kezdetben kb. 1 nap, ma már 15 percen belül megszerezhető a kulcs
  - Kezdetben 64 (40) bites kulcs, ma már 128 (104) bit
    - **DE: A kulcs méretének növelése itt sem jelent nagyobb biztonságot! (Ugyan több csomagra van szükség)**
    - Nem a kulcs hosszával van a baj, sokkal inkább az IV 24 bites hosszával + egyebekkel

WEP törések

- 2002
  - „Using the Fluhrer, Mantin, and Shamir Attack to Break WEP, A. Stubblefield, J. Ioannidis, A. Rubin”
    - Gyenge WEP IV-k
    - 4.000.000 – 6.000.000 csomag
- 2004
  - KoReK, fejlesztett FMS támadás
    - 500.000 – 2.000.000 csomag (104 bites WEP)
- 2006
  - KoReK, Chopchop támadás
    - Az AP segítségével a titkosított CRC miatt bájtonként megfejthető a titkosított üzenet
- 2007
  - PTW (Erik Tews, Andrei Pychkine and Ralf-Philipp Weinmann), még több korreláció
    - 60.000 – 90.000 csomag (104 bites WEP)

Adatszerzés WEP töréshez

- Hamisított csomagok
  - De-authentication
  - ARP response kicsikarása
    - Módosított ARP request / Gratuitous ARP üzenet
    - WEP esetén könnyen módosítható a titkosított ARP is (rossz integritás védelem)

- „Caffé latte” támadás
  - Nem szükséges a WEP hálózatban lenni
    - A PC/smartphone tárolja a WEP kulcsokat, a hamis AP megtéveszteti
    - Hamis ARP üzenetekkel 90.000 csomag gyűjtése
    - 6 perces támadás

WEP patch

- Nagy kulcsok
- Gyenge IVk elkerülése
- ARP filter
- WEP Chaffing
  - Megtévesztő WEP csomagok injektálása. Hatására a WEP törésnél hibás adatok alapján számolódik a kulcs
  - A törő algoritmusok javíthatóak..

WPA – WiFi Protected Access

WPA - Wi-Fi Protected Access

- Wi-Fi Allience a WEP problémáinak kijavítására (2003)
  - Szabványokon alapuló
  - Erős biztonság
  - Hitelesítés és adatbiztonság
  - **Minden környezetben (SOHO és Enterprise)**
  - A meglévő eszközökön csak SW frissítés
  - Kompatibilis a közelgő 802.11i szabvánnyal
- A fokozott biztonság mellett cél a gyors elterjedés is!

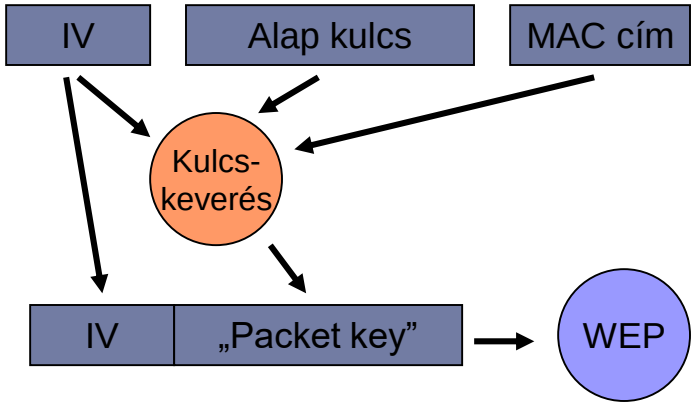
WPA - TKIP

- A WEP összes ismert hibájának orvoslása, megőrizve minél több WEP blokkot
- Titkosítás: Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)
  - Per-packet key mixing (nem csak hozzáfűzés)
  - Message Integrity Check (MIC) - Michael
  - Bővített inicializáló vektor (48 bit IV) sorszámozási szabályokkal
  - Idővel lecserélt kulcsok (Nem jó, de muszáj)
- Hitelesítés: 802.1x és EAP
  - A hitelesítés biztosítása
    - Kölcsönös hitelesítés is (EAP-TLS)
  - A hitelesítés változhat a környezettől függően (SOHO <> Enterprise <> HOTSPOT)

TKIP

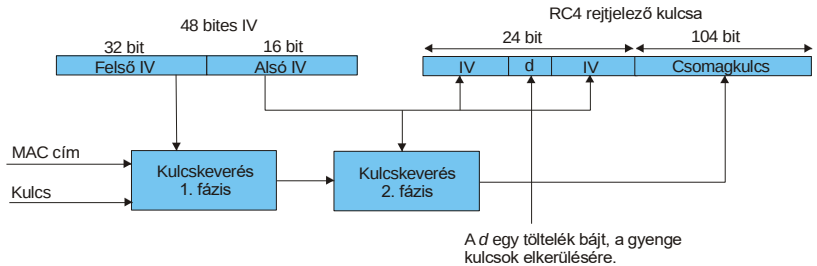
- Per Packet Keying

- Az IV változásával minden üzenetnek más kulcsa lesz
- Minden terminálnak más kulcsa lesz, akkor is, ha az alap kulcs véletlenül egyezne
- A packet kulcsot használjuk az eredeti WEP kulcs helyett



TKIP – kulcs keverés

- 128 bites ideiglenes kulcs
- Csomagkulcs előállítása 2 lépésben
  - Feistel alapú kódoló használata (Doug Whiting és Ron Rivest)
  - 1. lépés
    - A forrás MAC címének, az ideiglenes kulcsnak és az IV felső 32 bitjének keverése
    - Az eredmény ideiglenesen tárolható, 2^{16} kulcsot lehet még előállítani. Ez javítja a teljesítményt
  - 2. lépés
    - Az IV és a kulcs függetlenítése



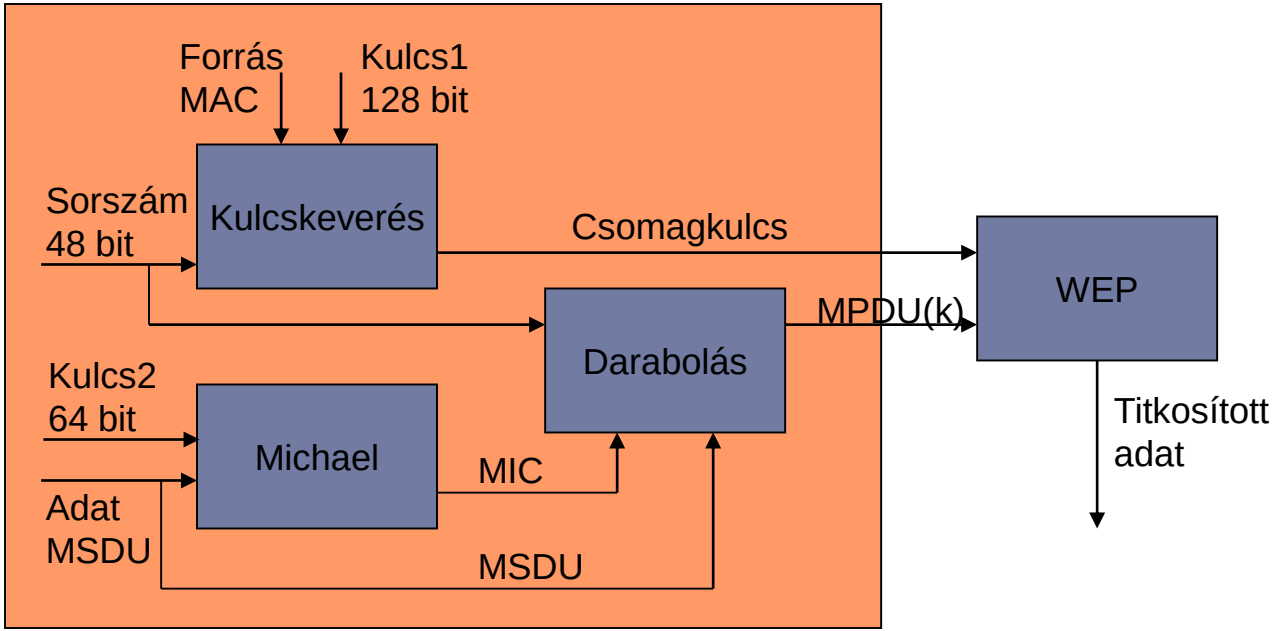
IV sorszámozás

- IV szabályok
  - Mindig 0-ról indul kulcskiosztás után
    - Ellentétben a WEP-pel, itt ez nem gond, mert úgy is más kulcsunk lesz minden egyeztetésnél
  - Minden csomagnál eggyel nő az IV
    - Ha nem, akkor eldobjuk az üzenetet
- A 48 bites IV már nem merül ki
  - Ha mégis, akkor leáll a forgalom

MIC

- Message Integrity Code
- Michael algoritmus (Neils Ferguson)
  - 64 bites kulcs 64 bites hitelesítés
  - Erőssége: kb. 30 bit, azaz a támadó 2^{31} üzenet megfigyelésével képes egy hamisat létrehozni
    - Nem túl erős védelem
    - De egy erősebb (HMAC-SHA-1 vagy DEC-CBC-MAC) már nagyon rontaná a teljesítményt
    - + védelem: ha aktív támadást észlel, akkor azonnal megváltoztatja a kulcsot + 1 percig nem enged újra változtani
  - Már nem csak az adatot védjük, hanem a forrás és cél MAC címeket is!
  - Nincs külön sorszámozás, a visszajátszás elleni védelem úgy van biztosítva, hogy a MIC értéket titkosítjuk (itt van sorszám)

TKIP működése

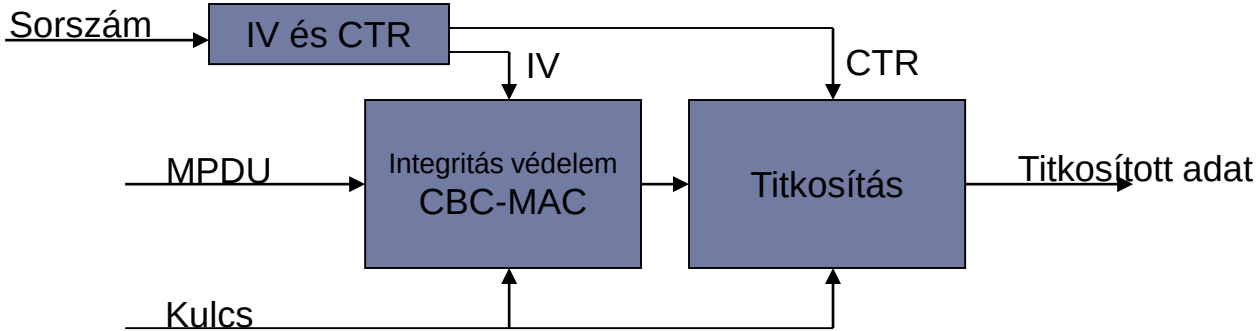


802.11i (WPA2)

- IEEE - 2004 –ben jelent meg
  - WPA +
    - Biztonságos IBSS
    - Biztonságos gyors hálózatváltások
    - A hitelesítés biztonságos feloldása
    - Új titkosító protokollok: AES-CCMP, *WRAP*
  - Már szükséges a HW módosítása is
    - Lassabb elterjedés, de mára már elterjedt

CCMP

- Counter Mode CBC-MAC Protocol
- Az AES használata



CBC-MAC

- Cipher Block Chaining Message Authentication Code

- Módszer
  - 1. Az első blokk titkosítása
  - 2. Az eredmény és a következő blokk XOR kapcsolat, aztán titkosítás
  - 3. A második lépés ismétlése

  - Szükséges a kitöltés (padding)!

CCMP előnyök

- Egyetlen kulcs elegendő
  - Általában nem jó, ha ugyanazt a kulcsot használjuk, de itt nincs gond
- AES előnyök
  - Előre számolható
  - Párhuzamosítható
  - Nagy biztonság
- Mentes a szabadalmaktól

WLAN layer 2 védelem

	WEP	***TKIP***	***CCMP***
Titkosító	RC4, 40 vagy 104 bites kulcs	RC4, 128 és 64 bites kulcs	AES, 128 bites kulcs
Kulcs élettartama	24 bites IV	48 bites IV	48 bites IV
Csomagkulcs	Összefűzés	TKIP kulcskeverés	nem szükséges
Fejléc integritása	nincs védve	Michael: Forrás és cél MAC	CCM
Adatok integritása	CRC-32	Michael	CCM
Visszajátszás védelem	nincs védelem	IV szabályok	IV szabályok
Kulcs-menedzsment	nincs	IEEE 802.1X	IEEE 802.1X

802.1X - IEEE Standard for port-based Network Access Control (PNAC)

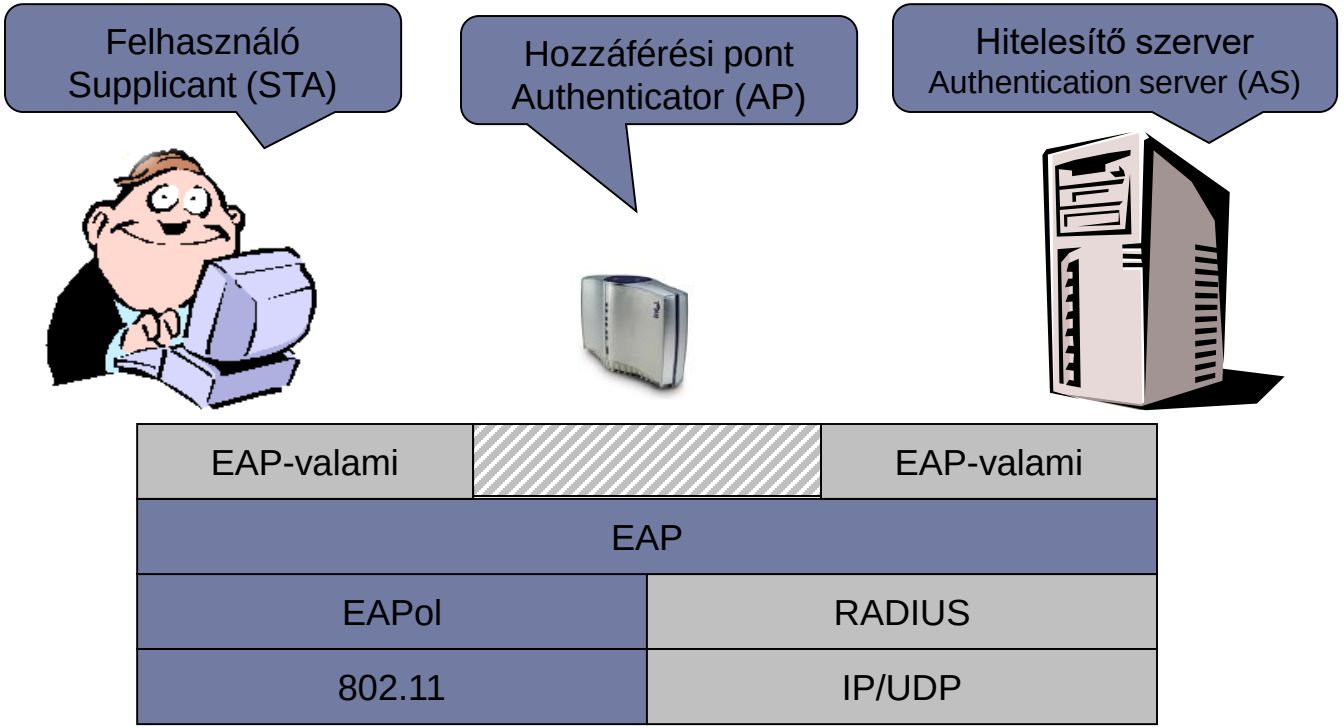
802.1x

- IEEE specifikáció a (W)LAN biztonság javítására (2001)
  - Protokollok a hitelesítés és az adatok védelmére
    - RADIUS (de facto)
      - Hitelesítés a hozzáférési pontokon túl
      - Széles körben elfogadott és alkalmazott hitelesítési módszer
    - EAP és EAPoL (EAP over Lan)
      - Transzport protokoll a biztonság (hitelesítés és adatvédelem) egyeztetésére
      - EAP-MD5 Challange, EAP-TLS, LEAP (EAP-Cisco Wireless), PEAP
    - Nagyon jól illik WLAN környezetbe:
      - Felhasználó alapú hitelesítés
      - A hozzáférési pont nem ismeri a hitelesítést (egyszerű és olcsó)
      - Központosított hitelesítés

802.1x és WEP

- Nem célja, hogy javítsa a WEP hibáit!
  - Az adatok biztonságát továbbra is a WEP biztosítja (így persze nem ér semmit)
  - De a 802.1x képes kulcsot egyeztetni az adattitkosítás számára is
- Új protokollok a WEP javítására
  - TKIP, CCMP, WRAP
  - Együttműködnek a 802.1x protokollal

802.1x protokollok

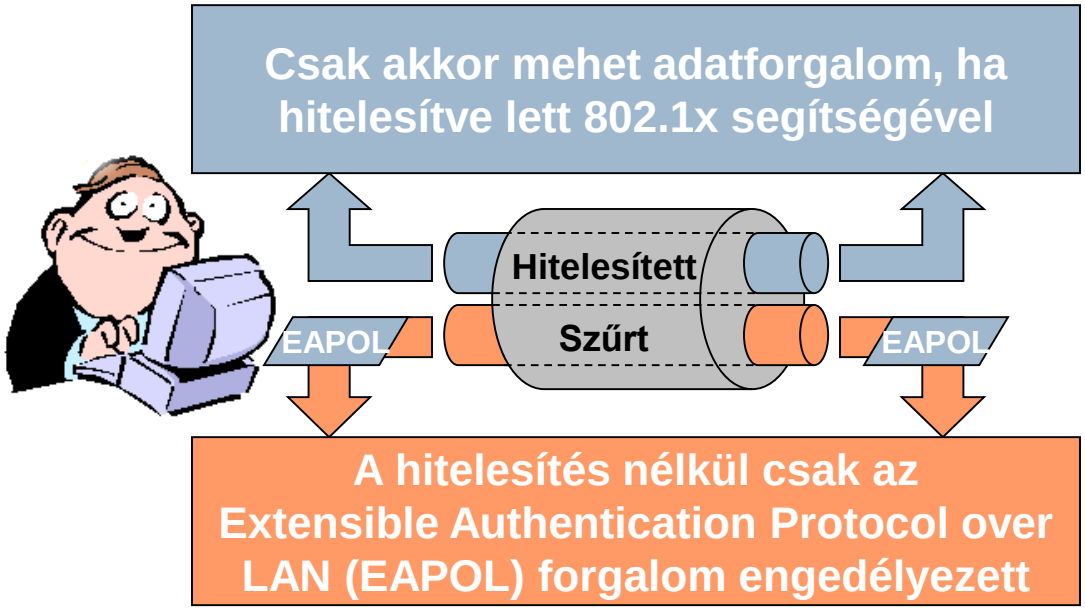


EAPoL (EAPoW)

- EAP over LAN: EAP adaptáció a port alapú (802.1X) környezethez
- EAPoL kerettípusok:
  - EAP keret
    - Beágyazott EAP keret
  - EAPoL-Start
    - A kliens küldi, hogy elindítsa az EAP kommunikációt. Hatására EAP-Request/Identity jön
  - EAPoL-Logoff
    - Port lezárása
  - EAPoL-Key
    - Kulcscsere
  - EAPoL-Encapsulated-ASF-Alert
    - Riasztások engedélyezése az adott porton. (Pl. SNMP trap)

Hozzáférés szűrés

- Kezdetben csak EAPoL forgalom



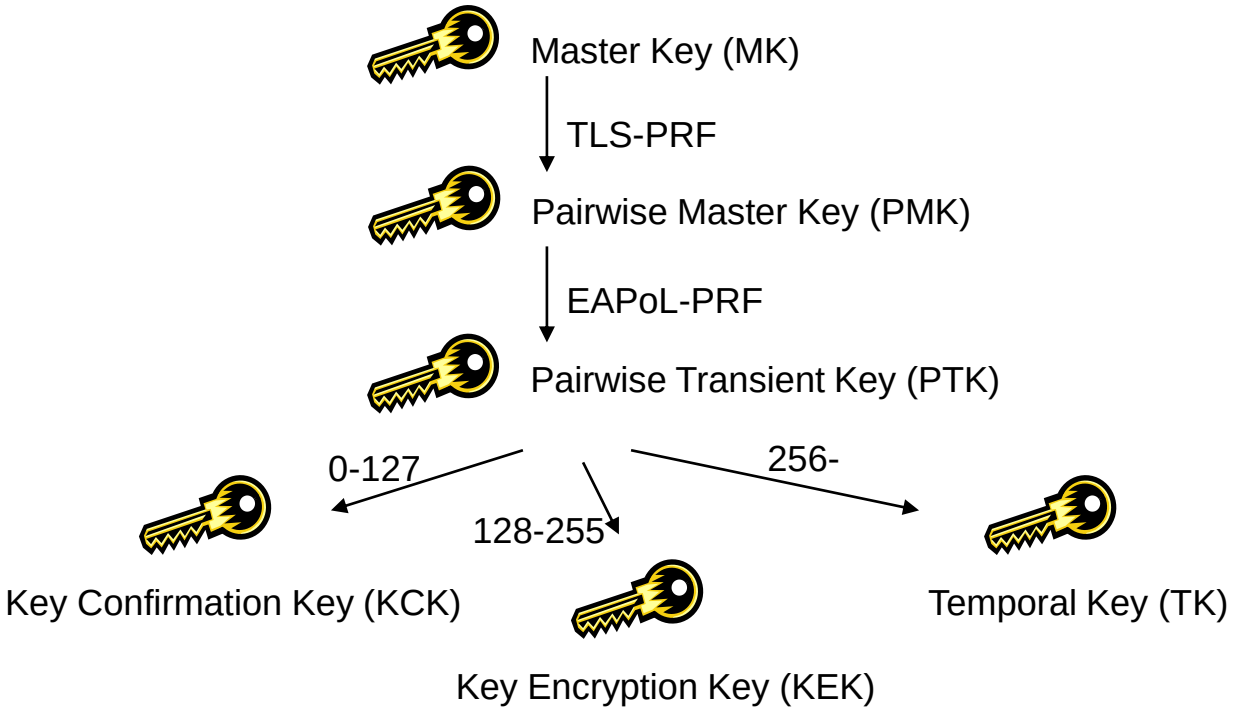
Kulcsok

- Master Key (MK)
  - A viszony alatt fennálló szimmetrikus kulcs a felhasználó (STA) és a hitelesítő szerver között (AS)
  - Csak ők birtokolhatják (STA és AS)
  - Minden más kulcs ebből származik
- Pairwise Master Key (PMK)
  - Frissített szimmetrikus kulcs a felhasználó (STA) és a hozzáférési pont (AP) között
  - A felhasználó (STA) generálja a kulcsot MK alapján
  - A hozzáférési pont (AP) a hitelesítő szervertől (AS) kapja

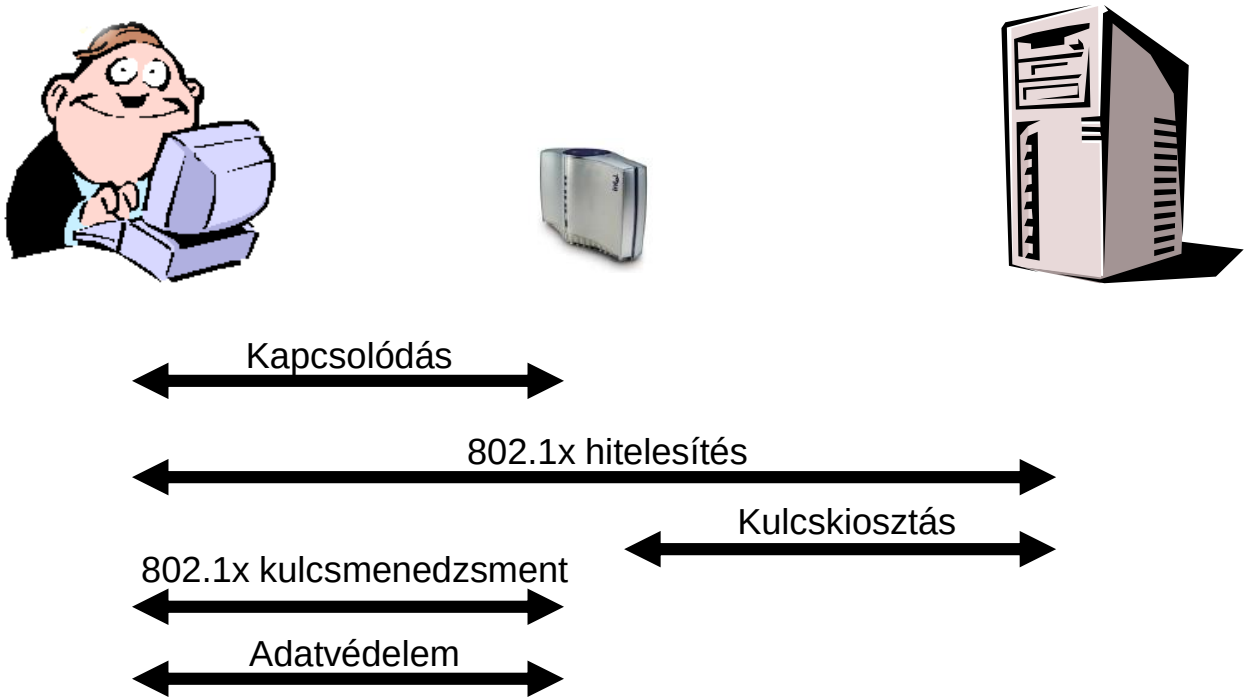
Kulcsok (folyt.)

- Pairwise Transient Key (PTK)
  - A felhasznált kulcsok gyűjteménye
  - Key Confirmation Key (PTK bitek 1-128)
    - A PMK ismeretének bizonyítása
  - Key Encryption Key (PTK bitek 129-256)
    - Más kulcsok terjesztése
  - Temporal Key (TK) (PTK bitek 257-..)
    - Az adatforgalom biztosítása

Kulcs hierarchia



802.1x működési fázisok



802.1x működési fázisok (folyt.)

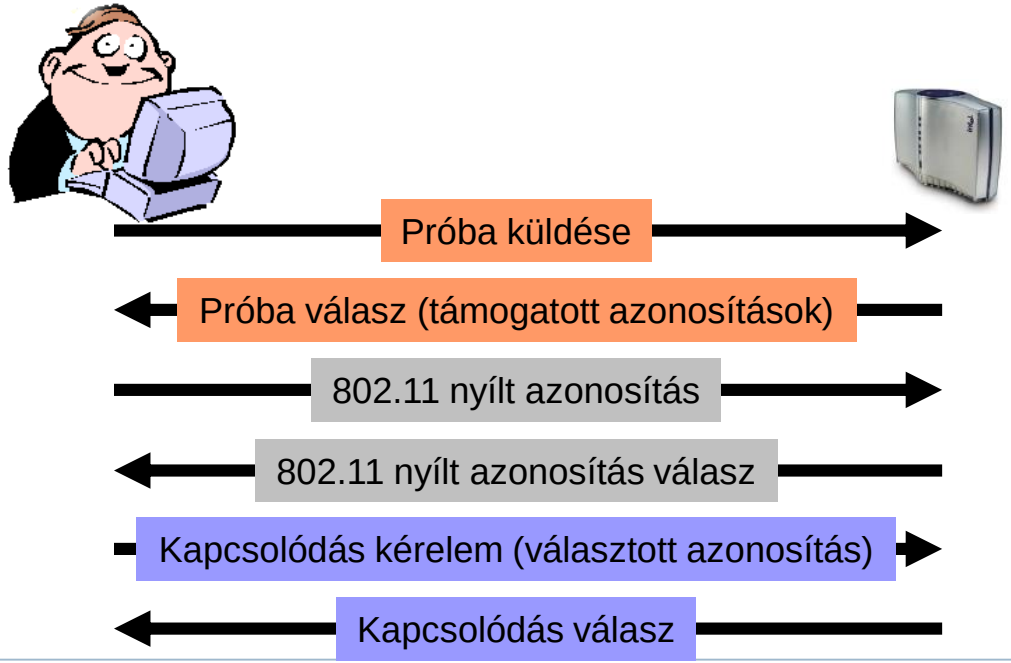
- Kapcsolódás
  - A kommunikáló felek megállapítása (STA és AP)
  - A hozzáférési pont (AP) képességeinek ismertetése
- 802.1x hitelesítés
  - Központosított döntés a hitelesítő szervernél (AS)
  - A felhasználó (STA) eldönti, hogy kíván-e csatlakozni
  - A felek (STA és AS) kölcsönös azonosítása
  - Master kulcs (MK) és Pairwise Master kulcs (PMK) generálása

802.1x működési fázisok (folyt.)

- Kulcskiosztás
  - A Pairwise Master kulcs (PMK) mozgatása a hozzáférési ponthoz (AP)
- 802.1x kulcsmenedzsment
  - A PMK hozzárendelése a felekhez (STA és AP) + ellenőrzés
  - Friss kulcsok generálása (PTK) és szétosztása

Kapcsolódás

- Kapcsolódás (authentication + association)



Kapcsolódás lépései

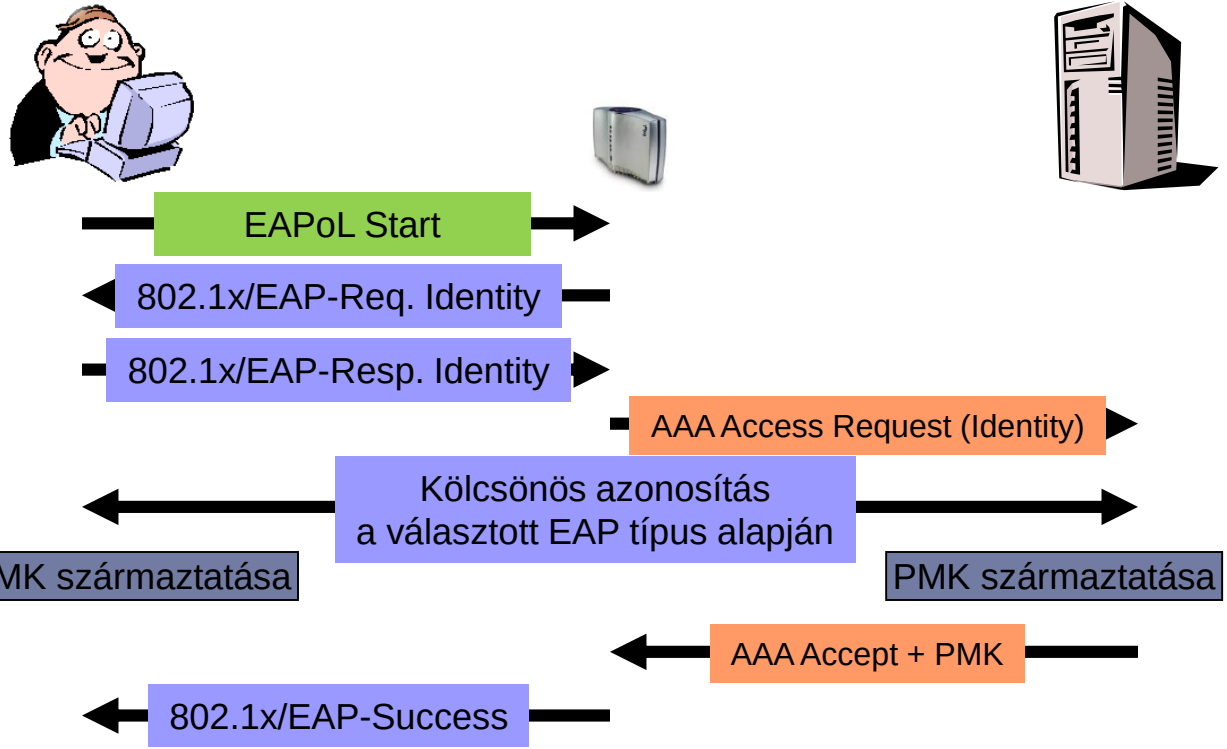
1. Beacon vagy Probe (próba) küldése és válasz
   - Az AP tulajdonságai:
     - SSID: Az hozzáférési pont azonosítása
     - Támogatott hitelesítések
     - Támogatott unicast/multicast titkosítások
   - Biztonság szempontból nem számít, bár néha elhagyják az SSID-t
     - „nem látható hálózatok”

Képesség felderítés lépései (folyt.)

2. 802.11 nyílt azonosítás
   - Kompatibilitás miatt tartották meg
   - Semmi biztonság nincs benne
   - Létezik közös titok alapú hitelesítés is, ez a WEP alapján működik (hamisítható)
3. Kapcsolódás (asszociáció) kérelem/válasz
   - A hozzáférési pont által hirdetett hitelesítés kiválasztása

- Itt még nincs biztonság semmilyen szinten!
- A felek készek a hitelesítésre és a kommunikációra

802.1x hitelesítés



802.1x hitelesítés lépései

- A hitelesítést a felhasználó indítja, de a hitelesítő szerver (AS) választja meg a módszert
  - A hitelesítő legtöbbször RADIUS szerver
    - Tapasztalatok, fejlesztések
  - A hitelesítő módszer legtöbbször EAP-TLS, EAP-TTLS vagy PEAP
    - Több kell, mint kihívás alapú hitelesítés
    - Privát/publikus kulcsok használata
- Sikeres hitelesítés esetén a hozzáférési pont (AP) megkapja a Pairwise Master Key (PMK) –t is
- Otthoni és ad-hoc környezetben nem szükséges hitelesítő központ
  - Pre-shared Key (PSK) használta PMK helyett
  - Az otthoni felhasználó ritkán kezel kulcsokat..

802.1x hitelesítés gondok

- Az EAP nem biztosít védelmet
  - Hamisított AAA-Accept üzenetek
- RADIUS
  - Statikus kulcs a hozzáférési pont (AP) és a hitelesítő szerver (AS) között
  - A hozzáférési pont minden üzenettel együtt egy kihívást is küld
    - Hamisított üzenetekre a RADIUS szerver gond nélkül válaszol
      - A válaszban használja a titkos kulcsot is
  - Megoldást a DIAMETER hitelesítő jelenthet
    - Sajnos úgy látszik ez sem fogja tökéletesen megoldani a problémát

802.1x kulcsmenedzsment

- A Pairwise Master Key (PMK) segítségével a felhasználó (STA) és a hozzáférési pont (AP) képes előállítani a Pairwise Transient Key (PTK) –t
  - A PMK kulcsot (ha a hitelesítő szerverben (AS) lehet bízni, akkor csak ők ismerik
  - A PTK kulcsot mindketten (STA és AP) származtatják (nem utazik a hálózaton!) és ellenőrzik, hogy a másik fél valóban ismeri
    - 4 utas kézfogás
  - A többi kulcsot vagy egyenesen a PTK –ból származtatják (megfelelő bitek) vagy a KEK segítségével szállítják a hálózaton (pl. Group TK)

4 utas kézfogás

Véletlen ANonce

EAPoL-Key(ANonce)

Véletlen SNonce

PTK előállítása: (PMK, ANonce, SNonce, AP MAC, STA MAC)

EAPoL-Key(SNonce, MIC)

PTK előállítása

EAPoL-Key(ANonce, MIC)

EAPoL-Key(MIC)

4 utas kézfogás lépései

- MIC: Az üzenetek integritásának védelme
- Man-in-the-middle támadások kizárása
  - A 2. üzenet mutatja, hogy
    - A felhasználó (STA) ismeri PMK –t
    - A megfelelő ANonce –t kapta meg
  - A 3. üzenet mutatja, hogy
    - A hozzáférési pont (AP) ismeri PMK –t
    - A megfelelő SNonce –t kapta meg
- A 4. üzenet csak azért van, hogy teljes legyen a kérdés/válasz működés

Krackattacks

- Discovered in 2017, fix ?

- Key Reinstallation Attacks
  - Tricking the 4 way handshake, and old key can be reinstalled
  - All counters are reset with the 'new' old key

  - Messages can be lost naturally
    - When AP thinks the 3rd message is lost, it will send a new one
    - When client receives the 3rd message, it continues from that point

  - All zero encryption key???
    - Linux & Android wpa_supplicant
    - Erase key from memory after use…

Adatvédelem

- A TK (multicast esetén Group Transient Key - GTK) felhasználható az adatok tikosítására
  - A kulcsot a hitelesítés mellett egyeztetik (melléktermék)
- Felhasználható titkosítások:
  - TKIP
  - CCMP
  - WRAP (Patent gondok, nincs a szabványban)

WPS – WiFi Protected Setup

WPS - Wi-Fi Protected Setup

- Cél, hogy az egyszerű felhasználó is biztonságosan tudja használni az WiFi routert (SOHO környezet, 2007)
  - PIN kódos
    - Belső: PIN kód a WiFi eszköz konfiguráló weblapján
    - Külső: PIN kód kívülről (nem igényel előzetes csatlakozást)
  - Nyomógombos (Push-Button-Connect)
  - Egyéb megoldások
- Kommunikáció EAP üzenetek segítségével

- Gondok a tervezésnél
  - PIN kód (7 számjegy + 1 ellenőrző) esetén a helyes kódot 2 félben ellenőrzi le az AP. Emiatt 10^7 helyett csak $10^4 + 10^3$ ellenőrzés kell.
  - Brute Force támadás, 0-3 mp per próbálkozás
    - A DH algoritmus miatt lassú
- Megoldás
  - Letiltjuk a WPS-t (nem biztos, hogy le lehet tiltani).
  - Lock down

WPS üzenetek

IEEE 802.11			
	Supplicant → AP	Authentication Request	802.11 Authentication
	Supplicant ← AP	Authentication Response	
	Supplicant → AP	Association Request	802.11 Association
	Supplicant ← AP	Association Response	
IEEE 802.11/EAP			
	Supplicant → AP	EAPOL-Start	EAP Initiation
	Supplicant ← AP	EAP-Request Identity	
	Supplicant → AP	EAP-Response Identity (Identity: "WFA-SimpleConfig-Registrar-1-0")	
IEEE 802.11/EAP Expanded Type, Vendor ID: WFA (0x372A), Vendor Type: SimpleConfig (0x01)			
M1	Enrollee → Registrar	N1 || Description || PK_E	Diffie-Hellman Key Exchange
M2	Enrollee ← Registrar	N1 || N2 || Description || PK_R || Authenticator	
M3	Enrollee → Registrar	N2 || E-Hash1 || E-Hash2 || Authenticator	
M4	Enrollee ← Registrar	N1 || R-Hash1 || R-Hash2 || $E_{KevWrapKev}$(R-S1) || Authenticator	proove posession of 1st half of PIN
M5	Enrollee → Registrar	N2 || $E_{KeyWrapKey}$(E-S1) || Authenticator	proove posession of 1st half of PIN
M6	Enrollee ← Registrar	N1 || $E_{KeyWrapKey}$(R-S2) || Authenticator	proove posession of 2nd half of PIN
M7	Enrollee → Registrar	N2 || $E_{KeyWrapKey}$(E-S2 ||ConfigData) || Authenticator	proove posession of 2nd half of PIN, send AP configuration
M8	Enrollee ← Registrar	N1 || $E_{KeyWrapKey}$(ConfigData) || Authenticator	set AP configuration

Enrollee = AP Registrar = Supplicant = Client/Attacker	PSK1 = first 128 bits of $HMAC_{AuthKey}$(1st half of PIN) PSK2 = first 128 bits of $HMAC_{AuthKey}$(2nd half of PIN)
PK_E = Diffie-Hellman Public Key Enrollee PK_R = Diffie-Hellman Public Key Registrar Authkey and KeyWrapKey are derived from the Diffie-Hellman shared key.	E-S1 = 128 random bits E-S2 = 128 random bits E-Hash1 = $HMAC_{AuthKey}$(E-S1 || PSK1 || PK_E || PK_R) E-Hash2 = $HMAC_{AuthKey}$(E-S2 || PSK2 || PK_E || PK_R)
Authenticator = $HMAC_{Authkey}$(last message || current message)	R-S1 = 128 random bits R-S2 = 128 random bits R-Hash1 = $HMAC_{AuthKey}$(R-S1 || PSK1 || PK_E || PK_R) R-Hash2 = $HMAC_{AuthKey}$(R-S2 || PSK2 || PK_E || PK_R)
$E_{KeyWrapKey}$ = Stuff encrypted with KeyWrapKey (AES-CBC)	

Captive portál

Védelem a felsőbb rétegekben

Captive portal

- Védelem a hálózati rétegben
  - Layer 2 védelem nélkül
- Hitelesítés web szerver segítségével
  - A felhasználó nyíltan hozzákapcsolódhat a hálózathoz, de kezdetben tűzfal zárja el külvilágtól
    - DHCPvel címet is szerezhet
  - Az első böngészés kérése átirányítódik a szolgáltató lapjára, ahol hitelesítheti magát
    - A hitelesítő lap TLS védett
  - Sikeres hitelesítés esetén a tűzfalat felnyitják
  - A forgalmat a továbbiakban titkosítani kell!