Paroolide murdmine vastavate tabelitega (rainbow table). „Sool“ paroolide krüpteerimisel. Protokoll IPSec, võtmevahetus IKE protokolliga.

Erika Matsak, PhD

1

Brute-force ründed

- Kontrollitakse kõikvõimalikud paroolid kuni sobiv parool on leitud.
- Lihtne murda lühikest parooli. Parooli pikendamisega kasvab ülesande keerukus eksponentsiaalselt

Parooli/võtme pikkus bittides	Permutatsioonide arv	Brute-force aeg murdmiseks (2^{56} permutatsiooni sekundis)
8	2^{8}	0 millisekundit
40	2^{40}	0.015 millisekundit
56	2^{56}	1 sekund
64	2^{64}	4 minutit ja 16 sekundit
128	2^{128}	149,745,258,842,898 aastat
256	2^{256}	50,955,671,114,250,072,156,962,268,275,658, 377,807,020,642,877,435,085 aastat

2

```
Brute Force Attack

Trying aaaa : failed
Trying aaab : failed
Trying aaac : failed
        ...
Trying acdb : failed
Trying acdc : success!
```

3

Vikerkaare tabelid (Rainbow tables)

- Moodustatakse tabeleid, mis sisaldavad kõiki võimalikke paroole, mida on võimalik genereerida etteantud sümbolitest
- Tabelis on võimalik arvestada paroolide pikkusega, suurte ja väikeste tähtedega, numbritega ja erisümbolitega (character-set)
- Tabelite genereerimiseks kasutatakse vastavat tarkvara, protseduur on palju aega nõudev, tabelite suurus on GB-des.
- Igast paroolist genereeritakse hash, mida töödeldakse redutseerimisfunktsiooniga
- Redutseerimisfunktsioon taastab parooli kasutades hash-koodi

4

Vikerkaare tabelid (Rainbow tables). Näited tähestiku valikutest

- numeric = [0123456789]
- alpha = [ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ]
- alpha-numeric = [ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789]
- loweralpha = [abcdefghijklmnopqrstuvwxyz]
- loweralpha-numeric = [abcdefghijklmnopqrstuvwxyz0123456789]
- mixalpha = [abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ]
- mixalpha-numeric = [abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789]
- ascii-32-95 = [!"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz{|}~]
- ascii-32-65-123-4 = [!"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ[\]^_`{|}~]
- alpha-numeric-symbol32-space = [ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789!@#$%^&*()-_+=~`[]{}|\:;"'<>,.?/]
- oracle-alpha-numeric-symbol3 = [ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789#$_]

5

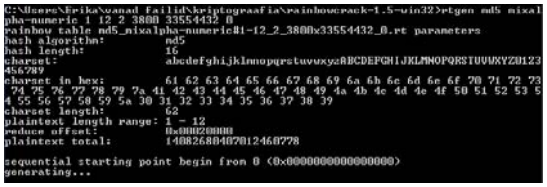
Vikerkaare tabelid (Rainbow tables).

- Kui tegu on parooliga, mille pikkus on kuni 8 sümbolit, mis koosneb tähtedest, numbritest ja erisümbolitest, siis tõenäosus, et õnnestub hash-koodi murda on 75.42%. Vastavate vikerkaare tabelite suurus on 596GB. Tabelite genereerimine Pentium 3 protsessoriga arvutis võtab aega 3 aastat. Hash-koodi murdmine vastavate tabelitega mitte rohkem kui 22min.
- Tabelite genereerimiseks saab kasutada korraga mitmeid arvuteid, sel juhul saab tabelid valmis kiiremini. Näiteks, kui genereeritakse saja arvutiga, siis on tabelid valmis 11 ööpäevaga.

6

Vikerkaare tabelid (Rainbow tables).

- Iga hash-funktsiooni tüübi jaoks luuakse eraldi tabelid. Kui tegu on md5, siis tabelid, peavad olema genereeritud just md5 jaoks, kui sha1-ga, siis just sha1 jaoks jne.



Vikerkaare tabelid (Rainbow tables).

- Olgu, et meil on olemas hash-funktsioon H ning lõplik hulk paroole P.
- Eesmärgiks on seostada H(*p*)=*h*, et oleks võimalik edaspidi *h* järgi tuvastada *p*, või vähemalt tuvastada, et sellist *p* pole meie tabelis olemas.
- Kõikide paroolide ja hash-koodide sõnastiku moodustamise korral on tulemuslik tabel väga mahukas.
- Hash-ahelad (hash-chains) on spetsiifiline tehnika H(*p*)=*h* seostamiseks. Teostatud reduktsioonifunktsioonide abil. Tabelis hoitakse esimest ja viimast parooli ahelast

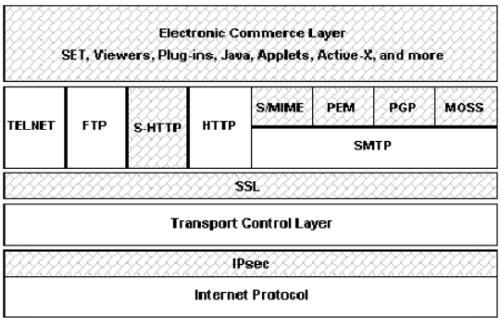
$$\text{aaaaaa} \xrightarrow[H]{} \text{281DAF40} \xrightarrow[R]{} \text{sgfnyd} \xrightarrow[H]{} \text{920ECF10} \xrightarrow[R]{} \text{kiebgt}$$

Sool paroolides

- Krüptograafias on sool – juhuslike sümbolite jada, mida sisestatakse hash-funktsioonidesse koos parooliga
- Sool kaitseb vikerkaare tabelitega seotud murdmiste eest
- Sool on 8-12 sümbolite pikk. Vikerkaare tabelid ei ole mõeldud nii pikkade paroolide murdmiseks
- Op. süsteemide näited, mis kasutavad soola:
  - Linux (koos MD5, SHA-256 või SHA-512)
  - Wordpress (koos MD5)
  - Joomla alates versioonist 1.0.13 (koos MD5)

Sool peab olema genereeritud kasutades: Cryptographically Secure Pseudo-Random Number Generator (CSPRNG)
https://crackstation.net/source/password-hashing/PasswordHash.java
https://crackstation.net/source/password-hashing/PasswordHash.php

Protokollid ja nende hierarhia



10

Mõned tähtsad protokollid

- Electronic commerce layer, PayPal, Ecash, 3D secure
- S-http, PGP, PGM, S/MIME
- Transport Layer security (ssh, ssl, tls)
- Transmition Control Protocol (TCP), User Datagramm Protocol (UDP)
- IPsec (Internet Security Protocol)

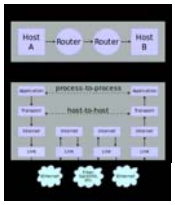
11

TCP/IP

- TCP-IP protokoll ei võimalda turvalisust. Edastatavad sõnumid on kõigile nähtavad, krüpteerimist ei kasutata
- Ei ole võimalik veenduda, et saatja on just see kelleks ta end nimetab
- Ei ole võimalik veenduda, et saadetud info on tulnud kohale just sellisel kujul nagu see oli saadetud
- Ei ole võimalik kaitsta andmeid pealtkuulamise eest

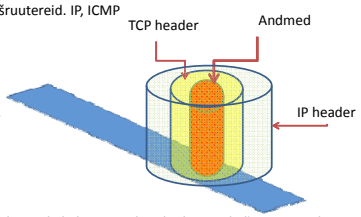
12

TCP/IP ja muud kihid



Rakenduskiht (application layer). Sisaldab kasutajaga seotud toiminguid. Üle võrgu suhtlemiseks: POP, IMAP, SMTP, FTP, HTTP
Transpordikiht (transport layer). Juhib programmide omavahelist suhtlemist võrgus: UDP, TCP
Võrgukiht (network layer)- võimaldab andmeedastust masinate vahel, mis asuvad erinevates alamvõrkudes. Kasutatakse marsruutereid. IP, ICMP

Võrgupööruskiht (link layer)- toimub füüsiline adresseerimine ja füüsiliste parameetrite määramine.
Füüsiline kiht (physical layer)- füüsiline andmeedastus



IP päis vastutab selle eest, et oleks teada kuhu on andmed edastatud võrgus. Näiteks punktist A punkti B
TCP päis – kuhu peaksid olema andmed edastatud süsteemis B

13

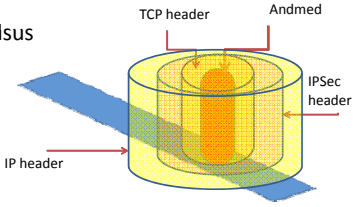
Protokoll IPSec

- Selleks, et alustada turvalist ühendust IPSec protokolli abil, peavad osapooled vahetama võtmeid, näiteks IKE (Internet Key Exchange) protokolli abil
- IPSec on kolmanda kihi (network -võrgukiht) protokoll ning on kasutatav TCP ja UDP protokollidega
- IPSec protokollis on võimalik kasutada kahte režiimi: transpordikihi ja tunneli tasemel
- IPSec protokoll vajab kaht andmebaasi:
  - Security association database: Turvaindeksid. Sisaldab informatsiooni, mis on vajalik ühe paketi kapseldamiseks: krüptoalgoritme, võtmete suurust, paketi numbreid jne
  - Security policy database: Turvapoliitikad. Andmed selle kohta millal tohib ja millal mitte võtta vastu mittekaitstud pakette

14

Protokoll IPSec server 2003 näitel

- Tagab järgmisi asju:
  - Autentimine
  - Terviklus
  - Konfidentsiaalsus

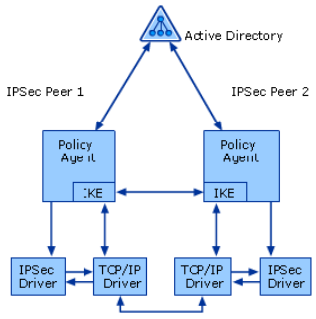


Kommunikatsiooni võimalus:

•Klient-Server
•Server-Server
•Üks võrk- teine võrk (network-network)

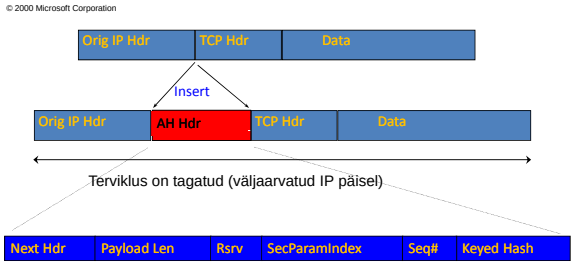
15

Protokoll IPSec server 2003 näitel



16

IPSec Autentimise päis: Authentication Header (AH) transpordikihi tasemel



Klient-Server autentimine

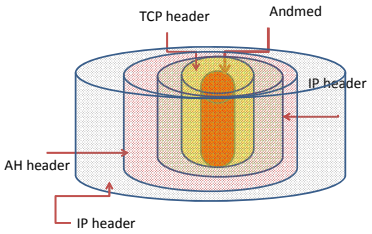
IPSec Autentimise päis: Authentication Header (AH) transpordikihi tasemel

- AH eesmärk. Kaitse rünnete eest, mis on suunatud tervikluse vastu, sh võrguaadressi võltsimisele.
- Next Hdr (8 bitti) – protokolli nimetus, mis järgneb AH-le
- Payload Len (8 bitti) – AH suurus 32 bitistes sõnades miinus 2, peab olema jagatav 8 Baidiga
- Rsrv (8 bitti) - reserveeritud, täidetakse nullidega
- SecParamIndex (32 bitti) - turvalisuse indeks SPI1…255 http://www.omnisecu.com/security/ipsec/ipsec-security-parameter-index-spi.php
- Seq# (32 bitti) – paketi järjekorra number, kaitseb selle eest, et autentimisega seotud parameetreid ei saaks kasutata mitmekordselt
- Keyed Hash-kontrollsumma arvutamine
- AH järgi on võimalik kasutada ESP (Encapsulating Security Payload), mis on sarnane AH-ga, aga võimaldab sisu edastamist krüpteeritud kujul

18

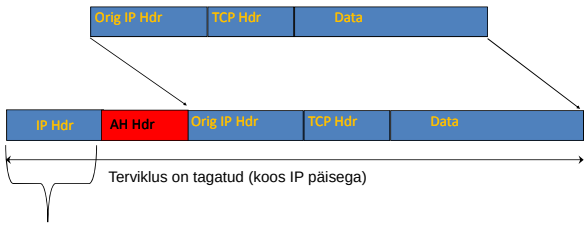
Protokoll IPSec pakett tunneli jaoks server 2003 näitel

- IP päist on kasutatud kaks korda



19

IPSec Autentimise päis: Authentication Header (AH) tunneli tasemel



Uus IP päis koos IP aadressiga

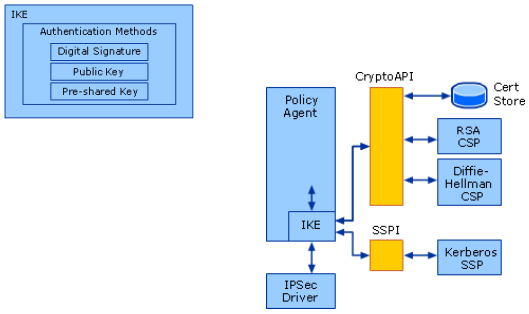
Windows server 2008 edasiarendused

- Integreeritud windows tulemüüriga
- Toetab IPv6
- Integreeritud Nap-iga (Network Access Protection), mis kontrollib, kas võrk on turvaline
- Rohkem krüpteerimisalgoritme

Kasutatud: ITFreeTraining.com

21

Paar sõna IKE kohta



https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc759130%28v=ws.10%29.aspx

22

IKE

- Edastab SA (Security association) parameetreid, moodustab ja kustutab SA
- Kooskõlastab protokollide kasutust
- Genereerib võtmeid
- Koosneb järgmistest etappidest:
  - Faas 1. SA moodustamine IKE jaoks, kaks režiimi: tavaline ja agressiivne
  - Faas 2. SA moodustamine IPSec jaoks. Töötab ainult kiirrežiimis
  - IKE SA hooldus (Maintenance)
  - Kokkulepped millist Diffie-Hellman gruppi kasutada

23

IKE

- Esimese sammuna lepitakse kokku, millist autentimismeetodit hakatakse kasutama:
  - Eelvahetatud võtmed (preshared keys)
  - Kerberos
  - Digiallkiri koos DSA-ga
  - Digiallkiri koos RSA-ga
  - Autentimine, mis kasutab krüpteeritud juhuarve (*nonce)*.

24

IKE. Agressiivne režiim

In aggressive mode, Alice chooses some Elgamal context (p, g). Bob may not support it, and reject the connection. If that happens, Alice should try and connect to Bob using main mode.

Aggressive mode provides mutual authentication, and a shared secret g^{ab} mod p, which can be used to derive keys for the symmetric crypto protocols.

25

Diffie-Hellman'i rühmad

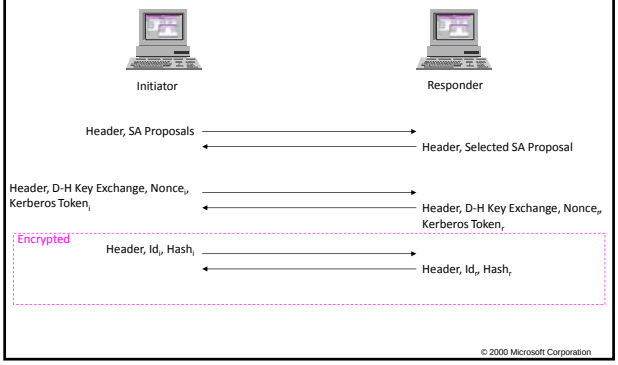
$A=g^a \bmod p$

1. MODP rühm, mis kasutab 768-bitist moodulit
2. MODP rühm, mis kasutab 1024-bitist moodulit
3. ECP rühm, mis kasutab 155-bitist moodulit
4. EC2N rühm, mis kasutab 185-bitist moodulit
5. MODP rühm, mis kasutab 1680-bitist moodulit

Rühmad, mis on indekseeritud EC2N kasutavad elliptiliste kõverate algoritmi

26

Tavaline režiim, autentimiseks Kerberos



Tavaline režiim, autentimiseks sertifikaat


Initiator


Responder

Header, SA Proposals →

← Header, Selected SA Proposal

Header, D-H Key Exchange, $Nonce_i$ →

← Header, D-H Key Exchange, $Nonce_r$, Certificate Request

Encrypted

Header, Id_i, $Certificate_i$, $Signature_i$, Certificate Request →

← Header, Id_r, $Certificate_r$, $Signature_r$

Tavaline režiim, autentimiseks eelvahetatud võtmed (Pre-shared Key)


Initiator


Responder

Header, SA Proposals →

← Header, Selected SA Proposal

Header, D-H Key Exchange, $Nonce_i$ →

← Header, D-H Key Exchange, $Nonce_r$

Encrypted

Header, Id_i, $Hash_i$ →

← Header, Id_r, $Hash_r$

Kiirrežiim (Quick Mode Negotiation)


Initiator


Responder

Encrypted

Header, IPSec Proposed SA →

← Header, IPSec Selected SA

Header, Hash →

← Header, Connected Notification

IKE poliitikad

- Kui on SA mehhanismid kokkulepitud, on vaja leppida kokku poliitikad
- Poliitika on antud juhul midagi sellist nagu: kõike tuleb autentida ja võimalusel krüpteerida ning kui võimalik, siis kokku pakkida
- Iga operatsiooni jaoks on võimalik valida mitu algoritmi
- Kokkulepe poliitikas töötab nii, et initsiaator pakub välja algoritme ja vastaja eemaldab nimekirjas kõike, mis talle ei sobi

http://www.youtube.com/watch?v=taUdRQHfjMQ&feature=related

31