Hálózati ismeretek

Titkosítási technológiák áttekintése

Hash algoritmusok

Hash algoritmusok

- Bemenet: végtelen hosszú adat.
- Kimenet: fix hosszúságú adat.
- A képzési eljárás egyirányú, a tényleges adat nem nyerhető ki az ellenőrző összegből.
- Egy ellenőrző összeg több bemeneti kombinációhoz is tartozhat.

Hash algoritmusok használata

- Jelszavak titkosítására
  - Regisztrációkor:
    - Jelszó hash eltárolása adatbázisban
  - Belépéskor:
    - Beírt jelszó hash kiszámítása, majd összehasonlítás adatbázisban tárolt hash-el.
    - Ha a 2 megegyezik, akkor minden ok, ellenkező esetben hiba.

Hash algoritmusok használata

- Fájlok aláírása
  - Leginkább futtatható fájlok esetén használják más titkosítási technológiákkal együtt
  - Aláírt .exe és .dll fájlról meg tudja mondani a rendszer, hogy az előállítása óta megsérült - e, vagy módosította - e egy vírus.
  - Kevés az ilyen .exe és .dll

Hash algoritmusok használata

- Adatátvitel esetén integritás tesztelésre
  - Ma már leginkább protokollszinten, de ettől függetlenül is alkalmazható
  - Küldő küldi a fájlt, és a Hash adatot
  - Fogadó a fogadott fájlra szintén kiszámolja a hash-t, majd a fogadott és kapott hash-t bitenként összehasonlítja.
  - Ha megegyeznek, akkor az átvitelben nem volt probléma. Ha igen, akkor újraküldés lesz.

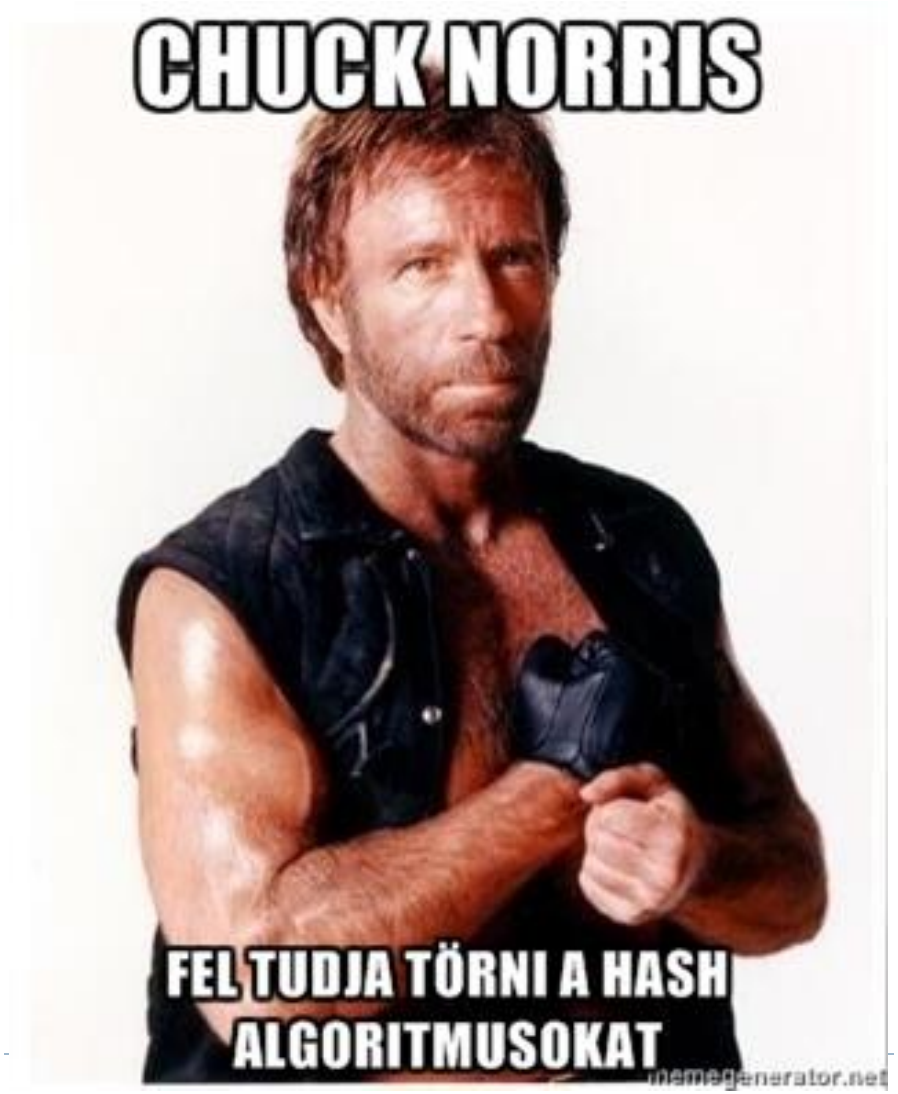
Hash algoritmusok problémái

- Sebesség
  - Minél komplexebb a funkció, annál lassabb lesz az algoritmus.
- Átfedések
  - Több bemeneti adatnak is lehet azonos a hash-e definícióból adódóan.
  - Cél: Minimalizálni ennek az esélyét. Kézenfekvő eszköz a kimeneti bitek számának növelése.

Hash algoritmusok problémái

- Idővel minden algoritmus elavul, hiszen egyre gyorsabbak a gépek
- Gyorsabb gépekkel könnyebb megtalálni azokat a bemeneti kombinációkat, amelyek ugyanazt a kimenetet produkálják.
- Ha ez nem lenne elég, van egy ennél sokkal komolyabb gond is…

Hash algoritmusok problémái



Hash algoritmusok

- Kb. annyi van, mint égen a csillag.
- Három darab algoritmusról lesz ma szó:
  - CRC32
  - MD5
  - SHA család

CRC-32

- A CRC hash algoritmusok családjának 32 bites változata.
- Őse, a CRC-8 története 1961-ig nyúlik vissza.
- Ezen algoritmusok azért jók, mivel könnyű őket hardveresen és szoftveresen is implementálni.
- Feltalálója W. Wesley Peterson.
- A CRC32 1975-ben jelent meg.

CRC-32

- Elsősorban átviteli hibák detektálására használják.
- Más célokra a kevés bitszám miatt nem alkalmas.
- Számos helyen alkalmazott:
  - Ethernet, SATA, MPEG2, ZIP, GZIP, PNG, Stb…
- Elődei és utódai még több helyen vannak alkalmazva.

CRC32 működése

- Biteltolások és XOR műveletek sorozatával dolgozik.
- Fontos eleme az alapszám, amely mindig egy bittel hosszabb, mint az algoritmus bitjeinek száma.
- Algoritmusonként eltér, kiválasztásánál fontos tényező az adatcsomagok mérete, hogy minimalizálják a hibákat.
- Az alapszám és az adaton elvégzett műveletek sorozataként áll elő a hash kód.

Egy C++ CRC-32 implementáció

```
//összesen 17 sor ☺
unsigned int CRC32_function(const unsigned char *buf, unsigned long len)
{
    unsigned long crc_table[256];
    unsigned long crc;
    for (int i = 0; i < 256; i++) {
        crc = i;
        for (int j = 0; j < 8; j++) {
            crc = crc & 1 ? (crc >> 1) ^ 0xEDB88320UL : crc >> 1;
        }
        crc_table[i] = crc;
    }
    crc = 0xFFFFFFFFUL;
    while (len--) {
        crc = crc_table[(crc ^ *buf++) & 0xFF] ^ (crc >> 8);
    }
    return crc ^ 0xFFFFFFFFUL;
}
```

MD5

- RFC 1321
- 1991-től
- 2008 óta titkosítási célokra nem ajánlott, mivel több súlyos hibát találtak benne.
- 128 bites hash = 16 byte
- Általában 32db hexa karakterként kifejezve

Az MD5 működése

- Első lépésben bemeneti adat 512 bites blokkokra bontása
- Amennyiben az adat nem osztható 512-vel, akkor kiegészíti a végét 0-val.
  - Utolsó 64 bit, ha lehetősége van rá, a bemeneti adat bitjeinek száma előjel nélküli egész számként.
- Fő algoritmus: 128 biten dolgozik 4x32 bit formában.

Az MD5 működése

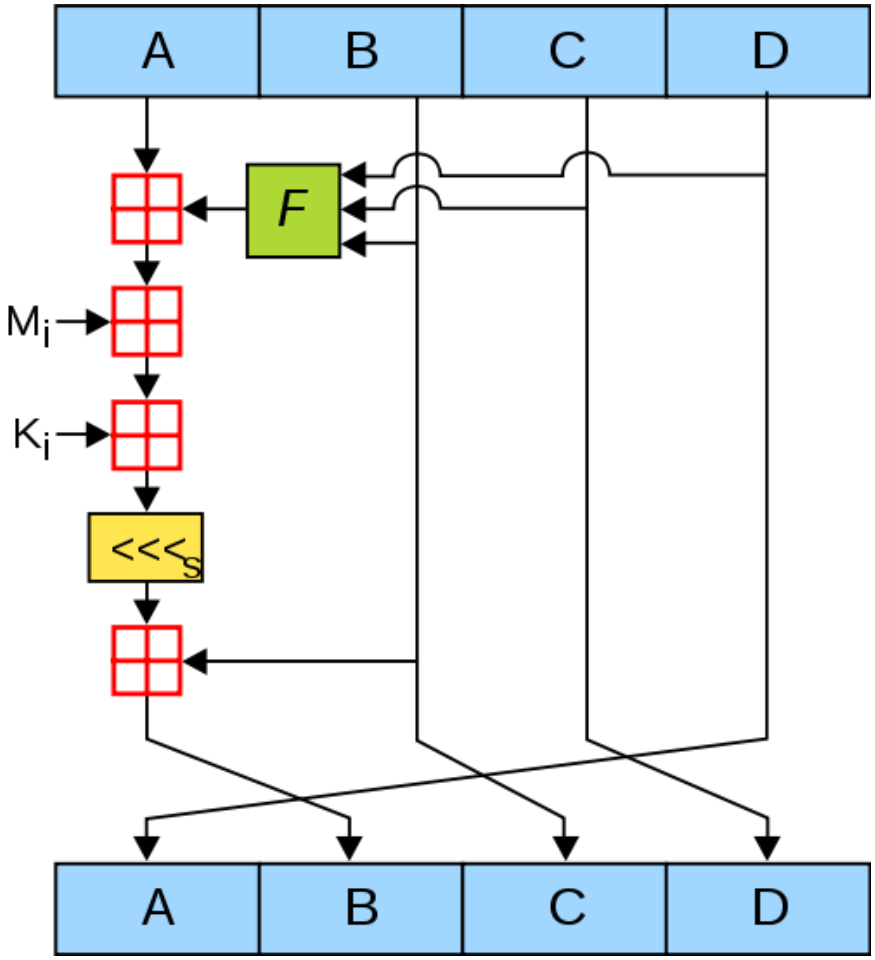
- 4db 32 bites szám (A, B, C, D) előre meghatározott konstansról indul.
- Az adat feldolgozása 512 bites blokkokban történik, ami tovább van bontva 32 bitre.
- A feldolgozott adat módosítja a 4db 32 bites szám értékét.
- 4db módosító függvényt használt, amelyek 128 bit feldolgozása után váltakoznak.

Az MD5 működése

- Módosító függvények:

$$F(X,Y,Z) = (X \wedge Y) \vee (\neg X \wedge Z)$$
$$G(X,Y,Z) = (X \wedge Z) \vee (Y \wedge \neg Z)$$
$$H(X,Y,Z) = X \oplus Y \oplus Z$$
$$I(X,Y,Z) = Y \oplus (X \vee \neg Z)$$

Az MD5 működése



Mi: Adat 32 bitje
Ki: Konstans, ami a következő formában áll elő:
for i **from** 0 **to** 63
 k[i] := floor(abs(sin(i + 1)) × (2 **pow** 32))
end for

<<<s: biteltolás balra s bittel. S értéke körönként változik

Egy 512 bites blokk feldolgozása 16 ilyen körből áll.

MD5 „feltörése”

- MD5 esetén ez 2008-ban sikerült.
- 128 bit esetén 2^128 egyedi hash készíthető.
- Ez jó közelítéssel: 3,402 x 10^38
- A bolygó teljes levegőjében nincs annyi molekula, mint amennyinek egyedi MD5 hash-t tudnánk adni.

Felmerülhet a kérdés…

MD5 „feltörése”

- Valószínűségszámítás alapján 2 bemeneti kód azonos hash kimenetének az esélye $2^{n/2}$, ha mindkét bemenet egyforma esélyekkel indul.
- 128 bit esetén tehát legalább 2^64 bemeneti kódot kell átnéznünk, hogy legyen legalább 2 olyan bemenetem, ami azonos kimenetet produkál.

Minimum mennyiségű hash, 2 azonos bemenet találásához

Bitek	Lehetséges kimenetek száma	Kívánt valószínűség a 2 bemenet egyezésére									
		10^{-18}	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	0.1%	1%	25%	50%	75%
16	6.6×10^{4}	2	2	2	2	2	11	36	1.9×10^{2}	3.0×10^{2}	4.3×10^{2}
32	4.3×10^{9}	2	2	2	2.9	93	2.9×10^{3}	9.3×10^{3}	5.0×10^{4}	7.7×10^{4}	1.1×10^{5}
64	1.8×10^{19}	6.1	1.9×10^{2}	6.1×10^{3}	1.9×10^{5}	6.1×10^{6}	1.9×10^{8}	6.1×10^{8}	3.3×10^{9}	5.1×10^{9}	7.2×10^{9}
128	3.4×10^{38}	2.6×10^{10}	8.2×10^{11}	2.6×10^{13}	8.2×10^{14}	2.6×10^{16}	8.3×10^{17}	2.6×10^{18}	1.4×10^{19}	2.2×10^{19}	3.1×10^{19}
256	1.2×10^{77}	4.8×10^{29}	1.5×10^{31}	4.8×10^{32}	1.5×10^{34}	4.8×10^{35}	1.5×10^{37}	4.8×10^{37}	2.6×10^{38}	4.0×10^{38}	5.7×10^{38}
384	3.9×10^{115}	8.9×10^{48}	2.8×10^{50}	8.9×10^{51}	2.8×10^{53}	8.9×10^{54}	2.8×10^{56}	8.9×10^{56}	4.8×10^{57}	7.4×10^{57}	1.0×10^{58}
512	1.3×10^{154}	1.6×10^{68}	5.2×10^{69}	1.6×10^{71}	5.2×10^{72}	1.6×10^{74}	5.2×10^{75}	1.6×10^{76}	8.8×10^{76}	1.4×10^{77}	1.9×10^{77}

MD5 feltörése

- CPU-k jelenleg is lassúak ezen feladatra
- Megoldás: GPU használata, mivel azonos számításokat kell elvégezni, sokszor.
- Nvidia GF 8800 ultra kártya másodpercenként 200 millió hash-t tud generálni.
- Ilyen sebesség mellett is 2 azonos bemenet találása legalább 5,75*10^12 év lenne
- A helyzet tovább romlott, hiszen szinte minden mai számítógép alkalmas a feladatra.

MD5 feltörése

- Amiért mégis lehetséges a dolog: ismétlődő mintát találtak a konstansokban, amelyek lépésenként alkalmazva vannak.
- 2^21 hash szükséges csak 2 azonos bemenet találásához(2 097 152 próbálkozás csupán).
- További gond az úgynevezett szivárvány tábla (Rainbow table)
- Ez rengeteg gyakran használt jelszó MD5 értékét tartalmazza visszakereshetőség miatt.

SHA1

- Amerikai Nemzetbiztonsági Hivatal tervezte
- SHA: Secure Hash Algorithm
- Elődje az SHA0, amely széles körben sosem terjedt el, mivel matematikailag gyengének bizonyult.
- 160 bites algoritmus, szintén 512 bites blokkokban dolgozik

SHA1

- 2005-ben váltotta le az SHA2
- Váltás oka: létezik olyan algoritmus, amely segítségével 2^80 próbálkozásnál kevesebbel található két azonos bemenet.
- 2^51 próbálkozással található azonos bemenet.
- Elméleti törés, hiszen 1 valódi ütközés találásának ideje: 8,69*10^35 év (200 millió/s sebesség mellett)

SHA Család további tagJAI

Algoritmus		Kimenet hossz (bit)	Blokk méret (bit)	Max. üzenet hossz. (bit)	Szó méret (bit)	Körök száma	Műveletek
SHA-0		160	512	$2^{64} - 1$	32	80	add, and, or, xor, rotate, mod
SHA-1							
SHA-2	*SHA-256/224*	256/224	512	$2^{64} - 1$	32	64	add, and, or, xor, shift, rotate, mod
	SHA-512/384	512/384	1024	$2^{128} - 1$	64	80	

A DES Algoritmus

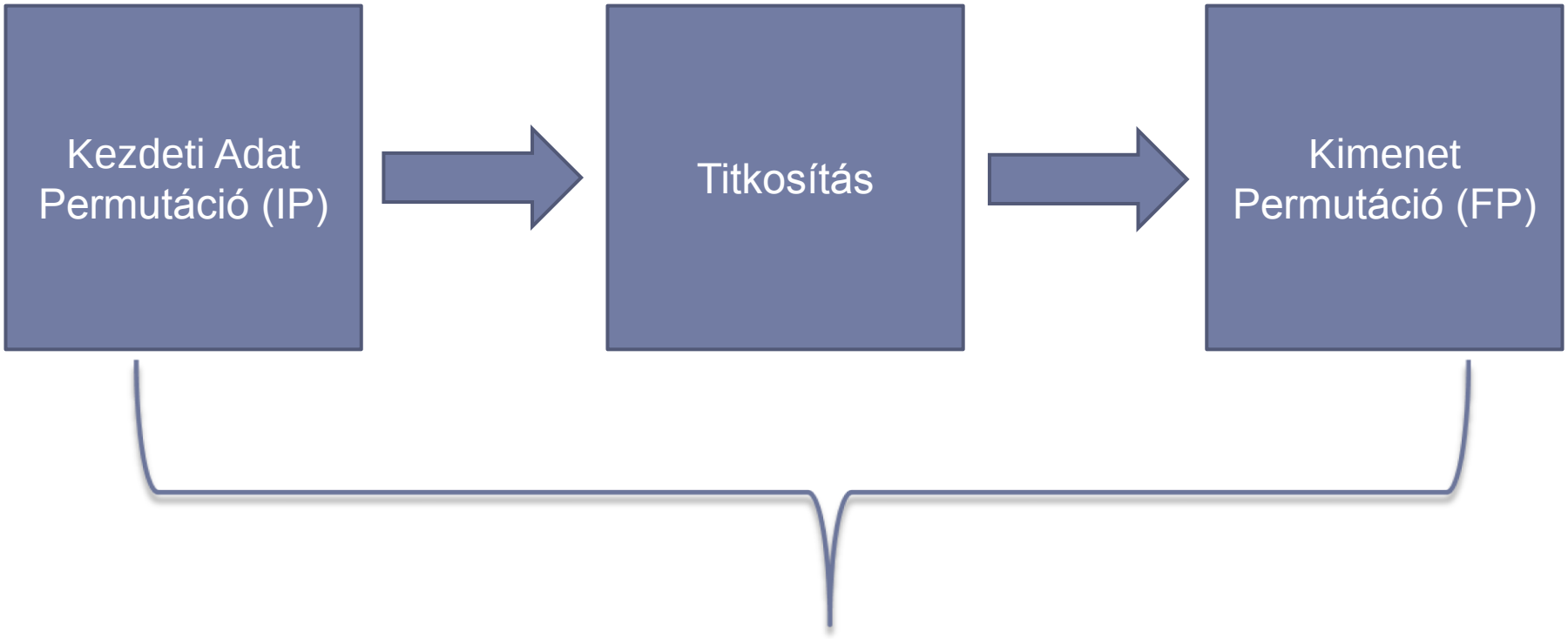
A DES

- 4. Generációs titkosítási algoritmusok őse
- DES = Data Encryption Standard
- 1976-ban állt munkába
- 1997-ben sikerült először feltörni
- 2001-ben váltotta le az AES (Advanced Encryption Standard)
- Tervezésében részt vett az NSA

A DES

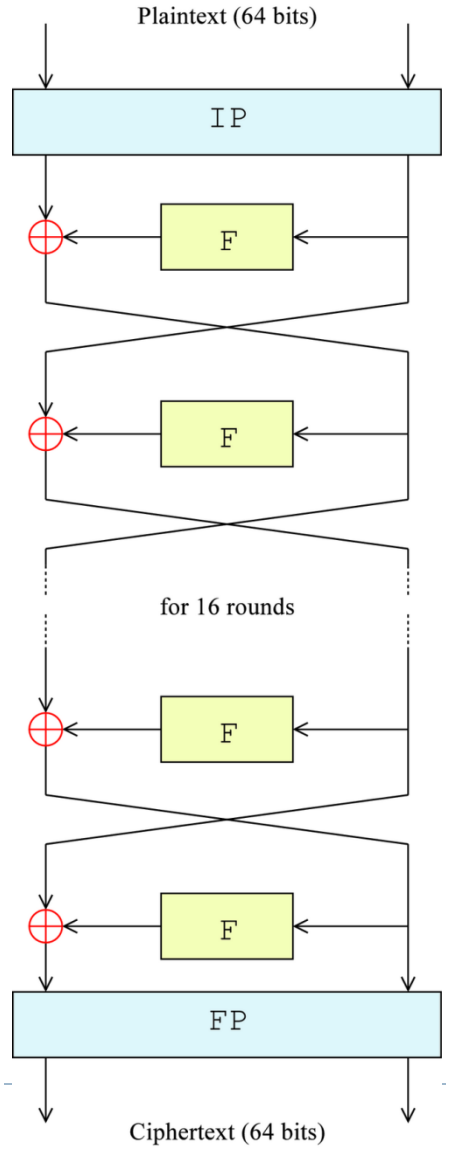
- 64 bites titkosítás.
- 64 bites blokkokban dolgozik egy 64 bites kulcs segítségével
- A kulcs valójában „csak” 56 bites, mivel a kulcs minden bájtjának utolsó bitje paritás bit.
- Teljesen nyílt szabvány, így az algoritmust mindenki megismerheti
- Tehát az adatok védelme csak a kulcs bonyolultságától függ.

A Des működése



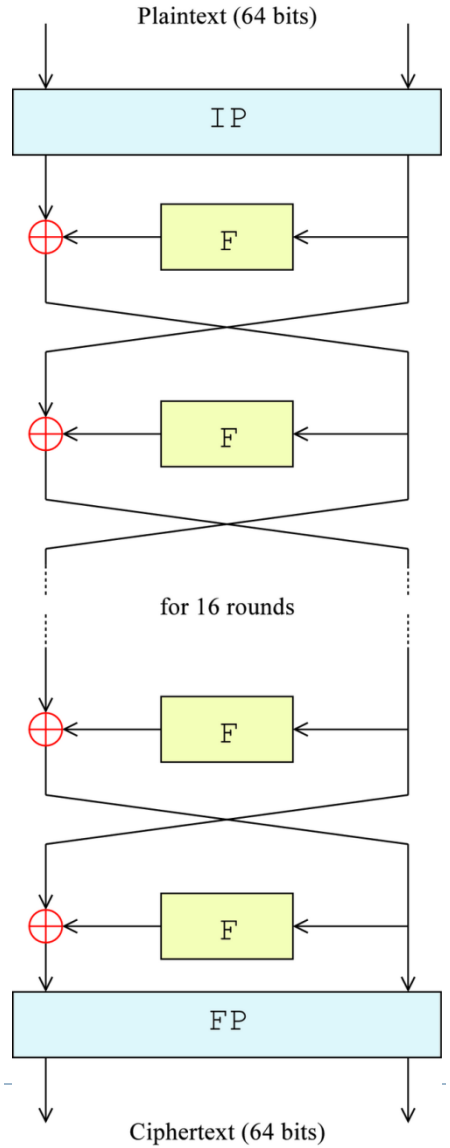
Egymás hatását kioltják, titkosításban nem sok szerepe van.
Optimalizációs céllal került az algoritmusba az 1970-es évek gépei miatt

A Titkosító algoritmus



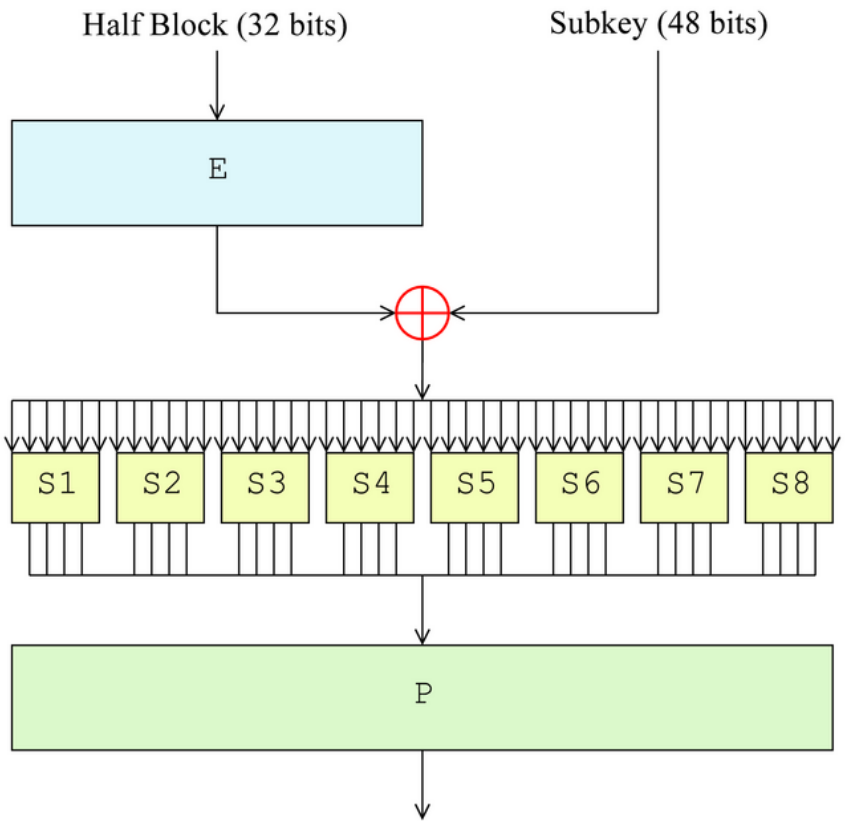
- A Bemeneti 64 bit hosszú blokk a titkosítás folyamán 2db 32 bites blokként van kezelve
- A 2db ugyanazzal a funkcióval van titkosítva
- A titkosítási algoritmus 16 azonos körből áll.
- XOR – al vannak összegezve az egyes blokkok, amelyek cserélődnek folyamatosan az algoritmus során

A Titkosító algoritmus



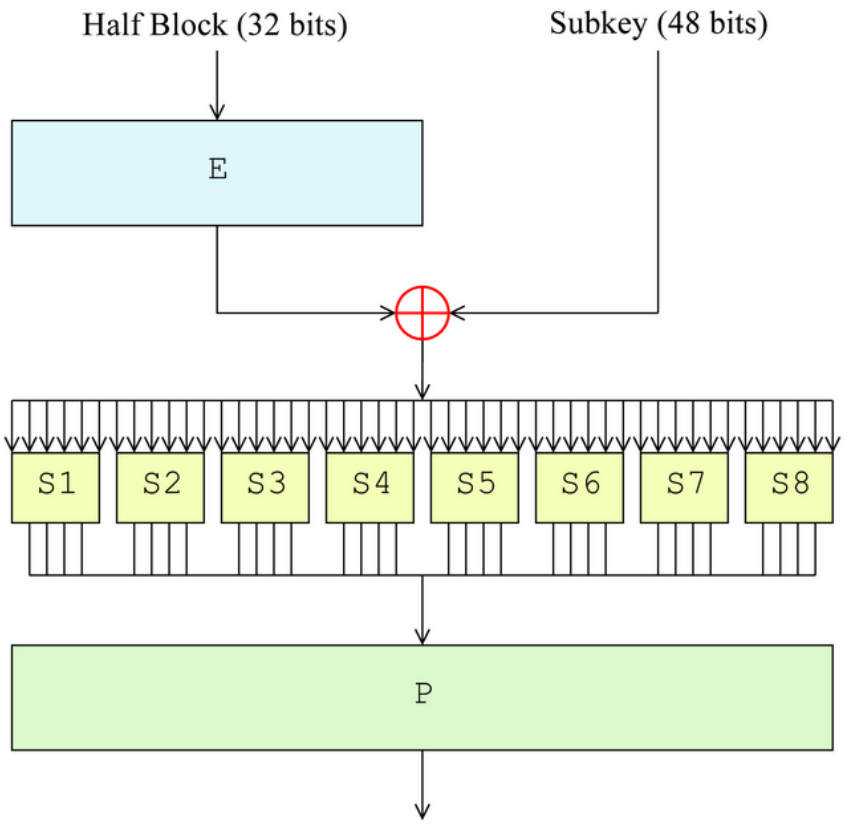
- Utolsó körben nem cserélődnek a blokkok.
- Az utolsó körben kihagyott csere és F funkció felépítése miatt fejthető vissza ugyanazon algoritmussal

Az F funkció



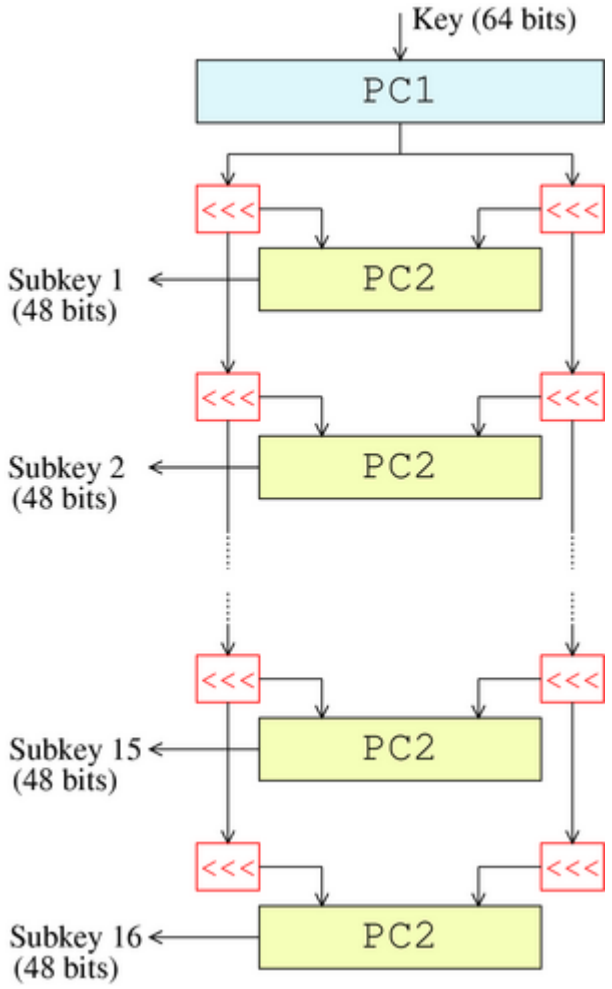
1. Bemeneti 32 bit 48 bitre bővítése (E), a bitek felének duplázásával
2. Kulcskeverés: alkulcs XOR adat elven. Minden F híváskor (16 van összesen) más az alkulcs.

Az F funkció



1. XOR után az adat 8*6 bitre van osztva. A 6 bit egy táblázat alapján cserélődik 4 bitre. A 6 bitből nem lineáris módon lesz 4 bit.
2. Végső permutáció a 8*4 bit kimeneten

Kezdeti kulcsból alkulcsok előállítása



1. Paritás leválasztása a 64 bitből. Eredmény: 56 bit.
2. 56 bit 2x24 bitre osztása
3. Bit eltolások 1 vagy 2 bittel.
4. Kimeneti 48 bit a 2db 24 bites szám permutációjaként áll elő

A DES biztonsága

- 56 bit kulcs, nagyjából 7,21*10^16 kulcs lehetőség
- Nyers, optimalizálatlan Brute Force - al ha 1 millió kulcsot próbálunk ki 1mp alatt, akkor is ~1150 év lenne megtörni.
- Speciális Cél Hardver segítségével Brute Force támadással 1998-ban törték meg először pár napon belül.

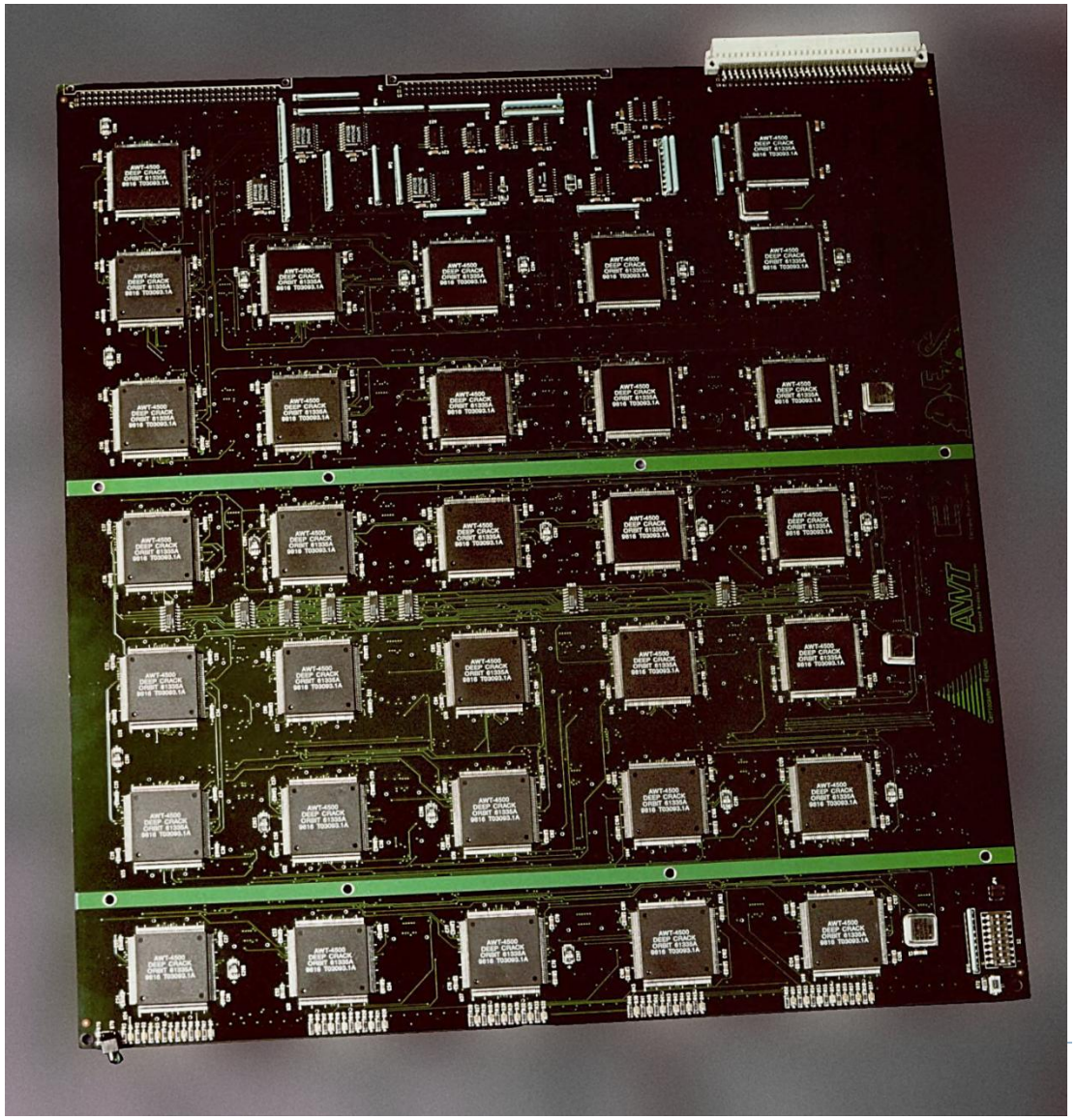
Brute Force Cél géppel

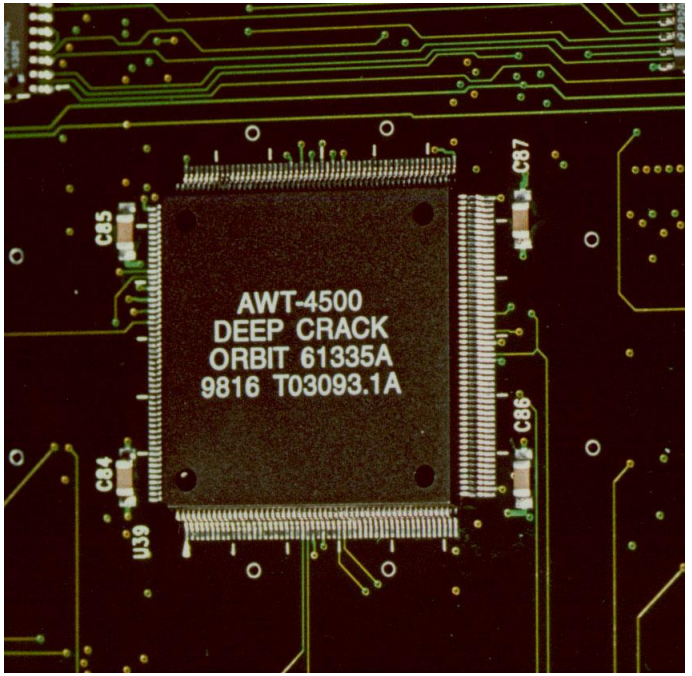
- 1991-ben már voltak rá tervek
- Akkor durván 1 millió $-ra becsülték az építés költségét.
- Elvben 3,5 óra alatt tudta volna visszafejteni a kulcsot.
- Sosem épült meg pénzhiány miatt.

Brute Force Cél géppel

- DeepCrack elnevezésű gép – EFF alapítvány rendelte meg.
- 64 egyedi tervezésű processzort tartalmazott.
- Egy DES Kulcs megtörése 4-5 nap alatt bonyolultságtól függően.
- 250 000 $ volt a megépítés költsége, jelenlegi árfolyamon durván 55 millió Ft.
- Később, durván 50 000 $-ból építhető volt hasonló gép.

Deep Crack számítógép





Törési versenyek

- RSA Inc. Támogatta, célja az volt, hogy bebizonyítsák, hogy a DES elavult.
- Rekordok:
  - Pentium1 CPU + 16Mb ram -> 96 nap; 1997. január
  - Több géppel -> 41 nap; 1997. február
  - EFF DeepCrack -> 56 óra; 1998 júliusa
  - Interneten összekapcsolt több géppel -> 20 óra 19 perc; 1999. január 19. (DeepCrack + 100000 PC)

Mégis hogy lehetséges?

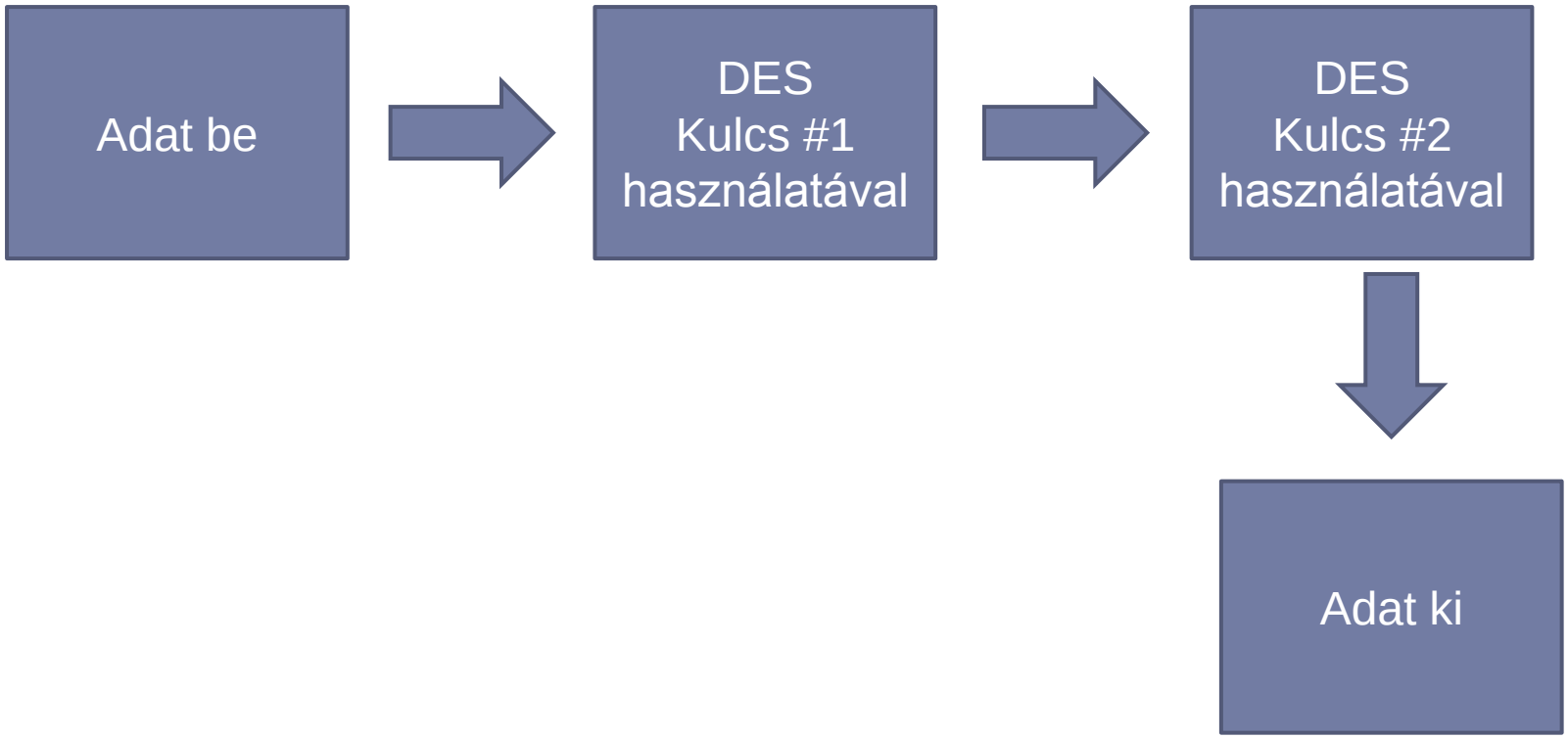
- Összetett kriptoanalízissel sikerült optimalizálni a Brute Force eljárást
- Mindenki számára publikusan letölthető a Cracking DES c. könyvben
- Amazon.com-on nagyjából 4$-ért megvehető.
- Számos publikus törőprogram. Pl: http://www.brianhpratt.net/cms/index.php?page=des-cracker

Des újra biztonságossá tétele

- Dupla DES (Double DES)
- Tripla DES (Triple DES)
- 3DES

Dupla DES

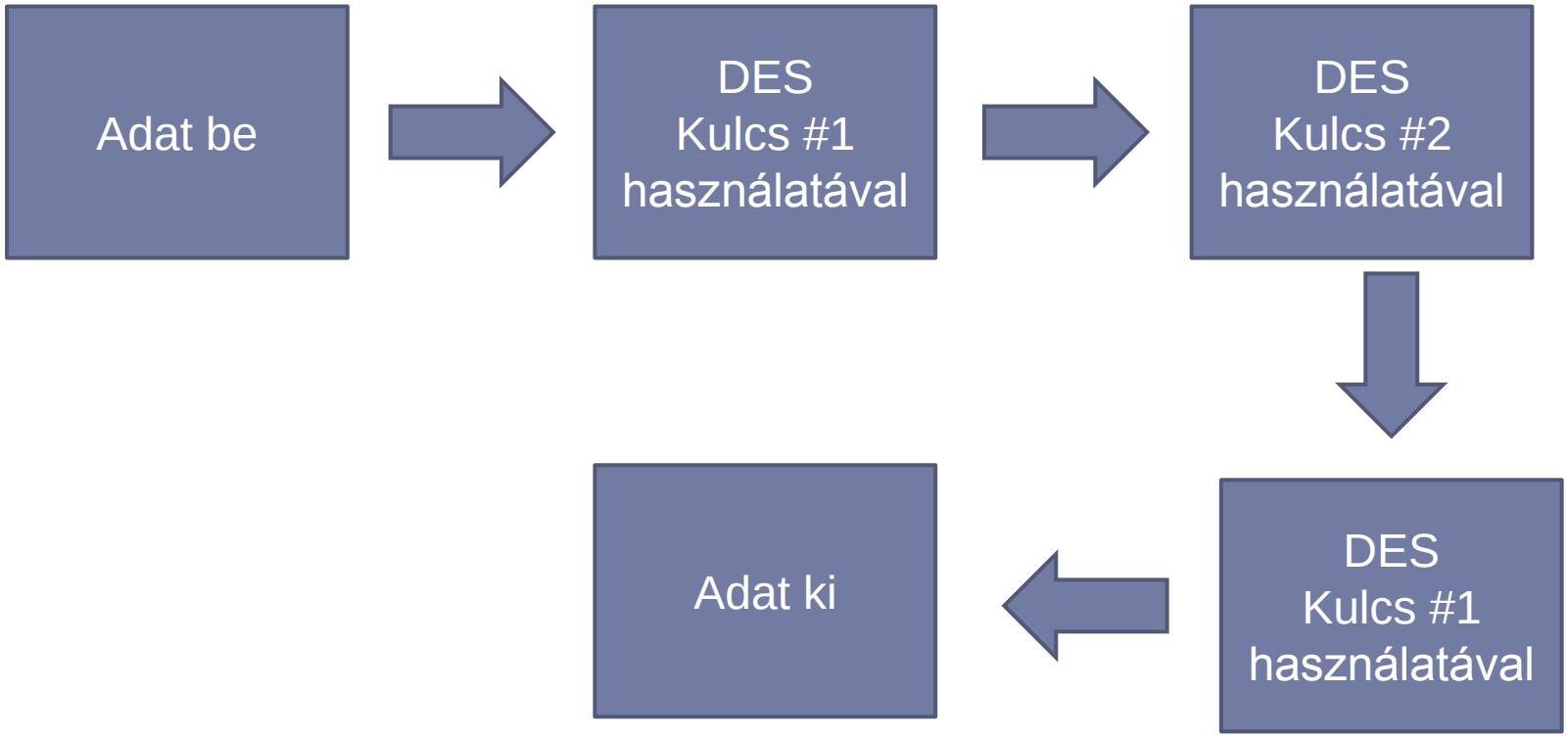
- DES titkosítással titkosított adat ismételt DES titkosítása más jelszóval.



Tripla DES és 3DES

- Tripla DES: 3 körös DES, 3 különböző jelszóval
- 3DES
  - Nem azonos a Tripla DES algoritmussal
  - Kriptoanalízissel bebizonyították, hogy 3 jelszó felesleges, ugyanolyan erős a titkosítás, ha csak 2 jelszót használunk.
  - Ez lett a 3 DES

3DES


Adat be
DES
Kulcs #1
használatával
DES
Kulcs #2
használatával
DES
Kulcs #1
használatával
Adat ki

3DES Biztonsága

- 168 bites titkosítás
- Ezen elven Brute Force törés ellen tovább növelhető lenne a biztonsága extra körök beiktatásával.
- Olcsó megoldás új algoritmus helyett.
- Azonban elvénél fogva előbb-utóbb megtörhető ez is.
- Ideiglenes megoldásnak azonban jó volt.

A DES valódi utódja

- AES Titkosítás
- Erről majd egy másik előadáson lesz részletesen szó.
- Sokkal bonyolultabb, mint a DES.
- Szintén szabványosított.

Út az AES Felé

A DES Feltörése utáni idő

- Masszív fejlesztési láz
- Több helyettesítő algoritmus is született:
  - RC5, később RC6
  - Blowfish
  - Triple DES
  - IDEA
  - FEAL
- Egyik sem váltotta fel szabvány szinten a DES-t

Pár szó a DES alternatíváiról

- Nagyjából mind 64 bites blokkokban dolgozik
- Növelt kulcstér: 128 -> 2048 bites kulcs
- Elterjedés hiánya:
  - Nem megfelelő támogatottság (marketing)
  - 1-2 esetben részletes kriptoanalízis hiánya
  - AES szabvány kidolgozása
  - Némelyik a mai napig igen jónak bizonyult
  - Sok algoritmus továbbfejlesztett változata ma is használatos

A DES leváltása, az AES megszületése

- Gondok a DES algoritmussal
  - 56 bites kulcsok
  - Főként cél hardware-re lett tervezve
  - Szoftveresen jóval lassabb
  - Triple DES megoldotta a kulcstér problémát, de nem volt hozzá cél hardware
  - Szoftverből igencsak lassú volt 1997-1998 környékén.

A DES leváltása, az AES megszületése

- 1997 január 2: az Amerikai Szabványhivatal (NIST) bejelenti, hogy a DES-t le fogják váltani AES néven.
- Alternatíva kidolgozása helyett verseny hirdetése 1997 szeptember 12.-én
- 9 hónap állt rendelkezésre a fejlesztőknek
- Számos algoritmus született

A DES leváltása, az AES megszületése

- Az algoritmusokkal szemben támasztott elvárások a következőek voltak:
  - 128 bites blokkméretben dolgozzon
  - 128, 192 és 256 bites kulcsméretet támogasson
- Ezen feltételeknek megfelelő algoritmusok igencsak ritkák voltak abban az időben.

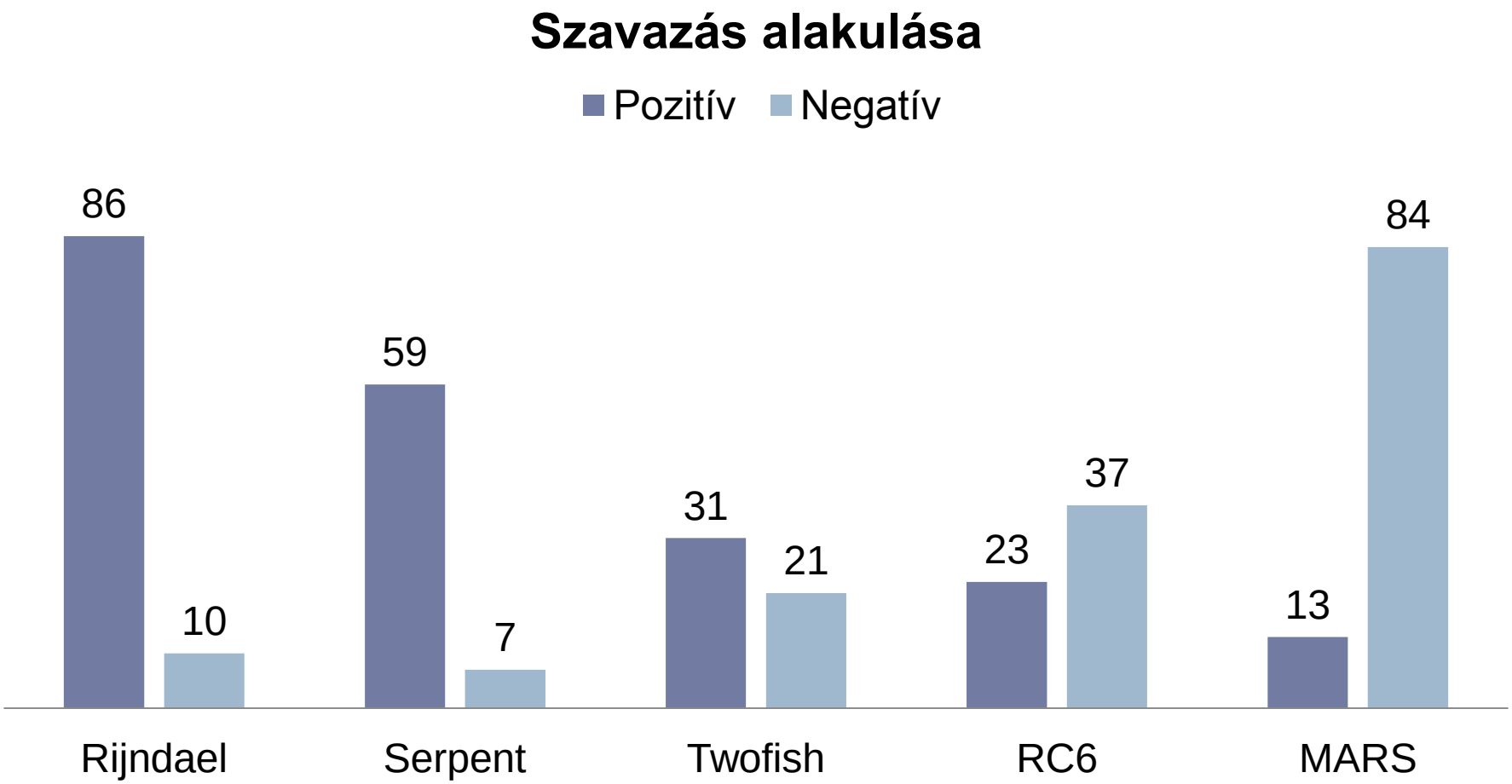
A nyertes kiválasztása

- A beérkezett algoritmusokat egy szakértő csoport vizsgálta a következő szempontok alapján:
  - Biztonság
  - Algoritmus gyorsasága különböző körülmények mellett:
    - Kevés memória
    - Lassú CPU
    - Eltérő architektúrák
    - Cél HW építése FPGA chip-ek segítségével

A nyertes kiválasztása

- A beküldött algoritmusok egy része a biztonság ponton vérzett el.
- Konferenciák a nyertes algoritmus kiválasztásáról:
  - AES1: 1998 Augusztus
  - AES2: 1999 Március
- Konferenciák eredményeképpen sikerült kiválasztani a döntős algoritmusokat

Döntős algoritmusok szavazatai



A szabvány létrejötte

- 2000. október 2: A NIST bejelenti, hogy az AES szabvány algoritmusa a Rijndael lesz.
- 2001. november 26: Az AES szabvány elfogadásra került.

Az algoritmus

- 2 belga matematikus munkájának eredménye
- Joan Daemen és Vincent Rijmen
- Az algoritmus neve az ő nevük kombinálásából született meg.

Az algoritmus hatékonysága

- 2002-ben az NSA elfogadta első nyílt forráskódú algoritmusként amely alkalmas szigorúan titkos információk védelmére.
- Nagyon biztonságos.
- Elméletben lehetséges törni, de a mai számítási teljesítmény mellett lehetetlen.
- Elvileg 10-20 év múlva lesznek csak olyan gépek, amelyek belátható időn belül végeznek a feltöréssel.

Elméleti támadások

- 128 bites kulcs esetén:
  - 2^126,1 lehetséges kulcs
- 192 bites kulcs esetén:
  - 2^189,7 lehetséges kulcs
- 256 bites kulcs esetén:
  - 2^254,4 lehetséges kulcs.

Ez alapján feltörés ideje

- Egy 4 magos CPU-val, amely magonként 3 millió kulcsot próbál végig egy 128 bites kulcs esetén:
  - Nagyjából 2,4 x 10^23 év kellene a megtöréshez.
  - Ilyen CPU jelenleg nincs, mivel feltételeztük, hogy 1 órajel ciklus alatt 1 kulcsot kipróbál a rendszer.
  - Valóságban ennél 2,3x lassúbbak a processzorok
  - GPU sem elég gyors a célra

Az AES működése

- Nem hasonlítható a korábbi titkosítási algoritmusokhoz, mivel azok működése alapvetően soros volt.
- Az AES ezzel szemben mátrix transzformációk sorozata.
- 128 bites blokkokban dolgozik. Kulcsméret: 128 bit, 192 bit, 256 bit.
- Elvben a kulcsbitek száma a végtelenségig növelhető, a blokkméret viszont csak 256 bit-ig.

AZ AES Biztonsága

- Többmagos CPU-k terjedésével a törési kísérletek új lendületre kaptak.
- Matematikusok készítettek olyan algoritmust, amely 8 925 512 év alatt fel tudná törni a 128 bites titkosítást.
- Ez jóval kevesebb, mint ami kellene a 128 biteshez, azonban így is csak elméleti a támadás.

AZ AES Biztonsága

- Mivel a kulcs komplexitása a végtelenig növelhető, így ha mondjuk feltörik a 128 bites titkosítást, akkor egyszerűen csak növeljük a kulcsméretet.
- A kulcsméret duplázása 128 bitről 256 bitre 3,4 * 10^38 lehetőséggel bővíti a lehetséges kulcsok számát.
- Az USA jelenleg 256 bites titkosítást használ a szigorúan titkos dokumentumokhoz.

AZ AES, mint szabvány

- Nyílt szabvány, amit bárki szabadon implementálhat.
- Implementációtól függően eltérő lehet a biztonsága az egyes csomagoknak.
- Az implementáláshoz a NIST (National Institute of Standards and Technology) publikált egy tesztcsomagot is, amellyel tesztelhető a különböző implementációk biztonsága.
- Éles körülmények között érdemes ezzel tesztelni használat előtt.

Implementációk biztonsága

- Mivel a publikált teszt nem teljes körűen átfogó, ezért az NIST bevizsgálást is kínál.
- Egy ilyen bevizsgálás akár 30.000$ vagy több is lehet.
- Ebből kifolyólag nem sok implementáció rendelkezik az NIST által elfogadott minősítéssel.

Implementációk biztonsága

- Miért fontos ez ?
- 2011: OpenBSD által fejlesztett implementáció körül kétségek merültek fel egy lehetséges hátsó kapu sebezhetőséggel kapcsolatban.
- A kivizsgálás még most is folyamatban van.
- A gond ezzel a BSD Licenc, ami miatt rengeteg termék használja ezen implementációt.

A BSD Licenc gondjai

- Nyílt forráskódú licenc.
- Lényegében azt írja le, hogy:
  - Az alkotó lemond a szoftver tulajdonjogáról és a közösségre ruházza át, akik azt csinálnak vele, amit akarnak.
  - Nincs megkötés, hogy ha módosítja valaki a programot, akkor publikálnia kell a módosított forrást.
  - Az eredeti alkotót sem kötelező megnevezni.

AZ AES Elterjedése

- Rengeteg programban és hardverben megtalálható.
- Pl:
  - ZIP tömörítés
  - WPA2 WLAN titkosítás
  - Teljes lemezt titkosító megoldások
  - Processzorok
  - Telefonok

Az AES sebessége

- Jól optimalizálható.
- Rengeteg műveletsor gyorsító táblázatból megoldható.
- Pentium Pro processzor esetén 1 byte titkosítása 18 órajel ciklust vesz igénybe. (120 MHz mellett ez 6,6 MB/s sebesség)
- Újabb processzorok HW szinten gyorsítottak AES titkosítással.

AES a processzorokban

- Új utasítás készlet: AES-NI
- Összes Intel Core i5 és i7 processzor tartalmazza.
- Összes AMD Buldozer CPU tartalmazza.
- 5x-6x gyorsabb titkosítást tesz lehetővé a tisztán szoftveres megoldásokhoz képest.
- Programnak támogatnia kell ezen utasításkészletet.

Népszerű programok amik támogatják

- TrueCrypt
- BitLocker
- WinZip
- WinRar
- 7zip

Kétkulcsos rendszerek

RSA

Kétkulcsos rendszerek

- A kétkulcsos rendszerek, más néven a nyílt kulcsú rendszerek.
- Ilyen rendszerek esetén az ember 2 kulccsal rendelkezik.
  - Titkos kulcs: titokban tartandó
  - Nyilvános kulcs: szabadon terjeszthető.
  - A kulcsok összefüggnek, azonban csak a nyilvános ismeretében nem határozható meg a titkos kulcs.

Kétkulcsos rendszerek

- Titkosításra a nyilvános kulcsot használjuk.
- A kész üzenet visszafejthetetlen a titkos kulcs ismerete nélkül.
- Ilyen rendszerek az RSA és a PGP

Probléma a szimmetrikus kulcsú rendszerekkel

- Hiába jó az algoritmus, ha a kulcs gyenge
- A kulcs ismeretében nem csak titkosítani tudok, hanem vissza is tudom azt fejteni.
- Emiatt a kulcs eljuttatása macerás 2 fél között anélkül, hogy egy 3. fél ne tudjon róla.
- Titkosítatlan csatornán további titkosítást, rejtést igényel: Pl szteganográfiai módszerekkel.

KÉTkulcsos rendszerek

- Elv: a titkosító kulcs és titkosítást feloldó kulcs nem azonos.
- Elnevezések:
  - Titkos kulcs: Ez a titkosítás feloldó kulcs
  - Publikus kulcs: Ez a titkosító kulcs
- A kulcsok összefüggenek.

Az RSA megszületése

- 1978-ban találta ki 3 kriptográfus:
  - Ron Rivest
  - Adi Shamir
  - Leonard Max Adleman
- A név a nevük kezdőbetűiből jön.
- Az algoritmus prímszámokat és a prím tényezős felbontás problémáját használja fel.

Prím tényezős bontás problémája

- Elv: Minden szám felbontható prímtényezők szorzatára.
- Gond: prímszámok megtalálása.
- A probléma halmozottan fent áll nagy számoknál.
- Konkrétan a legjobb algoritmus ideje egy N számra, amely b biten írható le:

$$O\left(\exp\left(\left(\tfrac{64}{9}b\right)^{\frac{1}{3}}(\log b)^{\frac{2}{3}}\right)\right).$$

AZ RSA működése

1. 2db egymástól távol álló prím választása: p és q
    1. p és q véletlenszerűen választott és nagyjából azonos bithosszúsággal lehet őket reprezentálni bináris formában
2. n = p * q kiszámítása

AZ RSA működése

3. $\varphi(n) = (p-1)(q-1)$ számítása. A φ Euler függvény, amely megadja, hogy egy N számhoz mennyi nála kisebb relatív prímszám tartozik. ***a*** és ***b*** **relatív prím**, ha az 1-en és −1-en kívül nincs más közös osztójuk.
4. Véletlenszerű e szám választása, amelyre igaz: $1 < e < \phi(n)$ és $\gcd(e, \phi(n)) = 1$;
5. e lesz a publikus kulcs kitevője, publikus kulcs: n^e

Az RSA Működése

6. d meghatározása az alábbi formában:

$$d \equiv e^{-1} \pmod{\varphi(n)}$$

   - d nem más, mint a moduláris multiplikatív inverze a *e* mod ϕ(*n*) számnak.
   - d szám lesz a privát kulcs kitevője. Privát kulcs: n^d

Az RSA Működése

- Titkosítás adott n^e publikus kulcs segítségével:
  - m üzenet titkosításához az üzenetet számmá kell alakítani, méghozzá úgy, hogy 0 < m < n. Erre egy előre egyeztetett visszafordítható sémát alkalmazunk un. helykitöltés
  - A titkos c üzenet ezután az alábbi módon áll elő:

$$c = m^e \pmod{n}$$

Az RSA működése

- Titkosításfeloldás ismert n^d titkos kulcs esetén:

$$m = c^d \pmod{n}$$

RSA Biztonsága

- Kulcstér: 1024 bit és 4096 bit között van tipikusan
- Ennél kisebb és nagyobb kulcstér is használható
- Kis kulcstér esetén törhető az algoritmus, mivel ekkor:
  - e és d értéke próbálkozással kiszámítható, mivel nincs keverés a kimenetben.

RSA Biztonsága

- Nagy kulcstér esetén azonban biztonságos.
- Biztonsági kockázat továbbá a helykitöltésünk jósága is. Ezért célszerű alkalmazni az úgynevezett **PKCS1** rendszert, amely biztonságos.
- További gond, ha a véletlenszám előállító algoritmusom hibás.

Gondok a nem igazán véletlen számokból

- 2008: Debian OpenSSL ügy
- Valamelyik fejlesztő „véletlenül” kitörölte a véletlenszám generátor inicializálásáért felelős kódrészletet.
- Ezáltal az összes ezen rendszeren generált RSA kulcs törhetővé vált.

RSA a mindennapi életben

- Számos helyen alkalmazott:
  - SSL protokoll titkosítás
  - HTTPS
  - SSH
  - Számos kereskedelmi megoldás, amit az RSA Laboratories fejleszt. Köztük: HW titkosított USB kulcsok, védelmi chip-ek (Playstation 3), stb…

A HTTPS működése vázlatosan

- Kliens: privát - és publikus kulcs.
- Szerver: privát - és publikus kulcs.
- Kliens felveszi a kapcsolatot a szerverrel, közli, hogy milyen titkosítást támogat.
- Szerver erre elküldi az ő publikus kulcsát, majd a kliens is az ő publikus kulcsát.
- Kommunikáció ezután indul meg.

A HTTPS működése vázlatosan

- A kapcsolat akkor megbízható, ha a felhasználó valóban azzal kommunikál, akivel szeretne.
- Ezért kellene rendelkeznie a szervernek egy tanúsítvánnyal, ami az identitásának helyességét és a kapcsolat biztonságát garantálja.
- Ezt egy úgynevezett megbízható 3. félnek kellene kiállítania.

A HTTPS működése vázlatosan

- Sok szerver nem rendelkezik ilyennel
- Egy ilyen aláírás nem olcsó mulatság.
- 1 éves érvényességgel 500$ és 1500$ dollár között mozognak a tanúsítványárak szolgáltatótól függően.
- Újabb böngészők (Firefox 2.0 óta kb) figyelmeztetnek a nem megfelelően aláírt tanúsítványok esetén. NEM KELLENE FIGYELMEN KÍVÜL HAGYNI!

Az RSA Elterjedése

- Jogdíjas szabvány volt 1983 és 2000 között.
- A szabvány lejárta után igencsak kezdett terjedni a rendszer.
- Kezdetben csak üzenetek titkosítására használták.
- Mára inkább már digitális aláírásokban használt.
- Titkosításban helyette inkább a PGP használt

Digitális aláírás RSA-val

- Adott x publikus kulccsal, és adott y, aki küldeni akar neki üzenetet.
- Mivel x publikus kulcsa mindenki által ismert, ezért x nem tudhatja, hogy valóban y akar-e vele kapcsolatba lépni, vagy más, aki y-nak adja ki magát.
- Itt jön be a digitális aláírás.

Digitális aláírás RSA-val

- y ezért az üzenetből egy hash-t képez, ezután a tikos kulcsát (n^d) felhasználva a hash értéket kódolja (mintha a hash lenne a titkos üzenet), majd ezt az üzenethez csatolja
- X szintén hash számítást végez az üzeneten és y publikus kulcsát használva kódolja a hash-t. Ennek eredményeképpen megkapja az y által számított hash értéket, amit ellenőrizni tud a saját hash értékével.

A PGP

PGP

- Pretty Good Privacy szavakból jön a neve
- 1991-ben készítette el Phil Zimmermann
- Szabad szoftver
- Több technológia kombinálásából jött létre
- Az RSA-t is felhasználta
- Mára a legnépszerűbb e-mail titkosítási rendszer

A PGP megszületése

- 1980-as évek második felében a hidegháború erősödni látszott.
- Phil Zimmermann ebben az időben igen sok tüntetésre járt
- Egy atombomba ellenes csoport tagja is volt. + 1 pici üldözési mániája is volt.
- Ezért merült fel benne az ötlet, hogy létrehoz egy titkosítási rendszert, amit az NSA sem tud megtörni.

A PGP Megszületése

- Ebben az időben a DES volt a titkosítási etalon.
- A DES-el az 56 bites kulcstér mellett probléma volt az, hogy az NSA tervezte.
- Összeesküvéselméletek szerint van benne egy rejtett kapu, amivel az NSA ki tud bontani minden titkosított üzenetet a jelszó ismerete nélkül.

A PGP Megszületése

- 1991-ben született meg a program.
- Mivel nem volt internet kapcsolata, ezért egyik barátját kérte meg, hogy tegye fel az internetre.
- Rohamosan elkezdett terjedni a rendszer.
- Eredetileg fizetős programként akarta kiadni, de aztán meggondolta magát és ingyenes maradt.

A PGP Megszületése

- 2 hibát követett el a PGP létrehozásakor:
  - Nem kért licenszjogot az RSA használatára
  - Az amerikai törvények egy kalap alá veszik a kódoló/dekódoló programokat az atombombákkal, rakétákkal és ezek exportja fegyverkereskedelemnek számít.
    - Abban az időben a 40 bitnél erősebb titkosítási algoritmusokra vonatkozott ez a törvény.
    - A PGP már ekkor nem használt 128 bitnél kevesebbet ☺

A PGP Megszületése

- Következmények:
  - 1993: FBI letartóztatja fegyverkereskedelem vádjával
  - Az RSA is beperelte
  - Később az RSA visszavonta a pert, mivel ekkor már igencsak elterjedt volt a rendszer
  - 1996-ban felmentette az FBI is a fegyver kereskedelem vádja alól

A PGP Megszületése

- Folyamatos FBI piszkálás miatt, a forráskódot neten nem lehetett terjeszteni.
- Ezt úgy játszották ki, hogy a forráskódot könyv formájában árulták ☺
- A könyvek exportja már nem számított fegyverkereskedelemnek. Sőt, a könyv exportjának a tiltása az alkotmány szólásszabadság jogába ütközött volna ☺

A PGP megszületése

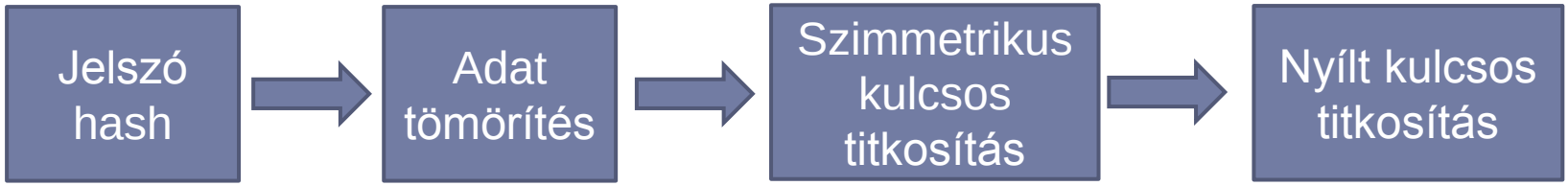
- Ezután apróbb hibák merültek fel az algoritmusban, így Zimmermann megnyitotta a rendszer forráskódját.
- RFC 4880
- 6.5.1-es változata óta van nemzetközi változat és amerikai. (a szoftverszabadalmak miatt)

Szálak kuszálódása a PGP körül

- A PGP-t megvették, majd létrejött a PGP Corporation
- OpenPGP Alliance megszületik
- Létrejön egy szervezet is, amit PGP international-nek neveznek

A PGP működése

- Több technológiát használ fel, folyamatosan fejlődik.
- Blokkvázlatban a működése:



A PGP Működése

- Minden lépésben több algoritmust támogat
- Emiatt az egymással PGP titkosítással kommunikáló feleknek meg kell egyezniük a használt PGP beállításokon.
- Mivel folyamatosan fejlődik, így az újabb PGP verzióval készített fájlok nem bonthatóak ki régebbi PGP változatokkal, még a jelszó ismeretében sem.

A PGP alkalmazási területei

- Teljes lemez titkosítás
- E-mail titkosítás
- E-mail aláírás

E-mail titkosítás PGP-vel

- Joggal merülhet fel a kérdés, hogy miért szükséges, mikor régóta van HTTPS és TLS?
- Az ok: SPAM levelek terjedése
- Magyarországon és nemzetközileg is bevett gyakorlat az, hogy az Internetszolgáltató cégeknek szűrniük kell a kéretlen leveleket.
- Ez szép és jó, azonban ez azt is magával vonja, hogy titkosítottan nem lehet levelet küldeni.

E-mail titkosítás PGP-vel

- Nem lehet, mivel egy TLS titkosított csatornán keresztül menő levélbe nem tud belenézni a SPAM szűrő.
- Ezért általában blokkolva van a titkosított e-mail küldési lehetőség.
- Itt jön be a PGP alkalmazása.

A PGP Biztonsága

- Talán a legbiztonságosabb rendszer
- Nincs ismert eset arról, hogy valaki jelszó hiányában fel tudta volna törni.
- Csak olyan algoritmusok vannak benne, amelyek önmagukban is biztonságosak lennének.
- Emiatt csak és kizárólag Brute Force módszerrel törhető fel.

A PGP Biztonsága

- Több bűnügyben bebizonyosodott, hogy az FBI sem tudja feltörni a PGP-vel titkosított üzeneteket.
- Egy 2006-os incidens kapcsán az Amerikai Vámügyi Hivatal megjegyezte, hogy majdhogynem lehetetlen feltörni a PGP titkosított fájlokat.

A PGP Biztonsága

- Az amerikai alkotmány és számos más alkotmány alapján egy ember sem vehető rá, arra, hogy kiadja a jelszavát.
- Ez ütközik az alkotmány azon feltételezésével, hogy mindenki ártatlan, míg be nem bizonyítják bűnösségét.
- Érdemes használni.

Az ACTA és a SOPA, valamint a jövő

- Talán a jövőben mindenki rá lesz kényszerítve a titkosításra, köszönhetően ezen zseniális törvényeknek.
- Ezekről későbbi előadáson lesz szó.
- Azonban ha valósággá válnak gyakorlatban is, akkor hatalmas öngól lesz ez a kormányoknak.
- A viszonylag elhanyagolható titkosított forgalom helyett minden titkosított lesz.

Használati leírások

- Elsősorban a GPG program használatát érdemes átnézni.
- Ez egy GNU PGP implementáció
- Főként Unix és Linux rendszerekre van fejlesztve elsősorban
- Azonban van Windows változat is, de ennek használata macerásabb
- http://moser.cm.nctu.edu.tw/gpg.html