PV157 – Autentizace a řízení přístupu

Autentizace dat a zpráv

Základní pojmy

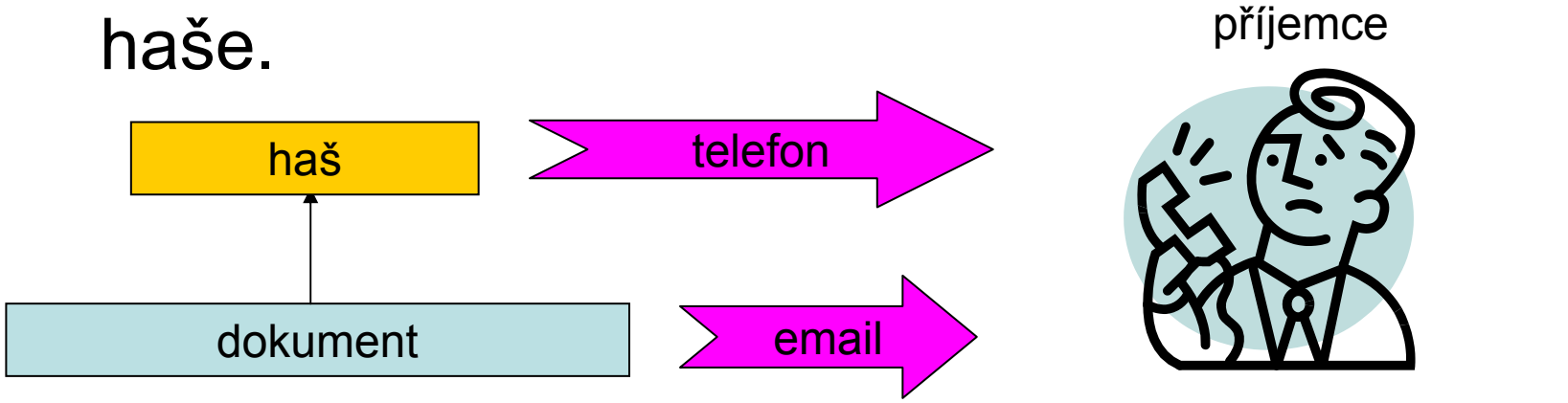
- **Integrita** dat – data nebyla neautorizovaně změněna (vložení dat, smazání dat, přeskupení dat…) od doby vytvoření, přenosu…
- **Autentizace původu** dat – potvrzujeme, že data pocházejí od určitého subjektu.

Metody autentizace dat a zpráv

- Bez použití kryptografie
  - CRC (Cyclic Redundancy Check).
- S použitím kryptografie
  - Sdílený tajný symetrický klíč.
  - Získání haše autentizovaným kanálem.
  - Haš s tajným klíčem / MAC (Message Auth. Code) – dříve označováno jako digitální pečeť.
  - Digitální podpis.

Hašování a autentizace dat

- Využití jiného komunikačního kanálu
  - Data pošleme standardním nezabezpečeným kanálem (např. elektronickou poštou).
  - Spočítáme haš dat a tento haš sdělíme příjemci jiným kanálem (např. telefonicky, na vizitce předané při osobním setkání).
  - Příjemce spočítá haš získaných dat a porovná haše.



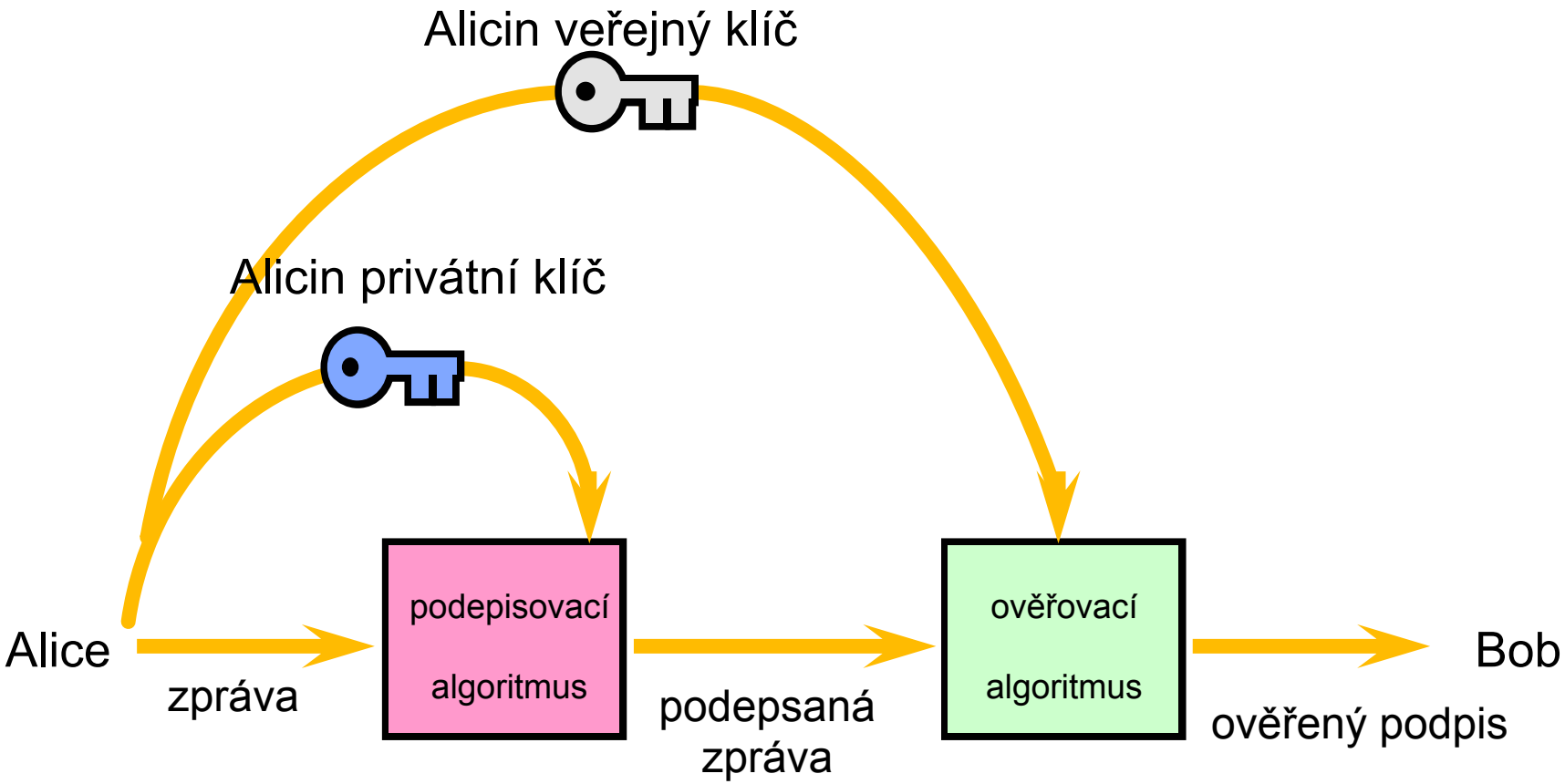
Elektronický podpis

- Zákon o elektronickém podpisu č. 227/2000 Sb.
- *„elektronickým podpisem se rozumí údaje v elektronické podobě, které jsou připojené k datové zprávě nebo jsou s ní logicky spojené a které umožňují ověření totožnosti podepsané osoby ve vztahu k datové zprávě“*
- Elektronickým podpisem tak může být i pouhé jméno napsané na klávesnici.

Zaručený elektronický podpis

- je jednoznačně spojen s podepisující osobou;
- umožňuje identifikaci podepisující osoby ve vztahu k datové zprávě;
- byl vytvořen a připojen k datové zprávě pomocí prostředků, které podepisující osoba může udržet pod svou výhradní kontrolou;
- je k datové zprávě, ke které se vztahuje, připojen takovým způsobem, že je možno zjistit jakoukoliv následnou změnu dat;
- zaručený elektronický podpis je možné vytvořit pomocí technologie digitálního podpisu.

Schéma digitálního podpisu



Převzato z: *Network and Internetwork Security* (Stallings)

Digitální podpis – klíče

- Každý subjekt má 2 klíče:
  - privátní (soukromý) klíč pro vytváření podpisu;
  - veřejný klíč pro ověření podpisu.
- Správný digitální podpis může vytvořit jen ten, kdo má k dispozici soukromý klíč.
- Pro ověření podpisu je nutné mít veřejný klíč podepsaného subjektu.
- Digitální podpis nedává sám o sobě žádnou záruku o době jeho vytvoření.

Digitální podpis – co podepisujeme?

- Algoritmy digitálního podpisu založené na asymetrické kryptografii jsou relativně pomalé.
- V praxi nepodepisujeme celý dokument (velikosti v kB, MB i GB) ale pouze haš (fixní délky řádově stovky bitů).
- Není bezpečné rozdělit dokument na několik částí a ty podepsat separátně.
- Při kombinaci šifrování veřejným klíčem a podpisu je nutné dokument nejprve podepsat a pak teprve zašifrovat.

Digitální podpis – bezpečnost

- Pro bezpečnou funkčnost digitálního podpisu je nezbytně nutné:
  - udržovat privátní klíč v tajnosti – každý, kdo má přístup k privátnímu klíči má možnost vytvářet platné podpisy;
  - zajistit integritu veřejného klíče – pokud bychom ověřovali platnost podpisu pomocí nesprávného klíče můžeme dojít k nesprávným závěrům.

Digitální podpis – integrita VK

- Jak zajistit integritu veřejného klíče?
- Pomocí certifikátu veřejného klíče!
- Certifikát váže veřejný klíč k subjektu (spíše k nějakému identifikátoru subjektu).
- Tato vazba je digitálně podepsána důvěryhodnou třetí stranou (certifikační autoritou).
- Jak zajistit integritu veřejného klíče certifikační autority?

Digitální podpis – jak vypadá certifikát?

- Certifikát standardu X.509 verze 3

```
Certificate  ::=  SEQUENCE  {
     tbsCertificate       TBSCertificate,
     signatureAlgorithm   AlgorithmIdentifier,
     signature            BIT STRING  }

TBSCertificate  ::=  SEQUENCE  {
     version         [0]  Version DEFAULT v1,
     serialNumber         CertificateSerialNumber,
     signature            AlgorithmIdentifier,
     issuer               Name,
     validity             Validity,  -- notBefore, notAfter
     subject              Name,
     subjectPublicKeyInfo SubjectPublicKeyInfo,  -- algID, bits
     issuerUniqueID  [1]  IMPLICIT UniqueIdentifier OPTIONAL,
     subjectUniqueID [2]  IMPLICIT UniqueIdentifier OPTIONAL,
     extensions      [3]  Extensions OPTIONAL
         -- sequence of: extnID, crit, value }
```

Digitální podpis

- Jak udržovat důvěrnost privátního klíče?
- Key recovery – obnova klíčů!?
- Některé algoritmy asymetrické kryptografie umožňují používat jednu dvojici klíčů pro šifrování i podpis – toto však není příliš vhodná kombinace.
- Jak se brání zaměstnavatel vůči odchodu zaměstnance? $\rightarrow$ Rozdílný přístup k šifrovacímu a podepisovacímu klíči!

Digitální podpis – algoritmy

- První algoritmy asymetrické kryptografie na začátku 70. let 20. století:
  - Britská tajná služba GCHQ.
  - Veřejné oznámení až koncem 20. století.
  - Aplikaci algoritmů pro autentizaci – podpis – „objevila“ později až akademická komunita u svých veřejných algoritmů.
- První veřejné algoritmy koncem 70. Let.
- Nejznámější algoritmus RSA (Rivest, Shamir, Adelman) publikován v roce 1977, patentován v roce 1983 (v současné době patent již vypršel).

Digital Signature Algorithm

- V roce 1994 proběhl v USA výběr Digital Signature Standard (DSS) – vyhrál DSA (Digital Signature Algorithm) modifikovaný algoritmus ElGamal, založený na diskrétním logaritmu v Z_p.
- Další algoritmy, mj. založeny i na eliptických křivkách.

Digitální podpis – délky klíčů

- Algoritmus RSA
  - Při jednom z popisů algoritmu (ve „Scientific American“ v roce 1977) autoři publikovali příklad kryptosystému (prvočísla byla 64 a 65-ti bitová), o kterém věřili že je bezpečný.
  - Tento kryptosystém byl rozlomen v roce 1994.
  - Koncem roku 1999 došlo k prolomení 512 bitového modulo RSA (několik set rychlých počítačů pracovalo přes 4 měsíce).
  - V současné době se používá modulo o délkách 1024 nebo 2048 bitů.

Digitální podpis – časová náročnost

- Algoritmy asymetrické kryptografie jsou relativně časově náročné – příklady časů pro čipovou kartu

Operace	Modulus	Exponent	Čas
Podpis RSA	1024 bitů	1024 bitů	25,2 ms
Podpis RSA	2048 bitů	2048 bitů	0,17 s
Ověření RSA	1024 bitů	32 bitů	2,8 ms
Ověření RSA	2048 bitů		38 ms
Generování klíče RSA	1024 bitů		1,56 s
Generování klíče RSA	2048 bitů		14,4 s
Podpis EC DSA (GF(p))	160 bitů		24 ms
Ověření EC DSA (GF(p))	160 bitů	160 bitů	50 ms

Digitální podpis – RSA– matematika

- Násobení prvočísel snadné, ale faktorizace čísel výpočetně náročná.
- Velká prvočísla **p**, **q**, **n = p·q,**
  φ(n) = (p-1)(q-1).
- Zvolíme velké **d** takové, že **gcd(d, φ(n)) = 1.**
- Spočítáme $\mathbf{e = d^{-1} \pmod{\varphi(n)}}$.
- Veřejný klíč: **n, e.**
  Neveřejné parametry: **p, q, d.**
- Šifrování: $\mathbf{c = w^e \bmod n}$.
- Dešifrování: $\mathbf{w = c^d \bmod n}$.

Výpočetní bezpečnost

- Bezpečnost RSA je založena na nesnadnosti faktorizace čísel.
- Je zřejmé, že pouhým „vyzkoušením“ všech čísel do odmocniny z **n** se nám podaří **n** faktorizovat.
- Bezpečnost RSA je založena na tom, že faktorizovat velká čísla (tím v současné době myslíme čísla o tisících bitech) v rozumném čase neumíme.
- Pokrok v oblasti faktorizace čísel (například nalezení nového algoritmu) však může znamenat, že z veřejného klíče budeme schopni odvodit klíč privátní.
- Tento algoritmus je založen na tzv. „výpočetní bezpečnosti“ (nejen tento algoritmus, „výpočetní bezpečnost“ je běžně používaný přístup).

Digitální podpis – RSA– příklad

- Čísla jsou úmyslně příliš malá (takový systém není bezpečný).
- Parametry: $p = 7927$, $q = 6997$, $n = pg = 55465219$, $\varphi(n) = 7926 \times 6996 = 55450296$.
- Alice volí $e = 5$, řeší rovnici $ed = 5d = 1 \pmod{55450296}$, $d = 44360237$.
- Alicin veřejný klíč: $(n = 55465219, e = 5)$, privátní klíč: $d = 44360237$.
- Podpis: $m = 31229978$; $s = 31229978^{44360237} \bmod 55465219 = 30729435$.
- Ověření podpisu: $m = 30729435^5 \bmod 55465219 = 31229978$.
- Podpis je ověřen, pokud je přijata zpráva m=31229978.

Hašovací funkce

- **Kryptografická** hašovací funkce.
- Vstup libovolné délky.
- Výstup pevné délky: n bitů (často 128 nebo 192).
- Funkce není prostá (vznikají kolize).
- Haš slouží jako kompaktní reprezentace vstupu (nazýváme též otisk, anglicky imprint, digital fingerprint nebo message digest).
- Hašovací funkce často používáme při zajišťování integrity dat. Spočítáme nejprve haš a pak pracujeme s tímto hašem (například jej podepíšeme).

Vlastnosti hašovacích funkcí

- Jednosměrnost
  - Pro libovolné x je snadné spočítat h(x).
  - V rozumném čase nejsme schopni pro pevně dané **y** najít takové **x**, že h(x) = y.
- Bezkoliznost
  - (slabá): pro dané x nejsme schopni v rozumném čase najít x’ (x ≠ x’) takové, že h(x) = h(x’).
  - (silná): v rozumném čase nejsme schopni najít libovolná x, x’ taková, že h(x) = h(x’).

Příklad hašovací funkce

- Uvažujme následující hašovací funkci:
  - Jednoduchý součet bajtů modulo 256 .
  - Fixní osmibitový výstup.
  - Pro text „ahoj“ získáme 97+104+111+106 mod 256 = 162.
- Tuto funkci je sice jednoduché spočítat, není to však dobrá kryptografická hašovací funkce, neboť nemá vlastnost bezkoliznosti.
- h(„ahoj“) = h(„QQ“) = h(„zdarFF“)

Běžné kryptografické hašovací funkce

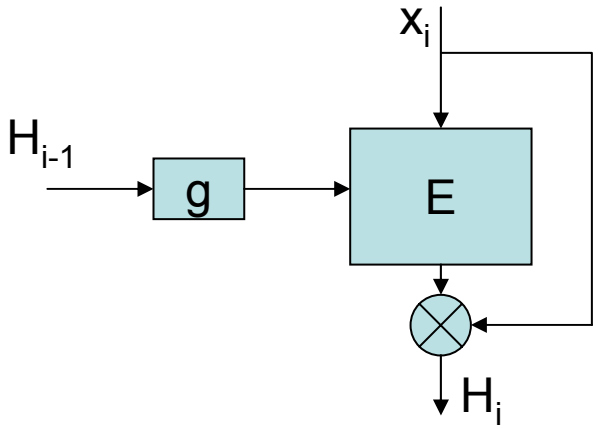
- MD4: výstup 128 bitů – dnes se již nepoužívá – byly nalezeny slabiny v algoritmu (umožňující nalezení kolizí, snižující efektivní výstup asi na 20 bitů).
- MD5: výstup 128 bitů – dnes ještě používána, ačkoliv byly nalezeny slabiny a příklady kolizí – 128 bitů se již nepovažuje za dostatečně bezpečnou délku!
- SHA-1 (Secure Hash Algorithm): výstup 160 bitů – NIST standard, používána v DSS (Digital Signature Standard), považována za bezpečnou do 2010.
- **„SHA-2“ – SHA-256, SHA-384, SHA-512 (a dodána SHA-224) – doporučuje se používat především tyto funkce! Definovány ve standardu (NIST) FIPS 180-2**.

Hašovací funkce – příklady

- MD5
  - Vstup: „Autentizace“.
  - Výstup: 2445b187f42245830378885l1d5411c7 .
  - Výstupem je 128 bitů, zapisujeme hexadecimálně.
  - Vstup: „Cutentizace“.
  - Výstup: cd99abbba3306584e90270bf015b36a7.
  - Změna jednoho bitu vstupu → velká změna výstupu.
- SHA-1
  - Vstup: „Autentizace“.
  - Výstup: dfcee447d609529f0335e67016557c281fc6eb44 .

Hašovací funkce z šifrovacích algoritmů

- Hašovací funkci můžeme vytvořit z libovolné blokové symetrické šifry.
- Existují postupy pro vytvoření hašovací funkce s délkou haše o velikosti délky bloku či dvojnásobku délky bloku.



Matyas-Meyer-Oseas

Narozeninový paradox

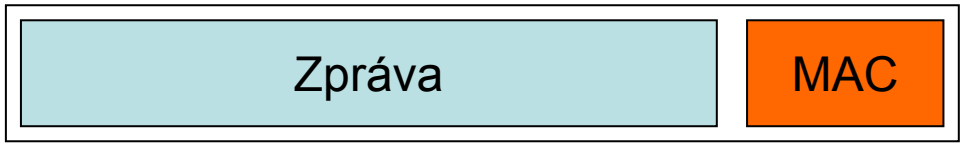
- Zajímavé útoky na hašovací funkce vycházejí z tzv. birthday (narozeninového) paradoxu.
- Pravděpodobnost, že 2 lidé v sále s 23 lidmi mají narozeniny ve stejný den je více než 50 %. Tato pravděpodobnost je překvapivě vysoká a s počtem lidí v sále dále rychle roste (při 30 lidech v sále je vyšší než 70 %).
- Tohoto můžeme využít při hledání kolizí hašovací funkce.

Integrita dat – CRC

- Detekce chyb (error detection)
  - Kontrolní součty – paritní bity, aritmetický součet modulo, exkluzivní součet (XOR).
  - CRC (cyclic redundancy check) – cyklický kontrolní součet. Např. 16-bitový $g(x) = 1+x^2+x^{15}+x^{16}$.
  - Slouží k detekci (neúmyslných) chyb při přenosu dat, uložení dat apod.
  - Je snadné spočítat kontrolní součet dat i vytvořit data odpovídající určitému kontrolnímu součtu, proto kontrolní součty neposkytují ochranu před úmyslnou modifikací dat.

Integrita dat – MAC

- Autentizační kódy (též digitální pečetě, message authentication code – MAC)
  - Slouží k zajištění integrity dat (ne k důvěrnosti dat).
  - Původce a příjemce dat sdílí tajný klíč **k.**
  - Původce zprávy spočítá $h_k(x)$, které přidá ke zprávě x.
  - Příjemce zprávy spočítá $h_k(x')$ z přijaté zprávy x' a srovná s přijatým $h_k(x)$.



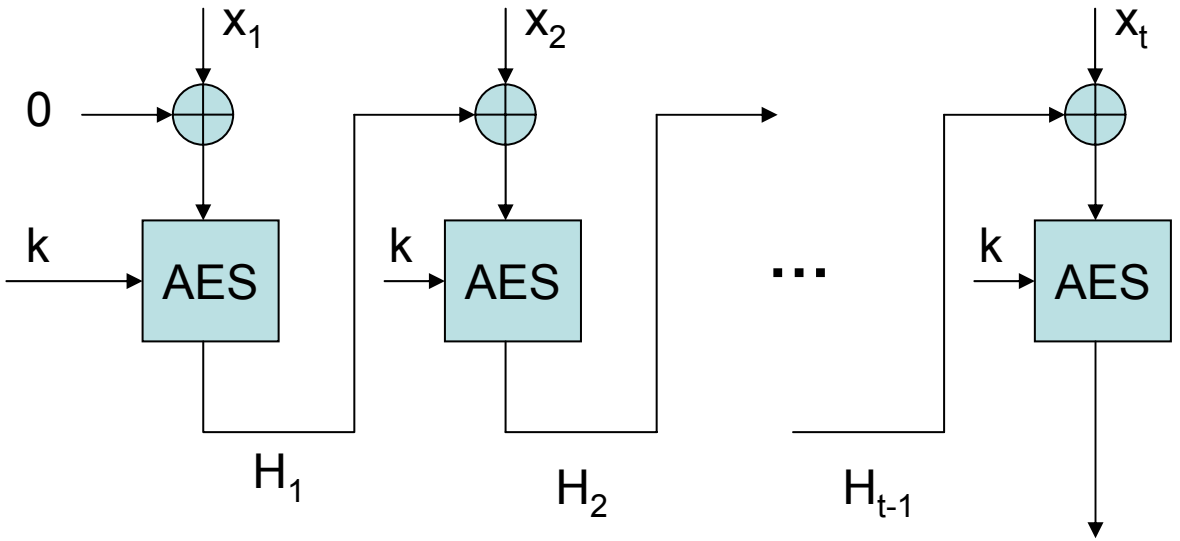
Jak získat funkci pro vytváření MAC?

- MAC můžeme získat z libovolné symetrické šifry v CBC (cipher block chaining) režimu (kdy zašifrovaná data závisí na všech předchozích datech).
- MAC můžeme získat i z hašovací funkce, např. tajný prefix, sufix.

  $HMAC(x) = h(\mathbf{k}||\mathbf{p}_1||h(\mathbf{k}||\mathbf{p}_2||\mathbf{x}))$
  k klíč, **p** padding (doplnění dat)

MAC

- Příklad: MAC založený na AES



„Chaffing and windowing“

- Metoda „chaffing and windowing“ (oddělení zrn od plev).
- Použití MAC pro zajištění důvěrnosti.
- Zprávu rozdělíme na jednotlivé bity.
- Pro každý bit vytvoříme 2 zprávy (obsahující 0 a 1), jednu se správným MAC a jednu s nesprávným MAC. Tyto 2 zprávy v náhodném pořadí odešleme příjemci.
- Příjemce dostane 2 zprávy, tu se správným MAC si ponechá a tu druhou zahodí.
- Nikdo, kdo nezná tajný sdílený klíč, není schopen odlišit zprávu se správným a nesprávným MAC.
- Existují i efektivnější metody než posílání po 1 bitu.

Praktická ukázka autentizace dat

- Autentizace spustitelných EXE souborů v prostředí Microsoft Windows
  - Proč autentizujeme?
  - Chceme zajistit integritu programů.
  - Chceme znát autora programu.
  - Věříme například jen kódu od firmy Microsoft a chceme mít jistotu, že kód při přenosu někdo nemodifikoval, či nepodstrčil.

Microsoft Autenticode

- Jak autentizace funguje?
- EXE soubor je digitálně podepsaný.
- Digitální podpis je ověřen.
- Pokud je podpis platný aplikace je automaticky spuštěna.
- Je-li podpis neplatný nebo není-li EXE soubor podepsán, je interaktivně dotázán uživatel.

Microsoft Autenticode

- Toto dialogové okno asi už znáte:

Microsoft Autenticode

- A tento program není podepsaný vůbec:

Microsoft Authenticode

- Autentizovaná data
  - Při bezchybné autentizaci dat víme, že data byla získána z uvedeného zdroje (např. od firmy Microsoft) a že nebyla modifikována.
  - Autentizace dat neznamená, že data jsou správná, programy bezchybné, bezpečné apod.

Microsoft Autenticode

- 100% bezpečnost neexistuje!
- V roce 2001 získal neznámý útočník 2 certifikáty veřejného klíče určené pro firmu Microsoft a podepsané firmou Verisign (obě firmy jsou klíčoví hráči ve svém oboru a určitě mají pečlivě propracované bezpečnostní předpisy).
- Útočník se úspěšně vydával za zaměstnance firmy Microsoft a získal certifikát podepsaný firmou Verisign.
- Jakýkoliv kód podepsaný takto certifikovaným klíčem bude ve Windows spuštěn bez úvodního varování.

Otázky?

Vítány!!!

Příští přednáška 13. 10. 2004 v 18:00

zriha@fi.muni.cz
matyas@fi.muni.cz