Bezpečnost v informačních technologiích (KIV/BIT)

5. Autentizace, autentizační protokoly

Ing. Pavel Král, Ph.D.

Katedra informatiky a výpočetní techniky
Západočeská Univerzita

18. března 2015

Obsah

Autentizace
pomocí tajemství
heslo
výzva - odpověď
pomocí fyzického objektu
pomocí biometrických informací
Autentizační protokoly

1 Autentizace
- pomocí tajemství
  - heslo
  - výzva - odpověď
- pomocí fyzického objektu
- pomocí biometrických informací

2 Autentizační protokoly

Bezpečnost v informačních technologiích (KIV/BIT)

Ing. Pavel Král, Ph.D.

Autentizace
pomocí tajemství
heslo
výzva - odpověď
pomocí fyzického objektu
pomocí biometrických informací

Autentizační protokoly

- autentizace ???
- autorizace ???

Bezpečnost v informačních technologiích (KIV/BIT)

Ing. Pavel Král, Ph.D.

Autentizace
pomocí tajemství
heslo
výzva - odpověď
pomocí fyzického objektu
pomocí biometrických informací

Autentizační protokoly

Autentizace

- = proces ověření proklamované identity subjektu (druhé strany)
  - = autentikace (z anglického authentication) příp. autentifikace (z franc. authentification).
  - jednotnost odborné terminologie → termíny nedoporučovány
  - autentizace entity (osoby, programu) × autentizace zprávy
  - útočník aktivní → obtížnost autentizace

Pozor: autentizace ≠ autorizace

- autorizace = povolení přístupu k souboru, souhlas s provedením operace (např. smazání souboru “data.txt”)

Autentizační metody

- ???

Autentizační metody

1. uživatel zná
   - tajemství (např. PIN, heslo či přístupová fráze, soukromý klíč)
2. uživatel vlastní
   - fyzické objekty (platební či ID karta)
3. vlastnosti uživatele (*biometrické* charakteristiky)
   - vrozené charakteristiky daného jedince (otisk prstu, duhovky oka, hlas, DNA, ...)

- výhody $\times$ nevýhody
- max. eliminace nevýhod $\longrightarrow$ vzájemná kombinace metod
  - dvoufaktorová autentizace
  - třífaktorová autentizace

Heslo

- nejčastější forma - zadání jména a hesla
- nezobrazovat při zadání (← minimalizace možnosti okopírování)
  - Př: Linux/Unix - nezobrazováno nic
  - Windows - * pro každý znak → nevýhoda ???
- reakce na chybné zadání - neposkytnutí užitečné informace útočníkovi
  - Př: způsoby reakce na chybu

- jmeno: king
- chybne jmeno
- jmeno:

- jmeno: king
- heslo: ******
- chyba pri prihlasovani

Heslo
Vlastnosti & bezpečnost

Bezpečné heslo

- obtížná zjistitelnost, uhodnutelnost

→ Nevhodná hesla

- vlastní jméno, jméno někoho z rodiny, přítelkyně, manželky, milenky, jméno psa, kočky, apod.
- rodné číslo, datum narození
- číslo domu, adresa, telefonní číslo, SPZ, apod.
- heslo, root, guest, user, 1234, 12345, apod.

Heslo

Deset nejhorších hesel z pohledu bezpečnosti

"Hackerská" studie: prolomení 1M uživatelských účtů na serveru http://rockyou.com

Pořadí	Heslo	Počet uživatelů
1.	123456	290 731
2.	12345	79 078
3.	123456789	76 790
4.	Password	61 958
5.	iloveyou	51 622
6.	princess	35 231
7.	rockyou	22 588
8.	1234567	21 726
9.	12345678	20 553
10.	abc123	17 542

Heslo
Vlastnosti & bezpečnost

Bezpečné heslo

- obtížná zjistitelnost, uhodnutelnost

→ Vhodná hesla

- "nesmyslná" kombinace znaků (tj. písmen, čísel a interpunkce)
  - → obtížná zapamatovatelnost (i pro autora) -
  - tendence zapsání (př. PIN na papírku u plat. karty, otevřený soubor hesla.txt na disku, apod.) = **neakceptovalné!!!**
  - ← použití mnemotechnické pomůcky (př. posl. 3 písmena na kláv. vpravo odělená čísly, "zašifrovat", apod.)

Délka hesla

- délka hesla $\longrightarrow$ doba prolomení hesla
- PIN karty - pouze 4 znaky - dostatečná délka? NE!
- $\longleftarrow$ zablokování karty po několika chybných pokusech
- s touto vlastností obecně nepočítat
- ares.zcu.cz - také zablokování po několika neúspěšných přihlášeních - **POZOR !!!**
- $\longrightarrow$ eliminace útoku xxx ???
- dostatečná délka $>= 8$ **znaků** (zdůvodnění viz dále)

Použité znaky

- počet různých znaků v hesle $\longrightarrow$ doba prolomení hesla (s jeho délkou)

- 10 číslic
- 2×26 základních písmen abecedy (a-z, A-Z)
- znaky s diakritikou (á, é, ř, ...)
- interpunkční symboly (. , : ; - ? !, ...)
- speciální znaky ($, %, &, @, ...)

- počet znaků k dispozici > 80

Rozbor hesla

Použité znaky \ Délka hesla		4	5	6	7	8
		Kombinací 100 hesel/sec	Kombinací 100 hesel/sec	Kombinací 100 hesel/sec	Kombinací 100 hesel/sec	Kombinací 100 hesel/sec
0-9	10 znaků	10 000 2 minuty	100 000 16 minut	1 000 000 3 hodiny	10 000 000 1 den	100 000 000 11 dní
a-z; 0-9	36 znaků	1679616 5 hodin	60466176 7 dní	2×10^9 8 měsíců	8×10^{10} 25 let	3×10^{12} 900 let
a-z; A-Z; 0-9	62 znaků	14776336 2 dny	916132832 3 měsíce	5×10^{10} 18 let	4×10^{12} 1000 let	2×10^{14} 70 000 let
a-z; A-Z; 0-9; ščáéě... ;@#$^*?!...	85 znaků	52200625 6 dní	443705312 1 rok	3×10^{11} 120 let	3×10^{13} 10 000 let	3×10^{15} 800 000 let

Autentizace typu výzva - odpověď
Seznam otázek

- alternativa k systému hesel
- na serveru dostatečně dlouhý seznam otázek a odpovědí
- volba otázek - bez nutnosti zaznamenání uživatelem
- Př:
  - Jméno matky za svobodna?
  - Jméno sestry/bratra?
  - Název střední/vysoké školy?
- přihlášení: náhodný výběr otázky / kontrola odpovědi systémem
- potřeba velkého počtu otázek
- nepříliš praktické

Autentizace typu výzva - odpověď
Algoritmus

- uživatel: volba algoritmu
- Př:
  - $9 \times x$
  - přihášení: zobrazení č. 5
  - uživatel: zadání č. 45 (výsledek algoritmu)
- varianty: různý algoritmus v různou dobu
- terminál má výpočetní výkon (přihlašování pomocí mob. telefonu, PDA, příp. smartcard)
- $\longrightarrow$ použití *kryptografického* protokolu výzva odpověď
  - uživatel A - server sdílení tajného klíče K
  - server: zaslání výzvy N_A (náhodně gen. číslo)
  - uživatel A: zaslání odpovědi $E_K(A, N_A)$

Autentizace pomocí fyzického objektu

- princip: podobně jako klíč od bytu
- dnes většinou karta (např. zákaznická karta do supermarketu, debetní karta, Plzeňská k., JIS, apod.)
- vložení karty do (ke) čtecího zařízení
  - někdy doplnění o zadání hesla (PIN) ← ne-zneužití ztracené karty

Karta s čárovým kódem

- pruhy (příp. mozaika) definované šířky → zakódování znaků
  - jednorozměrný kód
  - dvojrozměrný kód
- možno přečíst pomocí čteček (příp. scannerů)

- př. většina zákaznických karet
- + cena, jednoduchá výroba
- − triviální kopie karty na kopírce

Autentizace pomocí fyzického objektu

Magnetická karta

- magnetický proužek na zadní straně (např debetní karta, karta z pojišťovny, apod.)
- zapsáno cca 150B informace
- PIN na kartě zašifrovaný pomocí soukromého (tajného) klíče (banky)
- další informace např na adr. `http://pandatron.cz/?535&karty_s_magnetickym_pruhem`
- + cena, 1 karta cca 3 Kč
- − běžná dostupnost čtecích/zápisových zařízení → kopie karty
- snadné smazání - pouze přiblížení magnetu

Autentizace pomocí fyzického objektu

Čipová karta

- integrován polovodičový čip (mikroprocesor)
  - komunikace se čtecím zařízením
  - bezpečné uložení citlivých dat
  - kontaktní
  - bezkontaktní
  1. s pamětí (stored value cards)
  2. inteligentní (smartcards)

Karty s pamětí

- malé množství paměti (E)PROM (obvykle < 1 KB)
- čtecí/zapisovací zařízení: čtení a zápis do paměti
- př. tel. karty (dříve); pro autentizaci nepoužívány
- zneužití - rel. snadná výroba "věčných" tel. karet

Autentizace pomocí fyzického objektu

Inteligentní čipová karta (smartcard)

- př: 8 bitový CPU, frekvence 4MHz, 16KB ROM, 4KB EEPROM, 1KB RAM
- komunikace pomocí sériové linky 9600 bps
- kryptografický koprocesor, JVM v ROM (někdy)
- rychlý vývoj
- velké množství využití (zdravotní karty, apod.)
- autentizace: protokol **výzva odpověď** - klíč uložen na kartě
- + obtížné zkopírování (nicméně možné)
- − cena, cca 100-1000 Kč

Autentizace pomocí biometrických informací

dva kroky:

- zápis uživatele (provede se 1 $\times$):
  1. změření vlastností snímacím zařízením
  2. digitalizace
  3. uložení *podstatných* vlastností = *vzor* uživatele
- identifikace:
  - (1) a (2)
  - porovnání se vzory (příp. uživatel: zadání jména $\rightarrow$ porovnání pouze s jedním vzorem)
- verifikace $\times$ identifikace
- $+$ nutná fyzické přítomnost osoby
- $-$ cena technologie
- spolehlivost některých metod - ne vždy funguje tak, jak bychom chtěli

Autentizace pomocí biometrických informací

Vlastnosti použitých charakteristik

- dostatečná variabilita (ne např. barva vlasů)
- $\longrightarrow$ příznaky - dostatečná *diskriminativnost*
- psychologická akceptovatelnost (snímání obličeje - někde tváře zakryty)
- praktická získatelnost informace (DNA)
- časová neměnnost (stárnutí - obličej, hlas)
- spolehlivost: odolnost vůči podvodům
- dostatečná rychlost: zprac. 2-3 osoby / min je málo

Běžně používané metody

- otisk prstu
- charakteristiky očí - sítnice, duhovka
- rozpoznání obličeje
- rozpoznání geometrie ruky
- rozpoznání hlasu
- rozpoznání pohybu pera

Otisk prstů

- jedinečná charakteristika
- použití tzv. markantů (specifických bodů):
  - zakončení linie, rozvětvení linie, sloučení linií, křížení, bod (ostrov), apod.
- počet rýh mezi danými markanty
- rozdělení na sektory: extrakce směru a vzdálenosti rýh

- snímače: optické, elektrické, teplotní, ...
- nejrozšířenější biometrika
- v praxi často v kombinaci s čtečkou karet

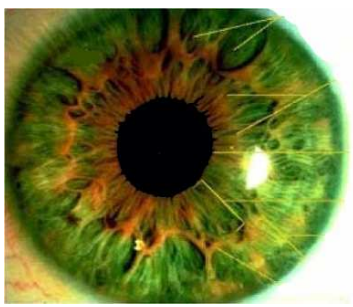
Sítnice

- snímán vzor cév na pozadí oka - jedinečnost
- osvětlení zdrojem světla nízké intenzity, optické zesílení (LED dioda)
- metoda nepříliš rozšířena (viz – níže)

- + přesnost $\longrightarrow$ velká míra bezpečnosti
- – potřeba pohledu přesně do snímače - nepříjemné
- lidé s brýlemi - problém identifikace

Duhovka

- barva, textura a vzor - jedinečnost
- kvalitní kamera, zdroj infračerveného světla
- informace o orientaci, četnosti a pozici specifických plošek $\longrightarrow$ tzv. duhovková mapa
- vytvoření vzoru, porovnání se vzorem
  - + bez nutnosti blízkého kontaktu
  - přesnost rozpoznání
  - − cena



Rozpoznání obličeje

- snímání kamerou
- uložení charakteristikých vlastností (pozice očí, nosu, úst, obočí, příp. uší)
- důraz na automatické určení těchto vlastností
- porovnání se vzorem

- $+$ velký prostor pro oblast vědy
- $-$ nespolehlivost, t.j. chybná funkce systému při řadě událostí
  - změna vzhledu (brýle, vousy, makeup, stárnutí)
  - změna orientace

Rozpoznání geometrie ruky

- měření délek prstů
- příp. šířka nebo kontura prstů (lepší systémy)

- \+ jednoduchá technická realizace
- − možnost kopie - např. plastu, apod.
- oteklá ruka, zranění $\longrightarrow$ chybná funkce systému

Rozpoznání hlasu

- vstup signálu: telefon, mikrofon
- nalezení "vhodných" charakteristik osob (mluvčích)
- modelování mluvčích
- v praxi integrace s jinou metodou - např. s rozpoznáním obličeje

- $+$ minimání nároky na HW
- $-$ vyžadována znalost řečových technologií (složité)
- náchylné na šum - hlučné prostředí
- změny hlasu - nemoc, stárnutí

Rozpoznání pohybu pera při podpisu

- jedinečnost, nemožnost napodobení na základě znalosti podpisu
- speciální pero $\longrightarrow$ informace o rychlosti, směru a tlaku psaní
- zápis: podpis několikrát (alespoň 5 $\times$) $\longrightarrow$ vzor
- autentizace samotná

- $+$ lidé jsou na podepisování zvyklí $\longrightarrow$ oblasti využití (banky, apod.)
- $-$ praktické problémy v technické realizaci (dlouho nevydrží nešetrné zacházení) $\longrightarrow$ malé rozšíření

Autentizace - obecný model

- Alice: snaha o vytvoření bezpečného spojení s Bobem
  - výměna zpráv s Bobem případně s důvěryhodnou třetí stranou (různé role: certifikační autorita, centrum pro distribuci klíčů, tzv. KDC, atd.)

Předpoklad

- Oskar (aktivní útočník) $\rightarrow$ odposlech, modifikace, vkládání, příp. mazání zpráv

Cíl

- po dokončení výměny zpráv (=protokolu) zajištěno, že Alice i Bob mají ověřeny identity
  - Alice - opravdu komunikace s Bobem
  - Bob - opravdu komunikace s Alicí
- většinou - zároveň vytvoření klíče pro šifrování jednoho spojení (relace) symetrickým šifrovacím algoritmem (tzv. relační klíč, angl. session key)

Autentizace - základní předpoklady

- přenos zpráv protokolu otevřenou (nechráněnou) sítí
- $\longrightarrow$ možnost odposlechu, modifikace, vkládání vlastních zpráv, příp. mazání zpráv zasílaných útočníkem
  - obvykle uváděn násl. model; správní účastnící komunikace získávají zprávy výhradně prostřednictvím útočníka
    (možnost provádění akcí - viz výše - bez zpoždění)

- základní kryptografické algoritmy - bezpečné
- $\longrightarrow$ nemožnost jejich napadení útočníkem $\times$ snaha napadení *kombinace* těchto mechanismů, tedy vlastního protokolu

Subjekty

- A = Alice, B = Bob ... potřeba vzájemné *zabezpečené* komunikace
- O = Oskar ... útočník

Autentizace založená na sdíleném tajném klíči

Předpoklad

- účastníci komunikace (Alice a Bob) - sdílení tajného klíče K_{AB} (např. osobní předání dříve)

Princip protokolu

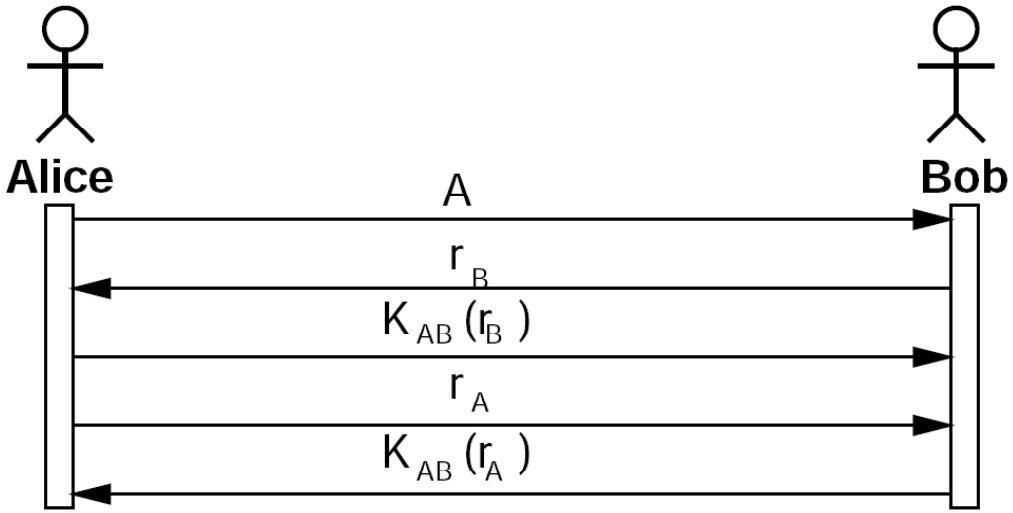
- účastník č.1 - zaslání výzvy (challenge) účastníkovi č.2
  - náhodné číslo (někdy označováno jako "nonce") N_i
- druhý účastník - transformace výzvy, zaslání odpovědi
- $\longrightarrow$ označení protokolů: *výzva-odpověd (challenge-response protocols)*

Autentizační protokoly typu challenge-response
jednoduchý příklad

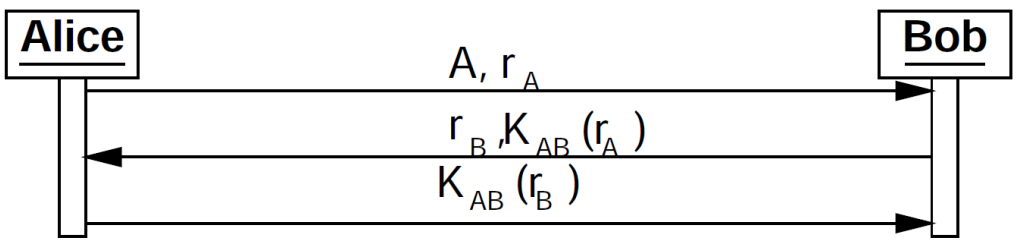
1. $A \rightarrow B$: $\{A\}$ - info o své identitě
2. $B \rightarrow A$: $\{N_B\}$ - výběr (vygenerování) velkého náhodného čísla (alespoň 128 bit)
3. $A \rightarrow B$: $\{N_B\}_{K_{AB}}$ - zašifrování sdíleným klíčem K_{AB}
   - $\rightarrow$ Bob autentizoval Alici (ne ale obráceně Alice Boba),
   - Oskar mohl zachytit první zprávu a poslat zpět N_B
4. $A \rightarrow B$: $\{N_A\}$ - výběr náhodného čísla N_A
5. $B \rightarrow A$: $\{N_A\}_{K_{AB}}$
   - i Alice ví, že komunikuje s Bobem
   - možnost výběru relačního klíče, zašifrování klíčem K_{AB} a zaslání zpět Bobovi

Autentizační protokoly typu challenge-response

zjednodušení → chybný protokol



Zjednodušený protokol (5. zpráv seskupeno pouze do tří)



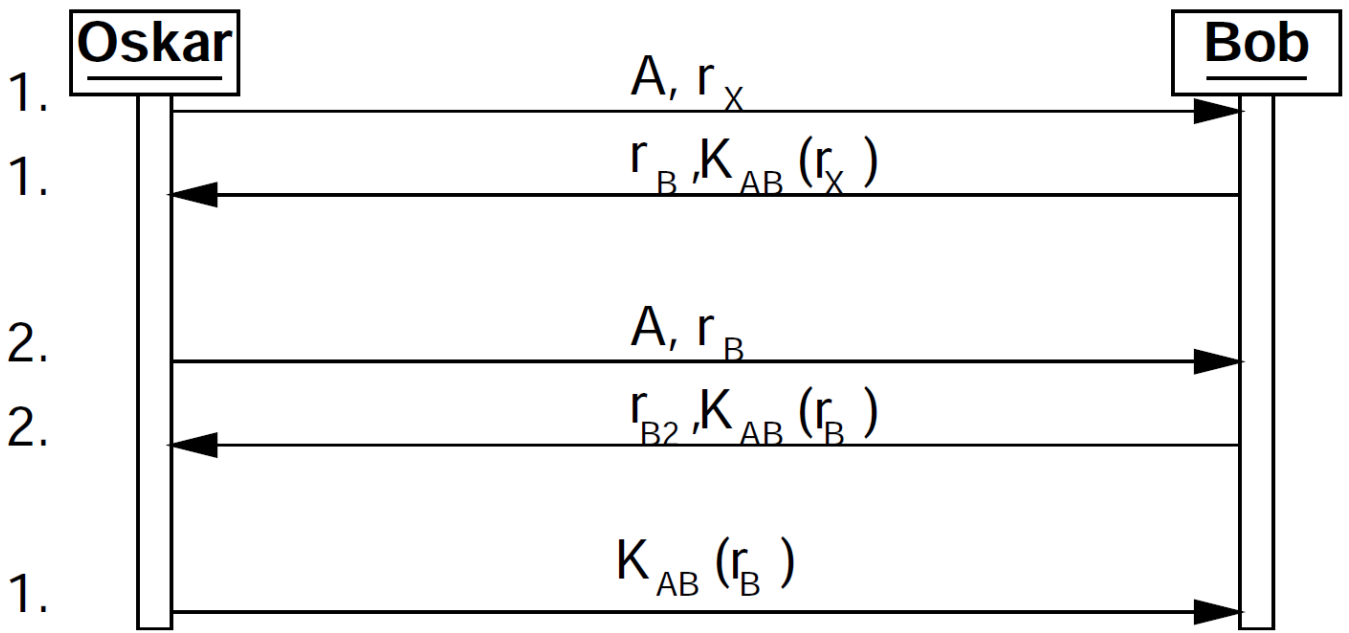
- na 1. pohled OK, ale ..
- umožňuje tzv. reflection attack

Autentizační protokoly typu challenge-response

Útok na zjednodušenou verzi

Předpoklad

- možnost navázání více relací současně s Bobem (např. Bob - banka, více klientů chce provést transakci)



Autentizační protokoly - poznámky

$\rightarrow$

- obtížnot bezchybného návrhu autentizačního protokolu
- používání pouze otestovaných publikovaných metod v praxi
- posílání odpovědi na výzvu N_x $\{X, N_X\}_{K_{XY}}$ (místo $\{N_X\}_{K_{XY}}$, kde $X =$ id vyzývajícího účastníka) $\rightarrow$ zamezení reflexivního útoku
  - součástí standardu ISO 9798-2

Authenticated Key Exchange Protocol 2 (AKEP2) [1]

Autentizační protokoly

- Bellare & Rogaway v roce 1993
- vzájemná autentizace a dohodnutí sdíleného relačního klíče pomocí tří zpráv

Předpoklad

- oba subjekty, které chtějí bezpečně komunikovat, sdílejí od dříve tajné klíče K_1 a K_2
- k dispozici *klíčovaná* jednosměrná hash funkce
  - tzv. Message Authentication Code (MAC) - většinou modifikace jednosměrné hash funkce

Protokol AKEP2
Autentizační protokoly

1. $A \rightarrow B$: $\{N_A\}$ - výběr (vygenerování) velkého náhodného čísla N_A, poslání
2. $B \rightarrow A$: $M_1 = \{A, B, N_A, N_B\}, \{M1\}_{MAC_{K1}}$ - výběr náhodného čísla N_B, poslání zprávy
3. $A \rightarrow B$: $M_2 = \{A, N_B\}, \{M2\}_{MAC_{K1}}$ - ověření identit A a B, porovnání zaslané a přijaté N_A, ověření $MAC_{K1} \rightarrow$ Bob autentizován, zaslání zprávy
4. B - ověření N_B a $\{M2\}_{MAC_{K1}} \rightarrow$ Alice je opravdová
5. $B\&A$ - výpočet relačního klíče $K_{rel} = \{N_B\}_{MAC_{K2}}$ pro komunikaci

Hash vs. šifrovací funkce

Hash

- ???

Šifrovací funkce

- ???

Hash vs. šifrovací funkce

Hash

- **jednocestná** funkce, která z libovolně dlouhého textu vyrobí krátký řetězec konst. délky, tzv. *hash*.
- $\longrightarrow$ není možno zpětně vytvořit původní text

Šifrovací funkce

- ukrytí zprávy
- mám klíč $\longrightarrow$ možnost získání původního textu
- $P = D(E(P, K), K)$

Bezpečnost v informačních technologiích (KIV/BIT)

Ing. Pavel Král, Ph.D.

Autentizace
pomocí tajemství
heslo
výzva - odpověď
pomocí fyzického objektu
pomocí biometrických informací

Autentizační protokoly

Výhoda

- neplatí restrikce některých států = zákaz používaní šifrovacích fcí - zde v protokolu není použita

Nevýhoda

- získání klíče K_2 útočníkem $\longrightarrow$ dešifrování již proběhlé komunikace

Bezpečnost v informačních technologiích (KIV/BIT)

Ing. Pavel Král, Ph.D.

Autentizace
pomocí tajemství
heslo
výzva - odpověď
pomocí fyzického objektu
pomocí biometrických informací

Autentizační protokoly

Dříve:

- účastníci komunikace - sdílení tajného klíče
- $\longrightarrow$ pro komunikaci s N stranami potřeba N (párů) klíčů
- $\longrightarrow$ složitost distribuce a správy klíčů

Nyní:

- $\longrightarrow$ zavedení třetí strany, centrum pro správu a distribuci klíčů, tzv. Key Distribution Center (KDC), dále značení S (server)
- každý uživatel pouze jeden klíč, který sdílí se S (např. Alice K_{AS}; Bob K_{BS})
- autentizace + vytváření rel. klíče pomocí KDC

Autentizace pomocí třetí strany

Nejjednodušší varianta

1. $A \rightarrow S$: $A, \{B, K\}_{K_{AS}}$ - vygenerování rel. klíče K, poslání zprávy
2. $S \rightarrow B$: $\{A, K\}_{K_{BS}}$ - dešifrování, vytvoření a odeslání nové zprávy

- KDC ověření, že první zpráva je od Alice (pomocí klíče)
- zpráva č. 2 - pouze Bob může dešifrovat
- = autentizace stran *vedlejším efektem*

Bezpečnostní nedostatek

1. A: vytvoření rel. klíče K s Bobem pomocí (1) a (2)
2. $A \rightarrow B$: $\{X\}_K$ - požadavek (např. zaslání peněz)
   - Oskar - odposlech
3. $O \rightarrow B$: $\{X\}_K$ - opětovné zasílání stejného požadavku, tzv. replay attack (přehrávka)

Bezpečnost v informačních technologiích (KIV/BIT)

Ing. Pavel Král, Ph.D.

Autentizace
pomocí tajemství
heslo
výzva - odpověď
pomocí fyzického objektu
pomocí biometrických informací

Autentizační protokoly

- vložení časových razítek do každé zprávy T_A
  - "stará" zpráva $\longrightarrow$ nepoužití
  - problém se synchronizací hodin v síti $\longrightarrow$ platnost razítek (možnost zneužití útočníkem v době platnosti)
- vložení "noncí"
  - potřeba zapamatování všech předchozích noncí; stará nonce $\longrightarrow$ odmítnutí
  - problém se zapamatováním
- adaptace protokolu výzva-odpověď pro více stran - nejlepší

Mihir Bellare and Phillip Rogaway,
"Random oracles are practical: A paradigm for designing efficient protocols,"
1993, pp. 62–73, ACM Press.