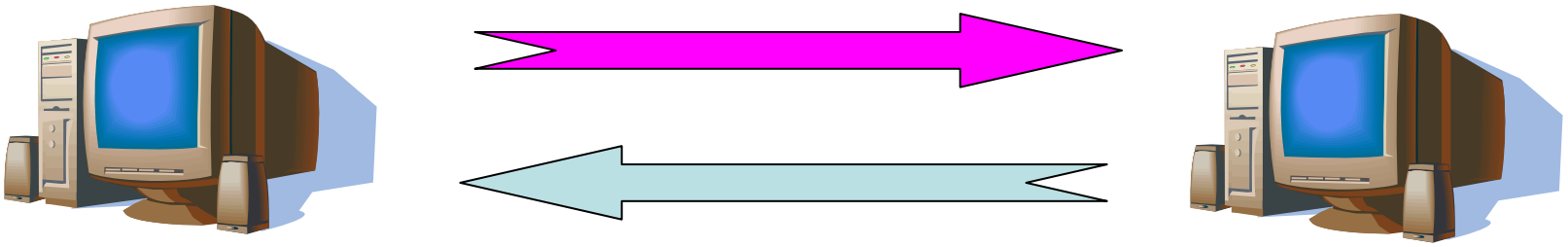
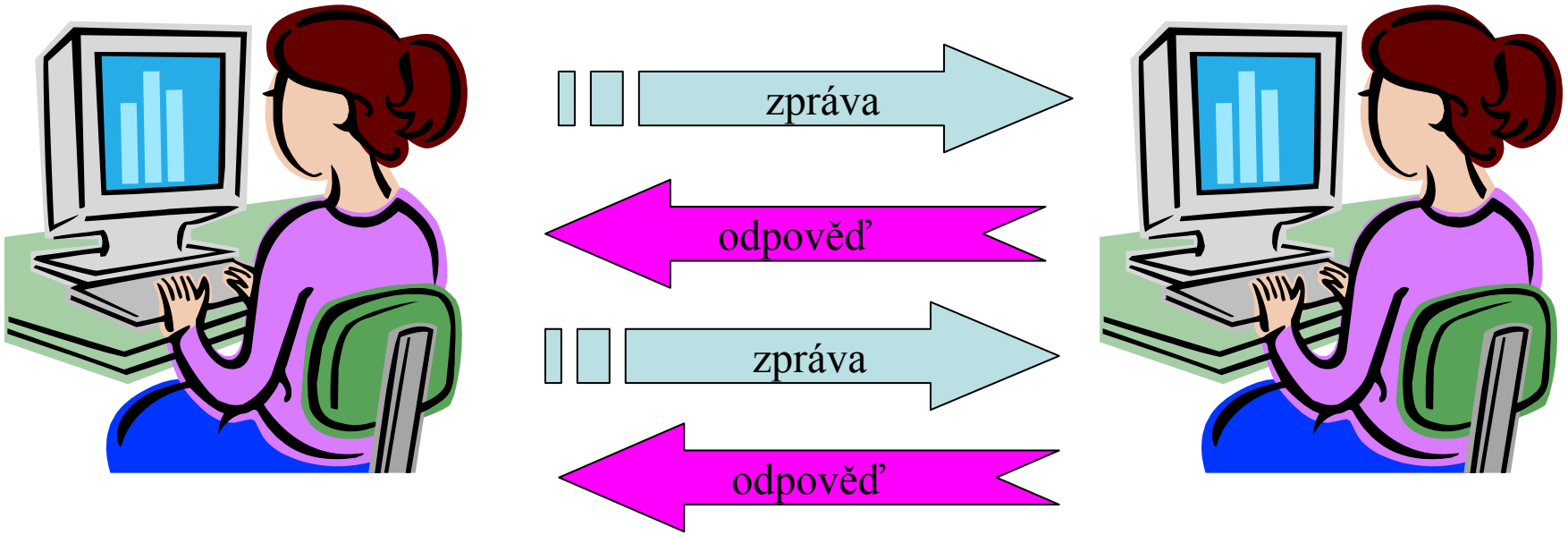
PV157 – Autentizace a řízení přístupu



Autentizační protokoly

Protokol

- Protokol je několikastranný algoritmus definovaný posloupností kroků, které specifikují akce prováděné dvěma a více stranami, pro dosažení určitého cíle



Kryptografické protokoly

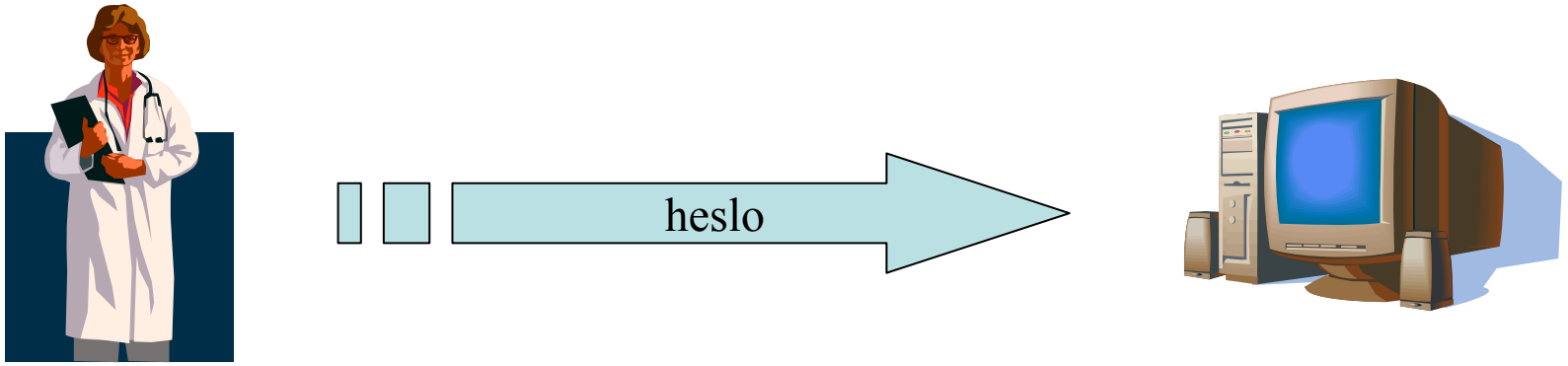
- **Autentizační protokol** – zajistí jedné straně určitou míru jistoty o identitě jiné strany (té, se kterou komunikuje), příp. protokol oboustranný
- **Protokol pro ustavení klíče** (key establishment protocol) – ustaví sdílené tajemství (typicky klíč)
- **Autentizovaný protokol pro ustavení klíče** (authenticated key establishment protocol) – ustaví sdílené tajemství se stranou, jejíž identita byla potvrzena

Autentizační protokoly

- Během protokolu autentizujeme:
  - Pouze jednu ze stran
  - Obě strany
  - Kontinuální autentizace
- Kdo koho autentizuje
  - Alice vyzývá Boba, aby se autentizoval
  - Bob se autentizuje rovnou sám bez výzvy

Autentizace heslem

- Alice se autentizuje Bobovi tak, že mu pošle své heslo
- Heslo je možné odposlechnout
- Bob po úspěšné Alicině autentizaci zná Alicino heslo a může se (např. vůči Cyrilovi) autentizovat jako Alice (pokud Alice používá stejné heslo pro autentizace vůči různým stranám)

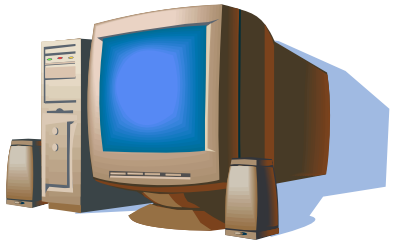


Útok impersonací (vydáváním se za jiného)

Alice

Jsem Alice

heslo



Bob

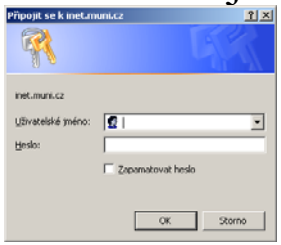
odposlech

Emil

Emil je pasivní útočník (odposlouchává komunikaci)

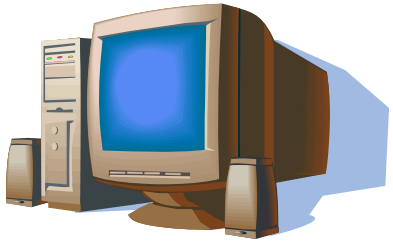
Emil zadá heslo do existující aplikace

Emil



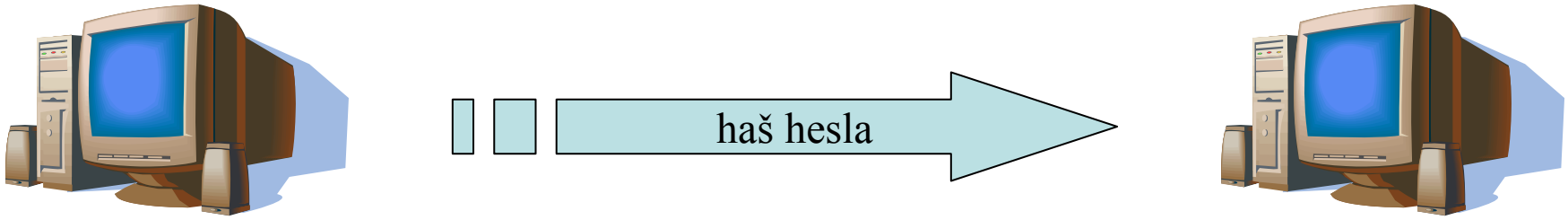
Jsem Alice

heslo



Hašované heslo

- Při autentizaci se neposílá heslo samotné, ale pouze haš hesla
- Kdo odposlechne haš nezíská automaticky heslo
- Haš však lze použít pro podvodnou autentizaci

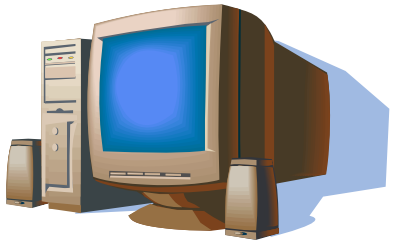


Útok přehráním

Alice

Jsem Alice

haš hesla



Bob

odposlech

Emil

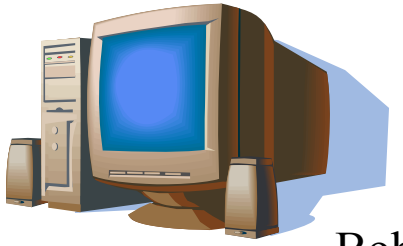
Emil je pasivní útočník (odposlouchává komunikaci)

Emil nezná heslo, ale pošle odposlechnutý haš hesla, pomocí své pomocné aplikace

Emil

Jsem Alice

haš hesla



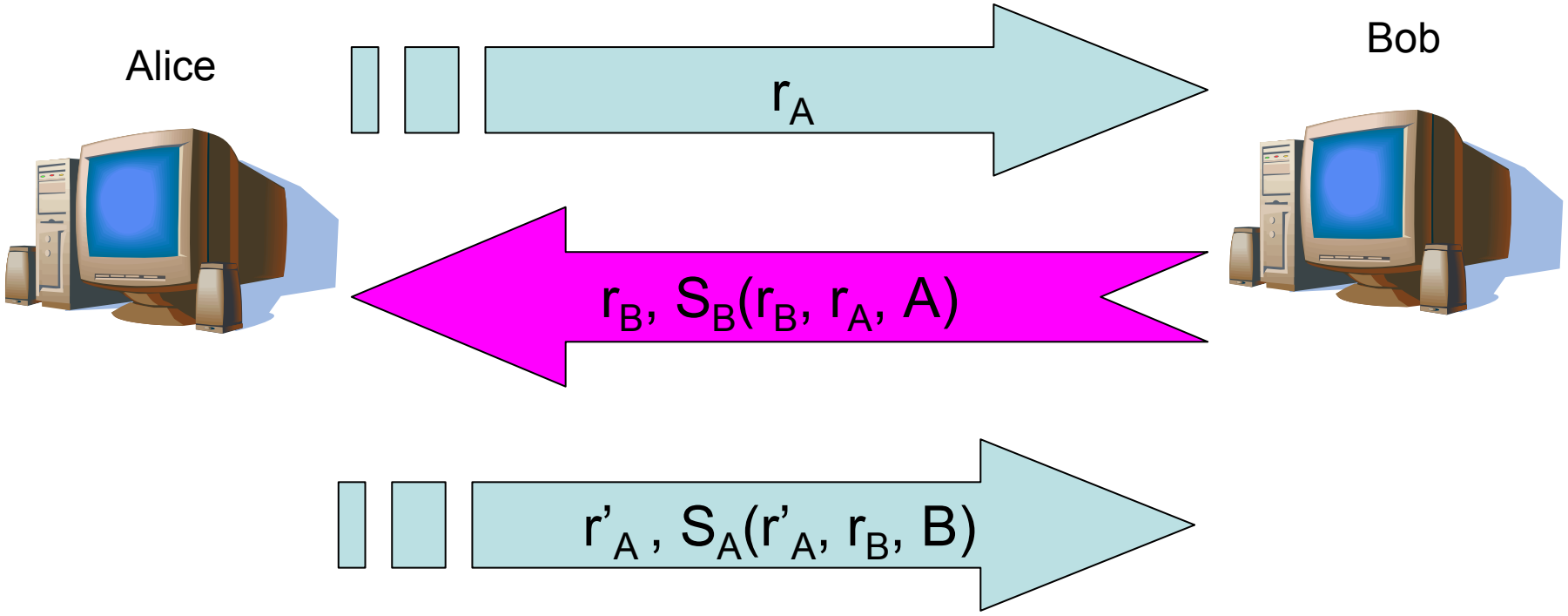
Bob

Další útoky na protokoly

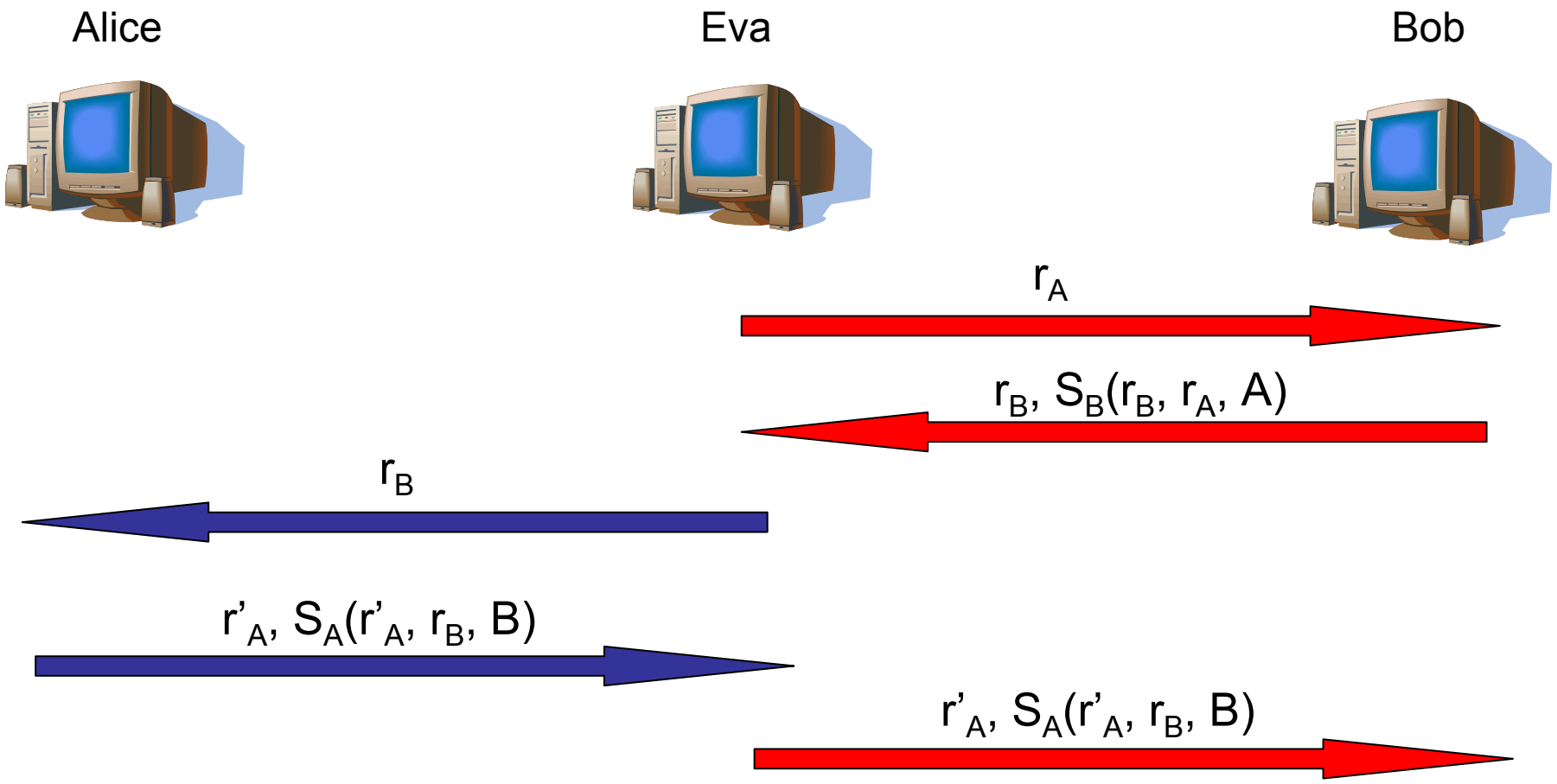
- Zmíněné útoky impersonací a přehráním
- Úplný výčet je nesnadný, ale zmínit je třeba
  - útoky **prolínáním** (interleaving) – kombinujeme zprávy z více průběhů – obvykle, ale ne nutně jen, stejného protokolu – ať již ukončených, nebo právě probíhajících (viz další slajd)
  - **slovníkové** útoky – na protokoly využívající hesla, diskutováno u autentizace uživatelů
  - útoky **využitím známého klíče** (known-key) – obvyklé u protokolů pro ustanovení klíče, kde se klíč ustanoví na základě staršího/ch (útočníkovi známého/ch) klíče/ů
  - další později nebo příště…

Útok prolínáním (1)

- Mějme autentizační protokol:



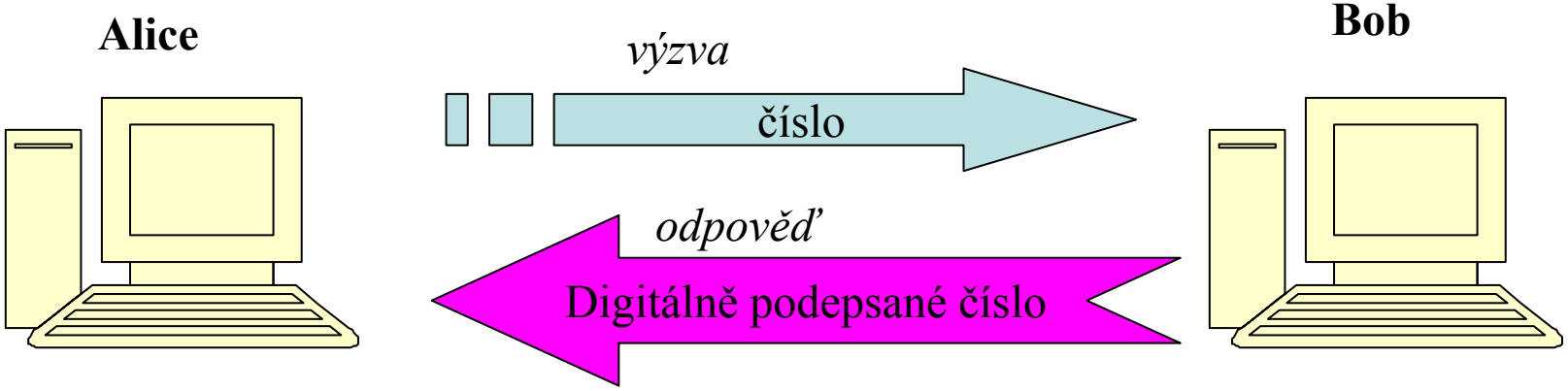
Útok prolínáním (2)



Evě se podařilo vydávat se vůči Bobovi za Alici

Protokoly výzva-odpověď

- Protokoly typu výzva-odpověď (challenge-response)
  - Odposlechem výzvy i odpovědi útočník moc nezíská
  - Bob se může přesvědčit o identitě Alice, bez získání jejího tajemství



Časově proměnné parametry

- **Náhodná čísla** (random numbers) – čísla, která jsou nepredikovatelná (v tomto kontextu zahrnujeme pod náhodná čísla i čísla pseudonáhodná). Použitím náhodných čísel zajišťujeme jedinečnost a „aktuálnost/čerstvost“. Získat skutečně náhodná čísla je netriviální (vyžaduje speciální HW zařízení). V praxi obvykle používáme pseudonáhodná čísla (které na základě tajného stavu - semínka (seed) generují sekvence čísel). Značíme **r**.
- **Sekvence** (sequence numbers) – monotonně rostoucí posloupnost čísel (obě strany musí dlouhodobě uchovávat informaci o poslední hodnotě). Jednoznačně identifikují zprávy a umožňují detekovat útoky přehráním předchozí komunikace. Značíme **n**.
- **Časová razítka** (timestamps) – obě strany musí synchronizovat a zabezpečit hodiny. Zajišťují jedinečnost a časovou přesnost. Značíme **t**.

Protokoly výzva-odpověď

- Založené na symetrických technikách
  - Symetrické šifrování
  - Jednosměrná funkce s klíčem
  - Generátory passcode
- Založené na asymetrických technikách
  - Dešifrování
  - Digitální podpis

Symetrické techniky

- Založené na symetrickém šifrování (Alice a Bob sdílí tajný symetrický klíč **K**)
- Standard ISO/IEC 9798-2
- Jednostranná autentizace (časové razítko)
  - A → B: $E_K(t_A,\text{“B“})$
- Možné útoky
  - Útok přehráním: odposlechnu $E_K(t_A,\text{“B“})$ a pošlu jej rychle znovu (v době platnosti t_A)
  - Změna hodin: odposlechnu $E_K(t_A,\text{“B“})$, později změním hodiny B tak, aby odpovídaly času t_A a znovu pošlu $E_K(t_A,\text{“B“})$

Symetrické techniky

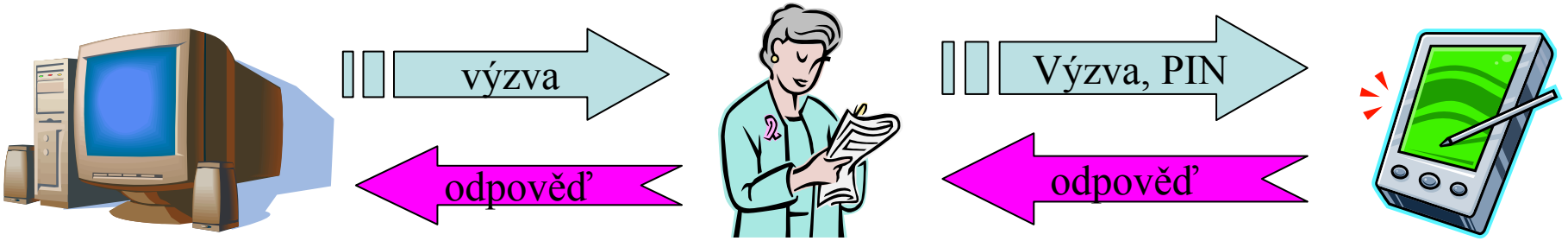
- Jednostranná autentizace (náhodné číslo)
  - $A \leftarrow B: r_B$
  - $A \rightarrow B: E_K(r_B, \text{“B“})$
- Možné útoky
  - Útočník odposlouchává a ukládá $[r_B, E_K(r_B, \text{“B“})]$, pokud se výzva r_B opakuje, pak je schopen poslat správnou odpověď. Případně se může aktivně snažit ovlivnit vytváření náhodných r_B (např. ovlivněním vstupu generátoru náhodných čísel Boba).
- Oboustranná autentizace (náhodná čísla)
  - $A \leftarrow B: r_B$
  - $A \rightarrow B: E_K(r_A, r_B, \text{“B“})$
  - $A \leftarrow B: E_K(r_B, r_A)$

Symetrické techniky

- Založené na klíčovaných jednosměrných funkcích (Alice a Bob sdílí tajný symetrický klíč **K**)
- Standard ISO/IEC 9798-4, protokoly SKID
- Oboustranná autentizace
  - $A \leftarrow B: r_B$
  - $A \rightarrow B: r_A, h_K(r_A,r_B,\text{”B”})$
  - $A \leftarrow B: h_K(r_B,r_A,\text{”A”})$
  - h_K je MAC algoritmus

Symetrické techniky

- Generátory passcode – hand-held (PDA, kapesní počítače) pro bezpečné uložení dlouhodobých klíčů doplněné zadáním PINu uživatele
- Subjekty A, B sdílí tajný klíč s_A a tajný PIN p_A
  - A ← B: r_B
  - subjekt A zadá do generátoru přijatou výzvu r_B a vloží svůj PIN p_A
  - A → B: $f(r_B,s_A,p_A)$



Asymetrické techniky

- Založené na dešifrování soukromým klíčem
- Jednostranná autentizace
  - A ← B: h(r), „B“, P_A(r,”B”)
  - A → B: r
- h – hašovací funkce
- h(r) slouží k prokázání znalosti r bez jeho odhalení

Asymetrické techniky

- Založené na digitálním podpisu
- Standard ISO/IEC 9798-3
- Jednostranná autentizace (časové razítko)
  - A → B: $cert_A$, t_A, ”B“, $S_A(t_A, \text{“B“})$
- Možné útoky
  - Útok přehráním: odposlechnu $S_A(t_A, \text{“B“})$ a pošlu jej rychle znovu (v době platnosti t_A)
  - Změna hodin: odposlechnu $S_A(t_A, \text{“B“})$, později změním hodiny B tak, aby odpovídaly času t_A a znovu pošlu $S_A(t_A, \text{“B“})$

Asymetrické techniky

- Jednostranná autentizace (náhodné číslo)
  - A ← B: r_B
  - A → B: $cert_A$, r_A, "B", $S_A(r_A,r_B,\text{"B"})$
  - r_A zde zabraňuje útokům s vybraným textem
- Možné útoky
  - Obdobné útoky na náhodné r_B jako v případě symetrických technik
- Oboustranná autentizace (náhodná čísla)
  - A ← B: r_B
  - A → B: $cert_A$, r_A, "B", $S_A(r_A,r_B,\text{"B"})$
  - A ← B: $cert_B$, "A", $S_B(r_B,r_A,\text{"A"})$

Protokoly pro správu klíčů

- Účel
  - Přenos klíče
  - Ustavení klíče
  - Aktualizace klíče (strany sdílí dlouhodobý klíč **K**)
  - Zároveň i autentizace jedné nebo obou stran
- Počet stran
  - Protokol pro dvě strany
  - Protokol s důvěryhodnou třetí stranou

Symetrické techniky přenosu klíče

- Aktualizace klíče založená na symetrické šifře (Alice a Bob sdílí tajný klíč K)
  - Přenos klíče (1 zpráva, časové razítko)
  - $A \rightarrow B: E_K(r_A, t_A, \text{“B“})$
  - Přenos klíče (výzva-odpověď, náhodné nebo sekvenční číslo)
  - $A \leftarrow B: n_B$
  - $A \rightarrow B: E_K(r_A, n_B, \text{“B“})$

Symetrické techniky přenosu klíče

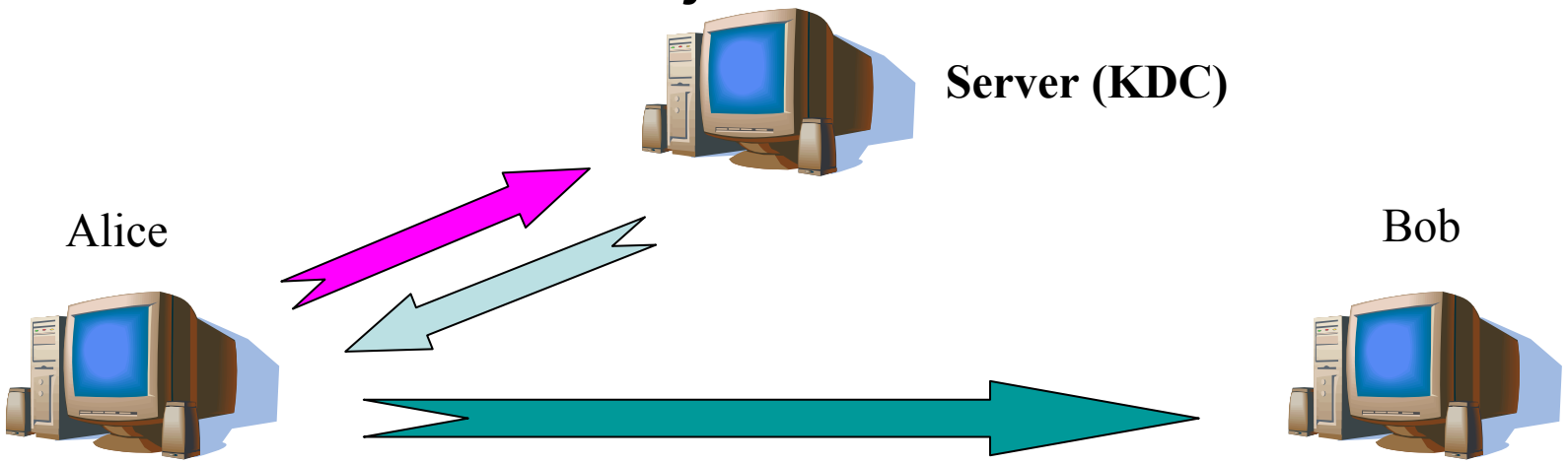
- Přenos klíče odvozením
  - $A \rightarrow B: r_A$
  - Nový klíč $W=E_K(r_A)$
- Aktualizace klíče se vzájemnou autentizací
  - AKEP2 (Authenticated Key Exchange Protocol 2)
  - $A \rightarrow B: r_A$
  - $A \leftarrow B: (\text{”B“},\text{“A“},r_A,r_B), h_K(\text{”B“},\text{“A“},r_A,r_B)$
  - $A \rightarrow B: (\text{“A”},r_B), h_K(\text{“A”},r_B)$
  - Nový klíč $W=h'_{K'}(r_B)$
  - h_K je MAC algoritmus, h' je MAC algoritmus (odlišný od h), obě strany sdílí K, z K je odvozen K'

Protokol bez klíčů

- Přenos klíče bez předchozího sdíleného tajemství
  - Shamirův protokol bez klíčů (Shamir's no-key protocol)
  - Komutativní šifra E
  - Každá strana má svůj klíč K_A,K_B
  - $A \rightarrow B: E_{K_A}(X)$
  - $A \leftarrow B: E_{K_B}(E_{K_A}(X))$
  - $A \rightarrow B: E_{K_B}(X)$
  - Nyní obě strany sdílí X; byly nutné 3 zprávy

Kerberos

- **KDC** (key distribution center) – server sdílí klíč s každým klientem; (klienti však mezi sebou klíče nesdílí); server distribuuje klíče, které generuje.
- **KTC** (key translation center) – server negeneruje klíče sám; klíč dodá jedna ze stran; server klíč distribuuje

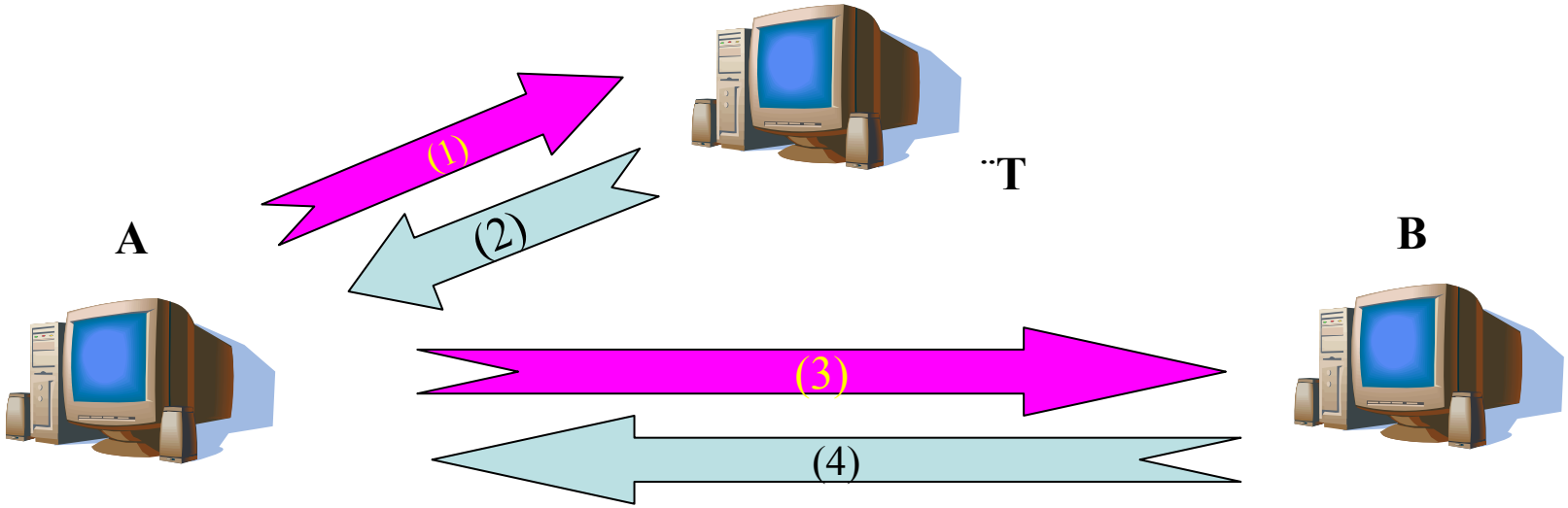


Kerberos

- Vznikl při projektu Athena na MIT
- Symetrická šifra E
- 2 strany (A, B) a důvěryhodný autentizační server (značíme T)
- Cíl:
  - autentizace subjektu A vůči B
  - ustavení klíče k (zvolí T)
  - případně distribuce tajemství sdíleného A a B
- Každá strana sdílí tajemství se serverem K_{AT}, K_{BT}

Kerberos

- Zjednodušená verze protokolu
  - L – doba platnosti („lifetime“)
  - Def.: $ticket_B = E_{K_{BT}}(k, \text{“A”}, L)$, $auth = E_k(\text{“A”}, T_A)$
  - (1) $A \rightarrow T$: ”A”, ”B”, n_A
  - (2) $A \leftarrow T$: $ticket_B$, $E_{K_{AT}}(k, n_A, L, \text{“B“})$
  - (3) $A \rightarrow B$: $ticket_B$, $auth$
  - (4) $A \leftarrow B$: $E_k(T_A)$



Asymetrické techniky přenosu klíče

- Zašifrování podepsaných klíčů
  - $A \rightarrow B$: $P_B(S_A(\text{“B”}, k, t_A))$
  - (volitelné) časové razítko t_A zároveň autentizuje A vůči B
  - Pouze v případě, kdy z podpisu lze získat podepsaná data
- Separátní šifrování a podpis
  - $A \rightarrow B$: $P_B(k, t_A), S_A(\text{“B”}, k, t_A)$
  - Pouze v případě, kdy z podpisu nelze získat podepsaná data
- Podepsání zašifrovaných klíčů
  - $A \rightarrow B$: $t_A, P_B(\text{“A”}, k), S_A(\text{“B”}, t_A, P_B(\text{“A”},k))$

Asymetrické techniky přenosu klíče

- X.509 obousměrná autentizace s přenosem klíče
- Def.: $D_A = (t_A, r_A, \text{“B”}, P_B(k_1))$
  $D_B = (t_B, r_B, \text{“A”}, P_A(k_2))$
- Protokol
  - $A \rightarrow B$: $cert_A$, D_A, $S_A(D_A)$
  - $A \leftarrow B$: $cert_B$, D_B, $S_B(D_B)$

Asymetrické techniky ustavení klíče

- Diffie-Hellman protokol pro ustavení sdíleného tajemství
  - Společné prvočíslo p, generátor α v Z_p
  - A volí tajné x, B volí tajné y
  - A $\rightarrow$ B: $\alpha^x \bmod p$
  - A $\leftarrow$ B: $\alpha^y \bmod p$
  - A a B sdílí $K=\alpha^{xy} \bmod p$

Zero-knowledge protokoly

- Český překlad: protokoly s nulovým rozšířením znalostí
- Jdou dále než protokoly sdělující hesla i protokoly typu výzva-odpověď
- Zero-knowledge – umožňují demonstrovat znalost nějakého tajemství bez odhalení jakékoliv informace použitelné pro získání tajemství
- Úplnost (completeness) – poctivé strany vždy dosáhnou úspěšného výsledku
- Korektnost (soundness) – pravděpodobnost, že nepoctivý útočník se může úspěšně vydávat za jinou stranu je mizivá

Zero-knowledge protokoly

- Identifikační protokol Feige-Fiat
- Důvěryhodná strana T volí modulus n = p·q (jako v RSA), n zveřejní, ale p a q uchová v tajnosti
- A volí tajné **s** (nesoudělné s n, $1 \leq s \leq n-1$), spočítá
  $v = s^2 \bmod n$. Veřejný klíč A je **v**.
- Subjekt A se autentizuje subjektu B:
  - A → B: $x = r^2 \bmod n$
  - A ← B: e = 0 nebo 1
  - A → B: $y = r \cdot s^e \bmod n$
- Opakujeme t-krát. Pravděpodobnost podvádění je 2^{-t}.

Protokoly vyšší úrovně – SSL/TLS

Protokol SSL/TLS poskytuje:

- Autentizaci stran – strany jsou autentizovány pomocí certifikátů a protokolu výzva-odpověď
- Integritu – autentizační kódy (message authentication code - MAC) zajišťují integritu a autenticitu dat
- Důvěrnost – po úvodní inicializaci („handshake“), je ustaven symetrický šifrovací klíč, kterým je šifrována všechna následující komunikace (včetně přenosu hesel apod.)

Principy SSL/TLS

- Pozice SSL/TLS
  - Mezi aplikační vrstvou a protokolem TCP
  - SSL/TLS nevidí do aplikačních dat
  - SSL/TLS neprovádí elektronické podepisování přenášených dat

Komponenty SSL/TLS

- Složení protokolu SSL/TLS z komponent
  - Record Layer Protocol – zpracovává aplikační data
  - Handshake Protocol – úvodní domluva parametrů
  - Change Cipher Specification Protocol – použití nových parametrů šifrování
  - Alert protocol – informace o chybách a varováních

Klíče v SSL/TLS

- Použití klíčů
  - Klient generuje PreMasterSecret, šifruje veřejným klíčem serveru a posílá serveru
  - Obě strany vytvoří blok klíčů z PreMasterSecret (posílá se šifrovaně) a náhodných čísel ClientHello a ServerHello (posílají se nešifrovaně)
  - Blok klíčů tvoří klíče pro
    - MAC klient → server
    - MAC server → klient
    - šifrování klient → server
    - šifrování server → klient
    - inicializační vektory

Record Layer Protocol

- Základní vrstva protokolu
- Pracuje nad TCP/IP (nebo jiným transportním protokolem).
- Umožňuje kombinaci s různými protokoly vyšší úrovně (HTTP, FTP, telnet apod.), které běží beze změny
- Posloupnost kroků
  - rozdělení dat na bloky o max. velikosti 2^{14} bajtů
  - komprimace dat
  - výpočet MAC
  - doplnění na délku bloku šifrovacího algoritmu
  - šifrování

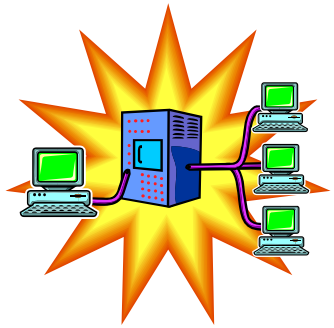
Inicializační fáze

- Handshake Protocol
  - Umožňuje vzájemnou autentizaci serveru a klienta
  - Implicitně je autentizace serveru povinná a autentizace klienta volitelná
  - Autentizace prezentací **certifikátů veřejných klíčů** a znalostí odpovídajících soukromých klíčů
  - Během inicializační fáze jsou vyměněna náhodná čísla a další data, nutná pro výpočet bloku klíčů

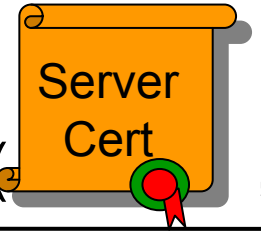
SSL/TLS

Client

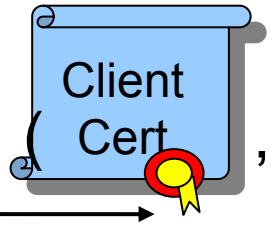
Server



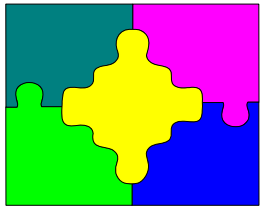
Client Hello



Server Hello, (, Client Cert Request,…)



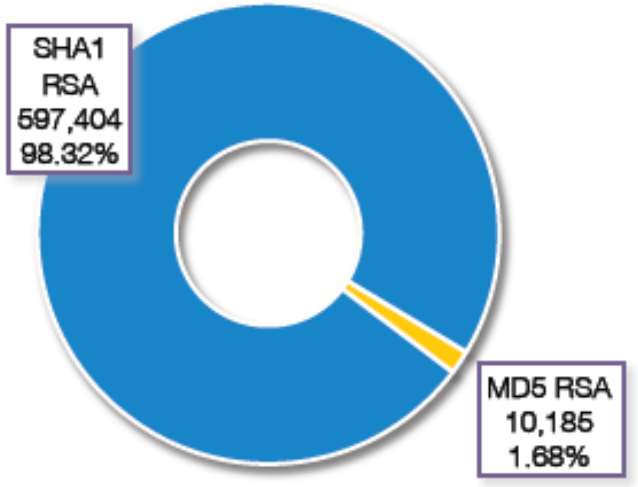
Client Key Exchange, Cipher Spec, (, ...)



Application Data

S E C U R E

SSL/TLS v praxi



Signature algorithm

Key length	Certificates seen
512	3,005
1024	386,694
2048	211,155
4096	6,315
8192	14
Other	406

Zdroj: Qualis SSL Survey 2010

- Analýza SSL certifikátů provedená v roce 2010
  - 22,65 milionů web serverů s podporou SSL
  - Jen 720 tisíc serverů s certifikátem se správným jménem

IPsec

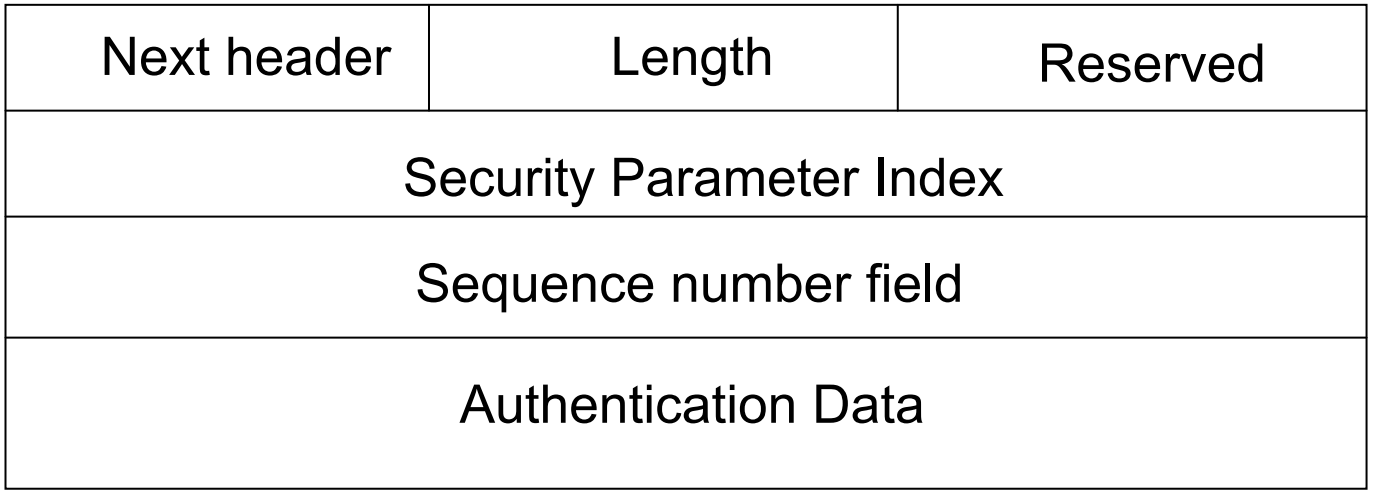
- Protokoly IPv4 – nedostatečná bezpečnost
- Historie
  - Myšlenka IPsec již v roce 1991
  - RFC v roce 1998
  - vývoj neustále pokračuje
  - IPsec pro IPv4 jen přechodné řešení, neboť IPv6 již řeší problémy bezpečnosti
- IPv6
  - Větší množství adres (adresy IPv4 nebudou již brzy stačit)
  - Bezpečnost (IPsec povinný)
  - Mobilita

IPsec

- IPsec zajišťuje
  - Autentizaci původu dat – každý datagram je ověřován, zda byl odeslán uvedeným odesilatelem
  - Integrita dat – ověřuje se, zda data nebyla při přenosu změněna
  - Důvěrnost dat – data jsou před přenosem šifrována
  - Ochrana před útokem přehráním – útočník nemůže zneužít odposlechnutou komunikaci k útoku přehráním
  - Automatickou správu klíčů

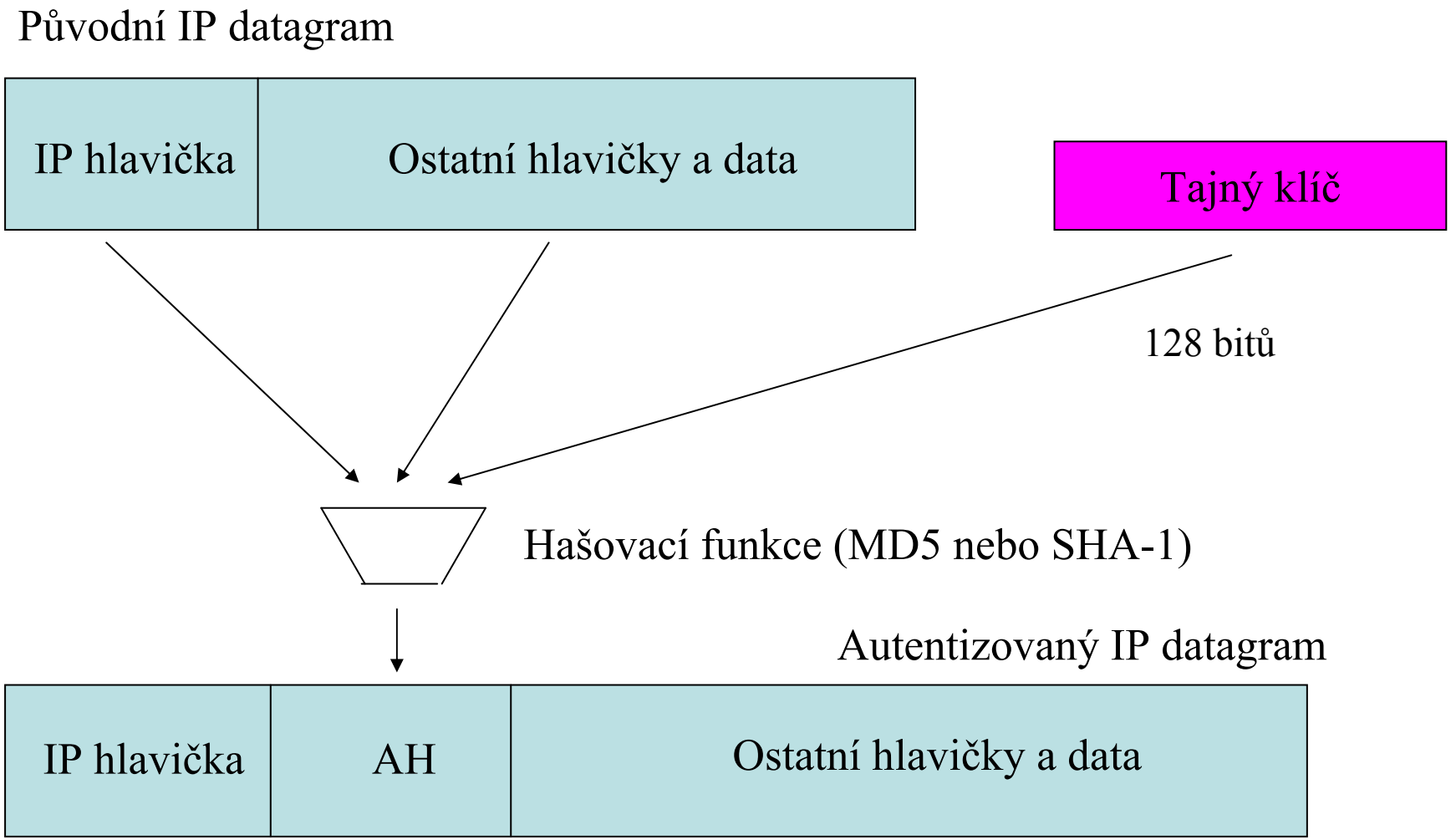
IPsec – AH

- Autentizační hlavička (AH)



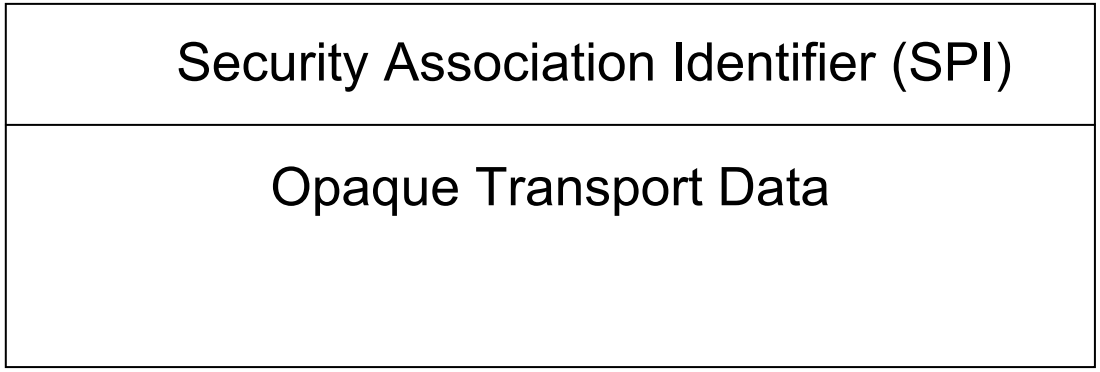
- Autentizační hlavička slouží k zajištění původu dat, integrity dat a chrání vůči útoku přehráním. Je použit MAC kombinovaný se sekvenčním číslem.

IPsec - AH


Původní IP datagram
IP hlavička
Ostatní hlavičky a data
Tajný klíč
128 bitů
Hašovací funkce (MD5 nebo SHA-1)
Autentizovaný IP datagram
IP hlavička
AH
Ostatní hlavičky a data

IPsec - ESP

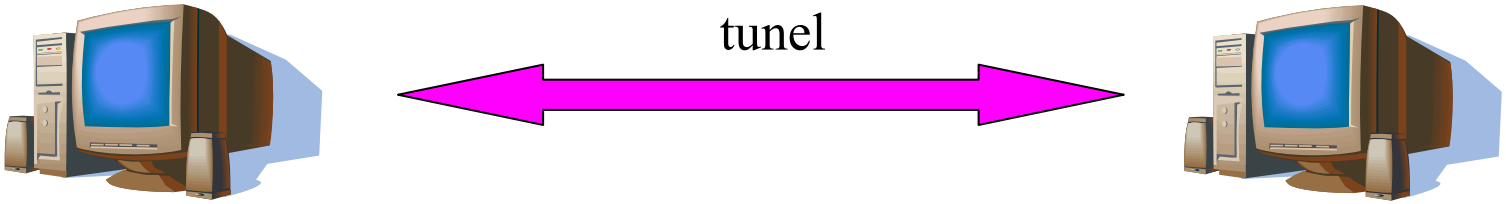
- Encapsulated Security Payload (ESP) header



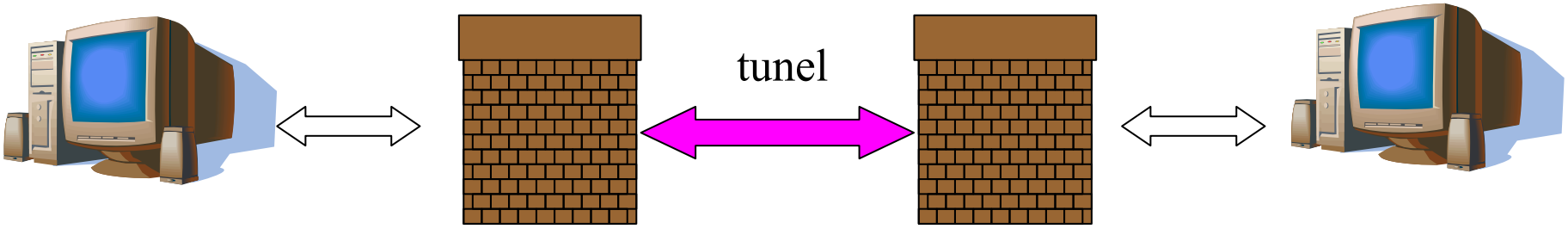
- ESP zajišťuje integritu a autenticitu dat, brání útokům přehráním a zajišťuje **důvěrnost dat**. Je použit symetrický šifrovací klíč sdílený oběma komunikujícími stranami.

Režimy IPsec

- Transportní režim (end-to-end)



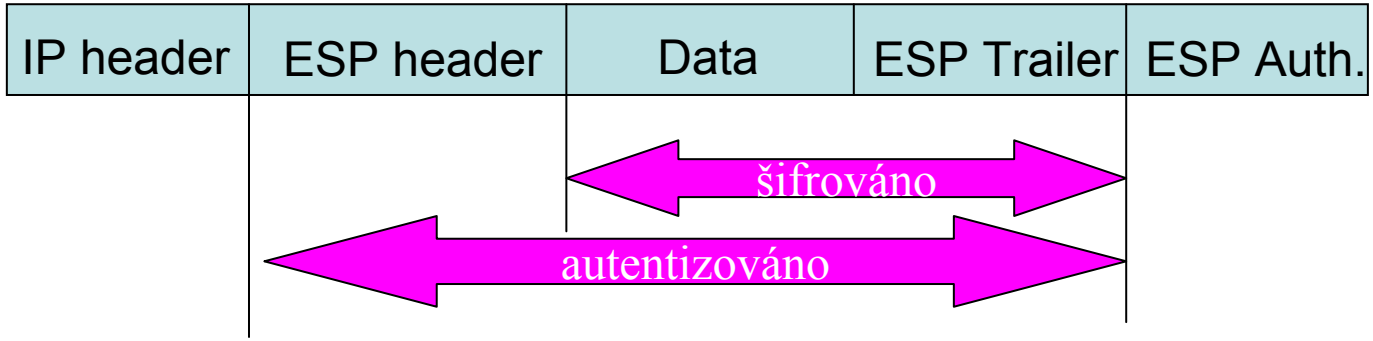
- Tunelovací režim (firewall-to-firewall)



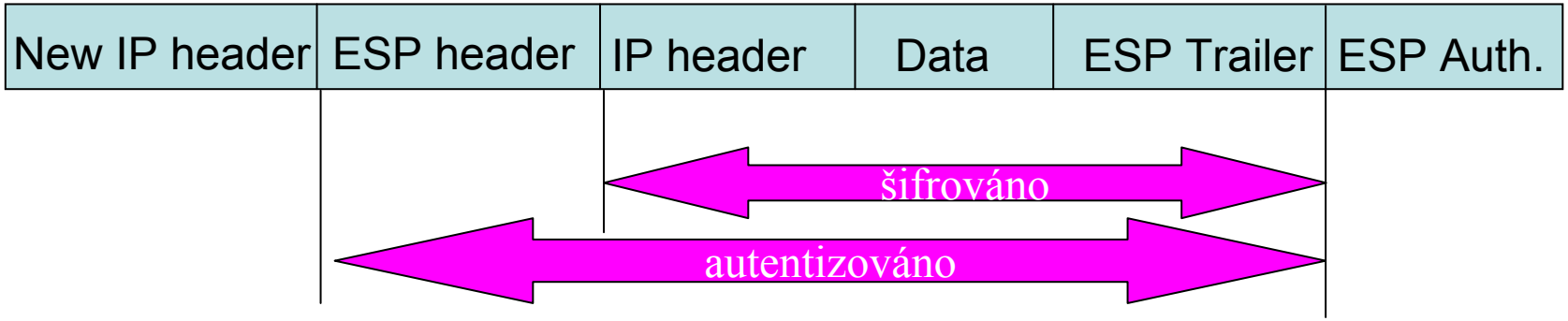
IPsec

- Standardní IP:

- Režimy provozu IPsec
  - Transportní režim (point-to-point)



  - Tunelovací režim



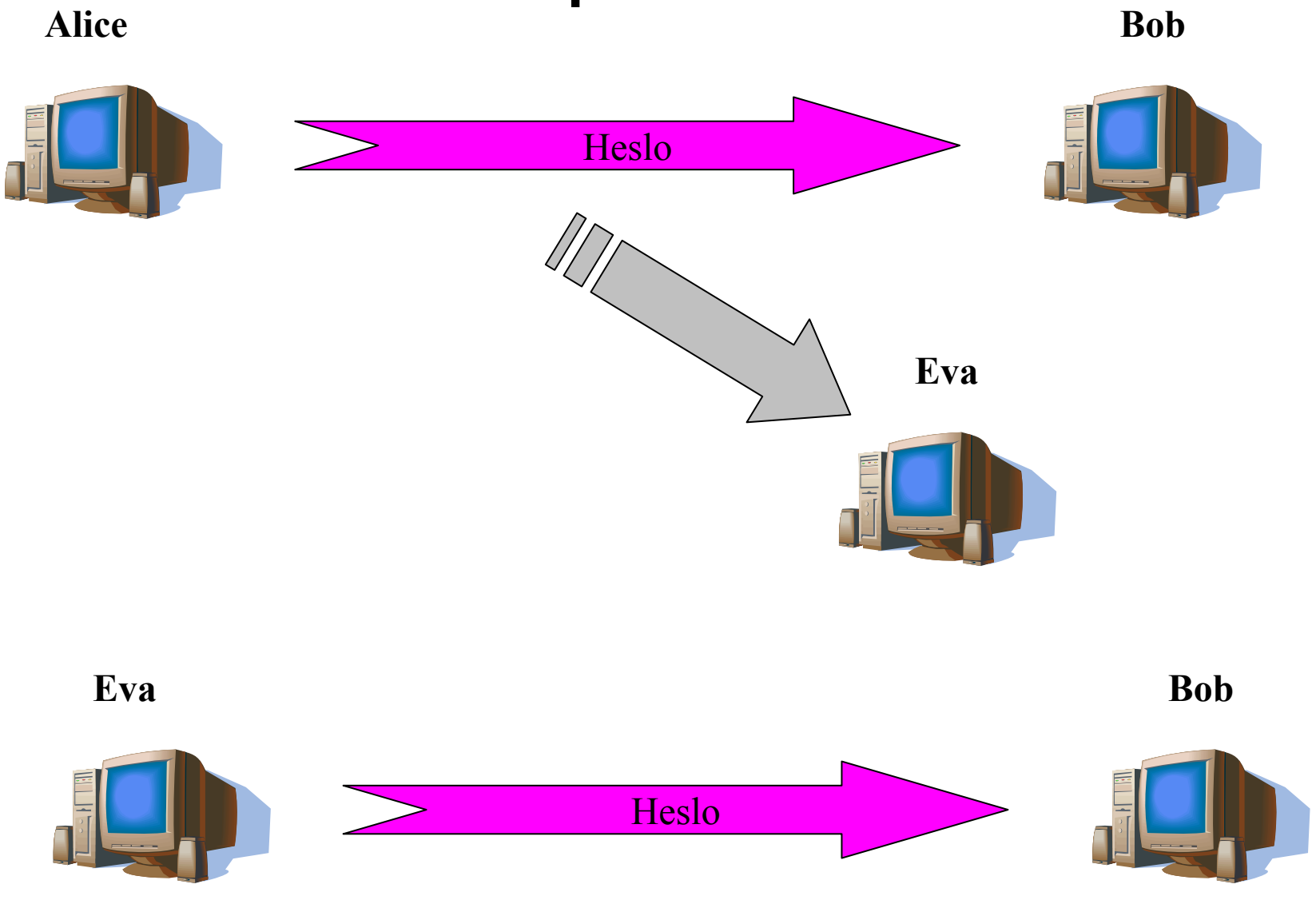
IPsec – správa klíčů

- Oakley
  - protokol pro ustavení společného klíče
  - založen na protokolu Diffie-Hellman, ale:
    - strany jsou autentizovány (brání man-in-the-middle útoku)
      - sdílené klíče, dohodnuté předem
      - Veřejné klíče DNS (viz DNSSEC)
      - RSA klíče podle PGP
      - RSA klíče včetně certifikátu podle X.509
      - DSS klíče včetně certifikátu podle X.509
    - pomocí časově proměnných parametrů se brání útokům přehráním
    - pomocí tzv. cookies se brání útokům typu „DoS“ (prováděné výpočty jsou totiž časově náročné)
    - umožňuje dohodu na použité grupě
- ISAKMP
  - framework (nezávislý na konkrétních šifrovacích algoritmech) pro správu klíčů a bezpečnostních atributů

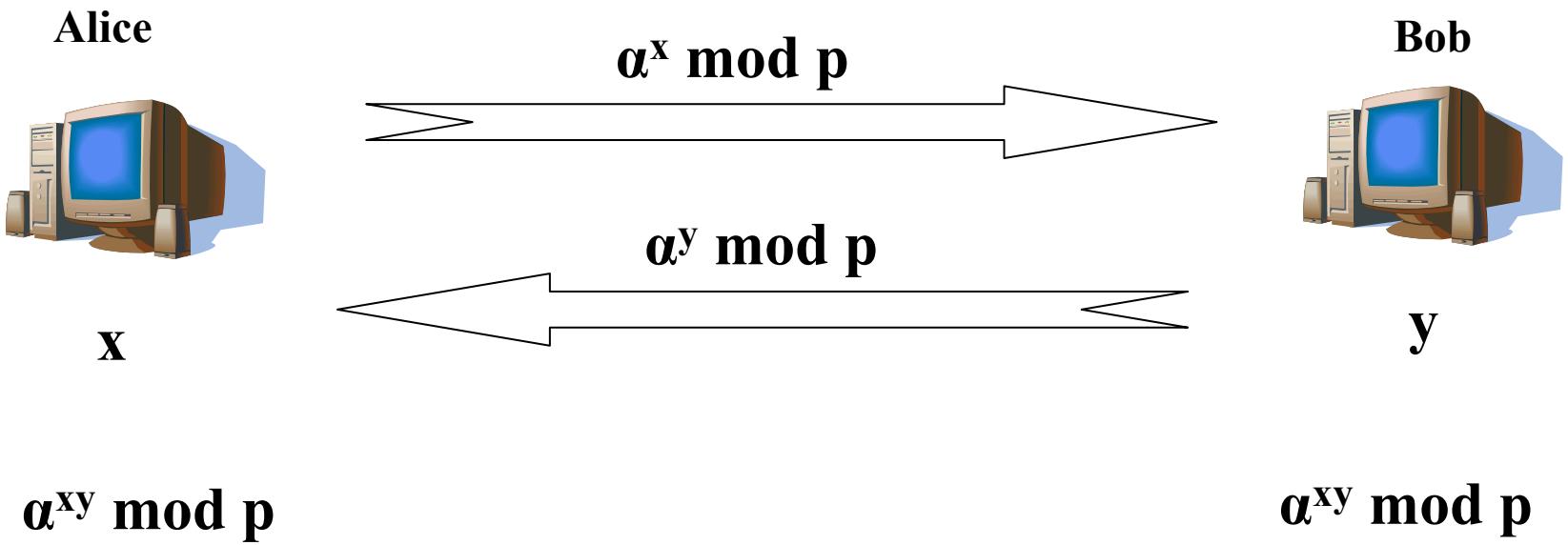
Útoky

- **Pasivní útočník** – analyzuje odchycená šifrovaná data
- **Aktivní útočník** – modifikuje data a/nebo vytváří nové zprávy
- **Zosobnění** (impersonation) – jedna strana se vydává za stranu jinou
- **Přehrání** (replay attack) – využití dříve poslané informace
- **Odraz** (reflection attack) – využití odeslané zprávy
  k okamžitému poslání odesilateli
- **Volený text** (chosen-text attack) – vhodné volení výzev (v protokolech výzva-odpověď) pro získání dlouhodobého klíče

Útok přehráním



Protokol Diffie-Hellman (opak.)



Útok „Man in the middle“