Informačná bezpečnosť (10)

Elektronický podpis a PKI
princípy, aplikácie a legislatíva

Abstrakt

Elektronický podpis je bezpečnostná funkcia zaisťujúca ochranu integrity a autentickosti dogitálneho dokumentu.

Aby sme ho mohli široko používať, potrebujeme vybudovať infraštruktúru verejného kľúča, public key infrastructure, PKI

Obsah a organizácia prednášky

Prednáška má pokryť 5 tém

1. Úvod: písomné dokumenty a požiadavky na ich bezpečnosť
2. kryptografické princípy elektronického podpisu
3. Technologické podmienky pre aplikáciu elektronického podpisu (PKI)
4. Bezpečnosť a vierohodnosť elektronicky podpísaných správ
5. Legislatíva

Písomné dokumenty

- informácie sú uchovávané a často aj prenášané v písomnej podobe (údaje v písomnej podobe – ***písomnosť, dokument***)
- dôvod: relatívna nemennosť obsahu, trvácnosť záznamu, hodnovernosť, právna váha
- Podstatný na písomnom dokumente je jeho obsah (=informácia)
- Poznáme ***základné bezpečnostné požiadavky*** na ochranu informácie (dôvernosť, integrita, autentickosť, dostupnosť)
- Informácia (obsah dokumentu) je spojená s materiálnym nosičom – viaceré vlastnosti dokumentu sú odvodené od spôsobu jeho realizácie (napr. papierový dokument)
- Aj viaceré ***bezpečnostné funkcie*** (ktoré realizujú bezpečnostné požiadavky) sú závislé na spôsobe realizácie dokumentu
- V súčasnosti sa používajú čoraz viac ***elektronické dokumenty***
- Ako zaistiť bezpečnosť elektronických dokumentov na porovnateľnej úrovni ako je zabezpečenie papierových dokumentov?

Informačné procesy a prenos informácie

- Dokumenty sú objektom informačných procesov a z toho, akým spôsobom sa spracovávajú, vyplývajú aj hrozby voči nim a bezpečnostné požiadavky na ich ochranu
- ***Základ informačných procesov: prenos informácie*** (v priestore – komunikácia alebo v čase – zápis a čítanie informácie)
- Budeme sa zaoberať prenosom informácie v priestore (názornejšie)
- Základná schéma: vysielajúca strana (Alica) – prenosový kanál – prijímajúca strana (Bob)
- Kanál môže byť ovplyvnený šumom, alebo k nemu môže mať prístup nepovolaná tretia strana (Eva);
- $kanál = transformácia\ informácie$:
  $vstupná\ informácia \rightarrow výstupná\ informácia$

Bezpečnostné požiadavky na písomné dokumenty

- Požiadavky na dokument:
  - Nemennosť (prijatý dokument by mal byť totožný s odvysielaným dokumentom – integrita)
  - Utajenie obsahu (nepovolaná osoba by sa nemala dostať k obsahu dokumentu – dôvernosť)
  - Určenie autorstva (malo byť jasné, kto dokument vytvoril – autentickosť)
- Prvé dve požiadavky by sa dali zabezpečiť, ak by bol prenosový kanál spoľahlivý; t.j.
  - Realizoval by identickú transformáciu (informácia pri prenose by sa nemenila)
  - Eva by nemala prístup k prenášanému dokumentu
- Tretia požiadavka predpokladá pripojenie znaku jedinečného pre danú osobu (autora dokumentu) k dokumentu
- **Realita**: absolútne spoľahlivý kanál neexistuje, dostatočne spoľahlivé kanály sú drahé a majú malú kapacitu
- **riešenie**: šifrová ochrana proti Eve a samoopravné kódy proti prírode
- Autentickosť dokumentu: ochranné znaky, pečate, podpisy

Elektronické (virtuálne) dokumenty

- Čo to vlastne je?
- = Dokumenty v elektronickej alebo optickej podobe, ktoré nie sú pevne viazané na nosič (zaznamenané na elektromagnetických médiách, prenášané sieťami, prostredníctvom satelitov, dokumenty v pamäti počítača)
- Prečo sa objavili?
- Objem informácií, ktoré spoločnosť na svoje fungovanie potrebuje, nie je zvládnuteľný klasickými prostriedkami
- Preto:
  - najprv mechanické diernoštítkové stroje
  - Telegraf, telefón, rádio, televízia
  - Počítače a počítačové siete
  - A koncom 20. storočia syntéza do podoby Informačných a komunikačných technológií (IKT)
- Vývoj používania elektronických dokumentov
  - z papierovej do elektronickej podoby, spracovanie v elektronickej podobe a potom spätná transformácia (tlač)
  - Elektronická forma rovnocenná s papierovou
  - Prevládajúca elektronická forma

Výhody a nevýhody elektronických dokumentov

výhody:

- Veľký objem informácií na malom priestore
- Jednoduchá možnosť modifikácie
- Rýchle a nepozorovane sa dajú kopírovať
- Rýchly prenos na veľké vzdialenosti

nevýhody:

- Veľký objem informácií na malom priestore
- Jednoduchá možnosť modifikácie
- Rýchle a nepozorovane sa dajú kopírovať
- Rýchly prenos na veľké vzdialenosti

Bezpečnostné požiadavky na elektronické dokumenty

- Výhody prevažujú nad nevýhodami, elektronické dokumenty sa budú používať; bezpečnostné problémy treba riešiť
- Bezpečnostné požiadavky na informáciu:
  - Dôvernosť (confidentiality)
  - Integrita (integrity)
  - Dostupnosť (availability)
  - Autentickosť (authenticity)
  - Zodpovednosť (accountability)
  - Súkromie (privacy)
  - Nepopretie pôvodu (nonrepudiation of origin)
  - Nepopretie prijatia (nonrepudiation of receipt)
  - A ďalšie

Riešenie bezpečnosti elektronických dokumentov

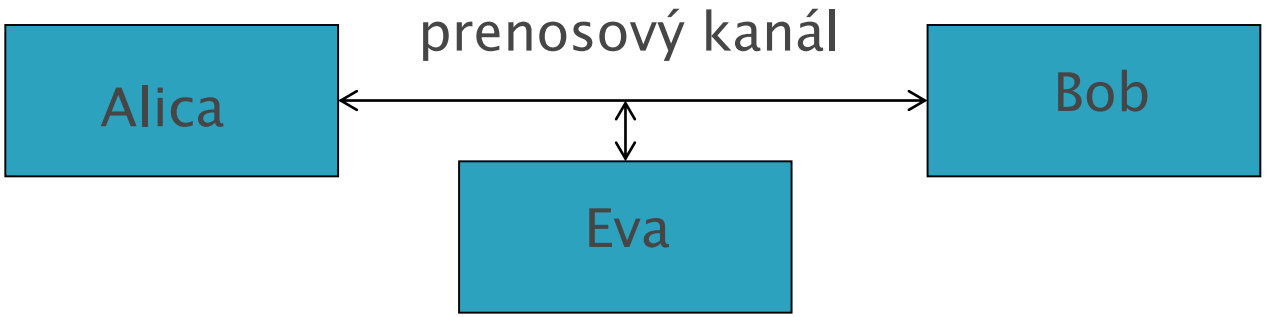
- Univerzálne, jednorazové riešenie informačnej bezpečnosti nexistuje
- Riešenia:
  - Organizačné (jasné stanovenie práv a povinností, ochrana prístupu k informačnému systému,...)
  - Právne (legislatíva: elektronický podpis, elektronický obchod, ochrana osobných údajov, ochrana utajovaných skutočností,... , ale aj vnútorná legislatíva)
  - Technické (ochrana infraštruktúry, technické zabezpečovacie prostriedky, zálohovanie,...)
  - Normy a štandardy (kompatibilita a kvalita riešení)
  - Kryptológia

Kryptografické riešenia pre informačnú bezpečnosť

- Dôvernosť, integrita, autentickosť, nemožnosť popretia pôvodu sa dajú riešiť pomocou kryptografických prostriedkov
- Nepriamo sa kryptologické riešenia využívajú aj pri ochrane súkromia, zodpovednosti za činnosť v systéme, nemožnosti popretia prijatia a ďalších bezpečnostných problémov
- Pozrieme sa na kryptografiu

Kryptologické minimum (1)

- Vychádzajme z modelovej situácie: Alica chce poslať Bobovi nejakú správu prostredníctvom prenosového kanálu, na ktorého spoľahlivosť sa nemôže spoľahnúť
- Alica a Bob = oprávnené osoby
- Eva (= protivník) môže odvysielanú správu zachytiť a pokúsiť sa prečítať, modifikovať, poslať príjemcovi zachytenú správu oneskorene, alebo ešte raz, poslať mu modifikovanú správu, predstierať Bobovi, že je Alica a voči Alici vystupovať ako Bob a pod.



Kryptologické minimum (2)

- Správa = dokument, ktorý posiela Alica Bobovi alebo Bob Alici, predpokladáme, že je v textovej podobe. Ak je správa v čitateľnej podobe, hovoríme, že ide o otvorený text, *cleartext*. Konkrétnu (otvorenú) správu označíme *m*, množinu všetkých možných otvorených správ symbolom *M*
- Kryptografická transformácia = zobrazenie (predpis), ktorý jednoznačne transformuje ľubovoľný text
- Kryptografická transformácie má dva parametre (vstupné hodnoty) = text a kryptografický kľúč (*k*)
- Množina kryptografických kľúčov *K* musí byť dostatočne veľká, aby sa nedali prebrať všetky možnosti
- Rozlišujeme dve kryptografické transformácie:
  - Šifrovaciu $E : M \times K \rightarrow C$
  - Dešifrovaciu $D: C \times K \rightarrow M$
- Šifrovacia transformácia na základe kryptografického kľúča (šifrovacieho kľúča k1) transformuje správu *m* na šifrový text *c*

$$E(m,k1) = c$$

Kryptologické minimum (3)

- Množinu všetkých možných šifrových správ označíme symbolom *C.*
- Dešifrovacia transformácia D šifrový text (šifrovú správu) *c* pomocou kryptografického (dešifrovacieho) kľúča dešifruje na pôvodnú správu *m:*

$$D(c, k_2) = m$$

- Kľúče k_1 $k_2$tvoria dvojicu a v mnohých šifrovacích systémoch $k_1 = k_2$ (na chvíľu budeme predpokladať , že skutočne $k_1 = k_2$)
- množinu dvojíc transformácií (šifrovacích a dešifrovacích)

$$E: M\ x\ K \rightarrow C;\ D: C\ x\ K \rightarrow M;$$

a pre ľubovoľnú správu *m* z *M* platí

$$D(E(m, k), k) = m$$

budeme nazývať kryptosystémom (šifrou)

- Kryptosystém, v ktorom sa zhoduje šifrovací a dešifrovací kľúč, sa nazýva symetrický kryptosystém

Kryptologické minimum (4)

- Ako použijú Alica s Bobom klasický symetrický kryptosystém na utajenie obsahu svojej komunikácie pred Evou?
  - Alica sa stretne s Bobom a dohodnú sa na kryptosystéme a na kľúči, ktorý budú na šifrovanie/dešifrovanie používať.
  - Musia predpokladať, že Eva má prístup ku komunikačnému kanálu a že sa po čase dozvie, aký kryptosystém používajú
  - Jedinou zárukou dôvernosti ich komunikácie je, že sa Eva nedozvie ich kľúč (tajný kľúč).
  - Alica a Bob si posielajú správy šifrované dohodnutým tajným kľúčom, ktoré pomocou neho aj dešifrujú
- A čo Eva?
  - Ak nepozná tajný kľúč, môže skúsiť zistiť obsah komunikácie Alica-Bob analýzou zachytených šifrových textov, využijúc ďalšie informácie, ktoré sa jej podarilo získať (napr. použitý textový editor)
  - Evina činnosť = kryptoanalýza, Eva = kryptoanalytička
  - Pokus o odhalenie obsahu šifrovej správy = kryptoanalytický útok
  - Existuje viacero typov kryptoanalytických útokov, nebudeme ich s jednou výnimkou rozoberať

Kryptologické minimum (5)

- Úplné preberanie (kľúčov, otvorených textov)
- Existujú absolútne bezpečné kryptosystémy (Vernamova šifra)
- Ďalšie sú dostatočne bezpečné (nie je známa metóda kryptoanalýzy, ktorá by v rozumnom čase, s vynaložením rozumného množstva peňazí a technických prostriedkov umožnila šifrový text rozbiť)
- Kryptografia = veda o návrhu kryptosystémov
- Kryptoanalýza = veda o rozbíjaní kryptosystémov (lúštení šifrových textov)
- Kryptológia = kryptografia + kryptoanalýza

Asymetrické kryptosystémy (1)

- Klasické kryptosystémy: šifrovací kľúč = dešifrovací kľúč
- 1976 Diffie a Helmann: idea kryptosystému, v ktorom šifrovací kľúč ≠ dešifrovací kľúč, naviac jeden sa z druhého nedá ľahko odvodiť
- Odvtedy okolo 10 kryptosystémov, ktoré tento princíp používajú
- Ako sa to dá použiť?
  - Alica chce dôverne komunikovať s Bobom, ale nemôžu sa stretnúť, aby sa dohodli na tajnom kľúči
  - Alica si vygeneruje dvojicu (šifrovací a dešifrovací) kľúč pre asymetrický kryptosystém a šifrovací kľúč zverejní (!), dešifrovací kľúč utají
  - Preto sa zverejnený šifrovací kľúč nazýva verejným (public) kľúčom a utajený dešifrovací kľúč súkromným (privátnym) kľúčom

Asymetrické kryptosystémy (2)

- Bob si taktiež vygeneruje dvojicu kryptografických kľúčov a zverejní svoj verejný kľúč
- Alica bude teraz posielať Bobovi správy šifrované Bobovým verejným kľúčom, Bob si ich bude dešifrovať pomocou svojho súkromného kľúča.
- Bob bude posielať Alici správy šifrované Aliciným verejnýk kľúčom a ona si ich bude dešifrovať pomocou svojho súkromného kľúča
- Ak by aj Eva zachytila šifrovú správu, keďže nemá k dispozícii dešifrovací (súkromný) kľúč adresáta, správu nemôže dešifrovať a musí sa pokúsiť o kryptoanalýzu
- Kryptografické transformácie tvoriace asymetrický kryptosystém (kryptosystém s verejnými kľúčmi) sú veľmi zložité a v porovnaní so symetrickými kryptosystémami výpočtovo náročné
- Bežne sa nepoužívajú na šifrovanie celých správ
- Šifrujú sa nimi kryptografické kľúče pre symetrické kryptosystémy (kľúče na správu)

Asymetrické kryptosystémy (3)

- Prekvapujúca možnosť – použiť asymetrický kryptosystém „naopak“ – šifrovať pomocou súkromného kľúča a dešifrovať pomocou verejného
- Čo to umožňuje:
  - Len držiteľ súkromného kľúča je schopný šifrovania
  - Každý, kto má k dispozícii verejný kľúč, je šifrovú informáciu schopný dešifrovať
- použitie: autentifikácia, digitálny podpis
- Doteraz sme pomocou kryptografie riešili dôvernosť správ
- teraz: autentickosť a integritu a od nich odvodené bezpečnostné požiadavky
- Hľadáme analógiu vlastnoručného podpisu pre elektronické dokumenty = „elektronický podpis“

Ideálne funkcie podpisu

- Zatiaľ budeme pod pojmom elektronický podpis rozumieť bližšie neurčenú analógiu vlastnoručného podpisu dokumentu v elektronickej podobe
- Pozrieme sa na funkcie vlastnoručného podpisu a na požiadavky, ktoré by jeho elektronická analógia mala spĺňať

- Funkcia vlastnoručného podpisu
  - vyjadrenie súhlasu podpisovateľa s obsahom dokumentu
- vlastnosti
  - nefalšovateľnosť
  - neprenositeľnosť na iný dokument
  - možnosť zistiť dodatočnú zmenu obsahu dokumentu
  - identifikácia podpisovateľa

Aké garancie vlastne dáva vlastnoručný podpis?

- odlíšenie pravého podpisu od falošného
  - pre laika to môže byť problém, ale grafológ to dokáže
- kopírovanie podpisu na iný dokument
  - odlíšiť sa dá kópia podpisu od originálu, ale nie kópia dokumentu, ktorý bol podpísaný, od kópie dokumentu, kam bol podpis prenesený (spor o Markízu)
- zmena dokumentu po podpísaní
  - čiastočne možná (závisí skôr od technickej realizácie dokumentu)
- identifikácia podpisovateľa (zistenie mena osoby z podpisu) – nie je

Špecifiká elektronických dokumentov

- Pripomenieme špecifiká elektronických dokumentov relevantné pre vytváranie elektronickej analógie vlastnoručného podpisu:
  - nie je možné odlíšiť kópiu elektronického dokumentu od originálu
  - elektronické dokumenty je možné ľahko upravovať bez toho, aby to na dokumente zanechalo nejaké viditeľné stopy
  - časť jedného elektronického dokumentu možno jednoducho preniesť do iného

Nutné požiadavky na „elektronický“ podpis

- na jeho vytvorenie musí byť potrebná nejaká tajná informácia
  - potom ho môže vytvoriť len ten, kto túto informáciu pozná
- musí závisieť od obsahu dokumentu
  - inak by sa dal prenášať z jedného dokumentu na iný a nedala by sa zistiť zmena dokumentu
- každý, kto to potrebuje, ho musí byť schopný skontrolovať

Elektronický vs. digitálny podpis

- elektronický podpis
  - všeobecný pojem označujúci informáciu, ktorá spĺňa stanovené požiadavky
  - *DIRECTIVE 1999/93/EC: 'electronic signature' means data in electronic form which are attached to or logically associated with other electronic data and which serve as a method of authentication;*
- digitálny podpis
  - konkrétny kryptologický prostriedok, ktorý sa využíva na realizáciu elektronických podpisov (v súčasnosti jediný známy spôsob ako stanovené požiadavky splniť)
- V závere prednášky sa ešte dostaneme aj k histórii zákona o elektronickom podpise, štandardizačným aktivitám v oblasti elektronických podpisov. Dovtedy budeme používať pojmy elektronický a digitálny podpis ako synonymá

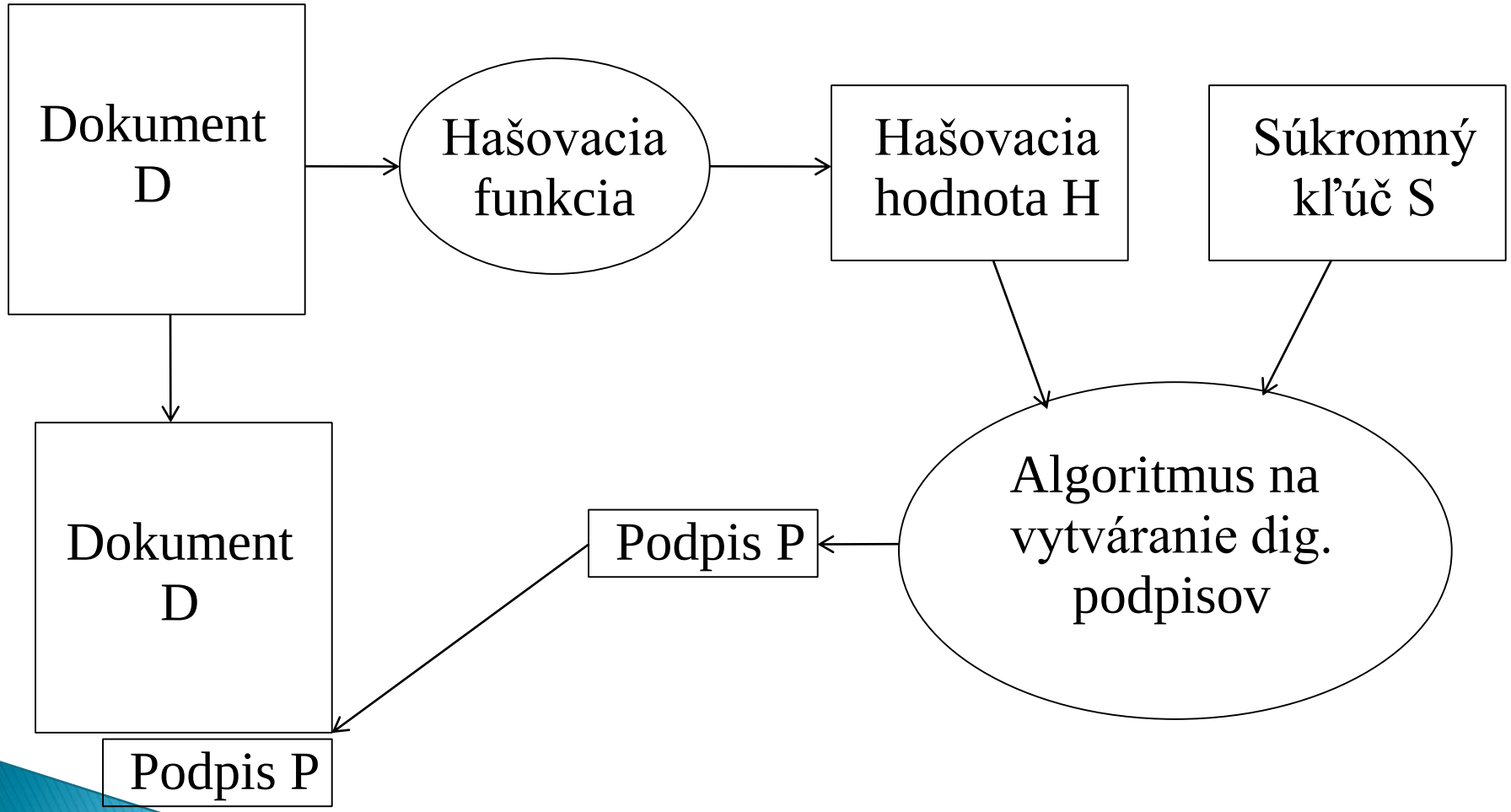
Princíp digitálneho podpisu (1)

- Pripomeniem „obrátené“ použitie kľúčov asymetrického šifrovacieho systému:
  - Súkromný na šifrovanie a verejný na dešifrovanie
  - Keďže šifrový text je schopný vytvoriť len držiteľ súkromného kľúča, ale overiť každý, ktorý má prístup k verejnému kľúču, môže zašifrovaný rozumne vybratý text predstavovať digitálny podpis dokumentu
- Čo šifrovať?
  - text, ktorý sa šifruje, by mal nejako súvisieť s dokumentom, pre ktorý sa digitálny podpis vytvára
  - Tento text by nemal byť príliš dlhý, lebo asymetrické šifrovanie je zložité a šifrovanie dlhého textu by mohlo trvať dlho
  - Riešenie: hašovacia hodnota (digitálny odtlačok) dokumentu

Princíp digitálneho podpisu (2) hašovacia funkcia

- Funkcia, ktorá textu ľubovoľnej dĺžky priradí číslo pevnej dĺžky (hašovaciu hodnotu)
- Naviac, musí mať nasledujúce vlastnosti:
  - Pre ľubovoľnú správu sa hašovacia hodnota počíta ľahko
  - Pre hašovaciu hodnotu je ťažké nájsť správu, ktorá sa na ňu transformuje
  - Je ťažké nájsť dve rozličné správy s rovnakou hašovacou hodnotou
- Digitálny podpis sa potom pre danú správu počíta tak, že sa súkromným kľúčom podpisovateľa zašifruje hašovacia hodnota dokumentu (pozri nasledujúci obrázok)

Vytváranie digitálneho podpisu



Príklad digitálne podpísanej správy (1)

- Subject: Podpisana sprava
- Content-Type: multipart/signed; protocol="application/x-pkcs7-signature"; micalg=sha1;
- boundary="------------ms6F9AFCDB3150C4CB33D9D648"

- This is a cryptographically signed message in MIME format.

- --------------ms6F9AFCDB3150C4CB33D9D648
- Content-Type: text/plain; charset=us-ascii
- Content-Transfer-Encoding: 7bit

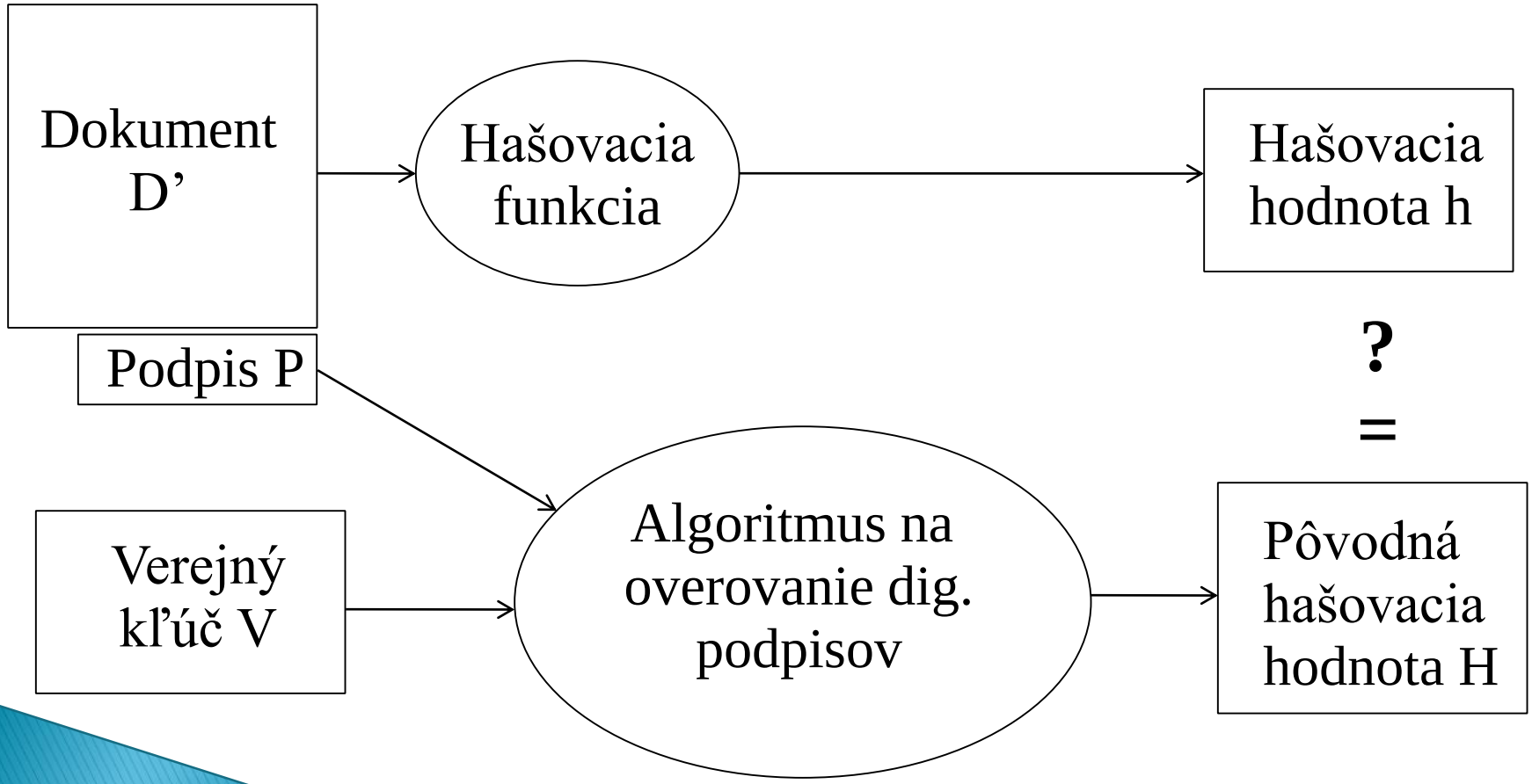
- Tento text je elektronicky podpisany. Ak by ho niekto zmenil, prijemca
- by to zistil.
- --------------ms6F9AFCDB3150C4CB33D9D648
- Content-Type: application/x-pkcs7-signature; name="smime.p7s"
- Content-Transfer-Encoding: base64
- Content-Disposition: attachment; filename="smime.p7s"
- Content-Description: S/MIME Cryptographic Signature

- --------------ms6F9AFCDB3150C4CB33D9D648--

Príklad digitálne podpísanej správy (2)

- MIIG7gYJKoZIhvcNAQcCoIIG3zCCBtsCAQExCzAJBgUrDgMCGgUAMAsGCSqGSIb3DQEHAaCC
- BHYwggRyMIID26ADAgECAgECMA0GCSqGSIb3DQEBBAUAMIHfMQswCQYDVQQGEwJTSzERMA8G
- A1UECBMIU2xvdmFraWExEzARBgNVBAcTCkJyYXRpc2xhdmExRDBCBgNVBAoTO0ZhYy4gb2Yg
- TWF0aGVtLiwgUGh5cy4gYW5kIEluZm9ybWF0aWNzLCBDb21lbml1cyBVbml2ZXJzaXR5MScw
- JQYDVQQLEx5EZXBhcnRtZW50IG9mIENvbXB1dGVyIFNjaWVuY2UxDzANBgNVBAMTBkRDUyBD
- ...
- SIb3DQEJARYZamFuYWNla0BkY3MuZm1waC51bmliYS5zawIBAjAJBgUrDgMCGgUAoIGxMBgG
- CSqGSIb3DQEJAzELBgkqhkiG9w0BBwEwHAYJKoZIhvcNAQkFMQ8XDTAxMDczMTE4NDkwNVow
- IwYJKoZIhvcNAQkEMRYEFLlviSXJMge9Yzook1+gDhhXxQifMFIGCSqGSIb3DQEJDzFFMEMw
- CCqGSIb3DQMCAgEoMA0GCSqGSIb3DQEBAQUABIGA0HVIVwURVZpTL1ZiY6S5nm11wYNKHtQJ
- YKLFOaIvr4das+udU4ODG4y9g5gOPsKXlg7uph9lyr9wbmD7pQQxcJCec0pJbgVLtv/EcaDo
- aEStU0ZKLXwnJ+CNVRbq6EOTYG3sLHlX47EpeLSX41mpxu9EdMlDYrynu5gBdmVxJFU=

Overovanie digitálneho podpisu



Prečo to funguje?

- na vytvorenie podpisu je potrebná znalosť súkromného kľúča
  - Nikto okrem podpisovateľa (Alice) nepozná Alicin súkromný kľúč
  - Ak by Eva chcela vytvoriť Alicin digitálny podpis, musela by napr. z Alicinho verejného kľúča odvodiť jej súkromný kľúč, čo je teoreticky možné, ale prakticky nerealizovateľné
- pomocou verejného kľúča sa dá spoľahlivo overiť, či sa predložený dokument zhoduje s originálom (tým, ku ktorému bol vytvorený podpis použitím zodpovedajúceho súkromného kľúča)
  - Tu sa zasa využívajú vlastnosti hašovacej funkcie: akákoľvek zmena dokumentu sa s vysokou pravdepodobnosťou prejaví v hašovacej hodnote dokumentu

Porovnanie digitálneho podpisu s ideálnym

- Ak je súkromný kľúč utajený a verejný kľúč je overovateľovi známy, tak digitálny podpis
  - je nefalšovateľný,
  - je neprenositeľný na iný dokument,
  - umožňuje zistiť dodatočnú zmenu v dokumente.
- Čo ešte chýba:
  - bezpečná distribúcia verejných kľúčov,
  - identifikácia podpisovateľa
- riešenie: certifikát verejného kľúča a PKI

Certifikát verejného kľúča

- je elektronický dokument, ktorým jeho vydavateľ potvrdzuje, že v certifikáte uvedený verejný kľúč patrí osobe (príp. inému subjektu), ktorej identifikačné údaje (meno) sú tiež v certifikáte uvedené (držiteľ certifikátu),
- vydáva ho dôveryhodná tretia osoba, certifikačná autorita, ktorá
  - Overí totožnosť žiadateľa
  - To či pozná súkromný kľúč tvoriaci dvojicu s verejným kľúčom, na ktorý vydáva certifikát
  - Prípadne iné údaje, ktoré majú byť v certifikáte
- umožňuje riešiť problém bezpečnej distribúcie verejných kľúčov a identifikáciu podpisovateľa
- Formát certifikátu upravuje štandard X509

Obsah certifikátu

- identifikačné číslo certifikátu
- identifikačné údaje vydavateľa certifikátu
- identifikačné údaje držiteľa certifikátu
- dátum a čas začiatku a konca platnosti certifikátu
- verejný kľúč držiteľa certifikátu
- identifikáciu algoritmov, pre ktoré je kľúč určený
- elektronický podpis certifikačnej autority

Ďalšie údaje uvedené v certifikáte

- obmedzenie použitia páru kľúčov, ku ktorému je certifikát vydaný
- obmedzenie použitia certifikátu
- obmedzenie zodpovednosti za použitie elektronického podpisu overeného na základe tohto certifikátu
- informácie o možných spôsoboch overenia pravosti a platnosti certifikátu
- Pozri RFC 5380

cert.cer

Ako plní certifikát verejného kľúča svoje funkcie

- Spojenie osoby podpisovateľa s verejným kľúčom:
  - Podpisovateľ je jediným držiteľom súkromného kľúča
  - Súkromný kľúč tvorí dvojicu s verejným kľúčom
  - CA pri vydávaní certifikátu si overila totožnosť osoby, uvedenej v certifikáte
  - CA si overila, či žiadateľ o certifikát pozná súkromný kľúč prislúchajúci k verejnému kľúču uvedenému v certifikáte
- Certifikát podpísala CA, t.j. digitálny podpis CA zaručuje integritu a autentickosť certifikátu

Overenie digitálneho podpisu pomocou certifikátu

- Alica posiela Bobovi digitálne podpísanú správu. K správe pripojí aj certifikát svojho verejného kľúča, ktorý použila na vytvorenie digitálneho podpisu
- Bob z certifikátu verejného kľúča vyberie verejný kľúč a použije ho na overenie digitálneho podpisu správy
- Ak sa zhodujú obe hašovacie hodnoty (vypočítaná a dešifrovaná), digitálny podpis je overený
- V čom je problém?
  - Eva by si mohla vyrobiť falošný certifikát Alicinho verejného kľúča a potom mohla Bobovi podsunúť fingovanú správu podpísanú v Alicinom mene

Overenie platnosti certifikátu

- Aby sa Bob mohol spoľahnúť na verejný kľúč obsiahnutý v certifikáte, musí overiť platnosť certifikátu:
  - Či ho vydala CA, ktorá je ako vydavateľ certifikátu uvedená
  - Či bol platný v čase vytvorenia Alicinho digitálneho podpisu
  - Či certifikát nebol modifikovaný
  - Či certifikát nebol zrušený
- Kľúčové pre overenie platnosti certifikátu je overenie digitálneho podpisu vydavateľa certifikátu (certifikačnej autority) na certifikáte. To predpokladá, že Bob má k dispozícii z dôveryhodného zdroja verejný kľúč certifikačnej autority
- Ak je úspešne overený elektronický podpis certifikačnej autority na certifikáte, znamená to, že certifikát nie je podvrhnutý a Bob môže overovať ostatné informácie, ktoré certifikát obsahuje (doba platnosti)
- Špeciálnym problémom je predčasné ukončenie platnosti certifikátu

Zrušenie certifikátu

- Aj keď je v záujme držiteľa certifikátu chrániť si svoj súkromný kľúč, môže dôjsť k jeho strate, alebo prezradeniu
- Na zamedzenie problémov vyplývajúcich z možného zneužitia cudzieho súkromného kľúča slúži mechanizmus revokácie (rušenia) certifikátov
- Ak držiteľ certifikátu zistí, že pravdepodobne došlo ku kompromitácii jeho súkromného kľúča, zablokuje jeho používanie tým, že požiada vydavateľa certifikátu príslušného verejného kľúča o zrušenie daného certifikátu
- CA zruší daný certifikát verejného kľúča a zaradí ho na zoznam zrušených certifikátov (Certifiacate revocation list, CRL)
- Keď teraz Bob bude overovať Alicin digitálny podpis, musí zistiť, či sa Alicin certifikát nenachádza na CRL, resp. presnejšie, či sa tam nenachádzal v čase, keď bol vytvorený Alicin digitálny podpis. Ak áno, Alicin podpis zamietne

Zoznam zrušených certifikátov (CRL)

- je elektronický dokument, ktorým certifikačná autorita oznamuje predčasné skončenie platnosti certifikátu,
- obsahuje najmä:
  - identifikačné údaje certifikačnej autority,
  - dátum a čas vydania CRL,
  - dátum a čas najneskoršieho vydania nového CRL,
  - zoznam identifikačných čísel zrušených certifikátov,
  - elektronický podpis certifikačnej autority.
- Formát CRL popisuje štandard X509 (aj RFC 5280)

X.509 v2 CRL syntax

```
CertificateList  ::=  SEQUENCE  {
    tbsCertList          TBSCertList,
    signatureAlgorithm   AlgorithmIdentifier,
    signatureValue       BIT STRING  }
TBSCertList  ::=  SEQUENCE  {
    version                 Version OPTIONAL,
                             -- if present, MUST be v2
    signature               AlgorithmIdentifier,
    issuer                  Name,
    thisUpdate               Time,
    nextUpdate               Time OPTIONAL,
    revokedCertificates     SEQUENCE OF SEQUENCE  {
        userCertificate         CertificateSerialNumber,
        revocationDate           Time,
        crlEntryExtensions      Extensions OPTIONAL
                                -- if present, version MUST be v2
                            }  OPTIONAL,
    crlExtensions            [0]  EXPLICIT Extensions OPTIONAL
                             -- if present, version MUST be v2
                            }
```

http://www.dtca.sk/actions/find_commercial_crl.php

Certificate Revocation List (CRL):

Version 2 (0x1)
Signature Algorithm: sha1WithRSAEncryption
Issuer: /C=CZ/CN=I.CA - Standard root certificate/O=Prvni certifikacni autorita a.s.
Last Update: Jan 18 20:58:02 2012 GMT
Next Update: Jan 19 21:58:02 2012 GMT
CRL extensions:
X509v3 Authority Key Identifier:

keyid:EB:37:A4:BE:B9:6F:60:17:FB:D3:FF:2D:60:E1:04:1E:AF:CF:C6:D3

X509v3 CRL Number:
37394
Revoked Certificates:
Serial Number: 18C280
Revocation Date: Mar 14 08:29:21 2011 GMT
Serial Number: 18C287
Revocation Date: May 26 11:58:05 2011 GMT

```
Serial Number: 19FDA1
        Revocation Date: Dec  5 10:56:06 2011 GMT
    Serial Number: 1A061F
        Revocation Date: Dec 10 10:31:33 2011 GMT
    Serial Number: 1A127D
        Revocation Date: Dec 23 08:57:44 2011 GMT
    Signature Algorithm: sha1WithRSAEncryption
        69:0f:82:10:6e:11:3e:54:57:ca:37:a6:58:77:d4:7c:40:40:
        51:a4:fe:44:36:08:c9:bc:5a:0a:f6:24:fc:60:f9:94:e3:bb:
        db:9a:fd:a1:be:f8:ca:a2:60:47:a9:2f:d4:07:f7:97:6b:6a:
        27:76:c9:61:c7:94:d7:eb:d5:24:eb:54:cc:78:40:7b:42:3a:
        64:3b:9f:41:2a:f8:39:34:95:4a:b4:31:5c:e5:3f:bb:8b:e5:
        06:e0:50:90:73:8c:05:8a:a8:e9:a0:c0:f6:bb:4c:4d:92:80:
        f1:01:5b:42:d2:1f:5a:e0:0e:41:c6:7f:8e:79:cb:07:b8:52:
        75:a6:dc:b1:40:7b:52:8d:e3:56:78:78:b4:f3:51:44:20:ca:
        1f:c9:38:0a:e8:96:67:3e:dc:eb:ef:f5:99:95:5a:b7:f6:ab:
        96:d2:d5:9c:51:72:f7:da:04:5d:88:ea:f7:13:f1:36:66:b4:
        c4:88:74:54:94:6e:62:2d:0c:ff:09:36:23:7b:3e:2b:61:a7:
        6e:e0:f4:b7:43:02:41:91:5f:d7:31:58:6a:cd:bb:cb:61:a2:
        d9:1f:8d:cb:c4:30:7d:e3:49:69:25:60:ef:88:cb:d9:d2:d6:
        92:91:46:5c:7e:a4:d7:56:4b:ba:94:37:86:74:45:49:4c:2c:
        d1:63:b4:3d
```

Public key infrastructure, PKI

- Používanie digitálnych/elektronických podpisov nie je súkromnou záležitosťou Alice a Boba
- Ak majú dôveryhodne komunikovať aj neznámi ľudia z rozličných koncov sveta, bude potrebné vytvoriť infraštruktúru, ktorá umožní overovať ich podpisy
- Infraštruktúra verejných kľúčov, Public key infrastructure plní túto funkciu
- Pozostáva najmä z certifikačných autorít, registračných autorít a iných poskytovateľov certifikačných služieb (napr. vydavateľ časových pečiatok)

Certifikačná a Registračná autorita

- Certifikačná autorita je základom PKI
  - vydáva certifikáty
  - ruší certifikáty
  - vydáva zoznamy zrušených certifikátov
  - zverejňuje certifikáty
  - poskytuje službu časových pečiatok
  - poskytuje rôzne služby na overovanie certifikátov
  - robí osvetu

- Registračná autorita je “predĺžená ruka” certifikačnej autority
  - informuje klientov o podmienkach certifikačnej autority
  - preberá žiadosti o vydanie certifikátov
  - overuje totožnosť klientov
  - odovzdáva overené žiadosti certifikačnej autorite
  - odovzdáva certifikáty klientom

Postup pri získaní certifikátu

- vytvorenie dvojice kľúčov (klient pomocou poskytnutého softvéru, alebo v špeciálnom zariadení)
- vyplnenie žiadosti o vydanie certifikátu
- elektronické podpísanie žiadosti
- preukázanie totožnosti na registračnom mieste – registračnej autorite
- Podpísanie zmluvy
- vydanie certifikátu
- Prevzatie CPS a iných dokumentov upravujúcich výkon certifikačných služieb (a definujúcich podrobnejšie povinnosti klienta a záväzky CA)
- Prevzatie certifikátu

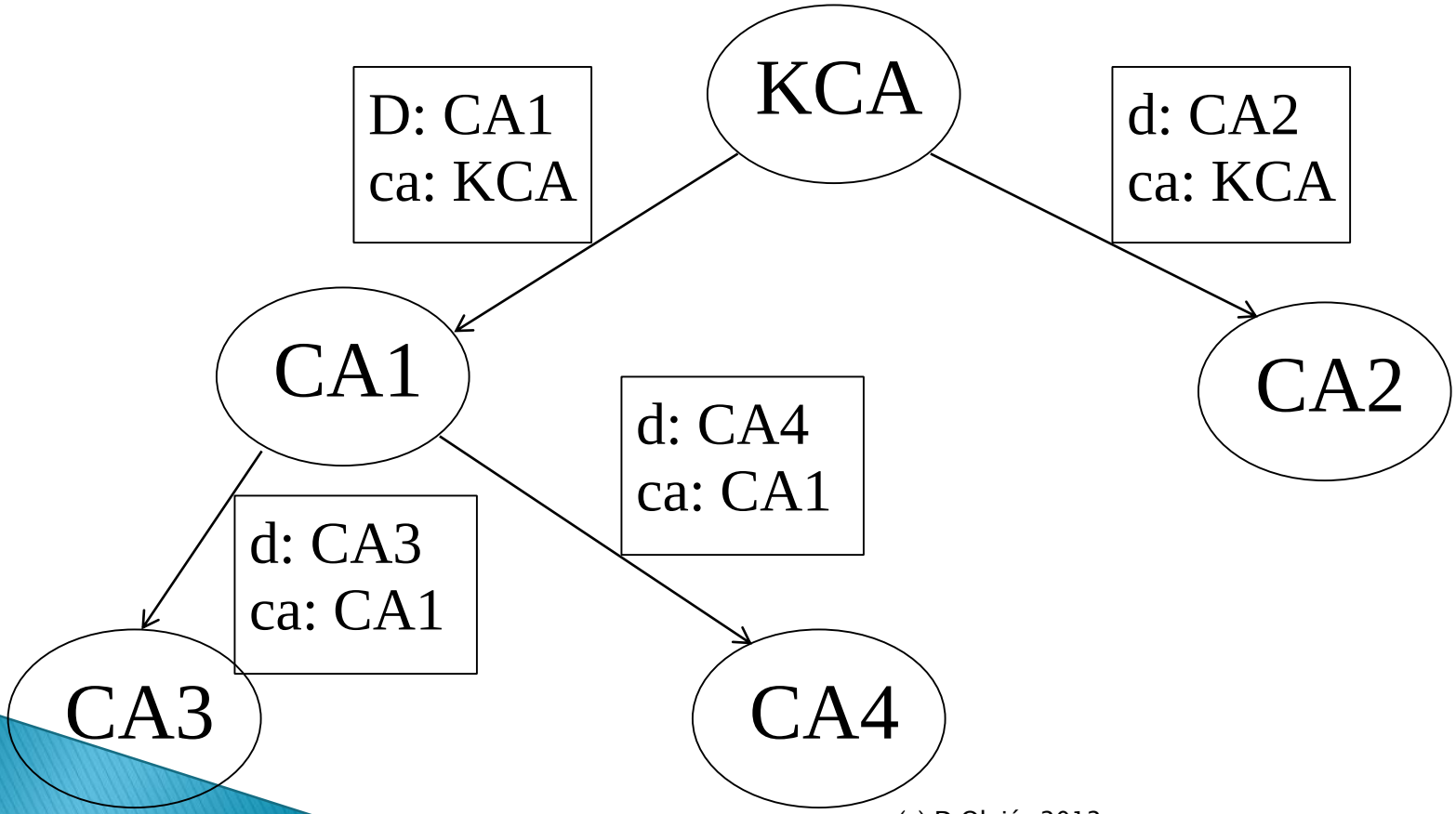
Overovanie elektronického/digitálneho podpisu Certifikačnej autority

- problém: na overenie Alicinho digitálneho/elektronického podpisu Bob potreboval overiť platnosť certifikátu verejného kľúča
- Na to potreboval overiť minimálne 2 podpisy CA – na certifikáte Alicinho verejného kľúča a na zozname zrušených certifikátov CA
- Ak aj mal k dispozícii certifikát verejného kľúča CA z dôveryhodného zdroja (napr. od samotnej CA), musel by sa presvedčiť, či tento certifikát nebol zrušený, t.j. skontrolovať nejaké CRL, podpísané iným kľúčom, atď.
- Táto reťaz nemôže byť nekonečná, musí existovať pevný bod, na ktorom to celé stojí
- Ďalší problém: čo ak Alicin certifikát verejného kľúča vydala CA, ktorej verejný kľúč Bob nepozná?
- Overovanie verejného kľúča CA závisí od architektúry PKI, do ktorej CA patrí

Architektúra PKI

- Sú možné dve základné riešenia a kombinácie základných riešení:
  - Hierarchická štruktúra (obr.)
  - Mesh
- Základom hierarchickej štruktúry je koreňová CA, ktorej klientami sú CA nižšej úrovne; K-CA robí manažment certifikátov verejných kľúčov bezprostredne podriadených CA
- Každá CA môže byť koreňovou CA nejakého podstromu hierarchickej PKI
- Na najnižšej hierarchickej úrovni sú CA, ktorých klientami sú koncoví používatelia
- Architektúra typu Mesh
  - nemá koreňovú CA
  - Pozostáva zo samostatných domén v ktorých pôsobí jedna CA
  - CA z rozličných domén si vydávajú na svoje verejné kľúče certifikáty (krížová certifikácia)

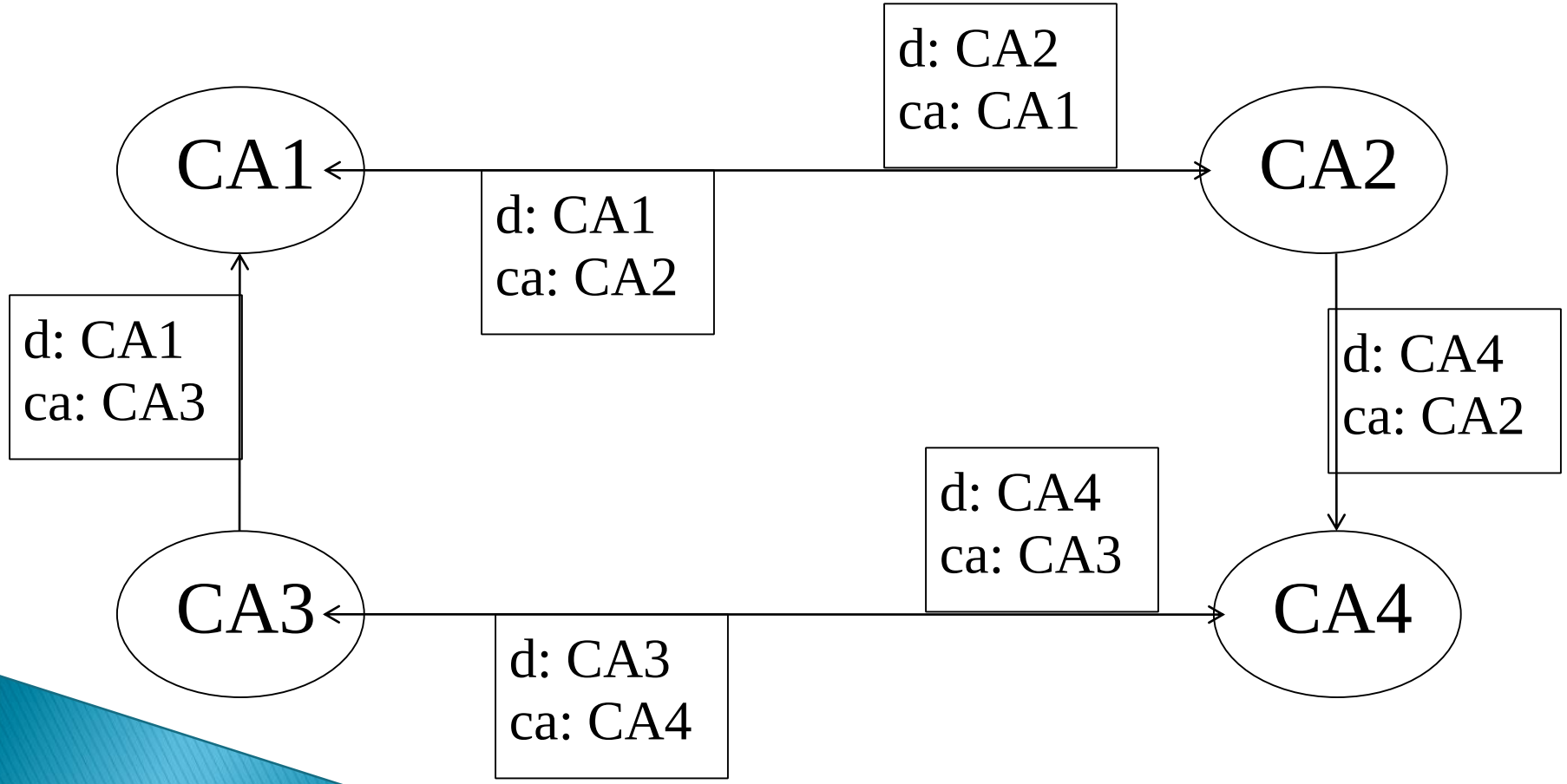
Certifikáty certifikačných autorít – hierarchický model



Verejný kľúč K-CA

- v hierarchickej PKI je pevným bodom, na ktorom je postavená dôvera vo všetky digitálne/elektronické podpisy verejný kľúč koreňovej CA
- KCA ho zverejňuje aspoň dvoma spôsobmi
  - V certifikáte verejného kľúča, ktorý si sama vydá a podpíše ho pomocou súkromného kľúča, prislúchajúceho k verejnému kľúču, na ktorý vydáva certifikát
  - V tlači alebo spôsobom, ktorý v krajnom prípade umožní overenie verejného kľúča
- Overením digitálneho/elektronického podpisu K-CA na CRL vydávanom K-CA a certifikáte verejného kľúča CA možno pri overovaní elektronického/digitálneho podpisu prejsť o úroveň nižšie a po konečnom počte krokov overiť Alicin elektronický/digitálny podpis

Certifikáty certifikačných autorít – krížová certifikácia



Verejný kľúč CA v nehierarchickej PKI

- CA v doméne PKI funguje ako K-CA – sama zverejňuje svoj verejný kľúč a vydáva si naň certifikát
- Predpokladajme, že Alica je z domény, v ktorej pôsobí CA-A, Bobovi vydala certifikát CA-B. CA-A a CA-B si vzájomne vydali krížové certifikáty verejných kľúčov.
- Bob na overenie Alicinho elektronického/digitálneho podpisu potrebuje overiť podpis CA-A
- Dokáže overiť podpis CA-B, pomocou neho overí platnosť krížového certifikátu, ktorý CA-B vydala na verejný kľúč CA-A a z tohto certifikátu získa verejný kľúč potrebný na overenie elektronického/digitálneho podpisu CA-A
- Existujú aj kombinácie oboch prístupov (lokálne časti PKI sú hierarchické, alebo existujú špeciálne CA prepájajúce lokálne časti PKI – bridge CA, atď.)

Časové pečiatky

- Doteraz sme predpokladali, že Alica a Bob konali čestne
- Alica uzatvára s Bobom zmluvu a chce ho podviesť:
  - Pošle mu zmluvu podpísanú elektronickým/digitálnym podpisom
  - Vzápätí požiada CA o zrušenie svojho certifikátu a vyhlási, že je zmluva neplatná
- Časový údaj je kľúčový: k čomu došlo skôr – k podpísaniu zmluvy, alebo k čiadosti o zrušenie certifikátu?
- Časový údaj musí byť objektívny (nemôže ho vytvárať podpisujúci, nemôže byť odvodený od systémového času,...)
- Časová pečiatka vydaná na daný dokument = digitálne/elektronicky podpísané nasledujúce údaje

[hašovacia hodnota dokumentu, na ktorý sa má časová pečiatka vydať, časový údaj]

- Časovú pečiatku vydáva CA, alebo dôveryhodný poskytovateľ časových pečiatok, ktorý má na to patričné vybavenie
- Na čom potom stroskotá Alica: Bob si nechá vydať časovú pečiatku na zmluvu a až potom ju akceptuje, Alica sa síce pokúsi zrušiť svoj certifikát, ale pri dokazovaní sa ukáže, že zmluva existovala už v čase, keď ešte platil Alicin certifikát verejného kľúča

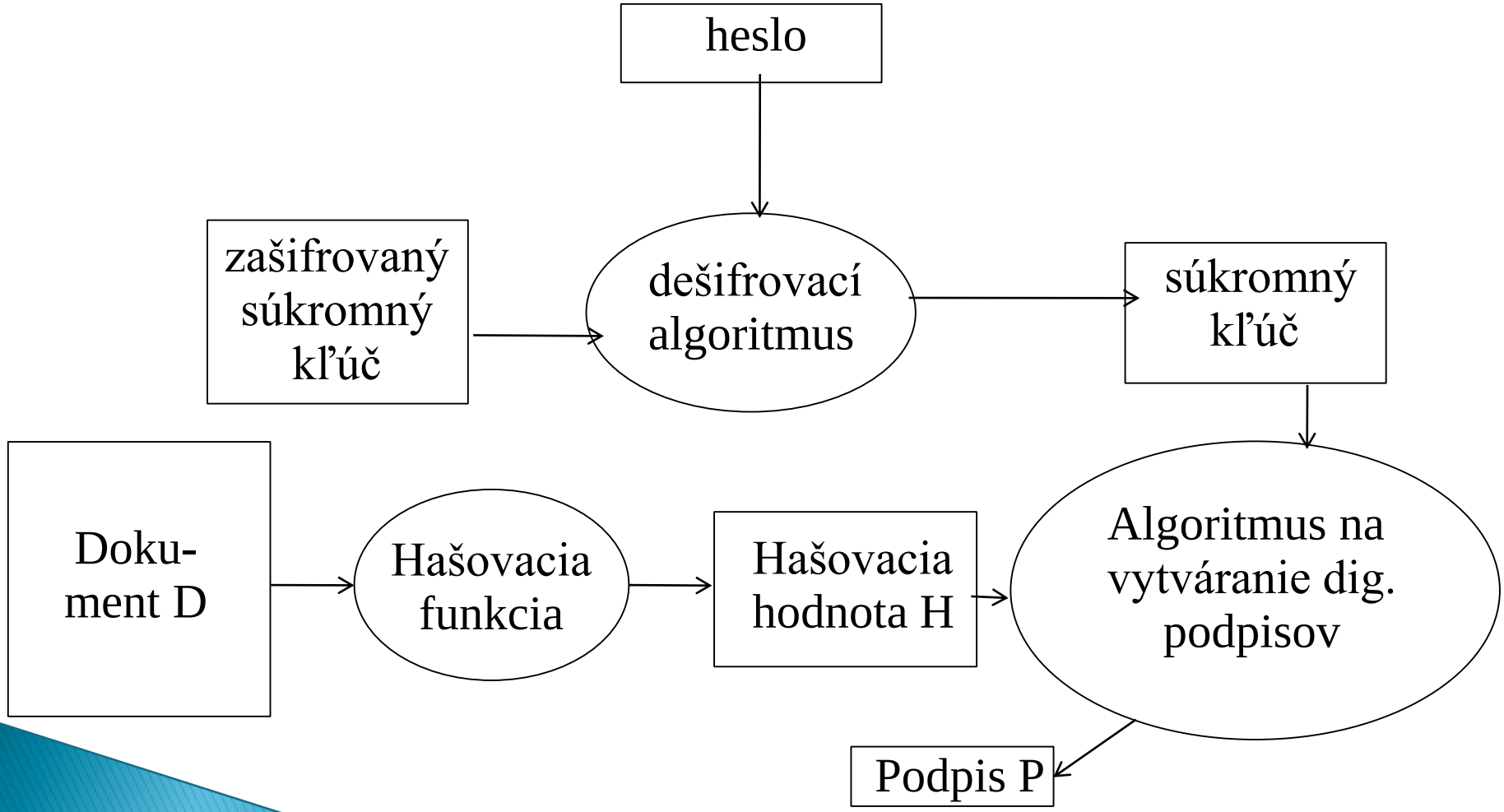
Bezpečnosť elektronického podpisu

- Vytvoriť digitálny podpis bez znalosti súkromného kľúča je prakticky nemožné.
- Znalosť súkromného kľúča (alebo možnosť jeho použitia) umožňuje komukoľvek vytvoriť pravý digitálny podpis
- digitálny podpis nenesie, na rozdiel od vlastnoručného, žiadne biometrické chrakteristiky, na základe ktorých by bolo možné určiť , kto ho vytvoril.

Ochrana súkromného kľúča

- veľmi od nej závisí bezpečnosť elektronického podpisu
- dôležitá je kvalita generátora kľúčov
- súkromný kľúč sa zvyčajne ukladá v šifrovanej podobe
- dôležité je udržať šifrovacie heslo v tajnosti
- vhodné je používať špeciálne zariadenia (napr. kryptografické čipové karty) na vytváranie, ukladanie a používanie súkromného kľúča

Čo sa deje so súkromným kľúčom ?



Riziká pri vytváraní elektronických podpisov

- použitie nekvalitného generátora kľúčov
- získanie zašifrovaného súkromného kľúča a dešifrovacieho hesla
- získanie súkromného kľúča po odšifrovaní
- možnosť podstrčenia iného dokumentu alebo hašovacej hodnoty
- zmena (poškodenie) súkromného kľúča tiež môže viesť k jeho prezradeniu

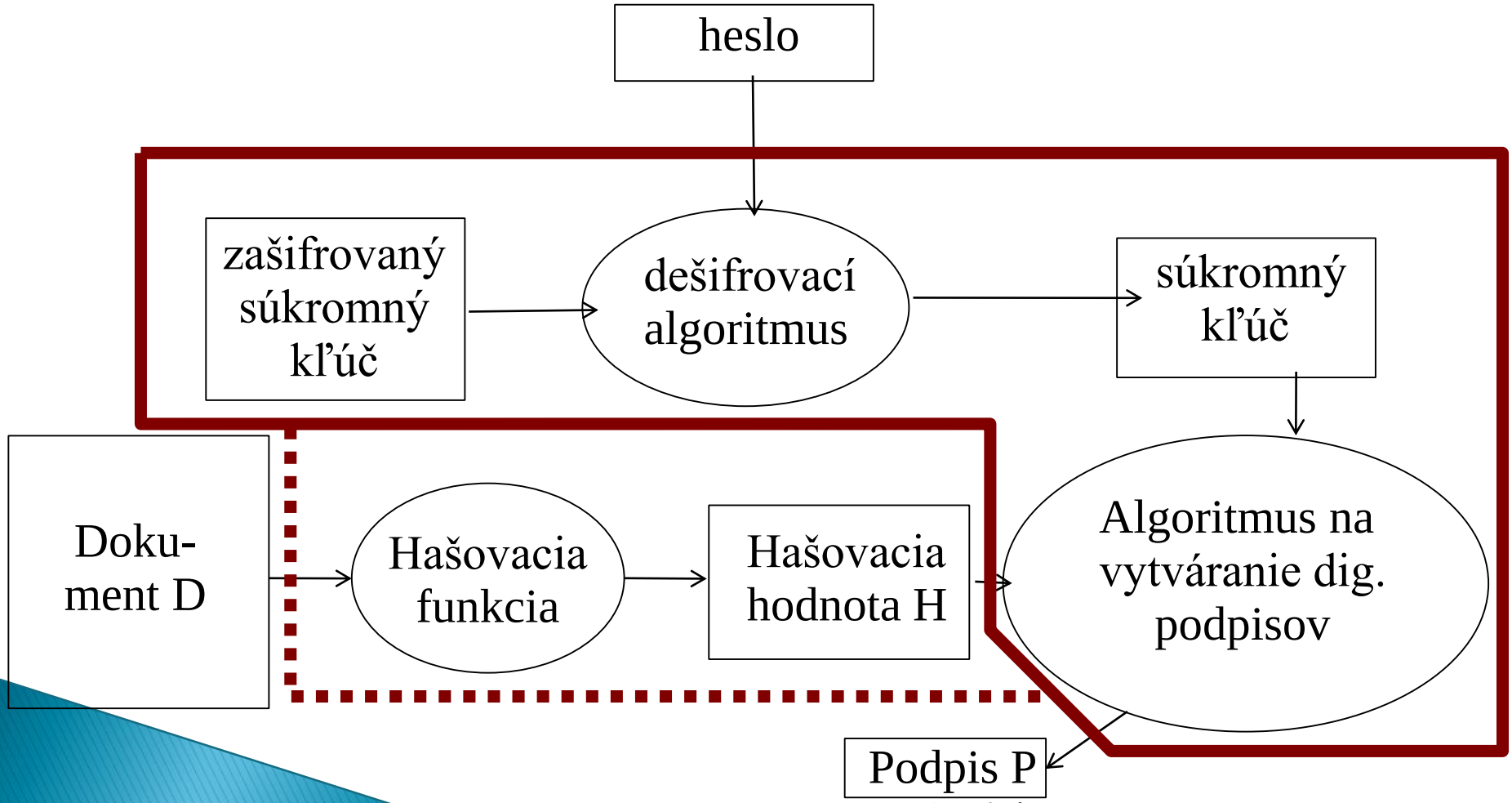
Vytváranie elektronického podpisu len pomocou bežného počítača

- predpoklady:
  - bežný počítač používaný aj na iné účely
  - pár kľúčov je vytvorený programom v počítači
  - súkromný kľúč je uložený na disku alebo diskete
  - heslo je zadávané z klávesnice
  - podpis je vytváraný programom v počítači
- riziká:
  - vo všetkých fázach, ak má cudzia osoba možnosť spustiť svoj program

Použitie kryptografickej karty

- predpoklady:
  - bežný počítač používaný aj na iné účely
  - kryptografická karta vytvára a ukladá kľúče, počíta podpis
  - heslo sa zadáva cez počítač
  - hašovacia hodnota sa počíta v počítači a posiela do karty alebo sa do karty posiela celý dokument

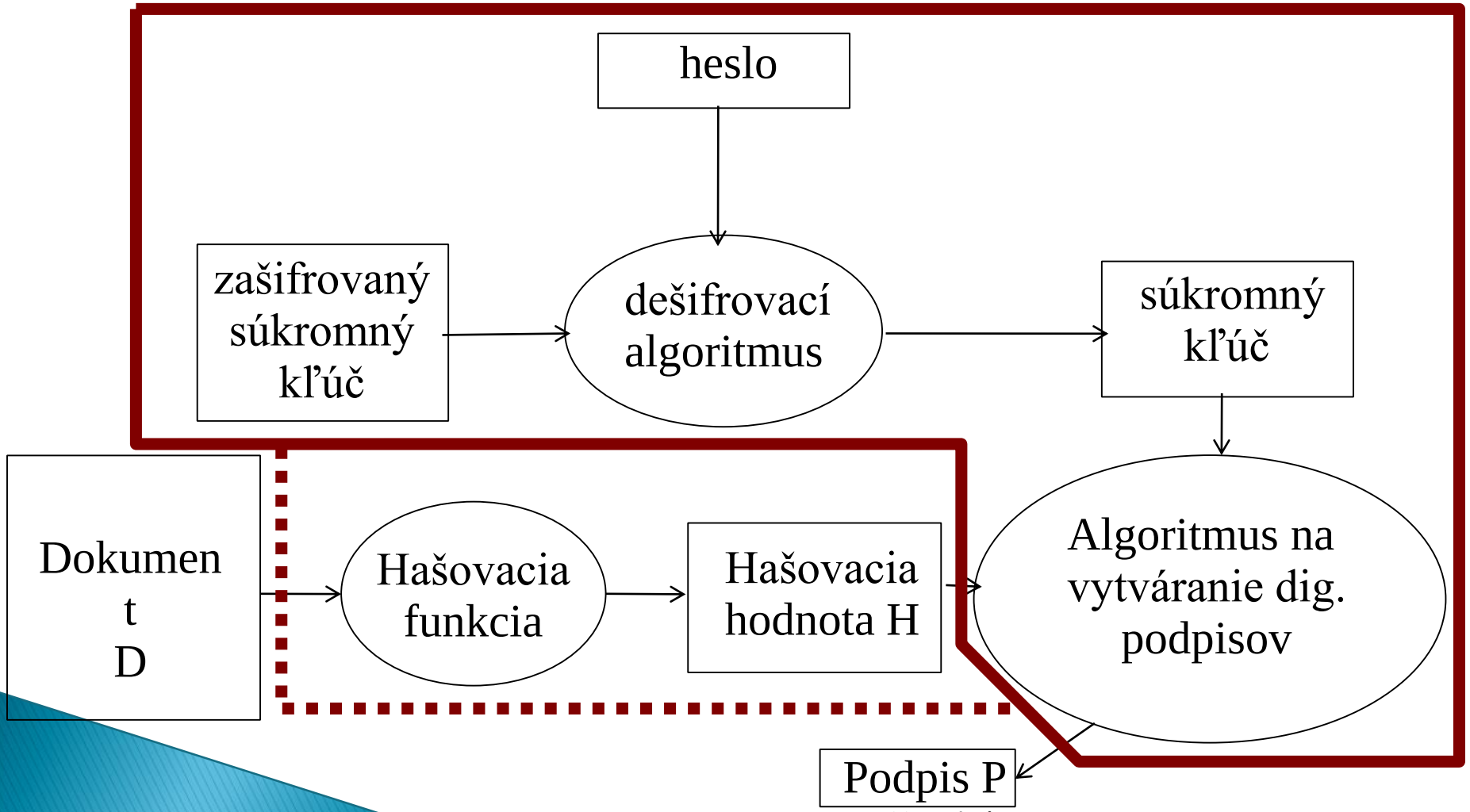
Použitie kryptografickej karty



Použitie kryptografickej karty

- odstránené riziká:
  - možnosť získať súkromný kľúč
  - bez pripojenej karty nie je možné vytvoriť podpis
- zostávajúce riziká:
  - možnosť zistenia hesla
  - možnosť podstrčenia iného dokumentu
  - ak už útočník pozná heslo, možnosť použiť kartu, keď je pripojená

Použitie kryptografického zariadenia s vlastným vstupom



Použitie kryptografického zariadenia s vlastným vstupom

- odstránené riziká:
  - možnosť získať súkromný kľúč
  - bez pripojenej karty nie je možné vytvoriť podpis
  - možnosť získať heslo
- zostávajúce riziká:
  - možnosť podstrčenia iného dokumentu
    - na odstránenie tohto problému by zariadenie muselo byť schopné zobraziť podpisovaný dokument

Napadnuteľnosť bežného počítača

- chyby v operačnom systéme a aplikáciach
- trójske kone, vírusy a červy
  - šírené elektronickou poštou
  - skryté na WWW stránkach
  - zanesené spúšťaním programov z nespoľahlivých zdrojov (napr. stiahnutých z Internetu)
- využitím fyzického prístupu k počítaču
  - najmä verejné a zdieľané počítače

Viete, čo podpisujete?

- Zložitejšie formáty dokumentov (ako napr. MS Word) môžu často obsahovať informácie, ktorých zobrazenie je závislé od nastavenia parametrov programu, ktorý s nimi pracuje.
- Ak o tom človek nevie, je možné mu poslať na podpis dokument, ktorý obsahuje ukryté informácie, ktoré si ten človek nevšimne.

- Ako sa chrániť:
  - podpisovať len jednoduché typy dokumentov (napr. čistý text – dá sa otvoriť napr. v NOTEPAD-e)
  - explicitne špecifikovať, akým programom a pri akých nastaveniach sa má dokument čítať

Odporúčania pre používanie elektronických podpisov

- Ak sa dá, vyhnite sa podpisovaniu cudzích zložitých dokumentov.
- Na generovanie kľúčov, uloženie súkromného kľúča a vytváranie elektronických podpisov využívajte bezpečné (alebo aspoň bezpečnejšie) zariadenia.
- Nepoužívajte v súvislosti s elektronickými podpismi verejné počítače.
- Chráňte svoje počítače proti napadnutiu cudzím programom – použite operačný systém umožňujúci definovať prístupové práva a nastavte ich tak, aby boli programy a súbory súvisiace s el. podpismi chránené proti neoprávnenému prístupu. Na ich používanie si vytvorte samostatné konto, ktoré nebudete používať na žiadne iné účely.

Elektronický podpis

- Digitálny podpis založený na asymetrickej kryptografii je známy od polovice 70-tych rokov
- 90-te roky – rozvoj Internetu, elektronickej komunikácie
- Elektronický obchod sa z bezpečných uzavretých systémov dostáva do prostredia Internetu
- Potreba zaistenia dôveryhodnosti elektronických dokumentov
- Je potrebná aj právna úprava
- Používajú sa rozličné riešenia (problémy s bezpečnosťou, kompatibilitou a cenou existujúcich riešení)
- Elektronický podpis „electronic signature means data in electronic form which are attached to or logically associated with other electronic data and which serve as a method of authentication“
- Takejto špecifikácii vyhovuje meno pod elektronickým dokumentom, alebo naskenovaný vlastnoručný podpis pripojený k dokumentu
- Hľadanie dôveryhodných riešení (založených na digitálnych podpisoch)

Z histórie elektronického podpisu (1)

- 1991 ISO/IEC 9796: prvý medzinárodný štandard pre digitálne podpisy
  - Založený na asymetrickom šifrovaní
  - Nešpecifikuje konkrétny algoritmus (príklad RSA)
  - Správy obmedzenej dĺžky, nevyžaduje sa hašovacia funkcia
  - Poskytuje message recovery
  - padding
- Súkromné štandardizačné iniciatívy orientované skôr na technickú stránku (PKI): RSA Laboratories - PKCS
- 90-te roky: národné zákony (Utah, Singapore, Nemecko,...)

Z histórie elektronického podpisu (2)

- 1996-98 UNCITRAL – vzorový zákon o elektronickom podpise
- 1998 EU: EESSI (ETSI+CEN) príprava európskych štandardov pre elektronický podpis
- 1999 *Directive 1999/93/EC of the European Parliament and of the Council of 13 December 1999 on a Community framework for electronic signatures,* http://www.ict.etsi.org/sec/eessi/e-sign_directive.pdf
- Do 19.júla 2001 členské krajiny EU musia zosúladiť svoju legislatívu s Direktívou

Slovenský zákon o elektronickom podpise

- Ministerstvo hospodárstva SR začalo pripravovať zákon o elektronickom obchode v rokoch 1998/9
- Ukázalo sa, že najprv je potrebný zákon o elektronickom podpise
- Zákon pripravený MH SR mal vážne nedostatky
- Odborná skupina pri SIS ho pripomienkovala a v rokoch 2000-2001 pripravila alternatívny návrh zákona, ktorý po dlhých „bojoch“ NR SR napokon 15. marca 2002 (na 7. pokus) schválila a 11.apríla 2002 zákon o elektronickom podpise podpísal prezident
- Zákon platí od 1. mája 2002, v krátkom čase niekoľkých mesiacov boli vypracované vykonávacie predpisy a začiatkom roku 2003 NBÚ deklaroval, že sú pripravené podmienky na používanie elektronického podpisu

PKI a elektronický podpis v SR

- Zákon o EP niekoľkokrát novelizovaný
- Naposledy (2009) aj vykonávacie predpisy
- Zásadná zmena 2014, REGULATION (EU) No 910/2014 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 July 2014 on electronic identification and trust services for electronic transactions in the internal market and repealing Directive 1999/93/EC
- V platnosti od roku 2015
- V tomto roku bude potrebné prijať nový zákon o EP

Závery (1)

- Zákon o elektronickom podpise je jedným zo základných zákonov informačnej spoločnosti
- Umožní autentifikáciu osôb v digitálnom prostredí
- Jeho uplatňovanie si vyžiada
  - vybudovanie infraštruktúry (PKI)
  - Dobudovanie potrebnej legislatívy (vykonávacie vyhlášky, normy)
  - Vytvorenie aplikácií využívajúcich elektronický podpis
  - Prístup k Internetu a technické prostriedky u podpisovateľov
- Bezprostredne sa bude dať využiť v elektronickom obchode a v styku s úradmi
- Plnohodnotné uplatnenie až keď budú informatizované obchodné a administratívne procesy

Závery (2)

- Informatizácia tradičných postupov – dlhodobý a náročný proces
- Možno ho urýchliť – vytváraním aplikácií, osvojovaním nových technológií, vzdelávaním

Referencie

- Electronic Signature Policies RFC 3125
- ETSI TS 101 733 V1.3.1 Electronic signature formats
- Electronic Signature Formats for long term electronic signatures RFC 3126
- ETSI TS 102 023 V1.1.1 Policy requirements for time stamping authorities
- ETSI TS 101 861 V1.1.1 Time stamping profile
- Internet X.509 Public Key Infrastructure Time-Stamp Protocol (TSP) RFC 3161
- ETSI TS 101 903 draft V0.0.8 XML Advanced Electronic signatures (XAdES)
- ETSI Draft TR 101 XXX V0.4.2 Telecommunication Security; Electronic signature standardization report

Užitočné adresy

- http://www.ictsb.org/Working_Groups/EESSI/index.htm
- http://www.pki-page.info/
- http://www.nbusr.sk/sk/elektronicky-podpis/index.html
- http://eur-lex.europa.eu/legal content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.257.01.0073.01.ENG