SIGURNOST RAČUNARSKIH MREŽA (SRM)

Tema 3:
Kriptografija

URLs:

- Zvanična Web strana: www.viser.edu.rs/predmeti.php?id=122
- Dodatni resursi: www.conwex.info/draganp/teaching.html
- Knjige:

  www.conwex.info/draganp/books.html
- Teme za seminarske radove:

  www.conwex.info/draganp/SRM_seminarski_radovi.html

Napomena

- **Ovo je skraćena verzija prezentacije / predavanja na temu "Kriptografija"**
  - Podrazumeva se da je oblast kriptografije detaljnije obrađena u prethodno slušanom predmetu
  - Za demonstraciju se koriste alati CryptTool i Animal

Kriptografija

- Sadržaj poglavlja i predavanja:
  - 3.1 Matematičke osnove (neophodne za izučavanje kriptografije)
  - 3.2 Osnovni kriptografski pojmovi i klasična kriptografija
  - 3.3 Simetrični blokovski algoritmi
  - 3.4 Pseudoslučajne sekvence i protočno šifrovanje
  - 3.5 Heš funkcije
  - 3.6 Kriptografija s javnim ključevima
  - 3.7 Sertifikati i infrastruktura javnih ključeva
  - 3.8 Kriptografski softver
  - 3.9 Vežbe za programere

"It seems very simple."

"It is very simple. But if you don't know what the key is it's virtually indecipherable."

—Talking to Strange Men, Ruth Rendell

Kriptografija

- Na predavanjima će samo delimično biti pomenuto:
  - Matematičke osnove (neophodne za izučavanje kriptografije)
  - Kriptografski softver
  - Vežbe za programere

Potrebna predznanja

- Matematika
- Programiranje
- Materija predmeta “Sigurnost informacionih sistema”

- Za primenu:
  - Računarske mreže i protokoli
  - Baze podataka
  - Operativni sistemi
  - Internet

CrypTool

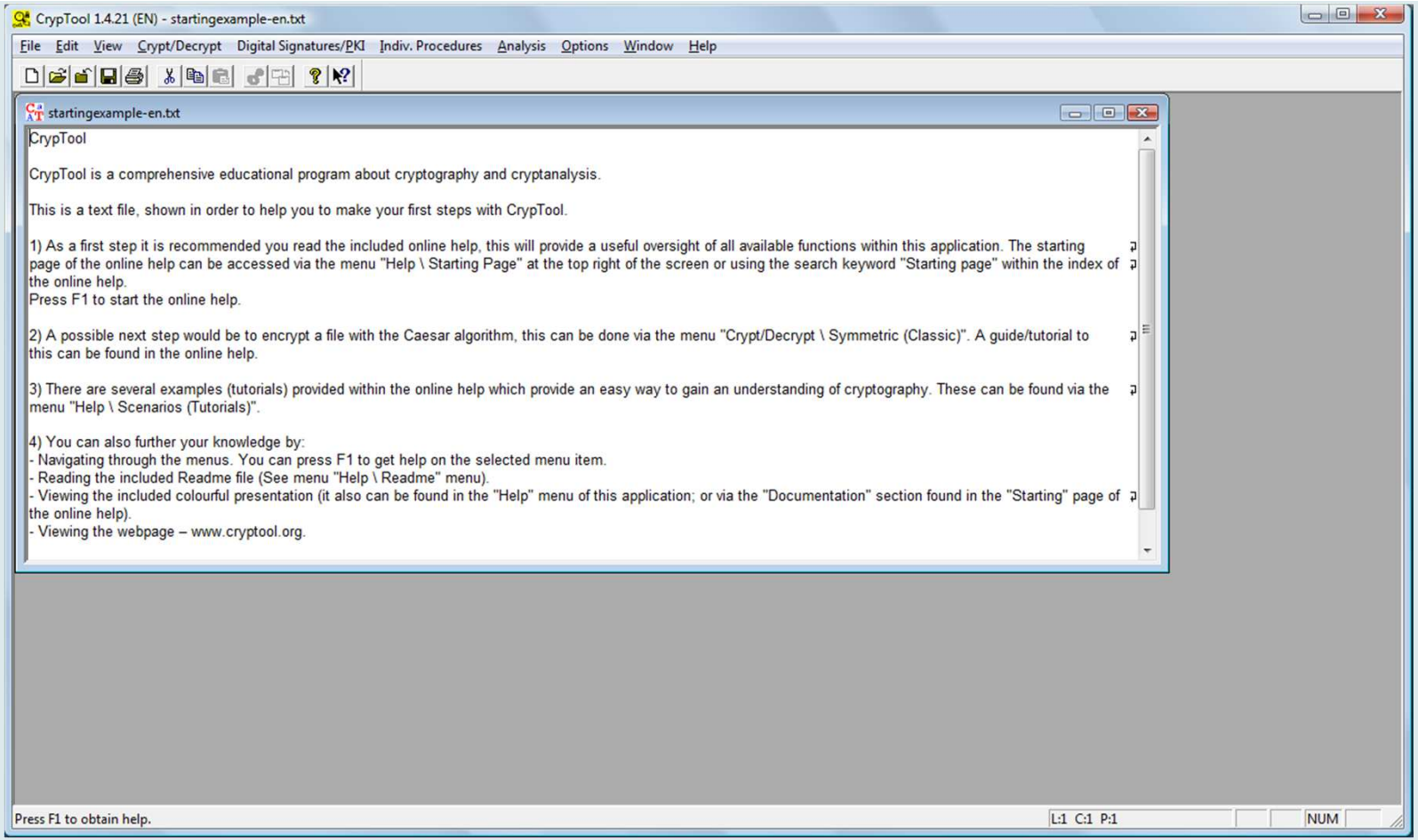
- www.cryptool.org

  eLearning Program for Cryptology

- Binarna verzija i otvoreni izvorni kod (engl. *open source*) raspoloživi za besplatno preuzimanje (GPL licenca)
- Raspoloživa obimna dokumentacija
- Raspoloživo na nekoliko jezika, uključujući i srpski
- Možete se uključiti i učestvovati u daljem razvoju

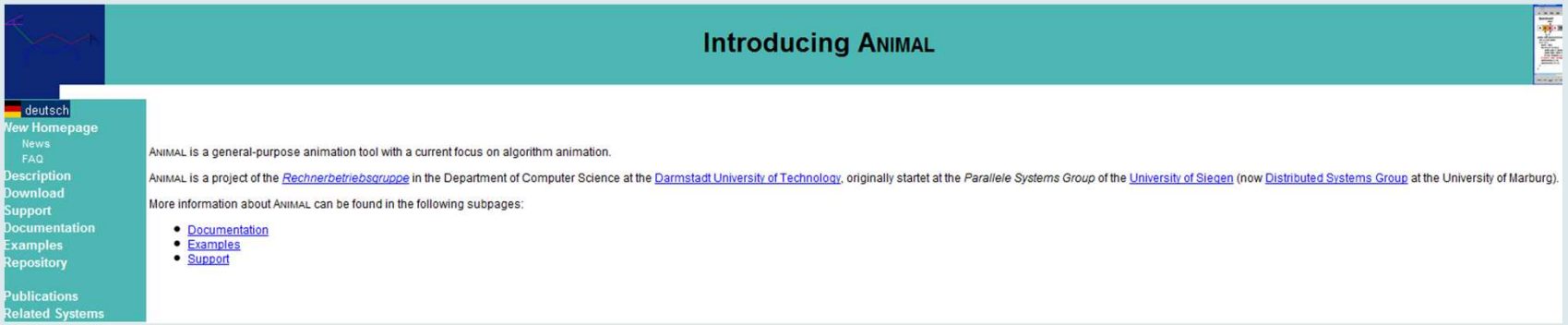
CrypTool Web

CrypTool basic screen

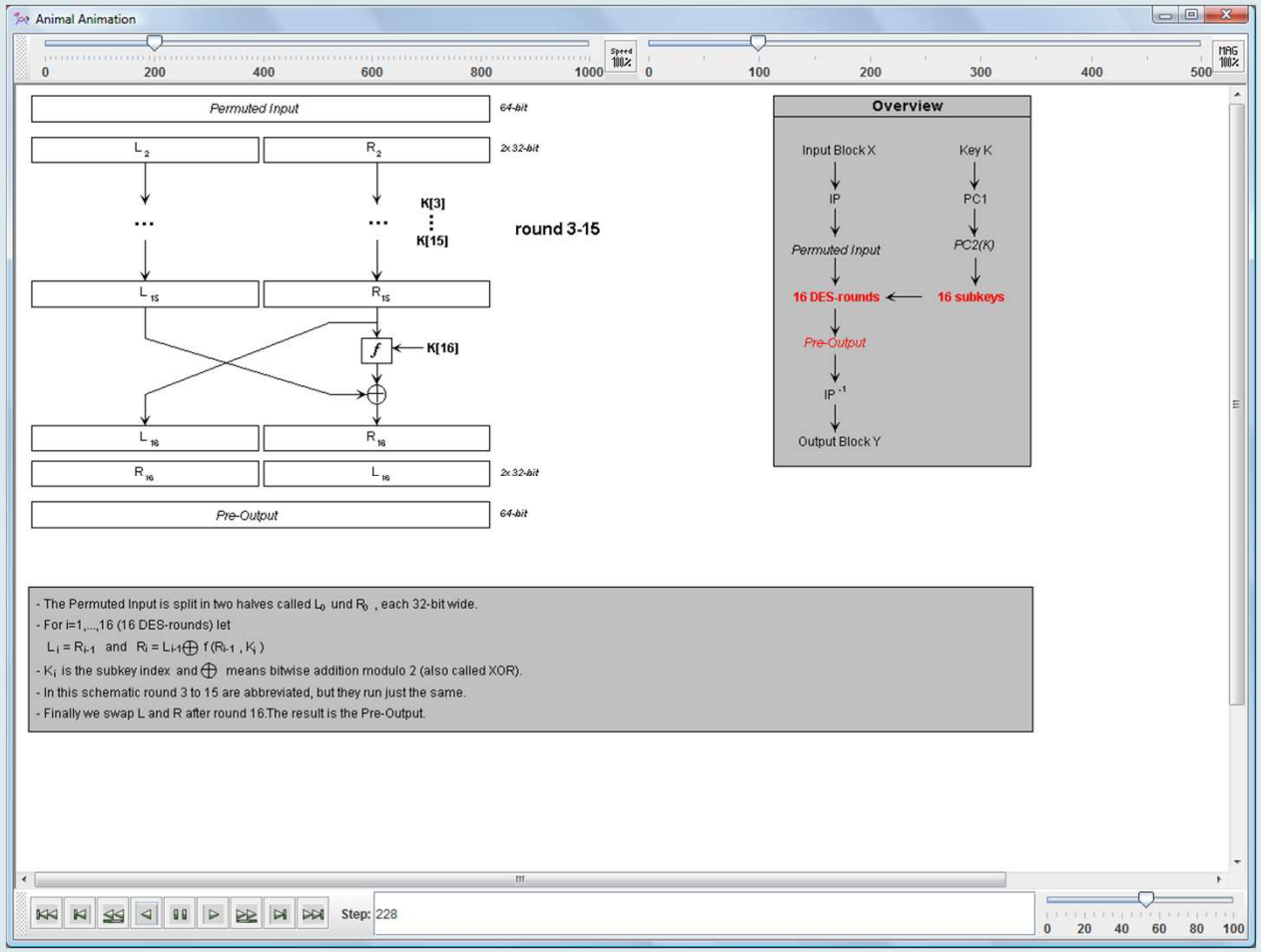


Animal

- www.animal.ahrgr.de/index.php3?lang=en
- From Web site:
  - ANIMAL is a general-purpose animation tool with a current focus on algorithm animation.
  - ANIMAL is a project of the *Rechnerbetriebsgruppe* in the Department of Computer Science at the Darmstadt University of Technology, originally started at the *Parallele Systems Group* of the University of Siegen (now Distributed Systems Group at the University of Marburg).



Animal Animation - DES

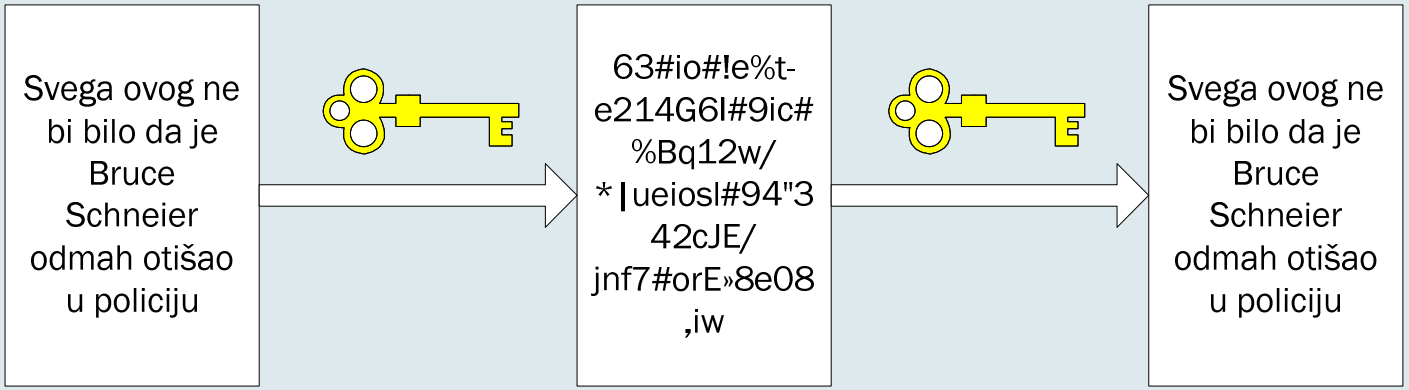


Osnovni pojmovi

- **Šifrovanje** (engl. *encryption*) obuhvata matematičke postupke modifikacije podataka takve da šifrovane podatke mogu pročitati samo korisnici sa odgovarajućim ključem

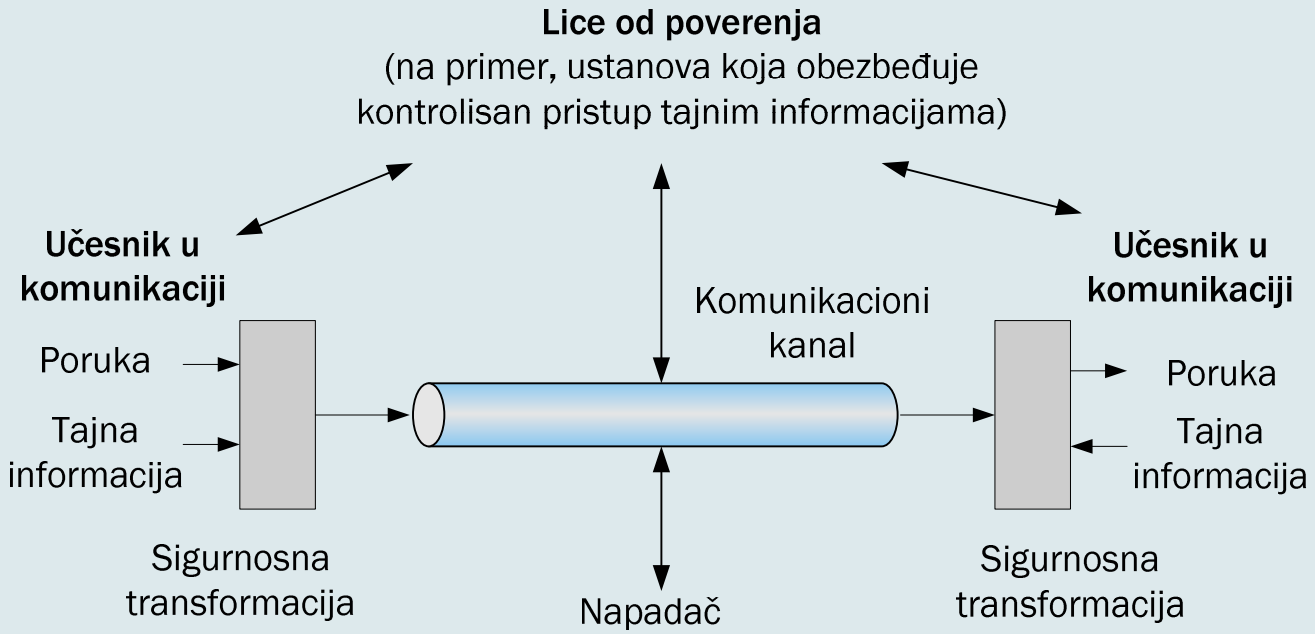
- **Dešifrovanje** (engl. *decryption*) je obrnut proces: šifrovani podaci se pomoću ključa transformišu u originalnu poruku ili datoteku.

Proces šifrovanja i dešifrovanja



Sigurnosni model kriptografije

- Model sa nesigurnim komunikacionim kanalom



Definicije

- **Kriptografija** – nauka o tajnom pisanju (zapisivanju), nauka koja se bavi metodama očuvanja tajnosti informacija
  - Grčke reči kriptos (tajno, sakriti, skriveno) i grafos (pisati, pisanje)
    - Cryptography or cryptology; from Greek κρυπτός, kryptos, "hidden, secret"; and γράφω, gráphō, "I write", or -λογία, -logia
- **Kriptografski algoritam** - transformiše čitljiv tekst P (**p**lain text) u nečitljiv tekst C (**c**rypted, **c**hiphered text)
- **Kriptoanaliza** – nauka o dobijanju čitljivog teksta P (ili ključeva...) na bazi šifrovanog teksta
- **Napad** – pokušaj kriptoanalize
- **Kompromitovanje** – dobijanje tajne bez kriptoanalitičkih metoda (krađa, tortura...)

Ciljevi kriptografije

- **Poverljivost (tajnost)** – prevencija od neautorizovanog pristupa informacijama (obezbeđuje privatnost za poruke)
- **Integritet (celovitost)** – prevencija od neautorizovanog menjanja informacija (obezbeđuje potvrdu da poruka ostaje nepromenjena)
- **Raspoloživost** – prevencija od neautorizovanog onemogućavanja pristupa informacijama ili resursima
- **Autentifikacija** – prevencija od lažnog predstavljanja (identifikacija izvora poruke i verifikacija identiteta osobe
- **Neporicanje** – prevencija od lažnog poricanja slanja date poruke/dokumenta (može se dokazati da poruka/dokument dolazi od datog entiteta iako taj entitet to poriče)

Gde se koristi šifrovanje?

- Za realizaciju sigurnosnih protokola
- U komunikaciji
- Za autentifikaciju
- Za digitalne potpise
- Za digitalne sertifikate

Kriptosistem

- Kriptosistem se definiše kao uređena petorka (P, C, K, E, D), gde je:
  - P – skup poruka
  - C – skup šifrata
  - K – skup ključeva
  - E(P, K) → C – funkcija šifrovanja
  - D(C, K) → P – funkcija dešifrovanja

Kriptografski algoritmi

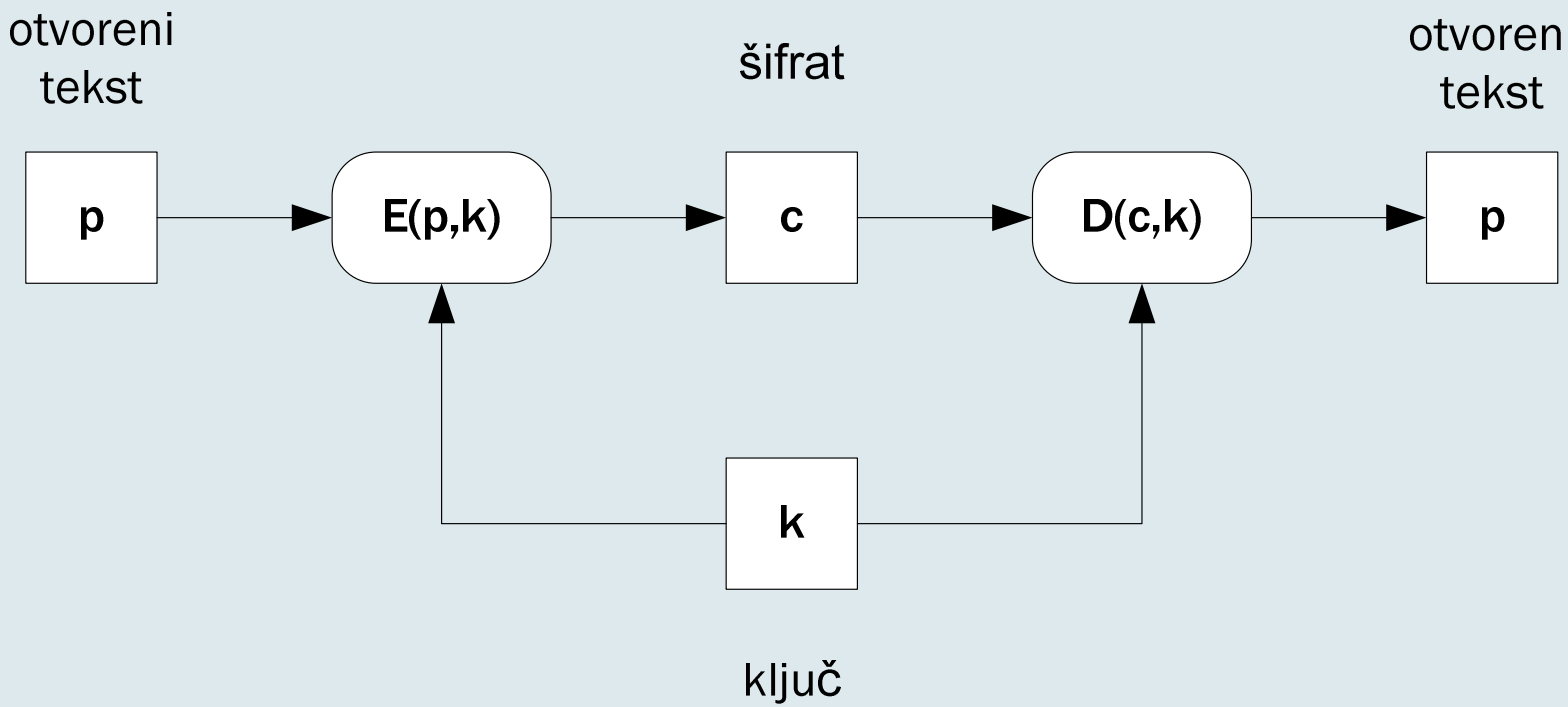
- **Simetrični** – sistemi kod kojih su ključ za šifrovanje i dešifrovanje **isti**

- **Asimetrični** – sistemi kod kojih su ključ za šifrovanje i dešifrovanje **različiti**

Klasični algoritmi

- Cezarova šifra
- Vižnerova šifra (Vigenère)
- Playfair
- ...

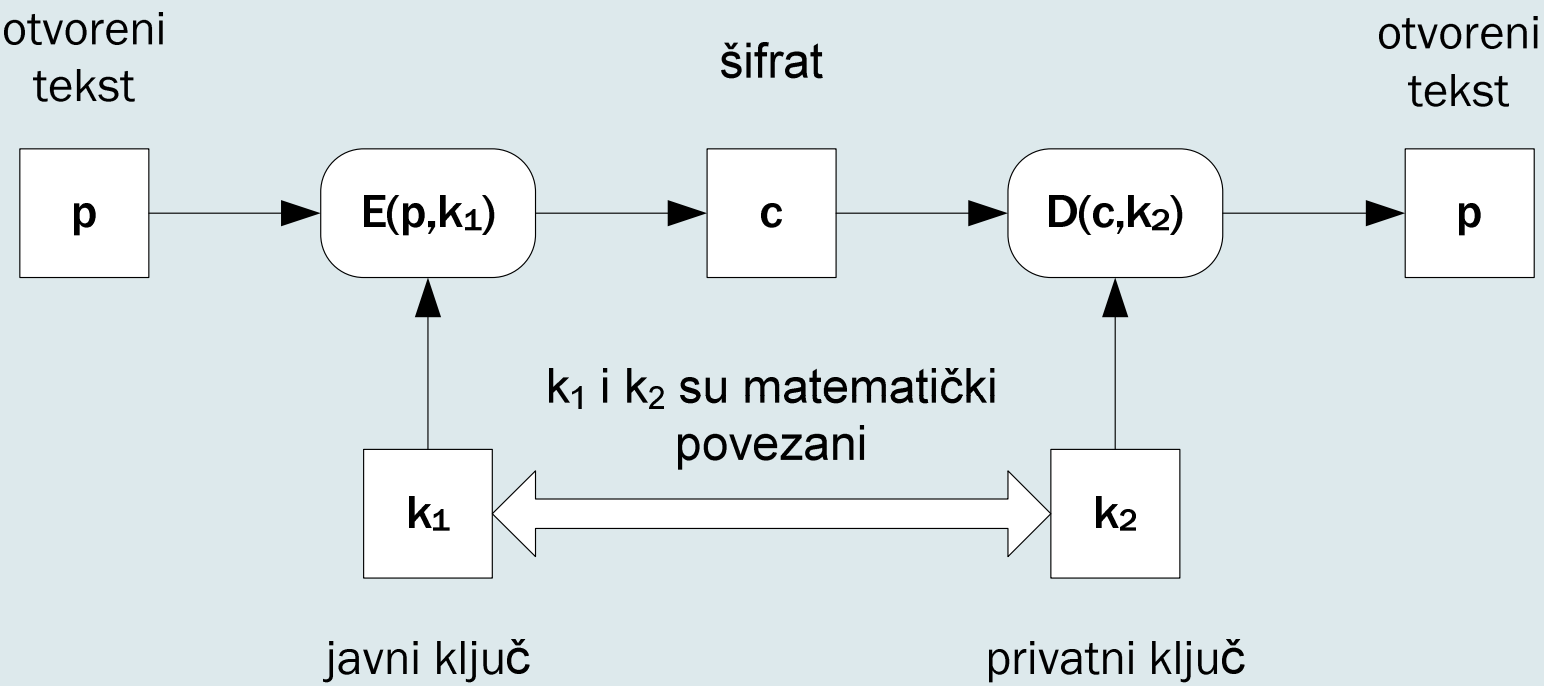
Simetrični algoritmi



Poznati simetrični algoritmi

- **DES** (Data Encryption Standard) – ključ je dužine 56 bita
- **Triple DES (ECB, CBC)**, DESX, GDES, RDES – ključ je dužine 168 bita
- (Rivest) **RC2, RC4, RC5, RC6** – promenljiva dužina ključa do 2048 bita
- **IDEA** – osnovni algoritam za PGP – ključ je dužine 128 bita
- **Blowfish** – promenljiva dužina ključa do 448 bita
- **Twofish** – šifruje 128-bitne blokove otvorenog teksta ključem dužine do 256 bitova
- **AES (Advanced Encryption Standard)** - radi sa blokovima od po 128 bita i koristi ključeve dužine 128, 192 i 256 bita

Algoritmi sa javnim ključem



Poznati asimetrični algoritmi

- **RSA** (Rivest, Shamir, Adleman)
- **ElGamal**

Cezarova šifra

- Demonstracija - CrypTool

Vižnerova šifra (Vigenère)

- Demonstracija - CrypTool

DES

- Demonstracija - CrypTool

AES

- Demonstracija - CrypTool

RSA

- Demonstracija - CrypTool

Pseudoslučajne sekvence i protočno šifrovanje

- Generatori pseudoslučajnih sekvenci
  - Linearni kongruentni generator
  - Korišćenje jednosmernih funkcija
  - ANSI X9.17
  - FIPS 186
  - RSA
  - x^2 mod n

Ispitivanje slučajnosti

- Monotona sekvenca
- Autokorelaciona funkcija

- Tri Golombova postulata slučajnosti

- Monobitni test
- Poker test
- Test sekvenci različitih dužina
- Test dugačkih sekvenci

Protočno šifrovanje

- Protočno šifrovanje (engl. *stream cipher*)
- Sinhrono i asinhrono protočno šifrovanje
- Linearni pomerački registar sa povratnom spregom
- RC4 je simetrični protočni algoritam sa ključem promenljive veličine

Heš funkcije

- Jednosmerna funkcija (engl. *one-way function*) jeste funkcija oblika $y=f(x)$ takva da važi:
  - za dato x, $f(x)$ se određuje relativno lako i efikasno, i
  - za dato $y=f(x)$, $x=f^{-1}(y)$ se određuje relativno teško.

Značajnije heš funkcije

- MD family (*Message Digest*)
  - MD2
  - MD4
  - **MD5**
    - **MD5 (Message-Digest algorithm 5) is a widely used cryptographic hash function with a 128-bit hash value.**
  - MD6
    - The MD6 hash algorithm is a cryptographic hash algorithm developed at MIT by a team led by Professor Ronald L. Rivest in response to the call for proposals for a SHA-3 cryptographic hash algorithm by the National Institute of Standards and Technology.
- SHA (*Secure Hash Algorithm*)
  - SHA-0, SHA-1
  - SHA-2 family (SHA-224, SHA-256, SHA-384, SHA-512)
  - SHA-3 (in development)

MD5

- Demonstracija - CrypTool

Primena heš funkcija

- Heš funkcije i čuvanje lozinki na disku sistema
- Heš funkcije i CHAP provera identiteta
  - CHAP (*Challenge Handshake Authentication Protocol*)
- Heš funkcije i digitalno potpisivanje

Problemi sa heš funkcijama

- „Efekat lavine“ (engl. *avalanche*) – da li postoji?
  - Mala promena u originalnoj poruci izaziva veliku promenu na izlazu tj. u rezultatu heš funkcije.
- Kolizije (engl. *collision*)
  - Ukoliko dve ili više različitih poruka (ili datoteka) imaju isti rezultat heš funkije, onda kažemo da se radi o koliziji.

NIST: Cryptographic Hash Algorithm Competition

- NIST Cryptographic Hash Algorithm Competition
  - Official homepage: http://csrc.nist.gov/groups/ST/hash/sha-3/index.html
- 1st round candidates:
  - http://csrc.nist.gov/groups/ST/hash/sha-3/Round1/submissions_rnd1.html
- 2nd round candidates:
  - http://csrc.nist.gov/groups/ST/hash/sha-3/Round2/submissions_rnd2.html

NIST: Cryptographic Hash Algorithm SHA-3 Competition Third (Final) Round Candidates

NIST has selected the third (final) round candidates of the SHA-3 competition. Following 5 third (final) round candidates continue the competition:

- **BLAKE**
- **Grøstl**
- **JH**
- **Keccak**
- **Skein**

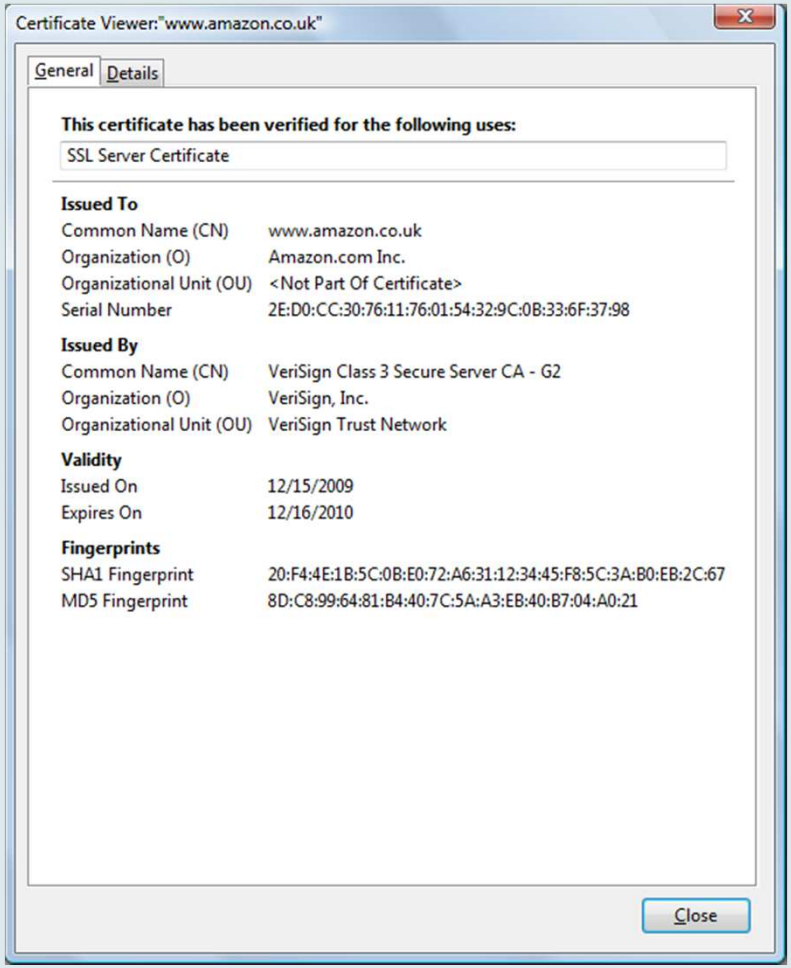
Kriptografija s javnim ključevima

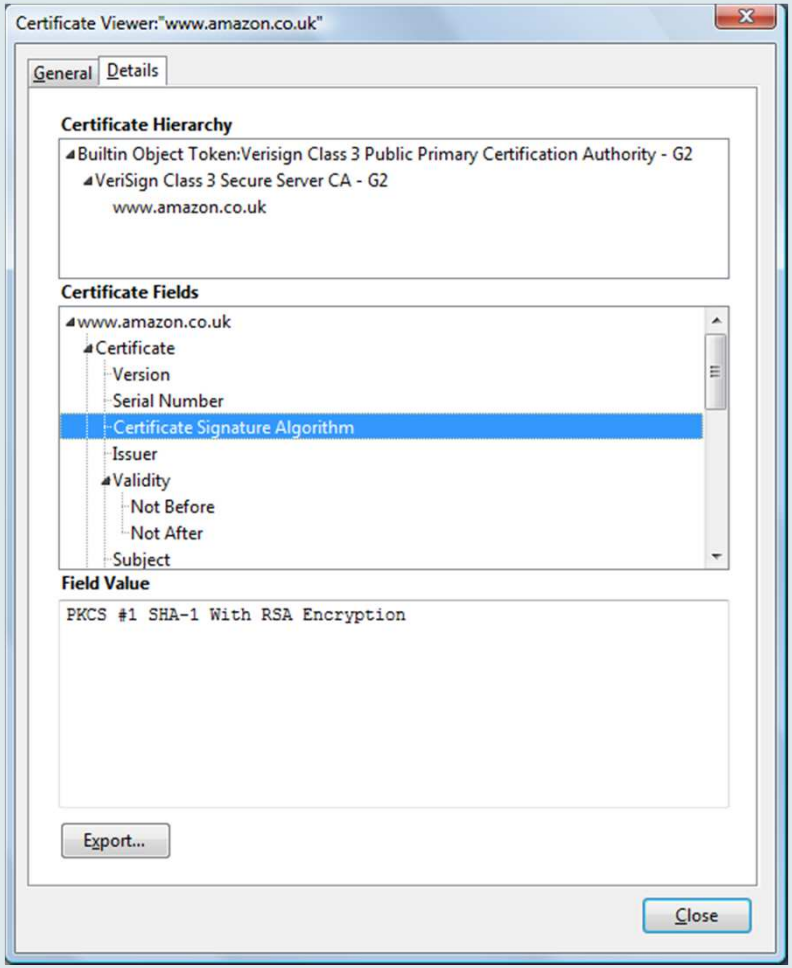
- RSA
- Diffie-Hellmanov protokol za razmenu ključeva
- Kriptosistemi s javnim ključem

Sertifikati i infrastruktura javnih ključeva

- Digitalni sertifikat
- Infrastruktura javnih ključeva (PKI – Public Key Infrastructure)
- X.509 sertifikati

Primer sertifikata





Kriptografski softver

- Šifrovanje komunikacionih kanala
- Šifrovanje podataka na diskovima
- Pretty Good Privacy
- GNU Privacy Guard
- TrueCrypt
- EFS (Encryption File System)
- *loopback* šifrovanje na operativnom sistemu Linux
- Cryptographic File System (CFS)

Značaj ključa

- Zaštita zavisi od zaštite ključa, a ne od zaštite algoritma
- Podrazumeva se da je algoritam javno poznat
- Ova otvorenost omogućava proveru algoritma od strane velikog broja stručnjaka i potvrdu njegove snage
- Simetrični algoritmi – problem upravljanja i distribucije ključeva
- Asimetrični algoritmi - koncept javnog i tajnog ključa

Napadi

- Uobičajene pretpostavke
  - Napadač ima potpun pristup komunikacionom kanalu između pošiljaoca i primaoca
  - Napadač poseduje potrebno znanje o algoritmu šifrovanja

Opšti tipovi napada

- **Ciphertext – only.** Poznat je šifrovani tekst nekoliko poruka, pronalaženje čitljivog teksta i ključeva
- **Known – plaintext.** Poznat je šifrovani tekst i dešifrovani tekst za nekoliko poruka, nalaženje ključeva
- **Chosen – plaintext.** Nisu samo šifrovani i dešifrovani tekst poznati za nekoliko poruka, već napadač bira originalnu poruku
- **Adaptive chosen – plaintext.** Kao i prethodno, ali napadač može da menja originalnu poruku na osnovu prethodnih rezultata

Sigurnost kriptografskog algoritma

- **Cena "razbijanja"** algoritma mora da bude veća od cene šifrovanih podataka
- **Vreme potrebno za "razbijanje"** algoritma mora da bude duže od vremena u kome podaci moraju da ostanu tajni
- **Broj podataka šifrovanih jednim ključem** mora da bude manji od broja potrebnih podataka da se dati algoritam "razbije"

Formalne metode

- Obezbeđuju mogućnost modeliranja, analize i verifikacije (i projektovanja) kriptografskih algoritama i protokola koji ih koriste

Literatura

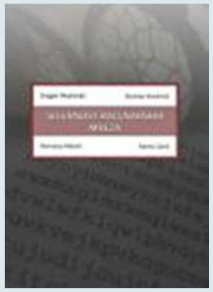
- D. Pleskonjić, N. Maček, B. Đorđević, M. Carić: **"Sigurnost računarskih sistema i mreža"**, Mikro knjiga, Beograd, 2007., ISBN: 978-86-7555-305-2, knjiga – udžbenik
- www.conwex.info/draganp/books_SRSiM.html
- www.mikroknjiga.rs/store/prikaz.php?ref=978-86-7555-305-2

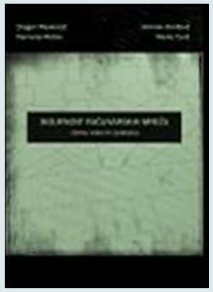
- Za predavanje 3:
  - Poglavlje 3: Kriptografija
  - Dodatak C: Kriptografske tablice
  - Dodatak D: Izvorni kod

Literatura - nastavak

- D. Pleskonjić, B. Đorđević, N. Maček, Marko Carić: **"Sigurnost računarskih mreža"**, Viša elektrotehnička škola, Beograd, 2006., ISBN 86-85081-16-5, knjiga - udžbenik
- D. Pleskonjić, B. Đorđević, N. Maček, Marko Carić: **"Sigurnost računarskih mreža - priručnik za laboratorijske vežbe"**, Viša elektrotehnička škola, Beograd, 2006., ISBN 86-85081-49-1
- D. Pleskonjić, B. Đorđević, N. Maček, Marko Carić: **"Sigurnost računarskih mreža - zbirka rešenih zadataka"**, Viša elektrotehnička škola, Beograd, 2006., ISBN 86-85081-55-6

www.conwex.info/draganp/books.html





Dodatna literatura

- **Handbook of Applied Cryptography**
  Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot and Scott A. Vanstone
  CRC Press, www.cacr.math.uwaterloo.ca/hac/, Google Books

- **Applied Cryptography**
  Bruce Schneier
  John Wiley & Sons, 1995

  - **Primenjena kriptografija**
    Prevod drugog izdanja, Mikro knjiga, Beograd, 2007.
    www.mk.co.yu/store/prikaz.php?ref=978-86-7555-317-5

- **Cryptography and Network Security**
  William Stallings
  Prentice Hall, 1998

- Druge knjige i razni *online* resursi

- ***Napomena:*** tokom predavanja će biti naglašena dodatna literatura, po potrebi.

Pitanja

?