Skydd för känsliga data

Daniel Bosk[1]

Avdelningen för informations- och kommunikationssytem (IKS),
Mittuniversitetet, Sundsvall.

data.tex 1674 2014-03-19 14:39:35Z danbos

Översikt

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

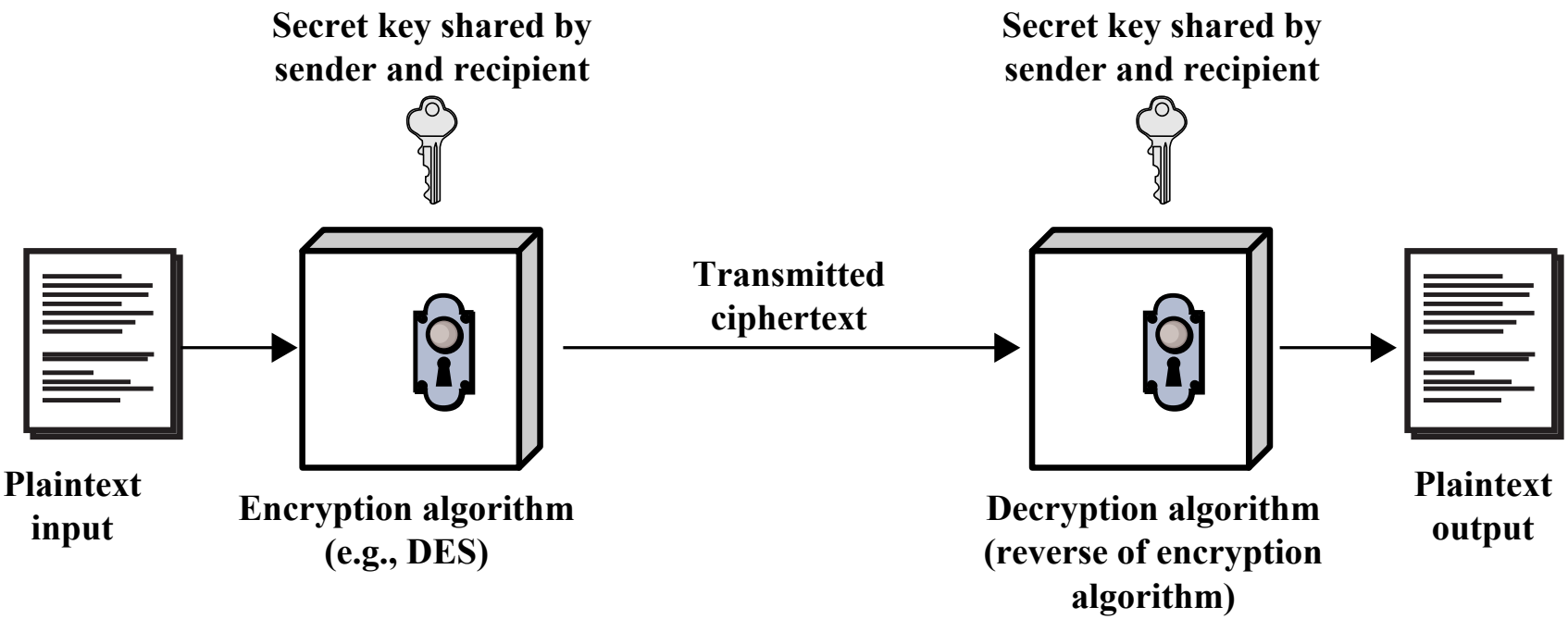
Kryptosystem

- Ordet kryptografi kommer från grekiskans κρυπτός (*kryptos*) och γράφος (*graphos*) [13b].
- Dessa betyder *gömd* eller *hemlig* [13a] respektive *skrift* [13c].
- Ordet kryptografi betyder följaktligen *hemlig skrift*.
- I modern tid är kryptografin ett högst matematiskt område.
- Det finns inte utrymme för annat än matematisk precision.

Kryptosystem

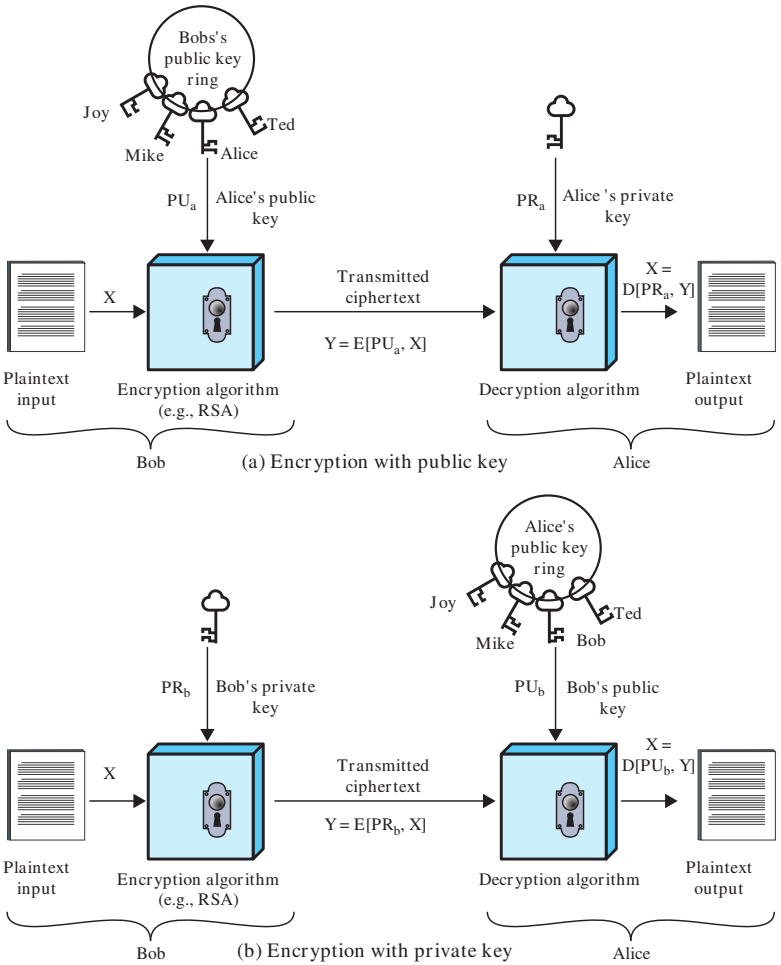
- Autentisering (authentication).
- Oförnekelsebarhet (non-repudiation).
- Konfidentialitet (confidentiality).
- Riktighet (integrity).

Kryptosystem



Figur : Översikt av symmetrisk kryptering. Bild: [Sta11].

Kryptosystem



Figur : Översikt av asymmetrisk kryptering. Bild: [Sta11].

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Kryptosystem

Definition

Ett *kryptosystem* är en tupel $(\mathcal{P}, \mathcal{C}, \mathcal{K}, \mathcal{E}, \mathcal{D})$ där följande gäller:

1. $\mathcal{P}$ är en ändlig mängd av möjliga klartexter.
2. $\mathcal{C}$ är en ändlig mängd av möjliga kryptotexter.
3. $\mathcal{K}$, kallad *nyckelrymden*, är en ändlig mängd av möjliga nycklar.
4. För varje $k \in \mathcal{K}$ finns en *krypteringsregel* $e_k \in \mathcal{E}$ och motsvarande *avkrypteringsregel* $d_k \in \mathcal{D}$. Varje $e_k : \mathcal{P} \to \mathcal{C}$ och $d_k : \mathcal{C} \to \mathcal{P}$ är funktioner sådana att $d_k(e_k(p)) = p$ för alla klartexter $p \in \mathcal{P}$.

Kryptosystem

- Typer av operationer för att transformera klartext till kryptotext.
- Antalet nycklar som används.
- Sätt att processa klartexten:
  - Blockchiffer.
  - Strömchiffer.

Kryptosystem
Kryptanalys

- Enbart chiffertext (ciphertext only).
- Känd klartext (known plaintext).
- Vald klartext (chosen plaintext).
- Vald kryptotext (chosen ciphertext).
- Vald text (chosen text).

Kryptosystem

Definition

Ett kryptosystem är beräkningsmässigt säkert om det uppfyller någon eller båda av följande:

- Kostnaden för att knäcka chiffret är högre än värdet på informationen det skyddar.
- Tiden det tar att knäcka chiffret är längre än tiden informationen är värdefull.

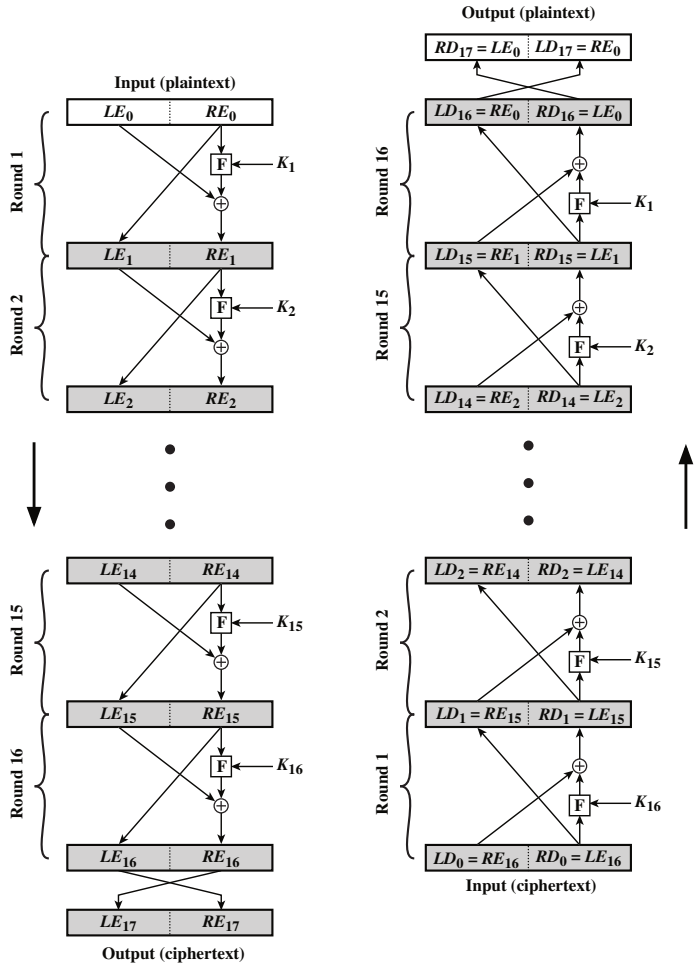
Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

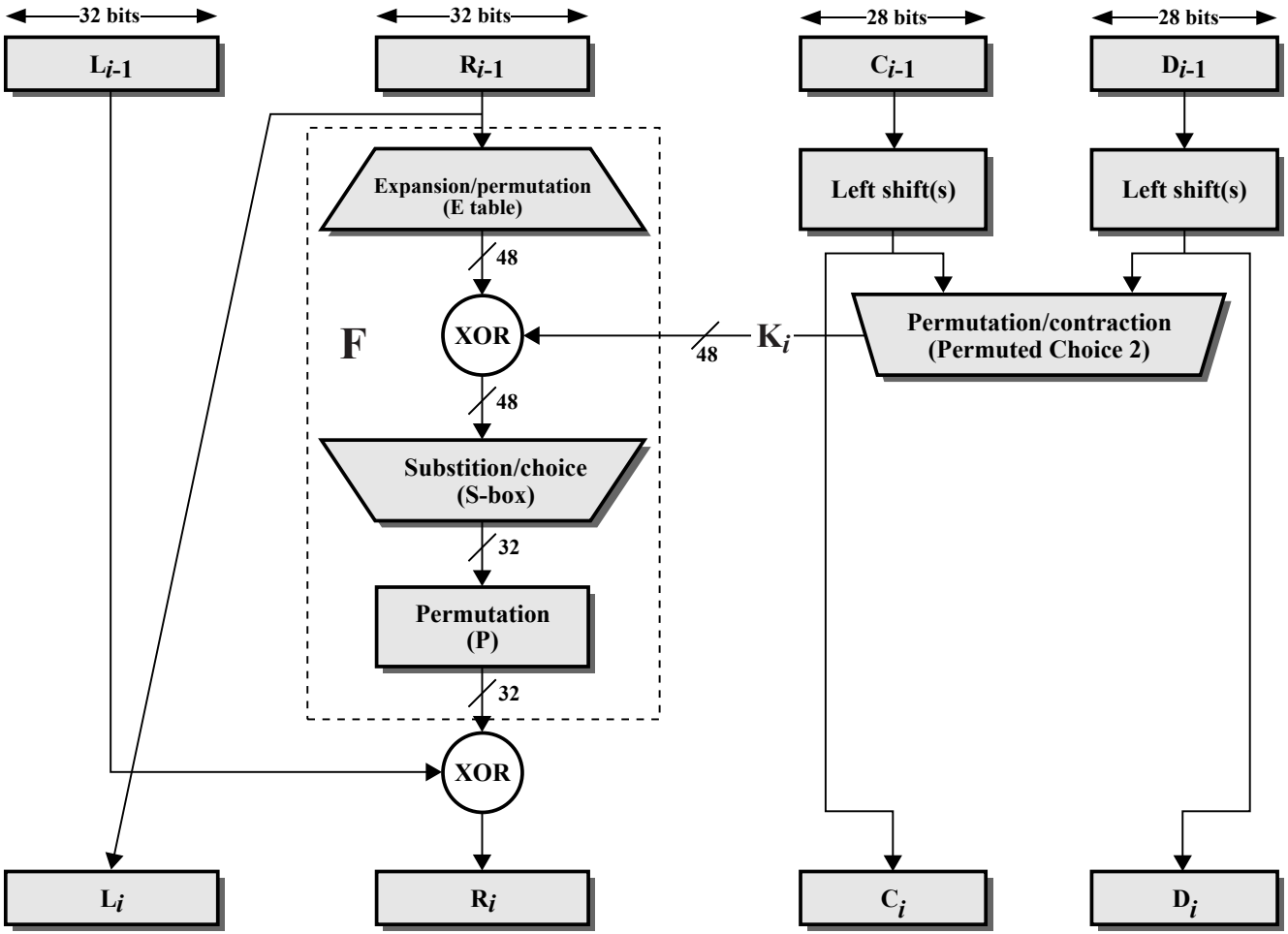
Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Data Encryption Standard (DES)



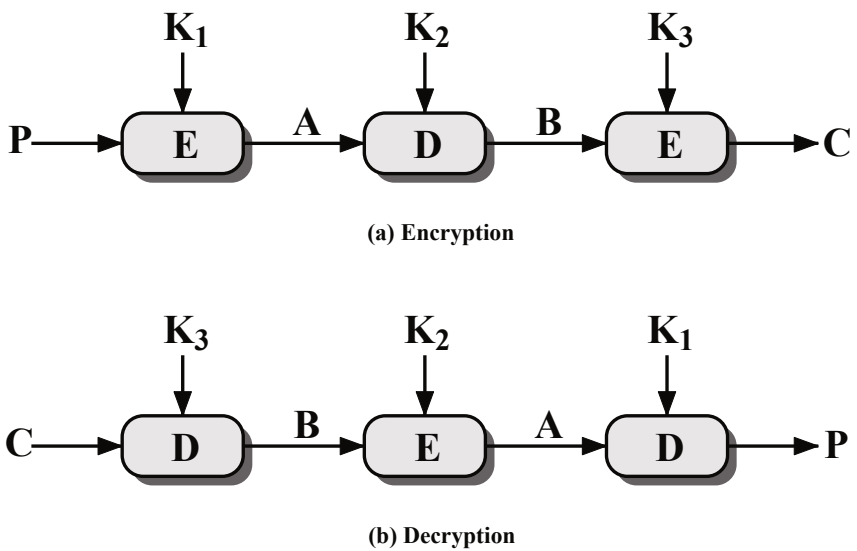
Figur : Feistelstruktur. Bild: [Sta11].

Data Encryption Standard (DES)



Figur : En runda i DES. Bild: [Sta11].

Data Encryption Standard (DES)

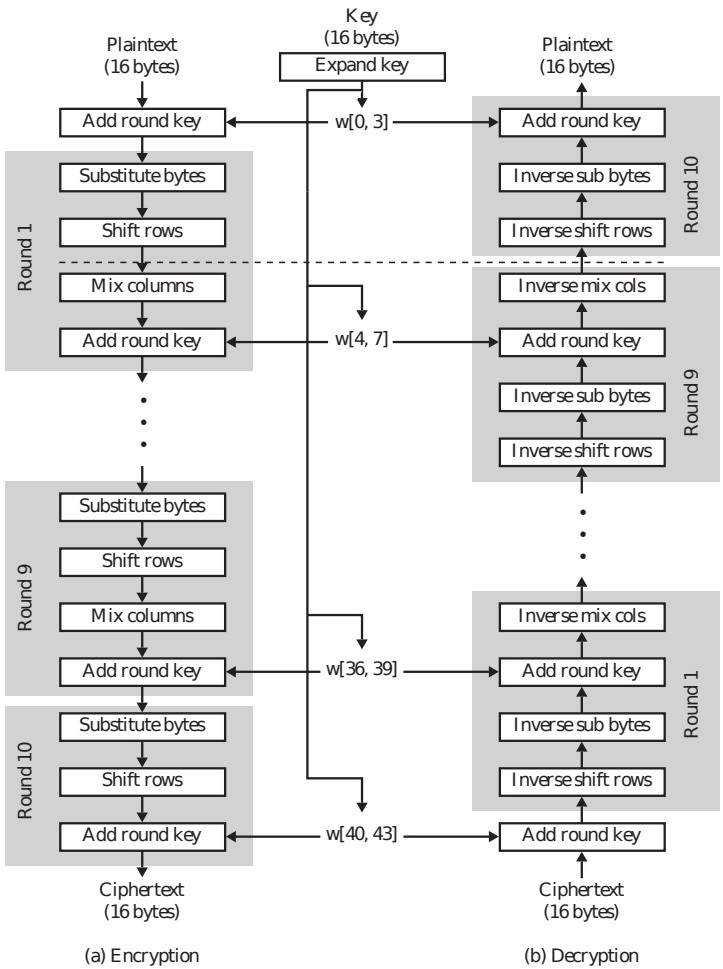


Figur : DES tillämpad i 3DES. Bild: [Sta11].

Översikt

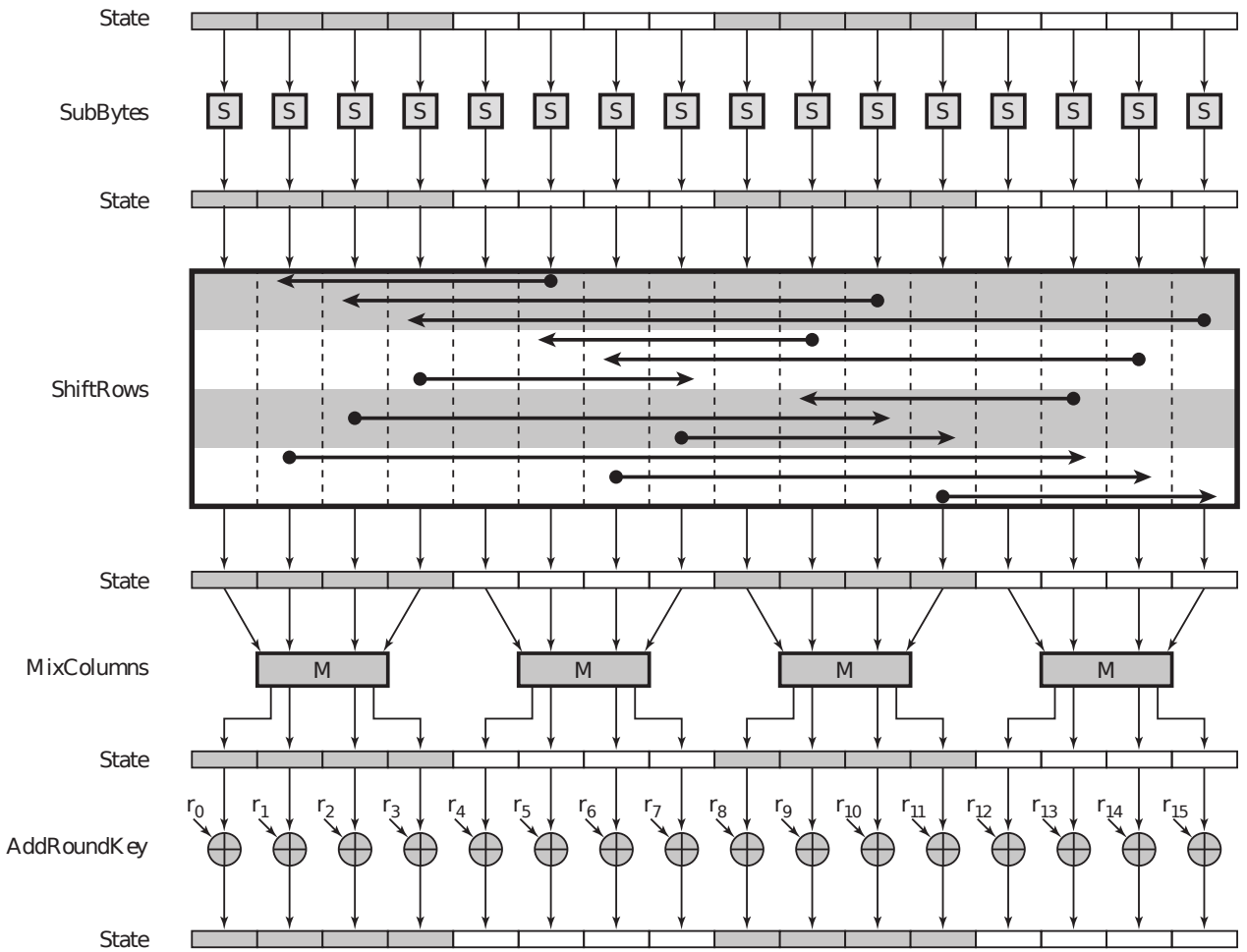
Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Advanced Encryption Standard (AES)



Figur : AES översikt. Bild: [Sta11].

Advanced Encryption Standard (AES)



Figur : En runda i AES. Bild: [Sta11].

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Pseudoslumptal

- Pseudorandom number generator.
- True random number generator.
- Pseudorandom function.

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Strömchiffer

- Pseudorandom number generator som utgår från nyckeln.

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Introduktion

- Ett blockchiffer i standardutförande är inte särskilt säkert om vi vill kryptera mer än ett block med samma nyckel.
- För att åtgärda detta använder vi olika ”modes of operation” för blockchiffer.

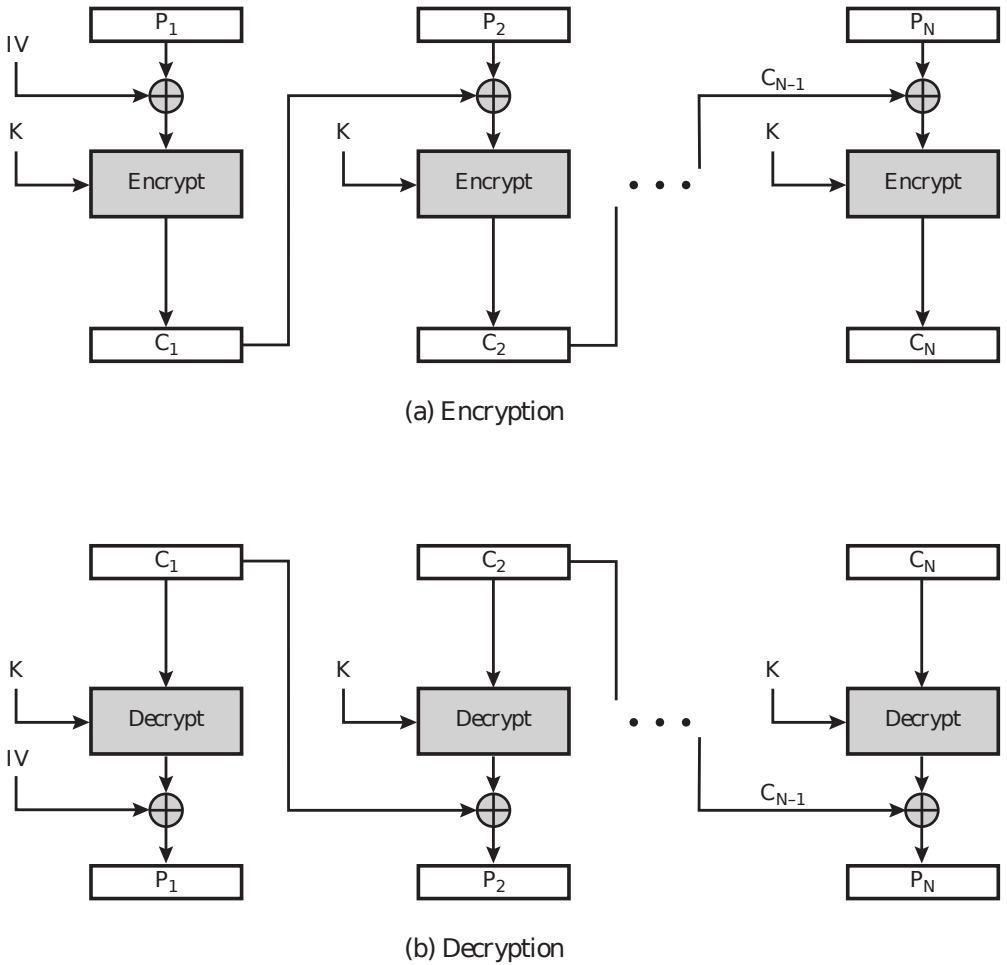
Introduktion

- Det enklaste är ”electronic code-book mode” (ECB).
- Detta går ut på att vi delar upp meddelandet enligt blockstorleken och krypterar del för del.

Översikt

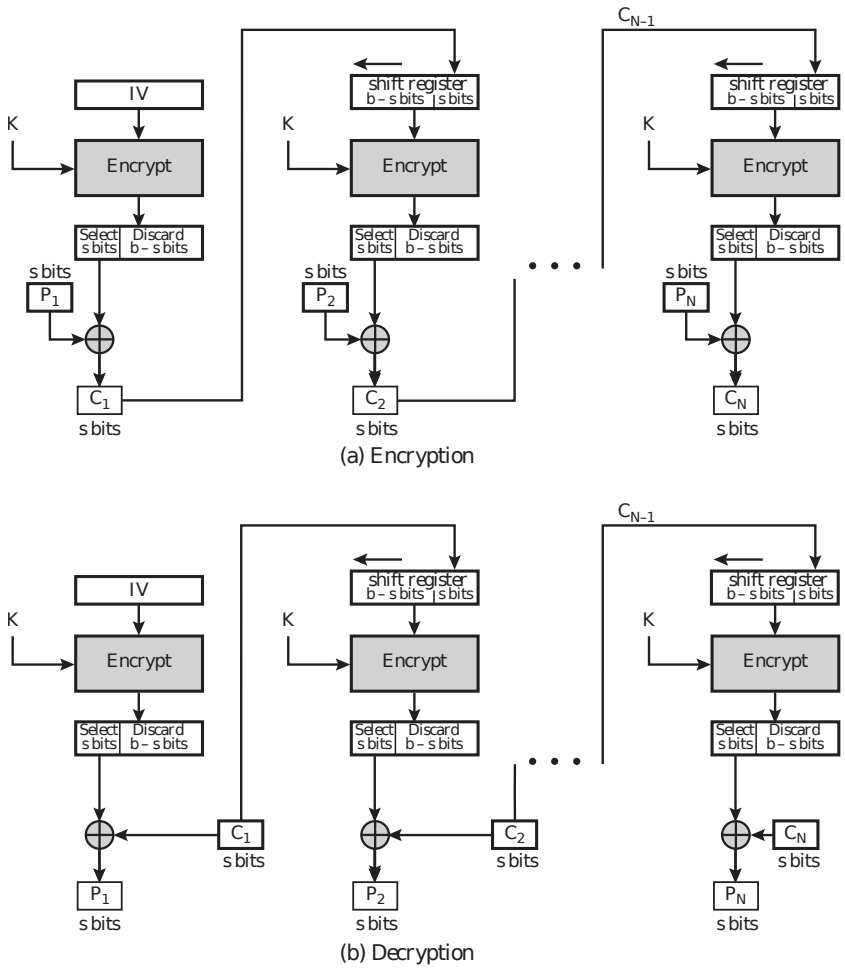
Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Några andra modes of operation



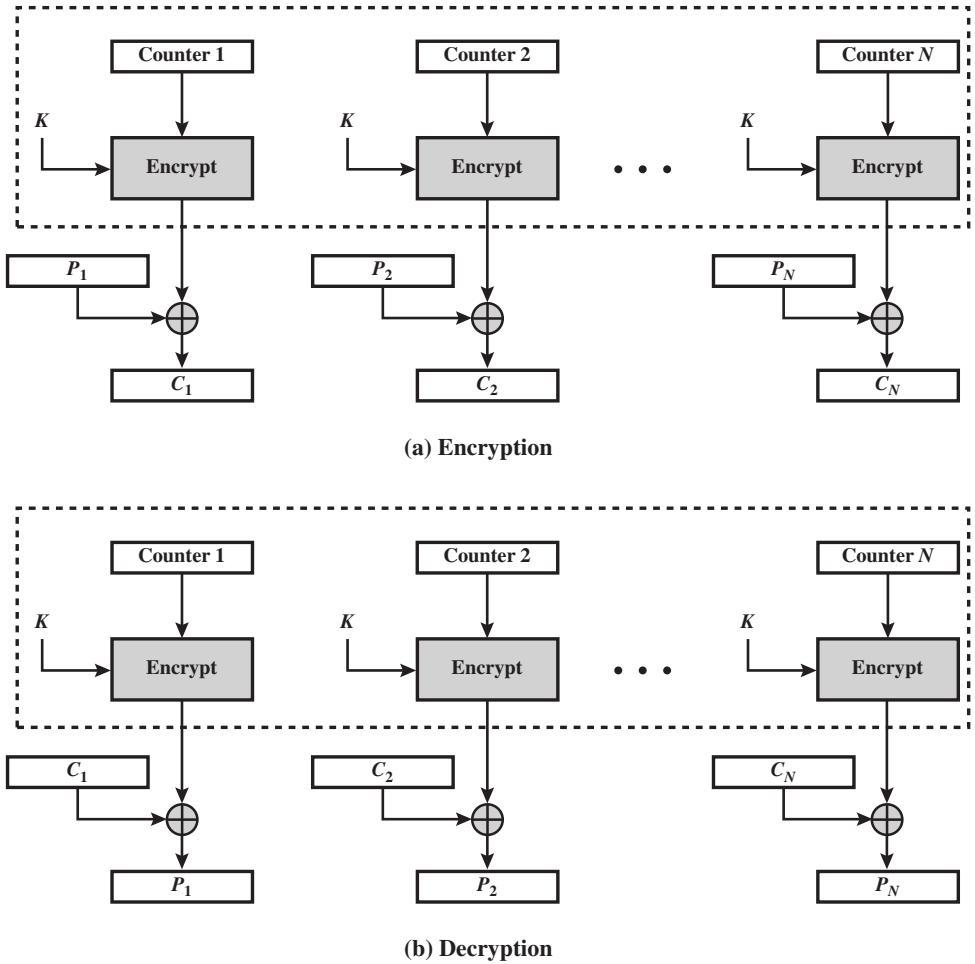
Figur : Cipher block chaining (CBC) mode. Bild: [Sta11].

Några andra modes of operation



Figur : Cipher feedback (CFB) mode. Bild: [Sta11].

Några andra modes of operation



Figur : Counter (CTR) mode. Bild: [Sta11].

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

RSA

Sats (Fermat–Eulers sats)

Om n och a är heltal sådana att $\gcd(n, a) = 1$, *då gäller att* $a^{\phi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$.

RSA

Rivest, Shamir, Adleman (RSA)

Definition

Låt $n = pq$, där p och q är primtal. Låt $\mathcal{P} = \mathcal{C} = \mathbb{Z}_n$ och

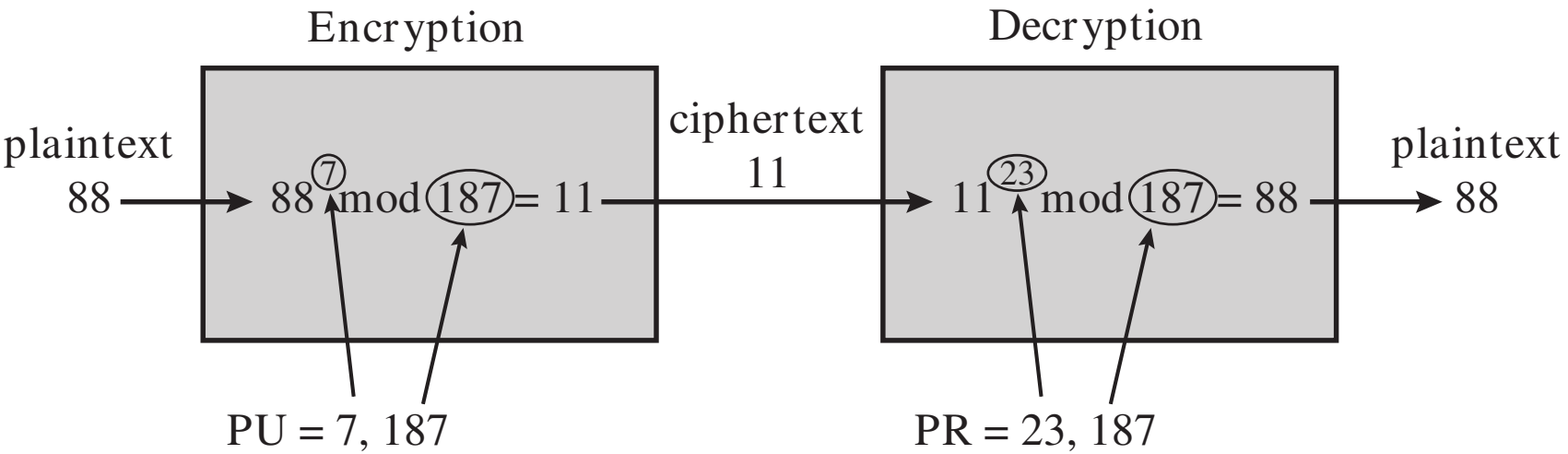
$$\mathcal{K} = \{(n, p, q, e, d) : ed \equiv 1 \pmod{\phi(n)}\}.$$

För $k = (n, p, q, e, d)$ definiera

$$e_k(p) = p^e \mod n \text{ och}$$
$$d_k(c) = c^d \mod n,$$

där $p \in \mathcal{P}$ och $c \in \mathcal{C}$. Tupeln (n, e) utgör den *publika nyckeln* och (p, q, d) den *privata nyckeln*.

RSA

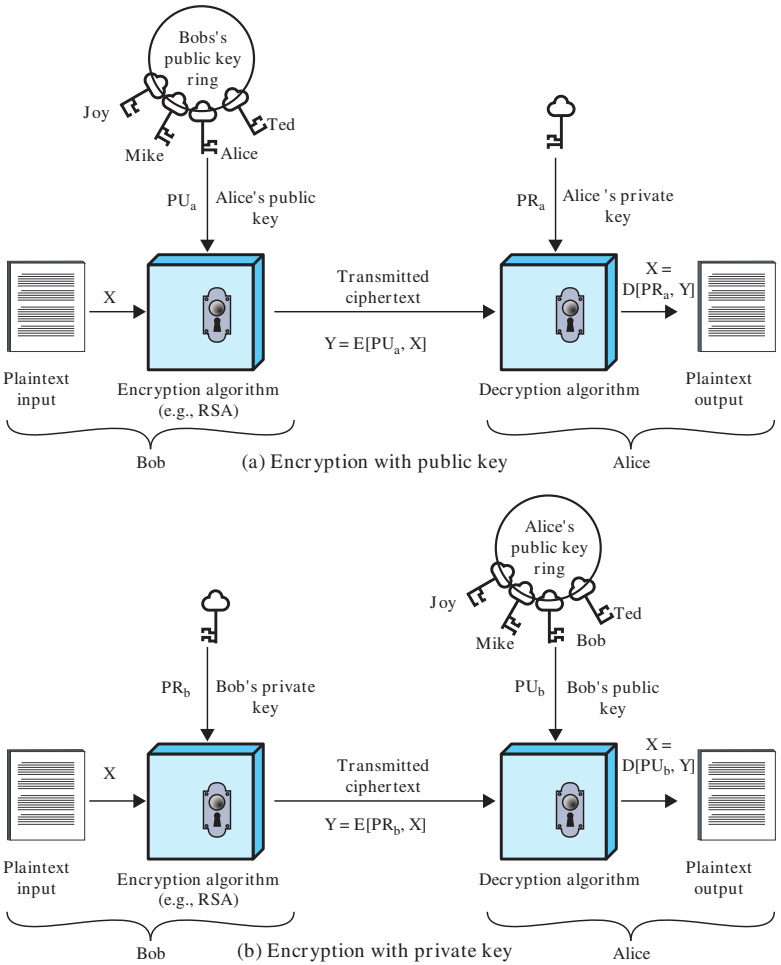


Figur : Ett exempel på kryptering med RSA. Bild: [Sta11].

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Digitala signaturer



Figur : Översikt av asymmetrisk kryptering. Bild: [Sta11].

Digitala signaturer

$$\text{Kryptering} \quad E_{k_A}(m) = c \longrightarrow D_{k_A}(c) = E_{k_A^{-1}}(c) = m$$

$$\text{Signering} \quad D_{k_A}(m) = E_{k_A^{-1}}(m) = c \longrightarrow E_{k_A}(c) = m$$

Digitala signaturer

- Kan ha digitala signaturer med symmetriska chiffer, men i mycket begränsad utsträckning.
- Det är inte jag som skapat detta meddelande, då måste det vara den andre.
  - A och B delar nyckeln k.
  - A tar emot $n, E_k(n, m)$.
  - A vet att A inte skapat meddelandet, alltså måste någon annan med tillgång till nyckeln k gjort det.
  - Eftersom att B är den enda utöver A som känner till nyckeln måste meddelandet m vara från B.

Översikt

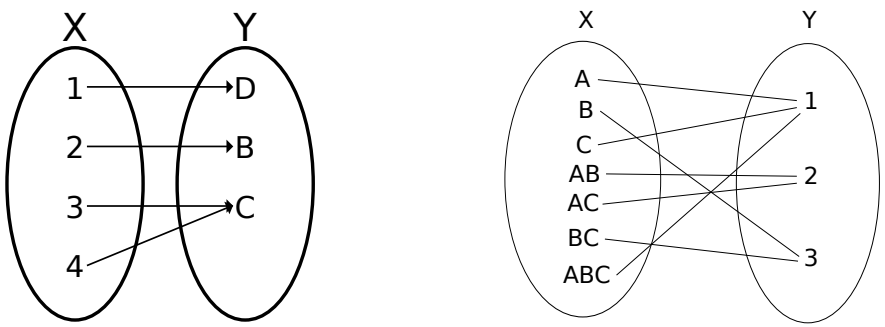
Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Introduktion till hashfunktioner

- En hashfunktion är en funktion $h\colon X \to Y$, där X är en möjligen oändlig mängd och Y är en ändlig mängd.
- Den är således en icke-injektiv surjektiv funktion och saknar invers $h^{-1}\colon Y \to X$ sådan att $h^{-1}(h(x)) = x$ för alla $x \in X$.



(a) $h\colon X \to Y$

(b) $h'\colon X \to Y$

Figur : Två icke-injektiva surjektiva funktioner h respektive h'.

Introduktion till hashfunktioner

- Finns många olika hashfunktioner:
  - MD5,
  - SHA1,
  - SHA256,
  - SHA512.
- Tillämpningsområdet är stort:
  - verifiera integritet hos filer,
  - snabb sökning i datastrukturer,
  - digitala signaturer,
  - skydda lösenord.

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Formell behandling av hashfunktioner

Definition

En *hashfamilj* är en tupel $(\mathcal{X}, \mathcal{Y}, \mathcal{K}, \mathcal{H})$, där

- $\mathcal{X}$ är mängden av möjliga *meddelanden*.
- $\mathcal{Y}$ är en ändlig mängd av möjliga *meddelandesammandrag*.
- $\mathcal{K}$ är en ändlig mängd av möjliga nycklar.
- För varje nyckel $k \in \mathcal{K}$ finns en hashfunktion $h_k \in \mathcal{H}$ sådan att $h_k : \mathcal{X} \to \mathcal{Y}$.

Formell behandling av hashfunktioner

- $\mathcal{X}$ kan vara ändlig eller oändlig, men alltid $|\mathcal{X}| \geq |\mathcal{Y}|$.
- Vissa hashfunktioner saknar nycklar, då är $|\mathcal{K}| = 1$.
- Låt $\mathcal{Y}^{\mathcal{X}}$ beteckna mängden av alla funktioner från $\mathcal{X}$ till $\mathcal{Y}$, då är $|\mathcal{Y}^{\mathcal{X}}| = |\mathcal{Y}|^{|\mathcal{X}|}$.

Formell behandling av hashfunktioner

Preimage resistant eller *one-way*

Inversa bilden (*preimage*)

1. Given hashfunktionen $h\colon\ \mathcal{X} \to \mathcal{Y}$ och element $y \in \mathcal{Y}$.
2. Hitta $x \in \mathcal{X}$ sådant att $h(x) = y$.

Formell behandling av hashfunktioner

Second preimage resistant

Andra inversa förbilden (*second preimage*)

1. Given hashfunktionen $h\colon\ \mathcal{X} \to \mathcal{Y}$ och element $x \in \mathcal{X}$.
2. Hitta $x' \in \mathcal{X}$ sådant att $x' \neq x$ och $h(x') = h(x)$.

Formell behandling av hashfunktioner

Collision resistant

Kollision

1. Given hashfunktionen $h\colon\ \mathcal{X} \to \mathcal{Y}$.
2. Hitta $x, x' \in \mathcal{X}$ sådana att $x' \neq x$ och $h(x') = h(x)$.

Formell behandling av hashfunktioner

Random Oracle Model

- Idealisering av en hashfunktion.
- Kan liknas vid ett orakel som ger slumpmässiga svar på frågor.
- Men vid upprepningar ska samma svar ges.
- En funktion $h \in \mathcal{Y}^{\mathcal{X}}$ väljs slumpmässigt, vi får enbart ställa frågor som "vad är $h(x)$?"
- Innan vi ställer frågan $h(x)$ vet vi ingenting om h.
- Efter att vi ställt frågan $h(x)$ och erhållit svaret y, då vet vi enbart att $h(x) = y$.

Formell behandling av hashfunktioner

- Det går att visa att om man kan hitta en andra invers avbildning, då kan man hitta en kollision.
- Det går även att visa att om man kan hitta en invers avbildning, då kan man hitta en kollision.
- Följaktligen, om en hashfunktion är *collision resistant*, då är den även *preimage* och *second preimage resistant*.

Formell behandling av hashfunktioner

- Vi kan visa att för att ha 50 procent sannolikhet att hitta en kollision krävs $Q \approx 1.17\sqrt{|\mathcal{Y}|}$ antal gissningar.
- Detta kallas födelsedagsparadoxen.
- Detta betyder att om $|\mathcal{Y}| = 365$, då är den 50 % sannolikhet att kollisionsalgoritmen finner en kollision då $Q = 23$.
- Om en fingeravtrycksläsare lagrar fingeravtryck som 20 bitar långa bitsträngar, då är det 50 % sannolikhet att två personer kan identifiera sig som varandra vid 1000 användare.
- Vi kan finna kollisioner med 50 % sannolikhet för en hashfunktion som har 256 bitars meddelandesammandrag med 2^{128} gissningar.

Formell behandling av hashfunktioner

MD5	Fullständigt knäckt; kan finna godtyckliga kollisioner, snabb att beräkna [se LD05].
SHA1	Finns attacker som antyder att det går att finna kollisioner med $Q = 2^{69}$, borde vara $Q = 2^{80}$.
SHA256	Inga attacker som är märkbart lägre än $Q = 2^{128}$.
SHA512	Inga attacker som är märkbart lägre än $Q = 2^{256}$.

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

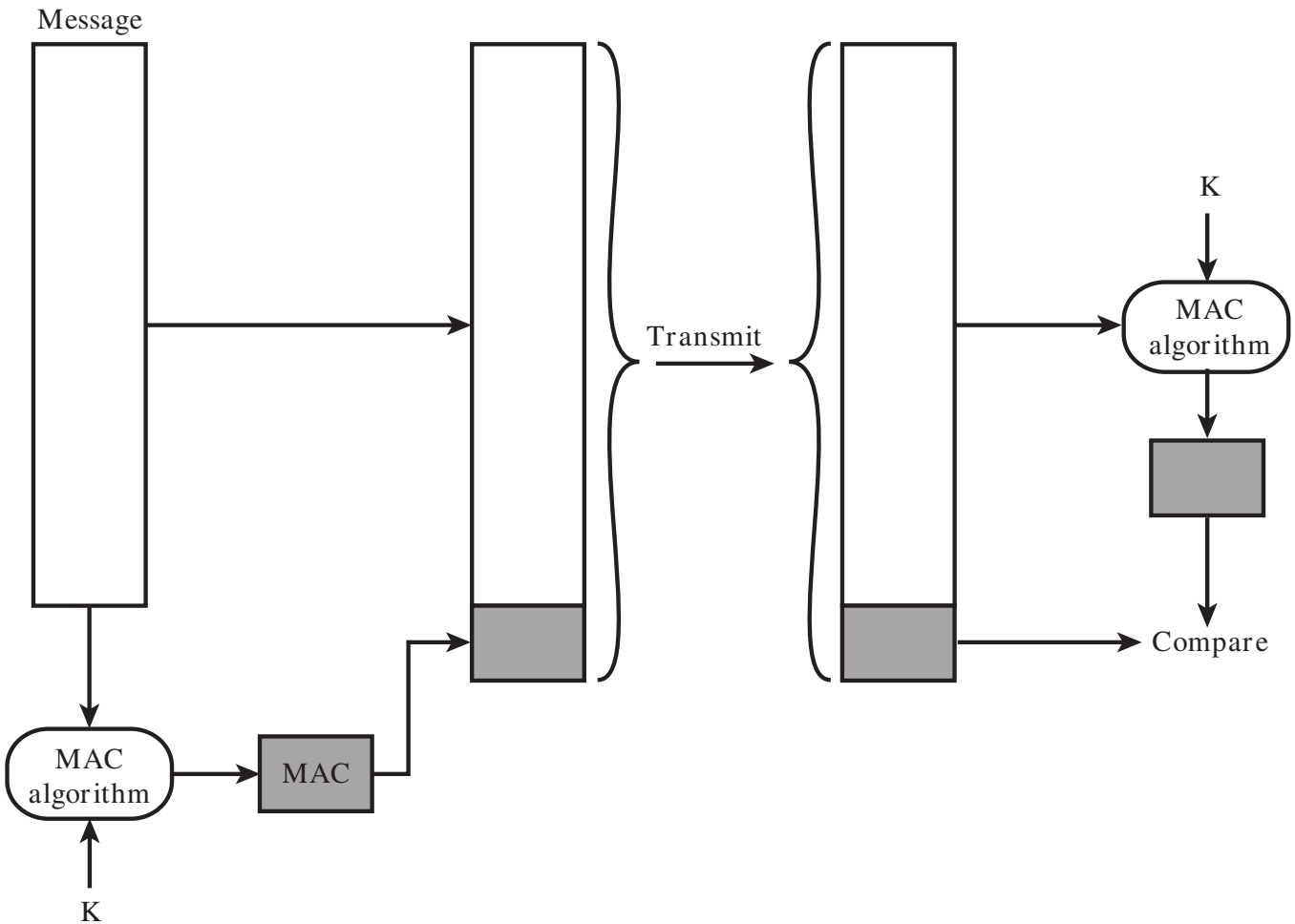
Message Authentication Code (MAC)

- Vi har sett att både symmetrisk och asymmetrisk kryptering kan användas för att signera kod.
- Dock uppstår problem om vi använder exempelvis ECB som mode of operation.
  - Byt ordning på blocken.
  - Ta bort vissa block.
- För detta ändamål skapar vi MAC.

Översikt

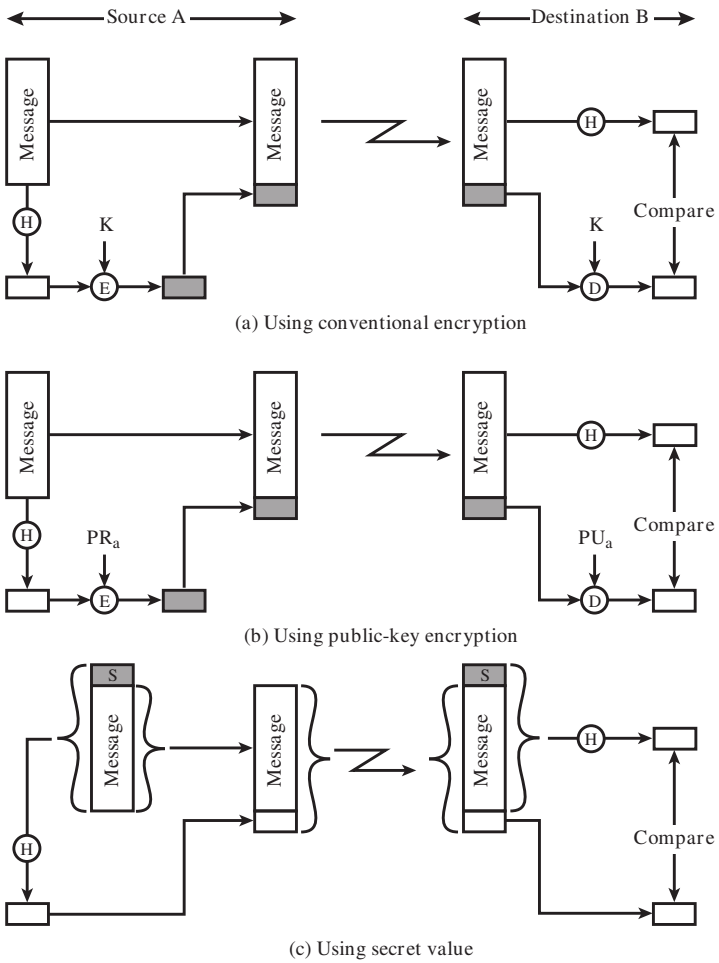
Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

Hashfunktionsbaserade MAC



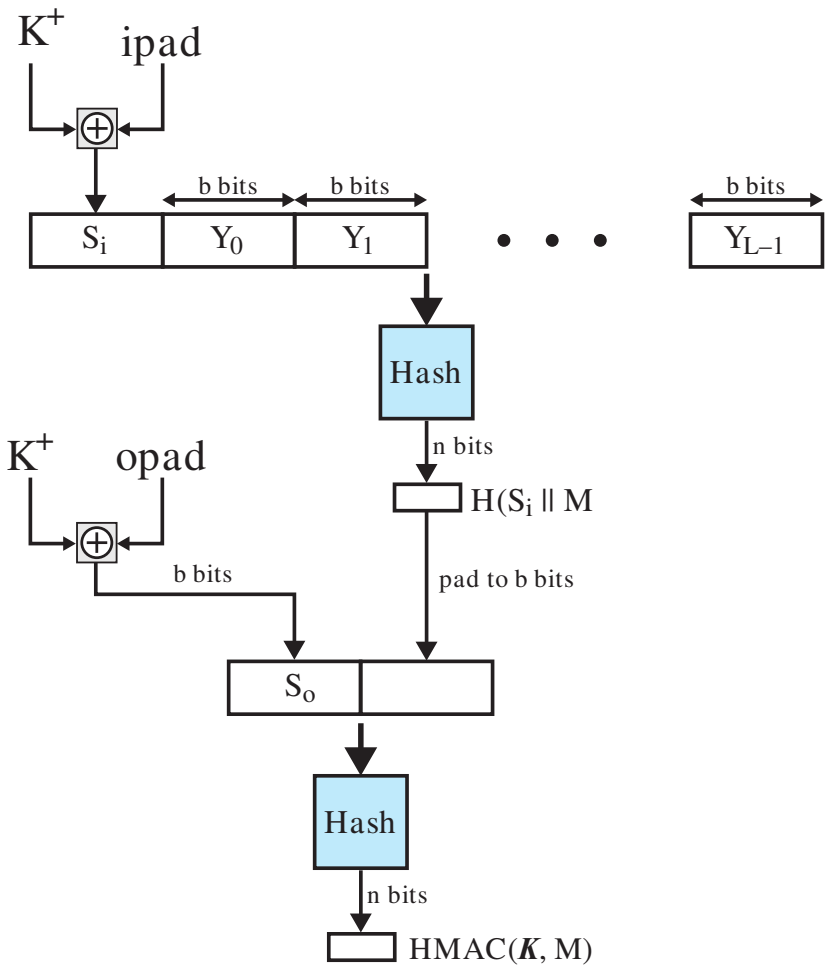
Figur : En översikt av en enkel MAC. Bild: [Sta13].

Hashfunktionsbaserade MAC



Figur : Exempel på olika former av MAC. Bild: [Sta13].

Hashfunktionsbaserade MAC

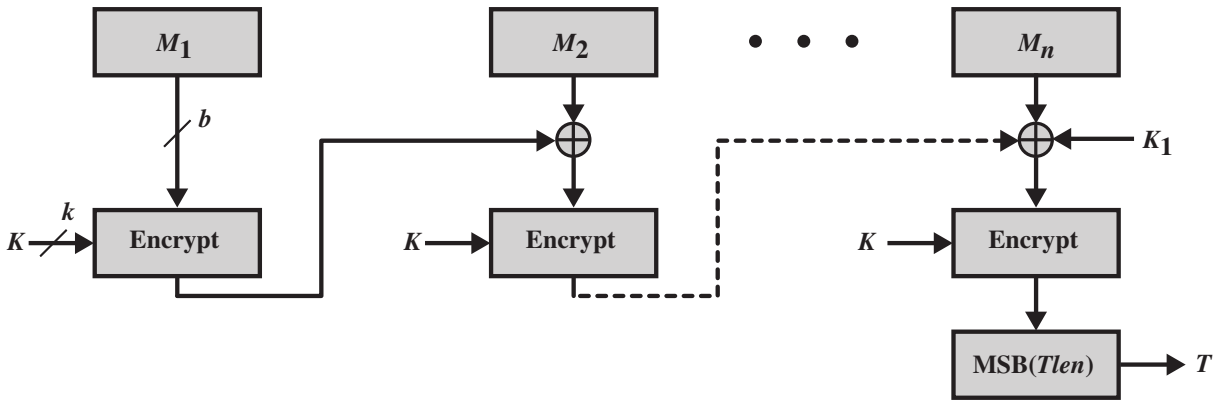


Figur : Hashbaserad MAC kallad HMAC,
$\mathrm{HMAC}(K, M) = h[(K^+ \oplus opad) \,||\, h[(K^+ \oplus ipad) \,||\, M]]$. Bild: [Sta13].

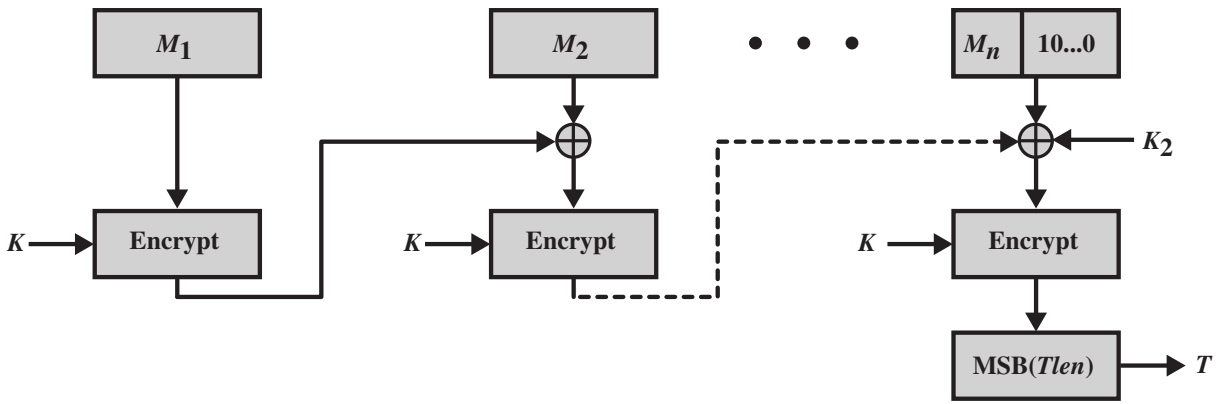
Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

MAC baserade på blockchiffer



(a) Message length is integer multiple of block size



(b) Message length is not integer multiple of block size

Figur : En schematisk översikt av CMAC. Bild: [Sta13].

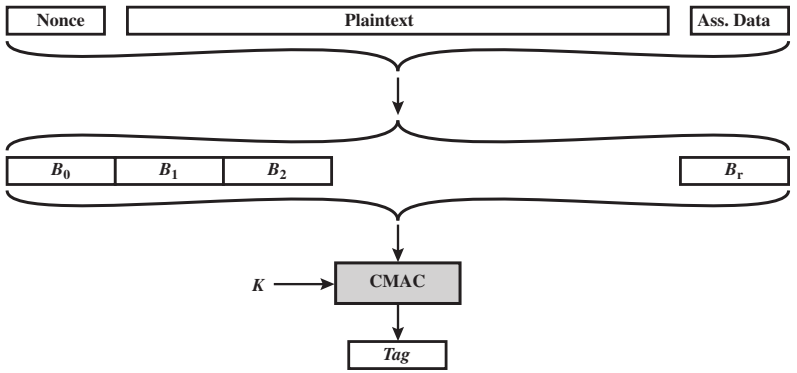
Översikt

Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY

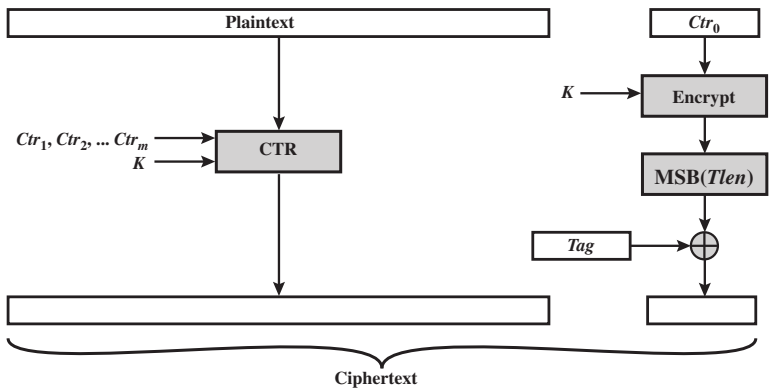
Chiffer med autentisering

- Counter with Cipher Block Chaining Message Authentication Code (CCM).
- Är ett mode of operation för kryptering med autentisering.

Chiffer med autentisering



(a) Authentication



(b) Encryption

Figur : En schematisk översikt av CCM. Bild: [Sta13].

Referenser


"crypto-, comb. form". I: *OED Online*. Hämtad den 5 april 2013. Oxford University Press, mars 2013. URL: http://www.oed.com/view/Entry/45363.


"cryptography, n." I: *OED Online*. Hämtad den 5 april 2013. Oxford University Press, mars 2013. URL: http://www.oed.com/view/Entry/45374?redirectedFrom=cryptography&.


"graphy-, comb. form". I: *OED Online*. Hämtad den 5 april 2013. Oxford University Press, mars 2013. URL: http://www.oed.com/view/Entry/80855.


Stefan Lucks och Magnus Daum. *Hash Collisions (The Poisoned Message Attack)*. 2005. URL: http://th.informatik.uni-mannheim.de/people/lucks/HashCollisions/.


William Stallings. *Cryptography and network security : principles and practice*. 5. ed. International ed. Upper