BÀI 2.
MẬT MÃ VÀ ỨNG DỤNG(TỰ HỌC)

Bùi Trọng Tùng,
Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông,
Đại học Bách khoa Hà Nội

Nội dung

- Mật mã (cipher) là gì?
- Nguyên tắc chung của các hệ mật mã
- Hệ mật mã khóa đối xứng
- Hệ mật mã khóa bất đối xứng
- Mã xác thực thông điệp
- Hàm băm mật mã
- Giao thức mật mã

1. MẬT MÃ LÀ GÌ?

Bùi Trọng Tùng,
Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông,
Đại học Bách khoa Hà Nội

Khái niệm mật mã

- Mã hóa (code): biến đổi cách thức biểu diễn thông tin
- Mật mã (cipher): mã hóa để che giấu, giữ mật thông tin
  - Lưu trữ
  - Truyền tin
- Mật mã học (cryptography): ngành khoa học nghiên cứu các phương pháp toán học để mã hóa giữ mật thông tin
- Thám mã (cryptoanalysis): nghiên cứu các phương pháp toán học để phá vỡ hệ mật mã
- Là công cụ hiệu quả giải quyết bài toán ATBM, là cơ sở cho nhiều cơ chế khác (xác thực, nhận dạng)
  - ✓Nhưng không vạn năng

Xây dựng mô hình (mật mã khóa đối xứng)

- Alice và Bob đã chia sẻ thông tin bí mật k gọi là khóa
- Alice cần gửi cho Bob một thông điệp m (bản rõ-plain text). Nội dung thông điệp cần giữ bí mật trước quan sát của Eve (kẻ tấn công, thám mã)

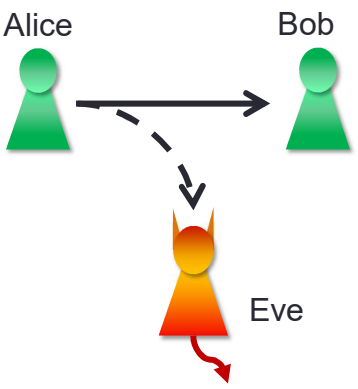
Mã hóa: c = E(k, m)

c: bản mã (cipher text)

- Alice gửi bản mã lên kênh truyền. Bob và Eve đều thu được thông điệp này. Chỉ có Bob giải mã để thu được bản rõ

Giải mã: m = D(k, c)

- Mật mã khóa đối xứng: dùng khóa k trong cả hai quá trình mã hóa và giải mã



5

5

Định luật Kerckhoffs

- Hệ mật mã gồm {k, E, D}
- Làm cách nào để ngăn cản kẻ khác giải mã?
- Định luật Kerckhoffs: “Một hệ mật mã cần an toàn ngay cả khi mọi thông tin về hệ, trừ khóa bí mật, là công khai”
- Tại sao?

6

6

Lý thuyết Shannon

- Hệ mật hoàn hảo: độ an toàn của hệ mật không phụ thuộc vào số bản mã và thời gian kẻ tấn công sử dụng để thám mã (An toàn vô điều kiện)
- Lý thuyết Shannon: Một hệ mật mã là hoàn hảo thì
  - Độ dài của khóa tối thiểu bằng độ dài bản tin rõ
  - Khóa chỉ sử dụng một lần
  - → Tại sao khó đạt được trên thực tế?

Điều kiện cần

- An toàn theo tính toán: Hệ mật được gọi là an toàn theo tính toán với độ an toàn (t, ε) nếu kẻ tấn công thực hiện phá mã trong thời gian tối đa là t thì chỉ đạt được xác suất thành công tối đa là ε

7

7

Thông tin tham khảo – Kích thước khóa

- Khóa có kích thước bao nhiêu?
  - Mật mã được coi là an toàn khi phương pháp vét cạn (brute-force) là cách nhanh nhất để bẻ khóa
  - Mục tiêu: giảm thiểu nguy cơ bị tấn công vét cạn (đạt độ an toàn theo tính toán)
- Chi phí để bẻ khóa DES (năm 2008)
  - 64 bit: $10.000
  - 87 bit: $10.000.000.000 (thời gian bẻ khóa không đổi)
- Tuy nhiên, vét cạn là phương pháp tấn công tầm thường.
- Tham khảo kích thước khóa nên sử dụng trong tương lai tại địa chỉ http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/key_management.html

8

8

Thông tin tham khảo – Kích thước khóa

Date	Minimum of Strength	Symmetric Algorithms	Factoring Modulus	Discrete Logarithm Key	Discrete Logarithm Group	Elliptic Curve	Hash (A)	Hash (B)
2010 (Legacy)	80	2TDEA*	1024	160	1024	160	SHA-1** SHA-224 SHA-256 SHA-384 SHA-512	SHA-1 SHA-224 SHA-256 SHA-384 SHA-512
2011 - 2030	112	3TDEA	2048	224	2048	224	SHA-224 SHA-256 SHA-384 SHA-512	SHA-1 SHA-224 SHA-256 SHA-384 SHA-512
> 2030	128	AES-128	3072	256	3072	256	SHA-256 SHA-384 SHA-512	SHA-1 SHA-224 SHA-256 SHA-384 SHA-512
>> 2030	192	AES-192	7680	384	7680	384	SHA-384 SHA-512	SHA-224 SHA-256 SHA-384 SHA-512
>>> 2030	256	AES-256	15360	512	15360	512	SHA-512	SHA-256 SHA-384 SHA-512

http://www.keylength.com

9

9

Thời hạn khóa

- Thời hạn khóa (Cryptoperiod): thời gian khóa có hiệu lực sử dụng
  - Giảm xác suất bẻ khóa thành công của thám mã
  - Giảm thiệt hại khi xảy ra tình trạng khóa bị tấn công/sử dụng sai
- Các yếu tố ảnh hưởng đến thời hạn khóa:
  - Độ an toàn của hệ mật
  - Môi trường triển khai và vận hành ứng dụng
  - Lượng thông tin được mã hóa
  - Thời hạn giữ mật thông tin
  - Mục đích sử dụng khóa
  - Số phần tử chia sẻ khóa/Số bản sao được tạo ra
  - Sự phát triển của các hệ thống tính toán…

10

10

Thông tin tham khảo – Thời hạn khóa

Key Type *Move the cursor over a type for description*	Cryptoperiod Originator Usage Period (OUP)	Recipient Usage Period
Private Signature Key	1-3 years	
Public Signature Key	Several years (depends on key size)	
Symmetric Authentication Key	<= 2 years	<= OUP + 3 years
Private Authentication Key	1-2 years	
Public Authentication Key	1-2 years	
Symmetric Data Encryption Key	<= 2 years	<= OUP + 3 years
Symmetric Key Wrapping Key	<= 2 years	<= OUP + 3 years
Symmetric and asymmetric RNG Keys	Upon reseeding	
Symmetric Master Key	About 1 year	
Private Key Transport Key	<= 2 years (1)	
Public Key Transport Key	1-2 years	
Symmetric Key Agreement Key	1-2 years	
Private Static Key Agreement Key	1-2 years (2)	
Public Static Key Agreement Key	1-2 years	
Private Ephemeral Key Agreement Key	One key agreement transaction	
Public Ephemeral Key Agreement Key	One key agreement transaction	
Symmetric Authorization Key	<= 2 years	
Private Authorization Key	<= 2 years	
Public Authorization Key	<= 2 years	

11

11

2. Hệ mật mã khóa đối xứng

- Symmetric cryptography, Secret-key cryptography: sử dụng cùng một khóa khi mã hóa và giải mã.
- Được phát triển từ rất sớm
- Thuật toán mã hóa: phối hợp các toán tử
  - Thay thế
  - Đổi chỗ
  - XOR
- Tốc độ thực hiện các thuật toán nhanh, có thể thực hiện bằng dễ dàng bằng phần cứng
- Một số hệ mật mã khóa đối xứng hiện đại: AES, Salsa20, DES, 2DES, 3DES, RC4, RC5,

12

12

2.1. Sơ đồ chung

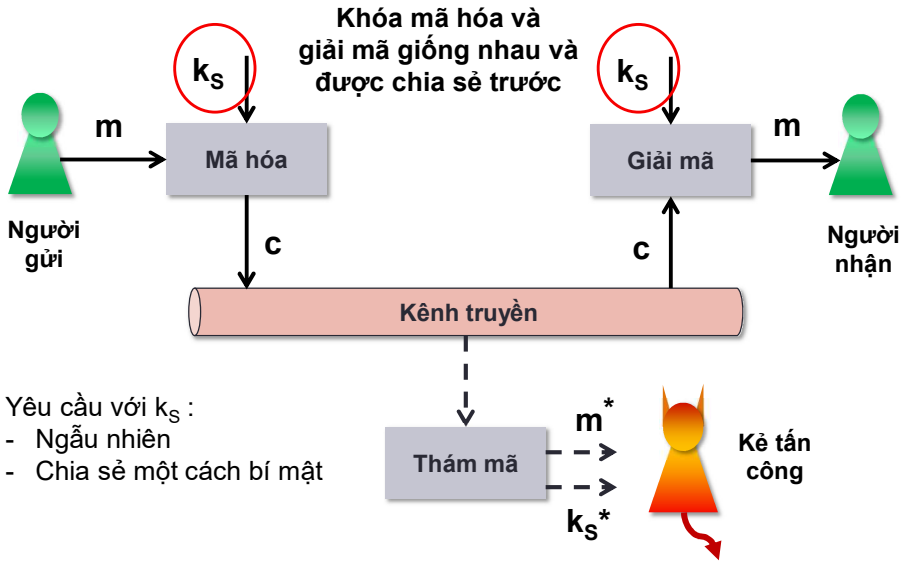
Hệ mật mã gồm:

- Bản rõ (plaintext-m): thông tin không được che dấu
- Bản mật (ciphertext-c): thông tin được che dấu
- Khóa (key- k_S): giá trị đã được chia sẻ bí mật
- Mã hóa (encrypt-E): $c = E(k_S, m)$
  - E là hàm ngẫu nhiên
- Giải mã (decrypt): $m = D(k_S, c)$
  - D là hàm xác định
- Tính đúng đắn $D(k_S, E(k_S, m)) = m$

13

13

Sơ đồ chung



Yêu cầu với k_S :
- Ngẫu nhiên
- Chia sẻ một cách bí mật

14

14

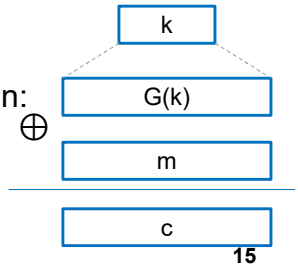
Mật mã dòng (stream cipher)

- Xử lý văn bản rõ theo dòng byte, thời gian thực
  - RC4 (900 Mbps), SEAL (2400 Mbps), RC5(450 Mbps)
- Phù hợp với các hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực trên môi trường mạng máy tính
- An toàn nếu khóa chỉ dùng 1 lần (one-time-pad)
- Trên thực tế, sử dụng hàm sinh khóa giả ngẫu nhiên (PRG - Pseudo Random Generator)

  G: K → $\{0, 1\}^n$ (len(K) << n)

Hàm PRG phải có tính không thể tiên đoán:

Với mọi thuật toán hiệu quả, nếu đã biết i bit đầu tiên thì xác suất đoán đúng bit thứ i + 1 là ≤ ½ + ε



15

15

Mã eStream

- Phương pháp mật mã dòng mới nhất được thiết kế để thay thế cho các phương pháp mã dòng cũ
- Hiện đang được phát triển, chưa công bố thành tiêu chuẩn
- Hàm sinh khóa giả ngẫu nhiên:

  PRG: $\{0, 1\}^s \times R \longrightarrow \{0,1\}^n$

R: giá trị chỉ dùng 1 lần, không lặp lại

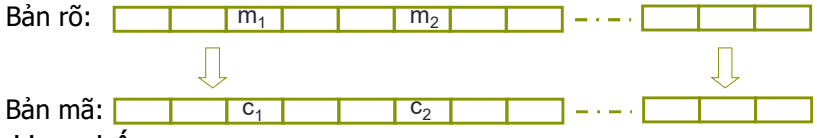
- Mã hóa: E(k, m ; r) = m ⊕ PRG(k ; r)
- Ví dụ: Salsa20 có s = 128 hoặc 256 bit, R có kích thước 64 bit

16

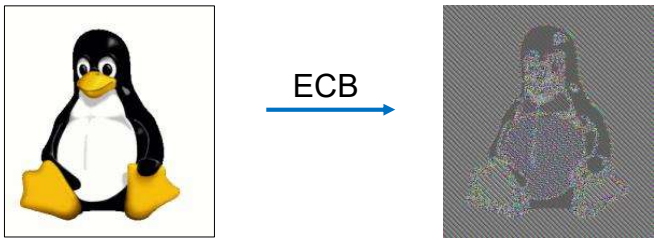
16

Mật mã khối

- Xử lý khối dữ liệu có kích thước cố định
- Khóa có kích thước cố định
- ECB - Electronic Code Book (Chế độ mã từ điển)



- Hạn chế

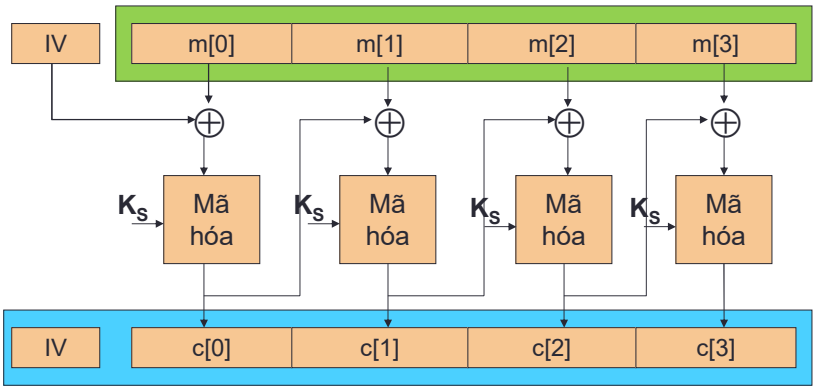


17

17

Chế độ CBC - Cipher Block Chaining

- Chế độ mã móc xích

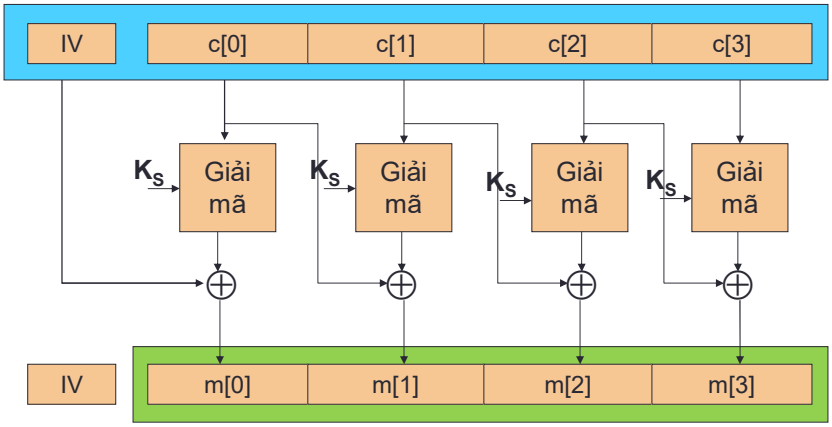


CBC chống lại được tấn công CPA nếu IV (Initial Vector) ngẫu nhiên

18

18

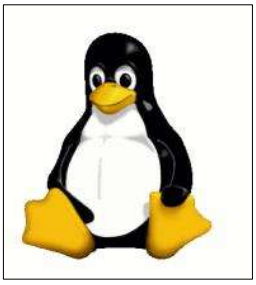
CBC – Giải mã



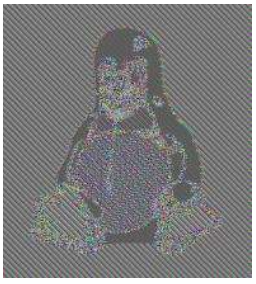
19

19

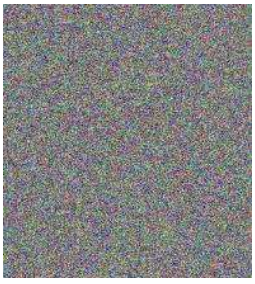
CBC – So sánh với ECB



Ảnh gốc



Mã hóa ở chế độ ECB



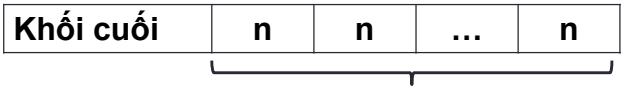
Mã hóa ở chế độ CBC

20

20

CBC Padding

- Khi kích thước bản tin gốc không chia hết cho một khối:
  - r = Len(message) mod Len(block)
  - Phần đệm có kích thước Len(block) – r
- Khi kích thước bản tin gốc chia hết cho 1 khối: thêm phần đệm có kích thước là 1 khối
- Giá trị phần đệm khác nhau với mỗi chuẩn
  - Không dùng chuỗi bit 0 để làm phần đệm
- Chuẩn PKCS#7: Nếu cần đệm n byte thì dùng phần đệm là chuỗi byte có giá trị mỗi byte là n

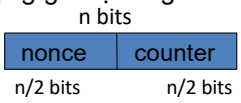


Phần đệm: n byte

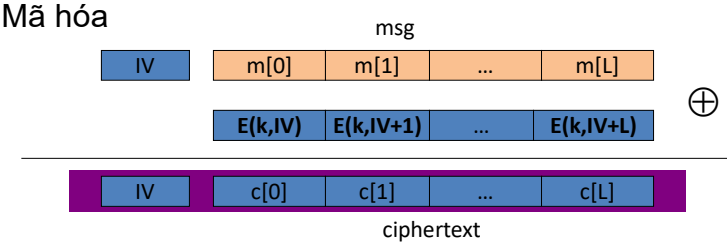
21

Chế độ CTR – Counter Mode

- Initial Vector: 2 phương pháp sử dụng
  - Giá trị ngẫu nhiên
  - Sử dụng giá trị dùng 1 lần (nonce): counter = 0



- Mã hóa



Nếu IV lặp lại, chế độ CTR không an toàn

22

Những hạn chế của mật mã khóa đối xứng

- Cần kênh mật để chia sẻ khóa bí mật giữa các bên
  - Làm sao để chia sẻ một cách an toàn cho lần đầu tiên
- Quá trình trao đổi khóa, dữ liệu đòi hỏi cả 2 bên đều online
  - Giải pháp sử dụng bên thứ 3 tin cậy (trusted 3rd party) có giải quyết được vấn đề?
- Số lượng khóa lớn: n(n-1)/2
- Không dễ dàng để xác thực thông tin quảng bá (Chúng ta sẽ quay trở lại vấn đề này trong những bài sau)

23

3. Hệ mật mã khóa bất đối xứng

- Asymmetric key cryptography, Public key cryptography
- Sử dụng một cặp khóa:
  - Khóa công khai k_U: Công bố cho tất cả cùng biết
  - Khóa cá nhân k_R: Chỉ chủ sở hữu biết, giữ bí mật
  - Mã hóa bằng khóa này thì giải mã bằng khóa còn lại.
- Cơ sở an toàn: Dựa trên một số bài toán không có lời giải trong thời gian đa thức
  - Ví dụ: Phân tích một số thành thừa số nguyên tố
- Các thuật toán dựa trên các hàm toán học
- Một số hệ mật mã khóa công khai: RSA, El-Gamal, Eliptic Curve Cipher (ECC)

24

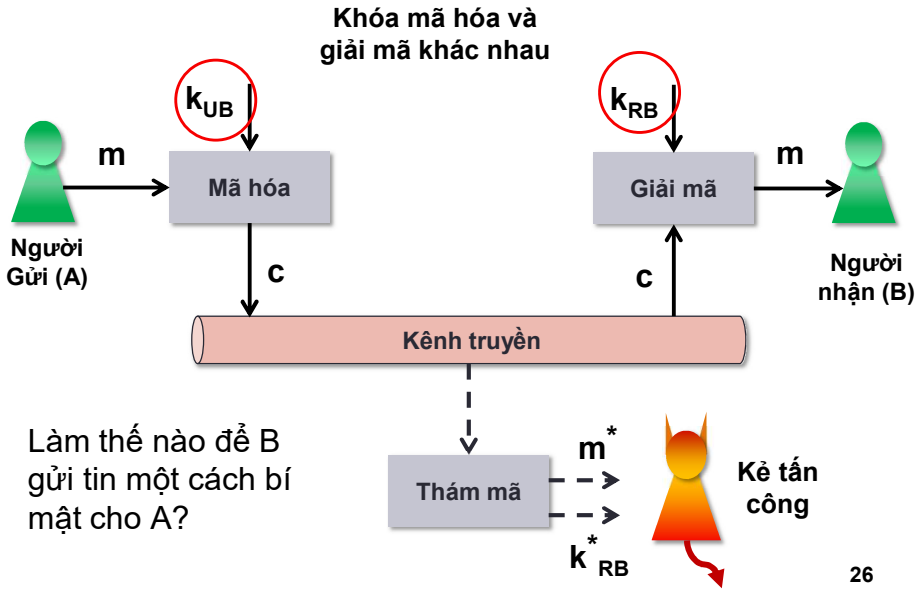
Sơ đồ bí mật

- Hệ mật mã gồm:
  - Bản rõ (plaintext-m): thông tin không được che dấu
  - Bản mật (ciphertext-c): thông tin được che dấu
- Khóa: Bên nhận có **1 cặp** khóa (k_{UB}, k_{RB})
- Mã hóa (encrypt-E): $c = E(k_{UB}, m)$
  - Là hàm ngẫu nhiên
- Giải mã (decrypt): $m = D(k_{RB}, c)$
  - Là hàm xác định
- Tính đúng đắn: $D(k_{RB}, E(k_{UB}, m)) = m$
- Nếu hệ mật mã KCK an toàn trước tấn công KPA thì cũng an toàn trước tấn công CPA

25

25

Sơ đồ bí mật



26

26

Kết hợp mật mã khóa công khai và mật mã khóa đối xứng

- Ưu điểm của mật mã khóa công khai:
  - Không cần chia sẻ khóa mã hóa K_{UB} một cách bí mật
    - ✓ Dễ dàng ứng dụng trong các hệ thống mở
  - Khóa giải mã K_{RB} chỉ có B biết:
    - ✓An toàn hơn
    - ✓Có thể sử dụng K_{RB} để xác thực nguồn gốc thông tin (Chúng ta sẽ quay lại vấn đề này trong bài sau)
  - Số lượng khóa để mã mật tỉ lệ tuyến tính với số phần tử (n phần tử → n cặp khóa)
- Nhưng...

27

27

Kết hợp mật mã khóa công khai và mật mã khóa đối xứng

- Hạn chế của mật mã khóa công khai so với mật mã khóa đối xứng:
  - Kém hiệu quả hơn: khóa có kích thước lớn hơn, chi phí tính toán cao hơn
  - Có thể bị tấn công toán học

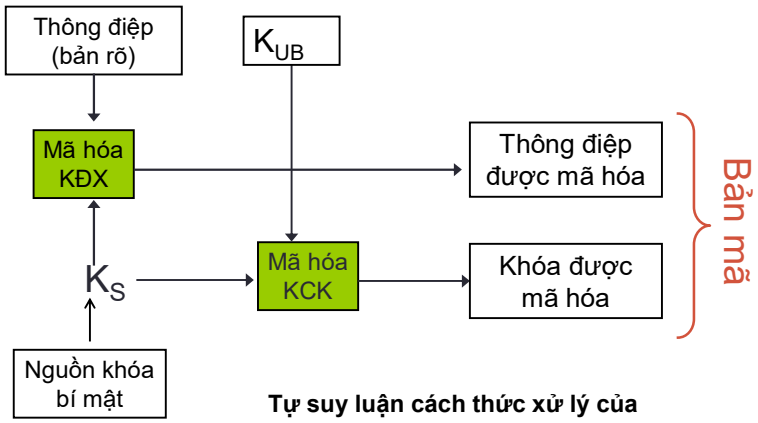
  → Kết hợp 2 hệ mật mã

28

28

Sơ đồ "lai"

- Phía gửi



Tự suy luận cách thức xử lý của phía nhận như là một bài tập!

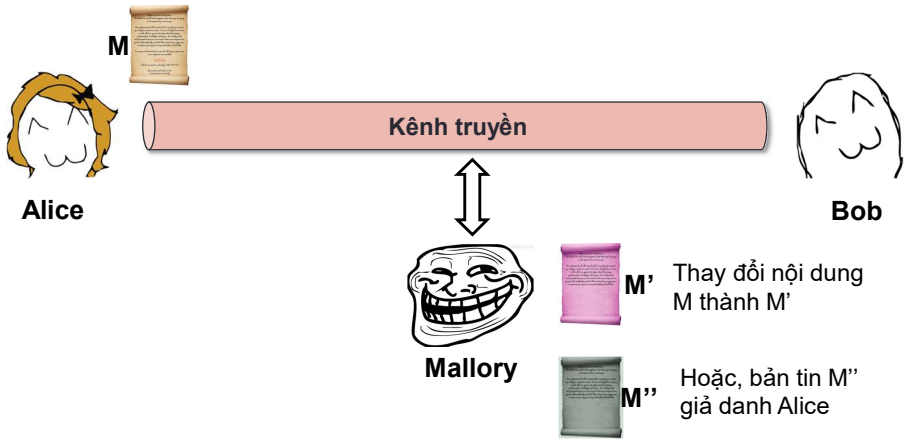
29

4. XÁC THỰC THÔNG ĐIỆP

Bùi Trọng Tùng,
Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông,
Đại học Bách khoa Hà Nội

30

Xác thực thông điệp



31

31

Xác thực thông điệp

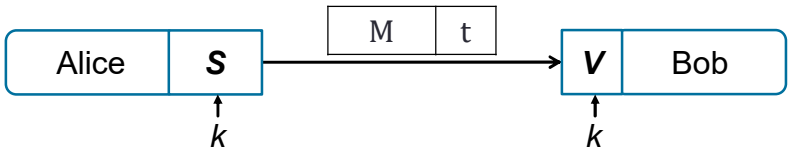
- Bản tin phải được xác minh:
  - Nội dung toàn vẹn: bản tin không bị sửa đổi
    - ✓Bao hàm cả trường hợp Bob cố tình sửa đổi
  - Nguồn gốc tin cậy:
    - ✓Bao hàm cả trường hợp Alice phủ nhận bản tin
    - ✓Bao hàm cả trường hợp Bob tự tạo thông báo và "vu khống" Alice tạo ra thông báo này
  - Đúng thời điểm
  - →Các dạng tấn công điển hình vào tính xác thực: Thay thế (Substitution), Giả danh (Masquerade), tấn công phát lại (Replay attack), Phủ nhận (Repudiation)

32

32

Message Authentication Code

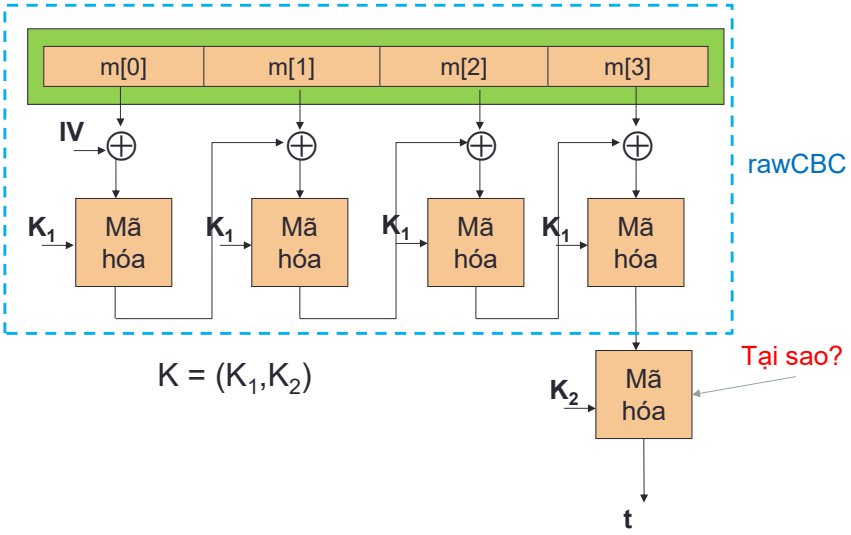
- Hai bên đã trao đổi một cách an toàn khóa mật k
- Hàm MAC = (S, V) là một cặp thuật toán
- Sinh mã: t = S(k, m)
  - Đầu ra: kích thước cố định, không phụ thuộc kích thước của M
- Xác minh: V(k, m, t)
  - Nếu t = S(k, m) thì V = true
  - Ngược lại V = false



33

33

CBC-MAC

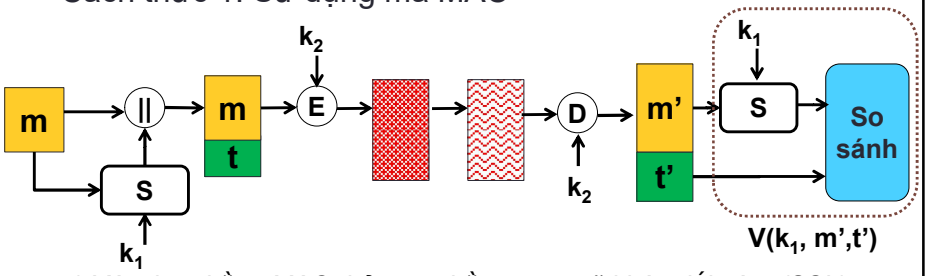


34

34

Một số sơ đồ sử dụng mã MAC

- Các sơ đồ mật mã đã xem xét không chống lại được tấn công CCA(chosen-cipher attack)
  - Cách thức chung: kẻ tấn công sửa bản mã c* thành c'_i và yêu cầu giải mã
- Mật mã có xác thực: sơ đồ mật mã đảm bảo đồng thời tính bí mật và toàn vẹn
- Cách thức 1: Sử dụng mã MAC

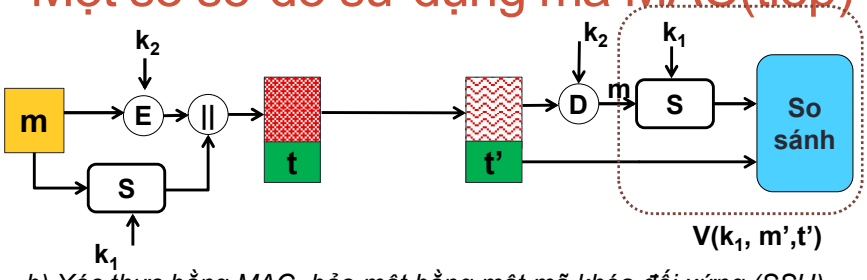


a) Xác thực bằng MAC, bảo mật bằng mật mã khóa đối xứng(SSL)

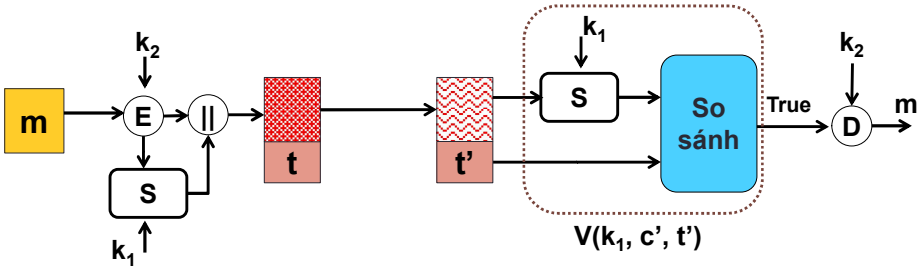
35

35

Một số sơ đồ sử dụng mã MAC(tiếp)



b) Xác thực bằng MAC, bảo mật bằng mật mã khóa đối xứng (SSH)



c) Xác thực bằng MAC, bảo mật bằng mật mã khóa đối xứng(IPSec)

36

36

Nhận xét

Sơ đồ a	Sơ đồ b	Sơ đồ c
• Xác thực toàn vẹn bản rõ • Không xác thực toàn vẹn bản mật(không phát hiện tấn công thay thế bản mật) • Không có thông tin về bản rõ từ MAC • Chỉ đảm bảo an toàn CCA khi mã ở chế độ rand-CBC hoặc rand-CTR	• Xác thực toàn vẹn bản rõ • Không xác thực toàn vẹn bản không phát hiện bản mật bị thay thế) • MAC chứa thông tin bản rõ • Có thể giảm sự an toàn mã mật	• Xác thực toàn vẹn bản rõ • Xác thực toàn vẹn bản mật(có thể phát hiện bản mật bị thay thế) • MAC không chứa thông tin bản rõ • Luôn đảm bảo an toàn CCA

37

Cách thức 2: Thêm dữ liệu xác thực

- Là các phương pháp mật mã

Hàm mã hóa E: K x M x N → C

Hàm giải mã D: K x C x N → $M \cup \{\perp\}$

Từ chối giải mã các bản mã không hợp lệ

- Trong đó N là một dữ liệu được thêm vào để xác thực toàn vẹn của bản tin
- Một số chuẩn:
  - GCM: Mã hóa ở chế độ CTR sau đó tính CW-MAC
  - CCM: Tính CBC-MAC sau đó mã hóa ở chế độ CTR (802.11i)
  - EAX: Mã hóa ở chế độ CTR sau đó tính CMAC

38

38

Hàm băm

- *Hàm băm H*: thực hiện phép biến đổi:
  - Đầu vào: bản tin có kích thước bất kỳ
  - Đầu ra: giá trị *digest h = H(m)*có kích thước *n* bit cố định (thường nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước bản tin đầu vào)
- Chỉ thay đổi 1 bit đầu vào, làm thay đổi hoàn toàn giá trị đầu ra
- Ví dụ:
  - Đầu vào: “The quick brown fox jumps over the lazy dog”
  - Mã băm: 2fd4e1c67a2d28fced849ee1bb76e7391b93eb12
  - Đầu vào: “The quick brown fox jumps over the lazy cog”
  - Đầu ra: de9f2c7fd25e1b3afad3e85a0bd17d9b100db4b3

39

39

Một hàm băm đơn giản

- Chia thông điệp thành các khối có kích thước n-bit
  - Padding nếu cần
- Thực hiện XOR tất cả các khối → mã băm có kích thước n bit
- Tất nhiên, hàm băm này không đủ an toàn để sử dụng trong bài toán xác thực thông điệp

$$m = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \dots \\ m_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{l1} & m_{l2} & \cdots & m_{ln} \end{bmatrix}$$

$$\oplus \quad \oplus \quad \oplus \quad \oplus$$

$$\Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow$$

$$\begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \dots & c_n \end{bmatrix} = \text{H(m)}$$

40

40

Một số hàm băm phổ biến

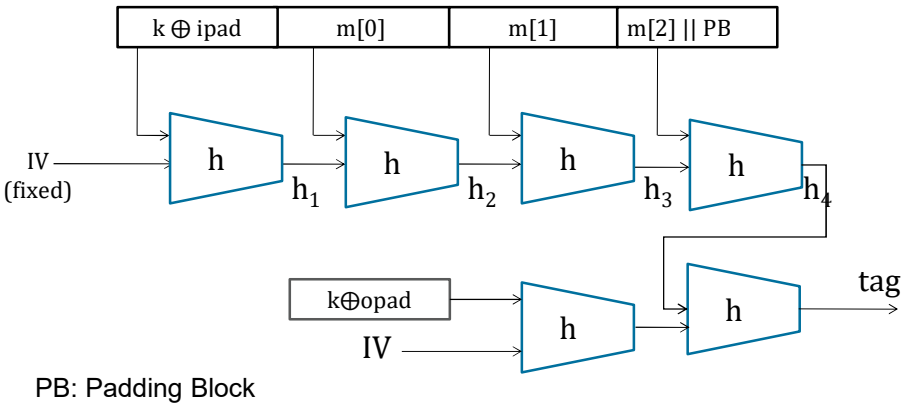
- MD5
  - Kích thước digest: 128 bit
  - Công bố thuật toán tấn công đụng độ (collision attack) vào 1995
  - Năm 2005 tấn công thành công
- SHA-1
  - Kích thước digest: 160 bit
  - Công bố tấn công thành công vào năm 2015
  - Hết hạn vào năm 2030
- SHA-2: 224/256/384/512 bit
- SHA-3: 224/256/384/512 bit

41

41

HMAC – Hashed MAC

- Hashed MAC: xây dựng MAC dựa trên hàm băm



PB: Padding Block

42

42

Khái niệm – Digital Signature

- Chữ kí số(Digital Signature) hay còn gọi là chữ ký điện tử là đoạn dữ liệu được bên gửi gắn vào văn bản gốc để chứng thực nguồn gốc và nội dung của văn bản
- Yêu cầu:
  - Tính xác thực: người nhận có thể chứng minh được văn bản được ký bởi gửi
  - Tính toàn vẹn: người nhận có thể chứng minh được không có ai sửa đổi văn bản đã được ký
  - Không thể tái sử dụng: mỗi chữ ký chỉ có giá trị trên 1 văn bản
  - Không thể giả mạo
  - Chống từ chối: người gửi không thể phủ nhận được hành động ký vào văn bản
- Đề nghị của Diffie-Hellman: Sử dụng khóa cá nhân trong mật mã công khai để tạo chữ ký.

43

43

Chữ ký số

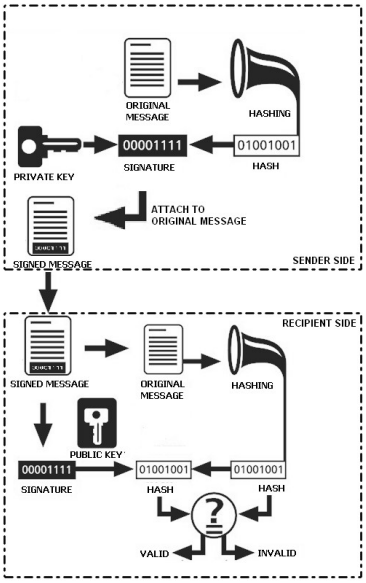
- Hàm sinh khóa: $\mathrm{Gen}()$
- Hàm ký $\mathrm{S}(\mathrm{sk}, \mathrm{m})$
  - Đầu vào:
    - sk: Khóa ký
    - m: Văn bản cần ký
  - Đầu ra: chữ ký số S
- Hàm kiểm tra: $\mathrm{V}(\mathrm{pk}, \mathrm{m}, \mathrm{sig})$
  - Đầu vào:
    - pk: Khóa thẩm tra
    - m, sig
  - Đầu ra: True/False
- Hàm ký phải có tính ngẫu nhiên
- Bất kỳ ai có khóa sk đều có thể tạo chữ ký
- Bất kỳ ai có khóa pk đều có thể kiểm tra chữ ký
- Tính đúng đắn: $\mathrm{V}(\mathrm{pk}, \mathrm{m}, \mathrm{S}(\mathrm{sk},\mathrm{m})) = \mathrm{True}$

44

44

Chữ ký số dựa trên hàm băm

- **Phía gửi :** hàm ký
  1. Băm bản tin gốc, thu được giá trị băm h
  2. Mã hóa giá trị băm bằng khóa riêng → chữ kí số sig
  3. Gắn chữ kí số lên bản tin gốc (m || sig)
- **Phía nhận :** hàm xác thực
  1. Tách chữ kí số sig khỏi bản tin.
  2. Băm bản tin m, thu được giá trị băm h
  3. Giải mã sig với khóa công khai của người gửi, thu được h'
  4. So sánh : h và h'. Kết luận.



45

Chữ ký số RSA

- Sinh cặp khóa: $k_U = (n, e)$, $k_R = (n, d)$
- Chữ ký: $sig = E(k_R, H(m)) = H(m)^d \bmod n$
- Thẩm tra: nếu $H(m) = \underbrace{sig^e \bmod n}_{D(k_U, H(m))}$ thì chấp nhận

46

46

5. PHÂN PHỐI KHÓA

Bùi Trọng Tùng,
Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông,
Đại học Bách khoa Hà Nội

Yêu cầu Perfect Forward Secrecy

- Một giao thức cần đảm bảo an toàn cho khóa phiên ngắn(short-term key) trong các phiên làm việc trước là an toàn khi khóa phiên dài (long-term key) không còn an toàn

Tấn công khóa đã biết (known-key)

- Sử dụng sự mất an toàn của khóa phiên trong các phiên làm việc trước để tấn công các phiên làm việc tới.
- Khi kẻ tấn công biết giá trị khóa phiên của các phiên cũ, nó có thể dùng khóa này để tính toán khóa phiên trong các phiên truyền thông mới

49

49

5.1. PHÂN PHỐI KHÓA BÍ MẬT

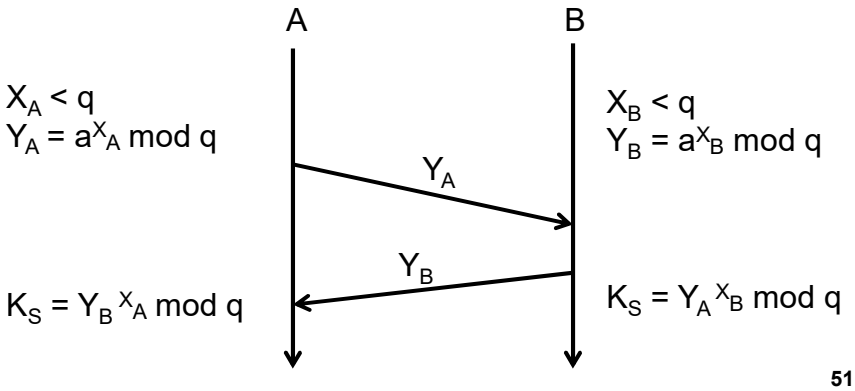
Bùi Trọng Tùng,
Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông,
Đại học Bách khoa Hà Nội

50

50

Kịch bản trao đổi khóa bí mật của Diffie-Hellman

- Alice và Bob cùng chia sẻ một khóa nhóm (q, a). Trong đó
  - q là một số nguyên tố
  - 1< a < q thỏa mãn: $(a^i \bmod q) \neq a^j \bmod q \ \forall\ 1 < i \neq j < q$

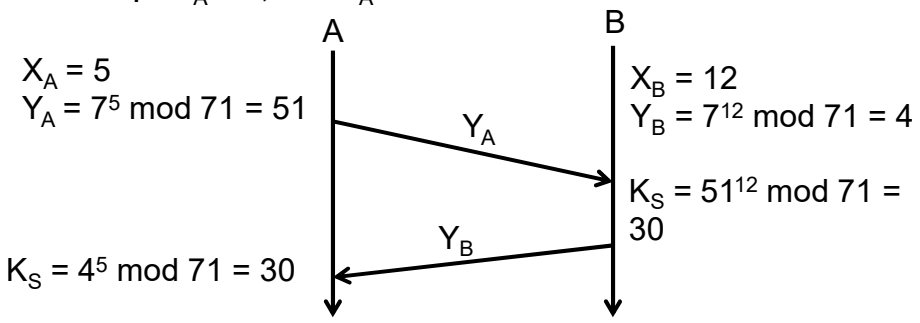


51

51

Ví dụ

- Khóa chung của nhóm q = 71, a = 7
  - Hãy tự kiểm tra điều kiện thỏa mãn của a
- A chọn $X_A = 5$, tính $Y_A = 7^5 \bmod 71 = 51$



- Vấn đề an toàn của sơ đồ này sẽ được xem xét đến sau.

Rút ra được điều gì từ sơ đồ này?

52

52

Đặc điểm của sơ đồ

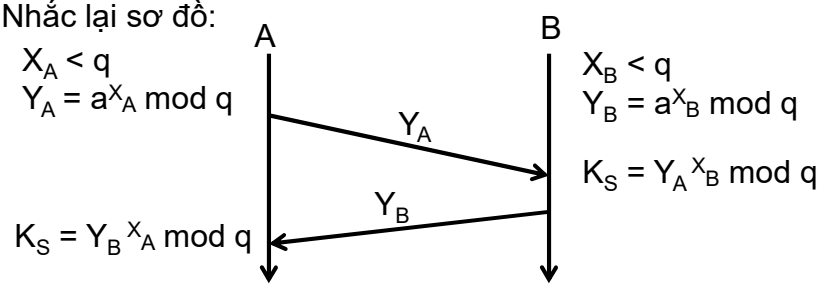
- Ưu điểm:
  - Thỏa mãn yêu cầu PFS
  - Chống lại tấn công khóa đã biết
  - Không cần kênh truyền bí mật
- Hạn chế:
  - Kích thước khóa lớn, sử dụng hàm toán học → chi phí tính toán cao
  - Cần xác thực cho các giá trị công khai

53

53

Tấn công sơ đồ trao đổi khóa Diffie-Hellman

- Nhắc lại sơ đồ:



- Kịch bản tấn công man-in-the-middle
  - C sinh 2 cặp khóa (X'_A, Y'_A) và (X'_B, Y'_B)
  - Tráo khóa Y_A bằng Y'_A, Y_B bằng Y'_B
  - Hãy suy luận xem tại sao C có thể biết được mọi thông tin A và B trao đổi với nhau

54

54

Giao thức phân phối khóa tập trung (Giao thức Needham-Schroeder)

(1) A → KDC: $ID_A \| ID_B \| \mathbf{N_1}$

(2) KDC → A: $E(K_A, K_S \| ID_A \| ID_B \| \mathbf{N_1} \| E(K_B, ID_A \| K_S))$

(3) A giải mã, kiểm tra N_1 thu được K_S

(4) A → B: $E(K_B, ID_A \| K_S)$ ← B giải mã, thu được K_S

(5) B → A: $E(K_S, N_2)$ ← A giải mã, có được N_2, tính $f(N_2)$

(6) A → B: $E(K_S, f(N_2))$ ← B giải mã kiểm tra $f(N_2)$

(7) A ↔ B: $E(K_S, Data)$

E(K, .): mã hóa có xác thực

N_1, N_2: giá trị dùng 1 lần (nonce)

f(x): hàm biến đổi dữ liệu bất kỳ(Tại sao cần?)

- Hãy xem xét lại tính an toàn của giao thức này!

55

5.2. PHÂN PHỐI KHÓA CÔNG KHAI

Bùi Trọng Tùng,
Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông,
Đại học Bách khoa Hà Nội

56

Phân phối khóa công khai

- Bên thứ 3 được tin cậy – CA(Certificate Authority)
  - Có cặp khóa (K_{UCA}, K_{RCA})
  - Phát hành chứng thư số cho khóa công khai của các bên có dạng

  Cert = $E(K_{RCA}, ID \| K_U \| Time)$

  ID: định danh của thực thể

  K_U: khóa công khai của thực thể đã được đăng ký tại CA

  Time: Thời hạn sử dụng khóa công khai. Thông thường có thời điểm bắt đầu có hiệu lực và thời điểm hết hiệu lực.

57

57

Phân phối khóa công khai

(1) A → CA: $ID_A \| K_{UA} \| Time_A$

(2) CA → A: $Cert_A = E(K_{RCA}, ID_A \| K_{UA} \| Time_A)$

(3) B → CA: $ID_B \| K_{UB} \| Time_B$

(4) CA → B: $Cert_B = E(K_{RCA}, ID_B \| K_{UB} \| Time_B)$

(5) A → B: $Cert_A$

(6) B → A: $Cert_B$

- Làm thế nào để A và B có thể yên tâm sử dụng khóa công khai của nhau?
- Hãy cải tiến lại các giao thức trong các khâu cần đến xác thực thông điệp (sử dụng MAC hoặc hàm băm)
- Đọc thêm về PKI và chứng thư số theo chuẩn X.509

58

58

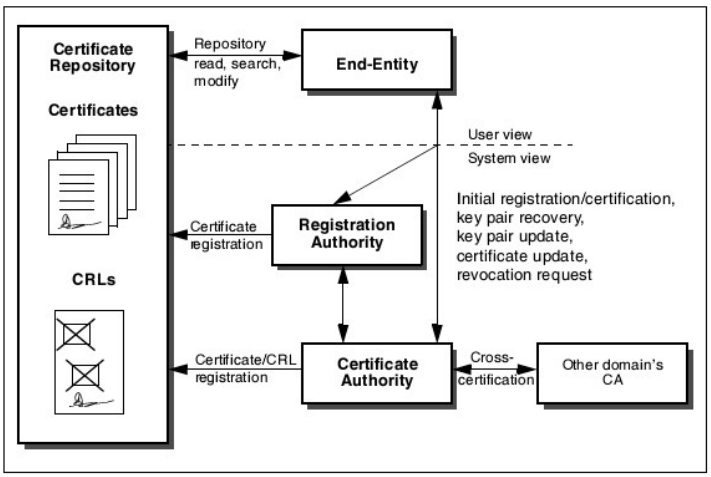
Hạ tầng khóa công khai (PKI)

- Public Key Infrastructure
- Khái niệm: hệ thống cấp phát, quản lý và chứng thực chứng thư số bao gồm
  - Phần cứng
  - Phần mềm
  - Chính sách
  - Thủ tục
- Một số sản phẩm mã nguồn mở: OpenCA, EJBCA

59

59

Các thành phần của PKI



60

60

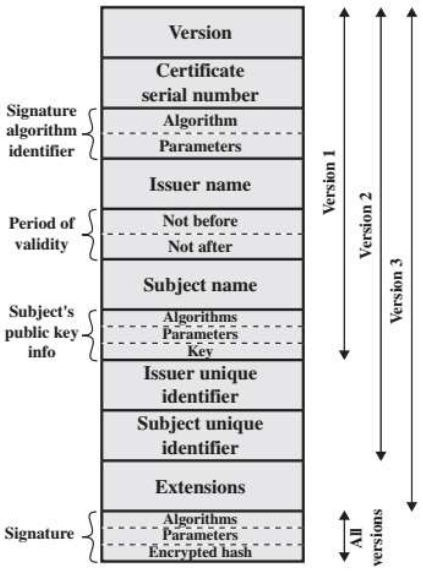
Các thành phần của PKI

- End Entity: đối tượng sử dụng chứng thư số(người dùng, thiết bị, phần mềm, dịch vụ)
- Certificate Authority(CA)
  - Phát hành chứng thư số
  - Phát hành danh sách chứng thư bị thu hồi(CRL)
  - Triển khai tập trung
- Registration Authority(RA)
  - Chứng thực thông tin đăng ký của người dùng
  - Có thể triển khai phân tán để giảm chi phí khi mở rộng hệ thống
- Certificate Reposiroty(CR): Lưu trữ, chứng thực chứng thư số

61

61

Chứng thư số X.509



62

62

Chứng thực chứng thư số

Chứng thư số cần được kiểm tra tính tin cậy:

- Kiểm tra tên thực thể sử dụng có khớp với tên đăng ký trong chứng thư số
- Kiểm tra hạn sử dụng của chứng thư số
- Kiểm tra tính tin cậy của CA phát hành chứng thư số
- Kiểm tra trạng thái thu hồi chứng thư số
- Kiểm tra chữ ký trên chứng thư số để đảm bảo chứng thư không bị sửa đổi, làm giả

63

63

Những sai lầm khi sử dụng mật mã

- Lỗ hổng trên HĐH Android được phát hiện vào năm 2013 cho thấy quá trình sinh khóa không đủ ngẫu nhiên
  - Các ứng dụng sử dụng cơ chế mã hóa bị ảnh hưởng, trong đó có các ứng dụng sử dụng Bitcoin để thanh toán
- Lỗ hổng trên Chromebooks: sinh giá trị ngẫu nhiên chỉ có 32 bit thay vì 256 bit
- Coi mật mã là giải pháp vạn năng (những bài sau chúng ta sẽ phân tích kỹ hơn)
- Sửa đổi/Thêm một vài yếu tố bí mật vào giải thuật, hệ mật mã sẽ an toàn hơn
- Sử dụng các hàm ngẫu nhiên của ngôn ngữ lập trình

64

64

Những sai lầm khi sử dụng mật mã

- Không thay đổi giá trị IV(Initial Vector)
- Sử dụng chế độ mã từ điển (ECB)
- Case study: Lỗi sử dụng mật mã trong các ứng dụng Android (2013)
  - Phân tích 11.748 ứng dụng

	# apps	violated rule
48%	5,656	Uses ECB (BouncyCastle default) (R1)
31%	3,644	Uses constant symmetric key (R3)
17%	2,000	Uses ECB (Explicit use) (R1)
16%	1,932	Uses constant IV (R2)
	1,636	Used iteration count < 1,000 for PBE(R5)
14%	1,629	Seeds SecureRandom with static (R6)
	1,574	Uses static salt for PBE (R4)
12%	1,421	No violation

65

65

Một số lưu ý khác

- Chỉ sử dụng thuật toán chuẩn và các thư viện lập trình được phê chuẩn: OpenSSL, Bouncy Castle, Libgcrypt, RSA BSAFE, wolfCrypt
- Nếu có thể, sử dụng các thuật toán mạnh nhất
- Nếu phải sinh khóa từ một giá trị cho trước, sử dụng hàm PBKDF2()
- Đừng tự thiết kế hệ mật mã cho riêng mình:
  - Nếu không thể sử dụng các hệ mật mã đã có, hãy xem lại hệ thống
  - Nếu bắt buộc phải sử dụng hệ mật mã mới hoàn toàn, hãy đánh giá một cách cẩn thận

66

66