Segurança Informática e nas Organizações - Resumos 2

José Mendes 107188

2023/2024

1 Criptografia Assimétrica

1.1 Criptografia Assimétrica (de blocos)

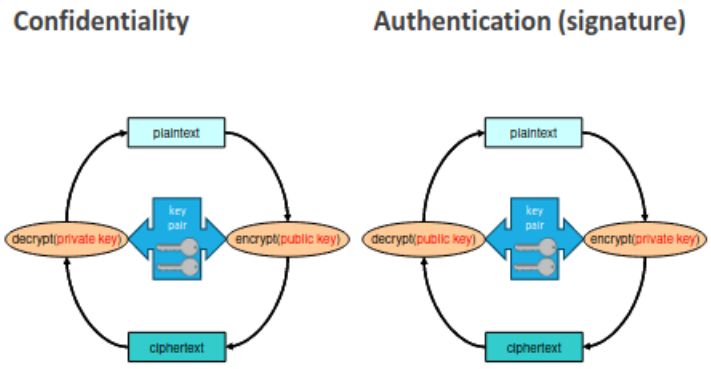
Usa um par de chaves:

- **Chave privada:** pessoal, não transmissível;
- **Chave pública:** disponível a todos;

Permite:

- Confidencialidade sem qualquer exchange of secrets prévia;
- Autenticação
  - De conteúdos (integridade dos dados);
  - De origem (atenticação da source, ou assinatura digital);

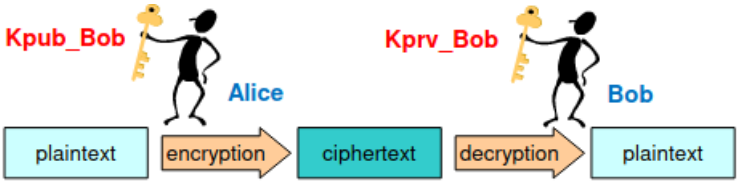
1.2 Operaçõees de uma Cifra Assimétrica



1.3 Use Cases: Comunicação Segura

Comunicação segura com um target (Bob)

- A Alice encrípta o plaintext **P** com a chave pública do Bob, **Kpub_Bob**
  - **Alice:** $C = \{P\}_{kpub\_bob}$
- O Bob decifra o ciphertext **C** com a sua chave privada, **Kpriv_Bob**
  - **Bob:** $P' = \{C\}_{kpriv\_bob}$
- P' deve ser igual a **P** (é necessário verificar)
- **Kpub_Bob** precisa de ser conhecida pela Alice



1.4 Cifras Assimétricas

Vantagens:

- São um mecânismo de autenticação fundamental;
- Permitem explorar caracteristicas que não são possíveis com cifras simétricas;

Desvantagens:

- Performance;
- Normalmente não são muito eficientes e consomem muita memória;

Problemas:

- Distribuição confiável de chaves públicas;
- O lifetime do par de chaves é limitado;

Abordagens: problemas matemáticos complexos

- Logaritmos discretos de números grandes;
- Factorização inteira de números grandes;

Algoritmos mais comuns:

- RSA;
- ElGamal;
- Eliptic Curves (ECC);

Outras tecnicas com pares assimétricos de chaves:

- Diffie-Hellman (key agreement);

1.5 RSA (Rivest, Shamir, Adelman, 1978)

Chaves:

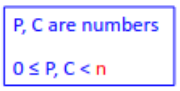
- **Privada:** (d, n)
- **Pública:** (e, n)

Encriptação da chave pública (confidencialidade)

- $C = P^e \mod n$
- $P = C^d \mod n$

Encriptação da chave privada (assinatura)

- $C = P^d \mod n$
- $P = C^e \mod n$



Complexidade Computacional

- Logaritmo discreto;
- Factorização inteira;

Seleção de Chaves

- **n** grande (centenas ou milhares de bits);
- $n = p \times q$ com **p** e **q** sendo números primos grandes (secretos);
- Escolher um **e** co-primo de $(p-1) \times (q-1)$;
- Computar **d** tal que $e \times d \equiv 1 \pmod{(p-1) \times (q-1)}$;
- Discartar **p** e **q**;
- O valor de **d** não pode ser facilmente computado a partir de **e** e **n** (apenas de **p** e **q**);

1.5.1 RSA - Exemplo

p = 5 q = 11 **(prime numbers)**

- n = p x q = 55
- (p-1) x (q-1) = 40

e = 3 **(public key = e, n)**

- Coprime of 40

d = 27 **(private key = d, n)**

- e x d ≡ 1 (mod 40) → d x e mod 40 = 1, (27 x 3) mod 40 = 1

For P = 26 **(notice that P, C∈ [0, n-1])**

- $C = P^e \bmod n = 26^3 \bmod 55 = 31$
- $P = C^d \bmod n = 31^{27} \bmod 55 = 26$

1.6 Encriptação Hibrida

Mistura criptografia simétrica com assimétrica

- Usa o melhor dos dois mundos, evitando os problemas;
- Cifra assimétrica: usa chaves públicas (mas é lenta);
- Cifra simétrica: Rápida (mas com métodos fracos de troca de chaves);

Método

- Obtém K_{pub} do destinatário;
- Gera uma chave simétrica aleatória K_{sym};
- Calcula $C1 = E_{sym}(K_{sym}, P)$;
- Calcula $C2 = E_{asym}(K_{pub}, K_{sym})$;
- Envia $C1 + C2$;
  - $C1$ é o texto encriptado com a chave simétrica;
  - $C2$ é a chave simétrica encriptada com a chave pública do destinatário (pode também conter um IV);

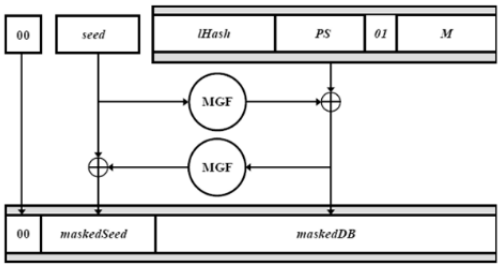
1.7 Randomização de encriptações assimétricas

Resultado de encriptações assimétricas não deterministico (não é previsível)

- **N** encriptações do mesmo valor, com a mesma chave, deve produzir **N** resultados diferentes;
- **Objetivo:** Previnir a descoberta de valores encriptados através de tentativa e erro;

Abordagens: Concatenação de um valor a encriptar com dois valores, um fixo (para controlo de integridade) e outro aleatório (para randomização);

1.7.1 OAEP (Optimal Asymmetric Encryption Padding)



lHash: digest over **Label**

seed: random

PS: zeros

M: plaintext

MGF: Mask Generation Function

- Similar to Hash, but with variable size

1.8 Diffie-Hellman Key Agreement (1976)

q (large prime)
α (primitive root mod q)

a = random

$Y_a = \alpha^a \bmod q$

$K_{ab} = Y_b^a \bmod q$

Y_a

Y_b

b = random

$Y_b = \alpha^b \bmod q$

$K_{ba} = Y_a^b \bmod q$

$K_{ab} = K_{ba}$

1.8.1 DH Key Agreement: MitM Attack

a = random

$Y_a = \alpha^a \bmod q$

$K_{ac} = Y_c^a \bmod q$

Y_a

Y_c

c = random

$Y_c = \alpha^c \bmod q$

$K_{ca} = Y_a^c \bmod q$

$K_{cb} = Y_b^c \bmod q$

Y_b

Y_c

b = random

$Y_b = \alpha^b \bmod q$

$K_{bc} = Y_c^b \bmod q$

1.9 Eliptic Curve Cryptography (ECC)

Curvas elipticas são funções específicas

- Têm um gerador **G**;
- Uma chave privada K_{priv}, é um inteiro com um máximo de bits permitidos pela curva;
- Uma chave pública K_{pub}, é um ponto $(x, y) = K_{priv} \times G$
- Dada K_{pub}, deve ser computacionalmente dificil determinar K_{priv};

Curves

- NIST curves (15)
  - P-192, P-224, P-256, P-384, P-521
  - B-163, B-233, B-283, B-409, B-571
  - K-163, K-233, K-283, K-409, K-571

Other curves

- Curve25519 (256 bits)
- Curve448 (448 bits)

1.10 ECDH: DH com ECC

ECC curve → G

a = random

$Y_a = a\ G$

$K_{ab} = a\ Y_b$

Y_a

Y_b

b = random

$Y_b = b\ G$

$K_{ba} = b\ Y_a$

$K_{ab} = K_{ba}$

1.11 Encriptação de chave pública com ECC

Mistura encriptação hibrida com EDHC

Método

- Obtém K_{pub_recv} do destinatário;
- Gera um random K_{priv_send} com um correspondente K_{pub_send};
- Calcula $K_{sym} = K_{priv\_send} \times K_{pub\_recv}$;
- $C = E(P, K_{sym})$;
- Envia $C + K_{pub\_send}$;
- Destinatário calcula $K_{sym} = K_{pub\_send} \times K_{priv\_recv}$;
- $P = D(C, K_{sym})$;

2 Assinaturas digitais

2.1 Cifras Assimétricas (de blocos)

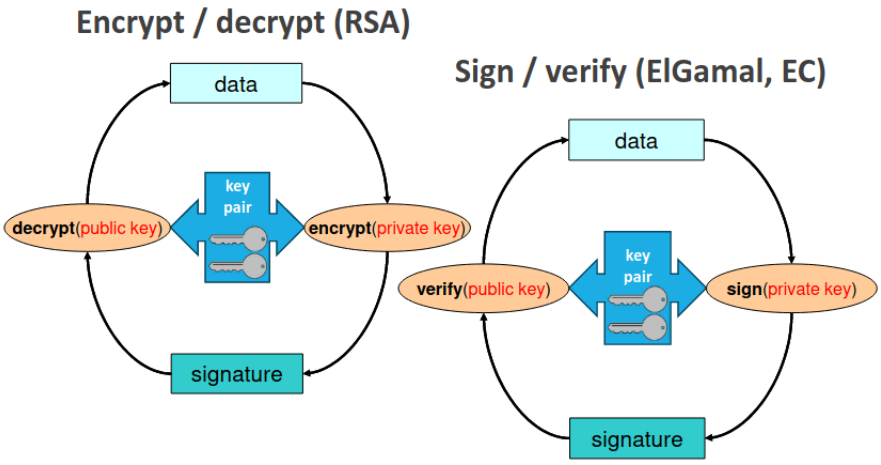
Usa pares de chaves:

- Uma **chave privada** (pessoal, não transmissível);
- Uma **chave pública** (disponível a todos);

Permite:

- Confidencialidade sem qualquer exchange of secrets prévia;
- Autenticação
  - De conteúdos (integridade dos dados);
  - De origem (atenticação da source, ou assinatura digital);

2.2 Assinaturas Digitais



Autenticação de conteúdos de um documento - Garante a sua integridade (não se alterou);

Autenticação do autor - Garante que a identidade do criador/origem;

Previnir repudiação de assinaturas

- Non-repudiation (o autor não pode negar a autoria);
- Autores genuínos não podem negar a autoria (apenas a identidade do autor pode gerar uma dada assinatura);

Aboradgens

- Encriptação/Decifração assimétrica ou assinatura/verificação;
- Funções digest (apenas para performance);

$$\text{Signing: } A_x(\text{doc}) = \text{info} + E(K_x^{-1}, \text{digest}(\text{doc} + \text{info}))$$

$$A_x(\text{doc}) = \text{info} + S(K_x^{-1}, \text{digest}(\text{doc} + \text{info}))$$

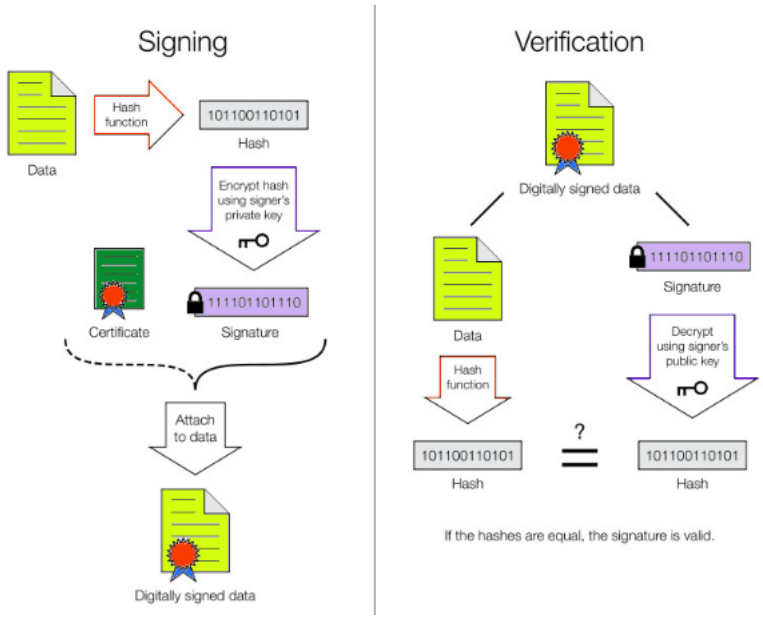
$$\text{info} = \text{signing context, signer identity, } K_x$$

$$\text{Verification:}$$

$$D(K_x, A_x(\text{doc})) \equiv \text{digest}(\text{doc} + \text{info})$$

$$V(K_x, A_x(\text{doc}), \text{doc}, \text{info}) \rightarrow \text{True / False}$$

2.2.1 Encriptação/Decifração signatures



2.2.2 Assinatura digital num email: Multipart content, signature w/ certificate

```
From - Fri Oct 02 15:37:14 2009
[…]
Date: Fri, 02 Oct 2009 15:35:55 +0100
From: =?ISO-8859-1?Q?Andr=E9_Z=FAquete?= <andre.zuquete@ua.pt>
Reply-To: andre.zuquete@ua.pt
Organization: IEETA / UA
MIME-Version: 1.0
To: =?ISO-8859-1?Q?Andr=E9_Z=FAquete?= <andre.zuquete@ua.pt>
Subject: Teste
Content-Type: multipart/signed; protocol="application/x-pkcs7-signature"; micalg=sha1; boundary="------------ms050405070101010502050101"

This is a cryptographically signed message in MIME format.

--------------ms050405070101010502050101
Content-Type: multipart/mixed;
 boundary="------------060802050708070409030504"

This is a multi-part message in MIME format.
--------------060802050708070409030504
Content-Type: text/plain; charset=ISO-8859-1
Content-Transfer-Encoding: quoted-printable

Corpo do mail

--------------060802050708070409030504-
--------------ms050405070101010502050101
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

MIAGCSqGSIb3DQEHAqCAMIACAQExCzAJBgUrDgMCGgUAMIAGCSqGSIb3DQEHAQAAoIIamTCC
BUkwggSyoAMCAQICBAcnIaEwDQYJKoZIhvcNAQEFBQAwdTELMAkGA1UEBhMCVVMxGDAWBgNV
[…]
KoZIhvcNAQEBBQAEgYCofks852BV77NVuww53vSxO1XtI2JhC1CDlu+tcTPoMD1wq5dc5v40
Tgsaw0N8dqgVLk8aC/CdGMbRBu+J1LKrcVZa+khnjjtB66HhDRLrjmEGDNttrEjbqvpd2QO2
vxB3iPTlU+vCGXo47e6GyRydqTpbq0r49Zqmx+IJ6Z7iigAAAAAAAA==
--------------ms050405070101010502050101--
```

3 Derivação de chaves

Algotitmos de cifras requerem chaves de tamanho fixo - 56, 128, 256,... bits;

Podemos derivar chaves de múltiplas origens- shared secrets, passwords geradas por humanos, PIN codes e secrets de tamanho pequeno;

Origem original pode ter baixa entropia - reduz a dificuldade de ataques de força bruta, no entanto, devemos ter uma relação forte para uma chave útil;

Por vezes percisamos de múltiplas chaves do mesmo material - enquanto não permite encontrar o material (a password, outra chave) de uma chave nova;

3.1 Prepósitos de derivação de chaves

Refroço de chaves: aumenta a segurança de uma password

- Nomralmente definido por humanos;
- Tornando ataques de dicionário nada práticos;

Expansão de chaves: aumenta o tamanho de uma chave

- Expande o tamanho que serve o algoritmo;
- Eventualmente deriva outras chaves relacionadas para outros algoritmos (ex: MAC);

3.2 Derivação de chaves

Derivação de chaves requer a existência de:

- Um **salt** que trona a derivação única;
- Um problema difícil;
- Um nível de complexidade escolhido;

Dificuldade de Computação

- A transformação requer recursos computacionais relevantes;

Dificuldade de Memória

- A transformação requer recursos de armazenamento relevantes;
- Limita os ataques usando aceleração de hardware;

3.3 Derivação de chaves: PKBDF2

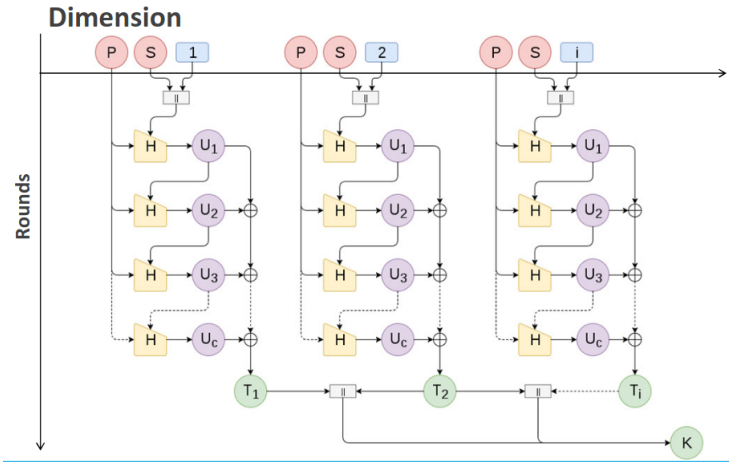
Password Based Key Derivation Function 2

Produz uma chave a partir de uma password, com uma dificuldade escolhida

$$K = PBKDF2(PRF, Salt, rounds, dim, password)$$

- **PRF** - Pseudo-Random-Function: função digest;
- **Salt** - Valor aleatório;
- **Rounds** - O custo computacional (dezenas ou centenas de milhares);
- **Dim** - Tamanho do resultado pretendido;

Operação: calcula operações ROUNDS x DIM a partir do PRF utilizando o SALT e a PASSWORD - um tamanho maior de rounds aumenta a custo;

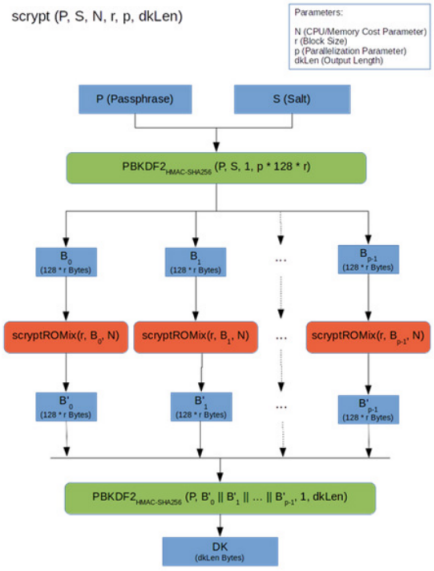


3.4 Derivação de chaves: Scrypt

Produz uma chave com um custo de armazenamento escolhido

$$K = scrypt(password, salt, n, p, dim, r, hLen, Mflen)$$

- **Password** - Um segredo;
- **Salt** - Valor aleatório;
- **n** - Parâmetro de custo;
- **p** - Parâmetro de paralelismo $p \leq (2^{32} - 1) \times hLen/Mflen$;
- **dim** - Tamanho do resultado pretendido;
- **r** - Tamanho do bloco a usar (default: 8);
- **hLen** - Tamanho do da função digest (32 para SHA256);
- **Mflen** - Bytes na internal mix (default: $8 \times r$);



4 Gestão de chaves assimétricas

4.1 Problemas a resolver

Garante um uso correto do par de chaves assimétricas

- **Privacidade das chaves privadas**
  - Garante a autenticidade;
  - Previne a repudiação de assinaturas digitais;
- **Distribuição correta de chaves públicas**
  - Garante confidencialidade;
  - Garante a correta validação de assinaturas digitais;

Evolução temporal da entidade $\longleftrightarrow$ mapeamento de pares chave

- **Para combater ocurrência catastróficas** (ex: perda de chaves privadas)
- **Para combater os requisitos de exploitations normais** (ex: refresh do par de chaves para reduzir riscos personificação)

Garante a correta geração de pares de chaves

- **Geração aleatória de valores secretos**, de forma a poderem ser facilmente previstos;
- **Aumentar a eficiência sem reduzir a segurança**
  - Tornar mecânismos de segurança mais eficientes;
  - Aumentar a performance;

4.2 Objetivos