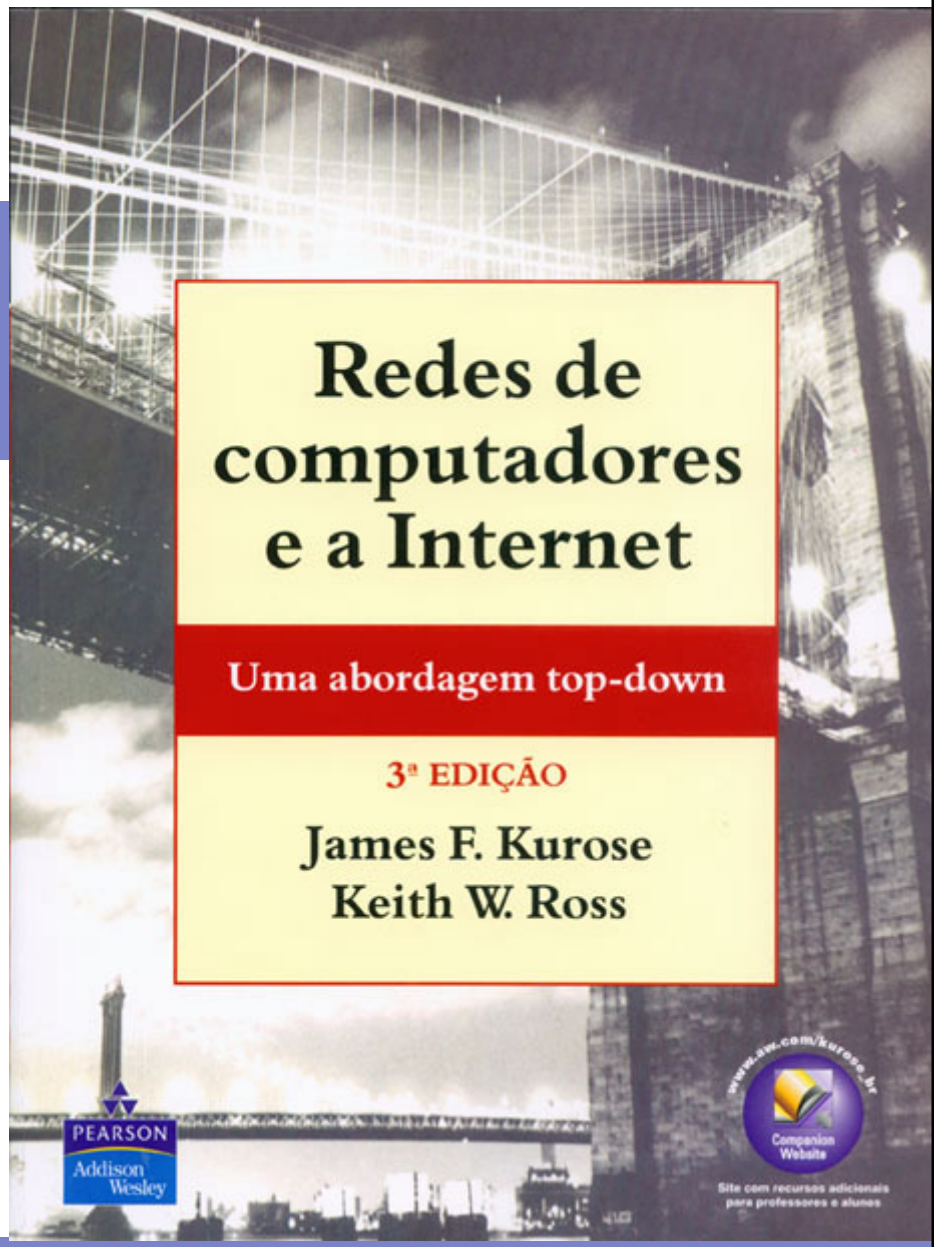
Redes de computadores e a Internet

Capítulo 8

Segurança em redes de computadores



8 Segurança em redes de computadores

Objetivos do capítulo:

- Compreender princípios de segurança de redes:
  - Criptografia e seus *muitos* usos além da "confidencialidade"
  - Autenticação
  - Integridade de mensagem
  - Distribuição de chave
- Segurança na prática:
  - Firewalls
  - Segurança nas camadas de aplicação, transporte, rede e enlace

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

8 O que é segurança de rede?

Confidencialidade: apenas o transmissor e o receptor pretendido deveriam "entender"o conteúdo da mensagem

- Transmissor criptografa mensagem
- Receptor decodifica a mensagem

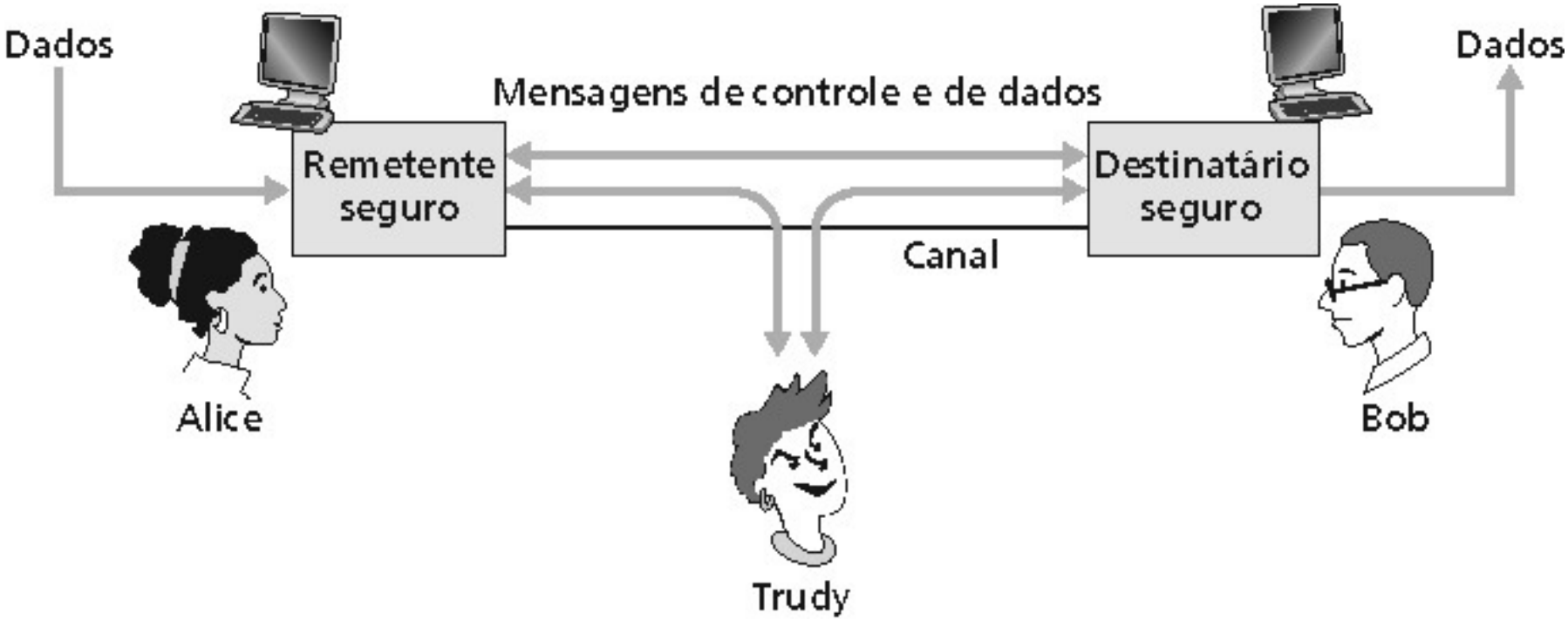
Autenticação: transmissor e receptor querem confirmar a identidade um do outro

Integridade de mensagens: transmissor e receptor querem assegurar que as mensagens não foram alteradas, (em trânsito, ou depois) sem detecção

Acesso e disponibilidade: serviços devem ser acessíveis e disponíveis para os usuários

8 Amigos e inimigos: Alice, Bob, Trudy

- Bem conhecidos no mundo da segurança de redes
- Bob e Alice (amantes!) querem se comunicar "seguramente"
- Trudy, a "intrusa" pode interceptar, apagar, acrescentar mensagens



8 Quem poderiam ser Bob e Alice?

- … bem, Bobs e Alices do *mundo real*!
- Browser/servidor Web para transações eletrônicas (ex.: compras on-line)
- Cliente/servidor de banco on-line
- Servidores DNS
- Roteadores trocam atualizações de tabela de roteamento
- Outros exemplos?

8 Existem pessoas más por aí!

P.: O que uma "pessoa má" pode fazer?

R.: Muito!

Interceptação de mensagens

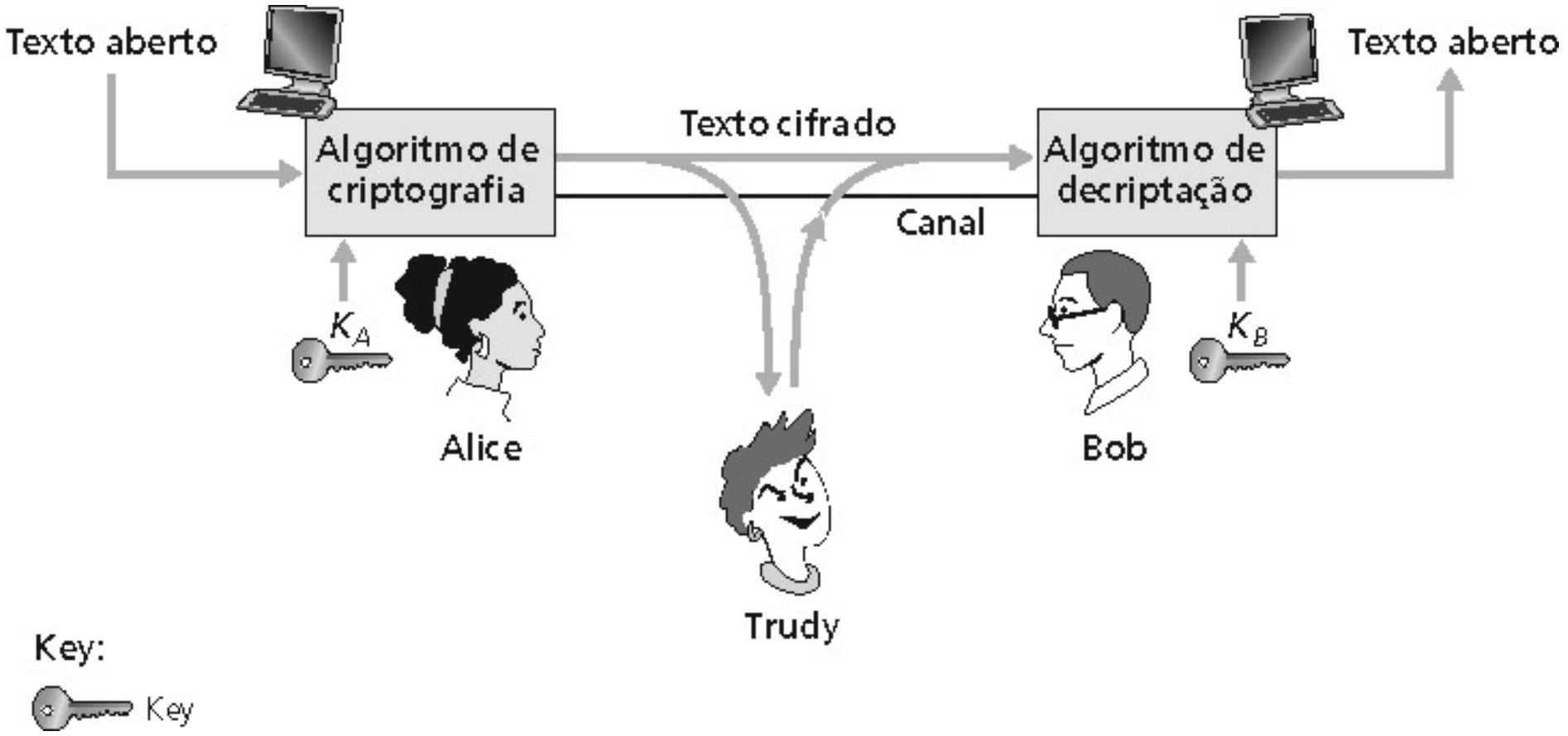
- *Inserção* ativa de mensagens na conexão
- *Personificação:* falsificar (spoof) endereço de origem no pacote (ou qualquer campo no pacote)
- *Hijacking:* assume a conexão removendo o transmissor ou receptor e se inserindo no lugar
- *Negação de serviço:* impede que um serviço seja usado pelos outros (ex., por sobrecarga de recursos)

mais sobre isso depois…

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

8 A linguagem da criptografia



Chave simétrica de criptografia: as chaves do transmissor e do receptor são idênticas

Chave pública de criptografia: criptografa com chave pública, decriptografa com chave secreta (privada)

8 Criptografia de chave simétrica

Código de substituição: substituindo uma coisa por outra

- Código monoalfabético: substituir uma letra por outra

```
texto aberto: abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
              |                       |
              v                       v
texto cifrado: mnbvcxzasdfghjklpoiuytrewq
```

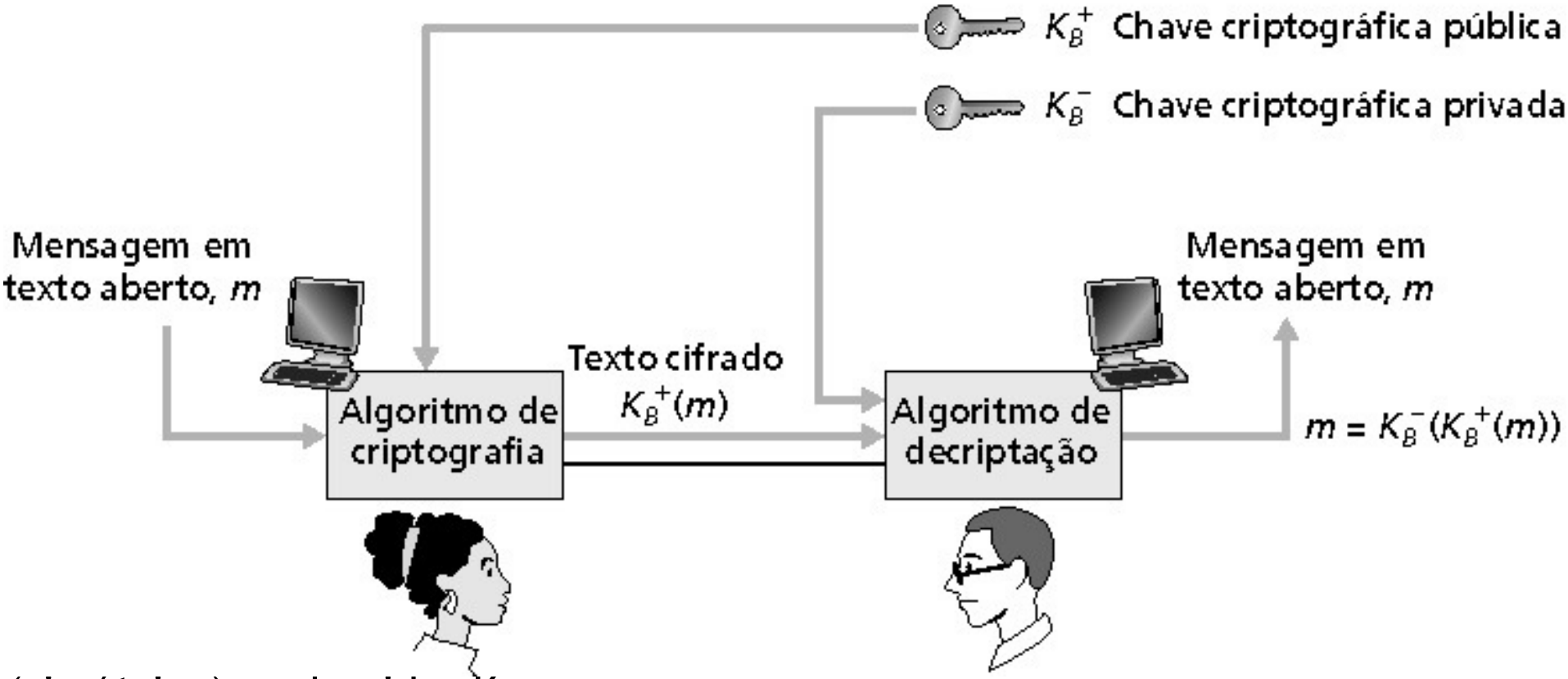
Ex.:

```
texto aberto: bob. i love you. alice
texto cifrado: nkn. s gktc wky. mgsbc
```

P.: Quão difícil é quebrar esse código simples?

- Força bruta (quantas tentativas?)
- Outro método?

8 Criptografia de chave simétrica (cont.)



(simétrica) conhecida: K

- Ex.: sabe que a chave corresponde ao padrão de substituição num código substituição mono alfabético
- P.: Como Bob e Alice combinam o tamanho da chave?

8 DES: criptografia com chave simétrica

DES: Data encryption standard

- Padrão de criptografia dos EUA [NIST 1993]
- Chave simétrica de 56 bits, 64 bits de texto aberto na entrada
- Quão seguro é o padrão DES?
  - DES Challenge: uma frase criptografada com chave de 56 bits ("strong cryptography makes the world a safer place") foi decodificada pelo método da força bruta em 4 meses
  - Não há ataque mais curto conhecido
- Tornando o DES mais seguro
  - Use três chaves em seqüência (3-DES) sobre cada dado
  - Use encadeamento de blocos de códigos

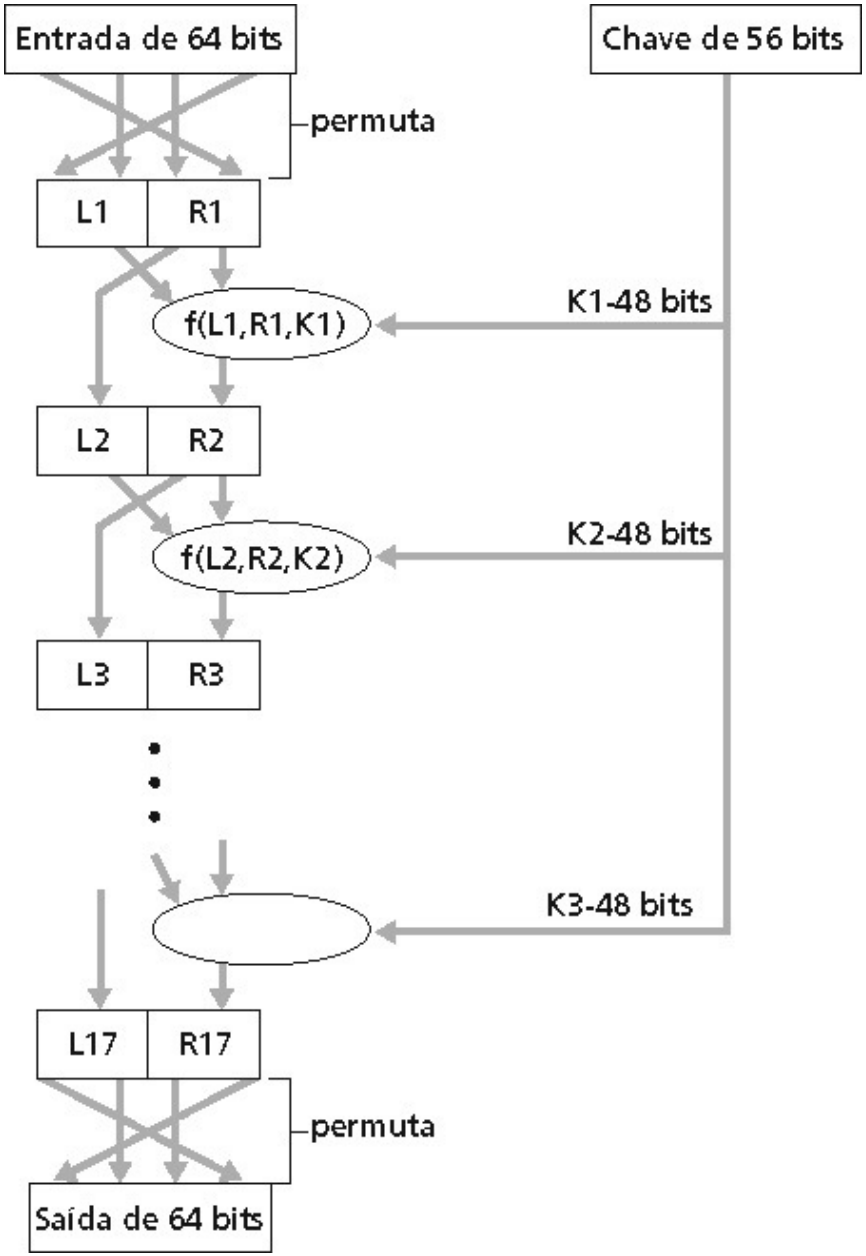
8 Criptografia de chave simétrica: DES

Operação do DES

permutação inicial

16 rodadas idênticas de função de substituição, cada uma usando uma diferente chave de 48 bits

permutação final



8 AES: Padrão avançado de criptografia

- Novo (nov/2001) padrão do NIST para chaves simétricas, substituindo o DES
- Processa dados em blocos de 128 bits
- Chaves de 128, 192, ou 256 bits
- Decodificação por força bruta (tentar cada chave) leva 1 segundo no DES e 149 trilhões de anos no AES

8 Criptografia de chave pública

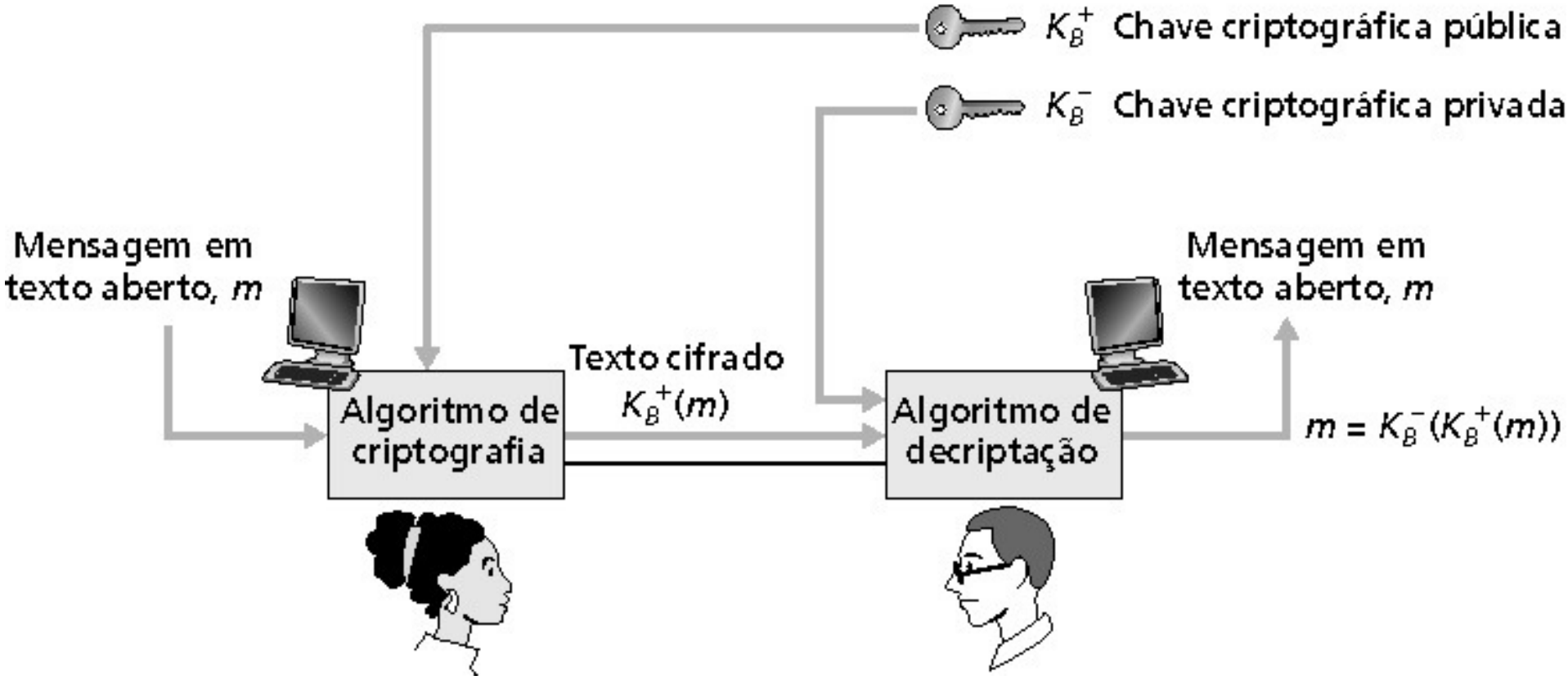
Chave simétrica

- Exige que o transmissor e o receptor compartilhem a chave secreta
- P.: como combinar a chave inicialmente (especialmente no caso em que eles nunca se encontram)?

Chave pública

- Abordagem radicalmente diferente [Diffie-Hellman76, RSA78]
- Transmissor e receptor não compartilham uma chave secreta
- A chave de criptografia é *pública* (conhecida por *todos*)
- Chave de decriptografia é privada (conhecida somente pelo receptor)

8 Criptografia de chave pública (cont.)



8 Algoritmos de criptografia com chave pública

Duas exigências correlatas:

1. necessita d_B ( ) e e_B ( ) tal que
   $d_B (e_B (m)) = m$

2. necessita chaves pública e privada para d_B ( ) e e_B ( )

RSA: Algoritmo de Rivest, Shamir, Adelson

8 RSA: Escolhendo as chaves

1. Encontre dois números primos grandes *p*, *q*.
   (ex., 1.024 bits cada um)

2. Calcule *n* = *pq*, *z* = *(p - 1)(q - 1)*

3. Escolha *e (com e<n)* que não tenha fatores primos em comum com z. (*e*, *z* são "primos entre si").

4. Escolha *d* tal que *ed - 1* seja exatamente divisível por *z*.
   (em outras palavras: *ed* mod *z* = *1*).

5. Chave *pública* é *(n,e)*. Chave *privada* é *(n,d)*.

K_B^+ K_B^-

8 RSA: Criptografia e decriptografia

0. Dado (n,e) e (n,d) como calculados antes.

1. Para criptografar o padrão de bits, m, calcule

$c = m^e \bmod n$ (i.e., resto quando m^e é dividido por n).

2. Para decriptografar o padrão de bits recebidos, c, calcule

$m = c^d \bmod n$ (i.e., resto quando c^d é dividido n).

Mágica acontece!

$$m = (m^e \bmod n)^d \bmod n$$

c

8 RSA exemplo:

Bob escolhe $p = 5$, $q = 7$. Então $n = 35$, $z = 24$.

$e = 5$ (assim e, z são primos entre si).
$Dd = 29$ (assim $ed - 1$ é exatamente divisível por z).

criptografia:

letra	m	m^e	$c = m^e \bmod n$
l	12	1524832	17

decriptografia:

c	c^d	$m = c^d \bmod n$	letra
17	481968572106750915091411825223072000	12	l

8 RSA: Por que: $m = (m^e \bmod n)^d \bmod n$

Resultado da teoria dos números: Se p,q são primos, $n = pq$, então

$$x^y \bmod n = x^{y \bmod (p-1)(q-1)} \bmod n$$

$$(m^e \bmod n)^d \bmod n = m^{ed} \bmod n$$

$$= m^{ed \bmod (p-1)(q-1)} \bmod n$$

(usando o teorema apresentado acima)

$$= m^1 \bmod n$$

(pois nós escolhemos ed divisível por $(p-1)(q-1)$ com resto 1)

$$= m$$

8 RSA: outra propriedade importante

A propriedade a seguir será *muito* útil mais tarde:

$$\underbrace{K_B^-(K_B^+(m))}_{\text{usa chave pública primeiro, seguida pela chave privada}} = m = \underbrace{K_B^+(K_B^-(m))}_{\text{usa chave privada primeiro, seguida pela chave pública}}$$

O resultado é o mesmo!

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

8 Autenticação

Objetivo: Bob quer que Alice "prove" sua identidade para ele

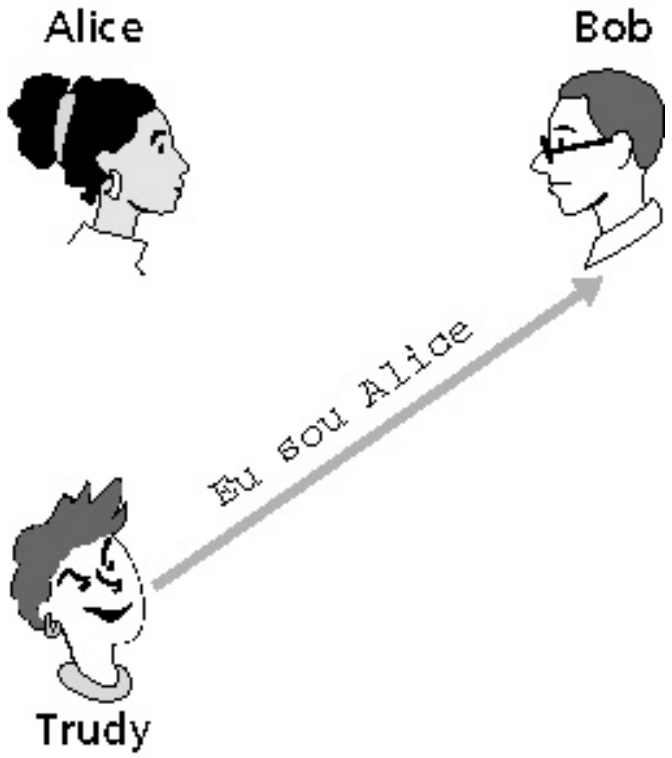
Protocolo ap1.0: Alice diz "Eu sou Alice"

Cenário de falha??

8 Autenticação (cont.)

Objetivo: Bob quer que Alice "prove" sua identidade para ele

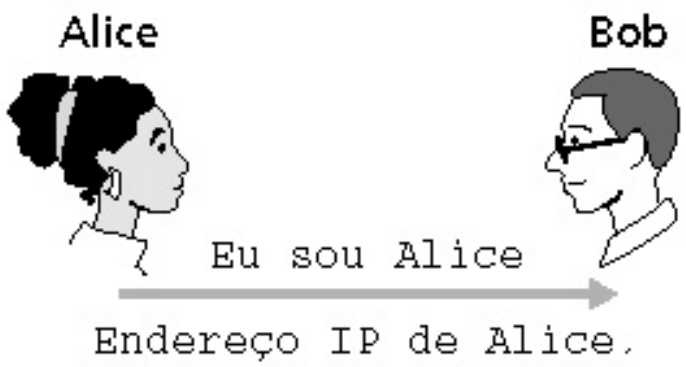
Protocolo ap1.0: Alice diz "Eu sou Alice"



Numa rede,
Bob não pode "ver" Alice, então
Trudy simplesmente declara
que ela é Alice

8 Autenticação: outra tentativa

Protocolo ap2.0: Alice diz "Eu sou Alice" e envia seu endereço IP junto como prova.



Cenário de falha??

8 Autenticação: outra tentativa (cont.)

Protocolo ap2.0: Alice diz "Eu sou Alice" num pacote IP contendo seu endereço IP de origem

Trudy pode criar um pacote "trapaceando" (*spoofing*) o endereço de Alice

8 Autenticação: outra tentativa (cont.)

Protocolo ap3.0: Alice diz "Eu sou Alice" e envia sua senha secreta como prova.

Cenário de falha??

8 Autenticação: outra tentativa (cont.)

Protocolo ap3.0: Alice diz "Eu sou Alice" e envia sua senha secreta como prova.

ataque de playback:
Trudy grava o pacote de Alice e depois o envia de volta para Bob

8 Autenticação: mais uma tentativa

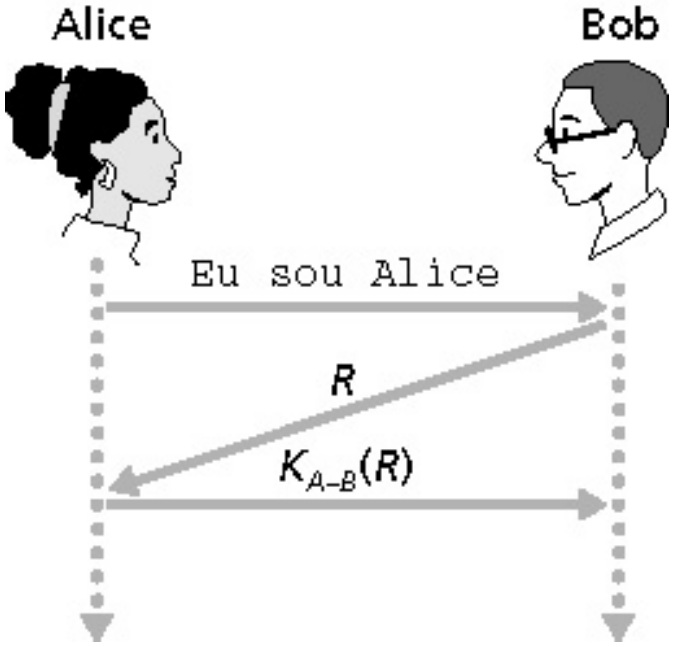
Protocolo ap3.1: Alice diz "Eu sou Alice" e envia sua senha secreta *criptografada* para prová-lo.

8 Autenticação: mais uma tentativa (cont.)

Meta: evitar ataque de reprodução (playback).

Nonce: número (R) usado apenas uma vez na vida.

ap4.0: para provar que Alice "está ao vivo", Bob envia a Alice um nonce, R. Alice deve devolver R, criptografado com a chave secreta comum.



Falhas, problemas?

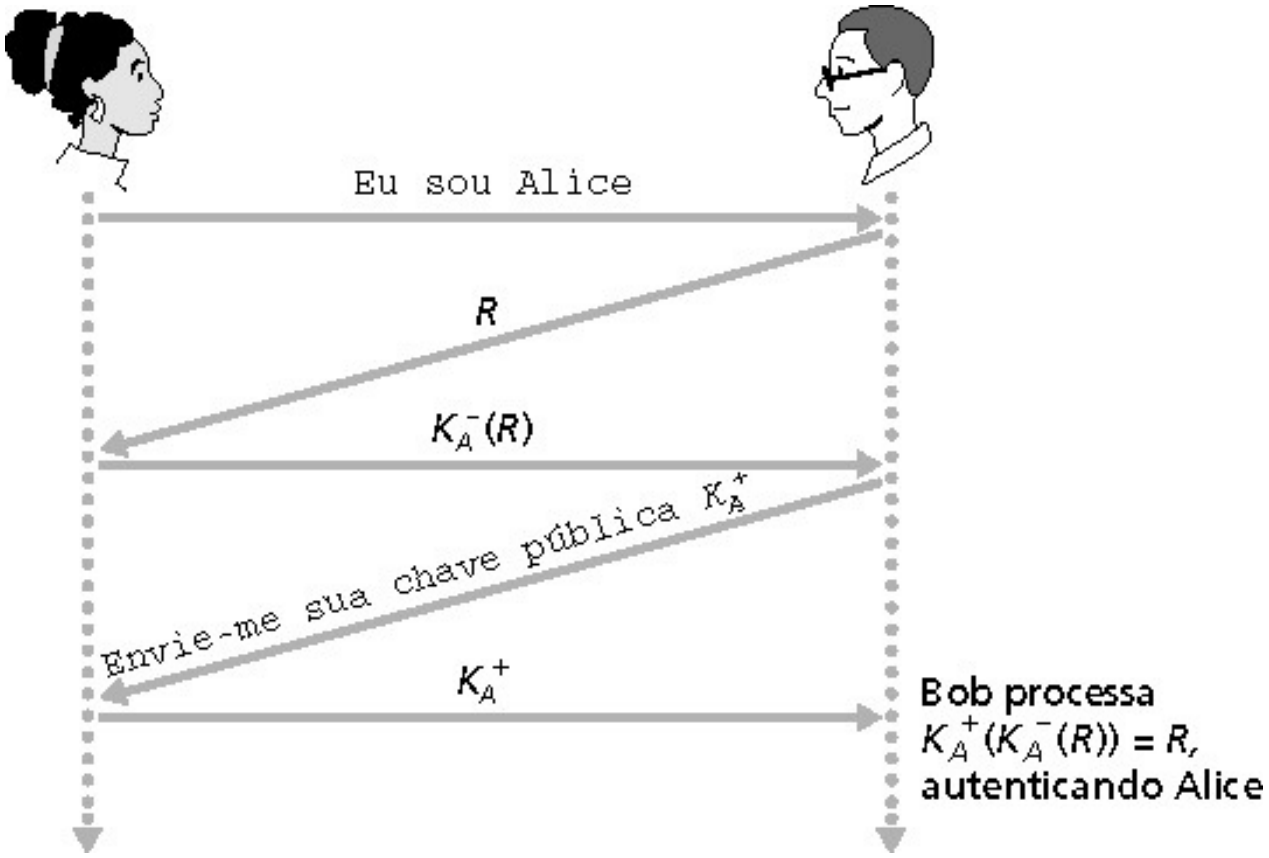
Alice está ao vivo, e apenas Alice conhece a chave para criptografar o nonce, então ela deve ser Alice!

8 Autenticação: ap5.0

ap4.0 exige chave secreta compartilhada.

- é possível autenticar usando técnicas de chave pública?

ap5.0: usar nonce, criptografia de chave pública.



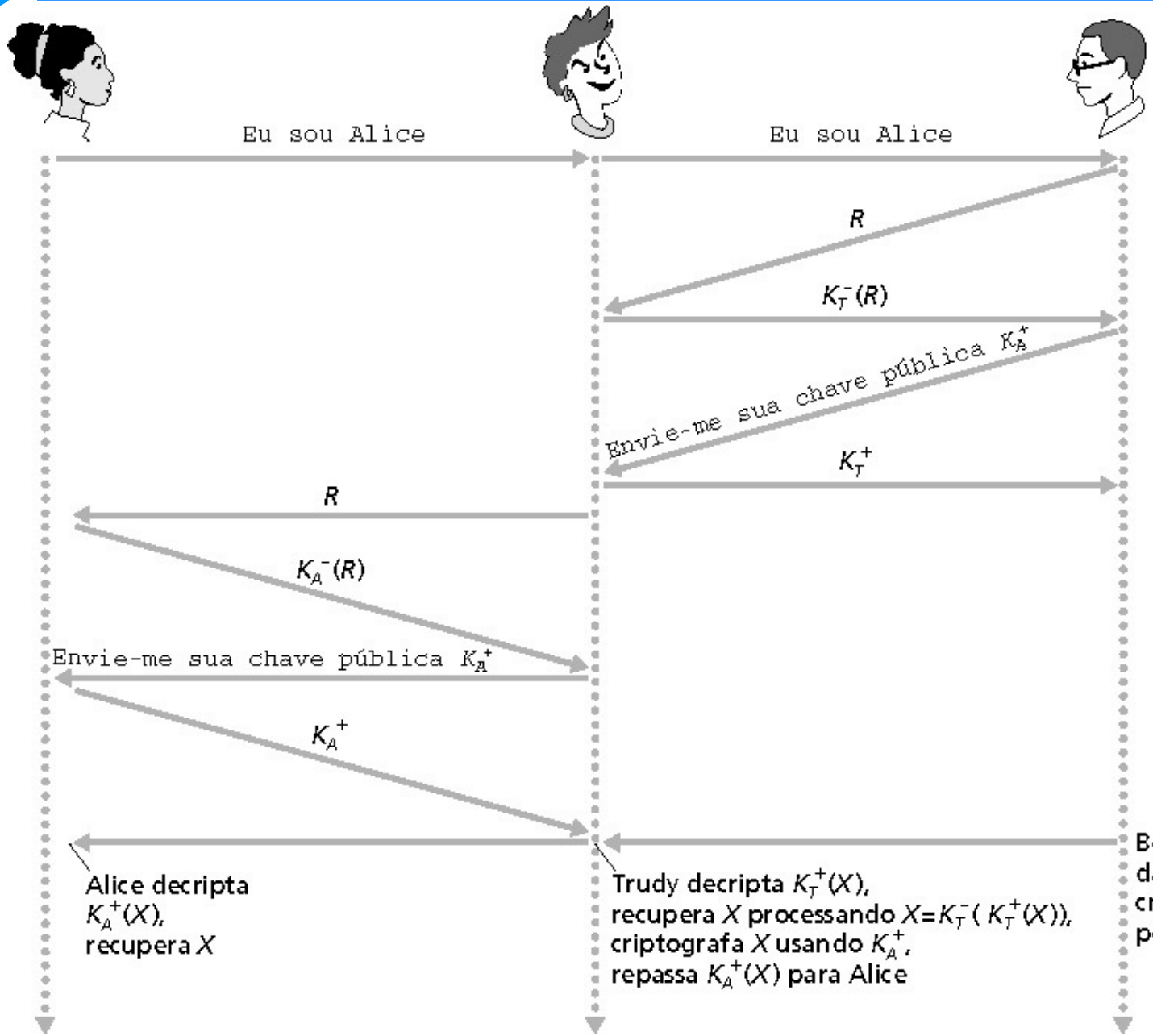
Bob calcula

$$K_A^+(K_A^-(R)) = R$$

e sabe que apenas Alice poderia ter a chave privada, que criptografou R desta maneira

$$K_A^+(K_A^-(R)) = R$$

8 ap5.0: falha de segurança



Ataque do homem (mulher) no meio:

Trudy se passa por Alice (para Bob) e por Bob (para Alice)

8 ap5.0: falha de segurança

Ataque do homem no meio: Trudy se passa por Alice (para Bob) e por Bob (para Alice)

Difícil de detectar:

- O problema é que Trudy recebe todas as mensagens também!
- Bob recebe tudo o que Alice envia e vice-versa. (ex., então Bob/Alice podem se encontrar uma semana depois e recordar a conversação)

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

8 Assinaturas digitais

Técnica criptográfica análoga às assinaturas manuais.

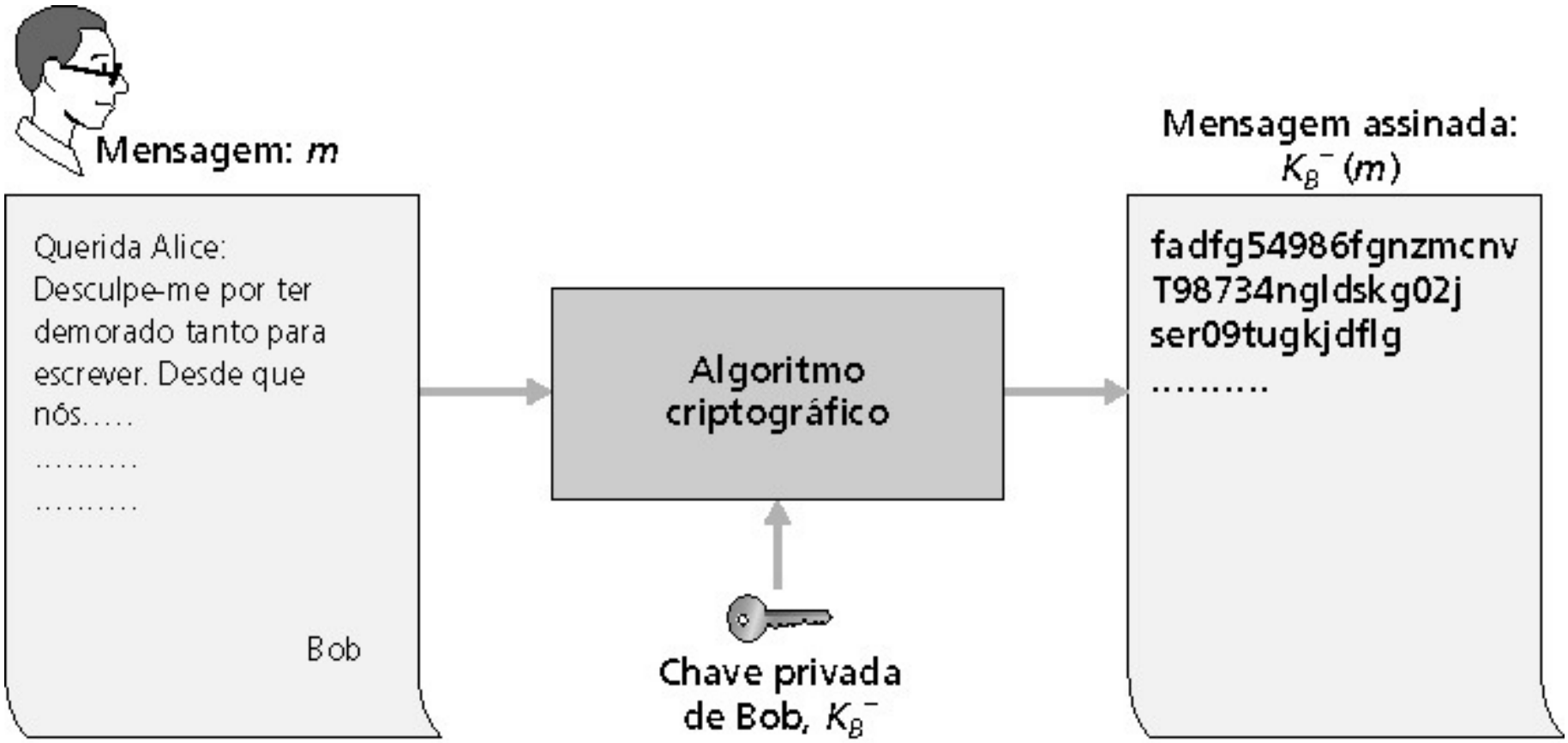
- Transmissor (Bob) assina digitalmente um documento, estabelecendo que ele é o autor/criador.

- Verificável, não forjável: receptor (Alice) pode verificar que Bob, e ninguém mais, assinou o documento.

8 Assinaturas digitais (cont.)

Assinatura digital simples para mensagem m:

- Bob assina m criptografado com sua chave privada K_B, criando a mensagem "assinada", $K_B(m)$



8 Assinaturas digitais (mais)

- Suponha que Alice receba a mensagem *m*, e a assinatura digital $K_B(m)$
- Alice verifica que *m* foi assinada por Bob aplicando a chave pública de Bob K_B para $K_B(m)$ e então verifica que $K_B(K_B(m)) = m$.
- Se $K_B(K_B(m)) = m$, quem quer que tenha assinado *m* deve possuir a chave privada de Bob.

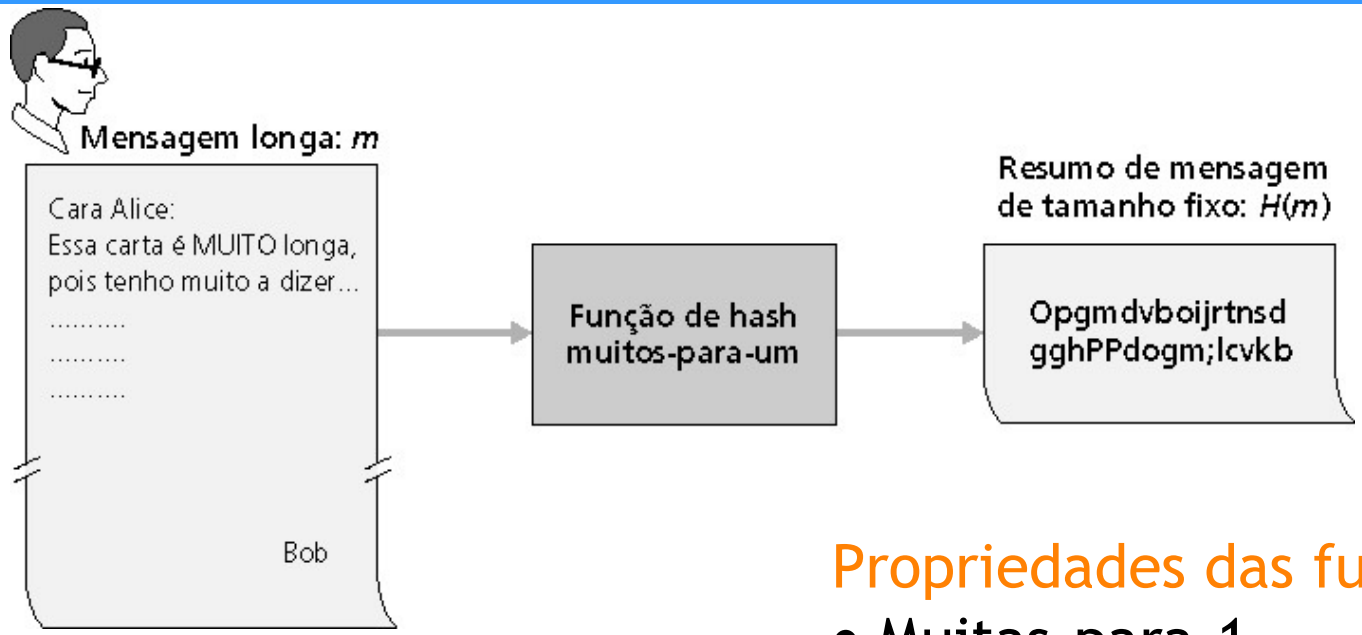
Alice verifica então que:

- Bob assinou *m*.
- ninguém mais assinou *m*.
- Bob assinou m e não *m'*.

Não-repúdio:

- Alice pode levar *m* e a assinatura $K_B(m)$ a um tribunal para provar que Bob assinou *m*.

8 Resumos de mensagens



Computacionalmente caro criptografar com chave pública mensagens longas

Meta: assinaturas digitais de comprimento fixo, facilmente computáveis, "impressão digital"

- Aplicar função hash H a *m*, para obter um resumo de tamanho fixo, *H(m)*.

Propriedades das funções de Hash:

- Muitas-para-1
- Produz um resumo da mensagem de tamanho fixo (impressão digital)
- Dado um resumo da mensagem x, é computacionalmente impraticável encontrar m tal que x = H(m)

8 Soma de verificação da Internet: função de Hash criptográfico pobre

Verificação da Internet possui algumas propriedades de função de hash:

- Produz resumo de tamanho fixo (soma de 16 bits) de mensagem
- É muitos-para-um

Mas dada uma mensagem com um dado valor de hash, é fácil encontrar outra mensagem com o mesmo valor de hash:

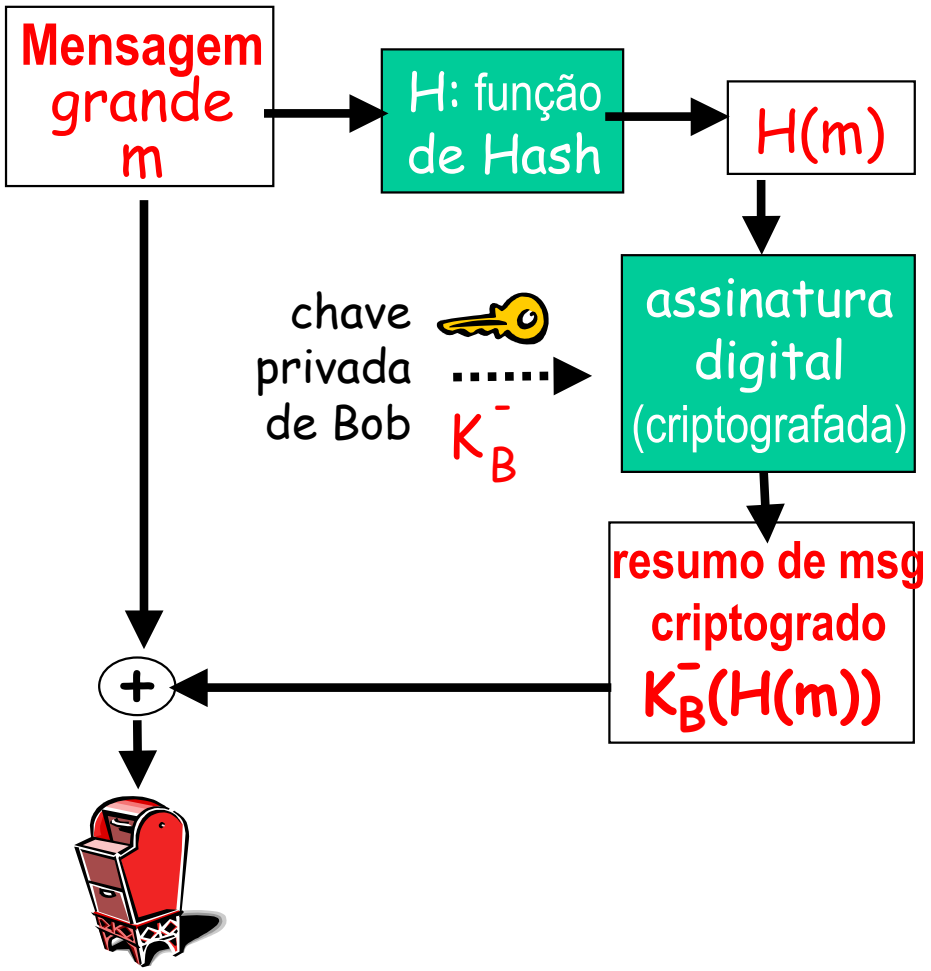
mensagem	formato ASCII
I O U 1	49 4F 55 31
0 0 . 9	30 30 2E 39
9 B O B	39 42 D2 42
	B2 C1 D2 AC

mensagens diferente
mas resumos idênticos!

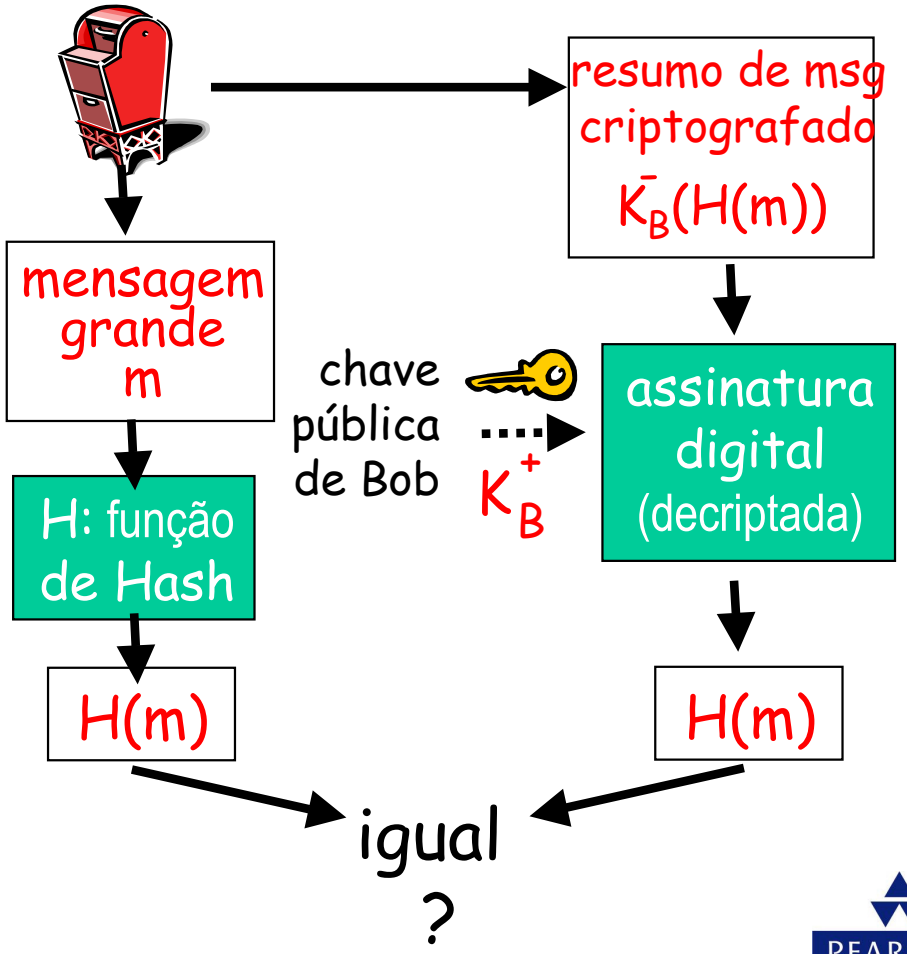
mensagem	formato ASCII
I O U 9	49 4F 55 39
0 0 . 1	30 30 2E 31
9 B O B	39 42 D2 42
	B2 C1 D2 AC

8 Assinatura digital = resumo assinado de mensagem

Bob envia mensagem digitalmente assinada:



Alice verifica a assinatura e a integridade da mensagem digitalmente assinada :



8 Algoritmos de funções de Hash

- MD5 é a função de hash mais usada (RFC 1321)
  - Calcula resumo de 128 bits da mensagem num processo de 4 etapas
  - Uma cadeia arbitrária X de 128 bits parece difícil de construir uma mensagem m cujo hash MD5 é igual ao hash de um cadeia X.
- SHA-1 também é usado.
  - Padrão dos EUA [NIST, FIPS PUB 180-1]
  - Resumo de mensagem de 160 bits

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

8 Intermediários confiáveis

Problema da chave simétrica:

- Como duas entidades estabelecem um segredo mútuo sobre a rede?

Solução:

- Centro de distribuição de chaves confiável (KDC) atuando como intermediário entre entidades

Problema da chave públca:

- Quando Alice obtém a chave pública de Bob (de um site web site, e-mail, diskette), como ela sabe que é a chave pública de Bob e não de Trudy?

Solução:

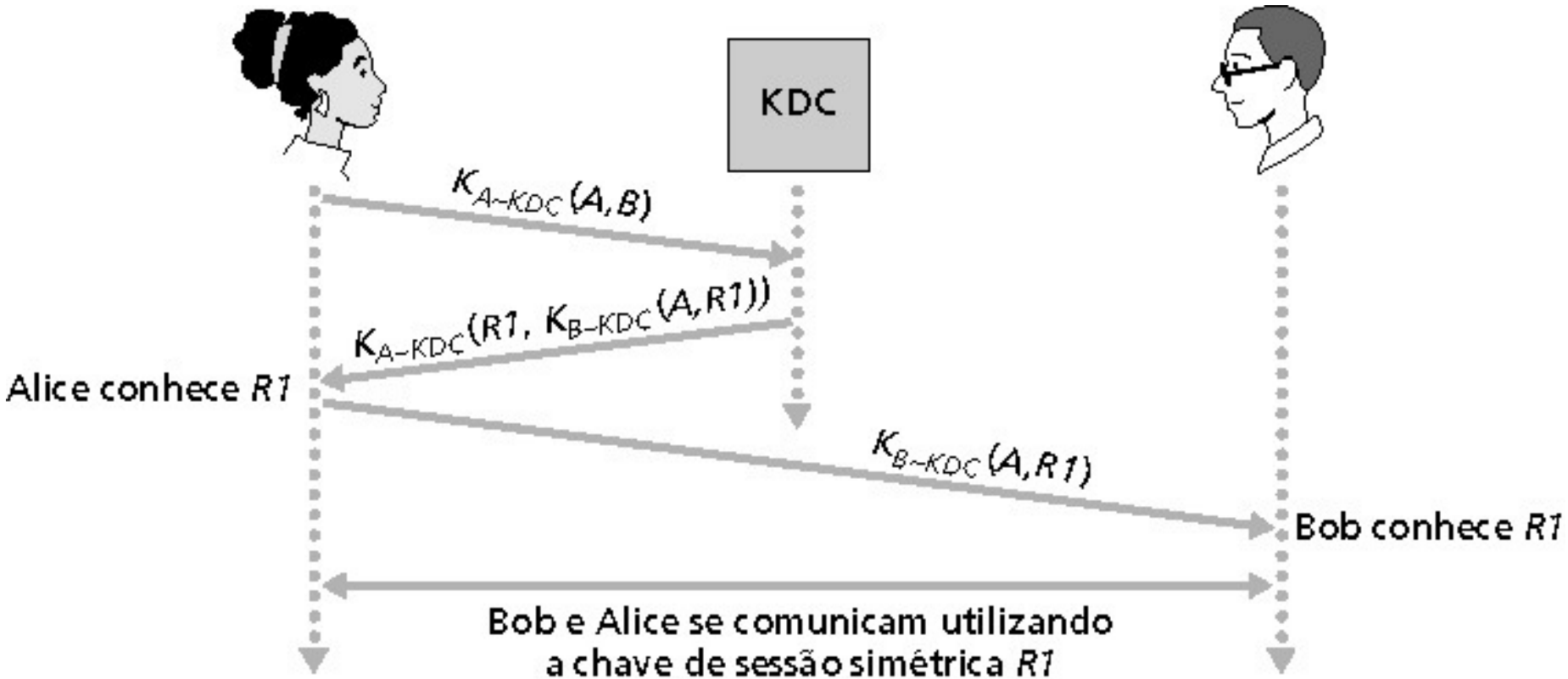
- Autoridade de certificação confiável (CA)

8 Centro de distribuição de chave (KDC)

- Alice e Bob necessitam de uma chave simétrica comum.
- KDC: servidor compartilha diferentes chaves secretas com *cada* usuário registrado (muitos usuários)
- Alice e Bob conhecem as próprias chaves simétricas, $K_{A\text{-}KDC}$ $K_{B\text{-}KDC}$, para comunicação com o KDC.

8 Centro de distribuição de chave (KDC)

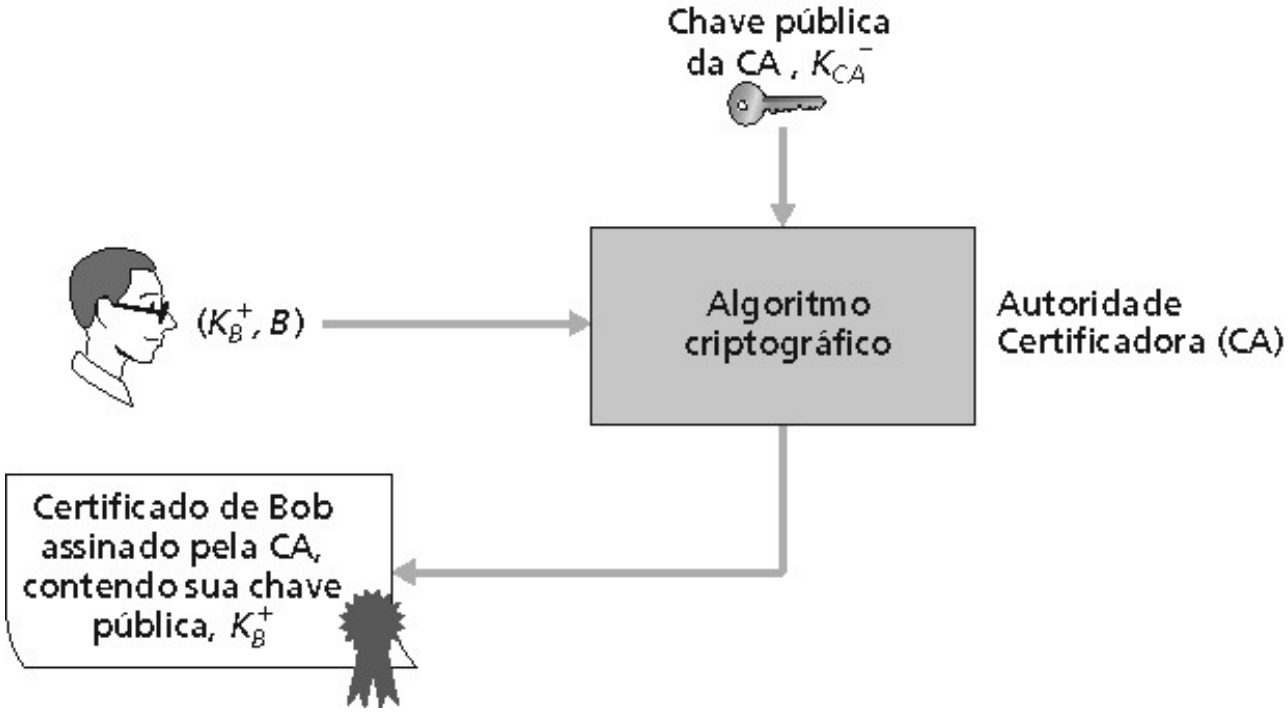
P.: Como o KDC permite que Bob e Alice determinem uma chave simétrica comum para comunicarem-se entre si?



8 Autoridades certificadoras

Autoridade certificadora (CA): associa uma chave pública a uma entidade em particular, E

- E (pessoa, roteador) registra sua chave pública com CA
  - E fornece "prova de identidade" ao CA
  - CA cria um certificado associando E a sua chave pública
  - Certificado contendo a chave pública de E digitalmente assinada pela CA – CA diz "esta é a chave pública de E"

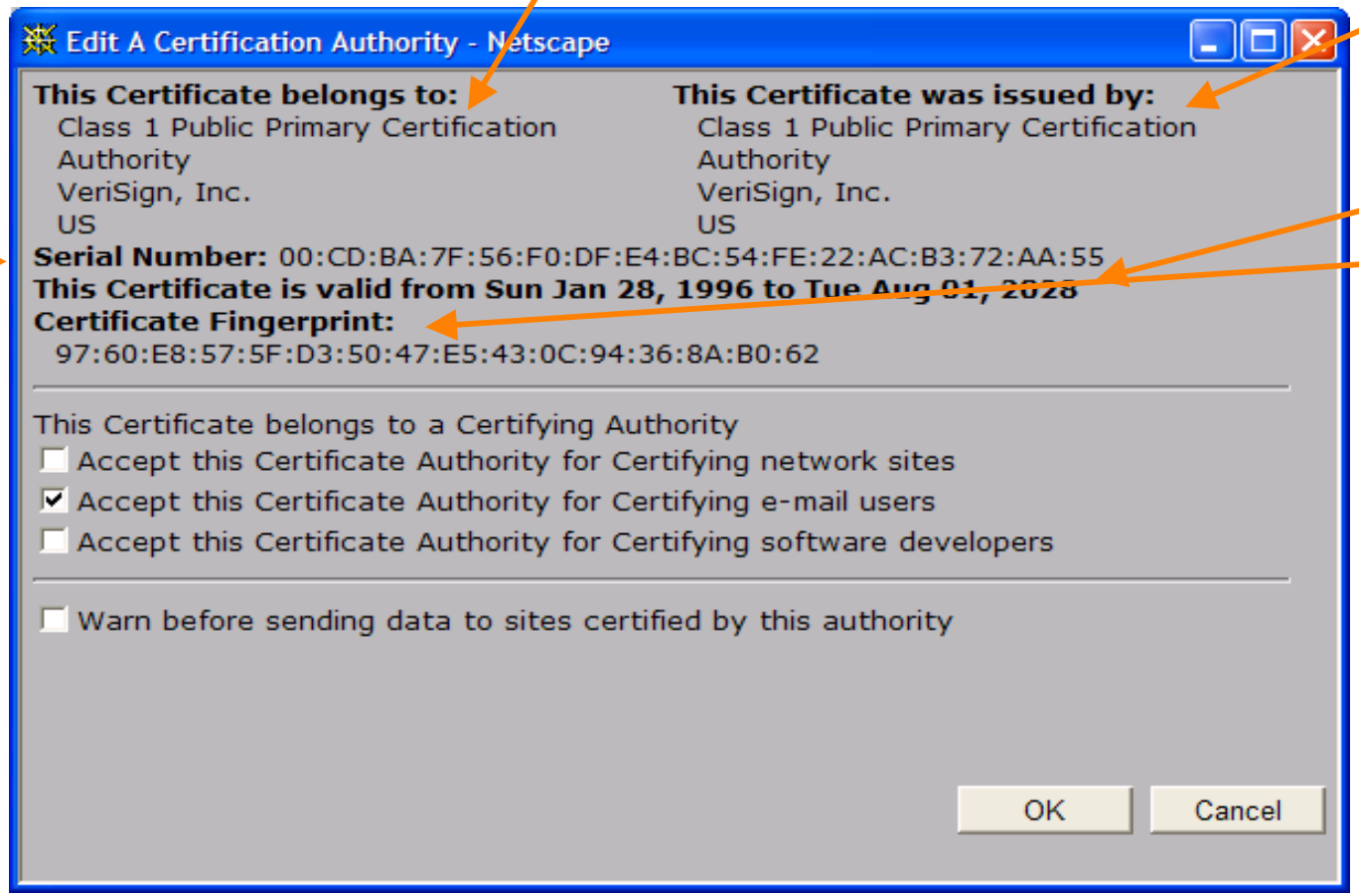


8 Autoridades certificadoras (cont.)

- Quando Alice quer a chave publica de Bob:
- Obtém o certificado de Bob (de Bob ou em outro lugar).
- Aplica a chave pública da CA ao certificado de Bob, obtém a chave pública de Bob

8 Um certificado contém:

- Número serial (único para o emissor)
- Informação sobre o dono do certificado, incluindo o algoritmo e o valor da própria chave (não mostrada)



- Informação sobre o emissor do certificado
- Data de validade
- Assinatura digital do emissor

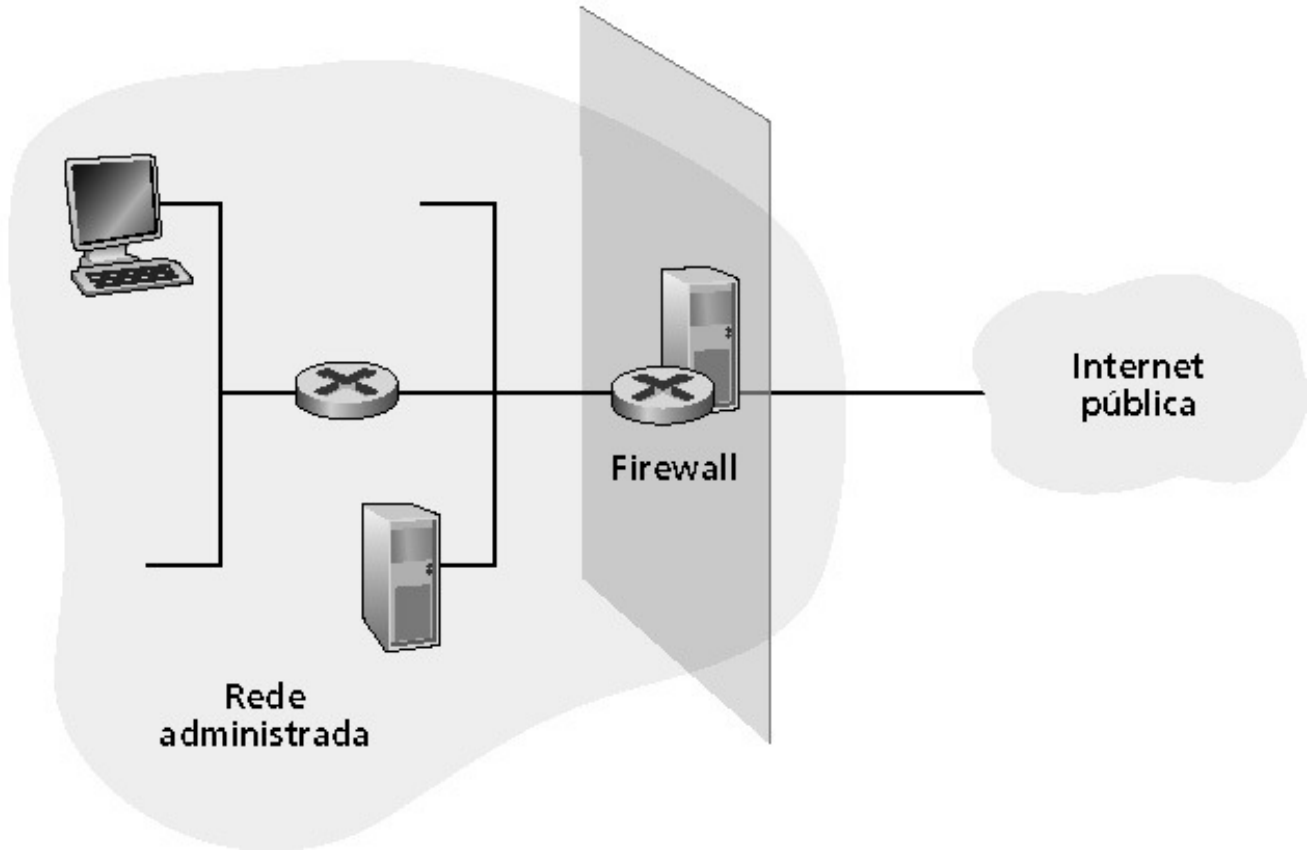
8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

Firewalls

Firewall

Isola a rede interna da organização da área pública da Internet, permitindo que alguns pacotes passem e outros não.



8 Firewalls: por quê?

Previne ataques de negação de serviço:

- Inundação de SYN: atacante estabelece muitas conexões TCP falsas, esgota os recursos para as conexões "reais".

Previne modificações e acessos ilegais aos dados internos.

- Ex., o atacante substitui a página da CIA por alguma outra coisa

Permite apenas acesso autorizado à rede interna (conjunto de usuários e hospedeiros autenticados)

Dois tipos de firewalls:

- Nível de aplicação
- Filtro de pacotes

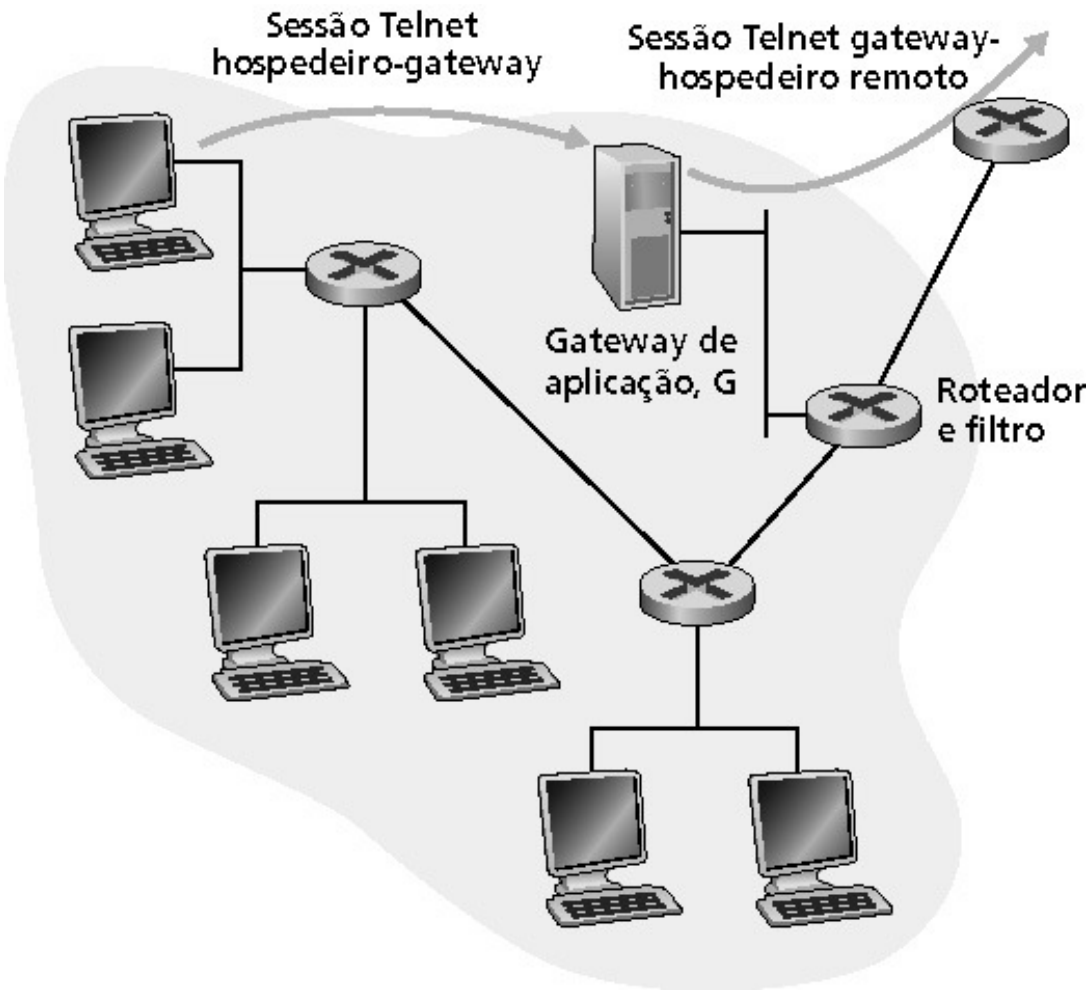
8 Filtro de pacotes

- Rede interna conectada à Internet via roteador firewall
- Roteador filtra pacotes; decisão de enviar ou descartar pacotes baseia-se em:
  - Endereço IP de origem, endereço IP de destino
  - Número de portas TCP/UDP de origem e de destino
  - Tipo de mensagem ICMP
  - Bits TCP SYN e ACK

8 Filtro de pacotes

- Exemplo 1: bloqueia datagramas que chegam e que saem com campo de protocolo = 17 e com porta de destino ou de origem = 23
  - Todos os fluxos UDP que entram e que saem e as conexões Telnet são bloqueadas
- Exemplo 2: bloqueia segmentos TCP entrantes com ACK=0
  - Previne clientes externos de fazerem conexões com clientes internos, mas permite que os clientes internos se conectem para fora

8 Gateways de aplicação



- Filtra pacotes em função de dados de aplicação, assim como de campos do IP/TCP/UDP
- Exemplo: permite selecionar usuários internos que podem usar o Telnet

1. Exige que todos os usuários Telnet se comuniquem através do gateway.
2. Para os usuários autorizados, o gateway estabelece conexões Telnet com o hospedeiro de destino. O gateway repassa os dados entre as duas conexões.
3. O filtro do roteador bloqueia todas as sessões Telnet que não se originam no gateway.

8 Limitações de firewalls e gateways

- **IP spoofing:** roteador não pode saber se os dados realmente vêm da fonte declarada
- Se múltiplas aplicações requerem um tratamento especial, cada uma deve ter seu próprio gateway de aplicação
- O software cliente deve saber como contatar o gateway

  Ex., deve configurar o endereço IP do proxy no browser Web
- Filtros muitas vezes usam uma regra radical para UDP: bloqueiam tudo ou deixam passar tudo
- Compromisso: grau de comunicação com mundo exterior versus nível de segurança
- Muitos sites altamente protegidos mesmo assim sofrem ataques

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas

8 Ameaças de segurança na Internet

Mapeamento:

- Antes do ataque: "teste a fechadura" – descubra quais serviços estão implementados na rede
- Use `ping` para determinar quais hospedeiros têm endereços acessíveis na rede
- Varredura de portas: tente estabelecer conexões TCP com cada porta em seqüência (veja o que acontece)

  vnmap (http://www.insecure.org/nmap/) mapeador: "exploração de rede e auditoria de segurança"

Contramedidas?

8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

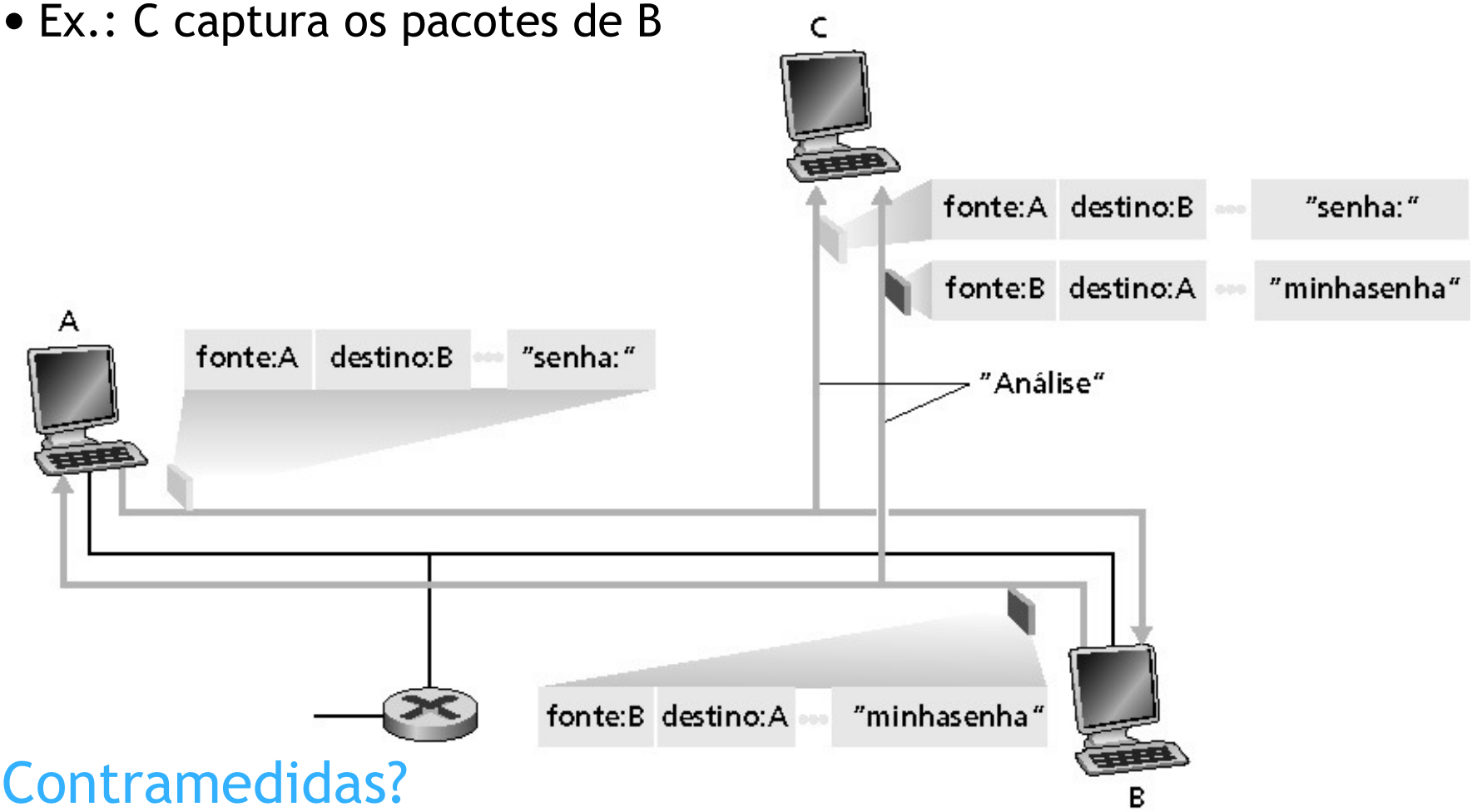
Mapeamento: contramedidas

- Grave o tráfego entrando na rede
- Examine atividades suspeitas (endereços IP e portas sendo varridas seqüencialmente)

8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

Packet sniffing:

- Meio broadcast
- NIC em modo promíscuo lêem todos os pacotes que passam
- Pode ler todos os dados não criptografados (ex., senhas)
- Ex.: C captura os pacotes de B

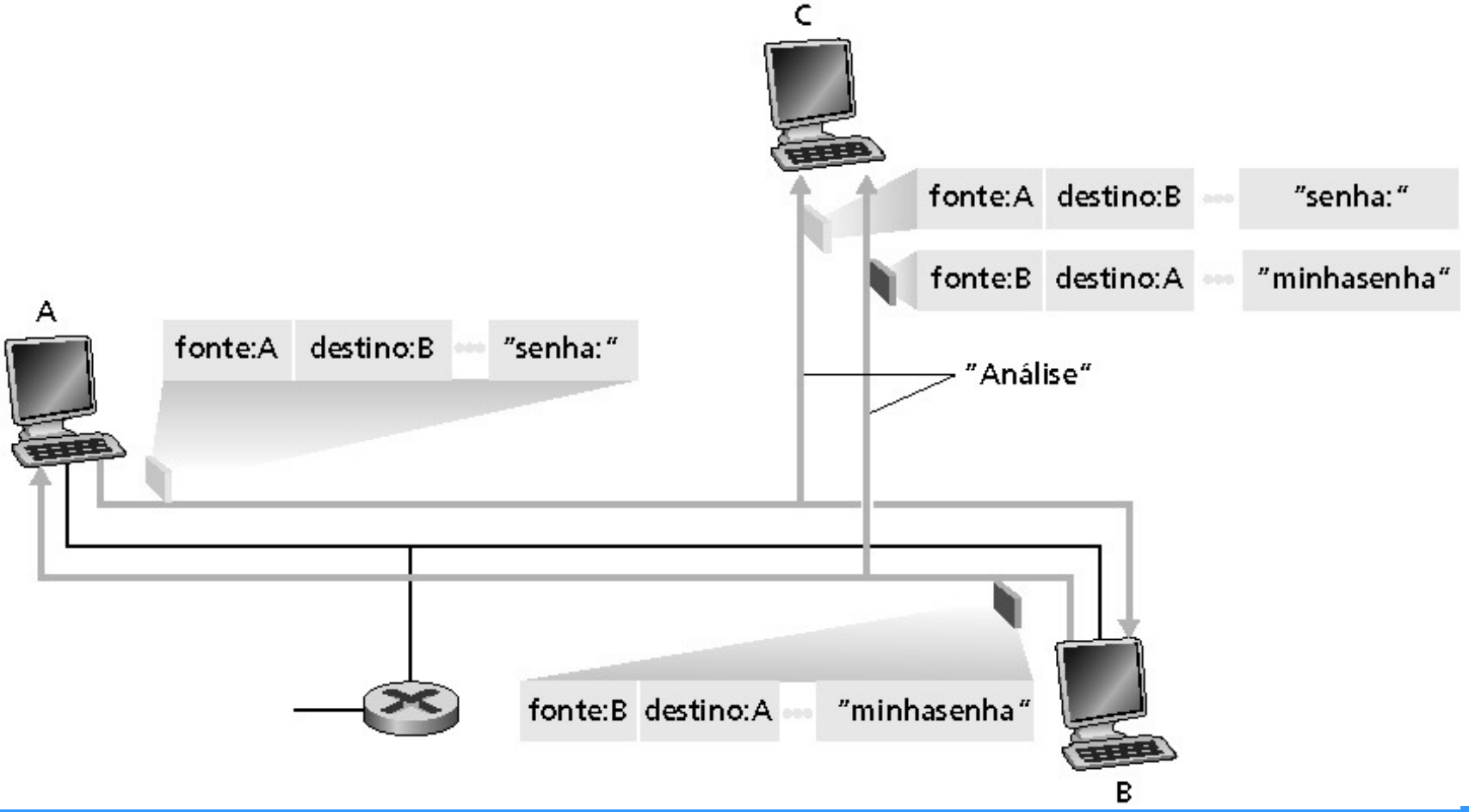


Contramedidas?

8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

Packet sniffing: contramedidas

- Todos os hospedeiros na organização executam software que examina periodicamente se a interface do hospedeiro está operando em modo promíscuo
- Um hospedeiro por segmento de meio broadcast (Ethernet comutada no hub)



8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

IP Spoofing:

- Pode gerar pacotes IP "puros" diretamente da aplicação, colocando qualquer valor do endereço IP no campo de endereço de origem
- Receptor não sabe se a fonte é verdadeira ou se foi forjada

  Ex.: C finge ser B

8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

IP Spoofing: filtro de entrada

- Roteadores não devem repassar pacotes para a saída com endereço de origem inválido (ex., endereço de fonte do datagrama fora do endereço da rede local)
- Grande, mas filtros de entrada não podem ser obrigatórios para todas as redes

8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

Negação de serviço (DoS):

- Inundação de pacotes maliciosamente gerados invade o receptor receiver
- DoS Distribuído (DDoS): múltiplas fontes coordenadas atacam simultaneamente o receptor

  ex.: C e um hospedeiro remoto atacam A com inundação de SYN

8 Ameaças de segurança na Internet (cont.)

Negação de serviço (DoS): contramedidas

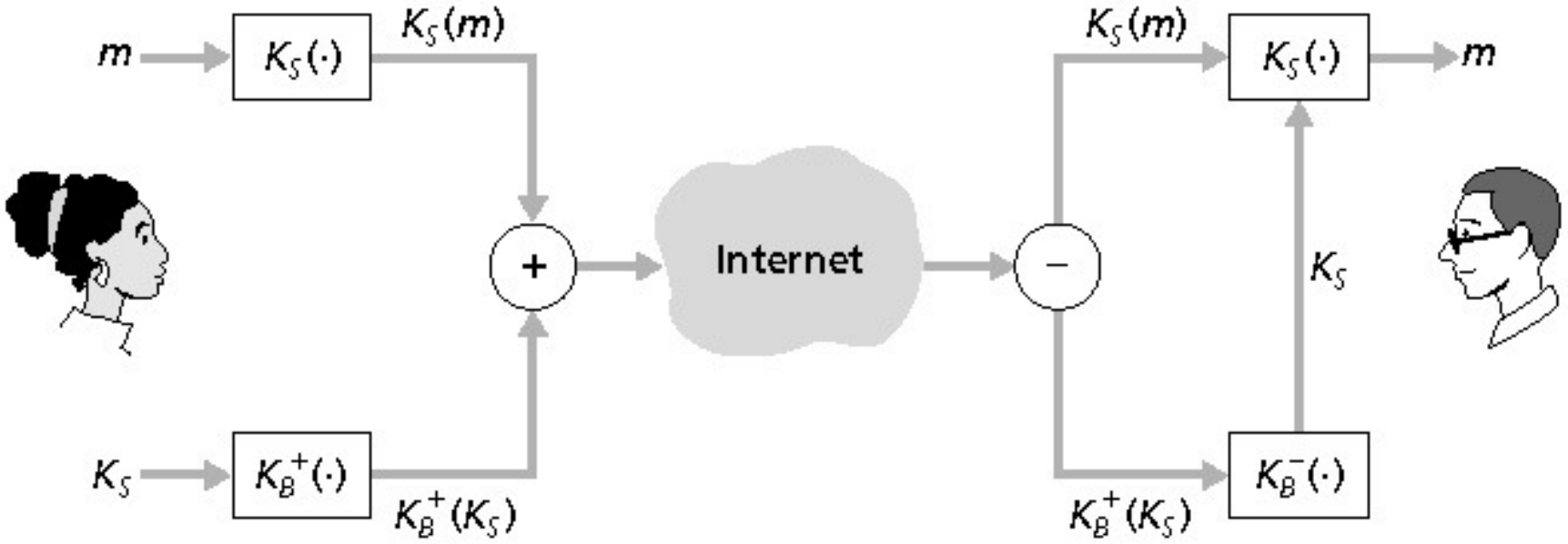
- Filtragem de pacotes de inundação (ex., SYN) antes de atingirem o alvo: corta os pacotes bons e os maus
- Rastrear em busca da fonte da inundação (mais provavelmente uma máquina inocente que foi invadida)

8 Segurança em redes de computadores

- 8.1 O que é segurança?
- 8.2 Princípios da criptografia
- 8.3 Autenticação
- 8.4 Integridade
- 8.5 Distribuição de chaves e certificação
- 8.6 Controle de acesso: firewalls
- 8.7 Ataques e medidas de defesa
- 8.8 Segurança em muitas camadas
  - 8.8.1 e-mail seguro
  - 8.8.2 sockets seguros
  - 8.8.3 IPsec
  - 8.8.4 segurança em 802.11

8 E-mail seguro

- Alice quer enviar e-mail confidencial e-mail, m, para Bob.



Alice envia uma mensagem de e-mail, *m*

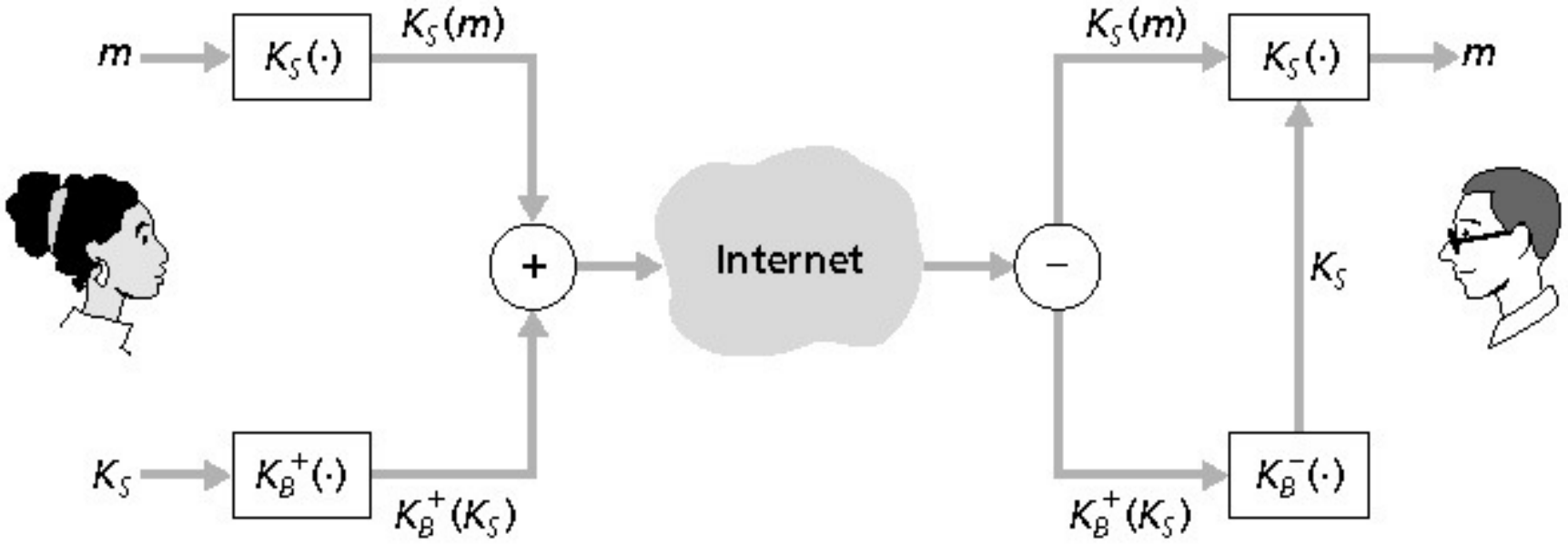
Bob recebe uma mensagem de e-mail, *m*

Alice:

- Gera uma chave privada *simétrica*, K_S
- Codifica mensagem com K_S (por eficiência)
- Também codifica K_S com a chave pública de Bob
- Envia tanto $K_S(m)$ como $K_B(K_S)$ para Bob

8 E-mail seguro

- Alice quer enviar e-mail confidencial e-mail, m, para Bob.



Alice envia uma mensagem de e-mail, *m*

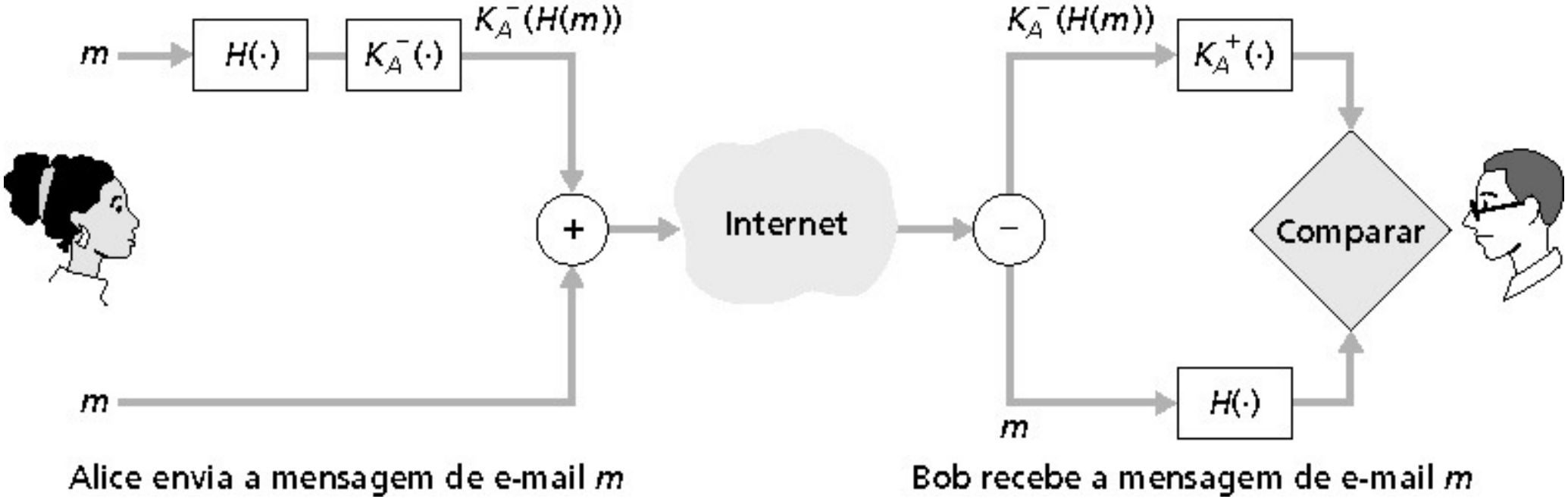
Bob recebe uma mensagem de e-mail, *m*

Bob:

- Usa sua chave privada para decodificar e recuperar K_S
- Usa K_S para decodificar $K_S(m)$ e recuperar m

8 E-mail seguro (cont.)

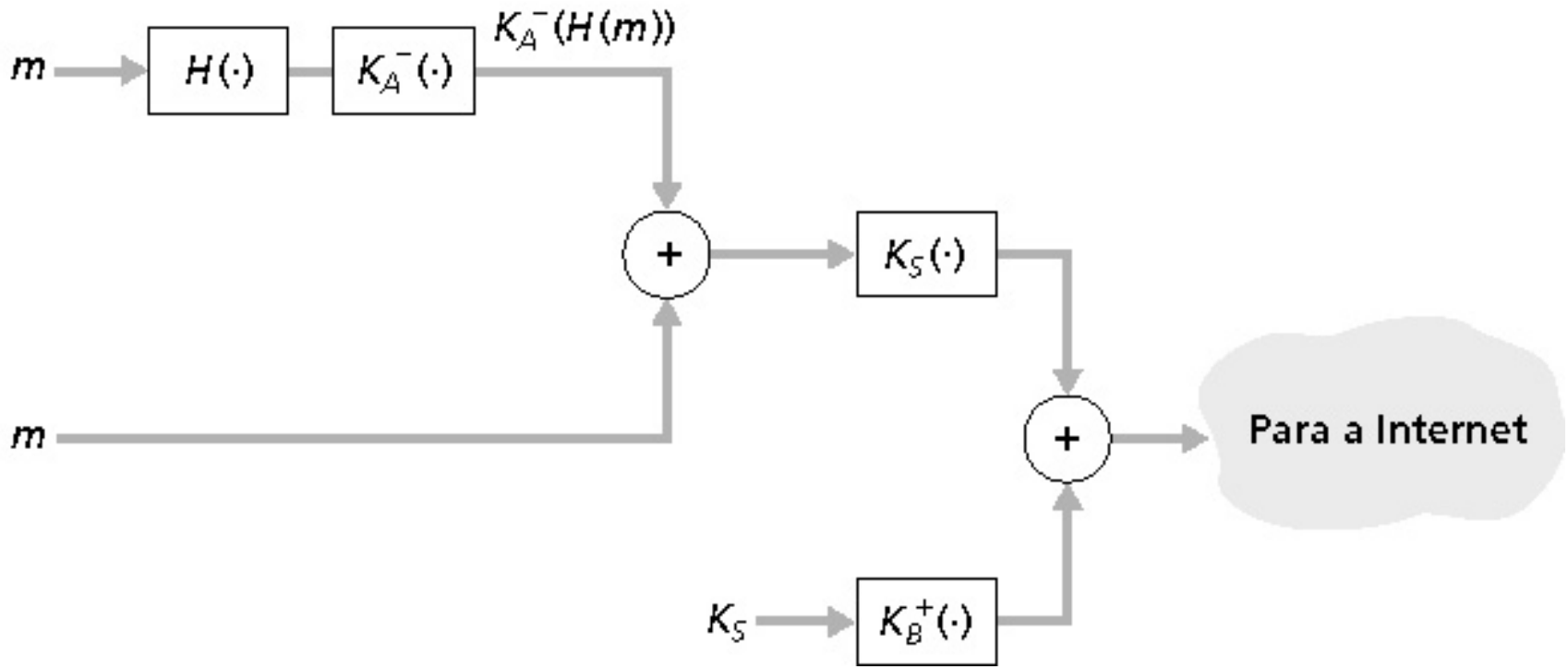
- Alice quer fornecer autenticação de emissor e integridade de mensagem.



- Alice assina digitalmente a mensagem
- Envia tanto a mensagem (aberta) quanto a assinatura digital

8 E-mail seguro (cont.)

- Alice quer fornecer confidencialidade, autenticação de emissor e integridade de mensagem



Alice usa três chaves: sua chave privada, a chave pública de Bob e uma nova chave simétrica

8 Pretty good privacy (PGP)

- Esquema de codificação de e-mail da Internet, padrão de fato
- Usa criptografia de chave simétrica, criptografia de chave pública, função de hash e assinatura digital, como descrito
- Fornece confidencialidade, autenticação do emissor, integridade
- Inventor, Phil Zimmermann, foi alvo durante 3 anos de uma investigação federal.

Uma mensagem PGP:

```
---BEGIN PGP SIGNED MESSAGE---
Hash: SHA1

Bob:My husband is out of town
   tonight.Passionately yours,
   Alice

---BEGIN PGP SIGNATURE---
Version: PGP 5.0
Charset: noconv
yhHJRHhGJGhgg/12EpJ+lo8gE4vB3mqJhFE
   vZP9t6n7G6m5Gw2
---END PGP SIGNATURE---
```

8 Camada de sockets segura (SSL)

- Segurança de camada de transporte para qualquer aplicação baseada no TCP usando serviços SSL
- Usado entre browsers Web e servidores para comércio eletrônico (shttp)

  Serviços de segurança:
  - Autenticação de servidor
  - Criptografia de dados
  - Autenticação de cliente (opcional)
- Servidor de autenticação:
  - Browser com SSL habilitado inclui chaves públicas para CA confiáveis
  - Browser pede certificado do servidor, emitido pela CA confiável
  - Browser usa chave pública da CA para extrair a chave pública do servidor do certificado
- Verifique o menu de segurança do seu browser para ver suas CAs confiáveis

8 SSL (cont.)

- Sessão SSL criptografada:
- Browser gera *chave de sessão simétrica*, criptografa essa chave com a chave pública do servidor e a envia para o servidor
- Usando a chave privada, o servidor recupera a chave de sessão
- Browser e servidor conhecem agora a chave de sessão
  - Todos os dados são enviados para o socket TCP (pelo cliente e pelo servidor) criptografados com a chave de sessão
- SSL: base do padrão transport layer security (TLS) do IETF
- SSL pode ser usado por aplicações fora da Web; ex., IMAP.
- Autenticação do cliente pode ser feita com certificados do cliente

8 IPsec: Segurança de camada de rede

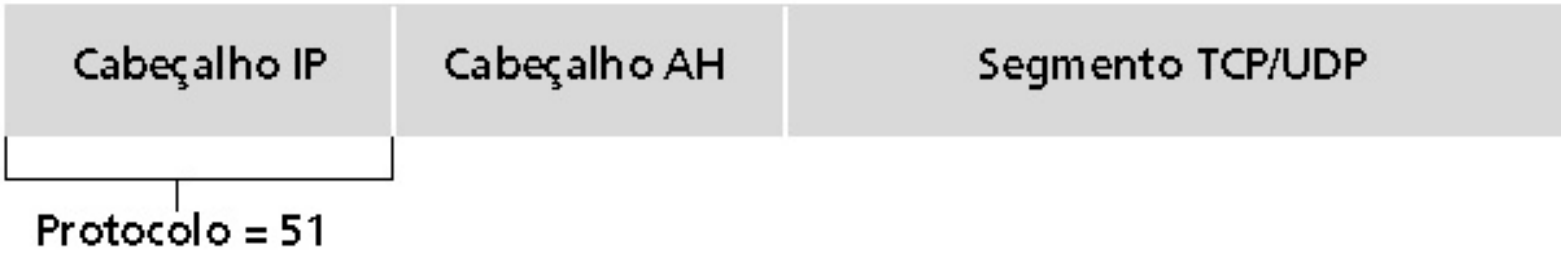
- Confidencialidade na camada de rede:
  - Hospedeiro transmissor criptografa os dados no datagrama IP
  - Segmentos TCP e UDP; mensagens ICMP e SNMP
- Autenticação na camada de rede
  - Hospedeiro de destino pode autenticar o endereço IP da origem
- Dois protocolos principais:
  - Protocolo de autenticação de cabeçalho (AH)
  - Protocolo de encapsulamento seguro dos dados (ESP)
- Tanto o AH quanto o ESP realizam uma associação da fonte e do destino:
  - Cria um canal lógico de camada de rede denominado associação de segurança (SA – Security association)
- Cada SA é unidirecional
- Unicamente determinado por:
  - Protocolo de segurança (AH ou ESP)
  - Endereço IP de origem
  - ID de conexão de 32 bits

8 Protocolo de autenticação de cabeçalho (AH)

- Oferece autenticação de fonte, integridade dos dados, mas não confidencialidade
- Cabeçalho AH é inserido entre o cabeçalho IP e o campo de dados
- Campo de protocolo 51
- Roteadores intermediários processam o pacote na forma usual

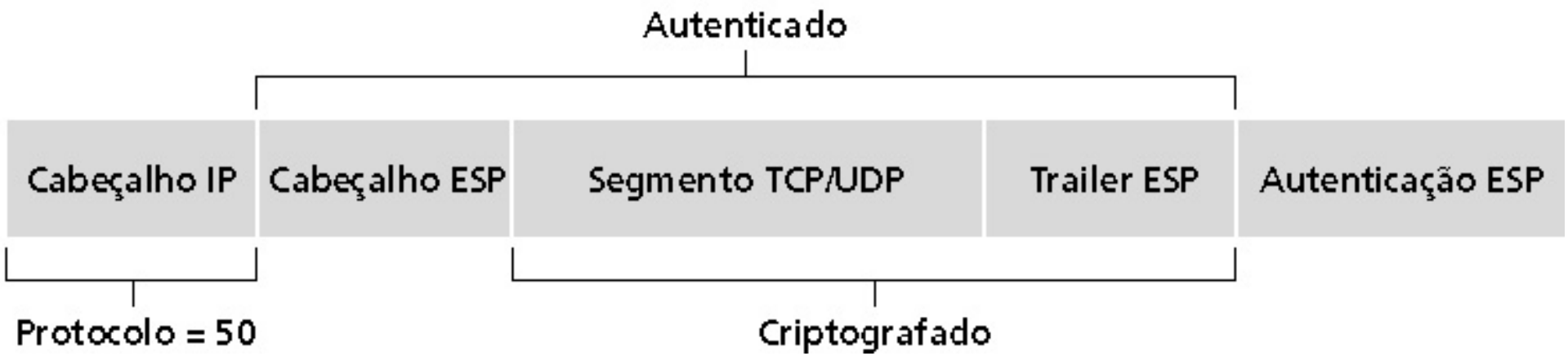
Cabeçalho AH inclui:

- Identificador de conexão
- Dados de autenticação de dados: resumo da mensagem assinado pela fonte calculado sobre o datagrama IP original.
- Campo de próximo cabeçalho: especifica tipo de dado (ex.: TCP, UDP, ICMP)



8 Protocolo ESP

- Oferece confidencialidade, autenticação de hospedeiro e integridade dos dados
- Dados e trailer ESP são criptografados
- Campo de próximo cabeçalho vai no trailer ESP
- Campo de autenticação do ESP é similar ao campo de autenticação do AH
- Protocolo = 50



8 Segurança IEEE 802.11

- *Guerra:* uma pesquisa na área da Baía de San Francisco procurou encontrar redes 802.11 acessíveis
  - Mais de 9.000 acessíveis a partir de áreas públicas
  - 85% não usam criptografia nem autenticação
  - Packet-sniffing e vários outros ataques são fáceis!
- Tornando 802.11 seguro
  - Criptografia, autenticação
  - Primeira tentativa no padrão 802.11: Wired Equivalent Privacy (WEP): um fracasso
  - Tentativa atual: 802.11i

8 Wired Equivalent Privacy (WEP):

- Autenticação como no protocolo *ap4.0*
  - Hospedeiro solicita autenticação do ponto de acesso
  - Ponto de acesso envia um nonce de 128 bits
  - Hospedeiro criptografa o nonce usando uma chave simétrica compartilhada
  - Ponto de acesso decodifica o nonce, autentica o hospedeiro
- Faltam mecanismos de distribuição de chaves
- Autenticação: conhecer a chave compartilhada é o bastante

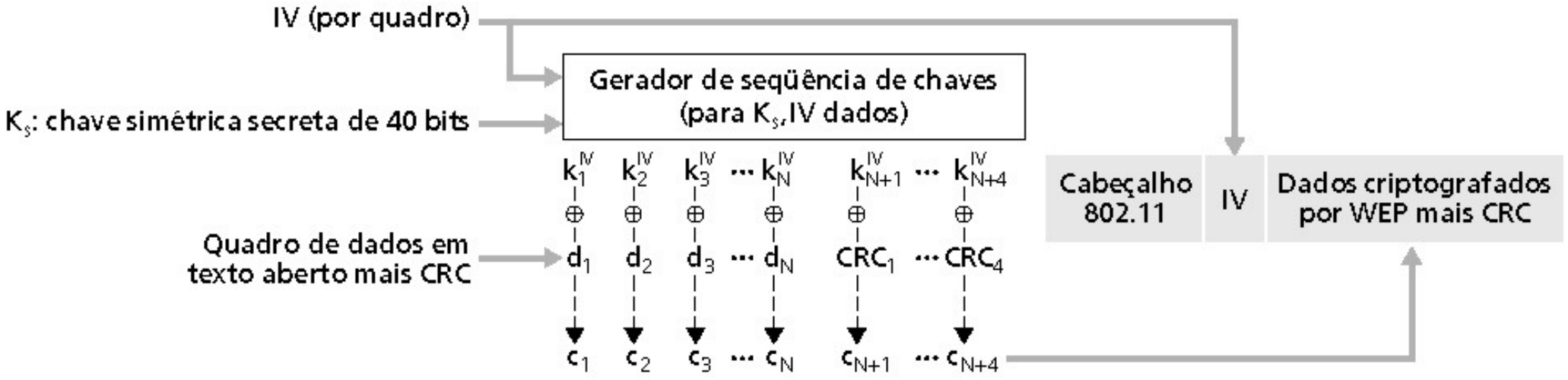
8 Criptografia de dados no WEP

- Hospedeiro e AP compartilham uma chave simétrica de 40 bits (semipermanente)
- Hospedeiro acrescenta vetor de inicialização de 24 bits (IV) para criar uma chave de 64 bits
- A chave de 64 bits é usada para gerar uma seqüência de chaves, k_i^{IV}
- k_i^{IV} é usada para criptografar o I-ésimo byte, d_i, no quadro:

$$c_i = d_i \text{ XOR } k_i^{IV}$$

- IV e bytes criptografados, c_i , são enviados no quadro

8 Criptografia 802.11 WEP



8 Quebrando a criptografia WEP 802.11

Furo de segurança:

- 24 bits IV, um IV por quadro, -> IV's são reusados eventualmente
- IV é transmitido aberto -> reuso do IV é detectado

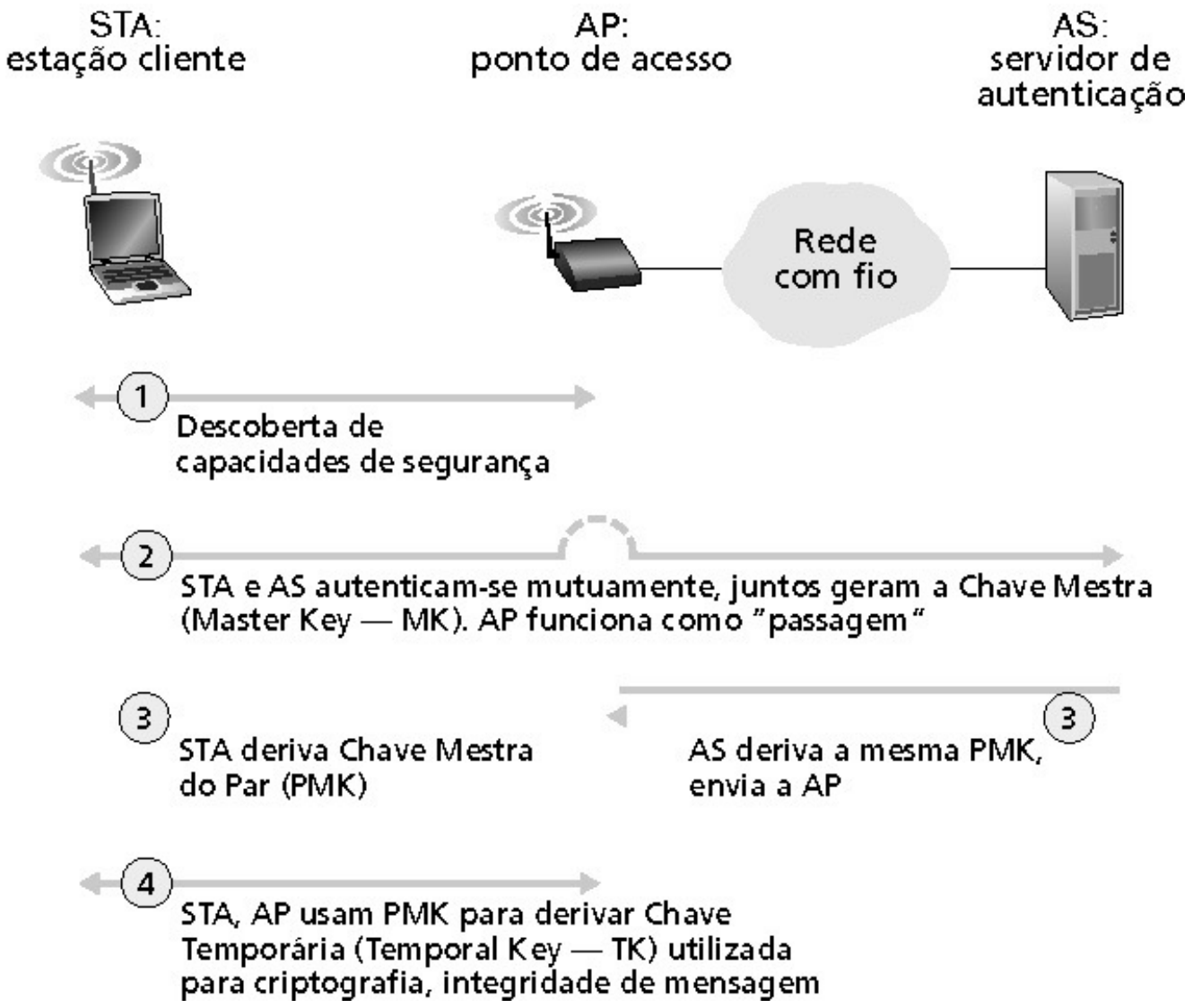
Ataque:

- Trudy provoca Alice para criptografar um texto conhecido d_1 d_2 d_3 d_4 …
- Trudy vê: $c_i = d_i$ XOR k_i^{IV}
- Trudy conhece c_i d_i, logo pode calcular k_i^{IV}
- Trudy sabe a seqüência de chaves criptográfica k_1^{IV} k_2^{IV} k_3^{IV} …
- Próxima vez que IV for usado, Trudy pode decodificar!

8 802.11i: segurança melhorada

- Numerosas (e mais fortes) forma de criptografia são possíveis
- Oferece distribuição de chave
- Usa autenticação de servidor separada do ponto de acesso

8 802.11i: quatro fases de operação



8 EAP: protocolo de autenticação extensível

- EAP: protocolo fim-a-fim entre o cliente (móvel) e o servidor de autenticação
- EAP envia sobre "enlaces" separados
  - Móvel para AP (EAP sobre LAN)
  - AP para servidor de autenticação (RADIUS sobre UDP)

EAP TLS	
EAP	
EAP por LAN (EAPoL)	RADIUS
IEEE 802.11	UDP/IP

8 Resumo

Técnicas básicas……

- Criptografia (simétrica e pública)
- Autenticação
- Integridade de mensagens
- Distribuição de chaves

…. usadas em muitos cenários diferentes de segurança

- E-mail seguro
- Transporte seguro (SSL)
- IP sec
- 802.11