Canais de Comunicação Segura

November 17, 2009

Sumário

Sumário

Canais de Comunicação Seguros

- Muitos problemas de segurança em redes podem ser mitigados usando canais de comunicação seguros, os quais podem garantir:

  Autenticidade i.e. que as mensagens foram enviadas pelo remetente nelas indicado

  Integridade i.e. que as mensagens não são forjadas, ou mesmo modificadas em trânsito;

  Confidencialidade i.e. que o conteúdo das mensagens não pode ser observado em trânsito;
- Normalmente, integridade ou confidencialidade não fazem sentido sem autenticidade.
  - E autenticidade não faz muito sentido sem integridade.

Autenticação

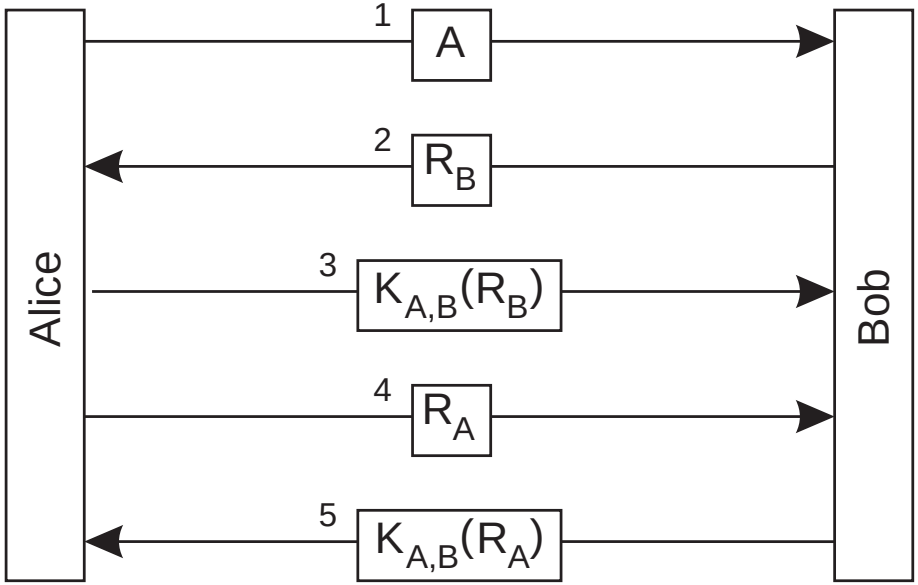
- Normalmente, durante a fase de estabelecimento do canal seguro, as duas entidades autenticam-se mutuamente.
  - Em alguns casos, como na Web, só uma das partes se autentica.
- Frequentemente, a fase de autenticação inclui também o estabelecimento duma **chave de sessão** que é usada para garantir integridade ou confidencialidade.
- *Passwords* não são apropriadas para autenticação no estabelecimento de canais seguros.
  - Normalmente usam-se protocolos de autenticação do tipo *challenge/response*.

Sumário

Prot. de Autenticação com Chave Partilhada

Pressuposto As entidades (Alice/A e Bob/B) nas duas extremidades partilham uma chave secreta ($K_{A,B}$)

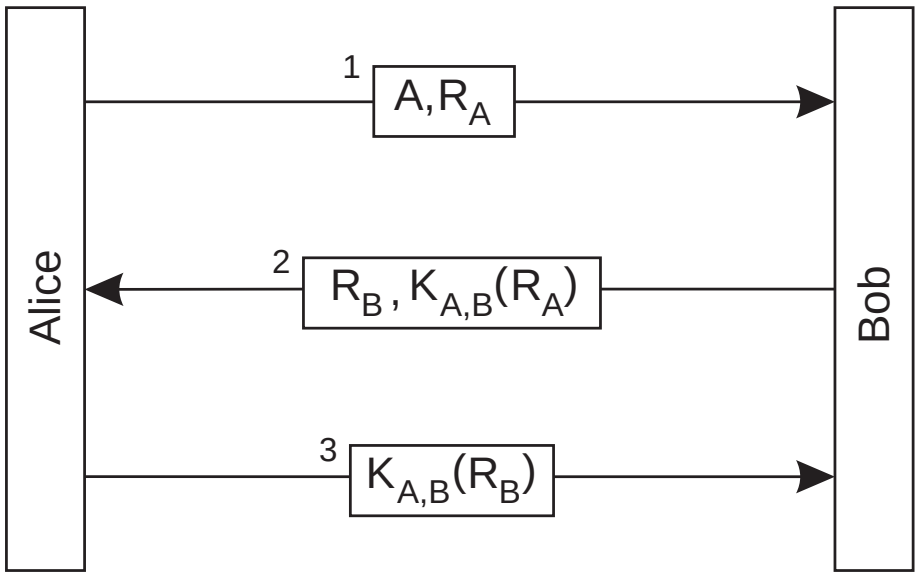
- Como se obtém a chave secreta, será descrito mais à frente.



- As mensagens 2 e 3 autenticam A perante B;
- As mensagens 4 e 5 autenticam B perante A.

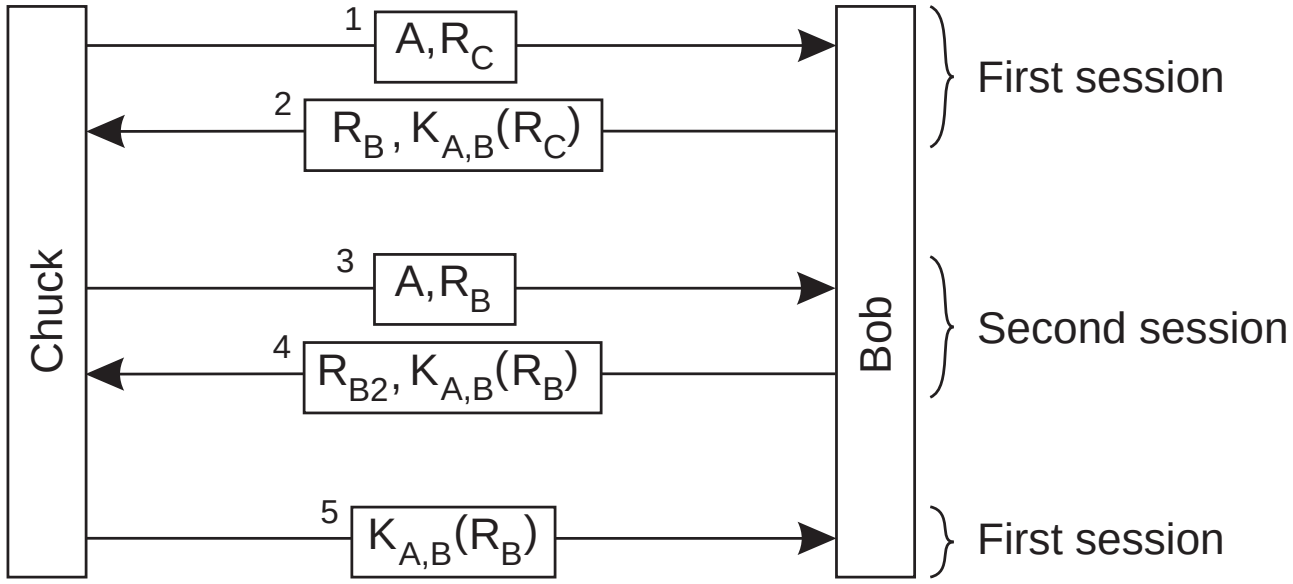
Prot. de Autenticação com Chave Partilhada

- Uma *versão optimizada* deste protocolo é:



- Mas é vulnerável a *ataques por reflexão (reflection attack)*.

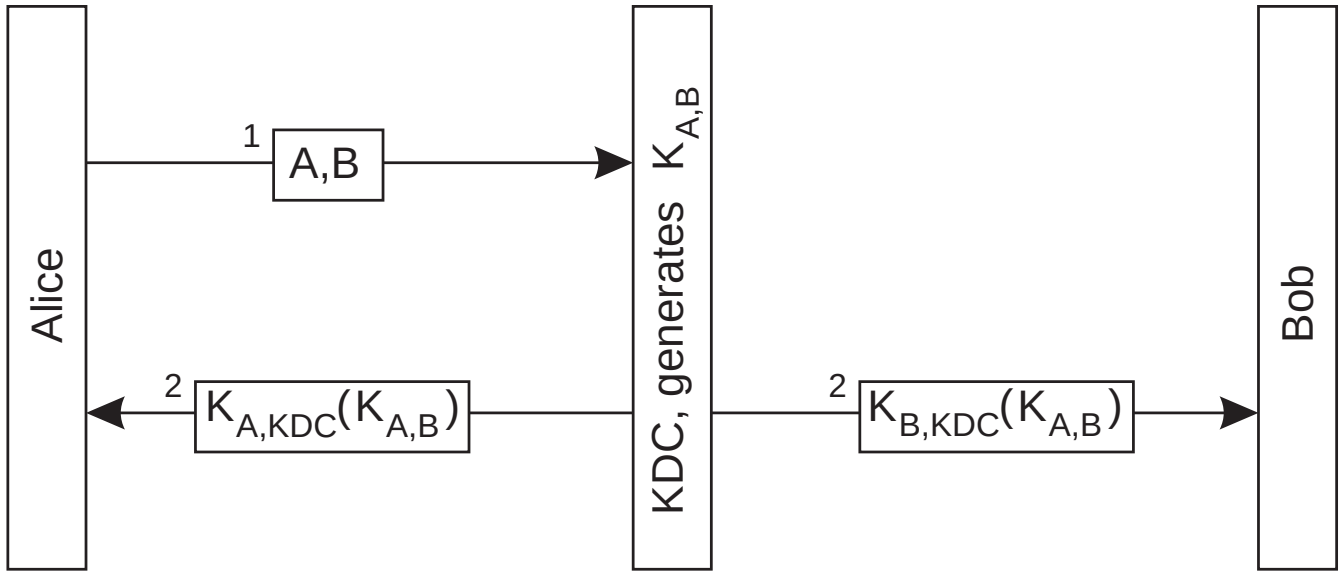
Ataque por Reflexão



- O problema é que as 2 entidades usam o mesmo desafio em execuções diferentes.
- Uma maneira de corrigir o protocolo é impôr que as duas partes usem sempre desafios diferentes, p.ex. um par outro ímpar:
  - Contudo o protocolo resultante é vulnerável a ataques do tipo *man-in-the-middle*.

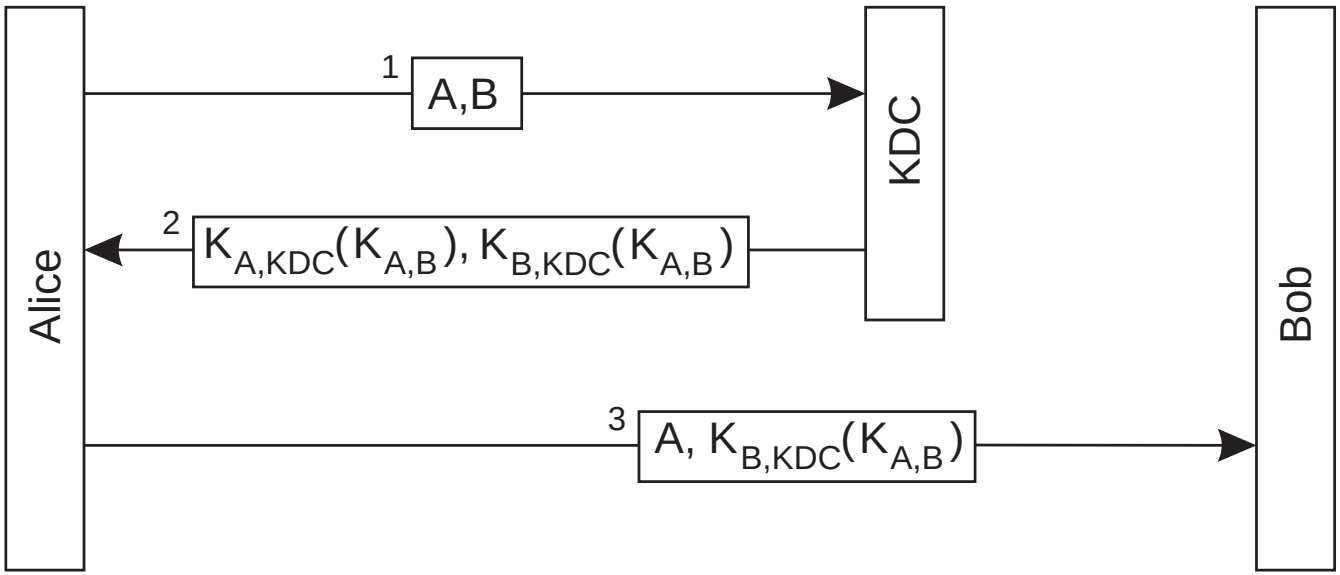
Autenticação Mediada (c/ KDC) (1/2)

- A autenticação com chave partilhada é pouco escalável:
  - Cada par de entidades tem que partilhar uma chave.
- Uma solução é usar uma entidade mediadora (*Key Distribution Center (KDC)*), na qual todas as entidades **confiam**.
  - O KDC partilha uma chave com cada uma das entidades.
  - O KDC gera chaves partilhadas que são usadas para a comunicação entre 2 entidades.



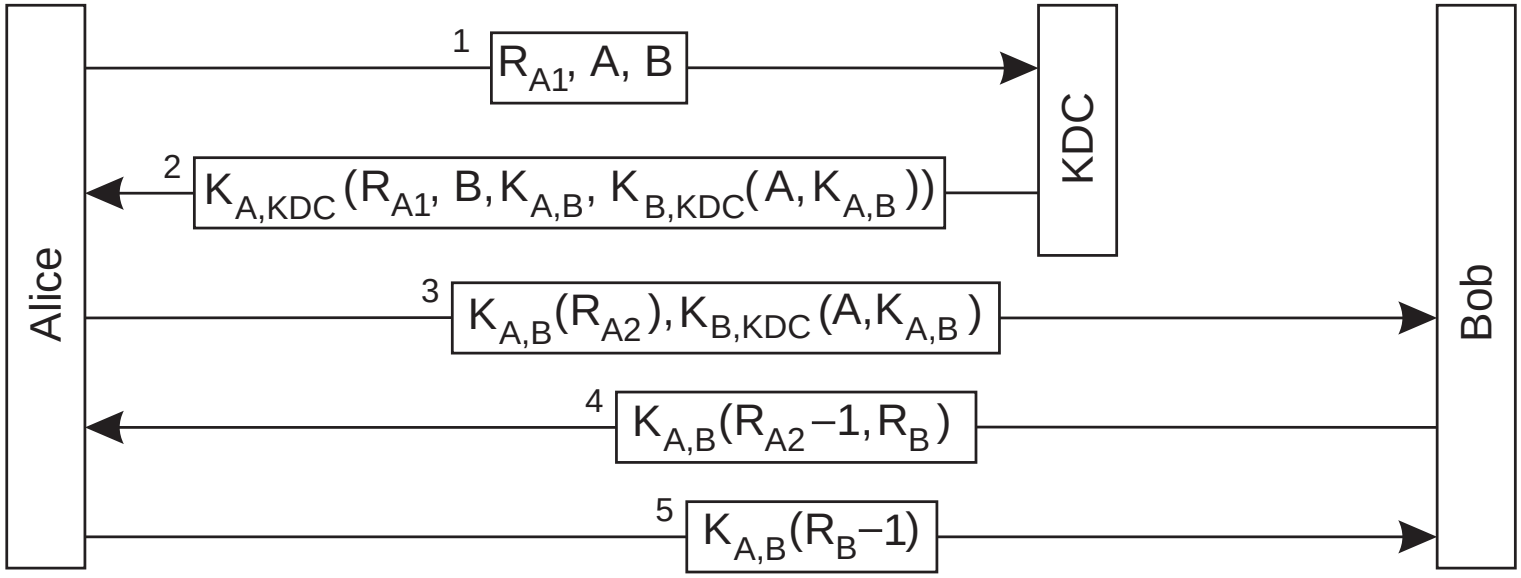
Autenticação Mediada (c/ KDC) (2/2)

- E se A enviar uma mensagem para B, e esta chegar antes daquela do KDC?



- Este protocolo é incompleto:
  - A e B têm que provar mutuamente que conhecem $K_{A,B}$

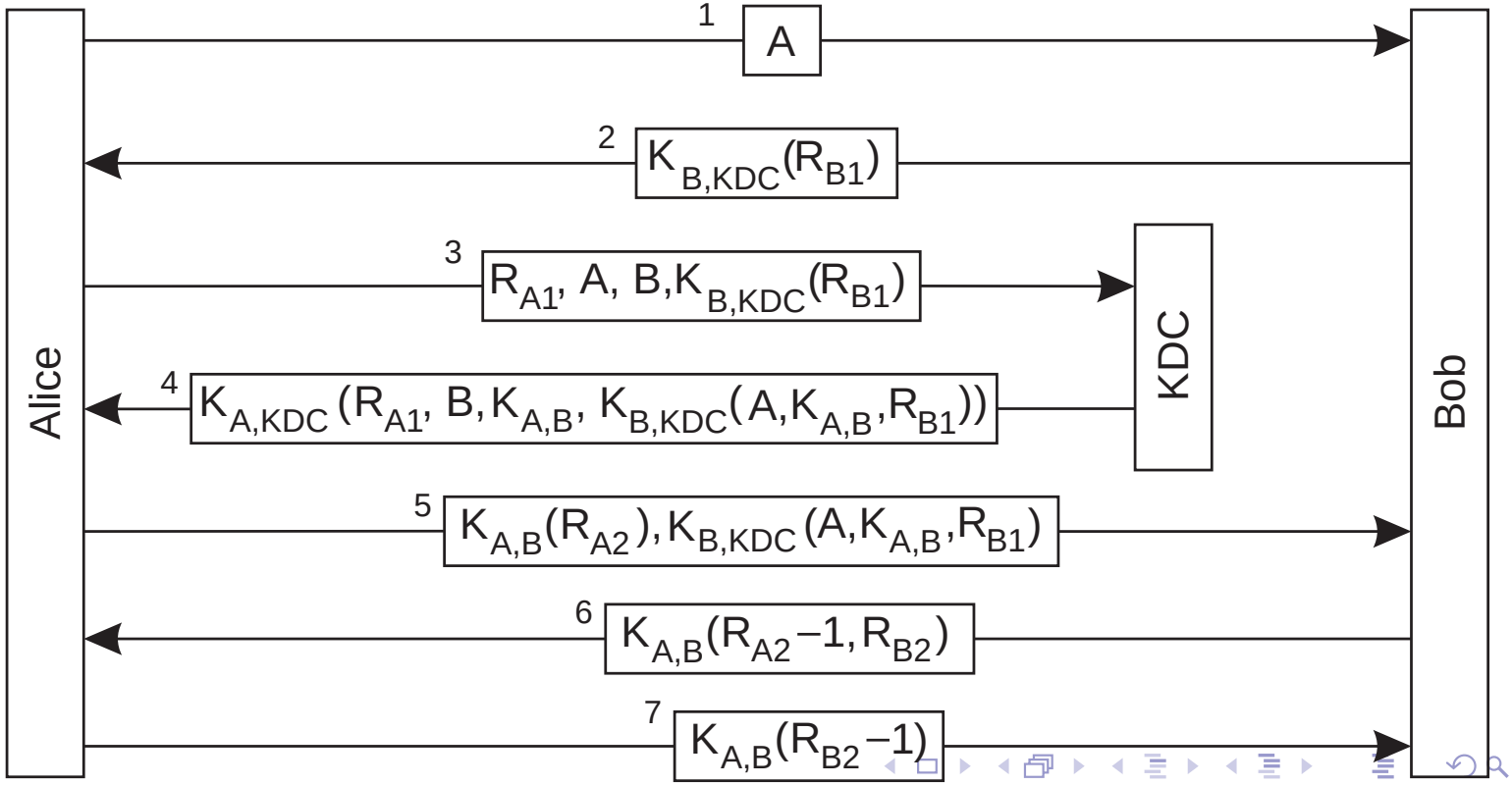
Protocolo de Needham-Schroeder (1/2)



- O *nonce* (R_{A1}) é usado por A, para garantir que comunica com o KDC (evita *replay attacks*).
- O KDC inclui B na resposta para impedir que C substitua B por C, na mensagem 1, e consequentemente ...
- O par de mensagens 3, 4 permite que A autentique B
- O par de mensagens 4, 5 permite que B autentique A
- $K_{B,KDC}(A, K_{A,B})$ na mensagem 2 designa-se por *ticket to Bob*

Protocolo de Needham-Schroeder (2/2)

- Em 1981, Denning e Sacco descobriram uma vulnerabilidade, no caso de C descobrir a chave de A ($K_{A,KDC}$), mesmo que esta tivesse sido substituída por A:
  - C poderia assumir a identidade de A, na comunicação com B.
- Em 1987, Needham e Schroeder publicaram uma versão do protocolo original resolvendo o problema.



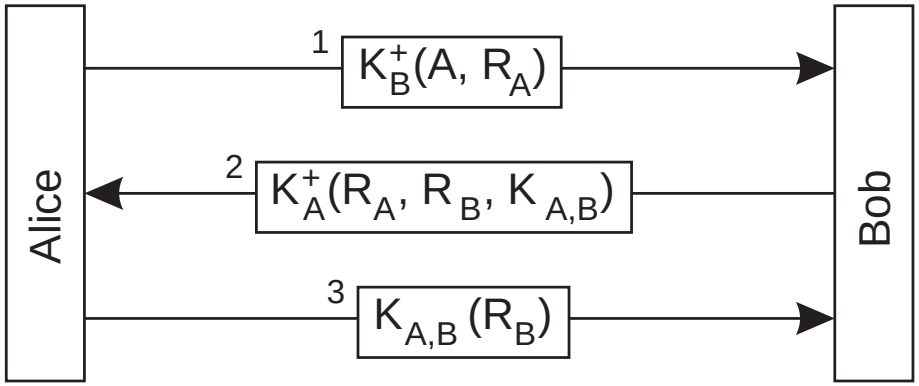
Sumário

Autenticação com Chave Públicas

Pressupostos

1. As entidades (Alice/A and Bob/B) conhecem as chaves públicas uma da outra.
   - Como se pode obter a chave pública duma entidade, será descrito mais à frente.
2. As chaves privadas de cada uma das entidades é de **seu conhecimento exclusivo.**

Protocolo Básico



- Além de autenticação, este protocolo estabelece uma **chave de sessão**.

Sumário

Integridade/Confidencialidade de Dados

- Para garantir integridade/confidencialidade dos dados transferidos após a fase de autenticação, A e B poderão usar criptografia:
  - Criptografia reversível, quer para confidencialidade quer para integridade;
  - Criptografia não-reversível, para integridade.
- Cifragem usada para garantir confidencialidade nem sempre é suficiente para garantir integridade.
  - A menos que os dados cifrados tenham um conteúdo bem definido e a sua alteração possa ser facilmente detectada (p.ex. documento).

Chave de Sessão

- Para garantir confidencialidade é conveniente usar uma chave secreta por conversação (**session key**) diferente das chaves usadas durante a autenticação:
  - Operações com chaves públicas são menos eficiente que operações com chaves partilhadas.
  - As chaves *desgastam-se* com o uso – quebrar uma chave é tanto mais fácil quanto mais informação cifrada se tiver.
  - O uso da mesma chave em múltiplas sessões, facilita *replay attacks*.
  - A descoberta de uma única chave não porá em risco mais do que uma sessão (mesmo que gravadas).
  - Se o programa usado para cifrar/decifrar fôr de menor confiança, não se põe em risco as chaves de autenticação.

Chave de Sessão para Chave Partilhada

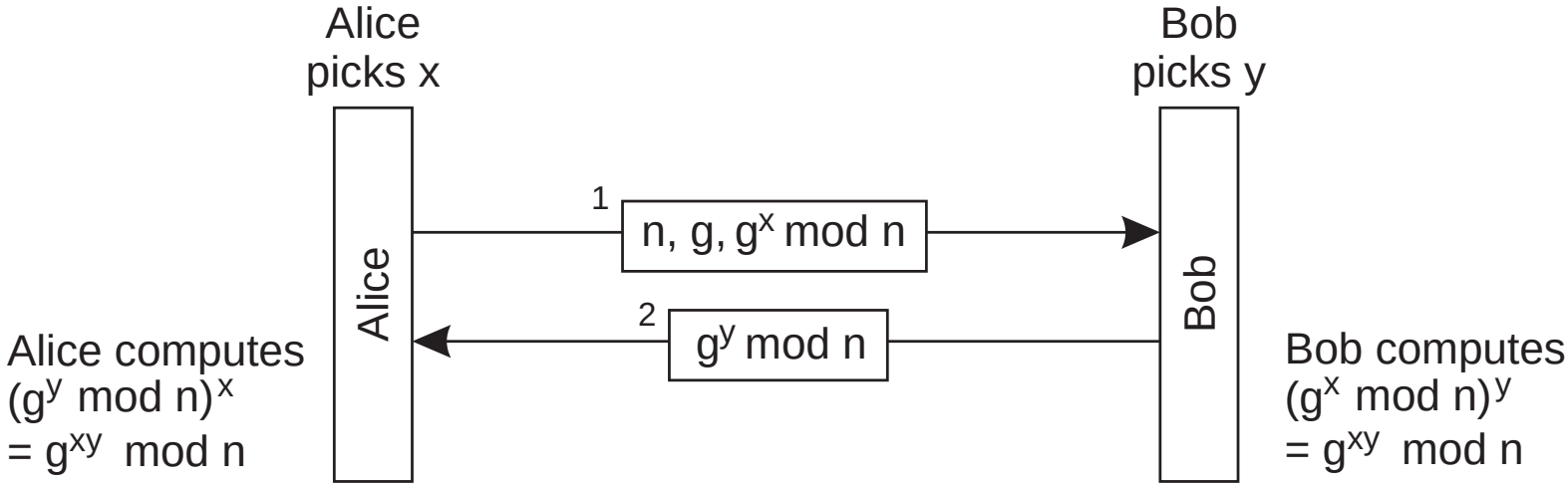
- Normalmente a chave de sessão pode ser obtida a partir da chave partilhada $K_{A,B}$ e dos *nonces* usados na fase de autenticação.
- Características duma chave de sessão:
  - Deverá ser diferente em cada sessão.
  - Impossível de advinhar, mesmo que se escute a comunicação.
  - **Não** deve ser uma quantidade X cifrada por $K_{A,B}$, sendo X um valor que previsível – p.ex. $R + 1$.
    - Uma chave possível é: R cifrado pela chave $K_{A,B} + 1$

Chave de Sessão para Chave Pública

- Um dos participantes, *A* p.ex., escolhe um número aleatório e passa-o a B cifrado com a chave pública deste último.
  - Um atacante, *C*, pode substituir a chave escolhida por *A*, por outra, cifrada com a chave pública de *B*.
- Esta vulnerabilidade pode ser corrigida cifrando o valor acima com a chave privada de *A*.
  - Problema: se *C* registar a conversa entre *A* e *B* e posteriormente se *apossar* da chave de *B* e dos seus segredos, será capaz de decifrar a conversa.
  - Apossar-se da chave de *A* não serve: *C* precisa da chave privada de *B* para obter a chave de sessão.
- *A* escolhe um número aleatório R_A, e envia-o para *B*, cifrado com a chave pública de *B*. *B* faz o mesmo. A chave de sessão pode ser p.ex. $R_A R_B$
  - Para descobrir a chave de sessão, *C* terá que se apossar quer de *A* quer de *B*.

Protocolo de Acordo de Chave de Diffie-Hellman

- *n* e *g* são 2 grandes números, sujeitos a certas propriedades matemáticas:
  - Têm que ser acordados *a priori*, e podem ser públicos.
- Cada um dos lados escolhe um número privado muito grande, *x* e *y* respectivamente, e executa o protocolo:



- A chave de sessão pode ser $g^{xy} \, mod \, n$
  - Só *A* e *B* podem calcular este valor.
  - Se *A* e *B* se esquecerem de *x* e de *y*, mesmo que *C* se aposse de *A* e de *B* não conseguirá decifrar a comunicação (*Perfect Forward Secrecy*).

Chave de Sessão para Aut. Unidireccional

- Na Web, usa-se normalmente autenticação *unidireccional* com chave pública:
  - Os servidores autenticam-se usando chave pública.
  - Os clientes não
    - A administração de chaves públicas à escala da Internet não é fácil.
- Neste caso, a chave de sessão pode ser obtida:
  1. *A* pode escolher a chave de sessão e enviá-la a *B* cifrada na sua chave pública.
  2. *A* e *B* podem executar Diffie-Hellman, mas só *B* se autentica.
- Em qualquer caso:
  - *B* **não** tem garantia de estar a comunicar com *A*
  - Mas, *B* tem garantia de que comunica com uma **única** entidade.

Sumário

Camada de Implementação de Canais Seguros

- Teoricamente um canal seguro pode ser implementado em qualquer camada:

  Ligação de dados - p.ex. Wired Equivalent Privacy;
  - Protege apenas a comunicação num segmento.

  Rede - p.ex. IPSec
  - Normalmente, implementado ao nível do *kernel* do SO;
  - Normalmente, só usa endereços IP para identificação – e autenticação.

  Transporte - p.ex. SSL/TLS
  - Requer modificação das aplicações – (*sockets*);
  - Vulnerável a ataques (*denial of service*) usando mensagens TCP forjadas.

  Aplicação - p.ex. `ssh`, SMIME, PGP
  - Protege os *objectos* da aplicação, p.ex. *mensagens de email* armazenadas em servidores.

Sumário

Distribuição de Chaves

Problema Como é que se obtém as chaves necessárias para realizar a autenticação?

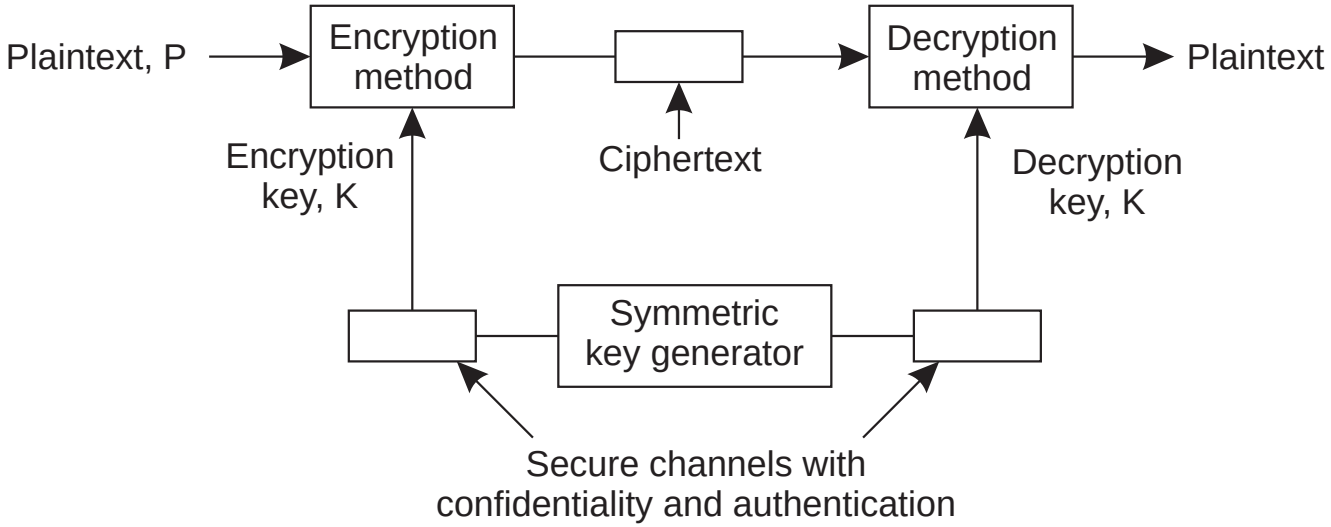
- Os protocolos apresentados pressupõem que cada entidade conhece uma chave relacionada com a outra entidade:

  Chave partilhada no caso de sistemas de chave secreta;

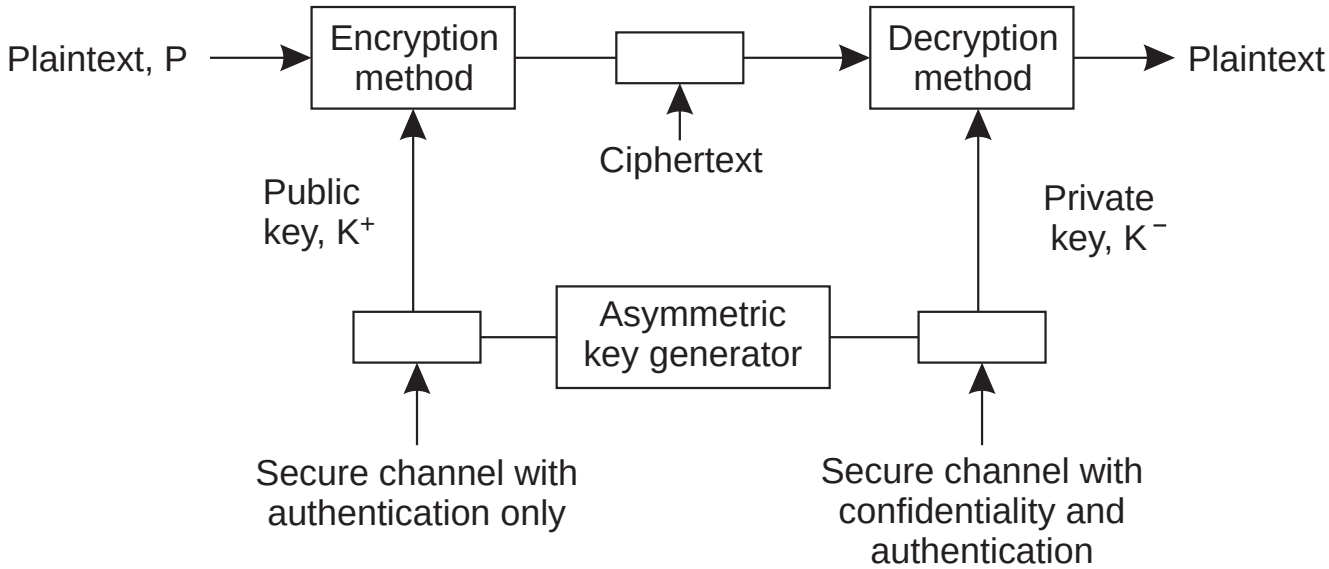
  Chave pública no caso de sistemas de chave pública.

Solução Depende uma vez mais se a chave a distribuir é uma chave secreta ou pública.

Distribuição de Chaves: Solução



(a)



(b)

Certificados de Chave Pública (1/3)

- O problema com chaves secretas é garantir que são secretas.
- O problema com chaves públicas é garantir a sua associação a uma entidade – na verdade, o máximo que se consegue é garantir a sua associação à chave privada dessa entidade.
  - Se C convencer A de que a chave pública de B é a chave pública de uma chave privada do seu (de C) conhecimento, então C poderá fazer passar-se por B.
- A solução adoptada são os ***certificados de chave pública*** *(public-key ceritificates)* os quais contêm:
  1. O nome da entidade.
  2. A chave pública correspondente à sua chave privada.
  3. A assinatura do conjunto por uma autoridade de certificação (*Certification Authority (CA)*).
  4. A identidade da CA.

Certificados de Chave Pública (2/3)

- O pressuposto é que a chave pública das CAs são bem conhecidas
  - P.ex., muitos navegadores (*browsers)* da Web, incluem as chaves públicas de muitas CAs.
- Ao aceitar um certificado, o cliente **confia** que não é forjado.
  - Mas mesmo CAs como a Verisign e empresas como a Microsoft são por vezes *levadas*
- Na Web, o modelo de confiança associado aos certificados é hierárquico, mas há outros modelos
  - PGP baseia-se num modelo de confiança em cadeia, não hierárquico, e subjectivo.

Certificados de Chave Pública (3/3)

- Um certificado inclui o prazo de validade, após o qual o certificado expira:
  - Os navegadores tipicamente avisam quando o certificado dum servidor visitado expirou.

Problema E se o certificado fôr *comprometido* antes de expirar?

Solução Revogar os certificados.

- As CAs publicam periodicamente listas de certificados revogados (*Certificate Revocation List (CRL)*.
- Qual deve ser o período de publicação duma CRL?
- Alguns *browsers* permitem o uso de protocolos para verificar certificados, e.g. o *Online Certificate Status Protocol (OCSL)* (RFC 2560)

Sumário

Leitura Adicional

- Capítulo 9 de Tanenbaum e van Steen, *Distributed Systems, 2nd Ed.*
  - Secção 9.2: *Secure Channels*
  - Subsecção 9.4.1: *Key Management*