Tecnología Digital IV: Redes de Computadoras

Clase 23: Seguridad en Redes de Computadoras - Parte 2

Lucio Santi & Emmanuel Iarussi

Licenciatura en Tecnología Digital
Universidad Torcuato Di Tella

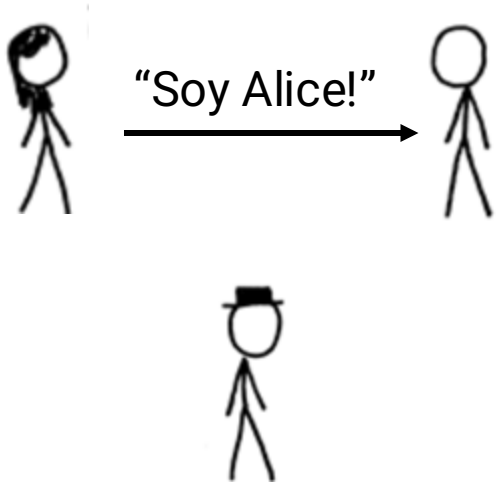
12 de junio de 2025

Autenticación

Autenticación

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

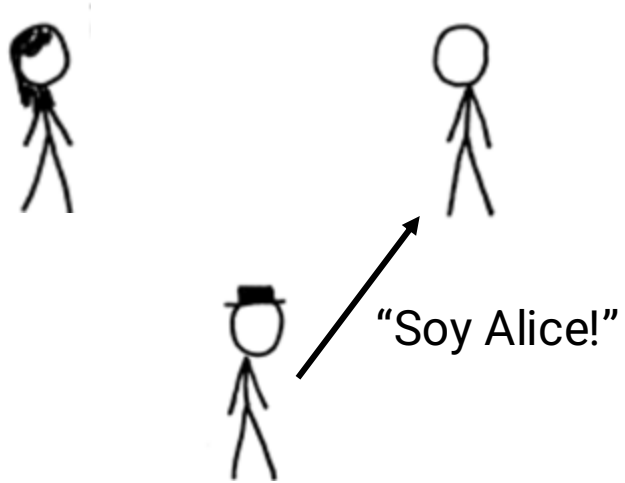
Protocolo ap1.0: Alice dice “Soy Alice!”



Autenticación

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

Protocolo ap1.0: Alice dice “Soy Alice!”



En la red, Bob **no tiene forma** de ver a Alice: Trudy podría declarar que es Alice sin que Bob se dé cuenta

Autenticación: segundo intento

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

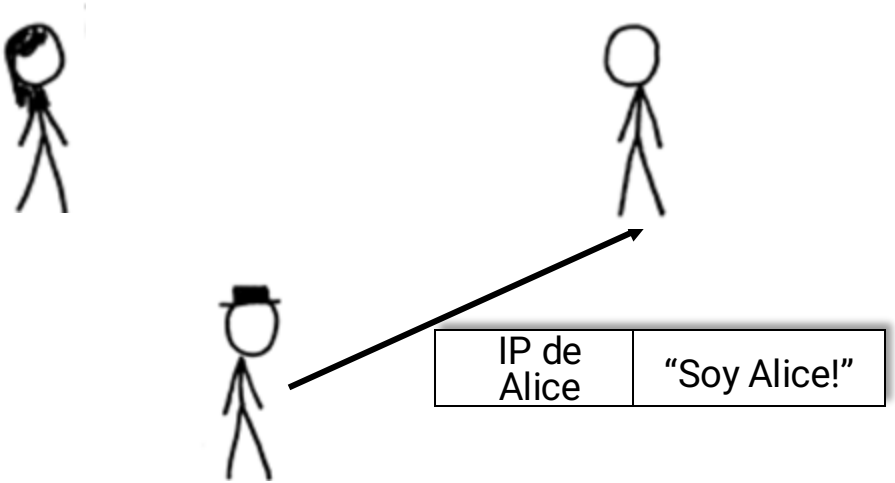
Protocolo ap2.0: Alice dice “Soy Alice!” en un datagrama IP con su propia dirección

Autenticación: segundo intento

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

Protocolo ap2.0: Alice dice “Soy Alice!” en un datagrama IP con su propia dirección

Trudy podría generar un datagrama artificial *spoofeando* la dirección IP de Alice



Autenticación: tercer intento

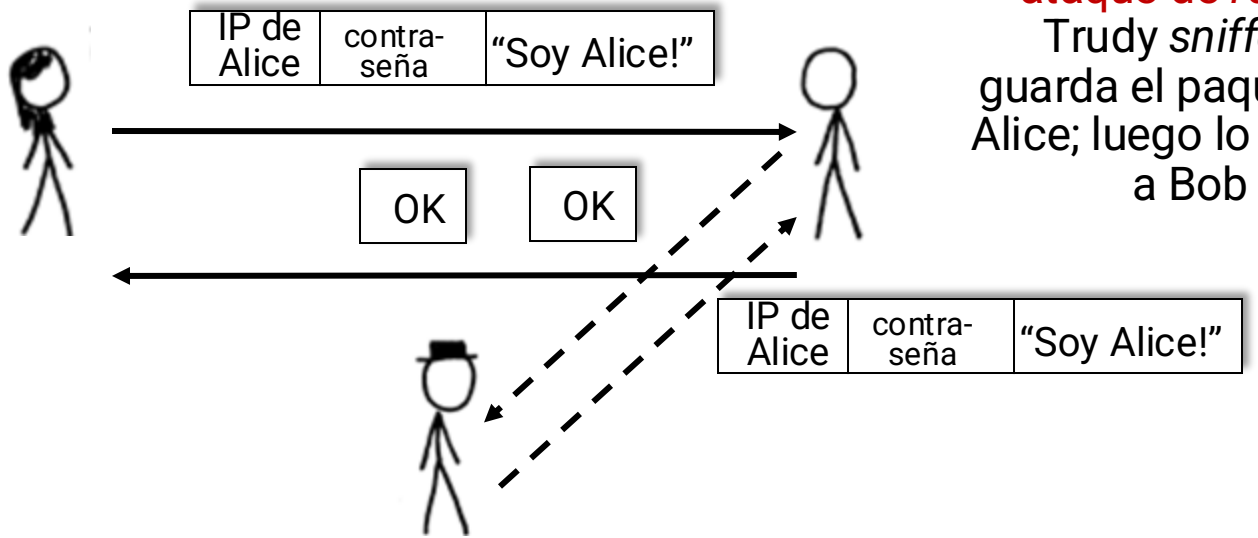
Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

Protocolo ap3.0: Alice dice “Soy Alice!” y envía su contraseña para probar que es ella

Autenticación: tercer intento

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

Protocolo ap3.0: Alice dice “Soy Alice!” y envía su contraseña para probar que es ella



ataque de *replay*: Trudy *sniffea* y guarda el paquete de Alice; luego lo reenvía a Bob

Autenticación: tercer intento mejorado

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

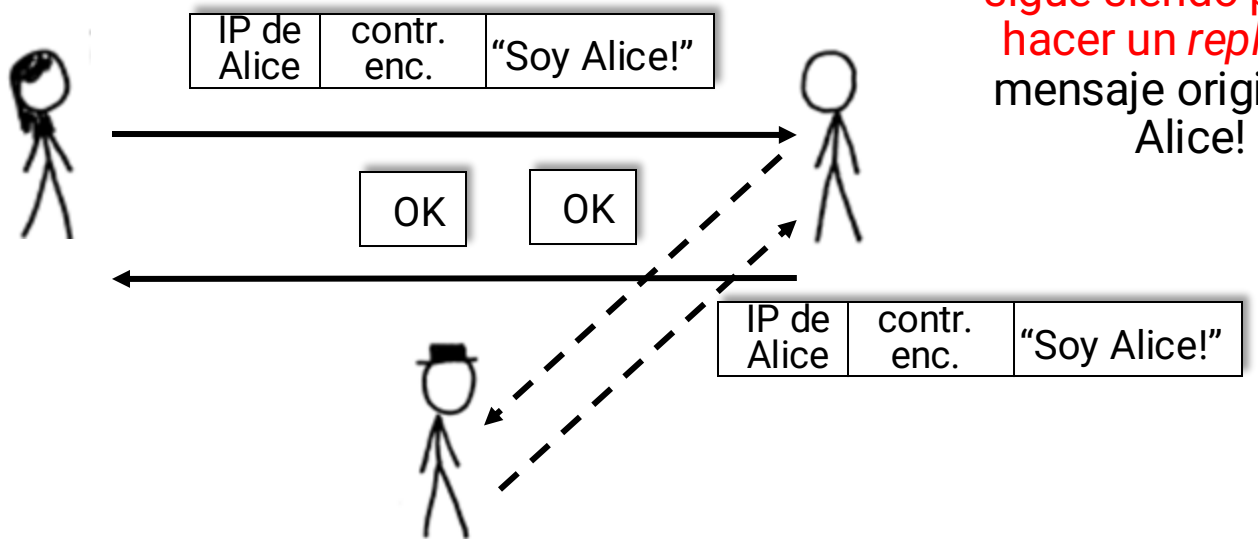
Protocolo ap3.1: Alice dice “Soy Alice!” y envía su contraseña **encriptada** para probar que es ella

Autenticación: tercer intento mejorado

Objetivo: Alice quiere demostrar su identidad ante Bob

Protocolo ap3.1: Alice dice “Soy Alice!” y envía su contraseña **encriptada** para probar que es ella

Un atacante podría tomar la información cifrada y, sin necesidad de descifrarla, podría continuar enviando un pedido particular al proveedor, de este modo, ***ordenando productos una y otra vez bajo el mismo nombre e información de compra.***



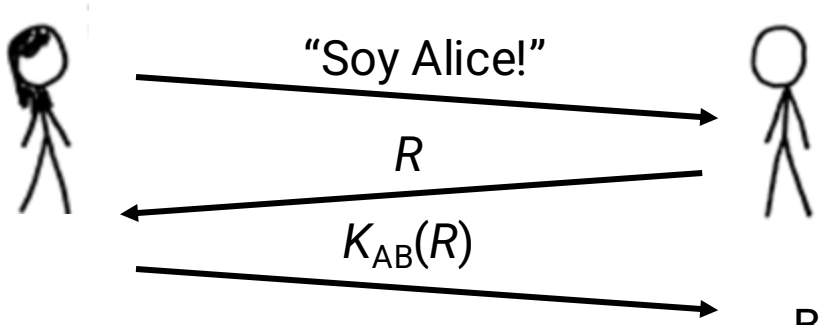
sigue siendo posible hacer un *replay* del mensaje original de Alice!

Autenticación: cuarto intento

Objetivo: evitar ataques de *replay*

Protocolo ap4.0: Bob envía a Alice un *nonce R*; Alice debe devolver *R* cifrado con una clave compartida

nonce: valor numérico utilizado una **única vez** (*R*)

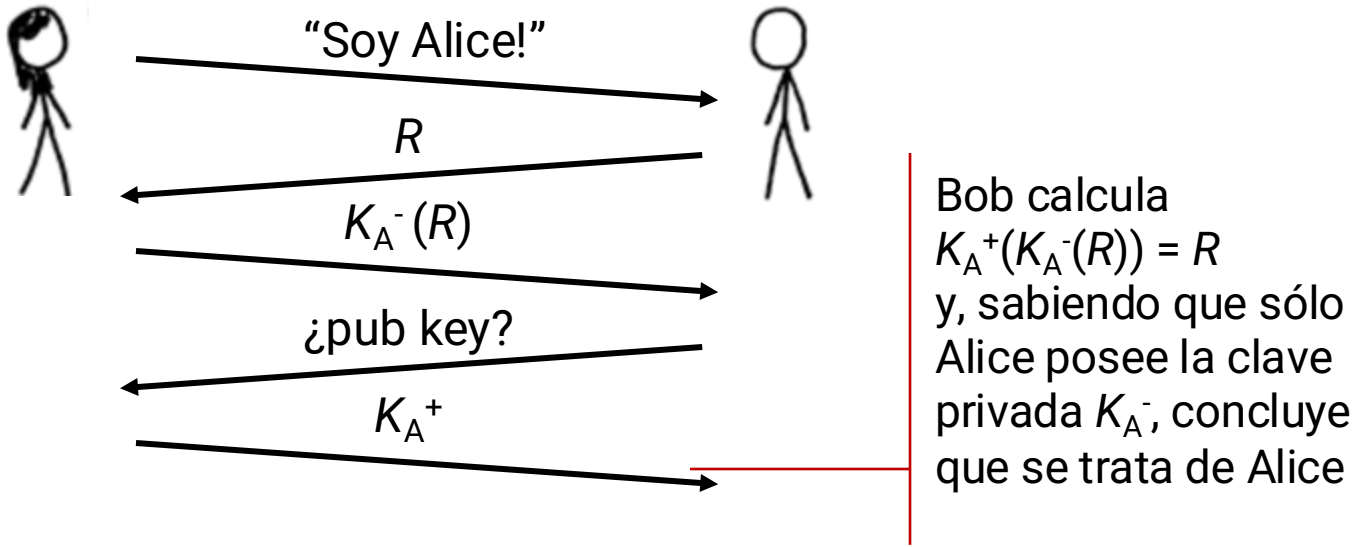


Bob sabe que Alice está activa y que del otro lado está ella (sólo comparte la clave con ella)

Autenticación: cuarto intento mejorado

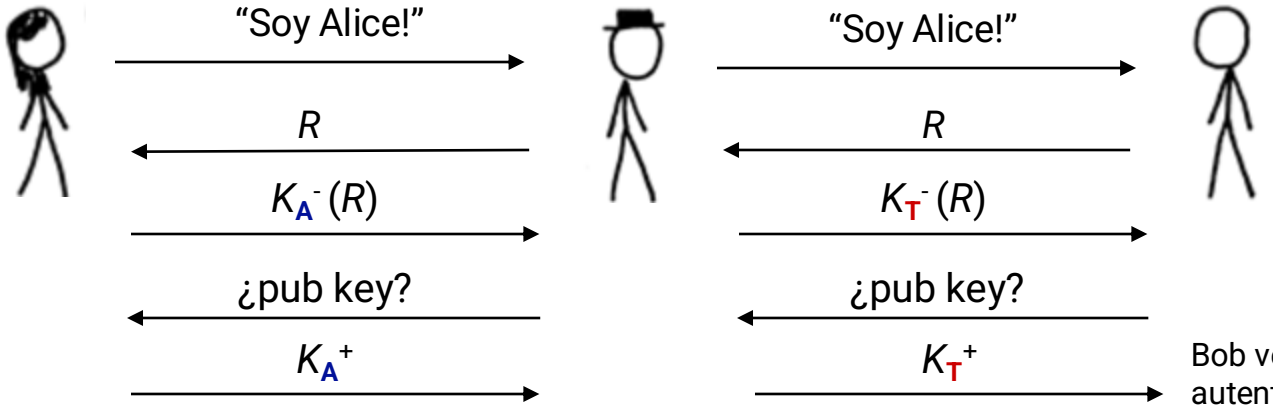
El protocolo anterior emplea una clave compartida
¿Podemos lograr autenticación utilizando criptografía de clave pública?

ap5.0: uso de *nonces* y claves públicas



Autenticación: fallas en ap5.0

Ataque *man-in-the-middle*: Trudy se hace pasar por Alice hacia Bob y viceversa



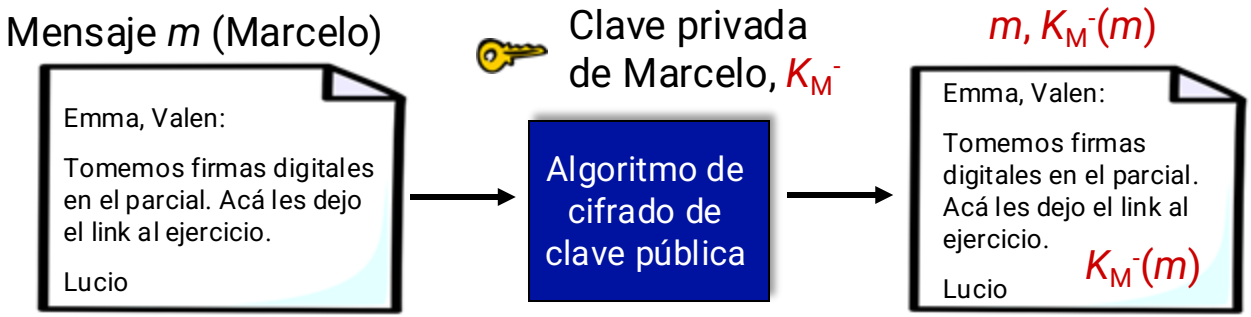
¿Qué salió mal?

Integridad

Firmas digitales

Mecanismo criptográfico análogo a las firmas de puño y letra

- El emisor firma digitalmente un documento de su autoría
- Verificable y no falsificable: el receptor puede probar que sólo el emisor del documento produjo la firma que lo acompaña
- Esquema básico: firmar el mensaje *m* cifrándolo con la clave privada *K*



Firmas digitales

- Supongamos que Emma recibe el mensaje *m* con firma $K_M^-(m)$
- Emma verifica la firma aplicando la clave pública K_M^+ de Marcelo a la firma digital y asegurando que $K_M^+(K_M^-(m)) = m$
- Si esto vale, quienquiera que haya firmado *m* debe haber empleado la clave privada de Marcelo

Luego, Emma verifica que:

- Marcelo firmó *m*
- Ninguna otra persona firmó *m*
- Marcelo firmó *m* y no otro mensaje *m'* (integridad)

No repudio:

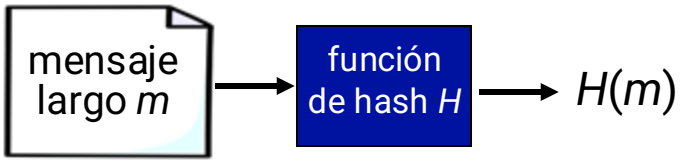
- Emma puede demostrar que fue Marcelo quien firmó el mensaje *m*

Resúmenes de mensajes (***digests***)

Es **computacionalmente costoso** cifrar mensajes largos con criptografía de clave pública

Objetivo: obtener resúmenes de nuestros mensajes que sean de longitud fija y fáciles de computar

- Para calcular estos *digests* de mensajes, utilizamos **funciones de hash criptográficas**:



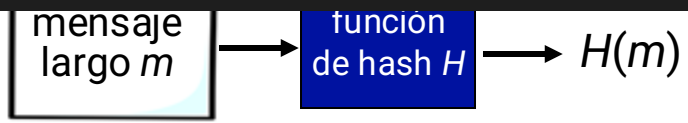
Algunas propiedades de las funciones de hash criptográficas:

- Produce una salida (*digest*) de longitud fija (e.g. 256 bits)
- No son inyectivas (“muchos a uno”)
- Dado un *digest* *x*, es **computacionalmente inviable** encontrar un *m* tal que *H*(*m*) = *x* (i.e. *resistente a la preimagen*)

Resúmenes de mensajes (***digests***)

Es **computacionalmente costoso** cifrar mensajes largos con criptografía de clave pública

Mensaje	Hash SHA-256
`Hola`	`185f8db32271fe25f561a6fc938b2e264306ec304eda518007d1764826381969`
`HOLA`	`35f1358fb1ec85f96b78198a86cb4872a8394172f42b50f92c68d2c09aa4e9be`



Algunas propiedades de las funciones de hash criptográficas:

- Produce una salida (*digest*) de longitud fija (e.g. 256 bits)
- No son inyectivas (“muchos a uno”)
- Dado un *digest* *x*, es **computacionalmente inviable** encontrar un *m* tal que *H*(*m*) = *x* (i.e. *resistente a la preimagen*)

Ejemplo (malo): *checksum* de Internet

El algoritmo de *checksum* de Internet posee algunas de estas propiedades:

- Genera *digests* de longitud fija (16 bits)
- Es “muchos a uno”

…pero, dado un mensaje con cierto *digest*, es fácil encontrar otro mensaje con el mismo *digest* (**no es resistente a colisiones**)

mensaje	en hexa
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

mensajes distintos, mismo *checksum*

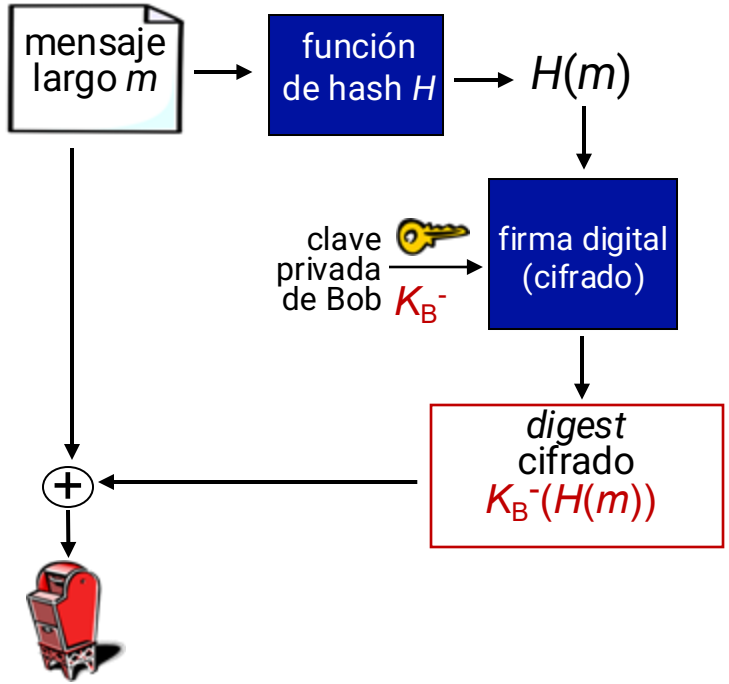
mensaje	en hexa
I O U 9	49 4F 55 39
0 0 . 1	30 30 2E 31
9 B O B	39 42 D2 42
	B2 C1 D2 AC

Algunas funciones de hash populares

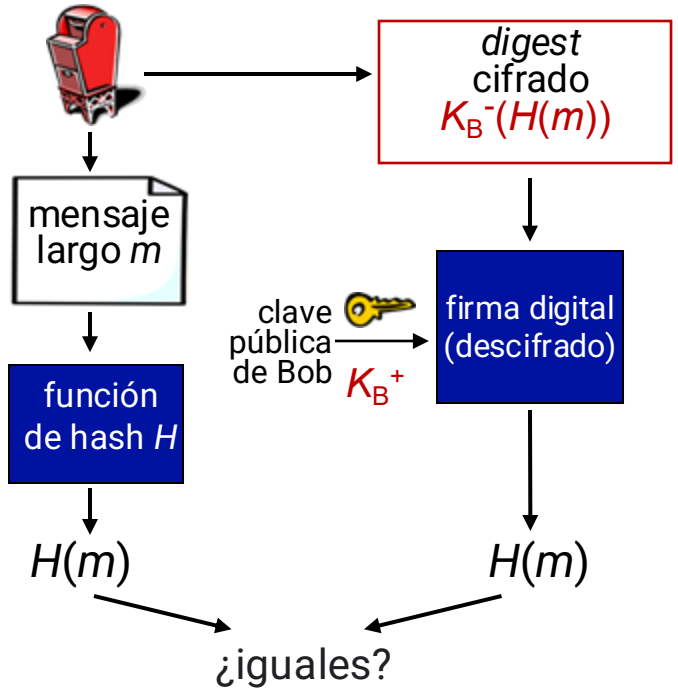
- MD5 (RFC 1321)
  - Calcula *digests* de 128 bits en un proceso de cuatro *rounds*
  - Si bien es **vulnerable**, continúa en uso (por ejemplo para verificar integridad en las transferencias de archivos)
  - En 2013 se descubrió un ataque para generar colisiones de MD5 que corre en menos de un segundo en una computadora estándar
- SHA-1 es otra popular (también vulnerable)
  - Estandarizada en EEUU por el NIST
  - Produce *digests* de 160 bits
  - SHA-2 y SHA-3 (sus sucesoras) se consideran seguras al día de hoy

Firma digital: *digest* firmado

Bob envía el mensaje con su firma digital:

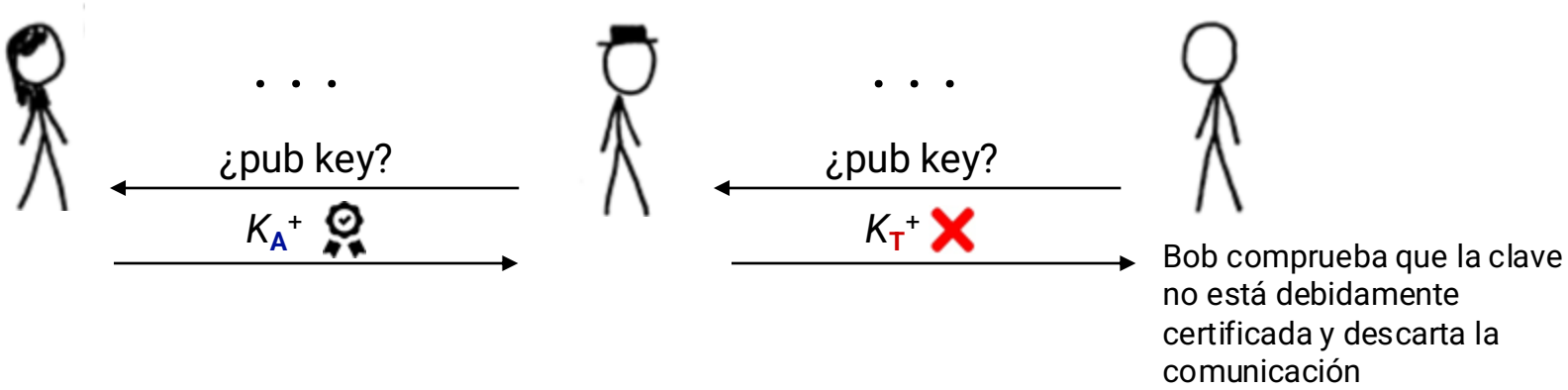


Alice valida la firma y la integridad del mensaje firmado:



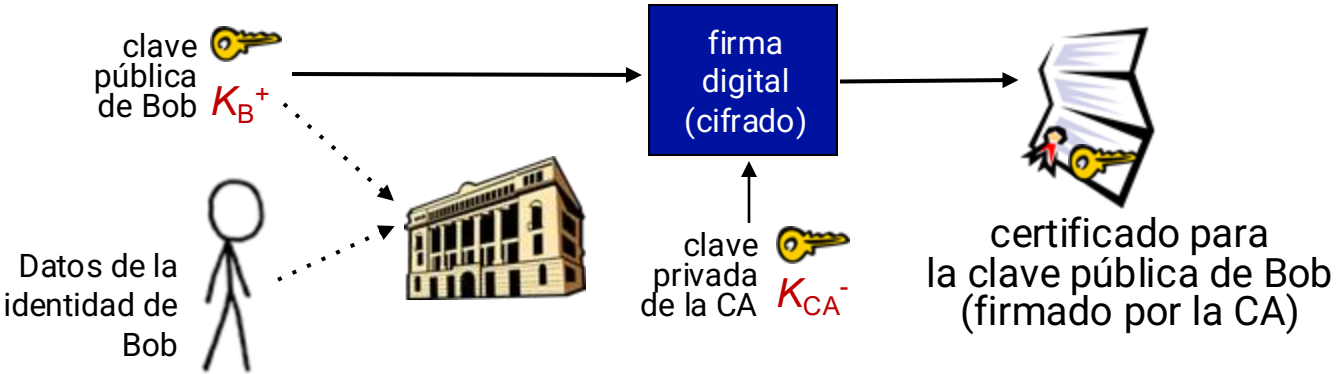
Retomando el protocolo ap5.0

- Para corregir el protocolo ap5.0, necesitamos **certificar** las claves públicas
- Si Bob pudiera comprobar que la clave pública de Alice es auténtica, el ataque *man-in-the-middle* de Trudy no tendría efecto



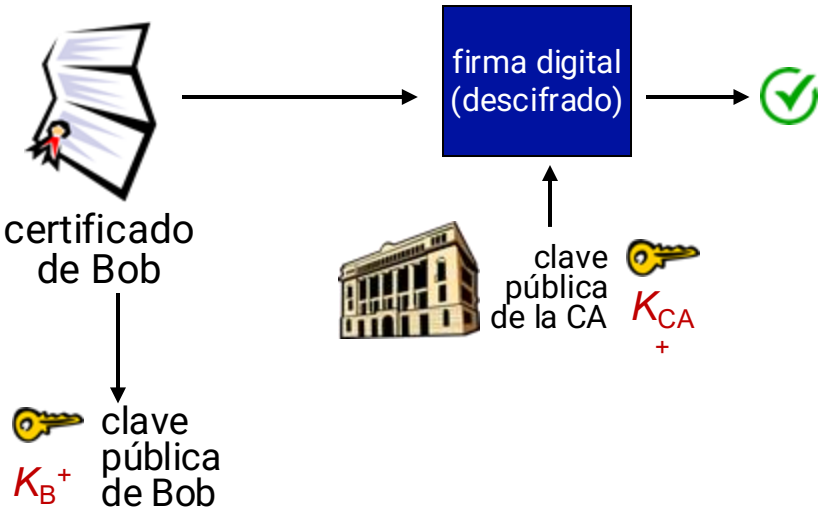
Autoridades de Certificación (CAs)

- Las autoridades de certificación (**CA**s) vinculan una clave pública con una *entidad* (persona física, sitio web, router, etc.)
- Cuando una entidad *E* desea certificar su clave pública, la CA debe verificar la identidad del solicitante
  - La CA genera un **certificado** vinculando la identidad de *E* con su clave pública
  - Dicho certificado está firmado digitalmente por la CA



Autoridades de Certificación (CAs)

- Cuando Alice quiere utilizar la clave pública de Bob,
  - Obtiene el certificado de Bob
  - Utiliza la clave pública de la CA para validar el certificado
  - Extrae del certificado la clave pública de Bob



Certificados en Internet

- En los protocolos de Internet, los certificados de clave pública siguen el estándar **X.509** de la ITU (*International Telecommunication Union*)
  - Describe el formato de los certificados y el mecanismo de autenticación para utilizarlos
  - Incluye datos de identidad de la entidad dueña del certificado, el período de validez del mismo, los algoritmos criptográficos utilizados y la firma digital de la CA, entre otros campos
- Dos tipos de certificados: *certificado de CA* y *certificado de entidad final*
  - Los certificados de CA se pueden usar para firmar otros certificados
  - Al certificado al comienzo de la cadena de certificación se lo conoce como **certificado *root***
- Los navegadores suelen traer una lista de certificados *root* de las CAs más importantes (e.g. IdenTrust, DigiCert, Let's Encrypt, etc.)
- Los servidores web envían la cadena completa de certificados intermedios para que los navegadores puedan realizar las validaciones correspondientes

Demo!

- Usemos **openssl** para generar un certificado X.509 autofirmado:
  - ¿Qué información debemos suministrar?
- Inspeccionemos los certificados de nuestro navegador:
  - ¿Cuáles son las CAs que emitieron los certificados *root* de confianza?
  - ¿Cómo es la cadena de certificados proveniente de `https://www.utdt.edu`?
  - ¿Qué pasa si agregamos nuestro certificado anterior a la lista de certificados *root*?