Seguridad en Redes de Comunicación

Tema I. Introducción a la Seguridad en Redes de Comunicación

Jorge Lanza Calderón

Luis Sánchez González

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones
Grupo de Ingeniería Telemática

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica
- Amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica
- Amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Conceptos generales

- Libre y exento de todo peligro, daño o riesgo.
- Mecanismos que garantizan buen funcionamiento, previniendo fallos, etc., de manera que los recursos e información sean accesibles y utilizados de la forma y por aquellos que se preveía.
- Sinónimo: protección, invulnerabilidad, defensa, robustez
- Funcionamiento de sistemas
  - Corrección
    - Ante una entrada de usuario, se genera la salida esperada
    - Más funcionalidades ⇒ mejor sistema
  - Seguridad
    - Ante un entrada inesperada de un atacante, el sistema no falla
    - Más funcionalidades ⇒ más posibilidades de fallos

Tipos

- Seguridad personal
- Seguridad de la información
- Seguridad de ordenadores o de sistemas
  - Proteger la información en ordenadores compartidos
- Seguridad de redes cerradas o propietarias
  - Proteger sistemas distribuidos y las comunicaciones entre ellos
- Seguridad en la interconexión de redes
  - Proteger los intercambios entre redes

Objetivos

- Protegerse de actuaciones de usuarios malintencionados
- Permitir el acceso y uso del sistema a usuarios conocidos o de confianza

- Dotar de privacidad
- Definir las políticas o reglas de uso

- Anticipar cualquier posible fallo en el sistema
- Garantizar que los servicios no se interrumpen

Terminología

- ITU X.800 y RFC 2828 sistematizan metodología para definir la seguridad de un sistema
- Conceptos
  - Amenazas o riesgos de seguridad
    - Potencial violación de la seguridad, resultado de la cual se explotan vulnerabilidades.
  - Ataques de seguridad
    - Cualquier acción que pueda comprometer la seguridad de la información de una organización
  - Mecanismos de seguridad
    - Proceso o dispositivo diseñado para detectar, prevenir o recuperarse de un ataque
  - Servicios de seguridad
    - Solución que permite mejorar y garantizar la seguridad en el procesado y transmisión de datos entre sistemas.
    - Resultado de la integración de varios mecanismos de seguridad

Áreas de la seguridad

- Seguridad física
  - Instalaciones
  - Equipamiento
    - Manipulación
    - Variaciones Tª, voltaje, en momento preciso
- Seguridad lógica
  - Seguridad de la información
    - Criptografía
    - Seguridad de las comunicaciones (protocolos)
  - Control de acceso
    - Autenticación y autorización
  - Seguridad de sistemas

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica y estadísticas
- Amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Historia de las redes de computadores

- 1960
  - ARPANET – Creación de Internet usando Network Connect Protocol
- 1970
  - Primeros protocolos: email, Ethernet, TCP, FTP, etc.
- 1980
  - Definición de la pila TCP/IP
  - DNS
- 1990
  - Incremento del número de nodos en la red
  - Redes de comunicaciones móviles
  - Origen de la WWW ⇒ boom del .com
- 2000
  - Acceso global a la red

Historia de la seguridad en redes

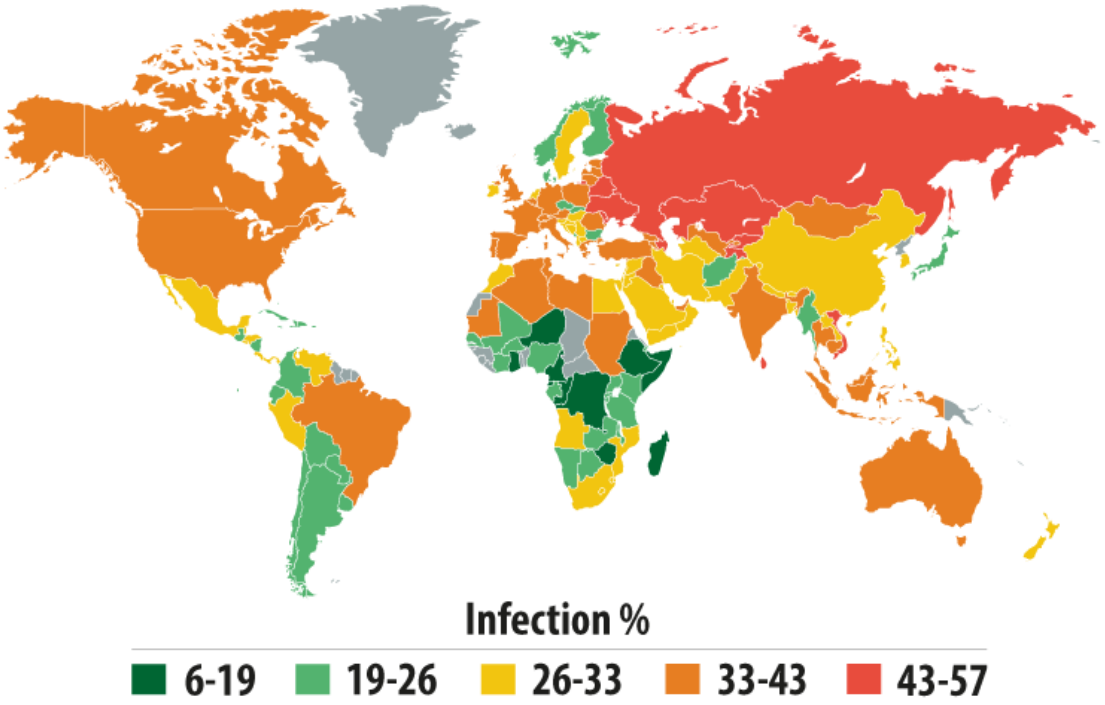
- 1960
  - Definición de los términos hacker y cracker (hacker malicioso)
- 1970
  - Phreaking ⇒ *Blue boxes* para la realización de llamadas gratuitas
  - RFC 602 ⇒ ARPANET es susceptible de ataques
- 1980
  - Cucko's egg ⇒ Ataque por uso agujero en programas
  - Morris Worm ⇒ 1er gusano
  - Creación del CERT (*Computer Emergency Response Team*)
- 1990
  - *Spoofing* de TCP
- 2000
  - Gusanos, virus, reemplazos de identidad, *phising*, etc

Tipos de vulnerabilidades

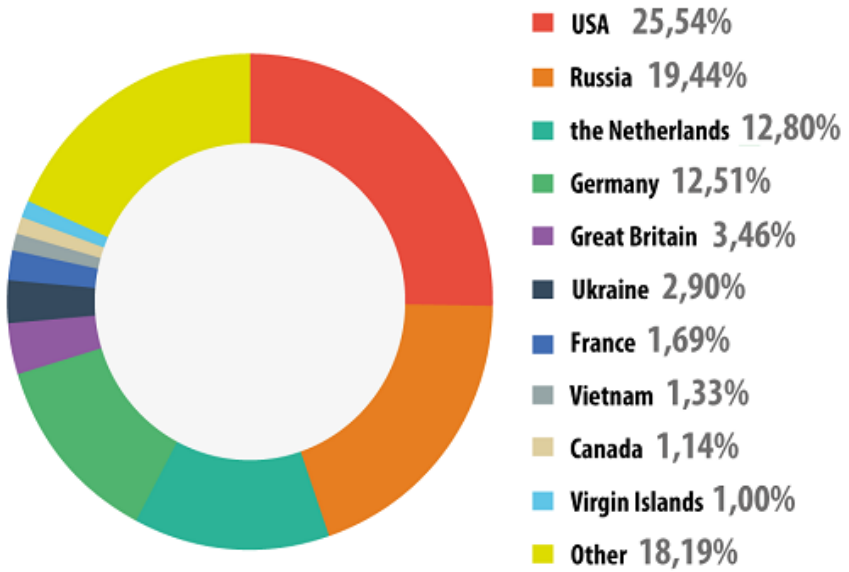
- Errores humanos
- Diseño de los protocolos y/o software
  - Puertas abiertas
  - No validan la identidad en el acceso
  - Seguridad no considerada desde el inicio
- Implementación de protocolos y/o software
  - Puertas traseras
  - No comprobación datos de entrada/salida (contenido, tamaño, …)
- Configuración del sistema y/o red
  - Políticas de seguridad

Vulnerabilidades (Localización)

Evolución histórica y estadísticas



Riesgo de infección

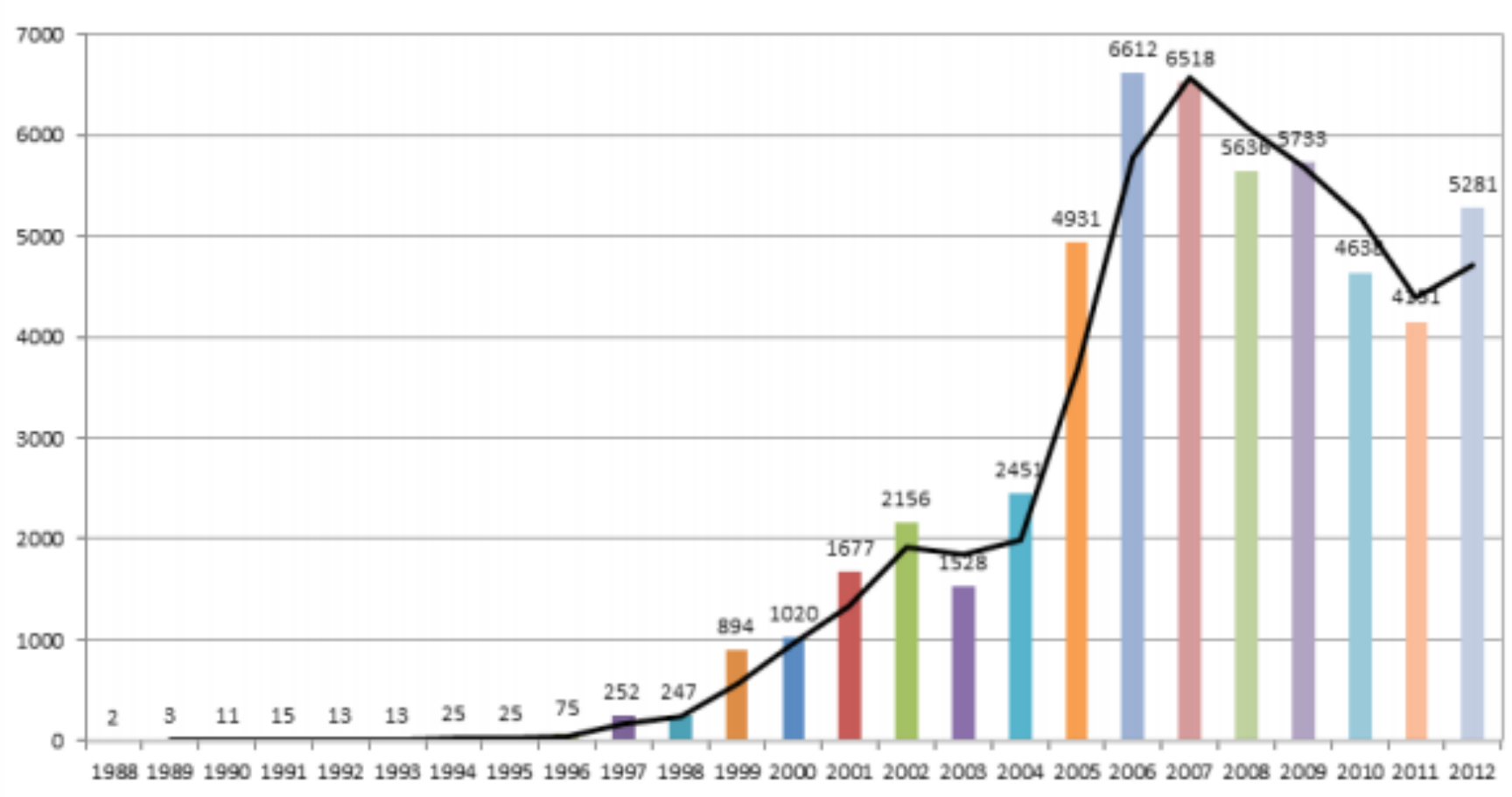


Origen infecciones WWW

Kaspersky Security Bulletin 2013

Vulnerabilidades (Total)

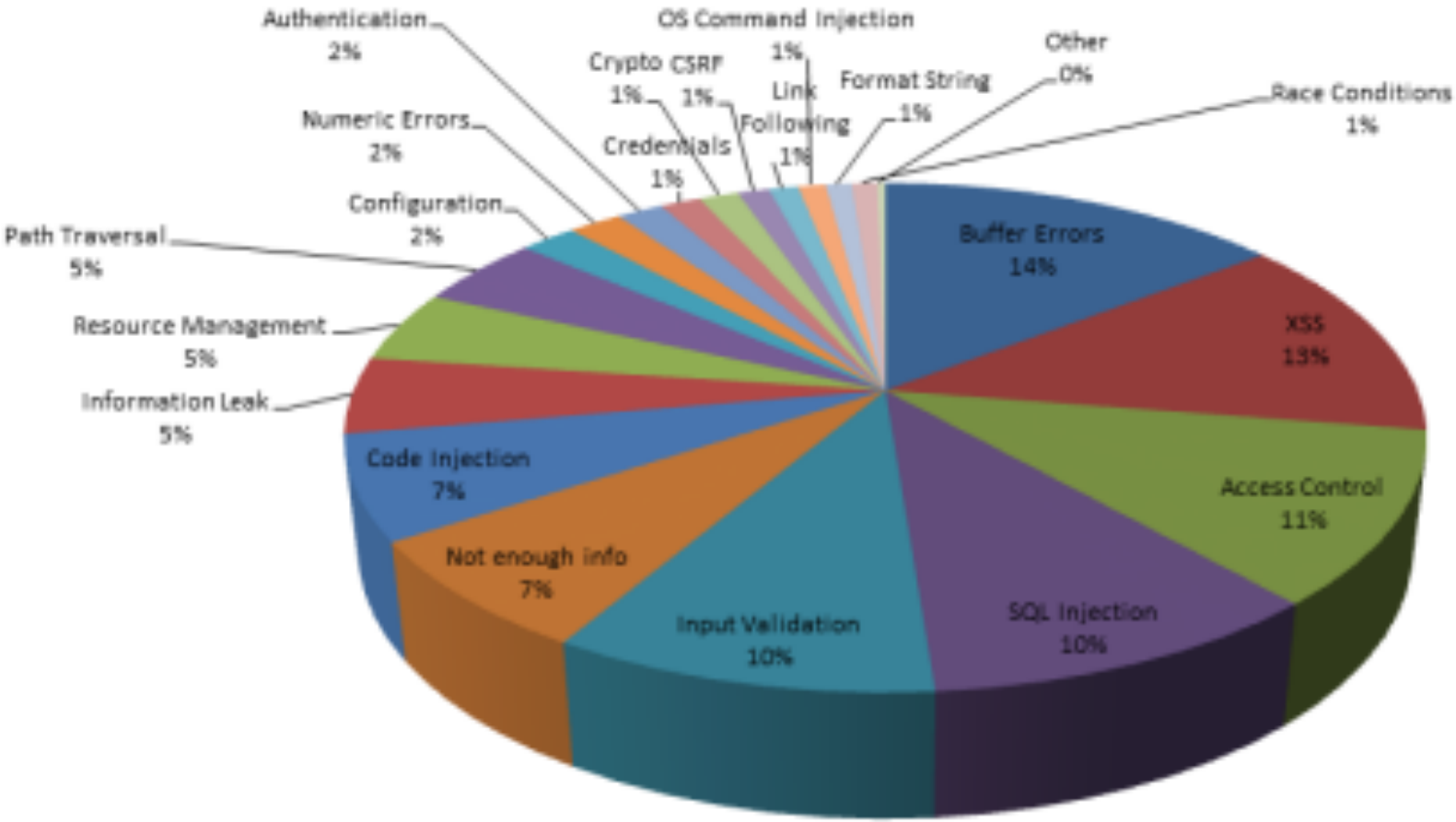
Evolución histórica y estadísticas



Sourcefire Report 25 Years of Vulnerabilities

Vulnerabilidades (Tipos)

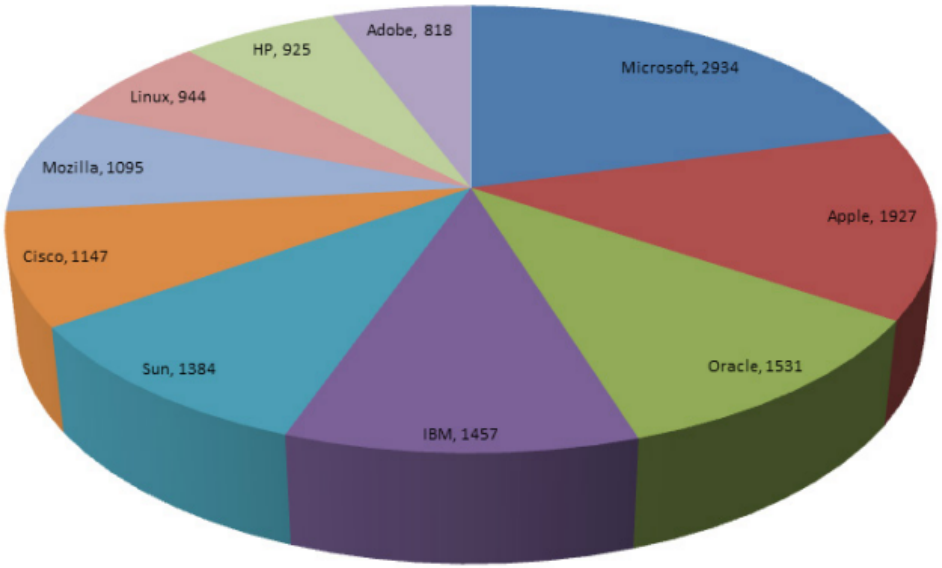
Evolución histórica y estadísticas



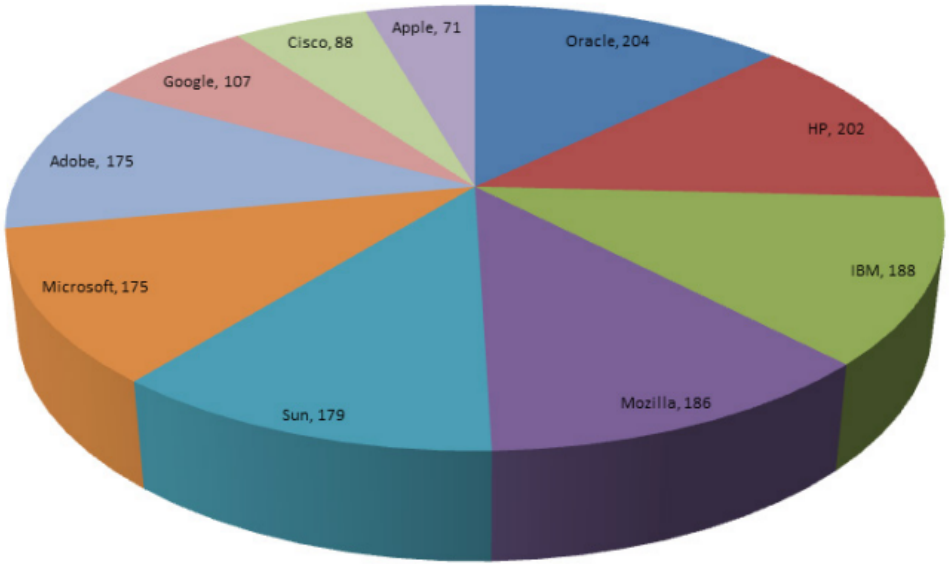
Sourcefire Report 25 Years of Vulnerabilities

Vulnerabilidades (Fabricantes)

Evolución histórica y estadísticas



Totales

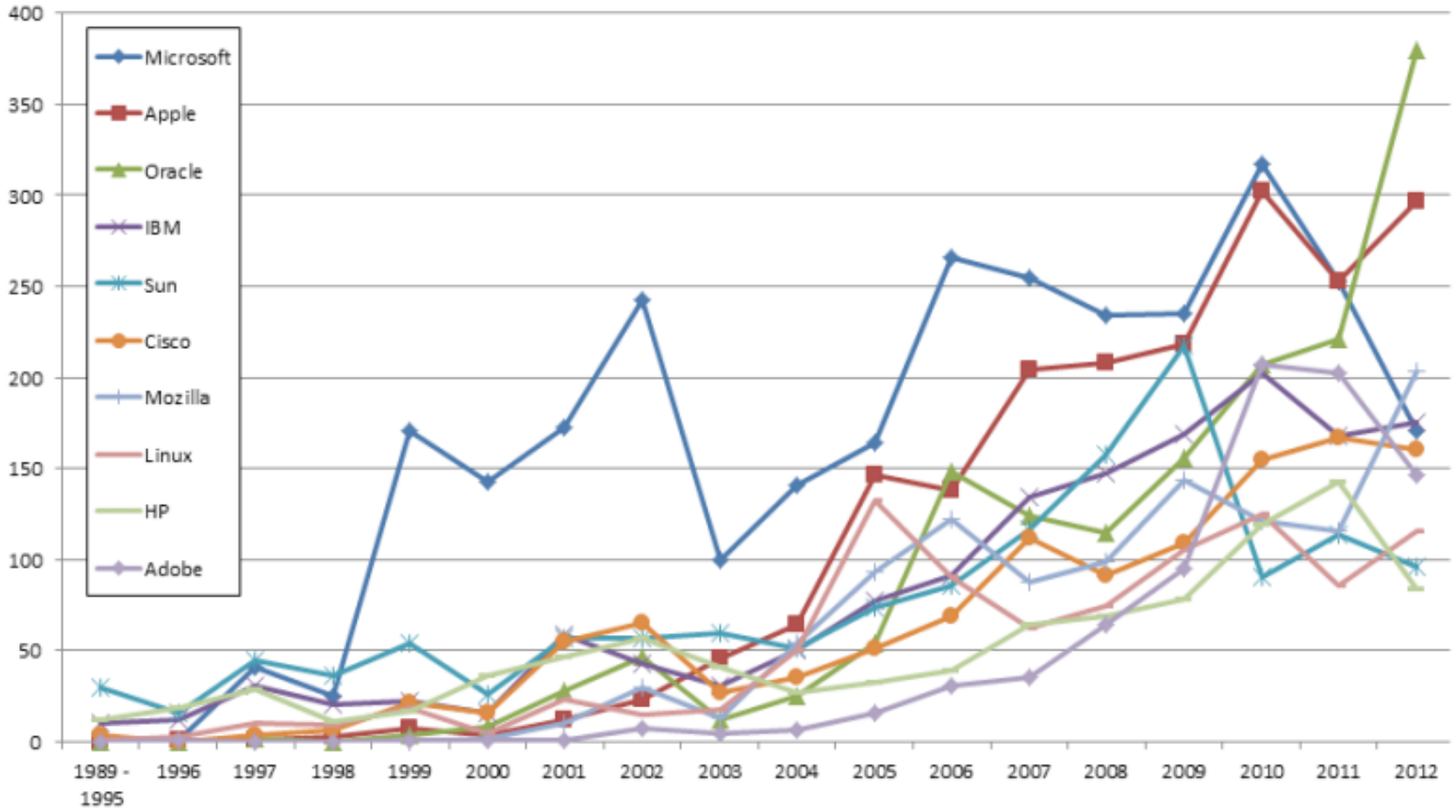


Críticas

Sourcefire Report 25 Years of Vulnerabilities

Vulnerabilidades (Fabricantes)

Evolución histórica y estadísticas

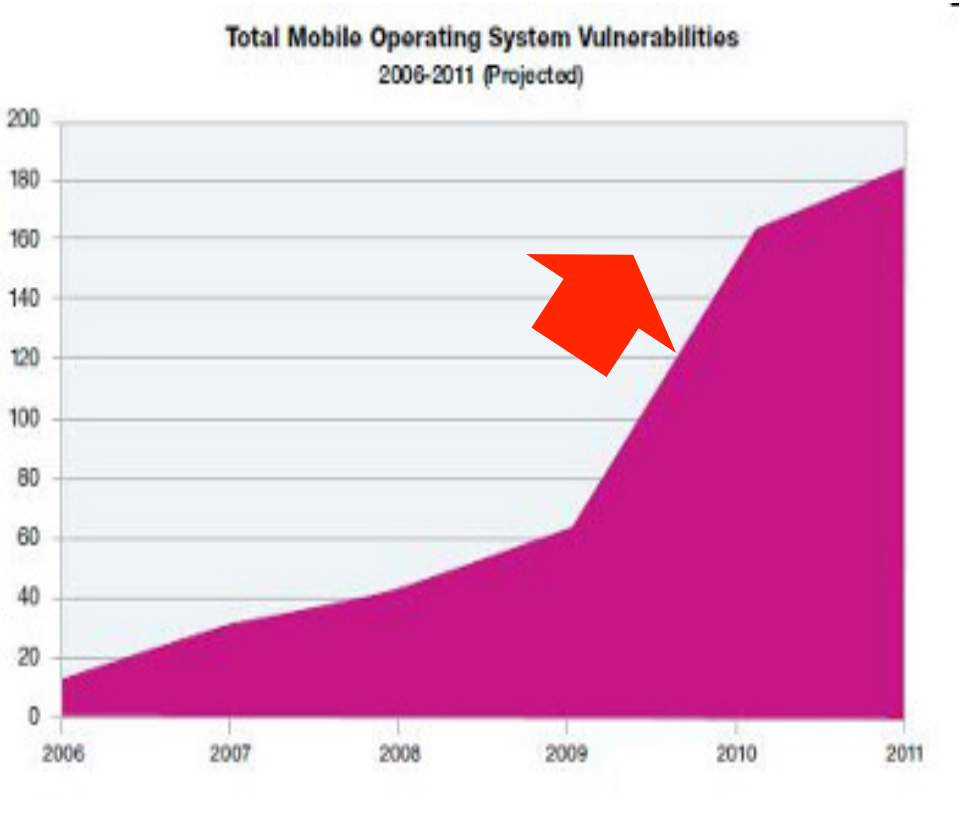


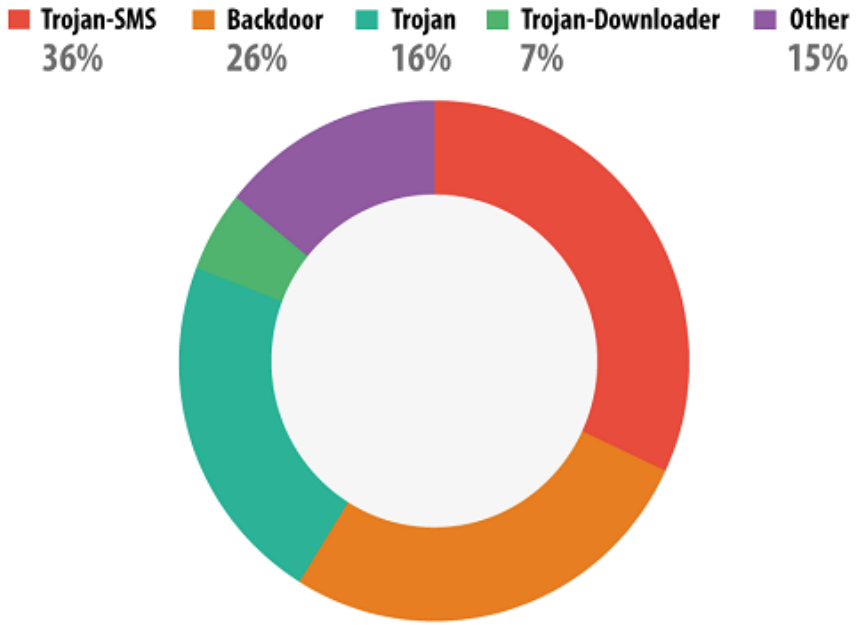
Sourcefire Report 25 Years of Vulnerabilities

Vulnerabilidades en entornos móviles

Evolución histórica y estadísticas

- Creciente interés





Kaspersky Security Bulletin 2013

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica
- Amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Las personas están detrás

- Motivación
  - Reto personal
  - Uso totalmente malintencionado
  - Económica

- Tipos
  - Hacker
  - White hat
  - Black hat or Cracker
  - Phreaker
  - Spammer
  - Phisher

Tipos de ataques

- Por reconocimiento
  - Información abierta
  - Barridos
  - Escaneo de puertos
  - Inspección de paquetes (*packet sniffer*)

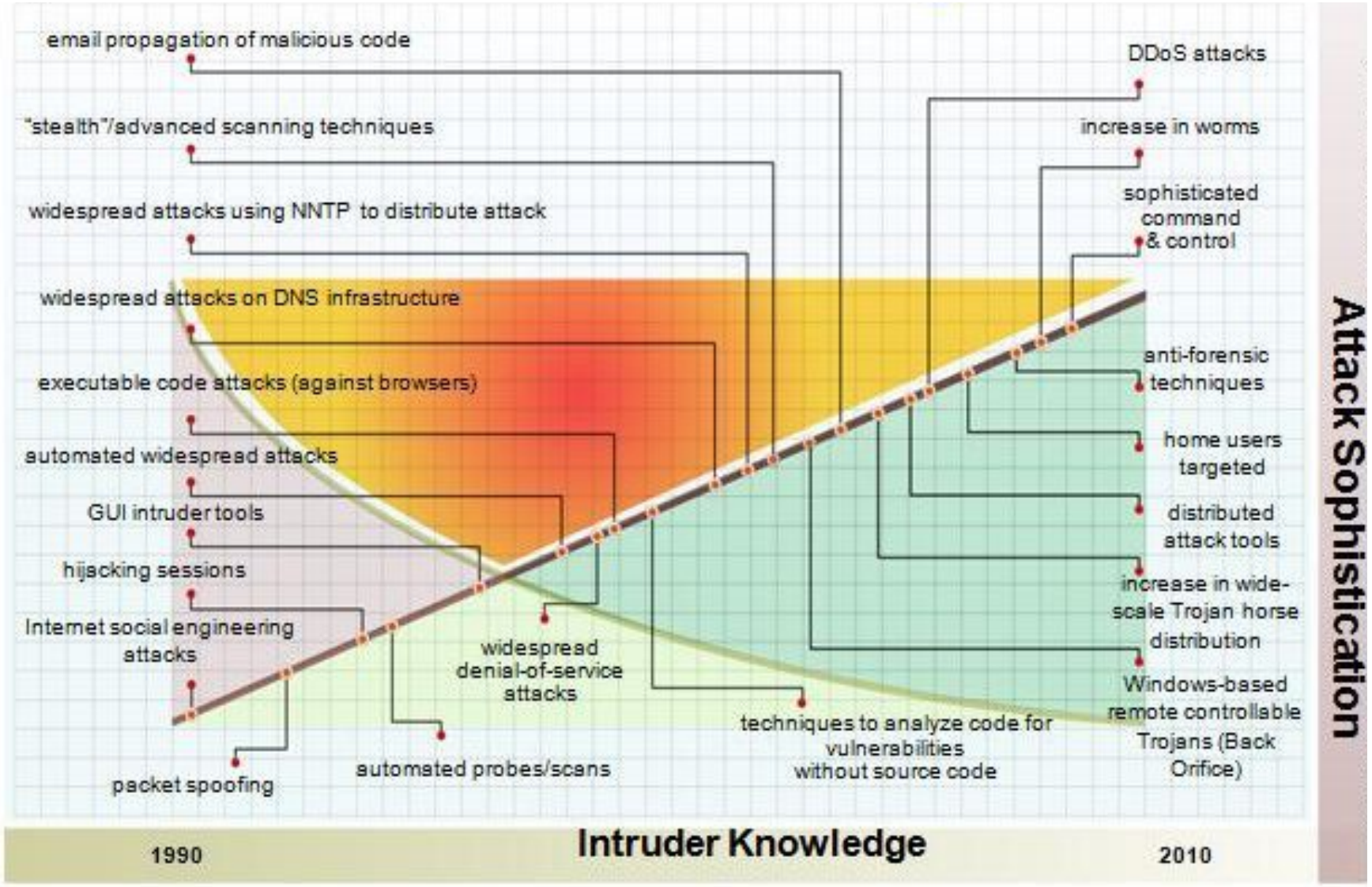
- De acceso a la red
  - Claves o cuentas comprometidas
  - Sondas
  - Explotar la confianza
  - Redirección de puertos
  - Hombre en el medio
  - Secuestro de conexiones
  - *Spoofing*

Tipos

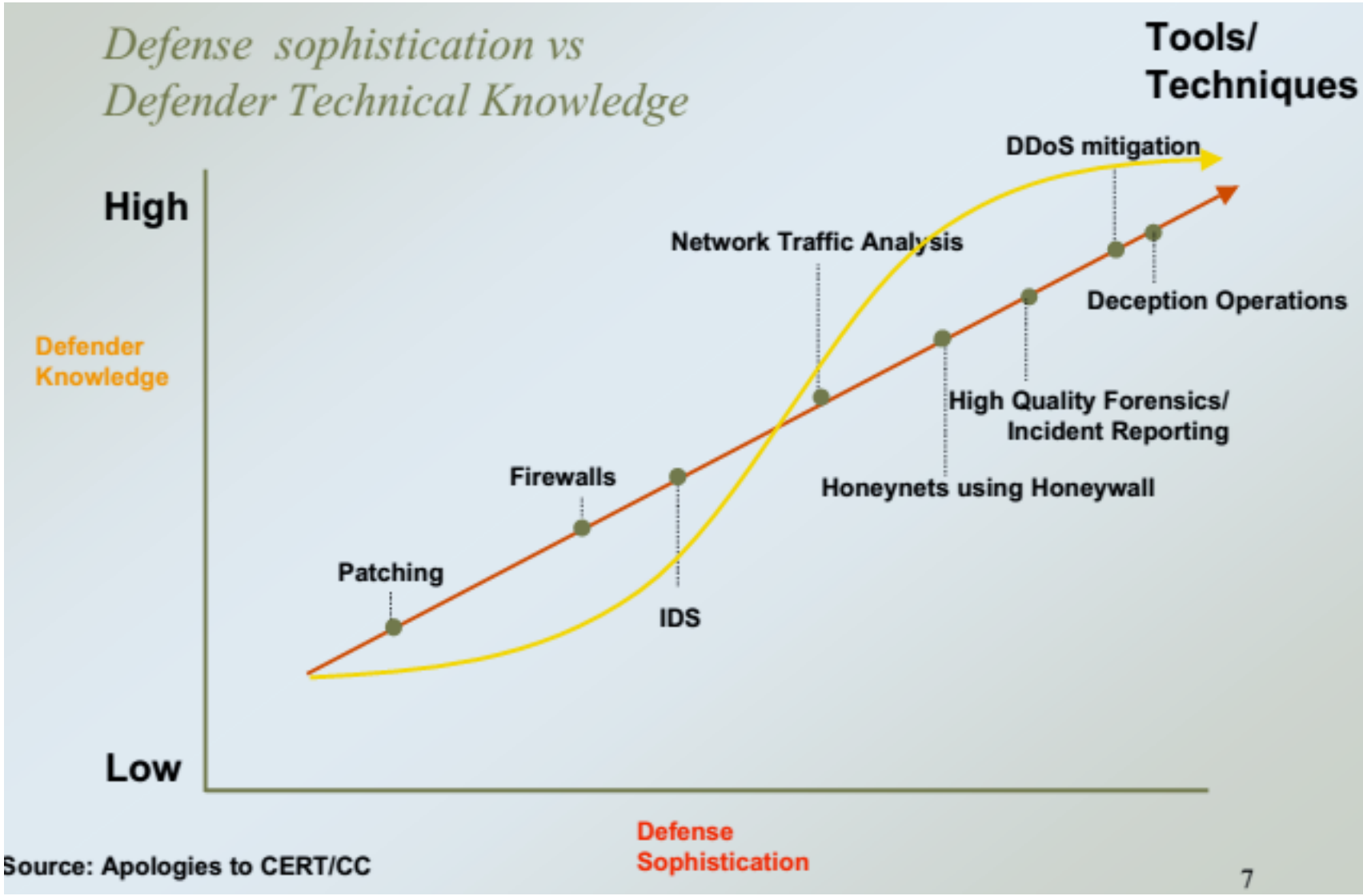
- Denegación de servicio
  - Inundación ICMP, SYN
  - Llenado de buffers - lectura lenta
  - Distribuidos
- Código malicioso
  - Gusanos
  - Virus
  - Troyanos
- Psicológicos
  - Pretexto
  - *Phising*
  - Culturales

Visión global

Amenazas y ataques



Visión global



Comparativa con vida cotidiana

- Similitudes
  - Candado ⇒ ocultar datos
  - Leyes ⇒ reglas a seguir
- Diferencias
  - $\partial tecnología / \partial tiempo$ ⇒ rápidos cambios en poco tiempo
  - Ataques rápido y baratos
  - Leyes en constante cambio
    - Ambiguas
    - Normas no especificadas

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica
- Vulnerabilidades, amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Sistema de comunicación

Alice

Bob

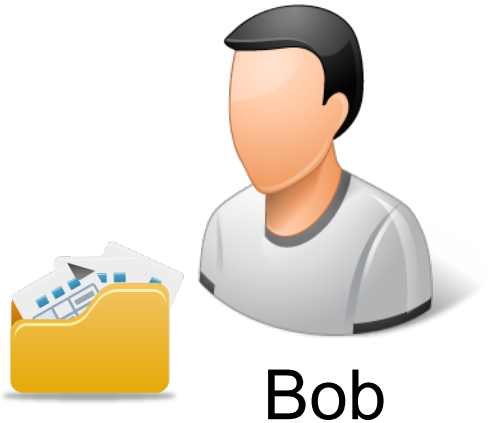
- Alice y Bob se transfieren datos a través de la red
  - Canal inseguro
  - No incluyen medidas de seguridad adicionales

Sistema de comunicación

- Alice y Bob se transfieren datos a través de la red
  - Canal inseguro
  - No incluyen medidas de seguridad adicionales

Sistema de comunicación

Alice



Bob

- Alice y Bob se transfieren datos a través de la red
  - Canal inseguro
  - No incluyen medidas de seguridad adicionales

Sistema de comunicación

Alice

Bob

- Ataque pasivo – Eve (espía o *eavesdropper*)
  - Leer el contenido de los mensajes
  - Analiza los patrones de los mensajes

Sistema de comunicación

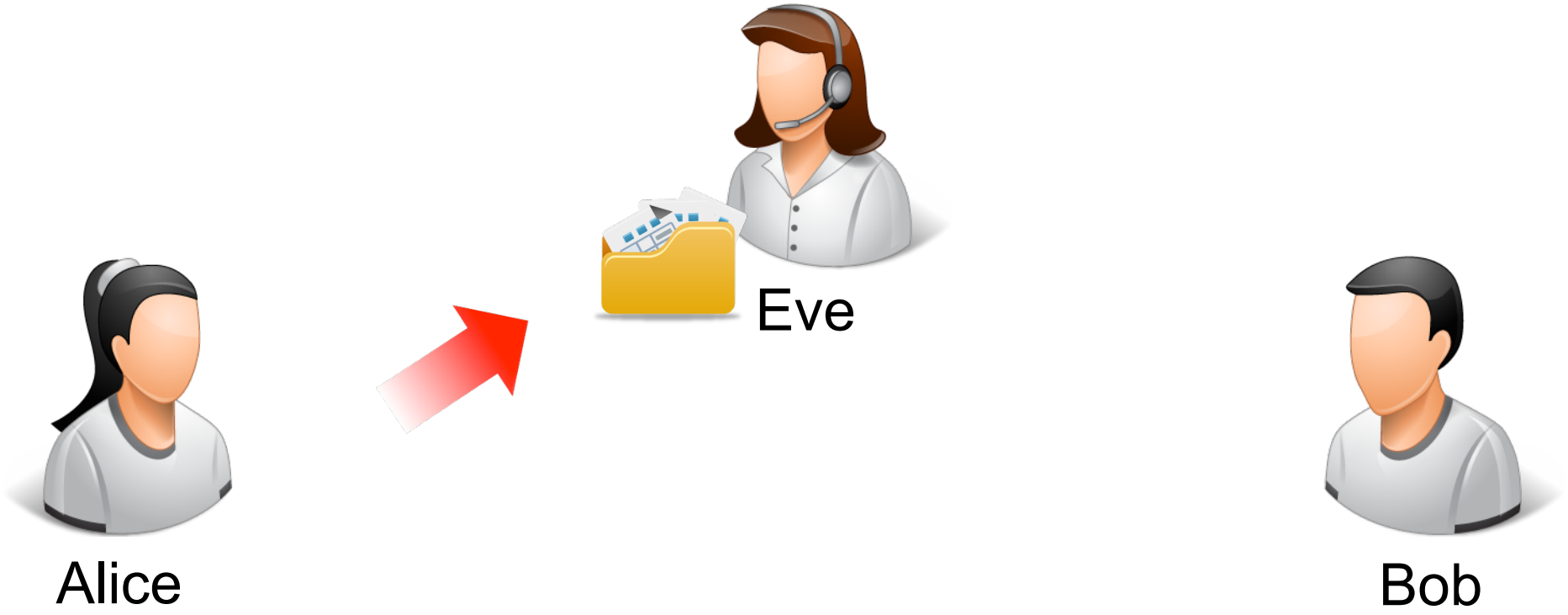
Eve

Alice

Bob

- Ataque pasivo – Eve (espía o *eavesdropper*)
  - Leer el contenido de los mensajes
  - Analiza los patrones de los mensajes

Sistema de comunicación



- Ataque pasivo – Eve (espía o *eavesdropper*)
  - Leer el contenido de los mensajes
  - Analiza los patrones de los mensajes

Sistema de comunicación

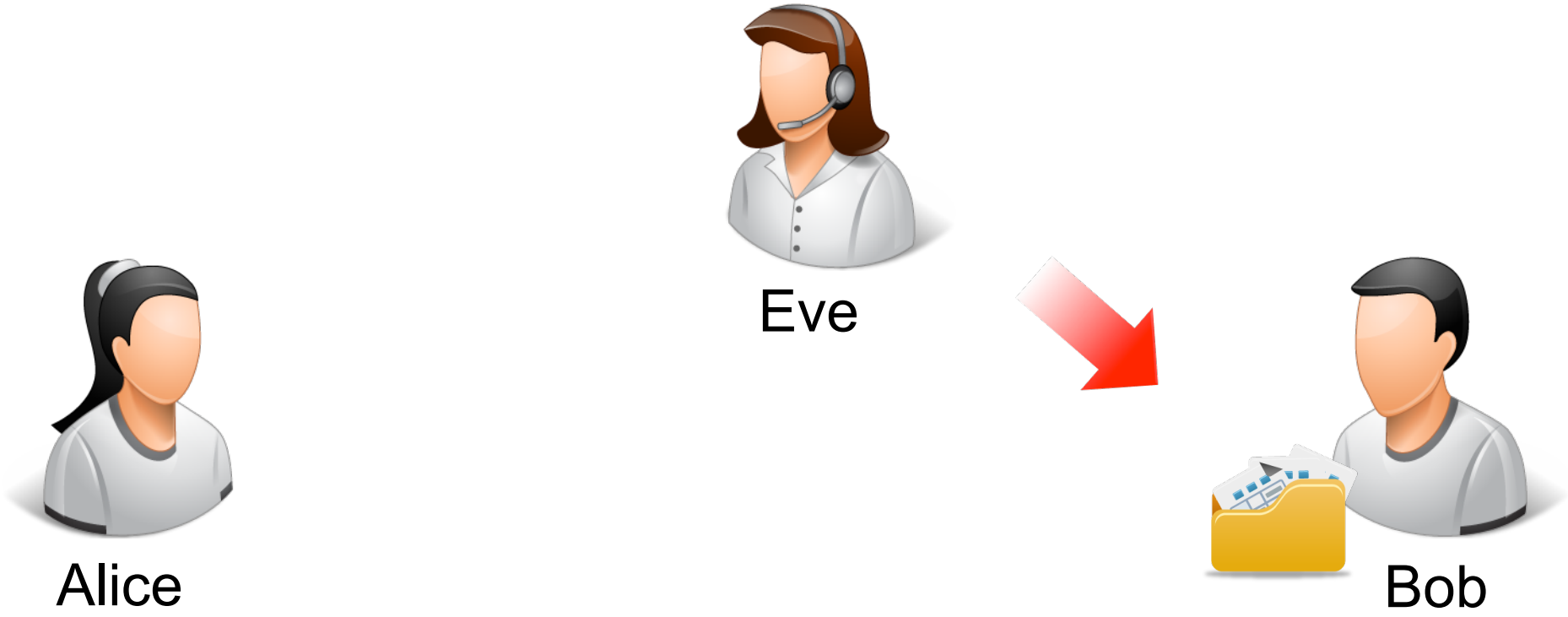
Eve

Alice

Bob

- Ataque pasivo – Eve (espía o *eavesdropper*)
  - Leer el contenido de los mensajes
  - Analiza los patrones de los mensajes

Sistema de comunicación



- Ataque pasivo – Eve (espía o *eavesdropper*)
  - Leer el contenido de los mensajes
  - Analiza los patrones de los mensajes

Sistema de comunicación

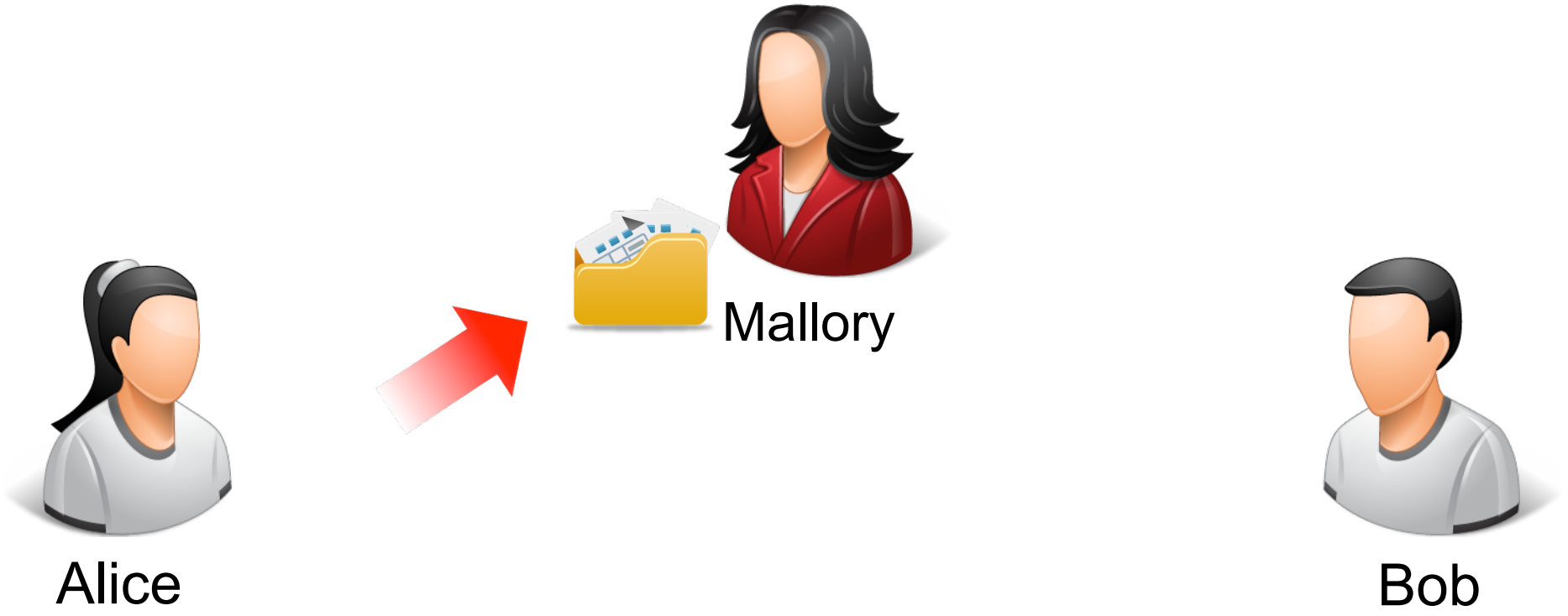
Mallory

Alice

Bob

- Ataque activo – Mallory (malintencionado o *malicious*)
  - Reemplazo de identidad
  - Retransmisión de mensajes
  - Modificación de mensajes
  - Denegación de servicio

Sistema de comunicación



- Ataque activo – Mallory (malintencionado o *malicious*)
  - Reemplazo de identidad
  - Retransmisión de mensajes
  - Modificación de mensajes
  - Denegación de servicio

Sistema de comunicación

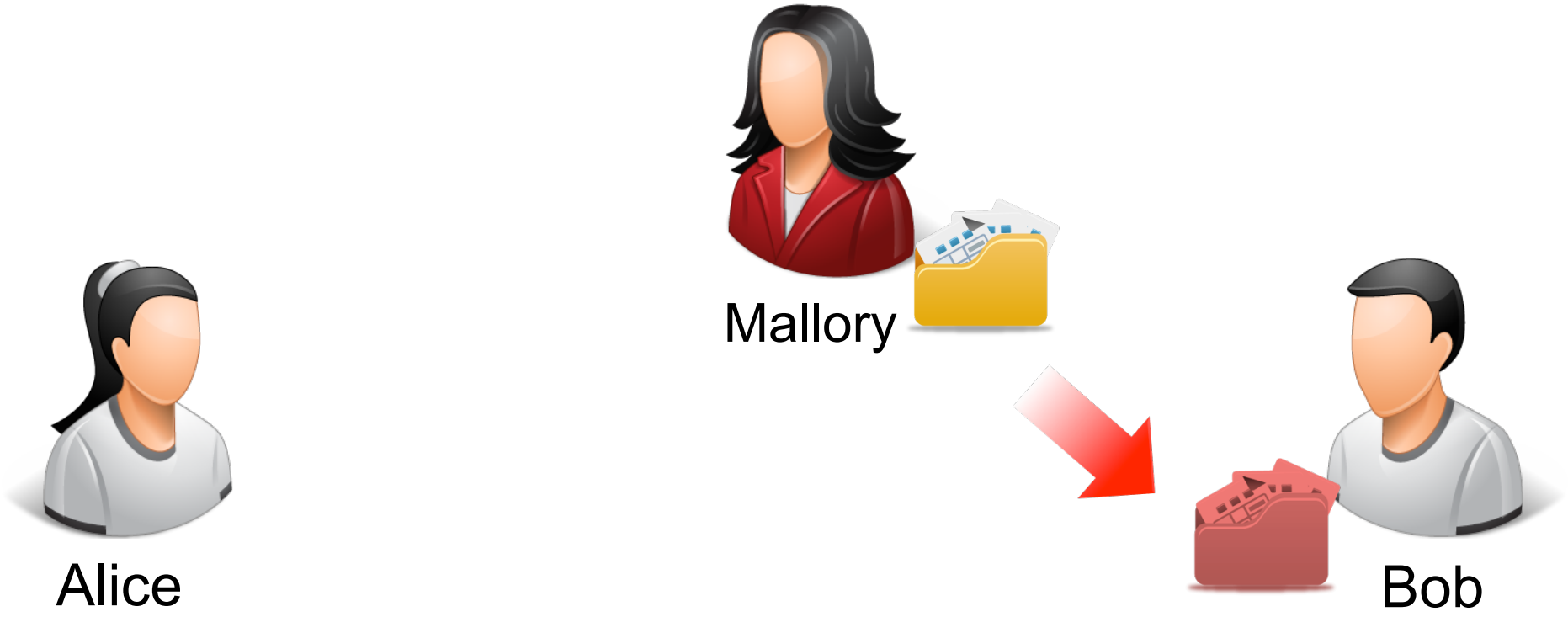
Mallory

Alice

Bob

- Ataque activo – Mallory (malintencionado o *malicious*)
  - Reemplazo de identidad
  - Retransmisión de mensajes
  - Modificación de mensajes
  - Denegación de servicio

Sistema de comunicación



- Ataque activo – Mallory (malintencionado o *malicious*)
  - Reemplazo de identidad
  - Retransmisión de mensajes
  - Modificación de mensajes
  - Denegación de servicio

Requerimientos

- Autenticar
  - Extremos de la comunicación
  - Origen de los datos
- Autorizar
  - Controlar el acceso a un servicio
- Confidencialidad de los datos
  - Protección de ataques pasivos
  - Evitar análisis de los flujos de datos
- Integridad de los datos
  - Detectar modificación, borrados, inserciones, repeticiones, …
  - Con o sin recuperación de los datos originales
- No repudio
  - De origen o destino

Requerimientos

- Trazabilidad (*accountability*)
  - Registro de actividades
  - Comprobación de asignaciones y políticas
- Disponibilidad
  - Sistema accesible para usuarios autenticados
  - Mantener unas condiciones de calidad de servicio y experiencia de uso

Autenticación

- Escenario
  - Alice quiere enviar un mensaje a Bob
  - Bob quiere garantizar que el mensaje es de Alice

- Opciones
  - Alice le dice a Bob que es ella
    - Pero también lo puede decir Eve o Mallory
  - Alice le envía una información a Bob que “solo” conocen ellos
    - Pero Eve o Mallory han podido aprender la información y enviarla también
  - Alice le envía a Bob la clave cifrada como prueba de identidad
    - Pero Eve o Mallory han podido hacer lo mismo. No necesitan descifrarla

Autenticación

- Escenario
  - Alice quiere enviar un mensaje a Bob
  - Bob quiere garantizar que el mensaje es de Alice

- Opciones
  - Alice le dice a Bob que es ella
    - Pero también lo puede decir Eve o Mallory
  - Alice le envía una información a Bob que “solo” conocen ellos
    - Pero Eve o Mallory han podido aprender la información y enviarla también
  - Alice le envía a Bob la clave cifrada como prueba de identidad
    - Pero Eve o Mallory han podido hacer lo mismo. No necesitan descifrarla

Ninguna de las opciones anteriores es válida

Confidencialidad

- Escenario
  - Alice quiere enviar un mensaje a Bob
  - Alice quiere garantizar que nadie conoce el contenido real del mensaje

- Opciones
  - Alice y Bob establecen un procedimiento de cifrado propio
    - Pero Eve o Mallory al haber variabilidad reducida pueden llegar a aprenderlo
  - Alice y Bob emplean procedimientos de cifrado estándar
    - Pero ¿cómo se han intercambiado las claves? Eve o Mallory han podido obtenerlas
  - Alice y Bob emplean una misma clave todo el tiempo
    - Pero Eve o Mallory la han obtenido y leen sus mensajes
  - Alice y Bob emplean algoritmo y procedimientos intercambio muy robusto
    - Pero Mallory ha podido modificar el contenido del mensaje

Confidencialidad

- Escenario
  - Alice quiere enviar un mensaje a Bob
  - Alice quiere garantizar que nadie conoce el contenido real del mensaje

- Opciones
  - Alice y Bob establecen un procedimiento de cifrado propio
    - Pero Eve o Mallory al haber variabilidad reducida pueden llegar a aprenderlo
  - Alice y Bob emplean procedimientos de cifrado estándar
    - Pero ¿cómo se han intercambiado las claves? Eve o Mallory han podido obtenerlas
  - Alice y Bob emplean una misma clave todo el tiempo
    - Pero Eve o Mallory la han obtenido y leen sus mensajes
  - Alice y Bob emplean algoritmo y procedimientos intercambio muy robusto
    - Pero Mallory ha podido modificar el contenido del mensaje

Ninguna de las opciones anteriores es válida

Integridad y no repudio

- Escenario
  - Alice quiere enviar un mensaje a Bob
  - Alice quiere garantizar que Bob recibe lo que ha enviado

- Opciones
  - Alice añade datos adicionales al mensaje que permiten a Bob verificar el contenido
    - Pero Mallory puede conocer la función aplicada y modificar el mensaje y el código de verificación
    - Pero Eve o Mallory pueden volver a remitir el mensaje en otro momento

Integridad y no repudio

- Escenario
  - Alice quiere enviar un mensaje a Bob
  - Alice quiere garantizar que Bob recibe lo que ha enviado

- Opciones
  - Alice añade datos adicionales al mensaje que permiten a Bob verificar el contenido
    - Pero Mallory puede conocer la función aplicada y modificar el mensaje y el código de verificación
    - Pero Eve o Mallory pueden volver a remitir el mensaje en otro momento

Ninguna de las opciones anteriores es válida

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica
- Amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Mecanismos de seguridad

- Cifrado
- Resúmenes (*Hash*)
- Firma digital
- Intercambios de autenticación
- Control de acceso
- Terceras parte de confianza
- Aleatoriedad
- Control de rutas

Criptografía

- Del griego *krypto* (~esconder) y *graphein* (escribir)
- Conjunto de técnicas para escribir enmascarando el contenido real de un mensaje
- Previene que terceros no autorizados puedan leer el contenido

Alice

Bob

Criptografía

- Del griego *krypto* (~esconder) y *graphein* (escribir)
- Conjunto de técnicas para escribir enmascarando el contenido real de un mensaje
- Previene que terceros no autorizados puedan leer el contenido

Alice

Mensaje en claro

Bob

Criptografía

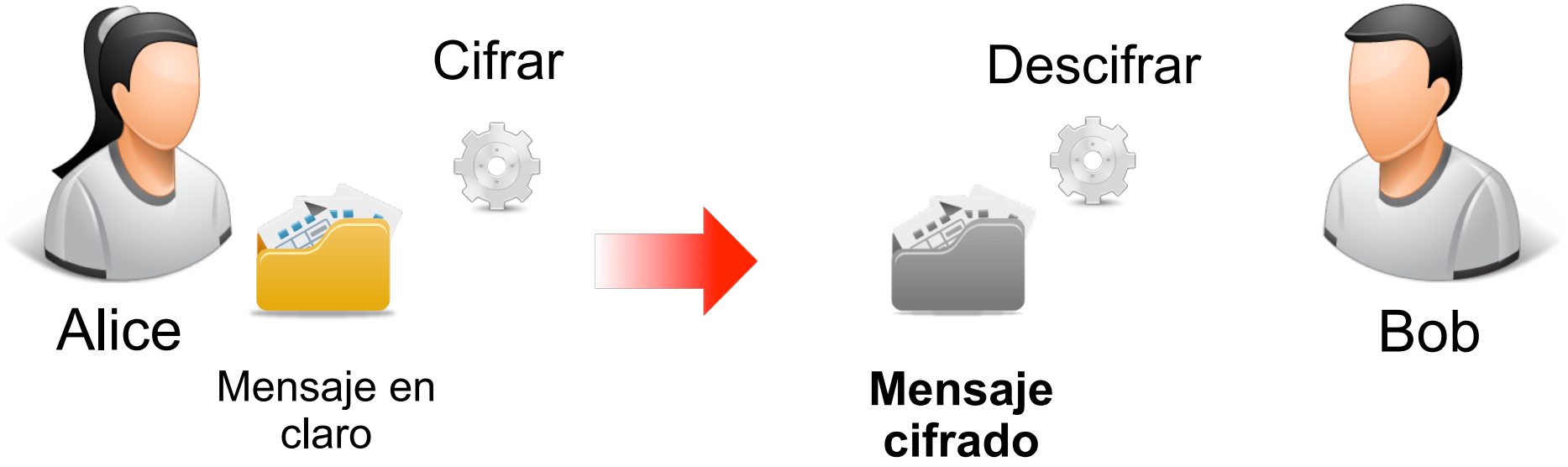
- Del griego *krypto* (~esconder) y *graphein* (escribir)
- Conjunto de técnicas para escribir enmascarando el contenido real de un mensaje
- Previene que terceros no autorizados puedan leer el contenido

Criptografía

- Del griego *krypto* (~esconder) y *graphein* (escribir)
- Conjunto de técnicas para escribir enmascarando el contenido real de un mensaje
- Previene que terceros no autorizados puedan leer el contenido

Criptografía

- Del griego *krypto* (~esconder) y *graphein* (escribir)
- Conjunto de técnicas para escribir enmascarando el contenido real de un mensaje
- Previene que terceros no autorizados puedan leer el contenido



Criptografía

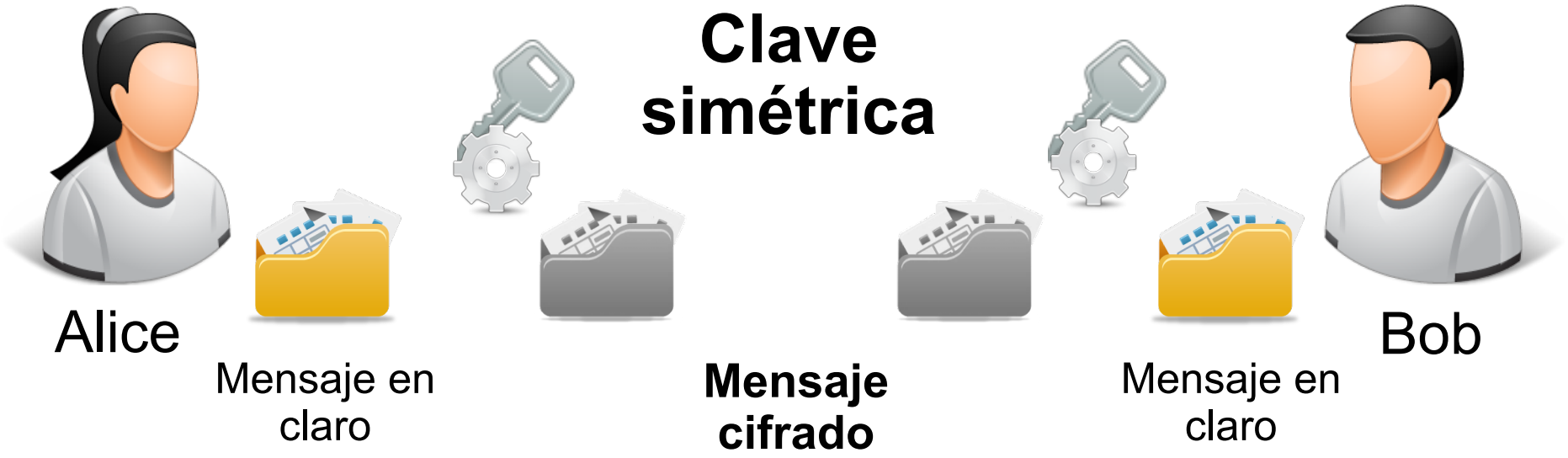
- Del griego *krypto* (~esconder) y *graphein* (escribir)
- Conjunto de técnicas para escribir enmascarando el contenido real de un mensaje
- Previene que terceros no autorizados puedan leer el contenido

Criptografía

- ¿Algoritmos abiertos y públicos o cerrados y propietarios?
  - En privados, los errores se descubrirían inicialmente por usuarios, pero si un malicioso los descubre, los usuarios no se enteran
  - En públicos, los errores serán abiertos también
- Algoritmos de cifrado abiertos ⇒ uso de códigos secretos
- Rotura de sistemas de cifrado
  - A partir de un mensaje cifrado
  - A partir de duplas <mensaje en claro, mensaje cifrado>
  - A partir de mensajes conocidos

Criptografía de clave simétrica

- Misma clave para cifrar y descifrar
- Ventajas
  - Algoritmos operan a velocidades relativamente altas
- Inconvenientes
  - Distribución de la clave en canales inseguros
  - Mensajes cifrados con apariencia similar al mensaje en claro



Criptografía de clave asimétrica

- Claves diferentes para cifrar y descifrar
  - Clave pública conocida por todo el mundo
  - Clave privada personal (y conocida por el dueño)
- Inconvenientes
  - Algoritmos operan a velocidades relativamente lentas
- Ventajas
  - Distribución de la clave en canales inseguros

$Pública P_X$ U_X

Privada PR_X

Criptografía de clave asimétrica

- Claves diferentes para cifrar y descifrar
  - Clave pública conocida por todo el mundo
  - Clave privada personal (y conocida por el dueño)
- Inconvenientes
  - Algoritmos operan a velocidades relativamente lentas
- Ventajas
  - Distribución de la clave en canales inseguros

PúblicaP U_X Privada PR_X

Criptografía de clave asimétrica

- Alice usa las claves para …


Bob

  - Clave pública de Bob: cifrar el mensaje que manda a Bob (confidencialidad)


Alicia

  - Clave privada de Alicia: firmar el mensaje (integridad y no repudio)

- Bob usa las claves para …


Alicia

  - Clave pública de Alicia: comprobar la validez del mensaje enviado por Alicia (integridad y no repudio)


Bob

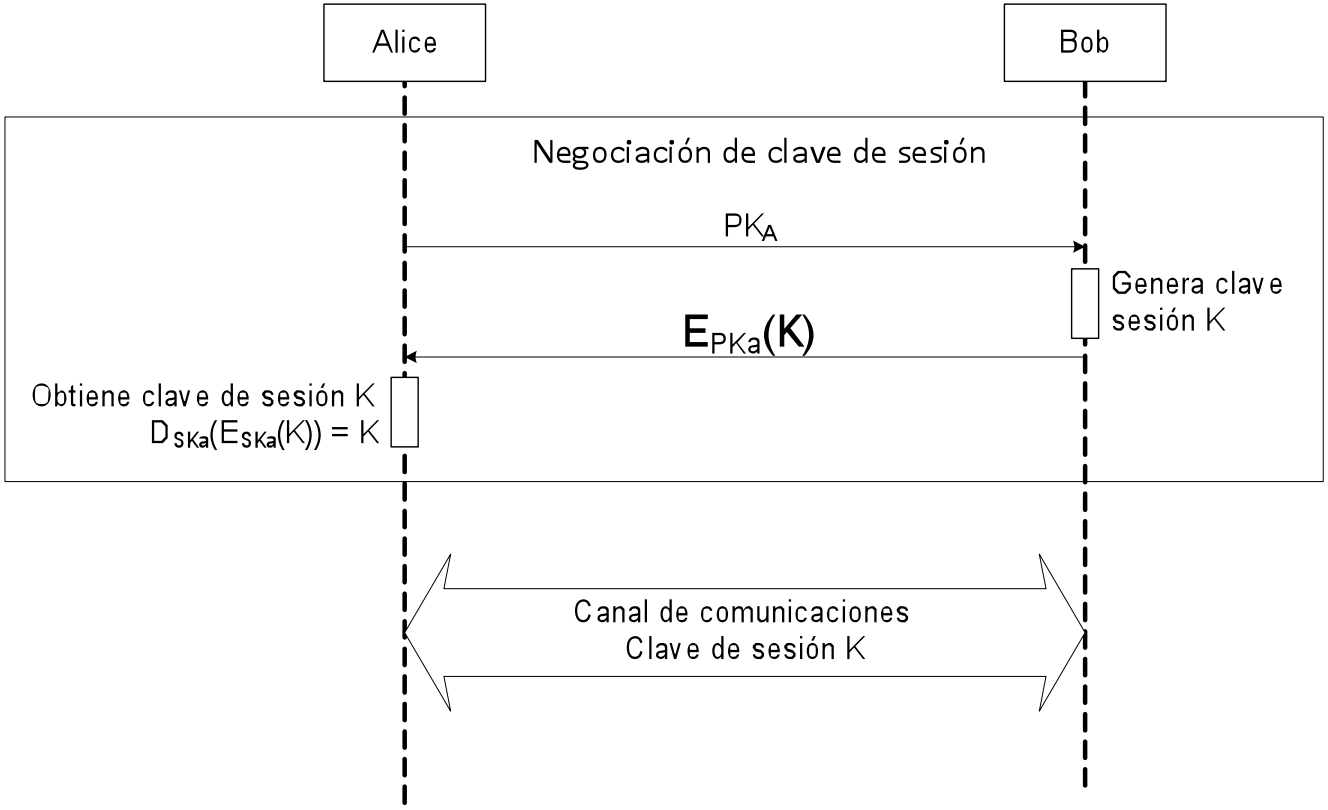
  - Clave privada de Bob: descifrar el mensaje que Alicia le ha enviado (confidencialidad)


Alice


Bob

Sistemas híbridos

- Criptografía simétrica y asimétrica son complementarias y no excluyentes
  - Asimétrica se emplea para cifrar claves
  - Simétrica para cifrar grandes volúmenes de datos

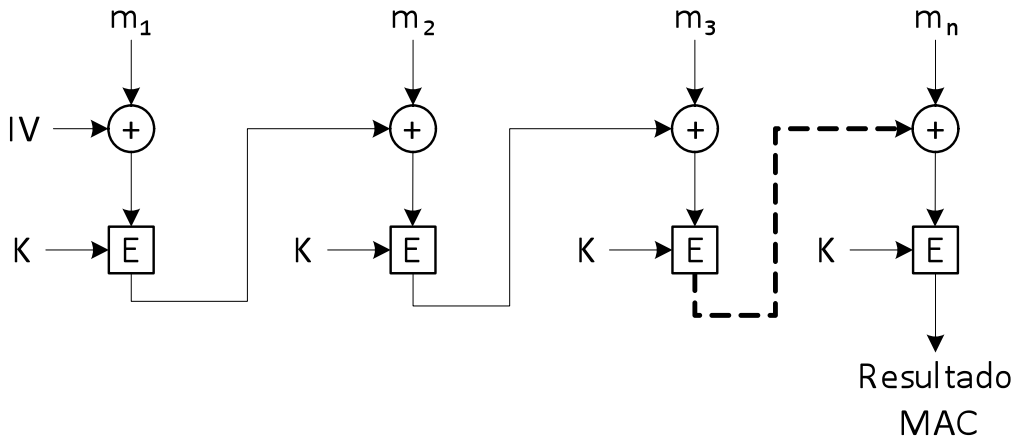


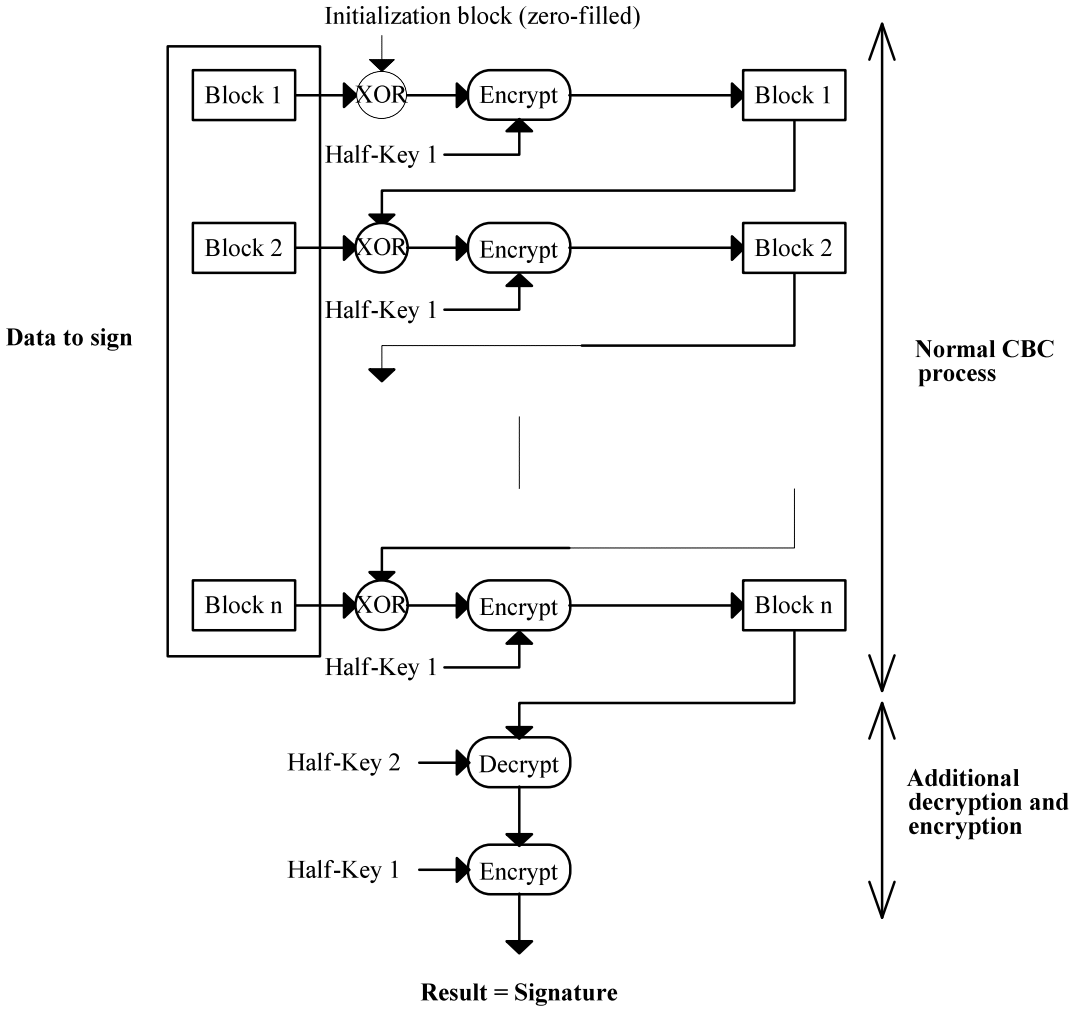
Funciones unidireccionales (*hash*)

- Transformación matemática que a partir de un mensaje de una longitud arbitraria calcula un resumen de una longitud fija.
  - Dado x es sencillo calcular f(x)
  - Dada f(x) es difícil o imposible calcular x
  - Dados x e y, f(x) será distinta de f(y)
- Utilidad
  - No para cifrar un mensaje
  - Generar una huella única de un mensaje (integridad)
- Algoritmos más conocidos
  - MD5, SHA-0, SHA-1
  - SHA-2 (SHA-224, SHA-256, SHA-384, SHA-512), SHA-3
- Message Authentication Code (MAC)
  - Hash usando una clave y procedimientos criptográficos $\Rightarrow$ H(K, m)

Funciones unidireccionales (*hash*)

- CBC-MAC



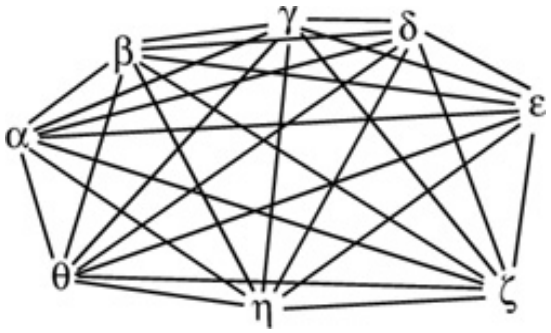


Generación de números aleatorios

- Nonce
  - Numero proporcionado por el usuario que solo se usa **una** vez
- Un número será estadísticamente independiente
  - Generación de claves, un solo uso, etc.
- Pseudo-aleatorios
  - Lo mejor que un ordenador puede realizar ⇒ parecen aleatorias
  - Secuencia con periodo de repetición suficientemente elevado
  - Uso de criptografía para cifrarlas, las hace más robustas ⇒ impredecible
- Aleatorios
  - Ni pueden ser reproducidas
  - Mecánica cuántica ⇒ el mundo es determinista, ¿los ordenadores no?

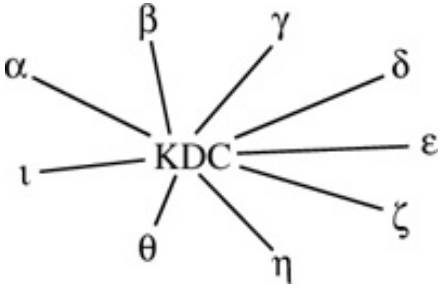
Entidades de confianza

- No todos pueden confiar en todos



N nodos ⇒ N-1 claves
(punto a punto)

- Tercera entidad de confianza (TTP, *Trusted Third Party*)
  - Centros de distribución de claves (KDC, *Key Distribution Center*)
  - Autoridades de certificación (CA, *Certification Authority*)
  - Servidores de tiempo (*timestamp*)
  - Organizaciones jerarquizadas o por dominios



- Delegación
  - Autenticación y control de acceso

Procedimientos adecuados

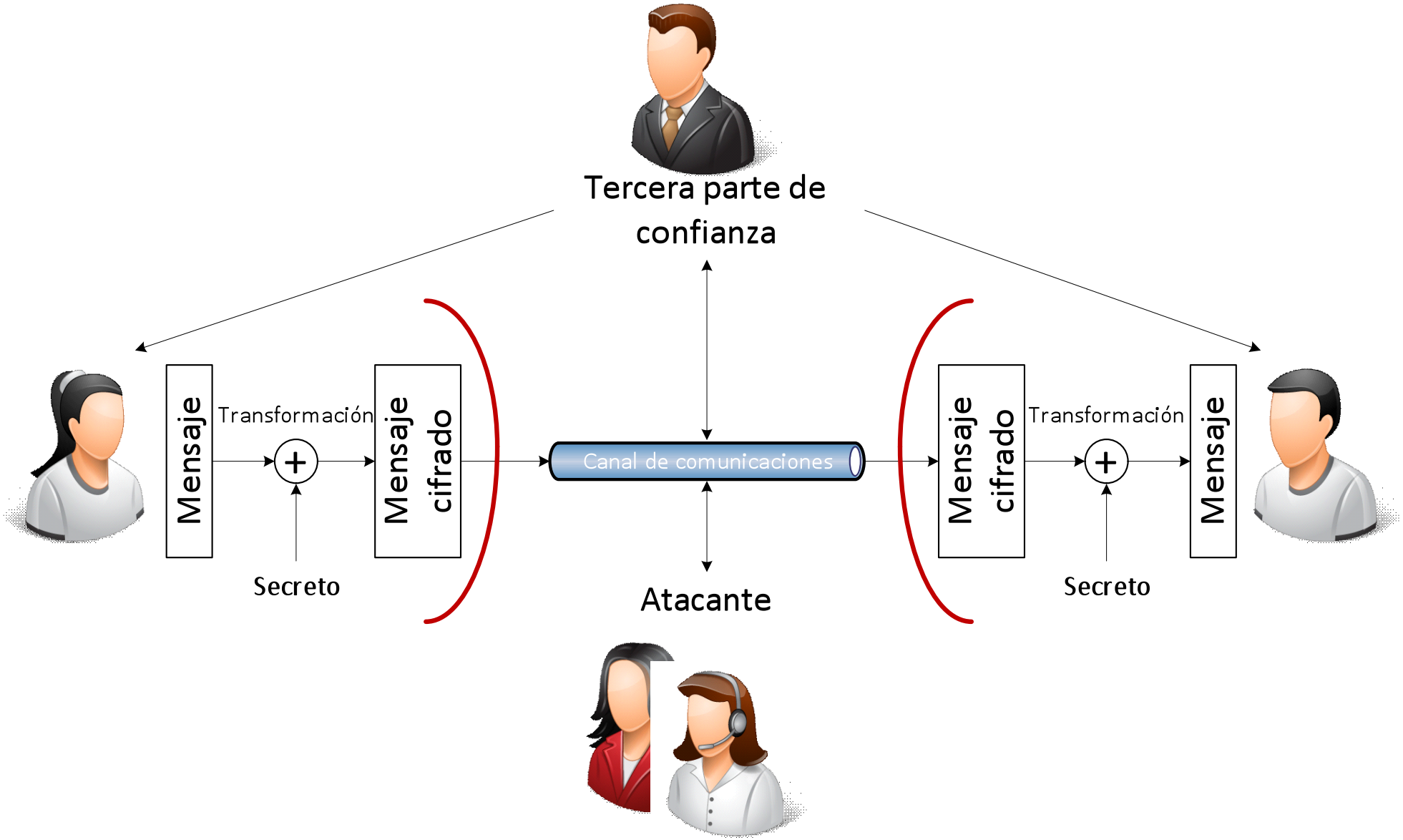
	Cifrado	Firma digital	Control acceso	TTP	Control rutas	Aleatoriedad
Autenticación	X	X		X		
Autorización			X			
Confidencialidad	X	X			X	X
Integridad	X	X				
No repudio				X		

Índice

- Qué es la seguridad
- Evolución histórica
- Amenazas y ataques
- Entornos de comunicación seguros
  - Servicios de seguridad
  - Mecanismos de seguridad
  - Consideraciones de diseño

Sistema de comunicación seguro

Consideraciones de diseño



Diseño de un entorno seguro

Consideraciones de diseño

- Ser paranoico
  - Aplicación de la ley de Murphy
- Tener en cuenta el entorno
  - Existen entradas y salidas
- Plan de contingencia
  - Seguridad reactiva ante detección de ataques
- Seguimiento de los procesos
  - Vinculado a la trazabilidad
- El eslabón más débil son las personas
  - No leen, no prestan atención, no pensamos, …
- Configuraciones por defecto óptimas
  - Ante reinicios estado de máxima restricciones

Diseño de un entorno seguro

- Ser paranoico
  - Aplicación de la ley de Murphy
- Tener en cuenta el entorno
  - Existen entradas y salidas
- Plan de contingencia
  - Seguridad reactiva ante detección de ataques
- Seguimiento de los procesos
  - Vinculado a la trazabilidad
- El eslabón más débil son las personas
  - No leen, no prestan atención, no pensamos, …
- Configuraciones por defecto óptimas
  - Ante reinicios estado de máxima restricciones

Actualizaciones de sistemas, procedimientos y algoritmos

Diseño de un entorno seguro

- Características del sistema criptográfico empleado
  - Algoritmo, longitud de claves, etc.
- Elementos externos de apoyo
  - Gestión de claves
  - Token criptográfico: tarjetas inteligentes, etc.

Diseño de un entorno seguro

- Características del sistema criptográfico empleado
  - Algoritmo, longitud de claves, etc.
- Elementos externos de apoyo
  - Gestión de claves
  - Token criptográfico: tarjetas inteligentes, etc.

Actualizaciones de sistemas, procedimientos y algoritmos

Seguridad de un sistema

- Las tres leyes de Shamir (uno de los inventores de RSA) sobre la seguridad de sistemas:
  - No existen sistemas absolutamente seguros
  - Para reducir a la mitad tus vulnerabilidades, tienes que doblar tu inversión
  - La mayor parte de los ataques más que atacarlas, evitan las protecciones criptográficas
- Es más fácil atacar los elementos no criptográficos (el factor humano, p.ej.) que los algoritmos

Seguridad multicapa

Consideraciones de diseño

- Física
  - Espectro ensanchado, …
- Enlace
  - WEP, WPA, BT PIN,
- Red
  - IPSec, Tunel, VPN, …
- Transporte
  - SSL, TLS, …
- Aplicación
  - SSH, HTTPS, …