Servidores seguros

Seguridad en sistemas operativos

Gustavo Romero López

Updated: 16 de enero de 2018

Arquitectura y Tecnología de Computadores

Índice I

Índice II

Índice III

Índice IV

Definición de seguridad informática

- Protección de la **infraestructura** computacional y todo lo relacionado con esta y, especialmente, la **información** contenida o circulante.
- Un conjunto de métodos y herramientas destinados a proteger la **información** y por ende, los **sistemas** informáticos ante cualquier amenaza.

Facetas de la seguridad

Problemas a estudiar:

- Naturaleza de las **amenazas**.
- Naturaleza de los **intrusos**.
- Pérdida accidental de datos.

Evolución del problema

Grandes cambios a lo largo de la historia de la Informática:

- multiusuario $\rightarrow$ monousuario
- balance precio: sistema / usuario
- sistemas aislados $\rightarrow$ conectados

Terminología básica

- **vulnerabilidad**: fallo de seguridad.
- **exploit**: método para explotar una vulnerabilidad. Puede lanzarse manual o automáticamente mediante virus o gusanos.
- **virus**: exploit que requiere la interacción del usuario para propagarse.
- **gusano**: exploit capaz de propagarse autónomamente.
- **troyano**: engaño capaz de esconder un exploit.

- **Seguridad**: medida de la confianza en el sistema y la información que contiene.
- **Protección**: mecanismos que sirven para garantizar la seguridad.

Amenazas

CIA: **C**onfidenciality, **I**ntegrity and **A**vailability.

- **Confidencialidad**: los datos secretos deben seguir siéndolo.
- **Integridad**: las personas sin autorización no deben ser capaces de alterar los datos.
- **Disponibilidad**: nada debe perturbar la usabilidad del sistema.

objetivo	**amenaza**
confidencialidad	exposición de datos
integridad	alteración de datos
disponibilidad	denegación de servicio

La **privacidad** puede afectar a todos los tipos de amenazas.

Ejemplos de amenazas

Ataques:

- Análisis de tráfico de datos no cifrados por una red.
- Alteración de bases de datos.
- Ataques de denegación de servicio: LOIC, botnets.
- Análisis de sistemas para detectar vulnerabilidades: nmap, metasploit.
- Explotación de vulnerabilidades: crimen, guerra (Stuxnet).

Terminología:

- **cracker**/**black hat**: mala gente.
- **bot** o **zombi**: ordenador bajo control de un atacante.
- **botnet**: conjunto de ordenadores comprometidos.
- **portscan**: detección de servicios en puertos.

Herramientas

Uso dual: ¿un cuchillo es bueno o malo?... igual con las herramientas informáticas.

- **nmap**: escáner de puertos.
- **metasploit**: entorno de trabajo cargado de exploits.

Atacantes

- Los atacantes pueden ser de muy distintos **niveles**, desde jóvenes aburridos a gobiernos.
- El **objetivo** del ataque puede ser muy diverso: robo, activismo, vandalismo, terrorismo, guerra, espionaje, spam, extorsión, fraude,...

Seguridad en sistemas operativos

Sencillos métodos para comprometer la seguridad:

- Claves demasiado sencillas: “0000”, “1234”, “clave”, “password”, “12345”.
- Dejar la clave a la vista: clásico postit pegado al monitor.
- Descuido con medios de almacenamiento: usb perdido, tirar un ordenador viejo (formateado menos de 30 veces).

Ataques sofisticados:

- Ataques Web.
- Ataques a bases de datos SQL.
- Ataque al sistema operativo: los más peligrosos.

Seguridad en sistemas operativos

Tipos de ataques:

- **Pasivos**: robar información, capturar información de la red,...
- **Activos**: tomar control de un programa para que ejecute código malicioso.

Terminología:

- **criptografía**: alterar información para dificultar la recuperación del original: comunicaciones, claves, ficheros.
- **endurecimiento** ("*hardening*"): incorporación de medidas de seguridad: ASLR, DEP/NX bit, SELinux.

¿Podemos construir sistemas seguros?

Dado que leemos sobre ataques es normal preguntarse...

- ¿Es posible crear sistemas seguros? $\rightarrow$ **si**
- Si lo es, ¿por qué no se hace? $\rightarrow$ no son prácticos

¿Es posible construir sistemas seguros?

- En teoría, si.
- La **dificultad** crece exponencialmente con el tamaño.
- Verificación formal de sistemas.

¿Por qué no se hace?

- La única forma de conseguirlo es mantener la **simplicidad**.
- Las **características** son el enemigo de la seguridad.
- Ejemplos: email, httpd.

Base informática de confianza

- Suele hablarse de **sistemas de confianza** ("*trusted systems*") en lugar de sistemas seguros.
- Todo sistema de confianza se basa en una TCB.
- El TCB garantiza el cumplimiento de los requisitos de seguridad.
- Partes de una TCB:
  - Hardware: casi todo excepto dispositivos de E/S.
  - Software: sistema operativo, programas privilegiados y otros.
- Se intenza minimizar el tamaño del TCB para facilitar auditoría y minimizar el riesgo de fallos.
- Ejemplo: MINIX 3 y sistemas operativos verificados (seL4, PikeOS) suelen ser muy pequeños ($\approx$10000 LOC).

Control de acceso a recursos

- Es más fácil conseguir seguridad si tenemos un modelo claro...
- ¿Qué se debe proteger?
- ¿Qué se permite hacer a cada persona?

Dominios de protección

Objeto: cada uno de los recursos a proteger.

- Tipos:
  - hardware: CPU, memoria, E/S,...
  - software: procesos, ficheros, bases de datos, semáforos,...
- Características:
  - identificador único: ej: fichero, semáforo,...
  - conjunto de operaciones: ej: leer/escribir, up/down,...

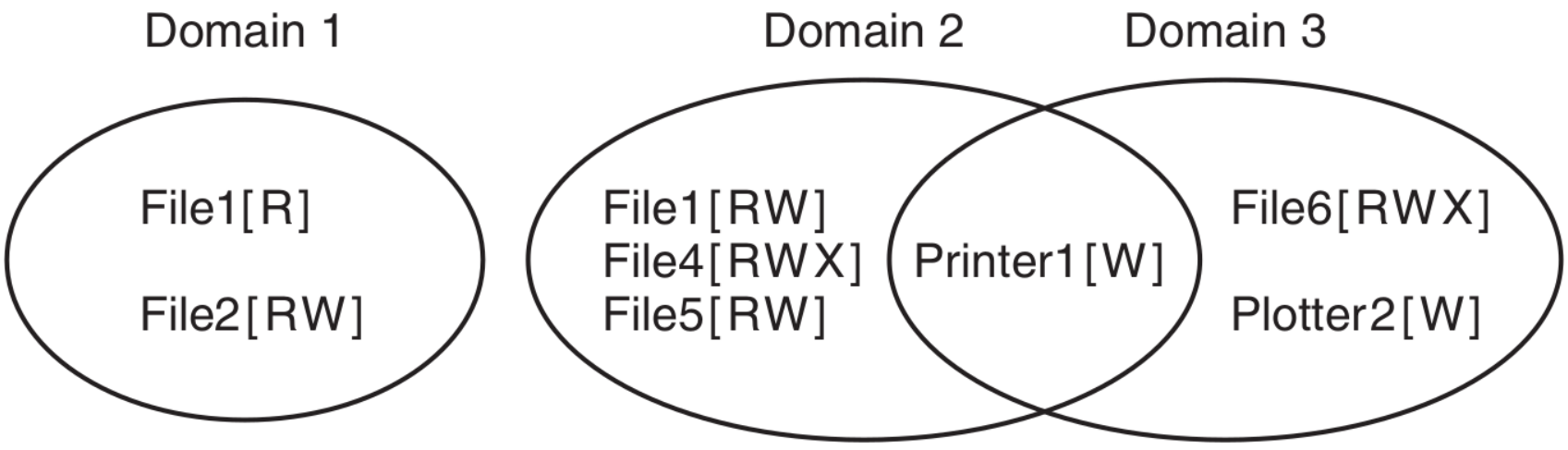
Sujetos/Directores (*subjects/principals*):

- Nombre de los usuarios en el campo de la seguridad.

Dominios de protección

- **Dominio**: conjunto de pares <objeto, derechos>.
- **Principe of Least Authority (POLA)**: mínimo conjunto de recursos y derechos necesarios para poder funcionar... necesita conocer.
- UNIX: identificadores de usuario y grupo (UID/GID)
  - Cada par UID/GID da acceso a un dominio de protección.
  - Se consigue al acceder desde el fichero password.
  - Cambio de dominio: kernel, `setuid()/setgid()`.

Dominios de protección: ejemplo



Dominios de protección: implementación

Implementación como una tabla: demasiado grande y dispersa.

Domain	Object: File1	File2	File3	File4	File5	File6	Printer1	Plotter2
1	Read	Read Write						
2			Read	Read Write Execute	Read Write		Write	
3						Read Write Execute	Write	Write

Dominios como objeto de protección:

Domain	Object: File1	File2	File3	File4	File5	File6	Printer1	Plotter2	Domain1	Domain2	Domain3
1	Read	Read Write								Enter	
2			Read	Read Write Execute	Read Write		Write				
3						Read Write Execute	Write	Write			

Dominios de protección: tipos

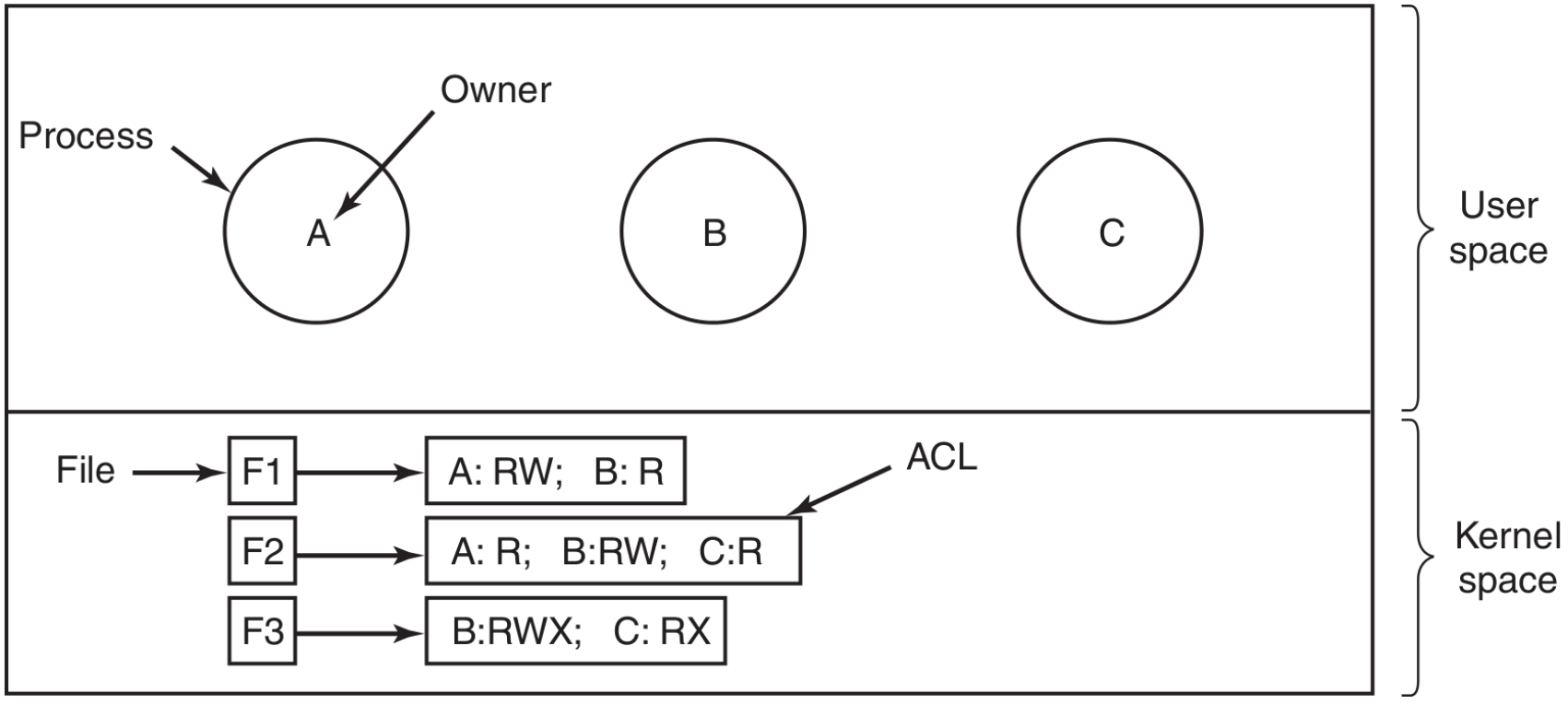
Implementación:

- Almacenamiento por filas o columnas.
- Guardar sólo campos no vacíos.

Tipos:

- filas: **Listas de Control de Acceso** (*Access Control Lists - ACL*).
- columnas: **Capacidades** (*Capabilities*).

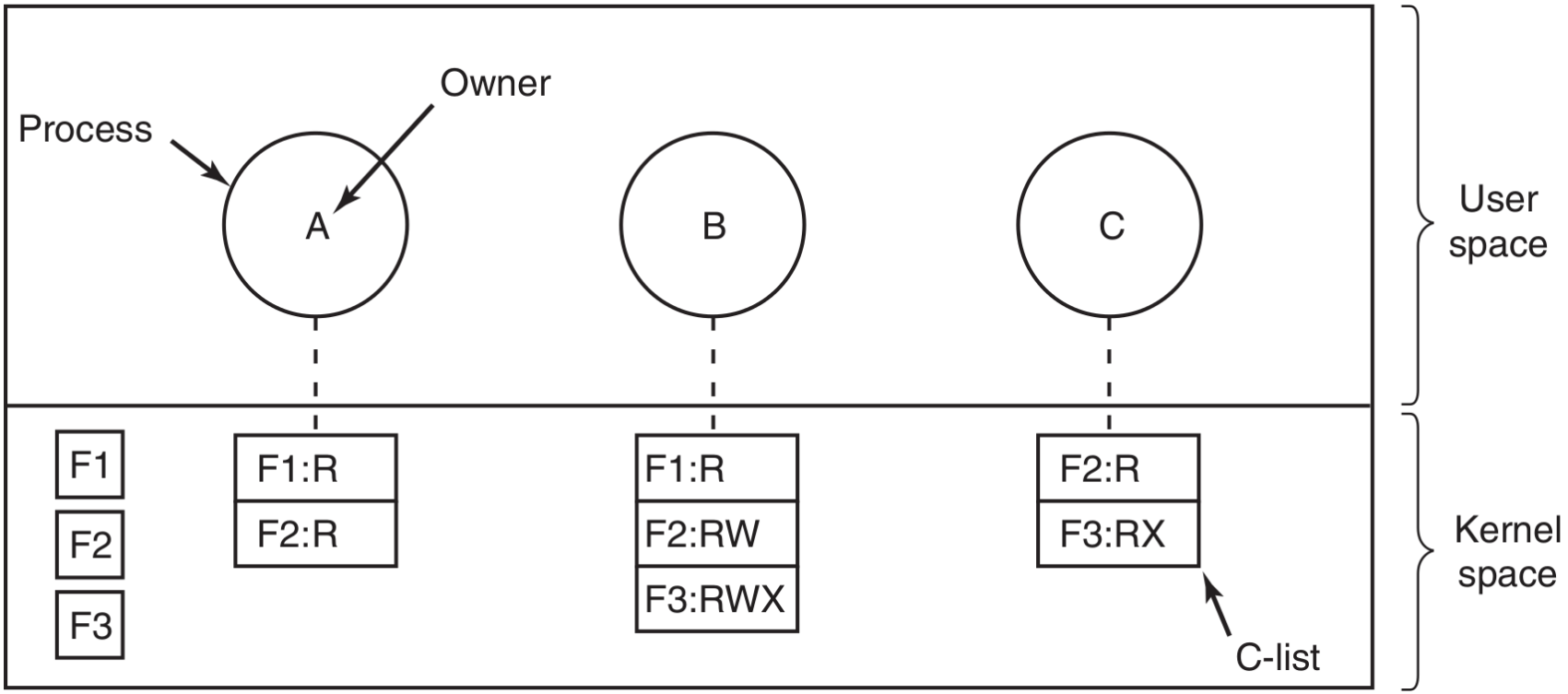
Listas de Control de Acceso



File	Access control list
Password	tana, sysadm: RW
Pigeon_data	bill, pigfan: RW; tana, pigfan: RW; ...

Capacidades

- Una capacidad es una lista de objetos y operaciones permitidas.
- Para cada proceso se asocia un lista de capacidades (*capability list o c-list*).



Capacidades

Protección de las capacidades:

- **Arquitectura etiquetada**: asocia una etiqueta a cada palabra de memoria sólo accesible en modo núcleo, IBM AS/400.
- **c-list dentro del SO**: Hydra.
- **c-list en espacio de usuario**: criptografía, Amoeba.

ACL vs Capacidades

Comparativa:

- Las capacidades tienen fama de permitir una mayor seguridad y suelen ser más eficientes en algunas operaciones sobre objetos.
- Las ACLs suelen ser más rápidas y permiten una mayor flexibilidad en operaciones sobre dominios, especialmente revocaciones.

Ejemplos:

- UNIX: ACLs.
- L4 y Android: capacidades.
- FreeBSD: ACLs y capacidades (Capsicum).

Modelos formales de seguridad

- Las matrices de protección **no son estáticas**.
- **Operaciones primitivas** (Harrison, 1976):
  - crear objeto.
  - borrar objeto.
  - crear dominio.
  - borrar dominio.
  - añadir derecho.
  - eliminar derecho.
- Las primitivas se combinan en **órdenes** de protección.
- La matriz de protección puede dividirse en dos estados **autorizados y no autorizados**.
- Demostrar si un sistema es seguro es **imposible**.

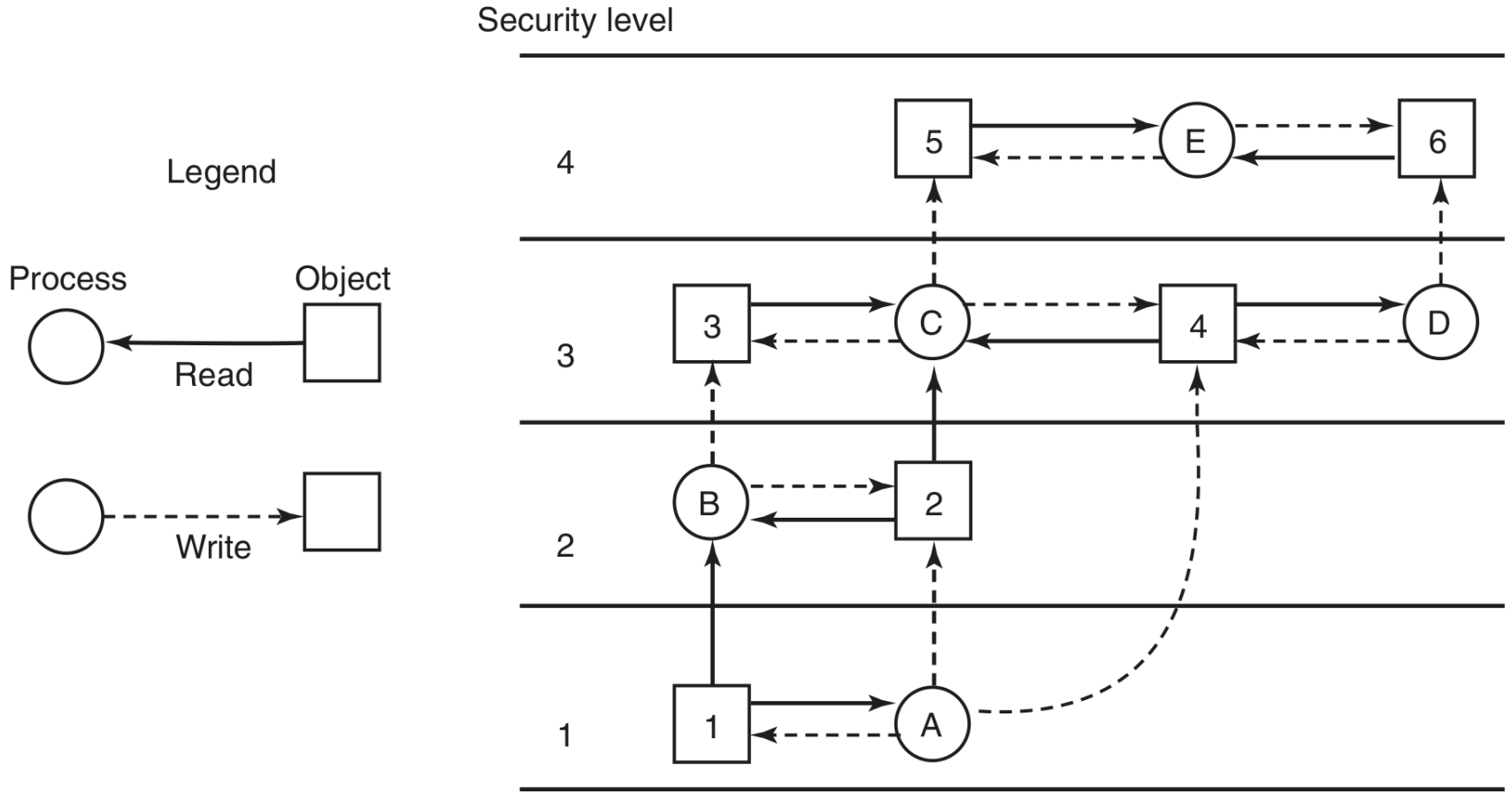
Seguridad multinivel

- Seguridad básica:
  - ¿Quién puede leer y escribir un fichero?
  - **Control de acceso discrecional** (*discretionary access control*).
  - Mínimo mecanismo de seguridad implementado por la mayoría de los SO.
- Seguridad avanzada:
  - Requerida por militares, empresas, sanidad y gobiernos.
  - **Control de acceso obligatorio** (*Mandatory Access Control - MAC*).
    - Asegura que las políticas de seguridad se cumplen.
    - Regula el flujo de información.
  - Linux: SELinux.

Modelo Bell-LaPadula

- Seguridad militar.
- Objetivo: mantener secretos.
- Niveles de seguridad: no clasificado, confidencial, secreto y alto secreto.
- Ejemplo: un general puede tener acceso a cualquier tipo de documentos y un teniente como máximo a confidenciales.
- Reglas de flujo de información:
  - **Propiedad de seguridad simple**: un proceso de nivel k sólo puede leer documentos de su nivel e inferiores.
  - **Propiedad ***: un proceso de nivel k sólo puede escribir documentos de su nivel y superiores.
- Resumiendo: *read down, write up*.
- Bueno manteniendo secretos, fatal para comunicaciones, integridad,...

Modelo Bell-LaPadula

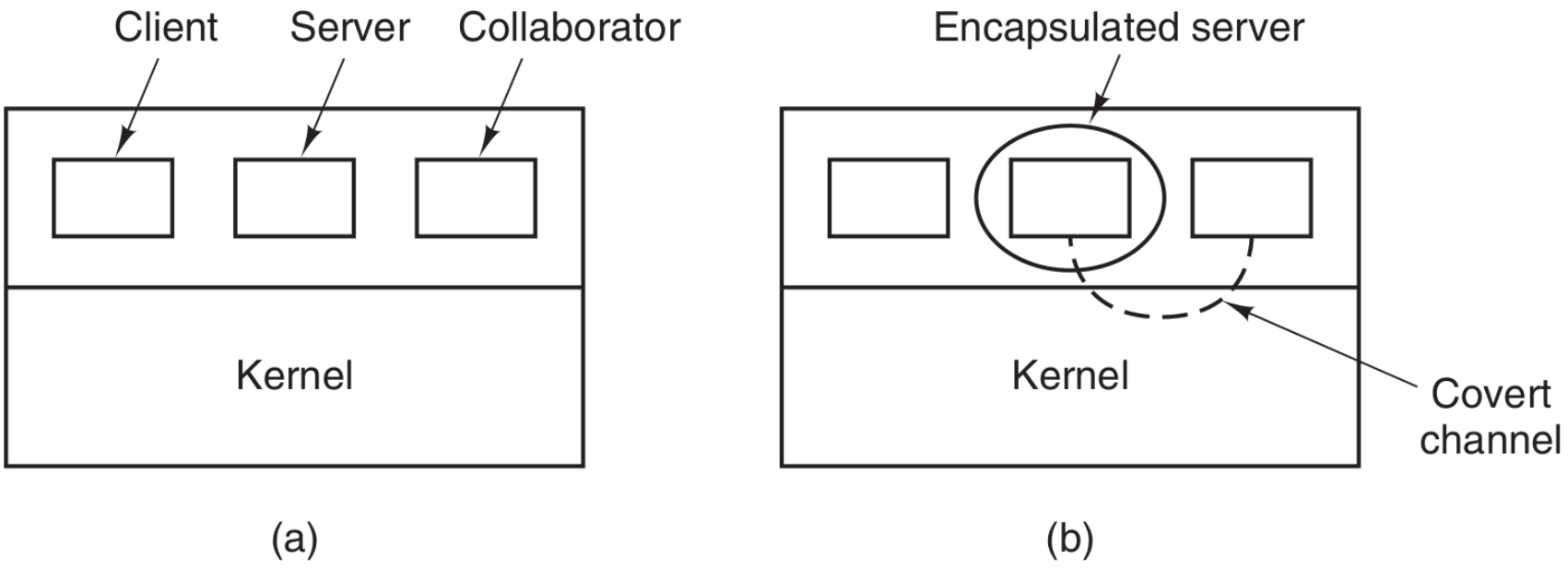


Modelo Biba

- Seguridad empresarial.
- Objetivo: garantizar la integridad de la información.
- Reglas de flujo de información:
  - **Propiedad de integridad simple**: un proceso de nivel k sólo puede escribir documentos de su nivel e inferiores.
  - **Propiedad de integridad ***: un proceso de nivel k sólo puede leer documentos de su nivel y superiores.
- Algunas organizaciones requieren ambos modelos a la vez pero es difícil conseguirlo por perseguir objetivos contrapuestos.

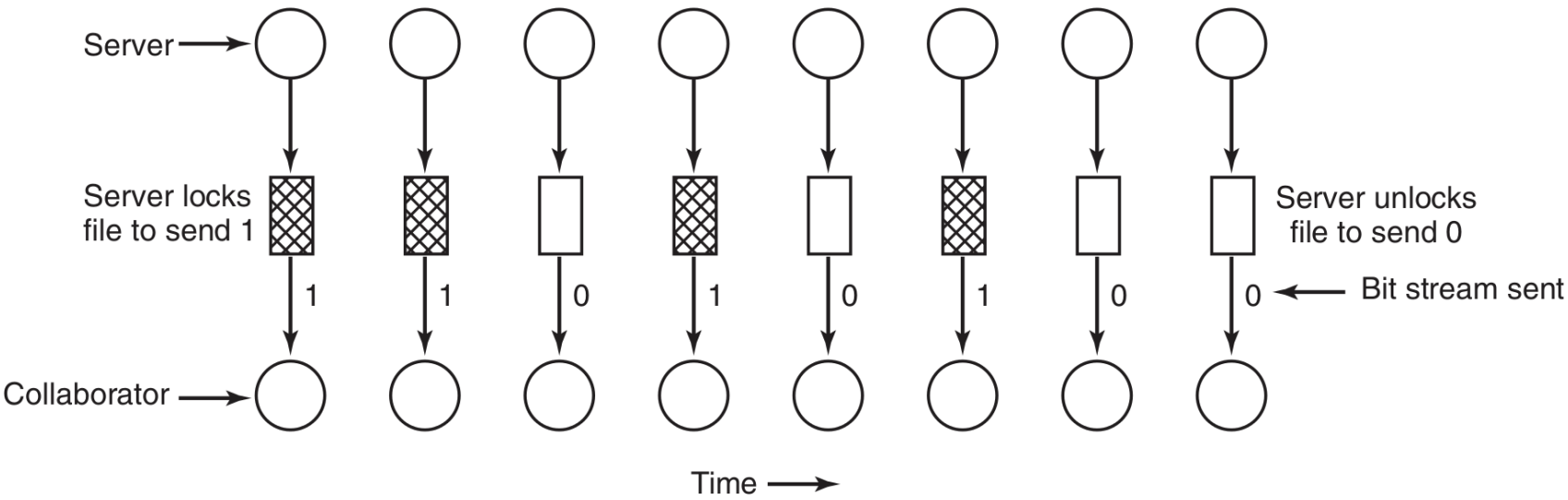
Canales encubiertos

- Los modelos formales **no funcionan**.
- Detener el goteo de información es matemáticamente imposible (Lampson, 1973).
- Modelo de Lampson:
  - **El problema del confinamiento**.
  - **Los canales encubiertos**.



Canales encubiertos

- Canales encubiertos:
  - Modulación del uso de la CPU.
  - Adquisición y liberación de un recurso.



Esteganografía

- Otra forma de canal encubierto.
- Esconder información en un imagen.
- Usos lícitos: marcas de agua.

(a)

(b)

Criptografía

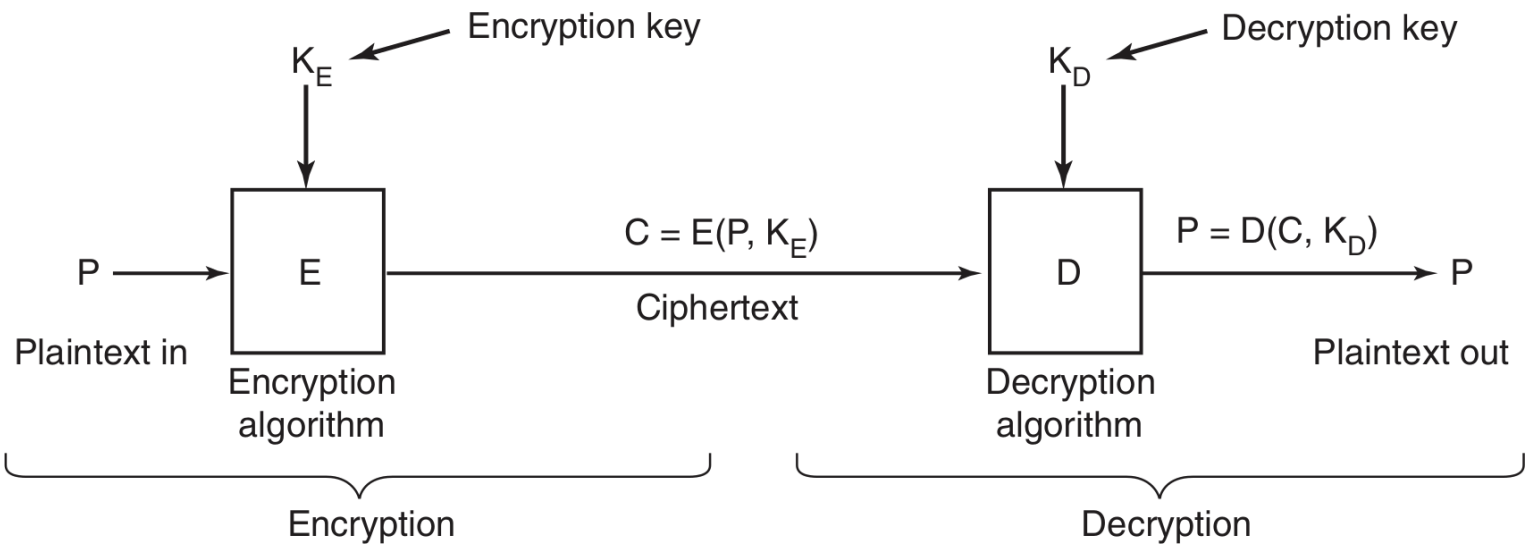
- Criptografía: del griego "**krypto**", oculto, y "**graphos**", escritura.
- Utilizada en todos sitios: sistemas de ficheros, comunicaciones, autenticación,...
- Propósito: tomar un mensaje y convertirlo en inteligible salvo para las personas autorizadas.
- $C = E(P, K_E)$ y $P = D(C, K_D)$
- Los algoritmos deben ser **públicos**, frente a la **seguridad por oscuridad** utilizada por principiantes.
- Principio de Kerchoff: la seguridad depende únicamente de la **clave**.

Criptografía simétrica o de clave secreta

- Sustitución monoalfabética: fortaleza $27! \approx 1{,}09 \times 10^{28}$

  abcdefghijklmnñopqrstuvwxyz

  uthikoavpjqnñxeyzwlmdfgbcrs
- La clave para descifrar es fácilmente calculable conocida la clave para cifrar.
- Ventajas: eficiente.
- Inconvenientes: intercambio de claves.
- Ejemplos: DES, 3DES, RC5, AES, Blowfish e IDEA.



Criptografía asimétrica o de clave pública

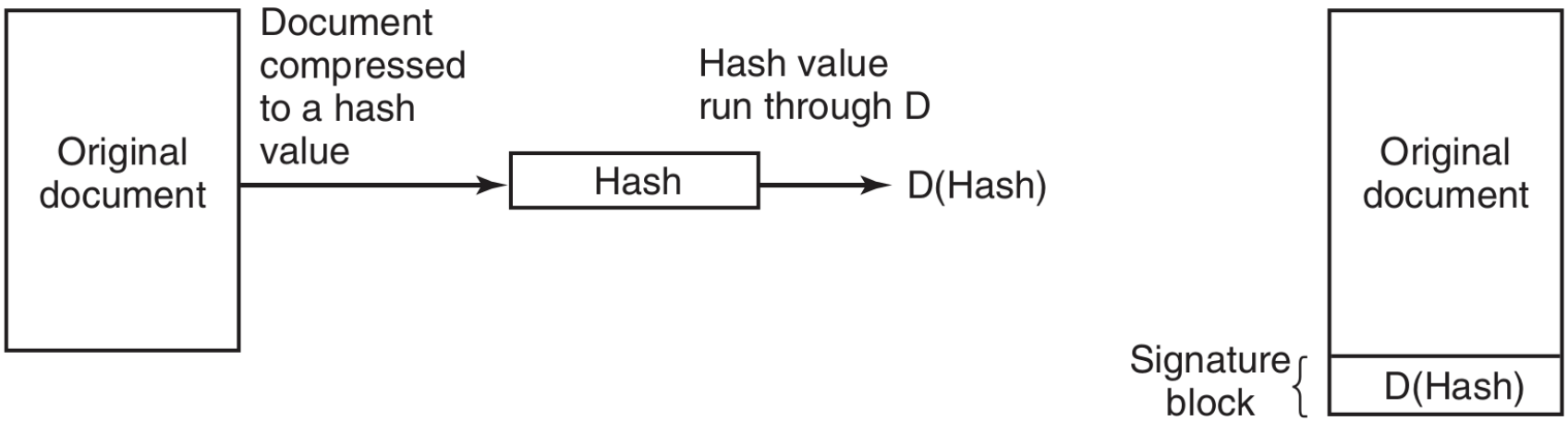
- Usa diferentes claves para cifrar (pública) y descifrar (privada), además, dada una no es fácil calcular la otra.
- ¿Qué operación es más costosa? $\longrightarrow$ RSA
  - $12345678912345678 9 \times 12345678912345678 9$ $\longrightarrow$ cifrar
  - $\sqrt{152415787806736785156226207501905 21}$ $\longrightarrow$ descifrar
- Ventajas: elimina el problema de la distribución de claves.
- Inconvenientes: miles de veces más lento que la simétrica.
- Ejemplos: Diffie-Hellman, RSA, DSA, ElGamal, Criptografía de curva elíptica, Criptosistema de Merkle-Hellman, Goldwasser-Micali y Goldwasser-Micali-Rivest.
- Matemáticas: curvas elípticas, logaritmo discreto, aritmética modular...

Funciones unidireccionales

- Tienen numerosas aplicaciones en informática.
  - ejemplo: autenticación.
- Función tipo "$f(x) = y$".
- Dado "f" y "x" es muy fácil calcular "y".
- Dado "$f(x)$" es imposible o extremadamente costoso calcular "x".
- Suelen llamarse funciones resumen o **hash**.
- Ampliamente empleadas en criptografía.

Firma digital

- A veces es necesario firmar un documento digitalmente para poder verificar su autenticidad:
  - ejemplos: órdenes bancarias, copia IRPF,...
- Uso: al recibir un documento se aplica...
  - emisión: hash del documento: x + descifrar $x \longrightarrow D(x)$
  - verificación: $E(D(x)) = x$, con E y D conmutativas.
- Ejemplos: MD5, RSA, SHA-1, SHA-256, SHA-512.



Firma digital

- Los emisores suelen adjuntar un certificado junto al mensaje.
- **Certificado**: nombre y clave pública firmado digitalmente.
- **Autoridad certificadora** (*Certification Authority - CA*): organización responsable del mantenimiento de los certificados y las claves pública.
- **Infraestructura de clave pública** (*Public Key Infrastructure - PKI*): distribuida junto a sistemas operativos y navegadores.
- Ejemplos: MD5 (insegura), SHA-1 (comprometida), SHA-256, SHA-512, Tiger, WHIRPOOL.

- La criptografía necesita claves.
- Almacenar las claves de forma segura es esencial.
- ¿Como hacerlo en sistemas que no son seguros?
- TPM: procesador criptográfico con memoria no volátil capaz de almacenar claves y realizar operaciones de cifrado, descifrado y verificación de firmas digitales.
- Tema controvertido: ¿quién controla el TPM?
  - Microsoft: software pirata, virus, control de la plataforma.
  - Industrial audiovisual: control de la piratería.
  - Usuario: mi ordenador, mi SO, mis ficheros, mis normas :)

Autenticación

- Autenticación: asegurar que un usuario es quien dice ser.
- Un ordenador seguro requiere la autenticación de usuarios.
- Los primeros ordenadores no requerían autenticarse.
- Los tiempos cambian: acceso físico $\longrightarrow$ acceso remoto.
- La autenticación se basa en algo que el usuario...
  - **sabe** $\longrightarrow$ pin, contraseña, patrón,...
  - **tiene** $\longrightarrow$ objeto físico, tarjeta, llave usb,...
  - **es** $\longrightarrow$ huella dactilar, cara, iris, patrón infrarojo,...
- El método más utilizado es solicitar una contraseña.
- *Two Factor Authentication (TFA)*:
  - autenticación mediante dos métodos.
  - muy de moda en la actualidad.
- ¿Quién se acuerda de proteger la BIOS/UEFI?

Contraseñas débiles

- **Ataque de fuerza bruta**: probar una tras otra.
- Un 86 % de las contraseñas son vulnerables (Morris y Thompson, 1979).
- LinkedIn Hack (2012):
  - robo de 6.46M contraseñas
  - top 10: password, 12345, link, 1234, work, god, job, angel, the, ilove.
- IOActive (2013): la mayoría de routers usa la contraseña por defecto.
- Stuxnet: centrifugadoras con contraseña por defecto.
- Recordad: el mundo físico requiere llamar a las puertas una por una, el virtual no... descubrimiento de CCV.
- 1998, Berkeley: war dialers $\rightarrow$ portscanning.
- ¿Habéis probado SHODAN?

Seguridad en contraseñas UNIX

- `passwd`: fichero de contraseñas protegido.
- Evolución del fichero de claves:
  - claves **en claro** (muy peligroso!!!).
  - claves **codificadas** con funciones unidireccionales (peligroso).
  - claves codificadas con **sal** y **división** de ficheros.
- Vulnerable a un ataque de fuerza bruta si un atacante consigue el fichero.
- Contramedidas:
  - **sal**:
    - sal: **número aleatorio** de n-bits asociado a cada contraseña
    - f(contraseña en claro + sal) = contraseña cifrada
    - la sal cambia cada vez que cambiamos la contraseña
  - **comprobación indirecta**:
    - sacar de `passwd` partes sensibles
    - `shadow`: funciones, sales y contraseñas codificadas
    - `shadow` sólo legible lentamente por el usuario root

Contraseñas de un sólo uso

- Se aconseja **cambiar** las claves con frecuencia :)
- Las claves de un sólo uso son el caso extremo.
- Si alguien la descubre **no importa** porque la siguiente vez será otra.
- Cadena hash unidireccional: capturado P_i es imposible calcular P_{i+1}, ejemplo para $n = 4$:
  - $P_{i-1} = f(P_i)$
  - $P_1 = f(P_2) = f(f(f(f(s))))$
  - $P_2 = f(P_3) = f(f(f(s)))$
  - $P_3 = f(P_4) = f(f(s))$
  - $P_4 = f(s)$

Autenticación Desafío-Respuesta

- El usuario proporciona una larga **lista de preguntas y respuestas**.
- A identificarse se **escoge una al azar**.
- El reto puede variar de dificultad, x^2, y con el momento del día.
- Muchos tipos: tarjetas inteligentes o no, usb, teléfono móvil.
- La base de datos de preguntas y respuestas debe **protegerse** al igual que las contraseñas.

Acreditación mediante objetos físicos

- El segundo método más utilizado es la identificación mediante un objeto físico.
- Ejemplo físico: llave de metal para cerradura.
- Ejemplo informático: cajeros automáticos.
  - Requiere una tarjeta.
  - Solicita un pin.
- Tarjetas inteligentes (*smart cards*):
  - no requieren conexión.
  - información protegida criptográficamente.
  - las más avanzadas pueden interpretar programas.
- Probad google-authenticator: OTP + TFA.

Acreditación biométrica

- Identificación mediante alguna de las características físicas del usuario
- Dos partes: registro e identificación.
  - registro: medición, digitalización y almacenamiento.
  - identificación: proporcionar nombre de usuario.
- La característica elegida debe tener unas propiedades adecuadas:
  - facilidad de medición
  - alta variabilidad entre individuos
  - resistente al paso del tiempo
- Ejemplos: huella, voz, longitud de los dedos, iris, cara, firma, forma de teclear, patrón infrarrojo, olor,...
- Problema: suplantación de identidad, ej: cara, iris,...
- Solución: guiño, flash,...

- Finalidad: explotar vulnerabilidades del software.
- Ejemplo: descarga involuntaria de software
  - `http://pccito.ugr.es/~gustavo/ss/boom.html`
  - posibles responsables:
    - desarrollador web
    - terceras partes: anunciantes,...
    - administrador del servidor web
    - administrador de red: ISP, MITM,...
  - Ataque del intermediario - (*Man in the middle (MITM)*):
    - interceptación de la comunicación (*eavesdropping*)
    - sustitución
    - repetición
    - denegación de servicio - (*Denial of Service (DoS)*)
- Efecto Reina Roja: los ataques se vuelven más sofisticados a la vez que lo hacen las medidas de seguridad.
- 1 vulnerabilidad $\longrightarrow$ 1 exploit.
- Existen contramedidas para cada tipo de vulnerabilidad.

Ataques de desbordamiento de búfer

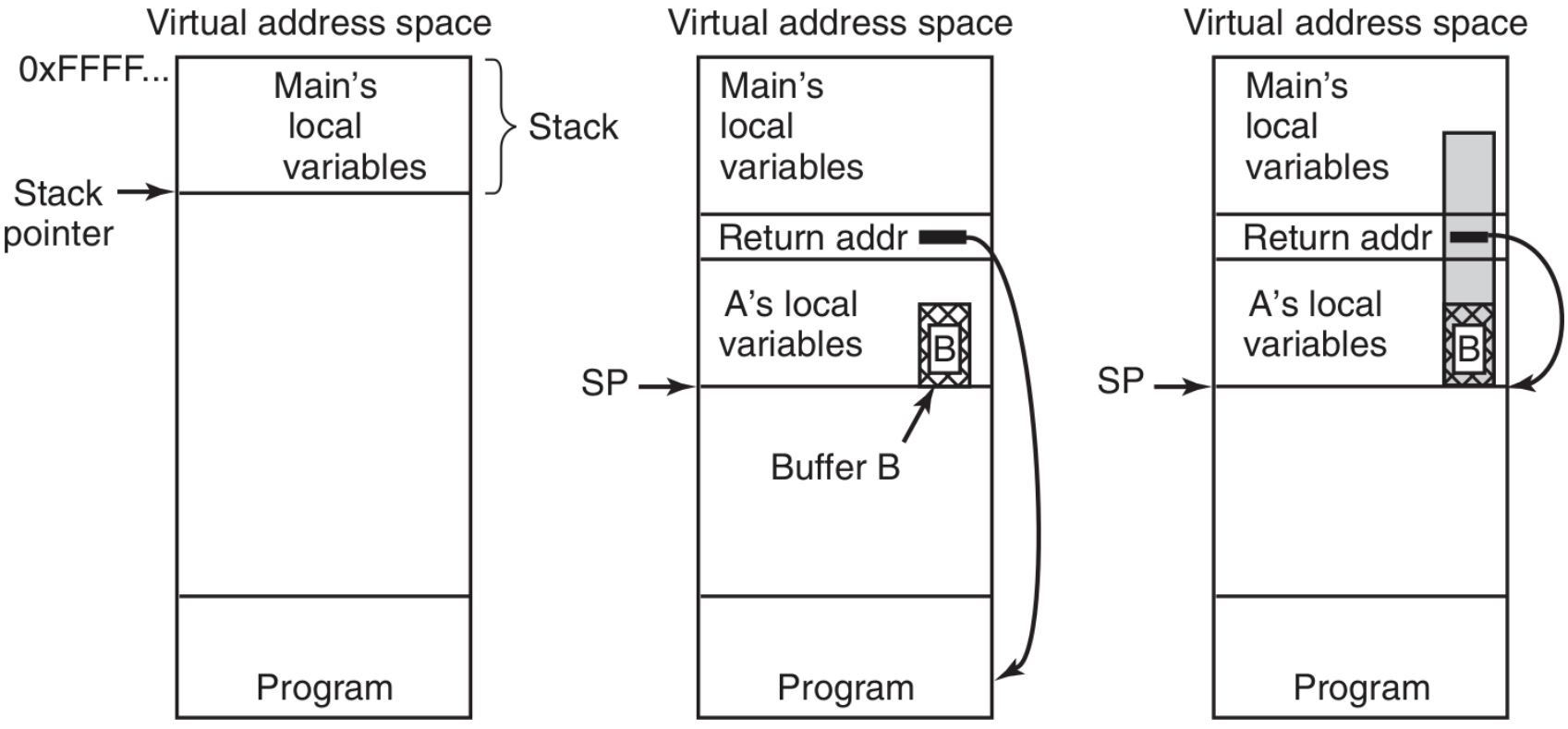
buffer overflow attacks

- Van a seguir con nosotros: Victor van der Veen, 2012[1]
- Motivo: lenguajes de programación inseguros.
  - no comprueban automáticamente los **límites**.
  - razón para no hacerlo: **tiempo**.
- Nivel de privilegio alcanzado = programa vulnerado:
  - especial cuidado con binarios de root con bit `SETUID`.
  - `find /{,s}bin/ -user root -perm -4000 -exec ls -l {} +`
- Contramedidas en sistemas modernos:
  - Canarios de pila - *Stack canaries*.
  - Protección de ejecución de datos - *Data Execution Protection* (DEP).
  - Aleatorización del diseño del espacio de direcciones - *Address-Space Layout Randomization* (ASLR).

[1] `https://doi.org/10.1007/978-3-642-33338-5_5`

Ataques de desbordamiento de búfer

```
01. void A( ) {
02.     char B[128];          /* reserve a buffer with space for 128 bytes on the stack */
03.     printf ("Type log message:");
04.     gets (B);             /* read log message from standard input into buffer */
05.     writeLog (B);         /* output the string in a pretty format to the log file */
06. }
```



C

```
char a[A], b[B]; // ¿A == B?
for (int i = 0; i < A; ++i)
    a[i] = b[i];
```

C++

```
std::string a(A, 'a'), b(B, 'b'); // ¿A == B?
for (int i = 0; i < A; ++i)
    a[i] = b[i];
```

python

```
buffer = [0, 1, 2, 3, 4]
buffer[0] = buffer[-1]
```

- Defensa contra los ataques de desbordamiento de búfer.
- Procedencia del nombre: canarios utilizados en las minas.
- Dejar un **valor** aleatorio en la pila bajo la dirección de retorno y **comprobar** que sigue allí tras una llamada.
- Puede usarse explícitamente:

```
gcc -fstack-protector{-all}
```

- Y evitarse explícitamente:

```
gcc -fno-stack-protector
```

- Muchas distribuciones lo usan por defecto.
- Información adicional: `http://xorl.wordpress.com/2010/10/14/linux-glibc-stack-canary-values/`

Evitando los canarios

```
01. void A (char *date) {
02.     int len;
03.     char B [128];
04.     char logMsg [256];
05.
06.     strcpy (logMsg, date);      /* first copy the string with the date in the log message */
07.     len = strlen (date);        /* determine how many characters are in the date string */
08.     gets (B);                   /* now get the actual message */
09.     strcpy (logMsg+len, B);     /* and copy it after the date into logMessage */
10.     writeLog (logMsg);          /* finally, write the log message to disk */
11. }
```

- **No alterarlo**... cambiar de objetivo por variables locales.
- El desbordamiento de búfer no se limita a **direcciones de retorno**.
- Los **punteros a función** son vulnerables.
- Tanto **pila** como **montículo** (*heap*) son vulnerables.

Protección de ejecución de datos Data Execution Protection (DEP)

- La causa del problema es la **inyección de código**.
- Solución: **prohibir** la ejecución de código en zonas de **datos**.
- Los procesadores modernos tiene el **bit NX** (*No eXecute*).
- Empleado en todos los sistemas operativos modernos.
- **Política W^X** = la memoria se puede escribir o ejecutar, pero no ambas simultáneamente.
- Mecanismos:
  - Hardware: **bit NX**.
  - Software: unidad de gestión de memoria (*MMU*).

Ataques de reutilización de código

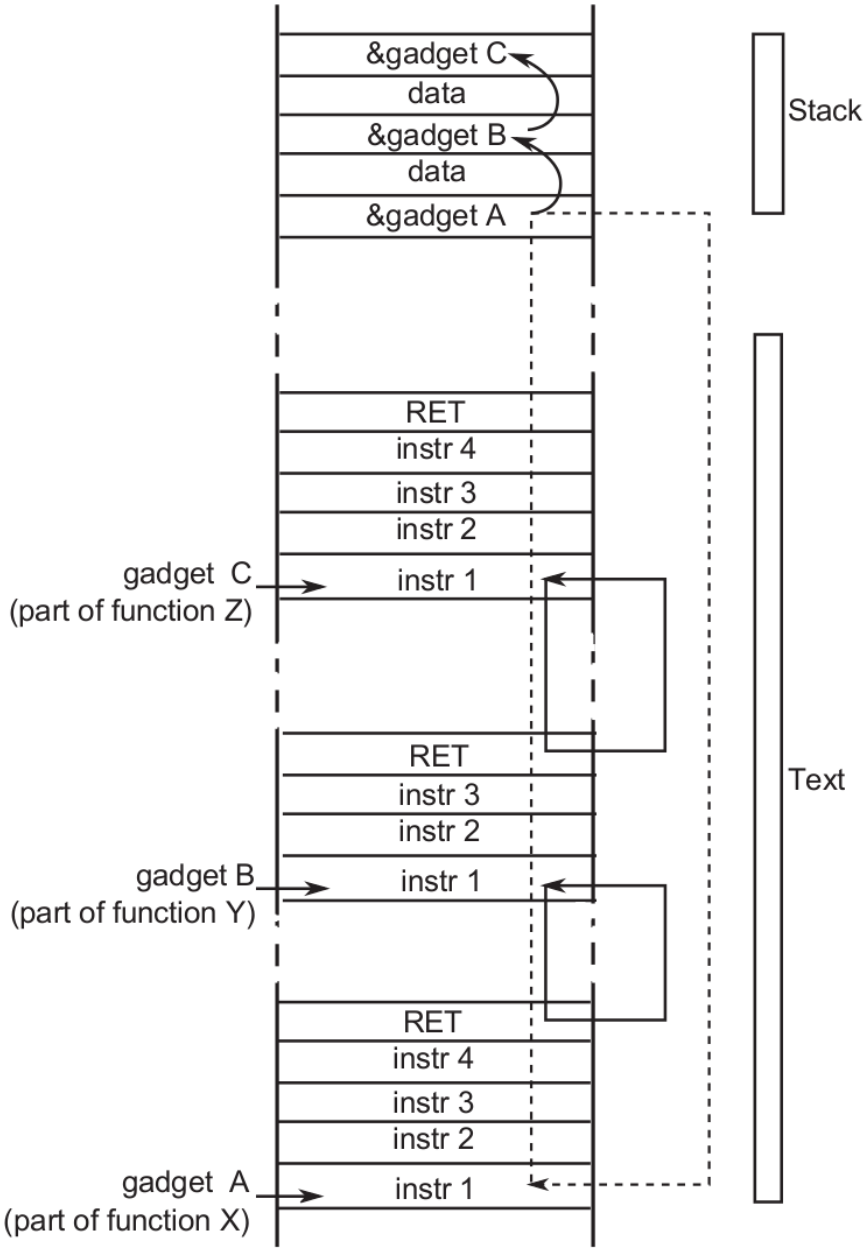
- Dado que...
  - Los canarios dificultan sobrescribir direcciones de retorno y punteros a función.
  - DEP impide la ejecución de código en regiones de datos.
- ¿Para qué molestarnos en inyectar nuevo código si nuestros programas están llenos de él?
- Ataques clásicos de reutilización de código:
  - **return to libc**
  - **return-oriented programming (ROP)**

return to libc

```
01. void A (char *date) {
02.     int len;
03.     char B [128];
04.     char logMsg [256];
05.
06.     strcpy (logMsg, date);      /* first copy the string with the date in the log message */
07.     len = strlen (date);        /* determine how many characters are in the date string */
08.     gets (B);                   /* now get the actual message */
09.     strcpy (logMsg+len, B);     /* and copy it after the date into logMessage */
10.     writeLog (logMsg);          /* finally, write the log message to disk */
11. }
```

- Supongamos que podemos cambiar la dirección de retorno pero no ejecutar código sobre la pila.
- ¿A dónde retornar?
- Casi todos los programas **enlazan** funciones de `libc`.
- Escoger binario y función: `system`, `mprotect`,... o PLT (*Procedure Linkage Table*).

Return-Oriented Programming (**ROP**)



- Ataque **complejo** pero **frecuente** hoy día.
- Escoger con cuidado las direcciones de **retorno**.
- Buscar **fragmentos útiles** acabados en retorno.
- Compilador ROP: herramienta automática.

- Suele ser posible elegir una **dirección exacta** de retorno.
- En el peor de los casos por **fuerza bruta**.
- ¿Qué pasaría si las direcciones de mi programa **cambian cada vez que lo ejecuto**?
- ¿Qué cambiar? Pila, montículo y bibliotecas.
- Usado por la mayoría de los sistemas operativos.
- Canarios + DEP + ASLR = costo razonable.

Evitando ASLR

- Los exploits siguen apareciendo... ¿Cómo es posible?
- ASLR no suele ser tan aleatorio como debería.
- Ejemplo de ataque, goteo de memoria:

```
01. void C( ) {
02.     int index;
03.     int prime [16] = { 1,2,3,5,7,11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47 };
04.      printf ("Which prime number between would you like to see?");
05.      index = read_user_input ( );
06.      printf ("Prime number %d is: %d\n", index, prime[index]);
07. }
```

- Introducir un número menor que 0 o mayor que 15.
- Conocida una dirección de memoria es fácil averiguar el resto.

Ataques que no modifican la secuencia de ejecución

- La mayoría de los ataques intentan modificar direcciones de retorno y punteros a función para conseguir nueva funcionalidad.
- Existen ataques en los que modificar datos es suficiente.

```
01. void A( ) {
02.     int authorized;
03.     char name [128];
04.     authorized = check_credentials (...);  /* the attacker is not authorized, so returns 0 */
05.     printf ("What is your name?\n");
06.     gets (name);
07.     if (authorized != 0) {
08.         printf ("Welcome %s, here is all our secret data\n", name)
09.         /* ... show secret data ... */
10.     } else
11.         printf ("Sorry %s, but you are not authorized.\n");
12.     }
13. }
```

Desbordamiento de búfer: la última palabra, o casi...

- Es una de las técnicas más antiguas y utilizadas.
- Parece imposible acabar con ellas[2].
- Reparto de culpas: lenguaje de programación/programadores.
- Activo campo de **investigación**:
  - Medidas de seguridad en los **binarios**.
  - Extensiones de seguridad para **compiladores**.

[2] Victor van Der Veen, Nitish dutt-Sharma, Lorenzo Cavallaro y Hertbert Bos. Memory errors: the past, the present, and the future. En Research in Attacks, Intrusions, and Defenses. Páginas: 86-106. Springer. 2012.

Ataques de cadena de formato

- Ataque de corrupción de memoria.
- **Permite escribir cualquier cosa en cualquier sitio.**
- A los programadores no les gusta teclear... ya nadie aprende mecanografía.

seguro

```
char *s = "hola mundo";
printf("%s", s);
```

vulnerable

```
char *s = "hola mundo";
printf(s);
```

Ataques de cadena de formato

Parameters	Output	Passed as
%%	% character (literal)	Reference
%p	External representation of a pointer to void	Reference
%d	Decimal	Value
%c	Character	
%u	Unsigned decimal	Value
%x	Hexadecimal	Value
%s	String	Reference
%n	Writes the number of characters into a pointer	Reference

Ataques de cadena de formato

ejemplo de uso de %n: número de caracteres impresos

```
int i = 0;
printf("hola%n mundo\n", &i);
printf("i = %d\n", i);
```

programa vulnerable

```
char nombre[100], saludo[100] = "hola ";
printf("¿Cuál es tu nombre? ");
gets(nombre);
strcat(saludo, nombre);
printf(saludo);
```

Ataques de cadena de formato

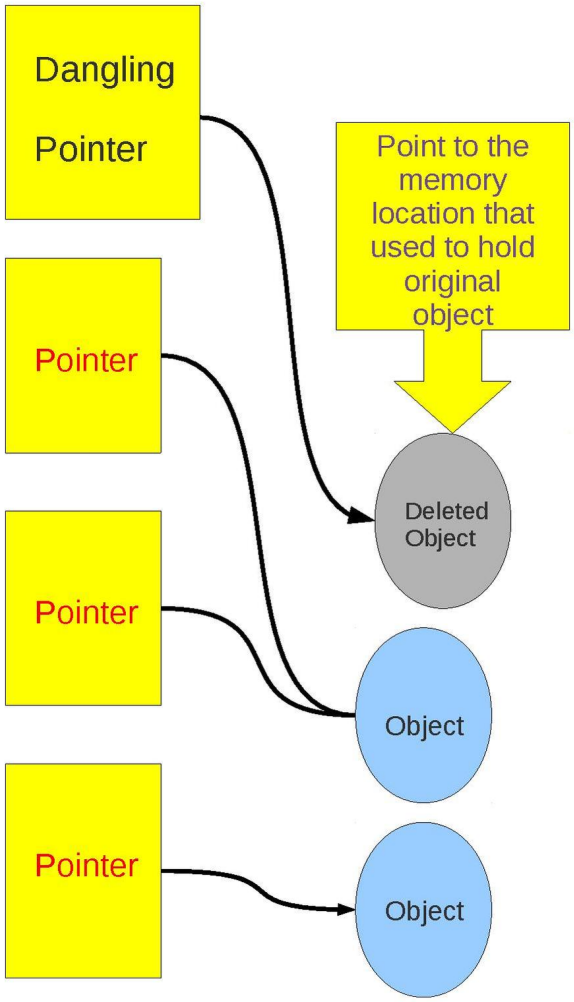
http://pccito.ugr.es/ss/teoria/seguridad/src/fsa-exploit.c

```
int main(int argc, char** argv)
{
    char buffer[100];
    strncpy(buffer, argv[1], 100);
    printf(buffer);
    return 0;
}
```

Muchos ejemplos en Internet:

- http://codearcana.com/posts/2013/05/02/introduction-to-format-string-exploits.html
- https://www.owasp.org/index.php/Format_string_attack

Punteros colgantes *dangling pointers*



- Técnica de corrupción de memoria.
- Causa: acceso a un área de memoria de la que ya no somos propietarios.

```
int *buffer = new int[100];
// hacer algo con buffer
delete[] buffer;
buffer[0] = 7; // :(
```

- El ataque *heap feng shui* permite escoger qué colocar en esa dirección de memoria.

Ataques de desreferencia de punteros nulos

- En cada acceso a memoria la MMU traduce de dirección virtual a física.
- Linux de 32 bits: espacio de usuario (3GB)/núcleo (1GB).
- Motivo de la cohabitación: eficiencia, cambiar de espacio de direcciones es costoso.
- Mecanismo explotado: llamar funciones de usuario desde el núcleo.
- La desreferencia de un puntero nulo produce un fallo porque no hay código mapeado en la página 0.
- Exploit: mapear dirección 0, copiar un shellcode y provocar la desreferencia.
- Solución: prohibir a `mmap` la dirección 0.

Ataques de desbordamiento de enteros

- Aritmética entera de longitud fija: 8..128 bits.
- La mayoría de lenguajes no detectan este error.
- Secuencia:
  1. entrada de usuario
  2. desbordamiento de enteros
  3. desbordamiento de búfer

Ataques de inyección de órdenes

http://pccito.ugr.es/ss/teoria/seguridad/src/command.injection.cc

```
std::string orden = "cp ", origen, destino;
std::cout << "Fichero origen: ";
std::getline(std::cin, origen);
orden += origen;
std::cout << "Fichero destino: ";
std::getline(std::cin, destino);
orden += " " + destino;
system(orden.c_str());
```

- Engañar a un programa para que ejecute órdenes inesperadas:
  - `cp abc xyz`
  - `cp abc xyz; rm -rfv /`
  - `cp abc xyz; mail yo@malo.es < /etc/passwd`

- *Time of Check to Time of Use Attacks (TOCTOU)*
- Explotación de una condición de carrera.

victima ejecutando programa setuid root

```
if (access("file", W_OK) != 0)
    exit(1);
fd = open("file", O_WRONLY);
write(fd, buffer, sizeof(buffer));
```

- El atacante debe alterar `file` tras la comprobación, línea 1, y antes de su uso, líneas 3 y 4.

programa atacante

```
symlink("/etc/passwd", "file");
```

- Se consigue **escalar privilegios**.

Ataques desde dentro

- Ejecutados por empleados.
- Poseen información privilegiada a diferencia de un atacante externo.
- Clasificación:
  - Bombas lógicas.
  - Puertas traseras.
  - Suplantación de identidad (*login spoofing*).

Bombas lógicas

- En épocas de externalización existen personas que se preparan ante una eventual “patada en el culo”.
- Código para **sabotear** el funcionamiento de un programa.
- Motivo: **chantaje** de un trabajador a su empleador.

Puertas traseras

- Código que da **acceso a funcionalidades restringidas**.
- Razón por la que las **revisiones de código** son obligatorias.

intento de puerta trasera en linux en 2003

```
if ((options == (__WCLONE|__WALL)) && (
    current->uid = 0))
      retval = -EINVAL;
```

Suplantación de identidad

- Un usuario legítimo intenta conseguir las **claves** de los demás.
- Ejemplo: falsificación de la pantalla de identificación.

- Contramedida: pulsación de **CTRL-ALT-DEL**.

Software malicioso

- Troyano $\longrightarrow$ virus $\longrightarrow$ gusano
- Compromete el sistema $\longrightarrow$ se autoreplica con intervención humana $\longrightarrow$ no requiere la intervención del usuario
- Responsables de daños por millones de euros.
- Escritos por aburrimiento o deseo de impresionar sin hacer dinero con ello.
- Por desgracia se ha **profesionalizado**: crimen y guerra.
- **Zombi** (*Zombie*): máquina comprometida.
- **Botnet**: colección de zombis.
- Delitos con el apellido "cibernético": spam, chantaje, robo, extorsión, fraude, minería, robo de identidad, ...

Troyanos

- Escribir software es fácil.
- Conseguir que mucha gente lo ejecute es difícil.
- Truco: añadir el software a un programa atractivo.
- Una vez dentro suele copiarse y asegurar su reinicio automático además de cumplir con su función (*payload*).
- Funciones habituales: buscar (claves, nº de tarjeta), destruir, cifrar, zombificar, ...

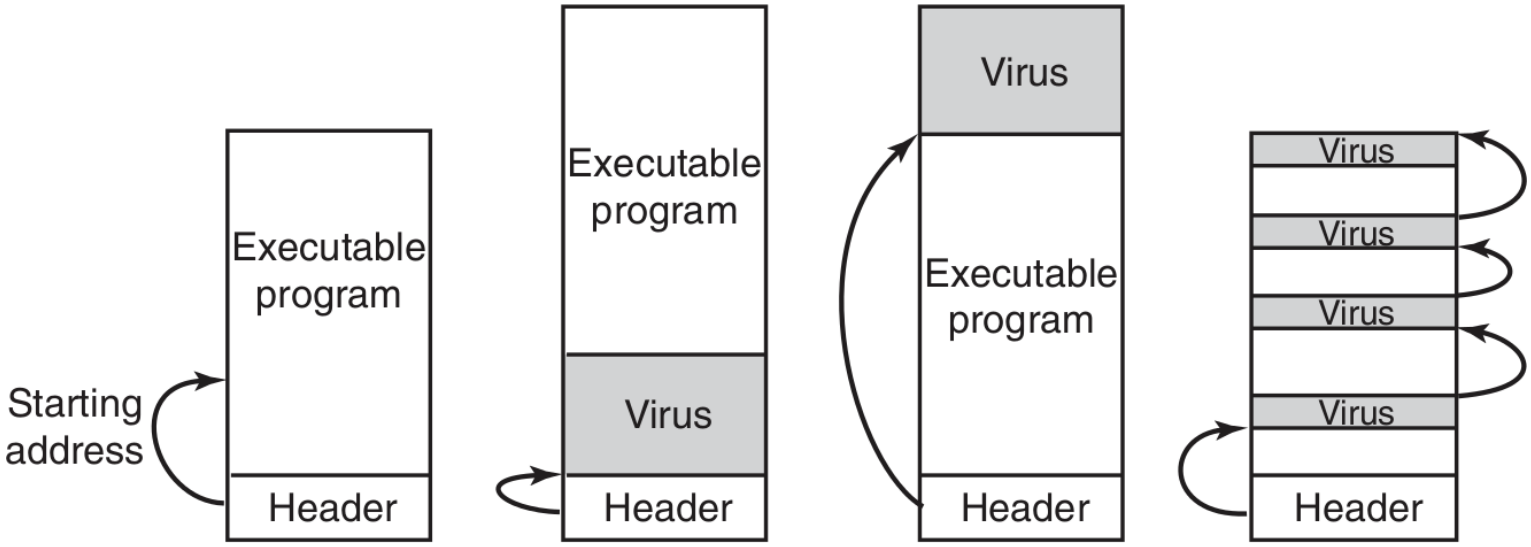
Virus

- Un virus es un programa que es capaz de **hacer copias de sí mismo**.
- Suelen estar escritos en **ensamblador** o C.
- Suelen distribuirse infectando software legítimo.
- Una vez alcanza su objetivo tiene dos misiones: autoreplicarse y ejecutar su carga (*payload*).

Tipos de virus I

- **Virus acompañante** (*companion virus*): se ejecuta en lugar de otro programa sin infectarlo.
  - En la época del MSDOS, al escribir `prog` en lugar de ejecutarse `prog.exe` en su lugar se ejecutaba `prog.com`.
- **Virus de programa ejecutable**: sobrescribe un ejecutable con su código (*overwritting virus*).
  - Cuantos más binarios sobrescriba antes será detectado.
  - Existe una versión para MSDOS en ensamblador de 44 bytes.
  - Son muy fáciles de detectar.
  - Virus parásitos: permite el normal funcionamiento del programa infectado.

Tipos de virus II



- **Virus residentes en memoria**: es capaz de permacener en memoria independientemente del programa desde el que inicio su ejecución.
  - Mejor ubicación: vector de interrupciones.
  - Se ejecuta con cada llamada al sistema.
  - Una vez detectado `exec()` infecta al nuevo programa.

Tipos de virus III

- **Virus de sector de arranque**: al encender el ordenador la BIOS ejecuta el MBR.
  - El virus se sitúa en el MBR y sectores en desuso o marcados como estropeados.
  - Ejecutamos el virus en cada arranque.
  - El nivel de privilegio es total.
  - Durante el arranque del SO el virus se hace residente en memoria.
- **Virus de controlador de dispositivo** (*device driver virus*): hacer un virus residente en memoria es difícil, es mucho mejor si el SO lo carga disfrazado de controlador de dispositivo.
  - En windows los controladores son programas ejecutables.
  - Se cargan al arrancar el sistema.
  - Se ejecutan en modo núcleo.

Tipos de virus IV

- **Macro Virus**: virus escrito en un **lenguaje interpretado**.
  - Las macros de Office permite ejecutar programas escritos en **Visual Basic**.
  - La mayor parte de la gente no sabe lo que es.
  - Siguen existiendo por su gran utilidad.
- **Virus de código fuente**: para evitar que el virus dependa de un SO esconder entre las líneas del fuente de un programa:

```
#include <virus.h>
ejecutar_virus();
```

Gusanos

- Primer gusano liberado por R.T. Morris en 1988.
- Descubrió dos fallos en UNIX.
- Escribió un programa los explotaba para conseguir acceso y replicarse.
- La mayoría de sistemas Sun y VAX cayeron.
- 2 partes: arranque (rsh, finger, sendmail) y gusano (passwd).
- Como consecuencia se creó el **CERT** (*Computer Emergency Response Team*).

Bibliografía

Básica:

- Modern Operating Systems (4th Edition). Andrew S. Tanenbaum. Prentice Hall. 2014.

Adicional:

- Wikipedia: Seguridad Informática
- Carnegie Mellon University: Operating System Security