Taller de *syscalls* y señales

Sistemas Operativos

Departamento de Computación, FCEyN,
Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

28 de marzo de 2017

Primer cuatrimestre de 2017

¿Cómo interactuamos con el SO?

¿Cómo interactuamos con el SO?

- Como **usuarios**: programas o utilidades de sistema.
  Por ejemplo: `ls`, `time`, `mv`, `who`, `akw`, etc.

¿Cómo interactuamos con el SO?

- Como **usuarios**: programas o utilidades de sistema.
  Por ejemplo: `ls`, `time`, `mv`, `who`, `akw`, etc.
- Como **programadores**: llamadas al sistema o *syscalls*.
  Por ejemplo: `time()`, `open()`, `write()`, `fork()`, `wait()`, etc.

¿Cómo interactuamos con el SO?

- Como **usuarios**: programas o utilidades de sistema.
  Por ejemplo: `ls`, `time`, `mv`, `who`, `akw`, etc.
- Como **programadores**: llamadas al sistema o *syscalls*.
  Por ejemplo: `time()`, `open()`, `write()`, `fork()`, `wait()`, etc.

- Ambos mecanismos suelen estar estandarizados.
- Linux sigue el estándar **POSIX** (Portable Operating System Interface [for UNIX]).

Syscalls

- Las *syscalls* proveen una **interfaz** a los servicios brindados por el sistema operativo: la API (Application Programming Interface) del SO.
- La mayoría de los programas hacen un uso intensivo de ellas.

Syscalls

- Las *syscalls* proveen una **interfaz** a los servicios brindados por el sistema operativo: la API (Application Programming Interface) del SO.
- La mayoría de los programas hacen un uso intensivo de ellas.
- Implementación: en general, se usa una interrupción para pasar a modo *kernel*, y los parámetros se pasan usando registros o una tabla en memoria. En Linux: interrupción **0x80** (en 32 bits); el **número de syscall** va por EAX (o RAX).

Syscalls

- Las *syscalls* proveen una **interfaz** a los servicios brindados por el sistema operativo: la API (Application Programming Interface) del SO.
- La mayoría de los programas hacen un uso intensivo de ellas.
- Implementación: en general, se usa una interrupción para pasar a modo *kernel*, y los parámetros se pasan usando registros o una tabla en memoria. En Linux: interrupción **0x80** (en 32 bits); el **número de syscall** va por EAX (o RAX).
- Normalmente se las utiliza a través de *wrapper functions* en C.

Syscalls

- Las *syscalls* proveen una **interfaz** a los servicios brindados por el sistema operativo: la API (Application Programming Interface) del SO.
- La mayoría de los programas hacen un uso intensivo de ellas.
- Implementación: en general, se usa una interrupción para pasar a modo *kernel*, y los parámetros se pasan usando registros o una tabla en memoria. En Linux: interrupción **0x80** (en 32 bits); el **número de syscall** va por EAX (o RAX).
- Normalmente se las utiliza a través de *wrapper functions* en C. ¿Por qué no directamente?

Un primer ejemplo

tinyhello.asm

```
section .data
hello: db 'Hola SO!', 10
hello_len: equ $-hello

section .text
global _start
_start:
  mov eax, 4 ; syscall write
  mov ebx, 1 ; stdout
  mov ecx, hello ; mensaje
  mov edx, hello_len
  int 0x80

  mov eax, 1 ; syscall exit
  mov ebx, 0 ;
  int 0x80
```

Lo mismo, en 64 bits

tinyhello_64.asm

```
section .data
hello: db 'Hola SO!', 10
hello_len: equ $-hello

section .text
global _start
_start:
  mov rax, 1 ; syscall write
  mov rdi, 1 ; stdout
  mov rsi, hello ; mensaje
  mov rdx, hello_len
  syscall

  mov rax, 60 ; syscall exit
  mov rdi,  0 ;
  syscall
```

Usando *wrapper functions* en C

- Claramente, el código anterior no es *portable*.
- Además, realizar una *syscall* de esta forma requiere programar en lenguaje ensamblador.
- Las *wrapper functions* permiten interactuar con el sistema con mayor **portabilidad** y **sencillez**.

Usando *wrapper functions* en C

- Claramente, el código anterior no es *portable*.
- Además, realizar una *syscall* de esta forma requiere programar en lenguaje ensamblador.
- Las *wrapper functions* permiten interactuar con el sistema con mayor **portabilidad** y **sencillez**.

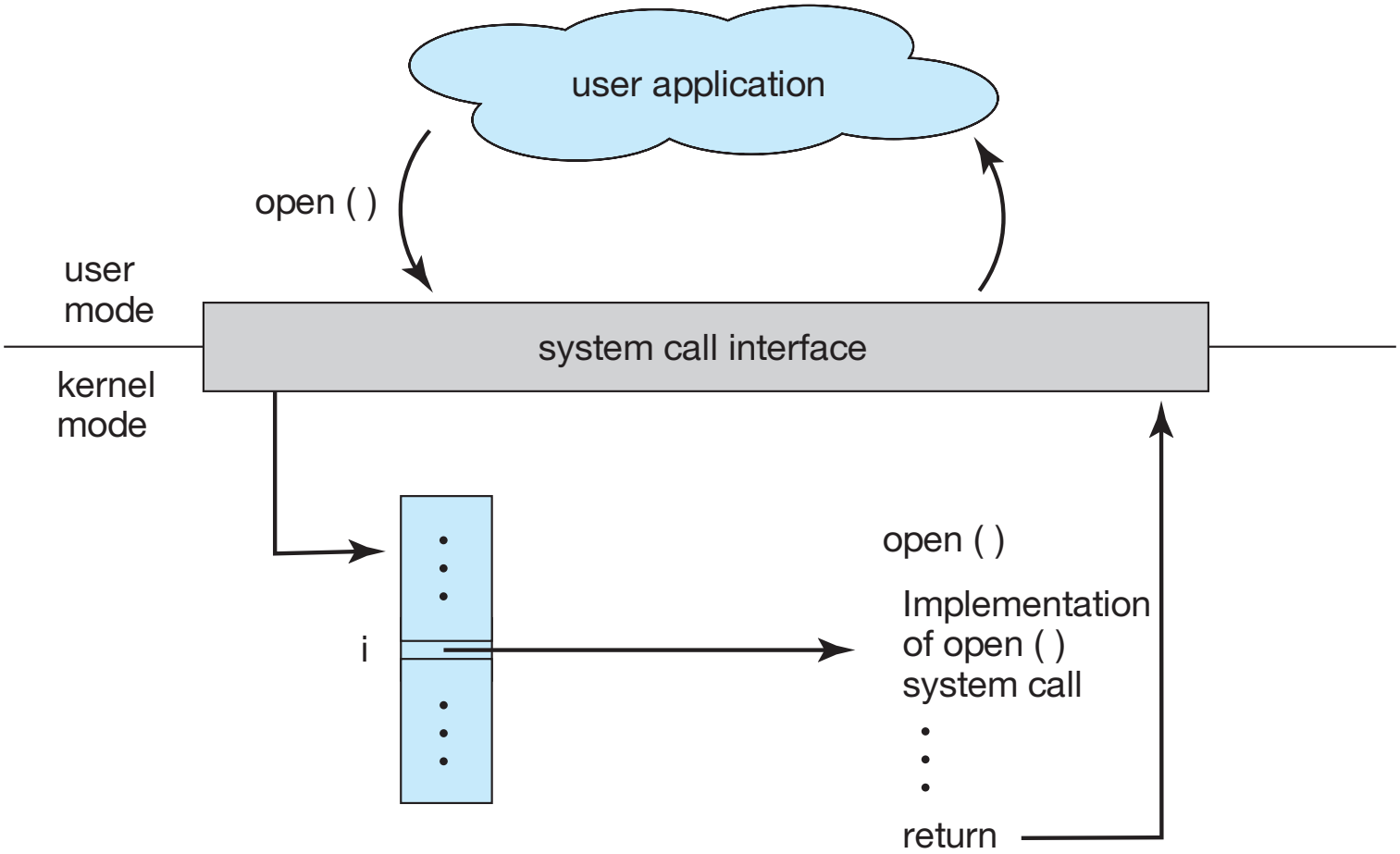
El ejemplo anterior, pero ahora en C:

hello.c

```
#include <unistd.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
  write(1, "Hola SO!\n", 9);
  return 0;
}
```

Usando *wrapper functions* en C



Invocación de la *syscall* `open()` desde una aplicación de usuario.

Imagen extraída de *Operating System Concepts* (Abraham Silberschatz et al.)

Syscalls en Linux

- Linux implementa todas las *syscalls* especificadas por el estándar POSIX, y también algunas adicionales.

Syscalls en Linux

- Linux implementa todas las *syscalls* especificadas por el estándar POSIX, y también algunas adicionales.
- Están definidas en el archivo `unistd.h` de la biblioteca estándar de C. Puede verse una lista de todas ellas usando `man syscalls`.

Syscalls en Linux

- Linux implementa todas las *syscalls* especificadas por el estándar POSIX, y también algunas adicionales.
- Están definidas en el archivo `unistd.h` de la biblioteca estándar de C. Puede verse una lista de todas ellas usando `man syscalls`.
- Pueden ver las *syscalls* con `man syscalls`

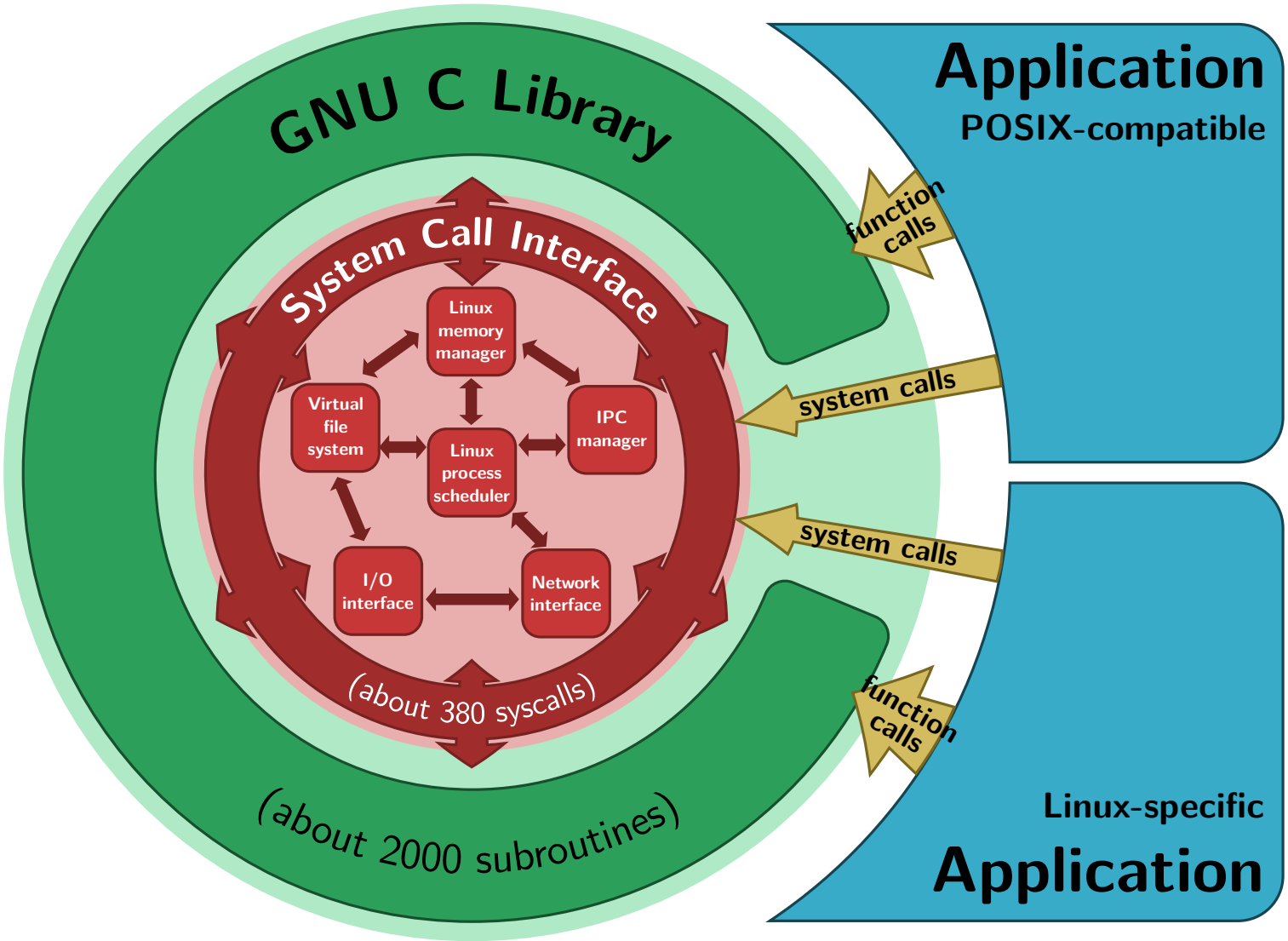
Syscalls en Linux

- Linux implementa todas las *syscalls* especificadas por el estándar POSIX, y también algunas adicionales.
- Están definidas en el archivo `unistd.h` de la biblioteca estándar de C. Puede verse una lista de todas ellas usando `man syscalls`.
- Pueden ver las *syscalls* con `man syscalls`
- Cada *syscall*, y sus correspondiente *wrapper function* en C, están descriptas en la sección 2 del manual (`man 2 <syscall>`).

Syscalls en Linux

- Linux implementa todas las *syscalls* especificadas por el estándar POSIX, y también algunas adicionales.
- Están definidas en el archivo `unistd.h` de la biblioteca estándar de C. Puede verse una lista de todas ellas usando `man syscalls`.
- Pueden ver las *syscalls* con `man syscalls`
- Cada *syscall*, y sus correspondiente *wrapper function* en C, están descriptas en la sección 2 del manual (`man 2 <syscall>`).
- La biblioteca estándar de C incluye otras funciones que no son *syscalls*, pero las utilizan para funcionar. Por ejemplo, `printf()` invoca a la *syscall* `write()`. Estas funciones se detallan en la sección 3 del manual.

Syscalls en Linux



Basado en una ilustración de Shmuel Csaba Otto Traian (Wikimedia Commons)

Señales


Signals, rules!
HELLO IT
DID YOU TRY TURNING
IT OFF AND ON AGAIN?

Señales

- Las **señales** son un mecanismo que incorporan los sistemas operativos POSIX, y que permtite notificar a un proceso la ocurrencia de un evento.

Señales

- Las **señales** son un mecanismo que incorporan los sistemas operativos POSIX, y que permtite notificar a un proceso la ocurrencia de un evento.
- Toda señal tiene asociado un número que identifica su tipo. Estos números están definidos como constantes en el *header* `<signal.h>`. Por ejemplo: `SIGINT`, `SIGKILL`, `SIGSEGV`.

Señales

- Las **señales** son un mecanismo que incorporan los sistemas operativos POSIX, y que permtite notificar a un proceso la ocurrencia de un evento.
- Toda señal tiene asociado un número que identifica su tipo. Estos números están definidos como constantes en el *header* `<signal.h>`. Por ejemplo: `SIGINT`, `SIGKILL`, `SIGSEGV`.
- Cuando un proceso recibe una señal, su ejecución se interrumpe y se ejecuta un *handler*.

Señales

- Las **señales** son un mecanismo que incorporan los sistemas operativos POSIX, y que permtite notificar a un proceso la ocurrencia de un evento.
- Toda señal tiene asociado un número que identifica su tipo. Estos números están definidos como constantes en el *header* `<signal.h>`. Por ejemplo: `SIGINT`, `SIGKILL`, `SIGSEGV`.
- Cuando un proceso recibe una señal, su ejecución se interrumpe y se ejecuta un *handler*.
- Cada tipo de señal tiene asociado un *handler* por defecto, que puede ser modificado mediante la *syscall* `signal()`.

Señales

- Las **señales** son un mecanismo que incorporan los sistemas operativos POSIX, y que permtite notificar a un proceso la ocurrencia de un evento.
- Toda señal tiene asociado un número que identifica su tipo. Estos números están definidos como constantes en el *header* `<signal.h>`. Por ejemplo: `SIGINT`, `SIGKILL`, `SIGSEGV`.
- Cuando un proceso recibe una señal, su ejecución se interrumpe y se ejecuta un *handler*.
- Cada tipo de señal tiene asociado un *handler* por defecto, que puede ser modificado mediante la *syscall* `signal()`.
- Las señales `SIGKILL` y `SIGSTOP` no pueden ser bloqueadas, ni se pueden reemplazar sus *handlers*.

Señales

- Las **señales** son un mecanismo que incorporan los sistemas operativos POSIX, y que permtite notificar a un proceso la ocurrencia de un evento.
- Toda señal tiene asociado un número que identifica su tipo. Estos números están definidos como constantes en el *header* `<signal.h>`. Por ejemplo: `SIGINT`, `SIGKILL`, `SIGSEGV`.
- Cuando un proceso recibe una señal, su ejecución se interrumpe y se ejecuta un *handler*.
- Cada tipo de señal tiene asociado un *handler* por defecto, que puede ser modificado mediante la *syscall* `signal()`.
- Las señales `SIGKILL` y `SIGSTOP` no pueden ser bloqueadas, ni se pueden reemplazar sus *handlers*.
- Un usuario puede enviar una señal a un proceso con la herramienta `kill`. Un proceso puede enviar una señal a otro mediante la *syscall* `kill()`.

Usando `strace`

`strace` es una herramienta que nos permite generar una traza legible de las llamadas al sistema usadas por un programa dado.

Usando strace

strace es una herramienta que nos permite generar una traza legible de las llamadas al sistema usadas por un programa dado.

Ejemplo de strace

```
$ strace -q ./tinyhello > /dev/null
execve("./tinyhello", ["./tinyhello"], [/* 51 vars */]) = 0
write(1, "Hola SO!\n", 9)                        = 9
_exit(0)                                         = ?
```

Usando strace

strace es una herramienta que nos permite generar una traza legible de las llamadas al sistema usadas por un programa dado.

Ejemplo de strace

```
$ strace -q ./tinyhello > /dev/null
execve("./tinyhello", ["./tinyhello"], [/* 51 vars */]) = 0
write(1, "Hola SO!\n", 9)                        = 9
_exit(0)                                         = ?
```

- `execve()` convierte el proceso en una instancia nueva de `./tinyhello` y devuelve `0` indicando que no hubo error.
- `write()` escribe en pantalla el mensaje y devuelve la cantidad de caracteres escritos (9).
- `exit()` termina la ejecución y no devuelve ningún valor.

strace y hello en C

Probemos strace con nuestra versión en C del programa.

hello.c

```
#include <unistd.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
  write(1, "Hola SO!\n", 9);
  return 0;
}
```

Vamos a compilar estáticamente:

Compilación de hello.c

```
gcc -static -o hello hello.c
```

strace y hello en C

strace de hello.c

```
$ strace -q ./hello
execve("./hello", ["./hello"], [/* 17 vars */]) = 0
uname({sys="Linux", node="nombrehost", ...}) = 0
brk(0)                                  = 0x831f000
brk(0x831fcb0)                          = 0x831fcb0
set_thread_area({entry_number:-1 -> 6, base_addr:0x831f830...}) = 0
brk(0x8340cb0)                          = 0x8340cb0
brk(0x8341000)                          = 0x8341000
write(1, "Hola SO!\n", 9)               = 9
exit_group(0)                           = ?
```

¿Qué es todo esto?

Las *syscalls* de `hello.c`

La que hace "lo que queremos"

```
write(1, "Hola SO!\n", 9)                    = 9
```

- `write()` escribe el mensaje "Hola SO!" en la salida indicada.
- En este caso, el valor `1` representa la salida estándar (`stdout`).
- Devuelve la cantidad de caracteres que se escribieron en la salida.

Las *syscalls* de `hello.c`

Llamadas referentes al manejo de memoria

```
brk(0)                                  = 0x831f000
brk(0x831fcb0)                          = 0x831fcb0
brk(0x8340cb0)                          = 0x8340cb0
brk(0x8341000)                          = 0x8341000
```

- `brk()` y `sbrk()` modifican el tamaño de la memoria de datos del proceso. `malloc()` y `free()` (que no son *syscalls*) las usan para agrandar o achicar la memoria usada por el proceso.
- Otras comunes suelen ser `mmap()` y `mmap2()`, que asignan un archivo o dispositivo a una región de memoria. En el caso de `MAP_ANONYMOUS` no se mapea ningún archivo; solo se crea una porción de memoria disponible para el programa. Para regiones de memoria grandes, `malloc()` usa esta *syscall*.

Las *syscalls* de `hello.c`

Otras *syscalls*

```
execve("./hello", ["./hello"], [/* 17 vars */]) = 0
uname({sys="Linux", node="nombrehost", ...}) = 0
set_thread_area({entry_number:-1 -> 6, base_addr:0x831f830...}) = 0
exit_group(0)                                   = ?
```

- `execve()` cambia el código del proceso actual por el del programa pasado por parámetro.
- `uname()` devuelve información del sistema (nombre del *host*, versión del *kernel*, etc).
- `set_thread_area()` registra una porción de memoria como memoria local del (único) *thread* en la *GDT*[1] que está corriendo.
- `exit_group()` termina el proceso (y todos sus *threads*).

[1] Veremos *threads* más adelante.

¿Y compilando dinámicamente?

- Compilemos el mismo fuente `hello.c` con bibliotecas dinámicas.

¿Y compilando dinámicamente?

- Compilemos el mismo fuente `hello.c` con bibliotecas dinámicas.
- Si corremos `strace` sobre este programa, encontramos **aún más** *syscalls*:

`strace` de `hello.c`, compilado dinámicamente

```
...
access("/etc/ld.so.nohwcap", F_OK)      = -1 ENOENT (No such file or ...)
mmap2(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
      MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0xb8017000
access("/etc/ld.so.preload", R_OK)      = -1 ENOENT (No such file or ...)
open("/etc/ld.so.cache", O_RDONLY)      = 3
fstat64(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=89953, ...}) = 0
mmap2(NULL, 89953, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0xb8001000
close(3)                                = 0
...
```

- La secuencia `open()`, `fstat()`, `mmap2()` y `close()` mapea el archivo `/etc/ld.so.cache` a una dirección de memoria (`0xb8001000`).

Muchas *syscalls* para un *hello world*

Recordemos el código de nuestro programa:

hello.c

```
#include <unistd.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
  write(1, "Hola SO!\n", 9);
  return 0;
}
```

- El punto de entrada que usa el *linker* (`ld`) es `_start`.
- El punto de entrada de un programa en C es `main()`.
- `gcc` usa `ld` como *linker*, y mantiene su punto de entrada por defecto.
- ¿Qué hay en el medio? ¿Alguna idea?

Muchas *syscalls* para un *hello world*

`hello.c`, compilado dinámicamente y desensamblado

```
Disassembly of section .text:
08048130 <_start>:
 8048130:  31 ed              xor    ebp,ebp
 8048132:  5e                 pop    esi
 8048133:  89 e1              mov    ecx,esp
 8048135:  83 e4 f0           and    esp,0xfffffff0
 8048138:  50                 push   eax
 8048139:  54                 push   esp
 804813a:  52                 push   edx
 804813b:  68 70 88 04 08     push   0x8048870
 8048140:  68 b0 88 04 08     push   0x80488b0
 8048145:  51                 push   ecx
 8048146:  56                 push   esi
 8048147:  68 f0 81 04 08     push   0x80481f0
 804814c:  e8 cf 00 00 00     call   8048220 <__libc_start_main>
 8048151:  f4                 hlt
```

¡La **libc**!

Muchas *syscalls* para un *hello world*

Código de la **libc**:

libc: función __libc_start_main()

```
STATIC int LIBC_START_MAIN (
    int (*main) (int, char **, char ** MAIN_AUXVEC_DECL),
    int argc, char *__unbounded *__unbounded ubp_av,
#ifdef LIBC_START_MAIN_AUXVEC_ARG
    ElfW(auxv_t) *__unbounded auxvec,
#endif
    __typeof (main) init,
    void (*fini) (void),
    void (*rtld_fini) (void), void *__unbounded stack_end)
{
  ...
    /* Nothing fancy, just call the function.  */
  result = main (argc, argv, __environ MAIN_AUXVEC_PARAM);
  exit (result);
}
```

Más sobre `strace`

Demo en vivo. Algunos ejemplos "de la vida real":

- `date`
- `cat`
- `time date`

Más sobre `strace`

Demo en vivo. Algunos ejemplos "de la vida real":

- `date`
- `cat`
- `time date`

Algunas opciones útiles:

- `-q`: Omite algunos mensajes innecesarios.
- `-o <archivo>`: Redirige la salida a `<archivo>`.
- `-f`: Traza también a los procesos hijos del proceso trazado.

Más sobre `strace`

Demo en vivo. Algunos ejemplos "de la vida real":

- `date`
- `cat`
- `time date`

Algunas opciones útiles:

- `-q`: Omite algunos mensajes innecesarios.
- `-o <archivo>`: Redirige la salida a `<archivo>`.
- `-f`: Traza también a los procesos hijos del proceso trazado.

Como siempre, más detalles en `man strace`. (¿Todavía hace falta?).

Detrás de escena

¿Y `strace` cómo funciona?

Detrás de escena

¿Y `strace` cómo funciona? `strace strace`.

Detrás de escena

¿Y `strace` cómo funciona? `strace strace`.

El secreto es la *syscall* `ptrace()`.

Detrás de escena

¿Y `strace` cómo funciona? `strace strace`.

El secreto es la *syscall* `ptrace()`. Veamos qué tiene para decir el manual.

`man 2 ptrace`

```
NOMBRE
  ptrace - rastreo de un proceso

SINOPSIS
  #include <sys/ptrace.h>

  long ptrace(enum __ptrace_request request, pid_t pid,
              void *addr, void *data);

DESCRIPCIÓN
  La llamada al sistema ptrace proporciona un medio por el que un proceso
  padre puede observar y controlar la ejecución de un proceso hijo y examinar
  y cambiar su imagen de memoria y registros. Se usa principalmente en la
  implementación de depuración con puntos de ruptura y en el rastreo de
  llamadas al sistema.
```

Usando ptrace()

Vamos a usar ptrace() para monitorear un proceso.

Prototipo de ptrace()

```
long ptrace(enum __ptrace_request request, pid_t pid,
            void *addr, void *data);
```

request puede ser alguno de estos:

- PTRACE_TRACEME, PTRACE_ATTACH, PTRACE_DETACH,
- PTRACE_KILL, PTRACE_CONT,
- PTRACE_SYSCALL, PTRACE_SINGLESTEP,
- PTRACE_PEEKDATA, PTRACE_POKEDATA,
- PTRACE_PEEKUSER, PTRACE_POKEUSER,
- ...y más[2].

[2] Ver man 2 ptrace.

Usando `ptrace()`

Situación:

- Proceso **padre**.
- Proceso **hijo** que queremos monitorear.

Inicialización. Dos alternativas:

1. El proceso hijo solicita ser monitoreado por su padre haciendo una llamada a `ptrace(PTRACE_TRACEME)`. Por ejemplo, después de un `fork()` y antes de un `execve()`.
2. El proceso padre se engancha al proceso hijo con la llamada `ptrace(PTRACE_ATTACH, pid_child)`. Esto permite engancharse a un proceso que ya está corriendo (si se tienen permisos suficientes).

Finalización:

- Con la llamada `ptrace(PTRACE_DETACH, pid_child)` se deja de monitorear.

Usando `ptrace()`

`ptrace()` permite monitorear tres tipos de **eventos**:

1. Señales: cuando el proceso hijo recibe una señal.
2. *Syscalls*: cada vez que el proceso hijo entra o sale de la llamada a una *syscall*.
3. Instrucciones: cuando el proceso hijo ejecuta **una** instrucción.

Usando `ptrace()`

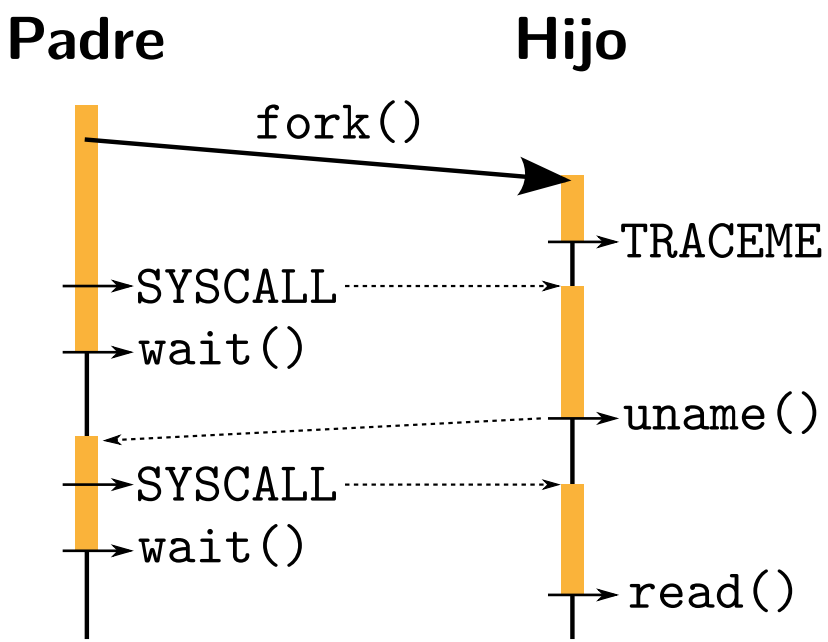
`ptrace()` permite monitorear tres tipos de **eventos**:

1. Señales: cuando el proceso hijo recibe una señal.
2. *Syscalls*: cada vez que el proceso hijo entra o sale de la llamada a una *syscall*.
3. Instrucciones: cuando el proceso hijo ejecuta **una** instrucción.

Cada vez que se genera un **evento**, el proceso hijo se detiene. El padre se entera mediante una llamada (bloqueante) a la *syscall* `wait()`, que retorna al producirse el evento. Luego, puede **reanudar** al hijo hasta:

1. la siguiente señal recibida, llamando a `ptrace(PTRACE_CONT)`.
2. la siguiente señal recibida o *syscall* ejecutada, llamando a `ptrace(PTRACE_SYSCALL)`.
3. solo por una instrucción, llamando a `ptrace(PTRACE_SINGLESTEP)`.

ptrace(): Esquema de uso (simplificado)

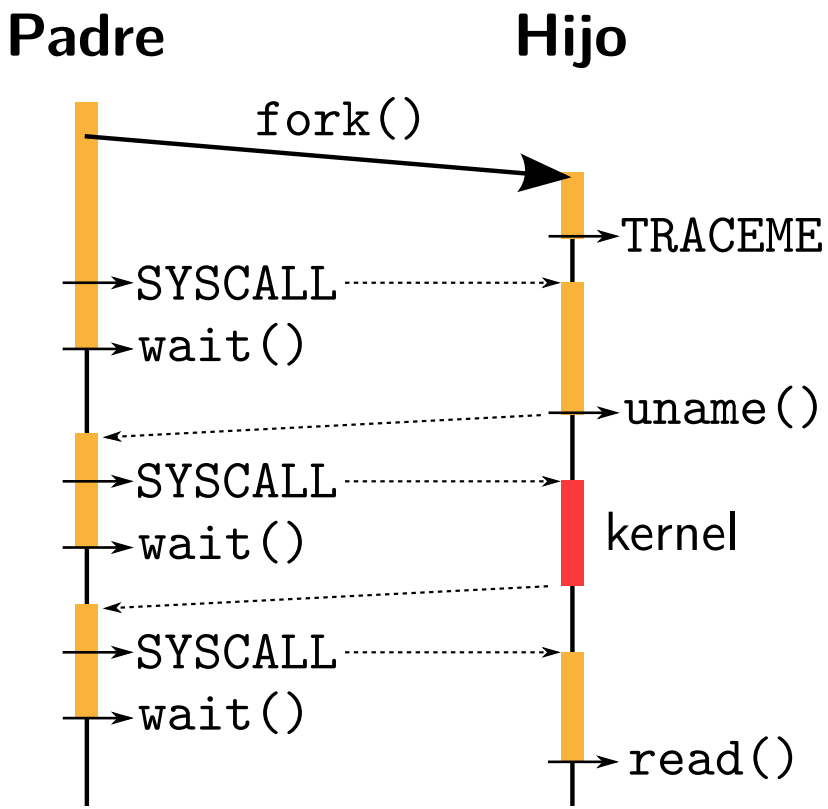


Ejemplo **simplificado** del mecanismo de bloqueo de `ptrace()`.

El hijo se detiene cada vez que llama a una *syscall*.

El padre lo reanuda con una llamada a `ptrace(PTRACE_SYSCALL)`.

ptrace(): Esquema de uso



En realidad, el padre recibe **dos** eventos, al entrar y salir de la *syscall*.

ptrace(): Esquema de comunicación

1. Se inicializa el mecanismo de `ptrace()` (`PTRACE_TRACEME` o `PTRACE_ATTACH`).
2. **padre**: Llama a `wait()`; espera el próximo evento del hijo.
3. **hijo**: Ejecuta normalmente hasta que se genere un evento (recibir una señal, hacer una *syscall* o ejecutar una instrucción).
4. **hijo**: Se genera el evento y el proceso se detiene.
5. **padre**: Vuelve de la *syscall* `wait()`.
6. **padre**: Puede inspecionar y modificar el estado del hijo: registros, memoria, etc.
7. **padre**:
   - Reanuda el proceso hijo con `PTRACE_CONT`, `PTRACE_SYSCALL` o `PTRACE_SINGLESTEP` y vuelve a 2,
   - o bien termina el proceso con `PTRACE_KILL` o lo libera con `PTRACE_DETACH`.

Ejemplo: launch

A modo de ejemplo, consideremos un programa, launch.c, que permite poner a ejecutar otro programa.

launch.c - main()

```
/* Fork en dos procesos */
child = fork();
if (child == -1) { perror("ERROR fork"); return 1; }
if (child == 0) {
  /* Solo se ejecuta en el hijo */
  execvp(argv[1], argv + 1);
  /* Si vuelve de exec() hubo un error */
  perror("ERROR child exec(...)"); exit(1);
} else {
  /* Solo se ejecuta en el padre */
  while(1) {
    if (wait(&status) < 0) { perror("wait"); break; }
    if (WIFEXITED(status)) break; /* Proceso terminado */
  }
}
```

Ejemplo: launch + ptrace()

launch.c + ptrace

```
/* Fork en dos procesos */
child = fork();
if (child == -1) { perror("ERROR fork"); return 1; }
if (child == 0) {
  /* Solo se ejecuta en el hijo */
  if (ptrace(PTRACE_TRACEME, 0, NULL, NULL)) {
    perror("ERROR child ptrace(PTRACE_TRACEME, ...)"); exit(1);
  }
  execvp(argv[1], argv + 1);
  /* Si vuelve de exec() hubo un error */
  perror("ERROR child exec(...)"); exit(1);
} else {
  /* Solo se ejecuta en el padre */
  while(1) {
    if (wait(&status) < 0) { perror("wait"); break; }
    if (WIFEXITED(status)) break; /* Proceso terminado */
    ptrace(PTRACE_SYSCALL, child, NULL, NULL); /* Continúa */
  }
  ptrace(PTRACE_DETACH, child, NULL, NULL); /* Liberamos al hijo */
}
```

ptrace(): Modificando el estado del proceso hijo

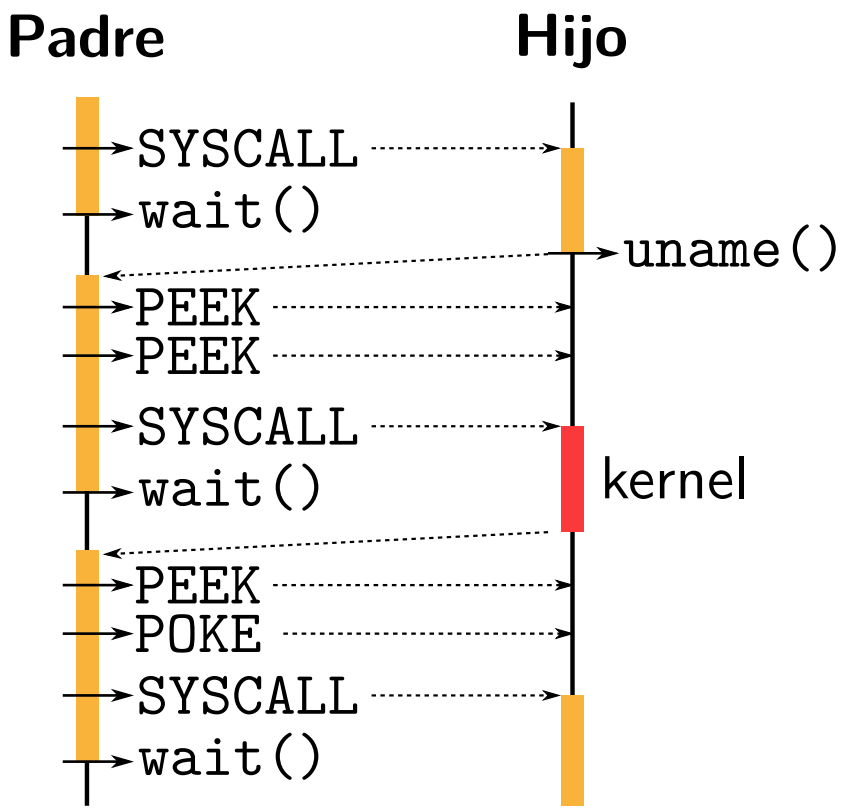
ptrace() permite acceder a la memoria del proceso hijo.

- PTRACE_PEEKDATA y PTRACE_POKEDATA: leer (PEEK) o escribir (POKE) cualquier dirección de memoria en el proceso hijo.
- PTRACE_PEEKUSER, PTRACE_POKEUSER: leer o escribir la memoria de usuario que el sistema guarda al iniciar la *syscall* (registros y estado del proceso).

Ejemplos

- Obtener el número de *syscall* llamada:
```
int sysno = ptrace(PTRACE_PEEKUSER, child, 4 * ORIG_EAX, NULL);
```
- Leer la dirección addr (memoria del proceso hijo):
```
unsigned int valor = ptrace(PTRACE_PEEKDATA, child, addr, NULL);
```
- Escribir otro valor en la direccion addr:
```
ptrace(PTRACE_POKEDATA, child, addr, valor + 1);
```

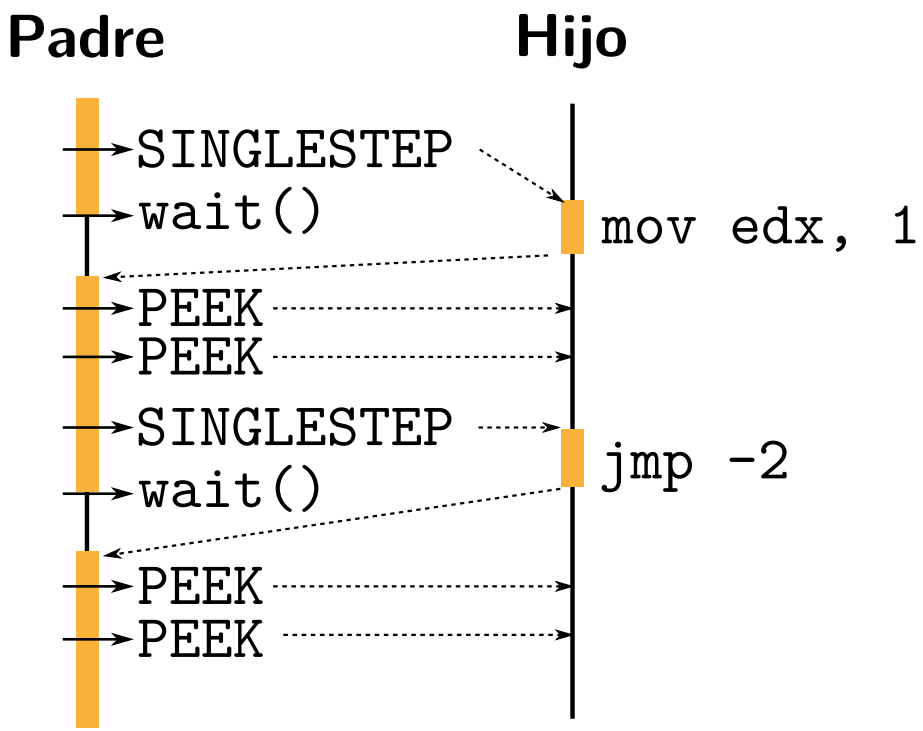
ptrace(): Esquema de uso - Obteniendo datos



Mientras el proceso hijo está detenido, se pueden obtener y modificar datos con

- PTRACE_PEEKDATA,
- PTRACE_POKEDATA,
- PTRACE_PEEKUSER y
- PTRACE_POKEUSER.

ptrace(): Esquema de uso - *Debugger*



Un debugger puede usar `PTRACE_SINGLESTEP` para ejecutar paso a paso cada instrucción.