

Taller de syscalls


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

07 de Abril de 2015 - 1c2015

Menú

Ahora veremos¹:

- Herramienta strace
- Syscall ptrace
- Taller

¹Los ejemplos de este taller NO son compatibles con 64bits 

Syscalls en linux - Ejemplo

tinyhello.asm

```
section .data
hello: db 'Hola S0!',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
```

Syscalls en linux (x86_64) - Ejemplo

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
```

strace

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

Ejemplo strace

```
$ strace -q ./tinyhello > /dev/null
execve("./tinyhello", ["../tinyhello"], [/* 51 vars */]) = 0
write(1, "Hola S0!\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.

Complicando las cosas: Hello en C

Mismo ejemplo pero en C.

hello.c

```
#include <stdio.h>

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

Compilado estáticamente:

compilación de hello.c

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

strace en C

strace de un programa en C, ejecutado desde la tty2

```
$ 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
fstat64(1, {st_mode=S_IFCHR|0600, st_rdev=makedev(4, 2), ...}) = 0
ioctl(1, SNDCTL_TMR_TIMEBASE or TCGETS,
      {B38400 opost isig icanon echo ...}) = 0
mmap2(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS,
      -1, 0) = 0xb7fe6000
write(1, "Hola S0!\n", 9) = 9
exit_group(0) = ?
```

¿Qué es todo esto?

Más syscalls - memoria

Llamadas referentes al manejo de memoria.

```
strace ./hello - memoria
```

```
brk(0) = 0x831f000
brk(0x831fcb0) = 0x831fcb0
brk(0x8340cb0) = 0x8340cb0
brk(0x8341000) = 0x8341000
mmap2(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS,
-1, 0) = 0xb7fe6000
```

- `brk` y `sbrk` modifican el tamaño de la memoria de datos del proceso. `malloc`/`free` usan estas syscalls para agrandar o achicar la memoria usada del proceso. (`malloc` no es una syscall y ofrece otra funcionalidad que `brk`)
- `mmap` y `mmap2` asignan un archivo o dispositivo a una región de memoria. En el caso de `MAP_ANONYMOUS` no se mapea ningún archivo, sólo se crea una porción de memoria disponible para el programa. Para regiones de memoria grandes, `malloc` usa esta syscall.

Más syscalls - salida en pantalla

Llamadas referentes a la salida en pantalla (descriptor 1).

strace ./hello - salida en pantalla

```
fstat64(1, {st_mode=S_IFCHR|0600, st_rdev=makedev(4, 2), ...}) = 0
ioctl(1, SNDCTL_TMR_TIMEBASE or TCGETS,
      {B38400 opost isig icanon echo ...}) = 0
write(1, "Hola S0!\n", 9)           = 9
```

- `fstat` (o `fstat64` en kernels nuevos) devuelve información sobre un archivo (tipo, permisos, tamaño, fechas, etc). (ver comando [stat](#)).
- `ioctl` ([control device](#)) permite controlar aspectos de la terminal o el dispositivo de E/S. Por ejemplo, `ls` imprimirá en colores y en columnas del ancho de la terminal. `ls | cat` o `ls > archivo` imprime de a un archivo por línea.
Para ello, `TCGETS` obtiene información sobre el file descriptor.
- `write` escribe el mensaje en la salida.

Más syscalls - otros

strace ./hello - otros

```
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)                                = ?
```

- `uname` devuelve información del sistema donde se está corriendo (nombre del host, versión del kernel, etc).
- `set_thread_area` registra una porción de memoria como memoria local del (único) thread² que está corriendo.
- `exit_group` termina el proceso (y todos sus threads).

²Threads se verá más adelante

Syscalls - Hello world dinámico

Compilamos el mismo fuente `hello.c` con bibliotecas dinámicas.

Corremos `strace` sobre este programa y encontramos **aún más** syscalls:

```
strace ./hello
```

```
...  
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` mapean el archivo `/etc/ld.so.cache` a una dirección de memoria (`0xb8001000`).

Muchas syscalls para un Hello world

Recordemos nuestro código del programa:

hello.c

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
    printf("Hola SO!\n");
    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 (cont.)

hello.c 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,0xffffffff
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!

Código 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)  
    __attribute__ ((noreturn));
```

Ejemplos de “la vida real”

Demo strace

- `date`
- `LC_ALL=C date`
- `cat`
- `time date`

Detrás de escena: ptrace

ptrace es una syscall más. Antes que nada, *man* es nuestro amigo.

```
man 2 ptrace
```

```
NAME
```

```
    ptrace - process trace
```

```
SYNOPSIS
```

```
    #include <sys/ptrace.h>
```

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

Permite observar y controlar un proceso hijo. En particular permite obtener una **traza** del proceso, desde el punto de vista del sistema operativo.

Al llamar a la syscall `ptrace` desde un proceso padre el sistema operativo le “avisa” cada vez que el proceso hijo hace una syscall o recibe una señal.

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 más³

³Vea man 2 ptrace

Usando ptrace (cont.)

Situación:

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

Inicialización, dos alternativas:

- 1 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).
- 2 El proceso hijo solicita ser monitoreado haciendo una llamada a `ptrace(PTRACE_TRACEME)`.

Finalización:

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

Usando ptrace (cont.)

ptrace permite monitorear tres tipos de eventos:

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

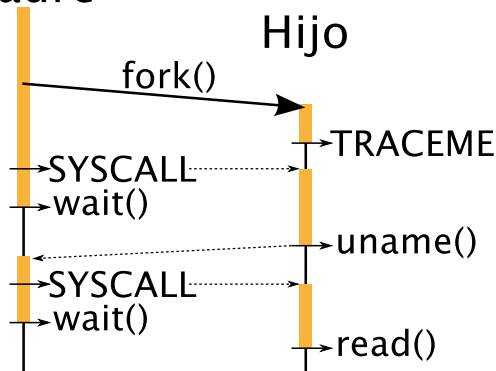
Cada vez que se genera un **evento** el proceso hijo se detiene. Para reanudarlo hasta el siguiente evento el proceso padre puede:

- llamar a `ptrace(PTRACE_CONT)` para reanudar el hijo hasta la siguiente señal recibida.
- llamar a `ptrace(PTRACE_SYSCALL)` para reanudar el hijo hasta la siguiente señal recibida o syscall ejecutada.
- llamar a `ptrace(PTRACE_SINGLESTEP)` para reanudar el hijo sólo por una instrucción.

Esquema de uso (simplificado)

Padre

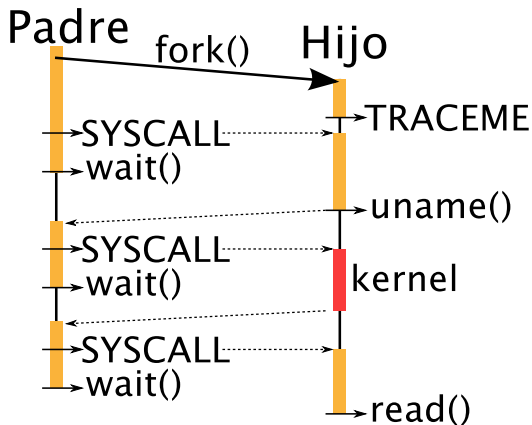
Hijo



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)`.

Esquema de uso



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

Usando ptrace (cont.)

Esquema de comunicación:

- ➊ Se inicializa el mecanismo de ptrace (PTRACE_TRACEME o PTRACE_ATTACH).
- ➋ **padre:** Llama a wait: espera el próximo evento del hijo.
- ➌ **hijo:** Ejecuta normalmente hasta que se genere un evento (recibir una señal, hacer una syscall o ejecutar una instrucción).
- ➍ **hijo:** Se genera el evento y el proceso se detiene.
- ➎ **padre:** Vuelve de la syscall wait.
- ➏ **padre:** Puede inspeccionar y modificar el estado del hijo: registros, memoria, etc.
- ➐ **padre:** Reanuda el proceso hijo con PTRACE_CONT, PTRACE_SYSCALL o PTRACE_SINGLESTEP y vuelve a 2.
- ➑ **padre:** o bien: Termina el proceso con PTRACE_KILL o lo libera con PTRACE_DETACH.

Usando ptrace: launch

Veamos un programa launch para 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) {
    /* S'olo se ejecuta en el Hijo */
    execvp(argv[1], argv+1);
    /* Si vuelve de exec() hubo un error */
    perror("ERROR child exec(...)"); exit(1);
} else {
    /* S'olo se ejecuta en el Padre */
    while(1) {
        if (wait(&status) < 0) { perror("waitpid"); break; }
        if (WIFEXITED(status)) break; /* Proceso terminado */
    }
}
```

Usando ptrace: launch + ptrace

launch.c + ptrace

```
child = fork();
if (child == -1) { perror("ERROR fork"); return 1; }
if (child == 0) {
    /* Sólo 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 {
    /* Sólo 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 */
}
```


Usando ptrace - Estado del proceso hijo

ptrace permite acceder (leer o escribir) la memoria del proceso hijo:

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

Ejemplos

Obtenemos el número de syscall llamada:

```
int sysno = ptrace(PTRACE_PEEKUSER, child, 4*ORIG_EAX, NULL);
```

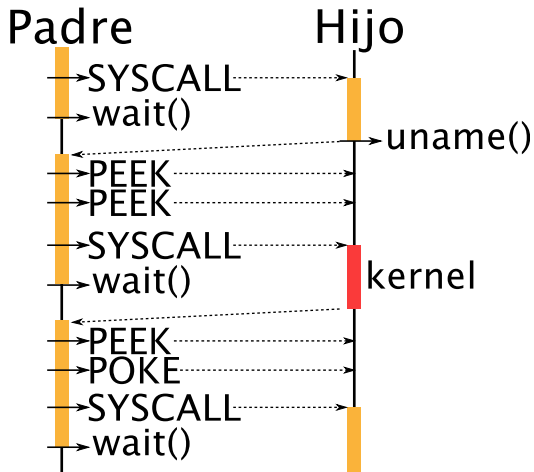
Leemos la dirección `addr` (dirección del proceso hijo):

```
unsigned int valor = ptrace(PTRACE_PEEKDATA, child, addr, NULL);
```

Escribimos otro valor en la dirección `addr`:

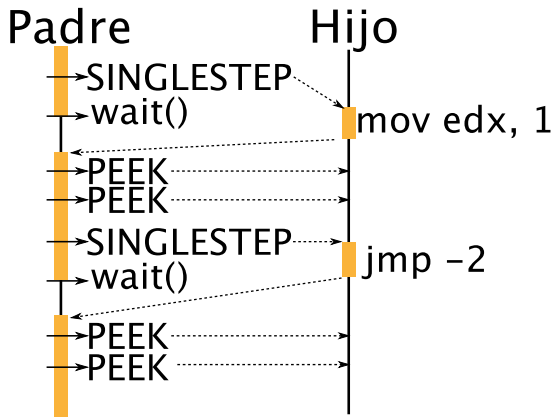
```
ptrace(PTRACE_POKEDATA, child, addr, valor+1);
```

Esquema de uso - obteniendo datos



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

Esquema de uso - Debugger



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