Señales

Señales (signals)

- Características
- ¿Quién puede enviar señales?
- Comportamientos
- Tipos y llamadas al sistema asociadas
- Ejemplo sencillo señales
- Terminología e Implementación
- Fork y exec *versus* señales
- Ejemplos
- Problemas con las señales
- Señales seguras

[Ste05]: capítulo 10

Características

- Comunican eventos especiales a procesos en ejecución
  - Son interrupciones software
  - No contienen información. El proceso señalado no conoce la identidad del proceso señalador
  - No es la forma habitual de comunicar procesos. Pueden servir para sincronizar

¿Quién puede enviar señales?

- Un proceso recibe una señal originada por:

  – El kernel en respuesta a una condición hardware violenta:

    SIGSEGV intento de acceso a @ fuera de su espacio

    SIGFPE error en aritmética FP

  – El kernel en nombre del propio proceso:

    el proceso se quiere programar una alarma

  – El kernel en nombre del usuario:

    se generan desde el teclado

    Ctrl \ señala a todos los procesos creados por el usuario

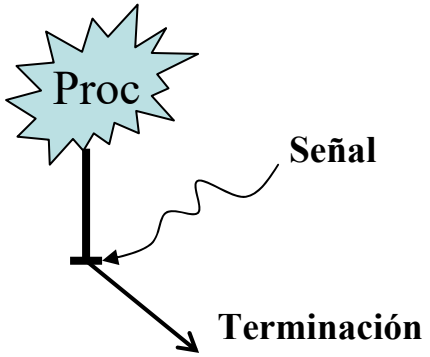
  – El kernel en nombre de otro proceso:

    se generan con kill por parte del proceso señalador

Comportamientos (1)

- El proceso señalado puede:

① No querer manifestar su disposición frente a la señal
actúa el comportamiento por **defecto**
normalmente terminación del proceso (+/- core)

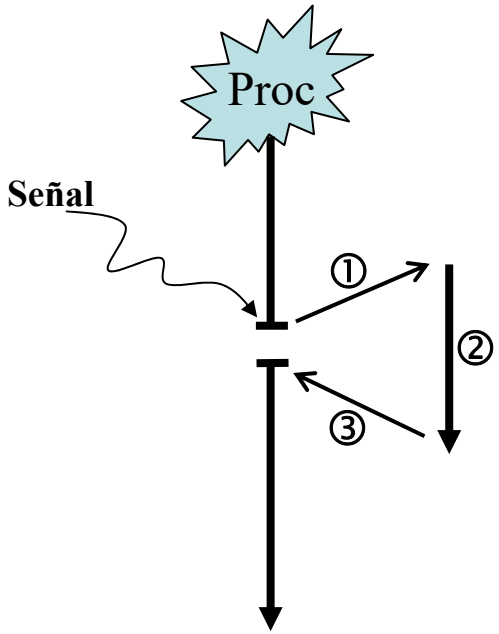


② Manifestar su disposición a **ignorar** la señal
el proceso se hace inmune a la señal

Comportamientos (2)

③ Querer **capturar** la señal

actúa el comportamiento programado



① **Llamada a la rutina de tratamiento (signal handler)**

② **Ejecución y posible indicación de querer capturar de nuevo la señal**

③ **Retorno y restauración del contexto (pila de usuario)**

Tipos

- Declaradas en <signal.h>
- Constantes que empiezan por SIG
- Todas asociadas a un entero positivo
- Lista completa en /usr/include/sys/iso/signal_iso.h

Nombre	Núm.	Defecto	Observaciones
SIGINT	2	terminación	Ctrl C
SIGQUIT	3	terminación + core	Ctrl \
SIGKILL	9	terminación	no ignorar ni capturar
SIGPIPE	13	terminación	escritura en pipe cerrada
SIGALRM	14	terminación	se fija con alarm
SIGTERM	15	terminación	como SIGKILL pero si ignorar
SIGUSR[1,2]	16,17	terminación	definidas por el programador
SIGCHLD	18	ignorada	muerte del proceso HIJO
SIGSTOP	23	detener	no ignorar ni capturar

Llamadas al sistema (1): **signal**

- Sintaxis: # include <signal.h>
  void (* **signal** (*sig*, *func*)) (int)
  int *sig*; void (* *func*) (int);
- Acción: Cambia comportamiento para la señal
- Uso: signal (señal, comportamiento);

SIGINT,	SIG_DFL=0	①	defecto
SIGQUIT,	SIG_IGN=1	②	ignorar
14, ...	rutina_captura	③	capturar

- Devolución: anterior comportamiento ó –1 si error

#define SIG_ERR (void (*)()) -1

Llamadas al sistema (1): **signal** (cont.)

- Si programamos capturar la señal:

  En la rutina de captura: void func (int)

  ① reset del comportamiento al defecto
  ② ejecución del código de la rutina
  ③ retorno y restauración del estado

  un solo parámetro para func = número de la señal

Si la señal llega durante la ejecución de una SC bloqueante: la interrumpe, devuelve –1 y errno = EINTR

Llamadas al sistema (2): **kill**

- Sintaxis: # include <signal.h>
  int **kill** (pid_t *pid*, int *sig*)
- Acción: envía una señal a un proceso
  (ruid_señalado = euid_emisor)
- Uso: kill (pid_señalado, señal);
- Devolución: 0 si bien, –1 si error

Llamadas al sistema (2): **kill** (cont.)

- *pid* > 0 destino = *pid*

- *pid* = 0 destino = todos los procesos con *process group id* igual al del emisor
  (todos los procesos de su grupo)

- *pid* = -1 a) si (emisor != superusuario)
  destino = todos los procesos con ruid igual al euid del emisor
  b) si (emisor == superusuario)
  destino = todos los procesos (! PID=0, PID=1)

- *pid* < -1 destino = procesos cuyo *process group id* igual al valor absoluto de *pid*

Llamadas al sistema (3): **alarm**

- Sintaxis: # include <unistd.h>
  unsigned int **alarm** (unsigned int *sec*)
- Acción: programa la recepción de SIGALRM para dentro de *sec* segundos

- Uso: alarm (5); /* alarm clock = 5 */
  alarm (0); /* cancelación */

  Ojo !!: solo un alarm clock activo a la vez

  Si se quiere capturar, signal() antes de alarm()
- Devolución: segs que quedan del anterior alarm
  0 la primera vez

Llamadas al sistema (4): **pause**

Sintaxis: # include <unistd.h>

int **pause** (void)

Acción: suspende al proceso hasta la llegada de una señal cualquiera capturada (si defecto: terminar, si ignorar → sigue pause)

- Uso: pause ( );

Devolución: –1 si la señal se captura y se retorna del signal_handler (errno = EINTR)

Ejemplo sencillo señales

```
#include <signal.h>
void fcaptura();
main(){
   signal(SIGALRM, fcaptura);
   alarm(10);
   pause();
   printf("Trabajo terminado\n");
}
void fcaptura( ){ };
```

SIG_DFL
SIG_IGN
rutina de captura

devuelve?

reprogramación:
signal(SIGALRM,fcaptura);

Terminología

- Una señal es GENERADA para un proceso cuando ocurre el suceso que causa la señal
- Una señal es TRATADA en un proceso cuando la acción programada para la señal se lleva a cabo en el proceso receptor
- Una señal está PENDIENTE desde que se genera hasta que es tratada

Implementación

- Campos añadidos en la struct PCB del proceso

  – Conjunto de señales que el proceso tiene pendientes:

    Señales pendientes: 1 bit por señal

    consultada cada vez que el proceso entra en ejecución

  – Indicación para cada señal del comportamiento programado con signal

    ① #define SIG_DFL (void (*)()) 0

    ② #define SIG_IGN (void (*)()) 1

    ③ @ rutina de captura

fork() *versus* señales

- El proceso HIJO:
  - No hereda las señales pendientes en el proceso PADRE:

    señales pendientes en el HIJO = Ø
  - Hereda todos los comportamientos programados por el proceso PADRE:

    ① defecto
    ② ignorar
    ③ capturar

exec() *versus* señales

- El proceso ejecutado:
  - Mantiene todas las señales que están pendientes:

    mismo struct PCB

  - No mantiene todos los comportamientos programados:

    ① defecto
    ② ignorar
    ③ capturar pasa a defecto: Ya que ha desaparecido el código de la rutina de captura

/* ej90.c */

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <signal.h>

int main(){
    void newhandler(int);
    void (* syshandler)(int);

    syshandler = signal(SIGALRM, newhandler);
    alarm(5);
    printf("Me bloqueo esperando la alarma\n");
    pause();
    printf("Ya me he despertado\n");
    exit(0);
}
```

```
/* Rutina mia de servicio */
void newhandler(int n)
{

    printf("En la rutina de servicio %d\n",n);
};
```

podemos imprimir el parámetro...

Ejercicio: /* autolesion.c */

```
#include <stdlib.h>
#include <signal.h>
#include "error.h"
#define MAL (void (*)(int)) -1

void main(){
    int i, *ip;
    void func(), captura();

    ip = (int *) func;
    for( i= 1; i<41; i++ )
      if ((i!=9)&&(i!=23))   /* no podemos capturar SIGKILL (9)
                                ni SIGSTOP(23) */
        if (signal( i, captura ) == MAL) syserr( "signal" );
    *ip = 1;      /* PROVOCA EXCEPCION Y ENVIO DE SEÑAL SIGSEGV(11)*/
    printf( "Asignado ip\n" );
    func();
}
```


```
void func(){}

void captura(int n) {
  printf( "Capturada %d\n", n );
  exit( 1 );
}
```

SIGCHLD / SIGCLD

Señal enviada a un proceso cuando muere/para un hijo.

Por defecto se **ignora**

ej1001.c: zombies en modo asíncrono

Solución?

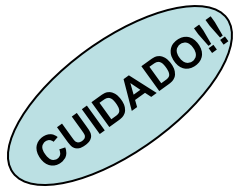
- SIGCHLD (BSD, POSIX)
  - como el resto de señales (si se ignora, deja zombies)

En hendrix existen los 2 nombres, con el mismo valor = 18, con este comportamiento

- SIGCLD (System V, **Solaris**)
  - signal (SIGCLD, SIG_IGN)
    - NO deja zombies
    - Si se llama a wait => bloquea hasta muerte de todos los hijos y luego devuelve -1
  - signal (SIGCLD, captura)
    - si ya hay un zombie => llamar a captura() YA
    - sino se llamará a captura() cuando muera uno

Función de captura para SIGCLD

```
void captura () {
    int pid, estado;
    signal (SIGCLD, captura);
    pid = wait (&estado);
    printf ("Ha terminado PID=%d con estado %x \n",
            pid, estado);
}
```



Implementaciones antiguas de Sistem V puede entrar en bucle infinito de llamadas a captura sin ejecutar wait.
En Solaris 10 (hendrix) no pasa

Problemas con señales

- Las señales expuestas hasta ahora son las conocidas como señales no seguras (non reliable signals).
  - Se recomienda en programas modernos no utilizarlas
  - Es necesario conocerlas para analizar o cambiar programas viejos, por ello las seguiremos estudiando
- Problemas que dan las señales no seguras:
  1. Al capturar una señal el comportamiento de la misma cambia a SIG_DFL
  2. Posibles bloqueos por llegadas de señales en momentos no adecuados (por ej. antes de un pause)
  3. Interrupción de SCs bloqueantes

Problemas con las señales (1)

- Recordar:

  con *signal* hay reset al SIG_DFL en la rutina de captura

- Solución (no siempre funciona):

  reprogramar el comportamiento de captura en la rutina:

si llega señal => ¡el proceso acaba!

```
void rutina_captura(){
        signal(SIGUSR1, rutina_captura);
        ...
}
```

no siempre funciona!

Problemas con las señales (1): /* sig_dfl.c */

Al capturar señal, el comportamiento pasa a SIG_DFL

```
#include <stdlib.h>, <unistd.h>,<signal.h>,"error.h"
#define MAL (void (*)(int))-1
#define ESPERA 1

int main() {
   if (signal(SIGINT,captura)==MAL) syserr("signal");
   while (1) pause();
}

void captura(int n) {
   void (*ff)(int);
   printf( "\nSeñal capturada %d\n", n );
   sleep(ESPERA);
   if (signal(SIGINT,captura)==MAL) syserr("signal");
   printf( "Nuevo comportamiento\n");
}
```

Problemas con las señales (2): pelosig.c

```
#include <signal.h>
#include <stdio.h>

main(){
int pid;

    signal(SIGUSR1,f);
    if((pid=fork())==0){
        pid=getppid();
        while(1){
            fprintf(stderr,"h");
            kill(pid,SIGUSR1);
            pause();
        }
    }
    else{
        pause();
        while(1){
            fprintf(stderr,"p");
            kill(pid,SIGUSR1);
            pause();
        }
    }
}
```

```
void f(){
    signal(SIGUSR1,f);
    fprintf(stderr,"-");
}
```

Dos posibles resultados:

1) h-p-h-p- … -h-p- (acabado en p-)
2) h-p-h-p- … -h- (acabado en h-)

en los dos casos, al final "se cuelga"

Problemas con las señales (3): /* ej901.c */

Interrupción de llamadas al sistema bloqueantes

```
#include <stdio.h>, <stdlib.h>, <unistd.h>
#include <signal.h>, "error.h"

#define MAL (void (*)()) -1

void main(){
   if( signal(SIGALRM, trap) == MAL )
       syserr("signal");
   alarm(2);
   getchar();
   printf("Caracter leido\n");
   pause();          /* ¿? */
   puts("Aquí seguiría el programa...\n");
}
```

De señales no-seguras a señales seguras

Cosas que mejoran de *non-reliable signals* a *reliable signals*:

	non-reliable	reliable
• Posibilidad de dejar señales bloqueadas para qué? – ejercicio pelosig.c	NO	SI
• Desprotección del proceso en la rutina de captura por qué? – reset al DFT en captura	SI	opcional
• Posibilidad de *restart* SC bloqueantes interrumpidas	NO	opcional

Funciones no reentrantes => efectos laterales que siguen existiendo

mala programación!

Soluciones

- Necesitamos poder recordar la GENERACION de una señal para TRATARLA más tarde
  - Significado: poder retrasar la acción programada para la señal
- Necesitamos poder BLOQUEAR señales durante el tiempo que no queremos TRATARLAS
- Se puede hacer con señales seguras
  - signal_sets Conjunto de señales
  - sigprocmask SC para bloquear/desbloquear señales
  - sigpending SC para saber señales pendientes del proceso
- Entre sigprocmask y pause aun puede llegar una señal
  - Se resuelve ejecutando sigprocmask y pause de forma atómica, es decir, con **sigsuspend**

Signal sets

- Manipulación del conjunto de señales

recordar:	máscara de bits para señales pendientes, 1 bit por señal
si bit i = 0 => señal número i $\notin$ set	si bit i = 1 => señal número i $\in$ set

int sigemptyset (sigset_t *set)

int sigfillset (sigset_t *set)

int sigaddset (sigset_t *set, int signo)

int sigdelset (sigset_t *set, int signo)

int sigismember (sigset_t *set, int signo)

Llamar siempre a sigemptyset o sigfillset para asegurarse correcta inicializacion de sigset

Funciones sobre sets

(*tipo* sigset_t *definido en signal.h*)

Signal mask y sigpending

- Signal mask: máscara indicando qué señales se deben BLOQUEAR para un proceso

Para modificar/consultar *signal mask*

int **sigprocmask** (int how, sigset_t *set, sigset_t *oset)

how: SIG_BLOCK añade *set a cjto. señales bloqueadas

SIG_UNBLOCK quita *set del cjto. señales bloq.

SIG_SETMASK pone nuevo cjto. señales bloq.

si oset != NULL devuelve en **oset* el cjto. previo de señales bloqueadas

int **sigpending** (sigset_t *set)

Para consultar qué señales están pendientes

devuelve en **set* el conjunto de señales pendientes

sigsuspend()

- Modifica signal mask (sigprocmask) y hace pause de forma atómica

int **sigsuspend** (sigset_t *sigmask)

  - asigna sigmask a *signal mask*
  - bloquea al proceso
    hasta que llega una señal NO bloqueada NI ignorada
  - restaura la máscara previa

sigaction()

- Versión *reliable* de signal (sustituye y amplía a signal)

int **sigaction** (int signo, struct sigaction *act,
struct sigaction *oact)

  - signo: número de la señal sobre la que fijar el comportamiento
  - act: nuevo comportamiento (input)
  - oact: anterior comportamiento (output)

struct sigaction

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)();     /* SIG_IGN, SIG_DFL o captura */

    sigset_t sa_mask;         /* señales a bloquear durante la captura */
                              añadidas a signal mask (restaurado al
                              acabar) */
    int sa_flags;             /* para programar las opciones:
}
```

		defecto:
SA_RESTART (4)	reinicio automático de SC	no reinicio
SA_RESETHAND (2)	reset a DFL en captura	no reset
SA_NODEFER (16)	no bloqueo de la propia señal durante la función de captura	bloqueo

Solución de problemas con las señales

1. Reset al SIG_DFL en la rutina de captura modificado en señales seguras:
   - **Es opcional con sigaction**
   - NO hay reset a SIG_DFL en la rutina de captura (4.2 BSD y SVR3)
2. Bloqueo de señales imposible con no seguras
   - **Es posible con sigprocmask**
3. Un proceso captura señal mientras está bloqueado en una SC "lenta", la SC es interrumpida, devuelve –1 y errno = EINTR. Si se quería reiniciar la SC había que hacerlo a mano.
   - **Es opcional con sigaction** (sa_flags de struct sigaction) para ciertas SCs (ioctl, read, readv, write, writev, wait, waitpid):
     - interrupción SIN reinicio (no poner flag SA_RESTART)
     - interrupción CON reinicio automático (SA_RESTART)

Problemas con las señales (seguras y no seguras)

- Funciones no reentrantes (ej. *malloc*)
  - un proceso hace una llamada a *malloc*
  - durante el servicio de *malloc* llega una señal a **capturar**
  - en la rutina de captura se vuelve a llamar a *malloc*

  Si la función no es reentrante (ej. usa variables *static*) la 2ª llamada puede provocar problemas a la 1ª
- En [Ste05] Fig 10.4 (pag 306) tabla de funciones reentrantes, es decir, que se pueden llamar con “menos” problemas desde rutina de captura.
- En general:

  ¡Cuidado con los efectos laterales

  provocados por una rutina de captura!

señal que en captura modifica errno

```
if (wait(NULL) == -1)
        if(errno == ECHILD);
        ...
```

Ejercicio

Reescribir el siguiente código usando las llamadas de señales seguras.

Deben programarse las señales de forma que su comportamiento sea lo más parecido posible al código original

```
void captura(){
   printf("Funcion de captura...\n");
}

main(){
   signal(SIGALRM, captura);
   alarm(5);
   pause();
   printf("Fin programa\n");
}
```