Fundamentos de Software de Comunicaciones

Tema 2

Programación del Sistema Operativo

(2ª parte)

Contenidos

- Señales
- Manejo del tiempo

Generación de avisos entre procesos

- Objetivo: enviar notificaciones (avisos o señales) entre procesos
- ¿Hemos enviado ya señales a procesos en la asignatura? ¿Os suena qué ocurre al pulsar las teclas Control + C en un terminal? ¿Qué ocurre?
- Mensajes que aparecen cuando se va a apagar el sistema
  - Es importante atender a este tipo de avisos para poder hacer un cierre ordenado del proceso
    - Cierre de ficheros o de canales de comunicaciones

Generación de avisos entre procesos

- Proceso: programa en ejecución
  - El ejecutable cargado en memoria
  - Datos
  - Recursos del sistema, como ficheros
  - Un contexto de seguridad (usuario asociado, permisos)
  - Una o más hebras de ejecución
  - Un ordenador virtual

- Gestión de procesos → sistema operativo
  - De forma jerárquica:
    - Todo proceso tiene un padre
    - Un proceso puede tener muchos hijos
  - Identificador de proceso: PID (Process IDentifier)
    - Número positivo mayor que cero
    - Init: PID = 1
  - Listado de procesos del sistema: el comando ps
    - ps aux
    - ps –ef
    - ps –ef | grep <nombre ejecutable>

Definición de señal

- En el mundo UNIX, una señal es similar a una interrupción hardware, que se envía a un proceso a través del S.O.
- Es un evento asíncrono que hace saltar el flujo de ejecución de un proceso
- Objetivo: informar a un proceso de situaciones que pueden ocurrir en tiempo de ejecución
  - Críticas para seguir o no con su funcionamiento normal
  - La mayoría notifican errores (sólo unas pocas son informativas)
- El sistema operativo determina un comportamiento por defecto cuando llega uno de estos avisos
  - En general, significa que el proceso termina → man 7 signal

Definición de señal

- man 7 signal
  - SIGINT: Interrumpir el proceso
  - SIGTERM: Señal de terminación cuando la máquina se apaga
  - SIGUSR1 y SIGUSR2: señales para que los usuarios asignen su significado
    - Determinar qué se hace en ese caso

- Esto nos permite programar el sistema de avisos
  - Enviando señales
  - Haciendo que nuestros programas puedan manejar esos avisos

Envío de señales

- En el terminal

  `kill -s <señal> <PID>`

- En nuestro programa
  - **`pid_t`**: tipo de datos para almacenar identificadores de proceso
  - Llamada al sistema **`kill()`**
    - PID
    - Señal: definidas como constantes en
    - signal.h
  - **`#define _POSIX_SOURCE`**
    - Para evitar un warning

```c
#define _POSIX_SOURCE
#include <stdio.h>
#include <signal.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>

int main(int argc, char * argv[]) {

    if (argc < 2) {
        printf("Uso: %s <PID>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    pid_t pid = atoi(argv[1]);

    int retorno = kill(pid, SIGTERM);
    if (retorno < 0) {
        perror("kill");
        return 1;
    }

    return 0;
}
```

Manejo de señales

- El programador puede modificar este comportamiento por defecto e indicar al sistema operativo si desea IGNORAR la señal o ATENDERLA
  - Algunas NO se pueden ignorar o atender, como SIGKILL
  - La llamada al sistema **signal()** permite realizar estas modificaciones

- Una buena política de programación consiste en atender a las señales que afecten directamente al programa:
  - SIGTERM: el S.O. solicita que el proceso termine
  - SIGCHLD: un proceso hijo ha terminado su ejecución
  - SIGPIPE: el S.O. avisa de que se está escribiendo a un fichero cerrado

La función signal()

```
#include <signal.h>
typedef void (*sighandler_t)(int);
sighandler_t signal(
             int signo,
             sighandler_t handler);
```

```
 7   void m(int signo) {
 8       write(1,"Catched!\n",9);
 9   }
10
11   int main() {
12       signal(SIGUSR1,m);
13   }
```

- **Registra un manejador para la señal indicada**
  - Cuando llega la señal al proceso, se suspende la ejecución del proceso **¡¡¡vaya por donde vaya!!!**
  - Entonces, se ejecuta la función manejadora (puntero a función)
- Valor devuelto
  - **SIG_ERR** (constante) si ha habido algún error
  - El manejador de señal que atendía la señal previamente
- Argumentos
  - La señal que se quiere manejar: **SIGINT**, **SIGQUIT**, **SIGUSR1**, …
  - El manejador de señal: puntero a una función que tiene como argumento un entero y no devuelve nada

La función signal()

- Recordar: la función registra un manejador para la señal indicada, **en ningún caso dispara una señal**

- Manejadores especiales:
  - Ignorar: **SIG_IGN**
  - Restaurar el manejador por defecto: **SIG_DFL**

- Funcionamiento
  - Ignorar **SIGINT**

```
signal(SIGINT, SIG_IGN);
```

  - Restaurar el valor por defecto para **SIGINT**

```
signal(SIGINT, SIG_DFL);
```

La función signal()

- Recordar: la función registra un manejador para la señal indicada, **en ningún caso dispara una señal**

- La sección 2 del manual (en Español) está incompleta, hay que ir a la sección 3

- Funcionamiento en Linux de la llamada **signal(s,m) :**
  1. En primer lugar, antes de la invocación del manejador, se restaura el manejador por defecto. Sería una llamada equivalente a

     ```
     signal(s, SIG_DFL);
     ```

  2. Se invoca al manejador

     ```
     (*m)(s);
     ```

  3. Se devuelve el control al programa principal

Señales en Unix System V vs BSD

- En el modelo **System V** de Unix, cuando el S.O. ejecuta el manejador asociado a una señal también restaura el manejador que tuviera por defecto
  - Por eso se vuelve a llamar a signal dentro del manejador si se quiere mantener éste cuando vuelva a aparecer la señal
  - Comprobable en Linux al compilar en C con la opción -ansi:
    - gcc -ansi -o exec programa.c
    - gcc –std=c99 –o exec programa.c

- En el modelo **BSD** las señales son más potentes
  - No hace falta realizar la restauración del manejador, ya que se mantiene para las siguientes veces en que aparezca la señal
  - Comportamiento por defecto en gcc (sin la opción –ansi ni std=c99) y en g++

Ejemplo de uso para signal()

```
void manejador(int signum) {
        write(1,"la tengo!!\n",11);/*escribe por pantalla*/
        signal(SIGINT, manejador);/*restaura el manejador*/
} /* manejador */
int main() {
        ...
        /* solicita al S.O. que ejecute la funcion manejador
cuando llegue la señal SIGINT */
        if (signal(SIGINT,manejador) == SIG_ERR) {
                perror(”signal”);
                exit(-1);
        }
        ...
} /* main */
```

Ejemplo de uso para signal() (II)

```
/*Se ignora el control de errores por comodidad */

void manejador(int signum) {
        write(1,"la tengo!!\n",11);/*escribe por pantalla*/
        signal(SIGPIPE, manejador);/*restaura el manejador*/
        signal(SIGTERM,SIG_DFL); /*vuelve a considerar TERM*/
} /* manejador */
int main() {
        ...
        /*ignora la señal SIGTERM*/
        signal(SIGTERM,SIG_IGN);
        /* solicita al S.O. que ejecute la funcion manejador
cuando llegue la señal SIGPIPE*/
        signal(SIGPIPE,manejador);
        ...
} /* main */
```

Diseño de manejadores de señal

- Recordatorio
  - La llegada de una señal interrumpe la ejecución del proceso en **cualquier lugar**
  - Puede haber zonas críticas cuya interrupción lleven al proceso a un fallo irrecuperable
- Reglas básicas para manejadores
  - Reducir al máximo las operaciones que realizan
  - Todo lo que se pueda hacer fuera del manejador, debe hacerse
  - Si no hay más remedio, se deben usar funciones reentrantes
    - Por ejemplo: **write()** vs **printf()**
- ¿Cómo hacer, por ejemplo, que nuestro programa no abra un fichero y lo muestre por pantalla hasta que no llega SIGUSR1?

Diseño de manejadores de señal

Opción 1

```
3   int ha_llegado_sigusr1 = 0;
4
5   void ejecutar_si_llega_sigusr1(int num_sig) {
6       ha_llegado_sigusr1 = 1;
7       signal(SIGURS1,ejecutar_si_llega_sigusr1);
8   }
9
10  int main() {
11      signal(SIGURS1,ejecutar_si_llega_sigusr1);
12
13      while(ha_llegado_sigusr1 == 0) {
14          pause();
15      }
16
17      //Ha llegado SIGUSR1
18      //Abro el fichero y lo muestro por pantalla
19      // int fd = open()
20      // ...
21
22      /* Resto de código de nuestro programa */
23      /* ...
24         ...
25         ... */
26
```

Opción 2

```
4   void ejecutar_si_llega_sigusr1(int num_sig) {
5       //Abro el fichero y lo muestro por pantalla
6       // int fd = open()
7       // ...
8       signal(SIGURS1,ejecutar_si_llega_sigusr1);
9   }
10
11  int main() {
12      signal(SIGURS1,ejecutar_si_llega_sigusr1);
13
14      /* Resto de código de nuestro programa */
15      /* ...
16         ...
17         ... */
18
```

Otras funciones útiles de <signal.h>

- raise(signal_id)
  - Envía una señal al proceso en ejecución
  - Ejemplo: te envías una señal TERM a ti mismo

```
raise(SIGTERM);
```

- kill(pid_destino_signal, signal_id)
  - Envía una señal a un proceso distinto al que ejecuta esta llamada
  - Ejemplo: envía TERM al proceso 6550:

```
kill(6550, SIGTERM);
```

- pause()
  - Hace que el proceso se duerma hasta que reciba una señal

Contenidos

- Señales
- **Manejo del tiempo**

Gestión del tiempo

- La gestión del tiempo es fundamental en el software de comunicaciones
- Necesitamos que el S.O. nos avise en determinados momentos, para poder realizar alguna tarea
  - Caso típico: restransmitir un paquete del que no tenemos confirmación
- El sistema operativo nos proporciona varios mecanismos. Veremos las llamadas al sistema:
  - **`alarm()`**
  - **`setitimer()`**

Gestión del tiempo

- Formas de medir el tiempo
  - Tiempo relativo: con respecto a un instante dado
    - 5 segundos desde ahora
    - Hace 10 minutos
  - Tiempo absoluto: un instante en el tiempo
    - 10:00 del 16 de marzo de 2020
    - En Linux, se mide como el número de segundos desde las 00:00 del 01/01/1970 (epoch)
- Medidas de tiempo
  - Tiempo real (wall time)
  - Tiempo de proceso: el tiempo que el proceso pasa ejecutando en el procesador

Gestión del tiempo: alarmas

- Se puede indicar al S.O. que genere una señal de alarma cuando transcurran X segundos, mediante:

  unsigned int alarm(unsigned int seconds);

- Valor devuelto
  - El nº de segundos que quedaban para que una posible alarma previa se disparase
  - Cero, si no había alarma pendiente

- Cancelación de cualquier alarma: **alarm(0);**

- Antes de la llamada hay que indicar que se manejará la señal **SIGALRM**

Gestión del tiempo: alarmas

```c
#include <signal.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/time.h>

void manejador(int s){
    write(1,"alarma!\n",8);
        alarm(3); /*para que lo haga periodicamente*/
}

int main(){

  signal(SIGALRM,manejador);
  alarm(3); /*alarma a los 3 segundos*/

  while(1); /*bucle infinito de espera de señales*/
  return 0;
}
```

Gestión de tiempo: temporizadores

- Un temporizador es similar a una alarma pero:
  - Tiene precisión de microsegundos
  - Se puede configurar para activarse periódicamente, evitando derivas de tiempo

- Llamada al sistema:
  - **int setitimer(**
    int tipo, const struct itimerval * value, struct itimerval * oValue);
  - Valor devuelto
    - 0: si todo ha ido bien
    - -1: si ha habido algún error al activar el temporizador
  - Argumentos
    - **Tipo**: tipo de temporizador: ITIMER_REAL, ITIMER_VIRTUAL, ITIMER_PROF
    - **Value**: estructura con la configuración temporal del temporizador

```
struct itimerval {
    struct timeval it_interval; /* valor próximo */
    struct timeval it_value;    /* valor actual */
};
struct timeval {
    long tv_sec;                /* segundos */
    long tv_usec;               /* microsegundos */
};
```

    - **Ovalue** (old Value): devuelve una estructura con el tiempo restante que quedase de un temporizador previo

Temporizadores a intervalos

- TIPOS
  - ITIMER_REAL:
    - Mide tiempo real
    - Envía SIGALRM al proceso
  - ITIMER_VIRTUAL:
    - Mide sólo el tiempo cuando el proceso está ejecutando código de usuario en el espacio de usuario, pero no se decrementa cuando, por ejemplo, se hace una llamada al sistema
    - Envía SIGVTALRM al proceso
  - ITIMER_PROF:
    - Mide sólo tiempo cuando el proceso está ejecutando código de usuario o código del kernel en nombre el usuario, pero no cuando no se está ejecutando
    - Envía SIGPROF al proceso

- Cancelación
  - Un temporizador se cancela cuando el campo **it_value** del argumento **value** se fija a 0

Temporizadores a intervalos

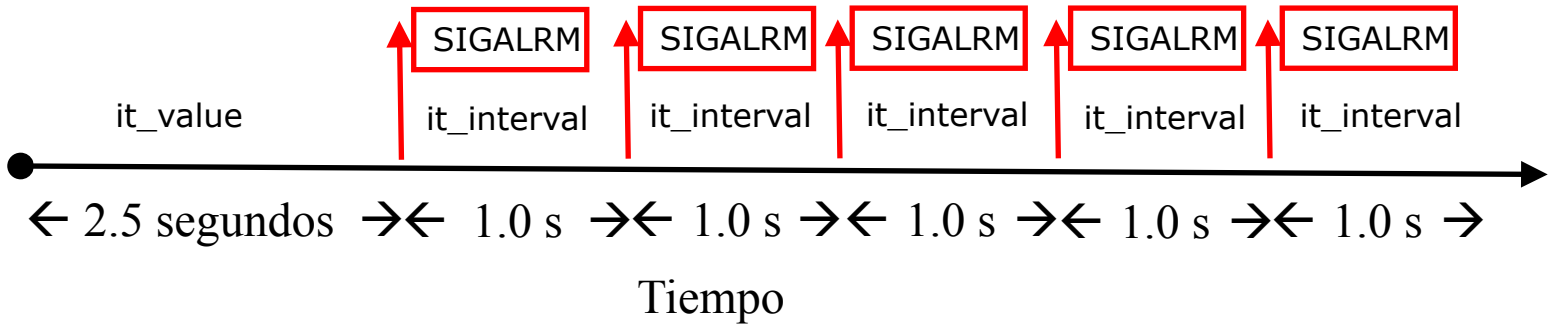
- Ejemplo sin reactivación: se activa una alarma a los 2.5 segundos

```c
#include <sys/time.h>
 ...
void manejador(int s){
  /*hace lo que sea*/
}

int main(){
  struct itimerval timer;
  struct timeval valor;

  valor.tv_sec = 2;        /*campo segundos*/
  valor.tv_usec = 500000; /*campo microsegundos*/

  timer.it_value = valor; /*campo valor del temporizador la primera vez*/
  timer.it_interval =  0   /*campo con el valor del temporizador a partir de la
                             primera vez y de forma periodica, si es cero, el
                             temporizador no emitirá periódicamente más señales
                             después de la primera*/

  signal(SIGALRM,manejador);
  setitimer(ITIMER_REAL, &timer, NULL);

  while(1) ; /*bucle infinito de espera de señales*/
  return 0;
}
```

Temporizadores a intervalos

- Ejemplo con reactivación: se activa una alarma a los 2.5 segundos inicialmente, y después cada 1.0 segundos

```c
#include <sys/time.h>
 ...
void manejador(int s){
  /*hace lo que sea*/
}

int main(){
  struct itimerval timer;
  struct timeval inicial, intervalo;

  inicial.tv_sec = 2;          /*campo segundos */
  inicial.tv_usec = 500000;    /*campo microsegundos */
  intervalo.tv_sec = 1;        /*campo segundos */
  intervalo.tv_usec = 0;       /*campo microsegundos */

  timer.it_value    = inicial;   /* primer disparo */
  timer.it_interval = intervalo; /* disparos sucesivos después del primero */

  signal(SIGALRM,manejador);
  setitimer(ITIMER_REAL, &timer, NULL);

  while(1) ; /*bucle infinito de espera de señales*/
  return 0;
}
```



Envíos y recepciones protegidos

- Sea la siguiente llamada:

```
r = read(fd, buf, len);
```

- Su resultado puede ser:
  - Se lee todo lo esperado: **r = len**
    - Resultado esperado.
    - La variable **buf** contiene los bytes leídos.
  - Se lee algún byte, pero no todos: **0 < r < len**
    - La variable **buf** contiene los bytes leídos
    - Escenarios:
      1. Se llega al final de fichero antes de leer **len** bytes
      2. Ha ocurrido un error en mitad de la lectura
      3. Ha llegado una señal que interrumpe la lectura
      4. Hay menos de **len** datos disponibles para lectura (pipe, socket, etc.)
    - Solución:
      - Volver a ejecutar el **read**, actualizando **buf** y len
  - No se lee nada: **r = 0**
    - Se ha llegado al final del fichero
    - La variable **buf** no se modifica
  - r = -1, y **errno** vale **EINTR**
    - Ha llegado una señal antes de poder leer nada (función reentrante)
    - La variable **buf** no se modifica
    - Solución:
      - Volver a ejecutar el **read**

Envíos y recepciones protegidos

- **readn()**
- Función propia de la asignatura
- Garantizar que se leen exactamente los datos que se solicitan
- Se recupera ante una interrupción

```c
#include <unistd.h>
#include <errno.h>

ssize_t read_n(int fd, char * b, size_t n) {
  ssize_t a_leer = n;
  ssize_t total_leido = 0;
  ssize_t leido;

  do {
    errno = 0;
    leido = read(fd, b + total_leido, a_leer);
    if (leido >= 0) {
      total_leido += leido;
      a_leer -= leido;
    }
  } while(
      ((leido > 0) && (total_leido < n)) ||
      (errno == EINTR));

  if (total_leido > 0) {
    return total_leido;
  } else {
    /* Para permitir que devuelva un posible
       error en la llamada a read() */
    return leido;
  }
}
```

Envíos y recepciones protegidos

- Precondición para usarla:
  - Hay que saber exactamente la cantidad de datos (bytes) a leer
- Funcionamiento
  - Línea 5: Se busca leer **n** bytes
  - Línea 11: La primera llamada a **read()** apunta al inicio de **b** (**total_leido = 0**)
  - Si no se lee todo debido a algún error en la lectura (línea 17) o por la llegada de una señal (línea 18), se vuelve a ejecutar **read()**, pero apuntando ahora a **b + total_leido**
  - Si se produce cualquier otro error, o se llega al final del fichero, devuelve lo leído
- Fuente de errores
  - Línea 10: falta inicializar **errno**
  - Líneas 17 y 18: desbalanceo de los paréntesis
- **writen()** es idéntico, cambiando **read()** por **write()**
  - El copy/paste suele crear estragos

```
 1  #include <unistd.h>
 2  #include <errno.h>
 3
 4  ssize_t read_n(int fd, char * b, size_t n) {
 5    ssize_t a_leer = n;
 6    ssize_t total_leido = 0;
 7    ssize_t leido;
 8
 9    do {
10      errno = 0;
11      leido = read(fd, b + total_leido, a_leer);
12      if (leido >= 0) {
13        total_leido += leido;
14        a_leer -= leido;
15      }
16    } while(
17        ((leido > 0) && (total_leido < n)) ||
18        (errno == EINTR));
19
20    if (total_leido > 0) {
21      return total_leido;
22    } else {
23      /* Para permitir que devuelva un posible
24          error en la llamada a read() */
25      return leido;
26    }
27  }
```