Sincronizzazione tra processi in Unix: i segnali

Sincronizzazione tra processi

I processi interagenti possono avere bisogno di **sincronizzazione**.

Unix: non c'è condivisione di variabili tra processi:

- la sincronizzazione può realizzarsi mediante i segnali

Segnale:

è un'**interruzione software** a un processo, che notifica un evento asincrono;ad esempio segnali:

- generati da terminale (es. CTRL+C)
- generati da altri processi
- generati dal kernel in seguito ad eccezioni HW (violazione dei limiti di memoria, divisioni per 0, etc.)
- generati dal kernel in seguito a condizioni SW (time-out, scrittura su pipe chiusa, etc.)

Segnali Unix

- Un segnale può essere inviato:
  - dal kernel a un processo
  - da un processo utente ad altri processi utente

  (Es: comando **`kill)`**
- Quando un processo riceve un segnale, può comportarsi in **tre modi diversi**:
  1. **gestire** il segnale con una funzione ***handler*** definita dal programmatore
  2. **eseguire** un'azione predefinita dal S.O. (azione di ***default***)
  3. **ignorare** il segnale (nessuna reazione)
- Nei primi due casi, il processo **reagisce in modo asincrono** al segnale:
  1. interruzione dell'esecuzione
  2. esecuzione dell'azione associata (***handler*** o ***default***)
  3. ritorno alla prossima istruzione del codice del processo interrotto

Segnali Unix

- Per ogni versione di Unix esistono vari tipi di segnale (in Linux, 32 segnali), ognuno identificato da un intero.
- Ogni segnale, è associato a un particolare evento e prevede una specifica **azione di default**.
- È possibile riferire i segnali con identificatori simbolici (**`SIGxxx`**):

  `SIGKILL, SIGSTOP, SIGUSR1`, etc.
- L'associazione tra nome simbolico e intero corrispondente (che dipende dalla versione di Unix) è specificata nell'header file **`<signal.h>.`**

Segnali Unix (linux): signal.h

```
#define SIGHUP          1       /* Hangup (POSIX). Action: exit */
#define SIGINT          2       /* Interrupt (ANSI). Action: exit */
#define SIGQUIT         3       /* Quit (POSIX). Action: exit, core dump*/
#define SIGILL          4       /* Illegal instr.(ANSI).Action: exit,core dump */
...
#define SIGKILL         9       /* Kill, unblockable (POSIX). Action: exit*/
#define SIGUSR1         10      /* User-defined signal 1 (POSIX). Action: exit*/
#define SIGSEGV         11      /* Segm. violation (ANSI). Act: exit,core dump */
#define SIGUSR2         12      /* User-defined signal 2 (POSIX).Act: exit  */
#define SIGPIPE         13      /* Broken pipe (POSIX).Act: exit  */
#define SIGALRM         14      /* Alarm clock (POSIX). Act: exit */
#define SIGTERM         15      /* Termination (ANSI).  Act:exit*/
...
#define SIGCHLD         17      /* Child status changed (POSIX).Act: ignore  */
#define SIGCONT         18      /* Continue (POSIX).Act. ignore  */
#define SIGSTOP         19      /* Stop, unblockable (POSIX). Act: stop */
...
```


Gestione dei segnali

- Quando un processo riceve un segnale, può gestirlo in 3 modi diversi:
  - gestire il segnale con una funzione ***handler*** definita dal programmatore
  - eseguire un'azione predefinita dal S.O. (azione di ***default***)
  - ***ignorare*** il segnale

NB. Non tutti i segnali possono essere gestiti esplicitamente dai processi: **`SIGKILL`** e **`SIGSTOP`** non sono **nè intercettabili, nè ignorabili**.

- qualunque processo, alla ricezione di SIGKILL o SIGSTOP esegue sempre l'**azione di default**.

System call `signal`

Ogni processo può gestire esplicitamente un segnale utilizzando la system call **`signal`**:

```
void (* signal(int sig, void (*func)()))(int);
```

- **`sig`** è l'intero (o il nome simbolico) che individua il segnale da gestire
- il parametro **`func`** è un puntatore a una funzione che indica l'azione da associare al segnale; in particolare **`func`** può:
  - ✓ puntare alla routine di gestione dell'interruzione (***handler***)
  - ✓ valere **`SIG_IGN`** (nel caso di segnale ignorato)
  - ✓ valere **`SIG_DFL`** (nel caso di azione di default)
- ritorna un puntatore a funzione:
  - ✓ al precedente gestore del segnale
  - ✓ SIG_ERR(-1), nel caso di errore

`signal`

Ad esempio:

```
#include <signal.h>
void gestore(int);
...
main()
{...
signal(SIGUSR1, gestore); /*SIGUSR1 gestito */
...
signal(SIGUSR1, SIG_DFL); /*USR1 torna a default */
signal(SIGKILL, SIG_IGN); /*errore! SIGKILL non è
                            ignorabile */
...
}
```

Routine di gestione del segnale (*handler*):

Caratteristiche:

- l'*handler* prevede sempre **un parametro formale** di tipo **`int`** che rappresenta il numero del segnale effetivamente ricevuto.
- l'*handler* non restituisce alcun risultato

```
void handler(int signum)
{ ....
  ....
  return;
}
```


Routine di gestione del segnale (*handler*):

Struttura del programma:

```
#include <signal.h>
void handler(int signum)
{ <istruzioni per la gestione del segnale>
  return;
}

main()
{ ...
  signal(SIGxxx, handler);
   ...
}
```


Gestione di segnali con handler

- Non sempre l'associazione ***segnale/handler*** è durevole:
  - alcune implementazioni di Unix (BSD, SystemV r.3 e seg.), prevedono che l'azione rimanga installata anche dopo la ricezione del segnale.
  - in alcune realizzazioni (SystemV, prime versioni), invece, dopo l'attivazione dell'handler ripristina automaticamente l'azione di default. In questi casi, per riagganciare il segnale all'handler:

```
main()
{ ..
  signal(SIGUSR1, f);
     ...}
```

```
void f(int s)
{ signal(SIGUSR1, f);
   ....
}
```


Esempio: parametro del gestore

```
/* file segnali1.c */
#include <signal.h>
void handler(int);

main()
{ if (signal(SIGUSR1, handler)==SIG_ERR)
       perror("prima signal non riuscita\n");
  if (signal(SIGUSR2, handler)==SIG_ERR)
       perror("seconda signal non riuscita\n");
  for (;;);
}

void handler (int signum)
{ if (signum==SIGUSR1) printf("ricevuto sigusr1\n");
  else if (signum==SIGUSR2) printf("ricevuto sigusr2\n");
}
```

Esempio: esecuzione & comando kill

```
anna@lab3-linux:~/esercizi$ vi segnali1.c
anna@lab3-linux:~/esercizi$ cc segnali1.c
anna@lab3-linux:~/esercizi$ a.out&
[1] 313
anna@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGUSR1 313
anna@lab3-linux:~/esercizi$ ricevuto sigusr1

anna@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGUSR2 313
anna@lab3-linux:~/esercizi$ ricevuto sigusr2

anna@lab3-linux:~/esercizi$ kill -9 313
anna@lab3-linux:~/esercizi$
[1]+  Killed                  a.out
anna@lab3-linux:~/esercizi$
```


Esempio: gestore del SIGCHLD

- **`SIGCHLD`** è il segnale che il kernel invia a un processo padre quando un figlio termina.
- È possibile svincolare il padre da un'attesa esplicita della terminazione del figlio, mediante un'apposita funzione ***handler*** per la gestione di **`SIGCHLD`**:
  - la funzione ***handler*** verrà attivata in modo **asincrono** alla ricezione del segnale
  - handler chiamerà la **`wait`** con cui il padre potrà raccogliere ed eventualmente gestire lo stato di terminazione del figlio

Esempio: gestore del SIGCHLD

```
#include <signal.h>
void handler(int);

main()
{ int PID, i;
   PID=fork();
   if (PID>0) /* padre */
   {    signal(SIGCHLD,handler);
        for (i=0; i<10000000; i++); /* attività del padre..*/
        exit(0); }
   else /* figlio */
   {    for (i=0; i<1000; i++); /* attività del figlio..*/
        exit(1); }
}
void handler (int signum)
{ int status;
  wait(&status);
  printf("stato figlio:%d\n", status>>8);}
```


Segnali & `fork`

Le associazioni segnali-azioni vengono registrate nella *User Area* del processo. Sappiamo che:

- una **`fork`** copia la ***User Area*** del padre nella ***User Area*** del figlio
- padre e figlio condividono lo stesso codice

quindi

- il figlio eredita dal padre le informazioni relative alla gestione dei segnali:
  - ignora gli stessi segnali ignorati dal padre
  - gestisce con le stesse funzioni gli stessi segnali gestiti dal padre
  - i segnali a default del figlio sono gli stessi del padre

➢ successive **`signal`** del figlio non hanno effetto sulla gestione dei segnali del padre.

Segnali & `exec`

Sappiamo che:

- una **`exec`** sostituisce codice e dati del processo che la chiama
- la ***User Area*** viene mantenuta, tranne le informazioni legate al codice del processo (ad esempio, le funzioni di gestione dei segnali, che dopo l'**`exec`** non sono più visibili!)

quindi

- dopo un'**`exec`**, un processo:
  - ignora gli stessi segnali ignorati prima di **`exec`**
  - i segnali a default rimangono a default

  ma
  - **i segnali che prima erano gestiti, vengono riportati a default**

Esempio

```
/* file segnali2.c */
#include <signal.h>

main()
{

signal(SIGINT, SIG_IGN);
execl("/bin/sleep","sleep","30", (char *)0);
}
```

N.B. Il comando: `sleep N`
mette nello stato *sleeping* il processo per N secondi

Esempio: esecuzione

```
anna@lab3-linux:~/esercizi$ cc segnali2.c
anna@lab3-linux:~/esercizi$ a.out&
[1] 500
anna@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGINT 500
anna@lab3-linux:~/esercizi$ kill -9 500
anna@lab3-linux:~/esercizi$
[1]+  Killed                  a.out
anna@lab3-linux:~/esercizi$
```


System call `kill`

I processi possono inviare segnali ad altri processi con la kill:

```
int kill(int pid, int sig);
```

- **`sig`** è l'intero (o il nome simb.) che individua il segnale da gestire
- il parametro **`pid`** specifica il destinatario del segnale:
  - ✓ pid> 0: l'intero è il pid dell'unico processo destinatario
  - ✓ pid=0: il segnale è spedito a tutti i processi appartenenti al gruppo del mittente
  - ✓ pid <-1: il segnale è spedito a tutti i processi con groupId uguale al valore assoluto di pid
  - ✓ pid== -1: vari comportamenti possibili (Posix non specifica)

`kill:` esempio:

```
#include <stdio.h>
#include <signal.h>
int cont=0;
void handler(int signo)
{  printf ("Proc. %d: ricevuti n. %d segnali %d\n",
   getpid(),cont++, signo);
}

main ()
{int pid;
 pid = fork();
 if (pid == 0) /* figlio */
 {  signal(SIGUSR1, handler);
    for (;;);
 }
 else /* padre */
   for(;;) kill(pid, SIGUSR1);
}
```


Segnali: altre system call

sleep:

```
unsigned int sleep(unsigned int N)
```

- provoca la sospensione del processo per N secondi (al massimo)
- se il processo riceve un segnale durante il periodo di sospensione, viene risvegliato *prematuramente*
- ritorna:
  - ✓ 0, se la sospensione non è stata interrotta da segnali
  - ✓ se il risveglio è stato causato da un segnale al tempo Ns, **`sleep`** restituisce in numero di secondi non utilizzati dell'intervallo di sospensione (N-Ns).

Segnali: altre system call

alarm:

```
unsigned int alarm(unsigned int N)
```

- imposta in timer che dopo N secondi invierà al processo il segnale **`SIGALRM`**
- ritorna:
  - ✓ 0, se non vi erano time-out impostati in precedenza
  - ✓ il numero di secondi mancante allo scadere del time-out precedente

NB: l'azione di ***default*** associata a SIGALRM è la terminazione.

Segnali: altre system call

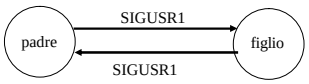
pause:

```
int pause(void)
```

- sospende il processo fino alla ricezione di un qualunque segnale
- ritorna -1 (**`errno = EINTR`**)

Esempio

Due processi (padre e figlio) che si sincronizzano alternativamente mediante il segnale SIGUSR1 (getstito da entrambi con la funzione *handler*):




```
int ntimes = 0;
void handler(int signo)
{printf ("Processo %d ricevuto #%d volte il segnale %d\n",
   getpid(), ++ntimes, signo);
}
```



```
main ()
{int pid, ppid;
  signal(SIGUSR1, handler);
  if ((pid = fork()) < 0) /* fork fallita */
      exit(1);
  else if (pid == 0)  /* figlio*/
  {   ppid = getppid(); /* PID del padre */
      for (;;)
      {     printf("FIGLIO %d\n", getpid());
            sleep(1);
            kill(ppid, SIGUSR1);
            pause();}
  }
  else /* padre */
      for(;;) /* ciclo infinito */
      {     printf("PADRE %d\n", getpid());
            pause();
            sleep(1);
            kill(pid, SIGUSR1); }}
```


Affidabilità dei segnali

Aspetti:

- il gestore rimane **installato**?
  - Se no: posso reinstallare all'interno dell'handler

```
void handler(int s)
{ signal(SIGUSR1, handler);
  printf("Processo %d: segnale %d\n", getpid(), s);
    ...}
```

Cosa succede se qui arriva un nuovo segnale?

- cosa succede se arriva il segnale durante l'esecuzione dell'handler?
  - **innestamento** delle routine di gestione
  - **perdita** del segnale
  - **accodamento** dei segnali (segnali ***reliable, BSD 4.2***)

Interrompibilità di System Calls

- System Call: possono essere classificate in
  - ***slow*** system call: possono richiedere tempi di esecuzione non trascurabili perchè possono causare periodi di attesa (es: lettura da un dispositivo di I/O lento)
  - system call ***non slow***.
- una ***slow*** system call è interrompibile da un segnale; in caso di interruzione:
  - ✓ ritorna -1
  - ✓ **`errno`** vale EINTR
- possibilità di ri-esecuzione della system call:
  - ✓ automatica (BSD 4.3)
  - ✓ non automatica, ma comandata dal processo (in base al valore di **`errno`** e al valore restituito)