LabSO 2021

Laboratorio Sistemi Operativi - A.A. 2020-2021

dr. Andrea Naimoli	Informatica LT andrea.naimoli@unitn.it
dr. Michele Grisafi	Ingegneria informatica, delle comunicazioni ed elettronica (LT) michele.grisafi@unitn.it

Nota sugli “snippet” di codice

Alcuni esempi di codice possono essere semplificati, ad esempio omettendo il blocco principale con la funzione `main` *(che andrebbe aggiunto) oppure elencando alcune o tutte le librerie da includere tutte su una riga o insieme (per cui invece occorre trascrivere correttamente le direttive* `#include` *secondo la sintassi corretta) o altre semplificazioni analoghe. In questi casi occorre sistemare il codice perché possa essere correttamente compilato e poi eseguito.*

Errors in C

Gestione errori in C

Durante l'esecuzione di un programma ci possono essere diversi tipi di errori: system calls che falliscono, divisioni per zero, problemi di memoria etc...

Alcuni di questi errori non fatali, come una system call che fallisce, possono essere indagati attraverso la variabile **`errno`**. Questa variabile globale contiene l'ultimo codice di errore generato dal sistema.

Per convertire il codice di errore in una stringa comprensibile si può usare la funzione `char *strerror(int errnum)`.

In alternativa, la funzione `void perror(const char *str)` che stampa su stderr la stringa passatagli come argomento concatenata, tramite ': ', con strerror(errno).

Esempio: errore apertura file

```
#include <stdio.h> <errno.h>  <string.h>            //errFile.c
extern int errno; // declare external global variable
void main(){
    FILE * pf;
    pf = fopen ("nonExistingFile.boh", "rb"); //Try to open file
    if (pf == NULL) {
        fprintf(stderr, "errno = %d\n", errno);
        perror("Error printed by perror");
        fprintf(stderr,"Strerror: %s\n", strerror(errno));
    } else {
        fclose (pf);
    }
}
```

Esempio: errore processo non esistente

```
#include <stdio.h> <errno.h>  <string.h> <signal.h>     //errSig.c
extern int errno; // declare external global variable
void main(){
    int sys = kill(3443,SIGUSR1); //Send signal to non existing proc
    if (sys == -1) {
        fprintf(stderr, "errno = %d\n", errno);
        perror("Error printed by perror");
        fprintf(stderr,"Strerror: %s\n", strerror(errno));
    } else {
        printf("Signal sent\n");
    }
}
```

Pipe anonime

Piping

Il piping connette l'output (stdout e stderr) di un comando all'input (stdin) di un altro comando, consentendo dunque la comunicazione tra i due. Esempio:

```
ls . | sort -R
ls nonExistingDir |& wc
cat /etc/passwd | wc | less
```

I processi sono eseguiti in **concorrenza** utilizzando un buffer:

- Se pieno lo scrittore (left) si sospende fino ad avere spazio libero
- Se vuoto il lettore si sospende fino ad avere i dati

Esempio

```
// output.out
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
void main(){
  for (int i = 0; i<3; i++) {
    sleep(2);
    fprintf(stdout,
    "Written in buffer");
    fflush(stdout);
  };
};
```

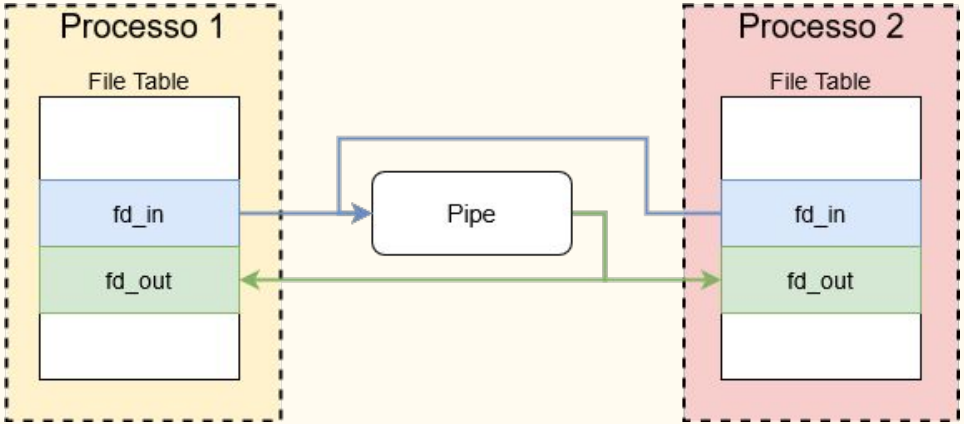
```
// input.out
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
void main() {
  char msg[50]; int n=3;
  while((n--)>0) {
    int c = read(0,msg,50);
    if (c>0) {
        msg[c]=0;
        fprintf(stdout,
        "Read: '%s' (%d)\n",msg,c);
    };
  };
};
```

```
$ ./output.out | ./input.out
```

Pipe anonime

Le pipe anonime, come quelle usate su shell, ‘uniscono’ due processi aventi un antenato comune (oppure tra padre-figlio). Il collegamento è unidirezionale ed avviene utilizzando un buffer.

La pipe, o il buffer, viene creato con la system call `pipe()`, scritto con `write()`, letto con `read()` e chiuso con `close()`. Il tutto avviene tramite file descriptors (motivo per il quale serve l’antenato comune).



Creazione pipe

`int pipe(int pipefd[2]); //fd[0] lettura, fd[1] scrittura`

```
#include <stdio.h>                                          //pipe.c
#include <unistd.h>
void main(){
    int fd[2];
    int esito = pipe(fd); //Create unnamed pipe
    if(esito == 0){
        write(fd[1],"writing",8); //Write to pipe using fd[1]
        char buf[50];
        int c = read(fd[0],&buf,50); //Read from pipe using fd[0]
        printf("Read '%s' (%d)\n",buf,c);
    }
}
```

Lettura pipe: `int read(int fd[0],char * data, int num)`

La lettura della pipe tramite il comando read restituisce valori differenti a seconda della situazione:

- In caso di successo, read() restituisce il numero di bytes effettivamente letti
- Se il lato di scrittura è stato chiuso (da ogni processo) ed il buffer è vuoto restituisce 0
- Se il buffer è vuoto ma il lato di scrittura è ancora aperto (in qualche processo) il processo si sospende fino alla disponibilità dei dati o alla chiusura
- Se si provano a leggere più bytes (`num`) di quelli disponibili, vengono recuperati solo quelli presenti

Esempio lettura pipe

```c
#include <stdio.h>                                          //readPipe.c
#include <unistd.h>
void main(){
    int fd[2]; char buf[50];
    int esito = pipe(fd); //Create unnamed pipe
    if(esito == 0){
        write(fd[1],"writing",8); // Writes to pipe
        int r = read(fd[0],&buf,50); //Read from pipe
        printf("Last read %d. Received: ‘%s’\n",r,buf);
        // close(fd[1]); // hangs when commented
        r = read(fd[0],&buf,50); //Read from pipe
        printf("Last read %d. Received: ‘%s’\n",r,buf);
    }
}
```

Lettura pipe: `int write(int fd[0],char * data, int num)`

La scrittura della pipe tramite il comando write restituisce il numero di bytes scritti. Tuttavia, se il lato in lettura è stato chiuso viene inviato un segnale SIGPIPE allo scrittore (default handler quit).

In caso di scrittura, se vengono scritti meno bytes di quelli che ci possono stare la scrittura è “atomica” (tutto assieme), in caso contrario non c’è garanzia di atomicità e la scrittura sarà bloccata (o fallirà se il flag O_NONBLOCK viene usato).

```
int fcntl(int fd, F_SETFL, O_NONBLOCK);
```

Esempio comunicazione unidirezionale

Un tipico esempio di comunicazione unidirezionale tra un processo scrittore P1 ed un processo lettore P2 è il seguente:

- P1 crea una `pipe()`
- P1 esegue un `fork()` e crea P2
- P1 chiude il lato lettura: `close(fd[0])`
- P2 chiude il lato scrittura: `close(fd[1])`
- P1 e P2 chiudono l'altro fd appena finiscono.

Esempio unidirezionale

```
#include <stdio.h> <unistd.h> <sys/wait.h>          //uni.c
void main(){
    int fd[2]; char buf[50];
    pipe(fd); //Create unnamed pipe
    int p2 = !fork();
    if(p2){
        close(fd[1]);
        int r = read(fd[0],&buf,50); //Read from pipe
        close(fd[0]); printf("Buf: ‘%s’\n",buf);
    }else{
        close(fd[0]);
        write(fd[1],"writing",8); // Writes to pipe
        close(fd[1]);
    }
    while(wait(NULL)>0);
}
```

Esempio comunicazione bidirezionale

Un tipico esempio di comunicazione bidirezionale tra un processo scrittore P1 ed un processo lettore P2 è il seguente:

- P1 crea due `pipe()`, *pipe1* e *pipe2*
- P1 esegue un `fork()` e crea P2
- P1 chiude il lato lettura di *pipe1* ed il lato scrittura di *pipe2*
- P2 chiude il lato scrittura di *pipe1* ed il lato lettura di *pipe2*
- P1 e P2 chiudono gli altri fd appena finiscono di comunicare.

Esempio bidirezionale

```
#include <stdio.h> <unistd.h> <sys/wait.h>   #define READ 0 #define WRITE 1      //bi.c
void main(){
     int pipe1[2], pipe2[2]; char buf[50];
     pipe(pipe1); pipe(pipe2); //Create two unnamed pipe
     int p2 = !fork();
     if(p2){
          close(pipe1[WRITE]); close(pipe2[READ]);
          int r = read(pipe1[READ],&buf,50); //Read from pipe
          close(pipe1[READ]); printf("P2 received: ‘%s’\n",buf);
          write(pipe2[WRITE],"Msg from p2",12); // Writes to pipe
          close(pipe2[WRITE]);
     }else{
          close(pipe1[READ]); close(pipe2[1]);
          write(pipe1[WRITE],"Msg from p1",12); // Writes to pipe
          close(pipe1[WRITE]);
          int r = read(pipe2[READ],&buf,50); //Read from pipe
          close(pipe2[READ]); printf("P1 received: ‘%s’\n",buf);
     }
     while(wait(NULL)>0);
}
```

Esercizi

- Impostare una comunicazione bidirezionale tra due processi con due livelli di complessità:
  - Alternando almeno due scambi (P1 → P2, P2 → P1, P1 → P2, P2 → P1)
  - Estendendo il caso a mo' di "ping-pong", fino a un messaggio convenzionale di "fine comunicazione"

Gestire la comunicazione

Per gestire comunicazioni complesse c'è bisogno di definire un "protocollo". Esempio:

- Messaggi di lunghezza fissa (magari inviata prima del messaggio)
- Marcatore di fine messaggio (per esempio con carattere NULL o newline)

Più in generale occorre definire la sequenza di messaggi attesi.

Esempio: redirige lo stdout di cmd1 sullo stdin di cmd2

```
#include <stdio.h> <unistd.h> #define READ 0 #define WRITE 1    //redirect.c
int main (int argc, char *argv[]) {
    int fd[2];
    pipe(fd); // Create an unnamed pipe
    if (fork() != 0) { // Parent, writer
        close(fd[READ]); // Close unused end
        dup2(fd[WRITE], 1); // Duplicate used end to stdout
        close(fd[WRITE]); // Close original used end
        execlp(argv[1], argv[1], NULL); // Execute writer program
        perror("connect"); // Should never execute
    } else { // Child, reader
        close(fd[WRITE]); // Close unused end
        dup2(fd[READ], 0); // Duplicate used end to stdin
        close(fd[READ]); // Close original used end
        execlp(argv[2], argv[2], NULL); // Execute reader program
        perror("connect"); // Should never execute
    }
}
```

Pipe con nome/FIFO

Pipe con nome

Le pipe con nome, o FIFO, corrispondono a dei file speciali nel filesystem grazie ai quali i processi, senza vincoli di gerarchia, possono comunicare. Un processo può accedere ad una di queste pipe se ha i permessi sul file corrispondente ed è vincolato, ovviamente, all'esistenza del file stesso.

Essendo oggetti nel file system, si possono usare le funzioni di scrittura/lettura dei file viste nelle scorse lezioni. Una volta creata una pipe con nome, il file associato è persistente!

NB: al contrario di un normale file, una FIFO deve essere aperta da entrambi i lati per potervi interagire in modo ragionevole.

Creazione pipe

```
int mkfifo(const char *pathname, mode_t mode);
```

```
#include <sys/stat.h><sys/types.h><unistd.h><fcntl.h><stdio.h>  //fifo.c
void main(){
    char * fifoName = "/tmp/fifo1";
    mkfifo(fifoName,S_IRUSR|S_IWUSR); //Create pipe if doesn't exist
    perror("Created?");
    if (fork() == 0){
        open(fifoName,O_RDONLY); //Open pipe in read only...stuck!
        printf("Open read\n");
    }else{
        sleep(1);
        open(fifoName,O_WRONLY); //Open pipe in write only
        printf("Open write\n");
    }
}
```

Esempio comunicazione: writer

```
#include<sys/stat.h><sys/types.h><unistd.h><fcntl.h><stdio.h><string.h>

//fifoWriter.c
void main (int argc, char *argv[]) {
    int fd;   char * fifoName = "/tmp/fifo1";
    char str1[80],* str2 = "I'm a writer";
    mkfifo(fifoName,S_IRUSR|S_IWUSR); //Create pipe if doesn't exist
    fd = open(fifoName, O_WRONLY); // Open FIFO for write only
    write(fd, str2, strlen(str2)+1); // write and close
    close(fd);
    fd = open(fifoName, O_RDONLY); // Open FIFO for Read only
    read(fd, str1, sizeof(str1)); // Read from FIFO
    printf("Reader is writing: %s\n", str1);
    close(fd);
}
```

Esempio comunicazione: reader

```
#include<sys/stat.h><sys/types.h><unistd.h><fcntl.h><stdio.h><string.h>

//fifoReader.c
void main (int argc, char *argv[]) {
    int fd; char * fifoName = "/tmp/fifo1";
    mkfifo(fifoName,S_IRUSR|S_IWUSR); //Create pipe if doesn't exist
    char str1[80], * str2 = "I'm a reader";
    fd = open(fifoName , O_RDONLY); // Open FIFO for read only
    read(fd, str1, 80); // read from FIFO and close it
    close(fd);
    printf("Writer is writing: %s\n", str1);
    fd = open(fifoName , O_WRONLY); // Open FIFO for write only
    write(fd, str2, strlen(str2)+1); // Write and close
    close(fd);
}
```

Esercizio

- Modificare l’esempio precedente applicando una o più delle seguenti varianti:
  - Inserire un “prompt” di input
  -

CONCLUSIONI

La gestione degli errori è fondamentale e occorre coprire tutti i casi “logici” e in particolare verificare che ogni chiamata alle “syscall” non fallisca.

PIPE e FIFO (“named pipes”) sono sistemi di comunicazione tra processi (“parenti” ,tipicamente padre-figlio, nel primo caso e in generale nel secondo caso) che consentono scambi di informazioni (messaggi) e sincronizzazione (grazie al fatto di poter essere “bloccanti”)