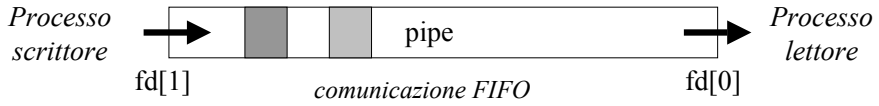
Pipe

```
int pipe(int fd[2]);
```

Le pipe sono canali di comunicazione unidirezionali che costituiscono un primo strumento di comunicazione (con diverse limitazioni), basato sullo scambio di messaggi, tra processi UNIX

La creazione di una *pipe* mediante la primitiva omonima restituisce in `fd` due descrittori: `fd[0]` per la lettura e `fd[1]` per la scrittura

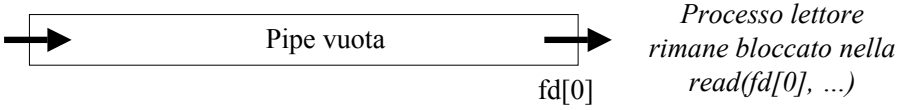


Lettura e scrittura sulla *pipe* sono ottenute mediante le normali primitive `read` e `write`

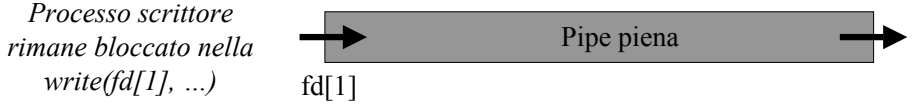
Pipe

L' accesso alle pipe è regolato da un meccanismo di sincronizzazione:

- la lettura da una pipe da parte di un processo è bloccante se la pipe è vuota (in attesa che arrivino i dati)



- la scrittura su una pipe da parte di un processo è bloccante se la pipe è piena



Pipe

La sincronizzazione è legata alla implementazione delle pipe:

ad ogni pipe viene associato un buffer circolare nel kernel (e quindi inaccessibile direttamente ai processi) di dimensione prefissata (ad es. 4 Kb)

- la lettura da una pipe vuota è bloccante per proteggere dall' underflow del buffer

- la scrittura su una pipe piena è bloccante per proteggere dall' overflow del buffer

Pipe

Le pipe sono anche dette pipe anonime (*unnamed pipe*) perché non sono associate ad alcun nome nel File System:

$\Rightarrow$ solo i processi che possiedono i descrittori possono comunicare attraverso una pipe

La tabella dei file aperti di un processo (contenente i descrittori della pipe) viene duplicata per i processi figli:

$\Rightarrow$ la comunicazione attraverso una pipe anonima è quindi possibile solo per processi in relazione di parentela che condividono un progenitore

Pipe
Esempio di comunicazione su pipe

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>

#define N_MESSAGGI 10

int main()
{
  int pid, j,k, piped[2];

  /* Apre la pipe creando due file descriptor,
     uno per la lettura e l'altro per la scrittura
     (vengono memorizzati nei due elementi dell'array piped[]) */
  if (pipe(piped) < 0)
    exit(1);

  if ((pid = fork()) < 0)
    exit(2);
  else if (pid == 0)  /* Il figlio eredita una copia di piped[] */
    {
     /* Il figlio e' il lettore dalla pipe: piped[1] non gli serve  */
     close(piped[1]);

     /* Continua … */
```


Pipe

```
/* … continua */

for (j = 1; j <= N_MESSAGGI; j++)
        {
          read(piped[0],&k, sizeof (int));
          printf("Figlio: ho letto dalla pipe il numero %d\n", k);
        }
      exit(0);
    }
  else {
       /* Processo padre */
      /* Il padre e' scrittore sulla pipe: piped[0] non gli serve */
      close(piped[0]);
      for (j = 1; j <= N_MESSAGGI; j++)
       {
        write(piped[1], &j, sizeof (int));
       }

     wait(NULL);
     exit(0);
    }
}
```


Pipe
Implementazione del *piping* di comandi

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#include <stdio.h>

int join(char* com1[], char *com2[])
{
  int status, pid;
  int piped[2];

  switch(fork())
    {
    case -1:  /* errore */  return 1;
    case  0:  /* figlio */  break;  /* esce dal case */
    default:  /* padre: attende il figlio */  wait(&status); return
status;
    }

  /* il figlio crea la pipe e un proprio figlio (nipote del primo
processo)*/
  if (pipe(piped) < 0)
    return 2;
  if ((pid = fork()) < 0)
    return 3;
  else if (pid == 0)
    { /* Nipote: continua … */
```


Pipe

```
/* … continua il nipote */
/* Lo stdin corrente non interessa a com2 (lettore): chiude il
descrittore 0 */
      close(0);
      /* Si richiede un nuovo descrittore per la lettura dalla pipe:
        il primo descrittore libero e' lo 0 (stdin) che viene
      associato alla lettura dalla pipe */
      dup(piped[0]);

      /* Gli altri descrittori delle pipe non servono piu':
         il lettore usa stdin per leggere dalla pipe */
      close(piped[0]);
      close(piped[1]);

      /* Esecuzione del comando 2 (che ha la pipe come stdin)  */
      execvp(com2[0], com2);
      perror("exec com2"); return 4;
    }
  else { /* Figlio */
      /* Lo stdout corrente non interessa a com1 (scrittore): chiude
il descrittore 1 */
      close(1);
      /* Si richiede un nuovo descrittore per la scrittura sulla pipe:
      il primo descrittore libero e' 1 (stdout) che viene
      associato alla scrittura sulla pipe */
      dup(piped[1]); /* Figlio continua … */
```

Pipe

```
/* … continua figlio */
      /* Gli altri descrittori delle pipe non servono piu':
         lo scrittore usa stdout per scrivere sulla pipe */
      close(piped[0]);
      close(piped[1]);

      /* Esecuzione del comando 1 (che ha la pipe come stdout)  */
      execvp(com1[0], com1);
      perror("exec com1"); return 5;
    }
}



int main(int argc, char **argv)
{
  int integi, i, j;
  char *temp1[10], *temp2[10];

  /* si devono fornire nella linea di comando due comandi distinti,
utilizzando \| oppure '|' o "|" per indicare il piping : occorre
evitare che il simbolo "|"  venga direttamente interpretato dallo shell
come una pipe) */

/* main continua … */
```


Pipe

```
/* … continua */

  if (argc > 2) {
      for (i = 1; (i < argc) && ((strcmp(argv[i], "|"))!=0); i++)
        temp1[i-1] = argv[i];
      temp1[i-1] = (char *)0;
      i++;
      for (j = 1; i < argc; i++, j++)
        temp2[j-1]=argv[i];
      temp2[j-1] = (char *)0;
    }
  else {
      printf("errore");
      exit(-2);
    }
  integi = join(temp1, temp2);
  exit(integi);
}
```


FIFO

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>

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

Sono anche dette pipe con nome (quelle classiche sono anonime)

Viene creata una entità nel filesystem (`pathname`) accessibile anche da processi non in relazione di parentela

Vanno utilizzate le normali SysCall che si usano per file e pipe (`open`, `read`/`write`, `close`, …)

Una FIFO deve essere aperta con `open` dopo che è stata creata con `mkfifo`

FIFO

Effetto del flag O_NONBLOCK :

- in sua assenza una open in sola lettura blocca il processo fino a quando un altro processo apre la FIFO in scrittura (lo stesso per la sola scrittura);
- se O_NONBLOCK viene specificato, l'apertura in sola lettura ritorna immediatamente ma quella in sola scrittura ritorna con errno che vale ENXIO se non ci sono processi lettori

E' normale avere piu' scrittori su una FIFO

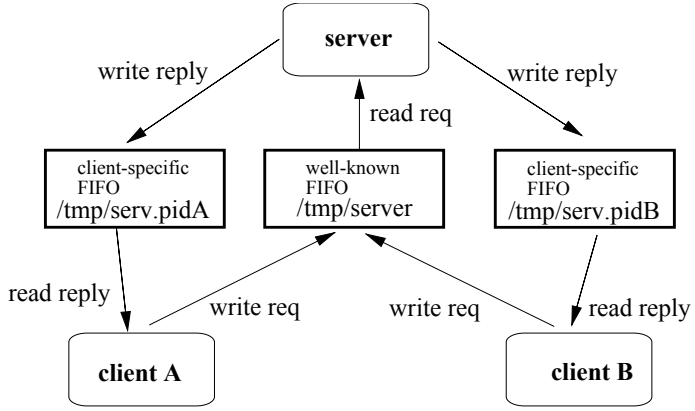
Le `write` sono atomiche se riguardano meno di `PIPE_BUF` bytes; in Linux la definizione di `PIPE_BUF` si trova in `/usr/include/linux/limits.h`)

FIFO

Le FIFO sono adatte per applicazioni client-server in locale:

- il server apre una FIFO con un nome noto (ad es. /tmp/server)
- i client scrivono alla FIFO le loro richieste

Per le risposte il server utilizza una FIFO per ogni cliente



Esercizi

Uno schema generale di soluzione per gli esercizi UNIX

5 fasi principali con un preciso ordinamento:

1 **Controllo degli argomenti di invocazione**

2 **Selezione della politica di gestione dei segnali**
- per il processo padre (main) e/o per i figli che la ereditano

3 **Creazione pipe ed eventuale inizializzazione del contenuto**
- le pipe saranno così accessibili ai figli e ai discendenti

4 **Creazione dei processi figli**

5 **Esecuzione dei figli confinata in specifiche funzioni**
- nel caso alcuni processi abbiano lo stesso comportamento si ottiene una maggiore compattezza del codice:
⇒ le funzioni vanno scritte in modo parametrico rispetto ai propri argomenti e al PID del processo corrente

Esercizi

Esercizio n. 1

```
/*************************************************************
Un processo padre crea N (N numero pari) processi figli.
Ciascun processo figlio Pi e' identificato da una variabile intera i
(i=0,1,2,3...,N-1). Due casi:

1. Se argv[1] è uguale ad 'a' ogni processo figlio Pi con i pari
manda un segnale (SIGUSR1) al processo i+1;

2. Se argv[1] è uguale a  'b' ogni processo figlio Pi con i < N/2
manda un segnale (SIGUSR1) al processo i + N/2.

*************************************************************/

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

#define N2 5
#define N N2*2

int pg[2];
int tabpid[N];
char arg1;

/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 1 (cont.)

```
void handler(int signo)
{
  printf("Sono il processo %d e ho ricevuto il segnale %d\n",
  getpid(),signo);
}

/* Funzione eseguita da ciascun figlio: ne definisce il
comportamento a regime */
int  body_proc(int id)
{
  printf("Sono il processo %d con id=%d\n",getpid(),id);

  if (arg1=='a')
   { /* % è l'operatore modulo, il resto della divisione intera */
     if (id % 2) pause(); /* id dispari */
     else
       {/* id pari */
         read(pg[0],tabpid,sizeof tabpid);
         write(pg[1],tabpid,sizeof tabpid);
         kill(tabpid[id+1],SIGUSR1);
       }
   }
  else
    {   /* Continua … */
```

Esercizi

Esercizio n. 1 (cont.)

```
if (id >= N/2) pause();
      else
        {
          read(pg[0],tabpid,sizeof tabpid);
          write(pg[1],tabpid,sizeof tabpid);
          kill(tabpid[id+N/2],SIGUSR1);
        }
    }
  return(0);
}

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

/* 1) Controllo argomenti */

  if(argc != 2)
    {
      fprintf(stderr,"Uso:  %s a\n(oppure)\n%s b \n",argv[0],argv[0]);
      exit(-1);
    }
/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 1 (cont.)

```
arg1= argv[1][0]; /* primo carattere del secondo argomento */

/* 2) Gestione dei segnali che i figli erediteranno */
  signal(SIGUSR1,handler);

/* 3) Creazione della pipe di comunicazione tra padre e figli */
  if (pipe(pg)<0)
    {
      perror("creazione pipe"); exit(-1);
    }

/* 4) Creazione dei processi figli */
  for (i=0;i<N;i++)
    {
      if ((tabpid[i]=fork())<0)
        {
          perror("fork");
          exit(-1);
        }
      else
        if (tabpid[i]==0)
          { /* 5) Esecuzione dei figli confinata all'interno di una
                funzione specifica */
            status= body_proc(i);
            /* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 1 (cont.)

```
        /* 5b) Terminazione dei figli: si evita che i figli
               rimanendo all'interno del ciclo for generino a loro
               volta altri processi                                    */
            exit(status);
          }
    }

  /* Il padre pone la tabella (che contiene tutti gli N pid dei figli)
       nella pipe  */
  printf("Sono il padre e scrivo sulla pipe la tabella dei pid\n");
  write(pg[1],tabpid,sizeof tabpid);

  exit(0);
}
```


Esercizi

Esercizio n. 2

```
/*************************************************************
Si progetti in ambiente Unix/C l'interazione di tre
processi P1,P2 e Pa mediante segnali e una pipe pa :

- P1 e P2 e inviano ciascuno segnali SIGUSR1(P1)/SIGUSR2(P2) a Pa,
attendendo per un intervallo di durata casuale (massimo 5 secondi)
tra un segnale e l'altro;

- il numero di segnali che ciascun processo deve inviare viene
determinato dall'unico argomento di invocazione del programma main;

- al termine della spedizione degli segnali, ciascun processo P1/P2
invia mediante la pipe pa un messaggio a Pa contenente il proprio pid
e il numero di segnali spediti;

- alla ricezione dei due messaggi Pa deve visualizzare il numero di
segnali spediti e il numero di segnali effettivamente ricevuti.

Si utilizzino le primitive per la gestione affidabile dei segnali.

*************************************************************/
```

Esercizi

Esercizio n. 2

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

int pa[2];
int numsegnali;
int sigusr1cnt;        /* contatore segnali SIGUSR1 ricevuti */
int sigusr2cnt;        /* contatore segnali SIGUSR2 ricevuti */

/* Gestore segnale SIGUSR1 per il padre Pa */
void usr1_handler()
{
++sigusr1cnt;
printf("%d riceve SIGUSR1: %d\n",getpid(),sigusr1cnt);
}
/* Gestore segnale SIGUSR2 per il padre Pa */
void usr2_handler()
{
++sigusr2cnt;
printf("%d riceve SIGUSR2: %d\n",getpid(),sigusr2cnt);
}

/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 2 (cont.)

```
main(int argc, char *argv[])
{
int pid;
struct sigaction act;

/* 1) Controllo argomenti */
if(argc !=2)
  {
    fprintf(stderr,"Uso: %s numsegnali\n", argv[0]);
    exit(-1);
  }
numsegnali=atoi(argv[1]);
if(numsegnali <=0  || numsegnali>100)  /* Sanity checking */
  numsegnali=10;

/* 2) Gestione dei segnali del processo Pa */
act.sa_handler= usr1_handler;    /* Gestore del SIGUSR1 */
sigemptyset(&act.sa_mask);
sigaddset(&act.sa_mask,SIGUSR2); /* Blocca SIGUSR2 nel gestore */
act.sa_flags= SA_RESTART; /* Restart automatico di una primitiva di
                             lettura interrotta dal segnale SIGUSR1
                              (ad.es. la read dalla pipe pa)   */
sigaction(SIGUSR1,&act, NULL);
/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 2 (cont.)

```
act.sa_handler= usr2_handler;    /* Gestore del SIGUSR2 */
sigemptyset(&act.sa_mask);
sigaddset(&act.sa_mask,SIGUSR1); /* Blocca SIGUSR1 nel gestore */
act.sa_flags= SA_RESTART; /* Restart automatico di una primitiva di
                             lettura interrotta dal segnale SIGUSR2
                              (ad.es. la read dalla pipe pa)   */
sigaction(SIGUSR2, &act, NULL);

/* 3) Creazione della pipe di comunicazione tra figli e padre */
if(pipe(pa) <0)
  {perror("creazione pipe"); exit(-1);
}

/* 4) Creazione dei processi figli */
if((pid=fork())==0)
  {/* 5) Esecuzione dei figli confinata all'interno di una
                funzione specifica */
    body_figlio(SIGUSR1);
    exit(0);
  }
else
 /* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 2 (cont.)

```
if((pid=fork())==0)
    {/* 5) Esecuzione dei figli confinata all'interno di una
                funzione specifica */
      body_figlio(SIGUSR2);
      exit(0);
    }
else
  body_padre();
}
/* Funzione eseguita da ciascun figlio: ne definisce il comportamento
   a regime */

body_figlio(int signo) /* segnale che questo figlio manda al padre */
{
int i,mesg[2];

for(i=0; i<numsegnali; i++)
  {
    kill(getppid(),signo);
    printf("Processo %d invia %s\n",getpid(),
              (signo==SIGUSR1)? "SIGUSR1":"SIGUSR2");
    sleep(1+rand()%5); /° Attesa tra 1 e 5 secondi */
  }
/* Continua … */
```

Esercizi

Esercizio n. 2 (cont.)

```
/* Preparazione messaggio da inviare sulla pipe pa al padre */
mesg[0]= getpid();            /* indicazione del mittente */
mesg[1]= numsegnali;          /* messaggio */

write(pa[1], mesg, sizeof(mesg));
}

body_padre()
{
int mesga[2],mesgb[2];

read(pa[0],mesga,sizeof(mesga));
read(pa[0],mesgb,sizeof(mesgb));

printf("Processo %d ha mandato %d segnali\n",mesga[0],mesga[1]);
printf("Processo %d ha mandato %d segnali\n",mesgb[0],mesgb[1]);
printf("Ricevuti %d SIGUSR1 e %d SIGUSR2\n\n", sigusr1cnt, sigusr2cnt);
}
```


Esercizi

Esercizio n. 3

```
/************************************************************
Si progetti in ambiente Unix/C la seguente interazione di processi:

- il sistema consiste di 3 processi: un processo padre (P1) che
provvede alla creazione di 2 processi figli (P11 e P12) e di due pipe
pa e pb ;

- P1 provvede a generare la sequenza dei primi N interi,
scrivendoli nella pipe pa;

- P11 inizialmente preleva i numeri pari da pa e li riscrive in pb ;

- P12 preleva l (con l > N/4 ) interi da pb e li scrive
 su un primo file;

- dopo aver letto l messaggi, P12 invia un segnale
SIGUSR1 a P11 per effetto del quale esso passa a prelevare
i numeri dispari da pa e a scriverli in pb ;

- P12 preleva i rimanenti interi da pb e li scrive su un secondo file.
************************************************************/
```


Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

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

#include <ctype.h>
#include <unistd.h>
#include <signal.h>
#include <sys/ioctl.h>

#include <stdio.h>

#define FILENAME1 "prova-1.txt"
#define FILENAME2 "prova-2.txt"

#define PARI    0
#define DISPARI 1

pid_t pid11, pid12;
int pa[2],pb[2];
int n,l;

int pari_o_dispari=0; /* 0 PARI  --- 1 DISPARI */
/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
void sigusr1_handler(int signo)
{
  if(pari_o_dispari==PARI)
    pari_o_dispari=DISPARI ;
  else
    pari_o_dispari=PARI ;

 printf("Il processo p11 ha ricevuto SIGUSR1: ora sono selezionati
i %s\n",(pari_o_dispari==PARI)? "pari":"dispari" );
}

int  body_p11()
{
  int i,value;

  printf("Sono il processo p11\n");
  pari_o_dispari=0;

  while(1) /* Il processo viene terminato con il SIGKILL da p12 */
    {
      read(pa[0], &value, sizeof(value));

      if(value % 2) /* dispari */
        {
          if(pari_o_dispari != PARI)
            {/* Continua … */
```

Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
              printf("%d dispari ->\n",value);
              write(pb[1], &value, sizeof(value));
            }/* inviati a p12 */
        }
      else  /* pari */
        {
          if(pari_o_dispari == PARI)
            {
              printf("%d pari ->\n", value);
              write(pb[1], &value, sizeof(value));
            }/* inviati a p12 */
        }
      sleep(1);
    }
}

int  body_p12()
{
  int i,fd1,fd2;
  int available, timeout;
  char number[10];

  printf("Sono il processo p12\n");

  if ((fd1=open(FILENAME1, O_WRONLY | O_CREAT |O_TRUNC, 0644))<0)
    {/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
      perror("open");
      exit(-1);
    }
 if ((fd2=open(FILENAME2, O_WRONLY | O_CREAT |O_TRUNC, 0644))<0)
    {
      perror("open");
      exit(-1);
    }

  for(i=0;i<l;i++)
    {
      read(pb[0],&i, sizeof(i));
      printf("->%d in %s\n", i,FILENAME1);
      sprintf(number,"%d\n", i); /*Per scrivere numeri come testo*/
      write(fd1,number,strlen(number));
      sleep(1);
    }

  kill(pid11,SIGUSR1);

  timeout =0 ;
  while(timeout < 4)
    {
      ioctl(pb[0],FIONREAD, &available);
      if(available >0)
        {/* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
        timeout=0;
        read(pb[0],&i, sizeof(i));
        printf("->%d in %s\n", i,FILENAME2);
        sprintf(number,"%d\n", i); /*Per scrivere numeri come testo*/
        write(fd2,number,strlen(number));
      }
    else
        timeout++;

    sleep(1);
  }

 printf("Timeout in lettura per il processo p12 che termina p11\n");
 kill(pid11,SIGKILL);

 return(0);
}

main (int argc, char* argv[])
{
  int i, status;
  struct sigaction act;

 /* 1) Controllo argomenti */
  if(argc != 3)
    { /* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
      fprintf(stderr,"Uso:  %s N l\n",argv[0]);
      exit(-1);
    }

  n = atoi(argv[1]);
  l = atoi(argv[2]);

  if (l <= n/4)
    {
     fprintf(stderr,"l deve essere maggiore di N/4\n");
      exit(-2);
    }

 /* 2) Gestione dei segnali che i figli erediteranno */
  act.sa_handler= sigusr1_handler;
  sigemptyset(&act.sa_mask);
  act.sa_flags= SA_RESTART; /* Per la read di p11 - vedi es. n. 2 */
  if(sigaction(SIGUSR1, &act, NULL) <0)
    {
      perror("sigaction");
      exit(-2);
    }

 /* 3) Creazione delle pipe di comunicazione */
  if (pipe(pa)<0)
    {/* Continua … */
```

Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
      perror("pipe error");
      exit(-3);
    }
  if (pipe(pb)<0)
    {
      perror("pipe error");
      exit(-4);
    }

/* 4) Creazione dei processi figli */
  if ((pid11=fork())<0)
    {
      perror("fork error");
      exit(-5);
    }
  else
    if (pid11==0)
      { /* 5) Esecuzione del figlio in una funzione specifica */
        status= body_p11();
        exit(status);
      }

  if ((pid12=fork())<0)
    {
      perror("fork error");
      /* Continua … */
```


Esercizi

Esercizio n. 3 (cont.)

```
      exit(-5);
    }
  else
    if (pid12==0)
      { /* 5) Esecuzione del figlio in una funzione specifica */
        status= body_p12();
        exit(status);
      }

  /* Padre */
  for(i=0;i<n;i++)
      write(pa[1],&i, sizeof(i));

  /* Attende la terminazione di entrambi i figli  */
  wait(NULL);
  wait(NULL);

  exit(0);
}
```