SC per Inter Process Communication

Pipe senza nome e con nome (FIFO)

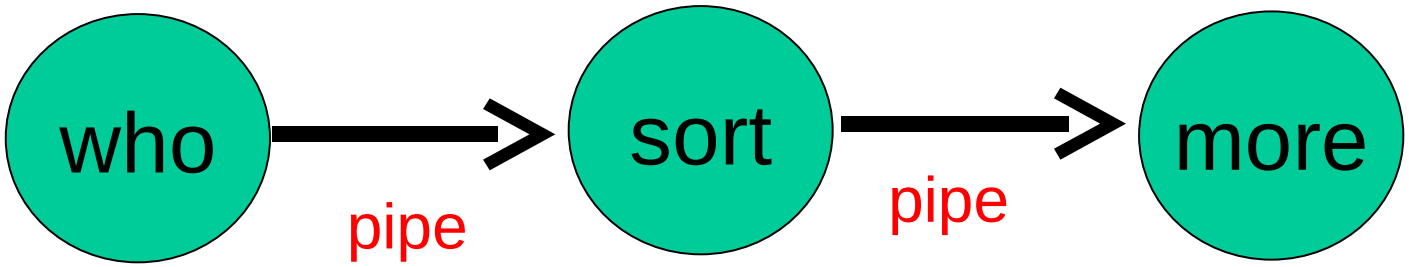
Pipe

- Pipe : file speciali utilizzati per connettere due processi con un canale di comunicazione

- Possono essere utilizzati in modo unidirezionale da shell

  es:

```
bash:~$ who | sort | more
```



Pipe (2)

- In generale : le pipe possono essere bidirezionali, connettere più processi fra loro etc
  - queste interazioni più complesse non sono direttamente disponibili da shell ma devono essere programmate esplicitamente usando le SC relative alle pipe
- Le pipe sono state uno dei primi meccanismi di IPC in Unix e sono disponibili su tutti i sistemi

Pipe con nome e senza nome

- *pipe senza nome* (unnamed) file senza un nome visibile, che viene utilizzato per comunicazioni fra processi che condividono puntatori alla tabella dei file aperti (es. padre figlio, nonno nipote etc)

- *pipe con nome* (named o FIFO) file speciale (**`p`**) con nome visibile a tutti gli altri processi sulla stessa macchina

Creazione di pipe senza nome: pipe()

```
#include <unistd.h>

int pipe(
 int pfd[2] /*descrittori di file*/
);
/* (0) success (-1) error, sets errno */
```

- crea una pipe, rappresentata da due descrittori di file: **`pfd[1]`** con cui si può scrivere dati sulla pipe e **`pfd[0]`** con cui si può leggere dalla pipe

Pipe senza nome: esempio

```
int main (void){
  int pfd[2];                  /* descrittori */
 /* creazione pipe */
  if ( pipe(pfd) == -1 ) {/* errore */}
/* adesso pfd[1] puo' essere usato per la
  scrittura e pfd[0] per la lettura */


}
```

Pipe senza nome

- Una volta creata la pipe è possibile leggere e scrivere dati con **`read()`** e **`write()`**
- la capacità minima della pipe è definita dalla variabile Posix **`_POSIX_PIPE_BUF`** ma può essere maggiore
  - vediamo come fare a vederne il valore
- le **`write()`** sono garantite essere atomiche solo se vengono scritti meno byte della capacità effettiva della pipe
- Alla creazione, il flag **`O_NONBLOCK`** non è settato, quindi sia lettura che scrittura possono bloccarsi.

Limiti di configurazione: *pathconf()

```
#include <unistd.h>


int fpathconf(
 int fd,   /*descrittore di file*/
 int name  /*opzione di configurazione*/
);
int pathconf(
 char * path,   /*path file*/
 int name     /*opzione di configurazione*/
);
/* (limite o -1) on success (-1) on error,
   sets errno */
```

Limiti … : *pathconf() (2)

- Come opera **`fpathconf(pfd,name)`** :
  - forniscono il limite corrente per l'opzione **`nome`**
  - attenzione: può ritornare -1 sia se non c'è limite all'opzione, sia se si è verificato un errore
    - al solito possiamo discriminare i due casi settando **`errno`** a 0 appena prima della chiamata
  - vediamo come leggere la capacità minima Posix e stabilire la capacità reale!

Pipe senza nome: esempio

```
int main (void){
  int pfd[2];
  long int v;
 /* creazione pipe */
  if ( pipe(pfd) == -1 ) {/* errore */}
  printf("POSIX = %ld e ”,_POSIX_PIPE_BUF);
  errno = 0;
  if ((v = fpathconf(pfd[0],_PC_PIPE_BUF))==-1){
     if (errno != 0) {/* errore */}
     else printf(”reale = illimitato\n”); }
  else
    printf(”reale = %ld\n”,v);
… }
```

Pipe senza nome : esempio (2)

- Compiliamo:

```
bash:~$ gcc main.c -o pipetest
```

- Eseguiamo:

```
bash:~$ ./pipetest
POSIX = 512 e reale = 4096
bash:~$
```

Uso di una pipe senza nome

- Si usano le SC che abbiamo già visto per gli altri file
  - **`write, read, close`** hanno però una semantica diversa da quella sui file regular, la descriveremo in dettaglio
  - **`stat`** permette di capire se un file è una pipe
  - **`lseek`** non ha senso per le pipe
- più altre specifiche
  - **`dup, dup2`**: le descriveremo dopo, sono fondamentali per implementare *pipelining* e *ridirezione* di shell

Uso di una pipe: write

- **`k = write(pfd,buf,n)`**
  - i dati sono scritti nella pipe in ordine di arrivo
  - se **`n`** è minore della capienza la write è atomica:
    - non ci sono scritture parziali, la **`write`** si blocca finche non sono stati letti abbastanza dati dalla pipe per far posto ai dati nuovi (comportamento normale **`O_NONBLOCK`** non settato -- si può settare con **`fcntl`**)
  - **`n`** è maggiore della capienza la write non è atomica, ci possono essere scritture parziali
  - se **`O_NONBLOCK`** è settato la write scrive subito tutto oppure ritorna -1 (**`errno`** settato a **`EAGAIN`**)

Uso di una pipe: write (2)

- **`k = write(pfd,buf,n)`**
  - se non esiste nessun lettore sulla pipe **`pfd`** (tutti i descrittori di lettura sono stati chiusi)
    - una write su **`pfd`** provoca l'invio di un segnale **`SIGPIPE`** al processo
    - **MOLTO PERICOLOSO!** : la gestione di default di **`SIGPIPE`** è la terminazione del processo che lo riceve
    - è necessario ridefinire la gestione ignorando **`SIGPIPE`** (vedremo come è possibile quando parliamo di segnali)
  - se **`SIGPIPE`** è stato ignorato, una scrittura su una pipe senza lettori ritorna -1 errore EPIPE

Uso di una pipe: read

- **`k=read(pfd,buf,n)`**
  - i dati sono letti dalla pipe in ordine di arrivo
  - i dati letti non possono essere rimessi nella pipe
  - comportamento normale **`O_NONBLOCK`** non settato
    - se la pipe è vuota e i descrittori di scrittura non sono ancora ancora stati chiusi la read si blocca in attesa
    - se i descrittori di scrittura sono tutti chiusi ritorna subito 0 (*end_of_file*)
    - altrimenti legge al più **`n`** byte, se al momento dell'invocazione la pipe contiene meno di **`n`** byte legge tutti i byte presenti e ritorna il numero dei byte letti **`k`**

Uso di una pipe: read (2)

- **`k=read(pfd,buf,n)`**
  - se **`O_NONBLOCK`** è settato
    - se la pipe è vuota la read ritorna subito -1 con errore settato a **`EAGAIN`**

Uso di una pipe: close

- **`k=close(pfd)`**
  - libera il descrittore di file (come file regolari)
  - quando l'ultimo descrittore di scrittura è chiuso genera l' *end_of_file* per i lettori
    - facendo ritornare 0 ad eventuali read in attesa
  - se viene effettuata una write su una pipe in cui tutti i descrittori di lettura sono stati chiusi il processo riceve un segnale fatale (**`SIGPIPE`**)

Usi di una pipe senza nome

- Solo per processi discendenti
  - si passano i file *descriptor* attraverso la condivisione dei puntatori alla tabella dei file aperti
- Tipicamente per comunicazione unidirezionale
  - uno scrittore ed un lettore
  - più scrittori ed un lettore
  - negli altri usi bisogna fare molta attenzione a possibili situazioni di deadlock
- Non esiste il concetto di messaggio
  - byte non strutturati, i processi comunicanti devono stabilire il protocollo di scambio dati

Uso di una pipe senza nome (2)

- Sequenza tipica di utilizzo di una pipe senza nome:
  - il padre crea la pipe
  - il padre si duplica con una **`fork()`**
    - i file descriptor del padre sono copiati nella tabella dei file descriptor del figlio
  - il processo scrittore (padre o figlio) chiude **`pfd[0]`** mentre il processo lettore chiude **`pfd[1]`**
  - i processi comunicano con read/write
  - quando la comunicazione è finita ognuno chiude la propria estremità

Pipe senza nome: esempio

```
/* msg lunghezza fissa N, manca gest. errori */
int main (void){
  int pfd[2], pid, l;
  char msg[N];
  if ( pipe(pfd) == -1 ) {/* errore */}
  if ( (pid=fork())== -1 ) {/* errore */}
  if ( pid ) { /* siamo nel padre */
    close(pfd[1]); /* chiude scrittura */
    l=read(pfd[0],msg,N);
    /* controlla esito read …… elabora il msg */
    close(pfd[0]); /* chiude lettura */
  } ……
```

Pipe senza nome: esempio (2)

```
int main (void){
  int pfd[2], pid, l;
  char msg[N];
  ……
  else { /* siamo nel figlio */
    close(pfd[0]); /* chiude lettura */
    /* … … prepara il msg  */
    k = write(pfd[1],msg,N);
   /* … … controlla esito  */
    close(pfd[1]); /* chiude scrittura */
  }
 return 0;
}
```

Es: msg di lunghezza variabile

- Possibile protocollo:
  - ogni messaggio logico è implementato da due messaggi fisici sul canale
  - il primo messaggio (di lunghezza nota), specifica la lunghezza **`lung`**
  - il secondo messaggio (di lunghezza **`lung`**) codifica il messaggio vero e proprio
- vediamo un frammento di possibile implementazione

Msg di lunghezza variabile (2)

```
} else { /* siamo nel figlio */
    int lung;      /* per la lunghezza*/
    close(pfd[0]); /* chiude lettura */
    snprintf(msg,N,"Da %d: Hi!!\n",getpid());
    lung = strlen(msg) + 1;
    /* primo messaggio */
    k = write(fd[1], &lung, sizeof(int));
    /* esito … … secondo messaggio */
    k = write(pfd[1],msg,lung);
    /* esito … */
    close(pfd[1]);
   }
/* NB: non funziona con più di 1 scrittore*/
```

Msg di lunghezza variabile (3)

```
  /* manca totalmente gest errori ed EOF read */
  if ( pid ) { /* siamo nel padre */
    int l,lung;
    char* pmsg;
    close(pfd[1]);
    l=read(pfd[0],&lung,sizeof(int));
    pmsg = malloc(lung);
    l=read(pfd[0],&pmsg,lung);
    printf("%s",pmsg);
    free(pmsg);
    close(pfd[0]);
}
/* NB: non funziona con più di 1 scrittore*/
```

Pipelining e ridirezione

- più comandi possono essere combinati assieme dalla shell usando il pipelining
- il pipelining viene implementato attraverso le pipe
- la ‘connessione’ fra stdout (1) dello stadio I e stdin (0) dello stadio I+1 viene implementata usando le pipe e sfruttando due chiamate di sistema per la duplicazione dei descrittori: **`dup`** e **`dup2`**
- le stesse SC permettono di implementare anche la ridirezione

Duplicazione di fd: dup, dup2()

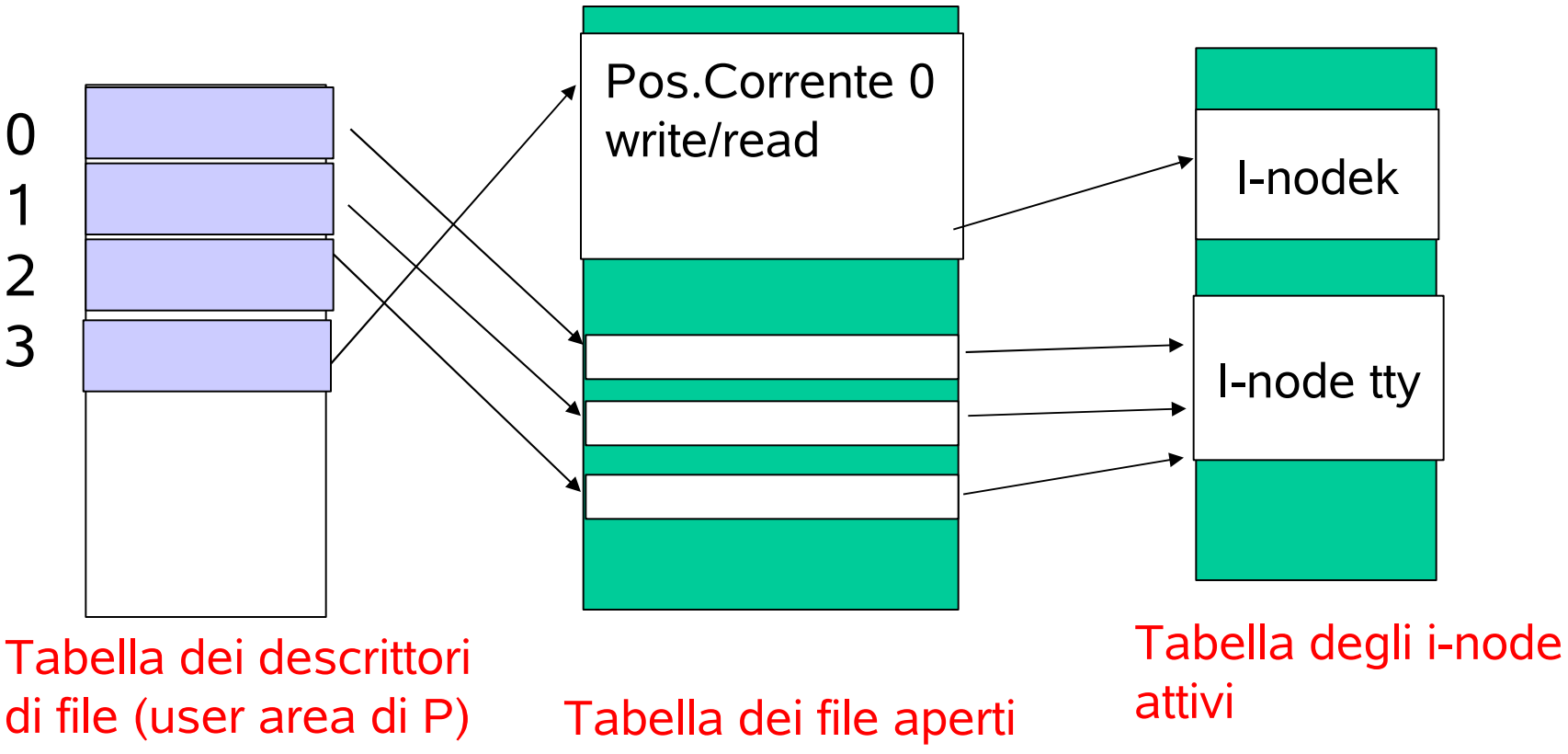
```
#include <unistd.h>

int dup(
 int fd  /*descr di file da duplicare*/
);
/* (fd1) success (-1) error, sets errno */
```

- duplica il descrittore **`fd`** e ritorna la posizione (**`fd1`**) della tabella dei descrittori in cui ha scritto la copia,
- **`fd1`** è la prima posizione libera nella tabella dei descrittori

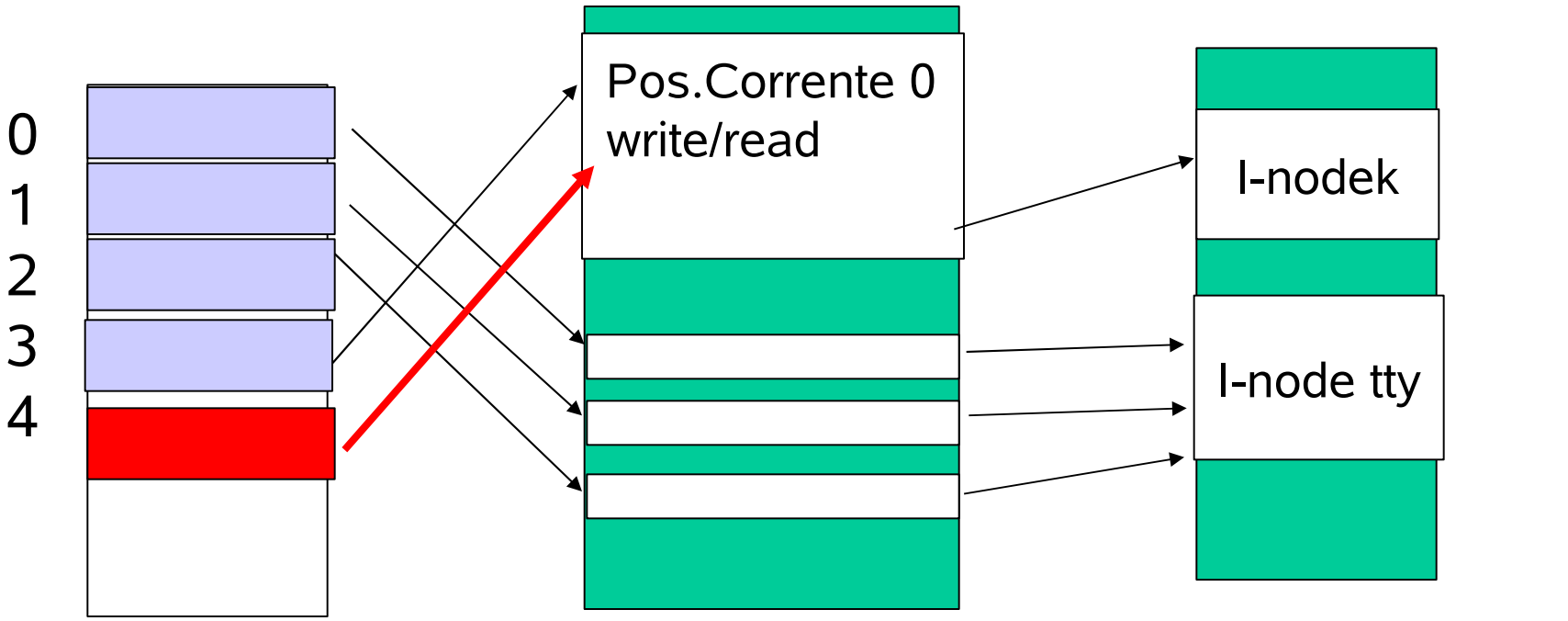
Situazione tabella descrittori

– Prima di invocare la **`dup(3)`**



Situazione tabella descrittori (2)

- Dopo la invocazione di **`dup(3)`** terminata con successo da parte del processo P. Il valore ritornato è **`4`**



Duplicazione di fd: dup, dup2 (2)

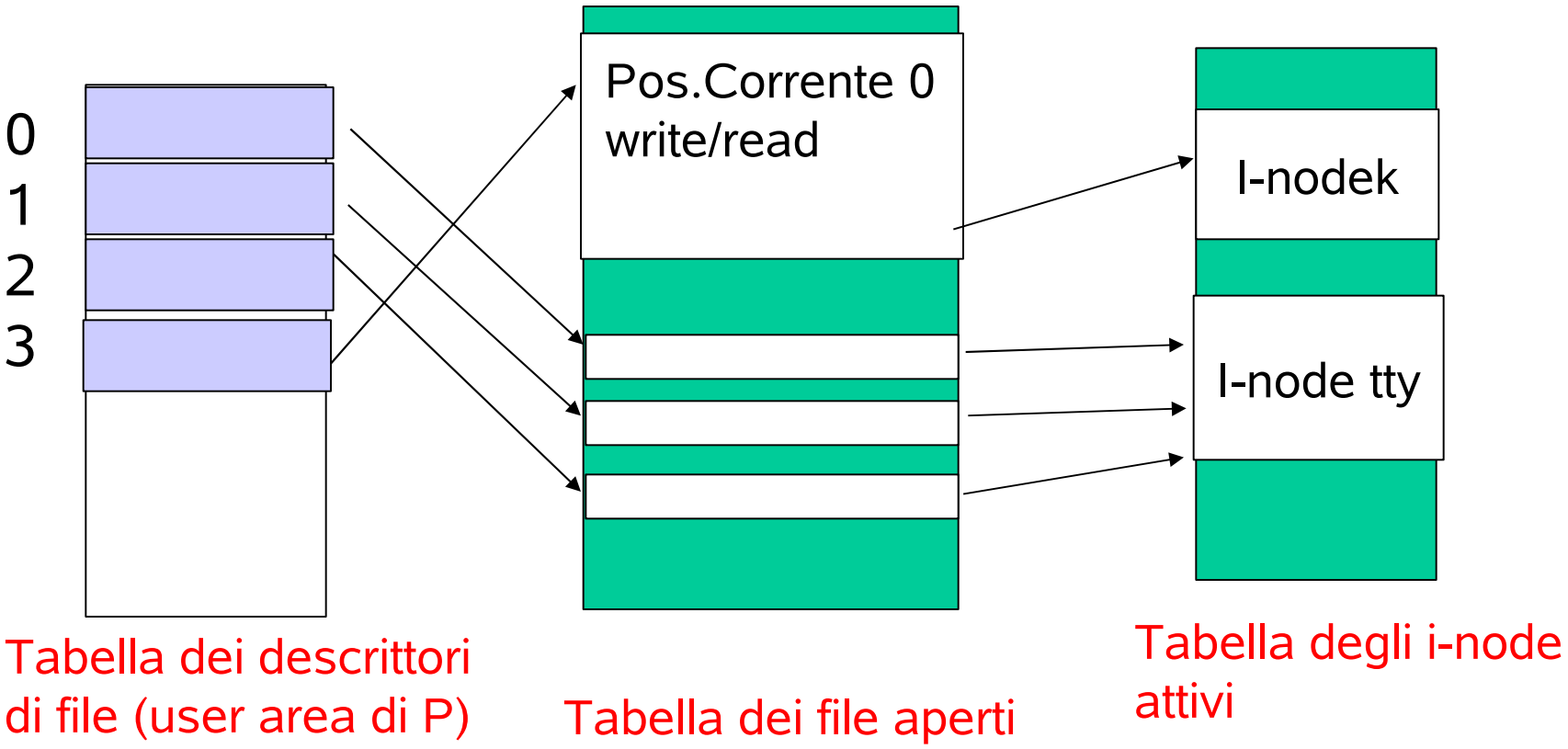
```
#include <unistd.h>

int dup2(
 int fd,  /*descr di file da duplicare*/
 int fd2,  /*fd da usare per la copia*/
);
/* (fd2) success (-1) error, sets errno */
```

- duplica **fd** nella posizione specificata da **fd2**
- se **fd2** è in uso viene chiuso prima della copia
- la **dup2** è atomica, se qualcosa va male **fd2** non viene chuso
- se **fd=fd2** la dup2 non fa niente

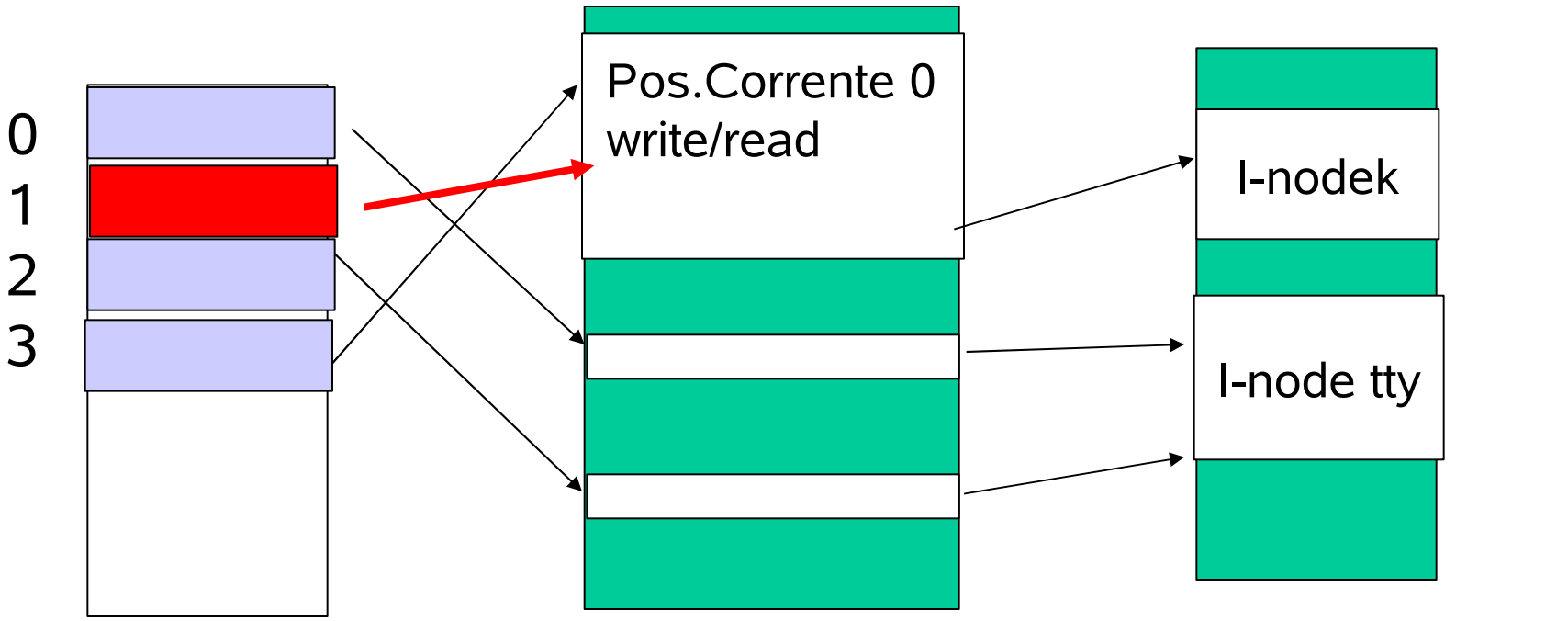
Situazione tabella descrittori

- Prima di invocare la **`dup2(3,1)`**



Situazione tabella descrittori (2)

- Dopo la invocazione di **`dup2(3,1)`** terminata con successo da parte del processo P. Il valore ritornato è **`1`**



Es: redirezione con dup() e dup2()

- Es. ridirigere lo standard output su un file **pippo**

```
int fd;
...
fd=open("pippo",O_WRONLY|O_TRUNC|O_CREAT,0666);
/* duplica fd su stdout*/
if ( dup2(fd,1)== -1) {/* errore */ }
else {
  close(fd);          /* fd non serve piu' */
  printf("Questo viene scritto in pippo!");
}...
```

Ridirezione nella shell...

Es.

```
bash:$ ls -l > pippo
```

- Il processo shell si duplica con una **`fork()`** e si mette in attesa della terminazione del figlio
- Il figlio apre in scrittura il file **`pippo`** (creandolo o troncandolo)
- Il figlio duplica il descrittore di **`pippo`** con la **`dup2`** sullo stdout (fd 1) e chiude il descrittore originario
- Il figlio invoca una **`exec`** di **`ls -l`**, la quale conserva i descrittori dei file, e quindi va a scrivere in **`pippo`** ogni volta che usa il file descriptor 1

Ridirezione nella shell… (2)

Es. (segue)

```
bash:$ ls -l > pippo
```

- Quando il figlio termina il padre continua l'esecuzione con i suoi descrittori invariati

- Con un meccanismo simile la shell implementa il pipelining, vediamo un esempio:

Es: pipelining con dup() e dup2()

- Es. una funzione che esegue **who | wc**

```
void who_wc (void) {
  int pfd[2];
  pid_t pid1,pid2;
  if (pipe(pfd)== -1) { /* creazione pipe */ }
   switch ( pid1=fork()) {
  case -1: {/* errore */ }
  case 0 : /* figlio1: eseguirà who */
     if ( dup2(pfd[1],1)== -1) {/* errore */ }
      else { close(pfd[0]);
             close(pfd[1]);
    execlp("who", "who", (char*) NULL);
} }/* fine creazione figlio 'who' */
```

Es: pipelining con dup() e dup2() (2)

```
/* creazione figlio2*/
switch ( pid2=fork()) {
  case -1: {/* errore */ }
  case 0 : /* figlio2: eseguira' wc */
     if ( dup2(pfd[0],0)== -1) {/* errore */ }
      else { close(pfd[0]);
             close(pfd[1]);
    execlp("wc", "wc", "-l", (char*) NULL);
}/* ancora il padre*/
close(pfd[0]);  close(pfd[1]);
waitpid(pid1,NULL,0);
waitpid(pid2,NULL,0);}
```

Pipe con nome o FIFO

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int mkfifo(
 const char * path,  /*path fifo*/
 mode_t perms,  /*permission*/
);
/* (0) success (-1) error, sets errno */
```

- crea una pipe con nome **path** con diritti **perms**, interpretati esattamente come in **open** (usa **umask**)
- il nome è visibile ai processi sulla stessa macchina e quindi anche processi scorrelati possono aprirla in lettura e scrittura e comunicare

Creazione di pipe con nome

```
/* frammento che crea un nuovo pipe con nome
   umask 022*/
   …
/* non fallisce se la pipe c'è gia' */
   if ((mkfifo("serverreq",0664) == -1)
            && errno!=EEXIST) {/* gest errore*/}

/* diritti di scrittura per il gruppo */
 if (chmod("serverreq",0664) == -1)
          {/* gestione errore*/}
… … …
/* uso pipe */
```

Uso di una pipe con nome

- Prima di iniziare a scrivere/leggere la pipe deve essere aperta contemporaneamente da un lettore e da uno scrittore:
- Apertura da parte di un processo scrittore :
  - usa le **`open()`**
  - se nessun lettore ha ancora invocato la **`open()`** si blocca in attesa del primo lettore
  - usando le opzioni **`O_NONBLOCK`**, **`O_NDELAY`** se non ci sono lettori la open termina subito con fallimento

Uso di una pipe con nome (2)

- Apertura da parte di un processo lettore :
  - usa le **`open()`**
  - se nessun scrittore ha ancora invocato la **`open()`** si blocca in attesa dello scrittore
  - usando le opzioni **`O_NONBLOCK, O_NDELAY`** se non ci sono scrittori la open termina subito con successo

Uso di una pipe con nome (3)

- Tipico uso : più client e un server
  - il server crea la pipe e la apre in lettura e scrittura
    - perché non solo in lettura? Perché altrimenti alla chiusura dell'ultimo processo client scrittore il server legge un *end_of_file*! Il server logicamente deve rimanere sempre attivo, e mantenere aperto un descrittore di scrittura anche nel server rende la read sempre bloccante anche se non ci sono client connessi
  - i client aprono in scrittura la stessa pipe
  - le risposte del server in genere sono fornite su pipe private dei client (una per ogni client)
    - per evitare di essere terminato da una write il server deve ignorare SIGPIPE

Frammento di server

```
/* creazione pipe server */
  if ((mkfifo("serverreq",0664) == -1)
            && errno!=EEXIST) {/* gest errore*/}
  if (chmod("serverreq",0664) == -1) {/* gest
  errore*/}
 /* apertura in lettura e scrittura */
  if (pfd=open("serverreq",O_RDWR) == -1)
       {/* gest errore*/ }
  /* uso pipe: la read è bloccante anche senza
  client*/
  while (true) {
    if ( (l=read(pfd,buf,N)) == -1) … …
 }
```