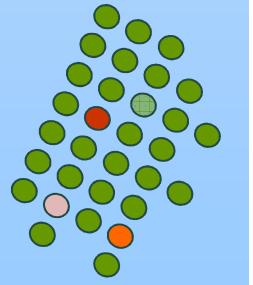
File & Directory

Capitolo 3 -- Stevens



stat, fstat e lstat

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

int stat (const char **pathname*, struct stat **buf*);

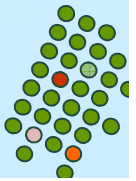
int fstat (int *fd*, struct stat **buf*);

int lstat (const char **pathname*, struct stat **buf*);

Descrizione: danno informazioni sul file 1° argomento

Restituiscono: 0 se OK

-1 in caso di errore



funzioni stat, fstat, lstat

- stat: fornisce una struttura di info relative al file del primo argomento
- fstat: come prima, ma il file cui si riferisce è già aperto e quindi prende il file descriptor
- lstat: le info ottenute sono relative al link simbolico (e non al file a cui esso si riferisce)

funzioni stat, fstat, lstat

- per tutte: bisogna fornire un puntatore ad una struttura (chiamata “stat”) che viene poi riempita durante lo svolgimento della funzione.

- Un grande utilizzatore di tali funzioni è il comando shell

ls –l

fornisce informazioni circa un file dato come argomento

```
bash>  ls –l  file.c
-rwxrw-rw-  1 rescigno   14441 Mar 18 16:35 file.c
```


struct stat

```
struct stat {
  mode_t   st_mode;     /* file type & mode (permissions) */
  ino_t    st_ino;      /* i-node number (serial number) */
  dev_t    st_dev;      /* device number (filesystem) */
  dev_t    st_rdev;     /* device number for special files */
  nlink_t  st_nlink;    /* number of links */
  uid_t    st_uid;      /* user ID of owner */
  gid_t    st_gid;      /* group ID of owner */
  off_t    st_size;     /* size in bytes, for regular files */
  time_t   st_atime;    /* time of last access */
  time_t   st_mtime;    /* time of last modification */
  time_t   st_ctime;    /* time of last file status change */
  long     st_blksize;  /* best I/O block size */
  long     st_blocks;   /* number of 512-byte blocks allocated */
};
```

Tipi di dati di sistema primitivi definiti in <sys/types>

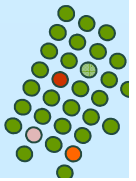
Macro per tipi di file

- Le macro seguenti sono funzioni booleane che aiutano ad identificare il tipo di un file verificando ciò che è contenuto nel campo **st_mode** della struttura stat del file

Macro	Type of file
S_ISREG()	regular file
S_ISDIR()	directory file
S_ISCHR()	character special file
S_ISBLK()	block special file
S_ISFIFO()	pipe or FIFO
S_ISLNK()	symbolic link (not in POSIX.1 or SVR4)
S_ISSOCK()	socket (not in POSIX.1 or SVR4)

tipi di file

- Regular file = dal punto di vista del kernel un file regolare contiene testo op. è binario
- Directory file = contiene nomi e puntatori ad altri file; solo il kernel può scriverci
- Character special file= usato per individuare alcuni dispositivi del sistema. Es: /dev/tty (la tastiera)
- Block special file = usato per individuare i dischi . Es:/dev/hda1
- Pipe e FIFO = usati per la comunicazione tra processi
- Symbolic link = un tipo di file che punta ad un altro file
- Socket = usato in per la comunicazione in rete tra processi



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

int main(int argc, char *argv[])
{
 int  i;   struct stat   buf;

 for (i=1;i<argc;i++){
  printf("%s:", argv[i]);
  if (lstat(argv[i],&buf) <0) {
              err_ret(“lstat error”);
              continue;
      }
  if (S_ISREG(buf.st_mode))  printf(“regular”);
  else if (S_ISDIR(buf.st_mode)) printf(“directory”);
  else if (S_ISCHR(buf.st_mode)) printf(“character special”);
  else if (S_ISBLK(buf.st_mode)) printf(“block special”);
       …….
    }
   exit(0);
}
```

ID dei processi

- Il campo **st_uid** (**st_gid**) della struttura stat contiene l'ID dell'utente (gruppo) possessore del file.

- Ogni processo ha degli ID associati:
  - real u/g ID, effective u/g ID, saved set-u/g-ID
  - Normalmente effective user ID coincide con real user ID

ID dei processi

- real : chi siamo realmente
  - presi dal file */etc/passwd* al login time
- effective : determina i permessi di accesso ai file
- saved set : contengono copie dell'effective quando è eseguito un programma (exec)

Set-User-ID & Set-Group-ID

- quando un programma è eseguito normalmente effective=real
- ...ma si può settare un flag speciale nel campo **st_mode** che fa si che il processo sia eseguito con effective=proprietario (o group) del file eseguibile
- Questi bit possono essere testati usando le costanti S_ISUID e S_ISGID

Set User-ID

pippo.doc è un file di pippo sul quale solo pippo può scrivere

pippo può modificare pippo.doc usando *scrivi*?

SI!

scrivi è un word-processor di pippo che può essere usato da tutti

l'utente pluto può modificare pippo.doc usando *scrivi* di pippo?

NO! Ammeno che ....

scrivi ha il set-user-id flag settato

esercizi

1. scrivere un programma che testa se un file ha il flag *set-user-id* settato
   - ricorda che i flag set-u/g-ID sono nel campo **st_mode**
   - Hint: AND con le costanti S_ISUID e S_ISGID per testarli

2. inserire un nuovo utente ed implementare esempio precedente

permessi di accesso ai file

- **st_mode** nella struttura stat include anche 9 bit che regolano i permessi di accesso al file cui esso si riferisce

st_mode mask	Meaning
S_IRUSR	user-read
S_IWUSR	user-write
S_IXUSR	user-execute
S_IRGRP	group-read
S_IWGRP	group-write
S_IXGRP	group-execute
S_IROTH	other-read
S_IWOTH	other-write
S_IXOTH	other-execute

Accesso ai file

- Gli ID dell'owner (user & group) sono proprietà di **file**
  - infatti hanno un campo della struct stat
- Gli effective ID (user & group) sono proprietà del **processo** che utilizza quel file (apri,chiudi, etc.)

Accesso ai file

- Per aprire un file (lettura o scrittura) bisogna avere permesso di esecuzione in tutte le directory contenute nel path assoluto del file

- Per creare un file bisogna avere permessi di scrittura ed esecuzione nella directory che conterrà il file

algoritmo di accesso

1. eff. uid =0 --> accesso libero
2. eff. uid = owner ID
   - accesso in accordo ai permessi
3. eff. gid = group ID
   - accesso in accordo ai permessi
4. accesso in accordo ai permessi di *other*

- Queste verifiche sono eseguite esattamente in questo ordine

Nuovi file e directory

- quando si creano nuovi file, l'uid è settato come l'effective ID del processo che sta creando il file

- il gid è il group ID della directory nel quale il file è creato oppure il gid del processo

access

#include <unistd.h>

int access (const char **pathname*, int *mode*);

Descrizione: verifica se il real ID ha accesso al file 1° argomento nella modalità specificata da *mode*

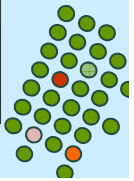
Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

mode	Description
R_OK	test for read permission
W_OK	test for write permission
X_OK	test for execute permission
F_OK	test for existence of file

```
#include        <sys/types.h>
 #include       <fcntl.h>
 #include       "ourhdr.h"

 int main(int argc, char *argv[])
 {
        if (argc != 2)
                err_quit("usage: a.out <pathname>");

        if (access(argv[1], R_OK) < 0)
                err_ret("access error for %s", argv[1]);
        else
                printf("read access OK\n");

        if (open(argv[1], O_RDONLY) < 0)
                err_ret("open error for %s", argv[1]);
        else
                printf("open for reading OK\n");

        exit(0);
 }
```


```
$ ls –l  a.out
$ -rwxrwxr-x 1 rescigno 1234 jan 18 08:48 a.out
$ a.out a.out
read access OK
open for reading OK
$ ls –l  prova
$-rw------- 1 basile 1234 jan 18 15:48 prova
a.out  prova
access error for prova: Permission denied
open error for prova: Permission denied
$su
# chown basile a.out
# chmod u+s a.out
# ls –l a.out
# -rwsrwxr-x 1 basile 1234 jan 18 08:48 a.out
# exit
$ a.out prova
access error for prova: Permission denied
open for reading OK
```

chmod e fchmod

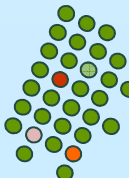
```
#include <sys/types.h>

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

int chmod (const char **pathname*, mode_t *mode*);

int fchmod (int *fd*, mode_t *mode*);

Descrizione: cambiano i bit di permesso del file 1° argomento

Restituiscono: 0 se OK, -1 in caso di errore



chmod *e* fchmod

- Per cambiare i permessi, l'effective uid del processo deve essere uguale all'owner del file, o il processo deve avere i permessi di root

- Il *mode* è specificato come l'OR bit a bit di costanti che rappresentano i vari permessi

Costanti per chmod

mode	Description	
S_ISUID	set-user-ID on execution	4000
S_ISGID	set-group-ID on execution	2000
S_ISVTX	saved-text (sticky bit)	1000
S_IRWXU	read, write, and execute by user (owner)	700
S_IRUSR	read by user (owner)	400
S_IWUSR	write by user (owner)	200
S_IXUSR	execute by user (owner)	100
S_IRWXG	read, write, and execute by group	070
S_IRGRP	read by group	040
S_IWGRP	write by group	020
S_IXGRP	execute by group	010
S_IRWXO	read, write, and execute by other (world)	007
S_IROTH	read by other (world)	004
S_IWOTH	write by other (world)	002
S_IXOTH	execute by other (world)	001

```
#include       <sys/types.h>
#include       <sys/stat.h>
#include       "ourhdr.h"
int main(void)
{
   struct stat statbuf;

   /* turn on set-group-ID and turn off group-execute */
   if (stat("foo", &statbuf) < 0)
       err_sys("stat error for foo");
   if (chmod("foo",(statbuf.st_mode & ~S_IXGRP) | S_ISGID) < 0)
       err_sys("chmod error for foo");

   /* set absolute mode to "rw-r--r--" */
   if (chmod("bar", S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IROTH) < 0)
       err_sys("chmod error for bar");

   exit(0);
}
```


?

- ...e se invece si vuole settare il group-execute bit?

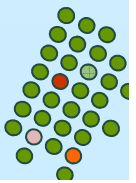
```
chmod("foo", (statbuf.st_mode | S_IXGRP))
```


sticky bit

- ereditato da versioni "vecchie" di Unix
- se settato, una copia del programma viene salvata nella *swap area* così che la prossima volta che viene lanciato, è caricato in memoria più velocemente
- ora, con la memoria virtuale, non si usa più
- solo il superuser lo può modificare per un file regolare

sticky bit per directory

- se settato, un file in questa directory può essere *removed*, o *renamed* solo se:
  - l'utente ha il permesso di scrittura nella directory, ed
  - è vera almeno una delle seguenti condizioni
    1. è proprietario del file
    2. è proprietario della directory
    3. è *root*
- Esempio: La directory /tmp ha questa caratteristica, infatti in essa qualunque utente ha la possibilità di creare file ed in genere i suoi permessi sono tutti settati a 1, ma non può cancellare o rinominare file di proprietà di altri.



chown

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

int chown (const char **pathname*, uid_t *owner*, gid_t *group*);

int fchown (int *fd*, uid_t *owner*, gid_t *group*);

int lchown (const char **pathname*, uid_t *owner*, gid_t *group*);

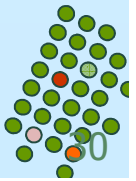
Descrizione: cambiano il proprietario ed il gruppo del file 1° argomento e li settano uguale a *owner* e *group*

Restituiscono: 0 se OK,

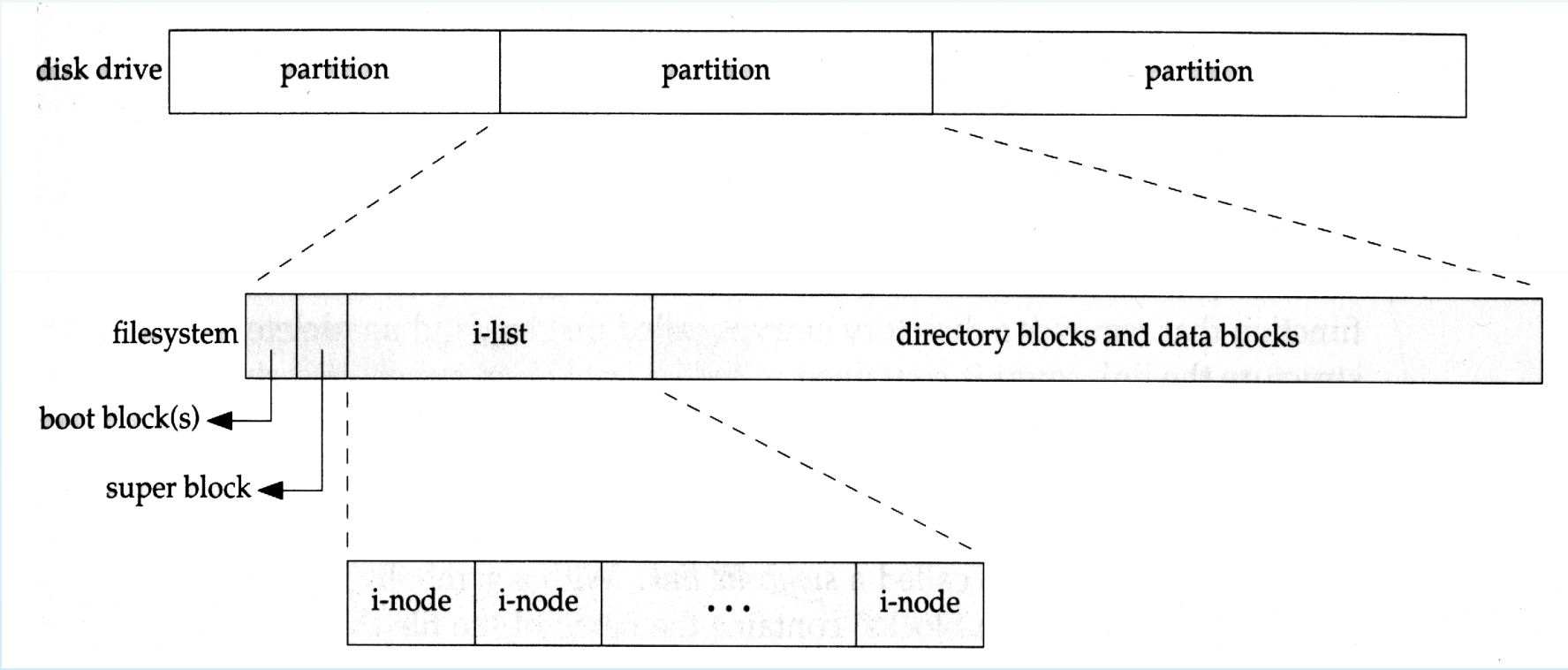
-1 in caso di errore

dimensione di file

- La dimensione dei files (in bytes) è in **st_size** (della struttura stat)
- La dimensione del blocco utilizzato nelle operazioni di I/O è contenuto in **st_blksize**
- Il numero di blocchi da 512 byte allocati per il file è contenuto in **st_blocks**



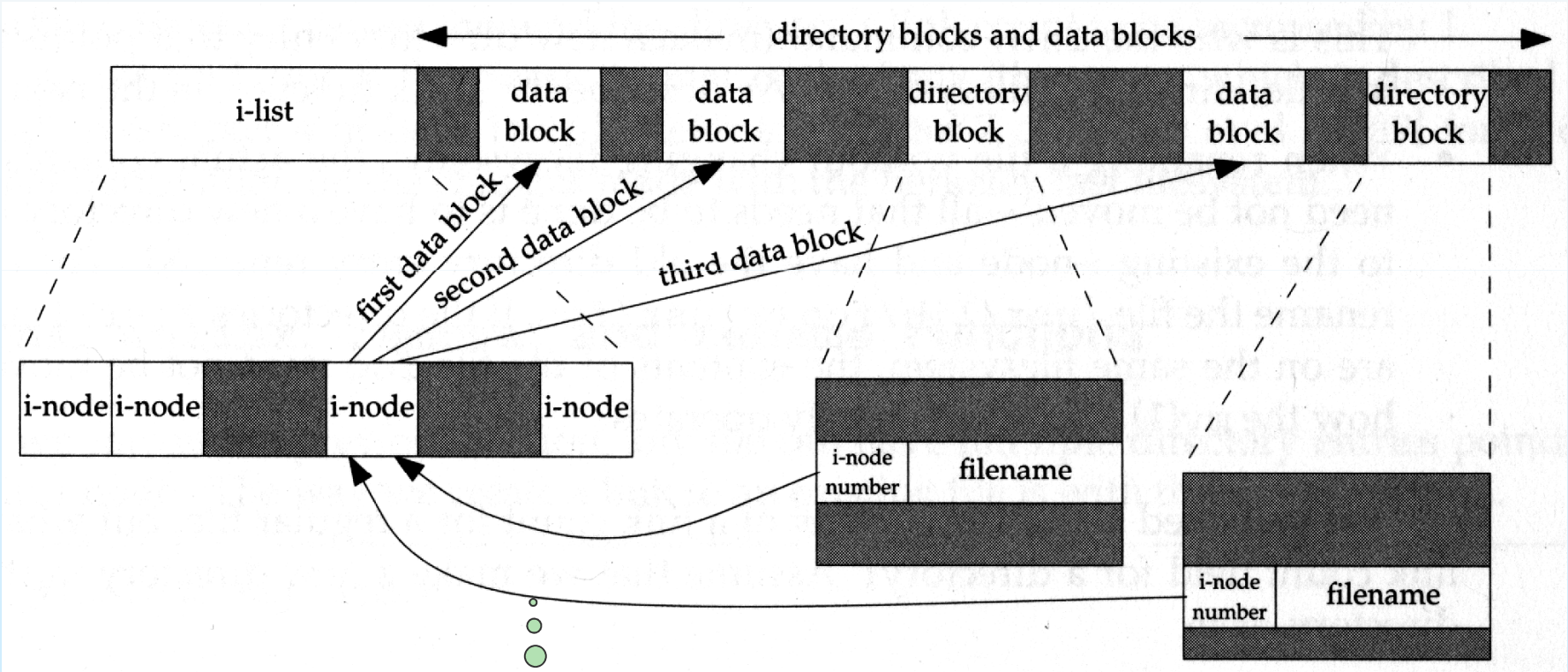
Filesystem


disk drive
partition
partition
partition
filesystem
i-list
directory blocks and data blocks
boot block(s)
super block
i-node
i-node
. . .
i-node

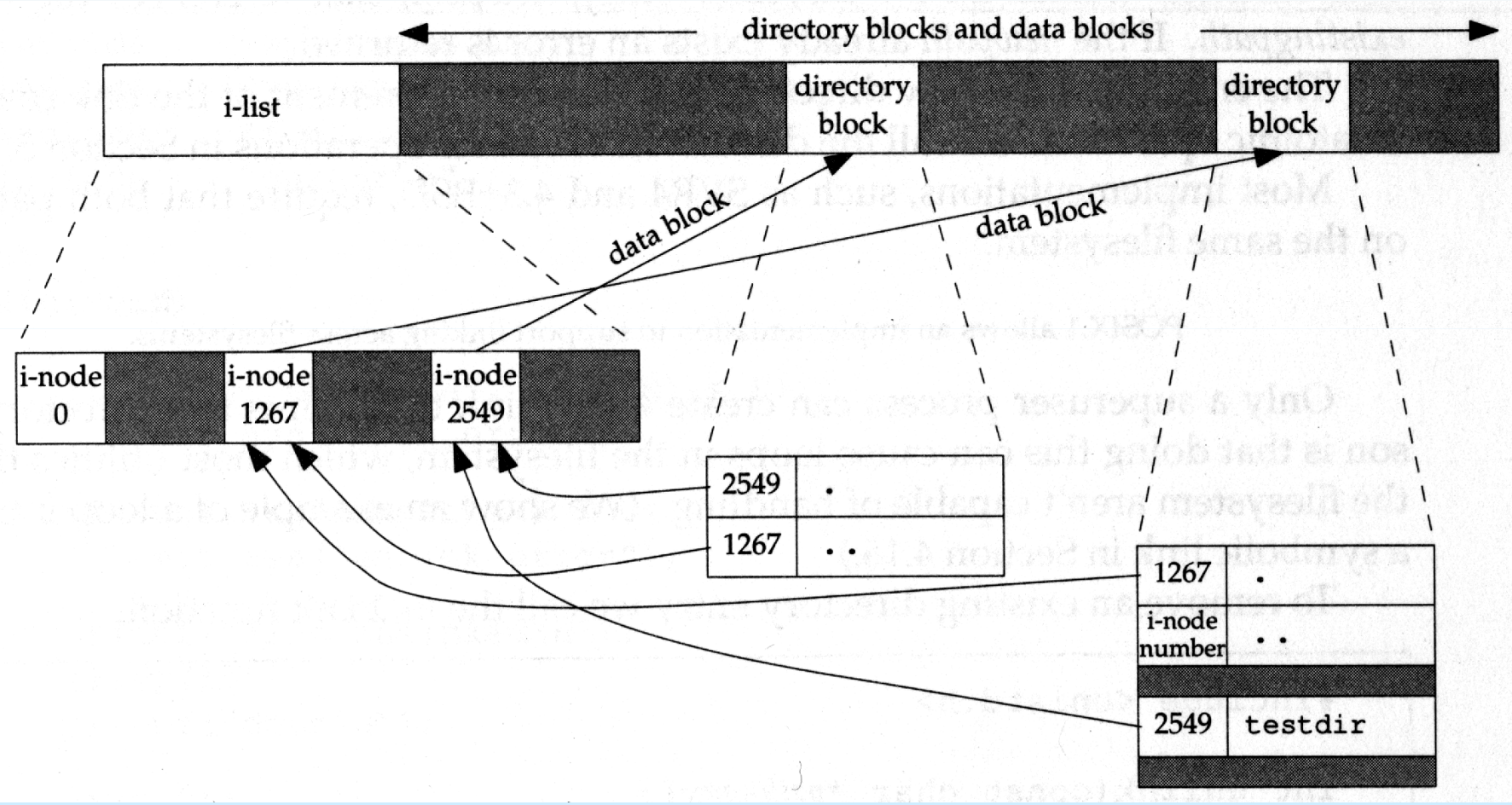
i-nodo

- i-nodo contiene tutte le info che riguardano il file
  - tipo del file
  - bit di permesso
  - size del file
  - puntatori ai blocchi di dati del file
  - ....
- directory block: è una lista di record aventi almeno due campi
  1. numero dell'i-nodo
  2. nome del file

filesystem (i-node)



filesystem: esempio



filesystem: osservazioni

- ogni i-node ha un contatore di link che contiene il numero di *directory entry* che lo puntano
  - solo quando *scende* a zero, allora il file può essere cancellato (i blocchi sono rilasciati...funzione unlink)
- il contatore è nella struct stat nel campo **st_nlink**
- questi tipi di link sono detti hard link
- non si possono fare hard link tra filesystem differenti

hard link

- un file può avere più di una directory entry che punta al suo i-node, cioè più hard link il cui numero è contenuto in **st_nlink**
- hard link possono essere creati usando la funzione link
- solo un processo *super-user* può creare un nuovo link (usando link) che punti ad una directory
- unlink decrementa il contatore di link
- quando il contatore va a zero, il blocco è rilasciato

link

#include <unistd.h>

int link (const char **path*, const char **newpath*);

Descrizione: crea una nuova directory entry *newpath*
che si riferisce a *path*

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore (anche se *newpath* già esiste)

link

- link crea un hard link aggiuntivo (con la corrispondente directory entry) ad un file esistente
- link crea automaticamente il nuovo link (e quindi la nuova directory entry) ed incrementa anche di uno il contatore dei link **st_nlink** (è una operazione atomica!)
- Il vecchio ed il nuovo link, riferendosi allo stesso i-node, condividono gli stessi diritti di accesso al “file” cui essi si riferiscono

unlink

```
#include <unistd.h>

int unlink (const char *pathname);
```

Descrizione: rimuove la directory entry specificata da *pathname* e se *pathname* è un hard link allora decrementa il contatore dei link del file cui il link si riferisce

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

unlink

- unlink è consentita solo se si ha il permesso di scrittura ed esecuzione nella directory dove è presente la directory entry

- solo il superuser può rimuovere un hard link ad una directory

unlink

Se tutti i link ad un file sono stati rimossi e nessun processo ha ancora il file aperto, allora tutte le risorse allocate per il file vengono rimosse e non è più possibile accedere al file

Se però uno o più processi hanno il file aperto quando l'ultimo link è stato rimosso, pur essendo il contatore dei link a 0 il file continua ad esistere e sarà rimosso solo quando tutti i riferimenti al file saranno chiusi

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

int main(void)
{
      if (open("tempfile", O_RDWR) < 0)
            err_sys("open error");

      if (unlink("tempfile") < 0)
            err_sys("unlink error");

      printf("file unlinked\n");
      sleep(15);
      printf("done\n");

      exit(0);
}
```

```
$ ls –l tempfile
-rw-r--r--  stevens   9240990 Jul 31 13:42 tempfile
$ df /home
Filesystem  kbytes   used   avail   capacity  mounted on
/dev/sdoh   282908  181979  72638    71%       /home
$ a.out &
1354
$ file unlinked
$ df /home
Filesystem   kbytes   used   avail  capacity  mounted on
/dev/sdoh    282908  181979  72638    71%       /home
$ ls –l tempfile
tempfile not found
$ done
$ df /home
Filesystem  kbytes  used  avail   capacity  mounted on
/dev/sdoh   282908  17293   81678     68%       /home
```


remove

#include <stdio.h>

int remove (const char **pathname*);

Descrizione: rimuove il file specificato da *pathname*

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

rename

#include <stdio.h>

int rename (const char **oldname*, const char **newname*);

Descrizione: assegna un nuovo nome *newname* ad un file od ad una directory data come 1° argomento

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

similitudini

- per un file remove è identico a unlink
- per una directory è identico a rmdir

link simbolici

- hard link non possono *attraversare* file system differenti ed hard link a directory possono essere creati solo dal *superuser*
- i soft link, invece contraddicono entrambe le cose
- sono dei puntatori indiretti ad un file
  - Es. lib → usr/lib (7 caratteri di dati nel *data block*)
- Quando si usano funzioni che si riferiscono a file (open, read, stat, etc.), si deve sapere se *seguono* il link simbolico o no
  - si → ci si riferisce al vero file
  - no → ci si riferisce al link
- vedere figura 4.10 (es: open si, lstat no)

symlink

```
#include <unistd.h>

int symlink (const char *path, const char *sympath);
```

Descrizione: crea un link simbolico *sympath* che punta a *path*

Resatituisce: 0 se OK

-1 altrimenti

symlink

- Quando symlink crea il link simbolico *sympath* verrà creata un directory entry nella directory cui ci si riferisce e tale entry avrà un suo proprio i-node
- Non è indispensabile che *path* esista quando il link simbolico è creato
- Non è necessario che *path* e *sympath* risiedano nello stesso filesystem

.....link simbolici

- Il file puntato da un link simbolico può non esistere

```
$ ln –s /no/such/file myfile
$ ls myfile
myfile
$ cat myfile
cat: myfile : No such file or directory
$ ls –l myfile
lrwxrwxrwx 1 stevens 13 Dec 6 07:27 myfile -> /no/such/file
```

- loop creati con link simbolici possono essere facilmente rimossi con unlink (non segue il link simbolico)

readlink

#include <unistd.h>

int readlink (const char **pathname*, char **buf*, int *bufsize*);

Descrizione: legge dal link simbolico 1° argomento e ne
mette il contenuto in *buf* la cui taglia è *bufsize*

Restituisce: il numero di byte letti se OK

-1 in caso di errore

readlink

- readlink legge il contenuto del link e non del file cui esso si riferisce
- Se la lunghezza del link simbolico è > *bufsize* viene dato l'errore
- combina insieme le funzioni di open, read e close sul link simbolico

I tempi dei files

- per ciascun file 3 tempi sono gestiti (essi sono presenti nella struttura *stat*)
  - st_atime = la data dell'ultimo accesso al file (read)
  - st_mtime = la data dell'ultima modifica al file (write)
  - st_ctime = la data dell'ultimo cambiamento apportato all'i-node(chmod, chown)
- i tempi di modifica di una directory sono relativi alla creazione o cancellazione dei suoi file non ad operazioni di lettura o scrittura nei suoi file

utime

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

int utime (const char *pathname, const struct utimbuf *times);
```

Descrizione: cambia i tempi di accesso e modifica di *pathname*

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

utime

```
struct utimbuf {
      time_t   actime;  /*access time*/
      time_t   modtime;  /*modification time*/
}
```

- Se *times* = NULL allora entrambi i tempi sono settati ai tempi correnti
  - L' operazione viene effettuata se EFF_ID=OWNER_ID op permesso di scrittura del processo
- Se *times* ≠ NULL allora i tempi sono settati ai valori presenti in times
  - L'operazione viene effettuata se EFF_ID=OWNER_ID op permesso deve essere superuser

mkdir

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

int mkdir (const char **pathname*, mode_t *mode*);

Descrizione: crea una directory i cui permessi di accesso vengono determinati da *mode* e dalla mode creation mask del processo

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

mkdir

- La directory creata avrà come
  - owner ID = l'effective ID del processo
  - group ID = group ID della directory padre
  - vedi altre caratteristiche con man 2 mkdir

- La directory sarà vuota ad eccezione di . e ..

rmdir

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

int rmdir (const char **pathname*);

Descrizione: viene decrementato il numero di link al suo i-node; se esso =0 si libera la memoria solo se nessun processo ha quella directory aperta

Restituisce: 0 se OK,

-1 in caso di errore

Funzioni chdir, fchdir

```
#include <unistd.h>

int chdir (const char *pathname);
```

Descrizione: cambiano la cwd del processo chiamante a quella specificata come argomento

Restituiscono: 0 se OK
-1 in caso di errore

- Si noti che:
  - cwd è un attributo del processo
  - home directory è un attributo di una login name

getcwd

```
#include <unistd.h>
char *getcwd (char *buf, size_t size);
```

Descrizione: ottiene in *buf* il path assoluto della cwd

Restituisce: *buf* se OK

NULL in caso di errore