

Sistemi Operativi
Unità 4: Il File System
Link e Directory

Martino Trevisan
Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Argomenti

1. Link
2. Soft Link
3. Hard Link
4. System call per Directory
5. Funzioni di libreria per Directory
6. Comandi Bash per Link, Directory e Disco

Link

Un link é un nome aggiuntivo per un altro file.

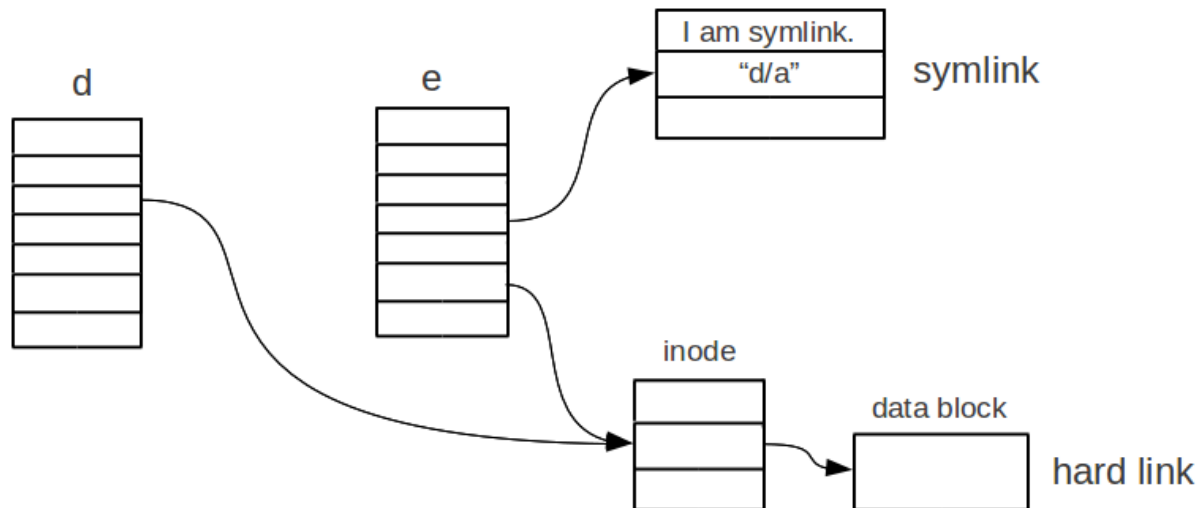
Utile per svariati compiti

- Gestione file di configurazione
- Condivisione di informazioni tra utenti
- Mantenimento ordinato della struttura dei file

Link

Esistono due tipi di link:

- **Hard Link:** l'inode appare in una seconda directory che vi punta
- **Soft Link:** é un alias a un certo path



Soft Link

Sono degli **Shortcut** per un file o una directory

- Se ho un grande file con un path lungo e complesso, ne posso creare un soft link nella mia Home Directory
- Se cancello un Soft Link, non succede niente al file originale
- Se il file originale viene cancellato, il Soft Link continua a esistere ma diventa **invalido**
- Se creo un altro file con quel nome, il Soft Link torna a essere valido

Soft Link

E' un concetto di Linux

Per creare un Soft Link si usa la System Call:

```
int symlink(const char *target, const char *linkpath);
```

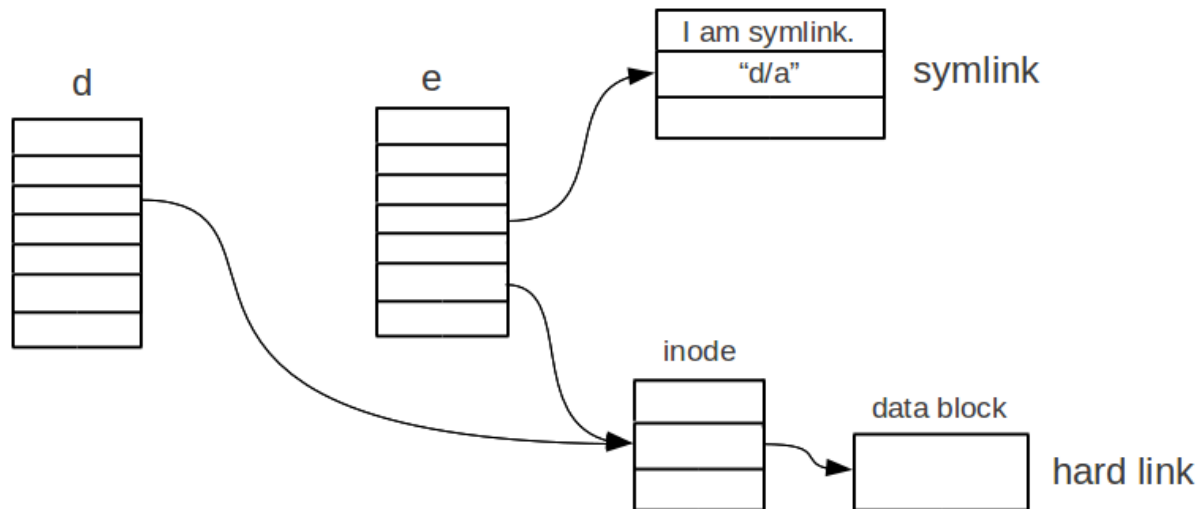
Si rimuove un Soft Link come fosse un normale file

Nota: Si possono creare Soft Link a cartelle e verso altri dischi
Le funzioni di ricerca non devono attraversare i Soft Link per evitare cicli

Hard Link

Un Hard Link é un riferimento aggiuntivo a un inode

La directory dove viene creato, contiene una nuova entry che ha lo stesso inode number



Hard Link

Implicazioni:

- Un Hard Link é un link al contenuto del file
- Non può mai essere invalido
- Hard Link e file originario hanno la stessa importanza e la stessa natura
- Cancellare un Hard Link causa la cancellazione del file solo se non vi sono altri Hard Link (o il riferimento originale)

Compiti del sistema operativo

- Mantenere un *reference count* per ogni inode
- Cancellare un inode e il suo contenuto se esso va a 0

Hard Link

Si creano con la System Call:

```
int link(const char *oldpath, const char *newpath);
```

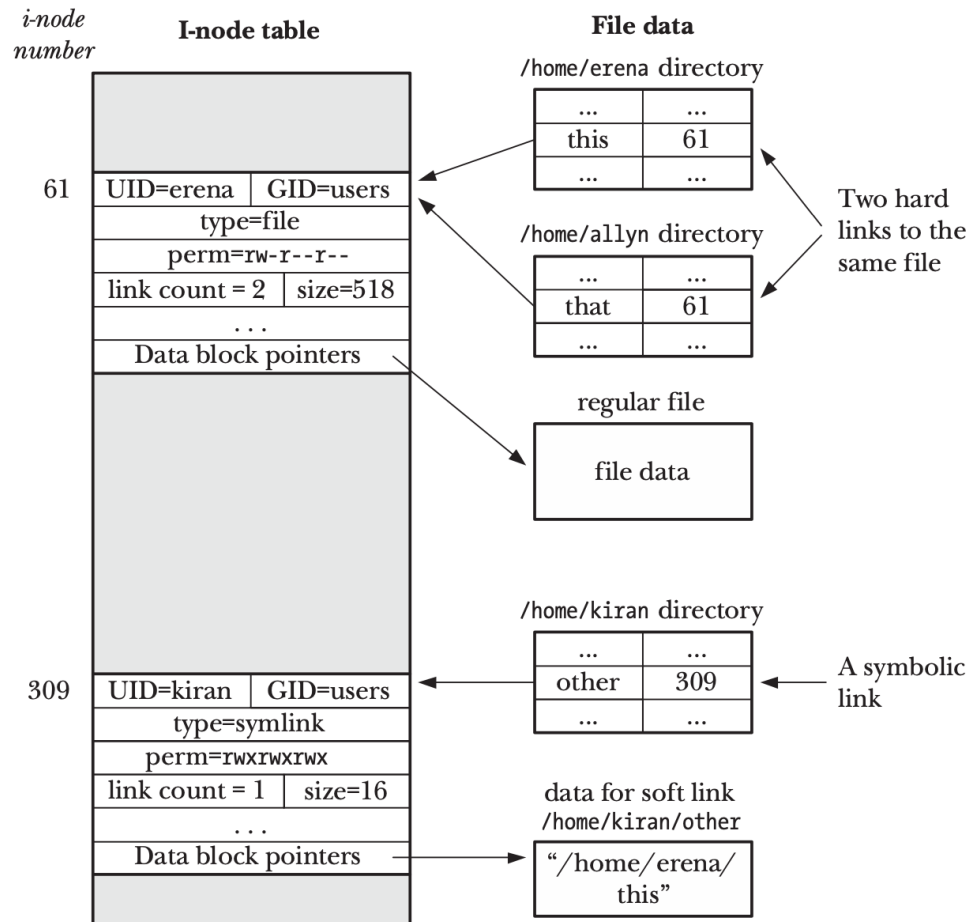
Nota: La System Call per rimuovere un file in Linux é `unlink`.

Di fatto rimuovere un file, significa decrementare il suo *reference count* (e eventualmente rimuovere l'inode)

Non si possono creare Hard Link a cartelle. Concettualmente sbagliato

Hard Link

Differenza tra Soft e Hard link



System call per Directory

Lettura di informazioni su una directory o un file:

```
#include <sys/stat.h>
int stat(const char *restrict pathname,
         struct stat * statbuf);
```

Ritorna informazioni su `pathname`, le colloca nella struttura puntata da `statbuf`

- Passaggio di variable per riferimento che é di fatto un valore di ritorno
- Ritorna **0** in caso di successo, **-1** in caso di errore

System call per Directory

La `struct stat` ritornata contiene i seguenti campi:

```
struct stat {
    dev_t      st_dev;          /* ID of device containing file */
    ino_t      st_ino;         /* Inode number */
    mode_t     st_mode;        /* File type and mode */
    nlink_t    st_nlink;       /* Number of hard links */
    uid_t      st_uid;         /* User ID of owner */
    gid_t      st_gid;         /* Group ID of owner */
    dev_t      st_rdev;        /* Device ID (if special file) */
    off_t      st_size;        /* Total size, in bytes */
    blksize_t  st_blksize;     /* Block size for filesystem I/O */
    blkcnt_t   st_blocks;      /* Number of 512B blocks allocated */

    struct timespec st_atim;    /* Time of last access */
    struct timespec st_mtim;    /* Time of last modification */
    struct timespec st_ctim;    /* Time of last status change */
};
```

System call per Directory

Il campo `mode_t` indica se si tratta di file in forma di una *bit mask*.

Si possono usare le seguenti macro per testare facilmente

`mode_t`

- `S_ISREG(m)` : True se file regolare
- `S_ISDIR(m)` : True se file directory
- `S_ISLNK(m)` : True se file un Symbolic Link

System call per Directory

Si scriva un programma che riceve un path da riga di comando e stampa se esso é file, directory o link simbolico.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h> // Necessario per exit
#include <sys/stat.h> // Necessario per stat
int main (int argc, char * argv[])
{
    struct stat buf;
    if (argc!=2){
        printf("Specifica un path\n");
        return 1;
    }

    if (stat(argv[1], &buf) < 0) {
        printf ("Impossibile leggere le informazioni sul file\n");
        exit (1); /* Termina subito il programma con codice 1 */
    }

    if (S_ISREG(buf.st_mode))
        printf("%s: file\n", argv[1]);
    else if (S_ISDIR(buf.st_mode))
        printf("%s: directory\n", argv[1]);
    else if (S_ISLNK(buf.st_mode))
        printf("%s: link simbolico\n", argv[1]);
    else
        printf("%s: altro tipo di path\n", argv[1]);

    return 0;
}
```

System call per Directory

Creazione di directory

```
int mkdir (const char *path, mode_t mode);
```

Rimozione di directory

```
int rmdir (const char *path);
```

`mode` ha stesso ruolo che nella `open`

Valore di ritorno **0** in caso di successo **-1** in caso di errore

System call per Directory

Per listare il contenuto di una directory si possono usare le System Call `open` e `getdents` e la `struct linux_dirent`.

1. Si apre una directory come fosse un file

```
int fd = open("path", O_RDONLY | O_DIRECTORY);
```

2. Si leggono batch di `struct linux_dirent`

```
int nread = syscall(SYS_getdents, fd, buf,  
BUF_SIZE);
```

Tutto ciò é difficile, poco pratico e non portabile.

Si usano sempre le funzioni di libreria POSIX per leggere il contenuto di una cartella

Funzioni di libreria per Directory

Per listare il contenuto di una cartella, si usano le funzioni di libreria

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
DIR * opendir(const char *name);
struct dirent *readdir(DIR *dirp);
int closedir(DIR *dirp);
```

Funzionano **solo** su sistemi POSIX.

Su Windows si usano `FindFirstFile()` e `FindNextFile()`.

Funzioni di libreria per Directory

Apertura: una cartella, prima di essere letta, va aperta con `opendir`.

Essa ritorna un puntatore a `DIR *` se l'apertura va a buon fine, altrimenti `NULL`

Un `DIR *` é l'equivalente di `FILE *` per le directory

```
DIR * d;  
d = opendir("/path/");  
if (d!=NULL)  
    ...
```

Funzioni di libreria per Directory

Una `struct dirent` rappresenta un elemento di una directory.

Contiene i campi:

```
struct dirent {  
    ino_t      d_ino;      /* inode number */  
    char       d_name[256]; /* filename */  
    ...  
};
```

Funzioni di libreria per Directory

Listare il contenuto: si usa la funzione `readdir` che ritorna una `struct dirent *`

- Opera in maniera sequenziale
 - A ogni invocazione ritorna l'elemento successivo
- Va invocata finche non ritorna `NULL`

```
struct dirent * entry;  
while ((entry = readdir(d)) != NULL)  
    printf("  %s\n", entry->d_name);
```

L'ordine degli elementi ritornati dipende dal FS e di solito non ha alcun significato

Funzioni di libreria per Directory

Bisogna chiudere una cartella per rilasciare le risorse associate.

```
int r = closedir(d);
```

Ritorna **0** se l'operazione va a buon fine, altrimenti **-1**

Funzioni di libreria per Directory

Si scriva un programma che riceve una directory da riga di comando e ne lista il contenuto

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h> // Necessario per exit
#include <sys/stat.h> // Necessario per stat
#include <dirent.h> // Necessario per struct dirent *
int main (int argc, char * argv[])
{
    struct stat buf;
    struct dirent *dirp;
    DIR *dp;

    if (argc!=2){
        printf("Specifica un path\n"); exit (1);}
    if (stat(argv[1], &buf) < 0) {
        printf ("Impossibile leggere le informazioni sul file\n"); exit (1);}
    if (!S_ISDIR(buf.st_mode)){
        printf("%s deve essere una directory\n", argv[1]); exit(1);}
    if ( (dp = opendir(argv[1])) == NULL) {
        printf("%s impossibile da aprire\n", argv[1]); exit (1);}

    while ( (dirp = readdir(dp)) != NULL)
        printf("%s\n", dirp->d_name);

    closedir(dp);

    return 0;
}
```

Comandi Bash per Link, Directory

Sono programmi pre-installati che facilitano l'uso delle System Call per compiti comuni.

Comandi per link:

```
ln target link_name
```

Crea un link al path `link_name` verso un path esistente `target`

- Di default crea un hard link
- L'opzione `-s`
- Si rimuovono i link con `rm`
- Si possono anche usare i comandi più grezzi `link` e `unlink`

Comandi Bash per Link, Directory

Comandi per `stat` :

```
stat path
```

Invoca la System Call `stat()` sul `path` specificato

- Stampa in formato human-readable tutto ciò che c'è dentro la `struct stat` risultante (e poco altro)
- Esempio:

```
$ stat file.tex
  File: file.tex
  Size: 0          Blocks: 0          IO Block: 4194304 regular empty file
Device: 31h/49d    Inode: 1099555504104  Links: 1
Access: (0644/-rw-r--r--)  Uid: ( 5012/trevisan)   Gid: ( 5000/det_user)
Access: 2022-01-07 11:00:28.001143767 +0100
Modify: 2022-01-07 11:01:29.860547368 +0100
Change: 2022-01-07 11:01:29.860547368 +0100
 Birth: -
```


Comandi Bash per Link, Directory

Comandi per directory:

- `ls directory` : lista il contenuto
- `ll directory` : alias per `ls -lh directory`
- `mkdir directory` e `rmdir directory` : crea o rimuove una directory
- `find ...` : cerca all'interno di una cartella
- `tree directory` : stampa l'albero di file e cartelle contenuti
- `du directory` : ottiene la dimensione della cartella e di tutto ciò che vi é contenuto

Domande

E' possibile creare link a cartelle

- Di tipo Hard Link
- Di tipo Soft Link
- Sempre
- Mai

Un Hard Link può riferirsi a un file inesistente

- Vero
- Falso

Un Soft Link può riferirsi a un file inesistente

- Vero
- Falso

Domande

Quale System Call permette di conoscere lo user ID del proprietario di una directory?

- open
- opendir
- readdir
- stat

La directory `dir` contiene i file `f.txt` e `g.txt`. Il seguente codice:

```
dp = opendir("dir1");  
while ( (dirp = readdir(dp)) != NULL){  
    if (strcmp(dirp->d_name, "dir/f.txt") == 0 )  
        printf("%s\n", "Found\n");  
}
```

Stampa:

- "Found" una volta
- "Found" due volte
- Niente