Introduzione a UNIX

Università di Modena e Reggio Emilia

Prof. Nicola Bicocchi (nicola.bicocchi@unimore.it)



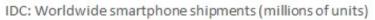
Total Market Share

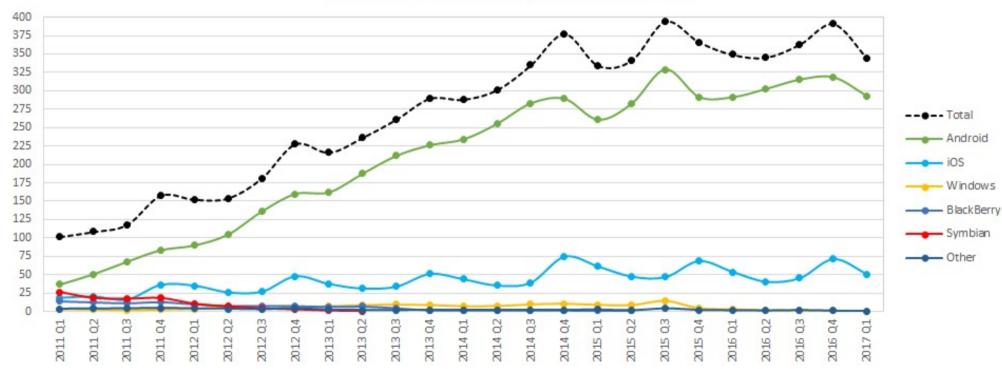
Total Operating System Market Share Worldwide, by Month

(Desktop, Mobile, Tablet, Console) 100 Market Share (%) 50 Windows → Android -- ios → OS X **─** Unknown - Linux - Symbian OS → Series 40 **★** BlackBerry OS - Samsung - Nokia Unknown - Chrome OS - Playstation ★ Sony Ericsson **→** KaiOS - Xbox → Nintendo - Other



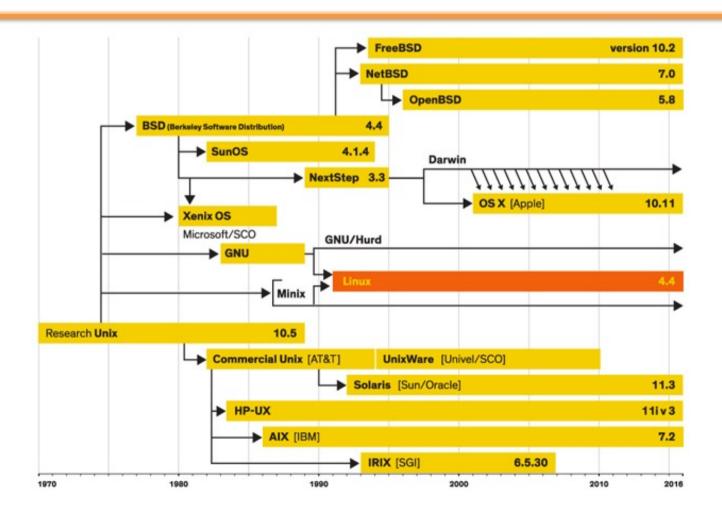
Mobile Market Share





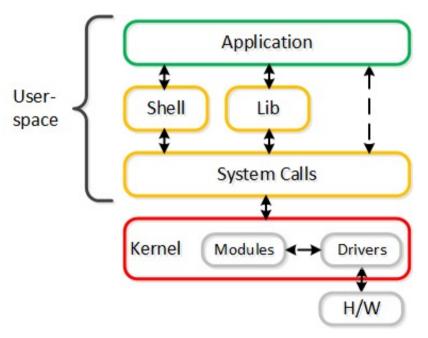


Genealogia famiglia Unix





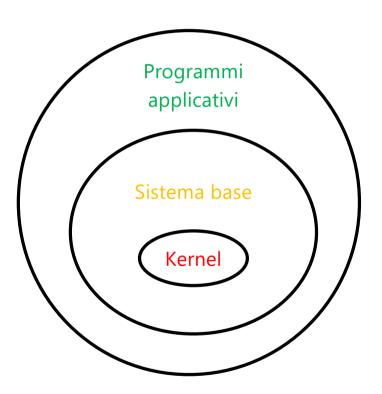
Architettura interna



- Sistema Operativo
 - Kernel: mediatore fra applicazioni e hardware
 - Sistema base: gestisce la fase di boot ed un insieme di funzionalità minime
- Programmi applicativi



Struttura a guscio



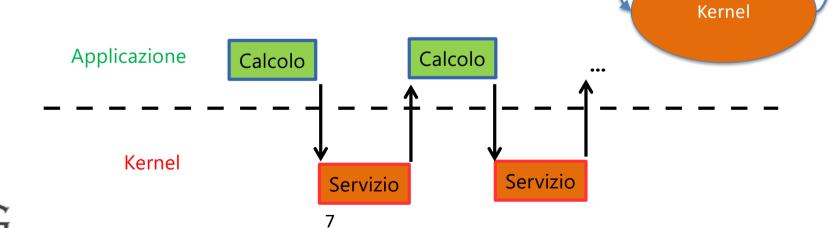
- Applicativi: browser, email, programme ufficio, compilatori
- Sistema base: librerie di sistema, sistema di boot, shell, terminale
- Kernel: gestione processi, filesystem, memoria, IPC



Interazione Kernel - Applicazioni

Applicazione

- Applicazioni richiedono servizi al kernel (system calls)
- Kernel elabora la risposta e risponde all'applicazione

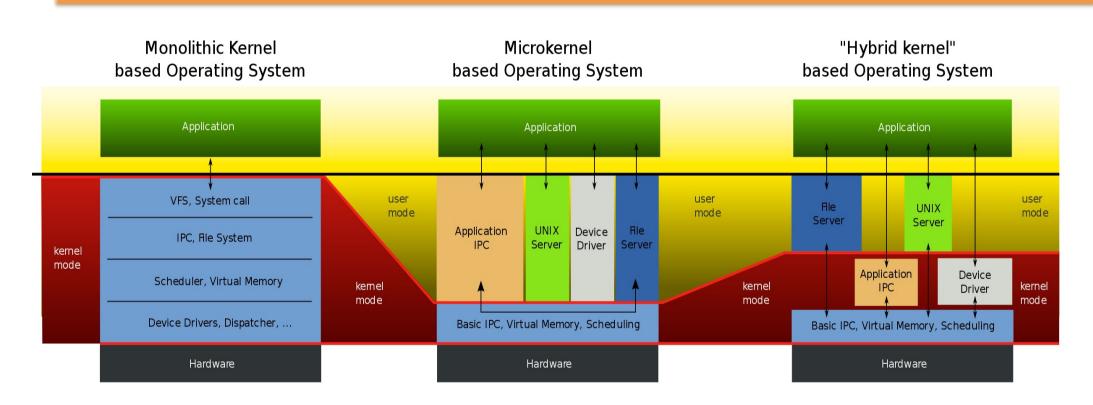


Funzionalità principali OS

Memory File Device Processor Management Management Management Management Secondary 1/0 Command Security Storage Interpretation management management Communication Networking Job accounting @ guru99.com Management



Monolitici, Micro, Ibridi





Quanto è complesso un kernel?

Megabytes

4.4.1

version 0.95

94 Mar

May

Mar

May

2001 Jan

16

0.96b

1.1.13

1.3.0

2.0.1 2.1.0 2.2.0

2.3.0

1.0

75 90 105 120 135

- 20K SLOC (XV6)
- https://github.com/mit-pdos/xv6-public
- 30M SLOC (Linux Kernel 5)
- https://www.kernel.org/





Linux kernel map functionalities human interface system processing storage networking memory layers processes memory access HI char devices interfaces core files & directories sockets access kernel/signal.c sys_fork sys_kill user sys_brk sys_mmap.shm vm ops access System Call Interface linux/syscalls.h sys_shmctl sys_shmat space /proc /sysfs /dev linux/uaccess.h sysfs_ops copy from user /proc/net/ interfaces sg_proc_seq_show_dev system calls and system files rt cache seg show cdev map sys epoll create sys_capset fb_fops /proc/meminfo /proc/self/maps cdev sys_reboot sock joetl Virtual File System protocol families threads virtual memory **Device Model** security/ security security capset may open virtual inode security socket create unix family ops kthread create inode permission bus_type device_create kernel thread security inode create security_ops selinux_ops thread info inet_dgram_ops inet stream ops socket file ops driver_register debugging synchronization memory device driver page cache networking socket mapping sys_ptrace log_buf splice bridges storage sock_sendpage nfs file operations register kprobe load module tcp_sendpage kmem cache alloc smb_fs_type module vma link cifs file ops sock splice read mm_struct kgdb_breakpoint oprofile_init iscsi_tcp_transport tcp_splice_read vm_area_struct kernel param protocols HI subsystems system run Scheduler logical memory logical file systems task struct logical functions implementations video device kfree setup_timer ip_queue_xmit run_init_process activate_task_ abstract devices generic HW access Page Allocator interrupts core block devices network interface gendisk **HID class drivers** dev_queue_xmit device register_netdev net_device vers/input/ drivers/media/ init_scsi kmem_cache_init kmem_cache_alloc do_timer tick_periodic setup_irq control scsi device console get_free_pages scsi driver kbd aloc_netdev_mq ieee80211_alloc_hw fb_ops sd fons ether setup ieee80211 rx usb_storage_driver vm_stat totalram_pages try_to_free_pages netif carrier on ieee80211_xmit HI peripherals device access CPU specific physical memory disk controller network setup_arch x86_init trap_init device drivers and bus drivers operations device drivers hardware usbnet_probe interfaces native init IRQ switch to ipw2100_pci_init_one . zd1201_probe e1000_xmit_frame set_intr_gate atkbd_drv system call drivers, registers and interrupts Scsi_Host ahci_pci_driver out_of_memory die e1000_intr aic94xx_init pt_regs atomic_t cli sti num_physpages do_page_fault CPU user peripherals I/O mem I/O memory disk controllers network controllers electronics



Filosofia UNIX



KISS principle

- Keep It Simple, Stupid
- In riferimento al codice sorgente di un programma, significa mantenere uno stile di progettazione semplice e lineare demandando le ottimizzazioni al compilatore o a successive fasi dello sviluppo.
- In ambito UNIX, tanti semplici strumenti in grado di funzionare in modo orchestrato piuttosto che una sola struttura monolitica.
- Richiama in parte il principio filosofico del Rasoio di Occam: a parità di fattori la spiegazione più semplice è da preferire.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Unix_philosophy

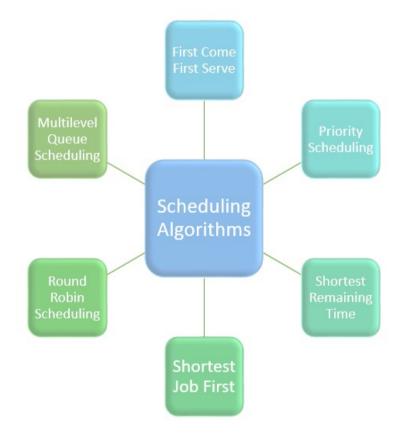


Multiutenza e Multitasking



Multitasking

- Un sistema operativo multitasking permette di eseguire più programmi (task) contemporaneamente. Ad esempio, se viene chiesto al sistema di eseguire due processi, A e B, la CPU eseguirà per qualche istante il processo A, poi per qualche istante il processo B, poi tornerà ad eseguire il processo A e così via.
- Il componente del Kernel delegato a questa funzione viene chiamato scheduler





Multiutenza

- Un sistema multiutente può essere utilizzato contemporaneamente da utenti diversi. Ad ogni utente del sistema viene assegnato uno username, una password, e una cartella personale
 - /Users/nomeutente (macOS)
 - /home/nomeutente (Linux)



Console e terminali



Terminale testuale

- Con il termine console o terminale si definisce una coppia tastiera/video collegata alla macchina.
- Storicamente, per rendere accessibile una macchina da più utenti, era possibile collegare più tastiere e video allo stesso computer.
- Oggi i terminali sono virtuali.



Terminale testuale

```
chris@ubuntu:~
chris@ubuntu:~$ bash --version
GNU bash, version 4.3.46(1)-release (x86_64-pc-linux-gnu)
Copyright (C) 2013 Free Software Foundation, Inc.
License GPLv3+: GNU GPL version 3 or later <a href="http://gnu.org/licenses/gpl">http://gnu.org/licenses/gpl</a>.
This is free software; you are free to change and redistribute it.
There is NO WARRANTY, to the extent permitted by law.
chris@ubuntu:~$
```

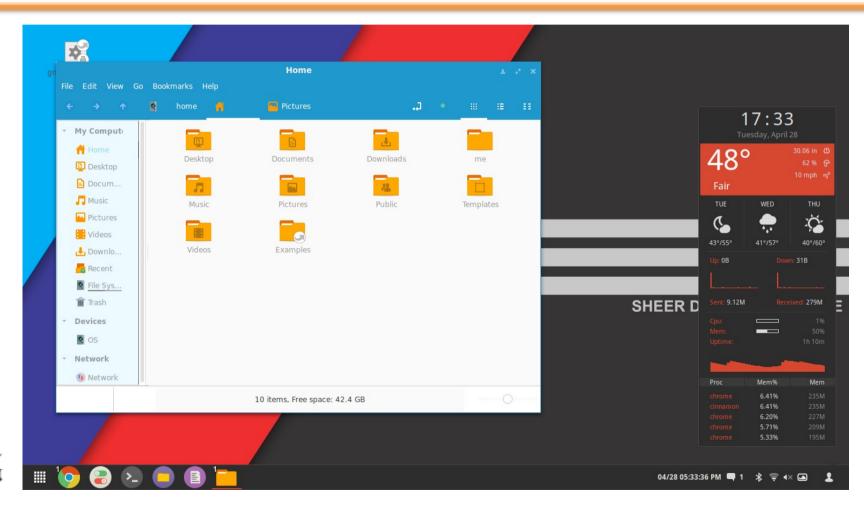


Terminale grafico

- Esistono terminali più evoluti, i cosiddetti terminali grafici che permettono di utilizzare un'interfaccia grafica (GUI) per eseguire le operazioni di input/output.
- Windows dispone di un solo terminale grafico, i sistemi Unix ne hanno diversi intercambiabili (X Window System).
- https://www.tecmint.com/best-linux-desktop-environments/



Terminale grafico





Perchè usare il terminale testuale?

- Accesso completo alla configurazione del sistema e dei servizi
- Automatizzazione e scripting
- Basso consumo di risorse computazionali
- Esistono applicazioni in cui un terminale grafico non viene installato perchè inutile (non esiste monitor) o per risparmiare risorse (apparati rete/applicazioni IoT)



Apertura e chiusura sessioni



login

woodstock login: nicola

Password: *****

Last login: Fri Mar 06 10:27:08 on ttyS2

\$_ ← shell prompt



shell

- Programma che permette di far interagire l'utente con il sistema opertivo tramite comandi
 - resta in attesa di un comando...
 - esegue commando alla pressione di <ENTER>
- La shell è un interprete di comandi
 - interpreta ed esegue comandi inseriti da tastiera o da file
 - linguaggio di scripting



Ciclo di esecuzione shell



Quale shell?

- La shell non è unica, un sistema può metterne a disposizione varie
 - Bourne shell (/bin/bash)
 - C shell (/bin/csh)
 - Fish shell (/bin/fish)
- Ogni utente può indicare la shell preferita. La scelta viene memorizzata in /etc/passwd (file di sistema contenente le informazioni degli utenti)
- Dopo il login, per ogni utente viene generato un processo shell dedicato



passwd

Per modificare la password dell'utente in esecuzione è possibile utilizzare il comando passwd [OPTION] [USER]

```
$ passwd
(current) UNIX password:
Enter new UNIX password:
Retype new UNIX password:
```



logout

- Per uscire da una shell si può utilizzare il comando exit (che invoca la system call exit() per quel processo). In alternativa:
 - exit
 - CTRL+D
- Per rientrare, va effettuato un nuovo login



shutdown

- Varie possibilità
 - \$ sudo shutdown -h now
 - \$ sudo halt
- Trattandosi di modifica al sistema (lo spegnimento coinvolge tutti gli utenti) sono necessari diritti di amministrazione
 - sudo cmd (esecuzione di un singolo comando)
 - sudo -i (shell interattiva)



Manuale in linea



man

- Esiste un manuale on-line (man), consultabile per informazioni su ogni comando Linux. Indica:
 - formato del comando (input) e risultato atteso (output)
 - descrizione delle opzioni
 - possibili restrizioni
 - file di sistema interessati dal comando
 - comandi correlati
 - eventuali bug per uscire dal manuale
- Per uscire premere q



apropos

 Per cercare una pagina di manuale di cui non si conosce il nome, è possibile usare il comando apropos per cercare tutte le pagine che contengono una keyword specifica

```
$ apropos man
```

\$ apropos top



Utenti e gruppi



Concetto di gruppo

- Sistema multiutente ⇒ problemi di privacy e di possibili interferenze: necessità di proteggere/nascondere informazioni
- Concetto di gruppo (staff, utenti, studenti): possibilità di lavorare sugli stessi documenti
- Ogni utente appartiene a un gruppo principale ma può far parte anche di gruppi secondari a seconda delle esigenze e configurazioni



Utenti

- Ogni utente è identificato univocamente all'interno del sistema mediante uno username. Gli utenti del sistema sono distribuiti in più gruppi; ogni utente fa parte di almeno un gruppo.
- Esiste un utente privilegiato, il cui username è **root**, che viene assegnato all'amministratore del sistema. **root** può modificare la configurazione dell'intero sistema.



sudo

\$ sudo apt-get update

\$ ← Prompt utente normale

Eleva i diritti di esecuzione (da utente a root) per un solo commando. *Per aggiornare il sistema sono necessari diritti di amministrazione*

\$ sudo -i

← Prompt utente root

Eleva i diritti di esecuzione in modo permanente



/etc/passwd

Username: username dell'utente

Password: la x indica che la password cifrata è presente nel file

/etc/shadow

User ID (UID): ID utente

Group ID (GID): ID del gruppo (primario) dell'utente

User ID Info: Informazioni aggiuntive

Home directory: percorso assoluto home directory utente

Command/shell: percorso assoluto shell utente

nicola : x : 1000 : 1000 : Nicola B.,,, : /home/nicola : /bin/bash



/etc/group

Group name: nome del gruppo

Password: generalmente non utilizzato. Si possono definire password di gruppo.

Group ID (GID): ID del gruppo

Group List: lista degli utenti che appartengono al gruppo

adm:x:4:syslog,nicola

sudo : *x* : 27 : *nicola*

nicola : x : 1000 :



whoami, id

```
who-am-I mostra il nome utente corrente
$ whoami
nicola

id mostra UID, GID, gruppi secondari
$ id
uid=1000(nicola) gid=1000(nicola)
groups=1000(nicola),4(adm),24(cdrom),27(sudo),30(dip),46(plugdev),116(lpadmin),126(sambashare)
```



Protezione dei file

- Multiutenza implica necessità di regolare gli accessi alle informazioni. Per ogni file, esistono 3 tipi di utilizzatori:
 - proprietario, user
 - gruppo del proprietario, group
 - tutti gli altri utenti, others
- Per ogni utilizzatore, si distinguono tre modi di accesso al file:
 - lettura (r)
 - scrittura (w)
 - esecuzione (x) (per una directory significa list del contenuto)
- Ogni file è marcato con UID e GID del proprietario
- 12 bit di protezione



File e metadati

```
host133-63:~ marco$ ls -1
                                   tot. spazio occupato (blocchi)
  total(8)
                3 paolo prof
                                  102 May 18 22:49 Desktop
  drwx----
                3 paolo prof
  drwx----
                                  102 May 18 22:49 Documents
                                   29 May 19 00:10 fl.txt
                1 pippo stud
   -rw-r--r--
                                    0 May 18 22:53 f2
                1 marco nerdz
   -rw-r--r--
                                                        nome file
                                        data ultima modifica
                                 dimensione (byte)
                 proprietario
                           gruppo
          numero di (hard) link
     permessi
tipo di file
```



Bit di protezione

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
SUID	SGID	Sticky	R	W	X	R	W	X	R	W	X
			User			Group			Others		
			PERMESSI								



chmod, chown

chmod [opzioni] mode file

Assegna diritti ad un file

\$ chmod 0755 /home/nicola/test

0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
SUID	SGID	Sticky	R	W	X	R	W	X	R	W	X
			User			Group			Others		

chown [opzioni] owner:group file

Assegna proprietario e gruppo ad un file

\$ chown nicola:nicola /home/nicola/test



SUID, SGID, Sticky

- SUID (Set User ID)
 - Si applica a un file di programma eseguibile solamente
 - Se attivo, l'utente che esegue il programma viene considerato il proprietario di quel file (solo per la durata della esecuzione)
 - È necessario per consentire lettura/scrittura su file di sistema, che l'utente non avrebbe il diritto di leggere/ modificare.
 - Esempio: passwd (vedi diritti /etc/passwd)
- SGID: come SUID bit, per il gruppo
- Sticky: il sistema cerca di mantenere in memoria l'immagine del programma, anche se non è in esecuzione



adduser, deluser

\$ sudo adduser utente Aggiunge un nuovo utente al sistema

\$ sudo deluser utente Rimuove un utente dal sistema

In alternativa, è sempre possible modificare manualmente i file /etc/passwd e /etc/group e usare il commando passwd per aggiornare la password



Processi



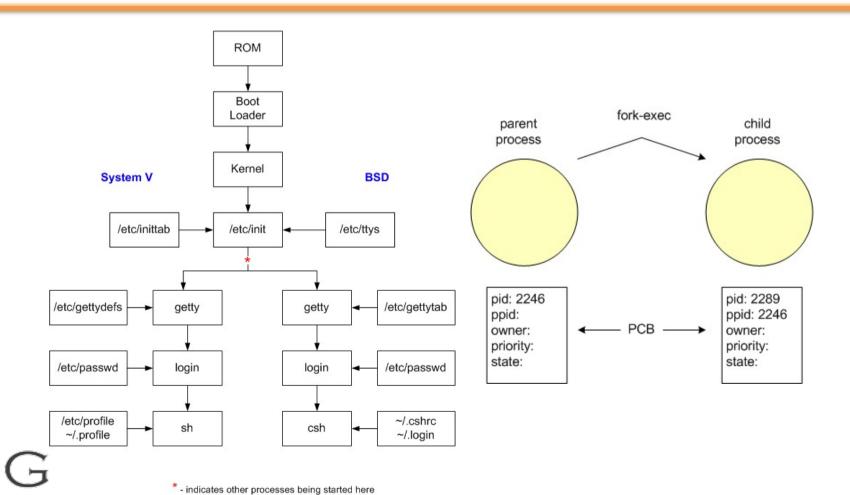
Utenti e Processi

- Ogni operazione eseguita su una macchina Unix viene effettuata a nome e per conto di un determinato utente. Non esistono task o programmi funzionanti in modalità anonima!
- Ogni programma viene eseguito per conto di un determinato utente e pertanto ne acquisisce tutti i permessi ed i vincoli.

\$ ps aux

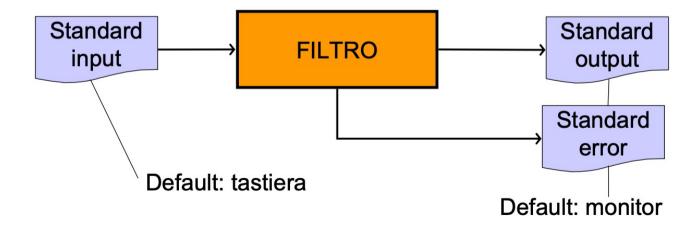


Avvio del sistema



Flussi dati standard

- I comandi UNIX si comportano come FILTRI
- Un filtro è un programma che riceve un ingresso da un input e produce il risultato su uno o più output





Esecuzione commando (processo)

- \$ ls
- I comandi principali del sistema si trovano nelle directory /bin oppure /usr/bin
- Possibilità di realizzare nuovi comandi (scripting). Per ogni comando, la shell genera un processo figlio dedicato alla sua esecuzione
- Il processo padre attende la terminazione del comando (foreground) o prosegue in parallelo (background)



Formato invocazione

- nome comando opzioni argomenti
- \$ Is -I filename
- Convenzione nella rappresentazione della sintassi comandi:
 - se un'opzione o un argomento possono essere omessi, si indicano tra quadre [opzione]
 - se due opzioni/argomenti sono mutuamente esclusivi, vengono separati da |. Ad esempio: arg1 | arg2
 - quando un argomento può essere ripetuto n volte, si aggiungono dei puntini argomento...



ps

Un processo utente in genere viene attivato a partire da un comando (da cui prende il nome). Tramite ps si può vedere (staticamente) la lista dei processi attivi. Per una rappresentazione continua si utilizza top.

nicola@ubuntu:~\$ ps

PID TTY TIME CMD

5527 pts/0 00:00:00 bash

7595 pts/0 00:00:00 ps



top – linea #1

- Ora attuale (21:34:21)
- Uptime della macchina (3:51)
- Utenti attualmente connessi (2 users)
- Media del carico di sistema. i 3 valori si riferiscono a: ultimo minuto, ultimi 5 minuti, ultimi 15 minuti.

```
ÎNG
```

top - 21:34:21 up 3:51, 2 users, load average: 1.01, 0.41, 0.25
Tasks: 134 total, 1 running, 133 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
Cpu(s): 0.7%us, 0.3%sy, 0.0%ni, 99.0%id, 0.0%wa, 0.0%hi, 0.0%si, 0.0%st
Mem: 508488k total, 466596k used, 41892k free, 59132k buffers
Swap: 407548k total, 2516k used, 405032k free, 234228k cached

top – linea #2

- Processi totali in esecuzione (134 total)
- Processi attivi (1 running)
- Processi dormienti (133 sleeping)
- Processi in stop (0 stopped)
- Processi che aspettano di essere gestiti dal processo padre (0 zombie)

```
ÎNG
```

top - 21:34:21 up 3:51, 2 users, load average: 1.01, 0.41, 0.25
Tasks: 134 total, 1 running, 133 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
Cpu(s): 0.7%us, 0.3%sy, 0.0%ni, 99.0%id, 0.0%wa, 0.0%hi, 0.0%si, 0.0%st
Mem: 508488k total, 466596k used, 41892k free, 59132k buffers
Swap: 407548k total, 2516k used, 405032k free, 234228k cached

top – linea #3

- Percentuale del carico dei processi utente (0.7%us)
- Percentuale del carico dei processi di sistema (0.3%sy)
- Percentuale del carico dei processi con priorità di aggiornamento nice (0.0%ni)
- Percentuale di inattività della cpu (99.0%id)
- Percentuale dei processi in attesa di operazioni I/O (0.0%wa)

```
ÎNG
```

```
top - 21:34:21 up 3:51, 2 users, load average: 1.01, 0.41, 0.25
Tasks: 134 total, 1 running, 133 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
Cpu(s): 0.7%us, 0.3%sy, 0.0%ni, 99.0%id, 0.0%wa, 0.0%hi, 0.0%si, 0.0%st
Mem: 508488k total, 466596k used, 41892k free, 59132k buffers
Swap: 407548k total, 2516k used, 405032k free, 234228k cached
```

Filesystem



Tutto è file

- File come risorsa logica costituita da sequenza di bit, a cui viene dato un nome
- Astrazione che consente di trattare allo stesso modo entità fisicamente diverse come file di testo, dischi rigidi, stampanti, direttori, tastiera, video, ...
 - Ordinari: archivi di dati, comandi, programmi sorgente
 - Directory: contengono riferimenti a file
 - Speciali: dispositivi hardware, FIFO, soft links



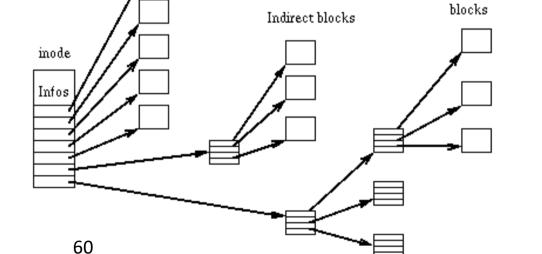
Tutto è file

- È possibile nominare un file con una qualsiasi sequenza di caratteri (max 255), a eccezione di '.' e '..'
- È sconsigliabile utilizzare per il nome di file dei caratteri speciali, ad es. metacaratteri e segni di punteggiatura
- Ad ogni file possono essere associati uno o più nomi simbolici (link) ma ad ogni file è associato un solo i-node



i-node

Direct blocks



Double indirect

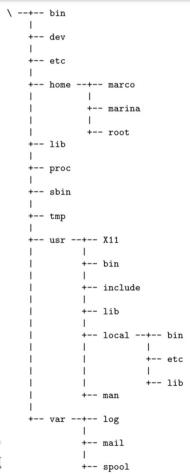


File di testo, file binario

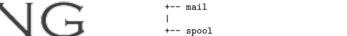
- File di testo: leggibile da un essere umano. I dati contenuti rappresentano caratteri (ASCII o Unicode)
- **File binario**: richiede specifica interpretazione di un software per essere letto (mp3, jpg, mp4)
- **Tipo di file**: lo specifico tipo di informazione contenuta nel file (audio, immagini, testo)
- Estensione: i caratteri terminali del nome di un file (di solito 3) che su alcuni sistemi, ad esempio Windows ne rappresentano il tipo



Struttura file system



- Ogni sottocartella di / rappresenta un gruppo di file con uno scopo preciso
- Varia fra i sistemi. In generale:
 - /bin binari essenziali (sistema di base)
 - /etc file di configurazione
 - /home home degli utenti
 - /proc interfaccia verso il kernel
 - /tmp file temporanei
 - /usr binari non essenziali (applicazioni)
 - /var log di sistema



Gerarchie

- All'atto del login, l'utente comincia ad operare all'interno di una specifica directory (/home/nomeutente)
- In seguito è possibile cambiare directory
- Il sistema operativo mette a disposizione comandi per orientarsi (cd, pwd)

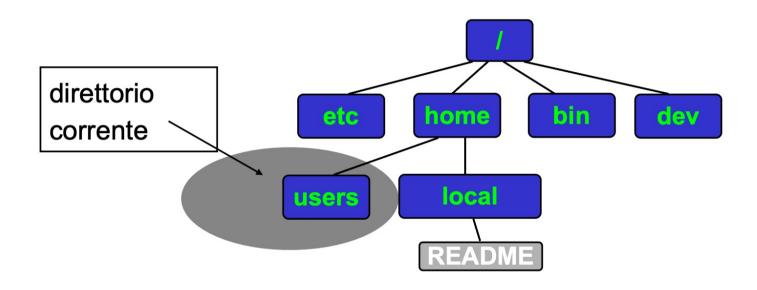


Nomi assoluti e relativi

- Ogni utente può specificare un file attraverso:
 - nome relativo: è riferito alla posizione dell'utente nel file system (direttorio corrente)
 - nome assoluto: è riferito alla radice della gerarchia. Inizia SEMPRE con /
- Nomi particolari:
 - direttorio corrente (visualizzato da pwd)
 - .. direttorio 'padre'
 - ~ home utente



Nomi assoluti e relativi



nome assoluto: /home/local/README

nome relativo: ../local/README



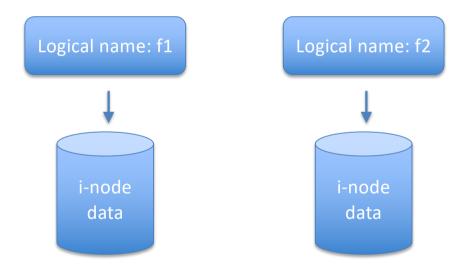
Links

- Le informazioni contenute in un file possono essere visibili attraverso nomi diversi, tramite "riferimenti" (link) allo stesso file fisico
- SO considera e gestisce la molteplicità possibile di riferimenti: se un file viene cancellato, le informazioni sono veramente eliminate solo se non ci sono altri link a esso
- Due tipi di link:
 - link fisici (\$ In src dst)
 - link simbolici (\$ In –s src dst)



cp vs ln vs ln -s

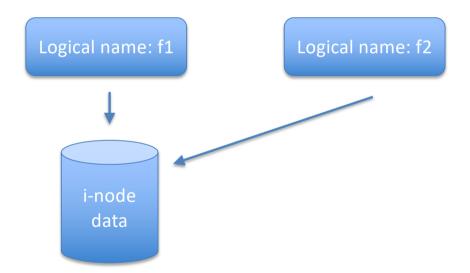
\$ cp /home/nicola/f1 /home/nicola/f2





cp vs ln vs ln -s

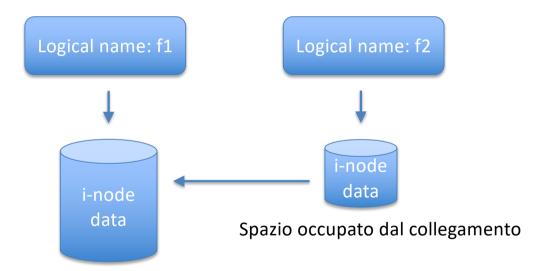
\$ ln /home/nicola/f1 /home/nicola/f2





cp vs ln vs ln -s

\$ ln -s /home/nicola/f1 /home/nicola/f2





stat

• Fornisce una rappresentazione dettagliata dello stato di un file. Il formato di output è configurabile.

\$ stat /etc/passwd

File: /etc/passwd

Size: 2462 Blocks: 8 IO Block: 4096 regular file

Device: 801h/2049d **Inode**: 132607 **Links**: 1

Access: (0644/-rw-r--r--) **Uid**: (0/ root) **Gid**: (0/ root)

Access: 2020-04-03 08:17:01.642000837 -0700

Modify: 2020-03-09 06:49:17.914593212 -0700

Change: 2020-03-09 06:49:17.918592969 -0700

Birth: -



Composizione filesystem



mount

- Un file system (contenuto su qualsiasi dispositivo) per essere utilizzato deve essere montato su un file system esistente, usando una directory come punto di attacco.
 - Ad esempio, per le chiavette USB
- La directory di aggancio prende il nome di mount point.

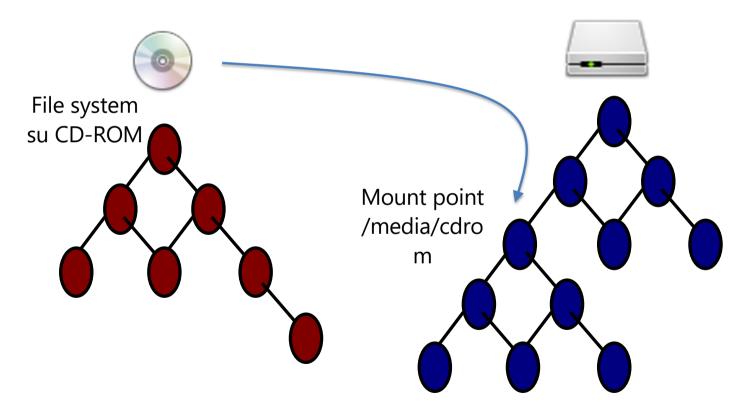


umount

- Il file system può essere staccato dal suo mount point tramite l'operazione di unmount (inversa di mount).
- Per motivi di efficienza, le scritture su di un file system sono eseguite in blocco, al momento più favorevole.
- Estrarre fisicamente un dispositivo senza aver smontato il suo file system può portare corruzione dei dati!



Esempio mount





Installazione pacchetti



apt

- apt è il comando per la gestione (update/search/show/install/remove) di pacchetti in distribuzioni derivate da Debian
- /etc/apt/sources.list contiene la lista dei repository attivi
- L'installazione o la rimozione di software di sistema richiede diritti di amministrazione (sudo)



apt

- apt update aggiorna lista dei pacchetti disponibili
- apt search pkgname cerca pacchetti in base a parole chiave
- apt show pkgname mostra i dettagli di un pacchetto
- apt install pkgname installa un pacchetto e le sue dipendenze
- apt remove pkgname rimuove un pacchetto
- apt autoremove rimuove pacchetti inutili (dipendenze di pacchetti rimossi in precedenza)
- apt clean rimuove tutti i pacchetti scaricati



apt

```
$ sudo apt update
$ sudo apt search mc
$ sudo apt install mc
$ mc
```

\$ sudo apt remove mc \$ sudo apt autoremove \$ sudo apt clean

