

Sistemi Operativi, Secondo Modulo, Canale A–L e Teledidattica

Riassunto della lezione del 07/03/2022

Igor Melatti

I processi

- Un sistema operativo Linux è composto, oltre che da files, da processi in esecuzione
 - volendola dire tutta: *Ogni risorsa di un sistema Linux è o un file o un processo*
- Ogni file *eseguibile* può diventare un processo in esecuzione
 - è sufficiente invocarlo, ad esempio con un comando sulla shell
 - ma anche cliccando 2 volte (o 1 volta, se si trova in un menu) sull'icona del file nell'interfaccia grafica
 - quasi tutti i comandi visti finora creano un processo
 - pochissime eccezioni, che riguardano tutte i cosiddetti *comandi built-in* delle shell
 - * ad esempio, ricade in questa categoria il comando `cd`
 - * analogamente, c'è anche il comando `echo [argomenti]`, che scrive su schermo tutto quello che c'è in `argomenti` (con qualche eccezione sui caratteri speciali; ci ritorneremo)
 - in questi casi, il tutto viene gestito dalla shell (ovvero dal processo in esecuzione che gestisce la shell) senza creare un ulteriore processo
 - ad esempio, per gestire `cd`, sarà sufficiente cambiare valore di una particolare variabile del programma della bash... non serve creare un processo per fare ciò
 - comunque, qualsiasi computazione è contenuta, in qualche modo, dentro ad un processo
- Quindi, un processo è un'istanza di un file eseguibile che sia effettivamente in esecuzione
 - se si esegue k volte lo stesso file, si creano k processi

- non è necessario aspettare che un processo termini per lanciarne un altro: Linux è *multi-processo* (o *multitasking*)
- se si esagera, le prestazioni del sistema risulteranno degradate
- Ogni processo è identificato da un numero, detto *PID* (*Process Identifier*)
 - in un dato istante, non ci possono essere 2 processi con lo stesso PID
 - tuttavia, una volta che un processo è terminato, il suo PID viene “liberato”, e potrebbe essere prima o poi riusato per un altro processo
- Ogni processo è rappresentato in memoria da:
 - 1 struttura dati mantenuta in RAM dal kernel e denominata *PCB* (*Process Control Block*); in tale struttura dati sono presenti i seguenti campi:
 - PID:** Process Identifier
 - PPID:** Parent Process Identifier
 - Real UID:** Real User Identifier
 - Real GID:** Real Group ID
 - Effective UID:** Effective User Identifier
 - Effective GID:** Effective Group ID
 - Saved UID:** Saved User Identifier
 - Saved GID:** Saved Group Identifier
 - Current Working Directory:** directory di lavoro corrente
 - Umask:** file mode creation mask
 - Nice:** priorità statica del processo
 - 6 aree di memoria (che possono essere all’occorrenza swappate su memoria virtuale, ovvero su disco), vedere anche Figura 1:
 - Text Segment:** le istruzioni da eseguire (in linguaggio macchina)
 - Data Segment:** i dati *statici* (ovvero, variabili globali e variabili locali *static*) inizializzati e alcune costanti di ambiente
 - BSS:** i dati *statici* non inizializzati (sta per *block started from symbol*); la distinzione dal segmento dati si fa per motivi di realizzazione hardware
 - Heap:** i dati *dinamici* (allocati con `malloc` e simili)
 - Stack:** le chiamate a funzioni, con i corrispondenti dati *dinamici* (variabili locali non *static*)
 - Memory Mapping Segment:** tutto ciò che riguarda librerie esterne dinamiche usate dal processo, nonché estensione dello heap in alcuni casi (system call `mmap`)
 - il PCB è uno per ogni processo; invece, alcuni processi potrebbero condividere (*sharing*) alcune delle 6 aree di memoria elencate sopra

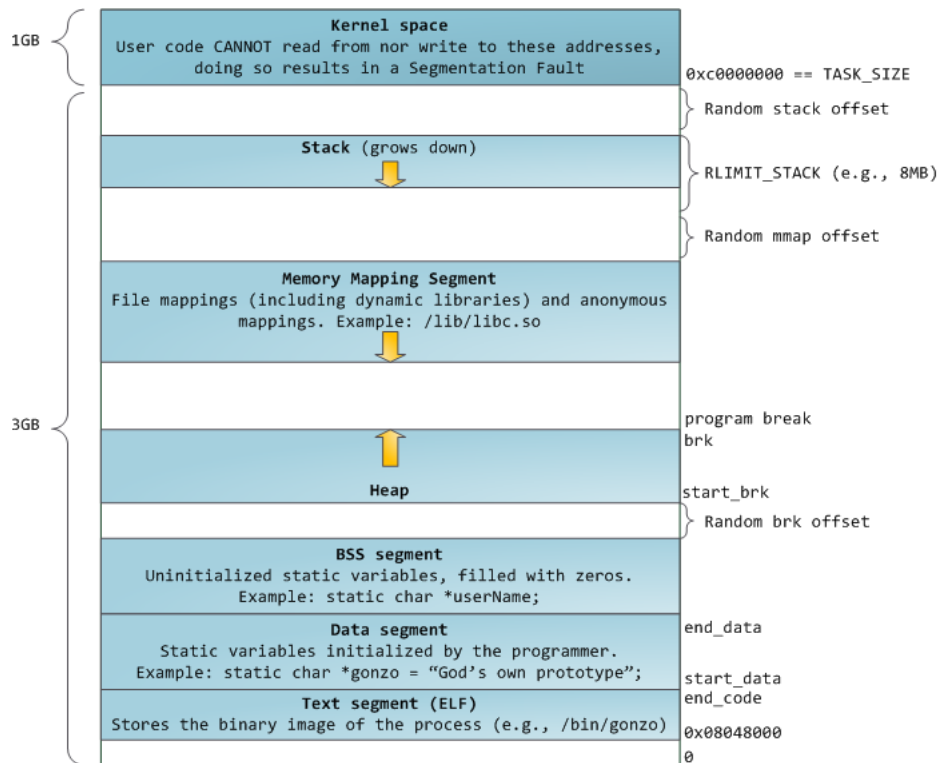


Figure 1: Processi in Linux

- * per esempio, se lancio 2 volte lo stesso programma, tipicamente il suo text segment viene caricato in memoria una volta sola
- * è possibile che due processi condividano una parte dello heap, se si usano particolari accorgimenti in fase di programmazione
- * lo stack non è mai condiviso
- Parentesi sui thread: da un punto di vista del PCB, per Linux ogni thread è un processo (*lightweight process*)
 - * quindi, ogni thread di uno stesso processo ha un PID diverso
 - * semplicemente, esistono macro interne al kernel che permettono facilmente di trovare tutti i PID dei thread di uno stesso processo
 - * i thread di uno stesso processo condividono tutte le suddette aree di memoria, con l'eccezione dello stack, che invece è uno dedicato per ogni thread
- Ogni processo ha uno *stato* (ma sarebbe meglio parlare di modalità) preso tra i seguenti:
 - Running (R):** in esecuzione su un processore
 - Runnable (R):** non è in attesa di alcun evento, quindi può essere eseguito (ma non lo è perché lo scheduler ancora non lo ha (ri)selezionato)
 - (Interruptible) Sleep (S):** è in attesa di un qualche evento (ad esempio, lettura di blocchi dal disco), e non può quindi essere scelto dallo scheduler
 - Zombie (Z):** il processo è terminato e le sue 6 aree di memoria non sono più in memoria; tuttavia, il suo PCB viene ancora mantenuto dal kernel perché il processo padre non ha ancora richiesto il suo “exit status” (ritorneremo su questo punto)
 - Stopped (T):** caso particolare di *sleeping*: avendo ricevuto un segnale STOP, è in attesa di un segnale CONT
 - Traced (t):** in esecuzione di debug, oppure in generale in attesa di un segnale (altro caso particolare di *sleeping*; vedere più avanti)
 - Uninterruptible sleep (D):** come sleep, ma tipicamente sta facendo operazioni di IO su dischi lenti e non può neanche essere ucciso
- Negli esempi che seguono, si useranno due semplici comandi per creare processi: `sleep number[suffix]` e `yes [string]`
 - il primo si mette in pausa per `number` secondi (o ore, se `suffix` è `h`, o minuti, se `suffix` è `m`, o giorni, se `suffix` è `d`)
 - il secondo scrive all'infinito `y`, andando ogni volta a capo (oppure `string`, se viene data); per ora, verrà eseguito nel seguente modo: `yes niente > /dev/null`
 - serve ad evitare che generi output

- Uso del carattere `&` (*ampersand*): come lanciare un processo in *background*
 - non disponibile in tutte le shell, ma in bash sì
 - è strettamente collegato al concetto di *job*
 - per i nostri fini, un job è un comando che può essere eseguito in 2 modalità:
 - foreground:** praticamente tutti i casi visti finora, in cui non c'era il `&`. Il comando può leggere l'input da tastiera e scrivere su schermo; finché non termina, il prompt non viene restituito e non si possono sottomettere altri comandi (o job...) alla shell
 - background:** il caso di `geany` (usabile con tutti i programmi grafici...), in cui c'era il `&`. Il comando non può leggere l'input da tastiera ma può scrivere su schermo. Il prompt viene immediatamente restituito; mentre il job viene eseguito in background, si possono da subito dare altri comandi alla shell
 - * nota: se lanciate in background un programma che deve leggere da tastiera, quello si blocca (cioè, va in stato stopped) non appena avviene la richiesta di input da tastiera
 - * e fin qui, niente di strano, lo farebbe anche un programma in foreground
 - * il problema è che il programma in foreground ha il terminale a sua disposizione, dal quale acquisire il suo input da tastiera
 - * quello in background no, quindi resterà in stopped per sempre
 - * a meno che non lo si riporti in foreground (provare ad esempio con il comando `bc`, che è un basic calculator)
 - * il problema è risolvibile a monte (ovvero, a tempo di esecuzione del programma) usando le redirezioni, ci arriveremo
 - per ogni shell, ci può essere quindi un solo job in foreground, ma tanti in background (numerati con un id speciale, chiamato *job id*, progressivo da 1)
 - quando un job in background termina, l'utente viene avvisato (una volta terminato il primo comando che viene dato dopo la terminazione)
 - comando built-in `jobs [-l] [-p]`: mostra i job in background (ovviamente, solo della shell attuale); senza nessuna opzione, mostra numero del job e comando completo; con `-l` mostra anche il PID del processo corrispondente
 - una precisazione: in realtà, ogni job può contenere più comandi, concatenati in *pipelining*
 - in questo caso, `jobs -l` mostra, per ogni job, tutti i PID dei processi coinvolti

- ci ritorneremo quando parleremo del pipelining
 - per mandare un job in background c'è anche una via alternativa: lo si lancia in foreground, poi si preme CTRL+z (vedere più sotto) e si scrive `bg`
 - il CTRL+z ha l'effetto di mettere il processo in stato *stopped*: potrà essere nuovamente rischedulato solo dopo che avrà ricevuto un segnale di continuazione, che è quello che fa `bg`
 - inutile fare `man bg`: è built-in di bash, quindi occorre fare `man bash` e cercare `bg`; oppure, `help bg`
 - da notare che si possono inviare molti comandi, premendo poi CTRL+z ogni volta, e senza scrivere poi `bg`
 - se a questo punto si vuole riportare in esecuzione in background uno qualsiasi dei job stoppati, come si fa?
 - occorre aver fatto caso al numeretto tra parentesi quadre che la bash ha ritornato dopo la pressione del CTRL+z
 - in alternativa, è lo stesso che viene mostrato dal comando `jobs`
 - a quel punto si può dare il comando `bg %n`, se *n* è il numero del job così determinato
 - in alternativa, c'è anche il comando `fg %n`, che prende un job in background e lo porta in foreground
 - `fg` può essere usato anche su un job stopped (ad esempio, dopo un CTRL+z); anche qui, il processo viene riportato in vita, ma questa volta in foreground
 - volendo complicarsi la vita, si possono identificare job anche con:
 - * `%prefix`: dove `prefix` è la parte iniziale del comando del job desiderato;
 - * `%+` oppure `%:`: l'ultimo job mandato
 - * `%-`: il penultimo job mandato
- Comando `ps [opzioni] [pid...]`: mostra informazioni sui processi in esecuzione
 - qui le opzioni sono molte e variegate, alcune con significato simile se non uguale
 - il problema è che si mischiano opzioni “UNIX” (dash singolo), opzioni “BSD” (senza dash, comune anche ad altri comandi), e opzioni “GNU” (con doppio dash, non raggruppabili)
 - si possono mischiare le opzioni tra loro, ma il suggerimento è di non farlo (si rischiano confusione e comportamenti imprevisti)
 - senza nessun argomento, mostra solo i processi dell'utente attuale, che siano stati lanciati dalla shell corrente

- ovviamente, occorre che siano stati lanciati in background, altrimenti la shell non restituisce il prompt e quindi non si può dare questo comando (con l'eccezione dello stesso processo `ps...`)
- dei processi, sempre senza argomenti, mostra il PID (header: PID), il terminale da cui sono stati lanciati (header: TTY), il tempo di CPU (somma di user e system time, non considera ovviamente le attese, header: TIME), ed il comando usato (senza argomenti, header: CMD)
- per prepararsi ad un esempio, lanciare:


```
sleep 60 &
sleep 80 &
yes niente > /dev/null &
yes altroniente > /dev/null &
```
- provare a dare il comando `jobs -l`
- provare prima con solo `ps`; aprire un'altra finestra e scrivere nuovamente `ps`
- nel seguito, vengono esposte le più importanti opzioni di `ps`, nel formato "UNIX":
 - e**: mostra tutti i processi in esecuzione, di qualsiasi utente essi siano
 - * dati su qualsiasi shell, o non dati da shell
 - * infatti, i processi potrebbero essere stati creati come figli da parte di altri processi
 - * e potrebbero essere figli dei processi "nati" durante il boot, o lanciati tramite interfaccia grafica
 - * da notare che anche i processi lanciati da shell sono "figli" di un altro processo: la shell stessa
 - * l'unica eccezione al fatto che "tutti i processi nascono da altri processi" è il processo 0, che viene creato accendendo la macchina (e termina dopo aver creato il processo 1, sempre presente mentre Linux è in esecuzione)
 - u {utente,}**: mostra tutti i processi dei soli utenti specificati
 - p {pid,}**: mostra tutti i processi aventi i pid specificati
 - * si può ottenere lo stesso effetto dando tali pid come argomenti (ovviamente, separati da spazi e non da virgole)
 - f**: aggiunge alle informazioni mostrate anche (vengono qui riportati con gli header corrispondenti):
 - * PPID (*parent ppid*: pid del processo che ha creato questo processo); per i processi lanciati da una certa bash, sono tutti figli della bash...
 - * C: parte intera della percentuale di uso della CPU

- * STIME (o START): l'ora in cui è stato fatto invocato il comando, oppure la data se è stato fatto partire da più di un giorno
 - * TIME: tempo di CPU usato finora
 - * CMD: comando con argomenti
- 1: aggiunge alle informazioni mostrate anche (vengono qui riportati con gli header corrispondenti):
- * F: flags associati al processo; può valere: 0, 1, 4, 5
 - 1: il processo è stato “forkato”, ma ancora non eseguito
 - 4: ha usato privilegi da superutente (da notare che li deve aver usati, i privilegi, non solo avere il potere di usarli)
 - 5: entrambi i precedenti
 - 0: nessuno dei precedenti
 - comunque poco utile: l'opzione -y, se abbinata a -1, lo toglie
 - * S: stato (modalità) del processo in una sola lettera, vedere sopra (le lettere corrispondenti sono tra parentesi)
 - * UID: utente che ha lanciato il processo (si tratta dell'utente effettivo, quindi in caso di setuid non è necessariamente chi ha dato il comando; quest'ultima informazione è nel RUID, o *real UID*)
 - * PID
 - * PPID
 - * C
 - * PRI: attuale priorità del processo (più il numero è alto, minore è la priorità)
 - * NI: valore di nice, da aggiungere alla priorità (vedere più avanti)
 - * ADDR: indirizzo in memoria del processo, ma è mostrato (senza valore) solo per compatibilità all'indietro (infatti, c'è l'opzione -y che, combinata con -1, lo toglie)
 - * SZ: dimensione totale attuale del processo (tutti i 6 campi detti sopra), ma in numero di pagine
 - da non confondere con RSS (*resident set size*), mostrata al posto di ADDR se c'è anche l'opzione -y: questa volta viene mostrata la dimensione attuale del processo (in kB), ma limitatamente alla parte in memoria principale
 - quindi, sono escluse dal conteggio di RSS le pagine swap-pate su memoria secondaria per via del meccanismo della memoria virtuale
 - inoltre, c'è il campo VSZ (per mostrarlo, vedere più sotto): mostra SZ in kB

- * WCHAN: se il processo è in attesa di un qualche segnale o comunque in sleep, qui c'è la funzione del kernel all'interno della quale si è fermato
- * TTY
- * TIME
- * CMD
- o {field,}: per scegliere quali campi visualizzare; nel man ci sono gli acronimi; ad esempio, per visualizzare il campo VSZ, occorre dare -o vsz oppure -o vsize
 - * attenzione, non può essere data insieme a -l
 - * l'opzione -o vsz mostra *solo* VSZ...
- **esercizio:** copiare /bin/sleep nella directory corrente, cambiargli proprietario e gruppo in root e mettergli il setuid (occorre sudo...); dopodoché, lanciarlo in background e farsi stampare sia l'utente reale che quello effettivo del processo
- Comando top [-b] [-n num] [-p {pid,}]: un ps interattivo e che fa refresh ogni pochi secondi
 - con l'opzione -b non accetta più comandi interattivi, ma continua a fare refresh ogni pochi secondi
 - con l'opzione -n num fa solo num refresh
 - l'opzione -p è come quella di ps
 - una volta aperto in modo interattivo, basta premere ? per avere la lista dei comandi accettati (tipicamente, sono singole lettere)
 - **esercizio:** fare in modo che ps abbia lo stesso output di top -b -n1
- Mandare un segnale ad un processo o ad un job: comando kill [-l [signal]] [-signal] [pid...]
 - si chiama kill e può essere usato per “uccidere” (terminare) un processo ma non è l'unico motivo per cui lo si usa
 - con l'opzione -l mostra quali segnali possono essere usati
 - viene usato per mandare il segnale signal (che può essere o un numero o il nome del segnale, anche senza SIG) ai processi dati come argomento (o a tutti i processi, se l'argomento non c'è)
 - i segnali verranno presi in considerazione solo se il *real user* del processo ricevente è lo stesso del processo che invia il segnale (oppure, se lo invia un processo di un superuser)
 - un processo che riceve un segnale fa o un'azione predefinita (vedere man 7 signal) o un'azione personalizzata (su questo torneremo in un'altra lezione)

HANDLING NON-RESPONDING & FROZEN APPLICATIONS

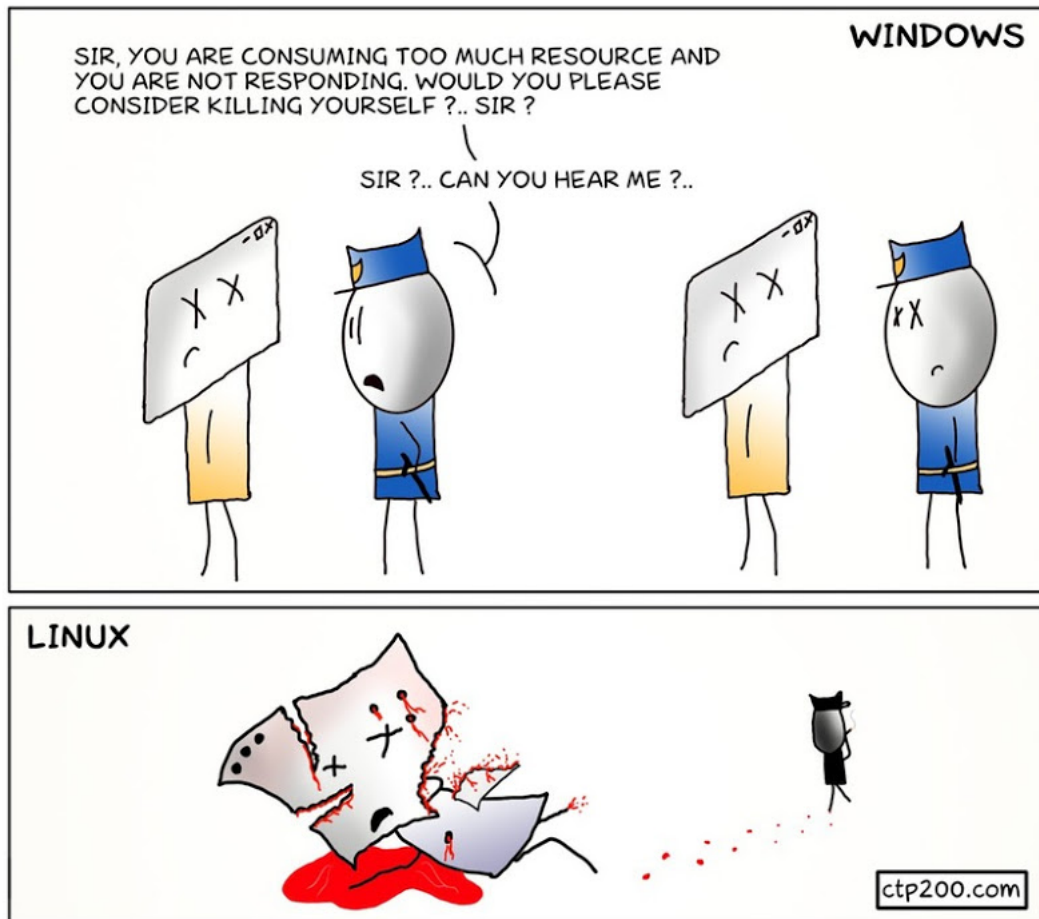


Figure 2: Killare un processo in Linux e Windows

- per ora ci limiteremo ai segnali per la sospensione di processi (SIGSTOP e SIGTSTP), per la continuazione di processi stoppati (SIGCONT) e per la terminazione di processi in esecuzione (SIGKILL e SIGINT)
 - per mandare SIGSTOP si può scrivere o `kill -SIGSTOP pid` o `kill -STOP pid` o `kill -19 pid`
 - alcuni segnali possono essere mandati ad un comando (che sia però un job in foreground nella shell attuale) usando la tastiera: CTRL+z manda SIGTSTP, CTRL+c manda SIGINT
 - il comando `bg` manda SIGCONT al job indicato (l'ultimo se non ci sono argomenti)
 - si possono lanciare segnali a job usando la stessa notazione con il carattere % vista per `bg` e `fg`
 - **esercizio:** lanciare un processo in foreground, poi (usando un'altra shell...) simulare la pressione di CTRL+z e di CTRL+c, nonché il comando `bg` (per sapere il PID di un processo in esecuzione su un'altra shell, si può usare il nome del comando, vedere l'opzione `-C` di `ps`)
 - **esercizio:** verificare di avere almeno un GB di spazio, e creare con `dd` un file di 1 GB (tutto di zeri). Subito dopo averlo lanciato, mandare al processo di `dd` il segnale USR1. Cosa succede?
- Comandi `nice [-n num] [comando]` e `renice priority {pid}`
 - il *nice*ness può essere pensato come una addizione sulla priorità: se positivo, ne aumenta il valore (quindi la priorità decresce), altrimenti ne diminuisce il valore (la priorità cresce)
 - va da -19 a +20, con default a 0
 - `nice` senza opzioni dice quant'è il niceness di partenza (zero)
 - altrimenti, lancia `comando` (che potrebbe avere delle sue opzioni, più o meno come con `sudo`) con niceness `num` (0 se non dato)
 - `renice` invece interviene su processi già in esecuzione
 - infatti, richiede dei PID (ci sarebbero anche altre opzioni per fargli avere effetti sui processi di un dato utente/gruppo, ma soprassediamo)
 - **esercizio:** quindi, basterebbe mettere `-n num` negativo per avere una migliore esecuzione per i propri processi! provare...
 - Comando `strace [-p pid] [comando]`
 - se `comando` è dato, lo lancia e visualizza tutte le sue system call
 - altrimenti, visualizza le system call del processo con PID `pid` (ma bisogna essere superuser)