Genesi – 1

- **DTSS** (Dartmouth College Time Sharing System, 1964)
  - Il primo elaboratore multiutente a divisione di tempo
  - Programmato in BASIC e ALGOL
  - Presto soppiantato da
- **CTSS** (MIT Compatible Time Sharing System, in versione sperimentale dal 1961)
  - Enorme successo nella comunità scientifica
  - Induce MIT, Bell Labs e GE alla collaborazione nel progetto di
- **MULTICS** (Multiplexed Information and Computing Service, 1965)
  - Quando Bell Labs abbandona il progetto, Ken Thompson, uno degli autori di MULTICS, ne produce in assembler una versione a utente singolo
- **UNICS** (UNiplexed "ICS", 1969) **UNIX**

Genesi – 2

- **1974**
  - Nuova versione di UNIX per PDP-11 completamente riscritta in **C** con Dennis Ritchie
    - Linguaggio definito appositamente come evoluzione del rudimentale **BCPL** (*Basic Combined Programming Language*)
  - Enorme successo grazie alla diffusione di PDP-11 (*Programmed Data Processor*) nelle università
    - 2 kB *cache*, 2 MB RAM
- **1979**
  - Rilascio di **UNIX v7**, "la" versione di riferimento
    - Perfino Microsoft lo ha inizialmente commercializzato!
      - Sotto il nome di **Xenix**, ma solo a costruttori dell'*hardware* degli elaboratori (p.es.: Intel)

Genesi – 3

- **Portabilità di programmi**
  - Programma scritto in un linguaggio ad alto livello dotato di compilatore per più elaboratori
    - È desiderabile che il compilatore stesso sia portabile
  - Dipendenze limitate ad aspetti specifici della architettura destinazione
    - Dispositivi di I/O, gestione interruzioni, gestione di basso livello della memoria
- **Diversificazione degli idiomi** (1979 – 1986)
  - Avvento di **v7** e divaricazione in due filoni distinti:
    - **System V** (AT&T → Novell → **S**anta **C**ruz **O**peration)
      - Incluso Xenix …
    - **4.x BSD** (Berkeley Software Distribution)

Genesi – 4

- **Standardizzazione** (1986 -)
  - **POSIX** (Portable Operating System Interface for UNIX) racchiude e completa il meglio di **System V** e **BSD** secondo esperti "neutrali"
    - IEEE → ISO/IEC
    - Definisce l'insieme standard di procedure di libreria
      - La maggior parte contiene chiamate di sistema
      - Servizi utilizzabili da linguaggi ad alto livello

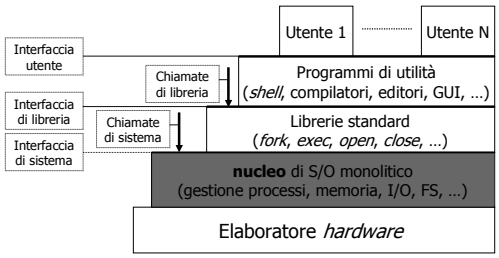
Genesi – 5

- **Scelte architetturali per cloni UNIX**
  - ***Micro-kernel*** : MINIX (Tanenbaum, 1987)
    - Nel nucleo solo processi e comunicazione
    - Il resto dei servizi (p.es. : FS) realizzato in processi utente
      - MINIX non copre tutti i servizi UNIX
  - **Nucleo monolitico** : GNU/Linux (Linus Torvalds, 1991)
    - Clone completo aderente a POSIX con qualche libertà (il meglio di BSD e System V)
    - Modello *open-source* (scritto nel C compilato da **gcc** – ***GNU*** *C compiler*)
    - Parallelo al progetto **GNU** (GNU is NOT UNIX!) `http://www.gnu.org`

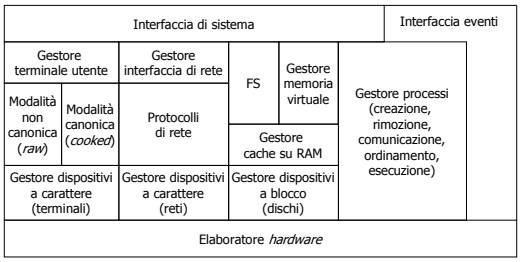
Visione generale – 1

- Sistema multi-programmato multi-utente
  - Orientato allo sviluppo di applicazioni
  - Progettato per semplicità, eleganza e consistenza
    - **NO** a complessità da compromessi di compatibilità verso il passato
    - **SI** a specializzazione e flessibilità
      - Ogni servizio fa una sola cosa (bene)
      - Facile combinare liberamente più servizi in attività più sofisticate
- Architettura a livelli gerarchici

Livelli gerarchici



Architettura di nucleo



Interfaccia utente

- UNIX nasce con interfaccia per linea di comando (*shell*)
  - Più potente e flessibile di GUI ma intesa per utenti più esperti
  - Una *shell* per ogni terminale (**`xterm`**)
    - Lettura dal *file* "*standard input*"
    - Scrittura sul *file* "*standard output*" o "*standard error*"
    - Inizialmente associati al terminale stesso (visto come *file*)
    - Possono essere re-diretti (< per `stdin`, > per `stdout`)
  - Caratteri di *prompt* indicano all'utente dove editare il comando
  - Comandi compositi possono associare uscita di comandi ad ingresso di altri mediante | (*pipe*) e combinati in sequenze interpretate (*script*)
  - In modalità normale la *shell* esegue un comando alla volta
  - Comandi possono essere inviati all'esecuzione liberando la *shell* (&, *background*)

Gestione dei processi (UNIX) – 1

- **Processo**
  - La sola entità attiva nel sistema
  - Inizialmente definito come sequenziale (a singolo flusso di controllo)
  - Concorrenza a livello di processi
    - Molti attivati direttamente dal sistema (*daemon*)
    - Creazione mediante **`fork`**`()`
    - La discendenza di un processo costituisce un "gruppo"
    - Comunicazione mediante scambio messaggi (*pipe*) e invio di segnali (*signal*) entro un gruppo

Gestione dei processi (UNIX) – 2

- Processi con più flussi di controllo interni (*thread*)
  - 2 scelte realizzative possibili per gestire *thread*
    - Nello spazio di nucleo
    - Nello spazio di utente
      - Più facile da aggiungere
      - Il nucleo però ordina solo i processi
  - POSIX non impone una particolare scelta
  - Una *thread* può svolgere compiti specializzati
  - La creazione di una *thread* le assegna identità, attributi, compito ed argomenti

```
res = pthread_create( &tid, attr, fun, arg )
```


Gestione dei processi (UNIX) – 3

- Completato il lavoro, la *thread* termina se stessa volontariamente (**`pthread_exit`**)
- Una *thread* può sincronizzarsi con la terminazione di un'altra (**`pthread_join`**)
- L'accesso a risorse condivise viene sincronizzato mediante semafori a mutua esclusione **`pthread_mutex{_init, _destroy}`**
- L'attesa su condizioni logiche (p.es. : risorsa libera) avviene mediante variabili speciali simili a *condition variables* (ma senza *monitor*)

Gestione dei processi (UNIX) – 4

- Una *thread* può avere 2 "modi" operativi
  - **Normale** : esecuzione nello spazio di utente (propri diritti, memoria virtuale, risorse)
  - **Nucleo** : esecuzione con i privilegi, la memoria virtuale e le risorse di nucleo
  - Il cambio di modo consegue a una chiamata di sistema
    - Chiamata incapsulata in una procedura di libreria per consentirne l'invocazione da C

Gestione dei processi (UNIX) – 5

- 2 strutture di nucleo per gestione processi
  - **Tabella dei processi**
    - Permanentemente in RAM, descrive per tutti i processi
      - Parametri di ordinamento (p.es. : priorità, tempo di esecuzione cumulato, tempo di sospensione in corso, …)
      - Descrittore della memoria virtuale del processo
      - Lista dei segnali significativi e del loro stato
      - Stato, identità, relazioni di parentela, gruppo di appartenenza
  - **Descrittore degli utenti**
    - In RAM solo per i processi attivi
      - Parte del contesto (immagine dei registri dell'elaboratore)
      - Stato dall'ultima chiamata di sistema (parametri, risultato)
      - Tabella dei descrittori dei *file* aperti
      - Crediti del processo
      - *Stack* da usare in modo nucleo

Esempio
Esecuzione di comando di shell – 1

Codice semplificato di un processo *shell*

```
while (TRUE) {
   type_prompt(); // mostra prompt sullo schermo
   read_command(cmd, par); // legge linea comando
1  pid = fork();
   if (pid < 0) {
      printf("Errore di attivazione processo.\n");
      continue; // ripeti ciclo
   };
   if (pid != 0) {
      waitpid(-1, &status, 0); // attende la terminazione
                               // di qualunque figlio
   } else {
2     execve( cmd, par, 0);
   }
}
```

Codice eseguito dal padre

Codice eseguito dal figlio

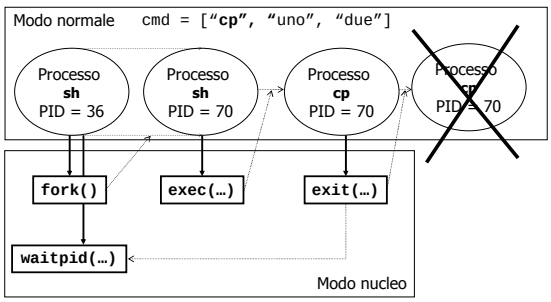
Esempio
Esecuzione di comando di shell – 2

1. Il processo chiamante passa in **modo nucleo** e prova ad inserire i dati sul figlio nella Tabella dei Processi (incluso il suo PID). Se riesce, alloca memoria per *stack* e dati del figlio. Il codice del figlio è ancora lo stesso del padre

2. La linea di comando emessa dall'utente viene passata al processo figlio come *array* di stringhe. La **exec**, che opera in **modo nucleo**, localizza il programma da eseguire e lo sostituisce al codice del chiamante, passandogli la linea di comando e le "definizioni di ambiente" per il processo

In realtà, le aree dati e codice sono copiate per il figlio solo se questi le modifica (*copy-on-write*) e caricate solo quando riferite (*page-on-demand*)

Esempio
Esecuzione di comando di shell – 3



Gestione dei processi (UNIX) – 6

- `fork()` clona il processo chiamante (padre)
  - Che accade se questi include più *thread*?
- 2 possibilità
  - **Tutte le *thread* del padre vengono clonate**
    - Difficile gestire il loro accesso concorrente ai dati e alle risorse condivise con le *thread* del padre
  - **Solo una *thread* del padre viene clonata**
    - Possibile sorgente di inconsistenza rispetto alle esigenze di cooperazione con le *thread* non clonate
- Il *multi-threading* aggiunge complessità
  - Al FS
    - Consistenza nell'uso concorrente di *file*
  - Alla comunicazione
    - Quale *thread* è destinataria di un segnale inviato a un processo?

Gestione dei processi (GNU/Linux) – 7

- Maggior granularità nel trattamento delle strutture di controllo dei processi e della creazione di *thread*
- Chiamata di sistema per creazione di *thread*

```
pid = clone(fun, stack, ctrl, par);
```

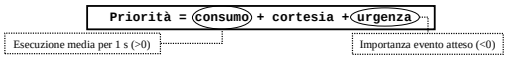
  - `fun` : programma da eseguire nella *thread*, con argomento `par`
  - `stack` : indirizzo dello *stack* assegnato alla nuova *thread*
  - `ctrl` : livello di condivisione tra la nuova *thread* e l'ambiente del chiamante
    - Spazio di memoria, FS, *file*, segnali, identità

Ordinamento dei processi (UNIX) – 1

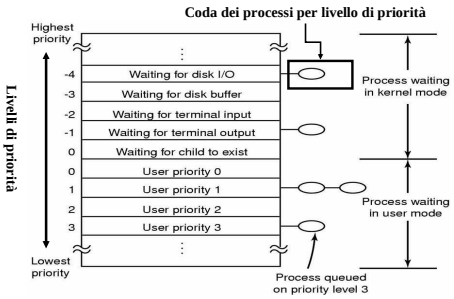
- **Sistema destinato ad uso interattivo**
  - Politica di ordinamento con prerilascio
  - Deve garantire buoni tempi di risposta e soddisfare le aspettative degli utenti
- **Algoritmo di ordinamento a 2 livelli**
  - Livello basso (***dispatcher***)
    - Seleziona un processo tra quelli pronti (in RAM)
      - Secondo le indicazioni dello *scheduler*
  - Livello alto (***scheduler***)
    - Assicura che tutti i processi abbiano opportunità di esecuzione spostando processi tra RAM e disco

Ordinamento dei processi (UNIX) – 2

- **Politica di ordinamento**
  - Selezione per priorità decrescente
    - Priorità alta (< 0) per esecuzione in modo nucleo
    - Priorità bassa (> 0) per esecuzione in modo normale
  - Più processi possono avere la stessa priorità
    - 1 coda di processi ∀ livello di priorità
    - Selezione *round robin* da testa della coda
    - Esecuzione a quanti con ritorno in fondo alla coda
    - Aggiornamento periodico della priorità dei processi



Ordinamento dei processi (UNIX) – 3



Ordinamento dei processi (GNU/Linux) – 1

- Le *thread* sono gestite direttamente dal nucleo
  - Ordinamento per *thread*, non per processi
  - Selezione per migliore fattore di *goodness*
  - Prerilascio per priorità, per fine quanto o per attesa di evento
- 3 classi di priorità di *thread*
  - **Tempo reale con FIFO**
    - Prerilascio a priorità solo tra *thread* di stesso livello (= quanto infinito)
    - *Goodness* alta (= 1000 + priorità)
  - **Tempo reale con quanti**
    - Prerilascio per quanti con ritorno in fondo alla coda
    - *Goodness* media (= ultimo quanto non utilizzato + priorità)
  - **Divisione di tempo**
    - *Goodness* bassa (= 0)
- Quando $Q_i = 0$ per *thread* i $\rightarrow$ $Q_j = Q_j/2$ + priorità, ∀j

Inizializzazione (GNU/Linux) – 1

- BIOS carica l'MBR in RAM e lo esegue
  - MBR = 1 settore di disco = 512 B
- L'MBR carica il programma di *boot* dal corrispondente blocco della partizione attiva
  - Lettura della struttura di FS, localizzazione e caricamento del nucleo di S/O
- Il programma di inizializzazione del nucleo è in *assembler* (specifico per l'elaboratore!)
  - Poche azioni di configurazione di CPU e RAM
  - Il controllo passa poi al **`main`** di nucleo
    - Configurazione del sistema con caricamento dinamico dei gestori dei dispositivi rilevati
    - Inizializzazione ed attivazione del processo 0

Inizializzazione (GNU/Linux) – 2

- **Processo 0**
  - Configurazione degli orologi, installazione del FS di sistema, creazione dei processi 1 (**`init`**) e 2 (*`daemon`* delle pagine)
- **Processo 1**
  - Configurazione modo utente (singolo, multi)
    - Esecuzione *script* di inizializzazione **`shell`** (`/etc/rc` etc.)
    - Lettura numero e tipo terminali da `/etc/ttys`
    - **`fork`**`()` ∀ terminale abilitato ed **`exec`**(“**`getty`**”)
- **Processo `getty`**
  - Configurazione del terminale ed attivazione del *prompt* di *login*
  - Al *login* di utente, **`exec`**(“`[/usr]/bin/`**`login`**”) con verifica della *password* d’accesso (criptate in `/etc/passwd`)
  - Infine **`exec`**(“**`shell`**”) e poi si procede come mostrato alle pagine 159-161

Inizializzazione (GNU/Linux) – 3