Sistemi Operativi

Modulo 3: Architettura dei sistemi operativi

Renzo Davoli
Alberto Montresor

Sommario

- Servizi di un sistema operativo
- System calls
- Sistemi con struttura semplice
- Sistemi con struttura a strati
- Microkernel
- Macchine virtuali
- Progettazione di un sistema operativo

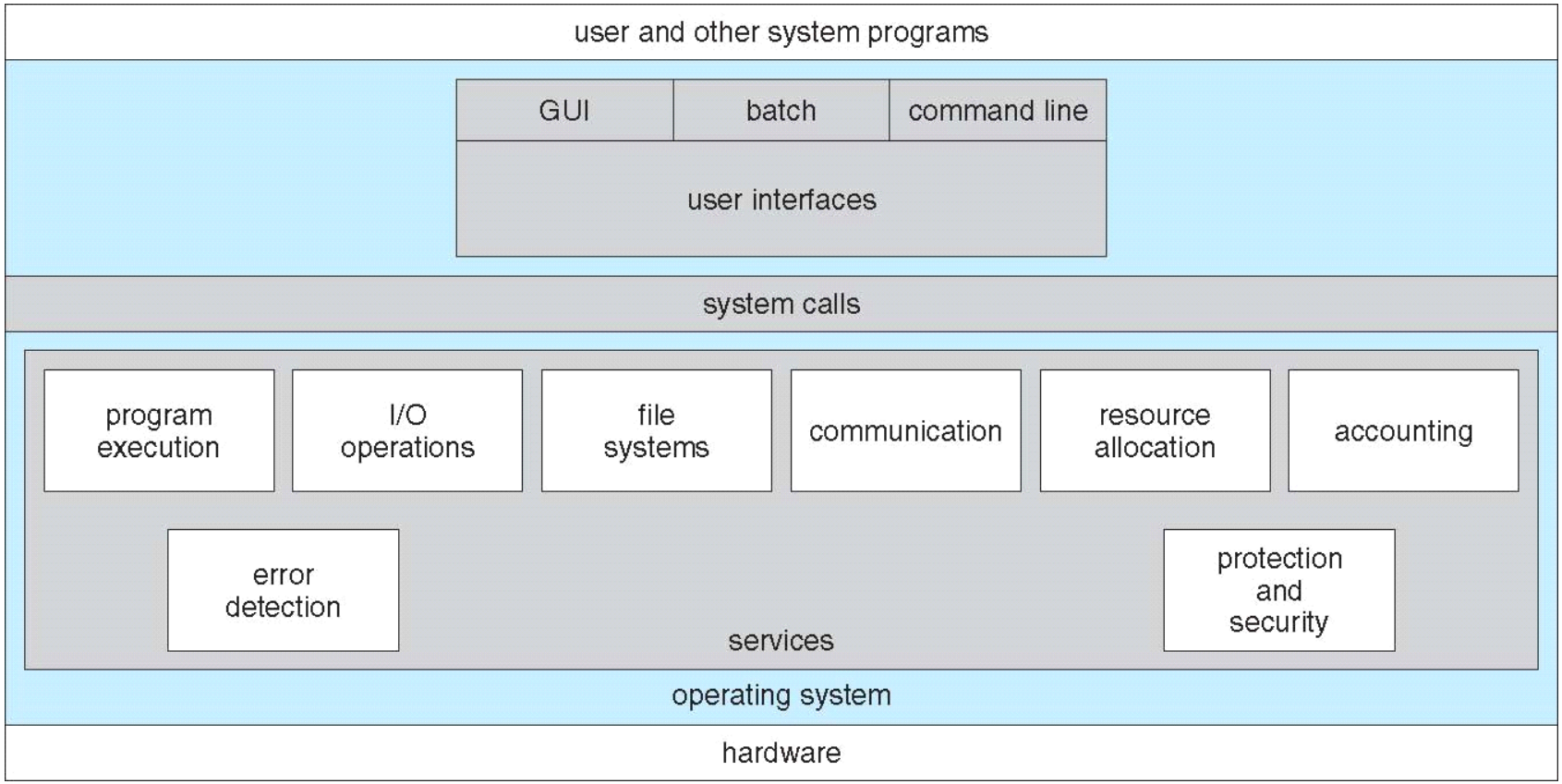
Servizi dei ss.oo.

- **Esecuzione di programmi** – capacità di caricare in memoria un programma ed eseguirlo.
- **Operazioni di I/O** – poiché i programmi non possono eseguire direttamente le operazioni di I/O, il sistema operativo deve fornire meccanismi per le operazioni di I/O.
- **Gestione del File system** – fornire ai programmi modalità per leggere, scrivere, creare e cancellare file.
- **Communicazioni** – scambio di informazioni tra processi in esecuzione sullo stesso computer o su computer connessi in rete.
- **Scoperta di errori** – rilevamento di errori nella CPU, nella memoria, nell'I/O o nei programmi utente.

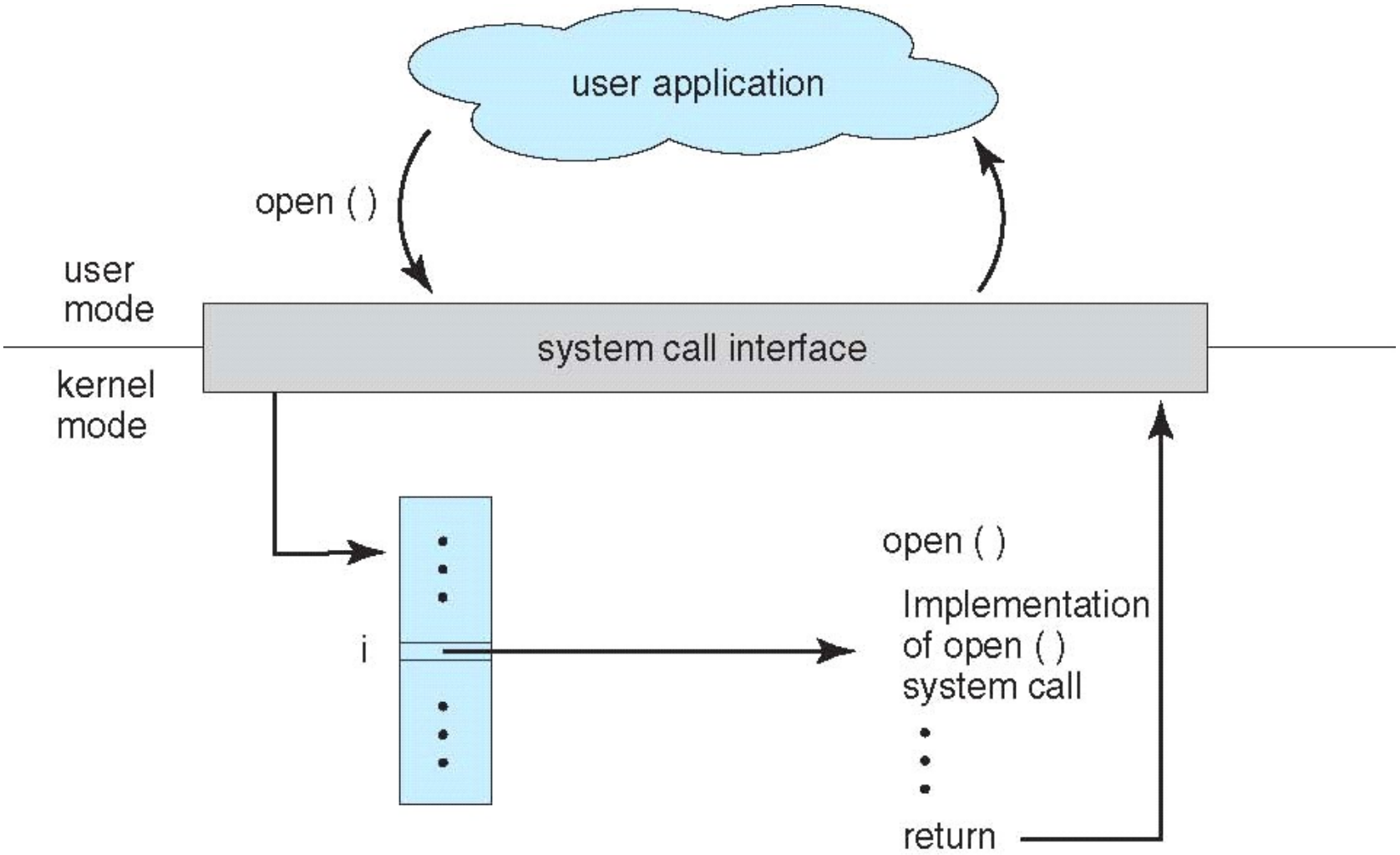
Servizi dei ss.oo.

- Esistono funzioni del sistema operativo che servono non tanto per l'esecuzione dei programmi utente, ma per assicurare l'esecuzione efficiente delle operazioni del sistema:
  - **Allocazione di risorse** – allocazione di risorse per i programmi eseguiti contemporaneamente.
  - **Accounting** – memorizzazione dell'uso delle risorse da parte dei vari utenti per i calcolo di costi e per la generazione di statistiche.
  - **Protezione** – controllo degli accessi a tutte le risorse del sistema.

Servizi dei ss.oo.



System calls (chiamate di sistema)

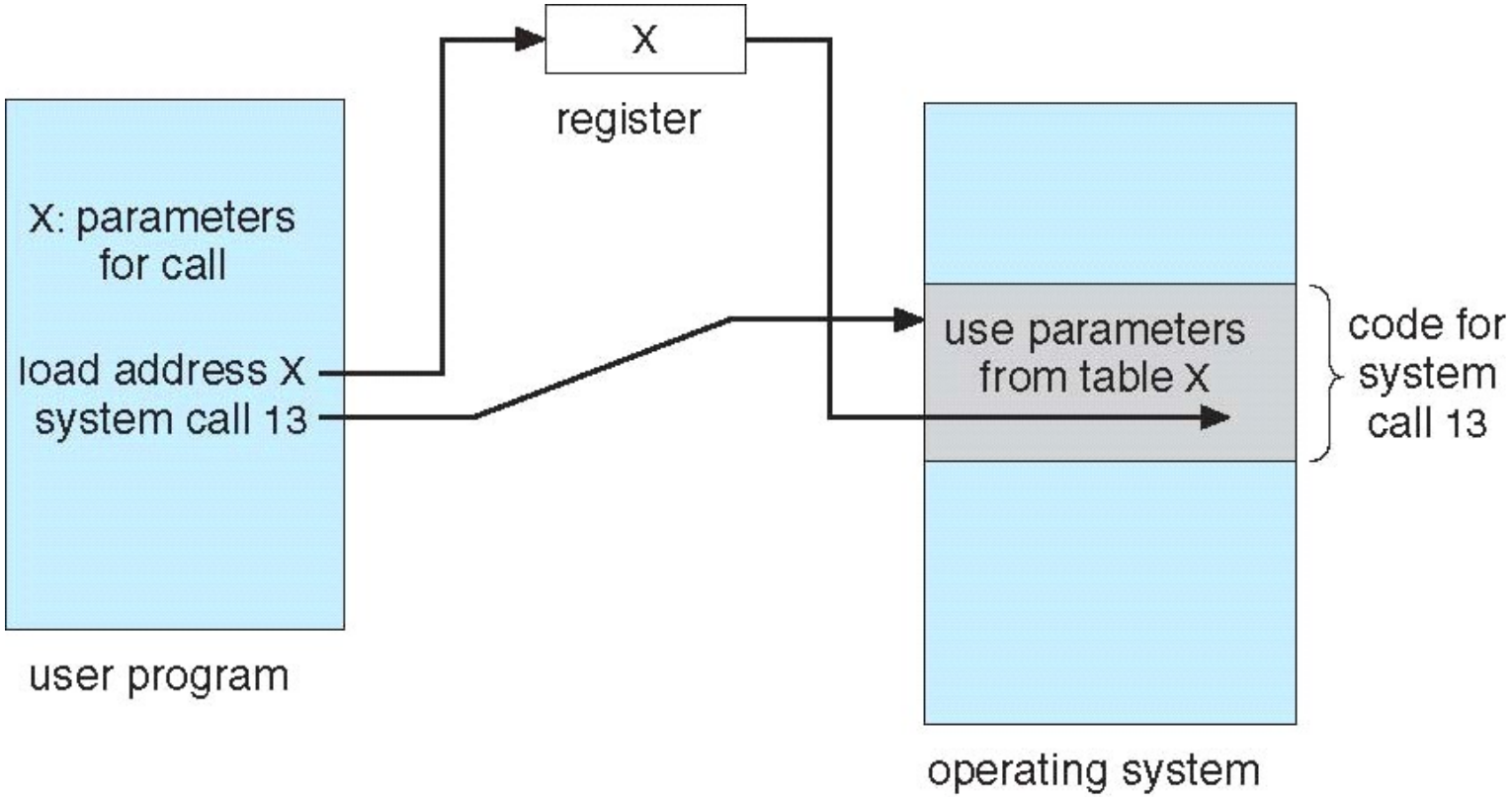


System calls – passaggio di parametri

- Le System call forniscono l'interfaccia di programmazione tra un programma e il sistema operativo.
  - Generalmente a basso livello, in alcuni casi con sintassi simile ai linguaggi di alto livello.
  - Alcuni sistemi hanno system call con sintassi simile a quella di linguaggi come C, e C++.

- Generalmente vengono usati tre metodi per il passaggio dei parametri tra un programma in esecuzione e il sistema operativo:
  1. Passaggio dei parametri in *registri*.
  2. Memorizzazione dei parametri in una *tabella in memoria* centrale e passaggio dell'indirizzo della tabella, come un parametro, in un registro.
  3. *Push* (inserimento) dei parametri in uno *stack* e *pop* (prelievo) dallo stesso dal sistema operativo.

System calls: passaggio di parametri via tabella



Tipi di system calls – controllo di processi

- create process, terminate process
- end, abort
- load, execute
- get process attributes, set process attributes
- wait for time
- wait event, signal event
- allocate and free memory
- Dump memory if error
- **Debugger** for determining **bugs, single step** execution
- **Locks** for managing access to shared data between processes

Tipi di system calls – gestione di file e dispositivi

- File management
  - create file, delete file
  - open, close file
  - read, write, reposition
  - get and set file attributes

- Device management
  - request device, release device
  - read, write, reposition
  - get device attributes, set device attributes
  - logically attach or detach devices

Tipi di system calls – altro

- Information maintenance
  - get time or date, set time or date
  - get system data, set system data
  - get and set process, file, or device attributes
- Communications
  - create, delete communication connection
  - send, receive messages if **message passing model** to **host name** or **process name** (from **client** to **server)**
  - **Shared-memory model** create and gain access to memory regions
  - transfer status information
  - attach and detach remote devices
- Protection
  - Control access to resources
  - Get and set permissions
  - Allow and deny user access

Struttura dei s.o.

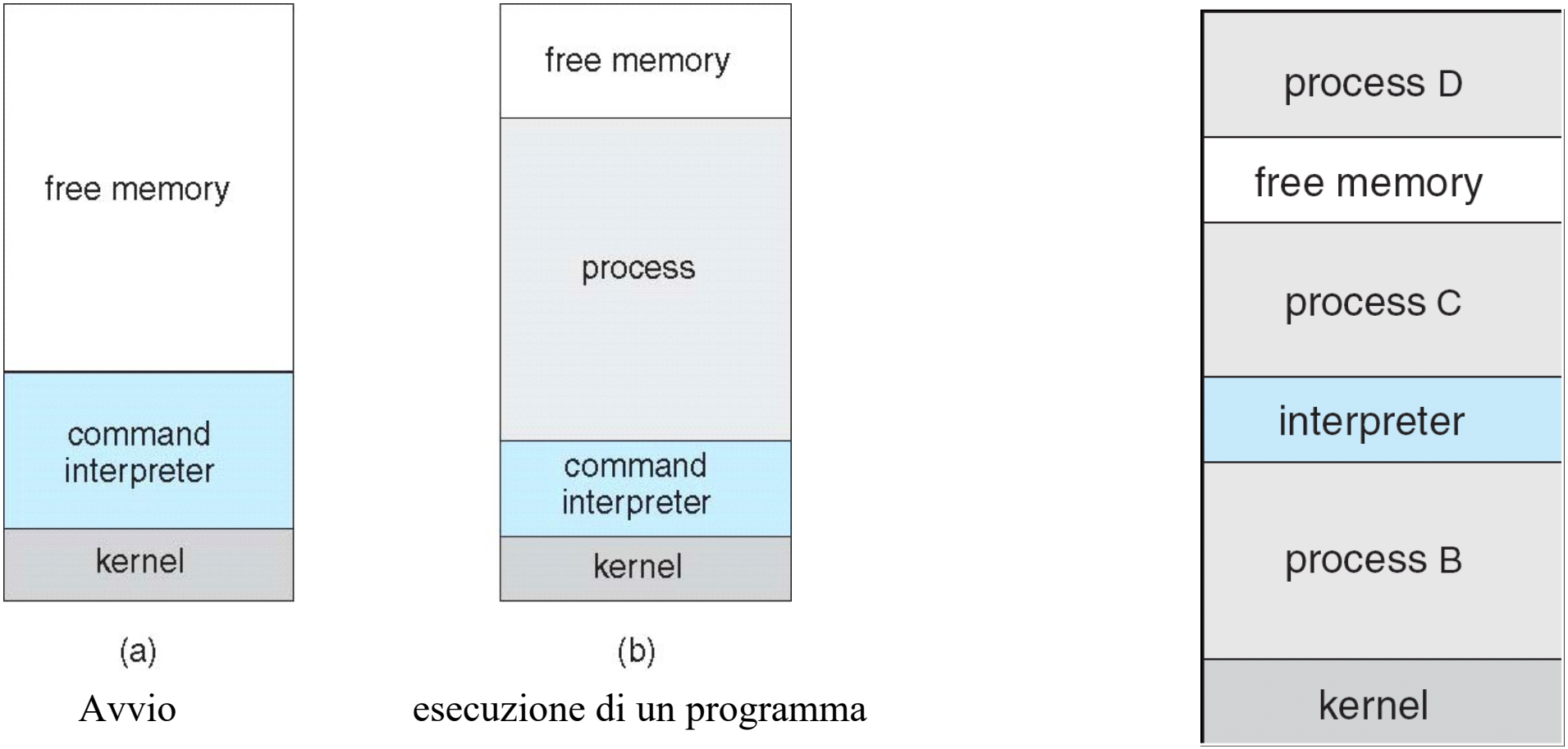
- **Architettura di un sistema operativo**
  - descrive quali sono le varie componenti del s.o. e come queste sono collegate fra loro
  - i vari sistemi operativi sono molto diversi l'uno dall'altro nella loro architettura
- **Abbiamo già visto quali sono le componenti principali**
  - Gestione dei processi
  - Gestione memoria principale
  - Gestione memoria secondaria
  - Gestione file system
  - Gestione dei dispositivi di I/O
  - Protezione
  - Networking
  - Interprete dei comandi
- **Vediamo ora come sono collegati tra loro**

Struttura dei sistemi operativi

- **La progettazione di un s.o. deve tener conto di diverse caratteristiche**
  - efficienza
  - manutenibilità
  - espansibilità
  - modularità
- **Spesso, queste caratteristiche presentano un trade-off:**
  - sistemi molto efficienti sono poco modulari
  - sistemi molto modulari sono meno efficienti

Struttura dei sistemi operativi

MS-DOS vs. UNIX



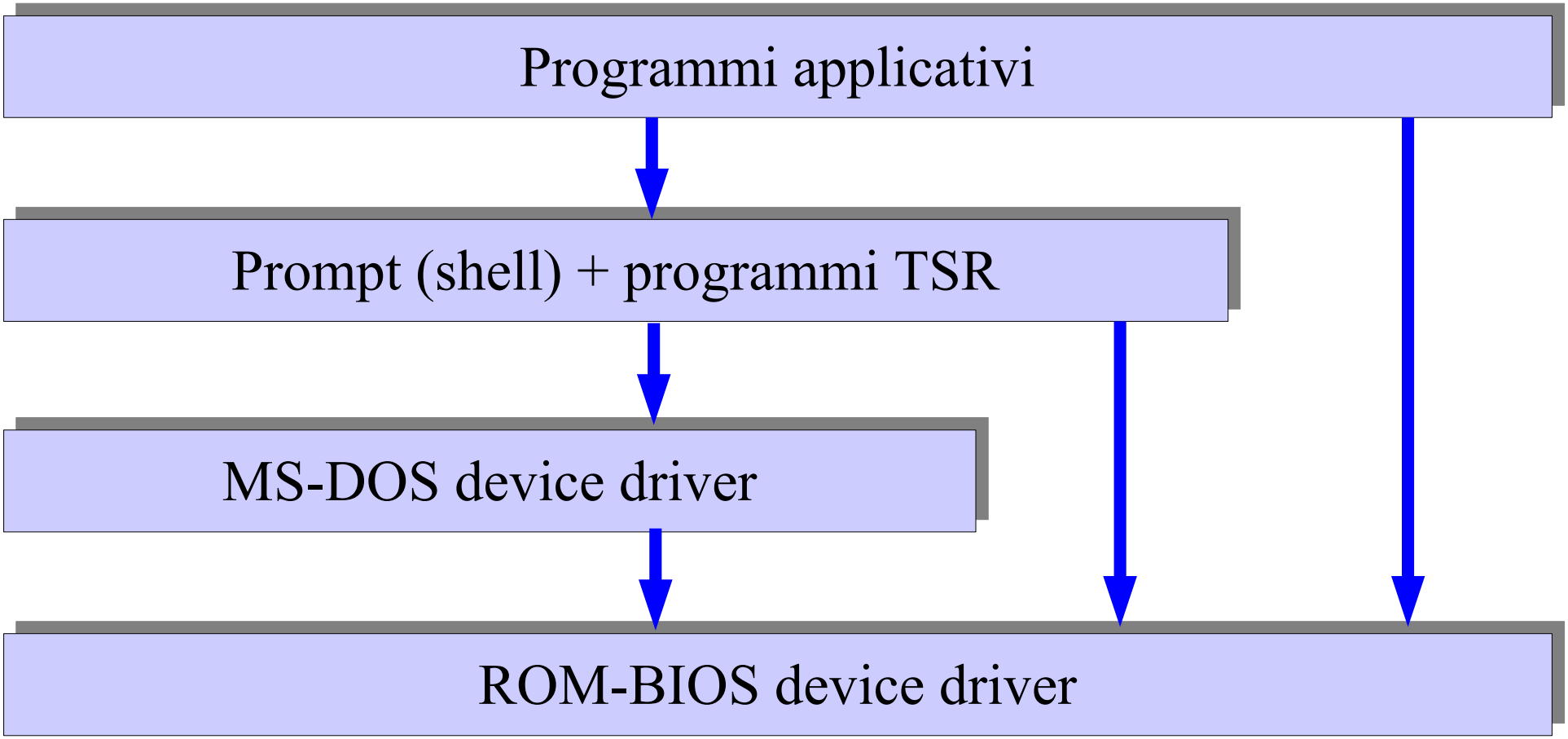
(a) (b)

Avvio esecuzione di un programma

Struttura dei sistemi operativi

- **E' possibile suddividere i s.o. in due grandi famiglie, a seconda della loro struttura**
  - sistemi con struttura semplice
  - sistemi con struttura a strati
- **Sistemi con struttura semplice (o senza struttura)**
  - in alcuni casi sono s.o. che non hanno una struttura progettata a priori;
  - possono essere descritti come una collezione di procedure, ognuna delle quali può richiamare altre procedure
  - tipicamente sono s.o semplici e limitati che hanno subito un'evoluzione al di là dello scopo originario

MS-DOS



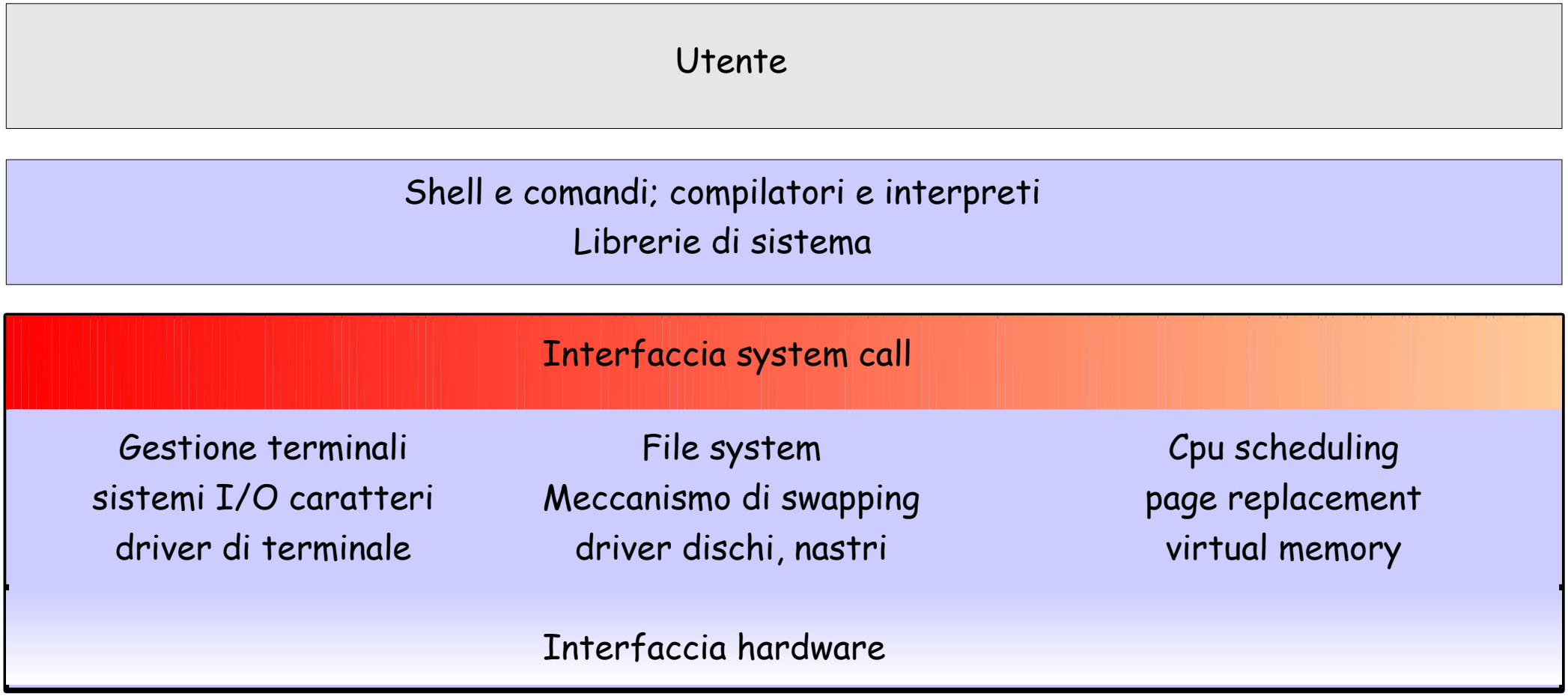
MS-DOS

- **Commenti**
  - le interfacce e i livelli di funzionalità non sono ben separati
    - le applicazioni possono accedere direttamente alle routine di base per fare I/O
  - come conseguenza, un programma sbagliato (o "maligno") può mandare in crash l'intero sistema
- **Motivazioni:**
  - i progettisti di MS-DOS erano legati all'hardware dell'epoca
  - 8086, 8088, 80286 non avevano la modalità protetta (kernel)

UNIX

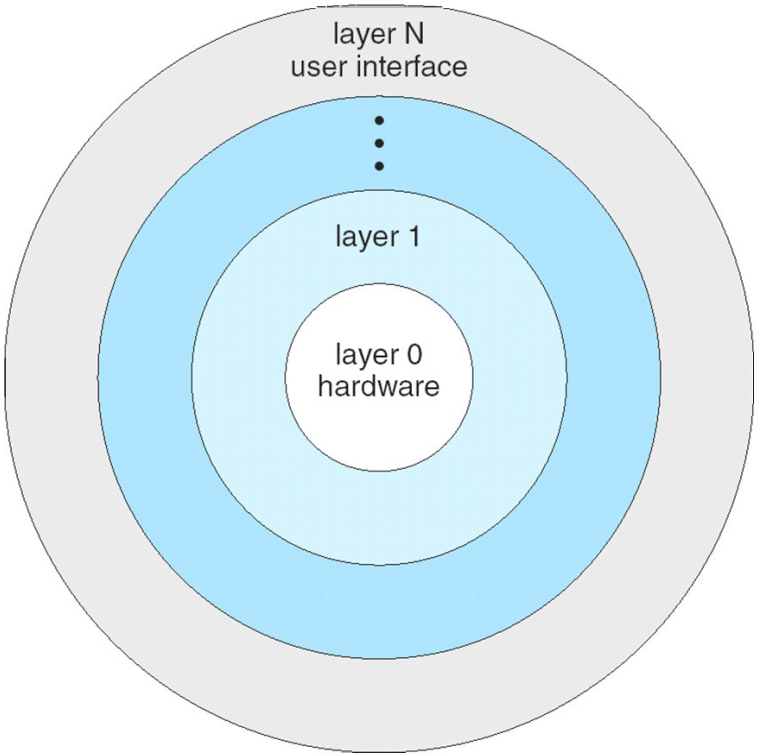
- **Anche UNIX è poco strutturato**
- **E' suddiviso in due parti**
  - kernel
  - programmi di sistema
- **Il kernel è delimitato**
  - in basso dall'hardware
  - in alto dal livello delle system call
- **Motivazioni**
  - anche Unix inizialmente fu limitato dalle limitazioni hardware...
  - ... ma ha un approccio comunque più strutturato

UNIX



Sistemi con struttura a strati

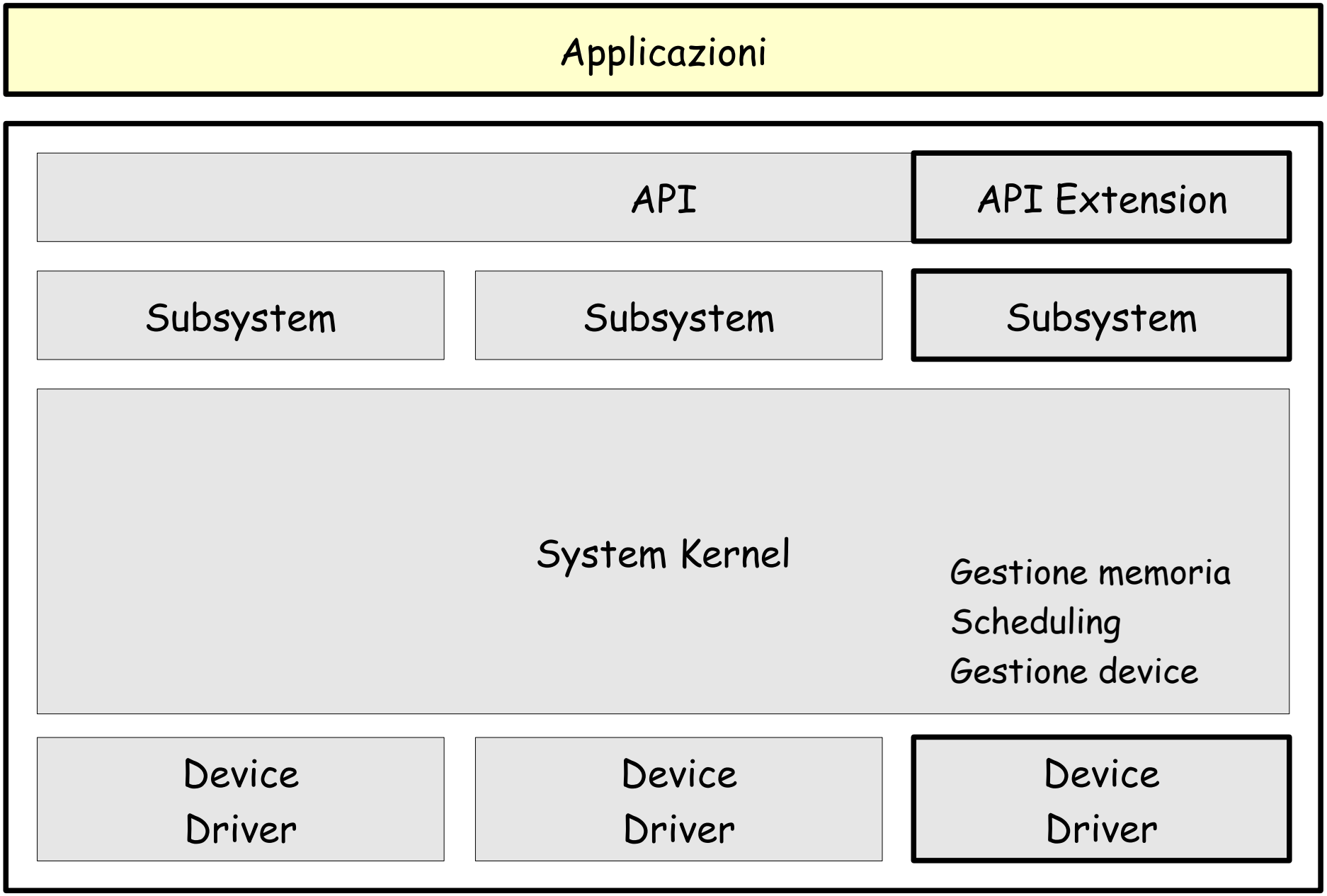
- **Il s.o. è strutturato tramite un insieme di strati (layer)**
- **Ogni strato**
  - è basato sugli strati inferiori
  - offre servizi agli strati superiori
- **Motivazioni**
  - il vantaggio principale è la modularità
    - encapsulation e data hiding
    - abstract data types
  - vengono semplificate le fasi di implementazione, debugging ristrutturazione del sistema



Sistemi con struttura a strati

- **Problemi dei sistemi con struttura a strati**
  - *tendono a essere meno efficienti*
    - ogni strato tende ad aggiungere overhead
  - *occorre studiare accuratamente la struttura dei layer*
    - le funzionalità previste al layer N devono essere implementate utilizzando esclusivamente i servizi dei livelli inferiori
    - in alcuni casi, questa limitazione può essere difficile da superare
    - esempio: meccanismi di swapping di memoria
      - Win 9x: swap area è un file in memoria
      - Linux: swap area ha una partizione dedicata
- **Risultato:**
  - i moderni sistemi con struttura a strati moderni tendono ad avere meno strati

OS/2

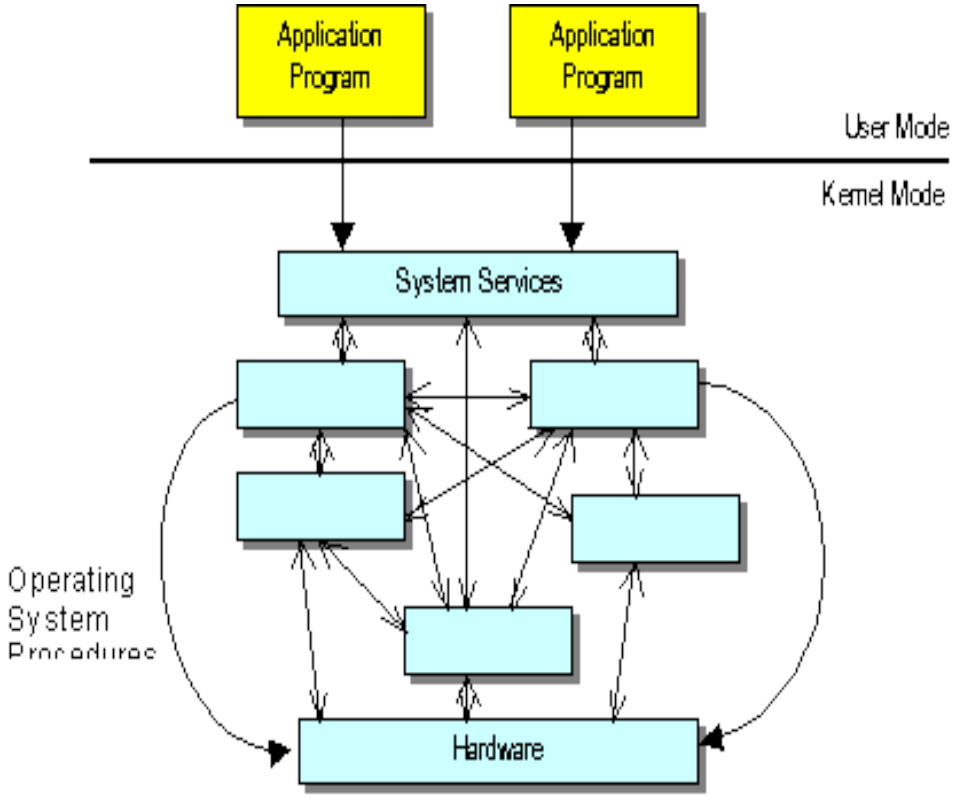


Organizzazione del kernel

- **Esistono 4 categorie di Kernel**
  - Kernel Monolitici
    - Un aggregato unico (e ricco) di procedure di gestione mutuamente coordinate e astrazioni dell'HW
  - Micro Kernel
    - Semplici astrazioni dell'HW gestite e coordinate da un kernel minimale, basate un paradigma client/server, e primitive di message passing
  - Kernel Ibridi
    - Simili a Micro Kernel, ma hanno componenti eseguite in kernel space per questioni di maggiore efficienza
  - ExoKernel
    - Non forniscono livelli di astrazione dell'HW, ma forniscono librerie che mettono a contatto diretto le applicazioni con l'HW

Organizzazione del kernel

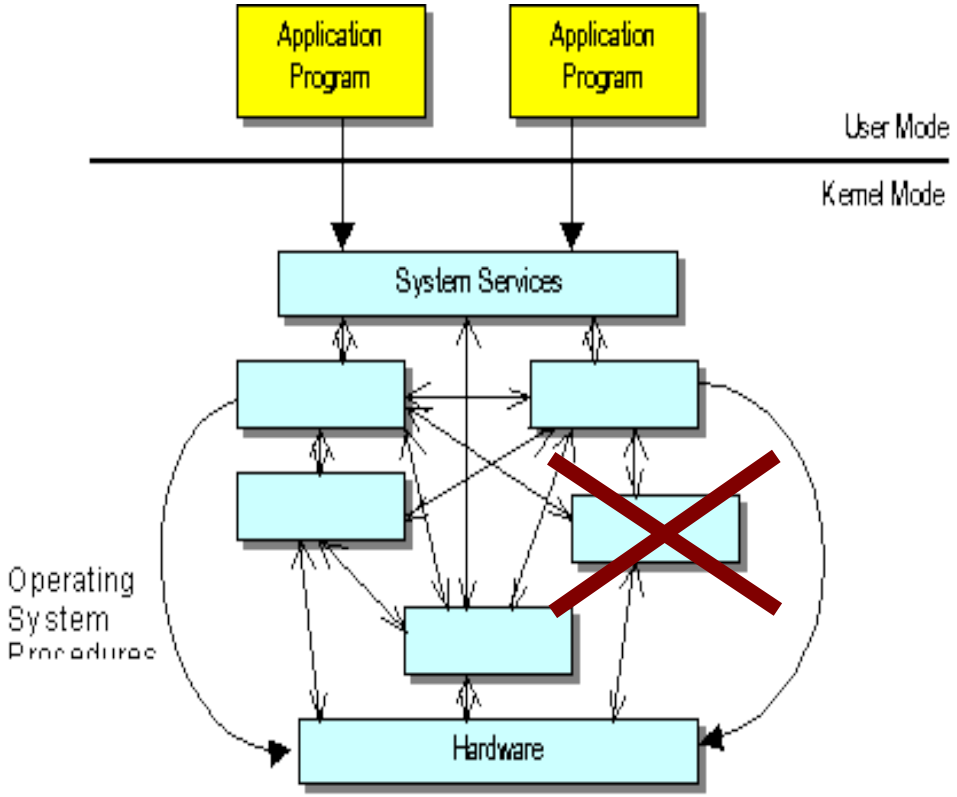
- **Kernel Monolitici**
  - Un insieme completo e unico di procedure mutuamente correlate e coordinate
- **System calls**
  - Implementano servizi forniti dal kernel, tipicamente realizzati in moduli eseguiti in kernel mode



- **Esiste modularità, anche se l'integrazione del codice, e il fatto che tutti i moduli sono eseguiti nello stesso spazio, è tale da rendere tutto l'insieme un corpo unico in esecuzione**

Organizzazione del kernel

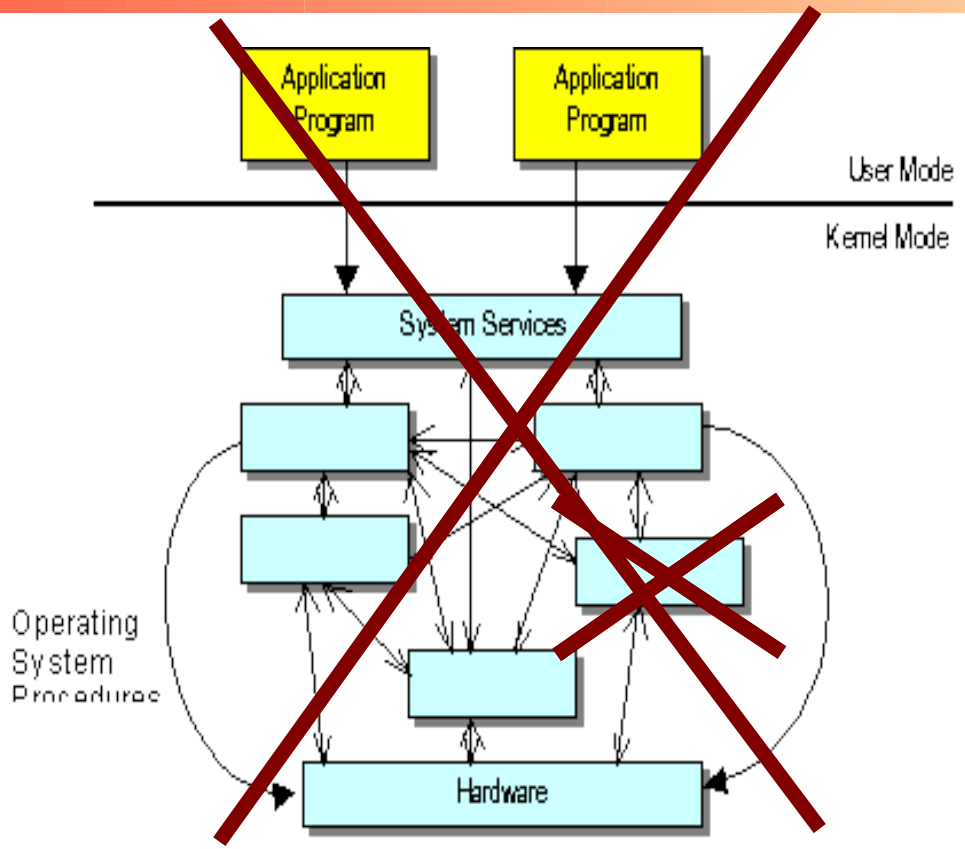
- **Kernel Monolitici**
  - Un insieme completo e unico di procedure mutuamente correlate e coordinate
- **System calls**
  - Implementano servizi forniti dal kernel, tipicamente realizzati in moduli eseguiti in kernel mode



- **Esiste modularità, anche se l'integrazione del codice, e il fatto che tutti i moduli sono eseguiti nello stesso spazio, è tale da rendere tutto l'insieme un corpo unico in esecuzione**

Organizzazione del kernel

- **Kernel Monolitici**
  - Un insieme completo e unico di procedure mutuamente correlate e coordinate
- **System calls**
  - Implementano servizi forniti dal kernel, tipicamente realizzati in moduli eseguiti in kernel mode



- **Esiste modularità, anche se l'integrazione del codice, e il fatto che tutti i moduli sono eseguiti nello stesso spazio, è tale da rendere tutto l'insieme un corpo unico in esecuzione**

Organizzazione del kernel

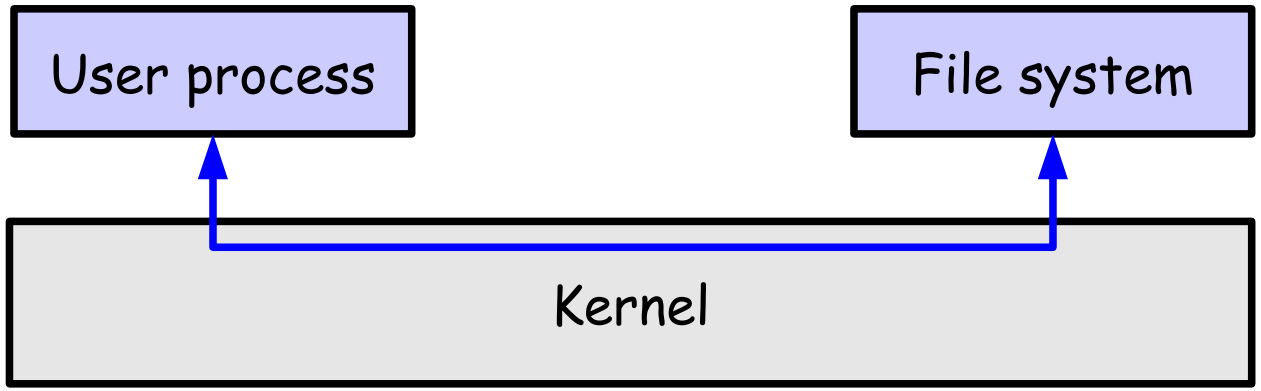
- **Kernel Monolitici**
  - Efficienza
    - L'alto grado di coordinamento e integrazione delle routine permette di raggiungere ottimi livelli di efficienza
  - Modularità
    - I più recenti kernel monolitici (Es. LINUX) permettono di effettuare il caricamento (load) di moduli eseguibili a runtime
    - Possibile estendere le potenzialità del kernel, solo su richiesta
- **Esempi di Kernel monolitici: LINUX, FreeBSD UNIX**

Microkernel o sistemi client/server

- **Problema**
  - nonostante la struttura a strati, i kernel continuano a crescere in complessità
- **Idea**
  - rimuovere dal kernel tutte le parti non essenziali e implementarle come processi a livello utente
- **Esempio**
  - per accedere ad un file, un processo interagisce con il processo gestore del file system
- **Esempio di sistemi operativi basati su microkernel:**
  - AIX, BeOS, L4, Mach, Minix, MorphOS, QNX, RadiOS, VSTa

Microkernel o sistemi client/server

- **Quali funzionalità deve offrire un microkernel?**
  - funzionalità minime di gestione dei processi e della memoria
  - *meccanismi di comunicazione* per permettere ai processi clienti di chiedere servizi ai processi serventi
- **La comunicazione è basata su *message passing***
  - il microkernel si occupa di smistare i messaggi fra i vari processi



Microkernel o sistemi client/server

- **System call di un s.o. basato su microkernel**
  - send
  - receive
- **Tramite queste due system call, è possibile implementare l'API standard di gran parte dei sistemi operativi**

```
int open(char* file, ...)
{
   msg = < OPEN, file, ... >;
   send(msg, file-server);
   fd = receive(file-server);
  return fd;
}
```

Microkernel o sistemi client/server

- **Vantaggi**
  - *il kernel risultante è molto semplice e facile da realizzare*
  - *il kernel è più espandibile e modificabile*
    - per aggiungere un servizio: si aggiunge un processo a livello utente, senza dover ricompilare il kernel
    - per modificare un servizio: si riscrive solo il codice del servizio stesso
  - *il s.o. è più facilmente portabile ad altre architetture*
    - una volta portato il kernel, molti dei servizi (ad es. il file system) possono essere semplicemente ricompilati
  - *il s.o. è più robusto*
    - se per esempio il processo che si occupa di un servizio cade, il resto del sistema può continuare ad eseguire

Microkernel o sistemi client/server

- **Vantaggi**
  - *sicurezza*
    - è possibile assegnare al microkernel e ai processi di sistema livelli di sicurezza diversi
  - *adattabilità del modello ai sistemi distribuiti*
    - la comunicazione può avvenire tra processi nello stesso sistema o tra macchine differenti
- **Svantaggi**
  - *maggiore inefficienza*
    - dovuta all'overhead determinato dalla comunicazione mediata tramite kernel del sistema operativo
    - parzialmente superata con i sistemi operativi più recenti

Confronto tra kernel monolitici e microkernel

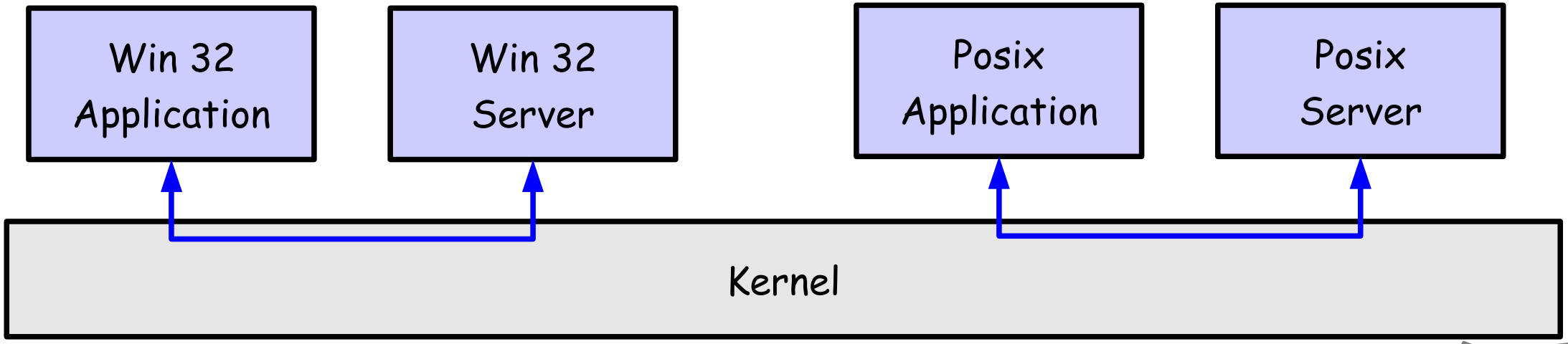
- **Monolitico**
  - Considerato obsoleto nel 1990...
  - È meno complesso gestire il codice di controllo in un'unica area di indirizzamento (kernel space)
  - È più semplice realizzare la sua progettazione (corretta)
- **Micro Kernel**
  - Più usato in contesti dove non si ammettono failure
  - Es. QNX usato per braccio robot Space shuttle

Kernel Ibridi

- **Kernel Ibridi (Micro kernel modificati)**
  - Si tratta di micro kernels che mantengono una parte di codice in “kernel space” per ragioni di maggiore efficienza di esecuzione
  - ...e adottano message passing tra i moduli in user space
- **Es. Microsoft Windows NT kernel**
  - Es. XNU (MAC OS X kernel)

Windows NT 4.0 / 2000

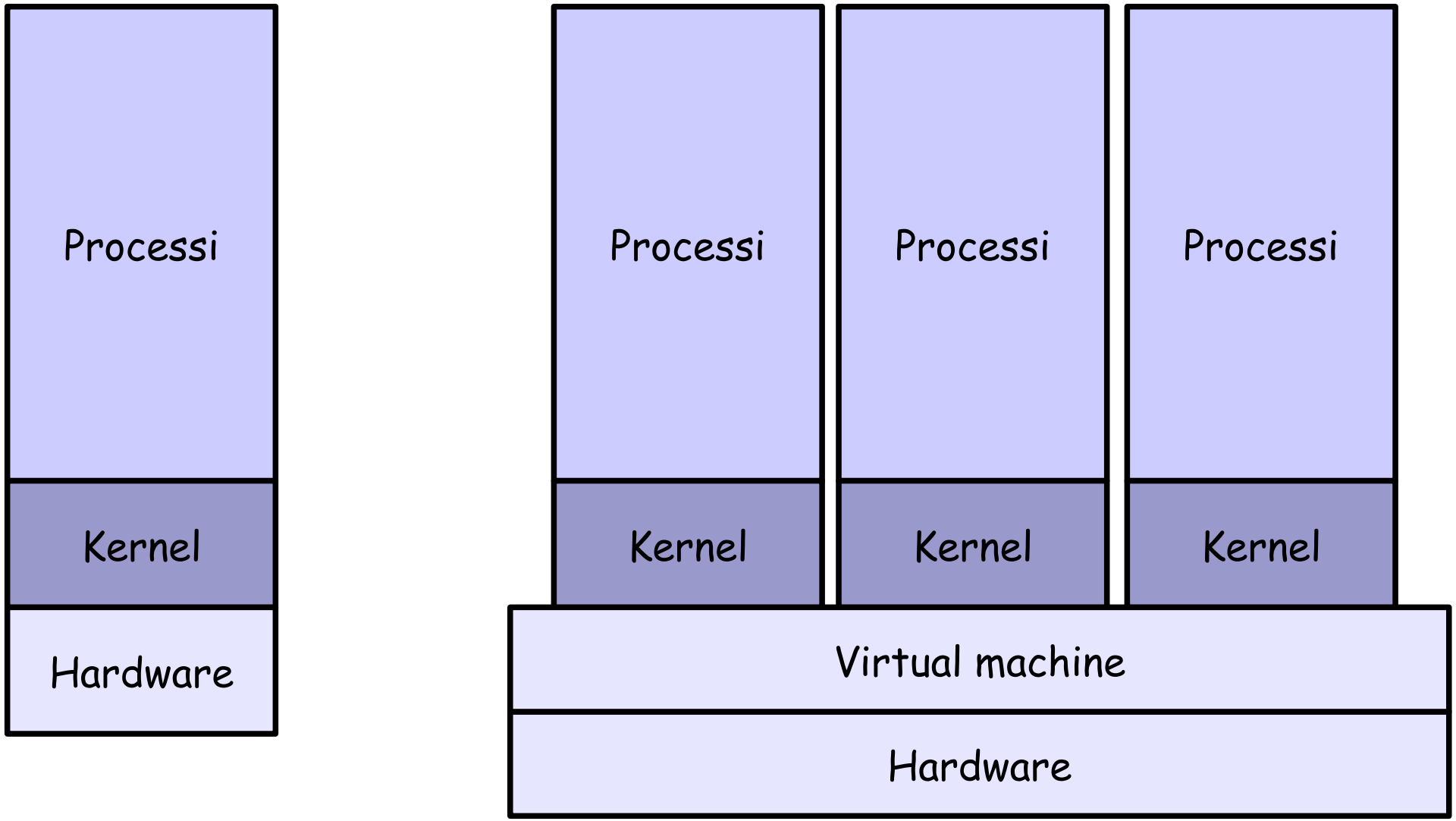
- **Windows NT è dotato di diverse API**
  - Win32, OS/2, Posix
- **Le funzionalità delle diverse API sono implementate tramite processi server**



Macchine virtuali

- **E' un approccio diverso al multitasking**
  - invece di creare l'illusione di molteplici processi che posseggono la propria CPU e la propria mememoria...
  - si crea l'astrazione di un macchina virtuale
- **Le macchine virtuali**
  - emulano il funzionamento dell'hardware
  - è possibile eseguire qualsiasi sistema operativo sopra di esse

Macchine virtuali



Senza VM

Con VM

Macchine virtuali

- **Vantaggi**
  - consentono di far coesistere s.o. differenti
    - esempio: sperimentare con la prossima release di s.o.
  - possono fare funzionare s.o. monotask in un sistema multitask e "sicuro"
    - esempio: MS-DOS in Windows NT
  - possono essere emulate architetture hardware differenti
    - (Intel o Motorola CISC su PowerPC)
- **Svantaggio**
  - soluzione inefficiente
  - difficile condividere risorse
- **Esempi storici: IBM VM**

Java

- **Gli eseguibili Java (detti bytecode) vengono eseguiti dalla Java Virtual Machine (JVM)**
- **Questa macchina viene emulata in quasi tutte le architetture reali**
- **Vantaggi**
  - il codice è altamente portabile e relativamente veloce (molto più di un codice interpretato)
  - debugging facilitato
  - controlli di sicurezza sul codice eseguibile

Esempi di VM

- Mac-On-Linux: (free SW, SVM, Dual)
- Vmware: (proprietary, SCVM, Dual)
- VirtualBOX: (dual licencing, SCVM, Dual)
- VirtualPC/Virtual Server: (proprietary, SVM, Dual)
- PearPC: (free, SVM, User-Mode User-Access)
- Solaris “zones” (aka containers): Native, SVN (OSLV).

Progettazione di un sistema operativo

- **Definizione del problema**
  - definire gli obiettivi del sistema che si vuole realizzare
  - definire i vincoli entro cui si opera
- **La progettazione sarà influenzata:**
  - al livello più basso, dal sistema hardware con cui si va ad operare
  - al livello più alto, dalle applicazioni che devono essere eseguite dal sistema operativo
- **A seconda di queste condizioni, il sistema sarà...**
  - batch, time-shared, single-user, multi-user, distribuito, general-purpose, real-time, etc....

Progettazione di un sistema operativo

- **Richieste dell'utente**
  - comodo da usare, facile da imparare, robusto, sicuro, veloce
- **Richieste degli sviluppatori**
  - facile da progettare, da mantenere e da aggiornare, veloce da implementare
- **Sono richieste vaghe...**
  - vanno esaminate con cura caso per caso
  - non vi è una risposta definitiva

Politiche e meccanismi

- **Separazione della politica dai meccanismi**
  - la politica decide cosa deve essere fatto
  - i meccanismi attuano la decisione (“come” deve essere fatto)
- **E' un concetto fondamentale di software engineering**
  - la componente che prende le decisioni "politiche" può essere completamente diversa da quella che implementa i meccanismi
  - rende possibile
    - cambiare la politica senza cambiare i meccanismi
    - cambiare i meccanismi senza cambiare la politica

Politiche e meccanismi

- **Nei sistemi a microkernel**
  - si implementano nel kernel i soli meccanismi, delegando la gestione della politica a processi fuori dal kernel
- **Esempio: MINIX**
  - il gestore della memoria è un processo esterno al kernel
    - decide la memoria da allocare ai processi ma non accede direttamente alla memoria del sistema
    - può accedere però alla propria memoria (è un processo come tutti gli altri)
  - quando deve attuare delle operazioni per implementare la politica decisa lo fa tramite chiamate specifiche al kernel (system task)

Politiche e meccanismi

- **Controesempio: MacOS <=9 (non Mac OS X)**
  - in questo sistema operativo, politica e meccanismi di gestione dell'interfaccia grafica sono stati inseriti nel kernel
  - lo scopo di questa scelta è di forzare un unico look'n'feel dell'interfaccia
- **Svantaggi:**
  - un bug nell'interfaccia grafica può mandare in crash l'intero sistema
- **Windows 9x non è differente...**

System generation: tailoring the O.S.

- **Portabilità**
  - lo stesso sistema operativo viene spesso proposto per architetture hardware differenti
  - è sempre possibile prevedere molteplici tipi di dispositivi periferici, e spesso anche diverse architetture di CPU e BUS
- **Occorre prevedere meccanismi per la generazione del S.O. specifico per l'architettura utilizzata**

System generation: parametri

- **I parametri tipici per la generazione di un sistema operativo sono:**
  - tipo di CPU utilizzata (o di CPU utilizzate)
  - quantità di memoria centrale
  - periferiche utilizzate
  - parametri numerici di vario tipo
    - numero utenti, processi, ampiezza dei buffer, tipo di processi

System generation

- **I metodi che possono essere utilizzati sono:**
  - rigenerazione del kernel con i nuovi parametri/driver
    - UNIX e LINUX
  - prevedere la gestione di moduli aggiuntivi collegati durante il boot
    - extension MacOS
    - DLL Windows
    - moduli Linux