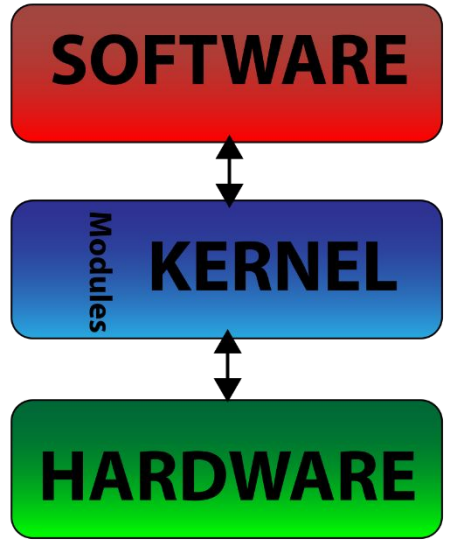
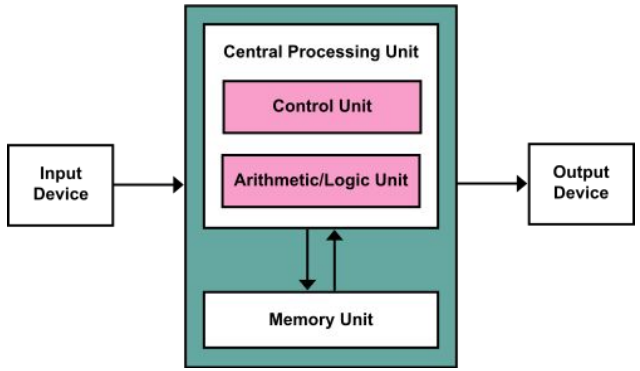
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

Corso di Sistemi Operativi

Sistemi di I/O



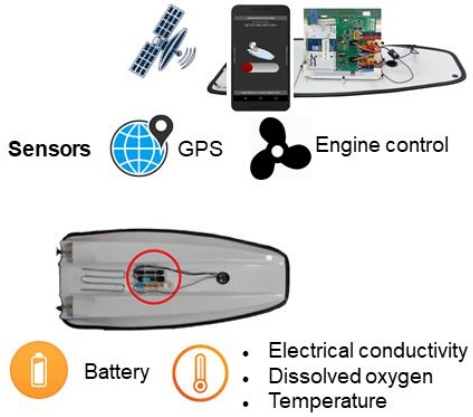
Docente:
Domenico Daniele Bloisi

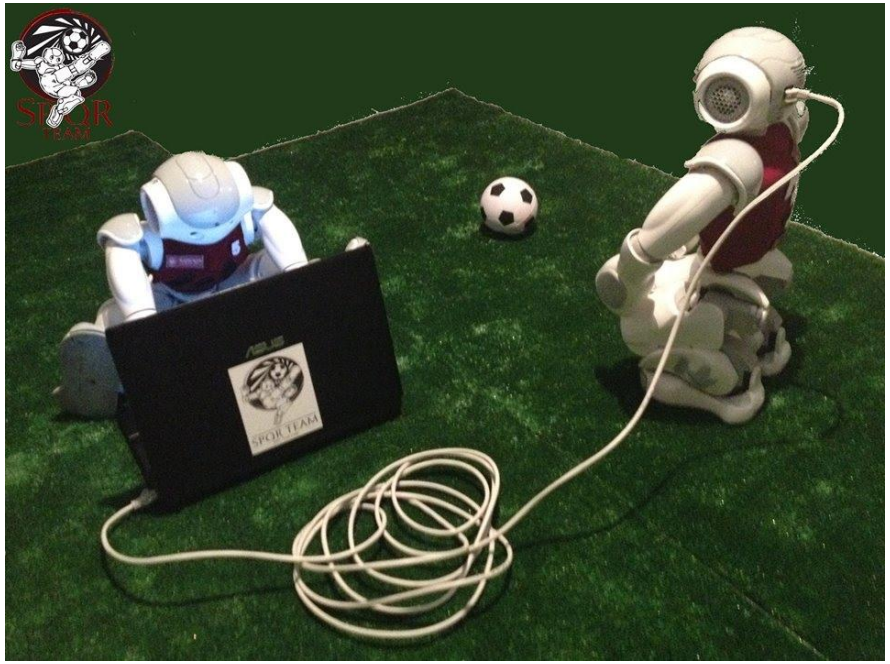


Domenico Daniele Bloisi

- Professore Associato
  Dipartimento di Matematica, Informatica ed Economia
  Università degli studi della Basilicata
  http://web.unibas.it/bloisi

- SPQR Robot Soccer Team
  Dipartimento di Informatica, Automatica e Gestionale Università degli studi di Roma “La Sapienza”
  http://spqr.diag.uniroma1.it



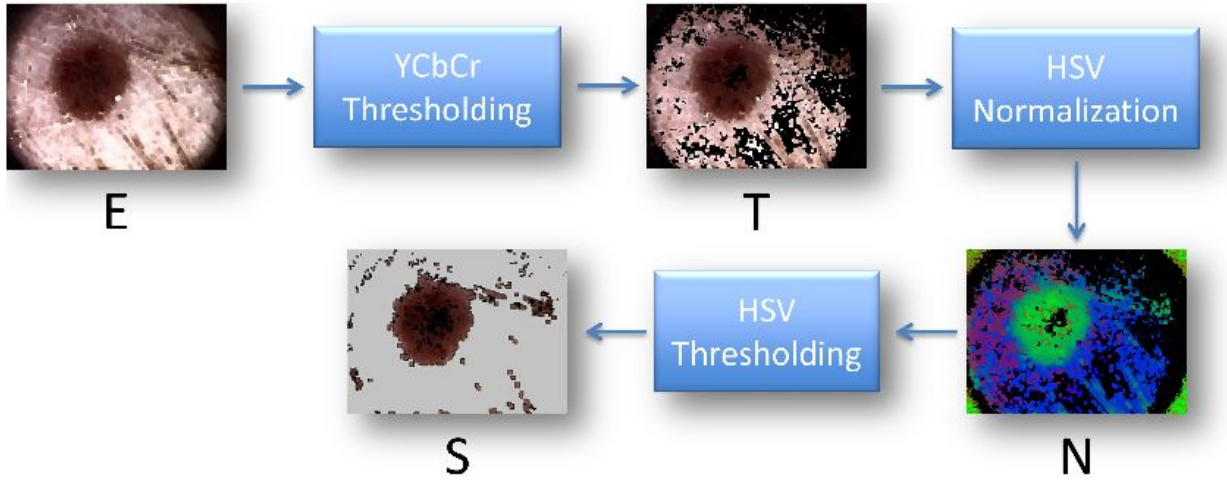


Interessi di ricerca

- Intelligent surveillance
- Robot vision
- Medical image analysis

https://youtu.be/2KHNZX7UIWQ

https://youtu.be/9a70Ucgbi_U



UNIBAS Wolves https://sites.google.com/unibas.it/wolves

- UNIBAS WOLVES is the robot soccer team of the University of Basilicata. Established in 2019, it is focussed on developing software for NAO soccer robots participating in RoboCup competitions.

- UNIBAS WOLVES team is twinned with SPQR Team at Sapienza University of Rome

https://youtu.be/ji0OmkaWh20

Informazioni sul corso

- Home page del corso:
  http://web.unibas.it/bloisi/corsi/sistemi-operativi.html
- Docente: Domenico Daniele Bloisi
- Periodo: I semestre ottobre 2022 – gennaio 2023

  - Lunedì dalle 15:00 alle 17:00 (Aula Leonardo)
  - Martedì dalle 08:30 alle 10:30 (Aula 1)

Ricevimento

- In presenza, durante il periodo delle lezioni:
  Lunedì dalle 17:00 alle 18:00
  presso Edificio 3D, II piano, stanza 15
  Si invitano gli studenti a controllare regolarmente la bacheca degli avvisi per eventuali variazioni
- Tramite google Meet e al di fuori del periodo delle lezioni:
  da concordare con il docente tramite email

Per prenotare un appuntamento inviare una email a
domenico.bloisi@unibas.it

Programma – Sistemi Operativi

- Introduzione ai sistemi operativi
- Gestione dei processi
- Sincronizzazione dei processi
- Gestione della memoria centrale
- Gestione della memoria di massa
- File system
- Sicurezza e protezione

Sistema operativo e I/O

Il ruolo di un sistema operativo nell'I/O è quello di gestire e controllare le operazioni e i dispositivi di I/O

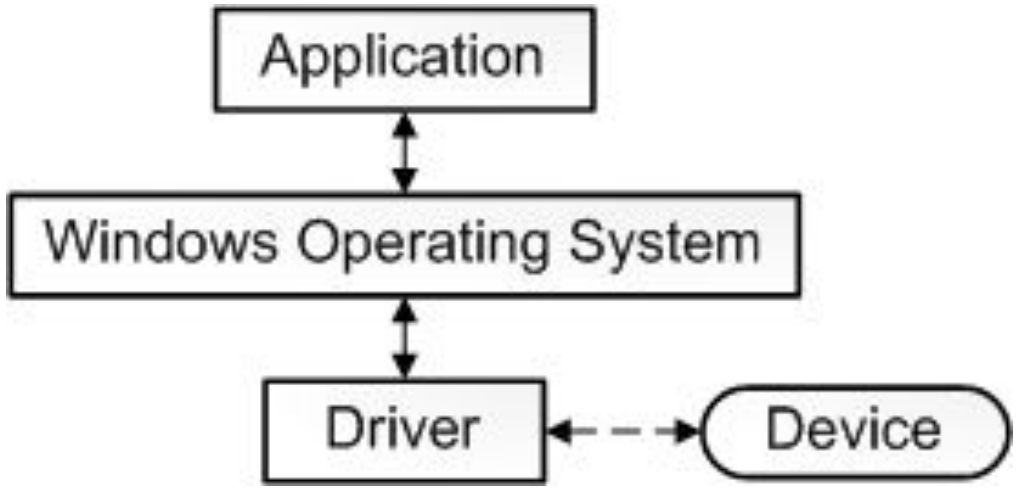
Sottosistema di I/O

- I dispositivi di I/O possono essere molto diversi per funzioni e velocità, quindi necessitano di diversi sistemi di controllo

- Il sottosistema di I/O del kernel separa il resto del kernel dalla complessità di gestione dei dispositivi di I/O

Driver di dispositivo

I driver dei dispositivi offrono al sottosistema di I/O una interfaccia uniforme per l'accesso ai dispositivi di I/O



https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/gettingstarted/what-is-a-driver-

Hardware di I/O

Se più dispositivi condividono un insieme di fili, la connessione è detta *bus*.

Un **bus** è un insieme di fili e un protocollo rigorosamente definito che specifica l'insieme dei messaggi che si possono inviare attraverso i fili.

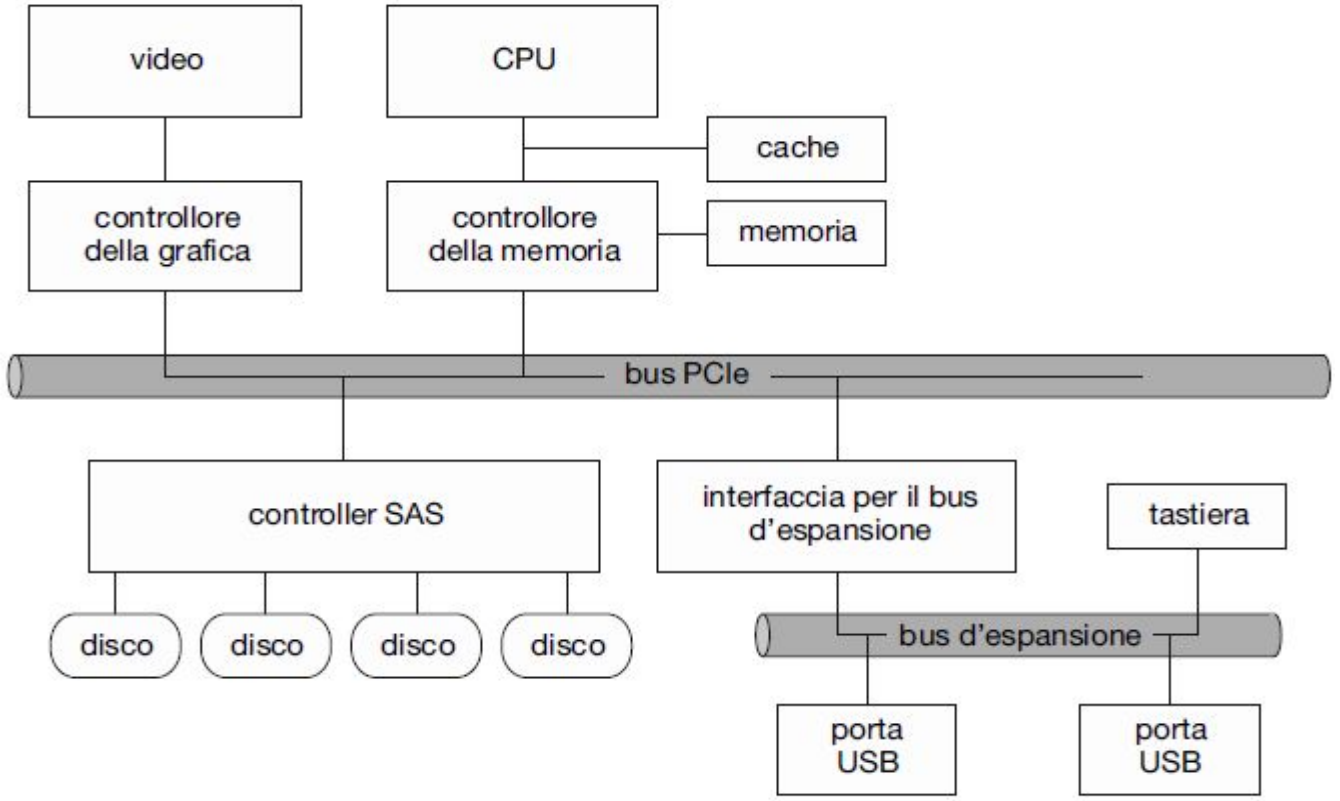


Figura 12.1 Tipica struttura del bus di un PC.

Memory mapped I/O

Il controllore di dispositivo può supportare l'**I/O memory mapped** *(I/O mappato in memoria).*

- I registri di controllo del dispositivo sono mappati in un sottoinsieme dello spazio di indirizzi della CPU

- La CPU esegue le richieste di I/O leggendo e scrivendo i registri di controllo del dispositivo alle locazioni di memoria fisica a cui sono mappati

Memory mapped I/O

In passato, i PC usavano spesso istruzioni di I/O per controllare alcuni dispositivi e l'I/O memory mapped per controllarne altri.

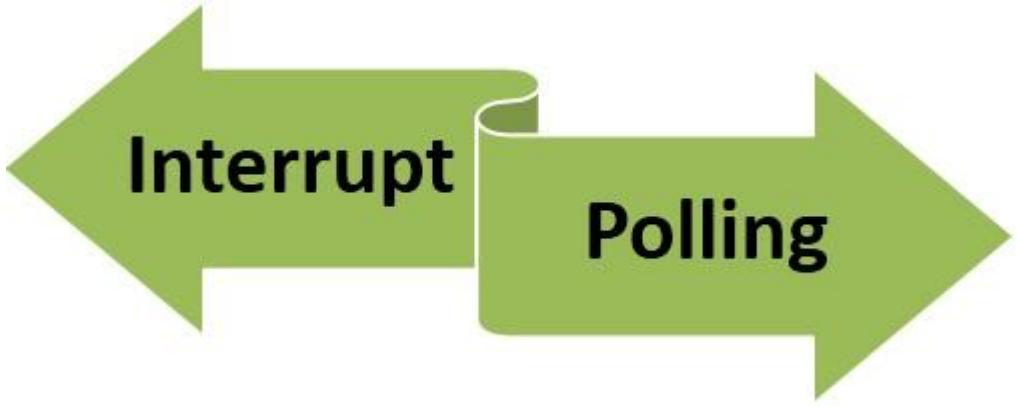
indirizzi per l'I/O (in esadecimale)	dispositivo
000-00F	controllore DMA
020-021	controllore delle interruzioni
040-043	timer
200-20F	controllore dei giochi
2F8-2FF	porta seriale (secondaria)
320-32F	controllore del disco
378-37F	porta parallela
3D0-3DF	controllore della grafica
3F0-3F7	controllore dell'unità a dischetti
3F8-3FF	porta seriale (principale)

Figura 12.2 Indirizzi delle porte dei dispositivi di I/O nei PC (elenco parziale).

Polling vs. interrupt

Interrupt e polling sono le due modalità con cui gli eventi generati dai dispositivi connessi al PC possono essere gestiti dalla CPU

- Nella gestione con **polling**, la CPU tiene traccia delle comunicazioni dei dispositivi di I/O a intervalli regolari
- Nella gestione con **interrupt**, il dispositivo di I/O interrompe la CPU comunicando ad essa che ha bisogno di andare in esecuzione



https://techdifferences.com/difference-between-interrupt-and-polling-in-os.html

Interruzioni

Le **interruzioni** sono usate diffusamente dai sistemi operativi moderni per gestire eventi asincroni e per eseguire procedure in modalità supervisore nel kernel.

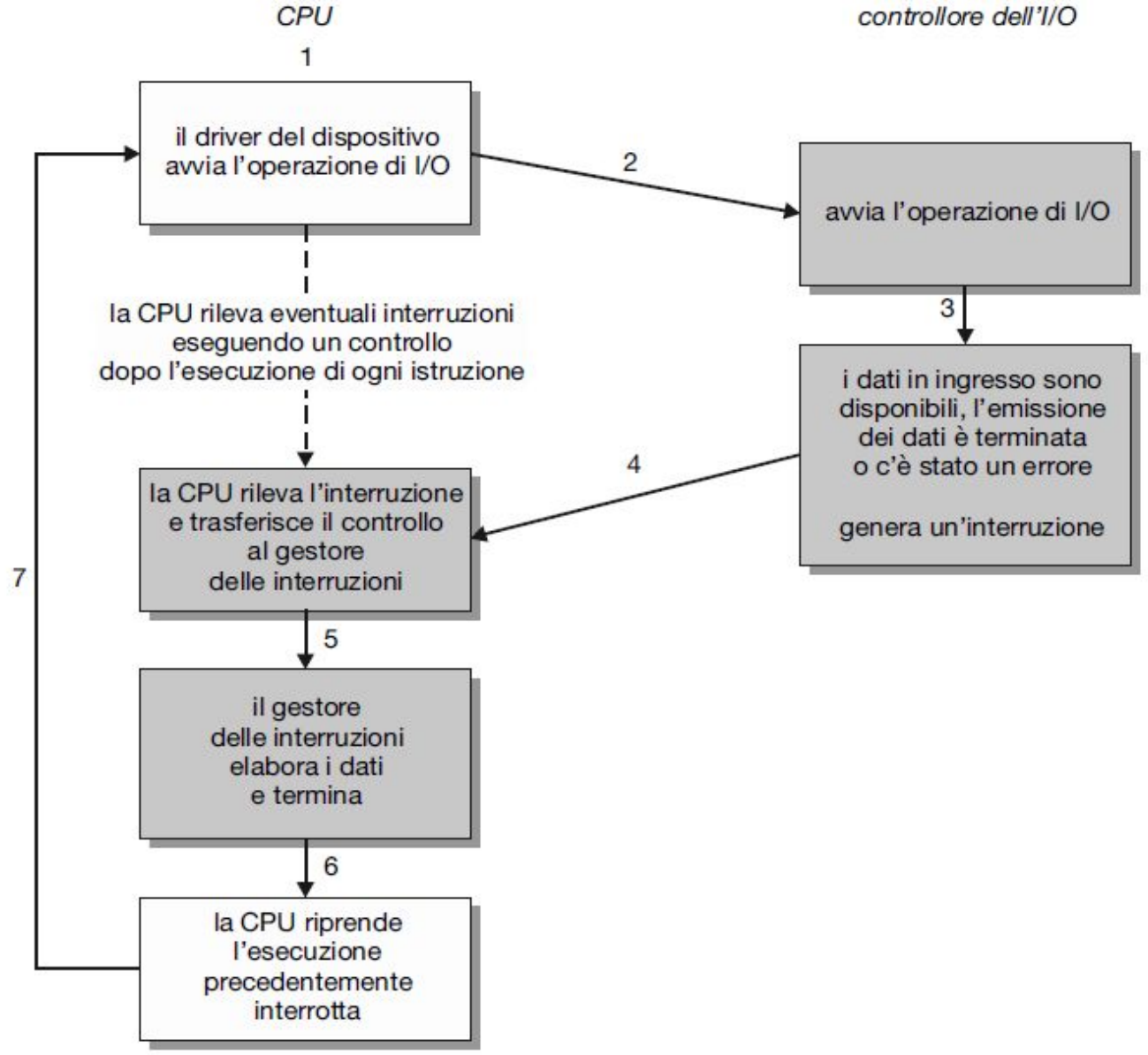


Figura 12.3 Ciclo di I/O basato sulle interruzioni.

Interruzioni

- Per far sì che i compiti più urgenti siano portati a termine per primi, i calcolatori moderni usano un **sistema di priorità delle interruzioni.**

- I controllori dei dispositivi, i guasti hardware e le chiamate di sistema generano interruzioni al fine di innescare l'esecuzione di procedure del kernel.

- Poiché le interruzioni sono usate in modo massiccio per affrontare situazioni in cui il tempo è un fattore critico, è necessario avere un'efficiente gestione delle interruzioni per ottenere buone prestazioni del sistema.

Interruzioni

Anche i moderni sistemi monoutente gestiscono centinaia di interruzioni al secondo e i server ne gestiscono persino centinaia di migliaia al secondo

La schermata mostra l'output del comando latency su macOS, rivelando che in dieci secondi un computer desktop senza particolari carichi di lavoro ha eseguito quasi 23.000 interrupt.

```
Fri Nov 25 13:55:59                                    0:00:10
                    SCHEDULER      INTERRUPTS
------------------------------------------
total_samples              13           22998

delays <  10 usecs         12           16243
delays <  20 usecs          1            5312
delays <  30 usecs          0             473
delays <  40 usecs          0             590
delays <  50 usecs          0              61
delays <  60 usecs          0             317
delays <  70 usecs          0               2
delays <  80 usecs          0               0
delays <  90 usecs          0               0
delays < 100 usecs          0               0
total  < 100 usecs         13           22998
```

Figura 12.4 Il comando `latency` di Mac OS X.

Interruzioni mascherabili e non mascherabili

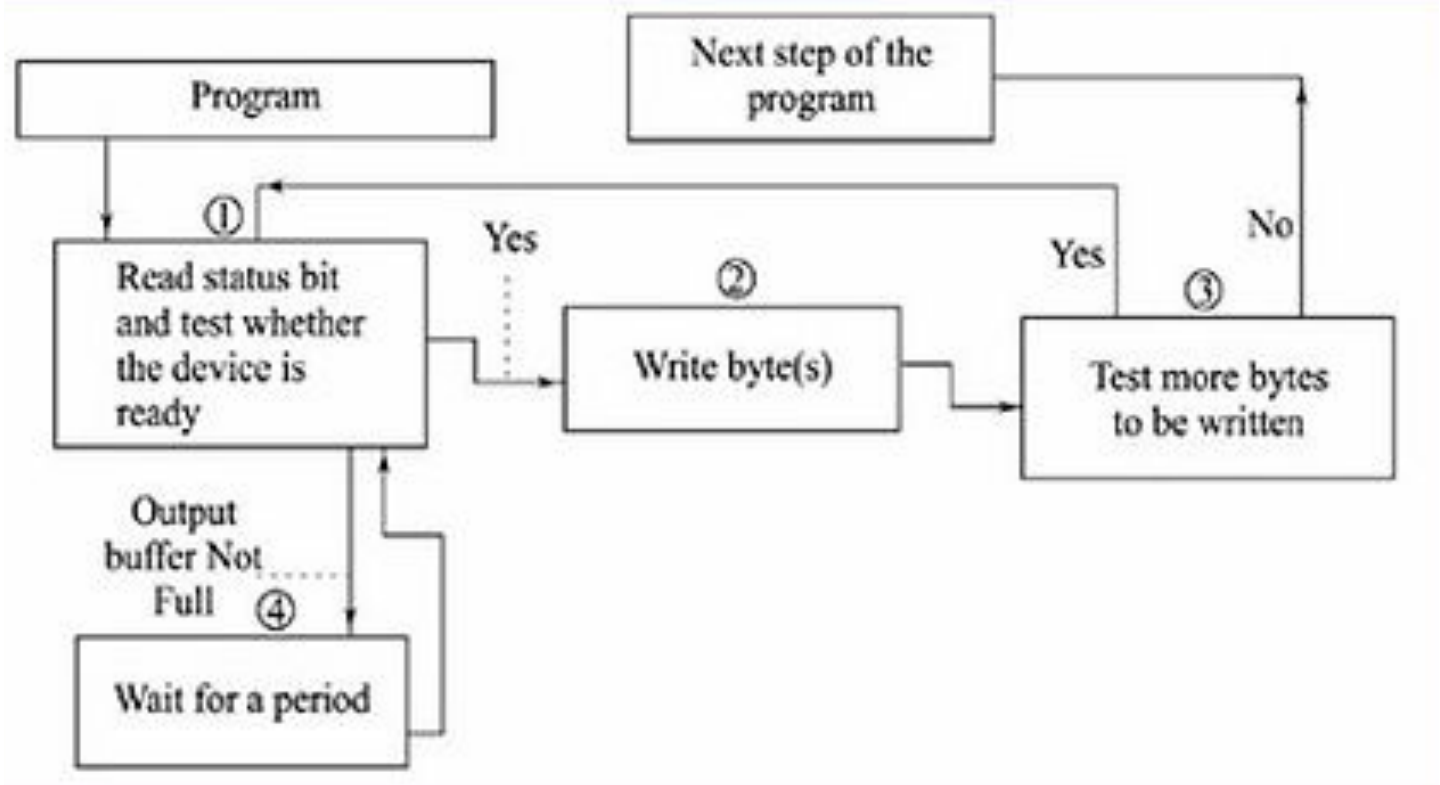
Gli eventi da 0 a 31, non mascherabili, si usano per segnalare varie condizioni d'errore; quelli dal 32 al 255, mascherabili, si usano, per esempio, per le interruzioni generate dai dispositivi → **livelli di priorità delle interruzioni**

indice del vettore	descrizione
0	divide error
1	debug exception
2	null interrupt
3	breakpoint
4	INTO-detected overflow
5	bound range exception
6	invalid opcode
7	device not available
8	double fault
9	coprocessor segment overrun (reserved)
10	invalid task state segment
11	segment not present
12	stack fault
13	general protection
14	page fault
15	(Intel reserved, do not use)
16	floating-point error
17	alignment check
18	machine check
19-31	(Intel reserved, do not use)
32-255	maskable interrupts

Figura 12.5 Vettore delle interruzioni della CPU Intel Pentium.

Programmed I/O (PIO)

Nell'I/O programmato, la CPU scrive i dati nel registro del controllore di dispositivo un byte alla volta



http://inputoutput5822.weebly.com/programmed-io.html

Svantaggi del PIO

- Per il trasferimento di grandi quantità di dati tale tecnica risulta inefficiente poiché può sovraccaricare la CPU

- Per evitare di sovraccaricare la CPU, si assegnano i compiti di trasferimento dati a un processore specializzato, detto controllore dell'accesso diretto in memoria

Direct memory access (DMA)

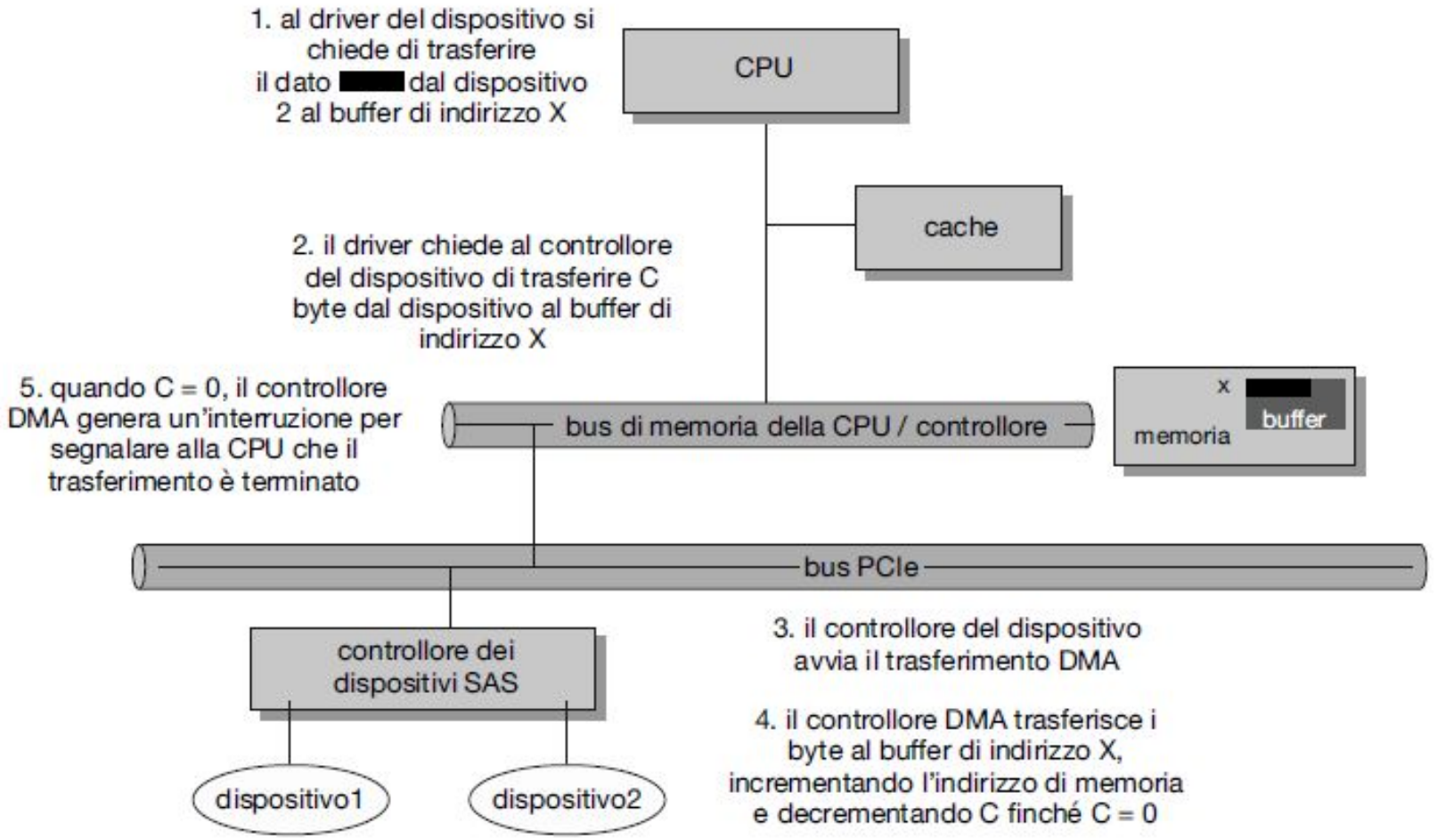


Figura 12.6 Passi di un trasferimento DMA.

Riassumendo

bus

controllore

porta di I/O e suoi registri

procedura di handshaking tra la CPU e il controllore di un dispositivo

esecuzione dell'handshaking per mezzo del polling o delle interruzioni

delega dell'I/O a un controllore DMA nel caso di trasferimenti di grandi quantità di dati.

Interfaccia di I/O delle applicazioni

La figura a lato illustra la divisione in strati software di quelle parti del kernel che riguardano la gestione dell'I/O

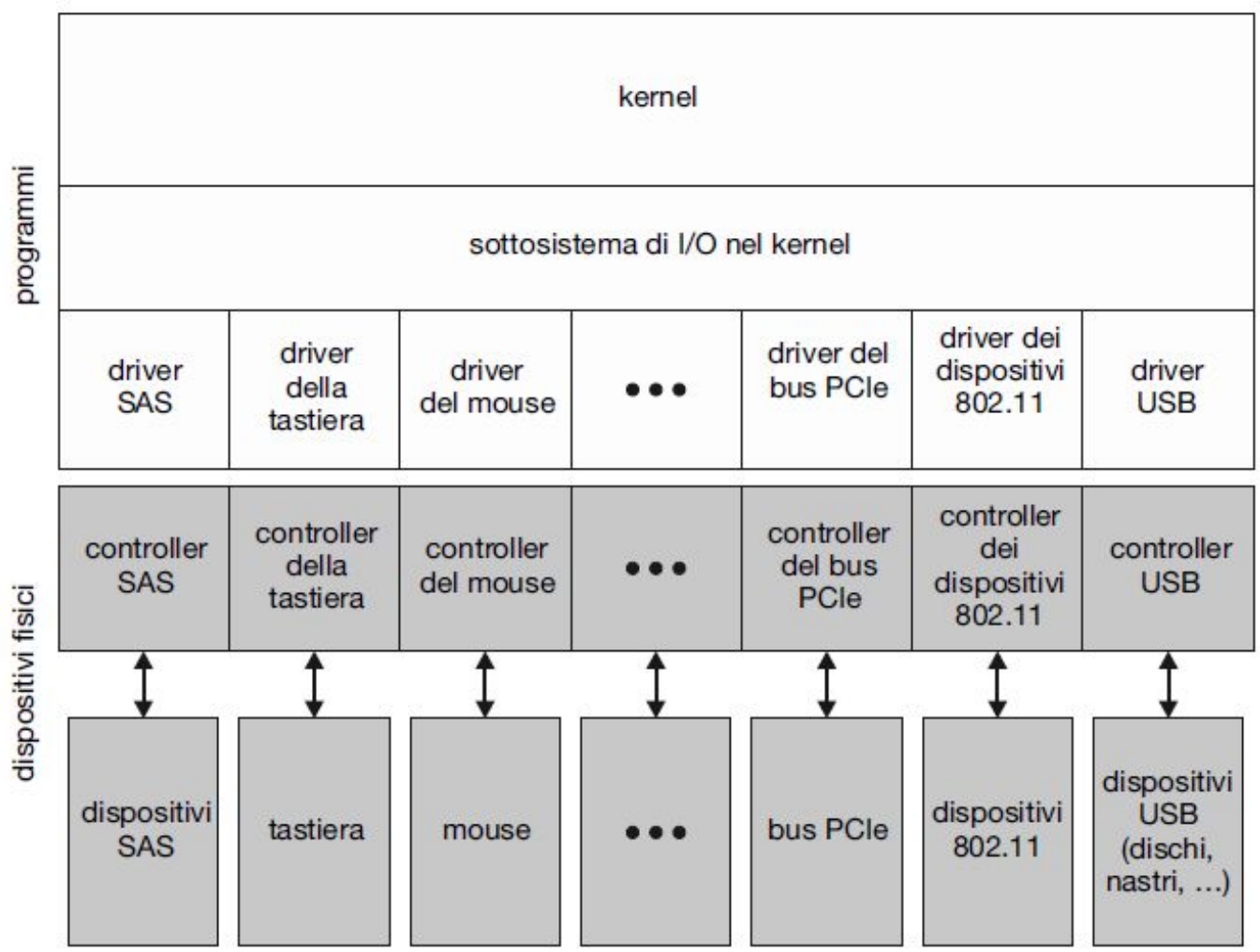


Figura 12.7 Struttura relativa all'I/O nel kernel.

Trasferimento a flusso di caratteri

Trasferimento a flusso di caratteri o a blocchi

Chiamate di sistema:

`get()` per acquisire un carattere

`put()` per inviare un carattere

La tastiera è un esempio di dispositivo al quale si accede tramite una interfaccia a flusso di caratteri.

Altri esempi sono stampanti e schede audio

Dispositivo sincrono

Dispositivi sincroni o asincroni

Un dispositivo sincrono trasferisce dati con un tempo di risposta prevedibile, in maniera coordinata rispetto al resto del sistema

Esempi di comunicazione sincrona:

- videoconferenza
- telefonata

Dispositivo asincrono

Dispositivi sincroni o asincroni

Un dispositivo asincrono ha tempi di risposta irregolari o non prevedibili, non coordinati con altri eventi del computer

Esempi di comunicazione asincrona:

- email
- chat

Dispositivi sequenziali

Dispositivi sequenziali o ad accesso diretto

Un dispositivo sequenziale trasferisce dati secondo un ordine fisso dipendente dal dispositivo

Esempio di dispositivo sequenziale:
La CPU esegue una sequenza di operazioni, una alla volta, in successione.
La CPU è anche un dispositivo di tipo sincrono (usa un clock per gestire la sincronizzazione)

Dispositivi ad accesso diretto

Dispositivi sequenziali o ad accesso diretto

L'utente di un dispositivo ad accesso diretto può richiedere l'accesso a una qualunque delle possibili locazioni di memorizzazione

Esempi di dispositivi ad accesso diretto:

- CD
- HDD
- USB flash drive

Interfaccia di I/O delle applicazioni

aspetto	variazione	esempio
modalità di trasferimento dei dati	a caratteri a blocchi	terminale unità a disco
modalità d'accesso	sequenziale casuale	modem lettore di CD-ROM
prevedibilità dell'I/O	sincrono asincrono	unità a nastro tastiera
condivisione	dedicato condiviso	unità a nastro tastiera
velocità	latenza tempo di ricerca velocità di trasferimento attesa fra le operazioni	
direzione dell'I/O	solo lettura solo scrittura lettura e scrittura	lettore di CD-ROM controllore della grafica unità a disco

Figura 12.8 Caratteristiche dei dispositivi per l'I/O.

I/O sincrono/asincrono

Una possibile alternativa alle chiamate di sistema non bloccanti è costituita dalle chiamate di sistema asincrone. Esse restituiscono immediatamente il controllo al chiamante, senza attendere che l'I/O sia stato completato.

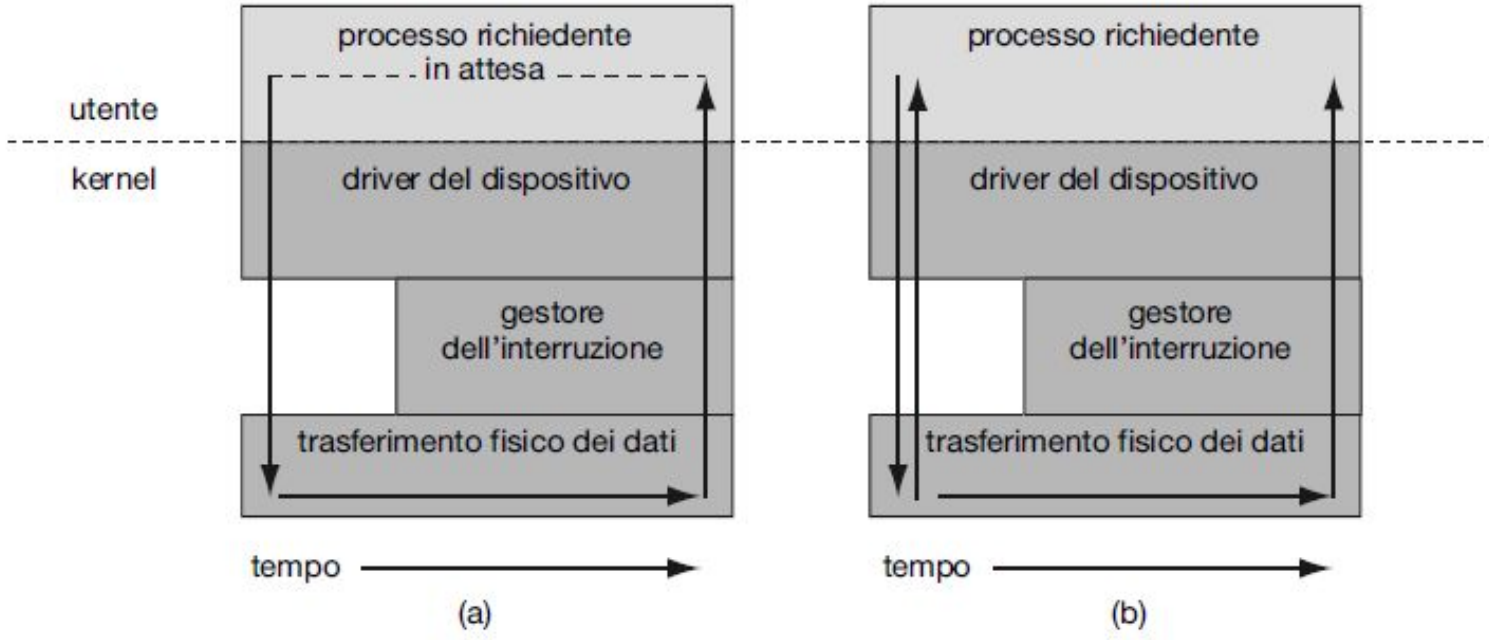


Figura 12.9 Due metodi per l'I/O; (a) sincrono e (b) asincrono.

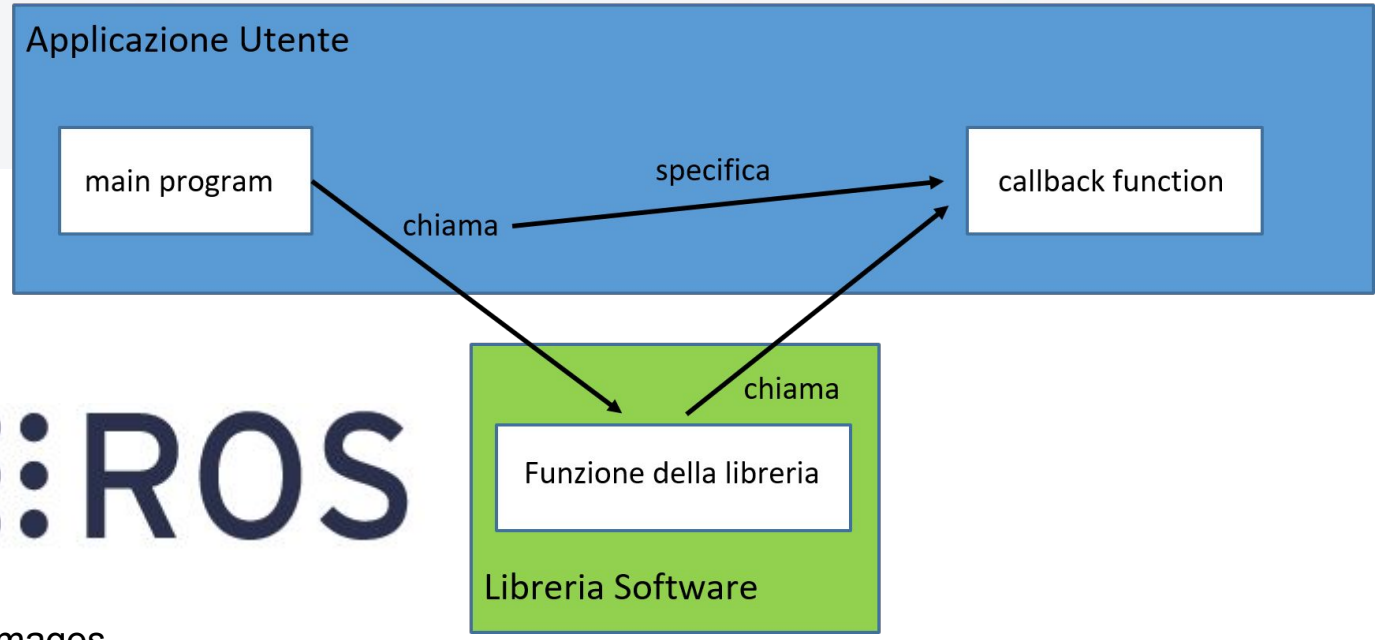
Callback

Nelle chiamate di sistema asincrone l'applicazione continua ad essere eseguita e il completamento dell'I/O è successivamente comunicato all'applicazione:

- Per mezzo dell'impostazione del valore di una variabile nello spazio di indirizzi dell'applicazione
- Tramite un interrupt software
- Tramite una callback eseguita fuori del normale flusso lineare di elaborazione dell'applicazione

Callback: esempio

```
int main(int argc, char **argv)
{
  ros::init(argc, argv, "image_listener");
  ros::NodeHandle nh;
  cv::namedWindow("view");
  cv::startWindowThread();
  image_transport::ImageTransport it(nh);
  image_transport::Subscriber sub = it.subscribe("camera/image", 1, imageCallback);
  ros::spin();
  cv::destroyWindow("view");
}
```

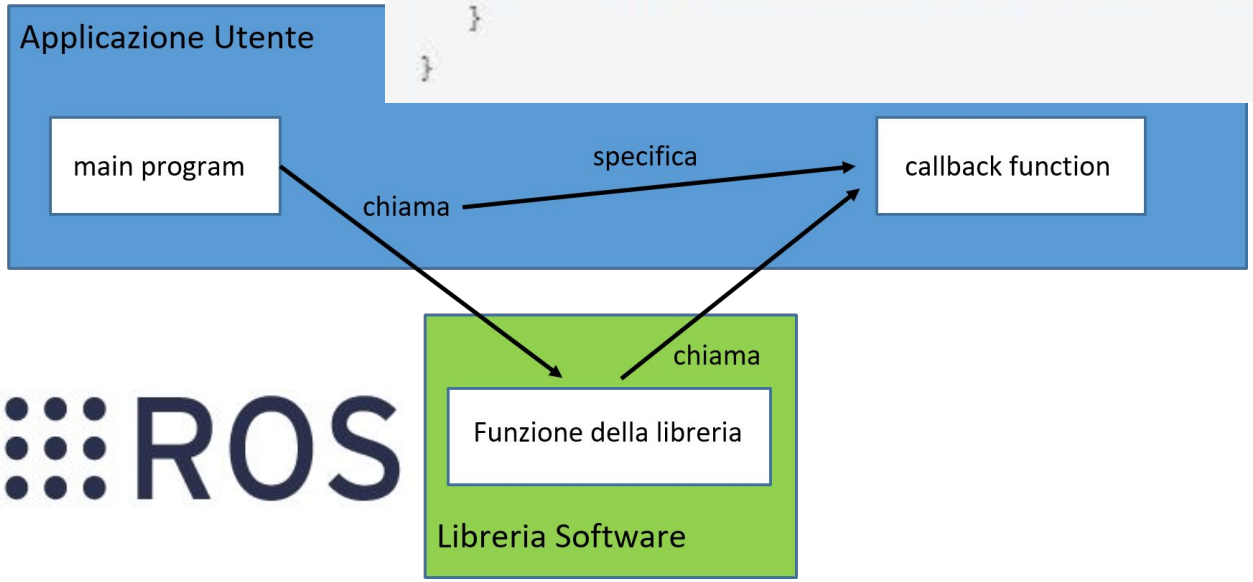


ROS

http://wiki.ros.org/image_transport/Tutorials/SubscribingToImages

Callback: esempio

```
void imageCallback(const sensor_msgs::ImageConstPtr& msg)
{
  try
  {
    cv::imshow("view", cv_bridge::toCvShare(msg, "bgr8")->image);
    cv::waitKey(30);
  }
  catch (cv_bridge::Exception& e)
  {
    ROS_ERROR("Could not convert from '%s' to 'bgr8'.", msg->encoding.c_str());
  }
}
```



ROS

http://wiki.ros.org/image_transport/Tutorials/SubscribingToImages

Callback: esempio

- Lato Applicazione Utente viene effettuata una chiamata di funzione al metodo “subscribe” che avvia un thread di ascolto sul topic prescelto `it.subscribe("camera/image", 1, imageCallback);`

- Poi viene eseguita la funzione “spin” che fa entrare l’Applicazione Utente in uno stato di attesa indefinito, fino al richiamo della callback `ros::spin();`

- Lato Libreria Software verrà invocata la callback nel momento in cui arriverà un nuovo messaggio sul topic.

Sottosistema di I/O del kernel

Il kernel fornisce molti servizi riguardanti l'I/O; i seguenti servizi sono offerti dal sottosistema di I/O del kernel e sono realizzati a partire dai dispositivi e dai relativi driver.

- scheduling
- gestione del buffer
- gestione delle cache
- gestione delle code di spooling
- riservazione dei dispositivi
- gestione degli errori → protezione dell'I/O

Tabella dello stato dei dispositivi

Gli elementi della **tabella dello stato dei dispositivi** – uno per ogni dispositivo di I/O – indicano il *tipo*, l'*indirizzo* e lo *stato del dispositivo*: non funzionante, inattivo o occupato.

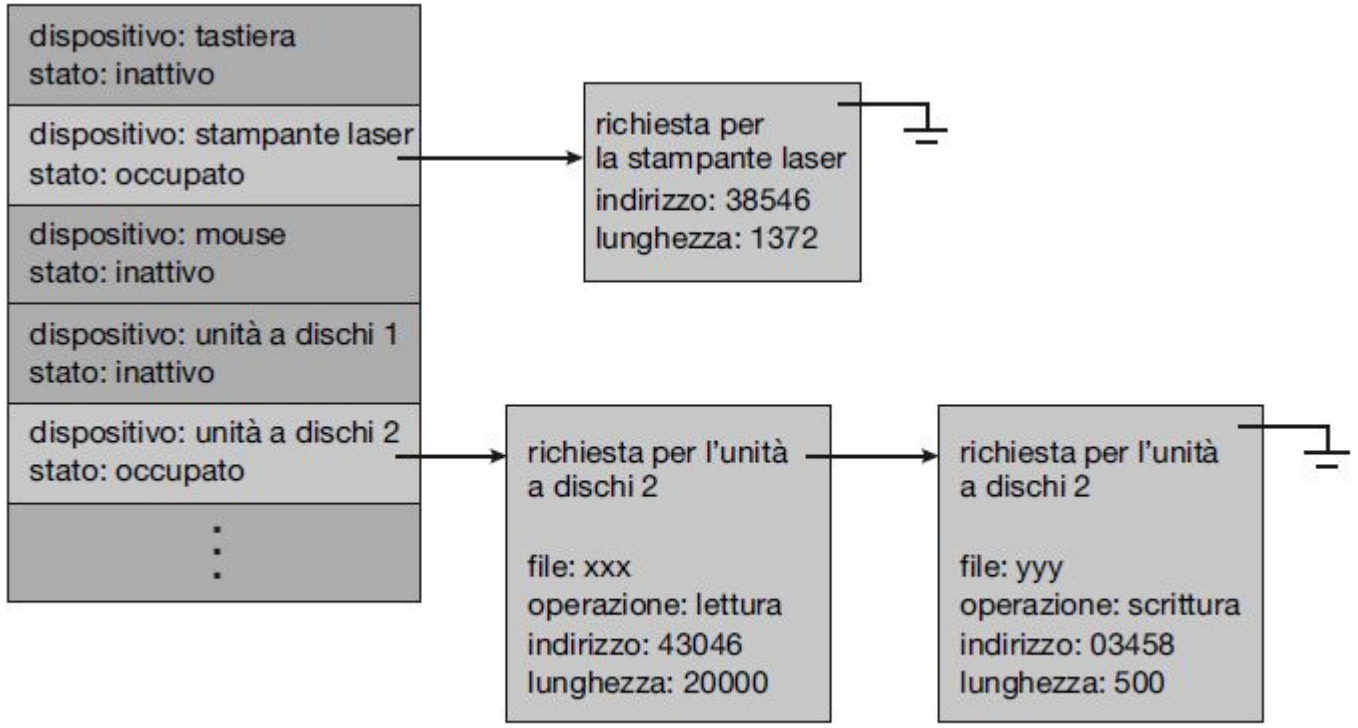


Figura 12.10 Tabella dello stato dei dispositivi.

Gestione dei buffer

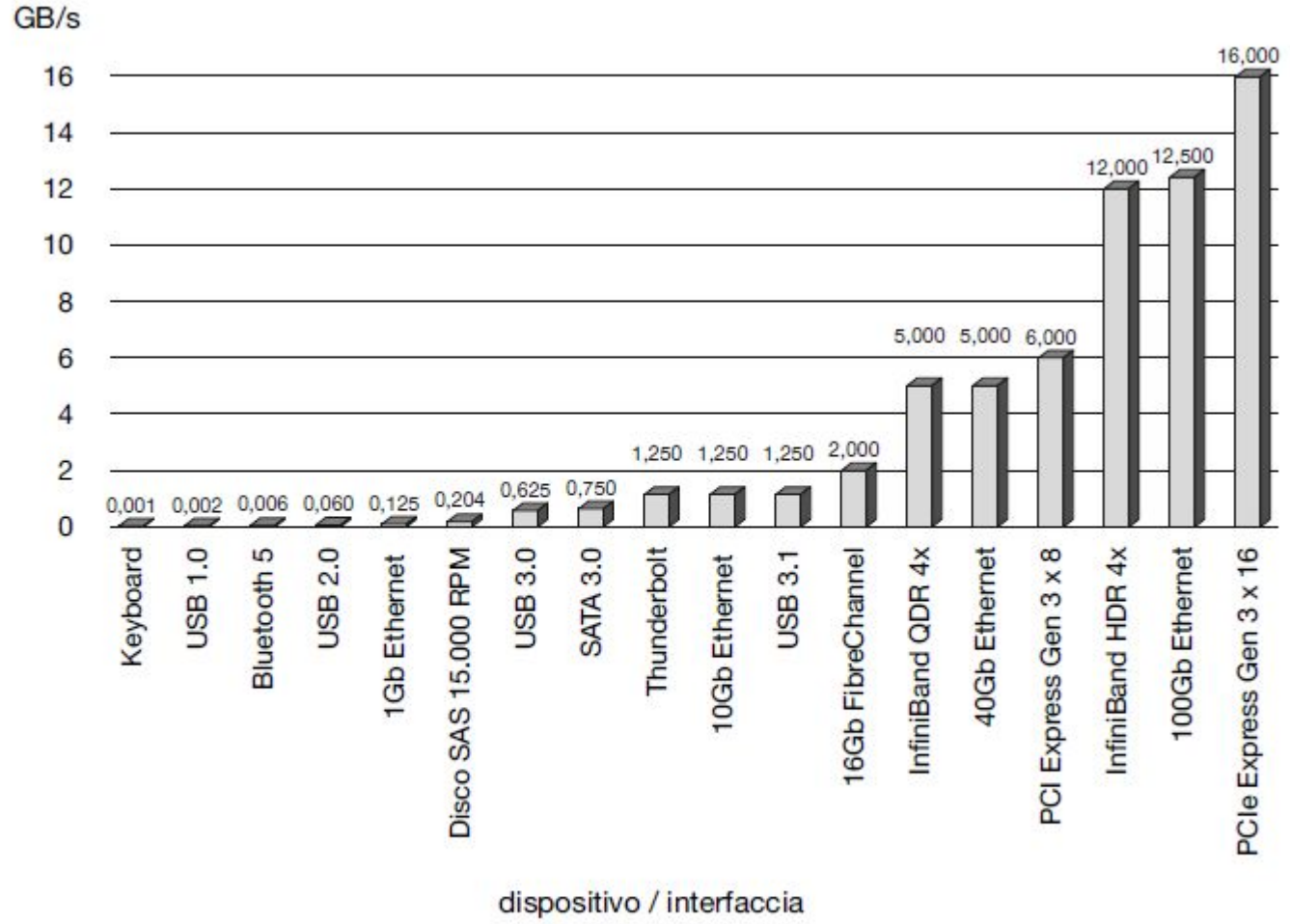


Figura 12.11 Dispositivi di I/O utilizzati in PC e data center e velocità dell'interfaccia.

Cache

La differenza tra un buffer e una cache consiste nel fatto che il primo può contenere dati di cui non vi è altra copia, mentre una cache, per definizione, mantiene su un mezzo più efficiente una copia di informazioni memorizzate altrove.

Protezione dell'I/O

Un programma utente, per eseguire l'I/O, invoca una chiamata di sistema per chiedere al sistema operativo di svolgere una data operazione nel suo interesse.

Il sistema, passando alla modalità privilegiata, verifica che la richiesta sia valida e, in tal caso, esegue l'operazione; esso trasferisce quindi il controllo all'utente.

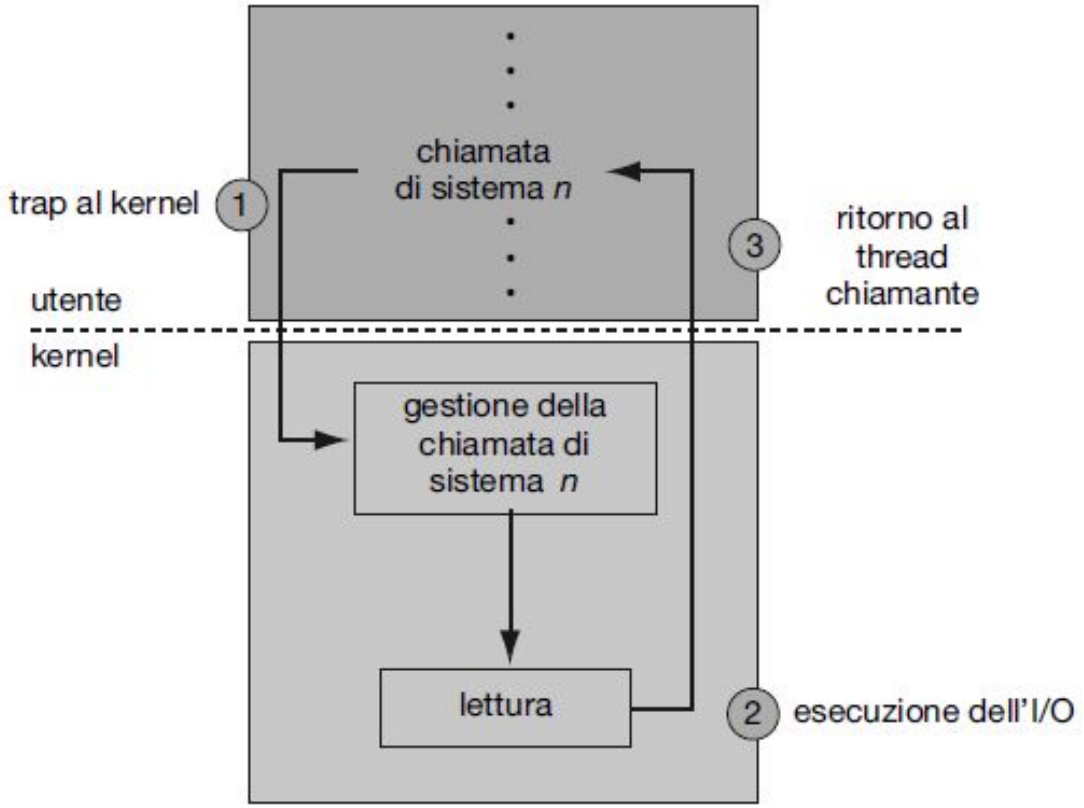


Figura 12.12 Uso delle chiamate di sistema per eseguire I/O.

Strutture dati del kernel

Servono a mantenere informazioni sullo stato dei componenti di I/O

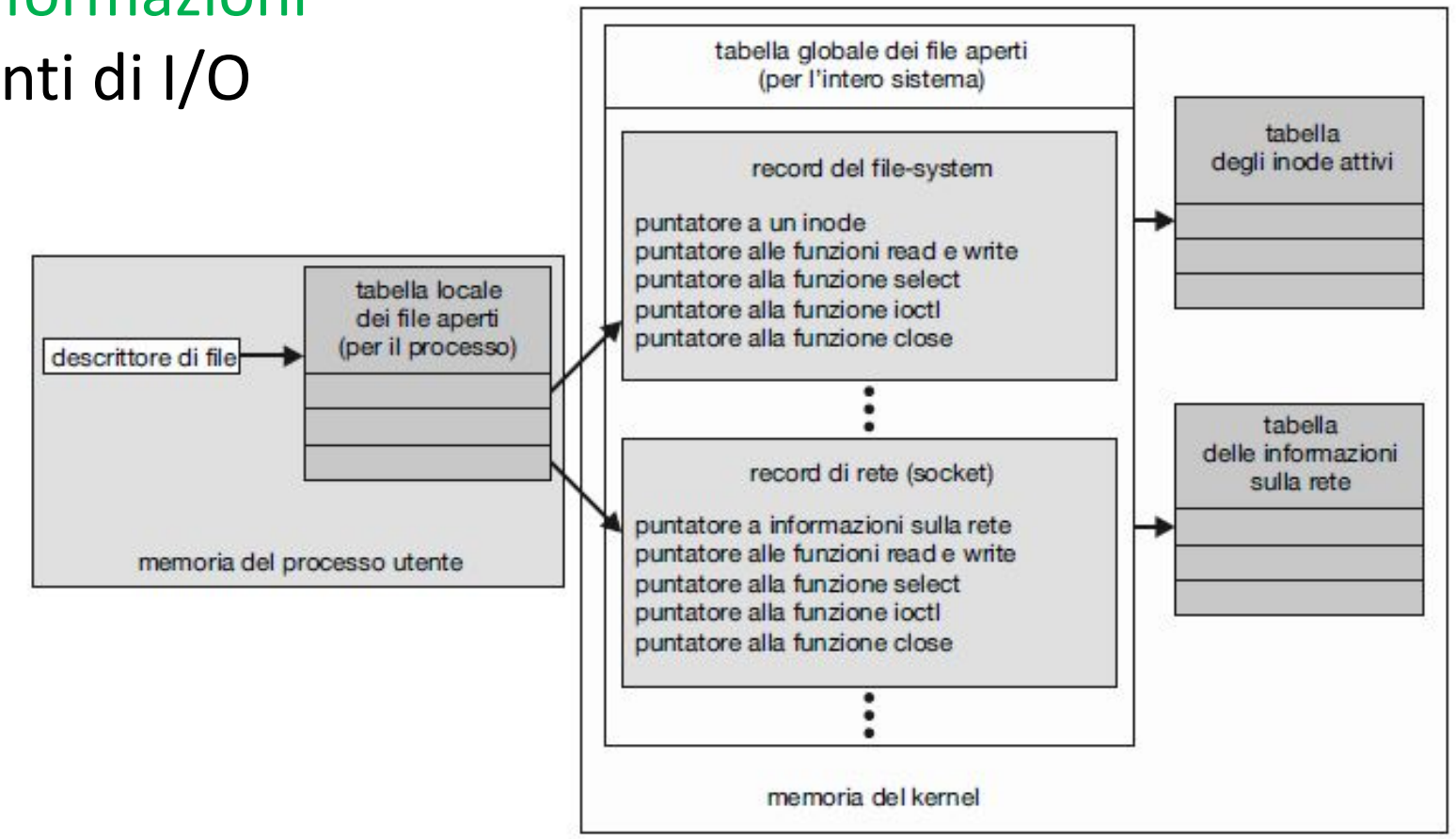


Figura 12.13 Struttura dell'I/O nel kernel di UNIX.

Riassumendo

Il sistema per l'I/O coordina un'ampia raccolta di servizi disponibili per le applicazioni e per altre parti del kernel:

- gestione dello spazio dei nomi per file e dispositivi
- controllo dell'accesso ai file e ai dispositivi
- controllo delle operazioni
- allocazione dello spazio per il file system
- allocazione dei dispositivi
- gestione dei buffer, delle cache e delle code di spooling
- scheduling dell'I/O
- controllo dello stato dei dispositivi, gestione degli errori e procedure di ripristino
- configurazione e inizializzazione dei driver dei dispositivi
- gestione energetica dei dispositivi dell'I/O

Esecuzione di una richiesta di I/O

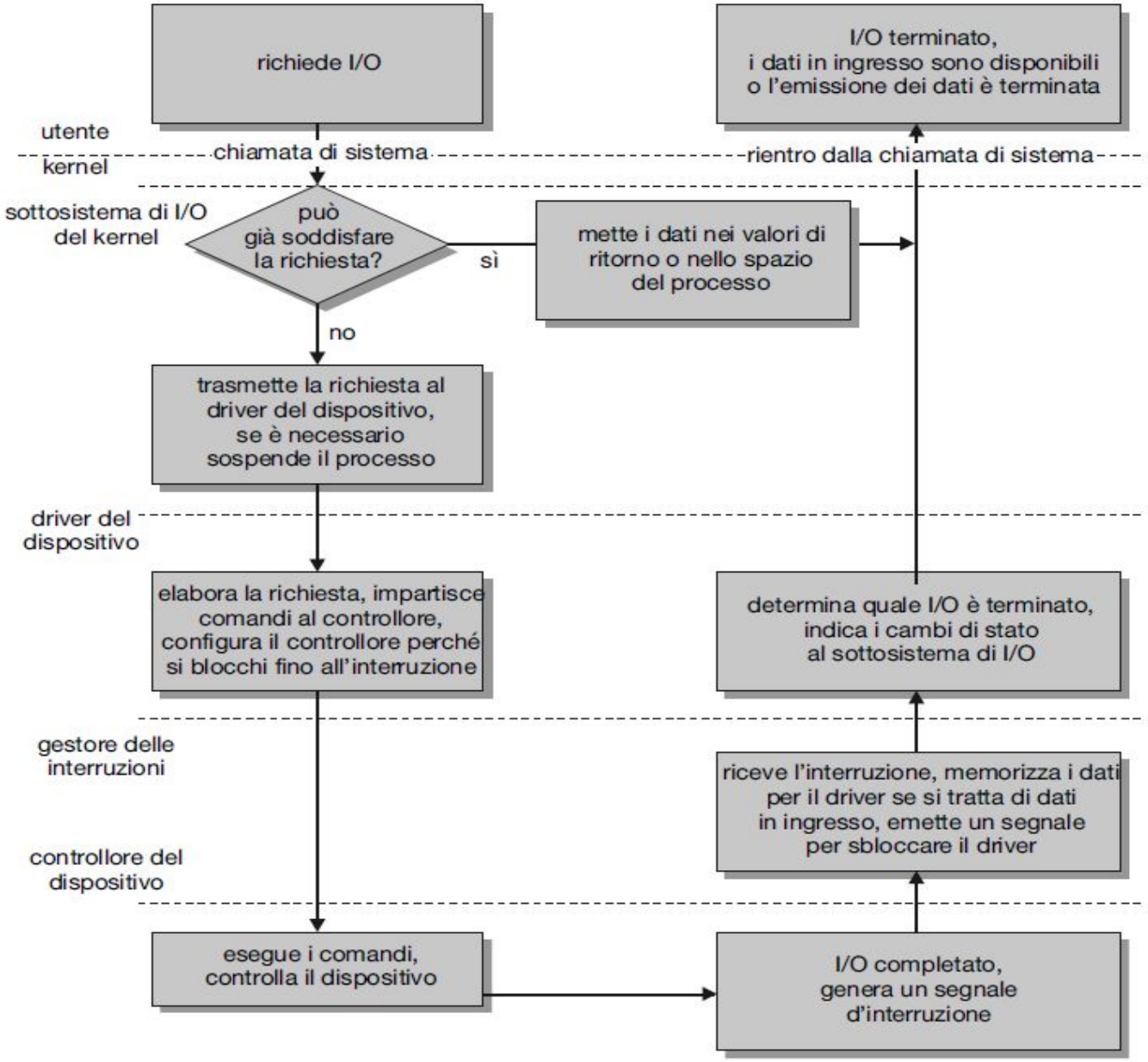


Figura 12.14 Schema d'esecuzione di una richiesta di I/O.

STREAMS

STREAMS è una metodologia che permette di sviluppare in modo modulare e incrementale i driver e i protocolli di rete.

Utilizzando gli *stream*, i driver possono essere organizzati in una catena, attraverso cui passano i dati in maniera sequenziale e bidirezionale per l'elaborazione

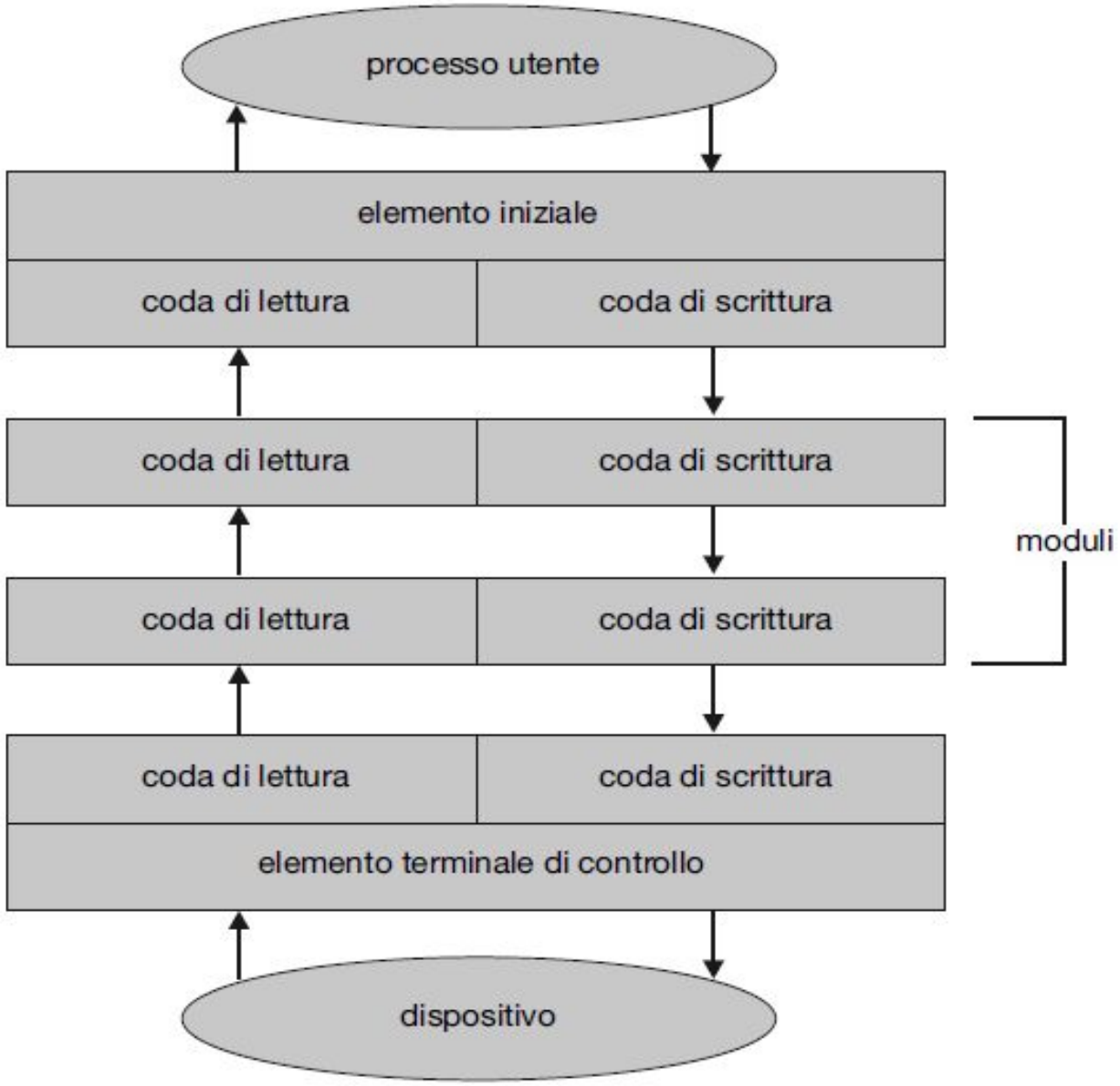


Figura 12.15 Struttura di STREAMS.

`ioctl`

La system call `ioctl` permette di interagire con il driver di un dispositivo generico, per esempio una webcam.

Tramite la `ioctl` sarà possibile ricavare e settare i parametri di tale dispositivo, per esempio ricavare la risoluzione della webcam o settarne la tipologia di acquisizione dati.

Per configurare dispositivi seriali a flusso di caratteri, per esempio un terminale, è possibile usare le API incluse nella interfaccia `termios`. Tramite questa, avremo accesso a tutte le informazioni relative al dispositivo, per esempio baudrate, echo, etc...

Prestazioni

A causa dei molti strati di software presenti fra un dispositivo fisico e l'applicazione, le chiamate di sistema per l'I/O sono onerose in termini di utilizzazione della CPU.

Anche il traffico di una rete può portare a un alto numero di cambi di contesto; si consideri, per esempio, il login remoto da un calcolatore a un altro.

Prestazioni

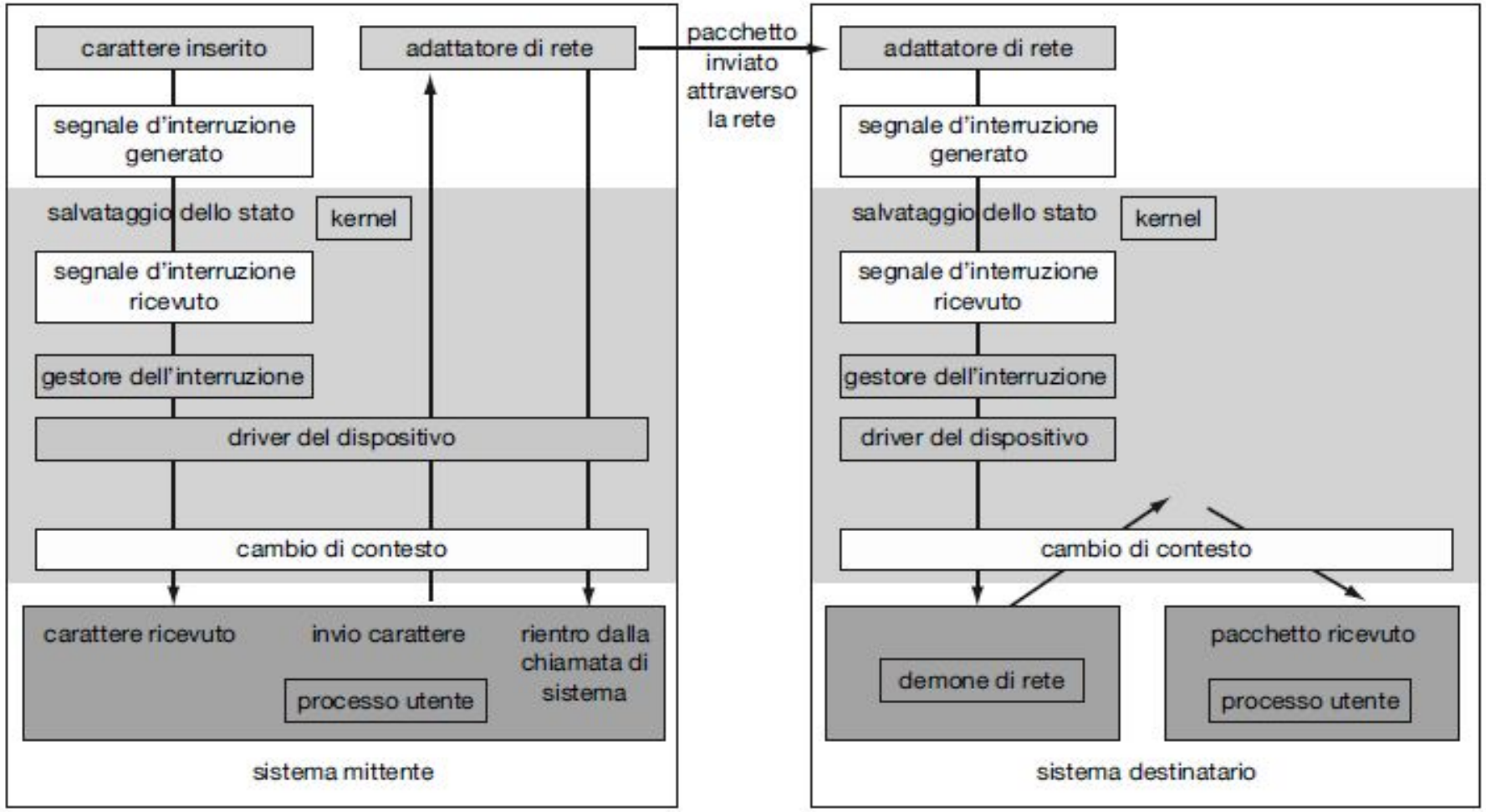


Figura 12.16 Comunicazione tra calcolatori.

Implementazione dei servizi di I/O

Ci si può chiedere se i servizi di I/O si debbano implementare nei dispositivi hardware, nei loro driver, o nelle applicazioni. Talvolta si può osservare (Figura 12.17) la seguente successione.

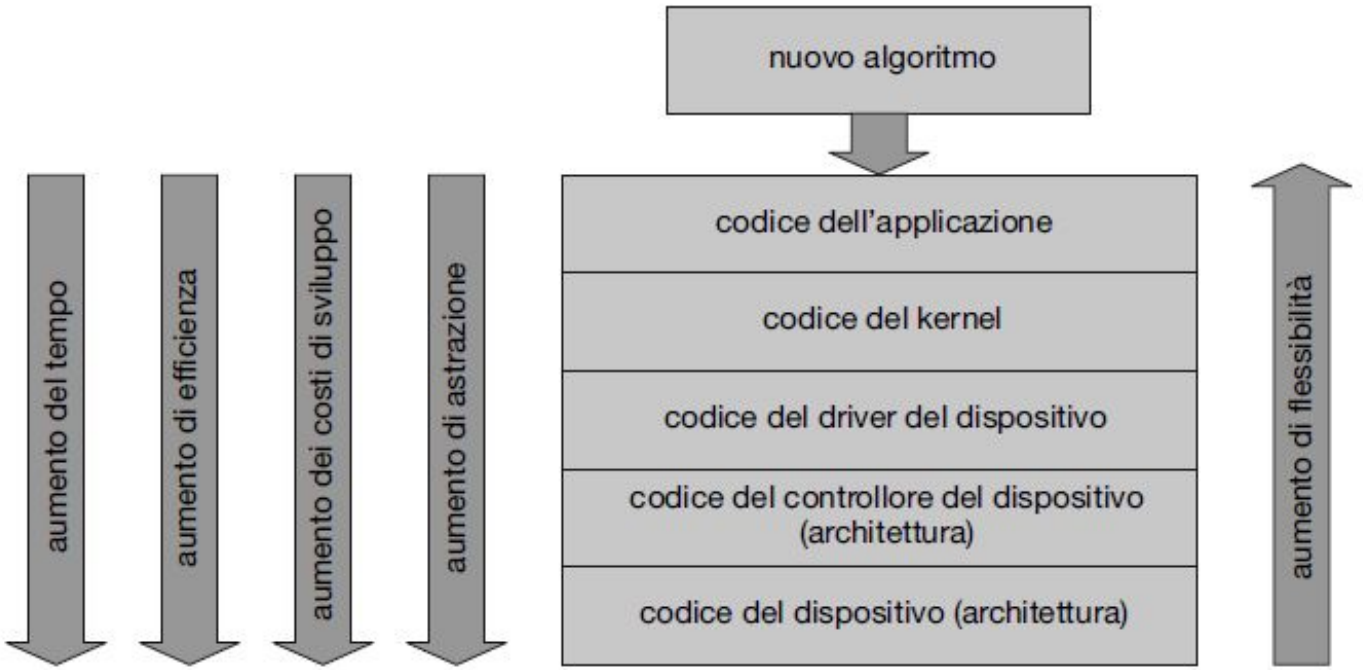


Figura 12.17 Successione delle funzionalità dei servizi di I/O.

Capacità e latenza

La Figura 12.18 mostra CPU e dispositivi di memoria in un grafico dove le due dimensioni rappresentano la capacità e la latenza delle operazioni di I/O. Inoltre, la figura mostra una rappresentazione della latenza di rete, utile per rivelare il tributo aggiuntivo imposto dal networking in termini di prestazioni.

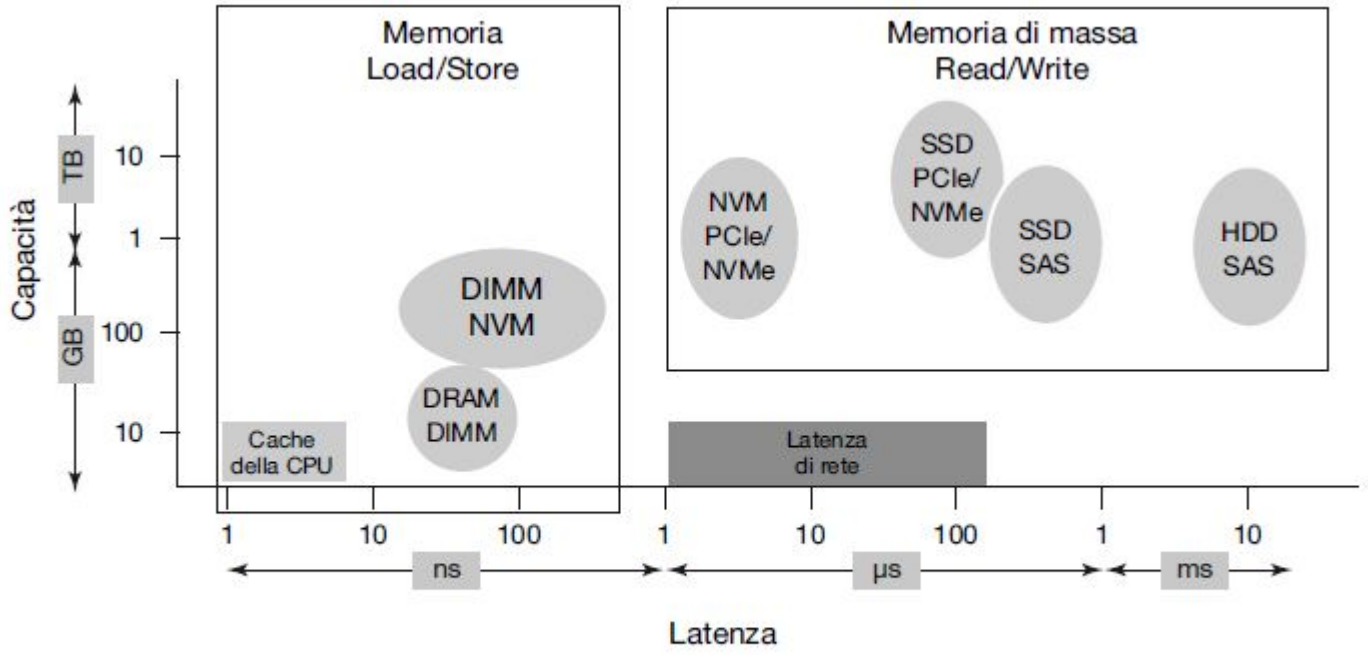
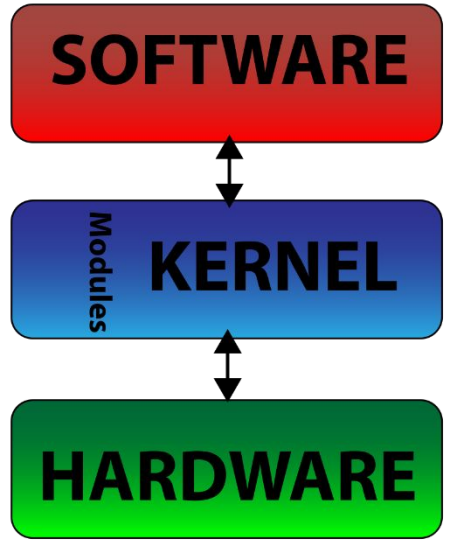


Figura 12.18 Prestazioni di I/O dei dispositivi di memorizzazione (e latenza di rete).

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

Corso di Sistemi Operativi

Sistemi di I/O



Docente:
Domenico Daniele Bloisi