UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
PARTHENOPE

Sistemi Operativi

# Thread

LEZIONE 6

prof. Antonino Staiano

Corso di Laurea in Informatica – Università di Napoli Parthenope

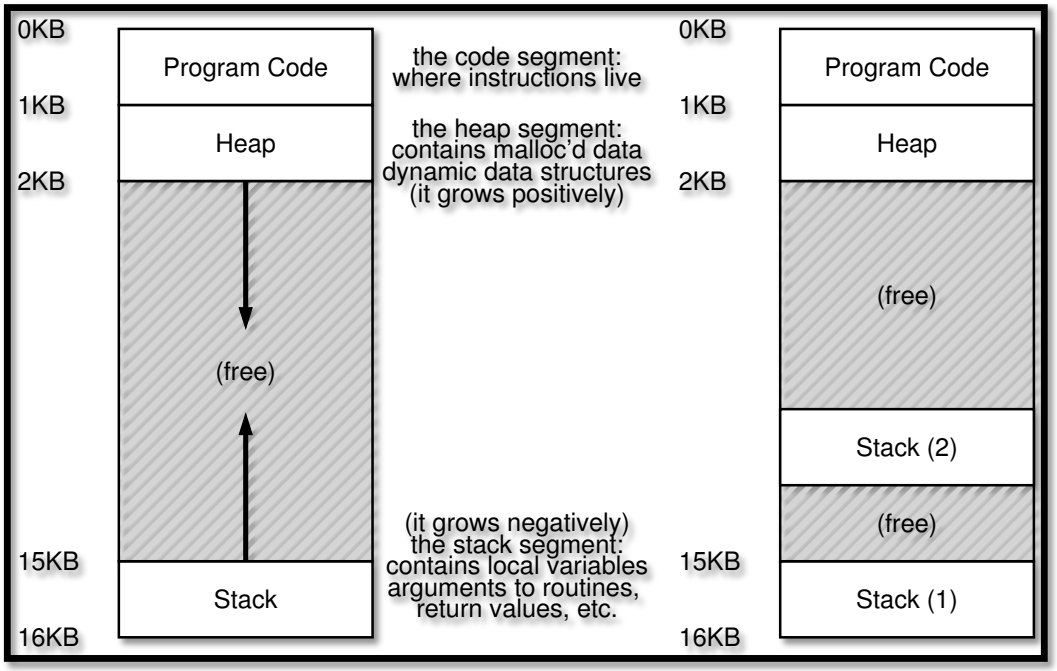
antonino.staiano@uniparthenope.it

# Introduzione ai thread

- Visione classica di un programma in esecuzione
  - In un processo abbiamo un singolo punto di esecuzione (a thread singolo)
    - Cioè, un singolo Program Counter (PC) in base al quale fare il fetch e l'esecuzione delle istruzioni
- Visione moderna (multi-thread)
  - In un processo abbiamo uno o più punti di esecuzione
    - Più PC in base ai quali fare il fetch e l'esecuzione delle istruzioni
- Gli stati di un thread sono simili alle controparti del processo
- Tuttavia, ogni thread ha il proprio insieme di registri per la computazione
  - Il *Thread Control Block* (TCB) di un thread è usato per memorizzare le informazioni quando si commuta da un thread ad un altro
- Differenza principale tra processi e thread
  - I thread di un processo condividono lo spazio di indirizzamento

# Introduzione ai thread

- Ciascun thread ha il proprio stack



# Perché i Thread

- I processi concorrenti velocizzano l'esecuzione delle applicazioni, ma …
  - I context switch introducono un elevato overhead
- Overhead
  - Esecuzione
    - Salvataggio dello stato della CPU del processo in esecuzione
    - Caricamento dello stato della CPU del nuovo processo
  - Uso risorse
    - Commutazione del contesto del processo
      - Informazioni sulle risorse allocate al processo
      - Informazione sull'interazione con altri processi

# Perché i Thread (cont.)

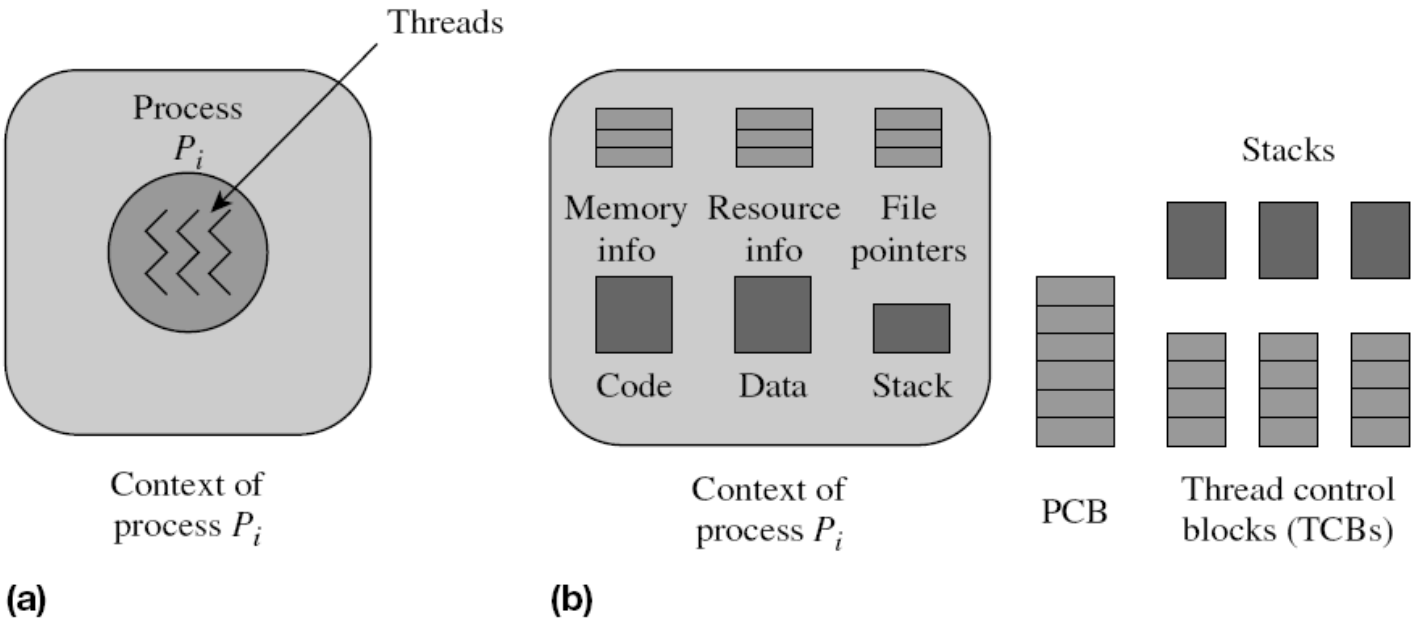
- Supponiamo di avere un processo **P** con due processi figli $P_i$ e $P_j$
  - $P_i$ e $P_j$ ereditano il contesto del processo **P**
  - Se $P_i$ e $P_j$ non hanno allocato alcuna risorsa, il loro contesto è identico
  - Differiscono solo per stato di CPU e stack
- Il context switch tra $P_i$ e $P_j$ coinvolge molte informazioni ridondanti
- I thread sfruttano tale considerazione
  - Esecuzione di un programma che usa le risorse di un processo
- I thread suddividono lo stato del processo in due parti
  - Stato delle risorse, associato al processo
  - Stato dell'esecuzione, associato ad ogni thread
- Solo gli stati di esecuzione devono essere scambiati nella commutazione tra thread
- Lo stato delle risorse è condiviso

# Thread

Thread: *esecuzione di un programma che usa le risorse di un processo*

- Un thread è un modello alternativo di esecuzione di un programma
- Un processo crea un thread attraverso una chiamata di sistema
- Il thread lavora all'interno del contesto del processo
- L'uso di thread suddivide di fatto lo stato di un processo in due parti
  - Lo stato della risorsa resta con il processo
  - Lo stato della CPU è associato con il thread
- La commutazione tra thread comporta un minor overhead rispetto alla commutazione tra processi

# Thread (cont.)




Thread nel processo Pi: (a) concetto; (b) implementazione.

# Thread Control Block

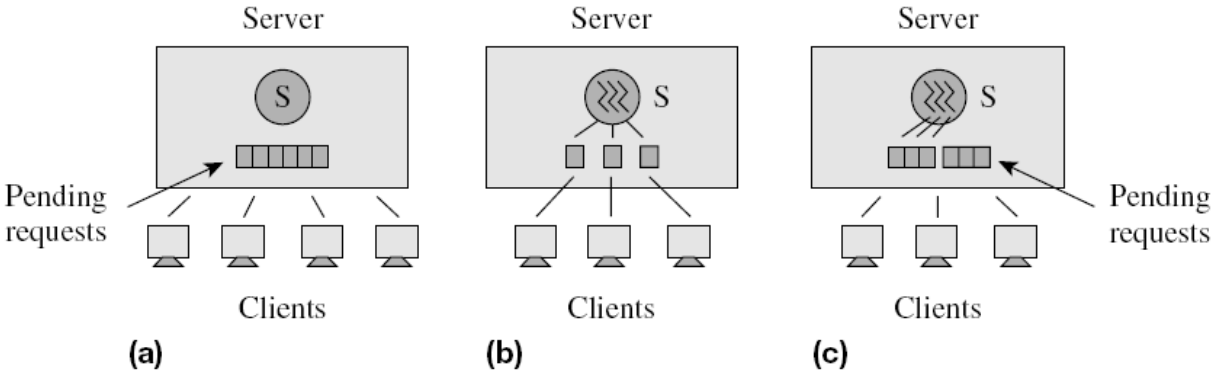
- Informazione per la schedulazione dei thread: *thread id*, *priorità*, *stato*
- Stato della CPU: PSW e GPR
- Puntatore al PCB del processo all'interno del quale è stato creato
- Puntatore al TCB per creare la lista necessaria alla schedulazione

# Stato di un Thread e Transizioni di Stato

- I Thread hanno stato e transizioni di stato dei processi
- Un thread appena creato è impostato allo stato *ready*
  - Il processo all'interno del quale si trova ha già le risorse necessarie
- Il Thread transisce nello stato *running* quando è sottoposto al dispatching
- Entra nello stato *blocked* a causa dei requisiti di sincronizzazione del processo

# Vantaggi Thread vs Processi

| Advantage | Explanation |
|---|---|
| Lower overhead of creation and switching | Thread state consists only of the state of a computation. Resource allocation state and communication state are not a part of the thread state, so creation of threads and switching between them incurs a lower overhead. |
| More efficient communication | Threads of a process can communicate with one another through shared data, thus avoiding the overhead of system calls for communication. |
| Simplification of design | Use of threads can simplify design and coding of applications that service requests concurrently. |




Uso dei thread per strutturare un server: (a) server che usa codice sequenziale; (b) server multi-thread; (c) server che usa un pool di thread

# Codifica per Usare i Thread

- Usare librerie thread safe per assicurare la correttezza della condivisione dei dati
- Gestione dei segnali: quale thread dovrebbe gestire un segnale?
  - La scelta può essere fatta dal kernel o dall'applicazione
    - Un segnale connesso ad un'eccezione hardware è gestito dal thread stesso
    - Gli altri segnali sono inviati ad un qualsiasi thread del processo
      - Idealmente il thread a priorità maggiore dovrebbe occuparsene

# I Thread in C: Thread Posix

- Lo standard ANSI/IEEE Portable Operating System Interface (POSIX) definisce l'API *pthread*
  - Per l'utilizzo nei programmi C
  - Fornisce 60 routine che eseguono quanto segue
    - Gestione dei thread
    - Assistenza per la condivisione dei dati – mutua esclusione
    - Assistenza per la sincronizzazione – variabili di condizione
  - Un pthread è creato attraverso la chiamata

```
pthread_create(<tId>,<attributes>,<start routine>,<arguments>)
```

  - La sincronizzazione genitore-figlio avviene attraverso pthread_join
  - Un thread termina invocando pthread_exit

# Esempio di codice con pthread

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
int size, buffer[100], no_of_samples_in_buffer;
int main()
{
   pthread_t id1, id2, id3;
   pthread_mutex_t buf_mutex, condition_mutex;
   pthread_cond_t buf_full, buf_empty;
   pthread_create(&id1, NULL, move_to_buffer, NULL);
   pthread_create(&id2, NULL, write_into_file, NULL);
   pthread_create(&id3, NULL, analysis, NULL);
   pthread_join(id1, NULL);
   pthread_join(id2, NULL);
   pthread_join(id3, NULL);
   pthread_exit(0);
}
void *move_to_buffer()
{
   /* Repeat until all samples are received */
   /* If no space in buffer, wait on buf_full */
   /* Use buf_mutex to access the buffer, increment no. of samples */
   /* Signal buf_empty */
   pthread_exit(0);
}
void *write_into_file()
{
   /* Repeat until all samples are written into the file */
   /* If no data in buffer, wait on buf_empty */
   /* Use buf_mutex to access the buffer, decrement no. of samples */
   /* Signal buf_full */
   pthread_exit(0);
}
void *analysis()
{
   /* Repeat until all samples are analyzed */
   /* Read a sample from the buffer and analyze it */
   pthread_exit(0);
}
```

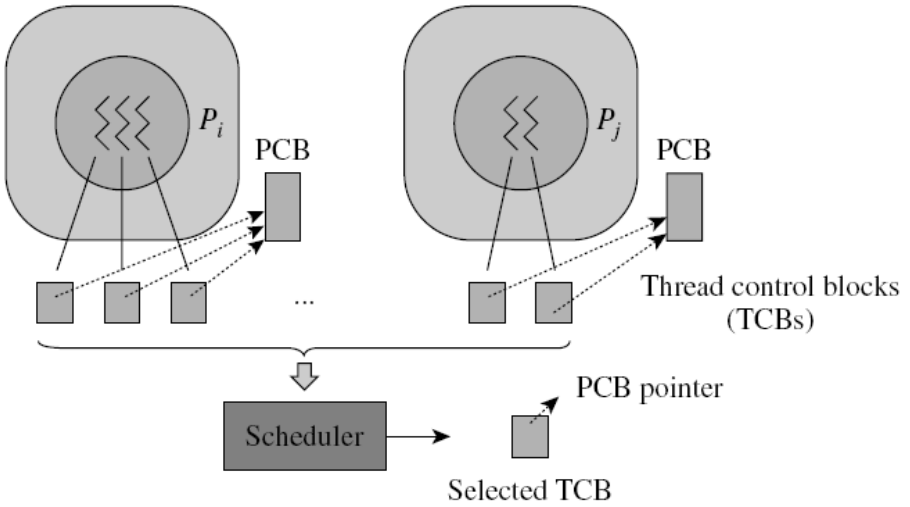
**Figure 5.13** Outline of the data logging application using POSIX threads.

# Thread di livello kernel, utente e ibridi

- Thread di livello kernel
  - I thread sono gestiti dal kernel
- Thread di livello utente
  - I thread sono gestiti dalla libreria dei thread
- Thread ibridi
  - Combinazione di thread di livello kernel ed utente

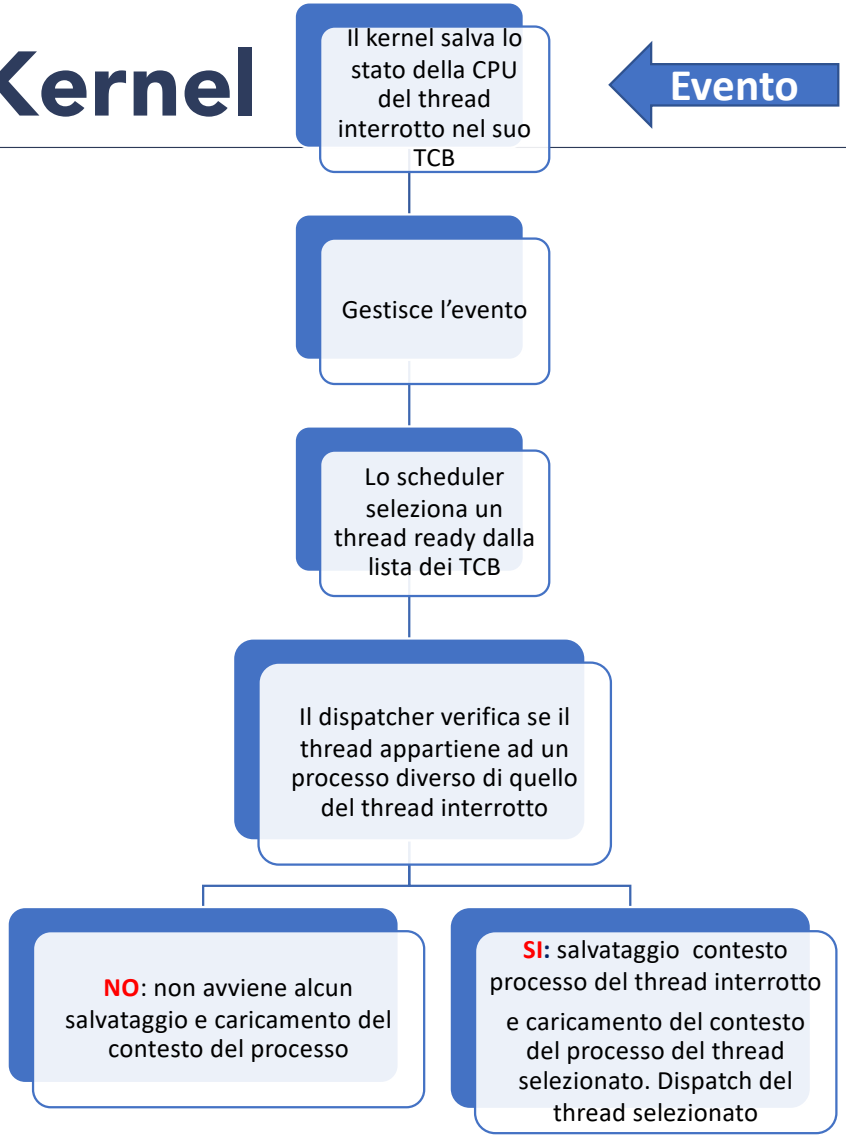
# Thread di livello kernel

- Un thread di livello kernel è come un processo con una minore quantità di informazioni di stato
- La commutazione tra thread dello stesso processo incorre in meno overhead per la gestione dell'evento




Scheduling di thread di livello kernel

# Thread di Livello Kernel



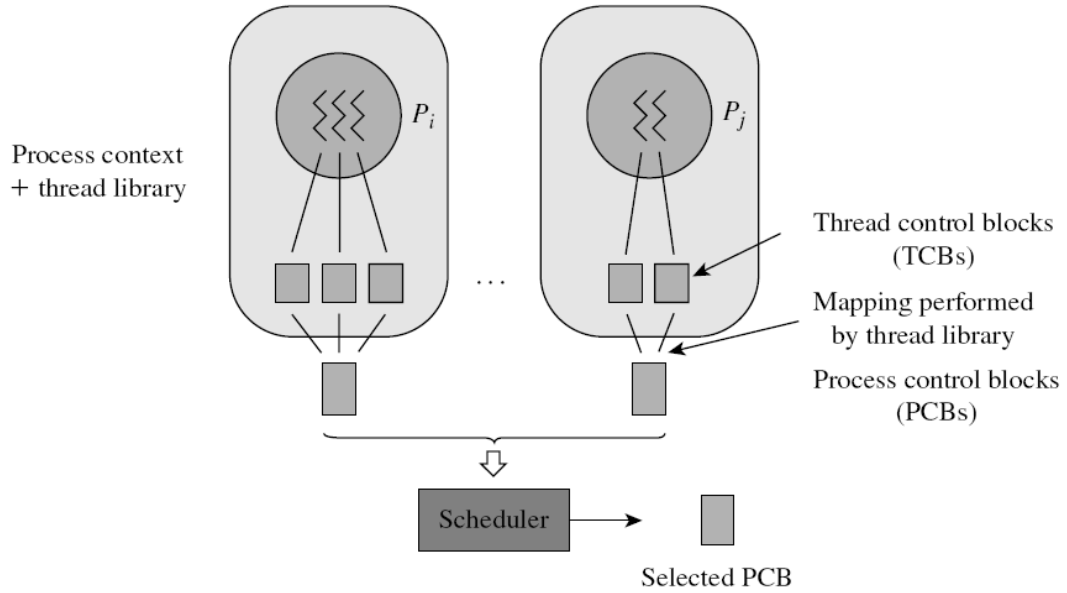
# Thread di Livello Kernel: Pro e Contro

- Pro
  - Thread simili ai processi (con meno informazioni) -> conveniente per i programmatori
  - In ambienti multi CPU consentono il parallelismo
    - Più thread di un processo schedulati contemporaneamente

- Contro
  - La commutazione tra thread è fatta dal kernel quando è gestito un evento
    - Overhead di gestione evento anche se il thread interrotto ed il thread schedulato sono dello stesso processo
    - Limita il risparmio di overhead nella commutazione tra thread

# Thread di Livello Utente

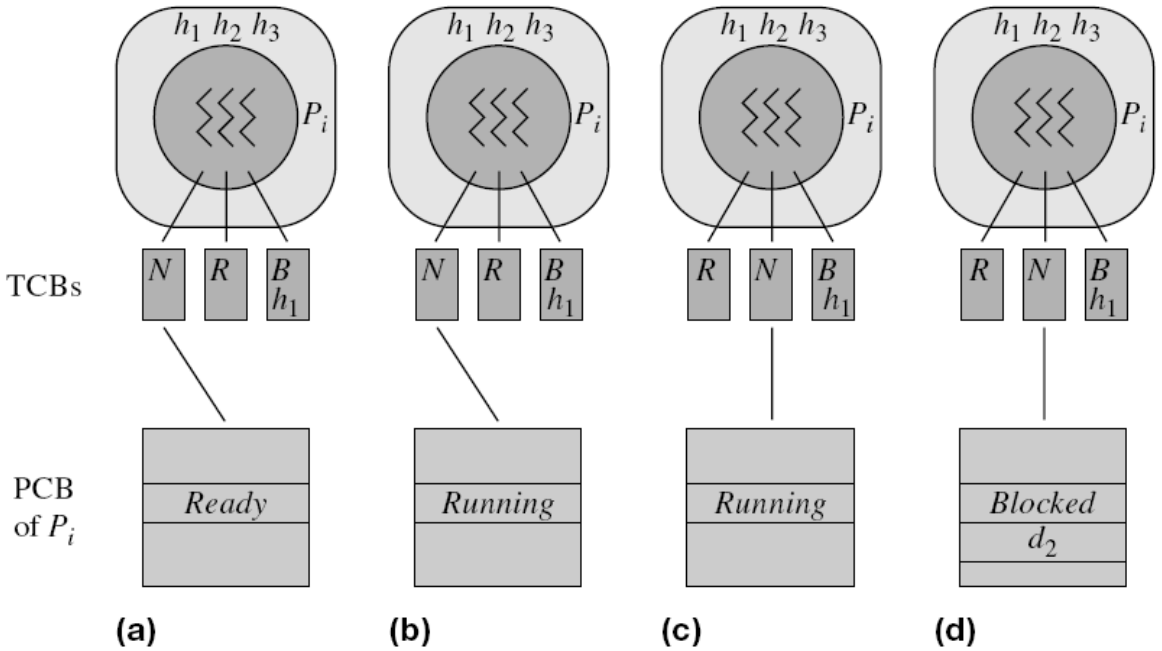
- Commutazione veloce dei thread poiché non è coinvolto il kernel
- Il blocco di un thread su di una system call blocca tutti i thread del processo
- Thread di un processo: nessuna concorrenza o parallelismo




Scheduling di thread di livello utente

# Scheduling di thread di livello utente

- La libreria di thread mantiene lo stato del thread ed esegue la commutazione



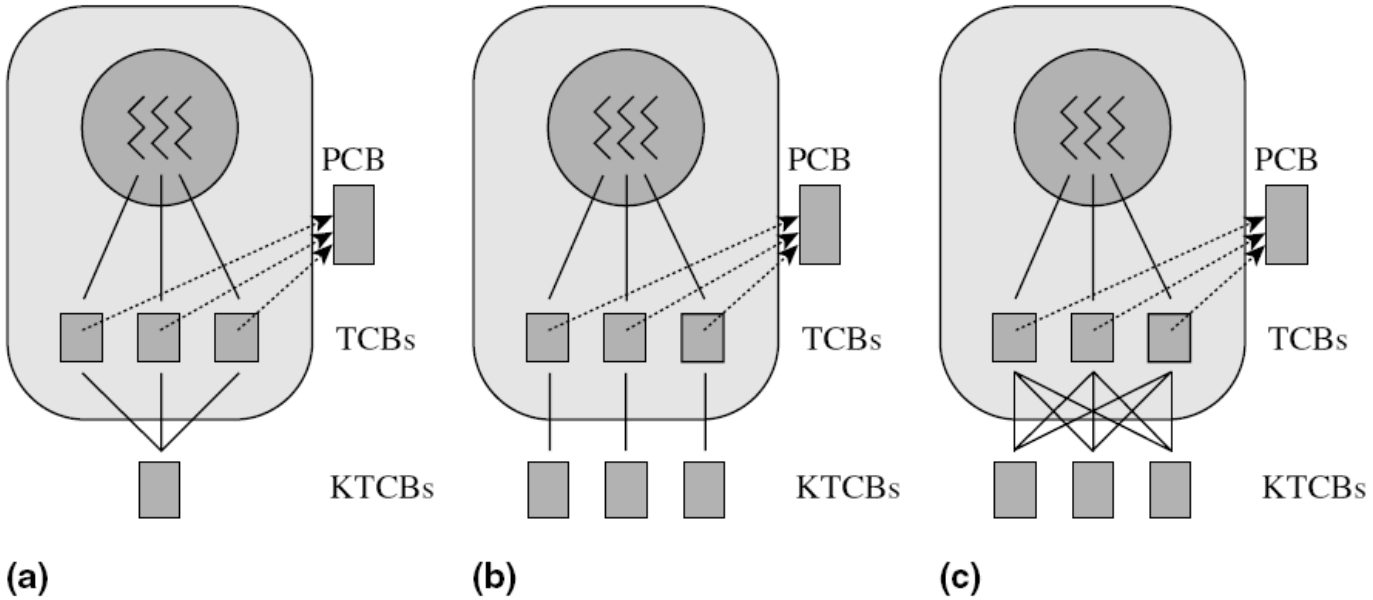

Azioni della libreria di thread (N, R, B indicano running, ready e blocked)

# Thread di Livello utente: Pro e Contro

- Pro
  - Schedulazione e sincronizzazione gestita dalla libreria che evita le system call per la sincro tra thread -> la commutazione tra thread  meno onerosa rispetto ai thread di livello kernel
    - Consente anche ad un processo di scegliere una strategia di scheduling adatta alla sua natura
- Contro
  - Il kernel non sa della distinzione tra thread e processo -> un thread bloccato su una system call fa si che il kernel blocchi l'intero processo (tutti i thread del processo bloccati)
  - Al più un thread alla volta può essere operativo
    - I thread di livello utente non forniscono parallelismo
    - La concorrenza è seriamente compromessa se un thread esegue una system call che porta ad un blocco

# Modello di Thread Ibridi

- Può fornire una combinazione di parallelismo e basso overhead



# Casi di Studio di Processi e Thread

- Processi in Unix
- Processi e thread in Linux
- Thread in Solaris
- Processi e thread in Windows

# Processi in Unix

- Il processo esegue codice kernel in corrispondenza di un interrupt o di una chiamata di sistema, quindi ci sono uno stato di esecuzione kernel ed uno stato di esecuzione utente
- Un processo $P_i$ può aspettare la terminazione di un processo figlio mediante la chiamata di sistema *wait*

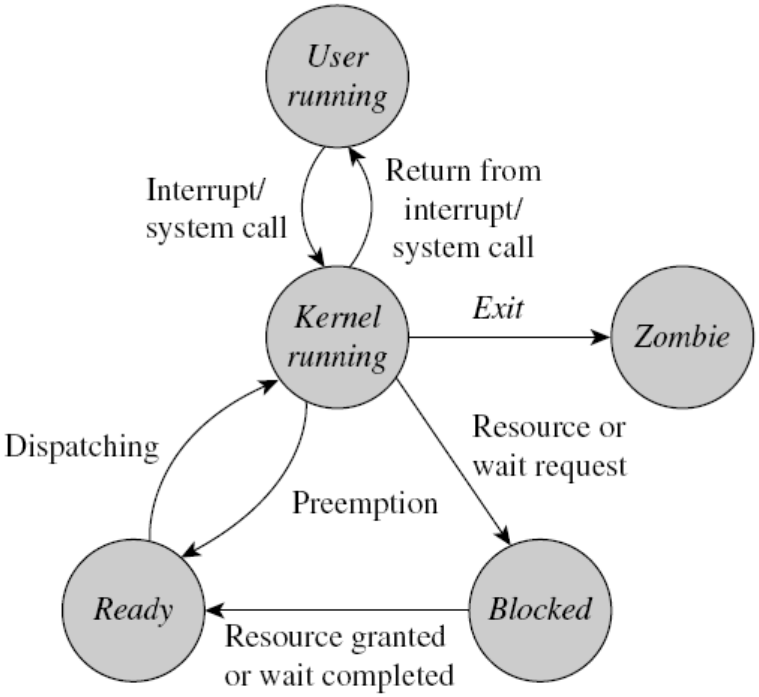
```
main()
{
        int saved_status;
        for (i=0; i<3; i++)
        {
              if (fork()==0)
              { /* code for child processes */
                    ...
                    exit();
              }
        }
        while (wait(&saved_status) !=-1);
               /* loop till all child processes terminate */
}
```

Creazione e terminazione di un processo in Unix

# Processi in Unix (cont.)

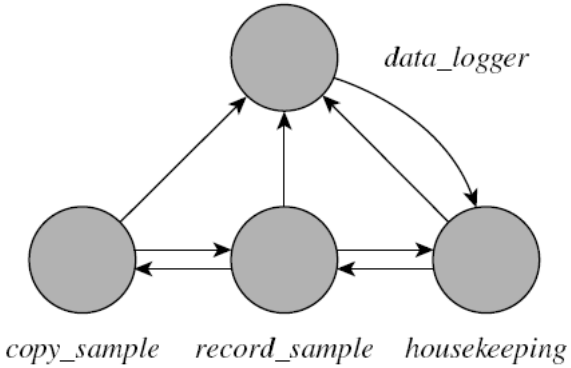
**Table 5.9** Interesting Signals in Unix

| Signal | Description |
|---|---|
| SIGCHLD | Child process died or suspended |
| SIGFPE | Arithmetic fault |
| SIGILL | Illegal instruction |
| SIGINT | Tty interrupt (Control-C) |
| SIGKILL | Kill process |
| SIGSEGV | Segmentation fault |
| SIGSYS | Invalid system call |
| SIGXCPU | CPU time limit is exceeded |
| SIGXFSZ | File size limit is exceeded |



# Processi e Thread in Linux

- Stati di processo: Task_running, Task_interruptible, Task_uninterruptible, Task_stopped e Task_zombie
- Le informazioni sui processi genitori e figli o thread sono memorizzate in una `task_struct`




- Linux 2.6 supporta thread a livello kernel

# Thread in Solaris

- Tre tipi di entità governano la concorrenza ed il parallelismo in un processo:
  - Thread utente
  - Processi leggeri (lightweight – LWP)
    - Fornisce parallelismo in un processo
    - I thread utente sono mappati nei LWP
  - Thread kernel
- Ha supportato due differenti modelli di thread
  - Modello MxN fino a Solaris 8
  - Modello 1:1 da Solaris 8 in poi
- Fornisce le attivazione dello scheduler per evitare il blocco dei thread e per notificare gli eventi

# Thread in Solaris (cont.)

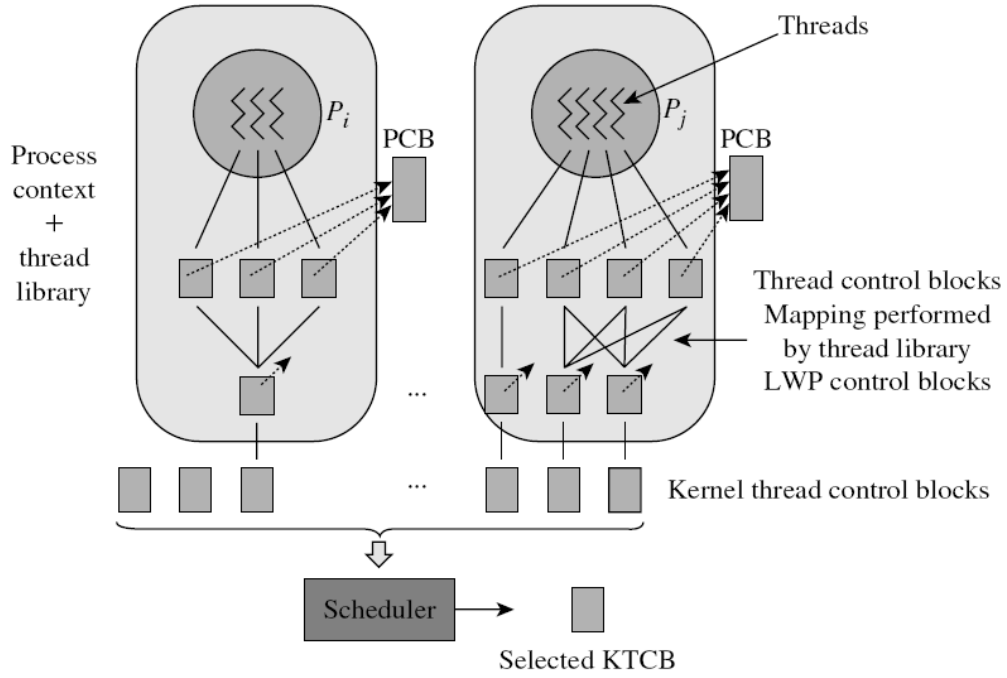



**Figure 5.21** Threads in Solaris.

# Processi e Thread in Windows

- Ogni processo contiene almeno un thread
- Usa tre blocchi di controllo per processo
  - Blocco di processo esecutivo: id del processo, un blocco di processo kernel e indirizzo blocco ambiente di processo
  - Blocco di processo kernel: stato del processo, indirizzi KTB
  - Blocco ambiente di processo: informazioni su codice e heap
- Usa tre blocchi di thread per thread
  - **Blocco di thread esecutivo** che contiene il puntatore al **blocco del thread kernel** e al blocco di processo esecutivo
  - Blocco del thread kernel: stack, stato e **blocco di ambiente kernel**

# Processi e Thread in Windows (cont.)

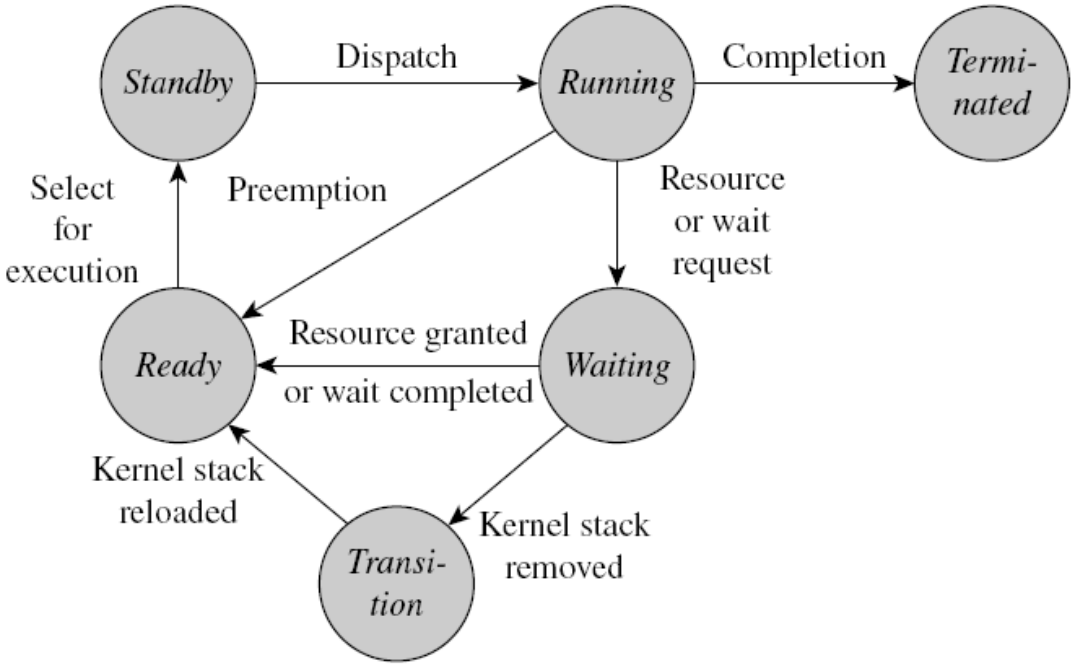



**Figure 5.22** Thread state transitions in Windows.