Threads

Dai processi. . .

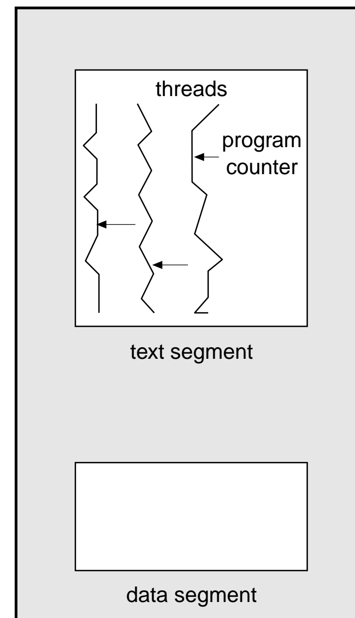
I processi finora studiati incorporano due caratteristiche:

- Unità di allocazione risorse: codice eseguibile, dati allocati staticamente (variabili globali) ed esplicitamente (heap), risorse mantenute dal kernel (file, I/O, workind dir), controlli di accesso . . .
- Unità di esecuzione: un percorso di esecuzione attraverso uno o più programmi: stack di attivazione (variabili locali), stato (running, ready, waiting,. . .), priorità, parametri di scheduling,. . .

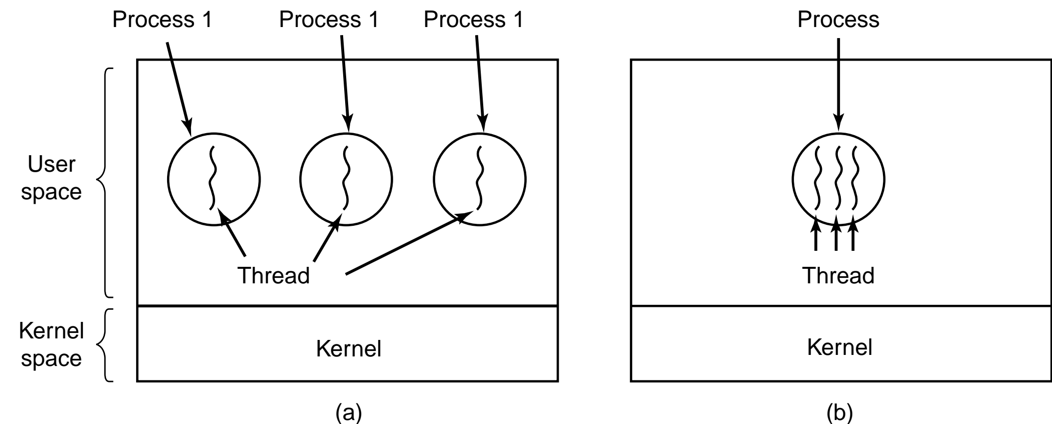
Queste due componenti sono in realtà *indipendenti*

. . . ai thread

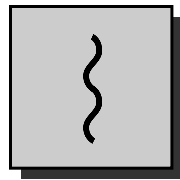
- Un *thread* (o *processo leggero*, *lightweight process*) è una unità di esecuzione:
  - program counter, insieme registri
  - stack del processore
  - stato di esecuzione
- Un thread condivide con i thread suoi pari una unità di allocazione risorse:
  - il codice eseguibile
  - i dati
  - le risorse richieste al sistema operativo
- un *task* = una unità di risorse + i thread che vi accedono



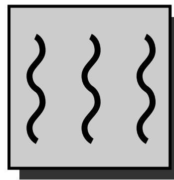
Esempi di thread



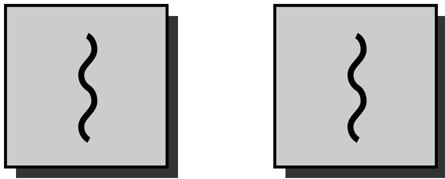
Processi e Thread: quattro possibili scenari



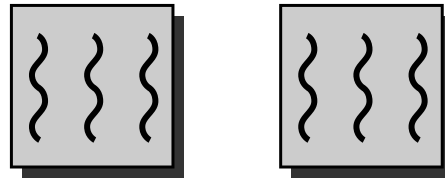
one process
one thread



one process
multiple threads

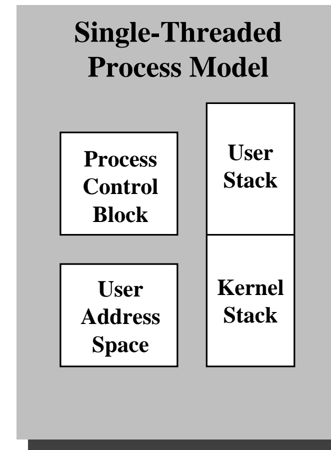


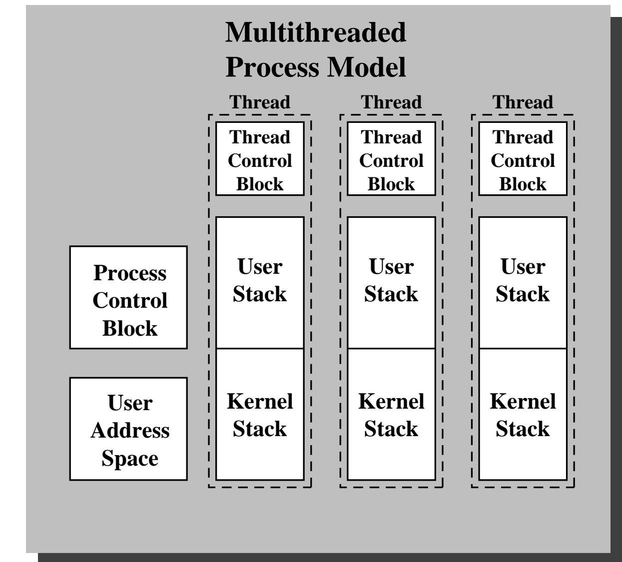
multiple processes
one thread per process



multiple processes
multiple threads per process

Modello multithread dei processi





Risorse condivise e private dei thread

Tutti i thread di un processo accedono alle stesse risorse condivise

Per process items	**Per thread items**
Address space	Program counter
Global variables	Registers
Open files	Stack
Child processes	State
Pending alarms	
Signals and signal handlers	
Accounting information	

Condivisione di risorse tra i thread

- Vantaggi: maggiore efficienza
  - Creare e cancellare thread è più veloce (100–1000 volte): meno informazione da duplicare/creare/cancellare (e a volte non serve la system call)
  - Lo scheduling tra thread dello stesso processo è molto più veloce che tra processi
  - Cooperazione di più thread nello stesso task porta maggiore throughput e performance
    (es: in un file server multithread, mentre un thread è bloccato in attesa di I/O, un secondo thread può essere in esecuzione e servire un altro client)

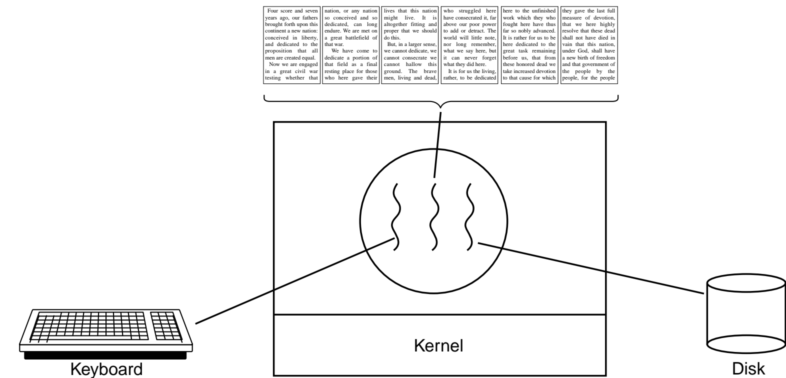
Condivisione di risorse tra thread (Cont.)

- Svantaggi:
  - Maggiore complessità di progettazione e programmazione
    - i processi devono essere "pensati" paralleli
    - minore information hiding
    - sincronizzazione tra i thread
    - gestione dello scheduling tra i thread può essere demandato all'utente
  - Inadatto per situazioni in cui i dati devono essere protetti
- Ottimi per processi cooperanti che devono condividere strutture dati o comunicare (e.g., produttore–consumatore, server, . . .): la comunicazione non coinvolge il kernel

Esempi di applicazioni multithread

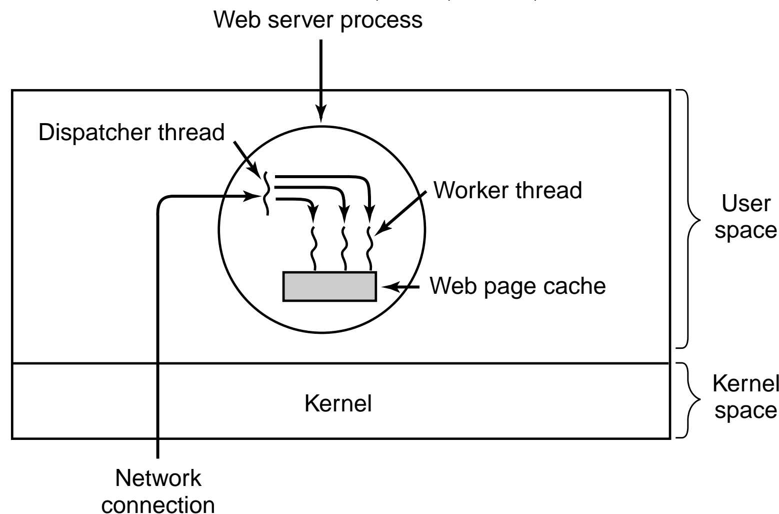
Lavoro foreground/background: mentre un thread gestisce l'I/O con l'utente, altri thread operano sui dati in background. Spreadsheets (ricalcolo automatico), word processor (reimpaginazione, controllo ortografico,. . .)

Elaborazione asincrona: operazioni asincrone possono essere implementate come thread. Es: salvataggio automatico.



Esempi di applicazioni multithread (cont.)

Task intrinsecamente paralleli: vengono implementati ed eseguiti più efficientemente con i thread. Es: file/http/dbms/ftp server, . . .



Stati e operazioni sui thread

- Stati: *running*, *ready*, *blocked*. Non ha senso "swapped" o "suspended"
- Operazioni sui thread:

  creazione (spawn): un nuovo thread viene creato all'interno di un processo (`thread_create`), con un proprio punto d'inizio, stack, . . .

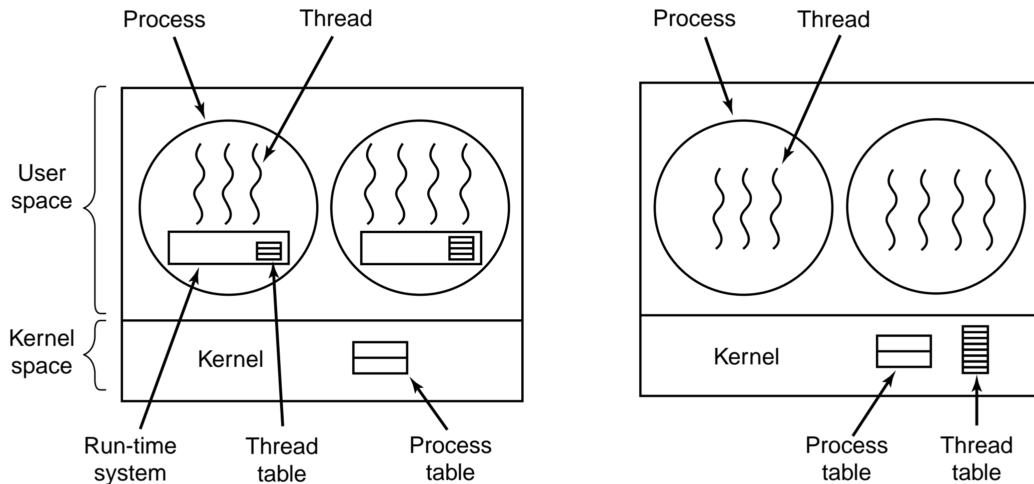
  blocco: un thread si ferma, e l'esecuzione passa ad un altro thread/processo. Può essere volontario (`thread_yield`) o su richiesta di un evento;

  sblocco: quando avviene l'evento, il thread passa dallo stato "blocked" al "ready"

  cancellazione: il thread chiede di essere cancellato (`thread_exit`); il suo stack e le copie dei registri vengono deallocati.

- Meccanismi per la sincronizzazione tra i thread (semafori, `thread_wait`): indispensabili per l'accesso concorrente ai dati in comune

Implementazioni dei thread: Livello utente vs Livello Kernel



User Level Thread

User-level thread (ULT): stack, program counter, e operazioni su thread sono implementati in librerie a livello utente.

Vantaggi:

- efficiente: non c'è il costo della system call
- semplici da implementare su sistemi preesistenti
- portabile: possono soddisfare lo standard POSIX 1003.1c (pthread)
- lo scheduling può essere studiato specificatamente per l'applicazione

User Level Thread (Cont.)

Svantaggi:

- non c'è scheduling automatico tra i thread
  - non c'è prelazione dei thread: se un thread non passa il controllo esplicitamente monopolizza la CPU (all'interno del processo)
  - system call bloccanti bloccano tutti i thread del processo: devono essere sostituite con delle routine di libreria, che blocchino solo il thread se i dati non sono pronti (*jacketing*).
- L'accesso al kernel è sequenziale
- Non sfrutta sistemi multiprocessore
- Poco utile per processi I/O bound, come file server

Esempi: thread CMU, Mac OS ≤ 9, alcune implementazioni dei thread POSIX

Kernel Level Thread

Kernel-level thread (KLT): il kernel gestisce direttamente i thread. Le operazioni sono ottenute attraverso system call. Vantaggi:

- lo scheduling del kernel è per thread, non per processo $\Rightarrow$ un thread che si blocca non blocca l'intero processo
- Utile per i processi I/O bound e sistemi multiprocessor

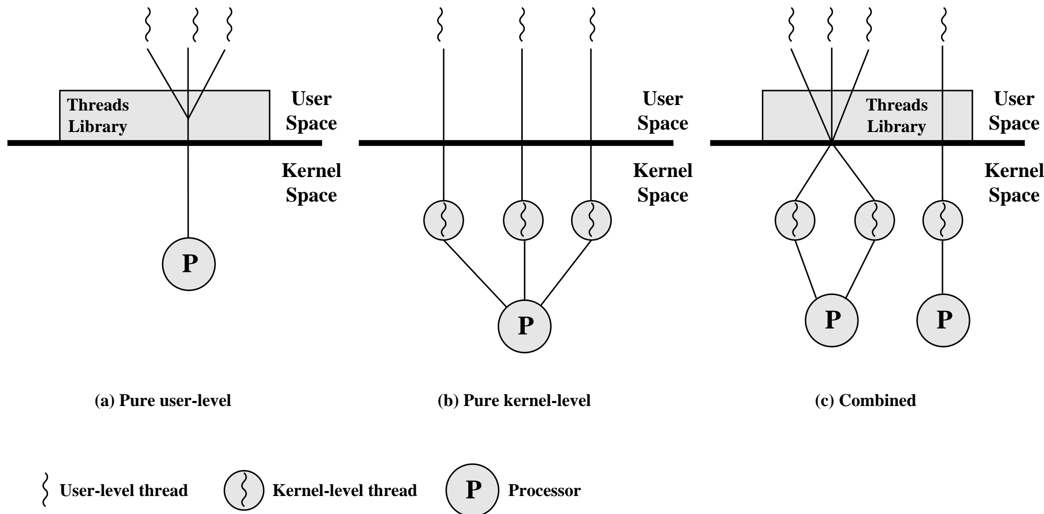
Svantaggi:

- meno efficiente: costo della system call per ogni operazione sui thread
- necessita l'aggiunta e la riscrittura di system call dei kernel preesistenti
- meno portabile
- la politica di scheduling è fissata dal kernel e non può essere modificata

Esempi: molti Unix moderni, OS/2, Mach.

Implementazioni ibride ULT/KLT

Sistemi ibridi: permettono sia thread livello utente che kernel.



Implementazioni ibride (cont.)

Vantaggi:

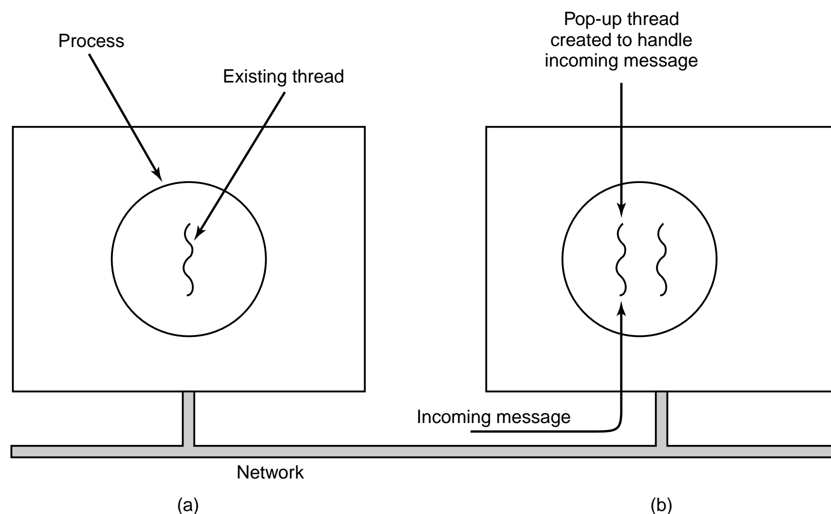
- tutti quelli dei ULT e KLT
- alta flessibilità: il programmatore può scegliere di volta in volta il tipo di thread che meglio si adatta

Svantaggio: portabilità

Es: Solaris 2 (thread/pthread e LWP), Linux (pthread e cloni), Mac OS X, Windows NT, ...

Thread pop-up

- I thread *pop-up* sono thread creati in modo asincrono da eventi esterni.



(a) prima; (b) dopo aver ricevuto un messaggio esterno da gestire

- Molto utili in contesti distribuiti, e per servizio a eventi esterni
- Bassi tempi di latenza (creazione rapida)
- Complicazioni: dove eseguirli?
  - in user space: safe, ma in quale processo? uno nuovo? crearlo costa...
  - in kernel space: veloce, semplice, ma delicato (thread bacati possono fare grossi danni)
- Implementato in Solaris

Processi e Thread di Windows 2000

Nel gergo Windows:

Job: collezione di processi che condividono quota e limiti

Processo: Dominio di allocazione risorse (ID di processo, token di accesso, handle per gli oggetti che usa). Creato con `CreateProcess` con un thread, poi ne può allocare altri.

Thread: entità schedulata dal kernel. Alterna il modo user e modo kernel. Doppio stack. Creato con `CreateThread`.

Fibra (thread leggero): thread a livello utente. Invisibili al kernel.

Job, processi e thread in Windows 2000