Università di Roma Tor Vergata
Corso di Laurea triennale in Informatica

Sistemi operativi e reti

A.A. 2017-18

Pietro Frasca

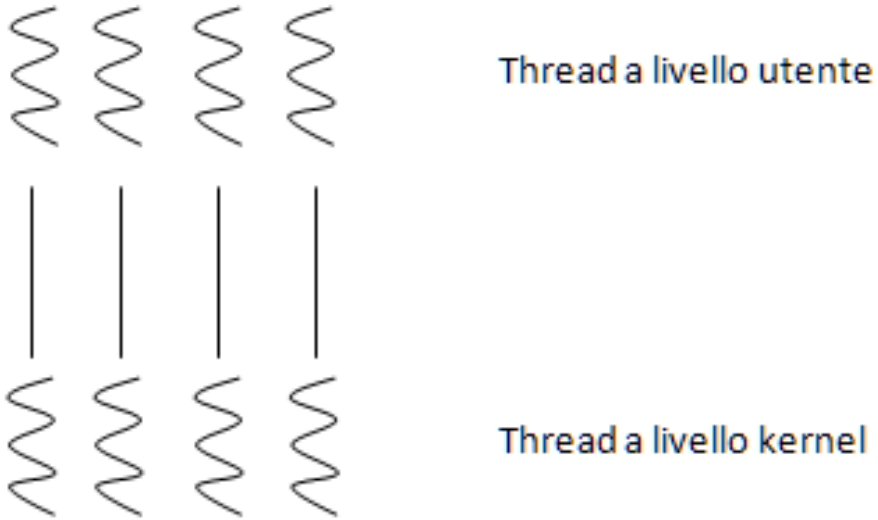
Lezione 10

Martedì 7-11-2017

Thread a livello kernel

Modello da uno a uno

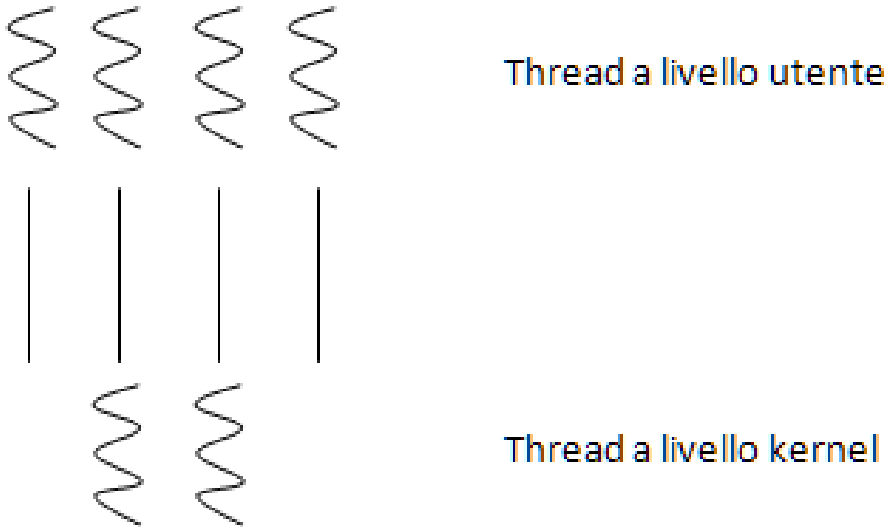
- La gestione dei thread avviene a livello kernel. In questo caso a ciascuna funzione di gestione dei thread, comprese la creazione, la terminazione, la sincronizzazione e lo scheduling. corrisponde a una chiamata di sistema e il kernel deve mantenere sia i descrittori dei processi sia i descrittori di tutti i thread.



- A differenza del modello precedente, ora se un thread esegue una chiamata di sistema bloccante, il thread si blocca ma gli altri thread possono continuare la loro esecuzione. Tuttavia, il carico dovuto alla creazione di un thread è più onerosa. Pertanto, per non degradare eccessivamente le prestazioni di un'applicazione multithread, generalmente si limita il numero di thread gestibili dal kernel.
- Praticamente tutti i sistemi operativi moderni, compresi Windows, Linux, Mac OS X, Tru64 UNIX, supportano questo tipo di modello. Inoltre, il modello uno a uno consente la reale esecuzione di thread in parallelo nei sistemi basati su architetture multiprocessore.

Modello da molti a molti

- Il modello da molti a molti mette in corrispondenza i thread a livello utente con un numero minore o uguale di thread a livello kernel. Questo modello presenta le caratteristiche vantaggiose dei precedenti modelli. È possibile creare tutti thread che sono necessari all'interno di un'applicazione e i corrispondenti thread a livello kernel possono essere eseguiti in parallelo nelle architetture multiprocessore. Inoltre, se un thread esegue una chiamata di sistema bloccante, il kernel manda in esecuzione un altro thread.



I thread nello standard POSIX: la libreria pthreads

- La maggior parte dei sistemi operativi supporta i *thread a livello kernel* e pertanto il thread è l'unità di scheduling*.*
- Come già descritto, il processi hanno uno spazio di indirizzamento privato e quindi non possono condividere dati tra loro. I processi possono scambiarsi dati mediante messaggi o allocando segmenti di memoria condivisa che dovranno essere gestiti in mutua esclusione (mediante opportune system call).
- Il *thread,* invece, possono condividere tra loro lo spazio di indirizzi cui essi appartengono.
- Per realizzare applicazioni con i thread in POSIX si può utilizzare la libreria ***pthreads****.*
- La libreria pthread definisce il tipo **pthread_t** per definire i thread all'interno di programmi concorrenti (la definizione è contenuta nel file header **pthread.h**).

- Lo standard POSIX prevede che i thread siano creati all'interno di un processo. In particolare, al codice della function main (nel caso del C) corrisponde il thread iniziale.
- Il thread iniziale può generare, attraverso chiamate di sistema, nuovi thread che possono condividere uno spazio di indirizzi (ad esempio variabili globali e function).
- In Linux, per compilare con ***gcc*** un'applicazione che usa lo standard pthread, è necessario specificare l'opzione ***–lpthread***. Ad esempio, ***gcc pro.c –o pro –lpthread*** compila il file sorgente ***proc.c*** creando il file eseguibile di nome ***pro****.*

Creazione di thread

La creazione di un *thread* si ottiene mediante la chiamata di sistema **pthread_create**:

```
#include <pthread.h>
int pthread_create(pthread_t *thread,
const pthread_attr_t *attr,
void *(*start_routine) (void *),
void *arg);
```

- *thread* : è il puntatore alla variabile di tipo **pthread_t** del nuovo thread;
- *attr* : può essere usato per specificare eventuali attributi da associare al thread come ad esempio la priorità del thread, oppure NULL (valori di default).
- *start_routine* : è il puntatore alla funzione che contiene il codice del thread creato;

- *arg*: è il puntatore all'eventuale vettore contenente i valori dei parametri da passare alla funzione *start_routine*.
- La chiamata **pthread_create** restituisce
  - **0 in caso di successo**
  - **oppure un codice di errore**.
- Ogni nuovo *thread* va in esecuzione in modo concorrente con il thread *genitore* e **condivide** con esso lo stesso spazio di indirizzamento del processo nel quale è definito.

Terminazione di un thread

- Un thread può terminare chiamando *pthread_exit()*:

```
#include <pthread.h>
void pthread_exit (void *stato) ;
```

La funzione ***pthread_exit()*** fa terminare il thread chiamante e restituisce un valore, tramite il parametro ***stato,*** che è disponibile ad un altro thread nello stesso processo che chiama la funzione ***pthread_join()***.

- Quando un thread termina, le risorse condivise di processo (es. variabili, descrittori di file) non vengono rilasciate.
- Dopo che l'ultimo thread in un processo termina, il processo termina come chiamando la exit*()* con uno stato di uscita zero; quindi, le risorse condivise nel processo vengono rilasciate.

Unione di thread

- Un thread può attendere la terminazione di un altro thread chiamando la funzione ***pthread_join ().***

```
int pthread_join(pthread_t thread, void *stato);
```

- Il thread che chiama la ***pthread_join()*** attende che il thread specificato dal parametro *thread sia* terminato. Se questo thread è già terminato, ***pthread_join()*** ritorna immediatamente. Se il parametro *stato* non è NULL, ***pthread_join()*** copia nella variabile puntata da *stato* il valore di uscita del thread terminato, cioè il valore che questo ha fornito alla funzione ***pthread_exit()***.
- Se più thread tentano simultaneamente di *unirsi* con lo stesso thread, cioè chiamano la pthread_join () specificando nel parametro lo stesso thread, i risultati sono indefiniti.

Esempio

```
/* Semplice struttura di un'applicazione multithread. Il
   thread main crea un insieme di thread (nell'esempio 2)
   e attende la loro terminazione. Ciascun thread inizia
   la sua esecuzione dalla funzione indicata nel terzo
   parametro della system call pthread_create().
*/

#include <pthread.h>
int a=10;              /* variabili globali condivise
char buffer[1024];        tra i thread */
void *codice_Th1 (void *arg){
  <CODICE DI TH1>
  pthread_exit(0);
}
void *codice_Th2 (void *arg){
  <CODICE DI TH2>
  pthread_exit(0);
}
```

```
int main(){
  pthread_t th1, th2;
  int ret;
  // creazione e attivazione del primo thread
  if (pthread_create(&th1, NULL, codice_Th1, "Lino")!=0){
    fprintf(stderr,"Errore di creazione thread 1 \n");
    exit(1);
  }
  // creazione e attivazione del secondo thread
  if (pthread_create(&th2,NULL,codice_Th2, "Eva")!=0){
    fprintf(stderr,"Errore di creazione thread 2 \n");
    exit(1);
  }
  // attesa della terminazione del primo thread
  ret=pthread_join(th1,NULL);
  if (ret !=0)
    fprintf(stderr,"join fallito %d \n",ret);
  else
    printf("terminato il thread 1 \n");
```

```
// attesa della terminazione del secondo thread
   ret=pthread_join(th2,NULL);
  if (ret !=0)
    fprintf(stderr,"join fallito %d \n",ret);
  else
    printf("terminato il thread 2 \n");
}
```

Esempio

Il thread main crea due thread th1 e th2 e attende la loro terminazione. I due thread eseguono concorrentemente lo stessa funzione codice_T.

```
1.   #include <stdio.h>
2.   #include <stdlib.h>
3.   #include <pthread.h>
4.   //variabili condivise:
5.   char MSG [] ="Ciao!";
6.   void *codice_T (void *arg){
7.     int i;
8.     for (i=0; i<5;i++) {
9.       printf ("Thread %s: %s\n“, (char*)arg, MSG);
10.      sleep(1) ; /* sospensione per l secondo. */
11.    }
12.    pthread_exit (0) ;
13.  }
```

```
1.   int main() {
2.     pthread_t th1, th2;
3.     int ret;
4.     /* creazione primo thread: */
5.     if (pthread_create(&th1,NULL,codice_T, "1") < 0) {
6.       fprintf (stderr, "Errore di creazione thread 1\n");
7.       exit(1);
8.     }
9.     /* creazione secondo thread: */
10.    if (pthread_create(&th2,NULL,codice_T, "2") < 0) {
11.      fprintf (stderr, "Errore di creazione thread 2\n");
12.      exit(1);
13.    }
14.    ret = pthread_join(th1,NULL);
15.    if (ret != 0)
16.      fprintf (stderr, "join fallito %d \n“, ret);
17.    else printf ("terminato il thread 1 \n) ;
18.    ret = pthread_join(th2,NULL);
19.    if (ret != 0)
20.      fprintf (stderr, "join fallito %d\n“, ret) ;
21.    else printf("terminato il thread 2\n);
22.    return 0;
23.  }
```

Sincronizzazione tra processi/thread

- Come descritto in precedenza, i processi o i thread possono interagire tra loro in due modi: ***cooperazione*** **e** ***competizione****.*

Cooperazione

- Generalmente la cooperazione tra processi avviene mediante operazioni di sincronizzazione e comunicazione.
- Il modello *produttore-consumatore* è molto usato per la comunicazione tra processi. In questo paradigma due processi, l'uno detto ***produttore*** produce messaggi e li scrive in un buffer comune e l'altro detto ***consumatore*** legge i messaggi dal buffer e li elabora (consuma).
- Generalmente i processi per cooperare devono sincronizzare le loro attività nel tempo.

Competizione

- La competizione si ha quando i processi richiedono risorse comuni che non possono essere usate contemporaneamente, come ad esempio una struttura dati, un file o un dispositivo.
- Sia per la cooperazione che per la competizione, è necessario che le operazioni eseguite dai processi sulle **risorse comuni** siano effettuate in ***mutua esclusione nel tempo***.
- L'interazione tra processi si ottiene mediante diversi **strumenti di sincronizzazione** la cui scelta dipende dal tipo di **modello di interazione** tra i processi:

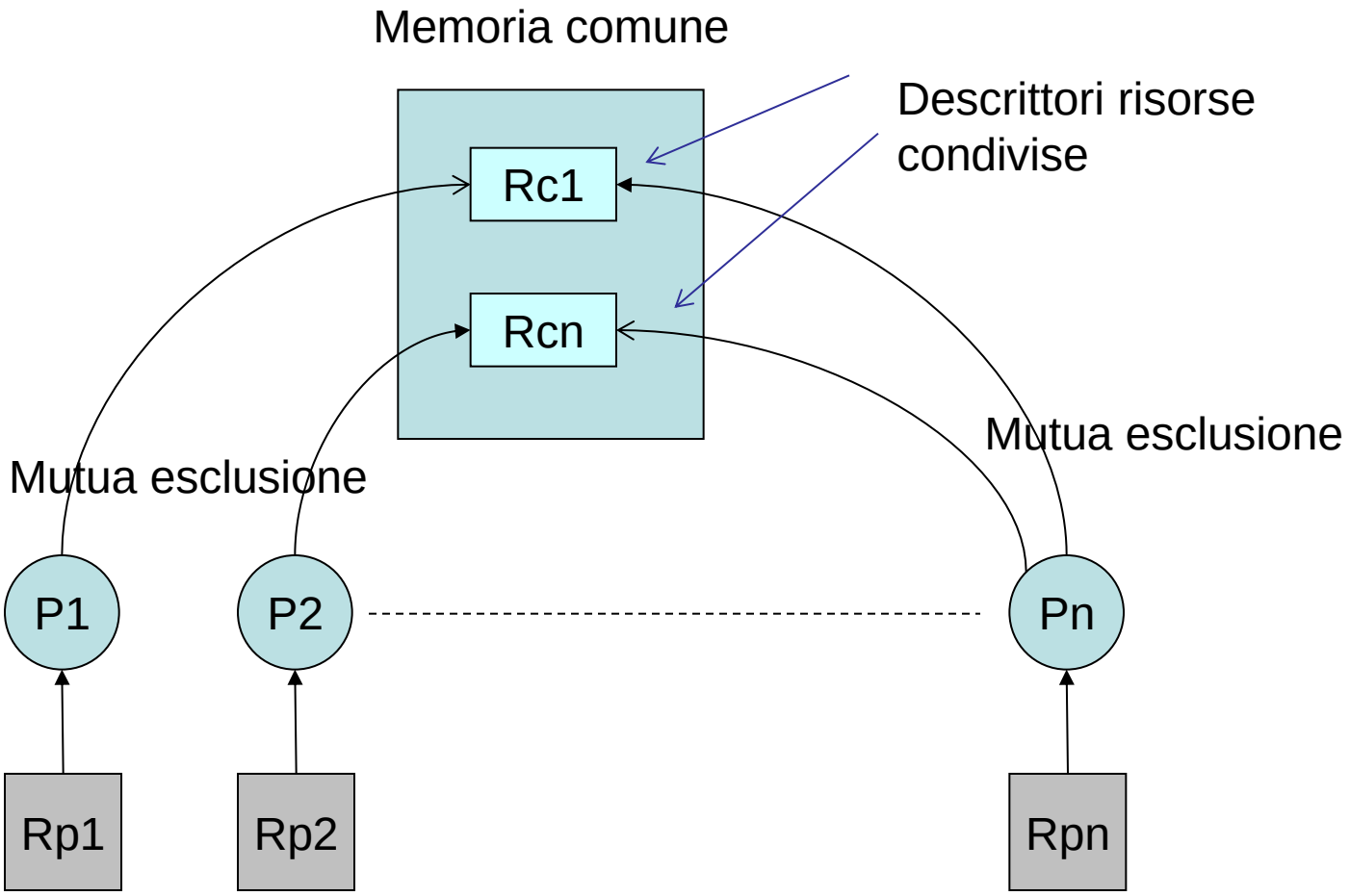
  - **Modello a memoria comune (ambiente globale)**
  - **Modello a scambio di messaggi (ambiente locale)**

Modello a memoria comune (ambiente globale)

- L’interazione, sia competizione che cooperazione, tra i processi avviene tramite memoria condivisa.
- Generalmente, questo modello è usato in architetture di calcolatori sia con un solo processore che multiprocessore. In quest’ultimo caso i processori sono collegati e condividono un’unica memoria nella quale saranno allocate le risorse comuni.
- Ogni risorsa è rappresentata con una struttura dati che è allocata in un area di memoria condivisa. Ad esempio, un dispositivo di I/O, è rappresentato da un struttura dati detta ***descrittore del dispositivo*** che rappresenta le sue proprietà e il suo stato.
- Per un processo, una risorsa può essere **privata o condivisa (o globale)**. Nel primo caso il solo processo proprietario può operare su di essa, mentre nel secondo caso è accessibile a più processi.
- Uno strumento di sincronizzazione in questo modello è il **semaforo** e le chiamate di sistema di sincronizzazione **wait** e **signal**.

Indirizzo registro di controllo
Indirizzo registro dati
Indirizzo registro di stato
Semaforo di sincronizzazione **`dato_pronto`**
Contatore num. dati da trasferire **`contatore`**
Indirizzo del buffer **`puntatore`**
Risultato del trasferimento **`stato`**

Esempio di descrittore di dispositivo

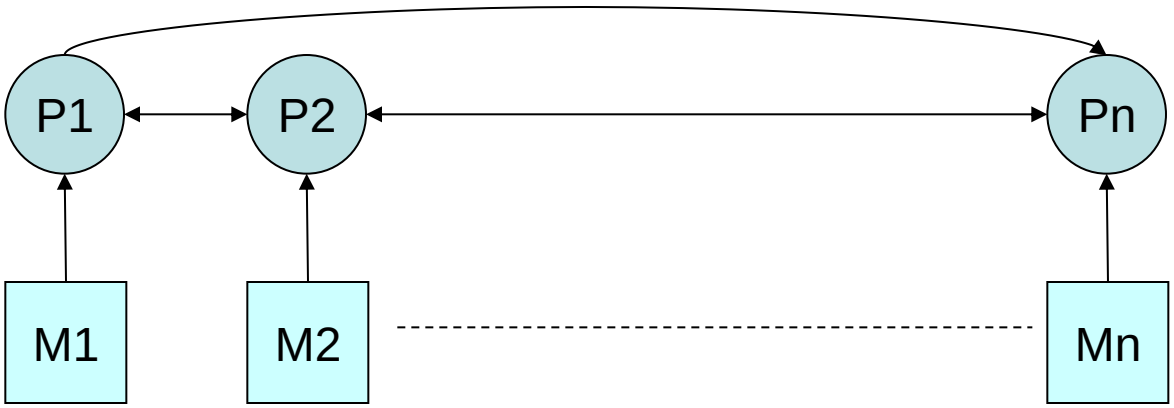


Interazione tra processi in sistemi a memoria comune

Modello ad ambiente locale

- Ogni processo può vedere ed accedere solo alle proprie risorse locali che non sono accessibili agli altri processi. I processi interagiscono esclusivamente tramite *scambio di messaggi*.
- Questo modello è generalmente usato nelle reti di calcolatori, ma può essere anche usato in sistemi mono o multi processore a memoria condivisa. Lo scambio di messaggi avviene sia tramite rete di comunicazione che tramite segmenti di memoria comune.
- Un esempio di strumento di sincronizzazione è dato dalle chiamate di sistema *send()* e *receive()*.
- Le chiamate send e receive, così come il semaforo con le chiamate wait e signal sono strumenti a basso livello, forniti dal kernel.

Scambio di messaggi



Interazione tra processi in sistemi a memoria locale

Problema della mutua esclusione

- Sia per la cooperazione che per la competizione è necessario che i processi eseguano le operazioni che riguardano le risorse comuni in ***mutua esclusione***.
- Con mutua esclusione si intende che le operazioni con le quali i processi accedono alle risorse comuni non si sovrappongano nel tempo.
- Queste operazioni prendono il nome di ***sezioni critiche***.

Soluzioni al problema della mutua esclusione

- La soluzione del problema della mutua esclusione consiste nel realizzare un protocollo che i processi devono seguire per interagire correttamente con la risorsa condivisa.
- Un processo, prima di entrare nella sezione critica, dovrà eseguire una serie di operazioni, detta ***sezione d'ingresso (prologo)***, per assicurarsi l'uso esclusivo della risorsa, nel caso sia libera, oppure ne impediscano l'accesso nel caso sia occupata.
- Al termine dell'esecuzione della sezione critica il processo deve rilasciare la risorsa per consentirne l'allocazione ad altri processi che la richiedono. Per questo dovrà eseguire un'altra serie di operazioni detta ***sezione di uscita (epilogo)***.

- Un semplice esempio delle operazioni di prologo e di epilogo si ottiene utilizzando una variabile intera condivisa ***occupato*** il cui valore è **1** se la risorsa è occupata o **0** se essa è libera.

Prologo:

```
while (occupato == 1);
occupato = 1;
<sezione critica>
```

Epilogo:

```
occupato = 0;
```

- Affinché la soluzione sia valida è necessario che il SO permetta ai processi di eseguire le istruzioni di **lettura e scrittura** della variabile di controllo condivisa (nell'esempio *occupato*) in **modo atomico**.