Sistemi Operativi

Unità 7: I Thread

I Thread in Linux

Martino Trevisan
Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Argomenti

1. Concetto di Thread
2. Thread in Linux
3. Funzioni per i Pthread
4. Esempi
5. Thread in Bash

Concetto di Thread

Definizione

In Linux (e in quasi tutti i SO), un **processo** può avere molteplici flussi di esecuzione, detti **Thread**

- I thread possono essere visti come un insieme di processi che condividono la memoria
- Ma eseguono lo stesso programma

Nota: anche Windows permette di creare thread con la System Call `CreateThread()`

Concetto di Thread

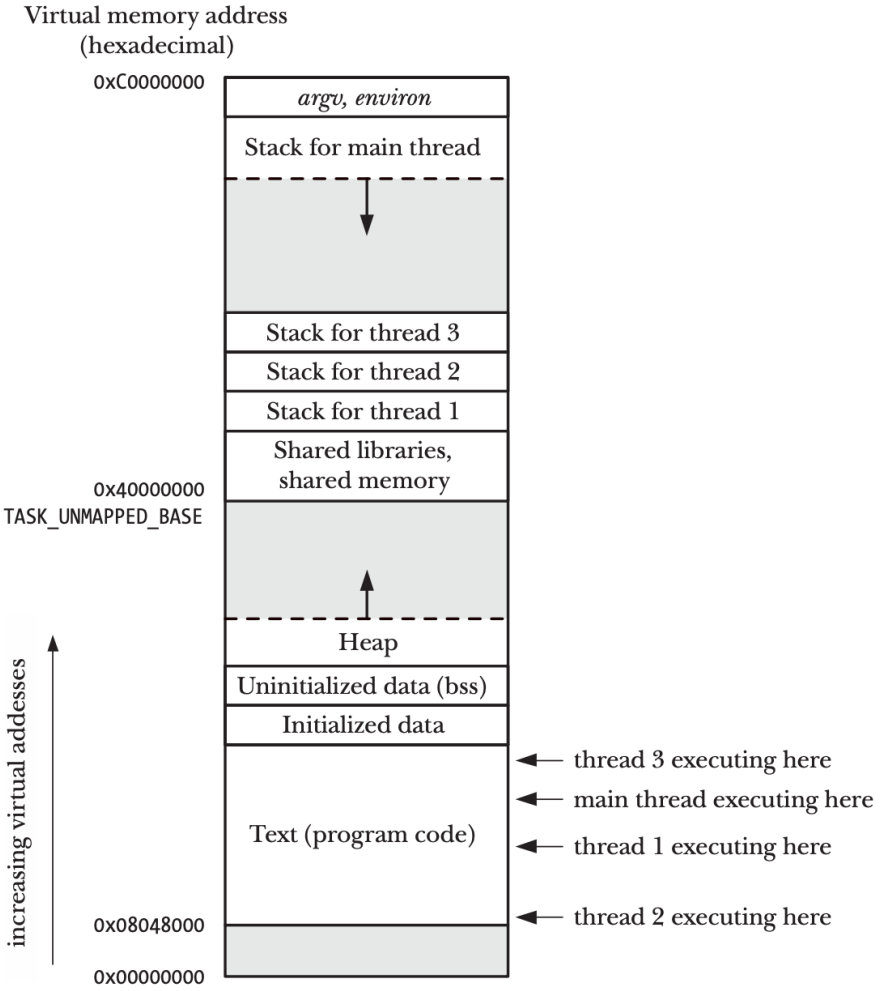
Thread e memoria

Ogni Thread esegue lo stesso programma e condivide gli stessi dati

- I segmenti *data*, *heap* e *code* sono convidivisi

Un Thread é un flusso in esecuzione

- Ha il suo stack
- Contiene lo stato delle funzioni in esecuzione

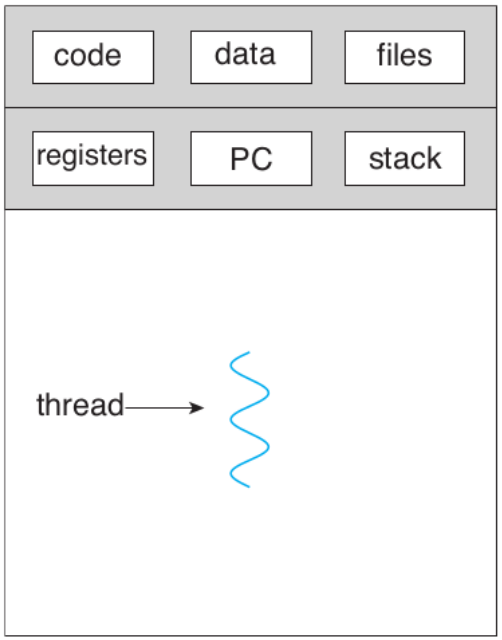


Concetto di Thread

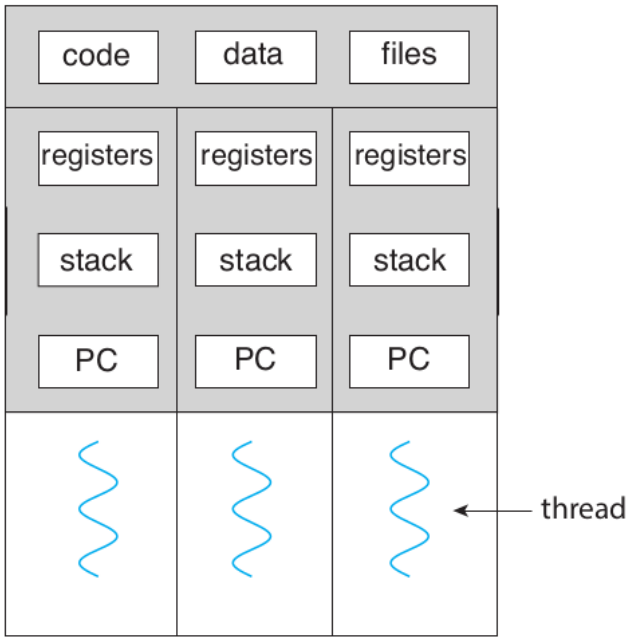
Thread e memoria

Ogni thread ha uno stack

- E chiaramente opera su Registri e ha un Program Counter



single-threaded process



multithreaded process

Concetto di Thread

Comunicazione tra Thread

I Thread possono comunicare tra loro più facilmente che i processi, usando:

- Variabili globali
- Costrutti di sincronizzazione
  - *Mutex*
  - *Condition Variable* (vedremo solo sommariamente)
  - Semafori

Oggigiorno é più spesso usata un'architettura **multi-thread** che **multi-process**

Concetto di Thread

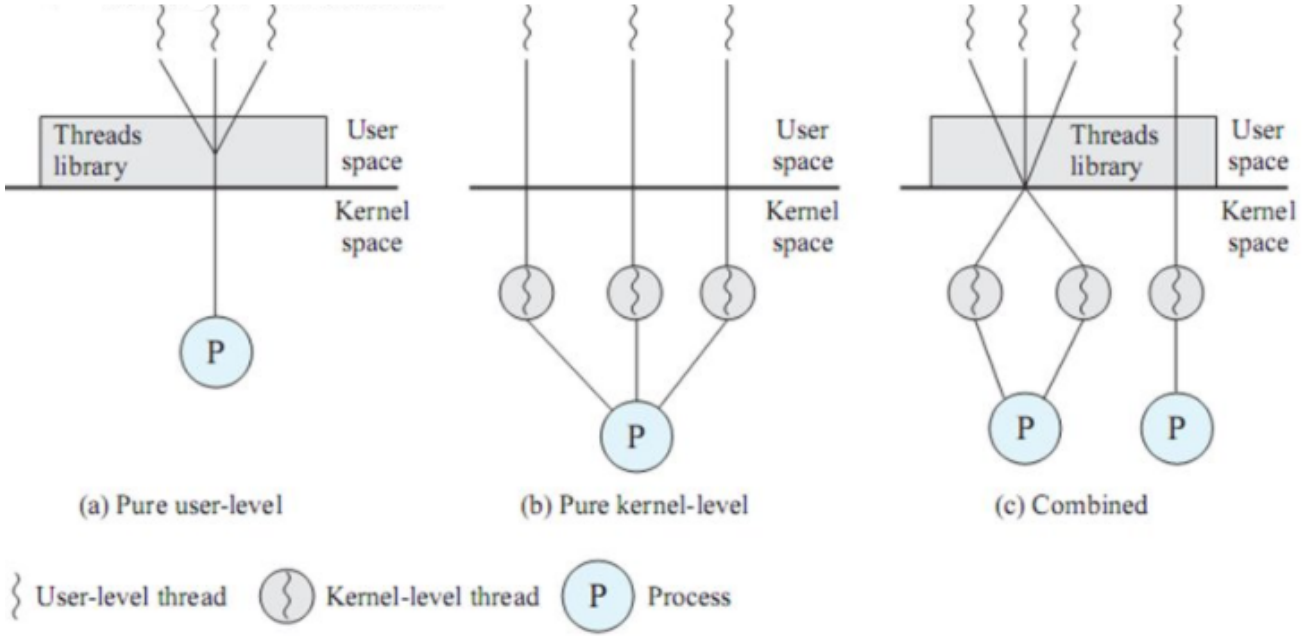
User e Kernel Thread

Esistono due modi per implementare i thread

- **Kernel Thread**: il kernel permette di creare thread
  - Sono di fatto dei processi *light*
  - Vedremo questi
- **User Thread**: creati dal programmatore o da una libreria
  - Il processo (in qualche modo) gestisce e orchestra più flussi di esecuzione
  - Il kernel ne è allo scuro

Concetto di Thread

User e Kernel Thread



Thread in Linux

POSIX Thread o `pthread`

Nei sistemi POSIX (e Linux), le **funzioni di libreria** per gestire i thread sono chiamate **Pthread**

I thread permettono a un processo:

- Di svolgere più task in maniera concorrente
  - Mentre un thread attende l'I/O o la rete, un altro thread può svolgere un altro compito
- Di sfruttare un sistema **multi-core**
  - Più flussi davvero in esecuzione parallela

I thread in Linux sono **Kernel Thread**

Thread in Linux

Storia

Inizialmente i Pthread erano implementati dalla libreria **LinuxThreads**

- I thread erano dei processi che condividevano la memoria, i file aperti, ecc.
- Ognuno aveva diverso PID
- **Implementazione problematica:** si mischiava concetto di thread e processo

Ora (da 2002), Linux/POSIX usa la libreria **Native POSIX Threads Library (NPLT)**

- Coopera col kernel, che offre supporto ai thread
- Migliori prestazioni

Thread in Linux

Cosa condividono i thread

Diversi thread di uno stesso processo condividono:

- La memoria globale
- PID e PPID
- File aperti
- Privilegi
- Working directory

Thread in Linux

Cosa NON condividono i thread

Ogni thread ha:

- Un **Thread ID**
  - Il Kernel mantiene la lista dei thread e li *schedula*, facendoli eseguire sulla CPU
- Il suo *stack*
  - Per poter eseguire le funzioni
  - Un thread mal configurato puó comunque accedere/corrompere lo *stack* di un altro thread
- Metadati: scheduling, etc.

Thread in Linux

Compilazione coi Pthread

Il codice deve includere la direttiva:

```
#include <pthread.h>
```

Per compilare, bisogna includere la libreria `pthread`

```
gcc MyProgram.c -o MyProgram -lpthread
```

Funzioni per i Pthread

Creazione di un thread

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

Crea un nuovo thread che esegue la funzione `start` chiamata con l'argomento `arg`

- Come se si invocasse `start(arg)` su un flusso di esecuzione separato

Nota: Ogni programma, quando nasce, ha un solo thread, detto *main thread*

Funzioni per i Pthread

Creazione di un thread

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

- L'argomento `arg` é un `void*`, ovvero un puntatore a un tipo di dato a piacere.
- Similmente, il valore di ritorno di `start` é un `void*`.
- Non ci interessa l'argomento `attr` che specifica attributi particolari

Funzioni per i Pthread

Creazione di un thread

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

- L'argomento `thread` é un puntatore a una variabile `pthread_t` che andrá a contenere il Thread ID, per poterlo usare in successive funzioni di libreria
- In caso di successo, ritorna 0, altrimenti un codice di errore

Funzioni per i Pthread

Creazione di un thread

Nota:

La `pthread_create()` è una **funzione di libreria**

Essa usa la System Call `int clone( ... )`

- La `clone()` è simile alla `fork()`
- Crea un **processo figlio**
- Più **flessibile** e precisa della `fork()`
  - Permette di controllare cosa condividono padre e figlio
- La `pthread_create()` crea un nuovo processo che **condivide la memoria** col padre
  - Che è la definizione di **Thread**

Funzioni per i Pthread

Terminazione di un thread

Un thread termina se:

- La funzione di lancio `start` esegue una `return`
- Il thread esegue una `pthread_exit()`
- Il thread viene cancellato tramite una

  `pthread_cancel(pthread_t thread);`
  - Invocata da un altro thread
- Il processo termina
  - Un qualsiasi thread invoca una `exit()` o il thread principale termina il `main`

Funzioni per i Pthread

Terminazione di un thread

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

Termina il thread corrente col valore `retval`.

Equivalente a effettuare una `return` nella funzione di avvio del thread.

Funzioni per i Pthread

Thread ID

```
include <pthread.h>
pthread_t pthread_self(void);
```

Permette a un thread di ottenere il proprio Thread ID.

Il Thread ID va trattato come un *handle opaco*

- Su Linux é un `long int`
- Ma potrebbe essere un puntatore a una struttura dati arbitraria
- Non é affidabile decifrarne il valore

Funzioni per i Pthread

Join di un thread

```
include <pthread.h>
int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);
```

Attende che il thread `thread` termini.

- Se é già terminato, ritorna istantaneamente

Immagazzinail valore di ritorno all'indirizzo `retval`

- `retval` é specificato dal thread morente tramite `pthread_exit()` o `return`
- `retval` é un `void**`, ovvero un puntatore a puntore a `void`
  - E' l'indirizzo di una variabile che contiene un puntatore

Funzioni per i Pthread

Join di un thread

I thread devono essere tutti attesi tramite una `pthread_join()`, altrimenti diventano zombie

- Come avviene per i processi

Usando la funzione `int pthread_detach(pthread_t thread)` è possibile indicare che il thread `thread` non necessita di una `join`

- Il valore di ritorno viene scartato
- Il sistema rimuove ogni informazione sul thread quando esso termina

Funzioni per i Pthread

Join di un thread

I thread sono pari tra loro

- Qualunque thread può fare una `pthread_join` su un altro

Non esiste un modo per aspettare la terminazione di un **qualsiasi** thread

- Coi processi si puó invece usare la `wait`

Una `pthread_join` é sempre bloccante

- Diverso da `waitpid` con flag `WNOHANG`

Esempi

Creazione di un thread

```c
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

static void * threadFunc(void *arg){
    printf("From Thread: %s", (char *) arg);
    int * ret = malloc(sizeof(int));
    *ret = strlen(arg);
    return ret ; // Valore di ritorno del thread
    // Equivale a pthread_exit(ret);
}

int main(int argc, char *argv[]){
    pthread_t t1;
    void *res; // Per valore di ritorno
    int s;

    s = pthread_create(&t1, NULL, threadFunc, "Hello world\n"); // Creazione
    if (s != 0){
        printf("Cannot create thread");
        exit(1);
    }

    printf("Message from main()\n");
    s = pthread_join(t1, &res); // Join. Richiede un void **, ovvero &res
    if (s != 0){
        printf("Cannot join thread");
        exit(1);
    }
    printf("Thread returned %d\n", *((int *)res) ); // Utilizzo del valore di ritorno
    free (res); // Needed as that zone was allocated with malloc
    exit(0);
}
```

Esempi

Vettore di thread

Si crei un programma che avvia 10 thread che attendono un tempo casuale tra 0 e 5 secondo prima di terminare

```c
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#define MAXSLEEP 5
#define THREADNB 10

static void * sleepFunc(void *arg){
    char thread_number = *((char*)arg);
    int n=rand() % MAXSLEEP;
    sleep(n);
    printf("Thread %c terminated after %d seconds\n", thread_number, n);
    return NULL;
}

int main(int argc, char *argv[]){
    int i;
    pthread_t t [THREADNB];
    char names [THREADNB];

    for (i=0;i<THREADNB;i++){
        names[i] = 'A' + i;
        pthread_create(&t[i], NULL, sleepFunc, &names[i]);
    }
    for (i=0;i<THREADNB;i++)
        pthread_join(t[i], NULL);
    return 0;
}
```

Thread in Bash

Normalmente, i comandi `ps` e `top` mostrano solo i processi

Per visualizzare i thread:

- `ps -T opzioni`. Esempio: `ps -T ax`
- `top -H`

Ogni thread presente nel `/proc` file system

- Come se fosse un processo: `/proc/[tid]`
- Per ottenere la lista di thread di un processo: `/proc/[pid]/task`
  - Contiene la lista dei thread di un processo

Domande

Due Thread dello stesso processo condividono le variabili globali?

- `Si`
- `No`

La funzione `pthread_join` attende la terminazione:

- `Di un qualsiasi thread del sistema`
- `Di un qualsiasi thread del processo corrente`
- `Di un thread specifico`

Quando un thread invoca la funzione `pthread_exit`:

- `Il thread corrente termina`
- `Il processo corrente termina`
- `Il thread specificato come argomento della funzione termina`

Domande

Si consideri il seguente codice:

```
void * func(void *arg){
    sleep(5);
    exit(0);
}

int main(){
    ...
    pthread_create(&t, NULL, func, NULL);
    sleep (10)
    pthread_join(t, NULL);
    exit(0);
}
```

Dopo quanti secondi temina il processo?

- 5
- 10
- 15