Esercitazione [02]

Concorrenza

Riccardo Lazzeretti – lazzeretti@diag.uniroma1.it

Sistemi di Calcolo 2

Programmazione dei Sistemi di Calcolo Multi-Nodo

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica e Automatica

Sommario

- Recap esercizio su accesso concorrente a variabili condivise (senza semafori)
  - Problematiche sul passaggio dei parametri
  - Esempi passaggio parametri a funzioni
- Concorrenza: breve riepilogo e semafori in C
- Accesso sezione critica in mutua esclusione
  - Misurazione overhead semafori
- Accesso in mutua esclusione a N risorse

Recap: soluzione esercizio accesso concorrente a variabili condivise (1/3)

- Esercizio: implementare una soluzione al seguente problema senza meccanismi di sincronizzazione:
  - N thread effettuano in parallelo M incrementi di valore V
  - Al termine, il main thread verifica che tali incrementi equivalgano complessivamente a N*M*V
  - Suggerimento: lavorare sulle strutture dati per evitare accessi concorrenti in scrittura
- Soluzione
  - ogni thread incrementa una locazione di memoria diversa
  - alla fine il main thread somma tutti i valori
  - sorgente: `sol_concurrent_threads.c`

Recap: soluzione esercizio accesso concorrente a variabili condivise (2/3)

- Compilazione
  `gcc -o sol_concurrent_threads sol_concurrent_threads.c -lpthread`
- Esecuzione
  `./sol_concurrent_threads <N> <M> <V>`
- Non dovrebbero risultare add perse

- Cosa succede se invece di usare `&thread_ids[i]` usiamo `&i` ?

Recap: soluzione esercizio accesso concorrente a variabili condivise (3/3)

- Non si può avere alcuna garanzia riguardo a quando verrà eseguita l'istruzione
  `int thread_idx = *((int*)arg);`

- Nel mentre, può succedere che il valore nella locazione di memoria puntata da `arg` venga cambiato
  - È il valore del contatore `i`
  - Più thread con la stessa «identità» (`thread_idx`)
  - Si ripropone il problema dell'accesso concorrente

Soluzione alternativa

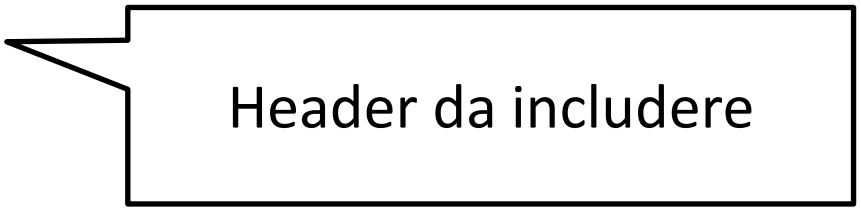
- Ogni thread lavora su variabili locali e restituisce il valore tramite `pthread_exit`
- Il main raccoglie i valori tramite `pthread_join` e li somma
- Compilazione
  `gcc -o sol2_concurrent_threads sol2_concurrent_threads.c -lpthread`
- Esecuzione
  `./sol2_concurrent_threads <N> <M> <V>`

Concorrenza - Semafori

1. Inizializzazione
   Assegna un valore iniziale non negativo al semaforo
2. Operazione semWait
   Decrementa il valore del semaforo, se il valore è negativo il processo/thread viene messo in attesa in una coda, altrimenti va avanti
3. Operazione semSignal
   Incrementa il valore del semaforo, se il valore non è positivo un processo/thread viene risvegliato dalla coda

Concorrenza in C - Semaphores

```
#include <semaphore.h>
…
sem_t sem;
…
sem_init(&sem, pshared, value)
…
sem_wait(&sem)
…
sem_post(&sem)
…
sem_destroy(&sem)
```



Concorrenza in C - Semaphores

```
#include <semaphore.h>
…
sem_t sem;
…
sem_init(&sem, pshared,
…
sem_wait(&sem)
…
sem_post(&sem)
…
sem_destroy(&sem)
```

Dichiarazione di una variabile di tipo `sem_t`, che rappresenta il nostro semaforo

Concorrenza in C - Semaphores

```
#include <semaphore.h>
…
sem_t sem;
…
sem_init(&sem, pshared, value)
…
s
…
s
…
s
```

Inizializzazione del semaforo con valore `value`.
Se `pshared` vale `0`, il semaforo viene condiviso tra i thread del processo; altrimenti, il semaforo viene condiviso tra processi, a patto che sia in una porzione di memoria condivisa (*quest'ultimo caso non verrà esaminato nel corso*).
In caso di successo, viene ritornato `0`; in caso di errore, `-1`.

Concorrenza in C - Semaphores

```
#include <semaphore.h>
…
sem_t sem;
…
sem_init(&sem, pshared, value)
…
sem_wait(&sem)
…
ser
…
sem_destroy(&sem)
```

Operazione semWait sul semaforo sem. In caso di successo, viene ritornato `0`; in caso di errore, `-1`.

Concorrenza in C - Semaphores

```
#include <semaphore.h>
…
sem_t sem;
…
sem_init(&sem, pshared, value)
…
sem_wait(&sem)
…
sem_post(&sem)
…
ser
```

Operazione semSignal sul semaforo sem. In caso di successo, viene ritornato `0`; in caso di errore, `-1`.

Concorrenza in C - Semaphores

```
#include <semaphore.h>
…
sem_t sem;
…
sem_init(&sem, pshared, value)
…
sem_wait(&sem)
…
sem
…
sem_destroy(&sem)
```

Distrugge il semaforo sem.
In caso di successo, viene ritornato `0`; in caso di errore, `-1`.

Obiettivi Esercitazione

- Imparare ad usare i semafori in C
  a. Come si implementa la mutua esclusione per l'accesso ad una sezione critica?
  b. Quanto vale l'overhead dei semafori?
  c. Come si implementa l'accesso in mutua esclusione a N risorse distinte?

Accesso sezione critica in mutua esclusione

- Riprendiamo `concurrent_threads` e risolviamo il problema delle race condition
  - Sezione critica: `shared_variable += v;`
  - Va protetta con un semaforo
    - Acquisizione lock sulla sezione critica tramite `sem_wait`
    - Esecuzione sezione critica
    - Rilascio lock sulla sezione critica tramite `sem_post`
  - Sorgente: `concurrent_threads.c`

concurrent_threads_semaphore.c

- Garantire mutua esclusione utilizzando i semafori
  - Creare una copia del file e chiamarla `concurrent_threads_semaphore.c`
  - Introdurre opportunamente i semafori
  - Compilazione:

```
gcc -o concurrent_threads_semaphore
concurrent_threads_semaphore.c performance.c
-lpthread -lrt -lm
```

concurrent_threads_semaphore.c

- Misurazione delle prestazioni
  - Viene usata la libreria `performance` per misurare il tempo di esecuzione
  - effettuare un confronto sui tempi di esecuzione tra questa soluzione e quelle senza semafori
- Compilazione:

```
gcc -o concurrent_threads_semaphore
concurrent_threads_semaphore.c
performance.c -lpthread -lrt -lm
```

Accesso in mutua esclusione a N risorse

- Disponibilità di un numero N di risorse, ognuna delle quali può essere usata in mutua esclusione
  - Pool di connessioni a DB
  - Pool di thread
  - etc…
- M thread in concorrenza devono accedere a queste risorse (M > N)
- Come implementarlo con i semafori?
  - Suggerimento: mentre prima solo un thread alla volta poteva accedere alla sezione critica, ora vogliamo che ciò sia possibile per N thread alla volta

Accesso in mutua esclusione a N risorse - Implementazione

- Soluzione: inizializzare il semaforo a `N` invece che a `1`
- Codice: `scheduler.c`
- Compilazione
  `gcc -o scheduler scheduler.c -lpthread`
- Come si usa
  - Lanciare `./scheduler`
  - Premendo INVIO, vengono lanciati `THREAD_BURST` thread che tentano di accedere in parallelo a `NUM_RESOURCES` risorse e le usano per processare ciascuno `NUM_TASKS` work item
  - Un work item richiede un tempo random compreso tra `0` e `MAX_SLEEP` secondi
  - Premendo CTRL+D, il programma termina
  - Osservare l'interleaving dei vari thread e il fatto che non ci sono mai nello stesso momento più di `NUM_RESOURCES` thread che hanno accesso ad una delle risorse

Accesso in mutua esclusione a N risorse - Perché funziona

- Inizializzando il semaforo a N, i primi N thread che eseguiranno la `sem_wait()` vedranno un valore non negativo dopo il proprio decremento e potranno accedere alla sezione critica
- I thread successivi effettueranno un decremento (valore del semaforo negativo) e verranno messi in attesa in coda
- Quando uno dei primi N thread esegue la `sem_post()`, il semaforo viene incrementato; siccome il valore era negativo, esso al massimo può diventare 0, e quindi uno dei thread in coda viene svegliato
  - Gli altri thread in coda rimangono lì in attesa
- Ad ogni successiva `sem_post()`, il semaforo viene incrementato
  - Finchè il semaforo non diventa positivo, vuol dire che ci sono thread in coda che verranno svegliati ad ogni `sem_post()`

Accesso in mutua esclusione a N risorse – Variante1

- Modificare il codice per implementare la seguente semantica
  - Invece di usare la risorsa per processare ininterrottamente tutti i work item, ogni thread deve rilasciare la risorsa dopo aver completato una coppia di work item, e rimettersi quindi in coda per ottenere nuovamente l'accesso ad una risorsa
  - Una volta acquisita una risorsa, il thread deve completare la coppia successiva di work item e così via
  - Rilasciare definitivamente ogni risorsa dopo che tutti i work item sono stati processati

Accesso in mutua esclusione a N risorse – Variante2

- Provate a aumentare sensibilmente il tempo nella sleep
- Cosa può succedere?
  - Il main dopo aver creato i thread esce (avete premuto CTRL+D prima che i thread avessero finito il lavoro), distrugge il semaforo e libera la sua memoria
  - Un thread ancora in esecuzione potrebbe non trovare più il semaforo

Accesso in mutua esclusione a N risorse – Esercizio2

- Come risolvere il problema?
  - Uso di una variabile che conta quanti thread sono attualmente aperti
    - Il main la incrementa quando crea un thread
    - Il thread la decrementa prima di terminare
  - Solo quando la variabile è 0 si può chiudere e distruggere il semaforo
  - Attenzione: l'accesso alla variabile potrebbe causare problemi di concorrenza
    - Bisogna usare un semaforo per garantire la mutua esclusione
    - Possiamo usare lo stesso semaforo o è meglio usarne uno nuovo?

Accesso in mutua esclusione a N risorse – Esercizio2

- La soluzione comporta busy waiting del thread main
- Possiamo risolvere il problema senza avere problemi di mutua esclusione su una variabile contatore?
- Trovate la soluzione