PCAD
Programmazione Concorrente
Algoritmi Distribuiti

Arnaud Sangnier
arnaud.sangnier@unige.it

VARIABILE CONDIZIONALI

Cosa abbiamo visto

- Manipolazione di thread:
  - `pthread_create`
  - `pthread_join`
  - `pthread_exit`
- Manipolazione di lock:
  - `pthread_mutex_t lock`
  - `pthread_mutex_lock(&lock)`
  - `pthread_mutex_unlock(&lock)`
  - Per inizializzare un lock due opzioni:
    - `lock=PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER` funziona solo alla dichiarazione
    - `pthread_mutex_init(&lock,NULL)`
  - `pthread_mutex_destroy(&lock)` per distruggere il lock

Ancora qualche punti sui locks

- I locks permettono di proteggere l'accesso ad dei dati condivisi e inducono una certa forma di sincronizzazione
  - Per accedere alla sezione critica, se un altro thread è dentro, devo aspettare che esce e sono bloccato attendo
- Più thread possono essere in attesa su un lock di un mutex... cosa succede quando c'è unlock:
  - uno dei thread in attesa, prenderà il lock
  - gli altri rimangono bloccati in attesa
  - in che ordine ? non è specificato dalla norma POSIX, quindi si deve assumere in qualsia ordine
- Per ricordo: **deve essere lo thread che possiede il lock a fare unlock!!**

Limiti dei locks

- Avvolte è necessario avere una forma di sincronizzazione più forte
  - Uno thread deve aspettare che un altro thread abbia finito di fare qualcosa
  - Ad esempio thread 1 produce una value che deve essere consumata da thread 2

Producer/Consumer problem

  - Una soluzione:
    - ogni volta che il producer produce una nuova value, mette un boolean condiviso a true
    - e il consumer **aspetta** che il boolean sia a true per consumare
    - Ma cosa vuol dire aspettare ?
    - Può fare un ciclo while finché il boolean è a true
      - ogni volta prende il lock, verifica il boolean, rilascia il lock
      - si chiama aspetta attiva (active waiting)
      - **non è ottimale in termine di concorrenze**, perché usa risorse per non fare nulla

Esempio

- Consideriamo la struttura seguente

```
typedef struct shared_buf{
  volatile int val;
  volatile bool full;
  pthread_mutex_t lock;
} shared_buf;
```

- Abbiamo un oggetto di questa struttura condivisa fra varie thread
  - gli producer, scrivono in `val` se full è false e mettono `full` a true

```
void *produce(void *ptr);
```

  - gli consumer legono in `val` se full è true e mettono `full` a false

```
void *consume(void *ptr);
```

- Ogni value scritta deve essere letta da un solo consumer

Main

```
int main(){
  B.val=0;
  B.full=false;
  pthread_mutex_init(&(B.lock),NULL);
  pthread_t th1, th2, th3;
  char *prod1="Prod1";
  char *cons1="Cons1";
  char *cons2="Cons2";
  pthread_create(&th1,NULL,consume,cons1);
  pthread_create(&th2,NULL,produce,prod1);
  pthread_create(&th3,NULL,consume,cons2);
  pthread_join(th1,NULL);
  pthread_join(th2,NULL);
  pthread_join(th3,NULL);
  printf("END\n");
  pthread_mutex_destroy(&(B.lock));
  return 0;
}
```

Producer

```
void *produce(void  *ptr){
  char *id=(char *)ptr;
  for(unsigned i=1;i<=10;++i){
    pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    while(B.full){
      pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
      pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    }
    B.val=i;
    printf("--> Production of %d by %s\n",i,id);
    B.full=true;
    pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
  }
  return NULL;
}
```

Attesa attiva

Consumer

```
void *consume(void  *ptr){
  char *id=(char *)ptr;
  for(unsigned i=1;i<=5;++i){
    pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    while(!B.full){
      pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
      pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    }
    int x=B.val;
    printf("--> Consumption of %d by %s\n",x,id);
    B.full=false;
    pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
  }
  return NULL;
}
```

Attesa attiva

Come evitare l'attesa attiva ?

- Usare le **variabile condizionali** (monitor del C)
- Un variabile condizionale
  - è associato ad un mutex
  - permette a un thread di aspettare su questa variabile (in un modo passivo)
  - permette a un thread di svegliare dei thread che stanno aspettando su questa variabile
- Spesso le variabile condizionali vengono associati a delle condizione su variabile condivise da sorvegliare
- Uso: se una condizione necessaria allo thread non è verificata, il thread aspetta in un modo passivo finche la condizione viene verificata

Le variabile condizionali

- Dichiarazione:

```
pthread_cond_t varcond;
```

- Inizialisazion :

```
pthread_cond_init(&varcond,NULL);
```

- Per aspettare:

```
pthread_cond_wait(&varcond,&lock);
```

  - `lock` è un lock preso al momento dello wait
  - questa funzione libera lock e 'addormenta' lo thread

- Per svegliare:

```
pthread_cond_signal(&varcond);
```

  - 'sveglia' al meno un thread addormentato sur varcond (se ce ne sono, altrimenti non fa nulla)

```
pthread_cond_broadcast(&varcond);
```

  - 'sveglia' tutti gli thread addormentati sur varcond (se ce ne sono, altrimenti non fa nulla)

Quando uno thread è svegliato, è in lista d'attesa per essere scelto dallo scheduler e quando sarà il suo torno la prima cosa che farà è prendere il lock (ed aspettare se il lock è preso)

Le variabile condizionali - uso

- Struttura abituale del codice:

```
pthread_mutex_lock(&lock);
while(...){ //si aspetta su questa condizione
   pthread_cond_wait(&varcond,&lock);
}
...
pthread_mutex_lock(&unlock);
```

Esempio

- Modifichiamo la struttura del buffer

```
typedef struct shared_buf{
  volatile int val;
  volatile bool full;
  pthread_mutex_t lock;
  pthread_cond_t varcond;
} shared_buf;
```

Main

```
int main(){
  B.val=0;
  B.full=false;
  pthread_mutex_init(&(B.lock),NULL);
  pthread_cond_init(&(B.varcond),NULL);
  pthread_t th1, th2, th3;
  char *prod1="Prod1";
  char *cons1="Cons1";
  char *cons2="Cons2";
  pthread_create(&th1,NULL,consume,cons1);
  pthread_create(&th2,NULL,produce,prod1);
  pthread_create(&th3,NULL,consume,cons2);
  pthread_join(th1,NULL);
  pthread_join(th2,NULL);
  pthread_join(th3,NULL);
  printf("END\n");
  pthread_mutex_destroy(&(B.lock));
  return 0;
}
```

Producer

```
void *produce(void  *ptr){
  char *id=(char *)ptr;
  for(unsigned i=1;i<=10;++i){
    pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    while(B.full){
      pthread_cond_wait(&(B.varcond),&(B.lock));
    }
    B.val=i;
    printf("--> Production of %d by %s\n",i,id);
    B.full=true;
    pthread_cond_signal(&(B.varcond));
    pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
  }
  return NULL;
}
```

Consumer

```
void *consume(void  *ptr){
  char *id=(char *)ptr;
  for(unsigned i=1;i<=5;++i){
    pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    while(!B.full){
      pthread_cond_wait(&(B.varcond),&(B.lock));
    }
    int x=B.val;
    printf("--> Consumption of %d by %s\n",x,id);
    B.full=false;
    pthread_cond_signal(&(B.varcond));
    pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
  }
  return NULL;
}
```

Problema

- La soluzione precedente non è corretta
- C'è un scenario in cui tutti sono bloccati in attesa
  - Cons1 è bloccato
  - -Cons2 è blocato
  - Prod1 sveglia Cons1
  - **Prod1 è bloccato**
  - Cons1 sveglia Cons2
  - **Cons2 è bloccato**
  - **Cons1 è bloccato**

Soluzione possibile: usare broadcast al posto di signal

Esempio

- Altra possibilità: usare due variabile condizionali
- Modifichiamo la struttura del buffer

```
typedef struct shared_buf{
  volatile int val;
  volatile bool full;
  pthread_mutex_t lock;
  pthread_cond_t varcond_full;
  pthread_cond_t varcond_notfull;
} shared_buf;
```

Main

```
int main(){
  B.val=0;
  B.full=false;
  pthread_mutex_init(&(B.lock),NULL);
  pthread_cond_init(&(B.varcond_full),NULL);
  pthread_cond_init(&(B.varcond_notfull),NULL);
  pthread_t th1, th2, th3;
  char *prod1="Prod1";
  char *cons1="Cons1";
  char *cons2="Cons2";
  pthread_create(&th1,NULL,consume,cons1);
  pthread_create(&th2,NULL,produce,prod1);
  pthread_create(&th3,NULL,consume,cons2);
  pthread_join(th1,NULL);
  pthread_join(th2,NULL);
  pthread_join(th3,NULL);
  printf("END\n");
  pthread_mutex_destroy(&(B.lock));
  return 0;
}
```

Producer

```
void *produce(void  *ptr){
  char *id=(char *)ptr;
  for(unsigned i=1;i<=10;++i){
    pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    while(B.full){
      pthread_cond_wait(&(B.varcond_notfull),&(B.lock));
    }
    B.val=i;
    printf("--> Production of %d by %s\n",i,id);
    B.full=true;
    pthread_cond_signal(&(B.varcond_full));
    pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
  }
  return NULL;
}
```

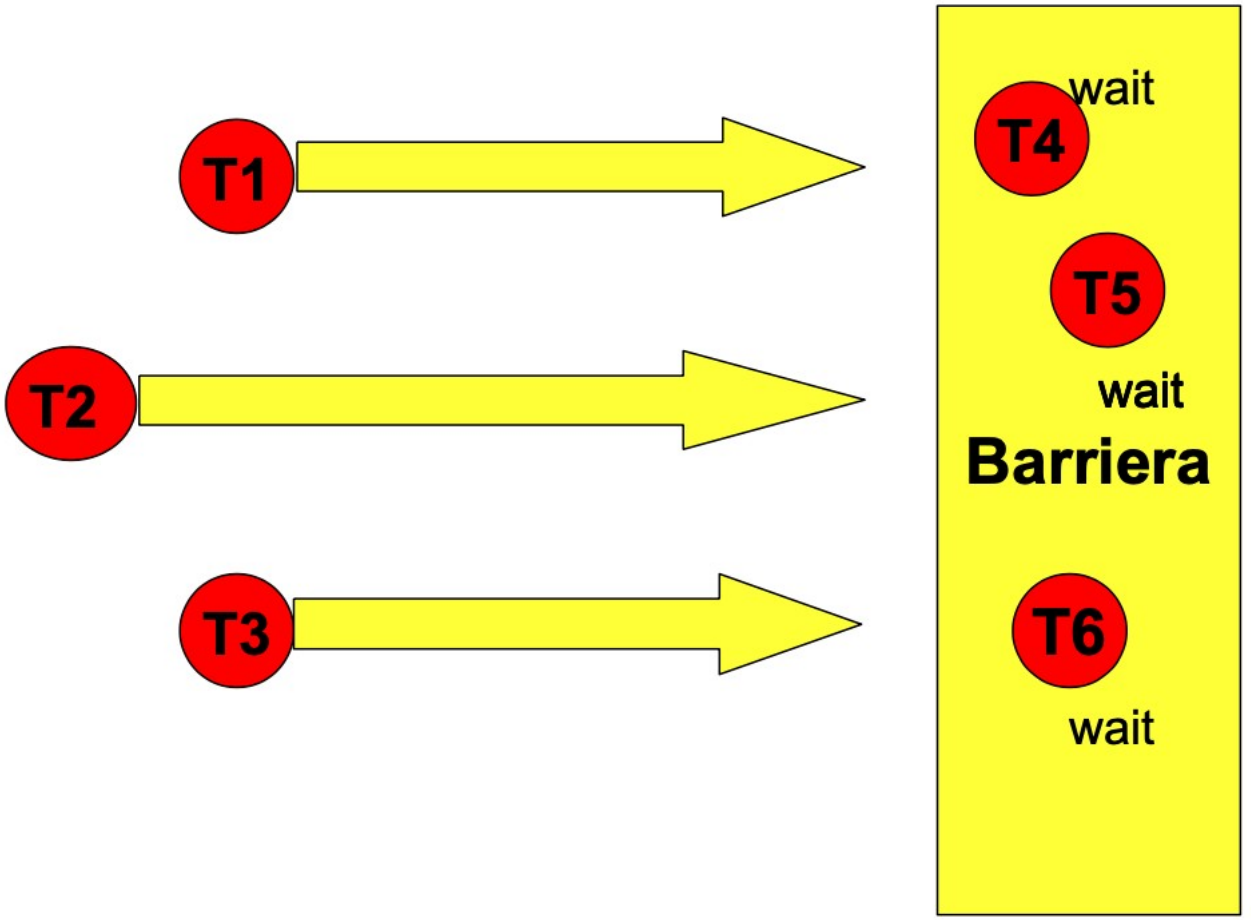
Consumer

```
void *consume(void  *ptr){
  char *id=(char *)ptr;
  for(unsigned i=1;i<=5;++i){
    pthread_mutex_lock(&(B.lock));
    while(!B.full){
      pthread_cond_wait(&(B.varcond_full),&(B.lock));
    }
    int x=B.val;
    printf("--> Consumption of %d by %s\n",x,id);
    B.full=false;
    pthread_cond_signal(&(B.varcond_notfull));
    pthread_mutex_unlock(&(B.lock));
  }
  return NULL;
}
```

Le barriere

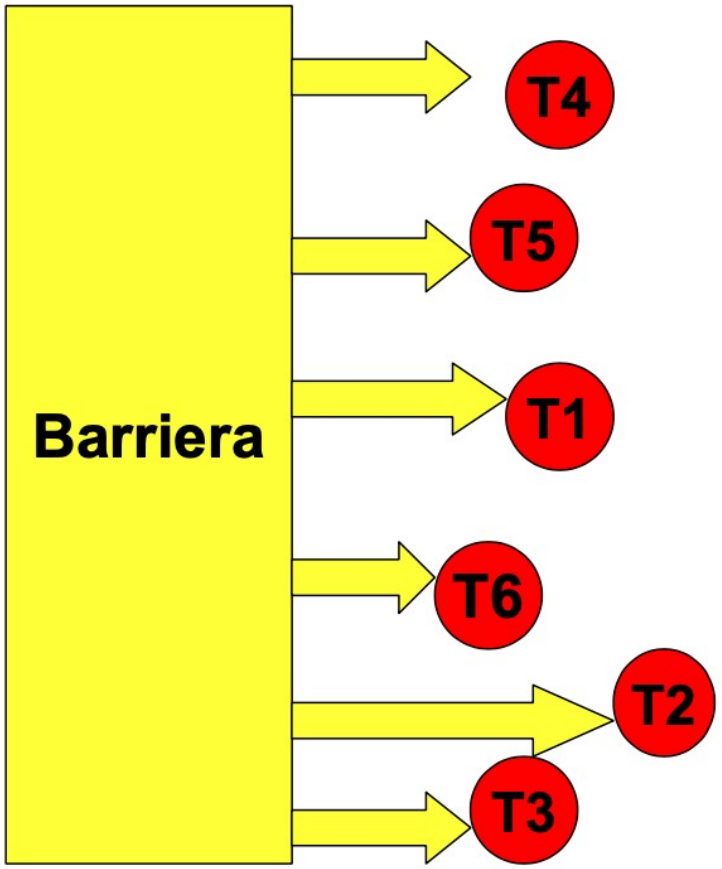
- Le barriere sono un meccanismo di sincronizzazione utilizzato ad esempio nel calcolo parallelo
- Idea: una barriera rappresenta un punto di sincronizzazione per N thread
  - I thread che arrivano alla barriera aspettano gli altri
  - Solo quando tutti gli N thread arrivano alla barriera allora possono proseguire

Le barriere



Le barriere

Le barriere



Le barriere

- Dichiarazione:

```
pthread_barrier_t bar;
```

- Inizialisazion :

```
pthread_barrier_init(&bar,NULL,5);//per dire 5
threads devono arrivare
```

- Per aspettare:

```
pthread_barrier_wait(&bar);
```

  - se non ci sono 5 threads in attesa, blocca
  - quando il quinto thread arriva, tutti vengono svegliati

Possono essere implementate facilmente con variabile condizionali