Sistemi Operativi
Esercizi Sincronizzazione

Docente: Claudio E. Palazzi
cpalazzi@math.unipd.it

Algoritmo del banchiere

- Evita le situazioni di stallo
  - Come anche l'uso dei grafi di allocazione
- Detto così perché, simile a una banca (virtuosa), non versa mai tutte le risorse disponibili al fine di poter sempre soddisfare i propri clienti
- Richiede che i processi dichiarino il massimo quantitativo di risorse che useranno
- Ad ogni nuova richiesta verifica se l'assegnazione lascerebbe il sistema in uno stato sicuro
  - Se così è le risorse vengono assegnate
  - Viceversa il processo deve attendere

Realizzaz. algoritmo del banchiere

- N = num processi nel sistema; M = num risorse
- Servono alcune strutture dati:
  - **Disponibili:** matrice M; *Disponibili [j] = k* significa che sono disponibili k risorse del tipo *Rj*.
  - **Massimo:** matrice N x M; *Massimo [i,j] = k* significa che il processo *Pi* può richiedere un massimo di *k* istanze della risorsa di tipo *Rj*.
  - **Assegnate:** matrice N x M; *Assegnate [i,j] = k* significa che al processo *Pi* sono state attualmente assegnate *k* istanze della risorsa di tipo *Rj*.
  - **Necessità:** matrice N x M; *Necessità [i,j] = k* significa che il processo *Pi* per completare il suo compito può avere bisogno di altre *k* istanze della risorsa di tipo *Rj*.
    - Si noti che *Necessità [i,j] = Massimo [i,j] - Assegnate [i,j]*

Realizzaz. algoritmo del banchiere

- Algoritmo di verifica della sicurezza:
  1. Sia *Lavoro [j]= Disponibili [j]* per j = 0, 1, …, M-1 e *Fine [i] = falso* per *i = 0, 1, …, N-1*
  2. Si cerchi indice *i* tale che valgano entrambe:
     a) *Fine [i] == falso*
     b) *Necessità [i, j]<= Lavoro [j]* per j = 0, 1, …, M-1

     Se tale *i* non esiste, esegue passo 4.
  3. *Lavoro [j] = Lavoro [j] + Assegnate [i, j]*

     Fine [i] = vero

     torna al passo 2
  4. Se *Fine [i] == vero* per ogni *i*, allora il sistema è in stato sicuro
- O (M x N x N)

Realizzaz. algoritmo del banchiere

- Algoritmo di richiesta delle risorse
  - Se *Richieste [i] <= Necessità [i]*, allora esegue passo 2, altrimenti ERRORE per superato num max di richieste
  - Se *Richieste [i] <= Disponibili* allora esegue passo 3, altrimenti *Pi* deve attendere che si liberino delle risorse
  - Simula l'assegnazione delle risorse richieste al processo *Pi*, modificando lo stato di assegnazione delle risorse come segue:
    - *Disponibili = Disponibili – Richieste [i]*
    - *Assegnate [i] = Assegnate [i] + Richieste [i]*
    - *Necessità [i] = Necessità [i] - Richieste [i]*
  - Se lo stato di assegnazione delle risorse risultante è sicuro, la transazione è completata e al processo *Pi* si assegnano le risorse richieste; altrimenti *Pi* deve attendere.

Semafori (1)

- Semafori: variabili intere
  - contano il numero di richieste pendenti
  - il valore è 0 se non ci sono risorse disponibili a servire richieste (che quindi diventeranno pendenti) e > 0 altrimenti
- Due operazioni atomiche standard *Down* e *Up* (P e V)
  - down(S) … equivalente di P(S)
    - se S > 0 allora S= S - 1 ed il processo continua l'esecuzione
    - se S==0 ed il processo si blocca senza completare la primitiva
  - up(S) … equivalente di V(S)
    - se ci sono processi in attesa di completare la down su quel semaforo (e quindi necessariamente S == 0) uno di questi viene svegliato e S rimane a 0, altrimenti S viene incrementato;
    - in caso contrario (S > 0), allora S=S + 1

Semafori (2)

Soluzione del Produttore/ Consumatore con semafori

```
#define N 100                                   /* number of slots in the buffer */
typedef int semaphore;                          /* semaphores are a special kind of int */
semaphore mutex = 1;                            /* controls access to critical region */
semaphore empty = N;                            /* counts empty buffer slots */
semaphore full = 0;                             /* counts full buffer slots */

void producer(void)
{
    int item;

    while (TRUE) {                              /* TRUE is the constant 1 */
        item = produce_item( );                 /* generate something to put in buffer */
        down(&empty);                           /* decrement empty count */
        down(&mutex);                           /* enter critical region */
        insert_item(item);                      /* put new item in buffer */
        up(&mutex);                             /* leave critical region */
        up(&full);                              /* increment count of full slots */
    }
}


void consumer(void)
{
    int item;

    while (TRUE) {                              /* infinite loop */
        down(&full);                            /* decrement full count */
        down(&mutex);                           /* enter critical region */
        item = remove_item( );                  /* take item from buffer */
        up(&mutex);                             /* leave critical region */
        up(&empty);                             /* increment count of empty slots */
        consume_item(item);                     /* do something with the item */
    }
}
```

Monitor (1)

- Oggetti (Strutture dati + procedure per accedervi)
- Mutua esclusione nell'esecuzione delle procedure
- Variabili di Condizione + wait() e signal()
- wait(X)
  - sospende sempre il processo che la invoca in attesa di una signal(X)
- signal(X)
  - sveglia uno dei processi in coda su X
  - se nessun processo è in attesa va persa
  - deve essere eseguita solo come ultima istruzione prima di uscire dal monitor (il processo svegliato ha l'uso esclusivo del monitor)

Monitor (2)

Esempio di monitor

```
monitor example
        integer i;
        condition c;

        procedure producer( );

        .
        .
        .
        end;

        procedure consumer( );

        .
        .
        .
        end;
end monitor;
```

Monitor (3)

```
monitor ProducerConsumer
        condition full, empty;
        integer count;
        procedure insert(item: integer);
        begin
                if count = N then wait(full);
                insert_item(item);
                count := count + 1;
                if count = 1 then signal(empty)
        end;
        function remove: integer;
        begin
                if count = 0 then wait(empty);
                remove = remove_item;
                count := count – 1;
                if count = N – 1 then signal(full)
        end;
        count := 0;
end monitor;
```

```
procedure producer;
begin
        while true do
        begin
                item = produce_item;
                ProducerConsumer.insert(item)
        end
end;
procedure consumer;
begin
        while true do
        begin
                item = ProducerConsumer.remove;
                consume_item(item)
        end
end;
```

- Schema di soluzione Produttore/Consumatore
  - ad ogni istante solo una procedura del monitor è in esecuzione
  - il buffer ha *N* posizioni

Monitor (4)

- Caratteristiche principali dei monitor Java
  - ME nell'esecuzione dei metodi synchronized
  - non ci sono variabili di condizione
  - wait(), notify() simili a sleep() , wakeup()
  - è possibile svegliare tutti i processi in attesa

Monitor (5)

```
public class ProducerConsumer {
    static final int N = 100;                   // constant giving the buffer size
    static producer p = new producer( );        // instantiate a new producer thread
    static consumer c = new consumer( );// instantiate a new consumer thread
    static our_monitor mon = new our_monitor( );  // instantiate a new monitor
    public static void main(String args[ ]) {
        p.start( );                             // start the producer thread
        c.start( );                             // start the consumer thread
    }
    static class producer extends Thread {
        public void run( )  {                   // run method contains the thread code
            int item;
            while (true) {                      // producer loop
                item = produce_item( );
                mon.insert(item);
            }
        }
        private int produce_item( ) { ... }     // actually produce
    }
    static class consumer extends Thread {
        public void run( )  {                   run method contains the thread code
            int item;
            while (true) {                      // consumer loop
                item = mon.remove( );
                consume_item (item);
            }
        }
        private void consume_item(int item) { ... }     // actually consume
    }
```

Soluzione per Produttore/Consumatore in Java (parte 1)

Monitor (6)

```
static class our_monitor {                  // this is a monitor
    private int buffer[ ] = new int[N];
    private int count = 0, lo = 0, hi = 0; // counters and indices
    public synchronized void insert(int val) {
        if (count == N) go_to_sleep( );   // if the buffer is full, go to sleep
        buffer [hi] = val;                // insert an item into the buffer
        hi = (hi + 1) % N;                // slot to place next item in
        count = count + 1;                // one more item in the buffer now
        if (count == 1) notify( );        // if consumer was sleeping, wake it up
    }
    public synchronized int remove( ) {
        int val;
        if (count == 0) go_to_sleep( );   // if the buffer is empty, go to sleep
        val = buffer [lo];                // fetch an item from the buffer
        lo = (lo + 1) % N;                // slot to fetch next item from
        count = count – 1;                // one few items in the buffer
        if (count == N – 1) notify( );    // if producer was sleeping, wake it up
        return val;
    }
    private void go_to_sleep( ) { try{wait( );} catch(InterruptedException exc) {};}
}
}
```

Soluzione per Produttore/Consumatore in Java (parte 2)

Scambio Messaggi (1)

- Non richedono accesso a supporti di memorizzazione comune
- primitive base
  - send(destination,&msg)
  - receive(source, &msg)
- decine di varianti, nel nostro caso :
  - la receive blocca automaticamente se non ci sono messaggi
  - i messaggi spediti ma non ancora ricevuti sono bufferizzati dal SO
  - Tipo mailbox

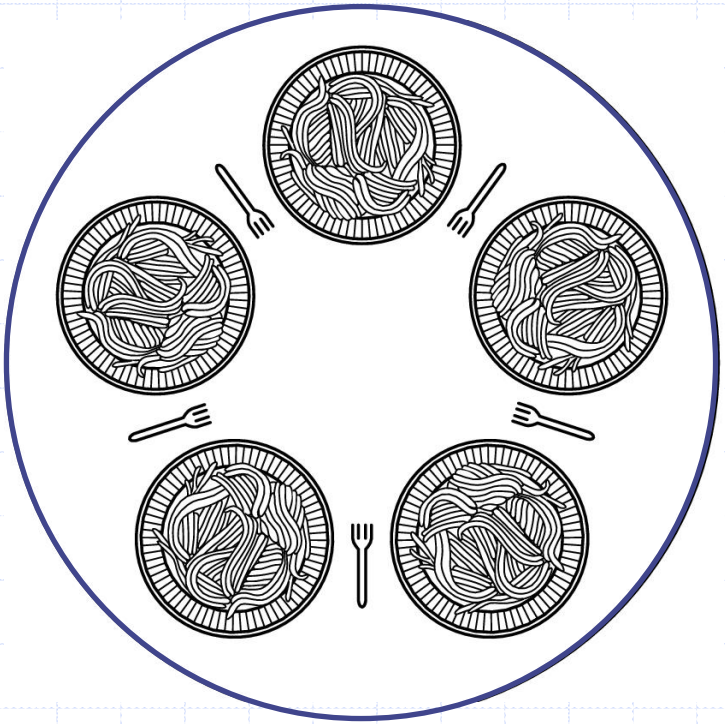
Scambio Messaggi (2)

```
#define N 100                                   /* number of slots in the buffer */

void producer(void)
{
      int item;
      message m;                                /* message buffer */

      while (TRUE) {
            item = produce_item( );             /* generate something to put in buffer */
            receive(consumer, &m);              /* wait for an empty to arrive */
            build_message(&m, item);            /* construct a message to send */
            send(consumer, &m);                 /* send item to consumer */
      }
}

void consumer(void)
{
      int item, i;
      message m;

      for (i = 0; i < N; i++) send(producer, &m);  /* send N empties */
      while (TRUE) {
            receive(producer, &m);              /* get message containing item */
            item = extract_item(&m);            /* extract item from message */
            send(producer, &m);                 /* send back empty reply */
            consume_item(item);                 /* do something with the item */
      }
}
```

Sol. Produttore/Consumatore con *N* messaggi

I filosofi a cena (1)

- I filosofi mangiano e pensano
- Per mangiare servono due forchette
- Ogni filosofo prende una forchetta per volta
- Come si può prevenire il *deadlock*



N Filosofi a Cena: Semafori Alt.

```
Filosofo(i) {
    while(1) {
        <pensa>
        if(i == X) {
            P(f [i+1])%N);
            P(f [i]);
        } else {
            P(f [i]);
            P(f [i+1]%N);
        }
        <mangia>
        V(f [i]);
        V(f [i+1]%N);
    }
}
```

Inizializzazione:
int semaforo **f[i]** = 1;

Per evitare deadlock inseriamo un filosofo "mancino": ad esempio, il filosofo *X*

5 filosofi a cena coi monitor

```
Monitor Tavolo{
   boolean fork_used[5] = false; // forchette numerate da 0 a 4
   condition filosofo[5]; // se lo vogliamo fare in java, questa la dobbiamo
                                  togliere

   raccogli(int n){
      while(fork_used[n] || fork_used[(n+1)%5])
         filosofo[n].wait();
      fork_used[n] = true;
      fork_used[(n+1)%5] = true;
   }
   // in java dovevi aggiungere:
   // (synchronized)
   deposita(int n){
      fork_used[n] = false;
      fork_used[(n+1)%5] = false;
      filosofo[n].notify();   // se lo voglio fare in java devo togliere
                                  queste due "filosofo" e sostituire con
                                  notifyall()

      filosofo[(n+1)%5].notify();
   }
}
Filosofo(i){
   while (true){
      <pensa>
      Tavolo.raccogli(i);
      <mangia>
      Tavolo.deposita(i);
   }
}
```

Il problema dei lettori e scrittori (1)

- Un database molto esteso (db)
  - es. prenotazioni aeree ...
- Un insieme di processi che devono leggere o scrivere in db
- Più lettori possono accedere contemporaneamente a db
- Gli scrittori devono avere accesso esclusivo a db
- I lettori hanno precedenza sugli scrittori
  - se uno scrittore chiede di accedere mentre uno o più lettori stanno accedendo a db, lo scrittore deve attendere che i lettori abbiano finito

```
typedef int semaphore;              /* use your imagination */
semaphore mutex = 1;                /* controls access to 'rc' */
semaphore db = 1;                   /* controls access to the database */
int rc = 0;                         /* # of processes reading or wanting to */

void reader(void)
{
    while (TRUE) {                  /* repeat forever */
        down(&mutex);               /* get exclusive access to 'rc' */
        rc = rc + 1;                /* one reader more now */
        if (rc == 1) down(&db);     /* if this is the first reader ... */
        up(&mutex);                 /* release exclusive access to 'rc' */
        read_data_base( );          /* access the data */
        down(&mutex);               /* get exclusive access to 'rc' */
        rc = rc – 1;                /* one reader fewer now */
        if (rc == 0) up(&db);       /* if this is the last reader ... */
        up(&mutex);                 /* release exclusive access to 'rc' */
        use_data_read( );           /* noncritical region */
    }
}


void writer(void)
{
    while (TRUE) {                  /* repeat forever */
        think_up_data( );           /* noncritical region */
        down(&db);                  /* get exclusive access */
        write_data_base( );         /* update the data */
        up(&db);                    /* release exclusive access */
    }
}
```

Il barbiere sonnolento (1)

Il barbiere sonnolento (2): soluz.

```
#define CHAIRS 5                    /* # chairs for waiting customers */

typedef int semaphore;              /* use your imagination */

semaphore customers = 0;            /* # of customers waiting for service */
semaphore barbers = 0;              /* # of barbers waiting for customers */
semaphore mutex = 1;                /* for mutual exclusion */
int waiting = 0;                    /* customers are waiting (not being cut) */

void barber(void)
{
    while (TRUE) {
        down(&customers);           /* go to sleep if # of customers is 0 */
        down(&mutex);               /* acquire access to 'waiting' */
        waiting = waiting – 1;      /* decrement count of waiting customers */
        up(&barbers);               /* one barber is now ready to cut hair */
        up(&mutex);                 /* release 'waiting' */
        cut_hair( );                /* cut hair (outside critical region) */
    }
}


void customer(void)
{
    down(&mutex);                   /* enter critical region */
    if (waiting < CHAIRS) {         /* if there are no free chairs, leave */
        waiting = waiting + 1;      /* increment count of waiting customers */
        up(&customers);             /* wake up barber if necessary */
        up(&mutex);                 /* release access to 'waiting' */
        down(&barbers);             /* go to sleep if # of free barbers is 0 */
        get_haircut( );             /* be seated and be serviced */
    } else {
        up(&mutex);                 /* shop is full; do not wait */
    }
}
```