Thread Java

Giacomo Cabri

31 Ottobre 2003

Seminario di
Principi di Sistemi Operativi

Processi

- **Nei sistemi concorrenti, il termine processo denota la singola attività eseguita in modo indipendente e separato rispetto alle altre**
  - **Tipicamente, un programma è eseguito da un processo**
  - **Il processo è l'istanza in esecuzione di un processo**
  - **Più processi possono eseguire lo stesso programma**
- **Paragone con Classi e Oggetti: un programma agisce come una classe, il processo rappresenta una instanza in esecuzione del programma**

Un processo (pesante)

- **È del tutto autonomo rispetto agli altri processi**
- **Ha un proprio spazio di indirizzamento riservato e non condivide memoria con altri processi: significa che anche le variabili globali sono private al processo (duplicazione dell'area di memoria) e i puntatori puntano comunque a cose diverse (rilocazione dei puntatori)**
- **Ha un proprio stack riservato (le variabili locali sono private al processo)**

Caratteristiche

- **La comunicazione tra processi distinti non può quindi avvenire per condivisione di variabili, ma deve sfruttare appositi meccanismi di sistema**
- **I processi servono ad avere attività in esecuzione concorrente MA autonomo, minimizzando le possibilità di interazione, e quindi di disturbo reciproco**
- **Modello di processi ad ambiente locale**

Processi UNIX

- In Unix, un nuovo processo viene creato tramite la chiamata di sistema fork(), che duplica il processo che la esegue (processo padre) creando un identico processo figlio
- Il figlio può poi o continuare a eseguire lo stesso codice del padre, o eseguirne un altro tramite la primitiva exec()

Thread

- È un'attività autonoma che "vive" all'interno di un processo
- Ha un proprio stack riservato (e quindi le sue variabili locali sono private e non condivise da altri thread)
- ...ma non ha uno spazio di indirizzamento riservato: tutti i thread appartenenti allo stesso processo condividono il medesimo spazio di indirizzamento
- Modello dei processi ad ambiente globale

Comunicazione tra thread

- La comunicazione fra thread può quindi avvenire mediante competizione sullo spazio di memoria condiviso
- Quindi, se ci sono variabili globali o riferimenti a aree di memoria od oggetti comuni diversi thread possono interagire
- Occorre però disciplinare l'accesso a tale area comune
  - necessità di opportuni meccanismi di sincronizzazione

Comunicazione in OO

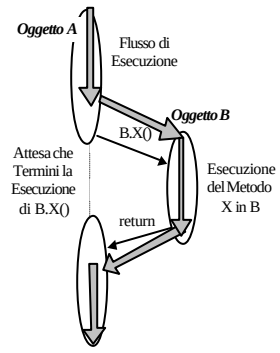
- In un linguaggio ad oggetti, ovviamente, il concetto di variabile globale non ha senso
- Però più thread possono condividere riferimenti allo stesso oggetto, e interagire tramite tale oggetto

Thread in Java

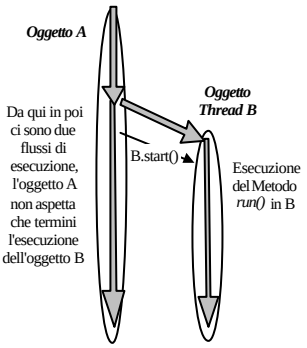
- **Come si può realizzare il concetto di Thread in Java?**
- **Seguendo la filosofia OO: sono oggetti particolari ai quali si richiede un servizio (chiamato start()) corrispondente al lancio di una attività, di un thread**
- **MA: non si aspetta che il servizio termini, esso procede in concorrenza a chi lo ha richiesto**

Richiesta di servizio

- **Normale richiesta di servizio**



- **Richiesta di servizio start() a un thread**



La classe Thread

- La classe Thread è la base per la gestione dei thread in Java
- Essa comprende metodi per attivare, fermare, sospendere, riprendere, attendere thread, per controllarne la priorità, lo scheduling, etc
- Creazione di un thread ✍ normale creazione di un oggetto di classe Thread o derivate

Definire ed eseguire un thread

- Il corpo del thread è costituito dal metodo run()
- Quindi, per definire una nuova classe di thread si deve:
  - definire una propria sottoclasse di Thread che ridefinisca opportunamente il metodo run()
- Per creare un nuovo oggetto thread si dovrà quindi:
  - creare una istanza della sottoclasse di Thread
- Per far partire il nuovo thread (cioè l'esecuzione del suo metodo run()) basta poi invocare su di esso il metodo start()

Esempio di thread

```
public class SimpleThread extends
   Thread
{
  public SimpleThread(String str)
  {    super(str);  }
```


Esempio di thread (2)

```
  public void run()
  {
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    { System.out.println(i + " " +
     getName());
      try {
        sleep((int)(Math.random() * 1000));
      } catch (InterruptedException e) {}
    }
    System.out.println("DONE! " +
     getName());
  }
}
```

Esempio di thread (3)

```
public class Esempio1
{
  public static void main (String[] args)
  {
    new SimpleThread("Jamaica").start();
    new SimpleThread("Fiji").start();
  }
}
```


Risultato di 2 esecuzioni

```
sirio$ java Esempio1
0 Jamaica
0 Fiji
1 Fiji
1 Jamaica
2 Fiji
2 Jamaica
3 Fiji
4 Fiji
5 Fiji
3 Jamaica
4 Jamaica
6 Fiji
7 Fiji
5 Jamaica
8 Fiji
6 Jamaica
7 Jamaica
9 Fiji
8 Jamaica
DONE! Fiji
9 Jamaica
DONE! Jamaica
```

```
sirio$ java Esempio1
0 Jamaica
0 Fiji
1 Jamaica
1 Fiji
2 Jamaica
3 Jamaica
4 Jamaica
2 Fiji
5 Jamaica
3 Fiji
4 Fiji
5 Fiji
6 Jamaica
7 Jamaica
6 Fiji
8 Jamaica
7 Fiji
9 Jamaica
DONE! Jamaica
8 Fiji
9 Fiji
DONE! Fiji
```

L'interfaccia Runnable

- **Il metodo run() dei Thread è anche dichiarato nella interfaccia Runnable. Quindi, come metodo alternativo per definire dei thread si può:**
  - **definire una propria classe che implementi l'interfaccia Runnable**
  - **in questa classe, implementare il metodo run()**
- **Questa via è più flessibile (rispetto all'ereditare dalla classe Thread), in quanto consente di definire classi di thread che non siano per forza sottoclassi di Thread ma che siano sottoclassi di altri classi**

Creare thread con Runnable

- **Per creare e usare un thread bisogna:**
  - **prima creare una istanza della propria classe (che implementa l'interfaccia Runnable)**
  - **poi creare una istanza di Thread a partire da tale oggetto**

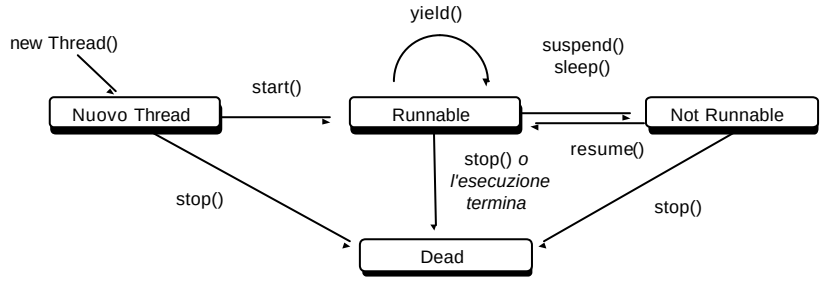
Esempio di Runnable

```
class MyPrint {
    public void print(String s){
      System.out.println(s);
  }
}
class MyClass extends MyPrint implements
    Runnable { // NON DERIVA DA Thread!
  public void run(){
    for(int i=1; i<=10; i++)
      print(i + " " + i*i);
  }
}
```


Esempio di Runnable (2)

```
public class Esempio2 {
  public static void main(String args[]){
    MyClass o = new MyClass();
    Thread t = new Thread(o);
    // o anche:
    // Thread t = new Thread(new MyClass());
    t.start();
  }
}
```

Stato di un thread



Metodi

Metodi di Thread

- **public void start()**
- **public void run()**
- **public void stop()**
- **public String getName()**
- **public void setName(String)**
- **public void sleep(long)**
- **public void suspend()**
- **public void resume()**
- **public void yield()**

Interfaccia di Runnable

- **public void run()**

start() e stop()

- start() inizia l'esecuzione dopo la necessaria inizializzazione
  - invoca run()
- stop() Termina l'esecuzione del thread

getName() e setName()

- Gestione del nome del thread
- Ogni Thread ha sempre associato un nome univoco, corrispondente a una stringa, che o viene assegnato di default dal sistema o viene assegnato dall'utente in fase di inizializzazione!
- Per ottenere il nome del thread corrente:

```
Thread.currentThread().getName();
```

sleep(), suspend() e resume()

- I primi due metodi portano il thread nello stato not runnable
- sleep() per un periodo di tempo prefissato
- suspend() sospende un thread
- resume() risveglia un thread sospeso da suspend(), portandolo nello stato runnable

yield()

- Cede il controllo del processore
- Preemption volontaria ✍ re-scheduling

Vita di un thread

- **Un thread continua la propria esecuzione:**
  - **fino alla sua terminazione naturale, o**
  - **fino a che non viene espressamente fermato da un altro thread che invochi su di esso il metodo stop()**

Sospensione di un thread

- **Un thread può anche essere sospeso temporaneamente dalla sua esecuzione:**
  - **perché un operazione blocca l'esecuzione, come una operazione di input che implica di attendere dei dati; il Thread si blocca finchè i dati non sono disponibili**
  - **perché invoca la funzione Thread.sleep()**
  - **da un altro thread che invochi su di esso il metodo suspend(), per riprendere poi la propria esecuzione quando qualcuno invoca su di esso il metodo resume()**

Problemi

- stop(), suspend() e resume() sono deprecati in Java2, in quanto non sicuri!
- Questi tre metodi agiscono in modo brutale su un thread
  - che non può "difendersi" in nessun modo

Rischi di deadlock

- Se il thread sospeso / fermato stava facendo un'operazione critica, essa rimane a metà e l'applicazione viene a trovarsi in uno stato inconsistente
- Se il thread sospeso / fermato aveva acquisito una risorsa, essa rimane bloccata da quel thread e nessun altro può conquistarla
- Se a questo punto un altro thread si pone in attesa di tale risorsa, si crea una situazione di deadlock

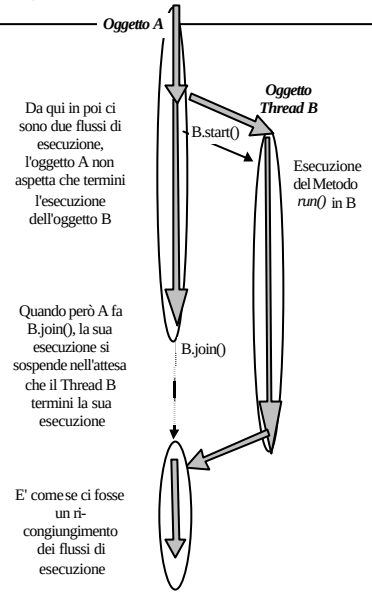
Soluzione

- La soluzione suggerita da Java 2 consiste nell'adottare un diverso approccio:
  - non agire d'imperio su un thread
  - ma segnalargli l'opportunità di sospendersi / terminare
  - lasciando però al thread il compito di sospendersi / terminare, in modo che possa farlo in un momento "non critico"
  - la funzione yield() permette a un thread di cedere l'esecuzione ad un altro

Join

- Si può decidere di aspettare che termini l'esecuzione di un thread
- Per fare questo, bisogna invocare l'operazione join() sul thread che si intende aspettare
- Simile alla wait di UNIX

Flusso di controllo



Esempio di join

- Il programma principale genera un thread e gli passa un riferimento ad un oggetto StringBuffer
- Il thread scrive nello StringBuffer la data corrente
- Il programma principale aspetta che il thread finisca e poi stampa il valore dello StringBuffer

Esempio di join (2)

```
import java.util.Date;

public class StringThread extends Thread
{
  private StringBuffer s;
  public StringThread(StringBuffer s)
  { this.s = s; }
  public void run()
  {
   s = s.append(new Date());
  }
}
```


Esempio di join (3)

```
public class Esempio3
{
  public static void main(String args[])
  {
    StringBuffer s = new StringBuffer();
    StringThread t = new StringThread(s);
    t.start();
    try { t.join(); }
    catch(Exception e) {}
    System.out.println("s vale " + s);
  }
}
```

Note sull'esempio

- L'attesa di join() potrebbe essere interrotta da un'eccezione
  - necessità di catturare l'eccezione tramite il costrutto try/catch (si veda più avanti); necessità analoghe per il metodo sleep()
- Se non avessimo usato join(), il risultato dell'esecuzione sarebbe stato:

```
c:\myprog\java>java UsaStringThread
s vale
```

- Ma dipende dallo scheduler!

Scheduling

- In un sistema monoprocessore i thread devono condividere l'esecuzione su un unico processore
- In un certo istante, ci sarà un solo thread realmente in esecuzione, e altri in attesa di acquisire il controllo del processore

Rilascio del processore

- **Quando si invocano dei metodi di controllo, come sospend(), resume, stop(), che permettono di gestire l'uso del processore, e fare in modo che un thread, bloccandosi o sospendendosi, ceda il processore**
- **Quando un processo invoca una operazione che implica attesa di qualche evento, come un'operazione di input, durante la quale attesa non ha bisogno del processore**

Altrimenti…

- ***scheduling nonpreemptive* se il controllo del microprocessore non viene mai forzatamente tolto al thread corrente**
- ***scheduling preemptive* se il controllo del microprocessore può forzatamente essere tolto al thread corrente in un qualsiasi momento dell'esecuzione**

Attenzione!!!

- **Java non precisa quale tipo di scheduling debba essere adottato dalla macchina virtuale!**
- **Dipende dal Sistema Operativo!**
- **Per determinare se il SO è preemptive o meno, è possibile eseguire un semplice test**

Test

```
class MyRun implements Runnable {
  public void run(){
    while (true)
      System.out.println(
     Thread.currentThread().getName() );
  }
}
```

Test (2)

```
class Esempio4 {
  public static void main(String args[]){
    System.out.println("Main - inizio");
    MyRun r = new MyRun();
    new Thread(r, "cip ").start();
    new Thread(r, "ciop").start();
    // NB: se è non-preemptive, va solo cip
    // se è preemptive, vanno entrambi
  }
}
```


Priorità

- Ogni thread ha una priorità
- intero compreso tra MIN_PRIORITY (1) e MAX_PRIORITY (10)
- Di default, NORM_PRIORITY (5)
- Metodi getPriority() e setPriority() della classe Thread

Sincronizzazione

- **Quando due o più thread eseguono concorrentemente, è in generale impossibile prevedere l'ordine in cui le loro istruzioni verranno eseguite**
- **Problemi nel caso in cui i thread invocano metodi sullo stesso oggetto di cui condividono il riferimento**
- **SONO POSSIBILI INCONSISTENZE!**

Esempio di sincronizzazione

```
public class Contatore
{
  private int valore;

  public Contatore(int val) { valore = val;
    }

  public int conta()
  { int tmp = valore + 1;
    valore = tmp;
    return tmp;
  }
}
```

Esempio di sincronizzazione (2)

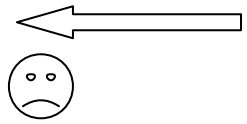
```
public class ThreadCheConta extends Thread
{
  private Contatore contatore;

  public ThreadCheConta(String str,
    Contatore cont)
  { super(str); contatore = cont;}

  public void run()
  {
    for (int i = 0; i < 5; i++)
      System.out.println(getName() + " ha
    incrementato a " + contatore.conta());
  }
}
```


Esempio di sincronizzazione (3)

```
public class Esempio5
{
  public static void main(String[] args)
  {
    Contatore c = new Contatore(0);
    new ThreadCheConta("T1", c).start();
    new ThreadCheConta("T2", c).start();
  }
}
```

Risultato

```
c:\myprog\java>java Esempio5
T1 ha incrementato a 1
T2 ha incrementato a 2
T1 ha incrementato a 3
T2 ha incrementato a 4
T2 ha incrementato a 5
T2 ha incrementato a 6
T1 ha incrementato a 7
T2 ha incrementato a 8
T1 ha incrementato a 8
T1 ha incrementato a 9
```



Flusso di esecuzione

✍ **Thread T1**

```
contatore.conta()

tmp = valore + 1;
// tmp = 7 + 1


valore = tmp;
// valore = 8
```

✍ **Thread T2**

```
contatore.conta()


tmp = valore + 1;
// tmp = 7 + 1


valore = tmp;
// valore = 8
```

Errore!

- I due thread eseguono concorrentemente e leggono *lo stesso* valore, poi lo modificano

Sezione critica

- Le sezioni di codice in cui si accede a risorse e oggetti comuni (condivise) sono *critiche*
- Per evitare inconsistenze, è necessario assicurare che, prima di entrarvi, i thread si sincronizzino, in modo da garantire che solo un thread per volta possa eseguire la sezione critica
- Nell'esempio precedente, bisogna evitare che due thread eseguano in concorrenza in metodo *conta*

Costrutto synchronized

- In Java si può garantire l'accesso in mutua esclusione a una istanza, proteggendo il metodo o la sezione di codice critica tramite la keyword synchronized:
  - a livello di metodo
  - a livello di blocco di codice

Metodi

- Metodo sincronizzato:

  public synchronized void conta() {...}

- Solo un thread alla volta può eseguire questo metodo sullo stesso oggetto

Blocco di codice

- **Blocco di codice sincronizzato:**
  synchronized(object) {...}
- **Solo un thread alla volta può eseguire la parte di codice protetta sull'oggetto object (che può essere this)**

Modifiche all'esempio

- **Il metodo *conta* deve essere synchronized**
- **Mentre il flusso di esecuzione di un thread esegue tale metodo, è garantito che nessun'altro thread potrà eseguirlo**
- **Se T1 sta già eseguendo il metodo, quando T2 tenta di eseguirlo viene sospeso, in attesa che T1 termini**
- **Quando T1 termina, T2 riprende l'esecuzione a può eseguire il metodo *conta***

Contatore corretto

```
public class ContatoreCorretto
{
  private int valore;

  public Contatore(int val) { valore = val;
    }

  public synchronized void conta()
  {int tmp = valore + 1;
    valore = tmp;
    return tmp;
  }
}
```


Altro esempio di sincronizzazione

```
public class Point
{
  private float x, y;

  public void synchronized setXY(float X, float Y)
    {x = X; y = Y;}
  public float x()  { return x; }
  public float y()  { return y; }
  public void print()
  {
    synchronized(this)
    {
      System.out.println("x= " + x() +
                         ", y= " + y());
    }
  }
}
```

Altro esempio di sincronizzazione (2)

```
public class GestorePunto extends Thread
{
  private float x, y;
  public GestorePunto(float X, float Y) { x
    = X; y = Y; }
  public void run()
  {
    Point P = new Point();
    P.setXY(x, y);
    P.print();
  }
}
```


Altro esempio di sincronizzazione (3)

```
public class Esempio6
{
  public static void main(String[] args)
  {
    new GestorePunto(1,1).start();
    new GestorePunto(2,2).start();
  }
}
```

Wait e notify

- Java mette a disposizione due metodi (di Object) per la sospensione e il risveglio dei processi
- wait
  - Sospende il processo che lo invoca
  - Su una coda associata all'oggetto sul quale il metodo è invocato
- notify e notifyAll
  - Risveglia il primo processo (o tutti) sospeso sulla coda dell'oggetto su cui viene invocato il metodo
- NB: wait e notify possono essere invocati soltanto all'interno di un metodo synchronized

Esempio produttore – consumatore

- Contenitore
  - capacità unitaria
- Produttore
  - inserisce un intero alla volta nel contenitore
  - solo se il contenitore non è già pieno!
- Consumatore
  - estrae un intero dal contenitore
  - solo se c'è!

Esempio P-C

```
public class Produttore extends Thread
{
  private Contenitore contenitore;
  private int id;

  public Produttore(Contenitore c, int
   id) {
    contenitore = c;
    this.id = id;
  }
```


Esempio P-C (2)

```
public void run()
  {
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
      contenitore.DEPOSITA(i);
      System.out.println("Pr#" + id +
   " mette: " + i);
    }
  }
}
```

Esempio P-C (3)

```
public class Consumatore extends
   Thread
{
  private Contenitore contenitore;
  private int id;

  public Consumatore(Contenitore c,
   int id) {
    contenitore = c;
    this.id = id;
  }
```


Esempio P-C (4)

```
 public void run()
  {
    int valore;
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
      valore = contenitore.PRELEVA();
      System.out.println("Co#" + id +
   " prende: " + valore);
    }
  }
}
```

Esempio P-C (5)

```
public class Contenitore
{
    // un monitor è associato ad ogni
   istanza
    private int buff;
    // un buffer di dimensione
   unitaria
    private boolean disponibile =
   false;
```


Esempio P-C (6)

```
public synchronized void DEPOSITA(int
  valore)
   {
      while (disponibile == true)
      {
          try { wait(); } catch
  (InterruptedException e) {}
      }
      buff = valore;
      disponibile = true;
      notifyAll();
   }
```

Esempio P-C (7)

```
 public synchronized int PRELEVA()
    {
        while (disponibile == false)
        {
           try { wait(); } catch
   (InterruptedException e) {}
        }
        disponibile = false;
        notifyAll();
        return buff;
    }
}
```


Esempio P-C (8)

```
public class Esempio7
{
  public static void main(String
   args[])
  {
    Contenitore contenitore = new
   Contenitore();
    new Produttore(contenitore,
   1).start();
    new Consumatore(contenitore,
   1).start();
  }
}
```

Esempio 3 (9)

```
Risultato dell'esecuzione
sirio$ java Esempio8
Pr#1 mette: 0
Co#1 prende: 0
Pr#1 mette: 1
Co#1 prende: 1
Pr#1 mette: 2
Co#1 prende: 2
Pr#1 mette: 3
Co#1 prende: 3
Pr#1 mette: 4
Co#1 prende: 4
```


La gestione degli errori

- In Java la gestione degli errori avviene attraverso *eccezioni*
- Eccezione: evento che capita durante l'esecuzione e sconvolge il normale flusso di esecuzione
- Esistono classi per rappresentare le eccezioni

Sollevare un'eccezione

- **Ogni metodo può sollevare una o più** eccezioni
  - **Costrutto** throws**: indica quali eccezioni può sollevare**
    - `nomeMetodo(…) throws tipoEccezione`
  - **Costrutto** throw**: solleva un'eccezione**
    - `throw new tipoEccezione()`

Catturare un'eccezione

- **Un'eccezione sollevata viene catturata e gestita**
  - **Costrutto try-catch**

```
try
{
... // blocco di istruzioni
}
catch (tipo_di_eccezione_da_catturare
   variabile_eccezione)
{
... // istruzioni da eseguire in caso di
   eccezione
}
```