Università degli Studi di Pisa
Dipartimento di Informatica

Lezione n.1
LPR-B-09
JAVA: Tasks e Threads

22/9/2009

Andrea Corradini

(basato su materiale di Laura Ricci e Marco Danelutto)

PROGRAMMA DEL CORSO

Threads: Attivazione, Classe Thread,Interfaccia Runnable, Thread Pooling, Threads, Sincronizzazione su strutture dati condivise: metodi synchronized, wait, notify, notifyall

Thread Pooling: Meccanismi di gestione di pools di threads

Streams: Proprietà degli Streams, Tipi di streams, Composizione di streams, ByteArrayInputStream, ByteArrayOutputStream

Indirizzamento IP: Gestione degli Indirizzi IP in JAVA: La classe InetAddress

Meccanismi di Comunicazione in Rete: Sockets Connectionless e Connection Oriented

Connectionless Sockets: La classe Datagram Socket: creazione di sockets, generazione di pacchetti, timeouts, uso degli streams per la generazione di pacchetti di bytes, invio di oggetti su sockets connectionless.

PROGRAMMA DEL CORSO

Multicast: La classe MulticastSocket, Indirizzi di Multicast, Associazione ad un gruppo di multicast. Proposte di reliable multicast (FIFO multicast,causal multicast, atomic multicast).

Connection Oriented Sockets: Le classi ServerSocket e Socket. Invio di oggetti su sockets TCP.

Il Paradigma Client/Server: Caratteristiche del paradigma client/ server, Meccanismi per l'individuazione di un servizio, architettura di un servizio di rete.

Oggetti Distribuiti: Remote Method Invocation, Definizione di Oggetti Remoti, Registrazione di Oggetti, Generazione di Stub e Skeletons.

Meccanismi RMI Avanzati: Il meccanismo delle callback.

MULTITHREADING: DEFINIZIONI

Definizioni:

Thread: flusso sequenziale di esecuzione

Multithreading:

- consente di definire più flussi di esecuzione (threads) all' interno dello stesso programma
- i threads possono essere eseguiti
- in parallelo (simultaneamente) se il programma viene eseguito su un multiprocessor
- in modo concorrente (interleaving) se il programma viene eseguito su un uniprocessor, ad esempio mediante time-sharing

MULTITHREADING: MOTIVAZIONI

Migliorare le prestazioni di un programma:

- dividere il programma in diverse parti ed assegnare l'esecuzione di ogni parte ad un processore diverso
- su architetture di tipo uniprocessor:
  - può migliorare l'uso della CPU quando il programma si blocca (es: I/O)
  - implementazione di interfacce utente reattive

Web Server:

- Assegna un thread ad ogni richiesta
- Utilizza più CPU in modo da gestire in parallelo le richieste degli utenti

Interfacce reattive:

- gestione asincrona di eventi generati dall'interazione con l'utente

MULTITHREADING: MOTIVAZIONI

Migliorare la progettazione del codice:

- Non solo una panacea per aumentare le prestazioni, ma uno strumento per sviluppare software robusto e responsivo

Esempi:

- progettazione di un browser : mentre viene caricata una pagina, mostra un'animazione. Inoltre mentre carico la pagina posso premere il bottone di stop ed interrompere il caricamento. Le diverse attività possono essere associati a threads diversi.
- Progettazione di applicazioni complesse che richiedono la gestione contemporanea di più attività.
- applicazioni interattive distribuite (giochi multiplayers): si devono gestire eventi provenienti dall'interazione con l'utente, dalla rete...

TASKS E THREADS IN JAVA

- L'interfaccia java.lang.Runnable contiene un solo metodo

  void run( )

- Un task è un oggetto (di una classe) che implementa l'intefaccia Runnable: la sua esecuzione inizia con l'invocazione di run()
- Un thread è un oggetto della classe java.lang.Thread, che implementa Runnable
- Attivare un thread significa iniziare un nuovo flusso di esecuzione per eseguire un determinato task
- Un thread viene attivato invocando il metodo

  void start()

- La JVM (Java Virtual Machine) inizia l'esecuzione del thread invocandone il metodo run()

THREAD IN UN PROGRAMMA JAVA

- IL thread main viene creato dalla JVM per avviare l'esecuzione di un'applicazione JAVA: il task eseguito è il metodo main(String []) della classe invocata, ad esempio MyClass se abbiamo eseguito da linea di comando

  java MyClass

- Altri thread sono attivati automaticamente dalla JVM (sono thread daemons: gestore eventi interfaccia, garbage collector, ...)
- Ogni thread durante la sua esecuzione può attivare altri thread
- Un thread è un daemon se e solo se il thread che lo ha creato è un daemon
- Un programma JAVA termina quando sono terminati tutti i suoi thread che non sono daemons.

ATTIVAZIONE DI THREADS

Per definire un task e eseguirlo in un nuovo thread si usano due tecniche:

- Si **estende** la classe Thread sovrascrivendo il metodo run(): **questo è possibile solo se non dobbiamo ereditare da un'altra classe**. Per attivare il thread basta invocare start() su una istanza della classe.

oppure

- Si definisce una classe C che implementa Runnable. Quindi si crea una nuova istanza di Thread, passando una istanza O di C come argomento, e si invoca start() sul thread.
- Come funziona? Vediamo il metodo run() di Thread:

```
public  Thread (Runnable target){
    this.target = target}
public void run( ) {
    if (target != null) {  target.run( ); } }
```

IL TASK DECOLLO

Esempio: Implementare un task Decollo che implementi un 'conto alla rovescia' e che, alla fine del conto, invii un segnale 'Via!'

```
public class Decollo implements Runnable {
    int countDown = 10; // Predefinito
    private static int taskCount = 0;
    final int id= taskCount ++; // identifica il task
    public Decollo( ) {   }
    public  Decollo (int countDown) {
                this.countDown = countDown;  }
    public String status ( )  {
        return "#" + id + "(" +
                (countDown > 0 ? countDown: "Via!!!")+"),"; }
```

IL TASK DECOLLO

```
public void run( )      {
      while (countDown-- > 0){
            System.out.print(status( ));
            try{ Thread.sleep(100);}
                  catch(InterruptedException e){  }
                  }}}
public class MainThread {
      public static void main(String[] args){
            decollo d= new Decollo(); d.run( );
            System.out.println ("Aspetto il decollo");}}
```

OutputGenerato

#0(9),#0(8),#0(7),#0(6),#0(5),#0(4),#0(3),#0(2),#0(1),#0(Via!!!),Aspetto il decollo

UN TASK NON E' UN THREAD!

- NOTA BENE: Nell'esempio precedente non viene creato alcun thread per l'esecuzione del metodo run( )
- Il metodo run( ) viene eseguito all'interno del thread main, attivato per il programma principale
- Invocando direttamente il metodo run( ) di un oggetto di tipo Runnable, non si attiva alcun thread ma si esegue il task definito dal metodo run( ) nel thread associato al flusso di esecuzione del chiamante
- Per associare un nuovo thread di esecuzione ad un Task, occorre creare un oggetto di tipo Thread e passargli il Task

DECOLLO IN UN THREAD INDIPENDENTE

```
public class MainThread {
        public static void main(String [ ] args)  {
            Decollo d = new Decollo();
            Thread t = new Thread(d);
            t.start();
            System.out.println("Aspetto il Decollo");  }
        }
```

Output generato (con alta probabilità, comunque può dipendere dallo schedulatore):

Aspetto il decollo

#0(9),#0(8),#0(7),#0(6),#0(5),#0(4),#0(3),#0(2),#0(1),#0(Via!!!),

DECOLLO IN PIU' THREAD

```
public class MoreThreads {
    public static void main(String [  ]args) {
        for (int i=0; i<5; i++)
            new Thread(new Decollo()).start();
        System.out.println("Aspetto il decollo");
    }}
```

Possibile output generato:

#0(9),#1(9),Aspetto il decollo
#2(9),#4(9),#3(9),#1(8),#0(8),#3(8),#4(8),#2(8),#1(7),#0(7),#2(7),#4(7),
#3(7),#0(6),#4(6),#2(6),#3(6),#1(6),#2(5),#1(5),#3(5),#4(5),#0(5),#2(4),
#3(4),#0(4),#4(4),#1(4),#2(3),#0(3),#3(3),#4(3),#1(3),#3(2),#0(2),#2(2),
#4(2),#1(2),#3(1),#2(1),#0(1),#1(1),#4(1),#3(Via!!!),#4(Via!!!),#2(Via!!!),
#0(Via!!!),#1(Via!!!),

LA CLASSE java.lang.Thread

La classe java.lang.Thread contiene membri per:

- costruire un thread interagendo con il sistema operativo ospite
- attivare, sospendere, interrompere i thread
- non contiene i metodi per la sincronizzazione tra i thread, che sono definiti in java.lang.Object.

Costruttori:

- Vari: differiscono per parametri utilizzati (esempio: task da eseguire, nome del thread, gruppo cui appartiene il thread: vedere API)

Metodi

- Possono essere utilizzati per interrompere, sospendere un thread, attendere la terminazione di un thread + un insieme di metodi set e get per impostare e reperire le caratteristiche di un thread
  - esempio: assegnare nomi e priorità ai thread

LA CLASSE java.lang.Thread: start()

Il metodo start( )

- segnala allo schedulatore della JVM che il thread può essere attivato (invoca un metodo nativo). L'ambiente del thread viene inizializzato
- ritorna immediatamente il controllo al chiamante, senza attendere che il thread attivato inizi la sua esecuzione.
  - NOTA: la stampa del messaggio "Aspetto il decollo" è nel mezzo di quelle effettuate dai threads. Questo significa che il controllo è stato restituito al thread chiamante (il thread associato al main) prima che sia terminata l'esecuzione dei threads attivati

LA CLASSE java.lang.Thread: run()

- La classe Thread implementa l'interfaccia Runnable e quindi contiene l'implementazione del metodo run( )

```
public void run( ) {
    if (target != null) {  target.run( ); } }
```

target = riferimento all'oggetto Runnable passato al momento della creazione oppure null.

- L'attivazione di un thread mediante la start() causa l'invocazione del metodo run( ) precedente. A sua volta, viene invocato il metodo run( ) sull'oggetto che implementa Runnable (se questo è presente).
- Qualsiasi istruzione eseguita dal thread fa parte di run( ) o di un metodo invocato da run( ). Inoltre il thread termina con l'ultima istruzione di run( ).
- Dopo la terminazione un thread non può essere riattivato

ESTENSIONE DELLA CLASSE THREADS

Creazione ed attivazione di threads: un approccio alternativo

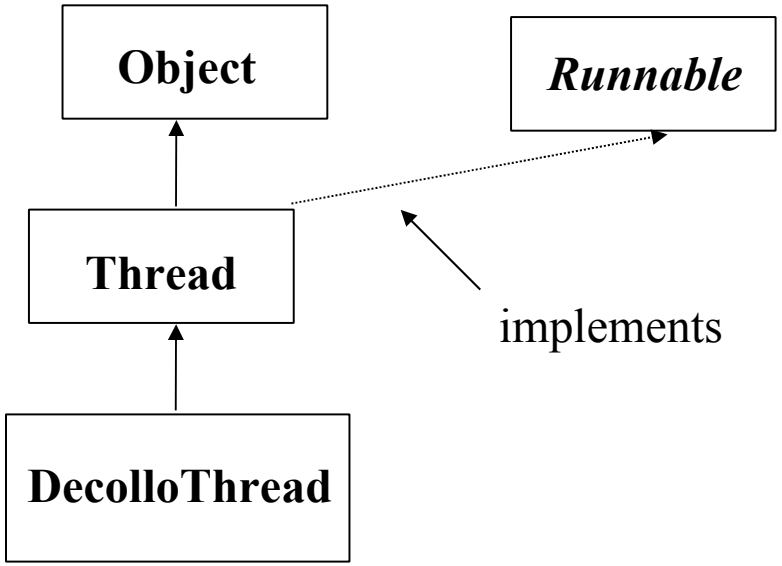
- creare una classe C che estenda la classe Thread
- effettuare un overriding del metodo run( ) definito all'interno della classe Thread
- Istanziare un oggetto O di tipo C. O è un thread il cui comportamento è programmato nel metodo run( ) riscritto in C
- Invocare il metodo start( ) su O. Tale metodo attiva il thread ed invoca il metodo riscritto.

DECOLLO COME SOTTOCLASSE DI THREAD

```
public class DecolloThread extends Thread  {.....
        public void run( )     {
                while (countDown-- > 0){
                System.out.print(status( ));
                try{   Thread.sleep(100);
                } catch(InterruptedException e){  }  }}}
public class MainDecolloThread {
        public static void main(String [  ]args)  {
             DecolloThread d = new DecolloThread(  );
             d.start();
             System.out.println("Aspetto il Decollo");  }}
```

GERARCHIA DELLE CLASSI

- Thread estende Object e implementa l'interfaccia Runnable
- DecolloThread estende Thread e sovrascrive il metodo run() di Thread



QUANDO E' NECESSARIO USARE LA RUNNABLE

In JAVA una classe può estendere una solo altra classe (eredità singola)

$\Rightarrow$

La classe i cui oggetti devono essere eseguiti come thread non può

estendere altre classi.

Questo può risultare svantaggioso in diverse situazioni.

Esempio: Gestione degli eventi (es: movimento mouse, tastiera…) la

- classe che gestisce l'evento deve estendere una classe predefinita JAVA
- inoltre può essere necessario eseguire il gestore come un thread separato

GESTIONE DEI THREADS

- **public static native Thread** currentThread ( )
  - In un ambiente multithreaded, lo stesso metodo può essere eseguito in modo concorrente da più di un thread. Questo metodo restituisce un riferimento al thread che sta eseguendo un segmento di codice
- **public final void** setName(String newName)
- **public final String** getName( )
  - consentono, rispettivamente, di associare un nome ad un thread e di reperire il nome assegnato
- **public static native** void sleep (long mills)
  - sospende l'esecuzione del thread che invoca il metodo per mills millisecondi. Durante questo intervallo di tempo il thread non utilizza la CPU. Non è possibile porre un altro thread in sleep.

ESERCIZIO 1

- Scrivere un programma JAVA che attivi K thread, chiamati "T1", "T2", ..., "TK". Tutti i thread sono caratterizzati dallo stesso comportamento: ogni thread stampa i primi N numeri naturali, senza andare a capo (K e N sono dati in input dall'utente). Accanto ad ogni numero deve essere visualizzato il nome del thread che lo ha generato, ad esempio usando il formato ": n [Tk] :". Tra la stampa di un numero e quella del numero successivo ogni thread deve sospendersi per un intervallo di tempo la cui durata è scelta in modo casuale tra 0 e 1000 millisecondi.
- Sviluppare due diverse versioni del programma che utilizzino le due tecniche per l'attivazione di threads presentate in questa lezione.

COME INTERROMPERE UN THREAD

- Un thread può essere interrotto, durante il suo ciclo di vita, ad esempio mentre sta 'dormendo' in seguito all'esecuzione di una sleep()
- L'interruzione di un thread causa una InterruptedException

```
public class SleepInterrupt implements Runnable  {
    public void run ( ){
    try{ System.out.println("vado a dormire per 20 secondi");
        Thread.sleep(20000);
        System.out.println ("svegliato"); }
    catch ( InterruptedException x )
        { System.out.println ("interrotto"); return;};
    System.out.println("esco normalmente");}}
```

COME INTERROMPERE UN THREAD

```
public class SleepMain {
    public static void main (String args [ ])   {
        SleepInterrupt si = new SleepInterrupt();
        Thread t = new Thread (si);
        t.start ( );
        try {
            Thread.sleep(2000);
        } catch (InterruptedException x) {   };
        System.out.println("Interrompo l'altro thread");
        t.interrupt(  );
    System.out.println ("sto terminando...");
    } }
```

COME INTERROMPERE UN THREAD

- Il metodo interrupt( ):
  - interrompe il thread causando una InterruptedException se era sospeso (con wait(), sleep(), join(), I/O)
  - altrimenti imposta a true un **flag** nel descrittore del thread

E' possibile testare il valore del flag mediante:

- **public static boolean** interrupted ( ) STATIC !!!

  restituisce il valore del **flag** (relativo al thread in esecuzione); riporta il valore del **flag** a false
- **public boolean** isInterrupted ( )

  restituisce il valore del **flag**, relativo al thread su cui è invocato

Nota: se esiste un interrupt pendente al momento dell'esecuzione della sleep( ), viene sollevata immediatamenete una InterruptedException.

ESERCIZIO 2: INTERROMPERE UN THREAD

Scrivere un programma che avvia un thread che va in sleep per 10 secondi. Il programma principale interrompe il thread dopo 5 secodni. Il thread deve catturare l'eccezione e stampare il tempo trascorso in sleep.

Per ottenere l'ora corrente usare il metodo System.currentTimeMillis(), consultandone la documentazione on line.

Esercizio 3: CALCOLO DI π

Scrivere un programma che attiva un thread T che effettua il calcolo approssimato di π. Il programma principale riceve in input da linea di comando due argomenti:

- un parametro che indica il grado di accuratezza (accuracy) per il calcolo di π
- il tempo massimo di attesa dopo cui il programma principale interrompe il thread T.

Il thread T effettua un ciclo infinito per il calcolo di π usando la serie di Gregory-Leibniz (π = 4/1 – 4/3 + 4/5 - 4/7 + 4/9 - 4/11 ...). Il thread esce dal ciclo quando una delle due condizioni seguenti risulta verificata:

1) il thread è stato interrotto, oppure

2) la differenza tra il valore stimato di π ed il valore Math.PI (della libreria Java) è minore di accuracy

PRIORITA' DEI THREADS

- Ogni thread ha una priorità che può essere cambiata durante l'esecuzione. La priorità rappresenta ***un suggerimento*** allo schedulatore sull'ordine con cui i threads possono essere inviati in esecuzione
- La priorità viene ereditata dal thread **padre**
- Metodi per gestire la priorità
  - **public final void** setPriority (int newPriority)
    - Può essere invocato prima dell'attivazione del thread o durante la sua esecuzione (da un thread che ne ha il diritto)
  - **public final** int getPriority ( )
    - Thread.MAX_PRIORITY (= 10)
    - Thread.MIN_PRIORITY (= 1)
    - Thread.NORM_PRIORITY (= 5)

THREAD CON DIVERSE PRIORITA'

Scriviamo un programma dove il thread **main** ha priorità 5 (come da default), e attiva i thread

- Thread A con priorità 8 e poi 3
- Thread B con priorità 2
- Thread D con priorità 7, che crea
  - Thread C con la stessa priorità, 7.

THREAD PRIORITY: Definizione dei task

```
public class Task1 implements Runnable{
    public void run( ) {
        for (int i = 0; i < 4; i++){
            Thread t = Thread.currentThread ( );
            System.out.println(t.getName() +
                " ha priorita' " + t.getPriority());
            try {Thread.sleep (2000);
            } catch(InterruptedException x) {}} } }

public class Task2 implements Runnable{
    public void run( ) {
        Thread tC = new Thread(new Task1(), "thread C");
        tC.start();    new Task1().run();    } }
```

THREAD PRIORITY: il main

```
public class MainPriority{
public static void main (String[ ] args) {
        Thread tA = new Thread(new Task1(),"thread A");
        Thread tB = new Thread(new Task1(),"thread B");
        Thread tD = new Thread(new Task2(),"thread D");
        tA.setPriority(8); tB.setPriority(2); tD.setPriority(7);
        tA.start(); tB.start(); tD.start();
        try{Thread.sleep(3000);}
        catch(InterruptedException x) { }
        tA.setPriority(3);
        System.out.println("main ha priorita' " +
          Thread.currentThread().getPriority()); } }
```

THREAD PRIORITY: Un possibile output

```
thread B ha priorita' 2
thread D ha priorita' 7
thread C ha priorita' 7
thread A ha priorita' 8
thread B ha priorita' 2
thread D ha priorita' 7
thread A ha priorita' 8
thread C ha priorita' 7
main ha priorita' 5
thread B ha priorita' 2
thread D ha priorita' 7
thread A ha priorita' 3
thread C ha priorita' 7
thread B ha priorita' 2
thread D ha priorita' 7
thread A ha priorita' 3
thread C ha priorita' 7
```