**Corso di Laurea in Informatica**
**I Anno Magistrale, Indirizzo Cloud Computing**
**Reti Geografiche: Struttura, Analisi e Prestazioni**

JAVA THREADING

# Programmazione concorrente & Thread in Java (3)

Delfina Malandrino
**dmalandrino@unisa.it**
http://www.unisa.it/docenti/delfinamalandrino

1

## Organizzazione della lezione

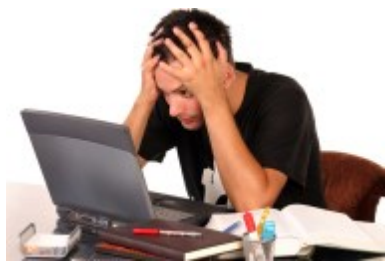
- Un esempio
- L'efficienza dei thread
- Il Singleton ed il double-checked locking
- Conclusioni


2

## Per comprendere la race condition

- È necessario comprendere bene in che maniera i metodi synchronized sono eseguiti in mutua esclusione
- Per questo motivo presentiamo un esempio, semplice, che al variare di alcuni semplici keyword si comporta in maniera diversa
- Uno strumento di "lavoro" per fare pratica. . .

**Race Condition**
Il risultato finale dell'esecuzione dei processi dipende dalla temporizzazione o dalla sequenza con cui vengono eseguiti.



3

## Una classe di esempio -1

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                         int sec, String name) {
  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

4

# Una classe di esempio -1

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

Un logger

5

# Una classe di esempio -1

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

Un logger

L'oggetto su cui invocare i metodi

6

# Una classe di esempio - I

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                        Int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

Un logger

L'oggetto su cui invocare i metodi

Creazione di due thread…

7

# Una classe di esempio - I

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

Un logger

L'oggetto su cui invocare i metodi

Creazione di due thread…

…e loro lancio

8

# Una classe di esempio -1

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                          int sec, String name) {
  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

Un logger

L'oggetto su cui invocare i metodi

Creazione di due thread…

…e loro lancio

Stampiamo chi entra

9

# Una classe di esempio -1

```
import java.util.logging.Logger;

public class Example {
 private static Logger log =
       Logger.getLogger("Example");
 public static void main(String[] args) {
  Example ob = new Example();
  log.info("Creating threads");
  SimpleThread one = new SimpleThread("one", ob,2);
  SimpleThread two = new SimpleThread("two", ob,2);
  one.start();
  two.start();
 }

 public synchronized void firstWaitingRoom(
                          int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }

 //...
```

Per usare i logger

Un logger

L'oggetto su cui invocare i metodi

Creazione di due thread…

…e loro lancio

Stampiamo chi entra

…e attende

… stampa in uscita

10

# Una classe di esempio - 2

```
  //...

 public synchronized void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }
}
```

Stampiamo chi entra

...

11

# Una classe di esempio - 2

```
  //...

 public synchronized void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }
}
```

Stampiamo chi entra

...

...e aspetta

12

# Una classe di esempio - 2

```
  //...

 public synchronized void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name)
  {  log.info(name+"..entering.");
  try{
      Thread.sleep(sec*1000);
  }catch(InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
  }
  log.info(name+"..exiting.");
 }
}
```

Stampiamo chi entra

…

…e aspetta

Catch della eccezione che può lanciare sleep se interrotta

… stampa in uscita

13

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

14

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabiliistanza

15

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabiliistanza

Costruttore

16

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabili istanza

Costruttore

Metodo da eseguire

17

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabili istanza

Costruttore

Metodo da eseguire

Un double a caso tra 0 e <1

18

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabili istanza

Costruttore

Metodo da eseguire

Un double a caso tra 0 e <1

Arrotondamento ad un intero che è 0 oppure 1

19

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabili istanza

Costruttore

Metodo da eseguire

Un double a caso tra 0 e <1

Arrotondamento ad un intero che è 0 oppure 1

A seconda del valore si entra nella prima . . .

20

# Il semplice thread

```
public class SimpleThread extends Thread {
 private String name;
 private Example object;
 private int delay;

 public SimpleThread(String n,Example obj,int del){
  name = n;
  object = obj;
  delay = del;
 }

 public void run() {
  double y = Math.random();
  int x = (int) (y * 2);
  if(x==0)
    object.firstWaitingRoom(delay, name);
  else//x==1
    object.secondWaitingRoom(delay, name);
 }
}
```

Un thread

Variabili istanza

Costruttore

Metodo da eseguire

Un double a caso tra 0 e <1

Arrotondamento ad un intero che è 0 oppure 1

A seconda del valore si entra nella prima . . .

. . . o nella seconda sala di attesa

21

# Un esempio di lavoro
## Vari possibili casi

- Ci sono due thread che cercano di accedere
  - a due metodi
  - a volte allo stesso metodo, contemporaneamente
- I metodi possono essere di istanza oppure statici
- I metodi possono essere sincronizzati oppure non sincronizzati
- Un metodo può essere invocato da uno solo dei thread oppure da entrambi i thread
- **Per ogni combinazione si dovrebbe verificare il comportamento, e capirlo completamente**

22

# Esempio:
## due metodi di istanza sincronizzati

1

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                                int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public synchronized void secondWaitingRoom(
                              int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//
```

Supponiamo che debbano accedere alla stessa sala d'attesa

23

# Esempio:
## due metodi di istanza sincronizzati

1

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                                int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public synchronized void secondWaitingRoom(
                              int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//
```

Supponiamo che debbano accedere alla stessa sala d'attesa

Entrambi i metodi sono sincronizzati

24

# Esempio:

## due metodi di istanza sincronizzati

1

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                                int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public synchronized void secondWaitingRoom(
                              int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//
```

Supponiamo che debbano accedere alla stessa sala d'attesa

Entrambi i metodi sono sincronizzati

Problems | Javadoc | Declaration | Console

```
<terminated> Example [Java Application] /System/Library/Java/Java
6-ott-2013 17.14.51 Example main
INFO: Creating threads
6-ott-2013 17.14.51 Example secondWaitingRoom
INFO: one.. entering.
6-ott-2013 17.14.53 Example secondWaitingRoom
INFO: one.. exiting.
6-ott-2013 17.14.53 Example secondWaitingRoom
INFO: two.. entering.
6-ott-2013 17.14.55 Example secondWaitingRoom
INFO: two.. exiting.
```

25

# Esempio:

## due metodi di istanza sincronizzati

1

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                                int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public synchronized void secondWaitingRoom(
                              int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//
```

Supponiamo che debbano accedere a due sale di attesa diverse

26

# Esempio:
## due metodi di istanza sincronizzati

1

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                                int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public synchronized void secondWaitingRoom(
                              int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//
```

Supponiamo che debbano accedere a due sale di attesa diverse

Entrambi i metodi sono sincronizzati

27

# Esempio:
## due metodi di istanza sincronizzati

1

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                                int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public synchronized void secondWaitingRoom(
                              int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//
```

Supponiamo che debbano accedere a due sale di attesa diverse

Entrambi i metodi sono sincronizzati

```
Problems  Javadoc  Declaration  Console
<terminated> Example [Java Application] /System/Library/Java/J
6-ott-2013 17.15.08 Example main
INFO: Creating threads
6-ott-2013 17.15.08 Example firstWaitingRoom
INFO: one.. entering.
6-ott-2013 17.15.10 Example firstWaitingRoom
INFO: one.. exiting.
6-ott-2013 17.15.10 Example secondWaitingRoom
INFO: two.. entering.
6-ott-2013 17.15.12 Example secondWaitingRoom
INFO: two.. exiting.
```

28

# Esempio:
## Un solo metodo sincronizzato

2

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");  try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//...
```

Primo metodo sincronizzato

29

# Esempio:
## Un solo metodo sincronizzato

2

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");  try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//...
```

Primo metodo sincronizzato

Secondo metodo no

30

# Esempio:
## Un solo metodo sincronizzato

2

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering."); try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//...
```

Primo metodo sincronizzato

Secondo metodo no

Supponiamo si debba accedere a due sale di attesa diverse

31

# Esempio:
## Un solo metodo sincronizzato

2

```
//...
public synchronized void firstWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering."); try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}

//...
public void secondWaitingRoom(
                        int sec, String name) {
 log.info(name+"..entering.");
 try{
     Thread.sleep(sec*1000);
 }catch(InterruptedException e) {
     e.printStackTrace();
 }
 log.info(name+"..exiting.");
}
//...
```

Primo metodo sincronizzato

Secondo metodo no

Supponiamo si debba accedere a due sale di attesa diverse

No mutua esclusione

```
Problems  Javadoc  Declaration  Console
<terminated> Example [Java Application] /System/Library/Java
6-ott-2013 17.14.04 Example main
INFO: Creating threads
6-ott-2013 17.14.04 Example secondWaitingRoom
INFO: one.. entering.
6-ott-2013 17.14.04 Example firstWaitingRoom
INFO: two.. entering.
6-ott-2013 17.14.06 Example firstWaitingRoom
INFO: two.. exiting.
6-ott-2013 17.14.06 Example secondWaitingRoom
INFO: one.. exiting.
```

32

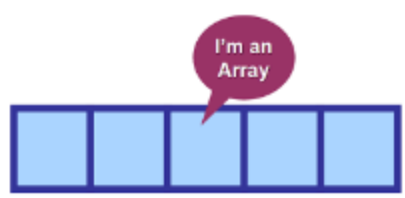
## Organizzazione della lezione

- Un esempio
- L'efficienza dei thread
- Il Singleton ed il double-checked locking
- Conclusioni

33

## Inizializziamo un array di interi

- Beh, poco da spiegare
- L'array è "grande" (10 milioni di elementi)
- E ogni inizializzazione viene ripetuta 10000 volte!
- Semplice!




34

# Una soluzione semplice

```
public class ArrayInit extends Thread{
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int j;
  begin = System.currentTimeMillis();

  for(int i = 0; i < SIZE; i++){
   for(j=0; j < 10000; j++)
    data[i] = i;
  }

  end = System.currentTimeMillis();

  System.out.println("Time:"+ (end - begin) + "ms");

 }//end main
}//end class
```

10 milioni di elementi

35

# Una soluzione semplice

```
public class ArrayInit extends Thread{
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int j;
  begin = System.currentTimeMillis();

  for(int i = 0; i < SIZE; i++){
   for(j=0; j < 10000; j++)
    data[i] = i;
  }

  end = System.currentTimeMillis();

  System.out.println("Time:"+ (end - begin) + "ms");

 }//end main
}//end class
```

10 milioni di elementi

Si prende il clock…

36

# Una soluzione semplice

```
public class ArrayInit extends Thread{
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int j;
  begin = System.currentTimeMillis();

  for(int i = 0; i < SIZE; i++){
   for(j=0; j < 10000; j++)
    data[i] = i;
  }

  end = System.currentTimeMillis();

  System.out.println("Time:"+ (end - begin)+ "ms");

 }//end main
}//end class
```

10 milioni di elementi

Si prende il clock...

...per ogni elemento

37

# Una soluzione semplice

```
public class ArrayInit extends Thread{
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int j;
  begin = System.currentTimeMillis();

  for(int i = 0; i < SIZE; i++){
   for(j=0; j < 10000; j++)
    data[i] = i;
  }

  end = System.currentTimeMillis();

  System.out.println("Time:"+ (end - begin) + "ms");

 }//end main
}//end class
```

10 milioni di elementi

Si prende il clock...

...per ogni elemento

...ripetiamo 10000 volte

38

# Una soluzione semplice

```
public class ArrayInit extends Thread{
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int j;
  begin = System.currentTimeMillis();

  for(int i = 0; i < SIZE; i++){
   for(j=0; j < 10000; j++)
    data[i] = i;
  }

  end = System.currentTimeMillis();

  System.out.println("Time:"+ (end - begin) + "ms");

 }//end main
}//end class
```

10 milioni di elementi

Si prende il clock...

...per ogni elemento

...ripetiamo 10000 volte

...l'assegnazione

39

# Una soluzione semplice

```
public class ArrayInit extends Thread{
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int j;
  begin = System.currentTimeMillis();

  for(int i = 0; i < SIZE; i++){
   for(j=0; j < 10000; j++)
    data[i] = i;
  }

  end = System.currentTimeMillis();

  System.out.println("Time:"+ (end - begin) + "ms");

 }//end main
}//end class
```

10 milioni di elementi

Si prende il clock...

...per ogni elemento

...ripetiamo 10000 volte

...l'assegnazione

Fermiamo il clock

```
Problems  Console  Tasks  LaTeX Ta
<terminated> ArrayInit [Java Application] /System/Library
Time: 2246ms
```

40

## Inizializzazione concorrente

- L'idea: dividiamo l'array in blocchi e facciamo partire diversi thread
  - e ciascuno inizializza il proprio blocco
- Quindi, se SIZE è la dimensione dell'array intero
  - Ognuno dei numThread thread prende un pezzo di dimensione **SIZE/numThread**
- Quindi, il thread main istanzia e lancia **numThread** thread
  - Al costruttore dei thread si passano:
    - la posizione di partenza nell'array: **start**
    - quanti elementi devono essere inizializzati: **dim**
- Dopo aver lanciato i thread, il thread main attende tutti con una join()
- Ripetiamo questo per 1, 2, . . . , **MAX_THR**

41

## Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//endfor

    //...
```

Un thread

42

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
             numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//endfor

    //...
```

Un thread

Variabili private del thread

43

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
             numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//endfor

    //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

44

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//endfor

    //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

…graaaande

45

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//endfor

    //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

…graaaande

8 thread

46

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

public static void main(String[] args){
 data = new int[SIZE];
 long begin, end;
 int start, j;
 EffInit[] threads;

   for(int numThread = 1; numThread <=
         MAX_THR;  numThread++){
       begin = System.currentTimeMillis();
       start = 0;
       threads = new EffInit[numThread];
       for(j = 0; j < numThread; j++){
        threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
              numThread);
        threads[j].start();
        start += SIZE / numThread;
       }//endfor

     //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

…graaaande

8 thread

Si dichiara l'array

47

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

public static void main(String[] args){
 data = new int[SIZE];
 long begin, end;
 int start, j;
 EffInit[] threads;

   for(int numThread = 1; numThread <=
         MAX_THR;  numThread++){
       begin = System.currentTimeMillis();
       start = 0;
       threads = new EffInit[numThread];
       for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
              numThread);
        threads[j].start();
        start += SIZE / numThread;
       }//endfor

     //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

…graaaande

8 thread

Si dichiara l'array

Un array di thread

48

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
             numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//endfor

    //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

…graaaande

8 thread

Si dichiara l'array

Un array di thread

Numero thread totali

49

# Una soluzione efficiente - I

```
public class EffInit extends Thread {
 private int start;
 private int dim;
 public static int[] data;
 public static final int SIZE = 10000000;
 public static final int MAX_THR = 8;

 public static void main(String[] args){
  data = new int[SIZE];
  long begin, end;
  int start, j;
  EffInit[] threads;

  for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
        numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
             numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//end for

    //...
```

Un thread

Variabili private del thread

Un array di interi

…graaaande

8 thread

Si dichiara l'array

Un array di thread

Numero thread totali

Andiamo ad analizzare in dettaglio questo ciclo for

50

# Una soluzione efficiente - 2

Si prende il clock

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

51

# Una soluzione efficiente - 2

Si prende il clock

Prima posizione

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

52

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

53

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

54

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

…si crea

55

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

…si crea

…si lancia

56

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
         threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//end for
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       try{
           threads[j].join();
       }catch(InterruptedException e) {
           e.printStackTrace();
       }

      }//end for
      end = System.currentTimeMillis();
      System.out.println(numThread +"Thread(s):
            "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

…si crea

…si lancia

Si incrementa l'inizio del prossimo blocco

57

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
      begin = System.currentTimeMillis();
      start = 0;
      threads = new EffInit[numThread];
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
       threads[j].start();
       start += SIZE / numThread;
      }//end for
      for(j = 0; j < numThread; j++){
       try{
           threads[j].join();
       }catch(InterruptedException e) {
           e.printStackTrace();
       }

      }//end for
      end = System.currentTimeMillis();
      System.out.println(numThread +"Thread(s):
            "+ (end - begin) +"ms");
 }
}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

…si crea

…si lancia

Si incrementa l'inizio del prossimo blocco

Tornando al main, per ogni thread

58

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }

}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

…si crea

…si lancia

Si incrementa l'inizio del prossimo blocco

Tornando al main, per ogni thread

…aspetta che termini

59

# Una soluzione efficiente - 2

```
//...

 for(int numThread = 1; numThread <= MAX_THR;
       numThread++){
     begin = System.currentTimeMillis();
     start = 0;
     threads = new EffInit[numThread];
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      threads[j] = new EffInit(start, SIZE /
            numThread);
      threads[j].start();
      start += SIZE / numThread;
     }//end for
     for(j = 0; j < numThread; j++){
      try{
          threads[j].join();
      }catch(InterruptedException e) {
          e.printStackTrace();
      }
     }//end for
     end = System.currentTimeMillis();
     System.out.println(numThread +"Thread(s):
           "+ (end - begin) +"ms");
 }

}//end main

//...
```

Si prende il clock
Prima posizione

Array di thread

Per ogni thread…

…si crea

…si lancia

Si incrementa l'inizio del prossimo blocco

Tornando al main, per ogni thread

…aspetta che termini

Si prende il clock

60

# Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 int j;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

61

# Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 int j;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

Inizio …

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

62

## Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 int j;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

Inizio …

…e dimensione del blocco

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

63

## Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 int j;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

Inizio …

…e dimensione del blocco

Esecuzione del thread

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

64

## Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 int j;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

Inizio …

…e dimensione del blocco

Esecuzione del thread

Per tutti gli elementi del blocco

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

65

## Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 intj;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

Inizio …

…e dimensione del blocco

Esecuzione del thread

Per tutti gli elementi del blocco

inizializzalo

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

66

# Una soluzione efficiente - 3

```
//...

public EffInit(int start,int size){
 this.start = start;
 this.dim = size;
}//end costruttore

public void run(){
 int j;
 for(int i = 0; i <this.dim; i++){
  for(j=0; j < 10000; j++)
     data[this.start + i] = i;
 }//end for
}//end run
}//end class
```

Costruttore con due parametri

Inizio …

…e dimensione del blocco

Esecuzione del thread

Per tutti gli elementi del blocco

inizializzalo

Ripetendolo 10000 volte!

**Logica di ciascuno degli 8 thread**

Inizializzare 10000 volte ogni posizione (del proprio blocco)

67

OK, ABBIAMO FINITO. . .

68

OK, ABBIAMO FINITO. . .

. . .

Ok, dimenticavo l'efficienza

69

## Inizializzazione concorrente

OK, ABBIAMO FINITO. . .

. . .

Ok, dimenticavo l'efficienza

Una esecuzione su una macchina con 8core (4con hyperthreading)

Problems | Console | Tasks | LaTeX T

```
<terminated> EffInit [Java Application] /System/Library/J
1 Thread(s): 2259ms
2 Thread(s): 1158ms
3 Thread(s): 812ms
4 Thread(s): 741ms
5 Thread(s): 676ms
6 Thread(s): 615ms
7 Thread(s): 566ms
8 Thread(s): 584ms
```

Alcuni commenti:

Miglioramenti non lineari nel numero di core (overhead)

Attenzione! La situazione è molto complessa (I/O bound, CPU bound, core reali, buffers) ⇒"*your mileage may vary*"

70

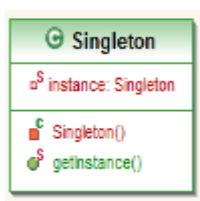
## Organizzazione della lezione

- Un esempio
- L'efficienza dei thread
- Il Singleton ed il double-checked locking
- Conclusioni

71

## Il Singleton

- Noto design pattern della programmazione ad oggetti
- Restringe l'istanziazione da parte di una classe ad 1 oggetto
- Usi: memorizzazione di stato (ad esempio, Printer, File, Resource Manager, . . . )
- Lazy allocation: la allocazione avviene solo quando utilizzato per la prima volta




72

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

73

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

74

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo di classe che restituisce un Singleton

75

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo di classe che restituisce un Singleton

se non è stato ancora creata una istanza

76

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo di classe che restituisce un Singleton

se non è stato ancora creata una istanza

…allora creala

77

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo di classe che restituisce un Singleton

se non è stato ancora creata una istanza

…allora creala

alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

78

# Singleton in Java - 1

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

- variabile di classe che mantiene l'istanza
- costruttore privato
- metodo di classe che restituisce un Singleton
- se non è stato ancora creata una istanza
- …allora creala
- alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

**E se ci sono più thread?**

Il loro interleaving può creare errori: "più" singleton

79

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
         getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

80

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
          getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

81

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
          getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo **sincronizzato**

82

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
          getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo **sincronizzato**

se non è stato ancora creata una istanza

83

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
          getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo **sincronizzato**

se non è stato ancora creata una istanza

…allora creala

84

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
          getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo **sincronizzato**

se non è stato ancora creata una istanza

…allora creala

alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

85

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
          getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo **sincronizzato**

se non è stato ancora creata una istanza

…allora creala

alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

Problemi?

86

# Singleton in Java - 2

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static synchronized Singleton
         getInstance() {
        if(instance == null) {
            instance = new Singleton();
        }
        return instance;
    }
}
```

- variabile di classe che mantiene l'istanza
- costruttore privato
- metodo **sincronizzato**
- se non è stato ancora creata una istanza
- …allora creala
- alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

Problemi?

**L'efficienza**

Le performance dell'applicazione potrebbero risentirne

87

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

88

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

89

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo non sincronizzato

90

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo non sincronizzato

se non è stato ancora creata una istanza

91

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo non sincronizzato

se non è stato ancora creata una istanza

in maniera sincronizzata (ME)

92

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo non sincronizzato

se non è stato ancora creata una istanza

in maniera sincronizzata (ME)

istanzia il singleton

93

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo non sincronizzato

se non è stato ancora creata una istanza

in maniera sincronizzata (ME)

istanzia il singleton

alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

94

# Singleton in Java - 3

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

variabile di classe che mantiene l'istanza

costruttore privato

metodo non sincronizzato

se non è stato ancora creata una istanza

in maniera sincronizzata (ME)

istanzia il singleton

alla fine, restituisci la nuova istanza a disposizione

Non funziona!

95

# Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

96

## Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

*A* entra in sezione critica

97

## Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

*A* entra in sezione critica

crea una istanza

98

## Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

*A* entra in sezione critica

crea una istanza

esce dalla sezione critica

99

## Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

*A* entra in sezione critica

crea una istanza

esce dalla sezione critica

e restituisce il "primo" singleton

100

# Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

*A* entra in sezione critica

crea una istanza

esce dalla sezione critica

e restituisce il "primo" singleton

ma a questo punto *B* entra e crea un "nuovo" singleton

101

# Perché non funziona…

```
class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton() {
        //...
    }

    public static Singleton getInstance() {
        if(instance == null) {
            synchronized(Singleton.class) {
                instance = new Singleton();
            }
        }
        return instance;
    }
}
```

se due thread *A* e *B* arrivano ad eseguire **"insieme"** qui

*A* entra in sezione critica

crea una istanza

esce dalla sezione critica

e restituisce il "primo" singleton

ma a questo punto *B* entra e crea un "nuovo" singleton

che sovrascrive il primo!

102

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

103

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

se non esiste l'istanza …

104

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

se non esiste l'istanza …

si entra in CS

105

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

se non esiste l'istanza …

si entra in CS

si controlla che nel ***waiting*** non sia cambiata la situazione

106

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

se non esiste l'istanza …

si entra in CS

si controlla che nel waiting non sia cambiata la situazione

se è il caso crea un nuovo Singleton

107

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

se non esiste l'istanza …

si entra in CS

si controlla che nel waiting non sia cambiata la situazione

se è il caso crea un nuovo Singleton

esci dalla CS

108

# Double-checked locking

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

restituisce un Singleton

se non esiste l'istanza …

si entra in CS

si controlla che nel waiting non sia cambiata la situazione

se è il caso crea un nuovo Singleton

esci dalla CS

**Sorpresa!**

Nonostante pubblicato e ampiamente utilizzato, non è garantito che funzioni.

109

# Perché non funziona

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

La chiamata al costruttore "sembra" essere prima dell'assegnazione di instance

110

## Perché non funziona

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

La chiamata al costruttore "sembra" essere prima dell'assegnazione di instance

ma questo non è detto che accada

111

## Perché non funziona

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

La chiamata al costruttore "sembra" essere prima dell'assegnazione di instance

ma questo non è detto che accada

Un Singleton non inizializzato potrebbe essere assegnato a instance

112

# Perché non funziona

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

La chiamata al costruttore "sembra" essere prima dell'assegnazione di instance

ma questo non è detto che accada

Un Singleton non inizializzato potrebbe essere assegnato a instance

e se un altro thread controlla il valore (e lo trova null)

113

# Perché non funziona

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance == null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance == null)
                instance = new Singleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

La chiamata al costruttore "sembra" essere prima dell'assegnazione di instance

ma questo non è detto che accada

Un Singleton non inizializzato potrebbe essere assegnato a instance

e se un altro thread controlla il valore (e lo trova null)

poi lo può usare (in maniera scorretta)

114

# Perché non funziona

```
public static Singleton getInstance()
    {  if(instance ==null) {
        synchronized(Singleton.class) {
            if(instance ==null)
                instance =newSingleton();
        }
    }
    return instance;
}
```

La chiamata al costruttore "sembra" essere prima dell'assegnazione di instance

ma questo non è detto che accada

Un Singleton non inizializzato potrebbe essere assegnato a instance

e se un altro thread controlla il valore (e lo trova null)

poi lo può usare (in maniera scorretta)

115

# Soluzioni?

- La variabile instance resa volatile, dopo Java 5, funziona
- Altrimenti, si possono usare le classi statiche con l'idioma **"Initialization-on-demand holder"**

```
public class Something {
 private Something() {}

 private static class LazyHolder {
   private static final Something INSTANCE = new Something();
 }

 public static Something getInstance() {
   return LazyHolder.INSTANCE;
 }
}
```

- LazyHolder è inizializzata dalla JVM solo quando serve (alla prima getInstance())
- Essendo un inizializzatore statico, viene eseguito una sola volta (al caricamento) e stabilisce una relazione happens-before tutte le altre operazioni sulla classe

116

**Corso di Laurea in Informatica**
**I Anno Magistrale, Indirizzo Cloud Computing**
**Reti Geografiche: Struttura, Analisi e Prestazioni**

JAVA THREADING

# Programmazione concorrente & Thread in Java (3)

Delfina Malandrino
**dmalandrino@unisa.it**
http://www.unisa.it/docenti/delfinamalandrino

117