Reti e Laboratorio III
Modulo Laboratorio III
a.a. 2025-2026

docente: Laura Ricci

laura.ricci@unipi.it

Lezione 11
Concurrent Collections: iteratori
Atomic Variables, Volatile
28/11/2025

COLLEZIONI ED ITERATORI

- le `Collection Java` supportano diversi tipi di iteratori
  - si distinguono riguardo al comportamento di una collezione in presenza di "concurrent modification"
  - cosa accade quando la collezione viene modificata, mentre un iteratore la sta scorrendo, e questa modifica arriva "dall'esterno" dell'iteratore?
- fail-fast
  - se c'è una modifica strutturale (inserzione, rimozione, aggiornamento),

    dopo che l'iteratore è stato creato, l'iteratore la rileva e solleva una `ConcurrentModificationException`
  - fallimento immediato dell'operatore, per evitare comportamenti non deterministici
  - la maggior parte delle collezioni "concurrenti" sono fail-fast

    `Vector`, `ArrayList`, `HashMap`, ed altre...

FAIL FAST: HASHMAP

```
import java.util.HashMap;  import java.util.Iterator;import
java.util.Map; public class FailFastExample {
    public static void main(String[] args)
     { Map<String, String> cityCode = new HashMap<String, String>();
       cityCode.put("Delhi", "India");
       cityCode.put("Moscow", "Russia");
       cityCode.put("New York", "USA");
       Iterator iterator = cityCode.keySet().iterator();
       while (iterator.hasNext()) {
          System.out.println(cityCode.get(iterator.next()));
          cityCode.put("Istanbul", "Turkey"); }}}
```

```
India
Exception in thread "main"
java.util.ConcurrentModificationException
at java.util.HashMap$HashIterator.nextNode(Unknown Source)
at java.util.HashMap$KeyIterator.next(Unknown Source)
at FailFastExample.main(FailFastExample.java:19)
```

COLLEZIONI ED ITERATORI

- fail-safe ("snapshot") introdotti in `JAVA 1.5` con le concurrent collections
  - creano una copia della collezione, al momento della creazione dell'iteratore e lavorano su questa copia
  - non sollevano `ConcurrentModificationException`
  - l'iteratore accede ad una versione non aggiornata della collezione
  - `CopyOnWriteArrayList`
- weakly consistent introdotti in `JAVA 1.5` con le concurrent collections
  - l'iteratore e modifiche operano sulla stessa copia
  - no `ConcurrentModificationException`, comportamento fail-safe
  - l'iteratore considera gli elementi che esistevano al momento della costruzione dell'iteratore e può riflettere le modifiche che sono avvenute dopo la costruzione dell'iteratore, anche se non è garantito
  - `ConcurrentHashMap`, ...

WEAK CONSISTENCY: CONCURRENT HASH MAP

da `JavaDocs:`

"The view's iterator is a "weakly consistent" iterator that will never throw ConcurrentModificationException, and guarantees to traverse elements as they existed upon construction of the iterator, and may (but is not guaranteed to) reflect any modifications subsequent to construction."

- l'iteratore
  - non clona la struttura al momento della creazione
  - la collezione può catturare le modifiche effettute sulla collezione dopo la sua creazione
    - non solleva `ConcurrentModificationException`
- alcuni metodi, `size()` e `isEmpty()`
  - possono restituire un valore "approssimato"
  - "weakly consistent behaviour"

UN ITERATORE WEAKLY CONSISTENT

```
import java.util.concurrent.ConcurrentHashMap;
import java.util.Iterator;
public class FailSafeItr {
    public static void main(String[] args)
    {ConcurrentHashMap<String, Integer> map = new ConcurrentHashMap<String, Integer>();
     map.put("ONE", 1);
     map.put("TWO", 2);
     map.put("THREE", 3);
     map.put("FOUR", 4);
     Iterator <String> it = map.keySet().iterator();
     while (it.hasNext()) {
            String key = (String)it.next();
            System.out.println(key + " : " + map.get(key));
            // Notice, it has not created a separate copy
            // It will print 7
            map.put("SEVEN", 7); }}}
       // the program prints ONE : 1 FOUR : 4 TWO : 2 THREE : 3 SEVEN : 7
```

FAIL SAFE: COPYONWRITEARRAYLIST

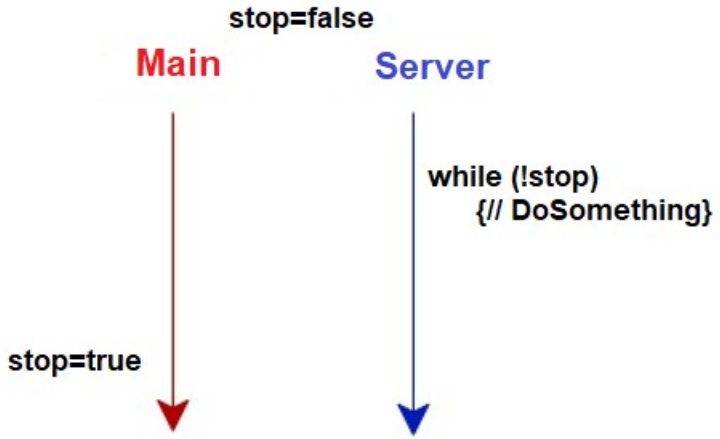
- come risulta evidente dal nome, effettua una copia dell'array tutte le volte che viene effettuata un'operazione di modifica (add, set, etc..)
- "snapshot style iterator": usa un riferimento ad una copia dello stato dell'array nel momento in cui l'iteratore è creato
  - l'array riferito non viene mai modificato durante la vita dell'iteratore: l'iteratore non cattura le modifiche effettuate dopo la sua creazione
  - thread-safe: ogni thread lavora su una propria copia
  - fail safe: non solleva `ConcurrentModificationException`
- operazione di copia molto costosa
  - è adatto quando ci sono più accessi in lettura che modifiche

ANCORA SUL MULTITHREADING

- Variabili `volatile`
- Variabili `Atomic`

PERCHE' VOLATILE?

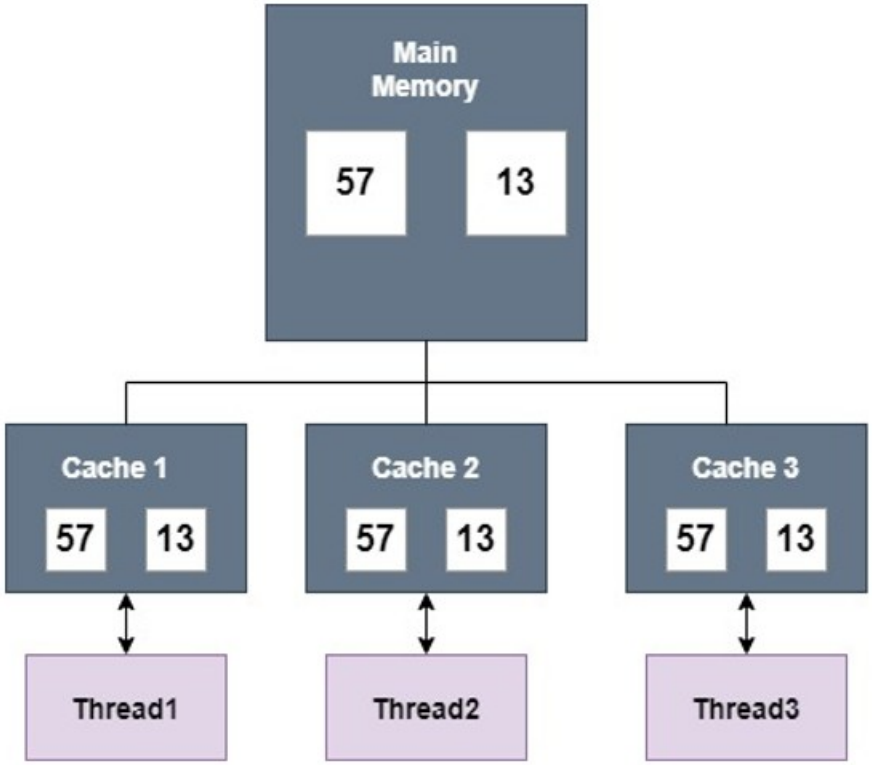
```
public class Server extends Thread
{ boolean stop = false; int i;
  public void run()
   { while(! stop) {};
     System.out.println("Server is stopped....");}
  public void stopThread()
    { stop = true;}}
```




```
public class StoppingAThread
{ public static void main(String args[]) throws InterruptedException
{ Server myServer = new Server();
  myServer.start();
  System.out.println(Thread.currentThread().getName() + " is stopping Server thread");
  Thread.sleep(1000);
  myServer.stopThread();
  System.out.println(Thread.currentThread().getName() + " is finished now"); }}
```

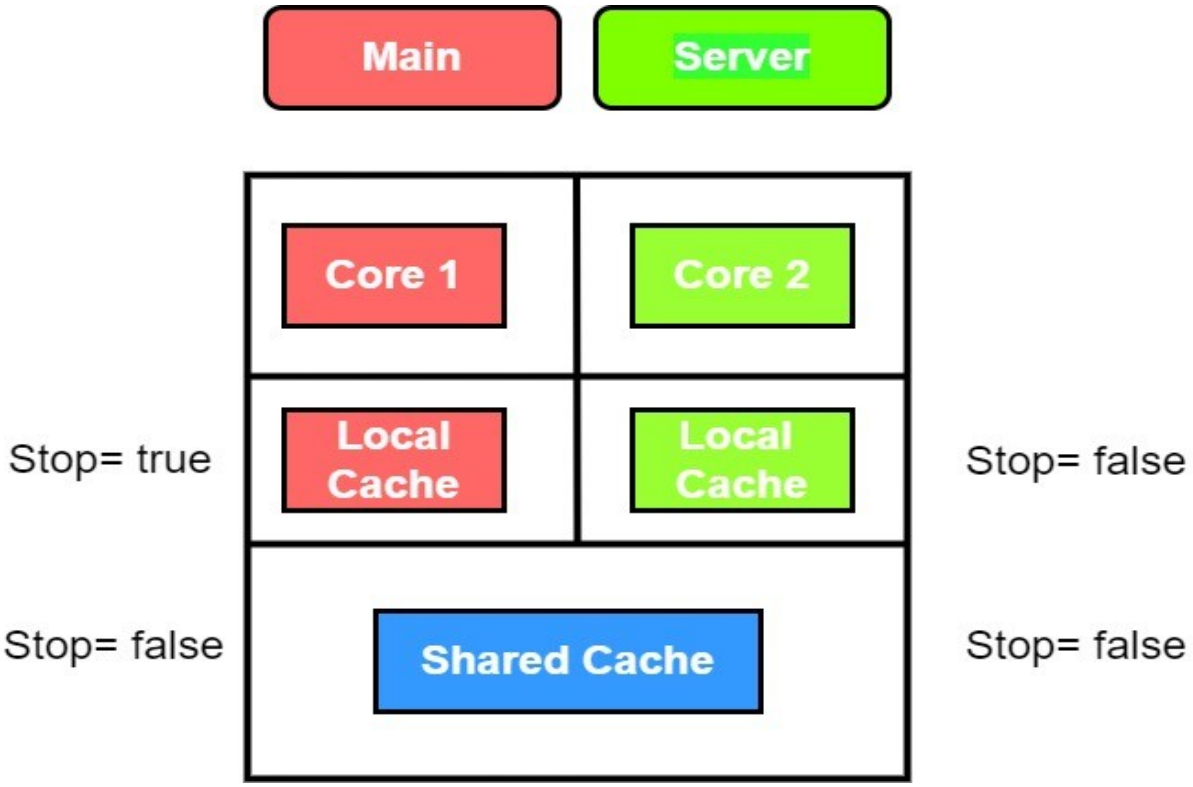
il programma non termina!

IL PROBLEMA DELLA VISIBILITA'



architettura di riferimento, utile per capire il problema della visibilità

IL PROBLEMA DELLA VISIBILITA'



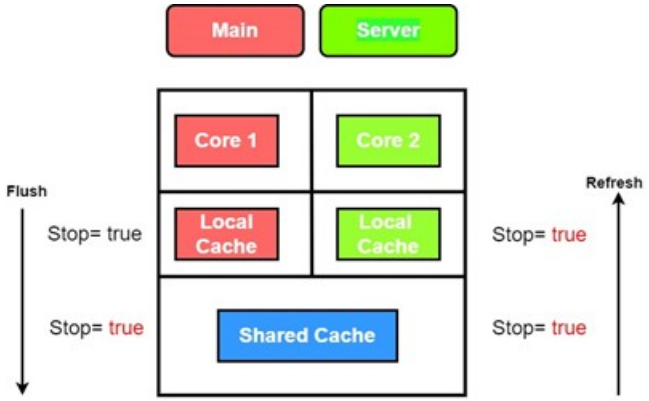
- quando il `Main` aggiorna `Stop`, è possibile che la modifica non sia riportata nella memoria condivisa
- il `Main` aggiorna la variabile `Stop` nella propria cache, ma la modifica non viene riportata nella memoria condivisa

IL MODIFICATORE VOLATILE

- il problema riguarda la "visibilità" della modifica, non la sincronizzazione: read e write di un booleano sono atomiche
- modifichiamo la dichiarazione con la keyword `volatile`

```
volatile boolean stop = false
```

  - l'aggiornamento ad una variabile `volatile` è sempre effettuato nella main memory
    - flush della cache
  - il valore della variabile `volatile` è sempre letto dalla memoria



VOLATILE: VISIBILITA' DI SCRITTURE

- tutte le scritture su una variabile volatile sono riportate direttamente nella memoria condivisa
- inoltre, tutte la variabili visibili dal thread che sta eseguendo la modifica vengono anche sincronizzate sulla memoria condivisa
- esempio:

```
this.nonVolatileVarA = 34;
this.nonVolatileVarB = new String("Text");
this.volatileVarC    = 300;
```

- quando viene eseguita la terza istruzione, sulla variabile `volatileC`, i valori delle due variabili non-volatile vengono aggiornati in memoria condivisa

VOLATILE: VISIBILITA' DI LETTURE

- quando viene letto il valore di una variabile volatile, viene garantito che tale valore venga letto direttamente dalla memoria condivisa
- inoltre, viene fatto il refresh di tutte la variabili visibili dal thread che sta eseguendo la lettura
- esempio:

```
c = other.volatileVarC;
b = other.nonVolatileB;
a = other.nonVolatileA;
```

- la prima istruzione è la lettura di una variabile volatile. Quando questa variabile viene letta dalla memoria, viene effettuato il refresh anche delle due altre variabili

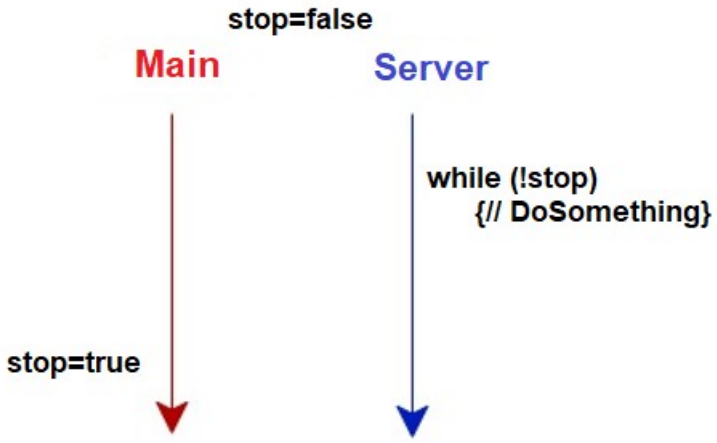
UNA SOLUZIONE ALTERNATIVA

```
public class Server extends Thread
 { Boolean stop = false; int i;
  public void run()
   { synchronized(stop) {};
      while(! stop)
      {synchronized(stop) {}};
  System.out.println("Server is stopped....");}
  public synchronized void stopThread(){ stop = true; }}

public class StoppingAThread
  {….}
```

sincronizzarsi sulla variabile stop ha lo stesso effetto di usare il modificatore volatile

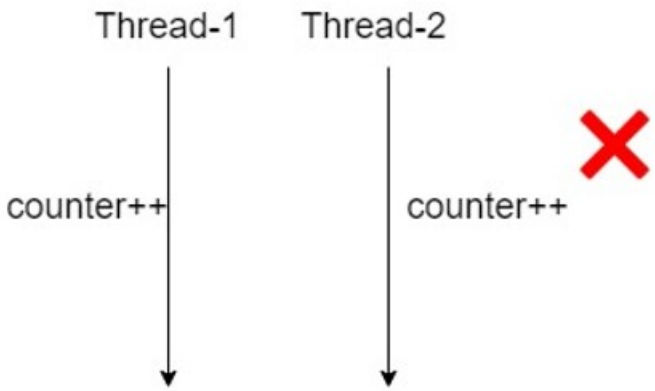
la variabile deve essere definita `Boolean`, per poter acquisire la lock



SINCRONIZZAZIONE: VISIBILITA'

- blocchi e metodi sincronizzati forniscono garanzia di visibilità simile a quella offerta dal modificatore `volatile`
- quando un thread entra in un metodo o blocco sincronizzato, viene effettuato un refresh di tutte le variabili visibili dal thread
- quando un thread esce da un blocco sincronizzato, tutte le variabili visibili dal thread vengono scritte in memoria
- monitor garantisce sia sincronizzazione che visibilità
- quando usare volatile?
  - quando la variabile condivisa è di tipo semplice
  - per acquisire la lock occorrerebbe fare il cast al corrispondente oggetto
  - tipico del pattern "termina l'esecuzioen di un thread"

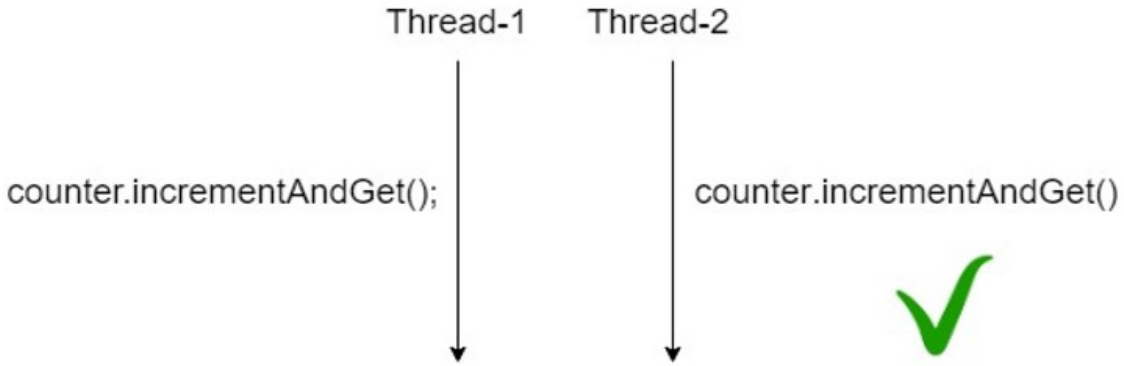
SINCRONIZZAZIONE SU VARIABILI



Thread-1	Thread-2
Read value (=1)	
	Read value (=1)
Add 1 and write (=2)	
	Add 1 and write (=2)

- l'incremento di una variabile (volatile o meno) non è atomico
- se più thread provano ad incrementare una variabile in modo concorrente, un aggiornamento può andare perduto (anche se la variabile è volatile)
- ovviamente il problema può essere risolto con le lock
- soluzione alternativa: usare le variabili `Atomic`

ATOMIC VARIABLES



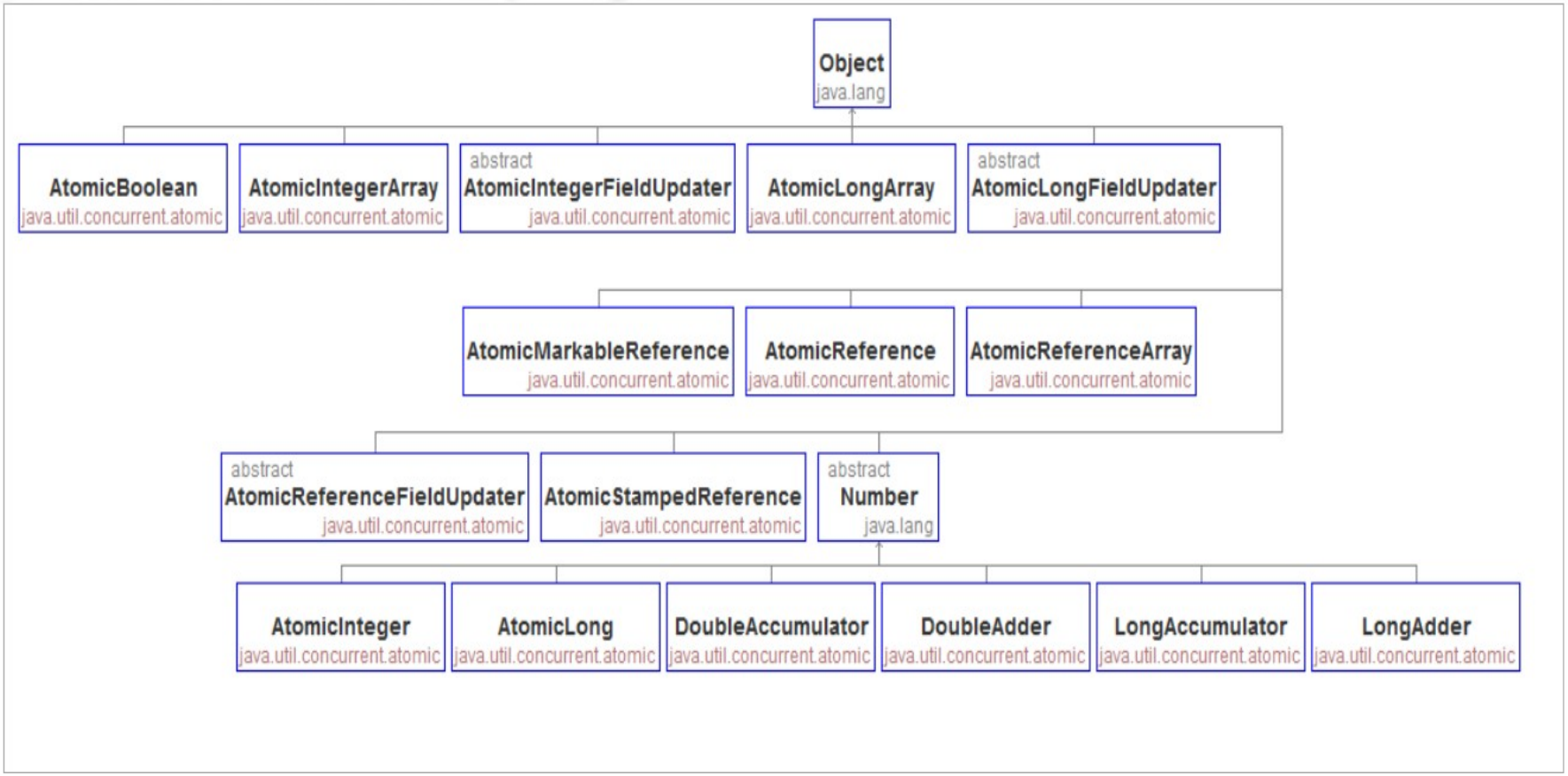

```
AtomicInteger value = new AtomicInteger(1);
```

- operazioni atomiche che non richiedono sincronizzazioni esplicite o lock: è la JVM che garantisce la atomicità
  - `incrementAndGet()`: atomically increments by one
  - `decrementAndGet()`: atomically decrements by one
  - `compareAndSet(int expectedValue, int newValue)`
- molte altre classi
  - `AtomicLong`
  - `AtomicBoolean`
  - ...

ATOMIC VARIABLES: UN ESEMPIO

```
import java.util.concurrent.*; import java.util.concurrent.atomic.*;
public class AtomicIntExample {
public static void main(String[] args) {
   ExecutorService executor = Executors.newFixedThreadPool(2);
   AtomicInteger atomicInt = new AtomicInteger();
   for(int i = 0; i < 10; i++){
        CounterRunnable runnableTask = new  CounterRunnable(atomicInt);
        executor.submit(runnableTask);
    }
    executor.shutdown(); }
 class CounterRunnable implements Runnable {
    AtomicInteger atomicInt;
    CounterRunnable(AtomicInteger atomicInt){this.atomicInt = atomicInt;}
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("Counter- " + atomicInt.incrementAndGet());}}
```

JAVA.UTIL.CONCURRENT.ATOMIC



PARAMETRI DI CONFIGURAZIONE: PROPERTIES

- quando si sviluppa un'applicazione client server, sia il client che il server dovranno essere configurati impostando il valore di diversi parametri di configurazione
- utile la classe `Java Properties`
  - fa parte del pacchetto `java.util`
  - è utilizzata per gestire coppie chiave-valore, dove sia le chiavi che i valori sono stringhe
  - è una specializzazione della classe `Hashtable`
  - può essere usata per leggere file di configurazione, impostazioni dell'applicazione, etc.

PARAMETRI DI CONFIGURAZIONE: PROPERTIES

```
package Prop;
import java.util.Properties; import java.io.*;
public class Prop {
  public static void main (String args[])
    { File configFile = new File("config.properties");
       try {
          FileReader reader = new FileReader(configFile);
          Properties props = new Properties();
          props.load(reader);
          String host = props.getProperty("host");
          System.out.print("Host name is: " + host+"\n");
          String port = props.getProperty("port");
          System.out.print("Port number is: " + port);
          reader.close();
       } catch (FileNotFoundException ex) {
                    // file does not exist
       } catch (IOException ex) {
                    // I/O error
       }}}
```

COSTRUZIONE DI PACCHETTI DA STRINGHE

- i dati inviati mediante UDP devono essere rappresentati come vettori di bytes
- alcuni metodi per la conversione stringhe/vettori di bytes
  - `Byte[] getBytes()`
    - applicato ad un oggetto `String`
    - restituisce una sequenza di bytes che codificano i caratteri della stringa usando la codifica di default dell'host e li memorizza nel vettore
  - `String (byte[] bytes, int offset, int length)`
    - costruisce un nuovo oggetto di tipo `String` prelevando length bytes dal vettore bytes, a partire dalla posizione offset
- altri meccanismi per generare pacchetti a partire da dati strutturati:
  - utilizzare i filtri per generare streams di bytes a partire da dati strutturati/ad alto livello

COSTRUZIONE DI PACCHETTI DA DATI STRUTTURATI

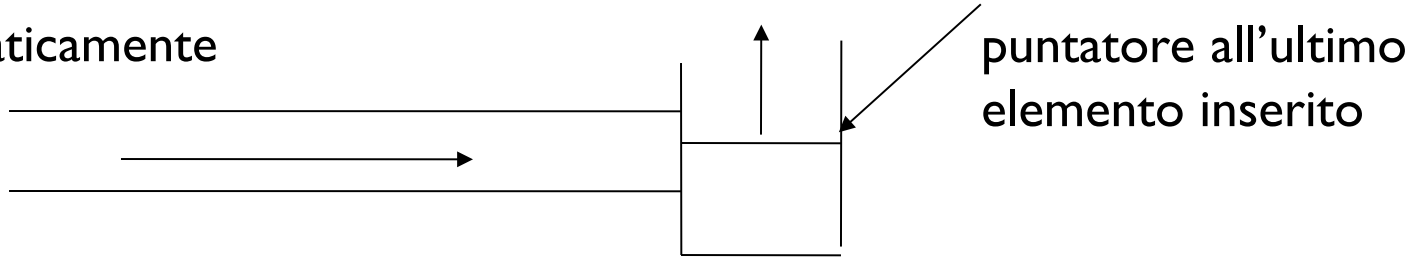
```
public ByteArrayOutputStream ( )
public ByteArrayOutputStream (int size)
```

- gli oggetti istanze di questa classe rappresentano `stream di bytes`
- ogni dato scritto sullo stream viene riportato in un buffer di memoria a dimensione variabile (dimensione di default = 32 bytes).

```
protected byte buf []
protected int count
```

count indica quanti sono i bytes memorizzati in buf

- quando il buffer si riempie la sua dimensione viene raddoppiata automaticamente

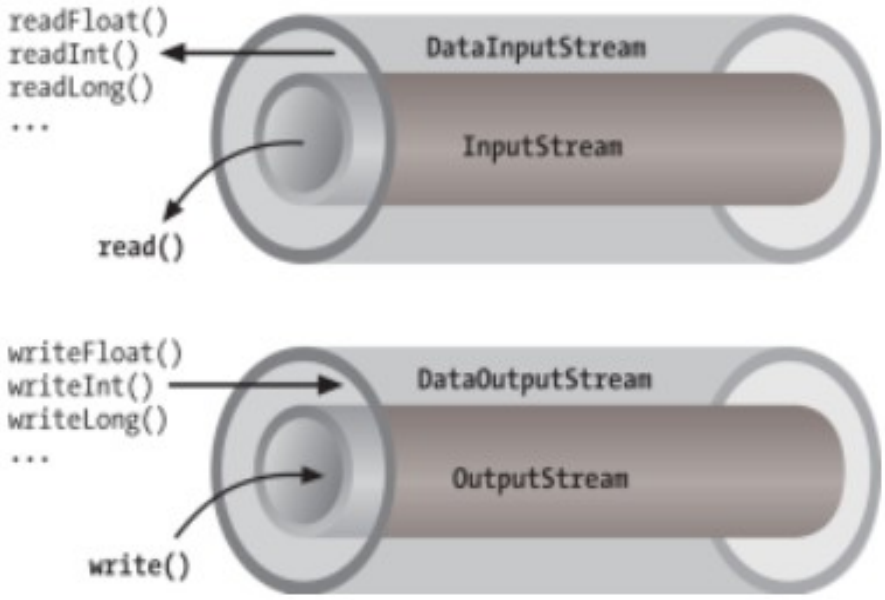


COSTRUZIONE DI PACCHETTI DA DATI STRUTTURATI

- è possibile collegare ad un `ByteArrayOutputStream` un altro filtro

```
ByteArrayOutputStream baos= new ByteArrayOutputStream();
DataOutputStream      dos = new DataOutputStream(baos)
```

- `DataOutput/InputStream` consente di scrivere dati primitivi sullo stream, la trasformazione in bytes è effettuata automaticamente



Data streams in java

BYTE ARRAY OUTPUT STREAMS

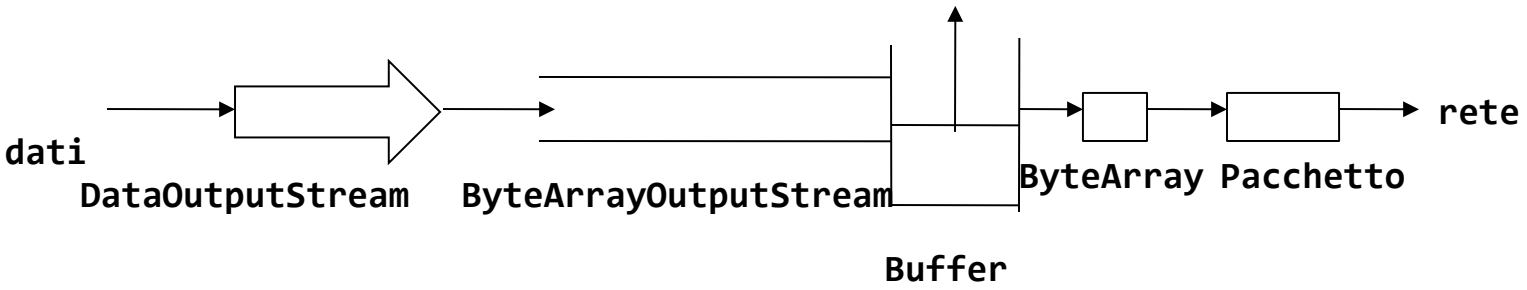
- ad un `ByteArrayOutputStream` può essere collegato un altro filtro

```
ByteArrayOutputStream baos= new ByteArrayOutputStream();
DataOutputStream      dos = new DataOutputStream (baos)
```

- i dati presenti nel buffer B associato ad un `ByteArrayOuputStream` baos possono essere copiati in un array di bytes

```
byte [ ] barr = baos.toByteArray( )
```

- flusso dei dati:

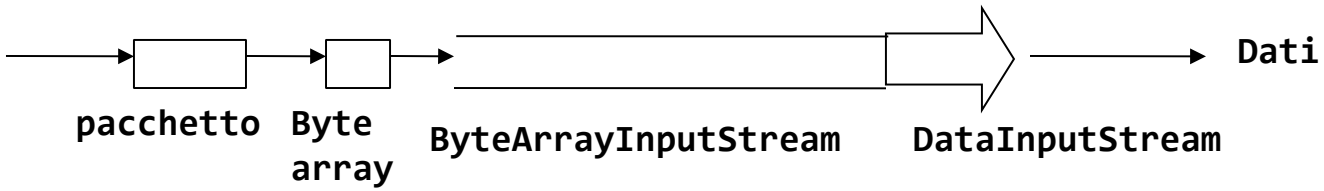


BYTE ARRAY INPUT STREAMS

```
public ByteArrayInputStream ( byte [ ] buf )
public ByteArrayInputStream ( byte [ ] buf, int offset,int length )
```

- creano stream di byte a partire dai dati contenuti nel vettore di byte buf
- il secondo costruttore copia length bytes iniziando alla posizione offset
- è possibile concatenare un `DataInputStream`

Flusso dei dati:



LA CLASSE BYTEARRAYOUTPUTSTREAM

metodi per la gestione dello stream:

- `public int size( )` restituisce count, cioè il numero di bytes memorizzati nello stream (non la lunghezza del vettore buf!)
- `public synchronized void reset( )` svuota il buffer, assegnando `0` a count. tutti i dati precedentemente scritti vengono eliminati

```
baos.reset ( )
```

- `public synchronized byte toByteArray ( )` restituisce un vettore in cui sono stati copiati tutti i bytes presenti nello stream
  - non modifica count
  - il metodo `toByteArray` non svuota il buffer

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

Ipotesi semplificativa, non consideriamo perdita/riordinamento di pacchetti:

```
import java.io.*;
import java.net.*;
public class multidatastreamsender{
   public static void main(String args[ ]) throws Exception
    {// fase di inizializzazione
      InetAddress ia=InetAddress.getByName("localhost");
      int port=13350;
      DatagramSocket ds= new DatagramSocket();
      ByteArrayOutputStream bout= new  ByteArrayOutputStream();
      DataOutputStream dout = new DataOutputStream (bout);
      byte [ ] data = new byte [20];
      DatagramPacket dp= new DatagramPacket(data,data.length, ia , port);
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

```
for (int i=0; i< 10; i++)
   {dout.writeInt(i);
   data = bout.toByteArray();
   dp.setData(data,0,data.length);
   dp.setLength(data.length);
   ds.send(dp);
   bout.reset( );
   dout.writeUTF("***");
   data = bout.toByteArray( );
   dp.setData (data,0,data.length);
   dp.setLength (data.length);
   ds.send (dp);
  bout.reset(  ); } } }
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

Ipotesi semplificativa: non consideriamo perdita/riordinamento di pacchetti

```
import java.io.*;
import java.net.*;

public class multidatastreamreceiver
  {public static void main(String args[ ]) throws Exception
    {// fase di inizializzazione
    FileOutputStream fw = new FileOutputStream("text.txt");
    DataOutputStream dr = new DataOutputStream(fw);
    int port =13350;
    DatagramSocket ds = new DatagramSocket (port);
    byte [ ] buffer = new byte [200];
    DatagramPacket dp= new DatagramPacket
                              (buffer, buffer.length);
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

```
for (int i=0; i<10; i++)
    {ds.receive(dp);
     ByteArrayInputStream bin= new ByteArrayInputStream
                                (dp.getData(),0,dp.getLength());
    DataInputStream ddis= new DataInputStream(bin);
    int x = ddis.readInt();
    dr.writeInt(x);
    System.out.println(x);
    ds.receive(dp);
    bin= new ByteArrayInputStream(dp.getData(),0,dp.getLength());
    ddis= new DataInputStream(bin);
    String y=ddis.readUTF( );
    System.out.println(y); }}}
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

- nel programma precedente, la corrispondenza tra la scrittura nel mittente e la lettura nel destinatario potrebbe non essere più corretta
- esempio:
  - il mittente alterna la spedizione di pacchetti contenenti valori interi con pacchetti contenenti stringhe
  - il destinatario alterna la lettura di interi e di stringhe
  - ma se un pacchetto viene perso: per il destinatario scritture/letture possono non corrispondere
- realizzazione di UDP affidabile: utilizzo di ack per confermare la ricezione + identificatori unici