# Reti e Laboratorio III
# Modulo Laboratorio III
# AA. 2023-2024

**docente: Laura Ricci**

**laura.ricci@unipi.it**

# Lezione 5
# Synchronized and Concurrent Collections
# 19/10/2023

# ANCORA SUL MONITOR: WAIT E NOTIFY

```
public synchronized void act()
        throws InterruptedException
{
 while (!cond) wait();
 // modify monitor data
 notifyAll()
}
```

"regola d'oro"testare sempre la condizione relativa al `wait` all'interno di un ciclo

- poichè la coda di attesa è unica per tutte le condizioni, un thread potrebbe essere stato risvegliato in seguito al verificarsi di una condizione che poi diventa nuovamente falsa
  - la condizione su cui il thread T è in attesa si è verificata
  - però un altro thread la ha resa di nuovo invalida, dopo che T è stato risvegliato
- il ciclo può essere evitato solo se si è sicuri che questo non accada

# LOCK INTRINSECHE: BLOCCHI SINCRONIZZATI

- se non si intende sincronizzare un intero metodo, si può sincronizzare un blocco di codice all'interno di un metodo
- un esempio semplice:

```
class Program {
    public void foo() {
        synchronized(this){
            …} } }
```

- sincronizzare un intero metodo equivale ad inserire il codice del metodo di un blocco sincronizzato su `this`
  - l'oggetto riferito tra parentesi è un "monitor object"
- un thread
  - acquisisce la lock implicita sull'oggetto `this`, quando entra nel blocco sincronizzato
  - la rilascia quando termina il blocco sincronizzato.

# WAIT/NOTIFY E BLOCCHI SINCRONIZZATI

- attendere del verificarsi di una condizione su un oggetto diverso da `this`

```
synchronized (obj)
    while (!condition)
          {try {obj.wait ();}
    catch (InterruptedException ex){...}}
```

- segnalare una condizione

```
synchronized(obj){
    condition=.....;
    obj.notifyAll()}
```

- ne vedremo un uso concreto nel caso di classi conditionally thread safe

# MONITOR E LOCK: CONFRONTI

- monitor: vantaggi
  - l'unità di sincronizzazione è il metodo: tutte le sincronizzazioni sono visibili esaminando segnatura dei metodi
  - costrutto strutturato. Diminuisce la complessità del programma concorrente: deadlocks, mancato rilascio di lock, maggior manutenibilità del software
- monitor: svantaggi: "coarse grain" synchronization, per-object synchronization, può diminuire il livello di concorrenza
- lock esplicite, vantaggi:
  - maggior numero di funzioni disponibili, maggiore flessibilità
    - `tryLock()` il thread prova ad acquisire una lock, ma non mi blocca
    - `read/write locks`: multiple reader single writer
- lock esplicite, svantaggi: codice poco leggibile, se usate in modo non strutturato

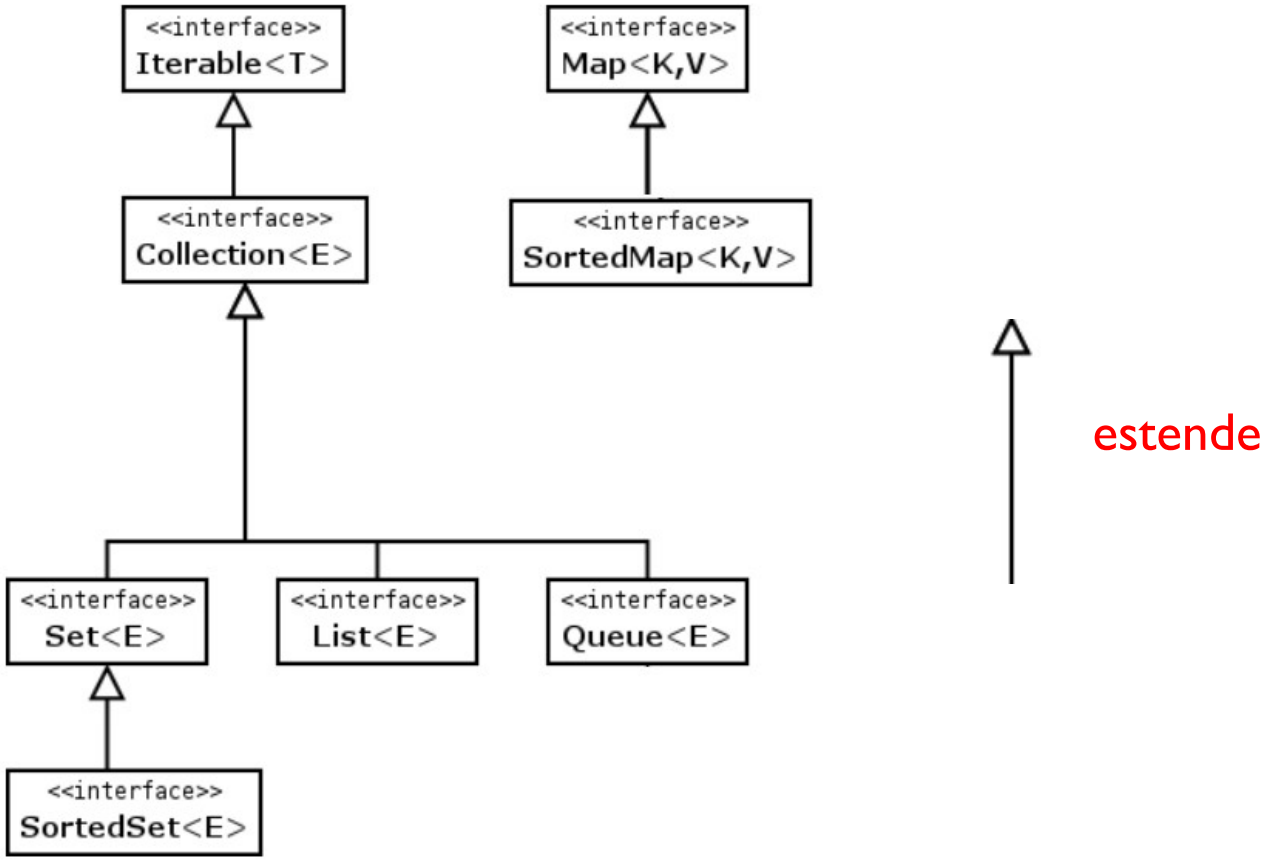
# JAVA COLLECTION FRAMEWORK: BREVE RIPASSO

- un insieme di classi che consentono di lavorare con gruppi di oggetti, ovvero collezioni di oggetti
  - classi contenitore
  - introdotte a partire dalla release `1.2`
  - contenute nel package `java.util`
  - rivedere le implementazioni delle collezioni più importanti con lo scopo di utilizzare nel progetto le strutture dati più adeguate
- che c'è di nuovo in questo corso?
  - **`syncronized collections`**
  - **`concurrent collections`**

# JAVA COLLECTION FRAMEWORK: BREVE RIPASSO

- un insieme di classi che consentono di lavorare con gruppi di oggetti, ovvero collezioni di oggetti
  - classi contenitore
  - introdotte a partire dalla release 1.2
  - contenute nel package `java.util`
  - rivedere le implementazioni delle collezioni più importanti con lo scopo di utilizzare nel progetto le strutture dati più adeguate
- che c'è di nuovo in questo corso?
  - **`syncronized collections`**
  - **`concurrent collections`**

# JAVA COLLECTION: INTERFACES IN JAVA.UTIL



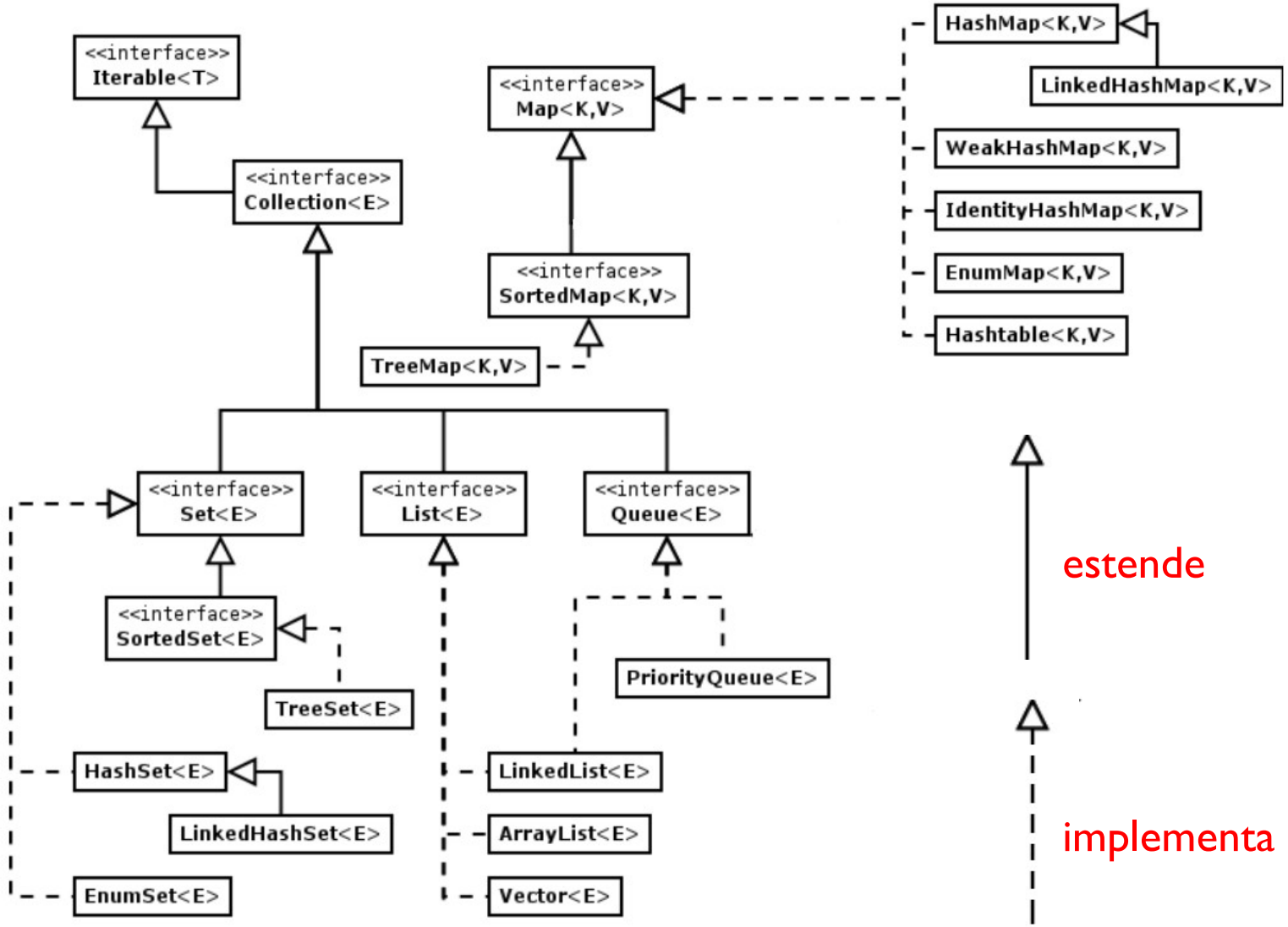

- sono riportate solo le interfacce principali presenti in `java.util`

# JAVA COLLECTION: INTERFACES

tre strutture principali per rappresentare una collezione di valori, rappresentate da altrettante interfacce

- list: una collezione ordinata (una sequenza) di valori; possono esistere duplicati
- set: una collezione dove ciascun valore appare una sola volta: non ci sono duplicati, e, in generale, i valori non sono ordinati
  - prevista però una interfaccia in cui i valori possono essere ordinati
- map: una collezione in cui vi è un mapping da chiavi a valori. Le chiavi sono uniche
  - le chiavi possono essere ordinate

# JAVA COLLECTION: INTERFACES AND CLASSES

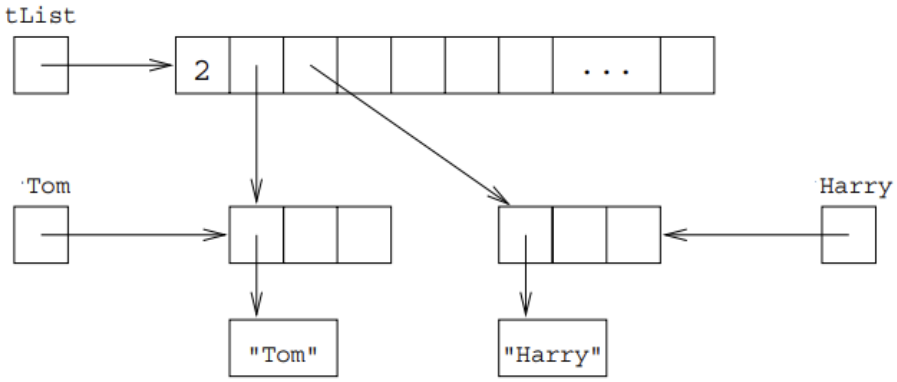


# DISTRICARSI NELLA GIUNGLA DELLE CLASSI

- interfaccia: `Map`
  - `HashMap` (implementazione di Map) non è un'implementazione di `Collection`,
  - realizza una struttura dati "dizionario" che associa termini chiave (univoci) a valori
- `Collections` (con la 's' finale !) contiene metodi utili per l'elaborazione di collezioni di qualunque tipo:
  - ordinamento
  - calcolo di massimo e minimo
  - rovesciamento, permutazione, riempimento di una collezione
  - confronto tra collezioni (elementi in comune, sottocollezioni, …)
  - aggiungere un wrapper di sincronizzazione ad una collezione

# JAVA COLLECTION FRAMEWORK: ARRAYLIST

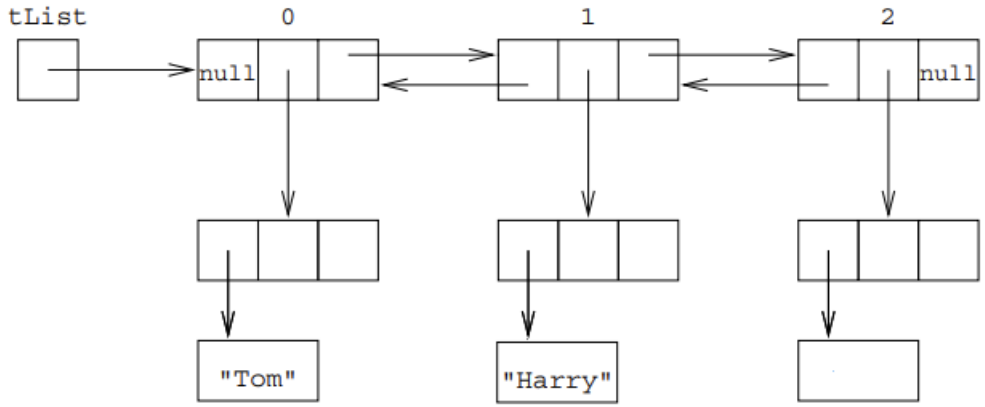
```
public class Person {
  String name;
  int age;
  String type;
public Person (String name, int age, String type)
   {this.name=name;
    this.age=age;
    this.type=type;}
public String toString ( ) {
   return this.name+this.age+this.type;}
   }
```




```
import java.util.*;
public class PersonList {
public static void main (String args[])
    { Person Tom = new Person("Tom", 45,"professor");
      Person Harry = new Person("Harry", 20,"student");
      List <Person> tList=new
                              ArrayList<Person> ();
      tList.add(Tom);
      tList.add(Harry);
      System.out.println(Tom);
      System.out.println(Harry);
      System.out.println(pList.size()); } }
```

# JAVA COLLECTION FRAMEWORK: LINKEDLIST

```
public class Person {
  String name;
  int age;
  String type;
public Person (String name, int age, String type)
   {this.name=name;
    this.age=age;
    this.type=type;}
public String toString ( ) {
   return this.name+this.age+this.type;}
   }
```




```
import java.util.*;
public class PersonList {
public static void main (String args[])
  { Person Tom = new Person("Tom", 45,"professor");
    Person Harry = new Person("Harry", 20,"student");
    List <Person> tList=new
                          LinkedList<Person> ();
    tList.add(Tom);
    tList.add(Harry);
    System.out.println(Tom);
    System.out.println(Harry);
    System.out.println(pList.size());    } }
```

# JAVA ITERATORS

- GoF *"Provide a way to access the elements of an aggregate object sequentially without exposing its underlying representation"*
- usato per accedere agli elementi di una collezione, uno alla volta
  - deve conoscere (e poter accedere) alla rappresentazione interna della classe che implementa la collezione
- l'interfaccia `Collection` contiene il metodo `iterator()` che restituisce un iteratore per una collezione
  - le diverse implementazioni di `Collection` implementano il metodo `iterator()` in modo diverso
  - l'interfaccia `Iterator` prevede tutti i metodi necessari per usare un iteratore, senza conoscere alcun dettaglio implementativo

# USARE GLI ITERATORI

- schema generale per l'uso di un iteratore

```
import java.util.*;
public class PersonList {
public static void main (String args[])
{ Person Tom = new Person("Tom", 45, "professor");
  Person Harry = new Person("Harry", 20, "student");
  List <Person> pList=new LinkedList<Person> ();
  …....
  Iterator <Person> tIterator = pList.iterator();
  while (tIterator.hasNext())
      { Person tPerson = (Person) tIterator.next();
        System.out.println(tPerson);
      }}}
```

- l'iteratore non ha alcuna funzione che lo "resetti"
- una volta iniziata la scansione, non si può fare tornare indietro l'iteratore
- una volta finita la scansione, è necessario creare uno nuovo iteratore

# USARE GLI ITERATORI SU HASHMAP

```
public class Employee{
    private String id;
    private String name;
    private String department;
    public Employee(String id, String name, String department){
        this.id = id;
        this.name = name;
        this.department = department;
    }
    public String toString(){
        return "[" +  this.id + " : " +  this.name +  " : " +  this.department +
"]";}}
```

# USARE GLI ITERATORI SU HASHMAP

```
import java.util.*;

public class EmployeeIterator {

public static void main (String args[])

{ HashMap<String, Employee> employeeMap = new HashMap<String, Employee>();

 employeeMap.put("emp01", new Employee("emp01", "Tom", "IT"));

 employeeMap.put("emp02", new Employee("emp02", "Jhon", "Supply Chain"));

 employeeMap.put("emp03", new Employee("emp03", "Oliver", "Marketing"));

 employeeMap.put("emp04", new Employee("emp04", "Mary", "IT"));

 Set<Map.Entry<String, Employee>> entrySet = employeeMap.entrySet();

 Iterator<Map.Entry<String, Employee>> iterator = entrySet.iterator();

 System.out.println("Iterate through mappings of HashMap");

 while( iterator.hasNext() ){

     Map.Entry<String, Employee> entry = iterator.next();

     System.out.println( entry.getKey() + " => " + entry.getValue() ); }}}
```

# JAVA CONCURRENCY FRAMEWORK

- sviluppato in parte da Doug Lea
  - disponibile per tre anni come insieme di librerie JAVA non standard
  - quindi integrazione in JAVA 5.0

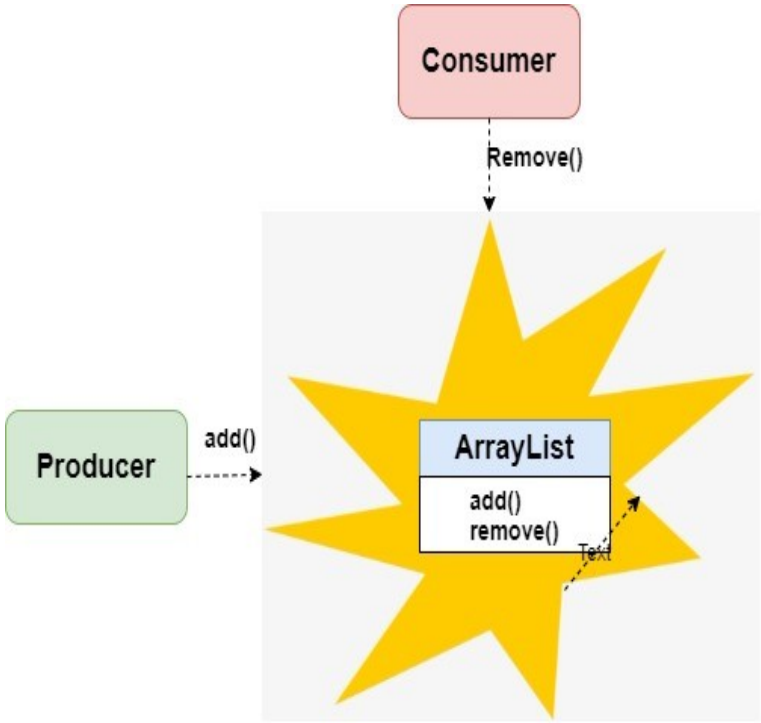
- tre i package principali, in rosso alcuni argomenti di questa e della prossima lezione
  - java.util.concurrent
    - Executor, concurrent collections, semaphores,...
  - java.util.concurrent.atomic
    - AtomicBoolean, AtomicInteger,...
  - java.util.concurrent.locks
    - Condition
    - Lock
    - ReadWriteLock

# JAVA COLLECTIONS E THREAD SAFENESS

- collezioni non thread safe, non offrono alcun supporto per la sincronizzazione dei threads
  - `java.util.Map`
  - `Java.util.LinkedList`
  - `java.util.ArrayList`
- quali soluzioni per la sincronizzazione? Alternative possibili
  - thread safe collections, sincronizzate automaticamente da JAVA
    - `java.util.Vector`
    - `java.util.Hashtable`
  - synchronized collections
  - concurrent collections
    - introdotte in `java.util.concurrent`

# COLLEZIONI NON THREAD SAFE

- `Arraylist` non è una classe threadsafe
  - `add` non è una operazione atomica
    - determina quanti elementi ci sono nella lista
    - determina il punto esatto del nuovo elemento
    - incrementa il numero di elementi della lista
    - se si eseguono due add in modo concorrente lo stato della struttura può essere inconsistente
  - analogamente per la `remove`
- `Vector` è una classe threadsafe: *ma quanto costa la sincronizzazione?*



# VECTOR ED ARRAYLIST: "UNDER THE HOOD"

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import java.util.Vector;
public class VectorArrayList {
public static void addElements(List<Integer> list)
   {for (int i=0; i< 1000000; i++)
     {list.add(i);} }
public static void main (String args[]){
   final long start1 =System.nanoTime();
   addElements(new Vector<Integer>());
   final long end1=System.nanoTime();
   final long start2 =System.nanoTime();
   addElements(new ArrayList<Integer>());
   final long end2=System.nanoTime();
   System.out.println("Vector time "+ (end1-start1));
   System.out.println("ArrayList time "+ (end2-start2)); }}
```

Vector time 74494150

ArrayList time 48190559

# SYNCHRONIZED COLLECTIONS

- synchronized collection wrappers
  - "incapsulano" ogni metodo in un blocco sincronizzato
  - trasformano una `Collection` non thread safe in una thread-safe
  - utilizzano un'unica "mutual exclusion lock" intrinseca per tutta la collezione, gestita dalla `JVM`
- metodi definiti nella interfaccia `Collections`
- "conditionally thread safe" collections

| Collections Method |
| --- |
| `synchronizedCollection(coll)` |
| `synchronizedCollection(list)` |
| `synchronizedCollection(map)` |
| `synchronizedCollection(map)` |

# SYNCHRONIZED COLLECTIONS: VALUTAZIONE

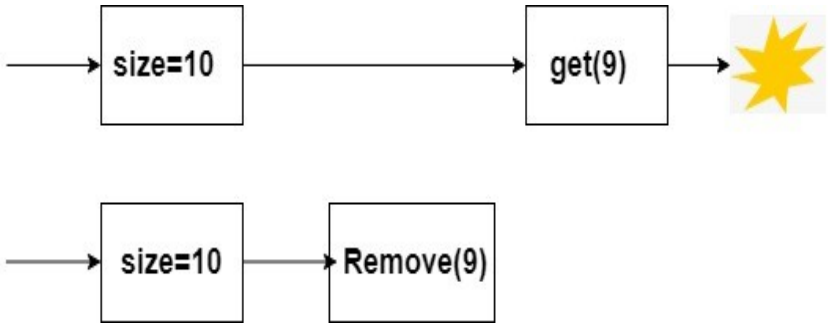
```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import java.util.Collections;
public class VectorArrayList {
  public static void addElements(List<Integer> list)
    {for (int i=0; i< 1000000; i++)
        {list.add(i);}  }
  public static void main (String args[]){
   final long start1 =System.nanoTime();
   addElements(new ArrayList<Integer>());
   final long end1=System.nanoTime();
   final long start2 =System.nanoTime();
   addElements(Collections.synchronizedList(new ArrayList<Integer>()));
   final long end2=System.nanoTime();
   System.out.println("ArrayList time "+(end1-start1));
   System.out.println("SynchronizedArrayList time "+(end2-start2));}}
```

```
ArrayList                time 50677689
SynchronizedArrayList time 62055651
```

# CLASSI CONDITIONALLY THREAD SAFE

```
public class UnsafeVector{
public static <T> T getLast (Vector<T> list){
   int     lastIndex = list.size() - 1;
   return (list.get(lastIndex)); }

public static void deleteLast (Vector<T> list){
   int     lastIndex = list.size() - 1;
   list.remove(lastIndex); } }
```




- la thread safety garantisce che la safety delle singole operazioni operazioni sulla collezione, ma...
- funzioni che coinvolgono più di una operazione possono non essere thread-safe
- `Vector` è una collezione thread-safe, però perchè in caso di accessi concorrenti, questo programma genera `ArrayIndexOutOfBoundsException`?

# CLASSI CONDITIONALLY THREAD SAFE

```
if(!synchList.isEmpty())
        synchList.remove(0);
```

- `isEmpty()` e `remove()` sono entrambe operazioni atomiche, ma la loro combinazione non lo è.
- scenario di errore:
  - una lista con un solo elemento.
  - il primo thread verifica che la lista non sia vuota e viene deschedulato prima di rimuovere l'elemento.
  - un secondo thread rimuove l'elemento, il primo thread torna in esecuzione e prova a rimuovere un elemento non esistente
- `Java Synchronized Collections` sono conditionally thread-safe.
  - le operazioni individuali sulle collezioni sono safe, ma funzioni composte da più di una operazione singola possono risultarlo.

# USO DEI BLOCCHI SINCRONIZZATI

- richiesta una sincronizzazione esplicita da parte del programmatore per sincronizzare una sequenza di operazioni

```
synchronized(synchList)
    {
       if(!synchList.isEmpty())
            synchList.remove(0);
                    }
```

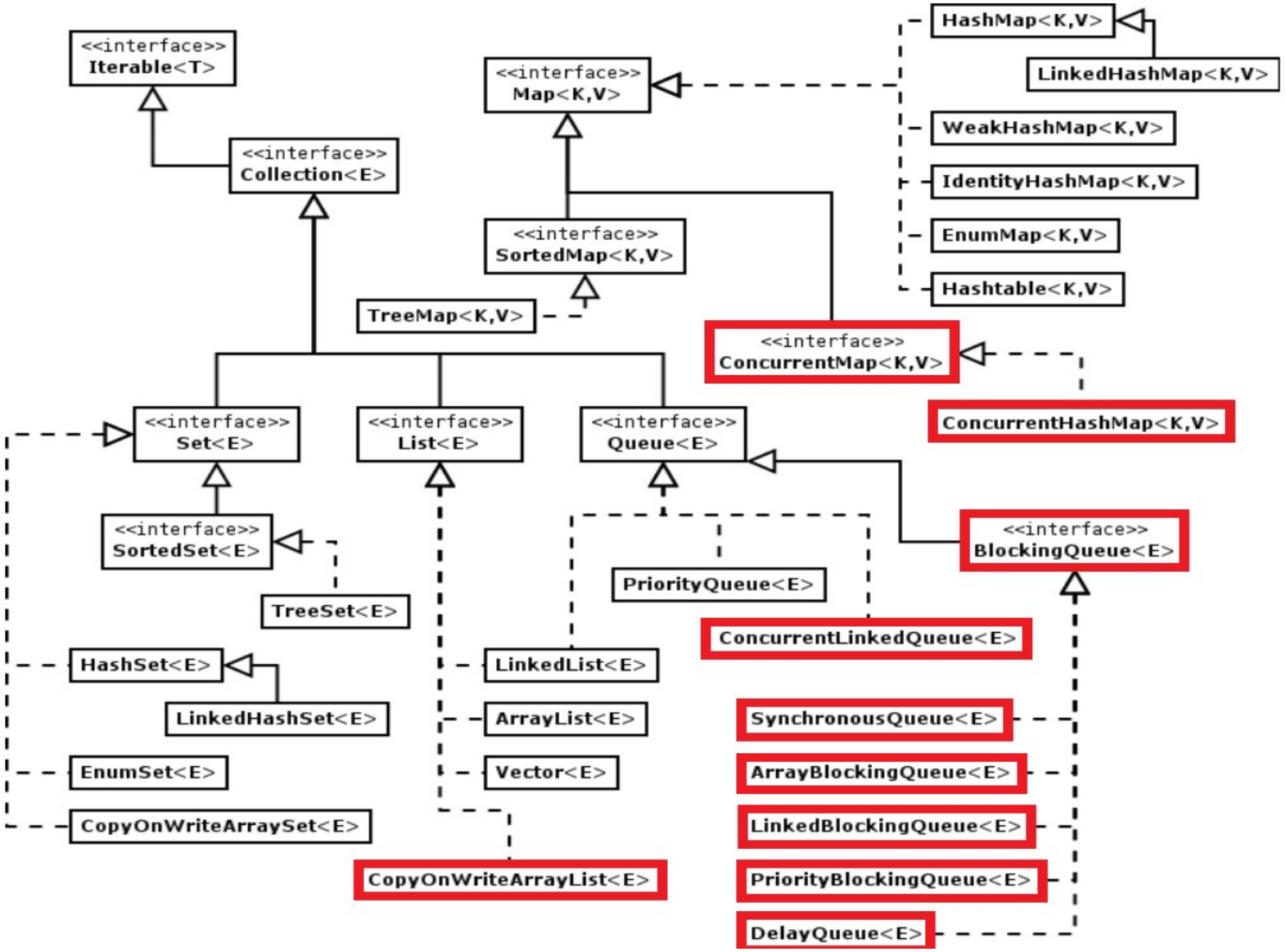
- tipico esempio di utilizzo di blocchi sincronizzati
- il thread che esegue l'operazione composta acquisisce la lock sulla struttura `synchList` più di una volta:
  - quando esegue il blocco sincronizzato
  - quando esegue i metodi della collezione

ma...il comportamento corretto è garantito perchè le lock sono rientranti

# USO DEI BLOCCHI SINCRONIZZATI

```
@ThreadSafe
 public class UnsafeVector{
    public static <T> T getLast (Vector<T> list) {
          synchronized (list)
            {
              int lastIndex = list.size() - 1;
              return (list.get(lastIndex));
            }}
  public static void deleteLast (Vector<T> list) {
        synchronized (list)
           {
              int  lastIndex = list.size() - 1;
              list.remove(lastIndex); }
          }}
```

# CONCURRENT COLLECTIONS (IN ROSSO)



# CONCURRENT COLLECTIONS

- evoluzione delle precedenti librerie basata sulla esperienza nel loro utilizzo
- fine-grain locking, non bloccano l'intera collezione
  - concurrent reads, writes parzialmente concorrenti
- iteratori fail safe/weakly consistent
  - restituiscono tutti gli elementi che erano presenti nella collezione quando l'iteratore è stato creato
  - possono restituire o meno elementi aggiunti in concorrenza
- forniscono alcune utili operazioni atomiche composte da più operazioni elementari
- `Blocking Queue` è una concurrent collections
- la più utilizzata: `ConcurrentHashMap <K,V>`, sincronizzazione ottimizzata, diverse operazioni atomiche
  - `put-if-absent`, `remove-if-equal`, `replace-if-equal`

# HASH MAP E HASH TABLE

- `ConcurrentHashMap`
  - introdotta in `JAVA 5`, nella libreria `java.util.concurrent`
  - thread safe, è una evoluzione di `HashTable ed HashMap`
- collezioni che memorizzano coppie chiave/valore
  - usando la tecnica dell'hashing
- differenza principale
  - `HashTable` (da `JAVA 1.0`) è *threadsafe*
  - `HashMap` (da `JAVA 1.2`) non è *threadsafe*
  - perchè un'altra collezione thread safe?

# CONCURRENTHASH MAP: MOTIVAZIONE

```
import java.util.*;
import java.util.concurrent.ConcurrentHashMap;
import java.util.concurrent.ExecutorService;
import java.util.concurrent.Executors;
import java.util.concurrent.TimeUnit;
public class TestCollections {
     public static void main(String[] args) throws Exception {
              evaluatingThePerformance(new Hashtable<String,Integer>(),5);
              evaluatingThePerformance(Collections.synchronizedMap
                                        (new HashMap<String,Integer>()),5);
               evaluatingThePerformance
                                       (new ConcurrentHashMap<String,Integer>(),5);}
```

# CONCURRENTHASH MAP: MOTIVAZIONE

```
public static void evaluatingThePerformance
                    (Map<String,Integer> maptoEvalPerf, int size) throws Exception {
      long averageTime = 0;
      for(int j=0; j<5;j++) {
         ExecutorService executorService = Executors.newFixedThreadPool(size);
         long startTime = System.nanoTime();
         for(int i=0; i<5;i++) {
            executorService.execute(new Runnable ()
                                    {public void run()
                                          {performTest(maptoEvalPerf);}});
            }
        executorService.shutdown();
        executorService.awaitTermination(Long.MAX_VALUE, TimeUnit.DAYS);
        long entTime = System.nanoTime();
        long totalTime = (entTime - startTime) / 1000000L; averageTime += totalTime;
        System.out.println("500K entried added/retrieved by each thread in "+ totalTime+ "
                                                                              ms");}
       System.out.println("For " + maptoEvalPerf.getClass() + " the average time is " +
                                                          averageTime / 5 + "ms\n");}}
```

# CONCURRENTHASH MAP: MOTIVAZIONE

```
public static void performTest(Map<String,Integer> maptoEvaluateThePerformance)
 {
   for(int i=0; i<500000; i++) {
    Integer randomNumber = (int) Math.ceil(Math.random() * 550000);
    Integer value =
                maptoEvaluateThePerformance.get(String.valueOf(randomNumber));
     // Put value
    maptoEvaluateThePerformance.put(String.valueOf(randomNumber),randomNumber);

      }
   }
```

- test: 500000 put e get sulla tabella passata come parametri
- attiviamo un threadpool con k threads che eseguono in parallelo il codice precedente e prendiamo i tempi di esecuzione
- ripetiamo l'esperimento un certo numero di volte e calcoliamo la media dei tempi impiegati

# CONCURRENTHASH MAP: MOTIVAZIONE

```
500K entried added/retrieved by each thread in 1393 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1506 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1535 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1407 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1468 ms
For class java.util.Hashtable the average time is 1461ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1343 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1530 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1330 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1243 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1389 ms
For class java.util.Collections$SynchronizedMap the average time is 1367ms

500K entried added/retrieved by each thread in 420  ms
500K entried added/retrieved by each thread in 322  ms
500K entried added/retrieved by each thread in 404  ms
500K entried added/retrieved by each thread in 385  ms
500K entried added/retrieved by each thread in 354  ms
For class java.util.concurrent.ConcurrentHashMap the average time is 377ms
```

# E CON I BLOCCHI SINCRONIZZATI?

```
public static void     performTestwithSynchronizedBlock
                         (Map<String,Integer> maptoEvaluateThePerformance)
   {
   for(int i=0; i<500000; i++) {
     Integer randomNumber = (int) Math.ceil(Math.random() * 550000);
     synchronized (maptoEvaluateThePerformance) {
      Integer Value =
          maptoEvaluateThePerformance.get(String.valueOf(randomNumber));
        }
     synchronized (maptoEvaluateThePerformance) {
        maptoEvaluateThePerformance.put
            (String.valueOf(randomNumber), randomNumber);
        } }
```

# E CON I BLOCCHI SINCRONIZZATI?

- invocare

```
performTestwithSynchronizedBlock(new HashMap<String,Integer>(),5))
```

(nel run della Runnable), invece di *performTest*

- i tempi sono i seguenti

```
500K entried added/retrieved by each thread in 1237 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1314 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1354 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1352 ms
500K entried added/retrieved by each thread in 1319 ms
for class java.util.HashMap the average time is 1315ms
```

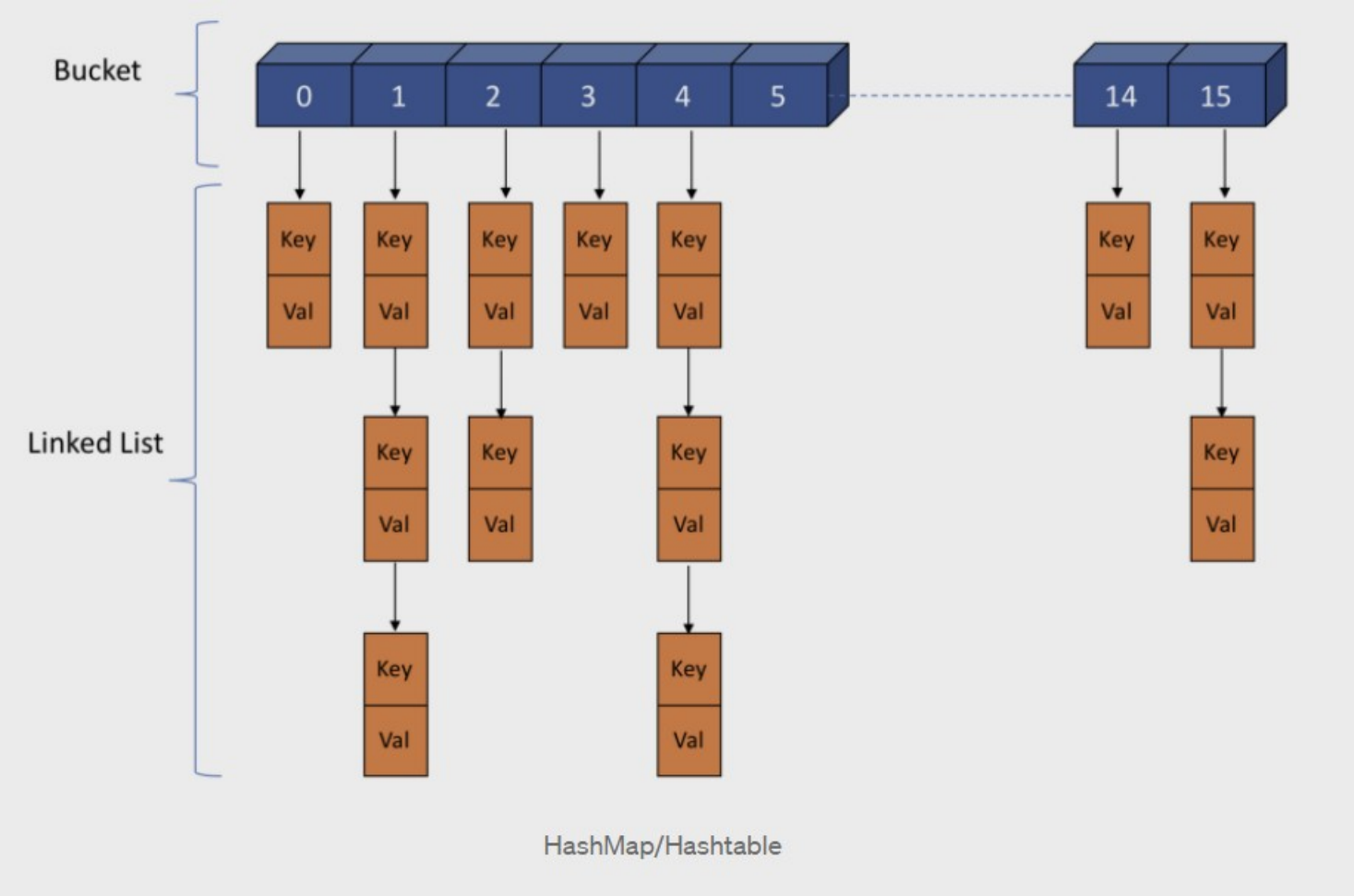
- non c'è miglioramento rispetto alla versione in cui si sincronizza tutta la struttura, perchè?

# CONCURRENTHASH MAP

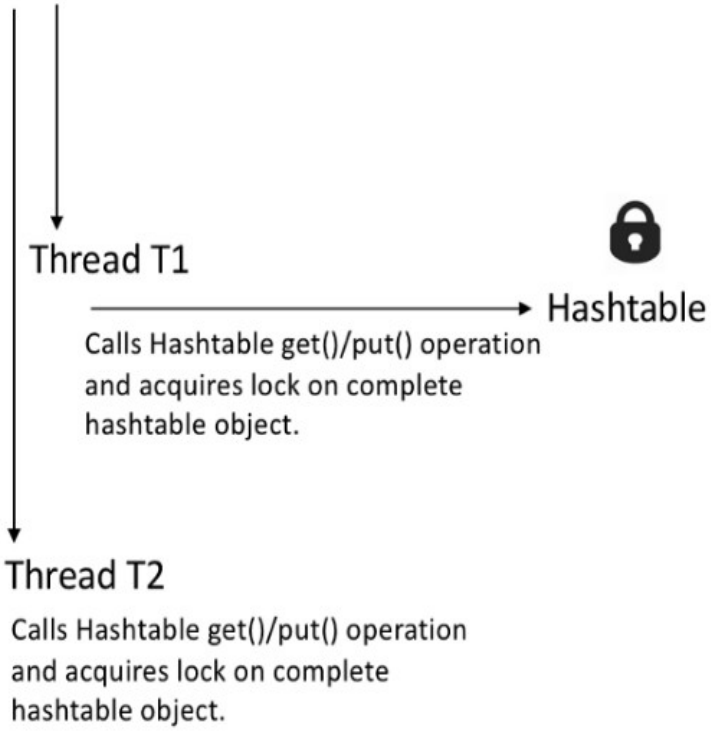
- le slide precedenti mostrano che la `ConcurrentHashMap` è molto più efficiente delle precedenti versioni di tabelle chiave-valore

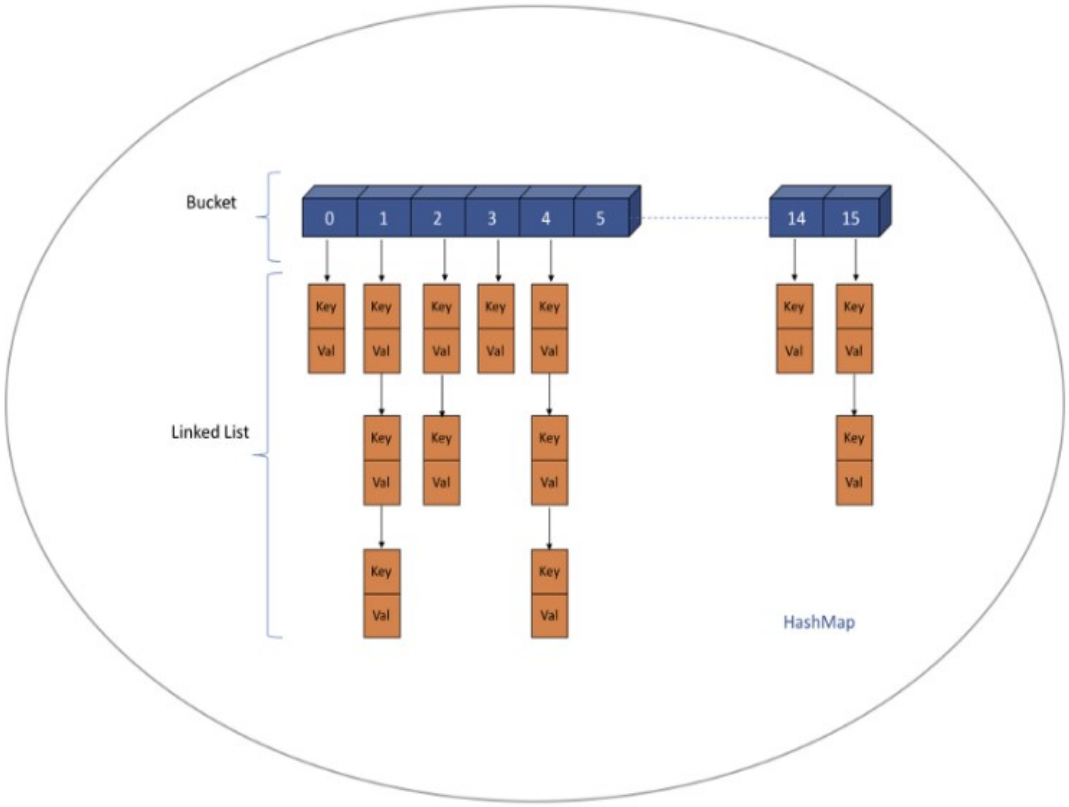
- idea fondamentale: usare una diversa strategia di locking che offra migliore concorrenza e scalabilità
  - introduce un array di segmenti: ogni segmento punta ad una HashMap
  - fine grained locking
    - una lock per ogni segmento, lock striping
    - numero di segmenti determina il livello di concorrenza
  - modifiche simultanee possibili, se modificano segmenti diversi
    - 16 o più threads possono operare in parallelo su segmenti diversi
    - lettori possono accedere in parallelo a modifiche

# CONCURRENTHASHMAP INTERNAL



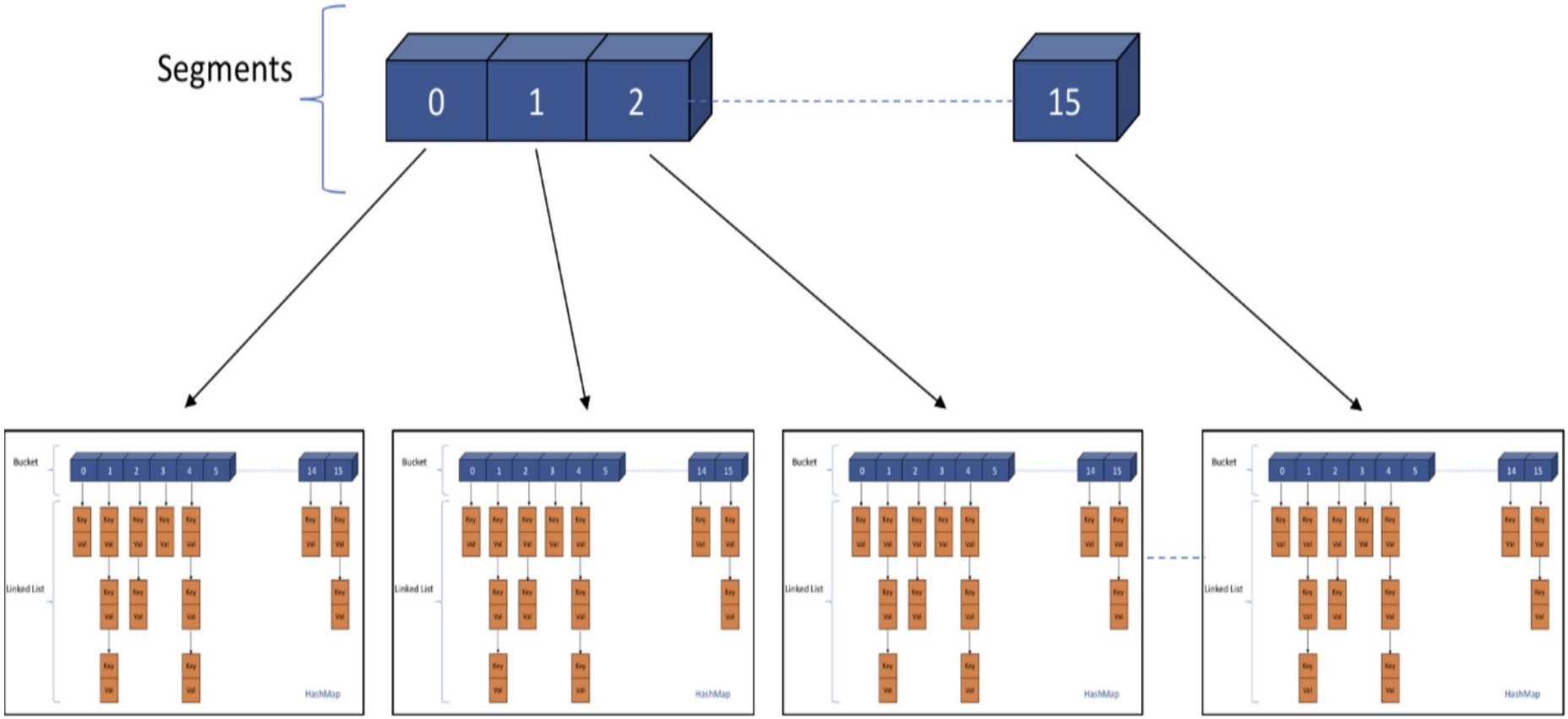
# CONCURRET HASHTABLE AND THREADS



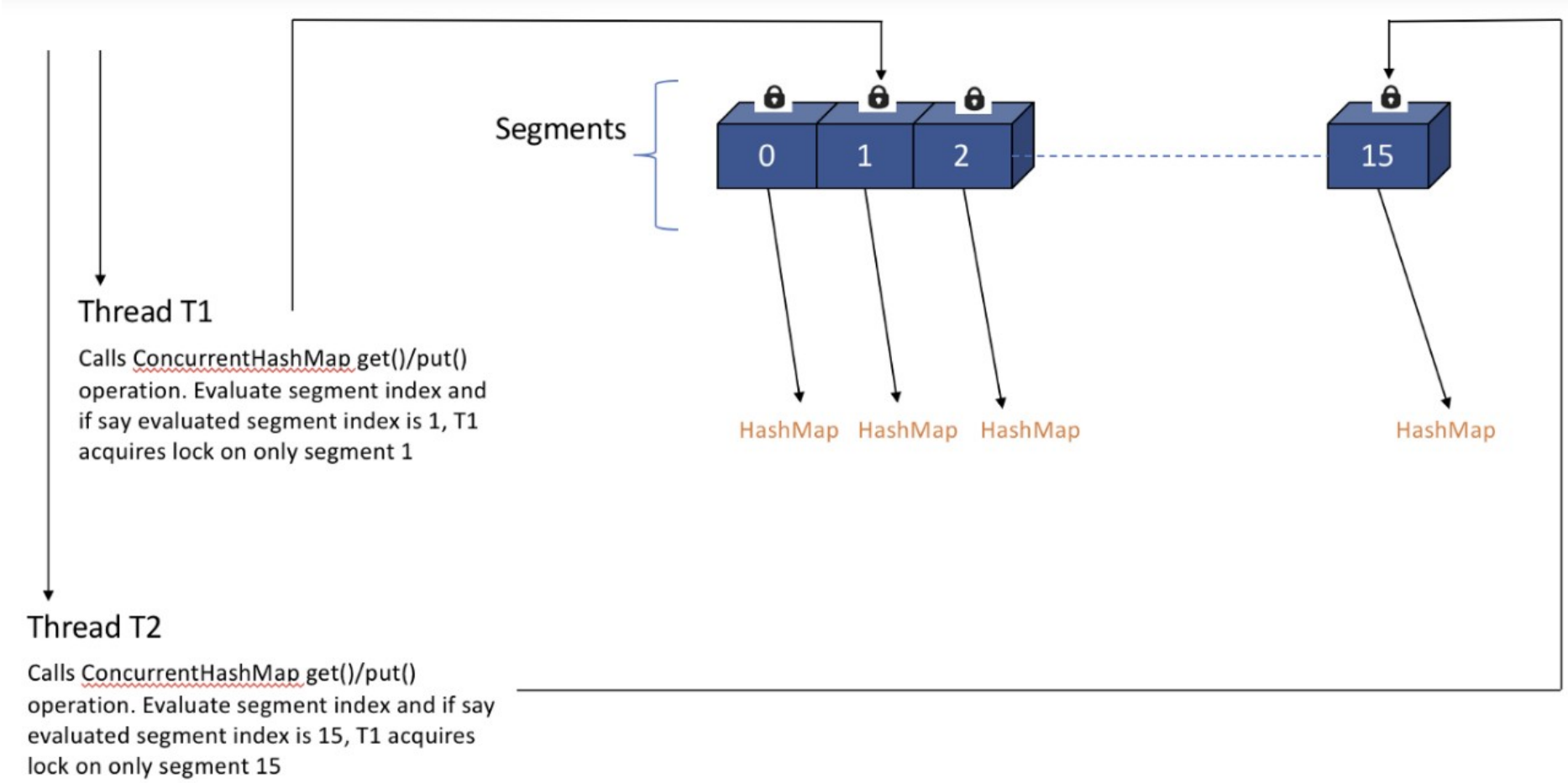

Threads acquiring lock on Hashtable

# CONCURRENTHASHMAP INTERNAL




- struttura utilizzata fino a JAVA7
- da JAVA8 alberi bilanciati invece di linked lists

# CONCURRENTHASHMAP INTERNAL




Threads acquiring lock on ConcurrentHashMap

# OPERAZIONI COMPOSTE ATOMICHE

le concurrent collections offrono inoltre un insieme di operazioni composte atomiche

- sequenze di operazioni di uso comune
- definite come una operazione unica
- la `JVM` traduce la singola operazione "ad alto livello" in una sequenza di operazioni a più basso livello
- garantisce inoltre la corretta sincronizzazione su tale operazione
  - ...secondo la filosofia "do not re-invent the wheel..."

# OPERARAZIONI COMPOSTE: ATOMICITA'

```
import java.util.*;
import java.util.concurrent.*;
public class CHashMap {
   private Map<String, Object> theMap =
              new ConcurrentHashMap<>();
   public Object getOrCreate(String key) {
     Object value = theMap.get(key);
     try { Thread.sleep(5000);
         } catch(Exception e) {};
     if (value == null) {
       value = new Object();
       theMap.put(key, value); }
     return value.hashCode();}}
```

```
public class Main {
  public static void main(String [] args)
   {CHashMap ex= new  CHashMap();
    Thread t1 = new Thread (new Runnable()
       {public void run()
          {System.out.println
               (ex.getOrCreate("5"));};});
    t1.start();
    Thread t2 = new Thread (new Runnable()
      {public void run()
         {System.out.println
            (ex.getOrCreate("5"));};});
    t2.start();
    }}
```

- GetOrCreate non è atomica
- t1 e t2 stampano due valori diversi, entrambi associati alla stessa chiave, 5

# OPERAZIONI COMPOSTE ATOMICHE

- soluzione: utilizzare istruzioni atomiche composte
- funzioni del tipo "query-then-update", "test-and-set"
- nel nostro caso è utile la putIfAbsent

```
public interface ConcurrentMap<K,V> extends Map<K,V> {
   V putIfAbsent(K key, V value);
      // Insert into map only if no value is mapped from K
      // returns the previous value associated to the key
      // or null if there is no mapping for that key
   boolean remove(K key, V value);
      // Remove only if K is mapped to V
   boolean replace(K key, V oldValue, V newValue);
      // Replace value only if K is mapped to oldValue
   V replace(K key, V newValue);
      // Replace value only if K is mapped to some value    }
```

# OPERAZIONI COMPOSTE: PUTIFABSENT

```
import java.util.*;
import java.util.concurrent.*;
public class Main1 {
static Map<String, Object> theMap = new ConcurrentHashMap<>();
public static void main(String [] args)
  { Thread t1 = new Thread (
        new Runnable() {public void run()
                {Object obj1 = new Object();
                 System.out.println(theMap.putIfAbsent("5",obj1));};});
    t1.start();
    Thread t2 = new Thread (new Runnable() {public void run()
                  {Object obj2 = new Object();
                   System.out.println(theMap.putIfAbsent("5",obj2));};});
    t2.start();}}
```

# ASSIGNMENT 4: CONTEGGIO OCCORRENZE

- scrivere un programma che conta le occorrenze dei caratteri alfabetici (lettere dalla "A" alla "Z") in un insieme di file di testo. Il programma prende in input una serie di percorsi di file testuali e per ciascuno di essi conta le occorrenze dei caratteri, ignorando eventuali caratteri non alfabetici (come per esempio le cifre da `0` a 9). Per ogni file, il conteggio viene effettuato da un apposito task e tutti i task attivati vengono gestiti tramite un pool di thread. I task registrano i loro risultati parziali all'interno di una `ConcurrentHashMap`.

  Prima di terminare, il programma stampa su un apposito file di output il numero di occorrenze di ogni carattere. Il file di output contiene una riga per ciascun carattere ed è formattato come segue:

```
<carattere1>,<numero di occorrenze>
<carattere2>,<numero di occorrenze>
  ...
<carattereN>,<numero di occorrenze>
```

# ASSIGNMENT 4: CONTEGGIO OCCORRENZE

- esempio di file di output:

  *a,1281*
  *b,315*
  *c,261*
  *d,302*
  …

- si allega un archivio compresso contenente file testuali per effettuare i test