

## Strutture Dati nella piattaforma Java: Java Collection Framework

## STRUTTURE DATI IN JAVA

- **Java Collection Framework (JCF)** fornisce il supporto a qualunque tipo di *struttura dati*
  - **interfacce**
  - una **classe Collections** che definisce **algoritmi polimorfi** (funzioni statiche)
  - **classi** che forniscono **implementazioni** dei vari tipi di strutture dati specificati dalle interfacce
- **Obiettivo: strutture dati per "elementi generici"** (vi ricordate il tipo degli elementi nell'ADT list e tree?)

## UN PO' DI DOCUMENTAZIONE

Il tutorial di Java sulle Collections:

<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/collections/index.html>

Gerarchia delle interfacce (la vediamo subito):

<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/collections/interfaces/index.html>

Classe Collections:

<http://java.sun.com/developer/onlineTraining/collections/Collection.html>

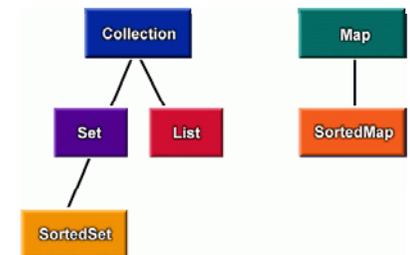
API Java 1.4.2

<http://192.168.0.250/docs/api/index.html>

## JAVA COLLECTION FRAMEWORK (package java.util)

### Interfacce fondamentali

- **Collection**: nessuna ipotesi sul tipo di collezione
- **Set**: introduce l'idea di *insieme* di elementi (quindi, senza duplicati)
- **List**: introduce l'idea di *sequenza*
- **SortedSet**: l'insieme *ordinato*
- **Map**: introduce l'idea di *mappa*, ossia tabella che associa chiavi a valori
- **SortedMap**: una mappa (tabella) *ordinata*



### Criteri-guida per la definizione delle interfacce:

- **Minimalità** – prevedere solo metodi *davvero basilari*...
- **Efficienza** – ...o che *migliorino nettamente le prestazioni*

## OBIETTIVO: GENERICITÀ

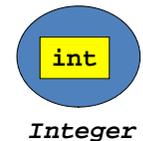
- Nella JCF "classica" ( $\leq$  JDK 1.4) il mezzo per ottenere *contenitori generici* è stata l'adozione del tipo "generico" *Object* come *tipo dell'elemento*
  - i metodi che aggiungono / tolgono *oggetti* dalle collezioni prevedono un *parametro di tipo Object*
  - i metodi che cercano / restituiscono *oggetti* dalle collezioni prevedono un *valore di ritorno Object*
    - rischi di *disuniformità* negli oggetti contenuti
    - problemi di *correttezza* nel *type system* (*downcasting*)
- La successiva JCF "generica" ( $\geq$  JDK 1.5) si basa perciò sul nuovo concetto di *tipo generico* (trattati nel corso di Ingegneria del Software)

## TRATTAMENTO DEI TIPI PRIMITIVI

- **PROBLEMA:** *i tipi primitivi* sono i "mattoni elementari" del linguaggio, *ma non sono classi*
  - non derivano da *Object* → *non usabili nella JCF classica*
  - i valori primitivi non sono uniformi agli oggetti !
- **LA CURA:** *incapsularli* in opportuni oggetti
  - l'incapsulamento di un valore primitivo in un opportuno oggetto si chiama **BOXING**
  - l'operazione duale si chiama **UNBOXING**

Il linguaggio offre già le necessarie *classi wrapper*

boolean	Boolean	char	Character
byte	Byte	short	Short
int	Integer	long	Long
double	Double	float	Float



## JAVA 1.5: BOXING AUTOMATICO

- Da Java 1.5, come già in C#, **boxing e unboxing** sono diventati *automatici*.
- È quindi possibile *inserire direttamente valori primitivi in strutture dati*, come pure *effettuare operazioni aritmetiche* su oggetti incapsulati.

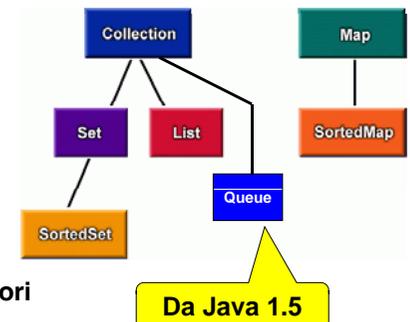
```
List list = new ArrayList();  
list.add(21); // OK da Java 1.5 in poi  
int i = (Integer) list.get();
```

```
Integer x = new Integer(23);  
Integer y = new Integer(4);  
Integer z = x + y; // OK da Java 1.5
```

## JAVA COLLECTION FRAMEWORK (package java.util)

### Interfacce fondamentali

- **Collection:** nessuna ipotesi sul tipo di collezione
- **Set:** introduce l'idea di *insieme* di elementi (quindi, senza duplicati)
- **List:** introduce l'idea di *sequenza*
- **SortedSet:** l'insieme *ordinato*
- **Map:** introduce l'idea di *mappa*, ossia tabella che associa chiavi a valori
- **SortedMap:** una mappa (tabella) *ordinata*



• **Queue:** introduce l'idea di *coda di elementi* (non necessariamente operante in modo FIFO: sono "code" anche gli stack.. che operano LIFO!)

## L'INTERFACCIA Collection

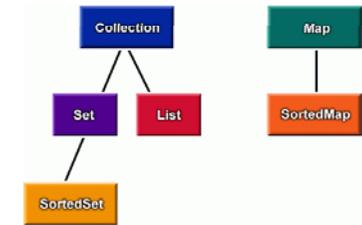
**Collection** introduce l'idea di **collezione** di elementi

- non si fanno ipotesi sulla natura di tale collezione
  - in particolare, non si dice che sia un insieme o una sequenza, né che ci sia o meno un ordinamento,.. etc
- perciò, **l'interfaccia di accesso** è **volutamente generale** e prevede metodi per :
  - assicurarsi che un elemento sia nella collezione **add**
  - rimuovere un elemento dalla collezione **remove**
  - verificare se un elemento è nella collezione **contains**
  - verificare se la collezione è vuota **isEmpty**
  - sapere la cardinalità della collezione **size**
  - ottenere un array con gli stessi elementi **toArray**
  - verificare se due collezioni sono "uguali" **equals**
  - ... e altri ... (si vedano le API Java)

## L'INTERFACCIA Set

**Set** estende e specializza **Collection** introducendo l'idea di **insieme** di elementi

- in quanto insieme, **non ammette elementi duplicati** e **non ha una nozione di sequenza o di posizione**
- **l'interfaccia di accesso** non cambia sintatticamente, **ma si aggiungono vincoli al contratto d'uso**:
  - **add** aggiunge un elemento solo se esso non è già presente
  - **equals** assicura che due set siano identici nel senso che  $\forall x \in S1, x \in S2$  e viceversa
  - **tutti i costruttori** si impegnano a creare insiemi privi di duplicati

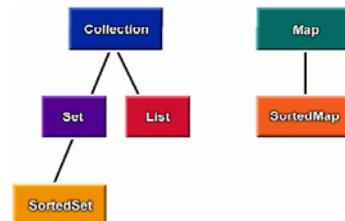


## L'INTERFACCIA List

**List** estende e specializza **Collection** introducendo l'idea di **sequenza** di elementi

- **tipicamente ammette duplicati**
- in quanto sequenza, ha una nozione di **posizione**
- **l'interfaccia di accesso** aggiunge sia **vincoli al contratto d'uso**, sia **nuovi metodi per l'accesso posizionale**

- **add** aggiunge un elemento in fondo alla lista (append)
- **equals** è vero se gli elementi corrispondenti sono tutti uguali due a due (o sono entrambi null)
- nuovi metodi **add**, **remove**, **get** accedono alla lista **per posizione**

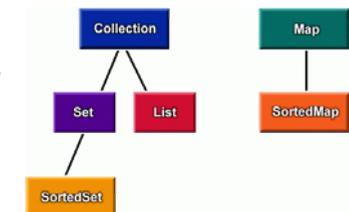


## L'INTERFACCIA SortedSet

**SortedSet** estende e specializza **Set** introducendo l'idea di **ordinamento totale** fra gli elementi

- l'ordinamento è **quello naturale degli elementi** (espresso dalla loro **compareTo**) o **quello fornito da un apposito Comparator** all'atto della creazione del **SortedSet**
- **l'interfaccia di accesso aggiunge metodi** che sfruttano l'esistenza di un ordinamento totale fra gli elementi:

- **first** e **last** restituiscono il primo e l'ultimo elemento nell'ordine
- **headSet**, **subSet** e **tailSet** restituiscono i sottoinsiemi ordinati contenenti rispettivamente i soli elementi minori di quello dato, compresi fra i due dati, e maggiori di quello dato.

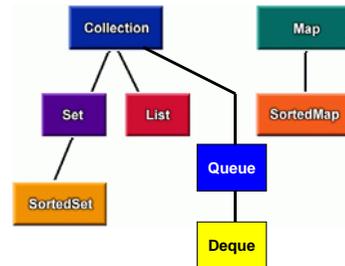


## LE INTERFACCE Queue E Deque

**Queue** (≥ JDK 1.5) specializza **Collection** introducendo l'idea di **codà** di elementi da sottoporre a elaborazione

- ha una nozione di **posizione** (testa della coda)
- **l'interfaccia di accesso** si specializza:
  - **remove** estrae l'elemento "in testa" alla coda, rimuovendolo
  - **element** lo estrae senza rimuoverlo
  - esistono analoghi metodi che, anziché lanciare eccezione in caso di problemi, restituiscono un'indicazione di fallimento

**Deque** (≥ JDK 1.6) specializza **Queue** con l'idea di **doppia coda** (in cui si possono inserire/togliere elementi da ambo le estremità)

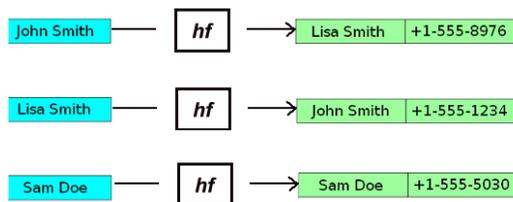


## L'INTERFACCIA Map

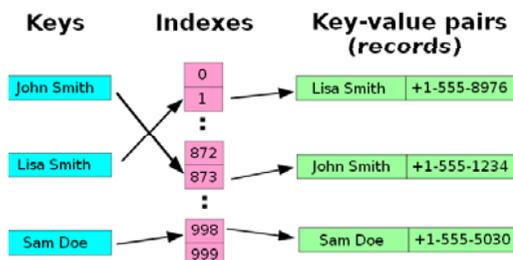
**Map** introduce l'idea di **tabella di elementi**, ognuno **associato univocamente a una chiave identificativa**.

- in pratica, è una **tabella a due colonne (chiavi, elementi)** in cui i dati della prima colonna (**chiavi**) identificano univocamente la riga.
- l'idea di fondo è **riuscire ad accedere "rapidamente" a ogni elemento, data la chiave**
  - **IDEALMENTE, IN UN TEMPO COSTANTE**: ciò è possibile se si dispone di una **opportuna funzione matematica** che metta in corrispondenza chiavi e valori (**funzione hash**): **data la chiave**, tale funzione **restituisce la posizione in tabella** dell'elemento
  - **in alternativa**, si possono predisporre opportuni **INDICI** per guidare il reperimento dell'elemento a partire dalla chiave.

## L'INTERFACCIA Map



Mappe basate su **funzioni hash**



Mappe basate su **indici**

## L'INTERFACCIA Map

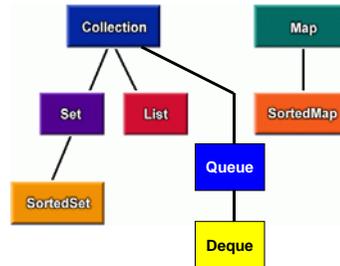
- **L'interfaccia di accesso** prevede metodi per :
  - inserire in tabella una coppia (**chiave, elemento**) **put**
  - accedere a un elemento in tabella, data la chiave **get**
  - verificare se una **chiave** è presente in tabella **containsKey**
  - verificare se un **elemento** è presente in tabella **containsValue**
- inoltre, **supporta le cosiddette "Collection views"**, ovvero metodi per recuperare **insiemi significativi**:
  - l'insieme di tutte le chiavi **keySet**
  - la collezione di tutti gli elementi **values**
  - l'insieme di tutte le righe, ovvero delle coppie (**chiave, elemento**) **entrySet**

## L'INTERFACCIA SortedMap

**SortedMap** estende e specializza **Map** analogamente a quanto **SortedSet** fa con **Set**

- l'ordinamento è **quello naturale degli elementi** (espresso dalla loro `compareTo`) o quello fornito da un apposito **Comparator** all'atto della creazione del **SortedSet**
- **l'interfaccia di accesso aggiunge metodi** che sfruttano l'esistenza di un ordinamento totale fra gli elementi:

- **firstKey** e **lastKey** restituiscono la prima/ultima chiave nell'ordine
- **headMap**, **subMap** e **tailMap** restituiscono le sottotabelle con le sole entry le cui chiavi sono minori/comprese/maggiori di quella data.



## LA CLASSE Collections

- A completamento dell'architettura logica di JCF, alle interfacce si accompagna la **classe Collections**
- Essa contiene **metodi statici** per collezioni:
  - alcuni incapsulano **algoritmi polimorfi** che operano su qualunque tipo di collezione
    - *ordinamento, ricerca binaria, riempimento, ricerca del minimo e del massimo, sostituzioni, reverse,...*
  - **altri sono "wrapper"** che incapsulano una collezione di un tipo in un'istanza di un altro tipo
- Fornisce inoltre alcune **costanti** :
  - la lista vuota (**EMPTY LIST**)
  - l'insieme vuoto (**EMPTY SET**)
  - la tabella vuota (**EMPTY MAP**)

## LA CLASSE Collections

Alcuni algoritmi rilevanti per collezioni qualsiasi:

- **sort(List)**: ordina una lista con una versione migliorata di **merge sort** che garantisce tempi dell'ordine di  $n^*\log(n)$ 
  - NB: l'implementazione copia la lista in un array e ordina quello, poi lo ricopia nella lista: così facendo, evita il calo di prestazioni a  $n^2*\log(n)$  che si avrebbe tentando di ordinare la lista sul posto.
- **reverse(List)**: inverte l'ordine degli elementi della lista
- **copy(List dest, List src)**: copia una lista nell'altra
- **binarySearch(List, Object)**: **cerca l'elemento nella lista ordinata** fornita, tramite **ricerca binaria**.
  - le prestazioni sono ottimali -  $\log(n)$  - se la lista permette l'accesso casuale, ossia fornisce un modo per accedere ai vari elementi in tempo circa costante (interfaccia **RandomAccess**).
  - Altrimenti, il metodo farà una ricerca binaria basata su iteratore, che effettua  $O(n)$  attraversamenti di link e  $O(\log n)$  confronti.

## ITERATORI

JCF introduce il concetto di **iteratore** come **mezzo per iterare su una collezione di elementi**

- l'iteratore svolge per la collezione un ruolo analogo a quello di una variabile di ciclo in un array: **garantisce che ogni elemento venga considerato una e una sola volta, indipendentemente dal tipo di collezione e da come essa sia realizzata**
- l'iteratore costituisce dunque un mezzo per **"ciclare" in una collezione con una semantica chiara e ben definita, anche se la collezione venisse modificata**
- è **l'iteratore che rende possibile il nuovo costrutto for (foreach in C#)**, poiché, mascherando i dettagli, uniforma l'accesso agli elementi di una collezione.

## ITERATORI

Di fatto, ogni iteratore offre:

- un metodo **next** che restituisce *"il prossimo" elemento della collezione*
  - esso garantisce che tutti gli elementi siano prima o poi considerati, senza duplicazioni né esclusioni
- un metodo **hasNext** per sapere se ci sono altri elementi

```
public interface Iterator {
    boolean hasNext();
    Object next();
    void remove(); // operazione opzionale
}
```

- Per ottenere un iteratore per una data collezione, basta chiamare su essa l'apposito metodo **iterator**

## ITERATORI e NUOVO COSTRUTTO for

L'idea di *iteratore* è alla base del **nuovo costrutto for** (foreach in C#), e la scrittura:

```
for(x : coll) { /* operazioni su x */ }
```

equivale a:

```
for (Iterator i = coll.iterator(); coll.hasNext(); )
    { /* operazioni su x = coll.get(i) */ }
```

Dunque, il nuovo **for** non si applica solo agli array: **ma vale per qualunque collezione, di qualunque tipo**

## JCF: INTERFACCE E IMPLEMENTAZIONI

- Per **usare** le collezioni, ovviamente **non occorre conoscere l'implementazione**: basta attenersi alla specifica data dalle interfacce
- Tuttavia, **scegliere una implementazione diventa necessario all'atto della costruzione (new)** della collezione

## JCF: QUADRO GENERALE

		Implementations				
		Hash Table	Resizable Array	Balanced Tree	Linked List	Hash Table + Linked List
Interfaces	Set	<a href="#">HashSet</a>		<a href="#">TreeSet</a>		<a href="#">LinkedHashSet</a>
	List		<a href="#">ArrayList</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Deque		<a href="#">ArrayDeque</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Map	<a href="#">HashMap</a>		<a href="#">TreeMap</a>		<a href="#">LinkedHashMap</a>

### Implementazioni fondamentali:

- per Set: **HashSet, TreeSet, LinkedHashMap**
- per List: **ArrayList, LinkedList, Vector**
- per Map: **HashMap, TreeMap, Hashtable**
- per Deque: **ArrayDeque, LinkedList**

In particolare, di queste adottano una **struttura ad albero TreeSet e TreeMap**.

Classi pre-JCF, poi reingegnerizzate in accordo alle interfacce List e Map

## Qualche esempio

## JCF: ALCUNI ESEMPI

- a) **Uso di Set** per operare su un **insieme** di elementi
  - esempio: un elenco di parole senza doppioni (Esercizio n.1)
- b) **Uso di List** per operare su una **sequenza** di elementi
  - scambiando due elementi nella sequenza (Esercizio n.2)
  - o iterando dal fondo con un iteratore di lista (Esercizio n.3)
- c) **Uso di Map** per **fare una tabella** di elementi (e contarli)
  - esempio: contare le occorrenze di parole (Esercizio n.4)
- e) **Uso di SortedMap** per creare un **elenco ordinato**
  - idem, ma creando poi un elenco ordinato (Esercizio n.5)
- f) **Uso dei metodi della classe Collections** per ordinare una collezione di oggetti (ad es. Persone)

## ESERCIZIO n° 1 – Set

- **Il problema:** analizzare un **insieme** di parole
  - ad esempio, gli argomenti della riga di comando
- **e specificatamente:**
  - stampare tutte le parole duplicate
  - stampare il numero di parole distinte
  - stampare la lista delle parole distinte

- **A questo fine, usiamo un'istanza di Set**
  - **Variamo l'implementazione (HashSet, poi ...)**
- **e poi:**
  - aggiungiamo ogni parola al Set tramite il metodo **add**: se è già presente, *non viene reinserita* e **add** restituisce *false*
  - alla fine stampiamo la dimensione (con **size**) e il contenuto (con **toString**) dell'insieme.

## ESERCIZIO n° 1 – Set

```
import java.util.*;

public class FindDups {
    public static void main(String args[]){
        // dichiarazione dell'oggetto s di tipo Set
        // e sua creazione come istanza di HashSet
        // ciclo per aggiungere ad s (s.add) ogni argomento
        // se non inserito, stampa "Parola duplicata"
        // stampa cardinalità (s.size) e l'insieme s
    }
}
```

Output atteso:

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo
Parola duplicata: Io
Parola duplicata: Io
4 parole distinte: [Io, parlo, esisto, sono]
```

nessun ordine

## ESERCIZIO n° 1 – Set

```
import java.util.*;

public class FindDups {

    public static void main(String args[]){

        Set s = new HashSet();

        for (int i=0; i<args.length; i++)
            if (!s.add(args[i]))
                System.out.println("Parola duplicata: " + args[i]);

        System.out.println(s.size() + " parole distinte: "+s);

    }
}
```

Con una diversa implementazione? Ad esempio, TreeSet

Output atteso:

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo
Parola duplicata: Io
Parola duplicata: Io
4 parole distinte: [Io, parlo, esisto, sono]
```

nessun ordine

## IMPLEMENTAZIONE ES. n° 1 – Set

Nell'esercizio n. 1 (Set) **in fase di costruzione della collezione** si può scegliere una diversa implementazione, ad esempio, fra:

- **HashSet**: insieme non ordinato, tempo d'accesso costante
- **TreeSet**: insieme ordinato, tempo di accesso non costante

Output con HashSet:

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo
Parola duplicata: Io
Parola duplicata: Io
4 parole distinte: [Io, parlo, esisto, sono]
```

ordine qualunque

Output con TreeSet:

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo
Parola duplicata: Io
Parola duplicata: Io
4 parole distinte: [Io, esisto, parlo, sono]
```

ordine alfabetico!

## INTERFACCE E IMPLEMENTAZIONI

		Implementations				
		Hash Table	Resizable Array	Balanced Tree	Linked List	Hash Table + Linked List
Interfaces	Set	<a href="#">HashSet</a>		<a href="#">TreeSet</a>		<a href="#">LinkedHashSet</a>
	List		<a href="#">ArrayList</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Deque		<a href="#">ArrayDeque</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Map	<a href="#">HashMap</a>		<a href="#">TreeMap</a>		<a href="#">LinkedHashMap</a>

## ITERATORI

JCF introduce il concetto di **iteratore** come **mezzo per iterare su una collezione di elementi**

- l'iteratore svolge per la collezione un ruolo analogo a quello di una variabile di ciclo in un array: **garantisce che ogni elemento venga considerato una e una sola volta, indipendentemente dal tipo di collezione e da come essa sia realizzata**
- l'iteratore costituisce dunque un mezzo per "ciclare" **in una collezione con una semantica chiara e ben definita, anche se la collezione venisse modificata**
- è l'iteratore che rende possibile il nuovo costrutto **for** (*foreach* in C#), poiché, mascherando i dettagli, uniforma l'accesso agli elementi di una collezione.

## ITERATORI

Di fatto, ogni iteratore offre:

- un metodo **next** che restituisce *"il prossimo" elemento della collezione*
  - esso garantisce che tutti gli elementi siano prima o poi considerati, senza duplicazioni né esclusioni
- un metodo **hasNext** per sapere se ci sono altri elementi

```
public interface Iterator {
    boolean hasNext();
    Object next();
    void remove();    // operazione opzionale
}
```

- Per ottenere un iteratore per una data collezione, basta chiamare su essa l'apposito metodo **iterator**

## ITERATORI e NUOVO COSTRUTTO for

L'idea di *iteratore* è alla base del **nuovo costrutto for** (foreach in C#), e la scrittura:

```
for(x : coll) { /* operazioni su x */ }
```

equivale a:

```
for (Iterator i = coll.iterator(); coll.hasNext(); )
    { /* operazioni su x = coll.get(i) */ }
```

Dunque, il nuovo **for** non si applica solo agli array: **ma vale per qualunque collezione, di qualunque tipo**

## ESEMPIO: set CON ITERATORE

Per elencare tutti gli elementi di una collezione, creiamo *un iteratore per quella collezione*

Per ottenere un iteratore su una data collezione basta chiamare su di essa il metodo **iterator**

TO DO . . .

Output atteso:

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo
Io parlo esisto sono
```

## ESEMPIO: set CON ITERATORE

Per elencare tutti gli elementi di una collezione, creiamo *un iteratore per quella collezione*

```
...
for (Iterator i = s.iterator(); i.hasNext(); ) {
    System.out.print(i.next() + " ");
}
```



Output atteso:

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo
Io parlo esisto sono
```

## ESERCIZIO n° 2 – List

- Il problema: **scambiare** due elementi in una **lista**
  - ad esempio, due parole in una lista di parole
- **più specificatamente:**
  - ci serve una funzione accessoria (statica) **swap**
  - notare che **la nozione di scambio presuppone quella di posizione**, perché solo così si dà senso al termine "scambiare" (che si intende "scambiare di posizione")

- **A questo fine, usiamo un'istanza di List**
  - **in costruzione, scegliamo quale implementazione (la varieremo)**
- **e poi:**
  - aggiungiamo ogni parola alla List tramite il metodo **add**
  - la stampiamo per vederla prima dello scambio
  - **effettuiamo lo scambio**
  - infine, la ristampiamo per vederla dopo lo scambio

## ESERCIZIO n° 2 – List

La funzione di scambio:

```
static void swap(List a, int i, int j) {  
    Object tmp = a.get(i);  
    a.set(i, a.get(j)); a.set(j, tmp);  
}
```

Il main dell'esempio:

```
public static void main(String args[]){  
    List list = new _____;  
    for (int i=0; i<args.length; i++) list.add(args[i]);  
    System.out.println(list);  
    swap(list, 2, 3);  
    System.out.println(list)  
}
```

Un'implementazione qualsiasi di List (possiamo variarla)

Elementi n. 2 e 3  
(3° e 4°) scambiati

```
java EsList cane gatto pappagallo canarino cane canarino pescerosso  
[cane, gatto, pappagallo, canarino, cane, canarino, pescerosso]  
[cane, gatto, canarino, pappagallo, cane, canarino, pescerosso]
```

## IMPLEMENTAZIONE ES. n° 2 – List

Nell'esercizio n. 2 (List) si può scegliere fra:

- **ArrayList**: i principali metodi eseguono in tempo costante, mentre gli altri eseguono in un tempo lineare, ma con una costante di proporzionalità molto più bassa di LinkedList.
- **LinkedList**: il tempo di esecuzione è quello di una tipica realizzazione basata su puntatori; implementa anche le interfacce Queue e Deque, offrendo così una coda FIFO
- **Vector**: versione reingegnerizzata e sincronizzata di ArrayList

L'output però non varia al variare dell'implementazione, in accordo sia al concetto di lista come **sequenza** di elementi, sia alla semantica di **add** come "append":

```
java EsList cane gatto pappagallo canarino cane canarino pescerosso  
[cane, gatto, pappagallo, canarino, cane, canarino, pescerosso]  
[cane, gatto, canarino, pappagallo, cane, canarino, pescerosso]
```

## Da Iterator A ListIterator

- **In aggiunta al concetto generale di iteratore, comune a tutte le collezioni, List introduce il concetto specifico di iteratore di lista (ListIterator)**
- **Esso sfrutta le nozioni di sequenza e posizione peculiari delle liste per:**
  - andare anche "a ritroso"
  - avere un concetto di "indice" e conseguentemente offrire metodi per tornare all' *indice precedente*, avanzare all' *indice successivo*, etc
- **Perciò, è possibile anche ottenere un iteratore di lista preconfigurato per iniziare da uno specifico indice.**

## L'INTERFACCIA ListIterator

```
public interface ListIterator extends Iterator {
    boolean hasNext();
    Object next();
    boolean hasPrevious();
    Object previous();
    int nextIndex();
    int previousIndex();
    void remove(); // Optional
    void set(Object o); // Optional
    void add(Object o); // Optional
}
```

La lista ha un concetto di posizione ed è navigabile anche a ritroso

Ergo, l'iteratore di lista ha i concetti di "prossimo indice" e "indice precedente"

Si può ottenere un iteratore di lista che inizi da un indice specificato

```
ListIterator listIterator();
ListIterator listIterator(int index);
```

## ESERCIZIO n° 3 List & ListIterator

Schema tipico di iterazione a ritroso:

```
for( ListIterator i = l.listIterator(l.size()) ;
      i.hasPrevious() ; ) {
    ...
}
```

Per usare hasPrevious, occorre ovviamente iniziare dalla fine

Esempio: riscrittura a rovescio degli argomenti passati

```
public class EsListIt {
    public static void main(String args[]){
        List l = new ArrayList();
        for (int i=0; i<args.length; i++) l.add(args[i]);
        for( ListIterator i = l.listIterator(l.size()) ;
              i.hasPrevious() ; )
            System.out.print(i.previous()+" ");
    }
}
```

```
java EsListIt cane gatto cane canarino
canarino cane gatto cane
```

## ESERCIZIO n° 4 – Map

Obiettivo: contare le occorrenze delle parole digitate sulla linea di comando.

Utilizziamo come struttura dati di appoggio una tabella o mappa associativa (Map), che ad ogni parola (argomento della linea di comando) associa la sua frequenza

Man mano che processiamo un argomento della linea di comando, aggiorniamo la frequenza di questa parola, accedendo alla tabella

```
>java ContaFrequenza cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

## TAVOLA E SUE REALIZZAZIONI

cane	3
gatto	3
pesce	1

Tempo richiesto dall'operazione più costosa (cercare l'elemento data la chiave):

- Liste O(n)
- Alberi di ricerca non bilanciati O(n)
- Alberi di ricerca bilanciati O(log<sub>2</sub>n)
- **Tabelle hash** 1

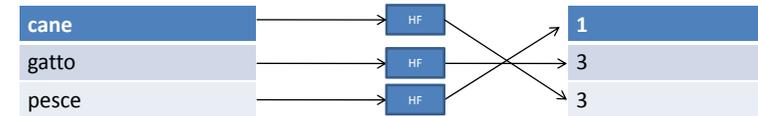
## Tabelle ad accesso diretto

- Sono implementazioni di dizionari (tavole) basati sulla proprietà di accesso diretto alle celle di un array
- Idea:
  - dizionario memorizzato in array  $V$  di  $m$  celle
  - a ciascun elemento è associata una chiave intera nell'intervallo  $[0, m-1]$
  - elemento con chiave  $k$  contenuto in  $V[k]$
  - al più  $n \leq m$  elementi nel dizionario

45

## Tabelle hash (*hash map*)

- Fa corrispondere una data *chiave* con un dato *valore* (*indice*) attraverso una **funzione hash**



- Usate per l'implementazione di strutture dati associative astratte come **Map** o **Set**

46

## L'INTERFACCIA `Map`

- **L'interfaccia di accesso** prevede metodi per :
  - inserire in tabella una coppia (*chiave, elemento*) `put`
  - accedere a un elemento in tabella, data la chiave `get`
  - verificare se una *chiave* è presente in tabella `containsKey`
  - verificare se un *elemento* è presente in tabella `containsValue`
- inoltre, **supporta le cosiddette "Collection views"**, ovvero metodi per recuperare *insiemi significativi*:
  - l'insieme di tutte le chiavi `keySet`
  - la collezione di tutti gli elementi `values`
  - l'insieme di tutte le righe, ovvero delle coppie (*chiave, elemento*) `entrySet`

## ESERCIZIO n° 4 – `Map`

Obiettivo: contare le occorrenze delle parole digitate sulla linea di comando.

```
import java.util.*;
public class ContaFrequenza {
    public static void main(String args[]) {
        // dichiarazione dell'oggetto m di tipo Map
        // e sua creazione come istanza di _____
        // per ciascun argomento della linea di comando
        // preleva (get) da m la sua frequenza
        // aggiorna (put) la coppia <arg,freq> in m
        // con frequenza incrementata di 1
        // stampa cardinalità (m.size) e la tabella m
    }
}
```

```
>java ContaFrequenza cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

## ESERCIZIO n° 4 – Map

Obiettivo: contare le occorrenze delle parole digitate sulla linea di comando.

```
import java.util.*;
public class ContaFrequenza {
    public static void main(String args[]) {
        Map m = new HashMap();
        for (int i=0; i<args.length; i++) {
            Integer freq = (Integer) m.get(args[i]);
            m.put(args[i], (freq==null ? new Integer(1) :
                new Integer(freq.intValue() + 1)));
        }
        System.out.println(m.size() + " parole distinte:");
        System.out.println(m);
    }
}
```

put richiede un Object, int non lo è → boxing  
In realtà, oggi il boxing è automatico → si può non scriverlo in esplicito

```
>java ContaFrequenza cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

## ESERCIZIO n° 4 – Map

Obiettivo: contare le occorrenze delle parole digitate sulla linea di comando.

```
import java.util.*;
public class ContaFrequenza {
    public static void main(String args[]) {
        Map m = new HashMap();
        for (int i=0; i<args.length; i++) {
            Integer freq = (Integer) m.get(args[i]);
            if (freq!=null) m.put(args[i], freq + 1);
            else m.put(args[i],1);
        }
        System.out.println(m.size() + " parole distinte:");
        System.out.println(m);
    }
}
```

put richiede un Object, int non lo è → boxing  
Il boxing è automatico → si può non scriverlo in esplicito

```
>java ContaFrequenza cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

## IMPLEMENTAZIONE ...

Nell'esercizio n. 4 (Map) si può scegliere fra:

- **HashMap**: tabella non ordinato, tempo d'accesso costante
- **TreeMap**: tabella ordinato, tempo di accesso non costante

Output con HashMap:

```
>java HashMapFreq cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

Output con TreeMap (*elenco ordinato*):

```
>java TreeMapFreq cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, gatto=3, pesce=1}
```

## ESERCIZIO n° 5 – SortedMap

Lo stesso esercizio con una *tabella ordinata*:

```
import java.util.*;
public class ContaFrequenzaOrd {
    public static void main(String args[]) {
        SortedMap m = new TreeMap();
        for (int i=0; i<args.length; i++) {
            Integer freq = (Integer) m.get(args[i]);
            m.put(args[i], (freq==null ? new Integer(1) :
                new Integer(freq.intValue() + 1)));
        }
        System.out.println(m.size()+" parole distinte:");
        System.out.println(m);
    }
}
```

E' possibile solo TreeMap()

```
>java ContaFrequenza cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

```
>java ContaFrequenzaOrd cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, gatto=3, pesce=1}
```

elenco ordinato!

## ESERCIZIO n° 6 – Collections

Come esempio d'uso dei metodi di **Collections** e della analoga classe **Arrays**, supponiamo di voler:

- costruire un array di elementi comparabili
  - ad esempio, un array di istanze di **Persona**, che implementi l'interfaccia **Comparable**

- ottenerne una lista `Arrays.asList(array)`

- ordinare tale lista `Collections.sort(lista)`

**OSSERVAZIONE:** `Arrays.asList` restituisce un'istanza di "qualcosa" che implementa **List**, ma non si sa (e non occorre sapere!) esattamente cosa.

## UNA Persona COMPARABILE

```
class Persona implements Comparable {
    private String nome, cognome;
    public Persona(String nome, String cognome) {
        this.nome = nome; this.cognome = cognome;
    }
    public String nome() {return nome;}
    public String cognome() {return cognome;}
    public String toString() {return nome + " " + cognome;}

    public int compareTo(Object x) {
        Persona p = (Persona) x;
        int confrontoCognomi = cognome.compareTo(p.cognome);
        return (confrontoCognomi!=0 ? confrontoCognomi :
            nome.compareTo(p.nome));
    }
}
```

Confronto lessicografico fra stringhe

## ESERCIZIO n° 6: ordinamento di liste

```
public class NameSort {
    public static void main(String args[]) {
        // definizione e creazione di un array di Persone
        // dall'array con il metodo statico Arrays.asList
        // ottieni una lista l del tipo List
        // ordina l con il metodo statico Collections.sort
        // stampa l
    }
}
```

Se il cognome è uguale, valuta il nome

```
>java NameSort
[Roberto Benigni, Edoardo Bennato, Eugenio Bennato, Bruno Vespa]
```

## ESERCIZIO n° 6: ordinamento di liste

```
public class NameSort {
    public static void main(String args[]) {
        Persona elencoPersone[] = {
            new Persona("Eugenio", "Bennato"),
            new Persona("Roberto", "Benigni"),
            new Persona("Edoardo", "Bennato"),
            new Persona("Bruno", "Vespa")
        };
        List l = Arrays.asList(elencoPersone);
        Collections.sort(l);
        System.out.println(l);
    }
}
```

Produce una List (non si sa quale implementazione!) a partire dall'array dato

Ordina tale List in senso ascendente

Se il cognome è uguale, valuta il nome

```
>java NameSort
[Roberto Benigni, Edoardo Bennato, Eugenio Bennato, Bruno Vespa]
```

## JCF : dalle interfacce alle implementazioni

## JCF: QUADRO GENERALE

		Implementations				
		Hash Table	Resizable Array	Balanced Tree	Linked List	Hash Table + Linked List
Interfaces	Set	<a href="#">HashSet</a>		<a href="#">TreeSet</a>		<a href="#">LinkedHashSet</a>
	List		<a href="#">ArrayList</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Deque		<a href="#">ArrayDeque</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Map	<a href="#">HashMap</a>		<a href="#">TreeMap</a>		<a href="#">LinkedHashMap</a>

### Implementazioni fondamentali:

- per Set: **HashSet, TreeSet, LinkedHashSet**
- per List: **ArrayList, LinkedList, Vector**
- per Map: **HashMap, TreeMap, Hashtable**
- per Deque: **ArrayDeque, LinkedList**

In particolare, di queste adottano una **struttura ad albero** *TreeSet e TreeMap*.

Classi pre-JCF, poi reingegnerizzate in accordo alle interfacce List e Map

## Vector, CHI ERA COSTUI?

- Fino a JDK 1.4, **Vector** era la forma più usata di lista
  - all'epoca, la Java Collection Framework non esisteva
- Da JDK 1.5, **JCF ha reso List la scelta primaria**
  - metodi con nomi più brevi, con parametri in ordine più naturale
  - varietà di implementazioni con diverse caratteristiche
- Perciò, **anche Vector è stato reingegnerizzato** per implementare (a posteriori..) l'interfaccia List
  - i vecchi metodi sono stati mantenuti per retro-compatibilità, ma sono stati deprecati
  - usare Vector oggi implica aderire all'interfaccia List
  - il Vector così ristrutturato è stato mantenuto anche nella JCF "generica" disponibile da JDK 1.5 in poi.

## Vector VS. List

- Il vecchio **Vector** offriva metodi come:
  - `setElementAt(elemento, posizione)`
  - `elementAt(posizione)`

### DIFETTI:

- nomi di metodi lunghi e disomogenei
- argomento *posizione* a volte come 1°, a volte come 2° argomento

- mentre il nuovo **Vector, aderente a List, usa:**
  - `set(posizione, elemento)`
  - `get(posizione)`

- Nomi brevi, chiari e coerenti con Collection
- argomento posizione sempre come 1° argomento

## Vector vs. List – ESEMPIO

### ESEMPIO:

*moltiplicazione fra due elementi di un "vettore"*

- in un array scriveremmo semplicemente:

```
v[i] = v[j].mul(v[k]);
```

- nel vecchio Vector avremmo scritto, cripticamente:

```
v.setElementAt(  
    v.elementAt(j).mul(v.elementAt(k)), i);
```

- nel nuovo Vector si può invece scrivere:

```
v.set(i, v.get(j).mul(v.get(k)) );
```

## QUALI IMPLEMENTAZIONI USARE?

		Implementations				
		Hash Table	Resizable Array	Balanced Tree	Linked List	Hash Table + Linked List
Interfaces	Set	<a href="#">HashSet</a>		<a href="#">TreeSet</a>		<a href="#">LinkedHashSet</a>
	List		<a href="#">ArrayList</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Deque		<a href="#">ArrayDeque</a>		<a href="#">LinkedList</a>	
	Map	<a href="#">HashMap</a>		<a href="#">TreeMap</a>		<a href="#">LinkedHashMap</a>

### Regole generali per Set e Map:

- **se è indispensabile l'ordinamento**, [TreeMap](#) e [TreeSet](#) (perché sono le uniche implementazioni di [SortedMap](#) e [SortedSet](#))
- **altrimenti, preferire [HashMap](#) e [HashSet](#) perché molto più efficienti** (tempo di esecuzione costante anziché  $\log(N)$ )

### Regole generali per List:

- **di norma, meglio [ArrayList](#)**, che ha *tempo di accesso costante* (anziché lineare con la posizione) essendo realizzata su array
- **preferire però [LinkedList](#)** se l'operazione più frequente è l'aggiunta in testa o l'eliminazione di elementi in mezzo

## RIPRENENDO GLI ESEMPI...

Nell'esercizio n. 2 ([Set](#)) si può scegliere fra:

- [HashSet](#): insieme non ordinato, tempo d'accesso costante
- [TreeSet](#): insieme ordinato, tempo di accesso non costante

Output con [HashSet](#):

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo  
Parola duplicata: Io  
Parola duplicata: Io  
4 parole distinte: [Io, parlo, esisto, sono]
```

ordine qualunque

Output con [TreeSet](#):

```
>java FindDups Io sono Io esisto Io parlo  
Parola duplicata: Io  
Parola duplicata: Io  
4 parole distinte: [Io, esisto, parlo, sono]
```

ordine alfabetico!

## RIPRENENDO GLI ESEMPI...

Negli esercizi n. 3 e 4 ([List](#)) si può scegliere fra:

- [ArrayList](#): i principali metodi eseguono in tempo costante, mentre gli altri eseguono in un tempo lineare, ma con una costante di proporzionalità molto più bassa di [LinkedList](#).
- [LinkedList](#): il tempo di esecuzione è quello di una tipica realizzazione basata su puntatori; implementa anche le interfacce [Queue](#) e [Deque](#), offrendo così una coda FIFO
- [Vector](#): versione reingegnerizzata e sincronizzata di [ArrayList](#)

L'output però non varia al variare dell'implementazione, in ossequio sia al concetto di lista come *sequenza* di elementi, sia alla semantica di `add` come "append":

```
java EsList cane gatto pappagallo canarino cane canarino pescerosso  
[cane, gatto, pappagallo, canarino, cane, canarino, pescerosso]  
[cane, gatto, canarino, pappagallo, cane, canarino, pescerosso]
```

## RIPRENDENDO GLI ESEMPI...

Nell'esercizio n. 5 (Map) si può scegliere fra:

- **HashMap**: tabella non ordinato, tempo d'accesso costante
- **TreeMap**: tabella ordinato, tempo di accesso non costante

Output con HashMap:

```
>java HashMapFreq cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, pesce=1, gatto=3}
```

Output con TreeMap (elenco ordinato):

```
>java TreeMapFreq cane gatto cane gatto gatto cane pesce
3 parole distinte: {cane=3, gatto=3, pesce=1}
```

JCF "classica":  
limiti e problemi

## UNA SCELTA.. DISCUTIBILE: OPERAZIONI "OPZIONALI"

- Per mantenere ridotto il numero di interfacce, si è scelto di **NON definire una nuova interfaccia per ogni variante di una data struttura dati**.
- Si è preferito marcare **alcune operazioni** come **opzionali**
  - una implementazione non è tenuta a fornirle: se non le fornisce, deve lanciare una *UnsupportedOperationException*.
  - tuttavia, tutte le implementazioni fornite dalla JCF supportano *tutte* le operazioni dichiarate dalle interfacce.
- Per facilitare l'implementazione di queste interfacce, sono spesso disponibili *classi astratte* contenenti implementazioni *parziali* ("skeleton implementations")

## JCF "CLASSICA": PROBLEMI

- Usare il tipo **Object** per definire *contenitori generici* causa in realtà **vari problemi**
  - equivale ad abolire il controllo di tipo: ciò rende possibili **operazioni sintatticamente corrette**
    - ossia, che si compilano normalmente
  - ma **semanticamente errate**
    - ossia, che danno luogo a errori a run-time
- Conseguenza: **il linguaggio non è "type safe"**, ossia **la correttezza è affidata a "commenti sul corretto uso"**.

## ESEMPIO (1/3)

Supponiamo che una classe definisca la funzione:

```
public static void fillMyDoubleList(List dlist){
    // presuppone che dlist sia una lista di Double
    for(int i=1; i<=16; i++){
        dlist.add(new Double(Math.sqrt(i++)));
    }
}
```

- Questa funzione, *come dice il commento*, presuppone che le venga passata una lista di Double
- Tuttavia, il tipo del parametro formale è semplicemente List (sottinteso: di Object): *nulla esprime formalmente il vincolo che la lista sia composta di soli Double !*

## ESEMPIO (2/3)

Coerentemente, un cliente dovrebbe usarla così:

```
List listOfDouble = new LinkedList();
fillMyDoubleList(listOfDouble);
for (Object x : listOfDouble) {
    double d = (Double) x; // OK.. in teoria!
}
```

VINCOLO SEMANTICO INESPRESSO: la lista conterrà solo dei Double

ma.. *cosa succede se un cliente invece la usa così ??*

```
List listOfIntegers = new LinkedList();
fillMyDoubleList(listOfIntegers);
for (Object x : listOfIntegers) {
    int k = (Integer) x; // SI COMPILA, MA...
}
```

VINCOLO SEMANTICO VIOLATO, ma nessuno se ne accorge..!!

## ESEMPIO (3/3)

A run time, però, succede il disastro!

```
Exception in thread "main"
java.lang.ClassCastException:
java.lang.Double cannot be cast to java.lang.Integer
    at Esempio0.test1(Esempio0.java:30)
    at Esempio0.main(Esempio0.java:14)
```

### PERCHÉ È SUCCESSO?

Sebbene formalmente tutto si compili, *in realtà è stato violato un vincolo di progetto*, perché:

- il progettista di fillMyDoubleList ipotizzava che la lista fosse destinata a contenere solo valori Double
- il progettista del main ha passato però una lista destinata a contenere degli Integer *e l'ha usata come tale*

## IL NOCCIOLO DEL PROBLEMA

```
List listOfIntegers = new LinkedList();
fillMyDoubleList(listOfIntegers);
for (Object x : listOfIntegers) {
    int k = (Integer) x; // SI COMPILA, MA...
}
```

- Il problema non sta ovviamente nell'aver passato alla funzione fillMyDoubleList una lista chiamata listOfIntegers, ma nel fatto che *questo nome sottintendeva un'ipotesi di progetto* che così facendo è stata violata.
- Ergo, quando poi il progettista ha *usato quell'ipotesi per accedere alla lista, è accaduto il disastro*, perché l'assunto che essa contenesse solo valori interi – cruciale per la correttezza del cast – si è rivelato falso.

## CONCLUSIONE

Nonostante la compilazione si sia svolta correttamente, indicando che non vi erano errori, in realtà *il programma era comunque sbagliato*.

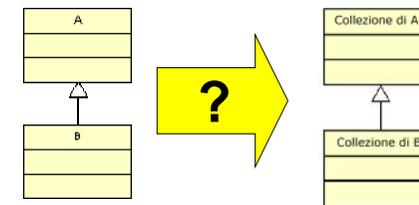
**MORALE: Il linguaggio non è "type safe" (sicuro sotto il profilo dei tipi), perché non garantisce che un programma che passi la compilazione sia corretto!**

Purtroppo, non è finita qui: ulteriori problemi nascono con l'ereditarietà.

## UN ALTRO PROBLEMA

**DOMANDA:** se il tipo B è un sottotipo di A, è lecito concludere che, di conseguenza, il tipo "collezione di B" sia un sottotipo della "collezione di A" ?

**Ad esempio:** poiché Integer deriva Object, è lecito dire che, di conseguenza, gli "array di Integer" sono un sottotipo degli "array di Object" ...?



## ESPERIMENTO

```
Integer[] arrayOfIntegers = new Integer[4];
arrayOfIntegers[0] = new Integer(12);
Object[] arrayOfObjects = arrayOfIntegers;
```

- Se questo assegnamento passa, significa che per Java gli array di Integer sono effettivamente un sottotipo degli array di Object.
- Proviamo:

```
Output completed (0 sec consumed) - Normal Termination
```

- Dunque, per Java gli array di Integer sono un sottotipo degli array di Object.
- **MA.. sarà la scelta giusta?? Cosa implica?**

## IL PROBLEMA

Cosa succede però se adesso si scrive.. *questo?*

```
Integer[] arrayOfIntegers = new Integer[4];
arrayOfIntegers[0] = new Integer(12);
Object[] arrayOfObjects = arrayOfIntegers;
...
arrayOfObjects[1] = "ciao";
```

- Poiché una stringa è un Object, *l'assegnamento è formalmente corretto, ma non ha senso*, perché l'array "vero" che c'è sotto è di Integer e non può ospitare stringhe!
- **CONSEGUENZA:** come prima, la compilazione passa, ma poi..

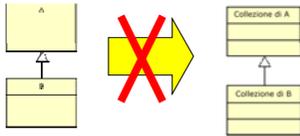
```
Exception in thread "main"
java.lang.ArrayStoreException: String
```

## CONCLUSIONE

Di nuovo, **nonostante la compilazione si sia conclusa senza errori, il programma è sbagliato.**

***Di nuovo, Il linguaggio non è "type safe" neppure sotto il profilo dell'ereditarietà***

Evidentemente, non è lecito dedurre che, **se il tipo B è un sottotipo di A**, allora il tipo "collezione di B" è un sottotipo del tipo "collezione di A" .



***Serve un approccio totalmente nuovo.***