

Strutture Dati nella piattaforma Java: Java Collections Framework

STRUTTURE DATI IN JAVA

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

UN PO' DI DOCUMENTAZIONE IN RETE

The Collections Framework:

<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/collections/overview.html>

Documentazione Sun:

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

(<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/collections/overview.html>)

Gerarchia delle interfacce (la vediamo subito):

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/interfaces/index.html>

Classe Collections:

<http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/java/util/Collections.html>

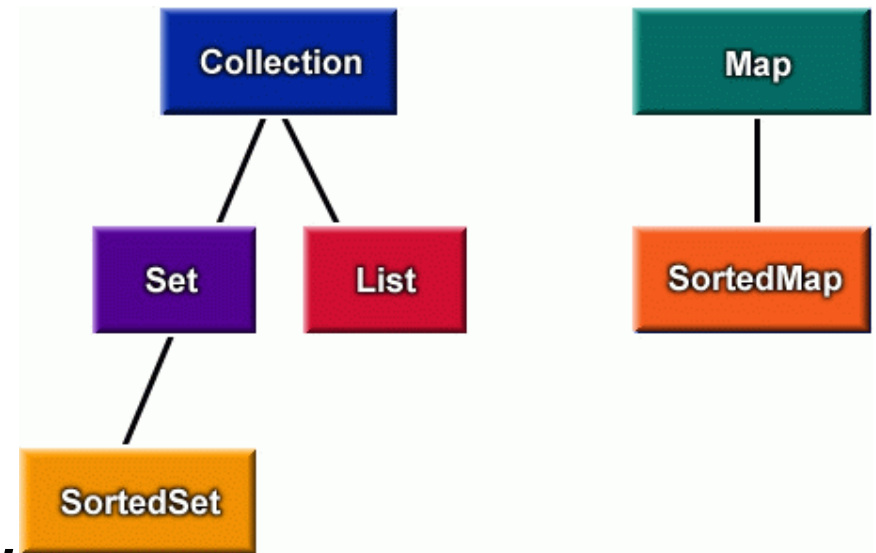
JCF: Interfacce (1)

JAVA COLLECTIONS 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 associativa*, ossia tabella che associa chiavi a valori
- ***SortedMap***: una mappa (tabella) *ordinata*



Criteri-guida per la definizione delle interfacce:

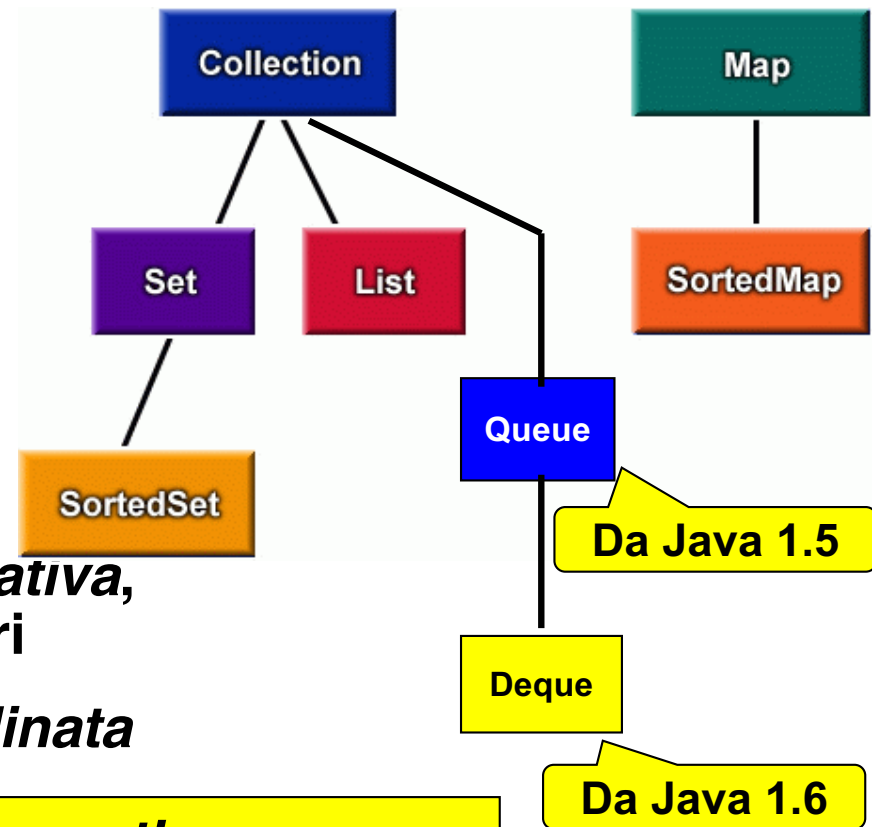
- **Minimalità** – prevedere solo metodi *davvero basilari*...
- **Efficienza** – ...o che *migliorino nettamente le prestazioni*

JAVA COLLECTIONS 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 associativa*, 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!)
- ***Deque***: inserzione e rimozione da entrambi i capi della lista



L'INTERFACCIA Collection

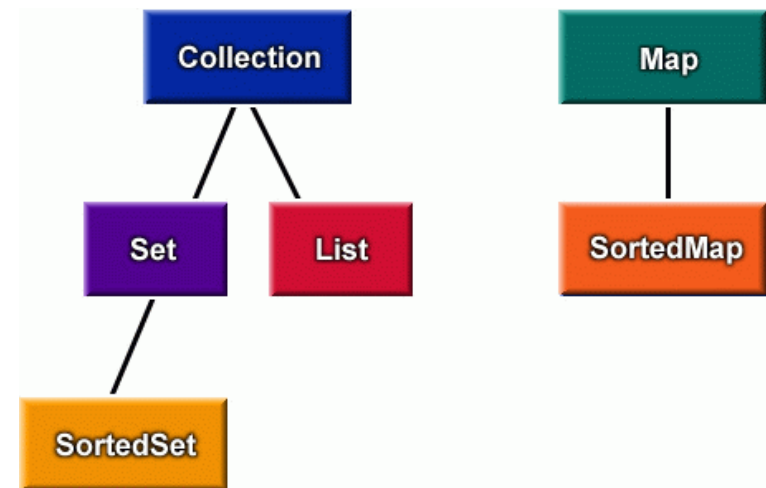
Collection introduce l'idea di **collezione** di elementi

- 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 :
 - aggiungere un elemento 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

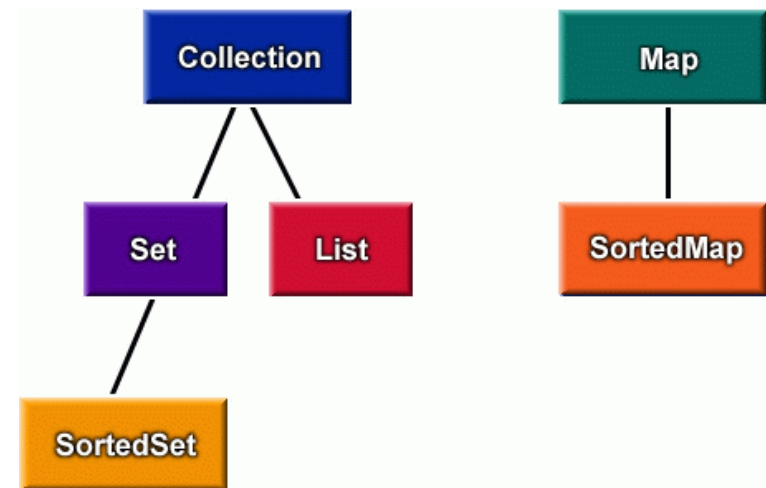
- in quanto insieme, *non ammette elementi duplicati e non ha una nozione di sequenza o di posizione*
- ***l'interfaccia di accesso*** non cambia sintatticamente, ma ***si aggiungono vincoli al contratto d'uso:***
 - **add** aggiunge un elemento solo se esso non è già presente
 - **equals** assicura 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

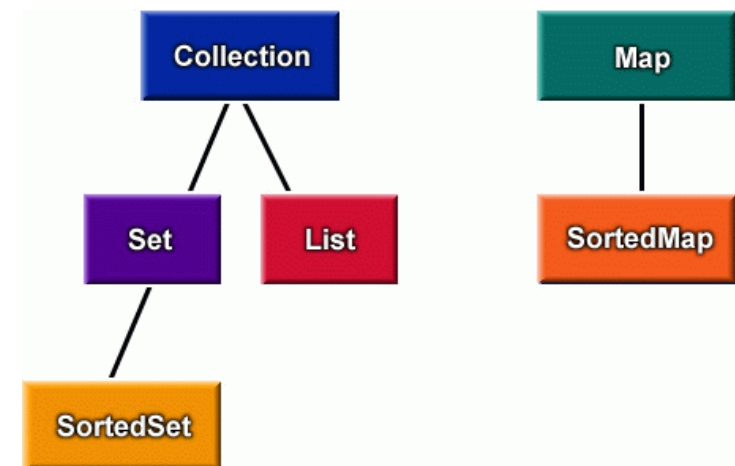
- *tipicamente ammette duplicati*
- in quanto sequenza, ha una nozione di *posizione*
- ***l'interfaccia di accesso*** aggiunge sia *vincoli al contratto d'uso*, sia *nuovi metodi per l'accesso posizionale*
 - **add** aggiunge un elemento in fondo alla lista (append)
 - **equals** è vero se gli elementi 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.

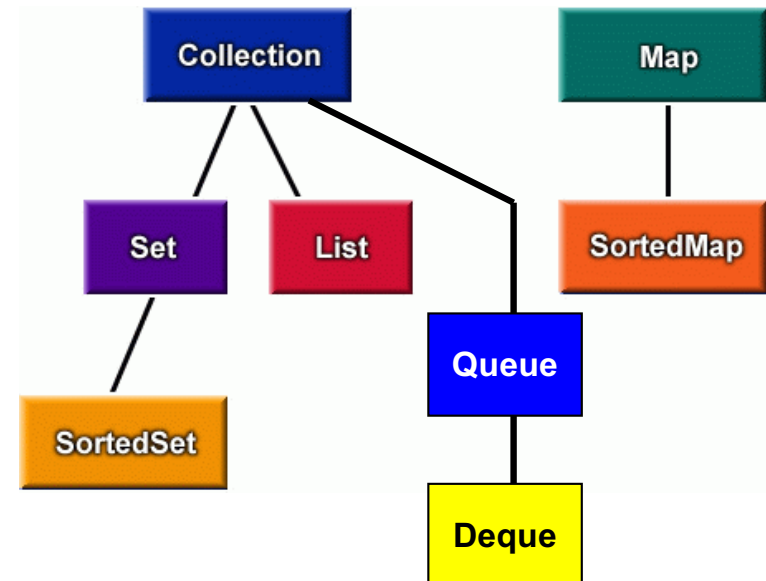


LE INTERFACCE Queue E Deque

Queue ($\geq$ JDK 1.5) specializza Collection introducendo l'idea di **coda** 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 ($\geq$ JDK 1.6) specializza Queue con l'idea di **doppia coda** (in cui si possono inserire/togliere elementi da ambo le estremità)



JCF: Classi

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	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
	List		ArrayList		LinkedList	
	Deque		ArrayDeque		LinkedList	
	Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap

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* (implementano *SortedSet* e *SortedMap*)

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

Qualche esempio
(ed esercizio)

JCF: ALCUNI ESEMPI

- a) Uso di Set per operare su un insieme di elementi
 - esempio: un elenco di parole senza doppioni (Esercizio n.1)
 - Iterando sull'insieme(Esercizio n. 1bis)
- b) Uso di List per operare su una sequenza di elementi
 - Iterando sulla sequenza (Esercizio n. 2)
 - o iterando dal fondo con un iteratore di lista (Esercizio n.3)
 - scambiare due elementi nella lista (Esercizio 2bis)
- 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 il metodo **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(args[i])) 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]
```



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**

s.toString()

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

INTERFACCE E IMPLEMENTAZIONI

		Implementations				
		Hash Table	Resizable Array	Balanced Tree	Linked List	Hash Table + Linked List
Interfaces	Set	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
	List		ArrayList		LinkedList	
	Deque		ArrayDeque		LinkedList	
	Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap

ESERCIZIO n° 1 – Set

```
import java.util.*;

public class FindDups {
    public static void main(String args[]) {
        Set s = new TreeSet();
        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);
    }
}
```

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: [esisto, Io, parlo, sono]
```

ordine alfabetico!

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 contatore 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

ITERATORI

Un *iteratore* è una entità capace di **garantire l'attraversamento di una collezione** con una semantica chiara e ben definita (*anche se la collezione venisse modificata*)

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

Di fatto, un iteratore offre un **metodo next** per esplorare uno ad uno gli elementi della collezione: il **metodo hasNext** permette di sapere quando non ci sono più elementi.

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

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**

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



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 – ArrayList

- Il problema: creiamo una **lista** di parole
 - ad esempio, gli argomenti della riga di comando
- e poi:
 - Stampiamole una per linea, utilizzando un iteratore

- A questo fine, usiamo un'istanza di **List**
 - Definiamo l'implementazione (ad es., ArrayList)
- e poi:
 - Creiamo l'Iterator
 - e stampiamo ciascuna parola

ESERCIZIO n° 2 – List

```
import java.util.*;
public class IteraStampa {
    public static void main(String args[]){
        List al = new ArrayList();
        for (int i=0; i<args.length; i++) al.add(args[i]);
        Iterator itr = al.iterator();
        while(itr.hasNext())
        { String element = (String)itr.next();
          System.out.print("Parola: "+ element);
          System.out.println();
        }
    }
}
```

```
>java IteraStampa Io sono Io esisto
Parola: Io
Parola: sono
Parola: Io
Parola: esisto
```

ESERCIZIO n° 2 – ArrayList

- Il problema: creiamo una **lista** di parole
 - ad esempio, gli argomenti della riga di comando
- e poi:
 - Stampiamole una per linea, utilizzando un iteratore

```
for (Iterator itr = al.iterator(); itr.hasNext(); )  
    { /* operazioni su x = itr.next() */ }
```

- A questo fine, usiamo un'istanza di **List**
 - Definiamo l'implementazione (ad es., ArrayList)
- e poi:
 - Creiamo l'Iterator
 - e stampiamo ciascuna parola con ciclo **for**

ESERCIZIO n° 2 – List

```
import java.util.*;
public class IteraStampa {
    public static void main(String args[]){
        List al = new ArrayList();
        for (int i=0; i<args.length; i++)
            al.add(args[i]);
        for( Iterator itr = al.iterator(); itr.hasNext(); )
        { String element = (String) itr.next();
          System.out.print("Parola: "+ element);
          System.out.println();
        }
    }
}
```

```
>java IteraStampa Io sono Io esisto
Parola: Io
Parola: sono
Parola: Io
Parola: esisto
```

ITERATORI e NUOVO COSTRUTTO `for`

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

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

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

- 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.

Il nuovo `for` si applica anche agli array, e vale anche per qualunque collezione, di qualunque tipo

Esempio enhanced for

Lavora su *collezioni* e *array*

```
class EnhancedForDemo
{ public static void main(String[] args)
  { int[] numbers = {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
    for (int item : numbers)
      { System.out.println("Vale: " + item); }
  }
}
```

Vale: 1

Vale: 2

Vale: 3

etc etc

ESERCIZIO n° 2 – List

```
import java.util.*;
public class IteraStampa {
    public static void main(String args[]){
        List al = new ArrayList();
        for (int i=0; i<args.length; i++)
            al.add(args[i]);
        for(Object element1: al )
        { String element = (String) element1;
          System.out.print("Parola: "+ element);
          System.out.println();
        }
    }
}
```

```
>java IteraStampa Io sono Io esisto
Parola: Io
Parola: sono
Parola: Io
Parola: esisto
```

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((String) i.previous()+" ");  
    }  
}
```

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

ESERCIZIO n° 3 – List

```
import java.util.*;
public class IteraStampa {
    public static void main(String args[]){
        List al = new ArrayList();
        for (int i=0; i<args.length; i++)
            al.add(args[i]);
        for( ListIterator itr = al.listIterator(al.size());
            itr.hasPrevious(); )
        { String element = (String) itr.previous();
          System.out.print("Parola: "+ element);
          System.out.println();
        }
    }
}
```

```
>java IteraStampa Io sono Io esisto
Parola: esisto
Parola: Io
Parola: sono
Parola: Io
```

ESERCIZIO n° 2bis – 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]
```

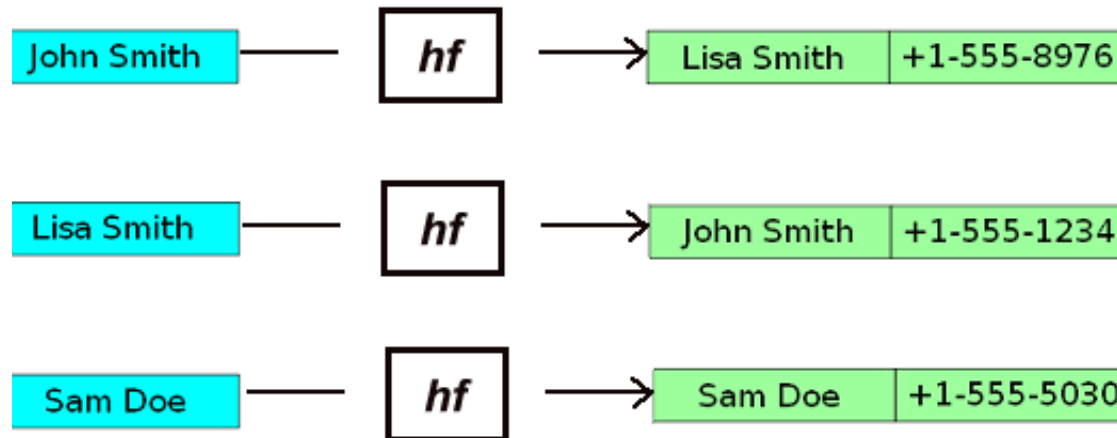
JCF: Interfacce (2)

L'INTERFACCIA Map

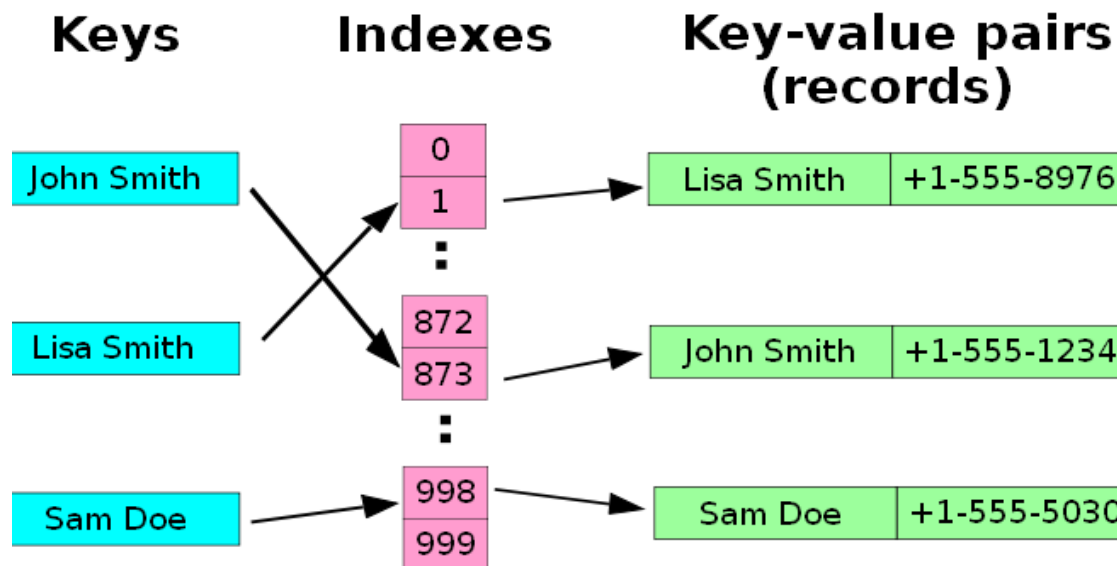
Map introduce l'idea di *tabella di elementi*, ognuno *associato univocamente a una chiave identificativa*.

- 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

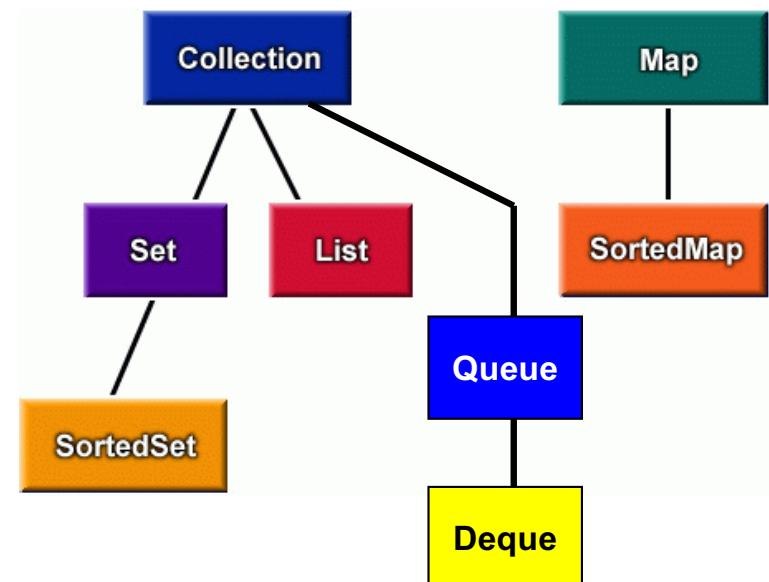
L'INTERFACCIA Map

- **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.



Qualche altro esempio
(ed esercizio)

JCF: ALCUNI ESEMPI

- a) Uso di Set per operare su un insieme di elementi
 - esempio: un elenco di parole senza doppioni (Esercizio n.1)
 - Iterando sull'insieme(Esercizio n. 1bis)
- b) Uso di List per operare su una sequenza di elementi
 - Iterando sulla sequenza (Esercizio n. 2)
 - o iterando dal fondo con un iteratore di lista (Esercizio n.3)
 - scambiare due elementi nella lista (Esercizio 2bis)
- 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° 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

parola

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, che in questo esempio è il campo *parola*):

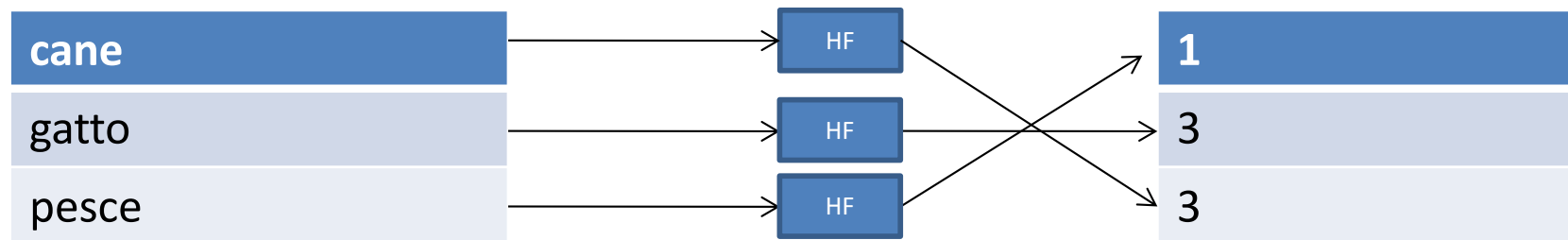
- Liste $O(n)$
- Alberi binari di ricerca non bilanciati $O(n)$
- Alberi binari di ricerca bilanciati $O(\log_2 n)$
- **Tabelle hash** 1

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

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**

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

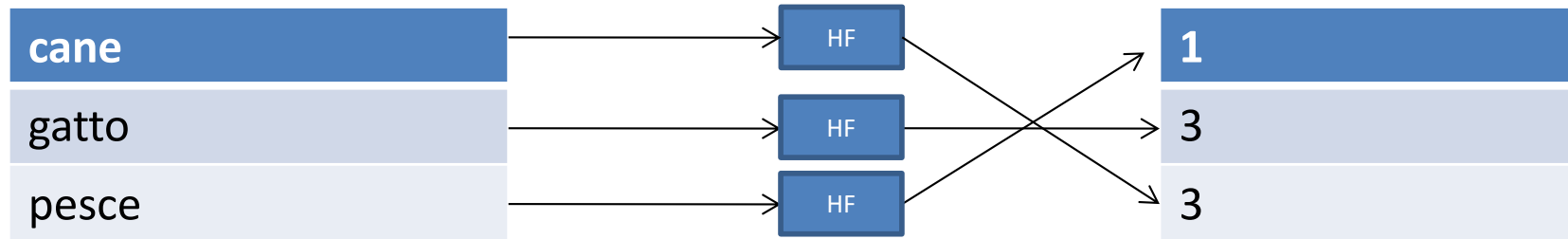
Obiettivo: contare le occorrenze delle parole digitate sulla linea di comando.

```
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



```
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}
```

OBIETTIVO: GENERICITÀ

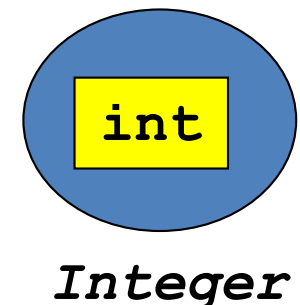
- Nella JCF "classica" ($\leq$ JDK 1.4) il mezzo per ottenere *collezioni di elementi generici* è stata l'adozione del *tipo "generico" Object* come *tipo dell'elemento*
 - i metodi che aggiungono / tolgono *oggetti* dalle collezioni prevedono un *parametro di tipo Object*
 - i metodi che cercano / restituiscono *oggetti* dalle collezioni prevedono un *valore di ritorno Object*
 - rischi di *disuniformità* negli oggetti contenuti
 - problemi di *correttezza* nel type system (*downcasting*)

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 !
- **SOLUZIONE:** *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 l = new ArrayList();  
l.add(21); // OK da Java 1.5 in poi  
int i = (Integer) l.get();
```

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

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 ordinata, tempo d'accesso costante
- **TreeMap**: tabella ordinata, 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]);
            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);
    }
}
```

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!

OBIETTIVO: GENERICITÀ

- **Nella JCF "classica"** ($\leq$ JDK 1.4) il mezzo per ottenere *collezioni di elementi 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)*

ESEMPIO n° 4 bis– Map

Creazione di una tabella di numeri, dove il nome del numero è la chiave. Usiamo i tipi per specializzare la tabella generica:

```
import java.util.*;
public class TabellaNumeri {
    public static void main(String args[]) {
        Map<String, Integer> numbers =
            new Hashtable<String, Integer>();
        numbers.put("one", 1);
        numbers.put("two", 2);
        numbers.put("three", 3);
        // ricerca di un numero, in base al nome
        Integer n = numbers.get("two");
        if (n != null)
            { System.out.println("two = " + n);}
        else {System.out.println("nessun numero"); }
    }
}
```

ESERCIZIO n° 4 ter – Map

L'esercizio 4 con Map, rivisto ...cambia poco

```
import java.util.*;
public class ContaFrequenza {
    public static void main(String args[]) {
        Map<String, Integer> m =
            new Hashtable<String, Integer>();
        for (int i=0; i<args.length; i++) {
            Integer freq = Integerm.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);
    }
}
```

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

JCF: la classe Collections

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:

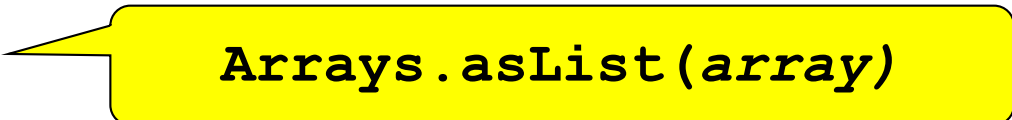
- **sort(List): ordina una lista con una versione migliorata di merge sort che garantisce tempi dell'ordine di $n \cdot \log(n)$**
 - NB: l'implementazione copia la lista in un array e ordina quello, poi lo ricopia nella lista: così facendo, evita il calo di prestazioni a $n^2 \cdot \log(n)$ che si avrebbe 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.

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	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
	List		ArrayList		LinkedList	
	Deque		ArrayDeque		LinkedList	
	Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap

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

QUALI IMPLEMENTAZIONI USARE?

		Implementations				
		Hash Table	Resizable Array	Balanced Tree	Linked List	Hash Table + Linked List
Interfaces	Set	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
	List		ArrayList		LinkedList	
	Deque		ArrayDeque		LinkedList	
	Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap

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