Sommario

Collezioni di oggetti (1)

La libreria standard di Java fornisce una serie di classi che consentono di lavorare con gruppi di oggetti (collezioni)

Tali classi della libreria standard prendono il nome di Java Collections Framework

Sono tutte classi contenute nel package `java.util` della libreria standard di Java

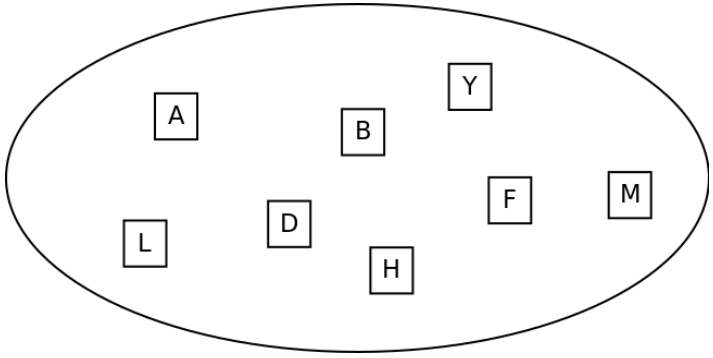
La classe Vector, che consente di lavorare con sequenze di oggetti indicizzate, fa parte del Java Collections Framework

Collezioni di oggetti (2)

Il Java Collections Framework prevede due tipologie principali di collezione: insiemi e liste

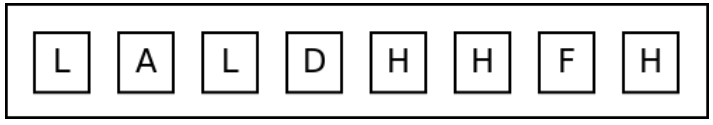
Un insieme corrisponde a un gruppo di oggetti tutti distinti tra loro

- gli elementi possono (facoltativamente) essere mantenuti secondo qualche ordinamento

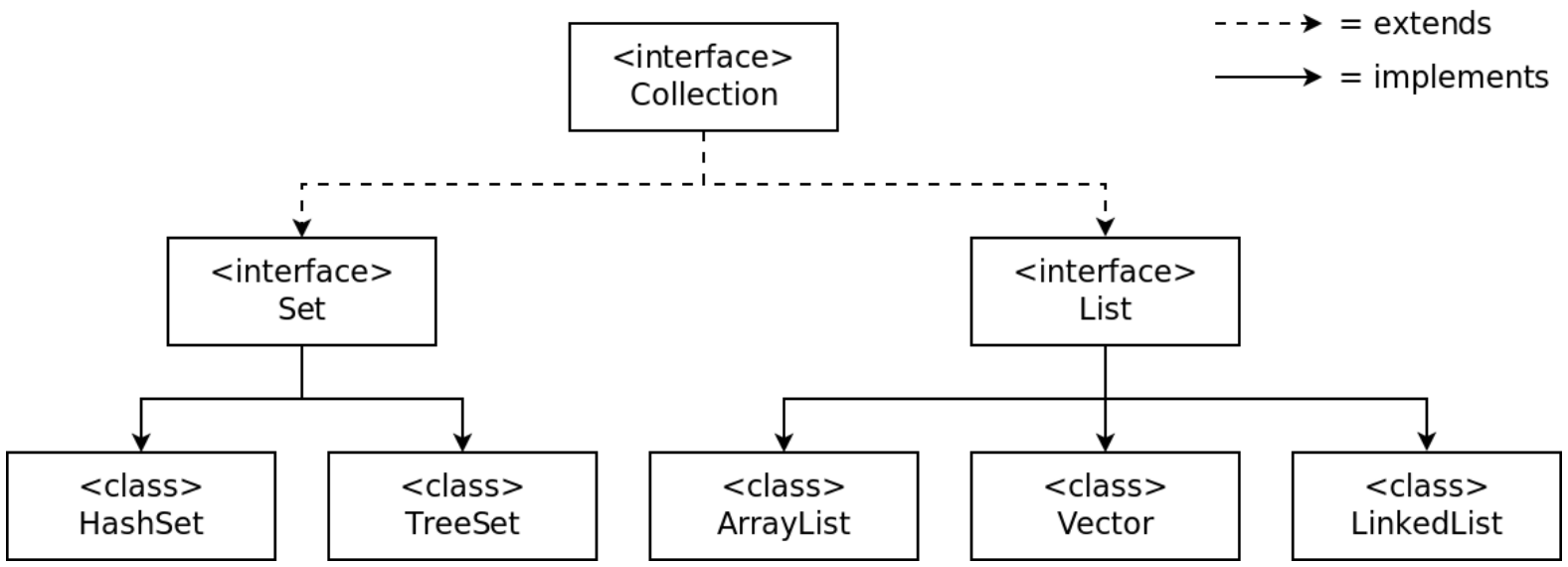


Una lista corrisponde a un gruppo di oggetti in cui possiamo avere elementi ripetuti

- in questo caso gli oggetti sono generalmente mantenuti in ordine di inserimento



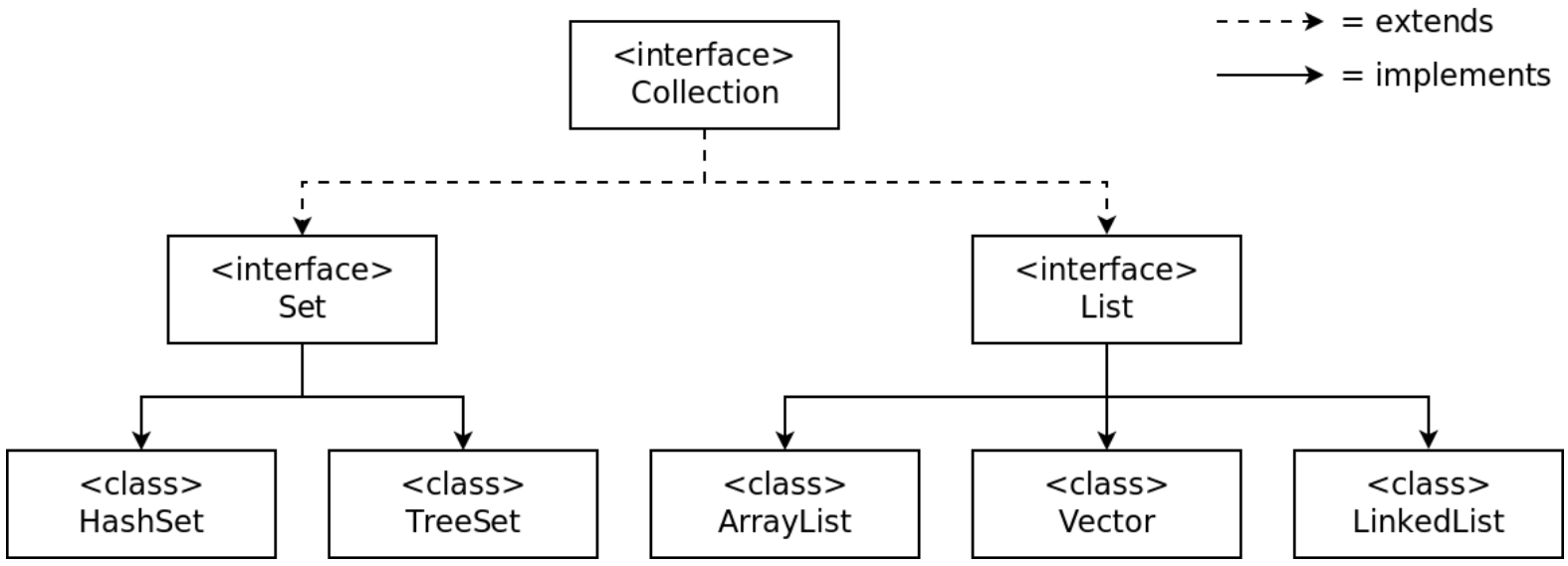
Interfacce e Classi del Java Collections Framework (1)



Il Java Collections Framework descrive le caratteristiche generali delle principali tipologie di collezioni tramite opportune interfacce

- `Collection` è l'interfaccia che descrive genericamente le funzionalità di una collezione
- `Set` è l'interfaccia (estensione di Collection) che descrive le funzionalità di un insieme
- `List` è l'interfaccia (estensione di Collection) che descrive le funzionalità di una lista

Interfacce e Classi del Java Collections Framework (2)

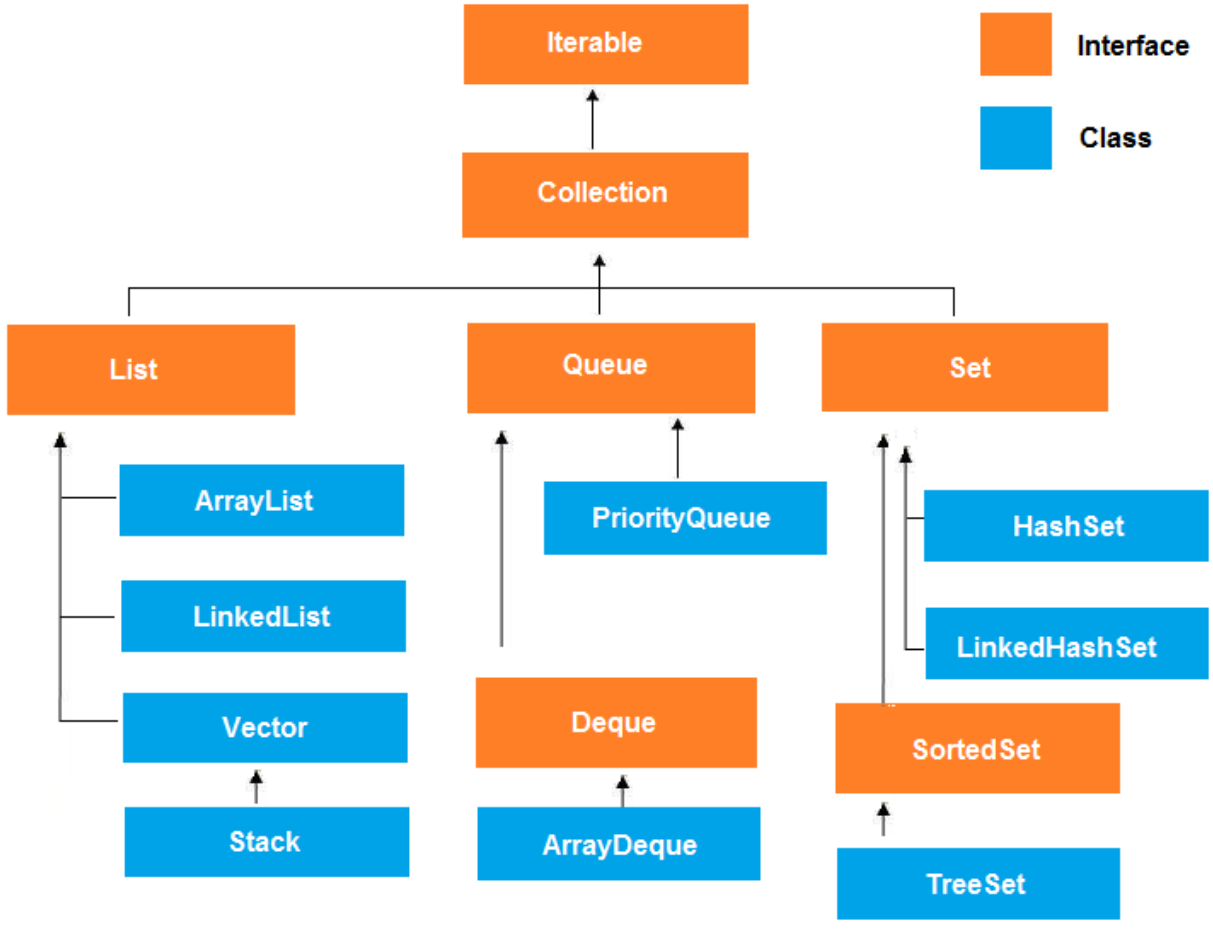


Inoltre, il framework fornisce una serie di implementazioni di queste interfacce, tra cui:

- `HashSet` implementa l'interfaccia Set non mantenendo gli elementi in nessun ordine particolare
- `TreeSet` implementa l'interfaccia Set mantenedo gli elementi secondo un loro ordine naturale (ordinamento numerico, lessicografico, ecc...)
- `Vector` e `ArrayList` implementano l'interfaccia List tramite array dinamici (ridimensionabili)
- `LinkedList` implementa l'interfaccia List tramite liste concatenate

Interfacce e Classi del Java Collections Framework (3)

In realtà la gerarchia di classi è anche più articolata:



Per gli scopi di questa lezione è sufficiente lo schema semplificato visto prima...

Attenzione!

Nel resto della lezione verranno descritte le principali classi del Java Collection Framework
La descrizione si baserà su concetti ed esempi. Per i dettagli sui metodi implementati nella varie classi si veda la documentazione della libreria standard di Java (Java API).

L'Interfaccia `Collection`

L'interfaccia `Collection` indica i metodi che devono essere presenti in una classe che descrive una generica collezione di oggetti

- non si fanno assunzioni sulla natura di tale collezione (elementi ripetuti o meno, ordinamento degli elementi, ecc...)
- perciò, l'interfaccia 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 il numero di elementi della collezione `size`
  - generare un array con gli elementi della collezione `toArray`
  - verificare se due collezioni sono "uguali" `equals`
  - ... e altri ... (si veda la doc. della libreria di Java)

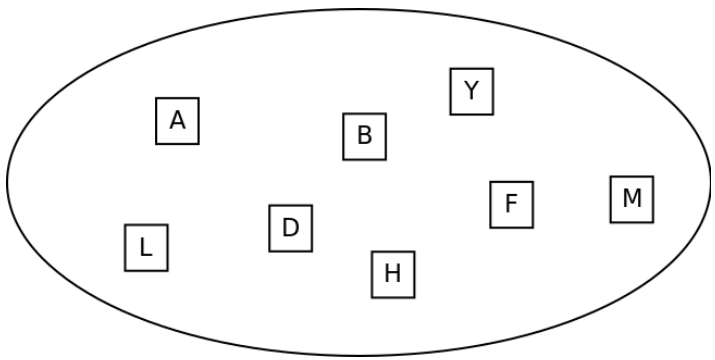
I metodi `add` e `remove` prendono come parametro l'elemento da aggiungere/rimuovere, non la sua posizione.

Abbiamo già visto molti di questi metodi quando abbiamo parlato di `Vector` (che implementa `Collection`).

L'Interfaccia Set

L'interfaccia `Set` estende `Collection` introducendo l'idea di insieme di elementi

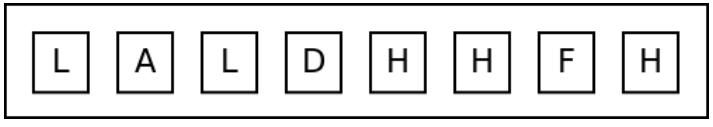
- in quanto insieme, non ammette elementi duplicati e non ha una nozione di sequenza o di posizione
- non aggiunge nessun metodo in più rispetto a `Collection`. Pone però dei vincoli sull'uso dei metodi:
  - `add` aggiunge un elemento solo se esso non è già presente
  - `equals` restituisce `true` se i due `Set` confrontati contengono gli stessi elementi indipendentemente dall'ordine



L'Interfaccia `List`

L'interfaccia `List` estende `Collection` introducendo l'idea di sequenza di elementi

- tipicamente ammette elementi duplicati
- in quanto sequenza, ha una nozione di posizione
- pone però dei vincoli sull'uso dei metodi di `Collection`, e aggiunge ad essi alcuni nuovi metodi per l'accesso posizionale
  - `add` aggiunge un elemento in ultima posizione (append)
  - `equals` restituisce `true` se i due `List` confrontati contengono gli stessi elementi nelle stesse posizioni
  - nuovi metodi `add`, `remove`, `get` che agiscono sulla posizione passata loro come parametro



La classe `HashSet`

La classe `HashSet` è l'implementazione di `Set` che viene utilizzata più comunemente

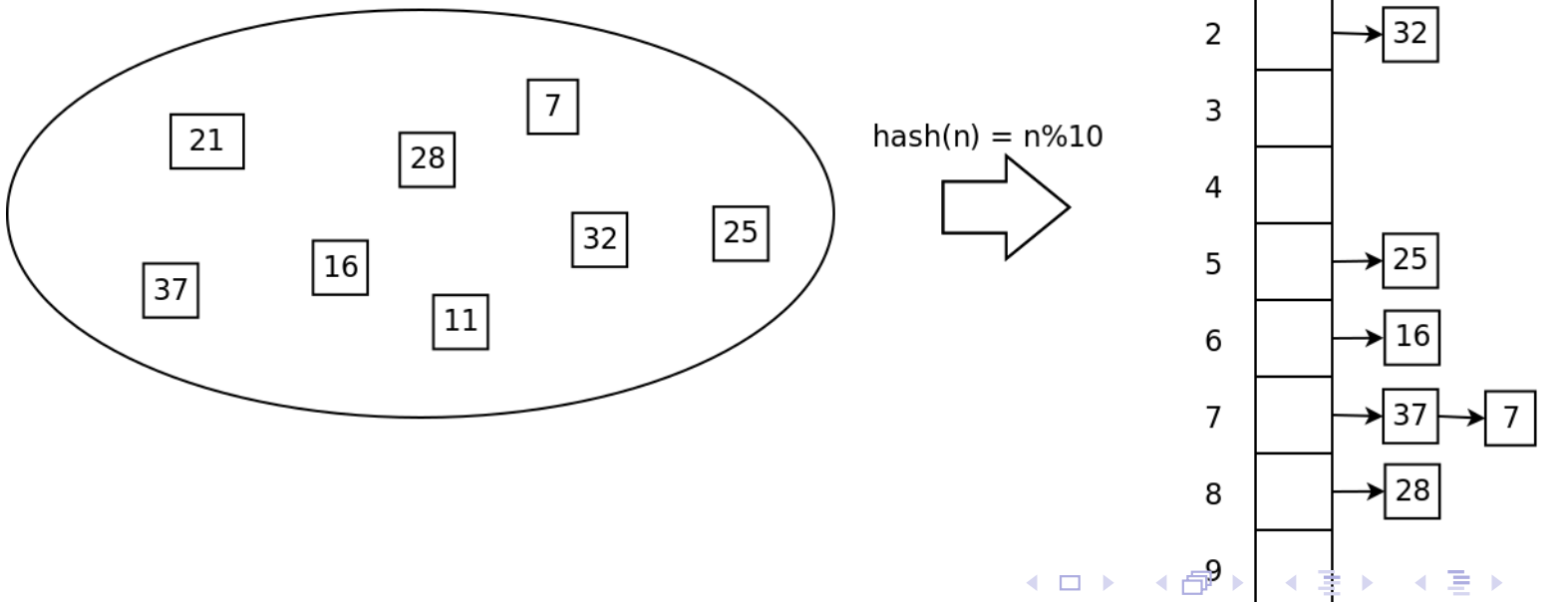
La classe `HashSet` è implmentata in modo da rendere particolarmente efficienti le operazioni di inserimento, ricerca e cancellazione di un elemento

- Utilizza al suo interno una tabella hash
- Le operazioni possono essere eseguite in tempo costante (ossia indipendente dal numero di elementi contenuti nell'insieme)

In breve: le tabelle hash

Una tabella hash rappresenta un insieme come un array di liste

- usa una funzione hash che, dato un elemento, restituisce un numero
- dato un elemento *e* dell'insieme, la lista che lo conterrà è quella che si trova in posizione *hash*(*e*) dell'array
- se la funzione hash riesce a "spalmare" bene gli elementi nelle posizioni, le operazioni di ricerca, inserimento e cancellazione di un elemento diventano veloci (accesso diretto alla posizione giusta dell'array e scansione di una breve lista)



Esempio di HashSet

Programma che chiede all'utente di inserire 10 parole, e stampa un messaggio ogni volta che si inserisce una parola già inserita in precedenza.

- sfrutta il fatto che il metodo add di Set restituisce `false` se l'elemento non era presente

```
import java.util.HashSet;
import java.util.Scanner;

public class ParoleRipetute {
  public static void main(String[] args) {

    Scanner input = new Scanner(System.in);
    HashSet<String> set = new HashSet<String>();

    for (int i=0; i<10; i++) {
      String s = input.nextLine();
      // cerca di inserire s in set, se gia' presente stampa un msg.
      if (!set.add(s))
        System.out.println("Parola ripetuta: " + s);
    }
  }
}
```

Altro esempio di HashSet

Programma che simula il gioco della tombola, ma in cui i numeri vengono rimessi nel sacchetto dopo l'estrazione. Quante estrazioni ci vogliono prima di vedere tutti e 90 i numeri?

```
import java.util.HashSet;
import java.util.Random;

public class TombolaConRipetizioni {
  public static void main(String[] args) {

  HashSet<Integer> numeriEstratti = new HashSet<Integer>();
  Random generator = new Random();

  int cont=0;
  while (numeriEstratti.size()!=90) {
    cont++;
    int numero = 1+generator.nextInt(90);
    numeriEstratti.add(numero);
    System.out.println(cont+": "+numero+" ("+numeriEstratti.size()+")
  }
  }
}
```

La classe `TreeSet`

La classe `TreeSet` è l'implementazione di `Set` che viene utilizzata quando è utile mantenere gli elementi ordinati (secondo il loro ordine naturale)

Esempi di situazioni in cui è conveniente mantenere un insieme ordinato:

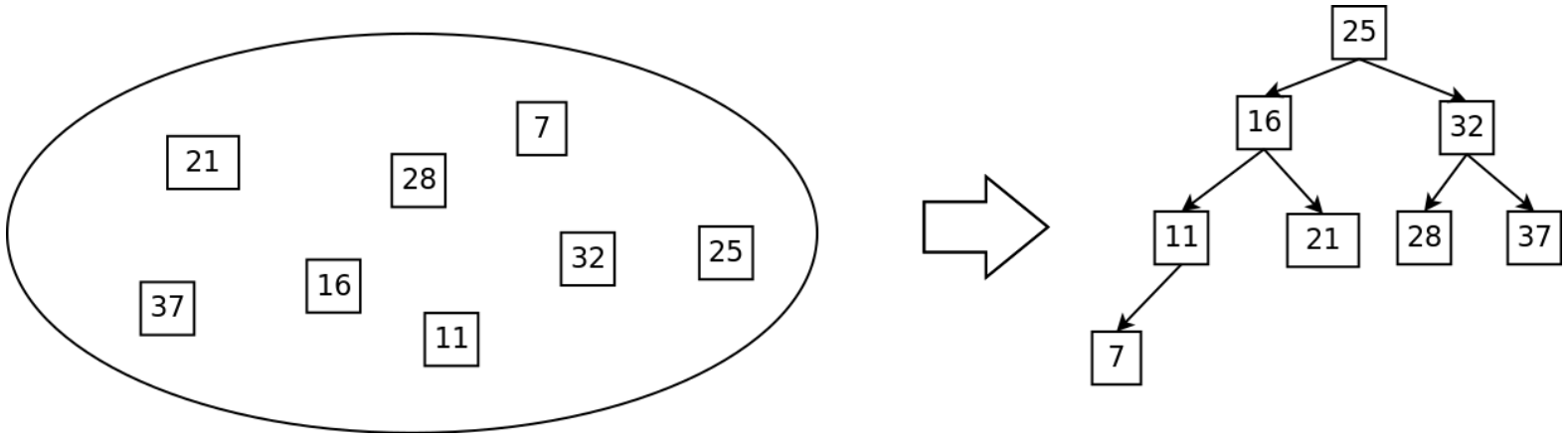
- quando si deve frequentemente visualizzare o rappresentare gli elementi dell'insieme in modo ordinato
- quando si devono frequentemente confrontare due insiemi (confrontare due insiemi ordinati è più facile che confrontare due insiemi disordinati)

La classe `TreeSet` è implementata in modo da rendere per quanto possibile efficienti le operazioni di inserimento, ricerca e cancellazione di un elemento

- Utilizza al suo interno una rappresentazione ad albero
- Le operazioni possono essere eseguite in tempo logaritmico rispetto al numero di elementi dell'insieme

In breve: la rappresentazione ad albero

Un insieme ordinato può essere rappresentato da un albero binario



Per vedere se un elemento è presente

- si parte dalla radice dell'albero
- si scende a destra o a sinistra a seconda che l'elemento cercato sia minore o maggiore di quello corrente
- si ripete il procedimento finchè non si trova l'elemento e non si raggiunge una foglia

Questo procedimento di ricerca richiede di fare circa $log_2(n)$ passi, se l'insieme contiene n elementi.

Esempio di TreeSet

Programma che inserisce 10 stringhe in un HashSet e in un TreeSet e stampa il contenuto delle due strutture dati.

```
import java.util.*;

public class TestSet {
  public static void main(String[] args) {
    HashSet s1 = new HashSet<String>();
    riempiSet(s1);
    System.out.println("s1 = " + s1);

    TreeSet s2 = new TreeSet<String>();
    riempiSet(s2);
    System.out.println("s2 = " + s2);
  }

  // l'uso dell'interfaccia Set per il parametro consente di usare
  // il metodo ausiliario sia con oggetti HashSet che TreeSet
  private static void riempiSet(Set<String> s) {
    for (int i=0; i<10; i++)
      s.add("str" + i);
  }
}
```

Esecuzione:

```
s1 = [str7, str8, str5, str6, str3, str4, str1, str2, str0, str9]
s2 = [str0, str1, str2, str3, str4, str5, str6, str7, str8, str9]
```

Altro esempio con HashSet e TreeSet

Programma che legge il testo della Divina Commedia, ne conta le parole (con ripetizioni) e le parole distinte.

Si vedano i programmi allegati:

- `ParoleDivinaCommedia.java` — usa `Vector` per raccogliere le parole e `HashSet` per raccogliere le parole distinte
- `ParoleDivinaCommedia2.java` — usa `Vector` per entrambi gli scopi
- `ParoleDivinaCommedia3.java` — usa `Vector` e `TreeSet`

I tre programmi usano il file `divina_commedia.txt` (allegato) contenente il testo dell'opera, e visualizzano il tempo impiegato per completare l'operazione.

Le classi `ArrayList` e `Vector`

Le classi `ArrayList` e `Vector` (molto simili tra loro) sono le implementazioni di `List` che si usano più comunemente.

Le classi `ArrayList` e `Vector` sono implementate tramite array dinamici

- Memorizzano gli oggetti della lista in un array
- Quando l'array è pieno, ne creano uno più grande, ci copiano gli elementi e lo sostituiscono al precedente
- Le operazioni di lettura di un elemento tramite la posizione possono essere eseguite rapidamente (accesso diretto all'array tramite indice)
- La ricerca di un elemento richiede un tempo proporzionale al numero di elementi nella lista (scansione sequenziale dell'array, tempo lineare)
- L'inserimento di un elemento nel mezzo della lista richiede di spostare in avanti tutti gli elementi che seguono (anche qui tempo lineare)

La classe `LinkedList`

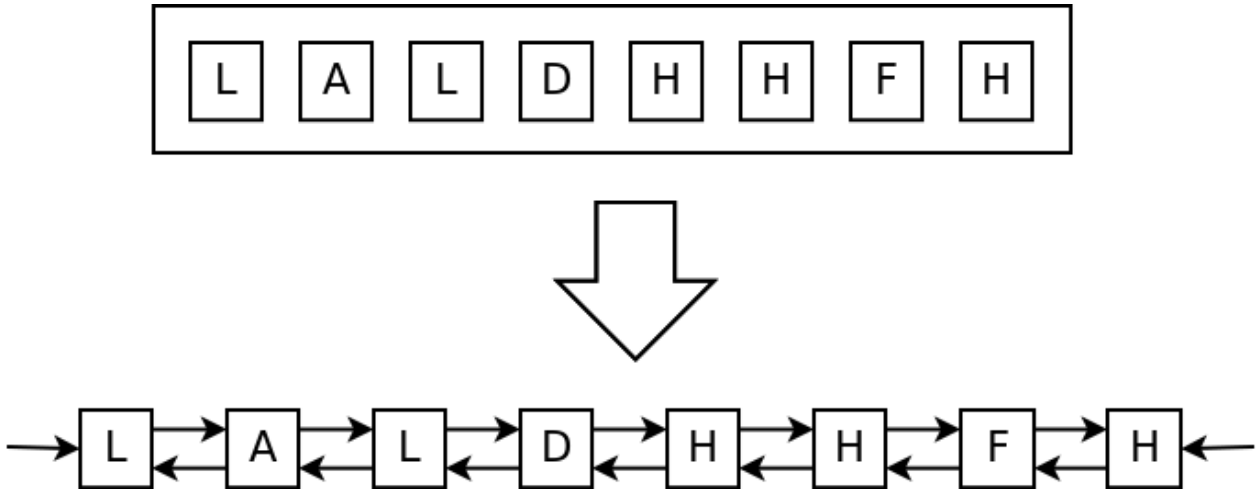
La classe `LinkedList` è l'implementazione di `List` da preferirsi quando si deve frequentemente inserire/rimuovere elementi nel mezzo della lista.

La classe `LinkedList` è implementata tramite una lista doppiamente puntata

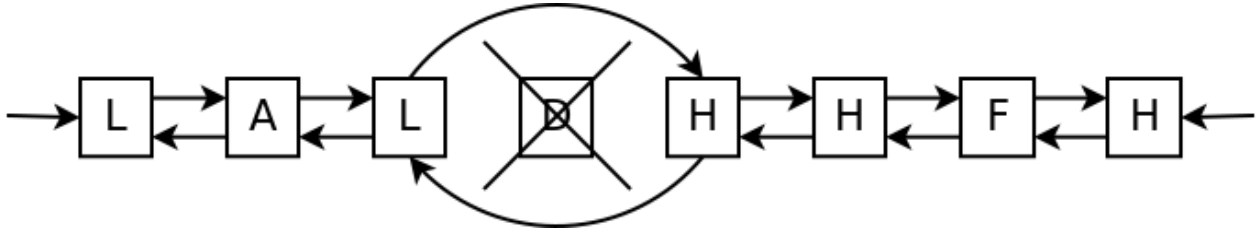
- Ad ogni elemento è aggiunto un riferimento all'elemento successivo e un riferimento al precedente nella lista
- La ricerca di un elemento richiede di scandire la lista da un'estremità (tempo lineare, come per `ArrayList` e `Vector`)
- Anche le operazioni di accesso tramite la posizione richiedono di scandire la lista...
- L'inserimento nel mezzo della lista (una volta trovata la posizione) richiede solo di aggiustare i riferimenti al precedente/successivo nel punto in cui si inserisce il nuovo elemento
- Un `ArrayList` o `Vector`, invece, deve anche spostare tutti gli elementi seguenti avanti o indietro di una posizione (memorizzazione contigua degli elementi)

In breve: la lista doppiamente puntata

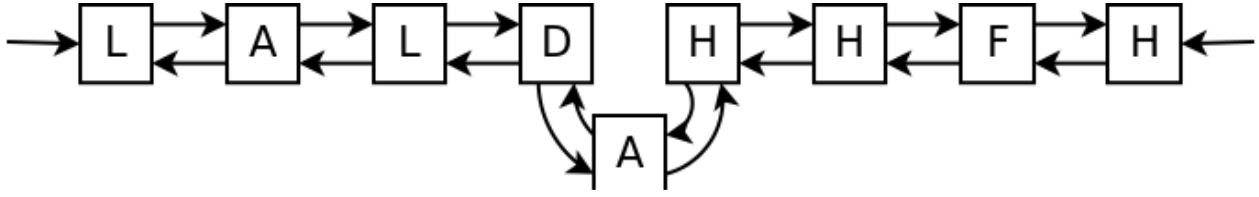
Rappresentazione:



Rimozione dal mezzo della lista:



Inserimento nel mezzo della lista:



Esempio di confronto tra `Vector` e `LinkedList`

Di esempi con `Vector` ne abbiamo già visti in passato

Si veda il programma allegato: `TestList.java`

Questo programma esegue delle operazioni di inserimento e lettura (tramite posizione) in liste implementate tramite `Vector` e `LinkedList`, confrontando i tempi di esecuzione.

Sommario

Iteratori (1)

Un iteratore è un oggetto di supporto usato per accedere agli elementi di una collezione, uno alla volta e in sequenza

Un iteratore è sempre associato ad un oggetto collezione (lavora su uno specifico insieme o lista)

Per funzionare, un oggetto iteratore deve conoscere (e poter accedere) alla rappresentazione interna della classe che implementa la collezione (tabella hash, albero, array, lista puntata, ecc...)

Iteratori (2)

Un iteratore è un oggetto di una classe che implementa l'interfaccia `Iterator`

L'interfaccia `Collection` contiene il metodo `iterator()` che restituisce un iteratore per la collezione

- le varie implementazioni di `Collection` quali `HashSet`,`Vector`, ecc... implementano il metodo `iterator()` restituendo un oggetto iteratore specifico per quel tipo di collezione (ossia, una specifica implementazione di `Iterator`)

L'interfaccia `Iterator` prevede già tutti i metodi necessari per usare un iteratore. Non è necessario conoscere alcun dettaglio implementativo.

L'interfaccia `Iterator`

L'interfaccia `Iterator` prevede i seguenti metodi:

- `next()` che restituisce il prossimo elemento della collezione e contemporaneamente sposta il "cursore" dell'iteratore all'elemento successivo
- `hasNext()` che verifica se c'e' un elemento successivo da fornire o se invece si è raggiunto la fine della collezione
- `remove()` che elimina l'elemento restituito dall'ultima invocazione di `next()`

Come si usa un iteratore (1)

Un iteratore si usa come nel seguente schema

```
// collezione di oggetti di tipo T che vogliamo scandire
Collection<T> c = ....
...

// iteratore specifico per la collezione c
Iterator<T> it = c.iterator()

// finche'non abbiamo raggiunto l'ultimo elemento
while (it.hasNext()) {
  // ottieni un riferiento all'oggeto corrente, ed avanza
  T e = it.next();
  ....      // usa l'oggetto corrente (anche rimuovendolo)
}
```

Come si usa un iteratore (2)

Un esempio concreto su un insieme di interi (rimuove i pari e stampa di dispari)

```
HashSet<Integer> set = new HashSet<Integer>();

......

Iterator<Integer> it = set.iterator()

while (it.hasNext()) {
  Integer i = it.next();
  if (i % 2 == 0)
    it.remove();
  else
    System.out.println(i);
}
```

Come si usa un iteratore (3)

Si noti che 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, l'iteratore non è più utilizzabile (bisogna crearne uno nuovo)

Gli iteratori sono in realtà il meccanismo usato da Java per realizzare i cicli `for-each`

- scrivere `for(String s : v)` corrisponde in realtà a creare implicitante un iteratore per `v`
- usare gli iteratori in maniera esplicita consente di fare più cose
  - suddividere (sospendere) la scansione della collezione in due cicli successivi che usano lo stesso iteratore
  - rimuovere elementi dalla collezione mentre si itera su essa (proibito con il `for-each`)
  - interrompere il ciclo prima di aver scandito tutta la collezione

Attenzione!

Nel mentre che si sta usando un iteratore su una collezione, è bene non apportare modifiche alla collezione stessa (aggiungere/rimuovere elementi) se non tramite il metodo `remove()` di `Iterator`

Il comportamento dell'iteratore dopo una modifica della collezione è in generale impredicibile!

Altre classi spesso usate del Java Collection Framework

- `Collections` (notare la 's' finale) Contiene parecchi metodi utili per l'elaborazione di collezioni (di qualunque tipo)
  - ordinamento di collezioni
  - calcolo di massimo e minimo
  - rovesciamento, permutazione, riempimento di una collezione
  - confronto tra collezioni (elementi in comune, sottocollezioni, ...)
  - ....
- `HashMap` (implementazione di `Map`) non è un'implementazione di `Collection`, ma è comunque una struttura dati molto usata del Java Collection Framework
  - realizza una struttura dati "dizionario" che associa termini chiave (univoci) a valori
- `Queue`,`Deque` collezioni specializzate nella gestione di code FIFO (First-In First-Out) o in cui si posono inserire/togliere gli elementi da entrambe le estremità