Fondamenti di informatica
Oggetti e Java

Luca Cabibbo

Collezioni++

(Aggiunte di Marco Patella)

Capitolo 26.bis

aprile 2006

Problemi delle collezioni

Dal momento che ogni collezione contiene oggetti di tipo **Object**

- Non è possibile recuperare le informazioni sul tipo una volta inserito un oggetto in un contenitore
- Questo è dovuto alla generalità delle **Collection**

Vantaggi:

- Le **Collection** funzionano con tutti gli oggetti

Svantaggi:

- Non esistono limitazioni sul tipo di oggetto che può essere inserito in una collezione
- Il tipo dell'oggetto restituito da **List::get(int i)** e **Iterator::next()** è **Object**
- Per utilizzare propriamente gli oggetti è necessario effettuare un cast esplicito (problemi?)

Talvolta funziona comunque...

```
/* Le cose funzionano senza cast: magia?. */
public static void main(String[] args) {
    List studenti=new ArrayList();

    /* inserisce 3 elementi nella lista */
    for(int i=0; i<3; i++)
        studenti.add(new Studente("xyz“, i));
    for(int i=0; i< studenti.size(); i++)
    /* non è necessario alcun cast
     * chiamata automatica a toString() */
        System.out.println("Studente " + i + ": " +
            studenti.get(i));
}
```

Creazione di collezioni omogenee

Una soluzione per la creazione di collezioni che accettano un solo tipo è possibile.

```
import java.util.*;

public class StudentsList {
  private ArrayList list = new ArrayList();
  public void add(Studente s) {
    list.add(s);
  }
  public Studente get(int index) {
    return (Studente)list.get(index);
  }
  public int size() { return list.size(); }
}
```

Utilizzo della classe **StudentsList**

```
public class StudentsListTest {
  public static void main(String[] args) {
    StudentsList list = new StudentsList ();

    for(int i=0; i<3; i++)
        studenti.add(new Studente("xyz“, i));
    for(int i=0; i<studenti.size(); i++) {
    /* non è necessario alcun cast */
        Studente s=studenti.get(i));
        ... // altre elaborazioni
    }
}
```

… ma è necessario replicare il codice per ciascuna collezione!

Soluzione: i generics (da Java 1.5)

I generics permettono di specificare, a tempo di compilazione, il tipo degli oggetti che verranno inseriti nella collezione.

- In questo modo, quando si inseriscono e recuperano gli elementi dalla collezione, questa sa già di che tipo sono tali elementi ed il cast esplicito non è più necessario
- In caso di inserimento di un elemento del tipo errato, l'errore viene segnalato in fase di **compilazione** (cfr. con il caso precedente)

Esempio:

```
import java.util.*;
public class First {
   public static void main(String args[]) {
       List<Integer> myList = new ArrayList<Integer>(10);
       myList.add(10);  // OK ???
       myList.add("Hello, World"); // OK ???
   }
}
```

Esempio (errore in fase di compilazione)

```
import java.util.*;
public class First {
   public static void main(String args[]) {
       List<Integer> myList = new ArrayList<Integer>(10);
       myList.add(10);     // automatic conversion from
                           // the int type to an Integer
       myList.add("Hello, World");
   }
}

First.java:7: cannot find symbol symbol :
   method add(java.lang.String)
   location: interface java.util.List<java.lang.Integer>
   myList.add("Hello, World");
             ^ 1 error
```

Risultato

Ora possiamo creare tutte le collezioni **type-safe** che vogliamo

Problema:

- Abbiamo spostato semplicemente il cast dall'estrazione alla dichiarazione?

NO!

Ora abbiamo anche il vantaggio del controllo sul tipo a tempo di compilazione (e non più a run-time come in precedenza)

Vantaggio:

- Le nostre applicazioni sono più sicure (è più difficile ottenere delle run-time exceptions)

Un altro vantaggio: un **for** più semplice!

L'uso degli iteratori continua a valere

```
Set<Integer> s;
Iterator<Integer> i;    // per visitare gli elementi di s
Integer o;              // un elemento di s

/* visita e visualizza gli elementi di s */
i = s.iterator();
while ( i.hasNext() ) {
    o = i.next();
    System.out.println(o.toString());
}
```

Ma si può usare anche un **for** più semplice (senza iteratore)!

```
for (Integer i: s)
    System.out.println(i.toString());
```

... e se continuiamo ad utilizzare le collezioni come prima?

```
import java.util.*;
public class Second {
   public static void main(String args[]) {
        List list = new ArrayList();
        list.add(10);
   }
}
```

- Compilando il programma otteniamo un warning:

Note: Second.java uses unchecked or unsafe operations.
Note: Recompile with -Xlint:unchecked for details.

- Per risolvere:

```
import java.util.*;
public class Second {
   public static void main(String args[]) {
        List<Object> list = new ArrayList();
        list.add(10);
   }
}
```

Perché funziona?

Tutto è sottoclasse di Object, quindi tutto può andare in **list**

- Questo può essere utile per creare collezioni che contengano oggetti di classi e sottoclassi diverse

Esempio:

```
public abstract class Shape {
   public abstract void draw();
}
public class Circle extends Shape {
   private int x, y, radius;
   public void draw() { ... }
}
public class Rectangle extends Shape {
   private int x, y, width, height;
   public void draw() { ... }
}
public class Third {
   public static void main(String args[]) {
       List<Shape> shapes;
       for (Shape s: shapes) { s.draw(this);
   }
```

Tutto qui?

Ovviamente no!

- Esistono molte altre implicazioni, ma richiedono una conoscenza del linguaggio più profonda
- Ad esempio:
  - uso di generics come tipi di ritorno di metodi
  - sub-typing di generics
  - identificazione a run-time della classe,
  - ecc.

Una precisazione importante:

- I generics sono diversi dai template C++
- In particolare, non c'è duplicazione di codice (la classe **List** è unica, indipendentemente dalle realizzazioni)

Differenze tra ArrayList e LinkedList

ArrayList è:

- Veloce nell'accesso agli elementi (tramite **get(int i)**)
- Lento nelle operazioni di inserimento e rimozione

LinkedList è:

- Lento nell'accesso agli elementi (tramite **get(int i)**)
- Veloce nelle operazioni di inserimento e rimozione
- Dispone, inoltre, dei metodi:
  - **void addFirst(Object o)**: aggiunge in prima posizione
  - **void addLast(Object o)**: aggiunge in ultima posizione
  - **Object getFirst()**: restituisce l'oggetto in prima posizione
  - **Object getLast()**: restituisce l'oggetto in ultima posizione
  - **Object removeFirst()**: rimuove l'oggetto in prima posizione
  - **Object removeLast()**: rimuove l'oggetto in ultima posizione

Implementazione con array

La rappresentazione più “banale” utilizza un vettore in cui sono inseriti gli elementi della lista in maniera sequenziale (rappresentazione sequenziale).

Per motivi di efficienza, si mantiene una variabile che indica da quanti elementi è composta la lista.

```
public class MyArrayList {
    private Object[] array;
    private int size;
    ... // altri metodi
}
```

Creazione di una ArrayList

Il primo problema da affrontare è:

- Quanti elementi deve contenere la mia lista?
- Tale numero può essere noto a priori?

Il problema viene risolto ridimensionando (ad es., raddoppiando) l'array ogni qualvolta questo non sia in grado di ospitare un nuovo oggetto, e copiando gli elementi nel nuovo array ridimensionato.

```
public MyArrayList() {
    array=new Object[1];
    size=0;
}

private void expand() {
    newarray=new Object[array.length*2];
    for(int i=0; i<size; i++) newarray[i]=array[i];
    array=newarray;
}
```

Metodi accessori

Lunghezza della lista:

```
public int size() {
    return size;
}
```

Verifica se la lista è vuota:

```
public boolean isEmpty() {
    return (size==0);
}
```

Problema:

- Se la lista non è piena esistono delle celle dell'array vuote
- La memoria, quindi, non è utilizzata al meglio

Accesso agli elementi

Accesso in posizione qualunque:

```
public Object get(int index) {
    return array[index];
}
```

Modifica in posizione qualunque:

```
public Object set(int index, Object o) {
    Object old=array[index];
    array[index]=o;
    return old;
}
```

Aggiunta di un elemento

Aggiunta in coda (con eventuale espansione):

```
public boolean add(Object o) {
    if(size==array.length) expand();
    array[size]=o;
    size++;
    return true;
}
```

Aggiunta in posizione qualunque (con eventuale espansione):

```
public void add(int index, Object o) {
    if(size==array.length) expand();
    for(int i=size; i>index; i--) array[i]=array[i-1];
    array[index]=o;
    size++;
}
```

Rimozione di un elemento

Rimozione in posizione qualunque:

```
public Object remove(int index) {
    Object o=array[index];
    for(int i=index+1; i<size; i++)
        array[i-1]=array[i];
    size--;
    return o;
}
```

Rimozione di un oggetto:

```
public boolean remove(Object o) {
    for(int i=0; i<size; i++)
        if(array[i].equals(o)) {
            remove(i);
            return true;
        }
    return false;
}
```

Ricerca di un elemento

Ricerca della posizione:

```
public int indexOf(Object o) {
    for(int i=0; i<size; i++)
        if(array[i].equals(o))
            return i;
    return -1;
}
```

Ricerca di un oggetto:

```
public boolean contains(Object o) {
    return (indexOf(o)>=0);
}
```

Iteratore per la classe MyArrayList

```
class MyArrayListIterator implements Iterator {
    private MyArrayList list;
    private int index;

    public MyArrayListIterator(MyArrayList l) {
        list=l;
        index=0;
    }

    public boolean hasNext() { return(index<list.size()); }
    public Object next() { return list.get(index++); }
    public void remove() { list.remove(--index); }
}
```

Per creare l'iteratore (metodo di MyArrayList)

```
public Iterator iterator() {
    return new MyArrayListIterator(this);
}
```

Complessità delle varie operazioni

Supponendo che esistano N elementi nella lista:

- Creazione: costante, $O(1)$
- Espansione: copia di tutti gli elementi della lista, $O(N)$
- Calcolo della lunghezza: costante, $O(1)$
- Verifica se la lista è vuota: costante, $O(1)$
- Accesso/modifica in posizione qualunque: costante, $O(1)$
- Aggiunta in coda (senza espansione): costante, $O(1)$
- Aggiunta in posizione qualunque (senza espansione): shift di elementi, $O(N - i)$
- Rimozione in posizione qualunque: shift di elementi, $O(N - i)$
- Rimozione di un oggetto: ricerca + shift di elementi, $O(N)$
- Ricerca di un elemento: caso peggiore, $O(N)$

In particolare:

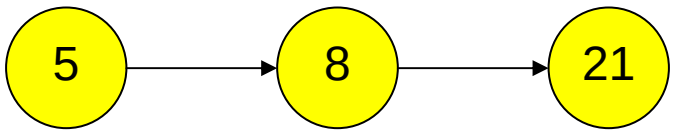
- Aggiunta in testa: $O(N)$
- Rimozione in testa: $O(N)$

Implementazione con lista concatenata

Si memorizzano gli elementi in variabili dinamiche distinte (nello ***heap***) associando ad ognuno di essi il riferimento alla variabile dinamica in cui è memorizzato l'elemento successivo.

Esempio:

- Elementi della lista come nodi (allocati dinamicamente)
- Riferimenti come archi



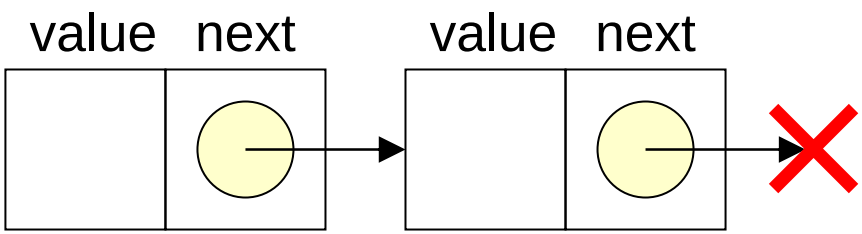
Vantaggio:

- La memoria utilizzata viene gestita dinamicamente
- L'occupazione è esattamente proporzionale al numero degli elementi della lista (utilizzo ottimale della memoria)

Rappresentazione

Ciascun elemento della lista è un record con due campi:

- un campo rappresenta il valore dell'elemento;
- un campo "punta" all'elemento successivo nella lista (null, nel caso dell'ultimo elemento).



Implementazione

```
class ListNode {
    Object value;
    ListNode next;

    // costruttore
    public ListNode(Object o, ListNode l) {
        value=o;
        next=l;
    }
    // metodi accessori
    public Object getValue() { return value; }
    public ListNode getNext() { return next; }
    // metodi modificatori
    public void setValue(Object o) { value=o; }
    public void setNext(ListNode l) { next=l; }
}
```

La definizione è ricorsiva, in quanto uno dei campi del record è un riferimento ad un record dello stesso tipo

Rappresentazione della lista

La lista altro non contiene che un riferimento al primo elemento della lista (la "testa")

```
public class MyLinkedList {
    private ListNode head, tail;
    private int size;
    ... // altri metodi
}
```

Per questioni di efficienza nell'implementazione di alcune operazioni si mantengono anche:

- il riferimento all'ultimo elemento della lista (la "coda")
- il numero di elementi effettivamente presenti nella lista

Costruttore e metodi accessori

Costruttore:

```
public MyLinkedList() {
        head=tail=null;
        size=0;
    }
```

Lunghezza della lista:

```
public int size() {
    return size;
}
```

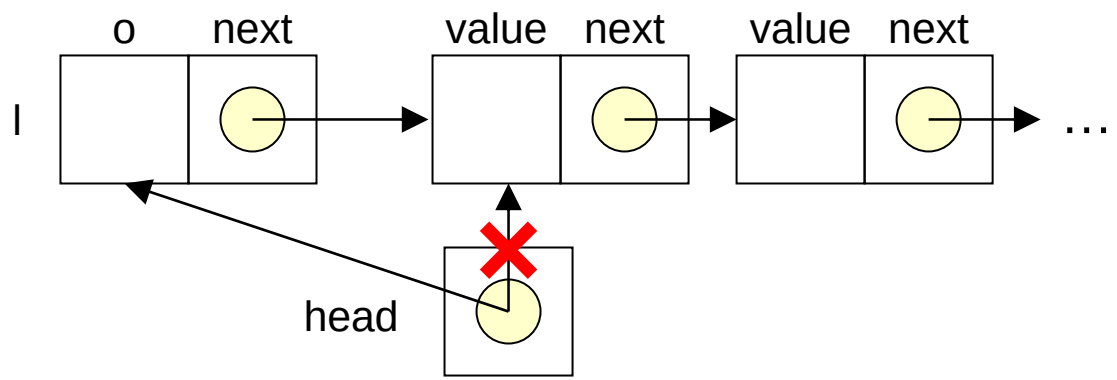
Verifica se la lista è vuota:

```
public boolean isEmpty() {
    return (size==0);
}
```

Aggiunta di un elemento

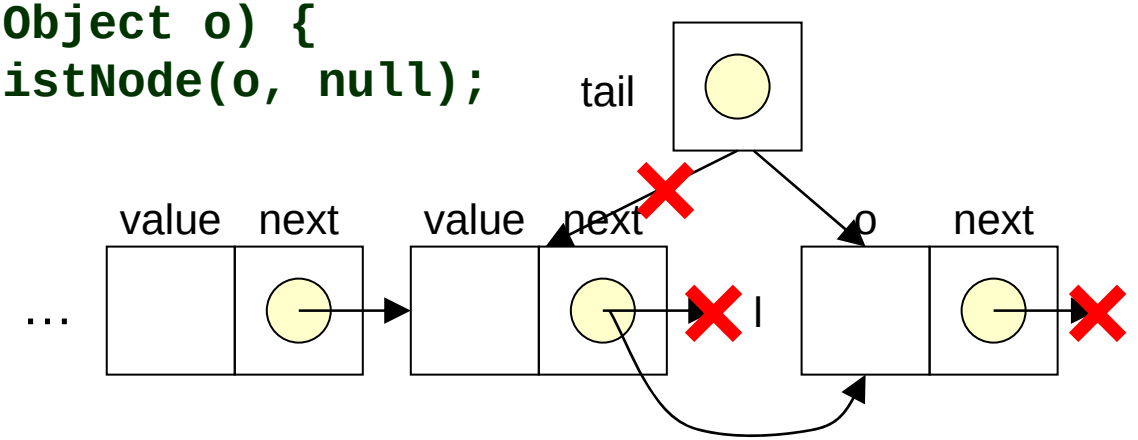
Aggiunta in testa:

```
public void addFirst(Object o) {
    ListNode l=new ListNode(o, head);

    head=l;
    size++;
}
```



Aggiunta in coda:

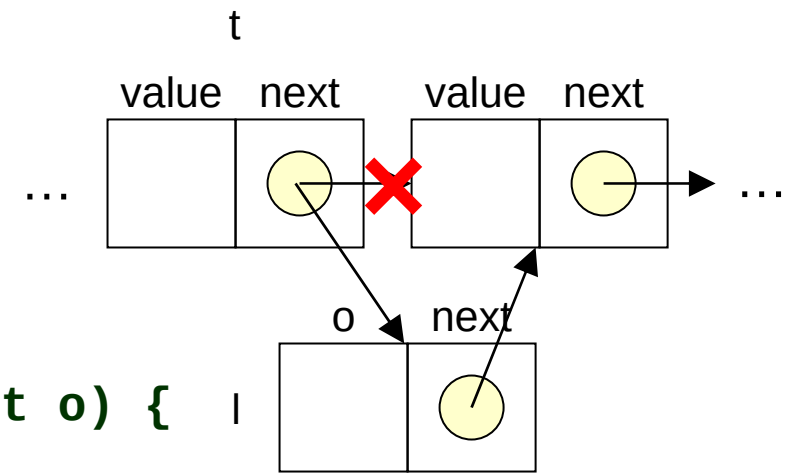
```
public void addLast(Object o) {
    ListNode l=new ListNode(o, null);

    tail.setNext(l);
    tail=l;
    size++;
}
```



Aggiunta di un elemento

Aggiunta (in coda):

```
public boolean add(Object o) {
    addLast(o);
    return true;
}
```

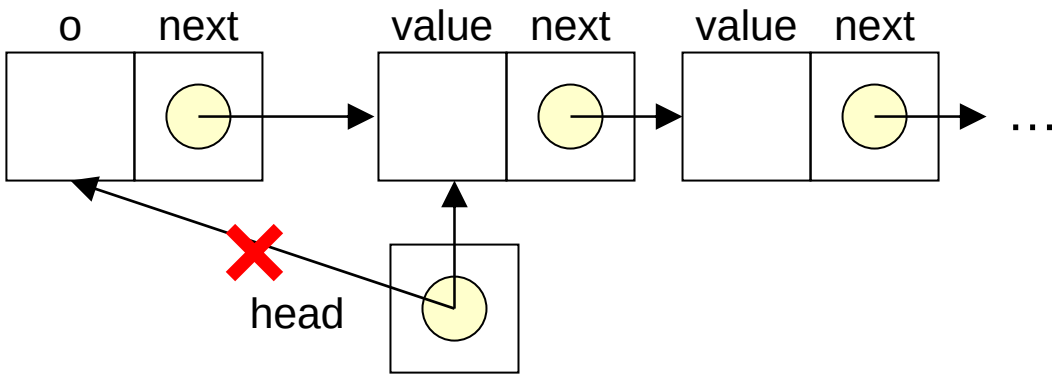


Aggiunta in posizione qualunque:

```
public void add(int index, Object o) {
    ListNode l, t=head;
    if(index==0) return addFirst();
    for(int i=0; i<index; i++) t=t.getNext();
    l=new ListNode(o, t.getNext());
    t.setNext(l);
    size++;
    if(tail==t) tail=l; // aggiorna la coda
}
```

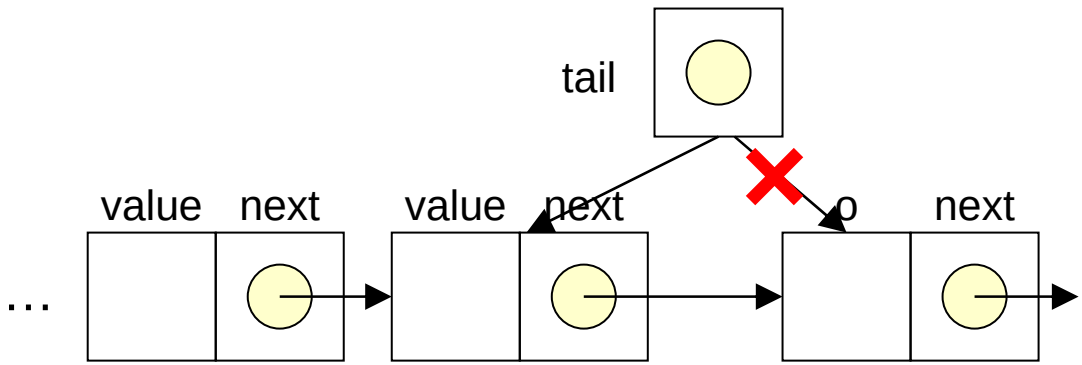
Rimozione in testa

```
public Object removeFirst() {
    Object o=head.getValue();

    head=head.getNext();
    size--;
    if(size==0) tail=null;
    return o;
}
```



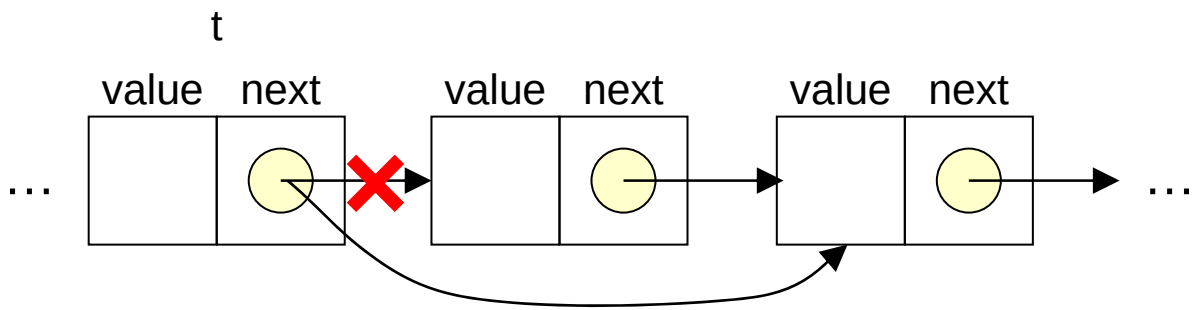
Rimozione in coda

```
public Object removeLast() {
    if(size==1) return removeFirst();
    Object o=tail.getValue();
    ListNode l=head;

    while(l.getNext()!=tail)
        l=l.getNext();
    tail=l;
    size--;
    return o;
}
```



Rimozione di un elemento in posizione qualunque

```
public Object remove(int index) {
    ListNode t=head, next;

    if(index==0) return removeFirst();
    for(int i=0; i<index-1; i++) t=t.getNext();
    next=t.getNext();
    Object o=next.getValue();

    t.setNext(next.getNext());
    size--;
    if(tail==next) tail=t; // aggiorna la coda
    return o;
}
```



Ricerca di un elemento

Ricerca della posizione:

```
public int indexOf(Object o) {
    ListNode t=head;
    for(int i=0; i<size; i++)
        if(t.getValue().equals(o))
            return i;
        else t=t.getNext();
    return -1;
}
```

Ricerca di un oggetto:

```
public boolean contains(Object o) {
    return (indexOf(o)>=0);
}
```

Rimozione di un oggetto

Rimozione di un oggetto:

```
public boolean remove(Object o) {
    ListNode t=head;

    for(int i=0; i<size; i++)
        if(t.getValue().equals(o)) { // cancella l'elemento
            ListNode next=t.getNext();

            t.setNext(next.getNext());
            size--;
            if(tail=next) tail=t; // aggiorna la coda
            return true;
        }
        else t=t.getNext();
    return false;
}
```

Accesso agli elementi

Accesso in testa:

```
public Object getFirst() { return head.getValue(); }
```

Accesso in coda:

```
public Object getLast() { return tail.getValue(); }
```

Accesso in posizione qualunque:

```
public Object get(int index) {
    ListNode l=head;
    for(int i=0; i<index; i++) l=l.getNext();
    return l.getValue();
}
```

Modifica in posizione qualunque:

```
public Object set(int index, Object o) {
    ListNode l=head;
    for(int i=0; i<index; i++) l=l.getNext();
    Object old=l.getValue();
    l.setValue(o);
    return old;
}
```

Iteratore per la classe MyLinkedList

```
class MyLinkedListIterator implements Iterator {
    private MyLinkedList list;
    private ListNode node;

    public MyLinkedListIterator(MyLinkedList l) {
        list=l;
        node=l.head;
    }
    public boolean hasNext() { return(node==null); }
    public Object next() {
        Object o=node.getValue();
        node=node.getNext();
        return o; }
    public void remove() { ... }
}
```

Per creare l'iteratore (metodo di MyLinkedList)

```
public Iterator iterator() {
   return new MyLinkedListIterator(this);
}
```

Complessità delle varie operazioni

Supponendo che esistano *N* elementi nella lista:

- Creazione: costante, $O(1)$
- Calcolo della lunghezza: costante, $O(1)$
- Verifica se la lista è vuota: costante, $O(1)$
- Accesso/modifica in posizione qualunque: scansione, $O(i)$
- Aggiunta in testa/coda: costante, $O(1)$
- Aggiunta in posizione qualunque: scansione, $O(i)$
- Rimozione in testa: costante, $O(1)$
- Rimozione in coda: scansione, $O(N)$
- Rimozione in posizione qualunque: scansione, $O(i)$
- Ricerca di un elemento: caso peggiore, $O(N)$
- Rimozione di un oggetto: ricerca, $O(N)$

L'ADT pila

Una pila (stack) è un tipo particolare di lista in cui le operazioni possono avvenire solamente in testa (o solo in coda).

- è utile per modellare situazioni in cui si memorizzano e si estraggono elementi secondo la logica "Last In, First Out" (LIFO)
- un esempio di questa situazione è la gestione dei record di attivazione delle funzioni
- le operazioni di inserimento e rimozione sono chiamate, rispettivamente, "push" e "pop"

Operazioni sulle pile

- **void push(Object o)**: aggiunge un oggetto in testa (coda)
- **Object pop()**: rimuove l'oggetto in testa (coda)
- **Object top()**: restituisce l'oggetto in testa (coda)

Creare una pila con **LinkedList**

```
public class StackL {
  private LinkedList list;

  public StackL() { list=new LinkedList(); }

  public void push(Object o) { list.addFirst(o); }
  public Object top() { return list.getFirst(); }
  public Object pop() { return list.removeFirst(); }

  public static void main(String[] args) {
    StackL stack = new StackL();
    for(int i = 0; i < 10; i++)
      stack.push(String.valueOf(i));
    System.out.println(stack.top());
    System.out.println(stack.pop());
    System.out.println(stack.pop());
    System.out.println(stack.pop());
    System.out.println(stack.top());
  }
}
```

Creare una pila con **ArrayList**

Inserire/rimuovere gli elementi in testa sarebbe troppo costoso.

Di conseguenza, si inseriscono/rimuove gli elementi in coda.

```
public class StackA {
  private ArrayList list;

  public StackA() { list=new ArrayList(); }

  public void push(Object o) { list.add(o); }

  public Object top() { return list.get(list.size()-1); }

  public Object pop() { return list.remove(list.size()-1); }
}
```

Complessità delle operazioni su pile

Implementazione con **LinkedList**:

- Inserimento: complessità di addFirst() = $O(1)$
- Rimozione: complessità di removeFirst() = $O(1)$

Implementazione con **ArrayList**:

- Inserimento: complessità di add() = $O(1)$
- Rimozione: complessità di remove(i) = $O(N - i)$ $= O(N - (N - 1)) = O(1)$

L'ADT coda

Una coda (queue) è un tipo particolare di lista in cui le operazioni possono avvenire solamente in posizioni predeterminate.

In particolare:

- l'inserimento avviene ad una sola estremità (ad es., in coda)
- il prelievo avviene all'estremità opposta (ad es., dalla testa).
- è utile per modellare situazioni in cui si memorizzano e si estraggono elementi secondo la logica "First In, First Out" (FIFO)
- le operazioni di inserimento e rimozione sono chiamate, rispettivamente, "put" e "get" (oppure "qush" e "qoq")

Operazioni sulle code

- **void put(Object o)**: aggiunge un oggetto in coda (testa)
- **Object get()**: rimuove l'oggetto in testa (coda)
- **Object top()**: restituisce l'oggetto in testa (coda)

Creare una coda con **LinkedList**

```
public class QueueL {
  private LinkedList list;

  public QueueL() { list=new LinkedList(); }

  public void put(Object o) { list.addLast(o); }
  public Object top() { return list.getFirst(); }
  public Object get() { return list.removeFirst(); }

  public static void main(String[] args) {
    QueueL queue = new QueueL();
    for(int i = 0; i < 10; i++)
      stack.push(String.valueOf(i));
    System.out.println(stack.top());
    System.out.println(stack.pop());
    System.out.println(stack.pop());
    System.out.println(stack.pop());
    System.out.println(stack.top());
  }
}
```

Creare una coda con **ArrayList**

Si può implementare la coda come caso particolare di lista.

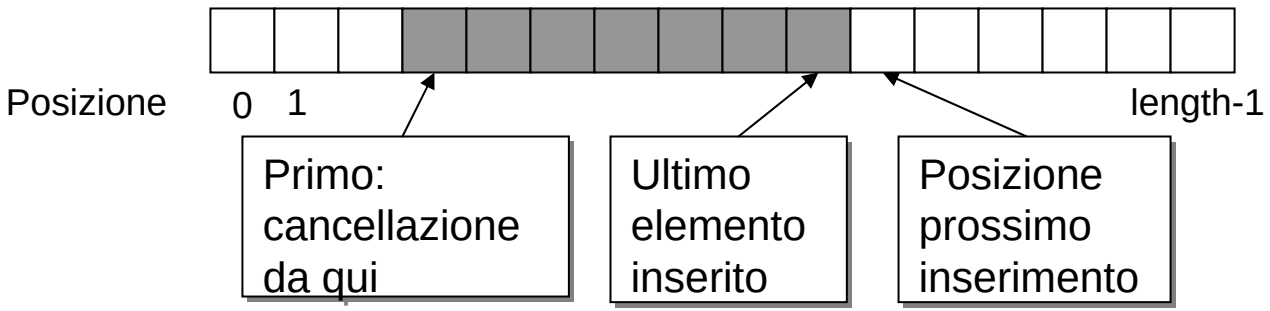
- In questo caso, però, la cancellazione dalla testa è particolarmente costosa.

Si può migliorare la complessità delle operazioni su coda osservando il comportamento del vettore:

- Gli inserimenti avvengono sempre spostando la posizione di inserimento verso destra.
- Le cancellazioni avvengono sempre sul primo elemento (quindi, logicamente, spostando verso destra la posizione di cancellazione).

Creare una coda con **ArrayList**

Se supponiamo di non effettuare lo scorrimento dei dati in cancellazione, si ottiene un pacchetto di dati validi che, per effetto di inserimenti e cancellazioni, si mantiene consecutivo ma si sposta verso destra.

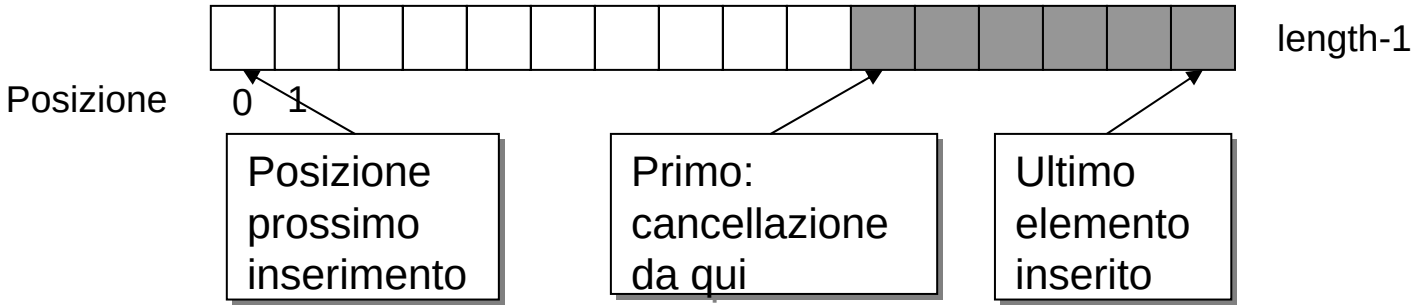


Per tenere traccia di questo pacchetto è sufficiente mantenere traccia di due posizioni:

- la prima (primo elemento da estrarre)
- l'ultima (punto in cui effettuare il prossimo inserimento)

Implementazione come vettore circolare

Quando la coda raggiunge l'ultima posizione del vettore è possibile ritornare ad utilizzare il primo elemento del vettore (gestione circolare della struttura), in modo che la posizione successiva a length – 1 sia la posizione 0.



Per far ciò è sufficiente considerare la posizione come:

posizione % length

Quando la lista è piena?

Utilizzando la tecnica circolare, quando la lista è piena la posizione di inserimento e quella di cancellazione coincidono.

Il problema è che anche quando la lista è vuota la posizione di inserimento e quella di cancellazione coincidono.

Per risolvere l'ambiguità si può considerare la proprietà **size()**.

```
...
if(head==tail)&&(size()>0) expand();
...
```

Implementazione

```
public class QueueA {
  private ArrayList list;
  private int head, tail;
  private int size;
  public QueueA() { list=new ArrayList(); head=tail=size=0; }
  public void put(Object o) {
    if(head==tail)&&(size>0) {
       ArrayList l=new ArrayList();
       while(!list.isEmpty()) l.add(list.remove(head));
       head=0;
       tail=list.length;
       list=l;
    }
    list.set(tail, o);
    tail=(tail+1)%list.length;
    size++;
  }
  public Object top() { return list.get(head); }
  public Object get() {
    Object o=list.get(head);
    head=(head+1)%list.length;
    size--;
    return o;
  }
}
```

Complessità delle operazioni su code

Implementazione con **LinkedList**:

- Inserimento: complessità di addLast() = $O(1)$
- Rimozione: complessità di removeFirst() = $O(1)$

Implementazione con **ArrayList**:

- Inserimento: complessità di set() = $O(1)$
- Rimozione: complessità di get(i) = $O(1)$