Estructuras de Datos
Clase 6 – Listas e Iteradores (primera parte)

Dr. Sergio A. Gómez
http://cs.uns.edu.ar/~sag

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca, Argentina

Listas enlazadas (*Node lists* o *linked lists*)

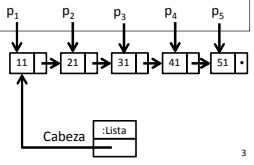
- Una lista L es una secuencia de n elementos $x_1, x_2, \ldots, x_n$
- Representaremos a L como $[x_1, x_2, \ldots, x_n]$
- Para implementarlas usaremos listas simple (o doblemente) enlazadas
- Usaremos la posición de nodo (en lugar de un índice como en arreglos) para referirnos a la "ubicación" de un elemento en la lista

Posiciones

- element(): Retorna el elemento ubicado en esta posición

```
public interface Position<E>
{
        // Retorna el valor del elemento ubicado en la posición
        public E element();
}
```

En general p_i es la posición de x_i para i=1,…, n con $L=[x_1,x_2,\ldots,x_{n-1},x_n]$. Esto se llama *posición directa*.

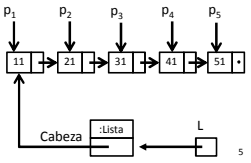


ADT Position List (operaciones de iteración/recorrido)

- first(): retorna la posición del primer elemento de la lista; error si la lista está vacía
- last(): retorna la posición del último elemento de la lista; error si la lista está vacía
- prev(p): retorna la posición del elemento que precede al elemento en la posición p; error si p = first()
- next(p): retorna la posición del elemento que sigue al elemento en la posición p; error si p = last()

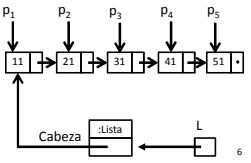
ADT Position List

- first(): retorna la posición del primer elemento de la lista; error si la lista está vacía
- Ejemplo:
  L.first() retorna p_1



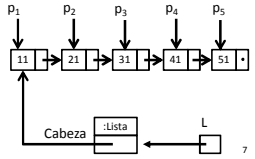
ADT Position List

- last(): retorna la posición del último elemento de la lista; error si la lista está vacía
- Ejemplo:
  L.last() retorna p_5



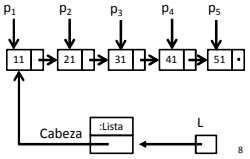
ADT Position List

- prev(p): retorna la posición del elemento que precede al elemento en la posición p; error si p = first()
- Ejemplo:
  L.prev(p_3) retorna p_2
  L.prev(p_1) produce un error



ADT Position List

- next(p): retorna la posición del elemento que sigue al elemento en la posición p; error si p = last()
- Ejemplo:
  L.next(p_3) retorna p_4
  L.next(p_5) produce un error

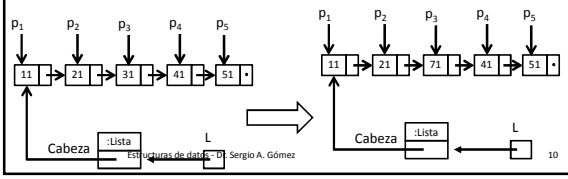


ADT Position List (métodos de actualización)

- set(p, e): Reemplaza al elemento en la posición p con e, retornando el elemento que estaba antes en la posición p
- addFirst(e): Inserta un nuevo elemento e como primer elemento
- addLast(e): Inserta un nuevo elemento e como último elemento
- addBefore(p, e): Inserta un nuevo elemento e antes de la posición p
- addAfter(p, e): Inserta un nuevo elemento e luego de la posición p
- remove(p): Elimina y retorna el elemento en la posición p invalidando la posición p.

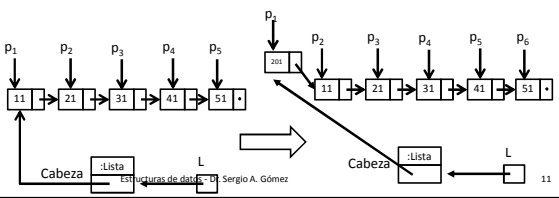
ADT Position List

- set(p, e): Reemplaza al elemento en la posición p con e, retornando el elemento que estaba antes en la posición p
- Ejemplo:
  L.set(p_3, 7) retorna 3 y produce el siguiente efecto:



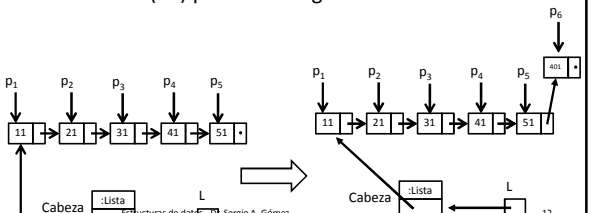
ADT Position List

- addFirst(e): Inserta un nuevo elemento e como primer elemento
- Ejemplo:
  L.addFirst(20) produce el siguiente efecto:



ADT Position List

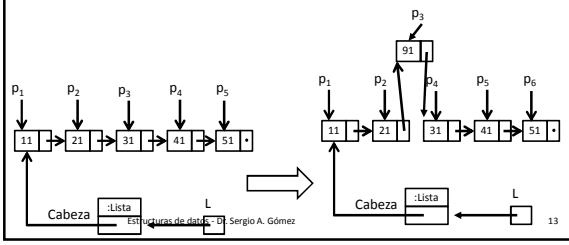
- addLast(e): Inserta un nuevo elemento e como último elemento
- Ejemplo:
  L.addLast(40) produce el siguiente efecto:



ADT Position List

- addBefore(p, e): Inserta un nuevo elemento e antes de la posición p
- Ejemplo:

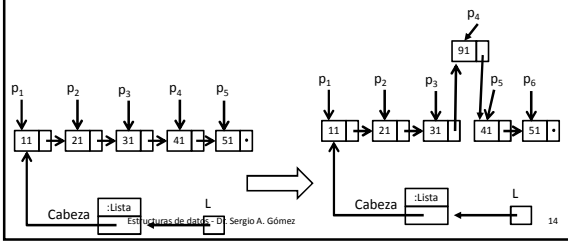
  L.addBefore(p_3, 9) produce el siguiente efecto:



ADT Position List

- addAfter(p, e): Inserta un nuevo elemento e luego de la posición p
- Ejemplo:

  L.addAfter(p_3, 12) produce el siguiente efecto:

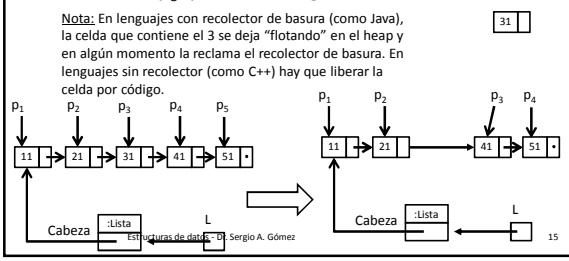


ADT Position List

- remove(p): Elimina y retorna el elemento en la posición p invalidando la posición p.
- Ejemplo:

  L.remove(p_3) produce el siguiente efecto:

Nota: En lenguajes con recolector de basura (como Java), la celda que contiene el 3 se deja "flotando" en el heap y en algún momento la reclama el recolector de basura. En lenguajes sin recolector (como C++) hay que liberar la celda por código.

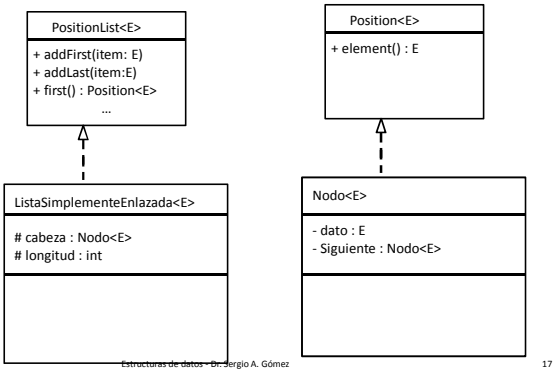


Situaciones de error relacionadas a una posición p

1. p = null
2. p fue eliminada previamente de la lista
3. p es una posición de una lista diferente
4. p es la primera posición de la lista e invocamos a prev(p)
5. p es la última posición de la lista e invocamos a next(p)

- Por cuestiones de eficiencia, al implementar el TDA PositionList no validaremos ni (2) ni (3) perdiendo un poco de robustez.

Diseño



Interfaz PositionList

```
public interface PositionList<E> {
  public int size();
  public boolean isEmpty();
  public Position<E> first() throws EmptyListException;
  public Position<E> last() throws EmptyListException;
  public Position<E> prev( Position<E> p )
        throws InvalidPositionException, BoundaryViolationException;
  public Position<E> next( Position<E> p )
        throws InvalidPositionException, BoundaryViolationException;
  public void addFirst(E e);
  public void addLast(E e);
  public void addAfter( Position<E> p, E e ) throws InvalidPositionException;
  public void addBefore( Position<E> p, E e )
        throws InvalidPositionException;
  public E remove( Position<E> p ) throws InvalidPositionException;
  public E set( Position<E> p, E e ) throws InvalidPositionException;
}
```

Ejemplo: Cargar una lista de enteros con [1,2,3,4] y luego imprimirla

```
PositionList<Integer> l = new ListaSimplementeEnlazada<Integer>();
l.addLast( 1 );
l.addLast( 2 );
l.addLast( 3 );
l.addLast( 4 );

try {
      Position<Integer> p = l.first(), ultima = l.last();
      while( p != null ) {
            System.out.println( "Elemento: " + p.element() );
            if( p != ultima ) p = l.next(p) else p = null;
      }
} catch( InvalidPositionException | BoundaryViolationException  | EmptyListException e ) {
            e.printStackTrace();
}
// Observación: Capturar varias excepciones en un catch requiere nivel de compilación Java 1.8.
```


Ejemplo: Buscar un elemento elem en una lista l

```
public <E> static boolean pertenece( PositionList<E> l, E elem ) {
    if( l.isEmpty() )
       return false;
    else {
       try {
            Position<E> p = l.first(), ultima = l.last();
            boolean encontre = false;
            while( p != null && !encontre )
                  if( p.element().equals( elem ) )
                        encontre = true;
                  else
                        p = (p != ultima) ? l.next(p) : null;
            return encontre;
       } catch( InvalidPositionException e  ) {
            System.out.println( "e: " + e.getMessage() ); return false;
       } catch( BoundaryViolationException e ) {
            System.out.println( "e: " + e.getMessage() ); return false;
       } catch( EmptyListException e ) {
            System.out.println( "e: " + e.getMessage() ); return false;
    }
}
```

Nota: El operador ternario A?B:C evalúa la expression booleana A y cuando A evalúa a true retorna B y cuando A evalúa a false retorna C. "?:" tiene más precedencia que la asignación "=".

Nota: $T_{pertenece}(n) = O(n)$

Comparación de elementos

NOTA: Si a es una variable de un tipo que implementa la interfaz Comparable:

$$a.compareTo(b) = \begin{cases} 0 & , \text{ si } a = b \\ \text{entero negativo}, & \text{si } a < b \\ \text{entero positivo} , & \text{si } a > b \end{cases}$$

```
String s1 = "Sergio";          String s2 = "Martin";
String s3 = "Matias";          String s4 = "Sergio";
int valor1 = s1.compareTo(s2);
// si s1 > s2, retorna positivo; si s1 < s2, retorna negativo; si s1 = s2, retorna 0
System.out.println("valor1: " + valor1); // Imprime 6 porque "Sergio" > "Martin"

int valor2 = s2.compareTo(s3);
System.out.println("valor2: " + valor2); // Imprime -2 porque "Martin"  < "Matias"

int valor3 = s1.compareTo(s4);
System.out.println("valor3: " + valor3); // Imprime 0 porque "Sergio" = "Sergio"
```


Comparator

Un comparador es un objeto que abstrae la noción de comparación entre dos objetos de tipo genérico E.

NOTA: Si c es una variable de tipo Comparator<E>:

$$c.compare\ (a, b) = \begin{cases} 0 & , \text{ si } a = b \\ \text{entero negativo}, & \text{si } a < b \\ \text{entero positivo} , & \text{si } a > b \end{cases}$$

El comparador por defecto delega en el comportamiento del tipo básico E implementado por la función *compareTo* del tipo E:

```
public class DefaultComparator<E>  implements java.util.Comparator<E> {
        public int compare( E a, E b ) throws ClassCastException {
                return ((Comparable<E>)a).compareTo(b);
        }
}
```


Ejemplo de uso del comparador

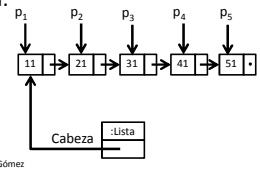
```
// Compilar con javac Principal.java –Xlint:unchecked

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

  DefaultComparator<Integer> comp = new DefaultComparator<Integer>();

System.out.println( comp.compare( 1, 1 ) );  // Imprime 0
  System.out.println(comp.compare( 1, 2 ) );          // Imprime -1
  System.out.println(comp.compare( 2, 1 ) );          // Imprime 1

  DefaultComparator<String> comp2 = new DefaultComparator<String>();
  System.out.println( comp2.compare( "abba", "casa" ) );          // imprime -2
  System.out.println( comp2.compare( "abba", "abba" ) );          // imprime 0
   System.out.println(comp2.compare( "casa", "abba" ) );          // imprime 2
  }
}
```


Problema: Dada una lista l, insertar item en forma ordenada ascendente.

```
public static <E> void insertarOrdenado( PositionList<E> l, E item ) {
   try {
        if( l.isEmpty() ) l.addFirst( item );
        else {
             DefaultComparator<E> comp = new DefaultComparator<E>();
             Position<E> p = l.first(), ultima = l.last();
             boolean encontrePosicion = false;
             while( p !=null && !encontrePosicion ) {
                   int c = comp.compare( item, p.element() );
                   if( c >= 0 ) p = p != ultima ? l.next(p) : null;
                   else encontrePosicion = true;
             }
             if( encontrePosicion ) l.addBefore( p, item );
             else l.addLast( item );
        }                                                    T(n) = O(n)
   } catch( BoundaryViolationException e ) {
        System.out.println( "e: " +  e.getMessage() );
   } catch( InvalidPositionException e ) {
        System.out.println( "e: " +  e.getMessage() );
   }
}
```

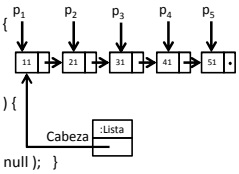
Implementación con listas simplemente enlazadas (y posición directa)

- Lista simplemente enlazada: Una lista formada por nodos, donde cada nodo conoce un dato y la referencia al siguiente nodo
- La lista conoce la cabeza de la lista
- Posición directa: La posición "p" de un nodo "n" es la referencia al nodo n.



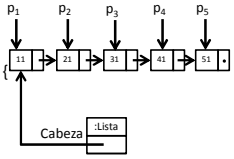
Implementación con listas simplemente enlazadas y posición directa

```
public class Nodo<E> implements Position<E> {
  private E elemento;
  private Nodo<E> siguiente;

  public Nodo( E elemento, Nodo<E> siguiente ) {
      this.elemento = elemento;
      this.siguiente = siguiente;       }
  public Nodo(E elemento) {    this( elemento, null );  }

  public E getElemento() { return elemento; }
  public Nodo<E> getSiguiente() { return siguiente; }
  public void setElemento( E elemento ) {  this.elemento = elemento; }
  public void setSiguiente(Nodo<E> siguiente) {  this.siguiente = siguiente;  }
  public E element() { return elemento; }
}
```



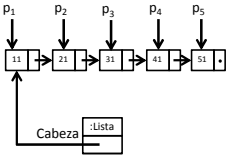
Implementación con listas simplemente enlazadas y posición directa

```
public class ListaSimplementeEnlazada<E> implements PositionList<E>
{
        protected Nodo<E> cabeza;
        protected int longitud;

        public ListaSimplementeEnlazada() {
                cabeza = null;
                longitud = 0;
        }
        public int size() { return longitud; }
        public boolean isEmpty() { return cabeza == null; }

        // … Operaciones de actualización y búsqueda aquí …
}
```

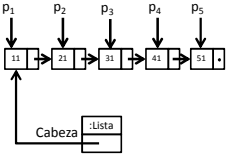


Implementación con listas simplemente enlazadas y posición directa

```
public void addFirst(E e ) {
   cabeza = new Nodo<E>( e, cabeza );
   longitud++;
}

public void addLast( E e ) {
   if( isEmpty() ) addFirst(e);
   else {
         Nodo<E> p = cabeza;
         while( p.getSiguiente() != null )
                p = p.getSiguiente();
         p.setSiguiente( new Nodo<E>(e) );
         longitud++;
   }
}
```

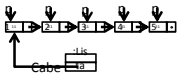



```
public Position<E> first( ) throws EmptyListException {
        if( cabeza == null )
            throw new EmptyListException( "Lista vacía" );
        return cabeza;
}

public Position<E> last( ) throws EmptyListException {
   if( isEmpty() )
        throw new EmptyListException( "last(): Quiere ejecutar last" +
                                      "con una lista vacía" );
    Nodo<E> p = cabeza;
    while( p.getSiguiente() != null )
        p = p.getSiguiente();
    return p;
}
```



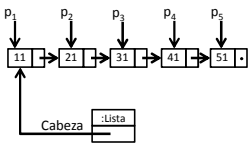

```
public Position<E> next( Position<E> p )
     throws InvalidPositionException, BoundaryViolationException {
  Nodo<E> n = checkPosition(p);
  if( n.getSiguiente() == null )
    throw new BoundaryViolationException("Next: Siguiente de último");
  return n.getSiguiente();
}
private Nodo<E> checkPosition( Position<E> p )
        throws InvalidPositionException {
  try {
        if( p == null ) throw new InvalidPositionException("Posición nula");
        return (Nodo<E>) p;
  } catch( ClassCastException e ) {
        throw new InvalidPositionException( "…." );
  }
}
```

¿Tiempo de ejecución?
¿Qué ocurre si p es una posición de "otra" lista?
¿Qué ocurre si p es una posición de otro ADT?
¿Cómo es la implementación de "prev"?



Implementación con listas simplemente enlazadas y posición directa

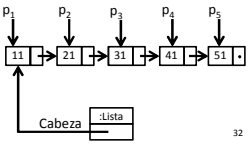
```
public void addAfter( Position<E> p , E e )
        throws InvalidPositionException {
   Nodo<E> n = checkPosition(p);
   Nodo<E> nuevo = new Nodo<E>(e);
   nuevo.setSiguiente( n.getSiguiente() );
   n.setSiguiente( nuevo );
   longitud++;
}
```



¿Tiempo de ejecución?
¿Qué ocurre si p es una posición de otra lista?
¿Qué ocurre con el tiempo de ejecución si testeo si p es una posición válida de la lista receptora?
¿Cómo se implementa addBefore?
¿Tiempo de ejecución de addBefore con esta implementación?

Implementación con lista simplemente enlazada y posición directa

```
public void addBefore(Position<E> p, E e ) throws
InvalidPositionException {
  Nodo<E> n = checkPosition(p);
  if( p == first() ) addFirst(e);
  else {
       Nodo<E> anterior = (Nodo <E>) prev(p);
       Nodo<E> nuevo = new Nodo<E>( e, n );
       anterior.setSiguiente( nuevo );
       longitud++;
  }
}
```



Implementación con lista simplemente enlazada y posición directa

```
public Position<E> prev( Position<E> p )
                throws InvalidPositionException, BoundaryViolationException
{
   if( p == first() )
        throw new BoundaryViolationException( "Lista::prev(): " +
                    "Posición primera" );
   Nodo<E> n = checkPosition(p);
   Nodo<E> aux = cabeza;
   while( aux.getSiguiente() != n && aux.getSiguiente() != null )
          aux = aux.getSiguiente();
   if( aux.getSiguiente() == null )
          throw new InvalidPositionException( "Lista::prev(): " +
                   "Posicion no pertenece a la lista" );
   return aux;
}
```



```
public E remove( Position<E> p ) throws InvalidPositionException {
        if( isEmpty() ) throw new InvalidPositionException( "…." );
        Nodo<E> n = checkPosition(p);
        E aux = p.element();
        if( n == cabeza )
                cabeza = cabeza.getSiguiente();
        else {
                Nodo<E> anterior = (Nodo<E>) prev(p);
                anterior.setSiguiente( n.getSiguiente() );
        }
        longitud--;
        return aux;
}
```

¿Tiempo de ejecución?

Próxima clase

- Implementación con lista simplemente enlazada con enlace al primer y último elemento
- Implementación con Lista doblemente enlazada con celdas centinelas al principio y al final
- Iteradores

Bibliografía

- Goodrich & Tamassia, capítulo 6.