Algoritmos y Estructuras de Datos

Iteradores

Guillermo Román Díez, Lars-Åke Fredlund

Universidad Politécnica de Madrid

Curso 2024-2025

Iteradores – Motivación

- Es común iterar linealmente sobre todos los elementos de un TAD
- El método `show` para listas de posiciones:

```
public static <E> void show(PositionList<E> list) {
  Position<E> cursor = list.first();
  while (cursor != null) {
    System.out.println(cursor.element());
    cursor = list.next(cursor);
  } }
```

Iteradores – Motivación

- Es común iterar linealmente sobre todos los elementos de un TAD
- El método `show` para listas de posiciones:

```
public static <E> void show(PositionList<E> list) {
  Position<E> cursor = list.first();
  while (cursor != null) {
    System.out.println(cursor.element());
    cursor = list.next(cursor);
  } }
```

- o para listas indexadas:

```
public static <E> void show(IndexedList<E> list) {
  int i = 0;
  while (i < list.size()) {
    System.out.println(list.get(i));
    i++;
  } }
```

- ¿Cuál es el problema?

Iteradores – Motivación

- Es común iterar linealmente sobre todos los elementos de un TAD
- El método `show` para listas de posiciones:

```
public static <E> void show(PositionList<E> list) {
  Position<E> cursor = list.first();
  while (cursor != null) {
    System.out.println(cursor.element());
    cursor = list.next(cursor);
  } }
```

- o para listas indexadas:

```
public static <E> void show(IndexedList<E> list) {
  int i = 0;
  while (i < list.size()) {
    System.out.println(list.get(i));
    i++;
  } }
```

- ¿Cuál es el problema?
  - Es específico para cada TAD – sería mas útil que `show` funcionara para `IndexedList` y para `PositionList`

Iteradores

- Se puede abstraer el cursor para tener código reutilizable para otros TAD convirtiendo el cursor en un TAD llamado `Iterator`
- Un objeto `Iterator` permite iterar linealmente sobre los elementos de otro TAD
  - La iteración se realiza utilizando métodos del `Iterator`
  - No se usan métodos del TAD
  - Se puede reutilizar código para iterar otros TADs

Iteradores

- Se puede abstraer el cursor para tener código reutilizable para otros TAD convirtiendo el cursor en un TAD llamado `Iterator`
- Un objeto `Iterator` permite iterar linealmente sobre los elementos de otro TAD
  - La iteración se realiza utilizando métodos del `Iterator`
  - No se usan métodos del TAD
  - Se puede reutilizar código para iterar otros TADs

```
public static <E> void show(PositionList<E> list) {
  Iterator<E> it = list.iterator();    // Nos da un iterador
                                       // ya inicializado
  while (it.hasNext()) {               // Bucle mientras
                                       // hay mas elementos
     System.out.println(it.next());    // Cogemos el elemento
                                       // y deja el cursor
  }                                    // avanzado
}
```

Ejemplo con otra estructura

Pregunta

¿cuáles serían los cambios sobre el método `show` para poder recorrer tanto una `PositionList` como una `IndexedList`?

```
public static <E> void show(PositionList<E>list){
  Iterator<E> it = list.iterator();
  while (it.hasNext()) {
     System.out.println(it.next());
  }
}
```

Ejemplo con otra estructura

Pregunta

¿cuáles serían los cambios sobre el método `show` para poder recorrer tanto una `PositionList` como una `IndexedList`?

```
public static <E> void show(Iterable<E>list){
  Iterator<E> it = list.iterator();
  while (it.hasNext()) {
     System.out.println(it.next());
  }
}
```

Ejemplo con otra estructura

Pregunta

¿cuáles serían los cambios sobre el método `show` para poder recorrer tanto una `PositionList` como una `IndexedList`?

```
public static <E> void show(Iterable<E>list){
  Iterator<E> it = list.iterator();
  while (it.hasNext()) {
     System.out.println(it.next());
  }
}
```

- Ahora con un bucle `for`

```
for (Iterator<E> it=list.iterator(); it.hasNext(); ){
  System.out.println(it.next());
}
```

Ejemplo con otra estructura

Pregunta

¿cuáles serían los cambios sobre el método `show` para poder recorrer tanto una `PositionList` como una `IndexedList`?

```
public static <E> void show(Iterable<E>list){
  Iterator<E> it = list.iterator();
  while (it.hasNext()) {
     System.out.println(it.next());
  }
}
```

- Ahora con un bucle `for`

```
for (Iterator<E> it=list.iterator(); it.hasNext(); ){
  System.out.println(it.next());
}
```

- Es análogo al recorrido de un array con post-incremento

```
int i = 0;
while (i < arr.length) {
  System.out.println(arr[i++]);
}
```

Interfaces `Iterator<T>` e `Iterable<T>`

- El interfaz `java.lang.Iterable<E>` es la pieza que nos permitirá usar iteradores en un TAD

```
public interface Iterable<E> {
  public Iterator<E> iterator();
}

public class TADImpl implements Iterable<E> {
  public Iterator<E> iterator() {...}
}
```

- `java.util.Iterator<E>` declara todos los métodos que debe implementar un objeto iterador

```
public interface Iterator<E> {
  public E next();              /* obligatorio */
  public boolean hasNext();     /* obligatorio */
  public void remove();         /* opcional */
}
```

Interfaces `Iterable<E>` e `Iterator<E>`

- El interfaz `Iterable<E>` lo implementan las estructuras de datos (`IndexedList`, `PositionList`, `Tree`, ...)
  - Únicamente tiene el método `iterator()`, que devuelve un `Iterator<E>` inicializado en el primer elemento de la estructura de datos
- El interfaz `Iterator<E>` proporciona los métodos:
  - `hasNext()` devuelve `true` mientras haya algún elemento pendiente de recorrer
  - `next()` devuelve el elemento accesible desde el cursor y deja el cursor avanzado (post-incremento)
    - ⋆ Esto se conoce como un "efecto de lado" o "side effect"
  - `remove()` borra el ultimo elemento devuelto por `next()`

Métodos del interfaz `Iterator`

- `hasNext` indica si el cursor referencia a un elemento (es distinto de `null`)
  - **NO** debe entenderse como *¿hay siguiente cursor?*
- `next` guarda el elemento al que apunta el cursor, avanza el cursor y devuelve el elemento guardado
  - **NO** debe interpretarse como *dame el siguiente elemento*
  - Puede dejar el cursor a `null` después de avanzar (si es el último)
- `remove` borra el elemento que devolvió `next` en su última ejecución
  - **Es necesario que previamente se haya ejecutado** `next`
  - No es obligatorio implementarlo en la asignatura

Ejemplo uso Iterador

```
Iterator<E> = tad.iterator();

 [A,B]     hasNext() devuelve true
  ↑        next() avanza el cursor a B y devuelve A
cursor
```

Ejemplo uso Iterador

```
Iterator<E> = tad.iterator();

 [A,B]     hasNext() devuelve true
  ↑        next() avanza el cursor a B y devuelve A
cursor

 [A,B]     hasNext() devuelve true
    ↑      next() avanza el cursor a null y devuelve B
  cursor
```

Ejemplo uso Iterador

```
Iterator<E> = tad.iterator();

 [A,B]     hasNext() devuelve true
  ↑        next() avanza el cursor a B y devuelve A
cursor

 [A,B]     hasNext() devuelve true
   ↑       next() avanza el cursor a null y devuelve B
  cursor

 [A,B]     hasNext() devuelve false
           next()    lanza NoSuchElementException
 cursor
   ↓
  null
```

Objeto Iterador

- Si al crearse el iterador el TAD está **vacío**
  - `hasNext` devuelve `false`
  - `next` lanza `NoSuchElementException`
- Si el TAD **no** está **vacío**
  - `hasNext` devuelve `true`
  - `next` avanza el cursor devolviendo el elemento actual
- Si el cursor se sale del rango de la estructura (p.e. apunta a `null` en una lista)
  - `hasNext` devuelve `false`
  - `next` lanza `NoSuchElementException`

Pregunta

¿es posible usar a la vez dos iteradores sobre el mismo TAD?

Método `remove`

- Debe borrar del TAD el elemento devuelto por el último `next`
- Si no ha habido `next` → `IllegalStateException`

```
while (it.hasNext()) {
  it.next();
  it.remove();      // correcto
}

if (!it.hasNext())
  it.remove();      // Incorrecto, no hay elementos

if (it.hasNext())
  it.remove();      // Incorrecto, no hay next previo

it.next();          // correcto
it.remove();        // correcto
```

Ejemplo: Suma

Ejercicio

Método que devuelve la suma de los elementos de una estructura de datos

Ejemplo: Suma

Ejercicio

Método que devuelve la suma de los elementos de una estructura de datos

```
public int sumaElems(Iterable<Integer> tad) {
  Iterator<E> it = tad.iterator();
  int suma = 0;
  while (it.hasNext()) {
    suma += it.next(); // Asumimos != null
  }
  return suma;
}
```

Ejemplo: member

Ejercicio

Método que devuelve si `e` es miembro de una estructura de datos sin elementos `null`

Ejemplo: member

Ejercicio

Método que devuelve si `e` es miembro de una estructura de datos sin elementos `null`

```
static <E> boolean member(E e, Iterable<E> tad) {
  Iterator<E> it = tad.iterator();
  boolean found = false;
  while ( it.hasNext() && !found)
    found = e.equals(it.next());
  }
  return found;
}
```

Ejemplo: Subconjunto

Ejercicio

Método que indica todos los elementos de una lista (`l1`) están contenidos en otra (`l2`)

Ejemplo: Subconjunto

Ejercicio

Método que indica todos los elementos de una lista (`l1`) están contenidos en otra (`l2`)

```
static <E> boolean subset(PositionList<E> l1,
                          PositionList<E> l2) {

  if (l1 == null || l2 == null) return false;
  if (l1 == l2) return true;
  Iterator<E> it1 = l1.iterator();
  boolean res = true;
  while ( it1.hasNext() && res ) {
    res = member(it1.next(),l2);
  }
  return res;
}
```

Ejemplo: Listas Iguales

Ejercicio

Método que indica si dos listas son iguales

Ejemplo: Listas Iguales

Ejercicio

Método que indica si dos listas son iguales

```
<E> boolean iguales (PositionList<E> list1,
                     PositionList<E> list2) {

      if (list1.size() != list2.size ()) return false;

      Iterator<E> it1 = list1.iterator();
      Iterator<E> it2 = list2.iterator();
      boolean iguales = true;

      while (it1.hasNext() && iguales) {
        iguales = eqNull(it1.next(),it2.next());
      }
      return iguales;
    }
```

Ejemplo: Iguales pero con Iterables

Ejercicio

Método que indica si dos Iterables son iguales

Ejemplo: Iguales pero con Iterables

Ejercicio

Método que indica si dos Iterables son iguales

```
public static <E> boolean iguales (Iterable<E> iter1,
                                   Iterable<E> iter2) {

  Iterator<E> it1 = iter1.iterator();
  Iterator<E> it2 = iter2.iterator();
  boolean iguales = true;

  while (it1.hasNext() && it2.hasNext()) {
    iguales = eqNull(it1.next(),it2.next());
  }
  return it1.hasNext() == it2.hasNext() && iguales;
}
```

¿cómo y cuándo usar iteradores?

- Los iteradores se usan para iterar sobre TADs que son colecciones de elementos
  - No todos los TADs serán colecciones de elementos
- El problema debe requerir únicamente el acceso a elementos (`next`)
  - No permite el acceso al nodo (sólo al elemento)
- Sólo se puede borrar el último elemento devuelto por el iterador (`remove`)

Métodos devolviendo Iterables

- Métodos tambien pueden devolver Iterables
- En vez de

```
PositionList<E> reverse(PositionList<E> list)
```

  podemos definir

```
Iterable<E> reverse(PositionList<E> list)
```

- ¿Cuales son las ventajes/desventajas?

Métodos devolviendo Iterables

- Métodos tambien pueden devolver Iterables
- En vez de

```
PositionList<E> reverse(PositionList<E> list)
```

  podemos definir

```
Iterable<E> reverse(PositionList<E> list)
```

- ¿Cuales son las ventajes/desventajas?
  - Bien, no estamos comprometiéndonos a devolver un TAD concreto – nos da mas "libertad" al programar

Métodos devolviendo Iterables

- Métodos tambien pueden devolver Iterables
- En vez de

```
PositionList<E> reverse(PositionList<E> list)
```

  podemos definir

```
Iterable<E> reverse(PositionList<E> list)
```

- ¿Cuales son las ventajes/desventajas?
  - Bien, no estamos comprometiéndonos a devolver un TAD concreto – nos da mas "libertad" al programar
  - Mal, se sabe muy poco sobre el objeto devuelto – solo que implementa un iterador

Métodos devolviendo Iterables

- Métodos tambien pueden devolver Iterables
- En vez de

```
PositionList<E> reverse(PositionList<E> list)
```

  podemos definir

```
Iterable<E> reverse(PositionList<E> list)
```

- ¿Cuales son las ventajes/desventajas?
  - Bien, no estamos comprometiéndonos a devolver un TAD concreto – nos da mas "libertad" al programar
  - Mal, se sabe muy poco sobre el objeto devuelto – solo que implementa un iterador
  - Por ejemplo: no podemos preguntar sobre el numero de elementos en el objeto devuelto: **un iterador no tiene método size()!**

Modificando un estructura de datos durante una iteración

- Es habitual que los iteradores almacenen internamente un atributo con un puntero a la estructura de datos que recorren

Pregunta

¿qué ocurrirá si se modifica el contenido de la estructura una vez que ya se ha empezado iterar sobre la estructura?

Modificando un estructura de datos durante una iteración

- Es habitual que los iteradores almacenen internamente un atributo con un puntero a la estructura de datos que recorren

Pregunta

¿qué ocurrirá si se modifica el contenido de la estructura una vez que ya se ha empezado iterar sobre la estructura?

- Dependiendo del estado del iterador puede haber errores en ejecución
  - Si se borra el nodo al que apunta el cursor
  - Si se añaden elementos antes de la posición del cursor éstos no aparecerán en el iterador
- Muchas de las implementaciones de los iteradores lanzan la excepción `ConcurrentModificationException` cuando se cambia la estructura (add, remove) durante una iteración
- Muchos iteradores tiene métodos "seguros" para añadir y borrar elementos de la estructura durante una iteración – usad estos!

El bucle `for-each`

- El bucle `for-each` es una abstracción que simplifica el código del bucle `for` en algunos casos
- Pasamos de este código ...

```
public static <E> void show(PositionList<E> list) {
  Iterator<E> it = list.iterator();
  while (it.hasNext())
    System.out.println(it.next());
}
```

- a este otro código ...

```
public static <E> void show(Iterable<E> iterable) {
  for (E e : iterable) {
    System.out.println(e);
  }
}
```

- *"para cada elemento `e` de tipo `E` en `iterable` imprime `e`"*

Sintaxis de `for-each`

- Patrón de sintaxis:

```
for (type elem : expr) {
    stmts
}
```

- La variable `elem` tiene tipo `type` y no aparece en `expr`
- La expresión `expr` tiene tipo `Iterable<T>` o tipo "array de T", con T un subtipo de `type`
- Dentro de `stmts` no se tiene acceso al iterador (a una variable que referencie el objeto iterador), sólo al elemento `elem`
- Se recorre el TAD iterable por completo *for-each = para cada elemento*
  - **NO** debería utilizarse para recorridos parciales de la estructura

```
for (Iterator<E> it=list.iterator(); it.hasNext(); ) {
    E e = it.next();
}
```

Ejemplo `for-each`

Ejemplo

Método `toString` de la clase `NodePositionList`

Ejemplo `for-each`

Ejemplo

Método `toString` de la clase `NodePositionList`

```
public String toString() {
  String s = "[";
  for (E e : this)) {
    s += e;
    if (cursor != last()) {
      s += ", ";
    }
  }
  s += "]";
  return s;
}
```

Ejemplo: Suma elementos

Ejemplo

Suma de elementos de una lista de enteros que puede contener nulos

Ejemplo: Suma elementos

Ejemplo

Suma de elementos de una lista de enteros que puede contener nulos

```
int sumaElems(PositionList<Integer> list) {
  int suma = 0;
  for (Integer e : list) {
    if (e != null) {
      suma += e;
    }
  }
  return suma;
}
```

For-each en Arrays

- `for-each` también se puede utilizar para recorrer arrays

Ejemplo

Suma de los elementos de un array

For-each en Arrays

- `for-each` también se puede utilizar para recorrer arrays

Ejemplo

Suma de los elementos de un array

```
public int sumaArray(int [] v) {
  int suma = 0;
  for (int e : v) {
    suma += e;
  }
  return suma;
}
```

Implementación de Iteradores: Alternativas

- Si es posible, utilizando la propia estructura de datos que implementa el iterador (p.e. si un map se implementa con una lista, usando el iterador de la lista)

Implementación de Iteradores: Alternativas

- Si es posible, utilizando la propia estructura de datos que implementa el iterador (p.e. si un map se implementa con una lista, usando el iterador de la lista)
- El objeto iterador itera **usando los métodos del interfaz del TAD**
  - El iterador puede usarse para iterar sobre objetos de cualquier clase que implemente el interfaz
  - El iterador puede iterar sobre cualquier clase que implemente 'I' si usa únicamente métodos de 'I' para "mover" el cursor o para acceder a los elementos.

Implementación de Iteradores: Alternativas

- Si es posible, utilizando la propia estructura de datos que implementa el iterador (p.e. si un map se implementa con una lista, usando el iterador de la lista)
- El objeto iterador itera **usando los métodos del interfaz del TAD**
  - El iterador puede usarse para iterar sobre objetos de cualquier clase que implemente el interfaz
  - El iterador puede iterar sobre cualquier clase que implemente 'I' si usa únicamente métodos de 'I' para "mover" el cursor o para acceder a los elementos.
- El objeto mueve el cursor **accediendo de los atributos de la clase que implementa el TAD**
  - Únicamente pueden usarse para iterar sobre objetos de las clases concretas
  - Si 'C' que implementa el interfaz 'I', el iterador definido para objetos de 'C' sólo puede usarse sobre objetos de tipo 'C'

Implementación de Iteradores: Alternativas

- Si es posible, utilizando la propia estructura de datos que implementa el iterador (p.e. si un map se implementa con una lista, usando el iterador de la lista)
- El objeto iterador itera **usando los métodos del interfaz del TAD**
  - El iterador puede usarse para iterar sobre objetos de cualquier clase que implemente el interfaz
  - El iterador puede iterar sobre cualquier clase que implemente 'I' si usa únicamente métodos de 'I' para "mover" el cursor o para acceder a los elementos.
- El objeto mueve el cursor **accediendo de los atributos de la clase que implementa el TAD**
  - Únicamente pueden usarse para iterar sobre objetos de las clases concretas
  - Si 'C' que implementa el interfaz 'I', el iterador definido para objetos de 'C' sólo puede usarse sobre objetos de tipo 'C'

Pregunta

¿qué ventajas e inconvenientes tiene cada opción?

Iteradores sobre Interfaces (1)

(1) El interfaz del TAD debe extender `Iterable`

- Debe implementar el método `iterator()`

```
import java.util.Iterator;

public interface TAD<E> extends Iterable<E> {
  ... /* metodos del TAD */
  public Iterator<E> iterator();
}
```

Iteradores sobre Interfaces (2)

(2) Se implementa una clase iterador que usa los métodos del interfaz del TAD (no de la clase) para mover el cursor

```
public class TADIterator<E> implements Iterator<E> {
  private TAD<E> tad;  /* el TAD es un atributo */
  private CursorTAD<E> cursor;

  public TADIterator(TAD<E> t) {
    tad = t;
    ... /* inicializa el valor del cursor */
  }
  public boolean hasNext()  { /* codigo aqui */ }
  public E next()           { /* codigo aqui */ }
  public void remove()      { /* codigo aqui */ }
}
```

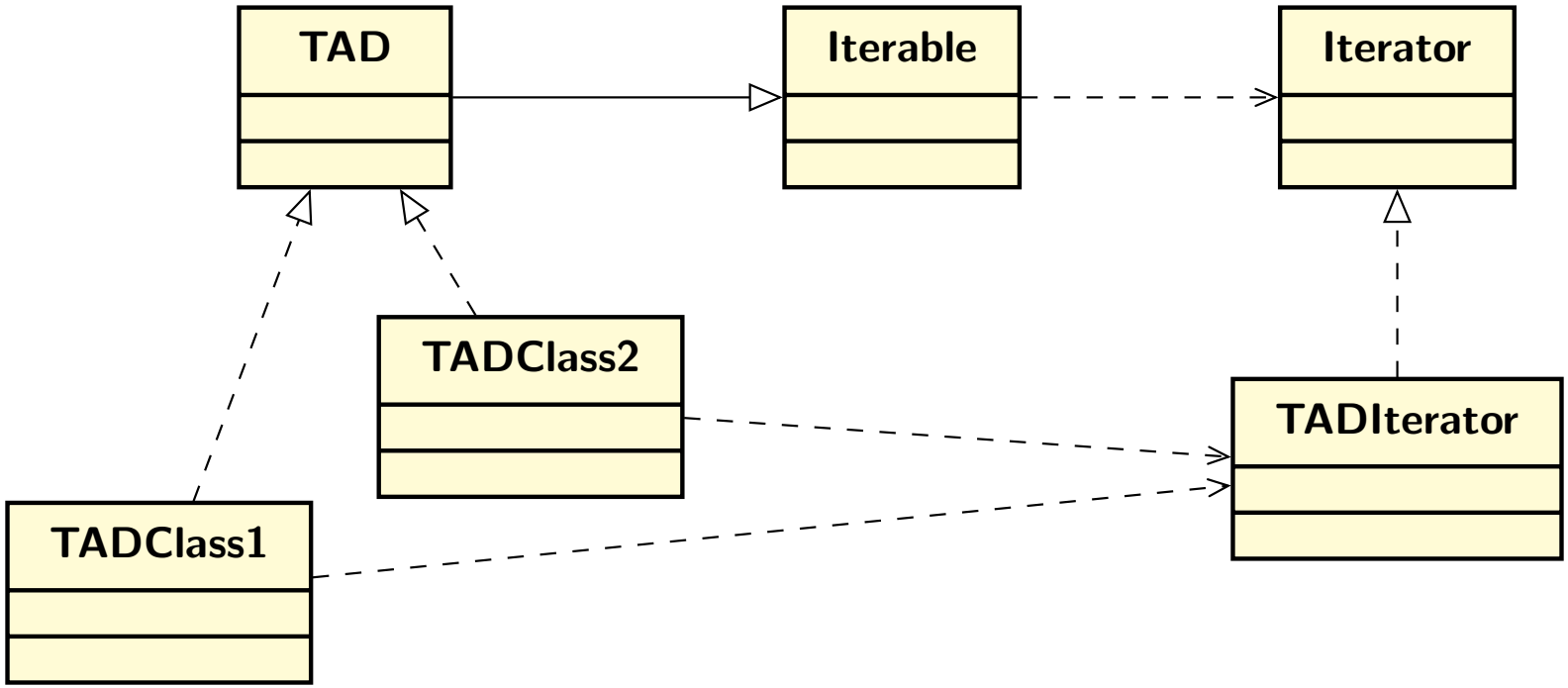
Iteradores sobre Interfaces (3)

(3) Implementar el método `iterator` en todas las clases que implementan el interfaz `TAD<E>`

```
public class TADClass1<E> implements TAD<E> {
  ...
  public Iterator<E> iterator() {
    return new TADIterator<E>(this);
  }
}
...
public class TADClass2<E> implements TAD<E> {
  ...
  public Iterator<E> iterator() {
    return new TADIterator<E>(this);
  }
}
```

Iteradores sobre Interfaces (4)

(4) El diagrama de clases quedaría



Iteradores "anónimos"

- Para implementar el método `iterator()` dentro de un TAD habitualmente se utiliza una *clase anónima*
  - Al estar dentro del TAD nos permite tener acceso a los atributos del TAD, no restringiéndonos al uso del interfaz del TAD

```
public class TADClass<E> implements TAD<E>{
  ...
  public Iterator<E> iterator() {
    return new Iterator<E>() {
      private CursorTAD<E> cursor;

      @Override
      public boolean hasNext() { ... }

      @Override
      public E next() { ... }
    };
  }
  ...
}
```