Genéricos y colecciones

Tecnología de la Programación

Curso 2014-2015

Jesús Correas – jcorreas@ucm.es

Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
Universidad Complutense de Madrid

(Basado en material creado por Puri Arenas, utilizando los apuntes de Marco Antonio Gómez y Jorge Gómez)

Introducción

- El objetivo de los genéricos es facilitar el desarrollo de código genérico y reutilizable.
- Vamos a comenzar viendo un ejemplo con una **Pila redimensionable**.

  (parecida a la pila utilizada en la práctica)
- Una pila tiene una serie de operaciones básicas
  - `push(elem)` para añadir un elemento a la pila,
  - `pop()` para extraer el último elemento añadido.
  - `estaVacia()` para saber si la pila está vacía.
- Estas operaciones son independientes de los datos que se introduzcan en la pila.
- Sin embargo, si se define una pila para almacenar enteros, solo sirve para este tipo de datos.
- Si se define para objetos de una clase, solo se pueden utilizar objetos de esa clase (o subclases).

Clase `Pila` de enteros

```
public class Pila {
  private int[] datos;
  private int numDatos;
  private static final int TAM_INI = 10, TAM_INC = 10;
  public Pila() {
    datos = new int[TAM_INI];
    numDatos = 0;
  }
  public void push(int dato) {
    if (numDatos == datos.length) {
      int[] aux = new int[datos.length+TAM_INC];
      System.arraycopy(datos,0,aux,0,datos.length);
      datos = aux;
    }
    datos[numDatos++] = dato;
  }
  public int pop() {
    if (numDatos > 0) {
      numDatos--;
      return datos[numDatos];
    } else { /* lanza excepcion */ }
  }
}
```

Generalización de la clase `Pila`. Primera aproximación

- Podríamos diseñar una **pila genérica**, para datos de cualquier tipo.
- Si en lugar de un tipo específico del programa utilizamos **`Object`**, la pila sirve para cualquier tipo no primitivo.
- Para los tipos primitivos podemos utilizar los tipos no primitivos equivalentes (`Integer`, etc.) y *boxing/unboxing*.

```
public class Pila {
  private Object[] datos;
  ...
  public Pila() {
    datos = new Object[TAM_INI];
    ... }
  public void push(Object dato) {
    if (numDatos == datos.length) {
      Object[] aux = new Object[datos.length+TAM_INC];
    ... }
  public Object pop() {
    ... }
}
```

Generalización de la clase `Pila`. Primera aproximación

- Cuando se utiliza este enfoque y se almacenan objetos de una clase, es necesario hacer **cast** cuando se extraen elementos de la pila:

```
...
Pila p = new Pila();
p.push("primer elemento.");
p.push("segundo elemento.");
String s = p.pop(); // Error de compilación: Incompatible types.
...
String s = (String)p.pop(); // Esto sí compila.
```

- Pero este código es **inseguro**: durante la compilación no se puede garantizar que no se va a producir un error de ejecución:

```
...
Pila p = new Pila();
p.push(new Integer(37));
String s = (String)p.pop(); // Compila correctamente.
```

- Durante la ejecución:

```
Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException:
java.lang.Integer cannot be cast to java.lang.String
```

Genéricos

- Desde Java 5 existe la posibilidad de referirse a un tipo de datos de forma genérica.
- Los genéricos de Java son *azúcar sintáctico* para no tener que hacer *cast* inseguros continuamente.
- La idea de los genéricos consiste en **parametrizar** la definición de una clase respecto a un tipo genérico.
- Para ello, se utilizan *parámetros* para representar un tipo de datos (también llamados *variables de tipo*).
- **Cuando se crea un objeto de esta clase** en otro punto del programa, **se especifica el tipo concreto** que va a tomar el parámetro.
- **Notación:** los parámetros suelen representarse con identificadores formados por una sola letra mayúscula.
- Otros lenguajes disponen de mecanismos más potentes de programación genérica (como las plantillas de C++).

Clase `Pila` utilizando genéricos

```
public class PilaGenerica<T> {
  private Object[] datos; // internamente se usa un array de Object
  private int numDatos;
  private static final int TAM_INI = 10, TAM_INC = 10;
  public PilaGenerica() { ... }

  public void push(T dato) {
    if (numDatos == datos.length) {
      Object[] aux = new Object[datos.length+TAM_INC];
      System.arraycopy(datos,0,aux,0,datos.length);
      datos = aux;
    }
    datos[numDatos++] = dato;
  }

  @SuppressWarnings("unchecked")
  public T pop() throws Exception {
    if (numDatos == 0)
      throw new Exception("horror");
    numDatos--;
    return (T)datos[numDatos];
  }
}
```

Uso de la clase genérica `Pila`

- Internamente se utilizan arrays de objetos **`Object`** porque no es posible crear objetos ni arrays de tipos genéricos.
- Sin embargo, cuando se utiliza un objeto de tipo `Pila`, **no es necesario hacer cast:**

```
...
Pila<String> p = new Pila<String>();
p.push("primer elemento.");
p.push("segundo elemento.");
String s = p.pop(); // no es necesario cast.
...
```

- Además es **seguro:** se comprueba el tipo de los datos en tiempo de compilación.

```
...
Pila<String> p = new Pila<String>();
p.push(new Integer(37)); // Error de compilación.
Integer v = p.pop(); // Error de compilación.
```

- De esta forma se puede **controlar el tipo de objetos** que se pueden almacenar en la pila.

Uso de la clase genérica `Pila`

- Al crear una `Pila` genérica de un tipo específico, **todos sus elementos deben ser del tipo especificado o sus subclases:**

```
Pila<Number> p = new Pila<Number>(); //(*)
p.push(new Integer(44));
p.push(new Double(37.5));
```

- El tipo que se utiliza en *(*)* puede ser cualquier tipo no primitivo.
  - Utilizando *boxing/unboxing* se pueden utilizar las clases que representan tipos primitivos:

```
Pila<Integer> p = new Pila<Integer>();
p.push(44); p.push(37);
int x = p.pop();
```

- Si fuera necesario crear una pila para almacenar objetos de cualquier tipo, debería utilizarse el tipo **`Object`**:

```
Pila<Object> p = new Pila<Object>();
p.push(new Integer(44));
p.push(new String("texto"));
```

Clases e interfaces Genéricas. Herencia

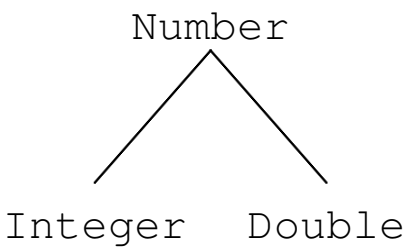
- Se pueden crear tanto clases como interfaces genéricas:

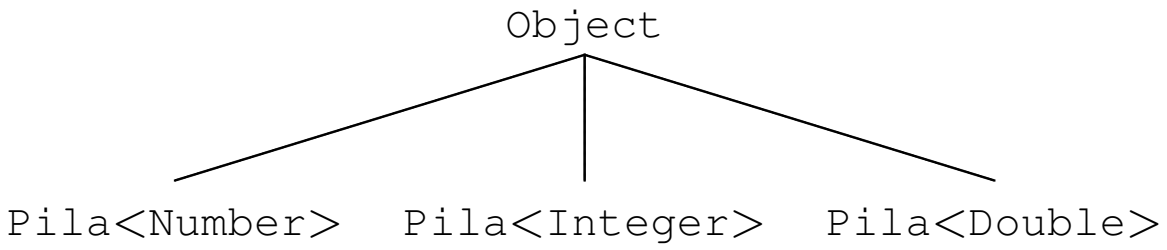
```
public interface Iterator<E> {
  boolean hasNext();
  E next();
  void remove(); }
```

- Se puede heredar de clases genéricas o implementar interfaces genéricas. Ejemplos de `java.util`:

```
public final class Scanner implements Iterator<String> { ... }
public class ArrayList<E> extends AbstractList<E>
  implements List<E>, ... { ... }
```

- La herencia de clases/interfaces genéricos **debe ser explícita:** **`Number` es superclase de `Integer`, pero `Pila<Number>` no es superclase de `Pila<Integer>`.**





Limitación de la genericidad

- Hay casos en los que es conveniente limitar las posibles clases que pueden utilizarse como parámetros en una clase genérica.
- Por ejemplo, se pueden limitar los tipos que se pueden utilizar en la declaración de la pila:

```
public class PilaGenerica<T extends Number> {
  ...
}
```

- En este caso, las únicas clases que se pueden utilizar para crear una pila son `Number` o sus subclases.
- En este contexto, la palabra **`extends`** se utiliza tanto para referirse a **herencia** como para **implementación** de interfaces.
- Esto nos permite **mejorar el control sobre los objetos** que se pueden utilizar en determinados casos. Lo vemos con un ejemplo.

Limitación de la genericidad. Ejemplo

- En el tema anterior se ilustró el uso de interfaces con un interfaz `Comparable` y las clases `Rational` y `Fecha`. Después se podía crear un método para **ordenar** un array de objetos que implementaban el interfaz.
- Una dificultad que encontramos era **cómo controlar la posibilidad de que se compararan un `Rational` con una `Fecha`.**
  - Se propuso como solución **lanzar una excepción.**
- Mediante genéricos podemos limitar **en tiempo de compilación** los tipos de objetos que podemos comparar entre sí.
- Definimos un interfaz `Comparable` de la siguiente forma:

```
public interface Comparable<T> {
  boolean less(T c);
  boolean equal(T c);
}
```

(**Nota:** El interfaz `java.lang.Comparable` es ligeramente diferente del expuesto en este documento).

Limitación de la genericidad. Ejemplo

- Las clases que implementan `Comparable` se definen:

```
public class Rational implements Comparable<Rational> {
  private int num, den;
  public Rational(int n, int d){ num = n; den = d; }
  @Override
  public boolean less(Rational r) { // ahora el parámetro NO ES Object
    return (((double)this.num)/this.den < ((double)r.num) / r.den);
  }
}

public class Fecha implements Comparable<Fecha> {
  private int anno, mes, dia;

  public Fecha(int d, int m, int a) { dia = d; mes = m; anno = a; }
  @Override
  public boolean less(Fecha f) { // ahora el parámetro NO ES Object!
    return (this.anno<f.anno || (this.anno==f.anno &&
           (this.mes<f.mes || (this.mes==f.mes && this.dia<f.dia))));
  }
}
```

Limitación de la genericidad. Ejemplo

- Ahora podemos ordenar cualquier array de objetos que implementen `Comparable` **y sean comparables entre sí:**

```
public class SelectionAlgorithm<T extends Comparable<T>> {
  public void sortArray(T[] v) {
    T minx;
    int minj;
    for (int i = 0; i < v.length-1; i++) {
      minj = i;
      minx = v[i];
      for (int j = i+1; j < v.length; j++) {
        if (v[j].less(minx)) {
          minj = j;
          minx = v[j];
        }
      }
      v[minj] = v[i];
      v[i] = minx;
    }
  }
}
```

Métodos genéricos

- Igual que se pueden definir clases genéricas, se pueden definir **métodos genéricos.**
- En el ejemplo anterior, se puede indicar que el método `sortArray` es genérico:

```
public class SelectionAlgorithm {
  public static <T extends Comparable<T>> void sortArray(T[] v) {
    T minx;
    ...
  } }
```

- La clase no es genérica, solo el método.
- El ámbito del parámetro genérico **T** es el método. Fuera del método, **T** no está definido.
- Para llamar a un método (estático) genérico:

```
Fecha[] fec = {new Fecha(...), ...};
...
SelectionAlgorithm.<Fecha>sortArray(fec);
```

- **Esta es la forma de definir métodos estáticos genéricos.**

Uso de comodines al referirse a genéricos

- A veces es necesario poder referirse de forma general a varias instanciaciones posibles de una clase genérica.
- Por ejemplo, si tenemos un método que recibe como argumento una pila de `Number`,

```
public void escribePilaNumeros(Pila<Number> p) {
  while (!p.vacia()) {
    Number n = p.pop();
    System.out.println(n);
  } }
```

- **No es posible llamar a este método con una pila de `Integer`:**

```
Pila<Integer> pi = new Pila<Integer>();
...
escribePilaNumeros(pi); // Error de compilación!
```

- No es correcto porque `Pila<Integer>` **no es subclase de** `Pila<Number>`.

Uso de comodines al referirse a genéricos

- Este problema se puede resolver utilizando **comodines** (*wildcards*):

```
public void escribePilaNumeros(Pila<? extends Number> p) {...}
```

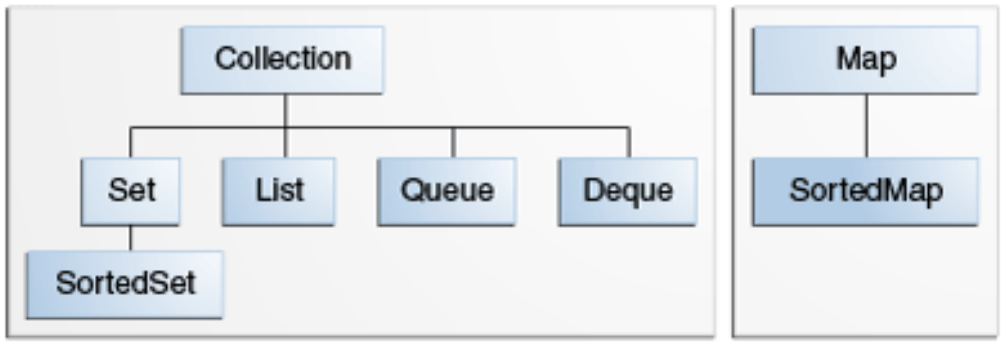
- Esta notación permite referirse a distintas *instanciaciones* de `Pila` de forma general.
- Sin embargo, en este método no es posible realizar algunas operaciones sobre la pila, pues **el tipo de los elementos de la pila es desconocido.**
- Por ejemplo, **no es posible añadir elementos a la pila:**
  - Se podría intentar añadir un elemento de tipo `Double` a una pila de objetos de tipo `Integer`, pues ambas clases heredan de `Number`.
- **Sí se pueden utilizar todos los métodos de la clase `Number`** sobre los elementos de la pila.
- Si se desea utilizar un comodín para referirse **a cualquier clase posible**, se puede utilizar la siguiente notación:

```
public void escribePilaNumeros(Pila<?> p) {...}
```

Colecciones

- Los genéricos se utilizan fundamentalmente para definir estructuras de datos en el API de Java.
- Las estructuras de datos están definidas mediante el **"Collections framework"**.
- Es un conjunto de clases e interfaces definidas en **`java.util`** que forman **dos jerarquías de clases e interfaces distintas** cuyas raíces son:
  - **La interfaz `Collection<E>`,** para representar grupos de objetos en los que se pueden añadir y eliminar elementos.
  - **La interfaz `Map<K,V>`,** que generalizan el concepto de array: permiten seleccionar un elemento (V) a partir de su "posición" (K).

Fuente: `http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/`



Interfaz `Collection<E>`

- Representa un grupo de objetos en el sentido más general posible. Los subinterfaces más relevantes de este interfaz son:
  - **`Set<E>`** representa un grupo de elementos que no contiene duplicados.
    - ★ implementaciones: **`TreeSet`**, **`HashSet`**.
  - **`List<E>`** representa un grupo de elementos ordenados, que puede contener elementos duplicados. Se puede acceder a los elementos por su posición en la lista, buscar un elemento y eliminar un elemento.
    - ★ implementaciones principales: **`ArrayList`**, **`LinkedList`**, **`Vector`**.
- El interfaz `Collection<E>` declara un método para que todas las implementaciones devuelvan un **iterador**.
- Un iterador (interfaz **`Iterator<E>`**) permite recorrer todos los elementos de una colección de forma sencilla. Por ejemplo:

```
ArrayList<Tipo> col = new ArrayList<Tipo>();
...
Iterator<Tipo> it = col.iterator();
while (it.hasNext()) {
  System.out.println(it.next());
}
```

Interfaz Map

- Un objeto **Map<K,V>** almacena un grupo de objetos en memoria y permite acceder a ellos a través de una clave.
- Tiene dos parámetros: **K** es el tipo de datos utilizado para la clave y **V** el tipo de los objetos almacenados.
- Clases que implementan este interfaz: **TreeMap**, **HashMap**.
- Por ejemplo, podemos utilizar un **Map<String,Persona>** para mantener en memoria un grupo de objetos **Persona** indexados por su **dni**, que es un **String**:

```
class Persona {
  private String dni;
  private String nombre;
  private int edad; ...
}
...
TreeMap<String,Persona> grupo = new TreeMap<String,Persona>();
Persona p1 = new Persona("111", "Orson Welles", 37);
grupo.put(p1.getDni(),p1);
...
System.out.println(grupo.get("111"));
```

Interfaz `Map`

- El interfaz **`Map`** no contiene métodos específicos para recorrer los elementos que contiene.
- Pero sí dispone de métodos para devolver colecciones que representan su contenido:
  - **`Set<K> keySet()`** devuelve el conjunto de claves almacenados en el **`Map`**.
  - **`Collection<V> values()`** devuelve una colección con los valores almacenados (no es un conjunto, pues pueden estar repetidos).
  - **`entrySet()`** devuelve el conjunto de pares (clave,valor).