Relaciones entre clases en Java

Ricardo Pérez López

IES Doñana, curso 2020/2021

Generado el 21 de abril de 2021 a las 18:05:00

Índice general

1. Asociaciones básicas

1.1. Agregación

La **agregación** se consigue haciendo que el objeto agregador contenga, entre sus variables de instancia, una referencia al objeto agregado.

Para que sea agregación, la vida del objeto agregado **no** debe depender necesariamente del objeto agregador; es decir, que al destruirse el objeto agregador, eso no signifique que se tenga que destruir también al objeto agregado.

Eso implica que puede haber en el programa varias referencias al objeto agregado, no sólo la que almacena el agregador.

Lo habitual en la agregación es que la variable de instancia que almacene la referencia al objeto agregado se asigne, o bien directamente (si la variable tiene la suficiente visibilidad) o bien a través de un método que reciba la referencia y se la asigne a la variable de instancia.

Ese método puede ser (y suele ser) un constructor de la clase.

Ejemplo:

```
class Agregador {
    private Agregado ag;

    public Agregador(Agregado ag) {
        setAg(ag);
    }

    public Agregado getAg() {
        return ag;
    }

    public void setAg(Agregado ag) {
        this.ag = ag;
    }
}
```

En la agregación, es frecuente encontrarnos con métodos *getter* y *setter* para la variable de instancia que hace referencia al agregado.

1.2. Composición

La **composición** se consigue haciendo que el objeto compuesto contenga, entre sus variables de instancia, una referencia al objeto componente.

Para que sea composición, la vida del objeto componente **debe depender** necesariamente del objeto compuesto; es decir, que al destruirse el objeto compuesto, se debe destruir también al objeto componente.

Eso implica que sólo puede haber en el programa una sola referencia al objeto componente, que es la que almacena el objeto compuesto.

Por eso, lo habitual en la composición es que el objeto compuesto sea el responsable de crear al objeto componente.

Normalmente, no hay *setters* para el componente y, en caso de haber *getters*, deberían devolver una copia del objeto componente, y no el objeto componente original.

2. Generalización

2.1. Declaración

Java es un lenguaje con generalización simple, por lo que una clase sólo puede ser subclase directa de una única clase.

La relación de generalización directa entre dos clases se declara en la propia definición de la subclase usando la cláusula **`extends`**:

```
⟨clase⟩ ::= [public] [abstract | final] class ⟨subclase⟩ extends ⟨superclase⟩ {
        ⟨miembro⟩*
  }
```

donde ⟨*subclase*⟩ y ⟨*superclase*⟩ son los nombres de la subclase directa y la superclase directa, respectivamente.

Cuando no se especifica la superclase directa a la hora de definir una clase, el compilador sobreentiende que esa clase es subclase directa de la clase `Object`.

2.2. Subtipado entre tipos referencia

A partir de ese momento, se introduce en el sistema de tipos una regla que dice que:

⟨*subclase*⟩ $<_1$ ⟨*superclase*⟩

Por tanto, se puede decir que el tipo definido por la subclase es un subtipo del tipo definido por la superclase.

2.3. Herencia

Mediante el mecanismo de la herencia, una subclase hereda ciertos miembros de sus superclases (directas o indirectas), dependiendo de la visibilidad de esos miembros.

Los miembros con visibilidad privada no se heredan.

Los miembros con visibilidad pública se heredan siempre.

Los miembros con visibilidad predeterminada se heredan si la subclase y la superclase pertenecen al mismo paquete.

Los miembros con visibilidad protegida se heredan siempre, aunque la subclase y la superclase pertenezcan a paquetes distintos.

2.4. La clase `Object`

La clase `Object` es la raíz de la jerarquía de clases en Java.

Toda clase en Java es subclase (directa o indirecta) de `Object`.

2.5. Visibilidad protegida

La visibilidad protegida está pensada para cuando queremos limitar la visibilidad de un miembro de una clase a sus posibles subclases.

Pero no debemos olvidar que, en Java, un miembro con visibilidad protegida también puede ser accesible desde cualquier clase que pertenezca al mismo paquete que la clase donde está declarado el miembro.

3. Polimorfismo

3.1. El principio de sustitución de Liskov

Recordemos que, por el principio de sustitución de Liskov, se puede usar una instancia de una clase allí donde se espere una instancia de una superclase suya.

En un lenguaje de tipado estático como Java, el compilador comprueba que el método que se quiere invocar sobre un objeto es compatible con el tipo declarado para ese objeto.

Eso quiere decir que el compilador tiene que determinar, en tiempo de compilación, si un objeto de ese tipo puede responder a la invocación de ese método.

Ese tipo será:

- El tipo estático de la variable si se está intentando invocar un método sobre una variable:

```
Trabajador t; // Declara la variable de tipo «Trabajador» (tipo estático)
t = new Docente(); // «t» contiene una referencia a un objeto
t.despedir(); // El método «despedir» debe ser compatible con «Trabajador»
```

- El tipo definido por su clase si se está invocando el método directamente sobre una instancia de una clase:

```
// El método «despedir» debe ser compatible con «Docente», porque un
// docente es un trabajador:
(new Docente()).despedir();
```

3.2. Sobreescritura de métodos

Los métodos heredados desde una superclase se pueden sobreescribir.

***Sobreescribir* o *redefinir* un método heredado** consiste en definir, en la subclase, un método (el método que *sobreescribe* o que *redefine*) con el mismo nombre y la misma lista de parámetros que el método heredado de la superclase (el método *sobreescrito* o *redefinido*).

El tipo de retorno del método que redefine tiene que ser *compatible* con el tipo de retorno del método redefinido, cosa que estudiaremos luego con más profundidad.

Por ahora sólo diremos que si dos tipos de retorno son iguales, entonces son compatibles.

En Java, se recomienda (pero no es obligatorio) que el método que redefine se defina usando el decorador `@Override`.

Lo normal es que el método que redefine tenga **un cuerpo distinto** al del método redefinido (generalmente, para eso se redefine).

Ejemplo:

```
class Base {
    public String hola(String s) {
        return "Hola, " + s + ", soy la clase Base";
    }
}

class Derivada extends Base {
    @Override
    public String hola(String s) {
        return "Hola, " + s + ", soy la clase Derivada";
    }
}
```

3.2.1. Sobreescritura y visibilidad

La subclase no puede reducir la visibilidad del método redefinido. Por tanto, el método que redefine debe tener, al menos, la misma visibilidad que el método redefinido, pero nunca menos.

```
class Base {
    protected String hola(String s) {
        return "Hola, " + s + ", soy la clase Base";
    }
}

class Derivada extends Base {
    @Override
    private String hola(String s) {    // Error: reduce la visibilidad
        return "Hola, " + s + ", soy la clase Derivada";
    }
}
```

Sí que se puede ampliar la visibilidad:

```
class Derivada extends Base {
    @Override
    private String hola(String s) {    // Esto sí se permite
        return "Hola, " + s + ", soy la clase Derivada";
    }
}
```

Esta restricción tiene sentido si recordamos que un dato de un subtipo debe poder usarse en cualquier sitio donde se espere un dato de un supertipo.

Por ejemplo, un Mamífero es una subclase de Animal y, por tanto, debe poderse usar allí donde se espere un Animal.

Es decir: un Mamífero es un Animal.

Si pudiéramos sobreescribir un método con otro método menos visible, entonces podríamos tener el problema de que el Mamífero no podría ser capaz de hacer todo lo que puede hacer un Animal.

3.2.2. Sobreescritura de variables

Las variables (de instancia o estáticas) de una clase se pueden redefinir sin restricción alguna, simplemente declarando en la subclase una variable con el mismo nombre que la variable heredada de una superclase, sin importar el tipo.

Por tanto, las dos variables (la definida en la subclase y la definida en la superclase) pueden tener el mismo nombre pero distinto tipo.

Asimismo, las dos variables pueden tener cualquier visibilidad; es decir, la visibilidad de ambas variables es independiente una de la otra.

A todos los efectos, son variables completamente diferentes.

Es como si la variable de la subclase hiciese sombra a la de la superclase.

En el siguiente ejemplo, las dos variables de instancia `x` son distintas e independientes:

```
class Base {
    public int x;                       // Esta es una variable...
}

class Derivada extends Base {
    protected String x;                 // ... y esta es otra distinta

    public String getX() {
        return x;                       // Accede a la «x» de Base
    }
}

public class Prueba {
    public static void main(String[] args) {
        Base b = new Base();
        b.x = 4;                        // Accede a la «x» de Base
        Derivada d = new Derivada();
        d.x = "Hola";                   // Accede a la «x» de Derivada
        System.out.println(d.getX());   // Imprime "Hola"
    }
}
```

3.2.3. `super`

En Java, la palabra reservada **`super`** es una variable especial que se puede usar dentro de una clase y que hace referencia a un objeto de la superclase directa de la clase actual.

Cuando se crea una instancia de una clase, automáticamente se crea de forma implícita una instancia de su superclase directa, a la que se tiene acceso a través de la variable **`super`**.

A través de esa variable, se puede invocar métodos de la superclase directa o acceder a variables de instancia de la superclase directa.

Acceder a una variable de instancia de la superclase directa:

```
class Animal {
    String color = "blanco";
}
```

```
class Perro extends Animal {
    String color = "negro";

    void imprimirColor() {
        System.out.println(color);       // imprime el color de Perro
        System.out.println(super.color); // imprime el color de Animal
    }
}

public class Prueba {
    public static void main(String args[]) {
        Perro p = new Perro();
        d.imprimirColor();
    }
}
```

Imprime:

```
negro
blanco
```

Ejecutar un método de instancia de la superclase directa:

```
class Animal {
    void comer () {
        System.out.println("Comiendo...");
    }
}

class Dog extends Animal {
    void comer() {
        System.out.println("Comiendo pan...");
    }
    void ladrar() {
        System.out.println("Ladrando...");
    }
    void hacer() {
        super.comer();
        ladrar();
    }
}

public class Prueba {
    public static void main(String args[]) {
        Perro p = new Perro();
        p.hacer();
    }
}
```

Imprime:

```
Comiendo...
Ladrando...
```

Invocar al constructor de la superclase directa:

```
class Animal {
    Animal() {
        System.out.println("Se ha creado un animal");
```

```
    }
}

class Perro extends Animal {
    Perro() {
        super();
        System.out.println("Se ha creado un perro");
    }
}

public class Prueba {
    public static void main(String args[]) {
        Perro p = new Perro();
    }
}
```

Imprime:

```
Se ha creado un animal
Se ha creado un perro
```

El compilador introduce automáticamente una llamada a `super()` como primera sentencia del constructor de la subclase si éste no incluye ninguna llamada a `super()` o `this()`:

```
class Bicicleta {
    Bicicleta() {
        // ...
    }
}
```

→ compilador →

```
class Bicicleta {
    Bicicleta() {
        super();
        // sentencias
    }
}
```

Sabemos que, si una clase no tiene constructores, el compilador introduce un constructor por defecto. En ese caso, ese constructor por defecto también llamará a `super()` como primera sentencia:

```
class Bicicleta {
}
```

→ compilador →

```
class Bicicleta {
    Bicicleta() {
        super();
        // sentencias
    }
}
```

Por ejemplo:

```java
class Animal {
    Animal(){
        System.out.println("Se ha creado un animal");
    }
}

class Perro extends Animal {
    Perro() {
        System.out.println("Se ha creado un perro");
    }
}

public class Prueba {
    public static void main(String args[]) {
        Perro p = new Perro();
    }
}
```

Imprime:

```
Se ha creado un animal
Se ha creado un perro
```

3.2.4. Covarianza en el tipo de retorno

El tipo de retorno del método redefinido y del método que lo redefine deben ser **compatibles**.

El objetivo a alcanzar es que sea seguro (desde el punto de vista del sistema de tipos) usar un método con un determinado tipo de retorno donde se espera usar un método con un tipo de retorno diferente.

La teoría de tipos afirma que es seguro sustituir un método `f` por otro método `g` si `f` devuelve un valor de un tipo más general que `g`.

Por ejemplo, si tenemos que `Gato <: Animal`, y hay un método que devuelve un valor de tipo `Animal`, es seguro sustituir ese método por otro que devuelva un valor de tipo `Gato`.

Precisamente, lo que hace la sobreescritura de métodos es sustituir un método por otro. Por tanto, es importante que esa sustitución se haga de forma que resulte segura.

La compatibilidad entre el tipo de retorno de un método redefinido y el de un método que lo redefine, se establece en Java por medio de estas dos reglas:

- Si el tipo de retorno es un **tipo primitivo**, los dos tipos de retorno deben ser **el mismo**.

  Por ejemplo: si el tipo de retorno del método redefinido es `int`, el del método que lo redefine también deberá ser `int`.

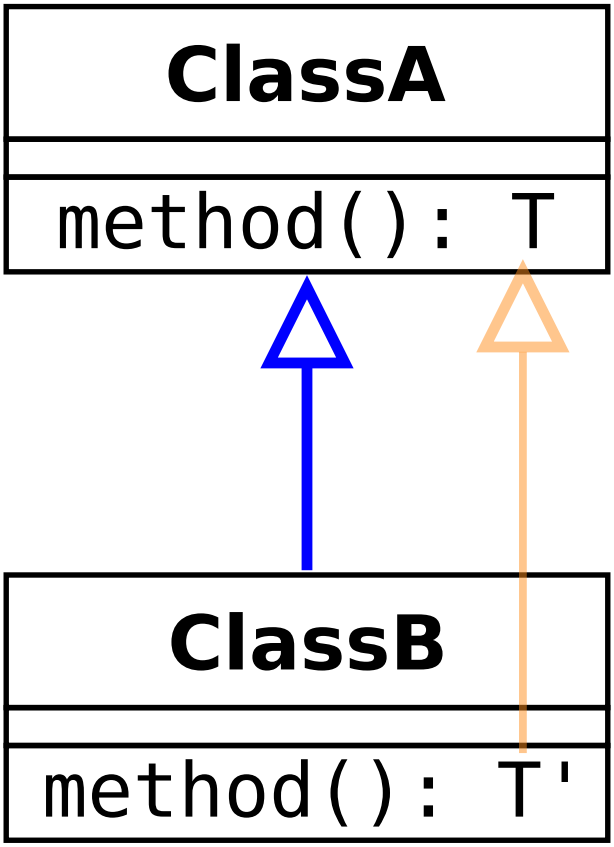
- Si el tipo de retorno es un **tipo referencia**, el tipo de retorno del método que redefine debe ser un **subtipo** del tipo de retorno del método redefinido.

  Por ejemplo: si el tipo de retorno del método redefinido es `Number`, el tipo de retorno del método que lo redefine deberá ser un subtipo de `Number` (lo que incluye al propio `Number`).

Esto se puede resumir diciendo:

> En Java, las clases son **covariantes** en el tipo de retorno de sus métodos.

Es decir, que el tipo de retorno de los métodos puede cambiar en la misma dirección que la subclase:



En consecuencia, el tipo de un método redefinido puede sustituirse en el método que lo redefine por otro tipo «más estrecho», es decir, por un subtipo del tipo original.

Es importante recordar que la covarianza sólo está permitida entre tipos referencia, no entre tipos primitivos.

Más formalmente, supongamos que `S` y `T` son dos clases que cumplen que `S <: T` y, además, ambas clases definen un método `m` (definido en `T` y redefinido en `S`) de forma que:

- el tipo de retorno de `m` en `S` es *R*1
- el tipo de retorno de `m` en `T` es *R*2

En tal caso, decimos que el sistema de tipos de un lenguaje de programación orientado a objetos admite **covarianza en el tipo de retorno** si se tiene que cumplir que *R*1 `<:` *R*2.

Esta regla garantiza seguridad en el tipo del método cuando se invoca el método redefindo sobre instancias de la subclase.

En general, la covarianza es una propiedad que puede tener un tipo compuesto a partir de otros.

Sean A y B dos tipos en un sistema de tipos, y sean $T\langle A\rangle$ y $T\langle B\rangle$ dos tipos construidos sobre A y B, respectivamente. Si A `<:` B, se dice que:

- T es **covariante** si $T\langle A\rangle$ `<:` $T\langle B\rangle$.
- T es **contravariante** si $T\langle B\rangle$ `<:` $T\langle B\rangle$.
- T es **invariante** si no es covariante ni contravariante.

T se denomina en este contexto un constructor de tipos.

Nótese que si T se construye con más de un parámetro, puede ser covariante o contravariante de forma indistinta en cada uno de ellos.

El tipo que representa la signatura de un método se puede escribir como $S\langle\overline{P}, R\rangle$, donde:

- $\overline{P}$ representa la tupla de todos los tipos que aparecen en la lista de parámetros, en el orden en el que aparecen.
- R representa el tipo del resultado del método.

Podemos decir que si un método `f` tiene la signatura $S\langle\overline{P}, R_1\rangle$ y otro método `g` tiene la signatura $S\langle\overline{P}, R_2\rangle$, siempre se debe cumplir que:

$$\text{Si } R_1 \texttt{<:} R_2, \text{ entonces } S\langle\overline{P}, R_1\rangle \texttt{<:} S\langle\overline{P}, R_2\rangle.$$

O, dicho de otra forma: es seguro (desde el punto de vista del sistema de tipos) sustituir el método `g` por el método `f` ya que el tipo de retorno de `f` es un subtipo de el de `g`.

Este es un resultado de la teoría de tipos.

El tipo de una clase `T` (que indicaremos como T) puede interpretarse como un tipo compuesto por los tipos de retorno de sus métodos.

Por ejemplo, si la clase `T` tiene un método `m` con tipo de retorno R, el tipo de la clase lo podemos representar como $T\langle R\rangle$.

En ese caso, decimos que $T\langle R_1\rangle$ `<:` $T\langle R_2\rangle$ si R_1 `<:` R_2.

Es decir: una clase `A` es subtipo de otra clase `B` si ambas tienen el mismo método pero el tipo de retorno del método en `A` es subtipo del tipo de retorno del mismo método en `B`.

Esa es precisamente la definición de **covarianza**: un tipo compuesto es covariante cuando cumple la condición anterior.

3.2.5. Invarianza en el tipo de los argumentos

Los tipos de los parámetros del método redefinido deben coincidir exactamente con los tipos de los parámetros del método que lo redefine, lo que se puede resumir diciendo:

> En Java, las clases son **invariantes** en los tipos de los parámetros de sus métodos.

Si los tipos de los parámetros no son idénticos, entonces lo que se está haciendo es una sobrecarga en lugar de una redefinición.

Por eso siempre es conveniente usar el decorador `@Override` para asegurarse de que no está ocurriendo ésto accidentalmente.