

Programación orientada a aspectos (AOP) en Spring

1. Introducción a la AOP

La programación orientada a aspectos (AOP - *Aspect Oriented Programming*) es un paradigma de programación que intenta formalizar y representar de forma concisa los elementos que son transversales a todo el sistema. En los lenguajes orientados a objetos, la estructura del sistema se basa en la idea de *clases* y *jerarquías de clases*. La herencia permite modularizar el sistema, eliminando la necesidad de duplicar código. No obstante, siempre hay aspectos que son transversales a esta estructura: el ejemplo más clásico es el de control de permisos de ejecución de ciertos métodos en una clase:

```
public class MiObjetoDeNegocio {
    public void metodoDeNegocio1() throws SinPermisoException {
        chequeaPermisos();
        //resto del código
        ...
    }
    public void metodoDeNegocio2() throws SinPermisoException {
        chequeaPermisos();
        //resto del código
        ...
    }
    protected void chequeaPermisos() throws SinPermisoException {
        //chequear permisos de ejecucion
        ...
    }
}
```

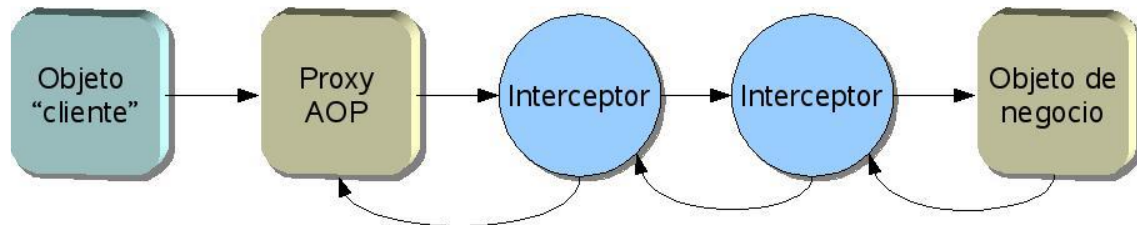
Como vemos, estructurando adecuadamente el programa se puede *minimizar* la repetición de código, pero es prácticamente imposible eliminarla. La situación se agravaría si además tuviéramos que controlar permisos en objetos de varias clases. El problema es que **en un lenguaje orientado a objetos los aspectos transversales a la jerarquía de clases no son modularizables** ni se pueden formular de manera concisa con las construcciones del lenguaje. La **programación orientada a aspectos** intenta formular conceptos y diseñar construcciones del lenguaje que permitan modelar **estos aspectos transversales sin duplicación de código**. En nuestro ejemplo, se necesitaría poder especificar de alguna manera concisa que *antes* de ejecutar *ciertos métodos* hay que llamar a *cierto código*.

En AOP, a los elementos que son transversales a la estructura del sistema y se pueden modularizar gracias a las construcciones que aporta el paradigma se les denomina **aspectos** (*aspects*). En el ejemplo anterior el control de permisos de ejecución, modularizado mediante AOP, sería un aspecto.

Un **consejo** (*advice*) es una acción que hay que ejecutar en determinado/s punto/s de un código, para conseguir implementar un aspecto. En nuestro ejemplo, la acción a ejecutar sería la llamada a `chequeaPermisos()`.

El conjunto de puntos del código donde se debe ejecutar un *advice* se conoce como **punto de corte** o *pointcut*. En nuestro caso serían los métodos `metodoDeNegocio1()` y `metodoDeNegocio2()`. Nótese que aunque se hable de "punto de corte" en singular, en general no es un único punto del código.

En muchos *frameworks* de AOP (Spring incluido), el objeto que debe ejecutar esta acción se modela en la mayoría de casos como un **interceptor**: un objeto que recibe una llamada a un método propio *antes* de que se ejecute ese punto del código. Los interceptores se pueden encadenar, si deseamos realizar varias acciones en el mismo punto, como puede observarse en la siguiente figura.



Cuando algún objeto llama a un método que forma parte del pointcut, el *framework* de AOP se las "arregla" para que en realidad se llame a un objeto *proxy* o intermediario, que tiene un método con el mismo nombre y signatura pero cuya ejecución lo que hace en realidad es redirigir la llamada por una cadena de interceptores hasta el método que se quería ejecutar. En algunas ocasiones nos interesará usar un interceptor para interceptar las llamadas a *todos* los métodos de una clase. En otras solo nos interesará interceptar *algunos* métodos.

2. AOP en Spring

Desde la versión 2, Spring ha mejorado mucho su módulo AOP de cara al usuario. La configuración necesaria se ha simplificado muy considerablemente. Además en lugar de usar una sintaxis propia de Spring se ha pasado a usar la de AspectJ. Siguiendo la filosofía de no reinventar la rueda, los desarrolladores de Spring han considerado que no era necesaria una sintaxis propia existiendo la de AspectJ, ampliamente probada en la práctica.

Hay que tener presente que *no es lo mismo usar la sintaxis de AspectJ que usar AspectJ* en sí. De hecho, lo recomendado en la documentación de Spring es usar la sintaxis de AspectJ pero con la implementación de AOP propia de Spring. Para casos en los que se necesite la potencia que puede dar AspectJ al completo, puede usarse su implementación sustituyendo a la de Spring, aunque cómo hacer esto último queda fuera del alcance de estas páginas.

Los apartados siguientes hacen un uso extensivo de la sintaxis de AspectJ, por lo que se recomienda al lector interesado que consulte su documentación, teniendo siempre en cuenta que Spring no soporta AspectJ al completo, sino solo un subconjunto.

2.1. Anotaciones vs. XML

Hay dos sintaxis alternativas para usar AOP en Spring 2.0. Una es mediante el uso de anotaciones en el propio código Java. La otra es con etiquetas en un fichero de configuración. El uso de XML es necesario cuando no queremos tocar el código fuente o vamos a reutilizar la misma AOP en distintas aplicaciones y contextos. Sin embargo, usando anotaciones podemos encapsular el AOP junto con el código Java en un único lugar. En teoría este es el sitio en que debería estar si el AOP es un requisito de negocio que debe cumplir la clase.

En los ejemplos que siguen usaremos anotaciones. El lector puede consultar la excelente documentación de Spring para ver los equivalentes XML.

2.2. Añadir soporte para AOP a un proyecto

Para añadir soporte AOP a un proyecto Spring necesitaremos dos librerías:

`aspectjweaver.jar`, y `aspectjrt.jar`, que podemos obtener de la distribución estándar de AspectJ o bien de la versión de Spring que viene con todas las dependencias incluidas.

Además, si queremos usar AOP con clases que no implementen ningún `interface`, necesitaremos la librería CGLIB. En teoría es una buena práctica que todas nuestras clases de negocio implementen un interfaz, con lo que este último caso no debería darse demasiado.

Hay que recalcar de nuevo que la implementación AOP de Spring está basada en la idea de proxy. En Java existe un mecanismo estándar para generar automáticamente un proxy a partir de un interfaz, mecanismo que aprovecha Spring, pero no se puede generar a partir de una clase. Por ello en este caso se hacen necesarias herramientas de terceros como CGLIB.

Además debemos especificar que vamos a hacer uso de AOP en el XML de configuración de beans. La configuración se reduce a una sola etiqueta. En negrita se destaca la etiqueta y la definición del espacio de nombres necesaria para poder usarla.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:aop="http://www.springframework.org/schema/aop"
xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans-3.0.xsd
http://www.springframework.org/schema/aop
http://www.springframework.org/schema/aop/spring-aop-3.0.xsd">
<aop:aspectj-autoproxy/>
</beans>
```

3. Puntos de corte (pointcuts)

Como ya se ha dicho, un punto de corte o *pointcut* es un punto de interés en el código antes, después o "alrededor" del cual queremos ejecutar algo (un *advice*). Un *pointcut* no puede ser cualquier línea arbitraria de código. La versión actual de **Spring solo soporta puntos de corte en ejecuciones de métodos de beans**. La implementación completa de AspectJ permite usar también el acceso a campos, la llamada a un constructor, etc, aunque esto en AOP de Spring no es posible.

Es importante destacar que al definir un *pointcut* realmente no estamos todavía diciendo que vayamos a ejecutar nada, simplemente *marcamos un "punto de interés"*. La combinación de *pointcut* + *advice* es la que realmente hace algo útil. Por ello, los ejemplos dados en este apartado por sí solos no tienen demasiado sentido, no hay que intentar probarlos tal cual, aunque aquí los explicaremos aislados para poder describir con cierto detalle su sintaxis antes de pasar a la de los *advices*. Lo que sigue es un conjunto de ejemplos que ilustran las opciones más comunes para *pointcuts*, no una referencia exhaustiva, que no tendría sentido estando ya la documentación de Spring y la de AspectJ para ello.

3.1. Expresiones más comunes

La expresión más usada en *pointcuts* de Spring es `execution()`, que representa la llamada a un método que encaje con una determinada signatura.

Se puede especificar la signatura completa del método incluyendo **tipo de acceso** (public, protected,...), **tipo de retorno, nombre de clase (incluyendo paquetes), nombre de método y argumentos**. Teniendo en cuenta:

- El tipo de acceso y el nombre de clase son opcionales, pero no así el resto de elementos
 - Podemos usar el **comodín *** para sustituir a cualquiera de ellos, y también el comodín **..**, que sustituye a varios tokens, por ejemplo varios argumentos de un método, o varios subpaquetes con el mismo prefijo.
- En los parámetros, `()` indica un método sin parámetros, `(..)` indica cualquier número de parámetros de cualquier tipo, y podemos también especificar los tipos, por ejemplo `(String, *, int)` indicaría un método cuyo primer parámetro es `String`, el tercero `int` y el segundo puede ser cualquiera.

Por ejemplo, para especificar todos los métodos con acceso "public" de cualquier clase dentro del paquete `es.ejemplo.aop` pondríamos:

```
execution( public * es.ejemplo.aop.*.*(..))
```

Donde el primer `*` representa cualquier tipo de retorno, el segundo `*` cualquier clase y el tercer `*` cualquier método. Los `..` representan cualquier conjunto de parámetros

Algunos ejemplos más de `execution()`

```
//Ejecución de cualquier getter (método público
//cuyo nombre comience por "get" y que no tenga parámetros).
```

```
execution(public * get*())
```

```
//Ejecución de cualquier método public de cualquier clase
//en el paquete es.ua.jtech o subpaquetes (fíjate en el "..")
```

```
execution(public * es.ua.jtech..*.*(..))
```

```
//Ejecución de cualquier método de cualquier clase
//en el paquete es.ua.jtech que devuelva void
//y cuyo primer parámetro sea de tipo String
//Se omite el modificador de acceso
```

```
execution (void es.ua.jtech.*.*(String,..))
```

within() permite especificar todas las llamadas a métodos dentro de un paquete o subpaquetes del mismo (usando el comodín `..` al igual que en la sintaxis de `execution()`).

```
//Cualquier llamada a método dentro del paquete es.ejemplo o subpaquetes
within(es.ejemplo..*)
```

args() permite especificar el tipo deseado para los argumentos. No se suele usar tal cual, sino combinado con `execution` como un "truco" para darle nombre a los argumentos (ver el apartado siguiente).

```
//Cualquier método que tenga un solo parámetro y que implemente
Serializable
```

```
args(java.io.Serializable)
```

3.2. Combinar pointcuts

Se pueden combinar pointcuts usando los operadores lógicos `&&`, `||` y `!`, con el mismo significado que en el lenguaje C. Por ejemplo:

```
//todos los getters o setters de cualquier clase
execution (public * get*()) || execution (public void set*())
```

El operador `&&` se suele usar en conjunción con `args` como una forma de "dar nombre" a los parámetros, por ejemplo:

```
execution (public void set*()) && args(nuevoValor)
```

Encajaría con un *setter* cualquiera, dándole el nombre *nuevoValor* al parámetro pasado al mismo. Veremos la utilidad de esto, cuando definamos *advices*, como método para acceder al valor del parámetro.

3.3. Pointcuts con nombre

Se le puede asignar un nombre arbitrario a un pointcut (lo que se denomina una *signatura*). Esto permite referenciarlo y reutilizarlo de manera más corta y sencilla que si tuviéramos que poner la expresión completa que lo define. La definición completa consta de la anotación `@Pointcut` seguida de la expresión que lo define y la signatura. Para definir la signatura se usa la misma sintaxis que para definir la de un método Java en un interfaz. Eso sí, el valor de retorno debe ser `void`. Por ejemplo:

```
@Pointcut("execution(public * get*())")
public void unGetterCualquiera() {}
```

Esta signatura se puede usar por ejemplo al combinar pointcuts:

```
@Pointcut("execution(public * get*())")
public void unGetterCualquiera() {}

@Pointcut("within(es.ua.jtech.ejemplo.negocio.*)")
public void enNegocio() {}

@Pointcut("unGetterCualquiera() && enNegocio()")
public void getterDeNegocio() {}
```

4. Advices

Con los *advices* ya tenemos la pieza del puzzle que nos faltaba para que todo cobre sentido. Un *advice* es algo que hay que hacer en un cierto punto de corte, ya sea antes, después, o "alrededor" (antes y después) del punto.

Los *advices* se especifican con una anotación con el pointcut y la definición del método Java a ejecutar (signatura y código del mismo). Como en Spring los puntos de corte deben ser ejecuciones de métodos los casos posibles son:

- Antes de la ejecución de un método (anotación `@Before`)
- Después de la ejecución normal, es decir, si no se genera una excepción (anotación `@AfterReturning`)
- Después de la ejecución con excepción/es (anotación `@AfterThrowing`)
- Después de la ejecución, se hayan producido o no excepciones (anotación `@After`)
- Antes y después de la ejecución (anotación `@Around`)

Un aspecto (*aspect*) es un conjunto de *advices*. Siguiendo la sintaxis de AspectJ, los aspectos se representan como clases Java, marcadas con la anotación `@Aspect`. En Spring, además, un aspecto debe ser un bean, por lo que tendremos que anotararlo como tal

```
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.springframework.stereotype.Component;
@Component
@Aspect
public class EjemploDeAspecto {
    //aquí vendrían los advices...
}
```

4.1. @Before

Esta anotación ejecuta un *advice* antes de la ejecución del punto de corte especificado. Por ejemplo:

```
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.aspectj.lang.annotation.Before;
@Aspect
public class EjemploBefore {
    @Before("execution(public * get*())")
    public void controlaPermisos() {
        // ...
    }
}
```

Ejecutaría `controlaPermisos()` antes de llamar a cualquier *getter*.

4.2. @AfterReturning

Esta anotación ejecuta un *advice* después de la ejecución del punto de corte especificado, siempre que el método del punto de corte retorne de forma normal (sin generar excepciones). Por ejemplo:

```
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.aspectj.lang.annotation.AfterReturning;

@Aspect
public class EjemploAfterReturning {
    @AfterReturning("execution(public * get*())")
    public void log() {
```

```
// ...
}
}
```

Evidentemente para hacer *log* nos puede interesar saber el valor retornado por el método del punto de corte. Este valor es accesible con la sintaxis alternativa:

```
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.aspectj.lang.annotation.AfterReturning;
@Aspect
public class EjemploAfterReturning {
    @AfterReturning(
        pointcut="execution(public * get*())",
        returning="valor")
    public void log(Object valor) {
        // ...
    }
}
```

Al poner `Object` como tipo de la variable asociada al valor de retorno, estamos indicando que nos da igual el tipo que sea (incluso si es primitivo). Especificando un tipo distinto, podemos reducir el ámbito del *advice* para que solo se aplique a los puntos de corte que devuelvan un valor del tipo deseado.

4.3. @AfterThrowing

Esta anotación ejecuta un *advice* después de la ejecución del punto de corte especificado, si el método del punto de corte genera una excepción. Podemos tanto acceder a la excepción generada como restringir el tipo de las excepciones que nos interesan, usando una sintaxis como la siguiente:

```
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.aspectj.lang.annotation.AfterThrowing;
@Aspect
public class EjemploAfterThrowing {
    @AfterThrowing(
        pointcut="execution(public * get*())",
        throwing="daoException")
    public void logException(DAOException daoException) {
        // ...
    }
}
```

El ejemplo anterior indicaría que no hay que ejecutar el *advice* a menos que la excepción generada sea del tipo `DAOException`, y nos permite acceder a su valor a través del parámetro `daoException`.

4.4. @After

Esta anotación ejecuta un *advice* después de la ejecución del punto de corte especificado, genere o no una excepción, es decir, al estilo del `finally` de Java. Se usa típicamente para liberar recursos y otras tareas habituales para `finally`.

4.5. @Around

Esta anotación ejecuta parte del *advice* antes y parte después de la ejecución del punto de corte especificado. La filosofía consiste en que el usuario es el que debe especificar en el código del *advice* en qué momento se debe llamar al punto de corte. Por ello, el *advice* debe tener como mínimo un parámetro de la clase `ProceedingJoinPoint`, que

representa el punto de corte. Llamando al método `proceed()` de esta clase, ejecutamos el punto de corte. Por ejemplo:

```
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.aspectj.lang.annotation.Around;
import org.aspectj.lang.ProceedingJoinPoint;
@Aspect
public class EjemploAround {
    @Around("execution(public * get*())")
    public Object ejemploAround(ProceedingJoinPoint pjp) throws Throwable {
        System.out.println("ANTES");
        Object valorRetorno = pjp.proceed();
        System.out.println("DESPUES");
        return valorRetorno;
    }
}
```

Hay que destacar varias cuestiones del código anterior. Como ya se ha dicho, cuando queremos llamar al punto de corte invocamos a `proceed()`. Además debemos devolver como valor de retorno del advice el devuelto por el punto de corte. Finalmente, si el método del punto de corte requiere parámetros, podemos pasarle un `Object[]`.

4.6. Acceder a los parámetros y otra información del punto de corte

Spring ofrece al *advice* acceso tanto a los parámetros del método del punto de corte como a información adicional sobre el mismo. Ya hemos visto cómo acceder al valor de retorno, en el ejemplo de `@AfterReturning`, y a la excepción lanzada en el caso del `@AfterThrowing`.

Para hacer accesibles al *advice* los argumentos del punto de corte se puede usar `args`. Por ejemplo:

```
//...
@AfterReturning("execution(public void set*(*)) && args(nuevoValor)")
public void log(int nuevoValor) {
    // ...
}
//...
```

Con esto enlazamos el valor del argumento del punto de corte con la variable `nuevoValor`, y además al poner `int` como tipo de `nuevoValor` indicamos que solo queremos aplicar el *advice* si el argumento del punto de corte es `int`.

Otra forma de hacer lo anterior sería usar un punto de corte "con nombre":

```
//...
@Pointcut("execution(public void set*(*))&& args(nuevoValor)")
public void unSetter(int nuevoValor) {}
@AfterReturning("unSetter(nuevoValor)")
public void log(int nuevoValor) {
    //...
}
//...
```

Podemos acceder a información sobre el punto de corte en el primer parámetro del advice si es de tipo `JoinPoint`. Esta clase tiene métodos para obtener por ejemplo la signature del método del punto de corte, o sus argumentos, etc.

```
@Before("execution(public void set*(*))")
public void beforeGetter(JoinPoint jp) {
    System.out.println("Antes de ejecutar " + jp.getSignature());
}
```


4.7. Más de un advice para el mismo punto de corte

Aunque no se ha dicho explícitamente hasta el momento, por supuesto se puede definir más de un *advice* que encaje con el mismo punto de corte. La pregunta surge entonces de forma natural: **¿cuál es el orden de aplicación de los *advices*?**

Para los *advices* especificados dentro del mismo aspecto, se puede tomar como una regla básica que el orden de ejecución es el mismo que el de declaración. Es decir, que si declaramos varios *advices* de tipo *before*, se ejecutará primero el que primero aparezca declarado, y si declaramos varios de tipo *after* ocurrirá lo mismo (en realidad en el caso *after* si se piensa un poco se verá que el de mayor importancia es el que se ejecuta el último).

El caso en que tenemos *advices* definidos en aspectos distintos es más complejo, ya que en principio no está definida la precedencia por defecto y para especificarla hay que escribir algo de código Java. En concreto el aspecto debe implementar el interface `org.springframework.core.Ordered`. Remitimos al lector a la documentación de Spring para más información.

5. AOP "implícita" en Spring 3

La AOP constituye uno de los pilares en que se fundamenta Spring, incluso aunque nunca la usáramos en nuestros proyectos de modo explícito. A continuación resumimos alguno de los usos directos de AOP en el framework:

- **Transaccionalidad declarativa:** la gestión automática de las transacciones implica la intercepción AOP de los métodos marcados como transaccionales. El `TransactionManager` es el que intercepta los métodos y se encarga de crear nuevas transacciones, hacer rollback automáticos, etc. según sea necesario.
- **Seguridad:** Spring Security es un proyecto que intenta mejorar la seguridad declarativa estándar de JavaEE, haciéndola más potente sin aumentar la complejidad de uso. Mediante este proyecto se puede por ejemplo controlar de manera declarativa el acceso a los métodos de los beans, de manera similar a como se hace en Servlets 3.0:

```
@RolesAllowed("ROLE_ADMIN")
public void eliminarUsuario(Usuario usuario) {
    ...
}
```

Pero va mucho más allá, permitiendo el uso de expresiones en el lenguaje EL de Spring para evaluar los permisos de acceso. Por ejemplo, queremos que también el propio usuario pueda borrar su cuenta, además del administrador:

```
@PreAuthorize("#usuario.login == authentication.name or
hasRole('ROLE_ADMIN')")
public void eliminarUsuario(Usuario usuario) {
    ...
}
```

`authentication.name` sería el login del usuario que se ha autenticado, y estamos intentando comprobar si corresponde con el del usuario que queremos borrar (el `#` nos da acceso al parámetro).

- **Spring Roo:** es un framework de desarrollo rápido de aplicaciones. Crea la estructura CRUD de la aplicación usando Spring en todas las capas (presentación, negocio y

datos). Todo el código necesario se introduce de forma "no invasiva" usando AOP. Por ejemplo si decimos que queremos usar JPA en la capa de persistencia, Roo se encarga de convertir nuestra clase de dominio en una entidad JPA y de gestionar el Entity Manager y los métodos JPA básicos, pero todo este código no será visible directamente en nuestras clases y no nos "molestará". Todo esto se hace usando AspectJ, aunque es un uso más avanzado que el que nosotros hemos visto aquí.