

课程目标

- 1、掌握代理模式的应用场景和实现原理。
- 2、了解静态代理和动态代理的区别。
- 3、了解 CGLib 和 JDK Proxy 的根本区别。
- 4、手写实现定义动态代理。

内容定位

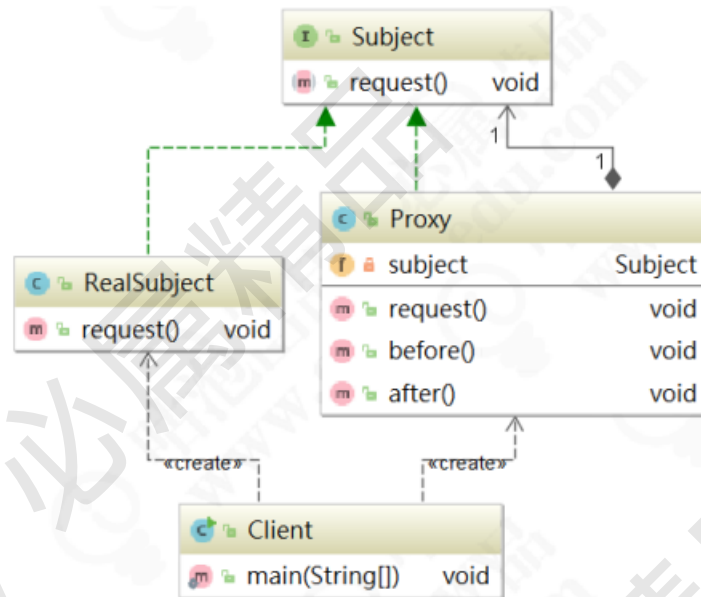
都知道 SpringAOP 是用代理模式实现，到底是怎么实现的？我们来一探究竟，并且自己仿真手写还原部分细节。

代理模式

代理模式 (Proxy Pattern) 是指为其他对象提供一种代理，以控制对这个对象的访问，属于结构型模式。在某些情况下，一个对象不适合或者不能直接引用另一个对象，而代理对象可以在客户端和目标对象之间起到中介的作用。

官方原文: Provide a surrogate or placeholder for another object to control access to it.

首先来看代理模式的通用 UML 类图：



代理模式一般包含三种角色：

抽象主题角色 (Subject)：抽象主题类的主要职责是声明真实主题与代理的共同接口方法，该类可以是接口也可以是抽象类；

真实主题角色 (RealSubject)：该类也被称为被代理类，该类定义了代理所表示的真实对象，是负责执行系统真正的逻辑业务对象；

代理主题角色 (Proxy)：也被称为代理类，其内部持有 RealSubject 的引用，因此具备完全的对 RealSubject 的代理权。客户端调用代理对象的方法，同时也调用被代理对象的方法，但是会在代理对象前后增加一些处理代码。

在代码中，一般代理会被理解为代码增强，实际上就是在原代码逻辑前后增加一些代码逻辑，而使调用者无感知。代理模式属于结构型模式，分为静态代理和动态代理。

代理模式的应用场景

生活中的租房中介、售票黄牛、婚介、经纪人、快递、事务代理、非侵入式日志监听等，都是代理模式的实际体现。当无法或不想直接引用某个对象或访问某个对象存在困难时，可以通过也给代理对象来间接访问。使用代理模式主要有两个目的：一是保护目标对象，二是增强目标对象。

代理模式的通用写法

下面是代理模式的通用代码展示，首先创建代理主题角色 ISubject 类：

```
public interface ISubject {  
    void request();  
}
```

创建真实主题角色 RealSubject 类：

```
public class RealSubject implements ISubject {  
  
    public void request() {  
        System.out.println("real service is called.");  
    }  
}
```

创建代理主题角色 Proxy 类：

```
public class Proxy implements ISubject {  
  
    private ISubject subject;  
  
    public Proxy(ISubject subject){  
        this.subject = subject;  
    }  
  
    public void request() {  
        before();  
        subject.request();  
        after();  
    }  
  
    public void before(){  
        System.out.println("called before request().");  
    }  
  
    public void after(){  
        System.out.println("called after request().");  
    }  
}
```

客户端调用代码：

```
public static void main(String[] args) {  
  
    Proxy proxy = new Proxy(new RealSubject());  
    proxy.request();  
}
```

从静态代理到动态代理

举个例子，有些人到了适婚年龄，其父母总是迫不及待地希望早点抱孙子。而现在在各种压力之下，很多人都选择晚婚晚育。于是着急的父母就开始到处为自己的子女相亲，比子女自己还着急。下面来看

代码实现。创建顶层接口 IPerson 的代码如下：

```
public interface IPerson {

    void findLove();

}
```

儿子张三要找对象，实现 ZhangSan 类：

```
public class ZhangSan implements IPerson {

    public void findLove() {
        System.out.println("儿子要求：肤白貌美大长腿");
    }

}
```

父亲张老三要帮儿子张三相亲，实现 Father 类：

```
public class ZhangLaosan implements IPerson {

    private ZhangSan zhangsan;

    public ZhangLaosan(ZhangSan zhangsan) {
        this.zhangsan = zhangsan;
    }

    public void findLove() {
        System.out.println("张老三开始物色");
        zhangsan.findLove();
        System.out.println("开始交往");
    }

}
```

来看测试代码：

```
public class Test {
    public static void main(String[] args) {
        ZhangLaosan zhangLaosan = new ZhangLaosan(new ZhangSan());
        zhangLaosan.findLove();
    }
}
```

运行结果如下图所示。



但上面的场景有个弊端，就是自己父亲只会给自己的子女去物色对象，别人家的孩子是不会管的。

但社会上这项业务发展成了一个产业，出现了媒婆、婚介所等，还有各种各样的定制套餐。如果还使用静态代理成本就太高了，需要一个更加通用的解决方案，满足任何单身人士找对象的需求。这就是由静态代理升级到了动态代理。采用动态代理基本上只要是人（IPerson）就可以提供相亲服务。动态代理的底层实现一般不用我们自己亲自去实现，已经有很多现成的 API。在 Java 生态中，目前最普遍使用的是 JDK 自带的代理和 Cglib 提供的类库。下面我们首先基于 JDK 的动态代理支持来升级一下代码。

首先，创建媒婆（婚介所）类 JdkMeipo：

```
import java.lang.reflect.InvocationHandler;
import java.lang.reflect.Method;
import java.lang.reflect.Proxy;

/**
 * Created by Tom.
 */
public class JdkMeipo implements InvocationHandler {
    private IPerson target;
    public IPerson getInstance(IPerson target){
        this.target = target;
        Class<?> clazz = target.getClass();
        return (IPerson) Proxy.newProxyInstance(clazz.getClassLoader(),clazz.getInterfaces(),this);
    }

    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {
        before();
        Object result = method.invoke(this.target,args);
        after();
        return result;
    }

    private void after() {
        System.out.println("双方同意，开始交往");
    }

    private void before() {
        System.out.println("我是媒婆，已经收集到你的需求，开始物色");
    }
}
```

再创建一个类 ZhaoLiu：

```
public class ZhaoLiu implements IPerson {

    public void findLove() {
        System.out.println("赵六要求：有车有房学历高");
    }

    public void buyInsure() {
    }

}
```

测试代码如下：

```

public static void main(String[] args) {
    JdkMeipo jdkMeipo = new JdkMeipo();
    IPerson zhangsan = jdkMeipo.getInstance(new Zhangsan());
    zhangsan.findLove();

    IPerson zhaoliu = jdkMeipo.getInstance(new ZhaoLiu());
    zhaoliu.findLove();
}

```

运行效果如下图所示。



静态模式在业务中的应用

这里“小伙伴们”可能会觉得还是不知道如何将代理模式应用到业务场景中，我们来看一个实际的业务场景。在分布式业务场景中，通常会对数据库进行分库分表，分库分表之后使用 Java 操作时就可能需要配置多个数据源，我们通过设置数据源路由来动态切换数据源。先创建 Order 订单类：

```

public class Order {
    private Object orderInfo;
    private Long createTime;
    private String id;

    public Object getOrderInfo() {
        return orderInfo;
    }
    public void setOrderInfo(Object orderInfo) {
        this.orderInfo = orderInfo;
    }
    public Long getCreateTime() {
        return createTime;
    }
    public void setCreateTime(Long createTime) {
        this.createTime = createTime;
    }
    public String getId() {
        return id;
    }
    public void setId(String id) {
        this.id = id;
    }
}

```


创建 OrderDao 持久层操作类：

```
public class OrderDao {
    public int insert(Order order){
        System.out.println("OrderDao 创建 Order 成功!");
        return 1;
    }
}
```

创建 IOrderService 接口：

```
public interface IOrderService {
    int createOrder(Order order);
}
```

创建 OrderService 实现类：

```
public class OrderService implements IOrderService {
    private OrderDao orderDao;

    public OrderService(){
        //如果使用 Spring 应该是自动注入的
        //为了使用方便，我们在构造方法中将 orderDao 直接初始化
        orderDao = new OrderDao();
    }

    @Override
    public int createOrder(Order order) {
        System.out.println("OrderService 调用 orderDao 创建订单");
        return orderDao.insert(order);
    }
}
```

接下来使用静态代理，主要完成的功能是：根据订单创建时间自动按年进行分库。根据开闭原则，我们修改原来写好的代码逻辑，通过代理对象来完成。先创建数据源路由对象，使用 ThreadLocal 的单例实现 DynamicDataSourceEntry 类：

```
package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.staticproxy.dbroute.db;

//动态切换数据源
public class DynamicDataSourceEntry {

    //默认数据源
    public final static String DEFAULT_SOURCE = null;

    private final static ThreadLocal<String> local = new ThreadLocal<String>();

    private DynamicDataSourceEntry(){}

    //清空数据源
    public static void clear() {
        local.remove();
    }
}
```

```

//获取当前正在使用的数据源名字
public static String get() {
    return local.get();
}

//还原当前切换的数据源
public static void restore() {
    local.set(DEFAULT_SOURCE);
}

//设置已知名字的数据源
public static void set(String source) {
    local.set(source);
}

//根据年份动态设置数据源
public static void set(int year) {
    local.set("DB_" + year);
}
}

```

创建切换数据源的代理类 OrderServiceStaticProxy:

```

package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.staticproxy.dbroute.proxy;

import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.staticproxy.dbroute.IOrderService;
import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.staticproxy.dbroute.Order;
import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.staticproxy.dbroute.db.DynamicDataSourceEntry;

import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Date;

public class OrderServiceStaticProxy implements IOrderService {

    private SimpleDateFormat yearFormat = new SimpleDateFormat("yyyy");

    private IOrderService orderService;
    public OrderServiceStaticProxy(IOrderService orderService){
        this.orderService = orderService;
    }

    public int createOrder(Order order) {
        before();
        Long time = order.getCreateTime();
        Integer dbRouter = Integer.valueOf(yearFormat.format(new Date(time)));
        System.out.println("静态代理类自动分配到【DB_" + dbRouter + "】数据源处理数据");
        DynamicDataSourceEntry.set(dbRouter);
        orderService.createOrder(order);
        after();
        return 0;
    }

    private void before(){
        System.out.println("Proxy before method.");
    }

    private void after(){
        System.out.println("Proxy after method.");
    }
}

```


来看测试代码：

```
public static void main(String[] args) {

    try {

        Order order = new Order();
        SimpleDateFormat sdf = new SimpleDateFormat("yyyy/MM/dd");
        Date date = sdf.parse("2017/02/01");
        order.setCreateTime(date.getTime());

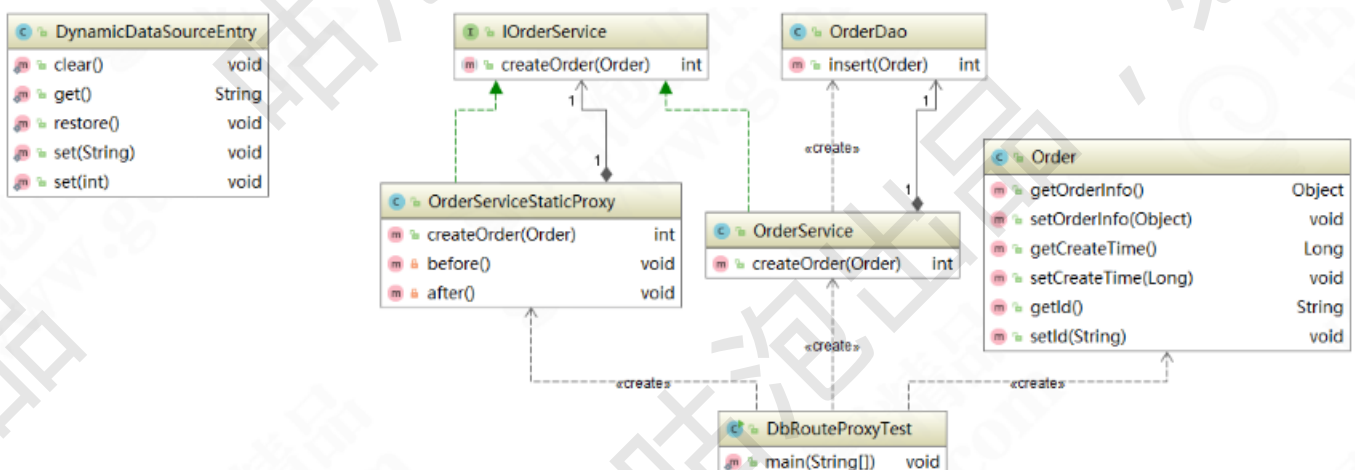
        IOrderService orderService = new OrderServiceStaticProxy(new OrderService());
        orderService.createOrder(order);
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }

}
```

运行结果如下图所示。



结果符合我们的预期。现在再来回顾一下类图，看是不是和我们最先画的一致，如下图所示。



动态代理和静态代理的基本思路是一致的，只不过动态代理功能更加强大，随着业务的扩展适应性更强。

动态代理在业务场景中的应用

上面的案例理解了，我们再来看数据源动态路由业务，帮助“小伙伴们”加深对动态代理的印象。

创建动态代理的类 OrderServiceDynamicProxy:

```
package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dbroute.proxy;

import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dbroute.db.DynamicDataSourceEntry;

import java.lang.reflect.InvocationHandler;
import java.lang.reflect.Method;
import java.lang.reflect.Proxy;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Date;

public class OrderServiceDynamicProxy implements InvocationHandler {

    private SimpleDateFormat yearFormat = new SimpleDateFormat("yyyy");
    private Object target;

    public Object getInstance(Object target){
        this.target = target;
        Class<?> clazz = target.getClass();
        return Proxy.newProxyInstance(clazz.getClassLoader(),clazz.getInterfaces(),this);
    }

    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {
        before(args[0]);
        Object object = method.invoke(target,args);
        after();
        return object;
    }

    private void before(Object target){
        try {
            System.out.println("Proxy before method.");
            Long time = (Long) target.getClass().getMethod("getCreateTime").invoke(target);
            Integer dbRouter = Integer.valueOf(yearFormat.format(new Date(time)));
            System.out.println("静态代理类自动分配到【DB_” + dbRouter + ”】数据源处理数据");
            DynamicDataSourceEntry.set(dbRouter);
        }catch (Exception e){
            e.printStackTrace();
        }
    }

    private void after(){
        System.out.println("Proxy after method.");
    }
}
```

测试代码如下：

```
public static void main(String[] args) {  
  
    try {  
  
        Order order = new Order();  
  
        SimpleDateFormat sdf = new SimpleDateFormat("yyyy/MM/dd");  
        Date date = sdf.parse("2018/02/01");  
        order.setCreateTime(date.getTime());  
  
        IOrderService orderService = (IOrderService)new OrderServiceDynamicProxy(). getInstance(new OrderService());  
        orderService.createOrder(order);  
    }catch (Exception e){  
        e.printStackTrace();  
    }  
}
```

依然能够达到相同运行效果。但是，使用动态代理实现之后，我们不仅能实现 Order 的数据源动态路由，还可以实现其他任何类的数据源路由。当然，有个比较重要的约定，必须实现 `getCreateTime()` 方法，因为路由规则是根据时间来运算的。我们可以通过接口规范来达到约束的目的，在此就不再举例。

手写 JDK 动态代理实现原理

不仅知其然，还得知其所以然。既然 JDK 动态代理功能如此强大，那么它是如何实现的呢？我们现在来探究一下原理，并模仿 JDK 动态代理动手写一个属于自己的动态代理。

我们都知道 JDK 动态代理采用字节重组，重新生成对象来替代原始对象，以达到动态代理的目的。

JDK 动态代理生成对象的步骤如下：

- (1) 获取被代理对象的引用，并且获取它的所有接口，反射获取。
- (2) JDK 动态代理类重新生成一个新的类，同时新的类要实现被代理类实现的所有接口。
- (3) 动态生成 Java 代码，新加的业务逻辑方法由一定的逻辑代码调用（在代码中体现）。
- (4) 编译新生成的 Java 代码.class 文件。
- (5) 重新加载到 JVM 中运行。

以上过程就叫字节码重组。JDK 中有一个规范，在 `ClassPath` 下只要是 \$ 开头的.class 文件，一般都

是自动生成的。那么我们有没有办法看到代替后的对象的“真容”呢？做一个这样测试，我们将内存中的对象字节码通过文件流输出到一个新的.class 文件，然后利用反编译工具查看其源代码。

```
package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.jdkproxy;
import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.Person;
import sun.misc.ProxyGenerator;
import java.io.FileOutputStream;
public class JDKProxyTest {
    public static void main(String[] args) {
        try {
            Person obj = (Person)new JDKMeipo().getInstance(new Customer());
            obj.findLove();

            //通过反编译工具可以查看源代码
            byte [] bytes = ProxyGenerator.generateProxyClass("$Proxy0",new Class[]{Person.class});
            FileOutputStream os = new FileOutputStream("E://$Proxy0.class");
            os.write(bytes);
            os.close();
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}
```

运行以上代码，我们能在 E 盘下找到一个\$Proxy0.class 文件。使用 Jad 反编译，得到\$Proxy0.jad 文件，打开它可以看到如下内容：

```
import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.Person;
import java.lang.reflect.*;

public final class $Proxy0 extends Proxy
    implements Person
{
    public $Proxy0(InvocationHandler invocationhandler)
    {
        super(invocationhandler);
    }

    public final boolean equals(Object obj)
    {
        try
        {
            return ((Boolean)super.h.invoke(this, m1, new Object[] {
                obj
            })).booleanValue();
        }
        catch(Error _ex) { }
        catch(Throwable throwable)
        {
            throw new UndeclaredThrowableException(throwable);
        }
    }

    public final void findLove()
    {
        try
```

```

    {
        super.h.invoke(this, m3, null);
        return;
    }
    catch(Error _ex) { }
    catch(Throwable throwable)
    {
        throw new UndeclaredThrowableException(throwable);
    }
}

public final String toString()
{
    try
    {
        return (String)super.h.invoke(this, m2, null);
    }
    catch(Error _ex) { }
    catch(Throwable throwable)
    {
        throw new UndeclaredThrowableException(throwable);
    }
}

public final int hashCode()
{
    try
    {
        return ((Integer)super.h.invoke(this, m0, null)).intValue();
    }
    catch(Error _ex) { }
    catch(Throwable throwable)
    {
        throw new UndeclaredThrowableException(throwable);
    }
}

private static Method m1;
private static Method m3;
private static Method m2;
private static Method m0;

static
{
    try
    {
        m1 = Class.forName("java.lang.Object").getMethod("equals", new Class[] {
            Class.forName("java.lang.Object")
        });
        m3 = Class.forName("com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.Person").getMethod("findLove", new Class[0]);
        m2 = Class.forName("java.lang.Object").getMethod("toString", new Class[0]);
        m0 = Class.forName("java.lang.Object").getMethod("hashCode", new Class[0]);
    }
    catch(NoSuchMethodException nosuchmethodexception)
    {
        throw new NoSuchMethodError(nosuchmethodexception.getMessage());
    }
    catch(ClassNotFoundException classnotfoundexception)
    {
        throw new NoClassDefFoundError(classnotfoundexception.getMessage());
    }
}
}

```

我们发现，\$Proxy0 继承了 Proxy 类，同时还实现了 Person 接口，而且重写了 findLove() 等方法。在静态块中用反射查找到了目标对象的所有方法，而且保存了所有方法的引用，重写的方法用反射调用目标对象的方法。“小伙伴们”此时一定会好奇：这些代码是哪里来的呢？其实是 JDK 帮我们自动生成的。现在我们不依赖 JDK，自己来动态生成源代码、动态完成编译，然后替代目标对象并执行。

创建 GPInvocationHandler 接口：

```
package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.gpproxy;

import java.lang.reflect.Method;

public interface GPInvocationHandler {
    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable;
}
```

创建 GPProxy 类：

```
package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.gpproxy;

import javax.tools.JavaCompiler;
import javax.tools.StandardJavaFileManager;
import javax.tools.ToolProvider;
import java.io.File;
import java.io.FileWriter;
import java.lang.reflect.Constructor;
import java.lang.reflect.Method;
import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

//用来生成源代码的工具类
public class GPProxy {

    public static final String ln = "\r\n";

    public static Object newProxyInstance(GPClassLoader classLoader, Class<?> [] interfaces, GPInvocationHandler h){
        try {
            //动态生成源代码.java 文件
            String src = generateSrc(interfaces);

            //Java 文件输出磁盘
            String filePath = GPProxy.class.getResource("").getPath();
            File f = new File(filePath + "$Proxy0.java");
            FileWriter fw = new FileWriter(f);
            fw.write(src);
            fw.flush();
            fw.close();

            //把生成的.java 文件编译成.class 文件
            JavaCompiler compiler = ToolProvider.getSystemJavaCompiler();
            StandardJavaFileManager manage = compiler.getStandardFileManager(null,null,null);
            Iterable iterable = manage.getJavaFileObjects(f);

            JavaCompiler.CompilationTask task = compiler.getTask(null,manage,null,null,null, iterable);
            task.call();
        }
    }
}
```



```

        manage.close();

        //把编译生成的.class文件加载到JVM中
        Class proxyClass = classLoader.findClass("$Proxy0");
        Constructor c = proxyClass.getConstructor(GPInvocationHandler.class);
        f.delete();

        //返回字节码重组以后的新的代理对象
        return c.newInstance(h);
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return null;
}

private static String generateSrc(Class<?>[] interfaces) {
    StringBuffer sb = new StringBuffer();
    sb.append("package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.gpproxy;" + ln);
    sb.append("import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.Person;" + ln);
    sb.append("import java.lang.reflect.*;" + ln);
    sb.append("public class $Proxy0 implements " + interfaces[0].getName() + "{" + ln);
    sb.append("    GPInvocationHandler h;" + ln);
    sb.append("    public $Proxy0(GPInvocationHandler h) {" + ln);
    sb.append("        this.h = h;" + ln);
    sb.append("    }" + ln);
    for (Method m : interfaces[0].getMethods()) {
        Class<?>[] params = m.getParameterTypes();

        StringBuffer paramNames = new StringBuffer();
        StringBuffer paramValues = new StringBuffer();
        StringBuffer paramClasses = new StringBuffer();

        for (int i = 0; i < params.length; i++) {
            Class clazz = params[i];
            String type = clazz.getName();
            String paramName = toLowerFirstCase(clazz.getSimpleName());
            paramNames.append(type + " " + paramName);
            paramValues.append(paramName);
            paramClasses.append(clazz.getName() + ".class");
            if (i > 0 && i < params.length - 1) {
                paramNames.append(",");
                paramClasses.append(",");
                paramValues.append(",");
            }
        }

        sb.append("    public " + m.getReturnType().getName() + " " + m.getName() + "(" + paramNames.toString()
+ ")" + ln);
        sb.append("    try{" + ln);
        sb.append("        Method m = " + interfaces[0].getName() + ".class.getMethod(\"" + m.getName() +
 "\", new Class[] {" + paramClasses.toString() + "});" + ln);
        sb.append("        " + (hasReturnValue(m.getReturnType()) ? "return " : "") +
getCaseCode("this.h.invoke(this, m, new Object[] {" + paramValues + "})", m.getReturnType()) + ";" + ln);
        sb.append("    } catch (Error _ex) {" + ln);
        sb.append("        catch (Throwable e) {" + ln);
        sb.append("            throw new UndeclaredThrowableException(e);" + ln);
        sb.append("        }" + ln);
        sb.append("    }" + ln);
    }
    sb.append("}" + ln);
    return sb.toString();
}

```

```

private static Map<Class,Class> mappings = new HashMap<Class, Class>();
static {
    mappings.put(int.class,Integer.class);
}

private static String getReturnEmptyCode(Class<?> returnClass){
    if(mappings.containsKey(returnClass)){
        return "return 0;";
    }else if(returnClass == void.class){
        return "";
    }else {
        return "return null;";
    }
}

private static String getCaseCode(String code,Class<?> returnClass){
    if(mappings.containsKey(returnClass)){
        return "(" + mappings.get(returnClass).getName() + ")" + code + ")." + returnClass.getSimpleName() +
"Value()";
    }
    return code;
}

private static boolean hasReturnValue(Class<?> clazz){
    return clazz != void.class;
}

private static String toLowerFirstCase(String src){
    char [] chars = src.toCharArray();
    chars[0] += 32;
    return String.valueOf(chars);
}
}

```

创建 GPClassLoader 类:

```

package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.gpproxy;

import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.io.File;
import java.io.FileInputStream;
import java.io.IOException;

public class GPClassLoader extends ClassLoader{

    private File classPathFile;

    public GPClassLoader(){
        String classPath = GPClassLoader.class.getResource("").getPath();
        this.classPathFile = new File(classPath);
    }

    protected Class<?> findClass(String name) throws ClassNotFoundException {

        String className = GPClassLoader.class.getPackage().getName() + "." + name;

        if(classPathFile != null){
            File classFile = new File(classPathFile,name.replaceAll("\\\\.", "/") + ".class");
            if(classFile.exists()){
                FileInputStream in = null;

```

```

        ByteArrayOutputStream out = null;

        try{
            in = new FileInputStream(classFile);
            out = new ByteArrayOutputStream();
            byte [] buff = new byte[1024];
            int len;
            while ((len = in.read(buff)) != -1){
                out.write(buff,0,len);
            }
            return defineClass(className,out.toByteArray(),0,out.size());
        }catch (Exception e){
            e.printStackTrace();
        }finally {
            if(null != in){
                try {
                    in.close();
                } catch (IOException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }

            if(out != null){
                try {
                    out.close();
                } catch (IOException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        }

        return null;
    }
}

```

创建 GPMeiPo 类:

```

package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.gpproxy;

import com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.Person;
import java.lang.reflect.Method;

public class GPMeiPo implements GPIInvocationHandler {

    //被代理的对象，把引用保存下来
    private Object target;

    public Object getInstance(Object target) throws Exception{
        this.target = target;

        Class<?> clazz = target.getClass();

        return GPProxy.newProxyInstance(new GPClassLoader(),clazz.getInterfaces(),this);
    }

    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {
        before();
        method.invoke(this.target,args);
    }
}

```

```

        after();
        return null;
    }

    private void before(){
        System.out.println("我是媒婆：我要给你找对象，现在已经确认你的需求");
        System.out.println("开始物色");
    }

    private void after(){
        System.out.println("如果合适的话，就准备办事");
    }
}

```

客户端测试代码如下：

```

public static void main(String[] args) {

    try {
        Person obj = (Person)new GPMeipo().getInstance(new Customer());
        System.out.println(obj.getClass());
        obj.findLove();
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

```

到此，手写 JDK 动态代理就完成了。“小伙伴们”是不是又多了一个面试用的“撒手铜”呢？

CGLib 代理调用 API 及原理分析

简单看一下 CGLib 代理的使用，还是以媒婆为例，创建 CglibMeipo 类：

```

package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.cglibproxy;
import net.sf.cglib.proxy.Enhancer;
import net.sf.cglib.proxy.MethodInterceptor;
import net.sf.cglib.proxy.MethodProxy;
import java.lang.reflect.Method;
public class CglibMeipo implements MethodInterceptor{
    public Object getInstance(Class<?> clazz) throws Exception{

        Enhancer enhancer = new Enhancer();
        //要把哪个设置为即将生成的新类的父类
        enhancer.setSuperclass(clazz);
        enhancer.setCallback(this);

        return enhancer.create();
    }

    public Object intercept(Object o, Method method, Object[] objects, MethodProxy methodProxy) throws Throwable {
        //业务的增强
        before();
        Object obj = methodProxy.invokeSuper(o,objects);
        after();
        return obj;
    }

    private void before(){

```

```

        System.out.println("我是媒婆：我要给你找对象，现在已经确认你的需求");
        System.out.println("开始物色");
    }
    private void after(){
        System.out.println("如果合适的话，就准备办事");
    }
}

```

创建单身客户类 Customer：

```

package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.cglibproxy;

public class Customer {

    public void findLove(){
        System.out.println("肤白貌美大长腿");
    }
}

```

有个小细节，CGLib 代理的目标对象不需要实现任何接口，它是通过动态继承目标对象实现动态代理的。来看测试代码：

```

package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.cglibproxy;

public class CglibTest {
    public static void main(String[] args) {
        try {
            Customer obj = (Customer)new CglibMeipo().getInstance(Customer.class);
            obj.findLove();
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

CGLib 代理的实现原理又是怎样的呢？我们可以在测试代码中加上一句代码，将 CGLib 代理后的.class 文件写入磁盘，然后反编译来一探究竟，代码如下：

```

public static void main(String[] args) {
    try {

        //利用 CGLib 的代理类可以将内存中的.class 文件写入本地磁盘
        System.setProperty(DebuggingClassWriter.DEBUG_LOCATION_PROPERTY, "E://cglib_proxy_class/");

        Customer obj = (Customer)new CglibMeipo().getInstance(Customer.class);
        obj.findLove();

    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

```

重新执行代码，我们会发现在 E://cglib_proxy_class 目录下多了三个.class 文件，如下图所示。

cglib_proxy_class > com > gupaoedu > vip > pattern > proxy > dynamicproxy > cglibproxy

名称

Customer\$\$EnhancerByCGLIB\$\$3feeb52a\$\$FastClassByCGLIB\$\$6aad62f1.class

Customer\$\$EnhancerByCGLIB\$\$3feeb52a.class

Customer\$\$FastClassByCGLIB\$\$2669574a.class

通过调试跟踪发现，Customer\$\$EnhancerByCGLIB\$\$3feeb52a.class 就是 CGLib 代理生成的代理类，继承了 Customer 类。

```
package com.gupaoedu.vip.pattern.proxy.dynamicproxy.cglibproxy;
```

```
import java.lang.reflect.Method;
import net.sf.cglib.core.ReflectUtils;
import net.sf.cglib.core.Signature;
import net.sf.cglib.proxy.*;
```

```
public class Customer$$EnhancerByCGLIB$$3feeb52a extends Customer
    implements Factory
```

```
{
```

```
...
```

```
final void CGLIB$findLove$0()
```

```
{
    super.findLove();
}
```

```
public final void findLove()
```

```
{
    CGLIB$CALLBACK_0;
    if(CGLIB$CALLBACK_0 != null) goto _L2; else goto _L1
```

```
_L1:
    JVM INSTR pop ;
    CGLIB$BIND_CALLBACKS(this);
    CGLIB$CALLBACK_0;
```

```
_L2:
    JVM INSTR dup ;
    JVM INSTR ifnull 37;
    goto _L3 _L4
```

```
_L3:
    break MISSING_BLOCK_LABEL_21;
```

```
_L4:
    break MISSING_BLOCK_LABEL_37;
    this;
```

```
CGLIB$findLove$0$Method;
CGLIB$emptyArgs;
CGLIB$findLove$0$Proxy;
    intercept();
    return;
    super.findLove();
    return;
```

```
}
```

```
...
```



```
}

```

我们重写了 `Customer` 类的所有方法，通过代理类的源码可以看到，代理类会获得所有从父类继承来的方法，并且会有 `MethodProxy` 与之对应，比如 `Method CGLIB$findLove$0$Method`、`MethodProxy CGLIB$findLove$0$Proxy` 这些方法在代理类的 `findLove()` 方法中都有调用。

```
//代理方法（methodProxy.invokeSuper()方法会调用）
final void CGLIB$findLove$0()
{
    super.findLove();
}

//被代理方法（methodProxy.invoke()方法会调用，这就是为什么在拦截器中调用methodProxy.invoke会发生死循环，一直在调用拦截器）
public final void findLove()
{
    ...
    //调用拦截器
    intercept();
    return;
    super.findLove();
    return;
}
```

调用过程为：代理对象调用 `this.findLove()` 方法→调用拦截器→`methodProxy.invokeSuper`→`CGLIB$findLove$0`→被代理对象 `findLove()` 方法。

此时，我们发现拦截器 `MethodInterceptor` 中就是由 `MethodProxy` 的 `invokeSuper()` 方法调用代理方法的，`MethodProxy` 非常关键，我们分析一下它具体做了什么。

```
package net.sf.cglib.proxy;

import java.lang.reflect.InvocationTargetException;
import java.lang.reflect.Method;
import net.sf.cglib.core.AbstractClassGenerator;
import net.sf.cglib.core.CodeGenerationException;
import net.sf.cglib.core.GeneratorStrategy;
import net.sf.cglib.core.NamingPolicy;
import net.sf.cglib.core.Signature;
import net.sf.cglib.reflect.FastClass;
import net.sf.cglib.reflect.FastClassGenerator;

public class MethodProxy {
    private Signature sig1;
    private Signature sig2;
    private MethodProxy.CreateInfo createInfo;
    private final Object initLock = new Object();
    private volatile MethodProxy.FastClassInfo fastClassInfo;

    public static MethodProxy create(Class c1, Class c2, String desc, String name1, String name2) {
        MethodProxy proxy = new MethodProxy();
        proxy.sig1 = new Signature(name1, desc);
        proxy.sig2 = new Signature(name2, desc);
        proxy.createInfo = new MethodProxy.CreateInfo(c1, c2);
    }
}
```

```

        return proxy;
    }

    ...

    private static class CreateInfo {
        Class c1;
        Class c2;
        NamingPolicy namingPolicy;
        GeneratorStrategy strategy;
        boolean attemptLoad;

        public CreateInfo(Class c1, Class c2) {
            this.c1 = c1;
            this.c2 = c2;
            AbstractClassGenerator fromEnhancer = AbstractClassGenerator.getCurrent();
            if(fromEnhancer != null) {
                this.namingPolicy = fromEnhancer.getNamingPolicy();
                this.strategy = fromEnhancer.getStrategy();
                this.attemptLoad = fromEnhancer.getAttemptLoad();
            }
        }
    }
    ...
}

```

继续看 `invokeSuper()` 方法:

```

public Object invokeSuper(Object obj, Object[] args) throws Throwable {
    try {
        this.init();
        MethodProxy.FastClassInfo fci = this.fastClassInfo;
        return fci.f2.invoke(fci.i2, obj, args);
    } catch (InvocationTargetException var4) {
        throw var4.getTargetException();
    }
}

...

private static class FastClassInfo {
    FastClass f1;
    FastClass f2;
    int i1;
    int i2;

    private FastClassInfo() {
    }
}

```

上面的代码调用就是获取代理类对应的 `FastClass`，并执行代理方法。还记得之前生成的三个.class 文件吗？`Customer$$EnhancerByCGLIB$$3feeb52a$$FastClassByCGLIB$$6aad62f1.class` 就是代理类的 `FastClass`，`Customer$$FastClassByCGLIB$$2669574a.class` 就是被代理类的 `FastClass`。

CGLib 代理执行代理方法的效率之所以比 JDK 的高，是因为 CGLib 采用了 FastClass 机制，它的原理简单来说就是：为代理类和被代理类各生成一个类，这个类会为代理类或被代理类的方法分配一个 index（int 类型）；这个 index 当作一个入参，FastClass 就可以直接定位要调用的方法并直接进行调用，省去了反射调用，所以调用效率比 JDK 代理通过反射调用高。下面我们反编译一个 FastClass 看看：

```
public int getIndex(Signature signature)
{
    String s = signature.toString();
    s;
    s.hashCode();
    JVM INSTR lookupswitch 11: default 223
    ...
    JVM INSTR pop ;
    return -1;
}

//部分代码省略

//根据 index 直接定位执行方法
public Object invoke(int i, Object obj, Object aobj[])
    throws InvocationTargetException
{
    (Customer)obj;
    i;
    JVM INSTR tableswitch 0 10: default 161
        goto _L1 _L2 _L3 _L4 _L5 _L6 _L7 _L8 _L9 _L10 _L11 _L12
_L2:
    eat();
    return null;
_L3:
    findLove();
    return null;
    ...
    throw new IllegalArgumentException("Cannot find matching method/constructor");
}
```

FastClass 并不是跟代理类一起生成的，而是在第一次执行 MethodProxy 的 invoke() 或 invokeSuper() 方法时生成的，并放在了缓存中。

```
//MethodProxy 的 invoke() 或 invokeSuper() 方法都调用了 init() 方法
private void init() {
    if(this.fastClassInfo == null) {
        Object var1 = this.initLock;
        synchronized(this.initLock) {
            if(this.fastClassInfo == null) {
                MethodProxy.CreateInfo ci = this.createInfo;
                MethodProxy.FastClassInfo fci = new MethodProxy.FastClassInfo();
                fci.f1 = helper(ci, ci.c1); //如果在缓存中就取出，没有没在缓存中就生成新的 FastClass
                fci.f2 = helper(ci, ci.c2);
                fci.i1 = fci.f1.getIndex(this.sig1); //获取方法的 index
                fci.i2 = fci.f2.getIndex(this.sig2);
                this.fastClassInfo = fci;
            }
        }
    }
}
```

```

    }
}
}

```

至此，CGLib 代理的原理我们就基本搞清楚了，对代码细节有兴趣的“小伙伴”可以自行深入研究。

CGLib 和 JDK 动态代理对比

(1) JDK 动态代理实现了被代理对象的接口，CGLib 代理继承了被代理对象。

(2) JDK 动态代理和 CGLib 代理都在运行期生成字节码，JDK 动态代理直接写 Class 字节码，CGLib 代理使用 ASM 框架写 Class 字节码，CGLib 代理实现更复杂，生成代理类比 JDK 动态代理效率低。

(3) JDK 动态代理调用代理方法是通过反射机制调用的，CGLib 代理是通过 FastClass 机制直接调用方法的，CGLib 代理的执行效率更高。

代理模式于 Spring 生态

1、代理模式在 Spring 中的应用

先看 ProxyFactoryBean 核心方法 getObject()，源码如下：

```

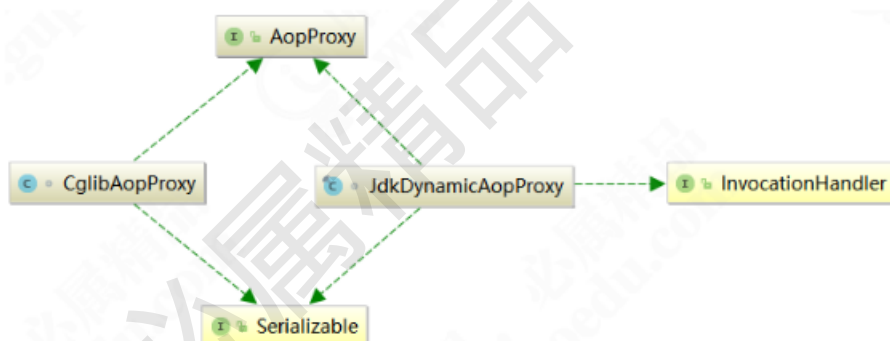
public Object getObject() throws BeansException {
    initializeAdvisorChain();
    if (isSingleton()) {
        return getSingletonInstance();
    }
    else {
        if (this.targetName == null) {
            logger.warn("Using non-singleton proxies with singleton targets is often undesirable. " +
                "Enable prototype proxies by setting the 'targetName' property.");
        }
        return newPrototypeInstance();
    }
}

```

在 getObject()方法中，主要调用 getSingletonInstance()和 newPrototypeInstance()。在 Spring 的配置中如果不做任何设置，那么 Spring 代理生成的 Bean 都是单例对象。如果修改 scope，则每次创建一个新的原型对象。newPrototypeInstance()里面的逻辑比较复杂，我们后面再做深入研究，这里先做简单了解。

Spring 利用动态代理实现 AOP 时有两个非常重要的类：JdkDynamicAopProxy 类和

CglibAopProxy 类，来看一下类图，如下图所示。



2. Spring 中的代理选择原则

- (1) 当 Bean 有实现接口时，Spring 就会用 JDK 动态代理。
- (2) 当 Bean 没有实现接口时，Spring 会选择 CGLib 代理。
- (3) Spring 可以通过配置强制使用 CGLib 代理，只需在 Spring 的配置文件中加入如下代码：

```
<aop:aspectj-autoproxy proxy-target-class="true"/>
```

静态代理和动态代理的本质区别

- (1) 静态代理只能通过手动完成代理操作，如果被代理类增加了新的方法，代理类需要同步增加，违背开闭原则。
- (2) 动态代理采用在运行时动态生成代码的方式，取消了对被代理类的扩展限制，遵循开闭原则。
- (3) 若动态代理要对目标类的增强逻辑进行扩展，结合策略模式，只需要新增策略类便可完成，无须修改代理类的代码。

代理模式的优缺点

代理模式具有以下优点：

- (1) 代理模式能将代理对象与真实被调用目标对象分离。
- (2) 在一定程度上降低了系统的耦合性，扩展性好。

(3) 可以起到保护目标对象的作用。

(4) 可以增强目标对象的功能。

当然，代理模式也有缺点：

(1) 代理模式会造成系统设计中类的数量增加。

(2) 在客户端和目标对象中增加一个代理对象，会导致请求处理速度变慢。

(3) 增加了系统的复杂度。