导读｜5分钟轻松了解一个HTTP请求的处理过程

傅健 2021-05-10

00:00 1.0x
讲述：傅健 大小：6.68M 时长：07:17

你好，我是傅健。

上一章节我们学习了自动注入、AOP 等 Spring 核心知识运用上的常见错误案例。然而，我们**使用 Spring 大多还是为了开发一个 Web 应用程序**，所以从这节课开始，我们将学习 Spring Web 的常见错误案例。

在这之前，我想有必要先给你简单介绍一下 Spring Web 最核心的流程，这可以让我们后面的学习进展更加顺利一些。

那什么是 Spring Web 最核心的流程呢？无非就是一个 HTTP 请求的处理过程。这里我以 Spring Boot 的使用为例，以尽量简单的方式带你梳理下。

首先，回顾下我们是怎么添加一个 HTTP 接口的，示例如下：

```
@RestController
public class HelloWorldController {
    @RequestMapping(path = "hi", method = RequestMethod.GET)
    public String hi(){
         return "helloworld";
    };
}
```

这是我们最喜闻乐见的一个程序，但是对于很多程序员而言，其实完全不知道为什么这样就工作起来了。毕竟，不知道原理，它也能工作起来。

但是，假设你是一个严谨且有追求的人，你大概率是有好奇心去了解它的。而且相信我，这个问题面试也可能会问到。我们一起来看看它背后的故事。

其实仔细看这段程序，你会发现一些**关键的“元素”**：

1. 请求的 Path: hi
2. 请求的方法：Get
3. 对应方法的执行：hi()

那么，假设让你自己去实现 HTTP 的请求处理，你可能会写出这样一段伪代码：

```
public class HttpRequestHandler{

    Map<RequestKey, Method> mapper = new HashMap<>();

    public Object handle(HttpRequest httpRequest){
         RequestKey requestKey = getRequestKey(httpRequest);
         Method method = this.mapper.getValue(requestKey);
         Object[] args = resolveArgsAccordingToMethod(httpRequest, method);
         return method.invoke(controllerObject, args);
    };
}
```

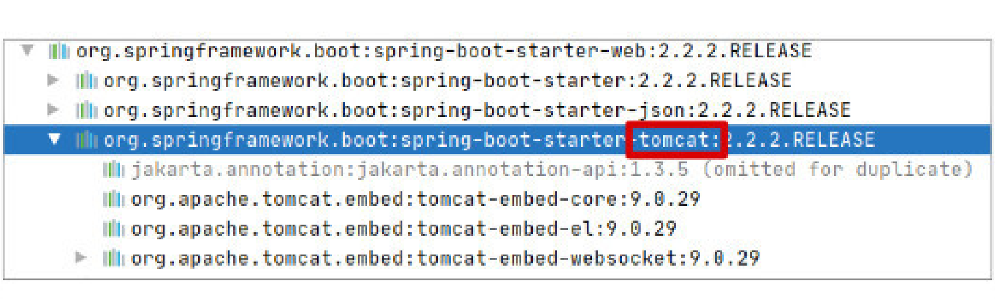
那么现在需要哪些组件来完成一个请求的对应和执行呢？

1. 需要有一个地方（例如 Map）去维护从 HTTP path/method 到具体执行方法的映射；
2. 当一个请求来临时，根据请求的关键信息来获取对应的需要执行的方法；
3. 根据方法定义解析出调用方法的参数值，然后通过反射调用方法，获取返回结果。

除此之外，你还需要一个东西，就是利用底层通信层来解析出你的 HTTP 请求。只有解析出请求了，才能知道 path/method 等信息，才有后续的执行，否则也是“巧妇难为无米之炊”了。

所以综合来看，你大体上需要这些过程才能完成一个请求的解析和处理。那么接下来我们就按照处理顺序分别看下 Spring Boot 是如何实现的，对应的一些关键实现又长什么样。

首先，解析 HTTP 请求。对于 Spring 而言，它本身并不提供通信层的支持，它是依赖于 Tomcat、Jetty 等容器来完成通信层的支持，例如当我们引入 Spring Boot 时，我们就间接依赖了 Tomcat。依赖关系图如下：



```
▼ org.springframework.boot:spring-boot-starter-web:2.2.2.RELEASE
  ▶ org.springframework.boot:spring-boot-starter:2.2.2.RELEASE
  ▶ org.springframework.boot:spring-boot-starter-json:2.2.2.RELEASE
  ▼ org.springframework.boot:spring-boot-starter-tomcat:2.2.2.RELEASE
      jakarta.annotation:jakarta.annotation-api:1.3.5 (omitted for duplicate)
      org.apache.tomcat.embed:tomcat-embed-core:9.0.29
      org.apache.tomcat.embed:tomcat-embed-el:9.0.29
    ▶ org.apache.tomcat.embed:tomcat-embed-websocket:9.0.29
```

另外，正是这种自由组合的关系，让我们可以做到直接置换容器而不影响功能。例如我们可以通过下面的配置从默认的 Tomcat 切换到 Jetty：

```
    <dependency>
        <groupId>org.springframework.boot</groupId>
      <artifactId>spring-boot-starter-web</artifactId>
      <exclusions>
            <exclusion>
               <groupId>org.springframework.boot</groupId>
               <artifactId>spring-boot-starter-tomcat</artifactId>
            </exclusion>
        </exclusions>-
    </dependency>
    <!-- Use Jetty instead -->
 <dependency>
        <groupId>org.springframework.boot</groupId>
        <artifactId>spring-boot-starter-jetty</artifactId>
    </dependency>
```

依赖了 Tomcat 后，Spring Boot 在启动的时候，就会把 Tomcat 启动起来做好接收连接的准备。

关于 Tomcat 如何被启动，你可以通过下面的调用栈来大致了解下它的过程：

```
start:459, Tomcat (org.apache.catalina.startup)
initialize:107, TomcatWebServer (org.springframework.boot.web.embedded.tomcat)
<init>:88, TomcatWebServer (org.springframework.boot.web.embedded.tomcat)
getTomcatWebServer:438, TomcatServletWebServerFactory (org.springframework.boot.web.embedded.tomcat)
getWebServer:191, TomcatServletWebServerFactory (org.springframework.boot.web.embedded.tomcat)
createWebServer:180, ServletWebServerApplicationContext (org.springframework.boot.web.servlet.context)
onRefresh:153, ServletWebServerApplicationContext (org.springframework.boot.web.servlet.context)
refresh:544, AbstractApplicationContext (org.springframework.context.support)
refresh:141, ServletWebServerApplicationContext (org.springframework.boot.web.servlet.context)
refresh:747, SpringApplication (org.springframework.boot)
refreshContext:397, SpringApplication (org.springframework.boot)
run:315, SpringApplication (org.springframework.boot)
run:1226, SpringApplication (org.springframework.boot)
run:1215, SpringApplication (org.springframework.boot)
main:14, Application (com.spring.puzzle.class1.example1.application)
```

说白了，就是调用下述代码行就会启动 Tomcat：

```
SpringApplication.run(Application.class, args);
```

那为什么使用的是 Tomcat？你可以看下面这个类，或许就明白了：

```
//org.springframework.boot.autoconfigure.web.servlet.ServletWebServerFactoryCo

class ServletWebServerFactoryConfiguration {

   @Configuration(proxyBeanMethods = false)
   @ConditionalOnClass({ Servlet.class, Tomcat.class, UpgradeProtocol.class })
   @ConditionalOnMissingBean(value = ServletWebServerFactory.class, search = S
   public static class EmbeddedTomcat {
      @Bean
      public TomcatServletWebServerFactory tomcatServletWebServerFactory(
         //省略非关键代码
         return factory;
      }

   }

@Configuration(proxyBeanMethods = false)
@ConditionalOnClass({ Servlet.class, Server.class, Loader.class, WebAppContext
@ConditionalOnMissingBean(value = ServletWebServerFactory.class, search = Sear
public static class EmbeddedJetty {
   @Bean
   public JettyServletWebServerFactory JettyServletWebServerFactory(
         ObjectProvider<JettyServerCustomizer> serverCustomizers) {
       //省略非关键代码
      return factory;
   }
}

//省略其他容器配置
}
```

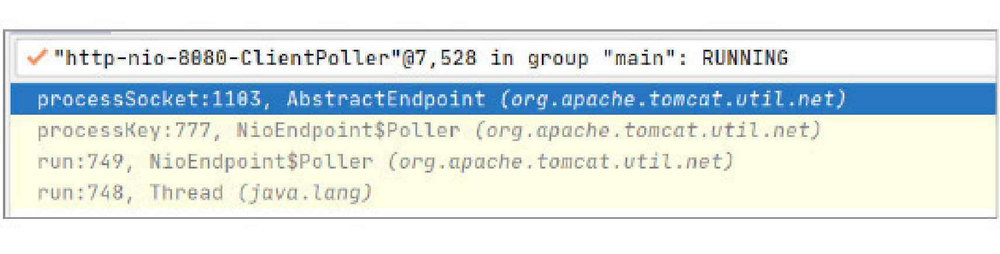
前面我们默认依赖了 Tomcat 内嵌容器的 JAR，所以下面的条件会成立，进而就依赖上了 Tomcat：

```
   @ConditionalOnClass({ Servlet.class, Tomcat.class, UpgradeProtocol.class })
```

有了 Tomcat 后，当一个 HTTP 请求访问时，会触发 Tomcat 底层提供的 NIO 通信来完成数据的接收，这点我们可以从下面的代码（org.apache.tomcat.util.net.NioEndpoint.Poller#run）中看出来：

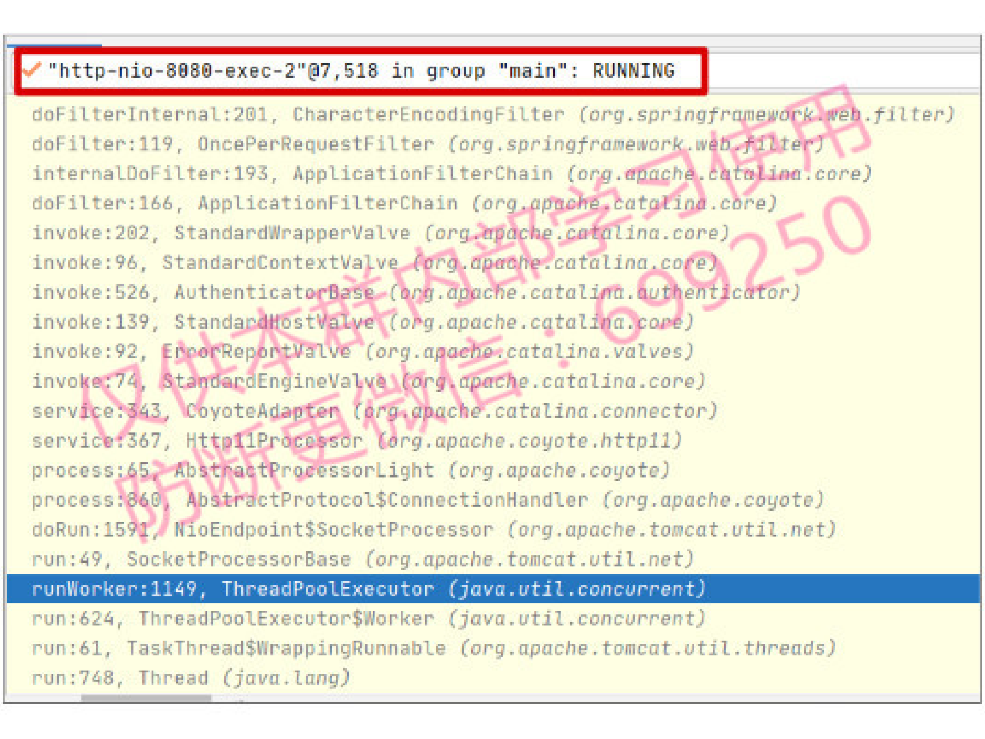
```
@Override
public void run() {
    while (true) {
          //省略其他非关键代码
          //轮询注册的兴趣事件
          if (wakeupCounter.getAndSet(-1) > 0) {
                keyCount = selector.selectNow();
          } else {
                keyCount = selector.select(selectorTimeout);

         //省略其他非关键代码
         Iterator<SelectionKey> iterator =
             keyCount > 0 ? selector.selectedKeys().iterator() : null;

         while (iterator != null && iterator.hasNext()) {
             SelectionKey sk = iterator.next();
             NioSocketWrapper socketWrapper = (NioSocketWrapper)
             //处理事件
             processKey(sk, socketWrapper);
             //省略其他非关键代码

         }
        //省略其他非关键代码
    }

}
```

上述代码会完成请求事件的监听和处理，最终在 processKey 中把请求事件丢入线程池去处理。请求事件的接收具体调用栈如下：



```
✓ "http-nio-8080-ClientPoller"@7,528 in group "main": RUNNING
processSocket:1103, AbstractEndpoint (org.apache.tomcat.util.net)
processKey:777, NioEndpoint$Poller (org.apache.tomcat.util.net)
run:749, NioEndpoint$Poller (org.apache.tomcat.util.net)
run:748, Thread (java.lang)
```

线程池对这个请求的处理的调用栈如下：



```
✓ "http-nio-8080-exec-2"@7,518 in group "main": RUNNING
doFilterInternal:201, CharacterEncodingFilter (org.springframework.web.filter)
doFilter:119, OncePerRequestFilter (org.springframework.web.filter)
internalDoFilter:193, ApplicationFilterChain (org.apache.catalina.core)
doFilter:166, ApplicationFilterChain (org.apache.catalina.core)
invoke:202, StandardWrapperValve (org.apache.catalina.core)
invoke:96, StandardContextValve (org.apache.catalina.core)
invoke:526, AuthenticatorBase (org.apache.catalina.authenticator)
invoke:139, StandardHostValve (org.apache.catalina.core)
invoke:92, ErrorReportValve (org.apache.catalina.valves)
invoke:74, StandardEngineValve (org.apache.catalina.core)
service:343, CoyoteAdapter (org.apache.catalina.connector)
service:367, Http11Processor (org.apache.coyote.http11)
process:65, AbstractProcessorLight (org.apache.coyote)
process:860, AbstractProtocol$ConnectionHandler (org.apache.coyote)
doRun:1591, NioEndpoint$SocketProcessor (org.apache.tomcat.util.net)
run:49, SocketProcessorBase (org.apache.tomcat.util.net)
runWorker:1149, ThreadPoolExecutor (java.util.concurrent)
run:624, ThreadPoolExecutor$Worker (java.util.concurrent)
run:61, TaskThread$WrappingRunnable (org.apache.tomcat.util.threads)
run:748, Thread (java.lang)
```

在上述调用中，最终会进入 Spring Boot 的处理核心，即 DispatcherServlet（上述调用栈没有继续截取完整调用，所以未显示）。可以说，DispatcherServlet 是用来处理 HTTP 请求的中央调度入口程序，为每一个 Web 请求映射一个请求的处理执行体（API controller/method）。

我们可以看下它的核心是什么？它本质上就是一种 Servlet，所以它是由下面的 Servlet 核心方法触发：

> javax.servlet.http.HttpServlet#service(javax.servlet.ServletRequest, javax.servlet.ServletResponse)

最终它执行到的是下面的 doService()，这个方法完成了请求的分发和处理：

```
@Override
protected void doService(HttpServletRequest request, HttpServletResponse respo
      doDispatch(request, response);
}
```

我们可以看下它是如何分发和执行的：

```
protected void doDispatch(HttpServletRequest request, HttpServletResponse resp

 // 省略其他非关键代码
 // 1. 分发：Determine handler for the current request.
  HandlerExecutionChain mappedHandler = getHandler(processedRequest);

 // 省略其他非关键代码
 //Determine handler adapter for the current request.
  HandlerAdapter ha = getHandlerAdapter(mappedHandler.getHandler());

 // 省略其他非关键代码
 // 2. 执行：Actually invoke the handler.
  mv = ha.handle(processedRequest, response, mappedHandler.getHandler());

 // 省略其他非关键代码

}
```

在上述代码中，很明显有两个关键步骤：

1. 分发，即根据请求寻找对应的执行方法

寻找方法参考 DispatcherServlet#getHandler，具体的查找远比开始给出的 Map 查找来得复杂，但是无非还是一个根据请求寻找候选执行方法的过程，这里我们可以通过一个调试视图感受下这种对应关系：

```
▼ oo this.handlerMappings = {ArrayList@6743}  size = 5
  ▼ ≡ 0 = {RequestMappingHandlerMapping@7368}
      f useSuffixPatternMatch = false
      f useRegisteredSuffixPatternMatch = false
      f useTrailingSlashMatch = true
      f pathPrefixes = {LinkedHashMap@7373}  size = 0
    ▶ f contentNegotiationManager = {ContentNegotiationManager@7032}
    ▶ f embeddedValueResolver = {EmbeddedValueResolver@7374}
    ▶ f config = {RequestMappingInfo$BuilderConfiguration@7375}
      f detectHandlerMethodsInAncestorContexts = false
    ▶ f namingStrategy = {RequestMappingInfoHandlerMethodMappingNamingStrategy@7376}
    ▼ f mappingRegistry = {AbstractHandlerMethodMapping$MappingRegistry@7377}
      ▶ f registry = {HashMap@7396}  size = 3
      ▼ f mappingLookup = {LinkedHashMap@7397}  size = 3
        ▼ ≡ {RequestMappingInfo@7410} "{GET /hi}" -> {HandlerMethod@7102} "com.spring.puzzle.class1.example1.controller.HelloWorldController#hi()"
          ▶ ≡ key = {RequestMappingInfo@7410} "{GET /hi}"
          ▶ ≡ value = {HandlerMethod@7102} "com.spring.puzzle.class1.example1.controller.HelloWorldController#hi()"
```

这里的关键映射 Map，其实就是上述调试视图中的 RequestMappingHandlerMapping。

2. 执行，反射执行寻找到的执行方法

这点可以参考下面的调试视图来验证这个结论，参考代码 org.springframework.web.method.support.InvocableHandlerMethod#doInvoke：

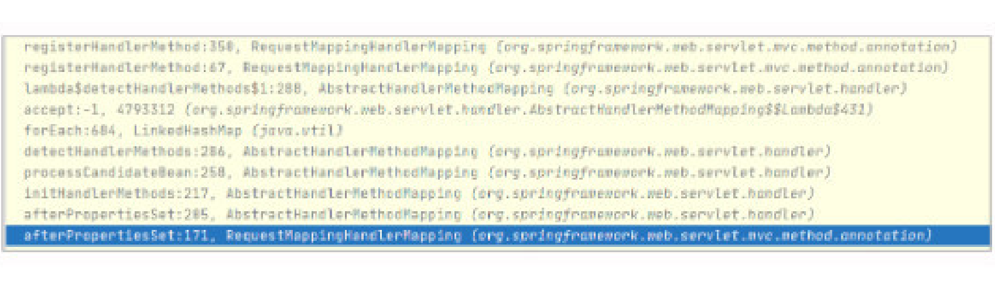
```
@Nullable
protected Object doInvoke(Object... args) throws Exception {   args: Object[0]@7107
    ReflectionUtils.makeAccessible(getBridgedMethod());
    try {
        return getBridgedMethod().invoke(getBean(), args);   args: Object[0]@7107
    }
Evaluate
Expression:
getBridgedMethod()
Result:
▼ oo result = {Method@7099} "public java.lang.String com.spring.puzzle.class1.example1.controller.HelloWorldController.hi()"
```

最终我们是通过反射来调用执行方法的。

通过上面的梳理，你应该基本了解了一个 HTTP 请求是如何执行的。但是你可能会产生这样一个疑惑：Handler 的映射是如何构建出来的呢？

说白了，核心关键就是 RequestMappingHandlerMapping 这个 Bean 的构建过程。

它的构建完成后，会调用 afterPropertiesSet 来做一些额外的事，这里我们可以先看下它的调用栈：



```
registerHandlerMethod:350, RequestMappingHandlerMapping (org.springframework.web.servlet.mvc.method.annotation)
registerHandlerMethod:67, RequestMappingHandlerMapping (org.springframework.web.servlet.mvc.method.annotation)
lambda$detectHandlerMethods$1:288, AbstractHandlerMethodMapping (org.springframework.web.servlet.handler)
accept:-1, 4793312 (org.springframework.web.servlet.handler.AbstractHandlerMethodMapping$$Lambda$431)
forEach:684, LinkedHashMap (java.util)
detectHandlerMethods:286, AbstractHandlerMethodMapping (org.springframework.web.servlet.handler)
processCandidateBean:258, AbstractHandlerMethodMapping (org.springframework.web.servlet.handler)
initHandlerMethods:217, AbstractHandlerMethodMapping (org.springframework.web.servlet.handler)
afterPropertiesSet:205, AbstractHandlerMethodMapping (org.springframework.web.servlet.handler)
afterPropertiesSet:171, RequestMappingHandlerMapping (org.springframework.web.servlet.mvc.method.annotation)
```

其中关键的操作是 AbstractHandlerMethodMapping#processCandidateBean 方法：

```
protected void processCandidateBean(String beanName) {
   //省略非关键代码
   if (beanType != null && isHandler(beanType)) {
      detectHandlerMethods(beanName);
   }
}
```

isHandler(beanType) 的实现参考以下关键代码：

```
@Override
protected boolean isHandler(Class<?> beanType) {
   return (AnnotatedElementUtils.hasAnnotation(beanType, Controller.class) ||
         AnnotatedElementUtils.hasAnnotation(beanType, RequestMapping.class));
}
```

这里你会发现，判断的关键条件是，是否标记了合适的注解（Controller 或者 RequestMapping）。只有标记了，才能添加到 Map 信息。换言之，Spring 在构建 RequestMappingHandlerMapping 时，会处理所有标记 Controller 和 RequestMapping 的注解，然后解析它们构建出请求到处理的映射关系。

以上即为 Spring Boot 处理一个 HTTP 请求的核心过程，无非就是绑定一个内嵌容器（Tomcat/Jetty/ 其他）来接收请求，然后为请求寻找一个合适的方法，最后反射执行它。当然，这中间还会掺杂无数的细节，不过这不重要，抓住这个核心思想对你接下来理解 Spring Web 中各种类型的错误案例才是大有裨益的！
