4. 序列化器与 SPI 机制 - 手写 RPC 框架项目教程 - 编程导航教程

> 仅供 [编程导航](https://www.code-nav.cn/post/1816420035119853569) 内部成员观看，请勿对外分享！一、需求分析在第一节教程中，我们已经讲过了序列化器的。

一、需求分析

在第一节教程中，我们已经讲过了序列化器的作用：无论是请求或响应，都会涉及参数的传输。而 Java 对象是存活在 JVM 虚拟机中的，如果想在其他位置存储并访问、或者在网络中进行传输，就需要进行序列化和反序列化。
1747226499385180161_0.053770585038934726

我们还编写了通用的序列化器接口，并且已经实现了基于 Java 原生序列化的序列化器。但是对于一个完善的 RPC 框架，我们还要思考以下 3 个问题：

1. 有没有更好的序列化器实现方式?
2. 如何让使用框架的开发者指定使用的序列化器?
3. 如何让使用框架的开发者自己定制序列化器？1747226499385180161_0.8665357074958124

本节教程，我们就来解决这些问题。1747226499385180161_0.5965633730787137

二、设计方案

依次分析这三个问题的实现方案。

1、序列化器实现方式

我们所追求的“更好的”序列化器，可以是具有更高的性能、或者更小的序列化结果，这样就能够更快地完成 RPC 的请求和响应。

之前是为了方便，我们使用 Java 原生序列化实现序列化器，但这未必是最好的。市面上还有很多种主流的序列化方式，比如 JSON、Hessian、Kryo、protobuf 等。

下面简单列举它们的优缺点：1747226499385180161_0.0031222429271635654

主流序列化方式对比

1）JSON

优点：1747226499385180161_0.1311429412565368

- 易读性好，可读性强，便于人类理解和调试。
- 跨语言支持广泛，几乎所有编程语言都有 JSON 的解析和生成库。

缺点：

- 序列化后的数据量相对较大，因为 JSON 使用文本格式存储数据，需要额外的字符表示键、值和数据结构。
- 不能很好地处理复杂的数据结构和循环引用，可能导致性能下降或者序列化失败。

  1747226499385180161_0.5922191994135786

2）Hessian： https://hessian.caucho.com/

优点：

- 二进制序列化，序列化后的数据量较小，网络传输效率高。
- 支持跨语言，适用于分布式系统中的服务调用。

  1747226499385180161_0.6786122451029188

缺点：

- 性能较 JSON 略低，因为需要将对象转换为二进制格式。
- 对象必须实现 Serializable 接口，限制了可序列化的对象范围。

3）Kryo： https://github.com/EsotericSoftware/kryo 1747226499385180161_0.027512340415712044

优点：

- 高性能，序列化和反序列化速度快。
- 支持循环引用和自定义序列化器，适用于复杂的对象结构。
- 无需实现 Serializable 接口，可以序列化任意对象。1747226499385180161_0.8660952407130649

缺点：1747226499385180161_0.17273282564426085

- 不跨语言，只适用于 Java。
- 对象的序列化格式不够友好，不易读懂和调试。

4）Protobuf：

优点：1747226499385180161_0.620015553768916

- 高效的二进制序列化，序列化后的数据量极小。
- 跨语言支持，并且提供了多种语言的实现库。
- 支持版本化和向前 / 向后兼容性。1747226499385180161_0.997963464811056

缺点：

- 配置相对复杂，需要先定义数据结构的消息格式。
- 对象的序列化格式不易读懂，不便于调试。

  1747226499385180161_0.2373329834121316

这几种序列化方式中，大家最熟悉的莫过于 JSON 了，本教程中，鱼皮会带大家实现 JSON、Kryo 和 Hessian 这三种序列化器。

2、动态使用序列化器

之前我们是在代码中硬编码了序列化器，比如：1747226499385180161_0.5542326338345689

```
Serializer serializer = new JdkSerializer();
```

如果开发者想要替换为别的序列化器，就必须修改所有的上述代码，太麻烦了！

理想情况下，应该可以通过配置文件来指定使用的序列化器。在使用序列化器时，根据配置来获取不同的序列化器实例即可。1747226499385180161_0.8406700371225806

参考 Dubbo 替换序列化协议的方式： https://cn.dubbo.apache.org/zh-cn/overview/mannual/java-sdk/reference-manual/serialization/hessian/

这个操作并不难，我们只需要定义一个 `序列化器名称 => 序列化器实现类对象` 的 Map，然后根据名称从 Map 中获取对象即可。

3、自定义序列化器

如果开发者不想使用我们框架内置的序列化器，想要自己定义一个新的序列化器实现，但不能修改我们写好的框架代码，应该怎么办呢？

思路很简单：只要我们的 RPC 框架能够读取到用户自定义的类路径，然后加载这个类，作为 Serializer 序列化器接口的实现即可。

但是如何实现这个操作呢？1747226499385180161_0.763613414790713

这就需要我们学习一个新的概念，也是 Java 中的重要特性 —— SPI 机制。

什么是 SPI？

SPI（Service Provider Interface）服务提供接口是 Java 的机制，主要用于实现模块化开发和插件化扩展。1747226499385180161_0.20606972302445326

SPI 机制允许服务提供者通过特定的配置文件将自己的实现注册到系统中，然后系统通过反射机制动态加载这些实现，而不需要修改原始框架的代码，从而实现了系统的解耦、提高了可扩展性。

一个典型的 SPI 应用场景是 JDBC（Java 数据库连接库），不同的数据库驱动程序开发者可以使用 JDBC 库，然后定制自己的数据库驱动程序。

此外，我们使用的主流 Java 开发框架中，几乎都使用到了 SPI 机制，比如 Servlet 容器、日志框架、ORM 框架、Spring 框架。**所以这是 Java 开发者必须掌握的一个重要特性！**1747226499385180161_0.5492964364277406

如何实现 SPI？

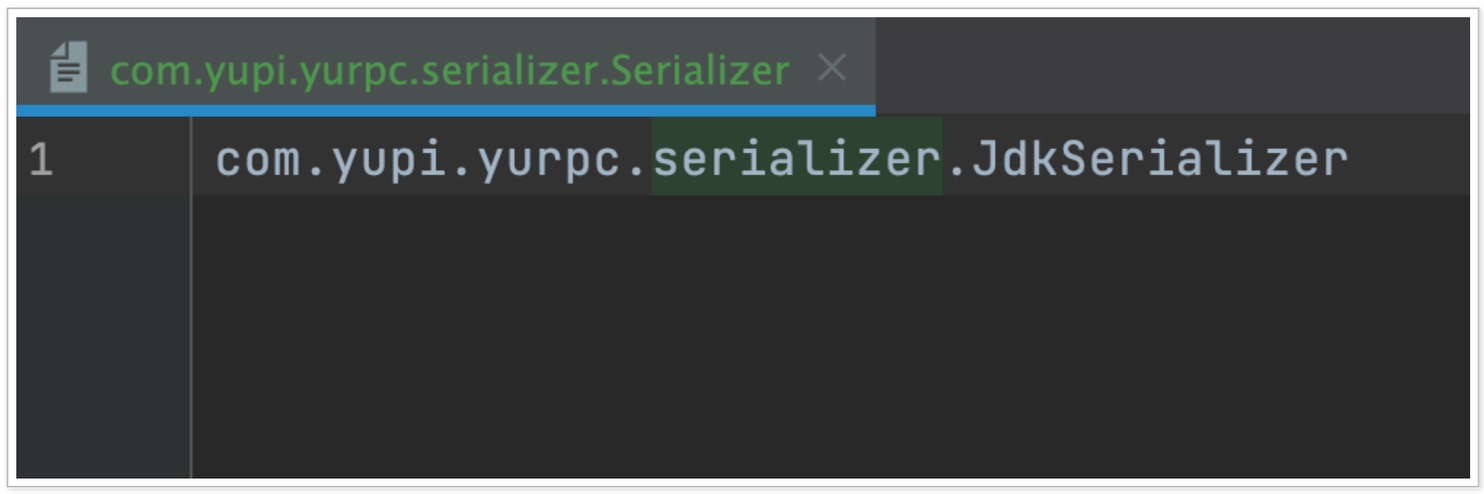
分为系统实现和自定义实现。

系统实现

其实 Java 内已经提供了 SPI 机制相关的 API 接口，可以直接使用，这种方式最简单。

1）首先在 `resources` 资源目录下创建 `META-INF/services` 目录，并且创建一个名称为要实现的接口的空文件。

2）在文件中填写自己定制的接口实现类的 **完整类路径**，如图：



3）直接使用系统内置的 ServiceLoader 动态加载指定接口的实现类，代码如下：
1747226499385180161_0.4810838417440608

```
// 指定序列化器
Serializer serializer = null;
ServiceLoader<Serializer> serviceLoader = ServiceLoader.load(Serializer.class);
for (Serializer service : serviceLoader) {
    serializer = service;
}
```

上述代码能够获取到所有文件中编写的实现类对象，选择一个使用即可。

自定义 SPI 实现

系统实现 SPI 虽然简单，但是如果我们想定制多个不同的接口实现类，就没办法在框架中指定使用哪一个了，也就无法实现我们“通过配置快速指定序列化器”的需求。

所以我们需要自己定义 SPI 机制的实现，只要能够根据配置加载到类即可。

比如读取如下配置文件，能够得到一个 `序列化器名称 => 序列化器实现类对象` 的映射，之后不就可以根据用户配置的序列化器名称动态加载指定实现类对象了么？1747226499385180161_0.2662870528254744

```
jdk=com.yupi.yurpc.serializer.JdkSerializer
hessian=com.yupi.yurpc.serializer.HessianSerializer
json=com.yupi.yurpc.serializer.JsonSerializer
kryo=com.yupi.yurpc.serializer.KryoSerializer
```

三、开发实现

明确了方案后，我们来依次开发实现。1747226499385180161_0.9319531701463064

1、多种序列化器实现

我们要分别实现 JSON、Kryo 和 Hessian 这三种主流的序列化器。

1）首先给项目的 pom.xml 中引入依赖：1747226499385180161_0.2594607960550692

```
<!-- 序列化 -->
<!-- https://mvnrepository.com/artifact/com.caucho/hessian -->
<dependency>
    <groupId>com.caucho</groupId>
    <artifactId>hessian</artifactId>
    <version>4.0.66</version>
</dependency>
<!-- https://mvnrepository.com/artifact/com.esotericsoftware/kryo -->
<dependency>
    <groupId>com.esotericsoftware</groupId>
    <artifactId>kryo</artifactId>
    <version>5.6.0</version>
</dependency>
```

2）然后在序列化器包 `serializer` 中分别实现这三种序列化器，此处大家参考网上的代码、或者利用 AI 生成即可，不需要死记硬背。

JSON 序列化器

JSON 序列化器的实现相对复杂，要考虑一些对象转换的兼容性问题，比如 Object 数组在序列化后会丢失类型。

代码如下：

```
package com.yupi.yurpc.serializer;

import com.fasterxml.jackson.databind.ObjectMapper;
import com.yupi.yurpc.model.RpcRequest;
import com.yupi.yurpc.model.RpcResponse;

import java.io.IOException;
```

```java
/**
 * Json 序列化器
 *
 * @author <a href="https://github.com/liyupi">程序员鱼皮</a>
 * @learn <a href="https://codefather.cn">编程宝典</a>
 * @from <a href="https://yupi.icu">编程导航知识星球</a>
 */
public class JsonSerializer implements Serializer {
    private static final ObjectMapper OBJECT_MAPPER = new ObjectMapper();

    @Override
    public <T> byte[] serialize(T obj) throws IOException {
        return OBJECT_MAPPER.writeValueAsBytes(obj);
    }

    @Override
    public <T> T deserialize(byte[] bytes, Class<T> classType) throws IOException {
        T obj = OBJECT_MAPPER.readValue(bytes, classType);
        if (obj instanceof RpcRequest) {
            return handleRequest((RpcRequest) obj, classType);
        }
        if (obj instanceof RpcResponse) {
            return handleResponse((RpcResponse) obj, classType);
        }
        return obj;
    }

    /**
     * 由于 Object 的原始对象会被擦除，导致反序列化时会被作为 LinkedHashMap 无法转换成原始对象，因此这里做了特殊处理
     *
     * @param rpcRequest rpc 请求
     * @param type       类型
     * @return {@link T}
     * @throws IOException IO异常
     */
    private <T> T handleRequest(RpcRequest rpcRequest, Class<T> type) throws IOException {
        Class<?>[] parameterTypes = rpcRequest.getParameterTypes();
        Object[] args = rpcRequest.getArgs();

        // 循环处理每个参数的类型
        for (int i = 0; i < parameterTypes.length; i++) {
            Class<?> clazz = parameterTypes[i];
            // 如果类型不同，则重新处理一下类型
            if (!clazz.isAssignableFrom(args[i].getClass())) {
                byte[] argBytes = OBJECT_MAPPER.writeValueAsBytes(args[i]);
                args[i] = OBJECT_MAPPER.readValue(argBytes, clazz);
            }
        }
        return type.cast(rpcRequest);
    }

    /**
     * 由于 Object 的原始对象会被擦除，导致反序列化时会被作为 LinkedHashMap 无法转换成原始对象，因此这里做了特殊处理
     *
     * @param rpcResponse rpc 响应
     * @param type        类型
     * @return {@link T}
     * @throws IOException IO异常
     */
    private <T> T handleResponse(RpcResponse rpcResponse, Class<T> type) throws IOException {
        // 处理响应数据
        byte[] dataBytes = OBJECT_MAPPER.writeValueAsBytes(rpcResponse.getData());
        rpcResponse.setData(OBJECT_MAPPER.readValue(dataBytes, rpcResponse.getDataType()));
        return type.cast(rpcResponse);
    }
}
```

Kryo 序列化器

Kryo 本身是线程不安全的，所以需要使用 ThreadLocal 保证每个线程有一个单独的 Kryo 对象实例。

代码如下：1747226499385180161_0.4372167303613963

```java
package com.yupi.yurpc.serializer;

import com.esotericsoftware.kryo.Kryo;
import com.esotericsoftware.kryo.io.Input;
import com.esotericsoftware.kryo.io.Output;

import java.io.ByteArrayInputStream;
import java.io.ByteArrayOutputStream;

/**
 * Kryo 序列化器
 *
 * @author <a href="https://github.com/liyupi">程序员鱼皮</a>
 * @learn <a href="https://codefather.cn">编程宝典</a>
 * @from <a href="https://yupi.icu">编程导航知识星球</a>
 */
public class KryoSerializer implements Serializer {
    /**
     * kryo 线程不安全，使用 ThreadLocal 保证每个线程只有一个 Kryo
     */
    private static final ThreadLocal<Kryo> KRYO_THREAD_LOCAL = ThreadLocal.withInitial(() -> {
        Kryo kryo = new Kryo();
        // 设置动态动态序列化和反序列化类，不提前注册所有类（可能有安全问题）
        kryo.setRegistrationRequired(false);
        return kryo;
    });

    @Override
    public <T> byte[] serialize(T obj) {
        ByteArrayOutputStream byteArrayOutputStream = new ByteArrayOutputStream();
        Output output = new Output(byteArrayOutputStream);
        KRYO_THREAD_LOCAL.get().writeObject(output, obj);
        output.close();
        return byteArrayOutputStream.toByteArray();
    }

    @Override
    public <T> T deserialize(byte[] bytes, Class<T> classType) {
        ByteArrayInputStream byteArrayInputStream = new ByteArrayInputStream(bytes);
```

```
        Input input = new Input(byteArrayInputStream);
        T result = KRYO_THREAD_LOCAL.get().readObject(input, classType);
        input.close();
        return result;
    }
}
```

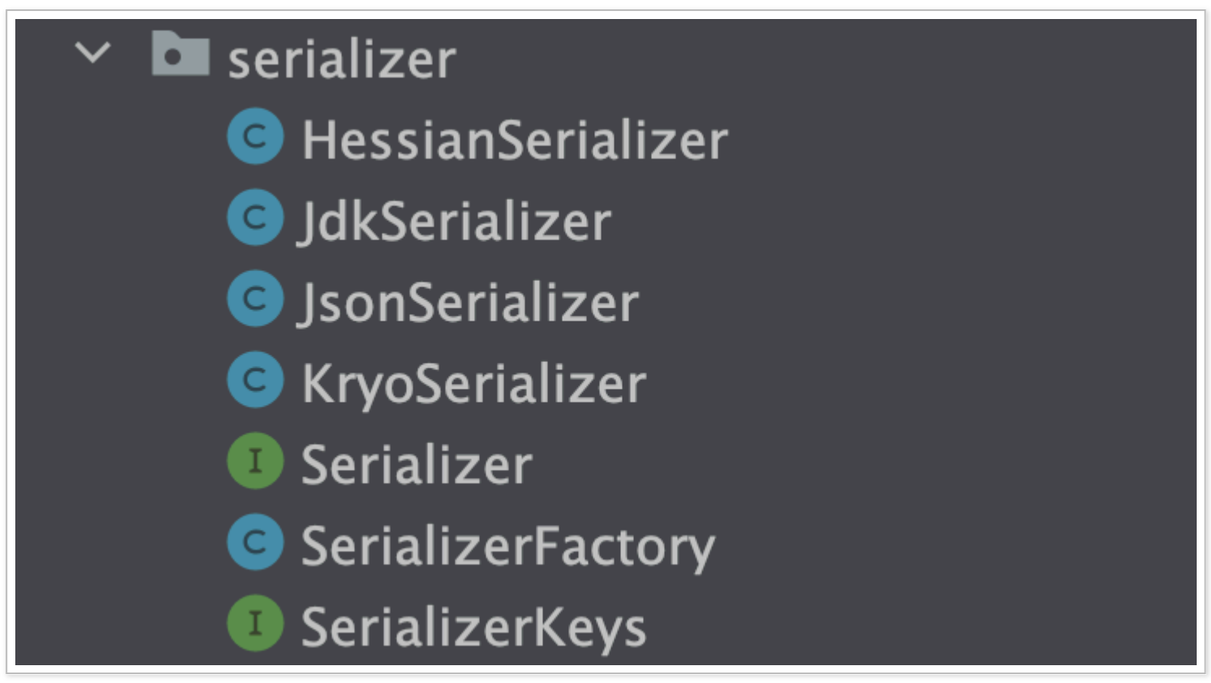
Hessian 序列化器

实现比较简单，完整代码如下：17472264993851801 61_0.9938047918995008

```
package com.yupi.yurpc.serializer;

import com.caucho.hessian.io.HessianInput;
import com.caucho.hessian.io.HessianOutput;

import java.io.ByteArrayInputStream;
import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.io.IOException;

/**
 * Hessian 序列化器
 *
 * @author <a href="https://github.com/liyupi">程序员鱼皮</a>
 * @learn <a href="https://codefather.cn">编程宝典</a>
 * @from <a href="https://yupi.icu">编程导航知识星球</a>
 */
public class HessianSerializer implements Serializer {
    @Override
    public <T> byte[] serialize(T object) throws IOException {
        ByteArrayOutputStream bos = new ByteArrayOutputStream();
        HessianOutput ho = new HessianOutput(bos);
        ho.writeObject(object);
        return bos.toByteArray();
    }

    @Override
    public <T> T deserialize(byte[] bytes, Class<T> tClass) throws IOException {
        ByteArrayInputStream bis = new ByteArrayInputStream(bytes);
        HessianInput hi = new HessianInput(bis);
        return (T) hi.readObject(tClass);
    }
}
```

2、动态使用序列化器

以下所有代码均放在 `serializer` 包下，便于维护和扩展。17472264993851801 61_0.9920475987929507



1）首先定义序列化器名称的常量，使用接口实现。

代码如下：17472264993851801 61_0.3968943832550611

```
package com.yupi.yurpc.serializer;

/**
 * 序列化器键名
 */
public interface SerializerKeys {
    String JDK = "jdk";
    String JSON = "json";
    String KRYO = "kryo";
    String HESSIAN = "hessian";

}
```

2）定义序列化器工厂。

序列化器对象是可以复用的，没必要每次执行序列化操作前都创建一个新的对象。所以我们可以使用设计模式中的 **工厂模式 + 单例模式** 来简化创建和获取序列化器对象的操作。17472264993851801 61_0.24873991671698148

序列化器工厂代码如下，使用 Map 来维护序列化器实例：

```
package com.yupi.yurpc.serializer;

import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

/**
 * 序列化器工厂（用于获取序列化器对象）
 *
 * @author <a href="https://github.com/liyupi">程序员鱼皮</a>
 * @learn <a href="https://codefather.cn">编程宝典</a>
 * @from <a href="https://yupi.icu">编程导航知识星球</a>
```

```
 */
public class SerializerFactory {

    /**
     * 序列化映射（用于实现单例）
     */
    private static final Map<String, Serializer> KEY_SERIALIZER_MAP = new HashMap<String, Serializer>() {{
        put(SerializerKeys.JDK, new JdkSerializer());
        put(SerializerKeys.JSON, new JsonSerializer());
        put(SerializerKeys.KRYO, new KryoSerializer());
        put(SerializerKeys.HESSIAN, new HessianSerializer());
    }};

    /**
     * 默认序列化器
     */
    private static final Serializer DEFAULT_SERIALIZER = KEY_SERIALIZER_MAP.get("jdk");

    /**
     * 获取实例
     *
     * @param key
     * @return
     */
    public static Serializer getInstance(String key) {
        return KEY_SERIALIZER_MAP.getOrDefault(key, DEFAULT_SERIALIZER);
    }
}
```

3）在全局配置类 RpcConfig 中补充序列化器的配置，代码如下：1747226499385180161_0.793755241211469

```
public class RpcConfig {
    ...

    /**
     * 序列化器
     */
    private String serializer = SerializerKeys.JDK;
}
```

4）动态获取序列化器。

需要将之前代码中所有用到序列化器的位置更改为“使用工厂 + 读取配置”来获取实现类。
1747226499385180161_0.18381224366166027

要更改的类：

- ServiceProxy
- HttpServerHandler

更改代码如下：1747226499385180161_0.6947380704367714

```
// 指定序列化器
final Serializer serializer = SerializerFactory.getInstance(RpcApplication.getRpcConfig().getSerializer());
```

3、自定义序列化器

我们使用自定义的 SPI 机制实现，支持用户自定义序列化器并指定键名。1747226499385180161_0.531267176770402

1）指定 SPI 配置目录。

系统内置的 SPI 机制会加载 `resources` 资源目录下的 `META-INF/services` 目录，那我们自定义的序列化器可以如法炮制，改为读取 `META-INF/rpc` 目录。

我们还可以将 SPI 配置再分为系统内置 SPI 和用户自定义 SPI，即目录如下：1747226499385180161_0.0442203518639428

- 用户自定义 SPI：META-INF/rpc/custom。用户可以在该目录下新建配置，加载自定义的实现类。
- 系统内置 SPI：META-INF/rpc/system。RPC 框架自带的实现类，比如我们之前开发好的 `JdkSerializer` 。

这样一来，所有接口的实现类都可以通过 SPI 动态加载，不用在代码中硬编码 Map 来维护实现类了。

让我们编写一个系统扩展配置文件，内容为我们之前写好的序列化器。1747226499385180161_0.2613618083923681

文件名称为 `com.yupi.yurpc.serializer.Serializer` ，如图：

代码如下：1747226499385180161_0.19548779525534488

```
jdk=com.yupi.yurpc.serializer.JdkSerializer
hessian=com.yupi.yurpc.serializer.HessianSerializer
json=com.yupi.yurpc.serializer.JsonSerializer
kryo=com.yupi.yurpc.serializer.KryoSerializer
```

2）编写 SpiLoader 加载器。

相当于一个工具类，提供了读取配置并加载实现类的方法。1747226499385180161_0.7896735345927117

关键实现如下：

1. 用 Map 来存储已加载的配置信息 `键名 => 实现类` 。
2. 扫描指定路径，读取每个配置文件，获取到 `键名 => 实现类` 信息并存储在 Map 中。
3. 定义获取实例方法，根据用户传入的接口和键名，从 Map 中找到对应的实现类，然后通过反射获取到实现类对象。可以维护一个对象实例缓存，创建过一次的对象从缓存中读取即可。1747226499385180161_0.4413902204796094

完整代码如下：1747226499385180161_0.04723092483247959

```
package com.yupi.yurpc.spi;

import cn.hutool.core.io.resource.ResourceUtil;
import com.yupi.yurpc.serializer.Serializer;
import lombok.extern.slf4j.Slf4j;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.net.URL;
import java.util.Arrays;
import java.util.HashMap;
import java.util.List;
import java.util.Map;
import java.util.concurrent.ConcurrentHashMap;

/**
 * SPI 加载器（支持键值对映射）
 */
@Slf4j
public class SpiLoader {

    /**
     * 存储已加载的类：接口名 => (key => 实现类)
     */
    private static Map<String, Map<String, Class<?>>> loaderMap = new ConcurrentHashMap<>();

    /**
     * 对象实例缓存（避免重复 new），类路径 => 对象实例，单例模式
     */
    private static Map<String, Object> instanceCache = new ConcurrentHashMap<>();

    /**
     * 系统 SPI 目录
     */
    private static final String RPC_SYSTEM_SPI_DIR = "META-INF/rpc/system/";

    /**
     * 用户自定义 SPI 目录
     */
private static final String RPC_CUSTOM_SPI_DIR = "META-INF/rpc/custom/";

/**
 * 扫描路径
 */
private static final String[] SCAN_DIRS = new String[]{RPC_SYSTEM_SPI_DIR, RPC_CUSTOM_SPI_DIR};

/**
 * 动态加载的类列表
 */
private static final List<Class<?>> LOAD_CLASS_LIST = Arrays.asList(Serializer.class);

/**
 * 加载所有类型
 */
public static void loadAll() {
    log.info("加载所有 SPI");
    for (Class<?> aClass : LOAD_CLASS_LIST) {
        load(aClass);
    }
}

/**
 * 获取某个接口的实例
 *
 * @param tClass
 * @param key
 * @param <T>
 * @return
 */
public static <T> T getInstance(Class<?> tClass, String key) {
    String tClassName = tClass.getName();
    Map<String, Class<?>> keyClassMap = loaderMap.get(tClassName);
    if (keyClassMap == null) {
        throw new RuntimeException(String.format("SpiLoader 未加载 %s 类型", tClassName));
    }
    if (!keyClassMap.containsKey(key)) {
        throw new RuntimeException(String.format("SpiLoader 的 %s 不存在 key=%s 的类型", tClassName, key));
    }
    // 获取到要加载的实现类型
    Class<?> implClass = keyClassMap.get(key);
    // 从实例缓存中加载指定类型的实例
    String implClassName = implClass.getName();
    if (!instanceCache.containsKey(implClassName)) {
        try {
            instanceCache.put(implClassName, implClass.newInstance());
        } catch (InstantiationException | IllegalAccessException e) {
            String errorMsg = String.format("%s 类实例化失败", implClassName);
            throw new RuntimeException(errorMsg, e);
        }
    }
    return (T) instanceCache.get(implClassName);
}
```

```
    /**
     * 加载某个类型
     *
     * @param loadClass
     * @throws IOException
     */
    public static Map<String, Class<?>> load(Class<?> loadClass) {
        log.info("加载类型为 {} 的 SPI", loadClass.getName());
        // 扫描路径，用户自定义的 SPI 优先级高于系统 SPI
        Map<String, Class<?>> keyClassMap = new HashMap<>();
        for (String scanDir : SCAN_DIRS) {
            List<URL> resources = ResourceUtil.getResources(scanDir + loadClass.getName());
            // 读取每个资源文件
            for (URL resource : resources) {
                try {
                    InputStreamReader inputStreamReader = new InputStreamReader(resource.openStream());
                    BufferedReader bufferedReader = new BufferedReader(inputStreamReader);
                    String line;
                    while ((line = bufferedReader.readLine()) != null) {
                        String[] strArray = line.split("=");
                        if (strArray.length > 1) {
                            String key = strArray[0];
                            String className = strArray[1];
                            keyClassMap.put(key, Class.forName(className));
                        }
                    }
                } catch (Exception e) {
                    log.error("spi resource load error", e);
                }
            }
        }
        loaderMap.put(loadClass.getName(), keyClassMap);
        return keyClassMap;
    }
}
```

上述代码中，虽然提供了 loadAll 方法，扫描所有路径下的文件进行加载，但其实没必要使用。更推荐使用 load 方法，按需加载指定的类。

注意，上述代码中获取配置文件是使用了 `ResourceUtil.getResources` ，而不是通过文件路径获取。因为如果框架作为依赖被引入，是无法得到正确文件路径的。1747226499385180161_0.33911468564774583

3）重构序列化器工厂。

之前，我们是通过在工厂中硬编码 HashMap 来存储序列化器和实现类的，有了 SPI 后，就可以改为从 SPI 加载指定的序列化器对象。

完整代码如下：1747226499385180161_0.07865921356327599

```
package com.yupi.yurpc.serializer;

import com.yupi.yurpc.spi.SpiLoader;

import java.io.IOException;
import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

/**
 * 序列化器工厂（用于获取序列化器对象）
 *
 * @author <a href="https://github.com/liyupi">程序员鱼皮</a>
 * @learn <a href="https://codefather.cn">编程宝典</a>
 * @from <a href="https://yupi.icu">编程导航知识星球</a>
 */
public class SerializerFactory {

    static {
        SpiLoader.load(Serializer.class);
    }

    /**
     * 默认序列化器
     */
    private static final Serializer DEFAULT_SERIALIZER = new JdkSerializer();

    /**
     * 获取实例
     *
     * @param key
     * @return
     */
    public static Serializer getInstance(String key) {
        return SpiLoader.getInstance(Serializer.class, key);
    }

}
```

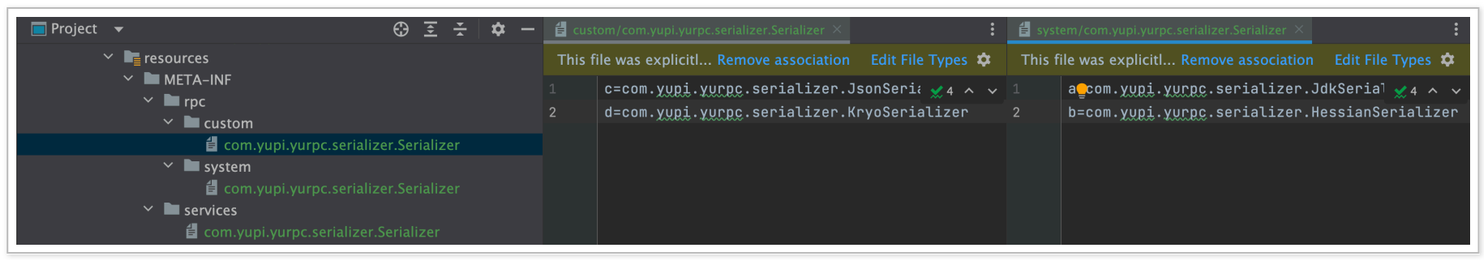
使用静态代码块，在工厂首次加载时，就会调用 SpiLoader 的 load 方法加载序列化器接口的所有实现类，之后就可以通过调用 getInstance 方法获取指定的实现类对象了。

四、测试

1、SPI 加载测试

修改框架 custom 和 system 下的 SPI 配置文件，任意指定键名和实现类路径，验证能否正常加载。

比如下图的配置：1747226499385180161_0.31537557500894



还可以进行如下测试：

1. 分别测试正常（存在 key）和异常（不存在 key）的情况
2. 测试 key 相同时，自定义配置能否覆盖系统配置

1747226499385180161_0.5473600367560993

2、完整测试

1）修改消费者和生产者示例项目中的配置文件，指定不同的序列化器，比如 `hessian` ：

```
rpc.name=yurpc
rpc.version=2.0
rpc.mock=false
rpc.serializer=hessian
```

2）然后依次启动生产者和消费者，验证能否正常完成 RPC 请求和响应。

3、自定义序列化器

之后，我们如果要实现自定义的序列化器，只需要进行以下步骤：1747226499385180161_0.2228494760046973

1. 写一个类实现 Serializer 接口
2. 在 custom 目录下编写 SPI 配置文件，加载自己写的实现类

五、扩展

1）实现更多不同协议的序列化器。1747226499385180161_0.2838439930833738

参考思路：由于序列化器是单例，要注意序列化器的线程安全性（比如 Kryo 序列化库），可以使用 ThreadLocal。

2）序列化器工厂可以使用懒加载（懒汉式单例）的方式创建序列化器实例。

参考思路：目前是通过 static 静态代码块初始化的。1747226499385180161_0.5165730782721829

3）SPI Loader 支持懒加载，获取实例时才加载对应的类。

参考思路：可以使用双检索单例模式。

1747226499385180161_0.8731869563929502