1_简易版_RPC_框架开发

> 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！

大家好，我是程序员鱼皮。这次带大家做一个轮子类项目 —— 从 0 到 1 开发 RPC 框架。

很多同学听到 “开发框架” 可能会有点胆怯，但其实开发 RPC 框架并不难，最多几个小时就能学会核心流程！能够快速给简历增加一个区别于增删改查的项目。而且，开发 RPC 框架涉及很多常用的技术知识点、还能学习到很多架构设计方面的思路和技巧。因此，强烈建议所有后端方向的同学，动手做个自己的 RPC 框架。

本项目代码开源：https://github.com/liyupi/yu-rpc <https://github.com/liyupi/yu-rpc>

一、基本概念

什么是 RPC?

专业定义：RPC（Remote Procedure Call）即远程过程调用，是一种计算机通信协议，它允许程序在不同的计算机之间进行通信和交互，就像本地调用一样。

简单理解，新开了一家卖鱼皮的熟食店，现在你作为消费者想要把鱼皮购买到家。如果是以前，你只能自己跑腿到线下店铺购买，耗时耗力。但现在有了手机、网络、外卖平台，你只需要在家动动手指，就能点个外卖让骑手把鱼皮配送到家，你不需要关注网络是怎么传输的、外卖平台是怎么操作的、骑手小哥是怎么配送的，只负责享受鱼皮就行了。

为什么需要 RPC?

回到 RPC 的概念，RPC 允许一个程序（称为服务消费者）像调用自己程序的方法一样，调用另一个程序（称为服务提供者）的接口，而不需要了解数据的传输处理过程、底层网络通信的细节等。这些都会由 RPC 框架帮你完成，使得开发者可以轻松调用远程服务，快速开发分布式系统。

举个例子，现在有个项目 A 提供了点餐服务，项目 B 需要调用点餐服务完成下单。

点餐服务和接口的示例伪代码如下：

```java
interface OrderService {
    // 点餐，返回 orderId
    long order(参数1, 参数2, 参数3);
}
```

如果没有 RPC 框架，项目 B 怎么调用项目 A 的服务呢？

首先，由于项目 A 和项目 B 都是独立的系统，不能像 SDK 一样作为依赖包引入。那么就需要项目 A 提供 web 服务，并且编写一个点餐接口暴露服务，比如访问 `http://yupi.icu` 就能调用点餐服务；然后项目 B 作为服务消费者，需要自己构造请求，并通过 HttpClient 请求上述地址。如果项目 B 需要调用更多第三方服务，每个服务和方法的调用都编写一个 HTTP 请求，那么会非常麻烦！

示例伪代码如下：

```
url = "http://yupi.icu"
req = new Req(参数1, 参数2, 参数3)
res = httpClient.post(url).body(req).execute()
orderId = res.data.orderId
```

而有了 RPC 框架，项目 B 可以通过一行代码完成调用！

示例伪代码如下：

```
orderId = orderService.order(参数1, 参数2, 参数3)
```

看起来就跟调用自己项目的方法没有任何区别！是不是很丝滑？

二、RPC 框架实现思路

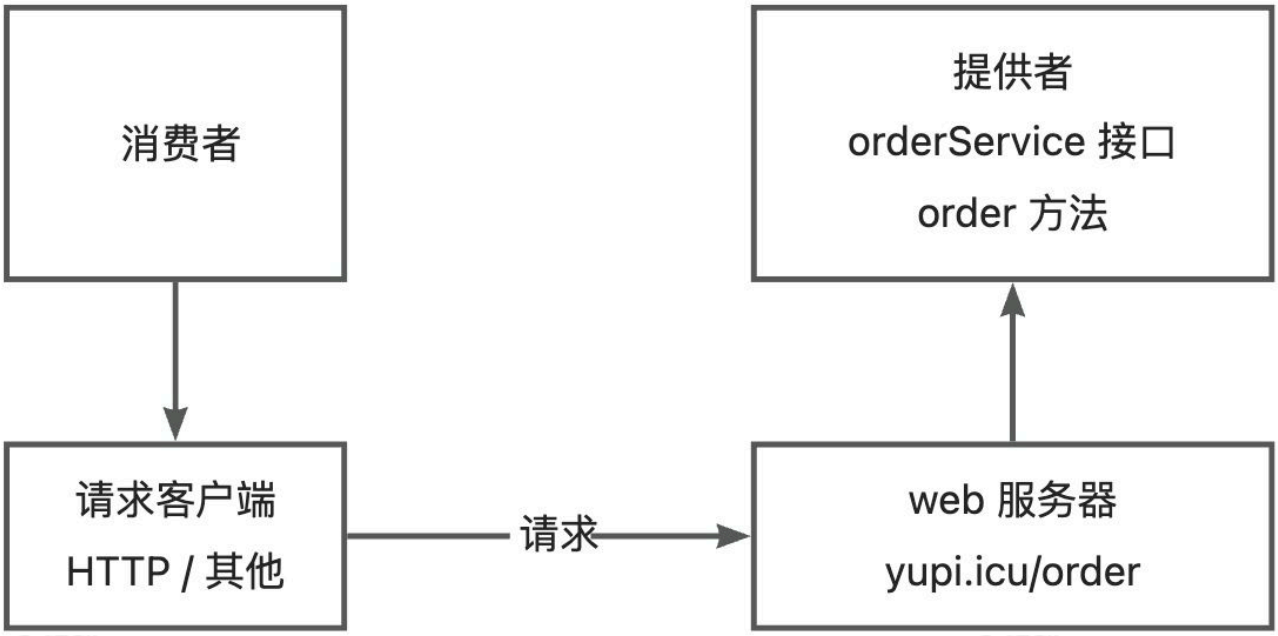
基本设计

RPC 框架为什么能帮我们简化调用？如何实现一个 RPC 框架呢？

其实很简单，开局一张图，有服务消费者和服务提供者两个角色：

消费者想要调用提供者，就需要提供者启动一个 `web 服务` ，然后通过 `请求客户端` 发送 HTTP 或者其他协议的请求来调用。

比如请求 `yupi.icu/order` 地址后，提供者会调用 orderService 的 order 方法：



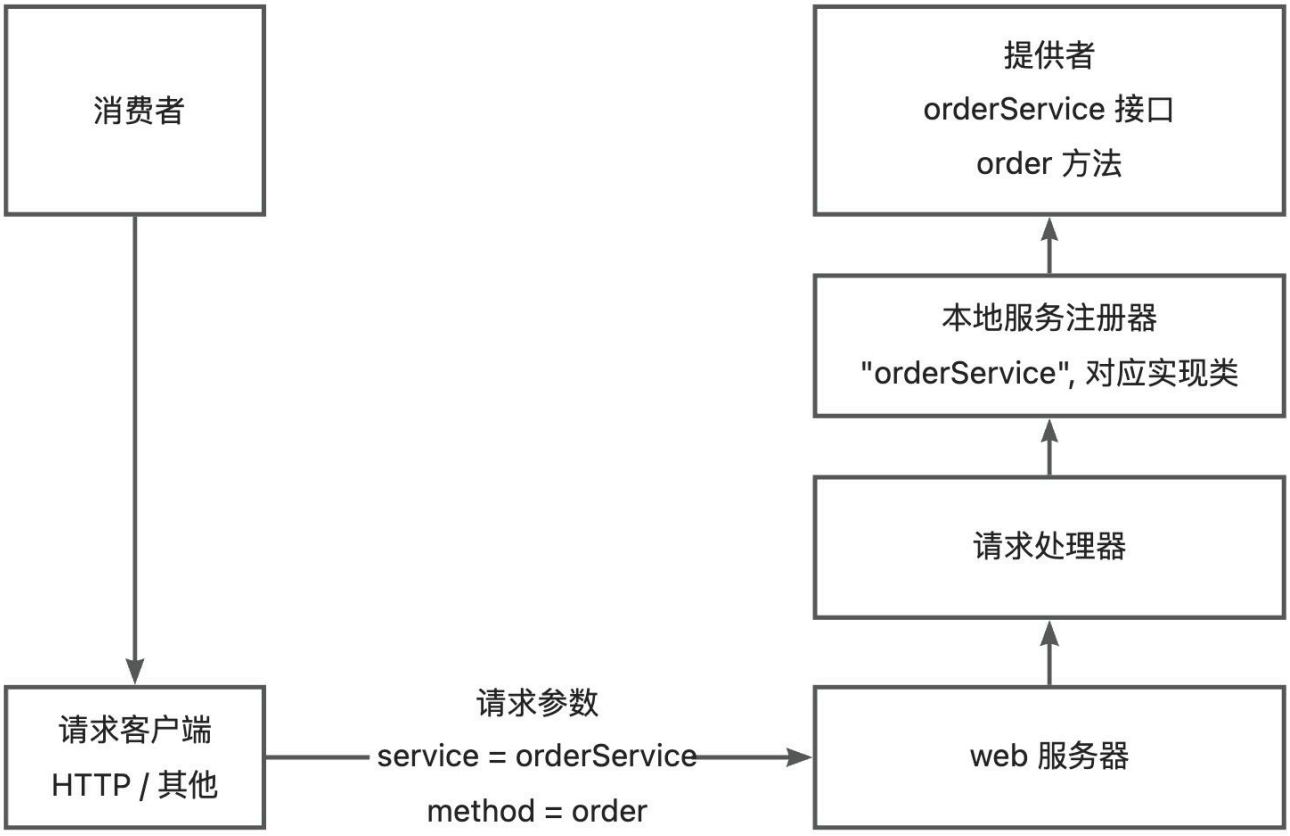
但如果提供者提供了多个服务和方法，每个接口和方法都要单独写一个接口？消费者要针对每个接口写一段 HTTP 调用的逻辑么？

其实可以提供一个统一的服务调用接口，通过 `请求处理器` 根据客户端的请求参数来进行不同的处理、调用不同的服务和方法。

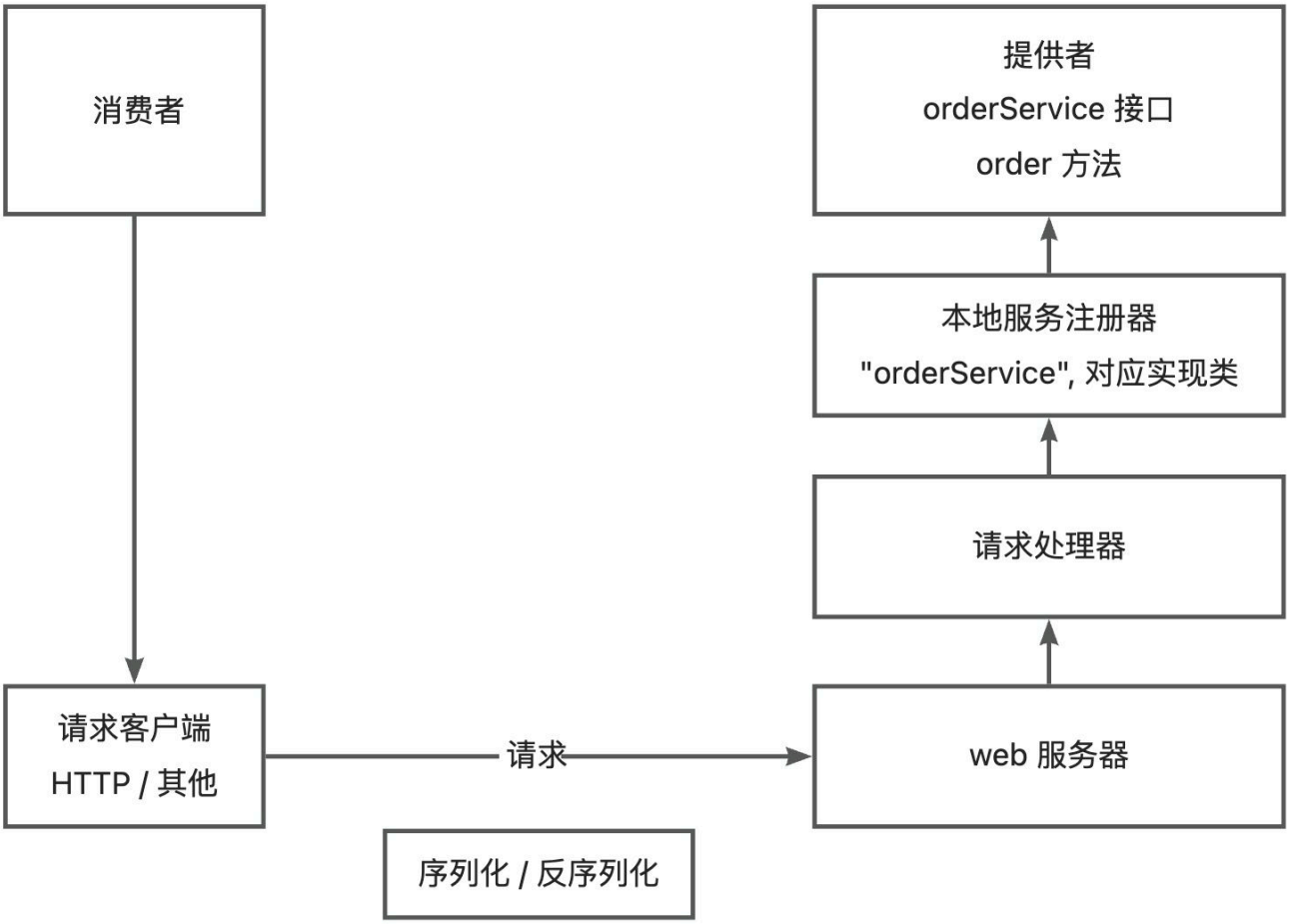
可以在服务提供者程序维护一个 `本地服务注册器` ，记录服务和对应实现类的映射。

举个例子，消费者要调用 orderService 服务的 order 方法，可以发送请求，参数为 `service=orderService,method=order` ，然后请求处理器会根据 service 从服务注册器中找到对应的服务实现类，并且通过 Java 的反射机制调用 method 指定的方法。

项目-更新



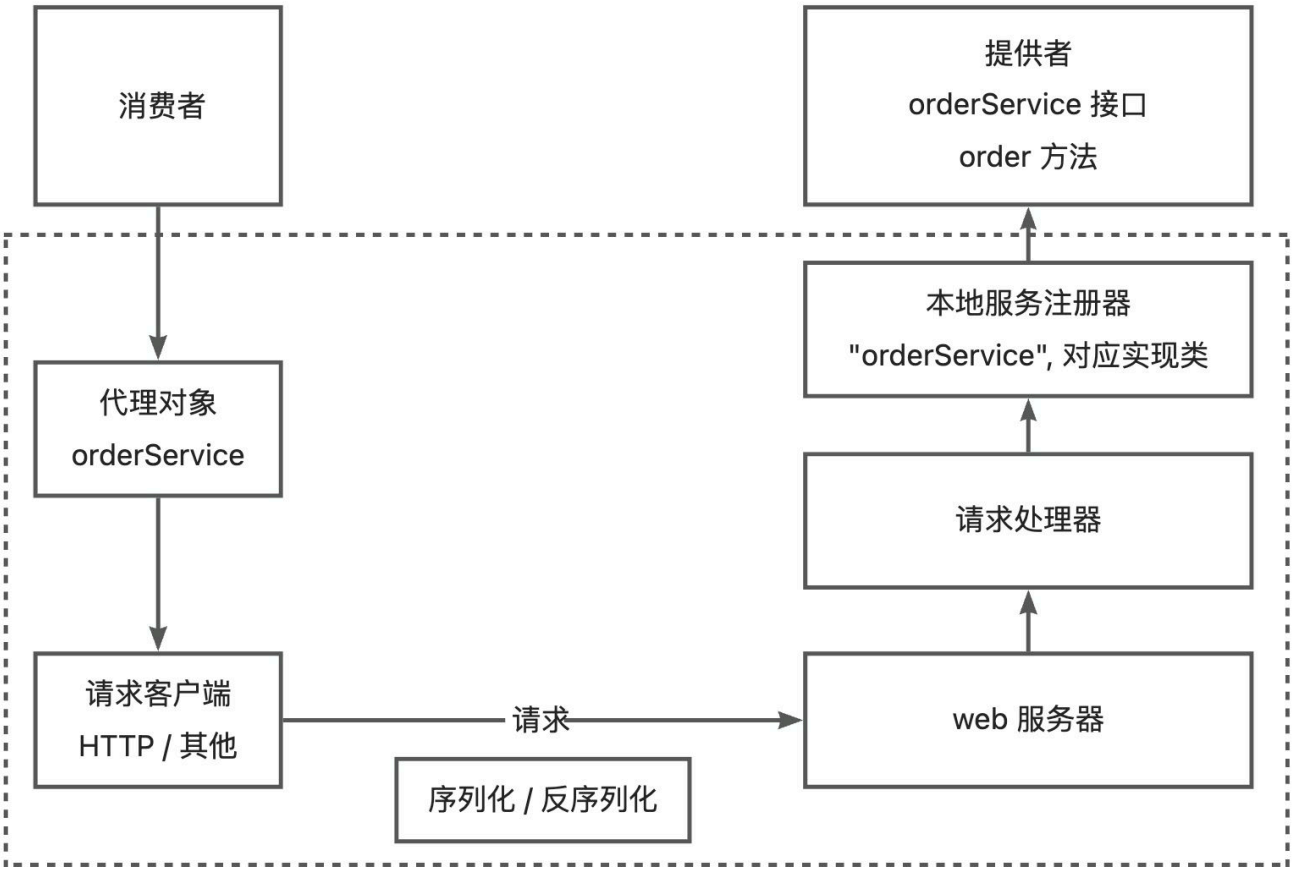
需要注意的是，由于 Java 对象无法直接在网络中传输，所以要对传输的参数进行 `序列化` 和 `反序列化` 。



为了简化消费者发请求的代码，实现类似本地调用的体验。可以基于代理模式，为消费者要调用的接口生成一个代理对象，由代理对象完成请求和响应的过程。

所谓代理，就是有人帮你做一些事情，不用自己操心。

至此，一个最简易的 RPC 框架架构图诞生了：



RPC 框架

上图中的虚线框部分，就是 RPC 框架需要提供的模块和能力。

扩展设计

虽然上述设计已经跑通了基本调用流程，但离一个完备的 RPC 框架还有很大的差距，让我们带着问题来进一步完善下架构设计。

1、服务注册发现

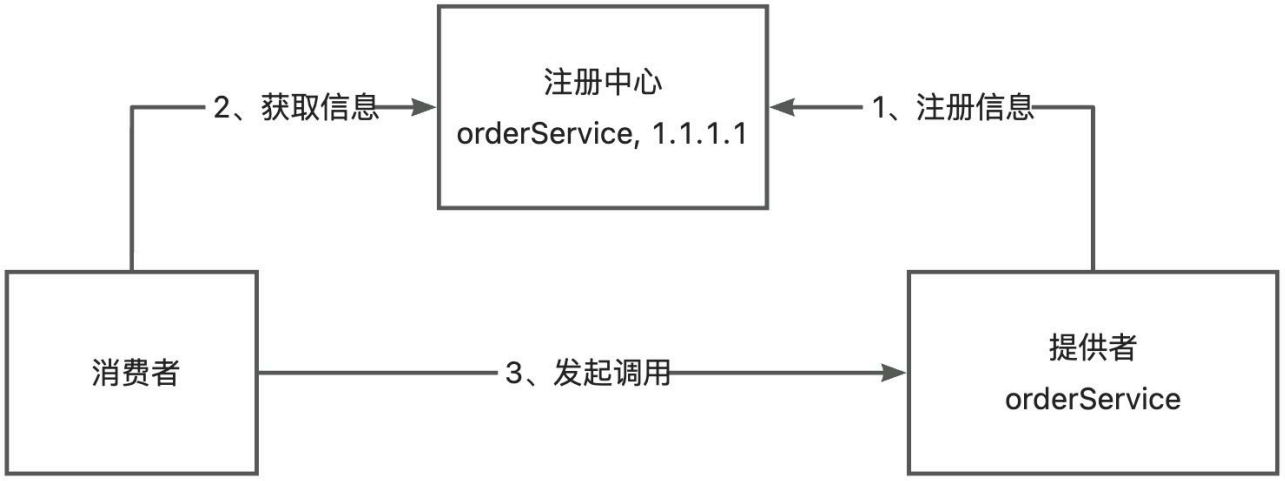
问题 1：消费者如何知道提供者的调用地址呢？

类比生活场景，我们点外卖时，外卖小哥如何知道我们的地址和店铺的地址？肯定是买家和卖家分别填写地址，由平台来保存的。

因此，我们需要一个 `注册中心` ，来保存服务提供者的地址。消费者要调用服务时，只需从注册中心获取对应服务的提供者地址即可。

架构图如下：

7315字



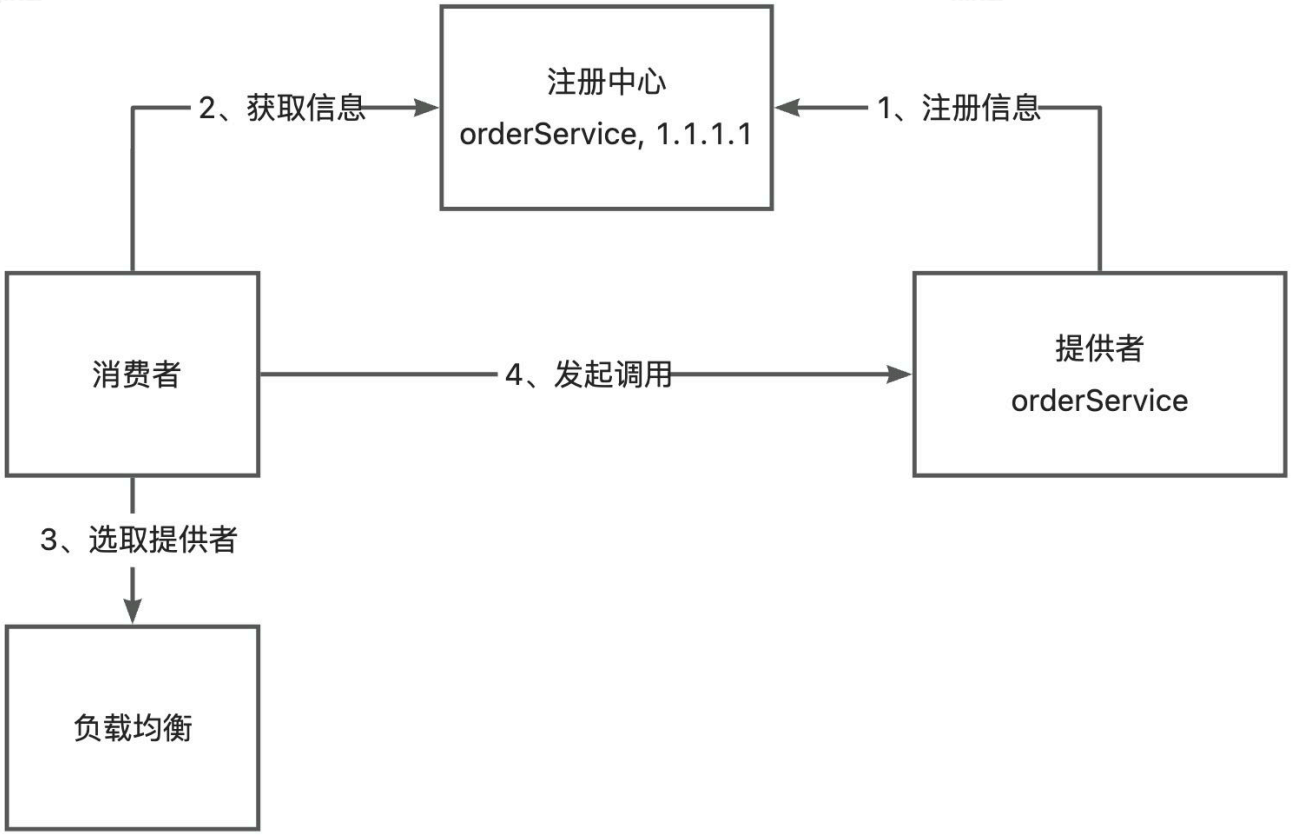
一般用现成的第三方注册中心，比如 Redis、Zookeeper 即可。

2、负载均衡

问题 2：如果有多个服务提供者，消费者应该调用哪个服务提供者呢?

我们可以给服务调用方增加负载均衡能力，通过指定不同的算法来决定调用哪一个服务提供者，比如轮询、随机、根据性能动态调用等。

架构图如下：



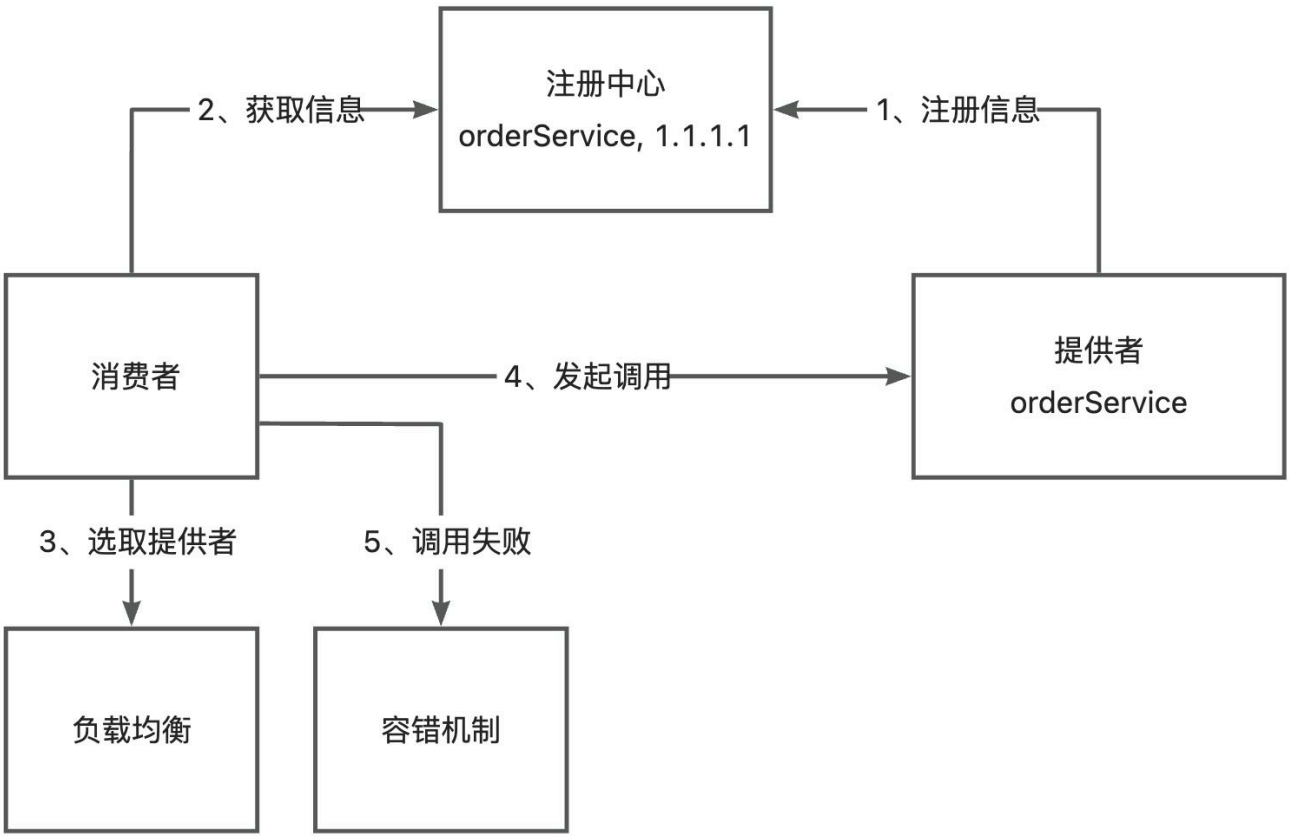
3、容错机制

问题 3：如果服务调用失败，应该如何处理呢?

7315字

为了保证分布式系统的高可用，我们通常会给服务的调用增加一定的容错机制，比如失败重试、降级调用其他接口等等。

架构图如下：



4、其他

除了上面几个经典设计外，如果想要做一个优秀的 RPC 框架，还要考虑很多问题。

比如：

- 服务提供者下线了怎么办？需要一个失效节点剔除机制。
- 服务消费者每次都从注册中心拉取信息，性能会不会很差？可以使用缓存来优化性能。
- 如何优化 RPC 框架的传输通讯性能？比如选择合适的网络框架、自定义协议头、节约传输体积等。
- 如何让整个框架更利于扩展？比如使用 Java 的 SPI 机制、配置化等等。

所以，完成 RPC 项目并不难，但做一个完美的 RPC 项目却是难于上青天啊！

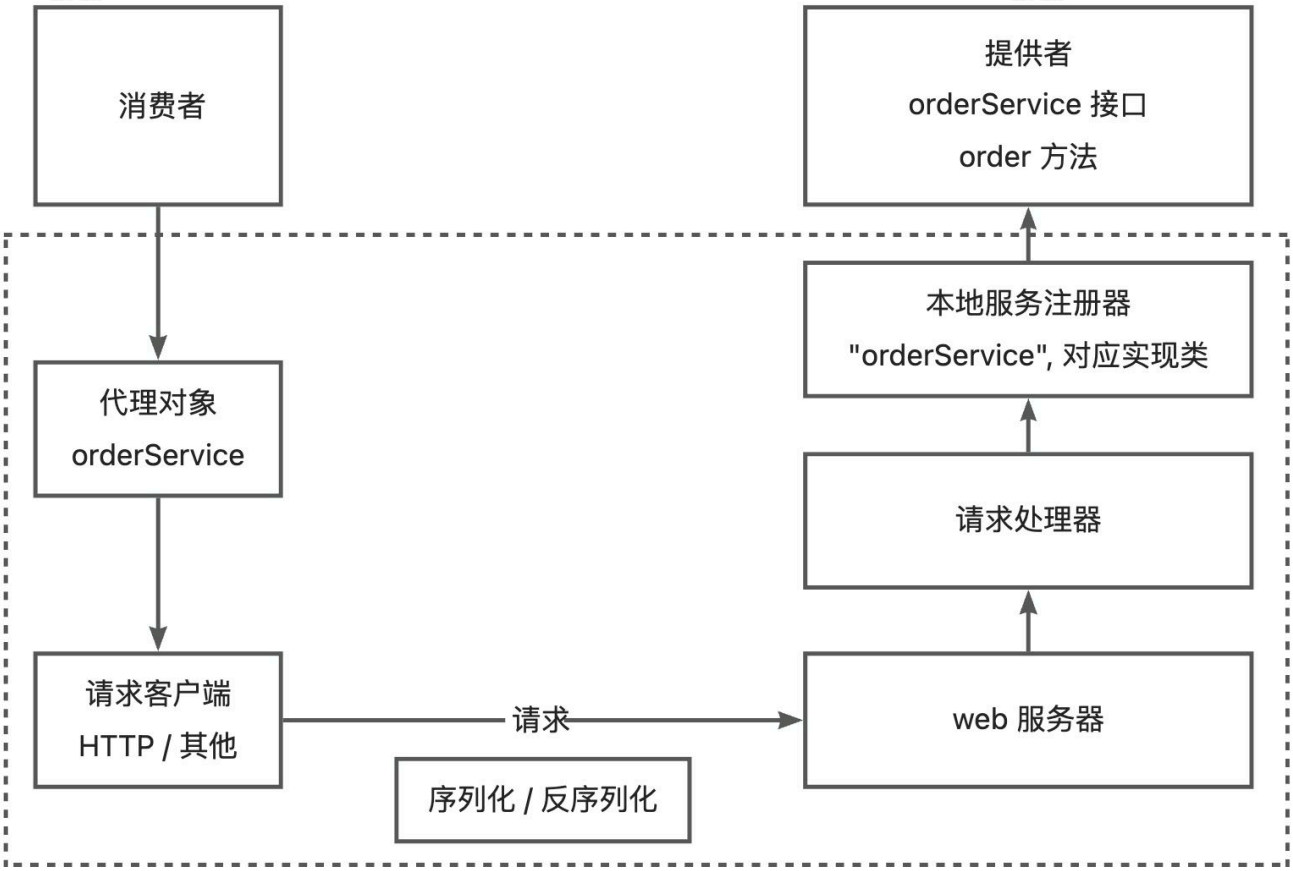
总结一下，我们可以通过做一个 RPC 项目学习到网络、序列化、代理、服务注册发现、负载均衡、容错、可扩展设计等知识，相信完成项目后会收获满满。

三、开发简易版 RPC 框架

下面我们就从 0 开始，先完成一个简易版的 RPC 框架，后面再持续扩展优化。

7315字

架构设计图如下：

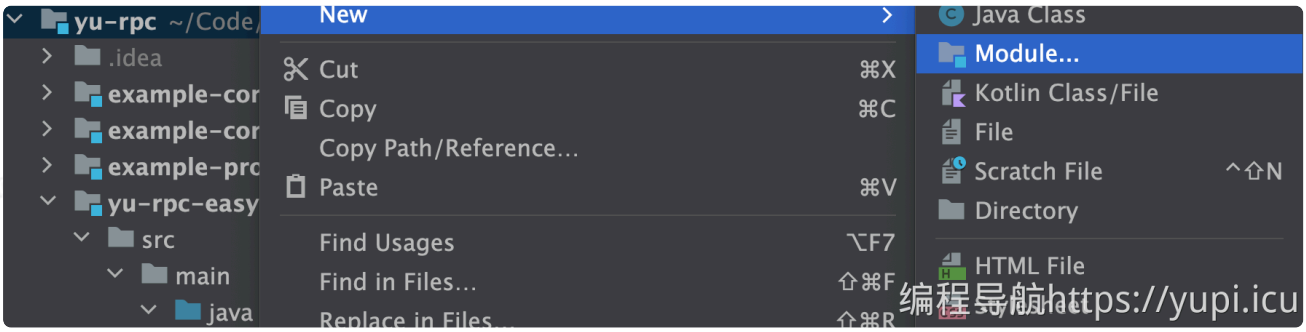


RPC 框架

项目准备

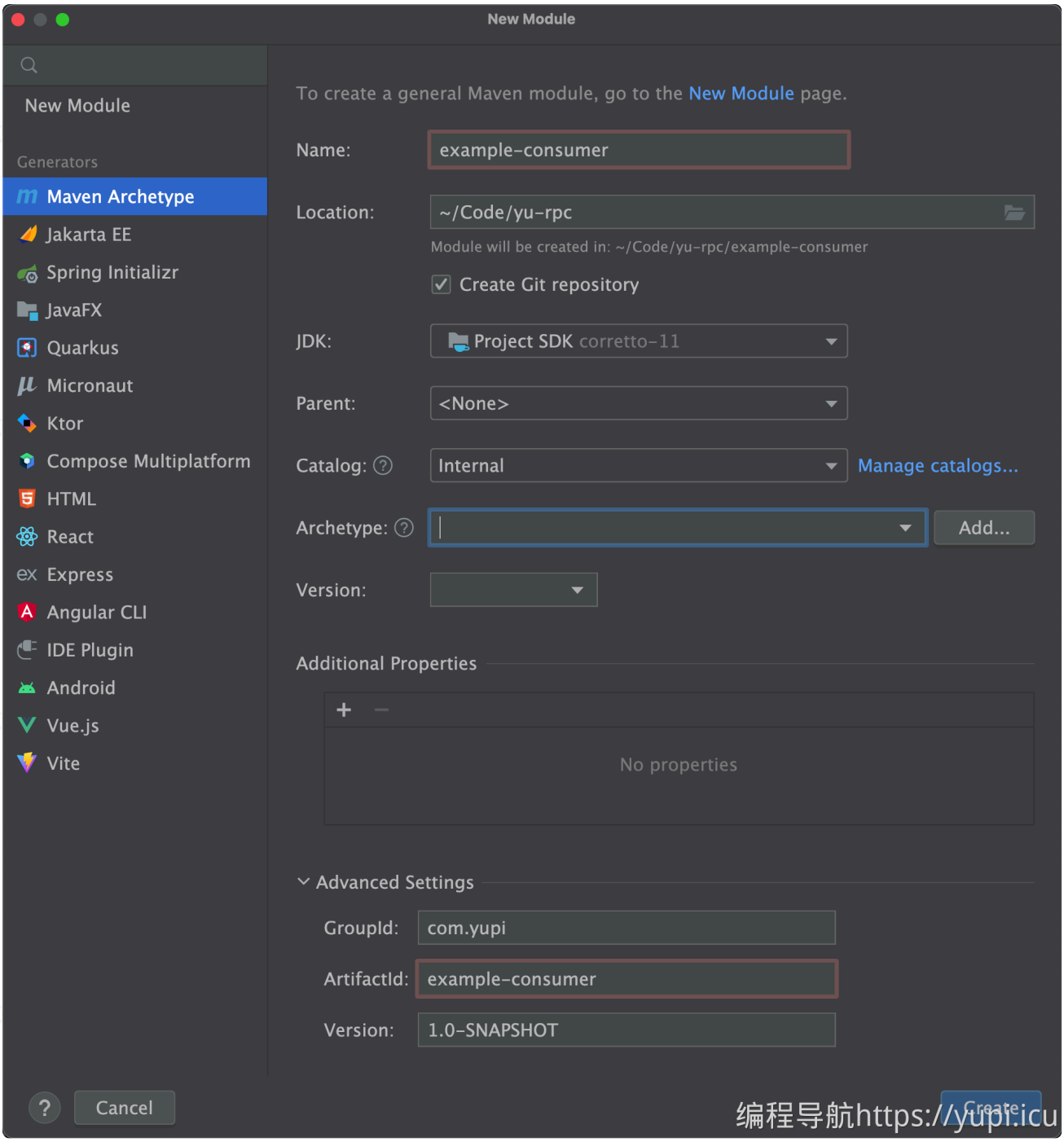
1、项目初始化

首先创建一个项目根目录 `yu-rpc`，然后使用 IDEA 开发工具依次创建几个 Maven 模块。



整个基础 RPC 框架的项目目录如图：

项目-更新



分别介绍几个模块：

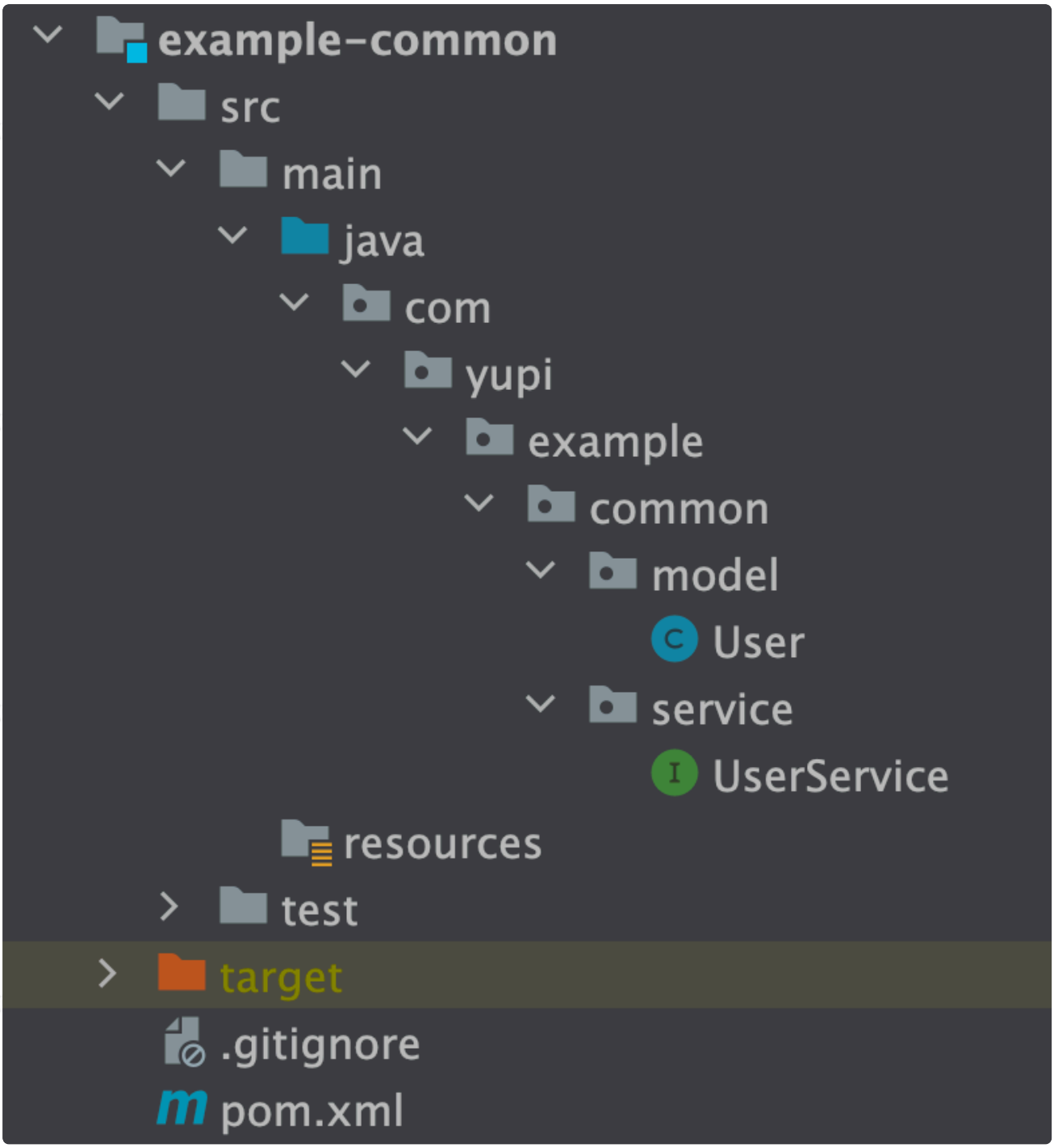
- example-common：示例代码的公共依赖，包括接口、Model 等
- example-consumer：示例服务消费者代码
- example-provider：示例服务提供者代码
- yu-rpc-easy：简易版 RPC 框架

在示例项目中，我们将以一个最简单的用户服务为例，演示整个服务调用过程。下面我们依次实现上述的几个模块。

2、公共模块

7315字 公共模块需要同时被消费者和服务提供者引入，主要是编写和服务相关的接口和数据模型。

整个模块的结构如下：



1）编写用户实体类 User：

项目-更新

```java
package com.yupi.example.common.model;

import java.io.Serializable;

/**
 * 用户
 */
public class User implements Serializable {

    private String name;

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        this.name = name;
    }
}
```

注意，对象需要实现序列化接口，为后续网络传输序列化提供支持。

2）编写用户服务接口 UserService，提供一个获取用户的方法：

```java
package com.yupi.example.common.service;

import com.yupi.example.common.model.User;

/**
 * 用户服务
 */
public interface UserService {

    /**
     * 获取用户
     *
     * @param user
     * @return
     */
    User getUser(User user);
}
```

3、服务提供者

服务提供者是真正实现了接口的模块。

1）在 `pom.xml` 文件中引入依赖：

```xml
<dependencies>
    <dependency>
        <groupId>com.yupi</groupId>

        <artifactId>yu-rpc-easy</artifactId>

        <version>1.0-SNAPSHOT</version>

    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>com.yupi</groupId>

        <artifactId>example-common</artifactId>

        <version>1.0-SNAPSHOT</version>

    </dependency>

    <!-- https://doc.hutool.cn/ -->
    <dependency>
        <groupId>cn.hutool</groupId>

        <artifactId>hutool-all</artifactId>

        <version>5.8.16</version>

    </dependency>

    <!-- https://projectlombok.org/ -->
    <dependency>
        <groupId>org.projectlombok</groupId>

        <artifactId>lombok</artifactId>

        <version>1.18.30</version>

        <scope>provided</scope>

    </dependency>

</dependencies>

```

2）编写服务实现类，实现公共模块中定义的用户服务接口。

功能是打印用户的名称，并且返回参数中的用户对象。

代码如下：

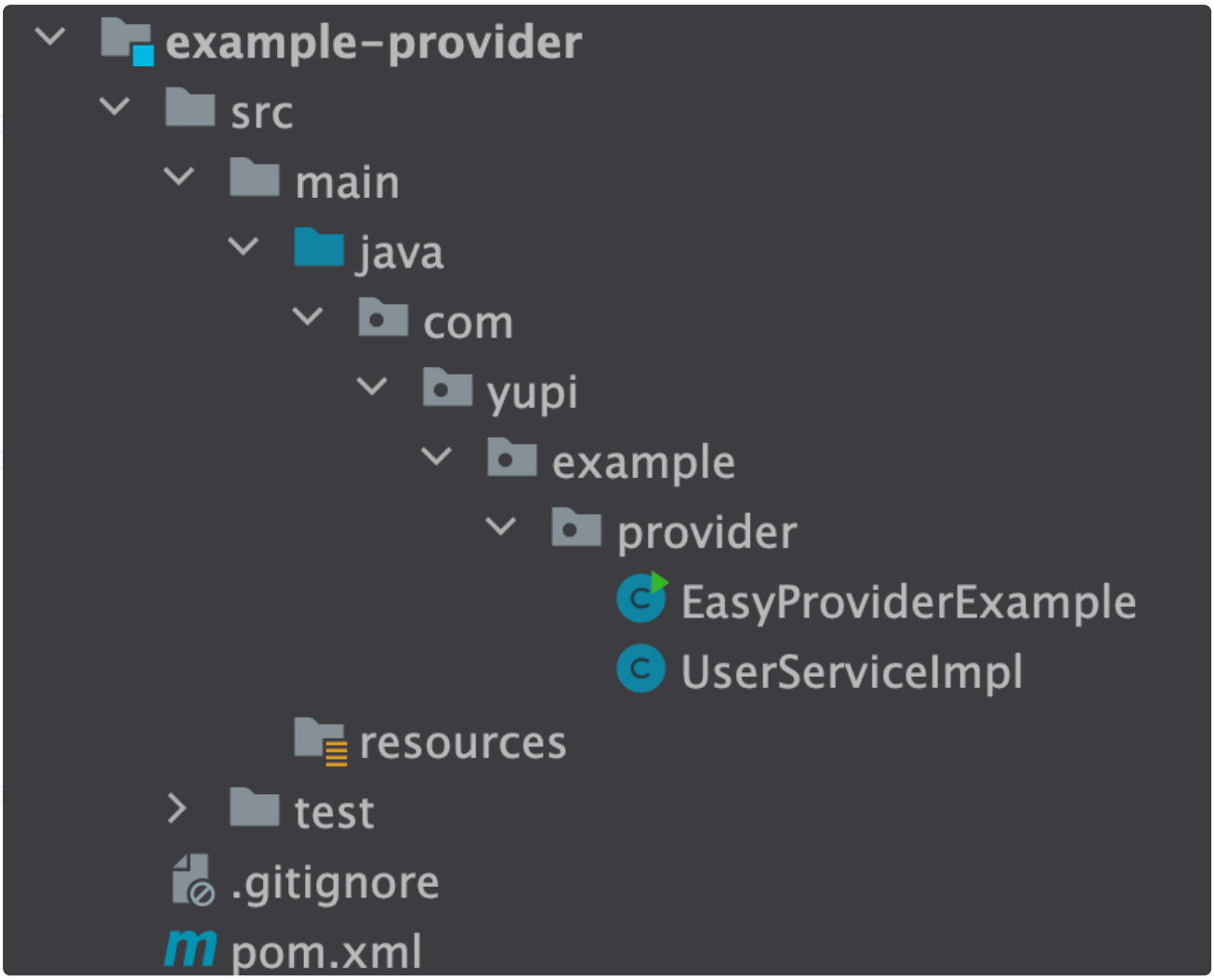
```
package com.yupi.example.provider;

import com.yupi.example.common.model.User;
import com.yupi.example.common.service.UserService;

/**
 * 用户服务实现类
 */
public class UserServiceImpl implements UserService {

    public User getUser(User user) {
        System.out.println("用户名: " + user.getName());
        return user;
    }
}
```

3）编写服务提供者启动类 EasyProviderExample，之后会在该类的 main 方法中编写提供服务的代码。

代码如下：

```
package com.yupi.example.provider;

import com.yupi.example.common.service.UserService;
import com.yupi.yurpc.registry.LocalRegistry;
import com.yupi.yurpc.server.HttpServer;
import com.yupi.yurpc.server.VertxHttpServer;

/**
 * 简易服务提供者示例
 */
public class EasyProviderExample {

    public static void main(String[] args) {
        // 提供服务
    }
}
```

最终得到的该模块目录如下：



4、服务消费者

服务消费者是需要调用服务的模块。

1）在 `pom.xml` 文件中引入依赖，和提供者模块的依赖一致：

项目-更新

```xml
<dependencies>
    <dependency>
        <groupId>com.yupi</groupId>

        <artifactId>yu-rpc-easy</artifactId>

        <version>1.0-SNAPSHOT</version>

    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>com.yupi</groupId>

        <artifactId>example-common</artifactId>

        <version>1.0-SNAPSHOT</version>

    </dependency>

    <!-- https://doc.hutool.cn/ -->
    <dependency>
        <groupId>cn.hutool</groupId>

        <artifactId>hutool-all</artifactId>

        <version>5.8.16</version>

    </dependency>

    <!-- https://projectlombok.org/ -->
    <dependency>
        <groupId>org.projectlombok</groupId>

        <artifactId>lombok</artifactId>

        <version>1.18.30</version>

        <scope>provided</scope>

    </dependency>

</dependencies>

```

2）创建服务消费者启动类 EasyConsumerExample，编写调用接口的代码。

代码如下：

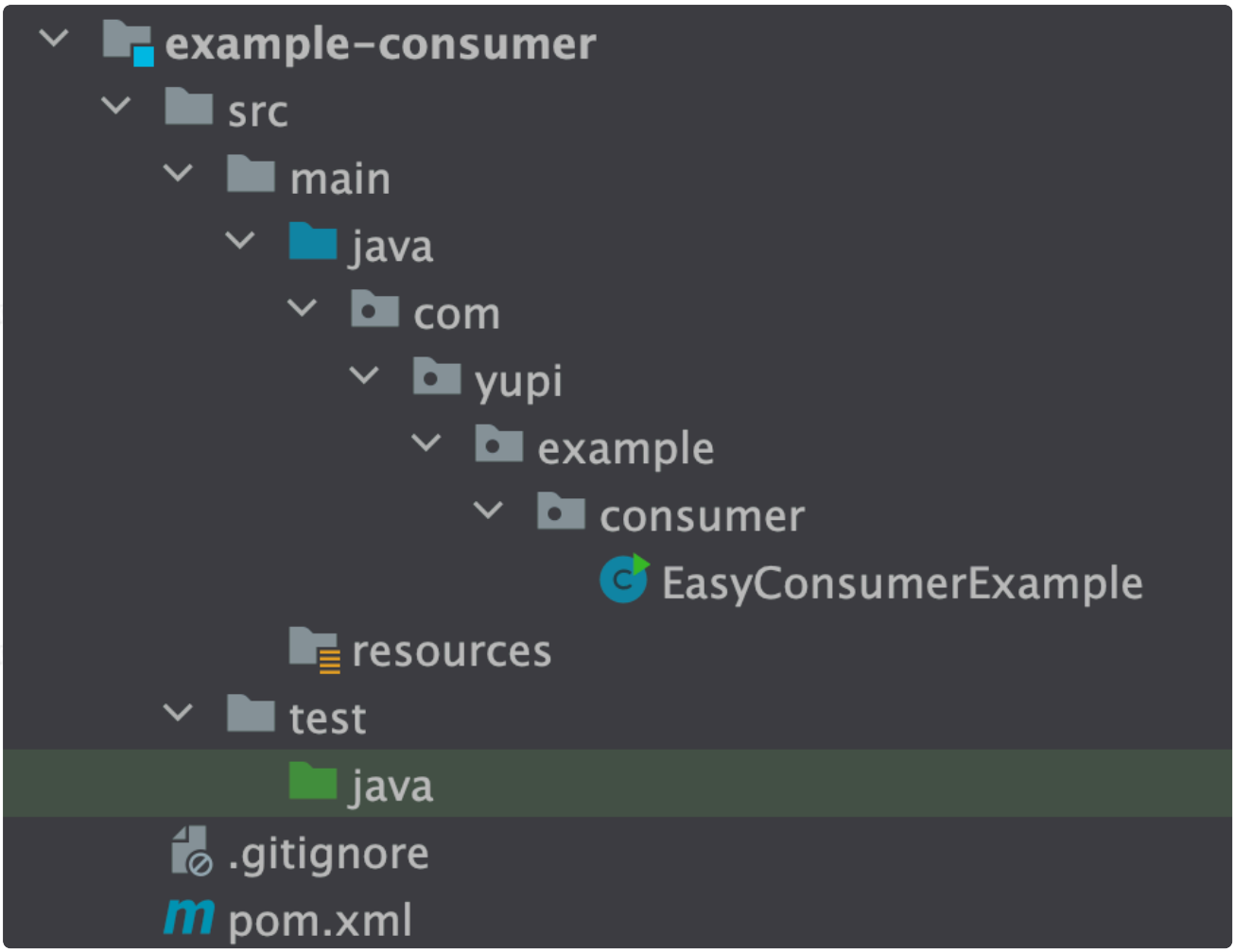
项目-更新

```java
package com.yupi.example.consumer;

import com.yupi.example.common.model.User;
import com.yupi.example.common.service.UserService;
import com.yupi.yurpc.proxy.ServiceProxyFactory;

/**
 * 简易服务消费者示例
 */
public class EasyConsumerExample {

    public static void main(String[] args) {
        // todo 需要获取 UserService 的实现类对象
        UserService userService = null;
        User user = new User();
        user.setName("yupi");
        // 调用
        User newUser = userService.getUser(user);
        if (newUser != null) {
            System.out.println(newUser.getName());
        } else {
            System.out.println("user == null");
        }
    }
}
```

需要注意的是，现在是无法获取到 userService 实例的，所以预留为 null。我们之后的目标是，能够通过 RPC 框架，快速得到一个支持远程调用服务提供者的代理对象，像调用本地方法一样调用 UserService 的方法。

最终得到的该模块目录如下：

项目-更新



web 服务器

接下来，我们要先让服务提供者提供 **可远程访问** 的服务。那么，就需要一个 web 服务器，能够接受处理请求、并返回响应。

web 服务器的选择有很多，比如 Spring Boot 内嵌的 Tomcat、NIO 框架 Netty 和 Vert.x 等等。

此处鱼皮带大家使用高性能的 NIO 框架 Vert.x 来作为 RPC 框架的 web 服务器。

Vert.x 官方文档：https://vertx.io/ <https://vertx.io/>

1）打开 `yu-rpc-easy` 项目，引入 Vert.x 和工具类的依赖：

项目-更新

```xml
<dependencies>
    <!-- https://mvnrepository.com/artifact/io.vertx/vertx-core -->
    <dependency>
        <groupId>io.vertx</groupId>

        <artifactId>vertx-core</artifactId>

        <version>4.5.1</version>

    </dependency>

    <!-- https://doc.hutool.cn/ -->
    <dependency>
        <groupId>cn.hutool</groupId>

        <artifactId>hutool-all</artifactId>

        <version>5.8.16</version>

    </dependency>

    <!-- https://projectlombok.org/ -->
    <dependency>
        <groupId>org.projectlombok</groupId>

        <artifactId>lombok</artifactId>

        <version>1.18.30</version>

        <scope>provided</scope>

    </dependency>

</dependencies>

```

2）编写一个 web 服务器的接口 HttpServer，定义统一的启动服务器方法，便于后续的扩展，比如实现多种不同的 web 服务器。

代码如下：

项目-更新

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

/**
 * HTTP 服务器接口
 */
public interface HttpServer {

    /**
     * 启动服务器
     *
     * @param port
     */
    void doStart(int port);
}
```

3）编写基于 Vert.x 实现的 web 服务器 VertxHttpServer，能够监听指定端口并处理请求。

代码如下：

项目-更新

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

import io.vertx.core.Vertx;

public class VertxHttpServer implements HttpServer {

    public void doStart(int port) {
        // 创建 Vert.x 实例
        Vertx vertx = Vertx.vertx();

        // 创建 HTTP 服务器
        io.vertx.core.http.HttpServer server = vertx.createHttpServer();

        // 监听端口并处理请求
        server.requestHandler(request -> {
            // 处理 HTTP 请求
            System.out.println("Received request: " + request.method() + " "

            // 发送 HTTP 响应
            request.response()
                    .putHeader("content-type", "text/plain")
                    .end("Hello from Vert.x HTTP server!");
        });

        // 启动 HTTP 服务器并监听指定端口
        server.listen(port, result -> {
            if (result.succeeded()) {
                System.out.println("Server is now listening on port " + port)
            } else {
                System.err.println("Failed to start server: " + result.cause(
            }
        });
    }
}
```

4）验证 web 服务器能否启动成功并接受请求。

修改示例服务提供者模块的 `EasyProviderExample` 类，编写启动 web 服务的代码，如下：

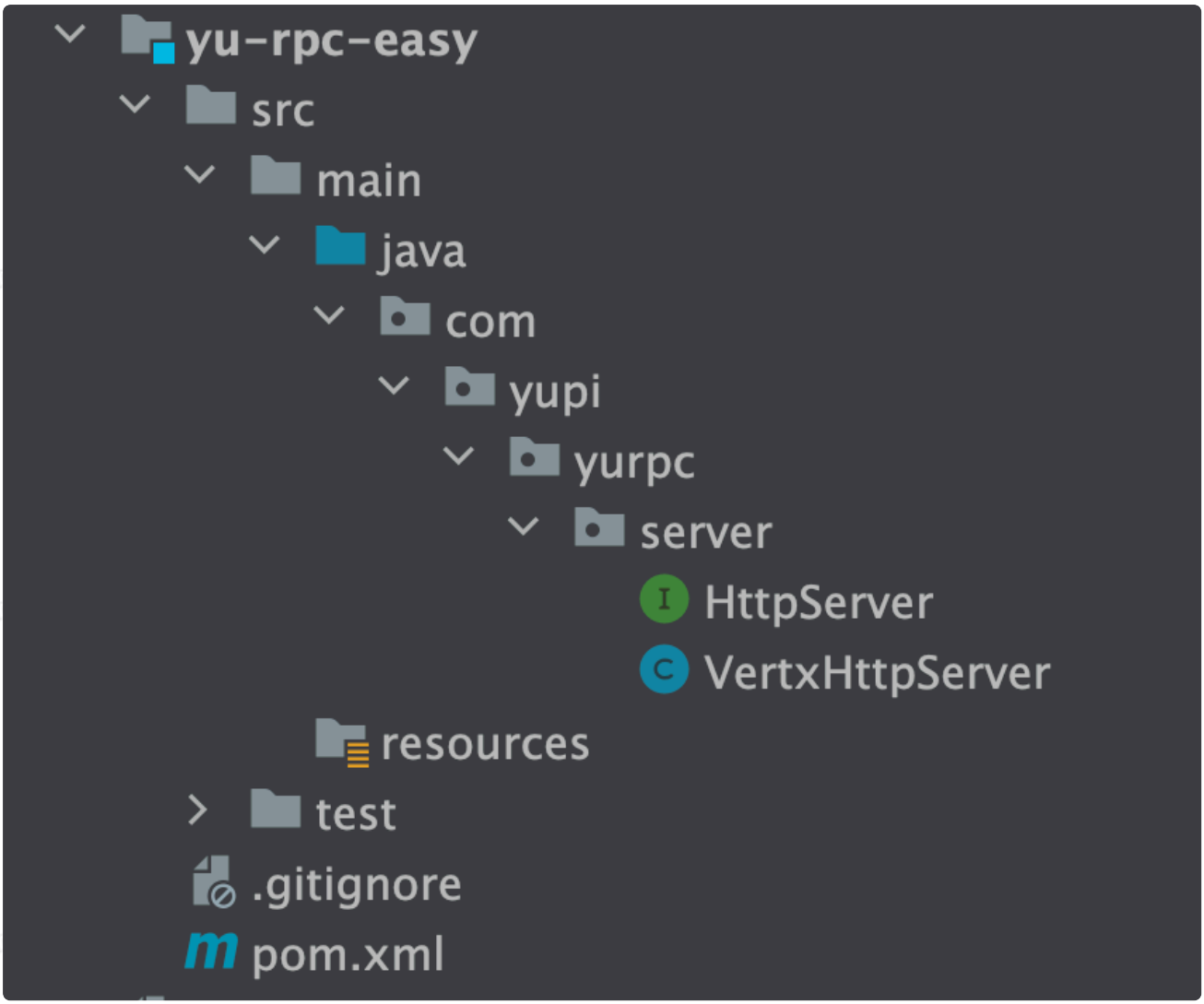
项目-更新

```java
package com.yupi.example.provider;

import com.yupi.example.common.service.UserService;
import com.yupi.yurpc.registry.LocalRegistry;
import com.yupi.yurpc.server.HttpServer;
import com.yupi.yurpc.server.VertxHttpServer;

/**
 * 简易服务提供者示例
 */
public class EasyProviderExample {

    public static void main(String[] args) {
        // 启动 web 服务
        HttpServer httpServer = new VertxHttpServer();
        httpServer.doStart(8080);
    }
}
```

通过浏览器访问 `localhost:8080`，查看能否正常访问并看到输出的文字。

此时的 RPC 模块目录结构如下：

项目-更新

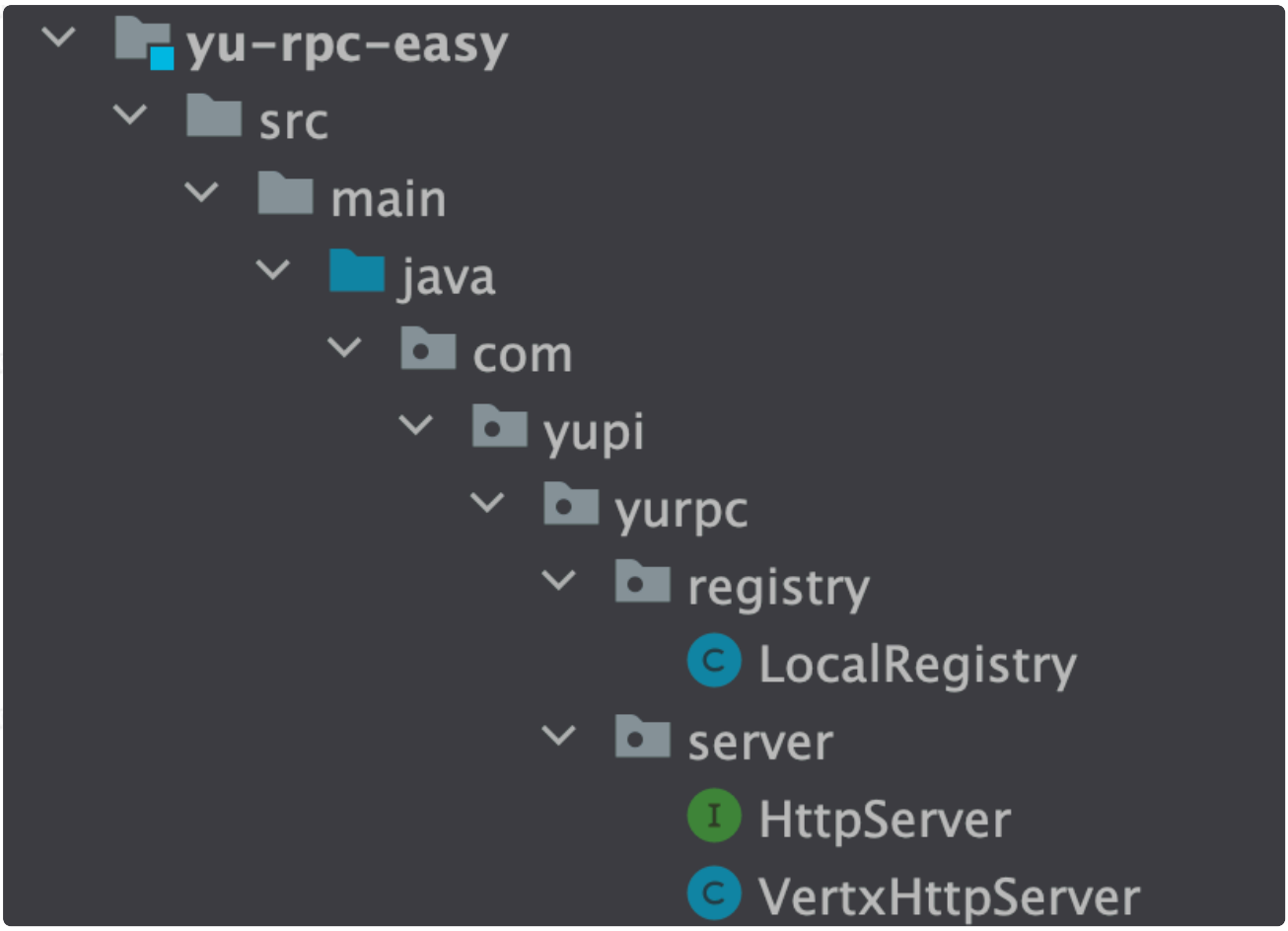


本地服务注册器

我们现在做的简易 RPC 框架主要是跑通流程，所以暂时先不用第三方注册中心，直接把服务注册到服务提供者本地即可。

在 RPC 模块中创建本地服务注册器 LocalRegistry，当前目录结构如下：

项目-更新



使用线程安全的 ConcurrentHashMap 存储服务注册信息，key 为服务名称、value 为服务的实现类。之后就可以根据要调用的服务名称获取到对应的实现类，然后通过反射进行方法调用了。

代码如下：

项目-更新

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

import java.util.Map;
import java.util.concurrent.ConcurrentHashMap;

/**
 * 本地注册中心
 */
public class LocalRegistry {

    /**
     * 注册信息存储
     */
    private static final Map<String, Class<?>> map = new ConcurrentHashMap<>(

    /**
     * 注册服务
     *
     * @param serviceName
     * @param implClass
     */
    public static void register(String serviceName, Class<?> implClass) {
        map.put(serviceName, implClass);
    }

    /**
     * 获取服务
     *
     * @param serviceName
     * @return
     */
    public static Class<?> get(String serviceName) {
        return map.get(serviceName);
    }

    /**
     * 删除服务
     *
     * @param serviceName
     */
    public static void remove(String serviceName) {
        map.remove(serviceName);
    }
}
```

注意，本地服务注册器和注册中心的作用是有区别的。注册中心的作用侧重于管理注册的服务、提供服务信息给消费者；而本地服务注册器的作用是根据服务名获取到对应的实现类，是完成调用必不可少的模块。

服务提供者启动时，需要注册服务到注册器中，修改 `EasyProviderExample` 代码如下：

```
package com.yupi.example.provider;

import com.yupi.example.common.service.UserService;
import com.yupi.yurpc.registry.LocalRegistry;
import com.yupi.yurpc.server.HttpServer;
import com.yupi.yurpc.server.VertxHttpServer;

/**
 * 简易服务提供者示例
 */
public class EasyProviderExample {

    public static void main(String[] args) {
        // 注册服务
        LocalRegistry.register(UserService.class.getName(), UserServiceImpl.c

        // 启动 web 服务
        HttpServer httpServer = new VertxHttpServer();
        httpServer.doStart(8080);
    }
}
```

序列化器

服务在本地注册后，我们就可以根据请求信息取出实现类并调用方法了。

但是在编写处理请求的逻辑前，我们要先实现序列化器模块。因为无论是请求或响应，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。

什么是序列化和反序列化呢？

- 序列化：将 Java 对象转为可传输的字节数组。
- 反序列化：将字节数组转换为 Java 对象。

有很多种不同的序列化方式，比如 Java 原生序列化、JSON、Hessian、Kryo、protobuf 等。

为了实现方便，此处选择 Java 原生的序列化器。

1）在 RPC 模块中编写序列化接口 Serializer，提供序列化和反序列化两个方法，便于后续扩展更多的序列化器。

代码如下：

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

import java.io.IOException;

/**
 * 序列化器接口
 */
public interface Serializer {

    /**
     * 序列化
     *
     * @param object
     * @param <T>
     * @return
     * @throws IOException
     */
    <T> byte[] serialize(T object) throws IOException;

    /**
     * 反序列化
     *
     * @param bytes
     * @param type
     * @param <T>
     * @return
     * @throws IOException
     */
    <T> T deserialize(byte[] bytes, Class<T> type) throws IOException;
}
```

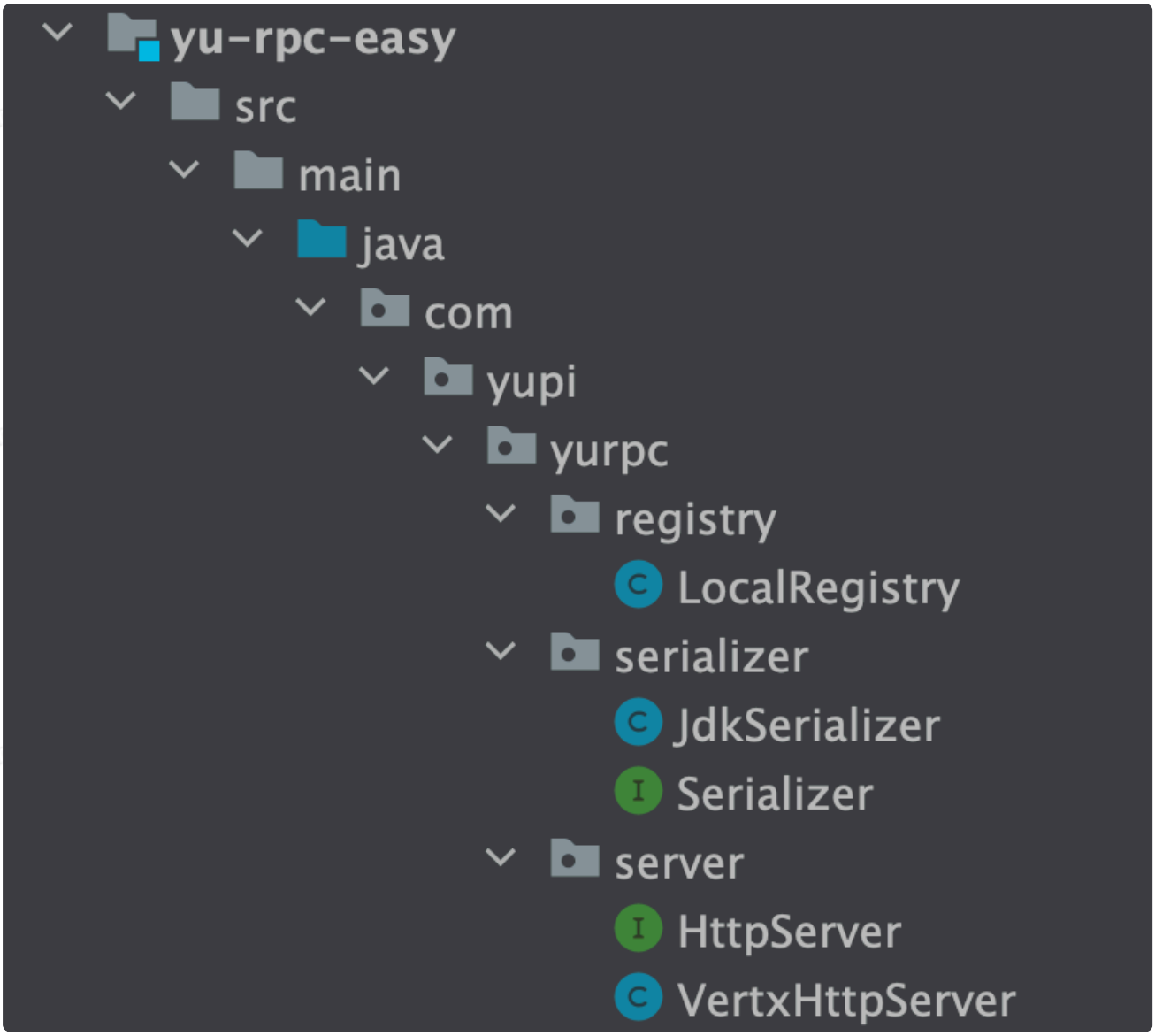
2）基于 Java 自带的序列化器实现 JdkSerializer，代码如下：

项目-更新

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

import java.io.*;

/**
 * JDK 序列化器
 */
public class JdkSerializer implements Serializer {

    /**
     * 序列化
     *
     * @param object
     * @param <T>
     * @return
     * @throws IOException
     */
    @Override
    public <T> byte[] serialize(T object) throws IOException {
        ByteArrayOutputStream outputStream = new ByteArrayOutputStream();
        ObjectOutputStream objectOutputStream = new ObjectOutputStream(output
        objectOutputStream.writeObject(object);
        objectOutputStream.close();
        return outputStream.toByteArray();
    }

    /**
     * 反序列化
     *
     * @param bytes
     * @param type
     * @param <T>
     * @return
     * @throws IOException
     */
    @Override
    public <T> T deserialize(byte[] bytes, Class<T> type) throws IOException
        ByteArrayInputStream inputStream = new ByteArrayInputStream(bytes);
        ObjectInputStream objectInputStream = new ObjectInputStream(inputStre
        try {
            return (T) objectInputStream.readObject();
        } catch (ClassNotFoundException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        } finally {
            objectInputStream.close();
        }
    }
}
```

上面这段代码无需记忆，需要用到的时候照抄即可，关键是要理解序列化和反序列化的区别。

当前 RPC 模块的目录结构如下：

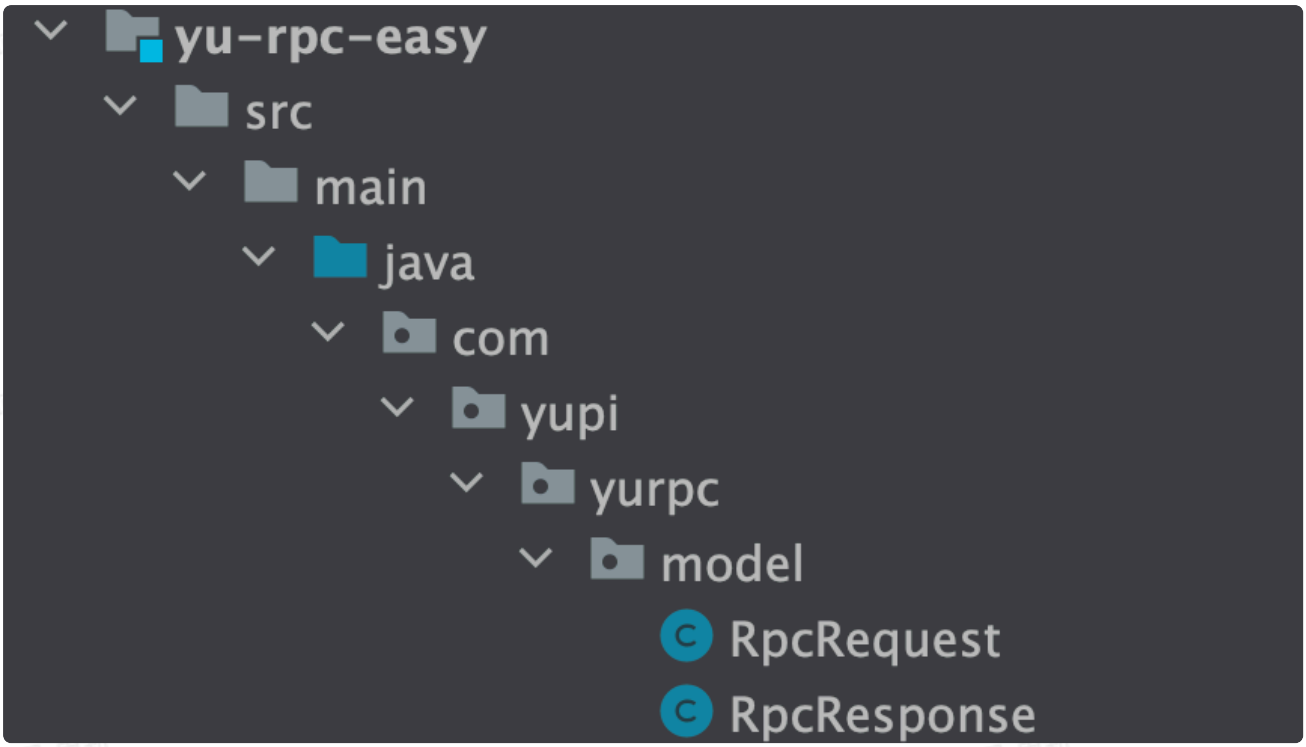


提供者处理调用 - 请求处理器

请求处理器是 RPC 框架的实现关键，它的作用是：处理接收到的请求，并根据请求参数找到对应的服务和方法，通过反射实现调用，最后封装返回结果并响应请求。

1）在 RPC 模块中编写请求和响应封装类。
目录结构如下：

项目-更新



请求类 RpcRequest 的作用是封装调用所需的信息，比如服务名称、方法名称、调用参数的类型列表、参数列表。这些都是 Java 反射机制所需的参数。

代码如下：

项目-更新

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

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Builder;
import lombok.Data;
import lombok.NoArgsConstructor;

import java.io.Serializable;

/**
 * RPC 请求
 */
@Data
@Builder
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class RpcRequest implements Serializable {

    /**
     * 服务名称
     */
    private String serviceName;

    /**
     * 方法名称
     */
    private String methodName;

    /**
     * 参数类型列表
     */
    private Class<?>[] parameterTypes;

    /**
     * 参数列表
     */
    private Object[] args;

}
```

响应类 RpcResponse 的作用是封装调用方法得到的返回值、以及调用的信息（比如异常情况）等。

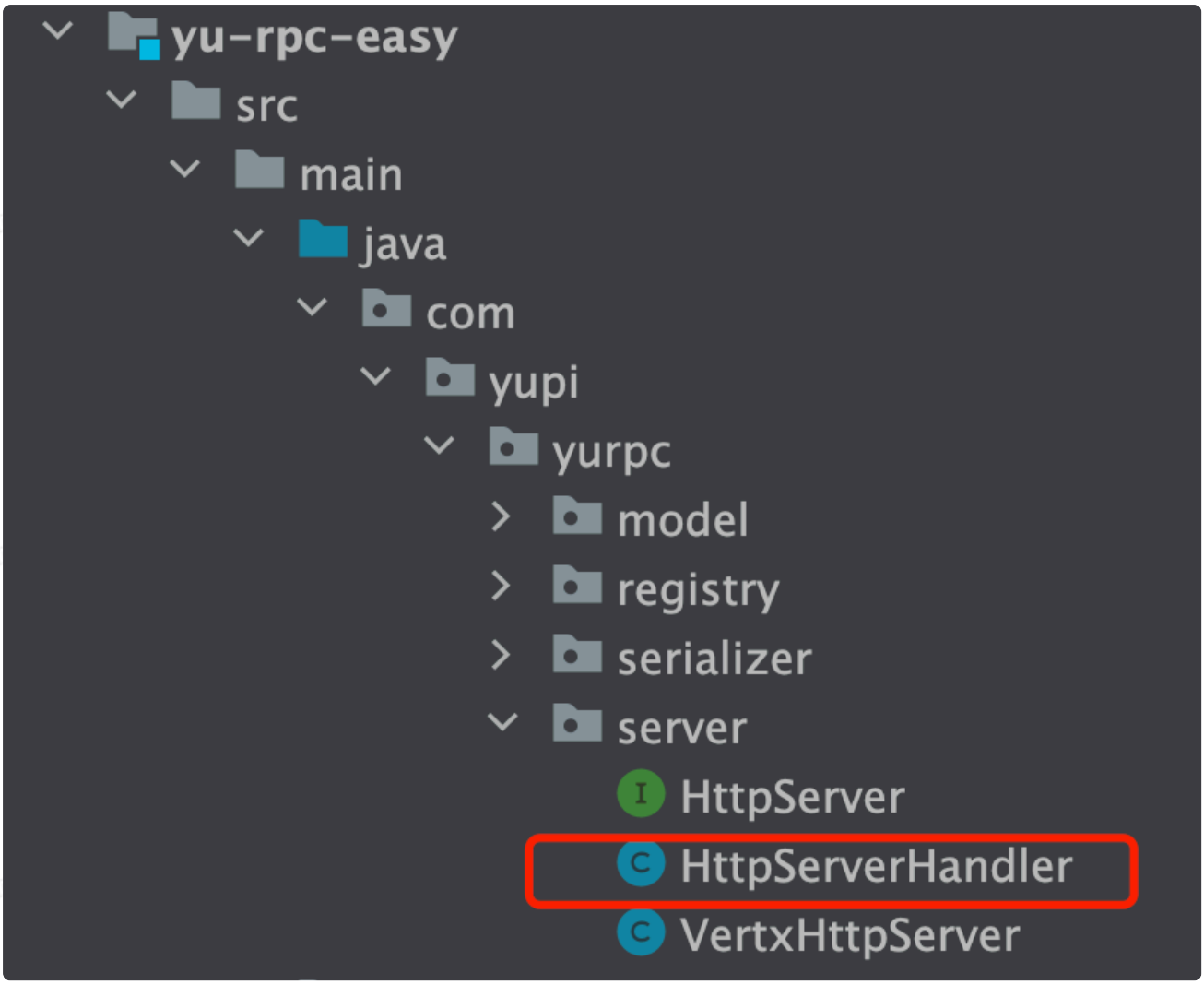
代码如下：

项目-更新 项目-更新

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

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Builder;
import lombok.Data;
import lombok.NoArgsConstructor;

import java.io.Serializable;

/**
 * RPC 响应
 */
@Data
@Builder
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class RpcResponse implements Serializable {

    /**
     * 响应数据
     */
    private Object data;

    /**
     * 响应数据类型（预留）
     */
    private Class<?> dataType;

    /**
     * 响应信息
     */
    private String message;

    /**
     * 异常信息
     */
    private Exception exception;

}
```

2）编写请求处理器 HttpServerHandler。

项目-更新 项目-更新



业务流程如下：

1. 反序列化请求为对象，并从请求对象中获取参数。
2. 根据服务名称从本地注册器中获取到对应的服务实现类。
3. 通过反射机制调用方法，得到返回结果。
4. 对返回结果进行封装和序列化，并写入到响应中。

完整代码如下，配合上述流程和注释应该不难理解：

项目-更新

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

import com.yupi.yurpc.model.RpcRequest;
import com.yupi.yurpc.model.RpcResponse;
import com.yupi.yurpc.registry.LocalRegistry;
import com.yupi.yurpc.serializer.JdkSerializer;
import com.yupi.yurpc.serializer.Serializer;
import io.vertx.core.Handler;
import io.vertx.core.buffer.Buffer;
import io.vertx.core.http.HttpServerRequest;
import io.vertx.core.http.HttpServerResponse;

import java.io.IOException;
import java.lang.reflect.Method;

/**
 * HTTP 请求处理
 */
public class HttpServerHandler implements Handler<HttpServerRequest> {

    @Override
    public void handle(HttpServerRequest request) {
        // 指定序列化器
        final Serializer serializer = new JdkSerializer();

        // 记录日志
        System.out.println("Received request: " + request.method() + " " + re

        // 异步处理 HTTP 请求
        request.bodyHandler(body -> {
            byte[] bytes = body.getBytes();
            RpcRequest rpcRequest = null;
            try {
                rpcRequest = serializer.deserialize(bytes, RpcRequest.class);
            } catch (Exception e) {
                e.printStackTrace();
            }

            // 构造响应结果对象
            RpcResponse rpcResponse = new RpcResponse();
            // 如果请求为 null，直接返回
            if (rpcRequest == null) {
                rpcResponse.setMessage("rpcRequest is null");
                doResponse(request, rpcResponse, serializer);
                return;
            }

            try {
                // 获取要调用的服务实现类，通过反射调用
                Class<?> implClass = LocalRegistry.get(rpcRequest.getServiceN
```

```
                Method method = implClass.getMethod(rpcRequest.getMethodName(
                Object result = method.invoke(implClass.newInstance(), rpcReq
                // 封装返回结果
                rpcResponse.setData(result);
                rpcResponse.setDataType(method.getReturnType());
                rpcResponse.setMessage("ok");
            } catch (Exception e) {
                e.printStackTrace();
                rpcResponse.setMessage(e.getMessage());
                rpcResponse.setException(e);
            }
            // 响应
            doResponse(request, rpcResponse, serializer);
        });
    }

    /**
     * 响应
     *
     * @param request
     * @param rpcResponse
     * @param serializer
     */
    void doResponse(HttpServerRequest request, RpcResponse rpcResponse, Seria
        HttpServerResponse httpServerResponse = request.response()
                .putHeader("content-type", "application/json");
        try {
            // 序列化
            byte[] serialized = serializer.serialize(rpcResponse);
            httpServerResponse.end(Buffer.buffer(serialized));
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
            httpServerResponse.end(Buffer.buffer());
        }
    }
}
```

需要注意，不同的 web 服务器对应的请求处理器实现方式也不同，比如 Vert.x 中是通过实现 `Handler<HttpServerRequest>` 接口来自定义请求处理器的。并且可以通过 `request.bodyHandler` 异步处理请求。

3）给 HttpServer 绑定请求处理器。

修改 VertxHttpServer 的代码，通过 `server.requestHandler` 绑定请求处理器。

修改后的代码如下：

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

import io.vertx.core.Vertx;

/**
 * Vertx HTTP 服务器
 */
public class VertxHttpServer implements HttpServer {

    /**
     * 启动服务器
     *
     * @param port
     */
    public void doStart(int port) {
        // 创建 Vert.x 实例
        Vertx vertx = Vertx.vertx();

        // 创建 HTTP 服务器
        io.vertx.core.http.HttpServer server = vertx.createHttpServer();

        // 监听端口并处理请求
        server.requestHandler(new HttpServerHandler());

        // 启动 HTTP 服务器并监听指定端口
        server.listen(port, result -> {
            if (result.succeeded()) {
                System.out.println("Server is now listening on port " + port)
            } else {
                System.err.println("Failed to start server: " + result.cause(
            }
        });
    }
}
```

至此，引入了 RPC 框架的服务提供者模块，已经能够接受请求并完成服务调用了。

消费方发起调用 - 代理

在项目准备阶段，我们已经预留了一段调用服务的代码，只要能够获取到 UserService 对象（实现类），就能跑通整个流程。

但 UserService 的实现类从哪来呢？

总不能把服务提供者的 UserServiceImpl 复制粘贴到消费者模块吧？要能那样做还需要 RPC 框架干什么？分布式系统中，我们调用其他项目或团队提供的接口时，一般只关注请求参数和响应结

果，而不关注具体实现。

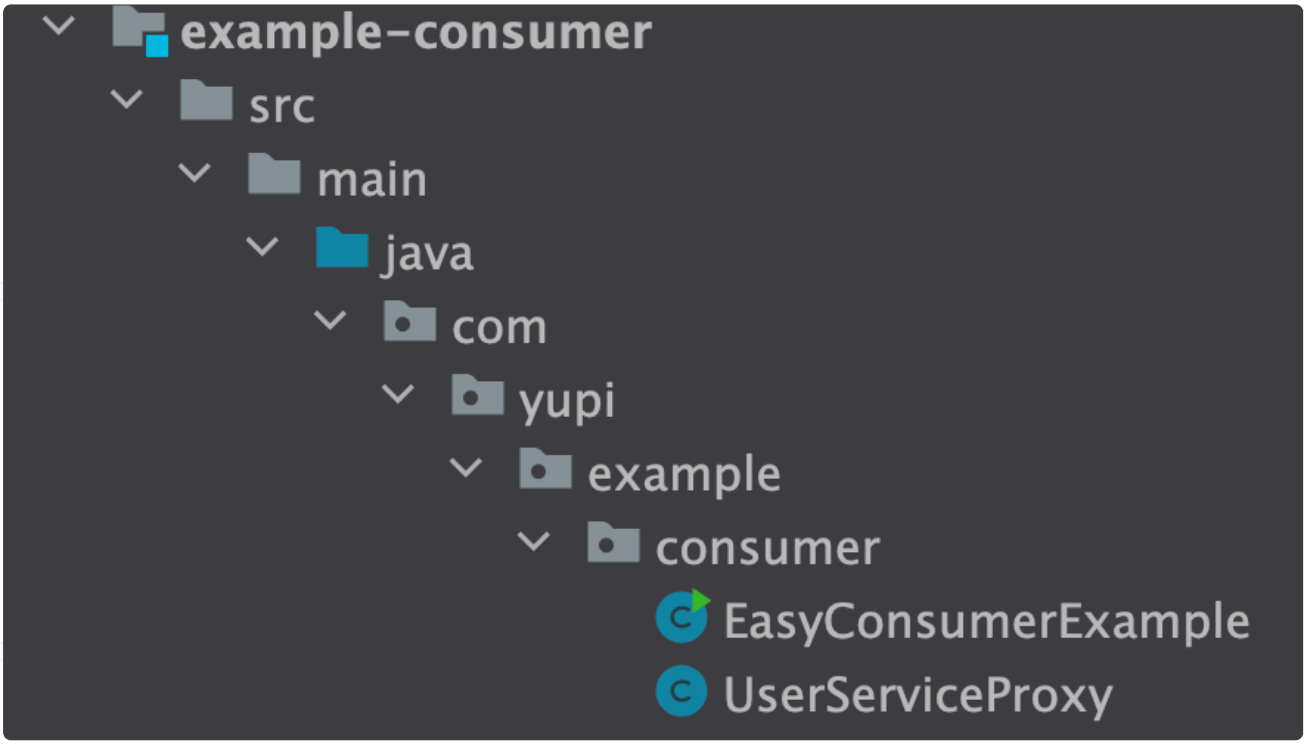
在之前的架构中讲过，我们可以通过生成代理对象来简化消费方的调用。

代理的实现方式大致分为 2 类：静态代理和动态代理，下面依次实现。

静态代理

静态代理是指为每一个特定类型的接口或对象，编写一个代理类。

比如在 `example-consumer` 模块中，创建一个静态代理 UserServiceProxy，实现 UserService 接口和 getUser 方法。



只不过实现 getUser 方法时，不是复制粘贴服务提供者 UserServiceImpl 中的代码，而是要构造 HTTP 请求去调用服务提供者。

需要注意发送请求前要将参数序列化，代码如下：

项目-更新

```java
package com.yupi.example.consumer;

import cn.hutool.http.HttpRequest;
import cn.hutool.http.HttpResponse;
import com.yupi.example.common.model.User;
import com.yupi.example.common.service.UserService;
import com.yupi.yurpc.model.RpcRequest;
import com.yupi.yurpc.model.RpcResponse;
import com.yupi.yurpc.serializer.JdkSerializer;
import com.yupi.yurpc.serializer.Serializer;

import java.io.IOException;

/**
 * 静态代理
 */
public class UserServiceProxy implements UserService {

    public User getUser(User user) {
        // 指定序列化器
        Serializer serializer = new JdkSerializer();

        // 发请求
        RpcRequest rpcRequest = RpcRequest.builder()
                .serviceName(UserService.class.getName())
                .methodName("getUser")
                .parameterTypes(new Class[]{User.class})
                .args(new Object[]{user})
                .build();
        try {
            byte[] bodyBytes = serializer.serialize(rpcRequest);
            byte[] result;
            try (HttpResponse httpResponse = HttpRequest.post("http://localho
                    .body(bodyBytes)
                    .execute()) {
                result = httpResponse.bodyBytes();
            }
            RpcResponse rpcResponse = serializer.deserialize(result, RpcRespo
            return (User) rpcResponse.getData();
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        return null;
    }
}
```

然后修改 EasyConsumerExample，new 一个代理对象并赋值给 userService，就能完成调用：

```java
/**
 * 简易服务消费者示例
 */
public class EasyConsumerExample {

    public static void main(String[] args) {
        // 静态代理
        UserService userService = new UserServiceProxy();

        ...
    }
}
```

静态代理虽然很好理解（就是写个实现类嘛），但缺点也很明显，我们如果要给每个服务接口都写一个实现类，是非常麻烦的，这种代理方式的灵活性很差！

所以 RPC 框架中，我们会使用动态代理。

动态代理

动态代理的作用是，根据要生成的对象的类型，自动生成一个代理对象。

常用的动态代理实现方式有 JDK 动态代理和基于字节码生成的动态代理（比如 CGLIB）。前者简单易用、无需引入额外的库，但缺点是只能对接口进行代理；后者更灵活、可以对任何类进行代理，但性能略低于 JDK 动态代理。

此处我们使用 JDK 动态代理。

1）在 RPC 模块中编写动态代理类 ServiceProxy，需要实现 InvocationHandler 接口的 invoke 方法。

代码如下（几乎就是把静态代理的代码搬运过来）：

项目-更新

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

import cn.hutool.http.HttpRequest;
import cn.hutool.http.HttpResponse;
import com.yupi.yurpc.model.RpcRequest;
import com.yupi.yurpc.model.RpcResponse;
import com.yupi.yurpc.serializer.JdkSerializer;
import com.yupi.yurpc.serializer.Serializer;

import java.io.IOException;
import java.lang.reflect.InvocationHandler;
import java.lang.reflect.Method;

/**
 * 服务代理（JDK 动态代理）
 */
public class ServiceProxy implements InvocationHandler {

    /**
     * 调用代理
     *
     * @return
     * @throws Throwable
     */
    @Override
    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws T
        // 指定序列化器
        Serializer serializer = new JdkSerializer();

        // 构造请求
        RpcRequest rpcRequest = RpcRequest.builder()
                .serviceName(method.getDeclaringClass().getName())
                .methodName(method.getName())
                .parameterTypes(method.getParameterTypes())
                .args(args)
                .build();
        try {
            // 序列化
            byte[] bodyBytes = serializer.serialize(rpcRequest);
            // 发送请求
            // todo 注意，这里地址被硬编码了（需要使用注册中心和服务发现机制解决）
            try (HttpResponse httpResponse = HttpRequest.post("http://localho
                    .body(bodyBytes)
                    .execute()) {
                byte[] result = httpResponse.bodyBytes();
                // 反序列化
                RpcResponse rpcResponse = serializer.deserialize(result, RpcR
                return rpcResponse.getData();
            }
        } catch (IOException e) {
```

```
51                 e.printStackTrace();
52             }
53
54             return null;
55         }
56     }
```

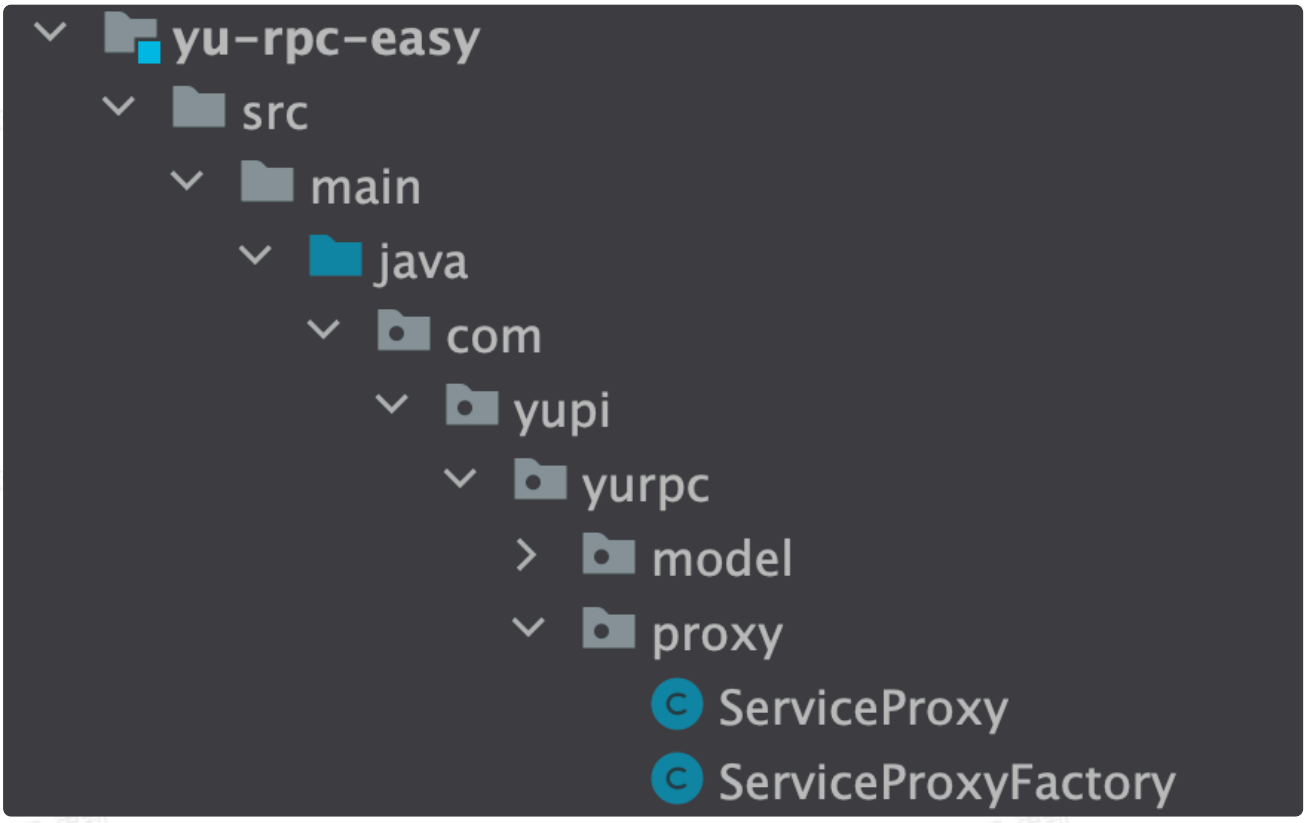
解释下上述代码，当用户调用某个接口的方法时，会改为调用 invoke 方法。在 invoke 方法中，我们可以获取到要调用的方法信息、传入的参数列表等，这不就是我们服务提供者需要的参数么？用这些参数来构造请求对象就可以完成调用了。

需要注意的是，上述代码中，请求的服务提供者地址被硬编码了，需要使用注册中心和服务发现机制来解决。

没办法直接看懂上述代码也没关系，先跟着敲完，之后可以通过 debug 来帮助理解。

2）创建动态代理工厂 ServiceProxyFactory，作用是根据指定类创建动态代理对象。

目录结构如图：



这里是使用了 **工厂设计模式**，来简化对象的创建过程，代码如下：

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

import java.lang.reflect.Proxy;

/**
 * 服务代理工厂（用于创建代理对象）
 */
public class ServiceProxyFactory {

    /**
     * 根据服务类获取代理对象
     *
     * @param serviceClass
     * @param <T>
     * @return
     */
    public static <T> T getProxy(Class<T> serviceClass) {
        return (T) Proxy.newProxyInstance(
                serviceClass.getClassLoader(),
                new Class[]{serviceClass},
                new ServiceProxy());
    }
}
```

上述代码中，主要是通过 `Proxy.newProxyInstance` 方法为指定类型创建代理对象。

3）最后，在 EasyConsumerExample 中，就可以通过调用工厂来为 UserService 获取动态代理对象了。

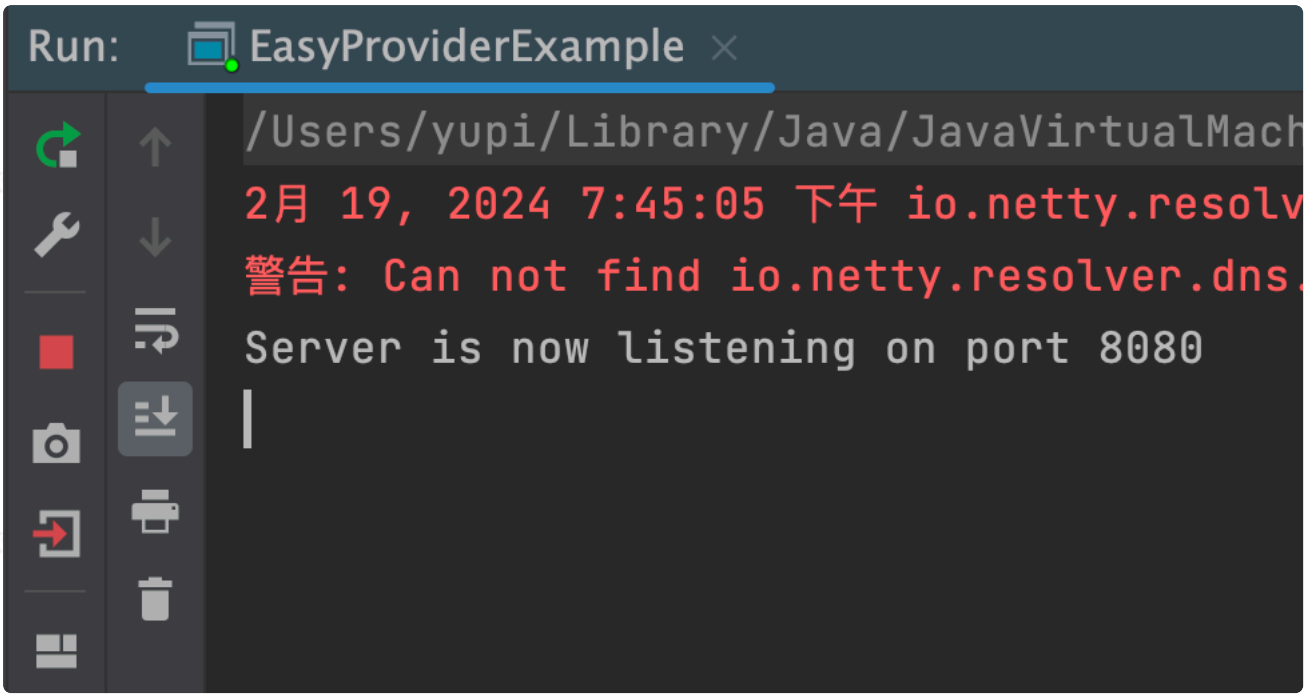
代码如下：

```java
// 动态代理
UserService userService = ServiceProxyFactory.getProxy(UserService.class);
```

至此，简易版的 RPC 框架已经开发完成，下面我们进行测试。

四、测试验证

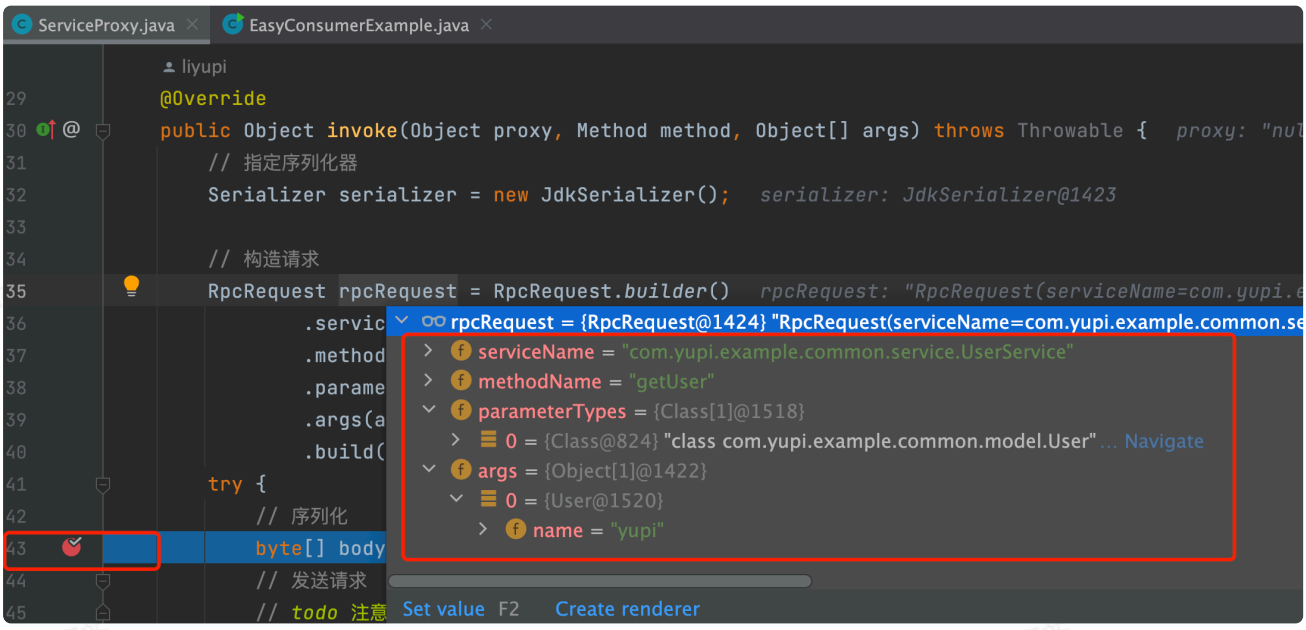
1）以 debug 模式启动服务提供者，执行 main 方法：



2）以 debug 模式启动服务消费者，执行 main 方法。

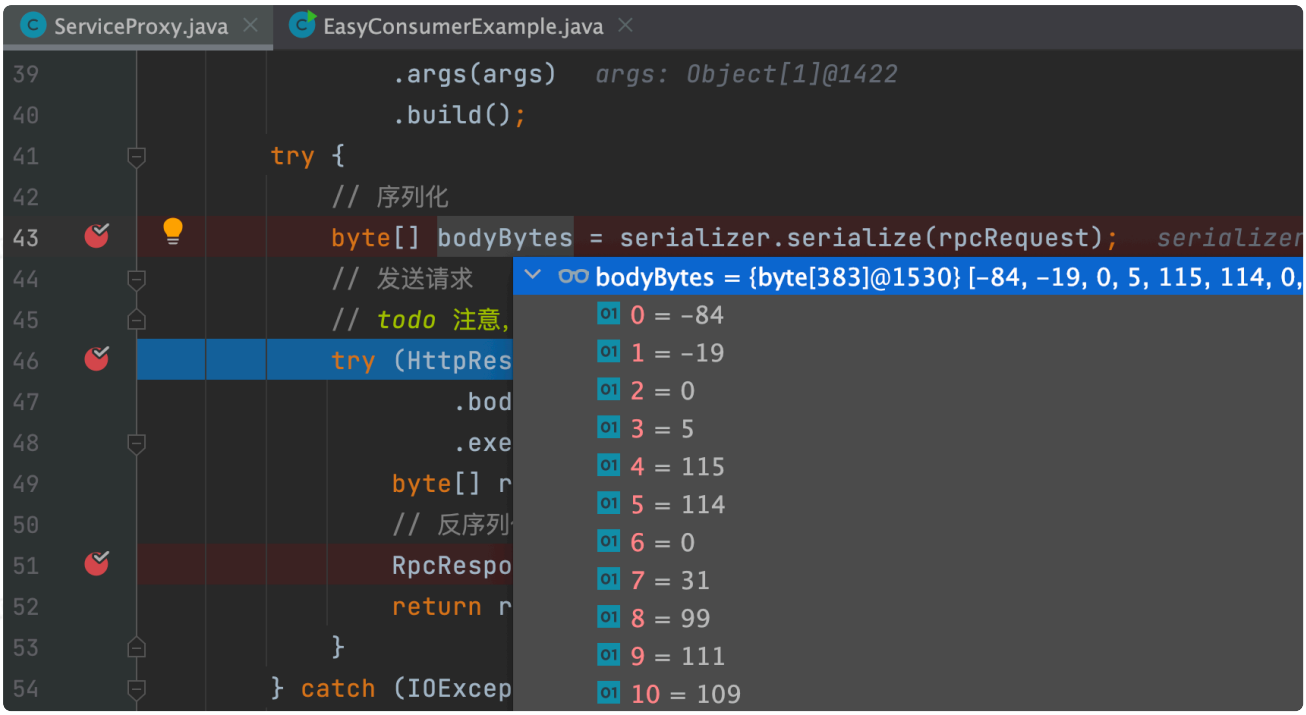
在 ServiceProxy 代理类中添加断点，可以看到调用 userService 时，实际是调用了代理对象的 invoke 方法，并且获取到了 serviceName、methodName、参数类型和列表等信息。

如下图：

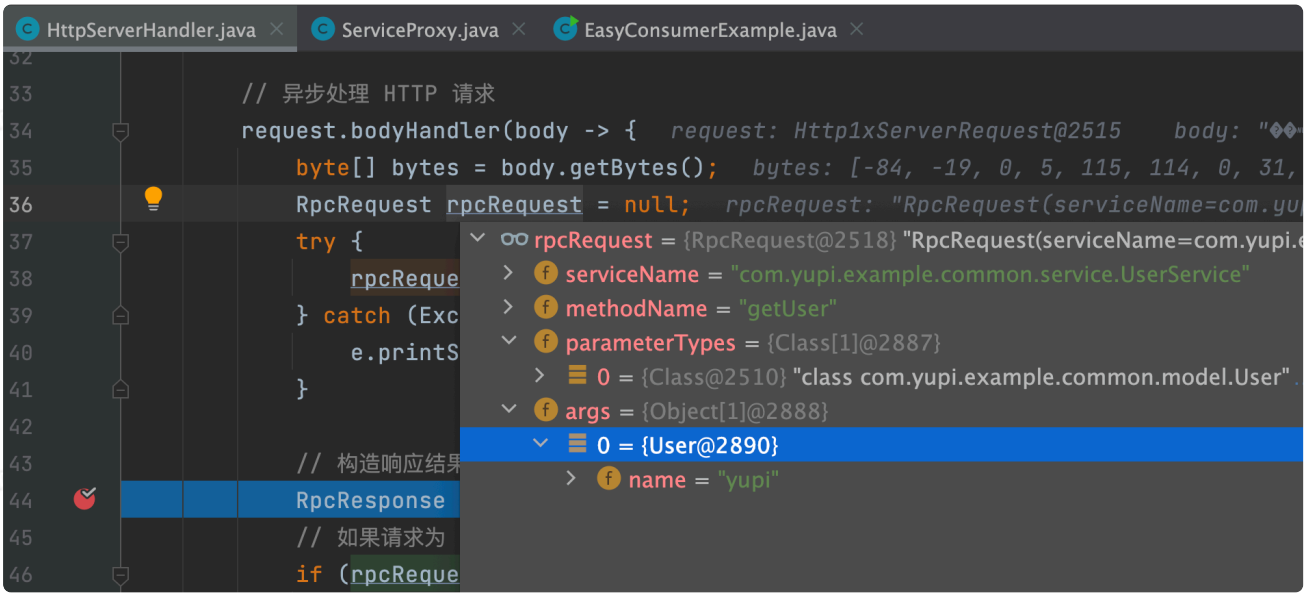


3）继续 debug，可以看到序列化后的请求对象，结构是字节数组：

项目-更新

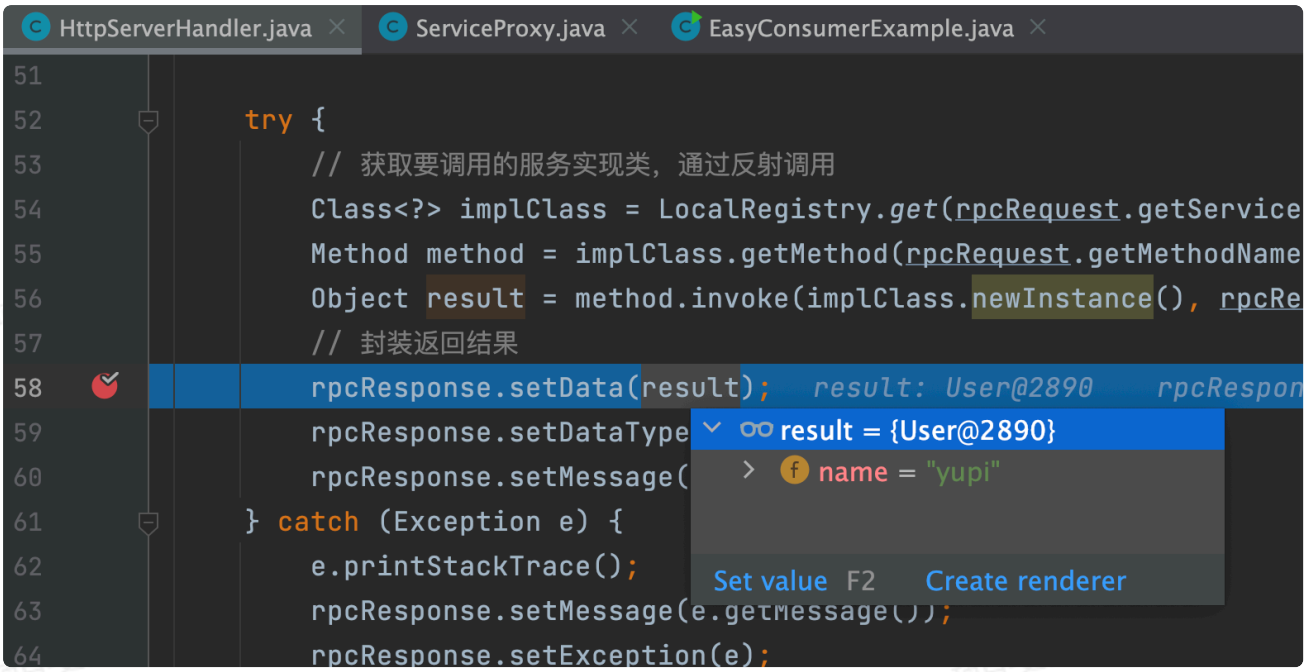


4）在服务提供者模块的请求处理器中打断点，可以看到接受并反序列化后的请求，跟发送时的内容一致：

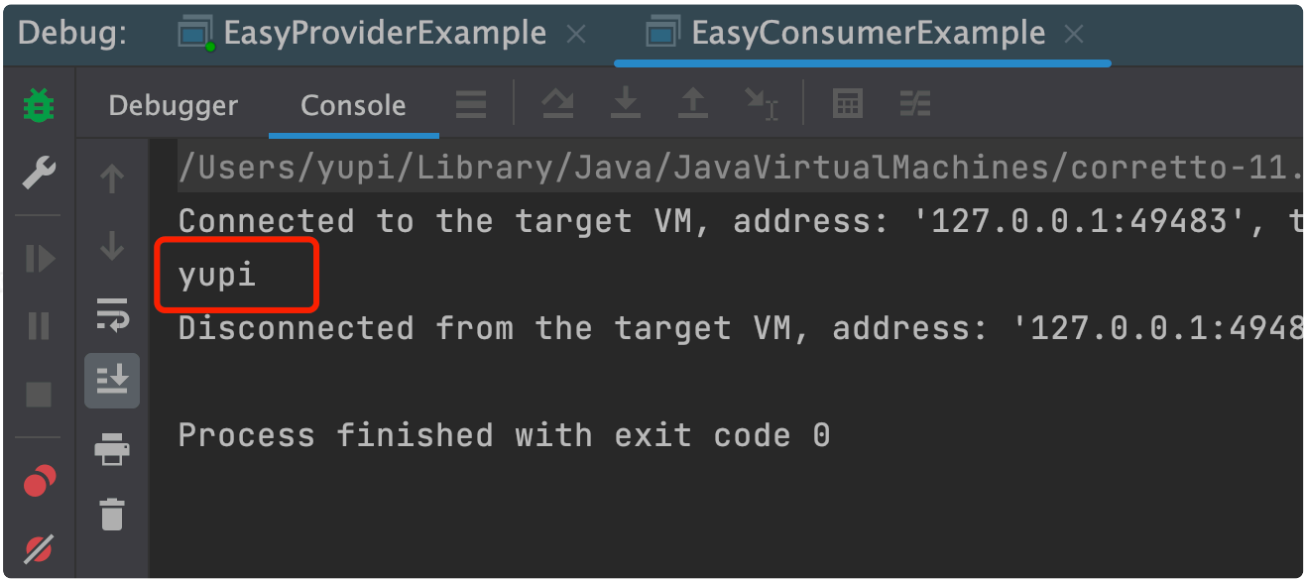


5）继续 debug，可以看到在请求处理器中，通过反射成功调用了方法，并得到了返回的 User 对象。

项目-更新



6）最后，在服务提供者和消费者模块中都输出了用户名称，说明整个调用过程成功。



以上，就是本期教程。麻雀虽小，五脏俱全。大家一定要自己动手实现，印象才会更深刻。

url=https%3A%2F%2Fwww.yuque.com%2Fu37765561%2Fak85bt%2F2f3245bbb600c03a30851c65