

介绍

是一款基于** RPC **的服务开发框架，可以帮助解决如下微服务实践问题：

- 微服务编程范式和工具
- 高性能的RPC通信
- 微服务监控与治理

Dubbo 对 Spring Boot 微服务框架都做了很好的适配

RPC

一种通信模型或设计思想

RPC 自身不规定具体实现方式，只是思想

核心：远程调用本地化

- 开发者无需显式处理网络通信的细节
- 适合分布式系统服务间的内部通信
- 像调用本地方法一样，调用远程服务
- 使用TCP进行数据传输
- 基于Netty使用TCP长连接进行连接复用

RPC的请求流程

桩文件->序列化->TCP

- 定义IDL文件（接口描述文件），编译工具根据 pb 文件生成 stub 桩文件，调用者根据 stub 文件调用服务
 - 解决函数映射的问题
- 网络里传输的数据是二进制传输，需要对请求参数，返回结果进行encode和decode
- 根据RPC协议约定数据头、元数据、消息体等，保证有ID能使请求和返回结果做到一一映射

Dubbo支持的通信协议和序列化协议

- **通信协议**：Triple、dubbo、http、webservice 等
- **序列化协议**：hessian2（dubbo默认协议）、json、protobuf 等

gRPC

是RPC通信模型的**具体实现**

Google开发的高性能RPC框架

- 基于HTTP/2，二进制序列化，具有**多路复用**，**头部压缩（HPACK）**，**二进制传输**等优点
- 二进制序列化协议采用 Protobuf
- 支持多种语言
- **云原生友好**，可与 Kubernetes、Istio、Envoy 等集成

Triple

是RPC通信模型的**具体实现**

阿里在Dubbo3推出的新一代RPC协议，是Dubbo3的默认RPC协议之一

- 协议层基于HTTP/2
- 支持 Protobuf、JSON 等**序列化协议**
- 支持多种语言
- **云原生友好**

架构

传统架构

- **Provider**：服务提供者
- **Consumer**：服务消费者
- **Registry**：注册中心，服务注册与发现
- **Monitor**：监控中心，统计调用次数，耗时等
- **Container**：服务运行容器

云原生架构

架构分为两层：

- **服务治理抽象控制面**
 - 包含注册中心、流量管控策略、Admin控制台等

- **Dubbo数据面**

- 代表集群部署的所有Dubbo进程，进程间通过**RPC协议进行数据交换**
- 有**服务消费者**（发起业务调用或RPC通信的Dubbo进程）和**服务提供者**（接收业务调用或RPC通信的Dubbo进程）

 image-20251016172737311

通信协议

Dubbo支持几乎所有主流的**通信协议**

- 支持多协议暴露，可以在**单个端口暴露多个协议**
- 可以将一个RBC服务发布在**不同的端口**
- 内置的 Dubbo2 协议是在 TCP 传输层协议之上设计的**二进制通信协议**

负载均衡

内置多种**负载均衡算法**：

- 加权随机
- 加权轮询
- 最少活跃优先+加权随机
- 最短响应优先+加权随机
- 一致性哈希，相同参数的请求总是发到同一提供者

流量管控

有以下几种不同的**路由规则**：

- 条件路由规则
- 标签路由规则
- 脚本路由规则
- 动态配置规则

Dubbo 还支持**限流&熔断**，并且支持集成第三方工具如 Sentinel 实现

Router

主要作用：服务实例过滤器，是实现服务治理的关键环节

- 消费者要调用一个服务时，会先到注册中心获取**该服务实例**
- **Router** 根据**请求上下文和路由规则**，把不合适服务实例剔除掉，只保留合适的部分
- 一个服务的路由过程可以由**多个路由组成**，叫做**路由链**
- 留下来的实例交给负载均衡算法进行选取

 image-20251018113705093

标签路由规则

 image-20251018131411790

非此即彼的流量隔离方案，匹配 **标签** 的请求会****100%转发到有相同 标签 的实例**，没有匹配 **标签 的请求会100%**转发到其余未匹配的实例**

- 主要用于**灰度发布、版本隔离**
- 标签是主要针对**服务实例的分组**，分为**静态规则打标**和**动态规则打标**
- **静态规则打标**：直接在**服务配置文件**或者**注册中心注册时指定标签**，修改后需要**重启实例**才能生效
- **动态规则打标**：运行时通过规则**动态生成标签**，根据指定的匹配条件将服务实例**动态划分**到不同的流量分组中，是**热更新**

静态打标

- **Provider**：服务提供者
 - 在 `applicationContext.xml` 文件定义或者在**注解**上进行指定

```
<dubbo:provider tag="gray"/>
```

or

```
@DubboService(tag="gray")
```

- **Consumer**：服务调用者
 - 每次请求前通过 `tag` 设置**流量标签**，确保流量被调度到带有**同样标签**的服务提供方

```
@DubboReference(tag = "gray")
```

动态打标

- **Provider**：服务提供者
 - 在服务提供者的 `yaml` 文件进行**动态规则**的配置

```
configVersion: v3.0
force: true
enabled: true
key: shop-detail
tags:
  - name: gray
    match:
      - key: env
        value:
          exact: gray
```

- `configVersion: v3.0`：这是规则的版本号
- `force: true`：强制路由，意思是 **Consumer** 只能调用**匹配标签**的 **Provider**
- `enabled:true`：规则生效
- `key:shop-detail`：服务名
- `tags`：标签列表
 - `name:gray`：给服务实例打的标签名
 - `match`：匹配条件，表示服务调用者请求上下文里 `key=value` 的请求才会路由到 `tag=gray` 实例
 - `key`：键名
 - `value`：值名

-
- **Consumer**：服务调用者
 - 每次请求前通过 `tag` 设置**流量标签**

条件路由规则

根据请求上下文的任意属性动态决定路由，更加灵活

- 可实现流量控制、灰度发布等
- 属性包括用户ID、区域、版本、环境等

在服务端/注册中心进行配置

```
# 动态条件路由
configVersion: v3.0
scope: service
force: true
runtime: true
enabled: true
key: org.apache.dubbo.samples.CommentService
conditions:
  - method=getUser & arguments[0]=1001 => tag=gray
```

- `key` : 服务名
- `scope` : 规则作用范围，可以是 `service` 或 `application`
- `force` : 是否强制路由
 - `true` : 必须匹配到实例，否则失败
 - `false` : 未匹配到实例会随机路由其他可用实例
- `enabled` : 规则是否生效
- `priority` : 规则优先级
- `conditions` : 条件路由表达式列表
 - 例子中的意思是只匹配服务端接口方法名是 `getUser` 的调用，且第0个参数是 1001，则路由到带 `tag=gray` 的 Provider

脚本路由规则

可以为某个微服务定义一条脚本规则，则后续所有请求都会执行一遍这个脚本，脚本过滤出来的地址即为请求允许发送到的、有效的地址集合

下面是个例子，可使用 `javascript` 进行脚本编写

```
configVersion: v3.0
key: demo-provider
type: javascript
enabled: true
script: |
```

```
(function route(invokers, invocation, context) {  
    var result = new java.util.ArrayList(invokers.size());  
    for (i = 0; i < invokers.size(); i++) {  
        if ("10.20.3.3".equals(invokers.get(i).getUrl().getHost())) {  
            result.add(invokers.get(i));  
        }  
    }  
    return result;  
} (invokers, invocation, context)); // 表示立即执行方法
```

动态配置

是“动态化”的总称，包含标签路由、条件路由和服务参数动态修改

无需重启应用的情况下，实现**热部署**，**动态调整**RPC调用行为

动态配置路由 = 动态打标 + 动态条件路由 + 动态服务参数修改

有以下关键信息值得注意：

- 设置规则生效过滤条件
- 设置规则生效范围
- 选择规则管理粒度

Dubbo的SPI

SPI是什么

是一种**服务发现机制**，它可以用来实现**接口与实现解耦**，让系统在运行时可以动态加载某个接口的实现类，而不用硬编码接口的实现类

Dubbo的SPI的相关逻辑被封装在了 `ExtensionLoader` 类中，通过 `ExtensionLoader`，我们可以加载指定的实现类

- 在接口上加上 `@SPI` 注解，标记接口为可扩展点
- 所需的配置文件需放置在 `META-INF/dubbo` 路径下
- `Dubbo SPI` 是通过键值对的方式进行配置，这样就可以按需加载指定的实现类

```
dog=com.sunnick.animal.impl.Dog  
cat=com.sunnick.animal.impl.Cat
```

```

public void testDubboSPI(){
    System.out.println("====dubbo SPI====");
    ExtensionLoader<Animal> extensionLoader =
        ExtensionLoader.getExtensionLoader(Animal.class);
    Animal cat = extensionLoader.getExtension("cat");
    cat.run();
    Animal dog = extensionLoader.getExtension("dog");
    dog.run();
}

```

java原生SPI有以下几个缺点：

- 需要遍历所有的实现并实例化，无法只加载某个指定的实现类，加载机制不够灵活
- 配置文件中没有给实现类命名，无法在程序中准确的引用它们

Dubbo的SPI解决了以上痛点，具有以下几个**重要机制**

- **@SPI** 注解：在接口上注解，标识接口是一个 Dubbo 扩展点，可以指定一个默认实现名
- **@Adaptive** 注解：在实现类上注解，用于生成一个**自适应扩展类**，会根据运行时参数**自动加载所需的实现类**
- **Wrapper** 机制：Dubbo 在创建某个扩展点的实例时，**自动用包装类套一层**，从而增强功能
 - 需要创建一个包装类和实现类，并对这两个类进行SPI的配置

```

public class LogWrapper implements Log {
    private final Log log; // 注意：构造函数参数是接口类型

    public LogWrapper(Log log) { // 这一点非常关键！！
        this.log = log;
    }

    @Override
    public void info(String msg) {
        System.out.println("[Before]"); // AOP增强
        log.info(msg);
        System.out.println("[After]"); // AOP增强
    }
}

```


使用

创建应用

Maven配置文件

在 Maven 文件通过引入 `dubbo-spring-boot-starter` 实现引入Dubbo核心依赖，自动扫描dubbo相关配置与注解

```
<dependencyManagement>
  <dependencies>
    <dependency>
      <groupId>org.apache.dubbo</groupId>
      <artifactId>dubbo-bom</artifactId>
      <version>3.3.0</version>
      <type>pom</type>
      <scope>import</scope>
    </dependency>
  </dependencies>
</dependencyManagement>
```

在相应模块的pom中增加必要的 `starter` 依赖

```
<dependencies>
  <dependency>
    <groupId>org.apache.dubbo</groupId>
    <artifactId>dubbo-spring-boot-starter</artifactId>
  </dependency>
  <dependency>
    <groupId>org.apache.dubbo</groupId>
    <artifactId>dubbo-zookeeper-spring-boot-starter</artifactId>
  </dependency>
</dependencies>
```

application.yml 配置文件

```
dubbo:
  application:
    name: dubbo-springboot-demo-provider
    logger: slf4j
```

```
protocol:
  name: tri
  port: -1
registry:
  address: zookeeper://127.0.0.1:2181
```

- `dubbo.application.name` : 服务名称, 唯一, 根据此名称在注册中心进行注册
- `dubbo.protocol.name` : 使用的RPC协议
- `dubbo.protocol.port` : 服务暴露端口
 - 可设置为-1, 那么Dubbo将会自动分配空闲窗口
 - 设置的 `ip:port` 将会在注册中心进行**服务注册**
- `dubbo.registry.address` : 注册中心的IP地址

Dubbo注解

- `@DubboService` : 实现Dubbo的**服务暴露**, 且可以在这个注解上设置**常见的服务参数**
- `@DubboReference` : 自动引入**Dubbo服务实例**, 直接在代码中进行使用
- `@EnableDubbo` : 必须配置, 否则无法加载Dubbo注解定义的服务, 一般加在**启动类**上
 - 默认只会扫描启动类所在的包, 如果服务在其他包, 需要增加配置, 如

```
EnableDubbo(scanBasePackages =
{"org.apache.dubbo.springboot.demo.provider"})
```

RPC协议配置

以 `Triple` 协议为例

- 如上, 已对RPC协议在 `application.yaml` 文件进行配置
 - 同一服务也可以提供**多种协议访问方式**

```
dubbo:
  application:
    name: dubbo-springboot-demo-provider
    logger: slf4j
  protocol:
    name: tri
    port: -1
```

```
registry:
  address: zookeeper://127.0.0.1:2181
```

- 接着需要进行IDL文件进行服务定义
 - 支持多语言，但学习成本较高
 - 需要使用Dubbo提供的 `protoc` 编译插件将IDL文件编译成stub桩文件

使用Protobuf开发Triple通信服务

1. 引入pom依赖

```
<plugin>
  <groupId>org.apache.dubbo</groupId>
  <artifactId>dubbo-maven-plugin</artifactId>
  <version>${dubbo.version}</version> <!-- 3.3.0及以上版本 -->
  <configuration>
    <outputDir>build/generated/source/proto/main/java</outputDir> <!--
  </configuration>
</plugin>
```

`configuration` 可配置参数，介绍常用的

- `outputDir` : 生成的Java文件存放目录
- `protoSourceDir` : proto文件存放目录

2. 编写IDL文件，后缀为 `.proto`

```
syntax = "proto3";
option java_multiple_files = true;
package org.apache.dubbo.samples.tri.unary;

message GreeterRequest {
  string name = 1;
}
message GreeterReply {
  string message = 1;
}

service Greeter{
```

```
    rpc greet(GreeterRequest) returns (GreeterReply);  
}
```

- `syntax` : 指定语法版本, 必须写在文件第一行
- `package` : 设置存放生成的Java代码的目录
- `option` : 可选项, 控制代码生成的细节
- `message` : 定义数据结构, 相当于Java的类, 每个字段都有
 - **类型**
 - **名称**
 - **唯一编号**: 就是字段后面的数字, 是二进制序列化的关键
- `service` : 定义服务接口
 - `rpc` 后面是方法名
 - 括号里第一个是请求类型
 - `returns()` 中是返回类型

注册中心

常用注册中心

- `Nacos` : 引入 `dubbo-nacos-spring-boot-starter`
- `Zookeeper` : 引入 `dubbo-zookeeper-spring-boot-starter`
- `Kubernetes Service`

配置

- 在 `application.yml` 文件进行配置

```
dubbo  
  registry  
    address: nacos://localhost:8848
```

- 全局延时注册 (单位为**毫秒**), 也支持**部分服务延时注册** (需要在 `@DubboService` 或者 `@DubboReference` 进行配置)

```
dubbo:  
  provider:
```

```
delay: 5000
```

只注册

- 使用场景：服务提供者只注册自己的服务，但不关心其它服务，不依赖其它服务
- 当前服务提供者不订阅注册中心的服务，只注册自己

```
dubbo:
  registry:
    subscribe: false
```

只订阅

- 使用场景：服务提供者正在进行开发，暂时不想被消费者调用，且需要对其它服务进行订阅
- 当前服务提供者不会注册到注册中心

```
dubbo:
  registry:
    register: false
```

权限控制

通过令牌验证在注册中心控制权限，以决定要不要下发令牌给消费者，可以防止消费者绕过注册中心访问提供者

步骤

1. 提供者配置 token

```
dubbo:
  provider:
    token: true      # 自动生成 UUID
```

2. 注册中心记录token

3. 消费者订阅服务

- 消费者会**自动**从注册中心获取token
- Dubbo内部会把token放到RPC调用的 `metadata` 中
- 调用提供者时，Dubbo会验证token

流量管控

操作步骤

1. 打开Dubbo Admin控制台
2. 进入服务治理 > 动态配置
3. 点击创建，配置规则**key**、**服务名**和**timeout值**（是热更新），并进行保存

```
configVersion: v3.0
enabled: true
configs:
  - side: provider
    parameters:
      timeout: 2000
      retries: 5
```

- `configVersion`：动态配置规则版本
- `enabled`：是否启用规则
- `side`：配置作用对象，可以为 `Provider`，也可以为 `Consumer`
- `parameters.timeout`：超时时间
- `retries`：服务重试次数
- `accesslog`：是否开启访问日志

参数路由

对条件、标签路由进行动态配置

```
configVersion: v3.0
key: org.apache.dubbo.samples.DetailService
scope: service
force: false
enabled: true
priority: 1
```

```
conditions:
  - method=getItem & arguments[1]=dubbo => detailVersion=v2
```

- `key` : 规则标识
- `force` : 强制路由，如果匹配不到目标实例，则随机访问其他可用实例
- `enabled` : 是否生效
- `priority` : 规则优先级
- `conditions` : 条件路由规则
 - 条件语法

```
method=<方法名> & arguments[<索引>]=<值> => <标签>=<值>
```

权重分流

可以通过路由配置进行流量分流

```
configVersion: v3.0
scope: service
key: org.apache.dubbo.samples.OrderService
configs:
  - side: provider
    match:
      param:
        - key: orderVersion
          value:
            exact: v2
      parameters:
        weight: 25
```

- `scope` : 规则作用范围
- `configs` : 配置列表
- `side` : 规则作用对象
- `match` : 匹配条件
 - `key` : 实例标签名
 - `value.exact` : 标签值

- `parameters.weight` : 权重值 (0-100)

RPC框架

消费端线程模型

 image-20251018133145303

1. 业务端发起请求，拿到一个Future实例
2. 调用 `future.get()` 之前，先调用 `ThreadlessExecutor.wait()`，`wait` 会使业务线程在一个阻塞队列上等待，直到队列中被加入元素
3. 业务数据返回一个** `Runnable Task` **，放入到 `ThreadlessExecutor` 队列
4. 业务现场从队列拿出数据，进行RPC反序列化并进行 `future.set()`
5. 业务线程拿到结果进行返回

提供端线程模型

以Triple为例

 image-20251018133818557

序列化和反序列化操作都在Dubbo线程上工作，而IO线程并没有承载这些工作

异步调用

Dubbo线程池：处理RPC网络通信相关的任务，包括请求接收、响应发送、序列化/反序列化等

可分为 `Provider` 异步调用和 `Consumer` 异步调用两种模式，二者**相互独立**，可进行任意正交组合

- `Consumer` 异步调用指的是发起RPC调用后**立即返回**，调用线程执行其他任务，当响应结果返回后通过**回调函数**通知消费端结果
 - 让IO线程进行请求参数的序列化，请求的发送等工作，使网络IO和业务线程解耦

消费端异步调用工作示例

 image-20251021113319445

- `Provider` 端异步执行**将阻塞的业务从 Dubbo 内部线程池切换到业务自定义线程**，避免Dubbo线程池的过度占用

Provider异步

- 接口定义使用 `CompletableFuture`
- 服务实现需要使用 `CompletableFuture` 设置回调函数
 - 使用这个类可以将线程从Dubbo线程切换到业务线程，防止对Dubbo线程池的阻塞
 - 当结果未响应时，返回 `null`

接口定义

```
public interface AsyncService {  
    /**  
     * 同步调用方法  
     */  
    String invoke(String param);  
    /**  
     * 异步调用方法  
     */  
    CompletableFuture<String> asyncInvoke(String param);  
}
```

接口实现

```
@DubboService  
public class AsyncServiceImpl implements AsyncService {  
  
    @Override  
    public CompletableFuture<String> asyncInvoke(String param) {  
        // 建议为supplyAsync提供自定义线程池  
        return CompletableFuture.supplyAsync(() -> {  
            try {  
                // Do something  
                long time = ThreadLocalRandom.current().nextLong(1000);  
                Thread.sleep(time);  
                StringBuilder s = new StringBuilder();  
                s.append("AsyncService asyncInvoke param:").append(param).  
                return s.toString();  
            } catch (InterruptedException e) {  
                Thread.currentThread().interrupt();  
            }  
            return null;  
        });  
    }  
}
```

Consumer异步

- 方法一：使用 `CompletableFuture` 声明服务方法返回值
 - 使用 `whenComplete` 方法写业务逻辑

```
@Override
public void run(String... args) throws Exception {
    //调用异步接口
    CompletableFuture<String> future1 = asyncService.asyncInvoke("async call");
    future1.whenComplete((v, t) -> {
        if (t != null) {
            t.printStackTrace();
        } else {
            System.out.println("AsyncTask Response-1: " + v);
        }
    });
}
```

- 方法二：在注解中配置 `async` 参数

```
@DubboReference(async="true")
private AsyncService asyncService;
```

- 其它配置

- 可以设置客户端**是否等待消息成功发出**
 - `sent` 为true客户端则会等待消息成功发出，否则抛出异常
 - `sent` 为false客户端则不等待消息发出

```
@DubboReference(methods = {@Method(name = "sayHello", timeout = 5000,
private AsyncService asyncService;
```

- 可以选择是否忽略返回值
 - `return` 为false则表示忽略返回值，不创建 `future` 对象，减少资源开销

```
@DubboReference(methods = {@Method(name = "sayHello", timeout = 5000,
private AsyncService asyncService;
```

泛化调用

核心：调用端不依赖具体接口类型，不需要在编译期知道服务提供方的接口定义

可以通过一个通用的 `GenericService` 接口对所有服务发起请求，使用场景如下：

- 网关服务
- 测试平台

泛化调用中调用端需要知道

- 服务接口名
- 方法名
- 参数值和参数类型

Spring调用方式（以XML为例）

1. 生产者端无需改动
2. 消费者端原有的 `dubbo:reference` 标签加上 `generic=true` 的属性
3. 获取到 Bean 容器，通过 Bean 容器拿到 `GenericService` 实例。
4. 调用 `$invoke` 方法获取结果
 - 方法名
 - 参数类型数组
 - 参数值数组

```
private static GenericService genericService;

public static void main(String[] args) throws Exception {
    ClassPathXmlApplicationContext context = new ClassPathXmlApplicati
    context.start();
    //服务对应bean的名字由xml标签的id决定
    genericService = context.getBean("helloService");
    //获得结果
    Object result = genericService.$invoke("sayHello", new String[]{"j
}
```

当然也可以通过注解的方式进行服务接口名的声明

```
@DubboReference(
    interfaceName = "com.example.UserService", // 必须指定接口名字符串
    generic = true                               // 启用泛化调用
```

```
)  
private GenericService genericService;
```

Filter拦截器

Dubbo Filter 是基于**SPI**的拦截器，用于在RPC调用链路上增强功能

```
@SPI(scope = ExtensionScope.MODULE)  
public interface Filter extends BaseFilter {}
```

使用步骤

1. 定义自己的Filter，实现 Filter 接口

```
@Activate(group = {Constants.PROVIDER, Constants.CONSUMER}) // 可选，自动激活  
public class MyFilter implements Filter {  
  
    @Override  
    public Result invoke(Invoker<?> invoker, Invocation invocation) throws Throwable {  
        // 请求前逻辑  
        System.out.println("Before RPC: " + invocation.getMethodName());  
  
        // 调用下一个 Filter 或 RPC 实现  
        Result result = invoker.invoke(invocation);  
  
        // 请求后逻辑  
        System.out.println("After RPC: " + invocation.getMethodName());  
  
        return result;  
    }  
}
```

- 可实现自动激活
- @Activate 常用属性
 - group：指定作用端（Provider/Consumer）
 - value：指定 URL 参数名，当 URL 中存在这些参数时才激活
 - order：控制执行顺序，越小越先执行

2. 进行SPI（服务发现机制）注册

- 在 META-INF/dubbo/org.apache.dubbo.rpc.Filter 进行注册

超时时间

上文简单了提了下，现在进行详细阐述

- 可以进行全局超时时间配置

```
dubbo:
  provider:
    timeout: 5000
```

- 消费端对特定方法进行超时时间配置，提供端同理

```
@DubboReference(methods = {@Method(name = "sayHello", timeout = 5000)})
private DemoService demoService;
```

配置形式的优先级从高到低依次为： 方法级别配置 > 服务级别配置 > 全局配置 > 默认值

Deadline机制

 image-20251018141038253

- A调用B设置了超时时间为5s，因此 B->C->D 总计处理时间应该不超过5s
- Deadline机制是把 B->C->D 看成一个整体，随着时间流逝 deadline 会从 5s 逐步扣减，比如 C 收到请求时已经过去了 3s，则 C->D 的超时时间只剩下 2s

全局开启 deadline 机制

```
dubbo:
  provider:
    timeout: 5000
    parameters.enable-timeout-countdown: true
```

指定某个服务开启 deadline 机制

```
@DubboReference(timeout=5000, parameters={"enable-timeout-countdown", "true"})
private DemoService demoService;
```

集群容错

当集群调用失败时，Dubbo提供多种容错方案，默认为 `failover` 重试

调用链路

- 集群容错机制 (Cluster)
- 目录服务 (Directory)
- 路由 (Router)
- 负载均衡 (LoadBalance)
- 最终调用者 (Invoker)

image-20251018142537953

各节点关系：

- `Invoker` 是 `Provider` 的一个可调用的 `Service` 的抽象，`Invoker` 封装了 `Provider` 地址以及 `Service` 的接口信息
- `Directory` 代表多个 `Invoker`
- `Cluster` 将 `Directory` 中的多个 `Invoker` 伪装成一个 `Invoker`，对上层透明，伪装过程包含了容错逻辑，调用失败后，重试另一个
- `Router` 负责从多个 `Invoker` 中按路由规则选出子集
- `LoadBalance` 负责从多个 `Invoker` 中选出具体的一个用于本次调用

集群容错模式

- `Failover Cluster`：失败自动切换，当出现失败，重试其它服务器
- `failfast Cluster`：快速失败，只发起一次调用，失败立即报错
- `Failsafe Cluster`：失败安全，出现失败时，直接忽略
- `Failback Cluster`：失败自动恢复，后台记录失败请求，定时重发
- `Forking Cluster`：并行调用多个服务器，只要一个成功即返回
- `Broadcast Cluster`：广播调用所有提供者，逐个调用，任意一台报错则报错