

RabbitMQ

是一种消息队列，负责在不同的服务之间传递消息

核心作用：解耦、异步、削峰填谷、可靠消息传递

同步调用

整个流程是**顺序执行**的，一步接一步，必须等前一步完成才能开始下一步

优势：

- 时效性强，等待到结果才返回

问题：

- 扩展性差
- 性能下降
- 级联失败

异步调用

基于消息通知的方式，包含三个角色：

- **消息发送者：**投递消息的人，就是原来的**调用者**
- **消息接收者：**接收和处理消息的人，就是原来的**服务提供者**
- **消息代理：**管理、暂存、转发消息

优势：

- 耦合度低，扩展性强
- 异步调用，无需等待
- 故障隔离，下游服务故障不影响上游服务
- 缓存消息，流量削峰填谷

问题：

- 不能立刻得到结果，时效性差
- 不确定下游业务是否执行成功

基本介绍

RabbitMQ整体架构

- `virtual-host` : 虚拟主机, 起到数据隔离的作用
- `publisher` : 消息发送者
- `consumer` : 消息的消费者
- `queue` : 队列, 存储信息
- `exchange` : 交换机, 负责路由消息

 image-20251004143308203

Java客户端

使用 `Spring AMQP` 进行开发, 是基于** `AMQP` **协议定义的一套API规范

操作步骤

- 导入依赖

```
<dependency>
    <groupId>org.springframework.boot</groupId>
    <artifactId>spring-boot-starter-amqp</artifactId>
</dependency>
```

- 进行配置

```
spring:
  rabbitmq:
    host: 192.168.150.101 # 你的虚拟机IP
    port: 5672 # 端口
    virtual-host: /hmall # 虚拟主机
    username: hmall # 用户名
    password: 123 # 密码
```

- `SpringAMQP` 提供了 `RabbitTemplate` 工具类, 方便我们发送消息
 - 使用的时候引入 `RabbitTemplate` 工具类, 使用两个参数的 `convertAndSend` 方法指定队列名和信息进行消息发送

- SpringAMQP 提供声明式的消息监听，我们需要通过注解在方法上声明要监听的队列名称
 - 自定义类，并使用 @Component 将其注册为Bean对象
 - 使用 @RabbitListener 声明要监听的队列名

Work Queues

任务模型，让多个消费者绑定到一个队列，共同消费队列中的消息

- 同一个消息只能被一个消费者处理
- 默认情况下，多条消息会采用轮询的方式被均匀分配给多个消费者，不会根据消费者的处理速度或负载来调整分配，而是严格按顺序分发
 - 修改配置文件，设置 prefetch 值为1，确保同一时刻最多投递给消费者1条消息，实现能者多劳

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        prefetch: 1 # 每次只能获取一条消息，处理完成才能获取下一个消息
```

image-20251005125952532

交换机

交换机的作用主要是接收发送者发送的消息，并将消息路由到与其绑定的队列

常用交换机类型：

- Fanout ：广播
- Direct ：定向
- Topic ：话题

Fanout交换机

Fanout Exchange 会将接收到的消息路由到**每一个跟其绑定的 queue **，也叫广播模式

使用步骤：

- 同上，但是使用三个参数的 `convertAndSend` 方法指定交换机名称、队列名和信息进行消息发送

```
rabbitTemplate.convertAndSend(exchangeName, null, message);
```

Direct交换机

`Direct Exchange` 会将接收到的消息根据规则路由到指定的Queue，称为**定向路由**

- 每一个Queue都与Exchange设置一个** `BindingKey` **
- 发布者发送消息时，指定消息的** `RoutingKey` **
- Exchange将消息路由到 `BindingKey` 与消息 `RoutingKey` 一致的队列

 image-20251005141740256

使用方式：

- 使用三个参数的 `convertAndSend` 方法指定 `RoutingKey`

```
rabbitTemplate.convertAndSend(exchangeName, "red", message);
```

Topic交换机

`Topic Exchange` 也是基于 `RoutingKey` 做消息路由，但是 `RoutingKey` 通常是多个单词的组合，并且以 `.` 分割

`Queue` 与 `Exchange` 指定 `BindingKey` 时可以使用通配符：

- `#`：代指0或多个单词
- `*`：代指一个单词

 image-20251005143159018

使用方式：

- 使用三个参数的 `convertAndSend` 方法指定 `RoutingKey`

```
rabbitTemplate.convertAndSend(exchangeName, "usa.news", message);
```

声明队列交换机

基于Bean声明交换机

SpringAMQP 提供了几个类，用来声明队列、交换机及其绑定关系

- Queue：用于声明队列，可以用工厂类 QueueBuilder 构建
- Exchange：用于声明交换机，可以用工厂类 ExchangeBuilder 构建

image-20251005143848191

- Binding：用于声明队列和交换机的绑定关系，可以用工厂类 BindingBuilder 构建

例如：需要使用自定义配置类进行声明

- Binding bindingQueue1(Queue fanoutQueue1, FanoutExchange fanoutExchange)：参数是Bean对象，Spring默认传入

```
@Configuration
public class FanoutConfig {
    /**
     * 声明交换机
     * @return Fanout类型交换机
     */
    @Bean
    public FanoutExchange fanoutExchange(){
        return new FanoutExchange("hmall.fanout");
    }

    /**
     * 第1个队列
     */
    @Bean
    public Queue fanoutQueue1(){
        return new Queue("fanout.queue1");
    }

    /**
     * 绑定队列和交换机
     */
    @Bean
```

```

    public Binding bindingQueue1(Queue fanoutQueue1, FanoutExchange fanout
        return BindingBuilder.bind(fanoutQueue1).to(fanoutExchange);
    }

    /**
     * 第2个队列
     */
    @Bean
    public Queue fanoutQueue2(){
        return new Queue("fanout.queue2");
    }

    /**
     * 绑定队列和交换机
     */
    @Bean
    public Binding bindingQueue2(Queue fanoutQueue2, FanoutExchange fanout
        return BindingBuilder.bind(fanoutQueue2).to(fanoutExchange);
    }
}

```

基于注解声明交换机

SpringAMQP 还提供了基于 `@RabbitListener` 注解声明队列和交换机的方式：

- 使用 `bindings` 参数指定绑定关系
 - 使用 `values` 参数指定消息队列
 - 使用 `exchange` 参数指定交换机
 - 使用 `name` 参数指定交换机名称，使用 `type` 指定交换机类型
 - 使用 `key` 指定 `bindingKeys`，接收参数为 `List` 类型

```

    @RabbitListener(bindings = @QueueBinding(
        value = @Queue(name = "direct.queue1"),
        exchange = @Exchange(name = "hmall.direct", type = ExchangeTypes.DIRECT),
        key = {"red", "blue"}
    ))
    public void listenDirectQueue1(String msg){
        System.out.println("消费者1接收到direct.queue1的消息: [" + msg + "]);
    }
}

```

消息转换器

底层会基于JDK自带序列化方式对对象进行序列化

建议采用**JSON序列化**代替默认的JDK序列化：

- 引入 `jackson` 依赖

```
<dependency>
  <groupId>com.fasterxml.jackson.dataformat</groupId>
  <artifactId>jackson-dataformat-xml</artifactId>
  <version>2.9.10</version>
</dependency>
```

- 在启动类配置 `MessageConverter`

```
@Bean
public MessageConverter messageConverter(){
    // 1. 定义消息转换器
    Jackson2JsonMessageConverter jackson2JsonMessageConverter = new Jackson2JsonMessageConverter();
    // 2. 配置自动创建消息id，用于识别不同消息，也可以在业务中基于ID判断是否是重复消息
    jackson2JsonMessageConverter.setCreateMessageIds(true);
    return jackson2JsonMessageConverter;
}
```

发送者可靠性

发送者重连

可能会出现发送者连接MQ失败的情况，通过配置可以开启连接失败后的重连机制：

- 但是重连机制是阻塞的，会影响业务性能

```
spring:
  rabbitmq:
    connection-timeout: 1s # 设置MQ的连接超时时间
    template:
      retry:
        enabled: true # 开启超时重试机制
        initial-interval: 1000ms # 失败后的初始等待时间
        multiplier: 1 # 失败后下次的等待时长倍数，下次等待时长 = initial-interval * multiplier
        max-attempts: 3 # 最大重试次数
```

发送者确认

- `ConfirmCallback` 关注 消息是否到达 `Exchange`
 - 消息到达`Exchange`返回`ACK`，否则返回`NACK`
- `ReturnsCallback` 关注 消息是否从 `Exchange` 路由到 `Queue`
 - 触发条件是：消息成功到达 `Exchange`，但无法路由到任何队列

`SpringAMQP` 提供了** `Publisher Confirm` 和 `Publisher Return` **两种确认机制，开启确认机制后，发送者发送信息给MQ，MQ会返回确认结果给发送者，有以下几种情况：

- 消息投递到了MQ，但是路由失败，此时会通过 `PublisherReturn` 返回路由异常原因，然后返回 `ACK`，告知投递成功
- 临时消息投递到了 `Exchange`，并且入队成功，通过 `PublisherConfirm` 返回 `ACK`，告知投递成功
- 持久消息投递到了 `Exchange`，并且入队成功并完成持久化，通过 `PublisherConfirm` 返回 `ACK`，告知投递成功
- 其它情况都会返回 `NACK`，告知投递失败

开启确认机制

- 在 `yaml` 文件添加配置
 - `publisher-confirm-type` 有三种模式可选：
 - `none`：关闭 `confirm` 机制
 - `simple`：同步阻塞等待MQ的回执信息
 - `correlated`：MQ异步回调方式返回回执信息

```
spring:
  rabbitmq:
    publisher-confirm-type: correlated # 开启publisher confirm机制，并设置co
    publisher-returns: true # 开启publisher return机制
```

- 每个 `RabbitTemplate` 在项目启动的时候配置一个 `ReturnCallback`

```
@Slf4j
@AllArgsConstructor
@Configuration
public class MqConfig {
    private final RabbitTemplate rabbitTemplate;

    @PostConstruct
```



```

public void init(){
    rabbitTemplate.setReturnsCallback(new RabbitTemplate.ReturnsCallback() {
        @Override
        public void returnedMessage(ReturnedMessage returned) {
            log.error("触发return callback,");
            log.debug("exchange: {}", returned.getExchange());
            log.debug("routingKey: {}", returned.getRoutingKey());
            log.debug("message: {}", returned.getMessage());
            log.debug("replyCode: {}", returned.getReplyCode());
            log.debug("replyText: {}", returned.getReplyText());
        }
    });
}

```

- 发送消息的时候指定消息ID、消息 ConfirmCallback
 - 需要获取 Future 对象并且重写两个方法，定义回调函数
 - 发送消息的时候需要把 CorrelationData 对象发送过去，后续可以通过其获取执行结果

```

@Test
void testPublisherConfirm() {
    // 1.创建CorrelationData
    CorrelationData cd = new CorrelationData();
    // 2.给Future添加ConfirmCallback
    cd.getFuture().addCallback(new ListenableFutureCallback<CorrelationData>() {
        @Override
        public void onFailure(Throwable ex) {
            // 2.1.Future发生异常时的处理逻辑，基本不会触发
            log.error("send message fail", ex);
        }
        @Override
        public void onSuccess(CorrelationData.Confirm result) {
            // 2.2.Future接收到回执的处理逻辑，参数中的result就是回执内容
            if(result.isAck()){ // result.isAck(), boolean类型，true代表ack成功
                log.debug("发送消息成功，收到 ack!");
            }else{ // result.getReason(), String类型，返回nack时的异常描述
                log.error("发送消息失败，收到 nack, reason : {}", result.getReason());
            }
        }
    });
    // 3.发送消息
    rabbitTemplate.convertAndSend("hmall.direct", "q", "hello", cd);
}

```

数据持久化

RabbitMQ实现数据持久化包括3个方面：

- 交换机持久化
- 队列持久化
- 消息持久化
 - 会把消息同时保存在内存和磁盘

消息非持久化的问题：

- 内存达到上限，需要把数据临时写入磁盘缓解内存压力，此时会造成MQ阻塞
- 消息可能会丢失

Lazy Queue

惰性队列：

- 接收到消息后直接存入磁盘，不再存储到内存
 - 所有消息（包括非持久化消息）都会写入到磁盘，但重启后非持久化消息不会保留
- 消费者要消费消息时才会从磁盘中读取并加载到内存（可以提前缓存部分消息到内存，最多2048条）

在3.12版本后，所有队列都是Lazy Queue模式，无法更改

声明方式：声明队列时，指定 `x-queue-mode` 属性为lazy即可

- 基于Bean的方式

```
@Bean
public Queue queue(){
    return QueueBuilder
        .durable("Lazy-queue")
        .lazy()
        .build();
}
```

- 基于注解的方式

```
@RabbitListener(queuesToDeclare = @Queue(
    name = "lazy.queue",
```

```
        durable = "true",
        arguments = @Argument(name = "x-queue-mode", value = "lazy")
    ))
    public void listenLazyQueue(String msg){
        log.info("接收到 lazy.queue的消息: {}", msg);
    }
}
```

image-20251006144125410

消费者的可靠性

消费者确认机制

是为了确认消费者**是否成功处理消息**，当消费者处理消息结束后，应该向RabbitMQ发送一个回执，告知RabbitMQ自己的**消息处理状态**：

- **ack**：成功处理消息，RabbitMQ从队列中**删除该消息**
- **nack**：消息处理失败，RabbitMQ需要**再次投递消息**
- **reject**：消息处理失败并拒绝该消息，RabbitMQ从队列中**删除该消息**
 - 消息格式有问题，无论重试几次都会失败

SpringAMQP 允许我们**通过配置文件选择ACK处理方式**：

- **none**：不处理。消息投递给消费者后立刻ack，消息会立刻从MQ删除，非常不安全
- **** manual ****：手动模式。需要自己在业务代码中调用api，发送ack或者reject，灵活
- **auto**：自动模式。SpringAMQP 利用AOP对我们的消息处理逻辑做了环绕增强，当业务正常执行时自动返回ack，出现异常时根据异常判断返回不同结果：
 - 业务异常，返回nack
 - 消息处理或校验异常，返回reject

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        acknowledge-mode: none # 不做处理
```

消费者失败重试机制

SpringAMQP 提供了消费者**失败重试机制**，在消费者出现异常时**利用本地重试**，而不是无限的requeue到MQ

可以通过 `yaml` 文件进行配置：

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        retry:
          enabled: true # 开启消费者失败重试
          initial-interval: 1000ms # 初识的失败等待时长为1秒
          multiplier: 1 # 失败的等待时长倍数，下次等待时长 = multiplier * last-
          max-attempts: 3 # 最大重试次数
          stateless: true # true无状态；false有状态。如果业务中包含事务，这里改为
```

开启重试模式之后，重试次数耗尽，如果消息依然失败，则需要用** `MessageRecoverer` ** 接口来处理，它包含三种不同的实现：

- `RejectAndDontRequeueRecoverer`：重试耗尽后，直接reject，丢弃消息，默认的实现方式
- `ImmediateRequeueMessageRecoverer`：重试耗尽后，返回nack，消息重新入队
- `RepublishMessageRecoverer`：重试耗尽后，将失败消息投递到指定的交换机

实现方式：

- 定义接受失败消息的交换机、队列及其绑定关系
- 定义 `RepublishMessageRecoverer`，声明为Bean对象

```
@Bean
public MessageRecoverer errorMessageRecover(RabbitTemplate rabbitTemp
    return new RepublishMessageRecoverer(rabbitTemplate,"error.direct"
}
```

业务幂等性

幂等是一个数学概念，即 $f(x)=f(f(x))$ ，指的是用一个业务，执行一次或多次对业务状态的影响是一致的

 image-20251006152239253

唯一消息id

给每个消息都设置一个唯一id，利用id区分是否是重复消息：

- 每一条消息都生成一个唯一的id，与消息一起投递给消费者
- 消费者接收到消息后处理自己的业务，业务处理成功后将消息ID保存到数据库
- 下次又收到相同消息，去数据库查询是否存在，存在则视为重复消息放弃处理

在消息转换器中进行设置

```
@Bean
public MessageConverter messageConverter(){
    // 1. 定义消息转换器
    Jackson2JsonMessageConverter jjmc = new Jackson2JsonMessageConverter()
    // 2. 配置自动创建消息id，用于识别不同消息，也可以在业务中基于ID判断是否是重复消息
    jjmc.setCreateMessageIds(true);
    return jjmc;
}
```

监听的时候使用 `Message` 类型进行接收

- 使用 `getBody()` 获得消息信息
- 使用 `getMessageProperties().getMessageId()` 获得消息ID

延迟消息

延迟消息：发送者发送消息时指定一个时间，消费者不会立刻收到信息，而是指定时间之后才收到消息

死信交换机

当一个队列中的消息满足下列情况之一时，可以成为**死信**：

- 消费者使用 `basic.reject` 或 `basic.nack` 声明消费失败，并且消息的 `requeue` 参数设置为false
- 消息是一个**过期消息**，超时无入消费
- 要投递的**队列消息满了**，无法投递

如果一个队列中的消息已经成为死信，并且这个队列通过** `dead-letter-exchange` 属性指定了一个交换机，那么队列中的死信就会投递到这个交换机中，而这个交换机就称为死信交换机**

 image-20251006154840679

- 给消息设置过期时间

- 普通队列不设置消费者
- 消息过期后投递给死信交换机，交给其消费者处理

延迟消息插件

可以将普通交换机改造为支持延迟消息功能的交换机，当消息投递到交换机后可以暂存一定时间，到期后再投递给队列

 image-20251006155739041

需要下载插件，并将其集成到RabbitMQ中

基于注解的方式：在 `@Exchange` 注解增加一个 `delayed` 的参数，使其为true

```
@RabbitListener(bindings = @QueueBinding(
    value = @Queue(name = "delay.queue", durable = "true"),
    exchange = @Exchange(name = "delay.direct", delayed = "true"),
    key = "delay"
))
public void listenDelayMessage(String msg){
    log.info("接收到delay.queue的延迟消息: {}", msg);
}
```

基于Bean的方式：使用 `.delayed()` 声明

```
@Bean
public DirectExchange delayExchange(){
    return ExchangeBuilder
        .directExchange("delay.direct") // 指定交换机类型和名称
        .delayed() // 设置delay的属性为true
        .durable(true) // 持久化
        .build();
}
```

发送消息的时候需要通过消息头 `x-delay` 来设置过期时间

- 使用一个消息后置处理器的匿名内部类，使用 `.getMessageProperties()` 方法获取消息头，用 `.setDelay()` 方法对消息设置过期时间

```
// 2.发送消息，利用消息后置处理器添加消息头
rabbitTemplate.convertAndSend("delay.direct", "delay", message, new MessagePostProcessor() {
    @Override
    public Message postProcessMessage(Message message) throws AmqpException {
        // 添加延迟消息属性
        message.getMessageProperties().setDelay(5000);
        return message;
    }
});
```