新工科建设之路·计算机类规划教材

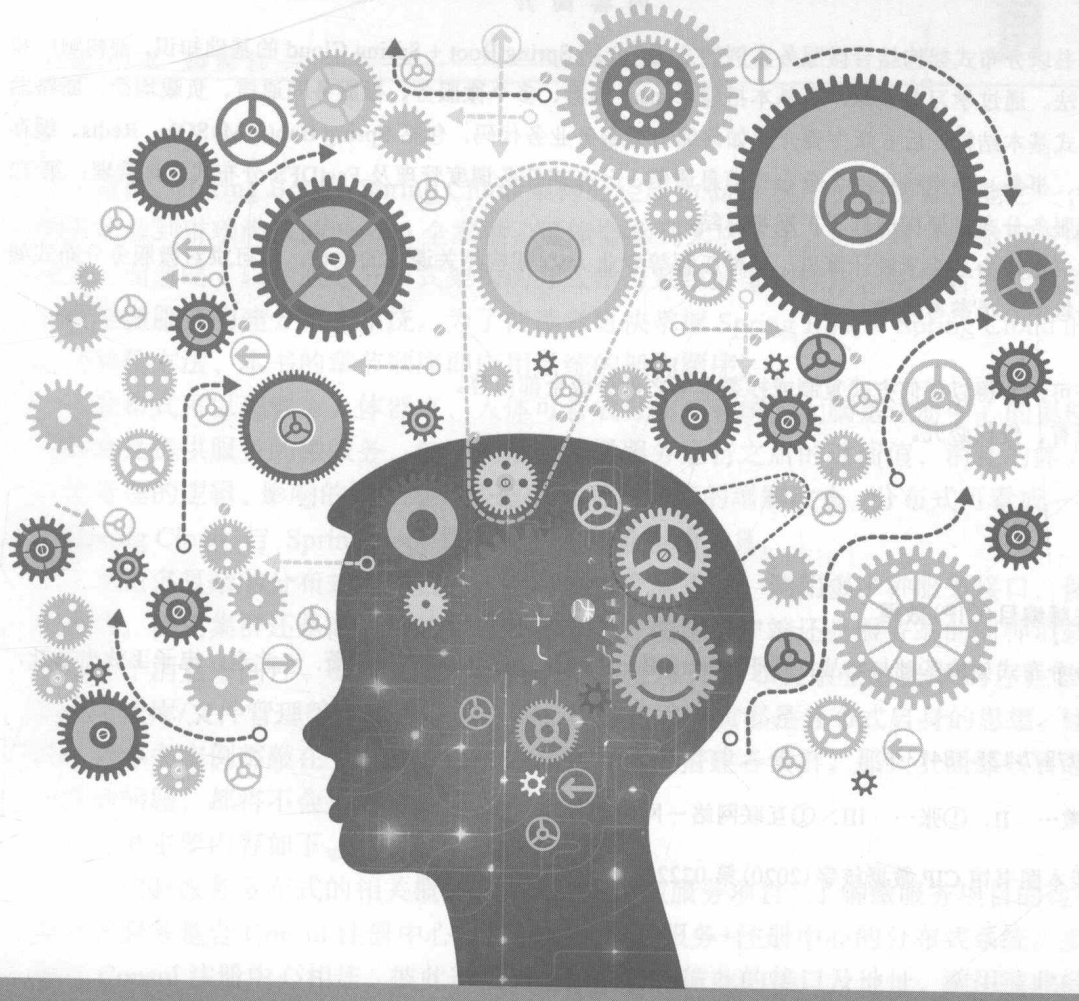
微服务分布式架构基础与实战

——基于 Spring Boot + Spring Cloud

张方兴 编著

中国工信出版集团
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

新工科建设之路·计算机类规划教材



微服务分布式架构基础与实战

——基于 Spring Boot + Spring Cloud

张方兴 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以分布式架构结合微服务实例的方式，介绍 Spring Boot + Spring Cloud 的基础知识、架构顺序和操作方法。通过学习前 5 章，可基本搭建 Consul 集群、多个微服务、微服务间通信、负载均衡、断路器的分布式基本结构；后 6 章主要介绍如何编写微服务业务代码，包括 Spring Boot、MySQL、Redis、缓存一致性、事务、异步线程池、分布式消息通信、分布式任务调度管理及 FastDFS 分布式文件管理；第 12 章对微服务分布式架构进行了扩展与总结。

本书可作为高等学校计算机、软件工程等专业 Java 架构相关课程的教材，也可供对微服务分布式架构感兴趣的人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

微服务分布式架构基础与实战：基于 Spring Boot+Spring Cloud/张方兴编著. —北京：电子工业出版社，2020.3

ISBN 978-7-121-38413-4

I. ①微… II. ①张… III. ①互联网络－网络服务器 IV. ①TP368.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 022234 号

责任编辑：章海涛
文字编辑：张 鑫
印 刷：三河市华成印务有限公司
装 订：三河市华成印务有限公司
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036
开 本：787×1092 1/16 印张：17 字数：436 千字
版 次：2020 年 3 月第 1 版
印 次：2020 年 3 月第 1 次印刷
定 价：59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888，88258888。
质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。
本书咨询联系方式：192910558(QQ 群)。

前言

PREFACE

目前，Spring Boot + Spring Cloud 架构已经成为 Java 程序员的必备技能之一，刚开始学习时看到琳琅满目的 Spring 全家桶，可能会感到无从下手。如果只了解微服务中的各知识点，而忽略了以微服务分布式架构的方式学习系统的架构顺序，初学者可能就不知道如何使用微服务构建分布式系统。为了使读者更快掌握 Spring Boot + Spring Cloud 的基础知识与架构方法，本书的章节顺序即应用系统的架构顺序。

分布式可以理解为人体器官，人体可看成分布式系统，大脑是注册中心的集群，四肢与器官是提供服务的微服务，前进的距离是微服务运行之后的返回值，消耗的体力是微服务中处理的逻辑，影响的记忆是某些微服务对数据库的增删改查。分布式可看成一种思想，而 Spring Cloud 与 Spring Boot 是实现了这种思想的工具。

无论多复杂的分布式应用程序，整合多少个服务器，调用多少种服务接口，使用多少种协议，使用集群还是高可用的何种架构方式，使用客户端还是服务端的何种负载均衡，使用哪个消息中间件、哪个数据库集群，使用搜索引擎/非关系型数据库/时序性数据库/关系型数据库/文件管理等多少种存储介质，其分布式本质都是分布式自身的思想。建议读者动手将本书实例都敲在 IDE 中，在 Linux 服务器上搭建各集群，那么上面那些看起来颇具难度的问题，都将不会是难题。

本书主要内容如下。

介绍微服务分布式的相关概念，搭建第一个微服务项目，了解微服务项目的运行过程。通过微服务整合 Consul 注册中心，搭建第一个微服务+注册中心的分布式系统。多个微服务与 Consul 注册中心相连，彼此通信，微服务获得彼此的接口及地址，调用彼此的接口与服务。然后无可避免地需要处理彼此通信时报错的情况，以免单一微服务无法正常提供服务，导致整个分布式系统的瘫痪。此时采用 Ribbon 客户端负载均衡方案，依靠多台服务器部署多个相同微服务项目，以提高系统的性能。在分布式通信不足以解决全部报错问题时，可选择 Hystrix 进行更精细划分，保证在任何一台微服务出现问题时，系统整体仍然能正常运行。

至此初步搭建了分布式系统，然后开始增加微服务的增删改查等业务功能。在系统处理增删改查过程的同时，还需要事务功能的支撑与管理。在初步增删改查后，依靠微服务的缓存增加微服务的性能，同时需要确保 Redis 与 MySQL 之间的增删改查一致性。另外，如果有特殊业务需求，可由分布式消息通信彼此协作、沟通、处理。

在处理基本业务后，还会有定时任务等业务需求，此时需要微服务的任务调度进行处理。而单节点任务调度的微服务可能会有宕机或重复执行等相关问题，只有使多台微服务同时进行任务调度，且彼此协同的情况下，才能解决此类问题。这时需要 Quartz 分布式任务调度解决多个任务调度间彼此协同、相互管理等问题。若有文件上传、下载等相关需求，需要使用微服务的文件上传管理。单节点文件上传可能存在磁盘空间不足

或不易管理等问题，需要 FastDFS 分布式文件管理以解决多台文件管理服务器彼此协同、磁盘扩容等问题。

在对整体分布式微服务编程后，需要进行部署，第 12 章介绍如何部署微服务分布式项目，以及架构方案、设计方式、编程框架、网关等。

本书适合作为高等学校计算机、软件工程等相关专业 Java 架构课程的教材，也可供对微服务分布式架构感兴趣的人员参考阅读。

本书由张方兴编著。本书即将付梓，还要感谢张鑫编辑持之以恒的支持与帮助。编者微信公众号为北漂程序员的吐槽人生（微信号：beipiaochengxuyuan），读者有任何意见与建议，可随时沟通。

非常感谢阅读本书，学无止境，与君共勉。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免出现错误与不足之处，欢迎读者批评指正。

编　者

2020 年 1 月

CONTENTS

目 录

第 1 章　微服务分布式架构设计原理

本章按照微服务分布式架构的顺序对其进行讲解，并以实例形式介绍如何编写分布式微服务的代码。每个微服务的架构都先从微服务的注册、微服务间的通信开始，然后编写每个微服务的持久化、缓存等内容。

1.1　Java Web 应用程序的发展历史

Java Web 应用程序的发展历史经历了以下几个过程。

1．Servlet 类项目

在 web.xml 中对 Servlet 容器方式的项目架构进行配置。截至目前依然还有部分老项目用 Servlet 方式进行运行。

2．EJB 类项目

EJB 将业务逻辑从客户端软件中抽取出来，封装在一个组件中。EJB 组件运行在一个独立的服务器上，客户端软件通过网络调用组件提供的服务以实现业务逻辑，而客户端软件的功能是只负责发送调用请求和显示处理结果。在 Java 中，能够实现远程对象调用的技术是 RMI，而 EJB 技术的基础正是 RMI。通过 RMI 技术，J2EE 将 EJB 组件创建为远程对象，客户端可以通过网络调用 EJB 对象。

3．REST+JBoss 平台类项目

REST+JBoss 的设计风格很独特。JBoss 提供了一个编程平台，以及一系列拦截器和 Web 类工具，在编写代码时拦截并过滤模块、向外提供服务，构建 REST 轻量级开发，只需编写很少的配置文件即可引用相关拦截器。在 REST+JBoss 平台时期，国内很多公司也在研发自己的 Java 平台，平台中会集成多种框架和工具，如线程池、持久化、缓存、异步、数据模型等，方便公司内部员工编程。

4．SSM 类项目（Spring+Struts/Struts2+Hibernate/MyBatis）

Java 逐渐开始研发更完善的轻量级开发架构，减少配置文件等压力，将程序专注于业务本身。在 EJB 时期每个项目至少都有几十个配置文件，相比较下 SSM 减轻了依赖很多配置文件的压力，因为 SSM 类项目的架构快速便捷，大部分功能由 Spring 进行集中管理。由于 SSM 架构具备此优点，所以国内部分公司开始减少重复开发的行为，小规模公司则很少再开发公司内部的编程平台。

5. SOA 类项目

在单个 SSM 无法解决大批量高并发需求时，人们开始将一些大型程序分成多个独立运行的模块进行处理，将每个模块部署在不同的服务器上，模块之间用 WebService 协议进行通信。虽然在 SOA 初期便逐渐有了微服务分布式的苗头，但在 SOA 阶段如果大型 Java 项目写得精细一些，每个 WebService 下就都会有相关的管理工具、调度页面、性能监控、业务监控、前置系统和黑白名单，整个大型项目的代码十分复杂且数量庞大。在 SOA 模式下写出来的项目十分安全、稳定、性能优良。因此，时至今日安防类、金融类项目仍然会采取 SOA 架构模式来架构系统，并且在不同的公司之间通信通常也会采用 WebService 协议。

6. Dubbo+Zookeeper 类项目

Dubbo+Zookeeper 分布式服务架构的项目也流行了一段时间，Dubbo 是阿里巴巴公司于 2011 年末开源的一个高性能服务框架，使用高性能 RPC 实现服务的输入和输出，属于分布式项目。在分布式的思想上与 Spring Cloud + Spring Boot 并无任何区别，只是因为 Dubbo 还没有推广起来，阿里巴巴公司就在 2013 年停止了 Dubbo 的更新维护，所以这个服务框架渐渐地被埋没了，虽然现在阿里巴巴公司正在重启 Dubbo 项目，但目前 Spring Cloud 过于火热，Dubbo 一直处于不温不火的状态。

7. Spring Cloud+Spring Boot 类项目

微服务的分布式架构利用 Eureka 或 Consul 平台进行注册，将每个业务分成一个个小的 Spring Boot 微服务包，让每个微服务包独立运行后在注册平台进行注册，通过 Spring Cloud Feign 进行相互通信，也是目前主流的架构。

1.2 微服务分布式

微服务工程将众多框架通过一个入口集成到自身的程序中，让编程人员不需关注框架原理即可直接进行调用。当初的 SSM 类项目也基于相同的思想，但当 SSM 类项目集成的框架过多后，配置文件数目与日俱增且难以管理，而此时 Spring Boot 微服务赋予了它们所需基本配置参数的大部分框架和工具，将初始配置参数的压力再次缩减。

分布式架构将不同的业务模块通过不同的服务器运行，曾经的多个 WebService 组建的 SOA 架构的项目也基于相同的思想，而此时的 Spring Cloud 把过去的架构变得更加简便、轻松。

从 SOA 类项目开始将大型应用程序拆分成多个独立运行的小型应用程序，多个应用程序之间由 WebService 协议进行通信。因为每个 WebService 服务还要集成 SSM，甚至每个服务还要做相关的管理页面和各种监控，所以每个 WebService 服务开发的过程都比较冗长。

微服务架构下的每个微服务和 WebService 一样都是独立运行的，将复杂的业务以模块的形式拆开，方便开发人员编写。微服务通常使用 Spring Boot 进行快捷开发，大部分基础信息在 Spring Boot 的底层之中都已经被配置好了，不像 SSM 一样需要编写大量 XML 程序，因此每个微服务在编程的过程中都会十分快速。

1.2.1　Spring Boot 微服务的定义和特点

Spring Boot 微服务可以轻松地创建独立的产品级应用程序。Spring 平台和第三方库采取自行管理的方式，可更加便捷地开始编写应用程序。Spring Boot 通过 pom.xml 文件，依赖 Spring Boot 的 Starter，将所有需要的 Jar 包集中在一起。Spring Boot 微服务替代了原本的 Spring + SpringMVC/Struts2 + MyBatis/Himbernate 结构。

Spring Boot 做了很多配置文件的管理。原本需要写三四个 Application.xml 文件，对数据库资源池、事务、服务、视图、静态资源等进行配置，现在则完全不需要，而事实上与以前做的传统项目大部分的配置文件也没有较大的区别。

打包变成了直接运行的 Jar 包，因为包变小了，包内所提供的内容更加清晰明确，所以称为微服务，特点如下。

- 创建独立的 Spring 应用程序。
- 直接嵌入 Tomcat、Jetty 或 Undertow（不需要部署 war 文件）。
- 提供被约定好的 Starter 依赖内容，以简化构建配置。
- 尽可能自动配置 Spring 和第三方库。
- 提供产品在生产过程中所需要的如健康检查和外部化配置等。
- 没有绝对的代码生成，也不需要 XML 配置。

Spring Boot 的部署简单，只要服务器有 Java 环境便可运行，即使再多的服务器也能快速且稳定运行。

Spring Boot 的设计初衷是约定大于配置，过多的重复性配置压力在 SSM 里让人深有体会，每个 SSM 项目中的 XML 大部分内容都是类似的，对于资深程序员来讲，任何一个新项目的编写都是一个复制粘贴的过程，而 Spring Boot 省略了初始化配置和重复性配置的过程。

1.2.2　Spring Boot 的职场导读

如今 Spring Boot+Spring Cloud 的微服务分布式项目架构，如同当年的 SSM 类架构一样，属于 1～3 年工作经验 Java Web 研发程序员找工作的必备技能之一。通常初级 Java Web 研发职位的技能要求如下：

（1）熟练掌握 Java 后台编码基础技术，如 JVM、语法、GC、多线程、IO、网络编程、反射等；

（2）熟练掌握 Spring Cloud 与 Spring Boot 架构开发；

（3）熟悉 Spring、SpringMVC、MyBatis 等开源框架，最好了解其中部分源码；

（4）熟悉 Tomcat、JBoss、Weblogic 等主流应用服务器；

（5）熟悉 HTML、CSS、JavaScript，JQuery 等前段基础知识；

（6）熟悉 Oracle 或 MySQL 数据库开发，如 SQL 与存储过程；

（7）熟练使用 Linux 操作系统，掌握基本 Shell 命令；

（8）熟练掌握 Radis、MongoDB；

（9）熟练使用 WebService 主流框架，如 CXF、Axis 等；

（10）熟练使用 Maven、Git、SVN 等相关版本控制工具。

目前，主流的架构通常用 Spring Boot + Spring Cloud 作为程序后台，用 VUE 或 AngrulJS 作为程序前台，达到 VUE+Spring Boot+Spring Cloud 前后台分离的架构模式，Java 程序员再不需要关心 JSP 等前台相关内容，这些都由前端人员自行管理，减轻了沟通成本，也减轻不少编程和维护上的压力。

微服务类框架除了 Spring Boot，还有 JFinal、JBoot 等国产微服务框架。

1.2.3 Spring 部分内容

如表 1-1 所示，Spring 的常用框架有很多种，而且 Spring 定制了大多分布式架构所需的工具与框架。Spring 已经替编程人员完成了分布式的架构，而分布式编程人员在其中挑选一些适合项目的工具并参照操作文档进行集成即可。

表 1-1 Spring 的常用框架

主 项 目	子 项 目	作 用
Spring Framework		Spring 框架核心 IOC/AOP
Spring Boot		微服务
Spring Data	Spring Data JDBC	通过模板的方式操作持久化数据库，但是不提供缓存、延迟加载等
	Spring Data JDBC Extensions	Spring Data JDBC 的扩展框架，提供了 Oracle 数据库的一些高级功能，包括故障转移、高级队列、高级数据类型、数据源预置器等
	Spring Data JPA	通过定义函数名或注解的形式使用 JPA 仓库的一种操作持久化数据库的 ORM 类方案
	Spring Data LDAP	使用 Spring 应用程序操控轻量级目录访问协议（LDAP）的实现方案
	Spring Data MongoDB	通过模板方式操作非关系型数据库 MongoDB 的方案，编写方式类似于 Spring Data JDBC
	Spring Data Redis	通过模板方式操作非关系型数据库 Redis 的方案，编写方式类似于 Spring Data JDBC
	Spring Data R2DBC	JDBC 驱动程序的反应变体称为 R2DBC，它允许数据异步流式传输到已订阅它的任何端点，结合使用 R2DBC 等反应式驱动程序；类似于异步访问持久化的一种方式，与 Spring WebFlux 能够编写一个完整的响应式应用程序来异步进行数据的接收和发送
	Spring Data REST	使在 Spring 数据存储库上构建超媒体驱动的 REST Web 服务变得更加容易
	Spring Data for Apache Cassandra	最初由 Facebook 公司开发的 Cassandra 是一个开源分布式 NoSQL 数据库系统
	Spring Data for Apache Geode	ApacheGeode 项目的主要目标是使用 ApacheGeode 为分布式数据管理构建高可伸缩性的 Spring 支持的应用程序
	Spring Data for Apache Solr、Spring Data for PivoGemfire、Spring Data Couchbase、Spring Data Elasticsearch、Spring Data Evers、Spring Data Neo4J、Spring for Apache Hadoop 为 Spring Data 子项目里操作不同的数据源，有兴趣可自行查阅相关资料	

续表

主　项　目	子　项　目	作　　用
Spring Cloud	Spring Cloud Config	在所有环境中为应用程序管理外部属性，每个微服务不需要重新定义其环境变量，Spring Cloud Config 允许统一在 GIT、SVN 中进行管理
	Spring Cloud Stream	用于构建与共享消息系统相连接的高度可伸缩的事件驱动微服务
	Spring Cloud for Amazon Web Services	简化了与托管的 Amazon Web 服务的集成，提供了一种使用众所周知的 Spring 习惯用法和 API（如消息传递或缓存 API）与 AWS 提供的服务交互方法，开发人员围绕托管服务构建应用程序，而不必关心基础设施或维护； Amazon Web Services 即 AWS，是 Amazon 公司的云计算 IaaS 和 PaaS 平台服务
	Spring Cloud Bus	将分布式系统的节点与轻量级消息代理连接起来，然后用于广播状态更改（如配置更改）或其他管理指令，目前唯一的实现是使用 AMQP 代理作为传输，但其他传输路线图上有相同的基本功能集； AMQP 即 Advanced Message Queuing Protocol，一个提供统一消息服务的应用层标准高级消息队列协议，是应用层协议的一个开放标准，为面向消息的中间件设计
	Spring Cloud Consul	类似于 Spring Eureka 的注册中心
	Spring Cloud Eureka	分布式的注册中心，每个微服务会在 Eureka 中进行注册，方便微服务之间互相调用，但是 Eureka 2.0 以后已经停止更新
	Spring Cloud Gateway	一种简单而有效的方法使路由到 API，通常给外部请求（非分布式微服务下项目）进行路由
	Spring Cloud Feign	分布式微服务之间互相调用的工具
	Spring Cloud Ribbon	分布式微服务的客户端负载均衡，通过内部进行分发请求，提供了一些负载均衡的策略算法
	Spring Cloud Zookeeper	分布式微服务绑定 Zookeeper 的工具
	Spring Cloud Kubernetes	分布式微服务整合 K8S
	Spring Cloud Task	提供云端管理任务调度
	Spring Cloud Security	分布式权限
	Spring Cloud Zuul	为微服务集群提供代理、过滤、集群的工具
	此处省略了众多不常用的子项目，有兴趣可自行查阅相关资料	
Spring Cloud Data Flow		实时数据处理的工具
Spring Security	Spring Security SAML	身份验证与授权
	Spring Security Oauth	单点登录 SSO
	Spring Security Kerberos	对接 Kerberos 协议
	Spring Security 是 Spring 负责安全部分的框架，其下也有 Spring Security Messaging 为 WebSocket 提供安全、Spring Security Webflux 为异步 Web 提供安全等相关模块，有兴趣可自行查阅相关资料	