**摘要:** 【问题】 近年来，随着互联网行业的迅猛发展，公司或组织业务的不断扩张，需求的快速变化以及用户量的不断增加，传统的单块（Monolithic）软件架构面临着越来越多的挑战，已逐渐无法适应互联网时代对软件的要求。在这一背景下，微服务架构模式（Microservice Architecture Pattern）逐渐流行，它强调将单一业务功能开发成微服务的形式，每个微服务运行在一个进程中；采用HTTP等通用协议和轻量级API实现微服务之间的协作与通信。这些微服务可以使用不同的开发语言以及不同数据存储技术，能够通过自动化部署工具独立发布，并保持最低限制的集中式管理。 请围绕“论微服务架构及其应用”论题，依次从以下三个方面进行论述。 1．概要叙述你参与管理和开发的、采用微服务架构的软件开发项目及在其中所担任的主要工作。 2．与单块架构相比较，微服务架构有哪些特点？请列举至少4个特点并进行说明。 3．结合你参与管理和开发的软件开发项目，描述该软件的架构，说明该架构是如何采用微服务架构模式的，并说明在采用微服务架构后，在软件开发过程中遇到的实际问题和解决方案。 【摘要】 2019年3月，我单位联合某高校研发了《程序在线评测比赛考试系统》。系统以程序代码在线提交自动评测功能为核心，主要分为题库模块、评测机模块、实验作业模块、考试模块、比赛模块、抄袭判定模块、用户管理模块等，支持对接教务平台。在项目中我担任系统架构师，主要负责架构设计工作。 本文以该项目为例，主要论述了微服务架构在该系统中的具体应用。系统划分为前端Web服务、平台保障服务、业务服务。前端Web服务由Nginx负载均衡与服务器集群结合，解决前台界面的并发问题；平台保障服务以Eureka为中心，分为API网关、服务注册中心、监控平台，用以实现基础服务框架；业务服务基于Spring Cloud开发，分为多个微服务，实现具体业务功能，解决协同问题。最终系统顺利上线，受到用户一致好评。

我在一个专为高校建设计算机专业智能教学一体化平台的单位任职，过往成果有《计算机组成原理仿真实验系统》等。2019年3月，我单位联合某大学研发了《程序在线评测比赛考试系统》项目（以下简称为“OJ系统”），以取代原有传统的编程上机考试平台。  
系统以程序代码的在线提交自动评测功能为核心，主要分为题库模块、评测机模块、实验作业模块、考试模块、比赛模块、抄袭判定模块、用户管理模块等。题库模块主要负责试题和测试用例的管理，用户根据试题要求编写程序代码提交到系统，系统将测试用例与程序代码发送给评测机模块，由评测机自动编译、执行、判分，并将结果发送给其他相关模块进行统计；实验作业模块用于在线布置作业，从题库中选取试题，设置截止日期等要求；考试模块用于学生在线考试，按教师预先设置的参数自动从题库随机抽题生成试卷，以及向教务平台上传考试成绩；比赛模块主要用于ACM竞赛的培训；抄袭判定模块用于鉴定代码与他人代码雷同率；用户管理模块负责用户信息的管理。在这个项目中，我担任了系统架构师的职务，主要负责系统的架构设计相关工作。  
我们经过分析，决定使用微服务架构来开发OJ系统项目。在单块架构设计中，所有功能模块都属于一个庞大的系统，各模块之间耦合性太强，无法进行分布式部署，单个功能模块也很难在水平方向上灵活的按需扩展。与单块架构相比，微服务架构的优势有：1.解决了复杂性问题，应用被分解为多个服务，每个服务都有消息驱动API定义清楚的边界；2.提供了模块化的解决方案，单个服务模块很容易开发、理解和维护，无需协调其他服务对本服务的影响；3.技术自由，每个服务都可由专门的开发团队来开发，可分别选择合适的技术，只需提供标准的API服务；4.性能与可扩展性强，不同类型的服务可针对性的部署在适合资源需求的硬件上，支持弹性配置。  
OJ系统的微服务架构基于Spring Cloud框架，使用Java语言开发，将平台服务划分为三类，分别为前端Web服务、平台保障服务、业务服务。下面针对这三类服务展开具体说明。  
1.前端Web服务  
前端Web服务主要提供给用户使用的界面，分为前置Nginx负载均衡服务器、前端网站Nginx集群。当用户通过网络访问系统时，首先会访问到前置的Nginx负载均衡服务器，负载均衡服务器会将请求转发到前端网站的Nginx集群，前端网站通过发起Http请求来和后端交互，具体是通过Ajax方式来调用后端REST API接口。用户访问网站通过前置的Nginx负载均衡服务器来转发到前端网站集群，以起到将用户请求进行分流的作用。当前端网站集群中的部分服务发生故障时，系统仍可正常地对外提供服务。前置Nginx负载均衡服务器使用软件反向代理的方式来实现负载均衡，部署为路由模式，系统内部网络与外部网络分属于不同的逻辑网络，以实现系统内部与外部网络的隔离。在负载均衡算法的选择上，使用最小连接法，每当用户的请求来临时，任务分发单元会将任务平滑分配给最小连接数的前端网站节点，这样的架构以廉价且透明的方式扩展了服务器和网络的带宽，可以大大提升系统的并发量，同时保证网站前端整体的稳定性和可靠性。  
2.平台保障服务  
平台保障服务用以实现后端微服务的基础框架，包括API路由网关、服务注册中心、服务监控组件。API网关收到前端的请求，不会直接调用后端的业务服务，而是首先会从服务注册中心根据当前请求来获取对应的服务配置，随后通过服务配置再调用已注册的服务。当后端微服务存在多个实例时，将采取负载均衡的方式调用。服务注册中心是整个微服务架构体系的核心部分，由Spring Cloud的Eureka组件来实现，专门提供微服务的服务注册和发现功能，涉及三种角色：服务提供者、服务消费者和服务注册中心。API路由网关、所有业务服务，以及服务监控平台组件都注册到服务注册中心。通过服务注册中心两两互相注册、API路由网关向服务注册中心注册多个实例等方式，来实现后端整体服务的高可靠性。服务监控平台通过注册到服务注册中心，获取所有注册到服务注册中心的后端业务服务，从而监控到所有后端业务服务的运行状态信息，最后收集并展示整个微服务系统的运行状态，更进一步保证整个后端的服务质量。  
3.业务服务  
业务服务按系统业务模块，相应划分为题库服务、评测机服务、实验作业服务、考试服务、比赛服务、抄袭判定服务、MQ队列服务等。服务间协同工作，通过松耦合的服务发现机制，来动态调用对方的REST API接口。其中，对于压力较大的服务，如评测机服务、抄袭判定服务等，将部署为多实例集群。以在线考试功能为例，用户进入考试时，考试服务核验考生信息通过后，根据预先设置的参数，调用题库服务，题库服务返回试题信息，由考试服务组合为试卷，返回前端显示。用户交卷时，提交的程序代码到达考试服务，考试服务拆分后分发给题库服务，题库服务将程序代码和测试用例送入MQ队列排队。然后由负载均衡机制，依次将队列中排队的待评测程序分发给空闲的评测机服务编译、执行、判分，评测机服务完成评测后，将结果返回给题库服务和考试服务，题库服务进行试题通过率统计，考试服务进行成绩统计，以及向前端显示成绩。在这期间服务请求者无需了解其他服务对数据如何具体处理和分析。  
系统自2019年10月正式上线已运行一年有余，在学校的日常教学考试和竞赛培训中投入使用，截至目前已有3000以上的学生用户、评测了70000条以上的程序代码，获得了单位同事领导和学校教师们的一致好评。在开发和试运行过程中，主要遇到了两个问题。一是跨域问题。OJ系统前后端分离，前端通过Ajax访问后端服务。由于浏览器同源策略的限制，导致前端UI无法正常访问不同端口和IP的后端服务。我们利用Spring Boot后端的Cors跨域机制解决了该问题。二是评测机宕机问题。评测机服务需要执行用户提交的代码，但由于部分用户短时间内提交了大量不安全代码，导致所有评测机服务全部宕机。我们引入心跳机制、快照回滚机制，以及基于机器学习技术的预判断机制，使评测服务宕机时能够在10秒内自动重置恢复运行，最终解决了该问题。  
实践证明，OJ系统项目能够顺利上线，并且稳定运行，与系统采用了合适的架构设计密不可分。经过这次微服务架构应用的方法和实施的效果后，我也看到了自己身上的不足之处，在未来还会不断地更新知识，完善本系统的架构设计，使整个系统能够更加好用，更有效地服务于高校师生。