# 基于微服务架构的大型建筑设计企业生产业务平台构建

徐旻洋[1] 高承勇[1] 周向东[2] 王国俭[1]

(1. 华东建筑集团股份有限公司,上海 200041; 2. 复旦大学 计算机科学技术学院,上海 200433)

【摘 要】作为大型建筑设计企业信息化建设的核心,生产业务平台在协同设计、质量校核、数据管理等方面承担着重要的作用。面对大型建筑设计企业生产平台的建设需求,本文提出必须以生产业务数据管理为核心,打造互联互通的生产工作环境,实现工程建设行业业务链的横向整合、纵向连通,为设计师和管理人员提供一个基于云计算架构的全生命周期业务应用与管理一体化平台,让用户在一个统一的数据环境下,高效地开展生产管理工作。针对该建设需求与建设目标,文章提出了面向大型建筑设计企业的生产业务平台整体架构,分为平台门户、全过程数字化生产管理、数据管理和大数据支撑四个层次。同时,提出了基于微服务架构的平台整体技术路线,包含五方面特点以及四大关键技术,以达到高性能、高可用的目标。本文提出的生产业务平台构建思路与方法,旨在为行业内大型建筑设计企业的生产平台建设提供参考,推进互联网信息技术与建筑行业信息化结合,提升行业内建筑设计企业的信息化水平。

【关键词】自保温剪力墙;装配式;抗震性能;有限元分析

【中图分类号】TU375.2 【文献标识码】A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

## 1 引言

建筑设计领域是较早开展信息化建设的传统行业,随着 CAD(计算机辅助设计)技术的普及和深入发展,全行业已经跨过数字化生产的信息技术门槛,CAD 技术的推广使用使得建筑设计领域沉淀了大量宝贵的建筑设计数字资源[1-3]。近年来,在国家的大力推进和倡导之下,云计算、大数据和人工智能技术在信息技术领域蓬勃发展,涌现出越来越多的成功应用,整个建筑设计行业信息化建设也正面临着全面信息化转型的机遇和挑战[4]。

随着工业化水平的不断提高,信息化的承载及推动作用也在不断提升,而且企业的信息化发展程度将决定企业发展的速度,信息化将大幅度地提高企业管理效率、工作能级、合规性、流程化、标准化等方面的能力[5-6]。对于建筑设计行业来说,信息化与设计的结合,信息化与管理的结合是一项不可回避的课题。建筑设计行业企业的转型升级同样需要由信息化来驱动,特别是从单一业态向建筑咨询、建筑工程、建筑总承包、建筑互联网等多业态、创新型业态的转型发展,依赖于信息化及设计管理一体化的信息平台[7]。

## 2 大型建筑设计企业生产平台现状分析与建设需求

建筑设计行业在设计系统的发展历程从“甩图板”、协同设计到全过程数字管理,经历了较长的过程。与传统制造业相比,建筑行业在生产效率及信息技术的投入等方面均处在劣势,网络信息化进程滞后,造成行业生产呈现低效、粗放等特点[8-10]。

作为大型建筑设计企业信息化建设的核心,生产业务平台在协同设计、质量校核、数据管理等方

【基金项目】 上海市国资委企业技术创新和能级提升项目“工程咨询业云计算平台”(项目编号:2015012)

【作者简介】 徐旻洋(1989-),男,工程师,主要研究方向:建筑信息化。

面承担着重要的作用[11]。目前,行业内多数大型建筑设计企业的生产业务系统建设已经超过 5 年,有些已将近 10 年,面对企业规模的扩大、全国化布局发展以及互联网技术的兴起,既有的生产业务系统已经难以满足需求。主要体现在管理类功能、技术类功能和系统性能三大方面:

(1)管理类功能,包括项目策划、项目管理、业务流程、质量管理、标准规范管理、设计资源共享管理、人员管理、工具软件管理、工作环境管理和系统集成等;

(2)技术类功能,包括生产业务数据库、全国化异地协同、多数据格式支持、版本控制、BIM 协同、质量检查、设计标准与软件集成、业务社交和高性能分析应用等;

(3)系统性能,包括快速高效的数据查询、数据统计和业务流转等,例如,单个文件的操作响应时间小于 1s,100 - 200 个文件的批量操作响应时间小于 1m,200 - 1 000 个文件的批量操作响应时间小于 3m,1 000 - 3 000 个文件的批量操作响应时间小于 5m 等。

大型建筑设计企业生产平台必须支持海量用户的在线工作,包括企业内部的成千上万名设计师和项目外部的众多参与方团队,支持全国化异地协同办公。这样的应用场景对平台架构提出了很高的要求,包括支持超大规模用户、高可靠性、强通用性、灵活扩展性等,针对这样的需求,只有云计算机平台可以提供有效的技术支撑。

面对大型建筑设计企业生产平台的建设需求,本文提出必须以生产业务数据管理为核心,打造互联互通的生产工作环境,实现工程建设行业业务链的横向整合、纵向连通,资源整合、规范流程、统一标准,打造面向工程建设行业的一体化平台。实现以“数据驱动”型建筑设计企业为目标的信息技术转型升级与改造,总体建设目标是数据互联,提供一个基于云计算架构的全生命周期业务应用与管理平台,让用户在一个统一的数据环境下,高效地开展生产管理工作。

## 3 平台整体架构

平台整体架构分为平台门户、全过程数字化生产管理、数据管理和大数据支撑,如图 1 所示。

(1)生产平台门户,为企业员工、业主方、外委单位等其他参与方,提供一个生产平台的统一入口,支持 LDAP 域控账号单点登录和信息安全认证管理。

(2)全过程数字化生产管理,包含项目立项、实施策划、项目工作流程和工作内容策划、协同设计、设计过程的组织与管理、项目标准、设计交付、设校审流程、电子签名、设计归档、在线质量检查、企业社交、内容管理、数据融合及可视化、BIM 协同、文件共享、移动端支持、数据接口等生产业务所需的全部功能,实现业务协同和管理协同[12]。

(3)数据管理层,提供各类型生产业务和管理数据的统一存储和管理,通过数据字典、共享数据总线及大数据实时采集进行系统之间的数据传递与交互,确保生产平台与既有系统的有机整合与协作。

(4)大数据支撑层,生产业务和企业管理数据经过沉淀,经数据总线流转到大数据平台进行数据分析及可视化支持,为知识管理系统、人工智能系统、领导驾驶舱提供支撑[13]。

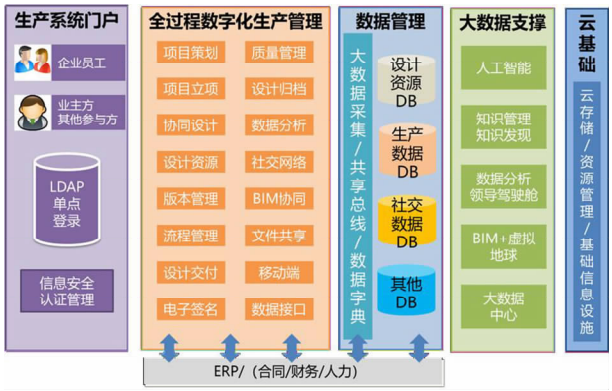


**图 1　生产业务平台整理架构**

## 4 平台技术架构

平台整体架构中全过程数字化生产管理部分,涉及众多的应用模块(服务),每一项应用模块满足不同的功能需求,互相之间存在关联但又较为独立。另外,针对不同的应用场景需求,各类服务的承载量是存在差异的,例如,流程管理模块,在项目出图期间,大量的设校审流程需要应用到该模块功能,具有峰值压力大,均值压力小的特点,这就需要可灵活拓展的技术架构提供支撑。各个服务可以独立运行,根据应用需要进行增减。微服务架构正是解决此类需求的最佳技术手段,微服务是用一组

小服务的方式来构建一个应用,服务独立运行在不同的进程中,服务之间通过轻量的通讯机制(如 RESTful 接口)来交互,并且服务可以通过自动化部署方式独立部署。正因为微服务架构中,服务之间是相互独立的,所以不同的服务可以使用不同的语言来开发,或者根据业务的需求使用不同类型的数据库。平台技术架构如图 2 所示,其特点包括以下五方面:

(1)采用企业云架构(Iaas/Paas/Saas):包含集团/分院/异地多级/混合云架构,协同设计数据和操作均在云上进行,以满足数据可控、异地协同的需求;

(2)各核心服务部署在 PaaS 层,采用服务治理和微服务框架集成工作;适合大规模分布式部署,满足集团大规模应用,以显著提高海量用户的并发使用以及海量文件的并发流转;

(3)突出数据管理的核心作用,设计生产数据库,数据库资源池,通过 web 服务和数据库中间件,实现数据共享和整合,并兼顾遗留系统数据交换;

(4)采用高可用部署和负载均衡等技术框架,提高系统的大规模并发应用的性能及稳定性,可扩展性,快速迭代发布和滚动升级等;

(5)系统框架与大数据平台保持良好的兼容性与互通能力,可以方便地集成与扩展,系统具有较强的数据分析与可视化能力,使数据驱动的生产设计理念得到良好的体现。

下文将针对生产业务平台技术架构中的四项核心关键技术进行详细说明。

### 4.1 服务治理与微服务

微服务将系统按照业务责任划分为彼此独立的多个服务,既保证了概念的清晰和自洽,又保证了系统的灵活性、伸缩性。能独立部署,具备自动化、可观察 、故障隔离、自动恢复等特性,由此提供高可用保障,如图 3 所示。具体包含以下特点:

1)小而专注:根据业务的边界来确定服务的边界,将应用部署在独立的服务上,可避免代码库过大衍生的问题;

2)自治:一个微服务是一个独立的实体,它可以独立部署、独立修改,服务之间通过 API 进行通信,微服务的自治性就是服务与其他的服务之间很好的解耦;

3)组件化与多服务:服务(Services) 是进程外的组件,它们通过 Web Service 请求或远程调用机制进行通信。目前大多数的程序编写,无论是使用 C 语言还是 Java 都会引入很多组件。微服务把原来的组件也单独变成服务,例如日志、消息、应用过程都作为单独的服务,这就是组件化与多服务。微服务作为组件的更高级形式解决了一个关键问题:服务可以被独立部署。对一个服务进行修改,只需要构建和重新部署这一个服务,对系统的其他服务没有影响;

4)智能端点:不同于原来 SOA 很“重”的 ESB 总线,微服务架构抛弃了 ESB 过度复杂的业务规则编排、消息路由等特征,将服务作为智能终端,所有的业务智能逻辑在服务内部进行处理,实现服务间的通信轻量化;

5)基础设施自动化:单一进程的传统应用被拆分为一系列的多进程服务后,意味着开发、调试、测试、监控和部署的复杂度都会相应增大,必须有合适的自动化基础设施来支持微服务架构模式,微服务通过容器和自动运维框架很好地解决了这一问题;

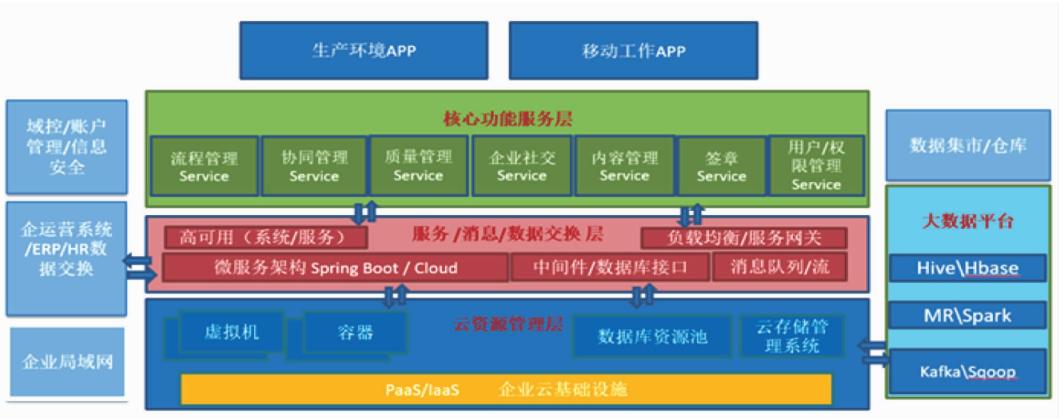


图 2 生产业务平台技术架构

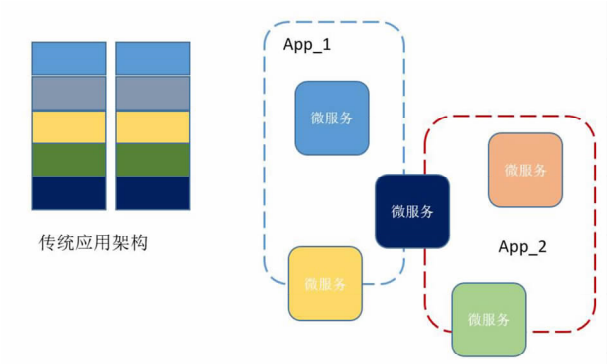


**图 3　微服务架构下的业务责任独立特性**

6)容错设计:微服务架构采用粗粒度的进程间通信,引入了额外的复杂性和需要处理的新问题,如网络延迟、消息格式、负载均衡和容错。微服务的容错设计包括日志和监控,能够最快地检测出故障,尽快地恢复故障。

## 4.2　Docker 容器与 Kubernetes 高可靠大规模分布式部署

容器技术具有诸多优势,包括轻量级、应用的快速部署、软件的一致性和可移植性、支持松耦合分布式的微服务架构 、细粒度的资源使用率管理、支持持续集成和持续发布等。在互联网等大规模用户的应用场景中,从开发到运维,使用容器技术对软件进行包装 、发布和部署将更加方便。针对大型建筑设计企业,用户场景趋向于大量设计师的集体化应用,包括海量的文件、信息流、数据流的交互,必须考虑业务应用系统的高可靠大规模分布式部署。

Docker 容器所使用的 Docker 镜像是一种把安装结果提前固化的特殊二级制程序包,这种特殊的镜像文件通过 Docker Build 工具自动执行安装脚本。这使得 Docker 容器具备即插即用的特点,即直接启动就可以使用,而没有传统系统复杂的安装过程。因此,Docker 镜像做到了与外部环境无关的隔离性,在任何一个安装 Docker 运行环境的 Linux 系统中都能正确运行,不再依赖具体任务执行者的经验和水平,通过 Docker 技术的应用把安装、部署和运维工作标准化,提高系统的整体效能和质量[14]。

随着企业的地域扩张和用户数增长,带来数据中心服务器数量的增长,需要部署的容器种类和数量也越来越多,需要自动化的运维管理平台来完成大规模容器集群的发布和管理。Kubernetes 正是为容器集群管理提供的完整开源解决方案,如图 4 所示。

Kubernetes 的目的是让容器能用于企业的生产环境,使容器集群的配置标准化,让分布式应用的开发和部署更加便捷。Kubemetes 在任何基础设施(公有云、私有云、混合云和裸机)上都能良好地运行,目前已经被全球多家大型企业应用到生产环境中,包括 eBay、Wiki media、SAP、纽约时报、Yahoo、中国移动、网易、新浪等公司,并正在被更多的企业用户接纳和使用。Kubernetes 的功能非常丰富,包括资源调度、容器发布、状态监控、弹性扩缩容、滚动更新、故障恢复,到服务发现、负载均衡等方方面面,可以实现分布式容器应用的大规模集群管理。同时,Kubernetes 为构建微服务系统提供了全套标准化的架构,通过 Pod、RC、Service、Label 等核心概念,为用户提供了一种简单的方式,以快速实现微服务的布置和管理[15]。

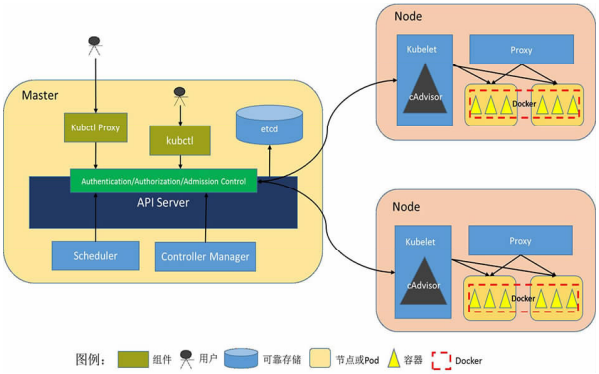


**图 4　Docker 容器与 Kubernetes 高可靠大规模分布式部署**

Kubernetes 将所有服务器当成一个整体资源池来管理,包括如何最大限度地提高机器的资源利用率,在哪些机器上创建哪些容器应用,什么时候增加,在哪些机器上增加,什么时候删除等工作,这些工作与传统 IaaS 平台的主要区别在于:Kubernetes 管理的对象是容器,而不是虚拟机。

## 4.3　轻量级流程管理引擎

大型建筑设计企业的生产业务中包含大量的流程,涉及类型众多,包括立项审批流程、团队组建流程、设计校对审核流程、质量管理流程、签章盖章流程、归档流程等。随着企业扩张带来的用户数量的增长,以及越来越多的大型工程建设项目带来的流转文件和信息量的增长,对平台中业务流程的高效流转和稳定性提出了更高的要求。

本文提出的轻量级流程管理引擎,基于新的 BPMN2.0 标准,采用对象管理组(OMG)、互操作和云架构技术实现一种轻量级、可嵌入的 BPM 引擎,

适用于可扩展的云架构。主要功能包括:流程的自动化控制;流程数据的保存(历史记录,历史数据的保存);流程版本的更替;流程运行期间数据的共享等[16-17]。

流程服务器基本架构组件,包括以下内容:

1)流程定义(ProcessDefinition):表示一个流程的信息与定义;

2)流程实例(ProcessInstance):启动一个流程即创建一个流程的实例,流程组件支持海量的流程实例并发;

3)流程变量(ProcessVariable):流程运行提交的各类信息和共享数据等;

4)任务(Task):流程中每一步需要完成的工作;

5)开始和结束(Start andEnd):每一个流程只有一个入口,同时包含无数个出口(正常结束的出口,异常结束的出口等);

6)网关(Gateway):流程的分支节点(判断节点),即决定下一步流程的走向。

基于 Kubernetes 自动化部署框架,平台根据实际负载动态扩容或缩容流程引擎的节点数目,以满足多个项目并发设校审和签章等流程任务,使得每个审批任务能进行秒级的状态转移。

### 4.4 内容索引与即席查询

大型建筑设计企业拥有海量的数据,包括工程项目信息、设计人员信息、设计文件数据、校审过程数据、档案数据等工程项目数据,以及项目成本、应收应付账款、项目利润、人员业绩等企业管理数据。数据是宝贵的资产,通过平台建设将这些既有的数据利用起来,可以为企业甚至行业提供支持,提升整体技术和应用水平。

即席查询是用户根据自己的需求,灵活地选择查询条件,系统能够根据用户的选择生成相应的结果。即席查询与普通应用查询最大的不同是,普通的应用查询是定制开发的,而即席查询是由用户自定义查询条件的[18]。

即席查询通常的方式是,将数据仓库中的维度表和事实表映射到语义层,用户可以通过语义层选择表,建立表间的关联,最终生成 SQL 语句。通常的查询在系统设计和实施时是已知的,可以在系统实施时通过建立索引、分区等技术来优化这些查询,使这些查询的效率很高。而即席查询是用户在使用时临时产生的,系统无法预先优化这些查询,所以即席查询也是评估数据仓库的一个重要指标。即席查询的位置通常是在关系型数据仓库中,多维数据库有特有的存储方式,对即席查询和通常查询没有区别。在一个数据仓库系统中,即席查询使用的越多,对数据仓库的要求就越高,对数据模型的对称性的要求也越高[19-20]。

工程项目数据大多是非结构化数据,特别是工程设计图纸,包含了工程各方面的知识和描述,通过对这些数据建立相应的文本内容索引,形成知识积累与沉淀。用户可以自定义查询条件,在多个数据源的多维数据进行综合即席查询和关联分析,发掘其中的隐含关系,产生更大的数据价值。例如,通过对既有工程项目数据的查询,可以为新的设计任务提供参考,激发设计灵感,提高设计效率。

本文提出的平台技术架构,采用 Elasticsearch 搜索引擎,它是一个基于 Apache Lucene(TM)的开源搜索引擎,使用 Java 开发并使用 Lucene 作为其核心来实现所有索引和搜索的功能,通过 RESTful API 隐藏 Lucene 的复杂性,从而让全文搜索变得简单。它支持中文分词和分布式的实时文件存储,是一个分布式的实时分析搜索引擎,可以扩展到上百台服务器,用于处理 PB 级结构化或非结构化数据,具备高效查询的能力。

## 5 结论

本文通过对行业内建筑设计企业生产平台的建设现状与建设需求进行分析,提出必须以生产业务数据管理为核心,打造互联互通的生产工作环境,实现工程建设行业业务链的横向整合、纵向连通,为设计师和管理人员提供一个基于云计算架构的全生命周期业务应用与管理一体化平台,让用户在一个统一的数据环境下,高效地开展生产管理工作。据此,提出了生产平台整体架构与技术架构:

1)大型建筑设计企业生产平台整体架构,分为平台门户、全过程数字化生产管理、数据管理和大数据支撑四个层次。

2)大型建筑设计企业生产平台技术架构,必须具备高性能、高可用的特征,包含以下特点:采用企业云架构(Iaas/Paas/Saas);各核心服务部署在 PaaS 层,采用服务治理和微服务框架集成工作;突出数据管理的核心作用,通过 web 服务和数据库中间

件,实现数据共享和整合;采用高可用部署和负载均衡等技术框架;系统框架与大数据平台保持良好的兼容性与互通能力。

3)针对大型建筑设计企业生产平台技术架构,提出四大核心关键技术:服务治理与微服务;Docker容器与Kubernetes高可靠大规模分布式部署;轻量级流程管理引擎;内容索引与即席查询。

4)基于微服务架构搭建的企业生产平台,具备功能丰富、可灵活拓展、高性能、高可用的特点,可以满足大型建筑设计企业的管理类和技术类功能需求,以及对整体运行性能的要求,是当前大型建筑设计企业生产平台建设的优选技术方案。

本文提出的生产业务平台构建思路与方法,旨在为行业内大型建筑设计企业的生产平台建设提供参考,推进互联网信息技术与建筑行业信息化结合,提升行业内建筑设计企业的信息化水平。

## 参考文献


[1] 李嘉军.建筑工程全过程数字化协同设计管理平台研究与实践[J].土木建筑工程信息技术,2014,6(3):70-75.

[2] Dai, W., Drogemuller, R. Collaborative Framework for Building Design [J]. 1999 IEEE International Conference. 1999(4):23-32.

[3] Robby Soetanto, Mark Childs, etc. VirtualCollaborative Learning for Building Design. Proceedings of the ICE - Management, Procurement and Law, 2014,167(1):25-34.

[4] 杨国华,刘春艳.设计企业BIM协同设计云平台建设案例研究[J].土木建筑工程信息技术,2017,9(1):97-101.

[5] Yoders, Jeff. Bluebeam and Adapx cut AEC paper workflows. Building Design& Construction. 2009(50).

[6] William A. Berry& Son Announces Paperless Construction Project Results. Business Wire. 2009.

[7] 叶示舟.建筑设计行业信息化设计和管理平台的构建[J].土木建筑工程信息技术,2017,9(3):9-17.

[8] GBT+23020-2013.工业企业"信息化和工业化融合"评估规范[S].

[9] 海国图志. 上海国企信息化示范工程案例集[C]. ISBN 978-7-5439-7215-5.

[10] 叶示舟.浅谈基于云端的协同建筑设计[J].土木建筑工程信息技术,2017,9(2):16-23.

[11] 朱霞.协同工作平台的结构及功能设计[J].中国勘察设计, 2008(12):45-47.

[12] 邓雪原, 苏昶, 孙朋, 等. 上海现代建筑设计(集团)建筑协同设计平台研究与应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(3): 96-103.

[13] 刘隽, 孟凡贵, 董建峰, 等. 基于BIM的业主项目管理信息系统设计[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(2): 43-47.

[14] 章仕锋, 潘善亮. Docker技术在微服务中的应用[J]. 电子技术与软件工程,2019(4):164.

[15] 严丽云,何震苇,杨新章,等.基于Kubernetes的容器化数据库及其集群方案[J].电信科学,2018,34(12):163-171.

[16] 赵莹,赵川,黄苾,等.BPMN2.0过程模型的语义和分析[J].计算机科学,2018,45(S2):558-563.

[17] 王宝会, 高远. 面向BIM数据的分布式文件存储系统设计与实施[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(5): 40-44.

[18] 窦晓峰,陈胜,王熠航,等.应用分布式索引提高海量数据查询性能[J].计算机系统应用,2014,23(6):259-261.

[19] O. Maeshima, S. Cai, T. Honda, and H. Urayama, "A Roadsideto-Vehicle Communication System for Vehicle Safety Using Dual Frequency Channels," in Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC 07), Seattle, WA, USA, September 2007, pp. 349-354.

[20] J. Cecilio, J. Costa, and P. Furtado, "Survey on Data Routing in Wireless Sensor Networks," Wireless Sensor Network Technologies for the Information Explosion Era, 2010(278): 3-46.

# Construction of Production Platform for Large-Scaled Architectural Design Enterprises Based on Micro-Service Architecture

Xu Minyang[1], Gao Chengyong[1], Zhou Xiangdong[2], Wang Guojian[1]

(1. *Arcplus Group PLC*, *Shanghai* 200041, *China*;
2. *School of Computer Science*, *Fudan University*, *Shanghai* 200433, *China*)

**Abstract**: As the core of informatization construction of large-scale architectural design enterprises, the production business platform plays an important role in collaborative design, quality check, and data management. Facing the construction needs of the production platform of large-scale architectural design enterprises, this paper creates an integrated platform based on cloud architecture for the whole life cycle business application and management to be used by architects and managers, which takes the production business data management as the core, and interconnected production and working environment to realize horizontal integration and vertical connectivity of business chain in engineering construction industry. Users are able to efficiently carry out production management in a unified data environment. In view of the construction needs and goals, this paper puts forward the overall structure of the production business platform for large-scale architectural design enterprises, which is divided into four levels of platform portal, digital production management, data management and big data support. At the same time, the overall technical route of the platform based on micro-service architecture is proposed, which includes five characteristics and four key technologies to achieve high-level performance and availability. The main idea and method of building production business platform proposed in this paper are intending to provide reference for the construction of production platforms for large-scale architectural design enterprises in the industry, to promote the integration of information technology between the Internet information technology and the construction industry, and to improve the informationization level of architectural design enterprises in the industry.

**Key Words**: Architectural Design; Production Business Platform; Micro-service Architecture