

基于盾构施工信息管理平台的大数据处理及远程监测研究*

滕君祥 唐耀斌

(广州轨道交通建设监理有限公司, 510010, 广州//第一作者, 高级工程师)

摘要 建立统一的数据管理平台是盾构施工过程安全管控的有效途径。应用 UA(统一架构)技术搭建了盾构施工信息管理平台的架构框图,用以实现多台不同类型盾构机施工过程的实时数据采集。在完成简化、压缩、流处理等数据的二次处理后,用云数据库搭建了盾构施工信息管理平台的核心数据中心,进而实现了可供远程浏览器及移动端使用的远程数据监测功能,最终完成了盾构施工全过程数据信息的查询、分析、预警和统计等应用,实现了远程数据的可视化

关键词 盾构施工; 远程监测; 数据管理平台; 云数据库; 实时数据共享

中图分类号 U455.43; U456.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.07.041

Research on Big Data Processing and Remote Monitoring Based on Information Management Platform for Shield Construction TENG Junxiang, TANG Yaobin

Abstract Establishing a unified data management platform is an effective way of safety management and control in shield construction. UA (unified architecture) technology is applied to build shield construction information management platform architecture framework, to realize real-time data collection of several shield machines of different types in the construction process. After the secondary data processing including simplification, compression and streaming, the cloud database is used to build the core data center of the information management platform for shield tunneling. The data remote monitoring function of the remote browser and the mobile application is further realized. The remote data visual management of the query, analysis, early-warning and statistics of the shield construction process is finally accomplished.

Key words shield construction; remote monitoring; data management platform; cloud database; real-time data sharing

Author's address Guangzhou Rail Transit Construction Supervision Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

目前,我国已开发了盾构隧道沉降自动化监测及数据移动发布系统。该系统可实现盾构施工监测数据的自动化采集、分析和移动端推送,以进一步优化盾构施工过程参数,有效保证盾构掘进全过程的施工过程及周边环境的安全^[1]。为实现盾构施工过程的远程监控,盾构机制造厂商建立了 B/S(浏览器/服务器)模式的盾构信息管理平台。如上海隧道工程有限公司在宁波轨道交通3号线盾构施工过程信息管理系统中开发了远程端用户发布平台服务信息交互功能,为盾构施工过程提供了稳定的技术保障^[2]。

多台不同类型盾构机的施工数据远程集中起来,通过盾构施工信息管理平台对海量的、杂乱无章的数据进行统一归类和管理,并找出其中的规律,进而确定可量化的盾构掘进参数预警指标。这对提高盾构的施工效率、确保施工的稳定和安全、减少施工事故具有重要意义。本文通过应用 UA(统一架构)完成分布式多台不同类型盾构机施工过程实时数据的采集,并由实时/历史数据库和关系数据库共同完成数据的二次处理,使用云数据库搭建盾构信息数据平台的核心数据中心。通过盾构信息管理平台可随时查询盾构项目的具体进展情况,在线分析施工的关键数据,及时发现施工的异常情况。

1 盾构施工信息管理平台系统架构

如图1所示,为满足盾构施工过程中数据采集、分析的功能需求,统一的盾构施工信息管理平台由数据采集、数据处理、数据中心及远程应用等4个部

*“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0802500)

分组成。

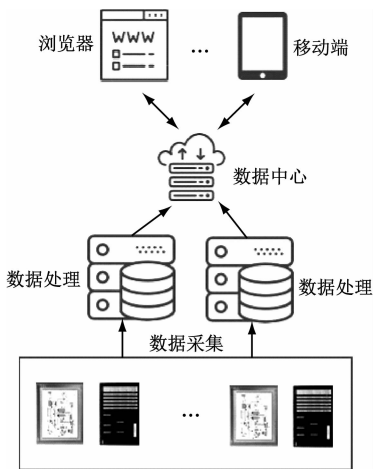


图1 盾构施工信息管理平台的架构框图

Fig.1 Schematic diagram of shield construction information management platform architecture framework

1) 数据采集。由地上的采集计算机和地下的多台不同类型盾构机以 C/S(客户机/服务器)结构完成盾构施工过程的数据采集。在盾构机中央控制室设置数据采集计算机,在该计算机内设置 UA 服务软件,UA 软件可通过以太网光纤实时读取多台盾构机控制器的施工数据,并完成数据存储^[3]。

2) 数据处理。通过采集计算机采集到的数据经以太网传输至数据库服务器,由实时/历史数据库和关系数据库共同完成数据的二次处理。

3) 数据中心。使用云数据库存储处理过的相关数据,可实现高效读写、高压压缩比存储、时序数据插值及聚合计算等功能^[4]。

4) 远程应用。包括多台远程浏览器及移动端的应用,这些远程端口采用 B/S 结构,最终可实现盾构施工过程的远程分析、统计、查询及预警等功能。

通过以上架构,统一的盾构施工信息平台主要可实现以下功能:① 实现跨平台的各类现场设备、控制系统和信息系统的实时互联互通;② 支持对历史数据归档文件的管理,包括创建、复制、删除和备份等操作;③ 使用云数据库存储相关数据,并提供大数据分析服务;④ 通过互联网为远程客户提供盾构业务数据的管理、访问服务。

2 盾构施工信息管理平台的构建

2.1 数据采集

UA 技术可为应用程序提供可互操作的、高性

能的、可扩展的、安全和可靠的通信。基于此,盾构施工信息平台能够实现跨平台的各类现场设备、控制系统和信息系统的实时互联互通^[5-6]。

通过应用 UA 标准,本文开发的驱动软件可完成数据采集计算机对硬件设备的设置和读写操作,并通过对底层的通信细节进行封装,提供接口函数,以供服务器调用。由此,该软件完全可以满足目前国内外不同品牌、不同类型盾构机的数据采集驱动需求。应用该软件,在客户端可查询当前通信数据,并可在线进行设备调试和故障诊断,从而加快盾构施工现场实时数据的通信连接进程。

另外,该驱动软件还支持常用的文件系统采集(如演算工坊等),支持与常用的盾构监控平台共享数据(如在标准程序基础上结合具体系统的通信协议,与其他数据平台可进行数据共享)。

2.2 数据处理

盾构施工过程数据传输至数据库服务器后,将由实时/历史数据库和关系数据库进行数据的二次处理。本文的关系数据库选用了 Microsoft SQL Server 2008 服务器软件^[3]。

实时/历史数据库可完成盾构施工过程数据的二次数据处理。针对数据库中的空缺值,以及数据不一致、噪声数据等数据问题,该数据库可采取忽略该元组、属性平均值、全局变量平均值、给定元组所有样本平均值、分箱、聚类、数据回归、人工更正等方法,对多元数据进行清洗。

该实时数据库定义了标准的数据接口访问规范,支持死区压缩和斜率压缩,支持对历史数据归档文件的管理(如创建、复制、删除和备份等)。实时数据库还可将数据转换成有利于分析的形式,如平滑、聚集、数据概化、规范化、属性构造等。规范后的数据不仅可采用数据分析工具进行深度挖掘,还可消除量纲的影响,方便数据进行比较和加权。同时,实时数据库采用标准的 SQL(结构化查询语言),可实现数据查询功能,支持触发器、存储过程及游标等数据库常用的组件,也支持数据复制。应用数据算法对数据进行简化和压缩后,可缩小数据的规模,提高数据的分析效率。这些数据随后经过流处理,以数据消息的形式直接推送至数据中心。

2.3 数据中心

高性能、低成本且稳定可靠的云数据库作为盾构施工信息平台的核心数据中心,可提供高效读写、高压压缩比存储、时序数据插值及聚合计算等

服务,可满足基于互联网远程数据查询和数据分析的需要^[7]。

数据中心云数据库具备秒级写入百万级时序数据的性能,可提供高压缩比、降低存储成本,可实现采样、插值、多维聚合计算及可视化查询结果等功能,有效解决因设备采集点数量巨大、数据采集频率高而造成数据存储成本高,以及数据在写入、查询、分析等方面效率低的问题。

采集计算机采集到的数据传输至数据库服务器,通过简化、压缩及流处理后以数据消息的形式直接推送至数据中心的云数据库中存储。通过云数据库控制台及 API(应用程序编程接口)数据功能,前端大数据远程应用系统即可进行数据分组、空间聚合、数据查询及计算分析,从而实现盾构施工信息管理平台所需要的功能。

3 盾构施工信息管理平台的数据远程应用

盾构数据的采集与分析远程应用功能主要是通过多台远程浏览器和移动端,为远程客户提供盾构业务数据管理的访问服务。

依据业务需求,远程浏览器的盾构数据采集与分析应用功能主要包括提供线路进度信息和风险报警信息、风险源的管控及预警、盾构监控界面管理及监控、盾构机刀具管理及报表管理等方面。

远程移动端的盾构数据采集与分析应用功能可根据需求开发手机的苹果版和安卓版。依据业务需求,具体的应用功能主要有项目总览、标段-区间信息总览、参数统计、信息预警、地面沉降信息上报及设备故障报警等功能。

图2为手机苹果版远程移动端对盾构停机的统计界面截图。该停机统计以时间周期为查询条件,可分别统计每个周期内盾构的推进时间、拼装时间、停止时间及这三者的占比,以及起止环区内整体的消耗时长。

通过数据中心的云数据库控制台及 API 数据设置功能,本文所开发的数据远程监测功能可从多方面对盾构施工全过程的数据进行查询和分析。盾构施工信息管理平台已在广州地铁8号线北延伸段、18号线、22号线、11号线及佛山地铁3号线等地铁建设线路上得以成功应用。在盾构施工过程中,通过对盾构数据进行查询、分析、预警和统计,提高了盾构施工过程中数据统计、汇总及分析的准确性和时效性,节省了人力与管理成本,确保了

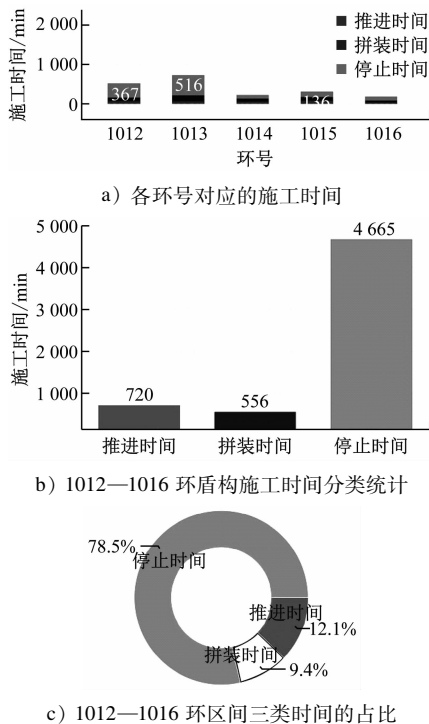


图2 手机苹果版远程移动端对盾构停机的统计界面截图
Fig.2 Apple iOS interface of shield tunneling downtime statistics on remote mobile terminal

施工工程质量。此外,应用盾构施工信息管理平台,实现了盾构施工过程的远程可视化监控,有效地提高了盾构施工过程的数字化管理水平。

4 结语

本文构建了基于 UA 的盾构施工信息管理平台,通过采集盾构施工数据,实现了对各类现场设备、控制系统和信息系统实时数据共享的功能。现场采集得到的盾构施工数据经过简化、压缩、流处理等二次处理后,以数据消息的形式被直接推送至盾构施工信息管理平台云数据中心进行存储。在此基础上,前端多台远程浏览器和移动端通过云数据库控制台及 API 数据设置功能,完成了大数据应用的数据分组、空间聚合、数据查询及计算分析,最终实现了对盾构施工全过程的远程业务监控和数据深度分析。本文的研究成果有利于提升盾构施工过程的管理水平、技术水平及安全管控效率。

参考文献

- [1] 谢雄耀,李军,王强. 盾构施工地表沉降自动化监测及数据移动发布系统[J]. 岩土力学,2016(增刊2):788.

(下转第211页)

通信技术和基于混合开发集成的 AR 远程指导技术,采用智能化、自动化的手段提高了轨道交通设备运维的指导效率和管理水平。该系统的主要创新之处在于:基于 AR 智能交互技术构建了以车辆转向架设备为例的轨道交通设备运维指导的可视化平台,支持技术人员进行远程诊断和操作指导,设备的检修效率大为提升;通过立体 UI 界面和局部模型覆盖的三维指导动画,很大程度给用户带来了虚实结合的观感,使技术人员与用户间的信息交流传递更加直观。

轨道交通设备远程运维指导系统虽然已经实现了其既定的基本功能,系统运行稳定,但仍然存在以下问题需要进一步改善:①基于物体识别的追踪技术,其识别效果和精度受光强的影响较大,应研究解决在不同光照条件下追踪算法的稳定性;②系统目前的应用范围仍较窄,只能为轨道交通车间的少数设备提供运维指导,在下一步的系统开发中应扩充至多个应用场景,实现对其他设备的智能运维。

参考文献

- [1] 常公平,刘捷涌,刘卫波,等. 高铁车站设备运维支撑系统的设计与实现[J]. 铁路技术创新, 2014(3):32.
CHANG Gongping, LIU Jieyong, LIU Weiobo, et al. Design and implementation of high-speed railway station equipment operation and maintenance support system[J]. Railway Technology Innovation, 2014(3):32.
- [2] 王玲玲,祁敏,孙启良. 京沪高铁标准化作业管理平台及移动接入技术[J]. 铁道通信信号, 2016(3):32.
WANG Lingling, QI Min, SUN Qiliang. Standardized operation

management platform and mobile access technology of Beijing-Shanghai High-speed Railway[J]. Railway Signalling & Communication, 2016(3):32.

- [3] KOUR R, KARIM R, PARIDA A, et al. Applications of radio frequency identification (RFID) technology with eMaintenance cloud for railway system[J]. International Journal of System Assurance Engineering & Management, 2014, 5(1):99.
- [4] 王伟明,何亚轩,任彬,等. 轨道车辆运行的增强现实仿真系统研究[J]. 图学学报, 2017(4):577.
WANG Weiming, HE Yaxuan, REN Bin, et al. Research of railway vehicles working augmented reality simulating system[J]. Journal of Graphics, 2017(4):577.
- [5] 房顺沐. 移动增强现实产品装配三维交互方法[D]. 广州: 广东工业大学机电工程学院, 2016.
FANG Shunmu. 3D interaction for mobile augmented reality assembly[D]. Guangzhou: School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, 2016.
- [6] 陶飞,张萌,程江峰,等. 数字孪生车间——一种未来车间运行新模式[J]. 计算机集成制造系统, 2017(1):1.
TAO Fei, ZHANG Meng, CHENG Jiangfeng, et al. Digital twin workshop: a new paradigm for future workshop[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017(1):1.
- [7] 张威,荣佳. 高铁虚拟现实三维仿真场景优化方法的研究[J]. 电脑知识与技术, 2015(24):174.
ZHANG Wei, RONG Jia. Research on optimization method of 3D simulation scene of high-speed railway virtual reality[J]. Computer Knowledge and Technology, 2015(24):174.
- [8] 龚鹏,曾兴斌. 基于 Netty 框架的数据通讯服务系统的设计[J]. 无线通信技术, 2016(1):46.
GONG Peng, ZENG Xingbin. Design of the data communication service system based on Netty framework[J]. Wireless Communication Technology, 2016(1):46.

(收稿日期:2020-05-07)

(上接第 205 页)

- XIE Xiongyao, LI Jun, WANG Qiang. Automatic monitoring and mobile data publishing system of ground settlement induced by shield tunneling [J]. Rock and Soil Mechanics, 2016 (S2):788.
- [2] 刘杰. 盾构施工实时数据远程交互软件开发与应用[J]. 地下工程与隧道, 2016(2):19.
LIU Jie. Development and application of remote real-time interactive data software of shield construction[J]. Underground Engineering and Tunnels, 2016(2):19.
- [3] 张为民,马杰. 生产设备实时数据远程监测研究与实现[J]. 计算机应用与软件, 2018(9):126.
ZHANG Weimin, MA Jie. Research and implementation of the real-time data remote monitoring for manufacturing facilities[J]. Computer Applications and Software, 2018(9):126.
- [4] 宋江健. 基于 OpenTSDB 的能源管理系统并行架构研究[D]. 广州:广东工业大学, 2019.
SONG Jiangjian. Research on parallel architecture of energy

management system based on OpenTSDB [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2019.

- [5] 柴处处,韩庆敏,杜军钊. 基于 OPC UA 技术的实时数据服务的研究与应用[J]. 微型机与应用, 2017(22):5.
CHAI Chuchu, HAN Qingmin, DU Junzhao. Research and application of real-time data service based on OPC UA technology [J]. Microcomputer & Its Applications, 2017(22):5.
- [6] 邱云,季振山,张祖超,等. 基于 OPC UA 技术的 Labview 与 PLC 通信[J]. 计算机系统应用, 2017(2):231.
QIU Yun, JI Zhenshan, ZHANG Zuchao, et al. Communication between Labview and PLC based on OPC UA [J]. Computer Systems & Applications, 2017(2):231.
- [7] 单若琦. 一种基于 OpenTSDB 的海量实时数据存储系统[D]. 广州:华南理工大学, 2016.
SHAN Ruoqi. A massive real-time data storage system based on OpenTSDB [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2016.

(收稿日期:2020-05-05)