

基于 OPC 统一架构技术的盾构实时监测系统*

黄惠群¹ 刘晓龙² 马 杰³

(1. 广州轨道交通建设监理有限公司, 510010, 广州; 2. 广州地铁集团有限公司, 510030, 广州;

3. 深圳市镇泰自动化技术有限公司, 510852, 深圳//第一作者, 高级工程师)

摘 要 以分层结构实现针对不同类型盾构机的实时监测系统。其采集层以 OPC UA(OPC 统一架构)解决方案来完成实时数据采集和存储;实时监测数据通过 Internet 传输至数据服务器,由实时/历史数据库和关系数据库在处理层进行数据二次加工;表现层通过采用 Java Script 和 SVG(可缩放矢量图形)技术,进行 Web 网页的可视化展示。实时监测系统实现了对多台分布式盾构机的监测。

关键词 实时数据; 远程监测; OPC UA SVG 盾构机

中图分类号 U455.43

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.023

Real-time Monitoring System of Shield Tunneling Based on OPC UA

HUANG Huiqun, LIU Xiaolong, MA Jie

Abstract The real-time data remote monitoring for different types of TMB is implemented with hierarchical structure, in which the OPC UA solution is adopted to collect and store the real-time data in the acquisition layer. In addition, the real-time data is transmitted to the data server through Internet, and is re-processed in the procession layer by the real-time / historical database and the relational database. Finally, the visual display of the Web page is performed by Java Script and SVG technology in the presentation layer, to implement the real-time data remote monitoring system for multiple distributed TMB.

Key words real-time data; remote monitoring; OPC UA (OPC unified architecture); SVG (scalable vector graphics); TBM (tunnel boring machine)

First-author's address Guangzhou Mass Transit Engineering Consultant Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

在大规模城市轨道交通建设过程中,盾构实时监测系统将多台不同类型的盾构机施工信息汇集到一起,不仅可随时通过网页登录系统查看盾构实时施工参数、项目进展情况,还可在线分析施工关

键数据,并及时发现异常,以便技术管理人员统一管理^[1]。如何实现不同品牌、不同类型盾构机的跨地区、远距离集群式监测是城市轨道交通盾构施工管理需要迫切解决的难题^[4]。

国内近期开发的、能实现盾构实时数据远程监测的系统大多是采用基于传统的 OPC (OLE for Process Control,用于过程控制的对象链接和嵌入)技术来采集盾构机实时数据的,能很好地解决硬件设备间的互通性问题。但其也有缺点:DCOM 的远程访问具有局限性,且难以配置;COM(组件对象模型)产生的传输报文过于复杂,通过 Internet 发送非常困难^[6]。OPC UA (OPC Unified Architecture, OPC 统一架构)技术是在传统 OPC 基础之上的又一个突破,为应用程序提供了可互操作的、高性能的、可扩展的、安全和可靠的通信^[6]。基于 OPC UA 技术的数据采集平台是一个高度集成、开放和共享的数据服务平台,能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^[6-8]。基于 OPC UA 技术,可构建新的盾构实时远程监测系统(以下简为“新盾构监测系统”)。

1 总体架构

新盾构监测系统采用的 B/S (Browser/Server, 浏览器/服务器)模式具有分布式特点:可随时随地通过网络完成查询、统计及分析业务;扩展简单方便,通过增加网页即可增加业务功能;维护方便,只需改变网页,即可实现所有用户的同步更新;开发简单,共享性强^[2]。

为满足盾构施工作业及信息远程管理需求,新盾构监测系统采用分层设计,由采集层、处理层及表现层等 3 层架构组成(如图 1 所示)。采集层由地下的盾构机工控机,以及数据采集计算机内的 OPC UA 服务器软件和 OPC UA 客户端软件构成。其中,数据采集计算机内的 OPC UA 服务器软件通

* “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0802500)

过以太网光纤读取盾构机工控机内的施工实时数据。处理层由数据服务器内的关系数据库和实时/历史数据库构成。数据采集计算机内的 OPC UA 客户端采集的盾构施工实时数据通过 Internet 传输至数据服务器,由实时/历史数据库和关系数据库进行二次处理。表现层由 Web 服务器和远程客户浏览器构成。其中,数据服务器内关系数据库和实时/历史数据库作为后台数据库,将实时数据通过以太网传输至 Web 服务器;远程客户浏览器通过 Internet 访问 Web 服务器进行相关信息显示。

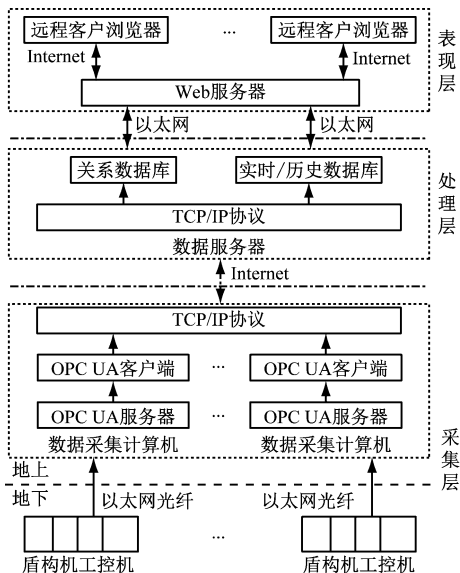


图1 盾构实时监测系统架构

2 数据采集

数据采集是实时数据服务的基础和重要环节。OPC UA 是 OPC 基金会 (OPC Foundation) 发布的最新数据通信统一方法,应用于现场控制器与上层监测系统之间的协议。其隐藏了现场设备之间的差异,为上层监测系统的实时数据采集提供了统一的接口^[9],使得数据采集、信息模型化,以及工厂设备底层与企业监测层面之间的通信更加安全、可靠、开放和共享^[6]。

OPC UA 实时数据访问服务是数据采集平台的核心,其为 Client/Server(客户端/服务端)架构。现场数据采集服务器从现场设备上采集数据和文件,同时给通用客户端提供访问服务。OPC UA 服务器负责管理自身的数据与处理逻辑,并通过 OPC UA 通信协议对 OPC UA 客户端软件提供相应的实时数据服务。OPC UA 服务结构如图 2 所示,分为硬

件设备、驱动程序、地址空间、数据编码、安全协议及通信协议等 6 个层次。

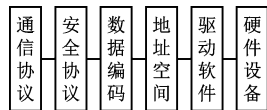


图2 OPC UA 服务架构

实时数据访问服务的关键在于创建地址空间。地址空间是由一系列拥有具体含义的内存数据与持久数据所组成的数据集合,便于对工业现场数据、业务数据、历史数据、事件、报警等信息进行统一管理和描述。OPC UA 有两种安全协议,用于对 OPC UA 客户端与 OPC UA 服务器的通信数据进行加密与解密。通信协议层则有多种数据传输格式,其中 TCP(传输控制协议)可为数据缓冲区配置不同服务,可共享 IP(互联网协议)和端口^[3]。

盾构施工时,地下的盾构机工控机都有其相对应的实时数据库。地面上的数据采集计算机内的 OPC UA 服务器需将这些数据库中的监测点转换为盾构监测系统的统一数据点表,以便在处理层的数据服务器上建立统一的实时/历史数据库和关系数据库。

3 数据处理及 Web 访问

3.1 数据存储组件

盾构监测系统处理层数据服务器包括操作系统、关系数据库及实时/历史数据库。实时/历史数据库具有数据采集、数据存储及数据接口等功能。数据采集功能可完成指定时间间隔及数目的采样数据回取,还可根据数据变化规律选择按时间周期存储和按事件方式处理数据。关系数据库 Microsoft SQL Server 2008 采用标准的 SQL(结构化查询语言),支持触发器、存储过程、视图等数据库常用组件。

3.2 Web 系统组成

实时/历史数据库存储的实时数据,以及关系数据库记录、分析和处理的数据,均以 Web 服务器的方式来发布。B/S 模式的 Web 系统组成原理如图 3 所示。Web 系统由远程客户浏览器、Web 服务器及数据服务器组成。远程客户浏览器和 Web 服务器间通过 Internet 通信,而 Web 服务器和数据服务器间通过以太网通信。其中,SVG(可缩放矢量图形)技术是基于矢量的,可支持网页的无级缩放,

能提高图形显示效率。

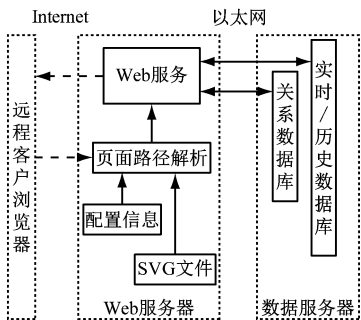


图3 B/S模式的Web系统组成原理图

3.3 Web数据交互

图4表示Web服务前后台数据的交互过程。其中,Tomcat是开放源代码的Java应用服务器,实现了对Servlet(服务连接器)和JSP(Java Server Page,Java服务网页)等动态网页的支持,可作为独立的Web服务器运行^[3]。

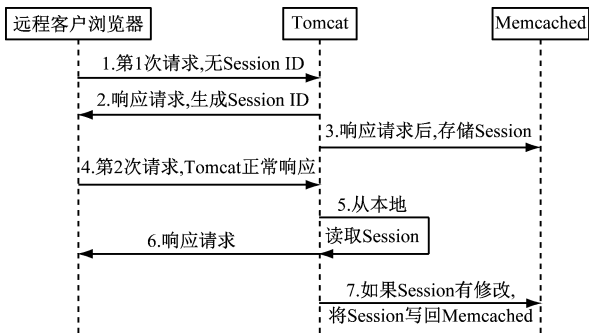


图4 Web数据交互示意图

Http Session 简称为 Session,在 Web 开发语境下指在客户端与服务器之间的保持状态^[4]。

当某远程客户端第 1 次向 Tomcat 服务器发起握手请求时,Tomcat 会检查到这个请求不包含 Session ID,于是 Tomcat 将为此客户端生成 1 个 Session ID 以响应请求,并将此 Session ID 返回给客户端进行保存。响应请求后,Tomcat 会创建 1 个 Session,将此 Session 存储到 Memcached。当远程客户端第 2 次向 Tomcat 服务器发起握手请求时,Tomcat 会检查到这个请求已包含 Session ID,于是从本地读取 Session 正常响应远程客户端。如 Session 有修改,则 Tomcat 将修改的 Session 写回到 Memcached 存储。

4 监测系统的应用

针对不同类型的多台分布式盾构机及 B/S 模式开发的新盾构监测系统,主要功能有:对盾构掘进姿态参数、工程进度、材料消耗、功效统计分及数据分析的监测,数据的上传及下载,发出预警。上述功能通过刀盘、导向、平剖面图、数据分析、监测预警等 Web 网页界面操作实现。

刀盘界面如图 5 所示。刀盘界面除了显示盾构机刀盘图外,还显示了盾构机总推力、压力、刀盘扭矩、推进速度、转速、行程、油压、同步注浆总量、注浆量及注浆压力等实时动态数据。

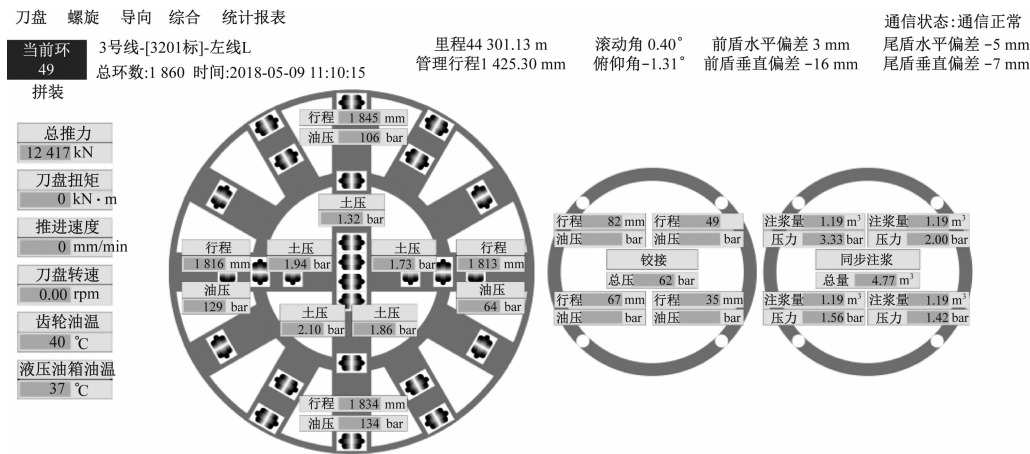


图5 盾构机刀盘界面

数据分析界面如图 6 所示。在数据分析界面,操作者可选择固定参数组和自由参数组进行实时数据对比分析。在固定参数组,选择环号或日期后,点击对应的参数组名称按钮,即可快捷分析出 5

个预先定义的监测数据。如果固定参数组数据不能满足分析需要,则可点击查询按钮,进入参数选择界面,自由选择组合参数,进而完成数据分析对比和打印工作。

用户设置了预警参数值后,如果盾构施工实时数据的监测值超出预警值,就会触发预警。图 7 为预警状态查询网页界面。该界面以列表的形式显

示预警参数、预警点、预警值、预警时间及预警状态。此外,还有地质剖面图界面(见图 8),可直观显示盾构机实时位置、地层与地质等信息。

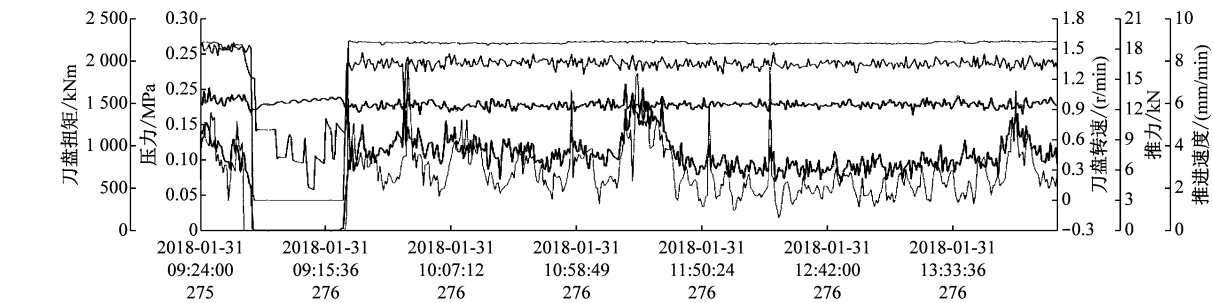


图 6 数据分析界面

预警日期： 自 2016年11月16日 至 2016年11月21日		预警参数： 全部		查询			
预警时间	参数名称	参数值	红色预警上限	橙色预警上限	橙色预警下限	红色预警下限	环号
2016-11-16 02:20:04	总推力	9100	16000	18000	10000	8000	837
2016-11-16 02:20:04	总推力	9100	16000	18000	10000	8000	837
2016-11-16 02:30:00	总推力	8000	16000	18000	10000	8000	837
2016-11-16 02:30:01	总推力	8000	16000	18000	10000	8000	837

图 7 监测预警界面

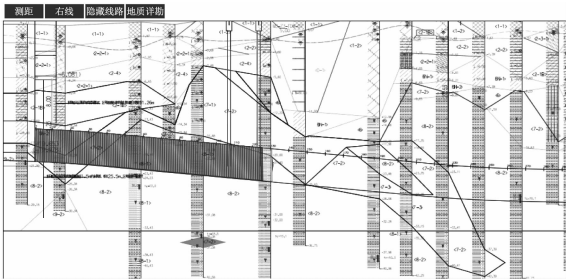


图 8 地质剖面图界面

5 结语

OPC UA 提供了完整一致的地址空间和服务模型,解决了传统 OPC 同一系统信息不能统一访问的问题。OPC UA 让数据采集更加安全、可靠和高效。同时,OPC UA 提供了基于 Internet 的 Web Service 服务架构和非常灵活的数据交换方式,适合针对不同品牌、不同类型盾构机的实时数据采集,以及 B/S 模式的 Web 可视化界面开发。

新盾构监测系统在 OPC UA 应用基础上实现了多台分布式盾构机的实时数据采集和存储,进一步通过实时/历史数据库和关系数据库的综合开发

应用,完成了盾构施工实时数据远程存储和处理。针对 CAD 图,新盾构监测系统采用 SVG 技术,通过配置相应参数,完成图形的网页发布。新盾构监测系统的 B/S 模式 Web 系统,可实现远程客户端与数据库系统的实时数据交互,使相关业务人员能及时地得到盾构施工信息,从而快捷和准确地了解生产现场情况,更好地进行生产管理及决策。下一步将在 SVG 自动导入平面图、数据分析功能优化、整合三维可视化模型及大数据分析等方面继续进行深入研究,使盾构实时远程监测功能在轨道交通盾构施工过程中发挥更大作用。

参考文献

- [1] 任颖堂,陈馈,张兵,等. 盾构远程信息化管理系统关键技术研究[J]. 建筑机械,2016(10):41.
- [2] 徐剑安,孙志洪,孟祥波,等. B/S 模式盾构信息管理平台的应用研究[J]. 自动化应用,2017(2):14.
- [3] 王智凝,刘意畅,高峰,等. OPC UA 在工业机器人信息模型中的应用[J]. 仪器仪表标准化与计量,2016(3):30.
- [4] 陈文远,张继宏,王国庆,等. 盾构集群远程监控与智能化决策支持系统的开发与应用[J]. 施工技术,2015,44(13):105.
- [5] 钱宇虹. 使用 Websocket 和 Servlet 实现服务器定点推送[J]. 软件工程,2016,19(10):30.
- [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,2017,26(2):231.
- [7] 柴处处,韩庆敏,杜军钊,等. 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,2017,36(22):5.
- [8] 王奔,司凤琪,邵壮,等. 基于 Web 的燃气蒸汽联合循环机组仿真研究与应用[J]. 工业控制计算机,2016,29(12):48.
- [9] MAHMOUD M S, SABIH M, ELSHAFEI M, et al. Using OPC Technology to Support the Study of Advanced Process Control [J]. ISA Transactions, 2015, 55:155.

(收稿日期:2018-02-05)