

# 基于云计算的桥梁检测新技术研究

李 博<sup>1</sup> 施发弘<sup>2</sup> 宋顺兵<sup>2</sup> 郑晓卫<sup>3</sup> 陈林杰<sup>3</sup>

(1 重庆交通大学结构工程重点实验室 重庆南岸 400074

2 中国航空港建设第九工程总队 四川成都 610000 3 重庆交通大学土木建筑学院 重庆南岸 400074)

**摘 要:**桥梁施工监控及健康监测均建立在桥梁检测技术基础上,本文在研究云计算的基础上,提出了采用了云计算作为桥梁检测的新技术,研究了云计算在桥梁监测领域的几个关键性问题,并展望了云计算在桥梁检测领域的广阔前景。

**关键词:**云计算 健康监测 施工监控

## 1 引言

近年来有关桥梁结构的安全问题频繁发生,桥梁安全已经成为社会大众关注的焦点之一。许多长大跨径桥梁采用了施工控制技术来保证施工工期安全,一些重要的桥梁还安装了健康安全监测系统来保证运营期安全。然而桥梁施工监控和健康安全监测作为桥梁在建设和运营过程中的重要应用,目前仍存在许多问题和缺点,主要表现在:

(1) 施工监控大多采用便携仪表进行人工测量和记录,工作效率低,危险性高,且测量精度易受施工环境影响;测量数据的分析计算离线进行,实时性差,监控指令容易滞后;理论与实测数据的对比分析等操作低效,更深入的数据分析较困难;

(2) 运营期的桥梁健康监测,大多在桥址附近建设监控中心,监测系统软、硬件投入高,中小型桥梁难以实施,极大地影响了桥梁健康监测的推广应用;监测系统软件复用性低,研发调试周期长;监控中心专业技术力量不足,专家支持成本高;多座桥梁的监测数据难以共享;管理、使用单位与设计、研究单位的需求不一致,软件系统功能难以满足不同用户的需求;

针对以上问题,本文在研究云计算的基础上,提出了采用了云计算作为检测新技术,研究了云计算在桥梁监测领域的几个关键性问题,并展望了其应用前景。

## 2 云计算

云计算泛指云计算服务、支撑云计算服务的云计算平台和相关云计算构架技术,是计算机科学和互联网技术发展的产物,也是引领未来信息

产业创新的关键战略性技术和手段。云计算开创了SaaS (Software as a Service)、PaaS (Platform as a Service)、IaaS (Infrastructure as a Service)等全新IT服务模式,其中SaaS模式提供低廉的在线软件租用服务,PaaS模式提供快速的从技术开发到服务运维的能力,IaaS模式提供低成本和高可靠的基础设施托管服务。

## 3 桥梁监测云系统架构

桥梁监测云主要由数据采集通信子系统、云存储子系统、模块组件子系统、云专家子系统和Web服务子系统组成。其中,数据采集通信子系统的采集部分部署在桥梁现场,属于云端设备;云存储子系统、模块组件子系统、云专家子系统及Web服务子系统部署在云中心;数据采集通信子系统的通信部分用于云端与云中心的通讯。

数据采集通讯子系统作为桥梁监测云的数据来源,将采集到的传感器数据通过有线/无线方式传输至云计算中心,云计算中心对接收的数据进行存储和分析,通过网络将结果发布给用户。

## 4 关键问题研究

### 4.1 数据采集通信子系统

目前现有的传感器种类众多,数据的采集和传输方式也各异,数据采集通信子系统作为桥梁监测云的数据来源,对监测云的适用性和可靠性起到了关键性作用。无线传感网络技术成本低、易于部署,是桥梁健康监测的最佳解决方案之一。2005年美国伯克利大学在金门大桥布设了由64个无线传感网络节点组成的健康监测系统,通过59个加速度传感器获取风力作用下桥体振动,成功获取了丰富的监测数据。欧进萍院士自主研

发了无线应变采集传输系统,并在渤海JZ20-2MUQ平台的仿真模型上完成了无线传感试验。

随着无线传感技术和芯片技术的高速发展,可以研发一套数据采集传输设备来实现与云计算中心的连接。该设备可内置ZigBee和GPRS模块,采用自定义网络传输协议和数据包格式进行通信,可有效降低了传输误码率和GPRS丢包率。设备还能提供高速SD卡、IDE接口,能够对传感器数据做临时存储,避免因网络故障造成数据丢失现象。设备封装了数据采集及通讯的内部逻辑,实现无线接入的快速部署,为桥梁检测系统的安装和改造提供便捷。

#### 4.2 Web服务子系统

Web服务子系统是本系统的用户界面模块,是用户使用本系统的窗口。通过该子系统,用户以Web的方式根据业务需求进行功能模块的选择、配置,对设备进行远程控制,对监测结果进行分析与查看。

利用先进的Ajax技术和微软的Silverlight技术,可以实现最大化的用户定制灵活性。用户可以根据个人习惯配置用户界面和选择功能模块、可以自己定义数据采集的采集模式、报警阀值以及存储策略,可以选择、启动、停止相关的监测设备等等。

#### 4.3 专家子系统

桥梁施工监控与健康监测需对检测数据进行深入分析,以保证桥梁建设期以及运营期的交通安全和结构安全。云计算提供了丰富的智能专家算法,使得建设管理单位可以将系统部署与专家分析相分离,实现专家支持上的最大灵活性。

桥梁施工监控过程往往需要开展标高预测、误差分析等工作;桥梁健康检测需要对数据开展统计回归分析、损伤识别、状态评估等工作。云计算通过管理实测数据与理论数据,可以非常方便地为数据的分析计算提供支持。云计算平台还使得多座桥梁之间的数据得以共享,为数据挖掘技术的应用和创新提供了得天独厚的机会。

专家子系统可以采用LabVIEW、MATLAB等语言编写模块化的计算程序或插件,采用组态技术实现系统集成。LabVIEW是一种图形化编程语言,目前广泛的应用于工业自动化领域上。LabVIEW自带丰富的函数库,包括信号分析、机

器视觉、数值运算、声音震动分析等功能,其Web发布功能可以将前面板显示界面直接远程发布。MatLAB具有神经网络分析、遗传算法等更强大的计算功能。

## 5 展望

1) 通过在云计算中心组织专家人工咨询服务,可以有效提高专家支持效率,降低专家支持成本,保证监测质量。

2) 通过传感技术采集桥梁的各种荷载信息,例如风荷载、温度荷载、汽车荷载等,将这些荷载信息直接输入到桥梁结构有限元模型中并开展实时分析计算,分析比较该计算值与桥梁结构的实测响应数据,其实质是将桥梁实体做为工地环境试验模型,开展设计验证、损伤识别等相关研究工作。这些工作将极大地提高全社会的桥梁交通和结构安全,有效促进行业进步。

3) 随着技术进步和社会经济的迅猛发展,桥梁检测设备的单价将愈来愈低,而结构安全造成的社会经济代价将愈来愈高,两者的此消彼长必将成为桥梁健康监测更大范围应用的契合点,云计算做为桥梁监测的新手段,其系统化的整体解决方式,低成本投入特点为中小型桥梁的低成本监测提供可能,为物联网的深入发展提供有力支持。

## 6 应用举例

重庆某桥为单跨空腹式钢筋混凝土箱型拱桥,主跨80米。由于桥梁墩台附近有严重的堆积填土现象,影响到桥梁的结构安全,需要对该桥开展在线监测工作。采用本文所提的云计算监测技术,通过在拱顶拱脚及1/4截面安装静态挠度计和应变计,采用无线传感技术将数据通过GPRS传输至云计算中心,云中心提供该桥远程实时健康监测服务,监测系统运行稳定,功能全面。整个监测系统的直接设备投入不足十万元,监测系统仅按年收取服务费,无需单独购买服务器及相关软件,大大低于其它检测方式的投入成本,具有非常良好的社会效益。

#### 参考文献

- [1] 朱仕村,张宇峰,张立涛,朱晓文,胡云辉. 面向长大桥梁结构健康监测物联网的云计算[J]. 现代交通技术, 2011(02):24-27;
- [2] 王春茂. 无线传感网络在桥梁健康监测中的新应用[J]. 计算机与现代化, 2011.1: 145-148;
- [3] 吴剑,苗普玲. 基于LabVIEW的嵌入式系统开发与调试方法[J]. 南昌航空大学学报, 2010.6.6-13;