

既有建筑健康智能监测云平台系统研究

施少锐¹, 吴桐², 向伟明²

¹广州市房屋安全鉴定协会, 广东 广州

²广州大学, 广东 广州

Email: huajiankeji@21cn.com

收稿日期: 2021年1月23日; 录用日期: 2021年2月18日; 发布日期: 2021年2月25日

摘要

既有房屋质量问题日益凸显, 人工检测方法, 费时费力且检测结果不够准确。本文通过研究物联网通用架构和系统设计原则, 借鉴其在各领域的应用经验, 提出了既有建筑健康智能监测系统, 并通过云计算大数据, 探索物联网监测系统上云, 实现智能监测系统中海量监测数据信息的云上自动化处理, 提升既有房屋监测和预警效果。

关键词

实时健康监测, 物联网系统, 云计算

Research on Cloud Platform System for Intelligent Health Monitoring of Existing Buildings

Shaorui Shi¹, Tong Wu², Weiming Xiang²

¹Guangzhou Building Safety Assessment Association, Guangzhou Guangdong

²Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Email: huajiankeji@21cn.com

Received: Jan. 23rd, 2021; accepted: Feb. 18th, 2021; published: Feb. 25th, 2021

Abstract

The quality problems of existing houses are becoming increasingly prominent. Manual detection method is time-consuming and laborious, and the detection results are not accurate enough. By

studying the general architecture and system design principles of the Internet of things, and drawing on its application experience in various fields, this paper puts forward the existing building health intelligent monitoring system, and explores the cloud application of the Internet of things monitoring system through cloud computing big data, so as to realize the cloud automatic processing of massive monitoring data information in the intelligent monitoring system, and improve the monitoring and early warning effect of existing buildings.

Keywords

Real-Time Health Monitoring, Internet of Things System, Cloud Computing

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国既有建筑有相当部分是建于二十世纪 80 年代至 90 年代, 随着时间的推移, 这些建筑已逐渐老化, 近年来老旧建筑出现裂缝、倾斜等质量问题及倒塌事故的现象日益增多, 造成人身危害与财产损失。这些因超过年限或各类质量问题引发的事故如果能采取有效的预防监控措施, 在建筑受损产生倾斜和沉降初期就能发现和掌握它的变化趋势及规律, 将大大降低出现最坏灾害结果的概率[1]。但是, 目前我国尚无成熟的针对老旧房屋健康状况监控、诊断和预警的有效方法, 所以迫切需要设计开发一套既有老旧房屋健康监测系统。本文结合物联网技术、智能传感器制造、数据传输通讯技术和云计算平台等, 充分考虑成本、历史和人文累积综合因素出现的问题, 以及社会经济发展带来的风险问题, 跨领域学科并利用相关软硬件新技术, 研发的分析老旧房屋安全监控和预警的突出问题研究和设计健康智能监测系统[2]。

2. 健康智能监测云平台系统总体框架及工作原理

2.1. 系统总体方案

通过物联网体系架构现状的研究, 对老旧房屋智能健康监测系统进行初步探索和研究, 便于完善普属性的城市房屋健康监测信息管理平台, 进而与其他公共安全物联网系统对接入智慧城市的物联网系统。

2.2. 系统架构设计

根据对物联网通用体系架构的了解, 及对老旧房屋健康监测物联网系统设计原则的分析, 归纳总结监测系统的功能架构, 老旧房屋健康监测的物联网系统应由以下几个部分组成: 现场对老旧房屋结构安全各特征值属性监测信息的采集互连和传感设备的控制和管理的感知网络; 打通各地监测项目与远程监控中心之间可靠、安全的数据传输的通信网络; 面向不同用户和机构提供人机交互设计与数据应用的可视终端; 根据用户的需求调用资源执行各类信息统计对比和数据分析, 同时包含负责数据存储和处理的智能处理集群, 以及通过数据接口实现用户与底层感知层互联互通的后台应用管理终端[3]。

各个部分有机整合成一个智能的老旧房屋健康监测物联网系统总体架构, 行业化、标准化、自动化的系统建立实现了以监测为基础、分析为手段、预警为目的老旧房屋健康监测。

2.3. 云计算技术

在老旧房屋健康智能监测应用中, 面对大量且监测类型丰富的老旧房屋健康监测项目采集的数据,

云计算技术能为智能物联网监测系统提供分析、计算、管理海量异构监测数据的强大处理能力,让我们更高效便捷地“掌控”监测物联网系统[4]。老旧房屋健康监测中云计算的海量数据处理部署情况如图1所示。

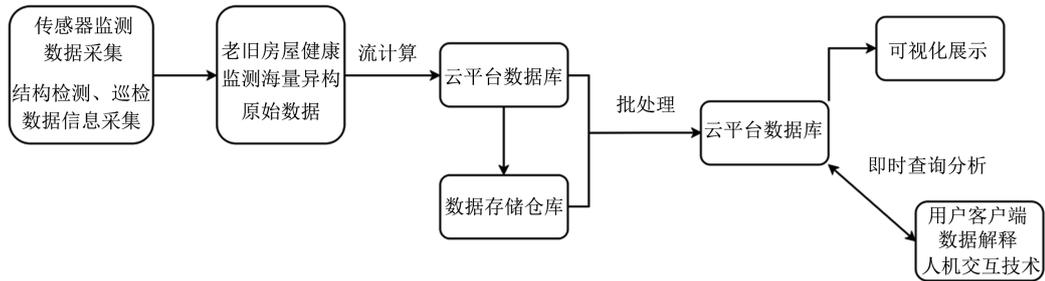


Figure 1. Cloud computing big data processing task deployment diagram
图1. 云计算大数据处理任务部署图

3. 健康监测与智能巡检系统设计与实现

3.1. 传感器监测物联网系统

针对目前城镇老旧房屋主要存在的倾斜、沉降、裂缝损坏问题,分别采用双轴倾斜仪、静力水准仪和振弦式测缝计进行测量,并通过内置或附加数据采集和通信组网模块组成远程、实时、自动化传感器对老旧房屋进行监测[5]。

老旧房屋健康传感器监测系统主要监测设备的总体布设原则为:

- 1) 应反映监测对象的实际状态及变化趋势,宜布置在监测参数值可能的最大位置;
- 2) 监测点的数量和布设范围应有冗余,重要部位应增设测点;
- 3) 可利用结构的对称性,减少测点布设数量;
- 4) 宜便于监测设备的安装调试、测读、维护和替换;
- 5) 不应妨碍监测目标对象的施工和正常使用;
- 6) 在符合上述要求的基础上,宜缩短信号的传输距离。

A) 倾斜监测

老旧房屋的倾斜监测,倾斜传感器采用基于 MEMS 原理的双轴倾角仪进行自动化测量,不仅可以测出房屋的倾斜角度,又可以同时得出其倾角的方向,能够更全面的获得老旧房屋的倾斜状态信息。双轴倾角仪如图2所示。

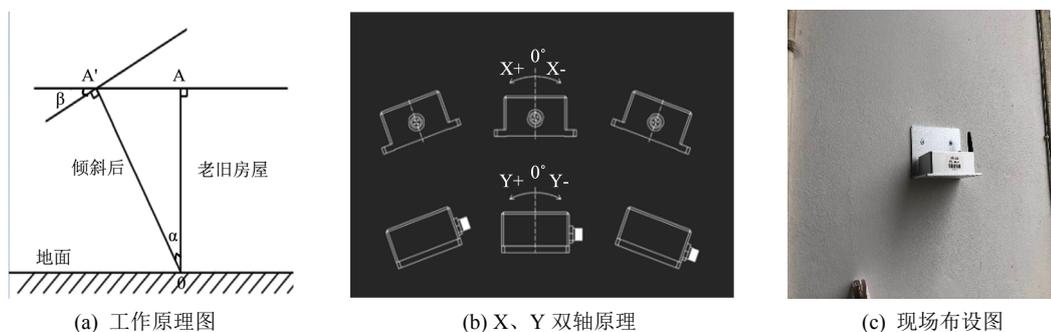


Figure 2. Schematic diagram of dual axis inclinometer
图2. 双轴倾角仪示意图

B) 倾斜监测点的布设

房屋主体倾斜监测点位的布设应符合下列要求:

- 1) 一般在建筑物四周墙面的同一高程相邻或对角布置;最大跨度大于 30 m 时,可于建筑物楼面适当加设监测点;具体位置、数量和距地高度由现场实际情况确定。
- 2) 建筑物裂缝和沉降缝两侧、不同结构的分界处等部位应增加测点。
- 3) 房屋整体倾斜比较严重的方向、或局部存在倾斜变形的构件,应增放倾斜传感器进行监测。
- 4) 倾斜传感器具体部署应充分考虑住户居住体验,且宜布设在结构或墙面、柱等顶部或室内离地较高位置,尽量避免环境及人为干扰。

C) 沉降监测

老旧房屋的沉降监测,沉降传感器采用多个同型号的静力水准仪组成的静力水准系统对房屋各测点的相对沉降进行监测。静力水准系统一般安装在被测物体等高的测墩上或被测物体墙壁等高线上,采用一体化、模块化自动测量单元采集数据,并通过有线或无线通讯组网功能连接互联网,从而实现自动化沉降监测的数据采集与上传。沉降监测示意如图 3。



Figure 3. Schematic diagram of settlement monitoring
图 3. 沉降监测示意图

D) 沉降监测点的布设

房屋沉降监测点位的布设应符合下列要求:

- 1) 建筑物沿周边四角在与基础轴线相交的对称位置上布点,点数不少于 4 个;大转角处及沿外墙每 30 m 处或每隔 2~3 根柱基上;
- 2) 高低层建筑物、新旧建筑物、纵横墙等交接处的两侧;
- 3) 建筑物裂缝和沉降缝两侧、基础埋深相差悬殊外、人工地基与天然地基接壤处、不同结构的分界处及填挖方分界处;
- 4) 沉降监测点的布设应能全面反映建筑物及地基变形特征,应结合地质情况及建筑结构特点具体确定,当建筑结构或地质结构复杂时,应加密布点。

E) 裂缝监测

老旧房屋结构中的裂缝测量主要采用振弦式测缝计,如图 4 所示。它适用于长期埋设在建筑物或其它混凝土、砖墙构件内或表面,测量结构物伸缩缝或周边裂缝的开合度(即变形)。通过加装配套数据采集传输附件“振弦式传感器读数仪”采集盒便可组成监测裂缝变化的智能监测传感器,传感器支持 LoRa 等局域组网,具备低功率优化机制的工作方式,组网后满足长期采样、远程监控与传输上互联网的裂缝实时监测需求。

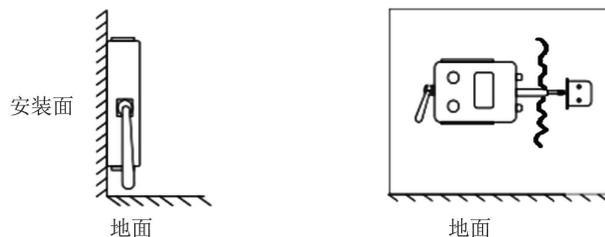


Figure 4. Schematic diagram of vibrating wire joint meter
图 4. 振弦式测缝计示意图

F) 裂缝监测点的布设

房屋裂缝监测点位的布设应符合下列要求:

- 1) 监测设备的安装方向应与裂缝走向垂直;
- 2) 监测的裂缝数量及布置监测传感器的数量应依据房屋具体情况确定;
- 3) 对主要的、明显的、变化大的裂缝应进行监测; 裂缝两侧墙体剥落严重的, 视情况可不安装监测设备;
- 4) 已发生开裂结构, 宜监测裂缝的宽度变化; 尚未发生开裂结构, 宜监测结构的应变变化。

在老旧房屋健康监测这个系统中, 综合各类监测属性感知层传感器设备、网络层物联组网技术与智能网关、应用层中物联网服务器和客户端需要支持相应协议的能力, 才能共同构成互联互通的传感器监测物联网系统(如下图 5)。老旧房屋监测会根据具体房屋实施监测项目的应用场景不同而选择相适应的不同物联网网络组网方式。

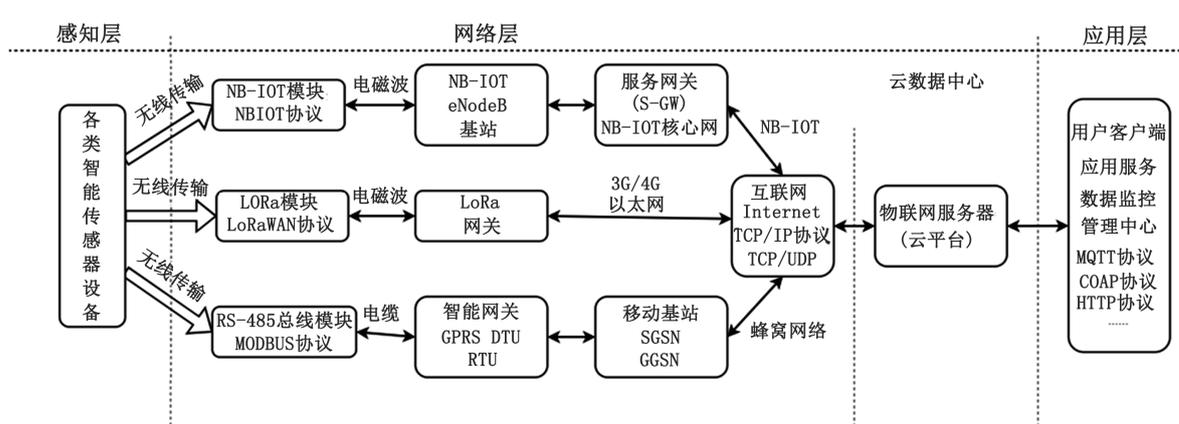


Figure 5. Deployment diagram of cloud computing big data processing task

图 5. 云计算大数据处理任务部署图

3.2. 智能巡检 APP 系统

基于物联网通用体系架构和利用云计算技术对老旧房屋智能巡检系统进行架构设计, 智能巡检系统架构主要包括巡检数据信息采集的老旧房屋智能巡检 APP 系统的感知层; 实现巡检数据信息实时流畅、安全可靠、按流量计费的无线传输的网络层; 云上巡检大数据处理与存储模块, 多台计算机和数据库管理系统软件共同构建的数据库服务器等组成的巡检云服务平台; 和应用层监控中心的拥有对云中巡检数据管理和结果分析、巡检任务制定与管理、巡检安全预警和报警机制管理以及与各用户客户端和巡检人员间及时有效交互等功能的巡检管理系统[6]。

A) 老旧房屋智能巡检与数据信息采集

智能巡检主要任务包括户外检查、入户检查、其他检查和周边环境勘查。巡检的程序包括巡检项目内容、巡检流程、记录形式、身份验证、编制巡检报告的要求以及巡检人员的组成和职责等内容，这一系列将通过巡检人员手机移动端智能巡检 APP 系统任务驱动来管理从而实现巡检从传统人工巡视排查转向智能化检查管理。

智能巡检 APP 系统实施流程(如图 6)为:

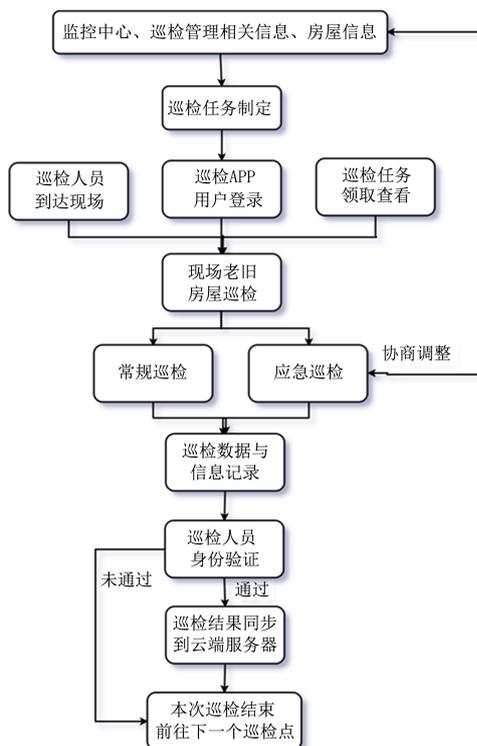


Figure 6. Workflow of intelligent inspection
图 6. 智能巡检工作流程

1) 在监控中心的巡检管理系统中对巡检云服务平台、巡检人员信息、老旧房屋基本数据信息等进行管理，巡检人员到达现场前在智能巡检 APP 系统上领取对应的巡检任务。

2) 现场巡检人员根据巡检任务规划路线，手持巡检移动终端与便携巡检工具，通过巡检 APP 任务驱动对老旧房屋健康信息数据进行采集。巡检主要分为常规巡检和应急巡检两种方式，常规巡检为按巡检流程要求进行的巡检；应急巡检是当出现特殊情况如房屋安全预警报警、住户反映房屋出现问题、监控中心需要对巡检任务进行临时更改等情况下进行巡检。

3) 房屋巡检与数据信息采集完毕后，巡检人员验证身份并上传巡检信息使巡检结果同步到云端服务器。

B) 智能巡检系统网络传输层设计

当巡检人员完成巡检任务并通过验证后，将采集的巡检记录信息实时上传至巡检云服务平台，实现巡检数据信息达到同步的目的。巡检云服务平台服务器接收到巡检移动终端发送来数据信息，将其解析成 SQL 语言储存到云端数据库中，保证监控中心能实时调取信息来宏观了解巡检动态和分析巡检结果。基于通用物联网体系架构的智能巡检 APP 系统总体架构如下图 7 所示。

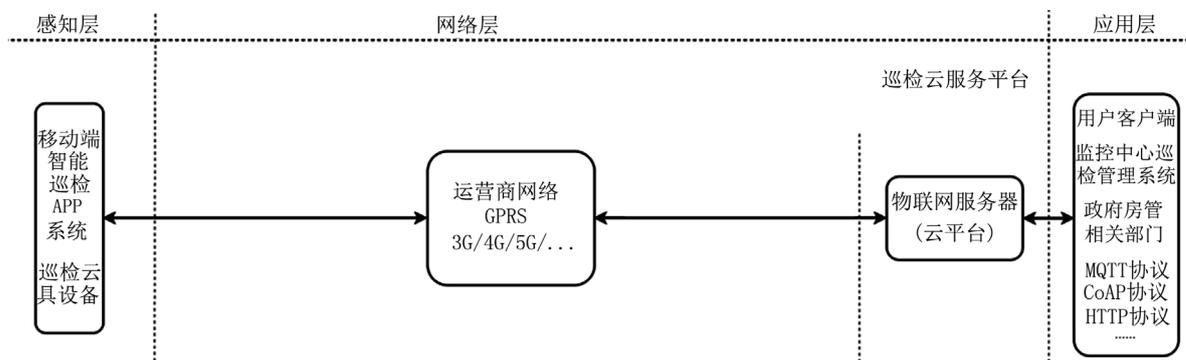


Figure 7. Overall architecture diagram of intelligent inspection APP system

图 7. 智能巡检 APP 系统总体架构图

4. 云计算关键技术

4.1. 云计算在老旧房屋智能云平台的服务模式

影响老旧房屋安全的因素复杂多样，除了需要房屋本身结构性能监测数据，还需要与当地气象局、市政工程处、地质勘探和相邻施工作业机构企业等实现数据共享，才能更全面地对老旧房屋健康状况进行科学有效的评估[7]。

近年来随着各大云计算服务平台的运营提供商不断发展和完善，使公有云模式下的数据可靠性和安全性逐步得到保障，云平台上的功能和内容日趋强大和多元化，服务质量也逐渐提高，因此公有云仍是物联网系统应用的首先。

4.2. 阿里云关键技术对监测云数据处理

阿里云服务平台作为最有代表的公有云服务，致力于以在线、公共、共享的公有云服务方式，为物联网系统应用提供安全、可靠的计算和数据处理能力，让计算和人工智能成为普惠科技[8]。

在老旧房屋健康监测中，基于阿里云 ECS 服务器进行开发，并使用大数据计算服务 MaxCompute 对海量异构数据信息进行托管。并将传感器监测数据与智能巡检信息通过传输网络层实时上传至云端并储存在云存储中。再通过采用批量计算(Batch Compute)应用模块对数据后处理分布式计算任务进行组织，完成了监测数据云上后处理功能所需的虚拟化资源池构建。批量计算模块支持海量监测数据批处理任务并发规模、数据加载、作业调度和资源管理[9]。

5. 结论

本文针对老旧房屋健康监测的特点，结合国内外结构健康监测系统的应用情况，借鉴其他应用领域的相关经验，对既有建筑健康智能监测云平台系统进行了研究分析，可知：

- 1) 根据物联网系统设计原则，考虑了老旧房屋健康现状及监测要求，提出监测物联网系统的总体架构。
- 2) 针对老旧房屋主体结构存在的倾斜、沉降、裂缝问题，设计基于物联网的老旧房屋传感器监测系统，实现无纸化、高效、便捷、全面的房屋安全智能巡检。
- 3) 老旧房屋传感器监测系统与智能巡检 APP 系统有机融合并实现上云，通过房屋监测应用场景选择阿里云公有云模式，对阿里云中关键技术进行分析，逐步为监测机构搭建监测云平台，解决了房屋健康监测大数据计算、处理和存储的难题。

目前我国针对老旧房屋健康监测的研究与实践还处于初步探索阶段,监测系统框架、功能设计还有许多不完善的地方,且采集的信息数据维度较为单一,这些都是我们后期要继续思考和研究的问题。

参考文献

- [1] 滕五晓, 万蓓蕾, 夏剑霏. 城市老旧房屋的安全问题及破解方略——以上海市为例[J]. 城市问题, 2011(10): 74-79.
- [2] 戴靠山, 罗明艳, 陈娅迪. 老旧房屋检测评定及健康监测技术应用[J]. 结构工程师, 2017, 33(4): 90-97.
- [3] 姜帅. 基于物联网技术的楼宇健康监测系统的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2014.
- [4] 许子明, 田杨锋. 云计算的发展历史及其应用[J]. 信息记录材料, 2018, 19(8): 66-67.
- [5] 王宇. 超高层建筑结构健康监测系统设计[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [6] 熊泉祥. 空间结构健康监测系统设计及可视化实现[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛理工大学, 2018.
- [7] 章圣治. 基于云计算的空间结构健康监测物联网系统设计[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [8] Aliyun. <https://www.aliyun.com/>
- [9] 方军, 王建权, 王连印. 基于 NFC 和云计算技术的电梯维保管理系统设计与实现[J]. 信息安全, 2016(12): 74-80.