

# 基于智能手机和 Web 技术的 建筑震害调查系统

许 镇<sup>1</sup> 邓 黎<sup>2</sup> 陆新征<sup>2</sup> 任爱珠<sup>2</sup> 张宗才<sup>1</sup>

(1. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083;  
2. 清华大学土木工程系, 土木工程安全与耐久教育部重点实验室, 北京 100084)

**【摘要】**当前建筑震害调查以手工作业为主,效率低下。为此,论文开发了一个基于智能手机与 Web 技术的建筑震害调查系统。该系统由服务器端、手机端和 Web 端构成:在服务器端,一个面向建筑的数据库被建立,使得建筑成为信息采集和管理基本单元;在手机端,一个信息采集程序被开发,建立了多媒体数据与建筑的关联;在 Web 端,数据被进行智能解析和存储,并在 GIS 云平台实现可视化。系统在 2015 年尼泊尔地震我国西藏地区的建筑震害调查中得到了成功应用。

**【关键词】**智能手机;建筑震害调查;Web;GIS;尼泊尔地震

**【中图分类号】**TN929.5;P315.63

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1674-7461(2015)05-0008-05

**【DOI】**10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2015.05.02

## 1 背景与意义

在地震发生后,一般需要组织专家前往地震灾区,对建筑震害情况进行调查,以评估建筑震害等级,收集震害资料<sup>[1]</sup>。建筑震害调查为政府组织抗震救灾提供重要的决策依据,为土木工程防灾减灾研究提供了第一手的资料,因此,具有极其重要的学术价值和实际意义。

当前建筑震害调查采用手工填表和拍照相结合的方式。例如,美国的 ATC-20 Placard System<sup>[2]</sup>和希腊<sup>[3]</sup>都提供了震害调查表格。在震害调查中,每一栋建筑都需要填写表格,给出安全评价,同时,大量建筑震害细节信息都需要现场拍照获取。然而,这样手工填表加拍照的建筑震害调查方式存在诸多问题,如:1)工作效率低下。需要大量人工来整理表格、收集照片、数据统计、制作图片等;2)表格与照片分离。一个很常见的现象便是,震害调查拍摄了大量建筑照片,但是却不知道照片对应的建筑,导致大量照片难以发挥作用;3)数据难以及时共享。由于采用纸质填

表形式,调查结果无法直接与救灾中心共享,可能耽误应急决策。因此,建筑震害调查亟需更加高效、智能、信息化的技术方法。

因此,本文将提出并开发基于智能手机和 Web 技术的建筑震害调查系统,并在 2015 年尼泊尔地震中国西藏地区的建筑震害调查中的了成功应用,为建筑震害数据调查提供了便捷、高效、智能的一体化工具。

## 2 平台框架

本文的系统框架包括手机端、网页端和服务端三个部分<sup>[4]</sup>,如图 1 所示。手机端用来进行震害数据的采集,网页端对震害调查的数据进行管理和展示,服务器端用来存储这些数据。这种的架构非常适合建筑震害调查,可以实现分散采集、集中管理的形式。调查人员可以使用多台手机实现平行作业,提高震害调查效率;而震害调查指挥中心可以通过网页端对调查结果进行及时管理,并指导震害调查人员。

**【基金项目】** 国家科技支撑计划(2014BAL05B04) 国家自然科学基金(51308321)

**【作者简介】** 许镇(1986-)男,副教授。主要研究方向:城市综合防灾和信息化。

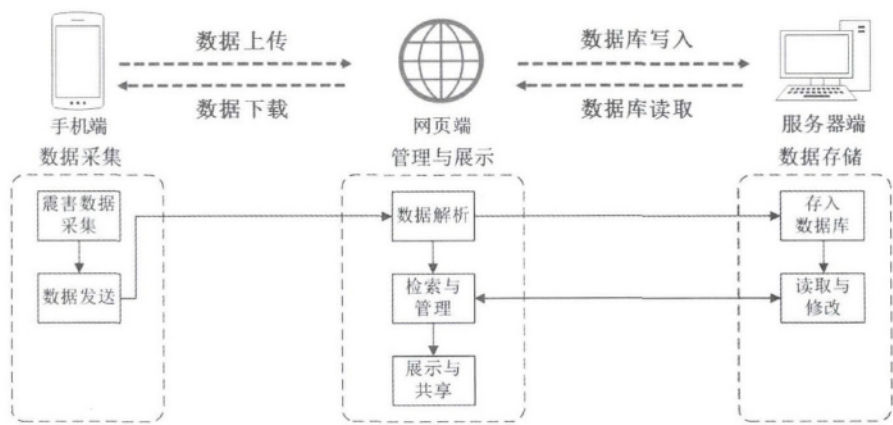


图1 系统架构及流程

如图1所示,系统的应用主要流程为:首先,在移动端采集震害调查数据,并且传送给网页端;在网页端,采集的数据被首先进行解析,然后存入服务器端的数据库;根据用户需求,这些震害数据在网页端被检索和管理,并且在后台对数据库进行相应读取和修改;最后,在网页端,数据通过GIS平台被进行展示,同时也可以与其他访问者共享。

3 关键方法

3.1 服务器端:面向建筑的数据库设计

震害调查的首要关注对象是房屋,而文字、图片、音频、视频、GIS信息等是丰富建筑震害信息的重要来源;因此只需借助于关系型数据库,将它们关联到所描述的房屋对象,便自然形成了数据之间的逻辑关系。这种关系不仅符合现实中的实际对象与对象之间的关系,而且为后续的以房屋为中心的数据分析、数据检索提供了方便。因此,在服务器端,最重要的问题是建立一种面向建筑的数据库:以建筑为中心,在其他数据对象中设置外键,关联于某一确定的、并且唯一的建筑对象,从而形成结构化的震害数据库。

本文在MySQL中建立了面向建筑的数据库<sup>[5]</sup>。该数据库主要包括Building(建筑)、Photo(照片)、User(用户)、Location(地点)、Comment(注释)、Video(录像)这几张表,它们之间的主要关系如图2所示。该数据库不仅将采集数据与建筑进行了关联,而且也会给程序开发带来便利。Photo、Comment、Video这些实体对象拥有大量的相同的属性:拍摄时间、拍摄地点、拍摄用户、房屋对象等,便提

取为一个共同的接口Linked2Building,以面向接口的方式来操作多种对象,从而在数据添加、检索、删除与更新时带来方便。



图2 面向建筑的关系型数据库设计

3.2 移动端:震害数据的采集机制

在手机端,震害数据采集的数据除了文字描述外,还包括照片、录音、录像和手绘图等多种多媒体数据。数据的采集可以通过调用Android系统中相机、录音、录像等程序实现,但是,为将这些数据与建筑进行关联,需要设计以建筑为核心的采集机制,如图3所示。采集过程中,需要创建房屋对象,并设置当前房屋。创建房屋对象时,当前获取的经纬度和地址信息将作为该房屋的地理信息写入数据库。需要说明的是,手机可以通过network和GPS

两种定位方式获取经纬度,一般误差在 5m 内。对于定位精度较低的地区可以后期对经纬度进行人工修正。设置当前房屋后,采集的数据都与该房屋进行绑定,用户所采集的各种震害数据,都将自动链接到该房屋对象上(将外键 building\_ID 设为当前房屋的 ID)。

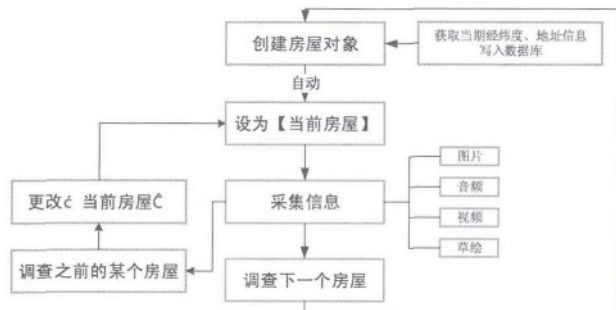


图3 震害数据采集流程图

### 3.3 Web 端: 基于多线程的图片上传及解析

Web 端开发了照片的上传功能,主要考虑手机端在网络条件不好的情况下难以将照片文件及时传输给 Web 端,为采集后补充照片提供了一种手段。无论是手机直接传输的照片,还是后续上传的照片,都需要对照片进行解析,获得照片的 GPS、拍摄时间等信息。

为保证图片上传效率和容错性,本文设计了多线程的图片上传并行处理算法。整个算法的流程如图 4 所示。基本思路每有一个 Http 请求,就分配一个线程来处理图片的解析与存储。此外,该算法由于涉及了数据库的多线程操作,还需要注意两个问题:一是在第一次数据库写入时,由于是多线程写入,一定要注意线程安全性,赋予 synchronized 同步<sup>[6]</sup>,防止线程冲突;二是数据库的两次写入要采用不同的数据库操作对象 entityManager,否则在上传数据量较大时,同一个 entityManager 可能同时执行前后两次写入操作,而引发数据库冲突。此外,系统图片上传是区分用户的,不同用户同地点同时上传是不冲突的。

图片解析的重要内容是地址获取。尽管图片已经存储了 GPS 信息,但是 GPS 难以直接应用于图片管理,如果可以根据 GPS 信息获得图片拍摄的地址,在图片检索过程中就可以根据地址直接搜寻对应的图片了,大大增加管理的便利性。在地址获取过程中,需要将图片的经纬度从后台传给前端的 Javascript,用于向地图服务器(如百

度、高德等)查询地址信息。这里存在两个问题:一是地址的获取随网络环境的变化影响较大,只能在网络正常的情况下才能稳定使用;而是返回的时机是不可控的——后台并不知道前端能否返回,或何时返回。

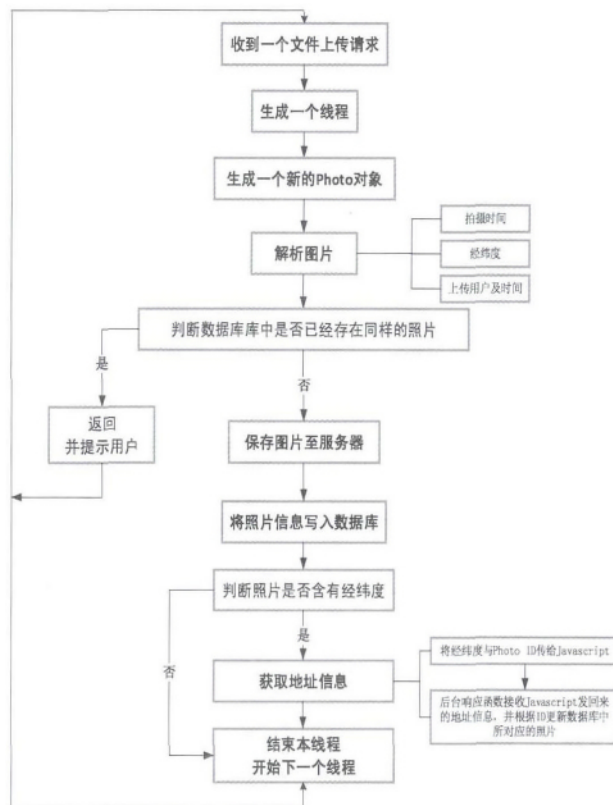


图4 多线程的图片上传并行处理算法

因此,对于图片信息的数据库写入,本研究采集两步走的策略:先通过本地程序解析得到图片的基本信息,包括经纬度、拍摄时间等,写入数据库,并得到其 ID;再将这个 ID 连同经纬度一起传给 Javascript,成功得到地址信息后,再通过返回的 ID 更新照片对象,写入地址信息。这种后补充地址的处理方式,很好的适应了地址返回时间不可控的问题。由于篇幅长度限制,该部分将在后续论文中进行详细阐述。

## 4 算例测试

由于灾区网络条件非常差,西藏震害调查采集的数据无法直接传输到 Web 端,需要调查结束后,在 Web 端直接上传照片。首先,将采集的 100 张西藏震害照片上传到 Web 端上。基于本文的多线程方法,100 张照片可以在 1 分钟内被一次性解析和存储,得到的图片列表如图 5 所示。



数据库中的所有照片						
(10 of 21)						
照片编号	预览	上传用户	拍摄时间	拍摄地点	上传时间	信息选择
3712		许慎	2015-05-11 11:22:08	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	2015年06月09日17:3	
3713		许慎	2015-05-11 11:22:16	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	2015年06月09日17:3	
3756		许慎	2015-05-11 12:28:00	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	2015年06月09日17:3	
3757		许慎	2015-05-11 12:27:58	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	2015年06月09日17:3	
3758		许慎	2015-05-11 12:28:05	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	2015年06月09日17:3	
3760		许慎	2015-05-11 12:31:49	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	2015年06月09日17:3	

图5 上传到 Web 端西藏震害照片列表

满足搜索条件的所有照片

(1 of 1)

信息选择

上传用户	拍摄时间	拍摄地点	震害ID
许慎	2015-05-11 10:00:50	—	53
许慎	2015-05-11 11:22:08	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	4
许慎	2015-05-11 11:22:16	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	43
许慎	2015-05-11 12:28:00	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	43
许慎	2015-05-11 12:27:58	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..	43

照片预览

许慎

许慎

许慎

许慎

许慎

许慎

西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..  
2015-05-11 11:22:08

图6 图片拍摄位置的解析与检索

在地图上标注所选房屋

初始化地图

(2 of 7)

预览	结构类型	震害	地址
	框架结构	<input checked="" type="radio"/>	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..
	框架结构	<input type="radio"/>	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..
	框架结构	<input checked="" type="radio"/>	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..
	框架结构	<input checked="" type="radio"/>	陕西省, 咸阳市, 山阳县, ..
	框架结构	<input checked="" type="radio"/>	陕西省, 咸阳市, 山阳县, ..
	框架结构	<input checked="" type="radio"/>	西藏自治区, 日喀则地区, 定日县, ..

图7 基于 GIS 的图片和震害等级分布

系统结构的数据非常利于检索和管理, 可以从结构类型、震害等级、楼层数等多个维度进行分类

搜寻。特别说明的是, 通过本文提出的照片地址信息获取, 可以将 GPS 坐标转为地址信息, 从而实现

了通过地址搜寻震害数据的功能,如图6所示,大大提升了震害数据管理的便捷性。此外,这些图片信息也可以展示在地图上,如图7所示,从而直接展示了建筑震害的空间分布情况以及直观的建筑震害细节。

该算例表明系统可以采集丰富的数据,并进行智能解析,从而建立起结构化的震害数据库,便于数据的管理和展示,为震害调查提供了高效的工具。

## 5 结论

本文设计并开发了一个基于智能手机和 Web 技术的建筑震害调查系统,并在西藏震害调查进行了应用。系统覆盖了数据采集、整理、可视化、信息共享等多个环节,大大减少了人工参与,实现了高效、便捷的建筑震害调查,为建筑震害调查提供了便捷、高效、智能的一体化工具。

## 参考文献

- [1] Anagnostopoulos S, Moretti M. Post-earthquake emergency assessment of building damage, safety and usability-Part 2: Organisation [J], Soil Dynamics and Earthquake Engineering 2008, 28: 233-244.
- [2] Applied Technology Council (ATC), ATC-20-1 Field Manual: Post-earthquake Safety-Evaluation of Buildings [R]. Governor's Office of Emergency Services, 2005, CA, USA.
- [3] Anagnostopoulos S, Moretti M. Post-earthquake emergency assessment of building damage, safety and usability-Part 1: Technical issues [J], Soil Dynamics and Earthquake Engineering 2008, 28: 223-232.
- [4] 邓黎. 基于网络的震害调查辅助系统 [D]. 清华大学, 2015.
- [5] MySQL: The world's most popular open source database [EB/OL]. [2015-06-18] <https://www.mysql.com/>.
- [6] Java Platform, Enterprise Edition (Java EE) [EB/OL]. [2015-06-18] <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html>.

## A System for the Investigation of Building Seismic Damage based on Smartphones and Web Technique

Xu Zhen<sup>1</sup>, Deng Li<sup>2</sup>, Lu Xinzhen<sup>2</sup>, Ren Aizhu<sup>2</sup>, Zhang Zongcai<sup>1</sup>

(1. School of Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Civil Engineering Safety and Durability of China Education Ministry, Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** The current investigations of building seismic damage are mainly dependent on manual work, leading to a low efficiency. To improve the efficiency of the investigation, a system for the investigation of building seismic damage based on smartphones and Web technique is developed. This system is made of three components: a server, smartphones and a web. In the server, a building-oriented database is built, which makes buildings become the basic elements for the data collection and management. In smartphones, an app for collecting data is developed, which builds a corresponding relationship between the collected multi-media data and buildings. In the web, the data collected by smartphones are analyzed and stored. In addition, these data are visualized on a GIS cloud platform. The system has been successfully applied in the investigation of building seismic damage in Tibet area in the 2015 Nepal earthquake.

**Key Words:** Smartphone; Investigation of Building Seismic Damage; Web; GIS; Nepal Earthquake