

# 智慧城市排水管网云服务系统设计与实现

赵 印<sup>1,2</sup>, 姜 涛<sup>3</sup>, 陈 兵<sup>1,4</sup>

(1. 华南理工大学 环境与能源学院, 广东 广州 510006; 2. 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室, 广东 广州 510006; 3. 华南理工大学 材料科学与工程学院, 广东 广州 510006; 4. 广东省环境风险防控与应急处置工程技术研究中心, 广东 广州 510006)

**摘 要:** 我国城市目前的排水管网各设施之间存在信息孤岛、信息滞后、依靠人工经验调度等多方面的问题, 导致城市内涝和溢流污染严重。以实验室自建排水管网模型为研究对象, 设计并开发基于宽带泛在互联的智慧城市排水管网云服务系统, 该系统采用物联网检测、移动互联传输和云计算技术实现现场监测数据的实时传输与终端显示、设备的实时监测与自动控制、大数据分析、视频监控、移动终端信息查询等功能。实验室系统测试表明, 该系统能稳定运行, 并具有可开发性, 将其应用到城市排水管网管理调度中能极大减少城市内涝及溢流污染。

**关键词:** 智慧城市; 排水管网; 物联网; 移动互联网; 云服务系统

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)05-0099-05

## Design and Implementation of Cloud Management System for Smart City Drainage System

ZHAO Yin<sup>1,2</sup>, JIANG Tao<sup>3</sup>, CHEN Bing<sup>1,4</sup>

(1. School of Environment and Energy, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. Key Laboratory of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters <Ministry of Education>, Guangzhou 510006, China; 3. School of Materials Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China; 4. Guangdong Provincial Engineering and Technology Research Center for Environmental Risk Prevention and Emergency Disposal, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** Urban drainage infrastructures have challenges such as information silo, information delay, and operation scheduling dependent on field experiences, which lead to urban flooding and pollution. Using a pilot drainage system model built in laboratory, a cloud management system for smart city drainage system was designed and implemented, based on ubiquitous broadband internet. Technologies such as Internet of Things, mobile internet transmission, and cloud computing were applied to achieve functionalities including real-time collection and visualization of monitoring data, equipments real-time monitoring and automatic control, big data analytics, video-surveillance, and information lookup support for mobile devices. Lab tests showed high operation stability and possibility for customization of the system. It is concluded that the cloud management system can significantly reduce pollution and flooding

when used in the management and scheduling of the urban drainage system.

**Key words:** smart city; drainage system; Internet of Things; mobile internet; cloud management system

随着城市化进程的加快,城市规模急剧增大,地面硬化程度的增加以及恶化的自然气象条件导致我国许多城市出现逢雨必涝、溢流污染严重的现象。城市排水管网及相关排水设施规模庞大且具有地域性,给城市排水管网管理部门的工作带来严峻挑战。近年来上海、天津等城市将 SCADA 技术、3S (GPS、GIS、RS) 技术等应用到城市排水管网的管理调度当中<sup>[1~3]</sup>,但由于现行城市排水管网规模庞大、管网基建信息不全等原因,造成实际情况并不是很理想。随着现代化物联网检测以及移动互联和大数据云计算等技术的发展,为城市排水监测和调度运行提供了新的思路<sup>[4~6]</sup>。借鉴前人的研究成果<sup>[7,8]</sup>,在已开发的市内涝在线监控与信息服务数字化系统的基础上<sup>[9]</sup>,设计并开发了适用于现代城市排水管网的智慧城市排水管网云服务系统。

## 1 系统总体架构

本系统主要包括数据采集与设备远程控制子系统、通讯网络子系统、管理中心调度子系统以及信息服务终端子系统。为了满足对城市庞大排水管网的监控和运行调度,本系统设计成以管理中心为主站节点的星形网络系统,系统结构如图1所示。

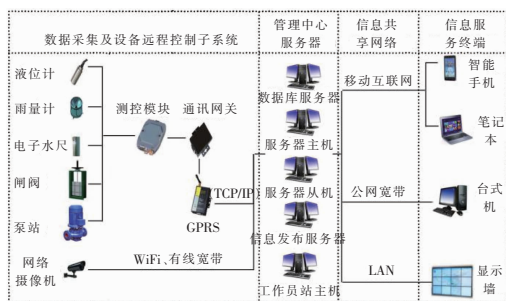


图1 智慧城市排水管网云服务系统结构

Fig. 1 Structure of cloud management system for smart city drainage system

数据采集及设备远程控制子系统主要包括传感器、控制设备、测控模块、通讯网关、GPRS 通讯模块以及后备不间断电源等硬件,主要完成现场实时数据采集及执行管理中心发出的调度命令。管理中心子系统主要由交换机、服务器、操作员站计算机、显示墙、打印机以及相关的硬软件组成,主要完成监

测数据接收及中心显示、数据分析、管理调度命令的发布、设备管理等工作。信息服务终端子系统主要为用户提供信息查询功能。通讯网络子系统主要负责整个系统的通讯工作,其中测控模块和通讯网关之间采用 ZigBee 无线通讯或 RS-485 接口的有线通讯<sup>[10]</sup>;GPRS 通讯模块与管理中心使用以 TCP/IP 作为数据协议的 GPRS 网络进行双向通讯,现场的网络摄像机与管理中心用有线宽带或 WiFi 直接进行通讯;管理中心内部使用局域网进行通讯;信息服务终端可以通过有线宽带、移动互联网、WiFi 热点等与管理中心进行双向通讯。

## 2 系统主要功能

## 2.1 移动终端功能

设计并开发了和系统相配套的智能手机终端软件,该软件使用 Java 语言编写。手机用户 APP 部分界面如图 2 所示。

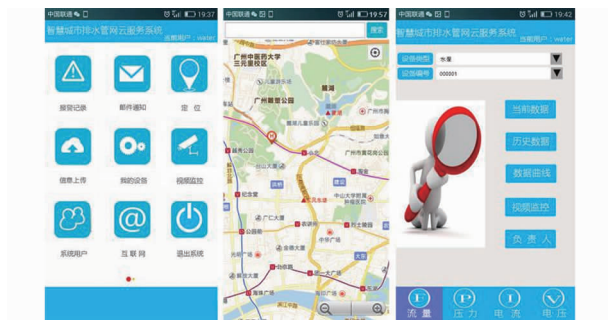


图2 手机 APP 部分界面

Fig. 2 Main interface of APP

智能手机终端软件主要功能有：

- ① 信息查询。系统用户可根据需要查询报警记录、邮件通知、系统已有用户等信息。
- ② 地图查询。用户登录系统点击实时地图图标后系统进入地图界面,地图大小可以通过滑动或点击“放大”、“缩小”虚拟按键改变大小及精确度,用户可以通过实时地图查询监测点的具体位置,用户还可以直接输入监测点名称搜索,将地图定位到要查找的监测点。
- ③ 设备查询。手机终端软件设虚拟按键和地图定位两种方式查询设备信息。用户可以点击手机桌面上的虚拟按键进入设备查询子菜单,通过设置

地点、设备类型、设备编号查询设备信息或者通过地图定位后设置设备类型、设备编号查询设备信息,包括当前数据、历史数据,其中不同设备的数据类型可通过软件设置,可任选时间段查看该设备的数据曲线,通过“负责人”虚拟按键可以查询负责该设备保养维修工作人员的联系方式。

④ 二维码查询。现场设备粘贴二维码铭牌,现场工作人员在需要设备信息时,可以通过手机微信、浏览器、手机 QQ 等第三方软件的扫码功能扫描设备二维码铭牌,输入用户名、密码后直接获得设备的使用说明、运行参数、维修记录等信息。

⑤ 数据上传。现场工作人员在进行设备安装和维修后,可以通过手机软件登录系统,编辑设备安装和维修记录上传到数据库。

⑥ 视频监控。手机终端软件设桌面虚拟按键和地图定位监控查询两种方式查询设备监控视频。用户可以通过点击桌面虚拟按键或进入设备查询子菜单后通过设置参数查询单个设备的视频监控信息。

## 2.2 中心软件功能

系统的界面和功能是对现有排水管理系统进行深入了解和调研后,针对现有排水设施进行设计的。系统中心软件采用 IIS + ASP 语言编写,选用 Windows 2003/2008/2010 作为中心服务器操作系统,SQL Server 2008 作为后台数据库系统软件,主要功能有:

### ① 实时地图

系统实时地图界面如图 3 所示。



图 3 系统实时地图主界面

Fig.3 Main interface of real-time map

用户通过用户名、密码登录系统后,进入系统实时地图主界面。实时地图主界面以光标显示所辖

范围内的管网监测点、泵站、闸阀的地理位置,地图可用鼠标滚轮进行放大或缩小,鼠标点击监测点光标后系统跳转到该点实时监测主界面。当系统采集到该监测点的数据超出数据库中设定的正常范围时,该监测点以高亮光标的形式在实时地图上跳动显示,并发出报警声音以通知工作人员。

### ② 实时监测

实时监测主要包括实时数据和视频监控两大功能,系统可以通过单位、地点、设备类型组合查询,将实时监测界面定位到某一具体设备查看相关信息。系统界面如图 4 所示。



图 4 系统实时监测主界面

Fig.4 Main interface of real-time monitoring

a. 实时数据。前端设备采集数据传回管理中心,并将数据显示在实时监测主界面上,同时存储在数据库中。系统采集数据的方式有主动采集和被动采集两种方式,被动采集是将远程测控终端设定时间,由远程测控终端采集数据后上传;主动采集是当系统管理员需要了解现场设备当前工作状态时,通过操作系统软件操作系统前端设备采集当前数据发送到管理中心主机。

b. 视频监控。现场可选用有线和无线两种通讯方式的摄像机。现场监控视频通过网络发送到调度中心,并显示在系统实时监测界面上,摄像机可由调度中心操作转动,实现 360° 无死角监控。监控视频存储可以自建数据库,也可以使用云存储技术以节省基建成本。

### ③ 调度控制

a. 实时控制。调度中心管理人员可以实时数据和监控视频为依据,对现场设备进行远程控制,系统执行控制动作时采用组合管理模式,即一条控制指令必须经两名以上系统管理员确认后方可执行,城



市排水管网关键节点设备控制还可以采用多人联合控制机制,避免由于权力过度集中造成误操作。

b. 定时控制。调度管理人员可以通过软件设定现场执行设备开启或者关闭的时间,实现执行设备的定时控制。

c. 情景控制。管理人员可通过中心软件操作将一些设备设定为情景控制(如雨量计,有雨时自动打开处于工作状态,没有雨时处于休眠或待机状态),系统包含多种情景控制模式可供选择,方便管理人员操作。

d. 条件控制。管理员可通过中心软件操作设定现场设备开启或关闭的条件(如闸前水位超过设定高度时,闸门自动打开)。

#### ④ 数据分析

a. 实时曲线。管理人员可以选择单位、地点、设备类型和时间段为组合查询条件,查看现场设备的实时曲线和历史曲线,通过鼠标滚轮操作将曲线放大或缩小,使曲线精度满足需求。

b. 数据对比。数据对比可以显示同一设备在不同时间段以及不同地点同一类型设备在相同或者不同时间段的数据曲线,满足工作人员对同一设备或不同设备工况的比较分析。

c. 数据查询。管理人员可以通过选择单位、地点、时间段、设备类型作为查询条件,查询某一设备的监测数据表格,提供报表导出和打印功能。

d. 数据统计。数据统计功能模块可以设定查询条件,对系统各个设备的历史高峰数据或低峰数据进行查询和统计,以表格的形式显示,支持表格导出和打印。

#### ⑤ 信息服务

a. 实时报警。当采集子系统采集到的数据出现异常或者数值超过设定的安全值范围时,系统自动报警并将报警信息转发给系统管理调度人员。

b. 内涝预警。利用管网流量、雨量、水位等监测到的历史数据,结合气象资料,利用大数据云计算技术建立内涝预警模型,发布内涝预警信息。

c. 事务通知。系统管理员可在系统事务通知功能模块编辑信息,选择系统登记注册人员发布系统调度管理信息,系统设历史发布信息查询功能,可查询历史发布信息。

#### ⑥ 设备管理

设备管理可以查询网关、测控模块、传感器和控

制器、网络摄像机等设备信息,包括安装地点、所属单位、当前工作状态等信息;当新增前端设备时通过设定中心软件,设备便能直接接入系统工作,当系统减少设备时,直接删除设备信息即可。

#### ⑦ 用户管理

用户管理提供新用户注册、用户权限管理功能。新用户可以登录系统主页注册账号密码,经管理员允许后获得权限。系统设管理员、调度员、普通用户等角色,不同的用户具有不同权限。

### 3 系统测试

#### 3.1 实验室模型

实验室自建的城市排水管网模型包括4条支路、1条主路、19个管段、8个撇水口、18个模拟下水井。其中下水井直径为DN200,排水干管直径为DN60,排水支管直径为DN40,管道平均坡度为0.003。循环水泵1台,设超声波液位计10个,网络摄像机1台,流量传感器8个,阀门8个,测控模块10个,无线通讯网关及GPRS通讯模块各两套。

实验室测试时利用循环水泵抽取水箱中的水,通过撇水口进入管网雨水口模拟降雨过程,进入各雨水井的水量可调节阀门控制,管网中的水循环后返回水箱以节约用水。设定现场测控模块为自动采集上传模式,时间间隔设为1 min/次,其他时间可通过操作中心软件执行数据采集。调节水泵出水流量,选择最先溢流的下水井作为监测点。现场测控模块采集来自超声波液位计和流量传感器的信号后,经ZigBee网络传到无线通信网关,再由GPRS通讯模块传送到中心服务器。手机终端通过中国移动、中国联通、中国电信的3G/4G网络或连接WiFi热点访问服务器进行信息查询。

#### 3.2 测试结果

以实验室自建排水管网模型为基础,对系统的稳定性、安全性、可靠性、网络恢复能力及手机终端等进行测试。

稳定性:实验室模型于2014年6月建成以来一直处于供电工作状态,已稳定运行两年多时间,测试结果表明该系统具有较高的稳定性、可靠性。通过中心软件操作可控制远端电磁阀和LED灯的开启与关闭且执行性良好。

准确性:实验室模型监测数据的准确性测试以超声波液位计为例,测试数据如表1所示。设定水深进行测试时,与远程采集到的数据基本一致,并且

随着水深的变化,线性度较好,如图 5 所示。

表 1 超声波液位计测试数据

Tab. 1 Testing data of ultrasonic level gauge

实际水深/cm	测量水深/cm	满量程/m	系统测量值
10	9.38	1	215
20	19.75	1	231
30	29.38	1	247
40	40.63	1	265
50	50.00	1	280
60	59.38	1	293
70	68.75	1	310
80	78.75	1	324
90	88.75	1	342
100	98.75	1	358

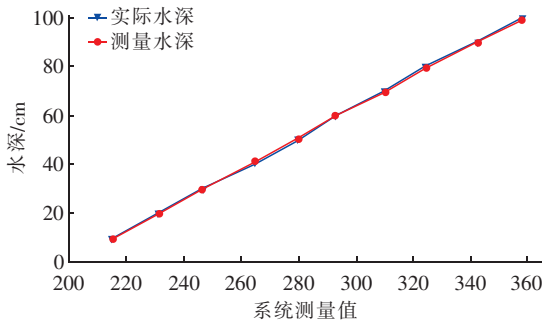


图 5 超声波液位计测试曲线

Fig. 5 Testing curve of ultrasonic level gauge

网络恢复能力:设定通讯网关向调度中心发射心跳包的时间为 60 s/次,能够实现网关掉线重连且工作状态良好,远程测控子系统是一个相对独立的单元,当与调度中心通讯中断时,仍能可靠运行,并将数据存储在通讯网关内存中,重连后可实现数据补调,保证系统数据完整性。

手机终端:手机登录后,能正常实现地图定位、数据查询、视频监控、讯息接收等功能且运行流畅。

#### 4 结论

近年来我国城市内涝频发、城市溢流污染严重,已严重影响我国城市化建设。智慧城市排水管网云服务系统是集现场检测技术、物联网技术、计算机技术、智能移动终端技术、数据处理技术为一体的现代化城市排水管网自动化管理系统,对城市的发展具有重要意义。实验室系统测试表明,该系统运行稳定且具有可开发性。建立智慧城市排水管网云服务系统能有效减少城市内涝和城市溢流污染,对于建设现代化城市具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 房国良,解以扬,李培彦,等. 上海城市暴雨积涝预警系统研究[J]. 大气科学研究与应用,2009,(2):32-41.
- [2] 王坚. 排水管网水位监测 SCADA 信息系统[J]. 城市道桥与防洪,2014,(4):238-241.
- [3] 赵宝康,傅源,喻一萍,等. 镇江市给排水数字化信息管理系统设计[J]. 中国给水排水,2012,28(12):66-70.
- [4] 刘旭辉,张金松,王荣和,等. 城市排水管网物联网技术研究与应[J]. 中国给水排水,2015,31(3):86-89.
- [5] 江永伟,王卿,郭峰,等. 杭州市城市排水综合自动化系统及其应用[J]. 中国给水排水,2010,26(22):6-10.
- [6] 薛敏,李大成,沈晓铃. 基于物联网技术的智慧排水系统构建[J]. 中国给水排水,2012,28(6):62-64.
- [7] 祝君乔,刘云,蒋岚岚,等. 基于物联网技术的排水综合管控信息系统[J]. 中国给水排水,2015,31(16):26-29.
- [8] 邝诺,王欢欢,李骥. 北京城市排水管网管理系统的设计与应用[J]. 中国给水排水,2011,27(8):71-73.
- [9] 何嘉莉,陈兵,姜涛,等. 城市内涝在线监控与信息服务数字化系统设计[J]. 中国给水排水,2014,30(1):94-98.
- [10] 陈莉. 基于 ZigBee 协议的环境监测无线传感器网络测量节点的设计[D]. 上海:上海交通大学,2008.



作者简介:赵印(1989-),男,河南南阳人,硕士研究生,主要研究方向为城市给水排水技术、城市排水系统监测技术。

E-mail:1043856206@qq.com

收稿日期:2016-08-12