

文章编号: 2096-1618(2018)01-0023-05

基于车联网的智慧城市气象综合观测初步研究

胡元川¹, 邓小波^{1,2}, 刘海磊¹, 樊昌元¹, 周琪¹, 王培宇¹

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 中国气象局大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

摘要:为解决气象观测站点限制和获取高精度气象数据的问题,设计了一种基于 STM32f103 单片机的数据采集系统,实现对气象多要素的采集、处理和传输,进一步研究了一种融合车联网技术的智慧城市气象观测方案。采集系统安装于公交车辆,实现城市气象组网移动观测。初步实验结果表明,系统可以获取相较于过去区域观测站更精准的气象数据,该城市综合观测方案可以推广实现。

关键词:气象观测;车联网;数据分析;热岛效应;智慧城市

中图分类号:TP274+.2

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.01.005

0 引言

从天空到陆地的气象观测系统,今天已经拥有“风云系列”气象卫星^[1]宏观地观测地球整体的大气环境,拥有部分民航飞机带有的气象传感器提供高空气象要素数据^[2]。2015年广东省初步安装船舶自动气象站两个,分别安装在琼州海峡渡轮和广州-上海-天津-大连运营的常发口号船上^[3],2016年山东省烟台市气象部门所建设的船舶自动气象观测站^[4],这些均实现海洋移动气象观测。这些海洋气象移动观测表明,紧密结合时空特点的移动气象观测站,在未来将是一种趋势。城市,特别是超大城市,城市人口和建筑物越来越密集,使城市地区近地面大气结构受到人为活动的影响越来越大,传统主流的气象观测系统面临巨大挑战^[5]。

目前,移动气象观测主要分海洋移动气象观测和航空移动气象观测两种,其观测数据为不同时段在不同位置所测得。如今,结合陆地交通的概念,实现陆地城市移动气象观测。车联网(the internet of vehicles, IoV)是物联网的延伸,是一种应用于智慧交通网络的新技术。车联网是战略性新兴产业中物联网和智能化汽车两大领域的重要交集。在未来智慧城市中,车联网技术改变人们的生活和工作方式,智能交通发展与城市建设融为一体^[6]。近十几年来,气象领域的探测仪器设备智能化建设取得重要成就,智能自动气象观测站遍布中国各大标准站点,基本代替人工观测的智能化自动观测,仍然存在站点分布不够、气象数据不精

确、天气预报率不高的问题^[7]。提出一种观测方案,将车联网技术与气象探测技术相结合,创造性地将遍布城市的公共交通网络与自动气象站结合。初步设计出一种公交移动互联气象站。这种移动观测站能够打破传统标准观测站点的地域限制,将气象要素(如温湿度、气压等)和空气质量监测(如PM2.5、PM10、臭氧等)整体协调起来,实现整个城市的全覆盖全实时动态监测与预报。该系统通过网络通信将观测数据实时回传到数据中心处理并及时发布^[8]。

1 初步方案设计

从基本的物理原则去探索各种可能性,建设成本低、站点密集、覆盖地区更广、聚焦人群。初步方案是结合车联网技术的集气象数据采集、处理和传输的智能综合观测系统。整个城市智能观测系统的示意图如图1所示。从图1中看出解决方案的整体架构,整个系统与城市布局与规划完全融合,覆盖到人们活动的大部分区域。系统通过公交移动气象站,采集城市中各个地点的要素数据。当获取海量高精度数据之后,

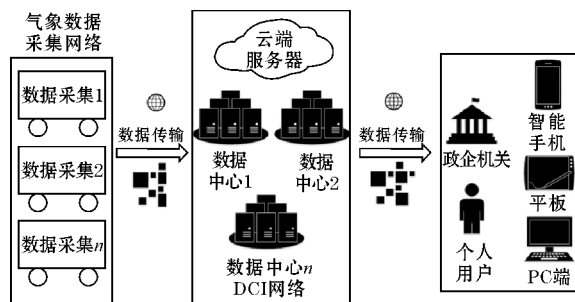


图1 城市智能观测网系统方案

收稿日期:2017-10-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41475032);四川省重点研发资助项目(2017GZ0326)

可以做进一步的深度分析。由于这些均为最原始的高精度数据,未来将有助于提高预报准确率。

1.1 DHT11 温湿度模块

DHT11 数字温湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件。它采用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术,确保产品具有较高的可靠性与卓越的长期稳定性。

1.2 ZPH01-PM2.5 激光传感器模块

传感器采用先进的 PM2.5 激光检测机理,实现对 PM2.5 的检测。传感器中 PM2.5 检测单元采用粒子计数原理,可灵敏检测直径1 μm以上灰尘颗粒物。吸入空气,利用红外线的 LED 和可见光截止的光电传感器,在光学区域照射检测检测空气中的颗粒物数量。

1.3 MQ135 空气质量传感器采集模块

MQ135 气体传感器所使用的气敏材料是在清洁空气中电导率较低的二氧化锡(SnO₂)。当传感器所处环境中存在污染气体时,传感器的电导率随空气中污染气体浓度的增加而增大。使用简单的电路即可将电导率的变化转换为与该气体浓度相对应的输出信号。MQ135 传感器对氨气、硫化物、苯系蒸汽的灵敏度高,对烟雾和其它有害的监测也很理想。该传感器可检测多种有害气体,是一款适合多种应用的低成本传感器。

1.4 雨量采集模块

雨量采集传感器的原理是使用高密度横竖电路板,在接触雨水时导电性会改变。当传感器面板上存在雨水时,传感器的电导率随雨水面积的增加而增大。使用简单的电路即可将电导率的变化转换为与降水量相对应的输出信号。这个模块属于整个系统的备选模块,因为按照地面观测规范,雨量数据有分钟雨量、小时累计雨量等,实验方案中采用定点测试(即停靠站台),对于雨量的计算目前还达不到要求,因此作为备选模块。

1.5 整体硬件设计

根据初步方案和传感器模块介绍,设计了一种基于 STM32f103 单片机的综合数据采集系统,实现对气象多要素的采集、处理和传输。这些传感器能够准确获取所需要显示或分析所用到的数据,并且指标能满足初步要求。其次模块数据的采集需要底层程序的支持,

同时采集数据还需进行分析。采用性价比极高的 STM32f103 单片机作为主控核心。STM32 通过底层程序的支持,可以对以上各种传感器模块所采集的要素数据,进行快速地处理与数据分析,并显示在 OLED 屏幕上,已到达实时处理和发布的目的。经过论证和测试,响应速度和数据处理速度,远远高于要求。在以后的数据采集设备中,会加入专门的数据存储功能,获取数据除了实时上传数据中心,同时也存储一部分数据在本地,以达到数据备份的作用。

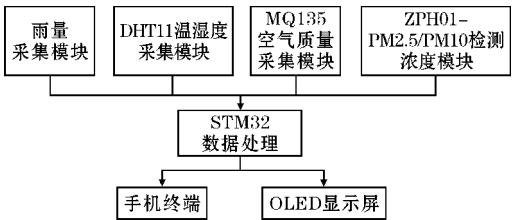


图2 采集器硬件电路模块设计

1.6 气象数据采集器软件设计

气象数据采集系统主程序流程图如图3所示。系统软件设计的主要部分为 STM32 微控制器程序设计。STM32 的控制程序是利用丰富的片上 ADC, 串口和 GPIO 资源,采集部分由 4 部分组成:(1) DHT11 器件单总线通信与一个普通 I/O 口相连接收回传的 8 位数据,再经由转换后得到温度与湿度数据输出。(2) 雨量采集传感器由模拟输出单片机 ADC 所采集到的电压值,通过数据处理转换成降雨量输出。(3) ZPH01 器件由单片机串口通信回传的数据,1 s采集 1 次,实时处理数据,输出 PM2.5 值。(4) MQ135 器件由模拟输出所采集到的 ADC 电压值,通过数据处理转换成空气质量输出。

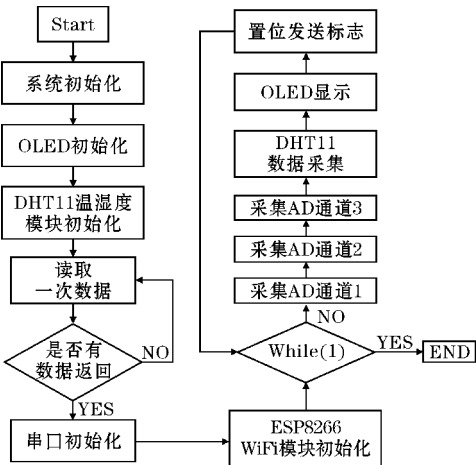


图3 系统软件运行流程

OLED 屏幕显示当前设备所测环境数据。同时,在设备上显示传感器读出的值并通过 ESP8266-WiFi

模块与 STM32 与手机数据互传实现气象信息的采集和显示。

各个模块传感器的采集程序和显示通讯程序构成整个综合要素采集系统的程序。初步方案以 STM32 为核心的数据采集系统通过 ESP-WiFi 发射模块建立局域网与多台手机终端相连,实现数据的实时采集与回传,同时接入公交系统车内显示屏,实现数据实时显示。作为车内乘客,可以第一时间获取当前位置的空气环境信息。

2 产品测试与误差分析

在初步设计中,可以实现对温度、湿度、PM2.5、空气污染物(二氧化硫、臭氧等)等几个主要气象要素进行测量,气压依靠智能手机自带的压力传感器获得,直接在手机 APP 显示^[9]。学校气象自动观测站系统目前可以实现温度、湿度、气压、风向、风速、降水等要素测量。气象设备实物图如图 4 所示。

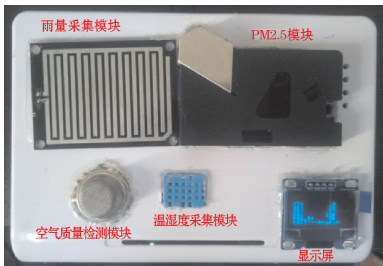


图 4 微型气象数据采集系统

2.1 定点测试

仪器设备的设计与量产,首先要考虑产品测量精度与可靠性。定点测试是针对仪器采集数据的校准工作,通过与标准观测场测量的数据进行对比,不断在程序中优化算法和校准采集精度,实现设备采集性能地不断提升,为数据的可靠性提供有力保障。将设备放置于学校气象观测场中,设备的测试条件与观测场处于同一个观测环境。以下分析是设备与标准观测场的数据进行对比和校准。如图 5 温度对比和图 6 湿度对比。测试数据一共 9 组、间隔 1 h,位置经度:103.9982°,纬度:30.5889°,海拔高度:488.30 m,时间:2017 年 6 月 10 日 21:00–6 月 11 日 12:00。

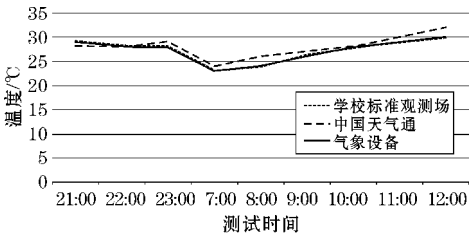


图 5 标准观测场、中国天气通和设备温度数据对比

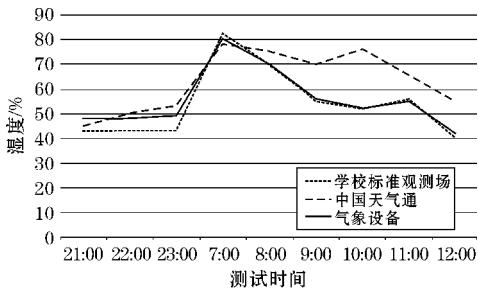


图 6 标准观测场、中国天气通和设备湿度数据对比

通过数据对比发现,在同样的观测环境下,设备与学校自动气象站的观测数据,基本保持一致,误差在 3 % 以内。因此,该设备可以满足基本的数据测试要求。而对比中国天气通数据后发现,APP 推送的信息与当前位置设备获取的信息存在一定的出入,说明原有站点所采集的数据对于真实反映要素信息已经不能具备一定区域的代表性。

2.2 移动测试

目前处于初步研究阶段,暂时无法与与公交车辆网络进行深度结合。因此,采用携带设备,搭乘公交车进行移动测试的方式实现移动观测。人工记录公路上测试地点的气象要素数据,同时记录测试地点经纬度信息,实时与气象部门的数据进行比对,比较误差与实际数据。测试路线如图 7 所示,测试线路为成都公交 304 路。



图 7 测试线路站点分布(来自百度地图)

通过数据记录,整理分析得到以下沿途站点的温度对比和 PM2.5 对比,如图 8 和图 9 所示。

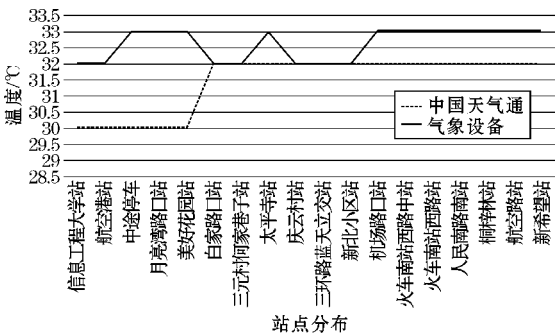


图 8 各站点温度数据对比

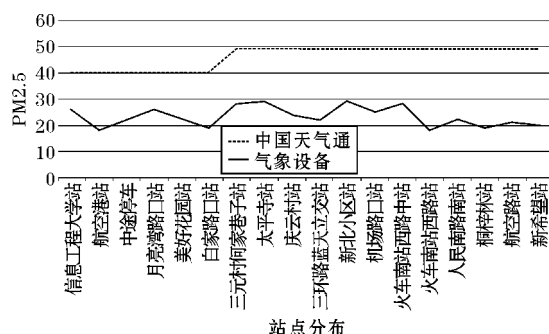


图9 各站点 PM_{2.5} 数据对比

其中,中国天气通 PM_{2.5}、AQI 值数据来源于成都三瓦窑观测站,距离成都信息工程大学8.7 km。

通过以上数据分析,可以明显地看出,在各个站点,所实测的数据是有变化和波动的,而气象软件所推送的数据基本处于稳定状态。图8和图9中有变化的三环路何家巷子站附近,通过地图得知,此处为武侯区和双流区的分界处。根据这个现象,发现目前天气服务是按照所处行政区域划分服务,而不是根据实地情况,所以存在一定的不科学性。对于各大主流天气服务APP,产生了在同一个地方由于数据来源不同而产生不同天气信息推送的情况,实际情况如图10所示。



图10 同一位置、时间点三款主流天气服务软件推送信息

由图10可以看出,APP显示界面和内容均差不多,时间是2017年06月08日的下午4点25分。三款软件,第一款数据来源于成都气象局,第二款未说明,第三款来自于中央气象台。比较发现,第一款和后面的温度相差3°C,后两者温度相同,但湿度却又不同,并且第二款气压数据存在明显问题,实际测量只有960 hPa。由于数据来源不一的问题,各个APP所推送的天气信息是不同的。因此,导致预报准确率不高的可能原因之一是由于不同的数据来源有不同的标准,导致一定的误差,预报率得不到有效提升。

3 结论与展望

城镇化建设发展迅猛,人类活动加强了对近地面大气结构的影响。传统自动气象站测量精准,但由于

其建设周期和建设成本,比如前期选址,后期维护等,对于站点的扩展分布带来很多不便之处,且很多地区处于监测盲区,所以针对数据的精确度和覆盖度来讲,传统模式的发展速度跟不上城市快速扩张和人口急剧膨胀的速度,由于发展带来的迟滞性会产生很多数据获取和气象服务的问题。

在综合海洋气象和航空气象移动测试的实践基础上,对城市移动气象观测系统进行了初步研究,并设计了一种基于STM32F103单片机的气象数据采集系统。本系统相较于现有主流自动气象站,具有较大优势。比如建设周期短,仅需安装和调试设备即可,没有选址等前期工作;设备的成本低;站点分布十分密集,可以获取最精细化的数据和覆盖最广大的区域,与城市快速扩张同步进行,具有很强的灵活性和可持续发展性。从初步结果分析来看,方案效果不是很理想,还有很多地方需要改进。主要有以下两个方面:(1)车速对测试效果有较大影响,数据稳定性有待提高,采用定点测试(即停靠站台)的方式进行测量可行,车身震动对于数据采集几乎无影响;(2)采集系统可以得到比原来区域站点更精准的气象数据,但数据量急剧上升。

从目前趋势看来,增加观测站点数量,获得高精度和精细化的气象数据是提高预报精度的重要因素之一。在获取海量数据之后,对于城市“热岛效应”、严重雾霾现象以及臭氧污染的深入研究也会更加准确。在下一步的研究之中,将从移动互联气象站、手机等移动终端、PC客户端、数据中心等几大部分着手构建本城市智能观测系统。在信息技术和人工智能浪潮的冲击下,应该把动态监测网纳入未来智慧城市的发展之中。实现整体协同开发,同时也实现公共资源的二次开发与利用,让城市发展与人类生活紧密的联系在一起。为大众提供最精准实时的气象服务,通过气象大数据分析,从整体气候环境方面为未来城市规划提供决策参考,具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 卢乃锰,谷松岩.气象卫星发展回顾与展望[J].遥感学报,2016,20(5):832-841.
- [2] 张宏国.民航气象综合服务系统设计与实现[D].成都:电子科技大学,2010.
- [3] 刘艳中,李建勇,陈冰怀.基于Google Maps API的船舶自动站监控Web设计[J].气象科技,2015,43(4):643-646.
- [4] 哈艳丽,黄本峰,袁海豹.移动气象观测信息的显示及其实现[J].科技风,2016,15:122-123.

- [5] 汤绪. 超大城市气象观测网的设计与应用[J]. 气象科技进展, 2016(4): 8-17.
- [6] 刘小洋, 伍民友. 车联网: 物联网在城市交通网络中的应用[J]. 计算机应用, 2012, 32(4): 900-904.
- [7] 栾彩霞. 区域自动气象站信息处理系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [8] 高宇, 李岩, 王晋宁. 数字集群通信技术在自动气象观测系统中的应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2012(4): 73-76.
- [9] C F Mass, L E Madaus. Surface Pressure Observations from Smartphones: A Potential Revolution for High-Resolution Weather Prediction[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2014, 95: 1343-1349.

A Preliminary Study on Comprehensive Urban Meteorological Observation Network based on IoV

HU Yuan-chuan¹, DENG Xiao-bo^{1,2}, LIU Hai-lei¹, FAN Chang-yuan¹, ZHOU Qi¹, WANG Pei-yu¹

(1. College of Electrical Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Key Laboratory of Atmospheric Sounding of CMA, Chengdu 610225, China)

Abstract: To solve the problem of meteorological observation site limitation and obtaining high-precision meteorological data, this paper designs a data acquisition system based on STM32f103 single chip microcomputer to carry out the collection, processing and transmission of multi-elements of meteorology, and studies a smart city meteorological observation network solution which integrates IoV (Internet of Vehicle) technology. This system is installed on the bus to achieve the mobile observation of urban weather network. The preliminary experimental results show that the system can obtain more accurate meteorological data than the past regional observation stations, and the comprehensive observation scheme can be realized.

Keywords: meteorological observation; IoV; data analysis; heat island effect; smart city