

基于精准灌溉的农业物联网应用研究

徐刚 陈立平 张瑞瑞 郭建华

(国家农业信息化工程技术研究中心 北京 100097)

(xug@nercita.org.cn)

Application of Internet of Things for Precision Irrigation

Xu Gang, Chen Liping, Zhang Ruirui, and Guo Jianhua

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097)

Abstract The using Internet of things (IOT) to achieve field real-time detection can provide the decision-making basis for precise irrigation systems. In this paper, a simple Internet of things is designed and developed to collect information of field such as soil moisture, light intensity and temperature, which can direct irrigation. For SOA based data sharing methods have been developed for sensor network, end-user can directly get parameters of the field. Collected data is sent to the server by sink node. Apparently deviant data caused by communication faults or sensor temperature drifts can be dealt with by filter. Interpolation would be carried out upon the collected data to realize the relationship between characters of the field. Finally, this system has been deployed to Beijing and Xinjiang. According to the analysis of collected data, the relationship among characters of corn field and cotton field is obtained, and some issues on optimizing efficiency of irrigation are provided.

Key words IOT; WSN; data processing; precision irrigation

摘要 采用物联网监控农田环境可以为精准灌溉系统提供决策支持. 设计了一个轻量级的物联网系统, 以传感器网络采集农田的温湿度和光照强度等参数, 使用基于服务的数据共享方式将传感器网络接入因特网, 使用户可以直接获取农田参数. 系统可以对采集到的数据进行滤波、插值, 去除明显有误的数据, 并使传感器数据可以用于直接描述农田参数. 最终系统被部署在北京和新疆, 通过采集的数据可以分析农田各参数之间的关系, 优化灌溉策略.

关键词 物联网; 传感器网络; 数据处理; 精准灌溉

中图分类号 S275.9; TP393.02; TN919.72

物联网(Internet of things)的概念是在1999年提出的, 2005年国际电信联盟(ITU)发布了《ITU互联网报告2005:物联网》将之定义为将各种信息传感设备与互联网结合起来而形成的一个巨大网络. 奥巴马就任美国总统后在一次会议上表示:“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去,

毫无疑问, 这就是美国在21世纪保持和夺回竞争优势的方式^[1-2].”温家宝总理2009年指出, 要大力培育战略性新兴产业, 加快物联网的研发应用并将“发展物联网, 促进信息化”作当年“两会”期间为讨论的主题之一.

当前世界各国都投入了大量的人力和物力开展

收稿日期: 2010-09-08

基金项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划基金项目(2006AA10A306); 国家“十一五”科技支撑计划基金项目(2007BAD44B06); 北京市留学人员科技活动项目择优资助基金项目

物联网相关技术的研究,也取得了很多成绩.丹麦运输公司采用 IBM 的传感器技术允许园艺供应链中的参与者跟踪鲜花和盆栽植物的运输进度(从种植者到批发商,到零售商,遍及欧洲 40 个国家).整条运输链的各方公司都可以利用传感器对运输的条件和气候进行跟踪,使运输过程更加透明.英国的 Pachube 允许给现实世界和虚拟世界中的物品、设备、建筑和环境添加标签,并分享即时传感器信息^[3].

我国在物联网方面也展开研究,并取得了很好的成果.无锡传感网中心的传感器产品在上海浦东国际机场和上海世博会被成功应用,这套设备由 10 万个微小的传感器组成,散布在墙头墙角墙面和周围道路上.传感器能根据声音、图像、震动频率等信息分析判断,爬上墙的究竟是人还是猫鼠等动物.远望谷开发的完全拥有自主知识产权的 XC 型铁路车号自动识别系统已成功应用于中国铁路车号自动识别系统,在铁路货车使用费用清算中实现了精确统计货车数量;消除了铁路运输调度管理的盲区,提高列车正点率.

然而我国当前在农业物联网应用上做的工作还比较少.本研究结合传感器网络、移动网络与智能手机实现了对农田的实时监控和数据采集,对于农业安全管理、产品溯源都有相当的指导意义.

1 材料与方 法

1.1 概 述

物联网有 3 个特性:全面感知、可靠的传送和智能作用^[4],其控制特性与传感器网络^[5]有很大不同,主要强调系统的可控性,而传感器网络则强调系统的可观测性.因此将传感器网络作为物联网的一个组成部分接入时就必须对其进行调整,使之适应物联网的要求.物联网包括 3 个层次:1)传感网络,即以二维码、RFID、传感器为主,实现‘物’的识别;2)传输网络,即使通过现有的互联网、广电网络、通信网络等实现数据的传输与计算;3)应用网络,即输入输出控制终端,可基于现有的手机、个人电脑等终端进行^[6].

本研究中,物联网中的‘物’包括 4 种:农田(棉田、麦田与玉米地)、传感器网络、数据管理终端和智能手机.构建物联网的目的是将这 4 种‘物’连接起来,使农田能够成为网络中的一个可观测终端,在此一共包括 3 个层面的连接:

1) 直接测量.通过传感器网络采集温湿度和光照;通过数据管理终端归纳并管理采集到的数据;并通过智能手机实现数据的实时查看、分析与管理.

2) 多源数据集成.将当前已建成的气象监测网络获取的数据与无线传感器网络采集到的数据相结合,建立传感器网络采集到的特征点数据与大环境数据的对应关系,使研究人员能够通过此网络更好地了解农田各参数之间的关系.

3) 数据的开放与共享.利用 Web Service 将网络内的数据开放出去,使之可以为更广泛的应用提供数据支持.例如为卫星遥感数据提供地面数据支持等.

1.2 网络结构与部署

网络由 3 部分构成:精准灌溉传感器节点——用于采集空气温度、土壤湿度和光照强度,并为邻居节点提供路由;数据服务提供者——在服务器上部署相关服务,用于连通网内成员,并对外提供数据服务;数据管理终端——包括智能手机、B/S 数据管理网页和 C/S 客户端,用户可通过不同方式查看服务器上的数据.系统结构如图 1 所示:

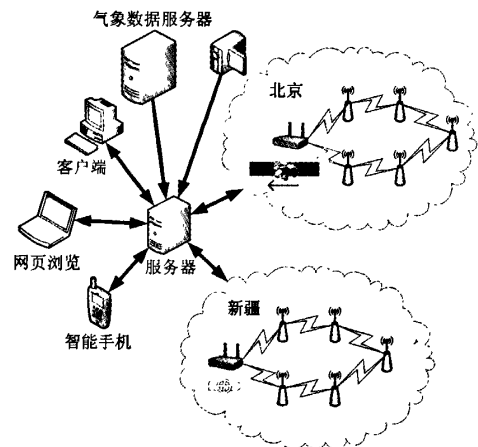


图 1 基于精准灌溉的物联网结构

系统在新疆与北京分别部署,服务器设在北京.在北京主要监测种植春小麦和夏玉米的农田,采集土壤湿度、空气温度和光照,并由网关节点记录喷灌机行进数据;由于新疆采用滴灌,故仅采集棉田土壤湿度、空气温度和光照,人工记录灌溉时间与灌溉量.通过 B/S 网页或分布部署在智能手机和电脑上的 C/S 客户端,用户可以远程查看农田参数与农机使用情况,分析数据以提高灌溉效率.

1.3 软硬件配置

传感器网络系统采用国家农业信息化工程技术

研究中心的 FieldWSNs(农田环境无线传感器网络系统),载波频段 433 MHz,实际部署时节点间距 50~100 m,每子网包含 20 个传感器节点构成对等网。土壤含水率传感器采用 ECH2O 水分传感器,工作电压为 2.5 V。

由于部署网络区域经常出现连续阴雨天气,为方便部署传感器节点采用 4 节 1.5 V AA 电池供电,通过稳压芯片工作电压 3.0 V;节点 MAC 层采用 CSMA/CA 协议,网络层采用洪泛协议;在能量管理上采用休眠/同步机制,使全部节点同时工作而后同时进入休眠状态以节省能量,通讯时利用网络层的洪泛机制进行全网同步^[7]。

网关节点采用太阳能供电,工作电压 12 V;为保证网关节点在雨季也能正常工作,蓄电池容量为 12 Ah。

基于智能手机的移动终端采用 Windows Mobile 操作系统,通过 Web Service 与服务器相连。主要目的是:1)在部署时以机载 GPS 定位节点,将节点位置信息上传至服务器;2)在现场查看网络工作状态,方便部署与维护;3)方便管理人员远程监控农田参数、人员工作状态与农机工作状态。

1.4 数据服务的设计

传感器网络在外部看来是网络化的传感器,更强调数据的采集,强调系统的可观性^[8]。在传感器网络中观测的对象是传感器采集到的数据、传感器的工作状态以及网络的连接情况。而物联网则强调各个相连的事物之间的连通性,以及系统的可控性,物联网中传感器网络是连接观测者与被观测对象的渠道。因此,需要对传感器网络采集到的数据进行处理,以观测者需要的形式发布出去,主要包括 2 部分服务:滤波和插值和。观察者可以访问通过这些服务了解被观测对象,这一过程对传感器网络而言是透明的。

1.5 数据滤波

由于传感器网络在传感器端没有作滤波,可能会有一些奇异数据被采集回来,在一般使用中需要进行滤波,只观测合理可靠的数据。在一些特殊的应用中,特别关心奇异数据,也可以通过滤波服务获取这些奇异数据。为方便计算,采用简单的平滑滤波^[9]。

平滑滤波的目的是在不影响低频率分量的情况下减弱或消除图像中的高频分量并将观测值中的细小中断连接起来。处理后的任一输出值 y_k 均为观测值 x_k 与相邻元素运算后的结果,如式(1)所示:

$$y_k = \sum_{i=k-N}^{i=k+N} a_i x_i, \quad (1)$$

滤波窗宽度为 $2N$, a_i 为加权系数, k 为滤波窗中值。为方便计算采用矩阵表达,可得

$$Y = [A]X/n, \quad (2)$$

其中 Y 为输出向量, X 为输入向量, $[A]$ 为滤波矩阵, n 为平均值参数。

针对不同情况可以使用线性平滑滤波和加权平滑滤波,线性滤波的滤波矩阵为行列元素皆为 1 的 7 阶矩阵, n 为 7;加权滤波的滤波矩阵为行向量为 $[1, 6, 15, 20, 15, 6, 1]$ 构成的矩阵, n 为 64。

对应服务为 `record [] DataProcess. Smooth (Datetime start, Datetime end, bool linear)`, 其中 `start` 为起始时间, `end` 为终止时间, `linear` 为线性滤波标志,返回值即为滤波后的输出值。

1.6 插值分析

如果观测者仅能获得传感器所在位置的数据,就无法体现被观测的农田与观测者的关系,因此有必要对传感器采集到的数据进行插值,将空间插值后的数据提供给用户,使观测者只需输入位置信息即可获得所需的数据。因为同一农田中的温度、湿度和光照都是连续变化的,所以采用插值分析获得的数据是可信的。插值方法采用简单的两点插值和全图距离倒数插值 2 种。

1.6.1 两点插值

两点插值又叫线性插值,取最近的 2 个点 A, B 的观测值为参考值,计算任意点的值。

$$y = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{L}, \quad (3)$$

其中 L 为最近两点距离, x_1 为插值点距 A 点距离, x_2 为插值点距 B 点距离, y_1 为 A 点观测值, y_2 为 B 点观测值。两点插值非常简单,而且不受其他点干扰,通常在部署网络时用于校验观测点传感器工作情况。

1.6.2 全图距离倒数插值

两点插值计算简单,但是缺乏连贯性,每次参考点发生变化时插值结果会跳变,因此提供全图距离倒数插值服务,用户可以任意选用插值方法。全图距离倒数插值公式如下^[10]:

$$y = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{r_i} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}, \quad (4)$$

其中 x_i 为观测点 i 的观测值, r_i 为观测点到插值点的距离, n 为观测点集的规模。

对应服务 `double[] DataProcess.getValue(double longitude, double latitude, bool simple)`,

其中 *longitude* 为插值点经度, *latitude* 为插值点纬度, *simple* 为两点插值标志, 返回值即为插值点湿度、温度和光照观测值。

2 结果与分析

网络被部署在新疆哈密、石河子和北京, 图 2 为新疆石河子的网络实际部署图。为保证通信质量, 传感器节点和网关节点被部署在 2 m 左右的支架上。由于距离较远, 传感器节点须通过多跳方式将数据发送到网关, 实验中跳数最大为 6, 通信距离 400 m 左右。

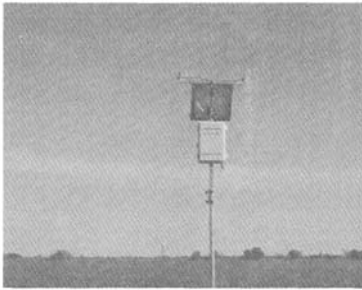
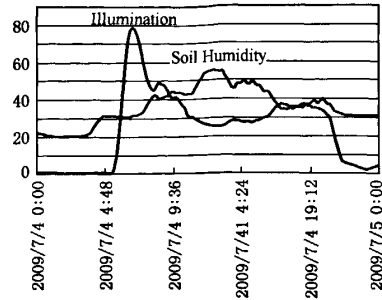


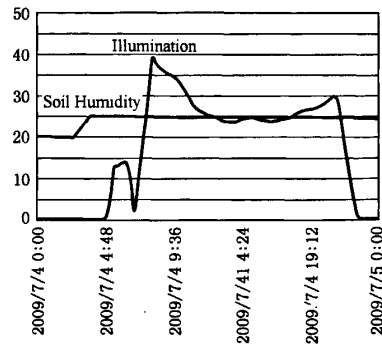
图 2 网络实际部署图

传感器网络在 4 个月中采集到大量的数据, 通过相应的服务, 可以采集区域内任意点的数据曲线。用户观测的对象由传感器网络节点转变为被观测对象, 可以通过选择位置直接获得观测值。图 3 展示了哈密实验田中经纬度与石河子实验田的土壤湿度和光照曲线, 在 7 月 4 日至 7 月 5 日哈密经历了一场降雨, 在降雨期间光照强度急剧下降, 而土壤湿度则迅速攀升直到夜间降雨停止湿度才开始回落。而石河子则是多云间阴的天气光照强度发生变化, 而土壤湿度则基本持平。

通过相关数据服务, 用户可以使用装在手机上的移动客户端访问网络。如图 4 所示, 定位系统包括 2 部分内容: 1) 利用手机 GPS 进行定位, 通过服务现场记录节点经纬度, 并提交服务器。2) 通过服务获取网络中各节点位置及其数据, 通过插值算法将数据与位置关联起来, 为用户提供直接的数据支持。此时传感器网络对用户完全透明, 用户可以直接获取自己所关心的位置的农田参数。



(a) 哈密红星二场



(b) 石河子 148 兵团

图 3 新疆两地光照-土壤湿度曲线



(a) 远程配置传感器网络

(b) 查看农田参数

图 4 传感器网络移动管理客户端

另一方面, 本系统也可以直接获取外部数据, 将外部数据与自身数据放在一起对比, 体现出物联网的包容性和可扩展性。如图 5 所示, 在 8 月 13 日至 9 月 16 日间经历两次降雨, 湿度先是显著提升, 降雨停止后, 水分迅速渗透到下层, 待上下层湿度接近后开始缓缓下降。通过对比自然降雨和土壤湿度的关系可以帮助专业领域研究人员获取土壤特性, 指导生产。

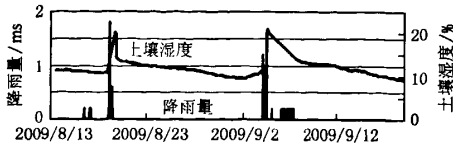


图5 北京小汤山土壤湿度-降雨量曲线

3 结 论

本文讨论了传感器网络与物联网的区别,采用提供数据服务的方式将传感器网络接入物联网。通过设计恰当的服务,将传感器网络的监控对象作为物联网的一个成员连入网中,供终端用户访问。利用这些数据服务,用户可以很方便地建立自己的专业应用,使用传感器网络采集到的数据。而此时传感器网络对其是透明的,终端用户无需考虑传感器网络本身的工作状态,将注意力放在自己关心的专业数据上。由于有统一的发布方式,用户也可以很方便地把其他数据服务加入系统,使整个很容易通过外部服务进行扩展。经过4个月的测试,分别部署在北京、哈密和石河子市的3处网络工作正常,数据服务稳定可靠。

参 考 文 献

- [1] Int Telecommunication Union (ITU). ITU Internet Reports 2005, The Internet of Things, 1997 [2010-09-30]. <http://www.itu.int/pub/S-POL-IR.IT-2005/e>
- [2] RedMonk. IBM Joins Obama's Coalition for a Smart Planet;

Change. 2008 [2010-09-30]. <http://www.redmonk.com/jgovernor/2008/11/07/ibm-joins-obamas-coalition-for-a-smart-planet-change/>

- [3] 沈苏彬, 范曲立, 宗平, 等. 物联网的体系结构与相关技术研究. 南京邮电大学学报: 自然科学版, 2009, 29(6): 1-11
- [4] IBM 商业价值研究院. 智慧地球赢在中国. 2008 [2010-09-30]. <http://www.ibm.com/cn/services/bcs.iibv>
- [5] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络. 软件学报, 2003, 14(7): 1282-1291
- [6] Nopper R, Hompel M. Analysis of the relationship between available information and performance in facility logistics. Logistics Research, 2009, 1(3/4): 173-183
- [7] Cheng B N, Yuksel M, Kalyanaraman S, et al. Using directionality in mobile routing. Wireless Networks, 2010, 16(7): 2065-2086
- [8] Yu F R, Tang H. Distributed node selection for threshold key management with intrusion detection in mobile ad hoc networks. Wireless Networks, 2010, 16(4): 875-887
- [9] 蔡勤春. 噪声信号的非线性滤波理论、算法及其应用研究. 成都: 电子科技大学, 1992
- [10] 董志兴, 周炜, 魏瑞轩, 等. 基于多种空间插值方法融合的地形生成技术研究. 光电与控制, 2007, 14(5): 191-194

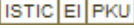
徐刚男, 1979年生, 硕士, 主要研究方向为传感器网络、嵌入式系统和农业信息化。

陈立平女, 1973年生, 博士, 研究员, 主要研究方向为精准农业与智能决策等研究。

张瑞瑞男, 1983年生, 硕士, 主要研究方向为无线传感器网络技术及应用。

郭建华女, 1961年生, 研究员, 主要研究方向为植物营养与农业信息化。

基于精准灌溉的农业物联网应用研究

作者: [徐刚](#), [陈立平](#), [张瑞瑞](#), [郭建华](#), [Xu Gang](#), [Chen Liping](#), [Zhang Ruirui](#), [Guo Jianhua](#)
作者单位: [国家农业信息化工程技术研究中心, 北京, 100097](#)
刊名: [计算机研究与发展](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF COMPUTER RESEARCH AND DEVELOPMENT](#)
年, 卷(期): 2010, 47 (z2)

参考文献(10条)

1. [蔡勤春](#) [噪声信号的非线性滤波理论、算法及其应用研究](#) 1992
2. [Yu F R;Tang H](#) [Distributed node selection for threshold key management with intrusion detection in mobile ad hoc networks](#) 2010(04)
3. [董志兴;周炜;魏瑞轩](#) [基于多种空间插值方法融合的地形生成技术研究](#)[期刊论文]-[电光与控制](#) 2007(05)
4. [Cheng B N;Yuksel M;Kalyanaraman S](#) [Using directionality in mobile routing](#) 2010(07)
5. [Nopper R;Hompel M](#) [Analysis of the relationship between available information and performance in facility logistics](#) 2009(3/4)
6. [任丰原;黄海宁;林闯](#) [无线传感器网络](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2003(07)
7. [IBM商业价值研究院](#) [智慧地球赢在中国](#) 2010
8. [沈苏彬;范曲立;宗平](#) [物联网的体系结构与相关技术研究](#)[期刊论文]-[南京邮电大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(06)
9. [RedMonk](#) [IBM Joins Obama's Coalition for a Smart Planet:Change](#) 2010
10. [Int Telecommunication Union \(ITU\)](#) [ITU Internet Reports 2005:The Internet of Things](#) 2010

引证文献(1条)

1. [高锡荣;梁立芳;陈强](#) [物联网服务市场潜在需求的影响因素分析——基于智能家居服务市场的问卷调查](#)[期刊论文]-[华东经济管理](#) 2012(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjyjfz2010z2067.aspx