

基于物联网技术的生态环境监测应用研究*

王希杰

(安阳师范学院, 计算机与信息工程学院, 河南 安阳 455000)

摘 要: 针对传统的环境监测系统部署和维护成本高, 难以自适应采集各种类型生态数据信息和实时、可靠地传输环境监测数据的问题, 提出了一种基于多传感器网络平台的生态环境监测物联网技术。该技术将监测区域分为若干个不同的分簇, 每个分簇采集、搜集各种类型的环境监测数据, 且可根据监测需要设定不同类型的传感器如温度、湿度、噪声传感器等; 在监测区域内设置移动 Agent 节点, 根据网络能耗建立实时二维定位表, 采用 ROSEN 梯度投影法选择最优路径, 构建移动方案, 搜集采集到的数据并转发给控制中心。仿真实验和数学分析表明: 该技术对环境监测实现远程数据采集和传输时具有实时性和可靠性且网络整体能耗较低。

关键词: 物联网; 环境监测; 多传感器网络; 自适应

中图分类号: TP 393

文献标识码: A

文章编号: 1000-9787 (2011) 07-0149-04

Application research of ecological environment monitoring based on internet of things technology*

WANG Xi-jie

(School of Computer and Information Engineering, Anyang Normal University, Anyang 455000, China)

Abstract: Aiming at the problems of high costs of deployment and maintenance of traditional environmental monitoring system and it is hard to real-time, reliably transmit environmental monitoring datas, multi-sensor networks platform for ecological environment monitoring is proposed based on the internet of things technology. Monitoring area is divided into several different clusters, by this technology, each cluster collects all kinds of environmental monitoring data. Different kinds of sensors are set such as temperature, humidity, noise sensor, etc according to the monitoring need. In monitoring area, to set, a number of cluster head nodes or other agent nodes as mobile agent node, according to the network energy consumption, real-time two-dimensional localization table is established, ROSEN gradient projection method is adopted to choose the optimal path, mobile solutions is built, the datas are collected and transmitted to control center. The simulation experiment and mathematical analysis show that the technology for environmental monitoring has good performance, such as real-time data collection and transmission and reliability and low network overall power consumption.

Key words: internet of things; environment monitoring; multi-sensor networks; self-adaptive

0 引 言

随着社会的发展, 自然环境对人类社会的重要性越来越大, 因此, 针对各种类型不同跨度生态地区的环境监测, 包括对水质、空气质量、温度、湿度、光照、噪声污染、污染源排污情况等环境指标的监测, 成为国内外研究人员追踪的热点之一, 并已取得一定的研究成果^[1-5]。文献 [1] 基于一种环境监测流程的综合挖掘方法, 基数据仓库和工作流挖掘技术, 构建了土壤环境监测综合挖掘模型构架; 文献 [2] 制定了上海市环境监测质量管理近期和中期规划同时建立质量管理信息共享平台和质量控制 (quality control,

QC) 指标评定体系; 文献 [3, 4] 综述了化学计量学、计算机层析、傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 谱图解析、大气污染物空间浓度分布监测、被动式遥感监测等方面研究成果; 文献 [5] 基于 ARM 的 S3C44BOX 芯片为核心设计的监测仪的硬件电路, 在 μClinux 环境下进行了监测仪应用程序的开发。

但是, 以上研究成果仍然存在一些不足。例如: 文献 [3] 忽略了生态环境受到污染时的监测和处理机制问题, 文献 [1] 主要是研究数据融合和挖掘问题, 并未涉及数据采集和监测问题。因此, 本文基于物联网技术, 参考文

献[2]所制定的QC指标评定体系,提出了一种生态环境自组织实时监测系统。该系统采用自组织方式形成由若干个分簇组成的多传感器网络,基于移动Agent节点汇聚数据,且依据二维定位表,经ROSEN梯度投影法计算得到当前最优路由,提高数据汇聚效率同时降低数据传输能耗,增强监测系统的鲁棒性。

1 基于物联网的生态监测模型与原理

基于物联网的生态监测模型,主要由四部分组成:数据采集传感器节点、簇头节点、移动代理Agent节点、控制中心。

物联网的分簇区域的自组织多传感器网络中,采用的传感器节点包括各种水文传感器、空气质量传感器、光照强度传感器、温度传感器、湿度传感器等组成。此外,在所有传感器上安装无线短距离通信数据传输功能模块。分簇区域内的多传感器采集到各种类型的环境监测数据后,将数据发送给该分簇的簇头节点^[6],或者可以检测到的移动Agent节点,簇头节点或移动Agent节点将搜集到的数据汇聚后转发至控制中心。

传感器节点数据采集模块经过一跳将数据发给簇头节点,而且该节点装有污染源实时监控功能模块,可以监测该节点圆形监测区域内是否出现排污现象,并及时发送监控数据,且该操作优先级高于一般环境监测数据的发送,要求簇头节点优先转发,这样就可以充分满足监测数据采集和环境污染源监测实际需求。监测传感器节点采用嵌入式技术设计,该节点功能模块包括:数据采集类型模块、数据无线发射模块、高效电源模块、污染源实时监控模块以及移动Agent监测模块等部件,如图1所示。

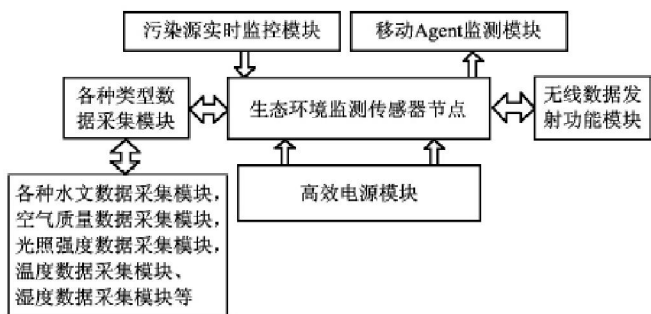


图1 生态环境监测传感器节点模型

Fig 1 Sensor nodes model for the ecological environment monitoring

生态环境监测传感器节点根据监测需求自适应启动相应类型数据监测模块、采用集中数据采集方式,其工作流程如下:

1) 根据来自控制中心的监测需求启动相应数据类型模块,监测数据类型有:各种水文数据采集模块、空气质量数据采集模块、光照强度数据采集模块、温度数据采集模块、湿度数据采集模块等;

2) 周期性地启动移动Agent发现模块,若发现网络有待发送的数据发给移动Agent节点;

3) 周期性地启动数据无线发射模块,将采集到的数据发送给簇头节点;

4) 根据控制中心反馈的控制信息,周期性地启动污染源实时监控模块,若发现污染现象,则转(3);

5) 若该节点所处分簇内的簇头节点失效,则转(2)。

图2给出了基于物联网的生态监测网络部署情况。从图2可以看出:监测物联网中,把监测区域分为了若干个分簇区域^[7],每个分簇内拥有一个簇头节点,此外整个网络中设置了若干个移动Agent节点,一方面实时收集各分簇簇头节点汇聚的数据,另一方面,避免某分簇簇头节点失效,导致监测区域出现盲点,致使网络瘫痪,无法实时监测。

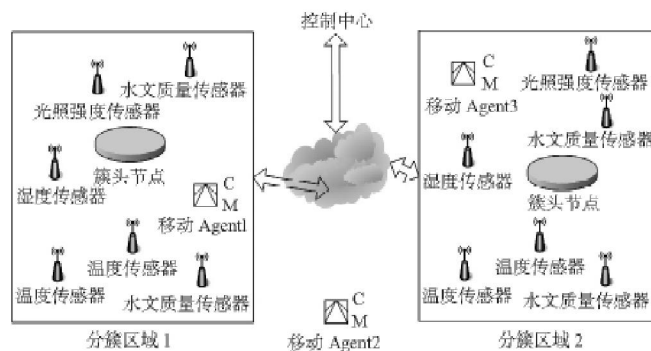


图2 基于物联网的生态监测网络部署

Fig 2 Ecological monitoring network deployment based on internet of things

2 基于ROSEN梯度投影法的最优路径

在每一个分簇内,传感器节点与簇头节点经一跳即可传输数据,无需路由选择。但因为簇头节点长时间接收数据,能量消耗很大,当簇头节点失效后,其他传感器节点无法与控制中心交换数据信息,处于瘫痪状态,因此,本文采用移动Agent节点作为备用簇头节点接收数据。此时,存在一个最佳路由选择问题。

本节设定簇内传感器节点根据自身能耗实时建立二维定位表,该表包含时间和空间两类数据,然后采用ROSEN梯度投影法^[8]选择最优路径,构建移动方案,使移动Agent节点能在最短时间内消耗相对最少的能量,到达瘫痪分簇并及时搜集其他传感器节点采集到的数据,然后转发给控制中心。

根据ROSEN梯度投影法,构建基于传感器节点时空关系的投影矩阵。设 M 是 $m \times n$ 矩阵,秩为 m , y 为任意 n 维向量。令

$$P = M^T (MM^T)^{-1} M, \quad (1)$$

$$Q = 1 - M^T (MM^T)^{-1} M. \quad (2)$$

根据矩阵 M ,即可求出时间变量 P 、空间变量 Q 。 P_y 为向量 y 在矩阵 M 的时间向量上所生成的子空间上的投影,

即可得 P 值;空间向量 Q_y 表示向量 y 在 M 的零空间上,因此,结合式(2)和式(3)可得到空间变量 Q 值。

$$MQ_y = 0 \quad (3)$$

移动 Agent 节点即可根据由 P 和 Q 组成的二维定位表选择最佳路径。

3 生态环境监测技术及其系统实现

1) 根据监测区域进行划分而形成的用于采集生态环境数据信息的若干个分簇区域,该区域内的传感器节点采用无线自组织方式组成网络拓扑;

2) 若干个无线分簇传感器网络之间通过簇头节点连接通信,同时,簇头节点具有汇聚数据功能,对其收集到的分簇区域内的数据进行解析处理等;

3) 每个分簇区域内的传感器节点设置根据图 1 所示模型构成,包括数据采集模块、数据发送模块、污染源实时监控模块、移动 Agent 探测模块等组成。

4) 簇头节点会定期收集本区域内所有节点的实时能量和能耗信息,构建一个基于 ROSEN 梯度投影的时空二维表,并把该表实时更新,当该节点能量即将耗尽时,转发给控制中心;

5) 控制中心的主要工作是接收数据,并向各簇头节点反馈控制信息;此外,如果收到来自某分簇区域的簇头节点发来的时空二维表,表明该簇头节点即将失效,为了避免该分簇区域瘫痪,成为监测盲区,控制中心根据收到的时空二维表,选择一个能量充足的备用节点作为移动 Agent 节点,根据最优路径向该分簇区域移动,并担当新的簇头节点。

基于物联网的通信原理及其关键技术,该监测系统在传感器节点、簇头节点、移动 Agent 节点和控制中心的具体流程如图 3 所示。

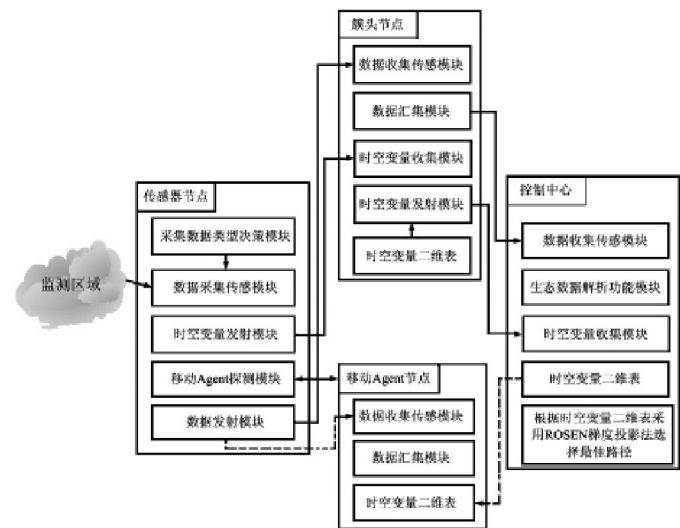


图 3 基于物联网的生态环境监测系统工作流程

Fig 3 Working flow chart of ecological environment monitoring system based on internet of things

4 仿真实验与评价

生态环境监测区域范围设定为 $1200\text{ m} \times 800\text{ m}$,时间为 1500 s ,随机部署 50 个传感器节点,每 10 个传感器节点组成一个分簇,故需要 5 个簇头节点,1 个控制中心,另外设定有 5 个移动 Agent 节点备用。实验中,设定生态环境监测传感器节点、簇头节点及移动 Agent 节点具有相同的发射功率和通信距离,因为在一个分簇内的 10 个传感器节点采集不同类型的数据组成一个多传感器网络,所以,实验中假设它们的能量和发射数据的功率各不相同。

传感器节点通过无线链路传输数据时,信道速率为 1 Mbps ,传播时延是 $1.5\text{ }\mu\text{s}$,网络层发送的数据包为 8150 bit ,传输过程中的所有确认信息和控制信息假设为 400 bit 且固定不变。此外,对于时空二维定位表,时间变量 P 取值范围为 $0\sim 10\text{ s}$ 之间,空间变量 Q 取值范围为 $0\sim 50\text{ m}$ 之间,若根据式(1)、式(2)和式(3)计算结果超出该范围则认为该节点无法与簇头节点或移动 Agent 通信即节点死亡。

图 4 给出了该系统应用于上述监测区域时, 1500 s 的监测过程中仿真实验和采用 EM_IOT 技术后网络整体能耗变化规律对比。仿真实验统计分析结果表明:网络能耗在逐步增加,在 700 s 时出现下降,这是因为有部分簇头节点失效导致网络瘫痪,出现盲区。而此时,EM_IOT 采用移动 Agent 代理机制,当发现簇头节点失效,即可移动至该分簇区域,保持数据正常传输。

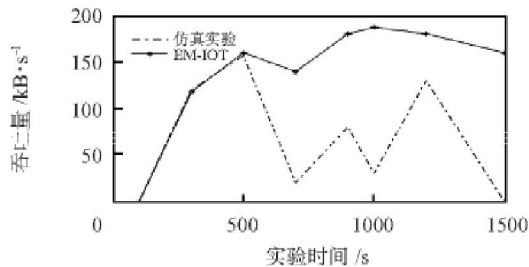


图 4 监测网络整体吞吐量

Fig 4 Overall throughput of the monitoring network

图 5 给出了一个分簇区域在 1500 s 的实验中吞吐量的变化情况。从中可以发现,在 700 s 后,因部分簇头节点失效,导致其所在分簇内的传感器节点无法正常传输数据,致使分簇吞吐量明显下降,而 EM_IOT 机制可以有效改善这一点,只是在短时间内出现下降,很快恢复正常,这主要是因为采用了移动 Agent 方案。

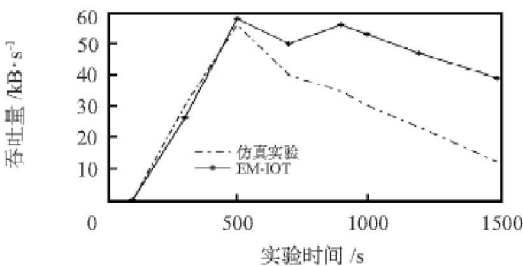
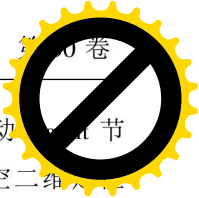
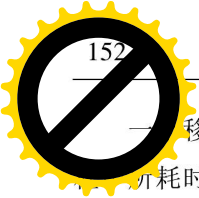


图 5 分簇区域的吞吐量

Fig 5 Throughput of clustering region



移动 Agent 节点在 1500 s 中的能耗情况和移动过耗时间情况如图 6 和图 7 所示。对比两图可以发现,该节点在 900 s 左右,对于 EM_IOT 而言,其能耗明显降低,这是因为此时根据 ROSEN 梯度投影法根据时空二维定位表找到最优路径,可以在短时间内到达瘫痪的分簇区域,重构多传感器网络的拓扑,继续保持数据传输。

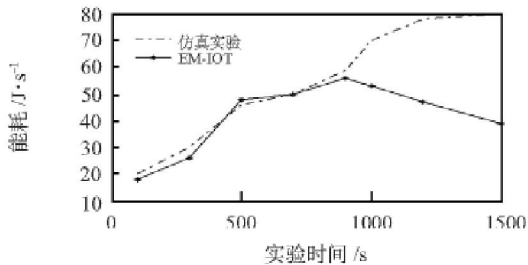


图 6 移动 Agent 节点能耗

Fig 6 Energy consumption of mobile agent node

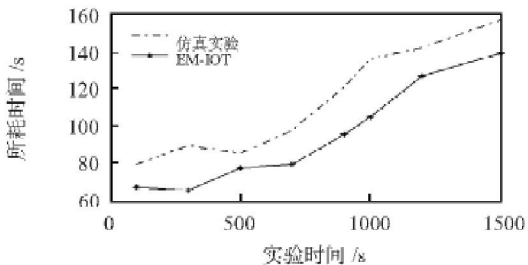


图 7 移动 Agent 节点移动所耗时间

Fig 7 Moving time of mobile agent node

5 结束语

本文提出了一种基于物联网技术的生态环境监测系统。该系统可以根据监测区域的大小和特征分为若干个分簇,每个分簇采用自组织方式进行通信,且每个传感器节点具有生态环境分簇区域内待监测数据类型的选择、采集数据、存储数据、筛选有用数据信息等功能;为了避免因

为簇头节点失效导致部分网络瘫痪,加入移动 Agent 节点,控制中心根据来自待失效的簇头节点的时空二维定位表结合 ROSEN 梯度投影法选择最优路径,构建移动管理方案。仿真实验和数学分析表明:该技术可以根据监测需求在不同类型的采集数据之间进行切换控制,具有节能、高效和易于管理的特点。

参考文献:

- [1] 郑向群,赵政,刘东生.基于数据仓库的土壤环境监测综合挖掘模型构架[J].农业工程学报,2008,24(8):162-168.
- [2] 王向明,黄文.上海市环境监测质量管理规划探讨[J].环境监测管理与技术,2010,22(3):182-186.
- [3] 夏明,董亚波,鲁东明,等. RelicNet:面向野外文化遗址微气象环境监测的高可靠无线传感系统[J].通信学报,2008,29(11):173-185.
- [4] 胡兰萍,李燕,张琳,等.遥感 FTIR 在大气环境监测中的新发展[J].光谱学与光谱分析,2006,26(10):119-124.
- [5] 黄元江. GPRS 支持下的现代城市环境监测系统研究[J].中南林业科技大学学报,2010,30(7):56-60.
- [6] 周明,黄作维.基于 GPRS 技术的生态环境监测系统设计[J].计算机测量与控制,2010,18(5):120-125.
- [7] 杜金燕,潘俊阳,孙超.基于高斯-马尔可夫模型的海洋环境辨识方法[J].计算机仿真,2009,26(12):12-15.
- [8] 王臣立,牛铮,郭治兴,等.基于植被指数和神经网络的热带人工林地上蓄积量遥感估测[J].生态环境学报,2009,18(5):1830-1834.

作者简介:

王希杰(1973-),男,河南卫辉人,硕士,讲师,主要研究方向为自然语言处理,信息抽取等。

(上接第 148 页)

- [7] 胡建东,赵向阳,李振峰,等.参数调制探针式电容土壤水分传感技术研究[J].传感技术学报,2007,20(5):1057-1060.
- [8] 张学礼,胡振琪,初士立.土壤含水量测定方法研究进展[J].土壤通报,2005,36(1):118-121.
- [9] 蔡义华,刘刚,李莉,等.基于无线传感器网络的农田信息采集节点设计与试验[J].农业工程学报,2009,25(4):176-178.
- [10] 牛孝国,朱桂芝,夏宁,等.基于无线传感器网络的农业现场数据采集研究进展[J].中国农学通报,2009,25(24):515-519.
- [11] 王凤花,张淑娟.精细农业田间信息采集关键技术的研究进展[J].农业机械学报,2008,39(5):112-119.
- [12] 俞海红,何勇,裘正军.农田信息无线远程采集和处理系统的研究[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2006,32(1):106-109.
- [13] 刘卉,汪懋华,王跃宣,等.基于无线传感器网络的农田土

壤温湿度监测系统的设计与开发[J].吉林大学学报:工学版,2008,38(3):604-608.

- [14] Li Zhen, Wang Ning, Franzen A, et al. Development of a wireless sensor networks for field soil moisture monitoring [C]//2008 AS-ABE Annual International meeting, 2008.
- [15] Bogena H R, Huisman J A, Oberdorster C, et al. Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications [J]. Journal of Hydrology, 2007, 344(1-2):32-42.
- [16] 史永臣,隋吉东,贺传琴.土壤电导率的快速测定[J].黑龙江八一农垦大学学报,2000,12(4):15-18.
- [17] 胡均万.土壤剖面墒情监测系统的设计与试验[D].广州:华南农业大学,2006:14-25.
- [18] 郭胜君,王卫星,胡均万,等.基于双极性脉冲间歇电压源的土壤电导测量仪[J].农机化研究,2008(5):35-37.

作者简介:

李加念(1983-),男,湖南道县人,博士研究生,研究方向为电子信息技术、智能检测技术及自动化技术应用。