

# 气象传感器网络系统架构与体系结构研究

马金钢<sup>1</sup>, 朱晓林<sup>2</sup>, 李延斌<sup>3</sup>, 郑君杰<sup>1</sup>

(1. 解放军理工大学 气象海洋学院, 江苏 南京 211101;

2. 总参气象水文局, 北京 100010;

3. 陆军航空兵学院, 北京 111101)

**摘要:**传感器网络将在气象观测领域发挥越来越重要的作用。针对地面气象观测的现实需求,提出了气象传感器网络的概念,构建了气象传感器网络的应用场景,完成了其需求分析与系统架构设计,深入分析了气象传感器网络可采用的通信手段。在陆上传感器网络体系结构的基础上,结合气象传感器网络的特点,设计了气象传感器网络的体系结构,将其结构划分为物理层、数据链路层和网络层。对该体系结构各层的功能进行了深入分析,最后对气象传感器网络的应用前景进行了展望。

**关键词:**气象传感器网络;系统架构;体系结构

**中图分类号:**TP393

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2014)12-0188-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.12.044

## Research on Structure and Architecture for Meteorological Sensor Networks

MA Jin-gang<sup>1</sup>, ZHU Xiao-lin<sup>2</sup>, LI Yan-bin<sup>3</sup>, ZHENG Jun-jie<sup>1</sup>

(1. College of Meteorology and Marine, People's Liberation Army University of Science and Technology, Nanjing 211101, China;

2. Meteorologic Bureau of General Staff Department, Beijing 100010, China;

3. Army Aviation School, Beijing 111101, China)

**Abstract:** Sensor network will play an increasingly important role in the meteorological field. In order to solve the realistic demand of surface meteorological observation, the concept of Meteorological Wireless Sensor Networks (MWSN) is proposed and then the application scene of MWSN is constructed, accomplishing the demand analysis and system architecture design, analyzing the communication approach for meteorological sensors network in depth. Based on the architecture of WSN, a new kind of architecture for MWSN is designed combined with the characteristics of meteorological sensor network and is divided into physical layer, data link layer and network layer. The function of every layer is explained in detail. At last, the application prospect of meteorological sensor network is discussed.

**Key words:** meteorological sensor networks; system structure; architecture

## 0 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是涉及多学科的前沿热点研究领域,其组成形式是由部署在监测区域内的大量廉价微型传感器节点,通过无线通信方式形成的一个多跳自组织网络,传感器节点上根据需求可搭载多种传感器,通过这些传感器实现对所需对象的监测。传感器网络有效地扩展了人们的信息获取与感知能力,被认为是未来互联网的重要

组成部分之一。由于无线传感器网络具有自组织、冗余、容错、生存性强等特性,在军事和民用领域都具有极其广阔的应用前景,被认为是改变21世纪的具有巨大影响力的技术之一<sup>[1]</sup>。

传感器网络的重要性早已引起了我国的高度重视。2000年以后国内相关科研院所纷纷开始进行传感器网络的跟踪研究,国内清华大学、中科院等高校和科研单位是较早进行传感器网络研究的单位<sup>[2]</sup>。中国

收稿日期:2013-12-23

修回日期:2014-03-25

网络出版时间:2014-09-11

基金项目:中国博士后基金(2012M512074);江苏省自然科学基金(SBK2011124)

作者简介:马金钢(1978-),男,博士,讲师,研究方向为气象水文装备。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140911.1001.028.html>

计算机学会青年计算机科技论坛于 2004 年在北京召开了我国第一次 WSN 专题报告会,着重讨论了无线传感器网络技术在中国的发展问题。2006 年我国《国家中长期科学与技术发展规划纲要》确定的信息技术三个前沿方向中有两个与无线传感器网络直接相关,国家自然科学基金近年来也对传感器网络的研究进行了大力资助。

传感器网络的独特特性受到了各国科学界和军方的青睐,在战场监测、环境保护、工业控制等很多领域得到了越来越广泛的应用。另外近年来引人注意的一个发展方向是海洋传感器网络,如美国海军的 seaweb 计划等。国内也开展了类似研究<sup>[3-5]</sup>,气象观测是其应用最早的领域之一,技术上也较为成熟,目前已经进入实用化阶段<sup>[6-8]</sup>。

综上,将气象传感器网络 MWSN (Meteorological Wireless Sensor Network) 定义为一种由气象传感器节点、汇聚节点、无线通信设施等构成的网络,通过节点上搭载的气象传感器,能够实时地监测和采集节点部署区的各种气象信息,如温度、湿度、气压、风速等,获取的这些信息经过处理后以无线多跳的方式转发出去,最终通过汇聚节点以无线的方式发送给控制中心。

## 1 气象传感器网络系统架构

### 1.1 需求分析

气象信息具有点多、面广、数据突发性等特点,常规的气象数据采集与传输模式难以满足人们对气象服务越来越高的需求。显然如果将传感器网络用于气象领域,将极大地改进现有气象信息的采集与传输模式,大大提高气象服务水平,意义十分重大。在气象应用领域传感器网络需要具有如下特性:

(1) 自组织。自组织能力是传感器网络的重要特性之一,是指当单个或者某些节点失效时网络能够自我修复。气象传感器网络主要应用于野外,传感器节点会受到风、雨、雪等的影响而发生位移,同时自然环境较为恶劣,节点可能遭受毁坏,且节点基本上无回收修理的可能,而单个节点的损毁可能导致整个网络的失效,所以具有自我修复与自组织能力是气象传感器网络的必备要素。

(2) 数据的可靠传输。气象条件和人类的生产、生活以及军事活动密切相关,在某些应用领域如气象灾害的实时监测与预警等,要求将监测数据可靠、准确地传输到指挥部,为灾害监测与预警提供可靠的决策依据,所以具有可靠的数据传输能力是气象传感器网络的必备要素。

(3) 异构组网。所谓异构是指两个或两个以上的无线通信系统采用了不同的接入技术,在实际应用中

全面、大范围的气象环境数据单单依靠传感器网络是很难获得的,这就要求气象传感器网络应具有一定的异构能力,也就是说气象传感器网络应该可以方便地与其他类型的气象观测设备如自动气象站、气象雷达等相结合,构成一个更大的立体观测网络系统,而不需要进行系统架构的改动,只需要加装相应的通信模块即可。

(4) 自持性。传感器网络节点目前通常使用电池进行供电,考虑到成本与数量的原因节点的电池是无法进行更换的,也就是说节点是一次性用品。而在 WSN 中个别传感器节点的失效可能会导致某条数据传输通路的中断,如果没有冗余链路备份就会造成部分甚至整个网络的瘫痪。因此需要研究延长传感器网络生存时间的有效措施,目前学术界的研究侧重点主要包括如何节省节点能量、设计合理的路由协议、设计节能的网络运行机制等。

### 1.2 气象传感器网络节点设计

气象传感器网络节点不仅是网络硬件系统的主干,而且也是整个网络软硬件系统最主要和最核心的部分<sup>[9-10]</sup>。气象传感器网络节点主要由气象传感器单元、无线通信单元、处理器单元和电源单元四部分组成,如图 1 所示。

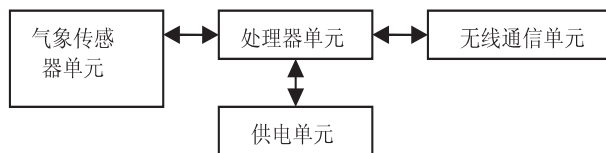


图 1 节点结构

处理器单元可以认为是整个传感器节点的大脑,在节点中起着控制节点运行、存储和处理获取的数据等作用;气象传感器单元负责获取整个监测区域内的气象信息并将其传送给处理器单元;无线通信单元负责与其他节点进行无线通信;供电单元为传感器网络节点供电。

2005 年 6 月公布的 IEEE802. 15. 4 (ZigBee) 是面向短距离自动控制领域设计的无线通信技术标准,具有体积小、复杂度低、成本低廉、可容纳节点数多、频段免费、功耗低、多跳传递等特点,其工作在 868/915 MHz 和 2.4 GHz 两个频段,其中 2.4 GHz 频段是全球统一不需申请的免费频道,和无线传感器网络通信协议的设计目标相一致,因此十分适合于组建无线传感器网络。每个 Zigbee 网络节点可以支持多达三十个传感器和受控设备,每一个传感器可以有多种不同的接口方式,无论数字量和模拟量都可以采集和传输。

目前,国内外各大芯片厂商都推出支持 IEEE802. 15. 4 的通信芯片,可以实现多点对多点的快速组网,同时具有安全可靠、组网灵活、抗毁性强等特点。

### 1.3 系统架构

结合上述需求分析,分析了气象传感器网络的应用场景,下面研究其系统架构。气象传感器网络主要由气象传感器网络节点、汇聚节点(Sink 节点)、通信设施和控制中心等组成。气象传感器节点以自组织形式构成网络,每个节点都独立自主工作,每个节点在网络中同时充当数据的采集者和转发者。各个节点获取的气象数据通过单跳或者多跳中继的方式发送到汇聚节点(Sink 节点),汇聚节点将收集的气象数据通过无线方式发送到远程的控制中心,由控制中心完成气象数据的综合处理并分发给用户,见图 2。

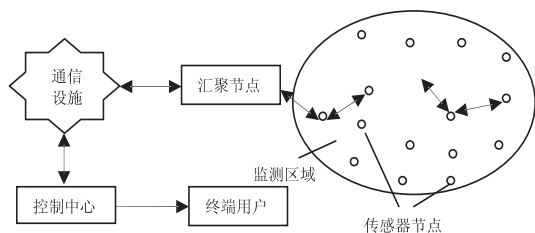


图 2 气象传感器网络系统架构

为便于管理,当传感器节点数量较多时可以采用簇状结构(Cluster tree)。每个簇由一个簇头和多个簇成员组成,簇头负责本簇的数据收集与转发,其通信能力远强于普通节点,簇成员由普通节点充当,见图 3。

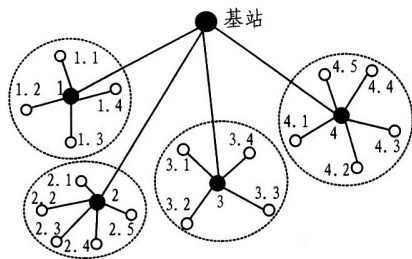


图 3 传感器网络分簇结构

气象传感器节点采集到的数据最终要被转发到控制中心,为解决系统数据转发的可靠性,可以设置多个汇聚节点,当一个汇聚节点失效时备用汇聚节点及时启用,这在野外环境下以及军事应用中是十分必要的。

汇聚节点采用何种通信方式将气象信息传送到控制中心是需要重点探讨的问题。目前可采用的无线传输方式主要有卫星通信、流余通信、短波通信等,从数据传输速率、性价比、传输距离、功耗、成本等几个方面进行了分析<sup>[5]</sup>。

#### (1) 北斗通信。

我国的北斗卫星定位系统除了具有定位功能外还具有短报文通信能力,单次可以传输 120 字节的信息,已经在国内抢险救灾、应急通信、远程监控等领域发挥了重要作用,在国内气象部门也已经得到成功的应用,如神州天鸿公司的远程水情测报系统就采用了该技术进行数据传输。国内多家生产厂家已经生产出了实用

化的小型北斗终端,如北斗星通公司生产的小型终端模块,其天线直径为 5 cm,大小为 5 cm×5 cm,发射功率小于 10 W,重量不大于 300 g,同时随着国家的扶持以及北斗应用的不断扩展,终端价格也在逐渐降低。我国已经有多颗北斗导航卫星在天上运行,预计到 2020 年,我国发射的北斗卫星总数将会达到 30 颗,将初步具有全球定位能力,定位精度不低于美国 GPS 的水平,其信息传输的覆盖范围也将大大扩展,而美国的 GPS 系统不具备信息传输能力,因此利用北斗系统的短报文通信功能进行气象传感器网络信息的转发与传输在技术上是具有很大优势的<sup>[11]</sup>。

#### (2) 流星余迹技术。

所谓的“流星余迹”是指流星在进入大气层时会与周围大气剧烈摩擦进而发出大量的光和热,高温会使流星周围的大气电离,并随着流星的飞行轨迹扩散形成圆柱状的电离云,这种电离云具有反射无线电波的特性,利用流星余迹反射无线电波而进行的远距离通信叫流星余迹通信,可以利用的波段为 30 ~ 100 MHz。由于流星余迹的出现没有规律可循,因此特别适合用于突发性的数据传播。国内较早开展了对流星余迹通信技术的研究,如 20 世纪末我国先后试验了多条流星余迹通信线路,取得了很好的效果<sup>[5]</sup>。目前国内相关单位已经研制出全双工的流星余迹通信系统,其传输速率和通信距离完全可以满足气象传感器网络信息的转发<sup>[12]</sup>。

#### (3) 移动通信技术。

如果架设通信专线进行气象数据的传输代价是十分高昂的,应用价值不大。相比较其他传输技术,移动通信技术具有传输可靠、成本低廉等优点。目前国内蜂窝移动信号覆盖范围已经很广泛,CDMA 或者 GPRS 终端的价格也比较低廉,按流量收取费用,考虑到气象数据的突发性,费用是完全可以承受的。因此在有蜂窝移动通信信号的地区可以考虑使用 CDMA 或者 GPRS 终端进行数据转发,在国内省级气象部门已经得到了一定的应用<sup>[13]</sup>。

## 2 气象传感器网络体系结构

当前学术界普遍认为传感器网络协议应该由物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层组成<sup>[14]</sup>,其每层功能与互联网结构的对应层相似。考虑到传感器网络的特点,传感器体系结构中还应配以移动管理、能量管理、定位技术等功能模块。

结合气象传感器网络的任务需求,在现有传感器网络体系结构的研究基础上,设计了气象传感器网络的体系结构。气象传感器网络的主要目的是实现气象数据的获取,布撒的数量较多,为了控制成本节点的处



理能力将被设计的非常有限。数据最终要通过 sink 节点转发到陆地上的控制中心,由控制中心完成数据的各种处理与应用,因此运输层和应用层的功能可以相对弱化,由汇聚节点的硬件和控制中心来完成其功能。新的体系结构如图 4 所示,各层功能分别如下:

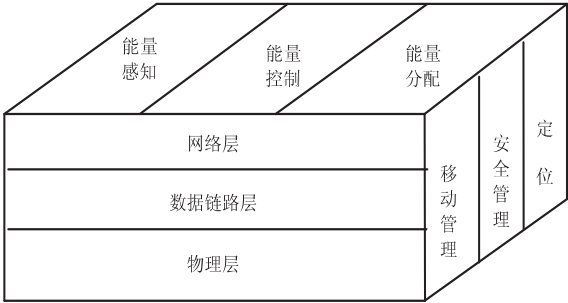


图 4 气象传感器网络体系结构

(1)物理层。物理层的主要任务是透明传送二进制的比特流,主要包括信号的调制和解调、信道的区分与选择等。

(2)数据链路层。数据链路层在物理层提供的服务的基础上向网络层提供服务,主要功能有负责在两个相邻节点间无差错地传送数据帧,实现媒体访问,处理传输差错,协调节点对通信媒质的访问,调节发送速率以使与接收方相匹配,减少相邻节点广播时的冲突,保证传感器网络内点到点和点到多点的连接。

(3)网络层。网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换节点,确保数据及时传送。气象传感器网络节点的能量通常是非常有限的,能量耗尽后基本上做报废处理,因此路由协议在设计时必须要考虑节能因素,设计节能算法,节能性能好对整个网络的生存时间有很大影响。

该体系结构的顶面包含有能量感知、能量控制和能量分配 3 个切面,主要功能有:

(1)能量感知面,通过硬件实现感知节点当前的剩余能量,可随时实现剩余能量的监控;

(2)能量控制面,全面感知网络拓扑结构,可以对当前拓扑结构进行调整和修复,执行方式可以是定期或触发;

(3)能量分配面,根据使用场景使用相应算法并根据节点的剩余能量决定该节点是否参加数据转发,通过此种方式节省能量。

该体系结构侧面包含有移动管理、安全管理和定位功能 3 个纵向切面,主要功能有:

(1)移动管理面,负责注册各个节点的工作状况,触发路由调整机制,优化移动进程,通过移动节点来修复受损的拓扑结构;

(2)安全管理面,主要负责应对网络层上面临的各

种网络安全威胁,提高数据的可靠性与安全性;

### 3 气象传感器网络的研究挑战

(1)节点供电。

目前传感器节点主要采用普通干电池供电,电池容量有限,因此即使节点本身功耗极小使用时间也不可能太长。利用太阳能对节点供电成为可能,但是成本是需要考虑的问题。

(2)降低成本。

气象无线传感器网络由于检测区域较大,因此将由大量的传感器节点组成,为了达到降低成本的目的,要求在不影响性能的前提下尽量降低硬件成本,同时需要设计出满足需求的通信协议。

(3)安全和抗干扰。

由于气象传感器节点基本上部署在野外,所以节点必须具备一定的抗毁能力和良好的抗干扰能力,同时节点获取的气象信息需要与位置信息相结合才有意义。军事上的应用必须要考虑到安全问题,敌方可能入侵我方网络,获取我方敏感地区的气象信息,甚至散布虚假气象信息影响我方指挥决策,因此气象传感器网络需要具有一定的数据加密、身份认证、入侵检测等功能,这就对网络的设计、协议的设计、节点处理能力等提出了新的要求,也是气象传感器网络研究与设计面临的一个重要挑战。

### 4 结束语

综上所述,气象传感器网络在网络结构、通信技术、系统架构与体系结构等诸多方面与传统经典传感器网络存在着很大的不同,因此为了进一步促进传感器网络在现代气象领域的应用,就必须对气象传感器网络的上述若干方面进行新的研究,以满足气象应用领域的需求。文中以现实气象观测的实际应用需求为主线进行了气象传感器网络的需求分析,设计了气象传感器网络的系统架构,着重对其通信方式进行了探讨。在现有研究的基础上提出了一种新的气象传感器网络体系结构,最后结合实际分析了气象传感器网络面临的研究挑战。

#### 参考文献:

[1] 崔莉,鞠海玲,苗勇,等.无线传感器网络研究进展[J].计算机研究与发展,2005,42(1):163-174.  
[2] 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005:413-417.

表 2 汉藏音译结果部分实例

| 汉文词 | 转换对象           | 音译结果             |
|-----|----------------|------------------|
| 青海省 | 青海'sheng       | མཚོ་མོན་ཁིང་ཉེད། |
| 福建省 | fu'jian'sheng  | ཕུན་ཕན་ཉེད།      |
| 东莞  | dong'guan      | དུང་གོ་ཀླ།       |
| 柏林  | bo'lin         | བོ་ལི་ཀླ།        |
| 柏树  | bai'shu        | བའེ་ལུ་ཀླ།       |
| 李克强 | li'ke'qiang    | ལི་ཀེ་ཀྱང།       |
| 梁会方 | liang'hui'fang | ལཱང་ཁུའེ་བྲང་།   |

音译的规律,提出了基于规则的音译算法。该规则包括通俗译法的词语以及常用汉文字符拼音对应的藏文字符。实验结果表明,该算法不需要依赖预先建立的语料库,对于目前已经有的和将来出现的人名、地名的翻译结果都会是准确的,而且具有普遍性。该规则不仅仅适用于人名、地名的音译,对非专用汉文字符对藏文的音译,该规则都适用,只是对于其他的专用词语需要完善前面约定俗成的词语库规则,并在长句中,存在俗成译法词语组合的拆分。该音译系统的实现给现在信息翻译带来了很大的便利,满足很多期刊、媒体等汉文的音译的需求。并且都遵循上述音译对照表以及规则,能让大众音译规范化。

参考文献:

[1] 巴松拉姆.关于汉藏翻译中音译规范化问题研究[J].剑南文学:下半月,2011(1):93-93.

[2] 多杰太.关于汉藏翻译中音译规范化问题[J].青海民族学院学报(社会科学版),2007,33(1):151-153.

[3] Kuo J S,Li Haizhou,Yang Y K. A phonetic similarity model for automatic extraction of transliteration pairs[J]. ACM Tr-

ansactions on Asian Language Information Processing,2007,6(2):1-24.

[4] Karimi S,Scholer F,Turpin A. Collapsed consonant and vowel models:new approaches for English-Persian transliteration and back-transliteration[C]//Proceedings of the 45th annual meeting of the association of computational linguistics. [s. l. ]:[s. n. ],2007:648-655.

[5] Charoenpornasawat P,Kijsirikul B,Meknavin S. Feature-based proper name identification in Thai[C]//Proceedings of national computer science and engineering conference'1998. Thailand:[s. n. ],1998.

[6] Charoenpomsawat P,Kijsirikul B. Feature-based Thai unknown word boundary identification using winnow[C]//Proceedings of the 1998 IEEE Asia-Pacific conference on circuits and systems. Thailand:IEEE,1998.

[7] 邹波,赵军.英汉人名音译方法研究[C]//第四届全国学生计算语言学研讨会会议论文集.出版地不详:出版者不详,2008.

[8] 赵明明.英汉命名实体翻译方法研究[D].苏州:苏州大学,2011.

[9] 周美玲.英汉人名音译方法的研究与实现[D].苏州:苏州大学,2009.

[10] 钱晶.汉语专名识别与音译方法研究[D].上海:复旦大学,2006.

[11] 牛小莉,谢新卫.谈《维吾尔人名汉字音译转写规则》的重要意义[J].语言与翻译,2003(2):7-10.

[12] 窦嵘,加羊吉,黄伟.统计与规则相结合的藏文人名自动识别研究[J].长春工程学院学报(自然科学版),2010,11(2):113-115.

[13] 衣马木艾山·阿布都力克木,吐尔地·托合提,艾斯卡尔·艾木都拉.基于规则的维吾尔人名汉文机器翻译算法研究[J].计算机应用与软件,2010,27(8):86-87.

(上接第 191 页)

[3] Zheng Junjie. An effective submarine detection technology: underwater sensor networks[C]//Proc of 2011 IEEE international conference on information theory and information security. Hangzhou:IEEE,2011:417-421.

[4] 郑君杰,李延斌,尹路,等.水下传感器网络系统架构与体系结构研究[J].计算机科学,2013,40(06A):251-254.

[5] 郑君杰,刘志华,刘凤,等.基于水下三维传感器网络的海洋环境立体监测系统关键技术研究[J].海洋技术,2012,31(4):1-4.

[6] Gao T, Greenspan D, Welsh M,et al. Vital signs monitoring and patient tracking over a wireless network[C]//Proceedings of the 27th IEEE annual international conference on EMBS. [s. l. ]:IEEE,2005:102-105.

[7] 郑德忠,韩昭明,王聪,等.基于无线传感器网络的 CO 监测系统设计[J].传感技术学报,2007,20(4):925-928.

[8] 江杰,张云飞.基于无线传感器网络的水文监测系统

[J]. 工业控制计算机,2011,24(7):68-70.

[9] 赵明,徐科军,倪伟,等.一种无线传感器网络节点设计和通信协议研究[J].仪器仪表学报,2005,26(z2):630-632.

[10] 卢崇,马建仓,王吉富.基于 ATmega128L 与 CC2420 的无线传感器网络节点的研究与实现[J].电子技术应用,2006,32(12):130-133.

[11] 雷昌有,蒋英,史东华.北斗卫星通信在水情自动测报系统中的研究与应用[J].水利水电快报,2005,26(21):26-28.

[12] 黄小波.基于 GPRS 的无线传感器网络网关的设计与实现[J].自动化应用,2010(7):57-59.

[13] 周延年,叶松,郑君杰,等.利用流星余迹通信系统传输海洋数据设计[J].仪器仪表学报,2008,29(8):486-489.

[14] 卡勒.无线传感器网络协议与体系结构[M].邱天爽,译.北京:电子工业出版社,2007.

# 气象传感器网络系统架构与体系结构研究

作者：[马金钢](#)，[朱晓林](#)，[李延斌](#)，[郑君杰](#)，[MA Jin-gang](#)，[ZHU Xiao-lin](#)，[LI Yan-bin](#)，[ZHENG Jun-jie](#)

作者单位：[马金钢, 郑君杰, MA Jin-gang, ZHENG Jun-jie\(解放军理工大学 气象海洋学院, 江苏 南京, 211101\)](#)，[朱晓林, ZHU Xiao-lin\(总参气象水文局, 北京, 100010\)](#)，[李延斌, LI Yan-bin\(陆军航空兵学院, 北京, 111101\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(12)

引用本文格式：[马金钢](#). [朱晓林](#). [李延斌](#). [郑君杰](#). [MA Jin-gang](#). [ZHU Xiao-lin](#). [LI Yan-bin](#). [ZHENG Jun-jie](#) [气象传感器网络系统架构与体系结构研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(12)