

机场噪声感知节点泛网格化布局仿真研究

肖 骁, 龚 正, 张玉洁

(南京航空航天大学 计算机科学与技术学院, 江苏 南京 210016)

摘 要:传统的机场噪声感知存在成本高、环境要求高、稳定性差、维护成本高、系统可扩展性差等问题,为此文中提出了一种基于 ZigBee 的新型机场噪声感知模式。该模式将成本低廉的传感器节点按密集非均匀的泛网格状布置于机场内部及围界,进行噪声数据采集并通过 ZigBee 网络经由路由节点发送至协调器节点进行汇总及处理,协调器节点经过移动网络传送给中心处理平台,从而实现对机场噪声情况的全面、可靠、准确的监控和管理。文中还提出了一种适用于新型机场噪声感知模式的泛网格化感知节点布局方法,并通过一系列实验分析确定了新型机场噪声感知模式中 ZigBee 感知节点布局方案。并将得到的布局方案应用于天津滨海国际机场,验证结果证实了新型感知模式和泛网格化布局方法的实用性与有效性。

关键词:机场噪声感知; ZigBee; 仿真; NS2; 感知点布局

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)09-0012-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.09.003

Research on Simulation Analysis of Airport Noise Monitoring Nodes Grid-enabled Layout

XIAO Xiao, GONG Zheng, ZHANG Yu-jie

(College of Computer Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and
Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: In this paper, present an improved grid-enabled airport noise monitoring method based on ZigBee, as traditional airport noise monitoring method has several problems including high cost, environmental requirements and maintenance, poor stability and system scalability. The proposed method widely deploys sensor nodes with low cost in the airport and its surrounding areas as grid, the sensor nodes monitor noise and transmit data via ZigBee, the coordinator nodes receive data from router and sensor nodes, and then upload noise data to the processing center through the mobile or wired network, achieving the overall, reliable and accurate monitoring and management for airport noise. In this paper, also put forward a generic grid node layout method applicable to the new airport noise aware of patterns, and through a series of experimental analysis, determine the ZigBee node layout scheme of perception in new airport noise perception pattern. Apply the layout scheme into Tianjin Binhai International Airport, the verification results confirm that the new perception model and the method of grid layout is practicable and effective.

Key words: airport noise monitoring; ZigBee; simulation; NS2; perception point layout

0 引 言

近年来我国民航业持续快速发展,行业规模和效益大幅增长,同时新建、扩建机场和持续增长的航空运输量使得机场噪声问题愈发严重。且随着机场运输规模不断扩大,噪声环境污染程度日益恶化,污染范围逐步扩散,噪声环境影响投诉逐年增多,机场经营者日趋被动、所承受的压力越来越大,机场噪声问题正成为影

响民航业发展的障碍之一。

目前,机场噪声感知系统在许多发达国家主要机场都已推广应用,我国的主要机场也已安装了类似系统,24 小时实时感知航空器噪声,在感知、预测、控制机场噪声中扮演着重要的角色^[1]。但是,现有噪声感知系统均采用传统感知方法,特点是成本高、环境要求高、稳定性差、维护成本较高,系统可扩展性差,感知点

收稿日期:2014-10-09

修回日期:2015-01-15

网络出版时间:2015-08-26

基金项目:国家自然科学基金重点项目(61139002);国家“863”高技术发展计划项目(2009AA044601);南京航空航天大学基本科研经费(NP2013308)

作者简介:肖 骁(1990-),男,硕士研究生,研究方向为无线传感网、物联网技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150826.1556.032.html>

数量较少,无法实现机场及其周边的大规模部署,所以也不能实现机场周围噪声环境的全面精确度量,不能适应现代机场发展的需要^[2]。

在研究了传统的机场噪声感知技术以及机场噪声感知业务后,文中结合近年来飞速发展的物联网技术^[3],提出了基于 ZigBee^[4]的机场噪声感知模式。这种方法的感知点数量巨大、造价低廉、分布密集,能够较好地适用于机场噪声感知业务,如噪声感知、航迹再现、噪声等值线绘制等等。

在传统的机场噪声感知方法下,国内外学者在噪声感知布点及优化方面进行了许多研究。Kunczier H 等^[5]提出了一种适用于大型城市区域的布局方法,此方法基于低功率测量以及相邻区域的位置依赖信息。Ding J 等^[6]提出了一种基于灰度的动态神经网络训练和拟合的优化布局方法。丁建立等^[7]提出了一种基于人工蜂群理论的机场噪声节点布局优化法。但是对于噪声节点布局优化的研究全部基于原始的机场噪声感知方法,并不能适用于的基于 ZigBee 的新型机场噪声感知模式,所以文中通过一系列仿真实验分析,得出了适合机场噪声感知的泛网格化节点布局方法。

1 ZigBee 技术简介

ZigBee 技术^[8]是基于 IEEE802.15.4 标准的无线通信技术。其主要特点是低功耗、低成本、低速率^[9]、支持大量节点、支持多种网络拓扑、低复杂度、快速、可靠、安全。基于 ZigBee 技术的无线传感器网络广泛应用在环境感知、无线抄表、智能小区、工业控制等领域。ZigBee 网络中的设备从角色上可分为协调器(Coordinator)、路由节点(Router)、传感器节点(End Device);从功能上可分为全功能节点(FFD)和精简功能节点(RFD)。ZigBee 网络的连接方式有很多种,最基本的有星状连接、树状连接和网状连接。考虑到机场噪声感知的背景下,由于传感器节点数目众多且每个节点采集到的信息都要经路由节点上传到协调器节点,传感器节点之间的相互通信较少,且需要覆盖一较大的范围,故文中选用树状网的连接方式。

在 ZigBee 网络中存在三种类型的地址,即每个 ZigBee 设备固有的全球唯一 64 位扩展地址,和用于 MAC 层通信的 16 位短地址,以及用于路由寻址的网络层地址。在 ZigBee 网络中网络地址往往与 MAC 地址一致。ZigBee 采用分布式的地址分配方案来分配 MAC 层的 16 位短地址。该方案为每一个父设备分配一个有限的地址段,当子设备由父设备接入网络时,再由父设备具体分配一个地址,这些地址在同一个网络中是唯一的。整个网络的架构由 3 个值决定,分别是:网络的最大深度(L_m),每个父设备最多拥有的子节

点个数(C_m),每个父设备子节点中最多的路由器节点个数(R_m)。地址为 A_p 、深度为 d 的父节点的子节点之间的地址间隔可通过式(1)得出,分配给它的第 n 个子路由节点的网络地址 A_r 可通过式(2)得出,分配给他的第 m 个子终端节点的网络地址 A_e 可通过公式(3)得出。文中主要研究路由算法的转发流程与路由维护流程。

$$C_{\text{skip}}(d) = \begin{cases} 1 + C_m * (L_m - d - 1), & R_m = 1 \\ \frac{1 + C_m - R_m - C_m * R_m^{(L_m - d - 1)}}{1 - R_m}, & R_m > 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$A_r = A_p + 1 + (n - 1) * C_{\text{skip}}(d) \quad (2)$$

$$A_e = A_p + R_m * C_{\text{skip}}(d) + m \quad (3)$$

ZBR 算法采用 Cluster-tree 与 AODVjr 相结合的策略^[10]。该算法把网络中的节点细分为 4 类,分别是 Coordinator、RN+、RN-、RFD。其中,Coordinator 指协调器;RN+、RN-都是全功能节点,但前者具有路由发现和转发数据包的功能,在转发时使用 AODVjr 算法^[11]查找最佳路径,RN-没有路由发现功能,在转发时使用 Cluster-tree 算法^[12],将消息向上或向下转发。假如地址为 A_r 、深度为 d 的路由节点收到目的地址为 D 的分组数据,先判断自己是否是目的节点,若是就向上一跳发送回复帧;若不是,根据式(4)判断目的节点是否是自己的子节点;RFD 是精简功能设备,只能充当叶子节点,即只能将消息传送给父节点^[13-15]。

$$A_r < D < A_r + C_{\text{skip}}(d - 1) \quad (4)$$

2 机场噪声感知节点泛网格化布局研究

基于 ZigBee 的新型机场噪声感知模式,如图 1 所示,包括处理中心、协调器节点、路由节点、传感器节点。该方法将大量感知节点广泛布置于机场及其周界区域,采集数据并完成上传工作;路由器节点完成相邻传感器节点数据包的中转;协调器节点接收来自路由节点以及传感器节点的噪声信息,通过移动或有线网络将数据打包上传至处理中心,管理整个子网里的所有节点;处理中心接收来自各协调器节点的噪声数据、分析预测机场噪声环境问题。其中传感器节点以泛网格的结构广泛部署于机场及其周边区域,如图 1 所示,布点位置会在基准网格的基础上有少量偏移,这种偏移常常由地形限制、遮挡物、能源接入而引起。

为了提高机场噪声数据感知的全面性、可靠性、准确性,文中通过仿真分析的方式研究机场噪声感知节点的泛网格化布局方法。仿真实验在 ubuntu12.04 环境下的 NS2.34 中运行。NS2.34 仿真环境实现了 IEEE802.15.4 的物理层和媒体接入控制协议,对 ZigBee 协议栈有较好的实现。

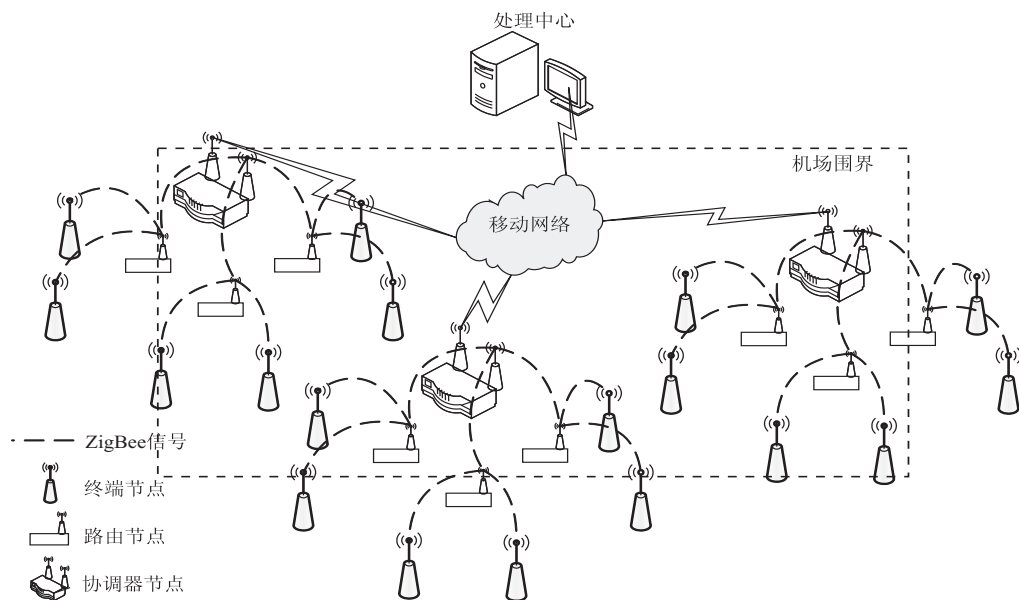


图 1 基于 ZigBee 的新型机场噪声感知示意图

文中主要通过网格宽度和网络拓扑结构两方面来确定机场噪声感知的泛网格化节点布局。网格宽度是机场噪声感知泛网格化布局的重要参数。基准网格的宽度最终决定了单位面积内感知节点的数量,而感知节点的疏密程度会对 ZigBee 网络通信以及机场噪声感知业务造成一定影响;由式(1)~(3)可知,在节点以泛网格化方式部署的情况下,ZigBee 网络的拓扑结构主要由 L_m 、 C_m 、 R_m 确定。在其他条件相同的情况下,这组参数不同的取值直接影响着网络拓扑结构以及网络性能。

文中主要通过分组投递率和剩余能量比分别从可靠性和能耗方面来评价不同节点布局对网络性能的影响。分组投递率是衡量网络成功接收数据分组的性能指标,常常用来表示网络传输的可靠性,即分组投递率越大,网络的可靠性越高。分组投递率是目的节点接收到的数据分组个数与源节点发送的数据分组个数的比值,如式(5)所示。

$$\text{分组投递率} = \frac{\text{成功接收数据分组数}}{\text{发送的数据分组数}} \quad (5)$$

剩余能量百分比可以有效地衡量算法的能耗情况,剩余能量百分比越高,算法能耗越低。剩余能量百分比指的是网络中剩余的总能量与网络初始总能量的比值,如式(6)所示。

$$\text{剩余能量百分比} = \frac{\text{网络剩余总能量}}{\text{网络初始总能量}} \quad (6)$$

3 感知节点布局仿真分析

3.1 网格宽度

为了更准确地确定合适的网格宽度,文中分别在节点个数一定,网格宽度变化以及覆盖面积一定,网格

宽度变化的情况下进行仿真实验。

在维持节点个数一定,网格宽度变化的实验中,按照 5×5 的泛网格分别布置 25 个节点,其间隔分别为 50、100、150、200、250、300,网络深度以及最大子节点个数设置为具有代表性的 4 和 7,节点通信半径为 350 m,采用 CBR 数据流,数据包大小为 80 字节,平均速率为 0.5 packet/s。节点初始能量设置为 25 J,仿真时间为 200 s。

当节点个数一定,网格宽度变化时,不同情境下的报文投递率(Packet Delivery Ratio, PDR)和剩余能量比(Residual Energy Ratio, RER)如图 2、图 3 所示。

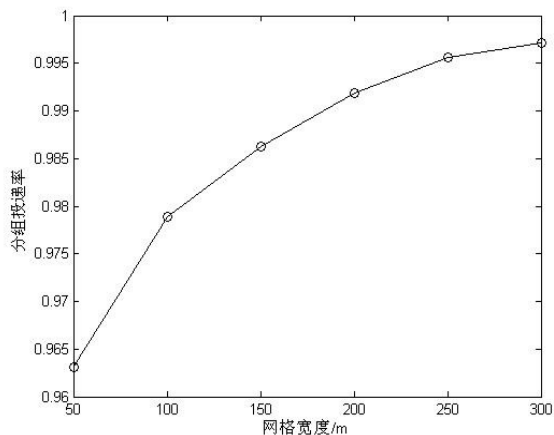


图 2 节点个数确定时的报文投递率

通过仿真实验可以看出,当网格宽度较小时,分组投递率和剩余能量比均较低,这说明由于通信范围彼此覆盖,所有节点之间底层为了维持邻居表,经常互相占用信道,信息传输经常遭遇碰撞,导致很多的数据不能顺利到达目的节点,且维持越大的邻居表,需要发送越多的控制报文,消耗的能量也就越多,随之引发的碰

撞和拥塞需要节点反复访问信道,使得节点消耗的能量相对增加;但随着网格宽度的增大,节点间彼此覆盖的通信范围减小,减小了每个节点邻居表的条目,减少了控制报文的发送,从而减小了的数据传输的碰撞和拥塞,也降低了因碰撞和拥塞反复访问信道的几率,所以分组投递率和剩余能量比均有所提升。

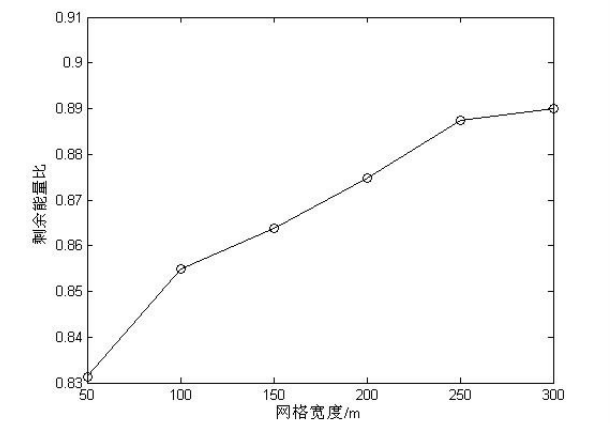


图3 节点个数确定时的网络剩余能量

在保持网络覆盖范围一定,网格宽度变化的实验中,选取1平方公里的区域,分别采用80、100、125、160、250、350等间距、按照泛网格的方式部署3*3、5*5、7*7、9*9、11*11、13*13个节点。

当网络范围一定,网格宽度变化时,不同情境下的PDR和RER如图4、图5所示。

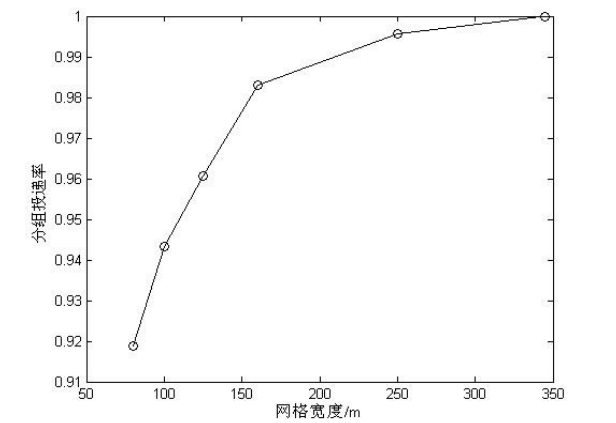


图4 确定网络范围的报文投递率

通过仿真实验可以看出,当网格宽度较小时,分组投递率和剩余能量比都较低,甚至低于实验1中网格宽度相同时的指标。这说明通信范围彼此覆盖的同时,节点数目较多,所有节点之间底层需要更大维持邻居表,所以经常互相占用信道,信息传输经常遭遇碰撞,导致很多数据不能顺利到达目的节点,且维持越大的邻居表,需要发送越多的控制报文,消耗的能量也就越多,随之引发的碰撞和拥塞需要节点反复访问信道,使得节点消耗的能量相对增加;但随着网格宽度的增

大,节点数量下降,更大程度上减小了节点间彼此覆盖的几率,减小了每个邻居表的条目,减少了控制报文的发送,从而减小了数据传输的碰撞和拥塞,所以分组投递率和剩余能量比均较实验1中有更快提升。

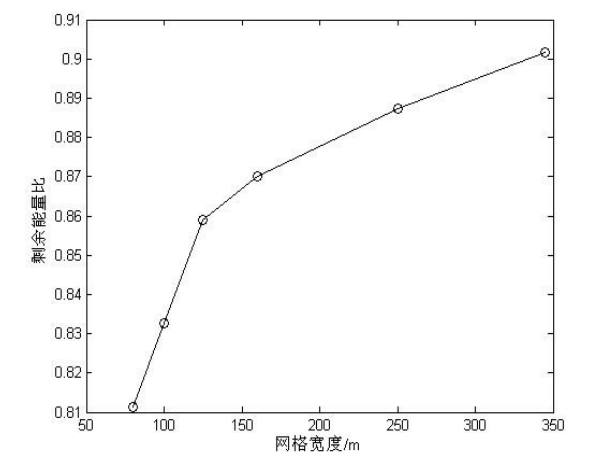


图5 确定网络范围的网路剩余能量比

3.2 网络拓扑结构

为了确定更适合机场噪声感知泛网格化布局的网络拓扑,在实验中尝试了更多可能的参数取值,并在其他条件不变的情况下分别对这些取值进行仿真实验。为了简化实验,且从常识出发,令最大子节点数等于子节点中最大路由节点数,即 $R_m = C_m$ 。

在保证除了 L_m 和 C_m 值改变,其他值不便的前提下,分别采用160m的网格宽度、按照泛网格的方式部署7*7个节点,网络深度以及最大子节点个数分别设置为3、4、5、6和5、6、7、8,节点通信半径为350m,采用CBR数据流,数据包大小为80字节,平均速率为0.5 packet/s。节点初始能量设置为25J,仿真时间为200s。

当其他条件一定,网络拓扑变化时,不同情境下的PDR和RER如图6、图7所示。

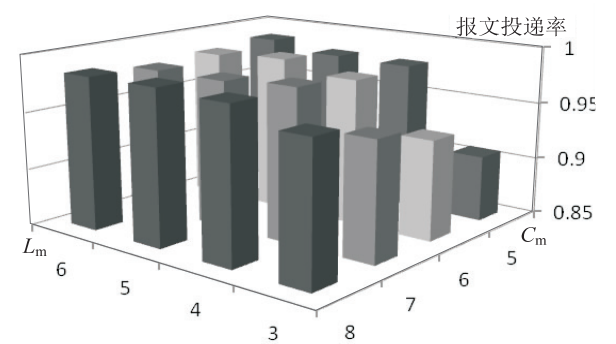


图6 不同拓扑结构的报文投递率

通过仿真实验可以看出,当 L_m 和 C_m 的取值较小时,由于各种原因节点不能全部接入网络,此时未入网的节点报文全部丢失,导致分组投递率较低;未入网节点在仿真中反复发送入网请求,也使得网络能耗变大,

剩余能量比例较低。而当 L_m 和 C_m 的取值达到所有节点可以加入网络后, L_m 和 C_m 的取值对网络性能并无太大影响。

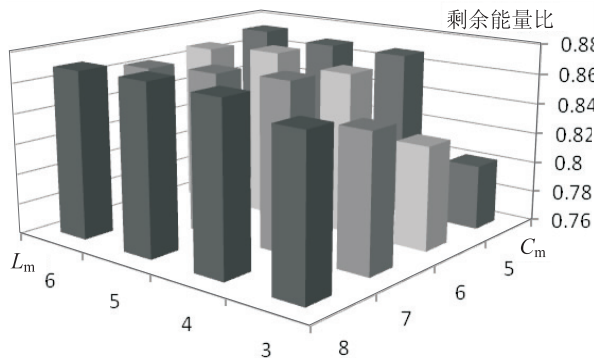


图 7 不同拓扑结构的网络剩余能量

3.3 节点布局分析

关于网格宽度的取值,文中得到的结论是应该在保证节点正常通信的前提下,使节点尽量稀疏,网格宽度尽可能大;而在网络可靠性较差,比如有遮挡时,可以适当增加节点,增大冗余,在尽量降低能耗的基础上保证其可靠性。而关于网络拓扑结构的确定,得到的结论是应该在保证网络内尽可能多的节点能接入网络,在仍然有节点未接入网络的情况下, L_m 和 C_m 越大越好,但是当所有节点都能接入网络后, L_m 和 C_m 的取值对网络性能影响不大,可以视具体情况设置。例如对网络可靠性要求高的关键区域,可以适当增大 L_m 和 C_m 的取值,通过增大局部冗余的方法确保可靠性。而根据公式(1)~(3)可知, L_m 和 C_m 取值越大,网络的地址空间越大,但是在节点数一定的情况下,一味地增大 L_m 和 C_m 的取值会造成地址空间的浪费。所以一般情况下, L_m 和 C_m 的取值为保证尽可能多的节点入网的最小值。

最后文中将机场噪声感知泛网格化布局方法应用于天津滨海国际机场的噪声感知系统,在此机场噪声感知系统中,每个协调器节点下辖 25 个左右感知节点。按照文中提出的布局方法,此系统中的感知节点最终按照 300 m 的间隔,以泛网格的形状布局。拓扑结构的参数最终设置为最大深度为 4,最大子节点个数为 5。实验结果表明,改进的感知方法与布局方法能够更好地完成机场噪声感知的相关业务。

4 结束语

文中提出了一种新的基于 ZigBee 的机场噪声感知模式。通过大量以泛网格方式布局的感知节点实现了对机场噪声情况的全面、可靠、准确的监控和管理。还通过一系列仿真实验研究确认了改进的机场噪声感知方法中 ZigBee 感知节点的布局方法。通过确定网

格宽度和网络拓扑结构的方法最终确定 ZigBee 感知节点的布局。改进的感知方法与布局方法被应用于天津滨海国际机场的机场噪声感知系统中,达到了不错的效果。

文中的不足之处在于未能定量地对布局方法中的特殊情况进行研究,例如遮挡物大小和位置和加入节点数量与位置的关系,新增节点与 L_m 和 C_m 重新取值的问题等。后期将主要对这些特殊问题进行节点的布局研究。

参考文献:

- [1] 李玉文,张海军,王英伟,等. 机场航空噪声预测及方法改进[J]. 环境科学与管理,2008,33(4):167-169.
- [2] Gu F, Xu T, Lv Z. Mining association rules from airport noise value among multiple monitoring points[J]. Sensors & Transducers, 2014, 167(3):43-49.
- [3] 刘强,崔莉,陈海明. 物联网关键技术与应用[J]. 计算机科学,2010,37(6):1-4.
- [4] Huang L C, Chang H C, Chen C C, et al. A ZigBee-based monitoring and protection system for building electrical safety[J]. Energy and Buildings, 2011, 43(6):1418-1426.
- [5] Kunczler H, Anegg H. Applianse of optimized Bayesian networks for location estimation[C]//Proc of IEEE 59th vehicular technology conference. [s. l.]: IEEE, 2004:2691-2694.
- [6] Ding J, Yang Z. Optimization the layout of airport noise monitoring points based on gray dynamic neural network model[J]. Advanced Materials Research, 2012, 459:615-619.
- [7] 丁建立,朱德龙,陈蓉. 基于蜂群理论的机场噪声监测点布局优化方法[J]. 计算机与数字工程,2014,42(5):743-746.
- [8] The ZigBee Alliance. Network layer specification 1.0 [EB/OL]. 2004. <http://www.ZigBee.org>.
- [9] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [10] Xu H. Construction of energy-aware ZigBee network[C]//Proc of 10th international symposium on distributed computing and applications to business, engineering and science. [s. l.]: [s. n.], 2011:378-381.
- [11] Chakeres I D, Klein-Berndt L. AODVjr, AODV simplified[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2002, 6(3):100-101.
- [12] IEEE P802.15 Working Group. Cluster tree protocol (Ver. 0.6) [EB/OL]. 2001. http://www.ieee802.org/15/pub/2001/May01/01189r0P802-15_TG4-Cluster-Tree-Network.pdf.
- [13] 戚剑超,魏臻. ZigBee 树型路由算法的改进[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2010,33(4):529-532.
- [14] 李刚,陈俊杰,葛文涛. 一种改进的 ZigBee 网络 Cluster-Tree 路由算法[J]. 测控技术,2009,28(9):52-55.
- [15] 班艳丽,柴乔林,王琛. 基于能量均衡的 ZigBee 网络树路由算法[J]. 计算机应用,2008,28(11):2791-2794.

机场噪声感知节点泛网格化布局仿真研究

作者：[肖骁](#)，[龚正](#)，[张玉洁](#)，[XIAO Xiao](#)，[GONG Zheng](#)，[ZHANG Yu-jie](#)

作者单位：[南京航空航天大学 计算机科学与技术学院, 江苏 南京, 210016](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

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

年，卷(期)：2015(9)

引用本文格式：[肖骁](#).[龚正](#).[张玉洁](#).[XIAO Xiao](#).[GONG Zheng](#).[ZHANG Yu-jie](#) [机场噪声感知节点泛网格化布局仿真研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(9)