

# 基于 Msp430 无线安防传感网的设计研究

马 军<sup>1</sup>, 翟宇豪<sup>1</sup>, 姜 鑫<sup>2</sup>, 宗 平<sup>1</sup>

(1. 南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京 210023;

2. 南京邮电大学 理学院, 江苏 南京 210023)

**摘 要:**文中给出了一种面向无线传感网络协议的改进方法,设计并实现了一种面向于中小型场所的远程智能安防系统。该改进方法采用只在中心节点形成与维护路由表的策略,形成多路径单跳网络。通信节点采用具有超低功耗特性的 Msp430 单片机和 CC1101 射频模块构架,中心节点采用 PC 机外接 CC1101 RS-232 串口模块方案,将汇聚节点和基站服务器合二为一,实现通信协议的转换,同时为远端移动终端节点提供通信接口。通信过程增加接收确认信号环节以确保信号的有效发送。实验结果表明,文中的设计方法能够高效地完成在有效通信范围内的信息传感。

**关键词:**安防系统;无线传感网;Msp430 单片机;CC1101;安卓操作系统

**中图分类号:**TP301

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2014)01-0172-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.01.044

## Design and Research of Security for Wireless Sensor Network Based on Msp430

MA Jun<sup>1</sup>, ZHAI Yu-hao<sup>1</sup>, JIANG Xin<sup>2</sup>, ZONG Ping<sup>1</sup>

(1. College of Overseas Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;

2. College of Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** An improved method for wireless sensor network protocol is presented, and a remote intelligent secure system for small and medium-sized places is designed and realized. The improved method uses a strategy that the routing table is only formed and maintained in the center node to form multi-path single-hop network. The communication nodes consist of ultralow power Msp430 MCU and CC1101 RF module. The central node employs a PC with CC1101 RF module to combine the sink node and base station, which realizes to convert the communication protocol and provide communication interface for remote mobile terminal nodes. The work adds acknowledge to ensure the effective transmission in the communication process. The experimental result shows that the design method proposed in this paper has a good performance in information sensing within effective communication range.

**Key words:** secure system; WSNs; Msp430 single chip; CC1101; Android OS

## 0 引 言

无线传感网络 (WSNs) 由传感节点组成,具有信息感知、信息处理和无线通讯的能力<sup>[1]</sup>。随着科技的发展和制造业的不断进步,无线传感技术日趋成熟。在网络构架向简洁高效发展的同时,节点趋向具有小型化、低功耗、低成本的特点<sup>[2]</sup>。近年来,随着中国经济建设的不断发展,安防产品的应用领域越来越广泛,智能建筑、大型公共场所、工厂企业、商场、新型社区等大量增加,新增需求点越来越多;居民收入的提高,消费水平和结构发生了较大的变化,人们的自我保护意

识也有所改变,将无线传感技术应用于民用安防领域将会是无线传感技术的新发展方向。

文中基于一对多无线传感网络的模型,研发构架一种适用于中小型场所的智能安防系统。传感节点构架采用德州仪器 (TI) 公司生产的超低功耗 Msp430 单片机和 CC1101 射频模块。该系统将传感器,安防系统与智能手机结合,设计具有人性化信息提示的报警系统。

系统测试效果良好,能够高效地完成在有效通信范围内的信息传感。

收稿日期:2013-03-22

修回日期:2013-07-03

网络出版时间:2013-11-12

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目 (STITP) 项目 (201210293040)

作者简介:马 军 (1991-),男,江苏宿迁人,研究方向为通信工程;宗 平,博士,教授,博士生导师,研究方向为计算机网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20131112.1636.022.html>

1 安防传感网络系统架构

无线传感网 (Wireless Sensor Networks, WSN) 是微机电技术、片上系统 (System on Chip, SoC) 的发展产物,具有分布式信息采集、信息传输、信息处理的能力<sup>[3]</sup>。以其低成本、低功耗、微型化,自组织的特性给信息传感带来一场变革。

一对多无线安防传感网络系统模型如图 1 所示。系统模型分为三大部分,传感节点 (Sensor Node, SN)、中心管理节点 (Center Management Node, CMN) 和移动终端节点 (Mobile Terminal Node, MTN)。SN 负责感知监控区域内异常情况,如温度异常、人体红外触发、烟雾报警等<sup>[4]</sup>。CMN 负责信息的收集和传输协议的转换,同时为 MTN 提供通信接口,将信息传输到 MTN。当某一传感器感知到异常信息,向 CMN 发送特定报警信息,CMN 添加管理日志,同时向 MTN 发送报警信息。MTN 解析报警信息,向用户发出警告,最终实现对远程监控区域的安防信息的智能感知。其中 SN 和 CMN 之间采用半双工通信。

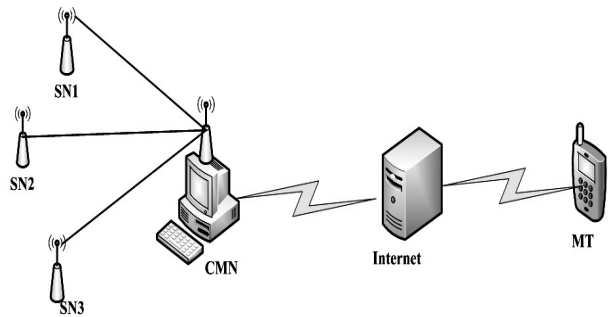


图 1 无线安防传感网络系统模型

在传感网络中,传感节点之间采用无线通信,面临着无线电干扰、非法入侵等安全问题<sup>[5]</sup>。在该安防系统中,传输信息只包含节点地址信息和状态信息,采用接收后信息格式判别的策略来识别合法的设备,在传感网络层每次通信过程都是采用广播的方式进行,SN 设定只识别 CMN,CMN 设定可以识别所有 SN。

2 安防节点设计

2.1 硬件设计

2.1.1 传感节点

传感节点硬件构架如图 2 所示,由传感器模块、微处理器、无线收发器模块和电源模块四个部分组成。传感器模块采用市场上性能良好的集成模块,提供数字信号输出,可以手动设置调节模块设置传感器触发的范围。控制器采用德州仪器公司生产的 Msp430F149 单片机,通信模块采用集成的 CC1101 收发器模块,CC1101 最大的通信距离可以达到 200 m 左右。

Msp430F149 是 TI 公司一款经典的超低功耗单片机,供电电压 1.8 V 到 3.6 V,提供 5 种低功耗运行模式,支持异步串口通信 (USART),内部集成 AD 转换模块,价格低廉。这些优良的特性使得 Msp430 单片机在传感器系统中具有良好的应用价值。CC1101 是 TI 公司推出的同样具有超低功耗特性且成本低廉的无线收发射频芯片,CC1101 主要应用于工业、科学、医学 (ISM) 和短距离设备 (SRD),工作在 315、433、868 和 915 MHz 频带上。拥有可配置最高传输速率达 500 kB。CC1101 和单片机之间通过 SPI 接口进行数据传输,典型应用包括无线报警和安防系统以及工业监控等。

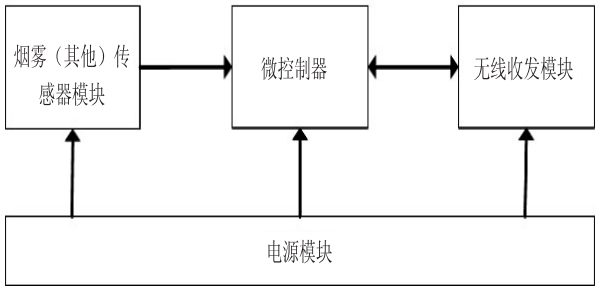


图 2 传感器节点结构图

2.1.2 中心管理节点 (CMN)

CMN 系统构架由三个部分组成,无线收发器模块 (CC1101 模块)、PC 机和电源模块。PC 机具有强大的处理能力和存储功能,便于软件集成。其中,PC 机和 CC1101 无线收发模块之间采用 RS-232 串口通信,通信采用半双工方式。

2.1.3 移动终端节点 (MTNs)

MTNs 基于原有的 Android 手机平台开发接收报警提示软件开发。Android 是为移动终端打造的开放性综合平台<sup>[6]</sup>,提供一系列类库,开发者拥有核心类库 API 的访问权限,采用 Java 编程语言,能够开发出包括邮件客户端、SMS 程序、日历、地图、浏览器等多种基本程序<sup>[7]</sup>。Android 采用堆栈的组织形式构架系统,最上层是应用层,最下层是 Linux 内核。基于应用层用户可以发布他们编写的应用程序<sup>[8]</sup>。

Android 系统具备良好的安全构架,系统为每个应用程序、系统程序和用户分配不同的识别方式,使得所有应用都没有权限对其他应用、系统或用户进行较大影响的操作<sup>[9]</sup>。Android 采用 Dalvik 虚拟机,允许在有限的内存空间中同时运行多个虚拟机实例。同时,Android 在网络结合方面有着极佳的优势,在传递信息方面具有安全、稳定、节省能源与数据空间的特点。Android 智能手机应用广泛,目前 Android 占据全球智能手机操作系统市场 59% 的份额,中国市场占有率为 76.7%<sup>[10]</sup>。

## 2.2 软件设计

### 2.2.1 数据通信协议和自组网协议

该系统有效的通信数据格式由五位的字符型数组组成,数据格式为{1 位起始位+2 位地址位+1 位状态位+1 位结束位}。起始位和结束位采用特殊字符表示,地址位和状态位采用数字字符表示。传感节点地址采用十进制数表示,地址位 1 和地址位 2 分别代表传感节点地址的十位和个位。按照这种地址编码格式,最多可以表示 100 个传感节点,对于小中型场所来说,节点数量完全足够。在该系统中,传感节点地址按逐次加 1 分配。定义状态位存在 3 种情况,字符 0,1,2 分别代表连接请求 (Req), 信息确认 (ACK) 和报警 (Ala)。

自组网是无线传感网络一个非常重要的特性,网络中的节点不需要直接通信,而是可以通过中继的方式实现通信的连接,每个节点既是主机又是路由器,能够进行多跳的网络通信。

然而,对于基于一对多模型的该系统而言,模型假设传感节点只与中心节点相互通信,不具有中继能力。针对此种网络模型,文中提出两种自组网解决方案,设定在 CMN 端保持路由拓扑,由 CMN 和其他所有节点直接通信,形成多路径的单跳网络。

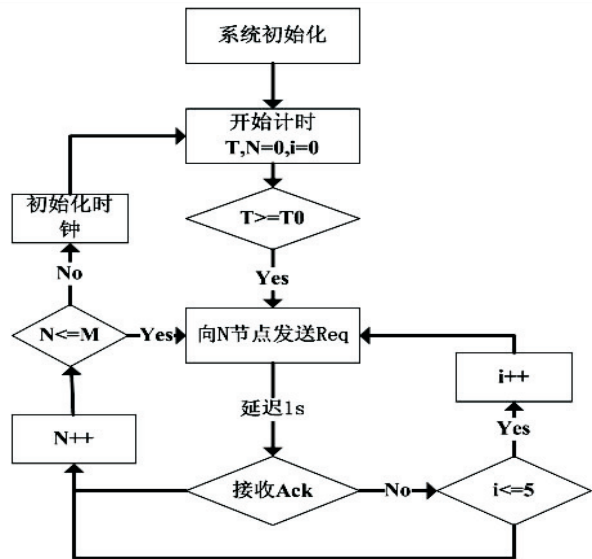


图 3 CMN 轮转查询组网流程图

第一种方案采用由 CMN 主动发起请求,以轮询的方式向传感网络广播请求信息。图 3 简单地描述了轮转查询在该系统中具体的应用过程。 $T_0$  代表轮询时间间隔,  $M$  代表节点的个数,  $i$  代表发送请求数据的次数,  $N$  代表第  $N$  个传感器节点。在这个协议下,规定 CMN 主动发起请求,以轮询(节点的地址)的方式广播请求 (Req) 信息,所有节点接收到数据,但只有与请求数据中相同的地址的节点才发送确认 (Ack) 信息,CMN 收到数据后,继续发送请求信号,判断对应节点

异常。一次轮询过程所需时间  $T$  由节点数量  $N$  和每次请求和接收之间的时间间隔  $\Delta t$  决定,其中  $T \in [\Delta t * M, 5 * \Delta t * M]$ 。经过实践验证当  $\Delta t$  取 1 s 时 CMN 可以有效地接收到数据,假设  $N$  取 5,那么一次轮询所需最大时间为 25 s。

Msp430 单片机超低功耗的特性主要体现在五种低功耗模式的选择上,在低功耗模式下,CPU 是不工作的。然而在轮转查询这种协议下,Msp430 必须时刻保持正常工作状态(不处于低功耗模式)才能够实时接收来自 CMN 的信号请求 (Req),能源消耗很大,违背了低功耗的理念。

针对此种情况文中提出并采用一种在传感节点端“分时发送请求连接信号”的组网协议,其协议描述如图 4 所示。图 4 中采用不同幅度的黑色箭头表示不同的传感节点,在时间轴上的错位分布表示传感节点在不同时刻发送连接请求 (Req)。 $t_1$ 、 $t_2$  和  $t_3$  分别代表由于不同传感节点时钟异步产生的时间差,实践中可以采用逐个启动传感节点或是中心传感节点轮询启动传感节点时钟计时的方式来产生明显的时间间隔。 $T$  表示传感节点每次发送请求连接的时间间隔,同时是组网时间周期。 $T$  的取值可以影响传感节点的数目,表现为  $T$  越大可以接入的节点越多。

在周期  $T$  内不同传感节点在不同的时刻发送请求 (Req) 连接信号,在理论上可以完全避免信号的冲突。然而,随着时间的延长,由单片机处理内部程序造成的时间积累可能会破坏这种异步的发送,在某一时刻可能会有传感节点(几乎)同时发送请求信息,这样的话可能会导致传感节点某一次请求信息丢失。为了解决这个问题,采用应答式通信,规定 CMN 在接收到请求信号时向传感节点广播确认信号,传感节点在门限时间内如果没有收到确认信号,那么就会一直发送请求信号,直到收到确认信号为止。传感节点采用 Msp430 单片机作为微处理器,在 Msp430 中采用时钟中断的方式产生周期性的时间交替。协议规定传感节点在中断未发生时传感节点保持低功耗模式。

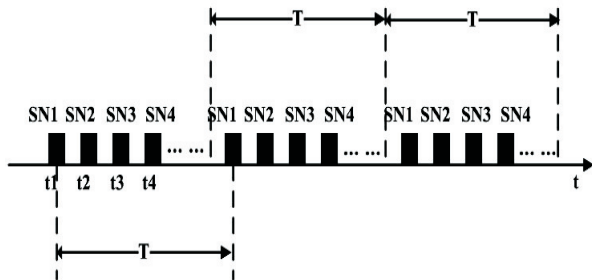


图 4 分时组网协议

### 2.2.2 安防传感节点工作流程

传感节点系统工作流程图如图 5 所示。该系统采



用集成安防传感器构架安防传感节点,传感器集成模块提供数字信号输出,输出电平发生高低变化表明传感器感知异常信息。

采用端口中断方式来处理这种异常。采用应答式通信的方法确保信号的准确发送。在 Msp430 单片机中时钟中断优先级高于端口中断优先级,所以流程设计采用异步模式。在有效的通信环境中,时钟中断处理程序占用时间很小,几乎可以忽略,并不影响端口中断的及时触发。

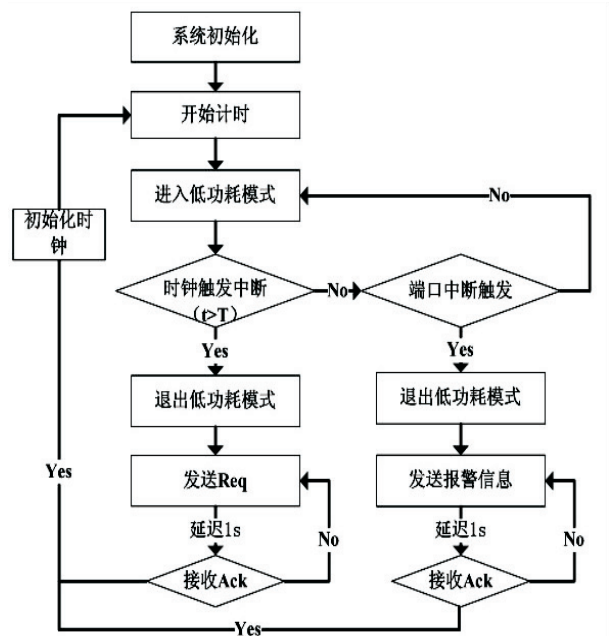


图 5 无线传感节点系统工作流程图

2.2.3 CMN 和 MTNs 的数据通信

CMN 构架基于 PC 机,PC 机和 CCI101 模块之间通过 RS-232 (或 RS-485) 串口进行数据通信。主机端软件设计采用 Java 语言,利用 Sun 公司提供的 Communication API 实现串口通信<sup>[11]</sup>。采用 Socket 编程实现基站服务器的功能,为远端移动节点提供通信接口。文中采用 CS (Client/Server) 模式设计远端通信接口<sup>[12]</sup>,依靠可靠的 TCP 实现信息的有效传输。采用线程技术实现 CMN 多种功能的并发执行。移动节点基于 Android 平台开发的管理软件,在 CS 通信模式中属于客户端部分,手机软件通过 Socket 接口接收来自 CMN 的数据流,解析数据流并显示 SN 的状态属性。当传感节点触发,报警信息会通过 CMN 传向移动节点,通过响铃的方式,提示用户报警。

3 仿真实验

实验场所采用 200 平方的大教室,教室中布满桌椅。传感器节点采用分布式布局如图 6 所示。测试采用人体红外传感节点、烟雾传感节点和震动传感节点。为了使测试效果明显,调节传感器模块使得传感器灵

敏度达到最大。

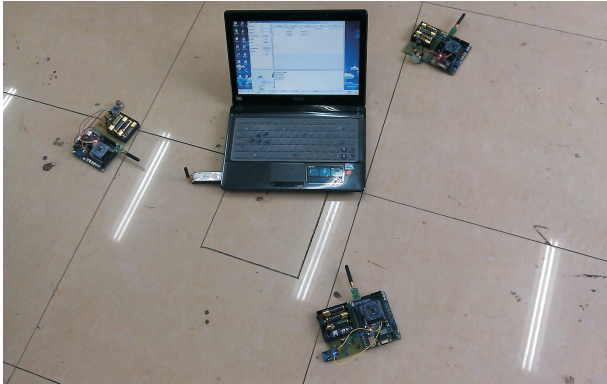


图 6 传感器节点的分布式布局方案

当传感节点距中心管理节点较近时,测试三个节点。人体红外传感节点:快速走过人体感应模块 5 m 120°扇形区域处,手机端收到提醒信息。烟雾传感节点:点燃一支香烟,将其逐渐靠近烟雾传感器模块,到 1 m 内时主机收到警报信息。震动传感节点:轻敲和振动开关传感器模块紧贴的玻璃窗,手机收到警报信息。

分别在与主机距离 10 m、20 m、30 m 和 50 m 处,测试传感节点,使节点发出 200 组信号,在手机分别接收到 200、200、200、198 个有效信号,信号接收良好,在程序中加入应答环节,当节点未收到应答信号时,节点继续发送。再次测试后达到 100% 收发率。从传感节点触发到手机端接收信号延迟时间较短,测试平均时间为 2.5 s。

该系统目前已应用于学生科协实验室,实践表明,该系统在安防信息感知方面具有很好的性能。

4 结束语

无线传感器网络在安防等应用领域的前景是极其广泛的,随着不同类型传感器的研发和成熟与用户的具体需求,可以将多种不同类型的传感器接入底层嵌入式系统传感器节点的可扩展接口上,对于所需的安防信息的收集将更加全面。

将无线通信和智能手机相结合,使得安防信息能及时传递给用户,使用户可在达到基本要求(安装该系统相关软件和硬件)的前提下在任何时间任何地点都能够监测到被监测地点状态,可以在触发报警时根据手机提示做出及时反应。在国家推出“安全城市”理念的指导下以及当今社会人们个人安全意识的提高,使得安防产品市场前景良好。相比较其他相关安防系统而言,该系统价格低廉,构架方便,易于操作,较为高效,相信在中小型场所的安防领域,会有良好的应用前景。

(下转第 178 页)

$$\mathbf{x}(t-h) - \int_{t-h}^t \mathbf{x}(s) ds = 0$$

$$2[\mathbf{x}^T(t)\mathbf{T}_1 + \mathbf{x}^T(t-h)\mathbf{T}_2 + \mathbf{x}^T(t)\mathbf{T}_3] \times [\mathbf{x}(t) - \mathbf{A}\mathbf{x}(t) - \mathbf{A}_h\mathbf{x}(t-h) - \mathbf{B}_\omega\boldsymbol{\omega}(t)] = 0$$

构造如下形式的 Lyapunov - Krasovskii 泛函:

$$v(x_i) = \boldsymbol{\xi}_1^T(t)\mathbf{P}\boldsymbol{\xi}_1(t) + \int_{t-h}^t \mathbf{x}^T(s) ds + \int_{-h}^0 \int_{t+\theta}^t \boldsymbol{\xi}_2^T(s)\mathbf{R}\boldsymbol{\xi}_2(s) ds d\theta$$

计算  $v(x_i)$  沿系统  $i$  对时间  $t$  的倒数, 根据上式, 整理可得

$$\boldsymbol{\eta}_1^T(t) = [\mathbf{x}^T(t) \quad \mathbf{x}^T(t-h) \quad \dot{\mathbf{x}}^T(t)]$$

$$\boldsymbol{\eta}^T(t,s) = [\boldsymbol{\eta}_1^T(t) \quad \mathbf{x}^T(s) \quad \dot{\mathbf{x}}^T(s)]$$

$$\mathbf{T}^T = [\mathbf{T}_1^T \quad \mathbf{T}_2^T \quad \mathbf{T}_3^T]$$

因此时滞系统  $i$  是渐进稳定的。

## 4 结束语

文中基于双容液位控制系统建立的数学模型, 研究了该系统的不确定时滞鲁棒容错控制问题。对双容水箱系统进行监控, 给出了一种新的阈值更低的鲁棒故障检测算法<sup>[12]</sup>, 并利用 Lyapunov 稳定性理论论证了系统最终一致有界的结论。

## 参考文献:

- [1] 王志新, 谷云东. 随机出、入水双容水箱液位控制实验及被控对象的数学模型[J]. 化工自动化及仪表, 2006, 33(2): 13-16.

(上接第 175 页)

## 参考文献:

- [1] Jain A, Kant K, Tripathy M R. Security solutions for wireless sensor networks [C]//Proc of IEEE second international conference on advanced computing & communication technologies (ACCT). [s. l.]: [s. n.], 2012: 430-433.
- [2] Karl H, Willig A. Protocols and architectures for wireless sensor networks[M]. [s. l.]: Wiley-Interscience, 2007.
- [3] Li Jianzhong, Hong Gao. Survey on sensor network research [J]. Journal of computer research and development, 2008, 45(1): 1-15.
- [4] Akyildiz I, Kasimoglu I. Wireless sensor and actor networks: Research challenges[J]. Elsevier Ad Hoc networks, 2004, 2(4): 351-367.
- [5] 裴庆祺, 沈玉龙, 马建峰. 无线传感器网络安全技术综述[J]. 通信学报, 2007, 28(8): 113-122.
- [6] Liu Xianyan. Mobile terminal for open platform - Android [J]. Information communication technology, 2011, 5(4): 50

- [2] 陈薇, 吴刚. 非线性双容水箱建模与预测控制[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(8): 2078-2081.
- [3] 康月宁, 吴楠, 韩晓鹏, 等. 基于模糊故障树的计算机硬件故障诊断[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(5): 10-13.
- [4] 徐艳雷, 韩兵. 基于自适应数值滤波器的空调系统故障诊断[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(12): 182-185.
- [5] 杨丹, 孙向南, 张小洪. 一种分层渐进匹配的鲁棒估计算法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(6): 36-38.
- [6] 俞伟新, 杨善超, 龚声蓉. 一种基于小波变换的图像鲁棒性盲水印算法[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(7): 140-143.
- [7] Richard J. Time-delay systems: An overview of some recent advances and open problems[J]. Automatic, 2003, 39(10): 1667-1694.
- [8] 张先明, 吴敏, 何勇. 不确定多变时滞系统的时滞相关鲁棒控制[J]. 控制与决策, 2004, 19(5): 496-500.
- [9] Yue D. Robust stabilization of uncertain systems with unknown input delay[J]. Automatic, 2004, 40(2): 331-336.
- [10] Wahed M A, Wahba K. Data mining based-assistant tools for physicians to diagnose diseases[C]//Proceedings of the 46th IEEE international midwest symposium on circuits and systems. Cairo: DEC, 2003: 27-30.
- [11] Folrio E N, Lele S R, Chang Y C. Integrating AVHRR satellite data and NOAA ground observation to predict surface air temperature: A statistical approach[J]. International journal of remote sensing, 2004, 25(15): 2979-2994.
- [12] Alexandridis A, Sarimveis H, Bafas G. A new algorithm for online structure and parameter adaptation of RBF networks [J]. Neural networks, 2003, 16(7): 1003-1017.

-53.

- [7] Ishiguro H. Android science[J]. ISCIE journal, 2005, 49: 47-52.
- [8] Rogers R, Lombardo J, Mednieks Z, et al. Android application development: Programming with the Google SDK[M]. [s. l.]: O'Reilly Media Inc., 2009.
- [9] Enck W, Ongtang M, McDaniel P. Understanding Android security[J]. IEEE security & privacy, 2009, 7(1): 50-57.
- [10] 樊志刚. Android 手机的发展综述[J]. 中国科技博览, 2012(10): 3-4.
- [11] Li Liang, Zhu Shan. Java-based implementation on serial communication[J]. Chinese journal of electron device, 2007, 30(2): 715-720.
- [12] Zandy V C, Miller B P. Reliable network connections[C]//Proceedings of the 8th annual international conference on mobile computing and networking. [s. l.]: ACM, 2002: 95-106.

基于Msp430无线安防传感网的设计研究

作者：马军, 翟宇豪, 姜鑫, 宗平, MA Jun, ZHAI Yu-hao, JIANG Xin, ZONG Ping

作者单位：马军, 翟宇豪, 宗平, MA Jun, ZHAI Yu-hao, ZONG Ping(南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京, 210023), 姜鑫, JIANG Xin(南京邮电大学 理学院, 江苏 南京, 210023)

刊名：计算机技术与发展

ISTIC

英文刊名：Computer Technology and Development

年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201401044.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201401044.aspx)