

学校编码: 10384
学号: X2011222003

分类号_____密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 WSN 的民用航空机场助航灯监控系统的
设计与研究

**Design and Research of the monitoring system of civil aviation
airport navigation lights based on WSN**

陈俊旭

指 导 教 师 : 孙海信 副教授

专 业 名 称 : 电子与通信工程

论 文 提 交 日 期 : 2016 年 月

论 文 答 辩 时 间 : 2016 年 月

学 位 授 予 日 期 : 2016 年 月

答 辩 委 员 会 主 席 : 程 恩

评 阅 人 : _____

2016 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。)

声明人(签名):

陈自坦

2016年4月10日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

() 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

() 2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人（签名）：

陈俊如

2016 年 4 月 10 日

基于 WSN 的民用航空机场助航灯监控系统的设计与研究

摘 要

民用航空机场助航灯属于民用航空机场目视引导助航信号的设施,是保障民用飞机在漆黑的夜间和复杂气候能见度低的条件下能顺利着陆、滑行和起飞的目视助航灯,主要由目视进近坡度指示灯、进近指示灯、滑行道指示灯和跑道指示灯等助航指示灯组成。随着我国民用航空工业技术及其机场监控技术的迅速发展,对民用航空机场助航灯监控系统的自动化、远程化、智能化发展起到重要作用。传统的工业控制软硬件难以满足现代航空工业发展需求。

随着物联网技术、嵌入式技术和移动互联技术的快速发展,无线传感器网络(Wireless Sensor Networks,简称“WSN”)技术得到了有效提升,在监控区域采用各种方式部署大量集成计算、感知和无线通信等能力于一体的感知控制节点,通过网关将各个无线感知控制节点汇集成无线传感器监控网络。在监控区域内,实现了目标的信息监测及控制。

本课题以 WSN、JavaScript、php、MySQL 和 html5 等技术为基础,探索并开发一种基于 WSN 的民用航空机场助航灯监控系统,该系统主要由感知控制节点、网关和实时监控软件平台三部分组成。根据民用航空机场的实际功能需求,依托 ZigBee 技术开发了基于 WSN 的民用航空机场环境监测新方法,采用感知控制节点实时监测民用航空机场环境的空气温湿度、光照强度等参数信息,将 WSN 感知控制节点监测的民用航空机场环境参数信息通过 WSN 网关汇集并进行数据融合,再采用 SIM900A 的 4G 模块上传至监控软件平台,实时监控软件平台根据网关汇集数据与实时天气预报信息相结合,通过 PSO 算法计算是否开关助航灯,实现民用航空机场助航灯的开关状态智能化控制。

硬件开发方面,WSN 的感知控制节点的硬件由低功耗的 CC2530 的射频处理器、空气温湿度传感器、光照强度传感器和电源模块等组成。根据基于 WSN 的民用航空机场环境监测最新方法,依据民用航空机场环境所需监测的空气温湿度和光照强度等相关传感器,接入 CC2530 芯片后准确感知其环境参数信息,同时感知控制节点外接继电器用来控制助航灯的开关。网关的硬件由意法半导体公司的低功耗 STM32 微型处理器、CC2530 芯片和 SIMCom 公司的 SIM900A 的 4G 模块等组成。

软件开发及设计方面,根据该系统的 WSN 网络功能需求分析,可分为感知控制节点程序和网关程序两种 WSN 硬件驱动程序,即民用航空机场环境的感知控制节点所需应用

驱动程序和基于 STM32 微型处理器的 ucosII 操作系统控制网关程序；根据系统实时监控软件平台需求分析，采用 JavaScript、php、MySQL 和 html5 技术编程相应程序。

实验模型测试表明，该系统的感知控制节点通信距离在 256m 内可实现数据稳定传输，即节点间通信距离能达到民用航空机场助航灯的监控需求。本系统将多个监测感知控制节点汇集成基于 WSN 的民用航空机场环境监测网络，通过网关与实时监控软件平台进行通信，实现了智能及高效的无线实时民用航空机场助航灯监控，本文对民用航空机场助航灯监控具有战略意义。

关键词：无线传感网；民航机场；助航灯监控；

Design and Research of the monitoring system of civil aviation airport navigation lights based on WSN

Abstract

Civil aviation airport navigation lights belong to the civil aviation airport visual guidance to help the aircraft signal facilities, is to protect the aircraft at night and complex weather conditions can be a smooth landing, sliding and take-off of the visual aids to navigation lights. It is mainly composed of the visual into the near slope indicator, into the near lights, taxi track lights and runway lights, and other navigational lights. With the rapid development of China's aviation industry and the airport surveillance technology, it plays an important role in the automation and intelligent development of civil aviation airport navigation lights monitoring system. Moreover, the traditional industrial control software and hardware cannot meet the development needs of modern aviation industry.

With the rapid development of Internet of things technology, mobile Internet technology and embedded technology, the wireless sensor networks (Wireless Sensor Networks, "WSN" or "WSNs") technology has been effectively improved. In the monitoring area by a variety of ways the deployment of a large number of integrated computing, sensing and wireless communication capabilities on the perception of various control node, with the gateway to each wireless sensor control node exchange integrated wireless sensor monitoring network. It realizes the information monitoring and control of the target in the monitoring area.

This project in WSN, JavaScript, php, MySQL and HTML5 etc. technology as the foundation to explore and develop a based on WSN civil aviation airport navigational lights monitoring system. In this system, it is mainly by the perceived control nodes, gateway and real-time monitoring software platform is composed of three parts. This project according to the actual functional requirements of civil aviation airport, the new method of Civil Aviation Airport environmental monitoring based on WSN is developed based on ZigBee technology. The new method is the perceived control node real-time monitoring of civil aviation airport environment of air temperature and humidity, light intensity and other parameters, and then according to the WSN perception control monitoring node of civil aviation airport environment parameter information through the WSN gateway collection and

data fusion, then by 4G module of SIM900A uploaded to the monitoring software platform. The real-time monitoring software platform according to gateway collects data and real-time weather information is combined, the finally, by PSO algorithm calculating whether to switch navigation lights, civil aviation airport navigational lights switch state intelligent control.

In the aspect of hardware development, the hardware of WSN's sensing control node is composed of low power CC2530 RF processor, air temperature and humidity sensor, light intensity sensor and power module. Based on WSN civil aviation airport environmental monitoring methods, according to the civil aviation airport environment required monitoring of air temperature and humidity and light intensity sensors, access CC2530 chip accurate perception of the environmental parameter information and perceived control node is connected to a relay used to control navigation lamp switch. The gateway hardware is composed of the low power STM32 microprocessor, the CC2530 chip and the 4G module of SIM900A Company SIMCom. In the development and design of software, according to the system of wireless sensor network function demand analysis. It can be divided into perception control nodes and the gateway program two WSN hardware driver, namely the perception of civil aviation airport environment control node application driver and control gateway program based on microprocessor STM32 ucosll operating system; according to the real-time monitoring system software platform needs analysis, using JavaScript, PHP, MySQL, and HTML5 technology programming corresponding program.

Experimental model test shows that the system can realize the data stable transmission in the 256M, that is, the communication distance between nodes can reach the control demand of civil aviation airport. The system will be monitoring perceived control node exchange integrated based on WSN civil aviation airport environmental monitoring network, through the gateway and real-time monitoring software platform for communication, to realize the intelligent and efficient wireless real-time civil aviation airport navigational lights monitoring, this paper of civil aviation airport navigational lights monitoring has strategic significance.

Keywords: Wireless sensor networks; civil aviation airport; navigational lighting aid monitoring.

目录

摘 要	I
Abstract	III
第一章 绪论	1
1.1 论文的选题背景	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国外研究现状	2
1.2.2 国内研究现状	3
1.3 课题研究意义	3
1.4 论文的组织结构	4
第二章 基础技术介绍	6
2.1 ZigBee 技术介绍	6
2.2 STM32 微处理器	7
2.3 SIM9000A 模块	7
2.3.1 SIM900A 模块特点	7
2.3.2 使用 SIM900A 开发板准备工作	8
2.4 php 技术	11
2.5 JavaScript 技术	11
2.6 MySQL 技术	12
2.7 html5 技术	12
2.8 本章小结	13
第三章 系统框架设计	14
3.1 系统功能需求分析	14
3.2 系统框架设计	14
3.3 本章小结	19
第四章 系统硬件设计	21
4.1 WSN 网络感知控制节点硬件设计	21
4.1.1 CC2530 核心板电路	21
4.1.2 WSN 网络感知控制节点底板电路	24
4.2 WSN 网关硬件设计	27
4.2.1 STM32F103 处理器核心板外围电路	27
4.2.2 ZigBee 协调器电路	30
4.2.3 SIM900A 开发板电路	31
4.3 本章小结	32

第五章 系统软件设计	34
5.1 WSN 网络感知控制节点软件设计	34
5.2 WSN 网关节点软件设计	39
5.3 实时监控软件平台软件设计	40
5.4 本章小结	44
第六章 调试与测试结果分析	45
6.1 系统调试	45
6.2 测试结果及分析	46
6.3 本章小结	51
第七章 总结与展望	53
7.1 总结	53
7.2 展望	53
参考文献	55
个人简历	57
致谢	58
附件 1 部分传感器节点测试代码	59
附件 2 实时监控软件平台部分测试代码	63

第一章 绪论

1.1 论文的选题背景

民用航空机场助航灯作为现代化民用航空机场基础设施的一部分，民用航空机场助航灯属于民用航空机场目视引导助航信号的基础设施，该助航灯能保障民用飞机在各种复杂气候和夜间环境的能见度低的条件下，能够顺利着陆、滑行和起飞的可视助航设施。

民用航空机场助航灯作为现代化民用航空机场的一种可视助航信号设施，能够有效地保障了民用飞机与地面接触过程中的安全性和可靠性。早在上世纪七十年代中期，民用航空机场就开始安装目视引导助航装置，多数民用航空机场都是采用灯塔和灯光站工作人员通信方式，灯光站工作人员根据灯塔空管工作者的指令进行手动可视灯光助航操作，同时，灯光站工作人员记录其助航操作的信息。工作人员手动进行可视灯助航操作，工作人员针对几公里跑道和滑行道进行站式助航操作（每隔一定距离需要有一名工作人员举灯站立跑道两边进行站式助航操作），这种操作过程非常麻烦，难以及时高效地完成工作。随着我国路灯控制技术的快速发展，工作人员采用路灯替代站式助航操作过程，但是检测维护较为复杂，对灯光站工作人员及维护人员的工作量要求非常大，当发生故障时，不能够及时对故障原因进行排除。

由于民用航空飞机在民用航空机场助航灯基础设施的特殊地位和安全要求，因此探索设计开发各种民用航空机场基础设施的助航灯监控系统具有重要意义。但在，民用航空机场基础设施的助航灯监控系统的稳定性、复杂度和灵敏度等方面的要求比普通的照明路灯监控系统的要求更加高且复杂。随着我国的民用航空机场助航灯比普通的照明路灯监控系统的不断创新，灯塔空管工作人员可依据各种复杂条件下的能见度情况直接控制及调整助航灯，去除了灯光站操作人员和灯塔空管人员的相互通信环节。因此，民用航空机场助航灯采用自动监控灯取代普通路灯，提高了民用航空机场助航操作的效率和可靠性，减少了工作人员的工作量。

随着我国民用航空工业技术的迅速崛起和民用飞机品质的不断提升，针对当前气候环境变化的恶化趋势，在稳定性、安全性、复杂度和灵敏度等方面的要求比普通的照明路灯监控系统的要求更加高，在民用航空机场助航灯的研发过程中，不仅要求精密的助

航灯光控制，而且要求周围环境的精准监测。随着我国民用航空工业技术的迅速崛起，对民用航空机场助航灯监控系统的自动化、远程化和智能化发展趋势起到非常积极的作用，并且传统民用航空工业控制技术难以满足现代民用航空机场助航灯监控系统的发展需求。

随着移动通信技术、移动互联技术和物联网技术的迅速发展，无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, 简称“WSN”)技术得到了非常有效地提升与发展，在民用航空机场的监控区域采用各种方式部署大量集成计算、感知和无线通信等能力于一体的感知控制节点，通过网关技术将各无线感知器控制节点汇集成无线传感器监控网络。在民用航空机场监控区域内，实现了目标的信息监测及控制。

因此，依据我国当前民用航空机场助航灯监控系统的需求，结合无线传感器网络新技术，探索一种基于 WSN 的民用航空机场助航灯监控系统，将工作人员人工判断各种复杂条件下的能见度情况改为传感器自动智能化判断各种复杂条件下的能见度情况，精准监测民用航空机场环境信息，有利于民用航空机场助航灯光智能化精密控制，对我国民用航空机场助航管理质量的提升具有深远意义。

1.2 国内外研究现状

近年来，国内外各大科研院所、科研机构 and 科技公司都开展了民用航空机场助航监控相关技术的研究与探索，并且在民用航空机场助航监控相关技术成果方面取得了相应的成效。

1.2.1 国外研究现状

上世纪八十年代初期，瑞典 Safe Gate 公司成功研制了适合民用航空机场助航的机场智能供电系统(Airfield Smart Power System, ASP)，该系统采用机场灯光供电回路作为信息通信回路，充分利用先进的电力载波通信技术，研制开发了一种机场助航灯及其周边灯光监控系统。机场智能供电系统已成功应用于法国和英国等欧洲各大枢纽机场的民用航空机场助航设施中。

上世纪八十年代末期，美国 CLOUSE-HINDS 公司成功研制了 CCMS 助航灯光计算机监控系统，该系统采用集中式的网络通信技术，该监控系统的监控中心通过集中式网络专线电话向各个灯光站下达指令，灯光站在接收到监控中心的控制指令后可在短时间内控制助航灯回路的控制设备。该系统已成功应用于美洲和亚洲的国际民用航空机场助

航设施中。

除此之外，还有德国 SEMENS-ADB 公司成功研制了一种无线通信的机场助航灯监控系统，该系统采用无线通信技术，设置无线控制指令进行机场助航灯控制。该系统已成功应用于欧洲和亚洲的国际民用航空机场助航设施中。。

1.2.2 国内研究现状

由于我国的民用航空机场助航灯监控系统研究与开发的起步相对于欧美国家的研究与开发时间较晚，因此我国早期的民用航空机场助航灯监控系统基本都是引进国外的产品及设备。上世纪九十年代初期，北京首都国际机场和成都双流国际机场引进了美国 CLOUSE-HINDS 公司的助航灯光计算机监控系统；厦门国际航空公司和珠海国际航空公司的机场主要引进了德国 SEMENS-ADB 公司的助航灯光监控系统。

随着我国民用航空工业技术的迅速崛起和民用飞机品质的不断提升，针对当前气候环境变化的恶化趋势，对发展相应的民用航空机场助航灯控制系统的要求也越来越高，助航灯监控系统也在不断的更新与发展。在民用航空工业巨大市场的驱动下，我国各大科研院所、科研机构和科技公司也开始陆续投入到民航机场助航灯监控系统相关技术的研究与探索，并取得了阶段性的科技成果。例如成都民航第二研究所进行了机场助航灯监控装置的研究与开发；例如西安飞豹科技发展公司进行了民用航空机场助航灯及其太阳能供电装置的研究与开发；例如佳华电子有限公司进行了基于无线网络的民用航空机场助航灯系统研究与开发；例如北京航空航天大学针对民用航空机场周围环境监测及航空机场智能设施的研究与开发。以上一些科技成果较为先进，其科技成果转化效率也相对有了一定规模。

1.3 课题研究意义

针对我国民用航空机场助航灯控制系统发展的需求，在民用航空工业巨大市场的驱动下，结合国内外有很多科研院所、科研机构和科技公司在民用航空机场助航灯控制的相关技术分析，研究分析国内外传统的民用航空机场助航灯监控系统存在的局限性和不足，探索出适应我国民用航空机场的助航灯监控系统。

使用传统的民用航空机场助航灯控制所存在以下缺点：

(1) 采用常规路灯替代站式助航操作过程，但是检测维护较为复杂，对灯光站工作人员要求 24 小时值班。

(2) 人工监控缺乏实时性监测，需求人力资源多，且成本太高。

(3) 维护人员的工作量非常大，且发生故障时不能及时排除故障，纠错能力较差。

随着物联网及现代民用航空机场智能化、远程化和自动化管理概念的提出，结合当代民用航空机场助航灯监控需求信息化、智能化、远程网络化的发展，提出了基于 ZigBee 无线传感器技术在民用航空领域应用的可行性。

本课题通过研究分析了国内外传统的民用航空机场助航灯监控系统的不足和缺陷，充分结合当前的 ZigBee 无线传感器技术及 WSN 的监测区域内目标信息的监测的成功经验，依托 JavaScript、php、MySQL 和 html5 等软件开发基础技术，探索研究并开发了一种基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统，这种基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统能够实现民航机场助航灯监控的智能化、信息化、远程化和自动化。

探索研究并开发基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统，将对我国民用航空机场助航灯监控的发展起着重要作用，对我国民用航空智能化监控的发展具有重要战略意义。

1.4 论文的组织结构

随着物联网及现代民用航空机场智能化、远程化和自动化管理概念的提出，结合当代民用航空机场助航灯监控需求信息化、智能化、远程网络化的发展，本课题围绕厦门航空公司机场助航灯，研究探索一种基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统，本课题尝试着将基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统模型应用于厦门航空公司机场助航的模拟基础设施。本论文主要规划成七章内容，具体章节如下：

第一章 绪论。首先阐述了基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的选题背景。其次通过对民航机场助航灯监控的国内外研究现状分析，指出智能化、自动化和实时网络化监控是民用航空机场助航灯监控的未来发展趋势。最后通过传统民航机场助航灯方式对比，阐述了本文的课题优越性及研究意义和论文较强的组织架构。

第二章 基础技术介绍。本章围绕基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的基础技术，重点介绍 ZigBee 技术、STM32 微处理器、SIM9000A 模块、JavaScript 技术、php 技术、MySQL 技术和 html5 技术等。

第三章 系统框架设计。根据基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的各部分功能需求分析，探索设计系统框架结构。

第四章 系统硬件设计。本章围绕基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的硬件框架，重点阐述 WSN 的感知控制节点硬件和 WSN 网关硬件的设计及其电路原理图。

第五章 系统软件设计。本章围绕基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的软件框架，依据该系统的 WSN 网络功能需求分析，可分感知控制节点程序和网关程序两种 WSN 硬件驱动程序，即民航机场助航灯监控的感知控制节点所需应用驱动程序和基于 STM32 微型处理器的 ucosII 操作系统控制网关程序；根据系统的远程监测软件平台需求分析，采用 JavaScript、php、MySQL 和 html5 技术编程相应程序，实现基于 WSN 的民航机场助航灯实时监控。

第六章 测试及结果分析。本章节围绕着基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的调试，进行单个感知控制节点的调试、感知控制节点与路由节点之间的调试、协调器节点与网关模块的调试、网关与 SIM900A 模块的调试和系统的联调。经过系统的调试，给出系统的硬件实物图，对系统进行测试及结果分析。

第七章 总结与展望。本章节围绕着基于 WSN 的民航机场灯监控系统设计与研究，总结基于 WSN 的民航机场灯监控系统从选题背景、基础技术、系统框架，到系统软硬件设计，最后通过基于 WSN 的民航机场灯监控系统调试与测试结果分析，证明了基于 WSN 的民航机场灯监控系统的可行性和可靠性；本章节围绕着基于 WSN 的民航机场灯监控系统设计与研究过程的总结，展望基于 WSN 的民航机场灯监控系统的下一步思路，并在厦门高崎国际机场助航灯监控系统的实际测试与分析过程中，不断积累和完善各方面的工作，结合福建省厦门市厦门高崎国际机场实际应用情况的需求分析，提出几点还需进一步完善、探索、研究与开发的要求。

第二章 基础技术介绍

2.1 ZigBee技术介绍

本课题重点探索研究并开发基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统,该基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统采用了模块化和追溯化设计思想,本课题将基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统分成感知层和应用层,其中感知层采用多个 WSN 感知控制节点组成;WSN 感知控制节点由低功耗的 CC2530 含处理器的射频处理器、空气温湿度传感器、光照强度传感器和助航灯控制电路和电源模块组成;CC2530 含处理器的射频芯片是采用 SoC 技术将增强型 8051CPU、可编程 FLASH、8KB 的 RAM 和 RF 收发器嵌入芯片内,构建成高性价比的低功耗处理器芯片。

CC2530 处理器芯片不同于其他的单片机芯片或嵌入式芯片,CC2530 处理器芯片涵盖许多不同外设,可满足程序开发者在不同功能需求情况下的应用编程及测试。

(1) 调试接口

CC2530 处理器芯片外围调试接口采用双线串行接口技术,可执行 FLASH 存储器的擦除、执行用户程序的停止与开始、振荡器的控制使能和可执行 8051 内核程序单步调试等功能。

(2) I/O 控制器

CC2530 处理器芯片的 I/O 控制器可以调控 I/O 引脚,CPU 甚至可以设置芯片不受程序控制,另外为了保证应用程序的灵活性和稳定性,外设模块可精确控制每个引脚,通过 CPU 对每个引脚触发中断。

在 CC2530 处理器芯片内部的五通道 DMA 控制器进行信息交换,XDATA 存储空间访问存储器。以此来提高性能,随时访问所有物理存储器来获得高效率操作。系统装配一个 16 位寄存器记录可精确至 SFD 界定符。

(3) ADC (A/D 转换器)

CC2530 处理器芯片的 ADC 支持 7 到 12 位的分辨率,一个专门供温度数据输入的通道,同时 ADC 可以自动启用某些例如系统定期自动抽样程序。内置的看门狗定时器将在程序进入死循环的情况下复位,避免系统因停滞产生不可预料的后果。

(4) Flash 存储器

CC2530 处理器芯片的 Flash 容量可供选择的类型一共有四种，分别是 32KB、64KB、128KB、256KB 等在线刻编程，属于不容易丢失的存储器，该存储器具有强大的记忆存储功能，它不仅可以保存数据和字符常量，而且可以空出相应内存供应用程序保存数据，以保证在传感器重启后仍然可以正常运行。将此功能运用进我们所研究的系统，当系统突然断电或电力不足时，该单片机可以保存断电前具体的网络参数，当系统再次上电后就可以读取参数，从而直接加入网络中。最主要的是 CC2530 提供了一个 IEEE802.15.4 兼容无线收发器，一个单片机处理器和无线射频模块之间的接口，采用处理器发出指令、读取数据、启动相应程序自动解决问题。

2.2 STM32 微处理器

STM32F103RC 微处理器是由意法半导体有限公司推出了嵌入的高性能、低功耗的 ARM Cortex-M3 内核，具备 32 位的微处理器，简称“STM32 微处理器”。基于 WSN 的民航机场助航灯监控系统的网关处理器采用 STM32F103RC 微处理器。

STM32 微处理器采用 LQFP64 封装技术，具有多达 112 个双向 I/O 接口，这些 I/O 口都可映像至 16 个外部中断，都支持 5V 的信号。STM32 微处理器内部集成了丰富的片上资源，其中定时器具有多达 11 个（16 位定时器有 4 个、16 位带死区控制及紧急刹车的定时器有 2 个、独立的窗口型的看门狗定时器有 2 个、24 位自减型计数器有 1 个和可驱动 DAC 的基本定时器有 2 个。16 位定时器具有 4 个用于输入捕获、PWM、输出比较、秒脉冲计时的通道和增量编码器输入；带死区控制及紧急刹车的定时器用于电机控制的 PWM 高级控制。），通信接口具有 13 个，同时其包含的各种高性能工业标准接口，极大地提高了它的通信能力，使其满足于各种应用的要求。

2.3 SIM9000A 模块

网络安全的研究离不开网络业务，其宗旨就是要保护网络用户业务的安全。机场互联网是一种集行政管理、科研、机场业务为一体的大型局域网，庞大且复杂，针对机场工作业务的安全性、可靠性和稳定性，要求相对较高。

2.3.1 SIM900A 模块特点

SIM900A 模块具有以下特点：

- (1) 小型化，重量轻：24mm x 24mm x 3mm/3.4g；

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.