

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2010230450

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

**基于物联网技术的热能能耗监控系统
设计与实现**

**Design and Implementation on the Monitoring System of Heat
Energy Consumption Based on the Internet of Things
Technology**

张健

指 导 教 师: 刘昆宏 副教授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论 文 提 交 日 期: 2012 年 10 月

论 文 答 辩 日 期: 2012 年 11 月

学 位 授 予 日 期: _____ 年 月

答 辩 委 员 会 主 席: _____

评 阅 人: _____

2012 年 10 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（）项目（组）的研究成果，获得（）项目（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项目或项目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）：

年 月 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）：

年 月 日

摘要

为了缓解我国人均能源资源拥有量较低、能源资源存储分布不均衡、能源资源开发难度较大等问题，我国从上世纪80年代就已经有计划、有组织地开展节能工作。把节约资源作为基本国策。新疆既有建筑采暖能耗约占当地全社会能耗的25%左右，是节能工作的重点。

本文以新疆公共机构“热计量改造及能耗监测”项目为实例和背景，运用软件工程的理论知识，系统的论述了“基于物联网技术的热能数据监测”技术发展背景，目前的行业状况。就实施该项目技术、业务以及设计思路原则进行了详细论述，并对系统设计、实现过程着重进行了说明。因为热能数据监测系统面向新疆的公共机构，接入点超过两万，所以对系统处理性能有较高要求，在本文中对系统应对大量并发数据传输的方法也进行了详细阐述，最后对该系统的技术特点和应用效果及未来的展望进行了论述。

通过该项目的实施，开展供热计量及节能改造，推进按用热量计量收费，可以有效降低采暖能耗，提高能源使用效率，促进居民行为节能，实现建筑节能目标，并可以大量减少由于燃煤取暖产生的CO₂和污染物排放，减少新疆冬季供暖期间的污染物排放量，提高空气质量，改善大气环境，为广大居民营造良好的生活环境创造条件。

该系统基于J2EE架构，主要研究基于物联网的热计量设备数据传输与采集、数据解析技术，并基于灰色预测模型，实现的数据分析与预测技术。在需求层面，从项目可行性、热计量设备、数据传输和监管端用户需求三个方面进行描述，同时对性能需求、非功能性需求等进行了识别。在技术层面，主要采用热计量设备数据传输和解析技术，将建筑端的热计量数据实时采集到能耗管理端，设计并实现了热计量设备数据采集与传输、对单位实际能耗状况监测、故障设备预警、室温控制设备在线控制等功能。

关键词：热能数据；监测系统；物联网

Abstract

In order to address the problems, such as low per capita energy resources, imbalanced distribution and difficulty in development of types of resources, China has begun energy conservation program according to a systematic plan since 1980s, and the resource saving strategy has been made as a basic state policy. As far as Xinjiang is concerned, the present consumption of heat energy for buildings has taken up as high as 25 per cent of the total energy consumption. And it is imperative for Xinjiang to focus on energy saving.

In this thesis, we take the local project, *the Reforming of Heat Supply Metering and the Monitoring of Energy Consuming*, as a case study and employ the theoretical knowledge of software engineering to elaborates systematically on the background of the heat energy monitoring technology based on the IOT (Internet of Things) technology. Because the system of heat energy monitoring covers all the public organizations those consume heat in Xinjiang and the system deals with more than 20 thousand network access points, the system requires a high-standard proceeding function. This thesis also elaborates on the approach of simultaneous transmission of large amounts of data. In the last section, it illustrates the technical characteristics and the application effects of the system, and looks into the future development of the system.

It is believed that by implementing the program, taking measures to meter heat energy and by charging heat scientifically, the heat energy consumption will be reduced effectively. With the involvement of all the residents, the goal of energy saving will be reached and the amount of CO₂ and other pollutants those are produced by firing coal to heat the buildings would also be cut down largely. It will ultimately improve the air quality and create a better living environment for the citizens.

This system is designed with the J2EE architecture. It is used for the data analyses and forecast, mainly based on transmission and collection of the internet data of t

thermal metering devices, data analyzing techniques, and based on Grey Forecasting Model. From the demand side, it is described in 3 aspects. 3 aspects are project feasibility, thermal metering devices and data transfer and regulatory end user needs. At the same time it identifies the performance requirements and non-functional requirements. From the technique side, it mainly uses the thermal metering equipment data transfer and parsing techniques to collect the thermal metering data into energy management end from the construction side in real time. It is designed to implement data collection and transmission of thermal metering equipment, monitor the unit of actual energy consumption status, warning the faulty equipment, and adjust the room temperature control equipment on internet etc.

Keywords: Heat Energy Data; Monitoring System; Internet of Things

目 录

第一章 绪论	1
1.1 项目研究背景及意义.....	1
1.2 国内外发展现状.....	1
1.3 论文的组织结构.....	2
第二章 技术综述	4
2.1 J2EE 技术简介	4
2.1.1 J2EE 的概念.....	4
2.1.2 J2EE 的优势.....	4
2.1.3 J2EE 的四层模型.....	5
2.1.4 J2EE 的结构.....	5
2.1.5 J2EE 的核心 API 与组件.....	6
2.2 物联网技术简介	8
2.2.1 物联网基本定义.....	8
2.2.2 关键技术.....	8
2.2.3 支撑技术.....	9
2.2.4 技术原理.....	9
2.3 节能领域物联网技术发展	10
2.4 采集设备工作原理	11
2.4.1 热量表工作原理.....	11
2.4.2 分时分温智能控制器工作原理.....	13
2.5 本章小结	15
第三章 需求分析	16
3.1 需求分析概述	16
3.2 可行性分析	16
3.3 热计量端软件需求	17
3.4 数据传输需求	18

3.5 监管端需求.....	19
3.6 性能需求.....	20
3.7 非功能性需求.....	20
3.8 本章小结.....	20
第四章 概要设计.....	21
4.1 系统设计原则.....	21
4.1.1 体系架构的合理性及可扩展性.....	21
4.1.2 传输协议和数据字典的标准性.....	22
4.1.3 项目的可复用性.....	23
4.2 概要设计.....	23
4.2.1 总体架构设计.....	23
4.2.2 物理拓扑.....	24
4.2.3 技术逻辑架构.....	25
4.3 关键功能设计方案.....	27
4.4 本章小结.....	29
第五章 系统详细设计与实现.....	30
5.1 能耗监控系统.....	30
5.1.1 热计量设备的数据采集模块.....	30
5.1.2 能耗动态监测模块.....	35
5.1.3 能耗超标和设备故障预警模块.....	39
5.1.4 能耗定额管理模块.....	40
5.1.5 能耗信息查询模块.....	41
5.1.6 能耗数据分析模块.....	42
5.1.7 系统管理模块.....	47
5.2 数据层.....	48
5.2.1 概述.....	48
5.2.2 数据库设计.....	48
5.3 界面效果展示.....	53
5.4 本章小结.....	57

第六章 系统的测试及效果分析.....	58
6.1 测试情况简介.....	58
6.1.1 测试原则.....	58
6.1.2 测试方法.....	59
6.1.3 相关部门或岗位职责.....	59
6.2 测试整体流程.....	60
6.3 系统测试.....	61
6.3.1 测试环境.....	61
6.3.2 测试工具.....	61
6.3.3 测试计划.....	61
6.3.4 功能测试用例及报告.....	64
6.3.5 性能测试用例及报告.....	66
6.3.6 测试结论.....	70
6.4 效果分析.....	72
6.5 本章小结.....	72
第七章 总结与展望.....	73
7.1 总结.....	73
7.2 实施效果.....	73
7.3 展望.....	75
参考文献.....	76
致 谢	77

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background.....	1
1.2 Development status.....	1
1.3 Structure.....	2
Chapter 2 Introduction to Techniques.....	4
2.1 An Introduction of the J2EE Technology.....	4
2.1.1 The Definition of J2EE Technology.....	4
2.1.2 The Advantage of J2EE Technology.....	4
2.1.3 The Model of J2EE Technology.....	5
2.1.4 The Structure of J2EE Technology.....	5
2.1.5 The Core of J2EE Technology and API.....	6
2.2 A Brief Introduction of the IOT Technology.....	8
2.2.1 Definition of the Iot Technology.....	8
2.2.2 Key Technology.....	8
2.2.3 Enabling Technologies.....	9
2.2.4 The Principle of the Technologies.....	9
2.3 The Development of Iot Technology in Energy Saving Field.....	10
2.4 The Working Principle of the Collecting Equipment.....	11
2.4.1 The Working Principle of the Calorimeter.....	11
2.4.2 The Working Principle of the Intelligent Controller.....	13
2.5 Summary.....	15
Chapter 3 Systematic Requirement Analysis.....	16
3.1 Introduction.....	16
3.2 Feasibility Analysis.....	16
3.3 Software Supporting Requirements.....	17
3.4 Data Transmission Requirements.....	18
3.5 Monitoring Requirements.....	19

3.6 Performance Requirements.....	20
3.7 Non function Requirements.....	20
3.8 Summary.....	20
Chapter 4 Systematic General Design.....	21
4.1 Principle for the System Designing.....	21
4.1.1 Rationality of the System.....	21
4.1.2 Data Standard.....	22
4.1.3 Reusability of the Programme.....	23
4.2 System Design.....	21
4.2.1 An Illustration of the Framework.....	23
4.2.2 Physical Topology.....	24
4.2.3 Logical Framework of the Technology.....	25
4.3 Designing Approach of the Main Functions.....	27
4.4 Summary.....	23
Chapter 5 Systematic Detailed Design and Implementation.....	30
5.1 The Monitoring System for Energy Consumption.....	30
5.1.1 Data Collection Module.....	30
5.1.2 A Dynamic Monitoring on Energy Consumption Module.....	35
5.1.3 Eearly Warning for Energy Superscale and Equipment Breakdown Module.....	39
5.1.4 Rational Management for Energy Consumption Module.....	40
5.1.5 Energy Consumption Information Searching Module.....	41
5.1.6 Energy Consumption Information Analysis Module.....	42
5.1.7 System Managment Module.....	47
5.2 Data Layer.....	48
5.2.1 Introduction.....	48
5.2.2 The Designing of the Corpus.....	48
5.3 Demonstration of the Effects.....	53
5.4 Summary.....	57

Chapter 6 Systematic Test and Effects Analysis.....	58
6.1 Test Introduction.....	58
6.1.1 Test Principle.....	58
6.1.2 Test Approach.....	59
6.1.3 Tasks for Relative Departments and Positions.....	59
6.2 General Process of Testing.....	60
6.3 System Testing.....	61
6.3.1 Testing Environment.....	61
6.3.2 Testing Tools.....	61
6.3.3 Testing Plan.....	61
6.3.4 Cases and Reports of the Testing.....	64
6.3.5 Performance and Reports of the Testing.....	66
6.3.6 Conclusion for Testing.....	70
6.4 Effectiveness analysis.....	72
6.5 Summary.....	72
Chapter 7 Conclusions and Prospect.....	73
7.1 Conclusions.....	73
7.2 Implementation Effect.....	73
7.3 Prospect.....	75
References.....	76
Acknowledgements.....	77

第一章 绪论

1.1 项目研究背景及意义

推进工业化、信息化融合，广泛应用信息技术是实现节能减排的一个重要手段。新疆冬季采暖的能耗较大，单就乌鲁木齐市为例，乌鲁木齐市每年采暖期总耗煤量约 380 万吨、总耗电量约 3.8 亿度。在新疆全部能耗中比重较高，是建筑节能工作的重点，给整体环境带来较大的压力。因此，采用先进技术、对热能消耗进行管控，提高能源消费的利用率已成为乌鲁木齐市乃至全区改善环境迫在眉睫的举措。

为有效降低采暖能耗，提高能源使用效率，促进行为节能，新疆积极推行公共机构热计量改造项目。包括公共机构建筑端的热计量设备改造及管理部门基于物联网技术的能耗实时监控平台建设两大部分。通过热计量线路、设备的改造和气候补偿技术，动态平衡各供热建筑的流量，调节与平衡室温，在改善室内供热环境质量的同时，有效避免热能的过渡消耗。另一方面，基于物联网技术，将建筑端的热计量数据实时采集到能耗管理机构，能够直观、准实时监测各个用能单位的实际能耗状况和计量及控制设备完好状况，实现监管机构和用能单位的信息对称，保证计量设施的完好并处于最优节能状态；对能耗超标、故障设备进行及时预警。通过与室温控制设备的在线实时交互，主动分时分温控制，实现按时段供热，分时段保温。此外，依托平台对能耗数据的加工、处理、分析和图形化展示，随时发布能耗数据汇总统计分析结果，为管理部门调整节能政策和模式提供政策性、建设性、科学性的指导。在为管理部门分析热计量改造项目实施的成效、制定节能减排政策提供高效、易用、先进手段的同时，达到加强对公共机构的能耗管理，提高节能运行管理水平，提升全区群众行为节能意识的综合目标。

1.2 国内外发展现状

早在 20 世纪 70 年代许多西方国家就开始采用统一的方法在全国范围内进行公共建筑能耗统计。1976 年英国开始对建筑物进行能耗调查，建成了包括建筑类型、空调形式等在内的详细能耗状况数据库。同时代的美国也由国家标准局负

责对建筑能耗进行统计。目前美国已经建立了建筑能耗统计数据库,目前使用较广泛、收集建筑物数量较多的数据库有能源部(DOE)的CBECS和加利福尼亚州的CEUS。而该类平台在合同式能源管理的评价体系中扮演着重要的角色,著名的相关软件平台由:西门子的Simaris和ABB公司Cpmlus。

虽然国内尚无完善的建筑能耗统计数据库,我国已开始借鉴国外优秀的能源管理模式,逐渐开始推广合同式的能源管理模式和智能化管理平台,并制定了相关政策和技术标准,如:《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统数据中心建设与维护技术》、《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统分项能耗数据采集技术导则》等。我国目前还没有一个完善的监测网络对建筑能耗进行分析统计。我国从20世纪80年代开始进行建筑节能工作以及相关标准和法规的制定,至今已20余年,但“节能建筑不节能”的现象却依然普遍。随着我国能源紧张的形势日趋严峻,建筑节能越来越引起人们的重视,特别是提高大型公共建筑的能源利用率成为今后一段时间内建筑节能工作的重点。在国家积极构建建筑能耗监测平台的背景下,我国在北京、深圳等一些一线城市也展开了一系列的工作,并取得了显著的成绩。

1.3 论文的组织结构

本文共分为七章:内容安排如下:

第一章 绪论,简单介绍系统的研究背景、研究目标和意义。

第二章 技术综述,介绍系统采用的编程技术、物联网技术和相关设备的工作原理。

第三章 需求分析,从不同的用户角度进行需求阐述

第四章 系统整体设计,从物联网技术与系统架构的融合,数据传输方面介绍了系统的设计思路,并就系统整体架构、功能架构、逻辑架构上进行总体介绍。

第五章 系统详细设计,从热能数据采集管理、分时分温控制、数据传输、处理等逐步进行了系统介绍,并就各个模块中的子模块进行了逐一详细介绍。

第六章 系统的测试、部署及应用效果,简单介绍的系统的测试情况,因该系统的核心地位,并对压力测试情况进行了详细阐述,最后对分析了系统的实际应用效果。

第七章 总结与展望，对本文研究成果进行总结，并技术特点进行了阐述，并系统当前存在的问题、不足提出了期望。

厦门大学博硕士论文摘要库

第二章 技术综述

2.1 J2EE 技术简介

2.1.1 J2EE 的概念

目前，Java 2 平台有 3 个版本，它们是适用于小型设备和智能卡的 Java 2 平台 Micro 版（Java 2 Platform Micro Edition, J2ME）、适用于桌面系统的 Java 2 平台标准版（Java 2 Platform Standard Edition, J2SE）、适用于创建服务器应用程序和服务的 Java 2 平台企业版（Java 2 Platform Enterprise Edition, J2EE）。J2EE 是一种利用 Java 2 平台来简化企业解决方案的开发、部署和管理相关的复杂问题的体系结构。

2.1.2 J2EE 的优势

J2EE 具有可伸缩性、灵活性、易维护性的特点：

1. 保留现存的 IT 资产

J2EE 架构可以充分利用用户原有的投资，基于 J2EE 平台的产品几乎能够在任何操作系统和硬件配置上运行，现有的操作系统和硬件也能被保留使用。

2. 高效的开发

J2EE 允许公司把一些通用的、很繁琐的服务端任务交给中间供应商去完成。这样开发人员可以集中精力在如何创建商业逻辑上，相应地缩短了开发时间。

3. 支持异构环境

J2EE 能够开发部署在异构环境中的可移植程序。基于 J2EE 的应用程序不依赖任何特定操作系统、中间件、硬件。因此设计合理的基于 J2EE 的程序只需开发一次就可部署到各种平台。

4. 可伸缩性

基于 J2EE 平台的应用程序可被部署到各种操作系统上。J2EE 领域的供应商提供了更为广泛的负载平衡策略。能消除系统中的瓶颈，允许多台服务器集成部署。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts 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.

厦门大学博硕士学位论文摘要库