

21世纪高等学校规划教材 | 物联网



无线传感器 网络技术导论

王汝传 孙力娟 主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 物联网



无线传感器 网络技术导论

王汝传 孙力娟 主编

肖甫 蒋凌云 黄海平 郭剑 沙超 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了无线传感器网络的基本概念、关键技术、操作系统、数据管理技术、中间件技术以及无线传感器网络的应用与发展等,共分为9章。第1章对无线传感器网络进行了简要概述;第2章从分层网络体系结构的角介绍了无线传感器网络关键技术;第3章~第5章从操作系统、数据管理、中间件等角度介绍了无线传感器网络的软件技术;第6章围绕无线传感器网络安全展开探讨;第7章描述了无线传感器网络接入技术;第8章简要介绍了无线传感器网络高级形式的无线多媒体传感器网络;第9章是与实践案例相关的无线传感器网络应用示范。本书在编写上力求通俗易懂,既重视基础,又跟踪前沿;既具有教材的系统性和可读性,同时也具有一定的学术深度。

本书可作为理工类院校物联网相关专业的入门教材,也可作为计算机、电子信息、通信工程等专业的教学用书,还可作为从事无线传感网相关领域研究工作的科技工作者,以及广大对物联网技术感兴趣的工程技术人员参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

无线传感器网络技术导论/王汝传,孙力娟主编. —北京:清华大学出版社,2012.11

(21世纪高等学校规划教材·物联网)

ISBN 978-7-302-28377-5

I. ①无… II. ①王… ②孙… III. ①无线电通信—传感器—高等学校—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第050169号

责任编辑:魏江江 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁毅

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:14.5

字 数:360千字

版 次:2012年11月第1版

印 次:2012年11月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00元

产品编号:038994-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授
章 征 教授
王建民 教授
冯建华 教授
刘 强 副教授

北京大学

杨冬青 教授
陈 钟 教授
陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授
吴超英 副教授
姚淑珍 教授

中国人民大学

王 珊 教授
孟小峰 教授
陈 红 教授

北京师范大学

周明全 教授
阮秋琦 教授
赵 宏 副教授

北京交通大学

孟庆昌 教授
杨炳儒 教授
陈 明 教授

北京信息工程学院

艾德才 教授
吴立德 教授
吴百锋 教授

北京科技大学

杨卫东 副教授
苗夺谦 教授
徐 安 教授

石油大学

邵志清 教授
杨宗源 教授
应吉康 教授

天津大学

乐嘉锦 教授
孙 莉 副教授

复旦大学

同济大学

华东理工大学

华东师范大学

东华大学

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
中国矿业大学	张 艳	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	邹北骥	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永锋	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
厦门大学	冯少荣	教授
厦门大学嘉庚学院	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	副教授
西南交通大学	曾华燊	教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

2009年8月7日,温家宝总理在江苏无锡微纳传感网工程技术研发中心视察时,鼓励加快推进传感网发展,并指出应和TD有机结合尽快建立中国的传感信息中心。自此,通过将各种信息传感设备,如无线传感器网络节点、射频识别(RFID)装置、红外感应器、移动手机、PDA、全球定位系统、激光扫描器等与互联网结合起来而形成的物联网引起了社会各界的广泛关注,许多高校也纷纷设立物联网专业。事实上,无线传感器网络作为物联网感知层的主要实现形式之一,是物联网的重要支撑技术。编者在从事无线传感器网络相关技术近十年研究的基础上,结合自身教学经验及与企业合作研发经验,在参考了大量无线传感器网络学术论文和专著的基础上,精心编写了本教材。

本书对无线传感器网络的概念、体系结构和关键技术进行了较为完整和宏观的探讨,编写中力求通俗易懂,适用于物联网专业和电子信息类专业物联网方向的大学生和工程技术人员。在内容描述上,做到理论与技术及应用相结合。本书涉及计算机网络、嵌入式系统开发、无线通信、软件工程等领域,因此在编撰时注重对基础知识进行深入浅出的介绍。同时,本书的撰写还建立在对国家自然科学基金、国家“863计划”项目、江苏省高技术研究计划、江苏省科技支撑计划等项目的研究基础上,具有一定的学术价值,可以作为科学工作者的参考用书。

本书建立了较为完善的课程体系,共分为9章。第1章对无线传感器网络进行了简要概述;第2章从分层网络体系结构的角度介绍了无线传感器网络关键技术;第3章阐述了无线传感器网络操作系统;第4章针对无线传感器网络数据管理进行讨论;第5章较为详细地介绍了无线传感器网络中间件技术;第6章围绕无线传感器网络安全展开探讨;第7章描述了无线传感器网络接入技术;第8章简要介绍了无线传感器网络高级形式——无线多媒体传感器网络;第9章是与实践案例相关的无线传感器网络应用示范。

本书由南京邮电大学计算机学院博士生导师王汝传教授和孙力娟教授统一策划。在本书的编写过程中,博士研究生韩崇、杜晓玉和黄俊杰,硕士研究生黄荣谓、马子平、沙亮亮、许文君、吴帅、张茜、苗丽媛、王晶、刘金凯、杨阳和王诗博等同学参加了部分章节的编写工作。南京邮电大学计算机学院邹志强副教授、叶晓国副教授和刘林峰副教授对书稿进行了认真审阅并提出宝贵意见,为本书的形成给予了很大帮助。此外,本书还引用了其他同行的工作成果,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编写时间仓促,加上作者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012年3月于南京

目 录

第 1 章 无线传感器网络概述	1
1.1 无线传感器网络的基本概念与体系结构	1
1.2 无线传感器网络的特点	2
1.3 无线传感器节点	4
1.4 无线传感器网络协议栈	7
1.5 无线传感器网络的应用领域	8
1.6 无线传感器网络的发展历史	11
1.7 无线传感器网络面临的挑战	13
习题 1	14
第 2 章 无线传感器网络关键技术	15
2.1 物理层关键技术	15
2.2 信道接入技术	17
2.2.1 信道接入技术概述	17
2.2.2 典型的无线传感器网络 MAC 协议	18
2.3 无线传感器网络路由技术	22
2.3.1 无线传感器网络路由技术概述	22
2.3.2 典型的无线传感器网络路由协议	23
2.4 无线传感器网络拓扑控制技术	27
2.4.1 拓扑控制技术概述	27
2.4.2 典型的拓扑控制协议	29
2.5 无线传感器网络覆盖技术	33
2.5.1 无线传感器网络覆盖技术概述	33
2.5.2 典型的无线传感器网络覆盖算法与协议	36
2.6 无线传感器网络的数据融合技术	41
2.6.1 数据融合技术概述	41
2.6.2 典型的数据融合算法	42
2.7 无线传感器网络定位技术	45
2.7.1 定位基本术语	45
2.7.2 常见的测距方法	46
2.7.3 节点位置估算方法	47
2.7.4 典型的无线传感器网络定位方法	50

2.8 无线传感器网络时间同步技术	52
2.8.1 传感器节点的时间模型	53
2.8.2 时间同步消息传递中的时间延迟	54
2.8.3 节点时间校正的几项基本技术	55
2.8.4 经典的无线传感器网络时间同步算法	57
2.9 通信标准	61
2.9.1 IEEE 802.15.4 标准	61
2.9.2 ZigBee 标准	66
习题 2	72
第 3 章 无线传感器网络操作系统	73
3.1 操作系统概述	73
3.1.1 操作系统的设计难点	73
3.1.2 操作系统的设计目标	74
3.2 热点技术介绍	75
3.3 TinyOS 简介	76
3.3.1 TinyOS 的安装	76
3.3.2 TinyOS 的卸载	83
3.3.3 TinyOS 的图形界面	83
习题 3	85
第 4 章 无线传感器网络数据管理技术	86
4.1 无线传感器网络数据管理的基本概念	86
4.1.1 以数据为中心的无线传感器网络数据库	86
4.1.2 无线传感器网络数据管理系统的特殊性及其设计目标	87
4.1.3 无线传感器网络数据管理技术研究热点	90
4.2 无线传感器网络数据管理的关键技术	90
4.2.1 无线传感器网络数据存储结构	90
4.2.2 数据查询处理技术	93
4.2.3 数据压缩和融合技术	97
4.3 现有传感器网络数据管理系统介绍	102
习题 4	107
第 5 章 无线传感器网络中间件技术	109
5.1 无线传感器网络中间件技术概述	109
5.2 无线传感器网络中间件的复杂性问题	111
5.3 典型的无线传感器网络中间件	113
5.3.1 Impala	113
5.3.2 COUGAR 和 TinyDB	116

5.3.3 DisWare 和 MeshIDE	119
习题 5	123

第 6 章 无线传感器网络安全..... 124

6.1 无线传感器网络安全问题概述	124
6.1.1 安全需求	124
6.1.2 攻击与威胁	125
6.1.3 安全框架	129
6.2 无线传感器网络中的密码学理论	130
6.2.1 加密算法	131
6.2.2 密钥管理	133
6.2.3 安全协议	135
6.3 无线传感器网络安全防护技术	136
6.3.1 认证和访问控制技术	136
6.3.2 安全通信与安全路由技术	138
6.3.3 安全定位与时钟同步技术	139
6.3.4 入侵检测、容侵容错技术	139
6.4 无线传感器网络发展和安全趋势	140
习题 6	141

第 7 章 无线传感器网络接入技术..... 142

7.1 基于无线传感器网络的多网络融合系统结构	142
7.1.1 传统无线传感器网络体系结构	142
7.1.2 基于无线传感器网络的多网融合体系结构	144
7.2 多种无线传感器网络接入技术的比较	145
7.2.1 现有接入技术概述	145
7.2.2 面向以太网的无线传感器网络接入技术	148
7.2.3 面向无线局域网的无线传感器网络接入技术	154
7.2.4 面向移动通信网的无线传感器网络接入技术	157
7.3 多网络融合网关硬件设计	159
7.3.1 多网络融合网关硬件总体结构设计	159
7.3.2 网关设备通信模块设计	162
7.4 多网络融合网关的数据传输方式	167
7.4.1 多网络融合网关与无线传感器网络节点的数据传输	167
7.4.2 多网络融合网关接入外部基础设施网络的实现	172
习题 7	173

第 8 章 无线多媒体传感器网络..... 174

8.1 从无线传感器网络到无线多媒体传感器网络	174
-------------------------------	-----

8.2 无线多媒体传感器网络的体系结构	175
8.2.1 网络组成	175
8.2.2 通信协议架构	176
8.3 覆盖优化	177
8.3.1 覆盖优化简介	177
8.3.2 覆盖优化问题	179
8.3.3 覆盖优化方法	179
8.4 视频编码	181
8.4.1 视频编码简介	181
8.4.2 经典的视频编码方法	182
8.4.3 分布式视频编码	183
8.5 视频传输	184
8.5.1 视频传输简介	184
8.5.2 基于分层协议的视频传输	185
8.5.3 基于跨层协作的视频传输	185
8.5.4 视频传输方案举例	186
习题 8	187
第 9 章 无线传感器网络的应用	188
9.1 基于无线传感器网络的医疗健康护理系统	188
9.1.1 基于无线传感器网络的医疗健康护理系统架构	188
9.1.2 可穿戴 UbiCell 医疗传感器节点	189
9.1.3 面向医疗健康护理应用的网关节点	189
9.1.4 医疗健康护理基站软件系统	189
9.1.5 医疗健康护理移动终端(PDA)软件系统	192
9.2 基于无线传感器网络的智能家居系统	194
9.2.1 智能家居系统概述	194
9.2.2 智能家居系统实现流程	194
9.2.3 基于无线传感器网络的智能家居应用	195
9.3 基于无线传感器网络的智能交通系统	197
9.3.1 智能交通概述	197
9.3.2 智能交通系统介绍	198
9.3.3 车流量监测节点	200
9.3.4 汇聚节点	201
9.3.5 后台处理系统	203
习题 9	204
参考文献	205

无线传感器网络概述

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是当前在国际上备受关注的、多学科高度交叉的、知识高度集成的前沿热点研究领域。传感器技术、微机电系统、现代网络和无线通信等技术的进步,推动了现代无线传感器网络的产生和发展。无线传感器网络扩展了人们的信息获取能力,将客观世界的物理信息同传输网络连接在一起,在下一代网络中将为人们提供最直接、最有效、最真实的信息。本章主要是对无线传感器网络作一个基本的介绍,主要介绍了无线传感器网络的基本概念、体系结构、主要特点及无线传感器网络的发展与应用。

1.1 无线传感器网络的基本概念与体系结构

1. 基本概念

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是由部署在监测区域内大量的成本很低、由微型传感器节点组成的、通过无线通信方式形成的一种多跳自组织的网络系统,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖范围内感知对象的信息,并发送给观察者或者用户。传感器、感知对象和观察者构成了传感器网络的三个要素。

无线传感器网络具有众多类型的传感器节点,可用来探测包括地震、电磁、温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分等周边环境多种多样的现象。无线传感器网络的任务是利用传感器节点来监测节点周围的环境,收集相关数据,然后通过无线收发装置采用多跳路由的方式将数据发送给汇聚节点,再通过汇聚节点将数据传送到用户端,从而达到对目标区域的监测。它综合了计算技术、通信技术及传感器技术,能够通过各类集成化的微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种环境信息或被监测对象的信息,这些信息以无线方式传送,并以自组织多跳的网络方式传送到用户终端,从而实现物理世界、计算机世界及人类社会三元世界的连通。

2. 体系结构

典型的传感器网络的体系结构如图 1-1 所示,其中通常包括传感器节点(Sensor Node, SN)、汇聚节点(Sink Node, SN)、网关节点和管理基站(带终端计算机系统)。大量传感器节点随机或有规律地部署在监测区域(Sensor Field, SF)内部或附近,能够通过无线多跳自组织方式构成网络。传感器节点监测的数据通过无线信道进行传输,在传输过程中监测数

据可能被多节点处理,经过多跳后路由到汇聚节点,由汇聚节点将数据传送到网关节点,再由网关节点通过外部网络(外部网络包括以太网、无线局域网、移动通信网、卫星网络等)传输给管理基站、远程机器或用户终端。网络管理者可以通过管理基站发送控制指令实现对传感器网络的配置和管理,或发布监测任务并收集传感器网络监测到的数据。

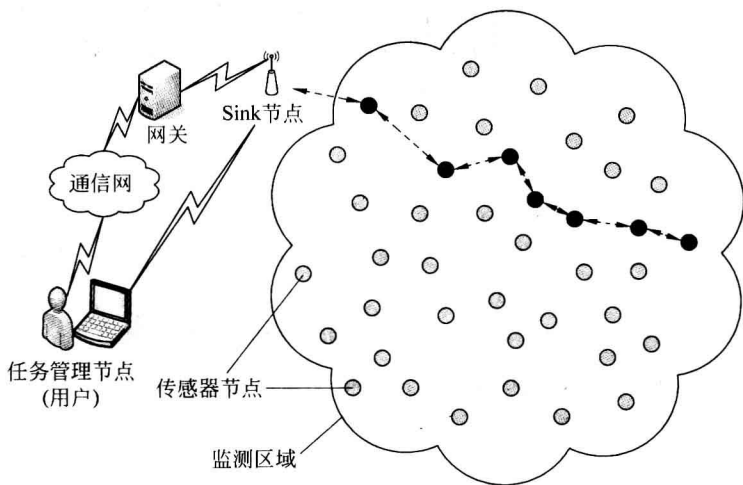


图 1-1 典型的无线传感器网络结构

传感器节点通常是一个微型的嵌入式系统,它的处理能力、存储能力和通信能力相对较弱,并具有感知物理环境数据的能力。目前常见的传感器节点一般通过能量有限的电池供电。从网络功能上看,每个传感器节点兼顾传统网络节点的终端和路由器双重功能,除了进行本地信息收集和数据处理外,还要对其他节点转发来的数据进行存储、管理和融合等处理,同时与其他节点协作完成一些特定任务。

汇聚节点主要负责将普通传感节点传送回的数据分类汇总,一方面可以通过标准接口直接上传至 PC 监控终端;另一方面,针对于远程监控,汇聚节点将环境数据传送给网关节点。

网关设备的处理能力、存储能力和通信能力比传感器节点强,但没有感知能力,一般有充足、稳定的固定电源为其系统供电。网关设备通过无线方式连接传感器网络,通过有线或具有可靠通信质量的无线接入网络与 Internet 等外部网络通信,可以实现两种通信协议栈之间的通信协议转换,充当基站管理设备和传感器网络之间的通信员,可以发布基站管理设备的检测任务,并把收集的传感数据转发到外部网络中。

管理节点实际上是传感器网络使用者直接操纵的计算机终端或服务器,充当无线传感器网络服务器的角色,通过与管理基站的信息传递来监控整个网络的数据和状态。

1.2 无线传感器网络的特点

无线传感器网络作为一种新型的信息获取系统,具有极其广阔的应用前景,它与传统的无线网络(如无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)和蜂窝移动电话网络)及

在组网形式上相似的移动 Ad hoc 网络(Mobile Ad-hoc NETWORK, MANET)相比,其设计目的、技术要求和应用需求都存在着自己独有的特点。传统的无线网络和 MANET 网络都是以传输数据、完成通信为目的,中间节点仅负责分组数据的转发,通常中间节点具有持续的能量供给。它们注重在高度移动的环境中通过优化路由和资源管理策略,最大化带宽利用率,同时提供高性能的服务质量(Quality of Service, QoS)。而无线传感器网络则是以数据为中心,以获取信息为目的,中间节点不但要转发数据,还要进行与具体应用相关的数据处理、融合和缓存,除了少数节点可能移动外,大部分节点都是静止的;当运行在恶劣甚至危险的远程环境中时,传感器节点的电池无法补充更新。因此,无线传感器网络的首要设计目标是能源的高效使用,设计有效的策略延长网络生命周期,能量效率的设计准则贯彻在 WSN 中硬件、软件、算法和协议等各个层面。无线传感器网络的主要特点如下。

1. 大规模性且具有自适应性

为了获取精确信息,在监测区域通常部署大量传感器节点。无线传感器网络的大规模性包括两个含义:一方面是传感器节点分布在很广泛的地理区域内;另一方面,单位面积内所拥有的网络节点数较多,部署很密集。

大规模性的优点:通过不同空间视角获得的信息具有更大的信噪比;分布式处理大量的采集信息可以提高监测的精确度,降低对单个节点的精度要求;大量冗余节点的存在可以提高系统的容错性能;减少盲区的存在。

此外,无线传感器网络可以分布在很广泛的地理区域,网络的拓扑结构变化很快,而且网络一旦形成,人很少干预其运行,因此,无线传感器网络的软、硬件必须具有高强壮性和容错性,相应的通信协议必须具有可重构和自适应性。

2. 无中心和自组织

在无线传感器网络中,所有节点的地位都是平等的,没有预先指定的中心,各节点通过分布式算法来相互协调,可以在无人工干预和任何其他预置的网络设施的情况下,节点自动组织成网络。正是由于无线传感器网络中没有中心,所以网络不会因为单个节点的损坏而损毁,使得网络具有较好的鲁棒性和抗毁性。

3. 网络动态性强

无线传感器网络中的传感器、感知对象和观察者这三要素都可能具有一定的移动性,并且经常有新节点加入或已有节点失效。网络的拓扑结构动态变化,传感器、感知对象和观察者三者之间的路径也随之变化,网络必须具有可重构和自调整性。因此,无线传感器网络具有很强的动态性。

4. 以数据为中心的网络

与 Internet 以地址为中心不同的是,无线传感器网络是任务型的网络,脱离网络谈论传感器节点是没有任何意义的。对于观察者来说,传感器网络的核心是感知数据而不是网络硬件。以数据为中心的特点要求传感器网络的设计必须以感知数据管理和处理为中心,把

数据库技术和网络技术紧密结合,从逻辑概念和软、硬件技术两个方面实现一个高性能的以数据为中心的网络系统,使用户如同使用通常的数据库管理系统和数据处理系统一样自如地在传感器网络上进行感知数据的管理和处理工作。

5. 应用相关性

不同的传感器网络关心不同的物理量,因此对传感器的应用系统也有多样性的要求,其硬件平台、软件系统和网络协议也有很大的差别。所以传感器网络不能像 Internet 那样有统一的通信协议平台。针对每一个具体的应用来研究无线传感器网络技术,即应用相关性,是无线传感器网络设计不同于传统网络的显著特征。

1.3 无线传感器节点

无线传感器节点的硬件部分一般由传感器模块、中央处理器模块、无线通信模块和能量供应模块这 4 部分组成,如图 1-2 所示。

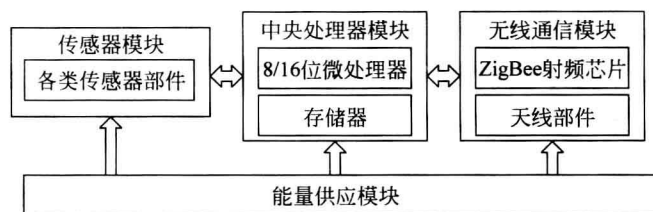


图 1-2 典型无线传感器节点系统框图

1. 传感器模块

传感器模块负责整个监测区域内信息的采集和数据转换;传统意义上的传感器模块一般包括传感器探头和变送系统两个部分。不同种类、不同精度要求的传感器,其自身体积和对变送系统的要求也各不相同。

传感器的工作原理一般是这样的:首先将测到的物理量的变化通过各种机制转换成电阻、电容或者电感变化;随后,这些电子特性变化通过转换电路,例如阻桥电路,转换成电压信号;接着,电压信号经过积分电路、放大电路进行整形处理;最后,采集电路 ADC 将模拟电压信号转换成数字信号。转换的数字和采集的电压之间是线性关系,但采集的电压信号和原始物理量之间的关系往往要用特定的传递函数描述,故要把采集到的数据直接对应到原始物理量,还需要通过处理器查表或者用传递函数进行计算。

节点的传感器模块大体上有两种实现模式。一种是直接将传感器集成在节点上,这类设计方案主要针对体积较小、应用电路简单的传感器。节点上可以集成温度、湿度、加速度、磁力等传感器,并可根据应用需求完成多种传感功能,但集成型的传感器不易于系统的扩展,灵活性也不强。另一种是将传感器以插件的方式同节点连接,主要应用于规模较大的传感器模块,如南京邮电大学的 UbiCell 节点就是采用这样的结构。UbiCell 节点上的温度传感器、光照度传感器和湿度传感器分别采用的是 DS18B20、LX1970 和 HS1101,它们并不直

接连接在节点上,而是集成在一个带有数码管的传感面板上,通过传感面板与节点之间的标准 I/O 接口实现传感数据传输。传感面板的实物图如图 1-3 所示。

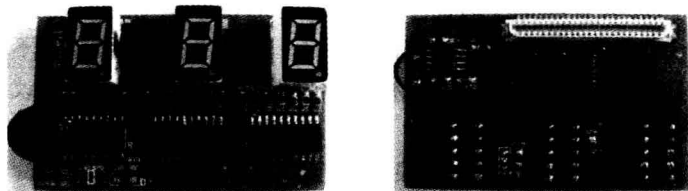


图 1-3 UbiCell 节点的传感面板实物图

2. 中央处理器模块

同 CPU 在计算机系统中的核心地位一样,无线传感器节点的中央处理器模块同样是节点的数据处理和计算的中心,节点的任务调度、设备控制、通信协议的实现、功能协调、数据融合、数据存储、能耗管理等功能都将在这个模块的支持下完成。

具体来说,无线传感器节点的中央处理器模块主要完成以下三个方面的工作:①接收来自各类型传感器的测量数据,完成数据处理,交由无线通信模块发送;②读取无线通信模块接收到的数据和控制信息,进行数据处理并实现对其他模块的控制;③实现无线传感器网络中的各种算法和协议,如 MAC 协议、路由协议、定位算法等。

3. 无线通信模块

无线通信模块负责与其他无线传感器节点之间的通信,交换控制信息和收发采集数据。随着集成电路技术的飞速发展,无线通信芯片的体积越来越小,价格也越来越低,这也更符合无线传感器网络微型化和低成本的要求。

4. 能量供应模块

能量供应模块是任何电子系统的必备模块。而对无线传感器网络节点来说,能量供应模块的设计好坏更为重要,它决定着传感器网络的寿命。由于无线传感器网络经常会布置在人烟稀少或者人类无法到达的区域,所以其能源不可能来自于现在普遍使用的工业电能,而只能求助于自身的存储和自然界的给予(例如太阳能电池)。如果节点能够拥有大容量电源,那么其功能将更易于实现,并在此基础上大大延长整个网络的生存时间,提高工作效率。

由于目前仍有许多无线传感器网络的应用集中于室内,所以一个典型的做法是提供“双模式”的供电方式:第一,通过电池供电,适合于布置在室外的节点;第二,使用 8~12V 的稳压直流电源供电,经 1117-ADJ 转变为 3.3V 电压,这也是 AVR 单片机常用的电压之一。这样可以减少使用电池的成本,避免了频繁更换电池的麻烦。

5. 无线传感器节点的特点

无线传感器节点在实现各种网络协议和应用系统时,存在以下一些现实约束,具有明显特点: