

21世纪高等学校规划教材 | 物联网



无线传感器网络技术
原理及应用

许毅 陈立家 甘浪雄 伍新华 编著
袁景凌 审



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 原理及应用

许 毅 陈立家 甘浪雄 伍新华 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书根据物联网工程本科专业的发展方向和教学需要,结合无线网络传感器网络技术的最新发展技术及其应用现状编写而成,主要介绍无线传感器网络的基本概念、无线传感器网络开发环境、无线传感器网络拓扑控制与覆盖技术、无线传感器网络通信与组网技术、无线传感器网络支撑技术、无线传感器网络协议的技术标准、无线传感器网络安全技术、无线传感器网络接入技术、无线传感器网络的应用、无线传感器网络与物联网等。

本书内容丰富、覆盖面广、浅显易懂,不仅注重基本概念和基础技术,还强调了技术应用和实践教学内容,力求概念准确、图文并茂。

本书可作为普通高等院校物联网工程专业的本科教材,主要针对以下阅读群体:

- ① 开设无线传感器网络课程的本科生,涉及的专业包括物联网工程、计算机和自动化等信息技术类专业;
- ② 普通高校的硕士生、博士生(作为无线传感器网络的入门辅导书);
- ③ 工程技术开发人员。

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原理及应用/许毅等编著.--北京:清华大学出版社,2015

21世纪高等学校规划教材·物联网

ISBN 978-7-302-39161-6

I. ①无… II. ①许… 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(2015)第017972号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

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:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:29

字 数:702千字

版 次:2015年9月第1版

印 次:2015年9月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.50元

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

作为物联网最重要的基础支撑技术之一,无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是当前在国际上备受关注的、涉及多学科高度交叉、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。

无线传感器网络作为全新的技术领域,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。无线传感器网络能够获取客观物理信息,具有十分广阔的应用前景,能应用于军事国防、工农业控制、城市管理、生物医疗、环境检测、抢险救灾、危险区域远程控制等领域。已经引起了许多国家学术界和工业界的高度重视,被认为是对 21 世纪产生巨大影响的技术之一。我国也把这项技术发展列入长期科技发展规划,2009 年 8 月,温家宝同志在中科院无锡高新微纳传感网络工程研发中心考察时,强调在国家重大科技专项中,要加快推进无线传感器网络的发展。

物联网工程专业是一个完全崭新的专业,是教育部 2010 年根据国家新兴战略性新兴产业发展需要新设立的相关本科专业,无线传感器网络是物联网工程专业的核心课程之一。本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。因此,给本专业学生或者其他相关信息专业的本科生介绍和学习无线传感器网络的基本内容和基础技术具有非常重要的意义。

随着无线传感器网络技术的不断发展,本科教学内容也要随之发生改变。因此,编者在从事无线传感器网络技术多年工程实践、教学活动的基础上,对 2011 年出版的《无线传感器网络原理及方法》一书的内容进行了大量的修改,增加了许多新的技术内容和实践教学内容,让学生更好地学习掌握无线传感器网络的最新技术,以适应当今社会发展。

本书依据物联网工程专业培养计划及无线传感器网络教学大纲而编写。为了适合教学需要,每章提供完整的教学电子文档,各章后面均附有习题,书后附有主要的参考文献。通过本课程的学习,主要让学生掌握无线传感器网络设计与开发的基本技术,为今后从事无线传感器网络系统和网络化探测设备的设计开发打下良好的基础。

本书对无线传感器网络的核心技术进行了较为深入且全面的剖析,在编写上力求内容完整,深入浅出;在内容描述上做到理论与实践、技术与应用相结合。本书建立了一套完整的教学与实践体系,全书共分 9 章。

第 1 章是绪论,内容包括 WSN 的基本概念、WSN 的特点、WSN 的关键性能指标、传感器的类型、WSN 的应用和 WSN 的研究历史。

第 2 章是 WSN 开发环境,内容包括 WSN 平台硬件设计、WSN 的操作系统、现代 WSN 实验平台和 ZigBee 硬件平台等。

第 3 章是 WSN 拓扑控制与覆盖技术,内容包括 WSN 拓扑结构、拓扑控制概述、拓扑控

制技术、层次性拓扑结构控制方法、启发机制、覆盖和传感器网络的覆盖控制等。

第4章是WSN通信与组网技术,内容包括WSN协议结构、物理层、数据链路层协议、网络层协议、传输层协议、应用层协议、MAC协议和路由协议等。

第5章是WSN支撑技术,内容包括时间同步、定位技术、数据融合、能量管理、容错技术、QoS保证和安全性保证等。

第6章是WSN协议技术标准,内容包括技术标准的意义、IEEE 1451系列标准、ZigBee协议栈原理、蓝牙(Bluetooth)、WiFi技术、UWB、红外线数据传输技术(IrDA)和各种短距离无线通信技术特点比较等。

第7章是WSN接入技术,内容包括多网融合体系结构、接入技术、WSN接入Internet、传感器网络服务提供方法、多网融合网关的硬件设计和网关接入外部基础设施网络的实现等。

第8章是WSN的应用,内容包括基于WSN路况信息监测技术的实现、基于WSN的智能家居系统设计与实现和基于TinyOS的WSN定位系统的设计等。

第9章是WSN与物联网,内容包括物联网的基本概念,RFID与WSN的整合,物联网环境下的WSN和基于RFID的WSN车载信息服务系统设计等。

本书作者的工作得到了国家自然科学基金项目、湖北省基金项目、湖北省教研项目、武汉理工大学教研项目等的支持和资助,在此表示谢意!感谢武汉创维特公司提供实验开发板和实验原理图、感谢刘铁刚经理及公司工程师在实验过程中提供技术指导,为本书的撰写提供实验数据。研究生李振华、刘书进、毛楚阳、刘姣姣、李兆祥、崔梅、杨威、曾伟伟、刘荣兰、张佳珂、许永强、高玉、李欢、秦雪涵和赵晓静等人为本书的完成也做出了贡献。另外,本书编写过程中参考了大量文献和资料,恕不一一列举,在此对原作者深表谢意。

许毅完成第1章、第4章和第7章的编写,陈立家完成第3章、第5章和第6章的编写,甘浪雄完成第2章和第8章的编写,伍新华完成第9章的编写。

无线传感器网络技术发展非常快,目前正处在迅速发展时期,新思想、新技术、新观点不断涌现,本书力求比较全面地介绍无线传感器网络的主要技术原理及应用,由于作者水平所限,书中内容难免存在不足之处,希望广大读者批评指正。

感谢读者选择使用本书,欢迎您对本书内容提出批评和修改建议,本书的作者将竭诚为您服务。作者的电子邮件地址: xuyi@whut.edu.cn。

作者

2015年6月于武汉

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 WSN 的基本概念	1
1.1.1 无线网络的描述	1
1.1.2 WSN 的定义	2
1.1.3 WSN 系统的组成	2
1.2 WSN 的特点	3
1.2.1 与无线自组网的区别	3
1.2.2 与现场总线的区别	3
1.2.3 传感器节点的限制	4
1.2.4 WSN 的特点	5
1.3 WSN 的关键性能指标	7
1.4 传感器的类型	9
1.4.1 传感器的基础知识	9
1.4.2 传感器的分类	9
1.4.3 常见传感器的类型介绍	10
1.4.4 传感器的基本特性	12
1.5 WSN 的应用	14
1.6 WSN 的研究历史	16
1.6.1 计算设备的演化历史	16
1.6.2 WSN 发展的三个阶段	16
1.6.3 WSN 的发展趋势	18
习题 1	20
第 2 章 WSN 开发环境	22
2.1 概述	22
2.2 WSN 平台硬件设计	23
2.2.1 系统结构图	23
2.2.2 节点设计内容与要求	23
2.2.3 节点的模块化设计	25
2.2.4 传感器节点开发实例	31
2.2.5 常见传感器节点	34
2.3 WSN 的操作系统	36

2.3.1	概述	36
2.3.2	nesC 语言	37
2.3.3	TinyOS 组件模型	44
2.3.4	TinyOS 通信模型	47
2.3.5	TinyOS 事件驱动机制	49
2.3.6	调度策略	50
2.3.7	能量管理机制	51
2.3.8	LED 灯闪烁实验分析	52
2.4	现代 WSN 典型实验平台	54
2.4.1	硬件系统的组成	54
2.4.2	硬件组件介绍	55
2.4.3	传感器节点	56
2.4.4	路由器节点	57
2.5	ZigBee 硬件平台	58
2.5.1	CC2530 芯片的特点	58
2.5.2	CC2530 片上 8051 内核	59
2.5.3	CC2530 主要特征外设	60
2.5.4	CC2530 无线收发器	62
2.5.5	CC2530 开发环境 IAR	62
	习题 2	65
第 3 章	WSN 拓扑控制与覆盖技术	66
3.1	WSN 拓扑结构	66
3.1.1	平面网络结构	67
3.1.2	分级网络结构	67
3.1.3	混合网络结构	67
3.1.4	Mesh 网络结构	68
3.2	拓扑控制	69
3.2.1	概述	69
3.2.2	拓扑控制的意义	70
3.2.3	拓扑控制设计目标	70
3.3	功率控制	72
3.4	层次性拓扑结构控制方法	74
3.5	启发机制	76
3.6	覆盖	77
3.6.1	覆盖理论基础	77
3.6.2	覆盖感知模型	79
3.6.3	覆盖算法分类	80
3.6.4	典型覆盖算法	81

3.6.5 覆盖能效评价指标	85
3.7 传感器网络的覆盖控制	86
习题 3	91
第 4 章 WSN 通信与组网技术	92
4.1 WSN 协议结构	92
4.1.1 传统网络协议 OSI 参考模型	92
4.1.2 WSN 协议的分层结构	93
4.2 物理层	95
4.2.1 物理层概述	95
4.2.2 通信信道分配	95
4.2.3 调制解调方式	98
4.2.4 WSN 物理层的设计	99
4.3 数据链路层协议	101
4.4 网络层协议	103
4.5 传输层协议	104
4.5.1 Event-to-Sink 传输	105
4.5.2 Sink-to-Sensors 传输	106
4.6 应用层协议	106
4.6.1 传感器管理协议	107
4.6.2 任务分派与数据广播协议	107
4.6.3 传感器查询与数据分发协议	107
4.7 MAC 协议	107
4.7.1 MAC 协议的分类	108
4.7.2 IEEE 802.11 协议	108
4.7.3 基于竞争的 MAC 协议	118
4.7.4 基于时分复用的 MAC 协议	125
4.8 路由协议	134
4.8.1 路由协议概述	134
4.8.2 平面路由协议	137
4.8.3 层次路由协议	140
4.8.4 能量感知路由	144
4.8.5 基于查询的路由	147
4.8.6 地理位置路由	150
4.8.7 可靠路由协议	156
4.8.8 路由协议自主切换	161
习题 4	162

第 5 章 WSN 支撑技术	164
5.1 时间同步	164
5.1.1 时钟同步问题	165
5.1.2 时间同步问题	166
5.1.3 时间同步基础	168
5.1.4 时间同步协议	170
5.2 定位技术	176
5.2.1 基本描述	176
5.2.2 节点位置的计算方法	178
5.2.3 基于测距的定位算法	180
5.2.4 距离无关的定位算法	183
5.2.5 典型的定位系统	197
5.3 数据融合	200
5.3.1 数据融合的基本概念	200
5.3.2 数据融合分类	201
5.3.3 常用的数据融合算法	203
5.3.4 WSN 数据融合技术	206
5.3.5 WSN 数据融合算法实现	212
5.4 能量管理	221
5.4.1 能量管理的意义	221
5.4.2 电源节能方法	222
5.4.3 动态能量管理	224
5.5 容错技术	232
5.5.1 容错技术的基本描述	232
5.5.2 故障模型	234
5.5.3 故障检测与诊断	235
5.5.4 故障修复	240
5.6 QoS 保证	242
5.6.1 QoS 概述	242
5.6.2 QoS 研究	245
5.7 安全性	248
5.7.1 WSN 安全威胁模型	248
5.7.2 WSN 安全要求	248
5.7.3 WSN 中的安全攻击	250
习题 5	256
第 6 章 WSN 协议技术标准	257
6.1 技术的意义	257

6.2	IEEE 1451 系列标准	259
6.3	IEEE 802.15.4 标准	262
6.3.1	IEEE 802.15.4 标准概述	262
6.3.2	物理层	263
6.3.3	MAC 子层	265
6.3.4	符合 IEEE 802.15.4 标准的传感器网络实例	268
6.4	ZigBee 协议栈原理	270
6.4.1	概述	270
6.4.2	寻址	271
6.4.3	绑定	274
6.4.4	路由	276
6.4.5	ZDO 消息请求	278
6.4.6	便携式设备	279
6.4.7	端到端确认	279
6.4.8	其他	280
6.4.9	安全	281
6.4.10	ZigBee 系统软件的设计	282
6.4.11	符合 ZigBee 规范的传感器网络实例	284
6.5	蓝牙	286
6.5.1	蓝牙协议栈简介	286
6.5.2	蓝牙协议栈分析	287
6.5.3	蓝牙技术的发展趋势	295
6.6	Wi-Fi 技术	296
6.6.1	概述	296
6.6.2	Wi-Fi 协议架构	299
6.6.3	Wi-Fi 技术应用	300
6.7	UWB 技术	302
6.7.1	概括	302
6.7.2	UWB 主流技术	302
6.7.3	UWB 的发展趋势	304
6.8	红外线数据传输技术	304
6.9	短距离无线通信技术特点比较	304
	习题 6	305
第 7 章	WSN 接入技术	306
7.1	多网融合体系结构	306
7.2	面向 WSN 接入	307
7.2.1	概述	307
7.2.2	面向以太网的 WSN 接入	309

7.2.3	面向无线局域网的 WSN 接入	311
7.2.4	面向移动通信网的 WSN 接入	312
7.3	WSN 接入 Internet	315
7.3.1	概述	315
7.3.2	WSN 接入 Internet 结构	316
7.3.3	WSN 接入 Internet 方法	317
7.3.4	WSN 接入 Internet 体系结构设计	321
7.4	WSN 服务提供方法	324
7.4.1	服务提供体系	324
7.4.2	服务提供网络中间件	325
7.4.3	服务提供步骤	326
7.5	多网融合网关的硬件设计	327
7.5.1	网关总体结构设计	328
7.5.2	现代 WSN 网关实验平台	332
7.6	网关接入外部基础设施网络的实现	335
	习题 7	337
第 8 章	WSN 的应用	338
8.1	基于 WSN 路况信息监测技术的实现	338
8.1.1	路面参数监测传感器选择	338
8.1.2	道路车流量监测的传感器	346
8.1.3	交通参数监测技术	353
8.1.4	交通参数监测的实施方案	360
8.2	基于 WSN 的智能家居系统设计与实现	362
8.2.1	智能家居的基本描述	362
8.2.2	智能家居系统的整体架构	363
8.2.3	节点硬件设计	367
8.2.4	终端节点硬件设计	371
8.2.5	节点软件部分设计	379
8.2.6	节点功能的实现	383
8.2.7	节点能量控制	390
8.2.8	智能家居网关分析	392
8.2.9	智能家居网关通信技术	393
8.2.10	智能家居网关总体设计	395
8.2.11	智能家居网关硬件设计	397
8.2.12	智能家居网关操作系统及驱动移植	399
8.2.13	智能家居网关应用软件设计	401
8.2.14	智能家居系统演示平台搭建	406
8.3	基于 TinyOS 的 WSN 定位系统的设计	409

8.3.1	定位系统设计的原则	409
8.3.2	定位系统算法选择	410
8.3.3	WSN 节点硬件设计	411
8.3.4	TinyOS 程序编译与移植	412
8.3.5	RSSI 定位的 TinyOS 实现	413
8.3.6	未知节点程序设计	414
8.3.7	信标节点程序设计	415
8.3.8	网关节点程序设计	417
8.3.9	实验测试结果	418
8.3.10	无线传输损耗模型分析与验证	419
习题 8		422
第 9 章 WSN 与物联网		423
9.1	物联网的基本概念	423
9.1.1	物联网的兴起	423
9.1.2	物联网的定义	424
9.1.3	物联网的特点	424
9.1.4	物联网的技术架构	425
9.1.5	物联网关键技术	426
9.2	RFID 与 WSN 的整合	426
9.2.1	RFID 的基础理论	426
9.2.2	RFID 和 WSN 整合的原因	427
9.2.3	RFID 标签与传感器的整合	429
9.2.4	RFID 标签与传感器节点的整合	433
9.2.5	读写器与传感器节点的整合	435
9.2.6	RFID 和传感器的整合	437
9.3	物联网环境下的 WSN	439
9.4	基于 RFID 的 WSN 车载信息服务系统设计	440
9.4.1	系统整体设计	440
9.4.2	系统硬件设计	441
9.4.3	系统网络模块	443
9.4.4	系统软件设计	443
9.4.5	应用软件设计	444
9.4.6	系统软件测试	445
习题 9		446
参考文献		448

第 1 章

绪论

学习目标

- 掌握无线传感器网络的定义。
- 掌握无线传感器网络系统的组成。
- 理解无线传感器网络与无线网络的关系。
- 掌握无线传感器网络的特点。
- 掌握无线传感器网络的关键性能指标。
- 了解传感器的分类。
- 了解传感器的基本特性。
- 了解无线传感器网络的应用。
- 了解无线传感器网络的发展历史。

1.1 WSN 的基本概念

1.1.1 无线网络的描述

无线网络的定义不仅包括允许用户建立远距离无线连接的全球语音和数据网络,而且还包括为近距离无线连接进行优化的红外线技术及射频技术,与有线网络的用途十分类似,最大的不同在于传输媒介的不同,利用无线电技术取代网线,可以和有线网络互为备份。

无线网络的分类如图 1-1 所示,分为有基础设施网和无基础设施网两类。

有基础设施网,需要固定基站。例如人们使用的手机,属于无线蜂窝网,它就需要高大的天线和大功率基站来支持,基站就是最重要的基础设施;另外,使用无线网卡上网的无线局域网,由于采用了接入点这种固定设备,也属于有基础设施网。

无基础设施网,又称为无线 Ad Hoc 网络,节点是分布式的,没有专门的固定基站。

无线 Ad Hoc 网络可分为移动 Ad Hoc 网络和无线传感器网络两类。

移动 Ad Hoc 网络的终端是快速移动的。一个典型的例子是美军 101 空降师装备的



图 1-1 无线网络的分类

Ad Hoc 网络通信设备,保证在远程空投到一个陌生地点之后,在高度机动的装备车辆上仍然能够实现各种通信业务,而无须借助外部设施的支援。

无线传感器网络(WSN)的节点是静止的或者移动很慢。

Ad Hoc 网络是一种多跳的、无中心的、自组织无线网络,又称为多跳网、无基础设施网或自组织网。整个网络没有固定的基础设施,每个节点都是移动的,并且都能以任意方式动态地保持与其他节点的联系。在这种网络中,由于终端无线覆盖取值范围的有限性,两个无法直接进行通信的用户终端可以借助其他节点进行分组转发。每一个节点同时是一个路由器,它们能完成发现以及维持到其他节点路由的功能。

无线自组网(Mobile Ad Hoc Network)是一个由几十到上百个节点组成的、采用无线通信方式的、动态组网的多跳的移动性对等网络。

1.1.2 WSN 的定义

无线传感器网络的标准定义是,无线传感器网络是大量的静止或移动的传感器以自组织和多跳的方式构成的无线网络,目的是协作地探测、处理和传输网络覆盖区域内感知对象的监测信息,并报告给用户。

传感器网络负责实现数据采集、处理和传输三种功能,而这正对应着现代信息技术的三大基础技术,即传感器技术、计算机技术和通信技术,它们分别构成了信息系统的“感官”、“大脑”和“神经”三个部分。因此说,无线传感器网络正是这三种技术的结合,可以构成一个独立的现代信息系统(如图 1-2 所示)。

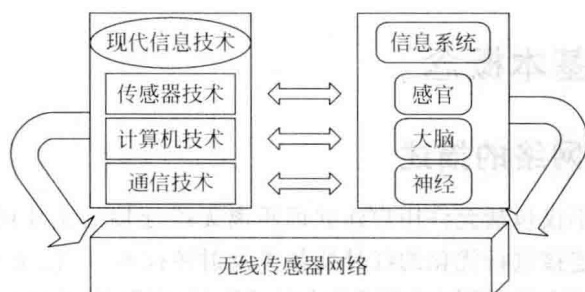


图 1-2 现代信息技术与无线传感器网络之间的关系

传感器、感知对象和用户是传感器网络的三个基本要素。无线网络是传感器之间、传感器与用户之间最常用的通信方式,用于在传感器与用户之间建立通信路径。协作式地感知、采集、处理和发布感知信息是传感器网络的基本功能。

一组功能有限的传感器节点协作地完成大的感知任务,是传感器网络的重要特点。传感器网络中的部分或全部节点可以慢速移动,拓扑结构也会随着节点的移动而不断地动态变化。节点间以 Ad Hoc 方式进行通信,每个节点都可以充当路由器的角色,并且都具备动态搜索、定位和恢复连接的能力。

1.1.3 WSN 系统的组成

每个传感器节点由数据采集模块(传感器、A/D 转换器)、数据处理和控制模块(微处理器、存储器)、通信模块(无线收发器)和供电模块(电池、DC/DC 能量转换器)等组成。

无线传感器网络系统一般包括传感器节点和汇聚节点(Sink Node)。节点可以通过飞机布撒或人工布置等方式,大量部署在被感知对象内部或附件中。这些节点通过自组织的方式构成无线网络,以协作的方式实时感知、采集和处理网络覆盖区的信息,并通过多跳的方式经由汇聚节点链路将整个区域的信息传送到远程控制管理中心。反之远程控制管理中心也可以对网络节点进行实时监控和操作。图 1-3 是一个典型的无线传感器网络系统结构,包括分布式传感器节点、接收/发送器、互联网和用户界面等。

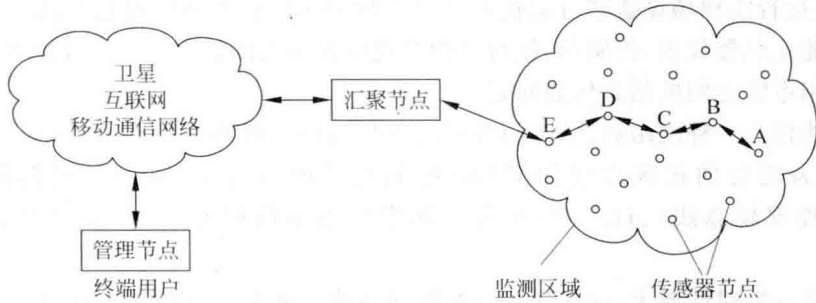


图 1-3 无线传感器网络系统组成

传感器节点在网络中可以充当数据采集者、数据中转站或簇头节点(Cluster-head Node)的角色。作为数据采集者,节点收集周围环境的数据(如温度、湿度),通过通信路由协议直接或间接将数据传输给基站(Base Station)或汇聚节点(Sink Node);作为数据中转站,节点除了完成采集任务外,还要接收邻居节点的数据,将其转发给距离基站更近的邻居节点或者直接转发到基站或汇聚节点;作为簇头节点,节点负责收集该类内所有节点采集的数据,经数据融合后,发送到基站或汇聚节点。

1.2 WSN 的特点

1.2.1 与无线自组网的区别

传感器网络虽然与无线自组网有相似之处,但同时也存在很大的差别,主要表现在以下三个方面:

(1) 传感器网络是集成了监测、控制以及无线通信的网络系统,节点数目更为庞大(上千甚至上万),节点分布更为密集。

(2) 由于环境影响和能量耗尽,节点更容易出现故障,环境干扰和节点故障易造成网络拓扑结构的变化,通常情况下,大多数传感器节点是固定不动的。

(3) 传感器节点具有的能量、处理能力、存储能力和通信能力等都十分有限。传统无线网络的首要设计目标是提供高质量服务和高效带宽利用,其次才考虑节约能源;而传感器网络的首要设计目标是能源的高效使用,这也是传感器网络 and 传统网络最重要的区别之一。

1.2.2 与现场总线的区别

现场总线是指以工厂内的测量和控制机器间的数字通信为主的网络,也称现场网络。也就是将传感器、各种操作终端和控制器间的通信及控制器之间的通信进行数字化的网络。