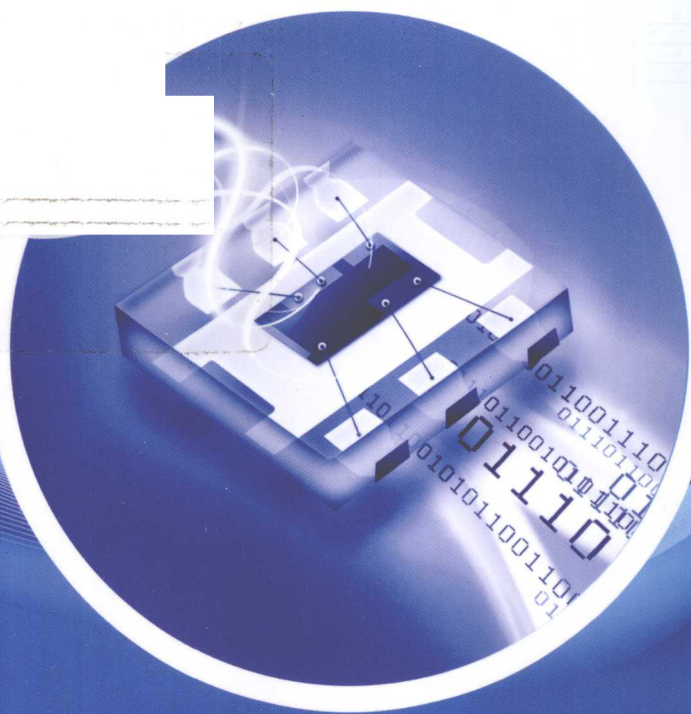


WUXIAN CHUANGANQI WANGLUO JISHU JI YINGYONG

无线传感器 网络技术的应用

张少军 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

WUXIAN CHUANGANQI WANGLUO JISHU JI YINGYONG

无线传感器 网络技术的应用



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书的内容包括无线传感器网络基础知识、IEEE802.15.4 标准和 ZigBee 协议规范、无线传感器网络的路由协议、短距无线数据网络基础、无线传感器网络的覆盖控制、无线传感器网络的拓扑控制技术、无线传感器网络的节点定位技术、无线传感器网络的安全、传输网络、无线传感器网络系统的硬件开发与设计、应用于建筑环境小规模的无线传感器网络以及在部分行业中的应用。

本书可以作为建筑类高等院校的建筑电气与智能化、电气工程与自动化、自动化、电气工程、机械电子工程的专业教师、研究生和本科生、专业研究和工程技术人员参考用书，也可以作为以上专业的高年级本科生和研究生的教学参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

无线传感器网络技术及应用/张少军编著. —北京: 中国电力出版社, 2010

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9561 - 6

I. 无… II. 张… III. 无线电通信—传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 188603 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑: 张鹤凌 责任印制: 陈焊彬 责任校对: 付珊珊

航远印刷有限公司印刷 · 各地新华书店经售

2010 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 12.5 印张 · 306 千字

定价: 32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010-88386685)



前

言

作为一种短距、低功耗无线网络技术，无线传感器网络技术在科研、工业、国防、国民经济各个领域应用的越来越广泛和深入。该书的撰写除了将无线传感器网络技术的基本理论体系作了系统性地展开以外，撰写风格上具有较强的建筑行业特点，书中使用了一定的篇幅、较深入地叙述和介绍了无线传感器网络技术在建筑行业、城市供热、工业控制中的检测控制领域以及部分环境监测中的应用等内容。

本书对应用于建筑环境小规模无线传感器网络技术涉及的许多相关问题作出了较深入的研究；对无线传感器网络技术中传输网络的结构以及组成方式的灵活多样性也作了较深入的探讨。

通过较系统地介绍无线传感器网络技术及在部分行业中的应用，读者可以较深入地了解 and 掌握无线传感器网络技术的基本理论、基本技能，同时掌握实际应用系统的规划、设计的方法，以及在工程中对可能遇到的许多实际问题找到一些实用的解决方法。

本书主要是面向高等院校电气信息类专业的本科生、研究生、专业研究人员、教师和工程技术人员，特别适合与建筑行业相关的本科生、研究生、专业研究人员、教师和工程技术人员阅读。也可以作为电气信息类专业的高年级本科生和研究生的教学参考用书。

感谢北京建筑工程学院在出版这部专著给予的专项出版基金帮助。

在撰写本书的过程中，由于时间仓促，难免有一些错误和缺点，恳请广大读者批评指正。

未经许可，不得复制和抄袭本书部分或全部内容。违者必究。

编者



前言

第1章 无线传感器网络基础知识	1
1.1 无线传感器网络的概念与特点	1
1.1.1 无线传感器网络的概念	1
1.1.2 无线传感器网络的特点	2
1.2 无线传感器网络的发展和现状	3
1.2.1 无线传感器网络的发展	3
1.2.2 无线传感器网络的研究现状	3
1.3 无线传感器网络体系结构	4
1.3.1 无线传感器网络体系结构	4
1.3.2 传感器节点的体系结构	4
1.4 无线传感器网络的关键技术和一些要解决的问题	5
1.4.1 低耗自组机制	5
1.4.2 异构系统的互联互通	6
1.4.3 大结构关联协同地处理数据	6
1.4.4 无线传感器网络关键技术研究	6
1.4.5 无线传感器网络技术主要研究的一些问题	7
第2章 IEEE802.15.4 标准和 ZigBee 协议规范	10
2.1 IEEE802.15.4 标准	10
2.1.1 IEEE802.15.4 标准的概述	10
2.1.2 IEEE802.15.4 的物理层	11
2.1.3 IEEE802.15.4 的 MAC 层	13
2.2 ZigBee 技术以及和 IEEE802.15.4 的关系	16
2.2.1 ZigBee 由来	16
2.2.2 IEEE802.15.4 和 ZigBee 的关系	17
2.3 ZigBee 协议规范	19
2.4 ZigBee 技术的应用	25
第3章 无线传感器网络的路由协议	27
3.1 无线传感器网络的工作特点和路由设计中的性能指标	27
3.1.1 无线传感器网络的工作特点	27
3.1.2 无线传感器网络路由协议的性能指标	29

3.2	网络路由设计中的几个问题	30
3.2.1	优化能量消耗和均衡能量消耗	30
3.2.2	传输路径的优化选择	30
3.3	以数据为中心的平面路由	31
3.4	网络分层路由	34
3.4.1	LEACH 协议	34
3.4.2	TEEN 协议	35
3.4.3	PEGASIS 协议	36
3.5	基于位置信息的路由协议	36
3.5.1	GPSR 协议	37
3.5.2	GEAR 协议	38
3.5.3	GEM 路由	39
3.5.4	其他基于位置的路由技术	41
3.6	基于查询的路由	41
3.6.1	定向扩散路由	41
3.6.2	谣传路由	42
3.7	能量感知路由	43
3.7.1	能量路由	43
3.7.2	能量多路径路由	44
3.8	基于 Qos 的路由	45
3.8.1	SPEED 协议	45
3.8.2	部分其他可靠路由协议	47
第 4 章	短距无线网络基础	48
4.1	什么是短距无线网络	48
4.2	蓝牙技术	49
4.2.1	蓝牙标准协议栈	49
4.2.2	蓝牙设备的功能和与跳频方案	49
4.2.3	蓝牙的关键技术	50
4.2.4	蓝牙在通信系统中的应用	52
4.2.5	应用中的一些问题	53
4.3	Wi-Fi 技术	54
4.3.1	无线局域网概述	54
4.3.2	无线局域网的标准	55
4.3.3	Wi-Fi	56
4.3.4	无线局域网的结构	57
4.4	超宽频技术	60
4.4.1	超宽频技术及应用领域	60
4.4.2	超宽频技术体系	61

4.4.3	UWB 与标准化的进展	62
4.4.4	高速 UWB 技术的应用和发展情况	62
4.5	近短距无线传输	63
4.5.1	NFC 技术	63
4.5.2	技术优势和发展前景	63
4.6	ZigBee 技术	64
4.6.1	近距无线通信技术家族中的 ZigBee	64
4.6.2	ZigBee 的特点	64
4.7	几种不同的短距离无线通信技术的特点比较	65
4.8	无线自组织网络技术	66
4.8.1	Ad hoc 网络的基本概念	66
4.8.2	Ad hoc 网络的特点和分类	67
4.8.3	Ad hoc 网络的体系结构	67
4.8.4	Ad hoc 网络的应用	69
第 5 章	无线传感器网络的覆盖控制	70
5.1	无线传感器网络的覆盖控制问题	70
5.1.1	进行覆盖控制的原因	70
5.1.2	传感器节点感知模型	71
5.1.3	几种典型的覆盖控制问题	71
5.2	区域覆盖控制算法	72
5.2.1	区域覆盖控制算法的提出	72
5.2.2	SET K-COVER 问题及最大覆盖集数	74
5.2.3	区域覆盖控制中 PEAS 算法	75
5.2.4	无需位置信息的节点调度算法	77
5.2.5	覆盖结构协议	78
5.2.6	其他一些区域覆盖控制算法简介	79
5.3	点覆盖控制算法	80
5.4	无线传感器网络覆盖控制算法的一些共同性问题	81
第 6 章	无线传感器网络的拓扑控制技术	83
6.1	无线传感器网络的拓扑控制技术概述	83
6.1.1	无线传感器网络的拓扑结构	83
6.1.2	拓扑控制技术的概念和内容	84
6.1.3	传感器节点的能量消耗模型	85
6.1.4	拓扑结构控制和优化的意义	86
6.1.5	无线传感器网络的拓扑控制研究现状	87
6.2	功率控制算法	87
6.2.1	基于节点度数的控制算法	87
6.2.2	基于邻近图的算法	88

6.3 层次拓扑结构控制算法	90
6.3.1 LEACH 算法	91
6.3.2 TopDisc 算法	92
6.3.3 GAF 算法	94
第7章 无线传感器网络的节点定位技术	96
7.1 节点定位技术简介	97
7.1.1 节点定位的几个基本概念	97
7.1.2 节点位置计算方法	97
7.1.3 节点定位算法的分类	99
7.2 基于距离的定位算法	100
7.2.1 基于 AOA 的 APS 算法	100
7.2.2 基于 TOA 的定位	101
7.2.3 基于 TDOA 的定位算法之一的 AHLos 算法	101
7.2.4 基于 RSSI 的定位算法	102
7.3 与距离无关的定位算法	104
7.3.1 质心算法	104
7.3.2 DV-Hop 算法	105
7.3.3 DV-Distance 算法	106
7.3.4 改进的 DV-Hop 算法	107
第8章 无线传感器网络的安全	109
8.1 概述	109
8.2 传感器网络的安全目标与安全问题分析	110
8.2.1 传感器网络的安全目标	110
8.2.2 传感器网络的安全问题分析	110
8.3 无线传感器网络协议栈各层的安全威胁及对策	112
8.3.1 物理层的攻击与安全策略	112
8.3.2 链路层的攻击与安全策略	113
8.3.3 网络层的攻击与安全策略	114
8.3.4 传输层和应用层的安全策略	115
8.4 攻击者加入网络与不加入网络的攻击行为	116
8.4.1 攻击者在网络外部实施的攻击	116
8.4.2 攻击者加入网络后的攻击	116
8.5 Dos 攻击与能源攻击	118
8.5.1 Dos 攻击	118
8.5.2 能源攻击	119
8.6 无线传感器网络的安全路由	119
8.6.1 SPKI/SDSI 安全路由	120
8.6.2 安全路由	121

第 9 章 传输网络	123
9.1 IEEE802.15.4 标准和 ZigBee 网络使用的工作频段	123
9.2 传输网络的多种组成方式	124
9.2.1 点对点直接通信方式构成的传输网络	124
9.2.2 用 GPRS、CDMA 1x、GSM 和 3G 网络做传输网络	125
9.2.3 用工业以太网做传输网络	127
9.2.4 以互联网络做传输网络	127
9.3 部分模块和功能单元	128
9.4 传输网络中异构网络的互联互通	129
9.4.1 异构网络的互联互通	129
9.4.2 无线传感器网络与 Internet 互联	130
9.5 可作为传输网络的无线广域网	131
9.5.1 GSM 网络	131
9.5.2 GPRS 网络	133
9.5.3 CDMA 网络	134
9.5.4 第 3 代移动通信网络	135
9.5.5 WLAN 在传输网络中所起作用	138
第 10 章 无线传感器网络系统的硬件开发与设计	140
10.1 传感器节点的设计要求与内容	140
10.1.1 传感器节点设计的几个基本要求	140
10.1.2 传感器节点的设计内容	141
10.2 传感器节点的开发	141
10.2.1 处理器模块的开发	141
10.2.2 无线通信模块开发	142
10.2.3 传感器模块开发	143
10.2.4 电源模块开发	143
10.3 一个实验教学系统	144
10.3.1 C51RF-WSN-CC2520 概述	144
10.3.2 ZigBee2007/PRO 无线传感器网络特点	145
10.3.3 系统工作流程概述	146
10.3.4 系统硬件及功能	146
10.3.5 网络监控软件	147
第 11 章 应用于建筑环境小规模的无线传感器网络	149
11.1 应用于建筑环境小规模的无线传感器网络	149
11.1.1 建筑环境中小规模无线传感器网络	149
11.1.2 建筑环境小规模无线传感器网络的应用	149
11.1.3 建筑环境中小规模传感器网络注重解决的问题	150
11.2 广义无线传感器网络及结构	150

11.2.1	广义无线传感器网络节点	150
11.2.2	对建筑环境中特定物理量进行实时监测的简约型网络	150
11.2.3	灵活实现无线传感器网络各部分的功能	151
11.3	建筑环境中小规模传感器网络的路由协议设计	151
11.3.1	建筑环境小规模传感器网络路由协议应用环境的部分特点	151
11.3.2	传感器节点在电源能量充裕的情况下路由协议设计	152
11.4	建筑环境中小规模传感器网络的覆盖控制	156
11.4.1	建筑物内覆盖控制的目的和传感器节点的感知模型	156
11.4.2	建筑物内覆盖控制的几种主要方式	156
11.4.3	建筑物内的区域覆盖控制算法	157
11.5	在建筑环境中应用的异构无线传感器网络	158
11.5.1	异构无线传感器网络	158
11.5.2	异构无线传感器网络工作的一些特点	159
11.5.3	异构无线传感器网络的部署	159
第 12 章	在部分行业中的应用	161
12.1	无线传感器网络在建筑节能中的应用	161
12.2	建筑环境供热制冷实时监测及节能评价系统	163
12.2.1	建筑环境供热制冷实时监测及节能评价系统	163
12.3	在城市热力站供热计量数据实时监测中的应用	166
12.3.1	几种不同的实现方案	166
12.3.2	对供热站点热计量数据实时监测无线传感器网络	169
12.3.3	M-Bus 仪表总线和数据通信方式	170
12.3.4	在小区及工业建筑抄表远传系统中的应用	171
12.4	无线传感器网络在工业测控中的应用	173
12.4.1	工控领域控制系统的发展	173
12.4.2	工业无线测控系统的网络结构	174
12.4.3	工业无线测控系统中应用的通信协议	174
12.4.4	无线传感器网络在工业无线测控网络技术中的应用	175
12.5	在矿山环境下的监测应用	177
12.5.1	无线传感器网络用于煤矿瓦斯监测的应用背景	177
12.5.2	网络拓扑的设计	178
12.5.3	传感器节点与客户端	178
12.5.4	矿井中的无线定位	179
12.5.5	在矿井环境监测中的应用	180
12.6	在环境监测中的应用	181
12.6.1	对地震及部分自然灾害的监测	182
	参考文献	185



无线传感器网络基础知识

无线传感器网络技术被认为是 21 世纪中能够对信息技术、经济和社会进步发挥重要作用的技术，该技术有巨大的发展潜力，其成果的应用将会对人类未来的生活产生重要的影响。

无线传感器网络技术的应用领域十分广泛，可以应用于建筑环境中对部分物理量进行监测控制、环境监测、军事国防领域、交通安全管理、矿山安全监测等领域。

1.1 无线传感器网络的概念与特点

1.1.1 无线传感器网络的概念

无线传感器网络（WSN，Wireless Sensor Networks）是由多个节点组成的面向任务的无线自组织网络。它综合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等，通过各类微型传感器对目标信息进行实时监测，由嵌入式计算模块对信息进行处理，并通过无线通信网络或其他形式的传输网络将信息传送至远端监控中心。

无线传感器网络由无线传感器节点、网关节点（sink 节点）、传输网络和远程监控中心 4 个基本部分组成，其组成结构如图 1-1 所示。

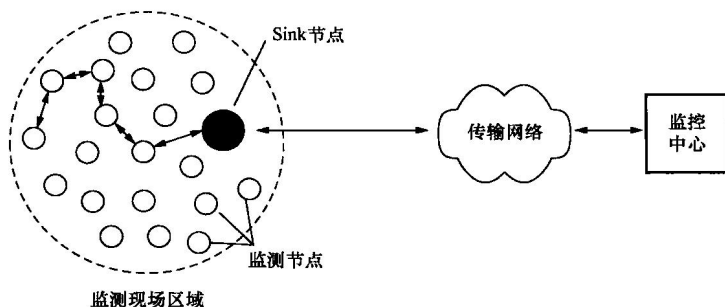


图 1-1 无线传感器网络的基本部分组成

无线传感器网络的微型传感器具有感知、计算和通信能力，它主要是由感知单元、传输单元、存储单元和电源组成，在完成对感知对象的信息采集、存储和简单的计算后，通过传输网络传送给远端的监控中心。无线传感器网络由一组微型传感器通过 Ad Hoc 方式组成，

网络中的传感器可以协作地感知、采集和处理被监控区域的感知对象的信息及数据,发布给使用一定形式终端设备的用户。无线传感器网络属于 Ad Hoc 网络,“Ad Hoc”在拉丁语中意思是“专用的、特定的”,因此 Ad Hoc 网络通常也被称为无固定设施的网络或自组织网络,它能够快速、灵活和方便地自动组网。

无线传感器节点分布在需要监测的区域,监测特定的信息、物理参量等;网关节点将监测现场中的许多传感器节点获得的被监测量数据收集汇聚后,通过传输网络传送到远端的监控中心。

传输网络为传感器之间、传感器与监控中心之间提供通畅的通信,可以在传感器与监控终端之间建立通信路径。

无线传感器网络中的部分节点或者全部节点可以移动,但网络节点发生较大范围内的移动,势必会使网络拓扑结构发生动态变化。节点间以 Ad Hoc 的自组网方式进行通信,网络中每个节点既能够对现场环境进行特定物理量的监测,又能够接收从其他方向传感器送来的监测信息数据,并通过一定的路由选择算法和规则将信息数据转发给下一个接力节点。网络中每个节点还具备动态搜索、定位和恢复连接的能力。

无线传感器网络的感知对象具体地表现为被监控对象的物理量信息,如温度、湿度、速度和有害气体的含量等。

1.1.2 无线传感器网络的特点

无线传感器网络(简称 WSN)是一门融合多种新科技并具有鲜明跨学科特点的新技术。无线传感器网络特点如下。

(1) 自组织方式的组网。组网不依赖任何固定的网络设施,传感器节点通过分布式网络协议形成自组织网络,能够自动调整来适应节点的移动、加入和退出,网络中多个激活节点可以快速、自动地组成一个独立的网络。

(2) 无中心结构。网络中所有节点地位对等,并构成一个对等式网络。节点可以随时加入或离开网络,网络中的部分节点发生故障不影响整个网络的运行。

(3) 网络有动态拓扑。无线传感器网络中的节点可能由于电池能量耗尽或故障从网络中退出,也可能是按照设定的程序从网络运行中退出;网络外的无线传感器节点可以随时加入到网络中;传感器节点具有移动属性。

除节点移动以及节点的加入和退出导致网络拓扑变化外,环境因素或者节点能量耗尽等因素也能导致节点故障或失效。为增强监测精度而新加入节点,对节点的功率和能耗进行控制使节点进入睡眠状态等,均能导致网络拓扑结构动态变化。

(4) 采用多跳路由进行路由接力传递。无线传感器网络中的节点通信距离较短,节点只能与相邻节点直接通信。要实现在网络覆盖范围内的较远节点通信,需要通过中间节点进行路由接力传递数据。无线传感器网络中的多跳路由是由普通网络节点完成的,每个节点既能发送信息,又能转发信息,节点采用多跳接力来完成各个传感器节点向 sink 节点的数据发送。

(5) WSN 的空间位置寻址。WSN 中的传感器节点一般不要求拥有全球唯一的标识,数据采集发生在某一个节点,用户关注的是数据所属的空间位置,可采取空间位置寻址方式。

(6) 高冗余。由于大型的无线传感器网络节点数量众多,因此要使无线传感器网络具有较高的节点、网络链路以及采集数据的冗余特性,来保证整个系统的工作高可靠性和容错能力。

(7) 硬件资源及功能有限。无线传感器节点由于受价格、体积和携载能源的限制,其计算、数据处理能力、存储空间有限,决定了在节点操作系统设计中,协议层次及内容不能过于复杂。

(8) 电源续航能力较小。网络节点由电池供电,电池的续航能力较小。在许多应用场所中,无法对电池充电或更换电池,当传感器节点电能用完,该节点就失去了作用。所以进行无线传感器网络设计时,始终关注传感器节点的节能,并采取一定的技术方法来实现。

1.2 无线传感器网络的发展和现状

1.2.1 无线传感器网络的发展

无线传感器网络的研究始于 20 世纪 90 年代。美国国防部高级研究计划局早期研究的重点是传感器节点技术,在传感器群中,各个不同传感器节点间只进行较简单的点对点通信。到了 20 世纪末,美国《商业周刊》将无线传感器网络技术列为 21 世纪最重要的 21 项技术之一。随后,该技术进入迅速发展的阶段。

进入 21 世纪,随着无线通信技术、微芯片制造等技术的进步,无线传感器网络技术的研究取得了重大进展,并引起了军方、学术界以及工业界的极大关注。美国军方投入了大量的经费进行了在战场环境应用无线传感器网络的研究,如美国陆军提出和实施的“灵巧传感器网络通信”计划、“无人值守地面传感器群”、“战场环境侦察与监视系统”、“传感器组网系统”项目等。

人们普遍地认为:无线传感器网络技术的发展和广泛应用,将会对现代军事、现代信息技术、现代制造业及许多重要的社会领域产生巨大的影响。工业化国家和部分新兴的经济体都对无线传感器网络表现了极大的兴趣,美国自然科学基金委员会在 2003 年制订了无线传感器网络研究计划,投资支持相关基础理论的研究;我国于 2006 年初发布的《国家中长期科学与技术发展规划纲要》中确定的三个信息技术发展前沿方向中,有两个与无线传感器网络的研究直接相关,即智能感知技术和自组织网络技术。

1.2.2 无线传感器网络的研究现状

无线传感器网络技术是一门交叉学科,涉及计算机、微电子、传感器、网络、通信、信号处理等诸多领域,较多地将一些其他新技术融入其技术体系中。随着许多相关新技术的发展,该技术也在迅速地发展。

目前美国有许多大学有专门的课题研究小组在从事无线传感器网络的研究,同时许多大型企业也投入巨资进行关于无线传感器网络产业化开发。欧洲、澳洲和亚洲的一些工业化国家的高等院校、研究机构和企业也在积极进行无线传感器网络的相关研究。

迄今为止,中科院的一些研究所,我国的部分高校如清华大学、国防科技大学、哈尔滨工业大学、北京邮电大学、西北工业大学等开始对无线传感器网络的基础理论、节点平台、操作系统和无线传感器网络的应用进行了较系统化的研究。国家自然科学基金委员会从

2003 年起开始设立了无线传感器网络相关研究课题, 国家的“863”项目、国家自然科学基金项目、各省区的自然科学基金项目的课题中都有相当的比例是进行无线传感器网络研究的。总体上讲, 我国的无线传感器网络技术研究有待继续深化和拓宽应用的领域和范围; 有待于产业界和学术界的密切合作, 让研究和应用紧密结合起来, 迅速推动无线传感器网络技术的发展。

1.3 无线传感器网络体系结构

1.3.1 无线传感器网络体系结构

(1) 支持动态协议栈结构。这种体系结构是指允许应用程序根据应用环境和实际需求动态加载协议栈, 目的是解决节点资源有限的问题。

(2) 层次性结构。该结构注重于代码的可重用性, 从而节约相关的资源。

(3) 自适应体系结构。自适应体系结构应用了信息交换服务的思想, 将分立的协议组件有机地连接, 可以通过跨层设计的思想优化资源配置及应用, 提高网络的生命周期。

(4) 可编程的体系结构。可编程的体系结构注重网内数据处理, 通过数据共享与融合, 简化部分机制协议、算法, 提高网络性能。

(5) 自管理的和自恢复的体系结构。这种系统结构将传统的管理和服务功能融为一体, 提高了网络的工作效能。

(6) 支持多任务的结构。支持多任务的体系结构在网络层和应用层引入了状态层, 根据网络环境及具体应用目的和应用需求对网络节点进行功能性划分。

(7) 基于代理的体系结构。这种体系结构便于应用程序的设计, 同时支持多功能和多任务并采用代理的方式提高网络的可扩展性。

在进行无线传感器网络体系结构设计时, 着重考虑以下一些方面的内容。

- (1) 对节点资源高效率的利用。
- (2) 支持网内数据处理。
- (3) 支持协议跨层设计。
- (4) 支持多协议。
- (5) 支持多种有效的资源发现机制。
- (6) 支持可靠的低延时通信。
- (7) 支持容忍延时的非面向连接通信。
- (8) 具有良好的开放性。
- (9) 使网络具有较好的安全性。

1.3.2 传感器节点的体系结构

在不同的应用环境中, 无线传感器网络的组成是基本相同的, 但各部分的实现形式可以多种多样, 如传输网络部分、网关节点部分和无线传感器节点等。无线传感器节点一般由数据采集、数据处理、数据传输和电源组成。传感器网络节点的组成如图 1-2 所示。

传感器节点中各个单元模块的功能如下。

- (1) 传感器模块用于感知、获取被监测区域内的被监测对象的信息及相关的物理量, 将

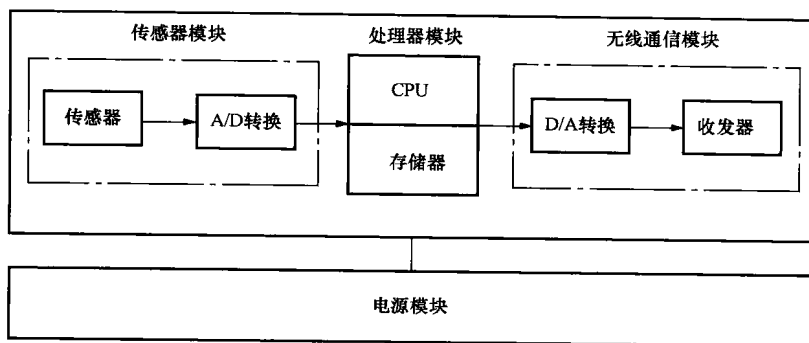


图 1-2 传感器网络节点的组成

其转换为数字信号。不同的物理量及环境因素决定了传感器的类型。

(2) 处理器模块并由嵌入式系统构成，用于处理存储传感器采集的信息数据并负责协调传感器节点各部分的工作。处理器模块还具有控制电源工作模式的功能，实现节能。处理器模块中还负责处理由其他节点发来的数据。

(3) 电源模块为传感器中其他几个模块提供工作电源。在不同应用环境和不同应用目的的情况下，电源模块可以采取多种灵活的组态。

(4) 无线通信模块的基本功能是将处理器输出的数据通过无线信道及传输网络传送给远程的监控中心。一般情况下，无线通信模块具有低功耗、短距离通信的特点。

1.4 无线传感器网络的关键技术和一些要解决的问题

无线传感器网络的工作运行具有 Ad Hoc（自组织）网络的属性，但又不同于一般 Ad Hoc 网络。Ad hoc 网络一般由移动节点组成，而无线传感器网络中，绝大部分节点是非移动状态分布的。

1.4.1 低功耗自组机制

许多带有天线和无线收发模块的无线传感器网络节点协同监测特定区域的特定物理量信息数据，而无线传感器网络节点携带能量有限，为使网络有较长的生存期，必须致力于从不同方面改进节点能源利用效率。

无线传感器网络的能量消耗有：数据传输环节、信号处理环节和硬件操作环节的耗能。在许多应用场合中，都要求尽量地使部署网络具有较低的成本，许多无线传感器网络节点通常采用非回收式应用模式，通过自携电源供电。电源耗尽，这种非回收式工作的传感器节点就退出网络而失效。提高传感器节点所携带能源能够被高效率地使用，就需要使用先进的优化控制方法尽量延长传感器节点的寿命，同时使整个网络有较好的节能特性。

无线传感网络中传感器节点部署的随机性，决定了网络拓扑结构是自组织、分布式的。即要求网络能够自动组网运行、自行配置维护、适时转发监测数据。自组织管理包括节点管理、资源与任务管理、数据管理、初始化与系统维护管理等内容。

无线传感器网络具有自组织管理的特性，使整个网络的能源使用管理始终处在一种动态

变化的调整中,这就需要将建立一种低耗节能机制和在动态自组拓扑结构结合起来,即建立整个网络系统的低耗自组机制来增加节点寿命,提高系统可用性,降低使用成本。

1.4.2 异构系统的互联互通

异构系统的互联互通包括传输网络中异构网络的互联互通及融合和异构节点系统的互联互通。

1. 传输网络中异构网络的互联互通及融合

传输网络是无线传感器网络的重要组成部分,如果没有可靠的传输网络, sink 节点就不能把信息数据通畅地传送给远端的监控中心或监控终端。传输网络在多种情况下可以由多种不同的网络充当,如移动无线网络中的 GPRS、CDMA1x 和 3G、802.11g 无线局域网等,也可以使用多种不同制式的网络组成一个复合环境下传输网络。要使多种不同制式的网络组成一个能通畅传输信息数据的网络,就要解决不同制式的异构网络的互联互通及融合问题。

2. 异构节点系统的互联

由于不同的应用环境使用不同结构的传感器节点。传感器节点系统的构造差异、使用通信协议的差异、进行数据管理的差异和系统优化目标的差异,使无线传感器网络中的传感器节点系统的异构性非常普遍。解决好异构节点系统的互联是一个非常重要的关键技术,也是无线传感网络从实验室走向产业化的关键之一。无线传感器网络在应用上要有较大的灵活性,也要求具有很好的开放性并能够随环境条件进行系统扩展,扩展性表现在对已有应用系统的升级,对已有应用系统的整合以及新系统的加入等,而异构节点系统的互联是实现可扩展性的基础。

当前的无线传感器网络一般是基于单一目的的应用,网络内的传感节点都是相同的,整个系统的设计只是为某一个特定环境对特定的一些物理量进行监测和控制,一般较少考虑异构节点系统的互联问题。异构节点系统互联关系到无线传感器网络是否具有开放的体系结构,涉及通信协议的设计和研究、MAC 协议及路由算法等。

1.4.3 大结构关联协同地处理数据

很多应用场合中,需要大规模部署无线传感器节点,形成一个覆盖面很大的监控区域,在这样的网络系统中,传感器节点经过数据采集后,使用多跳路由将数据送往下一个传感器节点,大量的传感器节点进行数据传输, sink 节点要对大量数据进行协同处理,这种数据处理具有大结构关联协同处理的特点。监测区域内密集的自治节点产生大量的传感数据,有效地对大量节点所获感知数据进行协同处理,在此基础上完成无线传感器网络的任务。

1.4.4 无线传感器网络关键技术研究

无线传感器网络技术在迅速地发展,从其关键技术的研究来看,研究热点和难点主要集中在以下几方面:

1. 网络通信协议

由于无线传感器网络的特殊性,网络内的传感器节点携带的电源有一定的时间寿命,传感器节点本身的计算、存储和通信能力都十分有限,各个节点只能采集特定局部区域的信息,并要将采集的信息送往汇聚节点,汇聚节点要对大量数据进行协同处理,这些特点都要求传感器节点上所运行的网络通信协议不能太复杂。另外,无线传感器网络拓扑结构具有的动态变化属性和使用环境的不同,传感器节点配置的情况和随机形成的网络拓扑也不同。网



络使用的通信协议应该适应应用环境的变化。

传感器网络的通信协议内容涉及物理层、数据链路层、网络层和传输层,以及各个不同层之间的相互配合和标准接口,形成一个完整的网络的通信协议体系。

2. 核心支撑技术

无线传感器网络的核心支撑技术使各行各业的用户能够在各种不同的环境中架设起服务于特定目的无线传感器网络。

无线传感器网络的核心支撑技术包括以下几种。

- (1) 网络拓扑控制技术。
- (2) 新型传感器的技术和理论。
- (3) 传感器节点定位技术。
- (4) 以数据为中心的时钟同步技术。
- (5) 用于进行大结构关联协同处理数据的数据融合技术。
- (6) 传感器节点能量经济使用的控制技术。
- (7) 各种典型场合最佳的数据传送路由算法及技术。
- (8) 传输网络的多种异构网络的互联互通技术。
- (9) 节点和网络的最佳覆盖控制技术。
- (10) 无线传感器网络的微执行器技术。
- (11) 新型无线传感器节点电源及控制技术。
- (12) 网络数据安全技术等。

3. 自组织管理

无线传感器网络的动态拓扑结构和应用环境的多变性要求无线传感器网络具有自组织的能力,在任何应用环境中能够自动组网、自行配置维护、自动启动运行。自组织管理技术使用网络通信协议提供的服务,通过网络管理接口来屏蔽底层网络的细节,使终端用户避免大量繁琐的配置及操作来方便地管理配置和使用无线传感器网络。

网络的自组织管理技术内容包括传感器节点管理、网络资源与任务管理、无线传感器网络中各个环节的数据管理、初始化和整个网络系统的运行维护管理等。

4. 开发与应用

无线传感器网络技术融合了多种不同的现代科学技术,应用领域越来越广。面对多种多样的应用,研究人员和用户需要联手开发服务于特定目的软、硬件系统,服务于各种专用目的的应用软件。为推广和普及应用,还要为研究人员和用户高效提供高效的开发平台。

1.4.5 无线传感器网络技术主要研究的一些问题

无线传感器网络技术研究的问题很丰富,涉及的领域、行业广泛,但较集中地主要表现在以下一些方面。

1. 研究新型传感器的技术和理论

新型传感器的技术和理论是无线传感器网络技术的支撑性基础理论和主导性研究内容的一个主要组成部分,关于这方面的研究又分为几个不同的方面。

(1) 开展新型传感器材料和传感器装置研究。新型传感器材料、传感器装置、高速低功耗智能核心传感器芯片、高性能的用于核心处理器和自主设计各种不同功能、应用环境和不