

共: 79

物联网
应用技术
系列教材

WULIANWANG
YINGYONG JISHU
XILIE JIAOCAI

现代 无线传感网概论

无线龙 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

内 容 提 要

本书共分4章, 主要内容包括: 无线传感网发展历程、现代无线传感网开发环境、现代无线传感网技术、现代无线传感网系统设计实例等。全书从无线传感网历史讲起, 比较详细地描述了无线传感器网络涉及的关键技术和基本理论, 结合相关实验和关键源代码, 举例说明了具体设计传感器网络应用系统的方法, 使理论与具体的实践相结合。

本书可作为高等学校或职业技术学院物联网和无线传感器网络专业概论课程的教学用书, 也可供具有一定单片机和嵌入式基础的电子工程师和无线传感器网络从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代无线传感网概论/无线龙编著. —北京: 冶金工业出版社, 2011. 8

物联网应用技术系列教材

ISBN 978-7-5024-5696-2

I. ①现… II. ①无… 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(2011)第159910号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号, 邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 廖丹 程志宏 美术编辑 李新 版式设计 孙跃红

责任校对 石静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5696-2

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2011年8月第1版, 2011年8月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18印张; 431千字; 274页

40.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《现代无线传感网概论》编委会

主任：李文仲

编委：段朝玉 崔亚远 林涛 康凯
王锡强 粟学林 浦钊 胡亚

前 言

加快“感知中国”计划，加快物联网、传感网发展已经上升为国家战略。为了适应这个新形势，不少高校都在筹备建立物联网学院和物联网、传感网专业。最近教育部也要求高校逐步建立物联网、传感网专业，加快物联网、传感网相关技术普及和人才培养。

物联网、传感网是一项全新的技术，涉及微波、高频技术、嵌入式设计、低功耗无线技术、自组织无线网络技术、传感器技术、加密技术、智能技术等，因此目前还缺乏较全面介绍物联网技术的基础高校教材。本书作为高等教育概论性教材，从无线传感网历史讲起，比较详细地描述了无线传感器网络涉及的关键技术和基本理论，结合相关实验和关键源代码，举例说明了具体设计传感器网络应用系统的方法，使理论与具体的实践相结合。

注重基础知识和理论是本书的一大亮点，特别是第3章对MAC协议和结合AODV等算法对无线网状网络路由协议的分析 and 深入讨论，抓住了无线传感器网络技术核心，可使读者对无线传感器网络的技术基础和理论，有比较透彻的理解，具有一定理论深度。

本着厚基础、突出知识点的原则，本书适合作为高等院校和职业学院物联网和无线传感器网络专业概论课程的教学用书。通过全书的实际教学，可以让学生对物联网或无线传感器网的基础理论、核心算法和基础技术及关键技术，有一个全景式的了解和全方位接触，为进一步深入学习和研究打下基础。本书也适合于具有一定单片机和嵌入式基础的电子工程师自学和入门无线传感器网络。

物联网、传感网作为比互联网规模更为巨大的网络，必将进一步深入人类生活的方方面面，也就意味着除了物联网专业的学生学习和了解无线传感器网络技术外，应当有更多的其他专业的学生对无线传感器网络有概括性了解，例

如建筑类专业（选择各种楼宇监控、智慧家居等需要无线传感器网络部件和系统）、医学专业（选择各种嵌入人体的和医疗设备使用的无线传感器网络部件和系统等）、农业相关专业（选择温室监控、滴灌设备等使用的无线传感器网络部件和系统）、环境专业（选择各种水源、空气、环境检测使用无线传感器网络部件和系统）等。对于这些专业，采用本书作为物联网、无线传感器网络概论课程的教学用书也是非常合适的，可以让学生初步了解无线传感网技术基础和概貌。

为了加强理论和实际的结合，使学生在接受相关理论知识的同时，也获得相关实际技术和技能，本书配备有丰富的实验和相对应的教学实验箱和开放平台。在这些国产化实验箱和平台上，高校可以方便完成课堂演示和教学实验及实训。

加快普及物联网和无线传感网的知识和技术，加快感知中国的步伐，是我们和读者共同的心愿，我们衷心希望本书的出版能为物联网、传感网的教学和科研带来新动力，能为更多科研人员掌握物联网和无线传感器网络技术带来方便和惊喜。

最后感谢出版社编辑的指导和帮助，正是他们的努力，使这本书很快地出版，为物联网、无线传感器网络的百花园增加了嫣红一点。由于作者水平有限，书中难免存在不足，恳请广大读者批评指正。

作 者
2011年4月

目 录

第 1 章 无线传感网发展历程	1
1.1 无线传感网在物联网的位置	1
1.1.1 物联网	2
1.1.2 物联网体系	4
1.2 无线传感网简史	6
1.2.1 国外研究现状	8
1.2.2 国内研究现状	8
1.3 无线传感网体系和结构	9
1.3.1 传感器节点	10
1.3.2 传感器网络	11
1.4 无线传感网应用领域	12
1.4.1 军事领域	12
1.4.2 环境监测	13
1.4.3 建筑监测	16
1.4.4 医疗卫生	17
1.4.5 智能交通	18
1.4.6 农业领域	18
1.4.7 工业领域	19
1.5 无线传感网面临的技术挑战	21
1.5.1 通信距离	21
1.5.2 能源消耗	22
1.5.3 可靠通信	22
1.5.4 网络安全	23
1.6 无线传感网的未来	24
第 2 章 现代无线传感网开发环境	27
2.1 无线传感网系统构架	28
2.2 现代无线传感网平台	29
2.2.1 无线传感网平台仿真器	30
2.2.2 无线传感网平台网关	30
2.2.3 无线传感网平台网络节点	31

2.2.4 无线节点模块	32
2.3 现代无线传感网主芯片	34
2.3.1 ARM 内核 MC13224	35
2.3.2 C51 内核 CC2530	36
2.4 无线传感网可视化监控软件	37
2.5 软件开发编译仿真环境	40
2.5.1 WSN 软件开发环境	40
2.5.2 WSN 仿真驱动	48
2.6 现代无线传感网络平台使用	52
2.6.1 软件集成开发环境配置	52
2.6.2 平台仿真调试	63
第3章 现代无线传感网技术	66
3.1 典型无线传感器节点结构和原理	66
3.1.1 核心微控制器	68
3.1.2 无线收发器	69
3.1.3 无线单片机	77
3.1.4 传感器和执行部件	80
3.1.5 通信频率范围和天线	83
3.1.6 典型无线传感器节点设计	92
3.2 无线传感器节点间通信基本技术	97
3.2.1 数据包	97
3.2.2 传输方式选择	102
3.2.3 数据正确性校验	103
3.2.4 数据加密	105
3.2.5 典型两点间无线通信的实现	108
3.3 无线传感网需要的基本技术	116
3.3.1 基本抗冲突技术	117
3.3.2 基本抗干扰技术	119
3.3.3 一个简单星状网络实现简单数据通信	124
3.4 主要无线传感网技术和国际标准	135
3.4.1 IEEE802.15.4/ZigBee 无线网络技术	136
3.4.2 IEEE802.11/Wi-Fi 无线网络技术	139
3.4.3 IEEE802.15.1/蓝牙无线网络技术	141
3.4.4 超宽频技术 (UWB)	143
3.4.5 近距离无线传输 (NFC)	144
3.5 无线传感网高级关键技术——MAC 协议	144
3.5.1 MAC 协议原理	145
3.5.2 MAC 硬件支持和物理 (PHY) 层	152

3.5.3	典型 MAC 和网络层接口	154
3.5.4	IEEE802.15.4 规范 MAC 标准	155
3.5.5	采用 MAC 建立星状自组织无线传感网	157
3.6	无线传感网高级关键技术——网络拓扑和路由协议	160
3.6.1	无线传感网协议栈基本结构	161
3.6.2	无线传感网路由基础	162
3.6.3	AODV 路由协议	164
3.6.4	Z-AODV 能量平衡路由算法	174
3.6.5	树型 (Tree) 路由算法	174
3.6.6	Tree + Z-AODV 路由算法	175
3.6.7	无线传感网络路由设置实验	178
3.7	无线传感网高级关键技术——网络加密和安全	181
3.7.1	攻击及防御	182
3.7.2	加密算法	183
3.7.3	网络密钥和信任中心	186
3.7.4	商业级加密无线传感网	187
3.8	无线传感网高级技术——能量管理	192
3.8.1	微处理器和无线单片机节能技术	192
3.8.2	低功耗节点设计技术	195
3.8.3	能量收集技术	197
3.8.4	能量收集传感器节点设计	200
3.9	无线传感网监控和分析	203
3.9.1	无线传感网远程遥控和监控	203
3.9.2	无线传感网数据管理	206
3.9.3	典型无线传感网监控 GUI 软件	207
3.10	无线传感网兼容和认证	209
3.10.1	全球无线网络技术标准组织	210
3.10.2	无线网络产品认证	214
3.10.3	典型兼容性认证过程——ZigBee 标准认证过程	220
第 4 章	现代无线传感网系统设计实例	223
4.1	家庭自动化系统设计实例	223
4.1.1	基于 ZigBee 的智能照明系统实现	224
4.1.2	基于 GPRS/ZigBee 的智能家居控制系统	228
4.1.3	ZigBee 在家庭自动化中的应用	233
4.2	楼宇自动化设计实例	234
4.2.1	楼宇自动化行业动态	235
4.2.2	系统设计	237
4.2.3	网络结构设计	239

4.2.4 软件总体框架	241
4.3 医疗保健设计实例	245
4.3.1 应用需求	245
4.3.2 技术发展	246
4.3.3 技术方案	247
4.3.4 节点设计	247
4.3.5 代码分析	248
4.4 无线抄表设计实例	252
4.4.1 应用需求	252
4.4.2 技术要求	252
4.4.3 设计方案	254
4.4.4 关键源码	256
4.5 智能能源管理应用设计实例	266
4.5.1 智慧能源	266
4.5.2 智能能源实例——照明控制系统	267
4.5.3 智能照明设计目标	268
4.5.4 智能照明控制系统组成	269
4.5.5 智能照明系统的实现	270
4.5.6 ZigBee 智能能源	271
参考文献	274

第1章 无线传感网发展历程

无线传感器网络（Wireless Sensor Networks, WSN，简称无线传感网或无线感知网）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。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，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或监测对象的信息，这些信息通过无线方式被发送，并以自组多跳网络方式传送到用户终端，从而实现物理世界、计算世界以及人类社会三元世界的连通。

无线传感网以最小的成本和最大的灵活性，连接任何有通信需求的终端设备，采集数据（见图 1-1），发送指令。若把无线传感网各个包含传感器的执行单元（节点）设备视为“豆子”，将一把“豆子”（可能 100 粒，甚至上千粒）任意抛撒开，经过有限的“种植时间”，就可从某一粒“豆子”那里得到其他任何“豆子”的信息。作为无线自组双向通信网络，传感网络能以最大的灵活性自动完成不规则分布的各种传感器与控制节点的组网，同时具有一定的移动能力和动态调整能力。

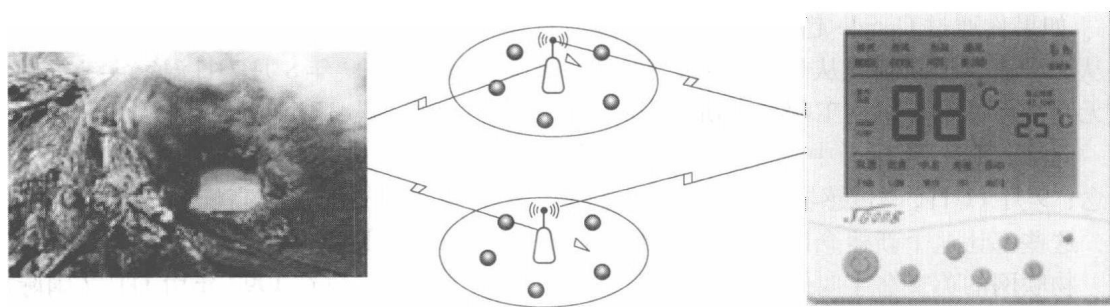


图 1-1 数据采集

一个典型无线传感网的系统架构（见图 1-2）包括分布式无线传感器节点（群）、接收发送器汇聚节点（网关）、数据中心（任务管理）等。大量传感器节点随机部署在监测区域内部或附近，能够通过自组织方式构成网络。传感器节点监测的数据沿着其他传感器节点逐跳地进行传输，在传输过程中监测数据可能被多个节点处理，经过多跳后路由到汇聚节点，最后通过互联网、卫星或其他方式传达到数据中心。传感器节点通常是一个微型嵌入式系统，它的处理能力、存储能力和通信能力相对较弱，通过携带能量有限的电池供电。

1.1 无线传感网在物联网的位置

2009 年 8 月的太湖气候宜人，水面上微风吹拂，此时的湖边总少不了悠然的垂钓者和

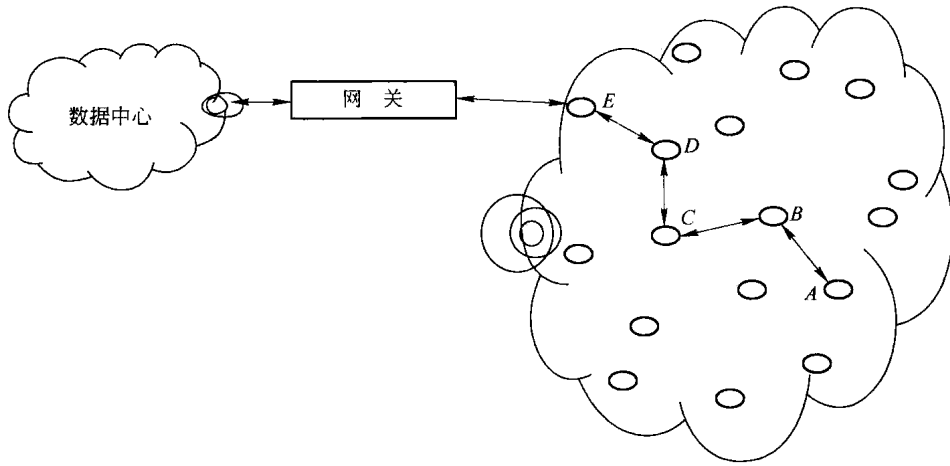


图 1-2 无线传感网

游客。2009 年 8 月，太湖附近的一个“建议”，使得一个概念在中国炙手可热，也使得一个新的产业逐渐浮出水面。

做出这个建议的人，是国务院总理温家宝，而“建议”的内容就是“尽快建立中国的传感信息中心，或者叫‘感知中国’中心”。

几乎在同一时刻，互联网搜索引擎中，“物联网”这个词的搜索量出现井喷，并从此在很长一段时期内维持在一个高位上。

如果你通过 Google 趋势搜索“物联网”这个词，你就会发现，对“物联网”的搜索量从无到有，搜索指数从 0 到 100 发生突变，而起点就是 2009 年 8 月 7 日温家宝考察中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心，提出“感知中国”这个时间点开始的。

此后，8 月 24 日，中国移动总裁王建宙在台湾的一次演讲中公开提及“物联网”的概念；9 月 11 日，“传感器网络标准工作组成立大会暨‘感知中国’高峰论坛”在北京举行，这些都让这个新概念以一种近乎爆发的方式出现在人们眼前。

物联网的英文名字叫做“Internet of Things”，这个词，最早在 1999 年由 ITU（国际电信联盟）在一系列会议上被提及。而 2005 年，ITU 则把“Internet of Things”定为了其年度互联网报告的主题。

在这份仅摘要就长达 28 页的报告中，ITU 深入探讨了物联网的技术细节及其对全球商业和个人生活的影响，着重呈现了新兴技术、市场机会和政策问题等信息。报告由 ITU 战略与政策部撰写，而当时在 ITU 战略与政策部门任职的 Lara Srivastava 则参与了撰写过程。

目前，Lara 负责监控分析信息与通信技术、政策以及市场结构的趋势，尤其聚焦于移动及无线通信领域。在她看来，物联网并不是某种特定的技术，更像是一种愿景，一种对未来世界的描述，是多种技术的综合应用。而这种描述并非海市蜃楼，Lara 说物联网必然会带来很多新的商业模式，而这个过程已经开始了。

1.1.1 物联网

每一次大危机都会催生一些新技术，而新技术也是使经济特别是工业走出危机的巨大

推动力。2008 年以来席卷全球的金融危机也不例外，相关国家正在试图通过“物联网”走出经济的泥沼。

2008 年新一轮全球经济危机虽然起源于美国，但形成原因却非常复杂。由于金融在现代经济中地位突出，因此，当前全球在金融与经济领域出现的双重危机，较之过去历次经济危机而言，其影响深度及克服难度也更加复杂。

“注资救市”是各国政府应对此轮危机所采取的共同举措。鉴于此轮危机主要表现为金融领域和经济领域的双重危机，对于金融领域而言，适当的注资有利于避免由于资金链断裂而出现的多米诺骨牌效应；对于实体经济而言，过度的注资会使通胀的幽灵再次出现。

从人类历史长河来看，经济危机是经济发展过程中必然出现的产物，而人类应对经济危机的方式主要有两种，一为战争，即通过战争进行生产要素和消费要素的再分配，最终达到经济的均衡发展；二为新技术革命，即通过新一轮技术革命发展一批新兴产业，由新兴产业带动新的生产和消费需求，从而激发整个社会需求活力，使经济摆脱危机，进入新一轮由新技术革命推动的产业发展周期。

历史经验提示我们，与残酷的战争相比，新技术产业革命是解决经济危机的最佳手段，同时，任何一个大国的崛起或中兴都是建立在掌握世界当时最前沿科学技术基础上而实现的。就当今人类最前沿科学技术而言，无非是新动力能源（低碳经济）、基因工程、物联网等。由于基因工程尚有诸多难题没有答案，可以预计，此轮危机之后，率先走出危机并再度崛起的大国一定是掌握新动力能源（低碳经济）、物联网等革命核心技术的那个国家。

“物联网”概念问世，打破了之前的传统思维。过去的思路一直是将物理基础设施和 IT 基础设施分开：一方面是机场、公路、建筑物，而另一方面是数据中心、个人电脑、宽带等。而在“物联网”时代，钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施，在此意义上，基础设施更像是一块新的地球工地，世界的运转就在它上面进行，其中包括经济管理、生产运行、社会管理乃至个人生活。

物联网是把所有物品通过射频识别、感应器、定位系统、扫描器、视频跟踪等信息传感设备与网络连接起来，进行信息交换和通讯，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理，如图 1-3 所示。

(1) 对物体属性进行标识，属性包括静态和动态的属性，静态属性可以直接存储在标签中，动态属性需要先由传感器实时探测；

(2) 需要识别设备完成对物体属性的读取，并将信息转换为适合网络传输的数据格式；

(3) 将物体信息通过网络传输到信息处理中心（处理中心可能是分布式的，如家里电脑或者手机，也可能是集中式的，如中国移动 IDC），由处理中心完成物体通信相关计算。

物联网是在计算机互联网的基础上，利用 RFID、无线数据通信、传感等技术，构造一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”。在这个网络中，物品（商品）能够彼此进行“交流”，而无需人的干预。其实质是利用射频自动识别（RFID）技术，通过计算机互联网实现物品（商品）的自动识别和信息的互联与共享。

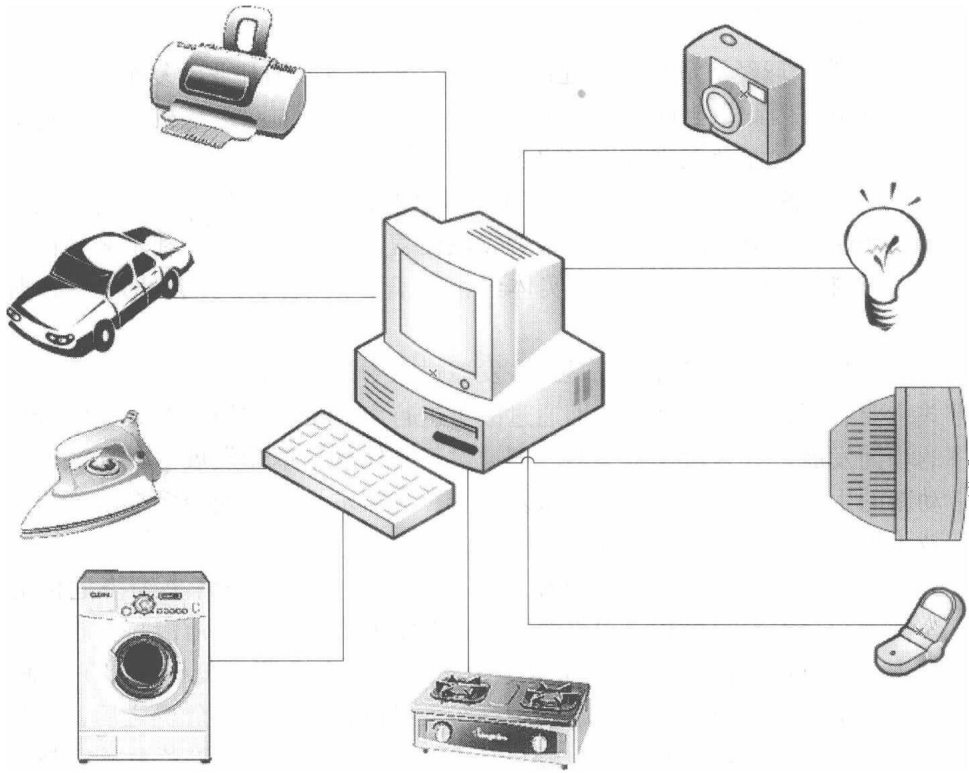


图 1-3 图解物联网

而 RFID，正是能够让物品“开口说话”的一种技术。在“物联网”的构想中，RFID 标签中存储着规范而具有互用性的信息，通过无线数据通信网络把它们自动采集到中央信息系统，实现物品（商品）的识别，进而通过开放性的计算机网络实现信息交换和共享，实现对物品的“透明”管理。

从信息流控制的角度，物联网由感知层、传送层和信息应用层等三层组成，即通过传感器等方式获取物理世界的各种信息，结合互联网、移动通信网等网络进行信息的传送与交互，采用智能计算技术对信息进行分析处理，从而提升对物质世界的感知能力，实现智能化的决策和控制。

物联网在组成上主要分为两个层面，一个是以传感和控制为主的硬件部分，主要由无线射频识别 RFID、传感、数据传输等技术构成，另一个方面主要的是以软件为主的数据处理技术，其中包括搜索引擎技术、数据挖掘、人工智能处理、实现人机交流的标准化机器语言等。

1.1.2 物联网体系

物联网是通过射频识别、感知器、定位系统、扫描器、传感器、图像感知器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

按照网络内数据的流向及处理方式将物联网分为三个层次（如图 1-4 所示）：一是感

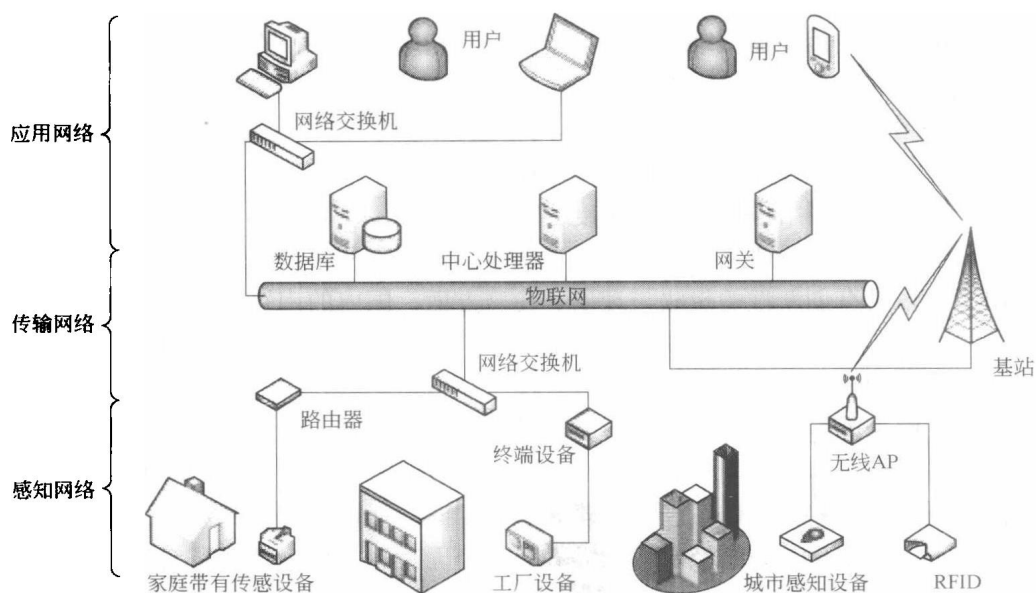


图 1-4 物联网架构

知网络层，即以二维码、RFID、传感器为主，实现对物、人或环境状态识别、感知；二是传输网络层，即通过现有的互联网、广电网、通信网或者下一代互联网，实现数据的传输、计算和存储；三是应用网络层，即输入输出控制终端，包括电脑、手机、笔记本等终端。

RFID 确实是实现物联网的关键性技术之一，它带来了实时捕获个体物品信息的可能性。其实 RFID 只是自动识别技术家族的一部分，这个家族都是促进物联网的关键性技术，但是并不仅仅只有它们而已。

除了自动识别技术之外，另外一项很重要的技术是传感器，因为需要有一项技术把物品与互联网相连接。如果房间里有一个物品，其中是有 RFID 的，那么它所起的作用是告诉我们有这样一个东西是在那里的，但是更具体的信息我们并不知道，比如说，我们可以知道房间里有一把剪刀、一包牛奶，但是我们并不知道那包牛奶是否已经过期了，或者它是否被污染了，在这些方面就是传感器起作用的地方。传感器不仅仅能够告诉我们物品的存在，还能够告诉我们物品所处的环境、它所包含的物质等。

作为物联网的物物互联子网络，在感知层的（无线）传感网在很早以前就开始了相关研究。早在 1999 年，中国科学院就启动了传感网研究，由其提出的传感网络体系架构、标准体系、演进路线、协同架构等代表传感网络发展方向的顶层设计已被 ISO/IEC 国际标准认可。

传感网已经成为政府推进物联网发展的首要着力点，在政府高度关注和明确支持以及产业技术发展、需求推动等协同作用下，我国传感网市场将在未来一段时间内以超过 200% 的年均复合增长率增长，并于 2015 年达到 200 亿元人民币规模。

对于传感网，射频通信和感知设备是核心技术，也是利润最大产业。射频通信由于我国起步比较晚，因此在射频通信（无线芯片）方面比较薄弱，主要还是被国外所垄断，例

如 TI 和飞思卡尔等公司。

国内目前在无线传感器网络软件方面也取得了相应的突破，在基于国外的操作系统之上，开发了自己的中间件软件。如南京邮电大学无线传感器网络研究中心开发的基于移动代理的无线传感器网络中间件平台；无线龙科技 C51RF-WSN 无线传感器网络开发平台，提供了功能齐全的硬件开发平台，对外提供便捷的接口，使用户无需了解底层细节，极大地降低了无线传感器网络应用开发的难度。

国内研究机构在理论研究方面，如对无线传感器网络网络协议、算法、体系结构等方面，提出了许多具有创新性的想法与理论。在这方面，国内的南京邮电大学、哈尔滨工业大学、清华大学、上海交通大学、北京邮电大学等都取得了一些相关的理论研究成果。

目前国内比较成功的无线传感器网络软件产品包括：南京邮电大学的无线传感器网络中间件软件、南京邮电大学的无线传感器网络集成开发平台、无线龙科技 C51RF-WSN 无线传感器网络开发平台及中间件、中国科学院无线传感器网络分析与管理平台。

目前，我国传感网标准体系已初步建立框架，向国际标准化组织提交的多项标准提案被采纳，传感网标准化工作已经取得积极进展。经国家标准化管理委员会批准，全国信息技术标准化技术委员会组建了传感器网络标准工作组。标准工作组聚集了中国科学院、中国移动通信集团公司等国内传感网主要的技术研究和应用单位，积极开展传感网标准制定工作，深度参与国际标准化活动，旨在通过标准化为产业发展奠定坚实技术基础。

我国对传感网发展高度重视，《国家中长期科学与技术发展规划（2006—2020年）》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将传感网列入重点研究领域。国内相关科研机构、企事业单位积极进行相关技术的研究，经过长期艰苦努力，攻克了大量关键技术，取得了国际标准制定的重要话语权，传感网发展具备了一定产业基础，在电力、交通、安防等相关领域的应用也初见成效。

1.2 无线传感网简史

信息的生成、获取、存储、传输、处理及其应用是现代信息科学的六大组成部分，其中信息获取是信息技术产业链上重要的环节之一，没有它就没有信息的传输、处理和应用，信息化也就成了无水之源、无本之木。

随着现代微电子技术、微机电系统（Micro Electrp Mechanism System, MEMS）、片上系统 SoC（System on Chip）、纳米材料、无线通信技术、信号处理技术、计算机网络技术等进步的以及互联网的迅猛发展，传统传感器信息获取技术从独立的单一化模式向集成化、微型化，进而向智能化、网络化方向发展，成为信息获取最重要和最基本的技术之一。现代传感器如图 1-5 所示。

传感网是集传感器、数据处理单元和通信模块的微小节点随机分布，并通过自组织方式构成的网络，借助节点中内置形式多样传感器测量所在周边环境中的热、红外、声呐、雷达、射频和地震波等信号，从而探测包括温度、湿度、噪声、光强度、压力、气体成分及浓度、土壤成分、移动物体大小、

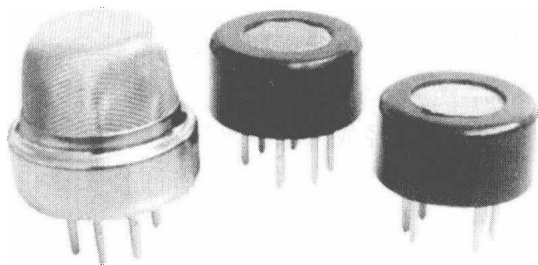


图 1-5 现代传感器

速度和方向等众多感兴趣的物质现象。在通信方式上,可以采用有线、无线、红外、超声波和光等任意一种或多种方式。

因此传感器网络可以根据通信方式分类为有线传感器网络、无线传感网、红外传感器网络、超声波传感器网络等。

一般认为采用无线通信技术的传感器网络称作无线传感网 (Wireless Sensor Networks, WSN)。

无线传感网是从传感器网络开始的,传感器网络经历了如图 1-6 所示发展历程。

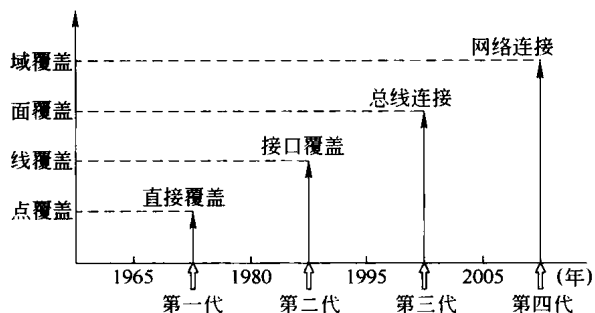


图 1-6 传感器网络历史

第一代传感器网络出现在 20 世纪 70 年代,使用具有简单信息信号获取能力的传统传感器,采用点对点传输、连接传感控制器构成传感器网络。

第二代传感器网络,具有获取多种信息信号的综合能力,采用串/并接口(如 RS-232、RS-485)与传感控制器相连,构成有综合多种信息的传感器网络。

第三代传感器网络出现在 20 世纪 90 年代后期和 21 世纪初,用具有智能获取多种信息信号的传感器,采用现场总线连接传感控制器,构成局域网,成为智能化传感器网络。

第四代传感器网络正在研究开发,目前成形并大量投入使用的产品还没有出现,用大量的具有多功能多信息信号获取能力的传感器,采用自组织无线接入网络,与传感器网络控制器连接,构成无线传感网。

无线传感网是新兴的下一代传感器网络。最早的代表性论述出现在 1999 年,题为“传感器走向无线时代”。随后在美国的移动计算和网络国际会议提出,无线传感网是下一个世纪面临的发展机遇。2003 年,美国《技术评论》杂志论述未来新兴十大技术时,无线传感网被列为第一项未来新兴技术。同年美国《商业周刊》未来技术专版,论述四大新技术时,无线传感网也列入其中。美国《今日防务》杂志更认为无线传感网的应用和发展,将引起一场划时代的军事技术革命和未来战争的变革。2004 年 (IEEE Spectrum) 杂志发表一期专集:传感器的国度,论述无线传感网的发展和可能的广泛应用。可以预计,无线传感网的发展和广泛应用,将对人们的社会生活和产业变革带来极大的影响和产生巨大的推动。

总体来说,无线传感网思想起源于 20 世纪 70 年代;1978 年 DARPA 在卡耐基-梅隆大学成立了分布式传感器网络工作组;1980 年 DARPA 的分布式传感器网络项目 (DSN) 开启了传感器网络研究的先河;20 世纪 80~90 年代,研究主要在军事领域,成为网络中心战的关键技术,拉开了无线传感网研究的序幕;20 世纪 90 年代中后期,无线传感网引起