

► 21世纪通信网络技术丛书

App
li
cation

网络通信与工程应用系列

无线通信模块设计 与物联网应用开发

夏 华 著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

21 世纪通信网络技术丛书

——网络通信与工程应用系列

无线通信模块设计与物联网 应用开发

夏 华 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是关于无线通信模块设计与物联网应用开发的一本专著。全书共分两篇 12 章,涵盖了无线通信模块及物联网领域的多个方面。基础篇由 9 章组成,主要内容有:无线通信模块和物联网的基本概念,体系结构,软、硬件平台系统组成,物联网中无线通信模块的应用开发环境,无线通信模块应用的软件开发和接口指令,以及无线通信模块在物联网中的应用实例等。进阶篇由 3 章组成,主要内容有:无线通信模块的高级开发——通过嵌入式脚本开发高性能且低成本的物联网应用等。为使读者能够快速地对无线通信模块及其在物联网的技术应用有一个全面、系统的认识,本书从宏观上和顶层分别介绍无线通信模块与物联网技术。读者不仅可以从技术理论上对用于物联网的无线通信有较全面的了解,而且可以根据应用实例对物联网技术有更直观的认识。

本书可供从事无线通信领域物联网应用开发的科技人员阅读和参考,也可以作为高等院校电气信息类专业中物联网技术课程的教材或教学参考书,或作为物联网技术的培训教材。对于具有一定信息网络基础知识,并希望进一步提高技术水平的读者,无疑也是一本理想的参考读物。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

无线通信模块设计与物联网应用开发/夏华著. —北京:电子工业出版社, 2011.6

(21 世纪通信网络技术丛书. 网络通信与工程应用系列)

ISBN 978-7-121-13643-6

I. ①无… II. ①夏… III. ①无线电通信—通信系统—设计 ②智能技术—应用 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 099344 号

策划编辑: 窦 昊

责任编辑: 王春宁

印 刷:

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 21.25 字数: 528 千字

印 次: 2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

为了促进和推动我国通信产业的发展,迎合国家在 21 世纪的中长期信息通信技术的发展规划,电子工业出版社通信出版分社特策划了一套《21 世纪通信网络技术丛书》。这套丛书根据不同的技术应用层面,又细分为 4 个系列:《移动通信前沿技术系列》、《3GPP LTE 无线通信新技术系列》、《物联网技术与应用开发系列》和《网络通信与工程应用系列》。

《移动通信前沿技术系列》是以移动通信技术(3G 技术)的应用现状与发展情况为导向,结合新一代移动宽带系统(4G 技术)的逐步建立,全面介绍当今移动通信领域涉及的前沿关键技术与热点技术,以理论创新和技术突破为主。

《3GPP LTE 无线通信新技术系列》是以 TD-LTE、WCDMA-LTE、cdma2000-LTE、WiMAX-LTE 的新技术与新标准为主攻方向,以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源中的有效管理和实现为主。LTE 作为无线通信技术的一个重要的长期演进计划,代表了国内外无线通信领域的最新发展需求和解决方案。以新一代移动宽带通信技术为主。

《物联网技术与应用开发系列》是下一代 ICT(信息通信技术)产业的新增长点之一。将物联网技术与应用开发单独列为一个系列主要是从无处不在的应用宽泛性和无所不能的移动互联网对人们生活和工作的深刻影响而构建的。物联网是互联网的自然延伸,以 IP 技术为核心,是一种架构在基于 IPv4/IPv6 的各种网络上的综合应用和通信能力。根据它的四个层面——感知、传输、处理和应用,通过技术与应用开发的紧密结合去推动物联网工程应用的进一步发展。以物联网技术开发应用为主。

《网络通信与工程应用系列》是以构建网络的体系结构、标准、协议为目标所开展的现代无线、移动、宽带通信网络的规划与优化,以及结合工程应用的成功案例所提出来的。以移动通信网络工程应用为主。

为了提升本套丛书的影响力,依托各高等院校在通信领域从事科研、教学、工程、管理的具有丰富的理论与实践经验的专家、教授;各科研院所的研究员;国内有一定规模和研发实力的科技公司的一线研发人员,以及国外知名研究实验室的专家、学者等组成编写和翻译队伍,力求实现内容的先进性、实用性和系统性;力求内容组织循序渐进、深入浅出;理论阐述概念清晰、层次分明、经典实例源于实践;力求很强的可读性和可操作性。

本套丛书的主要读者对象是广大从事通信网络技术工作的各科研院所和公司的广大工程技术人员;各高等院校的专业教师和研究生;刚走上工作岗位的大学毕业生;以及与此相关的其他学科的技术人员,供他们阅读和参考。

本套丛书从 2008 年上半年开始陆续推出,希望广大读者能关注它,多对本套丛书提出宝贵意见与建议,欢迎通过电子邮箱 wchn@phei.com.cn 进行探讨、交流和指正,以便今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术类图书。

电子工业出版社
通信出版分社

序 言

作为下一个拥有万亿级市场前景的领域，物联网已成为当前国家重点发展的战略产业，受到国务院及各级政府的高度重视，从全球的情况来看，物联网已不再是一个行业范畴的事情，欧、美、日、韩等主要发达国家和地区，都已将物联网纳入国家战略性计划，把它作为占领后危机时代全球竞争制高点的重要手段。物联网具有高度的创造性、渗透性和带动性，在工业、农业、环境等领域具有重大的应用价值，对国家安全、经济和社会发展具有深远的影响。

通信技术的发展，尤其是 3G、4G 和 M2M 技术，为物联网建设提供了良好的物质条件。而基于这些通信技术的无线通信模块，作为物联网的一个重要部件，其易于操作、实现简单的特点，使之成为了物联网发展的重要基石之一。在物联网行业里，由于涉及的网络层级多，应用范围比较广，感知层、网络层、应用层都有相关的标准化问题。无线通信模块的出现，将这些各异的技术封装起来，简化了对外的接口和操作，使得物联网各个层级之间的联系变得简单高效。研究和开发各类无线通信模块，对于物联网的发展有着重要的促进意义。本文的作者夏华同志在无线通信技术、M2M 和物联网关键技术方面有多年的研究和丰富的实践经验。本书通过对这些研究和经验的总结，介绍了无线通信模块开发的关键技术及其在物联网应用的开发实例，内容翔实丰富，相信对于大家研究物联网能够起到一定的借鉴作用。

大唐电信科技产业集团代表我国提出的 TD-SCDMA 技术已成为国际 3G 标准之一，而 TD 技术的商用突破为国家物联网发展奠定了坚实的技术基础。同时，物联网的发展也是 TD 技术后续演进取得成功的重大契机，TD 与物联网的融合将成为未来物联网发展的趋势。近年来，包括温家宝总理在内的国家领导人十分关注物联网和 TD 的结合。物联网是一个未来的产业，它真正要形成比较大规模的产业还需要一定的时间，还需要各方去努力。我们希望能够利用我们在产业方面的经验和在产业方面所处的优势，与大家一起打造中国的物联网产业，用大家的力量一起推动国内物联网产业的发展。



大唐电信科技股份有限公司董事长

前 言

本书作为一本涵盖无线通信模块及物联网技术的实用性专著，涵盖了无线通信模块及物联网领域的多个方面。为使读者能够快速地对无线通信模块及其在物联网的技术应用有一个全面、系统的认识，本书的指导思想是从宏观上和从顶层介绍无线通信模块与物联网技术。

全书共分两篇 12 章。基础篇由 9 章组成：第 1 章主要介绍无线通信技术，无线通信模块和物联网的基本概念、体系结构、软件与硬件平台系统组成、关键技术，以及主要应用领域与发展历程；第 2 章介绍无线通信模块的技术原理，包括 2G 和 3G 的移动通信系统概念；第 3 章和第 4 章分别介绍无线通信模块的软、硬件构成，性能评估，并通过实例分析让读者具体地了解无线通信模块的软、硬件体系结构；第 5 章介绍 3G 模块技术原理和软、硬件设计等；第 6 章介绍物联网中无线通信模块的应用开发环境；第 7 章介绍无线通信模块应用的软件开发和接口指令；第 8 章介绍无线通信模块的硬件接口；第 9 章介绍无线通信模块在物联网中的不同应用实例。进阶篇由 3 章组成：第 10、11、12 章分别介绍无线通信模块的高级开发——通过嵌入式脚本开发高性能且低成本的物联网应用。

通过阅读本书，读者不仅可以从技术理论上对应用于物联网的无线通信有较全面的了解，而且可以根据应用实例对物联网技术有更直观的认识。本书可供从事无线通信领域物联网应用开发的科技人员阅读和参考，也可以作为高等院校电气信息类专业物联网技术课程的教材或教学参考书，或作为物联网技术培训教材；对于具有一定信息网络基础知识，并希望进一步提高技术水平的读者，也是一本理想的参考读物。

由于作者的水平与实践能力所限，书中遗漏和错误之处在所难免，恳请读者批评、指正。

作 者

目 录

基 础 篇

第 1 章 概述	(2)
1.1 无线通信模块介绍	(2)
1.1.1 无线通信技术的发展历程	(2)
1.1.2 无线通信模块、终端与手机	(3)
1.2 物联网的概念及其发展	(4)
1.2.1 什么是物联网	(4)
1.2.2 物联网的体系架构	(4)
1.3 无线通信模块与物联网	(11)
1.3.1 物联网标准化与物联网体系	(11)
1.3.2 物联网中的无线通信模块	(14)
第 2 章 无线通信模块技术原理	(15)
2.1 无线通信相关技术	(15)
2.1.1 调制 / 解调技术	(15)
2.1.2 多址技术	(16)
2.1.3 语音编码与信道编码技术	(16)
2.1.4 扩频技术	(18)
2.2 GSM/GPRS 移动通信系统	(19)
2.2.1 GSM 标准技术规范	(19)
2.2.2 GSM 移动通信系统组成	(19)
2.3 第三代移动通信系统智能终端	(22)
第 3 章 无线通信模块硬件设计	(25)
3.1 硬件系统构成	(25)
3.1.1 基带处理器	(26)
3.1.2 射频模组	(27)
3.1.3 存储器件	(27)
3.1.4 电源电路	(27)
3.1.5 音频电路	(27)
3.1.6 接口连接器与其他结构器件	(28)
3.2 硬件性能评估	(28)
3.2.1 通用电气性能	(28)
3.2.2 射频性能	(28)
3.2.3 环境性能	(31)

3.3	实例分析	(31)
3.3.1	实例分析一：西门子无线通信模块 MC55 的硬件设计	(31)
3.2.2	实例分析二：大唐无线通信模块 B200 的硬件设计	(45)
第 4 章	无线通信模块软件设计	(53)
4.1	软件系统构成	(54)
4.1.1	嵌入式实时操作系统	(54)
4.1.2	Nucleus 实时操作系统	(55)
4.1.3	物理层	(56)
4.1.4	协议栈	(57)
4.1.5	人 / 机接口：AT 指令集	(58)
4.2	软件性能评估	(59)
第 5 章	3G 无线通信模块设计	(60)
5.1	3G 通信技术	(60)
5.2	3G 无线通信模块硬件设计	(61)
5.2.1	硬件结构	(61)
5.2.2	硬件接口	(62)
5.3	3G 无线通信模块软件设计	(63)
5.4	实例分析	(64)
5.4.1	硬件架构	(64)
5.4.2	软件架构	(65)
5.4.3	Linux 系统免驱实现	(66)
第 6 章	物联网应用与无线通信模块开发环境	(68)
6.1	物联网应用	(69)
6.1.1	案例一：无人值守的气象信息采集系统	(69)
6.1.2	案例二：基于 GPRS 的加油站管理系统	(72)
6.1.3	案例三：基于 GPS/GPRS/RFID 的车辆监控系统	(74)
6.1.4	案例四：利用无线通信模块实现的远程医疗监护系统	(78)
6.1.5	案例五：基于无线模块的运营商空中选号与写卡系统	(81)
6.1.6	案例六：电力远程抄表系统与智能电网的构建	(84)
6.2	无线模块应用开发环境	(87)
第 7 章	无线通信模块软件接口：AT 指令	(91)
7.1	AT 指令的发展	(91)
7.2	AT 指令	(91)
7.2.1	AT 指令的使用	(91)
7.2.2	通用 AT 指令	(93)
7.2.3	呼叫控制指令	(100)
7.2.4	网络服务相关指令	(108)
7.2.5	安全相关指令	(113)
7.2.6	电话簿指令	(116)

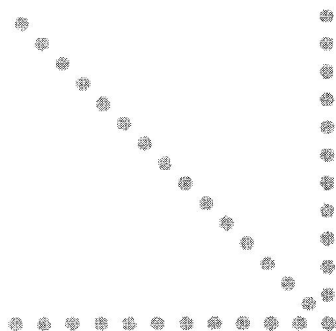
7.2.7	短消息指令	(122)
7.2.8	补充业务相关指令	(138)
7.2.9	STK 相关指令	(149)
7.2.10	V24-V25 指令	(157)
7.2.11	补充 AT 指令	(161)
7.2.12	GPRS 指令	(164)
7.2.13	TCP/IP 指令	(182)
7.2.14	错误返回说明	(187)
7.2.15	结果代码说明	(190)
7.2.16	参数保存说明	(191)
7.2.17	参数的出厂设置值	(192)
7.2.18	STGR 与 STK 指令兼容表	(194)
7.2.19	DRX 控制说明	(194)
第 8 章	无线通信模块硬件接口：串口通信、SIM 卡接口与音频	(196)
8.1	西门子 MC55 GSM/GPRS 模块	(196)
8.1.1	功能特性介绍	(196)
8.1.2	接口电器特性	(197)
8.1.3	MC55 模块应用参考设计	(198)
8.1.4	模块接口描述	(200)
8.1.5	结构技术参数	(201)
8.2	大唐 B255 GSM/GPRS 模块	(202)
8.2.1	B255 模块功能特性介绍	(202)
8.2.2	B255 模块接口电气特性与应用框图	(203)
8.2.3	B255 模块接口描述	(205)
8.2.4	B255 模块结构技术参数	(217)
第 9 章	物联网应用设计实例	(218)
9.1	实例 1：物流短信服务平台（短信猫）	(218)
9.1.1	概述	(218)
9.1.2	设计实现	(219)
9.2	实例 2：用 GPRS 数据传输（GPRS DTU）设备构建物联网	(222)
9.2.1	概述	(222)
9.2.2	设计实现	(224)
9.3	实例 3：GPS-GPRS 车辆定位器	(229)
9.3.1	概述	(229)
9.3.2	设计实现	(229)
9.4	实例 4：彩信模块与安防监控设计	(232)
9.4.1	概述	(232)
9.4.2	设计实现	(232)
9.5	实例 5：基于 RFID 与无线模块的物联网应用	(235)
9.5.1	概述	(235)

9.5.2 设计实现	(236)
9.5.3 总结	(238)

进 阶 篇

第 10 章 支持嵌入式应用的无线通信模块	(242)
10.1 概述	(242)
10.2 支持嵌入式应用的无线通信模块	(242)
10.2.1 摩托罗拉嵌入式无线通信模块——G24-J 与 Java	(243)
10.2.2 Wavecom 嵌入式无线通信模块——Q24 Plus (简称 Q24) 与 OpenAT	(244)
10.2.3 大唐嵌入式无线通信模块——B200 与嵌入式脚本	(244)
第 11 章 无线通信模块嵌入式脚本开发	(245)
11.1 概述	(245)
11.2 脚本关键字和功能说明	(245)
11.2.1 关键字	(245)
11.2.2 命令功能说明	(246)
11.3 脚本语法及注意事项	(255)
11.4 脚本示例	(256)
第 12 章 无线通信模块嵌入式应用设计实例	(258)
12.1 嵌入式无线防盗报警系统	(258)
12.1.1 概述	(258)
12.1.2 设计实现	(259)
12.2 单模块数据透传单元与 M2M 工业应用	(262)
12.2.1 概述	(262)
12.2.2 设计实现	(264)
附录 A 无线通信模块专业术语英汉对照表	(300)
附录 B GSM/GPRS 模块简明 AT 指令集	(308)
附录 C 大唐 GSM/GPRS 模块开发板使用指南	(314)
参考文献	(327)

基础篇



第1章 概述

19 世纪末期,赫兹发明无线电后,马可尼第一次演示海上航行船舶间的通信,这可以说是无线移动通信的开创。自那以后,无线移动通信取得了举世瞩目的发展,特别是从 20 世纪 70 年代后期蜂窝网正式开放供公众使用以后,全世界的无线移动通信设备总数持续地快速增长,人们都在期盼使用新的无线通信方法和手段,这极大地促进了移动通信在数字化和设备制造技术方面的进步,无线通信设备在小型化、高度集成、更加可靠、降低成本等新技术的推动下获得了巨大的发展。可以预见,在未来的几十年里全世界范围的无线通信将会得到更快的发展。

现代无线通信技术的发展始于 20 世纪 20 年代,是 20 世纪的重大成就之一。在不到 100 年的时间里,随着计算机和通信技术的发展,无线通信也得到了巨大的发展,其发展速度令人惊叹。无线通信已成为人们生活的一部分,无线通信用户的数量与日俱增。第二代无线通信(2G)向第三代移动通信系统(3G)演进,促进了技术融合以及全球统一标准的形成。随着 3G 服务的提供,无线通信终端的普及还将进一步扩大,它可以使用户在任何时候,从任何地方接入系统,以获取所需要的信息。总之,无线通信系统是一个不断演进的系统,各种新技术将推动下一代无线移动通信系统不断向前迈进。

1.1 无线通信模块介绍

1.1.1 无线通信技术的发展历程

1934 年,美国已有 100 多个城市的警察局采用调幅(AM)制式的无线移动通信系统。1946 年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,而后,这种公用无线电话服务被陆续地引进到美国的 25 个主要城市。每个系统使用单个大功率发射机和高塔,覆盖范围超过 50 km。语音只占用 3 kHz 的基带宽,使用三个频道,间隔为 120 kHz,通信方式为单工,且为人工接续方式,网的容量较小。从 20 世纪 40 年代至 60 年代,为无线移动通信的早期发展阶段,公用移动通信业务的问世,移动通信所使用的频率开始向更高的频段发展。在 20 世纪 70 年代,蜂窝网方式的无线通信系统问世,一个适当大的地区设置多个半径约 1 km 的蜂窝小区,互相紧密地邻近排列,其中心基站可使用较低的射频发射功率,每隔几个蜂窝就可以使用相同的频率,节约了无线电频谱资源的利用。这样,蜂窝网方式比过去利用大功率发射机覆盖半径为 50 km 大面积的方法有显著改进。虽然移动手机从一个蜂窝小区移动至邻近的另一个蜂窝小区有越区交接等问题,但技术上都可以妥善解决。1973—1979 年间,美国有几个城市试用了这种蜂窝系统 AMPS(高级移动电话业务);20 世纪 80 年代初期,美国政府正式批准将这种商用系统提供给公众服务,与此同时,欧洲、日本和其他一些国家也开始陆续地建设和运营蜂窝网业务。

20 世纪 50 年代至 70 年代后期, 由于半导体技术的引入, 无线移动通信系统进一步智能化, 成本也有所降低。大规模集成电路器件和微处理器的发展使移动通信系统商用化成为现实。

20 世纪 70 年代后期至 80 年代初期, 蜂窝网虽已正式开放给公众使用, 但那还是第一代蜂窝系统 (1G), 只提供模拟电话移动通信服务。不过那一时期固定通信已向数字化方向发展, 移动通信的研究也开始考虑数字蜂窝系统的应用可能性和实际可能获得的好处。这包括能否获得更大的容量、更好的语音质量以及传送数据业务。直至 20 世纪 90 年代初期, 泛欧数字蜂窝网正式向公众开放使用, 采用数字时分多址 (TDMA) 技术; 信道带宽为 200 kHz; 使用新的 900 MHz 频谱; 称为 GSM (全球移动通信) 系统, 属于第二代蜂窝网 (2G), 这是一个具有现代网络特征的第一个全球数字蜂窝移动通信系统。实际上, 当时模拟网和数字网并存, 凡是持有模拟和数字移动手机, 都可以获得蜂窝网的服务。从此以后, 全世界各国都大力发展数字蜂窝网。GSM 成为世界上最流行的数字蜂窝网标准, 随后, 世界各国政府又联合制定了 GSM 的等效技术标准——DCS1800, 它在 1.8 GHz 到 2 GHz 的频段上提供个人通信服务 (PCS)。在北美, 出现了几种不同制式的数字蜂窝网, 1991 年开始使用数字时分多址 (TDMA) 技术的美国数字蜂窝系统 (USDC), 1993 年又有基于码分多址 (CDMA) 的数字蜂窝移动通信系统, 分别称为 IS-54 和 IS-95。日本也发展 TDMA 技术的数字蜂窝系统, 称为个人数字蜂窝系统 (PDC)。在 1995—1997 年期间, 美国联邦通信委员会 (FCC) 又指定了一个新频段 1 850~1 990 MHz, 专供个人通信业务 (PCS) 研究发展之用。总之, 20 世纪 90 年代以后, 第二代数字蜂窝网 (2G) 兴旺发达, 原先开放公用的第一代模拟电话已停止使用, 所有移动用户全都使用第二代数字蜂窝网 (2G)。数字通信技术是大势所趋, 而且 2G 除了提供移动手机互通电话之外, 还能让移动用户的手机或便携计算机实现数据通信, 允许手机或者便携计算机“上网”, 从互联网 (Internet) 获取需要的数据信息。这意味着, 2G 的基站可能提供这类应用的不对称传输通路, 用户至基站方向的上行信息较短, 而基站至用户方向的下行线路传输信息可以较长。这样的蜂窝被称为 GPRS (通用分组无线业务), 即介于 2G 与 3G 之间, 俗称二代半 (2.5G), 即 2G 与未来 3G 的过渡。

1.1.2 无线通信模块、终端与手机

无线通信模块作为无线通信设备中的一个重要组成部分, 从一开始就被人们所关注。从一开始的移动通信终端到后来的小型个人移动通信设备、手持移动终端、手机等, 无线通信模块都在其中扮演着重要的角色。从某种意义上说, 现代的移动通信设备都是在无线模块的基础上发展起来的, 例如, 早期的手机就是将无线通信模块集成在另外一块电路板上构成的。随着技术的不断进步, 无线通信设备朝着小型化、低成本的方向发展, 越来越多的通信设备趋于将无线通信模块与周围的应用系统集成在一起, 在现有的手机中已经很难看到独立的无线通信模块了。但是, 在其他一些领域, 如工业领域, 由于应用场合各不相同, 对功能、性能、结构、对环境等要求更不一样, 不便于像手机一样做高度的集成和统一的设计, 因而, 采用无线通信模块的形式, 以独立的 Modem 的方式参与应用会具有更大的灵活性, 可以为使用者提供更大的设计方便。例如, 没有无线通信经验的应用设计者可以不具备射频电路的知识, 不用过多考虑无线通信的设计约束, 也不用为开发无线通信产品而去做昂贵的测试认证。对他们而言, 只需要将无线通信模块像一个普通的器件一样集成在自己的电路设计中即

可。这大大方便了设计人员的工作，降低了技术的复杂性，缩短了推向市场的周期。

1.2 物联网的概念及其发展

1.2.1 什么是物联网

国际电信联盟从 1997 年开始，每年发布一本世界互联网发展年度报告，其中，2005 年的报告名称叫《物联网》。报告系统地讨论了物联网的概念，列举了意大利、日本、韩国和新加坡等国家的案例研究和发展战略，提出了“物联网时代”的构想。2005 年 11 月 17、18 日，BBC 新闻、雅虎在线、IDG 等都纷纷进行了报道。

什么是物联网？简单来说，物联网是在国际互联网的基础上，利用 RFID 技术和物品电子编码技术，给每一个实体对象一个唯一的代码，构造的一个覆盖世界上万事万物的实物互联网（Internet of Things）。

正如人类社会的交流需要有彼此的身份一样，物联网中的每一个物体 / 物品都要有一个身份代码，将一个具有唯一代码的 RFID 标签贴在物品上，就好像给每个物体发了身份证。然后，将这个代码和反映该物品的其他信息存储在网络服务器中，就好像身份在公安局有了备案和登记。这个服务器叫物品名称解析服务器（ONS, Object Naming Service），它是物联网的“花名册”，用来统一解析所有物品的“身份”与“归属关系”（URI, Universal Resource Identifier）。最后，通过在互联网许多端点上安装的电子标签读写器和其他感应器，使物体通过时可自动交换信息，并通过网络传输与搜寻“远在他乡”的物品制造或管理部门服务器中的“档案”信息，从而实现对物品的自动识别、追踪和管理。简单地说，就是所有物品被赋予“身份”之后，借助传感器（读写器），在互联网（Internet）与服务器的沟通下进行“交谈”，这就是“物联网”。

物联网的目标是为每一个物品建立全球可交流识别的、开放的统一标准以及智能跟踪与管理的体系。其最终目的是构造“泛在网络社会”（Ubiquitous Network Society）。“泛在”（Ubiquitous）概念来自拉丁文的词根 *ubique*，译为无处不在。无处不在的各种传感器与物品产生各种实时信息，这些信息通过互联网进行交换，实现“运筹帷幄，决胜千里”的物流控制与过程管理。所以，“泛在”不但指地域上的无处不在，也涉及社会的方方面面，如日常消费、生产运输、安全追踪、物流交通、贸易采购、医疗卫生等。因此，物联网的“泛在”概念一经提出，立即受到了各国政府、行业和学术界的广泛重视。

1.2.2 物联网的体系架构

物联网引起了包括企业、科研团体、新闻媒体和政府机构的广泛关注。一些研究机构也进行了一些对物联网关键技术及体系结构的研究。但目前对于物联网研究尚未形成统一的看法，对于物联网技术内涵的分析也不够专业和深入。有些专业的或非专业的出版物将 RFID 或者传感器网络当做物联网，实际上，这些只是物联网的一个组成部分或者物联网的一种类型而已。真正的物联网的定义与结构，比这些描述要更加广泛和简单。物联网就是一个连接物与物的网络，RFID 是其中的一种，传感器网络也是其中的一种，除此之外，还有很多的

“物”可以与“物”通过网络连接起来，它们也同样构成物联网。

2007 年 8 月，美国总统科学技术咨询委员会（PCAST）提出了 CPS 的概念，即 Cyber-Physical Systems——联网的物理设备系统。这一概念更加符合物联网的本质特征。PCAST 咨询报告认为，CPS 的设计、构造、测试和维护难度较大、成本较高，通常涉及到无数联网软件和硬件部件，在多个子系统环境下的精细化集成。在监测和控制复杂的、快速动作的物理系统（例如医疗设备、武器系统、制造过程、配电设施）运行时，CPS 在严格的计算能力、内存、功耗、速度、重量和成本的约束下，必须可靠和实时地运行。绝大部分 CPS 系统都是安全关键的系统，必须在外部的攻击和打击下能够继续正常工作。

我们通过研究实际的物联网系统，如智能电网、远程环境监控、家居安防、远程医疗等，可以分析出物联网系统的共有特征：它是一个包含结点、网络和控制中心在内的网络信息传输和处理系统。

1. 物联网的组成部分

我们从一个实际的物联网系统来分析物联网的组成部分。例如一个基于 EPC（Electronic Product Code）的车辆管理系统，主要由车辆识别、网络 and 监控中心所组成，如图 1-1 所示。

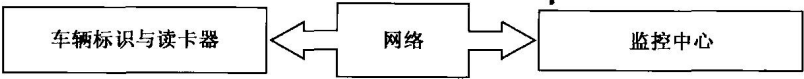


图 1-1 基于 EPC 的车辆管理系统

- 车辆标识与读卡器：由标签读写器、电子标签及天线等构成，完成车辆信息的识别。
- 网络：将车辆信息传输到监控中心，并把监控中心的控制信息发回给读卡器进行标识的读取及其他操作。
- 监控中心：由管理主机和数据接口构成，负责本地车辆信息的监控、本地信息和服务器的管理、远程信息的网络调度。

工作过程：当车辆通过收费口时，附着在车辆上的电子标签进入 RFID 磁场，接收标签读写器发出的射频信号，凭借感应电流所获得的能量，发送出存储在电子标签芯片中的车辆信息，标签读写器读取信息并解码后形成 EPC，送至管理主机，通过本地及远程接口，存储到本地服务器或访问远程服务器进行相应的数据处理。

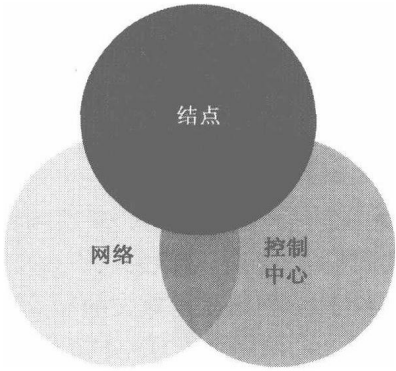


图 1-2 物联网的三个组成部分

其他物联网应用，如智能电网（远程抄表）、环境的远程监控、社区安防等也都具有类似结构——结点、网络和控制中心。因此，这三个部分构成了物联网的核心组成部分。这样的划分比用 RFID 或者传感器来表示传感器的组成元素具有更广泛的代表性。

（1）结点

结点是物联网中的“物”的标识单元，它包括各种各样的类型，如 RFID、传感器、终端等。结点的基本组成包括如下几个基本单元：传感单元（由传感器和模数转换功能模块组成）、处理单元（包括 CPU、存储器、嵌入式操作系统等）、通信单元（由无线通信模块组成）以及能量供应单元。此外，可以选择的其他功能单元包括：定位系统、移动系统以及电源自供电系统等。

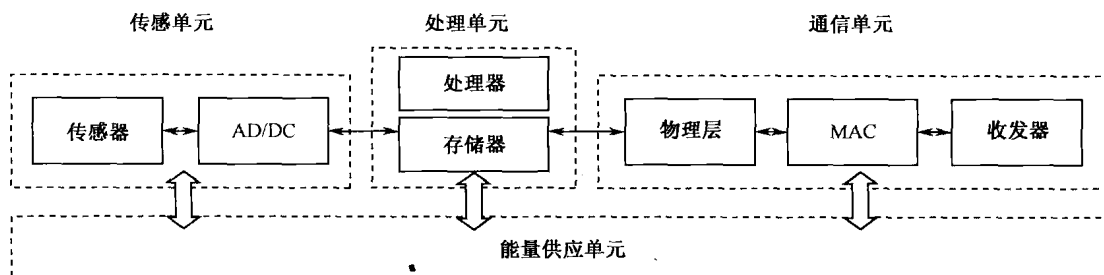


图 1-3 一个典型的结点结构模型

（2）网络

网络是物联网中的信息传输介质，它可以将结点与结点、结点与控制中心连接起来，共同构成物联网。这种连接网络可以是无线的，也可以是有线的；可以是宽带的，也可以是窄带的；可以是卫星传输的；可以是近场的，也可以是远程的。不同的网络适应不同的业务及其 QoS 要求。

（3）控制中心

在有的物联网中，结点通过网络与其他结点连接，也有的结点通过网络与控制中心连接，将采集的信息发送到控制中心进行处理，或者结点接收控制中心发出的指令，进行相应的操作。

2. 物联网的体系架构¹

虽然物联网的应用领域千变万化，其各个组成部分的物理性质、计算能力、构成形态、层次架构等也各不相同，但都可以由划分为结点到结点、结点到控制/处理中心这两种最基本的网络架构。由这最基本的网络架构，又可以叠加演化为更加复杂的物联网络体系架构，如混合体系架构、分级体系架构等。

（1）结点到结点的体系架构——P2P（Point to Point）网络架构

在结点到结点的物联网架构中，结点通过网络介质直接与其他结点通信，整个网络由结点和传输网络（或网络介质）共同组成。组成网络的结点有着相似的结构、发挥相似的功能、彼此对等。如无线传感器网络、Ad Hoc 网络就是典型的结点到结点的体系架构。彼此连接的结点还可以构成不同的网络域，不同的网络域完成不同的工作划分，如不同的信息处理层级等。还可以通过结点之间的协议约定，联合构成 Mesh 网络。

¹ 无线传感器网络拓扑结构，<http://www.dzsc.com/data/html/2008-11-27/73942.html>

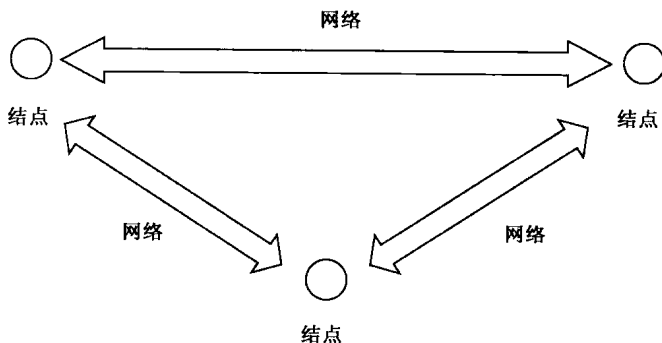


图 1-4 结点到结点的体系结构

(2) 结点到控制 / 处理中心的体系架构

在结点到控制 / 处理中心的物联网架构中，结点通过网络介质直接与控制 / 处理中心通信。整个网络由结点、控制 / 处理中心和传输网络（或网络介质）共同组成。结点负责处理终端的信息，如信息采集、分发等；控制和处理中心汇聚各个结点传送过来的信息，并进行处理，同时也控制各个结点的工作状态，将处理后的信息分发给各个结点。在这种体系架构下，各个结点在中心的控制下进行工作，中心集中对信息进行处理，结点无须具备太强的信息处理能力，只需做简单的信息采集和传递的工作，这样也降低了各个结点的设计复杂度和成本。

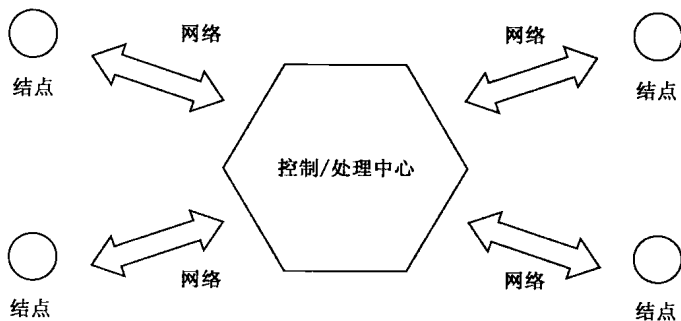


图 1-5 结点到控制 / 处理中心的网络体系架构

我们以无线传感器网络为例来分析一下这种结点到结点网络体系结构。无线传感器网络的网络拓扑结构是组织无线传感器结点的组网技术，有多种形态和组网方式。按照其组网形态和方式，可分为集中式、分布式和混合式。集中式结构类似移动通信的蜂窝结构，集中管理；分布式结构，类似 Ad Hoc 网络结构，可自组织网络接入连接和分布管理；混合式结构是集中式和分布式结构的组合。无线传感器网络的网状式结构，类似 Mesh 网络结构，以网状分布连接和管理。如果按照结点功能及结构层次，无线传感器网络通常可分为平面网络结构、分级网络结构、混合网络结构，以及 Mesh 网络结构。无线传感器结点经多跳转发，通过基站、汇聚结点或网关接入网络，在网络的任管理结点对感应信息进行管理、分类和处理，再把感应信息送给用户使用。研究和开发有效、实用的网络结构，对构建高性能的无线传感器网络十分重要，因为网络的拓扑结构严重制约无线传感器网络通信协议（如 MAC 协议和路由协议）设计的复杂度和性能的发挥。下面根据结点功能及结构层次分别加以介绍。

1) 平面网络结构

平面网络结构是无线传感器网络中最简单的一种拓扑结构，如图 1-6 所示，所有结点为