



普通高等教育
物联网工程类规划教材

INTERNET OF THINGS, IOT



物联网 工程概论

Introduction of Internet of Things

邓谦 曾辉◎主编

熊燕 尹淑玲◎副主编

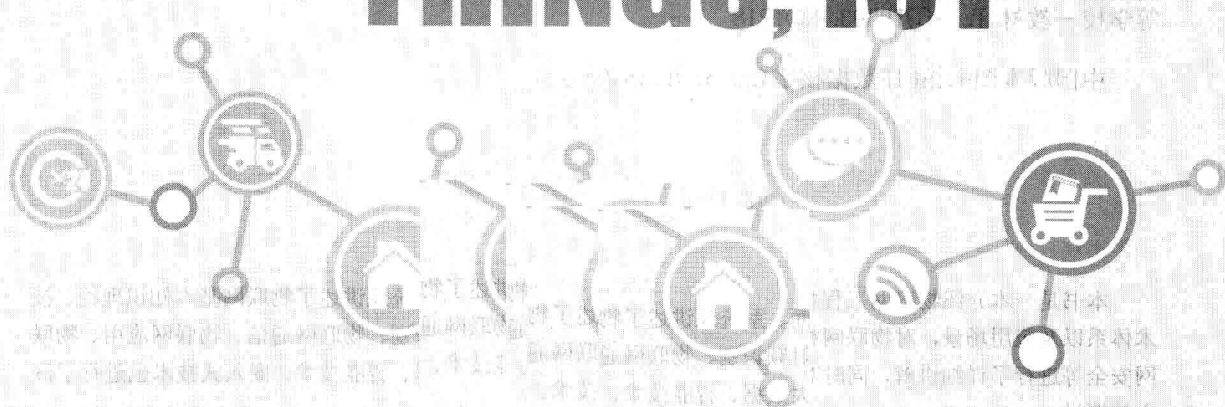


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



普通
物聯

INTERNET OF THINGS, IOT



物联网 工程概论

邓谦 曾辉◎主编

熊燕 尹淑玲◎副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网工程概论 / 邓谦, 曾辉主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2015.9
普通高等教育物联网工程类规划教材
ISBN 978-7-115-39681-5

I. ①物… II. ①邓… ②曾… III. ①互联网络—应用—概论—高等学校—教材②智能技术—应用—概论—高等学校—教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第158403号

内 容 提 要

本书是一本介绍物联网工程相关技术与知识的教材, 较为全面、系统地讲述了物联网基本知识理论、技术体系以及应用场景, 对物联网相关技术, 如无线传感器网络、射频识别、物联网通信、物联网应用、物联网安全等进行了详细讲解, 同时对与物联网密切相关的云计算、大数据、智能技术、嵌入式技术也进行了深入的探讨。

本书共分为10章: 第1章讲述了物联网的定义、发展概况、社会背景; 第2章介绍物联网的三层体系架构; 第3章介绍嵌入式系统的发展及在物联网中的应用; 第4章介绍WSN(无线传感器网络)相关技术、原理和应用; 第5章介绍RFID(射频识别)技术的发展、系统原理及标准化建设情况; 第6章介绍物联网技术中涉及的各种通信技术; 第7章介绍物联网中间件技术及软件编程实例; 第8章介绍M2M、云计算等技术的应用; 第9章讲述了物联网体系下的安全性问题; 第10章为物联网实验指导。

本书可以作为物联网工程及相关专业的教材, 也可以供对物联网技术感兴趣的本科、专科其他专业学生阅读, 还可以作为希望了解物联网知识的管理、科研、教学人士的参考书。

◆ 主 编 邓 谦 曾 辉

副 主 编 熊 燕 尹淑玲

责任编辑 邹文波

执行编辑 吴 婷

责任印制 沈 蓉 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.5

2015年9月第1版

字数: 438千字

2015年9月河北第1次印刷

定价: 42.00元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

物联网（Internet of Things, IoT）的出现被称为第三次信息科技浪潮，是自动化和信息化的融合。它的最高目标是实现实时获取任何地点以及任何需要监控、连接、互动的物体或过程的信息，采集的声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种有用的信息，通过网络接入，实现物与物、物与人的泛在连接，实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理。物联网的整体构架大体可分为三层，即感知控制层、网络传输层（传送层）和应用层。物联网的基础技术包括 RFID（射频识别）技术、嵌入式技术、M2M 技术、WSN（无线传感器网络）技术、通信技术等，这些基础技术完成了物联网节点在信息获取和数据传输上的基础构建，是物联网提供有效服务的前提。物联网的关键技术包括云计算、智能服务技术等，这些关键技术为物联网信息的海量存储和处理以及智能的服务模式提供了解决方案。

物联网工程是一门覆盖范围很广的综合性交叉学科，涉及计算机科学与技术、电子科学与技术、自动化、通信工程、信息安全、智能科学与技术等诸多学科领域，在科技民生、智慧城市、低碳环保、交通运输、物流配送、安防监控、智能电网和节能环保等方面有着广阔的应用前景，并且在“十二五”规划中被列为国家战略性新兴产业。物联网的异构性和学科交叉的特点给我们提出了新的科学问题，例如物联网如何实现高效互联、不确定感知信息的有效利用、提供动态环境服务等。同时，网络的安全性也是值得思考和深入研究的，因为物联网除了面对传统网络安全问题之外，还存在着一些与已有网络安全不同的特殊安全问题。总之，物联网是现有技术的凝聚融合和创新提升，而且它在结构上是开放的，任何能够实现信息获取、传输和处理的已有成熟技术和新兴技术都可以加入物联网的建设中。因此，无论是科学研究还是市场推广，物联网都有着广阔的前景。

近年来教育部已批准几百所高校开设物联网工程、传感器技术和智能电网等物联网技术相关本科专业。本书是针对物联网工程的专业教学需求编写，可供计算机科学与技术、电子科学与技术、控制工程、通信工程、软件工程、信息安全、智能科学与技术等专业本科生和研究生学习。本书的例题、习题可供教师课堂教学或学生课后自学使用，本书配套的实验、案例可供学生在物联网基础应用实验中作为指导。

本书的参考学时为 48~64 学时，建议采用理论实践一体化教学模式，各章节的参考学时见下面的学时分配表。

学时分配表

章节	课程内容	学时
第1章	绪论	2
第2章	物联网体系架构	4
第3章	嵌入式系统	4~6
第4章	WSN 无线传感器网络	4~6
第5章	RFID 射频识别技术	4~6
第6章	物联网通信技术	6
第7章	物联网中间件	2~4
第8章	物联网业务与应用	4~6
第9章	物联网信息安全技术	2~6
第10章	物联网实验	16~18
课时总计		48~64

本书由邓谦、曾辉、熊燕、尹淑玲编写。其中，邓谦编写了第2章、第4~6章、第9章；曾辉编写了第7章、第8章；熊燕编写了第1章、第3章；尹淑玲编写了第10章。全书由邓谦统稿和定稿。在本书的编写过程中得到了武昌理工学院陈兵教授的大力支持与帮助，在此深表感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2015年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 物联网概述	2
1.1.1 物联网定义	2
1.1.2 物联网的体系结构	3
1.1.3 相关技术特征	5
思考题	10
1.2 物联网的发展	11
1.2.1 社会背景	11
1.2.2 技术背景	15
思考题	16
1.3 物联网的前景展望	16
1.3.1 前景分析	16
1.3.2 政府措施	17
思考题	17
1.4 物联网与智慧地球	18
1.4.1 智慧电力	18
1.4.2 智慧城市	20
1.4.3 智慧交通	23
1.4.4 智慧医疗	26
1.4.5 智慧零售	29
思考题	33
课后习题	33
第 2 章 物联网体系架构	34
2.1 概述	34
2.1.1 物联网应用场景	34
2.1.2 物联网三层架构	38
思考题	39
2.2 感知层	39
2.2.1 感知层功能需求	39

2.2.2 感知层关键技术	40
思考题	43
2.3 网络层	43
2.3.1 网络层功能需求	43
2.3.2 网络层关键技术	44
思考题	47
2.4 应用层	47
2.4.1 应用层功能需求	47
2.4.2 应用层关键技术	48
思考题	50
课后习题	50
第 3 章 嵌入式系统	51
3.1 嵌入式系统概述	51
3.1.1 嵌入式系统的发展	51
3.1.2 主要应用领域	54
3.1.3 嵌入式系统的定义	60
3.1.4 嵌入式系统的特点	60
3.1.5 嵌入式系统的体系结构	61
思考题	62
3.2 嵌入式硬件开发平台	62
3.2.1 嵌入式处理器简介	62
3.2.2 ARM 处理器介绍	64
3.2.3 S3C2410 处理器介绍	68
思考题	73
3.3 嵌入式操作系统	73
3.3.1 嵌入式 Linux	73
3.3.2 Windows CE	74
3.3.3 Palm OS	75
3.3.4 VxWorks	76

思考题	77	5.2.2 RFID 系统基本工作原理	140
3.4 嵌入式系统在物联网中的应用	78	思考题	140
3.4.1 嵌入式系统和物联网之间的 区别与联系	78	5.3 RFID 技术标准	141
3.4.2 嵌入式智能终端设备	78	5.3.1 各种 RFID 标准体系之 比较	141
思考题	82	5.3.2 不同频率的电子标签与标准	145
3.5 嵌入式系统开发流程	82	5.3.3 超高频 RFID 协议标准的 发展与应用	145
3.5.1 总体开发流程	82	思考题	148
3.5.2 嵌入式系统的软件开发	83	课后习题	148
3.5.3 嵌入式系统的硬件开发	87	第 6 章 物联网通信技术	149
思考题	88	6.1 IP 通信技术	149
课后习题	88	6.1.1 TCP/IP 协议	150
第 4 章 WSN 无线传感器网络	89	6.1.2 路由器与 IP 路由选择协议	152
4.1 WSN 无线传感器网络概述	89	6.1.3 IPv6 简介	156
4.1.1 无线传感器网络的定义	89	思考题	158
4.1.2 无线传感器网络的体系结构	90	6.2 短距离无线通信技术	158
思考题	93	6.2.1 蓝牙技术	159
4.2 WSN 的应用及关键技术	94	6.2.2 ZigBee 技术	161
4.2.1 WSN 的应用	94	6.2.3 超带宽技术	163
4.2.2 WSN 的发展现状	102	6.2.4 Wi-Fi 技术	167
4.2.3 WSN 的关键技术	104	思考题	170
思考题	124	6.3 移动通信技术	170
4.3 WSN 的特点	124	6.3.1 移动通信系统简介	170
4.4 WSN 与传统网络的差异	125	6.3.2 移动通信的发展	173
4.4.1 通信距离	125	6.3.3 宽带移动通信	177
4.4.2 能源消耗	125	思考题	183
4.4.3 可靠通信	126	6.4 未来的物联网通信技术	183
4.4.4 网络安全	127	课后习题	184
4.5 WSN 的未来	128	第 7 章 物联网中间件	185
思考题	129	7.1 物联网中间件基本概念	185
课后习题	129	7.1.1 物联网中间件定义和分类	185
第 5 章 RFID 射频识别技术	130	7.1.2 物联网中间件基本组成和 特点	186
5.1 RFID 技术概论	130	7.1.3 物联网中间件举例	186
5.1.1 RFID 技术的定义	130	思考题	187
5.1.2 RFID 系统的分类	131	7.2 物联网中间件关键技术	187
5.1.3 RFID 产业的发展现状	134	7.2.1 Web 服务	187
5.1.4 RFID 的应用与展望	136	7.2.2 嵌入式中间技术服务	187
思考题	137	7.2.3 万维物联网	189
5.2 RFID 系统的组成及原理	137		
5.2.1 RFID 系统的组成	137		

7.2.4 上下文感知技术	190	9.2.7 影响信息安全的非技术因素和 存在的问题	219
思考题	190	思考题	220
7.3 物联网中间件编程实例	190	9.3 RFID 系统安全	220
7.3.1 利用 Ruby on Rails 开发 中间件	190	9.3.1 RFID 系统面临的安全攻击	220
7.3.2 物联网中间件的发展	195	9.3.2 RFID 系统的安全风险分类	221
思考题	195	9.3.3 RFID 系统的安全缺陷	222
课后习题	195	9.3.4 RFID 标签安全机制	222
第 8 章 物联网业务与应用	196	9.3.5 RFID 安全需求及研究进展	224
8.1 M2M 业务	196	思考题	225
思考题	198	9.4 无线传感网络安全	225
8.2 云计算	198	9.4.1 WSN 安全问题	226
8.2.1 云计算基础	198	9.4.2 WSN 安全分析	227
8.2.2 云计算的基本原理	200	9.4.3 WSN 的安全性目标	229
8.2.3 云计算的组成	202	9.4.4 WSN 的安全策略	230
思考题	203	思考题	232
8.3 物联网典型应用	203	9.5 物联网身份识别技术	232
8.3.1 智能物流	204	9.5.1 电子 ID 身份识别技术	232
8.3.2 智能视频监控	205	9.5.2 个人特征的身份证明	235
8.3.3 智能家居	207	9.5.3 基于零知识证明的识别 技术	238
思考题	208	思考题	239
8.4 物联网应用小结	208	9.6 未来的物联网安全与隐私技术	239
课后习题	208	课后习题	240
第 9 章 物联网信息安全技术	209	第 10 章 物联网实验	241
9.1 信息安全基础	209	10.1 物联网基础实验	241
9.1.1 信息安全概述	209	10.1.1 物联网设备认知实验	241
9.1.2 信息安全的主要威胁和 技术手段	210	10.1.2 无线传输实验	244
思考题	212	10.1.3 串行口数据通信实验	247
9.2 物联网安全概述	212	10.1.4 Wi-Fi 通信实验	251
9.2.1 物联网安全的必要性	212	10.1.5 Wi-Fi 数据网关实验	253
9.2.2 物联网安全的层次	212	10.2 物联网传感实验	255
9.2.3 感知层的安全需求和安全 框架	213	10.2.1 环境监测系统实验 1	255
9.2.4 传输层的安全需求和安全 框架	215	10.2.2 环境监测系统实验 2	257
9.2.5 处理层的安全需求和安全 框架	216	10.2.3 环境监测系统实验 3	259
9.2.6 应用层的安全需求和安全 框架	217	10.3 RFID 应用实验	262
		10.3.1 公交收费系统实验 1	262
		10.3.2 公交收费系统实验 2	264
		10.3.3 公交收费系统实验 3	267
		10.3.4 RFID 标签控制实验	270

第 1 章 绪论

学习目标

- 了解物联网的发展历程。
- 掌握物联网的定义。
- 熟悉物联网的体系结构。
- 了解物联网相关技术特征。
- 熟悉物联网的应用领域。

预习题

- 什么是物联网？
- 物联网相关技术有哪些？
- 物联网发展的社会及技术背景有哪些？
- 物联网与智慧地球的关系是什么？

设想一下：开车出去旅游或探亲，只要设置好目的地便可随意睡觉、看电影，车载系统会通过路面接收到的信号智能行驶；老年人日常在家，只要通过一个小小的仪器，医生就能 24 小时监控其体温、血压、脉搏，实时关注老年人的健康状况；下班了，只要用手机发出一个指令，家里的电饭煲就会自动加热做饭，空调、热水器开始工作……

这些屡屡出现在科幻电影中的场景，通过“物联网”的逐步实现和提升，出现在每个人的生活中。物联网又称为“传感网”，是继计算机（俗称电脑）、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮。世界上的万事万物，小到手表、钥匙，大到汽车、楼房，只要嵌入一个微型感应芯片，把它变得智能化，这个物体就可以随时随地与其他物体“交流”。物联网的应用领域如图 1-1 所示。



图 1-1 物联网应用领域

1.1 物联网概述

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段。其英文名称是：“Internet of Things (IoT)”。顾名思义，物联网就是物物相连的互联网。

1.1.1 物联网定义

物联网的实践最早可以追溯到 1990 年施乐公司的网络可乐贩售机 (Networked Coke Machine)。

1991 年，美国麻省理工学院 (MIT) 的 Kevin Ashton 教授首次提出物联网的概念。

1995 年，比尔·盖茨在《未来之路》一书中也曾提及物联网，但未引起广泛重视。

1999 年，美国麻省理工学院建立了“自动识别中心 (Auto-ID)”，提出“万物皆可通过网络互联”，阐明了物联网的基本含义，即通过射频识别 (RFID) (RFID+互联网)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器、气体感应器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。简而言之，物联网就是“物物相连的互联网”。早期的物联网是依托射频识别技术的物流网络，随着技术和应用的发展，物联网的内涵已经发生了较大变化。同期，中国也提出相关概念，当时称为“传感网”。

2005 年 11 月 17 日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会 (WSIS) 上，国际电信联盟 (ITU) 发布《ITU 互联网报告 2005：物联网》，引用了“物联网”的概念。物联网的定义和范围已经发生了变化，覆盖范围有了较大的拓展，不再只是指基于 RFID 技术的物联网。

国际电信联盟发布的 ITU 互联网报告，对物联网做了如下定义：通过二维码识读设备、射频识别装置、红外感应器、全球定位系统和激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现智能化识别，定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

根据国际电信联盟的定义，物联网主要解决物品与物品 (Thing to Thing, T2T)、人与物品 (Human to Thing, H2T)、人与人 (Human to Human, H2H) 之间的互连。但是与传统互联网不同的是，H2T 是指人利用通用装置与物品之间的连接，从而使得物品连接更加简化，而 H2H 是指人与人之间不依赖于 PC 而进行的互连。因为互联网并没有考虑到对于任何物品连接的问题，故我们使用物联网来解决这个传统意义上的问题。物联网顾名思义就是连接物品的网络，许多学者在讨论物联网时，经常会引入一个 M2M 的概念，可以解释为人到人 (Man to Man)，人到机器 (Man to Machine)，机器到机器 (Machine to Machine)。从本质上而言，人与机器、机器与机器的交互，大部分是为了实现人与人的信息交互。

2008 年后，为了促进科技发展，寻找新的经济增长点，各国政府开始重视下一代的技术规划，将目光放在了物联网上。在中国，同年 11 月在北京大学举行的第二届中国移动政务研讨会“知识社会与创新 2.0”上提出移动技术、物联网技术的发展代表着新一代信息技术的形成，并带动了经济社会形态、创新形态的变革，推动了面向知识社会的以用户体验为核心的下一代创新 (创新 2.0) 形态的形成，创新与发展更加关注用户，注重以人为本。而创新 2.0 形态的形成又进一步推动新一代信息技术的健康发展。

2009年2月24日,2009IBM论坛上公布了名为“智慧的地球”的最新策略。此概念一经提出,即得到美国各界的高度关注,甚至有分析认为IBM公司的这一构想极有可能上升至美国的国家战略,并在世界范围内引起轰动。

2009年8月以来,中国无锡市率先建立了“感知中国”研究中心。中国科学院、运营商、多所大学在无锡建立了物联网研究院,还建立了全国首家实体物联网工厂学院。2010年,物联网被正式列为国家五大新兴战略性产业之一,写入“政府工作报告”,在中国受到了全社会的极大关注。

2012年11月14日,在易观第五届移动互联网博览会上,易观国际董事长兼首席执行官于扬首次提出“互联网+”的理念。他认为,在未来,“互联网+”公式应该是我们所在行业的产品和服务,是与我们未来看到的多屏全网跨平台用户场景结合之后产生的这样一种化学公式。

2013年,德国联邦教研部与联邦经济技术部在汉诺威工业博览会上提出了“工业4.0”概念。它描绘了制造业的未来愿景,提出继蒸汽机的应用、规模化生产和电子信息技术三次工业革命后,人类将迎来以信息物理融合系统(CPS)为基础,以生产高度数字化、网络化、机器自组织为标志的第四次工业革命。

2015年3月13日,正在举行的中国全国人大会议正在讨论新的产业政策,以期实现从制造大国向制造强国的转变。被命名为“中国制造2025”的10年规划提出要对中国企业提供财政支持,以促进其在产品质量上向日、美、欧看齐。究其原因,在中国的普通消费者中间,无论是汽车等耐用消费品还是家电、食品和日用品,都是外国货更受青睐。中国领导层主张把经济增长模式从注重量的扩大转变为注重质的提高,并提出了经济发展“新常态”理念。“中国制造2025”规划就是经济新方针的体现之一。

中国物联网校企联盟将物联网定义为:当下几乎所有技术与计算机、互联网技术的结合,实现物体与物体之间,环境以及状态信息的实时共享以及智能化的收集、传递、处理、执行。广义上说,当下涉及的信息技术的应用,都可以纳入物联网的范畴。

其他还有一些定义:物联网是指通过各种信息传感设备,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程等各种需要的信息,与互联网结合形成的一个巨大网络。其目的是实现物与物、物与人、所有的物品与网络的连接,方便识别、管理和控制。

1.1.2 物联网的体系结构

从技术架构上来看,物联网可分为三层:感知层,网络层和应用层,如图1-2所示。

1. 感知层

感知层由各种传感器以及传感器网关构成,如二氧化碳浓度传感器、温度传感器、湿度传感器、二维码标签、RFID标签和读写器、摄像头、GPS等感知终端。感知层的作用相当于人的眼、耳、鼻、喉和皮肤等神经末梢,它是物联网识别物体、采集信息的来源,其主要功能是识别物体,采集信息。

感知层解决的是人类世界和物理世界的获取数据问题。它首先通过传感器、数码相机等设备,采集外部物理世界的信息,然后通过RFID、条码、工业现场总线、蓝牙、红外等短距离传输技术传递数据。感知层所需要的关键技术包括检测技术、短距离无线通信技术

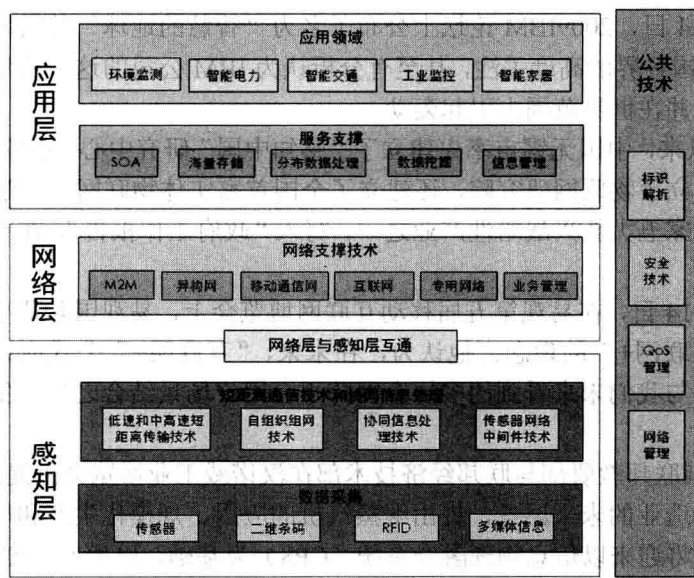


图 1-2 物联网的层次结构

对于目前关注和应用较多的 RFID 网络来说，附着在设备上的 RFID 标签和用来识别 RFID 信息的扫描仪、感应器都属于物联网的感知层。在这一类物联网中被检测的信息就是 RFID 标签的内容，现在的 ETC（Electronic Toll Collection）、超市仓储管理系统、飞机场的行李自动分类系统、自助停车场等都属于这一类结构的物联网应用。

介于感知层与网络层之间的短距离通信与协同信息处理技术，实现感知层获取数据后的快速传递与处理。

2. 网络层

网络层由各种私有网络、互联网、有线和无线通信网、网络管理系统和云计算平台等组成，相当于人的神经中枢和大脑，负责传递和处理感知层获取的信息。

网络层解决的是传输和预处理感知层所获得数据的问题。这些数据可以通过移动通信网、互联网、企业内部网、各类专网、小型局域网等进行传输。特别是在三网融合后，有线电视网也能承担物联网网络层的功能，有利于物联网的加快推进。网络层所需要的关键技术包括长距离有线和无线通信技术、网络技术等。

物联网的网络层将建立在现有的移动通信网和互联网基础上。物联网通过各种接入设备与移动通信网和互联网相连，例如手机付费系统中由刷卡设备将内置于手机的 RFID 信息采集上传到互联网，网络层完成后台鉴权认证，并从银行网络转账。

网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术，包括传感网数据的存储、查询、分析、挖掘和理解，以及基于感知数据决策的理论与技术。云计算平台作为海量感知数据的存储、分析平台，将是物联网网络层的重要组成部分，也是应用层众多应用的基础。

3. 应用层

应用层是物联网和用户（包括人、组织和其他系统）的接口，它与行业需求结合，实现

物联网的智能应用。应用层是物联网帮助实现社会各行业广泛智能化的直接表现。

应用层直接面对用户的是各应用领域子层,物联网应用层利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的特定服务。物联网的应用可分为监控型(物流监控、环境监控),查询型(智能检索、远程抄表),控制型(智能交通、智能家居、路灯控制)和扫描型(手机钱包、ETC)等。

物联网作为实现各行业的广泛智能化,“大数据”的产生必不可免,因此各应用领域子层通常建立在服务支撑子层上。服务支撑子层包括:SOA(Service-Oriented Architecture)、海量存储、分布式数据处理等。

应用层解决的是信息处理和人机交互问题。网络层传输而来的数据在这一层进入各类信息系统进行处理,并通过各种设备与人进行交互。应用层是物联网发展的体现,软件开发、智能控制技术将会为用户提供丰富多彩的物联网应用。各种行业和家庭应用的开发将会推动物联网的普及,也给整个物联网产业链带来丰厚的利润。

1.1.3 相关技术特征

物联网包含多种技术的综合运用,其中包括以下一些关键技术。

1. 嵌入式技术

嵌入式技术是集计算机软硬件、传感器技术、集成电路技术、电子应用技术为一体的复杂技术。经过几十年的演变,以嵌入式系统为特征的智能终端产品随处可见,小到人们身边的MP3,大到航天航空的卫星系统。

嵌入式技术是执行专用功能并被内部计算机控制的设备或者系统。嵌入式系统不能使用通用型计算机,而且运行的是固化软件,用术语表示就是固件(Firmware),终端用户很难或者不可能改变固件。

嵌入式技术近年来得到了飞速的发展,嵌入式产业涉及的领域非常广泛,例如:手机、PDA、车载导航、工控、军工、多媒体终端、网关、数字电视……

以手机为代表的移动设备可谓是近年来发展最为迅猛的嵌入式行业。甚至针对手机软件开发,还曾经衍生出“泛嵌入式开发”这样的新词汇。一方面,手机得到了大规模普及,另一方面,手机的功能得到了飞速发展,三四年前的手机功能和价格与现在就不能同日而语。随着国内4G时代的到来,可以预料到手机领域的软硬件都必将面临一场更大的变革。功耗、功能、带宽、价格等都是手机硬件领域的热门词汇。从软件技术角度来看,手机的软件操作系统平台会趋于标准化和统一化。手机的应用会愈加丰富,除了最基本的通话功能外,逐渐会包括目前PDA、数码相机、游戏机等功能,更加趋向于成为个人手持终端。

嵌入式控制器的应用几乎无处不在:移动电话、家用电器、汽车……无不有它的踪影。嵌入控制器具有体积小、可靠性高、功能强、灵活方便等许多优点,其应用已深入工业、农业、教育、国防、科研以及日常生活等各个领域,对各行各业的技术改造、产品更新换代、加速自动化进程、提高生产率等方面起到了极其重要的推动作用。嵌入式计算机在应用数量上远远超过了各种通用计算机,一台通用计算机的外部设备中就包含了5~10个嵌入式微处理器。制造工业、过程控制、网络、通信、仪器、仪表、汽车、船舶、航空、航天、军事装备、消费类产品等方面均是嵌入式计算机的应用领域。嵌入式系统工业是专用计算机工业,其目的就是要一切变得更简单、更方便、更普遍、更适用;通用计算机的发展变为功能计

算机,普遍进入社会,嵌入式计算机发展的目标是专用计算机,实现“普遍化计算”,因此可以称嵌入式智能芯片是构成未来世界的“数字基因”。总之“嵌入式微控制器或者说单片机好像是一个黑洞,会把当今很多技术和成果吸引进来。中国应当注意发展智力密集型产业”。

当今,嵌入式系统的发展已经进入大融合的时代,其特点如下。

(1) 通信、计算机及消费电子产品(3C)融合——趋向没有独立的3C,只有融合的3C,即信息产品(IA)。

(2) 数字模拟融合、微机电融合、电路板硅片融合及硬软件设计融合——趋向 SoC 和 SiP。

(3) 嵌入式整机的开发工作也从传统的硬件为主变为软件为主。

(4) 激烈的市场竞争和技术进步呼唤着新颖的产品开发平台,特别是 SoC 开发平台的出现。

随着嵌入式技术的不断发展,嵌入式系统将更广泛应用于人类生活的各个方面。嵌入式技术在当前电力系统故障检测和在线故障诊断中也得到了广泛的应用。

2. 无线传感技术

早在 20 世纪 70 年代,就出现了由传统传感器采用点对点传输、连接传感控制器而构成传感网络雏形,我们把它归之为第一代传感器网络。随着相关学科的不断发展和进步,传感器网络同时还具有了获取多种信息信号的综合处理能力,并通过与传感控制的相联,组成了有信息综合和处理能力的传感器网络,这是第二代传感器网络。而从 20 世纪末开始,现场总线技术开始应用于传感器网络,人们用其组建智能化传感器网络,大量多功能传感器被运用,并使用无线技术连接。

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)可以看成是由数据获取网络、数据颁布网络和控制管理中心三部分组成的。其主要组成部分集成了传感器、处理单元和通信模块的节点,各节点通过协议自组成一个分布式网络,再将采集来的数据通过优化后经无线电波传输给信息处理中心。

无线传感技术具有以下特点。

(1) 硬件资源有限。WSN 节点采用嵌入式处理器和存储器,计算能力和存储能力十分有限。所以,需要解决如何在有限计算能力的条件下进行协作分布式信息处理的难题。

(2) 电源容量有限。为了测量真实世界的具体值,各个节点会密集地分布于待测区域内,人工补充能量的方法已经不再适用。

(3) 无中心。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,是一个对等式网络。各节点通过分布式算法来相互协调,在无人值守的情况下,节点就能自动组织起一个测量网络。

(4) 自组织。网络的布设和展开无需依赖于任何预设的网络设施,节点通过分层协议和分布式算法协调各自的行为,节点开机后就可以快速、自动地组成一个独立的网络。

(5) 多跳路由。WSN 节点通信能力有限,覆盖范围只有几十到几百米,节点只能与它的邻居直接通信。

(6) 动态拓扑。WSN 是一个动态的网络,节点可以随处移动;一个节点可能会因为电池能量耗尽或其他故障退出网络运行;也可能由于工作的需要而被添加到网络中。

(7) 节点数量众多,分布密集。WSN 节点数量大、分布范围广,难于维护甚至不可维护。

所以需要解决如何提高传感器网络的软、硬件的健壮性和容错性的问题。

(8) 传输能力的有限性。无线传感器网络通过无线电源进行数据传输,虽然省去了布线的烦恼,但是相对于有线网络,低带宽则成为它的天生缺陷;同时,信号之间还存在相互干扰,信号自身也在不断地衰减,诸如此类。

(9) 安全性问题。无线信道、有限的能量、分布式控制都使得无线传感器网络更容易受到攻击。被动窃听、主动入侵、拒绝服务则是这些攻击的常见方式。因此,安全性在网络中至关重要。

3. RFID 标签

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)也是一种传感器技术,RFID技术是集无线射频技术和嵌入式技术为一体的综合技术,在自动识别、物品物流管理方面有着广阔的应用前景。

RFID技术又称无线射频识别,是一种通信技术,可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触。

射频一般是微波,频率为1~100GHz,适用于短距离识别通信。RFID读写器分为移动式的和固定式的,目前RFID技术应用很广,如图书馆、门禁系统、食品安全溯源等。

射频标签是产品电子代码(EPC)的物理载体,附着于可跟踪的物品上,可全球流通并对其进行识别和读写。RFID技术作为构建“物联网”的关键技术,近年来受到人们的关注。RFID技术早起源于英国,应用于第二次世界大战中辨别敌我飞机身份,20世纪60年代开始商用。RFID技术是一种自动识别技术,美国国防部规定2005年1月1日以后,所有军需物资都要使用RFID标签;美国食品与药品管理局(FDA)建议制药商从2006年起利用RFID跟踪常造假的药品。Walmart、Metro等零售企业应用RFID技术等一系列行动更是推动了RFID在全世界的应用热潮。2000年,每个RFID标签的价格是1美元。许多研究者认为RFID标签非常昂贵,只有降低成本才能大规模应用。2005年时,每个RFID标签的价格是12美分左右,现在超高频RFID标签的价格是10美分左右。RFID要大规模应用,一方面要降低RFID标签价格,另一方面要看应用RFID之后能否带来增值服务。欧盟统计办公室的统计数据表明,2010年,欧盟有3%的公司应用RFID技术,应用分布在身份证件和门禁控制、供应链和库存跟踪、汽车收费、防盗、生产控制、资产管理。

无线电的信号是通过调成无线电频率的电磁场,把数据从附着在物品上的标签上传送出去,以自动辨识与追踪该物品。某些标签在识别时从识别器发出的电磁场中就可以得到能量,并不需要电池;也有标签本身拥有电源,并可以主动发出无线电波(调成无线电频率的电磁场)。标签包含了电子存储的信息,数米之内都可以识别。与条形码不同的是,射频标签不需要处在识别器视线之内,也可以嵌入到被追踪物体之内。

许多行业都运用了RFID技术。将标签附着在一辆正在生产中的汽车,厂方便可以追踪此车在生产线上的进度。仓库可以追踪药品的所在。射频标签也可以附于牲畜与宠物上,方便对牲畜与宠物的积极识别(积极识别的意思是防止数只牲畜使用同一个身份)。射频识别的身份识别卡可以使员工得以进入锁住的建筑部分,汽车上的射频应答器也可以用来征收收费路段与停车场的费用。

某些射频标签附在衣物、个人财物上,甚至植入人体之内。由于这项技术可能会在未经本人许可的情况下读取个人信息,因此也会有侵犯个人隐私的忧患。

RFID 由以下部分组成。

(1) 应答器。由天线、耦合元件及芯片组成。一般来说,都是用标签作为应答器,每个标签具有唯一的电子编码,附着在物体上标识目标对象。

(2) 阅读器。由天线、耦合元件、芯片组成。读取(有时还可以写入)标签信息的设备,可设计为手持式读写器或固定式读写器。

(3) 应用软件系统。是应用层软件,主要功能是对收集的数据进行进一步处理,并为人们所使用。

RFID 技术的基本工作原理并不复杂:标签进入磁场后,接收解读器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(无源标签或被动标签),或者由标签主动发送某一频率的信号(Active Tag,有源标签或主动标签),解读器读取信息并解码后,送至中央信息系统进行有关数据处理。

一套完整的 RFID 系统,是由阅读器(Reader)、电子标签(TAG,也就是所谓的应答器 Transponder)及应用软件系统三个部分所组成,其工作原理是阅读器发射特定频率的无线电波能量给电子标签,用以驱动电子标签内的电路将数据送出,然后阅读器便依序接收解读由电子标签传回的数据,再发送给应用程序做相应的处理。

根据 RFID 卡片读写器或阅读器及电子标签之间的通信及能量感应方式,RFID 大致上可以分成两种:感应耦合及后向散射耦合。一般低频的 RFID 大都采用第一种式,而较高频的 RFID 大多采用第二种方式。

读写器根据使用的结构和技术不同可以是读或读/写装置,是 RFID 系统信息控制和处理中心。读写器通常由耦合模块、收发模块、控制模块和接口单元组成。读写器和应答器之间一般采用半双工通信方式进行信息交换,同时读写器通过耦合给无源应答器提供能量和时序。在实际应用中,可进一步通过 Ethernet 或 WLAN 等实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。应答器是 RFID 系统的信息载体,应答器大多是由耦合原件(线圈、微带天线等)和微芯片组成无源单元。

4. 低功耗短距离无线通信

低功耗短距离无线通信包括:ZigBee、Wi-Fi、蓝牙等。

ZigBee 是基于 IEEE 802.15.4 标准的低功耗局域网协议。根据国际标准,ZigBee 技术是一种短距离、低功耗的无线通信技术。这一名称(又称紫蜂协议)来源于蜜蜂的八字舞,因为蜜蜂(Bee)是靠飞翔和“嗡嗡”(Zig)地抖动翅膀的“舞蹈”来与同伴传递花粉所在方位信息,也就是说蜜蜂依靠这样的方式构成了群体中的通信网络。其特点是近距离、低复杂度、自组织、低功耗、低数据速率。主要适合用于自动控制和远程控制领域,可以嵌入各种设备。简而言之,ZigBee 就是一种便宜的、低功耗的近距离无线组网通信技术。ZigBee 是一种低速短距离传输的无线网络协议。ZigBee 协议从下到上分别为物理层(PHY)、媒体访问控制层(MAC)、传输层(传送层,TL)、网络层(NWK)、应用层(APL)等。其中物理层和媒体访问控制层遵循 IEEE 802.15.4 标准的规定。

ZigBee 的特点如下。

(1) 低功耗。在低耗电待机模式下,2 节 5 号干电池可支持 1 个节点工作 6~24 个月,甚至更长。这是 ZigBee 的突出优势。相比较,蓝牙能工作数周、Wi-Fi 可工作数小时。

(2) 低成本。通过大幅简化协议(不到蓝牙的 1/10),降低了对通信控制器的要求,按

预测分析,以 8051 的 8 位微控制器测算,全功能的主节点需要 32KB 代码,子功能节点至少 4KB 代码,而且 ZigBee 免协议专利费。每块芯片的价格大约为 2 美元。

(3) 低速率。ZigBee 工作在 20~250kbit/s 的速率,分别提供 250 kbit/s (2.4GHz)、40kbit/s (915 MHz) 和 20kbit/s (868 MHz) 的原始数据吞吐率,满足低速率传输数据的应用需求。

(4) 近距离。传输范围一般介于 10~100m,在增加发射功率后,亦可增加到 1~3km。这指的是相邻节点间的距离。如果通过路由和节点间通信的接力,传输距离将可以更远。

(5) 短时延。ZigBee 的响应速度较快,一般从睡眠转入工作状态只需 15ms,节点连接进入网络只需 30ms,进一步节省了电能。相比较,蓝牙需要 3~10s、Wi-Fi 需要 3s。

(6) 高容量。ZigBee 可采用星状、片状和网状网络结构,由一个主节点管理若干子节点,最多一个主节点可管理 254 个子节点;同时主节点还可由上一层网络节点管理,最多可组成 65000 个节点的大网。

(7) 高安全。ZigBee 提供了三级安全模式,包括无安全设定、使用访问控制清单 (Access Control List, ACL) 防止非法获取数据以及采用高级加密标准 (AES 128) 的对称密码,以灵活确定其安全属性。

(8) 免执照频段。使用工业科学医疗 (ISM) 频段、915MHz (美国)、868MHz (欧洲)、2.4GHz (全球)。

5. 中间件技术

中间件 (Middleware) 是处于操作系统和应用程序之间的软件,也有人认为它应该属于操作系统中的一部分。人们在使用中间件时,往往是一组中间件集成在一起,构成一个平台 (包括开发平台和运行平台),但在这组中间件中必须要有一个通信中间件,即中间件=平台+通信。这个定义也限定了只有用于分布式系统中才能称为中间件,同时还可以把它与支撑软件和实用软件区分开来。

具体地说,中间件屏蔽了底层操作系统的复杂性,使程序开发人员面对一个简单而统一的开发环境,减少程序设计的复杂性,将注意力集中在自己的业务上,不必再为程序在不同系统软件上的移植而重复工作,从而大大减少了技术上的负担。中间件带给应用系统的不只是开发的简便、开发周期的缩短,也减少了系统的维护、运行和管理的工作量,还减少了计算机总体费用的投入。

为解决分布异构问题,人们提出了中间件的概念。中间件是位于平台 (硬件和操作系统) 和应用之间的通用服务,这些服务具有标准的程序接口和协议。针对不同的操作系统和硬件平台,它们可以有符合接口和协议规范的多种实现。

也许很难给中间件一个严格的定义,但中间件应具有如下的一些特点。

- (1) 满足大量应用的需要。
- (2) 运行于多种硬件和 OS 平台。
- (3) 支持分布计算,提供跨网络、硬件和 OS 平台的透明性应用或服务的交互。
- (4) 支持标准的协议。
- (5) 支持标准的接口。

由于标准接口对于可移植性和标准协议对于互操作性的重要性,中间件已成为许多标准化工作的主要部分。对于应用软件开发,中间件远比操作系统和网络服务更为重要,中间件