

物联网专业课程系列教材

物联网规划与设计

樊俊青 陈云亮 王改芳 编



科学出版社

物联网专业课程系列教材

物联网规划与设计

樊俊青 陈云亮 王改芳 编

中国地质大学（武汉）教务处 2018 年一般教改项目
（2018A43）基金资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍物联网规划与设计方面的知识,首先对物联网技术国内外发展情况进行介绍,讲解物联网体系结构和网络设计方法,然后就物联网的感知层、网络层和应用层的设计流程进行详细的描述,最后给出智慧农业和智慧社区两个典型的物联网系统的设计实例。本书内容涉及物联网系统集成方法、物联网体系结构及其各层次(感知层、传输层、应用层)的设计原则与方法、典型物联网系统应用案例分析等,本书知识体系可为物联网工程专业的学生和其他对物联网系统感兴趣的读者提供实质性的帮助。

本书可作为普通高等学校物联网工程及网络工程等相关专业的教材,也可作为IT行业和物联网系统集成公司工程技术人员的参考书,还可供从事物联网管理和应用的人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

物联网规划与设计 / 樊俊青, 陈云亮, 王改芳编. —北京: 科学出版社, 2019.11

物联网专业课程系列教材

ISBN 978-7-03-062508-3

I. ①物… II. ①樊… ②陈… ③王… III. ①互联网络—应用—教材 ②智能技术—应用—教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 213655 号

责任编辑: 闫 陶 / 责任校对: 高 嵘
责任印制: 彭 超 / 封面设计: 莫彦峰

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019 年 11 月第一次印刷 印张: 13

字数: 293 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

| 前 言

物联网作为一种交叉学科，其综合应用越来越受关注，为了满足物联网领域人才培养的需求，编写了《物联网规划与设计》一书。本书以通俗易懂的形式向读者介绍物联网技术及其相关研究成果。通过阅读本书，读者可以获得较为完整的物联网系统设计方法和工程实践思路。

物联网规划与设计是物联网工程建设的基础，完善而稳定的系统依赖于优秀的规划与设计。本书旨在全面、系统地介绍物联网规划，深入浅出地对物联网规划的各个环节进行剖析。本书介绍的内容涉及物联网系统集成方法、物联网体系结构及其各个层次的设计原则和方法、典型物联网系统应用案例分析等，尽可能涵盖规划与设计的基础知识点，力求详尽地介绍规划与设计的学习方法，可为物联网工程专业的学生和其他感兴趣的读者提供实质性的帮助。

本书分为7章，每章后面都提供了思考题，便于读者复习和巩固本章的知识点。前后章节按照物联网规划与设计的顺序进行安排，建议初学者可以从头开始按章节顺序阅读，具有一定基础的读者可以直接选择感兴趣的章节以获取自己所需的知识。

本书由樊俊青主编和统稿，樊俊青编写第1章、第6章、第7章，陈云亮负责编写第2章、第4章，王改芳编写第3章、第5章。在编写过程中，参阅大量国内外书籍和文献资料，借鉴互联网上关于网络系统设计的工程经验和资料，得到很多专家和同行的帮助。研究生曹元奎同学负责书中部分章节和图表的校对工作，北京益联益通信息技术有限公司技术总监张秀元对物联网案例中涉及的技术路线给出了非常中肯的修改意见，中国地质大学（武汉）教务处为本书的顺利完成提供了经费支持。为此，我们对所有为本书的顺利出版提供帮助的各界人士及所参阅的书籍和文献的作者，致以敬意，并表示由衷的感谢。

由于作者水平有限，本书难免存在不足之处，敬请各位读者批评指正。

作 者

2019年6月

目 录

第1章 物联网概论	1
1.1 物联网的定义与特征	1
1.2 物联网发展历史	4
1.3 物联网分类	6
1.4 物联网体系架构	7
1.4.1 物联网体系结构架构原则	7
1.4.2 一种实用的层次性物联网体系结构	8
1.5 物联网系统基本组成	9
1.5.1 物联网硬件平台组成	9
1.5.2 物联网软件平台组成	11
1.6 物联网关键技术	13
1.6.1 节点感知技术	13
1.6.2 节点组网及通信网络技术	14
1.6.3 数据融合与智能技术	17
1.6.4 云计算	18
1.6.5 中间件技术	20
1.7 物联网的应用前景	20
1.8 物联网标准	23
1.8.1 国际标准化工作	23
1.8.2 国内标准化工作	26
课后思考题	26
第2章 物联网工程设计原则与过程	27
2.1 物联网工程支撑技术	27
2.2 物联网工程的定义与特征	32
2.2.1 工程定义	32
2.2.2 物联网工程属性	33
2.2.3 系统集成	34

2.3 物联网工程的设计原则	36
2.4 物联网工程的设计流程	39
2.5 物联网工程设计内容	41
课后思考题	45
第3章 系统需求分析	46
3.1 需求分析方法概述	47
3.2 需求分析基本内容	53
3.2.1 商业目标分析	53
3.2.2 商业约束分析	53
3.2.3 技术目标分析	55
3.3 需求分析流程	57
3.3.1 已有项目的网络特征描述	58
3.3.2 网络通信量描述	59
3.4 需求分析报告与可行性报告	65
3.4.1 数据流量说明书	66
3.4.2 网络基础结构说明书	66
3.4.3 需求分析说明书	66
3.4.5 可行性报告	69
课后思考题	71
第4章 系统总体设计	72
4.1 网络通信模式设计	74
4.1.1 短距离无线传输技术	74
4.1.2 长距离通信技术	79
4.1.3 感知层设计	82
4.2 网络层结构设计	85
4.2.1 传感网网络结构设计	86
4.2.2 骨干网网络结构设计	88
4.3 地址和命名模型设计	95
4.3.1 划分子网	98
4.3.2 无分类编址	98
4.3.3 解决 IP 地址匮乏问题的办法	100
4.3.4 命名模型设计	101
4.4 交换和路由协议选择	102
4.5 物联网安全与管理策略设计	105
4.5.1 物联网安全规划	105
4.5.2 物联网管理策略	116
课后思考题	119

第 5 章 物理设计	121
5.1 综合布线系统	122
5.2 网络设备选择	127
5.2.1 交换和路由设备选择	127
5.2.2 安全设备选择	131
5.2.3 服务器设备选型	133
5.2.4 负载均衡设备选型	142
5.2.5 存储设备选型	143
5.3 网络操作系统与中间件系统软件	147
5.3.1 网络操作系统	148
5.3.2 中间件系统软件	149
5.4 数据中心建设	151
课后思考题	154
第 6 章 系统测试与验收	156
6.1 系统测试	157
6.1.1 建立及测试原型系统	160
6.1.2 故障定位及排除方法	161
6.2 工程验收	162
6.2.1 物联网工程验收过程及内容	163
6.2.2 文档验收	165
6.3 用户培训	167
课后思考题	168
第 7 章 典型物联网工程案例	169
7.1 智慧农业	169
7.1.1 智慧农业及其发展趋势	169
7.1.2 智慧农业物联网系统组成	173
7.2 智慧社区	178
7.2.1 智慧社区建设现状与发展趋势	179
7.2.2 智慧社区总体设计方案	180
7.2.3 系统详细设计	184
课后思考题	195
参考文献	196

第 1 章

物联网概论

自进入 21 世纪后,伴随着计算机、互联网和通信等信息技术的快速发展,物联网(internet of things, IoT)开始被越来越多的人所认知和理解,它被广泛认为是继计算机与因特网(internet)之后发生在信息产业领域的第三次技术革命浪潮。物联网成为新一代信息技术的重要组成部分,代表着未来计算与通信技术的全新发展方向。目前,物联网已应用于现代信息社会的各个领域,改变着人们的生活方式。未来的物联网将最终实现物理网络与社会网络的融合,并且能够大幅度提高人们生产和生活的智能化水平。作为交叉型信息技术,物联网正在成为全球学者们关注和研究的热点问题,世界主要发达国家都将发展物联网提升到国家战略的高度。自 2009 年以来,美国、欧盟和日本等国家和地区纷纷颁布和出台了物联网发展的各项研究和资助计划,进行相关技术研究及物联网产业的前瞻布局和孵化。我国在“十二五”规划中将物联网列为战略性新兴产业,重点支持智能工业、智慧农业、智能物流、智能交通、智能电网、智能医疗和智能家居等新兴领域,并给予资金扶持和重点关注。但从整体发展来看,鉴于物联网相关的概念和技术众多,目前对物联网的定位和特征的认识,行业内还未完全统一,对物联网理论框架和模型、物联网标准体系和关键技术还缺乏较为清晰的界定。因此,在物联网工程设计领域缺少共性的理论基础,这使得针对物联网工程的规划与设计工作缺少规范性指导。本章将从物联网的基础定义、发展进程、体系架构、技术标准、关键技术和应用前景等,对物联网工程当前所面临的核心问题和本质特点等进行剖析,为后续章节针对物联网工程的设计提供理论知识基础。

1.1 物联网的定义与特征

追溯物联网的定义,它最早出现于比尔·盖茨 1995 年出版的《未来之路》(北京大学出版社,1995)一书。在书中比尔·盖茨提到了物联网这一概念,但受限于当时计算机硬件及无线网络、传感设备的发展,并未引起社会足够的重视。随后在 1998 年,美国麻省理工学院提出了当时被称为 EPC 系统的概念。之后,随着互联网和无线传感网(wireless sensor network, WSN)等技术的不断发展,物联网开始快速被应用于不同领域。

物联网的定义一般可以从广义和狭义两方面进行阐述。从广义上来看,物联网是互联网未来发展的愿景,也称为“未来的互联网”或“泛在网络(ubiquitous network)”,物联

能够实现人通过物在任何时间和地点,使用任何网络与任何人进行信息交换。从狭义上来看,物联网具有泛在网的某些特征,但并不等同于泛在网,它只是泛在网的一部分。物联网是在互联网的基础上,将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间,进行信息交换和通信的一种新型的网络概念。

物联网涵盖了物品之间通过预先设定的感知设备连接起来的 WSN, WSN 不一定接入互联网,但当应用需要接入互联网时,随时可利用各种接入网接入。最初 IoT 是指基于因特网,利用射频标签 (radio frequency identification, RFID) 技术、电子产品编码 (electronic product code, EPC) 标准,在全球范围内所实现的网络化物品间实时信息共享系统。当前 IoT 已经逐渐演化成为融合了传统因特网、传感器、AdHoc 无线网络和普适计算等的信息和通信技术 (information and communications technology, ICT), 并正在形成一种全新的信息产业的新趋势。

物联网诞生后逐渐引起了人们极大的关注,当前已被视为信息科学领域的一项重大的变革,它与大数据、移动互联网和云计算一起被并称为当前信息科学领域的四大热点研究和应用方向,是继计算机、互联网、移动通信网之后的新一轮信息产业浪潮。它将各种智能感知技术、网络通信技术和智能信息处理技术广泛应用于各个行业,带动了行业的应用创新。

借助各种信息传感技术和信息传输及处理技术,物联网使管理对象 (人或物) 的状态能被感知和识别,并形成局部应用性网络;在不远的将来,随着网络技术的进步,物联网将这些局部应用网络通过互联网和通信网连接在一起后,可形成人与物、物与物互联的一个覆盖全球的大规模网络。

目前国际上物联网尚无一个统一完整的定义,国际电信联盟在 2005 年将其定义为:将各种信息传感设备 (如 RFID 装置、红外感应器、传感器、全球定位系统、激光扫描器等) 与互联网结合起来而形成的一个巨大网络,并实现智能化识别和管理。

虽然从不同角度对物联网进行分析和研究侧重点各不相同,但归纳起来物联网总体上具有以下几方面的技术特征。

(1) 对物体进行数字化与虚拟化,即利用 RFID 技术、传感器、二维码等手段,可随时随地获取物体的属性信息;通过对物体的数字化、虚拟化,各个物理实体成为彼此可识别、可寻址、可交互、可协同的智能物体。

(2) 能够进行泛在互联,即通过各类型电信通信网络和互联网互联技术,彼此相互融合,将物体的信息实时、准确地传递出去,实现信息的可靠传递;将各种类型的数字化和智能化的物体接入网络,实现自组织互联,实现对互联网的延伸与扩展,形成泛在网络。

(3) 实现信息感知与交互,即在网络泛在互联的基础上,实现信息的感知、采集及在此基础之上的响应和控制。

(4) 信息处理与服务,即利用云计算、人工智能和模糊识别等各种智能计算技术,对各种海量的数据和信息进行高效分析和处理,对物体实施智能化的控制,为用户提供基于物物互联的新型信息化服务。

从上述特征分析可以看出,物联网是互联网从人向物的延伸,但物联网和互联网的概念还是有本质区别的。首先,物联网与互联网的业务是不同的。互联网是全球化的,只要

计算机接入互联网就与全球相连；而物联网建设在互联网之上，但并不是任何人、任何物品都能接入，例如，电力系统的物联网只有电力系统的相关人员才能接入，交通系统的物联网只有交通系统的相关人员才能接入，所以物联网实际上是一种专用网。其次，互联网是全球性网络，物联网是区域性网络。与其说物联网是网络，不如说它是业务和应用。物联网的核心承载网既可以是下一代互联网，也可以是现有的互联网。在下一代互联网中，物联网是其最主要的应用目标。最后，互联网连接的是虚拟世界网络，而物联网连接的是物理的、真实的世界网络。物联网未来会与互联网充分互联、无缝整合，并与通信网一起，组成一个更加庞大、复杂的网络，实现物理世界与人类社会系统的全面互联互通。

通过以上对现有各种网络概念的讨论可知，物联网与其他网络及通信技术之间是一种包容和交互作用的关系。物联网是一种关于人与物、物与物广泛互联，实现人与客观世界进行信息交互的信息网络；WSN 是利用传感器作为节点，以专门的无线通信协议实现物品之间连接的自组织网络；泛在网是面向泛在应用的各种异构网络的集合，强调跨网之间的互联互通和数据融合/聚类与应用；互联网是指通过 TCP/IP 协议将异种计算机网络连接起来实现资源共享的网络技术，实现的是人与人之间的通信。

物联网、WSN 和泛在网的不同之处在于如下几个方面。

(1) 物联网是以感知为目的，实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络。其突出特征是通过各种感知方式来获取物理世界的各种信息，结合互联网、移动通信网等进行信息的传递与交互，再采用智能计算机技术对信息进行分析，从而提升人们对物质世界的感知能力，实现智能化的决策和控制。

(2) WSN 是由许多在空间上分布的自动装置组成的一种计算机网络，这些装置使用传感器协同地监控不同位置的物理或环境状况（如温度、声音、振动、压力、运动、污染物等），通过感知识别技术，让物品“开口说话，发布信息”，是融合物理世界和信息世界的重要一环，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同地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息，通过嵌入式系统对信息进行处理，并通过随机自组织无线网络以多跳中继方式将所感知的信息传送到用户终端，从而真正实现“无处不在的计算”理念。

物联网的“触手”是位于感知识别层的大量信息生成设备，包括 RFID、WSN、定位系统等。WSN 所感知的数据是物联网海量信息的重要来源之一，WSN 只是物联网的一种应用，并不是物联网的全部。事实上，无论是传感技术，还是 RFID 技术，都仅仅是信息采集技术之一。除了传感技术和 RFID 技术之外，GPS、视频识别、红外、激光、扫描等所有能够实现自动识别与物物通信的技术都可以成为物联网的信息采集技术。

(3) 泛在网，即广泛存在的网络，它以无所不在、无所不包、无所不能为基本特征，以实现在任何时间、任何地点、任何人、任何物都能顺畅通信为目标。

近年来，在物联网、互联网、电信网、WSN 等网络技术的共同发展下，社会化的泛在网也在逐渐形成。而基于环境感知、内容感知的能力，泛在网为个人和社会提供了泛在的、无所不含的信息服务和应用。如今，手机支付、车联网、医疗远程监控等一批移动通信新应用的不断涌现，有望促成移动通信网向智能网络的成功转型。

物联网通信技术旨在实现人和物、物和物之间的沟通和对话，这就需要统一的通信协议和技术、大量的 IP 地址，以及自动控制、纳米、RFID、智能嵌入等技术为支撑。这些协议和技术统称为泛在网技术，它是物联网通信技术的核心。

总而言之，物联网需要对物体具有全面感知能力，对信息具有可靠传送和智能处理能力，从而形成一个连接物与物的信息网络，全面感知、可靠传送和智能处理是物联网的三个基本特征。

1.2 物联网发展历史

回溯物联网发展历史，有技术发展的原因，也有应用环境 and 经济背景的需求。物联网之所以被称为第三次信息革命浪潮，主要有以下三个方面的原因。

(1) 经济危机催生新产业革命。2009 年全球爆发的金融危机，把全球经济带入了谷底，而战略性新兴产业成为了“后危机时代”的新宠儿。按照经济学的相关理论，每一次经济跌入低谷必定会催生某些新技术的发展，而这种新技术一定可以为绝大多数工业产业提供一种全新的应用价值，从而带动新一轮的消费增长，拉动高额的产业投资，以触动新一轮经济周期的形成。目前，美国、日本和欧盟等国家和地区均已将注意力转向了新兴产业，并给予了前所未有的强有力的政策支持。例如，我国学者提出的坚强智能电网概念，催生出智能电网技术，通过电子终端使用户和用户之间、用户和电网公司之间形成了网络互动和即时连接，实现了数据读取的实时、高速、双向的总体效果，催生出电力、电信、电视、远程家电控制和电池集成充电等在内的多用途开发。物联网技术作为下一个经济增长的重要助推器，即将催生出新产业革命。

(2) WSN 技术开始成熟应用。近年来微型制造技术、通信技术和电池技术的改进，促使微小的智能传感器可具有感知、无线通信及信息处理的能力，如常见的无线传感器、RFID、电子标签等。WSN 能够实现数据的采集量化，融合处理和传输，它综合了微电子技术、现代网络及无线通信技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术等先进技术，兼具感知、运算和网络通信能力，通过传感器侦测周边环境，如温度、湿度、光照、气体浓度、物体震动幅度等，并将收集的信息通过无线网络传送给监控者；监控者解读信息后，便可掌握现场状况，进而维护、调整相关系统的工作状态。WSN 已被视为环境监测、建筑监测、公用事业、工业控制与测量、智能家居、交通运输系统自动化中的一个重要发展方向。WSN 使目前的网络通信技术功能得到极大的拓展，使通过网络实时监控各种环境、设施及内部运行机理等成为可能。经过十余年的研究发展，可以说 WSN 技术已是相对成熟的一项能够引领产业发展的先进技术。WSN 技术已经在新兴产业（如工业测量与控制、智能电网领域等）中扮演重要的角色，并发挥重要的作用。WSN 所带来的全新信息获取与信息处理模式，已经深刻影响了信息技术的未来发展。

(3) 网络接入和数据处理能力已基本适应多媒体信息传输处理的各种需求。目前，随着信息网络接入多样化、IP 宽带化和计算机软件技术的飞跃发展，对海量数据采集融合、聚类或分类处理的能力大大提高。回顾过去的十多年时间，从技术演进角度来看，信息网络的发展经历了三个重要的发展阶段，即大型机、主机之间的联网，台式计算机、便携式

计算机与互联网相连,以及移动终端设备(如手机、PDA等)之间的联网。信息网络的发展,更多地体现出智能社会中相关物品之间的互联。宽带无线移动通信技术在过去数十年内,已发生了巨大的技术变革和演变,对人类生产力产生了前所未有的推动作用。以宽带化、多媒体化、个性化为特征的移动型信息服务业务,成为公众无线通信持续高速发展的源动力,同时也对未来移动通信技术的发展提出了巨大的挑战。当前,第四代移动通信系统(4G)已经全面商业化应用,下一代移动通信系统(5G)也已进入运用阶段。网络接入和数据处理能力已适应构建物联网来进行多媒体信息传输与处理的实际需求。

物联网与RFID、WSN、信息物理系统(cyber-physical systems, CPS)、普适计算、M2M(machine-to-machine)等有着密切的关系。随着IoT的发展,这些技术相互交叠,彼此之间的界线也越来越模糊。

从1995物联网概念的提出到2010年的兴起,物联网已经经历了20年的历程,特别是近年来发展速度极快,已经不再停留在单纯的概念和设想阶段,而是逐渐成为国家战略和政策支持的具体对象。

2004年,日本提出了U-JAPAN战略,计划在2006~2010年发展与物联网密切相关的泛在网络技术。2009年2月,日本又推出了ICT Hatoyama Plan纲要,研发与物联网相关的关键技术,旨在革新以T-Engine嵌入式操作系统、UID标准体系为核心的普适计算技术,创造新的ICT市场和就业机会,使日本信息通信产业的总产值预计在2020年达到百万亿日元。

2004年,韩国提出了U-KOREA战略,并在2009年10月通过了《物联网基础设施构建基本规划》,力图打造世界上最先进的物联网基础设施,重点发展物联网服务、物联网扩散环境等关键技术。

2007年,欧盟制定了物联网发展战略。2009年6月,欧盟委员会向欧盟议会递交了《欧盟物联网行动计划》,将物联网确立为欧洲下一代信息技术的发展重点,并着重网络基础设施建设与信息安全、隐私保护的研究。目前,欧盟第七框架计划已至少资助了25个物联网研究项目。

2008年,美国国家情报委员会将物联网确定为未来对美国产生重要影响的六项重要技术之一。2009年1月,美国信息技术与创新基金会(Information Technology and Innovation Foundation, ITIF)向政府提交了题为*The Digital Road to Recover: A Stimulus Plan to Create Jobs, Boost Productivity and Revitalize America*的报告,IBM首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”计划,建议政府投资新一代智慧型基础设施,并将其充分运用于各个行业之中(图1-1),以推动物联网技术进一步发展。随后,美国政府在总金额为7870亿美元的复苏与再投资法案中对物联网技术予以支持。此外,美国自然科学基金委员会还推出了CPS研究计划对物联网技术予以经费支持。

在我国,无论是政府、企业还是科研机构都对物联网及其相关产业给予了极大的关注。2009年,我国将物联网正式列为国家五大新兴战略性产业之一。2009年11月4日,我国第一个物联网研究院无锡物联网产业研究院正式成立。2010年10月18日,十七届五中全会通过《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十二个五年规划的建议》,明确将战略新兴产业确定为国家未来重点扶持的对象,物联网将是其中的重点。



图 1-1 “智慧地球”示意图

2010 年 11 月 8 日，首届全球物联网发展论坛在中国上海召开。大会上，由中国科学院上海微系统与信息技术研究所、大唐电信科技股份有限公司、上海移动通信、中国联通、中国电信等研究机构和企业发起的上海物联网产业联盟正式成立。该联盟涵盖了科研、系统集成、运营、用户等产业链关键环节，致力于物联网标准化、产业化及关键技术研发。同时，上海物联网产业基地也正式成立，致力于物联网硬件（重点包括核心芯片、高端传感器、RFID 等）、软件及系统集成、高性能超级计算机、大容量存储设备等的研发。

2007~2010 年，国家自然科学基金委员会共批准了百余项与物联网相关的研究项目。2010 年，国家重点基础研究发展计划（973 计划）资助物联网基础研究项目 3 项。

1.3 物联网分类

通常可以按照接入网络的方式、用户范围、应用领域类型和部署方式等对物联网进行简单的分类，以便物联网设计人员开展对物联网项目的建设、管理和应用。

(1) 按照接入网络的方式不同，物联网可分为简单接入和多跳接入网络。简单接入是指在感知设施获取信息后，直接通过有线或无线方式将数据发送至承载和传输网络。简单接入方式一般用于终端设备分散、数据量较小的应用场合，如使用 RFID 读写设备主要采用简单接入方式。多跳接入是指利用 WSN 技术，将具有无线通信与计算能力的微小传感器节点通过自组织方式，根据环境的变化，自主地完成网络自适应组织和数据的传送。由于传感器节点之间距离较短，一般采用多跳方式进行通信，WSN 将数据通过接入网关传送到承载网络。多跳接入方式适用于终端设备相对集中、终端与网络间数据传输量较小的场合。采用多跳接入方式可以降低末端感知节点、接入网和承载网络的建设投资和运营成本，提升接入网络的健壮性和稳定性。

(2) 按照用户范围不同，物联网可分为公用物联网和专用物联网。公用物联网是指为满足大众生活和信息需求提供物联网服务的网络，面向公众提供的物联网服务是建设一张面向公众服务的广域物联网，网络建设和网络维护需要长期地投入人力和物

力,从集约化和节省全社会成本的角度来看,通信运营商凭借丰富的专业经验、较低的人员维护成本和一体化的维护优势,是最佳的建设方和维护方;而专用物联网是指满足企业、团体或个人特色应用,有针对性地提供专业性业务应用的物联网。专用物联网又分为行业专网服务和行业公网服务两种类型。行业专网服务主要指某些行业单独设立的通信专网,只为本行业服务,不面向社会公众提供服务。行业公网服务主要指面向某一种行业,为与此行业相关的各种人员和机构提供服务的网络。专用物联网可以利用公用网络(如计算机互联网)、各种专网(局域网、企业网络或公用网中的专享资源)等进行数据传输。

(3)按照应用领域类型不同,物联网可分为医学领域健康物联网、智能交通物联网、智能家居物联网等。

(4)按照部署方式不同,物联网可分为私有物联网(private IoT)、公有物联网(public IoT)、社区物联网(community IoT)和混合物联网(hybrid IoT)。私有物联网一般面向单位机构内部提供服务,可能由机构或其委托的第三方运行与维护,主要存在于机构的内网中,也可存在于机构外部网络环境中。公有物联网基于互联网向公众或大型用户群体提供服务,一般由机构或其委托的第三方运行与维护。社区物联网是向一个关联的“社区”或机构群体(如城市政府隶属的各委办局等)提供服务,可能由两个或两个以上的机构协同运行与维护,主要存在于内联网和专用网中。混合物联网是上述两种或两种以上物联网的组合,但后台有统一运行与维护实体。

1.4 物联网体系架构

物联网作为目前新兴起的信息技术,将会对IT产业发展起到巨大的推动作用。然而,由于物联网尚处在起步阶段,还没有一个广泛认同的体系结构。在开发出各种物联网应用系统的同时,研究人员也相继提出了若干种物联网体系结构。例如物品万维网(web of things, WoT)体系结构,它定义了一种面向应用的物联网,把万维网服务嵌入系统中,可以采用简单的万维网服务形式来使用物联网系统。这是一个以用户为中心的物联网体系结构,试图把互联网中成功的、面向信息获取的万维网结构移植到物联网上,用于物联网的信息发布、检索和获取。当前,较具代表性的物联网架构有欧美支持的EPCglobal物联网体系架构和日本的Ubiquitous ID(UID)物联网系统等。我国也积极参与了物联网体系结构的研究,正在积极制订符合社会发展实际情况的物联网标准和架构。

研究物联网的体系结构,首先需要明确架构物联网体系结构的基本原则,以便在已有物联网体系结构的基础之上形成参考标准。

1.4.1 物联网体系结构架构原则

物联网与互联网之间存在一定的区别。互联网的主要目的是构建一个全球性的基于计算机通信的网络;而物联网则主要是从应用出发,利用互联网、无线通信等技术进行业务数据的传送,是互联网和移动通信网应用的延伸,是自动化控制、遥控遥测及信息应用技

术彼此之间相互融合的综合展现。因此，物联网的体系结构应该遵循以下几条原则。

(1) 多样性原则。架构物联网体系结构必须根据其服务类型、节点的不同，分别设计多种类型，不能只建立唯一的标准体系结构，应该具有一定的多样性。

(2) 时空性原则。物联网尚在发展和起步阶段，技术成熟度不高，其体系结构需要能满足时间、空间和能源方面的特定需求，不可能做到一成不变。

(3) 互联性原则。物联网与互联网实现互联互通，其体系结构需要平滑地过渡，如果另行设计一套互联通信协议，成本和代价过高，在工程实现过程中不切实际。

(4) 安全性原则。当物与物之间实现互联之后，物联网的安全性将比计算机互联网的安全性更为重要，因此物联网的体系结构设计应强化安全设计，能够防御大范围的网络攻击。

(5) 扩展性原则。对于物联网体系结构的架构设计，必须具有一定的扩展性，以便最大限度地利用现有网络通信基础设施，保护已有的投资方利益。

(6) 健壮性原则。物联网系统需求中对数据的采集和传输质量有特定的要求，因此物联网体系结构应具备一定的健壮性和可靠性。

1.4.2 一种实用的层次性物联网体系结构

以上从具体应用的角度讨论了物联网系统结构的总体设计原则，但这类结构无法构成一个通用的物联网系统。根据物联网的服务类型和节点分布等情况，可以从中划分出一个由感知层、传输层和应用层所组成的三层结构的物联网体系，如图 1-2 所示。

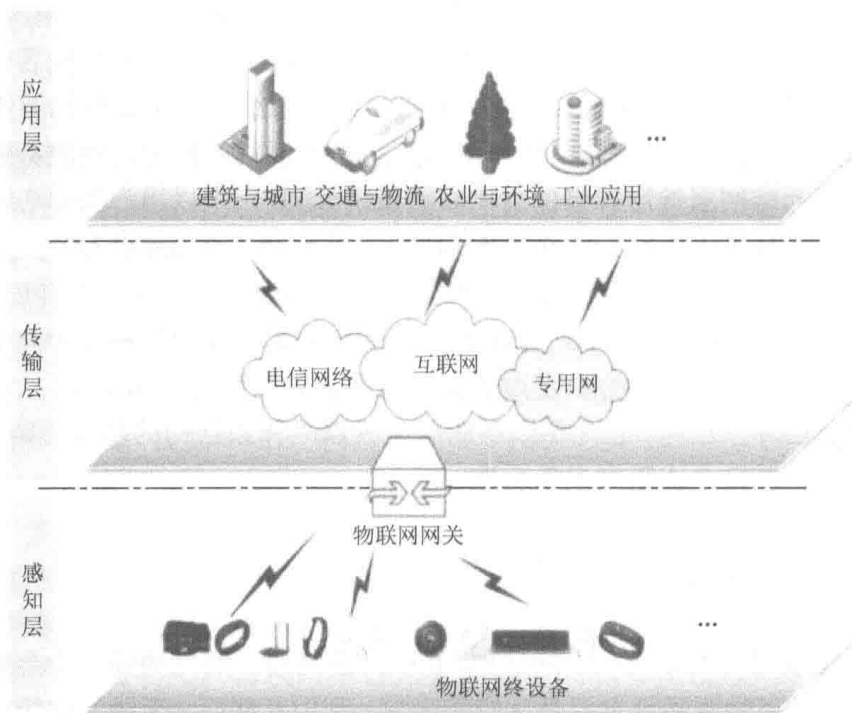


图 1-2 物联网三层体系结构

从感应、传输和服务的角度，按照功能从纵向进行划分，物联网还可以对这三个层次进一步细化为五层结构，如图 1-3 所示。



图 1-3 物联网五层体系结构

- (1) 应用层包括物联网在各个领域的应用，如智慧农业、智能电网、智能交通、智慧医疗等服务领域。
- (2) 公共服务层为物联网应用层提供公共服务技术支持，包括网络安全与个人隐私保护、位置服务、跟踪与追溯、检索服务等。
- (3) 中间件层为物联网各类应用提供能量管理、数据存储管理、设备管理、服务质量（quality of service, QoS）网络管理等服务内容。
- (4) 网络层主要负责实现物与物之间的可靠网络互联，为物联网提供远程路由和数据传输服务。主要支撑技术包括广域网、局域网和个域网技术。广域网技术包括因特网、4G/5G 通信网络等，局域网和个域网包括 IEEE 802.3 网络、IEEE 802.11 网络、IEEE 802.15 网络和无线自组织网络等技术。
- (5) 基础设备层主要实现对物联网所涉及的底层各种用户终端或控制设备的驱动和数据管理，如传感器、RFID 阅读器、移动终端和智能手机等。通过这些设备可以实现信息的采集和数据的预处理，并对事件作出有效的响应。

1.5 物联网系统基本组成

采用智能感知和识别技术的物联网通过互联网可以把世界上所有不同国家和地区的各类物品联系在一起，彼此之间相互交流数据信息，从而形成一个全球性物与物相互联系的智能型信息社会。

从不同的角度进行划分，物联网会有多种类型，而不同类型的物联网，其软、硬件平台组成也会有所不同。从物联网系统组成来看，一般可以把物联网系统分为软件平台和硬件平台两大子系统。

1.5.1 物联网硬件平台组成

物联网是以数据为中心的面向应用的网络，主要完成信息感知，数据处理、回传及决策支持等功能，其硬件平台可由 WSN、核心承载网和信息服务系统等几个部分组成，硬件

组成示意图如图 1-4 所示。其中，WSN 包括感知节点（数据采集、控制）和末梢网络（汇聚节点、接入网关）；核心承载网为物联网业务的基础通信网络；信息服务系统主要负责信息的处理和决策支持。

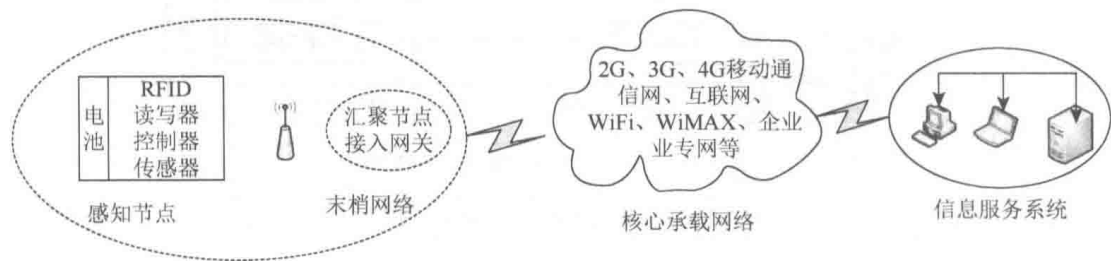


图 1-4 物联网硬件平台示意图

1. 感知节点

感知节点由各种类型的采集和控制模块组成，如温度传感器、声音传感器、振动传感器、压力传感器、RFID 读写器、二维码识读器等，通过上述感知节点可以实现物联网应用的数据采集和设备控制等功能。

感知节点一般由传感单元、处理单元和通信单元三个基本单元组成。

- (1) 传感单元由传感器和模数转换功能模块组成，如 RFID、二维码识读设备、温感设备等。
- (2) 处理单元由嵌入式系统构成，包括 CPU 微处理器、存储器、嵌入式操作系统等。
- (3) 通信单元由无线通信模块组成，实现末梢节点之间及它们与汇聚节点之间的通信，还包括电源/供电部分。

感知节点综合了传感器技术、嵌入式计算技术、智能组网技术及无线通信技术、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，通过嵌入式系统对信息进行处理，并通过随机自组织无线网络以多跳中继方式将所感知信息传送到接入层的基站节点和接入网关，最终到达信息应用服务系统。

2. 末梢网络

末梢网络也称为接入网络，包括汇聚节点、接入网关等，完成对末梢感知节点的组网控制和数据汇聚功能，或完成向感知节点发送数据的转发等功能。在感知节点之间完成组网之后，如果感知节点需要上传数据，那么将数据发送给汇聚节点（基站），汇聚节点收到数据后，通过接入网关完成和承载网络之间的连接；如果用户应用系统需要下发控制信息，那么接入网关接收到承载网络的数据后，由汇聚节点将数据发送给感知节点，完成感知节点与承载网络之间的数据转发和交互功能。

感知节点与末梢网络共同承担物联网的信息采集和控制任务，两者构成了 WSN，实现其各项功能。