

物联网技术丛书

WULIANWANG JISHU CONGSHU

WULIANWANG
WUXIAN TONGXIN JISHU

物联网 无线通信技术

谢健骊 李翠然 吴昊 陈永 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

物联网技术丛书

论 文 集

物联网无线通信技术

谢健骊 李翠然 吴昊 陈永 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书主要讲授物联网的概念、体系结构和物联网中的无线通信和网络技术。全书共分7章：物联网概述、物联网与无线通信、无线通信关键技术、物联网的RFID无线通信技术、无线通信网络、协同无线通信以及物联网的未来。每章均配有思考练习题，帮助读者巩固所学的知识，启发思路，引导读者深入思考。每章的“小结”部分对该章的内容进行了概括。

本书在选材上，参考了最新的相关文献，因而在内容上充分反映了当代物联网无线通信技术的最新进展。

本书可作为高等工科大学物联网、通信与信息系统、无线电技术专业的高年级本科生及研究生教材，也可作为相关领域工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网无线通信技术 / 谢健骊等编著. — 成都:
西南交通大学出版社, 2013.2
(物联网技术丛书)
ISBN 978-7-5643-2149-9

I. ①物… II. ①谢… III. ①互联网络—应用②智能
技术—应用③无线电通信—通信技术 IV. ①
TP393.4②TP18③TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第005414号

物联网技术丛书

物联网无线通信技术

谢健骊 李翠然 吴昊 陈永 编著

*

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 胡芙蓉

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 12.25

字数: 308千字

2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-2149-9

定价: 24.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业的浪潮，是一个全新的技术领域。物联网是指通过无线射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按照约定的协议，把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。

物联网的发展与无线通信有着密切的关系，无线通信的发展在某种程度上决定了物联网的运作模式。物联网的时代即将到来，物联网将上升为国家战略，成为下一阶段 IT 产业的任任务。然而，能够系统介绍和涵盖物联网无线通信技术的书籍非常少。在这种情况下，想要了解物联网无线通信技术的学生和科技人员迫切需要一本涵盖较新内容的物联网无线通信技术的教材。

本书是参考了国内外最新的专著、教材和文献资料，以作者数年来为本科生、研究生讲授的讲稿为基础，经过多次修订后写成的。

全书共分 7 章，主要讲授物联网的概念及其关键技术、物联网中的无线通信技术、无线通信关键技术、RFID 无线通信技术、无线通信网络、协同无线通信网络以及物联网的未来。其内容以当前广泛应用的无线通信技术和代表物联网发展趋势的无线通信新技术为背景，力求能反映近年来国内外物联网无线通信技术的发展状况。前两章为物联网的基础内容。其中，第 1 章全面概述了物联网的概念、体系结构、关键技术及其发展和应用。第 2 章主要讲述物联网的数据传输方式以及物联网中的无线通信网络。第 3 章详细介绍了无线通信关键技术，其中包括：调制解调技术、信源编码和信道编码技术、多址接入技术和分集技术。第 4 章对物联网中的 RFID 技术进行了详细介绍，主要包括 RFID 的概念、组成及工作原理，RFID 电子标签类别与工作频段，RFID 的典型应用案例及其标准化进展。第 5 章介绍了无线个域网、无线局域网、无线城域网、蜂窝移动通信原理及系统、移动自组网和无线传感器网络。第 6 章介绍了协同无线通信、基于 MIMO 的协同无线通信以及协同无线通信的发展。第 7 章描述了物联网发展面临的政策问题和物联网技术应用实例。

该书可用作高等学校物联网、通信与信息系统、无线电技术专业的高年级本科生及研究生教材，也可作为相关领域工程技术人员的参考用书。

本书第1, 2, 4, 7章和第5章部分内容由谢健骊、陈永编写;第3, 6章和第5章其他内容由李翠然编写。全书由谢健骊、吴昊、李翠然、陈永校稿,李翠然、吴昊审定。在编写本书及制作配套教案PPT的过程中,周辉做了大量的工作,在此表示诚挚的感谢。

本书编写过程中还得到了西南交通大学、北京交通大学以及兰州交通大学有关部门的帮助和支持,在此一并表示感谢。

本书的编写得到了国家自然科学基金项目(61261014)、四川省重点出版资助项目、轨道交通控制与安全国家重点实验室(北京交通大学)开放课题基金项目(RCS2011K006)的支持。

鉴于编者水平有限,不妥之处在所难免,欢迎读者指正。

作者

2012年10月

目 录

第 1 章 物联网概述	1
1.1 物联网的概念	1
1.2 物联网体系结构	3
1.3 物联网构架与关键技术	8
1.4 物联网的发展	11
1.5 物联网的应用	12
本章小结	16
思考题	16
第 2 章 物联网与无线通信	17
2.1 概 述	17
2.2 物联网的数据传输方式	18
2.3 无线通信的发展及特点	23
2.4 物联网中的无线通信网络	26
本章小结	30
思考题	30
第 3 章 无线通信关键技术	31
3.1 概 述	31
3.2 调制解调技术	32
3.3 信源编码与信道编码技术	51
3.4 多址接入技术	63
3.5 分集技术	72
本章小结	75
思考题	76
第 4 章 物联网的 RFID 无线通信技术	77
4.1 RFID 的概念	77
4.2 RFID 的组成及工作原理	78
4.3 RFID 电子标签类别	90
4.4 RFID 的工作频段	91
4.5 RFID 的典型应用案例	92

4.6 RFID 的标准化及发展	95
本章小结	97
思考题	98
第 5 章 无线通信网络	99
5.1 无线个域网 (WPAN)	99
5.2 无线局域网 (WLAN)	104
5.3 无线城域网 (WiMAX)	112
5.4 蜂窝移动通信系统	116
5.5 移动自组网 (Ad hoc)	138
5.6 无线传感器网络 (WSN)	150
本章小结	156
思考题	156
第 6 章 协同无线通信	158
6.1 协同无线通信概述	158
6.2 协同通信系统模型	162
6.3 无线信道衰落与协同分集	163
6.4 协同通信协议	168
6.5 协同无线通信的发展	171
本章小结	172
思考题	172
第 7 章 物联网的未来	173
7.1 物联网技术发展面临的政策问题	173
7.2 物联网技术应用实例	177
本章小结	179
思考题	179
附录 缩略词	180
参考文献	189



第 1 章 物联网概述

物联网的时代即将到来，物联网将上升为国家战略，成为下一阶段 IT 产业的任務。本章将对物联网进行概述，包括物联网的概念、体系结构、网络构架与关键技术、物联网的发展与应用。通过本章的论述，希望读者可以对物联网有一个全方位的认识。

1.1 物联网的概念

物联网的定义是，通过无线射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按照约定的协议，把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。

物联网的英文名称为“The Internet of Things”，由该名称可见，物联网就是“物物相连的互联网”。这有两层意思，第一，物联网的核心和基础依然是互联网，是在互联网基础之上延伸和扩展的一种网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。

物联网概念的问世，打破了之前的传统思维。过去的思维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，另一方面是数据中心、个人计算机、宽带等。而在物联网时代，钢筋混凝土、商品、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，故也有业内人士认为物联网是智慧地球的有机组成部分。

根据国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）的描述，在物联网时代，通过在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信的世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点人与人之间的沟通和连接，扩展到任何时间、任何地点人与物、物与物之间的沟通和连接。

1.1.1 物联网的含义

物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体，让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。它具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化 3 个重要特征。物联网指的是将无处不在的末端设备和设施，包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼控系统、家庭智能设施、视频监控系统等和“外在使能”的，如贴上 RFID 的各种资产、携带无线终端的个人与车辆等“智能化物件或动物”或“智能尘埃”，

通过各种无线/有线的长距离/短距离通信网络实现互联互通 (M2M)、应用大集成 (frand integration) 以及基于云计算的 SaaS 营运等模式, 提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、在线升级、统计报表、决策支持及领导桌面 (集中展示的 cockpit dashboard) 等管理和服务功能, 实现对“万物”的“高效、节能、安全和环保”的“管、控、营”一体化。

1.1.2 互联网、物联网、泛在网的异同

物联网 (Internet of Things, IOT), 是指在物理世界的实体中部署具有一定感知能力、计算能力或执行能力的各种信息传感设备, 通过网络设施实现信息传输、协同和处理, 从而实现广域或大范围的人与物、物与物之间信息交换需求的互联。物联网强调应用, 包括各种末端网、通信网络和应用 3 个层次, 其中末端网包括各种实现与物互联的技术, 如传感器网络、RFID、二维码、短距离无线通信技术及移动通信模块等。传感器网络是物联网末端采用的关键技术之一。

互联网, 即广域网、局域网及单机按照一定的通信协议组成的国际计算机网络。互联网是指将两台或两台以上的计算机终端、客户端、服务端通过计算机信息技术的手段互相联系起来的结果, 人们可以与远在千里之外的朋友相互发送邮件、共同完成一项工作、共同娱乐等。

泛在网络 (Ubiquitous network), 是指基于个人和社会的需求, 利用现有的网络技术和新的网络技术, 实现人与人、人与物、物与物之间按需进行的信息获取、传递、存储、认知、决策和使用等服务, 网络超强的环境感知、内容感知及其智能性, 为个人和社会提供泛在的、无所不有的信息服务和应用。

人们一般把互联网称为“外网”, 互联网是一个“平台”, 着重于“互联互通”和信息共享, 而物联网则不同, 既然有“物”, 就一定有产权和归属权, 共享也一定是有条件的。所以, 在很长一段时间内, “物联网”主要将以“物连网”的形态存在于内网和专网中。

物联网与互联网还有一个显著的区别, 就是目前在互联网的“内容”, 绝大部分都是“人工输入”的, 而物联网上的内容将主要是“工业化”和“自动化”两个融合的机器“自动生成”的。同时, 我们也应该看到, 互联网目前是以有线 TCP/IP 网络为主要载体的, 而物联网的很多应用更依赖于“无线网络”技术, 各种短距离 RF (RFID 等) 和长距离 (GSM 和各种 CDMA) 的无线通信技术是目前物联网产业发展的主要基础设施。

物联网可用的基础网络有很多, 根据应用需要可以用公网也可以用专网, 没有说一定是什么网络。通常互联网是最适合作为物联网的基础网络, 特别是当物物互联范围超出局域网的时候、已经需要公众网来传送信息处理的时候互联网是最常用的。物联网是全球性的, 但往往具有行业性和区域性, 尽管在架构上物联网可以连接全世界, 但是所建设的物联网不是谁都可以接入的。物联网相当于互联网上面面向特定任务来组织的专用网络, 与其说物联网是网络, 不如说物联网是业务和应用, 它应该是通信网络里头的一个应用拓展, 底层传感网是原来通信网不包含的。

泛在网是指无所不在的网络, 又称 U 网络。最早提出 U 战略的日韩给出的定义是: 无所不在的网络社会将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施



武装而成的技术社会形态。根据这样的构想，U网络将以“无所不在”、“无所不包”、“无所不能”为基本特征，帮助人类实现“4A”化通信，即在任何时间、任何地点、任何人、任何物都能顺畅地通信。故相对于物联网技术的当前可实现性来说，泛在网属于未来信息技术发展的理想状态和长期愿景。在互联网和物联网中，所有联网的网络终端不仅仅只有人，更多的是无穷尽的多媒体终端，而连接的技术也是多种多样，包括有线和无线，仅仅无线技术就存在 WiFi、蓝牙、RFID 等多种标准。复杂的连接设备加上复杂的连接方式都注定终端需要实现智能化，而泛在网恰好能够很好地实现这种功能。所以说物联网是互联网应用拓展的重点，物联网是泛在网的起点。

1.2 物联网体系结构

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。一些研究机构也对物联网关键技术以及体系结构进行了研究。但目前对于物联网的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。有一些出版物将 RFID 或者传感器网络当作物联网，实际上，这些只是物联网的一个组成部分或是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 是其中一种，传感器网络也是其中一种，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。

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

1.2.1 物联网的组成

我们从一个实际的物联网系统来分析物联网的组成。例如，一个基于产品电子代码（Electronic Product Code, EPC）的车辆管理系统，主要由车辆识别、网络和监控中心组成，如图 1.1 所示。

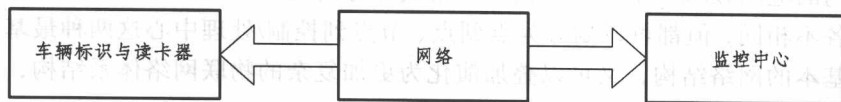


图 1.1 基于 EPC 的车辆管理系统

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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，接受标签

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。

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——节点、网络和控制中心。可见, 这三个部分构成了物联网的核心组成部分, 如图 1.2 所示。这样划分比用 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。

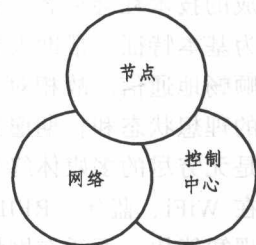


图 1.2 物联网的三个组成部分

1. 节点

节点是物联网中“物”的标识单元, 它包括各种各样的类型, 如 RFID、传感器、终端等。节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。

2. 网络

网络是物联网中的信息传输介质, 它可以将节点与节点、节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服务质量(Quality of Service, QoS)要求。

3. 控制中心

在有的物联网中, 节点通过网络与其他节点连接, 也有的节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, 或者节点接收控制中心发出的指令, 进行相应的操作。

1.2.2 物联网的体系结构

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、构成形态及层次结构等也各不相同, 但都可以划分为点到点、节点到控制/处理中心这两种最基本的网络结构。由这最基本的网络结构, 又可以叠加演化为更加复杂的物联网体系结构, 如混合体系结构、分级体系结构等。

1. 点到点(Point to Point, P2P)的网络体系结构

在点到点的物联网体系结构中, 节点通过网络介质直接与其他节点通信, 整个网络由节点和传输网络(或网络介质)共同组成, 如图 1.3 所示。组成网络的节点有着相似的结构, 发挥相似的功能, 彼此对等。如无线传感器网络、Ad Hoc 网络就是典型的点到点的体系结构。彼此连接的节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。此外, 还可以通过节点之间的协议约定, 联合构成 Mesh 网络。

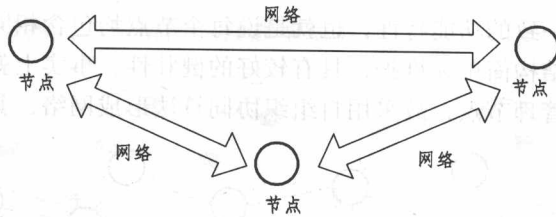


图 1.3 点到点的体系结构

2. 节点到控制/处理中心的网络体系结构

在节点到控制/处理中心的物联网结构中，节点通过网络介质直接与控制/处理中心通信。整个网络由节点、控制/处理中心和传输网络（或网络介质）共同组成，如图 1.4 所示。节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节点传送过来的信息，并进行处理，同时也控制各个节点的工作状态，将处理后的信息分发给各个节点。在这种体系结构下，各个节点在中心的控制下进行工作，中心集中对信息进行处理，节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工作，这样也降低了各个节点的设计复杂度和成本。

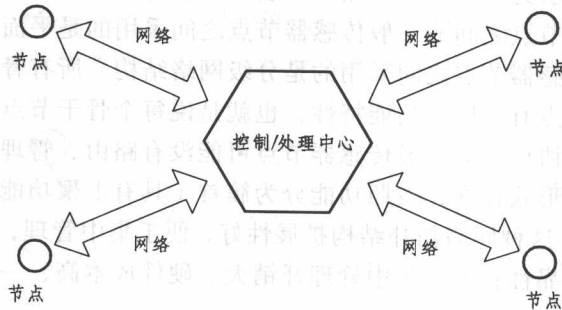


图 1.4 节点到控制/处理中心的网络体系结构

1.2.3 无线传感器节点构建的物联网体系结构

我们以无线传感器节点构建的物联网为例对其体系结构进行分析。无线传感器网络的网络拓扑结构是组织无线传感器节点的组网技术，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，以网状分布式连接和管理。如果按照节点功能及结构层次，无线传感器网络通常可以分为平面网络结构、分级网络结构、混合网络结构以及 Mesh 网络结构。无线传感器节点经多跳转发，通过基站、汇聚节点或网关接入网络，在网络侧的任务管理节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。

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 1.5 所示。图中，所有节

点为对等结构，具有完全一致的功能特性，也就是说每个节点均包含相同的 MAC、路由、管理和安全协议。这种拓扑结构简单易维护，具有较好的健壮性，事实上就是一种 Ad Hoc 网络结构形式。由于没有中心管理节点，故采用自组织协同算法形成网络，其组网算法比较复杂。

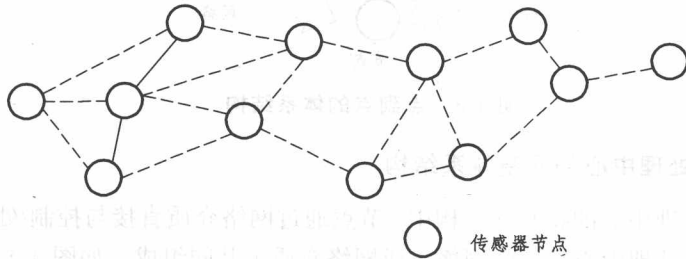


图 1.5 无线传感器平面网络结构

2. 分级网络结构

分级网络结构是无线传感器网络中平面网络结构的一种扩展拓扑结构，如图 1.6 所示。网络分为上、下两层：上层为中心骨干节点，下层为一般传感器节点。通常网络可能存在一个或多个骨干节点，骨干节点之间或一般传感器节点之间采用的是平面网络结构。具有汇聚功能的骨干节点和一般传感器节点之间采用的是分级网络结构。所有骨干节点为对等结构，骨干节点和一般传感器节点有不同的功能特性，也就是说每个骨干节点均包含相同的 MAC、路由、管理和安全等功能协议，而一般传感器节点可能没有路由、管理及汇聚处理等功能。这种分级网络通常以簇的形式存在，按照功能分为簇首（具有汇聚功能的骨干节点）和成员节点（一般传感器节点）。这种网络拓扑结构扩展性好，便于集中管理，可以降低系统建设成本，提高网络覆盖率和可靠性；但是集中管理开销大、硬件成本高，一般传感器节点之间不太可能直接通信。

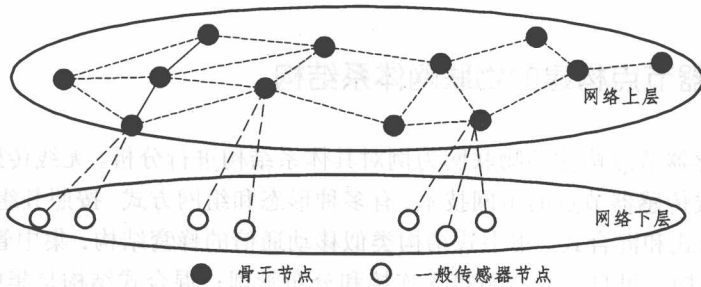


图 1.6 无线传感器网络分级网络结构

3. 混合网络结构

混合网络结构是无线传感器网络中平面网络结构和分级网络结构的一种混合拓扑结构，如图 1.7 所示。

网络骨干节点之间及一般传感器节点之间都采用平面网络结构，而网络骨干节点和一般传感器节点之间采用分级网络结构。这种网络拓扑结构和分级网络结构不同的是，一般传感器节点之间可以直接通信，可以不通过汇聚骨干节点来转发数据。同分级网络结构比较，这



种结构支持的功能更加强大，但所需硬件成本更高。

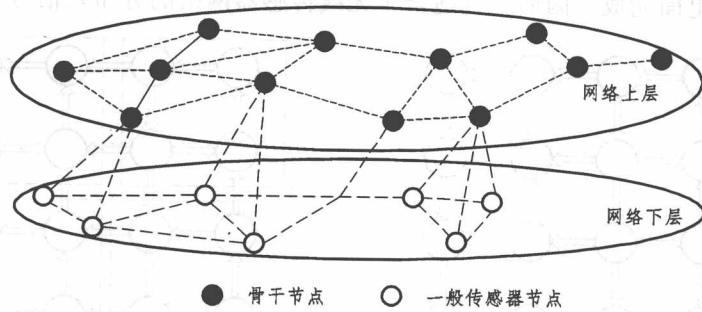


图 1.7 无线传感器网络混合网络结构

4. Mesh 网络结构

Mesh 网络结构是一种新型的无线传感器网络结构，与传统的无线网络拓扑结构相比在结构和技术上有一些不同。从结构来看，Mesh 网络是规则分布的网络，不同于完全连接的网络结构，如图 1.8 所示。Mesh 网络通常只允许节点和其最近的邻居节点通信，如图 1.9 所示。网络内部的节点一般都是相通的，因此，Mesh 网络也称为对等网络。

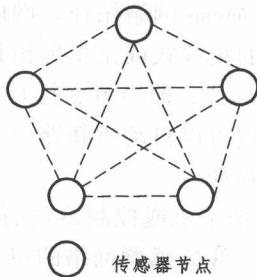


图 1.8 完全连接的网络结构

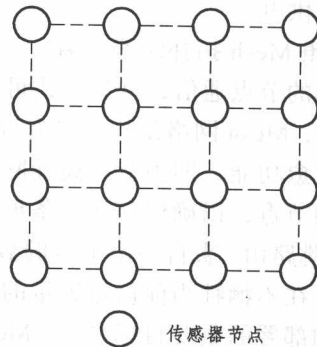


图 1.9 无线传感器网络 Mesh 网络结构

Mesh 网络是构建大规模无线传感器网络的一个很好的结构模型，特别是那些分布在一个地理区域的传感器网络，如人员或车辆安全监控系统。尽管这里反映通信拓扑的是规则结构，然而节点实际的地理分布不必是规则的 Mesh 结构形态。

通常 Mesh 网络结构节点之间存在多条路由路径，网络对于单点或单个链路故障具有较强的容错能力和鲁棒性。Mesh 网络结构最大的优点就是尽管所有节点都是对等地位，且具有相同的计算和通信传输功能，但某个节点可被指定为簇首节点，而且可执行额外的功能。一旦簇首节点失效，另外一个节点可以立刻补充并接管原簇首那些额外可执行的功能。

不同的网络结构对路由和 MAC 的性能影响较大，例如，一个 $n \times m$ 的二维 Mesh 网络结构的无线传感器网络拥有 nm 条连接链路，每个源节点到目的节点都有多条连接路径。对于完全连接的分布式网络，路由表随着节点数增加而呈指数增加，且路由设计复杂度是个 NP-hard 问题。通过限制允许通信的邻居节点数目和通信路径，可以获得一个具有多项式复杂度的再生流拓扑结构，基于这种结构的流线型协议本质上就是分级的网络结构。如图 1.10

所示,采用分级网络结构技术可使 Mesh 网络路由设计简单许多,由于一些数据处理可以在每个分级的层次里面完成,因而比较适合于无线传感器网络的分布式信号处理和决策。

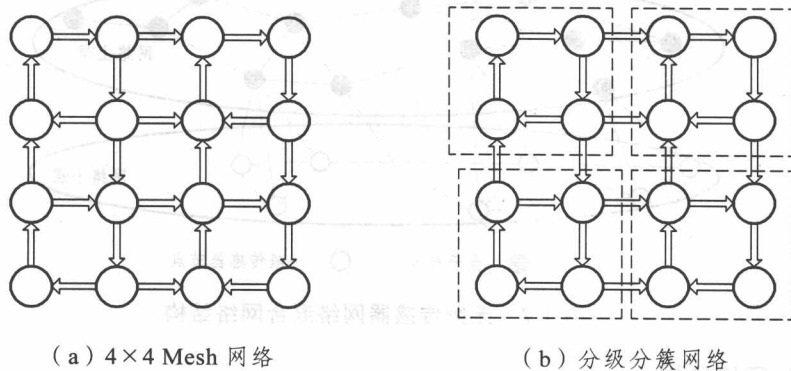


图 1.10 采用分级网络结构技术的 Mesh 结构

从技术上来看,基于 Mesh 结构的无线传感器网络具有以下特点:

① 由无线节点构成网络。这种类型的网络节点是由一个传感器或执行器构成且连接到一个双向无线收发器上。数据和控制信号是通过无线通信的方式在网络上传输的,节点可以方便地通过电池来供电。

② 节点按照 Mesh 拓扑结构部署。一种典型的无线 Mesh 网络拓扑,网内每个节点至少可以和一个其他的节点通信,这种方式可以实现比传统的集线式或是星形拓扑更好的网络连接性。除此之外,Mesh 网络结构还具有以下特征:自我形成,即当节点打开电源时,可以自动加入网络;自愈功能,即当节点离开网络时,其余节点可以自动重新路由它们的消息或信号到网络外部的节点,以确保存在一条更加可靠的通信路径。

③ 支持多跳路由。来自一个节点的数据在其到达一个主机或控制器之前,可以通过多个其余节点转发。在不牺牲当前信道容量的情况下,扩展无线传感器网络的覆盖范围是无线传感器网络设计和部署的重要目标之一。Mesh 方式的网络连接,只需短距离的通信链路,经受较少的干扰,因此可以为网络提供较高的吞吐率及较高的频谱复用效率。

④ 功耗限制和移动性取决于节点类型及应用的特点。通常基站或汇聚节点移动性较低,感应节点可能移动性较高。基站通常不受电源限制,而感应节点通常由电源供电。

⑤ 存在多种网络接入方式。可以通过星形、Mesh 等节点方式和其他网络集成。

在无线传感器网络以及其他类型的物联网实际应用中,通常都根据应用需求来灵活选择合适的网络拓扑结构。

1.3 物联网构架与关键技术

1.3.1 物联网构架

物联网的总体构架分为感知层、网络层和应用层,如图 1.11 所示。

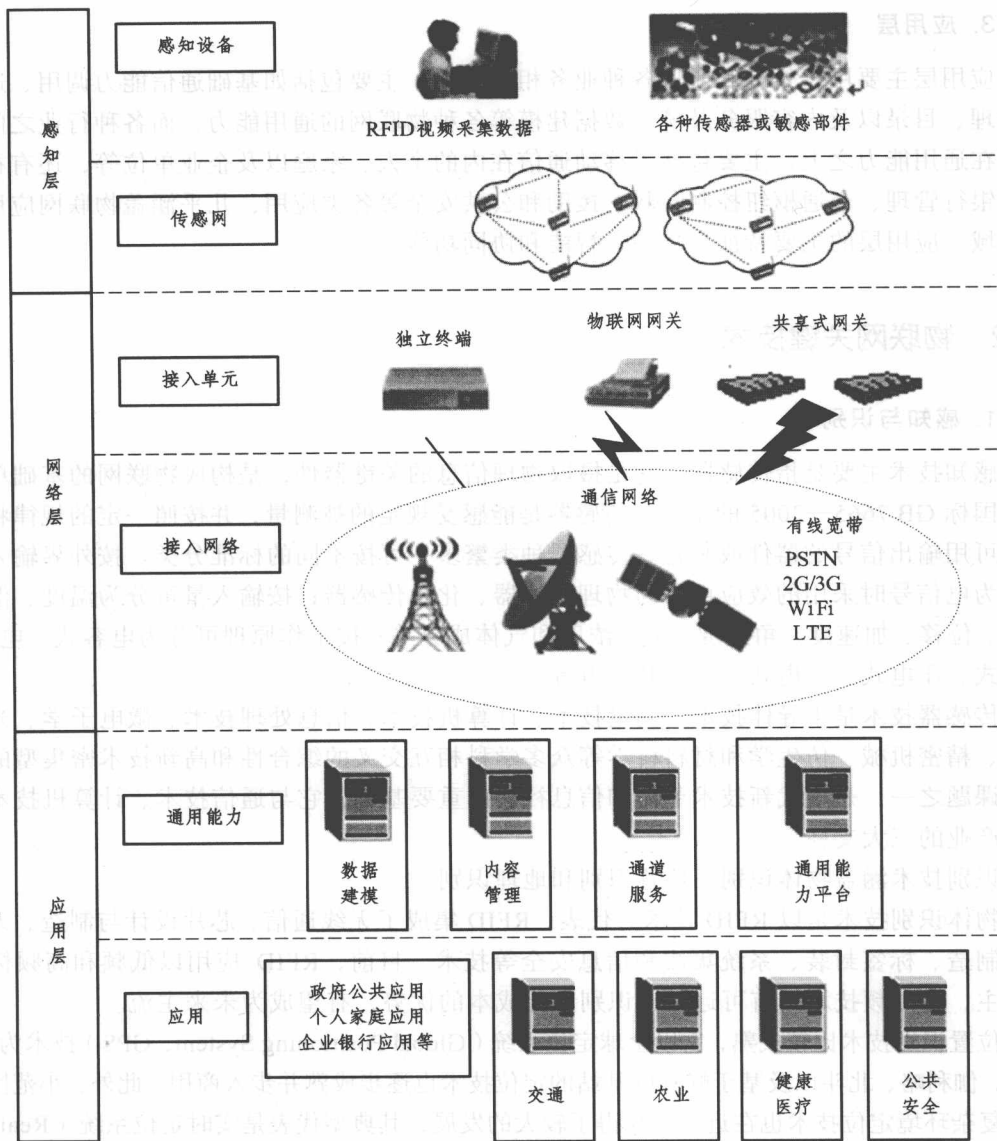


图 1.11 物联网的总体构架

1. 感知层

感知层主要用于识别物体、采集信息，由感知设备和传感网两部分组成，包括视频采集设备、无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）、有线传感器网络、传感器和 RFID 等。感知层的特征是通用和智能。

2. 网络层

网络层主要用于信息传递，包括接入网络和接入单元两部分。接入网络包括无线（Wi-Fi, 2G/3G），有线（PSTN 和宽带等）；接入单元有独立的物联网终端以及作为感知数据汇聚点的物联网网关。网络层的主要特征是经济、广泛和智能。

3. 应用层

应用层主要用于处理和应⽤各种业务相关信息，主要包括如基础通信能⼒调⽤、通道通信管理、目录以及内容服务及统⼀数据建模等各种物联网的通用能⼒，⽽各种行业之间的应⽤则在通用能⼒之上，主要包括了移动通信在内的个人、家庭以及企业单位等，还有社会保障、银⾏管理、交通枢纽控制、救灾援助和公共安全等各类应⽤，几乎涵盖物联网应⽤的各个领域。应⽤层的主要特征是集中、智能和协同功能。

1.3.2 物联网关键技术

1. 感知与识别

感知技术主要是指传感器，它是摄取物理信息的关键器件，是构成物联网的基础单元。根据国标 GB 7665—2005 的定义，传感器是能感受规定的被测量，并按照⼀定的规律将其转换成可⽤输出信号的器件或装置。传感器种类繁多，可按不同的标准分类。按外界输⼊信号变换为电信号时采⽤的效应可分为物理传感器、化学传感器；按输⼊量可分为温度、湿度、压⼒、位移、加速度、角速度、⼒、浓度和⽓体成分等；按工作原理可分为电容式、电阻式、电感式、压电式、热电式、光敏和光电等。

传感器技术是半导体技术、测量技术、计算机技术、信息处理技术、微电子学、光学、声学、精密机械、仿生学和材料科学等众多学科相互交叉的综合性和高新技术密集型的前沿研究课题之⼀，是现代新技术革命和信息社会的重要基础，它与通信技术、计算机技术构成信息产业的三大支柱。

识别技术涵盖物体识别、位置识别和地理识别。

物体识别技术是以 RFID 技术为代表，RFID 集成了无线通信、芯片设计与制造、天线设计与制造、标签封装、系统集成和信息安全等技术。目前，RFID 应⽤以低频和⾼频标⼏技术为主，超⾼频技术具有可远距离识别和低成本的优势，有望成为未来主流。

位置识别技术比较成熟，它以全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 技术为代表。另外，伽利略、北斗以及基于蜂窝网基站的定位技术也逐步成熟并步⼊商用。此外，小范围或室内、复杂环境定位技术也在近几年获得了较⼤的发展，其典型代表是实时定位系统 (Real Time Locating Systems, RTLS)，这些技术都将为物联网在不同环境条件下的位置识别提供⽀持。

地理识别技术以地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 为代表，以空间数据库为基础，运⽤系统工程和信息科学的理论，对空间数据进⾏科学管理和综合分析。GIS 集合了测绘学、地理学、地图学、计算机科学、卫星遥感、管理信息系统和定位系统等学科和技术的发展。近年来计算机⼤容量存储介质、多媒体技术和可视化技术为 GIS 的发展提供了新的技术和⽅法。

2. 数据采集与处理

传感器技术和传感器网络技术主要负责物联网信息的采集和处理，其中传感器技术是实现对现实世界感知的基础，是物联网服务和应⽤的基础。传感器是指那些对被测对象的某⼀确定的信息具有感受与检出功能，并按照⼀定规律转换成与之对应的有⽤信号的元器件或装