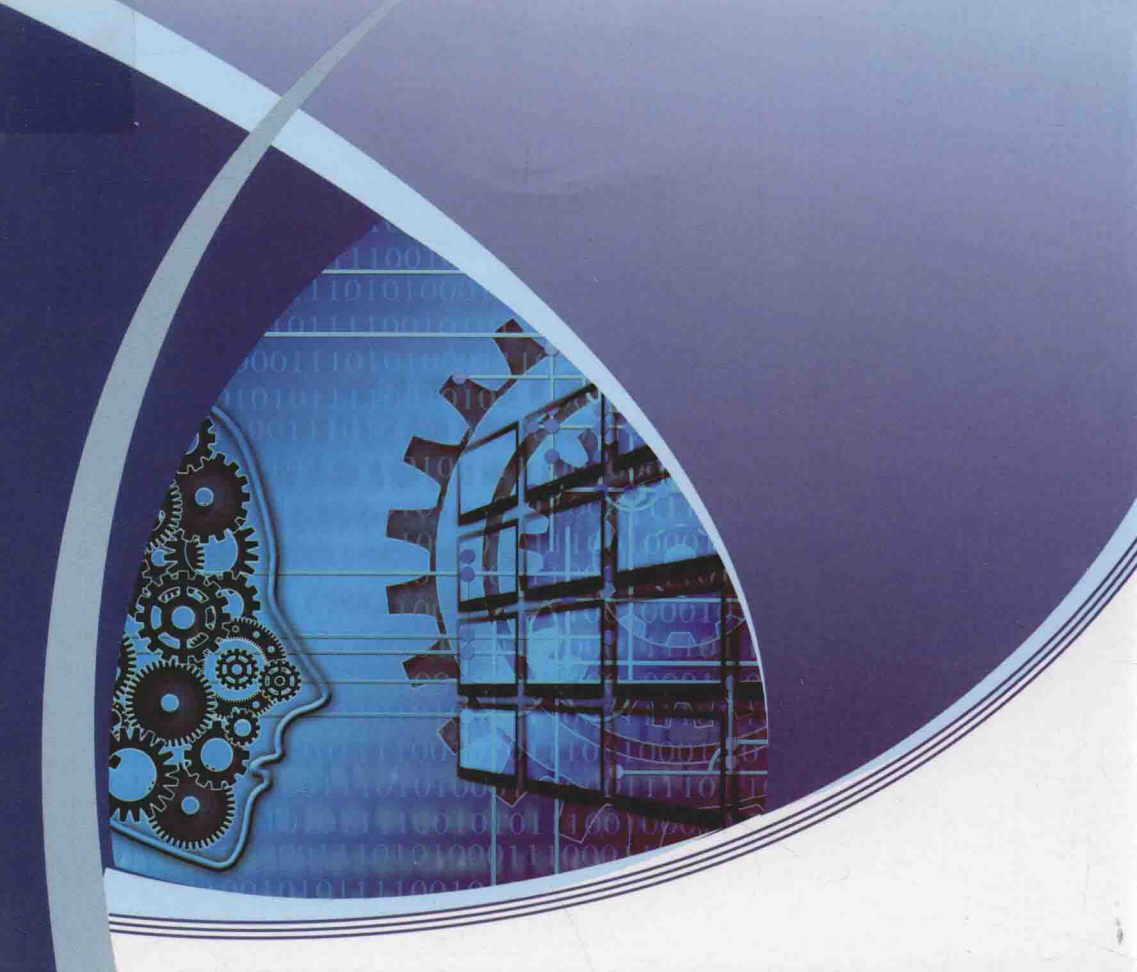




WULIANWANG YU TONGXIN JISHU DE
LILUN YU SHIJIAN TANSUO

物联网与通信技术的 理论与实践探索

王振龙 著



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

物联网与通信技术的 理论与实践探索

王振龙 著



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

图书在版编目(CIP)数据

物联网与通信技术的理论与实践探索/王振龙著

— 成都: 电子科技大学出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5647-5451-8

I.①物… II.①王… III.①互联网络-应用-研究
②智能技术-应用-研究 IV.①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第009134号

物联网与通信技术的理论与实践探索

王振龙 著

策划编辑 李述娜

责任编辑 李述娜

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 北京一鑫印务有限责任公司

成品尺寸 170mm × 240mm

印 张 17.25

字 数 298千字

版 次 2018年8月第一版

印 次 2018年8月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-5451-8

定 价 62.00元

版权所有, 侵权必究

前 言

物联网是在计算机互联网的基础上,利用感知识别、通信、电子和计算机等技术,构造的一个覆盖世界上万事万物的网络。这个网络将为人们的生活带来巨大的变化,在它的构建过程中也将推动相关产业的发展和变革。

同时物联网技术被认为是继计算机、互联网之后信息产业的第三次浪潮,是通过物物互联实现感知世界的技术手段。物联网是在现有网络框架基础上的延伸,数量庞大的物联网终端将实现范围更加广阔的互联互通。物联网的出现,将信息互通的方式从 H2H (Human to Human) 延伸至 M2M (Machine to Machine),为信息化提供了更加广阔的空间。这无疑为传统的无线通信技术提供了新的发展契机。

无线通信技术的范畴比较广泛。一般意义上,它是指集信息采集、信息传输、信息处理于一体的综合型智能信息系统。其中短距离无线通信技术一般指有效通信距离在厘米到百米范围内的无线通信技术。该技术旨在解决近距离设备的连接问题,可以支持动态组网并灵活实现与上层网络的信息交互功能。该技术定位满足了物联网终端组网,以及物联网终端网络与电信网络互连互通的要求,这是短距离无线通信技术在物联网发展背景下彰显活力的根本原因。当前短距离无线技术已经广泛应用于热点覆盖、家庭办公网络、家庭数字娱乐、智能楼宇、物流运输管理等方面,并以其丰富的技术种类和优越的技术特点,满足了物物互连的应用需求,逐渐成为物联网架构体系的主要支撑技术。

目前我国一些高等院校、研究所等已经在物联网的一些关键技术研究方面有了重大发展,并且在一些应用领域形成了一定规模的产业,在国际标准化的制定中也占有一席之地。本书结合人们的现实需要,立足于物联网与通信技术的现状,对蓝牙无线通信技术、ZigBee 通信技术、WLAN 无线通信技术、RFID 技术分析、Wi-Fi 通信技术、NFC 无线通信技术、WSN 技术分析、物联网安全技术等进行深入分析,以期从理论和实践的角度为我国物联网与通信技术的发展提供有益的参考。

由于时间的仓促,编者水平有限,本书难免存在不足之处,在此出版之际,我们真诚地希望读者对本书提出宝贵的意见和建议。

目 录

第 1 章 物联网通信技术概述 / 001

1.1 物联网通信的起源与发展 / 001

1.2 物联网通信系统 / 005

1.3 物联网通信技术的发展前景 / 008

第 2 章 蓝牙无线通信技术 / 013

2.1 蓝牙技术概述 / 013

2.2 蓝牙协议体系结构 / 019

2.3 蓝牙协议子集及应用规范 / 029

2.4 蓝牙组网与蓝牙路由机制 / 036

2.5 蓝牙技术的应用分析 / 041

第 3 章 ZigBee 通信技术 / 044

3.1 ZigBee 技术概述 / 044

3.2 ZigBee 协议栈 / 047

3.3 ZigBee 网络的拓扑结构 / 052

3.4 ZigBee 网络的路由协议 / 057

3.5 ZigBee 网络的组建 / 065

3.6 ZigBee 的应用分析 / 072

第 4 章 WLAN 无线通信技术 / 077

4.1 WLAN 概述 / 077

4.2 WLAN 物理层技术 / 085

4.3 WLAN 的 MAC 层技术 / 090

4.4 WLAN 网络安全技术 / 093

4.5 WLAN 的应用分析 / 100

第5章 RFID 技术分析 / 106

5.1 RFID 概述 / 106

5.2 RFID 系统组成与工作原理 / 110

5.3 RFID 技术标准与关键技术 / 126

5.4 RFID 技术应用分析 / 130

第6章 Wi-Fi 通信技术 / 138

6.1 Wi-Fi 技术概述 / 138

6.2 WLAN 的物理层 / 145

6.3 WLAN 的媒体访问控制层 / 151

6.4 Wi-Fi 组网及应用 / 164

第7章 NFC 无线通信技术 / 176

7.1 NFC 概述 / 176

7.2 NFC 的技术原理 / 182

7.3 NFC 的安全问题 / 188

7.4 NFC 的应用分析 / 190

第8章 WSN 技术分析 / 194

8.1 WSN 概述 / 194

8.2 WSN 体系结构 / 199

8.3 WSN 通信协议 / 206

8.4 WSN 的关键技术 / 235

8.5 WSN 应用分析 / 245

第9章 物联网安全技术 / 247

9.1 物联网安全架构 / 247

9.2 挑战与需求 / 259

9.3 加密技术与密钥管理 / 262

9.4 安全路由及入侵检测 / 266

参考文献 / 269

第1章 物联网通信技术概述

1.1 物联网通信的起源与发展

自从比尔·盖茨在他的《未来之路》一书中把 Smart House 引入到人们的视野中，“物联网”技术的实现成就了未来的生活。药片会“提醒”人们及时吃药；衣服会“告诉”洗衣机对水温的要求；农业生产中，大棚会根据光照、水分的情况制订灌溉计划，这就是“物联网”时代的生产生活愿景。

科学家打了一个通俗的比方来描述“物联网”：人的眼睛、耳朵、鼻子好比单个的“传感器”——一杯牛奶摆在面前，眼睛看到的是杯子，杯子里有白色的液体，鼻子闻闻有股奶香味，嘴巴尝一下有一丝淡淡的甜味，用手再摸一下，感觉有温度……这些感官的感知综合在一起，人便得出这是一杯牛奶的判断。假如把牛奶的感知信息传上互联网，坐在办公室的人通过网络随时能了解家中牛奶的情况，这就是“传感网”，假如获得授权，每个人都可以看到这杯牛奶的情况。如果家中设置的传感器节点与互联网连接，经过授权的人通过网络了解家里是否平安、老人是否健康等信息，并利用传感器技术及时处理解决，这就是“物联网”。

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（International Telecommunication Union, ITU）发布《ITU 互联网报告 2005：物联网》，引用了“物联网”的概念。国际电联发表了一份主题为“物联网”的报告，其政策与战略研究部主任劳拉·斯里瓦斯塔瓦说：“我们现在站在一个新的通信时代的入口处，在这个时代中，我们所知道的因特网将会发生根本性的变化。因特网是人们之间通信的一种前所未有的手段，现在因特网又能把人与所有的物体连接起来，还能把物体与物体连接起来。”通过把短距离的移动收发器嵌入各种器件和日常用品之中，物联网将创建出全新形式的通信。随着一些关键技术如射频标签和无

线传感网络的应用,用户与周边物体之间的实时通信和自由交流已不再是科学幻想了。一些新技术,如RFID标签带来了新技术革命的曙光,网络的“用户”将达到几十亿个,由人类产生和接收的信息流量可能会成为少数。大多数的信息将在无生命的物体之间流动,从而创造出一个更大、更复杂的“物联网”。国际电信联盟报告提出物联网通信的关键性应用技术包括RFID、传感器、智能技术(如智能家庭和智能汽车)等,另外物联网的技术还包括嵌入式系统、无线传感器网络、遥感、人工智能、3G通信、4G通信等。

1.1.1 物联网通信的产生

物联网传感网的构想最早由美国军方提出,起源于1978年美国国防部高级研究计划局资助卡耐基梅隆大学(Carnegie Mellon University)进行分布式传感器网络研究项目。

物联网通信的实践是在1995年,在美国卡耐基梅隆大学的校园里有一台自动可乐售货机,人们为了能够实时监控售货机的可乐销售情况,以免售空而白跑一趟,便给售货机安装了计数器,并把数据通过传感器实时发送到互联网上,这就是人类实现物联网通信的第一次尝试。

而物联网概念最早提出于1999年,定义为“Internet of Things”一词,其定义很简单,即把所有物品通过射频识别和条码等信息传感设备与网络连接起来,实现智能化识别和管理。

1.1.2 物联网通信的现状和未来

物联网通信是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业的第三次浪潮。目前世界上有多个国家花巨资深入研究探索物联网通信,中国与德国、美国、英国等国家一起,成为国际标准制定的主导国之一。

奥巴马就任美国总统时,与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”,作为仅有的两名代表之一,IBM原首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念,建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。美国将新能源和物联网列为振兴经济的两大重点。

“智慧地球”就是利用IT技术,把铁路、公路、建筑、电网、供水系统、油气管道乃至汽车、冰箱、电视等各种物体连接起来形成一个“物联

网”，再通过计算机和其他方法将物联网整合起来，人类便可以通过互联网精确而又实时地管控这些接入网络的设备，从而方便地从事生产、生活的管理，并最终实现“智慧的地球”这一理想状态。

在中国，物联网开始向“感知中国”起跑，物联网的概念已经是一个“中国制造”的概念，它的覆盖范围与时俱进，已经超越了1999年Ashton教授和2005年ITU报告所指的范围，物联网已被贴上“中国式”标签。截至2010年，国家发改委、工信部等部委正在会同有关部门，在新一代信息技术方面开展研究，以形成支持新一代信息技术的一些新政策措施，从而推动中国经济的发展。物联网作为一个新经济增长点的战略新兴产业，具有良好的市场效益，根据前瞻产业研究院发布的《2016—2021年中国物联网行业应用领域市场需求与投资预测分析报告》，2014年，中国物联网市场规模达6010亿元，同比增长25.21%；2015年，中国物联网整体市场规模达到8130亿元，同比增长35.27%。

1.1.3 物联网的内涵

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。顾名思义，物联网就是物物相连的互联网。这有两层意思：其一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；其二，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，也就是物物相息。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术，广泛应用于网络的融合中，也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。物联网是互联网的应用拓展，与其说物联网是网络，不如说它是业务和应用。因此，应用创新是物联网发展的核心，以用户体验为核心的创新2.0是物联网发展的灵魂。

1.1.4 物联网的体系结构

物联网是一个庞大、复杂和综合的信息集成系统，它由三个层次构成，即信息的感知层、网络传输层和应用层。贯穿这三个层次是公共支撑层，其作用是为整个物联网安全、有效地运行提供保障。

感知层解决的是人类世界和物理世界的获取数据问题，由各种传感器以及传感器网关构成。该层被认为是物联网的核心层，主要是物品标识和

信息的智能采集,它由基本的感应器件(例如RFID、标签和读写器、各类传感器、摄像头、GPS、二维码标签和识读器等基本标识和传感器件组成)以及由感应器组成的网络(例如RFID、网络、传感器网络等)两大部分组成。该层的核心技术包括射频技术、新兴传感技术、无线网络组网技术、现场总线控制技术(FCS)等,涉及的核心产品包括传感器、电子标签、传感器节点、无线路由器、无线网关等。感知层包含三个子层次,即数据采集子层、短距离通信传输子层和协同信息处理子层。

网络传输层将来自感知控制层的信息通过各种承载网络传送到应用层。各种承载网络包括现有的各种公用通信网络、专业通信网络,目前这些通信网主要有移动通信网、固定通信网、互联网、广播电视网、卫星网等。

应用层也可称为处理层,解决的是信息处理和人机界面的问题。网络层传输而来的数据在这一层里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。处理层由业务支撑平台(中间件平台)、网络管理平台(例如M2M管理平台)、信息处理平台、信息安全平台、服务支撑平台等组成,完成协同、管理、计算、存储、分析、挖掘以及提供面向行业 and 大众用户的服务等功能,典型技术包括中间件技术、虚拟技术、高可信技术、云计算服务模式、SOA系统架构方法等先进技术和服务模式可被广泛采用,如图1-1所示。

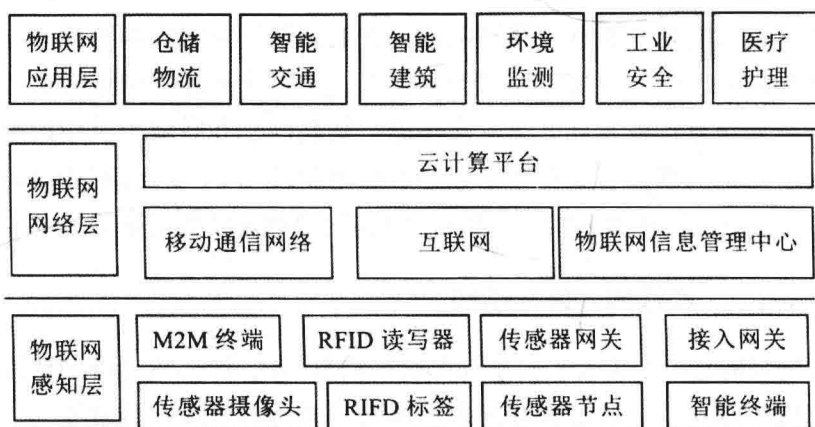


图 1-1 物联网体系架构

在各层之间,信息不是单向传递的,可有交互、控制等,所传递的信

息多种多样,包括在特定应用系统范围内能唯一标识物品的识别码和物品的静态与动态信息。尽管物联网在智能工业、智能交通、环境保护、公共管理、智能家庭、医疗保健等经济和社会各个领域的应用特点千差万别,但是每个应用的基本架构都包括感知、传输和应用三个层次,各种行业和各种领域的专业应用子网都是基于三层基本架构构建的。

1.2 物联网通信系统

物联网通信系统主要包括感知层通信和核心承载网通信两方面,其中传感器网采用的通信技术主要是短距离通信技术,主要包括近距离网络传输类型,如RFID、NFC、蓝牙技术、ZigBee、UWB、IrDA红外线等通信技术,核心承载网又称电信传输网络,主要包括传感器网络与传输网络之间的互联通信技术(如Wi-Fi、WiMAX技术等)和电信传输网络自身的通信技术。电信网络通信技术包括SDH、全光网等有线通信技术,以及2G、3G、4G和正在发展的5G移动通信技术。

1.2.1 物联网感知控制层通信技术

感知层通信的目的是将各种传感设备(或数据采集设备以及相关的控制设备)所感应的信息在较短的通信距离内传送到信息汇聚系统,并由该系统传送(或互联)到网络传输层,其通信的特点是传输距离近,传输方式灵活、多样。为了适应物联网中那些能力较低的节点低速率、低通信半径、低计算能力和低耗能的要求,需要对物联网中各种各样的物体进行操作,前提就是先将它们连接起来,低速网络协议是实现全面互联互通的前提。

常见的感知控制层传输通信技术如下。

1. RFID 射频识别技术

RFID 射频识别技术是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境。RFID 技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便。

2. 蓝牙技术

蓝牙技术是一种支持设备短距离通信（一般 10m 内）的无线电技术，能在包括移动电话、PDA、无线耳机、笔记本电脑、相关外设等众多设备之间进行无线信息交换。利用蓝牙技术，能够有效地简化移动通信终端设备之间的通信，也能够成功地简化设备与因特网之间的通信，从而使数据传输变得更加迅速高效，为无线通信拓宽道路。

3. ZigBee 技术

ZigBee 技术采用 DSSS 技术调制发射，是基于 IEEE 802.15.4 标准的低功耗局域网协议，是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通信技术。ZigBee 技术主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输以及典型的周期性数据、间歇性数据和低反应时间数据的传输应用。

4. NFC 近距离无线通信技术

NFC（近距离无线通信）是 Near Field Communication 的缩写，由飞利浦公司和索尼公司共同开发，是一种非接触式识别和互联技术，可以在移动设备、消费类电子产品、PC 和智能控件工具间进行近距离无线通信。NFC 提供了一种简单、触控式的解决方案，可以让消费者简单直观地交换信息，访问内容与服务。

5. Wi-Fi 技术

Wi-Fi 是国际 Wi-Fi 联盟组织发布的一个业界术语，中文译为“无线相容认证”。Wi-Fi 是一种短程无线传输技术，最高带宽为 11Mb/s，在信号较弱或有干扰的情况下，带宽可调整为 5Mb/s、2Mb/s 和 1Mb/s。其主要特性为：速度快；可靠性高；在开放性区域，通信距离可达 305m，在封闭性区域，通信距离为 76m ~ 122m；方便与现有的有线以太网网络整合，组网的成本更低。

6. UWB 超宽带技术

UWB（Ultra Wideband）是一种无线载波通信技术，即不采用正弦载波，而是利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据，因此其所占的频谱范围很宽，适用于高速、近距离的无线个人通信。按照 FCC 的规定，3.1GHz ~ 10.6GHz 中的 7.5GHz 的带宽频率为 UWB 所使用的频率范围。

1.2.2 物联网网络传输层通信技术

网络传输层是由数据通信主机（或服务器）、网络交换机、路由器等构成的在数据传送网络支撑下的计算机通信系统。网络传输层通信系统中支持计算机通信系统的数据传送网，可由公众固定网、公众移动通信网、公众数据网及其他专用传送网构成。其主要的通信技术如下。

1. M2M 技术

M2M 是 Machine-To-Machine 的简称，即“机器对机器”，也有人理解为人对机器、机器对人等，旨在通过通信技术来实现人、机器和系统三者之间的智能化、交互式无缝连接。M2M 设备是能够回答包含在一些设备中的数据请求或能够自动传送包含在这些设备中的数据的设备。M2M 则聚焦在无线通信网络应用上，是物联网应用的一种主要方式。现在，M2M 应用遍及电力、交通、工业控制、零售、公共事业管理、医疗、水利、石油等多个行业，涉及车辆防盗、安全监测、自动售货、机械维修、公共交通管理等领域。

2. Wireless HART 技术

可寻址远程传感器高速通道的开放通信协议 HART (Highway Addressable Remote Transducer) 是一种用于现场智能仪表和控制室设备之间的通信协议。

HART 装置提供具有相对低的带宽，适度响应时间的通信，经过 10 多年的发展，HART 技术在国外已经十分成熟，并已成为全球智能仪表的工业标准。

Wireless HART 是第一个开放式的可互操作无线通信标准，用于满足流程工业对于实时工厂应用中可靠、稳定和安全的无线通信的关键需求。

3. 无线个域网 (WPAN)

无线个域网是在个人周围空间形成的无线网络，现通常指覆盖半径在 10m 以内的短距离无线网络，尤其是指能在便携式电器和通信设备之间进行短距离特别连接的自组织网。WPAN 被定位成短距离无线通信技术，但根据不同的应用场合又分为高速 WPAN (HR-WPAN) 和低速 WPAN (LR-WPAN) 两种。

4. 移动通信

移动通信 (Mobile Communication) 是指通信双方或至少有一方处于运动中进行信息传输和交换的通信方式。移动通信系统包括无绳电话、无线寻呼、陆地蜂窝移动通信、卫星移动通信等。移动体之间通信联系的传输手段只能依靠无线电通信, 因此无线通信是移动通信的基础。移动通信经历了模拟语音的第一代移动通信 1G, 数字语音的第二代移动通信 2G, 数字语音和数据的第三代移动通信 3G, 以及当前第四代移动通信 4G 技术。4G 是集 3G 与 WLAN 于一体并能够传输高质量视频图像且图像传输质量与高清晰度电视不相上下的技术产品。4G 能够以 100Mbps 以上的速度下载, 并可以在 DSL 和有线电视调制解调器没有覆盖的地方部署, 然后再扩展到整个地区。2016 年 11 月, 在举办于浙江省乌镇的第三届世界互联网大会上, 以实现“万物互联”的 5G 技术原型入选 15 项“黑科技”——世界互联网领先成果。5G 向千兆移动网络和人工智能迈进。

1.3 物联网通信技术的发展前景

物联网通信作为一种新兴的信息技术, 是在现有的信息技术、通信技术、自动化控制技术等基础上的融合与创新。

而支撑物联网发展的通信技术的不断更新使物联网真正能够继计算机、互联网而成为新的信息技术革命, 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, 是互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮。无论是近距离通信手段还是广域网的通信技术都在取得日新月异的成就。

1.3.1 物联网通信的发展所面临的问题

快速发展的信息和网络技术使物联网得以广泛地使用, 但也对物联网

通信技术提出了更高的要求,在物联网的发展和应用中,一系列问题需要被解决和突破。

1. 物联网通信频谱扩展和分配问题

从理论上讲,在区域内,无线传输电波的频段是不能重叠的,若重叠则会形成电磁波干扰,从而影响通信质量。扩频技术则可以通过重叠的频段来传输信息,这就需要研究扩频通信的技术及规则,使大量部署的以扩频通信为无线传输方式的无线传感器之间的通信不因受到干扰而影响通信质量。

2. 基于智能无线电的物联网通信体系

无线通信方式是物联网控制层内的终端接入网络的首选。但物联网终端数量非常多,需要大量的频段资源以满足接入网络的需求。软件无线电提供了一种建立多模式、多频段、多功能无线设备的有效而且相当经济的解决方案,可以通过软件升级实现功能提高。软件无线电可以使整个系统(包括用户终端和网络)采用动态的软件编程对设备特性进行重配置,也就是说,相同的硬件可以通过软件定义来完成不同的功能。而认知无线电是一种具有频谱感知能力的智能化软件无线电,它可以自动感知周围的电磁环境,通过无线电知识描述语言(RKRL)与通信网络进行智能交流,寻找“频谱空穴”,并通过通信协议和算法将通信双方的信号参数(包括通信频率、发射功率、调制方式、带宽等)实时地调整到最佳状态,使通信系统的无线电参数不仅与规则相适应,而且能与环境相匹配,并且无论何时何地都能达到通信系统的高可靠性以及频谱利用的高效性。利用软件无线电及智能无线电,能够很好地解决无线频段资源紧张的问题。

3. 物联网中的异构网络融合

物联网终端具有多样性,其通信协议多样,数据传送的方式也多样,并且它们分别接入不同的通信网络,这就造成了需要大量地汇聚中间件系统来进行转换,即形成接入的异构性,尤其在以无线通信方式为首选的物联网终端接入中,该问题尤为突出。

4. 基于多通信协议的高能效传感器网络

无线传感器网络是物联网的核心,但由于无线传感器节点是能量受限的,因此在应用上其寿命受到较大的限制。其中一个重要的原因是通信过程传输单位比特能量消耗比过大,而这是由于通信协议中增加了过多的比

特开销,以及收发节点之间的相互认证、等待等能量的开销,因此需要研究高效传输通信协议,以减少传输单位比特能量的开销。

另外,不同类型的无线传感器网络使用不同的通信协议,这就使得各类不同无线传感器网络的接入及配合部署需要协议转换环节,增加了接入和配合部署的难度,同时也增加了节点的能量消耗,因此研究多种相互融合的多通信协议栈(包)是无线传感网络发展的趋势。

5. 整合 IP 协议

物联网的网络传输层及感知控制层的部分物联网终端采用的是 IP 通信机制,但目前 IPv4 及 IPv6 两种 IP 通信方式共存应用。随着 IPv6 技术的不断发展,其技术应用已得到长足的进步,并已初步形成自己的技术体系,具有 IPv6 技术特征的网络产品、终端设备、相关应用平台的不断推出与更新,也加快了 IPv6 的发展,并且随着移动设备功能的不断加强,商业应用不断普及,虽然 IPv4 协议解决了节点漫游的问题,但大量的物联网传感设备的布置就需要更多的 IP 地址资源,研究两个 IP 共同应用的自动识别与转换技术,以及克服 IP 通信带来的 QoS 不稳定及安全隐患是 IP 网络技术需要进一步解决的问题。

1.3.2 物联网通信技术的发展方向

通信技术为物联网提供了关键的支撑,从物联网通信技术发展所面临的问题,以及信息和网络技术发展的趋势上看,物联网通信技术将重点发展如下几方面。

1. 适应“泛在网络”的通信技术

“泛在网络(Ubiquitous)”是指“无所不在”的网络。日本和韩国在 1991 年提出“泛在计算”概念后,首次提出建设“泛在网络”构想。“泛在网络”是由智能网络、先进计算技术和信息基础设施构成。其基本特征是无所不在、无所不包、无所不能,目标是实现在任何时间、任何地点,任何人、任何物都能顺畅地通信,是人类信息社会和物联网的发展方向。因此,物联网通信技术的发展必须适应“泛在网络”的未来要求,营造高速、宽带、品质优良的通信环境,解决影响通信传输的问题,真正实现“无处不在”的目标。

2. 支撑异构网络的通信技术

由于异构网络相对“独立自主”，相互之间缺乏有效的协同机制，可能造成系统间干扰、重叠覆盖、单一网络业务提供能力有限、频谱资源浪费、业务的无缝切换等问题。面对日益复杂的异构无线环境，为了使用户能够便捷地接入网络，轻松地享用网络服务，“融合”已成为信息通信业的发展潮流。应在以下几方面进行网络融合。

(1) 业务融合

以统一的IP网络技术为基础，向用户提供独立于接入方式的服务。

(2) 终端融合

现在的多模终端是终端融合的雏形，但是随着新的无线接入技术的不断出现，为了同时支持多种接入技术，终端会变得越来越复杂，价格也越来越高，更好的方案是采用基于软件无线电的终端重配置技术，它可以使原本功能单一的移动终端设备具备接入不同无线网络的能力。

(3) 网络融合

网络融合包括固定网与移动网融合，核心网与接入网融合，不同无线接入系统之间的融合等。

3. 支持大数据与云计算的通信技术

未来是大数据的时代，物联网的规模将越来越大，必将产生大量的数据。这些由不同接入网络产生的数据呈现出规模大、类型多、速度快、结构复杂等特点，具有大数据的显著特征，给数据的存储、处理、传输带来了影响。大数据获取、预处理、存储、检索、分析、可视化等关键技术，以及云计算的集中数据处理和分布式计算技术为物联网中的大规模数据处理提供了支撑。因此，必须发展广泛的支持云计算和大数据技术的物联网通信技术，解决因物联网规模扩大对通信速度、带宽等的需求增加问题。

无线通信技术是物联网的核心技术，无论是多种支撑传感器网络的近距离无线通信系统还是承载中远程距离的无线通信系统，随着物联网规模的扩大和对通信容量及时效性的需求增大，通信技术必将要适应物联网的发展需求，进行不断创新，为物联网自身的拓展和更加广泛的推广提供有效支撑。

4. 具备低成本、低功耗、广覆盖、低速率特点的长距离通信技术

NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) 是基于蜂窝的窄带物联网，