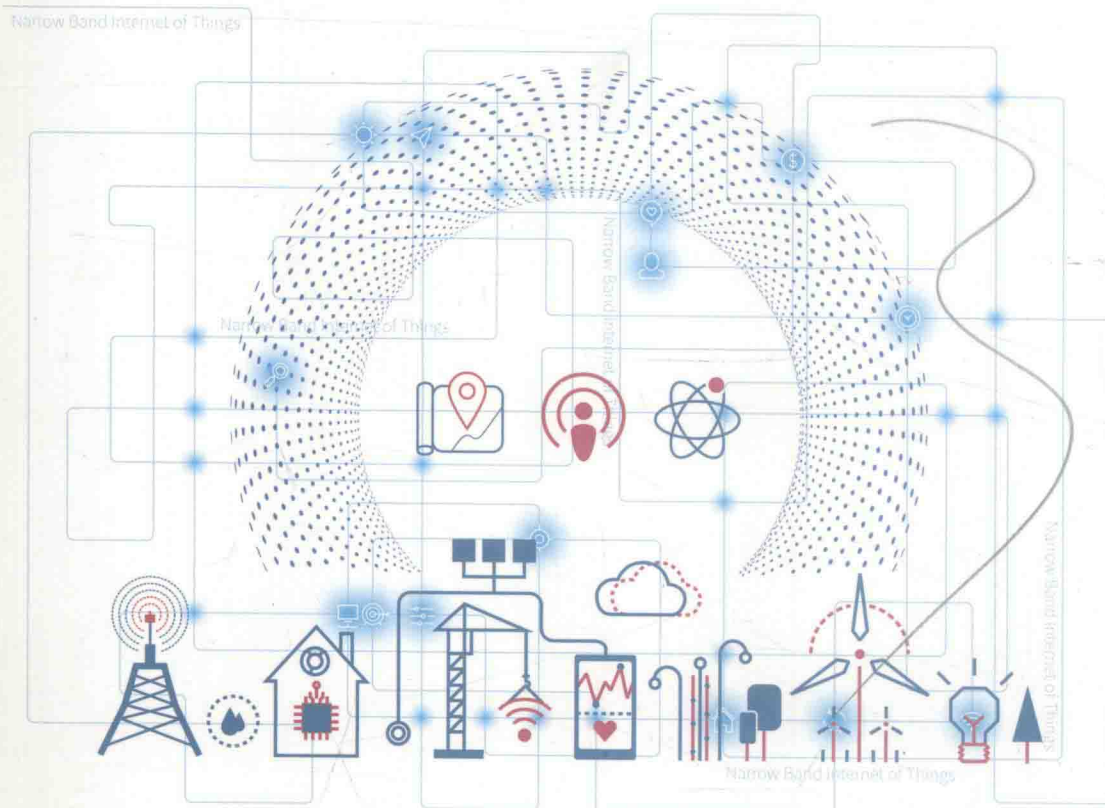




物联网工程专业系列教材



NB-IoT 实战指南

史治国 潘 骏 陈积明 编著

PRACTICAL STUDY FOR NARROW BAND
INTERNET OF
THINGS



科学出版社

物联网工程专业系列教材

NB-IoT 实战指南

史治国 潘 骏 陈积明 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

随着基于蜂窝网络的 NB-IoT 的兴起,越来越多的技术人员对如何基于 NB-IoT 开发一个完整的物联网应用系统的需求非常迫切。本书在系统地介绍 NB-IoT 关键技术、网络体系与应用架构、应用系统组件以及终端硬件设计的基础上,给出了一个 NB-IoT 系统设计从终端到平台的每个部分完整的实践与操作步骤,对用户迅速掌握物联网应用项目的开发是大有帮助的。

为了提高学习效率和效果,本书为所有实战提供了完整的操作步骤及源文件代码。本书可作为物联网应用开发者以及高校物联网相关课程的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

NB-IoT 实战指南/史治国,潘骏,陈积明编著. —北京:科学出版社,2018
(物联网工程专业系列教材)

ISBN 978-7-03-057329-2

I. ①N… II. ①史…②潘…③陈… III. ①互联网络—应用—指南
②智能技术—应用—指南 IV. ①TP393.4-62②TP18-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 093282 号

责任编辑:赵丽欣 吴超莉 / 责任校对:王万红
责任印制:吕春珉 / 封面设计:蒋宏工作室

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行

各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2018 年 5 月第 一 次印刷 印张:11

字数:203 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部门电话 010-62136230 编辑部电话 010-62138978

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前言

20 世纪 90 年代,“物联网”的概念被提出。顾名思义,物联网就是把所有物品通过网络连接起来,实现任何物体、任何人、任何时间、任何地点的智能化识别、信息交换与管理。近年来,在云计算、大数据、人工智能等创新科技日益成熟的背景下,物联网又重新被深度关注。据测算,全球 PC 互联网时代的联网设备仅为十亿量级,移动互联网时代的联网设备有数十亿量级,而物联网时代的联网设备将达到 1000 亿的量级。麦肯锡预测,到 2025 年,物联网在全球产生的潜在经济影响将介于 3.9 万亿~11.1 万亿美元。

在物联网爆炸式发展的过程中,目前的主要物联通信技术可能会成为一个制约因素。从通信技术与应用角度看,目前对于近距离的连接有蓝牙、NFC 等,中等距离连接技术主要采用 Zigbee,长距离广域连接技术主要靠 2G、3G 和 4G。然而,对于物联网中的低功耗-跳式广域连接这一类占据了半壁江山的应用,新的低功耗广域物联技术已成为人们的迫切期待。在这一背景下,NB-IoT(窄带物联网)应运而生。由于有着广覆盖、低功耗、大连接、低成本等突出优势,从 2015 年 9 月 NB-IoT 工作组成立起,短短两年多时间,NB-IoT 从芯片到模组、从平台到示范应用已经全面铺开。

为响应和贯彻工业和信息化部关于全面推进 NB-IoT 建设发展的精神,更好地促进 NB-IoT 产业发展,满足 NB-IoT 研究人员、工程研发人员以及高等院校师生对 NB-IoT 技术的理解,并能够以最快捷的速度进行 NB-IoT 的实战,缩短产品开发周期,我们编写了本书。本书最大的特点在于,书中提供了使用 NB-IoT 进行开发的从硬件设计、嵌入式设计到平台设计的全方面详细阐述,根据本书第 6 章和第 7 章具体的操作步骤,读者可完成一个完整的 NB-IoT 从硬件到软件到系统的实战,这对于读者掌握 NB-IoT 技术进行产品的开发是大有裨益的。

本书的前三章是后续章节实战的基础。为简明扼要,本书力图去繁化简,对系统和技术的关键点进行凝练,力图让读者以最短的时间掌握所需要的背景知识。本书第 1 章对 NB-IoT 进行了概述,第 2 章阐述了 NB-IoT 的关键技术,第 3 章阐述了 NB-IoT 的网络体系与应用架构,第 4 章介绍了 NB-IoT 应用系统组件,第 5 章介绍了 NB-IoT 实践工具包,第 6 章是 NB-IoT 终端实战手册,第 7 章为 NB-IoT 平台与

应用实战手册。

全书由史治国、潘骏和陈积明负责统稿、审稿与定稿；参加本书编写的人员包括梁景雄、陈俊丰、胡康、张华夏、王琦、任彤。依托于浙江移动物联网开放实验室，本书的编写得到了浙江移动杭分政企部总经理翁其艳先生的大力支持，还得到了浙江大学、华为技术、中移物联以及 NB-IoT 联盟秘书长解运洲博士等单位和个人的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

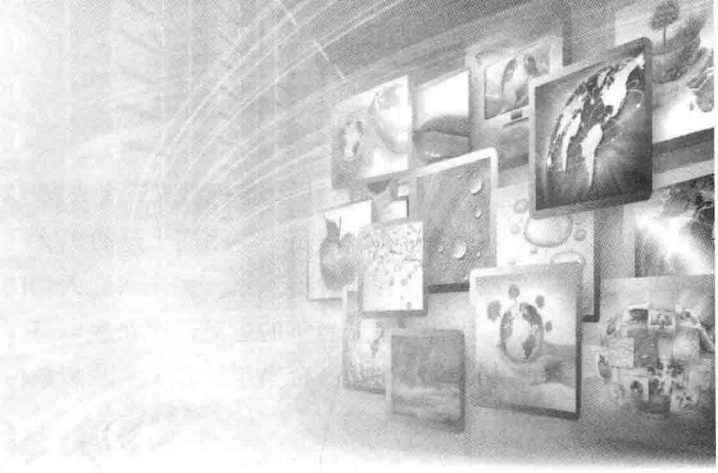
2018 年 1 月

目 录

第 1 章 NB-IoT 概述	001
1.1 物联网演进	001
1.2 主要物联网通信技术	003
1.3 LPWAN 与 NB-IoT	006
1.4 NB-IoT 技术概要	008
1.5 NB-IoT 发展历程	009
1.6 NB-IoT 应用场景	012
1.6.1 智慧城市	012
1.6.2 智慧工厂	015
1.6.3 智慧农业	015
本章小结	016
参考文献	016
第 2 章 NB-IoT 关键技术	018
2.1 NB-IoT 技术概述	018
2.2 广覆盖技术	020
2.3 大连接技术	022
2.4 低功耗技术	023
2.5 低成本技术	025
2.6 后续演进	026
本章小结	026
参考文献	027
第 3 章 NB-IoT 的网络体系与应用架构	028
3.1 NB-IoT 端到端应用框架	028
3.2 NB-IoT 网络体系概览	030
3.3 无线接入网	030
3.4 核心网	032
3.5 IoT 平台	033
3.6 数据传输协议	034

3.7 NB-IoT 终端入网流程	035
本章小结	036
参考文献	036
第4章 NB-IoT 应用系统组件	038
4.1 NB-IoT 芯片	038
4.2 NB-IoT 模组	039
4.2.1 移远通信	040
4.2.2 中移物联	041
4.2.3 中兴物联	042
4.2.4 新华三	043
4.2.5 利尔达	045
4.3 物联网嵌入式操作系统	046
4.3.1 华为 LiteOS	046
4.3.2 AliOS	048
4.4 主流 IoT 平台	051
4.4.1 中移物联 OneNET 平台	051
4.4.2 华为 OceanConnect IoT 平台	052
4.4.3 阿里云物联网套件	053
4.5 物联网 SIM 卡	054
本章小结	055
参考文献	055
第5章 NB-IoT 实战工具包	056
5.1 工具包概述	056
5.2 主板介绍	057
5.3 配套子板介绍	067
5.3.1 无线子板	067
5.3.2 其他外设子板	072
5.4 工具包硬件设计说明	074
5.4.1 电源部分	074
5.4.2 USB 电平转换电路	075
5.4.3 485 收发部分	077
5.4.4 其他需要注意的电路部分	077
5.5 工具包使用说明	077
5.5.1 通用用法	078
5.5.2 高阶用法	079

本章小结	079
参考文献	080
第 6 章 NB-IoT 终端实战手册	081
实战 6.1 实战准备	081
实战 6.2 跑马灯练习	088
实战 6.3 串口通信练习	094
实战 6.4 AT 指令 NB-IoT 连网练习	102
实战 6.5 LiteOS 嵌入式操作系统迁移练习	107
本章小结	120
参考文献	120
第 7 章 NB-IoT 平台及应用实战手册	121
实战 7.1 华为 IoT 平台设备接入练习	122
实战 7.2 OneNET 平台注册和登录练习	135
实战 7.3 物联网平台数据传输练习	143
实战 7.4 物联网应用平台端开发练习	148
实战 7.5 物联网应用移动端开发练习	163
本章小结	165
参考文献	165



第1章 NB-IoT 概述

物联网从概念提出至今已经有二十多年,区别于互联网时代的人与人通过固定或移动终端互联,物联网以物体的连接为主导,将在全世界范围内建造万物互联互通的庞大网络。在这张庞大的网络上,所有的智能设备可以在任何时间与地点和人或对等的智能设备进行连接、管理以及数据的交互。显而易见,物联网将大大扩展人的感知范围,为人与物、物与物之间带来全新的信息交互方式。

近些年来,面向物联网的无线连接技术层出不穷,短距离的连接方式有 NFC、蓝牙、超宽带等,中等距离技术有 Zigbee、Wifi 等,而广域连接技术则主要为 2G、3G 和 4G。中短距离连接方式的物联网应用在智能家居等领域目前有较为广泛的应用;在广域连接场景,2G/3G/4G 虽然满足大部分的连接需求,但是 2G/3G/4G 面向移动终端的通信技术具有高功耗和高资费、连接数量相对有限等缺陷。因此,具有广域覆盖、支持大量连接的新一代低功耗、低成本连接技术已成为物联市场的迫切期待。

本章在介绍物联网技术发展历史的基础上,主要介绍一种新一代连接技术 NB-IoT^①(Narrow Band Internet of Things, 窄带物联网),从与 NB-IoT 发展相关的蜂窝物联网(Cellular IoT)和 LPWAN(低功耗广域网)展开,其后为读者介绍 NB-IoT 的技术特性以及发展历程,并对 NB-IoT 适合的市场应用领域进行初步探讨。

1.1 物联网演进

一般认为,物联网概念最早出现于比尔·盖茨 1995 年《未来之路》一书,也有认为是 1991 年时由麻省理工学院(MIT)的教授提出的。在《未来之路》中,作者对未来世界可能出现的黑科技进行了想象力丰富的展望。其中,他描绘了一个“物物互联”的世界。在书中有这样一个例子:物联网摄像机可以随时随地发送消息,告知它当前所在的具体位

^① 2017 年 6 月工业和信息化部发布的文件中将其称为“移动物联网”。在本书中,由于我们侧重于从技术层面对这一技术进行讲解,出于全书名词术语称呼统一的考虑,故后续部分使用“窄带物联网”一词,不另作说明。

置信息，如果摄像机丢失或者失窃了，不用担心，你仍可以随时找到它的位置信息。这在当时看起来是一个脑洞大开的想法，因为当时受限于硬件、传感器、无线网络、软件以及平台的发展水平，并未引起人们的足够重视。但是，现在回过头来看，不得不佩服比尔·盖茨当年的远见，现在我们每个人手中的手机同时也可以看成一台摄像机，这台摄像机就是一台当年比尔·盖茨想象中的物联网摄像机，它可以随时随地地汇报当前的位置信息。

时间到了 1999 年，Internet of Things (IoT，物联网) 这个词由麻省理工学院的 Auto-ID 中心提出，但是当时的物联网主要指的是依托射频识别 (RFID) 技术的物流网络。随着技术的发展，在比尔·盖茨对物物互联展望十年后的 2005 年，国际电信联盟发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，正式定义了“物联网”，物联网的定义和范围发生了重大变化，涵盖范围有了较大的拓展，不再只是指基于 RFID 技术的物联网。这一报告对物联网的技术远景和发展进行了探讨，分析了市场前景和影响市场发展的因素，思考了阻止物联网发展和推广的多方面障碍，讨论了物联网在发展中国家和发达国家不同的战略需求，展望了物联网的美好前景与未来人类社会的物联新生态系统。

物联网发展的另外一个重要的时间节点是 2009 年。2009 年 1 月，奥巴马就任美国总统后，美国经济水平低迷，奥巴马为寻求经济发展的新驱动，与美国工商业、科技业等多个领域的领袖人物举行了一次“圆桌会议”。作为仅有的两名科技界代表之一，IBM 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，于是，当年美国将物联网列为振兴经济的两大重点之一，而另外一个振兴经济的重点是新能源产业。大约半年之后，2009 年 8 月，我国时任国务院总理温家宝在无锡发表重要讲话，提出“感知中国”的战略构想，表示中国要抓住机遇，抓紧发展物联网技术与产业，全国上下掀起物联网应用与研究的一波浪潮。

2016 年，在多种协议共存的物联网应用已经取得较大发展的历史背景下，国家“十三五”规划纲要明确提出“发展物联网开环应用”，将致力于加强通用协议和标准的研究，推动物联网不同行业不同领域应用间的互联互通、资源共享和应用协同（图 1-1）。2016 年，另外一件物联网发展的大事是 NB-IoT 的主要标准冻结，意味着 NB-IoT 可以开始大规模的推广应用。仅仅在标准冻结一年之后，2017 年 6 月 19 日，工业和信息化部发布《关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知》，提出建设广覆盖、大连接、低功耗移动物联网（NB-IoT）基础设施、发展基于 NB-IoT 技术的应用，有助于推进网络强国和制造强国建设、促进“大众创业、万众创新”和“互联网+”发展。

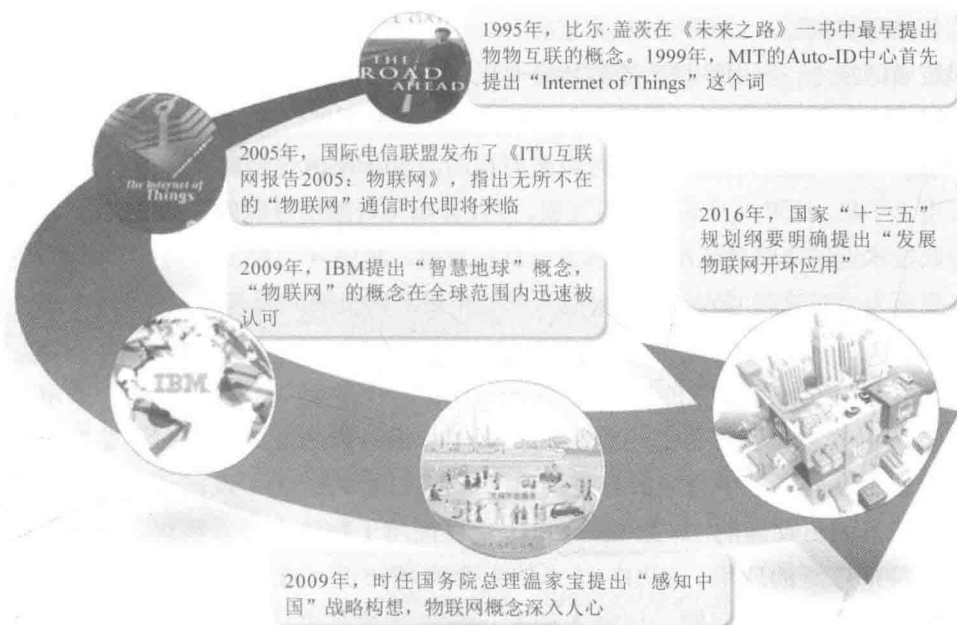


图 1-1
物联网历史演进

1.2 主要物联网通信技术

经过二十多年的发展，物联网通信的技术内涵已经由早期的 RFID 延伸开去，出现了各种各样的物联网技术。总结起来，曾经流行的比较成熟的物联网通信技术包括 RFID、UWB（超宽带通信技术）、Bluetooth（蓝牙技术）、Zigbee，Wifi、2G/3G/4G 技术。如果以覆盖距离为横轴，数据传输速率为纵轴，则可以画出这些技术生态的一个二维分布图，如图 1-2 所示。

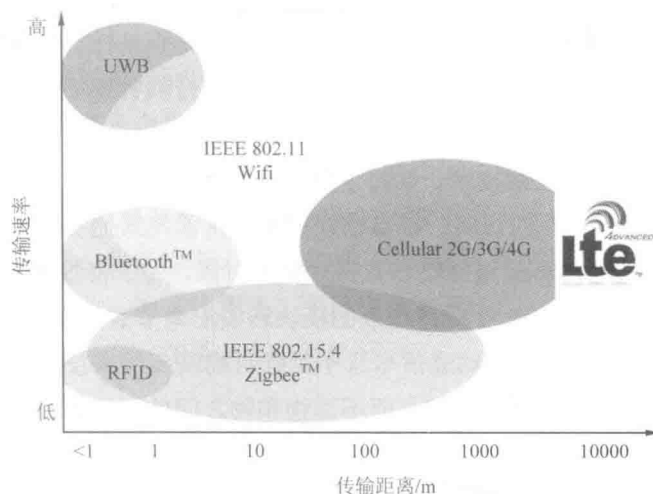


图 1-2
主要物联网通信
技术生态分
布图

从传输距离来看，近距离的技术主要有三个：UWB、Bluetooth 及 RFID。UWB 是一种无载波通信技术，利用纳秒至微微秒级非正弦波窄脉冲传输数据，主要应用在汽车防撞检测与通信、家电设备及便携设备之间的高速无线数据通信等。在近距离的几个主要通信技术中，它的特点是通信数据率可以做到很高。Bluetooth 是一种短距离无线通信技术，主要应用于手机、计算机及其外设的互联，以及音响与音频信号源的无线连接等。Bluetooth 这一物联技术近年来随着应用的需求也一直在发展，2016 年已经发展到 5.0 版本，这一版本也主要是为应对物联网应用，其中对于数据率以及通信距离都有很大程度的提升，且优化了物联网底层所需的一些功能。

作为最老牌的物联技术的 RFID，是通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据的。系统由标签、阅读器、天线组成，工作时候阅读器通过天线向标签发射射频信号，射频信号经由标签中相应的二进制串（即对应物体的 ID）反向调制并返回到阅读器，阅读器解调出物体的 ID 数据。RFID 主要应用于物流仓库、零售、产品防伪等，目前已获得很广泛的应用。RFID 技术的主要问题在于，批量识别时可能出现识别误差，此外还存在着隐私问题。比如人们的日常生活物品中，由于该物品（比如衣物）的拥有者不一定能够觉察该物品预先已嵌入有电子标签以及不被察觉地被扫描、定位和追踪。

对于中等距离物联技术，目前占主导地位的是 Zigbee 和 Wifi，通信距离在数十米至上百米。对于 Zigbee 这一技术的研究及应用，已经有十余年的历史了。这一技术最早被提出时的一个重要亮点是自组网，其一个典型的应用场景是，在一片荒无人烟的沙漠上，一架飞机飞过并撒下一批 Zigbee 传感节点，于是这些 Zigbee 节点就自动组成了一个无线传感网。自组网在学术界造就了一大批的学术论文，但是在工业界的应用中，一方面由于产品开发难度较大，开发周期较长，产品成本较高，一般的初创企业很难承受开发风险；另一方面由于后续需要专业人员进行网络维护，进一步加重了业主的经济负担，所以这一技术也渐渐淡出了人们的视野。相比而言，Wifi 由于其大面积的普及，以及基础网络架构的稳定，对于室内的物联应用，近些年获得了非常大的发展。特别是在智能家居领域，Wifi 物联技术的使用已经非常普及，大到冰箱空调等家电，小到音响甚至插座，都已经通过 Wifi 连接并实现了多种不同层次智能。

对于远距离的广域覆盖物联技术，目前主要是蜂窝物联技术，使用移动通信运营商提供的 2G/3G/4G 实现对因特网的访问。蜂窝物联技术也常常是其他物联通信技术接入到因特网的一个入口。如使用 Zigbee 进行物联数据采集的时候，为了将数据发送到因特网，往往在 Zigbee 的汇聚节点中安装一个蜂窝物联的模块转发汇聚节点的数据到因特网。但是，需要注意的是，2G/3G/4G 蜂窝移动通信本身不是针对物联应用来设计的，其设计初衷针对的主要用户群体是人与人之间的连接，而不是物和物之间的互联。所以用于物联存在着天然的问题，最大的问题就是功耗太高。

观察图 1-2 不难发现，对于这样的技术生态分布，右下角的低速率广域覆盖物联技

术还没有占绝对优势的成熟主流技术。这一类的应用，归纳起来，从应用需求层面看它们对速率要求较低，但是从技术要求层面看，这一类应用的最主要特征是低功耗广域连接，即要实现所谓的 Low Power Wide Area Networking (LPWAN)。那么，是不是因为 LPWAN 的这一类应用在整个物联应用中不重要，所以至今没有成熟的主流技术呢？答案是否定的。让我们来查看图 1-3。



图 1-3

LPWA 技术在 IoT 连接中的主导地位

可以将整个物联网的应用按需要的通信速率分为三类，即高速、中速和低速，就能得到如图 1-3 所示的金字塔形的分布。其中，处于金字塔顶端的是高速应用，定义为速率大于 1Mbit/s，对功耗不敏感，使用的主要物联技术是 3G/4G，主要应用场景如车载娱乐系统等，具有较大的市场应用空间，但这类应用的数量是最少的。处于金字塔中间的是中速率的应用，这一类的应用速率一般在 100Kbit/s~1Mbit/s，对功耗不敏感，使用的主要物联技术包括 2G/3G/MTC/eMTC。这一类应用包括 M2M 主干通信、智能家居等，处于金字塔中间，数量比高速应用要多。MTC 是 Machine Type Communication 的缩写，eMTC 是指 enhanced MTC。处于整个金字塔底端对速率要求不高，但是对低功耗要求严格并且希望能够广域覆盖的应用，占了整个物联网应用的半壁江山，超过 70% 的应用是这一类应用。这一类 LPWA 的应用一般速率小于 100Kbit/s，一般不用于视频和音频传输，流量低，主要用于各类小型传感器、智能抄表、智慧农业、智能停车等应用场景，目前市场上缺乏有针对性的主流技术。因此，为了让图 1-2 变得完美“无缺”，迫切需要用 LPWA 技术对这张技术生态分布图进行补充，如图 1-4 右下角所示。

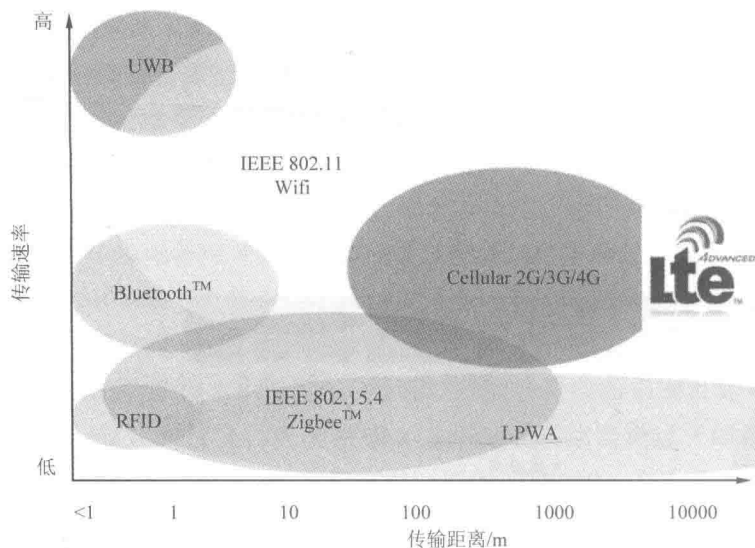


图 1-4
完整的物联网
通信技术生态
分布图

1.3 LPWAN 与 NB-IoT

LPWAN（Low Power Wide Area Network）是低功耗广覆盖技术的简称，其技术特点是传统短距离无线物联网应用场景上的延伸；LPWAN 技术具有更广的覆盖范围，节点终端功耗低，网络结构简单，运营维护成本也较低。尽管 LPWAN 的数据传送速率相对较低，但是已经能够满足远程抄表、共享单车等小数据量定期上报的应用场景，并且低功耗和广覆盖的特点能够使其部署和维护成本降低很多。

目前主流的 LPWAN 技术有 NB-IoT、LoRa、SigFox 等。LoRa 与 SigFox 技术致力于在公共领域建立各自免授权频段的 LPWAN 标准。LoRa 技术标准由美国 Semtech 研发，并在全球范围内成立了广泛的 LoRa 联盟，如国内 LoRa 联盟 CLAA（China LoRa Application Alliance）由中兴通信发起并推进。SigFox 技术标准则由法国 SigFox 公司研发，其使用的国外非授权频段与国内授权频段冲突，目前还没有获取到国内频段。因此，接下来将不再单独讨论 SigFox。

观察图 1-4 并分析后不难看出，NB-IoT 是一种从蜂窝物联技术往 LPWAN 过渡发展的技术，是在现有蜂窝通信的基础上为适应低功耗广域物联所做的改进，是由移动通信运营商以及其背后的设备商所推动的。而 LoRa 则可以看作是将 Zigbee 这一技术的通信覆盖距离进行扩展增加，以适应广域连接的要求。下面我们先回顾一下蜂窝通信技术及其在物联网中的应用。

1978 年，贝尔实验室先进移动电话业务系统（AMPS）的出现代表着移动通信技术的诞生，在此之后，移动通信技术的每一次更新迭代都深远地影响和改变着人们的日常生活。移动通信网络又称蜂窝网络，因其网络硬件构架而得名。蜂窝网络的基站覆盖的信号范围

在地理位置上大致呈现六边形形状，从而使得整个网络看上去像是一个巨大的蜂巢，因此人们称其为“蜂窝网络”。

蜂窝网络发展至今已到达第四代（LTE，LTE-Advanced），第五代（5G）蜂窝网络已经提上日程，目前处于测试阶段，并未正式开始商用。5G 蜂窝网络相比 4G，支持更高的数据传输速率，支持数十万的并发连接，其覆盖能力相比 4G 有很大的提高，网络延迟相比 4G 显著降低。

5G 技术的另一个特点是将支持海量的物联网设备连接。根据权威机构 Gartner 的预测，2020 年全球物联网设备将达到千亿的连接量和数万亿的市场规模，而这些庞大的连接终端将有 20%~30% 适合使用蜂窝物联网来承载。这些蜂窝物联网承载设备将在智慧工业、智慧城市、智能家居以及智慧农业等方面发挥重要的作用。

蜂窝物联网是基于现有蜂窝网络的物联网技术的总称，现有蜂窝网络在满足用户终端数据传输的基础上，又承载了物联网终端设备的无线通信流量，将物联网设备网络传输需求同蜂窝移动通信技术结合起来。目前广泛使用的蜂窝物联网主要是在物联网终端安装 2G/3G/4G 模组，通过与移动终端相同的方式接入，这种方案的特点是通信速率较高，网络接入比较可靠，但也存在功耗大、维护成本高、覆盖面有限等问题。为了平滑过渡到 5G 网络兼容的 5G 物联时代，如图 1-5 所示，传统低速率的一些蜂窝物联应用将由原来使用 2G 蜂窝无线通信网转入到使用 NB-IoT 网络，而承载速率较高的一些蜂窝物联应用将转向使用 eMTC，并最终走向统一的 5G 互联与 5G 物联。因此，NB-IoT 是在传统蜂窝网络的基础上发展起来的，具有更低的使用和维护成本、更低的功耗、更广的覆盖能力以及更高的设备接入量。关于 NB-IoT 技术特征，将在 1.4 节进行较为详细的介绍。

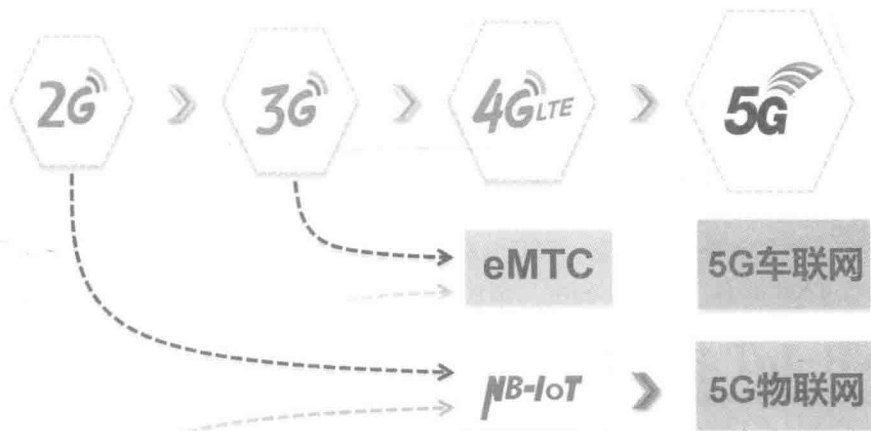


图 1-5
蜂窝物联及演
进趋势

作为 LPWAN 的两种主要技术，NB-IoT 和 LoRa 的比较是 LPWAN 一个永恒的话题。表 1-1 给出了 NB-IoT 和 LoRa 的技术对比，对于表中的技术和相应的各个参数，请读者自行进行比较，此处不再赘述。事实上，LPWAN 中的各个协议标准很难单一地从技术层面上评价高低，它们在市场上也具有一定的互补性。在今后发展过程中，这些技术也将在各

自擅长的领域对物联世界产生深远的影响。如果一定要进行比较的话，抛开具体技术参数，可以从两个层面进行比较。

表 1-1 NB-IoT 与 LoRa 技术对比

相关参数	NB-IoT	LoRa
频谱安全性	GUL 牌照波段，安全性高	无执照波段，难以协调
建网成本	与现蜂窝网融合演进，成本低	独立建设网络
运营模式	运营商经营，广域物联	多个局域网运营
信道带宽	200kHz	7.8~500kHz 多种带宽
调制方式	下行：OFDMA，上行：SC-FDMA	LoRa（线性扩频调制）
典型速率	上行：14.7~48Kbit/s，下行：~150Kbit/s	0.018~37.5Kbit/s
用户容量	50k	2k~50k
覆盖距离	城区：1~8km，效区：可达 25km	城区：2~5km，郊区：可达 15km
电池寿命	>10 年	>10 年

第一个层面，由于 LoRa 工作在非授权频段，需要部署各自网络基站，对部署现场的空间结构、电源供应、运营商广域网络接入等有较高的要求，网络部署的成本较高，部署施工困难，一些条件较为恶劣的应用场景较难满足部署需求，而 NB-IoT 可以通过升级现有的蜂窝网络基站来提供网络部署，在网络部署上相比于 LoRa 更为方便；而另一方面，在涉及网络自主性方面，NB-IoT 对运营商的支持过于依赖，而 LoRa 网络的每一个环节网络构建方都掌握着自主性。

第二个层面，是从受其他系统的干扰角度考虑。由于 LoRa 工作在非授权频段，所以容易受到同频段的其他应用的干扰，服务质量得不到保障；而 NB-IoT 是工作在授权频段，相应的同频干扰要小很多，服务质量可以得到极大的保障。由于同频干扰是周边电磁环境决定的，是不可控制、无法预知且随时间变化的，因此，从这个层面看，NB-IoT 具有 LoRa 无法比拟的优势，而 LoRa 需要通过更多的技术手段来避免这一问题，势必带来部署上新的问题和挑战。

1.4 NB-IoT 技术概要

NB-IoT 技术是建立在蜂窝网络基础之上，面向低功耗、广覆盖、海量连接的新型物联网技术，是一种典型的低功耗广覆盖技术。相比于 LoRa 与 SigFox，NB-IoT 结合了蜂窝物联网与 LPWAN 网络的优点，直接接入蜂窝网络可以很大程度上简化网络结构，减少部署和维护的难度，同时做到了低成本、低功耗、广覆盖和大连接，非常适合低频、小数据包、通信时延不敏感的物联网业务。

NB-IoT 技术相比蜂窝网络 (2G/3G/4G) 可以获得 20dB 的信号增益 (灵敏度提升 100 倍), 在地下车库、地下室、管道网络、火车和地铁隧道等无线信号难以到达的地方都可以实现更好的全区域覆盖。

NB-IoT 通过减少不必要的命令, 使用更长的寻呼周期, 使设备通信模组进入休眠 PSM 状态, 以及简化协议和优化模组芯片制程、减少发射和接收时间等方法进行省电, 使得若干场景下的普通电池续航可以达到 10 年之久, NB-IoT 模组极低的功耗使得物联网终端维护成本大大降低。

NB-IoT 网络结构简单, 部署维护成本低, 低速率要求也可以降低终端节点的设计复杂度。NB-IoT 基于蜂窝网络, 可以直接部署在现有蜂窝网络环境中, 继承蜂窝网络的安全加密机制, 确保了数据的安全性。

NB-IoT 基站的单个扇区可以承载超过 5 万个终端节点与核心网的连接, 相比较之前的蜂窝物联网, 连接数量上有百倍的提升。

使用 NB-IoT 的产品目前已经出现在我们的生活中, 在智能停车、智能路灯、共享单车、智能井盖、远程抄表、智能建筑等方面均有产品上市。NB-IoT 技术正在市场驱动下逐步走向完善, 相关技术将在产品的不断迭代更新中走向成熟。

1.5 NB-IoT 发展历程

NB-IoT 标准的研究和标准化工作由标准化组织 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) 进行推进, 3GPP 由中、美、欧、日、韩标准化组织在 1998 年 12 月签署组建, 以完成第三代移动通信系统 (3G) 制定统一的技术规范, 目前其指定技术标准范围已经延伸到 5G。

如图 1-6 所示, NB-IoT 技术最早由华为和英国电信运营商沃达丰共同推出, 并在 2014 年 5 月向 3GPP 提出 NB M2M (Machine to Machine) 的技术方案。2015 年 5 月华为与高通宣布 NB-M2M 融合 NB-OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 窄带正交频分多址技术形成 NB-ClIoT (Cellular IoT)。与此同时, 爱立信联合英特尔、诺基亚在 2015 年 8 月提出与 4G LTE 技术兼容的 NB-LTE 的方案。2015 年 9 月, 在 3GPP RAN#69

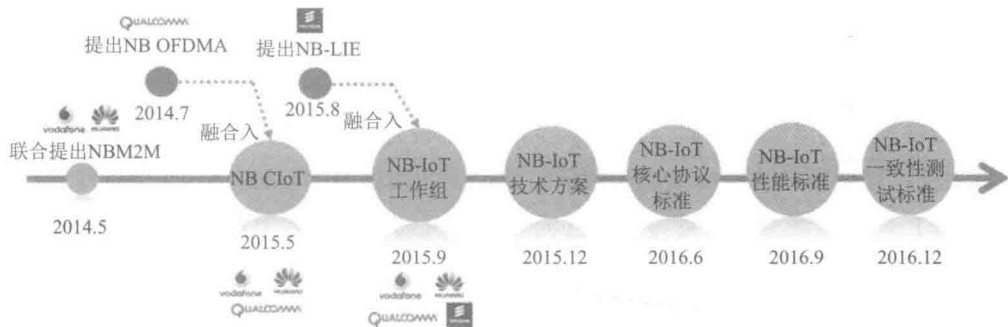


图 1-6

NB-IoT 发展历程