

华信咨询设计研究院专家团队



# 面向5G的蜂窝物联网 (CloT) 规划设计及应用

汪 伟 黄小光 张建国 李燕春◎编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

华信咨询设计研究院专家团队



# 面向5G的蜂窝物联网 (CloT) 规划设计及应用

汪伟 黄小光 张建国 李燕春 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

面向5G的蜂窝物联网 (CIoT) 规划设计及应用 / 汪伟等编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2019. 9  
ISBN 978-7-115-51772-2

I. ①面… II. ①汪… III. ①蜂窝式移动通信网  
IV. ①TN929.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第163468号

## 内容提要

本书介绍了物联网的基础知识, 非蜂窝物联网典型技术与应用, NB-IoT 与 eMTC 技术标准, 物理层和包括小区搜索、随机接入、HARQ 流程在内的物理过程, CIoT 网络覆盖发展策略、频率部署规划、覆盖和容量能力、参数规划、无线仿真技术、无线设备、机房、塔桅和天馈改造方案; CIoT 业务及产业链发展情况、运营商建设; 对 CIoT 未来发展、多技术融合, 网络安全等进行阐述, 特别提炼了7个章节的内容概要一览彩图, 适合从事5G移动通信的人士阅读。

- 
- ◆ 编 著 汪 伟 黄小光 张建国 李燕春  
责任编辑 赵 娟 王建军  
责任印制 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>  
三河市中晟雅豪印务有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16 彩插: 7  
印张: 17.75 2019年9月第1版  
字数: 418千字 2019年9月河北第1次印刷
- 

定价: 128.00 元

读者服务热线: (010) 81055493 · 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

## 前言 PREFACE

物联网（Internet of Things, IoT）被公认为是继计算机、因特网与移动通信网之后的世界信息产业第三次浪潮。按咨询机构 Analysys Mason 预测，2020 年物联网发展将进入爆发期，全球物联网设备的连接数将达到 400 亿；而到 2030 年，这个数量将超千亿，中国将超过 200 亿——万物互联的时代已经来临。

放眼全球，国际运营商都在酝酿自己的“大连接”战略，集体发力物联网建设。韩国的电信运营商 KT 计划投资 1500 亿韩元新建窄带物联网；英国的沃达丰公司建立了 NB-IoT 开放实验室，从而加速布局物联网；法国的电信公司通过搭建 M2M 完整系统，渗入产业链的不同环节；西班牙的电信公司通过专用物联网平台进行“智能通道建设”；日本的 DoCoMo 将发展 M2M 业务作为其重要战略的组成部分；美国的 Sprint 公司通过开放性发展策略推动 M2M 市场。而在国内，我国政府已明确大力支持蜂窝物联网发展，允许运营商可在原有频率上开展物联网业务，同时大力推进与垂直行业及地方政府的对接，设立推广平台、示范城市等。中国移动将物联网提升到了“中国移动新时期发展策略”的重要核心地位，在 2016 年世界移动大会——上海（MWCS）正式提出“大连接”战略，即面向未来 5 年，中国移动将要做大连接规模，做优连接服务，做强连接应用。基于“大连接”战略，中国移动明确提出希望在 2020 年实现 50 亿物联网连接数，并带来千亿元的营业收入



目标。中国电信则在 2016 年集团战略中将物联网作为战略基础重点，全面布局物联网，拓展新市场，将这一蓝海市场作为中国电信全新的战略性基础业务。中国联通则选择与国内外多家物联网平台一起，积极打造云计算、大数据、物联网等创新平台的应用能力和产品升级能力，聚焦政务、教育、医卫、生态环境、旅游、工业互联网等重点行业。在不久的将来，物联网应用在工业制造、车联网、可穿戴设备、教育医疗等 IoT 平台层、应用层业务将成为支撑经济持续增长的重要领域。

然而，IoT 接入技术的规模化部署是物联网应用落地的关键，无线接入技术处于网络层，是连接感知层收集数据的关键环节，也是物联网整个产业发展的热点。IoT 无线接入技术可以分短程物联网和广域物联网：短程物联网主要指连接范围在 100m 左右，以无线保真 (Wireless Fidelity, Wi-Fi)、蓝牙和 ZigBee 等通信技术为核心；广域物联网技术包括工作于未授权频段的 LoRa、SigFox 等，工作于授权频段下传统的 2G/3G/4G/5G 蜂窝技术以及 3GPP 专为物联网打造的蜂窝物联网 (CIoT) 技术标准 (包括 eMTC、NB-IoT 技术)。在以上 IoT 接入技术中，面向未来 5G 演进的 CIoT 技术将是运营商大规模部署建设的重点。目前，全球 CIoT 网络已在多个地区大规模商用，国内也在大规模部署 CIoT 系统并发展 5G 等通信技术，给万物的广泛连接提供通信能力。此背景下，在工程应用领域，需加强针对窄带物联网 (Narrow Band Internet of Things, NB-IoT)、增强机器通信 (enhanced Machine-Type Communication, eMTC) (本书中统称为 CIoT) 网络规划、设计、工程建设方面的研究，为将来 CIoT 技术的大规模网络建设做好技术储备。

本书作者均是华信咨询设计研究院从事移动通信网络规划、咨询、设计和研究的技术专家，长期跟踪研究蜂窝无线网络系统标准、规范与组网技术，参与过国内 CIoT 规模应用建设部署，对 CIoT 技术有较深刻的理解。本书在编写过程中融入了作者长期从事移动通信网络规划设计工作中积累的经验 and 心

得，可以使读者较全面地理解 CIoT 技术理论和网络规划、设计、工程建设等内容。

本书第一章物联网概述介绍了物联网概念、网络架构、物联网接入技术细分、蜂窝物联网技术、CIoT 技术与 5G 的关系等。第二章非蜂窝物联网技术及应用主要介绍了非蜂窝物联网系统架构、非蜂窝无线接入技术类型、与蜂窝物联网技术对比以及各类非蜂窝短距无线通信技术的主要原理特点。第三章基于蜂窝网的物联网应用主要介绍了公用蜂窝物联网与专有物联网的区别，重点深入探讨 2G/3G 蜂窝系统下的窄带 M2M 技术解决方案以及 4G 增强型宽带技术解决方案。第四章 CIoT 标准及技术介绍主要概述了 NB-IoT 及 eMTC 两种 CIoT 技术的标准演进过程及定义，重点深入介绍 NB-IoT 系统的网络结构、频谱划分、无线帧结构、物理信道、物理层过程、覆盖增强技术等；为了更加适合物与物之间的通信，也为了降低成本，eMTC 仅裁剪和优化了 LTE 协议，故书中只重点介绍 eMTC 技术独有的特点，包括窄带定义、物理信道及典型流程；本章最后部分对比分析了 NB-IoT 与 eMTC 两者的技术特性。第五章 CIoT 网络规划与设计介绍了无线网络规划的内容，明确了 CIoT 系统规划总体流程，结合两者 CIoT 技术定位，确定了各自的覆盖部署策略；基于 CIoT 技术特点，介绍了规划总体目标和频率部署的原则要求；然后重点深入介绍了 CIoT 系统的覆盖规划、容量规划、参数规划以及 CIoT 网络的无线仿真技术；最后介绍了 CIoT 实际工程部署，包括 CIoT 系统部署时对现有无线网络的影响、站址获取及利旧策略、基站建设方式、设备选型、站址改造方案、设计要求及图纸规范等。第六章 CIoT 业务及应用全方位地介绍了产业链发展情况、当前运营商建设试点应用情况、CIoT 系统典型应用，在此基础上总结 CIoT 应用及业务发展应对策略。第七章演进和展望对 CIoT 系统未来技术融合演进、创新应用进行展望。

全书由华信咨询设计研究院有限公司总工程师朱东照统稿。汪伟编写了第



一、六、七章，黄小光编写了第五章及第四章 eMTC 部分，张建国编写了第四章 NB-IoT 部分，李燕春编写了第二、三章。华信设计院专业从事移动通信网络的规划、设计与优化，在蜂窝无线网规划、咨询、设计方面具备雄厚的技术实力和丰富的实践经验。在本书的编写过程中，得到了华信多位领导和同事的大力支持，特别是余征然总经理、王鑫荣副总经理、肖清华博士、彭宇博士以及综合院夏世峰院长和赵品勇副院长的大力支持，在此表示感谢！在本书的编写过程中，还得到各大电信运营商、主设备厂商、集成应用商等单位的支持和帮助，另外，我们还参考了许多学者的专著和学术论文，在此一并致谢！

本书适合从事 NB-IoT、eMTC 蜂窝物联网系统规划、设计、工程建设和维护工作的工程技术人员与管理人员参考使用，也可作为高等院校移动通信相关专业师生的参考书。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有疏漏与不当之处，恳请读者批评指正。

**编 者**

**2019 年 3 月于杭州**

# 目录 CONTENTS

## 第一章 物联网概述

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1.1 什么是物联网 / 1       | 1.4.1 SigFox / 11     |
| 1.1.1 概念的形成和发展 / 1   | 1.4.2 LoRa / 12       |
| 1.1.2 物联网的定义 / 2     | 1.4.3 Weightless / 12 |
| 1.1.3 物联网的特点 / 3     | 1.4.4 RPMA / 12       |
| 1.1.4 物联网应用 / 4      | 1.5 蜂窝物联网 / 13        |
| 1.1.5 物联网业务特征 / 6    | 1.5.1 NB-IoT / 13     |
| 1.1.6 与互联网的区别 / 6    | 1.5.2 eMTC / 14       |
| 1.2 网络架构 / 7         | 1.5.3 二者关系 / 15       |
| 1.2.1 感知识别层 / 8      | 1.6 5G和物联网 / 17       |
| 1.2.2 网络传输层 / 8      | 1.7 物联网平台 / 18        |
| 1.2.3 平台应用层 / 9      | 1.8 面临的挑战 / 21        |
| 1.3 无线接入技术 / 9       | 参考文献 / 22             |
| 1.4 非蜂窝制式的LPWAN / 11 |                       |

## 第二章 非蜂窝物联网技术及应用

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 2.1 非蜂窝短距离通信 / 25    | 2.3 非蜂窝无线传感器网络 / 27  |
| 2.2 非蜂窝物联网的系统架构 / 26 | 2.4 非蜂窝无线接入技术类型 / 30 |



2.4.1 无线个域网 / 31	2.6.3 IrDA / 43
2.4.2 无线局域网 / 32	2.6.4 ZigBee / 44
2.4.3 无线城域网 / 34	2.6.5 RFID / 45
2.4.4 无线广域网 / 36	2.6.6 NFC / 46
2.5 非蜂窝物联网与蜂窝物联网的 技术对比 / 37	2.6.7 UWB / 47
2.6 非蜂窝短距离无线通信 技术 / 40	2.6.8 60 GHz / 48
2.6.1 Bluetooth / 40	2.6.9 Z-Wave / 48
2.6.2 Wi-Fi / 42	2.6.10 本小节小结 / 49
	2.7 本章总结 / 51
	参考文献 / 51

### 第三章 基于蜂窝网的物联网应用

3.1 公用蜂窝物联网和专有物联网 的区别 / 53	方案 / 56
3.2 2G/3G蜂窝系统下的窄带 M2M技术解决方案 / 55	3.3 基于4G增强型宽带技术解决 方案 / 59
3.2.1 物联网的应用分类 / 55	3.4 本章总结 / 64
3.2.2 基于2G/3G技术解决	参考文献 / 64

### 第四章 CIoT标准及技术介绍

4.1 CIoT标准介绍 / 67	4.2.2 NB-IoT频谱划分 / 70
4.2 NB-IoT技术介绍 / 68	4.2.3 NB-IoT无线帧结构 / 72
4.2.1 NB-IoT的网络结构 / 68	4.2.4 NB-IoT物理信道 / 74

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 4.2.5 NB-IoT物理层过程 / 79 | 4.3.2 eMTC物理信道 / 85 |
| 4.2.6 NB-IoT增强技术 / 82  | 4.3.3 eMTC典型流程 / 88 |
| 4.3 eMTC技术介绍 / 83      | 4.4 NB-IoT/eMTC技术特性 |
| 4.3.1 eMTC窄带 (NB)      | 总结 / 96             |
| 定义 / 83                | 参考文献 / 98           |

## 第五章 CLoT网络规划与设计

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 5.1 规划概述 / 101     | (Bufferzone) 规划 / 121 |
| 5.1.1 总体要求 / 101   | 5.5 覆盖规划 / 123        |
| 5.1.2 规划内容 / 103   | 5.5.1 CLoT覆盖能力影响      |
| 5.1.3 规划流程 / 104   | 分析 / 123              |
| 5.2 发展策略 / 106     | 5.5.2 链路预算参数 / 128    |
| 5.2.1 技术定位与协同      | 5.5.3 链路预算 / 133      |
| 发展 / 106           | 5.5.4 链路预算分析 / 135    |
| 5.2.2 网络覆盖策略 / 108 | 5.5.5 电波传播模型 / 138    |
| 5.3 规划目标 / 110     | 5.5.6 覆盖能力分析 / 140    |
| 5.3.1 指标目标制定 / 110 | 5.6 容量规划 / 143        |
| 5.3.2 规划目标实施 / 113 | 5.6.1 容量的影响因素 / 143   |
| 5.4 频率部署规划 / 113   | 5.6.2 容量规划方法 / 144    |
| 5.4.1 部署频段及国内频谱    | 5.6.3 容量估算 / 145      |
| 建议 / 114           | 5.7 基站及参数规划 / 157     |
| 5.4.2 NB-IoT频率部署   | 5.7.1 基站估算 / 157      |
| 方式 / 116           | 5.7.2 PCI规划 / 159     |
| 5.4.3 同频组网缓冲区      | 5.7.3 TAC规划 / 161     |



- 5.7.4 干扰规划 / 162
- 5.7.5 邻区规划 / 163
- 5.8 无线仿真技术 / 164
  - 5.8.1 仿真概述 / 164
  - 5.8.2 传播模型 / 165
  - 5.8.3 仿真流程 / 169
  - 5.8.4 NB-IoT 特殊设置 / 170
  - 5.8.5 预测指标 / 176
- 5.9 工程部署方案 / 178
  - 5.9.1 部署对现网影响 / 178
  - 5.9.2 站址获取策略 / 179
  - 5.9.3 基站建设方式 / 181
  - 5.9.4 无线设备选型 / 182
  - 5.9.5 设备及改造方案 / 183
  - 5.9.6 设计图规范及要求 / 186
- 参考文献 / 188

## 第六章 CIoT 业务及应用

- 6.1 产业链及发展阶段 / 191
  - 6.1.1 传统通信业的产业链 / 191
  - 6.1.2 物联网新的产业链 / 192
  - 6.1.3 产业发展阶段 / 194
- 6.2 运营商建设及试点应用 / 195
  - 6.2.1 建设进展 / 195
  - 6.2.2 初期试点应用 / 198
  - 6.2.3 资费套餐 / 201
  - 6.2.4 商业模式 / 205
- 6.3 主要典型应用 / 207
  - 6.3.1 智慧水表 / 207
  - 6.3.2 智慧燃气 / 213
  - 6.3.3 智慧停车 / 220
  - 6.3.4 智慧畜牧 / 226
  - 6.3.5 共享单车 / 232
  - 6.3.6 车联网 / 237
- 6.4 小结 / 244
  - 6.4.1 规模连接驱动物联网成熟度 / 246
  - 6.4.2 加快现有蜂窝网承载的业务规模迁移至蜂窝物联网 / 247
  - 6.4.3 LPWAN 快速拉动行业数字化转型 / 247
  - 6.4.4 规模化的物联网应用开始验证 / 248
  - 6.4.5 人工智能+物联网拉开序幕 / 248
- 参考文献 / 249

## 第七章 演进和展望

- 7.1 物联网和边缘计算 / 251
  - 7.1.1 边缘计算的作用 / 251
  - 7.1.2 边缘计算的定位 / 253
  - 7.1.3 边缘计算的价值 / 254
  - 7.1.4 前景和展望 / 255
- 7.2 物联网和区块链 / 256
  - 7.2.1 应用背景 / 256
  - 7.2.2 可应用场景 / 257
  - 7.2.3 可能的挑战 / 261
  - 7.2.4 改进思路和措施 / 261
- 7.3 物联网和eSIM / 262
  - 7.3.1 什么是eSIM / 262
  - 7.3.2 eSIM卡的优势 / 263
  - 7.3.3 eSIM卡在物联网中的应用 / 264
  - 7.3.4 国内运营商布局 / 266
  - 7.3.5 总结展望 / 267
- 7.4 物联网安全 / 267
  - 7.4.1 风险分析 / 267
  - 7.4.2 NB-IoT安全目标和框架 / 269
  - 7.4.3 推进建议 / 271
  - 7.4.4 总结展望 / 272
- 参考文献 / 272

## ●● 1.1 什么是物联网

### 1.1.1 概念的形成和发展

物联网已经成为第四次科技革命的重要标志，在驱动国民经济各行各业转型升级方面发挥着不可替代的作用。在全球经济大变革的背景下，物联网已不再是对传统行业和企业的小修小补，而是从深层次上改变产业的生产经营方式，重塑各大企业的商业模式，也从很大程度上开始改变人们的生活方式，引发经济发展新形态。

2017年，物联网（Internet of Things, IoT）再次成为大众热点，各类媒体宣传、行业应用和解决方案层出不穷，尤其是以NB-IoT为代表的蜂窝物联网走到前台，借助全球主流统一标准优势和国家层面政策的大力支持，三大电信运营商纷纷启动大规模建网，上下产业链共同积极推动各类规模应用的落地，如智慧停车、智能抄表、自动监测等业务。

1995年，比尔·盖茨在其《未来之路》（The Road Ahead）一书中描述和展示了物联网的雏形，但真正物联网的概念和实践来自于MIT Auto-ID Center的Ashton等人于1999年正式提出的构想：在计算机互联网的基础上，利用射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）、数据通信等技术，构造一个覆盖世界上万事万物的“物联网”，从而把所有物品与互联网连接起来，实现智能识别和管理的目的。在这个网络中，物品（商品）能够彼此进行“交流”，而无需人的干预。从Ashton提出的物联网技术、架构和目标愿景来看，着眼于静态（无源）物体（特别是商品）的连接和智能管理，所以首先应用在大型超市、仓储物流企业的物品运输和销售管理上。

2005年，国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）在突尼斯举行的信息社会世界峰会（World Summit on the Information Society, WSIS）上发布《国际电信联盟ITU互联网报告2005：物联网》（ITU Internet Reports 2005：The Internet of Things），官方首次承认并定义了物联网的概念。报告指出，无所不在的“物联网”通信时代即将来临，世界上所有的物体，从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过互联网主动进行数据交换。RFID技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入四项技术将得到更加广泛的应用。根据ITU的设想，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，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点的人与人之间的沟通连接，扩展到人与物、物与物之间的沟通连接。报告共有7章，内容包括了何为物联网；物联网技术支持；市场机遇；物联网面临的挑战和存在的问题；发展中国家的机遇；展望2020年的某一天和一种新型生态系统。

2008年，国际商业机器公司（International Business Machines Corporation, IBM）提出“智



慧地球”的概念，建议政府在宽带网络、智慧医疗和智慧电网等新一代的智慧型基础设施方面加大投入，从而拉动就业，提升竞争力，其中，物联网就是这些智慧型基础设施中间的一个重要组成部分。IBM 认为智慧地球意味着更透彻的感知、更全面的互联互通和更深入的智能化，其实这也是物联网核心的三要素：感知、网络、智能（平台+应用）。IBM 认为物联网将物理世界和互联网紧密连接从而更好地管理物理世界，是信息技术(IT)和控制技术(OT)的融合，它借助数据采集技术和智能网络分析预测和优化物理世界，创造新的价值。

2010 年，在第十一届全国人民代表大会第五次会议上，物联网被首次写入《政府工作报告》，并列入国家“十二五发展规划”，成为国家的重要战略性产业，物联网产业在中国正式走向前台。2013 年，国务院专门出台《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》（国家〔2013〕3 号）。2017 年，工业和信息化部先后颁布《物联网的十三五规划（2016—2020 年）》《工业和信息化部办公厅关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知》《中华人民共和国工业和信息化部公告 2017 年第 27 号》等一系列关键性、纲领性的政策文件，将我国物联网产业从初期的感知为主、区域性发展推向全网性、全面爆发式发展。

### 1.1.2 物联网的定义

从字面理解，所谓的物联网就是将所有物体联接起来的网络，不同于现有的互联网（联接计算机为主）和移动通信网（联接手机/智能终端为主），物联网联接的主体是非智能化的物体或设备，绝大多数的物体本身属于静态无源型。根据 ITU 的定义：物联网是基于现有的/演进的可互操作的信息通信技术，通过互联（物理和虚拟）物件提供先进服务的全球信息社会基础设施，其中虚拟物件是在信息世界可存储、处理和接入的内容，如多媒体内容和应用软件等。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，着重是连接并使能 Things。业界还经常会提及另外一个概念 M2M，它包含了 3 个方面的含义：人到人（Man to Man）、人到机器（Man to Machine）、机器到机器（Machine to Machine）。从本质上看，M2M 可以说是物联网的一个子集，Things 包含 Machine 的概念。

物联网必须和计算机、互联网、电子信息技术充分相结合，才有可能实现物体与物体之间关于环境、状态等信息的实时共享，以及智能化的收集、传递、处理和执行。物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息的载体，让所有能够被独立寻址的普通物理对象形成互联互通的网络。

物联网包含了以下几层关键步骤：

- 识别物体，将物体有价值的物理特性转换为数字信号，或者有源物体能够直接提供数字信号；
- 联接物体，表征物体特性的数字信号可通过各类网络传输手段采集上传，也可接受下发的控制信号并做出响应；

- 处理数据，收集的数据集中到数据中心进行统一分类处理，提高数据价值；
- 应用数据，集中处理后的数据会被深度加工，提炼出各类应用，从而更好地管理、利用物体，服务于社会。

综上所述，本书认为物联网本质是扩充了互联网和通信网的触角和内涵，将所有的物体接入到网络中，形成人与物、物与物、物与数据之间的信息交互和影响，同时针对不同物体数据特别的特性和用途，采用特定的网络连接、数据处理和应用实现方法，从而实现物体的数字化、自动化、智能化处理。物联网不仅仅是一种网络形态，也是特定的业务和应用，是二者的有机结合体。从技术标准化的角度来看，物联网是全球信息社会的基础设施，以物质互连（物理和虚拟）的方式，在现有和新兴互操作信息通信技术（ICT）的基础上提供先进的业务和应用。

本文从物联网利用的网络、技术特征及应用场景出发，将物联网分为以下三大类。

**蜂窝物联网（Cellular Internet of Things, CIoT）：**基于蜂窝网的专用物联网技术，以及搭建的网络、平台和应用。

**基于蜂窝网的物联网应用：**指基于2G/3G/4G等蜂窝网的特性而开展的物联网应用，不是专用技术和网络，也没有基于物联网应用的特殊性而对网络架构、技术做特别的处理。

**非蜂窝物联网技术及应用：**泛指所有不是基于蜂窝网的物联网技术和应用。基于技术特征可以分为两种：一种是专用物联网技术，如远距离（Long Range, LoRa）、SigFox（法国的一家公司，其技术主要用于低功耗物联网）、ZigBee（紫蜂协议）等，与蜂窝物联网CIoT类似；另一种是基于公用计算机技术和网络开展的物联网应用，如无线保真（Wireless Fidelity, Wi-Fi）、蓝牙（BlueTooth）等。

### 1.1.3 物联网的特点

物联网具有全面感知物体、可靠网络传输、智能数据处理和特定应用场景四大特点。

#### 1. 全面感知物体

物联网要将大量物体接入网络并进行通信活动，全面感知各物体的重要特性是十分重要的。全面感知是指物联网随时随地获取物体的信息，获取物体所处环境的温度、湿度、位置、运动速度、耗电量、运行数据等各种各样有价值的信息。全面感知就像人身体系统的各个感觉器官，眼睛收集各种图像信息，耳朵收集各种音频信息，皮肤感知外界温度，手指感受重量，脚步丈量出速度，所有器官协同工作才能全方位扫描外界环境。物联网正是通过射频识别技术（Radio Frequency Identification, RFID）、各种传感器、二维码等感知设备获取物体的多方面信息。

#### 2. 可靠网络传输

全面感知物体的数据需要通过一个可靠、安全的网络进行传输，物体接受控制信号及



物体之间互通也同样需要可靠网络传输。可靠传输是物联网的一个重要特征，通过对各种无线网、有线网和互联网进行融合，将物体的信息实时准确地传递给用户。获取信息是为了对信息进行分析处理从而进行相应的操作控制，将获取的信息可靠地传输给信息处理方。可靠网络传输相当于人体系统中的神经系统，把各个器官收集到的各种不同信息传递给大脑这个中枢系统，并且将大脑做出的指示传递给各个器官。

通过各种形式的高速、高带宽的无线/有线通信工具形成可靠网络，将个人电子设备、组织和政府信息系统中收集和储存的分散的信息及数据连接起来，进行交互和多方共享，从而更好地实时监控环境和业务状况，从全局的角度分析形势并实时解决问题，可以通过多方协作远程完成工作和任务，将彻底地改变整个世界的运作方式。

### 3. 智能数字处理

智能数字处理是指深入分析收集到的数据，以获取更加新颖、系统而且全面的洞察来解决特定问题。这要求使用先进技术（如数据挖掘和分析工具、科学模型和功能强大的运算系统）来处理复杂的数据分析、汇总和计算，以便整合和分析海量的、跨地域、跨行业和职能部门的数据和信息，并将特定的知识应用到特定行业、特定的场景、特定的解决方案中，以便更好地支持决策和行动。这是物联网的核心，相当于人体器官中的大脑，它会根据神经系统传递来的各种信号做出决策，指导相应器官的活动。

### 4. 特定应用场景

物联网搭建了从底层感知、网络传输到数字信息处理的全套系统，最终是为了解决某一类或几类特定的应用场景，比如智能家居、智能抄表、智慧医疗、智慧工厂等。其实物联网从最初概念的萌芽、诞生直至发展，都紧紧围绕着应用场景，可以说物联网因应用而生，也正因为日常生活、工作和社会中各式各样的碎片化应用太多，导致物联网发展没有像互联网、移动通信网这样快速壮大，始终面临碎片化市场、多样化技术手段、解决方案需应对不同应用的困境。不同于计算机互联网和移动通信网，在物联网终端构建的行业应用中，各领域应用对信息采集、传递、计算的质量要求差异很大，系统和终端部署的环境也各不相同，特别是千差万别的工业环境。在构建具体的应用时，还需要考量技术限制（供电问题、终端体积等）和成本控制（包括建设成本和运营成本）。因此，特定应用场景是物联网的一个本质特征。

#### 1.1.4 物联网应用

目前，信息通信技术迅速发展，物联网作为信息通信技术的典型代表，在全球范围内呈现迅猛发展的态势。物联网应用涉及城市管理、智慧家庭、物流管理、零售、医疗、安全等在内的重要领域。物联网应用的普及和物联网技术的成熟推动世界进入万物互联的新

时代，可穿戴设备、智慧家庭等数以百亿计的新设备接入网络。预计到 2020 年，全球联网设备数量将达到 400 亿，物联网市场规模达到 1.9 万亿美元。在 2018 年年底，全球车联网的市场规模达到 400 亿欧元，年均复合增长率达到 25%；全球智能制造及智能工厂相关市场规模达到 2500 亿美元；全球可穿戴设备出货量从 2014 年 1960 万部增长到 2019 年 1.26 亿部。万物互联在推动海量设备接入的同时，将在网络中形成海量数据，预计 2020 年全球联网设备带来的数据将达到 44ZB (Zettabyte 十万亿亿字节)，物联数据价值的发掘将进一步推动物联网应用呈现爆发性。随着物联网基础技术的突破，LoRa、蜂窝组网技术基于蜂窝的窄带物联网 (Narrow Band Internet of Things, NB-IoT)、增强性机器通信技术 (enhanced Machine-Type Communication, eMTC)、5G 等技术标准不断深化成熟，连接成本不断下降，最终将迎来一个万物互联的时代。

物联网应用从接入速率和接入技术角度可以分为三大类：第一类是低速率应用，要求宽带的速率在 100 kbit/s 以下，主要用于智能电/水/气表，各类烟雾、温湿度等环境检测器，消防栓、物流跟踪、共享单车、智慧农业等，这类应用和物联网节点占整个物联网节点的 60%；第二类是中速率应用，要求宽带的速率在 1 Mbit/s 以下，包括智能家居、POS 等，基本上占到市场的 30%；第三类是高速率应用，要求宽带的速率在 10 Mbit/s 以上，如视频监控，大约占市场的 10%。不同速率要求的物联网应用及对应的技术如图 1-1 所示。

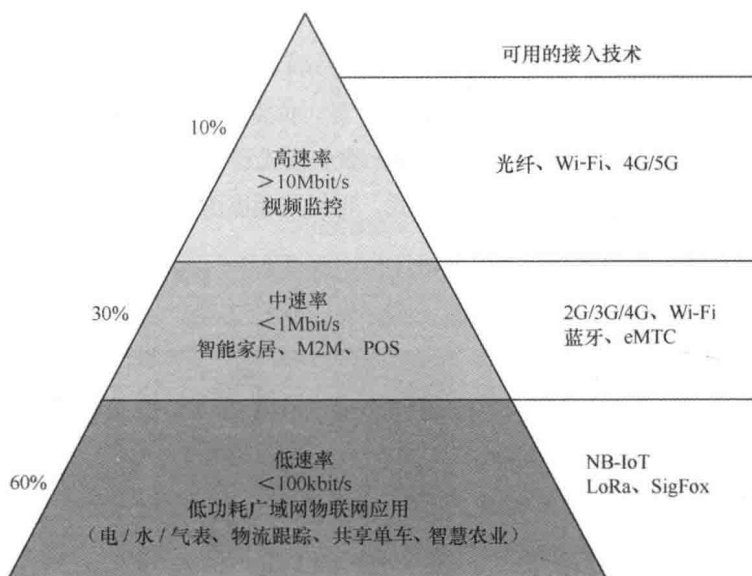


图1-1 不同速率要求的物联网应用及对应技术

对于高速率的物联网应用，适合使用 4G/5G 或光纤接入，而对于量大面广的低速率广域网应用，不但所需带宽低，而且联网时间短，使用 Wi-Fi、ZigBee 或蓝牙等技术要通过手机、中继网关或无线访问接入点 (Access Point, AP) 送到基站，数据准确率低，耗电量大，这