

Communication
Network Technology

现代通信网络技术丛书

物联网 关键技术

- ◇ 无线传感器网络
- ◇ ZigBee 技术
- ◇ M2M 技术
- ◇ RFID 技术
- ◇ NFC 技术
- ◇ 低功耗蓝牙技术

张新程 付 航 编著
李天璞 徐 露



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代通信网络技术丛书

Communication
Network Technology

物联网 关键技术

张新程 付航 编著
李天璞 徐露

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网关键技术 / 张新程等编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2011.7
(现代通信网络技术丛书)
ISBN 978-7-115-25539-6

I. ①物… II. ①张… III. ①互联网络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第089409号

内 容 提 要

本书主要介绍了物联网的相关关键技术, 主要包括无线传感器网络、ZigBee、M2M 技术、RFID 技术、NFC 技术、低能耗蓝牙技术。

本书内容全面系统、理论联系实际, 可供从事物联网相关工作的研究人员、工程师, 以及对物联网感兴趣的广大师生及读者阅读参考。

现代通信网络技术丛书

物联网关键技术

◆ 编 著 张新程 付 航 李天璞 徐 露

责任编辑 杨 凌

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.25

字数: 429 千字

印数: 1—3 000 册

2011 年 7 月第 1 版

2011 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-25539-6

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



目 录

第 1 章 物联网技术概述	1
1.1 物联网概述	1
1.2 物联网对通信网络的需求	9
1.3 物联网总体架构	10
1.4 智慧网络	12
1.5 物联网核心技术	13
1.5.1 二维码及 RFID	14
1.5.2 传感器	15
1.5.3 无线传感器网络 (WSN)	16
1.5.4 近距离通信	17
1.5.5 无线网络	22
1.5.6 感知无线电	25
1.5.7 云计算	26
1.5.8 全 IP 方式 (IPv6)	28
1.5.9 嵌入式技术	30
1.6 物联网与泛在网概念的差异	31
1.7 物联网的行业应用	33
1.8 物联网应用场景	37
1.8.1 城市安全管控	37
1.8.2 城市环境管控	39
1.8.3 城市能源管控	41
1.8.4 家庭数字生活	44
1.9 影响物联网发展的因素	45
1.10 物联网发展的步骤	46
第 2 章 无线传感器网络	48
2.1 无线传感器网络简介	48
2.1.1 无线传感器网络的发展历史	48
2.1.2 无线传感器网络体系结构	49
2.1.3 无线传感器网络的特点	50
2.1.4 无线传感器网络的典型应用	51
2.2 无线传感器网络协议栈	51
2.2.1 无线传感器网络物理层协议	53
2.2.2 无线传感器网络 MAC 协议	54

2.2.3	无线传感器网络路由协议	62
2.2.4	无线传感器网络传输层协议	70
2.2.5	无线传感器网络应用层协议	72
2.2.6	协议栈优化和能量管理的跨层设计	72
2.3	无线传感器网络安全	73
2.3.1	面临的安全挑战	73
2.3.2	安全需求	75
2.3.3	无线传感器网络安全攻击	75
2.3.4	无线传感器网络加密技术	79
2.3.5	无线传感器网络密钥管理	80
2.3.6	无线传感器网络安全路由	82
2.3.7	无线传感器网络入侵检测	82
2.4	无线传感器网络仿真平台	83
2.4.1	无线传感器网络的仿真特点	84
2.4.2	无线传感器网络模拟仿真的发展状况	84
2.5	nesC 语言	85
2.5.1	nesC 语言简介	85
2.5.2	nesC 基本设计思想	86
2.5.3	nesC 语法	86
2.6	TinyOS 操作系统	93
2.6.1	TinyOS 操作系统简介	93
2.6.2	TinyOS 2.x 组件命名规则	94
2.6.3	TinyOS 平台与硬件抽象	94
2.6.4	TinyOS 安装	95
2.6.5	TinyOS 调度机制	99
2.6.6	TinyOS 2.x 消息通信机制	101
2.6.7	TinyOS 2.x 能量管理机制	104
2.7	无线传感器网络与电信网结合	106
2.7.1	接入控制	107
2.7.2	安全	108
2.7.3	认证和授权	109
2.7.4	计费	111
2.7.5	业务和应用场景	112
2.8	无线传感器网络与 Internet 结合	116
2.8.1	融合方式	116
2.8.2	接入技术	117
2.9	IPv6 无线传感器网络	119
第 3 章	ZigBee	122
3.1	ZigBee 简介	122

3.1.1 ZigBee 联盟简介	123
3.1.2 ZigBee 应用领域	123
3.2 ZigBee 网络拓扑	125
3.2.1 星形拓扑构造	125
3.2.2 对等网络构造	126
3.3 网络功能简介	127
3.3.1 超帧结构	127
3.3.2 数据传输模型	127
3.3.3 帧结构	129
3.3.4 健壮性	131
3.3.5 功耗	132
3.3.6 安全性	132
3.4 ZigBee 协议栈	133
3.5 ZigBee 物理层	134
3.5.1 工作频率和信道分配	134
3.5.2 信道分配和编号	135
3.5.3 发射功率	135
3.5.4 物理层协议数据单元 (PPDU) 结构	135
3.5.5 2.4GHz 频带无线通信规范	136
3.5.6 868/915MHz 频带无线通信规范	137
3.5.7 无线信道通用规范	138
3.6 ZigBee MAC 层	139
3.6.1 帧结构概述	139
3.6.2 帧结构	142
3.6.3 信道访问机制	144
3.6.4 MAC 层功能	145
3.7 ZigBee 网络层	153
3.7.1 网络层数据实体 (NLDE)	153
3.7.2 网络层管理实体 (NLME)	153
3.8 ZigBee 应用举例	154
第 4 章 M2M 技术	156
4.1 M2M 技术特性	159
4.1.1 M2M 业务特征	159
4.1.2 M2M 基本业务需求	160
4.1.3 M2M 端到端分层架构	161
4.2 M2M 技术标准	165
4.2.1 3GPP 进展	165
4.2.2 ETSI 进展	166
4.2.3 ITU 进展	168

4.3 M2M 应用通信协议	168
4.3.1 M2M 应用通信协议	168
4.3.2 WMMP	170
4.4 M2M 应用	171
4.4.1 智能抄表	173
4.4.2 CDMA 无线抄表解决方案	175
第 5 章 RFID 技术	178
5.1 RFID 基本原理	179
5.1.1 标签	186
5.1.2 读写器	188
5.1.3 天线	190
5.1.4 工作频率	192
5.1.5 空口协议	194
5.1.6 读写距离	198
5.2 RFID 技术标准	204
5.2.1 ISO/IEC 标准	205
5.2.2 EPC Global 标准	207
5.3 防冲突技术	213
5.4 RFID 的干扰	214
5.5 RFID 安全问题及对策	216
第 6 章 NFC 技术	219
6.1 NFC 技术要点	220
6.1.1 NFC 工作原理	221
6.1.2 NFC 防冲突技术	225
6.1.3 NFC 技术标准	227
6.1.4 VLC-NFC 技术	230
6.2 NFC 在手机中的应用	232
6.2.1 移动支付	233
6.2.2 其他应用	237
6.2.3 NFC 手机架构	238
第 7 章 低能耗蓝牙技术	240
7.1 蓝牙技术	240
7.1.1 低功耗蓝牙技术概述	243
7.1.2 射频基带与信道配置	245
7.1.3 网络结构	248
7.1.4 链路层	250
7.2 低能耗蓝牙协议栈	255

7.2.1 L2CAP.....	258
7.2.2 HCI.....	258
7.2.3 SDP	259
7.2.4 LMP.....	259
7.2.5 蓝牙的安全架构.....	259
7.3 低功耗蓝牙的应用.....	260
参考文献	262

第 1 章

物联网技术概述

序

老子曰：“不出户知天下，不窥牖见天道。其出弥远，其知弥少。是以圣人不行而知，不见而名，不为而成。”说的是圣人不出户以知天下者，以己身知人身，以己家知人家，所以见天下也。天道与人道同。天人相通，精气相贯。

圣人不出户，能知天下事，皆是穷一己之理，即能知天下之理；以物我同源之心，而感知天下人之心；以己性之圆明，而明知天下之万性。圣人通天地之理，心中装着天下，与天下万物息息相通。天下之吉凶消长，万物之生发变化，万事之屈伸往来，时空进退之千头万绪，阴阳交替之顺逆存亡，圣人皆能感而遂通。既能知其所以，又能知其所以然。故圣人能“不出户知天下”。

圣人善观天下，而不以物形观天下，而以身观天下，以一理观天下。一理者，宇宙之本源也，无所不通，无所不贯。以我之一理，观于天下，便是万物相同之理，何须劳形访于天下？何须远涉去搜寻？妙理自然吻合，心之真知自然圆照。圣人通晓宇宙真理，得天人合一之体，与万物共体共性，故能与天地之理一通百通，与天下万事万物感而遂通。观天不上天，观地不入渊，便能知天地中的一切。此皆是以性悟之，以心知之，故无所不通；以小知大，察内知外，无所不贯。故人性中无物不有，无物不在。以性观天道，眼前便是大千法界，性中之理便是乾坤，何劳身形去访外？何须博古又通今？圣人虽“不行而知”，“不见而名”，岂非仅知之而已，而是知而有成，见而有成，“不为而成”。既知其成，既见其成，性与天道，浑然一体；理与天下，同然一用。不容矫揉造作，不用有为人力，自然而然，无为而为，自然而成。

凡夫能做到吗？

能！

“不行而知，不见而名，不为而成”这种思想，被今天的通信技术所采用，进而对互联网的发展起到了极大的作用，使得凡夫不用走出户外，就可知门外之事；不用打开窗户，也能看见窗外之物，这也正是人们对互联网的体验。而天下万物皆备于人身，与天地万物同其心，息息相通，相感而应。这不正是物联网的体验吗？

1.1 物联网概述

人类生活的地球是由无数个系统相互连接而构成的——包含 60 亿人、成千上万个应用、

1 万亿个设备及其之间每天 100 万亿次的交互。

“物联网”是我国对物物相连的概念，国际上面还是称呼其为 Internet of Things，简称 IoT。

在 IT 通信领域从事了近 20 年，我深刻地感受到，物联网的本质是互联网的落地，也即将互联网进一步物物相连的过程。与世间万物的真实连接，将会为“虚拟”的互联网带来新生。这可能也是 IT 人、通信人对物联网视若瑰宝、如痴如迷的原因所在。

在关于物联网的众多讨论中，有一个难以逃脱的尴尬，那就是新瓶装旧酒。诸如智能家居、商品溯源、自动控制、车辆管理及物流跟踪等诸多物联网应用与技术都是数年前甚至十几年前就早已提出来的。

未来各种通信技术将从平行、独立地发展最终逐步走向融合。结合传输设备、移动通信、服务平台、应用软件、企业信息网络系统以及各种终端产品上的综合实力，为人与人、人与机器、机器与机器、物与物之间实现畅通无阻、随时随地的通信。

然而，我们及我们的地球正面临着一系列的问题……

(1) 安全

全球每年发生交通事故 2 000~5 000 万次，因交通事故死亡的人口近 130 万，造成超过 20 000 亿美元的经济损失。

- 发达国家食品外购比例超 50%，发展中国家收入的 60%~70%用于食品；生产流通环节出现的任何食品安全问题造成的影响都是致命的。

(2) 健康

75%~85%的健康保健需求来自于高血压、糖尿病等慢性病。

- 在美国，25%的成年人患高血压，而其中约 1/3 并不知道。
- 在中国，高血压患者 1.6 亿，10%为重患，高血压引发的中风、心脏病死亡率居高不下，已成为人类健康的“第一杀手”。

(3) 能源

由于缺少智能设备，40%~70%的电能在传送过程中被白白浪费。

- 加州一商业小区用来寻找车位所浪费的燃油超过 20 万升/年，可供一辆车全球旅行 38 圈，而全球石油储量还能维持 40 年。

(4) 效率

在北京、上海、广州等人口密集的大城市，人均拥堵成本分别为 375 元/人月/55 分钟、228 元/人月/49 分钟、273.8 元/人月/45 分钟，广州城区每年塞车损失 1.5 亿小时和 117 亿元人民币，约占广州 7%的 GDP。

- 在加州，平均每天造成 56 万小时的拥堵浪费；其中 30%由于交通事故造成，每年造成超过 210 亿美元的经济损失。

- 因为供应链的低效，食品从出厂到上架，一年平均造成超过 40 亿美元的浪费（全球有 8 亿多人口仍处于饥饿状态）。

(5) 环境

工业化、城市化严重环境污染，废水、废气、废渣排放日趋严重。

- 汽车已经成为石油消耗的主要领域，同时也已成为全球大气污染的主要来源之一，汽车尾气排放量已占大气污染源的 85%左右。

如何利用信息通信技术，为市民提供无处不在的公共服务；为政府公共管理（市政监控、智能交通、电子医疗、数字旅游、城市安全等层面需求）提供高效而有竞争力的手段，帮助增加就

业,提升劳动效率,解决能源、环境、老龄化等危机,这都是物联网的应用及其价值所在。

1999年美国麻省理工学院(MIT)首次提出了物联网的概念,国际电信联盟(ITU)在2005年的年度报告中对其概念的涵义进行了扩展。物联网概念的提出被预言为继互联网之后全球信息产业的又一次科技与经济浪潮,受到各国政府、企业和学术界的重视,美国、欧盟、日本等甚至将其纳入国家和区域信息化战略。面对当前的国际形势,迫切需要着眼于中国国情,早一点谋划未来,制定我国的物联网发展战略,突破大规模产业化瓶颈,使其深入到国民经济和社会生活的各个方面,切实解决国计民生的重大问题。物联网将带动我国相关领域科技水平的提升,保障经济安全甚至国家安全,推动信息产业新的发展浪潮,培育新的经济增长点,促进经济结构调整和转型升级,增强我国的可持续发展能力和国际竞争力。

物联网的发展,能大大促进当前以效率、节能、环保、安全、健康为核心的全球信息化发展。

例如,将生产资料通过M2M通信方式组成“物联网”,实现市政监控、智能交通、电子医疗、数字旅游、食品回溯、环境监控,以信息化手段提升社会运作效率,解决能源、环境、人口老龄化等危机。

① 智能交通。使每年交通事故死亡人数减少30%;提高交通工具的使用效率50%,使现有公路使用率提高15%~30%。例如,斯德哥尔摩建设智能交通系统,使交通流量减少20%,污染物排放降低12%。

② 电子医疗。高血压病人每月开支将节省200元人民币左右(传统方式,患者每月花费约为500元人民币),医院资源缓解67%~85%。

③ 三表远抄。用户及时了解水、电、气费用,及时调整费用开支计划,节省不必要的浪费15%~30%;抄表工数量下降为之前的1/50,交通、燃油费用开支下降为之前的1/20,通过数字化闭环控制,提升能效比35%~40%。

④ 智能电网。美国《财富》杂志研究估计,随着配电系统进入计算机时代,现代化的数字电网将使美国能耗降低10%,温室气体排放量减少25%,并节省800亿美元新建电厂的费用。

经济危机、能源危机、环境危机、疾病瘟疫等正成为物联网通信的燃爆点。物联网无疑将成为通信运营商又一个巨大而有潜力的“蓝海”。

物联网(IoT, Internet of Things)也是“传感网”在国际上的通称。通俗地讲,物联网就是万物都可以上网,物体通过装入射频识别设备、红外感应器、全球定位系统或其他方式进行连接,然后接入到互联网或移动通信网络,最终形成智能网络,通过电脑或手机实现对物体的智能化管理。

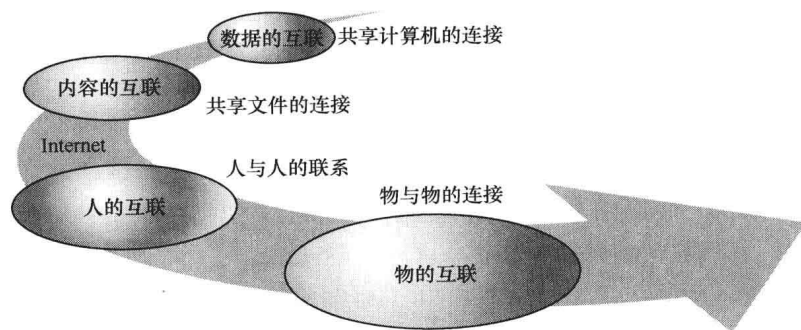


图 1-1 在今天的地球上,有 66 亿人口、500 亿机器以及 500 000 亿的“物件”需要互联

物联网是一次代表未来计算机和通信发展水平的技术改革,而且它的发展也取决于许多

重要领域的动态技术创新，这些重要领域包括无线传感器及纳米技术等。

把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、大坝、供水系统、油气管道等各种物体中，然后将“物联网”与现有的互联网整合起来，实现人类社会与物理系统的整合，在这个整合的网络当中，存在能力超级强大的中心计算机群，能够对整个网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制，在此基础上，人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态。

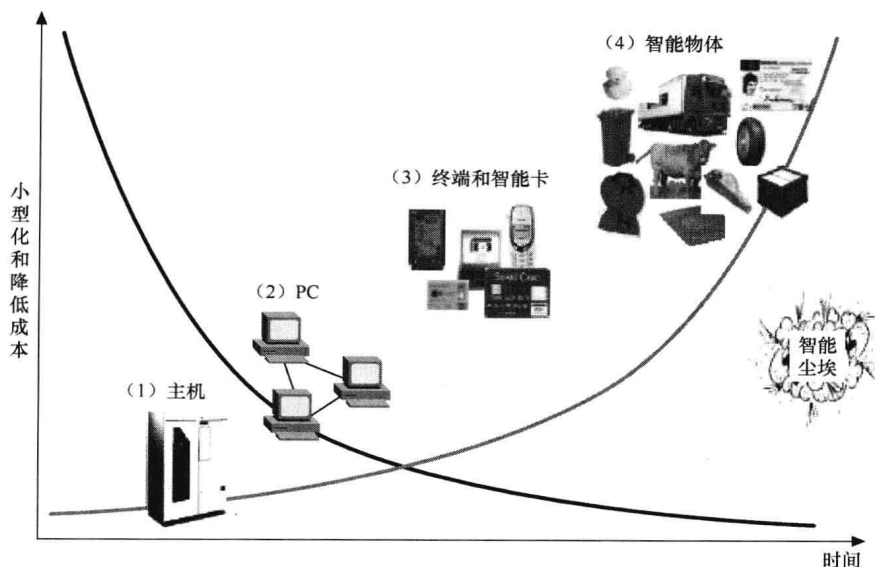


图 1-2 计算机与通信的发展

此前，针对下一代的信息浪潮，美国 IBM 公司已提出“智慧地球”，日本和韩国则分别提出了“U-Japan”和“U-Korea”战略¹，这都是从各自国家工业角度提出的重大信息发展战略。

U-Japan，日本建设的泛在网络，即人们可以在任何时间、任何地方安全使用，但并不感觉到其存在的信息通信网络。在 U-Japan，通信不仅是人到到，而且更多的业务流来自人与机器之间以及人与物体之间。U-Japan 确立了十大重点领域：隐私保护、确保信息安全、维持电子商务设施、解决违法和有害内容的对策、与知识产权有关的交易、建立新的社会基础、信息文化的普及、克服地域的鸿沟、环境友好、促进网络社会的立法和执行。日本政府预测与 U-Japan 网络有关的市场规模达 87.6 万亿日元，将影响日本经济的 120.5 万亿日元，其中制造业为 25.9 万亿日元（约 2 600 亿美元）。

U-Korea 的核心计划：IT839，其 3 个基础设施包括泛在传感器网络（USN）、宽带融合网络（BcN）和 IPv6。目前，U-Korea 已经广泛用于城市管理、水务管理、海事管理、医疗监护、军事等。

2005 年，在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》。报告最先描绘了物联网的体系架构：感知层、网络层、应用层，这为以后给出物联网的网络模型提供了指导意见。

中国针对物联网到来的信息浪潮，提出了“感知中国”的发展战略。2009 年 8 月 7 日，

¹ 2004 年日本总务省提出 U-Japan 构想，希望在 2010 年将日本建设成一个“Anytime, Anywhere, Anything, Anyone”都可以上网的环境。同年，韩国政府制定了 U-Korea 战略，韩国信通部发布的《数字时代的人本主义：IT839 战略》以具体呼应 U-Korea。

国家领导人视察中科院嘉兴无线传感网工程中心无锡研发分中心时，提出“在传感网发展中，要尽早谋划未来，尽早攻破核心技术”，并且明确要求尽快建立中国的传感信息中心，或者叫“感知中国”中心。这就是“感知中国”的由来。

从“智慧地球”到“感知中国”，“物联网”成为全球瞩目的关键词。“物联网”被美国列为振兴经济的两大工具之一，被欧盟定位成使欧洲领先全球的基础战略，被中国纳入战略性新兴产业规划重点。业界认为“物联网”是继计算机与互联网后的又一次信息化浪潮。

所有物体均被嵌入超小型建筑中。

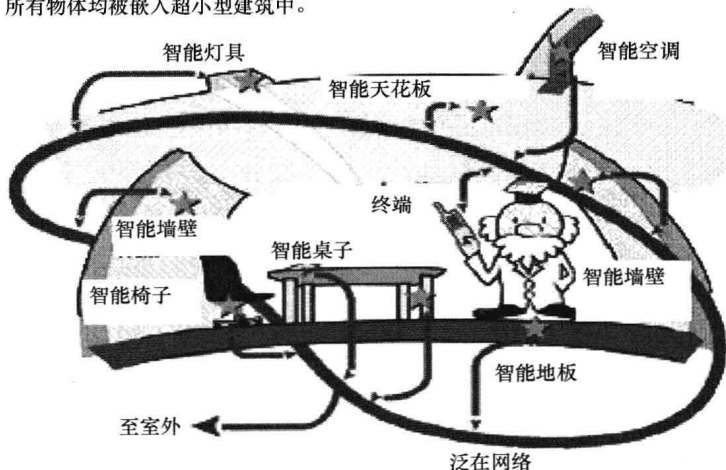


图 1-3 智能的物体

EPOSS 在《Internet of Things in 2020》报告中分析预测，未来物联网的发展将经历 4 个阶段：2010 年之前 RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域；2010~2015 年物体互联；2015~2020 年物体进入半智能化；2020 年之后物体进入全智能化。

今天，通过大量的在配件和部件中嵌入短距离通信收发器，使人与物体、物体与物体之间形成新的通信形式，是物联网快速发展的一个重要步骤。在信息全球化和信息通信技术（ICT）领域增加了一种新的维度表示方式，即在任何时间、任何地方，任何人可以连通，以后任何物体也可以连通。

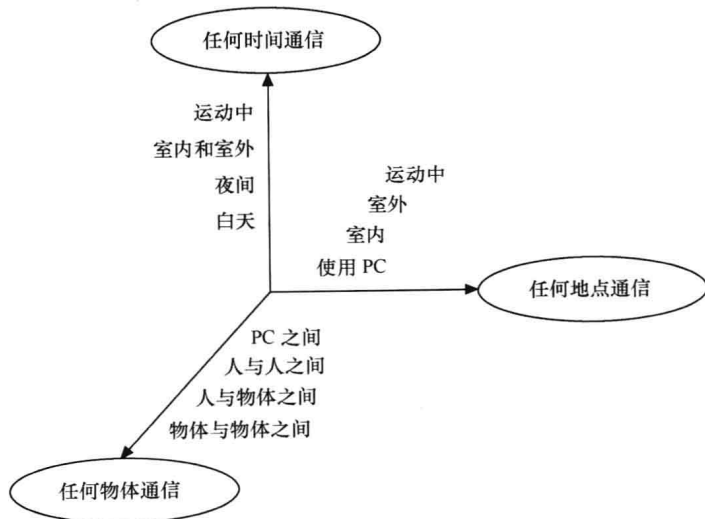


图 1-4 物联网的通信维度

物联网的发展特征主要有以下几点：

- ① 融合各种信息技术，突破互联网的限制，将物体接入信息网络，实现“物联网”；
- ② 在网络泛在的基础上，将信息技术应用到各个领域，从而影响到国民经济和社会生活的方方面面；
- ③ 未来信息产业的发展在由信息网络向全面感知和智能应用两个方向拓展、延伸和突破。

全球物联网发展现状具体介绍如下。

目前，M2M（Machine-to-Machine，机器到机器）在北美地区最主要的应用是汽车信息通信。一些大的企业也纷纷采用 M2M 技术改善经营效率；

南美地区总体发展程度比北美地区差很多。目前巴西已经应用汽车信息终端和安全跟踪系统；智利的电力公司采用了自动抄表技术。

欧洲 M2M 市场比较成熟，尤其是西欧市场，已经实现了汽车信息通信终端、抄表、安全监测、机械服务、自动售货机、公共交通系统、车队管理、工业流程自动化、城市信息化等领域的应用。目前欧洲已经有超过 600 万的机器在使用移动 SIM 卡通信，而且仍然在持续高速增长。

欧盟制定并推广了 eCall 计划，未来几年需求最大的还是自动抄表和汽车信息通信。

2009 年 6 月 18 日，欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会和地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》（Internet of Things-An action plan for Europe），其目的为希望欧洲通过构建新型物联网管理框架来引领世界物联网发展。

在计划书中，欧盟委员会提出物联网的三方面特性。第一，不能简单地将物联网看作今天互联网的延伸，物联网建立在特有基础设施上，将是一系列新的独立系统。当然，部分基础设施仍要依存于现有的互联网。第二，物联网将伴随新的业务共同发展。第三，物联网包括了多种不同的通信模式：物与人通信、物与物通信，其中特别强调了包括 M2M。

欧盟委员会认为，物联网的发展应用将在未来 5~15 年中为解决现代社会问题带来极大的贡献：健康监测系统将帮助人类应对老龄化的问题，“树联网”能够制止森林过度采伐，“车联网”可以减少交通拥堵和提高循环利用率，从而降低碳足迹。物联网可以提高人们的生活质量，产生新的更好的就业机会、商业机会，促进产业发展，提升经济的竞争力。物体与网络的连接将成倍增大和加深通信网络对社会的影响，人类向信息社会迈进的步伐更加坚实。

RFID 技术被列为欧洲发展的重点。物联网概念在提出的时候涉及很多技术，包括 RFID、传感器网络以及其他通信技术，但 RFID 技术目前是最成熟的，除了标准化之外，在全球已经应用到了各个角落，目前最小的 RFID 芯片尺寸已经达到 0.05mm×0.05mm，完全符合物联网的大规模应用要求。因此，欧盟本次计划将 RFID 技术作为部署的重点。

日本和韩国的 M2M 市场发展较快，日本实行 U-Japan 和 I-Japan 的泛在网络战略，重点发展交通、物流、抄表、汽车信息通信系统以及智能家居，除此之外还有远程医疗、远程办公等。韩国政府实行 U-Korea 的泛在网络计划，其中也包括很多 M2M 的内容，如智能交通、自动监测、智能家居等，韩国的 SK 电讯也推出了较全面的行业解决方案。

亚太地区 M2M 产业还在发展的初级阶段，将会以企业的信息化应用为主；政府会加强环境保护的监测；另外，由于人口密集，智能家居将会成为未来亚太地区的 M2M 市场发展方向。

中东和非洲的一些富有的国家已经有 M2M 应用了, 比如以色列使用了车辆跟踪系统, 南非使用了汽车信息通信终端。但是, 其他大多数国家还没有 M2M 业务应用。中东和非洲地区纷争不断, 未来重点关注 M2M 在安全防护以及军事方面的应用。

国家领导人指出, “在传感网发展中, 要早一点谋划未来, 早一点攻破核心技术”, “在国家重大科技专项中, 加快推进传感网发展”。工信部原部长李毅中在《我国工业和信息化发展的现状与展望》中将物联网上升到战略新兴产业, 并表示信息技术的广泛渗透和深度应用将催生出一批新的增长点, 应深入推进信息化与工业化融合, 启动传感网络的研发应用。

目前, 物联网产业在中国发展迅速, 例如 RFID 已具有自主开发生产低频、高频与微波电子标签及读写器的技术及系统集成能力, 在芯片设计与制造、标签封装、读写器设计与制造、系统集成与管理软件、网络运营、应用开发等方面取得了较大进步, 市场培育和应用示范初见成果。目前中国物联网相关企业已有数百家。从产业链角度看, 与当前的通信网络产业链是类似的, 但是最大的不同点在于上游新增了 RFID、NFC 和传感器等近距离通信系统, 下游新增了物联网运营商。其中 RFID、NFC 和传感器是给物品贴上身份标识和赋予智能感知能力, 物联网运营商是海量数据处理和信息管理服务提供商。

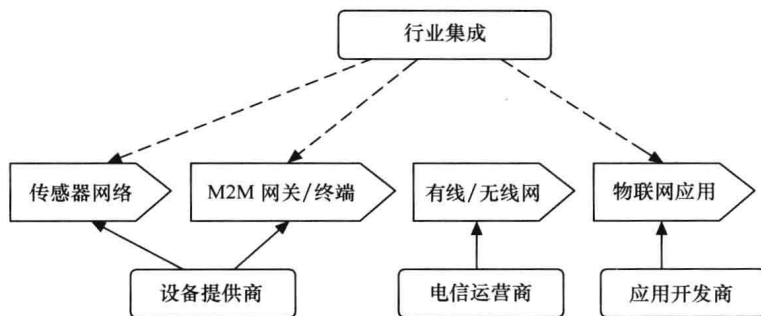


图 1-5 物联网产业链

物联网是“物物相连的互联网”。物联网互联对象主要分为两类:

① 一类是体积小、能量低、存储容量小、运算能力弱的智能小物体的互联, 如传感器网络;

② 另一类是没有上述约束的智能终端的互联, 如无线 POS 机、智能家电、视频监控等。

未来几年将是中国物联网产业应用的迅猛发展期, 物联网技术与实际产业的结合将成为中国经济新的增长点。

从信息流程的角度, 可以将物联网分为信息采集、信息传输和信息处理三大环节, 每个环节都需要若干技术的支撑。物联网最大的革命性的变化体现在信息采集手段上, 传感器、RFID、二维码以及 GPS 等关键技术实现了对物品的状态和属性的实时获取。

从物联网的参与主体角度, 可以将其产业链分为上、中、下游 3 个部分, 上游我们定义为信息采集部件及通信模块供应商, 中游定义为电信运营商, 下游定义为解决方案提供商。

我国推动物联网发展主要从以下 4 个方面入手。

一是突破物联网关键核心技术, 实现科技创新。同时结合物联网特点, 在突破关键共性技术时, 研发和推广应用技术, 加强行业和领域物联网技术解决方案的研发和公共服务平台建设, 以应用技术为支撑突破应用创新。

二是制订我国物联网发展规划, 全面布局。重点发展高端传感器、MEMS、智能传感器

和传感器网节点、传感器网关，超高频 RFID、有源 RFID 和 RFID 中间件产业等；重点发展物联网相关终端和设备以及软件 and 信息服务。

三是推动典型物联网应用示范，带动发展。通过应用引导和技术研发的互动式发展，带动物联网的产业发展。重点建设传感网在公众服务与重点行业的典型应用示范工程，确立以应用带动产业的发展模式，消除制约传感网规模发展的瓶颈。深度开发物联网采集来的信息资源，提升物联网的应用过程产业链的整体价值。

四是加强物联网国际、国内标准，保障发展。做好顶层设计，满足产业需要，形成技术创新、标准和知识产权协调互动机制。面向重点业务应用，加强关键技术的研究，建设标准验证、测试和仿真等标准服务平台，加快关键标准的制定、实施和应用。积极参与国际标准制定，整合国内研究力量形成合力，推动国内自主创新研究成果推向国际。

将人们需要感知的物体联成网，便于感知、监控、操作、处理等，使物体更好地为人们所用。全球将有 500 亿~1 万亿“对象”联网，平均每个人将会被 1 000~5 000 个对象物体所包围。植入感应器而后有感知，感知后有信息，而后有信息分析处理，反向就可以监控状态、操作方向、处理问题，当然中间会通过各种方式双向传送信息。所以物联网的关键技术环节是感知、传送和处理。

从技术角度讲，物联网应该具备 3 个特征，一是全面感知，即利用 RFID、传感器、二维码²等随时随地获取物体的信息；二是可靠传递，通过各种电信网络与互联网的融合，将物体的信息实时、准确地传递出去；三是智能处理；利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量的数据和信息进行分析 and 处理，对物体实施智能化的控制。物联网可以广泛用于交通控制、取暖控制、食品管理、生产进程管理等各个方面，而节约能源将是其最明确的作用。

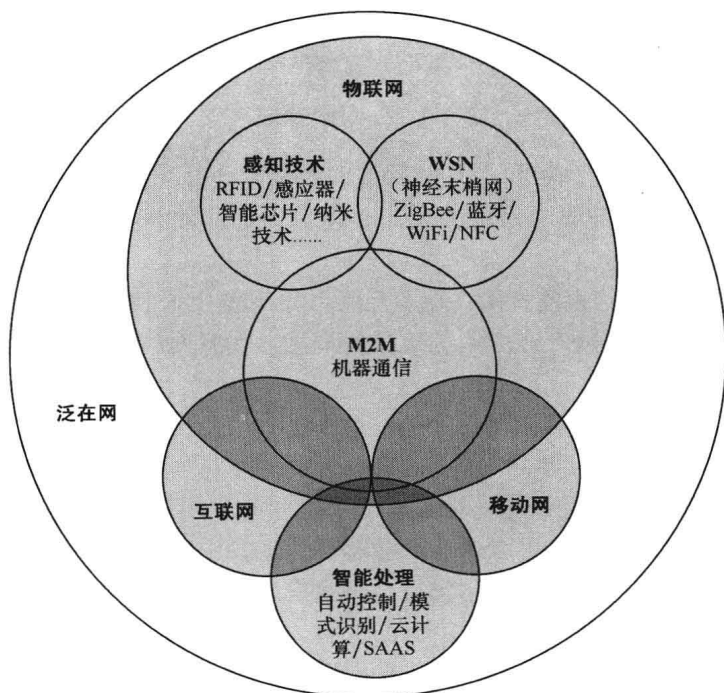


图 1-6 物联网的特征

² 二维码：是用某种特定的几何图形按一定规律在平面（二维方向上）分布的黑白相间的图形记录数据符号信息，通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读以实现信息的自动处理。

1.2 物联网对通信网络的需求

1. 感知层

增加传感器网络等局域网络接入及管理能力；增加感知外设即插即用及管理能力；感知设备低能耗、小型化、低成本要求等。

(1) 智能终端

① 智能终端需支持庞大的号码/地址空间，要实现智能终端的端到端的通信和管理，必须要求通信网络能够提供足够的地址空间来满足互联需求，无线方式需要庞大的码号资源支撑。

② 安全可靠，通信网络应提供必要的安全机制来保证物与物、人与物的通信是安全可靠的，避免来自外部的攻击。

③ 通信网络应具有可扩展性，网络容量足够大，满足大量智能终端之间的通信需求。

(2) 智能小物体（传感器）

① 轻量级的通信协议：由于存储容量低、能量低以及运算速度低，网络通信协议设计必须精简，一方面能够存储在传感器有限的 ROM 中，另一方面能够降低对传感器运算能力的要求，减少协议运行过程中的能量消耗。

② 支持巨大的地址空间：物与物的通信必然需要消耗大量的地址，因此要求通信网络能够提供足够的地址空间来满足物联网发展对地址的需求。

③ 可靠的低速率传输：由于传感器件的计算速度和带宽受限，同时也为了降低通信功耗，要求通信网络提供低速率、高可靠的传输通道。

④ 网络的自组织能力：当传感器节点发生故障时，通信网络应通过路由机制具备自愈能力，不会因为个别节点的故障而影响到整网。

⑤ 可扩展：通信网络应具有可扩展性，网络容量足够大，满足大量传感器节点之间的通信需求。

2. 网络层

增加传感器网络管理等局域网络管理能力；增加对外设和物品的管理能力；基于接入网、核心网、传输网的优化满足业务规模发展的需求；增加端到端 QoS、安全要求；增加物品和感知外设等感知对象和能力的统一编码和寻址能力。而当前物联网在网络层最为急迫的需求是对编码寻址及统一管理的需求。

(1) 编码寻址

从国际和国内两个方面看，IPv4 地址不足已经成为不争的事实。一方面，截止到 2010 年 3 月，全球可分配的 A 类 IPv4 地址段只剩下 22 个，预计 2012 年亚洲地址管理分支机构 APNIC 的 IPv4 地址池将耗尽，届时国内公司将无法再申请到 IPv4 地址；另一方面，我国已获得的 IPv4 地址份额只占到全球的 6.3%，势必影响我国巨大潜在市场的发展。由此可见，IPv4 地址尚不能满足互联网和移动互联网的地址需求，对于发展中的物联网，特别是具有数量众多的感知层节点的标识问题，这个问题更为明显。

(2) 统一管理

目前，感知终端上的数据格式多种多样，难以统一管理运营，新型业务难以落地。由于