

物联网与云计算关键技术丛书

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程
National Information Technology Education Project
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

物联网

技术与产业发展

Internet of Things:
Technology and Industry Development

技术指南 应用先锋 产业向导

物联网与云计算关键技术丛书

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程
National Information Technology Education Project
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

物联网

技术与产业发展

■ 艾浩军 单志广 张定安 吴余龙 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

物联网：技术与产业发展 / 艾浩军等编著. — 北京：人民邮电出版社，2011.5
ISBN 978-7-115-24984-5

I. ①物… II. ①艾… 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026292号

内 容 提 要

物联网是什么？物联网和云计算、传感网等热门词汇是什么关系？物联网能做什么？物联网该怎么应用？物联网有哪些关键技术？物联网的产业链怎么构成？我们能在物联网产业扮演怎样的角色？有没有物联网典型领域的应用案例？

本书以回答上述问题为出发点，尝试解读物联网的关键技术，探寻物联网产业路线图，希望能给物联网政策制定者、产业链的相关人士和用户，提供一本简练而兼具深度的参考书，为有兴趣的读者进一步研究物联网提供一个起点。

物联网：技术与产业发展

-
- ◆ 编 著 艾浩军 单志广 张定安 吴余龙
责任编辑 蒋 佳
 - ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本 700×1000 1/16
印张 13.75
字数 252 千字 2011 年 5 月第 1 版
印数 1—3 000 册 2011 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-24984-5

定价：35.00 元

读者服务热线：(010)67132692 印装质量热线：(010)67129223

反盗版热线：(010)67171154



序二

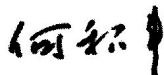


随着新型计算技术、网络技术和控制技术的不断涌现，物联网已成为智能化物理系统发展的新趋势。它作为计算进程和物理进程的统一体，通过两类系统之间的实时交互，以实现对物理系统的远程、实时和安全控制。而物联网的物理系统也通过协作和自治的工作方式，实现了计算、通信和精确控制功能。这类新的联网方式给信息科学，尤其对软件理论带来很大的挑战。

未来物联网技术的发展和普及，将推动工业产品和技术的更新换代，起到一个巨大的经济杠杆作用，因此物联网对于国家的工业有着特别重大的意义。把物联网产业拓展成为一个快速成长的新兴战略型产业，能极大地提升主要工业领域的竞争力，使其成为国民经济发展的驱动引擎，这对于繁荣经济、保障国家安全和提高人民生活水平，都具有重大的意义。

本书对物联网产业相关热点技术进行了详细地剖析，讨论了物联网与传统信息系统的关系，并从应用领域出发，介绍了该技术在生产、公共服务、生活和国家安全等领域的发展前景，尤其结合国内的一些示范性工程，包括智能电网、汽车电子、环境监测，讨论了物联网技术对经济发展和改善人民生活可能发挥的作用。在物联网相关技术路线方面，本书涵盖了体系结构、通信技术、安全和隐私技术、标识技术等软硬件，并详尽设计了物联网技术发展路线图，这对于建设物联网产业链，推动典型行业应用都有指导意义。在国内的物联网技术得以受到越来越多关注的情况下，此书的出版将给读者和制定规划的领导部门提供详尽的分析和策略，一定会对物联网技术在我国的健康发展起到积极的推动作用。

中国科学院院士
华东师范大学教授



2010年9月28日

Preface 前言

信息产业持续数十年的高速发展，手机、互联网已经和大多数人的生活密不可分。就在人们不断质疑信息产业的成长性时，物联网概念的提出，给徘徊已久、疲态渐显的信息产业带来了新的希望。以“全面感知、深度互联、智慧应用”为特质的物联网从前瞻性的概念发展为学术界、产业界和政府的共识，其链接起来的智慧世界正一步步向我们走来。

物联网概念的提出，可以追溯到 2000 年前后的 Auto ID 项目，其目标是实现供应链上物品的自动标识。从 2009 年 8 月温家宝总理考察中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心提出建设“感知中国”中心开始，物联网才真正在中国引起反响。中央政府从最高决策层面在《国家中长期科学与技术发展规划（2006～2020 年）》中就物联网建设提出了指导性意见，并将物联网相关专题列入重点研究领域。继而有关物联网发展的论坛和研讨会接连不断，全国各地的物联网产业联盟相继成立，高等院校也开始筹备物联网专业，嗅觉敏感的证券市场也出现了一批物联网概念股。总之，从中央政府到各级地方政府，从学术界到产业界，都对物联网给予了极大的关注，认为它是超越互联网影响力的、下一波技术和经济的增长点。

随着物联网的概念不断深入人心，人们开始关注物联网的内涵。虽然读者可以从互联网或者平面媒体上，获得一些关于物联网零星的、片断的知识，但较为系统、全面地回答读者疑问的基础性的物联网书籍还不多见。本书编撰者认为，关于物联网有很多的疑问尚待进一步理清，比如，物联网是什么？物联网和云计算、传感网等热门词汇是什么关系？物联网能做什么？物联网该怎么应用？物联网有哪些关键技术？物联网的产业链怎么构成？我们能在物联网产业扮演怎样的角色？有没有物联网典型领域的应用案例？等等。



本书以回答上述问题为出发点, 尝试解读物联网的关键技术, 探寻物联网产业路线图。编撰者也希望给物联网政策制定者、产业链的相关人士和用户, 提供一本简练而兼具深度的参考书, 为有兴趣的读者进一步研究物联网提供一个起点。

本书在第1章首先说明了物联网的起源、概念及与相关领域之间的关系; 第2章讨论了物联网的基本应用和扩展应用, 包括生产、公共服务和日常生活方面可能的应用领域; 第3章和第4章探讨了物联网的关键技术支撑及其发展路线图; 第5章描述了物联网的产业链的构成; 第6章介绍了物联网行业的应用实例, 讨论了国内外应用现状、远景目标以及可供操作参考的实现方案。

本书的部分内容基于作者近期在计算机网络技术研究, 信息化与电子政务规划, 物联网产业园区规划, 物联网应用系统研发等方面的研究成果。本书作者的相关研究工作得到了国家自然科学基金委员会“以网络为基础的科学活动环境研究”重大研究计划项目(编号: 90812001), 科技部科技基础性工作专项项目(编号: 2007FY240400)和武汉市科学技术局科技攻关计划项目(编号: 201010621208)等的资助, 在此表示深深的谢意!

在本书的编写过程中, 欧盟和 ETSI 发布的《物联网战略研究路线图》报告以及 IBM 的《智慧地球》报告, 都让我们深受启迪。我们也参考了来自国内行业主管部门和产业界同仁的意见和建议, 国内互联网上多个物联网专题论坛上专家的真知灼见, 以及学者的论文报告也为本书提供了大量资讯和素材, 在此表示衷心感谢。武汉大学的研究生李俊、高峰也为本书的编写提供了大力的协助。

特别要诚挚感谢的是, 国家信息中心常务副主任、国家信息化专家咨询委员会委员王长胜研究员, 中国科学院院士、华东师范大学何积丰教授, 武汉大学计算机学院院长何炎祥教授, 三位国内信息化和信息技术领域的权威专家和可敬师长, 在百忙之中欣然为本书作序, 他们的悉心指导、热情鼓励和无私提携让我们满怀感激, 永不忘记!

由于编写水平所限, 加之物联网技术和产业仍处于不断的发展和变化之中, 书中错误和不足之处恳请专家、读者批评指正。

为了方便读者理解和应用本书, 我们制作了与本书配套的 PPT 文档, 欢迎感兴趣的读者来函索取。电子邮件地址: ai.haojun@gmail.com。

作者

2010年9月



Contents

目 录

第 1 章 物联网是什么	1
1.1 方兴未艾的物联网	2
1.2 物联网的定义	3
1.2.1 “物”的定义	3
1.2.2 物联网的定义	4
1.3 物联网的层次结构	5
1.3.1 感知层	6
1.3.2 网络层	6
1.3.3 应用层	7
1.4 物联网的精髓	7
1.5 物联网与传统信息系统的关系	9
1.6 物联网与热点技术的关系	10
1.6.1 射频识别	11
1.6.2 EPC 系统	12
1.6.3 传感网	13
1.6.4 泛在网络	14
1.6.5 M2M	16
1.6.6 云计算	18
1.6.7 信息物理系统 (CPS)	20
1.7 物联网的远景	21
第 2 章 物联网的应用领域	25
2.1 物联网的基本应用	26



2.1.1	物品全生命周期管理	26
2.1.2	社会安全	27
2.1.3	泛在通信	29
2.2	生产领域	29
2.2.1	航空航天工业	29
2.2.2	汽车工业	32
2.2.3	智能建筑业	34
2.2.4	制药工业	36
2.2.5	化学工业	38
2.2.6	农业生产	39
2.3	公共服务领域	41
2.3.1	医疗与康护	41
2.3.2	食物跟踪	43
2.3.3	商品流通与零售	45
2.3.4	环境监测	46
2.3.5	电网管理	47
2.4	生活领域	49
2.4.1	老人独立生活	49
2.4.2	客运与物流	50
2.4.3	旅游业务	52
2.4.4	保险业务	53
2.4.5	资源再生与循环利用	54
第3章	物联网的关键技术支撑	56
3.1	硬件和软件技术	58
3.1.1	硬件技术	58
3.1.2	软件技术	61
3.2	标识技术	66
3.2.1	互联网资源标识	67
3.2.2	条码技术	68
3.2.3	产品电子代码	73
3.3	物联网网络体系架构	74
3.3.1	物联网架构的技术要求	74
3.3.2	SOA 在物联网中的应用	75



3.3.3 EPCglobal 体系架构	76
3.4 网络与通信技术	80
3.4.1 无线通信网络	80
3.4.2 动态发现技术	83
3.4.3 网络管理	84
3.5 数据的表示与处理	86
3.5.1 可扩展标记语言 (XML)	86
3.5.2 电子商务全球化标准 ebXML	87
3.6 物联网能量技术	88
3.6.1 能量采集技术	89
3.6.2 其他的能量相关技术	90
3.7 物联网安全与隐私技术	91
3.7.1 感知层安全	91
3.7.2 网络层安全	93
3.7.3 应用层安全	94
3.7.4 非技术因素	95
第 4 章 物联网技术的发展方向	97
4.1 物联网标准	97
4.1.1 物联网标准的组成	98
4.1.2 RFID 标准	101
4.1.3 媒体接入控制 (MAC) 协议	102
4.1.4 无线频谱的重新分配	105
4.2 标识技术	105
4.3 物联网网络体系架构	108
4.4 网络与通信技术	109
4.4.1 网络相关技术	109
4.4.2 通信技术	110
4.4.3 网络管理	112
4.5 数据的表示与处理	112
4.5.1 语义传感网	113
4.5.2 服务发现和组合	113
4.5.3 PML	113
4.6 搜索引擎技术	114



4.6.1	语义搜索	115
4.6.2	搜索的安全机制	116
4.6.3	搜索技术的挑战	116
4.7	物联网能量技术	116
4.7.1	微系统的能量收集	117
4.7.2	微功耗技术	117
4.8	物联网安全和隐私技术	119
4.8.1	物联网的安全问题	119
4.8.2	物联网隐私问题	120
4.8.3	云计算的安全性可信性	121
第5章	物联网产业链	122
5.1	物联网产业规模	122
5.2	产业链的构成	123
5.3	中国物联网产业现状	125
5.3.1	传感器	126
5.3.2	核心网芯片	127
5.3.3	应用设备制造	128
5.3.4	软件开发与应用集成商	128
5.3.5	电信运营商	129
5.4	中国物联网产业发展初探	133
5.4.1	中国物联网产业的发展趋势	133
5.4.2	中国物联网产业发展的方针	135
5.4.3	中国物联网发展中的政府角色	136
5.5	物联网平台与应用产品实例	137
5.5.1	系统解决方案型产品	138
5.5.2	物联网小应用	148
第6章	物联网典型行业应用实例	153
6.1	电子政务	154
6.1.1	国内外现状	154
6.1.2	远景目标	157
6.1.3	实现方案	158
6.2	有机农业	163
6.2.1	国内外现状	164



6.2.2	远景目标	166
6.2.3	实现方案	167
6.3	智能电网	173
6.3.1	国内外现状	173
6.3.2	远景目标	176
6.3.3	实现方案	177
6.4	智能城管	180
6.4.1	国内外现状	181
6.4.2	远景目标	182
6.4.3	实现方案	183
6.5	智慧港口	187
6.5.1	国内外现状	189
6.5.2	远景目标	190
6.5.3	实现方案	191
6.6	智慧超市	195
6.6.1	国内外现状	196
6.6.2	远景目标	197
6.6.3	实现方案	199

第 1 章

物联网是什么

物联网的概念最早出现在比尔·盖茨 1995 年的图书《未来之路》中，那时，比尔·盖茨就提及了物联网概念，只是受到无线网络、硬件及传感设备的技术限制，当时并未引起世人的重视。1998 年，美国麻省理工学院（MIT）Auto-ID 实验室创造性地提出了被称做 EPC 系统的“物联网”构想，主要是建立在物品编码、RFID 技术和互联网的基础上。

过去在中国，物联网被称为传感网。中科院早在 1999 年就启动了传感网的研究，并已取得了一批科研成果，建立了实用的传感网。同年，美国召开的移动计算和网络国际会议提出了“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇”的观点。2003 年，美国《技术评论》认为传感网络技术位于未来改变人们生活的十大技术之首。

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（ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，正式论述了“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，都可以通过物联网主动进行信息交换。射频识别（RFID）技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。物联网时代，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，扩展到人与物和物与物之间的沟通连接。



方兴未艾的物联网

2009年8月7日，国务院总理温家宝在无锡微纳传感网工程技术研发中心视察并发表重要讲话，温家宝指出“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”；“尽快建立中国的传感信息中心，或者叫‘感知中国’中心”。

2009年11月3日，温家宝在人民大会堂向首都科技界发表了题为《让科技引领中国可持续发展》的讲话，温家宝指出“全球互联网正在向下一代升级，传感网和物联网方兴未艾”；“我们要着力突破传感网、物联网的关键技术，及早部署后IP时代相关技术研发，使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的‘发动机’”。

2009年1月28日，美国总统奥巴马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首席执行官彭明盛首次提出“智慧的地球”这一概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施，并阐明其短期和长期效益。奥巴马对此给予了积极的回应：“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去，毫无疑问，这就是美国在21世纪保持和夺回竞争优势的方式。”

2009年6月18日，欧盟在比利时首都布鲁塞尔向欧洲议会、欧洲理事会、欧洲经济与社会委员会和地区委员会提交了以《欧盟物联网行动计划》为题的报告，报告包括14项行动计划：物联网管理原则、隐私与数据保护、“芯片沉默”的权利、物联网的潜在危险、将物联网作为欧盟发展的关键资源、物联网标准化、物联网的持续研究、整合现有物联网技术、物联网的创新、物联网管理机制、国际合作问题、环境问题、对物联网数据的持续统计、对物联网进展的监督。该行动计划描绘了物联网技术的应用前景，并提出要加强欧盟政府对物联网的管理。2009年10月，欧盟推出“物联网战略研究路线图”，并力推物联网在航空航天、汽车、医疗、能源等18个主要领域的应用。

物联网作为信息网络未来的趋势和发展的一部分，已经开始重塑世界格局和社会生活方式。为了配合中国在物联网技术上的发展，让民众了解物联网，并让物联网惠及所有民众，我们有必要对这一新兴技术做一些开拓性的研究和适当的发展规划。



1.2

物联网的定义

顾名思义，物联网（The Internet of Things, IoT）是实现物物相连的互联网络。其内涵包含两个方面：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物体与物体之间，使其进行信息交换和通信，如图 1.1 所示。

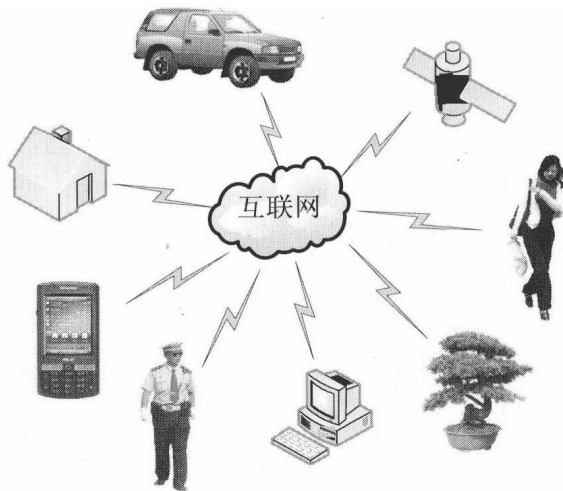


图 1.1 物联网用户端扩展到任何物体与物体之间

基于标准通信协议的下一代网络将计算机网络、媒体互联网、服务互联网、物联网整合到一个公共的全球 IT 基础架构，产生了无缝的网络和无处不在的网络化的“物”。当由“物”连接到另一个“物”并创建了节点后，这个基础架构就可以动态地扩展和改善。

物联网的概念可以看做是人类与应用系统现有互动方式的延伸，而这种延伸是通过“物—物”通信与集成的新层面实现的。

1.2.1 “物”的定义

在下一代互联网应用背景下，为了定义“物”并识别某个特定的“物”是什么



和表示什么，我们可以借鉴哲学家亚里士多德的观点，用超越时空的哲学思维方式进行分析。

亚里士多德在他的《范畴论》一书中，曾给出了关于“物”明确而且详细的解释——“物”即是存在。根据这个观点，存在可以分成 10 类范畴，其中包括物质、特质、数量和相互关系等。在这些类别的存在中，亚里士多德认为物质是第一性。

通过“物”的哲学定义可以看出，“物”这个词不仅指的是实体的“物”，也可以指虚拟的“物”，以及联系“物”的事件。

在物联网背景下，“物”可以被定义为真实的、物理的存在，或者数字的、虚拟的存在，它能够在空间和时间上存在和移动，也可以被辨识。一般可以通过事先分配的数字、名字或者地址编码来辨识“物”。

在本书下面的论述中，所说的物体和物品都是本节里的“物”。

1.2.2 物联网的定义

根据物联网的结构组成和应用空间，我们认为，物联网是通过射频识别（RFID）、功能感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把世界上任何物体与互联网连接起来，进行物体与网络之间的信息交换和通信，以实现物体智能识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。

作为下一代计算机网络的组成部分，物联网也具有属于计算机网络的架构和通信协议，所以也可以定义物联网为一个具有自动配置能力的动态全球网络基础架构。该架构基于标准化的可互操作的通信协议，在这个基础架构中，真实的和虚拟的物体拥有标识（Identities）、物理属性（Physical Attributes）、虚拟的特性（Virtual Personalities）和智能接口（Intelligent Interfaces），能够无缝地集成到信息网络中去，如图 1.2 所示。

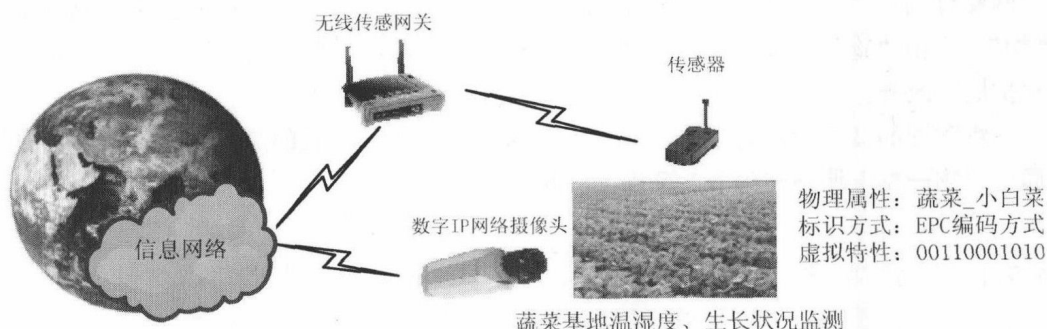


图 1.2 物联网中真实的和虚拟的物体



在物联网领域，我们期望物体成为商务、信息和社会过程等领域的主动参与者。在这些领域里，它们能够通过感知环境信息和交换数据，实现物体与物体、物体与环境之间的互动和交流。这个过程通过触发动作或者建立服务，自主地对“真实/物理世界”的事件做出反应，它可以接受人的干预，也可以独立处理信息，并实现信息互动与交流。

展望物联网的未来，物联网允许人和“物”在任何时间、任何地点与任何物体及任何人，通过任意的途径、网络或者服务连接起来。以服务形式存在的接口为互联网上的这些“智慧物体”互动提供了方便，在考虑安全和隐私的前提下，这种接口可以查询、修改与它们有联系的物体的状态和任何信息。

1.3

物联网的层次结构

物联网应该具备 3 个特征，一是全面感知，即利用 RFID、传感器、二维码等设备随时随地获取物体的信息；二是可靠传递，通过各种传感网络与互联网的融合，将物体当前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，对海量数据和信息进行分析 and 处理，对物体实施智能化的控制。

如图 1.3 所示，物联网有 3 个层次，底层是用来感知数据的感知层，第二层是数据传输处理的网络层，第三层则是与行业需求结合的应用层。

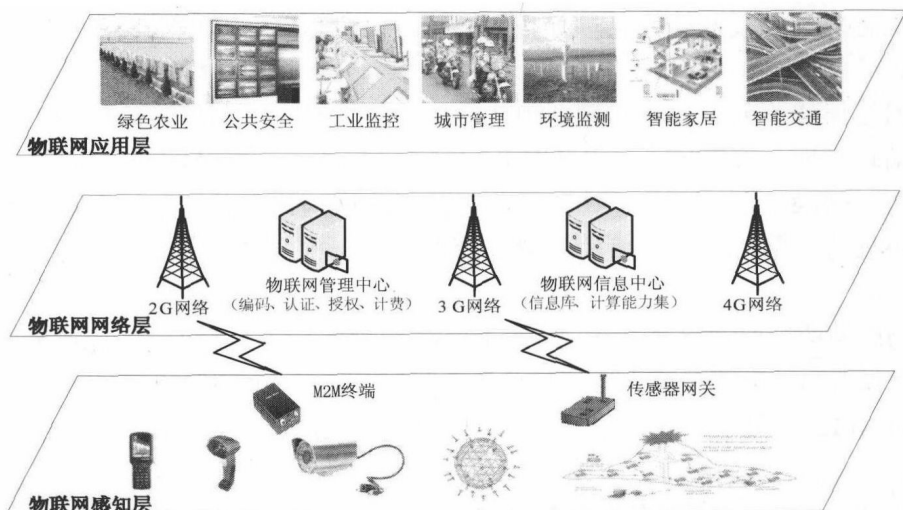


图 1.3 物联网的 3 个层次



1.3.1 感知层

感知层是物联网的皮肤和五官——用于识别物体，采集信息。感知层包括二维码标签和识读者、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、M2M 终端、传感器网关等，主要功能是识别物体、采集信息，与人体结构中皮肤和五官的作用类似。

感知层解决的是人类世界和物理世界的获取数据问题。它首先通过传感器、数码相机等设备，采集外部物理世界的信息，然后通过 RFID、条码、工业现场总线、蓝牙、红外等短距离传输技术传递数据。感知层所需要的关键技术包括检测技术、短距离无线通信技术等。

对于目前关注和应用较多的 RFID 网络来说，附着在设备上的 RFID 标签和用来识别 RFID 信息的扫描仪、感应器都属于物联网的感知层。在这一类物联网中被检测的信息就是 RFID 标签的内容，现在的电子（不停车），收费系统（Electronic Toll Collection, ETC）、超市仓储管理系统、飞机场的行李自动分类系统等都属于这一类结构的物联网应用。

1.3.2 网络层

网络层是物联网的神经中枢和大脑——用于传递信息 and 处理信息。网络层包括通信网与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。网络层将感知层获取的信息进行传递和处理，类似于人体结构中的神经中枢和大脑。

网络层解决的是传输和预处理感知层所获得数据的问题。这些数据可以通过移动通信网、互联网、企业内部网、各类专网、小型局域网等进行传输。特别是在三网融合后，有线电视网也能承担物联网网络层的功能，有利于物联网的加快推进。网络层所需要的关键技术包括长距离有线和无线通信技术、网络技术等。

物联网的网络层将建立在现有的移动通信网和互联网基础上。物联网通过各种接入设备与移动通信网和互联网相连，例如手机付费系统中由刷卡设备将内置手机的 RFID 信息采集上传到互联网，网络层完成后台鉴权认证，并从银行网络划账。

网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技