

国家级特色专业（物联网工程）规划教材

物联网组成原理

胡四泉 王新平 王志良 王宏 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家级特色专业（物联网工程）规划教材

物联网组成原理

胡四泉 王新平 王志良 王 宏 编著



机械工业出版社

本书是一本讲述物联网组成原理的教材。本书从物联网的起源和概念入手,详细介绍了物联网关键技术——识别技术、传感器技术和网络技术;重点论述了RFID技术、WSN技术和M2M技术;全面阐述了云计算、大数据和物联网安全的关系。

本书可作为物联网工程及相关专业教材使用,也可供需要掌握物联网基础知识的其他专业高年级本科生和研究生使用,还可作为希望了解物联网知识的企业管理者、科研人员、高等院校教师等读者朋友的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网组成原理/胡四泉等编著. —北京:机械工业出版社,2015.8
国家级特色专业(物联网工程)规划教材
ISBN 978-7-111-51231-8

I. ①物… II. ①胡… III. ①互联网络-应用-高等学校-教材 ②智能技术-应用-高等学校-教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第191393号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:刘星宁 责任编辑:刘星宁 王欢
版式设计:赵颖喆 责任校对:刘雅娜
封面设计:陈沛 责任印制:乔宇
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2015年10月第1版第1次印刷
184mm×260mm·12.25印张·300千字
0001—2500册
标准书号:ISBN 978-7-111-51231-8
定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

最初,对于物联网,很多人持怀疑和否定的态度,甚至用“云山‘物’罩”来形容,而与物联网相关的云计算也不能幸免。随着物联网概念的普及和相应示范工程的展示,人们的态度随之发生了转变。目前,物联网已经深入生产和生活的各个方面,发展非常迅速,已经可以用“腾云驾‘物’”来形容物联网了。从“云山‘物’罩”到“腾云驾‘物’”,人们已经对物联网有了深刻和正确的了解。这也体现了物联网的发展及人们对物联网的认识过程。

物联网是科学与技术发展到一定阶段的必然结果,各种更低功耗、更高性能的智能传感器为物联网提供了感知保障,更快、更稳定的移动通信技术为数据的可靠、快速传递搭建了畅通的道路,云计算和大数据技术为物联网的推广和普及奠定了坚实的技术基础。

全书共分6章:第1章讲述了物联网的定义、层次架构、标准;第2章从电子产品代码(Electronic Product Code, EPC)、射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)、近场通信(Near Field Communication, NFC)和定位技术入手,介绍了物联网中重要的识别技术;第3章从传感器入手,讲述了包括 ZigBee 等网络标准和无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)技术;第4章讲述了移动通信技术和物联网中重要的机器对机器(Machine to Machine, M2M)技术;第5章阐述了云计算与大数据技术;第6章讲述了物联网安全技术。

从总体上来看,本书具有如下特点:

(1) 结构完整

本书从物联网的起源和定义开始,讲解了物联网的基本概念,从底层到顶层分别讲述了感知识别技术、网络传输技术及云计算和物联网安全。

(2) 重点突出

本书着重介绍了 RFID 技术、WSN 技术和 M2M 技术。

本书由胡四泉和王新平主编,胡四泉确定了本书的总体编写内容并指导文字写作,王新平负责全书的统稿和组织工作。王志良参与了第1章的编写工作;胡四泉参与了第2章和第3章的编写工作;王新平、王宏参与了第4~6章的编写工作。

本教材已列入北京科技大学校级“十二五”规划教材,教材的编写得到了北京科技大学教材建设基金的资助。

本书引用了互联网上的当前资讯和相关领域的当前报道等,在此一并向原作者和刊发机构致谢。由于时间仓促等原因对引用未能一一注明,在此也深表歉意。

物联网正处在蓬勃发展的繁荣时期,因为时间和篇幅有限,可能有些内容本书未能全面介绍。同时,由于作者的认识领悟能力有限,书中难免存在缺点与疏漏,敬请各位专家及广大读者批评指正。

胡四泉
北京科技大学
2015年8月

目 录

前言	
第 1 章 物联网概述	1
1.1 物联网的起源和发展	1
1.1.1 物联网的起源	3
1.1.2 物联网的三大推动力	5
1.1.3 对国家“战略性新兴产业”政策的解析	12
1.2 物联网的框架结构	14
1.2.1 物联网的三个层次	14
1.2.2 物联网的八层架构	15
1.3 两个技术范畴	17
1.3.1 智能网络空间技术	17
1.3.2 物联网终端技术	20
1.4 物联网的标准体系	29
1.5 物联网的应用领域	32
本章小结	35
习题与思考题	35
第 2 章 识别与定位技术	36
2.1 EPC 编码	36
2.1.1 EPC 编码协议	36
2.1.2 EPC 系统结构	37
2.1.3 EPC 条形码标签	38
2.1.4 EPC、条形码、RFID 标签的区别	39
2.2 RFID 系统	40
2.2.1 应答器原理	40
2.2.2 阅读器部分	42
2.2.3 RFID 天线部分	47
2.2.4 RFID 中间件	48
2.3 NFC 技术	49
2.3.1 NFC 工作原理	49
2.3.2 NFC 工作模式	50
2.3.3 NFC 技术与其他通信技术的对比	50
2.3.4 NFC 的应用前景	51
2.4 定位技术	51
2.4.1 卫星定位技术	52
2.4.2 基于网络的定位技术	52
2.4.3 感知定位技术	53
本章小结	53
习题与思考题	53
第 3 章 传感器与无线传感器网络技术	55
3.1 传感器基础知识	55
3.1.1 传感器的概念	55
3.1.2 传感器的组成	56
3.1.3 传感器的分类	56
3.1.4 几种常用传感器介绍	58
3.1.5 传感器的基本特性	61
3.1.6 传感器的作用	62
3.2 智能传感器	63
3.2.1 智能传感器的基本概念	63
3.2.2 智能传感器的组成	63
3.2.3 智能传感器的功能与特点	64
3.2.4 智能传感器的应用	65
3.2.5 智能传感器的发展趋势	65
3.3 MEMS 技术	66
3.3.1 MEMS 概述	66
3.3.2 MEMS 特点	67
3.3.3 常用的 MEMS 传感器	67
3.3.4 MEMS 应用	70
3.4 传感器接口技术	71
3.4.1 传感器接口特点	71
3.4.2 常用传感器接口电路	71
3.4.3 传感器与微型计算机接口的 一般结构	73
3.4.4 接口电路应用实例	74
3.5 无线传感器网络概述	75
3.5.1 无线传感器网络介绍	76
3.5.2 传感器网络体系结构	81
3.5.3 传感器网络的发展	83
3.6 无线传感器网络的技术体系	84
3.6.1 自组网技术	84
3.6.2 节点定位技术	85

3.6.3 时间同步技术	86	本章小结	145
3.7 无线传感器网络的通信协议	87	习题与思考题	145
3.7.1 无线传感器网络的路由协议	87	第5章 云计算与大数据	147
3.7.2 无线传感器网络的 MAC 协议	89	5.1 云计算	147
3.8 无线传感器网络的技术标准	91	5.1.1 云计算的起源	147
3.8.1 IEEE 802.15.4 标准	91	5.1.2 云计算的基本概念	149
3.8.2 ZigBee 协议规范	93	5.1.3 云计算的特点	150
本章小结	96	5.1.4 云计算与相关技术的关系	152
习题与思考题	96	5.1.5 云计算与物联网	154
第4章 移动通信与 M2M 技术	97	5.2 云计算实现技术	155
4.1 网络	97	5.2.1 云计算的工作原理	155
4.1.1 互联网	97	5.2.2 云计算的体系结构	156
4.1.2 移动互联网	99	5.2.3 云计算的服务层次	157
4.2 移动通信技术	106	5.2.4 云计算的关键技术	158
4.2.1 移动通信技术的发展	106	5.2.5 云计算的派生技术	162
4.2.2 第三代移动通信技术	107	5.3 大数据	164
4.2.3 第四代移动通信技术	112	5.3.1 大数据的起源	164
4.2.4 常见接入技术	115	5.3.2 大数据的定义与特征	165
4.3 M2M 概述	124	5.3.3 大数据的存储技术	166
4.3.1 M2M 起源及现状	124	5.3.4 大数据的分析工具	167
4.3.2 M2M 标准化工作	125	5.3.5 大数据的应用领域	169
4.4 M2M 的体系结构、协议、内容	127	5.3.6 大数据的难点和热点问题	170
4.4.1 M2M 系统架构	127	本章小结	170
4.4.2 M2M 关键技术	128	习题与思考题	170
4.4.3 M2M 应用模式	129	第6章 物联网安全技术	171
4.4.4 WMMP 介绍	129	6.1 物联网安全体系及特点	171
4.5 M2M 模块	132	6.2 物联网的安全威胁	172
4.5.1 几种 M2M 模块介绍	132	6.3 物联网身份识别技术	175
4.5.2 AT 命令	133	6.4 物联网的安全需求分析	177
4.6 M2M 应用	137	6.5 物联网安全措施	178
4.6.1 M2M 的业务模型	137	6.5.1 感知层安全措施	178
4.6.2 医疗保健	138	6.5.2 传输层安全措施	181
4.6.3 电力系统	142	6.5.3 应用层安全措施	182
4.7 M2M 前景和挑战	143	本章小结	182
4.7.1 M2M 市场的前景预测	143	习题与思考题	182
4.7.2 M2M 的发展思路与对策	144	附录 缩略语	183
		参考文献	187

第 1 章 物联网概述

物联网渗透到了生产、生活的各个方面。物联网的发展是随着互联网、传感器等发展而发展的。其理念是在计算机互联网的基础上，利用射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术、无线数据通信等技术，构造一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网。

1.1 物联网的起源和发展

作为新兴事物的物联网其实并不年轻，在近十年的发展历程中，不同的国家、不同的机构组织，都在关注着物联网。物联网（Internet of Things, IoT）被看作是信息领域的一次重大发展与变革，其广泛应用将在未来 5 ~ 15 年为解决现代社会问题做出极大贡献。2009 年以来，美国、欧盟、日本等纷纷出台物联网发展计划，进行相关技术和产业的前瞻布局，我国“十二五”规划中也将物联网作为战略性新兴产业予以重点关注和推进。但整体而言，无论国内还是国外，物联网的研究和开发都还处于起步阶段。

有关资料表明，国内外普遍认为物联网是由美国麻省理工学院 Ashton 教授于 1999 年最早提出来的，其理念是基于射频识别、电子物品代码（Electronic Product Code, EPC）等技术，在互联网的基础上，构造一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网，即物联网，如图 1-1 所示。此设想有两层意思：第一，物联网的核心和基础是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物体与物体之间，并进行信息交换和通信。

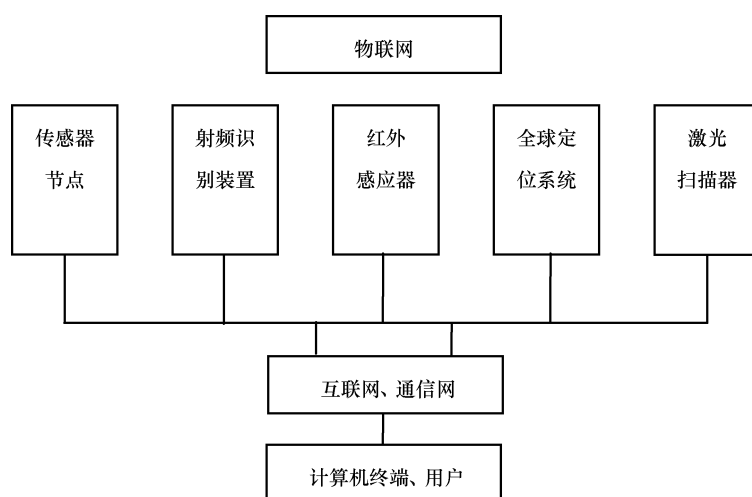


图 1-1 物联网定义

2010 年时任国务院总理温家宝在第十一届全国人民代表大会第三次会议上所做政府工作报告中对物联网做了这样的定义：物联网是指通过信息传感设备，按照约定的协议，把任

何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

除了上面的定义之外,还有一些在具体环境下为物联网做出的定义:

欧盟定义。物联网是将现有的互联的计算机网络扩展到互联的物品网络。

国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)的定义。物联网主要解决物品到物品(Thing to Thing, T2T)、人到物品(Human to Thing, H2T)、人到人类(Human to Human, H2H)之间的互联。这里与传统互联网不同的是,H2T是指人利用通用装置与物品之间的互联,H2H是指人与人之间不依赖个人计算机而进行的互联。需要利用物联网才能解决的是传统意义上的互联网没有考虑的对于任何物品连接的问题。物联网是连接物品的网络,有些学者在讨论物联网时,常提到M2M的概念,可以解释成为人到人类(Man to Man)、人到机器(Man to Machine)、机器到机器(Machine to Machine)。本质上,人与机器、机器与机器的交互,大部分是为了实现人与人之间的信息交互。

ITU物联网研究组。物联网的核心技术主要是普适网络、下一代网络和普适计算。这三项核心技术的简单定义是,普适网络,无处不在的普遍存在的网络;下一代网络,可以在任何时间、任何地点,互联任何物品,提供多种形式信息访问和信息管理的网络;普适计算,无处不在的普遍存在的计算。其中,下一代网络中“互联任何物品”的定义是ITU物联网研究组对下一代网络定义的扩展,是对下一代网络发展趋势的高度概括。从现在已经成为现实的多种装置的互联网络,如手机互联、移动装置互联、汽车互联、传感器互联等,都揭示了下一代网络在“互联任何物品”方面的发展趋势。

目前,国内外对物联网还没有一个统一、公认的标准定义,但从物联网的本质分析,物联网是现代信息技术发展到一定阶段后,才出现的一种聚合性应用与技术提升,它是将各种感知技术、现代网络技术和人工智能与自动化技术聚合与集成应用,使人与物智慧对话,创造一个智慧的世界。因此,物联网技术的发展几乎涉及了信息技术的方方面面,是一种聚合性、系统性的创新应用与发展,因此被称为是信息产业的第三次革命性创新。其本质主要体现在三个方面:一是互联网特征,即对需要联网的物一定要能够实现互联互通的互联网络;二是识别与通信特征,即纳入物联网的“物”一定要具备自动识别、物物通信的功能;三是智能化特征,即网络系统应具有自动化、自我反馈与智能控制的特点。

总体上物联网可以概括为,通过传感器、射频识别技术、全球定位系统等技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程的声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息,通过各种可能的网络接入,实现物与物、物与人的泛在连接,从而实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理。

因此,把物联网初步定义为是通过RFID、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物体与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现对该物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。要特别注意的是,物联网中的“物”,不是普通意义的万事万物,这里的“物”要满足以下条件:

- ① 要有相应信息的接收器;
- ② 要有数据传输通路;
- ③ 要有一定的存储功能;
- ④ 要有处理运算单元(如CPU);

- ⑤ 要有操作系统；
- ⑥ 要有专门的应用程序；
- ⑦ 要有数据发送器；
- ⑧ 遵循物联网的通信协议；
- ⑨ 在世界网络中有可被识别的唯一编号。

通过以上分析，发现物联网的核心是物与物及人与物之间的信息交互，其基本特征可简要概括为全面感知、可靠传送和智能处理，见表 1-1。

表 1-1 物联网的三个特征

全面感知	利用射频识别、二维码、传感器等感知、捕获、测量技术随时随地对物体进行信息采集和获取
可靠传送	通过将物体接入信息网络，依托各种通信网络，随时随地进行可靠的信息交互和共享
智能处理	利用各种智能计算技术，对海量的感知数据和信息进行分析并处理，实现智能化的决策和控制

1.1.1 物联网的起源

回顾历史，不知是巧合还是有意，在大的危机之后，总会有新的行业诞生，引领和支撑经济的复苏、发展，从而带动社会进入新的经济上升周期。20 世纪末，一系列新兴市场遭受金融危机的冲击后，促进了互联网这一新兴行业。而在这次人类历史上数一数二的金融危机余波未了时，在人们热切关注新能源行业发展时，又出现一个新名词和新概念——物联网。物联网逐渐成了人们眼中的“救世主”，尽管仍有一些学术界或者是技术精英对这种说法莫衷一是。但不可否认的是，包括美国在内的一些国家正在试图借助“物联网”走出经济的泥潭。信息产业的每一次跨越都不是技术上的偶然发明，而是国家发展战略结出的硕果。

2009 年 1 月，时任中国科学院院长路甬祥在接受《瞭望》新闻周刊专访时中指出：“眼下这场全球性金融危机爆发之时，“科学的沉寂”已达 60 余年，一些重要的科学问题和关键核心技术发生革命性突破的先兆已日益显现。当前国际金融危机对世界经济社会政治格局的影响继续显现，国际、国内环境的重大变化对我国经济社会发展已经产生了深刻影响。当前，由美国次贷危机引发的这场百年不遇的国际金融危机的影响正在全球继续扩散蔓延，尚未见底，有可能持续较长时间，世界经济将经历一个较长的低迷、调整和变革期，全球经济增长快速下滑，能源资源、粮食价格大幅波动，失业率普遍上升，对我国经济的影响不容低估。”

世界正处在科技创新突破和科技革命的前夜。这一重要结论，主要基于以下分析：

(1) 历史经验表明，全球性经济危机往往催生重大科技创新突破和科技革命。根据经济长波理论，每一次的经济低谷必定会催生出某些新的技术，而这种技术一定是可以为绝大多数工业产业提供一种全新的使用价值，从而带动新一轮的消费增长和高额的产业投资，以触动新经济周期的形成。1857 年的世界经济危机引发了以电气革命为标志的第二次技术革命，1929 年的世界经济危机引发了战后以电子、航空航天和核能等技术突破为标志的第三次技术革命。依靠科技创新创造新的经济增长点、新的就业岗位和新的经济社会发展模式，是摆脱危机，创新经济增长的根本出路。过去的十几年间，互联网技术取得了巨大成功。目前的经济危机让人们又不得不面临紧迫的选择，物联网技术可能成为推动下一个经济增长的

特别重要推手。

(2) 前瞻全球现代化发展的未来图景,包括中国、印度在内的近 30 亿人口追求小康生活和实现现代化的宏伟历史进程与自然资源供给能力和生态环境承载能力的矛盾日益凸显和尖锐,按照传统的大量耗费不可再生自然资源和破坏生态环境的经济增长方式、沿袭少数国家以攫取世界资源为手段的发展模式难以为继。人类生存发展的新需求强烈呼唤科技创新突破和科技革命。

(3) 从当今世界科技发展的态势看,奠定现代科技基础的重大科学发现基本发生在 20 世纪上半叶,“科学的沉寂”已达 60 余年,而技术革命的周期也日渐缩短。同时,科学技术知识体系积累的内在矛盾凸显,在物质能量的调控与转换、量子信息调控与传输、生命基因的遗传变异进化与人工合成、脑与认知、地球系统的演化等科学领域,在能源、资源、信息、先进材料、现代农业、人口健康等关系现代化进程的战略领域中,一些重要的科学问题和关键核心技术发生革命性突破的先兆已显现。

在此之前,中科院计算所所长李国杰院士在 2008 诺贝尔奖获得者北京论坛举行的中科院信息与创新战略研讨会上,对 21 世纪上半叶信息科学技术发展趋势作总体判断时表示:信息科技正在进入全民普及阶段,信息技术惠及大众将成为未来几十年的主旋律;21 世纪上半叶,将兴起一场新的信息科学革命,其结果可能导致 21 世纪下半叶新的技术革命。李国杰表示:“目前的信息科学只相当于 1905 年以前的理论物理研究,信息科学还处在伽利略时代。20 世纪下半叶信息技术发展迅猛,但信息技术的基础理论大部分是 20 世纪 60 年代以前完成的,近 40 年信息科学没有取得重大突破。”同样,编写计算机程序的大量日常工作可能会导致产生新的科学。如同望远镜促进天文学、显微镜促进医学发展一样,数字计算机的发明,特别是近 20 年微处理器和网络技术的突飞猛进,使大规模并行计算和网格计算成为可能,将导致一场科学的革命,21 世纪将产生以并行计算为基础的新科学。

也有其他专家在谈及物联网时说道:从 2007 年开始,我们都在应对全球金融危机,美国和欧盟在应对危机方面重点推出物联网。在 2008、2009 年比较清晰地提出物联网发展规划和发展行动的一些具体措施,也是基于应对金融危机要应对新的产业。每一次金融危机,我们要去应对它,要去挽救一些企业,要促进一些产业能够更健康地发展,但是我们最终还是要选择一些新的产业,要有新的产业取代或者改变传统产业。就像 1998 年当时亚洲金融危机一样,是因为有互联网和新经济的出现,才使当时的经济危机能够更快地度过。这一次我们也在寻找新的产业和新的发展机会,或者新的技术。世界各国都一样。摆在我们面前的确实是值得我们把握的机会,物联网会引发一个很大的产业机会,这也是物联网大的背景决定的。

物联网的发展,从一开始就是和信息技术、计算机技术,特别是网络技术密切相关。“计算模式每隔 15 年发生一次变革”这个被称为“15 年周期定律”的观点,一经美国国际商业机器(International Business Machines, IBM)公司前首席执行官郭士纳提出,便被认为同美国英特尔(Intel)公司创始人之一的戈登·摩尔提出来的摩尔定律一样准确,并且都同样经过历史的检验。摩尔定律的内容为,集成电路上可容纳的晶体管数目,约每隔 18 个月便会增加一倍,性能也将提升一倍。纵观历史,1965 年前后发生的变革以大型机为标志,1980 年前后以个人计算机的普及为标志,而 1995 年前后则发生了互联网革命。每一次的技术变革又都引起企业、产业甚至国家间竞争格局的重大动荡和变化,而 2010 年发生的变革

出现在物联网领域，如图 1-2 所示。



图 1-2 15 年周期定律

从 1999 年概念的提出到 2010 年的崛起，物联网经历了十余年的历程，特别是最近几年的发展极其迅速，不再停留在单纯的概念、设想阶段，而是逐渐成为国家战略、政策扶植的对象。表 1-2 列出了物联网发展历程中的关键点。

表 1-2 物联网发展历程中的关键点

2005 年	ITU 发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，引用了“物联网”的概念，并且指出无所不在的“物联网”通信时代即将来临。然而，报告对物联网缺乏一个清晰的定义，但覆盖范围有了较大的拓展
2009 年初	美国 IBM 公司提出了“智慧的地球”概念，认为，信息产业下一阶段的任务是把新一代信息技术充分运用在各行各业之中，具体就是把传感器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中，并且被普遍连接，形成物联网
2009 年 6 月	欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》，其目的是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
2009 年 8 月	日本提出“智慧泛在”构想，将传感网列为国家重要战略，致力于一个个性化的物联网智能服务体系
2009 年 8 月	时任国务院总理温家宝来到中科院无锡研发中心考察，指出关于物联网可以尽快去做三件事情：一是把传感系统和 3G 中的 TD 技术结合起来；二是在国家重大科技专项中，加快推进传感网发展；三是尽快建立中国的传感信息中心，或者叫“感知中国”中心
2009 年 10 月	韩国通信委员会通过《物联网基础设施构建基本规划》，将物联网确定为新增长动力，树立了“通过构建世界最先进的物联网基础设施，打造未来广播通信融合领域超一流信息强国”的目标
2010 年 3 月	时任国务院总理温家宝在《2010 年国务院政府工作报告》中，将“加快物联网的研发应用”明确纳入重点产业振兴，表明物联网已经被提升为国家战略，中国开启物联网元年

1.1.2 物联网的三大推动力

1. 第一大推动力：政府

(1) 国际社会

1998 年 1 月 31 日时任美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心，做了题为《数字地球：展望 21 世纪我们这颗行星》的长篇演讲。在这篇演讲中，他首次提到并系统阐述了“数字地球”这个新概念，其构想如图 1-3 所示。这个概念提出的前提是，技术创新的新浪潮使我们能够大量地获得、存储、处理和显示关于我们行星的各种环境和文化现象信息。如此大量的信息构成了“地理坐标系”，它涉及地球表面每一个特定的地方。有了这个数字化的“地理坐标系”信息源，人类就可以淘汰现在的人机对话方式，即利用 Macintosh 和 Windows 操作系统提供的桌面图形方式，从而跨入“数字地球”的多种分辨率、三维的表述方式，使

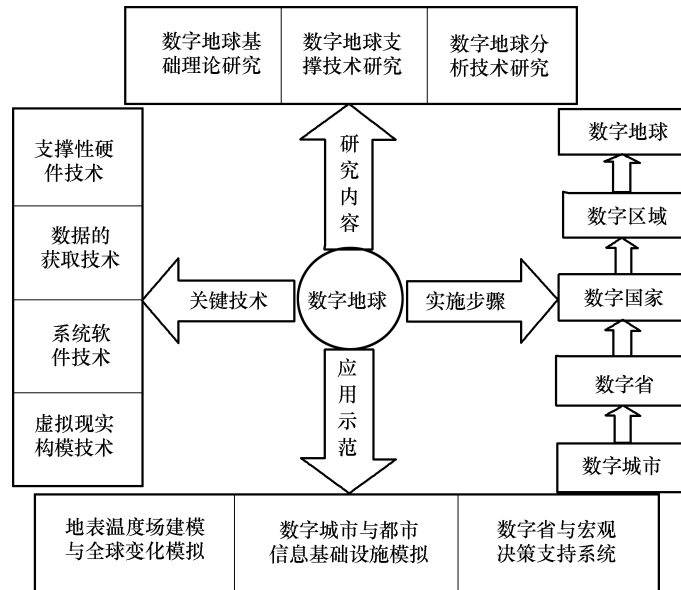


图 1-3 数字地球构想

人类能嵌入巨大数量的地理坐标系数据。

戈尔认为高科技的发展使人类拥有了前所未有的捕捉收集处理和展示信息的手段，但大量的数据并没有得到充分处理，更没有得到充分的使用。例如，一颗地球卫星每两周即可发回地球的完整照片，这种卫星已经运行了 20 年，所收集的信息可谓浩如烟海，但只是储存在数据库里，与绝大多数人的日常生活无关。

要利用这么巨大的信息量为人类服务，必须开发新的信息展示技术，人脑处理信息的“技术”具有速率低而分辨率高的特点，一般人难以在短时间内记住 7 组以上的数据，但是由几十亿个信息单元组成的图像，如一处风景，一张明星的脸，人们却可以过目不忘，乃是一见钟情。由此，戈尔提出：“我们需要一个‘数字地球’，这是一个高分辨率三维空间的数据星球，与地球有关的庞大数据可以存储在里面”。人们借助头戴显示器、特制的数据手套等高分辨率展示工具，就可以在全球自由遨游，不受时间和空间的限制，可以谈笑间“飞”到万里之外或千年之前，寻访南极的一座冰峰或会晤埃及的某位法老。

在美国，奥巴马就职后提出了“智慧地球”的概念。其雏形是美国 IBM 公司对 21 世纪后社会变化、科技发展、市场实践和全球面临的重大问题进行总结和分析后得出的结论。其核心是以一种更智慧的方法，利用新一代信息通信技术来改变政府、公司和人们相互交互的方式，以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度。通俗地讲，它是把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中，即把感应器嵌入和装备到全球每个角落的电网、铁路、桥梁、隧道、公路等各种物体中，并且被普遍连接，形成所谓“物联网”；而后通过超级计算机和“云计算”将“物联网”整合起来；在此基础上，人类可以用更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态，极大地提高资源利用率和生产力水平，应对经济危机、能源危机、环境恶化，从而打造一个“智慧地球”。作为新一轮 IT 技术革命，“智慧地球”上升为美国的国家战略，被认为是挽救危机、振兴经济、确立竞争优势的关键战略。奥巴马期

望利用“智慧地球”来刺激经济复苏，把美国经济带出低谷。同样被他们认为是挽救危机、振兴经济、确立竞争优势的关键战略。

在欧洲，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及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》，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。作为“物联网”应用的重要部分，M2M业务已受到运营商的广泛关注。一些优秀的国外运营商已开始就其长远发展，确立了明确的战略方向，如法国电信集团专注医疗、加拿大 Decoma 公司关注 M2M 协议。欧洲的运营商们也加强了 M2M 市场的部署。法国 Orange 公司看好车队管理市场；挪威 Telenor 公司与设备商合作，推出完整解决方案；德国 T-Mobile 公司与设备商合作开发解决方案；英国沃达丰推出 M2M 全球服务平台。

国外及欧美国家对于“物联网”非常重视。据资料显示，美国的奥巴马政府对更新美国信息高速公路提出了更具高新技术含量的信息化新的方案；欧盟发布了下一代全欧移动宽带长期演进与超越及信息通信技术（Information Communication Technology, ICT）研发与创新战略；而在日本政府紧急出台了数字日本创新项目 ICT 鸠山计划行动大纲；同时，澳大利亚、新加坡、法国、德国等其他发达国家也加快部署了下一代网络基础设施的步伐。全球信息化正在引发当今世界的深刻变革，世界政治、经济、社会、文化和军事发展的新格局正在受到信息化的深刻影响。在不久的将来，也许在未来的3~5年之内，更具智能性的信息基础设施逐步与传统的基础设施融合，更加智能化的网络也将会逐步得到普及。

从国际上看，欧盟各国、美国、日本等国都十分重视物联网的工作，并且已进行了大量研究开发和应用工作。例如，美国把它当成重振经济的法宝，所以非常重视物联网和互联网的发展。它的核心是利用 ICT 来改变美国未来产业发展模式和结构（金融、制造、消费和服务等），改变政府、企业和人们的交互方式以提高效率、灵活性和响应速度；把 ICT 技术充分用到各行各业，把感应器嵌入到全球每个角落，如电网、交通（铁路、公路、市内交通）等相关的物体上；并利用网络和设备收集的大量数据通过云计算、数据仓库和人工智能技术来分析给出解决方案；把人类智慧赋予万物，赋予地球。“智慧地球、物联网和云计算”就是美国要作为新一轮 IT 技术革命的领头羊的证明。据欧盟专家讲，欧盟发展物联网先于美国，围绕物联网技术和应用做了不少创新性工作。2009年11月在北京全球物联网会议上，发布的《欧盟物联网行动计划》（Internet of things: An action plan for Europe），其目的也是企图在“物联网”的发展上引领世界。在欧盟，各大运营商和设备制造商积极地推动了 M2M 的技术和服务的发展。

（2）我国

2009年8月7日，时任国务院总理温家宝在考察时提出了“感知中国”战略；2009年11月3日温家宝总理在《让科技引领中国可持续发展》讲话中有这样的描述：

“信息网络产业是世界经济复苏的重要驱动力。全球互联网正在向下一代升级，传感网和物联网方兴未艾。（智慧地球）简单说来就是物联网与互联网的结合，就是传感网在基础设施和服务领域的广泛应用。我在无锡考察时参观了中国科学院微系统所无锡传感网工程中心，很高兴看到一批年轻人正在从事传感网的研究。我相信他们一定能够创造出（感知中国），在传感世界中拥有中国人自己的一席之地。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’。”

2010年3月5日温家宝总理在十一届全国人大三次会议上做政府工作报告时指出：

“转变经济发展方式刻不容缓。要大力推动经济进入创新驱动、内生增长的发展轨道。”“大力培育战略性新兴产业。国际金融危机正在催生新的科技革命和产业革命。发展战略性新兴产业，抢占经济科技制高点，决定国家的未来，必须抓住机遇，明确重点，有所作为。要大力发展新能源、新材料、节能环保、生物医药、信息网络和高端制造产业。积极推进新能源汽车、“三网”融合取得实质性进展，加快物联网的研发应用。加大对战略性新兴产业的投入和政策支持。”

2010年3月5日，时任工信部部长李毅中信心十足地指出：“（我们国家的）物联网有一定的基础，在国际水平线上，我们并不落后。”全国人大代表、中国工程院院士、中星微电子有限公司董事长邓中翰在接受采访时说：“物联网将是未来经济的新增长点，中星微电子有限公司将会在物联网领域加大投入，进一步把网络技术、IP技术、IT技术，推动到第一、二、三产业中，并且借助物联网的商机，创造出更多新型的企业，以及新型技术和财富。”

2010年3月6日，时任全国人大常委会委员长吴邦国参加了十一届全国人大三次会议和全国政协十一届三次湖北代表团审议时，他强调：“要找准国际产业发展新方向，扬长避短，把培育物联网、智能电网、低碳技术、生物技术、新材料等新兴产业作为国家发展战略，加大科技投入，加强自主创新，攻克技术难题，掌握关键技术，加快产业化进程，切实增强经济的整体素质、发展后劲和抵御风险能力，确保我国在新一轮国际竞争中掌握主动权。”

2010年3月8日，全国人大代表、浙江省电信有限公司总经理张新建表示，我国应将物联网建设上升为国家战略，并要掌握国际话语权。对于我国的物联网建设，张新建认为，国家在“十二五”规划中要体现物联网发展的目标和思路。在建设上，国家应加大政策支持力度，政府可建立“物联网基金”提供专项资金及税收等方面的优惠政策。

《国家中长期科学与技术发展规划（2006—2020年）》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将传感网列入重点研究领域。

物联网是战略性新兴产业的重要组成部分，对加快转变经济发展方式具有重要推动作用。为加快物联网发展，培育和壮大新一代信息技术产业，依据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，2011年11月工业和信息化部制定和发布了《物联网“十二五”发展规划》。规划中分析了物联网发展的现状及形势，确定了发展物联网的指导思想、发展原则和发展目标。规划中提出了大力攻克核心技术、加快构建标准体系、协调推进产业发展、着力培育骨干企业、积极开展应用示范、合理规划区域布局、加强信息安全保障和提升公共服务能力共八项主要任务，规划了关键技术创新工程、标准化推进工程、“十区百企”产业发展工程、重点领域应用示范工程和公共服务平台建设工程五项重点工程。规划的最后提出了物联网发展的保障措施。

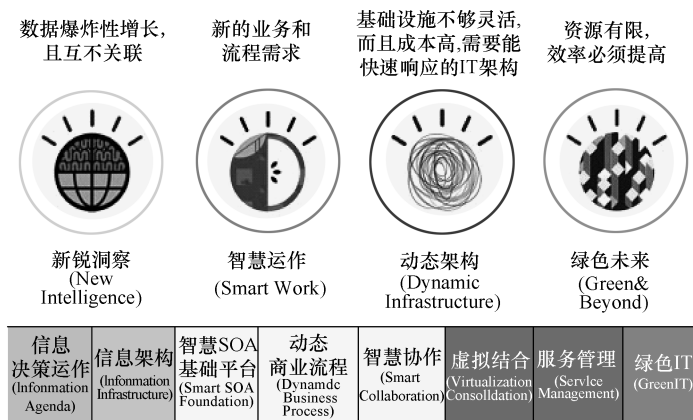
为推进我国物联网有序健康发展，2013年2月国务院发布了《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》。它指出物联网是新一代信息技术的高度集成和综合运用，具有渗透性强、带动作用大、综合效益好的特点，推进物联网的应用和发展，有利于促进生产生活和社会管理方式向智能化、精细化、网络化方向转变，对于提高国民经济和社会生活信息

化水平，提升社会管理和公共服务水平，带动相关学科发展和技术创新能力增强，推动产业结构调整和发展方式转变具有重要意义。我国已将物联网作为战略性新兴产业的一项重要组成内容。目前，在全球范围内物联网正处于起步发展阶段，物联网技术发展和产业应用具有广阔的前景和难得的机遇。经过多年发展，我国在物联网技术研发、标准研制、产业培育和行业应用等方面已初步具备一定基础，但也存在关键核心技术有待突破、产业基础薄弱、网络信息安全存在潜在隐患、一些地方出现盲目建设现象等问题，急需加强引导加快解决。

为加快推进物联网有序健康发展，2013 年 9 月国家发展改革委、工业和信息化部、教育部、科技部、公安部、财政部、国土资源部、商务部、税务总局、统计局、知识产权局、中科院、工程院和国家标准委联合发布了《十个物联网发展专项行动计划》。它要求各地根据各专项行动计划的指导思想、总体目标、重点任务、分工与进度、保障措施等，尽快细化本地区的具体措施，加强沟通协调，务实推进相关工作。

2. 第二大推动力：企业

2008 年，美国 IBM 公司提出的“智慧地球”发展战略，如图 1-4 所示，受到美国政府的高度重视。“智慧地球”的核心是，无处不在的智能对象，被无处不达的网络与人连接在一起，再被无所不能的超级计算机调度和控制。与这一战略相关的前所未有的“智慧”的基础设施，为创新提供了无穷无尽的空间。作为新一波 IT 技术革命，其对于人类文明的影响之深远，将远远超过互联网。其中，投资于新一代智慧型基础设施建设的项目，能够有力地刺激经济复苏，而且能为美国奠定长期繁荣的基础。



此为美国IBM公司的SP图解,可以看作是一个企业理想的IT与动作模型与最终的效果,它需要有新锐的洞察、智慧的运作和动态的架构,并最终让我们拥有绿色的未来

图 1-4 “智慧地球”构成

这一前景，毫无疑问引起了奥巴马团队的兴趣。既然 1993 年的克林顿能够利用互联网革命把美国带出当时的经济低谷，并实现空前的经济繁荣，那么 2009 年的奥巴马或许也可以利用“智慧地球”重现这一幕。

2010 年 9 月 11 日，我国的“传感器网络标准工作组”成立。该组聚集了中国科学院、中国移动等国内传感网主要的技术研究和应用单位，将积极开展传感网标准制定工作，深度参与国际标准化活动，旨在通过标准化为产业发展奠定坚实的技术基础。“物联网”涵盖了诸多的产业力量，电信运营商在其中扮演什么样的角色呢？说到底，运营商就是提供一个运

营平台，可以在上面开发各种业务。“物联网”概念在时任中国移动公司总经理王建宙的大力倡导下，已开始迅速普及，中国电信公司和中国联通公司也快马加鞭赶了上来。在2009年9月16日正式开幕的“2009年中国国际信息通信展览会”上，三大运营商“物联网”业务全部登台亮相。在中国移动公司的展位上，重点展示的是手机钱包和手机购电业务。

除了上述业务外，中国移动公司的“物联网”展台还展出了物流信息化、企业一卡通、公交视频、校讯通、手机购电等主题，这些业务都是物联网概念统合下的业务分支。中国电信公司将物联网业务分成两部分——“平安e家”和“商务领航”。中国联通公司的3G污水监测业务更脱离了个人消费的传统应用领域。这些服务也可以算是“物联网”概念下的业务分支。中国电信公司向物流行业提供名为“物流e通”的业务，采用自动识别、移动通信和全球卫星定位系统（Global Positioning System, GPS）等多项技术，将物流管理系统嵌入到CDMA手机中，提供物流数据采集、物流业务管理、自主导航和第三方定位等功能。中国移动则推出了“e物流”业务，面向物流运输行业推出的集GPS、地理信息系统（Geographic Information System, GIS）、通用分组无线服务（General Packet Radio Service, GPRS）、短信服务（Short Message Service, SMS）技术于一体的软、硬件综合信息系统管理平台，提供车辆定位、货况信息、短信通告、运输路径的选择、运输网络的设计与优化等服务。

ITU 2005年的一份报告中曾描绘了“物联网”时代的图景：当司机出现操作失误时汽车会自动报警；公文包会提醒主人忘带了什么东西；衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求等。这些理想化的服务指出了物联网的一个发展方向，目前我国物联网工作已经展开，并且在一些领域具体实施。例如，2010年上海世博会期间，为确保世博园区食品安全，监管部门启动了“世博食品安全实时监控综合平台”。食品或原材料进入园区之前，需佩戴电子标签（即RFID）；食品或原材料入园时，工作人员只要用读卡器轻照电子标签，一个番茄、一根豆芽都能追根溯源。

物联网被过多地解读为一个商业术语，而不是严格意义上的科学概念。但无论是商业服务者，还是科学研究者看来，物联网都可以称得上是“科技以人为本”、“服务完美生活”的融合体。从各个行业具体而微小规模应用的“涓涓细流”，逐渐汇聚成技术高度集成、应用广泛的大江大河。

物联网可期的行业前景，促使美国谷歌、微软公司等巨头争相布局，以占据产业链顶端。谷歌公司收购美国Nest公司只是这一风潮的开始。32亿美元、全现金支付…谷歌公司以这样的大手笔打响了对物联网的争夺战。2014年1月13日，谷歌公司宣布以32亿美元高价收购Nest公司，后者是智能家居设备生产商，主要产品是智能恒温器和智能烟雾探测器。这些设备与智能手机互通，将各种数据上传到云端，并执行操作。

事实上，谷歌公司一直以来就对智能家居领域情有独钟。它曾研发过一款名为Power-Meter的网络仪表，因量产困难而以失败告终。2012年初，谷歌公司又推出使用Android设备控制家用电器的技术Android@home，也未能成功。同期，谷歌公司旗下风险投资部门一直看好Nest公司的发展，参与了该公司2011年的B轮融资及2012年的C轮融资。之所以花巨资收购Nest公司，谷歌公司看中的显然不只是两台售价几百美元的设备。其实，智能恒温器和烟雾探测器几年前就已出现在市面上，并不稀奇，但真正将人机交互做到“艺术”级别的团队，Nest公司堪称其中翘楚。这多少是创始人Tony Fadell的功劳。这位前苹果公司高管、有“iPod之父”称号的Nest公司CEO，多次表示智能家居是一种艺术。而另

一位创始人 Matt Rogers 及全公司 300 名员工中的 1/3 都是从苹果公司跳槽来的。对于始终执着于未来产业的谷歌公司来说，其软硬件结合能力与苹果公司相比始终相形见绌，如今花 32 亿美元购入 Nest 公司正是为弥补这一短板。

如果说花费 125 亿美元收购美国摩托罗拉公司移动业务标志着谷歌公司涉足硬件，那么花 32 亿美元购买 Nest 公司——谷歌公司历史上规模第二的收购，则意味着谷歌公司已经具有了进军物联网的跳板。

显然，看好物联网前景的不止谷歌公司一家。就在谷歌公司全力进军智能家居领域之时，美国微软公司已确认收购美国家庭自动化技术公司 R2 Studios，力图抢占一席之地。而在 2014 年的国际消费电子展（Consumer Electronics Show, CES）上，日本索尼公司推出了一款 Life Space UX 投影仪，可使普通墙壁变成触摸屏，成为智能设备；韩国 LG 公司则公布了其智能家电计划，用户可通过短信对联网的冰箱、洗衣机或吸尘器发号施令；韩国三星公司展出了名为“Smart Home”的软件平台，用户在回家路上就可用手机打开家中的空调或关掉电灯。德国西门子、南非 Teletask、法国莫顿公司等传统家居厂商，都提出了不同的“智能家庭网络”方案。CES 之外的各种硬件展上，智能电灯、安防设备乃至智能牙刷也都成为展会焦点，吸引大批创业者关注。我国许多传统家电厂商都推出了智能家电，如海尔公司将与美国苹果公司合作，成为全球唯一成功将苹果公司 MFI 授权技术应用于家电行业的企业。得益于 MFI 技术，用户可通过 iPhone、iPad 等移动设备实现对智能家电的掌控。

3. 第三大推动力：教育界与科技界

追求先进科学、前沿技术是科学家的天职。2009 年初，美国总统奥巴马在和工商领袖举行的圆桌会议上，对包括物联网在内的智慧型基础设施（简称“智慧地球”）给予积极回应，将“新能源”和“物联网”列为振兴经济的两大武器，将“智慧地球”提升到美国的国家发展战略的高度。随着“感知中国”战略构想的提出，我国政府已充分意识到物联网是信息技术变革的重大机遇。通过探索物联网的核心理论问题，发展享有自主产权的物联网技术对推动我国在该领域的跨越式发展，具有十分重要的意义。

2010 年 3 月 9 日，教育部网站发出通知：我国拟针对互联网、绿色经济、低碳经济、环保技术、生物医药等国家决定大力发展的重要战略性新兴产业，在高校本科教育阶段设立相关专业。这其中就包括增设物联网专业，以期为重要战略性新兴产业——物联网相关产业培养高素质人才。

工业和信息化部相关领导在首届物联网应用高峰论坛上表示，目前我国物联网总体还处于起步阶段，为推进物联网产业发展，我国将采取四大措施支持电信运营企业开展物联网技术创新与应用。这些措施如下：

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络节点、传感器网关；超高频 RFID、有源 RFID 和 RFID 中间产业等，重点发展物联网相关终端和设备及软件及信息服务。

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