

王志良 主编

物联网

现在与未来

The Internet of Things: Present and Future

物联网究竟是什么？

它的出现又将给我们的生活带来怎样的变化呢？
相信很多人都会有类似这样的疑问。

作为未来信息科技发展的方向，
物联网将融入我们每一个人的日常生活，
所以我们每个人都有必要去了解物联网。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



物联网

现在与未来

◎王志良 主编



机械工业出版社

本书是一本介绍物联网相关知识的书籍。全书较为全面地介绍了物联网相关的基本概念、产生背景和未来趋势,并对物联网的支撑技术、标准协议、科学理论及应用领域等问题进行了深入的论述和讨论。本书图文并茂,在设计和构思上力争为读者提供全面、系统的内容,使读者对物联网有一个较清晰的认识,期望对需要了解物联网知识的各位读者朋友有所帮助。

本书可作为需要了解物联网基本知识的各级政府公务员、企业管理者、科研人员及高等院校教师等读者朋友的参考书籍,还可以作为高等院校相关专业研究生以及大学生的专业课教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网:现在与未来/王志良主编. —北京:机械工业出版社, 2010.6

ISBN 978 - 7 - 111 - 30876 - 8

I. ①物… II. ①王… III. ①计算机网络 - 应用 - 物流 - 研究
IV. ①F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 103143 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:牛新国 责任编辑:刘星宁 版式设计:霍永明

责任校对:陈立辉 封面设计:路恩中 责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 6.625 印张 · 162 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 30876 - 8

定价:28.00 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

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面防伪标均为盗版



前言

信息技术的发展催生了一个新的概念——物联网（The Internet of Things, IOT）。这个概念近些年来受到了一些具有战略眼光的国家政府官员和企业家的密切关注，比如美国总统奥巴马提出的“智慧地球”、我国总理温家宝提出的“感知中国”等。那么，物联网究竟是什么？它的出现又将给我们的生活带来怎样的变化呢？相信很多人都会有类似这样的疑问。作为未来信息科技发展的方向，物联网将融入我们每一个人的日常生活，所以我们每个人都有必要去了解物联网。作者领导的课题组一直密切关注着物联网的发展，我们对物联网相关的知识进行梳理，形成一个完整的物联网知识体系，在本书中与读者分享。

到目前为止，物联网还没有形成一个为大家所公认的定义。通俗地讲，物联网就是“物物相连的互联网”；从技术上来说，物联网可以定义为“通过射频识别（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。”

本书图文并茂，在设计和构思上力争为读者提供全面、系统的内容，立足于实用性、资料性、科普性和先进性，使读者对物联网有一个清晰的认识，期望对需要了解物联网知识的各位读者朋友有所帮助。全书共分为7章，第1章论述了物联网的产生背景；第2



章论述了物联网的基本概念及研究、应用、发展状况；第3章介绍了RFID、ZigBee、组网技术、微机电系统（MEMS）技术等物联网的支撑技术；第4章介绍了物联网相关的协议与标准；第5章依次讨论了网络科学理论、CPS模型等物联网科学问题，并对构建人机物三元世界做出了构想；第6章论述了物联网在产业上的典型应用，展示物联网的独特魅力；第7章论述了物联网给我们的社会各方面带来的巨大影响，指出其所带来的各方面挑战，并提出在新形势下应对挑战、抢抓机遇的现实做法和建议，供我国政府、科研及产业界人士参考，以争取我国在世界信息领域的有力地位。

本书由王志良教授任主编并统稿。邝娇丽、闫纪铮参与了第1章的编写工作；邝娇丽、闫纪铮、李明参与了第2章的编写工作；王鲁参与了第3、4章的编写工作；张富深参与了第5章的编写工作；李明参与了第6章的编写工作；邝娇丽、闫纪铮、李明参与了第7章的编写工作。

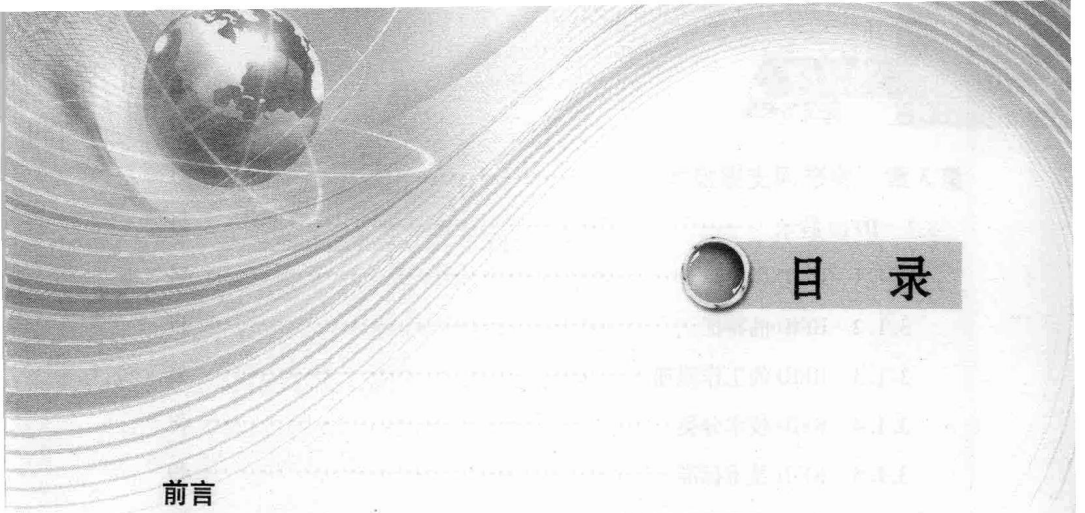
本书的出版得到了机械工业出版社的大力支持，作者在此表示诚挚的谢意。同时感谢国家自然科学基金（60573059）、国家高技术研究发展计划（863计划）（2007AA04Z218）、北京市教育委员会科技计划重点项目（KZ200810028016）给予的支持。

物联网是一个方兴未艾的新生事物，由于时间仓促，一定还有很多内容没有在书中得到反映；同时，由于作者的水平有限，书中肯定存在不少缺点与疏漏之处，敬请各位专家以及广大读者批评指正。

王志良

于北京科技大学

2010年5月



目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 经济危机催生科技信息革命	1
1.2 政策战略引导	4
1.2.1 戈尔：数字地球	4
1.2.2 奥巴马：智慧地球	6
1.2.3 温家宝：感知中国	8
1.2.4 两会关注	9
1.2.5 工业和信息化部四措施推物联网产业发展	10
1.3 信息科技发展的必然趋势	11
参考文献	18
第2章 物联网概述	20
2.1 物联网的定义	20
2.2 物联网的基本框架	22
2.3 物联网的相关机构	24
2.4 物联网的应用领域	25
2.5 物联网国内外发展状况	37
2.5.1 物联网国外发展状况	37
2.5.2 物联网国内发展状况	39
参考文献	41

第3章 物联网支撑技术	43
3.1 RFID 技术	43
3.1.1 RFID 简介	44
3.1.2 RFID 的特征	45
3.1.3 RFID 的工作原理	46
3.1.4 RFID 技术分类	48
3.1.5 RFID 技术标准	49
3.1.6 RFID 应用及发展趋势	51
3.1.7 RFID 面临的问题	52
3.2 ZigBee 技术	53
3.2.1 什么是 ZigBee	54
3.2.2 ZigBee 无线数据传输网络描述	55
3.2.3 ZigBee 采用的自组织网通信方式	58
3.2.4 ZigBee 的频带	59
3.2.5 ZigBee 性能分析	60
3.2.6 ZigBee 自身的技术优势	61
3.2.7 ZigBee 应用领域	62
3.2.8 ZigBee 技术的下一步发展	64
3.3 常见的组网技术	65
3.3.1 现场总线技术	65
3.3.2 WiFi 技术	69
3.3.3 蓝牙技术	72
3.3.4 GPS 技术	77
3.3.5 PLC 技术	80
3.4 MEMS 技术	86
3.4.1 MEMS 技术简介	87
3.4.2 MEMS 技术发展历史	88



3.4.3 微传感器研究现状与发展方向	89
3.5 智能技术	96
3.5.1 嵌入式智能平台技术	97
3.5.2 智能空间技术	99
参考文献	103
第4章 协议与标准	106
4.1 物联网的标准体系及存在问题	106
4.1.1 物联网与 RFID、传感器网络和泛在网的关系	107
4.1.2 物联网的标准体系	109
4.1.3 物联网标准制定中存在的问题	111
4.2 IEEE802.15.4 标准	114
4.2.1 IEEE802.15.4 概述	115
4.2.2 网络拓扑结构	116
4.2.3 MAC 层帧结构	117
4.3 ZigBee 协议规范	120
4.3.1 ZigBee 协议栈体系结构	120
4.3.2 ZigBee 应用的基本概念	122
4.3.3 ZigBee 协议栈各层帧结构之间的关系	126
4.3.4 ZigBee 原语的概念	126
参考文献	128
第5章 物联网的科学问题	129
5.1 网络科学理论	129
5.1.1 网络科学理论的发展	129
5.1.2 研究网络科学的工具和方法	132
5.1.3 网络建模需顾及的 6 个特征	133

5.2	Cyber 模型	134
5.2.1	复杂网络	135
5.2.2	无尺度网络和 Barabási-Albert 模型	136
5.3	Physical 模型	139
5.3.1	物理学的发展	139
5.3.2	表征复杂物理世界的方法	140
5.4	CPS 的科学问题	143
5.4.1	CPS——物联网的技术内涵	143
5.4.2	CPS 发展的科学技术瓶颈	144
5.4.3	未来的 CPS—构建人、机、物三元世界	147
5.4.4	人工心理与物联网	148
	参考文献	150
 第 6 章 物联网应用：从技术到产业		151
6.1	物联网应用案例 1——太湖流域水环境监测	151
6.1.1	太湖流域水环境简介	151
6.1.2	物联网在太湖流域水污染治理中的应用	152
6.2	物联网应用案例 2——安全防范自动化系统	157
6.2.1	安全防范自动化	157
6.2.2	门禁管理子系统解决方案	159
6.2.3	上海浦东国际机场防入侵物联网系统	162
6.3	物联网应用案例 3——通信应用	164
6.3.1	移动支付	165
6.3.2	基于短信的网上购物移动支付解决方案	166
6.3.3	世博“手机票”	168
6.4	物联网应用案例 4——智能交通系统	170
6.4.1	不停车收费系统	171



6.4.2 基于 RFID 的不停车收费系统解决方案	171
6.5 物联网应用案例 5——智能电网	174
6.5.1 智能电网	175
6.5.2 智能电网在线监测及故障定位系统解决方案	177
6.5.3 中国国家电网公司“坚强智能电网”建设	179
6.6 物联网应用案例 6——智能家居	183
6.6.1 智能家居	183
6.6.2 智能家居系统解决方案	184
参考文献	190
第 7 章 未来与挑战	192
7.1 掀起第三次信息产业化浪潮	192
7.2 阶段式分步发展	194
7.3 未来趋势和关键挑战	195
7.4 结束语	197
参考文献	197
附录 缩略语	199

绪 论

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,诞生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。物联网逐渐成为了人们眼中的“救世主”,尽管仍有一些学术界或者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通过“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。

1.1 经济危机催生科技信息革命

2009 年 1 月,中国科学院院长路甬祥在接受《瞭望》新闻周刊专访时指出: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，以推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，物联网技术成为推动下一轮经济增长的特别重要的推动手段。

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,中国科学院计算技术研究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国科学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数学。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:从2007 年开始,我们都在应对全球金融危机,美国、欧洲联盟(简称欧盟)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有新的产业出现。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。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，这也是由物联网大的背景决定的。

1.2 政策战略引导

在这场科技革命、信息革命的演进过程中，美国前副总统戈尔提出的“数字地球”可以让人类遨游不同地区，不受时间和空间的控制；IBM 公司提出的“智慧地球”是以物联网技术为基础的；奥巴马总统将物联网与绿色能源并列，认为这两大战略能够带来长短兼顾的良好效益。温家宝总理也提出了建立“感知中国”中心的工作，物联网建设已被上升到国家战略的层面。

1.2.1 戈尔：数字地球

1998 年 1 月 31 日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。他在这篇演讲中，首次提到并系统阐述了“数字地球”这个新概念，其构想如图 1-1 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，使人类能嵌入巨大数量的地理坐标系数据。

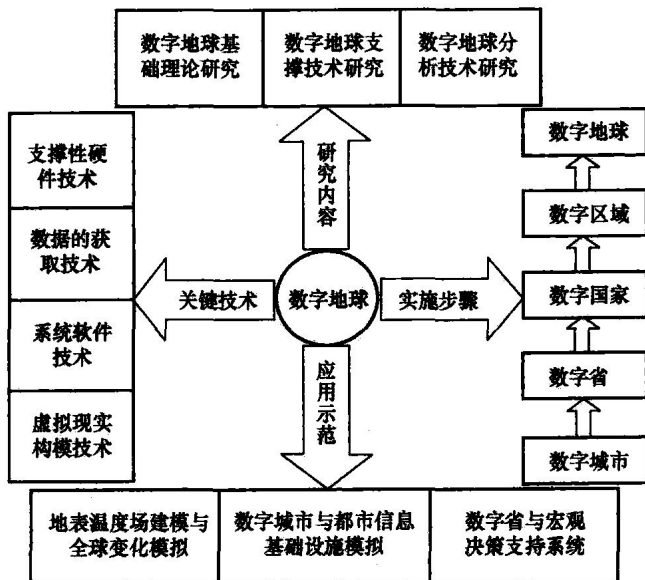


图 1-1 数字地球构想

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，乃至一见钟情。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。

1.2.2 奥巴马：智慧地球

20 世纪，克林顿政府提出“信息高速公路”的国家振兴战略，大力发展互联网，推动了全球信息产业的革命，美国经济受惠于这一战略的远见卓识，在 90 年代中后期享受了历史上罕见的长时间的繁荣，使美国的霸主地位继续稳固。

21 世纪，奥巴马总统面对危局，正在苦苦求索。奥巴马的振兴战略方向在哪里？种种迹象表明：“智慧地球（Smarter Planet，SP）”发展战略将成为主导。

2008 年，IBM 公司提出的“智慧地球”发展战略（见图 1-2），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

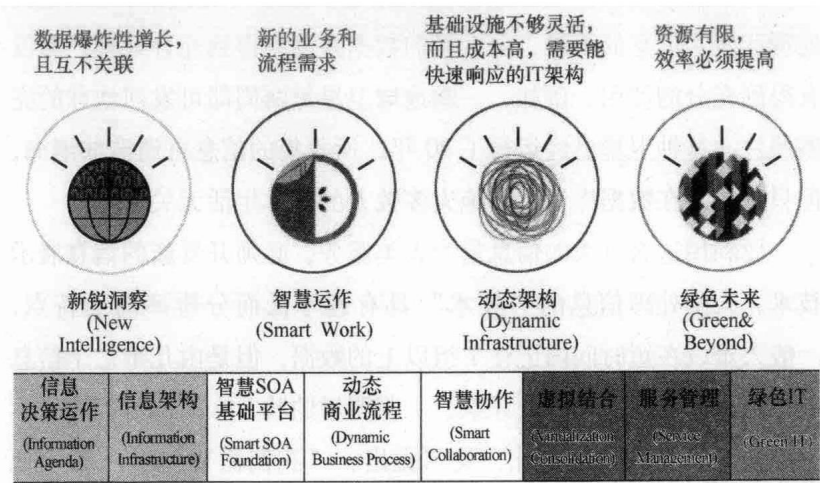


图 1-2 智慧地球的构成

注：IBM 公司的 SP 图解，可以看作是一个企业理想的 IT 与动作模型及最终的效果，它需要有新锐洞察、智慧运作和动态架构，并最终让我们拥有绿色未来。



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，其应用领域如图 1-3 所示。作为新一波信息技术（IT）革命，其对于人类文明的影响之深远，将远远超过互联网。预期其中投资于新一代智慧型基础设施建设项目，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。

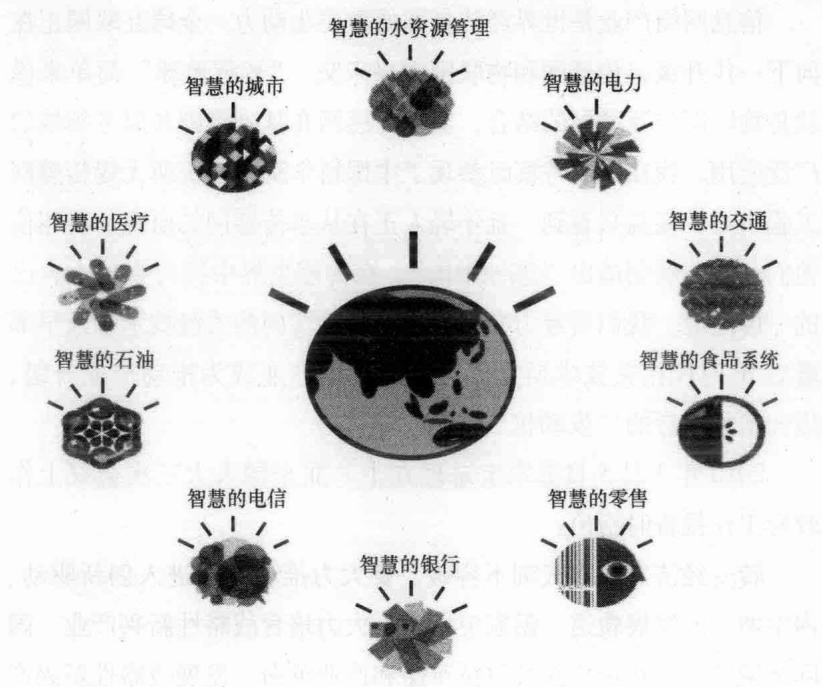


图 1-3 智慧地球应用领域

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。“智慧地球”可能上升为美国的国家战略。