

物联网应用技术系列教材

物联网应用基础

WULIANWANG YINGYONG JICHU

彭力 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

★★★★ |||||★★★★
物联网应用技术系列教材

物联网应用基础

彭 力 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 提 要

全书内容围绕 10 多个物联网核心知识点,分 10 章展开叙述。本书主要内容
包括:无线通信的基础;传感器技术;网络基础涉及简单网络、无线网络微功
耗技术、网络拓扑算法等;无线网络技术;物联网网络层技术;物联网应用层
技术等。

本书作为物联网概论性教材,适合于大学本科物联网专业基础课或大学公
共课教学使用,也可以作为高职高专的教学及物联网工程技术人员的培训用书,
同时还可供物联网开发、物流运输、自动化及通信等领域的技术从业人员参考
使用。

图书在版编目(CIP)数据

物联网应用基础/彭力编著. —北京:冶金工业出版社,
2011.7

物联网应用技术系列教材

ISBN 978-7-5024-5614-6

I. ①物… II. ①彭… III. ①互连网络—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(2011)第 120438 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

责任编辑 程志宏 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5614-6

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 7 月第 1 版,2011 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;12.5 印张;303 千字;189 页

29.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

当前,随着网络技术、无线通信、嵌入式、单片机、集成电路、传感器技术、自动化技术等等前沿技术的快速发展,物联网技术已经成为新经济模式的引擎,有可能带动多个传统行业进入一个崭新的世界,它所涉及新的技术领域非常广阔,如农业,工业,商业,建筑,汽车,环保,交通运输,自动化,机械设计,医学,安防,物流,海运,渔业等所有可知的专业,成为国家经济发展的重大战略需求,前景极其广阔。

如何进行物联网技术的教学?如何在有限的学时和篇幅中,让学生和读者对物联网技术的基本原理和基础理论知识有一个概括性了解?如何深入浅出,循序渐进的让学生和读者理解物联网技术的主要核心技术和发展趋势?本书将给读者一个较全面地引导。

物联网的本质是网络通讯技术,物联网核心技术是无线技术。高度集成的控制器是它的大脑,各种传感器是它的触角,它使得物体自己开口说话,以及广泛的物体互联,它能提供随时随地的智能服务,更大规模的网络覆盖和系统集成。由此,物联网的基础应该包括如下6个方面内容:

1. 无线通信的基础,如信号与噪声,数字通讯,调制解调,短距离无线通讯,无线 SOC 等;
2. 传感器技术;
3. 网络基础如简单网络,无线网络低功耗技术,网络拓扑和算法;
4. 无线网络技术,从 ZigBee 传感器网络,到高频和超高频射频识别,再到网络加密与安全,无线定位技术;
5. 物联网网络层技术,从嵌入式 Wi-Fi 和嵌入式蓝牙网络,到蜂窝网络, GPRS/3G 远程网络,多网络路由和融合,让读者对物联网网络层技术有全方位的掌握。

6. 进入应用层技术, 主讲物联网应用工程设计方法和如何使用前面学习的基本技术来自己构架一个典型的物联网应用项目。

物联网将面对千千万万的应用产品和项目设计, 期待的是学生和读者采用全书学习到的原理和知识最终自己动手去完成。

全书内容涉及 20 多个核心知识点, 分为 10 章展开叙述。本书使用通俗易懂的语言和图片, 生动形象地讲述每个物联网技术的原理、理论和基础。本书通过理论和具体实物结合, 让读者能全面感知, 身临其境, 从感性到理性完成物联网领域博大精深、浩瀚无边学习过程。本书作为物联网技术大学本科基础课教材以及高职、高专专业基础课教材和工程师培训教材, 由于采用由浅入深的紧凑型讲解方式, 可以让读者和学生对相关物联网技术的原理和知识, 有一个较深刻的了解, 为进一步深入到专业课程的学习或相关技术领域, 进行学习和研究, 打下一个坚实的基础。

本书由江南大学彭力教授主编, 江南大学的吴林海、谢林柏、罗海驰、茅正冲以及赵龙、温黎茗、张炜、向辉、刘刚等参加了编写工作。在此向他们表示感谢, 同时感谢国家自然科学基金 (60973095、71073069)、数字装备与技术国家重点实验室 (华中科技大学) 开放课题 (DMET-KF-2010-008) 和江南大学出版基金资助。还要感谢物联网应用技术教育部工程中心、轻工过程控制教育部重点实验室、江南能源感知研究院、江南食品安全研究基地的大力支持以及本书编辑程志宏主任热情辛勤的编辑工作。

彭 力

2011 年初春于无锡

目 录

第1章 物联网核心技术和知识体系	1
1.1 物联网的定义	1
1.2 物联网的体系结构	2
1.3 物联网的历史和现状	3
1.4 物联网的知识体系	3
1.5 物联网的应用	4
1.6 物联网的技术与趋势	8
1.6.1 物联网的节点	8
1.6.2 物联网的覆盖范围	9
1.6.3 物联网的微控制器	9
1.6.4 物联网的协议栈	9
1.7 物联网综述	9
思考题	12
第2章 无线通信系统	13
2.1 无线通信系统组成	13
2.2 无线通信系统技术	15
2.2.1 多路访问技术	15
2.2.2 频分多址 FDMA 访问技术	15
2.2.3 时分多址 TDMA 访问技术	17
2.2.4 载波侦听 CSMA 访问技术	17
2.2.5 跳频通信 FHSS 访问技术	18
思考题	19
第3章 通信接口技术	20
3.1 标准接口	21
3.2 串行接口	23
3.2.1 RS-232-C	23
3.2.2 RS-422	23
3.2.3 RS-485	24
3.2.4 USB	24
3.3 SPI 接口	25

3.4 I ² C 接口	25
3.5 I ² C、SPI、RS-232 间的区别	27
思考题	28
第4章 微控制器	29
4.1 微控制器的概述	29
4.1.1 单片机简介	29
4.1.2 单片机的发展历史	29
4.1.3 典型8位和32位单片机	30
4.1.4 单片机的发展趋势	30
4.1.5 单片机的应用	31
4.2 微控制器的结构	32
4.2.1 微处理器	32
4.2.2 存储器	32
4.2.3 输入/输出接口电路	33
4.2.4 总线	33
4.3 微控制器的编程基础	33
4.3.1 标识符与关键字	33
4.3.2 基本语法	34
4.3.3 函数	39
4.3.4 数组	42
4.3.5 指针	43
4.3.6 结构	44
4.4 嵌入式智能传感器概述	46
4.4.1 嵌入式智能传感器基础	46
4.4.2 嵌入式智能传感器一般结构	46
4.5 嵌入式系统	48
思考题	50
第5章 无线传感器网络技术	51
5.1 无线传感器网络概述	51
5.1.1 无线传感器网络体系结构	52
5.1.2 无线传感器网络的特征	54
5.1.3 无线传感器网络应用领域	54
5.2 无线传感器网络的路由技术	55
5.2.1 路由协议的分类	55
5.2.2 能量感知路由协议	57
5.2.3 基于查询路由	58
5.2.4 地理位置路由	61

5.2.5 基于 QoS 的路由	64
5.3 无线传感器网络的链路层技术	66
5.3.1 无线传感器网络 MAC 协议	66
5.3.2 错误控制	74
5.4 定位技术	74
5.4.1 定位技术概述	74
5.4.2 节点位置计算的常见方法	75
5.4.3 定位算法分类	76
5.4.4 基于距离的定位	76
5.4.5 与距离无关定位算法	78
思考题	80
第 6 章 短距离无线通信技术	81
6.1 短距离无线通信及无线局域网技术	81
6.1.1 短距离无线通信技术概述	81
6.1.2 无线局域网 (WLAN) 与 IEEE802.11 标准族	81
6.2 蓝牙技术	82
6.2.1 蓝牙技术的工作原理	82
6.2.2 蓝牙网络基本结构	83
6.2.3 蓝牙的协议栈	84
6.2.4 蓝牙的特点	85
6.2.5 蓝牙技术的应用	86
6.3 Wi-Fi 技术	87
6.3.1 Wi-Fi 技术的概念	87
6.3.2 Wi-Fi 网络结构和原理	88
6.3.3 Wi-Fi 技术的应用	89
6.4 ZigBee 技术	91
6.4.1 ZigBee 技术的概述	91
6.4.2 ZigBee 物理层 (PHY)	93
6.4.3 ZigBee 数据链路层	94
6.4.4 ZigBee 网络层	95
6.4.5 ZigBee 应用层	97
6.4.6 ZigBee 技术的特点	99
6.5 超宽带 (UWB) 技术	99
6.5.1 UWB 技术的概念	99
6.5.2 UWB 无线通信系统的关键技术	100
6.5.3 UWB 技术的特点	102
6.5.4 UWB 技术的应用	103
思考题	104

第7章 远程通信技术	105
7.1 远程通信概述	105
7.1.1 美国电话电报 (AT&T) 公司	105
7.1.2 公共远程通信网络内容	105
7.1.3 同步传输与异步传输	106
7.1.4 数据网络连接方式	107
7.2 远程发送信号	109
7.3 用于调制和解调的调制解调器硬件	110
7.3.1 租用模拟数据线路	111
7.3.2 光学、无线和拨号调制解调器	111
7.4 载波频率和多路复用	113
7.4.1 基带和宽带技术	113
7.4.2 波分多路复用与分布频谱	114
7.4.3 时分多路复用	114
7.5 典型通信系统介绍	114
7.5.1 GSM 数字蜂窝移动通信系统	114
7.5.2 码分多址 (CDMA) 蜂窝移动通信系统	125
7.5.3 3G 无线远程通信	129
7.5.4 卫星通信系统	131
思考题	141
第8章 射频标签 (RFID) 读卡器系统	142
8.1 基本概念	142
8.2 工作原理	143
8.3 RFID 国际标准	144
8.4 超高频 RFID 工作原理	144
8.5 有源标签读卡器系统	146
8.6 RFID 应用系统	147
8.6.1 车辆自动识别	147
8.6.2 高速公路收费及智能交通	148
8.6.3 货物的管理及监控	148
8.6.4 射频卡的应用	148
8.6.5 生产线的自动化及过程控制	148
8.6.6 动物的跟踪及管理	149
第9章 信息安全技术	150
9.1 信息安全基础	150
9.1.1 公钥密码	150

9.1.2 分组密码	151
9.1.3 序列密码	151
9.1.4 认证码	152
9.1.5 数字签名	152
9.1.6 Hash 函数	153
9.1.7 身份识别	153
9.1.8 密钥管理	153
9.1.9 PKI 和 VPN	154
9.1.10 信息隐藏	154
9.1.11 量子密码	155
9.1.12 基于生物特征的识别理论与技术	156
9.2 无线传感器的网络安全问题	156
9.2.1 无线传感器网络中的安全问题	156
9.2.2 无线传感器网络中的威胁分析与对策	157
9.2.3 无线传感器网络的入侵检测技术	161
9.3 RFID 的安全问题	164
9.3.1 RFID 技术存在的安全隐患	164
9.3.2 RFID 安全问题解决方案	164
思考题	166
第 10 章 物联网技术的应用	167
10.1 多网络互连路由	168
10.2 网络协调器	168
10.3 物联网技术在智能家居中的应用	171
10.4 物联网在超市购物中的应用	175
10.5 物联网技术在农林业中的应用	178
10.5.1 物联网在农业精准灌溉中的应用	178
10.5.2 物联网技术在现代农业信息化中的应用研究	180
10.6 物联网技术在医疗中的应用	180
10.6.1 物联网在患者健康管理中的应用	182
10.6.2 物联网在生命状态监测系统中的应用	183
10.7 物联网技术在工业生产中的应用	184
10.8 物联网技术在通信网络中的应用	185
10.8.1 中国电信	186
10.8.2 中国移动	186
10.8.3 中国联通	186
10.9 物联网技术在智能交通中的应用	187
参考文献	188

第1章 物联网核心技术和知识体系

1.1 物联网的定义

物联网（The Internet of things）的定义是：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，进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

物联网的概念是在1999年被提出的，其含义就是“物物相连的互联网”。其中包含有两层意思：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品与物品之间进行信息交换和通讯。

在这个网络中，物品能够彼此进行“交流”，人们能够彼此进行“交流”，人与物能够彼此进行“交流”，而无需人的干预，如图1-1所示。其实质是利用感知、无线技术，通过计算机互联网实现物品的自动识别和信息的互联与共享。

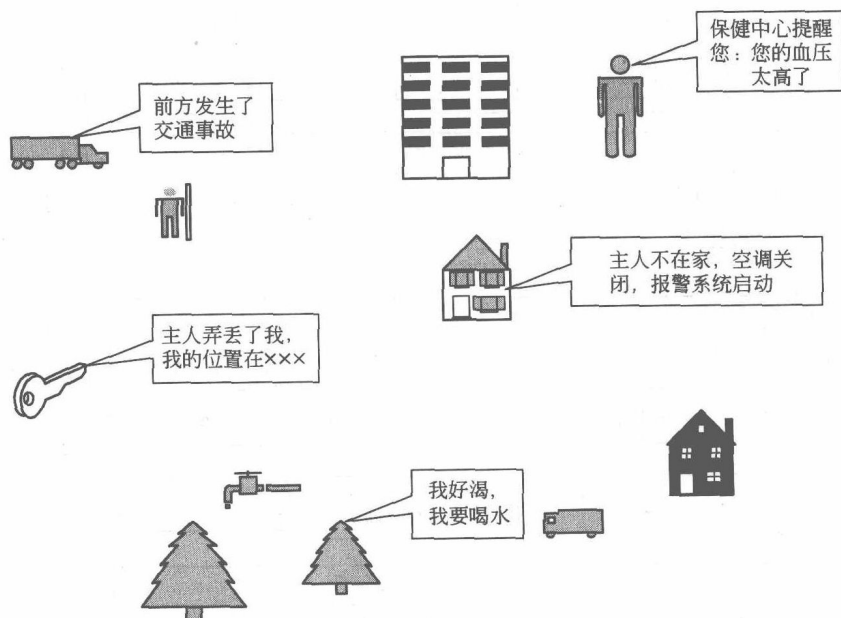


图1-1 会说话的客观事物

物联网的本质是网络通信，网状网络是关键。物联网核心技术是无线技术，包括无线SOC、无线网络标准、无线通信的协议栈和其他相关嵌入式软件、数据库、中间件等。无线网络通信中的主流技术所包括的无线技术和频率的工作范围如图1-2所示。

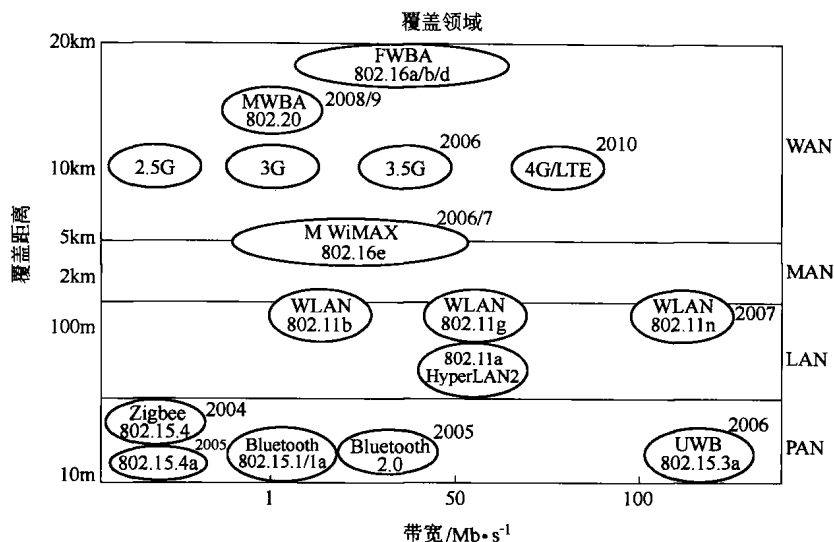


图 1-2 物联网无线技术及其工作频率范围

1.2 物联网的体系结构

物联网的体系结构分为内在和外在两种结构形式，如图 1-3 和图 1-4 所示。

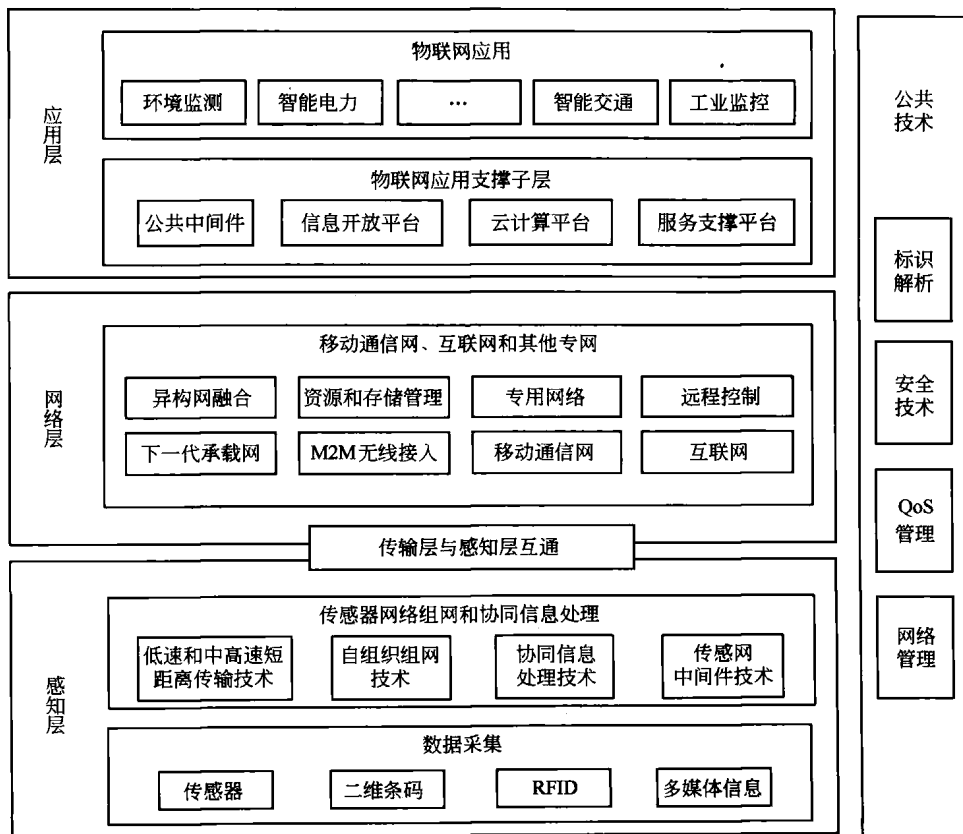


图 1-3 物联网的内在体系结构

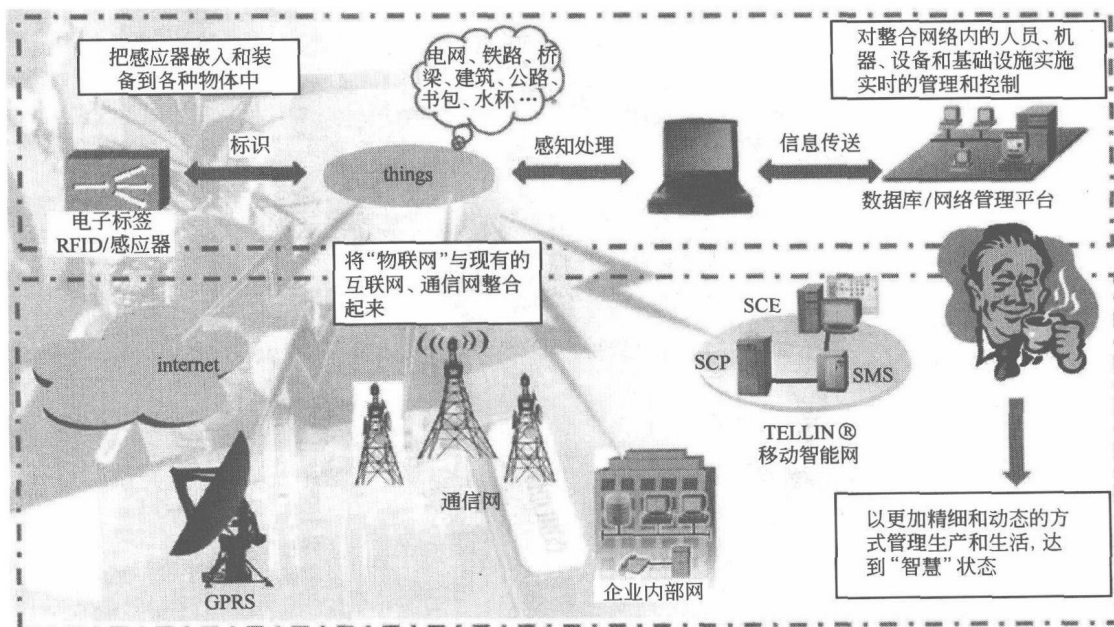


图 1-4 物联网的外在构架形式

1.3 物联网的历史和现状

物联网名词最早出现于比尔盖茨 1995 年《未来之路》一书，在《未来之路》中，比尔盖茨已经提及物联网概念，只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展，并未引起重视。

而物联网概念最早提出于 1999 年，来源于“Internet Of Things”一词，其定义很简单，即把所有物品通过射频识别和条码等信息传感设备与互联网连接起来，实现智能化识别和管理。

IBM 认为建设智慧地球需要三个步骤：首先，各种创新的感应科技开始被嵌入各种物体和设施中，从而令物质世界被极大程度的数据化；第二，随着网络的高度发达，人、数据和各种事物都将以不同方式联入网络；第三，先进的技术和超级计算机则可以对这些堆积如山的数据进行整理、加工和分析，将生硬的数据转化成实实在在的洞察，并帮助人们做出正确的行动决策。IBM 提出将在六大领域建立智慧行动方案，这些领域分别是：智慧电力、智慧医疗、智慧城市、智慧交通、智慧供应链、智慧银行。日本和韩国也分别提出了类似的物联网计划。日本的物联网 u-Japan 构想如图 1-5 所示，韩国的 u-Korea 战略如图 1-6 所示。

1.4 物联网的知识体系

物联网的知识体系如图 1-7 所示。

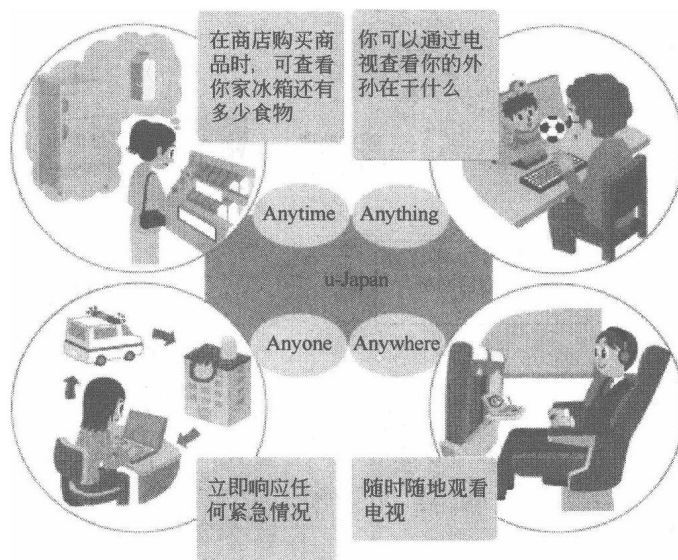


图 1-5 日本的物联网 u-Japan 构想

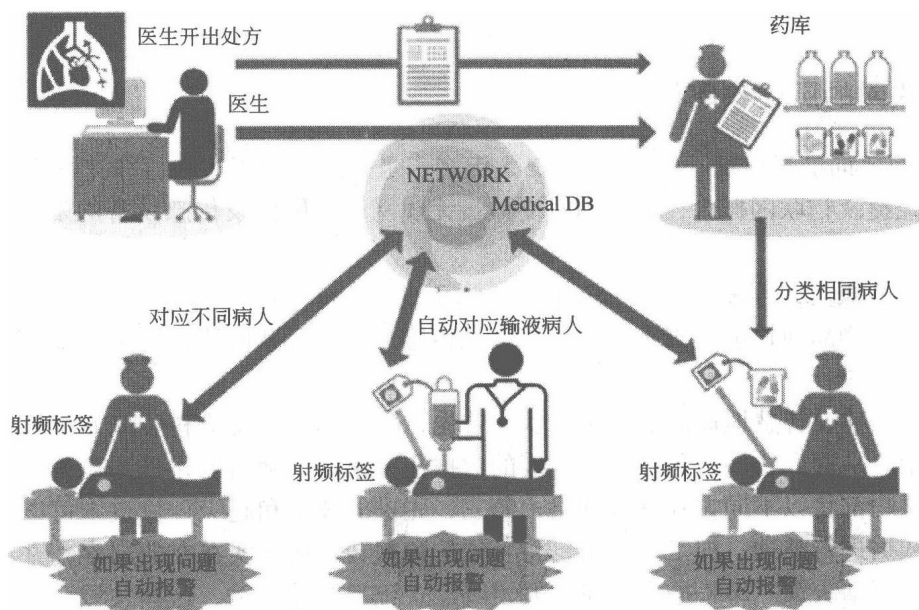


图 1-6 韩国的 u-Korea 战略

1.5 物联网的应用

物联网用途广泛, 遍及智能楼宇、智能家居、路灯监控、智能医院、智慧能源、智能交通、水质监测、智能消防、物流管理、政府工作、公共安全、资产管理、军械管理、环

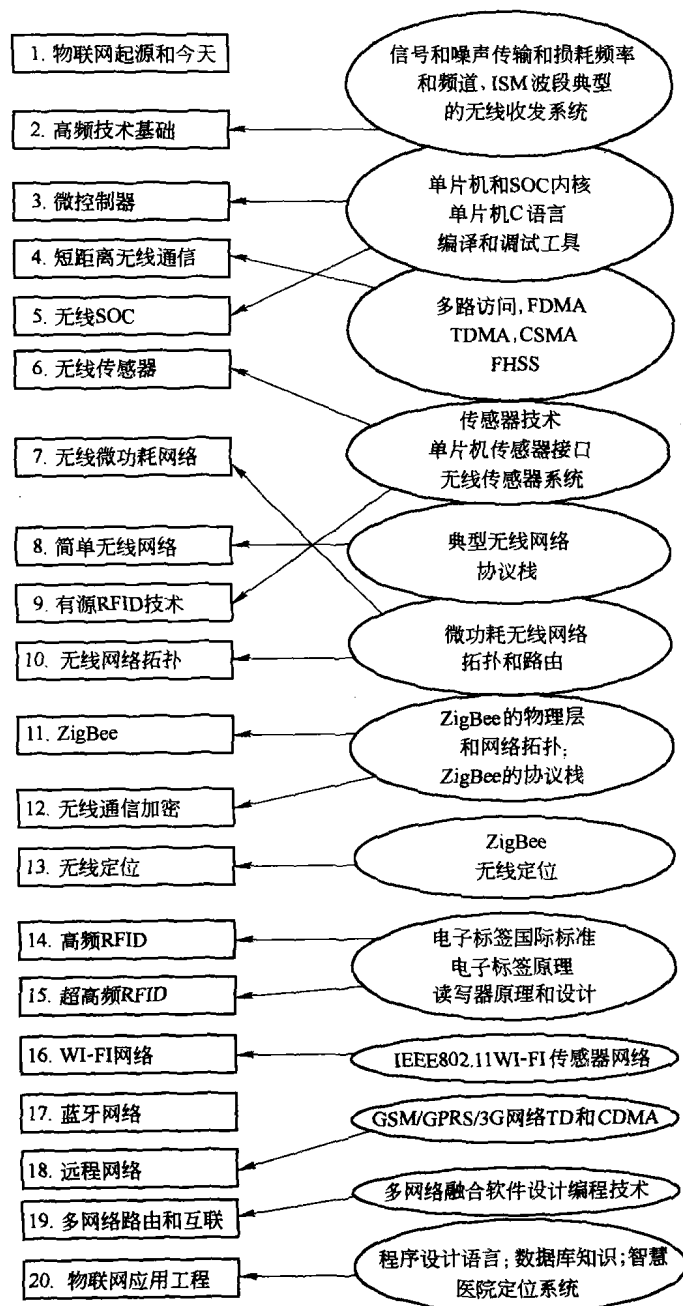


图 1-7 物联网的知识体系

境监测、工业监测、矿井安全管理、食品药品管理、票证管理、老人护理、个人健康等诸多领域,如图 1-8 所示。

物联网一方面可以提高经济的运行效率,大大节约成本;另一方面可以为经济的复苏提供技术动力,带动所有的传统产业部门进行结构调整和产业升级,而且将推动国家整个

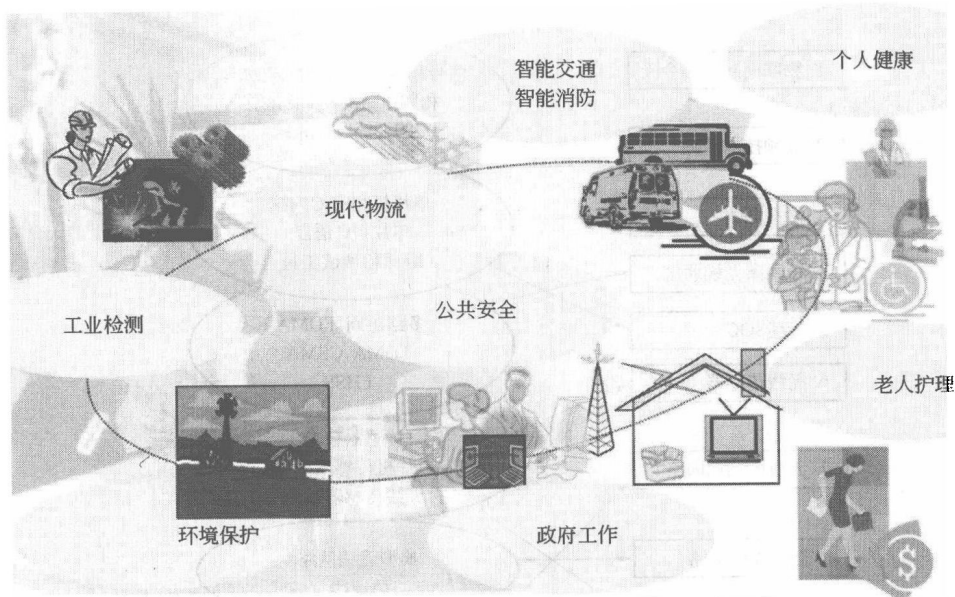


图 1-8 物联网的应用

经济结构的调整，推动发展模式从粗放型发展转向集约型发展。

物联网的家庭应用如图 1-9 所示，农业应用如图 1-10 所示，环境监控应用如图 1-11 所示，物联网的目标跟踪与定位如图 1-12 所示。

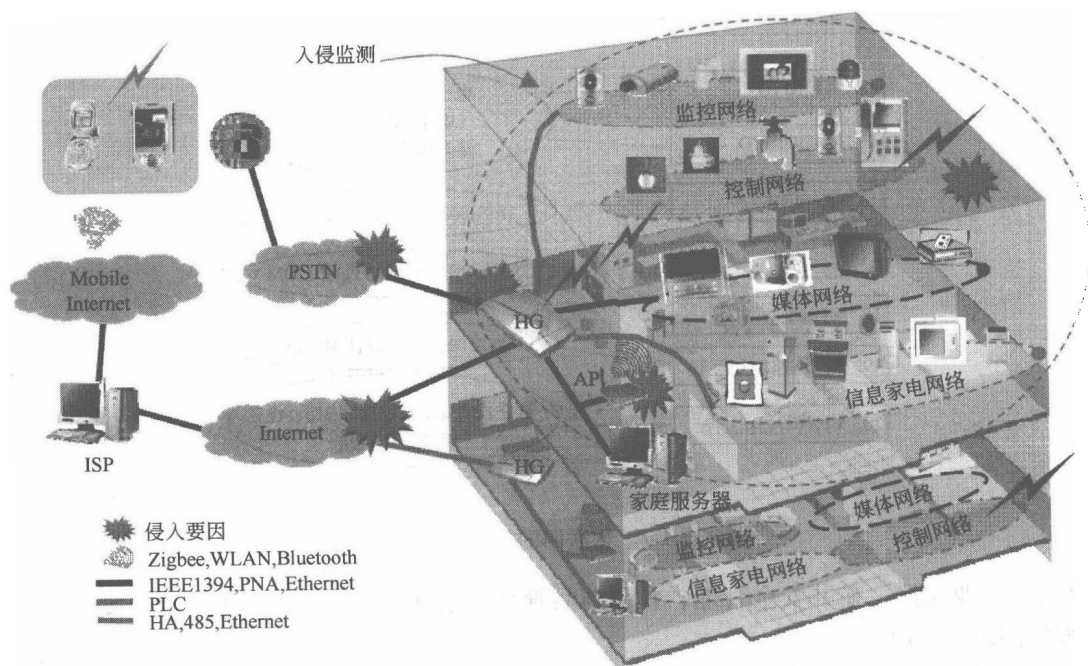


图 1-9 物联网的家庭应用

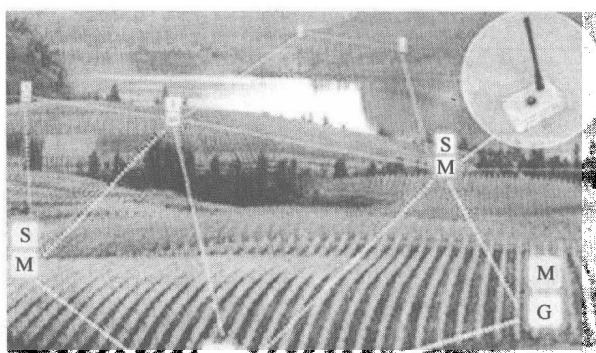


图 1-10 物联网的农业应用

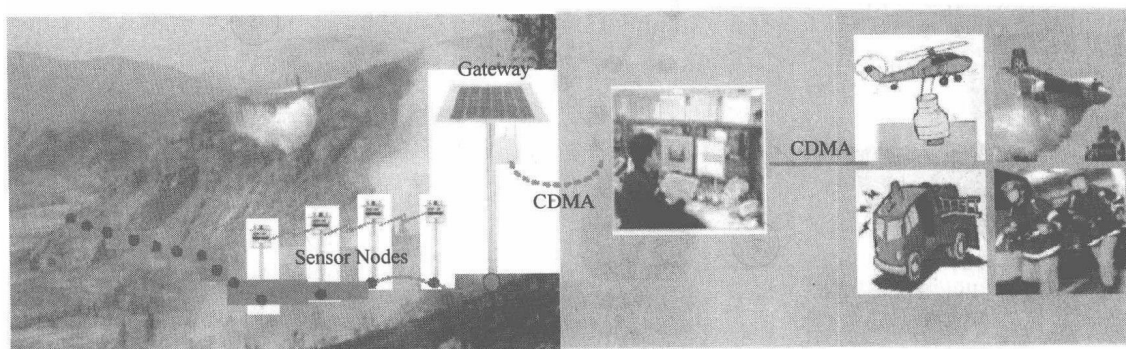
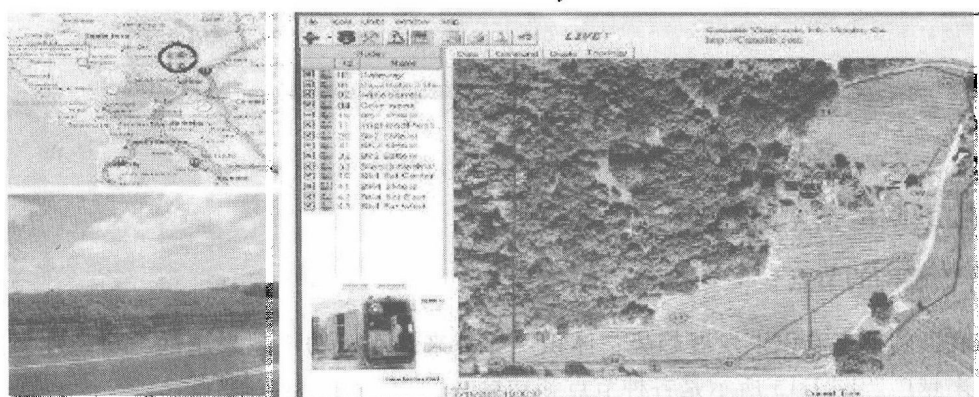


图 1-11 物联网与环境监控