

物流信息化系列丛书 / WULIU XINXIHUA XILIE CONGSHU

物联网技术应用开发

李俊韬 林钢 刘丙午 编著 ●

WULIANWANG JISHU
YINGYONG KAIFA

物流信息化系列丛书

物联网技术应用开发

李俊韬 林 钢 刘丙午 编 著



机械工业出版社

本书分为三部分。第一部分为基础篇，为全书的理论基础，包括物联网技术概述、物联网的支撑技术、软件开发基础、数据库基础以及Web Services与SOA。第二部分为技术原理篇，分别从理论与开发实践两个方面对物联网的相关技术进行介绍，为全书的核心篇，起到了承上启下的作用，既作为基础篇的理论知识扩展，又作为应用开发篇的技术基础，包括串口通信技术、网络通信技术、条码技术、RFID技术、GPS技术、GIS技术、无线传感器网络以及GSM/GPRS技术。第三部分为应用开发篇，从具体应用角度出发，以物联网技术典型系统应用为例，实现了基于REST架构的RFID中间件、基于超高频RFID的智能超市系统、基于GIS/GPS/GPRS技术的运输监控系统的开发。

本书结构完整，充分体现了理论基础与开发实践相结合，具有丰富的开发实践案例，深入浅出，通俗易懂。

本书可作为高等院校物流工程、物联网、信息管理与信息系统、计算机应用等相关专业的必修课或选修课教材，也可作为物联网、物流、计算机等相关行业各级管理人员、技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网技术应用开发/李俊韬, 林钢, 刘丙午编著. —北京: 机械工业出版社, 2014. 12
(物流信息化系列丛书)

ISBN 978-7-111-48712-8

I. ①物… II. ①李… ②林… ③刘… III. ①互联网络—应用 ②智能技术—应用
IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 280023 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: 宋 华 责任编辑: 聂志磊

责任校对: 郝 红 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 李 洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 14.25 印张 · 340 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-48712-8

定价: 32.00 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 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

距物联网概念的首次提出已有十余年时间，作为世界信息产业第三次浪潮的代表，物联网在世界范围内受到的关注与日俱增，是各国近些年产业政策支持和投入的重点。在我国，自温总理提出“感知中国”以来，物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，写入《政府工作报告》，并多次出台相关产业扶持政策来促进中国物联网产业发展。

近年来，为适应国家战略性新兴产业发展的需要，许多高校利用已有的研究基础和教学条件，设置物联网工程技术相关专业，以满足新兴产业发展对物联网技术人才的迫切需求。然而，物联网作为一个新兴领域，具有学科综合性强、涉及面广、产业链长等特点，由于发展时间短，导致物联网的教学体系不完善，存在着重理论、轻实践的现象。本书的编写就是在充分考虑物联网技术教学的实际情况基础上，以物联网技术应用开发实践为主，结合相关理论，全面系统地介绍物联网技术及其相关的开发应用，便于读者对物联网技术有更直观的认识和体会。

本书得到了北京市教育委员会科技发展计划重点项目——基于物联网技术的智能物流系统研究、北京市属高等学校人才强教深化计划资助项目（项目编号：PHR201108306）、智能物流系统北京市重点实验室建设项目、北京市属高等学校创新团队建设与教师职业发展计划项目（项目编号：IDHT20130517）等项目资助，在此表示感谢。

本书由李俊韬副教授主持编写。第1~第7章、第11章由李俊韬副教授编写，第8~第10章、第12章由林钢编写，第13~第16章由刘丙午教授编写。在本书的编写过程中，赵光、张汉斌、王绍辉、杨继美、张立鑫等给予了帮助，在此表示深深的感谢！

欢迎读者加入物流信息实训群（QQ群：276962432）进行交流。

由于编者水平有限，书中难免存在错误之处，恳请读者不吝指教。

编 者

目 录

前言

第一部分 基础篇

第1章 物联网技术概述	2
1.1 物联网的定义	2
1.2 物联网技术的起源与发展	3
1.3 物联网的体系架构	4
1.4 物联网技术的应用领域	5
第2章 物联网的支撑技术	12
2.1 自动识别技术	12
2.2 空间信息技术	13
2.3 传感器技术	14
2.4 无线通信网络技术	15
2.4.1 蓝牙技术	15
2.4.2 ZigBee 技术	17
2.4.3 Wi-Fi 技术	19
2.4.4 超宽带技术	20
2.4.5 无线网络技术	21
2.5 人工智能技术	21
2.5.1 人工智能概述	21
2.5.2 物联网的智能化模型	21
2.5.3 物联网中的人工智能技术	22
2.6 云计算技术	23
2.6.1 云计算的概念和原理	23
2.6.2 云计算的特点	24
2.6.3 云计算的关键技术	24
2.6.4 云计算与物联网的关系	25
2.6.5 物联网与云计算结合	25
第3章 软件开发基础	27
3.1 C#开发语言	27
3.2 PHP 开发语言	30
第4章 数据库基础	32
4.1 数据库概述	32
4.1.1 数据库的相关概念	32
4.1.2 数据库模型	33
4.1.3 SQL 语言基础	33

4.2 典型数据库介绍	34
4.2.1 SQL Server 2008 数据库	34
4.2.2 MySQL 数据库	35
第 5 章 Web Services 与 SOA	37
5.1 SOA	37
5.1.1 SOA 的体系结构	37
5.1.2 SOA 三大基本特征	38
5.1.3 SOA 的原则	39
5.2 Web Services	39
5.3 REST 架构	40
5.3.1 REST 概述	40
5.3.2 REST 的优势	40
5.3.3 REST 的应用	41

第二部分 技术原理篇

第 6 章 串口通信技术	44
6.1 串口通信的概念及原理	44
6.1.1 串口通信的概念	44
6.1.2 串口通信的原理	44
6.2 知识储备	45
6.2.1 C#中的 Form 控件	45
6.2.2 C#中的 Label 控件	47
6.2.3 C#中的 Button 控件	49
6.2.4 C#中的 TextBox 控件	52
6.2.5 C#中的 RichTextBox 控件	53
6.2.6 C#中的 ComboBox 控件	55
6.2.7 C#中的 CheckBox 控件	59
6.2.8 C#中的 SerialPort 类	59
6.2.9 C#中的委托与代理	62
6.2.10 C#中的线程	64
6.3 串口通信技术开发	67
6.3.1 引导任务	67
6.3.2 开发环境	67
6.3.3 界面设计	67
6.3.4 代码实现	69
第 7 章 网络通信技术	72
7.1 网络通信概述	72
7.1.1 UDP 概述	72
7.1.2 TCP/IP 概述	73

7.2 知识储备	74
7.2.1 C#中的 Dns 类	74
7.2.2 C#中的 IPEndPoint 类	76
7.2.3 C#中的 IPHostEntry 类	77
7.2.4 C#中的 Socket 类	79
7.3 UDP 通信技术开发	84
7.3.1 引导任务	84
7.3.2 开发环境	84
7.3.3 界面设计	84
7.3.4 程序代码设计	86
7.4 TCP/IP 通信技术开发	88
7.4.1 引导任务	88
7.4.2 开发环境	88
7.4.3 界面设计	88
7.4.4 程序代码设计	91
第 8 章 条码技术	96
8.1 条码技术概述	96
8.1.1 条码的基本概念	97
8.1.2 条码技术的特点	98
8.1.3 条码的分类	99
8.2 知识储备	99
8.2.1 C#中的 SaveFileDialog 控件	99
8.2.2 C#中的 PictureBox 控件	101
8.2.3 C#中的 Enum 类	103
8.2.4 C#中的 Bitmap 类	103
8.3 一维条码技术开发	105
8.3.1 引导任务	105
8.3.2 开发环境	105
8.3.3 程序界面设计	106
8.3.4 程序代码设计	108
8.4 二维条码技术开发	111
8.4.1 引导任务	111
8.4.2 开发环境	111
8.4.3 程序界面设计	111
8.4.4 程序代码设计	113
第 9 章 RFID 技术	117
9.1 RFID 技术概述	117
9.1.1 RFID 技术的概念	117
9.1.2 RFID 技术的特点	117
9.1.3 RFID 技术的分类	118

9.2 知识储备	119
9.2.1 C#中的 DataGridView 控件.....	119
9.2.2 C#中的 Timer 控件.....	121
9.2.3 C#中的 DataTable 类.....	123
9.2.4 C#中的 StringBuilder 类.....	124
9.2.5 C#中的 List 类.....	126
9.2.6 HF RFID 常用指令.....	128
9.2.7 UHF RFID 常用指令.....	128
9.3 HF RFID 技术开发	129
9.3.1 引导任务.....	129
9.3.2 开发环境.....	129
9.3.3 程序界面设计.....	129
9.3.4 程序代码设计.....	130
9.4 UHF RFID 技术开发	137
9.4.1 引导任务.....	137
9.4.2 开发环境.....	137
9.4.3 程序界面设计.....	137
9.4.4 程序代码设计.....	138
第 10 章 GPS 技术.....	143
10.1 GPS 技术概述.....	143
10.1.1 GPS 构成.....	143
10.1.2 GPS 原理.....	144
10.2 知识储备	144
10.2.1 GPS 数据格式.....	144
10.2.2 C#中的 CultureInfo 类.....	146
10.2.3 C#中的 CheckForIllegalCrossThreadCalls 属性.....	148
10.3 GPS 技术开发	149
10.3.1 引导任务.....	149
10.3.2 开发环境.....	149
10.3.3 程序界面设计.....	149
10.3.4 程序代码设计.....	150
第 11 章 GIS 技术.....	156
11.1 GIS 概述.....	156
11.1.1 GIS 的概念.....	156
11.1.2 GIS 的功能.....	156
11.1.3 GIS 的应用领域.....	157
11.1.4 GIS 应用开发.....	158
11.2 知识储备	158
11.2.1 GMap.NET	158
11.2.2 C#中的 Byte 类型.....	159

11.2.3 C#中的占位符	160
11.3 GIS 开发	160
11.3.1 引导任务	160
11.3.2 开发环境	160
11.3.3 程序界面设计	161
11.3.4 程序代码设计	162
第 12 章 无线传感器网络	165
12.1 无线传感器网络原理	165
12.1.1 ZigBee 无线技术协议栈结构	165
12.1.2 ZigBee 技术原理	166
12.2 知识储备	166
12.3 无线传感器网络开发	166
12.3.1 引导任务	166
12.3.2 开发环境	166
12.3.3 程序界面设计	167
12.3.4 程序代码设计	168
第 13 章 GSM/GPRS 技术	172
13.1 GSM/GPRS 技术原理	172
13.1.1 GSM/GPRS 技术简介	172
13.1.2 AT 指令	172
13.1.3 GSM 模块 AT 指令集（请仔细参阅华为 EM310 指令集）	173
13.2 GSM/GPRS 技术开发	173
13.2.1 程序界面设计	173
13.2.2 程序代码设计	174

第三部分 应用开发篇

第 14 章 基于 REST 架构的 RFID 中间件设计与开发	176
14.1 背景分析	176
14.1.1 RFID 中间件技术概述	176
14.1.2 RFID 中间件的功能	177
14.2 系统设计	178
14.2.1 系统功能设计	178
14.2.2 系统架构设计	179
14.2.3 系统数据库设计	180
14.2.4 系统界面设计	180
14.3 系统关键代码实现	182
14.3.1 系统设置功能	182
14.3.2 读写器管理功能	188
14.3.3 启动读写器功能	193

14.3.4 读写器接收数据功能	198
第 15 章 基于超高频 RFID 的智能超市系统开发	199
15.1 背景分析	199
15.2 系统设计	200
15.2.1 系统功能设计	200
15.2.2 系统架构设计	201
15.2.3 系统数据库设计	202
15.2.4 系统界面设计	203
15.3 系统关键代码实现	204
15.3.1 用户登录功能	204
15.3.2 用户结算功能	206
第 16 章 基于 GIS/GPS/GPRS 技术的运输监控系统开发	211
16.1 背景分析	211
16.2 系统设计	212
16.2.1 系统功能设计	212
16.2.2 系统架构设计	212
16.2.3 系统数据库设计	213
16.2.4 系统界面设计	214
16.3 系统关键代码实现	214
16.3.1 地图界面初始化	214
16.3.2 保存截图的操作	215
16.3.3 地址查询并绘制图标的代码	216
16.3.4 绘制两地之间的线路图命令	217
参考文献	218

第一部分

基 础 篇

第 1 章

物联网技术概述

1.1 物联网的定义

目前各界对于物联网的定义争议很大，还没有一个定义被广泛接受。各个国家和地区对于物联网都有自己的定义。以下是一些国家、地区和组织的定义。

美国的定义：将各种传感设备，如射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）设备、红外传感器、全球定位系统等与互联网结合起来而形成的一个巨大的网络，其目的是让所有的物体都与网络连接在一起，方便识别和管理。

欧盟的定义：将现有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 Telecommunication Union, ITU）的定义：任何时间、任何地点，我们都能与任何东西相连。

2010 年温家宝总理在第十一届人大第三次会议上对物联网的定义：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、跟踪、定位、监控和管理。它是在互联网的基础上延伸和扩展的网络。

为了更好地理解物联网的定义，我们给出了物联网的概念模型，如图 1-1 所示。

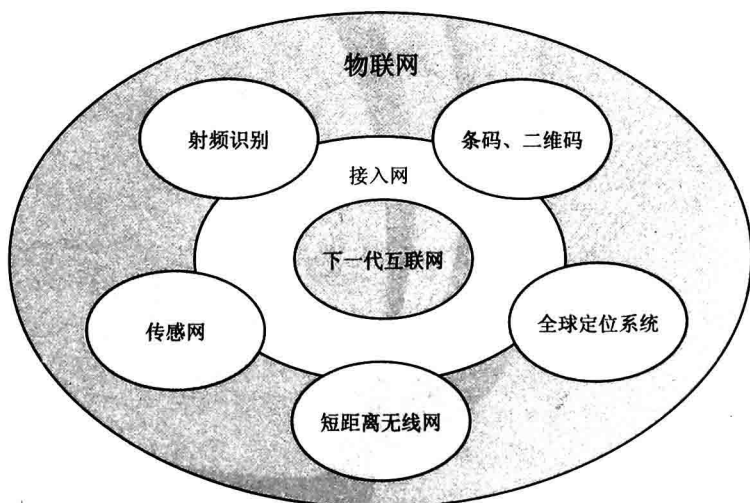


图 1-1 物联网概念模型

由物联网的定义，可以从技术和应用两个方面来进行理解。

(1) 技术理解：物联网是物体的信息利用感应装置，经过传输网络，到达指定的信息处

理中心，最终实现物与物、人与物的自动化信息交互与处理的智能网络。

(2) 应用理解：物联网是把世界上所有的物体都连接到一个网络中，形成“物联网”，然后又与现有的互联网相连，实现人类社会与物体系统的整合，以更加精细和动态的方式去管理。

1.2 物联网技术的起源与发展

物联网的概念最早是由麻省理工学院 Ashton 教授于 1999 年在美国召开的移动计算和网络国际会议上提出的，其理念是基于 RFID（射频识别技术）、电子代码（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（简称物联网）。

2003 年，美国《技术评论》提出传感网络技术将是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，国际电信联盟发布《ITU 互联网报告 2005：物联网》，引用了“物联网”的概念。物联网的定义和范围已经发生了变化，覆盖范围有了较大的拓展，不再局限于基于 RFID 技术的物联网。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互联网主动进行交换。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。

2009 年 1 月 28 日，奥巴马就任美国总统后与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”，IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。当年，美国将新能源和物联网列为振兴经济的两大重点。

2009 年 8 月温家宝总理在视察中科院无锡物联网产业研究所时，对物联网应用提出了一些看法和要求。自温总理提出“感知中国”以来，物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，并写入“政府工作报告”。2011 年 11 月 28 日，工业和信息化部印发《物联网“十二五”发展规划》，2013 年 2 月 17 日国务院发布了《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》等。物联网在中国受到了政府及全社会极大的关注，其受关注程度是在美国、欧盟以及其他各国不可比拟的。物联网发展历程如图 1-2 所示。

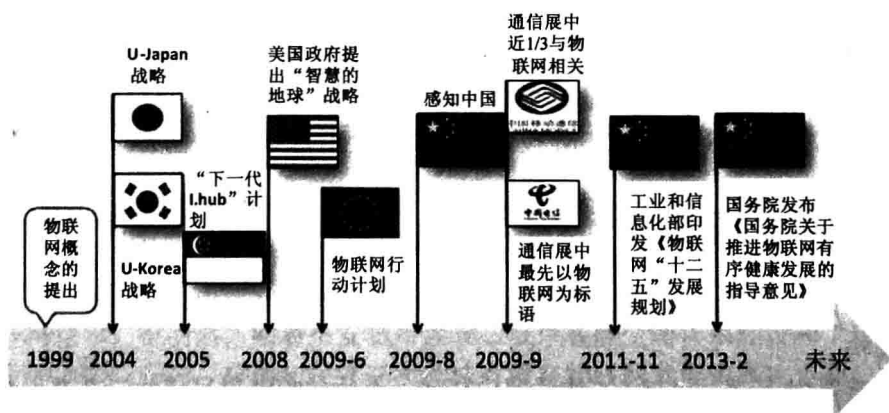


图 1-2 物联网发展历程

纵观物联网技术的产生与发展，它由最初的互联网、RFID 技术、EPC 标准等转变为包

括了光、热等传感网以及 GPS/GIS 等数据通信技术和人工智能、纳米技术等为实现全世界人与物、物与物实时通信的所有应用技术。

1.3 物联网的体系架构

传统上习惯将整个物联网体系分为三个层次：感知层、网络层、应用层，如图 1-3 所示。

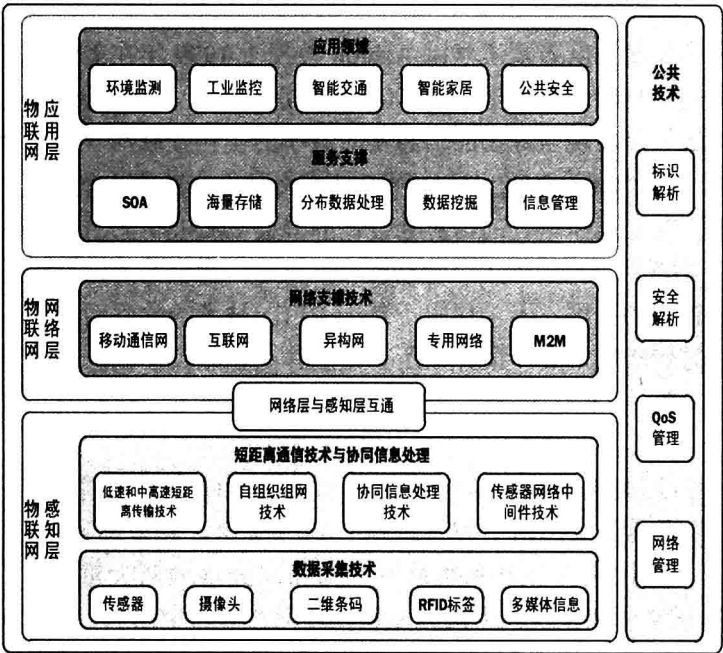


图 1-3 物联网架构

感知层由各种传感器以及传感器网关构成，包括光照强度传感器、温度传感器、湿度传感器、条码标签、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS 等感知终端。感知层的作用相当于人的眼耳鼻喉和皮肤等神经末梢，它是物联网识别物体、采集信息的来源，其主要功能是识别物体、采集信息。

网络层由各种私有网络、互联网、有线和无线通信网、网络管理系统和云计算平台等组成，相当于人的神经中枢和大脑，负责传递和处理感知层获取的信息，包括各种远距离无线传输技术（如 GPRS 技术、GSM 技术等）以及短距离无线传输技术（如 ZigBee、Wi-Fi 技术等）。

应用层是物联网和用户（包括人、组织和其他系统）的接口，它与行业需求结合，实现物联网的智能应用。

除此之外，IBM 在多年的研究积累和实践中，在三层架构的基础之上提炼出了八层的物联网参考架构。

(1) 传感器/执行器层（域）：物联网中任何一个物体都要通过感知设备获取相关信息以及传递感应到的信息给所有需要的设备或系统。传感器/执行器层是最直接与周围物体接触的域。传感器除了传统的传感功能外，还要具备一些基本的本地处理能力，使所传递的信息是

系统最需要的，从而使传递网络的使用更加优化。

(2) 传感网层(域)：这是传感器之间形成的网络。这些网络有可能基于公开协议，如IP地址，也有可能基于一些私有协议。其目的就是为了使传感器之间可以互联互通以及传递感应信息。

(3) 传感网关层(域)：由于物联网世界里的对象是我们身边的每一个物理存在的实体，因此感知到的信息量将会是巨大的、五花八门的。如果传感器将这些信息直接传递给所需要的系统，那么将会对网络造成巨大的压力和不必要的资源浪费。因此，最好的方法是通过某种程度的网关将信息进行过滤、协议转换、信息压缩加密等，使信息更优化和安全地在公共网络上传递。

(4) 广域网络层(域)：在这一层主要是为了将感知层的信息传递到需要信息处理或者业务应用的系统中，可以采用IPv4或者IPv6协议。

(5) 应用网关层(域)：在传输过程中为了更好地利用网络资源以及优化信息处理过程，要设置局部或者区域性的应用网关。目的有两个：一是信息汇总与分发；二是进行一些简单信息处理与业务应用的执行，最大程度地利用IT与通信资源，提高信息的传输和处理能力，提高可靠性和持续性。

(6) 服务平台层(域)：服务平台层是为了使不同的服务提供模式得以实施，同时集中优化地实现物联网世界中的信息处理方面的共性功能，缓解传统应用系统或者应用系统整合平台的压力。这样使得应用系统无需因为物联网的出现而进行大的修改，能够更充分地利用已有业务应用系统，支持物联网的应用。

(7) 应用层(域)：应用层包括了各种不同业务或者服务所需要的应用处理系统。这些系统利用传感的信息进行处理、分析，执行不同的业务，并把处理的信息再反馈给传感器进行更新以及对终端使用者提供服务，使得整个物联网的每个环节都更加连续和智能。这些业务应用系统一般都是在企业内部、外部被托管或者共享的IT应用系统。

(8) 分析与优化层(域)：在物联网世界中，从信息的业务价值和IT信息处理的角度看，它与互联网最大的不同就是信息和信息量。物联网的信息来源广阔，信息是海量的，在这种情况下利用信息更好地为我们服务，就要基于信息分析和优化。传统的商业智能也是对信息进行分析以及进行业务决策，但是在物联网中，基于传统的商业智能和数据分析是远远不够的，因此需要更智能化的分析能力，需要基于数学和统计学的模型进行分析、模拟和预测。信息越多就越需要更好的优化才能够带来价值。

1.4 物联网技术的应用领域

随着物联网相关技术的发展与成熟，物联网技术已经在很多行业中取得了应用，如智能交通、智能物流、智能安防、智慧医疗以及智能生产等各行各业，如图1-4所示。物联网技术的发展给我的生活带来了很多方便，虽然目前还处于初级发展阶段，但是未来社会的发展离不开物联网技术。很明显，随着平安城市建设、城市智能交通体系建设和“新医改”医疗信息化建设的加快，安防、交通和医疗三大领域有望在物联网发展中率先受益，成为物联网产业市场容量最大、增长最为显著的领域。据悉，中国移动即将在4个领域推出4个全网产品：物联通、智能家居、手机二维码、移动产品。

从以下几个方面作一个简单的应用介绍。

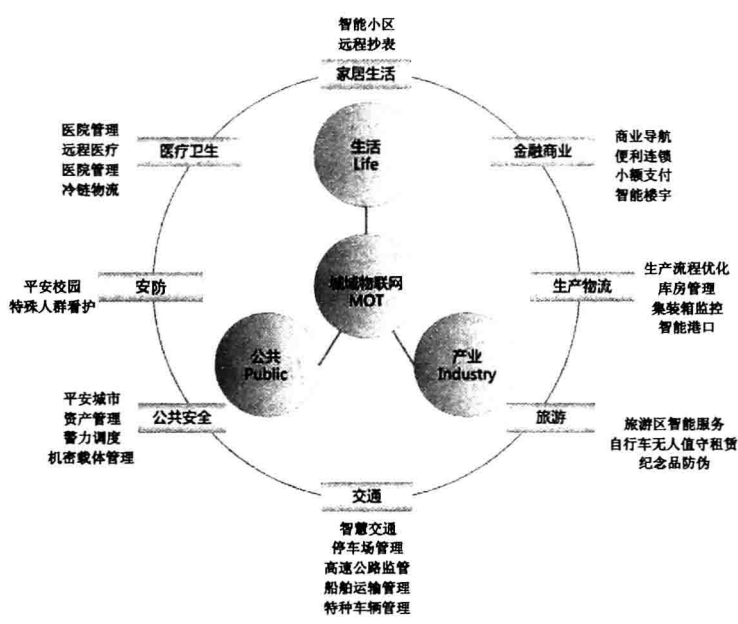


图 1-4 物联网应用实例示意图

(1) 智能家居：智能家居产品融合自动化控制系统、计算机网络系统和网络通信技术于一体，如图 1-5 所示，将各种家庭设备（如音视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统、网络家电等）通过智能家庭网络实现自动化，通过中国电信的宽带、固定电话和 3G 无线网络，可以实现对家庭设备的远程操控。与普通家居相比，智能家居不仅提供舒适宜人且高品位的家庭生活空间，实现更智能的家庭安防系统，还将家居环境由原来的被动静止结构转变为具有能动智慧的工具，提供全方位的信息交互功能。

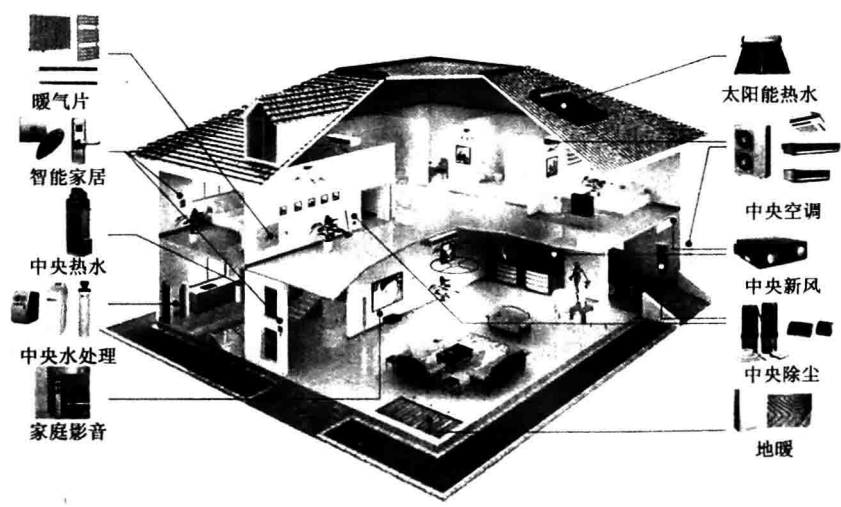


图 1-5 智能家居

(2) 智能医疗：智能医疗系统借助简易实用的家庭医疗传感设备，对家中病人或老人的生理指标进行自测，并将生成的生理指标数据通过 GPRS 等无线网络传送到护理人或有关医

疗单位,如图1-6所示。根据客户需求提供增值服务,如紧急呼叫救助服务、专家咨询服务、终生健康档案管理服务等。智能医疗系统真正解决了现代社会子女们因工作忙碌无暇照顾家中老人的无奈,可以随时表达孝子情怀。

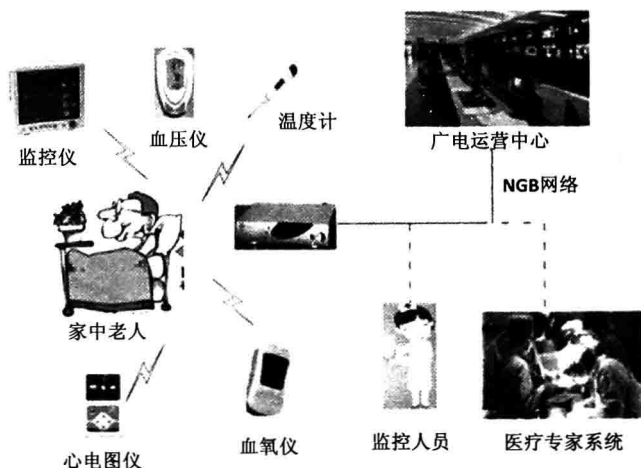


图 1-6 智能医疗

(3) 智能城市: 智能城市产品包括对城市的数字化管理和城市安全的统一监控。前者利用“数字城市”理论,基于3S(GIS、GPS、RS)等关键技术,深入开发和应用空间信息资源,建设服务于城市规划、城市建设和管理,服务于政府、企业、公众,服务于人口、资源环境、经济社会的可持续发展的信息基础设施和信息系统。后者基于宽带互联网的实时远程监控、传输、存储、管理业务,利用中国电信无处不在的宽带和3G网络,将分散、独立的图像采集点进行联网,实现对城市安全的统一监控、统一存储和统一管理,为城市管理和建设者提供一种全新、直观、视听觉范围延伸的管理工具。智能城市示意图,如图1-7所示。



图 1-7 智能城市

(4) 智能环保: “智慧环保”是“数字环保”概念的延伸和拓展,它是借助物联网技术,把感应器和装备嵌入到各种环境监控对象(物体)中,通过超级计算机和云计算将环保领域物联网整合起来,可以实现人类社会与环境业务系统的整合,以更加精细和动态的方式实现环境管理和决策的智慧,如图1-8所示。“智慧环保”的总体架构包括感知层、传输层、智慧层和服务层。