

WUXIAN CHUANGANWANG
SHIJIAN YU SHIYAN

物联网/无线传感网 实践与实验

余立建 王 茜 李文仲 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

物联网/无线传感网 实践与实验

余立建 王 茜 李文仲 编著

物联网/无线传感网

余立建 王 茜 李文仲 编著

作者

责任编辑

设计

校对

出版

发行

印刷

装订

后公司

地址

邮编

电话

传真

网址

电子邮箱

QQ群

微信号

本书由西南交通大学出版社出版

地址：成都高新区天府大道中段138号西南交通大学出版社
邮编：610031 电话：028-87600303

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

物联网、无线传感网实践与实验 / 余立建, 王茜,
李文仲编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2010.6
ISBN 978-7-5643-0681-6

I. ①物… II. ①余…②王…③李… III. ①计算机
网络—应用—物流②无线电通信—传感器 IV.
①F253.9②TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 097994 号

物联网/无线传感网实践与实验

余立建 王茜 李文仲 编著

责任编辑	李芳芳
特邀编辑	张 阅
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	19.125
字 数	478 千字
版 次	2010 年 6 月第 1 版
印 次	2010 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-0681-6
定 价	34.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

作为面向未来的物联网/传感网技术,是要将所有物品通过射频识别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。物联网把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中,具体地说,就是把感应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,然后将“物联网”与现有互联网连接起来,实现人类社会与物理系统的整合。网络中的中心计算机群能够对整合网络内所有的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制。由此,人类将以更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然间的关系。

面对物联网/传感网这个新技术的潮流,高校师生和相关行业的科研、开发技术人员和工程师,迫切需要了解物联网/传感网所涉及的最新技术理论的原理知识。学习技术理论知识最理想的方式是实践和实际动手实验。在实践中学习和快速掌握相关技术原理、软件算法和基础知识。但是由于物联网技术非常新,而且涉及电子、高频电路、嵌入式设计、单片机、网络通信、传感器等技术领域,目前很少有具体介绍物联网/传感网方面的教材和书籍。

为此,我们编写了此书,向广大读者介绍物联网和传感网方面的核心技术,包括 ZigBee 无线通信网络、蓝牙无线网络、WiFi 无线网络、GPRS 网络、通信协议及应用等内容。本书可以作为高等学校工科自动化专业本科生学习物联网/传感网/嵌入式和嵌入式无线网的实验教程,也可供无线通信、自动化、无线网络等的研究生和工程技术人员参考。

本书结合作者多年的理论教学、实验教学和从事无线通信网络技术的应用研究与开发的实际经验,以大量的应用实例和具体实验来说明物联网/传感网技术相关知识与应用技术。让读者通过具体动手实践和实验,掌握物联网/传感网技术的主要理论和关键技术。

全书共 6 章,第 1 章介绍了物联网/传感网基础和相关核心技术基础,包括 GPRS 的网络结构、协议模型、路由管理,短距离无线通信 ZigBee、WiFi 和蓝牙网络的技术特点,嵌入式无线传感器网络平台结构与功能;第 2 章通过对 ZigBee 无线网络的特点、协议框架、工作原理、ZigBee 无线网络的路由分析,在 ZigBee 无线网络的平台上,实现数据的无线发送和接收、指示灯、蜂鸣器等的无线控制以及定位实验;第 3 章介绍了蓝牙技术的网络连接、保密机制、软件结构、通信协议,利用蓝牙无线网络实现温度传感器,加速度传感器的测量与数据传输等应用实验;第 4 章在分析 WiFi 无线网络的特点、发展趋势与认证基础上,实现 WiFi 网络侦听、无线路由、指示灯的开关、控制电机转动等控制实验;第 5 章介绍 GPRS 网络结构、协议模型、路由管理、数据传输流程,并在 GPRS 网络平台上实现了远程温度测量、电机远程无线控制等应用实验;第 6 章在介绍了射频识别 RFID 工作原理基础上,结合实验平台,实现了有源 RFID 读写和无源 RFID 应用实验。

在本书的编写过程中,我们参考和引用了他人的研究成果和著述,在此对这些文献的著作者表示深切的谢意;成都无线龙科技通讯公司的崔亚远、郑裕侠、林涛、蒲钊、周柏宏以及西南交通大学研究生武睿彪参与了无线通信网络平台的开发与实验工作,对他们的辛勤劳动表示感谢。由于时间仓促,加之书中涉及了大量的新技术、新产品,不足之处难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

第1章 物联网/传感网基础	1
1.1 物联网概述	1
1.2 物联网原理和结构基础	2
1.3 物联网广阔应用领域	7
1.4 物联网无线和无线网络技术基础	12
1.5 典型无线网络结构和原理	23
1.6 嵌入式无线传感器网络平台概述	29
第2章 ZigBee 网络基础及实验指导	32
2.1 ZigBee 概述	32
2.2 LBee 模块	40
2.3 LBee 模块 ZigBee 基础实验	42
2.4 ZigBee 无线网络基础实验	59
2.5 ZigBee 无线网络应用实验	68
2.6 ZigBee 网络路由实验	89
2.7 ZigBee 监控系统	92
2.8 ZigBee 监控系统操作	94
第3章 蓝牙无线理论基础及实验指导	111
3.1 蓝牙无线技术	111
3.2 蓝牙模块介绍	114
3.3 蓝牙基础实验	118
3.4 蓝牙应用实验	132
第4章 WiFi 无线网络基础及实验指导	153
4.1 WiFi 无线网络技术	153
4.2 低功耗 WiFi 芯片	157
4.3 WiFi 实验设置	161
4.4 WiFi 监控软件配置	168
4.5 WiFi 综合应用实验	175

第 5 章 GPRS 网络基础及实验指导	194
5.1 GPRS 无线网络	194
5.2 GPRS 模块介绍	196
5.3 GPRS 配置	198
5.4 GPRS 应用实验	206
第 6 章 RFID 基础及实验指导	228
6.1 RFID 基础知识	228
6.2 教学平台——感知 RF 实验箱	231
6.3 无源 RFID 读写实验	241
6.4 有源 RFID 实验	275
参考文献	300

第1章 物联网/传感网基础

1.1 物联网概述

提出“物联网”(The Internet of things)这个概念的时间可以追溯到1995年,比尔盖茨在其《未来之路》一书中首次提及了“物联网”。

“物联网”概念正式被提出的时间是2005年11月,国际电信联盟(ITU)发布了《ITU互联网报告2005:物联网》报告,并提出泛在网(Ubiquitous Sensor Network)的概念。

物联网的核心技术之一的RFID(Radio Frequency Identification)技术经历了20年的历程。2006年,科技部、发改委、商务部、信产部等15个部委联合发布了《中国RFID技术政策白皮书》,为中国在RFID技术与产业未来发展指明了道路。

中国RFID产业发展将分三个阶段实施:

第一阶段:培育期(2006年至2008年)在产业化核心技术研发、标准制定等方面取得突破,通过典型行业示范应用,初步形成RFID产业链及良好的产业发展环境。

第二阶段:成长期(2008年至2012年)扩展RFID应用领域,形成规模生产能力,建立公共服务体系,推动规模化市场形成,促进RFID产业持续发展。

第三阶段:成熟期(2012年以后)整合产业链,适应新一代技术的发展,辐射多个应用领域,提高RFID应用的效率和效益。

2009年,“物联网”概念开始频繁地曝光:

2009年初,美国IBM提出“智慧地球”构想,其中物联网为“智慧地球”不可或缺的一部分,而奥巴马在就职演讲后已对“智慧地球”构想提出积极回应,并将其提升到国家级发展战略的高度。并提出“物联网”是振兴经济、确立优势的关键,同时启动投资110亿美元进行智能电网的研究和建设。

世界众多站在技术前沿的国家和企业嗅到了即将由“物联网”引发的一场科技革命与经济浪潮,纷纷制定标准、研究新技术和应用,以期掌握市场主动。欧洲信息业与商业人士在欧盟总部布鲁塞尔对物联网展开了广泛的讨论;GE、IBM、西门子、Google、Intel等信息产业龙头也已投入物联网和传感网方面的研究开发工作。

2009年8月7日,温家宝总理在无锡视察中科院物联网技术研发中心时指出,要尽快突破核心技术,将传感网技术与TD技术和网络的发展结合起来。

2009年8月24日,中国移动总裁王建宙访台期间解释了物联网的概念。

2009年9月11日,“传感器网络标准工作组成立大会暨‘感知中国’高峰论坛”在北京举行,会议提出传感网发展相关政策。

2009年9月14日,在中国通信业发展高层论坛上,中国移动总裁王建宙高调表示:物联网商机无限,中国移动将以开放的姿态,与各方竭诚合作。

《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。

1.2 物联网原理和结构基础

1.2.1 物联网基本构架

目前,对将物理世界通过网络连接有多种称呼,包括物联网、泛在网、无线传感网 WSN(Wireless Sensor Network)等,其核心技术都是无线传感网。物联网和泛在网的体系和构架如图 1.1 所示。

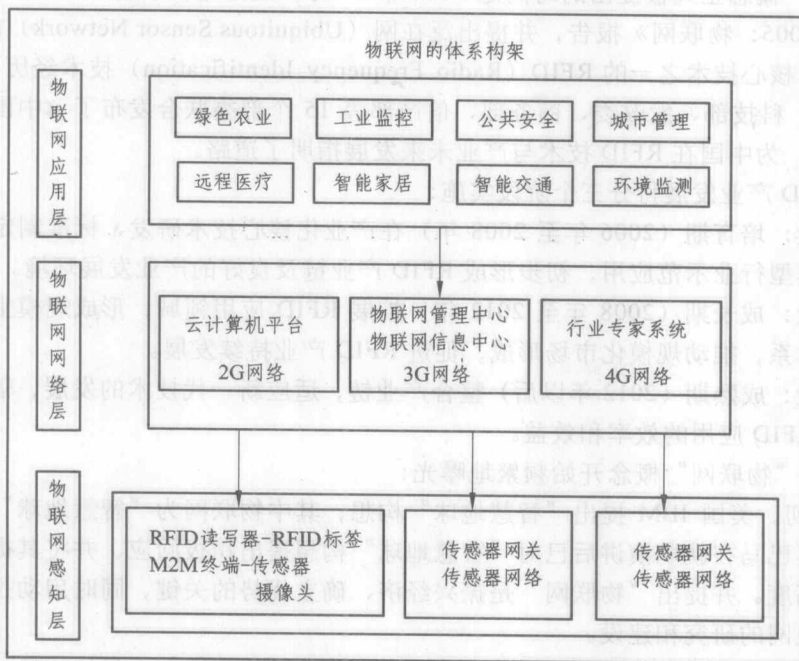


图 1.1 物联网体系构架

国际电讯联盟提出的泛在网构架如图 1.2 所示。

从图 1.1 和图 1.2 可以看到,物联网和泛在网的工作原理是将射频识别(RFID)电子标签和读卡装置、各种传感器、全球定位系统、室内定位系统、条码激光扫描器等种种装置与互联网连接起来,实现智能化识别和管理。通过在物品上嵌入电子标签、条形码和带有网络功能的低功耗微型传感器等能够存储物体信息的标识,通过无线网络的方式将其即时信息发送到后台信息处理系统。各大信息系统可互联形成一个庞大的网络,从而达到对物品进行实施跟踪、监控等智能化管理的目的。

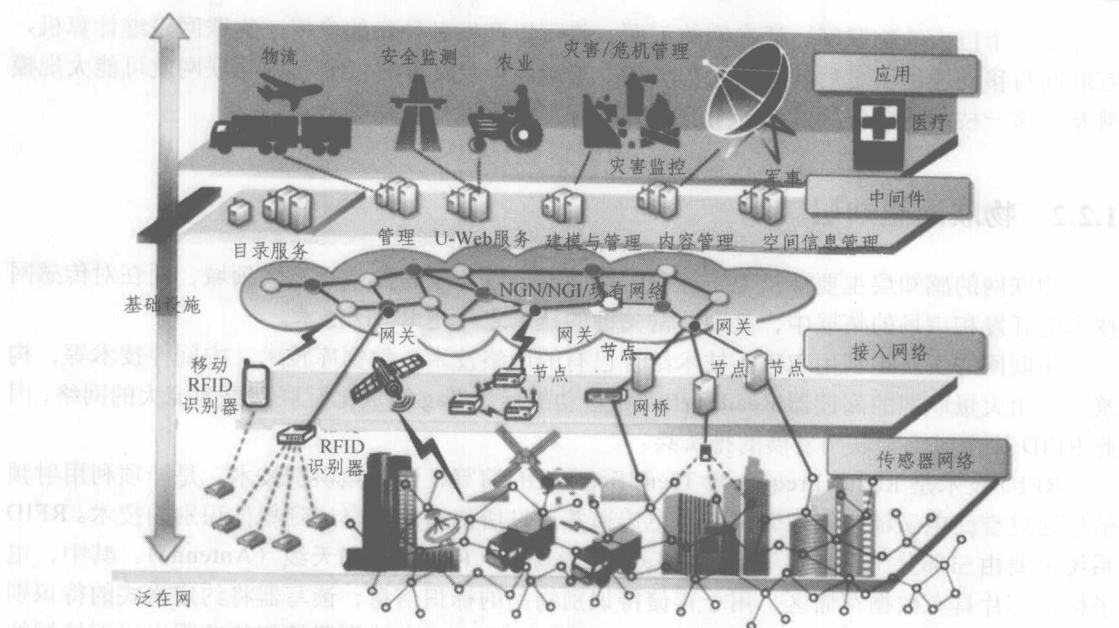


图 1.2 国际电讯联盟提出的泛在网构架

通俗来讲，物联网可实现人与物之间的信息沟通和物和物之间的信息沟通，也就是让物的东西能具有智慧，能连接成网络，能够说话和相互连接通讯。

物联网应用可以分为感知层、网络层与应用层三层，如图 1.3 所示。

(1) 感知层。主要实现标识、识别功能。其中，采用射频识别（RFID）技术、NFC 技术实现物体的标识功能，采用传感器技术实现物体的识别、感知功能。

(2) 网络层。主要实现信息的传输，采用无线网络技术、互联网技术。

(3) 应用层。主要实现各种具体的应用，完成所需功能。

其中，感知识别是一个基础，网络传输是一个平台，是一个支撑，关键是应用层的各种应用，可以改变人们的生活和未来。

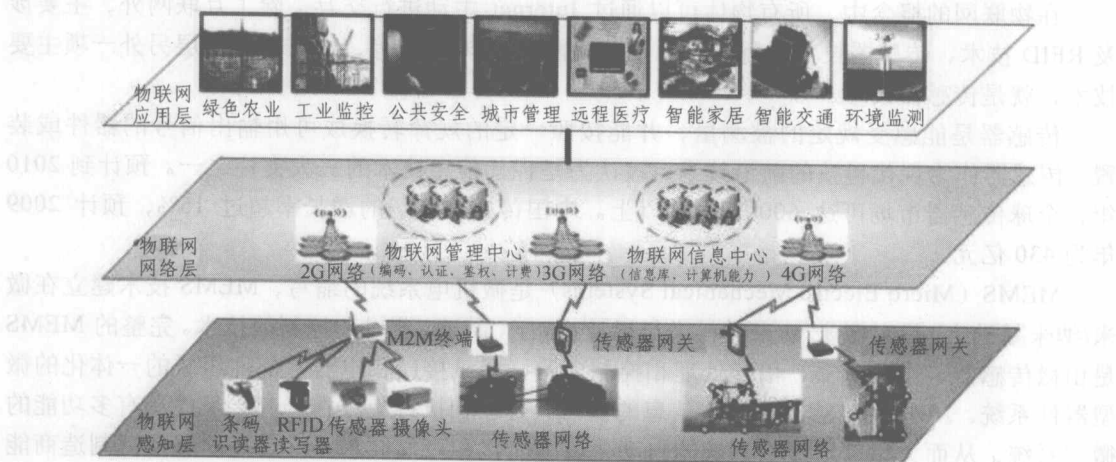


图 1.3 物联网分层示意图

在这个巨大的物联网、泛在网的下面,将可以开发各种新的应用。物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮。有专家预测,10年内物联网就可能大规模普及,这一技术将会发展成为一个有上万亿元规模的高科技市场。

1.2.2 物联网感知层

物联网的感知层主要涉及电子标签、传感器、芯片及智能卡等三大领域,而在对传感网技术的开发和市场的拓展中,其中非常关键的技术之一是 RFID 技术。

物联网的实质是利用 RFID 技术结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等,构筑一个由大量联网的阅读器 Reader 和无数移动的标签 Tag 组成比互联网更为庞大的网络,因此 RFID 技术成为物联网发展的排头兵。

RFID 技术是 Radio Frequency Identification 的缩写,即射频识别技术,是一项利用射频信号通过空间电磁耦合实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到物体识别的技术。RFID 系统主要由三部分组成:电子标签(Tag)、读写器(Reader)和天线(Antenna)。其中,电子标签芯片具有数据存储区,用于存储待识别物品的标识信息;读写器将约定格式的待识别物品的标识信息写入电子标签的存储区中(写入功能),或在读写器的阅读范围内以无接触的方式将电子标签内保存的信息读取出来(读出功能);天线用于发射和接收射频信号,往往内置在电子标签或读写器中。

RFID 技术的工作原理是:电子标签进入读写器产生的磁场后,接收解读器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(无源标签或被动标签),或者主动发送某一频率的信号(有源标签或主动标签);解读器读取信息并解码后,送至中央信息系统进行有关数据处理。

RFID 按应用频率的不同分为低频(LF)、高频(HF)、超高频(UHF)、微波(MW),相对应的代表性频率分别为:低频 135 kHz 以下、高频 13.56 MHz、超高频 860~960 MHz、微波 2.4~5.8 GHz。目前,实际 RFID 应用以低频和高频产品为主,而超高频标签因其具有可识别距离远和成本低的优势,未来将有望逐渐成为主流。

在物联网的概念中,所有物体可以通过 Internet 主动进行交互,除了互联网外,主要涉及 RFID 技术、传感器技术、智能嵌入技术、微波/纳米技术等,物联网感知层另外一项主要技术,就是传感器技术。

传感器是能感受规定的被测量,并能按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。传感器作为现代科技的前沿技术,被认为是现代信息技术的三大支柱之一。预计到 2010 年,全球传感器市场可达 600 亿美元以上。中国传感器市场的增长率超过 15%,预计 2009 年为 430 亿元。

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 是微机电系统的缩写, MEMS 技术建立在微米/纳米基础上,是对微米/纳米材料进行设计、加工、制造、测量和控制的技术。完整的 MEMS 是由微传感器、微执行器、信号处理和控制电路、通讯接口和电源等部件组成的一体化的微型器件系统。MEMS 传感器能够将信息的获取、处理和执行集成在一起,组成具有多功能的微型系统,从而大幅度地提高系统的自动化、智能化和可靠性水平。它还能够使得制造商能将一件产品的所有功能集成到单个芯片上,从而降低成本,适用于大规模生产。

目前采用 MEMS 技术设计的传感器包括多轴加速度传感器、电子罗盘、温度和海拔高度传感器等, 这些传感器具有功耗低、体积小、价格低等特点。MEMS 传感器和其他多种采用最新技术的传感器和无线传感器网络相结合, 作为物联网的感知层、物联网的“眼睛”, 为物联网、泛在网提供了感知和智能的能力, 并带来千千万万种新应用和巨大的新市场空间。

1.2.3 物联网网络层

物联网/泛在网的网络层, 主要由下一代 3G/4G 为核心的网络组成, 在物联网中, 系统应用流程如下:

- (1) 对物体属性进行标识。物体属性包括静态属性和动态属性, 静态属性可以直接存储在标签中; 动态属性需要先由传感器实时探测。
- (2) 识别设备完成对物体属性的读取, 并将信息转换为适合网络传输的数据格式。
- (3) 将物体的信息通过网络传输到信息处理中心 (处理中心可能是分布式的, 如家里的电脑或者手机; 也可能是集中式的, 如中国移动的 TD-SCDMA 网络和联通的 WCDMA 网络等), 由处理中心完成物体通信的相关计算。

目前手机和智能手机已经广泛普及, 2G/3G 网络已经无处不在, 这些长距离网络将承担起骨干和核心网络的作用, 和将要广泛普及的传感器网络、物联网等进行有机融合, 依靠大型数据库和“云计算”的功能, 完成互联网和每个节点、每个物品的互联和通信。

图 1.4 和图 1.5 所示分别是中兴通信和中国电信的下一代核心网络简图。

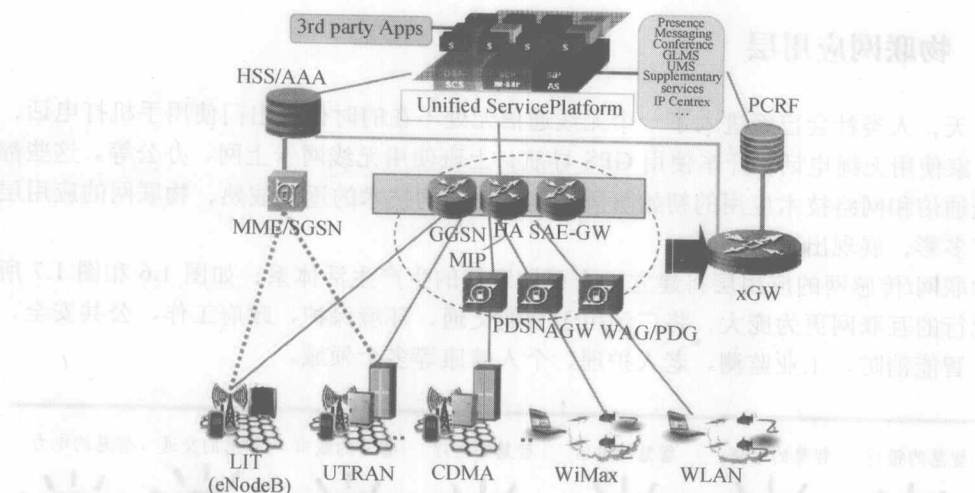


图 1.4 中兴下一代核心网络 NGN

下一代核心骨干网络将具有强大的“云计算”能力、和物联网通信和处理的巨大能力, 以便为物联网建立一个强大无比的网络层。

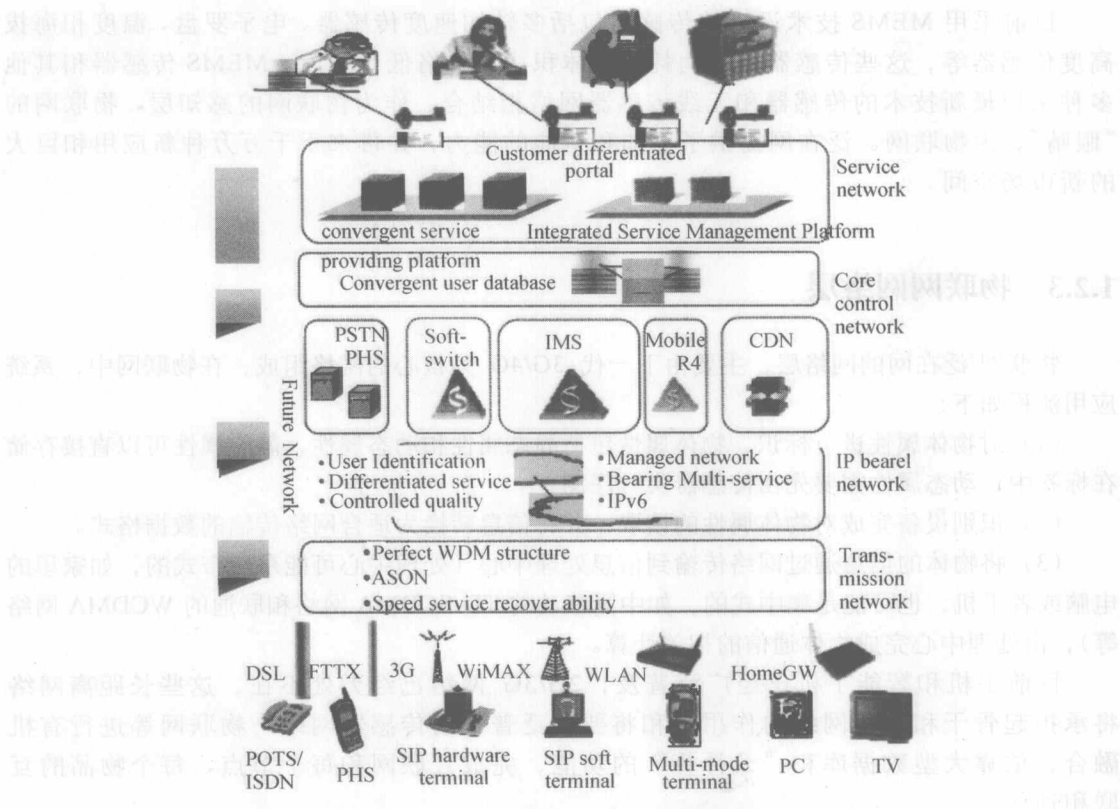


图 1.5 中国电信下一代核心网络 NGN

1.2.3 物联网应用层

今天，人类社会已经进入了一个无线通信无处不在的时代。出门使用手机打电话，发短信；在家使用无绳电话；开车使用 GPS 导航；上班使用无线网卡上网、办公等。这些都还是无线通信和网络技术应用的初始阶段。随着物联网技术的逐渐成熟，物联网的应用层会更加丰富多彩，展现出全新图画。

物联网/传感网的应用层将建立一个更加智能的生产生活体系，如图 1.6 和图 1.7 所示。它比现行的互联网更为庞大，将广泛用于智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、智能家居、智能消防、工业监测、老人护理、个人健康等多个领域。



图 1.6 物联网应用层设想

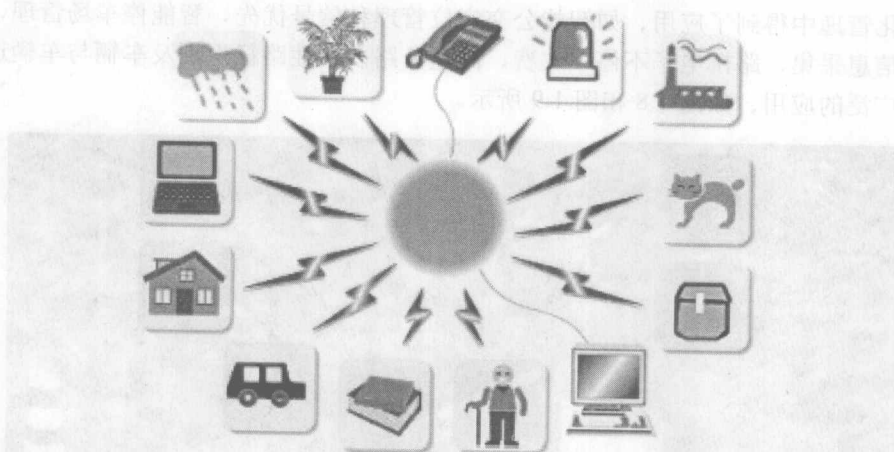


图 1.7 物联网的应用层

在物联网下，智能和智慧家居将不再是梦想。回家前先发条短信，浴缸里就能自动放好洗澡水；家中开关只需一个遥控板就可全部控制，再也不用冬天冒寒下床关灯；家里漏气或漏水，手机短信会自动报警。

当人们准备驾车出门时，可即时查询主城区实时路况以避免堵车。当屋主身在千里之外，如家里天然气泄漏或自来水漏水，或有小偷闯入家中，屋主的手机第一时间会接到自动报警。准备下班回家时，只需用鼠标轻轻一点或拨打手机，即可遥控开启家中各种电器。足不出户，就可经可视电话同千里之外的朋友作面对面的交谈……

随着技术进步，物联网和传感网将迅速向我们日常生活中的各个方面扩展，也会将人类的生活，带入一个全新的境界。

1.3 物联网广阔应用领域

物联网/传感网正在向我们走来。由于无线片上系统（SoC）的低功耗、小体积，低价格嵌入式无线通讯和无线网络系统近年来得到了迅速发展，物联网/传感网已经产生无数的新应用和新的市场。

1.3.1 物联网下的智能交通

交通是国民经济的基础和命脉，交通发展的水平是一个国家整体实力和科技水平的重要标志。物联网技术具有车辆通信、自动识别、定位、远距离监控等功能，在移动车辆的识别和管理系统方面有着非常广泛的应用。

在国际上，美国 IVHS、日本 VICS 等系统通过在车辆和道路之间建立有效的信息通信，实现智能交通的管理和信息服务。物联网技术近年来在物流与供应链管理领域以及交通运输

领域智能化管理中得到了应用,如智能公交定位管理和信号优先、智能停车场管理、车辆类型及流量信息采集、路桥电子不停车收费、高速公路多义性路径识别及车辆与车辆通信中,都获得了广泛的应用,如图 1.8 和图 1.9 所示。

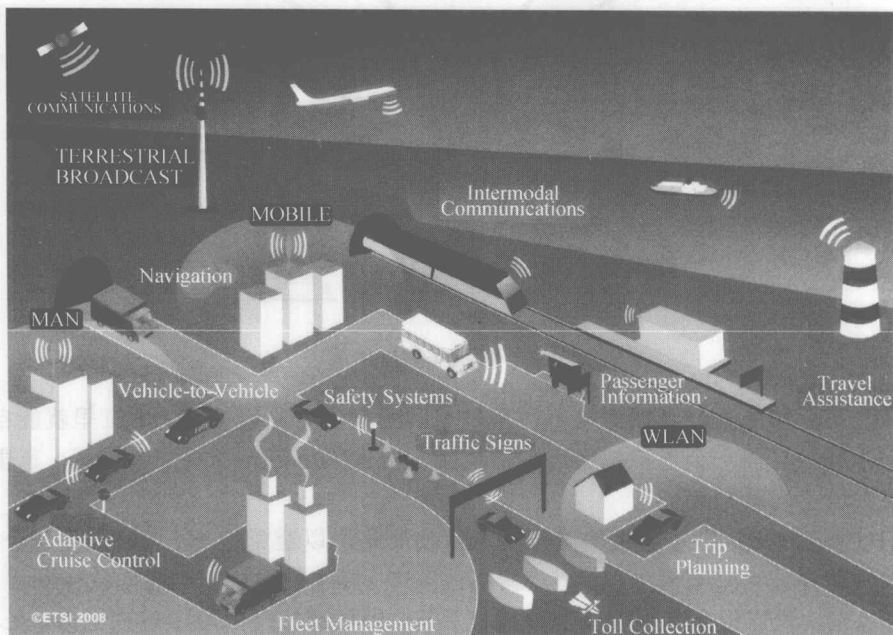


图 1.8 物联网下的智能交通系统示意图

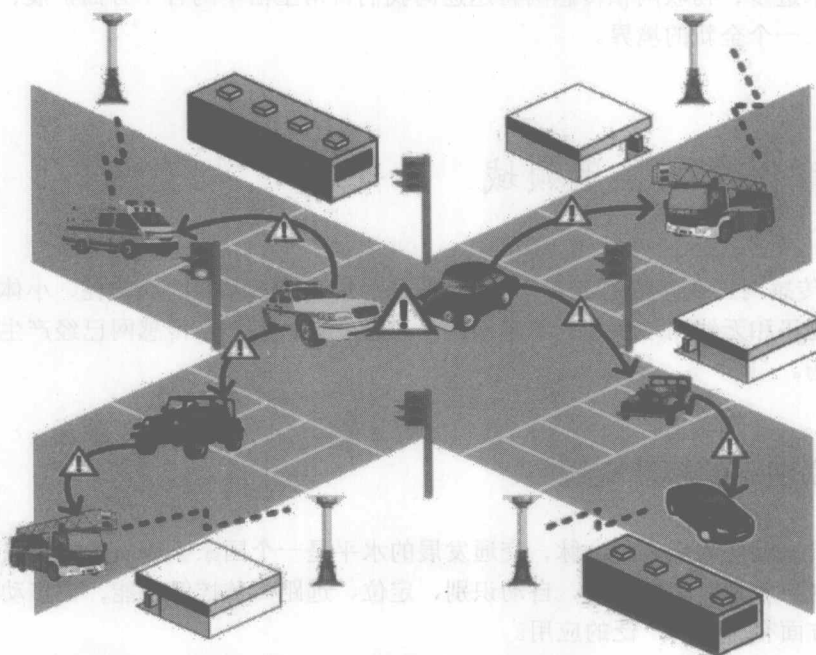


图 1.9 物联网下智能公路

1.3.2 聪明安防系统

有一个舒适、美好、安全的住宅环境,是每个人的愿望。一套家庭安全系统如图 1.10 所示,它由若干个无线节点系统组成一个无线网络,所有节点均采用电池供电,如安装在屋顶的自动烟雾传感器节点,安装在厨房的煤气泄漏监视传感器节点,安装在门窗上的防盗监视传感器节点,每各节点都是一个智能的系统,并通过无线网络保持双向联系。所有节点无线汇集到家庭中心无线服务器,再由中心服务器连接电话线和互联网。



图 1.10 家庭安全系统

如果无线节点发现火灾、气体泄漏、盗贼入侵等情况会立即报警;如果主人不在家,系统会直接通过物联网和互联网自动报警;如果盗贼切断电源,切断电话/网络电缆,该系统的各个节点会自动将报警信号利用无线传输到邻居家中(需邻居家中也安装了物联网下的节点),通过邻居家中电话和物联网/互联网网络发出警报。

1.3.3 智慧停车表

目前,大城市中汽车越来越多,市区内停车场严重不够,在马路边停车成了应急的选择。在美国纽约等繁华中心区,有成千上万的各种汽车停泊在马路两边。几辆车中间,有一个自动停车收费系统,只需要投入硬币或刷卡,收费系统会打印出一张发票,车主可将发票放到车窗前,作为存车依据。这样的自动收费系统有一个弊病就是查验困难,如果车主不交费或少交费很难查处,因为查验人员很难对成千上万车辆上的发票进行检查。

如果采用物联网下的智能无线节点,只需要很低成本,即可改造这些街头停车收费系统。每个街头停车收费表,将变成一个无线智能节点。这些节点记录停车收费的情况,并通过每个停车表的无线网络路由,建立起和其他附近收费表的无线双向网络通讯。

这种新的街头无线收费表和其他传感器配合,可以提供更聪明亲切的服务,如果驾驶人希望找到附近的停车位,只需要查看任何一个停车表,停车表通过物联网数据库实时搜索,便会很快告诉驾驶人附近哪里有空置的停车位置。

对于管理当局,查验停车收费的工作变得非常简单和高效率,只需要驾驶查验警车,以一定速度通过路边的车辆,单片机无线节点会自动通过无线,将当前收费情况告诉查验警车,同时,还会通过加密通信告知其硬币储存量,以便及时取出;如果警车发现某停泊的汽车没有交费或少交费,马上就可以开出罚单。

同时,由于这些林立街头的收费表,在大都市中心建立了一个分布广泛的无线网络,这些聪明的收费表,还可以增加一个醒目的红色按钮,如果有人突然发病或遇到打劫,可以按

这个红色按钮, 收费表会通过无线网络自动向报警中心和救急中心发出信号。

1.3.4 无线抄表网络

在我们日常生活中, 家里的各种电表/水表/煤气表/热量表都需要按时查表收费。如果每个表都采用智能无线系统 (见图 1.11), 就可自动完成水/电/煤气/热量计量, 自动储存在系统储存器中。在需要查表时, 查表员不用进入家门, 在瞬间就可轻松完成读表。由于每个家庭中的无线智能表已经和邻居家的无线智能表自动连接成为无线网络, 就像接力赛跑一样, 一个无线节点双向通过另一个无线节点组成网状数据链, 将整个大楼的无线智能表都连接在同一个物联网上。所以查表人员可以不用上楼下楼, 仅仅通过大楼入口处的任何一个无线节点, 便可以通过无线网络迅速完成整栋大楼查表工作, 或者通过物联网抄表网络, 不出办公室便完成抄表工作。

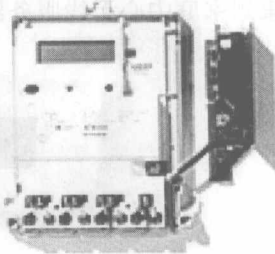


图 1.11 无线读表系统

由许多无线节点构成的双向无线网络系统, 不仅可以方便查表, 而且进一步改造, 还可以由能源部门在任何时候对每个单独的节点各种电表/水表/煤气表/热量表等进行实时监测和控制, 达到节约能源的目的, 并且让用户实现在低价格时段的能源使用。

1.3.5 遍布车内的传感器网络

有汽车驾驶经验的人都知道保持汽车轮胎压力的重要性, 如果在高速驾驶中, 轮胎突然失去压力或车轮胎破裂, 处理不当会造成重大事故。所以, 实时监视轮胎压力对安全驾驶非常重要。但是, 轮胎在高速旋转, 安装任何有线的传感器都将非常困难的。

此时, 可采用无线轮胎压力监视系统, 它由单片机、无线收发电路、压力传感器、电池组成无线节点, 无线节点被放置在汽车的每个轮胎中, 以电池为能源工作。

当轮胎高速旋转时, 每个节点的单片机控制传感器定时监测轮胎内的压力, 并通过无线网络, 以无线方式将监测到的轮胎压力信息传输到驾驶台上的轮胎压力显示系统, 如果轮胎压力异常, 系统将会发出报警信号。

在轮胎压力监视系统中, 单片机、传感器、无线系统、天线、电池可以做成一个很小的模块并固定在轮胎内部, 电池可以工作 1~2 年, 每个无线节点价格可以低至 3~6 美元。目前, 已经有些高档汽车开始安装无线轮胎压力监视系统。

无线轮胎压力监视系统只是智能无线系统在汽车工业中的应用之一, 从长远看, 智能无线系统在下一代汽车工业中将会有更广阔的应用前景。

在近年推出的新型汽车上, 已经将各种各样的传感器嵌入到汽车中间, 并且形成了一个无线网络, 如图 1.12 所示。

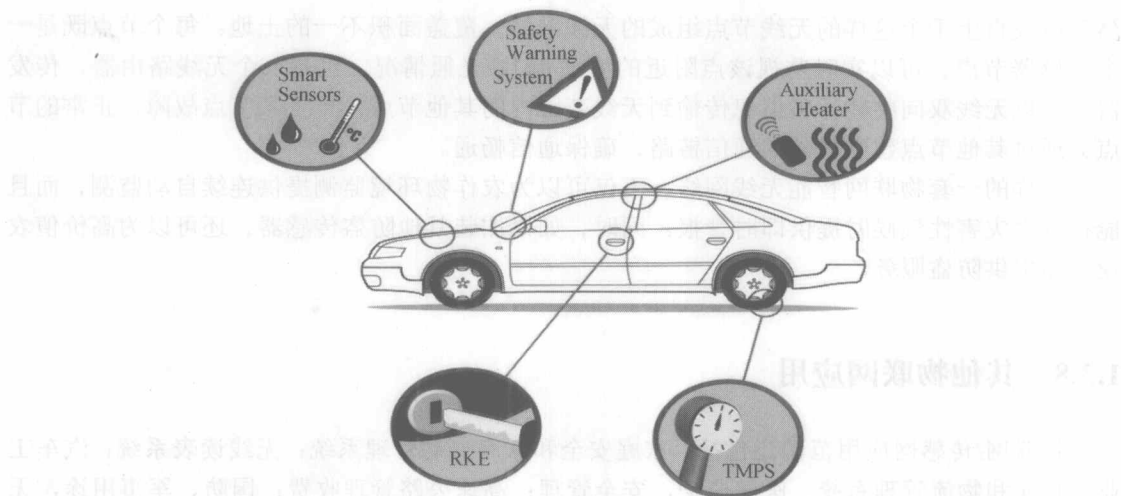


图 1.12 汽车内无线传感网

1.3.6 RFID 货物跟踪管理系统

集装箱运输目前非常流行，每天有成千上万的集装箱在卡车上，轮船上。监视这些移动中的货物，是货主和运输公司共同的需要。

像信用卡大小的无线节点，作为电子标签粘贴在每个集装箱上，每个无线节点都有一个独特的电子编码，这个电子编码可以是全球统一标准的 EPC 编码。同时，无线节点还可以储存更具体的运输信息、货物信息、客户信息等。

当卡车、火车、轮船到达后，调度中心便可以迅速通过无线网络，向这个电子标签的无线节点进行查询，得到相关信息。加上车船上现有的卫星定位信息，调度中心可以立即了解到该货物的具体位置。同时，通过统一系统，客户也可以通过 Internet 或卫星通信等，快速方便地查询货物的位置，得知收到货物的准确时间。

在海湾战争中，美国军队的后勤供应就采用了类似的货物跟踪管理系统，有效地保证了美军的后勤供应。

采用智能无线节点构成的货物跟踪管理系统，其实是个典型长距离 RFID 系统，该系统在超级市场存货管理、大型仓库管理等方面有广泛的应用前景。此外，这类系统还被应用于高速公路的收费管理。一个智能无线节点（包括电池）被固定在汽车挡风玻璃上，节点包括了客户的信息、车牌号码等，当汽车接近高速管理收费站时，收费站的电脑通过无线和该无线节点通讯，完成客户信息校对，并自动收费放行。由于这样的系统大大提高了收费效率，可以实现不停车自动收费，所以现在很多高速公路都采用这样的自动收费系统。

1.3.7 农作物环境监测网

物联网无线农作物环境监测系统，是由多个智慧无线节点和无线网关组成的，在每个节点配置不同的传感器，如温度/湿度/光照传感器等。每个节点可以相互间距离几百上千米，