



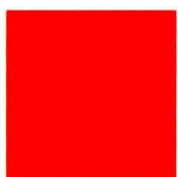
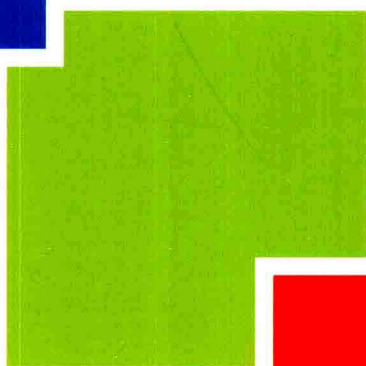
工业和信息化普通高等教育
“十三五”规划教材立项项目

赵小强 李晶 王彦本 编著

物联网系统 设计及应用

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

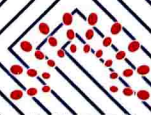
Design and Application of
the Internet of Things System



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



高校系列



工业和信息化普通高等教育
“十三五”规划教材立项项目

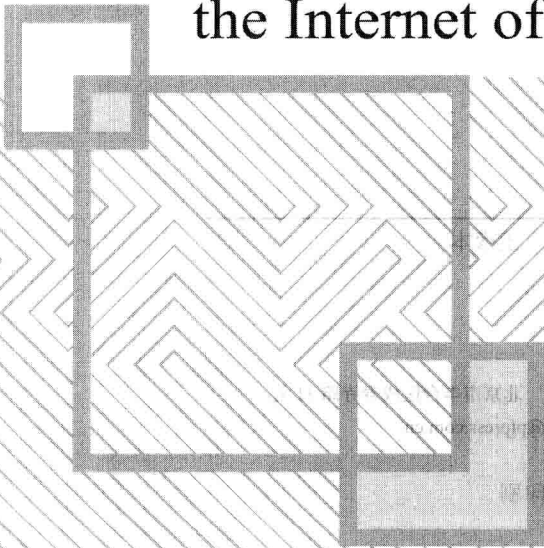
赵小强 李晶 王彦本 编著

物联网系统设计及应用

高等院校信息与通信工程规划教材
University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering



Design and Application of
the Internet of Things System



人民邮电出版社

北京



高校系列

图书在版编目 (C I P) 数据

物联网系统设计及应用 / 赵小强, 李晶, 王彦本编
著. — 北京: 人民邮电出版社, 2015. 9
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
ISBN 978-7-115-39579-5

I. ①物… II. ①赵… ②李… ③王… III. ①互联网—应用—高等学校—教材②智能技术—应用—高等学校—教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第169526号

内 容 提 要

本书结合国家物联网专业学生培养的目标及物联网新兴产业的发展, 从面向实际应用及培养大学生实践能力出发, 由浅入深讲解物联网系统的软硬件设计。教材包括 6 章, 分别是物联网系统概论、物联网设计所需基本仪器使用方法、物联网电路设计与仿真、物联网系统的印制电路板设计、物联网系统软件设计、典型物联网系统设计。本书各章节内容逐步深入, 符合大学生的实践创新能力培养规律。本书融入了编者多年教学科研成果, 书中多个例程均来自其负责主持的科研项目及指导的学生科技竞赛项目——“基于物联网的废气监测仪的设计”和“基于物联网的水质远程分析科学决策智能化环保系统”, 这些项目分别获得过 2013 年和 2011 年全国大学生“挑战杯”竞赛陕西赛区特等奖及全国二等奖。

本书可作为高等院校电子信息类专业物联网设计及其应用的教材, 也可作为电子通信类、计算机类、仪器仪表类、环境类专业学生及电子爱好者的学习参考用书。

◆ 编 著 赵小强 李 晶 王彦本

责任编辑 张孟玮

执行编辑 李 召

责任印制 沈 蓉 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 22

2015 年 9 月第 1 版

字数: 540 千字

2015 年 9 月河北第 1 次印刷

定价: 49.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

物联网作为国家倡导的新兴战略性产业，备受各界重视，并成为就业前景广阔的热门领域。掌握物联网系统设计及应用是物联网工程、信息工程、测控仪器等专业的基本要求，也是培养信息类专业高技能人才必须具备的基本技能。

本书结合国家物联网专业学生培养及物联网新兴产业的发展，从面向实际应用及培养大学生实践能力出发，由浅入深，以例程为章节，连贯性及实践性强。教材首先对物联网系统进行概述，让学生对于物联网系统有个大概的了解；其次，从最简单的物联网设计所需基本仪器的使用方法讲起，沿着物联网电路设计及仿真、物联网系统软件设计逐步进行深入，然后完成多个完整物联网系统的设计。本书分为6个章节，具体内容如下。

第1章：物联网系统概论，该部分主要介绍物联网系统的定义、组成、特点、体系结构以及应用前景。

第2章：物联网设计所需基本仪器使用方法，主要介绍示波器、频谱仪、信号发生器的使用方法，为后继的硬件设计打下基础。

第3章：物联网电路设计与仿真，结合 Altium Designer 2014 软件主要介绍了物联网电路原理图设计、物联网电路仿真等内容。

第4章：物联网系统的印制电路板设计，结合 Altium Designer 2014 软件主要介绍了物联网印制电路板设计等内容。

第5章：物联网系统软件设计，主要包括虚拟仪器编程技术和虚拟仪器的硬件编程技术，阐述的例程包括“PC与单个单片机串口通信”“短信接收与发送”。

第6章：典型物联网系统设计，分别给出在线超声波测距仪的设计、基于物联网的废气监测仪、基于 NRF2401 无线模块的温度远程传输系统、水质远程智能化监测系统设计4个例程。该部分主要锻炼学生的物联网系统基本设计及应用能力。

本书的参考学时为48学时，建议采用理论与实验相结合的教学模式，理论和实验课时各占一半，各章节的参考学时见下面的学时分配表。

| 章节 | 课程内容 | 课时分配 | |
|-----|-----------------|------|------|
| | | 讲授 | 实践训练 |
| 第1章 | 物联网系统概论 | 4 | 0 |
| 第2章 | 物联网设计所需基本仪器使用方法 | 2 | 4 |

续表

| 章节 | 课程内容 | 课时分配 | |
|------|---------------|------|------|
| | | 讲授 | 实践训练 |
| 第3章 | 物联网电路设计与仿真 | 4 | 4 |
| 第4章 | 物联网系统的印制电路板设计 | 2 | 2 |
| 第5章 | 物联网系统软件设计 | 6 | 6 |
| 第6章 | 典型物联网系统设计 | 6 | 8 |
| 课时总计 | | 24 | 24 |

本书由赵小强任主编，并编写第3章、第4章、第6章，王彦本编写第1章、第2章，李晶编写第5章，学生刘云云、陈升伟、冯勋、雷雪、马士雄、薛晓婷、魏文旭、彭威也参与了本书部分章节的资料整理及实验数据处理工作。此外，本书获得了2014年陕西省教育厅服务地方专项计划项目（项目名称：“水质远程分析科学决策智能化环保系统的研制”，项目编号：14JF022）及2015年陕西省社会发展攻关项目（项目名称：基于物联网的大气质量预测预警系统的研究，项目编号：2015-SF-284）的资助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者

2015年4月

目 录

| | |
|--------------------|----|
| 第 1 章 物联网系统概论 | 1 |
| 1.1 物联网的定义 | 1 |
| 1.2 物联网的体系架构 | 2 |
| 1.2.1 物联网的框架结构 | 2 |
| 1.2.2 感知层 | 3 |
| 1.2.3 网络层 | 6 |
| 1.2.4 应用层 | 8 |
| 1.3 射频识别 (RFID) 技术 | 9 |
| 1.3.1 RFID 的组成 | 10 |
| 1.3.2 RFID 工作原理 | 11 |
| 1.3.3 RFID 的技术标准 | 12 |
| 1.4 ZigBee 技术 | 13 |
| 1.4.1 ZigBee 技术概述 | 13 |
| 1.4.2 ZigBee 协议规范 | 15 |
| 1.5 无线传感网络技术 | 16 |
| 1.5.1 无线传感网络概述 | 16 |
| 1.5.2 无线传感网络关键技术 | 18 |
| 1.5.3 无线传感网络协议 | 19 |
| 1.6 无线传感器网络定位技术 | 22 |
| 1.6.1 定位技术综述 | 22 |
| 1.6.2 基于距离的定位方法 | 24 |
| 1.6.3 基于非测距的定位算法 | 25 |
| 1.7 物联网通信技术 | 27 |
| 1.7.1 无线接入网技术 | 27 |
| 1.7.2 基于光传输的接入网技术 | 29 |
| 1.8 物联网系统的应用前景 | 30 |
| 思考题 | 32 |

| | |
|-----------------------|----|
| 第 2 章 物联网设计所需基本仪器 | |
| 使用方法 | 33 |
| 2.1 示波器 | 33 |
| 2.1.1 功能检查 | 33 |
| 2.1.2 设置垂直系统 | 35 |
| 2.1.3 设置水平系统 | 36 |
| 2.1.4 设置触发系统 | 37 |
| 2.2 信号发生器 | 38 |
| 2.2.1 信号发生器面板介绍 | 39 |
| 2.2.2 信号发生器的使用 | 39 |
| 2.3 频谱分析仪 | 40 |
| 2.3.1 频谱分析仪的技术指标 | 41 |
| 2.3.2 频谱分析仪的使用方法 | 42 |
| 2.3.3 测试流程 | 43 |
| 思考题 | 45 |
| 第 3 章 物联网电路设计与仿真 | 46 |
| 3.1 物联网电路原理图设计 | 46 |
| 3.1.1 项目说明 | 46 |
| 3.1.2 电路原理图设计的流程 | 46 |
| 3.1.3 原理图设计编辑界面 | 47 |
| 3.1.4 原理图菜单栏、工具栏及工作面板 | 47 |
| 3.1.5 绘制仪用 AD 转换电路原理图 | 50 |
| 3.1.6 层次化原理图设计 | 64 |
| 3.2 物联网电路仿真 | 72 |
| 3.2.1 项目说明 | 72 |
| 3.2.2 电路仿真的基本概念 | 72 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 3.2.3 放置电源及仿真激励源 | 72 | 5.5 程序结构 | 176 |
| 3.2.4 仿真分析的参数设置 | 78 | 5.5.1 For 循环 | 176 |
| 3.2.5 特殊仿真元器件的 参数设置 | 80 | 5.5.2 条件结构 | 179 |
| 3.2.6 电路仿真的基本方法 | 88 | 5.5.3 事件结构 | 181 |
| 思考题 | 94 | 5.5.4 定时结构 | 183 |
| 第4章 物联网系统的印制电路板 设计 | 98 | 5.6 图像显示 | 186 |
| 4.1 PCB 编辑器的功能特点 | 98 | 5.6.1 波形图表 | 186 |
| 4.2 PCB 界面简介 | 99 | 5.6.2 波形图 | 188 |
| 4.3 电路板物理结构及环境参数 设置 | 101 | 5.6.3 XY 图 | 190 |
| 4.4 PCB 的设计流程 | 103 | 5.6.4 强度图 | 192 |
| 4.5 设置电路板工作层面 | 104 | 5.6.5 数字波形图 | 192 |
| 4.6 “Preferences” 的设置 | 110 | 5.7 文件系统 | 195 |
| 4.7 在 PCB 文件中导入原理图 网络表信息 | 110 | 5.7.1 文件 I/O | 195 |
| 4.8 元件的自动布局 | 115 | 5.7.2 文本文件 | 197 |
| 4.9 元件的手动调整布局 | 119 | 5.7.3 电子表格文件 | 198 |
| 4.10 电路板的自动布线 | 123 | 5.7.4 二进制文件 | 200 |
| 4.11 电路板的手动布线 | 147 | 5.7.5 波形文件 | 201 |
| 4.12 添加安装孔 | 149 | 5.7.6 TDMS 文件 | 203 |
| 4.13 覆铜和补泪滴 | 150 | 5.8 数学计算 | 204 |
| 4.14 3D 效果图 | 154 | 5.8.1 分析中的数学计算 | 204 |
| 4.15 网络密度分析 | 155 | 5.8.2 信号分析 | 219 |
| 思考题 | 156 | 5.9 实例 | 225 |
| 第5章 物联网系统软件设计 | 159 | 5.9.1 PC 与单个单片机串口通信 | 225 |
| 5.1 虚拟仪器及 LabVIEW 概述 | 159 | 5.9.2 短信接收与发送 | 230 |
| 5.2 LabVIEW 软件的安装 | 160 | 思考题 | 249 |
| 5.3 LabVIEW 的操作环境 | 161 | 第6章 典型物联网系统设计 | 251 |
| 5.3.1 编辑面板 | 161 | 6.1 在线超声波测距仪 | 251 |
| 5.3.2 工具栏 | 162 | 6.1.1 电子模块准备 | 251 |
| 5.3.3 工具模板 (Tools Palette) | 162 | 6.1.2 设计步骤 | 254 |
| 5.4 LabVIEW 基础 | 163 | 6.1.3 程序分析 | 261 |
| 5.4.1 数据运算 | 163 | 6.2 基于物联网的废气监测仪 | 262 |
| 5.4.2 布尔型 | 164 | 6.2.1 电子模块准备 | 262 |
| 5.4.3 数组 | 166 | 6.2.2 设计步骤 | 263 |
| 5.4.4 簇 | 169 | 6.2.3 程序分析 | 268 |
| 5.4.5 字符串 | 171 | 6.3 基于 NRF2401 无线模块的 温度远程传输系统 | 268 |
| | | 6.3.1 电子模块准备 | 268 |
| | | 6.3.2 设计步骤 | 270 |
| | | 6.3.3 程序分析 | 276 |

| | | | |
|---------------------------------|-----|---|-----|
| 6.4 水质远程智能化监测系统设计 ... | 276 | 思考题 | 313 |
| 6.4.1 总体设计 | 276 | 附录 A 在线超声波测距仪程序 | 314 |
| 6.4.2 系统硬件设计 | 276 | 附录 B 基于物联网的废气监测仪 设计程序 | 320 |
| 6.4.3 系统下位机软件设计 | 290 | 附录 C 基于 NRF2401 无线模块的 温度远程传输系统设计程序 | 327 |
| 6.4.4 上位机软件设计 | 302 | 参考文献 | 344 |
| 6.4.5 网络通信功能测试 | 309 | | |
| 6.4.6 水质远程智能化监测 系统设计总体 | 312 | | |

第 1 章 物联网系统概论

本章主要介绍物联网的定义、体系架构、射频识别 (RFID) 技术、ZigBee 技术、无线传感网络技术、无线传感器网络定位技术、物联网通信技术及物联网系统的应用前景等内容。本章知识要点为物联网的框架结构、RFID 的工作原理及无线传感器网络的定位算法。

本章建议安排理论讲授 4 课时。

1.1 物联网的定义

从“智慧地球”到“感知中国”的提出，随着全球一体化、工业自动化和信息化进程的不断深入，物联网 (Internet of Things) 悄然来临。物联网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 年中为解决现代社会问题作出极大的贡献。

物联网被称为继计算机、互联网之后，世界信息产业的第三次浪潮。2009 年以来，美国、欧盟、日本等纷纷出台物联网发展计划，进行相关技术产业的前瞻布局，我国的“十二五”规划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，物联网在全球的研究和开发还处于起步阶段，不同领域的专家学者对物联网的研究方向各异，关于物联网的定位及特征的认识还未能统一，对于其框架模型、标准体系和关键技术都还缺乏清晰化的界定。

1. 国际电信联盟的定义

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 (ITU) 发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，正式提出了“物联网”的概念。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因特网主动进行交换。射频识别技术 (RFID)、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。根据 ITU 的描述，在物联网时代，通过在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间任何地点的人与人之间的沟通连接扩展到人与物及物与物之间的沟通连接。

2. 美国以 IBM “智慧地球” 为代表的定义

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”。作为仅有的两名代表之一，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。2009年2月24日消息，IBM大中华区首席执行官钱大群在2009 IBM论坛上公布了名为“智慧的地球”的最新策略。此概念一经提出，即得到美国各界的高度关注，甚至有分析认为IBM公司的这一构想极有可能上升至美国的国家战略，并在世界范围内引起轰动。IBM认为，IT产业下一阶段的任务是把新一代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，并且被普遍连接，形成物联网。

3. EPC 基于“RFID”的物联网定义

物联网是在计算机互联网的基础上，利用RFID、无线数据通信等技术，构造一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”。在这个网络中，物品能够彼此进行“交流”，而无需人的干预。其实质是利用射频自动识别（RFID）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。

4. 我国中科院基于传感网对物联网的定义

随机分布的集成有传感器、数据处理单元和通信单元的微小节点，通过一定的组织和通信方式构成的网络，是传感网，又叫物联网。

5. 电信运营商的物联网

我国物联网的整体架构就是要基于RFID、GPRS和高速宽带的无处不在的网络。现在运营商的责任在于找到每一个物，匹配相应的终端和网络，同时引入产业链上下游，形成完善的物联网体系。

目前比较流行，能够被各方所接受的物联网定义为：通过射频识别（RFID）、传感器、定位系统、嵌入式等信息传感设备，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。其目的是让所有的物品都与网络连接在一起，方便识别和管理。

1.2 物联网的体系架构

1.2.1 物联网的框架结构

物联网分为软件、硬件两大部分。软件部分即为物联网的应用服务层，包括应用、支撑两部分。硬件部分分为网络传输层和感知控制层，分别对应传输部分、感知部分。软件部分大都基于互联网的TCP/IP通信协议，而硬件部分则有GPRS、传感器等通信协议。

物联网作为一种形式多样的聚合性复杂系统，涉及了信息技术自上而下的每一层面，其体系结构分为感知控制层、网络传输层、应用服务层三个层面，如图1.1所示。其中，公共技术不属于物联网技术的某个特定层面，而是与物联网技术架构的三层都有关系，包括标识与解析、安全技术、网络管理和服务质量管理。

感知控制层由数据采集子层、短距离通信技术和协同信息处理子层组成。数据采集子层通过各种类型的传感器获取物理世界中发生的物理事件和数据信息，例如各种物理量、标识、

音频和视频多媒体数据。物联网的数据采集涉及传感器、RFID、多媒体信息采集、二维码和实时定位等技术。短距离通信技术和协同信息处理子层将采集到的数据在局部范围内进行协同处理，以提高信息的精度，降低信息冗余度，并通过自组织能力的短距离传感网接入广域承载网络。感知层中间件技术旨在解决感知层数据与多种应用平台间的兼容性问题。

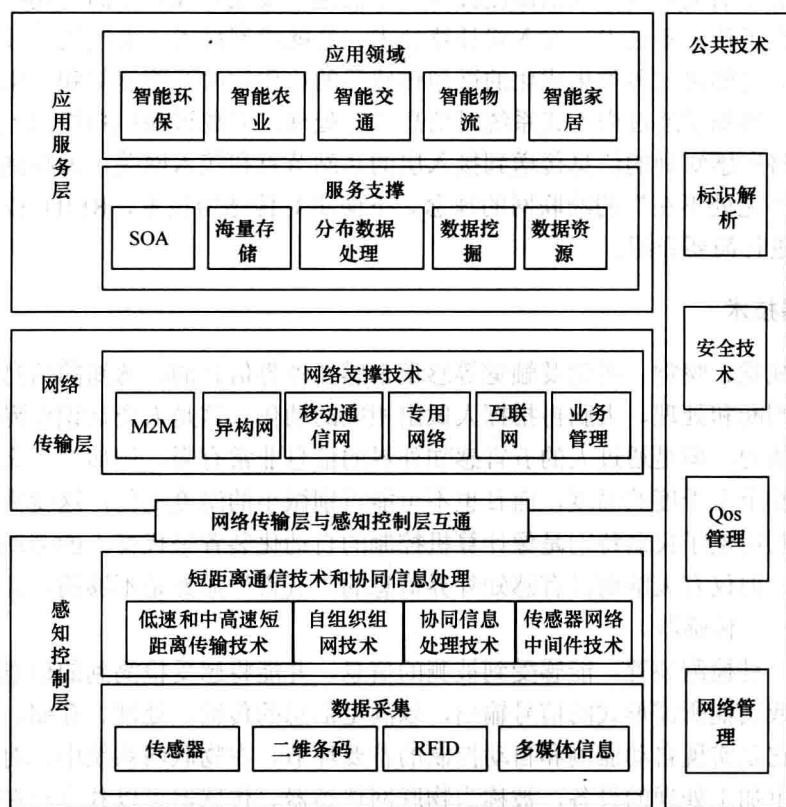


图 1.1 物联网体系框架

网络传输层将来自感知层的各类信息通过基础承载网络传输到应用层，包括移动通信网、互联网、卫星网、广电网、行业专网及形成的融合网络等。根据应用需求，其可作为透明传送的网络层，也可升级以满足未来不同内容传输的要求。

经过十余年的快速发展，移动通信、互联网等技术已比较成熟，在物联网的早期阶段基本能够满足物联网中数据传输的需要。

应用服务层主要将物联网技术与行业专业系统相结合，实现广泛的物物互联的应用解决方案，主要包括业务中间件和行业应用领域。其中，物联网服务支撑子层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通的功能。物联网应用服务子层包括智能环保、智能交通、智能农业、智能家居、智能物流等行业应用。

1.2.2 感知层

物联网在传统网络的基础上，从原有网络用户终端向“下”延伸和扩展，扩大通信的对象范围，即通信不仅仅局限于人与人之间的通信，还扩展到人与现实世界的各种物体之间的

通信。

物联网感知层解决的就是人类世界和物理世界的获取数据问题，即各类物理量、标识、音频、视频数据。感知层处于三层架构的最底层，是物联网发展和应用的基础，具有物联网全面感知的核心能力。作为物联网的最基本一层，感知层具有十分重要的作用。

感知层所需要的关键技术包括检测技术、中低速无线或有线短距离传输技术等。具体来说，感知层综合了传感器技术、嵌入式计算技术、智能组网技术、无线通信技术、分布式信息处理技术等，能够通过各类集成化的微型传感器的协作实时监测感知和采集各种环境或监测对象的信息。感知层通过嵌入式系统对信息进行处理，并通过随机自组织无线网络以多跳中继方式将所感知到的信息传送到接入层的基站节点和接入网关，最终到达用户终端，从而真正实现“无处不在”的物联网的理念。下面将对传感器技术、RFID 技术、二维码技术等关键技术进行简要介绍。

1. 传感器技术

人是通过视觉、嗅觉、听觉及触觉等感觉来感知外界信息的，感知的信息输入大脑并由大脑进行分析判断和处理，大脑再指挥人做出相应的动作，这是人类认识世界和改造世界具有的最基本的能力。但是通过人的五官感知外界的信息非常有限，例如，人无法利用触觉来感知超过几十甚至上千度的温度，而且也不可能辨别微小的温度变化，这就需要电子设备的帮助。同样，利用电子仪器特别是像计算机控制的自动化装置来代替人的劳动时，计算机类似于人的大脑，但仅有大脑而没有感知外界信息的“五官”显然是不够的，计算机还需要它们的“五官”——传感器。

传感器是一种检测装置，能感受到被测的信息，并能将感受检测到的信息按一定的规律转变成电信号或其他所需形式的信号输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动监测和自动控制的首要环节。在物联网系统中，对各种参数进行信息采集和简单加工处理的设备，被称为物联网传感器。传感器可以独立存在，也可以与其他设备以一体方式呈现，但无论哪种形式，它都是物联网中的感知和输入部分。在未来的物联网中，传感器及其组成的传感器网络将在数据采集前端发挥重要的作用。

传感器的分类方法多种多样，比较常用的有按传感器的物理量、工作原理和输出信号三种方式来分类。此外，按照是否具有信息处理能力来分类的意义越来越重要，特别是在未来的物联网时代。按照这种分类方式，传感器可分为一般传感器和智能传感器。一般传感器采集信息需要计算机进行处理；智能传感器带有微处理器，本身具有采集、处理、交换信息的能力，具备高精度、高可靠性和高稳定性、高信噪比与高分辨率、强自适应性、高价格性能比等优点。

2. RFID 技术

RFID 是射频识别 (Radio Frequency Identification) 的英文缩写，是 20 世纪 90 年代开始兴起的一种自动识别技术，它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实现物体识别。我们既可以将其看成是一种设备标识技术，也可以归类它为短距离传输技术。

RFID 是一种能够让物品“开口说话”的技术，也是物联网感知层的一个关键技术。在对物联网的构想中，RFID 标签中存储着规范而具有互用性的信息，我们可以通过有线或无

线的方式，把它们自动采集到中央信息系统，实现物品（商品）的识别，进而通过开放式的计算机网络实现信息交换和共享，实现对物品的“透明”管理。

由于 RFID 具有无需接触、自动化程度高、耐用可靠、识别速度快、适应各种工作环境、可实现高速和多标签同时识别等优势，因此应用领域广泛，如物流和供应链管理、门禁安防系统、道路自动收费、航空行李处理、文档追踪/图书馆管理、电子支付、生产制造和装配、物品监视、汽车监控、动物身份标识等。以简单 RFID 系统为基础，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读写器和无数移动的标签组成的、比 Internet 更为庞大的物联网，已成为 RFID 技术发展的趋势。

3. 二维码技术

二维码 (2-dimensional bar code) 技术是物联网感知层实现过程中最基本和关键的技术之一。二维码也叫二维条码或二维条形码，是用某种特定的几何形体按一定规律在平面上分布（黑白相间）的图形来记录信息的应用技术。从技术原理来看，二维码在代码编制上巧妙地利用构成计算机内部逻辑基础的“0”和“1”比特流的概念，使用若干与二进制相对应的几何形体来表示数值信息，并通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读以实现信息的自动处理。

与一维条形码相比，二维码有着明显的优势，归纳起来主要有以下几个方面：数据容量更大；二维码能够在横向和纵向两个方位同时表达信息，因此能在很小的面积内表达大量的信息；超越了字母数字的限制；条形码相对尺寸小；具有抗损毁能力。此外，二维码还可以引入保密措施，其保密性较一维码要强很多。

二维码可分为堆叠式/行排式二维码和矩阵式二维码。其中堆叠式/行排式二维码形态上是由多行短截的一维码堆叠而成；矩阵式二维码以矩阵的形式组成，在矩阵相应元素位置上用“点”表示二进制“1”，用“空”表示二进制“0”，并由“点”和“空”的排列组合成代码。

二维码具有条码技术的一些共性：每种码制有其特定的字符集；每个字符占有一定的宽度；具有一定的校验功能等。

与 RFID 相比，二维码最大的优势在于制作成本比较低，一条二维码的成本仅为几分钱，而 RFID 标签因其芯片成本比较高，工艺制造复杂，价格较高。RFID 与二维码功能比较，如表 1.1 所示。

表 1.1 RFID 与二维码功能比较

| 功能 | RFID | 二维码 |
|-------|----------------------------|--------------------|
| 读取数量 | 可同时读取多个 RFID 标签 | 一次只能读取一个二维码 |
| 读取条件 | RFID 标签不需要光线就可以读取或更新 | 二维码读取时需要光线 |
| 容量 | 存储资料的容量大 | 存储资料的容量小 |
| 读写能力 | 电子资料可以重复读写 | 资料不可更新 |
| 读取方便性 | RFID 标签可以很薄，且在包内仍可读取资料 | 二维码读取时需要清晰可见 |
| 资料准确性 | 准确性高 | 需靠人工读取，有人为疏失的可能性 |
| 坚固性 | RFID 标签在严酷、恶劣和肮脏的环境下仍可读取资料 | 当二维码污损时将无法读取，无持久耐性 |
| 高速读取 | 在高速运动中仍可读取 | 移动中读取有所限制 |

4. ZigBee 技术

ZigBee 是一种短距离、低功耗的无线传输技术，是一种介于无线标记技术和蓝牙之间的技术，它是 IEEE 802.15.4 协议的代名词。ZigBee 采用分组交换和跳频技术，并且可使用 3 个频段，分别是 2.4GHz 的公共通用频段、欧洲的 868MHz 频段和美网的 915MHz 频段。ZigBee 主要应用在短距离范围并且数据传输速率不高的各种电子设备之间。与蓝牙相比，ZigBee 更简单、速率更慢、功率及费用也更低。同时，由于 ZigBee 技术的低速率和通信范围较小的特点，也决定了 ZigBee 技术只适合于承载数据流量较小的业务。

5. 蓝牙

蓝牙 (Bluetooth) 是一种无线数据与语音通信的开放性全球规范，和 ZigBee 一样，也是一种短距离的无线传输技术。其实质内容是为固定设备或移动设备之间的通信环境建立通用的短距离无线接口，将通信技术与计算机技术进一步结合起来，是各种设备在无电线或电缆相互连接的情况下，能在短距离范围内实现相互通信或操作的一种技术。

蓝牙采用高速跳频 (Frequency Hopping) 和时分多址 (Time Division Multiple Access, TDMA) 等先进技术，支持点对点及点对多点通信。其传输频段为全球公共通用的 2.4 GHz 频段，能提供 1 Mbit/s 的传输速率和 10 m 的传输距离，并采用时分双工传输方案实现双工传输。

蓝牙除具有和 ZigBee 一样，可以全球范围适用、功耗低、成本低、抗干扰能力强等特点外，还有许多它自己的特点。①同时可传输语音和数据。蓝牙采用电路交换和分组交换技术，支持异步数据信道、三路语音信道以及异步数据与同步语音同时传输的信道。②可以建立临时性的对等连接 (Ad-Hoc Connection)。③开放的接口标准。为了推广蓝牙技术，蓝牙技术联盟 (Bluetooth SIG) 将蓝牙的技术标准全部公开，全世界范围内的任何单位和个人都可以进行蓝牙产品的开发，只要最终通过 Bluetooth SIG 的蓝牙产品兼容性测试，就可以推向市场。

蓝牙作为一种电缆替代技术，主要由以下三方面应用：语音/数据接入、外围设备互连和个人局域网 (PAN)。在物联网的感知层，主要是用于数据接入。蓝牙技术有效地化简了移动通信终端设备之间的通信，也能够成功地化简设备与互联网之间的通信，从而数据传输变得更加迅速、高效，为无线通信拓宽了道路。

1.2.3 网络层

物联网的网络层是在现有网络的基础上建立起来的，它与目前主流的移动通信网、国际互联网、企业内部网、各类专网等网络一样，主要承担着数据传输的功能，特别是当三网融合后，有线电视网也能承担数据传输的功能。

物联网要求网络层能够把感知层感知到的数据无障碍、高可靠性、高安全性地传送，它解决的是感知层所获得的数据在一定范围内，尤其是远距离的传输问题。同时，物联网的网络层将承担比现有网络更大的数据量和面临更高的服务质量要求，所以现有网络尚不能满足物联网的需求，这就意味着物联网需要对现有网络进行融合和扩展，利用新技术以实现更加广泛和高效的互联功能。

物联网的网络层是建立在 Internet 和移动通信网络等现有网络基础上的，除具有目前已

经比较成熟的如远距离有线、无线通信技术和网络技术外,为实现“物物相连”的需求,物联网的网络层将综合使用 IPv6、3G、4G、Wi-Fi 等通信技术,实现有线与无线的结合、宽带与窄带的结合、感知网与通信网的结合。同时,网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术。感知数据管理与处理技术包括物联网数据的存储、查询、分析、挖掘、理解以及基于感知数据决策和行的技术。

下面将对物联网依托的 Internet、移动通信网络和无线传感器网络三种主要网络形态以及涉及的 IPv6 等关键技术进行简单介绍。

1. Internet

Internet,中文译为因特网,广义的因特网叫互联网,是以相互交流信息资源为目的,基于一些共同的协议,并通过许多路由器和公共互联网连接而成,它是一个信息资源和资源共享的集合。Internet 采用了目前最流行的客户机/服务器工作模式,凡是使用 TCP/IP 协议,并能与 Internet 中任意主机进行通信的计算机,无论是何种类型、采用何种操作系统,均可看成是 Internet 的一部分,可见 Internet 覆盖范围之广。物联网也被认为是 Internet 的进一步延伸。

Internet 将作为物联网主要的传输网络之一。然而为了让 Internet 适应物联网大数据量和多终端的要求,业界正在发展一系列新技术。其中,由于 Internet 中 IP 地址对节点进行标识,而目前的 IPv4 受制于资源空间耗竭,已经无法提供更多的 IP 地址,所以 IPv6 以其近乎无限的地址空间将在物联网中发挥重大作用。引入 IPv6 技术,使网络不仅可以为人类服务,还将服务于众多硬件设备,如家用电器、传感器、远程照相机、汽车等,它将使物联网无所不在、无处不在地深入社会的每个角落。

2. 移动通信网络

移动通信就是移动体之间的通信,或移动体与固定体之间的通信。通过有线或无线介质将这些物体连接起来进行语音及图像等服务的网络就是移动通信网络。

移动通信网络由无线接入网、核心网和骨干网三部分组成。无线接入网主要为移动终端提供接入网络服务,核心网和骨干网主要为各种业务提供交换和传输服务。从通信技术层面看,移动通信网络的基本技术可分为传输技术和交换技术两大类。

在物联网中,终端需要以有线或无线方式连接起来,发送或者接收各类数据;同时,考虑到终端连接的方便性、信息基础设施的可用性(不是所有地方都有方便的固定接入能力)以及某些应用场景本身需要监测的目标就是在移动状态下,因此,移动通信网络以其覆盖广、建设成本低、部署方便、终端具备移动性等特点将成为物联网重要的接入手段和传输载体,为人与人之间、人与网络之间、物与物之间的通信提供服务。

3. 无线传感器网络

无线传感器网络(WSN)的基本功能是将一系列空间分散的传感器单元通过自组织的无线网络进行连接,从而将各自采集的数据通过无线网络进行传输汇总,以实现对空间分散范围内的物理或环境状况的协作检测,并根据这些信息进行相应的分析和处理。

如果说 Internet 构成了逻辑上的虚拟数字世界,改变人与人的沟通方式,那么,无线传

传感器网络就是将逻辑上的数字世界与客观上的物理世界融合在一起，改变人类与自然的交互方式。

1.2.4 应用层

应用是物联网发展的驱动力和目的。应用层的主要功能是把感知和传输来的信息进行分析和处理，做出正确的控制和决策，实现智能化的管理、应用和服务。这一层解决的是信息处理和人机界面的问题。

具体地讲，应用层将网络层传输来的数据通过各类信息系统进行处理，并通过各种设备与人进行交互。这一层也可按形态直观地划分为两个子层：一个是应用程序层；另一是终端设备层。应用程序层进行数据处理，完成跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同共享、互通的功能，包括电力、医疗、银行、交通、环保、物流、工业、农业、城市管理、家居生活等，可用于政府、企业、社会组织、家庭、个人等，这正是物联网作为深度信息化网络的重要体现。而终端设备层主要是提供人机界面，物联网虽然是“物物相连的网”，但最终还是需要人的操作与控制，不过这里的人机界面已远远超出现在人与计算机交互概念，而是泛指与应用程序相连的各种设备与人的反馈。

物联网的应用层能够为用户提供丰富多彩的业务体验，然而，如何合理、高效地处理从网络层传来的海量数据，并从中提取有效信息，仍是物联网应用层要解决的一个关键问题。下面将对应用层的 M2M、云计算等关键技术进行简单介绍。

1. M2M

M2M 是 Machine-to-Machine（机器对机器）的缩写，根据不同应用场景，往往也被解释为 Man-to-Machine（人对机器）、Machine-to-Man（机器对人）、Mobile-to-Machine（移动网络对机器）、Machine-to-Mobile（机器对移动网络）。Machine 一般指的是人造的机器设备，而物联网（Internet of Things）中的 Things 则是指更抽象的物体，范围更广。

M2M 技术的目标是使所有机器设备都具备联网和通信能力，其核心理念就是网络一切（Network Everything）。随着科学技术的发展，越来越多的设备具备了通信和联网能力，网络一切逐步变得现实。

2. 云计算

云计算（Cloud Computing）是分布式计算（Distributed Computing）、并行计算（Parallel Computing）和网络计算（Grid Computing）的发展，或者说是这些计算机科学概念的商业实现。云计算通过共享基础资源（硬件、平台、软件）的方法，将巨大的系统池连接在一起以提供各种 IT 服务，这样的企业与个人用户无需再投入昂贵的硬件购置成本，只需要通过互联网来租赁计算力等资源。用户可以在多种场合，利用各种终端，通过互联网接入云计算平台来共享资源。

云计算具有强大的处理能力、存储能力、宽带及极高的性价比，可以有效用于物联网应用与业务，也是应用层能提供众多服务的基础。它可以为各种不同的物联网应用系统提供统一的服务交互平台，可以为物联网应用提供海量的计算和存储资源，还可以提供统一的数据存储格式和数据处理方法。利用云计算可大大简化应用的交付过程，降低交付成本，并能提

高处理效率。同时，物联网也将成为云计算最大的用户，促使云计算取得更大的商业成功。

3. 人工智能

人工智能 (Artificial Intelligence) 是探索、研究使各种机器模拟人的某些思维过程和智能行为 (如学习、推理、思考、规划等)，使人类的智能得以物化与延伸的一门学科。目前对人工智能的定义大多可划分为四类，即机器“像人一样思考”“像人一样行动”“理性地思考”和“理性地行动”。人工智能尝试了解智能的实质，并生产出一种新的能以与人类智能相似的方式做出反应的智能机器。该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。目前主要的方法有神经网络、进化计算和粒度计算三种。在物联网中，人工智能技术主要负责分析物品所承载的信息内容，从而实现计算机自动处理。

4. 数据挖掘

数据挖掘 (Data Mining) 是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的及随机的实际应用数据中，挖掘出隐含的、未知的、对决策有潜在价值的数据的过程。数据挖掘主要基于人工智能、机器学习、模式识别、统计学、数据库、可视化技术等，高度自动化地分析数据，做出归纳性的推理。它一般分为描述型数据挖掘和预测型数据挖掘两种。描述型数据挖掘包括数据总结、聚类及关联分析等；预测型数据挖掘包括分类、回归及时间序列分析等。数据挖掘通过对数据的统计、分析、综合、归纳和推理，揭示事件间的相互关系，预测未来的发展趋势，为决策者提供决策依据。

在物联网中，数据挖掘只是一个代表性概念，它是一些能够实现物联网“智能化”“智慧化”的分析技术和应用的统称。细分起来，它包括数据挖掘和数据仓库 (Data Warehousing)、决策支持 (Decision Support)、商业智能 (Business Intelligence)、报表 (Reporting)、ETL (数据抽取、转换和清洗等)、在线数据分析 (On-line Data Analysis)、平衡计分卡 (Balanced Scoreboard) 等技术和应用。

5. 中间件

中间件是为了实现每个小的应用环境或系统的标准化以及它们之间的通信，在后台应用软件和读写器之间设置的一个通用的平台和接口。在许多物联网体系架构中，经常把中间件单独划分为一层，位于感知层与网络层或网络层与应用层之间。物联网中间件是在物联网中采用中间件技术，以实现多个系统或多种技术之间的资源共享，最终组成一个资源丰富、功能强大的服务系统，最大限度地发挥物联网系统的作用。具体来说，物联网中间件的主要作用在于将实体对象转换为信息环境下的虚拟对象，因此数据处理是中间件最重要的功能。同时，中间件具有数据的搜集、过滤、整合与传递等特性，以便将正确的对象信息传到后端的应用系统。

物联网的中间件的实现依托于中间件关键技术的支持，这些关键技术包括 Web 服务、嵌入式 Web、语义网 (Semantic Web) 技术、上下文感知技术、嵌入式设备等。

1.3 射频识别 (RFID) 技术

随着高科技的蓬勃发展，智能化管理已经走进了人们的生活，如一些门禁卡、第二代身