



物联网技术系列丛书

普通高等教育“十三五”应用型人才培养规划教材

物联网工程应用系统 (智慧城市) 实训教程

主编 ○ 曾妍 刘洪涛

WULIANWANG

GONGCHENG YINGYONG XITONG (ZHUIHUI CHENGSHI)
SHIXUN JIAOCHENG

非外借



物联网技术系列丛书

普通高等教育“十三五”应用型人才培养规划教材

物联网工程应用系统 (智慧城市) 实训教程

主 编 ○ 曾 妍 刘洪涛
副主编 ○ 曾宝国 贾正松
参 编 ○ 李智能 胡德清 刘美岑
 廖若飞 云贵全
主 审 ○ 卢启衡

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内容简介

本书以物联网的典型载体——智慧城市的搭建及应用开发为主线,基于北京新大陆时代教育公司的物联网工程应用实训系统(智慧城市)平台,介绍了系统的组成及功能、硬件安装与调试方法、软件开发与部署方法,旨在通过典型项目的实施,帮助读者熟悉行业标准和技术规范,提升工程技能、技术开发与创新能力。

本书可以作为高职高专院校物联网应用技术、软件技术等相关专业学生的教材或教师教学参考书,也可以作为物联网相关工程技术人员学习物联网技术、设计开发物联网应用系统的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网工程应用系统(智慧城市)实训教程/曾妍,
刘洪涛主编. —成都:西南交通大学出版社, 2017.1
ISBN 978-7-5643-4480-1

I. ①物… II. ①曾… ②刘… III. ①现代化城市—
城市建设—研究—高等职业教育—教材②互联网络—应用
—高等职业教育—教材③智能技术—应用—高等职业教育
—教材 IV. ①C912.81②TP393.4③TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第318129号

物联网工程应用系统(智慧城市)实训教程

主编 曾妍 刘洪涛

责任编辑	李芳芳
特邀编辑	秦志慧
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段111号 西南交通大学创新大厦21楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网址	http://www.xnjdcbs.com
印刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印张	14.25
字数	356 千
版次	2017年1月第1版
印次	2017年1月第1次
书号	ISBN 978-7-5643-4480-1
定价	33.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

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

序

2014年6月23—24日，全国第七次职业教育工作会议在北京召开，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平就加快职业教育发展作出重要指示。他强调，职业教育是国民教育体系和人力资源开发的重要组成部分，是广大青年打开通往成功成才大门的重要途径，肩负着培养多样化人才、传承技术技能、促进就业创业的重要职责，必须给予高度重视，加快其发展。

在国家大力发展职业教育、创新人才培养模式的新形势下，加强高职院校教材建设及课程资源建设，是深化教育教学改革和全面培养技术技能人才的前提和基础。

近年来，四川信息职业技术学院坚持走“根植信息产业、服务信息社会”的特色发展之路，始终致力于打造西部电子信息高端技术技能人才培养高地，立志为电子信息产业和区域经济社会发展培养技术技能人才。在省级示范性高等职业院校建设过程中，学院通过联合企业全程参与教材开发与课程建设，组织编写了涉及应用电子技术、软件技术、计算机网络技术、数控技术四个示范建设专业的具有较强指导作用和较高现实价值的系列教材。在编著过程中，编著者基于“理实一体”、“教学做一体化”的基本要求，秉承新颖性、实用性、开放性的基本原则，以校企联合为依托，基于工作过程系统化课程开发理念，精心选取教学内容、优化学习情境设计，最终形成了这套示范系列教材。本套教材充分体现了“企业全程参与教材开发、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接”的基本特点，具体表现在：

一是编写队伍体现了“校企联合、专兼结合”。教材以适应技术技能人才培养为需求，联合四川军工集团零八一电子集团、联想集团、四川长征机床集团有限公司、宝鸡机床集团有限公司等知名企业全程参与教材开发，编写队伍中既有企业一线技术工程师，又有学校的教授、副教授，专兼搭配。他们既熟悉国家职业教育形势和政策，又了解社会和行业需求；既懂得教育教学规律，又深谙学生心理。

二是内容选取体现了“对接标准，立足岗位”。教材编写以国家职业标准、行业标准为指南，有机融入了电子信息产业链上的生产制造类企业、系统集成企业、应用维护企业或单位的相关技术岗位的知识技能要求，使课程内容与国家职业标准和行业企业标准有机融合，学生通过学习和实践，能实现从学习者向从业者能力的递进。突出了课程内容与职业标准对接，使教材既可以用于学校教学，也可用于企业员工培训。

三是内容组织体现了“项目导向、任务驱动”。教材基于工作过程系统化理念开发,采用“项目导向、任务驱动”方式组织内容,以完成实际工作中的真实项目或教学迁移项目为目标,通过核心任务驱动教学。教学内容融基础理论、实验、实训于一体,注重培养学生安全意识、团队意识、创新意识和成本意识,做到了素质并重,能让学生在模拟真实的工作环境中学习和实践,突出了教学过程与生产过程对接。

四、配套资源体现了“丰富多样、自主学习”。本套教材建设有配套的精品资源共享课程(见 <http://www.scitc.com.cn/>),配置教学文档库、课件库、素材库、习题及试题库、技术资料库、工程案例库,形成了立体化、资源化、网络化的开放式学习平台。

尽管本套教材在探索创新中还存在有待进一步提升之处,但仍不失为一套针对高职电子信息类专业的好教材,值得推广使用。

此为序。

四川省高职高专院校
人才培养工作委员会主任



前 言

物联网（the Internet of Things）是国家万亿级战略性新兴产业，是四川省推进产业转型升级、强化创新驱动的重点培育产业。智慧城市是利用物联网、云计算、大数据、地理信息系统等信息技术，促进城市规划、建设、管理和服务智慧化的城市管理新理念和新模式。近年来，我国智慧城市建设取得了积极进展，全国已有 290 个城市推进了智慧城市建设，在服务民生、提高城市运行效率、提升就业水平方面发挥了重要作用。

智慧城市的建设为培养物联网技术技能人才提供了面向照明监控、交通调度、环境监测、安防监控等领域的重要就业支撑。截止到 2015 年 8 月，全国已有 212 所高职院校开设了物联网相关专业，为物联网产业特别是智慧城市的建设提供了重要的技术技能人才、智力支持。熟悉行业标准和技术规范、具备智慧城市建设工程实施技能和一定技术开发与创新能力是对这类人才的基本要求。

本书以物联网的典型载体——智慧城市的搭建及应用开发为主线，基于北京新大陆时代教育公司的物联网工程应用实训系统（智慧城市）平台，介绍了系统的组成及功能、硬件安装与调试方法、软件开发与部署方法，旨在通过典型项目的实施，帮助读者熟悉行业标准和规范，提升工程技能、技术开发与创新能力。

本书编写分工如下：第 1 章由四川信息职业技术学院贾正松教授、北京新大陆时代教育公司李智能工程师、成都道惟尔科技有限公司刘洪涛编写；第 2 章、第 3 章由成都工业职业技术学院曾妍老师编写；第 4 章、第 5 章由成都工业职业技术学院曾宝国老师编写；第 6 章由四川信息职业技术学院胡德清、刘美岑、廖若飞、云贵全老师编写。全书由曾妍、刘洪涛负责统稿，并担任主编，曾宝国、贾正松担任副主编。成都工业职业技术学院卢启衡对本教材进行了审阅，并提出了许多宝贵意见。北京新大陆时代教育公司的相关工程师参与了本教材的编审及修订。在此我们致以衷心的感谢。

限于作者水平，书中难免存在不妥之处，诚恳希望国内外专家与读者批评指正，意见请致 scitczbg@scitc.com.cn 或 swjtuzbg@sohu.com。

编 者

2016 年秋

目 录

第 1 章 认识智慧城市及实训系统	1
1.1 国家智慧城市建设概况	1
1.2 新大陆物联网智慧城市实训系统简介	4
1.3 系统设计遵循的技术规范	31
第 2 章 智慧城市实训系统工程实施	32
2.1 感知层设备安装与调试	32
2.2 传输层设备安装与调试	58
2.3 应用层软件部署与测试	66
第 3 章 感知层 WSN 应用开发	85
3.1 搭建 CC2530 开发环境	85
3.2 CC2530 基础应用开发	89
3.3 基于 Z-STACK 的应用开发	100
第 4 章 PC 服务端应用开发	108
4.1 中心服务器端登录模块接口开发	108
4.2 Web 端登录模块开发	117
4.3 PC 客户端登录模块开发	126
4.4 移动互联端登录模块开发	136
第 5 章 PC 客户端应用开发	143
5.1 串口通信程序开发	143
5.2 路灯控制程序开发	153
5.3 LED 显示程序开发	163
5.4 网络摄像机控制程序开发	167
5.5 环境监测程序开发	172

第 6 章 移动互联终端应用开发	178
6.1 搭建 Windows 下 Android 开发环境	178
6.2 串口通信程序开发	187
6.3 路灯控制程序开发	198
6.4 风扇控制程序开发	203
参考文献	220

第1章 认识智慧城市及实训系统

【本章导读】

本章从国家智慧城市建设及培养适应智慧城市建设所需技术技能人才角度出发,介绍了智慧城市的发展历程及北京新大陆时代教育公司的物联网工程应用实训系统(智慧城市)的组成及功能。

通过本章的学习,应达到以下目标:

- 能描述智慧城市的发展历程。
- 能说明物联网工程应用实训系统(智慧城市)的组成及功能。

1.1 国家智慧城市建设概况

1.1.1 智慧城市的产生背景

智慧城市是继数字城市之后信息化城市发展的高级形态,它通过物联网、云计算、地理空间等新一代信息技术以及维基、社交网络、Fab Lab、Living Lab、综合集成法、网动全媒体融合通信终端等工具和方法的应用,实现全面透彻的感知、宽带泛在的互联、智能融合的应用以及以用户创新、开放创新、大众创新、协同创新为特征的可持续创新。智慧城市强调通过价值创造、以人为本实现经济、社会、环境的全面可持续发展。

2010年,IBM提出“智慧的城市”愿景,希望为世界城市发展贡献力量。IBM认为,城市由关系到城市主要功能的不同类型的网络、基础设施和环境六个核心系统组成,包括组织(人)、业务/政务、交通、通信、水和能源。这些系统不是零散的,而是以一种协作的方式相互衔接。

与此同时,国内不少公司也在“智慧地球”的启示下提出架构体系,如“智慧城市5大核心平台体系”,已在智慧城市案例“智慧徐州”、“智慧丰县”、“智慧克拉玛依”等项目中得到应用。

综上所述,21世纪的“智慧城市”,能够充分运用信息和通信技术手段,感测、分析、整合城市运行核心系统的各项关键信息,对包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出智能的响应,促进城市的和谐、可持续发展,为人类创造更美好的城市生活。

1.1.2 智慧城市的国际实践

2006年，欧盟发起了欧洲Living Lab组织，它采用新的工具和方法、先进的信息和通信技术来调动方方面面的“集体的智慧和创造力”，为解决社会问题提供机会。Living Lab完全以用户为中心，借助开放创新空间的打造帮助居民利用信息技术和移动应用服务提升生活质量，使人的需求得到最大的尊重和满足。

2008年11月，在纽约召开的外国关系理事会上，IBM提出了“智慧地球”理念，进而引发了智慧城市建设的热潮。

2009年，迪比克市与IBM合作，建立了美国第一个智慧城市，利用物联网技术，在一个有六万居民的社区里将各种城市公用资源（水、电、油、气、交通、公共服务等）连接起来，监测、分析和整合各种数据以做出智能化的响应，更好地服务市民。迪比克市的第一步是向所有住户和商铺安装数控水电计量器，其中包含低流量传感器技术，防止水电泄漏造成的浪费。同时搭建综合监测平台，及时对数据进行分析、整合和展示，使整个城市对资源的使用情况一目了然。更重要的是，迪比克市向个人和企业公布这些信息，使他们对自己的耗能有更清晰的认识，对可持续发展有更多的责任感。

韩国以网络为基础，打造绿色、数字化、无缝移动连接的生态、智慧型城市。通过整合公共通信平台，以及无处不在的网络接入，消费者可以方便地开展远程教育、医疗、办理税务，还能实现家庭建筑能耗的智能化监控等。

2006年新加坡也启动“智慧国2015”计划，旨在通过物联网等新一代信息技术的广泛应用，将新加坡建设成为经济、社会发展一流的国际化城市。在电子政务、服务民生及泛在互联网方面，新加坡成绩举世瞩目。

美国麻省理工学院比特和原子研究中心发起的Fab Lab（微观装配实验室）基于从个人通信到个人计算再到个人制造的社会技术发展脉络，试图构建以用户为中心、面向应用的用户创新制造环境，使人们即使在自己的家中也可随心所欲地设计和制造他们想象中的产品，巴塞罗那等城市从Fab Lab到Fab City的实践则从另外一个视角解读了智慧城市以人为本、可持续创新的内涵。

欧洲的智慧城市更多关注信息通信技术在城市生态环境、交通、医疗、智能建筑等民生领域的作用，希望借助知识共享和低碳战略来实现减排目标，推动城市低碳、绿色、可持续发展，投资建设智慧城市，发展低碳住宅、智能交通、智能电网，提升能源效率，应对气候变化，建设绿色智慧城市。

2013年，全球超过400个城市竞逐最有智慧城市的头衔，最后选出全球7大智慧城市，分别是：美国俄亥俄州的哥伦布市、芬兰的奥卢、加拿大的斯特拉特福、中国台湾地区的台中市、爱沙尼亚的塔林、中国台湾地区的桃园县、加拿大的多伦多。

1.1.3 中国智慧城市的发展历程及现状

改革开放以来，我国城镇化发展迅速。据国家统计局统计，我国的城镇化率从2005年的42.99%上升至2014年的54.77%，但在城镇化过程中，积累了交通拥堵、环境污染、住房紧张、就业困难、看病难、应急缓慢等一系列“城市病”，城市发展与人口、环境、资源的矛盾

日益突出。如何解决城市发展的突出矛盾,实现有限资源的合理分配,并不断深化城市功能以提高利用效率成为城市管理者面临的重大难题。

城市信息化建设无疑是提升城市管理效率的重要方式。智慧城市融合了物联网、云计算、移动互联网等 ICT 技术,是城市信息化的高级阶段,是信息化与城镇化结合的最佳模式,将有助于改善总量扩张、粗放式的城镇化建设,并充分发挥产业辐射作用,带动整个经济的转型。“十八大”后,中央政府提出要走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路。为规范和推动智慧城市的健康发展,住房城乡建设部启动了国家智慧城市试点工作。2013年1月,住建部公布了首批 90 家智慧城市试点名单,其中地市 37 个、区(县) 50 个、镇 3 个。2014 年,智慧城市试点规划陆续落地,北京、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、河南、广东、陕西、宁夏等 10 多个省、直辖市、自治区制定出台了省级总体规划。2011—2014 年,我国部分省市智慧城市规划建设情况如表 1.1 所示。

表 1.1 2011—2014 年中国部分省市智慧城市规划建设情况

省市	公布时间	投资额	主要建设内容
上海市	2014 年	超千亿	推动建设智慧交通、智慧健康、智慧教育、智慧养老、智慧文化、智慧旅游、智慧就业、智慧气象、互联网金融、智慧航运、智慧商务、智能制造、智慧企业、城市综合管理信息化、食品安全管理信息化、环境保护信息化、公共安全信息化等 28 个重点专项。
天津市	2012 年	2 800 亿元	实施智慧城市试点行动,全面推进数字化、网格化、精细化管理,形成智能化城市运行管理体系;实施信息服务惠民行动,全面推进人力资源、社会保障、医疗、教育、文化等公共服务领域的智能化发展,形成惠及全民的智能化服务体系。
重庆市	2015 年	160 亿元	2020 年前完成投资约 160 亿元,建成智慧新城、智慧物流、智慧保障房、智慧交通、智慧政务、智慧规划、智慧建设等七大应用系统,将两江新区建成智慧城市。
福建省	2014 年	—	到 2016 年,建成全省电子政务公共平台,政务活动普遍实现全流程网络化办理;基本建成智慧城市感知、支撑、服务三大基础平台;交通、环保、安全、旅游、市政等重点领域核心业务实现智慧化应用。
江苏省	2014 年	—	加快发展智慧家庭、智慧旅游、智慧健康、智慧体育、智慧校园、智慧社区等生活类信息服务;积极推进数字图书馆、电子档案馆、数字博物馆、数字文化馆、数字农用书屋、新媒体传播平台等公益性文化基础设施建设;大力发展智慧交通、智慧物流,加快构建交通运输物流公共信息服务平台等。
武汉市	2012 年	817 亿元	采取“顶层设计与重点示范齐头并进”的智慧城市建设思路,建设以数字化、网络化、智能化为主要特质的智慧城市。计划总投资超过 817 亿元,其中利用社会资金 530 亿元,未来 8 年将带动产业增加值达 11 200 亿元。
宁波市	2011 年	407 亿元	“十二五”期间,宁波智慧城市建设总投资 407 亿元,建设共 30 项工程、87 个项目。形成“十大智慧应用体系”,分别是智慧物流、智慧制造、智慧贸易、智慧能源、智慧社会管理、智慧交通、智慧健康保障、智慧安居、智慧文化;形成“六大智慧产业基地”,分别是网络数据基地、软件研发推广产业基地、智慧装备和产品研发制造基地、智慧服务业示范推广基地、智慧农业示范推广基地、智慧企业总部基地。
烟台市	2013 年	1 100 亿元	将实施过千万元技改项目 1 200 个以上,技改投入增长 13%以上,重点推进列入导向计划的总投资 1 100 亿元的 360 个技改项目。

1.2 新大陆物联网智慧城市实训系统简介

新大陆物联网智慧城市实训系统包括五个应用场景，分别是智能商超应用系统、智能路灯监控系统、智能环境监测系统、智能安防监控系统、智能农业应用系统。

1.2.1 系统网络拓扑及业务流程

1.2.1.1 网络拓扑

物联网智慧城市实训系统的网络拓扑如图 1.1 所示。其中，PC 服务端、PC 客户端、移动互联终端、无线路由器组成局域网；Wifi 摄像机、串口服务器通过无线路由器接入局域网；RFID 中距离一体机、LED 显示屏、温湿度 ZigBee 节点、RS-485/232 等通过串口服务器接入无线路由器；ZigBee 风扇及灯控节点通过 ZigBee 协调器接入移动互联终端；UHF RFID 读写器、高频 RFID 读写器、打印机、ZigBee 仿真器通过 USB 接口接入 PC 客户端。

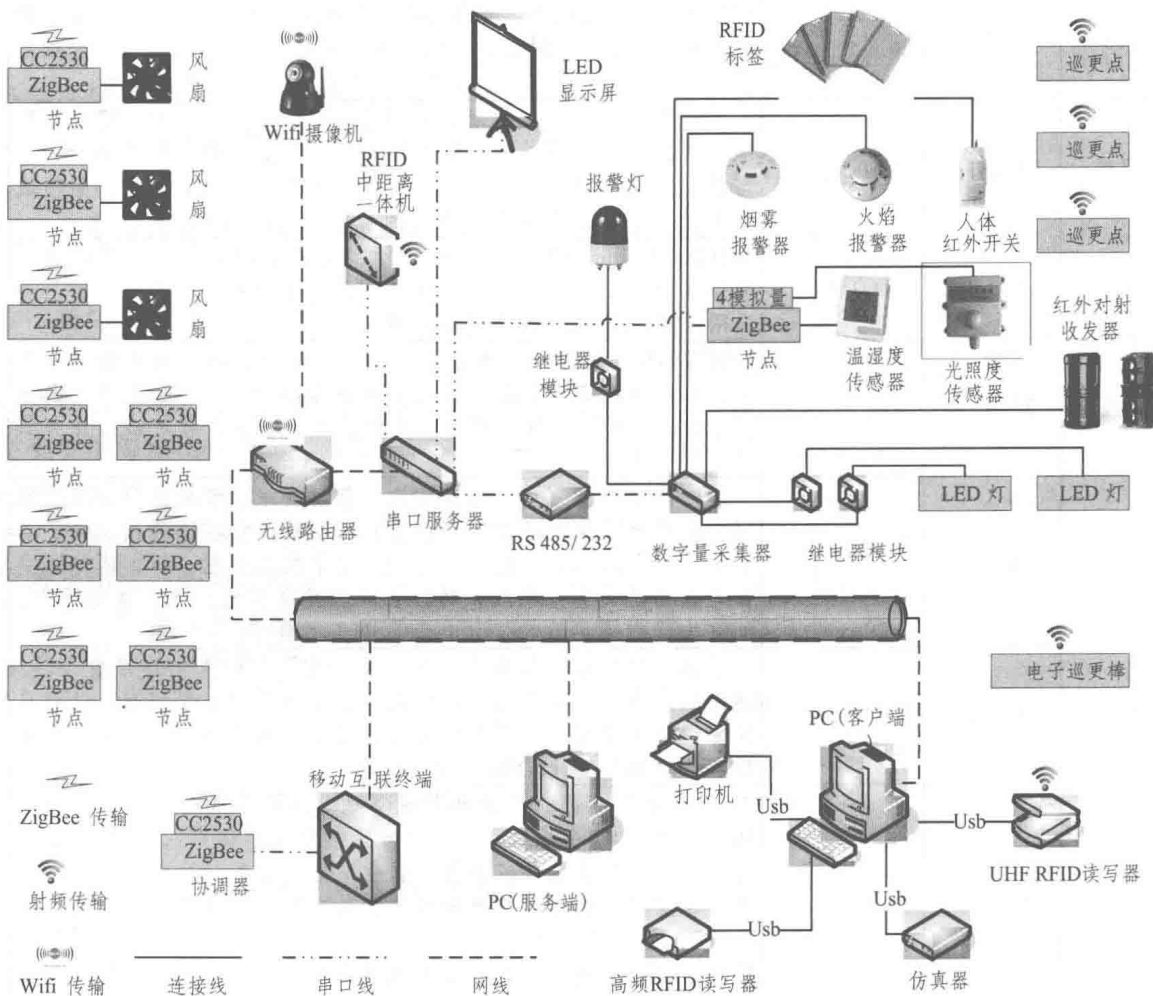


图 1.1 物联网智慧城市实训系统的网络拓扑

1.2.2.2 主要组成部分业务流程

图 1.1 中, PC 客户端、PC 服务端、移动互联终端、各种传感器节点及 RFID 设备等之间的业务关系如图 1.2 所示。其中, PC 客户端连接有巡更采集设备、RFID 读写器、Wifi 摄像头、ZigBee 模拟量采集器(4 通道小板)、ADAM 4510 数字量采集器,通过各种接口采集 RFID 读写器及传感器的数据并实现相关的逻辑业务; PC 客户端实现的逻辑业务经 PC 中心服务器传递到移动互联终端上的 Android 客户端,再推送给用户;另外, Android 客户端还可通过 ZigBee 协调器采集传感数据,实现智能农业相关业务。

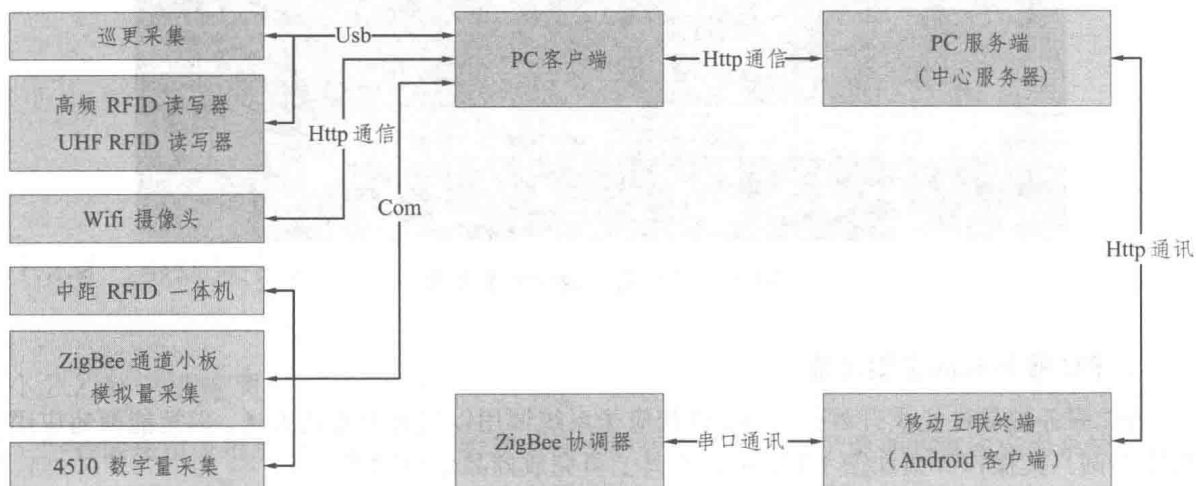


图 1.2 物联网智慧城市实训系统主要组成部分业务流程

1. PC 客户端的主要功能

打开“智慧城市工程应用”PC 客户端,进入如图 1.3 所示登录界面,输入账户及密码后进入如图 1.4 所示主界面。由图 1.4 中可以看出,PC 客户端主要实现了智能商超应用系统、智能路灯监控系统、智能环境监测系统、智能安防监控系统、公共广播系统等五大子系统的功能。其中,公共广播系统在本书中不做介绍。



图 1.3 PC 客户端软件登录界面



图 1.4 PC 客户端软件主界面

2. PC 服务端的主要功能

PC 服务端软件提供开放的接口，供相应子系统调用以完成业务的推送。以智能商超应用系统为例，其操作界面如图 1.5 所示，在其上可完成商品信息浏览。



图 1.5 PC 服务端上智能商超应用系统软件主界面

3. 移动互联终端的主要功能

运行移动互联网终端上的智慧城市 apk 文件，进入如图 1.6 所示智慧城市主界面，共包括六个部分，分别是系统设置、用户注册登录、环境气象、智能商超、预警信息、智能农业。

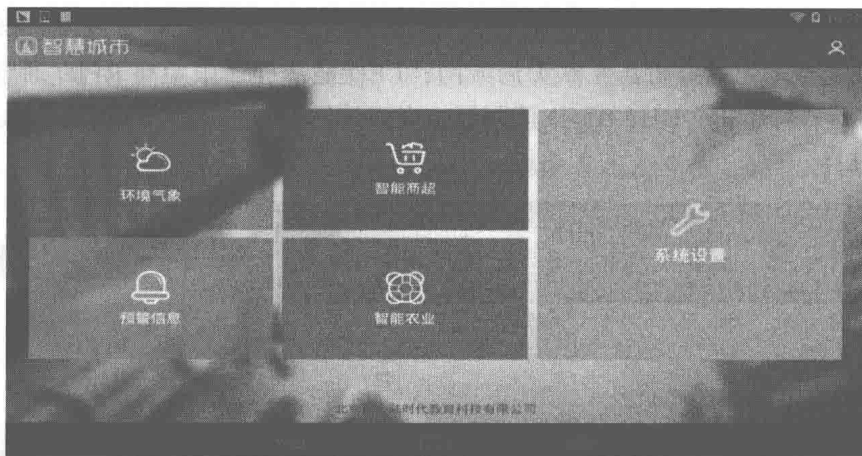


图 1.6 移动互联终端软件主界面

1.2.2 系统硬件配置及软件功能

1.2.2.1 智能商超应用系统

智能商超应用系统是模拟基于物联网技术的智能超市、电子商务的真实应用系统场景。

1. 硬件设备配置及连接关系

智能商超应用系统的主要硬件配置如表 1.2 所示，包括物联网实训工位、RFID 读写器、Wifi 摄像机、LED 显示屏、串口服务器、无线路由器等。另外，还需配置服务端及客户端 PC。

表 1.2 智能商超应用系统硬件配置

序号	设备名称	单位	数量
1	物联网实训工位	台	2
2	Wifi 摄像机	部	1
3	LED 显示屏	个	1
4	RFID 中距离一体机	台	1
5	UHF RFID 读写器 (桌面发卡器)	部	1
6	高频 RFID 读写器	台	1
7	电子价格标签	个	3
8	电子价格不干胶标签贴纸	张	3
9	热敏票据打印机	台	1
10	串口服务器	台	1
11	无线路由器	台	1
12	亚克力底板	个	2

智能商超应用系统中，主要设备的连接关系如图 1.7 所示。其中，PC 服务端、PC 客户端、Wifi 摄像机通过无线路由器互联为局域网；LED 显示屏、中距离 RFID 通过串口服务器接入无线路由器；打印机、UHF RFID 读写器（桌面读写器）、高频 RFID 读写器通过 USB 接口接入 PC 客户端机。

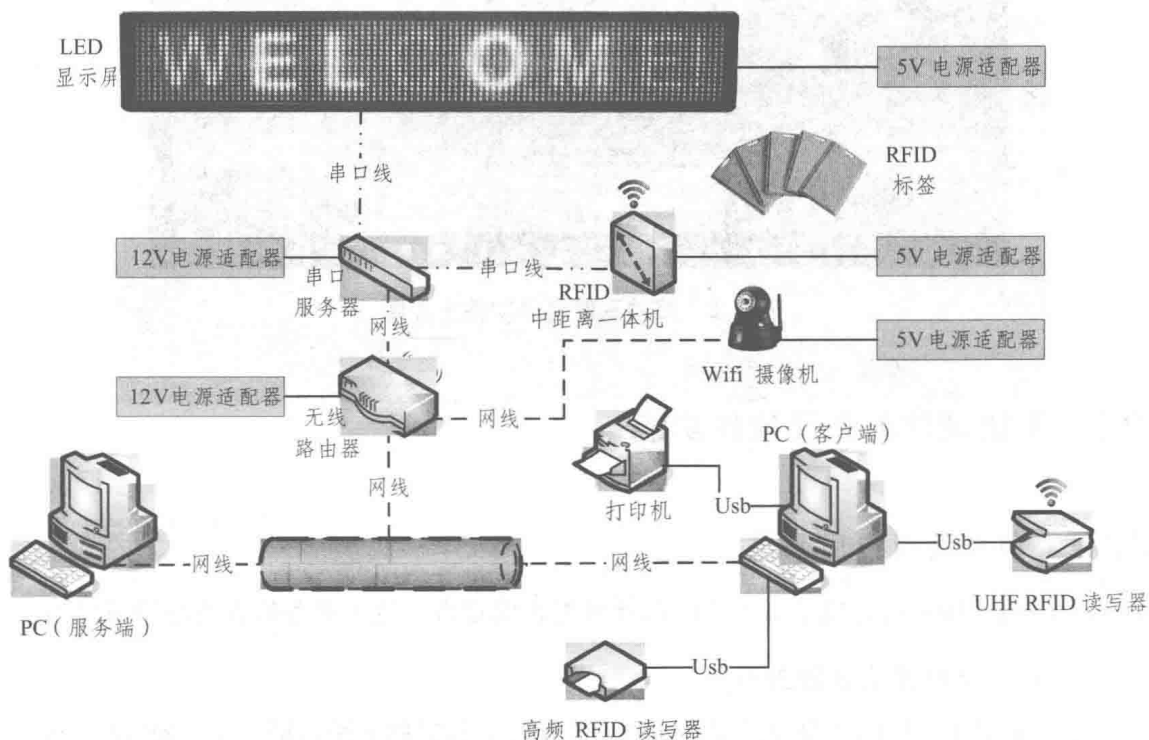


图 1.7 智能商超应用系统的设备连接示意图

2. 软件组成模块及系统功能

从功能实现内容看，智能商超应用系统主要实现了如下 5 项功能：

(1) 智能仓储：该部分基于超高频 RFID 技术，采用 UHF RFID 读写器、手持智能 PDA、扫描枪等物联网设备，实现商品入库登记、库存智能盘点、缺货智能提醒等智能仓储功能。

(2) 智能货架：该部分基于超高频 RFID 技术，利用 UHF RFID 读写器、电子价格标签、LED 大屏显示器、串口服务器等物联网设备，实现商品智能上架管理、智能变价管理、实时库存管理等智能货架功能。

(3) 智能结算：该部分基于超高频 RFID 技术，利用 UHF RFID 读写器、小票打印机、LED 大屏显示器、串口服务器等物联网设备，实现商品智能结算、快速支付等智能结算功能。

(4) 信息中心：该部分基于物联网架构的应用系统，采用网络摄像机、路由器、移动互联网终端、高频读卡器等物联网设备，实现智能视频监控、商超信息综合管理、顾客高频卡管理、移动端商超信息综合管理等功能。

(5) 电子商务：该部分基于二维码技术，利用手机端应用程序，实现二维码拍码购物的电子商务应用功能。

从功能实现方式来看,智能商超应用系统的主要功能模块如图 1.8 所示,包括 PC 服务端、移动互联终端、PC 客户端、手机应用端。其中,PC 服务端实现商品展示功能;移动互联终端软件实现基础信息配置、销售情况查看、系统提示、拍码购物管理、视频监控、商品实时查看等功能;PC 客户端与移动互联终端功能类似,增设有账户充值、购物结算功能;手机应用端主要用于拍码购物管理、视频监控及商品实时查看。

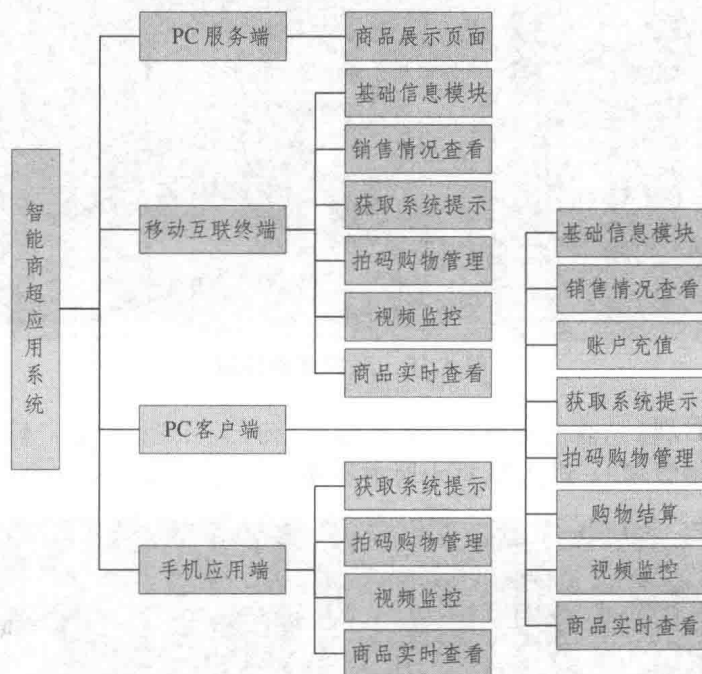


图 1.8 智能商超应用系统软件功能模块图

1. PC 服务端

PC 服务端软件的操作界面已在图 1.5 中介绍,在其上可完成商品信息浏览,并提供开放的接口,供相应子系统调用以完成业务的推送。

2. PC 客户端

在图 1.4 所示 PC 客户端界面中,点击“智能商超”,可进入图 1.9 所示智能商超界面。



图 1.9 PC 客户端智能商超应用系统界面