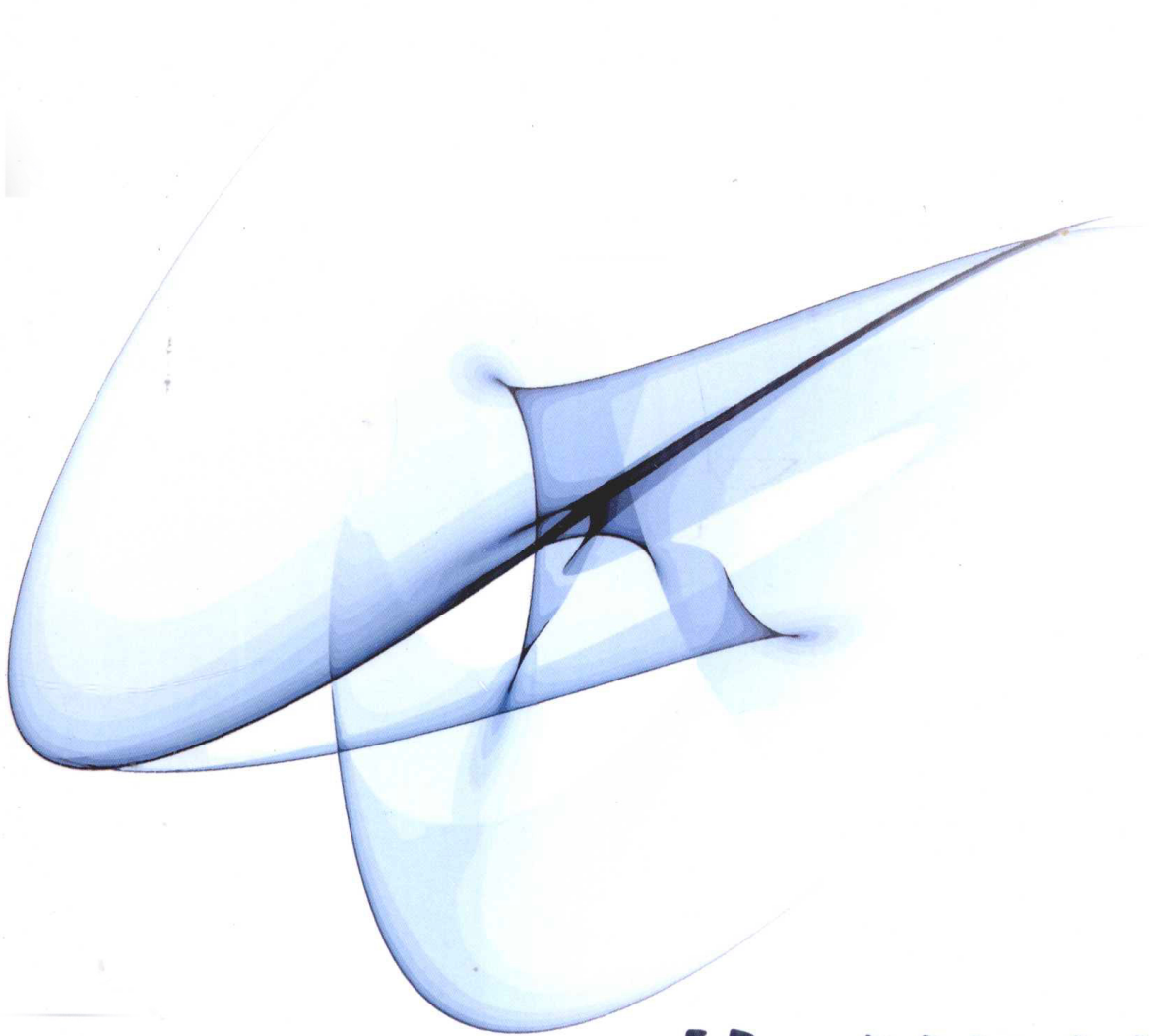




物联网工程专业系列教材



# 物联网导论

刘云浩 编著

INTRODUCTION TO  
INTERNET OF  
THINGS



科学出版社

# 物联网导论

刘云浩 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。它具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化3个重要特征。

本书从物联网的感知识别层、网络构建层、管理服务层和综合应用层这4层分别进行阐述,深入浅出地为读者拨开萦绕于物联网这个概念的重重迷雾,引领求知者渐渐步入物联网世界,帮助探索者把握第三次IT科技浪潮的方向。

本书适合高等院校物联网工程专业作为专业教材使用,也适合其他各专业作为选修课教材使用,亦适合对物联网感兴趣的各类读者参考阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

物联网导论/刘云浩编著. —北京:科学出版社, 2010  
ISBN 978-7-03-029253-7

I. ①物… II. ①刘… III. ①计算机网络—应用—物流—研究  
IV. ①F253.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第202450号

责任编辑:文戈 赵丽欣 王琪/责任校对:王万红  
责任印制:吕春珉/封面与版式设计:蒋宏工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年12月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/16

2010年12月第一次印刷 印张: 24

印数: 1—3 000 字数: 450 000

定价: 45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8011

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前言

人类的生命周期从未如今天一样长过，而人们从来也没有像今天一般轻易就能触摸到自己与时代的隔膜：不是因为身体的老化，而是面对排山倒海而来的新科技。十几年前非常时髦的“知识爆炸”这个词如今已很少人提起，因为爆炸这个力度，远远赶不上真实的场景。

24年前，家里有人逾期未返，我和朋友历尽千辛万苦，在中关村邮局排队花4元1角打了一个18秒钟的国内长途电话，终于确认平安；11年前，一个久未联络的朋友偶然拿到我的手机号码，一拨的结果竟然花掉我远在南非的国际漫游费，令他惊叹通信业的发展已到如此地步；但这些都比不上计算机与互联网技术带来的巨大冲击：坐在地球两端的人，聊上一天，并未感到花了特别的金钱或付出了额外的努力。

1965年，戈顿·摩尔提出他那个著名定律的时候，人们不免大吃一惊，认为芯片发展18个月翻一番的速度接近于神话，以至于摩尔后来也一再修改自己说过的话，将自己说的两年翻一番后来又改为一年。现在他终于可以安心了，如今在计算机网络领域这个定律不仅兑现，而且实际上互联网的用户数量已接近指数增长趋势，根本不用18个月就会翻一番。保守地预测也认为2012年互联网用户数将超过18亿，占到全球总人口的30%左右。

近日整理资料翻到石勒听汉书的时候，联想到了关于2012年这个有趣的预计。如果保持这样一个互联网上网用户的涨幅，IPv4很快就不够用了，幸亏人们已经提前想到了IPv6，大家大可以也说一句赖有此耳。但转念一想其实有点杞人忧天啊，互联网用户无非是人口，地球上就这么多人，管你什么摩尔定律呢？到了60亿互联网用户之后还能把动物都“搞”上网？难道又是千年虫一样的笑话？

笑过了之后猛地意识到突破这个用户数其实并非笑谈。在计算科技与网络技术发展的今天，智能化以无与伦比的迅猛速度，延展和覆盖下来。每一个有功能的对象都可能成为互联网的连接对象。黑格尔

的话，也许终将会改成：存在的，就是上网的。

在进入人类世界短短的 20 年里，互联网已渐渐成为人们日常生活的信息载体和平台，广泛参与到社会的运行和人们的各种活动中。在学术圈与工业圈孜孜不倦地探求互联网走向的时候，其实还有一条不太显眼的探索主线从没有放弃过，这就是马克·维赛尔 (Mark Weiser) 在互联网刚刚兴起的时候提出的普适计算 (Pervasive Computing)。一般认为互联网代表着主流的网络计算模式，把人们的使用吸引在信息空间 (Cyber Space) 中，主要依赖桌面型计算获取服务与支持；而普适计算则倡导发展可以广泛部署的微小计算设备，并在此基础上实现透明和智能的计算服务，又称为不可见计算 (Invisible Computing)。如果说互联网计算此前一直崇尚人围绕着网络进行，那么普适计算则主张让微小系统形成的网络围绕着人运转。

普适计算的提出也是考虑到小型化或微型化成为计算机的发展趋势，各种小型计算设备如掌上电脑、智能手机、传感器、射频标签等崭露头角。同时，无线技术的运用也使移动计算变得日益成熟和普及。在这种趋势下，人们开始尝试突破桌面计算的模式，将计算和互联技术普及到日常生活中。普适计算的目的是在日常生活的各种环境和场景中广泛部署微型化且具备一定计算能力的普适设备，并与已有的互联网技术结合，实现移动、无缝、透明和泛在的计算支持和服务。普适计算是人们摆脱计算设备对人类活动的束缚，将互联网推广到物理世界的初步尝试。

但是执着于普适计算的人们很快就吃到了苦头，由于普适计算设备大多是互联网上已有的各种计算系统的延伸和拓展，扮演探测和感知的角色，智能化程度相对较低；而服务对象主要是个体，如移动互联、家居、医疗、导游等，找不到真正穿透国民经济发展的突破点，很快沦落到一个尴尬的地位：每个人看了演示都觉得不错，但哪一个应用也没能大规模推广，普通民众更多时候的感觉就是一个词——麻烦。

无线传感器网络 (简称传感网) 作为普适计算的一个实际延伸，数年前被美国加利福尼亚大学伯克利分校的戴维·卡勒 (David Culler) 掀起一阵热潮之后，大鸭岛、斑马网、金门大桥监控、火山与泥石流、青岛海洋、精准农业、煤矿救援以及林业生态监控，一系列概念系统纷纷走进人们的视野。作为人们对物理世界进行有效感知和探测的手段，传感器早已开发、研究和使用了超过 100 年，但是把传感器组成网络，形成智能化的自我协同、自我定位则是一个巨大的进步。在一个传感网中，大量的传感器等微型化计算设备自组织地连接在一起，将

计算和服务从满足个人需要进一步延伸到制造、运输、能源、环境和建筑等国民经济生产领域，适应人们对探索、利用和管理物理世界的需求。

另一方面，现实中，国民经济的发展对信息系统早已提出了更高的要求。在过往国民经济的各主要领域，物理基础设施和信息基础设施的建设往往是分开进行的。一方面人们不断地建设和完善周围的物理世界，如机场、公路、建筑物、交通工具等；另一方面，人们也在不遗余力地发展包含数据中心、个人计算机、宽带网络等的信息世界。两者是如此地割裂为两个次元。但现代经济的发展显然开始要求将计算技术拓展到整个人类生存和活动的空间，将人类的物理世界网络化、信息化，实现物理世界与信息系统整合统一。

最先意识到这一点的还是要算美国国家科学基金会 (National Science Foundation)，在近几年推出了 Cyber-Physical Systems (CPS) 研究计划。CPS 追求有效地连接诸如自动驾驶汽车、机器人、嵌入式医疗器械等物理设备，在物理设备和网络基础上，通过开发智能计算、通信、控制及新型传感技术，提供智能化的、快速响应的、因应用户需求的高质量服务，如结合传感器网络与移动通信技术的紧急救援与自动导航、建立车辆间网络辅助安全与自动化驾驶。CPS 企图超越已有传感网系统自成一体、计算设备单一、缺乏开放性等缺点，更注重多个系统间的互联互通，并开发标准的互联协议和解决方案，同时强调与互联网进行联通，真正实现开放的、动态的、可控的、闭环的计算和服务支持。

2009年1月28日，美国总统奥巴马在与美国工商业领袖举行的“圆桌会议”上，打破这个僵局，他对IBM提出的“智慧地球”概念给予了非常积极的回应：“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去，毫无疑问，这就是美国在21世纪保持和夺回竞争优势的方式。”“智慧地球”主张更透彻的感知，更全面的互联互通和更深入的智能化。奥巴马的经济振兴计划的核心就包括兴建高速公路等基础设施，对互联网宽带进行升级、对公共建筑物进行节能改造等内容。这个举措也使得物联网概念一举登上了网络大舞台。

什么是物联网，至今并没有一个精准而公认的定义。关于这一点，在本书的正文中还要更加正规和详细地讨论到。很多学者为了找英文的对应，使用了Internet of Things (IoT) 作为物联网的英文对应，关于这一点是值得商榷的。现在讨论的物联网概念，实际上是中国人的一个发明，整合了美国的CPS、欧盟的IoT和日本的i-Japan等概念，但又不完全

和哪一个相同。前天我偶然和我的老师倪明选教授说起这一点，他笑呵呵地告诉我：“30年前我们也争论过到底什么才是互联网。”

物联网理念的出现应该说首先归功于物流系统的现代化需要。现代物流系统希望利用信息生成设备，如无线射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、传感器，以及全球定位系统等种种装置与互联网结合起来而形成一个巨大的网络。类似于条形码这种自动识别技术（Auto-ID），就是物联网的最初应用。除了物流领域，物联网还可以广泛应用在道路、交通、医疗、能源、家用电器监控等各个领域。物联网的发展要求将新一代信息化技术充分运用在各行各业之中，具体地说，就是把诸如感应器、RFID标签等信息化设备嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道、商品、货物等各种物理物体和基础设施中，甚至人体里，将它们普遍互联，并与互联网连接起来，形成“物联”。值得注意的是，物联网这个概念虽然来自于物流行业的需要，但是把它局限在物流领域里就显得视野狭窄了。当人们仔细审视这个概念的时候，忽然惊讶于它的深远内涵：物联网无疑做到了十几年来人们一直想做的无线与有线在互联网上的有机融合；而潜在用户群一旦拓展到地球上所有的物体，摩尔定律竟然巧妙地继续有效了！

在这种意义上来说，下一代互联网的发展远景立刻明晰起来。人们可以大胆假设下一代互联网将是物联化的互联网，或者称之为“大物联网”。大物联网不仅局限于目前互联网中信息系统和设备的连接与组合，还将继承和极大地拓展大型计算、桌面计算、普适计算、CPS、物联网、云等计算模式的应用范畴，彻底地整合物理世界与信息系统，为未来人类建设统一的赖以生存的智能化环境。

说到这里，似乎有超越这个前言范围的嫌疑了。言归正传，说说出版这本书的缘由和目的。

1998年，我作为原邮电部临时翻译被派到纽约，坐在卖烟草晋身的IBM总裁郭士纳一尺远的地方听他说理想中的E-service概念。那时我还不知道后来异常有名的“智慧尘埃”（Smart Dust）概念已经公之于众了，郭士纳先生也未必知道自己后来将因为所谓的15年周期定律被人们频频说起；大家抽空用中文悄悄交换着刚听到的传奇般的雅虎和免费的E-mail空间。真正在听郭士纳滔滔不绝的，其实只有我这个翻译。没有人意识到此后一年多Internet要经历一次泡沫迸裂，而桌上半数的精英即将加入失业大军。人们热烈地规划着今后几年的暴发路；津津乐道的是贫困的大妈因为住在网络中心楼上就发财3千万的故事，

还有王菲的相约九八。

1999年我参加原信息产业部一个代表团到日内瓦参观电信展，正值邮政综合计算机网规划建设期间，因为其中有邮运指挥这一部分，大家都很关注相关的内容。展览会上有人极力宣传IoT/IoM等一系列概念，有点闹笑话的是，那时候我还以为IoM就是Internet of Money，这么想也有一定的合理性，因为那时候都把金融流和物流挂在嘴边，几年之后看一篇文章才意识到IoM是Internet of Media的简写。

2001~2004年跟随倪明选老师做科研，第一个题目就是利用RFID做位置的感知，基于系统实验发表了“LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID”这篇论文。LANDMARC作为最早使用主动式RFID的定位系统之一，迄今为止被国际国内研究者引用超过600次。2004~2007年，我们以煤矿安全生产和紧急救援为应用目标，提出无线传感器网络煤矿监控系统。通过自动监控煤矿工作空间的氧气含量、瓦斯浓度，实时检测渗水和矿道地质结构变形等事件，为煤矿意外事故的发生提供预警，并为发生事故后的紧急救援提供关键导航功能。2007~2008年，我们和中国海洋大学一起把传感网络应用到海洋生态环境监控中，研制了OceanSense系统，在黄海海域最多部署了上百个节点收集温度、光照、海深等环境数据。2008年至今，为了探求传感网大规模部署的技术壁垒，我们展开了绿野千传传感网林业监测系统。当时提出了“3个1”的决心，即在一个野外的真实环境，部署超过1000个节点的无线传感网系统，连续运转一年以上。在2009年5月我们成功部署了一个120个节点的原型系统，到10月份原型系统扩充至330个点，至今已经运转超过13个月 (<http://greenorbs.org/>)。2009年8月我们在浙江省天目山自然保护区实现了一个超过200个节点的实用系统，该系统至今已经连续运转超过10个月。

在2009年8月，由于温家宝总理的无锡讲话，大家对传感网和物联网的关注度达到了一个新高。冷静下来之后，近来批评的声音此起彼伏了。这和我们10年前经历的Internet泡沫多么相像啊。批评与倡导都是应该尊重的，但前提必须是基于前瞻性的研究本身而并非盲目的。

我在各个高校及公司学习和访问的时候，大家的讨论经常会涉及这样几个问题：第一，什么是物联网，到底有什么新的内涵在里面；第二，常见的物流网和传感网，与物联网的关系是什么；第三，真正意义的物联网到底还要发展多少年。

这三个问题都太难了，但是关心这三个问题的老师和同学太多了，甚至社会上很多各行各业的人，通俗地说就是圈外的人，对物联



网的发展也颇有兴趣。作为在普适计算、传感网、对等网里挣扎了10年左右的人，我逐渐觉得有必要做一点薪水以外的工作，就是根据以前的探究，写这样一本书来抛砖引玉。

物联网形式多样、技术复杂、牵涉面广。根据信息生成、传输、处理和应用的原理，可以把物联网分为4层：感知识别层、网络构建层、管理服务层和综合应用层。物联网各层之间既相对独立又联系紧密。在综合应用层以下，同一层次上的不同技术互为补充，适用于不同环境，构成该层次技术的全套应对策略。而不同层次提供各种技术的配置和组合，根据应用需求，构成完整解决方案。本书按照上述四层模型由浅入深展开讨论，力争为读者系统全面地展示物联网及其相关技术。在每一层中，把内容上相对独立的技术和系统编排成独立的章节，从RFID、传感网，到互联网和移动通信网络，再到云计算和数据安全，基本囊括了物联网的主要内容。最后，通过讨论物联网的具体应用，如智能物流和环境监测等，综合阐述并总结全书内容。

希望这本书首先能作为一本入门的教材供大学和相关研究机构使用；其次也尽量使其成为一个通俗的读物能引起普通读者的一些共鸣。本书的特点在于讨论物联网言之有“物”，从基本概念入手，强调应用，将内容落实到具体技术和解决方案，避免了炒作概念如建“空中楼阁”或者只谈技术却“见木不见林”。本书语言通俗，适合不同层次的读者，加“\*”号的内容为选学，供教师根据课程实际情况取舍。

这本书从下定了决心要写，到成稿，只有短短6个月的时间。我们整个科研小组的同学都为本书的编写做出了贡献，他们包括（按姓氏拼音排序）：曹志超、陈涛、董玮、韩劲松、何源、惠维、李默、李镇江、连硕、刘峻良、刘克彬、马强、苗欣、王成、王继良、郝旻、熊曙光、杨磊、杨铮和姚青松。第一稿出来之后，我和杨铮、陈涛、戴婧瑶、曹志超、张兰又进行了若干轮的反复修订和统稿。

自从我表明了打算编写这样一本书的意愿之后，许多国内外同行和业内人士都表达了热烈的鼓励和支持态度，在本书的写作过程中也给予了很大的帮助。我首先要感谢香港科技大学的倪明选教授，他多年来在科研工作上的教诲和指导让我受益良多。同时，过去6个月当中，对于本书写作以及物联网科研过程中遇到的困惑，我曾一次或者多次当面请教过清华大学孙家广院士，中国科学院计算技术研究所李国杰院士，北京航空航天大学怀进鹏院士，北京邮电大学陈俊亮院士，IEEE并行与分布式系统学报（TPDS）主编Ivan Stojmenovic教授，浙

江农林大学周国模和江洪教授，美国伊利诺伊理工大学李向阳教授，西安交通大学赵季中和齐勇教授，清华大学郑玮民、林闯和顾明教授，北京邮电大学马华东教授，南京大学吕健教授，东北大学于戈教授，哈尔滨工业大学李建中教授，东南大学罗君舟教授，上海交通大学陈贵海和王新兵教授，人民大学王珊教授，北京大学梅宏教授，西北工业大学周兴社教授，西安电子科技大学马建峰教授，中国科技大学黄刘生教授，中国科学院计算技术研究所谢高岗和崔莉教授，南京邮电大学杨震教授，上海同济大学蒋昌骏教授，国防科技大学肖依教授，山东大学孟祥旭教授，成都电子科技大学秦志光教授，中国海洋大学郭忠文教授等，书中的很多观点来自和他们的交流讨论。除此之外，许多高校教师审阅了本书的草稿，提出了许多宝贵的意见。另外，科学出版社的文戈在本书的写作过程中提供了很多出版方面的建议。物联网所涉及的内容跨越多个学科，而我的研究工作只限于其中几个方面，因此，本书实际上凝聚了很多物联网领域科研人员的智慧和见解。在此对这些专家表示衷心的感谢。

物联网正在以超越“爆炸”的速度发展，目前能够参考的材料几乎是千篇一律甚至可以说少得可怜，因此本书从某种程度上也成了雾里看花。当十年二十年之后来看今天这些文字，也许充满了错误与笑料。但是，如果我可以用一个豪迈的句子来结束这些小小探讨的时候，我想说，既然每个尘埃都将有一个独立的地址，现在我们可以认真地考虑把它们都连起来了。

刘云浩

2010年8月

# 目录

## 第一篇 概 述

第 1 章 物联网概述 .....	003
1.1 起源与发展 .....	005
1.2 核心技术 .....	006
1.3 主要特点 .....	009
1.4 应用前景 .....	010

## 第二篇 感 知 识 别

第 2 章 自动识别技术与RFID .....	015
2.1 自动识别技术 .....	016
2.1.1 光符号识别技术 .....	016
2.1.2 语音识别技术 .....	016
2.1.3 生物计量识别技术 .....	016
2.1.4 IC卡技术 .....	017
2.1.5 条形码技术 .....	018
2.1.6 射频识别技术 .....	023
2.2 RFID的历史和现状 .....	024
2.2.1 历史 .....	024
2.2.2 现状 .....	027
2.3 RFID技术分析 .....	028
2.3.1 阅读器 .....	029
2.3.2 天线 .....	029
2.3.3 标签 .....	029
2.3.4 频率 .....	031
2.4 RFID标签冲突* .....	033
2.4.1 基于ALOHA的防冲突算法 .....	034
2.4.2 基于二进制树的防冲突算法 .....	037
2.5 RFID和物联网 .....	038
第 3 章 传感器技术 .....	041
3.1 传感器概述 .....	041
3.2 发展历史 .....	042
3.3 应用 .....	044
3.3.1 军事监测中的传感器——VigilNet .....	044

\*标记” 章节为选学内容

3.3.2	智能楼宇中的传感器——LoCal	045
3.3.3	医疗监控中的传感器——Mercury	046
3.4	设计需求	047
3.5	硬件平台	049
3.5.1	供能装置	049
3.5.2	传感器	050
3.5.3	微处理器	050
3.5.4	通信芯片	052
3.6	操作系统*	054
3.6.1	开发语言	055
3.6.2	任务调度	056
3.6.3	关键服务	057
3.6.4	其他传感器节点操作系统	057
3.7	总结与展望	057
<b>第4章</b>	<b>定位系统</b>	<b>059</b>
4.1	位置信息	059
4.2	定位系统	060
4.2.1	GPS	060
4.2.2	蜂窝基站定位	063
4.2.3	无线室内环境定位	065
4.2.4	新兴定位系统	067
4.3	定位技术	068
4.3.1	基于距离的定位	068
4.3.2	基于距离差的定位	070
4.3.3	基于信号特征的定位	071
4.4	物联网环境下定位技术的新挑战和发展前景	074
<b>第5章</b>	<b>智能信息设备</b>	<b>077</b>
5.1	智能设备概述	077
5.1.1	智能设备产生的背景	077
5.1.2	传统智能设备	077
5.1.3	新时代的智能设备	079
5.2	智能设备运行平台*	085
5.3	智能设备发展新趋势	090

### 第三篇 网络构建

<b>第6章</b>	<b>互联网</b>	<b>095</b>
6.1	互联网概述	095
6.1.1	互联网基本组件	097

6.1.2	网络协议及其分层结构 .....	101
6.2	应用层 .....	103
6.2.1	应用层概述 .....	103
6.2.2	应用程序构架 .....	104
6.2.3	Web和HTTP协议 .....	105
6.2.4	域名系统 .....	108
6.3	传输层 .....	110
6.3.1	基本概念 .....	110
6.3.2	UDP协议 .....	112
6.3.3	TCP协议 .....	113
6.4	网络层 .....	116
6.4.1	路由器 .....	117
6.4.2	IP协议 .....	118
6.5	从互联网到物联网 .....	121
<b>第 7 章</b>	<b>无线宽带网络</b> .....	<b>127</b>
7.1	无线宽带网络概述 .....	127
7.1.1	无线网络简介 .....	127
7.1.2	无线宽带网络及其特点 .....	130
7.2	WiFi: 无线局域网 .....	132
7.2.1	802.11物理层 .....	132
7.2.2	802.11架构 .....	134
7.2.3	802.11介质访问控制协议 .....	135
7.2.4	802.11数据帧结构 .....	139
7.2.5	802.11小结 .....	141
7.3	WiMAX: 无线城域网 .....	142
7.3.1	WiMAX概述及架构 .....	142
7.3.2	WiMAX介质访问控制原理简介 .....	144
7.3.3	WiMAX小结 .....	145
7.4	无线物联世界 .....	145
<b>第 8 章</b>	<b>无线低速网络</b> .....	<b>147</b>
8.1	低速网络需求 .....	147
8.2	低速网络协议 .....	148
8.2.1	蓝牙 .....	148
8.2.2	红外 .....	149
8.2.3	802.15.4/ZigBee .....	150
8.3	组网与网络互联 .....	158
8.3.1	无线传感网组网协议 .....	158
8.3.2	IPv6网际互联 .....	160
8.3.3	6LoWPAN .....	163

<b>第 9 章 移动通信网络</b> .....	165
9.1 移动通信发展历史 .....	166
9.1.1 第一代移动通信: 模拟语音 .....	166
9.1.2 第二代移动通信: 数字语音 .....	168
9.1.3 第三代移动通信: 数字语音与数据 .....	171
9.2 3G通信技术和标准 .....	173
9.2.1 TD-SCDMA .....	174
9.2.2 W-CDMA .....	175
9.2.3 CDMA2000 .....	176
9.3 移动互联网 .....	178
9.3.1 视频电话 .....	178
9.3.2 手机电视 .....	179
9.3.3 其他应用 .....	181
9.4 关于4G .....	183

#### 第四篇 管理服务

<b>第 10 章 数据库系统</b> .....	189
10.1 数据库系统的起源与发展 .....	189
10.1.1 早期的数据库系统 .....	189
10.1.2 关系数据库系统及其基本组成 .....	190
10.1.3 新兴数据库简介 .....	190
10.2 关系数据库 .....	192
10.2.1 关系数据库模型 .....	193
10.2.2 SQL查询语言* .....	204
10.2.3 常见关系数据库系统 .....	208
10.3 数据库与物联网 .....	209
10.4 物联网数据的特点 .....	210
10.4.1 数据存储 .....	211
10.4.2 数据查询 .....	213
10.4.3 数据融合 .....	214
<b>第 11 章 海量信息存储</b> .....	215
11.1 物联网对海量信息存储的需求 .....	215
11.2 网络存储体系结构 .....	217
11.2.1 直接附加存储 .....	217
11.2.2 网络附加存储 .....	218
11.2.3 存储区域网络 .....	218
11.3 数据中心 .....	219
11.3.1 数据中心的起源及发展 .....	220
11.3.2 数据中心的相关标准 .....	221

11.4 典型的数据中心*	227
11.4.1 谷歌 (Google) 数据中心	227
11.4.2 Google File System	229
11.4.3 MapReduce	231
11.4.4 BigTable	232
11.5 Hadoop*	234
11.6 数据中心的研究热点	236
<b>第12章 搜索引擎</b>	<b>241</b>
12.1 搜索引擎简介	241
12.1.1 搜索引擎介绍	241
12.1.2 搜索引擎的发展	243
12.2 搜索引擎的体系结构	245
12.2.1 信息采集	245
12.2.2 索引技术	250
12.2.3 搜索服务	252
12.2.4 类Google Web搜索引擎的实例分析*	253
12.3 物联网搜索引擎	254
<b>第13章 物联网中的智能决策</b>	<b>257</b>
13.1 数据挖掘	257
13.1.1 数据预处理阶段	258
13.1.2 数据挖掘阶段	259
13.1.3 知识评估与表示阶段	259
13.2 数据挖掘的基本类型和算法*	260
13.2.1 关联分析	260
13.2.2 分类和预测	261
13.2.3 聚类分析	262
13.2.4 离群点分析	264
13.2.5 演化分析	265
13.3 智能决策与物联网	266
<b>第14章 物联网中的信息安全与隐私保护</b>	<b>269</b>
14.1 网络信息安全的一般性指标	270
14.2 RFID安全和隐私	271
14.2.1 RFID的安全现状	271
14.2.2 主要安全和隐私隐患	272
14.2.3 安全性与效率	277
14.3 RFID安全和隐私保护机制	277
14.3.1 早期物理安全机制	277
14.3.2 基于密码学的安全机制*	279
14.3.3 其他方法	283

14.3.4	如何面对安全和隐私挑战	284
14.4	位置信息与个人隐私	287
14.4.1	位置隐私的定义	287
14.4.2	保护位置隐私的重要性	288
14.4.3	位置隐私面临的威胁	289
14.5	保护位置隐私的手段	289
14.5.1	制度约束	290
14.5.2	隐私方针	291
14.5.3	身份匿名	291
14.5.4	数据混淆	293

## 第五篇 综合应用

第 15 章	智能电网	297
15.1	智能电网的起源与发展	297
15.1.1	电力系统和电力网络概览	297
15.1.2	智能电网简介	298
15.1.3	智能电网的发展与前景	299
15.2	智能电网与物联网	301
15.2.1	新能源发展与利用	301
15.2.2	输变电检测与监控	302
15.2.3	配用电管理	302
15.2.4	实时的电力调度	304
15.2.5	电网安全	304
15.3	智能电网的未来前景	305
15.3.1	更加深入的环境感知	305
15.3.2	更加全面的信息互通	305
15.3.3	更加智能的电网建设	306
第 16 章	智能交通	307
16.1	智能交通概述	307
16.2	智能交通中的物联网技术	309
16.2.1	无线通信	310
16.2.2	计算技术	311
16.2.3	感知技术	311
16.2.4	视频车辆监测	311
16.2.5	全球定位系统 GPS	312
16.2.6	探测车辆和设备	312
16.3	智能交通应用	312
16.3.1	不停车收费系统	312
16.3.2	实时交通信息服务	315



16.3.3	智能交通管理 .....	316
<b>第 17 章</b>	<b>智能物流 .....</b>	<b>317</b>
17.1	物流的起源和发展 .....	317
17.1.1	粗放型物流 .....	318
17.1.2	系统化物流 .....	318
17.2	现代物流 .....	319
17.2.1	电子化物流 .....	319
17.2.2	EDI .....	320
17.2.3	现代物流面临的问题 .....	322
17.3	智能物流 .....	324
17.3.1	智能物流的特点 .....	324
17.3.2	智能物流的应用 .....	325
17.3.3	展望 .....	330
<b>第 18 章</b>	<b>智能绿色建筑 .....</b>	<b>331</b>
18.1	物联网环境下的绿色建筑 .....	332
18.1.1	建筑管理 .....	332
18.1.2	低碳建筑 .....	333
18.1.3	智能楼宇 .....	334
18.1.4	智能家居 .....	335
18.1.5	其他绿色建筑系统 .....	337
18.2	绿色建筑的发展与展望 .....	338
<b>第 19 章</b>	<b>环境监测 .....</b>	<b>341</b>
19.1	应用背景 .....	341
19.1.1	环境监测的概念 .....	341
19.1.2	环境监测的发展 .....	342
19.2	环境监测传感网 .....	343
19.2.1	典型应用系统和部署 .....	343
19.2.2	环境监测传感网的模式和特征 .....	346
19.3	环境监测物联网 .....	348
19.3.1	应用动机 .....	348
19.3.2	环境监测物联网的模式和特征 .....	348
19.3.3	森林生态物联网 .....	350
19.3.4	Planetary Skin .....	355
<b>参考文献</b>	.....	<b>360</b>