

21世纪高等学校规划教材 | 物联网

物联网基础

郭亚军 王亮 王彩梅 编著



清华大学出版社

C14005793

21世纪高等学校规划教材 | 物联网基础

TP393.4
524



物联网基础

郭亚军 王亮 王彩梅 编著

图书馆



北航

C1693848

清华大学出版社
北京

TP393.4

524

887200319

物联网 | 林楚晖 陈学高等 5 分 12

内 容 简 介

本书系统地介绍了物联网的基本概念、体系结构、关键技术、物联网面临的安全与隐私问题和物联网应用场景。全书共分5章,前三章讨论了物联网的基本概念、物联网标准、物联网特征、物联网体系结构、物联网的一些关键技术(如EPC技术、RFID技术、无线传感器网络技术、M2M技术、云计算技术等),后两章介绍了物联网安全与隐私保护、物联网的应用场景等内容。本书层次清晰,内容新颖,知识丰富,可读性、知识性和系统性强。

本书可作为计算机科学与技术、物联网、通信、信息管理、软件工程等专业的本专科生以及研究生的教材或教学参考书,也可供从事物联网相关专业的教学、科研和工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

物联网基础/郭亚军,王亮,王彩梅编著.--北京:清华大学出版社,2013

21世纪高等学校规划教材·物联网

ISBN 978-7-302-32577-2

I. ①物… II. ①郭… ②王… ③王… III. ①互联网络—应用—高等学校—教材 ②智能技术—应用—高等学校—教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第117711号

责任编辑:魏江江 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:17.5

字 数:425千字

版 次:2013年10月第1版

印 次:2013年10月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

产品编号:048499-01

清华大学出版社

北京

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

物联网是新一代信息技术的重要组成部分,基于互联网的物联网技术即将实现物与物、人与物之间的互联,对人们生活的各个方面正产生着深刻的影响。物联网为我们展示了生活中任何物品都可以变得“有感觉、有思想”的智能图景:司机出现操作失误时汽车会自动报警;公文包会提醒主人忘带了什么东西;衣服会告诉洗衣机对颜色和水温的要求……今天,物联网已成为一个社会各界广为关注研究的热点问题。物联网将我们身边的每一件物品接入网络中,形成一个动态的全球网络架构,从而使世界上所有的人和物,在任何时间、任何地点,都可以方便地实现人与人、人与物、物与物之间的信息交互。

2005年11月,国际电信联盟在突尼斯举行的信息社会世界峰会上公布了《互联网报告2005:物联网》,正式提出了“物联网”的概念。这份报告称,物与物之间通过互联网主动进行数据交换已经不再遥不可及。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信息交换。

2008年11月,IBM提出的“智慧地球”设想被奥巴马政府采纳,这使基于互联网和物联网的“智慧地球”的概念被大家广为熟悉。如今,奥巴马政府已将这一概念提升到国家级发展战略。

2009年8月,温家宝总理在无锡提出了“感知中国”的重要指示。

面对这样一个新兴的产业,各个国家政府高度重视,纷纷制定物联网相关发展战略,希望在这一新兴产业中占据制高点。物联网已经上升为重要的国家战略。

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业革命的新一次浪潮,是一个全新的技术领域。物联网大体上涉及传感器、网络、通信、计算机、中间件、云计算、数据库、自动化、嵌入式、互联网等多个技术领域,涵盖的行业更是繁多,产品也是多种多样,应用形态亦能渗透到生产、生活、社会的各个角落。因此可以说物联网能实现物理世界与信息世界的无缝连接,是一种将“物—人—社会”互联的庞大的泛在网络。作为一个刚刚起步的新兴产业,物联网要想蓬勃发展,就需要我们投入大量精力去研究这些问题,一一消除这些困惑。

本书在介绍物联网基本概念、原理、物联网体系结构等理论的基础上,全面介绍了物联网的关键技术和物联网应用。本书特点是:论述严谨,内容新颖,图文并茂,注重基本原理和基础概念的阐述,强调理论联系实际。

本书共分为5章:第1章介绍物联网的基本概念、发展进程、特点、标准等;第2章介绍物联网体系结构;第3章讨论物联网关键技术,其中有EPC技术、RFID技术、无线传感器网络技术、M2M技术、云计算技术等;第4章介绍当前物联网所面临的安全和隐私问题;第5章介绍物联网在人们现实生活中各方面的应用。每章后附有习题,并提供本书PPT电子教案,为教学的实施提供方便。本教材参考学时为48~72学时,可酌情选择。

在本书的编写过程中,作者参阅了大量国内外专家的专著、文章和其他资料,由于参考的文献较多,不能一一列出,编者在此首先对各位原作者表示最真诚的感谢。另外感谢清华大学出版社的支持和帮助,感谢研究生朱欣欣和汪见晗在本书的编写过程中进行了资料的收集和整理工作。由于物联网是一门新的学科,涉及内容广泛,编者学识有限,书中难免存在错误或不足之处,希望各位专家和广大读者不吝赐教。

作者

2013年7月

目 录

第 1 章 物联网概述	1
1.1 物联网的基本概念	1
1.1.1 物联网时代的生活畅想	1
1.1.2 物联网的定义	2
1.2 物联网的相关概念	3
1.2.1 物联网和传感网	3
1.2.2 物联网和互联网	4
1.2.3 物联网和泛在网	4
1.3 物联网的特点	7
1.4 物联网标准	7
1.4.1 物联网标准进展	7
1.4.2 中国物联网标准化进展	9
1.5 物联网的应用与发展过程	10
1.5.1 物联网的应用	10
1.5.2 物联网的发展过程	11
1.5.3 物联网的发展前景	12
1.6 物联网所面临的挑战	12
1.7 习题 1	14
第 2 章 物联网体系结构	15
2.1 概述	15
2.2 物联网的三层体系结构	17
2.2.1 感知层	18
2.2.2 网络层	26
2.2.3 应用层	29
2.3 物联网的其他体系结构	33
2.3.1 物联网的四层体系结构之一	33
2.3.2 物联网的四层体系结构之二	36
2.3.3 物联网的五层体系结构	37
2.4 习题 2	38

第3章 物联网关键技术	39
3.1 EPC 技术	39
3.1.1 EPC 概述	40
3.1.2 EPC 编码	41
3.1.3 EPC 编码的分类	42
3.1.4 EPC 系统的构成	45
3.1.5 EPC 系统的工作流程	51
3.1.6 EPC 的特点	51
3.2 RFID 技术	52
3.2.1 RFID 的概念	52
3.2.2 RFID 的发展背景	52
3.2.3 RFID 系统结构	53
3.2.4 RFID 系统的种类	58
3.2.5 RFID 系统的工作原理	64
3.2.6 多电子标签同时识别与系统防碰撞	67
3.2.7 RFID 标准	74
3.2.8 RFID 的特点	79
3.3 无线传感器网络	79
3.3.1 传感器概述	80
3.3.2 无线传感器网络的发展	85
3.3.3 无线传感器网络的组成	86
3.3.4 无线传感器网络体系结构	88
3.3.5 无线传感器网络的特点	91
3.4 ZigBee 技术	94
3.4.1 ZigBee 技术发展背景	94
3.4.2 ZigBee 技术的特点	95
3.4.3 ZigBee 设备	96
3.4.4 ZigBee 协议框架	97
3.5 M2M 技术	149
3.5.1 M2M 的概念	149
3.5.2 M2M 的发展背景	150
3.5.3 M2M 的系统结构	151
3.5.4 M2M 的应用模式	156
3.5.5 WMMP 通信协议概述	157
3.5.6 M2M 的特点	163

3.6 云计算技术	163
3.6.1 云计算的概念	163
3.6.2 云计算的发展背景	165
3.6.3 云计算的特点	166
3.6.4 云的分类	166
3.6.5 云计算的体系架构	167
3.6.6 云计算关键技术	169
3.6.7 云计算与物联网	180
3.7 习题 3	180
第 4 章 物联网的安全与隐私	183
4.1 引言	183
4.2 物联网的安全	184
4.2.1 物联网的安全层次结构	184
4.2.2 感知层安全	185
4.2.3 网络层安全	190
4.2.4 应用层安全	199
4.3 物联网的隐私	205
4.3.1 位置隐私保护	206
4.3.2 轨迹隐私保护机制	211
4.4 习题 4	213
第 5 章 物联网应用	214
5.1 物联网在食品安全领域的应用	215
5.1.1 物联网与食品安全	215
5.1.2 应用案例 1	216
5.2 物联网在公共安全领域的应用	222
5.2.1 物联网与公共安全	222
5.2.2 应用案例 2	224
5.3 物联网在精细农业领域的应用	230
5.3.1 物联网与精细农业	230
5.3.2 应用案例 3	232
5.4 物联网在环境监测领域的应用	237
5.4.1 物联网与环境监测	237
5.4.2 应用案例 4	238
5.5 物联网在智能交通领域的应用	243

5.5.1	物联网与智能交通	243
5.5.2	应用案例 5	244
5.6	物联网在医疗卫生领域的应用	248
5.6.1	物联网与医疗卫生	248
5.6.2	应用案例 6	249
5.7	物联网在智能家居领域的应用	254
5.7.1	物联网与智能家居	254
5.7.2	应用案例 7	255
5.8	物联网在智慧校园领域的应用	260
5.8.1	物联网与智慧校园	260
5.8.2	应用案例 8	261
5.9	习题 5	266
参考文献		267

第1章

物联网概述

本章导读

- ◇ 本章主要介绍物联网的基本概念、物联网的相关概念、物联网的特点、物联网标准,以及物联网的应用与发展过程。最后介绍物联网的发展前景。
- ◇ 物联网将会使人们的生活发生翻天覆地的变化。对于物联网的定义众说纷纭,但对于物联网的本质和认识是统一的。
- ◇ 与物联网相关的概念有传感网、互联网和泛在网。传感网是物联网末端采用的关键技术之一,互联网应用的拓展即是物联网,泛在网是物联网发展的终极目标。
- ◇ 物联网的特点有全面感知、可靠传送和智能处理。
- ◇ 物联网标准包括行业标准和国家标准。国际上已经制定了一些物联网标准,但这些标准并不统一。
- ◇ 物联网的发展虽然还处于初级阶段,但在很多领域的应用都有了成功的案例,未来的物联网会形成跨领域的大规模的产业,具有远大的发展前景和巨大的市场规模。
- ◇ 物联网是新出现的技术,目前国内外物联网的研究和发展都还没有进入成熟阶段,所以物联网遇到了政策和法规的缺乏、行业技术标准缺失、关键技术有待突破、突破核心技术、体系还不完善、安全与隐私受到威胁、没有形成成熟的商业模式等一系列的问题。

随着传感技术、嵌入技术、通信网络等科学技术的发展,“物联网”这个词汇频繁出现,成为当下议论最多的新兴产业,以美国为首的各国纷纷将物联网的发展作为国家级高度的信息发展战略。物联网不仅具有光明的发展前景,而且很可能成为继计算机、互联网、移动通信网之后世界信息产业的又一次新的浪潮。

1.1 物联网的基本概念

1.1.1 物联网时代的生活畅想

和当初的互联网一样,“物联网”如今也成为全世界关注的焦点。有目共睹,近30年来,互联网使人们的生产和生活方式发生了翻天覆地的变化,当有了疑问就去百度一下,买东西可以不用逛商店,聊天沟通可以不用见面,人们越来越依赖互联网,只要拥有一台计算机和互联网就可以足不出户。互联网实现了人和人的互联,那么物联网时代,人们的生活又将会

是什么样的呢?

国际电信联盟(ITU)于2005年的一份报告曾描绘了“物联网”时代的图景:当司机出现操作失误时汽车会自动报警;公文包会提醒主人忘带了什么东西;衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求等。成都亿博物流咨询有限公司也曾生动地介绍过物联网在物流领域内的应用,例如一家物流公司应用了装有物联网系统的货车,当装载超重时,货车会自动告诉你超载了,并且超载多少,当空间还有剩余时,汽车会告诉你轻重货物怎样搭配;当搬运人员卸货时,一只货物包装可能会大叫“你扔疼我了”,或者说“亲爱的,请你不要太野蛮,可以吗?”当驾驶员在和别人扯闲话,货车会装作老板的声音怒吼“笨蛋,该发车了!”同样,物联网时代的智能家居系统可以让我们轻松享受生活。当我们出门在外时,可以通过电话、计算机来远程遥控家居智能系统,例如在回家的路上提前打开家中的空调和热水器;到家开门时,系统自动打开过道灯和电子门锁,并开启家中的照明灯;回到家里,我们可以使用遥控器方便地控制家里的各种电器设备,可以通过智能化照明系统选择预设的灯光场景,例如读书时营造书房里舒适安静的灯光场景,休息时营造出卧室里浪漫温馨的灯光氛围。

所有的这些都不是梦想,也不是科幻小说,这就是在物联网时代我们的生活写照。对于物联网时代的生活,我们可以任意大胆地发挥我们的想象,生活中的任何物体从桌子到椅子、从房屋到铅笔都可以开口“说话”,主动进行交流。然而,物联网到底是什么,为什么可以让人们的生活发生如此大的变化,它的发展现状如何,是通过哪些技术实现的呢,接下来进行详细的探讨。

1.1.2 物联网的定义

物联网(The Internet of Things),即物物相连的互联网络。这个概念最早是在1999年由美国麻省理工学院提出的,对其有个简单的定义是:把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的网络。

这里包含三层意思,第一,物联网的用户端不仅仅是人,还包括任何物品;第二,物联网是互联网的延伸和扩展,其核心和基础仍然是互联网,信息最终还是通过互联网来传输和交换;第三,物品不是普通的物品,这些物品都具有唯一的身份标识,通过射频识别等信息传感设备可以识别。

然而,物联网作为一种新生事物,其发展还不成熟,其内涵并没有完善,到目前为止对于物联网的定义还没有一个统一公认的描述。下面来看看国际上对物联网的几种典型的定义。

(1) 国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)对物联网的定义。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互联网主动进行信息交换。射频识别技术(Radio Frequency Identification, 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和物与物之间的沟通连接。

(2) 美国 IBM“智慧地球”所代表的物联网定义。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”,由 IBM 首席执行官彭明盛首次提出的“智慧地球”设想,得到奥巴马和美国各界的高度关注,并被上升至美国的国家战略,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,并且物品之间普遍连接,形成物联网。

(3) 我国中科院基于传感网的物联网定义。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,即是传感网,又称为物联网。

(4) 电信运营商对物联网的定义。中国物联网的整体架构就是要基于 RFID、GPRS (General Packet Radio Service) 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。

综合上述定义,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、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备对物品进行识别,获取有用信息,然后按约定的协议,通过网络传输,实现人与人、人与物、物与物的在任何时间、任何地点的连接,从而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。其核心是将互联网扩展应用于人们所生活的各个领域。

虽然不同的学术界和行业界对物联网定义的描述各不相同,但对物联网本质和特点的认识是统一的,即全面感知、可靠传送和智能处理。在后面的章节中将进行详细的描述。

1.2 物联网的相关概念

为了更深入地理解物联网的概念和本质,有必要了解与物联网相关的一些概念,即传感网、互联网和泛在网,它们与物联网有着千丝万缕的联系但又有本质的区别。

1.2.1 物联网和传感网

首先来看看业界对传感网的定义。传感网 (Sensor Network),也称为传感器网络,是利用各种传感器(光、电、温度、湿度、压力等)加上中低速的近距离无线通信技术构成一个独立的网络,是由多个具有有线或无线通信与计算能力的低功耗、小体积的微小传感器节点构成的网络系统,它一般提供局域网或小范围的物与物之间的信息交换功能。

在前面介绍过物联网的定义,“物联网”是在“互联网”的基础上,将其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间,进行信息交换和通信,从而实现人与物、物与物相连。根据物联网的体系结构来划分,物联网包括各种末端网即感知识别层、通信网络即信息传输层和应用层,其中末端网包括各种实现与物互联的技术,如传感器网络、RFID、二维码、短距离无线通信技术、移动通信模块等。

从上面对传感网的定义和对物联网的分析,不难看出,传感网就是物联网末端采用的关键技术之一,传感网是物联网的一部分。

1.2.2 物联网和互联网

对于互联网的概念,相信大家已经特别熟悉了,最早的是固定互联网,脱离了连接线不可能进入网络。后来,随着移动通信的发展,出现了移动互联网。但不论移动的还是固定的互联网,都是实现人和人相连。第三代互联网则是实现人和物、物和物相连,这就是物联网。

物联网的英文名称为 The Internet of Things。由该名称可见,物联网就是“物物相连的互联网”。这里就包含了物联网与互联网的渊源:首先,物联网的核心和基础仍然是互联网,是在互联网基础之上的延伸和扩展的一种网络;其次,物联网是在“互联网”的基础上,将其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间,进行信息交换和通信。

随着信息产业迅猛发展,过去的思路一直是将物理基础设施和 IT 基础设施分开:一方面是机场、公路、建筑物等,而另一方面是数据中心、个人计算机、宽带等,直到“物联网”的出现。在“物联网”时代,钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施。在此意义上,基础设施更像是一块新的地球工地。世界的运转就在它上面进行,其中包括经济管理、生产运行、社会管理乃至个人生活。

从上面的分析来看,物联网与互联网之间的关系可以这样概括,物联网是互联网应用的新产物,是抛开时间和空间的限制将互联网应用到更广泛的领域里,物联网是互联网的应用的拓展。

1.2.3 物联网和泛在网

泛在计算(Ubiquitous Computing)也称为普适计算,是继主机计算、桌面计算之后发展起来的一种新的计算模式。这个概念最早是由美国施乐公司首席科学家 Mark Weiser 于 1991 年在《21 世纪的计算》一文中提出的。其目标是要建立一个充满计算和通信能力的环境,同时使这个环境与人们逐渐地融合在一起。在这个环境中,人们使用计算设备就像使用水、电等生活必需品一样方便,人们注意的中心将回归到要完成的任务本身。清华大学徐光祐教授等给出的定义是:普适计算是信息空间与物理空间的融合,在这个融合的空间中人们可以随时随地、透明地获得数字化的服务。其中“随时随地”是指人们可以在工作、生活的现场就可以获得服务,而不需离开这个现场,去端坐在一个专门的计算机面前;这也是普适计算的英文名词 Ubiquitous 或 Pervasive 的含义,即像空气一样无所不在。而“透明”是指获得这种服务时不需要花费很多注意力,即这种服务的访问方式是十分自然的甚至是用户本身注意不到的,即所谓蕴涵式的交互(Implicit Interaction)。相对“随时随地”的特性,“透明”是普适计算更本质的要求,是其与桌面计算模式最本质的区别。否则,如果仅仅要求“随时随地”性,一人一台无线联网的笔记本或许就可以了,但这显然不是普适计算。

从技术发展上讲,普适计算是从分布式系统和移动计算的影响下发展而来的。但是普适计算研究的还涉及许多新的内容,如图 1.1 所示。

图 1.1 显示了普适计算与分布式计算以及移动计算研究内容的关系。图中自左至右出现一些新的研究问题,而且前面出现的问题到后面会变得更复杂。这种复杂性的增加是以乘法($\times$)而不是加法($+$)的形式来体现的。分布式系统是由远程通信、容错处理、高有效性、远程信息存取和分布式安全性等技术发展而来的;移动计算研究内容除了包括分布式

系统之外,还包括移动网络、移动信息存取、可适应性应用、能源觉察系统、位置敏感性等技术。普适计算研究内容除了包括移动计算之外,还包括智能空间、不可见性、局部可扩展性、屏蔽非均衡条件等技术。

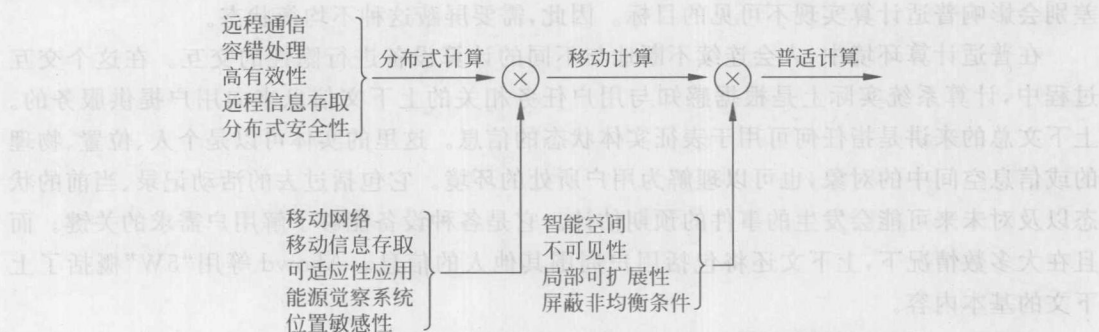


图 1.1 普适计算的研究内容

从图 1.1 中可以看到,普适计算增加的新内容包括以下几个方面。

(1) 智能空间。智能空间是指特定的封闭区域(如会议室)或定义明确的开放区域(如一个庭院),并且它可以不断连接扩大至全球。美国国家标准和技术学会(NIST)给出的智能空间的定义是一个嵌入了计算、信息设备和多模态的传感器的工作空间。其目的是使用户能非常方便地在其中访问信息和获得计算机的服务。

智能空间通过将计算设施嵌入建筑设施,融合了信息世界和物理世界。智能空间的研究最终目标是使之能够理解用户的意图,变为人们生活的一个组成部分。具体地讲,智能空间应具备的功能和为用户提供的服务包括以下几个方面。

- ① 能识别和感知用户以及他们的动作和目的,理解和预测用户在完成任务过程中的需要。
- ② 用户能方便地与各种信息源进行交互。
- ③ 用户携带的移动设备可以无缝地与智能空间的基础设施交互。
- ④ 提供丰富的信息显示。
- ⑤ 提供对发生在智能空间中的经历(Experience)的记录,以便在以后检索回放。
- ⑥ 支持空间中多人的协同工作以及与远程用户的协同工作。

(2) 不可见性。这是 Weiser 所指的用户意识上的“消失”,也就是减少用户在完成任务时精力的分散。让用户几乎可以在下意识水平上进行交互。当前的计算模式,计算机仍然是关注的焦点,这时的计算机不是一个好的工具。一种好的工具是不可见的工具,其含义是这一工具并不进入用户的意识,用户只是专注于任务而非工具。当然,工具本身不是不可见的,它只是使用工具场景中的一个部分。

(3) 局部可扩展性。随着智能空间复杂程度的提高,用户个人计算空间与其周围环境的交互作用密度增加。对无线移动用户存在严重的带宽、能耗和精力分散问题,多用户的存在更增加了问题的复杂性。因此,从广义上讲,可扩展性是普适计算的关键问题。以前关于可扩展性研究是不考虑物理距离的,但普适计算不同,交互密度随用户的移出必须降低,否则一些关系不大的远距离交互会使用户和计算系统过载。当然,移动用户仍有一些远距离交互产生,但局部交互是主要的。

对于(4)屏蔽非均衡条件(Masking Uneven Condition)。将普适计算技术渗透到基础设施中,很大程度上取决于一些非技术因素。例如,取决于组织结构、经济和商业模型等。完全融合需要一个过程,目前将会出现不同环境的“智能性”存在巨大的差别。这种“智能性”的差别会影响普适计算实现不可见的目标。因此,需要屏蔽这种不均衡状态。

在普适计算环境中,人会连续不断地与不同的计算设备进行隐性的交互。在这个交互过程中,计算系统实际上是根据感知与用户任务相关的上下文信息来向用户提供服务的。上下文总的来讲是指任何可用于表征实体状态的信息。这里的实体可以是个人、位置、物理的或信息空间中的对象,也可以理解为用户所处的环境。它包括过去的活动记录、当前的状态以及对未来可能会发生的事件的预期估计。它是各种设备能够了解用户需求的关键。而且在大多数情况下,上下文还将包括用户周围其他人的信息。Abowd等用“5W”概括了上下文的基本内容。

① Who: 谁。即当前系统与之交互的特定用户的身份。

② What: 做什么。在普适计算中需要了解用户在做什么,以便向用户提供必要的服务。

③ Where: 在哪里。即位置信息。是上下文的所有内容中被研究最多的部分。

④ When: 什么时候。时间除了可以作为索引来捕获信息或者计算一个人在某个特定地点待了多久以外,大部分上下文驱动的应用很少考虑时间。在某些特定的应用中,需要考虑时间的变化值,作为解释人们活动的辅助信息。

⑤ Why: 为什么。这个人为什么而做(即“What”的原因所在)。

近几年,一些学者也采用“泛在计算”这个名称,因而读者看到的“普适计算”和“泛在计算”是一个含义。与之对应的又出现了泛在网(Ubiquitous Network)这个概念,泛在网是指基于个人和社会的需求,利用现有的网络技术和新的网络技术,实现人与人、人与物、物与物之间按需进行的信息获取、传递、存储、认知、决策、使用等服务,网络具有超强的环境感知、内容感知及智能性,为个人和社会提供泛在的、无所不备的信息服务和应用。普适计算则是通过泛在网来实现。目前,随着经济发展和社会信息化水平的日益提高,构建“泛在网络社会”,带动信息产业的整体发展,已经成为一些发达国家和城市追求的目标。

那么泛在网和物联网有什么联系呢?中国电子学会副理事长、中国工程院院士、中国物联网专家委员会主任委员邬贺铨是这样总结物联网与泛在网的关系的,他认为,物联网是泛在网的起点;物联网是泛在网发展的物联阶段,而泛在网是物联网发展的终极目标。

目前,传感网和互联网已经发展得比较成熟,物联网的发展还处于初级阶段,其发展的终极目标也就是泛在网。物联网与传感网、互联网及泛在网的关系如图1.2所示。

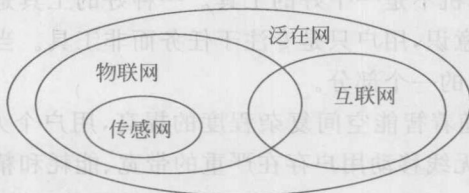


图 1.2 物联网与传感网、互联网及泛在网的关系