



物联网技术与应用丛书


物联网与传感器技术

范茂军 主编

- ★ 揭示物联网与传感器的技术理论实质
- ★ 展示物联网与传感器的工程技术应用

◎ 科研、教育、产业领域专家联手打造

◎ 带您走进物联网新时代

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书配有电子课件

物联网技术与应用丛书

物联网与传感器技术

主 编 范茂军

副主编 李艳杰 郝政疆 张 威

参 编 拜丽萍 卜雄洙 付敬奇 何永刚 胡志新

雷 垒 廖方圆 刘晓为 潘晓林 施云波

吴亚林 张 德 唐 洁



机械工业出版社

本书从互联网到物联网的演变入手,介绍了物联网的组成,并对射频识别技术、物体位置的“无线定位”、低功耗无线传输的网络技术,以及 ZigBee、WiFi、蓝牙等技术和常用的传感器等都做了比较完整的介绍。同时还对信息传递中交换时的握手协议与网络服务和海量的信息处理所需的“云计算”做了简要介绍。为使读者能够较全面地了解物联网中的技术构成、典型硬件和使用方法,书中还介绍了一些典型的案例。

本书适合从事物联网专业工作的技术人员阅读,同时也可作为高校相关专业的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网与传感器技术/范茂军主编. —北京:机械工业出版社,2012.5
(物联网技术与应用丛书)

ISBN 978-7-111-38796-1

I. ①物… II. ①范… III. ①互联网络-应用②智能技术-应用③传感器 IV. ①TP393.4②TP18③TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 127169 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 阎洪庆 责任编辑: 阎洪庆

版式设计: 霍永明 责任校对: 刘 岚

封面设计: 陈 沛 责任印制: 乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014 年 2 月第 1 版第 2 次印刷

184mm × 260mm · 17.5 印张 · 431 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-38796-1

定价: 45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

物联网是近年来一个热门话题，从技术角度来判别它与已有技术的差异性，更多的是在现有技术的基础上发展起来的应用技术。因物联网概念而新产成的新的或独有的技术较少，绝大多数技术与现有“软、硬”技术少有重大差异，更少有人准确地描述出来它与现有技术的重大差异之处。从应用技术角度来看物联网的基本技术构成，大多是现有技术和系统配置而成的。从理论和技术角度来讨论它的产品形态，目前谁都承认它与传感器及网络之间的明确关系。因此，本书从明确的技术内容和大家熟悉的角度来说明物联网在现实技术条件下，在物联网实现中传感器和网络技术的组合与应用中的基本要点。物联网与众多技术的发展一样，都是随着技术的发展而不断成熟，随着应用的增加而不断地丰富和完善。近百年来科学技术飞速发展，许多新的概念不断地被创造出来，同时也在不断地改变人们生活的方式。尤其近50年产生的新概念和新技术在市场经济的推动下，使物质社会以惊人速度向前发展，改变了人们的生活和传统的看法，激发了人们更多的想象。其实在没有物联网概念之前美国在电网管理方面早就开展了今天物联网概念的工作，并成为今天讨论物联网技术时常常例举的一个早期范例。回顾全球近100多年经济发展历史，每当经济萧条期间都有新的重大技术产生，带动全球的技术转型和经济复苏。因此，从社会发展的角度来看待物联网技术，更多的是希望，希望它是能带动人们在经济萧条中走出困境的一项新技术。随着时间的演进，人们不断地拓展物联网的概念，也许有一天它与可能的环境和空间拓展（如电磁空间、数学空间和一切可以想象的空间）都融为一体，成为保卫国家安全、改变经济发展和文化传播方式的一项重要技术。

从信息应用技术方面来看物联网技术，它与现有的技术有很多相同之处。它不仅涉及软、硬件配置，还涉及信息的管理与服务等问题。为了使读者能准确把握其内涵，以及体系结构与实现方法，本书在编写过程中，约集了从事相关工作的教师、工程师、管理者和用户等多方面的专家，共同参加本书编写。力图从理论组成、技术结构、软、硬件性能到典型工程案例等，来描述其技术构成和相关标准，使读者能够基本掌握其原理。随着物联网概念和技术的不断发展，许多现存的问题和技术，将随着时间的演进都会逐步得到回答和解决。为在有限的篇幅中表述物联网的基本应用技术范围，作者查阅了近年来国内外出版的相关图书和文献，看到了各种认识和讨论，内容也各不相同，为使读者更多地了解和在应用中更多的独立思考和提炼概念，本书除作者自己的见解外，还吸纳了很多其他作者好的论述。为了便于读者了解物联网的精要，特将主要认识和技术构成和经验提炼出来供读者学习参考。

本书力图从计算机网络、协议与网络服务、中间件、传感网与传感器等方面入手，介绍物联网技术的组成、设计和应用案例，使读者能够掌握相关的基本概念和系统组成，以及基本的设计应用。考虑到读者的差异，针对物联网设计和应用中的问题作了较

详细的介绍。对射频识别技术、物体位置的“无线定位”、低功耗无线传输的网络技术，以及 ZigBee、WiFi、蓝牙等技术和常用的传感器等做了比较完整的介绍。同时还对信息传递中交换时的握手协议与网络服务和海量的信息处理所涉及的“云计算”作了简要介绍。力争使读者能准确把握物联网的基本构成，掌握其基本原理和关键技术，为独立开展相关的应用和设计工作提供帮助，并希望有兴趣的读者通过阅读本书对物联网技术能有较全面的了解。

本书由高校、研究所、企业的专业人员联合编写，由范茂军研究员担任主编，中国电子科技集团公司第 49 研究所李艳杰高工，中国电子科学研究院郝政疆高工，北京大学张威副教授担任副主编，参加编写的有哈尔滨工业大学刘晓为教授，南京理工大学卜雄洙教授，上海大学付敬奇教授，长安大学胡志新教授，哈尔滨理工大学施云波教授，中国电子科技集团公司发展战略研究中心拜丽萍高工，中国电子科技集团公司第 3 研究所张德高工、何永刚高工、廖方圆高工，中国电子科技集团公司第 49 研究所吴亚林研究员，中国航天科工集团公司雷垒，江苏永通科技发展公司董事长潘晓林高工以及唐洁博士等。在编写过程中除作者多年工作的积累外，还参考了一些相关图书和资料，在此对相关作者表示感谢。在此向提供工程案例的北京奥特维科技发展总公司沈启青总经理和雷宁秋等同志，以及为本书的出版做出辛勤和细致工作的机械工业出版社电工电子分社牛新国社长、闫洪庆编辑一并表示感谢。

四川大学计算机学院物联网工程系根据教学实际需要，制作了与本书配套的电子课件，在此向他们表示由衷的感谢。读者如有需要，可向出版社免费索取，联系邮箱：lvhongqing@126.com

作 者

目 录

| | |
|-------------------------|-----|
| 前言 | |
| 第 1 章 概论 | 1 |
| 1.1 物联网与传感网简介 | 1 |
| 1.1.1 物联网 | 1 |
| 1.1.2 传感网 | 2 |
| 1.1.3 泛在网、传感网与物联网 | 4 |
| 1.1.4 相关网络的接入与管理 | 5 |
| 1.2 互联网、物联网与接入 | 7 |
| 1.2.1 网络技术 | 9 |
| 1.2.2 计算机网络与互联网 | 10 |
| 1.2.3 互联网、物联网与接入技术 | 13 |
| 1.3 传感网与物联网 | 16 |
| 1.3.1 物联网技术 | 18 |
| 1.3.2 物联网与物品信息代码 | 19 |
| 1.3.3 物联网的信息代码 | 19 |
| 1.4 物体的电子标识、网络与物联 | 20 |
| 1.4.1 网络与物联 | 20 |
| 1.4.2 物品标识 | 20 |
| 1.4.3 EPC、RFID 的作用和组成 | 21 |
| 1.4.4 未来的网络 | 21 |
| 第 2 章 物联网的技术基础 | 23 |
| 2.1 物联网构成与要素 | 23 |
| 2.1.1 物联网系统组成 | 23 |
| 2.1.2 物联网的结构 | 24 |
| 2.1.3 物联网建模与要素 | 28 |
| 2.2 物联网中的计算机与网络接入 | 35 |
| 2.2.1 计算机、数据库、人工智能和虚拟现实 | 35 |
| 2.2.2 移动、光纤与互联网接入 | 46 |
| 2.2.3 无线通信网与自组网 | 49 |
| 2.2.4 无线传感器网络技术 | 56 |
| 2.3 产品电子代码 (EPC) 与 RFID | 57 |
| 2.3.1 产品电子编码 | 57 |
| 2.3.2 EPC 与通用标识符 | 59 |
| 2.3.3 全球统一代码 | 60 |
| 2.3.4 射频识别 | 61 |
| 第 3 章 物联网中的网络与通信 | 63 |
| 3.1 物联网中的网络标记与无线通信 | 63 |
| 3.1.1 互联网中的语言与标记方法 | 63 |
| 3.1.2 GPS 技术 | 64 |
| 3.1.3 WiFi 技术 | 65 |
| 3.2 通信与接口 | 67 |
| 3.2.1 电力线通信技术 | 67 |
| 3.2.2 现场总线 | 69 |
| 3.3 无线网络技术 | 71 |
| 3.3.1 无线网状网 | 71 |
| 3.3.2 蓝牙技术 | 73 |
| 3.3.3 ZigBee 技术 | 75 |
| 3.4 标记语言与基本方法 | 79 |
| 3.4.1 标记语言和范围 | 79 |
| 3.4.2 标记语言的简介 | 80 |
| 3.4.3 ZigBee 协议 | 81 |
| 3.4.4 ZigBee 应用技术 | 82 |
| 3.4.5 ZigBee 基本内容 | 83 |
| 3.4.6 IEEE 802.15.x 标准 | 84 |
| 3.5 物联网中的信息服务 | 85 |
| 3.5.1 系统任务与基本框架 | 85 |
| 3.5.2 系统结构与设计原则 | 87 |
| 第 4 章 中间件、EPC 和 RFID | 91 |
| 4.1 物联网的中间件 | 91 |
| 4.1.1 中间件分类 | 91 |
| 4.1.2 中间件基本结构 | 94 |
| 4.1.3 中间件设计原则 | 97 |
| 4.1.4 中间件的设计目标与功能实现 | 99 |
| 4.1.5 中间件设计平台 | 102 |
| 4.2 电子代码与 RFID | 104 |
| 4.2.1 产品电子代码与 RFID | 104 |
| 4.2.2 RFID 的主要问题 | 107 |
| 4.3 电子代码标准与体系 | 107 |
| 4.3.1 EPC 标准 | 107 |
| 4.3.2 EPC 编码体系构成 | 110 |
| 4.4 物联网中 EPC 与 RFID | 111 |
| 4.4.1 物联网中的 EPC | 111 |

| | | | | | |
|--------------|----------------------|------------|--------------|------------------------|------------|
| 4.4.2 | 物联网中的 RFID | 112 | 6.1.4 | 力和压力传感器 | 200 |
| 4.4.3 | EPC 系统构成 | 113 | 6.1.5 | 空气声与水声传感器 | 202 |
| 第 5 章 | 传感网技术 | 116 | 6.1.6 | 超声波传感器 | 209 |
| 5.1 | 物联网中信息的获取与管理 | 116 | 6.1.7 | 液位、密度、浊度与流量 传感器 | 211 |
| 5.1.1 | 传感器 | 116 | 6.1.8 | 湿度与水分传感器 | 217 |
| 5.1.2 | 传感器的性能评价与选用原则 | 118 | 6.1.9 | 烟雾与紫外传感器 | 218 |
| 5.1.3 | 传感网的功能、类型与 管理技术 | 120 | 6.2 | 常用化学量传感器与医学和生物 传感器 | 219 |
| 5.2 | 网络传感器类型 | 129 | 6.2.1 | 甲烷与乙炔气体传感器 | 219 |
| 5.2.1 | 网络传感器硬件组成 | 129 | 6.2.2 | 氧与二氧化碳气体传感器 | 220 |
| 5.2.2 | 有线智能网络传感器 | 131 | 6.2.3 | 微生物传感器 | 221 |
| 5.2.3 | 无线智能网络传感器 | 132 | 6.2.4 | 生物组织传感器 | 223 |
| 5.2.4 | 智能网络传感器 | 134 | 6.2.5 | 免疫传感器 | 224 |
| 5.3 | 无线网络传感器的结构与模块 | 137 | 6.2.6 | DNA 传感器 | 226 |
| 5.3.1 | 无线网络传感器基本结构 | 137 | 6.3 | 物联网中的新型传感器 | 226 |
| 5.3.2 | 无线智能网络传感器天线 | 139 | 6.3.1 | MEMS 传感器 | 226 |
| 5.3.3 | 无线网络传感器应用 | 142 | 6.3.2 | 微小位移测量装置 | 231 |
| 5.4 | 无线传感器网络的结构、 定位与同步 | 145 | 6.3.3 | 多普勒血流量检测 | 236 |
| 5.4.1 | 无线传感器网络构成 | 145 | 6.3.4 | 声表面波传感器 | 238 |
| 5.4.2 | 无线传感器网络节点与要素 | 146 | 6.3.5 | 太赫兹器件与传感器 | 241 |
| 5.4.3 | 无线传感器网络数据 融合与管理 | 147 | 6.3.6 | 气象常用参数传感器 | 245 |
| 5.5 | 无线传感器网络中的关键技术 | 149 | 第 7 章 | 物联网的应用 | 247 |
| 5.5.1 | 时钟同步技术 | 149 | 7.1 | 在油井、输油管路及油罐车监控中的 应用 | 247 |
| 5.5.2 | 节点定位方法 | 154 | 7.2 | 在电网运营管理中的应用 | 249 |
| 5.5.3 | 无线传感器网络的接入技术 | 161 | 7.3 | 在电网故障的诊断与解决中的应用 | 249 |
| 5.5.4 | IP 的精简与优化设计 | 168 | 7.4 | 在收缴费与供应系统中的应用 | 250 |
| 5.5.5 | 界面接口的汇聚节点网页 | 171 | 7.5 | 在不停车收费系统中的应用 | 252 |
| 5.6 | 无线传感器网络的服务质量与保障 | 176 | 7.6 | 在物流系统中的应用 | 254 |
| 5.6.1 | 服务质量 | 176 | 7.7 | 在制造系统中的应用 | 255 |
| 5.6.2 | 无线传感器网络的服务质量 | 181 | 7.8 | 在水环境监测中的应用 | 256 |
| 5.6.3 | 无线传感器网络的服务 质量管理 | 182 | 7.9 | 在水土监测中的应用 | 257 |
| 5.6.4 | 服务质量保障 | 186 | 7.10 | 在农田与作物监测中的应用 | 258 |
| 第 6 章 | 物联网中常用的传感器 | 191 | 7.11 | 在地质灾害监测中的应用 | 259 |
| 6.1 | 常用的物理量传感器 | 191 | 7.12 | 在远程医疗中的应用 | 260 |
| 6.1.1 | 图像、激光与光纤传感器 | 191 | 7.13 | 在家庭监护中的应用 | 261 |
| 6.1.2 | 触觉、接近觉与磁场强度 传感器 | 192 | 7.14 | 在机场安全系统中的应用 | 262 |
| 6.1.3 | 转速、位移、倾角及水平 传感器 | 197 | 7.15 | 在公共娱乐和集会场所中的应用 | 263 |
| | | | 7.16 | 在商城中的应用 | 264 |
| | | | 参考文献 | | 271 |

第 1 章 概 论

1.1 物联网与传感网简介

物联网是在互联网、传感网等概念上衍生出来的一种满足人们更多需求的新型网络。从电子信息技术角度来说，物联网是计算机、网络与传感器技术及软件的综合技术。它是将各种物品和需求结合在一起，满足人们各种需要的应用技术。其基本的方法是，将各种传感器的用户端延伸扩展到所需的各种物品及任何物品之间，使各种物品通过传感器和计算机及服务系统联系成一体，形成一个可以满足人们各种需求的信息交换网络。

在物联网中，关于物品标记和信息采集的硬件方面，美国麻省理工学院的 Kevin 提出物联网概念时，就想采用射频识别（RFID）技术和各种传感器将各种物品联系到一起，为人们的生产和生活服务。后来国际电信联盟（ITU）的研究报告描述了物联网相关的内容和知识，把所有可能的物体都加上传感器，通过传感器获取物体的自身状态、周围环境状态，通过物联网将所有可能的物体全部融入其中。

在欧洲，业内人士认为，物联网从空间上看，应是物理和虚拟的实体集合。在实体范畴，应是在时间和空间上可移动的、可标识的、可信息交换的实体。

在国内，目前一般认为，物联网是使任何一个物体的信息相互联系，使人们的需求和愿望得到更高、更新的满足，通过这个新的网络技术来带动科学、生产和社会的发展。

因此，物联网技术的发展，不仅需要更多的科技工作者参与，更需要从事相关工作的工程师和物联网应用的管理者的参与。本书力图从物联网的理论组成、技术结构、软硬件性能到典型工程案例等，叙述其技术构成、应用方法和相关标准，使读者能结合已有知识比对其体系和特点，从而正确把握其实质，并在实践中不断完善创造丰富其内涵。物联网技术也不例外，它也是在已有的多项技术上，针对人们不断的需求设计出的新名词。从这种意义上讲，物联网技术从原始概念提出，至今已有 10 多年的历史，也在被不断地完善和丰富。因此，在科学技术飞速发展的今天，它也向众多新生技术一样，被需求和新技术不断地丰富和完善，几经变化越来越不像最初的定义那样。而正是人们在这种不断演变中，不断提炼其内涵，扩展其外延，才推动了各种技术的发展和进步。

为了使读者在阅读本书后也能快速理解相近的技术内容，本书中一些专用技术名词也直接采用了英语名词。这样将方便与同类资料的链接和融通。

1.1.1 物联网

物联网概念最早是由美国麻省理工学院 Auto-ID 研究中心提出的，其基本思想是，为物体之间实现联系，并能够区分出所有物体之间的不同，采用先对物体进行标记，再用传感器将所采集到的各种信息传到互联网上，使得所有物体的各种信息联系在一起，通过计算机处理需求和资源之间的供求关系，及时配置各种可能，满足需求者的各种需要。物联网从技

术架构层次上来看，人们习惯按功能将它分为3层：感知层、网络层和应用层。从物联网基础技术来看，它主要包括两方面的内容：一个是互联网技术，在此技术基础上扩展网络应用，延伸到所有可能的物体和物体之间的信息交换和通信；另一个是传感器技术，将所有物品通过相应的传感器和射频识别（RFID）等，将感知的各种信息变成可以识别的电信号。

国际电信联盟在2005年报告《The Internet of Things》中，对物联网概念进行扩展，提出在任何时间、任何地点、任意物体之间实现的互连。物理网中的时间、空间和物体之间的基本关系如图1-1所示。

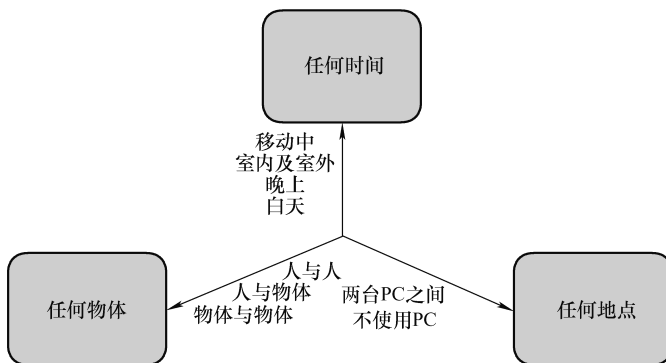


图 1-1 物联网中的时间、空间和物体之间的基本关系

在欧洲，2008年的报告《Internet of Things in 2020》中指出：未来物联网的发展中，RFID 和对物体识别的传感器技术是未来物联网的基石。由于标识和信息提取是物联网技术的关键，致使后来人们更加关心 RFID 和传感器等信息采集、标记技术在物联网的应用。紧接着欧盟于2009年9月15日发布了研究报告《Internet of Things Strategic Research Roadmap》，明确要求在欧洲内不同 RFID 和物联网项目之间进行沟通、协调和合作，以及协调包括 RFID 的物联网研究活动。

在亚洲，继日本和韩国之后，我国也开展了这方面的研究，在经历高热之后，人们看到物联网更像互联网和传感器结合的应用。但在网络技术应用方面也随之产生了一些新的内容，在传感技术的产品中，RFID 这样的产品也有深入应用。由于网络技术的快速成熟，需要新的动力激发更多的人创造出新的概念来牵引信息技术和市场的发展。另一方面，由于早期人们认为物联网是未来互联网的一个组成部分，并从网络技术角度来评价物联网时，希望它成为基于标准的并可互操作的通信协议，有能力实现资源动态全球配置的网络基础架构。

物联网技术所涉及的内容较广，除网络、智能终端、传感技术等以外，还涉及很多软硬件技术和应用。在现今技术条件下，如果用户可获得各种智能接口与社会环境进行连接和通信，就有可能使被标识过的物体满足人们的需要。为了解决人们的需求，通常采用计算机构成一个虚拟的电子空间，对掌握的各种资源和需求进行设计和分配，来满足人们精神和物质方面的需求。

1.1.2 传感网

传感网承担着对自然界各种信息数据采集汇总的主要任务，而互联网是传递到达各端点

的载体。在实际应用中，两者通常是联合使用的，是实现物与物、物与人、人与人之间信息交互，提供信息服务的智能网络信息系统。

无线传感器网络（WSN）是由若干具有无线通信功能的传感器节点构成的网络。这种网络最早是由美国国防部高级研究计划局（DARPA）在1978年提出的，并资助了卡耐基-梅隆大学开展了分布式传感器网络技术的研究。这种网络，从网络结构关系方面来看用户、对象、信息交换等各单元和网络之间的关系，其基本结构与特点如图1-2所示。

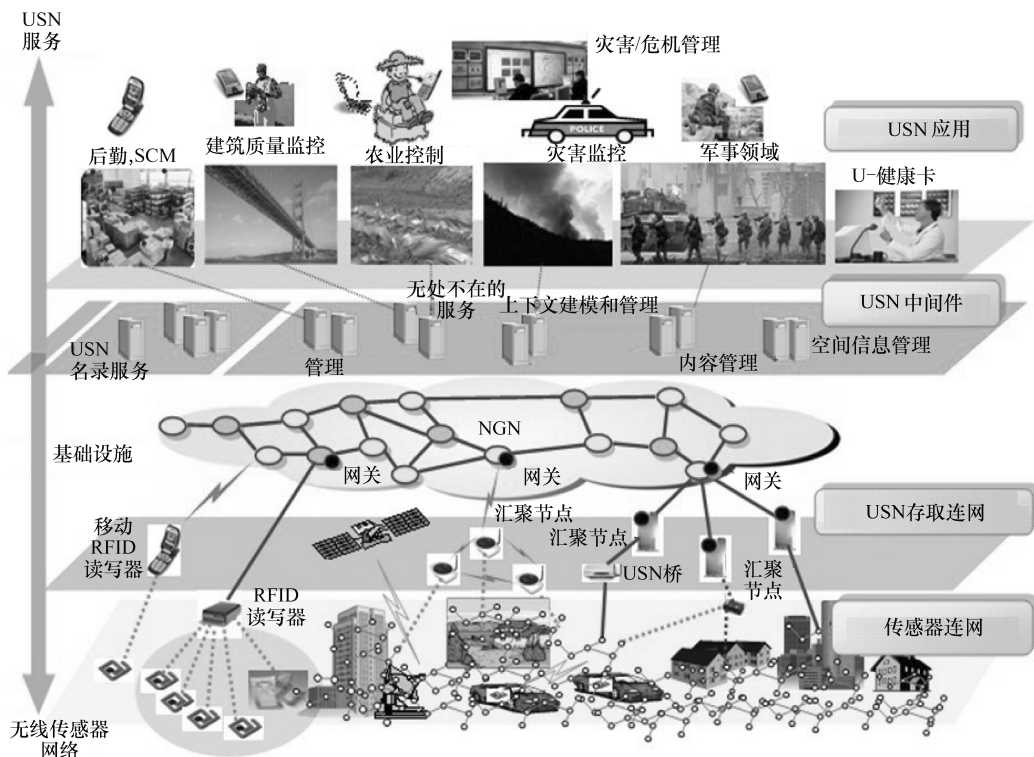


图1-2 用户终端、对象现场、信息处理、网络分发与传递、传感器的连网

随着研究深入，人们开始想到未来的网络会深入到人们生活的每个角落，可为人们提供各种可能的服务。而这些服务终端的信息离不开各种各样的传感器，人们在此基础上又提出了泛在的传感器网络（USN）的概念。这种传感网络的特点是，首先，网络节点是由具有通信及智能化的传感器节点所组成；其次，使用者可在任何时间、任何地点、对任何物体周边布置这种功能的传感网。这样的传感网可为各种需求提供相应的服务，从环境监测到安全保卫，从生产到生活，几乎是无所不能。

“泛在网”概念最早是由日本和韩国提出。他们认为无所不在的网络社会将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施组合而成的技术社会形态。根据这样的构想，泛在网将以无所不在、无所不包、无所不能为基本特征，帮助人类实现在任何时间、任何地点、任何人、任何物都能顺畅地通信。其底层是由各种传感器、执行器、RFID等各种信息设备组成的，负责对物理世界的感知与反馈。

国际电信联盟在2008年初的研究报告中，阐述了泛在传感器网络体系的基本架构，并

指出泛在传感器网络自下而上的基本结构是：传感器网络、泛在传感器网络接入网络、泛在传感器网络基础骨干网络、泛在传感器网络中间件、泛在传感器网络应用平台等 5 个层次。

泛在传感器网络接入网络是实现底层传感器网络与上层基础骨干网络的连接，由网关、汇聚节点等组成；泛在传感器网络的基网是有互联网、下一代网络（NGN）；泛在传感器网络中间件是由处理、存储传感数据，并以服务的形式提供对各类传感数据的访问；泛在传感器网络应用平台是实现各类应用的技术支撑平台。

目前我国全国信息技术标准化技术委员会所属的传感器网络标准工作组认为，传感器网络具体表现在它综合了微型传感器、分布式信号处理、无线通信网络和嵌入式计算机等多种先进信息技术，能对物理客体进行信息采集、传输和处理，并将处理结果以服务的形式发布给用户。

1.1.3 泛在网、传感网与物联网

目前，在相关的产业界对人与物、物与物广泛互连、实现人与客观世界的全面信息交互的网络的命名，一直存在着物联网、传感网、泛在网这 3 个称谓。回顾其发展历史，就可从这些概念归纳后得出基本一致的结论。这些概念的关系如图 1-3 所示。

在传感网的概念中，如果将传感器的概念进行扩展，认为 RFID、二维码等信息的读取设备和音视频录入设备等数据采集设备都是一种特殊的传感器，则范围扩展后的传感器网络即简称为与物联网概念并列的“传感网”。而从国际电信联盟电信标准化委员

(ITU-T)、国际标准化组织/国际电工委员会第 1 联合技术委员会/第 6 分委会 (ISO/IEC JTC1/SC6) 等国际标准化组织对传感器网络、物联网的定义和标准化范围来看，传感器网络和物联网其实是一个概念、两种不同的表述，其实质都是依托于各种信息设备实现了物理世界和信息世界的无缝融合。此外，在业界也有观点认为，物联网是从产业和应用角度，传感网是从技术角度对同一事物的不同表述，但其实质是完全相同的。因此，无论从哪个角度，都可以认为目前为人们所熟知的“物联网”和“传感网”这两个概念，都是以传感器、RFID 等客观世界标识、感知技术，借助于无线传感器网络、互联网、移动网等通信网络实现人与物理世界的信息交互。而泛在网是面向泛在应用的各种异构网络的集合，且更强调跨网之间的信息聚合与应用。

移动通信运营部门对物联网的说法是，物联网是指通过装置在各类物体上的电子标签、传感器、二维码等经过接口与无线网络相连，从而给物体赋予智能，可以实现人与物体的沟通和对话，也可以实现物体与物体间的沟通和对话，即对物体具有全面感知能力，对信息具有可靠传送和智能处理能力的连接物体与物体的信息网络。

物联网的结构按功能分为 3 个基本功能层：第 1 层是感知层，第 2 层是网络层，第 3 层

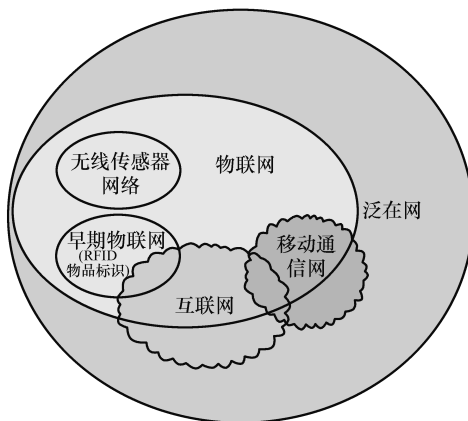


图 1-3 泛在网、传感网、物联网等之间的关系

是应用层。这3层的结构体系关系如图1-4所示。

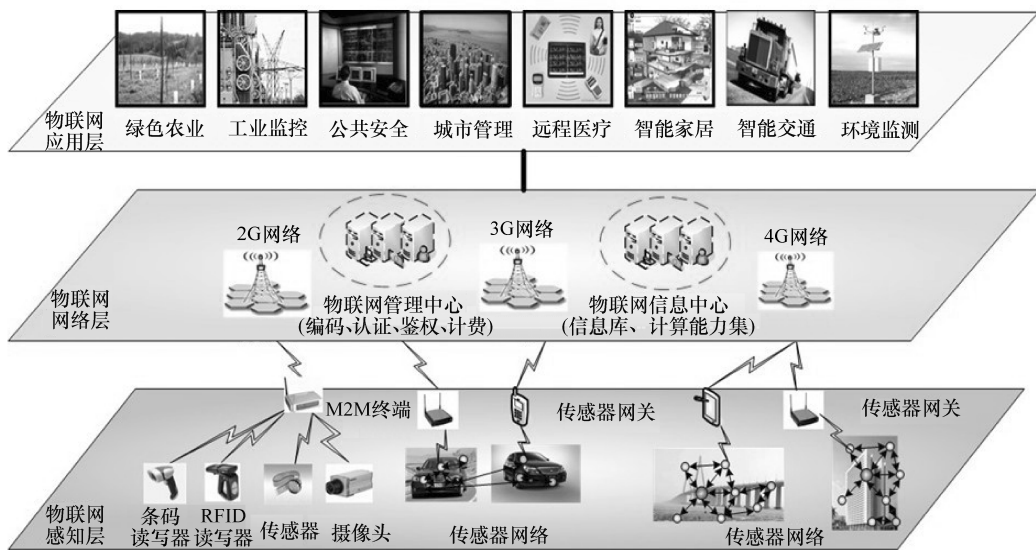


图 1-4 物联网 3 层结构和基本功能

物联网感知层主要功能是感知和识别物体，采集并捕获信息。产品的形式有二维码标签和读写器、RFID 标签和读写器、摄像头、全球定位系统（GPS）、各种传感器、传感器节点组成的自组网、M2M（Machine to Machine，机器对机器）终端和传感器网关等，实现“全面感知”。

物联网网络层是物联网普遍的服务的基础设施，包括各种通信网与互联网形成的融合网络，还包括物联网管理中心、信息中心、云计算支撑平台、专家系统等对海量信息进行智能处理的部分。网络层不但要具备网络运营的能力，还要提升信息运营的能力，实现可靠的传送、可靠交互和共享。

物联网应用层是将物联网技术与行业专业技术相结合，实现广泛智能化应用的解决方案集。利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量的跨地域、跨行业、跨部门的数据和信息进行分析处理，提升对物理世界、经济社会的各种活动和变化的洞察力，实现智能化的决策和控制。

1.1.4 相关网络的接入与管理

物联网技术是各方面的信息相互交互和服务的新型网络，其主要解决的是相关网络的接入和管理。

1. 无线传感器网络

无线传感器网络是物联网重要的基础技术，在结构上它是由各种传感器节点组成。这种网络的特点是多跳的自组织网络，当采用适当的协议也可使无线通信网络和有线相连接。

在网络的管理方面，不仅要有灵活的路由机制，而且支持多种类型设备的协同工作。信息采集包括各种各样的无线传感器，在技术方面还包括各种可即插即用、低功耗、低成本的智能传感器和无线网络技术支持的无线传感器网络等。

2. 移动网与网络接入

移动网是目前覆盖最广、应用最多的网络。无线终端接入设备是最普及、最有效的接入手段。在技术上,要针对人与人通信的需要,强化人与物之间的通信,以及物与物之间的通信能力。开发好各种设备的接入技术,接入利用好现有的各种网络设备,是推广物联网应用的有效方法。

网络接入:移动通信技术是目前解决有限产地和环境的物与物,人与物之间的沟通的主要手段。提高异构网络接入效率的主要措施有:①增强 L2/L3 协议,支持大量低数据传输速率终端的接入;②简化同步、小区搜索、随机接入、切换过程以及移动性管理;③采用更低带宽、更低码率编码的传输方式,支持更小资源的分配;④简化调度、功率控制、混合自动重传请求(HARQ)和链路自适应等问题。

3. 网络与终端管理技术

在网络与终端管理中,由于各种设备[如局域网(LAN)、无线保真(WiFi)、WiMAX、全球移动通信系统(GSM)、时分/码分多址(TD-SCDMA)、WSN等]的接入标准不同,为使各类异构网络能够实现互连互通,必须选择相对统一的标准接入方式。因为在这种由多种设备组成的异构网络中,还必须能支持各终端或网元间的相互协同,以及临时的动态组网等,这样才能提高物与物、物与人之间的互连效率。

为了避免在物联网中各类用户汇聚在一起时造成拥塞,对网络的管理显得十分重要。只有通过管理,提供畅通的信息通道,才能使各种设备、网络终端获得预期的功效。更多的后端管理技术和服务,是支持大量终端及多种接入方式的重要措施。

4. 信息处理与能耗管理

信息处理是物联网中的主要技术问题,也是保证系统高效运行的重要因素,当传感器将采集到的信息汇聚到业务平台时,信息处理平台要对接收到的各种信息进行存储、处理、分析和数据挖掘后,才能为用户提供所需要的服务。在对这些信息进行处理时,需要利用更好、更新的计算方法(如云计算、模糊识别等各种智能技术)来解决海量性能处理的问题。这样才能实现网内不同地域、不同用户对信息和数据进行处理分析的要求。

能耗也是物联网应用中的重要技术问题,因为在有限的电能条件下,尤其在无线网络中各节点及系统携带的能量是有限的情况下,对于能耗的管理与系统的信息管理一样重要。尤其在众多的信息进入整体的网络时,这个问题更显得重要。由于不同物体对不同用户或同类物体对不同用户时,常会出现多个用户同时在各自终端上操作,中央处理机也同时进行大量的运算,制定决策和优化配置。此时网络中需要消耗大量的能源,是常态下的数倍至百倍以上。在有限能源情况下,尤其是有的只能依靠自备电池或能量转化技术来工作,必须对系统能耗的各种问题进行细致的考虑。

对传感网来说,不仅要考虑其网络优化的问题,也要考虑能耗问题。在无线传感器网络(WSN)中,节点成本、功耗和体积等技术问题,是其走向普及的重要问题,随着微机电系统(MEMS)、低功耗无线通信协议和数字电路的发展,改变了传感网传统的设计思想。传统的设计是将物理的基础设施和信息技术(IT)基础设施分开,如一方面是机场、公路、建筑物,另一方面是数据中心、网络、手机、个人计算机等。而现在已经开始将钢筋混凝土、电缆等与芯片、网络等在设计 and 施工等方面结合到一起来进行施工,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。物联网将引发新的“聚合服务”。

5. 开发环境与安全技术

高效、快捷的开发应用是物联网应用的重要问题。良好的应用开发环境，能够使应用软件相对独立于计算机硬件和操作系统平台。采用分布式计算是常用的一种重要措施，这不仅可满足数据量大，运算速度快的要求，而且可提高操作系统能力。

物联网应用环境许多终端多是处于无人环境中。即在很多使用环境中，由于感知节点群组化、终端节点数量巨大、移动性低等特点，要求各种终端的安全性。其基本要求包括防火、防盗、通信安全、存储安全、终端使用环境安全等，前提是必须具有较高的性能稳定性和可靠性标准。

1.2 互联网、物联网与接入

简单地说物联网就是物与物相连的信息互联网。互联网是物联网在信息通信方面的手段；传感器是获取物与物之间信息的手段；人与人、物与人之间需要的各种服务信息理解是通过计算机和各种软件来实现的。物联网中的各种信息都来源物联网的各种传感器（RFID、全球定位系统、红外与激光扫描器等），实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集各种物理量、化学量、生物量信息。这些信息与互联网结合形成一个可实现物与物、物与人的物品与网络的连接，提供各种所需要的服务系统。

欧洲国家认为，物联网是一个动态的全球网络基础设施，具有基于标准和互操作通信协议的自组织能力，其中物理的和虚拟的物体具有身份标识、物理属性、虚拟的特性和智能的接口，并与信息网络无缝整合。物联网将与媒体互联网、服务互联网和企业互联网一起，构成多功能的未来互联网。

在我国，物联网指的是将各种终端设备和设施（包括各种传感器、移动终端、工业系统、楼宇控制系统、家庭智能设施、视频监控系统等）以及“外在使能”的，如贴上RFID的各种资产、携带无线终端的个人与车辆等，通过各种无线和/或有线的通信网络实现互连互通，实现对万物的高效、节能、安全、环保的“管、控、营”一体化的服务。

根据其实际用途，可以将其归结为3种基本应用模式：

1) 智能标签。通过二维码、RFID等技术标识特定的对象，用于区分对象个体，例如，在生活中使用的各种智能卡、条码标签的基本用途就是用来获得对象的识别信息；此外，通过智能标签还可以用于获得对象物品所包含的扩展信息，例如，智能卡上的金额余额，二维码中所包含的网址和名称等。

2) 监测与跟踪。利用多种类型的传感器和分布广泛的传感器网络，可以实现对某个对象实时状态的获取和特定对象行为的监控，如使用分布在市区的各个噪声探头监测噪声污染，通过二氧化碳传感器监控大气中二氧化碳的浓度，通过GPS标签跟踪车辆位置，通过道路路口的摄像头捕捉实时交通流程等。

3) 智能控制。物联网基于云计算平台和智能网络，可以依据传感器网络获取的数据进行决策，改变对象的行为，进行控制和反馈。例如，根据光线的强弱，调整路灯的亮度，根据车辆的流量，自动调整红绿灯间隔时间等。

目前，国内外普遍认为，物联网是一项综合性的技术，是一个服务和应用系统，没有哪

家公司可以全面独立完成物联网的整个系统规划和建设。理论研究方面，各行各业都在展开，而实际应用很少能跨出行业。物联网的规划和设计以及推广发展是物联网技术的关键，运用好现有的硬件（RFID、传感器）和软件（嵌入式软件）以及传输数据计算等资源是推动物联网技术的普及和发展的核心。物联网构成主要有3个步骤：

- 1) 对物体属性进行标识，属性包括静态和动态的属性，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) 需要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) 将物体信息通过网络传输到信息处理中心（可能是分布式中心，如家里的计算机或者手机，也可能是集中式的，如中国移动公司的互联网数据中心），由处理中心完成物体通信的相关计算。

在国内，物联网应用案例比较多，具有代表性的案例是，上海浦东国际机场防入侵与上海世博会安防系统、苏州铁路物联网、济南园博园路灯控制系统、清华易程公司票务系统等。

近年来完成的典型案例：上海浦东国际机场防入侵系统铺设了3万多个传感器节点，覆盖了地面、栅栏和低空探测，可以防止人员的翻越、偷渡、恐怖袭击等攻击性入侵；济南园博园采用 ZigBee 无线技术的路灯控制系统，是无线技术的路灯照明节能环保技术的应用典范。园区所有的功能性照明都采用了 ZigBee 无线技术达成的无线路灯控制；我国首家高铁物联网技术应用中心为高铁物联网产业发展提供科技支撑。据该中心工作人员介绍，以往购票、检票的单调方式，将在这里升级为人性化、多样化的新体验。刷卡购票、手机购票、电话购票等新技术的集成使用，让旅客可以摆脱拥挤的车站购票；与地铁类似的检票方式，则可实现持有不同票据的旅客快速通行。

智能交通系统（ITS）的应用，更是将通信、计算机、自动控制、传感器技术融合到一起，实现对交通的实时控制与指挥管理。在这个物联网系统中，交通运营信息的采集为交通控制和交通违章管理等提供了基本的保证，为物品传递中的管理提供了基本的技术支撑。

从传感器网络来看，感知信息的获取是第一步，再通过网络将有关信息发出去，使人们在办公室里就能看到厂房、设备等。现在更多的研究是如何通过这个技术应用把信息收集起来，下一步的发展可能是物和物的互动。物体和物体之间是相互关联的，像数据链一样。数据链是一个服务推动另一个服务，这种关系的挖掘可能不同于现在的网络技术，这也是物联网最核心的技术之一。

物联网构架中，感知层是实现物体信息及标识的感知，传感器是一种基本的嵌入设备。将来物体不仅自己专有各种基本的传感器，可以感知周围的各种信息，也可在有限的范围内相互感知。如在人走进房屋后，室内的灯自动打开，人离开之后灯会自动关闭。在智能家居环境中，基本设施中配有 WiFi、WiMAX、蜂窝网络等，可使各种设备随时接入到互联网上。人们可随时享受到互联网、传感网、物联网、各种网络的服务。

物联网中的关键技术与以前常说的传感网中的关键技术基本相同，有物体标识、体系架构、通信和网络、安全和隐私、服务发现和搜索、软硬件、能量获取和存储、设备微型小型化、标准等。

标识是指对物体基本特征信息的标注。对整体物件而言，如一个汽车部件有轮胎、方向盘，不同的厂家有不同的标识。在这个标识里面，一种是这类的标识，一种是具体物件的类

标识。就像条码一样，排在前面的码信息是类，后面的是具体产品。标识也需有层次结构，一个物体有很多的标识，标识之间怎样映射，标识和服务之间怎样映射，标识之间怎样兼容，是需要认真研究的内容。

物联网的感知信息是有局部的互动性的。对于局部的物联网来说，要在系统网络中间形成一个针对具体要求的自主网络，及实现一个网中网的系统，解决需要的服务。未来的互联网应支持多种语言的操作，既要支持实践的体系架构，又要支持现有分布式的体系结构。

1.2.1 网络技术

网络传输技术是物联网在信息传输中的重要技术，网络运营与管理是网络的主要问题。无线传感器网络是应用最多的网络之一，对于这种网络的管理，必须适应各种使用环境的要求，并能建立起自我管理、自组织、自治愈，自优化、自保护、自维持和自诊断的网络功能。

1. 组成要素

网络的组成要素和管理功能是指系统网络模型各模块工作内容使用和调度的功能，是取得的网络状态信息和技术的的基本点。集成网络系统主要包括管理服务、管理功能和网络模型。管理服务主要功能是判断系统在什么时候，使用哪些数据，执行哪些管理功能。所谓管理功能是指用户所能看到的管理工作中的最小尺度，如拓扑发现、数据融合、时间同步、节点定位和能量图生成等。

相应管理服务和功能要根据实现对网络设计的模型来确定。而网络模型是网络抽象表示（如拓扑、流量、能量等）的表达，也包含了网络很多隐含的内容，这为网络管理提供了很好的依据。服务、管理功能和网络模型构成了一个基于策略的网络管理体系架构。管理功能是执行动作，网络模型定义了执行条件，而管理服务可以在网络部署前考虑好应用可能会涉及的所有情况，统一制订相应的网络模型和管理功能。当网络发生变化时，对相应的网络模型和管理功能进行修改或增删，就可以继续提供管理服务了。集成网络系统参考了现有的策略语言构建起了相关的网络模型和管理功能。

2. 功能与架构

集成网络系统功能是将无线传感器网络管理中的角色分为 Manager（管理者）、Agent（代理者）和 MIB（管理信息库）。这个系统的功能架构定义了这些角色的功能和位置。在集中式、层次式和分布式管理架构中，Manager 的功能、位置和数量各不相同。它们承担的角色与网络流量类型（连续、按需、事件驱动等）密切相关。在同构和异构、分簇和不分簇的网络中，Agent 的功能、位置和数量大相径庭。系统还详细定义了这些网络结构、网络流量类型和网络管理角色的各种组合，以适应不同网络应用环境的需求。

集成网络系统的物理架构描述了管理实体间信息交互的方式，它可以看成是功能架构的实现，其根本是实现轻量级管理协议。集成网络系统并没有明确指定其管理协议的实现方式，而是定义了在各种应用中的协议框架。在应用层，则要考虑公共管理信息协议（CMIP）、简单网络管理协议（SNMP）、ANMP 和智能多集成网络系统等协议结构。

3. 信息架构

集成网络系统的信息架构定义了无线传感器网络的信息模型，将网络中信息分为两类：静态信息和动态信息。参照 CMIP 和 SNMP，集成网络系统也使用面向对象技术对网络静态信息进行描述，具体可分为支持对象类和被管对象类。支持对象类描述支撑网络管理功能的

对象,如日志、事件等。这里被管对象类是指网络、节点和节点上的设备等。由网络模型可知网络动态信息,由模型还可知信息的获取时间、采样频率和精确性等。

集成网络系统中的网络模型主要有:网络拓扑图,剩余能量图,传感覆盖,依赖模型(表示节点间的依赖关系),结构模型(节点间的聚合与连接关系)以及协作模型(交互关系)等。“域”是对簇的抽象和提升,方便了对网络架构的描述。

1.2.2 计算机网络与互联网

1. 计算机应用与网络技术

在物联网技术发展中,不仅要依靠各种传感器,还需要大量依靠计算机和网络技术。计算机和网络技术的发展,大致历经了以下几个阶段。

多人共用计算机阶段:其特点是硬件体积大,软件是分时操作;其方法是将计算机的中央处理单元(CPU)分成若干区域,每个区按时间分配给各用户。当计算机为 N 个用户服务时,每个用户获得的平均计算时间为总处理时间的 $1/N$ 。当用户数 N 增加时,每个终端获得的计算时间将随之减少。

个人计算机阶段:随着集成电路(IC)技术的飞速发展,使一个人单独使用计算机成为现实。尽管它的功能不断完善、软件能力不断提升,但数据资源和处理能力无法适应越来越高的需求。尤其是当个人计算机应用于办公自动化(OA)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助教育(CAE)等领域时,更深层次的资源共享还是无法实现。

局域网阶段:不同计算机要执行不同的任务,内部装有不同的数据处理与制图软件,都在完成各自的任任务。存储的信息不能共享,计算机外部设备也不能高效地共享。随着科技的快速进步,需要运算的工作量也越来越多,终端用户大量增加,系统每次命令响应时间也越来越长,这正孕育了局域网的产生。因此人们想到将这些计算机和外部设备硬件互连,并将软件与数据共享,从而将大大提高工作效率。局域网实现了将小到一个实验室,大到一座楼、一个学校或公司的计算机互连起来,实现了有限区域的资源共享。

多网互连互通的互联网阶段:这使更多的个人用户能够获得资源的共享,并使互联网技术在全球迅速被广泛应用。网间协议(IP)和路由器等软硬件技术的快速发展,使众多局域网、广域网、城域网、国家网成为互联网中的一部分,更是人们获取基本信息的主要工具。

2. 网络技术

计算机技术与通信技术结合,奠定了数据通信技术与计算机通信网络结合的理论基础。分组交换技术的出现为网络技术发展提供了重要的技术支持。

随着各种广域网、局域网与公用分组交换网的发展,各生产商纷纷发展各自的网络系统,网络结构与协议标准等技术的国际化,推动了网络技术的迅速发展。互联网作为全球信息网络,从有线网络到无线网络技术,以及基于光纤通信技术的宽带城域网和移动网络计算、网络多媒体计算、网络并行计算、网格计算与存储区域网络等,使互联网技术日趋成熟。

3. 互联网基础技术与服务功能

(1) 基础技术

网络、通信、交换和服务是网络技术的基础,分组交换、网络结构、分组域交换是基本