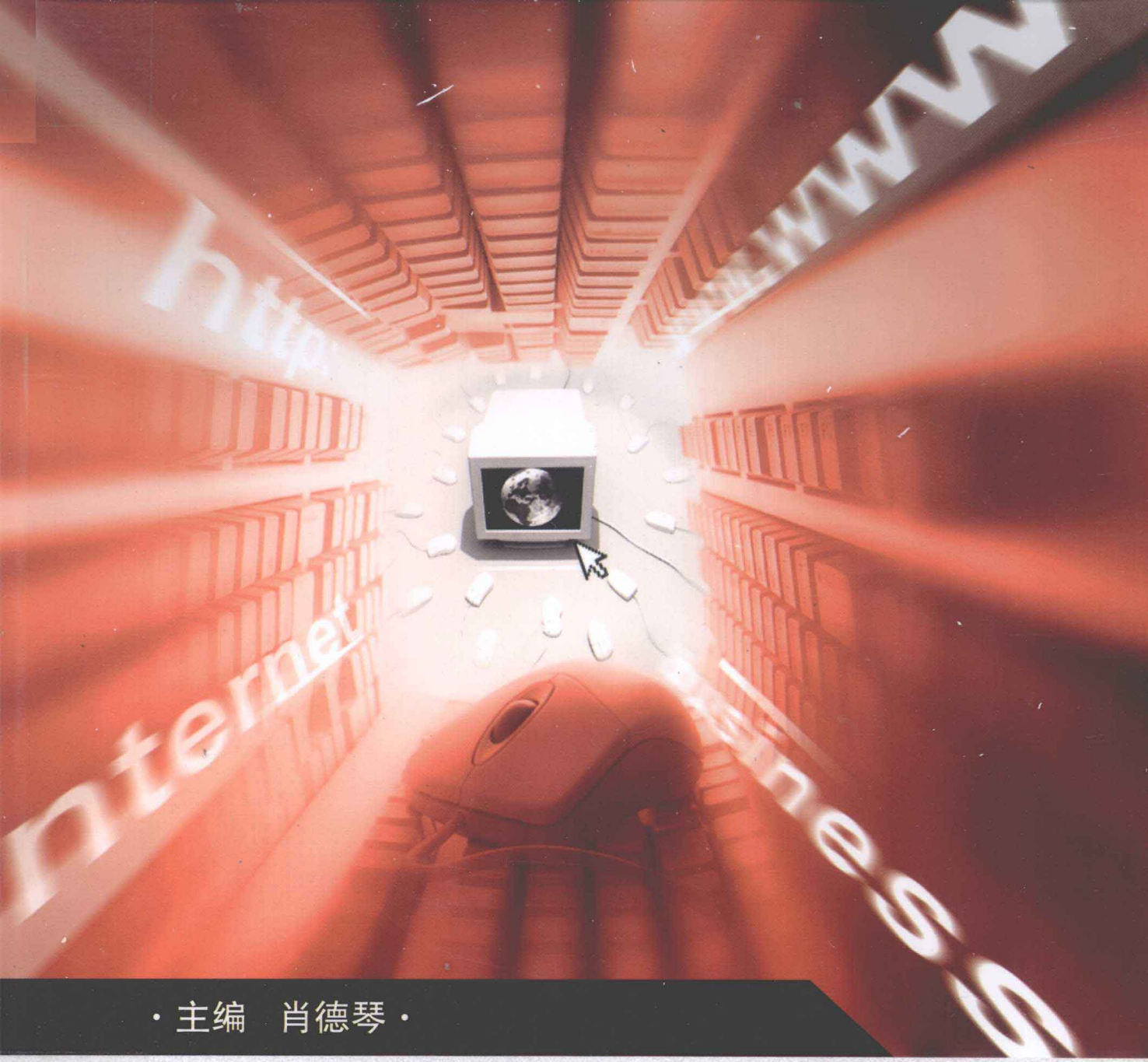

·主编　肖德琴·

计算机网络原理与应用（第2版）

国防工业出版社
National Defense Industry Press

计算机网络原理与应用

（第2版）

主编　肖德琴

编著　肖德琴　周 权　周 敏　潘春华　张明武

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与应用/肖德琴主编. —2 版. —北京:国防工业出版社,2011.2

ISBN 978-7-118-07268-6

Ⅰ.①计... Ⅱ.①肖... Ⅲ.①计算机网络 Ⅳ.①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 017252 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 **印张** 18¼ **字数** 416 千字

2011 年 2 月第 2 版第 1 次印刷 **印数** 1—4000 册 **定价** 34.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

前　言

本教材自2005年首次出版以来，其案例和应用特色得到了广大读者的支持和肯定。本书是第2版，其中保留了上一版中最主要的内容和特色，同时，也增加了一些新内容，反映了计算机网络技术发展的新技术和新趋势，更加适应计算机网络教学的要求。

第2版仍然保留了第1版教材的以下特点：

（1）注重知识的系统性与前瞻性。网络体系结构和通信协议在计算机网络系统中起着极为重要的作用，能帮助学生掌握计算机网络的基本原理，了解计算机网络运行的基本机制和方法。本书以网络协议体系的介绍为主线，并融入了先进的知识体系，如IPv6、RMON、吉位高速网络、先进数据加密技术等，力求使本书在覆盖计算机网络知识体系的同时，介绍最新的网络前沿技术与发展方向。

（2）注重教材的新颖性与实用性。计算机网络发展日新月异，本书除保持知识体系的系统性外，在书中的每一章的最后，都设置了与本章理论知识相对应的案例应用。这些案例可以作为本书的实验性内容，也可用于读者课外阅读。另外，每章后都安排了网上作业栏目，计算机网络本身就是一个大型的知识与应用体系，在组织上本书精选了一些让读者通过网络来完成的一些知识内容，这样既可以加深读者对网络典型应用的了解，同时也扩展读者以网络作为工具的应用能力。

（3）注重实践的代表性与可用性。在本书的内容编排上，除了理论阐述外，还通过实践环节加强对相关理论知识应用的了解和掌握，加入的案例应用可以帮助读者掌握和了解计算机网络知识的应用。本书精选的案例具有很强的代表性，包括了硬件组网布线与测试、网卡的接口编程、路由器的配置、VLAN的设计、SNIFFER的应用、套接字编程、应用服务器的架构与管理、网络管理应用、防火墙应用等，这些内容基本涵盖了网络协议的各个层面和计算机网络应用的各个方面。

全书共分10章。第1章是计算机网络概述，着重介绍了计算机网络的概念、体系结构、特点和分类以及发展过程和趋势。第2章是物理层，主要介绍了物理层基本原理、数据通信、传输介质等知识，并用FLUKE的线缆测试仪作为案例讲述对网络布线质量的分析方法。第3章是数据链路层，主要介绍数据链路层的原理，并着重介绍停止等待协议、连续ARQ协议、滑动窗口协议、HDLC协议、PPP等，本章案例中介绍了网卡的硬件原理和软件编程实例。第4章是局域网，主要介绍局域网标准、组网技术与相关设备。本章设置了两个案例，一是通过虚拟局域网VLAN的架构让读者了解VLAN的原理和设计规则，另一个是SNIFFER的应用，让读者了解性能查看和局域网管理的方法。第5章是网络层，本章的重点是介绍IP、ARP、RARP以及相关的网关协议的原理，让读者对网络互连的原理和设备有一个深入的认识。本章的案例引入对Cisco路由器的配置，让读者了解如

何初步架设和配置一个广域网环境。第6章是传输层，主要介绍传输层的原理，重点介绍TCP和UDP。在本章的案例中，通过对套接字socket的编程实例，让读者了解网络通信程序的编写方法。第7章是应用层，主要介绍应用层的典型应用，如HTTP的WWW服务、POP/SMTP的电子邮件、DNS服务、TELNET服务等应用。本章案例通过搭建Email环境等应用，让读者了解应用层服务器的原理。第8章是网络管理，介绍网络管理的内容，并通过SNMP协议的介绍，让读者对网络管理过程有深入了解。本章的案例可用于帮助读者构建自己的网管代理。第9章是网络安全，主要介绍提高网络安全性与防止漏洞的技术原理，并通过架设网络防火墙案例来帮助读者构建一个安全的网络环境。第2版中删除了网络安全中加密算法DES的详细介绍，增加了对IDEA和AES的简单介绍；删除了安全防范的内容，新增了防病毒技术的介绍。同时，本书增加了第10章，介绍最新热门技术——物联网技术，较全面地介绍了物联网基本概念、技术体系结构、支撑技术及无线传感器网络技术。

相对于第1版，第2版更加充实了各章的习题，精简了部分章节内容。本书主要供高等院校本专科生和硕士研究生作为教材使用，同时也可供计算机网络设计人员、施工开发人员以及管理人员阅读参考。

在第2版编写过程中，周敏对1版的第2章和第5章进行了修订，并增加了一些习题；潘春华修订了第4章和第8章；周权对第1、第7、第9章进行了修订和完善；张明武修订完善了第3章和第6章。全书由肖德琴教授进行了统一的校正，并新撰写了第10章。

在编写过程中，参考了一些书籍和文献资料，并适度合理地引用了一些实例。本书还引用许多公开的和网上的资料，在此向资料撰写者致以谢意。这次的修订工作得到了学校“计算机网络”精品课程建设项目、广东省科技计划项目(2008B021300014)和广东省自然科学基金(9251064201000008)的资助。使用过本书第1版的很多教师和读者也对本书的修订提出了很多宝贵意见，在此一并表示诚挚的谢意。

由于本书涉及面较广，同时因为水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。同时，读者可发送电子邮件至deqin.x@163.com来索取电子讲稿。

编著者

2010年12月

目　录

第 1 章　计算机网络概述

21 世纪的一些重要特征就是数字化、网络化和信息化，它是一个以网络为核心的信息时代。网络现在已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础，网络对社会生活的很多方面以及对社会经济的发展均产生了不可逆转的影响。网络主要有三种：电信网络、有线电视网络和计算机网络，它们在信息化过程中都起到了十分重要的作用，但其中发展最快并起核心作用的是计算机网络(Computer Network)。

1997 年，在美国拉斯维加斯的全球计算机技术博览会上，微软公司总裁比尔·盖茨先生发表了著名的演说。在演说中，“网络才是计算机”的精辟论点充分体现出信息社会中计算机网络的重要基础地位。计算机网络技术的发展越来越成为当今世界高新技术发展的核心之一。

20 年前，在我国很少有人接触过网络。现在，计算机通信网络以及因特网（Internet）已成为我们社会结构的一个基本组成部分。网络被应用于工商业的各个方面，如电子银行、电子商务、现代化的企业管理、信息服务业等都以计算机网络系统为基础。从学校远程教育到政府日常办公乃至现在的电子社区，很多方面都离不开网络技术。

一个完整的用于发展计算机网络技术、网络产品和网络服务的新兴工业已经形成，计算机网络的普及性和重要性已经导致在不同岗位上对具有更多网络知识的人才的大量需求。企业需要雇员规划、获取、安装、操作、管理那些构成计算机网络和 Internet 的软硬件系统。

1.1　计算机网络的形成与发展

在 20 世纪 50 年代中期，美国的半自动地面防空系统(Semi-Automatic Ground Environment，SAGE)开始了计算机技术与通信技术相结合的尝试，在 SAGE 系统中把远程距离的雷达和其他测控设备的信息经由线路汇集至一台 IBM 计算机上进行集中处理与控制。世界上公认的、最成功的第一个远程计算机网络是在 1969 年，由美国高级研究计划署(Advanced Research Projects Agency，ARPA)组织研制成功的。该网络称为 ARPANET，它就是 Internet 的前身。

1.1.1　计算机网络发展的四个阶段

随着计算机网络技术的蓬勃发展，计算机网络的发展大致可划分为四个阶段。

1. 第一阶段：诞生阶段

20 世纪 60 年代中期之前的第一代计算机网络是以单个计算机为中心的远程联机系统。典型应用是由一台计算机和全美范围内 2000 多个终端组成的飞机定票系统。终端是

一台计算机的外部设备包括显示器和键盘，无 CPU 和内存。其结构如图 1-1 所示。

随着远程终端的增多，在主机前增加了前端机(FEP)。当时，人们把计算机网络定义为“以传输信息为目的而连接起来，实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统”，但这样的通信系统已具备了网络的雏形。

2. 第二阶段：形成阶段

20 世纪 60 年代中期至 70 年代的第二代计算机网络(见图 1-2)是以多个主机通过通信线路互联起来，为用户提供服务，典型代表是美国国防部高级研究计划局协助开发的 ARPANET。主机之间不是直接用线路相连，而是由接口报文处理机(Interface Message Processor，IMP)转接后互联。IMP 和它们之间互联的通信线路一起负责主机间的通信任务，构成了通信子网。通信子网互联的主机负责运行程序，提供资源共享，组成了资源子网。这个时期，网络概念为“以能够相互共享资源为目的互联起来的具有独立功能的计算机之集合体”，形成了计算机网络的基本概念。

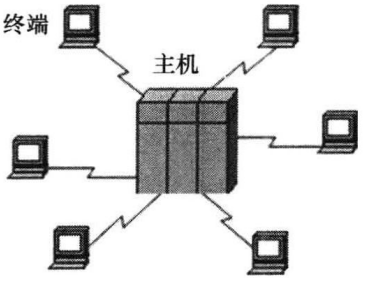

图 1-1　第一代计算机网络

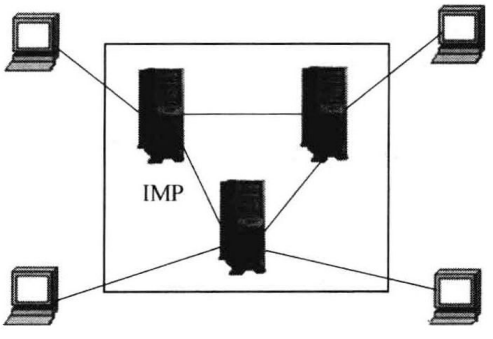

图 1-2　第二代计算机网络

3. 第三阶段：互联互通阶段

20 世纪 70 年代末至 90 年代的第三代计算机网络(见图 1-3)是具有统一的网络体系结构并遵循国际标准的开放式和标准化的网络。ARPANET 兴起后，计算机网络发展迅猛，各大计算机公司相继推出自己的网络体系结构及实现这些结构的软硬件产品。由于没有

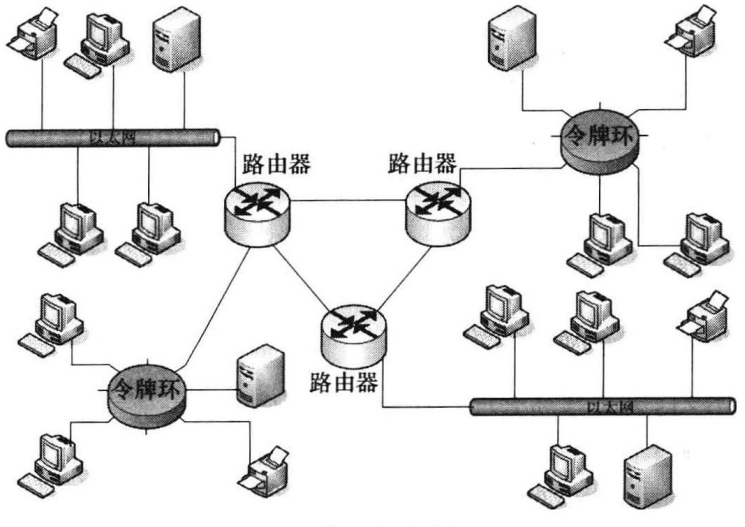

图 1-3　第三代计算机网络

统一的标准，不同厂商的产品之间互联很困难，人们迫切需要一种开放性的标准化实用网络环境，这样应运而生了两种国际通用的最重要的体系结构，即 TCP/IP 体系结构和国际标准化组织的 OSI 体系结构。

4. 第四阶段：高速网络技术阶段

20 世纪 90 年代末至今出现的网络属于第四代计算机网络(见图 1-4)。由于局域网技术发展成熟，出现光纤及高速网络技术、多媒体网络、智能网络，整个网络就像一个对用户透明的大计算机系统，并发展为以 Internet 为代表的互联网。

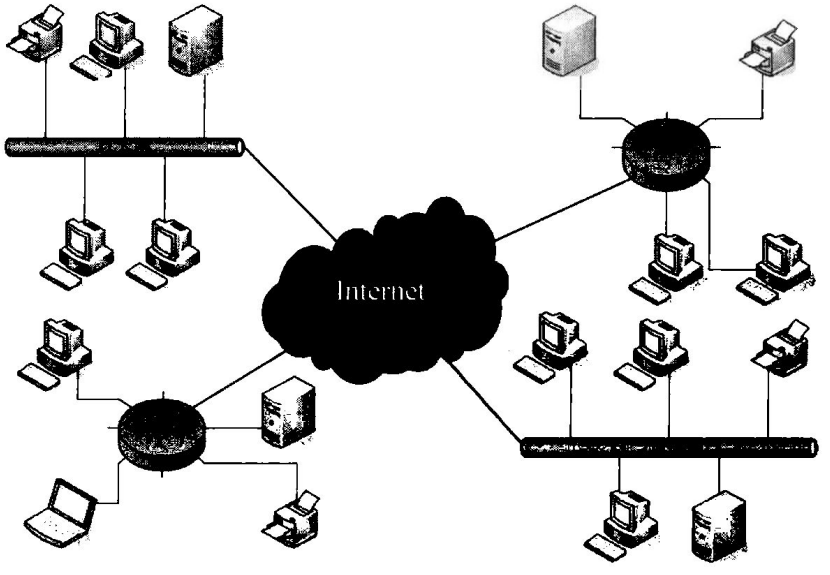

图 1-4　第四代计算机网络

1.1.2　计算机网络在我国的发展

最早着手建设专用计算机广域网的是铁道部。铁道部在 1980 年就开始进行计算机联网实验。1989 年 11 月，我国第一个公用分组交换网 CNPAC 建成运行。CNPAC 分组交换网由三个分组节点交换机、8 个集中器和一个双机组成的网络管理中心组成。1993 年 9 月，建成新的中国公用分组交换网，并改称为 CHINAPAC，由国家主干网和各省、区、市的省内网组成。在北京、上海设有国际出入口。

20 世纪 80 年代后期，公安、银行、军队以及其他一些部门也相继建立了各自的专用计算机广域网，这对迅速传递重要的数据信息的网络发展起着很大的作用。

除了上述的广域网外，从 20 世纪 80 年代起，国内的许多单位都陆续安装了大量的局域网。局域网的价格便宜，其所有权和使用权都属于本单位，因此便于开发、管理和维护。局域网发展很快，对各行各业的管理现代化和办公自动化起到了积极的作用。

回顾计算机网络在我国发展的历史，可以粗略地划分为二个阶段：第一阶段为 1987 年—1993 年，我国的一些科研部门开展了和 Internet 联网的科研课题和科技合作工作，通过拨号 X.25 实现了和 Internet 电子邮件转发系统的连结，并在小范围内为国内的一些重点院校、研究所提供了国际 Internet 电子邮件的服务。第二阶段是从 1994 年开始，实现了和 Internet 的 TCP/IP 连接，从而开通了 Internet 的全功能服务，数个全国范围的计算

机信息网络项目相继启动，Internet 在我国得到了迅速的发展。

到目前为止，我国陆续建造了基于 Internet 技术的并可以和 Internet 互联的 10 个全国范围的公用计算机网络。

(1) 中国公用计算机互联网 CHINANET(http://www.bta.net.cn)；

(2) 中国教育和科研计算机网 CERNET(http://www.cernet.edu.cn)；

(3) 中国科学技术网 CSTNET(http://www.cstnet.net.cn)；

(4) 中国联通互联网 UNINET(http://www.chinaunicom.com.cn)；

(5) 中国网通公司互联网 CNCNET(http://www.cnc.net.cn)；

(6) 中国国际经济贸易互联网 CIETNET(http://www.sasac.gov.cn)；

(7) 中国移动互联网 CMNET(http://www.chinamobile.com)；

(8) 中国高速互联研究试验网 NSFnet(http://www.nsfcnet.net)；

(9) 中国长城互联网 CGWNET(http://www.greatwall.com.cn)；

(10) 中国卫星集团互联网 CSNET(http://www.chinasatcom.com)。

1.1.3 计算机网络的研究热点

根据中国科学院成都文献情报中心战略情报研究小组做的“信息科技领域研发热点及发展态势的文献计量分析研究”，当前网络技术研究集中在 OFDM、网络信息利用分析、无线通信、神经网络、网格计算、无线通信 6 个主题。

1. OFDM 技术在无线通信中的应用

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing，正交频分复用技术)是 HPA 联盟(HomePlug Powerline Alliance)工业规范的基础，采用了一种不连续的多音调技术，将被称为载波的不同频率中的大量信号合并成单一的信号，从而完成信号传送。由于这种技术具有在杂波干扰下传送信号的能力，因此常常会被利用在容易产生外界干扰或者抵抗外界干扰能力较差的传输介质中。OFDM 作为一种可以有效对抗信号波形间干扰的高速传输技术，其在移动通信领域的应用正成为研究的一个重要的前沿热点，预计将成为 3G 以后的移动通信的主流技术。OFDM 系统的应用研究近年来主要集中在以下方面：OFDM 系统对高速数据无线网络的影响、移动无线信道中 OFDM 系统的信道评估、快速弥散衰减信道中 OFDM 系统鲁棒性等。

2. 网络信息的利用分析

该前沿热点目前主要向两个主题方向发展。第一个主题方向为网络计量学，网络计量学是由网络技术、网络管理、信息资源管理与信息计量学等学科相互结合、交叉渗透而形成的一门新型的交叉性边缘学科。其根本目的是要通过网上信息的计量研究，为网络信息资源的优化配置和有效利用，以及为网络管理的规范化和科学化提供必要的定量依据。第二个主题方向为开发对从不同信息源中获取的信息进行集成的智能工具，比如通过语义的自动匹配技术，从而充分有效挖掘和利用全球网络环境中的网上信息。

3. 神经网络分析

引文聚类分析显示，该热点目前主要向两个主题方向发展。第一个主题方向主要研究时延细胞神经网络的稳定性问题、平衡分析、球形渐进稳定度分析、球形指数稳定性和球形稳定性条件、稳定性标准；时延非线性连续神经网络的稳定性；时延 Hopfield 神

经网络模型中的球形稳定性分析、球形指数稳定性分析等。第二个主题方向主要研究神经网络研究中统计学习方法的一些关键技术，比如以结构风险最小化原则为理论基础的Vapnik方法，以及在利用机器学习方法进行模式分类时和取样时应注意的关键问题等。

4. 网格计算

网格是构筑在互联网上的一组新兴技术，它将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体，为科技人员和普通百姓提供更多的资源、功能和交互性。传统因特网实现了计算机硬件的连通，Web 实现了网页的连通，而网格则把整个因特网整合成一台巨大的超级计算机，实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、知识资源、专家资源的全面共享。网格技术的应用包括了分布式计算、高吞吐量计算、协同工程和数据查询等诸多功能，它被定义为一个广域范围的“无缝的集成和协同计算环境”。网格计算模式已经发展为连接和统一各类不同远程资源的一种基础结构。目前，网格技术作为一个新兴的研究领域，因为其巨大的应用前景，吸引了各国政府与众多IT巨头的注意，已成为一个重要的前沿热点研究方向。

网格技术中以下几个方面将是今后研究的难点。

(1) 用户界面。网格计算前端主要解决最终用户通过统一的界面使用广域网上各类计算资源的问题，其使用网格的模式应符合简单、方便、好用的原则。信息服务网格与Web最大的区别是一体化，即用户看到的不是门类繁多的网站，而是单一的入口和单一的系统映象。

(2) 资源管理。为方便对任务的查询控制和进行应用交流，为不同地理位置计算系统之间的任务迁移、调度、平衡提供技术支持，对网格资源应进行合理管理。已有的一些并行和分布计算系统的资源管理技术，如负载共享设施L5F、分布式队列系统PQ5等，并不能很好地适应计算网格资源管理的特点。

(3) 网格安全。安全问题涉及到认证授权问题。在保密共享问题上特别受到关注的是身份验证问题和网格计算必须要受到的有序控制和管理问题。网格计算具有超强的数据处理能力，无序的管理使得普通用户也能任意调用超级计算机，令成千上万台PC“联手”破解国防机密抑或从事某些非法活动。而且，网格计算日趋商业化，推动电子商务进一步发展，安全问题更显重要。

(4) 动态自适应性。在网格计算中，某一资源出现故障或失败的可能性较高，资源管理必须能动态监视和管理网格资源，从可利用的资源中选取最佳资源服务。

网格技术研究的趋势有以下几个方面：

(1) 标准化趋势。就像Internet需要依赖TCP/IP一样，网格也需要依赖标准协议才能共享和互通。目前，包括全球网格论坛 (Global Grid Forum，GGF)、对象管理组织(Object Management Group，OMG)、全球网联盟 (World Wide Web Consortium，W3C)以及Globus项目组在内的诸多团体都试图争夺网格标准的制定权。Globus 项目组在网格协议制定上有很大发言权，因为迄今为止，Globus Toolkit已经成为事实上的网格标准。Globus由美国 Argonne 国家实验室数学与计算机分部、南加州大学信息科学学院和芝加哥大学分布式系统实验室合作开发，并与美国国家计算科学联盟、NASA IPG 项目(Information Power Grid)、美国国家先进计算基础设施同盟(National Partnership for Advanced Computational Infrastructure，NPACI)等建立了伙伴关系。一些重要的公司，包括IBM、Microsoft、Compaq、