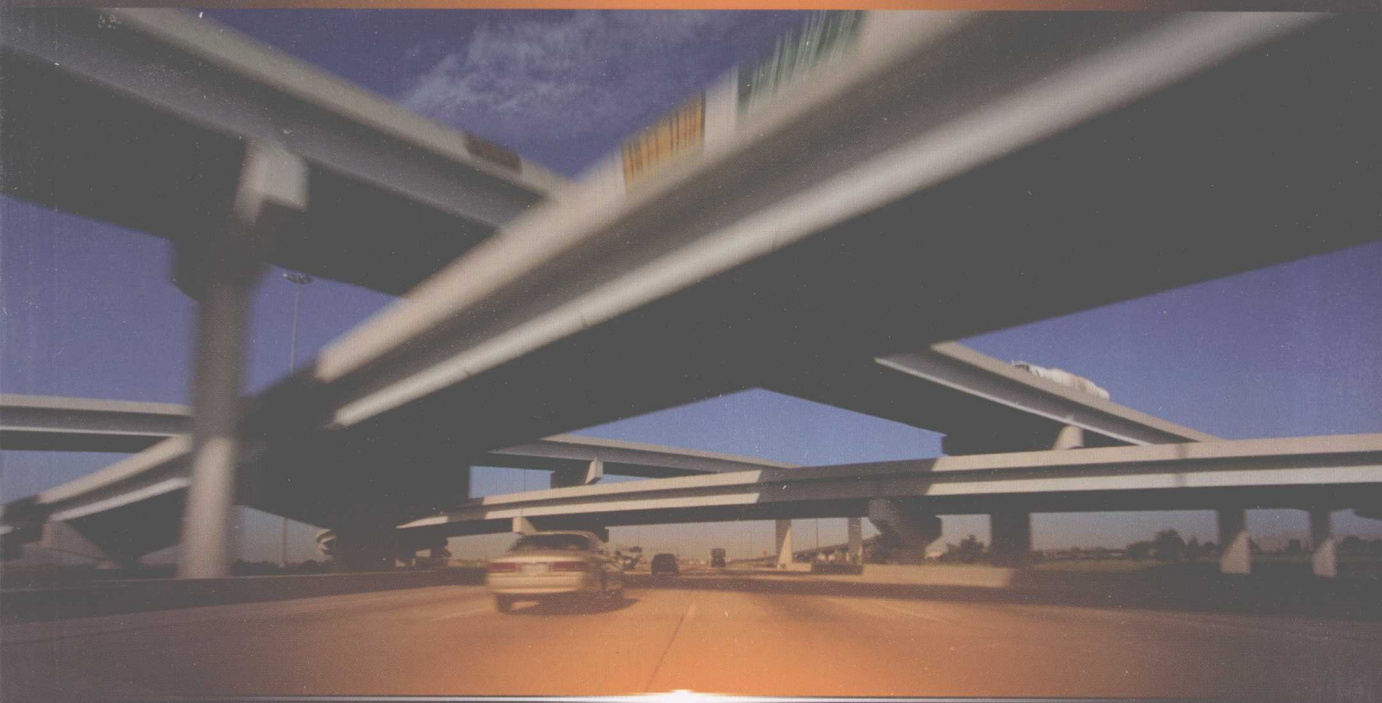


国外经典计算机科学教材



Computer and Communication Networks

计算机与通信网络

[美] Nader F. Mir 著

潘淑文 卢向群 时雨露 王维 译



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



Computer and Communication Networks

计算机与通信网络

[美] Nader F. Mir 著

潘淑文 卢向群 时雨露 王维 译



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

Computer and Communication Networks (ISBN 978-0-13-174799-9)

Nader F.Mir

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc.

Original English Language Edition Published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall.

All rights reserved.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and CHINA ELECTRIC POWER PRESS, Copyright © 2009.

本书翻译版由 Pearson Education 授权中国电力出版社在中国境内（香港、澳门特别行政区和台湾地区除外）独家出版、发行。

未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 激光（培生教育出版集团）防伪标签，无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2006-7455 号

图书在版编目（CIP）数据

计算机与通信网络 / （美）米尔（Mir,N.F.）著；潘淑文等译. —北京：中国电力出版社，2009

书名原文：Computer and Communication Networks

ISBN 978-7-5083-8505-1

I. 计… II. ①米…②潘… III. 计算机通信网 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 023732 号

丛 书 名：国外经典计算机科学教材系列

书 名：计算机与通信网络

作 者：（美）Nader F.Mir

翻 译：潘淑文 卢向群 时雨露 王 维

责任编辑：白立军

出版发行：中国电力出版社

地址：北京市三里河路 6 号 邮政编码：100044

电话：（010）58383411 传 真：（010）58383409

印 刷：汇鑫印务有限公司

开 本：787×1092 1/16 印 张：27 字 数：647 千字

书 号：ISBN 978-7-5083-8505-1

版 次：2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

定 价：49.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

作者为本书积累了十多年的素材，这期间很多素材都已过时而不得不删掉。在作者作为一名电信工程师和大学教授期间，数据通信和计算机网络领域已经发生了很大的变化。即便如此，本书还是涵盖了有关计算机网络的基本内容，同时还包括有关计算机网络的最新、最先进的话题。

因特网是一个革命性的通信工具，我们通过它可以很方便地进行日常生活的沟通或与商业伙伴进行相关的商业活动。但是，由于因特网在硬件和软件这两方面都极其复杂，对于想进入该领域研究的人来说都是很大的挑战。计算机网络专家们需要设计出高性价比的网络，以满足新兴通信系统的需求，随着通信服务的数量和多样性的增长，使这些专家们的工作更具挑战性。本书填补了当今众多流行教材的空白。

本书写作目的

本书融汇了计算机通信网络原理、体系结构和各种应用。之所以写这本书是因为我感到市场上缺乏这样一种技术书籍——既使用详细图例来对计算机通信网络进行恰当分析，同时又涵盖有线通信技术和无线通信技术两个方面的知识点。本书的主要目的是帮助读者学习计算机、通信网络的基本原理和一些前沿概念。本书对这些概念的描述采用了一系列统一的符号，主要是为了满足社会上对于学习计算机通信科学与工程爆炸性增长的需求而准备的。

本书主要面向两类读者。第一类是学术研究人士——即在校的大学本科学生和研究生，本书提供了一套完整的对通信网络设计和性能的评估，还可以为研究人员在分析和模拟复杂的通信网络方面提供一些帮助。对于第二类读者——想在通信和网络领域工作的工程师，或者是希望全面学习计算机网络内容的人员，本书为他们提供了多种学习方法：练习、案例分析、计算机仿真项目。拥有一本能够涵盖所有必要概念和性能分析的书，将使工程师能够轻松愉快地学习和回顾可靠的网络模型，本书正是这样的一本书。

本书组织结构

一本书不可能涵盖网络方面的所有主题。教师可以根据需要在本书所探讨的范围内选取最适合他们课程的专题。另外，读者可以从每一章的说明中了解到怎样构造一个通信网络模型和如何通过数学的方法来分析它们。本书的读者将会从每一章节的理论与应用相结合的部分受益，对于想作深入探讨的读者来讲，每一章节中深入的理论部分将会引起他们的兴趣。本书共 20 章，分为两大部分。

第一部分共分 10 章,涵盖了计算机网络中的基本内容,同时每一章节又是后续章节的基础。本书第一部分开篇对网络进行了概述,重点是 TCP/IP 方案,并讲述了无线网络,最后详细论述了万维网(WWW)和网络安全。本书的第一部分非常适合那些没有多少计算机通信经验的读者。第二部分共分 10 章,详细论述了有关分析方面的内容,并更进一步对网络协议进行了论述,包括交换机、路由器、多路复用器、时延和拥塞分析、多媒体网络、组播、数据压缩、VoIP、光网络及传感器网络。

第 1 章, 分组交换网络。介绍了计算机网络,涉及网络必需的知识,阐述了有关分组交换网,并对当今因特网进行了概述。对基本概念包括消息、数据包、帧,以及分组交换与电路交换等都进行了详细介绍。还介绍了各种类型的分组交换网络和消息是如何通过面向连接的网络或无连接的网络进行处理的。最后,本章对包的大小和最佳包长度给出了一个详细的分析。

第 2 章, 网络协议基础。介绍了基本的五层网络协议参考模型和其他的协议:七层 OSI 模型和等大小包协议模型。

第 3 章, 网络设备。介绍了网络设备的整体体系结构,例如,多路复用器、调制解调器和交换设备。*多路复用器*在网络的所有层均有使用,网络调制解调器用于从远程和本地接入因特网。最后,交换设备,例如,集线器、网桥、交换机和路由器,用于将数据包从一条路径传送到另外一条路径上。

第 4 章, 数据链路和传输。主要包括链路层和传输层接口,它们是网络的两个基本成分。这一章介绍了有线和无线链路层并对它们的特性、优点和信道接入技术进行了讲述。本章还讲述了在链路层上不同的错误检测和纠错技术,并探讨了传送数据的完整性。最后还介绍了链路层*停止等待*和*滑动窗口*流量控制。

第 5 章, 局域网和局域网网络。用在第 2 章、第 3 章和第 4 章所分别涉及的关于基本协议、设备和链路方面的基本知识,研究了小型网络的实施。本章对使用这些设备构建一个网络并在此网络上创建连接给出了一些建议,还给出了几个局域网的例子并解释了这些局域网是如何互联的。

第 6 章, 无线网络和移动 IP。讲述了无线网络的基础知识。本章论述了设计无线网络所面临的挑战:*移动管理基础结构*、*网络可靠性*和*频率再用*。接下来,本章又对从卫星到本地网无线通信系统的各个方面进行了概述,并论述了无线网络和 802.11 标准。接着本章转入到蜂窝网,它是我们无线网络基础结构的主要骨干网之一。本章最后部分对*移动 IP*和*无线网格网(WMN)*进行了介绍,其中包括 WiFi 和 WiMAX 技术。

第 7 章, 路由和组网。着重对于广域网(WAN)中路由功能进行了讲述,介绍了相关的路由算法和协议。网络基础架构明确分为使用最佳路由网络和使用非最佳路由网络。在本章这两种算法都作了详细介绍。路由协议被分为域内路由协议和域间路由协议。本章还介绍了拥塞控制算法:*网络拥塞控制*和*链路流量控制*。对于拥塞控制还介绍了*提前随机探测(random early detection)*,并讲述了一个用于评估链路拥塞概率的实用技术。

第 8 章, 传输和端到端协议。本章首先从传输层基本知识着手,说明了一个简单的文件是如何被传送的,并讲述了该层协议处理数据传输的细节。本章还论述了几种传输控制技术和传输控制协议(TCP)的拥塞控制。接着提及了*拥塞避免*算法,该预防算法可以避免在 TCP 会话中可能出现的拥塞。最后本章还论述了 ATM 拥塞控制方法。

第 9 章，网络应用和网络管理。讲述了应用层的基本原理，这些基本原理确定了一个特定的用户应用是如何使用网络的。这些应用包括域名系统(DNS)；E-mail 协议等，例如，SMTP 和万维网(WWW)。

第 10 章，网络安全。本章主要关注网络安全方面的知识，在介绍了网络威胁，黑客和网络攻击之后，又论述了加密技术：公钥和私钥协议、加密规则、密钥交换算法、授权机制、数字签名和安全连接、防火墙、IPsec 和虚拟专用网安全方法。

第 11 章，数据包队列和时延分析。从本章开始进入第二大部分内容的讲解，论述了里托定律(Little's theorem)、马尔可夫链定理和生灭过程。介绍了几种队列节点模型情况：有限容量队列和无限容量队列、单业务器和多业务器、马尔可夫系统和非马尔可夫系统。对多数网络应用来讲非马尔可夫模型是最基本的，例如多媒体通信就不能够按照马尔可夫模型建立模型。另外，基于网络队列还讨论了时延分析。在串行和并行队列节点中应用了伯克定理(Burke theorem)。对于一个包由于环路或反馈而多次访问一个具体队列的情况，介绍了杰克逊定理(jackson's theorem)。

第 12 章，服务质量和资源分配。涵盖了网络中有关服务质量的问题。论述的两种广泛的 QoS 类型，其一是综合服务方式(integrated Services approach)，对提供的网络服务质量，要求在交换节点保持某些特性；其二是区分服务(DiffServ)，它是基于提供支持一种广泛应用类型的服务质量。这两类包括多个 QoS 协议和架构，例如，流量整形、准入控制、包调度、预留方案、资源预留协议(RSVP)和业务流量调节器与带宽代理方式。这一章还讲解了数据网络中资源分配的基本原理。

第 13 章，交换结构网络。从内部角度对因特网设备(比如路由器)的交换结构进行探讨。本章首先按照交换网络的不同特点进行了分类，并讲述了交换结构基础定义和特点。交换结构的模块——纵横开关部分是本章的重点内容。特别是在本章末尾的实例，分析了将多个带有缓存的交叉节点构成带有缓存的纵横开关。本章还对许多其他的交换结构都作了描述，例如，阻塞和非阻塞，以及内存共享式、集中式和扩展式的交换网络。

第 14 章，光网络和 WDM 系统。本章内容主要包括光纤通信和光网络的基本原理。光通信技术利用了光在光纤中的反射原理，与铜缆和同轴电缆相比，在远距离传输中相比电信号可以加载更多的信息。本章从基础的光设备开始对光网络进行讨论，例如，光滤波器、波分复用器(WDM)、光开关、光缓存和光延迟线。在详细描述了光网络的路由设备后，本章还讨论了在全光网络中波长的重用和分配，在网络中每一个波长可以作为一个链路。本章在最后还举了一个关于光交换网络的例子，展示了一种新的拓扑结构——球形交换网(SSN)。

第 15 章，组播技术及其协议。包含了因特网中路由协议的组播扩展。首先，这一章定义了基本的术语和算法：组播组、组播地址及组播树算法，这些共同形成了下一步在因特网中理解包组播的基础知识。本章论述了两个主要的协议类：①域内组播路由协议，数据包通过这个协议在域内组播；②域间路由协议，通过该协议数据包在域间进行组播。另外，本章还介绍了路由器硬件中的技术和算法。

第 16 章，虚拟专用网、隧道和覆盖网络。介绍了一些有用的因特网应用。本章讲解了如何构建覆盖网络或者网络隧道，并讲述了如何通过虚拟专用网(VPN)在公共网络系统架构上建立一个私有部分实体(即隧道)，并保持私有连接。另外，与本章相关的主题还有多协议标签交换网络(MPLS)和覆盖网络。

第 17 章，数字音频和视频压缩。在多媒体网络中需要为满足数字音频、视频的要求而注重音、视频压缩技术。本章首先分析了信息源的基本原理、信源编码、数据压缩的局限性，并讲解了从原始声音压缩到二进制语音格式的整个转换步骤，例如，取样、量化及编码。本章还总结了压缩的局限性，并讲解了典型的静态图像的处理过程及视频压缩技术，如 JPEG、MPEG 和 MP3。本章最后的实例分析包括了本章的大部分内容，并关注于有关 FAX 压缩的内容。

第 18 章，VoIP 和多媒体网络。讲述了 VoIP 电话和多媒体网络信令协议及其实时信号的传输。本章讲解了因特网上可以实现实时业务要求的多种协议。会话初始化协议 (SIP) 和 H.323 系列协议负责会话信令和计数，在探讨了这些协议后又对实时传输协议，例如，实时传输协议 (RTP)、实时传输控制协议 (RTCP) 都进行了介绍。紧接下来，介绍了单业务的流媒体，该业务利用了内容分发网络 (CDN)。其中还探讨了流控制传输协议 (SCTP)，SCTP 是流量传输的通用传输协议。本章最后，详细介绍了流源的模型化和分析。

第 19 章，移动 ad-hoc 网络。介绍一种具体的无线网络，被称为移动 ad-hoc 网 (MANET)。ad-hoc 网络运行时不需要任何固定的基础架构，并可以支持无实线基础架构的动态拓扑。本章讲解了一个移动用户是如何扮演一个路由节点角色的，以及一个数据包如何在网络中没有任何静态路由的情况下，从源端路由到它的目的端。本章还探讨了表驱动路由协议，例如，DSDV、CGSR 和 WRP；还有源初始化路由协议，也就是 DSR、ABR、TORA、AODV。在本章最后部分，探讨了 ad-hoc 网络的安全问题。

第 20 章，无线传感器网络。对传感器网络和传感器网络协议栈进行了概述，并介绍了智能传感器节点。本章解释了为什么传感器网络不能使用和计算机网络相同的路由协议，其主要因素之一是出于对“能量”因素的考虑。本章还讲述了传感器网络的协议簇。这些协议规定了分等级的传感器网络的拓扑结构，并将网络中的传感器节点分成互不重叠的分组。本章还介绍了一种典型的传感器网络路由协议，并以此为基础讲解了一个运用该路由协议簇的详细数值案例。本章最后介绍了基于 IEEE 802.15.4 标准的 ZigBee 技术，该技术是众所周知的低能耗标准，并在需要低能耗的节点中使用。

练习和计算机仿真实验

在每一章的最后我们都会给出一些练习供大家进一步加深对知识的理解。练习一般都是让读者在本章去查找解决问题的方法。练习不一定是极容易就能找到答案的，有一些习题是非常难的，要正确解答这些习题需要我们对问题认真思考、对知识要有一个深刻的理解。但是这些练习都是网络上实际应用中十分典型的问题。这些问题能够鼓励读者去回顾文中所讲解的知识，并分辨出老师所讲的知识重点。除了典型的练习之外，对于那些想要把书本知识与实际项目相结合的同学，本书还在每章的习题中提供了计算机仿真项目，这些项目是一些小型的编程项目，通过这些实际锻炼来满足读者的部分要求，使其能够理论联系实际，进一步巩固自己的知识。本书练习中的项目涉及从软件编程仿真到局部的硬件设计。

贯穿于本书的案例分析，把计算机通信与相关章节的理论知识分析相结合。案例分析是更好地理解相关章节知识精髓的一个实际例子。

附录

书中的附录列出了和本书相关的一些必要内容，附录 A 是缩略语，给出了缩略语的定义。附录 B 是 RFC 列表，鼓励读者通过对 RFC 的深入讨论，进一步钻研书中所涉及的每个协议。附录 C 是概率和随机过程，对概率、随机变量和随机过程的知识进行了回顾。

说明和教师附录

本书的内容可按需要进行取舍，有目的地用于教学。教师可以把书中的第一部分作为新生或高年级的本科生教材。在此情况下，第二部分的部分章节，例如，第 13 章、第 15 章或第 16 章也可以加以介绍。

本书的第二部分可作为计算机通信网络专业研究生的课程教材。教师也可以根据学生的课程需要选取适当的章节进行讲解。例如，如果研究课程的重点是架构方面的内容，则本书的第 12~15 章比较合适。除此之外，教师也可以在研究生课程中加入第一部分的一些章节，例如，第 3 章和第 6 章。

对资深教师来讲，*教师使用手册*是十分有用的。其他的说明材料，例如 PPT 演示文稿也可以提供给教师。更多的信息请与出版社联系。

致谢

撰写本书不仅仅是个人的努力。很多行业和学术专家为本书的撰写和出版提供了很多的帮助。我衷心感谢他们给予我的支持和帮助。在本书的撰写和出版期间，他们给我提出了许多很好的想法并给予我很大的支持。我要感谢在本书的撰写和出版期间给予我帮助的所有科学家、数学家、教授、工程师、作者和出版社。

这本书能由 Prentice Hall 出版社出版，我深感自豪。我要向为本书成功出版做出贡献的每一个人表示深深地感谢。我特别想要感谢的是编辑 Catherine Nolan，她在本书出版过程中给予了我很大的帮助。在本书的审校中后期，Catherine 主动为本书召开了一个研讨会，而我当时却正在波士顿参加另外一个会议，她还为本书的后续工作提供了非常有价值的信息。我还要感谢总编辑 John Full、市场总监 Suzette Ciancio、策划编辑 Lara Wysong、开发编辑 Jinnifer Blackwell、编审 Evelyn Pyle 及对本书从撰写到出版都积极参与的旧金山的销售代表 Ellen Wynn。

我还要对所有该书的审阅者表示深深的谢意，他们为本书的结构设计提出了很多的意见及建议，这些建议帮助我对本书进行了重新组织，并最终成为现在大家看到的这个版本。我还要特别感谢以下人员，在本书的撰写期间他们给我提出了很多极有价值的反馈意见，我对这些意见做了认真的考虑并把它们融入到本书稿中。他们都为本书付出了宝贵的时间，我诚挚地感谢他们。

Nirwan Ansari 教授（新泽西理工学院）

Mohammed Atiquzzaman 教授（俄克拉荷马大学）

Radu Balan 博士（西门子公司研发部）

Bradley 博士 (About.com, 网络指导)
Deepak Biala (光纤通信方向)
Robert 博士 (VPP, 英国)
M. Kevin Choy (Atmel 即爱特梅尔公司, 科罗拉多)
Rod Fatohi 教授 (圣荷西州立大学)
Zongming Fei 教授 (美国肯塔基大学)
Carlos Ferari 博士 (JTN-网络解决方案方向)
Jim Griffioen 教授 (美国肯塔基大学)
Jac Grolan 博士 (阿尔卡特)
Ajay Kalamber
Aurna Ketaraju (英特尔公司)
Hardeep Maldia 博士 (Sermons 通信)
Will Morse (德克萨斯州计算机安全方向)
Sarhan Musa 教授 (德州农工大学)
Achille Pattavina 教授 (米兰理工大学)
Robert J. Paul 博士 (NsIM 通信方向)
Bala Peddireddi (英特尔公司)
Christopher H. Pham (思科)
Jasmin Sahara (南加州大学)
Dipti Sathe (Altera 公司)
Simon Sazeman 博士 (Siera 通信与网络方向)
Mukesh Singhal 教授 (美国肯塔基大学)
Kazem Sohraby 教授 (美国阿肯色大学)
Richard Svensson 博士 (BoBo 委员会)
Kavitha Venkatesan (思科)
Steve Willmard 博士 (SIM)
Hemeret Zokhil 博士 (日本实验室)

我向我的研究生们表示诚挚的感谢, 他们在本书手稿的长期准备过程中给了我很多的帮助。这些年, 有我超过 75 个的硕士生和博士生阅读了本书的不同部分, 并给出了本书结构组织方面的建议。我希望他们对本书真诚的支持和口头意见也能应用于我的课堂教学工作。我在这里要特别感谢在选修我的网络课程期间阅读了本书的部分内容并提出建议的这些学生: Nasima Akhtar、Robert Bergman、Anushya Dharmarajan、Sudha Immaneni Howard Chan、Rekha Modipalle、Rinku Pal、Vishal Parikh、Preeti Pujni、Rashi Sharma、Maryam Tabesh 和 Sitthapon Pumpichet。

在这里要特别感谢来自加州大学圣克鲁兹分校的 Marzieh Veyseh, 他的研究方向是传感器网络, 我们合作发表了在该领域的期刊论文, 他还为本书第 20 章提供了传感器网络方面的信息。非常感谢圣荷西州立大学 (SJSU) 工程学院院长 Belle W. Wei 博士, 他建设性的意见使这些期刊论文有了重大改进, 并影响到第 20 章的编写。

我还要特别感谢 Eftkhari 博士给予我的技术支持与帮助, 另外还有 Michael O'Flynn 教授 (不仅仅是同行更是导师), 他阅读了本书的部分章节并提出了很多有益的建议。最后我

还要感谢 Parviz Karandish，我最好的朋友，也是一位导师，在本书的撰写与出版过程中，他在很多方面都给予了我很多帮助。

如何与作者联系

请您随时把对本书的建议反馈给我，联系方式：美国圣荷西州立大学电子工程系，CA95192，圣荷西，或者通过电子邮件与我联系 nmir@sjsu.edu。我将十分高兴收到您的信件，如果您对本书有一些建议，我将会更加开心，我会认真阅读您的意见。通过 www.engr.sjsu.edu/nmir 您可以了解到更多关于我的信息。真心希望您能喜欢本书并能从书中有所收获。

Nader F.Mir

圣荷西，加利福尼亚

作者简介

1985 年, Nader F. Mir 取得电子与计算机工程学士学位, 并分别于 1990 年和 1994 年获得了位于密苏里圣路易斯的华盛顿大学的电子工程硕士和博士学位。

作者现为全职教授, 并担任加利福尼亚的圣荷西州立大学的电子工程系副主任。作者还是 Lockheed Martin 空间系统光传感器 MSE 计划的负责人。此前, 作者担任过学校的副教授和列克星顿肯塔基大学的助理教授。1994~1996 年间, 作者在新泽西斯蒂文斯理工学院的高级通信协会从事研究工作。1990~1994 年间, 他在位于 St.Louis 的华盛顿大学计算机和通信研究中心工作, 并作为助理研究员参与了高速交换系统项目的设计和分析。

作者主要的研究领域是计算机通信网络分析、交换系统的设计和分析、无线 ad-hoc 网络和无线传感器网络的设计, 以及数字集成电路在计算机通信方面的应用。

他是 IEEE 的高级会员。作为会员的他出现在众多 IEEE 网络方面的会议中, 并经常名列技术方案委员会和指导委员会的名单中, 例如, WCNC、GLOBECOM 和 ICC。Mir 博士在众多技术杂志和会议上发表了多篇论文, 都集中在网络和通信领域。他还出版了一本视频通信工程方面的书和一本名为《计算机与通信网络》的教材(由 Prentice Hall 出版)。

Mir 博士获得了众多国家和校级的权威奖项的奖励, 包括学校的优秀教学奖和科研突出贡献奖等奖励。他还被授予 2004 年 IASTED 优秀论文奖, 并成功为其新的计算机网络交换系统的研究成果申请了美国国家专利。

现在, 他还在多个杂志社任职, 《International Journal of International Technology》和《Secured Transactions》杂志社的编委会成员、《Journal of Computer and Information Technology》杂志社编辑、《IEEE Communication Magazine》助理编辑。

目录

前 言

第一部分 基 本 概 念

第 1 章	分组交换网络	3
1.1	数据网络中的基本概念	3
1.1.1	分组交换和电路交换	4
1.1.2	消息、包和帧	4
1.1.3	因特网	5
1.1.4	ISP 和因特网网络组件	6
1.2	分组交换网络的类型	8
1.2.1	无连接的网络	9
1.2.2	面向连接的网络	10
1.3	包的大小和最佳包长度	10
1.4	总结	12
1.5	练习	12
第 2 章	网络协议基础	15
2.1	TCP/IP 5 层模型	15
2.2	OSI 7 层模型	17
2.3	因特网协议和寻址	17
2.3.1	IP 包	18
2.3.2	IP 地址方案	19
2.3.3	子网寻址和掩码	19
2.3.4	无类别域间路由 (CIDR)	21
2.3.5	包的分片和重组	22
2.3.6	因特网控制消息协议 (ICMP)	22
2.3.7	IP 版本 6 (IPv6)	23
2.4	等大小包模型: ATM	24
2.4.1	ATM 协议结构	26
2.4.2	ATM 信元结构	27
2.5	总结	29
2.6	练习	29

第 3 章 网络设备	31
3.1 多路复用器	31
3.1.1 频分复用	31
3.1.2 波分复用	32
3.1.3 时分复用	32
3.2 调制解调器和因特网访问设备	36
3.2.1 线性编码方法	36
3.2.2 数字调制技术	37
3.2.3 数字用户线路调制解调器	39
3.2.4 电缆调制解调器	40
3.3 交换和路由设备	41
3.3.1 中继器、集线器和网桥	41
3.3.2 路由器和更高层的交换机	42
3.4 路由器结构	42
3.4.1 输入端口处理器	43
3.4.2 交换结构	45
3.4.3 交换控制器	46
3.4.4 输出端口处理器	46
3.5 总结	47
3.6 练习	48
第 4 章 数据链路与传输	50
4.1 数据链路	50
4.2 有线链路与传输	51
4.2.1 双绞线链路	51
4.2.2 同轴电缆	52
4.2.3 光纤	52
4.3 无线链路与传输	52
4.3.1 天线的选择	53
4.3.2 无线信道	53
4.3.3 无线信道的容量限制	55
4.3.4 信道编码	55
4.3.5 平坦衰落的对抗策略	56
4.3.6 码间干扰的对抗策略	56
4.3.7 正交频分复用 (OFDM)	57
4.4 链路上的信道访问方法	58
4.4.1 频分多址	58
4.4.2 时分多址	58
4.4.3 码分多址	59
4.4.4 空分多址	60
4.4.5 混合多址技术	61

4.5	差错检测与纠正	61
4.5.1	差错检测方法	62
4.5.2	循环冗余校验算法	62
4.6	链路层的流量控制	66
4.6.1	停止等待流量控制	66
4.6.2	滑动窗流量控制	67
4.7	总结	69
4.8	练习	69
第 5 章	局域网和局域网网络	71
5.1	局域网与基本拓扑	71
5.2	局域网协议	72
5.2.1	逻辑链路控制	73
5.2.2	媒体访问控制	73
5.3	MAC 地址和 IP 地址	73
5.3.1	地址解析协议	74
5.3.2	反向地址解析协议	75
5.4	MAC 协议的分类	75
5.5	竞争访问 MAC	75
5.5.1	载波侦听多路访问	76
5.5.2	以太网 LAN: IEEE 802.3 标准	79
5.6	轮询访问 MAC	80
5.6.1	令牌环访问协议	80
5.6.2	令牌环: IEEE 802.5 标准	81
5.7	LAN 网络	81
5.7.1	中继器、集线器和网桥的使用	81
5.7.2	第 2、3 层的交换机	86
5.8	总结	87
5.9	练习	88
第 6 章	无线网络和移动 IP	90
6.1	无线网络的基础架构	90
6.2	无线局域网技术	91
6.2.1	红外局域网	92
6.2.2	扩频局域网	93
6.2.3	窄带 RF 局域网	93
6.2.4	Home RF 和蓝牙	93
6.3	IEEE 802.11 无线标准	93
6.3.1	802.11 物理层	95
6.3.2	802.11 MAC 层	96
6.3.3	WiFi 技术和 802.11	98
6.4	蜂窝网	99

6.4.1	连接	100
6.4.2	频率复用	102
6.4.3	本地切换和越区切换	104
6.4.4	移动性管理	105
6.4.5	蜂窝系统的历史	107
6.4.6	无线移动 CDMA	108
6.5	移动 IP	108
6.5.1	IP 地址和移动代理	109
6.5.2	代理发现阶段	110
6.5.3	注册	110
6.5.4	移动 IP 路由	111
6.5.5	安全	114
6.6	无线网络网	114
6.6.1	WiMAX 技术和 IEEE 802.16	114
6.6.2	网格网 (mesh network) 的应用	115
6.6.3	WMN 的物理层和 MAC 层	117
6.7	总结	117
6.8	习题	118
第 7 章	路由和组网	120
7.1	网络层路由	121
7.1.1	主机和路由器的地址分配及 DHCP	122
7.1.2	网络地址转换 (NAT)	123
7.1.3	路由代价	124
7.1.4	路由算法分类	124
7.2	最小代价路径算法	125
7.2.1	Dijkstra 算法	125
7.2.2	Bellman-Ford 算法	126
7.3	非最小代价路径算法	127
7.3.1	洪泛路由	127
7.3.2	偏转路由	128
7.4	域内路由协议	128
7.4.1	路由信息协议	129
7.4.2	开放最短路径优先	132
7.5	域间路由协议	135
7.5.1	边界网关协议	135
7.6	网络层拥塞控制	138
7.6.1	单向拥塞控制	139
7.6.2	双向拥塞控制	140
7.6.3	随机早期检测	140
7.6.4	一种链路拥塞的快速估计方法	142

7.7	总结	144
7.8	习题	144
第 8 章	传输和端到端协议	148
8.1	传输层	148
8.1.1	传输层和网络层的交互	149
8.2	传输控制协议	150
8.2.1	TCP 分段	150
8.2.2	建立连接	151
8.3	用户数据报协议	152
8.3.1	UDP 分段	152
8.3.2	TCP 和 UDP 的应用	153
8.4	移动传输协议	153
8.4.1	移动 TCP	153
8.4.2	移动 UDP	154
8.5	TCP 拥塞控制	155
8.5.1	逐步增加、加倍递减控制方法	155
8.5.2	慢启动机制	156
8.5.3	快速重传方法	157
8.5.4	TCP 拥塞避免方法	158
8.6	总结	159
8.7	习题	159
第 9 章	网络应用和网络管理	161
9.1	应用层综述	162
9.1.1	客户端和服务端模式	162
9.2	域名服务系统	162
9.2.1	域名空间	163
9.2.2	名字/地址映射	164
9.2.3	DNS 消息格式	165
9.3	远程登录协议	166
9.3.1	TELNET 协议	167
9.3.2	安全外壳协议	167
9.4	电子邮件	168
9.4.1	简单邮件传输协议和 E-mail	168
9.5	文件传输和 FTP	169
9.5.1	文件传输协议	170
9.5.2	安全复制协议	170
9.6	万维网和 HTTP	170
9.6.1	Web 缓存（代理服务器）	171
9.7	网络管理	171
9.7.1	网络管理要素	173

9.7.2	管理信息结构	173
9.7.3	管理信息库	173
9.7.4	简单网络管理协议	174
9.8	总结	175
9.9	习题	176
第 10 章	网络安全	178
10.1	网络安全概览	178
10.1.1	网络安全的要素	179
10.1.2	网络安全的威胁	179
10.2	安全措施概览	182
10.2.1	加密技术	182
10.2.2	鉴别技术	183
10.3	密钥加密协议	183
10.3.1	数据加密标准	183
10.3.2	高级加密标准	185
10.4	公钥加密协议	185
10.4.1	RSA 算法	186
10.4.2	Diffie-Hillman 密钥交换协议	187
10.5	鉴别	187
10.5.1	安全哈希算法	188
10.6	鉴别和数字签名	189
10.7	IP 安全和无线网络	189
10.7.1	IP 安全和 IPsec	189
10.7.2	无线网络的安全性和 IEEE 802.11	190
10.8	防火墙	191
10.9	总结	192
10.10	习题	193

第二部分 高级概念

第 11 章	数据包队列和时延分析	197
11.1	里托定理	198
11.2	生灭过程	199
11.3	排队规则	200
11.4	马尔可夫 FIFO 排队系统	201
11.4.1	$M/M/1$ 排队系统	201
11.4.2	缓存有限的排队系统: $M/M/1/b$	204
11.4.3	$M/M/a$ 排队系统	205
11.4.4	对时延敏感的数据流模型: $M/M/a/a$	208
11.4.5	$M/M/\infty$ 排队系统	209
11.5	非马尔可夫和自相似模型	211