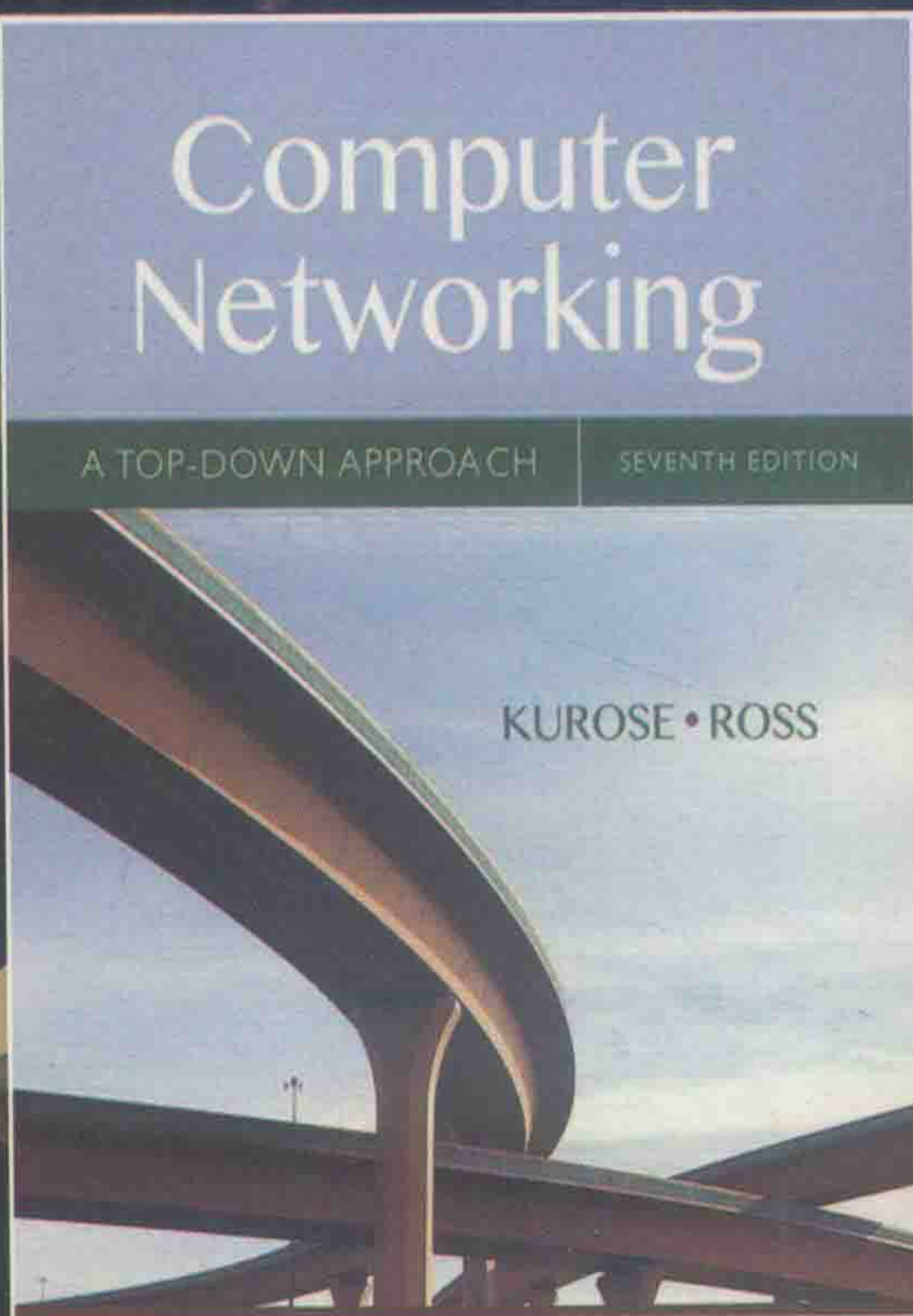


计算机网络

自顶向下方法

[美] 詹姆斯·F. 库罗斯 (James F. Kurose) 基思·W. 罗斯 (Keith W. Ross) 著
马萨诸塞大学阿默斯特分校 纽约大学上海分校
陈鸣 译

Computer Networking
A Top-Down Approach Seventh Edition



计 算 机 科 学 丛 书

原书第7版

计算机网络

自顶向下方法

[美] 詹姆斯·F. 库罗斯 (James F. Kurose) 基思·W. 罗斯 (Keith W. Ross) 著
马萨诸塞大学阿默斯特分校 纽约大学上海分校
陈鸣 译

Computer Networking
A Top-Down Approach Seventh Edition

Computer
Networking

A TOP-DOWN APPROACH

SEVENTH EDITION

KUROSE • ROSS



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络: 自顶向下方法 (原书第 7 版) / (美) 詹姆斯·F. 库罗斯 (James F. Kurose), (美) 基思·W. 罗斯 (Keith W. Ross) 著; 陈鸣译. —北京: 机械工业出版社, 2018.5 (计算机科学丛书)

书名原文: Computer Networking: A Top-Down Approach, Seventh Edition

ISBN 978-7-111-59971-5

I. 计… II. ①詹… ②基… ③陈… III. 计算机网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 104318 号

本书版权登记号: 图字 01-2016-4521

Authorized translation from the English language edition, entitled *Computer Networking: A Top-Down Approach, 7E*, 9780133594140 by James F. Kurose and Keith W. Ross, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2017, 2013, 2010.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press Copyright © 2018.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

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

本书是经典的计算机网络教材, 采用作者独创的自顶向下方法来讲授计算机网络的原理及其协议, 自第 1 版出版以来已经被数百所大学和学院选作教材, 被译为 14 种语言。

第 7 版保持了以前版本的特色, 继续关注因特网和计算机网络的现代处理方式, 注重原理和实践, 为计算机网络教学提供一种新颖和与时俱进的方法。同时, 第 7 版进行了相当多的修订和更新, 首次改变了各章的组织结构, 将网络层分成两章 (第 4 章关注网络层的数据平面, 第 5 章关注网络层的控制平面), 并将网络管理主题放入新的第 5 章中。此外, 为了反映自第 6 版以来计算机网络领域的新变化, 对其他章节也进行了更新, 删除了 FTP 和分布式散列表的材料, 用流行的因特网显式拥塞通告 (ECN) 材料代替了 ATM 网络的材料, 更新了有关 802.11 (即 WiFi) 网络和蜂窝网络 (包括 4G 和 LTE) 的材料, 全面修订并增加了新的课后习题, 等等。

本书适合作为计算机、电气工程等专业本科生的“计算机网络”课程教科书, 同时也适合网络技术人员、专业研究人员阅读。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 刘立卿 迟振春

责任校对: 殷虹

印刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版次: 2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm × 260mm 1/16

印张: 33

书号: ISBN 978-7-111-59971-5

定价: 89.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

文艺复兴以来，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的优势，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage 等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出 Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson 等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力相助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专门为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzjsj@hzbook.com

联系电话：(010)88379604

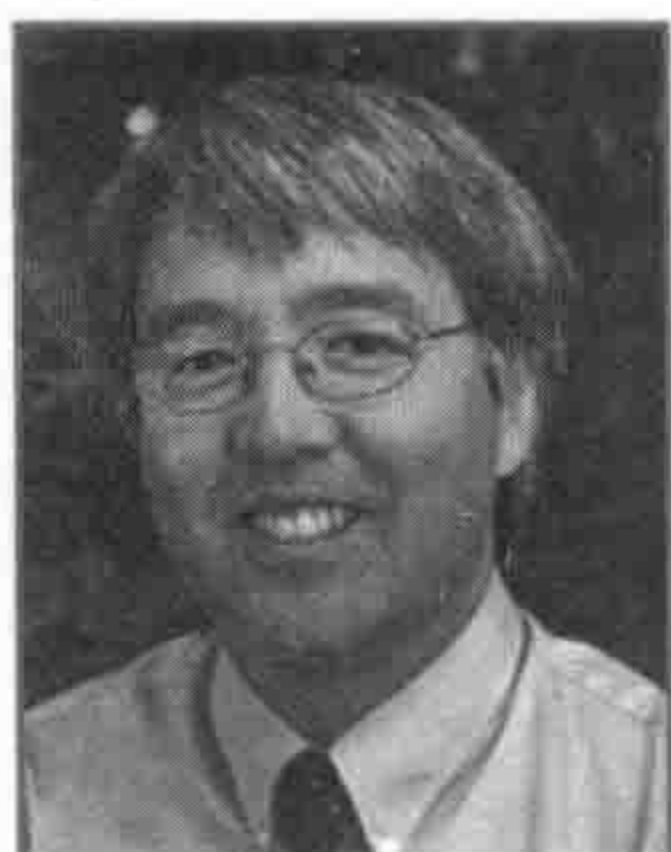
联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



作译者简介

Computer Networking: A Top-Down Approach, Seventh Edition



James F. Kurose 是美国马萨诸塞大学阿默斯特分校杰出的计算机科学教授。他目前担任美国国家科学基金会的副主任，领导计算机和信息科学与工程理事会。

Kurose 博士在教育领域的活动获得了许多赞誉，其中包括国立技术大学(8次)、马萨诸塞大学和研究生院东北联合会杰出教师奖。他获得了 IEEE Taylor Booth 教育奖章，从而确立了他在马萨诸塞共同体信息技术促进会的领导地位。他多次赢得优秀会议论文奖并获得 IEEE Infocom 成就奖和 ACM Sigcomm 的时间考验奖。

Kurose 博士是《IEEE 通信会刊》(IEEE Transactions on Communications)和《IEEE/ACM 网络会刊》(IEEE/ACM Transactions on Networking)的前任总编辑。他担任了 IEEE Infocom、ACM SIGCOMM、ACM 因特网测量会议和 ACM SIGMETRICS 的技术程序的共同主席。他是 IEEE 会士(Fellow)和 ACM 会士。他的研究兴趣包括网络协议和体系结构、网络测量、多媒体通信以及建模和性能评价。他拥有哥伦比亚大学计算机科学的博士学位。



Keith W. Ross 是美国纽约大学(NYU)上海分校工程和计算机科学学院院长以及 NYU 计算机科学和工程系的 Leonard J. Shustek 首席教授。在此之前，他就职于宾夕法尼亚大学(13年)、Eurecom 学院(5年)和理工大学(10年)。他从 Tufts 大学获得电气工程学士学位，从哥伦比亚大学获得电气工程硕士学位，从密歇根大学获得计算机和控制工程博士学位。Ross 也是 Wimba 公司奠基人和首任 CEO，该公司为电子学习研发了在线多媒体应用并于 2010 年被 Blackboard 收购。

Ross 教授的研究兴趣在隐私、社交网络、对等(P2P)网络、因特网测量、内容分发网和随机建模等方面。他是 ACM 会士和 IEEE 会士，获得了 Infocom 2009 年优秀论文奖，并且获得《多媒体通信》2011 年和 2008 年优秀论文奖(由 IEEE 通信学会授予)。他担任多个杂志编委和会议程序委员会委员，包括《IEEE/ACM 网络会刊》、ACM SIGCOMM、ACM CoNext 和 ACM 因特网测量会议。他还担任联邦贸易委员会 P2P 文件共享方面的顾问。



陈鸣，南京航空航天大学特聘教授、研究生导师；分别于 1982 年、1988 年在解放军信息工程学院获得学士、硕士学位，于 1991 年在解放军通信工程学院获得博士学位，1999~2000 年为美国哥伦比亚大学访问科学家，现在任中国计算机学会网络与数据通信专委会副主任，是中国通信学会等多个学术团体委员和 IEEE 会员；长期从事网络测量、分布式系统、未来网络、网络安全等领域研究和教学工作，近期研究兴趣包括无人机网络、软件定义网络、网络功能虚拟化；承担了国家自然科学基金、国家 863、国家 973 子课题等项目；开发的多个

网络管理系统和应用系统在多个领域得到广泛应用；撰写网络著作近 10 本，发表 SCI/EI 论文几十篇，有国家发明专利 10 项；获得国家教学成果二等奖 1 项和省部级科技进步二、三等奖十几项。

我自 2003 年起翻译 Kurose 和 Ross 两位教授合著的《计算机网络：自顶向下方法》教科书，至今已经过去 15 个年头了。连续六次翻译这本计算机网络经典教科书为我提供了难得的学习机会，使我能够静下心来思考他们的所思所想，洞察他们对技术发展的分析，品味他们讲解网络原理时的遣词造句。尽管我们能够从多种来源学习、研究网络技术，但是通过这本书，我们能够系统地理解错综复杂的网络技术是如何组织成为复杂的网络系统的，观察到新型网络技术是如何替代过时技术的，感受到一些网络术语是如何悄然变化的，学习大师级人物是如何创新网络教学的……总之，这本教科书被称为世界上非常流行、非常优秀的网络教科书的确当之无愧。同时，该书的中译本有助于我国高校学生、科技工作者以及其他读者高效地学习计算机网络知识（而不是英文！），进一步促进我国网络教学水平的提升。

软件定义网络(SDN)的发展是网络界近年来非常重要和令人兴奋的事件，本书首次用两章的篇幅讨论网络层——第 4 章讨论网络层的数据平面，第 5 章讨论网络层的控制平面和网络管理主题。与以前的版本一样，本书与时俱进地更新了许多章节的内容、习题和网站的配套资料，反映了网络技术日新月异的发展。

在本书的翻译过程中，译者得到了南京航空航天大学计算机科学与技术学院的领导和同事的支持和帮助。本书的责任编辑刘立卿、迟振春出色的专业技能和耐心细致也使本书增色。

限于时间和学识，译文错漏难免，请识者不吝赐教。请将问题发送给 mingchennj@163.com，我将及时反馈读者。

陈鸣

南京航空航天大学计算机科学与技术学院

欢迎阅读《计算机网络：自顶向下方法》的第7版。自从本书第1版于16年前出版以来，这本书已经被数百所大学和学院采用，被译为14种语言，并被世界上几十万的学生和从业人员使用。我们倾听了许多读者的意见，赞扬之声不绝于耳。

第7版的新颖之处

我们认为本书成功的一个重要原因是，持续地为计算机网络教学提供了一种新颖和与时俱进的方法。在第7版中，我们做了不少改变，但也保持了我们认为（并且得到了使用本书的教师和学生的认可）本书最为重要的方面：它的自顶向下方法，它关注因特网和计算机网络的现代处理方式，它的注重原理和实践，以及它易于理解的风格和学习计算机网络的方法。然而，第7版进行了相当多的修订和更新。

本书的长期读者将注意到，自该教科书出版以来，我们首次改变了各章的组织结构。以往包括在一章中的网络层，现在包括在第4章（该章关注网络层的所谓“数据平面”组件）和第5章（该章关注网络层的“控制平面”）中。网络层范围的扩展反映了软件定义网络（SDN）重要性的迅速提升，无可置疑地证明了十年来网络非常重要和令人兴奋的进展。尽管SDN是相对新近的创新，但它已经迅速在实践中得到应用，所以介绍现代计算机网络而不涉及SDN已经成为不可想象的事。先前包括在第9章中的网络管理主题，现在已经放入新的第5章中了。我们一如既往地更新了本书的许多其他章节，以反映自第6版以来网络领域的新变化。从教科书中撤除的材料一如既往地能够在本书的配套网站中找到。比较重要的一些更新如下：

- 为反映因特网不断增长的范围和应用，更新了第1章。
- 讨论应用层的第2章进行了重大更新。我们删除了FTP和分布式散列表的材料，增加了有关应用层视频流和内容分发网，以及Netflix和YouTube学习案例的新节。套接字编程已从Python 2更新为Python 3。
- 讨论运输层的第3章进行了适度更新。异步传递方式（ATM）网络的材料已被更流行的因特网显式拥塞通告（ECN）的材料所代替，用ECN教授相同的原理。
- 第4章讨论网络层的“数据平面”组件。数据平面是每台路由器的转发功能，它决定到达路由器的一条输入链路的分组是如何转发到该路由器的一条输出链路的。我们更新了在所有前面版本中都能找到的有关传统因特网转发的材料，并且增加了分组调度的材料。还增加了有关通用转发的新节，就像SDN中实践的那样。该章也有很多更新。有关多播和广播通信方面的材料已被删除。
- 第5章讨论网络层的控制平面功能。这种网络范围的逻辑控制着数据报如何沿着从源主机到目的主机的路由器的端到端路径选择路由。如同前面版本一样，我们包括路由选择算法以及在今天的因特网中所使用的路由选择协议（更新了对BGP的讨论）。增加了有关SDN控制平面的新节，讲述了如何在所谓的SDN控制器中实现路由选择和其他功能。

- 第7章讨论无线网络和移动网络，更新了有关802.11(所谓WiFi)网络和蜂窝网络(包括4G和LTE)的材料。
- 第8章讨论网络安全，这在第6版中已经全面更新过了，本版中该章仅进行了适度更新。
- 第9章较之第6版进行了适度调整，有关视频流和内容分发网的材料已经放到第2章了，有关分组调度的材料已经放进第4章了。
- 增加了与每章后面习题相关的重要新材料。与前面各版一样，对课后习题进行了修订、增加和删除。

在新版本的修订过程中，我们的目标一如既往，继续关注因特网和计算机网络的现代处理方式，注重原理和实践。

本书读者对象

本书适用于计算机网络的第一门课程，既可用于计算机科学系的学生，也可用于电气工程系的学生。就编程语言而言，本书仅假定学生具有C、C++、Java或Python的编程经验(也只是在几个地方用到)。与许多入门性的其他计算机网络教科书相比，尽管本书表述更为精确，分析更为细致，然而书中很少用到高中阶段没有教过的数学概念。我们有意避免使用任何高等微积分、概率论或随机过程的概念(尽管我们为具有这种高级背景的学生准备了某些课后习题)。因此，本书适用于本科生课程和一年级研究生课程。它对于电信业的从业人员也应当有用。

本书的独特之处

计算机网络这门课程极为复杂，涉及许多以错综复杂的方式彼此交织的概念、协议和技术。为了处理这种大跨度和高复杂性，许多计算机网络教科书都围绕计算机网络体系结构的“层次”来组织内容。借助于这种分层的组织结构，学生能够透过计算机网络的复杂性看到其内部，他们在学习整个体系结构的某个部分中的独特概念和协议的同时，也能看清所有这些部分如何整合在一起的全貌。从教学法的角度来看，我们的个人体验是这种分层的教学方法的确是卓有成效的。尽管如此，我们发现那种自底向上的传统教学方法，即从物理层到应用层逐层进行讲解的方法，对于现代计算机网络课程并非最佳的方法。

自顶向下方法

本书于16年前首次以自顶向下的方式来对待网络，这就是说从应用层开始向下一直到物理层。我们从教师以及学生那里得到的反馈证实了这种自顶向下方法有许多好处，并且从教学法来讲的确很好实施。第一，它特别强调应用层(它是网络中的“高增长领域”)。的确，计算机网络中的许多近期革命都发生在应用层，其中包括Web、对等文件共享和媒体流。及早强调应用层的问题与大多数其他教科书中所采取的方法不同，那些教科书中只有少量有关网络应用、网络应用的需求、应用层范式(例如客户-服务器和对等方到对等方)以及应用编程接口方面的内容。第二，我们(和使用本书的许多教师)作为教师的经验是，在课程开始后就教授网络应用的内容，是一种有效激励学习积极性的工具。学生急于知道诸如电子邮件和Web等网络应用是如何工作的，这些应用是多数学生每天都

在使用的东西。一旦理解了这些应用，学生便能够理解支持这些应用的网络服务，接下来则会仔细思考在较低层次中可能提供和实现这些服务的各种方式。因此，及早地涉及应用程序能够激发学生学习的积极性。

第三，自顶向下方法使得教师能够在教学的早期阶段介绍网络应用程序的开发。学生不仅能够明白流行的应用程序和协议的工作原理，还能学习到创造自己的网络应用程序和应用级协议是多么容易。采用自顶向下的方法后，学生能够及早地搞清楚套接字编程、服务模型和协议的概念，这些重要概念为后续各层的讨论做了铺垫。通过提供用 Python 语言写成的套接字编程的例子，我们强调主要思想，而不会使学生陷于复杂代码的困境。电气工程和计算机科学系的本科生理解这些代码应当不会有困难。

以因特网为研究目标

尽管自第 4 版起我们从书名中去掉了“Featuring the Internet”（描述因特网特色）这个短语，但这并不意味着我们不再关注因特网！的确，一切如初！而且由于因特网已经变得无所不在，我们反而认为任何网络教科书都必须非常关注因特网，因此该短语在某种程度上已经没有必要了。我们继续使用因特网的体系结构和协议作为基本载体来学习基本的计算机网络概念。当然，我们也能把概念和协议放入其他网络体系结构中讲解。但是我们的关注焦点是因特网，这反映在我们围绕因特网体系结构的 5 层模型来组织材料，这 5 个层次是应用层、运输层、网络层、链路层和物理层。

聚焦因特网的另一个好处是，大多数计算机科学和电气工程的学生急切地希望学习因特网及其协议。他们知道因特网是一种革命性和破坏性的技术，正在深刻地改变着我们的世界。有了对因特网大量中肯的认识后，学生自然而然会对学习其内部原理有了求知欲。因此，教师用因特网作为导向焦点，就易于调动学生学习基本原理的积极性了。

教授网络原理

本书的两个独特之处是自顶向下方法和关注因特网，这已经显现在本书的书名中。如果我们在副书名中强行增加第三个词的话，原理一词将包括在其中。网络领域已经发展得相当成熟，能够认识清楚许多基础性的重要问题。例如，在运输层，基础性问题包括建立在不可靠的网络层上的可靠通信、连接建立/拆除与握手、拥塞和流量控制以及多路复用。三个非常重要的网络层问题是，在两台路由器之间找到“好的”路径、互联大量的异构网络和管理现代网络的复杂性。在链路层，基础成问题是共享多路访问信道。在网络安全中，提供机密性、鉴别和报文完整性的技术都基于密码学基本理论。本书在指明基础性网络问题的同时，也会介绍解决这些问题的方法。学习这些原理的学生将获得具有长“保质期”的知识，在今天的网络标准和协议已经变得过时后的很长时间，其中的原理将仍然重要和中肯。我们相信，用因特网将学生引入网络之门后，再强调基础性问题及其解决方案，这种两者结合的方法将使他们迅速理解几乎任何网络技术。

Web 站点

本书配套的 Web 站点位于 <http://www.pearsonhighered.com/cs-resources/>。该站点包括：

- 交互式学习材料。本书的配套网站包括视频要点 (VideoNotes)，即由作者制作的全书重要主题的视频呈现，以及对习题解答的简要讲解，这些习题类似于每章后面的习题。我们已经在 Web 站点上提供了第1~5章的视频要点和在线习题，并且将随着时间的推移而继续积极地增加和更新这些材料。如在前面版本中一样，该 Web 站点包含了交互式 Java 小程序，以动画方式显示了重要的网络概念。该站点也包括交互式小测验，允许学生检查他们对该专题内容的基本理解。教授能够将这些交互式特色结合到他们的讲义中或将它们用作小实验。
- 附加的技术材料。由于我们在本书的每个版本中都增加了新材料，故我们不得不删去某些现有主题以保持篇幅的合理。例如，为了在本版中为新材料腾出空间，我们删除了有关 FTP、分布式散列表和多播方面的材料。出现在本书较早版本中的材料仍然是有益的，并且能够在本书 Web 网站上找到。
- 编程作业。Web 网站也提供了一些详细的编程作业，这些编程作业包括构建一台多线程 Web 服务器，构建一个具有图形用户接口 (GUI) 的电子邮件客户，以及发送端和接收端可靠数据传输协议的编程，分布式路由选择算法的编程，等等。
- Wireshark 实验。通过观察网络协议的实际运行，读者能够大大加深对它们的理解。该 Web 站点提供了许多 Wireshark 作业，使学生能够实际观察两个协议实体之间报文的交换顺序。该 Web 站点包括了有关 HTTP、DNS、TCP、UDP、IP、ICMP、以太网、ARP、WiFi 和 SSL 的单独 Wireshark 实验，以及在跟踪一个获取 Web 网页的请求时所涉及的所有协议的 Wireshark 实验。随着时间的推移，我们将继续增加新的实验。

除了配套网站外，作者维护了一个公共网站 http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive，该网站包括交互式练习，这些练习能够生成与每章后面所选习题类似的问题（并给出解答）。由于学生能够产生无数类似问题的实例并看到解答，所以他们能够练习到真正掌握为止。

教学特色

我们每位作者都教了 30 多年的计算机网络课程，这本书凝聚了我们总共 60 多年教了几千名学生的教学经验。在此期间，我们也成为计算机网络领域活跃的研究人员。（事实上，James 和 Keith 于 1979 年在哥伦比亚大学彼此相识，共同选了由 Mischa Schwartz 执教的硕士研究生计算机网络课程。）所有这些都让我们对网络现状和网络未来的可能发展方向有了良好的观察力。无论如何，我们在组织这本书的材料时，抵御住了偏向自己所钟爱的研究项目的诱惑。如果你对我们的研究工作感兴趣的话，可以访问我们的个人 Web 网站。因此，这是一本关于现代计算机网络的书籍，即该书包含了当代协议和技术以及支撑这些协议和技术的基本原理。我们也认为学习（和讲授）网络是令人开心的事。本书中包括的幽默、使用的类比和现实世界的例子将有望使这些材料更具趣味性。

教师的补充材料[⊖]

我们提供了一套完整的补充材料，以帮助教师教授这门课程。这些材料都能通过访问 Pearson 的教师资源中心 (<http://www.pearsonhighered.com/irc>) 得到。有关获取这些教师补充材料的信息可访问教师资源中心。

- PowerPoint 幻灯片。我们提供了全部 9 章的 PowerPoint 幻灯片。这些幻灯片根据第 7 版进行了彻底更新，详细地涵盖了每章的内容。幻灯片中使用了图片和动画（而非仅是单调的文本标题），这使得它们有趣且在视觉上有吸引力。我们向教师提供了原始的幻灯片，使得教师能够做个性化修改以满足自己的教学需要。这些幻灯片中的某些部分就是由采用本书进行教学的教师所贡献的。
- 课后习题解答。我们提供了本书中课后习题的解题手册、编程作业和 Wireshark 实验。如前所述，我们在本书的前 6 章中引入了许多新的课后作业。

各章间的关联性

本书的第 1 章提供了对计算机网络自包含的概述。该章介绍了许多重要的概念与术语，为本书的其余部分奠定了基础。其他所有章节都直接依赖于第 1 章的内容。在讲解完第 1 章之后，我们推荐按顺序讲解第 2~6 章的内容，这样就遵循了自顶向下的原则。第 2~6 章中每一章都会用到前面章节的内容。在完成前 6 章的教学后，教师就有了相当大的灵活性。最后 3 章之间没有任何相关性，因此能够以任何顺序进行教学。然而，最后 3 章中的每一章都依赖于前 6 章中的材料。许多教师采用的教学方案是：教授前 6 章，然后讲授后 3 章之一作为点睛之笔。

最后的话：我们乐于听取你的意见

我们鼓励学生和教师向我们发送电子邮件，发表对本书的任何评论。对我们而言，能够听到来自全世界的教师和学生就本书前 6 版的反馈，是件令人愉快的事。我们已经在本书新版中综合进许多条建议。我们也鼓励教师向我们发送新的课后习题（及其解答），这将完善当前的课后习题。我们将这些习题放在配套 Web 网站上只有教师才能访问的区域。我们也鼓励教师和学生编写新的 Java 小程序来诠释书中的概念和协议。如果你有了认为适合于本书的小程序，请将它发送给作者。如果该小程序（包括标记和术语）合适的话，我们很乐意将它放在本书的网站上，并附上对该小程序作者的适当推荐。

正如谚语所说：“让那些卡片和信件到来吧！”我们郑重宣布，请大家一如既往地告诉我们有趣的 URL，指出排版错误，说出不赞成我们的哪些主张，告诉我们怎样做效果好、怎样做效果不好，以及你认为在本书下一版中应当包括哪些内容、删除哪些内容。我们的电子邮件地址是 kurose@cs.umass.edu 和 ross@poly.edu。

⊖ 关于本书教辅资源，只有使用本书作为教材的教师才可以申请，需要的教师请联系机械工业出版社华章公司，电话 136 0115 6823，邮箱 wanguang@hzbook.com。——编辑注

致谢

从1996年我们开始撰写本书以来,许多人为我们提供了非常宝贵的帮助,在如何最好地组织和讲授网络课程方面对我们的构思产生了很大影响。在此,我们要对那些从本书的最早书稿到本次第7版帮助过我们的所有人道谢,非常感谢大家。我们还要感谢来自世界各地成千上万的读者,包括学生、教职员和从业人员,他们给了我们对于本书以前版本的想法和评论以及对未来版本的建议。特别感谢下列这些人:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| Al Aho (哥伦比亚大学) | Wu-chi Feng (俄勒冈研究生院) |
| Hisham Al-Mubaid (休斯敦净湖大学) | Sally Floyd (ICIR, 加利福尼亚大学伯克利分校) |
| Pratima Akkunoor (亚利桑那州立大学) | Paul Francis (Max Planck 学院) |
| Paul Amer (特拉华大学) | Lixin Gao (马萨诸塞大学) |
| Shamiul Azom (亚利桑那州立大学) | JJ Garcia-Luna-Aceves (加利福尼亚大学圣克鲁兹分校) |
| Lichun Bao (加利福尼亚大学欧文分校) | Mario Gerla (加利福尼亚大学洛杉矶分校) |
| Paul Barford (威斯康星大学) | David Goodman (纽约大学理工学院) |
| Bobby Bhattacharjee (马里兰大学) | Yang Guo (Alcatel/Lucent 贝尔实验室) |
| Steven Bellovin (哥伦比亚大学) | Tim Griffin (剑桥大学) |
| Pravin Bhagwat (Wibhu) | Max Hailperin (Gustavus Adolphus 学院) |
| Supratik Bhattacharyya (前 Sprint 公司人员) | Bruce Harvey (佛罗里达 A&M 大学, 佛罗里达州立大学) |
| Ernst Biersack (Eurécom 学院) | Carl Hauser (华盛顿州立大学) |
| Shahid Bokhari (工程技术大学 Lahore 分校) | Rachelle Heller (乔治·华盛顿大学) |
| Jean Bolot (Technicolor Research) | Phillipp Hoschka (INRIA/W3C) |
| Daniel Brushteyn (前宾夕法尼亚大学学生) | Wen Hsin (公园大学) |
| Ken Calvert (肯塔基大学) | Albert Huang (前宾夕法尼亚大学学生) |
| Evandro Cantu (Santa Catarina 联邦大学) | Cheng Huang (微软研究院) |
| Jeff Case (SNMP 国际研究院) | Esther A. Hughes (弗吉尼亚联邦大学) |
| Jeff Chaltas (Sprint 公司) | Van Jacobson (施乐公司帕洛阿尔托研究中心) |
| Vinton Cerf (Google 公司) | Pinak Jain (前纽约大学理工学院学生) |
| Byung Kyu Choi (密歇根技术大学) | Jobin James (加利福尼亚大学河滨分校) |
| Bram Cohen (BitTorrent 公司) | Sugih Jamin (密歇根大学) |
| Constantine Coutras (培斯大学) | Shivkumar Kalyanaraman (IBM 印度研究院) |
| John Daigle (密西西比大学) | Jussi Kangasharju (赫尔辛基大学) |
| Edmundo A. de Souza e Silva (Rio de Janeiro 联邦大学) | Sneha Kasera (犹他大学) |
| Philippe Decuetos (Eurécom 学院) | Parviz Kermani (原在 IBM 研究院) |
| Christophe Diot (Technicolor Research) | Hyojin Kim (前宾夕法尼亚大学学生) |
| Prithula Dhunghel (Akamai 公司) | Leonard Kleinrock (加利福尼亚大学洛杉矶分校) |
| Deborah Estrin (加利福尼亚大学洛杉矶分校) | |
| Michalis Faloutsos (加利福尼亚大学河滨分校) | |

分校)

- David Kotz (达特茅斯学院)
 Beshan Kulapala (亚利桑那州立大学)
 Rakesh Kumar (Bloomberg)
 Miguel A. Labrador (南佛罗里达大学)
 Simon Lam (得克萨斯大学)
 Steve Lai (俄亥俄州立大学)
 Tom LaPorta (宾夕法尼亚州立大学)
 Tim-Berners Lee (万维网研究所)
 Arnaud Legout (INRIA)
 Lee Leitner (Drexel 大学)
 Brian Levine (马萨诸塞大学)
 Chunchun Li (前纽约大学理工学院学生)
 Yong Liu (纽约大学理工学院)
 William Liang (前宾夕法尼亚大学学生)
 Willis Marti (得克萨斯 A&M 大学)
 Nick McKeown (斯坦福大学)
 Josh McKinzie (公园大学)
 Deep Medhi (密苏里大学堪萨斯市分校)
 Bob Metcalfe (国际数据集团)
 Sue Moon (KAIST)
 Jenni Moyer (Comcast 公司)
 Erich Nahum (IBM 研究院)
 Christos Papadopoulos (科罗拉多州立大学)
 Craig Partridge (BBN 技术)
 Radia Perlman (Sun 公司)
 Jitendra Padhye (微软研究院)
 Vern Paxson (加利福尼亚大学伯克利分校)
 Kevin Phillips (Sprint 公司)
 George Polyzos (雅典经济和商业大学)
 Sriram Rajagopalan (亚利桑那州立大学)
 Ramachandran Ramjee (微软研究院)
 Ken Reek (罗切斯特技术学院)
 Martin Reisslein (亚利桑那州立大学)
 Jennifer Rexford (普林斯顿大学)
 Leon Reznik (罗切斯特技术学院)
 Pablo Rodrigez (Telefonica)
 Sumit Roy (华盛顿大学)
 Avi Rubin (约翰斯霍普金斯大学)
 Dan Rubenstein (哥伦比亚大学)
 Douglas Sanane (John Jay 学院)
 Despina Saporilla (思科系统公司)
 John Schanz (Comcast 公司)
 Henning Schulzrinne (哥伦比亚大学)
 Mischa Schwartz (哥伦比亚大学)
 Ardash Sethi (特拉华大学)
 Harish Sethu (德雷塞尔大学)
 K. Sam Shanmugan (堪萨斯大学)
 Prashant Shenoy (马萨诸塞大学)
 Clay Shields (乔治顿大学)
 Subin Shrestha (宾夕法尼亚大学)
 Bojie Shu (前纽约大学理工学院)
 Mihail L. Sichitiu (北卡罗来纳州立大学)
 Peter Steenkiste (卡内基 - 梅隆大学)
 Tatsuya Suda (加利福尼亚大学欧文分校)
 Kin Sun Tam (纽约州立大学奥尔巴尼分校)
 Don Towsley (马萨诸塞大学)
 David Turner (加州州立大学圣贝纳迪诺分校)
 Nitin Vaidya (伊利诺斯大学)
 Michele Weigle (克莱姆森大学)
 David Wetherall (华盛顿大学)
 Ira Winston (宾夕法尼亚大学)
 吴迪 (中山大学)
 Shirley Wynn (纽约大学理工学院)
 Raj Yavatkar (Intel 公司)
 Yechiam Yemini (哥伦比亚大学)
 Ming Yu (纽约州立大学宾汉姆顿分校)
 Ellen Zegura (佐治亚理工学院)
 Honggang Zhang (Suffolk 大学)
 Hui Zhang (卡内基 - 梅隆大学)
 Lixia Zhang (加利福尼亚大学洛杉矶分校)
 Meng Zhang (前纽约大学理工学院学生)
 Shuchun Zhang (前宾夕法尼亚大学学生)
 Xiaodong Zhang (俄亥俄州立大学)
 ZhiLi Zhang (明尼苏达大学)
 Phil Zimmermann (独立顾问)
 Mike Zink (马萨诸塞大学)
 Cliff C. Zou (中央佛罗里达大学)

我们也要感谢整个培生团队，特别感谢 Matt Goldstein 和 Joanne Manning，他们对本书第 7 版做出了十分杰出的工作（并且他们容忍了两位非常挑剔的作者，在作者看来是根本不可能的最后期限内完成了工作）。感谢两位艺术家 Janet Theurer 和 Patrice Rossi Calkin 为本版和之前版本的优美插图所做的工作，还要感谢 Katie Ostler 以及她在 Cenveo 的团队对本版图书的出色生产工作。最后，特别感谢本书的前两任编辑——Addison-Wesley 出版公司的 Michael Hirsch 和 Susan Hartman。没有他们的有效管理、不断鼓励，以及近乎无限的耐心、幽默和坚定不移，本书将不会达到现在的水平（并且根本不会如此出色）。

目 录

Computer Networking: A Top-Down Approach, Seventh Edition

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 出版者的话 | 46 |
| 作译者简介 | 47 |
| 译者序 | 51 |
| 前言 | 52 |
| 第 1 章 计算机网络和因特网 | 1 |
| 1.1 什么是因特网 | 1 |
| 1.1.1 具体构成描述 | 1 |
| 1.1.2 服务描述 | 4 |
| 1.1.3 什么是协议 | 5 |
| 1.2 网络边缘 | 6 |
| 1.2.1 接入网 | 8 |
| 1.2.2 物理媒体 | 13 |
| 1.3 网络核心 | 15 |
| 1.3.1 分组交换 | 15 |
| 1.3.2 电路交换 | 19 |
| 1.3.3 网络的网络 | 22 |
| 1.4 分组交换网中的时延、丢包和吞吐 | 24 |
| 1.4.1 分组交换网中的时延概述 | 24 |
| 1.4.2 排队时延和丢包 | 27 |
| 1.4.3 端到端时延 | 28 |
| 1.4.4 计算机网络中的吞吐量 | 30 |
| 1.5 协议层次及其服务模型 | 32 |
| 1.5.1 分层的体系结构 | 32 |
| 1.5.2 封装 | 36 |
| 1.6 面对攻击的网络 | 37 |
| 1.7 计算机网络和因特网的历史 | 40 |
| 1.7.1 分组交换的发展: 1961 ~ 1972 | 41 |
| 1.7.2 专用网络和网络互联: 1972 ~ 1980 | 42 |
| 1.7.3 网络的激增: 1980 ~ 1990 | 42 |
| 1.7.4 因特网爆炸: 20 世纪 90 年代 | 43 |
| 1.7.5 最新发展 | 44 |
| 1.8 小结 | 44 |
| 课后习题和问题 | 46 |
| 复习题 | 46 |
| 习题 | 47 |
| Wireshark 实验 | 51 |
| 人物专访 | 52 |
| 第 2 章 应用层 | 54 |
| 2.1 应用层协议原理 | 54 |
| 2.1.1 网络应用程序体系结构 | 55 |
| 2.1.2 进程通信 | 57 |
| 2.1.3 可供应用程序使用的运输服务 | 59 |
| 2.1.4 因特网提供的运输服务 | 60 |
| 2.1.5 应用层协议 | 63 |
| 2.1.6 本书涉及的网络应用 | 63 |
| 2.2 Web 和 HTTP | 64 |
| 2.2.1 HTTP 概况 | 64 |
| 2.2.2 非持续连接和持续连接 | 65 |
| 2.2.3 HTTP 报文格式 | 67 |
| 2.2.4 用户与服务器的交互: cookie | 70 |
| 2.2.5 Web 缓存 | 72 |
| 2.2.6 条件 GET 方法 | 74 |
| 2.3 因特网中的电子邮件 | 75 |
| 2.3.1 SMTP | 76 |
| 2.3.2 与 HTTP 的对比 | 78 |
| 2.3.3 邮件报文格式 | 79 |
| 2.3.4 邮件访问协议 | 79 |
| 2.4 DNS: 因特网的目录服务 | 83 |
| 2.4.1 DNS 提供的服务 | 83 |
| 2.4.2 DNS 工作机理概述 | 85 |
| 2.4.3 DNS 记录和报文 | 89 |
| 2.5 P2P 文件分发 | 92 |
| 2.6 视频流和内容分发网 | 97 |
| 2.6.1 因特网视频 | 97 |
| 2.6.2 HTTP 流和 DASH | 98 |
| 2.6.3 内容分发网 | 98 |
| 2.6.4 学习案例: Netflix、YouTube 和“看看” | 101 |
| 2.7 套接字编程: 生成网络应用 | 104 |

| | | | |
|----------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| 2.7.1 UDP 套接字编程 | 105 | 编程作业 | 195 |
| 2.7.2 TCP 套接字编程 | 109 | Wireshark 实验: 探究 TCP | 196 |
| 2.8 小结 | 112 | Wireshark 实验: 探究 UDP | 196 |
| 课后习题和问题 | 113 | 人物专访 | 196 |
| 复习题 | 113 | 第4章 网络层: 数据平面 | 198 |
| 习题 | 114 | 4.1 网络层概述 | 198 |
| 套接字编程作业 | 118 | 4.1.1 转发和路由选择: 数据平面和 控制平面 | 199 |
| Wireshark 实验: HTTP | 119 | 4.1.2 网络服务模型 | 202 |
| Wireshark 实验: DNS | 120 | 4.2 路由器工作原理 | 203 |
| 人物专访 | 120 | 4.2.1 输入端口处理和基于目的地 转发 | 205 |
| 第3章 运输层 | 121 | 4.2.2 交换 | 207 |
| 3.1 概述和运输层服务 | 121 | 4.2.3 输出端口处理 | 209 |
| 3.1.1 运输层和网络层的关系 | 122 | 4.2.4 何处出现排队 | 209 |
| 3.1.2 因特网运输层概述 | 123 | 4.2.5 分组调度 | 211 |
| 3.2 多路复用与多路分解 | 125 | 4.3 网际协议: IPv4、寻址、IPv6 及 其他 | 214 |
| 3.3 无连接运输: UDP | 130 | 4.3.1 IPv4 数据报格式 | 214 |
| 3.3.1 UDP 报文段结构 | 132 | 4.3.2 IPv4 数据报分片 | 216 |
| 3.3.2 UDP 检验和 | 133 | 4.3.3 IPv4 编址 | 217 |
| 3.4 可靠数据传输原理 | 134 | 4.3.4 网络地址转换 | 225 |
| 3.4.1 构造可靠数据传输协议 | 135 | 4.3.5 IPv6 | 227 |
| 3.4.2 流水线可靠数据传输协议 | 143 | 4.4 通用转发和 SDN | 231 |
| 3.4.3 回退 N 步 | 145 | 4.4.1 匹配 | 233 |
| 3.4.4 选择重传 | 148 | 4.4.2 动作 | 234 |
| 3.5 面向连接的运输: TCP | 152 | 4.4.3 匹配加动作操作中的 OpenFlow 例子 | 234 |
| 3.5.1 TCP 连接 | 152 | 4.5 小结 | 236 |
| 3.5.2 TCP 报文段结构 | 154 | 课后习题和问题 | 236 |
| 3.5.3 往返时间的估计与超时 | 157 | 复习题 | 236 |
| 3.5.4 可靠数据传输 | 159 | 习题 | 237 |
| 3.5.5 流量控制 | 164 | Wireshark 实验 | 240 |
| 3.5.6 TCP 连接管理 | 166 | 人物专访 | 241 |
| 3.6 拥塞控制原理 | 170 | 第5章 网络层: 控制平面 | 242 |
| 3.6.1 拥塞原因与代价 | 171 | 5.1 概述 | 242 |
| 3.6.2 拥塞控制方法 | 175 | 5.2 路由选择算法 | 244 |
| 3.7 TCP 拥塞控制 | 176 | 5.2.1 链路状态路由选择算法 | 246 |
| 3.7.1 公平性 | 183 | 5.2.2 距离向量路由选择算法 | 248 |
| 3.7.2 明确拥塞通告: 网络辅助拥塞 控制 | 184 | 5.3 因特网中自治系统内部的路由 选择: OSPF | 254 |
| 3.8 小结 | 185 | | |
| 课后习题和问题 | 187 | | |
| 复习题 | 187 | | |
| 习题 | 189 | | |

| | | | | | |
|---------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|-----|
| 5.4 | ISP 之间的路由选择: BGP | 256 | 6.4 | 交换局域网 | 302 |
| 5.4.1 | BGP 的作用 | 257 | 6.4.1 | 链路层寻址和 ARP | 303 |
| 5.4.2 | 通告 BGP 路由信息 | 257 | 6.4.2 | 以太网 | 308 |
| 5.4.3 | 确定最好的路由 | 259 | 6.4.3 | 链路层交换机 | 312 |
| 5.4.4 | IP 任播 | 261 | 6.4.4 | 虚拟局域网 | 317 |
| 5.4.5 | 路由选择策略 | 262 | 6.5 | 链路虚拟化: 网络作为链路层 | 319 |
| 5.4.6 | 拼装在一起: 在因特网中 呈现 | 264 | 6.6 | 数据中心网络 | 322 |
| 5.5 | SDN 控制平面 | 265 | 6.7 | 回顾: Web 页面请求的历程 | 326 |
| 5.5.1 | SDN 控制平面: SDN 控制器和 SDN 网络控制应用程序 | 266 | 6.7.1 | 准备: DHCP、UDP、IP 和 以太网 | 326 |
| 5.5.2 | OpenFlow 协议 | 267 | 6.7.2 | 仍在准备: DNS 和 ARP | 327 |
| 5.5.3 | 数据平面和控制平面交互的 例子 | 269 | 6.7.3 | 仍在准备: 域内路由选择到 DNS 服务器 | 328 |
| 5.5.4 | SDN 的过去与未来 | 270 | 6.7.4 | Web 客户-服务器交互: TCP 和 HTTP | 329 |
| 5.6 | ICMP: 因特网控制报文协议 | 272 | 6.8 | 小结 | 330 |
| 5.7 | 网络管理和 SNMP | 274 | 课后习题和问题 | 331 | |
| 5.7.1 | 网络管理框架 | 274 | 复习题 | 331 | |
| 5.7.2 | 简单网络管理协议 | 275 | 习题 | 331 | |
| 5.8 | 小结 | 277 | Wireshark 实验 | 335 | |
| 课后习题和问题 | 278 | 人物专访 | 336 | | |
| 复习题 | 278 | 第 7 章 无线网络和移动网络 | 338 | | |
| 习题 | 279 | 7.1 | 概述 | 339 | |
| 套接字编程作业 | 281 | 7.2 | 无线链路和网络特征 | 341 | |
| 编程作业 | 282 | 7.3 | WiFi: 802.11 无线 LAN | 346 | |
| Wireshark 实验 | 282 | 7.3.1 | 802.11 体系结构 | 347 | |
| 人物专访 | 283 | 7.3.2 | 802.11 MAC 协议 | 350 | |
| 第 6 章 链路层和局域网 | 285 | 7.3.3 | IEEE 802.11 帧 | 353 | |
| 6.1 | 链路层概述 | 285 | 7.3.4 | 在相同的 IP 子网中的 移动性 | 355 |
| 6.1.1 | 链路层提供的服务 | 287 | 7.3.5 | 802.11 中的高级特色 | 356 |
| 6.1.2 | 链路层在何处实现 | 287 | 7.3.6 | 个人域网络: 蓝牙和 ZigBee | 357 |
| 6.2 | 差错检测和纠正技术 | 288 | 7.4 | 蜂窝因特网接入 | 358 |
| 6.2.1 | 奇偶校验 | 289 | 7.4.1 | 蜂窝网体系结构概述 | 359 |
| 6.2.2 | 检验和方法 | 290 | 7.4.2 | 3G 蜂窝数据网: 将因特网扩展 到蜂窝用户 | 360 |
| 6.2.3 | 循环冗余检测 | 291 | 7.4.3 | 走向 4G: LTE | 362 |
| 6.3 | 多路访问链路和协议 | 292 | 7.5 | 移动管理: 原理 | 364 |
| 6.3.1 | 信道划分协议 | 294 | 7.5.1 | 寻址 | 367 |
| 6.3.2 | 随机接入协议 | 295 | 7.5.2 | 路由选择到移动节点 | 367 |
| 6.3.3 | 轮流协议 | 301 | 7.6 | 移动 IP | 371 |
| 6.3.4 | DOCSIS: 用于电缆因特网接入的 链路层协议 | 301 | | | |