

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
计算机应用

网络工程规划 与设计

陈向阳 肖迎元 陈晓明 余小鹏 编著

清华大学出版社



高等学校教材
计算机应用



网络工程规划 与设计

陈向阳 肖迎元 陈晓明 余小鹏 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要讲述网络工程规划设计。首先系统介绍自顶向下的网络设计方法中需求分析、逻辑设计、物理设计、优化测试及文档编写,然后进一步介绍无线网络(无线传感器网络、无线局域网、3G 网络)的设计、IPv6 网络设计、QoS 设计、IP 电话和基于内容的网络设计、网络建模、光纤网络设计、SAN 存储区域网络设计、网格设计,力求及时反映最新的网络工程技术。每章最后有若干习题和实验设计题目,帮助读者进一步学习和实践。并配有完善的电子教案、实验指导书及习题答案供教师教学参考。本书还有相关的网站提供适时更新的信息供读者查询。

本书内容丰富、图文并茂、深入浅出,对于帮助读者全面掌握网络工程设计方法,提高网络工程应用能力颇具实用价值。

本书可作为高等学校计算机、电子商务、网络通信类专业网络设计课程的教学用书,也可作为培养企业网络信息化人才的实用教材。本书还能相关专业本科高年级毕业设计和低年级研究生网络设计提供参考,同时也可作为网络工程师、网络管理人员的实用参考书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

网络工程规划与设计 / 陈向阳等编著. —北京:清华大学出版社, 2007.3

(高等学校教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-14308-6

I. 网… II. 陈… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 163960 号

责任编辑:付弘宇 李 晔

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28 字 数:693 千字

版 次:2007 年 3 月第 1 版 印 次:2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:020484-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃 征	教授
	王建民	教授
	刘 强	副教授
	冯建华	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈 钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王 珊	教授
	孟小峰	教授
	陈 红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈 明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
上海第二工业大学	蒋川群	教授
浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
南京大学	骆 斌	教授
南京航空航天大学	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授

南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	龚声蓉	教授
江苏大学	宋余庆	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	王林平	副教授
	魏开平	副教授
	叶俊民	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	肖 依	副教授
中南大学	陈松乔	教授
	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永峰	教授
西安石油学院	方 明	教授
西安邮电学院	陈莉君	副教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
长春工程学院	沙胜贤	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
山东科技大学	郑永果	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
福州大学	林世平	副教授
云南大学	刘惟一	教授
重庆邮电学院	王国胤	教授
西南交通大学	杨 燕	副教授

改革开放以来，特别是党的十五大以来，我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就，高等教育实现了历史性的跨越，已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上，高等教育规模取得如此快速的发展，创造了世界教育发展史上的奇迹。当前，教育工作既面临着千载难逢的良好机遇，同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾，是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月，教育部下发了《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》，提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月，教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件，指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分，精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间（2003—2007年）建设1500门国家级精品课程，利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放，以实现优质教学资源共享，提高高等学校教学质量和人才培养质量。

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、顺应并符合新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”。首批推出的特色精品教材包括：

（1）高等学校教材·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）高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

（3）高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

（4）高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

（5）高等学校教材·信息管理与信息系统。

（6）高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过 20 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
E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

结合网络技术的发展现状, 针对网络教学需求, 我们在编写完成了《计算机网络与通信》之后又编写了《网络工程规划与设计》这本书。本书以通俗易懂的形式, 为读者介绍最新、最热门的网络工程技术和研究成果。学习完本书后, 学生可以利用仿真软件进行网络的规划和开发实践, 从而节省了教学投资, 克服了目前网络教学与课程设计实验严重脱节的矛盾。本书讲述的网络基础知识具有系统性、全面性, 其中讲述的理论知识与网络工程实践相结合的实用性、可操作性, 能为信息类专业的学生和其他感兴趣的读者提供实质性的帮助。

本书共有 11 章, 每章的基本原理讲解都与实际应用紧密结合。

第 1 章 需求分析: 主要讲述网络工程和设计需求分析。

第 2 章 逻辑网络设计: 包括网络拓扑结构设计、网络层次化地址模型设计及交换和路由协议安全规划、网络管理设计, 并讲述如何选择可以满足广域网 (WAN) 和远程访问需要的服务提供商。

第 3 章 物理网络设计: 在物理设计阶段, 选择特定的技术和产品以实现逻辑设计。

第 4 章 测试、优化和文档编写: 书写和实现测试计划, 建立原型或试验网络, 优化网络设计, 通过网络设计方案对设计工作进行归档。

第 5 章 无线网络设计: 主要包括无线传感器网络、无线局域网, 以及 3G 移动通信的规划设计。

第 6 章 IPv6 网络规划: 主要讲述网络规划及如何在较大网络中部署 IPv6。

第 7 章 语音传输及内容网络设计。

第 8 章 网络建模设计: 主要介绍基本的通信网络设计概念和网络建模标记, 并演示如何将基本的设计问题公式化。该章首先做一般性的介绍, 然后介绍与技术选择相关的网络建模实例。

第 9 章 光纤网络规划: 本章不但给出了一些光纤网络设计策略, 还提供了实例学习 (多服务市区光纤 SONET/SDH 网络)。

第 10 章 存储区域网设计: 讨论在满足组织机构的商业和技术目标的情况下, 如何详细设计并实现存储网络构件模块。

第 11 章 网络设计: 包括网络结构设计概念、各种不同的网络拓扑结构、网络结构模型, 以及如何建立网络结构模型和网络结构概念模型。

本书由陈向阳、肖迎元、陈晓明、余小鹏编著, 由武汉大学网络中心主任石岗教授、

喻业勤副教授审阅。其中第1、2、3、5、6章由陈向阳编写，第8、9、10章由肖迎元博士编写，第4章由陈晓明编写，第7、11章及第10章的部分内容由陈向阳和余小鹏博士合作编写，孙金余、李向娜、张黎黎等编写修订了其中的部分章节。

本书是“网络工程技术”系列书籍之一，在该套书的编写过程中，笔者参阅了大量书籍资料；借鉴了许多网络工程经验，如某高校的校园网建设、国家电子政务工程信息保障系统等网络工程项目；得到了很多专家、老师及同行的指导帮助；同时参加了国家自然科学基金项目和国家十五攻关等多项科研项目。中国科学院网络信息中心计算化学虚拟实验室及超级计算中心为本书的完成提供了大力支持。清华大学出版社的编辑为本书的顺利出版做了大量的工作。在此，本书作者对所有为本书的顺利出版提供帮助的各界人士及所有参阅书籍和文献的作者，一并致以敬意，并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，不足之处在所难免，在使用本书的过程中，如果发现有错误和不妥之处，或有更好的建议，欢迎联系 xychensun@yahoo.com.cn，作者将不胜感谢。同时也恳请学界同仁批评指正，以期共同搞好网络工程教学建设。

作 者

2007年1月

第 1 章 需求分析	1
1.1 商业目标及约束分析	1
1.1.1 网络设计方法概述	1
1.1.2 商业目标分析	3
1.1.3 商业约束分析	6
1.1.4 商业目标检查表	7
1.2 技术目标分析与折中	8
1.2.1 可扩展性	8
1.2.2 可用性	9
1.2.3 网络性能	11
1.2.4 安全	17
1.2.5 可管理性	24
1.2.6 易用性	25
1.2.7 适应性	25
1.2.8 可付性	25
1.2.9 网络设计的折中	26
1.2.10 技术目标检查表	27
1.3 现有互联网的特征	28
1.3.1 网络基础结构的特征	28
1.3.2 检查现有互联网络的情况	33
1.3.3 描述现有网络特征的工具	37
1.3.4 网络健康检查表	38
1.4 网络通信量描述	39
1.4.1 通信量特征描述	39
1.4.2 通信负载特征描述	44
1.4.3 通信量行为描述	47
1.4.4 服务质量需求	49
1.4.5 网络通信量检查表	52
本章小结	52
习题 1	53

第2章 逻辑网络设计	54
2.1 网络拓扑设计	54
2.1.1 层次化网络设计	54
2.1.2 冗余网络拓扑设计	60
2.1.3 模块化网络设计	62
2.1.4 园区网络拓扑设计	62
2.1.5 企业边界拓扑设计	71
2.1.6 安全的网络拓扑设计	75
2.2 地址和命名模型设计	76
2.2.1 网络层地址分配原则	76
2.2.2 层次化地址分配模型	82
2.2.3 命名模型设计	87
2.3 交换和路由协议的选择	90
2.3.1 决策制定	90
2.3.2 桥接和交换协议的选择	91
2.3.3 路由协议的选择	94
2.3.4 路由协议总结	104
2.4 网络安全策略设计	105
2.4.1 网络安全设计	106
2.4.2 安全机制	108
2.4.3 模块化安全设计	123
2.4.4 园区网安全设计	128
2.5 网络管理策略设计	130
2.5.1 网络管理设计	130
2.5.2 网络管理过程	131
2.5.3 网络管理体系结构	133
2.5.4 网络管理的协议选择	134
2.5.5 网络管理工具选择	138
本章小结	138
习题2	139
第3章 物理网络设计	140
3.1 园区网络技术和设备选择	140
3.1.1 局域网布线	140
3.1.2 局域网技术	143
3.1.3 园区网络设计的设备选择	150
3.1.4 园区互联网络的优化	152
3.2 企业网络技术和设备的选择	152

3.2.1 远程访问技术	153
3.2.2 企业网络设计中远程访问设备的选择	159
3.2.3 广域网技术	161
本章小结	169
习题 3	169
第 4 章 测试、优化和文档编写	170
4.1 网络设计测试	170
4.1.1 工业测试	171
4.1.2 构造和测试原型网络系统	171
4.1.3 网络设计的测试工具	175
4.2 网络设计优化	183
4.2.1 使用 IP 多播技术优化带宽的使用	183
4.2.2 减少串行延迟	186
4.2.3 优化网络性能满足服务质量需求	188
4.3 网络设计文档编写	190
4.3.1 客户邀标书的回应	191
4.3.2 网络设计文档内容	192
本章小结	196
习题 4	196
第 5 章 无线网络设计	197
5.1 无线传感器网络	197
5.2 无线局域网设计	205
5.2.1 商业需求	205
5.2.2 无线技术概述	205
5.2.3 无线安全	208
5.2.4 无线局域网管理	211
5.2.5 无线局域网设计细则	211
5.3 3G 移动通信网络规划	214
5.3.1 3G 网络规划的重要性	214
5.3.2 TDMA 和 CDMA 的不同	214
5.3.3 网络规划术语	217
5.3.4 3G 网络规划过程	218
5.3.5 WCDMA 中的网络规划	222
5.3.6 许可控制	229
5.3.7 拥塞控制	232
5.3.8 3G 发展及展望——IMS 领衔 UMTS 核心网演进	233
本章小结	235

习题 5	236
第 6 章 IPv6 网络规划	237
6.1 迁移机制	237
6.1.1 双栈	237
6.1.2 隧道配置	238
6.1.3 自动隧道	239
6.1.4 6to4	241
6.1.5 Teredo	244
6.1.6 6over4	245
6.1.7 ISATAP	246
6.1.8 SIIT	247
6.1.9 NAT46/64-PT	248
6.1.10 TRT	248
6.1.11 堆栈/API 中的块	249
6.1.12 代理	249
6.1.13 迁移转换机制总结	249
6.2 获得 IPv6 地址空间及连接	250
6.2.1 上游提供商	251
6.2.2 6to4	251
6.2.3 间歇性连接	252
6.2.4 RIR	252
6.3 IPv6 网络设计	254
6.3.1 寻址	254
6.3.2 划分子网	254
6.3.3 DHCP	256
6.3.4 多穴	257
6.4 IPv4 和 IPv6 共存的管理	258
6.5 部署 IPv6	259
6.6 部署规划的输入	260
6.6.1 现有 IPv4 基础设施	260
6.6.2 无 IPv4 基础设施	263
6.6.3 拓扑	263
6.7 实例	265
6.7.1 企业级 IPv4 连接网络	265
6.7.2 提供中型 ISP 转接	266
6.7.3 特例: 因特网交换点	268
本章小结	269
习题 6	269

第 7 章 语音传输及内容网络设计	270
7.1 服务质量设计	270
7.1.1 商业需求	270
7.1.2 语音、数据、视频和其他通信量的 QoS 要求	272
7.1.3 QoS 模型	272
7.1.4 QoS 工具	273
7.1.5 QoS 设计指导	282
7.2 语音传输设计	283
7.2.1 VoIP 语音传输	284
7.2.2 服务质量	286
7.2.3 VoIP 组件	287
7.2.4 IP 电话组件	287
7.2.5 语音编码与压缩技术	289
7.2.6 带宽需求	291
7.2.7 IP 电话设计	293
7.2.8 语音安全	294
7.3 内容联网设计	295
7.3.1 商业需求	296
7.3.2 内容联网	296
7.3.3 内容缓存和内容引擎	297
7.3.4 内容路由	300
7.3.5 内容分发和管理	302
7.3.6 内容交换	303
7.3.7 内容网设计	303
本章小结	305
习题 7	305
第 8 章 网络建模设计	306
8.1 通信网络设计概述	306
8.1.1 通信网络设计问题的提出	306
8.1.2 通信网络和网络供应商	307
8.1.3 网络通信量和通信量需求	308
8.1.4 一个简单的网络设计例子	314
8.1.5 路由和流量概念	314
8.1.6 网络结构：多层网络	315
8.1.7 网络管理周期	317
8.1.8 网络设计数学建模的范围	320
8.2 网络设计问题的符号化表示	322

8.2.1 连接尺寸问题	322
8.2.2 最短路径路由	330
8.2.3 公平网络	331
8.2.4 拓扑设计	334
8.2.5 恢复设计	334
8.2.6 多层网络建模	336
8.3 与技术相关的网络建模实例	341
8.3.1 IP 网络: 域内通信量工程	341
8.3.2 MPLS 网络: 隧道优化	344
8.3.3 ATM 网络: 虚拟通道设计	346
8.3.4 数字电路交换电话网络: 单忙时和多忙时网络的大小	347
8.3.5 SONET/SDH 传输网络: 容量和保护设计	350
8.3.6 SONET/SDH 环: 环带宽设计	353
8.3.7 WDM 网络: 光交叉连接可恢复设计	354
8.3.8 SONET 之上的 IP: 组合二层设计	356
本章小结	358
习题 8	358
第 9 章 光纤网络规划	359
9.1 光纤网络设计策略	359
9.2 多服务市区光纤 SONET/SDH 网络实例	362
9.2.1 实例学习解决方案	364
9.2.2 可扩展性实现	379
9.3 SAN 服务实例	385
本章小结	386
习题 9	387
第 10 章 存储区域网设计	388
10.1 存储区域网概述	388
10.2 现有资源需求和计划的增长	390
10.2.1 收集现有资源的数据	390
10.2.2 规划未来需求	391
10.2.3 平台和存储	391
10.3 选择 SAN 的核心设计	392
10.3.1 拓扑选择	392
10.3.2 可扩展性	393
10.3.3 性能	393
10.3.4 冗余和弹性	395
10.4 主机连接性和主机总线适配器	396

10.4.1 选择标准	397
10.4.2 多路径软件	397
10.4.3 存储量大小	398
10.4.4 管理软件	399
10.5 控制器、导向器种类或交换技术	399
10.6 总体考虑	407
10.7 设计中的协同工作问题	409
10.8 设计的试验和测试	411
本章小结	411
习题 10	411
第 11 章 网络设计	412
11.1 网络结构模型的构建	412
11.1.1 安全	413
11.1.2 可用性	414
11.1.3 性能	415
11.2 网络体系结构模型	415
11.2.1 计算网络	415
11.2.2 数据网络	416
11.3 网络拓扑	417
11.3.1 内网网络	417
11.3.2 扩展网络	418
11.3.3 外部网络	418
11.3.4 电子效用	419
11.4 设计阶段与活动	419
11.4.1 基本方法	420
11.4.2 推荐方法	420
11.5 概念体系结构	421
11.5.1 基础结构	422
11.5.2 概念组件	423
本章小结	424
习题 11	425
参考文献	426

需求分析

本章主要对网络工程中的设计需求进行分析。首先讲述网络规划的商业目标和技术需求；然后对现有网络进行描述，其中主要包括网络分段的体系结构、性能及设备；最后分析网络通信量，具体包括通信流量、负载、协议行为和服务质量需求（QoS）。

1.1 商业目标及约束分析

要全面描述网络规划设计过程，首先需要知道如何系统地、自顶向下地为客户设计计算机网络；其次，要详细了解自顶向下网络规划设计中的第一步——客户商业目标分析。商业目标包括网络运行需要满足的商业目标和商业约束范围内的需求。此外，本章还会介绍一个重要的商业约束，有人戏称之为开放系统互连（OSI）参考模型第8层——工作场所偏好。最后通过给出的商业目标清单，检验是否已对网络工程项目中的商业问题进行了全面透彻的分析。

1.1.1 网络设计方法概述

复杂网络的构建和网络升级都会导致网络使用的复杂化和设计的重复，这些问题使得网络设计很难满足发展的需要和客户的需求。解决该问题的方法之一是采用一种更有效、更有秩序的方法或按自顶向下的方式进行网络设计或升级。

目前使用的许多网络设计软件操作起来十分简单，如 OPNET，这种软件工具是把网络设备放到一个画板上，用局域网或广域网的媒体甚至卫星链路把它们连接起来，以完成设计任务。但该方法跳过了必须进行的用户需求分析，以及根据这些需求进行设备和媒体选择的步骤。

一个好的网络设计必须能够体现客户的各种商业和技术需求，包括可用性、可扩展性、可付性（Affordability）、安全性和可管理性。许多客户希望自己能够规定所需要的网络性能水平（又称服务水平）。为了满足这些需要，必须在选择所有物理设备或媒体之前，进行逻辑网络设计，同时做出必要的选择和折中。

自顶向下的网络设计是一种从 OSI 参考模型上层开始，然后向下直到底层的网络设计方法。它在选择较低层的路由器、交换机和媒体之前，主要研究应用层、会话层和传输层