

147

TP3/3.07
531

《上海紧缺人才培训工程》教学系列丛书

网络管理(II)

上海市计算机应用能力考核办公室 编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书是“上海紧缺人才培训工程”教学系列丛书之一,是上海市计算机应用能力考核办公室组织编写的计算机网络管理培训教材。

本书从路由器的基本原理开始,着重介绍路由器的各种功能,如路由器的使用方法、RIP 等路由协议及广域网协议的配置、NAT 功能、访问协议控制、一般故障检测与维护等。每种配置都有图示及例程,最后还附录路由器常用命令。

本书适合网络管理人员、大中专院校学生及希望从事网管工作、有一定网络基础的就业人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

网络管理. II/上海市计算机应用能力考核办公室编.

—上海:上海交通大学出版社,2001

(上海市紧缺人才培训工程教学系列丛书)

ISBN 7-313-02709-5

I. 网… II. 上… III. 计算机网络-管理

IV. TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047336 号

网络管理(II)

上海市计算机应用能力考核办公室编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

立信会计常熟市印刷联营厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:9.75 字数:245 千字

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印数:1~6050

ISBN 7-313-02709-5/TP·458 定价:18.00 元

版权所有 侵权必究

“上海紧缺人才培训工程”计算机
应用能力教学系列丛书,由上海市教
育委员会、上海市成人教育委员会、中
共上海市委组织部、上海市人事局、上
海市信息化办公室联合组织编写

上海市计算机应用能力考核专家组成员

组长：施伯乐 复旦大学教授
组员：白英彩 上海交通大学教授
郑衍衡 上海大学教授
汪燮华 华东师范大学教授
俞时权 上海师范大学教授
高毓乾 上海市科委高级工程师
陶霖 上海第二工业大学教授
许永兴 上海电视大学教授

上海市计算机应用能力考核教学系列丛书

编委负责人：郭伯农 黄清云
总体策划：刘煜海 黄河笑

本书编撰人员

编者：张永忠 盛英洁 陆弋

审稿者：白英彩

致 读 者

中华人民共和国教育部部长 陈至立

高科技及其产业是当代经济发展的火车头。在当代科学技术革命中,计算机信息处理技术居于先导地位。在 90 年代的今天,世界科学技术已经进入了信息革命的新纪元。

上海的振兴正处于这一信息革命的时代。上海要在本世纪末、下世纪初跻身国际经济、金融、贸易中心城市之列,就必须牢牢把握机遇,大力发展计算机应用及其产业。市委、市政府决定尽快发展计算机产业,使其成为上海新一代的支柱产业。这是从上海产业结构调整、城市功能发挥、技术革命发展的战略高度出发作出的战略决策。今后几年,上海计算机产业的销售额将每年翻一番,到本世纪末形成年销售额达数百亿元的产业规模。金融电子化、商业电子化、个人用电脑的普及、机电一体化、城市管理、工业管理以及办公自动化、智能化大楼的建设、软件开发应用及系统集成等,将使上海的经济和社会生活发生深刻的变化,并为上海成为国际经济、金融、贸易中心城市提供必不可少的技术支撑。计算机产业不仅将成为上海工业发展的新的生长点,并将带动一批相关产业的发展。可以预计,不久的将来,计算机在上海将被广泛应用,渗透到各行各业,使上海的现代化水平向前迈进一大步。

发展计算机产业对计算机专业人才的培养及应用人才的培训提出了紧迫要求,一方面要培养一大批能够从事计算机研究开发的高级专业人才,另一方面要培训成千上万的计算机操作人员,普及计算机应用技术。只有各行各业的从业人员都学会计算机操作和应用,计算机的广泛使用和产业发展才能真正实现。因此,上海市“90 年代紧缺人才培训工程”和上海市“三学”(学知识、学科学、学技术)活动都把计算机应用技术的普及作为其重要内容。上海市计算机应用能力考核则是在广大市民中普及计算机应用技术的一项重要举措。这项考核的独创性和实用性使其独具特点,受到应考者及用人单位的广泛欢迎。

希望上海广大市民顺应新技术革命的潮流,努力掌握计算机应用技术,为上海的振兴作出更大贡献!

1994 年 7 月

(注:本文发表时,作者任中国共产党上海市委副书记、上海市计算机应用与产业发展领导小组组长)

序

中国共产党上海市委副书记 龚学平

“90年代上海紧缺人才培训工程”实施三年来,取得了较大的成绩。这一成绩表现在下列诸多方面:一、以系统或行业为依托,建立了以十大紧缺人才培训中心为主体的紧缺人才培训体系,分别承担现代企业高级经理、现代企业高级营销经理、房地产开发、涉外商务、涉外法律等26类岗位的紧缺人才培训考核工作。二、建立了计算机应用能力考核制和通用外语水平等级考试制,参加计算机应用能力考核的有93万人,经考核合格的有近59万人;参加通用外语水平等级考试的达13万人,经考试合格的有8.4万人,较好地提高了市民计算机应用能力和外语水平。三、建立了上海教育电视台,在交流教育信息、传播科学知识、弘扬优秀文化、提高市民素质等方面发挥了积极的作用。

“90年代上海紧缺人才培训工程”进展顺利的原因是多方面的,其中最根本的是,它顺应了上海经济建设和社会发展的需要。具体地说,它的成功有赖于市委、市府的正确领导,有赖于这一培训工程的组织者——市教委、成人教委、市委组织部和市人事局的通力协作,有赖于中央和市有关部门的支持,有赖于从事这一工程的全体同志坚持不懈的努力。这里值得一提的是,这一培训工程的教学系列丛书从内容到形式,具有实用性强、应变性强、适用面宽的特点,与以往教材相比体现了“紧缺”之意,它是本市许多专家、学者与实际工作者共同心血的结晶。现在,其中的某些教材已经出新版本了,表明它们在“紧缺”方面有更进一步的追求。

从现在到2010年,是建设有中国特色社会主义承前启后、继往开来的重要时期。上海要努力建设成为国际经济、金融和贸易中心城市之一。在机遇与挑战并存的形势下,继续努力搞好“90年代上海紧缺人才培训工程”,培养一大批社会主义现代化建设的急需人才,必将对上海的腾飞产生巨大的现实意义与深远的历史意义。

上海的改革和发展为我们提供了实施“90年代上海紧缺人才培训工程”的广阔舞台。市各有关方面一定要进一步加强领导,团结协作,深化改革,扎实工作,努力在这个舞台上大显身手。我们也期待着更多的优秀教材面世,推进这一培训工程的进一步发展,为迎接21世纪的到来作出更大的贡献。

1997年4月

序

上海市政协副主席 谢丽娟

由上海市人民政府教育卫生办公室、市成人教育委员会、中共上海市委组织部、市人事局联合组织编写的“90年代上海紧缺人才培训工程教学系列丛书”将陆续出版。编写、出版这套丛书是实施上海紧缺人才培训工程的基础工作之一,对推动培养和造就适应上海经济建设和社会发展急需的专业技术人才必将起到积极的作用。

90年代是振兴上海、开发浦东关键的十年。上海要成为国际经济、金融、贸易中心之一,成为长江流域经济发展的“龙头”,很大程度上取决于上海能否有效地提高上海人的整体素质,能否培养和造就出一大批坚持为上海经济建设和社会发展服务,既懂经济,懂法律,懂外语,又善于经济管理,擅长国际竞争,适应社会主义市场经济新秩序的多层次专业人才。这已越来越成为广大上海人民的共同认识。

目前上海人才的状况与经济建设、社会发展的需求矛盾日趋显著。它集中表现在:社会主义市场经济的逐步确立,外向型经济的迅速发展,新兴产业的不断崛起,产业产品结构的适时调整,城市建设和管理任务的日益繁重,使原来习惯于在计划经济体制下工作的各类专业技术人才进入了一个颇感生疏的境地,使原来以面向国内市场为主的各类专业技术人才进入一个同时面向国内外市场并参与国际竞争的新天地,金融、旅游、房地产、城市建设和管理等以及许多高新技术产业又急切地呼唤一大批新的专业技术人才。这就加剧了本市专业人才总量不足、结构不合理的矛盾。此外,本市的从业人员和市民的外语水平与计算机的应用能力普遍不高。这种情况如不迅速改变,必将影响上海的经济走向世界,必将影响上海在国际经济、金融、贸易中的地位和在长江流域乃至全国经济发展中的作用。紧缺人才培训问题已引起市委、市政府的高度重视。

“机不可失,时不再来。”我们要大力加强紧缺人才的培训工作和外语、计算机的推广普及工作。鉴于此,及时编写、出版本丛书,是当前形势之急需,其意义是现实的和深远的。诚然,要全面组织实施90年代上海紧缺人才培训工程,还有待于各有关方面的共同努力。

在“90年代紧缺人才培训工程教学系列丛书”开始出版之际,感触颇多,简述代序。

1993年8月

编者的话

本书是“上海紧缺人才培训工程”教学系列丛书之一,是上海市计算机应用能力考核办公室组织编写的计算机网络管理培训教材。进行本书的学习,要求读者具有上海市计算机应用能力考核办公室设置的网络初级水平。

因特网技术的蓬勃发展,以及它对商业界无与伦比的冲击,使得对熟练配置、管理、诊断路由器和网络互联设备的需求与日俱增。本书从实际应用出发把路由器的主要功能通过实例陈述出来,具有通用性、实用性等特点,是一本基础的、入门级的书籍。通过本书的学习与实践,在掌握了路由器的配置之后,您就可以轻松实现网络的路由和桥接。

本书共分九章,内容包括:TCP/IP 简介;路由器结构与工作原理;路由器的配置与使用;IP 路由协议;拨号访问服务器的建立与配置;路由器防火墙的实现;网络地址转换;网络管理;路由器故障排除。

本书的第1章、第2章由上海电视大学盛英洁编写,第2章、第3章、第4章、第5章、第6章、第7章由上海电视大学张永忠编写,第8章、第9章由上海电达信息技术有限公司陆弋编写。本书在编写过程中得到上海市计算机应用能力考核办公室专家组的指导;上海交通大学白英彩教授审阅了全书并作了多处修改;上海交通大学出版社给了我们很大的帮助,在此,一并向他们致以诚挚的谢意。

由于时间和编者学识所限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者不吝指教。

上海市计算机应用能力考核办公室

2001年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 TCP/IP 协议	1
1.1.1 什么是 TCP/IP	1
1.1.2 IP 地址与子网掩码	1
1.1.3 IP 子网划分	2
1.2 园区网的建设与管理	7
1.2.1 局域网技术	7
1.2.2 广域网的主要技术	10
1.2.3 网络主要设备的功能简介	13
1.2.4 典型的园区网	15
1.2.5 网络管理员职责	19
第 2 章 路由器结构与工作机理	20
2.1 路由器	20
2.2 路由器接口	24
2.2.1 局域网接口	24
2.2.2 广域网接口	25
2.2.3 逻辑接口	26
2.3 路由器的启动过程	27
2.4 路由技术基础	28
2.4.1 路径选择过程	29
2.4.2 逻辑地址与物理地址	30
2.4.3 包交换	30
2.4.4 路由表	31
2.4.5 管理距离	31
2.5 可路由协议	32
2.6 路由协议	32
2.7 路由协议基础	33
2.7.1 路由算法	34
2.7.2 路由度量	35
2.8 路由协议类型	36

2.8.1 内部网关协议	37
2.8.2 外部网关协议	38
2.9 有类路由与无类路由	38
2.9.1 有类路由	38
2.9.2 无类路由	39
第3章 路由器配置及使用	40
3.1 路由器配置途径	40
3.1.1 用 Cisco 路由器主控口 CONSOLE 接 VT100 及兼容终端	40
3.1.2 通过 Win 3. X 或 Win 95 的终端仿真程序进行配置	40
3.1.3 在 TCP/IP 网上通过终端仿真 Telnet 进行配置	40
3.1.4 用 TFTP Server 下载的配置文件进行配置	40
3.2 命令行配置模式	41
3.2.1 一般用户模式	42
3.2.2 超级用户模式	42
3.2.3 全局设置模式	42
3.2.4 其他设置模式	42
3.3 使用 TFTP 服务器保存路由器配置	42
第4章 IP 路由协议	45
4.1 配置路由器接口	45
4.2 配置静态路由和缺省路由	45
4.2.1 静态路由	45
4.2.2 静态路由的配置	45
4.2.3 缺省路由	47
4.2.4 缺省路由的配置	47
4.2.5 检查	47
4.3 RIP 和 RIPv2 协议	47
4.3.1 RIP 协议	47
4.3.2 RIPv2 协议	49
4.4 IGRP 与 EIGRP 协议	50
4.4.1 IGRP 协议	50
4.4.2 EIGRP 协议	52
4.5 OSPF 协议	53
4.6 HDLC 协议	54
4.6.1 HDLC 协议简介	54
4.6.2 HDLC 协议的配置	54

4.7 X.25 与帧中继(Frame Relay)	55
4.7.1 X.25 和帧中继协议简介	55
4.7.2 X.25 协议的配置	56
4.7.3 帧中继协议的配置	57
4.8 SLIP 和 PPP 协议	58
4.8.1 SLIP 和 PPP 协议简介	58
4.8.2 PPP 协议的配置	59
4.9 ISDN 和 DDR	60
4.9.1 ISDN 和 DDR 简介	60
4.9.2 ISDN 的配置	60
4.10 异步拨号备份 DDN 专线	63
第5章 拨号访问服务的建立与配置	67
5.1 Access Server 基本设置	67
5.2 Access Server 通过 Tacacs 服务器实现安全认证	69
第6章 路由器的防火墙功能	72
6.1 防火墙概述	72
6.2 访问列表	75
6.2.1 访问列表的工作原理	76
6.2.2 创建访问列表	76
6.3 使用 IP 访问列表	77
6.3.1 IP 通配掩码	78
6.3.2 创建访问列表	79
6.3.3 访问列表作用于接口	80
第7章 网络地址转换	81
7.1 NAT 功能及术语	81
7.1.1 NAT 能提供的功能	81
7.1.2 NAT 不能提供的功能	81
7.1.3 术语	81
7.2 特定情况	82
7.3 配置地址转换	83
7.4 配置示例	84
第8章 网络管理	86
8.1 SNMP 概述	86

8.2	SNMP 系统组件	86
8.3	系统管理目标	87
8.4	SNMP 管理的路由器配置示例	88
8.5	利用 CiscoWorks 管理互联网络概述	90
第 9 章	路由器故障排除	92
9.1	常规故障排除蓝图	92
9.2	ISO 前三层的故障排除	92
9.2.1	简单的物理层故障排除	93
9.2.2	简单的数据链路层故障排除	96
9.2.3	简单的网络层故障排除	97
9.2.4	简单故障排除过程小结	98
9.3	接口问题的故障排除	100
9.3.1	串口故障排除	100
9.3.2	异步通信故障排除	110
9.3.3	Ethernet 故障排除	115
9.4	协议问题的故障处理	116
9.4.1	IP 连通性的故障排除	117
9.4.2	面向信息包的 WAN 协议故障排除	121
9.5	路由器密码恢复步骤	123
附录 A	基本路由器命令集	125
附录 B	词汇表	131
	主要参考书目	137

第1章 绪 论

Internet 的核心是 TCP/IP，要了解 Internet 路由技术，必须先要了解 TCP/IP。本章主要介绍 TCP/IP 协议的基本知识及子网划分的基本方法，为后面介绍路由协议及配置作铺垫。同时介绍了局域网、广域网的基本概念及常用设备，对典型的园区网作了基本介绍。

1.1 TCP/IP 协议

1.1.1 什么是 TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 是 20 世纪 70 年代中期美国国防部为其 ARPANET 广域网 (即现在的 DARPA) 开发的网络体系结构和协议标准，现已为 Internet 所采用，同时已成为企业网络的事实标准。TCP/IP 网络有很高的可扩展性，既可用于小型网络，也可用于大型网络。

TCP/IP 是传输控制协议/互联网络协议的缩写，是一个可路由的协议栈，可运行在许多不同的软件平台 (Windows, UNIX 等) 上，它为大多数网络操作系统所支持并作为缺省网络协议。

TCP 是面向连接的协议。它提交的通信类型叫做可靠数据递送 (reliable data delivery)。当这种类型的协议在两台机器间传输数据时，负责发送的机器首先通知网络，它需要和网络上的某台机器开始对话。然后，网络通知已经打算接收的机器，对它有连接的要求，要求可能被接受，也可能被拒绝。这与电话系统很相似。

IP 是无连接协议，用于传输 TCP 段或 UDP 数据报文，但不确保报文通过网络传送。IP 报头包括许多域，其中最重要的域是源地址、目标地址、生存期和数据等，IP 就是根据报头中的目标地址来决定到达目的地的。

1.1.2 IP 地址与子网掩码

在 TCP/IP 的网络中，每一个主机都必须有逻辑地址 (同时也有硬件地址，即 MAC 地址)，这个地址称 IP 地址。它是一个 32 位长，由四个八位字节组成的数字串，其中包括网络地址和主机地址两部分。IP 地址基于其所服务网络的大小，一般分为三类，即 A 类、B 类、C 类 IP 地址 (D 类地址为多目地址、E 类地址为实验地址)。对于每台计算机，其地址的网络部分必须与所在网络中的其他计算机的网络地址相匹配，但主机地址必须是唯一的。如一台计算机的 IP 地址为：202.121.85.1 (以点分十进制表示)，实际上每个部分是个 8 位的二进制数，它是一个 C 类地址。

子网掩码用来将网络分成许多比较小的子网。这可以减少在每个子网上的网络通信量，

或者使互联网络更易于管理。就其目的和作用来看, 每个子网的作用就好像是独立的一个网络。

本地子网上的节点和不同子网上节点之间的通信与两个不同网络上的节点通信相似, 都需要路由选择, 且对用户是透明的。

对于 A、B、C 类地址, 每类 IP 地址最基本的子网掩码如表 1.1 所示。子网掩码也由四字节信息组成, 路由器将子网掩码中的信息与实际 IP 地址进行匹配, 以决定网络地址和主机地址。

表 1.1 基本子网掩码

类	子网掩码
A	255. 0. 0. 0
B	255. 255. 0. 0
C	255. 255. 255. 0

在基本子网掩码中 (还没有进一步子网划分), 每个字节中要么都为 1, 要么都为 0。当所有位均为 1 时, 该字节的十进制表示为 255; 当所有位均为 0 时, 该字节的十进制表示位为 0。如 B 类基本子网掩码为 255.255.0.0, 相应的二进制表示为 11111111 11111111 00000000 00000000。

那么, 路由器是如何使用掩码决定 IP 地址的哪一部分为网络地址的呢? 它是通过一个叫“与 (and)”的处理过程实现的, 即将掩码与 IP 地址的相应各位进行“与”操作, 就可决定网络地址。

其过程为: IP 地址和掩码均以二进制格式表示 (路由器中), 子网掩码中各位分别与 IP 地址对应的位进行“与”操作, 表 1.2 为“与”操作的计算规则。

表 1.2 “与”运算

位的组合	结果
1 and 1	1
1 and 0	0
0 and 0	0

1.1.3 IP 子网划分

上面我们介绍了 IP 地址和基本子网掩码, 下面我们讲解有关子网划分的问题。简单地说, 通过子网划分, 可以将多个局域网连接起来, 相反也可以将大网络划分为多个子网, 并用路由器连接。通过路由器分割大网络的办法可以更大程度地利用网络带宽, 限制数据流量在本子网内, 以防止数据广播扩散到整个网络中去。

1. A 类网子网掩码

学习子网划分最简单的方法就是去实践。现在以我们的一个 A 类网为示例, 看看有关步骤 (只有很少的 A 类网络, 对 A 类和 B 类网络进行子网划分是比较容易的)。

A 类网络的第一字节范围为 1~126。比如, 分配的网络地址为 10.0.0.0。

在 A 类网络中, 第一字节定义了网络地址, 其余三个字节提供的是主机地址信息, 由于

这三个字节的任意位组合都可以提供节点地址，而位数为 24 位，所以可提供的节点地址数为 $2^{24}-2$ ，即 16, 777, 214。其中减去 2 的原因是，两种全为 1 或全为 0 的可能性要去掉的。当所有字节位均为 1 时，该地址作为广播地址，向网上所有节点广播，因此不能用作实际的节点地址。当所有字节位均为 0 时，它标识为网络地址，比如，示例中 10.0.0.0 就是网络地址，该地址在路由器上配置 IP 网络时是很重要的。

图 1.1 总结了上面所讲的内容。知道了哪些位作为节点地址，就可以通过对 2 的幂次减 2 获得可能的节点地址数。

网络地址：10.0.0.0
二进制表示 0000101000000000 0000000000000000
节点地址的二进制数组合
节点地址可用 3 字节
 $2^{24}-2=16, 777, 214$

图 1.1 可用节点地址数由节点地址位数决定

在分割逻辑子网时，你要考虑创建足够多的子网来照顾和适应网络目前所服务的对象（利用 LAN 和 WAN 连接），另外还要考虑发展的需要。而且子网划分一般只做一次，因为网络上的路由器和计算机都要分配不同的 IP 地址。如果只分配了六个子网，而现在又需要 14 个，那显然是一件令人挠头的事情。

如现在需要 30 个子网码，而我们的网络地址 10.0.0.0 只提供了网络地址（第一字节）和节点地址位（后三个字节）。那么如何创建子网呢？我们只能从节点字节中截取几位来创建子网（网络地址是统一分配的，绝不能动）。

由于要从节点字节中截取几位来创建子网（从 10.0.0.0 地址的第 2 字节中取几位——从左至右）。这就是说，节点地址将减少，因为有几位要用来创建子网（这几位就从节点地址中去掉了）。

这些子网位不仅可以使我们计算出每个子网的 IP 地址范围（30 个子网中每一个都有不同范围的 IP 地址），而且可以创建整个网络的掩码。此新掩码可以让路由器和其他网络设备知道网络进行了子网划分，也告诉它们所创建的逻辑子网数。

那么应“截取”多少位来满足 30 个子网的要求呢？我们知道字节中每位均对应一个十进制值。比如，最右边的低位代表的值为 1，第二低位代表的值为 2，依此类推。因此，创建 30 个子网就是让低位对应值加起来达到 31。为什么是 31，不是 30 呢？因为子网 0 不能用。因此，其公式为：所截取低位的对应十进制值减 1。图 1.2 中说明了如何用低位决定 30 个子网。

网络地址：10.0.0.0 二进制表示 00001010000000000000000000000000
节点第一字节 十进制值 128 64 32 16 8 4 2 1 创建 30 个子网需要 5 位

图 1.2 低位值求和，再减去 1，得到可用子网数

注意在考虑需要的子网时，将低位值相中后，往往发现它比实际需要的子网数多。比如，你需要 26 个子网，而需要创建的子网数为 30，这并不是说这 30 个子网都要用，你可以在网上只设置 26 个子网。这只是说明子网并不能完全按需要的数目创建。

知道用几位来创建 30 子网时（这里是 5 位），我们就可以得到网络的掩码了。现在不要再考虑低位了（应从右往左）。

取五个高位（128, 64, 32, 16 和 8），顺序是从左往右。将它们相加： $128+64+32+16+8=248$ 。这个 248 是非常重要的。通常，A 类掩码是 255.0.0.0，但将其划分 30 子网后，其新掩码为 255.248.0.0。

此掩码通知路由器和其他网络设备，A 类网已划分为 30 个子网。现在有了整个网络的子网掩码（无论节点在哪个子网上，其所使用的子网掩码都一样），就可以算出每个子网的地址范围。

计算子网范围是很容易的，因为使用了第二字节中的高 5 位作为网络的子网部分，因此，这些高位就决定了每个子网的 IP 地址范围。我们所用的高位值分别对应 128, 64, 32, 16 和 8。

因此，我们使用高位中最小值来计算新的子网掩码，此例中为 8，该值就是 30 子网 IP 地址范围的递增值。

例如，第一子网（30 子网中）从 IP 地址 10.8.0.1 开始（所有第二字节值小于 8 的 IP 地址均为无效地址），8 作为第二字节的递增量，因为我们是从第二字节中“截取”子网位的。因此，子网 2 的 IP 地址就从 10.16.0.1 开始，其他子网 IP 地址范围依此类推。

那么，为什么起始地址的第三字节为 0，而第四字节为 1 呢？的确，每字节的值应为 0（全为 0）到 255（全为 1）之间的任何值，但我们在前面已讲过，节点地址不能是所有字节均为 0 或均为 1，因此，如果第四字节为 0 的话，代表节点地址的位均为 0，这就是子网地址了，不是合法的节点地址。

子网段的 IP 地址范围就是其起始地址至下一子网起始地址之间的所有地址。比如，子网 1 的地址范围是 10.8.0.1 与 10.16.0.1 之间的所有地址（不包括 10.16.0.1）。

表 1.3 为 30 子网中前 10 个子网的起止地址，其余 20 个子网范围，只需依次在第二字节上增加 8 就可以了。

表 1.3 子网（30 子网中的前 10 个子网）IP 地址范围

子网号	起始地址	终止地址
1	10.8.0.1	10.15.255.254
2	10.16.0.1	10.23.255.254
3	10.24.0.1	10.31.255.254
4	10.32.0.1	10.39.255.254
5	10.40.0.1	10.47.255.254
6	10.48.0.1	10.55.255.254
7	10.56.0.1	10.63.255.254
8	10.64.0.1	10.71.255.254
9	10.72.0.1	10.79.255.254
10	10.80.0.1	10.87.255.254

那么如何计算可用节点地址呢？计算子网中可用主机地址是很方便的。在 A 类网络中，开始是有 24 位用于主机地址的，分成 30 个子网后，从第二字节中取出了五位作为子网位，也就是说只有 19 位（24-5）可用于节点 IP 地址。于是每个子网的可用节点地址数应为 $2^{19}-2$ ，即 524, 286 个 IP 地址。虽然，所提供的节点地址仍然是相当多的，但如果是 B 类或 C 类地址，就要认真考虑子网有多少可用地址了。

为什么每个子网的结束地址都是 254？因为 IP 地址的节点地址部分不能全为 1（在示例中即第三和第四字节不能全为 1），即不能为十进制格式中的 255。因此，虽然第三字节可为 255，但第四字节只能是 254 了。

子网划分中损失了多少 IP 地址？虽然子网的划分减少了网络可用的 IP 地址，例如，不进行子网划分的 A 类地址可提供的节点地址为 16, 777, 214 个。而在此示例中创建了 30 个子网后，每个子网可用地址为 524, 286 个 IP 地址，因此其总量为 $524, 286 \times 30$ ，即是 5, 728, 580。相比之下，损失地址为 1, 048, 634 个，这就是潜在的节点地址损失。

2. 在 B 类和 C 类上进行子网划分

B 类和 C 类子网的创建与 A 类子网相似。方法都一样，只是子网中可用的潜在节点地址要少得多。下面分别加以介绍。

(1) B 类子网划分。

B 类网络如果不进行子网划分，可以提供的节点地址有 65, 534（有两字节可用）个。其基本子网掩码为 255.255.0.0。

现在假设分配了一个 B 类网络，其地址为 180.10.0.0。对此网络进行子网划分，就要从第三字节中“窃取”子网位。比如，我们要划分 6 个子网，图 1.3 显示了子网创建与掩码创建的过程。

基本子网掩码：255.255.0.0 网络地址：180.10.0.0 节点
第一字节 128 64 32 16 8 4 2 1 创建 6 子网需 3 位 $1+2+4-1=6$

图 1.3 用低位决定子网数，用相同位数的高位创建子网掩码

新的子网掩码为 255.255.224.0（见图 1.3），为确定每个子网的 IP 地址范围，我们决定掩码时所使用高位中的最低位对应值为 32（见图 1.3），因此，子网 1 的第一个地址为 180.10.32.1（180.10.32.0 保留为子网地址，不能用作节点地址）。第二个子网只需在第三字节上加 32，因此，子网 2 的起始地址为 180.10.64.1。表 1.4 为 B 类网络划分成六个子网后的节点地址范围。

表 1.4 B 类网络子网划分后的 IP 地址范围

子网号	起始地址	终止地址
1	180.10.32.1	180.10.63.254
2	180.10.64.1	180.10.95.254
3	180.10.96.1	180.10.127.254
4	180.10.128.1	180.10.159.254
5	180.10.160.1	180.10.191.254
6	180.10.192.1	180.10.223.254