

计算机基础教育研究会

“计算机系统能力培养教学研究与改革课题”立项项目

计算机网络 应用技术

徐劲松◎主编

- 从实际工程的应用出发，将实际的工程经验与教学的理论紧密结合。
- 以工程案例为出发点，详细解释并阐明每个工程环节所需要的基础技术。
- 提供大量的工程项目，实现学校的教学与企业的实际需求的无缝对接。



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

计算机网络 应用技术

徐劲松◎主编

- 从实际工程的应用出发，将实际的工程经验与教学的理论紧密结合。
- 以工程案例为出发点，详细解释并阐明每个工程环节所需要的基础技术。
- 提供大量的工程项目，实现学校的教学与企业的实际需求的无缝对接。



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书以一种清晰并易于接受的方式将互联网技术问题表达给具有各种背景的读者,作为计算机网络的入门应用教程,讲授计算机网络的基本思想、方法和解决问题的技巧。在结构安排上,从计算机网络的体系结构过渡到网络各层的应用,尽可能将概念、知识点和实例结合。本书注重基础,突出应用,更好地体现高等学校应用型人才培养的诉求。

全书共分8章,主要包括:计算机网络体系结构、网络技术应用、联网技术以及网络安全和网络管理。

本书可作为高等学校非计算机专业计算机网络及网络应用课程的教材,也可以作为网络技术爱好者自学用书和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络应用技术 / 徐劲松主编. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5635-4282-6

I. ①计… II. ①徐… III. ①计算机网络—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 016009 号

书 名: 计算机网络应用技术

主 编: 徐劲松

责任编辑: 王丹丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号 (邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18.75

字 数: 465 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4282-6

定 价: 38.00 元

· 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

计算机网络特别是以 TCP/IP 协议簇为基础的互联网正在成为新经济发展的引擎,其创造的全新经济发展模式产生了巨大的经济及社会效益,同时对传统的经济模式也起到革新甚至颠覆性的影响。这些也对计算机以及网络科学与工程的教育产生深刻的影响。随着网络技术的不断发展,已有的技术不断推陈出新,同时计算机教育也被其应用的专业、文化和社会范围的改变而影响,计算机科学适用在更广泛的范围,内容也越加丰富。在教育工作者看来,其课程体系、教学内容、教学方法、教学手段上都需要根据计算机及网络科学技术的发展不断深化改革,与时俱进。在以实际问题为目标的工程教育中应紧密有机地结合学生的培养目标,注重知识、能力、素质教育三个方面的综合,加强学生分析、解决问题的实际能力。

作为面向工程技术人员培养的教材,本书力求在教材内容、编排和教学方法上有所创新和突破,让学生能够快速理解计算机网络的基本概念,掌握计算机网络及其应用的基本知识,培养解决具体网络应用、设计的真实能力。

由于计算机网络的系统庞大,本书将知识点的教学穿插为三个过程,首先以一个具体的应用问题引入,然后介绍需要的知识点,并在其中讲解可能解决问题的方法供学生参考,最后对每一章提出的问题进行总结。通过知识点和应用实践的教学,培养学生解决网络技术问题的思维和解决实际问题的方法及具体技术。

本教材经过精心策划,定位准确、概念清晰、实例丰富、深入浅出、内容翔实、体系合理、重点突出,是一本面向高等学校非计算机专业学生学习计算机网络及其应用的教材,也可供从事计算机应用和开发的各类人员学习使用。本教材源于高等学校应用型人才培养的教学改革与实践,凝聚了工作在教学第一线的任课教师的教学经验与研究成果。

本教材每章的后面附有若干练习题,供学生进一步掌握计算机网络的基础知识以及应用解决方案进行进一步探索。

在本教材的编写过程中,得到了南京吾曰思程有限公司的诸位工程师的无私帮助,程明权老师在教材内容的组织、案例的选择方面提供了很多宝贵的意见,黄钱斌老师提供了很多教学素材和贴合学生当前需要了解的网路问题的具体实例,作者在此对他们表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,我们真诚希望使用本教材的教师、学生和读者朋友提出宝贵意见或建议,使之更加成熟。

编者 徐劲松

Email: xujs@njupt.edu.cn

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络及其特征	1
1.1.1 计算机网络的起源和发展	1
1.1.2 计算机网络的特点	3
1.1.3 计算机网络的性能及指标	3
1.2 计算机网络的分类	5
1.2.1 按拓扑结构分类	5
1.2.2 按网络工作模式分类	7
1.2.3 按网络的传输介质分类	8
1.2.4 按网络覆盖范围分类	9
1.3 计算机网络的体系结构	12
1.3.1 分层和协议	12
1.3.2 OSI 体系结构	14
1.3.3 TCP/IP 参考模型	17
1.3.4 互联网体系架构	19
1.4 计算机网络的软件	23
1.4.1 标准的客户机/服务器模式	23
1.4.2 应用程序编程接口(套接字)	25
1.4.3 协议软件的实现	26
1.4.4 互联网软件的实现	26
1.5 计算机网络的开放性	26
项目小结	27
习题	27
第 2 章 计算机网络的应用层	28
2.1 项目解决方案	28
2.1.1 网络操作系统	28
2.1.2 网络操作系统安装	29
2.2 域名系统	30
2.2.1 域名的结构	31
2.2.2 域名的资源记录	32

2.2.3 域名服务器与域名解析	33
2.2.4 域名服务器的安装配置	34
2.3 FTP 协议与服务	35
2.3.1 联机共享式文件访问	36
2.3.2 文件传送协议 FTP	36
2.3.3 简单文件传送 TFTP	37
2.3.4 FTP 服务器的安装配置	39
2.4 电子邮件	39
2.4.1 电子邮件的体系结构和服务	39
2.4.2 电子邮件信息的格式	40
2.4.3 电子邮件的协议	41
2.4.4 消息传输	42
2.4.5 邮件服务器的安装配置	44
2.5 万维网	45
2.5.1 WWW 服务	45
2.5.2 超文本传送协议 HTTP	46
2.5.3 超文本标记语言 HTML	47
2.5.4 可扩展标记语言 XML	48
2.5.5 Web 交互	49
2.5.6 Web 服务器的配置和安装	50
2.6 网络编程	51
2.6.1 探索因特网	51
2.6.2 与选定服务器交互的 C/S 或 B/S 编程	53
2.6.3 套接字编程	54
项目小结	59
习题	60
第3章 计算机网络的传输层	61
3.1 计算机网络端到端的通信	61
3.2 简单的多路复用 UDP	62
3.2.1 UDP 数据报的格式	63
3.2.2 UDP 的伪首部和校验和	63
3.2.3 UDP 的封装和协议的分层	64
3.2.4 UDP 的多路复用、多路分解和端口	65
3.2.5 UDP 协议的特点	66
3.3 可靠的字节流 TCP	66
3.3.1 端到端的保障问题	67
3.3.2 TCP 数据段的格式	70
3.3.3 TCP 连接的建立和终止	72

3.3.4 TCP 的滑动窗口	74
3.3.5 TCP 的重传	75
3.3.6 TCP 的扩展	77
3.3.7 TCP 的拥塞控制和拥塞避免	78
3.4 性能和资源分配	80
3.4.1 性能测试	80
3.4.2 计算机网络性能问题产生的原因和解决方法	81
3.4.3 网络延迟和吞吐量	82
3.5 IM 软件实现	83
3.5.1 客户端和服务端之间的对话	84
3.5.2 服务器管理用户	84
3.5.3 客户端之间聊天	84
3.5.4 程序实现	84
项目小结	89
习题	89
第 4 章 网络互联	90
4.1 简单的网络互联	90
4.1.1 什么是互联网络	90
4.1.2 服务模型	91
4.1.3 全局地址	92
4.1.4 IP 中的数据报转发	95
4.1.5 地址转换(ARP)	99
4.1.6 主机配置(DHCP)	107
4.1.7 差错报告(ICMP)	113
4.1.8 虚拟网络和隧道	116
4.2 路由选择	118
4.2.1 用图表示的网络	119
4.2.2 距离向量(RIP)	121
4.2.3 链路状态(OSPF)	124
4.2.4 度量标准	128
4.3 全球因特网	128
4.3.1 子网	129
4.3.2 无类路由选择(CIDR)	131
4.3.3 域间路由选择(BGP)	133
4.3.4 网络地址转换(NAT)	137
4.4 多点播送	140
4.4.1 多点播送概述	140
4.4.2 多点播送技术实现	141

4.4.3	典型多点播送网应用	145
4.4.4	多点播送技术小结	146
4.5	移动 IP	146
4.5.1	基本原理	146
4.5.2	代理发现	147
4.5.3	注册	147
4.5.4	隧道技术	148
4.5.5	移动 IP 的不足与改进	149
4.6	IPv6	150
4.6.1	IPv6 地址格式	150
4.6.2	IPv6 地址类型	152
4.6.3	IPv6 的数据报格式	153
4.6.4	IPv6 路由机制	155
4.6.5	IPv4 向 IPv6 过渡	156
	项目小结	158
	习题	158
第 5 章	直连的网络	161
5.1	以太网	161
5.1.1	物理特性	161
5.1.2	以太网的版本和拓扑结构	163
5.1.3	访问协议 CSMA/CD	164
5.1.4	以太网的帧	165
5.1.5	以太网组网	167
5.1.6	以太网的链路长度限制和信道利用率	168
5.2	高速以太网	169
5.2.1	快速以太网	169
5.2.2	100VG-AnyLAN 标准	170
5.2.3	千兆以太网	171
5.2.4	10G 以太网	173
5.3	无线网络	173
5.3.1	物理特性	174
5.3.2	冲突避免	174
5.3.3	无线局域网的组成	177
5.3.4	无线局域网协议标准	178
5.3.5	Wi-Fi 与 3G	179
	项目小结	181
	习题	181

第 6 章 分组交换	183
6.1 交换和转发	183
6.1.1 数据报	183
6.1.2 虚电路交换	184
6.1.3 虚电路和数据报的比较	186
6.1.4 源路由选择	187
6.1.5 实现和性能	189
6.2 网桥和局域网交换机	189
6.2.1 网桥及其局限性	190
6.2.2 交换机	194
6.3 虚拟局域网与中继链路	199
6.3.1 虚拟局域网	199
6.3.2 中继链路	202
6.3.3 VLAN 配置实例	202
6.4 广域网	205
6.4.1 PSTN	205
6.4.2 X.25	205
6.4.3 DDN	206
6.4.4 帧中继	207
6.4.5 ATM	208
6.5 接入技术	210
6.5.1 传统 Modem 的接入技术	211
6.5.2 基于双绞线的 ADSL 技术	211
6.5.3 基于 HFC 网的 Cable Modem 技术	212
6.5.4 基于五类线的以太网接入技术	213
6.5.5 光纤接入技术	213
6.5.6 无线接入技术	215
项目小结	216
习题	217
第 7 章 网络安全	218
7.1 网络安全的概念和标准	218
7.1.1 网络安全的定义	218
7.1.2 网络安全的内容	219
7.1.3 计算机网络安全的基本措施及安全意识	219
7.2 加密	220

7.2.1 一般的数据加密模型	220
7.2.2 数据加密的方法	221
7.2.3 数字签名	223
7.2.4 认证技术与密钥分配	223
7.3 IP 安全	223
7.3.1 IPSec 的概念和特点	224
7.3.2 IPSec 的结构	225
7.3.3 封装安全载荷	228
7.3.4 验证头(AH)	229
7.3.5 Internet 密钥交换	230
7.3.6 端到端安全	233
7.3.7 虚拟专用网络	233
7.3.8 Road Warrior	234
7.3.9 嵌套式通道	235
7.3.10 链式通道	236
7.3.11 IPSec VPN 配置实例	237
7.4 防火墙	238
7.4.1 防火墙的概念和作用	238
7.4.2 防火墙的安全控制模型和类型	239
7.4.3 防火墙的基本技术	240
7.4.4 防火墙的系统结构	242
7.4.5 防火墙的局限性	244
7.5 网络安全扫描与监测	245
7.5.1 网络安全扫描技术	245
7.5.2 网络扫描器的使用	247
7.5.3 网络分析	251
项目小结	255
习题	255
第 8 章 网络管理	256
8.1 网络管理	256
8.1.1 网络管理的概念	256
8.1.2 网络管理的功能	257
8.2 简单网络管理协议 SNMP	258
8.2.1 SNMP 的管理模型	259
8.2.2 SNMP 通信报文	259
8.2.3 SNMP 的安全机制	260

8.2.4 管理信息标准	260
8.2.5 SNMPv2	261
8.2.6 SNMP 版本比较	262
8.3 网络故障排除	263
8.3.1 网络故障的分类	263
8.3.2 网络故障的检测	264
8.3.3 网络故障的排除	266
8.3.4 网络设备的诊断技术	268
项目小结	271
习题	271
附录 网络术语和缩写词	272



第 1 章 计算机网络概述

问题的提出

某公司为了实现 OA 系统的互联和电子商务的发展,拟投资建设公司网络并实现外部网络的接入。作为公司的 IT 部门,需要向公司提供什么样的建议?应该采购什么样的设备?需要向什么样的公司选择咨询服务?

从上述要求看,公司的目标是实现公司内部资源共享以及向公司外部的信息发布。因此,在目的明确的情况下,首先需要了解公司需要什么样的网络,并实现什么样的功能。

计算机网络是现在通行的解决方案。

1.1 计算机网络及其特征

计算机网络就是把分布在不同地理区域的计算机以及专门的外部设备通过通信线路互联成规模大、功能强的网络系统,从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息,共享信息资源。相互传递信息和资源信息共享的需求是计算机网络产生的主要原因。从发展的角度来看,在计算机网络出现的前期,计算机都是独立的设备,每台计算机独立工作,互不联系,以至于信息不能共享、消息不能互通、一切都是独立的。而当计算机与通信技术相结合后,对计算机系统的组织方式产生了深远的影响,使计算机之间的相互访问成为可能。不同种类的计算机通过同种类型的通信协议(protocol)相互通信,产生了计算机网络(computer network)。

计算机网络近年来获得了飞速的发展。计算机通信网络及 Internet(互联网)已成为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,包括电子银行、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。毫不夸张地说,网络在当今世界无处不在。

1.1.1 计算机网络的起源和发展

计算机网络起始于 20 世纪 60 年代,当时网络的概念主要是基于主机(host)架构的低速串行(serial)连接,提供应用程序执行、远程打印和数据服务功能。IBM 的 SNA(System Network Architecture,系统网络架构)与非 IBM 公司的 X.25 公用数据网络是这种网络的典型例子。20 世纪 70 年代,由美国国防部资助,建立了一个名为 ARPANET(即为阿帕网)的基于分组交换(packet switching)的网络,这个阿帕网就是今天的 Internet 最早的雏形。70 年代,出现了以个人计算机为主的商业计算模式。最初,个人计算机是独立的设备,由于认识到商业计算的复杂性,要求大量终端设备的协同操作,局域网(LAN, Local Area Network)产生了。局域网的出现,大大降低了商业用户打印机和磁盘昂贵的费用。80 年代至 90 年代,网络互联的需求不断地增加,迫使计算机界开发出多种标准化网络协议(包括 TCP/IP 协议、IPX/SPX 协议),满足不同计算方式下远程连接的需求,互联网快速发展起

来,TCP/IP 协议得到了广泛应用,成为互联网的事实协议。

近年来,计算机网络在中国得到了长足的发展。初期国内的计算机网络主要是教育与科研机构在使用,从 1993 年开始,由于计算机通信的不断发展,计算机网络的建设由电信运营商开始投入并商业化运营。

中国 Internet 的发展历史分为 3 个阶段:

第一阶段从 1986—1994 年,这个阶段主要是通过中国科学院高能所网络线路,实现了与欧洲及北美地区的 E-mail 通信。中国科技界最早使用 Internet 是从 1986 年开始的。国内一些科研单位,通过长途电话拨号到欧洲的一些国家,进行联机数据库检索。不久,利用这些国家与 Internet 的连接,进行 E-mail 通信。1989 年,中国的 ChinaPAC(X. 25)公用数据网基本开通。ChinaPAC 虽然规模不大,但与法国、德国等的公用数据网络(X. 25)有国际连接(X. 75)。1990 年开始,国内的北京市计算机应用研究所、中国科学院高能物理研究所、工业和信息化部华北计算所、工业和信息化部石家庄第 54 研究所等科研单位,先后将自己的计算机以 X. 28 或 X. 25 与 ChinaPAC 相连接。同时,利用欧洲国家的计算机作为网关,在 X. 25 网与 Internet 之间进行转接,使得中国的 ChinaPAC 科技用户可以与 Internet 用户进行 E-mail 通信。1993 年 3 月,中国科学院(CAS)高能物理研究所(IHEP)为了支持国外科学家使用北京正负电子对撞机做高能物理实验,开通了一条 64 kbit/s 国际数据信道,连接北京西郊的中科院高能所和美国斯坦福线性加速器中心(SLAC),运行 DECNET 协议,虽然还不能提供完全的 Internet 功能,但经 SLAC 机器的转接,可以实现与 Internet 通信。用户利用局域网或拨号线路登录到中科院高能物理所的 VAX11/780(BEPC2)上使用国际网络。有了 64 kbit/s 的专线信道,通信能力比国际拨号线路和 X. 25 信道高出数十倍,通信费用降低数十倍,极大地促进了 Internet 在中国的应用。

第二阶段从 1994—1995 年,这一阶段是教育科研网发展阶段。北京中关村地区及清华大学、北京大学组成 NCFC 网,于 1994 年 4 月开通了国际 Internet 的 64 kbit/s 专线连接,同时还设中国最高域名(. CN)服务器,这时中国才算真正加入了国际 Internet 行列。此后又建成了中国教育和科研网(Cernet)。中国科学院计算机网络信息中心(CNIC,CAS)于 1994 年 4 月完成。该中心自 1990 年开始,主持了一项“中国国家计算与网络设施”(NCFC),是世界银行贷款和国家计委共同投资的项目。项目内容为在中关村地区建设一个超级计算中心,供这一地区的科研用户进行科学计算。为了便于使用超级计算机,将中国科学院中关村地区的三十多个研究所及北大、清华两所高校,全部用光缆互联在一起。其中网络部分于 1993 年全部完成,并于 1994 年 3 月开通了一条 64 kbit/s 的国际线路,连到美国,4 月份路由器开通,正式接入了 Internet。NCFC 后来发展成中国科技网(CSTNet)。Cernet 是中国国家计委批准立项、国家教委主持建设和管理的全国性教育和科研网络,目的是要把全国大部分高等学校连接起来,推动这些学校校园网的建设和信息资源的交流,并与现有的国际学术计算机网互联。

第三阶段是 1995 年以后,该阶段开始了商业应用阶段。1995 年 5 月邮电部开通了中国公用 Internet 网即 ChinaNET。1996 年 9 月工业和信息化部 ChinaGBN 开通,各地 ISP 也纷纷开办,到 1996 年年底仅北京就有了 30 多家。目前,经国家批准的可直接与 Internet 互联的网络(称为互连网络)有四个:CSTnet、ChinaNET、Cernet 及 GBNet。

中国 Internet 网络上计算机的发展很快,虽然与发达国家的网络还存在一定的差距,但是在发展速度上已经是全世界领先。提及互联网的增长速率,对中国来说,在 2000—2010 年的增长速率是 1767%,这个速度的确是令人难以想象的。在此期间,美国只在原基础上增长了一

倍。当然,很明显的一点,就是美国在 10 年前的互联网水平相比其他国家来说已经算是比较高的了。然而,中国当时还是比较落后的国家,所以增长的空间比较大也是可以接受的。

1.1.2 计算机网络的特点

计算机可以利用网络访问外设,例如我们经常会看见小公司或者工作组的计算机访问联入该网络的打印机。但需要注意的是,计算机网络的最初动机并不是为了共享外设,也不是为了提供人们可以直接使用的通信手段,相反地,人们设计计算机网络的最初目的是为了共享大规模的计算能力。

早期的计算机十分昂贵且珍稀,在没有使用计算机网络将计算机互联起来的时候,计算机由各种不同机构拥有并且具有独占性,ARPA 的许多研究项目都需要使用最新的计算机设备,且每个研究小组都希望得到每种新的机型。到 60 年代末的时候,ARPA 的预算已经不能满足需求,数据联网作为一种替代方案被提出,使研究者可以利用网络上最合适的计算机完成给定的任务。这种架构下,每个研究场所通常只设置一台计算机和数据网络相连,并且通过相应的软件实现网络资源的共享。因此,计算机网络建立的主要目的是为了实现计算机资源的共享。

随着计算机技术的进步,逐渐出现了更大计算能力和存储空间计算机,这些计算机的计算能力可以通过多个不同的终端进行操作,以实现计算资源的共享,这是第一代的计算机网络。但是这种网络结构具有核心节点的单点安全脆弱性。于是对于军事领域提出了希望能够将计算资源分布到不同的节点的需求,因此,第二代的计算机网络要求联网计算机是分布在不同地理位置的多台独立的计算机系统,它们之间可以没有明确的主从关系,每台计算机可以联网工作,也可以脱网独立工作;联网计算机可以为本地用户服务,也可以为远程网络用户服务。

ARPANET 的出现鼓舞了不同的厂商对计算机网络的研究与商业化,他们发现,在同一计算机网络内部需要通过统一的控制软件来实现计算机网络的同步、通信、资源查找等工作,研究者将某些通用的功能用软件实现出来,形成了计算机网络的协议。因此,计算机网络要求联网的计算机遵循统一的网络协议。

在此过程中,计算机网络发展出一些专有的计算机与设备处理网络通信的协议,计算机网络形成了资源子网、通信子网与协议这样的组成方式。

1.1.3 计算机网络的性能及指标

衡量一个计算机网络好坏有五个技术标准:带宽、吞吐量、延迟、抖动、丢包。

网络带宽是指在一个固定的时间内(1 秒)能通过的最大位数据。就好像高速公路的车道一样,带宽越大,好比车道越多。网络带宽作为衡量网络使用情况的一个重要指标,日益受到人们的普遍关注。它不仅是政府或单位制定网络通信发展策略的重要依据,也是互联网用户和单位选择互联网接入服务商的主要因素之一。

数字信息流的基本单位是 bit(比特),时间的基本单位是 s(秒),因此 bit/s(比特/秒)是描述带宽的单位,1 bit/s 是带宽的基本单位。不难想象,以 1 bit/s 的速率进行通信是如何的缓慢。幸好我们可以使用通信速率很快的设备,56 k 的调制解调器利用电话线拨号上网,其带宽是 56 000 bit/s(1 k=1 000 bit/s),电信 ADSL 宽带上网在 512 kbit/s~10 Mbit/s,而以太网则达 10 Mbit/s 以上(1 Mbit/s=1 000×1 000 bit/s=10⁶ bit/s)。

吞吐量和带宽是很容易搞混的一个词,两者的单位都是 Mbit/s。先来看两者对应的英语,吞吐量:throughput;带宽:Max net bitrate。当讨论通信链路的带宽时,一般是指链路上每

秒所能传送的比特数,它取决于链路时钟速率和信道编码在计算机网络中又称为线速。可以说以太网的带宽是 10 Mbit/s。但是需要区分链路上的可用带宽(带宽)与实际链路中每秒所能传送的比特数(吞吐量)。通常更倾向于用“吞吐量”一词来表示一个系统的测试性能。这样,因为实现受各种低效率因素的影响,所以由一段带宽为 10 Mbit/s 的链路连接的一对节点可能只达到 2 Mbit/s 的吞吐量。这样就意味着,一个主机上的应用能够以 2 Mbit/s 的速度向另外的一个主机发送数据。网络吞吐量测试是网络维护和故障查找中最重要的手段之一,尤其是在分析与网络性能相关的问题时吞吐网络吞吐量。网络吞吐量的测试是必备的测试手段。认证和测试网络带宽最常用的技术就是吞吐量测试。一个典型的吞吐量测试方法是从网络的一个设备向另一个设备发送流量并且确定一个速率和发送时间间隔,而接收端的设备计算接收到的测试帧,测试结束时系统计算接收率——即吞吐速率。这种测试也被称作端到端网络性能测试,它被广泛地应用在局域网内、局域网间和通过广域网互联的网络测试环境中。

一般来讲,网络带宽是网络设计的最高性能,是一个理论值,而吞吐量则反映了网络的现实情况。当网络的吞吐量出现异常时,可以从以下手段来检验并修复网络:

- (1) 测试端对端广域网或局域网间的吞吐量;
- (2) 测试跨越广域网连接的 IP 性能,并用于对照服务等级协议(SLA),将目前使用的广域网链路的能力和承诺的信息速率(CIR)进行比较;
- (3) 在安装 VPN 时进行基准测试和拥塞测试;
- (4) 测试网络设备不同配置下的性能,从而优化和评估相关设置;
- (5) 在网络故障诊断过程中,帮助判断网络的问题是局域网的问题还是广域网的问题,从而快速定位故障;
- (6) 如果是广域网链路的问题,那么广域网链路的具体性能具体如何;
- (7) 在日常维护中,定期检测广域网的带宽;
- (8) 在增加网络的设备、站点、应用时检测其对广域网链路的影响。

延迟指的是从数据包发出和数据包到达目的地中间所经历的时间。整个中间的延迟如果进行细分可以分为以下几种:串行化延迟、传播延迟、队列延迟、转发处理延迟、整形延迟、编码延迟、压缩延迟等。

什么是串行化延迟呢?想象一下你需要将澡盆的水通过澡盆预留的排水孔排出,这个排水的过程会经历一段时间。随着澡盆中水越多,排水的时间也越长,同时,预留的排水孔的大小也会影响排水的时间。因此,决定串行化延迟的因素有两个:一个是链路的传输速度(孔的大小);另一个是发送的数据包的大小(水量)。串行化延迟的计算公式=发送数据包大小/链路速度。串行化延迟也被称为发送时延。

什么是传播延迟呢?想象一下刚才的澡盆离下水道比较远,为了不至于弄湿地面,你在澡盆的排水孔和下水道用一个水管连接,水在水管中流过的时间相当于传播延迟,也就是说水管越短,传播延迟越小。传播延迟的计算方式=传输的距离/光速,考虑到有可能达不到的理想的光速,很多情况下会考虑把光速打个 7 折,那么计算公式=传输的距离÷光速÷0.7,例如两个路由器之间相距 1 000 km,那么计算得到的结果是 4.8 ms。

什么是队列延迟呢?这个相当于我们去银行排队取钱,排队的时间取决于队伍的长度,还有你是属于金卡还是普卡用户。数据包到达路由器后,当硬件的出队列满的时候,那么会把数据包按照软件队列的形式进行排队,采用不同的队列方式,以及数据包的重要性直接影响了数据包的转发延迟时间,这个延迟时间是需要我们去研究和关注的,为了改变这个队列

延迟,可以选择不同的队列的方式。

什么是转发处理延迟呢?这个相当于我们今天中午吃饭纠结吃什么,那么你在大脑中思考的时间。当路由器收到一个完整的数据包的时候,路由器需要通过路由表的查找,判断数据包应该从哪个接口转发出去,是否要执行额外的策略。这个转发处理延迟取决于路由器的 CPU 的性能、路由表的大小、策略是否复杂。

什么是整形延迟呢?有时候路由器需要对用户发送数据包的速度进行限速,当客户发送流量的速度超过承诺的信息速率的时候,路由器会把流量进行缓冲下来,然后再进行流量的转发,那么再缓冲会造成数据包转发产生延迟,这个就是整形延迟。在学习网络中的 QoS 的时候,会有详细的介绍整形技术。

变化的时延被称作抖动(Jitter),抖动大多起源于网络中的队列或缓冲,尤其是在低速链路时,而且抖动的产生是随机的,一般由传输延迟及处理延迟组成;而抖动是指最大延迟与最小延迟的时间差,如最大延迟是 20 ms,最小延迟为 5 ms,那么网络抖动就是 15 ms,它主要标识一个网络的稳定性。语音和视频数据包对于抖动的要求是比较高的。

网络丢包指的是数据包由于各种原因在信道中丢失的现象。引起网络丢包的常见原因有以下几种。

(1) 物理线路故障。如果是物理线路故障所造成网络丢包现象,则说明故障是由线路供应商提供的线路引起的,需要与线路供应商联系尽快解决问题。联系服务商来解决网络丢包很严重的情况。

(2) 设备故障。设备故障主要包括软件设置不当、网络设备接口及光纤收发器故障造成的。这种情况会导致交换机端口处于死机状态。可以将光纤模块更换掉,换一条新的模块替换。

(3) 网络被堵塞、拥堵。当网络不给力的时候,再通过网络传输数据,就会将网络丢包更多,一般是路由器被占用大量资源造成的。解决方法就是这时应该 show process cpu 和 show process mem,一般情况下发现 IP input process 占用过多的资源。接下来可以检查 fast switching 在大流量外出端口是否被禁用,如果是,则需要重新使用。用 show interfaces 和 show interfaces switching 命令识别大量包进出的端口。一旦确认进入端口后,打开 IP accounting on the outgoing interface 看其特征,如果是攻击,源地址会不断变化但是目的地址不变,可以用命令“access list”暂时解决此类问题。

(4) 路由错误。网络中的路由器的路径错误也是会导致数据包不能正常传输到主机数据库上,这种情况属于正常状况,它所丢失的数据也是很小的。因此用户可以忽略这些数据丢包,而且这也是避免不了的。

1.2 计算机网络的分类

由于着眼点不同,计算机网络有不同的分类方法。

1.2.1 按拓扑结构分类

计算机网络的拓扑结构是理解计算机网络设计意图的基础。通常不同的拓扑结构也意味着需要使用不同的网络技术及设备,一般情况下计算机网络的拓扑结构可以分为总线型、环形、星形、树形和分布型的结构。

用一条称为总线的主电缆,将工作站连接起来的布局方式,称为总线型网络拓扑结构,如图 1.1 所示。

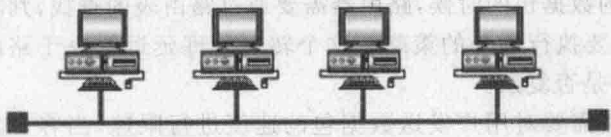


图 1.1 总线型网络拓扑结构

在总线型结构网络上的计算机通过相应的硬件接口直接连接在总线上,任何一个节点的信息沿着总线的两个方向传输扩散,并且能被总线中任何一个节点接收。在此结构中,信息是广播性质的向四周传

输,总线上通常以基带形式串行传递信息,每个节点的网络接口硬件需要具有收、发功能。总线结构布局的特点是:结构简单灵活,便于扩充;可靠性高,网络响应快;设备少、价格低、安装使用方便;共享资源能力强。总线型网络在总线的两端需要使用端结器,以避免信号反射回总线产生不必要的干扰。由于总线型网络的广播特性,这种网络结构还大量存在于对下行速度要求高的有线电视领域,使用双绞线连接的计算机网络即使在逻辑上是总线结构,在物理连接上更像是一个星形网络。

环形网络各节点通过环路接口连在一条首尾相连的闭合环形通信线路中,环路上任何节点均可以请求发送信息。请求一旦被批准,便可以向环路发送信息。环形网中的数据按照设计主要是单向,同时也可可是双向传输。由于环线公用,一个节点发出的信息必须穿越环中所有的环路接口,信息流中目的地址与环上某节点地址相符时,信息被该节点的环路接口所接收,而后信息继续流向下一环路接口,一直流回到发送该信息的环路接口节点为止,如图 1.2 所示。



图 1.2 环形网络拓扑结构

环形网络的特点是:信息在网络中沿固定方向流动,两个节点间仅有唯一的通路,大大简化了路径选择的控制;某个节点发生故障时,可以自动旁路,可靠性较高;由于信息是串行穿过多个节点环路接口,当节点过多时,影响传输效率,使网络响应时间变长,但当网络确定时,其延时固定,实时性强;由于环路封闭故扩充不方便。1985 年 IBM 公司推出的令牌环形网(IBM Token-Ring)是其典范。现在这种结构广泛应用于以光纤为链路的 FDDI 网络中。

星形拓扑是以中央节点为中心与各节点通过点到点的方式连接组成。中央节点执行集中式通信控制策略,如图 1.3 所示。现有的数据处理和语音通信网络大多采用星形拓扑。在星形网中,中央节点控制着任意两个节点进行通信的链路建立、维持、拆除。

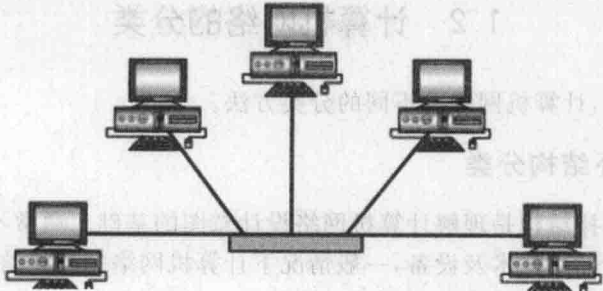


图 1.3 星形网络拓扑结构