

TCP/IP

揭秘

〔美〕 Dr. Paul L. Schlieve 著
肖丹 施渝萍 译



人民邮电出版社

人民邮电

393
F/1

tp393
SLF/1

TCP/IP 揭 秘

[美] ^{Dr. P. L. 施利夫} Dr. Paul L. Schlieve 著
肖 丹 施渝萍 译

人民邮电出版社

内 容 提 要

TCP/IP 是本世纪 70 年代美国国防部(DOD)出于建造异种机之间的数据通信网而主持开发的著名协议,其最大特点是可以实现异种机之间的互连。著名的 Internet 就是建立在 TCP/IP 协议的基础上。本书深入浅出地介绍了 TCP/IP 协议的主要内容。全书共分为 9 章:从介绍网络的作用、协议、构成等基本知识开始;接着介绍了 TCP/IP 的基本概念、发展过程、协议栈、与操作系统的相互关系,客户机/服务器模式,Internet、Intranet 及以太网与 TCP/IP 的关系;然后着重介绍了构成 TCP/IP 协议的重要组成部分(包括 Telnet 协议、FTP 协议、SMTP 协议和 X 协议)和 TCP/IP 协议的寻址技术。

本书叙述简明扼要,通俗易懂,不但适合于计算机网络和 Internet 用户阅读参考,也可作为大专院校有关专业师生的教学参考书或者培训班教材。

TCP/IP 揭秘

JS314/07

- ◆ 著 [美]Dr. Paul L. Schlieve
译 肖 丹 施渝萍
责任编辑 刘君胜
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:787×1092 1/16
印张:6.75
字数:160 千字 1999 年 3 月第 1 版
印数:1-11 000 册 1999 年 3 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记 图字:01-98-0993 号
ISBN 7-115-07578-6/TP·962

定价:12.00 元

版 权 声 明

Dr. Paul L. Schieve; Demystifying TCP/IP
Reprinted in Chinese by The People's Posts and
Telecommunications Publishing House
in arrangement with
Wordware Publishing, Inc.
Plano, Texas 75074 U. S. A.

本书为美国 Wordware 公司独家授权的中文版本。本书专有出版权属于人民邮电出版社所有。在没有得到本书原版出版者和本书出版者书面许可时,任何单位和个人均不得擅自摘抄、复制本书的一部分或全部以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

本书原版版权属于 Wordware 公司。

版权所有,侵权必究。

译 者 序

在 70 年代,美国国防部(DOD)出于建造异种机间数据通信网(即后来人们所熟知的 ARPANET)的需要,主持开发了著名的 TCP/IP 协议。TCP/IP 协议的最大特点就是可以实现异种机间的互连,因此,著名的 Internet 网络就是建立在 TCP/IP 协议的基础之上的。由于 Internet 在当今网络通信中的重要地位,使得 TCP/IP 协议的重要性也得到了举世公认。了解和学习 TCP/IP 协议对于一个网络用户特别是 Internet 用户来说无疑是必要的。

对于网络协议的初学者来说,TCP/IP 协议似乎是有些深奥。但实际上它并不困难,更不神秘。一本深入浅出、通俗易懂的入门参考书对于帮助读者迅速而有效地了解 TCP/IP 协议的主要知识和原理是十分重要的。而本书的原作者正是本着这样的目的和准则,围绕 TCP/IP 为中心来展开介绍和论述的。

在本书第一章中,主要介绍了网络的作用、网络协议和网络构成等基本知识和概念,以帮助读者掌握正确的网络基本概念。

作为 TCP/IP 学习入门介绍和讲解,本书第二章和第三章主要给出了 TCP/IP 的基本概念、TCP/IP 的发展过程、TCP/IP 的协议栈、TCP/IP 协议与操作系统间的相互关系、客户机/服务器模式、Internet、Intranet 以及以太网与 TCP/IP 的关系。

本书第四章、第五章、第七章和第九章分别介绍了构成 TCP/IP 协议集中重要的组成部分,包括 Telnet 协议、FTP 协议、SMTP 协议和 X 协议,通过对这些内容的讲解和介绍,帮助读者学习 TCP/IP 应用中的一些常用部分。

在本书第八章中介绍了 TCP/IP 协议的寻址技术,以便使读者了解 IP 地址的基本分类和格式,以及寻址的工作机制等。

考虑到万维网(WWW)作为 Internet 上目前发展最快且最为重要的一种服务,本书在第六章中专门对此作了介绍,内容包括 WWW 技术原理、WWW 的产生、应用和发展前景,帮助读者对 WWW 有一个基本了解,同时,也介绍了 WWW 主页的基本设计方法,便于读者在这方面进一步学习和应用。

在翻译本书过程中,我们感到这本书比较适合 TCP/IP 或 Internet 初级用户阅读的参考教程,其特点是简明、扼要和通俗易懂。在本书每章最后都配有相应的练习,有助于帮助读者进一步巩固和掌握所学的内容。我们希望这本书能帮助更多的读者迈入计算机网络世界。

译 者

1998. 9

目 录

第一章 基本问题	1
1.1 网络的用途	1
1.2 协议的作用	2
1.3 协议的工作原理	2
1.4 网络所需的网络协议	3
1.5 网络的构成	4
1.5.1 总线	5
1.5.2 环	5
1.5.3 集线器	6
1.5.4 交换机	7
1.6 骨干与折叠骨干	7
1.7 小结	9
1.8 练习	9
第二章 TCP/IP 基础	11
2.1 TCP/IP 的概念	11
2.1.1 远程登录	12
2.1.2 文件传输	12
2.1.3 消息系统	13
2.1.4 Gopher	13
2.1.5 World Wide Web	14
2.1.6 电子邮件	14
2.1.7 用户定制应用	14
2.1.8 传输机制	15
2.1.9 路由机制	15
2.1.10 分布式窗口系统	15
2.2 客户机/服务器	16
2.3 TCP/IP 的使用环境	17
2.4 TCP/IP 产品的差异	17

2.5 小结.....	18
2.6 练习.....	18
第三章 TCP/IP 概述	21
3.1 TCP/IP 的发展历史	21
3.2 TCP/IP 的构成	22
3.2.1 应用层.....	22
3.2.2 传输层.....	24
3.2.3 网络层.....	24
3.2.4 数据链路层.....	25
3.2.5 物理层.....	25
3.3 Internet 的概念	25
3.4 Intranet 的概念	25
3.5 基于 TCP/IP 的以太网原理.....	26
3.6 小结.....	27
3.7 练习.....	28
第四章 Telnet	29
4.1 Telnet 的概念	29
4.2 Telnet 的特点	31
4.3 Raw Telnet 的概念	31
4.4 TN3270 的概念	33
4.5 Telnet 的应用	34
4.6 Telnet 的客户命令	34
4.7 Telnet 的使用平台	35
4.8 小结.....	36
4.9 练习.....	36
第五章 FTP 原理	39
5.1 FTP 的概念	39
5.2 FTP 传输的数据类型	40
5.3 FTP 客户的实现	40
5.4 FTP 的基本功能	41
5.5 FTP 的命令	42
5.6 FTP 命令的使用	44
5.7 FTP 匿名方式的作用	44
5.8 FTP 的应用特点	45
5.9 小结.....	45
5.10 练习	46

第六章 World Wide Web 原理	47
6.1 World Wide Web 的概念	47
6.2 Web 系统的组成	49
6.3 Web 的产生	50
6.4 Web 的飞速发展	51
6.5 Web 传输的数据类型	52
6.5.1 音频流	54
6.5.2 视频流	54
6.6 Web 的未来发展	56
6.7 小结	56
6.8 练习	56
第七章 SMTP 原理	59
7.1 SMTP 的组成	59
7.2 邮件服务器的作用	60
7.3 SMTP 与 LAN 邮件系统间的互作用	60
7.4 SMTP 命令	61
7.5 通过邮件所能传送的信息类型	61
7.5.1 SMTP 扩展服务	61
7.5.2 MIME	62
7.6 DNS 在电子邮件系统中的作用	62
7.7 小结	63
7.8 练习	63
第八章 TCP/IP 寻址	65
8.1 IP 地址与网络层的关系	65
8.2 TCP/IP 的端口地址	65
8.3 地址分类的作用	66
8.4 IPng 协议	67
8.5 Sockets 的概念	67
8.6 DIX 以太网	68
8.7 802.3 与 DIX 间的区别	68
8.8 IP 地址	69
8.9 域名	70
8.10 小结	71
8.11 练习	71

第九章 X 原理	73
9.1 X 的概念	73
9.2 X 的产生	74
9.3 X 的组成	74
9.4 X 的功能	76
9.5 X 中主要的词汇	76
9.6 X 的运作原理	77
9.7 X 中的变量设置问题	78
9.8 小结	78
9.9 练习	79
英文缩写词	81
词汇	85
附录	95
附录 A——端口	95
附录 B——RFC 列表	98
附录 C——练习解答	98

第一章 基本问题

在本章中将涉及到如下几个问题：

- 网络的必要性。
- 协议的必要性。
- 协议的作用。
- 协议的选择。
- 网络的构成。
- 折叠骨干的长处。

1.1 网络的用途

如果你向 10 个人提出为什么需要网络这个问题，那么将会有 10 种不同的回答。不过在这些回答中，有些部分是相同的。如果你问公司的财务人员，他们会说网络可以帮助他们尽可能地利用公司的技术资源。的确如此，只要正确地建造好一个网络后，要做到这一点并不困难。如果你问档案管理和培训部门人员，他们典型的回答是“网络可使所有的员工之间能实现文件和电子邮件的相互传送，并可利用远程登录来访问位于异地的主机”。

总之，有许多的理由来促使建造一个网络。对大多数网络而言，既有相同之处，也有不同之处。而建造网络的原因也会随时间的不同而不同。在网络的发展初期，网络规模大多限于工作组或部门的环境，而建网的主要原因是为了共享计算机的资源。在当时，一个 5MB 的硬盘就需 6000 美金，即使市场上最便宜的针式打印机也需 3500 美金。因此，在许多工作组中，都存在着共享硬盘空间和打印机的需要。然而，随着 99 美金 1GB 硬盘和 199 美金喷墨打印机的出现，使原来这种“共享”的需求不存在了。因而，现在建造网络的主要驱动力量不再是为了对硬件和外设的共享，而是为了对信息的共享。下面列出了一些通常的理由。

- 远程登录——这种服务可以使用户在本机上“远程”登录到异地主机上。
- 文件传输——这种服务可使网络用户相互交换文件，这既节省了时间，又免除了资源的复制，更重要的是，它可为用户带来极大的方便。
- 文件服务——文件服务不同于文件传输之处就在于它允许将网络中另一台计算机上的磁盘空间作为本地磁盘空间来使用。

- 电子邮件——这种服务可使网上的用户相互间能交换电子邮件。
- 共享打印机——打印服务可使多个用户共享一台打印机。共享打印机的打印速度快于一般的台式打印机。另外,它还具有其它一些特点,如分辨率高、纸张尺寸大和彩色打印。
- 信息服务——信息服务的形式是多种多样的,如 WWW、Gopher、News 和 Lotus Notes 等。每一种信息资源都有自己的表示和浏览系统,但它们的共性是都有一个相对于网上服务器程序的网上客户程序(如 Web 浏览器、Newsreader、Notes client)来完成用户与信息资源的交互作用。

用户的需要和网络的结构类型决定了网络可能的功能。网络特别需要具备的一种功能就是能够提供对来自多个厂商不同设备的支持,这种互操作功能是建造网络时必须要考虑的重要特性。

1.2 协议的作用

为了将计算机、打印机、磁盘设备、终端服务器、通信服务器及其它设备连接起来,需要网络具有一定的形式。而要完成网络的功能,就要求网上的各种设备都应遵循一定的规范,这种规范从技术上讲就称为协议。

在计算机和网络发展的前十年,各厂家都试图采用各自的协议来获得竞争的优势。Apple 公司制定了 Apple Talk 协议;Novell 公司制定了 IPX/SPX 协议;IBM 公司制定了 SNA 协议;Microsoft 公司制定了 NetBIOS 协议。这些家厂家声称这是稳定其用户群的方法,而用户们则抱怨此举费用太高并限制了他们建造网络的灵活性。

全球最大的计算机用户之一的美国国防部开始坚持其所购买的计算机应能基于一种公共的协议来进行通信,这导致了 TCP/IP 协议的产生。当然,TCP/IP 协议的出现并不意味着各厂家不能提供他们自己的协议,而是要求他们能提供对 TCP/IP 协议的支持。这样,各厂家在与政府做生意时,开始提供 TCP/IP 作为选项。另外,这也带动了大学的购买力,因为她们需要以研究 TCP/IP 为由来申请国家经费资助。

今天,TCP/IP 网络协议已由最初政府、军方、大学和与政府做生意的代理商感兴趣的协议发展成为未来计算机网络的代表性协议。由于 TCP/IP 协议对各厂家的产品具有开放性,从而可以实现各厂家设备间的互操作,这一点是非常重要的,它意味着在一个基于 TCP/IP 的网络 DEC 的计算机可以与 IBM、Apple、Sun、Silicon Graphics、Hewlett Packard 或任一其它厂家的计算机进行通信。

1.3 协议的工作原理

网络协议定义了一个网络中所有的操作。协议甚至还定义了网络外部的实体如何与网络进行相互操作。例如,有些网络协议对如何从 A 点向 B 点传送数据也作了规定。另一些网络协议则定义了对某一台计算机或设备如何通过一定的介质,如电话线或其它类型的连接方式进行相互通信。

简而言之,协议对将在网络上工作的设备如何完成操作作出了规定。

1.4 网络所需的网络协议

一个网络究竟需要何种网络协议,这需要根据一定的出发点来决定,通常是要考虑网络各组成部分的结构模型。目前,称为 ISO(International Standards Organization)的国际化标准组织制定了一种称为 OSI(Open System Interconnection)的协议模型。

OSI 模型分为七层,它定义了可用于任一网络上的结构单元。为了更好地说明这一点,图 1.1 给出了该模型各层的名称和相应功能。

在具体说明各层功能之前,需考虑这样一个网络,假设该网络是由计算机、软件、电缆或其它设备所构成的。大多数的网络可以划分成不同的层次,各层可按其相应的功能给出解释。通常,在试图以层来解释不同的网络时,各网络并不存在一一对应的关系。有些协议如 TCP/IP 是先于 OSI 模型提出的。由于种种原因,其他一些厂家开发的协议在速度、存储容量或效率方面都有其自身的优点,这使得这些厂家在开发自己的协议时并未完全遵循 OSI 模式,从而导致许多协议与 OSI 模式并不一样。

在 OSI 分层模型中,由上至下包括:

应用层
表示层
会话层
传输层
网络层
数据链路层
物理层

图 1.1

- 应用层——用于提供应用所需的服务软件。例如,为文件传输操作提供必要的服务。它之所以称为应用层是因为它要与相应的应用(以一定网络协议形式)交互工作,或者是向这些应用提供服务。

- 表示层——用于决定数据语法,简单地说就是确定数据是采用 ASCII 码还是采用 EBCDIC 码,并完成对将要传递的数据进行编码。

- 会话层——用于作为用户进入网络的接口。不过,用户并不能感觉到这一层。在该层要完成与应用的逻辑连接,该层具有与程序或用户相关的可寻址端点。

- 传输层——在网络的发送端,传输层从会话层获得数据,并在传输层上完成包头和包尾的封装。一些传输协议之所以能保证数据的可靠传输,是因为这些协议是属于面向连接的协议。相反,对于那些面向无连接的协议则不能保证数据的可靠传输。传输层的接收端在收到数据后,会去掉包头和包尾,并将原数据传送到会话层。

- 网络层——该层为数据通信提供从信源到信宿的路由,所采用的网络协议将决定该层的工作,就 TCP/IP 协议而言,网络协议为 IP 协议。

- 数据链路层——该层的主要作用就是通过物理链路来提供可靠的数据传输。具体地说,在该层会将数据分割为帧,并以一定的顺序进行传送,以便在接收端按顺序接收帧。

- 物理层——该层充当了物理介质与设备间的一个接口。它将所接收的来自数据链路层的帧按比特位逐位传送到信宿主机的物理层,具体地说,它传送的是电或光脉冲信号。

对不同网络协议的评估可采用 OSI 来作基准。OSI 本身即是一种网络协议,不过本节将着重介绍的是 TCP/IP 协议。人们曾经都在考虑采用 OSI 网络协议,美国联邦政府的各部门也

为今后网络的兼容性问题颁布了一些法令,各州政府也计划完成现行协议到 OSI 的转换,但实际上只有少数单位建造了基于 OSI 的网络。考虑到 OSI 缺乏足够大的市场,所以各网络设备厂家主要针对当今用户的需要来开发相应的硬件和软件产品,这样,OSI 协议可能成为一种作为历史脚注而结束的未来协议的网络协议。尽管如此,OSI 模型为人们考查其它协议各部分间的工作方式提供了一个非常好的框架。在本书的后面将以 OSI 模型来进一步解释 TCP/IP。

协议数据格式:

在网络中,数据流从发送节点的顶端流向底端(相对于网络分层结构而言),这意谓着当数据向下传送到网络协议栈时,会在各层加上相应的包头和包尾。相应地,在网络的接收节点,当数据流从底层流向高层时,在各层会去掉相应的包头和包尾。

在某些情况下,发送节点是一个终端用户,而接收实体是一个应用程序,而在另外情况下,收、发双方实体可以都是应用程序。

那些用于封装数据的包头和包尾,其本身又包含了协议层所需的特定信息。例如,网络层的包头中就携带了相应的路由信息。图 1.2 给出了在 OSI 模型下,数据流在流经各协议层时,包头的产生情形。

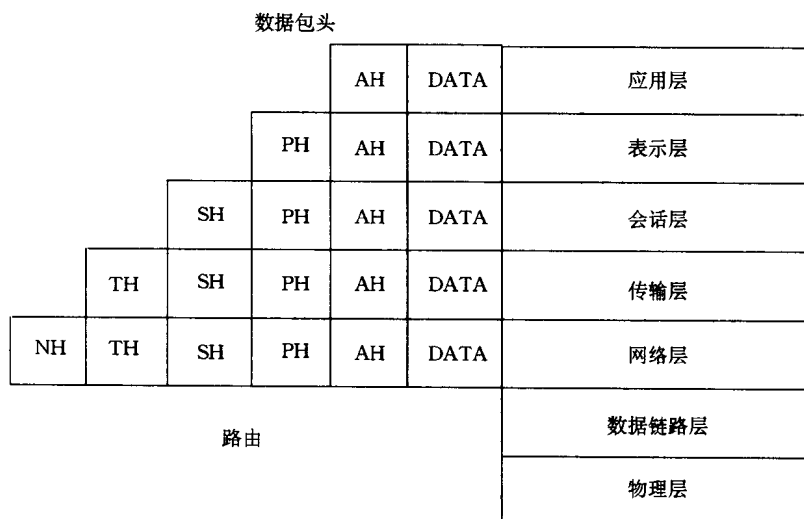


图 1.2

1.5 网络的构成

了解网络的构成是十分重要的,因为它可为网络的设计提供一个框架。而要阐述如何建造网络就得先解释如何将网络设备通过公共的物理介质连接在一起。在这里公共介质的含义是指各网络的一种基础设施。假定这些公共介质可以延伸至很长的距离并且是由不同类型的介质所组成。一个网络可以由互连在一起的计算机、打印机、服务器等组成。网络在物理上可遍布全球范围,而对于这种物理分布可通过一个术语——拓扑来加以描述。网络的拓扑形式可有多种多样,但在本书中主要涉及基于以下几种技术实现的拓扑形式:

- 总线(Bus)。

- 环(ring)。
- 集线器(Hub)。
- 交换机(Switch)。

1.5.1 总线

基于总线拓扑结构的网络是最易理解的一种结构,你可以把总线想象成一条“街道”,而连接到总线上的各设备可以看作是与“街道”相连接的“民居店铺”。图 1.3 是一幅与一条总线相连接的计算机、打印机、文件服务器和通信服务器的关系示意图。

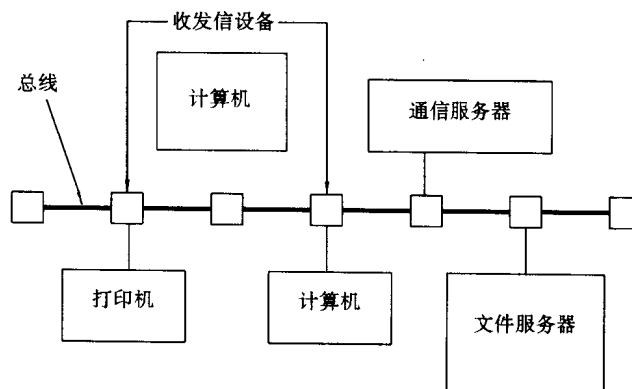


图 1.3

在图 1.3 中,总线作为所有网络设备的一条公共链路,在实际情况中总线并不是简单的一条直电缆,它会因具体的物理环境不同而呈现出不同的形状。

图 1.3 作为总线拓扑结构的一个示例,其网络设备是通过一个转发器连接到电缆上的,而转发器则是作为网络设备的一个连接点。早期的连接是通过一条电缆来连接转发器和网络设备接口卡的,而现在生产的大部分网卡已在其上集成了转发器的功能,在出厂的大多数计算机主板中也已集成了网卡和转发器功能,因此,在现在的总线网络拓扑结构中,要唯一标识每个单独的网络设备转发器是不可能的。

在谈到网络拓扑结构时,有两个术语要注意,即“逻辑上的”和“物理上的”。图 1.3 所示的网络拓扑结构,实际上是一种“逻辑上的”拓扑结构,因为在实际应用环境中,大部分“物理上的”总线拓扑结构网络并不是直线型的,而可能是弧形的。

1.5.2 环

当提到环形结构时,首先联想到的就是令牌环(Token Ring)。令牌环是一种低网络层协议,具体地说,属于一种数据链路层的协议。大多数令牌环结构如图 1.4 所示。

图 1.4 给出的环型拓扑结构并不代表实际的物理令牌环网络结构,而是一种“逻辑”上的概念。令牌环网通常是基于 MAU(Media Access Unit)来建造的,这样,一个令牌环网看起来会如图 1.5 所示。

MAU 内部有一个环,因此令牌环网络的“环”即由此而生,许多有关环型网的图例和解释

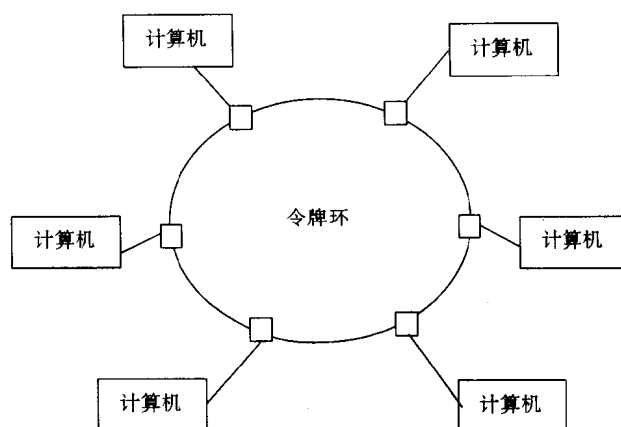


图 1.4

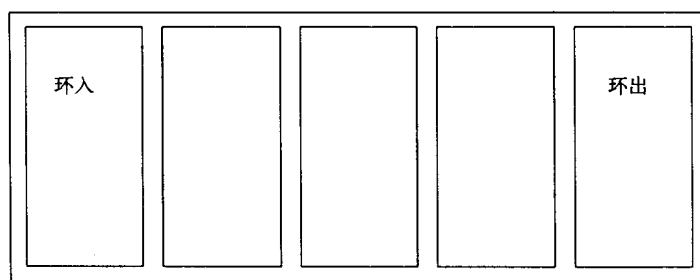


图 1.5

均假设读者有上述的先验知识。但若不了解这一点的话,有些初学者或许会闹出在令牌环网中寻找“环”的笑话。

不过,有一点很重要,即在建造所谓的网络环时,会通过一段电缆接到各设备之间的 MAU 上。这样做,是为了实现在出现故障时,能通过 MAU 隔离出有问题的设备,以保障其余设备的正常工作,从而避免出现网络崩溃的情况。这种容错能力一直是令牌环网的一个重要特点。

另外,还有其它一些基于环型结构的网络,它们的共同点是采用一个或两个环来传送数据。

1.5.3 集线器

集线器(HUB)如同其名一样,是采用中央连接方式,其网络拓扑结构如图 1.6 所示。

在图 1.6 所示的网络结构中,HUB 将构成网络的连接中心,在以太网中,HUB 也称为“集中器”(concentrator)。在网络发展过程中,令牌环网的星型结构以及其隔离出现故障设备的容错能力一直是人们十分推崇的一个特点。而以太网最初的定义是基于一条电缆来实现计算机与计算机间的连接。总线拓扑结构的系统最易出现的问题是电缆线,一旦电缆线出现问题,会使连接在相应段上的所有计算机无法正常工作。从电器的角度来看,以太网集线器延续了总线式拓扑结构,但在物理结构上采用的则是星型结构,其中每台计算机均连接到集线器上。当基

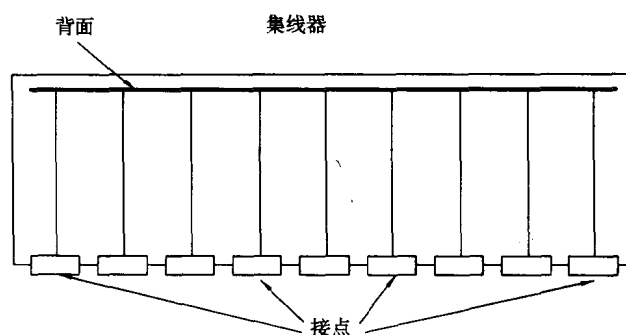


图 1.6

于标准以太网结构的网络在实现低费用和引入集线器提高网络可靠性后,从 90 年代起,以太网便成为一种主流的网络技术,并且,在集线器中还引入了智能功能,使智能化集线器与 SNMP 管理平台间可进行通信,从而实现了在网络结构的中央管理。

1.5.4 交换机

从直观上看,并不能立即区分出交换机和集线器,因为它们都位于星型结构的中央,它们的主要区别在于其内部机制的不同。集线器实现的是一种基于电气总线的星型物理连接,总线速率可达 10Mb/s,连接在集线器上的所有设备依次分享其总线速率。对于交换机来说,限制其速率的因素仅是底板的速度。在以太网中,交换机的典型速率为 600Mb/s。

在以太网交换机中,通过以全双工方式取代半双工方式可以获得更高的性能。在早期的以太网系统中,一块以太网网卡可以具有收、发功能,但不能同时进行这两种操作。采用以太网交换机后,通过对系统的配置,可以实现一块以太网网卡可同时进行收、发操作。作为一个例子,当某一服务器连接至交换机后,可以看到,它在接收来自某一客户机请求的同时,还可以向另一服务器发送数据,这意味着它具有提供实时业务的能力。但对于全双工的交换机来说,也有一个问题,那就是只有少数高品质的网卡才可以接入半双工交换环境的以太网中,同时也可用于全双工的环境中。幸好,全双工交换机本身通过适当配置,可以既工作在全双方式下,也可以工作在半双工方式下。

交换机的另一个功能就是它可作为高速网络的一种基础设备。ATM (Asynchronous Transfer Mode) 技术就是建立在 53 字节短分组数据上的一种高速交换技术,它可以提供将 25Mb/s 的台式系统接入到 100Mb/s 的交换机上的功能。另外,ATM 技术还可以提供高达 600Mb/s 的速率,以应对对宽带数据的要求。

1.6 骨干与折叠骨干

骨干(backbone)这一术语常出现在有关网络互连的讨论中,根据具体涉及的内容和场合的不同,它也有不同的含意。例如,在解释网络拓扑结构时,它所表达的意思是指物理上的连接,并主要是指将设备连接到网络上的公共连接点。

另外,骨干也用于网络协议的讨论中,在这种情况下,它具有更广泛的含义。例如,在图 1.7 中,可用“骨干”这一术语来表示从网络 A 经由网络 C 到网络 B 的路由。

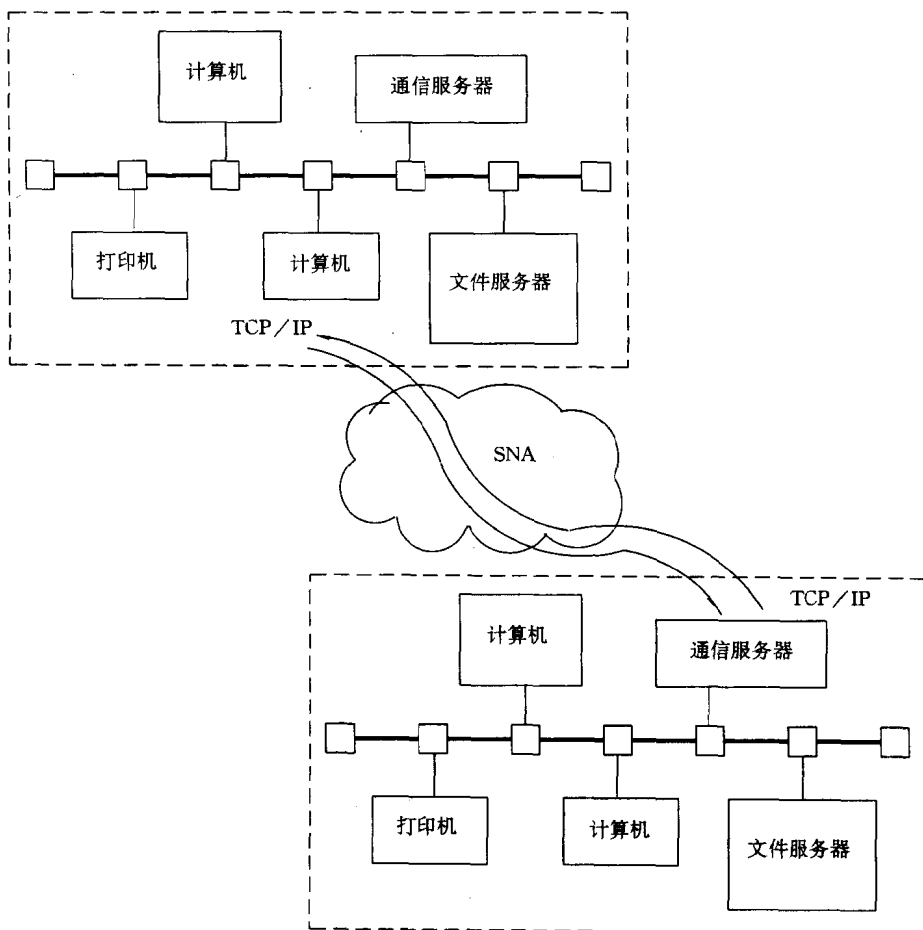


图 1.7

有时,骨干一词能引起一些概念上的混淆,特别是当谈论到该术语而又未明确表示其含义的情况下,更是如此,因此,骨干这一术语并不是一种具有严格定义的技术术语。

在 90 年代初,网络正处于发展时期,网络系统的骨干主要是指实现各路由器间的一系列网络连接。在 90 年代末,网络技术的发展对有关传统网络的基本结构方面的一些假定提出了挑战,特别是关于办公大厦网络和校园网络。对于基于传统路由器的网络系统设计,可以明确区分出构成网络骨干的主要通信链路,但是当核心的路由器和通信链路由大容量的交换机取代后,网络的骨干也就从原来的各路由器间的连接移到了交换机的底板上。而这种由交换机取代内部互联的路由器后所形成的网络就具有了称为折叠骨干(Collapsed backbone)的骨干。折叠骨干可以改进网络的流通情况,这是因为交换机比路由器具有更高的速率。