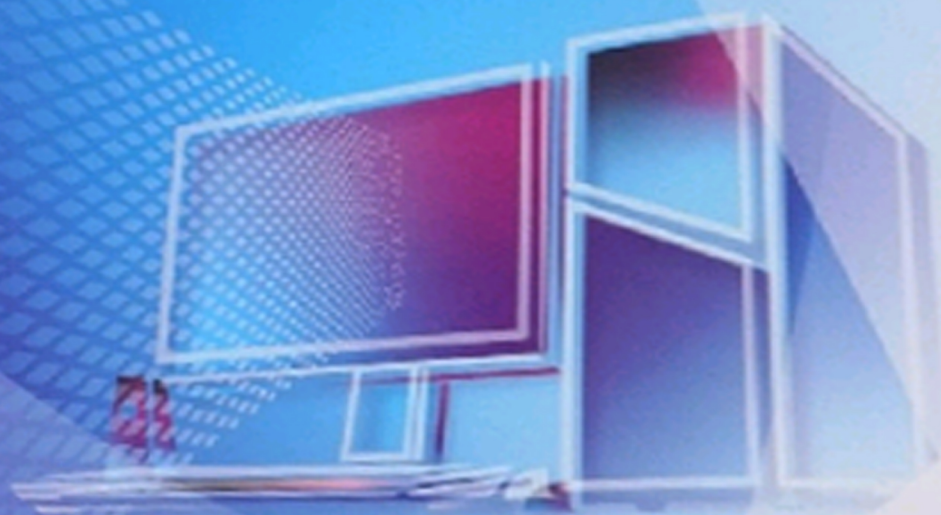


计算机网络基础

主编 穆德恒



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

计算机网络基础

主 编 穆德恒

副主编 唐 桦 张 锋



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书系统地介绍了计算机网络的基础知识和应用技术。主要内容包括计算机网络基础、数据通信基础、网络体系结构和参考模型、网络通信协议、计算机局域网、网络互连等，在每一章中，根据理论知识设计实践内容，力求合理地将理论和实践进行有机结合，帮助学生顺利掌握计算机网络原理与应用技能。本书内容丰富，结构合理清晰，语言通俗易懂；注重网络基础知识和实践应用的结合，力求通过实践帮助学生循序渐进地学好计算机网络的基础知识。

本书可作为普通高等院校计算机网络课程的教材，同时也可供广大网络技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络基础 / 穆德恒主编. -- 北京: 北京理工大学出版社, 2021.8

ISBN 978-7-5763-0280-6

I. ①计… II. ①穆… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第177598号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 河北鑫彩博图印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 331千字

版 次 / 2021年8月第1版 2021年8月第1次印刷

定 价 / 65.00元

责任编辑 / 阎少华

文案编辑 / 阎少华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换



Preface

前言

本书根据网络技术发展，及时更新知识，在内容和结构上做了细致安排，较多地从实践性和可操作性上仔细描述。本书从先进性和实用性出发，以OSI/RM、IEEE 802和TCP/IP为主线，介绍了计算机网络基本概念、OSI/RM七层模型、TCP/IP协议、局域网、广域网等技术知识。侧重于实际应用和动手能力的培养，以提高学习者分析问题、解决问题的能力。本书叙述简明扼要，通俗易懂，实用性强，学做合一，提供实验操作内容。

第1章主要介绍计算机网络的拓扑结构、标准化组织、网络体系结构等基础知识；第2章主要介绍物理层（数据通信基础）知识；第3章简单介绍了OSI/RM的物理层、数据链路层、网络层、传输层和高层协议；第4章介绍了TCP/IP的网络层和传输层协议及子网划分技术；第5章介绍了各种局域网技术；第6章介绍广域网技术、TCP/IP的应用层、常用网络命令及设备互连等知识。

教学实施时，可根据教学计划规定的学时数和教学大纲的要求，灵活选取内容。

本书由穆德恒主编，统一筹划安排，第1章、第2章由唐桦编写，第3章至第5章由穆德恒编写，第6章由张锋编写。

书中不妥之处在所难免。殷切希望广大读者提出宝贵意见，以使教材不断完善。

Contents

目录

1 第1章 计算机网络基础

- 1.1 计算机网络概述 1
- 1.2 计算机网络的分类 2
- 1.3 计算机网络的组成 5
- 1.4 网络拓扑结构 8

15 第2章 数据通信基础

- 2.1 数据通信的基本概念 15
- 2.2 信息编码技术 17
- 2.3 通信方式及传输媒体 18
- 2.4 多路复用技术 22
- 2.5 数据交换技术 24
- 2.6 差错控制 26
- 2.7 通信网简介 29
- 2.8 本章实验 30

34 第3章 网络体系结构和参考模型

- 3.1 网络体系结构及网络协议 34
- 3.2 OSI参考模型 40

Contents

3.3	物理层	42
3.4	数据链路层	49
3.5	网络层	61
3.6	传输层	69
3.7	高层协议	73
3.8	TCP/IP体系结构	77

84 第4章 网络通信协议

4.1	IP	84
4.2	TCP和UDP	91
4.3	应用层协议	93
4.4	路由协议	97
4.5	下一代网际协议IPv6	107

117 第5章 计算机局域网

5.1	计算机局域网的基本概念	118
5.2	IEEE 802.2标准的LLC层规范	120
5.3	IEEE 802.3标准	122
5.4	IEEE 802.4标准	124
5.5	IEEE 802.5标准	125
5.6	高速局域网	126
5.7	虚拟局域网	128

Contents

5.8 无线局域网	129
5.9 组建局域网	136

142 第6章 网络互连

6.1 网络互连概述	142
6.2 网络互连设备	145
6.3 虚拟局域网技术	159
6.4 冗余链路和链路聚合	164
6.5 广域网	170
6.6 Internet接入方式	186
6.7 Windows常用的网络命令	194

200 参考文献

第 1 章

计算机网络基础

本章要点

- ◇了解计算机网络的产生和发展过程。
- ◇了解计算机网络的分类方法。
- ◇掌握计算机网络的通信子网类型和拓扑结构。
- ◇掌握计算机网络的体系结构、分层原理和标准化组织。
- ◇初步掌握 OSI/RM、TCP/IP 和 IEEE 802 三种模型。

1.1 计算机网络概述

自 20 世纪 60 年代计算机网络问世以来，它已经深入人们工作、学习和生活的方方面面。相信绝大多数人在学习这门课程以前都有过上网的经历。在家中，可以通过“猫”、ADSL 调制解调器以电话线方式或通过网卡以 LAN 方式连接到因特网，享受因特网所提供的各种服务，如 www 浏览、FTP 文件下载或上传、BBS 公告板、网上聊天、发送或接收电子邮件、网络游戏等，这些服务不仅拓展了人们获取信息以及与他人交流的渠道，也丰富了我们的生活、工作、学习和娱乐方式。事实上，不仅在家中，在学校、单位、企业或公司，甚至在一些公共场所也可以实现对因特网的访问。我们不仅可以在因特网上获得多种网络服务，在其他许多地方也都可以感受到各种网络应用的存在，如超市、银行、医院、企业和政府部门等。总之，网络与网络应用无处不在，网络已经成为社会生活中一个不可缺少的部分。那么到底什么是计算机网络呢？网络通信以及网络上的应用是如何实现的呢？这些就是这门课程中所要关注和研究的问题。本章先来学习有关计算机网络的一些基本概念。

在给出计算机网络的定义之前，我们先来了解“网络”的概念。“网络”通常是指为了达到某种目标而以某种方式联系或组合在一起的对象或物体的集合。例如日常生活中四通八达的交通系统、供水或供电系统、邮政系统等都是某种形式的网络。

什么是计算机网络？这个问题多年来一直没有一个严格的定义，且随着计算机技术和通信技术的发展而具有不同的内涵。目前一些比较权威的看法认为：所谓计算机网络就是通过线路互连起来的、自治的计算机集合，确切地讲，就是将分布在不同地理位置上具有独立工作能力的计算机、终端及其附属设备用通信设备和通信线路连接起来，并配置网络软件，以实现计算机资源共享的系统。

“地理位置不同”是指计算机网络中的计算机通常都处于不同的地理位置。例如，通过因特网访问网络服务时，被访问的主机在地理上往往是不可见的，不仅如此，这个主机还可能与我们位于不同的城市、省份乃至不同的国家。事实上，在绝大部分情况下，我们不知道也不需要知道它所处的确切位置。地理位置分布性所形成的空间障碍，是以组建计算机网络的方式来实现资源共享的原始驱动因素。

网络资源共享是指通过连在网络上的工作站(个人计算机)使用户(通常根据需要被授予适当的使用权)可以使用网络系统中的硬件和软件。

计算机网络是一个计算机的群体，是由多台计算机组成的，它们之间是互连的，即它们之间能彼此交换信息。计算机网络的基本思想是通过网络环境实现计算机相互之间的通信和系统资源共享(包括硬件资源、软件资源和数据信息资源)。

所谓自治是指每台计算机的工作是独立的，任何一台计算机都不能干预其他计算机的工作(例如，启动、关闭或控制其运行等)，任何两台计算机之间没有主从关系。

在计算机网络中，能够提供信息和服务能力的计算机是网络的资源，而索取信息和请求服务的计算机则是网络的用户。由于网络资源与网络用户之间的连接方式、服务类型及连接范围的不同，从而形成了不同的网络结构及网络系统。

随着计算机通信网络的广泛应用和网络技术的发展，计算机用户对网络提出了更高的要求，既希望共享网内的计算机系统资源，又希望调用网内的几个计算机系统共同完成某项任务，这就要求用户对计算机网络的资源像使用自己的主机系统资源一样方便。为了实现这个目的，除了要有可靠、有效的计算机和通信系统外，还要制定一套全网一致遵守的通信规则及用来控制、协调资源共享的网络操作系统。

计算机网络的功能主要表现在硬件资源共享、软件资源共享和用户间信息交换 3 个方面：

(1)硬件资源共享。可以在全网范围内提供对处理资源、存储资源、输入输出资源等昂贵设备的共享，使用户节省投资，也便于集中管理和均衡分担负荷。

(2)软件资源共享。允许互联网上的用户远程访问各类大型数据库，可以使用网络文件传送服务、远地进程管理服务和远程文件访问服务，从而避免软件研发上的重复劳动以及数据资源的重复存储，也便于集中管理。

(3)用户间信息交换。计算机网络为分布各地的用户提供了强有力的通信手段。用户可以通过计算机网络发送电子邮件、发布新闻消息和进行电子商务活动。

1.2 计算机网络的分类

当我们研究一些较为复杂的对象或问题时，常常会采用分门别类的方法来突出被研究对象或问题的某些特性，并且当关注的焦点不同时，我们会采用不同的分类标准。例如对学生进行分类时，可以根据不同的需要分别按性别、年龄或者成绩、班级等不同方法进行分类。同样，计算机网络的分类也存在多种不同的标准或方法。计算机网络可以从地域范围、拓扑结构、信息传输交换方式或协议、网络组建属性或用途等不同角度加以分类。

1.2.1 按地域范围分类

按地域范围可以把各种计算机网络划分为局域网、城域网、广域网和互联网 4 种。

1. 局域网

常见的 LAN 就是指局域网(Local Area Network, LAN), 这是最常见、应用最广的一种网络。现在局域网随着计算机网络技术的发展和提高得到了充分的应用和普及, 绝大多数每个单位有自己的局域网, 有的家庭甚至也有自己的小型局域网。所谓局域网, 就是在局部地域范围内的网络, 它所覆盖的地域范围较小。局域网在计算机数量的配置上没有太多的限制, 少的可以只有两台, 多的可达几百台。一般在企业局域网中, 工作站的数量在几十台到两百台之间。网络所涉及的地理范围一般是几米至 10 km。局域网一般位于一个建筑物或一个单位内, 不存在寻径问题, 不包括网络层的应用。

这种网络的特点是连接范围窄, 用户数少, 配置容易, 连接速率高。目前局域网最快的速率是现今的 10 Gbit/s 以太网。IEEE 的 802 标准委员会定义了多种主要的 LAN 网, 包括以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)、光纤分布式接口网络(FDDI)、异步传输模式网(ATM)以及最新的无线局域网(WLAN), 这些将在后面的章节中详细介绍。

2. 城域网

城域网(Metropolitan Area Network, MAN)一般是指在一个城市, 但不在同一地理范围内的计算机互连。这种网络的连接距离为 10~100 km, 它采用的是 IEEE 802.6 标准。MAN 与 LAN 相比扩展的距离更大, 连接的计算机数量更多, 在地理范围上可以说是 LAN 网络的延伸。在一个大型城市或都市地区, 一个 MAN 网络通常连接着多个 LAN 网, 如连接政府机构的 LAN、医院的 LAN、电信的 LAN、企业的 LAN 等。由于光纤连接的引入, 使 MAN 中高速的 LAN 互连成为可能。城域网多采用 ATM 技术构建骨干网。ATM 是一个用于数据、语音、视频以及多媒体应用程序的高速网络传输方法。ATM 包括一个接口和一个协议, 该协议能够在—个常规的传输信道上, 在比特率不变及变化的通信量之间进行切换。ATM 还包括硬件、软件以及—与 ATM 协议标准一致的介质。ATM 提供一个可伸缩的主干基础设施, 以便能够适应不同规模、速率以及寻址技术的网络。ATM 的最大缺点就是成本太高, 一般在政府城域网中应用, 如邮政、银行、医院等。

3. 广域网

广域网(Wide Area Network, WAN)也称为远程网, 所覆盖的范围比城域网(MAN)更广, 一般是在不同城市之间的 LAN 或者 MAN 网络互连, 地理范围可从几百千米到几千千米。因为距离更大, 信息衰减比较严重, 所以这种网络一般要租用专线, 通过 IMP(接口信息处理)协议和线路连接起来, 构成网状结构, 解决寻径问题。这种网络因为所连接的用户多, 总出口带宽有限, 所以用户的终端连接速率一般较低, 通常为 9.6 kbit/s~45 Mbit/s, 如原邮电部的 CHINANET、CHINAPAC 和 CHINADDN 网。

4. 互联网

互联网因其英文单词“Internet”的谐音, 又称为“因特网”。在互联网应用如此普及的今天, 互联网已成为我们每天都要使用的一种网络。无论从地理范围, 还是从网络规模来讲, 它都是最大的一种网络, 也就是常说的“Web”“www”和“万维网”等。从地理范围来说, 它是全球计算机的互连, 这种网络最大的特点就是不定性, 整个网络中的计算机每时每刻随着人们网络的接入在不断地变化。当接入互联网的时候, 用户的计算机可以算是互联网的一部分, 但一旦用户断开互联网的连接, 用户的计算机就不属于互联网了。互联网的优点是信息量大, 传播范围广。无论身处何地, 只要接入互联网就可以对任何联网用户发送信函和广告。因为互联网的复杂性, 这种网络实现的技术也是非常复杂的, 这些可以通过后面将要介绍的几种互联网接入设备详细

地了解。

1.2.2 按拓扑结构分类

所谓拓扑(Topology)结构是指网络单元的地理位置和互连的逻辑布局,具体讲就是网络上各节点的连接方式和形式。也就是说,网络拓扑结构代表网络的物理布局或逻辑布局,特别是计算机分布的位置以及电缆如何通过它们进行连接。设计一个网络的时候,应根据自己的实际情况选择正确的拓扑结构,每种拓扑结构都有它的优点和缺点。

目前比较流行的3种拓扑结构是总线型、星型和环型,在此基础上还可以连成树型、星环型和星线型。树型、星环型和星线型是3种基本拓扑结构的复合连接。

选择网络拓扑结构主要应考虑不同的拓扑结构对网络吞吐量、网络响应时间、网络可靠性、网络接口的复杂性和网络接口的软件开销等因素的影响,此外,还应考虑电缆的安装费和复杂程度、网络的可扩充性、隔离错误的能力以及是否易于重构等。

1.2.3 按交换技术分类

按交换技术可将计算机网络分为线路交换网络、报文交换网络、分组交换网络等。

(1)线路交换网络。在源节点和目的节点之间建立一条专用的通路用于数据传送,包括建立连接、传输数据、断开连接3个阶段。最典型的线路交换网络就是电话网络。该类网络的优点是数据直接传送,延迟小。缺点是线路利用率低,不能充分利用线路容量,不便于进行差错控制。

(2)报文交换网络。将用户数据加上源地址、目的地址、长度、校验码等辅助信息并封装成报文,发送给下个节点。下个节点收到后先暂存报文,待输出线路空闲时再转发给下个节点,重复这一过程直到到达目的节点。每个报文可单独选择到达目的节点的路径。这类网络也称为存储-转发网络。其优点如下:

- ①可以充分利用线路容量(可以利用多路复用技术,以及空闲时间);
- ②可以实现不同链路之间不同数据率的转换;
- ③可以实现一对多、多对一的访问,这是Internet的基础;
- ④可以实现差错控制;
- ⑤可以实现格式转换。

缺点如下:

- ①增加资源开销,例如辅助信息导致时间和存储资源开销;
- ②增加缓冲延迟;
- ③多个报文的顺序可能发生错误,需要额外的顺序控制机制;
- ④缓冲区难于管理,因为报文的大小不确定,接收方在接收到报文之前不能预知报文的大小。

(3)分组交换网络:也称包交换网络,其原理是将数据分成较短的固定长度的数据块,在每个数据块中加上目的地址、源地址等辅助信息组成分组(包),按存储转发方式传输。除具有报文交换网络的优点外,还具有以下自身的优点:

- ①缓冲区易于管理;
- ②包的平均延迟更小,网络中占用的平均缓冲区更少;
- ③更易标准化;
- ④更适合应用,现在的主流网络绝大多数可以看成分组交换网络。

1.2.4 其他分类方式

1. 按采用的协议分类

每层计算机网络使用的协议都不同,因此按协议分类时应指明协议的区分方式。比如按网络层的关键协议来分类,计算机网络可以分为IP网、IPX网等,无线网络可以分为Wi-Fi网络、蓝牙网络等。

2. 按使用的传输介质分类

按传输介质,计算机网络可以分为有线网络和无线网络两大类。有线网络又可以分为双绞线网络、同轴电缆网络、光纤网络、光纤同轴混合网络等。无线网络又可分为无线电、微波、红外等类型。

3. 按用户与网络的关联程度分类

按用户与网络的关联程度,计算机网络可以分为骨干网、接入网和驻地网。

1.3 计算机网络的组成

一个计算机网络必须具备以下3个基本要素。

- (1)至少两个具有独立操作系统的计算机,且它们之间有相互共享某种资源的需求;
 - (2)两个独立的计算机之间必须用某种通信手段连接;
 - (3)网络中各个独立的计算机之间要能相互通信,必须制定相互可确认的规范标准或协议。
- 以上3个要素是组成一个网络的必要条件,缺一不可。

计算机网络是由各种连接起来的网络单元(Network Element)组成的。一个大型的计算机网络是一个复杂的系统。它是一个集计算机硬件设备、通信设施、软件系统以及数据处理能力为一体的,能够实现资源共享的现代化综合服务系统。计算机网络系统的组成可分为硬件系统、软件系统及网络信息系统3部分。

1. 硬件系统

硬件系统是计算机网络的基础,它由计算机、通信设备、连接设备及辅助设备组成。硬件系统中设备的组成形成了计算机网络的类型。下面介绍几种常用的硬件设备:

(1)服务器(Server)。在计算机网络中,最核心的组成部分是计算机。在网络中,计算机按其作用分为服务器和客户机两大类。

服务器是计算机网络中向其他计算机或网络设备提供某种服务的计算机,通常按提供的服务被冠以不同的名称,如数据库服务器、邮件服务器等。常用的服务器有数据库服务器、邮件服务器、打印服务器、信息浏览服务器、文件下载服务器等。

用作服务器的计算机从其硬件本身来讲,除了处理能力较强之外与其他计算机并无本质区别。它们只是安装了相应的服务软件才具备了向其他计算机提供相应服务的功能,因此有时一台计算机可同时装有多种服务软件而具有多种服务功能。如网络中的某台计算机同时装有数据库管理系统及邮件管理系统软件,则这台计算机在网络中既是数据库服务器,也是邮件服务器。

(2)客户机(Client)。客户机是与服务器相对的一个概念。在计算机网络中享受其他计算机提供的某种服务的计算机就称为客户机。

由于服务器与客户机处理数据的要求不同,因此性能一般也不同。由于服务器一般情况下

要向多个客户机提供服务,要求有较强的数据处理能力,因此一般用较高性能的计算机,并由此出现了称为专用服务器的计算机,这种计算机一般比较耐用,内存和主板采用特殊的技术,有较强的校验功能,可防止意外死机。为了防止偶然停电等问题,一般配备不间断电源系统(UPS)提供后备保护。

服务器与客户机的另一个重要区别在于服务器和客户机上安装的系统软件不同。在服务器上安装的操作系统一般能够管理和控制网络上的其他计算机,如 Windows Server 2008 R2、Windows Server 2012 R2、Unix 等。在客户机上一般安装 Windows 7、Windows 10、Linux 等操作系统。当然,客户机上的操作系统必须被服务器上的操作系统所认可,才能实现相互的服务提供与服务享受。

在一些计算机网络中,计算机之间互为客户机与服务器,即它们互相提供类似的服务和享受这些服务,这种计算机网络称为对等网络。一般情况下,对等网络中的计算机都装有相同(或相似)的操作系统,如 Windows 10 等。

(3)网络连接设备。在计算机网络中,除了计算机外还有大量的用于计算机之间、网络与网络之间的连接设备,这些设备称为网络连接设备。这些设备一般包括网络适配器、网络传输介质、中继器、网桥、路由器、交换机。

其中网络适配器(一般指网卡)在计算机网络中负责计算机间的数据接收和发送。网络传输介质一般分为 3 种,即同轴电缆、双绞线和光纤,这些内容将在第 2 章中做详细介绍,这里不再赘述。

①中继器(Repeater)。在计算机网络中,信号在传输介质中传递时,传输介质的阻抗会使信号越来越弱,导致信号衰减失真,当网线的长度超过一定限度后,若想再继续传递下去,必须将信号整理放大,恢复成原来的强度和形状。中继器的主要功能就是对收到的信号重新整理,使其恢复原来的波形和强度,然后继续传递下去,以实现更远距离的信号传输。

中继器是最简单的网络连接设备,它用于连接同一个网络的两个或多个网段。如同轴电缆建立的总线型网络,每段长度最大为 185 m,最多可有 5 段,则增加中继器后,总线型网络的地理范围可扩展到 $185 \times 5 = 925(\text{m})$,如图 1.1 所示。



图 1.1 用中继器连接的网络

在前面的叙述中,提到了“网段”的概念。在用网络连接设备将多个网络连接起来的互联网中,可分成若干个网段(Segment)或者子网(Subnet)。网段和子网都是通过互连设备隔开的一部分。网段可以不具备独立网络的特性,但子网必须能够成为一个独立的网络。一个基本的局域网可以只有一个网段,也可由多个网段构成。网段如果具有独立网络的功能,就可称为子网。在图 1.1 所示的网络中,经过中继器延展,中继器两端的网络部分是网段,但不是子网。

用于构建星型网络的集线器(Hub)也是中继器的一种,因为集线器可级联起来用于扩展星型网络。

②网桥(Bridge)。网桥是用于连接两个相似网络的设备,并可对网络的数据流进行简单管理,它不但能扩展网络的距离和范围,而且可使网络具有一定的可靠性和安全性。

如果希望信号在计算机网络中传输时,某些信号只在网络的某个区域内传输,传输到不必要的区域一方面会增加干扰,影响整体效率,另一方面数据的安全性也不易保证。为了合理限制网络信号的传送,可使用网桥适当地分割网络。其原理是,当数据送达到网桥后,网桥会判

断信号该不该传到另一端，假如不需要就把它拦截下来，以减少网络的负载，只有当数据需要穿过它送到另一端的计算机时，网桥才会让其通过。例如在图 1.2 所示的网络中，当计算机 A 要传数据给计算机 B 时，网桥发现 A、B 计算机在同一网络中，信号没有必要传到网络 2 中，因此网桥会阻止信号传送到网络 2 中。若计算机 A 要传送数据给计算机 C，网桥则让信号通过。



图 1.2 用网桥连接的网络

通过以上介绍，可以看出网桥具有简单的过滤功能，为了利用好网桥的这种特性，必须设计好网桥的位置。

③路由器(Router)。路由器是用于连接不同类型网络的网络连接设备(图 1.3)，它可为不同网络之间的用户提供最佳的通信路径，因此路由器有时也称为“路径选择器”。

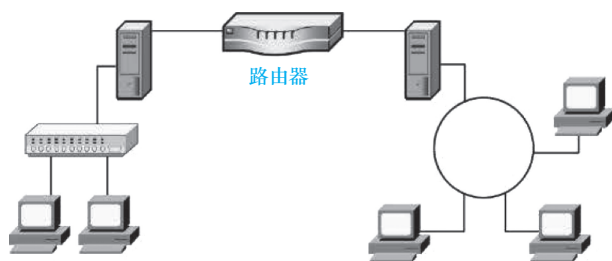


图 1.3 用路由器连接两个不同类型的网络

网桥具有的功能，路由器都有。在计算机网络中，路由器有自己的网络地址，而网桥没有。路由器实际上是一台具有特殊用途的计算机。

在大型的网络中，为了管理网络，一般利用路由器将大型网络划分成多个子网。全球最大的互联网 Internet 由各种各样的网络组成，路由器是一个非常重要的组成部分。

在计算机网络中，路由器通过查找它保存的路由表确定数据从当前位置到目的地的正确路径。如果网络中的路径发生故障，路由器可选择另一路径，以保证数据的正常传输。

④交换机(Switch)。和集线器类似，交换机也是一种多端口的网络连接设备，其外观和接口与集线器一样，但交换机更智能。交换机的这种智能体现在它会记忆哪些地址接在哪个端口上，并决定将数据送往何处，而不会送到其他不相关的端口，因此这些未受影响的端口可以同时向其他端口传送数据。交换机采用上述技术突破了集线器同时只能有一对端口工作的限制，可缓解局域网中网络流量的瓶颈问题。

在实际应用中常用的方式是将网络划分成多个小的共享式网络，主要连接部分用交换机实现独享带宽，为每一节点提供尽可能大的带宽(图 1.4)。

除了上述介绍的网络连接设备外，还有其他一些常用的网络连接设备(如调制解调器)，上述网络设备将在第 6 章的“网络互连设备”中详细介绍。

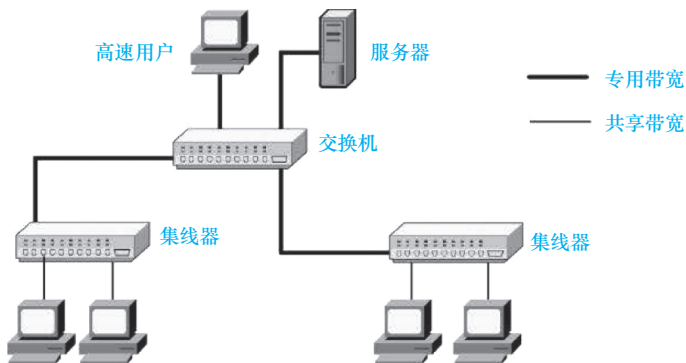


图 1.4 用交换机连接共享带宽的网络

2. 软件系统

计算机网络中的软件按其功能可以划分为数据通信软件、网络操作系统和网络应用软件。

(1)数据通信软件。数据通信软件是指按着网络协议的要求，完成通信功能的软件。

(2)网络操作系统。网络操作系统是指能够控制和管理网络资源的软件。网络操作系统的功能作用在两个级别上：在服务器机器上，为在服务器上的任务提供资源管理；在每个工作站机器上，向用户和应用软件提供一个网络环境的“窗口”。这样，向网络操作系统的用户和管理人员提供一个整体的系统控制能力。网络服务器操作系统要完成目录管理、文件管理、安全性、网络打印、存储管理、通信管理等主要服务。工作站的操作系统软件主要完成工作站任务的识别和与网络的连接，即首先判断应用程序提出的服务请求是使用本地资源还是使用网络资源。若使用网络资源则需完成与网络的连接。常用的网络操作系统有 Netware 系统、Windows 系统、Unix 系统和 Linux 系统等。

(3)网络应用软件。网络应用软件是指网络能够为用户提供各种服务的软件，如浏览查询软件、传输软件、远程登录软件、电子邮件等。

3. 网络信息系统

网络信息系统是指以计算机网络为基础开发的信息系统，如各类网站、基于网络环境的管理信息系统等。

1.4 网络拓扑结构

对于 LAN(局域网)用户来讲，网络拓扑结构并不十分重要，因为目前大多数的 LAN 操作系统都支持多种 LAN 拓扑结构。例如 Windows 7 操作系统，不管在总线型还是在环型网络中提供给用户的界面都一样，用户根本不用关心网络物理部件。但对于网络支持部门来讲，选择网络拓扑结构是一项重要的工作，因为不同拓扑结构的 LAN，其所采用的信号技术、信道接入协议及所能达到的网络性能都有很大的不同。

1. 总线型拓扑结构

总线拓扑(Bus Topology)通常用于规模较小、简单或临时性的网络。

(1)总线网络的工作原理。在一个典型的总线网络里，通常只有一根或几根电缆，没有安装动态电子设备对信号进行放大，或将信号从一台计算机转发至另一台。也就是说，总线拓扑是一种无源拓扑。

总线型网络中所有的用户节点(计算机、终端、工作站、外围设备或电话机等)都挂接在一条广播式的公共传输总线上，它没有对网络进行集中控制的装置，如图 1.5 所示。

计算机沿电缆向上或向下发出报文信息以后，网络里的所有计算机都能接收这个信息，但其中只有一台计算机能真正接收信息。通常目标地址已编码在报文信息内，只有与目标地址相符的计算机才能接收信息，其他的计算机尽管收到，但只做简单忽略处理。

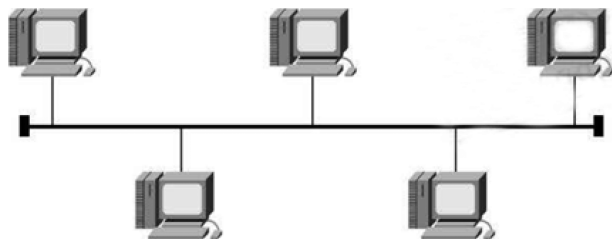


图 1.5 总线型拓扑结构

在一个特定的时刻,只能有一台计算机发出报文,所以当连接到总线网络里的计算机数目较多时,便会显著地影响网络速度。计算机发出信息之前,必须等待总线进入空闲状态。在星型和环型网络里,同样也存在这个问题。

在总线型网络中,有一个很重要的问题是信号终止。由于总线拓扑是一种无源拓扑,从起源计算机发出的电子信号会在电缆长度范围内自由传递。如果不提供终止手段,信号传输到电缆末端的时候,会马上反射回来,再向另一端传输。针对信号这样在电缆段里来回反射,这种情况称为“振铃”。为了阻止信号“振铃”的发生,必须在封闭的线缆两端分别安装一个叫终结器的终止端子,这个端子能够吸收电子信号,防止信号的反射,避免可能对网络通信带来的干扰。在总线型网络里,必须采取这样的信号终止措施。在图 1.5 所示的网络中,总线的两端为终止端子。

(2)总线拓扑的优点。

①可以构建简单的小型网络,易于使用和掌握。

②通信费用少。因为在覆盖范围和工作站数目相同的情况下,总线拓扑所需的线缆数量较少,比其他的配线方式成本低得多。

③总线网络的扩展非常方便。通过一个 BNC 同轴连接器,可将两根电缆连接成一根更长的电缆,利用这种方式,可将更多的计算机接入网络。也可用一个转发器(中继器)扩展总线网络,转发器能放大信号,允许信号在很长的距离内传输。

④总线的无源操作和系统的分布控制保证了网络的高度可靠性。由于公共总线仅用于收发信号的无源操作,本身具有高度的可靠性,同时分布控制方式可以保证当某一个工作站发生故障或者脱离网络的时候,不会影响其他工作站之间的通信。

⑤采用了广播式通信方式,没有转接站点,具有传输时延短的特性,实时性好。

⑥有利于组建高速的、宽带工作的综合业务局域网。

(3)总线拓扑的缺点。

①过重的网络负载可能会降低网络的传输速度。由于每台计算机都可以在任何时间段传输数据,而它们之间又不能互相通知来预定传输时间,因此,如果网络内连接的计算机数目较多,便会消耗大量的带宽(传输信息的能力)。进行通信的时候,有可能某台计算机会中断其他计算机的通信。在过重的负荷下,报文时延特性和吞吐特性都会急剧恶化。

②每个 BNC 同轴连接器都会衰减电子信号,如果连接数过多,会妨碍信号正常传输到目的地。

③总线网络一旦出现故障,例如匹配器损坏、线缆断裂等故障便很难维修,从而导致整个网络的活动停止。

④网络覆盖范围受到限制。采用基带传输,竞争型协议的总线网络,一般限制在 2 km 以下的电缆长度所能及的范围。

2. 星型拓扑结构

在星型拓扑(Star Topology)网络里,所有的线缆都从计算机连到一个中心位置,在这个位置上,用一个称为 Hub(集线器)的设备将所有的线缆连接起来,如图 1.6 所示。

星型拓扑用于集中式网络,在这种网络里可从一个中心位置直接访问末端计算机,如果希望以后便于对网络进行扩展或需要获得星型拓扑提供的更强的可靠性,便可以考虑构建这种类型的网络。

(1)星型网络的工作原理。在星型网络里,每台计算机都需要和一个中央集线器(Hub)相连,这个集线器能将所有计算机的报文转发给其他所有的计算机或者只发给目标计算机。

集线器可以分为有源 Hub 和无源 Hub。有源 Hub 能重新生成电子信号，然后把它发给与自己相连的计算机，这种类型的 Hub 也叫“多端口转发器”。有源 Hub 需要电源才能够运行。对于无源 Hub 来讲，它只是一个连接点，不能放大或重新生成信号。无源 Hub 不需要电源。现在市场上见到的基本上都是有源 Hub。

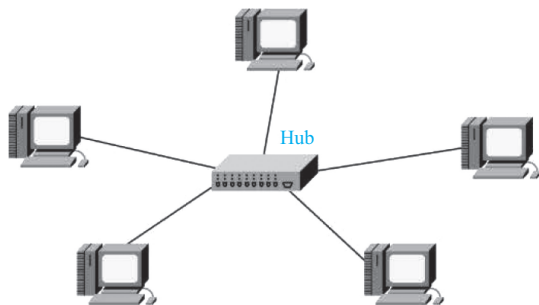


图 1.6 星型拓扑结构

在同一个星型网络里，混合的 Hub 可适用不同类型的电缆。

为了扩展星型网络的规模，可以在适当的地方再设置一个 Hub，让更多的计算机或者 Hub 与这块 Hub 连接起来，这样便形成了一种混合星型网络，如图 1.7 所示。

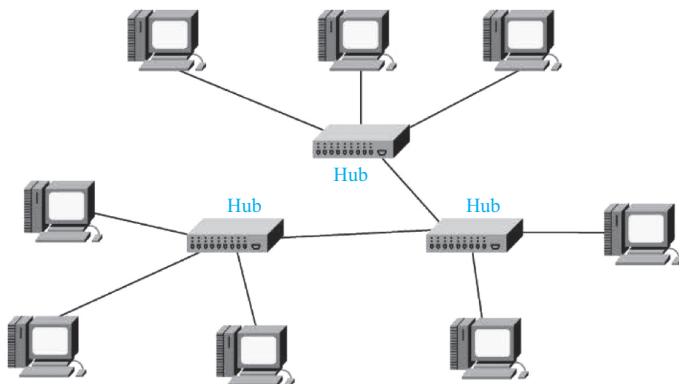


图 1.7 混合星型网络

(2)星型网络的优点。

①便于在星型网络里修改和添加新计算机，同时不会对网络的剩余部分带来任何干扰。只需简单地从计算机向中心位置拉一条新线，然后把它插入 Hub 即可。如果超出了中心 Hub 的容量，可以用具有更多端口的 Hub 来替换，以便连接更多的计算机。

②星型网络的中心很容易诊断网络故障。利用智能 Hub 可以实现网络的集中监视与管理。

③如果单台计算机出现故障，整个星型网络不会受到影响。Hub 可以监测到网络故障，并隔离有问题的计算机和电缆，网络的剩余部分可以照常运行。

④只要 Hub 能使用多种类型的电缆，那么在同一个网络里可以使用多种电缆类型。

⑤由于星型 LAN 的结构与传统的本地电话网类似，因此只要有电话交换机的单位，就可以利用现有的专用自动交换机系统的线路组成 LAN，如果交换机本身具有综合交换功能，则可以很容易地组建一个具有综合业务能力的 LAN。

⑥集中控制有利于将各个工作站送来的数据进行汇总，然后与其他的网络互连，连接方便，结构简单。

⑦中心交换采用线路交换并具有透明性，这样任意一对工作站之间的报文传输没有转接延时，各通信对之间可以用不同的通信协议和接口标准，有利于异种机联网，同时，网络的延时间是确定的。

(3)星型网络的缺点。