

高等专科学校教材

中国计算机学会大专教育学会推荐出版

实用网络技术

曾瑶辉 陈 旭 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

高等专科学校教材

实用网络技术

曾瑶辉 陈 旭 编著

JS 79/25

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

这是一本致力于介绍计算机网络的规划、组建、使用和维护等方面的实用技术的书籍。包括传统以太网局域网的组网标准; Netware 的基本组网技术、网络互联技术及与 TCP/IP 的集成技术; 现代高速局域网标准及局域网交换技术; TCP/IP 协议及 Internet 的接入和使用; 网页设计技术; 租用公共通信网把多个局域网互联形成 Intranet 的组网技术; 路由器及路由协议基础; 网络安全技术; 网络规划设计及工程布线技术等方面的内容。此外还简要地介绍了数据通信技术的基础知识。内容新颖、实用。

本书对理论的叙述力图精简, 以够用为度, 主要篇幅用来介绍组建各种网络需要的实用技术。因此特别适合作为大专院校相关专业学生学习网络技术的教材, 也适合那些希望掌握实用组网技术的工程技术人员作为自学或培训教材或参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

实用网络技术/曾瑶辉, 陈旭编著. - 北京: 电子工业出版社, 2000.2

(高等专科学校教材)

ISBN 7-5053-5679-8

I. 实… II. ①曾… ②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(1999)第 67272 号

丛 书 名: 高等专科学校教材

书 名: 实用网络技术

编 著 者: 曾瑶辉 陈 旭

责任编辑: 赵家鹏

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者:

装 订 者: 北京李史山胶印厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 9.25 字数: 236.8 千字

版 次: 2000 年 2 月第 1 版 2000 年 3 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5679-8
G·482

印 数: 8000 册 定价: 16.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者, 请向购买书店调换;
若书店售缺, 请与本社发行部联系调换。电话 68279077

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作的有关规定,在电子工业部教材办的组织与指导下,按照教材建设适应“三个面向”的需要和贯彻国家教委关于“以全面提高教材质量水平为中心,保证重点教材,保持教材相对稳定,适当扩大教材品种,逐步完善教材配套”的精神,大专计算机专业教材编审委员会与中国计算机学会教育专业委员会大专教育学会密切合作,于1986~1995年先后完成了两轮大专计算机专业教材的编审与出版工作,共出版教材48种,从而较好地解决了全国高等学校大专层次计算机专业教材需求问题。

为及时使教材内容更适应计算机科学与技术飞速发展的需要以及在管理上适应国家实施“双休日”后的教学安排,在速度上适应市场经济发展形势的需要,在电子工业部教材办的指导下,大专计算机专业教材编委会、中国计算机学会大专教育学会与电子工业出版社密切合作,从1994年7月起经过两年的努力制定了1996~2000年大专计算机专业教材编审出版规划。

本书就是规划中配套教材之一。

这批书稿都是通过教学实践,从师生反映较好的讲义中经学校选报,编委会评选择优推荐或认真遴选主编人,进行约编的。广大编者、编委和出版社编辑为确保教材质量和如期出版,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,编审与出版工作中的缺点和不足在所难免,望使用学校和广大师生提出批评建议。

**中国计算机学会教育委员会大专教育学会
电子工业出版社**

附:先后参加全国大专计算机教材编审工作和参加全国大专计算机教育学会学术活动的学校名单:

上海科技高等专科学校	北京广播电视大学
上海第二工业大学	天津职业技术师范学院
上海科技大学	天津市计算机研究所职工大学
上海机械高等专科学校	山西大众机械厂职工大学
上海化工高等专科学校	河北邯郸大学
复旦大学	沈阳机电专科学校
南京大学	北京燕山职工大学
上海交通大学	国营 761 厂职工大学
南京航空航天大学	山西太原市太原大学
扬州大学工学院	大连师范专科学校
济南交通专科学校	江苏无锡江南大学
山东大学	上海轻工专科学校
苏州市职工大学	上海仪表职工大学
国营 734 厂职工大学	常州电子职工大学
南京动力高等专科学校	国营 774 厂职工大学
南京机械高等专科学校	西安电子科技大学
南京金陵职业大学	电子科技大学
南京建筑工程学院	河南新乡机械专科学校
长春大学	河南洛阳大学
哈尔滨工业大学	郑州粮食学院
南京理工大学	江汉大学
上海冶金高等专科学校	武钢职工大学
杭州电子工业学院	湖北襄樊大学
上海电视大学	郑州纺织机电专科学校
吉林电气化专科学校	河北张家口大学
连云港化学矿业专科学校	河南新乡纺织职工大学
电子工业部第 47 研究所职工大学	河南新乡市平原大学
福建漳州大学	河南安阳大学
扬州工业专科学校	河南洛阳建材专科学校
连云港职工大学	开封大学
沈阳黄金学院	湖北宜昌职业大学
鞍钢职工工学院	中南工业大学
天津商学院	国防科技大学
国营 738 厂职工大学	湖南大学

湖南计算机高等专科学校
中国保险管理干部学院
湖南税务高等专科学校
湖南二轻职工大学
湖南科技大学
湖南怀化师范专科学校
湘穗电脑学院
湖南纺织专科学校
湖南邵阳工业专科学校
湖南湘潭机电专科学校
湖南株洲大学
湖南岳阳大学
湖南商业专科学校
长沙大学
长沙基础大学

湖南零陵师范专科学校
湖北鄂州职业大学
湖北十堰大学
贵阳建筑大学
广东佛山大学
广东韶关大学
西北工业大学
北京理工大学
华中工学院汉口分院
烟台大学
安徽省安庆石油化工总厂职工大学
湖北沙市卫生职工医学院
化工部石家庄管理干部学院
西安市西北电业职工大学
湖南邵阳师范专科学校

前 言

当前计算机网络正在从各个方面渗入到我们的工作和生活当中。国家对通信网络基础设施的建设给予了高度的重视和巨大的投资;单位内部的局域网、内联网(Intranet)、高校的校园网的建设与应用已取得很大成绩;开放性的全球互联网(Internet)的用户数和联网主机数正在迅猛增加。在这种形势下,社会对网络技术人才的需求急剧增长,希望学习或了解网络技术的人亦越来越多。正是在这样的背景下,作者筹划、编写了这样一本介绍实用网络技术的教材,希望通过学习使学生能尽快地掌握网络的规划、组建、使用和维护等方面的实用知识。

本着实用的原则,基础理论方面不做过多过深的描述,以够用为度。而把大量的篇幅用来介绍当前应用得最广泛的一些网络标准与协议、网络系统、组网方法、Internet 的接入和使用、网页设计、网络安全、网络工程布线以及在组建广域网中起重要作用的路由器的知识等方面的实用内容。具体安排如下。

学习和理解计算机网络的最好工具就是 ISO 的开放系统互联参考模型,及 CCITT 的通信子网和资源子网的概念,本书的第 1 章就介绍这些网络技术基本概念。第 2 章介绍以太网的工作原理和几种传统以太网(IEEE802.3 系列)标准及混合组网方式。NOVELL 公司的 NETWARE 是很流行、很容易实现的微机局域网操作系统,本书用 3、4、5 共 3 章的篇幅介绍 NETWARE 的组网技术。其中第 3 章介绍 NETWARE 的基本组网技术,包括文件服务器和工作站的安装,文件服务器的管理设计等。第 4 章介绍用网桥和路由器实现 NETWARE 网络互联,同时描述了网桥和路由器的功能和原理。第 5 章介绍 NETWARE 的开放协议技术及与 TCP/IP 的集成,具体介绍了如何在服务器和工作站上加载 TCP/IP,及如何用 WINDOWS 访问同一局域网上的 NETWARE 和 UNIX 服务器。第 6 章介绍几个常见的高速局域网标准,交换局域网的基本原理及实用组网方式。第 7 章介绍 TCP/IP 协议,作为后续 Internet/Intranet 内容的基础。第 8 章介绍正在迅猛发展的 Internet,包括硬件接入,软件配置和应用程序的使用。还简要介绍用 HTML 语言设计 WEB 页面,这也是当前社会上急需的一门实用技术。第 9 章介绍 Intranet 组网技术。第 10 章介绍有关路由器及路由协议的内容。第 11 章介绍安全防范措施。最后一章介绍网络规划设计时应考虑的问题及常见的工程布线方式。

有关数据通信技术方面的基础知识,放在附录里,便于同学复习查阅。

本书的第 3、4、5 章由陈旭讲师执笔,其余部分由曾瑶辉副教授执笔。曾瑶辉副教授负责编写大纲的拟定和全书的统稿。张如健副教授参与了编写大纲的修订和部份内容的编写。

本书在编写和出版过程中得到过多方帮助。电子工业出版社的责任编辑给予了大力支持;中国计算机学会大专教育学会的许多同行在定题会上对编写大纲提出了宝贵的修改意见;院系领导和机房教师为编写工作提供过诸多方便;信息系的许多学生为文字录入和校对工作付出过辛勤的劳动,其中欧阳乐、郭艳红、熊晓英、邹海丽还绘制了本书的全部插图。由于给予帮助的人太多,无法一一写上他们的名字,在此一并向他们表示衷心的感谢。

曾瑶辉

1999 年 8 月

第 1 章 网络技术基本概念

本章简要介绍后续章节中要用到的网络技术基本概念,已有这方面基础的读者可跳过此章。

1.1 计算机网络的涵义

1. 什么是计算机网络

什么是计算机网络?这个问题一直没有一个严格的定义。随着计算机技术和通信技术的发展,计算机网络这个概念在不同的时期有不同的涵义。目前比较公认的看法是:计算机网络是由两台以上独立的计算机,按照约定的协议,通过媒体连接而成的集合。

2. 计算机网络的基本功能

计算机网络的功能非常广泛,概括起来有以下两个方面的基本功能。

• 通讯

即在计算机之间传递数据。这是计算机网络最基本的功能,它使得地理上分散的计算机能连接起来互相交换数据。就像电话网使得相隔千山万水的人们能互相通话一样。

• 资源共享

资源共享包括硬件、软件和信息资源的共享。这是计算机网络最具吸引力的功能,它极大地扩充了单机的可用资源,并使获取资源的费用大大降低,时间大大缩短。

在上述基本功能上可产生出许多其他的功能。比如利用网络使计算机互为后备以提高可靠性;利用网络上的计算机分担计算工作以实现协同式计算;利用网络进行电子商务活动等。

1.2 网络的分类

计算机网络可以按不同的标准进行分类,这和人们讨论问题所站的角度有关。较为通俗和流行的标准是按涉辖范围划分,主要有以下 3 类。

- 局域网(LAN—Local Area Network)
- 城域网(MAN—Metropolitan Area Network)
- 广域网(WAN—Wide Area Network)

局域网覆盖范围一般在 10 千米以内,属于一个部门或单位,不租用电信部门的线路;城域网的覆盖范围一般为一个城市或地区,从几千米到上百千米;广域网的涉辖范围更大,一般从几十千米到几万千米,可覆盖一个地区,一个国家,直至全球,广域网一般要租用电信部门的线路。

此外还有其他的分类标准,比如按网络拓扑结构分类;按传递数据所采用的技术分类;按

服务对象分类等。在此不一一叙述。

1.3 通信子网和资源子网

各种计算机网络的具体结构虽然千差万别,但一般都可以抽象为一个由二层子网组成的模型,如图 1.1 所示。

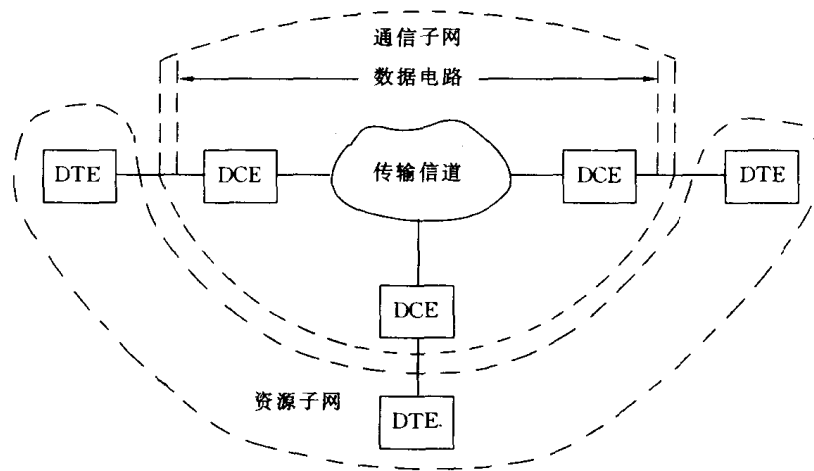


图 1.1 通信子网和资源子网

图中 DTE(Data Terminal Equipment)指的是数据终端设备,是对用户方的联网设备和工作站的通称,它们是数据的源或目的或者既是源又是目的,例如数据输入/输出设备,通信处理机或计算机。

DCE(Data Circuit-terminating Equipment 或 Data Communication Equipment)指数据电路终接设备或数据通信设备,前者是 CCITT 用的名称,后者是 EIA 用的名称。是对为用户设备提供入网连接点的设备的通称,一般属网络方。例如 Modem,NT1, CSU/DSU 等。

信道是传输信息所经过的路径,它包括传输介质和有关的中间设备(如结点计算机,电子交换机等。)

一般把 DCE 和传输信道通称为通信子网,负责数据的传输工作。而把通过通信子网连接起来的用户 DTE 集合称为用户子网或资源子网,它们提供或享受网络资源及网络服务。

1.4 网络体系结构和 OSI 参考模型

通过网络媒体在计算机系统之间传输信息是一个非常复杂的问题。为了实现也为了便于理解这个问题,通常要把它分解为若干个更小的、更容易管理的问题,每个问题由一层来解决;每一层都建立在下层之上;相邻层间有接口,下层通过层间接口向上层提供服务,但屏蔽具体的实现细节。这就是计算机网络中分层的概念。

两个以上的计算机系统要进行通信,必须遵守某些规则或约定,这些规则或约定的集合就称为协议。

由于网络上计算机系统间传输信息采用前述的分层通信的办法,故 A、B 两系统的通信也就分解为 A 系统的每一层与 B 系统的对应层的通信,于是 A、B 两系统通信所遵守的规则或

约定也就分解为 A、B 两系统对应层通信时应遵守的规则或约定,即该层协议。

网络系统的层次划分和各层协议的集合就称为网络体系结构。

世界上的一些学术团体、标准化组织、研究机构和大公司推出过多种不同的网络体系结构(即不同的层次划分方法及层协议),比较著名的有:

- TCP/IP 网络协议簇,由美国国防部推出
- SNA 体系结构,由 IBM 公司推出
- X.25 建议,由 CCITT 推出
- OSI/RM 开放系统互连参考模型,由 ISO 推出

在上述体系结构中,OSI/RM 是国际标准化组织(International Organization for Standardization)于 1984 年公布的网络体系结构模型。给出的仅是一个概念和功能上的标准框架,而不是具体实现,也不包含具体的协议定义。

由于它给出的是标准框架,所以推出每个具体的网络体系结构的商家在介绍他们的产品时都要与 OSI/RM 进行比较,因此 OSI/RM 是目前学习网络技术最通用的工具。该模型的最大作用就是提出了功能划分原则,描述了网络通信所需的各种服务。

OSI/RM 的分层情况如图 1.2 所示。

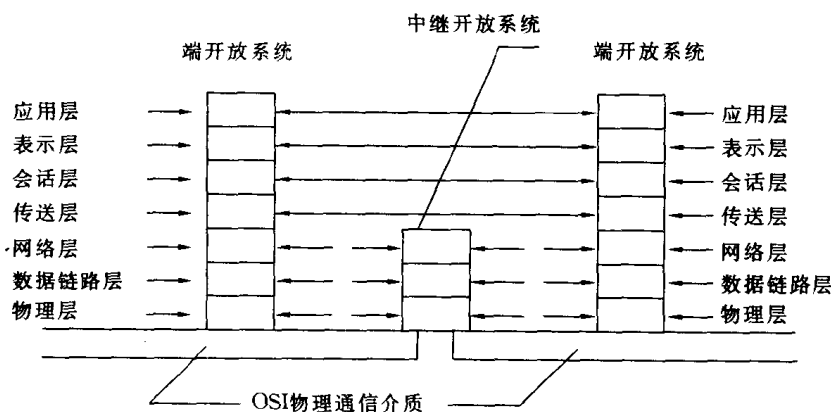


图 1.2 开放系统互联参考模型

图中,OSI/RM 把“源系统”和“目的系统”(均属 DTE)划分为 7 个子系统,即 7 层。如果二端系统之间没有物理介质直接相连,它们之间还要通过另一类开放系统进行数据中转(中继)。这类中继系统只需要七层中的下 3 层。7 层中的下 3 层就是 1.3 节提到的通信子网,高 3 层就是资源子网或用户子网,传输层是两子网的中介。

1. 物理层(Physical)

在 OSI/RM 中,物理层为激活、保持和关闭物理连接提供机械的、电气/光的、功能的和规程性手段。物理层接口协议用于规定 DTE 与 DCE 之间的接口状态和位流的控制。物理层向上提供的服务是在物理线路上传输非结构的位流。

其中机械特性指 DTE/DCE 接口插座的规格、尺寸和插针的数量、分布等。例如 15 针的、25 针的、34 针的、37 针的连接器和插针分配等。

电气/光特性指接口两侧的工作方式、地线的用法、适用元件、平衡性、传输速度、电缆长度、信号电平、阻抗等。

功能特性指物理接口各条信号线的用途。这些信号线可分为数据线、控制线、定时线、地线等。

规程特性指物理接口两侧为建立、维持和拆除物理连接及传送位串而在各条信号线上采取的动作序列。

另外,还包括与介质有关的物理层规程。

2. 数据链路层(Data-link)

该层利用物理层提供的服务,通过分帧、检错与纠错、流控及链路管理以及对单条物理线路的复用或用多条物理线路分流等措施,把不可靠的非结构的二进制位流传输服务变为可靠的以帧为基础的相邻两点间的可靠的传送服务提供给网络层实体。

3. 网络层(Network)

该层利用数据链路层提供的帧传输服务为传输层实体提供交换网络服务数据单元(数据包、分组、或数据报等)的能力。

数据链路层只解决相邻结点间在物理介质上传输帧的问题,而网络层要解决通过多个结点把数据包从源结点传到目的结点的问题。这种传输是建立在若干相邻结点数据链路层的帧传输基础之上的。

由于源结点到目的结点的路径可能不止一条,所以网络层要解决路由选择问题,这是网络层要解决的关键问题之一。一般有静态路由选择方式(在系统设计时确定,以后一般不变,要变也要人工修改路由表)和动态路由选择方式(自适应网络的动态变化,自动更新路由表)两种。

此外网络层还要解决异种网络互联问题(即如何协调异种网络的不同寻址方法、不同分组长度、不同的低层协议等);拥塞控制问题(即防止过多的分组出现在通信子网的某个部分而相互堵塞通路);记帐问题(对每个用户发送了多少分组、字节或位进行计数)等。

4. 传输层(Transport)

传输层(又译为“传送层”或“运输层”)在下3层通信子网的支持下,为上层提供可靠的端到端(end-to-end)数据传输服务。其核心功能可简单地归纳为两条。

(1)提供可靠的端到端数据传输服务。不管通信子网的服务质量如何,在传输层的支持下,两个末端系统之间都能进行可靠的数据交换。

(2)隔离通信子网的技术细节(即所谓透明传输)。现实中的通信子网千差万别,服务接口不尽相同,有了传输层,就可以为上层实体提供标准的服务例程,上层实体调用这些标准例程就能适应各种不同的通信子网。

5. 会话层(Session)

会话层、表示层和应用层一起构成了参考模型的高层,它们利用传输层提供的无差错传输通道,提供面向用户的服务。

会话层的主要功能是管理两个端系统上的应用进程之间的通讯,使这两个应用进程可以专注于需交换的信息内容,而不必关心如何去实现与另一进程间的通讯。

6. 表示层(Presentation)

表示层除向应用层传递会话层提供的服务外,还要解决在不兼容机(即数据内部表示方法不相同的机器)间传送任意数据结构的问题,即数据结构的表示问题,以使系统间传送的信息能被正确接受和理解。一般的办法是双方约定共同的抽象的数据表示形式,如 ASN.1。

具体地说,表示层主要负责:(1)数据格式翻译。(2)数据加密与解密。(3)数据压缩。

7. 应用层(Application)

应用层由若干个应用进程(应用程序)组成。建立计算机网络的目的就是通过这些应用进程为用户提供网络服务。常见的应用程序包括:

- 电子邮件
- 文件传输
- 目录服务
- 远程登录(虚拟终端)
- WWW 服务器及浏览器

由于各种应用程序都要使用一些相同的基本操作,为避免重复开发,在应用层内提供完成这些基本操作的功能模块,以供调用。

1.5 信息在 OSI/RM 中的流动过程

前面叙述了 OSI 参考模型的分层方法及分层功能。下面再来看看信息在网络系统中是如何流动的。

从用户来看,通信是在用户 A 和用户 B 之间进行的,双方遵守应用层协议,通信为水平方向。但实际上,信息并不是从 A 站的应用层直接传送至 B 站的应用层,而是每一层都把数据和控制信息传给它的下一层,直至最低层。物理层的下面是传输介质,在物理介质上传送的是实际电信号。信息的流动过程可用图 1.3 表示。

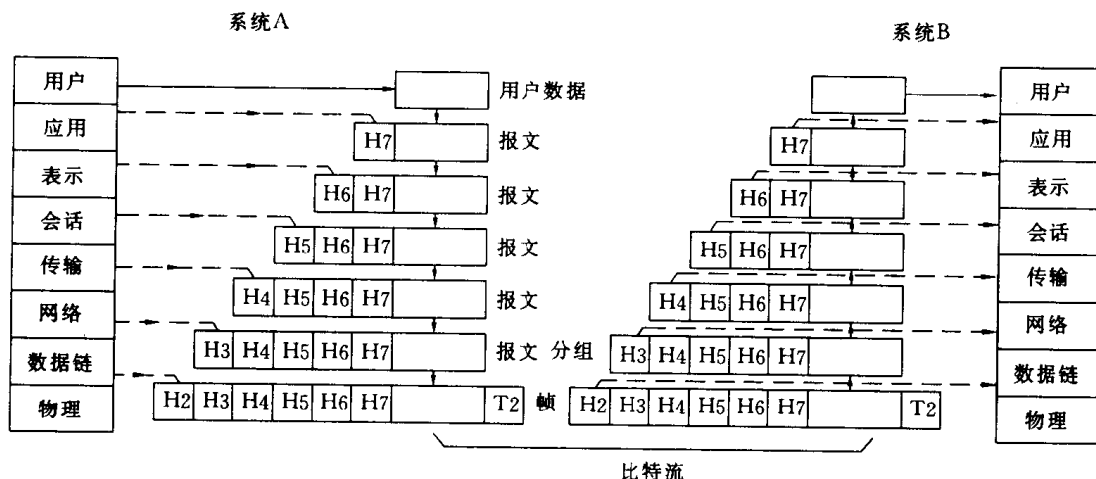


图 1.3 信息在 OSI/RM 中的流动过程

在图中,假设系统 A 用户向系统 B 用户传送数据,系统 A 用户的数据先进入最高层——

第 7 层,该层给它附加控制信息 H7 后送给下一层——第 6 层,该层对数据进行必要的变换并附加控制信息 H6 后送给其下层——第 5 层,再依次向下传送。在第 2 层,不仅给数据段加头部控制信息,还加上尾部控制信息(一般为校检码),组成帧后再送至第 1 层,并经物理介质传送至系统 B,系统 B 接收后,按上述相反过程,如同剥洋葱皮一样层层去掉控制信息,最后将数据送给目标用户 B。

从上述讨论可以看出,对收发双方的同等层,从概念上说,它们之间的通信是水平方向的,而实际上,数据传送过程是垂直方向的。

另外,OSI/RM 把第 N 层待传送和处理的数据单元称为第 N 层的服务数据单元——SDU (Service Data Unit)。把同等层水平方向传送的数据单元称为该层的协议数据单元——PDU (Protocol Data Unit)。把相邻层接口间传送的数据单元称为接口数据单元——IDU (Interface Data Unit),它是由 SDU 和接口控制信息 ICI (Interface Control Information)组成。值得指出的是,PDU 在不同层有不同的叫法,在物理层称作位流,数据链路层作帧,网络层中称分组或包,传输层中称数据段或报文段,应用层中称为报文等。

第2章 以太网和 IEEE802.3

本章介绍目前最常见的局域网——以太网和 IEEE802.3 的物理层和数据链路层标准。在这二层的基础上,上面各层可采用不同的标准而组成不同的网络,如采用 IPX/SPX 协议的 Netware,采用 TCP/IP 的 Intranet 等,这方面的内容在后续各章中介绍。

2.1 局域网概述

如 1.2 节中所述,局域网指覆盖范围较小,互联设备有限的计算机网络。局域网与局域网直接互联可组成园区网。而目前用得最广的 Intranet 则多是由局域网通过公用线路实现远程互联而组成。局域网是计算机网络发展最迅速,技术最成熟的一个分支。

在各种社会活动中,本地和局部信息交流比外部的交流频繁,交换数据量通常比外部高出几个数量级。因此局域网的重要特点之一是网络吞吐率高,通常以 Mbps 为单位。目前的局网技术中以 10Mbps,100Mbps 和 155Mbps 较为多见,1000Mbps 已开始推向市场。

高吞吐率要求决定了局域网不能用传统的电话线路,而必须使用专用通信介质,如同轴电缆,光缆或优质双绞线。使用专用电缆或光缆的场合,由于成本较高,通常采用共享通信介质方式。为了保证共享通信介质的多台机器能分时交换信息,局域网必须具备控制通信介质的使用的机制,即 MAC(Medium Access Control),通常译为介质访问控制。

传统局域网采用共享介质方式的优点是有助于实现网上广播和组地址访问功能。缺点是由于挂在同一通信介质上的机器增多,每台机器获得的实际有用带宽会迅速下降。近年来出现的交换局域网是解决这一矛盾的有效措施,这方面的内容请参见本书第 6 章。

局域网也有采用无线通信方式的,包括短波,微波或红外线。无线局域网与有线局域网一样,也需要介质访问控制。它们的优点是不用敷设或架设线路,缺点是保密性差,通讯速率较低,受频率管制的约束,也容易受外界电磁干扰及障碍物阻隔而影响通信等。一般适合用在敷设线路有困难的场合。

综上所述,局域网有 4 项基本技术:

- 传输介质
- 拓扑结构(物理拓扑及逻辑拓扑)
- 信号技术
- 介质访问控制方法

下面分别介绍这 4 项基本技术对组建局域网的影响。

1. 传输介质

传输介质是连接发送方和接收方的物理通路,是网络数据传输的载体。局域网中常用的传输介质有双绞线、同轴电缆和光纤三种。传输介质的特性(包括物理特性、传输特性、连通性、地理范围、抗干扰性和相对价格等)对网络有着诸多方面的影响。

2. 拓扑结构

网络物理拓扑就是网上各站点用物理线路连接起来时形成的物理上的几何形状。而逻辑拓扑指的是介质访问控制策略采用的逻辑上的网络几何形状。常见的局域网基本拓扑有 3 种。

- 总线型
- 星型
- 环型

它们又可混合而形成其他形式的拓扑结构。一般地一种拓扑结构往往对应一种特定的介质访问控制方法。所以选择拓扑结构很大程度上相当于选定了网络的其他硬件(如网卡),也就相应地选定了一种物理网络,对整个网络的建设和性能起着非常重要的作用。一般选择网络拓扑应考虑以下因素。

- 电缆安装复杂程度和费用
- 网络的可扩充性
- 隔离错误的能力
- 是否易于重构

3. 信号技术

指的是在传输介质上用的是数字信号还是模拟信号。局域网中常使用数字信号进行传输,称为基带传输。由于基带传输时电信号的频率是固定的,一般不能采用频分多路复用技术。

如果在介质上用模拟信号进行传输,一般称为宽带传输。此时允许频分多路复用。

4. 介质访问控制

介质访问控制是局域网络最重要的技术之一,它对网络特性起着决定性作用。介质访问控制的任務就是保证网上站点能有效地、公平地利用共享通信介质发送和接收数据。目前局域网中常用 3 种介质访问控制方法。

- CSMA/CD (载波监听多路访问/冲突检测)
- Token-Ring (令牌环)
- Token-Bus (令牌总线)

本书只介绍用得最广泛的 CSMA/CD 的基本原理,见 2.2 节。

目前比较流行的局域网产品有基于 CSMA/CD 介质访问控制方法的以太网和 IEEE802.3 系列(都属总线网);用令牌来控制介质访问的 IBM Token Ring 和 FDDI(都属于令牌环网);令牌和总线技术相结合的 ARCnet、PLANet(属于令牌总线网)等。本书只介绍最常见的总线以太网及其升级产品——交换以太网。对其他局域网感兴趣的读者可参阅有关书籍。

2.2 CSMA/CD 及数据帧格式

本节介绍总线以太网的介质访问控制方法,即以太网的基本工作原理。了解这一基本工作原理对以后学习组网非常有帮助。

以太网(Ethernet)最初是由施乐(Xero)公司开发成功的,物理上采用总线结构,吞吐率为 2.94Mbps。以后 Xero 公司与 DEC 和 INTEL 公司联合起草了一个 10Mbps“以太”网协议,再

经 IEEE802 工作组的努力发展成为 IEEE802.3 标准,该标准经 ISO 确认后即成为 ISO 8802-3 标准。“以太网”和 IEEE802.3 的介质访问控制方法采用的都是 1-坚持 CSMA/CD,通常简称 CSMA/CD。

CSMA/CD 是英文 Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection 的缩写,译成中文是“载波监听多路访问/冲突检测”。它的基本原理如下:

假设连网的计算机都接在同一条物理信道(例如同轴电缆)上,如图 2.1 所示,该信道负责任何两个设备之间的全部数据传送,因此称信道是以多路访问方式进行操作的。站点以帧的形式发送数据。帧的头部含有目的站物理地址和源站物理地址。帧通过信道的传输是广播传输,所有连接在信道上的站随时都能检测到该帧。当检测到的目的地址与本站地址相同时,就继续阅读帧中包含的数据,并按协议给源站返回一个响应帧。用这种操作方法,在信道上可能有两个或更多的设备在同一瞬间都发送帧,从而在信道上造成帧的重叠而出错,这种现象称为冲突。CSMA/CD 就是一种减少冲突发生概率,提高信道利用率的介质访问控制策略(算法),形象一点说,该策略就是先听后说,边听边说,冲突时退避。

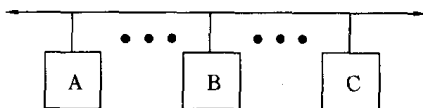


图 2.1 以太网模型

1. 先听后说

先听后说是站点在发送帧之前,首先监听信道是否空闲,如果监听到信道空闲,则立即发送(即此时发送概率为 1);如果听到信道上载有载波信号(忙),则坚持继续监听,直到监听到信道空闲后,立即发送帧。所谓 1-坚持 CSMA 就是听到信道忙时坚持继续监听,听到信道空闲时发送概率为 1 的意思。

2. 边说边听

边说边听即采用边发送边监听的技术。若两站都检测到信道空闲而同时开始发送帧,就会发生冲突(对同轴电缆,此时收发器的电缆上的信号幅度会超过收发器本身发送信号的幅度)。由于站点收发器采用边发送边监听的策略(即冲突检测),能随时检测到冲突。检测到冲突后立即停止发送帧,并在短时间里发送一串阻塞码,以确保其他站点知道发生了冲突,然后等待一段随机时间,重新监听信道,准备重发受到影响的帧。

3. 冲突退避

发送阻塞码后等待多长时间呢? CSMA/CD 采用一种称为二进制指数退避的算法,算法过程如下。

- 对每个帧,当第一次发生冲突时,设置参数 $L=2$ 。
- 退避时间取 0 到 L 个时间片中的一个随机数,1 个时间片等于信号在电缆上的最长来回时间。
- 当帧重复发生冲突,则将参量 L 加倍。即第 i 次冲突发生后退避时间取 0 到 2^i 的 i 次方

个时间片中的随机数。当 $L > 1024$ (即冲突了 10 次) 后就取 L 为 1023 个时间片。

- 设置一个最大重传次数(例如 16 次), 超过这个次数, 则不再重传, 而是向高层报告发送失败, 进一步的恢复留待高层处理。

这个算法是按后进先出的次序控制的, 即未发生冲突或很少发生冲突的帧具有优先发送的概率, 而发生过多冲突的帧发送成功的概率反而小。

在了解了以太网和 IEEE802.3 的介质访问控制方法后, 有必要了解一下它们的帧格式。IEEE802.3 的帧格式如图 2.2 所示。

先导字段	帧始符	目的地址	源地址	数据长度	数据	填充段	检验和
7 字节	1 字节	2 或 6 字节	2 或 6 字节	2 字节	0~1500 字节	0~46 字节	4 字节

图 2.2 IEEE802.3 的帧格式

先导字段	帧始符	目的地址	源地址	类型	数据	填充段	检验和
7 字节	1 字节	6 字节	6 字节	2 字节	0~1500 字节	0~46 字节	4 字节

图 2.3 Ethernet 的帧格式

每帧以 7 个字节的先导字段开头, 其中各字节的值为 10101010。这一模式的 Manchester 编码产生持续方波(对 10Mbps 标准, 产生的是 10MHz 持续 5.6 μ s 的方波), 以便使接收器的时钟与发送器的时钟同步。

此后的一个字节值为 10101011, 它标志着帧本身的开始。

帧内有两个地址: 目的地址和源地址。尽管标准允许两字节和 6 字节两种地址, 但 10Mbps 基带网标准所定义参数只使用 6 字节地址。目的地址最高位为 0 时是普通地址, 为 1 时是组地址。组地址允许多个站使用同一地址, 把一帧送到组地址时, 组内的所有站都接受该帧。全“1”地址保留做广播发送之用。目的地址为全“1”的帧将被所有站接受, 所有的桥接器将前传这种帧。

数据长度字段指数据字段(包括填充段)中的字节数, 其值为 46~1500 字节。

填充字段是用来保证帧长不短于规定的最小长度。802.3 规定有效帧中从目的地址到校验和最短长度为 64 字节。当数据段长度为 0 字节时, 就需要填充 46 个字节。规定最短帧长有两个原因。

(1) 当收发器检测到冲突时, 它将当前帧其余部分丢弃, 但已发送的残缺帧会出现在电缆上, 为了区别有效帧和残缺帧, 802.3 规定有效帧从目的地址到检测和字段最短长度为 64 字节。

(2) 为了防止某站发送短帧时, 在第一比特尚未传到电缆的最远端就已完成, 因而在可能发生冲突时检测不到冲突信号。

最后一字段是校验和, 它由发送站按某算法(一般是循环冗余校验码)产生, 如果某些数据位由于噪音或干扰而出错, 接收方重新计算的校验和多半与校验和字段不一致, 即可确定该帧出了错。

以太网的帧格式如图 2.3 所示。比较图 2.2 和图 2.3 可以看出, 以太网的帧格式与 IEEE802.3 的帧格式稍有不同。以太帧中跟在源地址后的是 2 字节的类型(type)字段, 它用来指明用何种上层协议来接收帧中的数据。