

21世纪

高等院校计算机系列教材

计算机网络 实验教程

刘兵 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校计算机系列教材

计算机网络实验教程

刘兵 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是为高等院校计算机网络课程提供的配套实验教材,旨在帮助读者在学习了计算机网络基础理论及相关知识的前提下,进行网络设计、配置以及综合知识应用的训练。本书的实验包括3个主要部分:①网络设计及相应路由器、交换机的设置,这部分实验主要是通过一个Cisco网络设备软件模拟器来实现,这使一些不具备网络实验室的大中专院校也可以开像VLAN划分、静态路由协议、RIP协议等实验;②计算机各种服务器的构建,主要包括DNS、FTP、Web、DHCP、E-mail等服务器;③网络程序的设计,包括网络原理协议的程序设计和Web网络程序设计。其中,第三部分各院校可作为计算机网络课程设计或者生产实习时使用。另外,本书每个实验目的性和操作性都很强,并先给出一个实例,再给出与该实例相近或加深的一个实验,且给出具体的实验目的、实验内容、实验要求等内容,并且每个实验都安排了一定数量的思考题,使学生通过每一个实验来掌握计算机网络的相关理论知识。

本书为高等院校计算机专业、计算机网络专业、计算机通信专业和自动化专业所设立的计算机网络课程的配套实验教材,也可以用作成人高校、民办院校和高职高专院校计算机及相关专业计算机网络教学的辅导教材,还可作为计算机网络培训的实验指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络实验教程 / 刘兵主编. —北京:中国水利水电出版社, 2005

(21世纪高等院校计算机系列教材)

ISBN 7-5084-3131-6

I. 计… II. 刘… 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(2005)第089197号

书 名	计算机网络实验教程
主 编	刘兵
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京北医印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 17印张 412千字
版 次	2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

计算机网络课程是一门理论性和实践性都非常强的课程，学生在理解了计算机网络的基本概念、原理、协议的基础上，还必须通过一些实验训练才能真正掌握其内在的含义。由于很多高校计算机网络实验设备缺乏，造成了很多计算机网络的实验不能开出，即使开出，也不能保证每个学生都拥有一套计算机网络的实验设备。所以，各高校在进行网络实验时只能根据自身的情况，做计算机网络课程中应用层上的实验，如 Windows 或 Linux 各种服务器的配置、各种网络应用软件的使用、动态网页的编程等，而不能开出计算机网络课程所针对的真正意义的实验，如局域网的建立、虚拟局域网的划分、各种路由协议的实现等网络实验。

本实验教程就是在这种前提条件下进行编写的，目的是使各高校只要有计算机就可开出真正意义上的网络实验。把虚拟局域网的划分、各种路由协议的实现（如静态路由、RIP 协议）等实验使用一个网络软件模拟器来模拟，通过这种方式，可以大大节省计算机网络实验设备的投资，且计算机网络设备可根据模拟软件的升级而升级，另外增强了学生的实际动手能力，把计算机网络课程中一些比较抽象的概念具体化；另外，仍然保持有基于 Windows 2000 Server 上的各种网络服务器的配置；同时，还给出了相关网络程序设计的实验，包括网络原理协议的程序设计和 Web 网络程序设计，这一部分内容可作为计算机网络课程设计或者生产实习（综合实习）的实验内容。

本书由刘兵主编，并对全书进行了统稿和定稿工作，参加本书编写的还有刘昌华、张红武、欧阳峥峥、贾瑜、张琳、向云柱、范锴、管庶安、李禹生、丰洪才等。武汉工业学院电气信息工程系谢兆鸿教授认真审阅了全书，并提出了很多宝贵意见。本书在编写过程中得到了武汉工业学院计算机与信息工程系的领导和同事们的关心和支持。另外，在全书的文字资料输入、校排、图片编辑工作中得到了江小丽女士的大力帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免存在一些疏漏及不妥之处，希望读者批评指正。

作者的电子邮件地址为 lbliubing@sina.com。

作 者

2005 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 计算机网络基础知识	1
本章学习目标	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.1.1 计算机网络的定义及功能	1
1.1.2 计算机网络协议的层次划分	3
1.1.3 计算机网络的传输介质	8
1.2 TCP/IP 协议	12
1.2.1 TCP/IP 协议的层次划分	12
1.2.2 IP 协议	13
1.2.3 划分子网和超网	17
1.2.4 ARP 和 RARP 协议	22
1.2.5 TCP 和 UDP 协议	25
1.3 网络测试的常用命令	28
1.3.1 ping 命令	28
1.3.2 IPConfig 命令	29
1.3.3 tracert 命令	31
1.3.4 netstat 命令	31
1.3.5 route 命令	33
1.4 Cisco 路由器与交换机	34
1.4.1 Cisco 内置操作系统 IOS 简介	34
1.4.2 Cisco 路由器的硬件组成	35
1.4.3 Cisco 交换机设备的型号说明	38
第 2 章 局域网	41
本章学习目标	41
2.1 网络模拟软件的使用	41
2.1.1 Cisco 网络设备的 3 种配置模式	41
2.1.2 网络模拟软件的特点	42
2.1.3 网络模拟软件的安装及使用方法	44
2.1.4 实验一 网络模拟软件的使用	49
2.2 以太网的基础知识	50
2.2.1 以太网的原理	50
2.2.2 以太网的帧格式	53
2.2.3 快速以太网和吉比特以太网	55

2.2.4	以太网双绞线的制作方法	56
2.2.5	实验二 计算机连网实验	57
2.3	虚拟局域网的基本概念	58
2.3.1	交换式局域网	58
2.3.2	虚拟局域网的基础	59
2.3.3	虚拟局域网的划分方法	61
2.4	使用 Cisco 1900 系列交换机进行 VLAN 划分	62
2.4.1	1900 系列交换机的基本命令	62
2.4.2	配置 VLAN 命令	64
2.4.3	配置 VLAN 的步骤	65
2.4.4	实验三 单交换机进行 VLAN 划分	68
2.4.5	多个交换机间的 VLAN 配置	69
2.4.6	实验四 多个交换机间的 VLAN 划分	75
第 3 章	路由协议的配置	76
	本章学习目标	76
3.1	路由器的基础知识	76
3.1.1	路由的基本概念	76
3.1.2	路由的度量	80
3.1.3	路由选择算法	81
3.2	静态路由的实现方法	84
3.2.1	静态路由概述	84
3.2.2	路由器配置所需要的主要命令说明	85
3.2.3	静态路由的配置方法	87
3.2.4	查看路由表及验证连通性	89
3.2.5	实验五 静态路由实验	90
3.3	距离矢量路由协议 RIP	91
3.3.1	RIP 协议的基本概念	91
3.3.2	RIP 协议的配置方法	93
3.3.3	实验六 距离矢量路由协议 RIP 的配置	96
3.4	IGRP 协议	97
3.4.1	IGRP 协议概述	97
3.4.2	IGRP 协议的配置方法	98
3.4.3	实验七 IGRP 协议的配置	101
3.5	局域网的综合配置	102
3.5.1	局域网的综合配置实例	102
3.5.2	实验八 局域网的综合配置	103
第 4 章	网络服务器的架设	105
	本章学习目标	105
4.1	域名服务器 DNS	105

4.1.1	DNS 概述	105
4.1.2	Windows 2000 下的 DNS 服务器的构建	109
4.1.3	实验九 DNS 服务器	117
4.2	DHCP 服务器的构建	118
4.2.1	动态主机配置协议 DHCP	118
4.2.2	Windows 2000 下的 DHCP 配置	118
4.2.3	实验十 DHCP 服务器构建	127
4.3	WWW 服务器	128
4.3.1	WWW 概述	128
4.3.2	Windows 2000 下用 IIS 配置 WWW 服务器	131
4.3.3	实验十一 Windows 2000 下的 WWW 服务器构建	137
4.3.4	用 Apache 配置 WWW 服务器	137
4.3.5	实验十二 用 Apache 构建 WWW 服务器	143
4.4	FTP 服务器	143
4.4.1	FTP 的工作原理	143
4.4.2	Windows 2000 Server 下的 FTP 服务器配置	146
4.4.3	实验十三 Windows 2000 Server 下的 FTP 服务器构建	153
4.4.4	用 Serv-U 配置 FTP 服务器	154
4.4.5	实验十四 用 Serv-U 构建 FTP 服务器	158
4.5	E-mail 服务器	159
4.5.1	E-mail 服务器概述	159
4.5.2	用 Mdaemon 构建 E-mail 服务器	162
4.5.3	实验十五 用 Mdaemon 构建 E-mail 服务器	169
第 5 章	网络编程	171
	本章学习目标	171
5.1	Visual Basic 语言快速参考	171
5.1.1	注释与分行	171
5.1.2	常量与变量	172
5.1.3	运算符与表达式	174
5.1.4	数组	174
5.1.5	程序设计的方法	175
5.1.6	Visual Basic 的函数与过程	177
5.1.7	Visual Basic 程序设计的事件	180
5.2	网络通信控件的程序设计	180
5.2.1	Winsock 规范	180
5.2.2	Winsock 控件的属性、方法和事件	182
5.2.3	Winsock 控件 TCP 协议的使用	185
5.2.4	实验十六 使用 Winsock 控件的 TCP 方式实现网络聊天程序	188
5.2.5	Winsock 控件 UDP 协议的使用	188

5.2.6 实验十七 使用 Winsock 控件的 UDP 方式实现网络聊天程序	191
5.3 网络数据包的捕获	191
5.3.1 网络监听的原理	191
5.3.2 数据包捕获工具	194
5.3.3 数据包的捕获	198
5.3.4 实验十八 网络数据包的捕获	201
5.4 捕获数据的分析	201
5.4.1 以太网数据帧分析	201
5.4.2 实验十九 以太网数据帧分析	207
5.4.3 实验二十 IP 数据包分析	207
5.4.4 实验二十一 ICMP 协议的分析	209
5.4.5 实验二十二 ARP 与 RARP 协议的分析	211
5.4.6 实验二十三 UDP 协议的分析	213
5.4.7 实验二十四 TCP 协议的分析	214
第 6 章 Web 网络编程	216
本章学习目标	216
6.1 Web 程序设计基础知识	216
6.1.1 Web 程序设计的方式	216
6.1.2 HTML 语言	218
6.1.3 HTML 中的表格	229
6.1.4 实验二十五 登录页面设计	232
6.2 服务器控件	233
6.2.1 Web 服务器控件	233
6.2.2 常用验证控件	238
6.2.3 实验二十六 用户注册页面设计	245
6.3 网络数据访问	246
6.3.1 SQL 语言基础	246
6.3.2 ADO.NET 数据访问	252
6.3.3 实验二十七 网络数据库的操作	255
6.3.4 数据显示控件的使用	255
6.3.5 实验二十八 通用分页显示程序设计	260
参考文献	261

第 1 章 计算机网络基础知识

本章学习目标

本章主要介绍计算机网络的一些基础知识，这些知识对于熟练掌握本书后续实验内容是必不可少的。通过本章的学习，读者应该掌握以下主要内容：

- 计算机网络协议的层次划分方法及计算机网络的拓扑结构
- TCP/IP 协议中的一些基本概念。如：IP 地址表示、IP 地址的分类方法、子网掩码、TCP 以及 UDP 协议
- 网络测试的一些基本命令
- Cisco 路由器与交换机的一些基本概念

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 计算机网络的定义及功能

1. 计算机网络的定义

最简单的计算机网络是将两台计算机连接起来，共享文件和打印机。而相当复杂的计算机网络是把全世界范围的计算机连在一起的网络，如目前使用的 Internet。

那么，什么是计算机网络？目前还没有一个非常严格的定义。可以作如下理解：把分布在不同地理位置上的具有独立功能的多台计算机、终端及其附属设备在物理上互连，按照网络协议相互通信，以共享硬件、软件和数据资源为目标的系统称作计算机网络。首先，计算机网络是计算机的一个集合，是由多台计算机组成的，每台计算机的工作是独立的；其次，这些计算机通过一些传输媒体（包括有线传输媒体和无线传输媒体）互连在一起。这里所说的计算机之间的互连是指它们彼此之间能够进行信息交换。计算机网络上的设备包括个人计算机、小型机、大型机、终端、打印机，以及绘图仪、只读光盘等设备。用户可以通过网络共享这些设备资源和信息资源，计算机网络传送的信息除了一般的文字数据之外，还可以包括声音、图像和视频信息等。

2. 计算机网络的功能

为什么要建立计算机网络呢？换句话说，也就是建立一个计算机网络能带来什么好处？对现在的生活工作有什么样的帮助？这也是每一个准备建设计算机网络的单位首先要提出的问题。下面通过计算机网络的主要功能来说明。

（1）数据通信。数据通信即数据传送，是计算机网络的最基本功能之一。从通信角度看，计算机网络其实是一种计算机通信系统。作为计算机通信系统，能实现以下重要功能：

1) 传输文件。网络能快速地、不需要交换软盘就可在计算机与计算机之间进行文件传送。

2) 电子邮件 (E-mail)。用户可以将计算机网络作为邮局, 向网络上的其他计算机用户发送备忘录、报告和报表等。虽然在办公室使用电话是非常方便的, 但网络的 E-mail 可以向不在办公室的人传送消息, 而且这种方式还提供了一种无纸办公的环境。

(2) 资源共享。资源共享包括硬件、软件和数据资源的共享, 是计算机网络最有吸引力的功能。资源共享指的是网络上的用户能够部分或全部地使用计算机网络资源, 使计算机网络中的资源互通有无、分工协作, 从而大大地提高各种硬件、软件和数据资源的利用率。

1) 共享硬件资源。一个计算机网络能使用户共享多种硬件设备。最常见的有服务器、打印机和通信设备等资源。

共享服务器资源。最早的计算机网络设计目标是共享服务器硬盘, 这主要是因为计算机出现的初期, 硬盘的价格十分昂贵, 现在仍有基于共享服务器上一个或多个硬盘的网络。这种资源共享可以带来很多好处, 最明显的是节省经费和便于管理。如果多个用户可以共享同一台服务器硬盘, 每个用户工作站就可以不必安装硬盘, 而将所有文件都存放在服务器上, 这也使数据备份变得简单, 网络管理员只要有一台数据备份机 (如磁带机、可读写光盘机等) 就可以在服务器上备份网上所有用户的数据。

共享打印机。计算机网络使得打印机共享变得简单多了。可以将一台打印机直接连到服务器或一台专门配置的打印服务工作站上, 甚至直接连在网络电缆上 (要求打印机带网络接口, 称为网络打印机)。实现打印机共享后, 再也不需要为每台计算机都配上一台打印机了, 这样把经费合在一起可以买一台高档打印机, 供整个计算机网络中的用户使用。另外, 如扫描仪、绘图仪和其他外设都可以连到计算机网络上共享使用。

共享通信设备。除了与大型机通信外, 计算机用户经常利用调制解调器与其他计算机用户通信或访问 Internet。如果把这些计算机连成网络, 可以使得网上的用户仅通过一个调制解调器或一条 ADSL 专线来访问其他网络的资源或 Internet 资源。

2) 共享软件资源。当几台 PC 机没有连网时, 如果每台 PC 机的用户都要使用某种相同的软件, 由于版权问题就需要为每台 PC 机单独购买一套软件并在每台 PC 机上都安装该软件。如果要升级这个软件, 则需要在每台 PC 机上都做一遍升级操作。如果计算机很多, 这个操作是十分烦琐的, 而且很难保证为每一台计算机的升级操作都正确。有了计算机网络以后, 可购买该软件的版本, 则配置和升级仅需在服务器上做一次即可, 既省时又能有效地避免出错。

考虑到软件的版权问题, 购买网络版软件应该更合算。假设计算机网络上同时有不超过 20 个用户使用一个网络版软件, 则可以购买一个 20 用户版本的软件, 即使网络上有 200 台工作站, 也不存在版权问题。

3) 共享数据。因为网络上的用户都可以访问服务器硬盘, 所以共享数据并非一件难事。各个工作站可以同时操作服务器上的数据库, 实现数据共享。例如, 全国性航空公司飞机订票系统。

(3) 计算机系统可靠性和可用性的提高。在计算机网络中, 每台计算机都可以依赖计算机网络相互成为后备机, 一旦某台计算机出现故障, 其他计算机可以马上承担起原先由该故障机所担负的任务, 从而使计算机的可靠性得到很大的提高。

当计算机网络中某一计算机负载过重时, 计算机网络能够进行智能的判断, 并将新的任务转交给计算机网络中较空闲的计算机去完成, 这样就能均衡每一台计算机的负载, 提高每一台计算机的可用性。

(4) 易于进行分布处理。在计算机网络中, 每个用户可根据情况合理选择计算机网络内的资源, 以就近的原则快速地处理。对于较大型的综合问题, 通过一定的算法将任务分交给不同的计算机, 从而达到均衡网络资源、实现分布处理的目的。此外, 利用网络技术, 能将多台计算机连成具有高性能的计算机系统, 以并行的方式共同来处理一个复杂的问题, 这就是当今称之为协同式计算机的一种网络计算模式。

1.1.2 计算机网络协议的层次划分

计算机网络是由多种计算机和各类终端通过通信线路连接起来的复合系统。在这个系统中, 由于计算机型号不一, 终端类型各异, 加之线路类型、连接方式、同步方式、通信方式的不同, 给网络中各结点的通信带来许多不便。在不同计算机系统之间, 真正以协同方式进行通信的任务是十分复杂的。为了设计这样复杂的计算机网络, 早在最初的 ARPANET 设计时即提出了分层的方法。“分层”可将庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题而这些较小的局部总是比较易于研究和处理。

1974 年, 美国的 IBM 公司宣布了它研制的系统网络体系结构 SNA (System Network Architecture), 这个著名的网络标准就是按照分层的方法制定的。以后 SNA 又不断得到改进, 更新了几个版本。现在它是世界上使用得较为广泛的一种网络体系结构。不久后, 其他一些公司也相继推出本公司的一套完整的网络体系结构, 并都采用不同的名称。

网络体系结构出现后, 使得同一个公司所生产的各种设备都能够很容易地互连成网。这种情况显然有利于一个公司垄断自己的产品。用户一旦购买了某个公司的网络, 当需要扩大容量时, 就只能再购买该公司的产品。如果同时再购买了其他公司的产品, 由于网络体系结构的不同, 就很难互相连通。

然而全球经济的发展使得不同网络体系结构的用户迫切要求能够相互交换信息。为了使不同体系结构的计算机网络都能互连, 国际标准化组织 (ISO) 于 1977 年成立了一个专门的机构来研究该问题。不久, 就提出一个试图使各种计算机在世界范围内互连成网的标准框架, 即著名的开放系统互连基本参考模型 OSI/RM (Open Systems Interconnection Reference Model), 简称为 OSI。这里所说的“系统”是指计算机、终端、外部设备、信息传输设备、操作员及相应的集合; “开放”是指按照 OSI 参考模型建立的任意两系统之间的连接或操作。当一个系统能按照 OSI 标准与另一个系统进行通信时, 就称该系统为开放系统。这一点很像世界范围的电话系统和邮政系统, 这两个系统都是开放系统。

OSI 开放系统互连参考模型将整个网络的通信功能划分成 7 个层次, 每个层次完成不同的功能。这七层由低至高分别是物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层和应用层。OSI 采用这种层次结构可以带来很多好处。如:

1) 各层之间是独立的。某一层并不需要知道它的下一层是如何实现的, 而仅仅需要知道该层间的接口 (即界面) 所提供的服务。由于每一层只实现一种相对独立的功能, 因而可将一个难以处理的复杂问题分解为若干个较容易处理的更小一些的问题。这样, 整个问题的复杂程度就下降了。

2) 灵活性好。当任何一层发生变化时 (例如技术的变化), 只要层间接口关系保持不变, 则在这层以上或以下各层均不受影响。

3) 结构上可分割开。各层都可以采用最合适的技术来实现。

4) 易于实现和维护。这种结构使得实现和调试一个庞大而又复杂的系统变得易于处理, 因为整个系统已被分解为若干个相对独立的子系统。

5) 能促进标准化工作。因为每一层的功能及其所提供的服务都已有了明确的说明。

前面已经提到 OSI 开放系统互连参考模型采用了 7 个层次的体系结构, 下面简单地介绍一下各层的主要功能。

1. 物理层

物理层传输数据的单位是比特。物理层不是指连接计算机的具体物理设备或具体传输媒体是什么, 因为它们的种类非常多, 物理层的作用是指尽可能地屏蔽这些差异, 对它的高层即数据链路层提供统一的服务。所以物理层主要关心的是在连接各种计算机的传输媒体上传输数据的比特流。为了达到这个目的, 物理层在设计时涉及的主要问题有:

- 用多大的电压代表数据“1”或“0”, 以及当发送端发出比特“1”时, 在接收端如何识别出这是比特“1”而不是比特“0”。
- 确定连接电缆材质、引线的数目及定义、电缆接头的几何尺寸、锁紧装置等。
- 指出一个比特信息占用多长时间。
- 采用什么样的传输方式。
- 初始连接如何建立。
- 当双方结束通信时如何拆除连接。

综上所述, 物理层提供为建立、维护和拆除物理链路所需要的机械的、电气的、功能的和规程的特性。

2. 数据链路层

数据链路层传输数据的单位是帧, 数据帧的帧格式中包括的信息有: 地址信息、控制信息、数据信息、校验信息。数据链路层的主要作用是通过数据链路层协议(即链路控制规程), 在不太可靠的物理链路上实现可靠的数据传输。数据链路层完成这一任务的方法是: 把从物理层传送来的原始的比特流信息进行位分割, 按照一定的格式组成若干个帧, 用帧格式中的校验信息部分对整个数据帧进行校验。如果校验正确, 则把其数据帧中的信息字段内容送给上层; 如果校验有错误, 可以反方向发送一个否认的应答帧给发送方, 让发送方重新发送这一数据帧, 直到收到这一帧的正确帧为止。这样, 数据链路层就把一条有可能出现差错的物理链路, 转变成为了让网络层向下看起来好像是一条不出差错的链路。为了完成这一任务, 数据链路层还要解决以下一些主要问题:

1) 代码透明性的问题。由于物理层只是接收和发送一串比特流信息而不管其是什么含义, 所以在数据链路层要把原始的位流分割, 并重新组装成数据帧, 这就必须建立和识别帧的边界, 一般实现方法是在帧的开头和结尾加上一些特殊的比特串实现, 但是如果这些特殊的比特串在帧的数据部分出现, 就会使接收方误认为这是一个帧的结束标志, 这就需要数据链路层要采取某种措施, 使接收方不会将这样的数据比特流认为是某种控制信息, 即在数据链路层解决代码透明性的问题。

2) 流量控制的问题。在数据链路层还要控制发送方的发送速率, 必须使接收方来得及接收。当接收方来不及接收时, 就必须及时地控制发送方的发送速率, 即在数据链路层要解决流量控制的问题。

3) 帧重复问题。上面讲到, 数据帧在数据链路层进行校验, 如果发现该帧有问题, 会通

知发送方让其重发数据帧。多次传输同一帧,接收端会出现接收重发帧的现象。为此,数据链路层还必须解决发送端与接收端的帧同步问题。

3. 网络层

网络层传送的数据单位是报文分组或数据包。在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能要经过许多个结点和链路,也可能还要经过好几个路由器所连接的通信子网。网络层的任务就是要选择最佳的路由,使发送站的运输层所传下来的报文能够正确无误地按照目的地址找到目的站,并交付给目的站的运输层。这就是网络层的路由选择功能。路由选择算法的好坏在很大程度上决定了网络的性能,如网络吞吐量(在一个特定的时间内成功发送数据包的数量)、平均延迟时间、资源的有效利用率等。

路由选择是广域网和网际网中非常重要的问题,局域网则比较简单,甚至可以不需要路由选择功能。路由选择的定义是根据一定的规则和算法在传输通路上选出一条通向目的结点的最佳路径,一个好的路由选择应有以下特点:

- 信息传送所用时间最短。
- 使网络负载均衡。
- 通信量均匀。
- 路由选择算法应简单易实现,可适应网络拓扑的变化。

这里要强调指出,网络层中的“网络”二字,不是通常谈到的网络概念,而是在计算机网络体系结构模型中的专用名词。

另外在网络层还要解决拥塞控制问题。在计算机网络中的链路容量、交换结点中的缓冲区和处理机等,都是网络资源。在某段时间,若对网络中某一资源的需求超过了该资源所能提供的可用部分,网络的性能就要变坏,这种情况叫拥塞。网络层也要避免这种现象的出现。

4. 运输层

OSI(开放式系统互连)所定义的运输层正好是7层的中间一层,是通信子网(下面3层)和资源子网(上面3层)的分界线,它屏蔽通信子网的不同,使高层用户感觉不到通信子网的存在。它完成资源子网中两结点的直接逻辑通信,实现通信子网中端到端的透明传输。运输层信息的传送单位是报文。运输层的基本功能是从会话层接收数据报文,并且当所发送的报文较长时,先要在运输层里把它分割成若干个报文分组,然后再交给它的下一层(即网络层)进行传输。另外,这一层还负责报文错误的确认和恢复,以确保信息的可靠传递。

通常,互连网所采用的TCP/IP协议中的TCP(传输控制协议)协议就是属于运输层。而登录Novell服务器所必须使用的IPX/SPX协议中的SPX(顺序包交换协议)协议也属于运输层。

5. 会话层

如果不看表示层,在OSI开放式系统里,互连的会话层就是用户和网络的接口,这是进程到进程之间的通信。所谓进程是操作系统中由多道程序并行而引出的一个概念,它与程序的概念不同,程序是一个静态的概念,而进程是一个动态的概念,是程序的执行,是有生命周期的。会话层允许不同机器上的用户建立会话关系,目的是完成正常的数据交换,并提供了对某些应用的增强服务会话,也可被用于远程登录到分时系统或在两个机器间传递文件。会话层对高层提供的服务主要是“管理会话”。一般,两个用户要进行会话,首先双方都必须接受对方,以保证双方有权参加会话;其次是会话双方要确定通信方式,即会话允许信息同时双向传输或任一时刻仅能单向传输,若是后者,会话层将记录此刻由哪一个用户进程来发送数据,为了保

证单向传输的正确性,即在某一个时刻仅能一方发送,会话层提供了令牌管理,令牌可以在双方之间交换,只有持有令牌的一方才可以执行发送报文这样的操作。会话层提供的另一种服务叫“同步服务”。为了说明同步服务的含义,先从一个例子讲起。例如,有一台机器有一个非常大的数据文件要传送到另一台机器上,假设该数据文件传输需要 15 个小时,而当文件已经传输了 14 个小时还差一个小时就传输完成了,这时网络突然出此故障,这样此次的传输就被迫中止了,当网络故障排除后,发送方将不得不重新传输该文件,这样是非常浪费时间的,因为即使前面 14 个小时所传送的数据已经正确接收也仍然需要重新传送。如果网络总是频繁地出现故障,按照这种方法重传,则始终也不能把整个报文传送到目的地。为了解决这个问题,会话层提供了在数据流中插入同步点的机制,在网络以后再出现故障,不必每次都从头进行传送,而是可以重传最近一个同步点以后的数据。这就有点像利用 Windows 98 内置的写字板应用程序输入手写的一篇文章,假设该文章有 70 页,当输入了 60 页但没有存盘,这时突然停电了,那么这 60 页就白输入了。如果采取每输入一页就存一次盘,则当突然停电时,仅仅会损失最后没保存的一页,而前面的每一页都已经保存在磁盘上了。同步服务与这个例子非常相似。综上所述,会话层的主要功能归结为:允许在不同主机上的各种进程间进行会话。

6. 表示层

在计算机与用户之间进行数据交换时,并非是随机地交换数据比特流,而是交换一些有具体意义的数据信息。这些数据信息有一定的表示格式,例如表示人名用字符型数据,表示货币数量用浮点型数据等。不同的计算机可能采用不同的编码方法来表示这些数据类型和数据结构,为让采用不同编码方法的计算机能够进行相互通信,能相互理解所交换数据的值,可以采用抽象的标准法来定义数据结构,并采用标准的编码形式。表示层管理这些抽象数据结构,并且在计算机内部表示和网络的标准表示法之间进行转换,也即表示层关心的是数据传送的语义和语法两个方面的内容。但其仅仅完成语法的处理,而语义的处理是由应用层来完成的。表示层的另一功能是数据的加密和解密,为了防止数据在通信子网中传输时被恶意地窃听和篡改,发送方的表示层将要传送的报文进行加密后再传输,接收方的表示层在收到密文后,对其进行解密,把解密后还原成的原始报文传送给应用层。表示层所提供的功能还有文本的压缩功能,文本压缩的目的是为了把文本非常大的数据量利用压缩技术使其数据量尽可能地减小,以满足一般通信带宽的要求,提高线路利用率,从而节省经费。综上所述,表示层是为上层提供共同需要数据或信息语法的表示变换。

7. 应用层

应用层是 OSI 网络协议体系结构的最高层,是计算机网络与最终用户的界面,为网络用户之间的通信提供专用的程序。OSI 的 7 层协议从功能划分来看,下面 6 层主要解决支持网络服务功能所需要的通信和表示问题,应用层则提供完成特定网络功能服务所需要的各种应用协议。应用层的一个主要解决的问题是虚拟终端的问题。世界上有上百种互不兼容的终端,要把它们组装成网络,即让一个厂家的主机与另一个厂家的终端通信,就不得不在主机方设计一个专用的软件包,以实现异种机、终端的连接。如果一个网络中有 N 种不同类型的终端和 M 种不同类型的主机,为实现它们之间的交互通信,要求每一台主机都得为每一种终端设计一个专用的软件包,最坏情况下,需要配置 $M \times N$ 个专用的软件包,显然这种方法实现起来很困难。为此,可采用建立一个统一的终端协议方法,使所有不同类型的终端都能通过这种终端协议与网络主机互连。这种终端协议就称为虚拟终端协议。

应用层的另一个功能是文件传输协议 FTP。计算机网络中各计算机都有自己的文件管理系统, 由于各台机器的字长、字符集、编码等存在着差异, 文件的组织和数据表示又因机器而各不相同, 这就给数据、文件在计算机之间的传送带来不便, 有必要在全网范围内建立一个公用的文件传送规则, 即文件传送协议。应用层还有电子邮件的功能, 电子邮件系统是用电子方式代替邮局进行传递信件的系统。信件泛指文字、数字、语音、图形等各种信息, 利用电子手段将其由一处传递至另一处或多处。

图 1-1 说明的是应用进程的数据在各层之间的传递过程中所经历的变化。这里为简单起见, 假定两个主机是直接相连的。

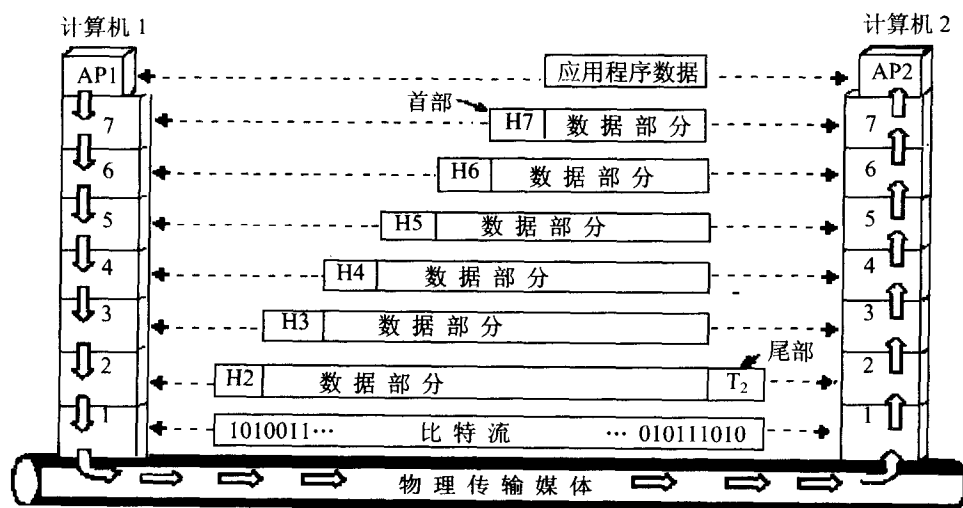


图 1-1 OSI 开放系统互连参考模型

假定计算机 1 的应用进程 AP1 向计算机 2 的应用进程 AP2 传送数据。AP1 先将其数据交给第 7 层。第 7 层加上必要的控制信息 H7 就变成了下一层的协议数据单元。第 6 层收到这数据单元后, 加上本层的控制信息 H6, 再交给第 5 层会话层, 成为会话层的协议数据单元。依此类推。不过到了第 2 层 (数据链路层) 后, 控制信息分成两部分, 分别是首部 (H2) 和尾部 (T2), 而第 1 层 (物理层) 由于是比特流的传送, 所以不再加上控制信息。

在 OSI 参考模型中, 在对等层次上传送的数据, 其单位都称为该层的协议数据单元 PDU (Protocol Data Unit)。当这一串比特流经网络的物理媒体传送到目的站时, 就从第 1 层依次上升到第 7 层。每一层根据控制信息进行必要的操作, 然后将控制信息剥去, 将该层剩下的数据部分提交给更高的一层。最后, 把应用进程 AP1 发送的数据交给目的站应用进程 AP2。

可以用一个简单的例子来比喻上述过程。有一封信从最高层向下传。每经过一层就包上一个新的信封。包有多个信封的信传送到目的站后, 从第 1 层起, 每层拆开一个信封后就交给它的上一层。传到最高层时, 取出发信人所发的信交给收信用户。

虽然应用进程数据要经过如图 1-1 所示的复杂过程才能送到对方的应用进程, 但这些复杂过程对用户来说, 都被屏蔽掉了, 以致应用进程 AP1 觉得好像是直接把数据交给了应用进程 AP2。同理, 任何两个同等的层次 (例如在两个系统的第 4 层) 之间, 也好像如同图中的水平

虚线所示的那样,将数据(即数据单元加上控制信息)通过水平虚线直接传递给对方。这就是所谓的“对等层”之间的通信。以前经常提到的各层协议,实际上就是在各个对等层之间传递数据时的各项规定。

在开放系统中进行交换信息时,发送或接收信息的究竟是一个进程、是一个文件或是一个终端,都没有实质上的影响。为此,可以用实体这一名词表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。在许多情况下,实体就是一个特定的软件模块。

协议是控制两个对等实体进行通信的规则集合。协议的语法方面的规则定义了所交换的信息格式,而协议的语义方面的规则就定义了发送者或接收者所要完成的操作,例如,在何种条件下数据必须重发或丢弃。

在协议的控制下,两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。要实现本层协议,还需要使用下面一层所提供的服务。

一定要弄清楚,协议和服务在概念上是很不一样的。

首先,协议的实现保证了能够向上一层提供服务。本层的服务用户能看见服务而无法看见下面的协议。下面的协议对上面的服务用户是透明的。

其次,协议是“水平的”,即协议是控制对等实体之间通信的规则。但服务是“垂直的”,即服务是由下层向上层通过层间接口提供的。还应注意到,并非在一个层内完成的全部功能都称为服务。只有那些能够被高一层看得见的功能才能称之为“服务”。上层使用下层所提供的服务必须通过与其下层交换一些命令,这些命令在 OSI 中称为服务原语。

在同一系统中相邻两层的实体进行交互(即交换信息)的地方,通常称为服务访问点 SAP (Service Access Point)。服务访问点 SAP 是一个抽象的概念,它实际上就是一个逻辑接口,和通常所说的两个设备之间的硬件并行接口或串行接口是不一样的。OSI 将层与层之间交换数据的单位称为服务数据单元 SDU (Service Data Unit),它可以与 PDU 不一样。另外,可以是多个 SDU 合成为一个 PDU (协议数据单元),也可以是一个 SDU 划分为几个 PDU。

OSI 想从一张白纸开始,试图达到一种理想境界,即全世界的计算机网络都遵循着这个统一的标准,这样全世界的计算机都将能够很方便地进行互连和交换数据。在 20 世纪 80 年代,许多大公司甚至一些国家的政府机构都纷纷表示支持 OSI。当时看来似乎在不久的将来全世界一定会都按照 OSI 制订的标准来构造计算机网络。然而到了 20 世纪 90 年代初期,虽然整套的 OSI 国际标准都已经制订出来了,但由于 Internet 已经在全世界覆盖了相当大的范围,而与此同时却几乎找不到有什么厂家生产出符合 OSI 标准的商用产品。因此人们得出这样的结论:OSI 事与愿违地失败了。现今规模最大的、覆盖全世界的计算机网络 Internet 并未使用 OSI 标准。OSI 失败的原因归纳为:OSI 专家缺乏实际经验,他们在完成 OSI 标准时没有商业驱动力;OSI 的协议实现起来过分复杂,而且运行效率很低;OSI 标准的制定周期太长,因而使得按 OSI 标准生产的设备无法及时进入市场;最后,OSI 的层次划分也不太合理,有些功能在多个层中重复出现。

1.1.3 计算机网络的传输介质

传输媒体也称为传输介质或传输媒介。前面在讲计算机网络定义时,它的第一句话就是“把分布在不同地理位置的计算机在物理上互连”,也就是说要形成一个计算机网络首先要做的工作就是把计算机用一种传输介质按照一定的拓扑结构连接起来,但这个用来进行连接的传输介质

可能是看得见的（即有线传输介质，如双绞线、同轴电缆和光纤等），也可能是看不见的（即无线传输介质，如微波、红外线、激光和卫星等）。再说得明确一点，数据的传输介质指传送信息的载体，即通信线路。下面介绍几种常见的传输介质。

1. 双绞线

双绞线在局域网中，目前是最常用到的一种传输介质。这主要是因为其低成本、高速度和高可靠性。目前组建局域网所使用的双绞线是一种由4对线（即8根线）组成的，其中每根线的材质有铜线和铜包的钢线两类。在一般的场合下使用铜线，但在有些特定的场合对双绞线的韧度有要求时，可采用铜包的钢线这种双绞线，利用钢的韧度和铜的传导性来达到这种特定场合的要求。一般来说，双绞线电缆中的8根线是成对使用的，而且每一对都相互绞合在一起，绞合的目的是为了减少对相邻线的电磁干扰。双绞线分为屏蔽双绞线（STP）和非屏蔽双绞线（UTP）。屏蔽双绞线的外层用金属丝编织成屏蔽网，所以它对电磁干扰的抑制能力比较强，其价格比非屏蔽双绞线当然要贵一些。目前，在局域网中常用到的双绞线是非屏蔽双绞线（UTP），它又分为3类、4类、5类、超5类、6类和7类。其中3类双绞线的最高传输频率为16MHz，最高传输速率为10Mb/s，但这种双绞线目前在网络市场上几乎已经看不到了。取而代之的是5类双绞线，而5类双绞线与3类双绞线最主要的区别在于线路单位长度的绞合次数，并且5类双绞线使用了特殊的绝缘材料，使最高的传输频率达到100MHz，最高的传输速率达到100Mb/s。要强调指出的是这个传输速率是指在100m长的双绞线范围内才能够得到保证。但现在网络市场上又出现了一种超5类双绞线，其衰减和串扰比5类双绞线更小，能满足大多数计算机网络应用的需求，而且它的传输距离已超过了100m的界限。所以在同等条件下，建议组建局域网络时最好采用超5类双绞线，最主要是因为它对千兆位以太网的支持，这对于局域网今后的升级是大有益处的。为了对双绞线这8根线进行区分，在每根导线的绝缘层上分别涂有不同的颜色以示区别。双绞线的这8根线的引脚定义如表1-1所示（按照EAI-TIA-568B标准）。

表 1-1 双绞线的引脚定义

线路线号	1	2	3	4	5	6	7	8
线路色标	白橙	橙	白绿	蓝	白蓝	绿	白褐	褐
引脚定义	Tx ⁺	Tx ⁻	Rx ⁺			Rx ⁻		

从上面这个标准可以看出，双绞线目前在计算机局域网络真正使用的是1线（引脚定义为Tx⁺，用于发送数据，正极）、2线（引脚定义为Tx⁻，用于发送数据，负极）、3线（引脚定义为Rx⁺，用于接收数据，正极）和6线（引脚定义为Rx⁻，用于接收数据，负极），其中1、2为一对线，3、6为一对线，4、5为一对线，7、8为一对线。在制作双绞线电缆时最好要按照这个标准，如果在工程现场记不住这个标准颜色的顺序，那么只要记住1、2线用一对颜色的线，3、6线用一对颜色的线即可。另外，每条双绞线电缆的两端安装的接头在网络中称为RJ-45连接器，俗称水晶头。由于5类双绞线最大的网络长度为100m，如果要加大网络的范围，可在两段双绞线电缆间安装中继器（一般由集线器或交换机来承担），但最多仅能安装4个中继器，使网络的最大范围达到500m。

在局域网中，双绞线主要是用来连接计算机网卡到集线器或通过集线器之间级联口的级