

计算机网络与分布计算系列规划教材

计算机网络设计教程

(第二版)

陈明 编著



清华大学出版社

计算机网络与分布计算系列规划教材

计算机网络设计教程(第二版)

陈 明 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机网络设计与工程方面的知识,内容包括网络分析与设计过程、网络需求分析、通信规范、逻辑网络设计、物理网络设计、网络测试、运行和维护、网络故障分析与处理、无线网络设计等。附录部分给出了三个实验,供读者练习。

本书内容丰富,理论结合实际,结构合理,语言流畅,可作为大学计算机网络设计教材,也可作为计算机网络工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络设计教程/陈明编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2008.1
(计算机网络与分布计算系列规划教材)

ISBN 978-7-302-15004-6

I. 计… II. 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(2007)第 048336 号

责任编辑:魏江江 徐跃进

责任校对:白 蕾

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22 字 数:527 千字

版 次:2008 年 1 月第 2 版 印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:024991-01

读者意见反馈

亲爱的读者：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了今后为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间来填写下面的意见反馈表，以便我们更好地对本教材做进一步改进。同时如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题，或者有什么好的建议，也请您来信告诉我们。

地址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 602 室 计算机与信息分社营销室 收

邮编：100084

电子邮件：jsjc@tup.tsinghua.edu.cn

电话：010-62770175-4608/4409

邮购电话：010-62786544

教材名称：计算机网络设计教程（第二版）

ISBN 978-7-302-15004-6

个人资料

姓名：_____ 年龄：_____ 所在院校/专业：_____

文化程度：_____ 通信地址：_____

联系电话：_____ 电子信箱：_____

您使用本书是作为：☐指定教材 ☐选用教材 ☐辅导教材 ☐自学教材

您对本书封面设计的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书印刷质量的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书的总体满意度：

从语言质量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

从科技含量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

本书最令您满意的是：

☐指导明确 ☐内容充实 ☐讲解详尽 ☐实例丰富

您认为本书在哪些地方应进行修改？（可附页）

您希望本书在哪些方面进行改进？（可附页）

电子教案支持

敬爱的教师：

为了配合本课程的教学需要，本教材配有配套的电子教案(素材)，有需求的教师可以与我们的联系，我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案(素材)，希望有助于教学活动的开展。相关信息请拨打电话 010-62776969 或发送电子邮件至 jsjc@tup.tsinghua.edu.cn 咨询，也可以到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>)上查询。

|| 前 言

在计算机网络构建过程中,计算机网络设计是重要的一环。在计算机网络设计中,要根据需求进行分析,为了满足业务需求,要遵循处理规范而提出网络设计方案。优秀的设计能使计算机网络构建简单而有效,并获得令人满意的结果。

本书是一部计算机网络设计教程,主要内容包括计算机网络设计基础、网络分析与设计过程、网络需求分析、通信规范、逻辑网络设计、物理网络设计、网络测试、网络运行与维护、网络故障分析与处理、无线网络设计等。附录部分给出了三个实验,供读者练习。

在概述一章中,主要介绍了网络的基本元素、互联设备、网络性能和网络设计文档等。

在网络分析与设计过程一章中,主要介绍了网络规范、网络生命周期、网络开发过程、网络设计的约束因素等。

在网络需求分析一章中,主要介绍了网络分析的必要性、收集需求分析的过程、需求分析说明书的书写方法与规范等。

在通信规范一章中,主要介绍了通信规范分析、通信模式、通信边界、通信流的分布、通信量分析的步骤、网络标准和通信规范书写等。

在逻辑网络设计一章中,主要介绍了网络的逻辑设计过程、物理层的考虑、网络互联的考虑、逻辑网络图、VLAN 策略、现代广域网络技术、网络管理、TCP/IP 地址设计、网络安全、逻辑设计文档书写等。

在物理网络设计一章中,主要介绍了结构化布线技术、线缆、物理网络图、物理网络文档书写等。

在网络测试、运行和维护一章中,介绍了网络测试、故障定位、性能优化、网络监控等内容。

在网络故障分析与处理一章中,主要介绍了网络故障、常见的网络故障、网络故障的分析与检测、网络故障的分析与排除等。

在无线网络设计一章中,主要介绍了无线网络的特征、无线局域网、蓝牙技术及其实现、WAP 无线应用等。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请批评指正。

陈 明

2007 年 7 月于北京

— 目 录 —

第 1 章 概述	1
1.1 网络基本元素	1
1.1.1 计算机平台	1
1.1.2 应用软件	1
1.1.3 物理设备和拓扑结构	2
1.1.4 网络软件和实用软件	3
1.1.5 互联设备	3
1.1.6 广域网连接	3
1.2 网络互联设备	3
1.2.1 网卡	3
1.2.2 中继器	5
1.2.3 集线器	6
1.2.4 网桥	7
1.2.5 交换机	8
1.2.6 路由器	9
1.2.7 网关	11
1.3 网络性能	13
1.3.1 响应时间、延迟和等待时间	13
1.3.2 利用率	15
1.3.3 网络带宽、容量和吞吐量	16
1.3.4 可用性、可靠性和可恢复性	18
1.3.5 冗余度、适应性、可伸缩性	19
1.3.6 效率与费用	20
1.4 网络设计文档	21
1.4.1 文档的作用	21
1.4.2 文档的质量	22
1.4.3 文档的管理和维护	23
本章小结	23
习题	23
第 2 章 网络分析与设计过程	25
2.1 网络规范	25

2.2	网络生命周期	26
2.2.1	网络流程周期	26
2.2.2	网络循环周期	26
2.3	网络开发过程	27
2.3.1	需求分析	28
2.3.2	现有的网络体系分析	29
2.3.3	确定网络逻辑结构	30
2.3.4	确定网络物理结构	30
2.3.5	安装和维护	30
2.4	网络设计的约束因素	31
	本章小结	32
	习题	33
第3章	网络需求分析	34
3.1	需求分析的必要性	34
3.2	收集需求分析的过程	35
3.2.1	业务需求	35
3.2.2	用户需求	39
3.2.3	应用需求	42
3.2.4	计算机平台需求	46
3.2.5	网络需求	57
3.3	编制需求说明书	70
	本章小结	73
	习题	73
第4章	通信规范	74
4.1	通信规范分析	74
4.2	通信模式	75
4.2.1	对等通信方式	75
4.2.2	客户机-服务器通信方式	75
4.2.3	服务器-客户机通信方式	76
4.2.4	分布式计算方式	76
4.3	通信边界	76
4.3.1	冲突域和广播域	77
4.3.2	通信流量边界	78
4.4	通信流的分布	79
4.4.1	80/20 规则	79
4.4.2	20/80 规则	80
4.5	通信量分析的步骤	81

4.5.1	把网络分成易管理的网段	81
4.5.2	确定个人用户和网段应用的通信量	82
4.5.3	确定本地和远程网段上的通信信息分布	82
4.5.4	对每个网段重复上述步骤	82
4.5.5	分析基于各网段信息的广域网和网络骨干的通信流量	82
4.5.6	输出通信流量计算	84
4.6	网络基准	85
4.6.1	测试工具	85
4.6.2	网络基准化	86
4.6.3	基准的解释	88
4.6.4	基准网络的步骤	90
4.6.5	测算共享资源的利用率	92
4.6.6	测量工具	92
4.6.7	输出基准报表	94
4.7	编写通信规范	94
4.8	需求分析和通信规范分析举例	97
4.8.1	需求分析	97
4.8.2	需求分析与通信规范说明书	99
	本章小结	105
	习题	105
第 5 章	逻辑网络设计	106
5.1	逻辑设计过程概述	106
5.1.1	确定逻辑设计目标	106
5.1.2	网络服务评价	108
5.1.3	技术评价	109
5.1.4	技术决策	110
5.2	物理层的考虑	110
5.2.1	需求分析和通信规范说明书	110
5.2.2	物理介质和拓扑结构的考虑	112
5.3	网络互联的考虑	113
5.3.1	交换机和路由器的选择	114
5.3.2	利用交换机优化局域网性能	118
5.4	逻辑网络图	120
5.5	VLAN 策略	121
5.5.1	VLAN 概述	121
5.5.2	VLAN 划分方法	122
5.5.3	VLAN 标准及专有属性	124
5.5.4	VLAN 的优点	124

5.6	广域网技术	127
5.6.1	广域网及相关概念	127
5.6.2	广域网的基本实现模式	128
5.6.3	广域网性能优化	149
5.7	网络管理	153
5.7.1	网络管理基本概念	153
5.7.2	网络管理功能	154
5.7.3	简单网络管理协议	155
5.7.4	远程监控	156
5.7.5	使用 RMON/RMON2 监控局域网通信流量	159
5.7.6	使用 RMON/RMON2 监控广域网环境	159
5.8	TCP/IP 地址设计	160
5.8.1	IP 地址分配	160
5.8.2	子网掩码和 IP 地址复用	162
5.8.3	无分类域间路由	163
5.9	网络安全	163
5.9.1	网络安全基本概念	164
5.9.2	网络安全所面临的威胁	167
5.9.3	总体安全解决方案的分层方法	167
5.9.4	OSI 安全服务	168
5.9.5	OSI 安全机制	168
5.9.6	网络信息安全系统的设计原则	170
5.9.7	网络信息安全系统的设计和实现步骤	172
5.9.8	制定严格的安全管理措施	173
5.9.9	加密技术	174
5.9.10	防火墙	178
5.9.11	防火墙系统组成及实例	181
5.10	编写逻辑设计文档	186
5.11	逻辑网络设计举例	188
5.11.1	逻辑设计说明书	188
5.11.2	逻辑设计的批准	195
	本章小结	195
	习题	195
第 6 章	物理网络设计	197
6.1	结构化布线系统	197
6.1.1	结构化布线系统的组成	197
6.1.2	结构化布线系统的优点	199
6.1.3	通用布线系统	200

6.1.4	布线距离	200
6.1.5	结构化布线系统的发展	201
6.2	线缆	202
6.2.1	同轴电缆	202
6.2.2	双绞线	203
6.2.3	光纤	205
6.2.4	IBM 公司的线缆类型	208
6.2.5	线缆安装准则	209
6.3	物理网络图	210
6.4	编写物理网络设计文档	211
6.5	物理网络设计举例	213
	本章小结	216
	习题	216
第 7 章	网络测试、运行和维护	218
7.1	网络测试	218
7.1.1	测试原型网络系统	218
7.1.2	建立和测试原型网络系统	219
7.1.3	网络测试工具	220
7.2	故障定位	220
7.2.1	故障定位的基本步骤	220
7.2.2	故障恢复	223
7.3	性能优化	227
7.3.1	服务质量	227
7.3.2	资源预留协议	229
7.3.3	服务模型	229
7.3.4	信令	231
7.3.5	报文分类	231
7.3.6	拥塞管理	232
7.3.7	流量监管与流量整形	238
7.3.8	物理接口总速率限制	240
7.3.9	多协议标记交换	241
7.3.10	IP 组播	243
7.4	网络监控	245
7.5	网络文档	245
	本章小结	246
	习题	246

第 8 章 网络故障分析与处理	247
8.1 网络故障简介	247
8.2 常见的网络故障	248
8.2.1 计算机故障	248
8.2.2 通信媒体故障	248
8.2.3 通信设备故障	248
8.2.4 协议失配	249
8.2.5 网络堵塞	250
8.3 网络故障的分析与检测	250
8.3.1 分离法	250
8.3.2 替换法	251
8.3.3 参照法	252
8.3.4 软件检测法	252
8.4 网络故障的分析与排除	254
8.4.1 网络故障诊断过程	255
8.4.2 网络故障的分析与排除	257
8.5 网络故障处理举例	261
8.5.1 路由器故障举例	261
8.5.2 TCP/IP 故障举例	263
本章小结	264
习题	264
第 9 章 无线网络设计	265
9.1 无线网络概述	265
9.1.1 无线网络的发展背景	265
9.1.2 无线网络的特征	266
9.2 无线局域网	267
9.2.1 无线局域网的提出	267
9.2.2 无线网技术	267
9.2.3 无线网的应用	273
9.2.4 无线网性能要求	274
9.2.5 无线局域网标准	275
9.3 蓝牙技术及其实现	277
9.3.1 蓝牙的产生	277
9.3.2 蓝牙技术概述	277
9.3.3 蓝牙的前景	278
9.3.4 蓝牙存在的问题	279
9.3.5 蓝牙系统组成	280

9.3.6 蓝牙与无线局域网	281
9.3.7 蓝牙的实现方式	281
9.4 WAP 无线应用	283
9.4.1 WAP 概述	283
9.4.2 WAP 协议的设计目标	283
9.4.3 WAP 的实现目标	284
9.4.4 WAP 体系结构	284
9.4.5 WAP 服务器与移动网络的连接	288
本章小结	289
习题	290
附录A 实验一 局域网连接	291
A1 实验目的	291
A2 实验要求及器材	291
A3 实验步骤	291
A3.1 安装网卡	291
A3.2 安装集线器	292
A3.3 制作网络电缆	292
A3.4 连接计算机到集线器	293
A3.5 安装网络操作系统	293
A3.6 安装网卡驱动程序	295
A3.7 添加网络协议	297
A3.8 设置资源共享	300
A4 实验报告	302
A5 实验相关说明	302
附录B 实验二 校园网设计	305
B1 实验目的	305
B2 实验要求	305
B3 实验步骤	305
B4 实验报告	305
B5 实验相关说明	305
B5.1 校园网络的现状及需求	305
B5.2 系统总体设计	306
B5.3 提高网络的带宽解决方案	307
B5.4 模块化结构	310
B5.5 中心服务器	311
B5.6 Windows NT 环境设计	313
B5.7 网络操作系统	315

B5.8	网络管理系统	315
B5.9	系统内部各种网络互联	316
B5.10	系统的安全性和可靠性	316
附录C	实验三 个人主页的制作与上传	318
C1	实验目的	318
C2	实验要求	318
C3	实验步骤	318
C3.1	简单个人主页的制作	318
C3.2	使用 Dreamweaver 制作个人主页	319
C3.3	个人主页空间的申请	327
C3.4	个人主页的上传	329
C4	实验报告	335
C5	实验相关说明	335

第 1 章 概 述

本章主要介绍网络设计的基本内容,包括组成网络的基本元素。网络设计中用到的网络性能等一些基本概念以及在进行网络设计的过程中编写的文档内容、文档质量和对文档的管理与维护。

1 网络基本元素

计算机平台、应用软件、物理设备和拓扑结构、网络软件和实用软件、互联设备和广域网连接构成了网络的基本元素。无论是一个由几台计算机采用相同技术以对等方式组成的文件共享网络,还是多个计算机用户使用各种技术组成的计算机网络,都由上述的基本元素组成。

1.1.1 计算机平台

计算机平台是网络中的终端用户节点,是装载并运行操作系统和应用程序并为用户提供功能和服务的设备。不同的计算机平台,其形状、尺寸、性能有所不同。从网络计算机(NC)到个人计算机(PC),从工作站到功能强大的大型机功能也各不相同。计算机平台中微处理器的类型、内存、输入输出、操作系统、设备驱动器、存储器等都将影响网络的设计。例如,如果个人计算机上的微处理器和总线结构不支持新的局域网网卡(NIC),那么它将无法支持高速率的传输。又如,为了有效地运行传输速率为 100Mb/s 的以太网,需要使用 PCI 总线的计算机。因此,在设计网络过程中,网络设计人员必须详细了解和考虑当前以及将来使用的计算机平台。

1.1.2 应用软件

应用软件是网络系统中常用的软件之一。应用软件同其他类型软件的区别是能完成某种特定的应用功能。应用软件分为多种类型,如有些应用软件运行在单机模式中,而另外一些则运行在多机模式中,需要网络环境的支持。了解一个应用软件在何处使用和如何使用非常重要,因为它将影响该系统的整体性能。例如,用服务器存储大量图形文件的一个图形应用软件的网路设计,与保存本地文件的一个本地字处理程序的网路设计完全不同。又例如,应用软件同计算机平台和使用的操作系统关系密切,基于 Windows 98 或 DOS 的应用软件能否运行在较新的操作系统如 Windows NT

环境中。如果在升级操作系统时没有考虑已经投入使用的应用软件,则可能带来严重的兼容性问题。

应用软件也会影响用户对网络和系统的感觉。如果用户借助设计不佳的网络,在一个速度极慢的计算机上运行过时的应用软件,用户将不会喜欢这样的系统。因此,在网络设计中应选择适合所设计的网络环境的应用软件。

1.1.3 物理设备和拓扑结构

物理设备是指连接网络端点之间的基础设施,如网卡、电缆、接插件、接插板、集线器等。在设计一个网络时,电缆类型、物理设施允许的速率、网络设备的位置和类型都起着重要的作用。

网络拓扑结构是指在给定终端位置的情况下网络的结构方式。拓扑结构决定了网络的工作原理及网络信息的传输方式。一旦确定了网络的拓扑结构,就要选择适合这种拓扑结构的工作方式与信息的传输方式。如果选择和配置不当,将影响网络安全。

常见的网络拓扑结构有星状结构、环状结构、总线结构、树状结构和网状结构等。在实际应用中,通常是由它们组成的混合形式,而非单一的拓扑结构。

1. 星状拓扑结构

这种结构便于集中控制,因为端用户之间的通信必须经过中心站,具有安全和易于维护等优点。当端用户设备因为故障而停机时也不会影响其他端用户间的通信,但这种结构的中心系统必须具有极高的可靠性,因为中心系统一旦损坏,整个系统便趋于瘫痪。所以中心系统通常采用双机热备份方式,以提高系统的可靠性。

2. 环状拓扑结构

在环状拓扑结构中,传输媒体从一个端用户连到另一个端用户,直到将所有端用户连成环状。显而易见,这种结构消除了端用户通信时对中心系统的依赖性。环状结构的特点是,每个端用户都与两个相邻的端用户相连,因而存在着点对点链路,但总是以单向方式操作。

3. 总线拓扑结构

总线拓扑结构是使用同一媒体或电缆连接所有端用户的一种方式。这种结构具有费用低,数据端用户入网灵活,站点或某个端用户的失效不影响其他站点或端用户通信的优点。它的缺点是一次仅能一个端用户发送数据,其他端用户必须等待获得发送权。媒体访问获取机制也比较复杂。但由于布线要求简单,扩充容易,端用户的失效和增删不影响全网其他用户工作,所以是局域网技术中使用最为普遍的一种。

4. 树状拓扑结构

树状拓扑结构是从总线拓扑结构演变而来的,形状像一棵倒置的树。通常采用同轴电缆作为传输介质,且使用宽带传输技术。当节点发送信号时,根节点接收此信号,然后再重新广播发送到全网。树状结构的主要缺陷是对根节点的依赖性太大,如果根节点发

生故障,则全网都将不能正常工作,因此这种结构在可靠性方面存在的问题与星状结构相类似。

1.1.4 网络软件和实用软件

在设计、运行和维护网络的过程中,网络软件和实用软件占有非常重要的地位。其中网络软件主要由客户机端的软件(例如,交换机和服务器的软件及网络操作系统)和客户机之间或客户机与服务器之间进行通信所需要的协议堆栈组成。在当今的网络环境中,网络操作系统是单独购买的,而客户机端由其转向器和协议堆栈组成。因此,在网络设计中如何选择合适的网络软件是需要重点考虑的问题。

实用软件既包括网络管理软件,例如,惠普公司的 OpenView 以及 Sun 公司的 SEM 之类的复杂软件,又包括像 TCP/IP 实现的 ping 之类的简单软件。实现的功能是对网络进行分析、管理、监控和故障排除。

1.1.5 互联设备

在不同类型的网络进行通信时,要使用互联设备来提供互联和互用。网络互联设备包括网桥、交换机、路由器、网关及用来提高性能和加强连通的设备。

在网络设计中,网络互联设备的选择十分重要。选择路由器,还是交换机,是在第2层还是第3层进行转换,这些都将影响网络的性能、可维护和可扩展性,详见1.2节。

1.1.6 广域网连接

广域网连接使局域网(LAN)和校园网转变成城域网(MAN)和广域网(WAN)。广域网连接采用点对点还是交换式,高速还是低速都将直接影响到网络的性能和效率。

广域网连接设计也是网络设计中非常关键的一步,因为大部分的网络费用是用于租用公共服务和设施的。而广域网的连接是利用这种潜在而且昂贵的资源,因此必须认真考虑网络应用和用户需求。

1.2 网络互联设备

随着网络技术的不断发展,为了满足人们对网络环境、应用、性能价格比的不同要求,多种网络互联设备应运而生,使网络设计的内容更为丰富。

1.2.1 网卡

网卡(NIC)是网络接口卡的简称。它是一种网络接口,直接连接到局域网中的每一台网络资源设备(服务器、PC、打印机等)都必须在其扩展槽中安装网卡,通过传输介质(双绞线、同轴电缆或光纤)与网络互联。网卡配合网络操作系统来控制网络信息的交流。网卡的选择恰当与否,将直接影响整个网络的数据传输效率。网卡的结构如图1-1所示。

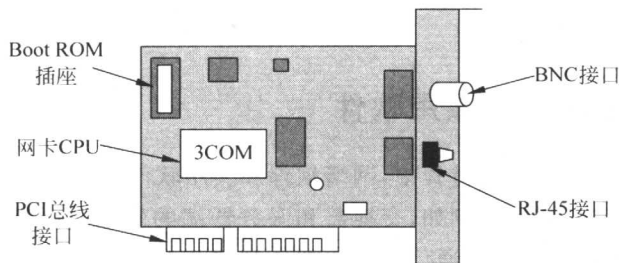


图 1-1 网卡的结构

网卡是 OSI 模型中数据链路层的设备,图 1-2 是其在 OSI/RM 中的位置示意图。

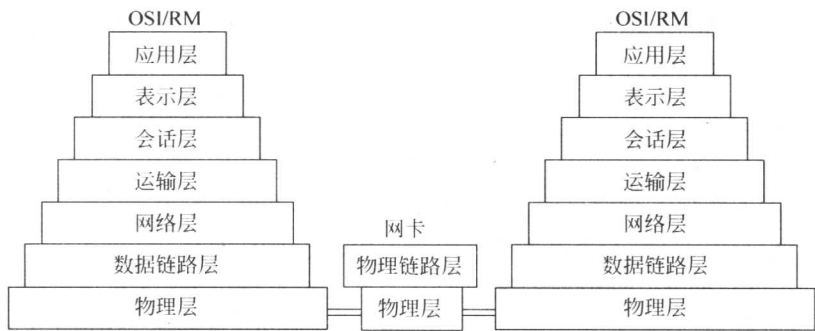


图 1-2 网卡在 OSI/RM 中的位置

网卡的主要功能如下：

- 判别并读入由其他网络设备(交换机、hub、路由器或另一块网卡)发送的数据包,并将数据包中的数据通过宿主机(物理主机)的总线传送到资源设备中安装的高层协议里,由高层协议决定数据的去向(CPU、RAM 或硬盘)。
- 将资源设备中高层协议产生的待发送的数据打包后发送到网络,由网络设备确定这些数据发送的目的地。

网卡可分为令牌环网卡、FDDI 网卡、ATM 网卡、以太网网卡等。目前,约 80% 的局域网采用以太网网卡。传统网卡采用的都是分离元件,存在很多问题,如网卡的 I/O 地址、中断号和 DMA 端口都要通过硬件跳线的方式来实现,安装配置比较困难;网卡性能不稳定,且各厂商的产品之间兼容性差;采用逐帧处理方式,无法实现真正的全双工,数据传送效率低等。为了解决这些问题,对网卡进行了技术改造和升级,主要包括:

- 采用 ASCI 集成电路元件,提高了网卡的性能和集成度。通过优化网卡驱动,使数据发送和接收成为可叠加的过程而不再是逐帧处理,使性能平均提高了 40%。
- 数据溢出处理。在网卡发送数据时,若数据包未发送完毕,网卡缓冲区变空称为下溢;接收数据时,若网卡缓冲区数据已满,网上还有数据传来称为上溢。网卡溢出主要为上溢,解决办法是在接收端采用动态调整机制,在网卡确定帧地址后,CPU 立即处理中断,网卡在接收第一帧的末字节时,CPU 已准备将数据发送到主机系统内存。