



教育部高职高专规划教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Guihua Jiaocai

高职高专计算机专业系列教材

计算机网络工程与实训

沈 辉 曹国良 袁家政 付立新 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

教育部高职高专规划教材
高职高专计算机专业系列教材

计算机网络工程与实训

沈 辉 曹国良 袁家政 付立新 编著

清 华 大 学 出 版 社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是《高职高专计算机专业系列教材》之一,全书分为独立的6章,介绍了以太网工程实施、Windows 98对等网络的建立、Windows NT 4.0 网络系统工程、Windows 2000 Intranet 系统工程、NetWare 4.11 网络系统工程、Linux 网络系统工程、异种网络系统互连等相关内容。该书遵从实训的教学规律,从实际网络工程工作出发,选取了目前最流行和最新的多种网络系统,以全面覆盖工程中要处理的主要问题为原则来合理规划和组织实训内容。

本书内容丰富,结构合理,可操作性强。读者可在边学边干中快速掌握网络工程的知识,增强处理实际问题的能力。本书适合于广大计算机网络用户和大专院校相关专业师生阅读,也可供开发设计人员、网络运行维护和管理人员参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 计算机网络工程与实训

作 者: 沈 辉 曹国良 袁家政 付立新 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京国马印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.25 字数: 372 千字

版 次: 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04376-0/TP·2568

印 数: 0001~6000

定 价: 21.00 元

出版说明

教材建设工作是整个高职高专教育教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、学校和有关出版社的共同努力下,各地已出版了一批高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设仍落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了《教育部高职高专规划教材》编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批《教育部高职高专规划教材》。

《教育部高职高专规划教材》计划出版500种,用5年左右时间完成。出版后的教材将覆盖高职高专教育的基础课程和主干专业课程。计划先用2~3年的时间,在继承原有高职、高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决好新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专教育教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

《教育部高职高专规划教材》是按照《基本要求》和《培养规格》的要求,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的,适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2000年4月3日

高职高专计算机专业 系列教材编审委员会

主 任： 白英彩

副 主 任： 刘煜海 焦金生

秘 书 长： 高建华 蒋川群

委 员：（按姓氏笔画顺序）

丁桂芝 白英彩 孙德文 边善裕 石 磊

刘煜海 李瑜祥 陈海强 余苏宁 吴永明

林家骏 陶 霖 高建华 黄国兴 蒋川群

焦金生 鲍有文

1999年10月,教育部高教司主持召开了全国高职高专教材工作会议,会议要求尽快组织规划和编写一批高质量的、具有高职高专特色的基础和专业教材。根据会议精神,在清华大学出版社的支持下,于2000年1月在上海召开了由来自全国各地的部分高职、高专、成人教育及本科院校的代表参加的“高职高专计算机专业培养目标和课程设置体系研讨会”。与会的专家和教师一致认为,在当前教材建设严重滞后同高职教育迅速发展的矛盾十分突出的情况下,编写一套适应高等职业教育培养技术应用性人才要求的、真正具有高职特色的、体系完整的计算机专业系列教材十分必要而且迫切。会议成立了高职高专计算机专业系列教材编审委员会,明确了高职计算机专业的培养目标,即掌握计算机专业有关的基本理论、基本知识和基本技能,尤其要求具有对应用系统的操作使用、维护维修、管理和初步开发的能力。

根据上述目标,编委会拟定了本套教材的编写原则。在教材内容安排上,以培养计算机应用能力为主线,构造该专业的课程设置体系和教学内容体系;从计算机应用需求出发进行理论教学,强调理论教学与实验实训密切结合,尤其突出实践体系与技术应用能力的实训环节的教学;教材编写力求内容新颖、结构合理、概念清楚、实用性强、通俗易懂、前后相关课程有较好的衔接。与本科教材相比,本套教材在培养学生的应用技能上更有特色。

根据目前各高职高专院校计算机专业的课程设置情况,编委会确定了首批出版的十几本教材。这些教材的作者多是在高职高专院校或本科院校的职业技术学院任教的、具有多年教学经验的教师,每本书均由计算机专业的资深教授或专家主审把关。我们还将在此基础上,陆续征集出版第二、三批教材,力争在3到5年内完成一套完整的高职高专计算机专业教材。

应当说明的是,凡是高等职业教育、高等专科学校和成人高等院校的计算机及其相关专业均可使用本套教材。各学校可以根据实际需要,在教学中适当增删一些内容、实训项目和练习题,从而更有针对性地帮助学生掌握计算机专业知识,并形成相关的应用能力。

由于各地区各学校在教学水平、培养目标理解等方面有所不同,加上这套教材编写时间仓促,难免会出现这样或那样的错误,敬请各学校在使用过

程中及时将修改意见或好的建议返回给教材编审委员会,以便我们及时修订、改版,使该系列教材日趋完善。

我们恳切地希望高职高专院校任课的专业教师和专家对后续教材的编写提出建设性的意见,并真诚地希望各位教师参与我们的工作。

高职高专计算机专业
系列教材编审委员会
2000年5月

前言

本书是高等职业教育类计算机网络专业工程实训教材,由清华大学出版社组织出版。

本书的总参考学时数为 46~52 学时,共分为 6 章。以网络系统的设计、建立、管理、维护和使用为主线,以实际工程中的工作任务为核心,选择目前流行的和最新的网络系统来设计实训内容,力图通过实训,使学生不仅能够了解实际工作的过程,而且能够掌握常见问题的处理方法。

主要实训内容包括:

- (1) 构建简单的以太网,建立 Windows 98 对等网络,设计与实现快速以太网及交换式网络,模拟进行综合布线,实现网络系统互联。
- (2) 安装 NT Server,配置 Windows 98 客户机,建立用户账号,管理共享目录,实现打印共享,深入管理 NT 服务器。
- (3) 安装 Windows 2000 Advanced Server,利用 Windows 2000 实现 DHCP、DNS、NNTP、FTP、WWW 服务器并进行管理,以便实施基于 IIS 平台的 ASP 程序开发。
- (4) 建立 NetWare 4.11 网络,管理目录树对象,管理目录和文件权限,使用工作站共享资源,监视和优化 NetWare 服务器。
- (5) 安装 Red Hat Linux,初步使用及管理 Linux 系统,配置 Linux 网络,共享 NFS 网络文件系统的资源。
- (6) 实现 Windows、Linux、NetWare 网络系统间的互联。

每个实训的时间大致为 2~3 学时,各个实训之间基本上是独立的,教师和读者可以根据实际情况进行挑选。每个实训的组织结构相同,包括实训目的、实训内容、基本概念、实训环境、实训步骤、实训问题、实训报告、课外实训等八个部分。在实训中对复杂的步骤做了详细说明,而对那些简单的步骤只提出了要达到的操作目的,要求读者能举一反三地独立完成。每个实训都提出了一些与实训有关的问题,目的是强调实训中的重点和难点。在完成了每个实训的内容后,又安排了课外实训题目,试图让读者能够了解更多的实际问题,并在解决问题的过程中加深对实训内容的了解,达到灵活运用目的。当然读者要自学一些内容才能完成这些题目,允许读者有自由发挥的空间。

为了把理论与实践更好地结合起来,在每章开始的部分都安排了与实训内容紧密关联的技术背景知识介绍,主要包括实际网络工程中会遇到的概念、技术原理、系统设计方法、管理和维护系统的过程等内容。阅读此部分也可以帮助读者系统地了解实训中涉及到的技术内容,对读者加深和拓展网络技术知识起到良好的作用。

鲍有文教授和本系列教材编委会的石磊同志对本书初稿提出了很多宝贵的意见,鲍有文教授还为本书做了很多协调工作,给了大力的支持,在此表示感谢。同时还感谢关心本书出版的其他同志对我们的鼓励,感谢作者亲友的理解和帮助,最后感谢沈步明研究员为书中的部分内容做了修改。

本书由袁家政老师编写了第1章和第6章,付立新老师编写了第2章,沈辉老师编写了第3章,曹国良老师编写了第4章,沈辉和曹国良老师共同编写了第5章,由于作者水平所限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

作者的电子邮件地址: cshenh@263.net

作 者

2001年5月

目 录

第 1 章 以太网工程实施	1
1.1 以太网相关标准	1
1.2 常用网络部件	2
1.2.1 网络适配器(网卡)	2
1.2.2 集线器	3
1.2.3 网络传输介质	3
1.2.4 网络互联设备	5
1.3 Windows 95/98 操作系统	7
1.4 网络综合布线标准	7
1.4.1 EIA/TIA 568 规范	8
1.4.2 100BASE-T 布线标准	8
1.5 实训	9
1.5.1 实训 1 构建简单的以太网	9
1.5.2 实训 2 Windows 98 对等网络	13
1.5.3 实训 3 快速以太网、交换式网络的设计与实现	18
1.5.4 实训 4 高级网络设计与综合布线	22
 第 2 章 Windows NT 4.0 网络系统工程	 33
2.1 Windows NT 4.0 概况	33
2.1.1 Windows NT 4.0 特性	33
2.1.2 Windows NT 的基本概念	35
2.1.3 Windows NT 的安装和基本配置	36
2.2 Windows NT 网络的安全性	39
2.2.1 网络域模式	39
2.2.2 网络用户管理	41
2.2.3 实现 NT 的安全性	43
2.3 打印服务	45
2.4 实训	46
2.4.1 实训 1. NT Server 的安装和 Windows 98 客户机 的网络配置	46

2.4.2	实训2 配置用户环境及共享目录的设置和权限的测试	51
2.4.3	实训3 DHCP服务器作用域的设置及打印共享的设置	56
2.4.4	实训4 服务器管理工具的使用	62
2.4.5	实训5 服务器的内部设置	68
第3章	Windows 2000 Intranet 系统工程	74
3.1	Windows 2000 简介	74
3.1.1	Windows 2000 的安装	74
3.1.2	创建域或工作组网络	76
3.2	TCP/IP 网络和 DHCP、DNS 服务	77
3.2.1	TCP/IP 网络	77
3.2.2	Windows 2000 的 DHCP 服务	78
3.2.3	Windows 2000 的 DNS 服务	80
3.2.4	相关的工具软件	84
3.3	Internet 服务、应用和管理	85
3.3.1	TCP/UDP 协议	85
3.3.2	客户机/服务器	85
3.3.3	SMTP 服务	86
3.3.4	NNTP 服务	88
3.3.5	FTP 服务	89
3.3.6	WWW 服务	90
3.4	实训	95
3.4.1	实训1 安装简体中文版 Windows 2000 Advanced Server	95
3.4.2	实训2 配置 DHCP 服务器	99
3.4.3	实训3 配置 DNS 服务器	107
3.4.4	实训4 安装测试 Internet 组件和管理 NNTP 服务	114
3.4.5	实训5 配置和使用 FTP 服务	122
3.4.6	实训6 配置、管理和开发 WWW 服务	129
第4章	NetWare 4.11 网络系统工程	138
4.1	Novell NetWare 4.11 网络新特点	138
4.1.1	Novell NetWare 网络操作系统的发展	138
4.1.2	Novell NetWare 4.11 对 NetWare 3.1X 的改进	139
4.2	Novell NetWare 4.11 组网技术	141
4.2.1	NetWare 4.11 网络中的设备	141
4.2.2	NetWare 4.11 网络的设计	142
4.2.3	NetWare 4.11 网络的安装	143
4.3	NDS 目录服务	144

4.3.1	NDS 目录概况	144
4.3.2	目录树管理	145
4.4	实训	146
4.4.1	实训 1 Novell NetWare 4.11 网络的建立	146
4.4.2	实训 2 工作站的使用和资源共亨	151
4.4.3	实训 3 对象管理	155
4.4.4	实训 4 目录和文件的属性管理	160
4.4.5	实训 5 管理、监视和优化服务器	164
4.5	附录 1 NetWare 4.11 工作站命令	168
4.6	附录 2 NetWare 4.11 控制台命令	173
第 5 章	Linux 网络系统工程	180
5.1	Linux 的介绍	180
5.1.1	Linux 的由来	180
5.1.2	Linux 的特点	181
5.2	Linux 基础	182
5.2.1	开始	182
5.2.2	系统安装	184
5.2.3	引导和关机	186
5.2.4	登录和注销	187
5.2.5	X Windows 系统	187
5.2.6	文件系统	188
5.2.7	用户管理	189
5.2.8	文件安全性	190
5.3	Linux 网络	191
5.3.1	网络接口	191
5.3.2	TCP/IP 网络	192
5.3.3	NFS 网络文件系统	193
5.4	实训	198
5.4.1	实训 1 Red Hat Linux 的安装	198
5.4.2	实训 2 Linux 的使用及系统管理	202
5.4.3	实训 3 配置网络和使用 NFS 网络文件系统	205
5.5	附录(vi 操作命令)	214
第 6 章	异种网络系统互联及使用	218
6.1	利用 Samba 实现 Linux 与 Windows 网络的互联	218
6.1.1	Samba 概况	218
6.1.2	Samba 配置文件	219

6.2	Windows NT 与 Novell NetWare 互联方案	223
6.2.1	NT 与 Novell NetWare 互联问题	223
6.2.2	常用的两种互联方案比较	224
6.3	Linux 系统访问 NetWare 资源的方法	225
6.3.1	Linux 与 NetWare 互联问题	225
6.3.2	Linux 与 NetWare 互联方法	226
6.4	实训	229
6.4.1	实训 1 Windows 网络与 Linux 互联	229
6.4.2	实训 2 Windows 网络与 Novell NetWare 互联	235
6.4.3	实训 3 Novell NetWare 与 Linux 互联	240
参考文献		245

第 1 章

以太网工程实施

Ethernet 网络简称以太网,是目前国内外应用比较广泛的局域网之一。

本章介绍以太网的常用设备、组网方法及以太网工程的实施标准等知识。同时安排了以下实训内容:

- 以太网的基本硬件、介质和连接调试方法。
- Windows 98 对等网络的安装与配置。
- 快速以太网的基本硬件、介质和连接调试方法。
- 局域网互联设备、网络工程的设计及综合布线。

1.1 以太网相关标准

计算机网络按地理范围分为局域网和广域网。在局域网中以太网发展最快、使用最为广泛。

以太网网络产品符合 IEEE 802.3 标准,可使用的介质有:同轴电缆、双绞线、光纤等,传输速度分为 10Mbps、100Mbps 和 1000Mbps。

由于当前以太网采用不同的介质,所以有不同的标准,如 10BASE5(粗缆)、10BASE2(细缆)、10BASET(3 类双绞线)、100BASET4/TX(5 类双绞线)和 100BASEFX(光纤)等,它们的主要参数见表 1-1。

表 1-1 以太网的标准和主要参数

以太网标准	传输介质	拓扑结构	最多的段数	每段内最多站数	每段最大长度(m)	IEEE 规范	批准时间	速度(Mbps)
10BASE5	50 Ω 粗同轴电缆	总线	5 个	100 个	500	802.3	1983	10
10BASE2	50 Ω 细同轴电缆	总线	5 个	30 个	185	802.3a	1988	10
1BASE5	2 对 100 Ω 3 类双绞线	星型	不确定	不确定	250	802.3c	1988	1
10BASET	2 对 100 Ω 3 类双绞线	星型	不确定	不确定	100	802.3i	1990	10
100BASEFX	2 股多模或单模光纤	星型	不确定	不确定	2000/10 000	802.3l	1992	100
100BASET	2 对 100 Ω 5 类双绞线或 4 对 100 Ω 3、4、5 类双绞线或 2 对 150 Ω 1 类双绞线	星型	不确定	不确定	100	802.3u	1995	100

1.2 常用网络部件

构建以太网,除了通常我们所说的服务器和工作站等计算机外,还需以下网络硬件设备:网卡、中继器、收发器、集线器、交换机、路由器、调制解调器等。



1.2.1 网络适配器(网卡)

网络接口卡 NIC(network interface card)简称“网卡”,是以太网中的必备配件,网卡从功能来说相当于广域网的通信控制处理机,通过它将工作站或服务器连接到网络上,实现网络相互通信和资源共享。

1. 网卡的基本功能

(1) 网卡实现工作站与局域网传输介质之间的物理连接和电信号匹配,接收和执行工作站与服务器送来的各种控制命令,完成物理层的功能。

(2) 网卡实现局域网数据链路层的一部分功能,包括网络存取控制,信息帧的发送与接收,差错校验,串并转换等。

(3) 网卡实现无盘工作站的复位及引导。

(4) 网卡提供数据缓存能力。

(5) 网卡还能实现某些接口功能。

正确选用、连接和设置网卡,往往是能否正确连通网络的前提和必要条件。

2. 网卡分类

由于网络技术的不同,网卡的分类也不同。就以太网而言,按传输速率分为 10Mbps、100Mbps、10/100Mbps 和 1000Mbps 网卡。与不同类型的网络传输介质相对应,有 3 种介质连接端口的网卡:RJ-45 端口、BNC 端口和 AUI 端口,这 3 种不同端口的网卡可以分别接双绞线、细同轴电缆和粗同轴电缆,目前也有些网卡在一块卡上同时提供 2 种甚至 3 种端口。

3. 网卡的 3 个基本参数

(1) 中断请求(IRQ):对于 IBM PC 类型的计算机,中断级是从 IRQ0~IRQ16 级中选择其一,如通常选 IRQ3 或 IRQ4。

(2) DMA 通道:DMA 是直接存储器访问方式,允许网卡内的数据直接传送到存储器中,而不需通过 CPU,IBM PC 类型计算机系统的 DMA 3 通道一般保留给网卡使用,其他通道则为硬盘和软盘驱动器使用。有些网卡不使用 DMA 方式。

(3) 存储基地址和 I/O 基地址:每块网卡都使用一个指定的 I/O 块和一个存储缓冲区,用于网卡与操作系统之间的信息传送。存储基地址和 I/O 基地址是两个独立的物理

地址,通常只设置 I/O 基地址和存储基地址,就可确定所选择的 I/O 块和存储空间区域。



1.2.2 集线器

最简单的集线器(hub)连接成物理上的星形拓扑,实现网络的连通,但内部结构为类似以太网的逻辑总线。稍微复杂化一点的集线器可以作为网桥和路由器的替代品来减少网络拥塞。高级集线器则还提供了与高速的 FDDI、帧中继及 ATM 网络等网络的接口。一般来说,集线器提供了一项或多项下列功能:

- 在局域网(LAN)上连接多个计算机。
- 减少网络拥塞。
- 提供不同类别的局域网之间的连接能力,例如 Ethernet 与 FDDI 的连通性。
- 实现高速通信。

最简单的集线器通常用在 10BASET 的以太网上,它还是将工作站与小型或大型 LAN 连接的最流行方式之一。这种集线器采用物理星形拓扑把 PC 机都连到中央集线器上,通过主干网将一个集线器与另一个集线器连接起来。

以太网的管理是用集线器上的软件来实现的。物理星形拓扑比物理总线拓扑更易于管理,因为一个端口只连接一个设备,如果一个端口上的网卡出现故障,只要简单地停止该端口参与通信工作(直到换了一块卡),此时连在其他端口的工作站仍能继续工作。

集线器提供的接口数通常有 8 口、16 口和 24 口等几种,集线器能提供连接多种网络传输介质的接口,通常具有 RJ-45 和 BNC 两种接口或 RJ-45、BNC 和 AUI 三种接口。

按性能还可分为 I 类、II 类集线器。I 类集线器会把传来的模拟信号转变为数字信号再转发到其他端口,故延时较大,约为 $0.7\mu\text{s}$,可提供 TX、T4 端口。II 类集线器则不做转换,直接转发,故延时较小,约为 $0.35\mu\text{s}$,只提供一种 TX 或 T4 端口。由于二者延迟差别很大,对连接集线器的个数有明显的影响。



1.2.3 网络传输介质

传输介质是网络中信息传输的媒体。传输介质的性能特性对传输速率、通信的距离、可连接的网络节点数目和数据传输的可靠性等均有很大的影响,必须根据不同的通信要求,合理地选择传输介质。在局域网中常用的传输介质有双绞线、同轴电缆和光导纤维等。

1. 双绞线

双绞线(twisted pair)是最普通的传输介质,它由两根绝缘的金属导线扭在一起而成。通常还把若干对双绞线(2 对或 4 对)捆成一条电缆,并以坚韧的护套包裹着,每对双绞线合并成一根通信线使用,以减小各对导线之间的电磁干扰。

双绞线分为有屏蔽双绞线(STP)和无屏蔽双绞线(UTP)。有屏蔽双绞线外面环绕一圈金属屏蔽保护膜,可以减少环境中电磁波对传送的数据信号的干扰,但相对来讲价格

较贵。

无屏蔽双绞线没有金属保护膜,对电磁干扰比较敏感,电气特性较差。它的最大优点是价格便宜,所以广泛应用于传输模拟信号的电话系统中。此类双绞线的最大缺点是,绝缘性能不好,分布电容参数较大,信号衰减比较厉害,一般来说,传输速率不高,传输距离也很有限。目前,对传输信号进行了特殊的处理后,可以在双绞线上实现 1Gbps 的传输速率,有了这种技术,以太网、令牌环网和 ARCnet 网均可以直接使用已经布好的电话线路。

2. 同轴电缆

同轴电缆(coaxial cable)是网络中最常用的具有保护套的传输介质,共有 4 层,最内层是中心导体,从里往外依次分为绝缘层、导体网和保护套。按带宽和用途来划分,同轴电缆可以分为基带(baseband)和宽带(broadband)。

基带同轴电缆传输的是数字信号,在传输过程中,信号将占用整个信道,数字信号使用包括由 0 到该基带同轴电缆所能传输的最高频率,在同一时间内,基带同轴电缆仅能传送一路信号。

宽带同轴电缆传送的是不同频率的模拟信号,传送时利用频分多路复用技术分成多个频道传送,这些信号需要调制到各自不同的正弦载波频率上。最终能使数据、声音和图像等信号,在同一时间内,在不同的频道中被传送。宽带同轴电缆的性能比基带同轴电缆好,但需要附加信号处理设备,安装比较困难,适用于长途电话网、有线电视系统及宽带计算机网络。

(1) RG-58A/U

用于 10BASE2,阻抗为 50Ω ,直径为 0.18 英寸的同轴电缆线,又称细同轴电缆。它是计算机网络中最常见到的同轴电缆线,在 Ethernet 标准中,常与 BNC 接头连接。

(2) RG-11

用于 10BASE5,阻抗为 50Ω ,直径为 0.4 英寸的同轴电缆线,又称粗同轴电缆。它需配合收发器(transceiver)使用。

(3) RG-59U

阻抗为 75Ω ,直径为 0.25 英寸的同轴电缆线,常用于电视电缆线,也可作为宽带的数据传输线,ARCnet 网络用的就是此类电缆线。

3. 光导纤维电缆

光导纤维电缆(optical fiber)简称光纤电缆或光缆。随着对数据传输速度的要求不断提高,光缆的使用日益普遍。对于计算机网络来说,光缆具有无可比拟的优势,也是目前和未来发展的方向。

光缆由纤芯、包层和护套层组成。其中纤芯由玻璃或塑料制成,包层由玻璃制成,护套由塑料制成,光纤通信具有如下特点:

(1) 优点

- ① 传输速率高,目前实际可达到的传输速率为几十 Mbps 至几千 Mbps。