



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

21世纪高职高专电子信息类规划教材

路由交换 技术及应用 (第2版)

孙秀英 主编

*Electronic
Information*



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

21世纪高职高专电子信息类规划教材

路由交换 技术及应用 (第2版)

孙秀英 主编

*Electronic
Information*

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

路由交换技术及应用 / 孙秀英主编. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2015.1
21世纪高职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-115-36244-5

I. ①路… II. ①孙… III. ①计算机网络—路由选择—高等职业教育—教材②计算机网络—信息交换机—高等职业教育—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第197485号

内 容 提 要

本书依据通信网岗位典型工作案例选取教材内容, 设计了路由交换技术组网综合实训项目, 并围绕综合实训项目设计相关技术理论, 构建“理实一体化”课程资源。本书突出高职高专职业教育的特点, 注重技能培养, 采用图文并茂的方式表述抽象的技术理论, 通俗易懂, 便于学习。

本书内容包含“数据通信基础、交换技术与应用、路由技术与应用、广域网技术基础、网络安全技术和路由交换综合项目应用分析”6个部分。前5个部分分别介绍了数据组网中的关键技术与应用, 最后一部分为企业综合项目案例。每章配有学习目标, 帮助学生自学使用; 在每章节最后都配有习题, 用来巩固和应用重要概念。

本教材与通信网技术应用结合紧密, 可作为通信技术专业核心课程的前导课程, 学习对象为高职高专通信类专业和计算机网络专业的学生, 也可作为从事通信工程技术人员的学习参考用书。

◆ 主 编 孙秀英

责任编辑 滑 玉

责任印刷 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15

字数: 374 千字

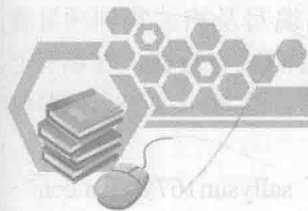
2015 年 1 月第 2 版

2015 年 1 月北京第 1 次印刷

定价: 39.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



随着三网融合业务的推进, IP 技术成为了互联网、电信网和广电网技术交互的核心, 在高职通信类专业, 路由交换技术与应用是一门专业基础课程。它是 EPON 光接入技术、NGN 软交换技术及 LTE 移动通信等专业课程的前导课程, 在人才培养过程中起到承上启下的关键作用。

本书是通信技术国家重点专业建设项目成果之一, 也是教育部“十二五”职业教育国家规划教材。本书按照教育部“十二五”规划教材的要求进行完善修订和梳理, 遵循工学结合的教育理念, 将行业企业标准融入教材内容中, 将通信职业技能鉴定要求嵌入到教学目标中。书中项目设计以通信网运行维护岗位需求为目标, 以通信网真实项目为载体表现内容, 将各知识点和操作流程融入到各个项目中, 突出实践技能培养。

教材编写体现了“以赛促教, 以赛促学, 实施技能人才培养”教育教学改革理念。编写团队成员在一线教学工作过程中, 积累了较为有效的实践技能培养经验。教材中的项目训练内容来自于 2009 年全国职业技能大赛“3G 基站建设维护与数据网组建”、2011 年“三网融合与网络优化”和 2013 年“LTE 组网与维护”竞赛辅导讲义, 正是通过这些项目实际训练, 三届技能大赛均取得团体第一名的好成绩。作者所在院校——淮安信息职业技术学院蝉联三届高职通信类专业全国职业技能大赛竞赛团体冠军。

根据第 1 版教材的使用情况, 本书在结构上做了优化调整, 进一步完善了教材结构, 增加了应用实训方面的内容, 以方便实施一体化教学。

新版教材内容与通信网网技术应用结合更为紧密。一方面, 增加了 IPv6 地址内容和防火墙技术应用, 使教材内容与 IP 技术发展同步; 另一方面, 教材内容编排上按照项目应用场景进行系统化设计, 即将交换机硬件知识部分放在交换技术应用项目中, 路由器硬件知识放在路由技术应用项目中, 体现所学即所用的原则; 最后, 新版教材附录中汇集了华为、中兴和思科等不同厂家交换机与路由器的相关配置命令, 可以对不同厂家设备配置命令的进行对比查询学习, 使教材更加人性化, 实用性更强。

本书的参考学时为 60~90 学时, 建议采用理论实践一体化教学方式, 各章的参考学时见下面的学时分配表。

学时分配表

篇 章	课 程 内 容	学 时
第一篇	数据通信技术基础	10
第二篇	交换技术与应用	10~20
第三篇	路由技术与应用	16~28
第四篇	广域网技术	8~12
第五篇	网络安全技术	6~8
第六篇	综合项目应用	10~12
课时总计		60~90

新版教材由孙秀英主编, 并负责教材内容选取及统稿和第二篇编写, 史红彦负责校稿及



对于书中的疏漏和不妥之处，恳请读者提出宝贵建议，联系方式：sallysun167@sina.com

编者

第一篇 数据通信技术基础

第 1 章 数据通信概述 2

- 1.1 数据通信的定义 2
- 1.2 数据通信系统的构成 3
- 1.3 数据通信的交换方式 4
- 1.4 数据通信工作方式 4
- 1.5 数据通信方式分类及特点 5
 - 1.5.1 有线数据通信 5
 - 1.5.2 无线数据通信 6
- 1.6 数据通信网络常用传输介质种类和特性 6
 - 1.6.1 双绞线 6
 - 1.6.2 同轴电缆 7
 - 1.6.3 光纤 7
 - 1.6.4 无线传输媒体 8
 - 1.6.5 传输媒体的选择 8
- 1.7 数据通信基本传输方式 9
- 1.8 数据通信基本概念中的常用术语 9
- 习题 10

第 2 章 网络基础 11

- 2.1 计算机网络的定义 11
- 2.2 计算机网络的分类 12
- 2.3 网络拓扑 12
- 2.4 主要的国际标准化机构 13
- 2.5 OSI 参考模型 15
 - 2.5.1 计算机网络体系结构概述 15
 - 2.5.2 OSI 参考模型的层次结构 16
- 习题 18

第 3 章 TCP/IP 协议族与

子网划分 19

- 3.1 TCP/IP 协议族的起源 19
- 3.2 TCP/IP 协议族与 OSI 参考模型比较 19
- 3.3 报文的封装与解封装 20
 - 3.3.1 OSI 的数据封装过程 20
 - 3.3.2 TCP/IP 协议族的数据封装过程 21
- 3.4 TCP/IP 协议族 22
- 3.5 传输层协议 23
 - 3.5.1 传输控制协议 23
 - 3.5.2 用户报文协议 26
- 3.6 网络层协议 27
 - 3.6.1 IP 27
 - 3.6.2 ICMP 29
 - 3.6.3 ARP 的工作机制 29
 - 3.6.4 RARP 的工作机制 30
- 3.7 IPv4 地址 30
- 3.8 IPv6 地址 32
 - 3.8.1 IPv6 地址简介 32
 - 3.8.2 IPv6 地址类型 33
 - 3.8.3 IPv4 和 IPv6 比较 34
- 3.9 变长子网掩码 VLSM 技术 35
- 习题 37

第 4 章 常用网络通信设备 39

- 4.1 常用网络通信设备介绍 39
- 4.2 交换机的基本配置 41
 - 4.2.1 交换机配置环境搭建 41
 - 4.2.2 VRP 配置基础 43
- 4.3 路由器的基本配置 46
 - 4.3.1 路由器配置环境搭建 46
 - 4.3.2 命令模式 48

4.3.3 在线帮助	49
4.4 网络设备基本配置实例	51
习题	55

第二篇 交换技术与应用

第5章 以太网交换技术

5.1 局域网基础	57
5.1.1 局域网简介	57
5.1.2 以太网的发展历史	58
5.1.3 以太网常见传输介质	59
5.2 以太网原理	61
5.2.1 MAC 地址	61
5.2.2 以太网帧格式	62
5.2.3 传统以太网	63
5.2.4 交换式以太网	64
习题	67

第6章 生成树协议技术

6.1 STP 的产生	68
6.2 STP 的基本原理	70
6.3 STP 端口状态	73
6.4 STP 配置实例	74
习题	76

第7章 虚拟局域网

7.1 VLAN 概述	77
7.2 VLAN 的划分方式	78
7.3 VLAN 的运作	80
7.4 VLAN 端口类型	82
7.5 VLAN 的基本配置	84
7.6 VLAN 配置实例	85
习题	86

第8章 VLAN 典型应用实例

8.1 端口聚合技术原理与配置	87
8.1.1 端口聚合技术原理	87
8.1.2 端口聚合配置实例	89
8.2 PVLAN 技术与配置	91
8.2.1 PVLAN 技术原理	91

8.2.2 PVLAN 配置实例	92
------------------------	----

8.3 QinQ 技术与配置

8.3.1 QinQ 技术原理	93
8.3.2 QinQ 配置实例	94

8.4 SuperVLAN 原理与配置

8.4.1 SuperVLAN 原理	95
8.4.2 SuperVLAN 配置实例	95

习题	97
----------	----

第三篇 路由技术与应用

第9章 路由基础

9.1 路由与路由器	99
9.2 路由原理	100
9.3 路由的来源	102
9.3.1 路由的分类	102
9.3.2 静态路由配置实例	106
9.3.3 默认路由配置实例	108
9.4 路由的优先级	109
9.5 路由的度量值	111
9.6 VLAN 间通信	112
9.6.1 VLAN 间通信方式	112
9.6.2 单臂路由配置实例	114
9.6.3 三层交换配置实例	116
9.7 动态路由协议基础	117
9.7.1 概述	117
9.7.2 动态路由协议的分类	118
9.7.3 动态路由协议的性 能指标	119
习题	119

第10章 RIP

10.1 RIP 概述	120
10.2 RIP 工作过程	120
10.3 RIP 配置实例	121
习题	123

第11章 OSPF 协议

11.1 OSPF 概述	124
11.2 OSPF 协议工作过程	125



11.3	OSPF 协议报文	127
11.4	OSPF 网络类型	128
11.5	OSPF 区域	129
11.6	路由引入	130
11.7	OSPF 单区域配置实例	132
11.8	OSPF 多区域配置实例	134
	习题	136

第四篇 广域网技术

第 12 章 HDLC 在广域网中的应用

12.1	HDLC 协议	138
12.2	HDLC 配置实例	139
	习题	140

第 13 章 PPP

13.1	PPP 概述	141
13.2	PPP 工作流程	141
13.3	PPP 的认证	142
13.4	PPPoE 协议	143
13.5	PPP 配置实例	144
	习题	146

第 14 章 帧中继协议

14.1	帧中继协议概述	147
14.2	帧中继协议的帧结构	148
14.3	帧中继协议的带宽管理	149
14.4	帧中继协议 DLCI 的分配	150
14.5	帧中继协议的寻址	150
14.6	帧中继配置实例	151
	习题	152

第五篇 网络安全技术

第 15 章 访问控制列表

15.1	ACL 概述	155
15.2	ACL 的工作原理	156
15.3	通配符掩码	157
15.4	ACL 匹配顺序	158

15.5	ACL 配置实例	158
	习题	160

第 16 章 DHCP 技术

16.1	DHCP 概述	161
16.2	DHCP 的组网方式	161
16.3	DHCP 报文	163
16.4	DHCP 工作过程	163
16.5	DHCP 配置实例	165
	习题	167

第 17 章 NAT 技术

17.1	NAT 概述	168
17.2	基本地址转换	168
17.3	网络端口地址转换	169
17.4	NAT 配置实例	170
	习题	171

第 18 章 防火墙技术

18.1	防火墙概述	172
18.2	防火墙的安全区域	173
18.3	防火墙配置实例	175
	习题	177

第六篇 综合项目应用

第 19 章 综合项目应用分析

19.1	网络基础部分项目实现	181
19.1.1	网络地址规划	181
19.1.2	熟悉网络设备基本配置	183
19.2	局域网的组建部分项目实现	185
19.2.1	VLAN 的配置与实现	187
19.2.2	端口聚合配置与实现	189
19.2.3	STP 的配置与实现	193
19.2.4	单臂路由的配置与实现	195
19.2.5	三层交换的配置与实现	197
19.3	路由配置与实现	199
19.3.1	静态路由的配置与实现	199
19.3.2	缺省路由的配置与实现	201
19.3.3	RIP 路由的配置与实现	202



19.3.4 OSPF 单区域配置与实现	204
19.3.5 OSPF 多区域的配置与实现	205
19.3.6 OSPF 路由引入的配置与实现	206
19.3.7 VRRP 的配置与实现	209
19.4 网络安全技术的实现	211
19.4.1 DHCP 的配置与实现	211
19.4.2 防火墙 NAT 的配置与实现	213
19.5 广域网知识实践	215
19.5.1 HDLC 互连的配置与实现	215
19.5.2 PPP 互连的配置与实现	216
19.5.3 帧中继协议简单业务的配置与实现	217
附录 路由与交换技术命令集	219
参考文献	232

第一篇

数据通信技术基础

数据通信技术基础

【学习目标】

1. 了解数据通信的基本概念

2. 了解数据通信系统的组成

3. 了解数据通信的传输介质

4. 了解数据通信的交换技术

5. 了解数据通信的网络安全

6. 了解数据通信的同步技术

7. 了解数据通信的差错控制

8. 了解数据通信的调制技术

9. 了解数据通信的复用技术

10. 了解数据通信的统计复用

11. 了解数据通信的时分复用

12. 了解数据通信的频分复用

13. 了解数据通信的码分复用

14. 了解数据通信的波分复用

15. 了解数据通信的同步复用

16. 了解数据通信的异步复用

17. 了解数据通信的统计复用

18. 了解数据通信的时分复用

19. 了解数据通信的频分复用

20. 了解数据通信的码分复用

21. 了解数据通信的波分复用

22. 了解数据通信的同步复用

23. 了解数据通信的异步复用

24. 了解数据通信的统计复用

25. 了解数据通信的时分复用

26. 了解数据通信的频分复用

27. 了解数据通信的码分复用

28. 了解数据通信的波分复用

29. 了解数据通信的同步复用

30. 了解数据通信的异步复用

31. 了解数据通信的统计复用

32. 了解数据通信的时分复用

33. 了解数据通信的频分复用

34. 了解数据通信的码分复用

35. 了解数据通信的波分复用

第 1 章

数据通信概述

【学习目标】

理解数据通信的概念

掌握数据通信的构成原理（重点）

理解数据通信的交换方式（难点）

掌握数据通信的工作方式

熟悉数据通信方式分类及特点（重点）

熟悉数据通信网络常用传输介质种类和特性（重点）

理解数据通信基本传输方式

关键词：数据通信；交换方式；传输介质；传输方式

1.1 数据通信的定义

数据通信与网络正在改变商务活动和人们的生活方式。商务活动依赖于计算机网络和网络互连，在更快连接到网络之前，需要知道网络是如何运转的，网络使用了哪些类型的技术，以及何种网络设计最能够满足实际应用的需要。

数据通信的基本概念是数据通过网络从一个地方传送到另一个地方。远程实体之间的数据通信可以通过连网的过程完成，该过程包括计算机、介质和网络设备之间的连接。网络可大体分为两大类：局域网（LAN）和广域网（WAN）。因特网是由网络互连设备连接起来的 LAN 和 WAN 的集合。当我们通信时，就共享了信息，这种共享可以是本地的，也可以是远程的。本地通信是面对面发生的，远程通信发生在一定的距离之间。电信（Telecommunication）包括电话、电报和电视，都是在一定距离上的通信，这种共享信息的方式是远程的。

数据（Data）是指以任何形式表示的信息，该格式需经由创建和使用数据的双方达成共识。数据的表示有文本、数字、图像、音频和视频等多种形式。

数据通信的定义：两台设备之间通过线缆、传输设备等形式的传输介质进行的数据交换。

在数据通信的发生过程中，由软件程序和硬件物理设备结合组成的通信设备就成为了通信系统的一部分。数据通信系统的效率取决于 4 个关键因素：传递性、准确性、及时性和抖动性。

传递性：系统要将数据传送到正确的目的地，数据由预定的设备或用户接收。

准确性：系统必须准确地传递数据，传递过程中，发生改变和错误的数据均不可用。

及时性：系统必须及时传递数据，传递延误的数据是不可用的。如视频和音频数据在数

据产生时就及时传递数据,所传递数据的顺序和产生时的顺序是相同的,没有明显的延迟。

这种传递称为实时传输。

抖动性:指分组到达时间的变化。如音频和视频的分组在传递过程中延迟各不相同。如每 30ms 发送一个视频的分组,其中某些分组延时 30ms,而另一些分组延时 40ms,就会引起视频不均匀的后果。

1.2 数据通信系统的构成

一个完整的数据通信系统由报文、发送方、接收方、传输介质和协议 5 个部分组成,如图 1-1 所示。

(1) 报文(Message) 是进行通信的信息(数据),可以是文本、数字、图片、声音、视频等信息形式。

(2) 发送方(Sender) 是指发送数据报文的设备,可以是计算机、工作站、手机、摄像机等。

(3) 接收方(Receiver) 是指接收报文的设备,可以是计算机、工作站、手机、电视等。

(4) 传输介质(Transmission Medium) 是报文从发送方到接收方之间所经过的物理通路,可以是双绞线、同轴电缆、光纤和无线电波等。

(5) 协议(Protocol) 是管理数据通信的一组规则,它表示通信设备之间的一组约定。如果没有协议,即使两台设备在物理上是连通的,也不能实现相互通信。

比较典型的数据通信系统硬件组成主要包括数据终端设备、数据电路、计算机系统 3 部分,如图 1-2 所示。

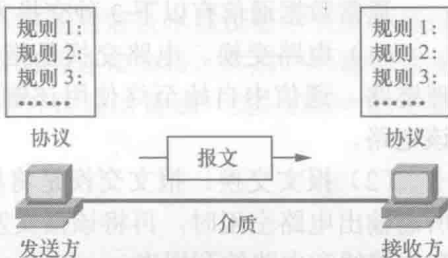


图 1-1 数据通信系统的 5 个组成部分



图 1-2 数据通信系统硬件组成

在数据通信系统中,用于发送和接收数据的设备称为数据终端设备,简称 DTE。DTE 可能是大、中、小型计算机和 PC 机,也可能是一台只接收数据的打印机,所以说 DTE 属于用户范畴,其种类繁多,功能差别较大。从计算机和计算机通信系统的观点来看,终端是输入/输出的工具;从数据通信网络的观点来看,计算机和终端都称为网络的数据终端设备,简称终端。

用来连接 DTE 与数据通信网络的设备称为数据电路终接设备,简称 DCE,可见该设备为用户设备提供入网的连接点。DCE 的功能就是完成数据信号的变换。因为传输信道可能是模拟的,也可能是数字的,DTE 发出的数据信号不适合信道传输,所以要把数据信号变成适合信道传输的信号。

数据电路由传输信道和数据电路终接设备 DCE 组成, 如果传输信道为模拟信道, DCE 通常就是调制解调器, 它的作用是进行模拟信号和数字信号的转换; 如果传输信道为数字信道, DCE 的作用是实现信号码型与电平的转换, 以及线路接续控制等。传输信道除有模拟和数字的区分外, 还有有线信道与无线信道、专用线路与交换网线路之分。

数据链路是在数据电路已建立的基础上, 通过发送方和接收方之间交换“握手”信号, 使双方确认后方可开始传输数据的两个或两个以上的终端装置与互连线路的组合体。

1.3 数据通信的交换方式

通常数据通信有以下 3 种交换方式:

(1) 电路交换。电路交换是指两台计算机或终端在相互通信时, 使用同一条实际的物理链路。通信中自始至终使用该链路进行信息传输, 且不允许其他计算机或终端同时共享该电路。

(2) 报文交换。报文交换是将用户的报文存储在交换机的存储器中 (内存或外存), 当所需输出电路空闲时, 再将该报文发往需接收的交换机或终端。这种存储转发的方式可以提高中继线和电路的利用率。

(3) 分组交换。分组交换是将用户发来的整份报文分割成若干个定长的数据块 (称为分组或打包), 将这些分组以存储转发的方式在网内传输。第一个分组信息都连有接收地址和发送地址的标识。在分组交换网中, 不同用户的分组数据均采用动态复用的技术传送, 即网络具有路由选择, 同一条路由可以有不同用户的分组在传送, 所以线路利用率较高。

1.4 数据通信工作方式

按照数据在线路上的传输方向, 数据通信的工作方式可分为单工通信、半双工通信与全双工通信。

在单工模式下, 通信是单方向的。两台设备只有一台能够发送, 另一台则只能接收, 如图 1-3 所示。键盘和显示器都是单工通信设备。键盘只能用来输入, 显示器只能接收输出。

在半双工模式下, 每台设备都能发送和接收, 但不能同时进行, 当一台设备发送时, 另一台只能接收, 反之亦然, 如图 1-4 所示。对讲机是半双工系统的典型例子。

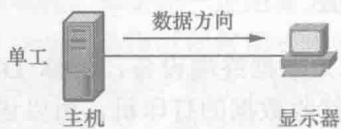


图 1-3 单工通信

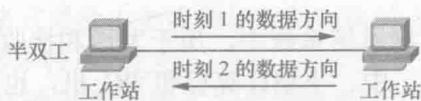


图 1-4 半双工通信

在全双工模式下, 通信双方都能同时接收和发送数据, 如图 1-5 所示。电话网络是典型的全双工例子。

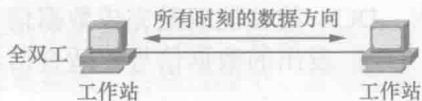


图 1-5 全双工通信



1.5 数据通信方式分类及特点

1.5.1 有线数据通信

1. 数字数据网

数字数据网 (DDN) 由用户环路、DDN 节点、数字信道和网络控制管理中心组成。DDN 是利用光纤或数字微波、卫星等数字信道和数字交叉复用设备组成的数字数据传输网。也可以说 DDN 是把数据通信技术、数字通信技术、光迂通信技术以及数字交叉连接技术结合在一起的数字通信网络。数字信道应包括用户到网络的连接线路, 即用户环路的传输也应该是数字的, 但实际上也有普通电缆和双绞线, 只不过传输质量低一些。DDN 的主要特点为:

- (1) 传输质量高、误码率低、传输信道的误码率要求低。
- (2) 信道利用率高。
- (3) 要求全网的时钟系统保持同步, 才能保证 DDN 电路的传输质量。
- (4) DDN 的租用专线业务的速率可分为 $2.4 \sim 19.2 \text{ kbit/s}$, $N \times 64 \text{ kbit/s}$ ($N=1 \sim 32$); 用户入网速率最高不超过 2.048 Mbit/s 。
- (5) DDN 时延较小。

2. 分组交换网

分组交换网 (PSPDN) 是以 CCITT X.25 建议书为基础的, 所以又称为 X.25 网。它是采用存储-转发方式, 将用户送来的报文分成具有一定长度的数据段, 并在每个数据段上加上控制信息, 构成一个带有地址的分组组合群体, 在网上传输。分组交换网最突出的优点是在一条电路上同时可开放多条虚通路, 为多个用户同时使用, 网络具有动态路由选择功能和先进的误码检错功能, 但网络性能较差。

3. 帧中继网

帧中继网络通常由帧中继存取设备、帧中继交换设备和公共帧中继服务网 3 部分组成。帧中继网是从分组交换技术发展起来的。帧中继技术是把不同长度的用户数据组均包封在较大的帧中继帧内, 加上寻址和控制信息后在网上传输。其功能特点为:

- (1) 使用统计复用技术, 按需分配带宽, 向用户提供共享的网络资源, 每一条线路和网络端口都可由多个终点按信息流共享, 大大提高了网络资源的利用率。
- (2) 采用虚电路技术, 只有当用户准备好数据时, 才把所需的带宽分配给指定的虚电路, 而且带宽在网络里是按照分组动态分配, 因而适合于突发性业务的使用。
- (3) 帧中继只使用了物理层和链路层的一部分来执行其交换功能, 利用用户信息和控制信息分离的 D 信道连接来实施以帧为单位的的信息传送, 简化了中间节点的处理。帧中继采用了可靠的 ISDN D 信道的链路层 (LAPD) 协议, 将流量控制、纠错等功能留给智能终端去完成, 从而大大简化了处理过程, 提高了效率。当然, 帧中继传输线路质量要求很高, 其误码率应小于 10^{-8} 。



(4) 帧中继通常的帧长度比分组交换长，达到 1024~4096 字节/帧，因而其吞吐量非常高，其所提供的速率为 2.048Mbit/s。用户速率一般为 9.6kbit/s、14.4 kbit/s、19.2 kbit/s、 $N \times 64 \text{ kbit/s}$ ($N=1 \sim 31$)，以及 2.048Mbit/s。

(5) 帧中继没有采用存储-转发功能，因而具有与快速分组交换相同的一些优点。其时延小于 15ms。

1.5.2 无线数据通信

无线数据通信也称移动数据通信，它是在有线数据通信的基础上发展起来的。有线数据通信依赖于有线传输，因此只适合于固定终端与计算机或计算机之间的通信。而移动数据通信是通过无线电波的传播来传送数据的，因而有可能实现移动状态下的移动通信。狭义地说，移动数据通信就是计算机间或计算机与人之间的无线通信。它通过与有线数据网互联，把有线数据网路的应用扩展到移动和便携用户。

1.6 数据通信网络常用传输介质种类和特性

传输媒体是通信网络中发送方和接收方之间的物理通路。计算机网络中采用的传输媒体可分为有线和无线两大类。双绞线、同轴电缆和光纤是常用的 3 种有线传输媒体；无线电通信、微波通信、红外通信以及激光通信的信息载体都属于无线传输媒体。

传输媒体的特性对网络数据通信质量有很大影响，这些特性包括。

(1) 物理特性：说明传输媒体的特征。

(2) 传输特性：包括信号形式、调制技术、传输速率及频带宽度等内容。

(3) 连通性：采用点到点连接还是多点连接。

(4) 地理范围：指网上各点间的最大距离。

(5) 抗干扰性：主要指防止噪音、电磁干扰对数据传输影响的能力。

(6) 相对价格：主要指以元件、安装和维护的价格为基础。

下面分别介绍几种常用的传输媒体的特性。

1.6.1 双绞线

双绞线由螺旋状扭在一起的两根绝缘导线组成，线对扭在一起可以减少相互间的辐射电磁干扰。双绞线是最常用的传输媒体，早就用于电话通信中的模拟信号传输，也可用于数字信号的传输。对双绞线的特性介绍如下所述。

(1) 物理特性：双绞线芯一般是铜质的，能提供良好的传导率。

(2) 传输特性：双绞线既可以用于传输模拟信号，也可以用于传输数字信号。

双绞线上也可直接传送数字信号，使用 T1 线路的总数据传输速率可达 1.544Mbit/s，达到更高数据传输率也是可能的，但与距离有关。

双绞线也可用于局域网，如 10BASE-T 和 100BASE-T 总线，可分别提供 10Mbit/s 和 100Mbit/s 的数据传输速率。通常将多对双绞线封装于一个绝缘套里组成双绞线电缆，局域网中常用的 3 类双绞线电缆和 5 类双绞线电缆均由 4 对双绞线组成，其中 3 类双绞线通常用于 10BASE-T 总线局域网，5 类双绞线通常用于 100BASE-T 总线局域网。



(3) 连通性: 双绞线普遍用于点到点的连接, 也可以用于多点的连接。作为多点媒体使用时, 双绞线比同轴电缆的价格低, 但性能较差, 而且只能支持很少的几个站。

(4) 地理范围: 双绞线可以很容易地在 15km 或更大范围内提供数据传输。局域网的双绞线主要用于一个建筑物内或几个建筑物间的通信。但 10Mbit/s 和 100Mbit/s 传输速率的 10BASE-T 和 100BASE-T 总线传输距离均不超过 100m。

(5) 抗干扰性: 在低频传输时, 双绞线的抗干扰性相当于或高于同轴电缆, 但在高频时, 同轴电缆就比双绞线明显优越。

1.6.2 同轴电缆

同轴电缆也像双绞线一样由一对导体组成, 但它们是按“同轴”形式构成线对。最里层是内芯, 向外依次为绝缘层、屏蔽层, 最外层则是起保护作用的塑料外套, 内芯和屏蔽层构成一对导体。同轴电缆分为基带同轴电缆(阻抗 50Ω)和宽带同轴电缆(阻抗 75Ω)。基带同轴电缆又可分为粗缆和细缆两种, 都用于直接传输数字信号; 宽带同轴电缆用于频分多路复用的模拟信号传输, 也可用于不使用频分多路复用的高速数字信号和模拟信号传输。闭路电视所使用的 CATV 电缆就是宽带同轴电缆。

下面对同轴电缆的特性进行介绍。

物理特性: 单根同轴电缆的直径约为 $1.02\sim 2.54\text{cm}$, 可在较宽的频率范围内工作。

传输特性: 基带同轴电缆仅用于数字传输, 并使用曼彻斯特编码, 数据传输速率最高可达 10Mbit/s。一般, 在 CATV 电缆上, 每个电视通道分配 6MHz 带宽, 每个广播通道需要的带宽要窄得多, 因此在同轴电缆上使用频分多路复用技术可以支持大量的视、音频通道。

连通性: 同轴电缆适用于点到点和多点连接。基带 50Ω 电缆每段可支持几百台设备, 在大系统中还可以用转接器将各段连接起来; 宽带 75Ω 电缆可以支持数千台设备, 但在高数据传输率下使用宽带电缆时, 设备数目限制在 20~30 台。

地理范围: 传输距离取决于传输的信号形式和传输的速率, 典型基带电缆的最大距离限制在千米, 在同样数据速率条件下, 粗缆的传输距离较细缆的长。宽带电缆的传输距离可达几十千米。

抗干扰性: 同轴电缆的抗干扰性能比双绞线强。

1.6.3 光纤

光纤是光导纤维的简称, 它由能传导光波的石英玻璃纤维外加保护层构成。相对于金属导线来说具有重量轻、线径细的特点。用光纤传输电信号时, 在发送端先要将其转换成光信号, 而在接收端又要由光检测器将光信号还原成电信号。光纤的特性介绍如下所述。

物理特性: 在计算机网络中均采用两根光纤(一来一去)组成传输系统。按波长范围(近红外范围内)可分为 3 种: $0.85\mu\text{m}$ 波长区 ($0.8\sim 0.9\mu\text{m}$)、 $1.3\mu\text{m}$ 波长区 ($1.25\sim 1.35\mu\text{m}$) 和 $1.55\mu\text{m}$ 波长区 ($1.53\sim 1.58\mu\text{m}$)。不同的波长范围光纤损耗特性也不同, 其中 $0.85\mu\text{m}$ 波长区为多模光纤通信方式, $1.55\mu\text{m}$ 波长区为单模光纤通信方式, $1.3\mu\text{m}$ 波长区有多模和单模两种方式。

传输特性: 光纤通过内部的全反射来传输一束经过编码的光信号, 内部的全反射可以在任何折射指数高于包层媒体折射指数的透明媒体中进行。实际上光纤的频率范围覆盖了可见



光谱和部分红外光谱。光纤的数据传输率可达 Gbit/s 级，传输距离达数十千米。

连通性：光纤普遍用于点到点的链路。总线拓扑结构的实验性多点系统已经建成，但是价格还太贵。原则上讲，由于光纤功率损失小、衰减少的特性以及有较大的带宽潜力，因此一段光纤能够支持的分接头数比双绞线或同轴电缆多得多。

地理范围：从目前的技术来看，可以在 6~8 千米的距离内不用中继器传输，因此光纤适合于在几个建筑物之间通过点到点的链路连接局域网。

抗干扰性：光纤具有不受电磁干扰或噪声影响的独有特征，适宜在长距离内保持高数据传输率，而且能够提供很好的安全性。

由于光纤通信具有损耗低、频带宽、数据传输率高、抗电磁干扰强等特点，对高速率、距离较远的局域网也是很适用的。目前采用一种波分技术，可以在一条光纤上复用多路传输，每路使用不同的波长，这种波分复用技术 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 是一种新的数据传输系统。

1.6.4 无线传输媒体

无线传输媒体通过空间传输，不需要架设或铺埋电缆或光纤，目前常用的技术有：无线电波、微波、红外线和激光。便携式计算机的出现，以及在军事、野外等特殊场合下对移动式通信联网的需要，促进了数字化无线移动通信的发展，现在已开始出现无线局域网产品。

微波通信：载波频率范围为 2~40GHz。因为频率很高，可同时传送大量信息，如一个带宽为 2MHz 的频段可容纳 500 条话音线路，用来传输数字数据，速率可达数 Mbit/s。微波通信的工作频率很高，与通常的无线电波不一样，是沿直线传播的。由于地球表面是曲面，微波在地面的传播距离有限。直接传播的距离与天线的高度有关，天线越高传播距离越远，超过一定距离后就要用中继站来接力。红外通信和激光通信也像微波通信一样，有很强的方向性，都是沿直线传播的。

以上 3 种技术都需要在发送方和接收方之间有一条视线 (Line of Sight) 通路，故它们统称为视线媒体。所不同的是，红外通信和激光通信把要传输的信号分别转换为红外光信号和激光信号直接在空间传播。这 3 种视线媒体由于都不需要铺设电缆，对于连接不同建筑物内的局域网特别有用。这 3 种技术对环境天气较为敏感，如雨、雾和雷电。相对来说，微波对一般雨和雾的敏感度较低。

卫星通信：是微波通信中的特殊形式，其利用地球同步卫星做中继来转发微波信号。卫星通信可以克服地面微波通信距离的限制 1 个同步卫星可以覆盖地球的 1/3 以上表面，3 个这样的卫星就可以覆盖地球上全部通信区域，这样，地球上的各个地面站之间都可互相通信。由于卫星信道频带宽，也可采用频分多路复用技术分为若干子信道，有些用于由地面站向卫星发送（称为上行信道），有些用于由卫星向地面转发（称为下行信道）。卫星通信的优点是容量大，传输距离远；缺点是传播延迟时间长，对于数万千米高度的卫星来说，以 200m/μs 或 5μs/km 的信号传播速度来计算，从发送站通过卫星转发到接收站的传播延迟时间约要花数百毫秒，这相对于地面电缆的传播延迟时间来说，两者要相差几个数量级。

1.6.5 传输媒体的选择

传输媒体的选择取决于以下诸因素：网络拓扑的结构、实际需要的通信容量、可靠性要

