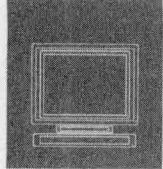


计算机与软件工程实验指导丛书

周 怡 主编



浙江工商大學出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS



浙江省实验教学示范中心建设成果

计算机与软件工程实验指导丛书

计算机网络基础实验指导

周 怡 主编



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络基础实验指导 / 周怡编著. —杭州 :
浙江工商大学出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5178-0624-0

I. ①计… II. ①周… III. ①计算机网络—实验—高等学校—教材 IV. ①TP393—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 196525 号

计算机网络基础实验指导

周 怡 主编

责任编辑 汪 浩 刘 韵

封面设计 王好驰

责任印制 包建辉

出版发行 浙江工商大学出版社

(杭州市教工路 198 号 邮政编码 310012)

(E-mail: zjgsupress@163.com)

(网址: <http://www.zjgsupress.com>)

电话: 0571-88904970, 88831806(传真)

排 版 杭州朝曦图文设计有限公司

印 刷 杭州五象印务有限公司

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 14

字 数 275 千

版 印 次 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5178-0624-0

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江工商大学出版社营销部邮购电话 0571-88904970

“计算机与软件工程实验指导丛书”编委会

主 任：凌 云（浙江工商大学）

委 员：赵建民（浙江师范大学）

陈庆章（浙江工业大学）

万 健（杭州电子科技大学）

汪亚明（浙江理工大学）

詹国华（杭州师范大学）

魏贵义（浙江工商大学）

总 序

以计算机技术为核心的信息产业极大地促进了当代社会和经济的发展,培养具有扎实的计算机理论知识、丰富的实践能力和创新意识的应用型人才,形成一支有相当规模和质量的技术人员队伍来满足各行各业的信息化人才需求,已成为当前计算机教学的当务之急。

计算机学科发展迅速,新理论、新技术不断涌现,而计算机专业的传统教材,特别是实验教材仍然使用一些相对落后的实验案例和实验内容,无法适应当代计算机人才培养的需要,教材的更新和建设迫在眉睫。目前,一些高校在计算机专业的实践教学和教材改革等方面做了大量工作,许多教师在实践教学和科研等方面积累了许多宝贵经验。将他们的教学经验和科研成果转化为教材,介绍给国内同仁,对于深化计算机专业的实践教学改革有着十分重要的意义。

为此,浙江工商大学出版社、浙江工商大学计算机技术与工程实验教学中心及软件工程实验教学中心邀请长期工作在教学、科研第一线的专家教授,根据多年人才培养及实践教学的经验,针对国内外企业对计算机人才的知识和能力需求,组织编写了“计算机与软件工程实验指导丛书”。该丛书包括《操作系统实验指导》《嵌入式系统实验指导》《数据库系统原理学习指导》《Java 程序设计实验指导》《接口与通信实验指导》《My SQL 实验指导》《软件项目管理实验指导》《软件工程开源实验指导》《计算机网络基础实验》《数字逻辑及计算机组成原理实践教程》《计算机应用技术(Office 2010)实验指导》等书,涵盖了计算机及软件工程等专业的核心课程。



丛书的作者长期工作在教学、科研的第一线,具有丰富的教学经验和较高的学术水平。教材内容凸显当代计算机科学技术的发展,强调掌握相关学科所需的基本技能、方法和技术,培养学生解决实际问题的能力。实验案例选材广泛,来自学生课题、教师科研项目、企业案例以及开源项目,强调实验教学与科研、应用开发、产业前沿紧密结合,体现实用性和前瞻性,有利于激发学生的学习兴趣。

我们希望本丛书的出版,对国内计算机专业实践教学改革和信息技术人才的培养起到积极的推动作用。

“计算机与软件工程实验指导丛书”编委会

2014年6月



目 录

第一章 传输介质与网络设备	1
1.1 传输介质	1
1.2 网络设备	7
1.3 网络建设实例	10
实验一 传输介质	11
第二章 网络管理服务	13
2.1 IP 及其配置	13
2.2 域名系统	18
实验一 DHCP 服务	26
实验二 DNS 服务	33
第三章 网络应用服务	39
3.1 Web 服务	39
3.2 流媒体服务	45
实验一 IIS 服务	51
实验二 流媒体服务	59
第四章 交换机	71
4.1 交换机工作原理	72
4.2 交换机管理方式	74
4.3 交换机 MAC 地址表管理	75



4.4 虚拟局域网	78
实验一 交换机的初始化配置	82
实验二 交换机基本使用	88
实验三 交换机工作原理及 MAC 地址表管理	91
实验四 基于端口划分 VLAN	94
实验五 配置 SVI 实现 VLAN 间通信	98
第五章 路由器	101
5.1 路由器工作原理	102
5.2 IOS 软件	103
5.3 路由配置	105
实验一 路由器的初始化配置	107
实验二 路由器与直连网络	111
实验三 静态路由配置	114
实验四 动态路由配置	118
实验五 单臂路由配置	123
实验六 VTY	126
第六章 网络模拟软件	131
实验一 网络模拟软件	131
第七章 Socket 通信	149
7.1 网络进程通信原理	149
7.2 套接字	150
7.3 套接字通信	151
7.4 WIN Socket API 常用函数	154
实验一 Socket 通信编程	157
第八章 虚拟专用网络	159
8.1 VPN 基础	159
8.2 VPN 隧道协议	165



实验一 VPN 的实现	172
第九章 网络协议分析	183
9.1 ARP 协议	183
9.2 IP 协议	184
9.3 HTTP/DNS 及 TCP/UDP 协议	186
9.4 Wireshark 的使用	192
实验一 ARP 协议分析	198
实验二 IP 协议分析	204
实验三 TCP/UDP 及 HTTP/DNS 协议分析	207



第一章 传输介质与网络设备

1.1 传输介质

传输介质是计算机通信网络的结构基础,是数据传输系统中在发送器和接收器之间的物理通路,是通信中实际传送信息的载体。

传输介质分为有线信道和无线信道两大类。有线信道,如同轴电缆、双绞线、光纤等;无线信道,如地面微波、卫星微波、红外线等。

1.1.1 同轴电缆

同轴电缆(Coaxial Cable)主要是由两个导体层组成,内导体通常是实心铜线或多股线的绞合构成,用于传输电磁信号;外导体采用软铜线编织成网状,用于吸收外界的干扰信号,并将电缆所传输的电子信号屏蔽起来。内外导体之间用聚乙烯塑料制成的绝缘层隔开,防止内外导体之间接触短路。最外面是绝缘保护层,通常由柔韧的耐火塑料制品构成,保护同轴电缆免遭外部损坏。

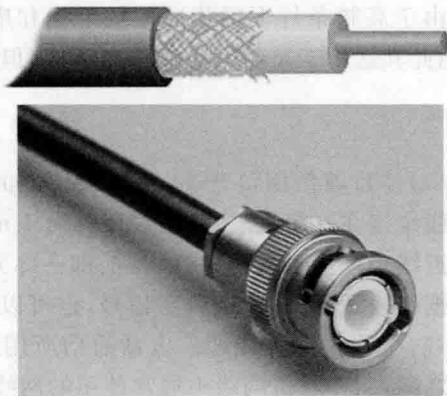


图 1-1 同轴电缆



同轴电缆按照特性阻抗不同,可以分成基带(baseband)同轴电缆和宽带(broadband)同轴电缆两类:

(1)基带同轴电缆:特性阻抗 50Ω ,通常用于基带的数字信号传输,在局域网中使用这种基带同轴电缆,可在 2.5 km 内(需加中继器)以 10 Mbit/s 的速率传送数字信号。最早的以太网 IEEE 802.3 标准 10 Base-5 和 10 Base-2,就是规定使用 50Ω 同轴电缆。按照直径的不同,基带同轴电缆又可以分为粗缆(直径 1.27 cm)和细缆(直径 0.26 cm)。粗缆符合 10 Base-5 介质标准,单段最大标准长度为 500 m ,两个节点的最小间距为 2.5 m ,单段最多可接 100 个节点,使用时需要一个外接收发器及收发器电缆。细缆符合 10 Base-2 介质标准,单段最大传输距离为 185 m ,两个节点的最小间距为 0.5 m ,单段最多可接 30 个节点。细缆使用时与终端电阻、T 型连接器、BNC 接口网卡相连。

(2)宽带同轴电缆:特性阻抗 75Ω ,通常用于频分多路复用的模拟信号传输,其频率通常高达 $300\text{--}800\text{ MHz}$,如要传输数字信号,则需要进行信号变换,即将数字信号变换成模拟信号,才能在电缆上传输。按照编码方式和所用传输系统的不同,一般来说,每秒传送 1 比特要用 1 Hz 的带宽。例如日常生活中的闭路电视所使用的 CATV 电缆,就是宽带同轴电缆。

同轴电缆曾广泛的用于长距离的电话、电报、有线电视系统。在 20 世纪 80 年代,曾是构建局域网的基础。同轴电缆两端通过 BNC 接头连接 T 型 BNC 头,通过 T 型 BNC 头连接网卡,用同轴电缆组网需在同轴电缆两端制作 BNC 接头。BNC 接头有压接式、组装式和焊接式,制作压接式 BNC 接头需要专用卡线钳和电工刀。

同轴电缆组网特征:组建的网络拓扑结构为总线型,单段最大长度比双绞线要长,接入点通常为几百台;施工安装比双绞线复杂,安装价格比双绞线贵,比光纤便宜;在抗干扰性能方面,由于高频条件下屏蔽层的抗干扰和串音能力比双绞线强,带宽也比双绞线要高,因此其适用于高频大通路长途干线,但在抗腐蚀和干扰方面不如光纤。

1.1.2 双绞线

双绞线(Twisted Pair)是目前使用最普遍,价格最便宜的传输介质,其基本结构由两条相互绝缘的铜线绞接在一起组成,典型直径约为 1 mm 。两根线绞接是为了防止其电磁感应在邻近线中产生干扰信号,以及抵御一部分的外界电磁波干扰。双绞线适合短距离的数据传输,既可以传送数字信号,也可以传送模拟信号。多对双绞线封塑后构成的线缆,常称为对称线缆。电话通信所用对称电缆中双绞线对数可选范围在 $2\text{--}2400$ 之间,而计算机网络中通常使用的网线由 4 对双绞线构成。

按照美国电子工业协会/电信工业协会(EIA/TIA),双绞线的电气性能分类如表 1-1 所示。在网线上以“CATx”方式标注,如五类线,则标记为“CAT5”,超五类



线,标注为“CAT5e”。等级越高,双绞线的绞合长度也越高:三类线的绞合长度为 7.5—10 cm,而五类线的绞合长度为 0.6—0.85 cm。

表 1-1 双绞线电气性能

分类	电气性能
CAT1(一类线)	常用于早期电话网络中的传输话音。
CAT2(二类线)	传输频率 1 MHz,常用于语音和数据传输。
CAT3(三类线)	传输频率 16 MHz,用于 10 Mbit/s 的以太网。
CAT4(四类线)	传输频率 20 MHz,用于 16 Mbit/s 的令牌环网以及 10BASE-T / 100BASE-T 的以太网。
CAT5(五类线)	传输速率 100 MHz,用于 100 Mbit/s 网络的数据传输,是目前最普遍使用的传输电缆。
CAT5E(超五类线)	衰减小,串扰低,可用于 100 Mbit/s、1000 Mbit/s 的以太网。
CAT6(六类线)	传输频率 1—250 MHz,提供 2 倍于超五类线的带宽,适用于 1 Gbit/s 的应用。
CAT7(七类线)	传输带宽至少 600 MHz,传输速率高于 10 Gbit/s。

双绞线按照是否包含屏蔽层,可分成屏蔽双绞线(STP)和非屏蔽双绞线(UTP),屏蔽双绞线电缆的外层由铝铂包裹,增强对外界干扰的抵抗,但相对价格和安装要求也比较高。此外,通过适当的屏蔽和扭曲长度处理后,可提高抗干扰能力。当传输信号波长远大于扭曲长度时,其抗干扰能力最好。

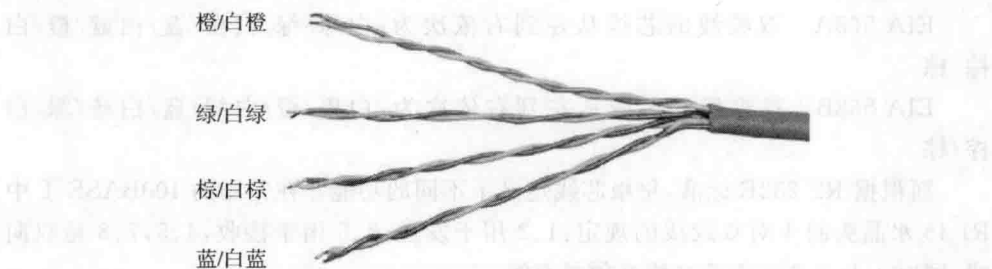


图 1-2 非屏蔽双绞线

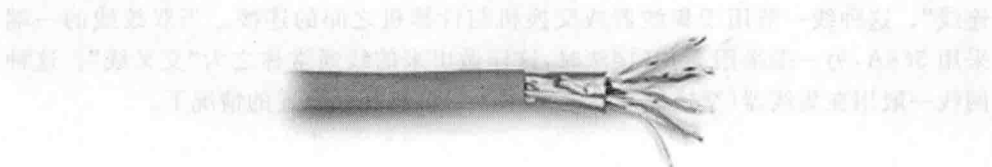


图 1-3 屏蔽双绞线

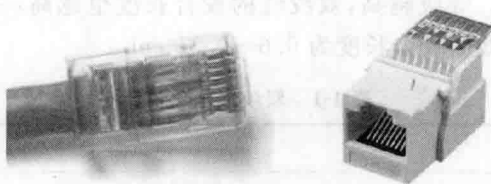


图 1-4 RJ-45 插头和 RJ-45 插口

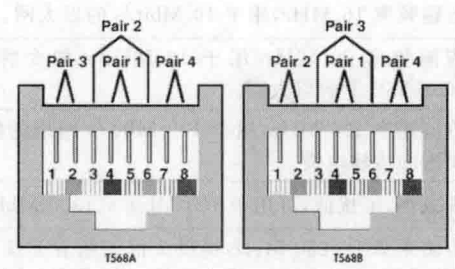


图 1-5 EIA568A/EIA568B

双绞线两端的接头符合 RJ-45 接口规范,俗称“水晶头”,样子与普通电话线用的接头相似。RJ-45 接头连接 RJ-45 插座,而 RJ-45 插座通常安装于计算机网卡、集线器、交换机、路由器以及布线施工的内墙上。RJ-45 接口规范是指使用由国际性的接口插件标准定义的八个位置的模块化插头或插座。双绞线在网络中的排序标准有以下两种:

EIA 568A 双绞线的芯线从左到右依次为:白绿/绿/白橙/蓝/白蓝/橙/白棕/棕

EIA 568B 双绞线的芯线从左到右依次为:白橙/橙/白绿/蓝/白蓝/绿/白棕/棕

而根据 RS-232E 标准,每根芯线定义了不同的功能。在常用的 100BASE-T 中 RJ-45 水晶头的 4 对双绞线的规定:1、2 用于发送,3、6 用于接收,4、5、7、8 是双向线,同时 1、2、3、6、4、5、7、8 线必须是双绞。

当双绞线的两端均采用 568A 或 568B 接法时,这样做出来的线通常称之为“直连线”。这种线一般用于集线器或交换机与计算机之间的连接。当双绞线的一端采用 568A,另一端采用 568B 接法时,这样做出来的线通常称之为“交叉线”。这种网线一般用在集线器(交换机)的级联及两台 PC 机相互直连的情况下。

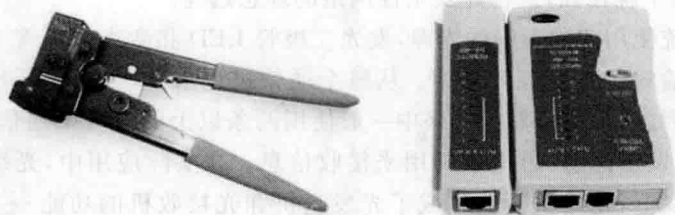


图 1-6 夹线钳和测线仪

1.1.3 光导纤维

光导纤维(Fiber Optic),简称光纤。它是一种光信号传输介质,由最外面的护套、外层的包层和内层的纤芯构成的圆柱形导体,其中纤芯由对光线具有较高折射率的材料制成。一条光缆由多条光纤组成。与铜缆(双绞线和同轴电缆)相比较,光缆适应了目前网络对长距离传输大容量信息的要求。



图 1-7 光纤

当前计算机网络中的光纤是用石英玻璃制成的横截面积很小的双层同心圆柱体。由3个同心部分组成了纤芯、包层和护套,每一路光纤包括两根,一根接收,一根发送。裸光纤由纤芯和包层组成,折射率高的中心部分叫做光纤芯,折射率低的外围部分叫包层。为了保护光纤表面,防止断裂,提高抗拉强度并便于应用,一般需在一束光纤的外围再附加一层保护层,这层保护层即为光缆的护套。当光线从纤芯射向包层时,在包层中的折射角会大于在纤芯中的入射角,形成物理学中的全反射,如图1-8所示。

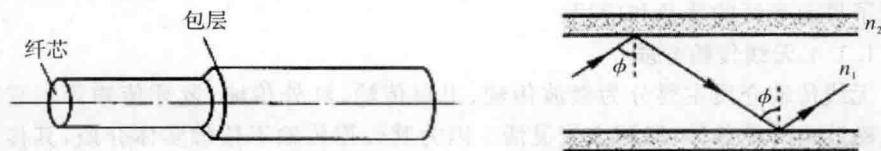


图 1-8 全反射

当光线发生全反射时,能量损失很小,所以与同轴电缆和双绞线相比较,光纤可提供极宽的频带,且功率损耗小、传输距离长(2千米以上)、传输速率高(可达数



千 Mbps)、抗干扰性强,是构建安全性网络的理想选择。

光纤系统使用两种不同的光源,发光二极管 LED 和激光二极管 LD,所以在不同光纤中传输的光波是有区别的。从整个通信过程来看,一条光纤是不能用于双向通信的。因此,目前计算机网络中一般使用两条以上的光纤来通信,若只有两条时,一条用来发送信息,另一条则用来接收信息。在实际应用中,光缆的两端都安装有光纤收发器,光纤收发器集成了光发送机和光接收机的功能——既负责光的发送,也负责光的接收。

光纤按照传输的模式的不同,可分成单模和多模两种类型。

多模光纤:中心玻璃芯较粗,一般为 $50\sim 62.5\ \mu\text{m}$,可传多种模式的光,但其模间色散较大,而且随着传输距离的增加会变得愈发严重,因此多模光纤的传输距离相对较短,一般只有几公里,主要用于局域网。

单模光纤:中心玻璃芯细,一般为 $4\sim 10\ \mu\text{m}$,只能传一种模式的光,不会发生色散,传输距离可达几十公里,带宽高,适用于大容量,长距离的网络主干线通信。

用光纤组网明显具有其他传输介质无法比拟的优点:

(1)传输信号的频带极宽,通信容量非常大。光纤通信系统的带宽以 MHz 和 GHz 来度量。

(2)信号衰减小,传输距离长。随着频率和传输距离的增大,铜缆通信时信号衰减较大(呈抛物线型),通常几公里内就需要很多中继站,而光纤的信号衰减很小,据贝尔实验室测试,在传输速率为 420 Mbps 且 119 公里无中继站情况下,误码率仅为 10^{-8} ,特别适合远距离数据传输。

(3)抗干扰能力强,电磁绝缘性能好,应用范围广。因为光纤是非金属材料,所以它不受电磁、雷电、静电等干扰影响,这种特性使光纤在长距离内能够保持较高的数据传输速率,且安全可靠。

(4)抗化学腐蚀能力强。

当然,光纤也存在着一些缺点:质地脆,机械强度低;切断和连接中技术要求较高;分路、耦合较麻烦;对接需要专用设备,安装复杂,光电接口较贵等。这些缺点限制了目前光纤的普及和应用。

1.1.4 无线传输介质

无线传输介质主要分为微波传输、卫星传输、红外传输、蓝牙传输等。它们均以电磁波为传输载体,联网方式灵活。因为其数据传输不依赖实体介质,其传输完成的决定因素在于发射和接收端。

(1)微波传输是指频率为 300 MHz—300 GHz 的电磁波,是无线电波中一个有限频带的简称,即波长在 1 米(不含 1 米)到 1 毫米之间的电磁波,是分米波、厘米波、毫米波的统称。微波传输类似光线直线传输,是一种视距范围内的接力传输。



微波传输的特点:微波波段频率高,通信信道容量大,传输质量平稳,但遇到雨雪天气会增加损耗。在组网方面灵活性高,可扩展性好,综合成本低,性能稳定,尤其适用于地理环境和工作环境受限制的场合,如高山、港口等施工环境会给有线网络、有线传输的布线工程带来极大的不便,利用无线微波就可以很好解决网络的架设问题。但是,微波传输在通信隐秘性和保密性上不如电缆通信。

(2)卫星传输是指利用卫星作为中继站而进行的通信。卫星通信系统由卫星和地球站两部分组成。卫星在空中起中继站的作用,即把地球站发上来的电磁波放大后再反送回另一(或多个)地球站。

卫星传输特点:通信覆盖区域广,距离远;不易受陆地灾害的影响,可靠性高;同时可在多处接收,能经济地实现广播、多址通信。但卫星的发射成本高,使用寿命较短,一般长则7—8年,短则4—5年;卫星传输延时较大,一般为270 ms。

(3)红外传输是以红外线的方式传递数据,可以很方便地在办公室环境下实现无线方式连接。如手机,笔记本,打印机等。

红外传输特点:红外传输是一种点对点传输方式,存在传输距离短,只能直线传输且中间无法穿越障碍物的缺点。

(4)蓝牙传输是指以蓝牙的方式传递数据,蓝牙工作在全球通用的2.4 GHz频段。它主要用于短距离传输(最多10米)数据和语音,功耗非常低,同时能连接多个元件,传输速度快,蓝牙的数据速率一般为1 Mb/s;使用IEEE802.15协议。

蓝牙传输特点:蓝牙具有电磁波的基本特征,有较大的功率,没有角度及方向性限制,具有穿墙性,可在物体之间反射、镜射、绕射。

1.2 网络设备

1.2.1 集线器

集线器(Hub)的主要功能是对接收到的信号进行再生整形放大,以扩大网络的传输距离,同时把所有节点集中在以它为中心的节点上。

集线器是中继器的一种,其区别仅在于集线器能够提供更多的端口服务,所以集线器又叫多端口中继器。集线器主要以优化网络布线结构,简化网络管理为目标而设计的。集线器是对网络进行集中管理的最小单元,像树的主干一样,它是各分枝的汇集点。

常见到的集线器基本结构如图1-9所示,其外部结构比较简单。



图 1-9 集线器

以集线器为节点中心的优点是:当网络系统中某条线路或某节点出现故障时,不会影响网上其他节点的正常工作,这就是与传统的总线网络相比最大的区别和优势,它提供了多通道通信,可以大大提高网络通信速度。

然而随着网络技术的发展,集线器的缺点越来越突出,而后发展起来的一种技术更先进的数据交换设备——交换机,逐渐取代了部分集线器的高端应用。集线器的不足主要体现在如下几个方面:

(1)用户共享带宽,带宽受限。集线器的每个端口并没有独立的带宽,而是所有端口共享总的背板带宽,用户端口带宽较窄,且随着集线器所接用户的增多,用户的平均带宽不断减少,不能满足当今许多对网络带宽有严格要求的网络应用,如多媒体、流媒体应用等环境。

(2)广播方式,易造成网络风暴。集线器是一个共享设备,它的主要功能只是一个信号放大和中转的设备,不具备自动寻址能力,即不具备交换作用,所有传到集线器的数据均被广播到与之相连的各个端口,容易形成网络风暴,造成网络堵塞。

(3)非双工传输,网络通信效率低。集线器在同一时刻每个端口只能进行一个方向的数据通信,而不能像交换机那样进行双向双工传输,网络执行效率低,不能满足较大型网络通信需求。

正因如此,尽管集线器技术也在不断改进,但实质上就是加入了一些交换机技术,目前集线器与交换机的区别越来越模糊了。

1.2.2 交换机

交换机的英文名称为“Switch”,它是集线器的升级换代产品,从外观上来看,它与集线器基本上没有多大区别,都是带有多个端口的长方形盒状体。交换机是按照通信两端传输信息的需要,用人工或设备自动完成的方法把要传输的信息送到符合要求的相应路由上的技术统称。广义的交换机就是一种在通信系统中完成信息交换功能的设备。