

计算机网络



思政教育

计算机网络是信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。计算机网络的广泛使用,改变了传统意义上的时间和空间的概念,对社会各领域包括人们的工作与生活方式产生了革命性的影响,促进了社会信息化的发展进程。

5.1 计算机网络基础

计算机网络是现代化社会所必不可少的基础设施之一,它连接了全球各地的计算机和设备,并为人们提供了高效的信息交流和资源共享方式。计算机网络极大地方便了人们的生活和工作,加速了信息传输和交流的速度,同时也推动了数字化发展进程。

随着技术的不断发展,未来的计算机网络将会变得更加智能、更加安全、更加高效和更加可靠。这些发展将会为人们带来更多便利和创新的应用,也将推动数字化经济的发展。

5.1.1 计算机网络的概念

随着计算机技术的不断发展,人们在生产、生活以及娱乐等方面愈加依赖计算机,然而每台计算机都只能为单个用户提供服务,无法满足大规模数据传输、存储以及资源共享、远程协作等需求。

计算机网络的出现解决了上述问题。通过在计算机之间建立连接,不同的计算机可以实现信息共享,提高计算效率,并且可以在处于不同地理位置的计算机上共享软件和硬件资源,从而降低运行成本并提高工作效率。

1. 计算机网络的定义

计算机网络是将处于不同地理位置、具有独立功能的计算机通过通信设备和传输介质连接起来的系统,其通过功能完善的通信软件(网络通信协议信息交换方式及网络操作系统等)实现网络中的资源共享、信息交换和协同工作。网络中的每台计算机都称作为一个节点(Node)。由此可见,计算机网络是由多台计算机互连、以相互通信和资源共享为目的的计算机系统。

计算机网络的定义涉及以下要点:计算机网络中包含两台以上地理位置不同的、具有独立功能的计算机。连网的计算机称为主机(Host),也称为节点。但网络中的节点不仅是计算机,还可以是其他通信设备,如交换机、路由器等。网络中各节点之间需要由一条通道,即传输介质来实现物理互连。网络中各节点之间的互相通信必须遵循共同的协议规则(如 Internet 使用的通信协议 TCP/IP)。计算机网络的功能是实现数据通信和网络资源(包括硬件资源、软件资源和数据资源)的共享。

2. 计算机网络的功能

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物。它不仅使计算机的作用范围突破了地理位置的限制,也大幅加强了计算机本身的能力。计算机网络具有单个计算机不具备的下述主要功能。

(1) 数据交换和通信。计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间可以快速可靠地相互传递数据、程序或文件。例如,电子邮件(E-mail)可以使相隔万里的用户快速准确地相互通信;电子数据交换(Electronic Data Interchange, EDI)可以实现在商业部门(如银行、海关等)或公司之间进行订单、发票、单据等商业文件安全准确的交换;文件传输服务可以实现文件的实时传递,为用户复制和查找文件提供了有力的工具。

(2) 资源共享。充分利用计算机网络中提供的资源(包括硬件、软件和数据)是计算机网络组网的目标之一。计算机的许多资源十分昂贵,不可能为每个用户所拥有。例如,进行复杂运算的巨型计算机、海量存储器、高速激光打印机、大型绘图仪和一些特殊的外部设备等,另外还有大型数据库和大型软件等。这些昂贵的资源都可以为计算机网络上的用户共享。资源共享既可以使用户减少投资,又可以提高资源的利用率。

(3) 提高系统的可靠性和可用性。在单机使用的情况下,如没有备用机,计算机一旦有故障,就会停机。如有备用机,则费用会大幅增高。当计算机连成网络后,各计算机可以通过网络互为备用机,当某一计算机发生故障时,可由别处的计算机代为处理,还可以在网络的一些节点上设置一定的备用设备,起全网络公用后备的作用,这种计算机网络能起到提高可靠性及可用性的作用。特别是在地理分布很广而且要求具有实时性管理和不间断运行的系统中,建立计算机网络可保证更高的可靠性和可用性。

(4) 均衡负荷,相互协作。当处理大型的任务或当网络中某台计算机的任务负荷太重时,可将任务分散到较空闲的计算机上去处理或由网络中比较空闲的计算机分担负荷。这就使得整个网络资源能互相协作,以免网络中的计算机忙闲不均,既影响任务,又不能充分利用计算机资源。

(5) 分布式网络处理。在计算机网络中,用户可根据问题的实质和要求选择网内最合适的资源来处理,以便使问题得以迅速而经济地解决。对于综合性的大型问题,可以采用合适的算法将任务分散到不同的计算机上进行处理。各计算机连成网络也有利于共同协作进行重大科研课题的开发和研究。利用网络技术还可以将许多小型计算机或微型计算机连成具有高性能的分布式计算机系统,使它具有解决复杂问题的能力,而费用却大幅减少。

(6) 提高系统性价比,易于扩充,便于维护。计算机组成网络后,虽然增加了通信费

用,但由于资源共享,明显提高了整个系统的性能价格比,降低了系统的维护费用,且易于扩充,方便系统维护。

3. 计算机网络的组成

从逻辑功能上可以将计算机网络划分为两部分:一部分是对数据信息的收集和处理;另一部分则专门负责信息的传输。前者称为资源子网,后者称为通信子网,如图 5-1 所示。

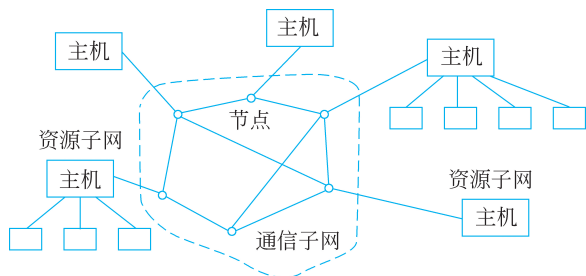


图 5-1 计算机网络的组成

(1) 资源子网。资源子网主要负责对信息进行加工和处理,面向用户,接受本地用户和网络用户提交的任务,最终完成信息的处理。它包括访问网络和处理数据的软硬件设施,主要有主计算机系统、终端控制器和终端、计算机外部设备、有关软件和可共享的数据(如公共数据库)等。

(2) 通信子网。通信子网主要负责计算机网络内部信息流的传递、交换和控制,以及信号的变换和通信中的有关处理工作,间接服务用户。它主要包括网络节点、通信链路和信号转换设备等硬件设施,提供网络通信功能。

4. 计算机网络的拓扑结构

“拓扑”一词是从几何学中借用来的。网络拓扑结构是网络形状。确切地说,网络拓扑结构是通过网中节点与通信线路之间的几何关系表示网络结构,反映网络中各实体之间的结构关系。基本的网络拓扑结构有 5 种:星状拓扑结构、环状拓扑结构、总线型拓扑结构、树状拓扑结构和网状拓扑结构。基本的网络拓扑结构的示意图如图 5-2 所示。

(1) 星状拓扑结构。星状拓扑结构是指各工作站以星状方式连接成网。网络中有中央节点(一般是集线器或交换机),其他节点(如工作站、服务器等)都与中央节点直接相连,这种结构以中央节点为中心,因此又称为集中式网络。局域网普遍采用星状拓扑结构。

星状拓扑结构的优点是:结构简单,易于监控和管理;单个节点的故障不会影响全网;网络扩展方便;网络时延较小。缺点是:需要耗费大量的电缆;中央节点负担重,形成“瓶颈”,一旦发生故障,全网就都受影响。

(2) 环状拓扑结构。环状拓扑结构使用公共电缆组成一个封闭的环,各节点直接连到环上,信息沿着环按一定方向从一个节点传送到另一个节点。这种结构显而易见地消

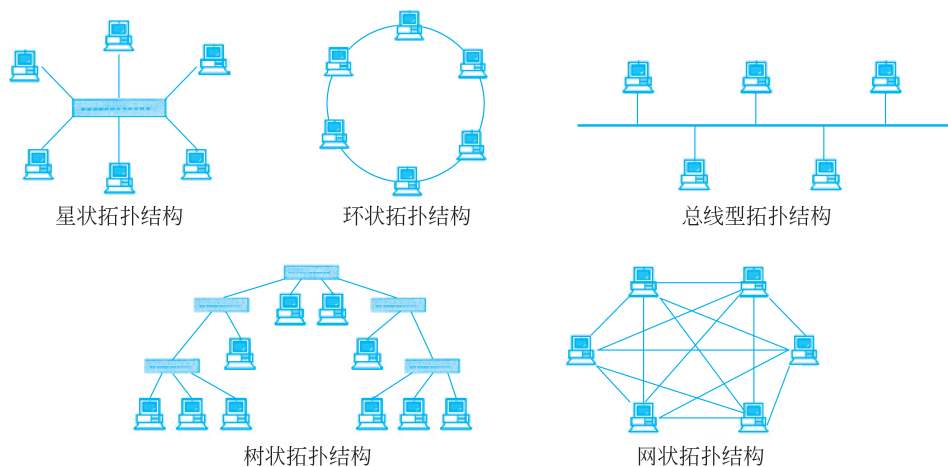


图 5-2 网络拓扑结构

除了节点间通信时对中心节点的依赖性。

环状拓扑结构的优点是：电缆长度短；所有站点都能公平访问网络的其他部分；信息流在网中是沿着固定方向流动的，路径选择简单；环路上各节点都是自举控制，控制软件简单。缺点是：信息源在环路中是串行地穿过各节点，当环中节点过多时，势必影响信息的传输速率；环路是封闭的，不便于扩充；环中任何一个节点或通信线路出现故障，都可能造成全网瘫痪，可靠性低。

(3) 总线型拓扑结构。总线型拓扑结构采用单根传输线(如同轴电缆等)作为公用的总线，将网络中所有的节点通过相应的硬件接口和电缆连接到这根共享的总线上。信号沿总线进行广播式传输，即从发送信息的节点开始向两端扩散，如同广播电台发射的信息一样，因此又称为广播式网络。

总线型拓扑结构的优点是：网络结构简单，节点的插入、删除比较方便，易于网络扩展；具有较高的可靠性，单个节点的故障不会涉及整个网络。缺点是：总线传输距离有限，通信范围受到限制；维护难，分支节点故障查找难，一旦传输介质出现故障，就需要将整个总线切断；一次仅允许一个节点发送数据，如果有两个或两个以上的节点同时发送数据，就会出现冲突，造成传输失败；介质访问获取机制较复杂，从而增加了节点的硬件和软件开销。

(4) 树状拓扑结构。树状拓扑结构可以认为是由多级星状拓扑结构组成的。树的最下端相当于网络中的边缘层，树的中间部分相当于网络中的汇聚层，而树的顶端则相当于网络中的核心层。它采用分级的集中控制方式，与星状拓扑结构相比，它的通信线路总长度短，成本较低，节点易于扩充，寻找路径比较方便，但除了叶节点及其相连的线路外，任一节点或其相连的线路故障都会使系统受到影响。

(5) 网状拓扑结构。网状拓扑结构主要指各节点通过传输线互相连接起来，并且每个节点至少与其他两个节点相连的结构。网状拓扑结构具有较高的可靠性，由于节点之间有许多条路径相连，所以可以为数据流的传输选择适当的路线，从而绕过失效的部件或过忙的节点，不受瓶颈问题和失效问题的影响。但其结构复杂，实现成本较高，不易管

理和维护,因此只在广域网中广泛应用。

网络拓扑结构是网络的基本要素,在网络中处于基础地位。选择合适的网络拓扑结构对构建网络很重要。确定网络拓扑结构时,要考虑联网的计算机数量、地理覆盖范围、网络节点变动的情况以及今后的升级或扩展等因素。应当注意的是,在实际组建网络时,拓扑结构不一定是单一的,通常是几种拓扑结构综合运用。

5.1.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类依据很多,习惯上的分类方法有:依据网络覆盖范围分类,依据网络传输介质分类,以及依据网络传输技术分类。

1. 依据网络覆盖范围分类

计算机网络依据其覆盖的地理范围进行分类,可以很好地反映不同类型网络的技术特征,包括广域网、城域网、局域网及个人区域网。

(1) 广域网。广域网(Wide Area Network, WAN)也称为远程网,它覆盖的范围较广,从几十千米到几千千米,可以覆盖一个国家或地区。广域网是一种公共数据网络,通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网或无线分组交换网将分布在不同地区的城域网、局域网互联起来,构成大型互联网络系统。

(2) 城域网。城域网(Metropolitan Area Network, MAN)一般来说是在一个城市但不在同一地理小区范围内的网络互联。这种网络的连接距离可以在几千米到几十千米,以光纤为传输介质,能够提供 45~150Mb/s 的高速传输率。不能简单地把城域网看成广域网的缩微或局域网的自动延伸。广域网的重点是保证大量用户共享主干通信链路的容量,城域网的重点是交换节点的性能与容量。城域网的每个交换节点都要保证大量接入用户的服务质量。城域网应该是一个在城市区域内为大量用户提供接入和各种信息服务的高速通信网络。

(3) 局域网。局域网(Local Area Network, LAN)是最常见、应用最广的一种网络,几乎每个单位都有局域网,甚至有的家庭中也有小型局域网。所谓局域网,就是在局部范围内的网络,它所覆盖的范围较小,一般来说可以是几米至几千米。局域网一般位于一个建筑物或一个单位内,不存在寻径问题,不包括网络层的应用。局域网的特点是连接范围窄、用户数少、配置容易和传输速率高。

(4) 个人区域网。随着笔记本电脑、智能手机、PAD 与信息家电的广泛应用,人们逐渐提出将自身附近 10 米范围内的移动数字终端设备联网的需求。由于个人区域网(Personal Area Network, PAN)主要是用无线通信技术实现联网设备之间的通信,因此就出现了无线个人区域网(Wireless PAN, WPAN)的概念。目前,无线个人区域网主要使用 802.15.4 标准、蓝牙与 ZigBee 标准。

2. 依据网络传输介质分类

依据网络传输介质的不同,可以将计算机网络分为有线网和无线网两种。

(1) 有线网。有线网是采用同轴电缆、双绞线、光纤等有线介质进行数据传输的网

络。双绞线网是目前最常见的连网方式,这是因为双绞线价格便宜且安全方便,容易组网,但其传输能力和抗干扰能力一般。光纤网以光纤作为传输介质,这是因为光纤传输距离长,传输速率高。

(2) 无线网。无线网是采用卫星、微波等无线形式进行数据传输的网络。无线网特别是无线局域网有很多优点,如易于安装和使用。但无线局域网的数据传输速率远低于有线局域网。此外,无线局域网的误码率也比较高,而且节点之间的相互干扰比较厉害。

3. 依据网络传输技术分类

依据网络传输技术的不同,可以将计算机网络分为广播式网络和点对点网络两种。

(1) 广播式网络。在广播式网络中仅使用一条通信信道,该信道由网络上的所有节点共享。在传输信息时,任何一个节点都可以发送数据,并被其他所有节点接收。其他节点根据数据包中的目的地址进行判断,如果是发给自己的则接收,否则便丢弃。总线型以太网就是典型的广播式网络。

(2) 点对点网络。与广播式网络相反,点对点网络由许多互相连接的节点构成,在每对节点之间都有一条专用的通信信道,因此在点对点网络中,不存在信道共享与复用的情况。源节点发送数据会根据目的地址,经过一系列中间节点的转发,直至到达目的节点,这种传输技术称为点对点传输,采用这种技术的网络称为点对点网络。

5.1.3 计算机网络的发展

纵观历史,计算机网络的发展可以分为4个阶段,即面向终端的计算机网络阶段、以通信子网为中心的网络阶段、开放式的标准化计算机网络阶段和以 Internet 为中心的新一代网络阶段。

1. 面向终端的计算机网络

计算机网络起源于20世纪50年代,当时计算机主机相当昂贵,而通信线路和通信设备相对便宜,为了共享计算机主机资源和进行信息的综合处理,形成了第一代以单主机为中心的远程联机系统。典型例子是由一台计算机和全美范围内2000多个终端组成的飞机订票系统,其终端是没有处理能力的终端设备(如由键盘和显示器构成的终端机)。

当时,人们把计算机网络定义为“以传输信息为目的而连接起来,实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统”,实际上这样的通信系统已具备网络的雏形。

2. 以通信子网为中心的网络

20世纪60年代中期至20世纪70年代的第二代计算机网络以多个主机通过通信线路互连起来,为用户提供服务。最早的是美国国防部高级研究计划局(ARPA)于20世纪60年代的冷战高峰期为了对抗苏联用于军事目的而组建的ARPA网,中文译作“阿帕网”。

ARPA网是Internet的前身,采用的许多网络技术,如分组交换、路由选择等至今仍在使用。主机之间不是直接用线路相连,而是由接口报文处理机(IMP)转接后互连的。

IMP 和它们之间互连的通信线路一起负责主机间的通信任务,构成了通信子网。互连的主机负责运行程序、提供资源共享、组成资源子网。

这个时期的网络概念“以能够相互共享资源为目的互连起来的具有独立功能的计算机之集合体”形成了计算机网络的基本概念。其特点是:连入网中的每台计算机本身是一台完整的独立设备,大家可共享系统的硬件、软件和数据资源。

3. 开放式的标准化计算机网络

20 世纪 70 年代末至 20 世纪 90 年代的第三代计算机网络是具有统一的网络体系结构并遵守国际标准的开放式和标准化的网络。由于没有统一的标准,不同厂商的产品之间互连很困难,迫切需要一种开放性的标准化实用网络环境,于是两种国际通用的网络体系结构应运而生,即国际标准化组织的 OSI(开放系统互连参考模型)体系结构和 TCP/IP 体系结构。

4. 以 Internet 为中心的新一代网络

20 世纪 90 年代至今,计算机技术、通信技术以及网络技术得到了迅猛的发展。特别是 1993 年美国宣布建立国家信息基础设施(National Information Infrastructure, NII)后,全世界许多国家纷纷建立了本国的国家信息基础设施,从而极大地推动了计算机网络技术的发展,使计算机网络进入一个崭新的阶段。目前,全球形成了高速计算机互联网络,Internet 已经成为人类最重要的、最大的知识宝库。网络互联和高速计算机网络成为新一代的计算机网络的发展方向。计算机网络正沿着“互联网-移动互联网-物联网”的轨迹发展壮大,渗透到社会的方方面面,推动着经济的转型与社会发展。

5.2 网络体系结构

计算机网络是一个庞大而多样化的系统,涉及多种通信介质、多个厂商和异种机互连、高级人机接口等各种复杂的技术问题。要使这样一个系统高效、可靠地运转,网络的各部分都必须遵守一套合理而严谨的网络标准。这套网络标准就是网络体系结构。

5.2.1 网络体系结构概述

计算机网络是一个非常复杂的系统,需要解决的问题很多并且性质各不相同。所以,在 ARPA 网设计时,就提出了“分层”的思想,即将庞大而复杂的问题分为若干较小的、易于处理的局部问题。

1. 网络体系结构的概念

网络体系结构是网络系统的设计和运作方式,它规定了网络如何进行组织、通信协议如何工作以及协议位于何处。网络体系结构是设计网络系统的蓝图,规定了网络的物理和逻辑组成,以及各组件之间的相互作用和通信方式。

网络体系结构通常由多个层次组成,每个层次都有其特定的协议集合。这些协议集合规定了不同层次之间的通信规则和标准。协议通常由一组特定的服务和协议接口组成,以便在各层次之间进行交互和通信。

网络体系结构对于网络的性能、可扩展性、灵活性以及安全性具有至关重要的影响。一个合理的网络体系结构可以提高网络的可用性、效率以及可靠性,使得网络能够适应不断变化的需求和环境。

网络体系结构的设计和选择将直接影响到网络的各方面。例如,网络体系结构可以影响网络的响应时间、数据传输速率、容错能力以及可维护性等。因此,选择和设计合适的网络体系结构是构建高效、可靠网络的至关重要的一步。

2. 网络体系结构的演变和趋势

随着技术的不断发展和应用需求的变化,网络体系结构也在不断演变。从早期的层次结构到现代的分布式系统,网络体系结构的发展历程反映了计算环境和应用需求的变化。

早期的网络体系结构基于分层设计,每一层都有其特定的功能和协议。随着技术的发展,网络体系结构逐渐变得更为复杂和多样化。现代的网络体系结构更加注重灵活性和可扩展性,以便适应不断变化的应用需求和技术环境。同时,随着云计算、物联网、人工智能等新技术的不断发展,网络体系结构也逐渐向更加智能化、自动化和安全化的方向发展。未来的网络体系结构将更加注重性能、可扩展性、灵活性和安全性,以满足不断变化的应用需求和技术环境。



网络体系结构

5.2.2 网络体系结构参考模型

著名的网络体系结构参考模型主要有 OSI 体系结构参考模型及 TCP/IP 体系结构参考模型。OSI 体系结构参考模型也称为开放系统互连参考模型(Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM),它将整个网络的功能划分成 7 个层次:物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层(图 5-3)。

TCP/IP 体系结构不同,它得到了非常广泛的应用。TCP/IP 是一个 4 层的体系结构(图 5-3),包含应用层、运输层、网际层和网络接口层(用网际层这个名字是强调这一层是为了解决不同网络的互连问题)。不过从实质上讲,TCP/IP 只有最上面的三层,因为最下面的网络接口层并没有什么具体内容。

但无论是 OSI 体系结构还是 TCP/IP 体系结构,都会有它成功和不足的方面。OSI 体系结构大而全,效率低,缺乏市场制动力;TCP/IP 体系结构应用广泛,但是对参考模型的理论研究相对比较薄弱。为此,在研究中一般采纳美国教育家特南鲍姆(Andrew S. Tanenbaum)建议的一种 5 层协议体系结构的参考模型,三种参考模型的体系结构对比如图 5-3 所示。

1. 物理层

物理层是网络体系结构中的最底层,它负责在通信设备之间传输原始比特流。物理层

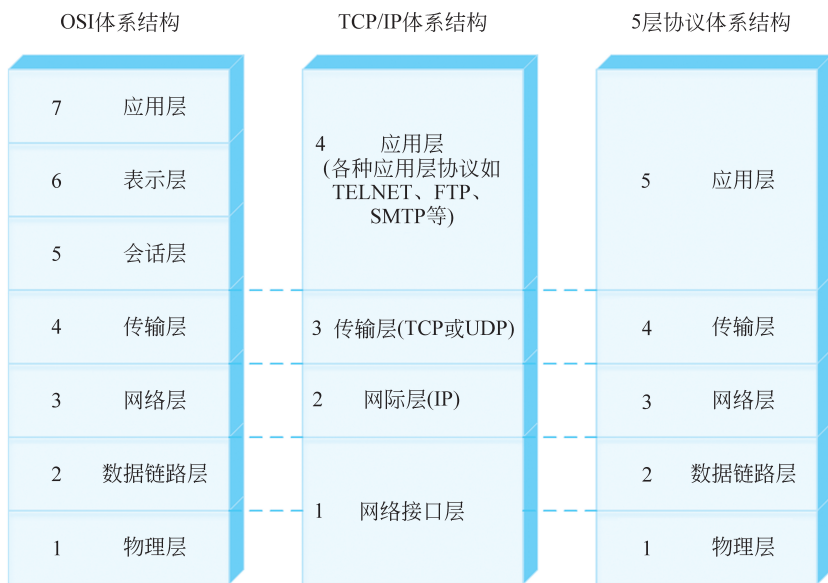


图 5-3 三种参考模型的体系结构对比

的主要目标是提供一个透明的、可靠的通信通道,使得上层协议可以不必关心底层的细节。

物理层的主要功能包括机械特性、电气特性、定时特性和数据格式。机械特性包括各种接口的尺寸、形状、锁定装置等设计,以确保不同的设备可以正确地连接和分离。电气特性定义了用于传输数据的电压、电流和电阻等电气参数,以保证信号的质量和数据的正确传输。定时特性包括数据的传输速率、时钟偏移和同步等定时特性,以确保数据的正确接收和解析。数据格式涉及数据的帧格式、数据编码和解码等,以确保数据的正确传输和接收。此外,还需要考虑设备之间的连接方式,如点对点连接、星状连接、环状连接等,以及如何实现网络的扩容和性能优化。

物理层协议是网络体系结构中的最底层协议,它们规定了物理层中的传输介质、编码和解码、传输速率、传输方式、信道复用方式等物理特性,并且定义了传输介质和连接接口的标准。

2. 数据链路层

数据链路层是OSI参考模型中的第二层,主要负责将原始数据流转换成可以在网络上传输的数据帧,以及将接收到的数据帧进行拆封,还原成原始数据流并传送给网络层。数据链路层的主要功能包括帧封装、差错控制、流量控制和广播识别等。

(1) 帧封装。数据链路层将来自物理层接收到的原始数据流进行封装,形成数据帧。每个数据帧都包含帧头和帧尾,帧头中包含目的地址和源地址等信息,用于指导数据帧的传输。

(2) 差错控制。由于传输过程中可能会出现数据错误,因此数据链路层需要具备差错控制功能,通过添加校验码等手段,检测和纠正数据帧中的错误。

(3) 流量控制。由于发送端和接收端的处理速度可能存在差异,数据链路层需要具

备流量控制功能,以避免接收端处理速度慢于发送端而导致的丢包现象。

(4) 广播识别。在局域网中,所有连接到网络的设备都能够接收到广播信息。数据链路层需要识别广播信息并将其传递给网络层,以便网络层能处理广播信息。

数据链路层的协议主要包括 HDLC、PPP 和 SLIP 等。其中,HDLC 是一种用于串行通信的协议,通过对数据帧进行同步传输和差错控制,实现了可靠的通信;PPP 协议是一种用于点对点通信的协议,通过将数据帧分割成一个个小的数据包,并在每个数据包前面添加同步标识和校验码等控制信息,实现了可靠的数据传输;SLIP 则是一种较古老的串行通信协议,通过在 UNIX 系统之间进行远程文件传输控制信息。

3. 网络层

广域网中将计算机网络分为资源子网和通信子网,网络层就是通信子网的最高层,是 OSI 模型中面向数据通信的低三层(通信子网)中最为复杂、关键的一层。网络层用于控制和管理通信子网的操作,它体现了网络应用环境中资源子网访问通信子网的方式。网络层的数据传输单位为数据分组(包)。

网络层的主要任务是在数据链路层服务的基础上,实现整个通信子网的连接,向传输层提供端到端的透明的数据传输通路,为报文分组以最佳路径通过通信子网到达目的主机提供服务。如果两个实体跨越多个网络,网络层还要提供正确的路由选择、阻塞控制和网络互连等。

为实现端到端的传递,网络层提供了两种主要功能:交换和路由。交换功能是在两个端点之间建立可用临时链接;路由功能则是在众多可用链路中确定一条最佳路径。当网络变得拥塞时,使用流量控制和拥塞控制技术减少拥塞并提高网络性能,向网络提供与之需求相匹配的服务质量。

网络层互连设备主要包括路由器、三层交换机和网关等,其中路由器是网络层互连的主要设备。

4. 传输层

在 ISO/OSI 模型中,传输层和会话层之间是交互作用,传输层向会话层提供服务。而在 TCP/IP 分层结构模型中,传输层直接面向应用层,向应用层提供服务,并提供两类服务,即面向连接的 TCP 服务和无连接的 UDP 服务。传输层不属于通信子网的范畴,它存在于通信子网以外的主机中。

经常有多个程序同时在一台计算机上运行,信源到信宿的传递不仅是从一台计算机传递到另一台计算机,也是从一台计算机上的一个特定程序传递到另一台计算机上的一个特定程序。因此,传输层消息报文首部就必须包含一种能够区分不同应用程序的标识,这种标识称为服务访问点地址(也叫作端口地址)。网络层的功能是将每个包送到指定的计算机上,而传输层的功能则是将整个消息(报文)传送给该计算机上的指定程序,实现用户端到用户端的通信。

传输层的消息报文首部还包括顺序号,或称分段号、编号。当传输层从上层获得要传输的报文时,会将其分成适合传输的片段。为了便于这些片段在接收方重新组装成完