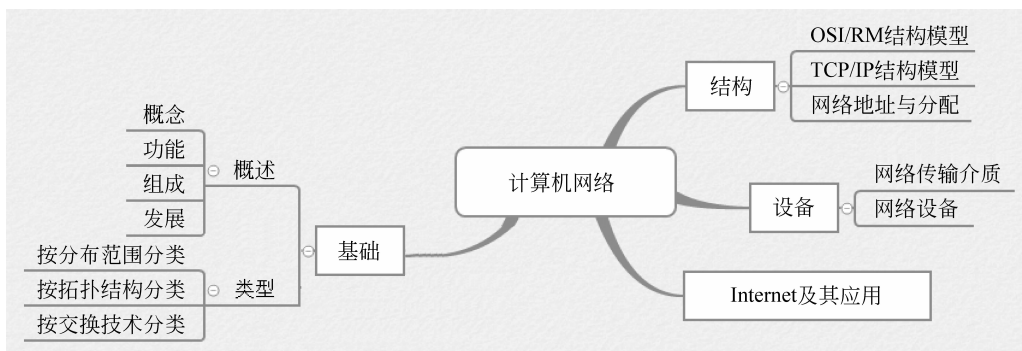


计算机网络



计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物,是计算机与通信网络发展的高级阶段。计算机网络几乎可以提供给人们需要的所有资源。随着社会的发展和进步,计算机网络已经渗透到人们生活的各个角落,改变了人们的工作方式与生活方式,未来社会对网络的发展需求也将提到更高的层次。

5.1 计算机网络基础

随着通信和计算机技术的紧密结合和同步发展,计算机网络飞速发展。计算机网络技术实现了资源共享,人们可以在办公室、家里或其他任何地方访问网上的任何资源,极大地提高了工作效率,促进了办公自动化、工厂自动化、家庭自动化的发展。

5.1.1 计算机网络概述

计算机网络利用通信设备和通信线路,将地理位置不同、功能独立的多台计算机系统互联起来,组成可以实现资源共享和信息传递的计算机系统。

1. 计算机网络的概念

计算机网络是“以相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合”。计算机网络具有以下几个主要特征。

(1) 组建计算机网络的主要目的是实现资源共享,包括硬件资源、软件资源和数据资源。网络用户不但可以使用本地资源,也可以通过网络访问远程资源,还可以调用网络中的多台计算机协同完成一项任务。

(2) 互联的计算机系统是自治的系统。互联的计算机分布在不同的地理位置,每台计算机既能联网工作,也能脱网独立工作,它们之间没有主从之分。

(3) 联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议。计算机之间要交换数据,就必须遵守一些事先约定好的通信规则。这就和人们之间的对话一样,如果人与人之间要顺畅地交流,就需要大家说同样的语言。如果一个说中文,另一个说英文,这时就需要找一个翻译才行。网络协议明确规定了所交换数据的格式和时序。

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超越了地理位置的限制,而且也大大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)可以使相隔万里的异地用户快速准确地相互通信;电子数据交换(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,则费用会大大增高。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,还可以在网的一些结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。对于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,以便使问题能迅速而经济地得以解决。对于综合性大型问题,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机或微型

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,而费用却大大减少。

(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。

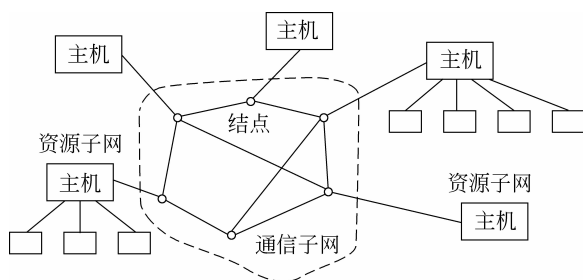


图 5-1 计算机网络的组成

(1) 资源子网。资源子网主要是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硬件、软件设施,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,间接服务于用户。它主要包括网络结点、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. 计算机网络的发展

纵观历史,计算机网络的发展可以分为 4 个阶段。

(1) 计算机终端网络。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,形成了第一代的以单主机为中心的远程联机系统。典型的应用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,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”,但这样的通信系统已具备网络的雏形。

(2) 计算机通信网络。20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 70 年代的第二代计算机网络是以多个主机通过通信线路互联起来,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“阿柏网”。

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)转接后互联的。IMP和它们之间互联的通信线路一起负责主机间的通信任务,构成了通信子网。互联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,网络的概念为“以能够相互共享资源为目的互联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。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联很困难,迫切需要一种开放性的标准化实用网络环境,这样就应运而生了两种国际通用的网络体系结构,即国际标准化组织的OSI(开放系统互联参考模型)体系结构和TCP/IP体系结构。

(4) 高速计算机网络。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(NII)后,全世界许多国家纷纷制定和建立本国的NII,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,渗透到社会的各个角落,推动着经济的转型与社会发展。

5.1.2 计算机网络的类型

计算机网络的分类方法有很多,习惯上的分类方法有按计算机网络的分布范围分类、按计算机网络构成的拓扑结构分类,以及按计算机网络采用的交换技术分类。

1. 按分布范围分类

计算机网络按照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、个人区域网和人体区域网5类。发展最早的是广域网技术,其次是局域网,早期的城域网技术是包含在局域网技术中同步开展研究的,最后出现的是个人区域网和人体区域网。

(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、地区,或横跨几个洲。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,但不在同一小区范围内的网络互联。这种网络的连接距离可以从10千米到几十千米,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是

广域网的缩微,或是局域网的自动延伸。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结点的性能与容量。城域网的每个交换结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,它覆盖的范围较小,所涉及的地理距离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,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,人们逐步提出将个人自身附近10m范围内的移动数字终端设备联网的需求。由于个人区域网络(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络(WPAN)的概念。目前,无线个人区域网主要使用IEEE 802.15.4标准、蓝牙与ZigBee标准。

(5) 人体区域网。在智能医疗应用中,需要将人体携带的传感器或移植到人体内的生物传感器结点组成人体区域网(Body Area Network, BAN),将采集到的人体生理信号(如体温、血糖、血压、心跳等),以及人体活动或动作信号、人所在的环境信息,通过无线方式传送到附近的基站,即无线人体区域网(WBAN)。无线人体区域网的研究目标是为物联网智能医疗应用提供一个集成硬件、软件的无线通信平台,特别强调要适应可穿戴与可植入的生物传感器的尺寸,以及低功耗的无线通信要求。因此,无线个人区域网又称为无线个人传感器网络(WBSN)。

2. 按拓扑结构分类

“拓扑”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结点与通信线路之间的几何关系表示网络结构,反映出网络中各实体之间的结构关系。基本的网络拓扑有5种:星形拓扑结构、环形拓扑结构、总线型拓扑结构、树形拓扑结构、网状拓扑结构。图5-2给出了基本的网络拓扑结构的示意图。

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

星形拓扑结构的优点是:结构简单,易于监控和管理;单个结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;中央结点负担重,形成“瓶颈”,一旦发生故障,全网就受影响。

(2) 环形拓扑结构。环形拓扑结构使用公共电缆组成一个封闭的环,各结点直接连到环上,信息沿着环按一定方向从一个结点传送到另一个结点。这种结构显而易见地消除了结点通信时对中心结点的依赖性。

环形拓扑结构的优点是:电缆长度短;所有站点都能公平访问网络的其他部分;信息

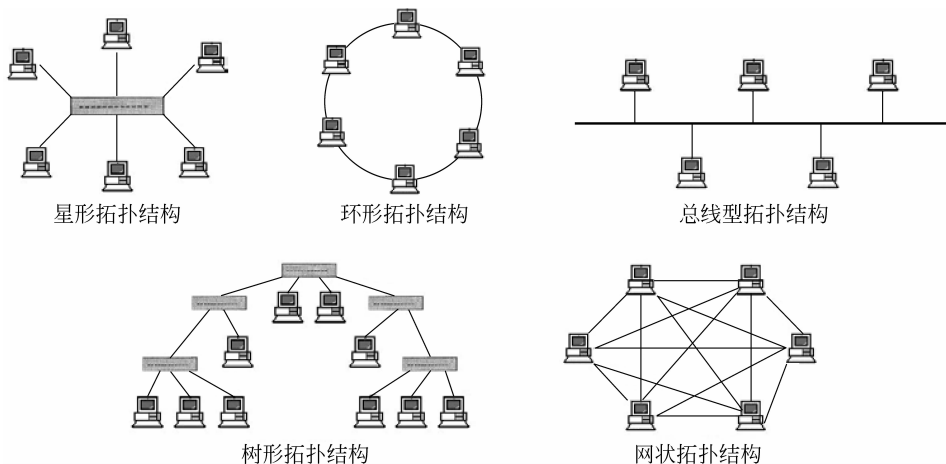


图 5-2 网络拓扑结构

流在网中是沿着固定方向流动的,路径选择简单;环路上各结点都是自举控制,控制软件简单。缺点是:信息源在环路中是串行地穿过各个结点,当环中结点过多时,势必影响信息传输速率;环路是封闭的,不便于扩充;环中任何一个结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,将网络中所有的结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,即从发送信息的结点开始向两端扩散,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,结点的插入、删除比较方便,易于网络扩展;具有较高的可靠性,单个结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,分支结点故障查找难,一旦传输介质出现故障,就需要将整个总线切断;一次仅能一个结点发送数据,如果有两个或两个以上的结点同时发送数据,就会出现冲突,造成传输失败;介质访问获取机制较复杂,从而增加了结点的硬件和软件开销。

(4) 树形拓扑结构。树形拓扑结构可以认为是由多级星形拓扑结构组成的。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,与星形拓扑结构相比,它的通信线路总长度短,成本较低,结点易于扩充,寻找路径比较方便,但除了叶结点及其相连的线路外,任一结点或其相连的线路故障都会使系统受到影响。

(5) 网状结构。网状结构主要指各结点通过传输线互相连接起来,并且每个结点至少与其他两个结点相连。网状结构具有较高的可靠性,由于结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由,从而绕过失效的部件或过忙的结点,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。

3. 按交换技术分类

按交换技术划分,网络可分为电路交换网络(circuit switching)、报文交换网络(message switching)和分组交换网络(packet switching)。目前主要使用分组交换技术。

(1) 电路交换网络。公众电话网(PSTN 网)和移动网(包括 GSM 网和 CDMA 网)采用的都是电路交换技术,它的基本特点是采用面向连接的方式,在双方进行通信前,需要为通信双方分配一条具有固定带宽的通信电路,通信双方在通信过程中将一直占用所分配的资源,直到通信结束。

(2) 报文交换网络。报文交换技术和分组交换技术类似,基本特点是面向无连接,采用存储转发机制。但报文交换是以报文(直接将数据封闭成一个包)作为传送单元。由于报文长度差异很大,长报文传输所需时间较长,出错可能性也越大,所以路由器必须根据最长的报文分配存储空间,导致存储空间的利用率降低。由此人们提出分组交换的概念。在实际应用中,报文交换主要用于传输报文较短、实时性要求较低的通信业务,如公用电报网。

(3) 分组交换网络。分组交换在报文交换的基础上,将报文按照一定的长度分割成一定长度的数据块,并增加相应的用于对数据进行选路和校验等功能的头部字段,作为数据传送的基本单元(即分组)。分组交换网络有利于提高路由器检测接收是否出错、出错重传处理过程的效率,也有利于提高路由器存储空间的利用率。在传输时延和传输效率上进行了平衡,从而得到广泛的应用。并且,路由器可以动态地为不同的分组选择不同的最佳传输路径,有利于减小分组传输延迟,提高数据传输的可靠性。

5.2 网络体系结构

计算机网络采取分层设计方法,按照信息的传输过程将网络分解为一个个功能层,不同计算机上的同等功能层之间采用相同的协议,同一计算机上的相邻功能层之间通过接口进行信息传递。网络体系结构是指计算机网络的分层,以及各层中的协议和层次之间接口的集合。网络协议是为网络数据交换制定的通信规则、约定与标准。

5.2.1 网络互联模型

1977 年,国际标准化组织(ISO)为适应网络标准化发展的需求,制定了开放系统互联参考模型(Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM),从而形成了网络体系结构的国际标准。

1. OSI/RM 结构与功能

开放系统互联参考模型为开放式互联信息系统提供了一种功能结构的框架,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,如图 5-3 所示。

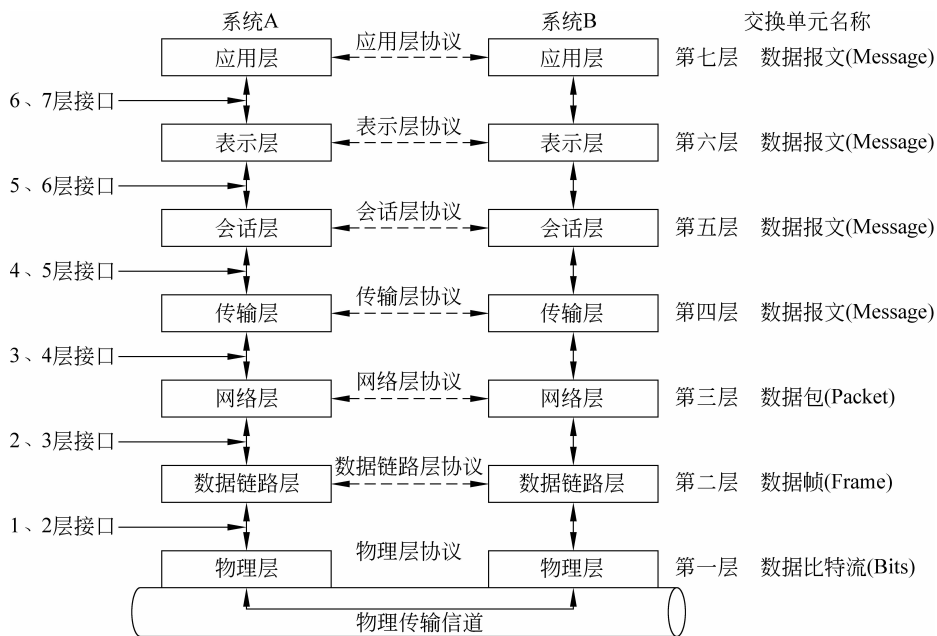


图 5-3 ISO OSI/RM 模型

(1) 物理层：物理层(physical layer)利用传输介质实现网络内两个实体间的物理连接,实现比特流的透明传输,为数据链路层提供数据传输服务,物理层的数据传输单元是比特(bit)。

(2) 数据链路层：数据链路层(data link layer)在物理层提供比特流传输的基础上,通过建立数据链路连接,采用差错控制与流量控制方法,使有差错的物理线路变成无差错的数据链路。数据链路层的数据传输单元是帧。

(3) 网络层。网络层(network layer)通过路由选择算法为分组通过通信子网选择适当的传输路径,实现流量控制与网络互联的功能。网络层的数据传输单元是数据分组。

(4) 传输层。传输层(transport layer)又称端到端协议层,是网络高层与网络低层(常将 1~3 层称为网络低层,4~7 层称为网络高层)之间的接口。该层为分布在不同地理位置计算机的进程通信提供可靠的端一端连接与数据传输服务。传输层的数据传输单元是报文。

(5) 会话层。会话层(session layer)负责维护两个会话主机之间连接的建立、管理和终止,以及数据的交换。

(6) 表示层。表示层(presentation layer)负责通信系统之间的数据格式变换、数据加密与解密、数据压缩与恢复。

(7) 应用层。应用层(application layer)实现协同工作的应用程序之间的通信过程控制。

OSI/RM 的最高层为应用层,面向用户提供应用服务;最低层为物理层,连接通信介质实现真正的数据通信。两个用户计算机通过网络进行通信时,除物理层外,其余各对等层之间均不存在直接的通信关系,而是通过各对等层的协议进行通信(用虚线连接),

只有两物理层之间通过媒体进行真正的数据通信。

2. TCP/IP 结构模型

虽然 OSI/RM 已成为计算机网络体系结构的标准模型,但因为其结构过于复杂,实际系统采用 OSI/RM 的并不多。目前使用最广泛的网络体系结构是传输控制协议/网际协议(Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP)结构模型。虽然从名字上看 TCP/IP 包括两个协议,即传输控制协议(TCP)和网际协议(IP),但 TCP/IP 实际上是一组协议,它包括上百个各种功能的协议,如远程登录、文件传输和电子邮件等,而 TCP 和 IP 是保证数据完整传输的两个基本的重要协议。通常, TCP/IP 是 Internet 协议簇,而不单单是 TCP 和 IP。

TCP/IP 的体系结构与 OSI/RM 的对应关系如图 5-4 所示。

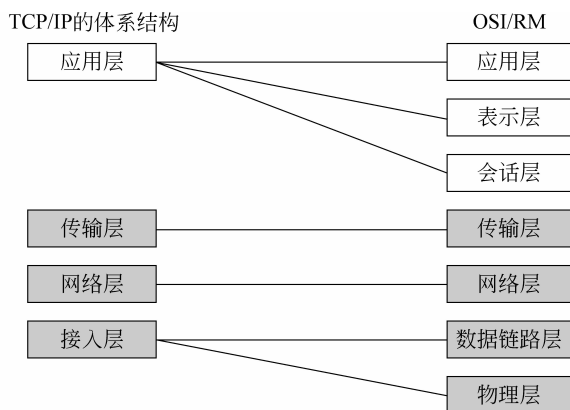


图 5-4 TCP/IP 的体系结构与 OSI/RM 的对应关系

(1) 接入层。接入层为 TCP/IP 模型的最低层,负责发送和接收 IP 分组。TCP/IP 对接入层并没有规定具体的协议,它采取开放的策略,允许使用广域网、局域网与城域网的各种协议。任何一种流行的低层传输协议都可以与 TCP/IP 互联网络层接口。

(2) 网络层。网络层(IP 层)的主要功能包括:处理来自传输层的数据发送请求,将报文封装成 IP 分组,启动路由选择算法,选择适当的发送路径,并将分组发送到下一个结点;处理接收的分组,对接收到的 IP 分组检查目的地址,如果目的地址为本结点的 IP 地址,则除去分组头,将分组数据送传输层处理;如果需要转发,则通过路由算法为分组选择下一跳结点的发送路径,并转发分组;处理网络的路由选择、流量控制与拥塞控制。网络层传输的数据单元是 IP 分组。

IP 是网际互联层最重要的协议。IP 是一种不可靠、无连接的数据报传输服务协议,它提供的是一种“尽力而为”的服务。

(3) 传输层。传输层负责在会话进程之间建立和维护端一端连接,实现环境中分布式进程通信。传输层定义了两种不同的协议:传输控制协议(Transport Control Protocol, TCP)与用户数据报协议(User Datagram Protocol, UDP)。

TCP 是一种可靠的、面向连接、面向字节流的传输层协议。源进程在使用 TCP 传送

数据之前,需要经过3次“握手”与目的进程之间建立一条TCP连接;TCP支持可靠数据传输的关键是对发送和接收的数据进行跟踪和确认,如果有错误,则重传,并且提供拥塞控制机制。UDP是一种不可靠的、无连接的传输层协议,它将可靠性问题交给应用程序解决。UDP主要面向请求/应答式的交易型应用,一次交易往往只有一来一回两次报文交换,假如为此而建立连接和撤销连接,开销是相当大的。这种情况下使用UDP就非常有效。另外,UDP也应用于对可靠性要求不高,但要求网络的延迟较小的场合,如语音和视频数据的传送。

(4) 应用层。应用层对应OSI/RM的高层,为用户提供所需要的各种服务,如HTTP、HTTPS、FTP、POP3、SMTP等。

3. TCP/IP 与 OSI/RM 的比较

OSI/RM和TCP/IP模型虽然都采用了层次结构的方法,但是在层次划分与协议内容上有很大区别。

OSI/RM中有3个基本概念:服务、接口和协议。TCP/IP模型并不十分清晰地区分服务、接口和协议这些概念。相比TCP/IP模型,OSI/RM中的协议具有更好的隐蔽性,并更容易被替换。两者的另外一个差别是有关服务类型方面。OSI/RM的网络层提供面向连接和无连接两种服务,而传输层只提供面向连接服务。TCP/IP模型在网络层只提供无连接服务,但在传输层却提供两种服务。

OSI/RM是在其协议被开发前设计出来的。这意味着OSI/RM并不是基于某个特定的协议集而设计的,因而它更具有通用性。但另一方面也意味着OSI/RM在协议实现方面存在某些不足。而TCP/IP模型正好相反,其模型本身实际上并不存在,只是对现存协议的一个归纳和总结,因而协议与模型非常吻合。问题在于TCP/IP模型不适合其他协议栈,因此,它在描述其他非TCP/IP网络时用处不大。

4. 一种新的建议模型

无论是OSI/RM,还是TCP/IP,都会有它成功和不足的方面。OSI/RM大而全,效率低,缺乏市场带动力;TCP/IP应用广泛,但是对参考模型的理论研究相对比较薄弱。为此,现在广泛采纳Andrew S. Tanenbaum建议的一种5层参考模型,它比OSI/RM少了表示层和会话层,并用数据链路层与物理层代替TCP/IP模型的接入层。

5.2.2 网络地址与分配

在TCP/IP网络中,计算机之间能够实现端到端的通信主要就是通过TCP/IP进行通信,TCP/IP已经成为计算机之间通信的标准。在计算机网络体系结构中,网络层封装的是数据包,然后进行传输,这个数据包具体往哪个方向进行传输也只能通过数据包中封装的地址来标识,如果是IP封装的数据包,则数据包内要有源IP地址和目标IP地址。就好像你要给朋友写新年贺卡一样,当要把这个贺卡邮递到朋友的手里,你需要写上你的地址和你朋友的地址,这样对方才可以收到贺卡。