

网络通信软件 设计原理及应用

陈文云 巩丹宏 编著



西安交通大学出版社

TP393.09
38

00016057

网络通信软件设计

原理及应用

陈文云 巩丹宏 编著

西安交通大学出版社

内 容 提 要

本书由网络基本原理、网络通信软件设计指南和应用实例三部分组成。网络基本原理部分主要论及目前广为流行的 OSI 分层模型和 DOD 分级模型,局部网络技术、广域网络技术以及网络互连技术,并重点阐述开发网络通信软件直接接触的传输层和应用/进程协议,以便为网络软件设计奠定基础。

网络通信软件设计指南部分首先介绍网络编程的主要平台(TCP/IP 技术)和进程间通信(IPC)的基本概念和原理,然后重点对 UNIX 操作系统的两个主要版本(BSD4.3 和 System V)的网络通信软件设计方法进行详细地分析介绍,最后对 Windows 环境下网络编程的主要方法进行介绍。

应用实例部分运用前面的网络编程方法,以一个完善的例子进行讲述。

本书层次清晰,通俗易懂,图示丰富,结合大量的实例深入浅出地阐述复杂的技术问题。可供计算机通信、数据通信的技术人员、大专院校计算机专业、通信专业的师生以及其他有兴趣的工程技术人员和师生阅读。

注:网络软件设计的应用部分另配软盘一张,定价 15.00 元,另加邮费 5.00 元/张

图书在版编目(CIP)数据

网络通信软件设计原理及应用/陈文云,巩丹宏编,-西安:
西安交通大学出版社,2000.1
ISBN 7-5605-1079-5

I. 网… II. ①陈… ②巩… III. 计算机网络-通信软件
-基本知识 IV. TP31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 72330 号

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668316)
西安正华印刷科技有限公司印装
各地新华书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:23.625 字数:578 千字
2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷
印数:0 001~4 000 定价:35.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售
部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

随着社会向着高度信息化的方向发展,电子信息系统经历了巨大的变革,这个变革的一个主要特征就是计算机技术与通信技术紧密结合在一起。由于计算机的高速度缩短了处理信息的时间,而通信加大了交换信息的跨度,两者的结合创造了一门在时间和空间上融汇贯通的新技术,即计算机通信技术。计算机通信网络就是这种新技术的具体体现,计算机和通信网络就构成了这一时代信息通信的基础设施(Information Infrastructure),随着各种通信网络的逐步增多,它日益成为当今信息流通的主要载体。如何利用这些信息基础设施构筑适合于各自网络应用需要的应用程度,就显得异常重要。

概要地讲,任何网络都是由低层和高层两大部分组成。网络的低层主要负责信息可靠地传输与交换,它所传输的信息的具体含义对其本身是透明的;网络高层主要负责信息的分析与处理,它与信息如何传递到远端相对独立。除此之外,网络体系结构通常包含有一个把高层与低层相互联系的中介层——传输层,它主要把高层送来需要传输的信息通知低层,由低层送往目的地,同时把低层送来的信息传递给本机的目的进程。设计通信软件主要是利用传输层的这一特点,完成如何把高层送来的信息利用低层送往目的地,同时把远端送来的信息通知目的进程。有时应用程序也利用成熟的应用层协议(如 FTP, HTTP 等)来传输信息,这样就更加简化了软件设计的复杂性。

为了让读者对整个过程有一个全面深入的理解,本书不仅单纯地对网络通信软件设计方法进行细致地分析,而且对其涉及的网络基本原理进行了全面地介绍。由于网络原理涉及的概念比较抽象,初学者难免不易理解,故本书尽可能利用图解使概念形象化,同时对技术的介绍也力求深入浅出,以通俗易懂的术语来说明复杂的技术问题。

本书共分 12 章,由三部分组成。第 1 部分由 1 到 6 章组成,主要讲述网络基本概念和原理。首先对网络体系结构进行系统介绍,然后对网络的主要实用技术(局部网络技术、广域网络技术以及网络互连技术)进行阐述,最后把设计网络通信软件直接涉及到的传输层和应用层协议单独抽出来详细分析。第 2 部分由 7 到 11 章组成,首先对网络通信软件设计平台(TCP/IP 技术)和设计网络通信软件的基本概念进行简要地介绍,然后详细地讲解 UNIX 操作系统的两个主要的版本(BSD 4.3 和 System V)的通信软件设计方法,并以大量实例进行分析,最后对 Windows 环境下的网络通信软件设计方法进行简要地介绍。第 3 部分是应用实例,它主要介绍了一个实际的网络通信软件,并附有源代码。

由于本书涉及面较广,加之作者水平有限,书中难免存在一些偏颇和不当之处,敬请读者不吝赐教。

编著者

1998 年 10 月

目 录

第 1 部分 计算机网络原理

第 1 章 网络通信体系结构

- 1.1 引言 (2)
- 1.2 基本概念 (2)
- 1.3 OSI 模型分层法 (4)
- 1.4 DOD 模式分级法 (10)

第 2 章 局部网络技术

- 2.1 引言 (15)
- 2.2 局部网的传输介质和拓扑结构..... (15)
- 2.3 局部网的 MAC 协议 (20)

第 3 章 广域网技术

- 3.1 引言..... (27)
- 3.2 公共数据通信网(PDN) (28)
- 3.3 实例分析..... (35)

第 4 章 网络互连技术

- 4.1 引言..... (41)
- 4.2 互连原理..... (41)
- 4.3 网络互连设备..... (44)
- 4.4 网络互连协议..... (47)
- 4.5 协议转换..... (61)

第5章 传输层协议

5.1 引言	(65)
5.2 传输服务	(65)
5.3 传输协议机理	(69)
5.4 网络服务	(81)
5.5 ISO/NBS 传输标准	(83)
5.6 DOD 传输标准	(88)

第6章 应用/进程协议

6.1 引言	(93)
6.2 会话层协议	(93)
6.3 虚拟终端协议(VTP)	(96)
6.4 文件传输协议	(104)
6.5 其它协议	(110)

第2部分 网络通信软件设计指南

第7章 TCP/IP 网络技术

7.1 引言	(113)
7.2 TCP/IP 的发展及特点	(113)
7.3 TCP/IP 体系结构(协议族)	(115)

第8章 进程间通信(IPC)基础

8.1 引言	(132)
8.2 UNIX 网络基础	(133)
8.3 进程间通信的基本机制	(144)
8.4 网络通信软件设计方法——客户机/服务器模式(cli/serv)	(190)
8.5 守护进程(Daemon Process)	(191)

第9章 传输层编程接口

9.1 引言	(193)
9.2 BSD 4.3 Berkeley 套接字接口——Socket	(193)
9.3 System V 的传输层接口——TLI	(228)

第10章 网络编程举例

10.1 引言	(252)
10.2 Internet PING 例行程序	(252)
10.3 网络中的远程处理	(262)

10.4	打印机假脱机.....	(304)
第 11 章 Windows 环境下的网络编程		
11.1	引言.....	(317)
11.2	Windows 编程基础	(317)
11.3	Windows Socket	(321)
11.4	Windows 中的进程通信(IPC)	(243)
第 12 章 网络软件设计的应用		
12.1	引言.....	(369)
12.2	任务分配.....	(369)
12.3	软件划分.....	(370)

第 1 部分

计算机网络原理

第 1 章

网络通信体系结构

1.1 引言

计算机终端设备和(或)其他数据处理设备需要交换数据,所涉及的范围非常广,例如:两台计算机之间的文件传输,两台计算机间必须要有数据流通过路径,或者是直接传送,或是通过通信网络传送,除此外还有更多的内容,它们执行的任务必须包含如下一些内容:

(1) 信源系统必须建立直接的数据通信路径,或者将所希望的目标系统的标识通知通信网络。

(2) 信源系统必须弄清目标系统是否准备好接受数据。

(3) 信源系统上的文件传送的应用必须确定目标系统上的文件管理程序是否准备好接受并存储传送的文件。

(4) 如果两个系统使用的文件格式不一致,那么一个系统必须执行格式转换。

从此可以看出,通信的两系统必须高度配合。为了密切地配合行动,计算机间的信息交换通常要涉及到计算机通信,当两台或更多台计算机通过通信网络互相连接时,所有计算机站的建立者与计算机网络有关。

本章在描述计算机通信和计算机网络之前,必须澄清一些必要的概念,然后介绍当今两大著名的网络体系结构的分层法:OSI 体系结构和 DOD 体系结构,最后以实例加以剖析。

1.2 基本概念

计算机通信的主体:实体和系统。实体就是指用户应用程序、文件传输软件包、数据库管理系统、电子邮件业务和终端等客观存在的事物;系统就是指计算机、调制/解调器、终端设备、远程传感器和控制器等组成的一个整体。通常,实体具有发送和接受信息的能力,而系统则是一个特殊的实际物体,它可以包含一个或多个实体,但在某种情况下,实体和系统所归属的范围是相同的,比如终端设备。

计算机通信就是计算机的实体或系统间的通信,要使不同计算机中的实体或系统间的信息传输正确的进行,就必须有一整套关于信息传输顺序、信息格式和信息内容等方面的约定,这一套约定称为“通信协议”。简言之,通信的实体间必须“说同样的话”,如:通信的内容,如何通信以及何时通信等都必须遵守一些规则。这些规则是实体间都包含的,并能彼此接受,以上这些规则就统称为协议。协议是按照管理两实体间数据交换的一组规则来定义的,一个协议应由如下三部分组成:

- (1) 语法：包含像数据格式和信号类别这样的内容。
- (2) 语义：包含像协议动作和差错处理的控制信息。
- (3) 定时：包含速度的匹配和排序。

在理解了实体、系统和协议的基础上,就可以进一步地介绍一下计算机通信体系结构的概念。从信息的传输和信息交换的角度来看,计算机通信体系结构是计算机通信系统的功能描述。如图 1-1 所示,让我们回到前面提及的文件传输应用程序例子,按照文件传送程序包中所执行的一个面向应用的协议,任务(3)和任务(4)是可以被执行的;为了交换数据,如果用两个文件传输程序包,则每个都引用一个网络服务模块,该模块通过本身的局部文件传送模块执行任务(2)和交换数据;为了执行任务(2),两个网络服务模块要使用系统到系统协议;最后要真正达到传送数据的目的,必须通过网络访问协议,其中包括对通信网络边界节点的访问,该网络服务模块必须执行任务(1)。由此可见,通信功能不是由单一的协议来完成的,而是由诸多协议共同作用的结果,我们称能完成通信功能的协议的结构化集合为“计算机通信体系结构”。如果用单一程序或模块建立的不同系统来完成上述功能,并包括所有的协议,那么完成通信任务的两实体就显得非常复杂,不易实现和掌握,同时容易发生差错。为了简化协议的功能实现,可以根据不同协议在通信过程中的地位的不同,将这些协议集划分为不同的层次。

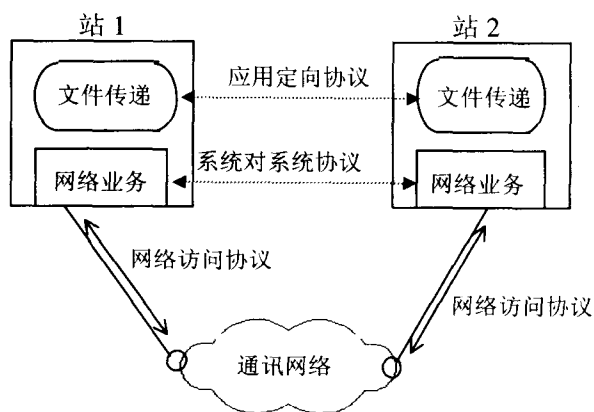


图 1-1 计算机通信体系结构

正像图 1-1 所描述的那样,协议的结构化集合的各部分是分层的,或者可以说是形成层次的。它的层次结构现可用图 1-2 来表示,它描绘出开放系统互连(OSI: Open System Interconnection)模型,该 OSI 模型由国际标准化组织(ISO)发展成计算机通信体系结构的模型。

协议在计算机通信中占有不可替代的地位,它控制着计算机通信的方方面面。从总体上看,协议的功能还应包含如下几个方面的内容:分解和重装、封装、连接控制、信息流控制、差错控制、同步、排序、寻址、多路复用和传输服务等,由于本书主要是面向应用的,对于这些细节有兴趣的读者可以参阅“DATA AND COMPUTER COMMUNICATION”一书,这里就不再赘述。

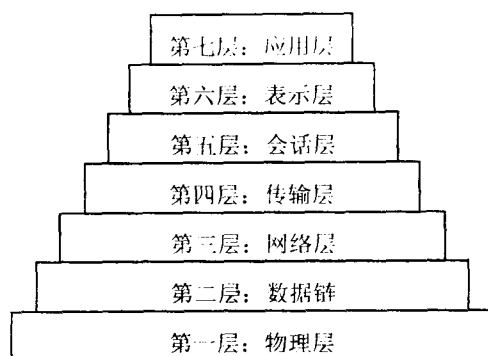


图 1-2 开放系统互连模型

1.3 OSI 模型分层法

1.3.1 分层的概念

一个计算机通信网络可以抽象为由若干个节点和许多条链路(节点间的通信线路)组成。为了简便起见,我们在图 1-3(a)中示出了由三个节点和三条链路组成的通信网络结构,而每个节点就功能而言可以大致分为三个层次:

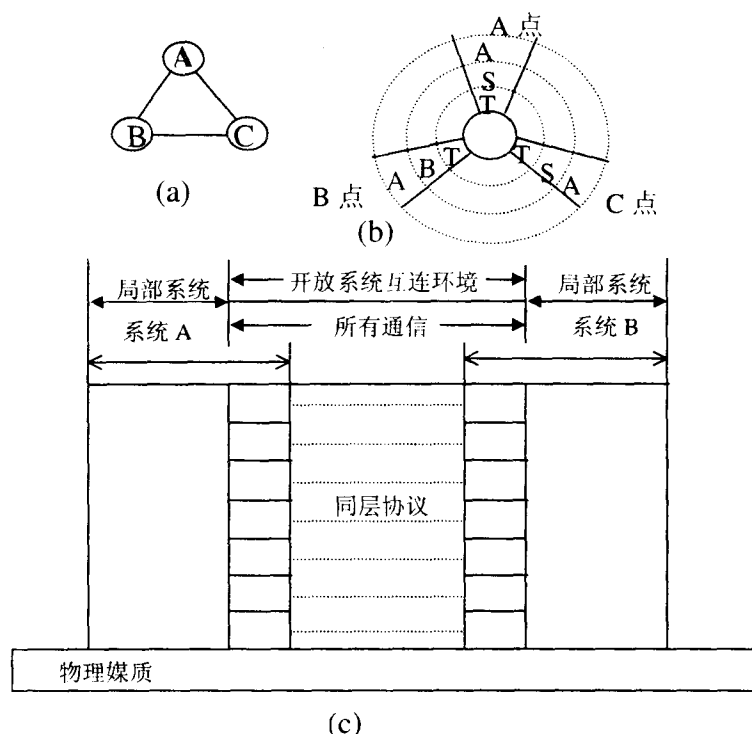


图 1-3 分层概念和 OSI 环境

- (1) 传输管理层:负责管理用户报文的传输,用 T 来表示。
- (2) 服务管理层:负责支持不同节点进程到进程的通信,用 S 来表示。
- (3) 应用层:属于节点处理应用程序部分,用 A 来表示。

由于所有节点功能的对称性,整个网络功能也应该归结为三层体系结构。图 1-3(b)示出了三个节点的相应功能层的关系。如果网络中的节点数不断增加,那么整个网络的功能层形成多元结构,如图中虚线所示,这就是计算机通信网络分层结构的由来。

图 1-3(a,b,c)中除了表明 T 层、S 层和 A 层之外,还有 L 层,它表明功能层的内核,同时也描述通信链路(或线路)的集合,也就是说,所有的节点都是通过物理链路连接起来的。

网络分层结构将为计算机通信网络的功能设计提供了很大方便,同时节点之间或各节点同层之间可以确定相应的规约,从而形成了不同的网络协议。随着节点功能的增加,分层结构也趋向复杂,使网络协议也更加丰富。例如:美国的 ARPA 网络采用了四层体系结构,国际标准化组织(ISO)提出了开放系统互连(OSI)七层参考模型。

1.3.2 OSI 分层的目的

当完成工作所涉及的计算机不止一个时,则重要的内容必然要加入这个系统。例如:软件和硬件,它们能保持系统间的通信。通信硬件有相应的标准,一般出现问题较少;当要涉及到不同型号计算机间的通信时,软件的编制可能是极为困难而且至关重要的。不同厂家采用不同的数据格式和数据规程,甚至在同一厂家同一生产线上的不同型号的计算机各以特殊的方法进行通信。

为了节省编制通信软件的费用,由某些适当的组织颁布一系列国际的至少是国家标准是非常必要的。这种标准的产生和推行会引起两大效应:

- (1) 厂方为执行这些标准而受到鼓励并得到好处。
- (2) 处于某种环境下的用户,可请求厂方执行这些标准,以便使计算机通信网中的计算机或终端能够规范化。

由国际标准化组织(ISO)提出的开放系统互连(OSI)七层参考模型概括了分层的目的:

(1) 为协调计算机通信系统互连标准提供一个共同的基础,允许将现有的标准正确纳入总的参考模式中去。

(2) 附加术语的 OSI 标准应用于系统间的信息交换,在共同运行适当的标准以进行信息交换使这些系统相互“开放”。

(3) 系统开放并不意味着任何特定的系统实现技术和相互连接的方法,而是指系统的相互识别和提供适当的参考标准。

(4) 国际标准化组织致力于研究和改进标准范围,并为维护有关标准的一致性提供其参考,当然它不打算作为规格说明,也不是评价实际如何实现,也不提供详细细节以精确定义互连网络的设备和协议。它们只提供概念性和功能性体系结构以允许国际上的专家能在 OSI 参考模式的每一层标准的研究开发方面富有成效,并独立地开展工作。

1.3.3 确定 OSI 的原则

OSI 模式是按逻辑组合功能来分层的,上一层是建立在下一层的基础之上,并为更高层提供服务。层的确定应考虑某一层功能与任务的改变不应影响其他层次。为了使逻辑功能在每

一层中易于处理,所以层次应足够多,但是也应考虑到处理过程的额外开销,层次不适宜过多。OSI 选择和确定这些层次结构有一系列原则,它们是:

(1) 分层数不适宜设置过多,否则将会致使系统工程任务在描述和综合的分层方面带来不必要的麻烦。

(2) 服务种类少的节点设置一个界面,以使服务通过界面的相互作用最小。

(3) 由于功能的执行过程或涉及的技术有明显的不同,应设立层次分层处理。

(4) 将类似的功能集中于相同的层次。

(5) 根据经验可以论证为成功的依据而选择层次的界面。

(6) 设置分层时应注意分层能全面重新设计,它的协议的改变有利于体系结构、硬件或软件技术的新进展。这样做不至于改变来自邻近层次的服务,也不至于改变提供给相邻层次的服务。

(7) 相应接口需要标准化的地方设置界面。

(8) 层次设置时,对数据处理方面(词法、语义和语法)需要具备不同级别的层次。

(9) 改变一个层次的内部功能或协议,而不影响其它层次。

(10) 每个分层的界面,要求设置在最适宜于上、下分层的地方。

(11) 在需要不同的通信服务情况的地方,可以形成子层。

(12) 需要时可设置两个或更多个具有最小功能的子层,以便允许和相邻层的接口操作。

(13) 每一层可以跨越子层。

1.3.4 OSI 的分层

在分层原则的指导下,OSI 将网络体系结构分为七层模型,它们是:物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。下面详细讲述每一层的具体功能和内容。

(1) 物理层:为了实现数据流而设立的,跨越物理介质时,要涉及机械的、电气的、功能的和规程方面的特性,最后到达物理连接。

(2) 数据链路层:为网络实体间提供可靠的数据信息传输跨越物理链路,具有必要的同步、差错控制和信息流控制,送出数据模块(或数据帧)。

(3) 网络层:提供较高层次和数据传输无关的独立性。它用来处理路径选择和分组交换技术,并担负建立、维持和终止连接。

(4) 传输层:在终端接点间提供可靠的、透明的数据传输,并提供端到端差错恢复和信息流控制。它还包括:多点连接、资源管理等。

(5) 会话层:负责建立和管理进程通信,提供信息流传输参数设置、对话服务等。

(6) 表示层:对应用进程提供独立性。它可以实现协议转换、数据库管理和数据格式转换等。

(7) 应用层:给用户提供对 OSI 环境的访问,并且便于分布信息服务。它负责网络节点设备控制、网络文件传送和通信服务。

这里应该说明,每层功能是不不断丰富和完善的,但层次结构的关系是固定的。

OSI 各层所表述的功能涉及两套系统相互通信。所以这两系统必须具备相同的分层功能。但通信是由两个不同的系统、相同的分层、通过对等的实体、又经一个协议来完成的。

图 1-3(c)表述了 OSI 模型,每个系统包括七层,通信是在系统进程间进行(参照后图 1-5,

其图中标明了APX和APY)。如果APX希望送出信息到APY,它调用应用层7。它采用第七层协议与目标机器第七层建立匹配关系。这个协议需要第六层服务。如此继续,直到物理层,通过传输媒质实现比特数据的传送。

要注意:除物理层外,同等层间并无直接的通信。这就是说,在物理层上,每个协议实体顺序向下送到较低层,以便使数据通过它的同等层实体。甚至在物理层上,OSI模型也未规定该两系统直接连接。例如:报文分组交换或电路交换网来提供通信链路是可以实现的。

OSI方法的吸引力在于它能解决异种计算机通信问题。两个系统尽管各不相同,只要满足以下条件,便能进行有效的通信。

(1) 它们执行一组相同的通信功能。

(2) 这些功能是由相同的层次组成,同等层必须提供相同的功能。但要注意,这些功能不一定以相同的方法提供。

(3) 同等层必须公用公共的协议。

为确保上述各点必须有标准,标准应该阐明每一层所提供的功能和服务,标准也必须阐明两同等层间的协议。为此,OSI把这个标准定义为七层结构的模型,它是提供运用这些标准的体制。

图1-4中表述了不少有用的常见术语。为简化起见,任何分层都与(N)层相关,其组成名称也在其前冠(N)以开头。一个系统每一层都有一个或多个活跃的实体,一个(N)实体使用(N)分层的功能以及协议以便和其它系统的(N)实体通信。例如:实体是在多个加工系统里的一个进程,或说它是一个子程序,这对给定系统来说是方便和有效的,或可能有多个相同的(N)实体,也可能是不同的(N)实体,它们使用不同的协议标准。

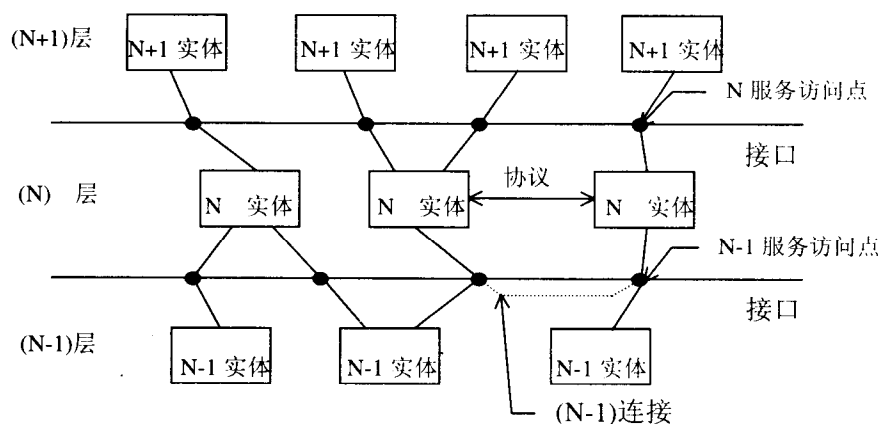


图 1-4 分层概念

每个实体通过接口和高于或低于它的实体通信,接口以一个或多个服务访问点(SAP)实现它的功能。(N-1)实体经过原语启用对(N)实体提供的服务,原语规定应完成的功能,并用于传送数据以及控制信息,而原语的实际形态取决于实现,如子程序调用。

OSI模型是面向连接的。两个(N)实体利用一种协议,通过(N-1)连接实现通信,这种逻辑连接是在(N-1)SAP间经由(N-1)实体提供。

图 1-5 表述 OSI 基本工作原理。首先,考虑最通用的实体协议的方法。当应用进程 X 有信息报文要送到应用进程 Y,于是传送那些数据于应用层的一个实体。把一个标头附加于数据上,它包含同层第七层协议所要求的信息(封装)。现在把原先数据加上标头作为单元送到第六层;表示层实体又把这个单元当作数据并附加上自己标头(第二次封装);如此过程继续向下进行直到第二层,它是只有标头和标尾(如 HDLC)。第二层单元称为帧,然后通过物理层传送到传输媒质,当这一帧被目的系统接收时,反向过程即时开始。在数据逆向上传输中,每层拆掉其最外的标头,这全部是在协议信息上进行,而且剩余部分向上传递。

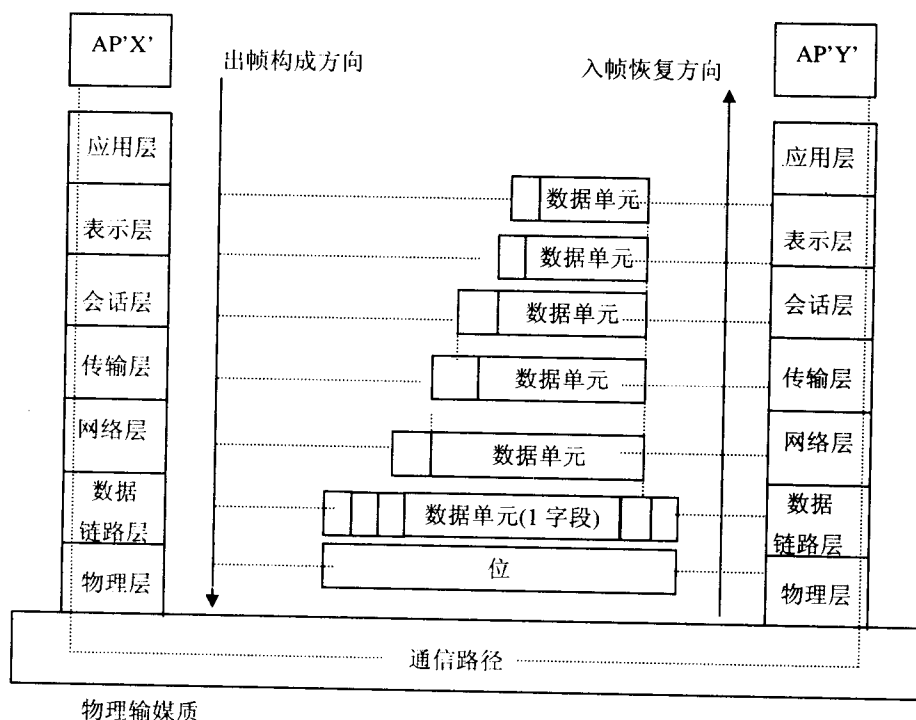


图 1-5 OSI 工作原理

现在让我们按顺序讨论一下 OSI 中每一层的情况:

1. 物理层

物理层包括设备间的物理接口和一个设备到另一个设备数据传输的规则。物理层有四个重要的特性:

- (1) 机械的。
- (2) 电器的。
- (3) 功能的。
- (4) 过程的。

详细地介绍过物理层协议可以参考有关的专著,这里不再赘述,这一层主要的标准有如下几个:RS-232-C,RS-449/442/423,X.21 以及 X.21bis 等。

2. 数据链路层

物理层只提供一组比特流服务功能,数据链路层试图使物理链路可靠性加大,并提供启

动、保持和撤消链路。通过链路层给较高层提供主要的服务是差错检测和控制。如果通信是在两系统间非直接连接地进行,那么这一个连接包含几个数据链路,而各链路的功能各自独立互不影响,因而较高层并不能减轻差错控制的机能。

这一层主要的协议标准有:HDLC、ADCCP 和 LAPB。

3. 网络层

它基本的服务是提供在传输实体间以透明的数据传送。它使传输实体无须知道任何相关的数据传输和用于连接系统的交换技术。网络服务负责建立、保持和终止通过中间通信设备的连接。

为了简明地介绍这层协议的一些概念,我们引用了图 1-6 来加以说明。图中所示两站不直接连接而是通过分组交换网通信,每个站有直接链路到网络节点。第一层和第二层协议是站到节点协议(本地的),第四层到第七层为两站中(N)实体间协议,而第三层有些兼顾上述两种情况。

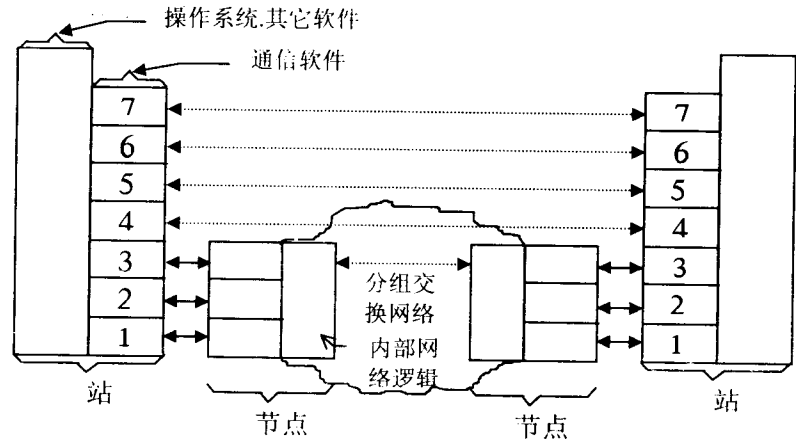


图 1-6 站-网络-站间通信

主要的对话是在站和它的节点间进行的。站向节点送出带有地址的分组经过网络到节点,它请求虚拟的电路连接,采用这个连接传输数据,最后终止连接。所有这些都是通过站到节点协议来完成。无论如何,由于分组需要交换,而且虚拟电路是建立在两站间,所以这里仍有站到站协议的问题。

作为插入网络层所使用的通信设备可能出现多种方法。在极端的情况下,最简单的无非是站间有直接链路。这种情况下,数据链路层可有可无,这是因为数据链路层能够实现必要的管理链路功能。而在两个站之间,第三层普通的用途为调整通信网的运用。此时,站中的网络实体必须给网络提供充足的信息,而去执行交换和转接数据到其它站。另一个极端是,两个站不是接到相同的网络,而需要通信。这种情况实质是间接相互连接在一起,它们数据传送的方法是应用网络互连的网间协议(IP)来完成的,IP 位于网络协议的上层,并由传输层控制,它的作用是决定网络之间路径选择和传递,而且依靠每个网络的第三层执行网内服务功能,故 IP 有时相当于第 3.5 层,即介于第三层和第四层之间。