

瞿坦

数据通信及

网络基础

华中理工大学出版社

(鄂)新登字第 10 号

图书在版编目(CIP)数据

数据通信及网络基础/瞿 坦

武汉:华中理工大学出版社, 1996.1

ISBN 7-5609-1227-3

I. 数…

II. 瞿…

III. 计算机网络-基础知识

IV. TP393

数据通信及网络基础

瞿 坦

责任编辑 黄以铭

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

武汉市青联彩印印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:264 000

1996 年 1 月第 1 版 1996 年 1 月第 1 次印刷

印数:1-5 000

ISBN 7-5609-1227-3/TP·170

定价:9.80 元

前 言

计算机学科与通信学科相结合,形成了一个的学科分支,叫做计算机网络。计算机网络技术从简单的“交互信息”阶段、“资源共享”阶段,发展到“网络计算”阶段。计算机网络技术的发展又推动了计算机学科的前进,目前出现了一个新名词叫做网络计算机(Networking Computer),也就是说,只有具备联网功能的计算机才能称之为现代计算机。计算机网络从局域网发展到广域网,现在正在向虚拟网络的目标前进。网络产品花样之多,技术更新速度之快,令世人瞠目。

从学科交叉角度观察,80年代末人们普遍认为,计算机应该成为各学科各专业的重要工具。进入90年代后,这种观念发生了变化,有识之士呼吁,计算机和计算机网络技术应该成为各学科各专业的有机组成部分,计算机和计算机网络技术是推动和促进各学科发展的主要动力之一。

国内广泛应用的计算机主要是微型计算机使用的历史很短,至今不过十多年的时间。受多种因素的制约,目前高等院校非计算机类专业的计算机和计算机网络技术的教学,落后于社会的需求;大中型企业中工程技术人员的知识结构跟不上设备更新和知识更新的步伐。为此,当务之急应加速计算机网络知识的普及,以适应客观形势的需要。

计算机网络技术是一个新的庞大的学科分支。为满足读者的需要,国内已出版了许多计算机网络方面的教材、专著和译文,其中有不少优秀作品。本书是计算机网络技术的基础性读物。首先,本书紧紧抓住网络的层次体系结构,反复论述,使读者对网络各层次的作用以及层间的相互关系有一个清晰的概念。当一种新的网络产品推出时,或某种新的网络技术问世时,读者就可运用层次概念对新产品或新技术进行分析和学习,从而可以大大缩短知识更新所需的时间。其次,书中重点介绍了网络最低的也是最重要的两个层次,即物理层和数据链路层。这两个层次的技术及其规范相对于其他高层次而言,比较成熟和稳定,另外这两个层次所涉及的有关网络通信的基本概念与术语也特别多,读者熟悉了相对稳定和成熟的概念和术语之后,就能比较轻松地进入网络乐园,也能为进一步深入网络世界打下良好的基础。最后,书中以国内最为流行的NOVELL网络为例,介绍了该局域网的最基本部分的原理、安装方法和操作方法,读者可以融安装、操作和学习于一体,一步步地向“计算机网络王国”迈进。

本书重点突出,内容丰富、精练,系统性和实用性较强。可供高等院校非计算

机类专业的师生作为教学参考书。本书也可供机电类、管理类及相关专业的工程技术人员阅读。

编者

1995.8

目 录

第一章 概述

- 1.1 计算机网络发展简介..... (1)
- 1.2 计算机网络协议(Network Protocols)
..... (3)
 - 1.2.1 RM/OSI 的分层结构 (3)
 - 1.2.2 RM/OSI 的各层内容 (4)
 - 1.2.3 RM/OSI 的数据流程 (6)
 - 1.2.4 对 RM/OSI 的评价 (7)

第二章 信号传输原理

- 2.1 信号传输方式..... (8)
 - 2.1.1 基带传输..... (8)
 - 2.1.2 宽带传输 (10)
- 2.2 通道最大传输速率——信道容量
..... (14)
 - 2.2.1 频谱分析 (14)
 - 2.2.2 波特(baud)率和比特(bit)率
..... (15)
 - 2.2.3 信道容量 (16)
 - 2.2.4 传输速率、带宽及畸变之关系
..... (16)
- 2.3 多路共传 (17)
 - 2.3.1 频分多路共传 FDM (17)
 - 2.3.2 时分多路共传 TDM (18)
- 2.4 通信通道 (18)
 - 2.4.1 电话系统 (18)
 - 2.4.2 无线通信 (18)
 - 2.4.3 卫星通信 (18)
 - 2.4.4 光纤通信 (19)
- 2.5 数据通信方式 (19)
 - 2.5.1 单工、半双工、双工方式 ... (19)
 - 2.5.2 异步、同步串行发送..... (20)
- 2.6 差错控制和抗干扰编码技术 (21)

- 2.6.1 差错的特点 (21)
- 2.6.2 抗干扰编码、译码的基本概念
..... (21)
- 2.6.3 海明(Hamming)纠错码
..... (23)
- 2.6.4 循环冗余码 CRC (24)
- 2.6.5 双坐标奇偶校验 (28)

第三章 数据链路层协议

- 3.1 单工停等协议 (30)
 - 3.1.1 理想情况(通道无传输错误)
..... (30)
 - 3.1.2 通道有传输错误的情况 ... (31)
- 3.2 双工停等协议 (32)
- 3.3 滑窗协议 (34)
 - 3.3.1 窗口概念 (34)
 - 3.3.2 滑窗协议 (35)
- 3.4 数据链路协议程序描述 (37)
 - 3.4.1 理想单工协议程序描述 ... (40)
 - 3.4.2 单工停等协议程序描述 ... (41)
 - 3.4.3 单工肯定应答/重传协议
程序描述 (42)
 - 3.4.4 双工停等协议程序描述 ... (43)
 - 3.4.5 接收窗口尺寸大于 1 的
滑窗协议程序描述 (44)
 - 3.4.6 数据链路层与上下层的接口
..... (48)
- 3.5 协议分析 (48)
 - 3.5.1 协议效率 U (48)
 - 3.5.2 协议的正确性校验 (50)

第四章 典型的数据链路协议

- 4.1 基于字符的数据链路协议 (53)
 - 4.1.1 基本型数据链路协议 (53)

4.1.2 扩充基本型数据链路协议	(57)	6.1.2 局域网(LAN)的层次	(94)
4.1.3 基于字符的多点链路控制	(58)	6.2 逻辑链路控制 LLC——802.2 ...	(95)
4.1.4 典型的报文交换顺序	(60)	6.2.1 IEEE 802 局域网服务 访问点(SAP)	(95)
4.2 高级数据链路控制协议(HDLC)	(68)	6.2.2 802.2 逻辑链路控制(LLC) 的帧结构	(96)
4.2.1 HDLC 链路结构	(68)	6.2.3 逻辑链路控制协议数据 单元(LLC PDU)控制 字段格式	(97)
4.2.2 HDLC 帧格式	(68)	6.3 IEEE 802.3 CSMA/CD 介质 访问控制(MAC)	(100)
4.2.3 HDLC 数据交换过程	(71)	6.3.1 CSMA/CD 体系结构概貌	(100)
4.2.4 HDLC 网络举例——关于 网络的合理估算分析	(75)	6.3.2 帧结构	(101)
第五章 局域网基本原理		6.3.3 IEEE802.3 CSMA/CD 介质访问控制方法	(103)
5.1 概述	(81)	6.4 IEEE 802.4 令牌传递总线 (Token-Passing Bus) MAC ...	(107)
5.1.1 局域网的特点	(81)	6.4.1 概述	(107)
5.1.2 局域网的拓扑结构	(81)	6.4.2 Token-Passing Bus MAC 帧格式	(108)
5.1.3 局域网的信息传播介质 ...	(82)	6.4.3 MAC 非稳态操作过程—— 令牌及逻辑环管理	(110)
5.1.4 通道访问的控制方法	(83)	6.4.4 物理层	(115)
5.2 ALOHA 及分片 ALOHA	(84)	6.5 ARCNET 网络介质访问协议	(116)
5.2.1 ALOHA 的原理	(84)	6.5.1 逻辑环	(116)
5.2.2 分片(Slotted) ALOHA	(85)	6.5.2 帧格式	(116)
5.3 载波监听多重访问(CSMA) 及载波监听多重访问/冲突检测 (CSMA/CD)	(86)	6.5.3 信息的发送	(117)
5.3.1 载波监听多重访问(CSMA)	(86)	6.5.4 信息的接收	(118)
5.3.2 载波监听多重访问/冲突 检测(CSMA/CD)	(89)	6.6 工业控制局域网协议——MAP 协议	(118)
5.4 令牌访问方式	(91)	6.7 局域网性能指标	(119)
5.4.1 令牌环(Token-Ring)方式	(91)	第七章 Novell 网络	
5.4.2 令牌传递总线(Token- Passing Bus)方式	(92)	7.1 Novell 网络概况	(121)
第六章 局域网协议		7.1.1 Novell 网络的特点	(121)
6.1 IEEE 802 标准概述	(94)	7.1.2 Novell 网络基本组成 ...	(124)
6.1.1 IEEE 802 标准制定过程	(94)	7.1.3 Novell Netware 协议简介	(128)

7.2	Novell 网络系统配置与安装 ...	(136)	7.3.1	Netware 386 保密性	(148)
7.2.1	Novell 网络服务器的选型		7.3.2	规划网络应用环境	(152)
		(136)	7.3.3	SYSCON 实用程序和	
7.2.2	Netware 386 文件服务器			MAP 命令	(154)
	的安装	(140)	7.3.4	建立目录结构	(157)
7.2.3	安装网络工作站	(145)	7.3.5	设定入网限制条件	(158)
7.2.4	实际问题的讨论	(145)	7.3.6	记帐服务	(163)
7.3	建立网络应用环境	(148)	参考文献		(165)

第一章

概 述

19 世纪是蒸汽机时代,20 世纪是信息的收集、处理和分配的时代。由于信息收集和加工的需要,在最近 20 多年来,通信技术和计算机技术相互渗透,逐渐形成了计算机网络这个新兴的学科分支。计算机网络的诞生和发展又促进了通信技术的发展,对计算机系统的组织方式也产生了深刻的影响。

计算机网络是利用通信线路,把分布在不同地点的多个独立的计算机系统连接起来的一种网络,使广大用户能够共享网络中的硬件、软件和数据等资源。由于资源共享,可以充分发挥各地资源的作用和特长,提高可靠性,降低运行费用,而且可避免重复的人力和物资投资。

自 1968 年美国国防部高级研究计划局(ARPA)主持研制的 ARPA 计算机网络投运以来,世界各地计算机网络的建设迅速发展,一些网络还相互连接,形成国际网络,促进了世界上各个国家之间的文化交流和技术发展。

1.1 计算机网络发展简介

计算机网络经历了一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程,可分为 4 个阶段:具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统、计算机通信网和计算机网。

1. 具有通信功能的单机系统

早期计算机很昂贵,是一种珍贵资源,只有数目很有限的计算机中心才拥有这种资源。计算机的用户要从远地到计算中心上机,这不仅浪费时间、精力和耗费大量资金,还无法对要及时处理的信息进行及时的加工。为了解决这个问题,在大型计算机内部增加了通信控制功能,使远地站点(远程终端)的输入输出设备能通过通信线路直接和计算机相连,达到一边输入信息,一边处理信息,最后的处理结果再经过通信线路直接送回到远地站点。这种系统也称为联机系统,如图 1-1 所示。

这种联机工作方式提高了计算机系统的效率和服务能力。这种方式的最大缺点是,每个远程终端要独占一条线路。在终端数量多,距离远的情况下,投资费用较大,线路利用率很低。随着通信技术的发展,出现了多点连接方式,即多个用户终端共用一条通信线路和计算机相连。计算机系统也从简单的联机方式发展为复杂的联机系统,如远程批处理系统、远程分时处理系统等。

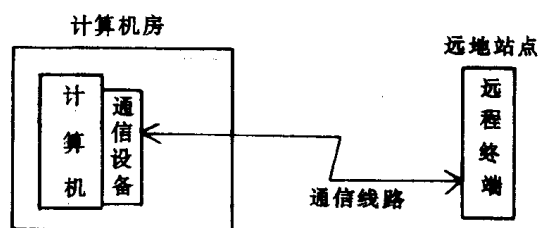


图 1-1 具有通信功能的单机系统

2. 具有通信功能的多机系统

单机系统有两个明显的缺点,首先是主机任务繁重,它既要求承担本身的数据处理工作,又要承担和终端的通信工作,尤其是在通信量很大时,会影响主机的数据处理工作。其次是线路利用率低,特别是当终端距离主机甚远时尤其如此。

克服第一个缺点的办法是在主机前设置一个前置处理器,专门负责与终端的通信工作,使主机摆脱通信负担,集中更多的时间进行数据处理。克服第二个缺点的常用办法是在终端集中的区域设置线路集中器,各终端通过低速通信线路连到集中器上,然后再通过高速通信线路把集中器和主机(前置机)相连。终端信息先通过低速通信线路汇集到集中器上,在集中器中按一定格式组成汇总信息,再由高速通信线路送给主机。

前置机和集中器一般采用内存容量较小、通信功能较强的小型机,这些小型机除了能完成通信任务外,还能进行通信处理、信息压缩、代码变换等其他工作。这种多机系统的结构如图 1-2 所示。

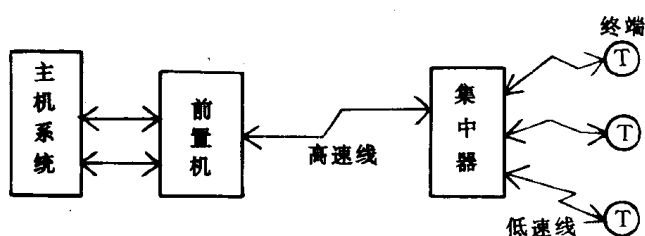


图 1-2 具有通信功能的多机系统

这种利用通信线路把终端、小型机和计算机系统连接在一起的结构,已具备了计算机网络的雏型。

这种主机系统分布在不同的地区,它们间经常需要交换信息,进行各种业务联系,如各子公司的主机系统需将其信息汇总后送给总公司的主机系统,供有关人员使用。这种以传输信息为主要目的,用通信线路把各主机系统连接起来的计算机群,称为计算机通信网络,它是计算机网的低级形式。世界上早期最有代表性的计算机通信网是 ARPA 网,该网在 1969 年下半年建成,最初只有 4 个站点,1975 年该网中计算机系统已达 100 多个,终端数千台。计算机网的许多设计经验都是由此总结提供的。

3. 计算机通信网络

联机系统的发展,为计算机应用开拓了新的领域。随着计算机硬件价格的下降和计算机应用的发展,一个部门或一个大公司拥有多台主机系统,

4. 计算机网络

随着计算机通信网络的发展和应用,又对计算机网络提出了更高的要求。计算机系统的用户希望使用其他计算机系统的资源或希望将几个计算机系统联合起来共同完成某项工作,这就形成了以资源共享为主要目的的计算机网络的需求。为了实现这个目的,除了有可靠有效的计算机通信系统外,还要求制定一套全网一致遵守的规则(协议)、支持软件和网络操作系统。用户使用网中的资源就像使用本地资源一样,亦即从用户的角度看,整个网络就是一个大的计算机系统,使用网中资源时,并不感觉到这些资源在地理上的差别。

从逻辑功能上看,计算机网可由两级子网组成,即资源子网和通信子网。前者负责数据处理,后者负责全网的通信。

为了适应计算机网络的需要,从事通信事业的部门和公司纷纷建立公司数据通信网络,增设各类数据通信服务。使用公用数据通信网时,不需要铺设或租用专用线路,所以投资少,通信费用低,便于中小型企业、事业单位的计算机和终端入网。另外,由于采用标准的通信接口设备,有利于网络的扩展。

1.2 计算机网络协议(Network Protocols)

数据通信是分布式控制与管理系统(DCMS)的最主要支持。通信子网的目的和任务是将数据经通信子网从一处安全传送到另一处。在设计通信系统时,为了简化设计,采用了高度结构化的方法,将系统的功能分为若干层(Layer),每层完成确定的功能集,上层利用下层的服务功能,下层为上层提供服务。挂在通信系统上的两台计算机对应层之间,均按相应的协议(Protocol)通信。所谓协议,就是通信双方事先约定的通信的语义和语法规则的集合。各层功能及其通信协议构成了通信体系,为了使通信体系标准化,国际标准化组织 ISO^①从1978年2月开始研究开系统互连参考模型 RM/OSI^②,1980年12月提出了第一个草案(Dp7498)征求意见,1982年4月形成国际标准草案(ISO/DIS7498)。这个7层模型如图1-3所示,它已为 ISO,CCITT^③,ANSI 和许多厂商所接受,作为发展计算机通信系统标准的参考。

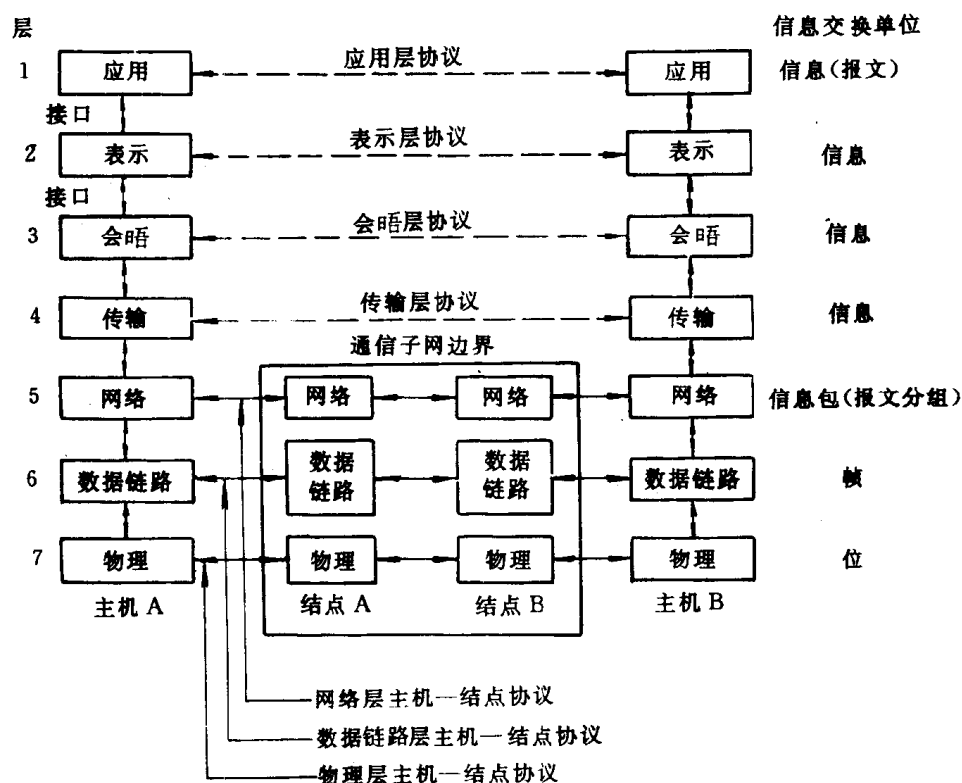


图 1-3 RM/OSI 模型的网络体系结构

本节介绍开系统互连参考模型,以后各章节将按模型的分层展开讨论,讨论的重点是物理层和数据链路层协议,有关局域网问题将在第五、六章中阐述。

1.2.1 RM/OSI 的分层结构

当任何计算机系统中的应用进程(或称用户进程)只能在该计算机系统内部操作时,这种

① ISO——International Standards Organization

② RM/OSI——Reference Model/Open Systems Interconnection

③ CCITT(国际电话申报咨询委员会)是国际电信联盟 UIT 的一个组成部分,属于联合国的一个机构。全称为 International Telegraph and Telephone Consultative Committee.

计算机系统称之为闭系统,如单计算机系统。如果一个计算机系统中的应用进程能与另一个计算机系统的进程通信,则称之为开系统。显然,开系统是由通信子网连接的计算机系统。

参考模型 RM/OSI 的目标是协调多个计算机系统中的应用进程,使其间的信息交换过程标准化。为此 RM/OSI 将开系统分成两部分:本地系统环境和开系统互连环境。开系统互连环境包括 7 层功能及其对应的协议;本地系统环境包括本地系统管理、应用进程以及各层功能协议对应的处理程序,它们都是在本地系统环境下执行的。

RM/OSI 只关心开系统互连环境,它把应用进程间的通信分为 7 层,每层完成一个明确定

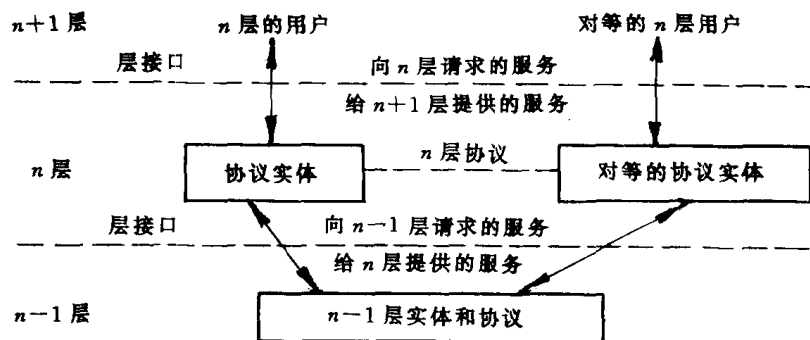


图 1-4 RM/OSI 层与层之间的联系

义的功能集合,并按协议相互通信。层与层之间的联系如图 1-4 所示。每层向上层提供它所需要的服务,在完成本层协议时使用下层提供的服务。各层的功能是独立的,层间的相互作用通过层接口实现,只要保证层接口不变,任何一层实现技术的改变均不影响其余层次。注意,参考模型 RM/OSI 的目标是使各层的功能和协议标准化,而不考虑用何种技术(软件、硬件或固件)。怎样去实现这些功能和协议,这些工作由开系统互连的实现者去完成,以便使其在实现中有更大的灵活性。

RM/OSI 模型分层的原则是:

- (1) 分层不要太多;
- (2) 在服务的描述工作最少的地方、在穿过边界相互作用次数最少的地方建立边界,对每一层只建立它与上、下层的边界;
- (3) 对技术上或处理上明显不同的功能,应建立不同的层来处理;
- (4) 对功能界线明显的功能集单设一层,以便在整体重新设计时,不改变该层与邻层的关系。

为了标识每个层次,应该提供以下内容:

- (1) 概述建立该层的目的;
- (2) 描述该层的功能和要用到的下层服务;
- (3) 描述该层给上层提供的服务。

分层原则对发展开系统互连标准起着指导、决策的作用。

1.2.2 RM/OSI 的各层内容

1. 物理层(Physical Layer)

物理层是 RM/OSI 模型的最低层,其任务是实现互连系统间物理上的位流的透明传输。这一层是实现系统间的物理通信,而其余各层都是虚拟通信。该层关心的是:发送“1”(或“0”)

对方是否正确接收到“1”(或“0”);“1”和“0”的电平,每一位持续多少时间;通信是否可在两个方向上进行;双方如何建立连接和拆除连接;接插件的体积、引线的数目和每条引线的意义。这一层的设计还会遇到有关计算机和通信设备连接的机械、电气和程序接口等问题。

2. 数据链路层(Data Link Layer)

该层的基本功能是在两个数据链路层之间建立和维持一条或多条数据链路,从网络层看,它提供了无差错的信通服务。具体工作是:接收来自上层的数据(报文分组),按一定格式形成帧,从物理通道上发送出去;处理接收方发来的应答,重传出错帧和丢失帧;保证按发送次序把帧正确地传给对方。为了保证正确发送,还应有流量控制功能。使用的标准之一是面向比特的 HDLC(High-Level Data Link Control)协议。

3. 网络层(Network Layer)

该层的基本工作是接收来自传输层的报文(Message)分段,把它们转换成报文分组(Packet)后送到指定的目的机。对存贮转发子网来说,该层的主要问题是确定报文分组传送的路径(称为路由选择),在每个结点中都要存放一张出境线路表,指出该结点通往每个目的结点的所有可能的线路及有关信息,供路由选择算法使用。

网络层用网络地址唯一地标识其逻辑通道,在源机与目的机之间进行数据交换时,应建立网络地址之间的连接。在同一对网络地址之间可以建立多个网络连接。网络层是通信子网的边界,它决定主机与子网接口的主要特征,也就是传输层与网络层接口的特点。

ISO 已建立了物理层、数据链路层和网络层的国际标准,例如公用数据网的协议标准 X.25(X.25 层 1,物理层,使用 X.21;X.25 层 2,数据链路层,使用 HDLC)。

4. 传输层(Transport Layer)

该层又称为主机—主机(Host to Host)协议或端一端(End to End)协议。它的任务是提供一种独立于通信子网的数据传输服务,即对高层隐藏通信子网的结构,使源机和目的机之间的连接就像简单的点对点的连接,尽管实际的连接要复杂得多。传输层的具体工作是为会话层提供服务,接收会话层送来的报文,必要时把它分成若干较短的报文分段,保证每一分段都能正确到达对方,并按它们发送的顺序在目的机中重新装配起来。传输层使用传输地址建立传输连接,在同一对传输地址之间可以建立多个传输连接。为了使两台主机的处理速度匹配,就要有某种流量控制机构;为了优化子网资源的使用,为上层用户提供不同质量要求的服务,可能要把几个传输连接映射到一个网络连接,或者一个传输连接映射到多个网络连接。传输层还没有确认的标准,但有几个候选标准。

5. 会话层(Session Layer)

该层的任务是为两个表示进程建立会话连接,并管理它们在该连接上的对话。开始会话是一项复杂的工作:首先要证实会话双方的身份并检查其会话权限,以及通信方式是否一致;为了实现双方的数据传输,必须把会话连接映射到传输连接上,当前的 RM/OSI 规定这种映射是一一对应的,但对某传输连接而言,在使用它的会话连接结束后,又可用于另一个会话连接。会话层还没有专门的标准。

6. 表示层(Presentation Layer)

该层为应用层提供有关信息表示的服务。该层提供的具体服务有:文本压缩、代码转换、数据加密与解密、文件格式变换、信息格式变换、终端属性转换等。该层尚未标准化。

7. 应用层(Application Layer)

它是 RM/OSI 的最高层,负责开系统中两个应用进程交换信息。

1.2.3 RM/OSI 的数据流程

在介绍 RM/OSI 的数据流程之前,先介绍一个类比的例子。设有两个体制完全相同的单位,各单位分别设有主任、班长、组长、办事员。他们的工作方法很机械,下级只向他的直接上级报告情况,上级只能要他的下级办事。两个单位的主任、班长、组长都不能直接往来,但可通过书信协商工作,且仅接收对方对应职位人员的信件,唯一能直接见面的是双方的办事员。这种甲、乙两单位协商办事的方式如图 1-5 所示。甲主任要和乙主任协商事宜,必须通过信函,并将

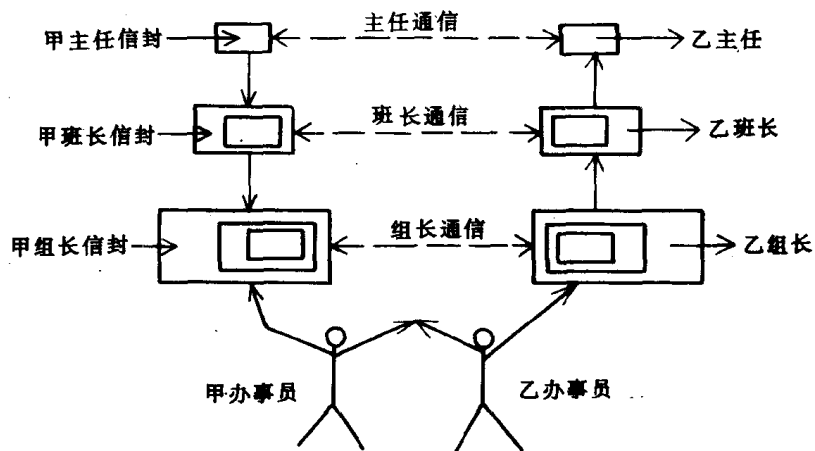


图 1-5 两单位之间的一种通信结构

信封在信封内交给甲班长;甲班长拿出与乙班长通信的专用信封(否则乙班长不收),将甲主任的信装入其中,并将它交给甲组长;甲组长将其装入给乙组长的专用信封中交给甲办事员,让他交给乙方办事员。乙办事员收到信后送给乙组长;乙组长检查信封,是甲组长的信封才接收,并剥去信封查看内容,若是给自己的就自行处理,若是给上级的就递给乙班长;乙班长收到信后也按相同的方法处理,直至把信送给乙方主任为止。

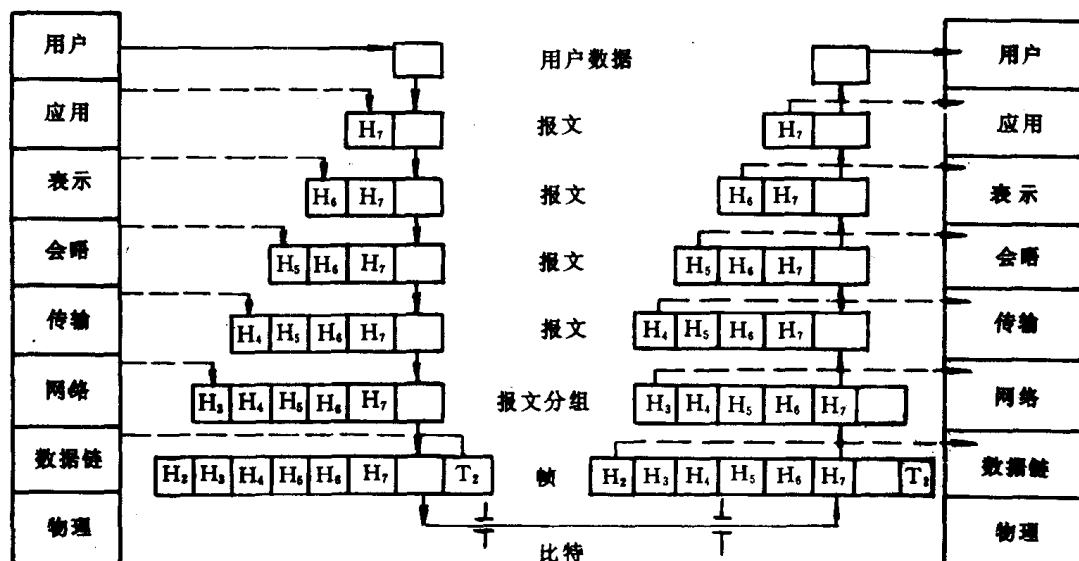


图 1-6 RM/OSI 中用户虚拟通信的实际信息流动

按 RM/OSI 模型设计的网络系统的通信过程与上例类似,其数据流程如图 1-6 所示。用户数据送入应用层后,该层给它附加控制信息 H7 后送表示层。表示层可能要对数据作适当变换(如代码转换、数据压缩)后附加控制信息 H6 再送会话层。会话层加上控制信息 H5 送传输层。传输层可能要把长报文分成若干段,给每段加上控制信息 H4 后送网络层。网络层加上控制信息 H3 形成报文分组送数据链路层。数据链路层给报文分组附加头 H2 和尾 T2 形成帧(Frame),经物理层发送到对方。对方系统则进行上述过程的逆处理,直至将数据送给用户进程为止。如果从一个用户进程到另一个用户进程要经过中间转发结点,则中间结点的信息流动如图 1-7 所示,而两个数据链路层以上的信息流仍和图 1-6 一样。

1.2.4 对 RM/OSI 的评价

RM/OSI 模型提出以来,受到人们广泛的重视,其低 3 层协议和接口已经标准化,成为发展公用数据网的 CCITT 标准 X.25。高层协议和接口还没有标准化,模型本身还在不断演进,尽管如此,其指导意义已明显地显示出来了。

(1) 它总结了过去计算机网和分布系统设计的经验,许多直接来自 ARPANET,使其更加条理化、系统化、标准化,成为计算机互连网络结构设计的指导。许多厂商开始接受这一标准,生产与该标准接口兼容的设备。许多开发者在设计系统时参考这一标准,或向它靠拢。

(2) 它使计算机网络复杂的结构变得层次分明、概念清晰,便于人们学习和研究,从而加速了网络的发展和应用。

(3) 简化了网络的设计、实现和管理。它把整个网络功能的设计变成对各层的设计。由于各层有确定的功能和接口,且相对是独立的,故容易实现和管理。

(4) 系统的正确性容易得到保证。系统的正确性可由每层的功能和协议的正确性以及上下层间接口的正确性保证。各层的正确性可用各种抽象模型(如有限状态机模型)和单独测试加以验证。

RM/OSI 是参考标准,在设计具体系统时,可能将某一层分为若干子层,也可能将某些层合并,或者直接为用户提供传输层或更低层的服务接口。

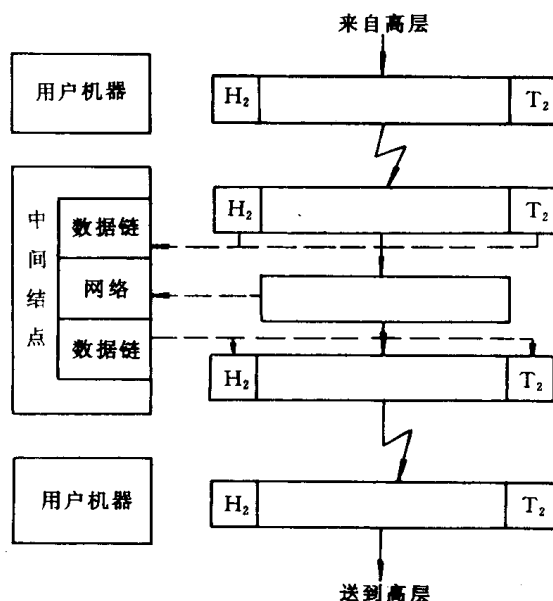


图 1-7 中间结点的信息流动

第二章

信号传输原理

数据通信以信号传输为基础。最简单的理想的信号传输如图 2-1 所示。信号从源机出发,经源机端口(Port)进入信道,再经目的机端口进入目的机。理想信道无损耗、无干扰,接收信号的幅度和波形与发送信号完全一样。但任何实际的信道都有延迟、耗损和干扰,会使传送的信号衰减、变形,致使接收信号与发送信号不一致,甚至使目的机不能正确识别信号所携带的信息,故需采用各种信号传输技术和抗干扰编码技术,以保证数据在物理层上无差错地传送。

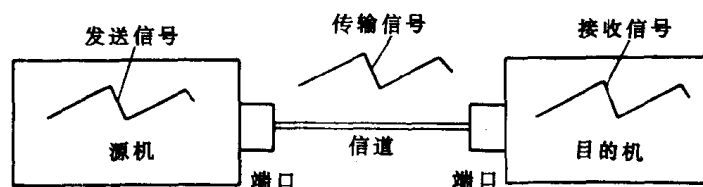


图 2-1 信号传输示意图

2.1 信号传输方式

本节讨论的中心问题是信道上传输的是什么样的信号,亦即信息的载体是脉冲形的还是正弦形的,是数字式的还是模拟式的;采用的是什么样的传输方式。当前实现物理通信的基本信号传输方式是基带传输方式和宽带传输方式。

2.1.1 基带传输

计算机的信息是以二进制形式表示的。所谓基带传输就是指二进制信息借助电(矩形)脉冲表示形式(载体)直接送入信道的传输方式,其基本传输信号随时间变化的函数为

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n g(t - nT) \quad (2-1)$$

其中, a_n 表示第 n 个脉冲的振幅, a_n 的取值决定于 2^L , L 是一个物理状态代表的二进制位数; $g(t)$ 是所有脉冲的共同波形函数; T 为脉冲发生的时间间隔。

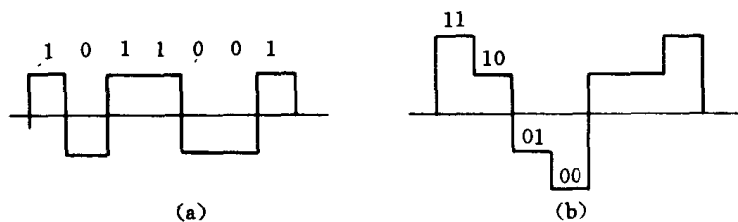


图 2-2 基带信号

(a) 二级矩形 (b) 四级矩形

1. 二级矩形

$L=1, a_n = \pm 1, g(t)$ 为矩形脉冲函数, 它分别表示二进制的“1”和“0”。见图 2-2(a) 所示。这里

用正负两个电平的双极信号,调制解调器和计算机串行通信卡的接口需要这种信号。美国的工业标准 EIA RS-232 对接口设备和基本信号参数作了规定,RS-232-C 广泛用于微、小型机通信接口和低速外设互连接口,如串行打印机和 CRT 等。

2. 多级矩形

a_n 取 2^L 个整数值。当 $L=2$ 时为四级矩形,如图 2-2(b)所示。多级矩形基带传输数据的速率为 L/T 。

3. 二级矩形基带传输的派生形式

派生形式较多,通常有 3 种分类方法:

(1) 根据信息传输的方式分 可分为平衡传输和非平衡传输。

a. 平衡传输。无论“0”或“1”都是传输格式的一部分;

b. 非平衡传输。只有“1”被传输,而“0”则以在指定的时刻没有脉冲信号来表示。

(2) 根据对零电平的关系分

可分为归零制和不归零制。

a. 归零制(RZ)。在每一位二进制信息传输之后均返回零电平;

b. 不归零制(NRZ)。

(3) 根据信号的极性分 可分为单极性(即脉冲信号是单向的)和双极性。

实际的基带传输方式往往是上述几种方式的结合,常用的有如图 2-3 所示的 8 种。

a. 平衡、归零、双极型。在这种方式中,信息是通过两种极性的脉冲传输,而且在脉冲之间保留一定的空闲间隔。主要用于低速传输(如 600bit/s),其优点是比较可靠。

b. 平衡、不归零、单极型。这是最普遍采用的传输形式,主要用于串行传输,适用于传输速率为 600/1200/2400bit/s 的范围,它能够比较有效地利用信道的带宽。

c. 平衡、归零、单极型。是曼彻斯特编码方式。该方式具有对称形式,在每个比特期间内均有跳变,可以简化同步的处理。由于具有较可靠的同步,所以它也是常被采用的一种方式。

d. 非平衡、归零、单极型。这种方式除了“0”脉冲被取消之外,其余与 a 形式相同。

e. 非平衡、归零、双极型。此方式与 d 形式的区别在于:每相邻脉冲的极性总是交替变化的。此方式有助于差错检测,通常用于高速传输。

f. 非平衡、归零、变形双极型。此方式与 e 形式的区别在于:只有在出现相邻的“1”信号时,

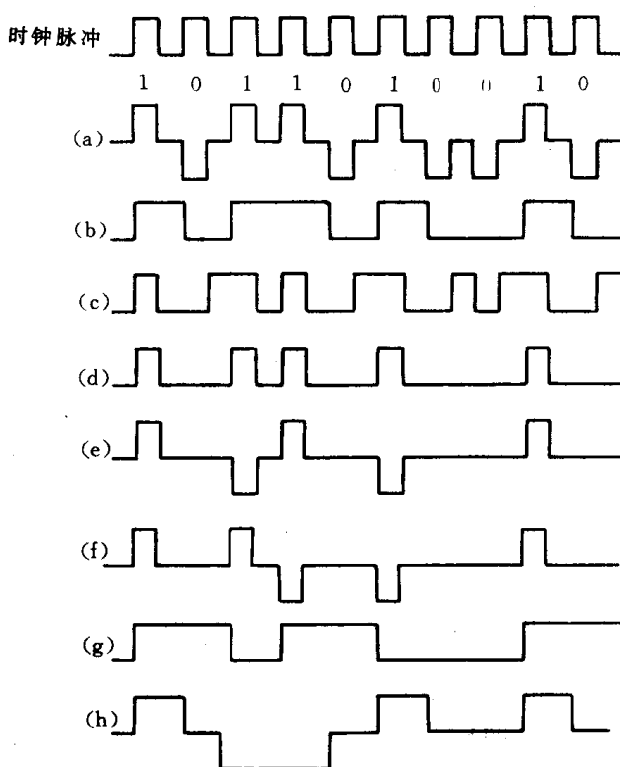


图 2-3 二级矩形基带传输方式

- (a)平衡 双极性 归零 (b)平衡 单极性 不归零
(c)平衡 单极性 归零 (d)非平衡 单极性 归零
(e)非平衡 双极性 归零 (f)非平衡 变形双极性 归零
(g)非平衡 单极性 不归零 (h)非平衡 双极性 不归零

脉冲极性才发生变化。由于进一步减少了脉冲之间的干扰,所以有助于较好地利用信道带宽。

g. 非平衡、不归零、单极型。这种方式是:凡是遇到“1”,脉冲幅值便发生变化,故也称为“跳1法”,又名 NRZ1 编码方法,广泛用于磁带记录中,也可以用于数据传输中。

h. 非平衡、不归零、双极型。这里“0”用零电平表示,而“1”用双极性形式表示。当两个“1”之间的“0”是奇数个时,“1”的脉冲极性发生变化,否则保持相同极性。

2.1.2 宽带传输

二进制数据(信息)的载体为正弦波。基带传输方式不适用于远距离数据传送,要进行远距离数据传输时,就需要进行调制,将基带信号对载波进行调制之后,才能在适当的线路上进行远距离传输。常用的调制方式有:调幅、调频和调相等方式。

1. 常用的调制方式

信息“1”和“0”在基带传输中一般以矩形脉冲表示。矩形脉冲含有较大的低频和高频分量,普通通信电缆传输特性较差,其通频带约为 $30\sim 3400\text{Hz}$ 。因此,远距离传输时就需将矩形脉冲信号加以变换,调制成两种不同的正弦波,分别代表数字“0”和“1”。正弦电压可用下式表示:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (2-2)$$

正弦函数的 3 个可变参数为振幅 U_m 、角频率 ω 及相位 φ ,对应有关“键控调幅”、“键控调频”和“键控调相”3 种类型的调制方式,如图 2-4 所示。

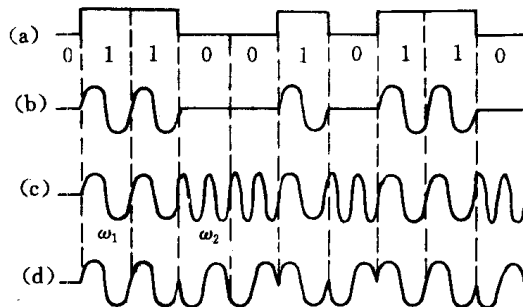


图 2-4 3 种类型调制方式

(a)原始信号 (b)键控调幅后信号

(c)键控调频后信号 (d)键控调相后信号

(1) 键控调幅(ASK) 频率、相位不变,而振幅随信号而变化。

$u(t) = 0$ 代表数字“0”

$u(t) = U_m \sin \omega t$ 代表数字“1”

(2) 键控调频(FSK) 振幅、相位不变,而频率随信号而变化。

$u(t) = U_m \sin \omega_2 t$ 代表数字“0”

$u(t) = U_m \sin \omega_1 t$ 代表数字“1”

(3) 键控调相(PSK) 相位随信号变化,其余两个参数不变。

$u(t) = U_m \sin(\omega t + \pi)$ 代表数字“0”

$u(t) = U_m \sin(\omega t + 0)$ 代表数字“1”

衡量调制方式的优劣大体上可从 3 个角度去考虑:第一是数字波形的差异性,第二是波形的频谱,第三是技术实现的难易程度。一般希望,代表“0”、“1”两种状态的数字波形之间的差异要尽量大些。另外,数字波形与干扰波形的差异也要尽量大。描述两个波形之间差异程度的定