

★胡亮 鞠九滨 编著

计算机网络



吉林大学出版社

计 算 机 网 络

胡 亮 鞠九滨 编著

吉 林 大 学 出 版 社

内容提要

本书介绍计算机网络的基础知识、基本原理和应用,全书共分10章,比较全面系统地介绍了计算机网络的发展、网络分类、网络体系结构 OSI/RM、物理层、数据链路层、网络层、路由选择算法、流量控制算法、网络互连、传输层、进程通信、局域网、以太网、高层协议、网络程序设计、Internet 网络等问题,最后是参考文献。

本书既着重基本原理和基本概念的阐述,又力图反映计算机网络的一些最新发展。本书可作为计算机专业或其它专业的计算机网络课程的本科生和研究生的教材,也可供从事计算机网络工作的工程技术人员以及有关院校师生学习参考。

【吉】新登字 04 号

计算机网络

胡亮 鞠九滨 编著

责任编辑、责任校对:杨鲲 封面设计:张沐沉

吉林大学出版社出版 吉林大学出版社发行
(长春市东中华路 37 号) 长春市永昌福利印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 1997 年 12 月第 1 版
印张: 12.625 1997 年 12 月第 1 次印刷
字数: 317 千字 印数: 1—800 册

ISBN 7-5601-2068-7/TP·72 定价: 14.00 元

前 言

当今社会是一个信息社会,因此信息的收集、传送、存贮和使用,就成为一个非常重要的技术而发展起来。随着计算机技术、通信技术的发展,计算机网络技术和产品也获得迅速的发展,为信息的收集、传送、存贮和使用提供了物质基础。数以万计的计算机网络用户分布在各个应用领域中,促进了网络应用技术的发展。

本教材是一本关于计算机网络课程的教材,全书共分10章。第一章是概述,介绍计算机网络的特点及资源共享、网络分类、网络性能评价等概念。第二章是网络体系结构,介绍OSI/RM的若干概念及其它一些体系结构。第三章是物理层,介绍物理层具有的主要特性及物理层协议。第四章是数据链路层,重点介绍数据链路的概念及HDLC协议。第五章是网络层,主要讨论了路由选择算法、流量控制算法、网络互连问题。第六章是传输层,介绍传输层协议的特点、差错检测和恢复机制和进程通信。第七章是局域网,介绍IEEE802标准、标准以太网以及高速以太网。第八章是高层协议,介绍会话层、表示层和应用层的特点及其提供的服务。第九章是网络程序设计,介绍网络适配器3C503程序设计及Socket程序设计方法。第十章是Internet网络,介绍Internet网络提供的服务、连入Internet网络的方法及Internet网络的安全问题。

本教材的参考学时数为60至70学时,可作为高等院校本科生、研究生教材使用。

由于作者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

作 者

1997年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 计算机网络的特点及应用	(1)
1.2 资源共享	(1)
1.2.1 两个基本原理	(1)
1.2.2 共享点到点信道	(2)
1.2.3 共享用点到点链路构成的网络	(3)
1.2.4 共享广播信道	(5)
1.3 计算机网络的分类	(5)
1.4 计算机网络若干术语	(7)
1.4.1 计算机网络的定义	(7)
1.4.2 对计算机网络的性能评价	(7)
1.4.3 分布式系统	(8)
第二章 网络体系结构	(9)
2.1 网络体系结构概述	(9)
2.1.1 分层次的体系结构	(9)
2.1.2 开放系统互连参考模型	(10)
2.2 OSI 中的若干概念	(11)
2.2.1 分层的原则和目标	(11)
2.2.2 OSI 模型	(12)
2.2.3 开放系统互连环境	(14)
2.2.4 层间通信	(15)
2.2.5 服务原语	(20)
2.2.6 面向连接的和无连接的服务	(21)
2.3 著名体系结构简介	(23)
第三章 物理层	(26)
3.1 物理层概述	(26)
3.2 传输介质	(27)
3.2.1 双绞线	(28)
3.2.2 同轴电缆	(28)
3.2.3 光缆	(29)
3.3 计算机和网络的接口	(30)
3.4 X. 21 接口标准	(31)
3.5 差错控制	(32)

3.5.1	奇偶校验码	(32)
3.5.2	循环冗余码	(33)
第四章	数据链路层	(36)
4.1	数据链路层概述	(36)
4.2	停止等待协议	(36)
4.2.1	停止等待协议的要点	(36)
4.2.2	停止等待协议算法	(38)
4.2.3	停止等待协议的定量分析	(39)
4.3	连续 ARQ 协议	(40)
4.3.1	连续 ARQ 协议要点	(40)
4.3.2	信道利用率和最佳帧长	(42)
4.3.3	滑动窗口	(43)
4.4	面向字符的数据链路层通信协议	(45)
4.4.1	传输控制字符	(46)
4.4.2	报文格式	(47)
4.5	面向比特的数据链路层通信协议	(48)
4.5.1	面向比特的通信协议的产生	(48)
4.5.2	面向比特通信协议的基本概念	(48)
4.5.3	高级数据链路控制协议(HDLC)	(49)
第五章	网络层	(54)
5.1	虚电路和数据报	(54)
5.1.1	虚电路	(54)
5.1.2	数据报	(55)
5.1.3	虚电路和数据报的使用要求	(56)
5.2	通信子网的内部结构	(58)
5.3	路由选择算法	(60)
5.3.1	路由算法的特点	(60)
5.3.2	路由选择策略	(60)
5.4	拥挤控制和流量控制	(63)
5.4.1	拥挤控制	(63)
5.4.2	流量控制	(64)
5.5	X.25 建议书	(67)
5.5.1	X.25 分组级的功能	(67)
5.5.2	X.25 分组级分组格式	(68)
5.6	网络互连	(71)
5.6.1	网络互连概述	(71)
5.6.2	网桥	(72)
5.6.3	路由选择器	(73)
5.6.4	互连网络	(74)
5.6.5	网际网	(75)

第六章 传输层	(77)
6.1 概述	(77)
6.2 传输协议的功能	(78)
6.3 传输协议的类型	(80)
6.3.1 协议类型	(80)
6.3.2 各协议类的功能	(81)
6.4 传输层提供的服务及服务质量	(82)
6.4.1 传输层模型和传输层的必要性	(82)
6.4.2 传输层提供的服务质量	(83)
6.5 ISO/OSI 传输服务原语及传输连接端点状态	(84)
6.5.1 传输服务原语	(84)
6.5.2 传输服务原语使用的时序	(85)
6.5.3 传输连接端点状态变化	(86)
6.6 传输服务用户间的通信	(87)
6.6.1 连接的建立	(87)
6.6.2 数据传送	(89)
6.6.3 释放连接	(92)
6.7 进程通信	(94)
6.7.1 报文传递	(94)
6.7.2 远程过程调用(RPC)	(96)
6.7.3 IPC 原语的实现问题	(98)
6.8 XNS 的网际网传送协议	(98)
6.8.1 网际网数据报协议	(99)
6.8.2 差错报告包	(102)
6.8.3 路由选择	(102)
6.8.4 回响包	(103)
6.8.5 虚电路服务	(103)
6.8.6 包交换协议	(105)
第七章 局域网	(106)
7.1 概述	(106)
7.2 多路访问技术概述	(107)
7.3 局域网通信协议	(109)
7.3.1 LLC 子层/MAC 子层界面	(113)
7.3.2 LLC 协议数据单元 PDU 的结构	(114)
7.4 CSMA/CD 媒体访问控制	(115)
7.4.1 载波监听多路访问(CSMA)	(115)
7.4.2 载波监听多路访问/冲突检测(CSMA/CD)	(116)
7.4.3 退避算法	(118)
7.4.4 CSMA/CD 媒体访问控制协议	(118)
7.5 令牌环(Token Ring)媒体访问控制	(121)

7.5.1	令牌环工作原理	(121)
7.5.2	令牌环帧格式	(122)
7.5.3	令牌环媒体访问控制协议	(123)
7.6	令牌总线(Token Bus)媒体访问控制	(124)
7.6.1	令牌总线工作原理	(124)
7.6.2	令牌总线媒体访问控制协议	(126)
7.7	以太网	(128)
7.7.1	结构	(129)
7.7.2	工作原理	(130)
7.7.3	物理层	(131)
7.7.4	数据链路层	(133)
7.7.5	10Mbps 以太网的种类	(134)
7.7.6	快速以太网:100BASE-T	(136)
第八章	高层协议	(139)
8.1	会话层	(139)
8.1.1	会话层主要特点	(139)
8.1.2	OSI 会话服务	(142)
8.2	表示层	(143)
8.2.1	表示层的主要特点	(143)
8.2.2	语法转换中的主要含义	(144)
8.3	数据加密	(144)
8.3.1	加密模型	(145)
8.3.2	网络各层的加密	(146)
8.3.3	密钥的分配	(146)
8.3.4	公开密钥	(147)
8.4	应用层	(148)
8.4.1	应用层的主要功能和特点	(148)
8.5	共享 CPU 和内存资源(负载共享)	(149)
8.5.1	集中式调度	(150)
8.5.2	分散式调度	(150)
8.5.3	混合式调度	(151)
第九章	网络程序设计	(152)
9.1	3C503 网络适配器程序设计	(152)
9.1.1	3C503 网络适配器结构	(152)
9.1.2	包接收	(156)
9.1.3	包发送	(159)
9.2	网络程序设计——Socket	(160)
9.2.1	文件 I/O 和网络 I/O	(160)
9.2.2	管套调用类型	(160)
9.2.3	管套地址	(161)

9.2.4 Socket 进程通信	(164)
9.3 顾客/服务员程序设计	(166)
9.3.1 服务员结构	(166)
9.3.2 TCP 服务员举例	(168)
第十章 Internet 网络	(171)
10.1 Internet 结构	(171)
10.1.1 域名结构	(171)
10.1.2 IP 地址	(172)
10.1.3 DNS 概述	(173)
10.2 远程登录	(175)
10.2.1 TELNET 的使用方法	(175)
10.2.2 TELNET 的工作原理	(175)
10.3 文件传送	(176)
10.3.1 ftp 的使用方法	(176)
10.3.2 大文件和文件组的传输	(177)
10.3.3 一些实际经验	(178)
10.4 电子邮件	(178)
10.4.1 工作原理	(178)
10.4.2 邮件退回的几种原因	(180)
10.5 连入 Internet 的方法	(180)
10.5.1 Internet 提供的服务级	(180)
10.5.2 服务提供者	(181)
10.5.3 连入 Internet 的具体步骤	(182)
10.6 Internet 安全问题	(183)
10.6.1 口令	(183)
10.6.2 访问权限控制	(184)
10.6.3 防火墙	(185)
10.6.4 数据加密	(187)
10.6.5 数字签名	(188)
10.6.6 数据完整性	(189)
10.6.7 监控系统	(190)
参考文献	(191)

第一章 绪 论

本章主要介绍计算机网络的特点及其应用,计算机网络拓扑结构,资源共享,网络协议以及网络主要性能参数等概念和技术。

1.1 计算机网络的特点及应用

关于计算机网络的定义,目前有若干种不同的说法。一般来讲,计算机网络可定义为:由多个独立自主的计算机通过通信线路和通信设备互连起来的系统,以实现彼此交换信息和共享资源的目的。

随着计算机网络的日益普及,它已经应用在各个领域中,我们在日常生活中常见的采用计算机的服务项目,如银行的取款机,销售点的终端,支票和发票的核实等都依赖于计算机网络,尤其在我国,已制定了“金桥”、“金关”和“金卡”三大工程,它们都是以计算机网络为基础。

下面介绍一下网络的主要优点:

(1)增强性能:增加处理部件的数目提高并行程度可以得到要求的性能;

(2)可扩充性:随着用户需求的增长,包括功能方面的要求和性能方面的要求增加新节点数,不必替换整个系统;

(3)可靠性:由于控制、数据、软件和硬件的分散性(不存在集中环节),资源冗余以及结构上可动态重组提高了可靠性;

(4)资源共享:系统中的软件,硬件资源如外部设备,文件系统和数据等可为多个用户所共享;

(5)经济性:由于可扩充性,可以避免较大的初始投资,以及用多个微小型机代替一个大型主机可以获得很好的性能价格比;

(6)适应性:与很多应用场合(如银行、铁路、商业等本来就分散而又必须互相协调的部门)很适应。

计算机网络的最根本目的是资源共享。通过计算机网络,一个机器上的用户可以方便地使用位于其它机器上的数据和外围设备,这样可以减少工作量和节约经费。

1.2 资源共享

资源共享是计算机网络的目的。

1.2.1 两个基本原理

在计算机网络中,有许多昂贵的资源,例如:通信线路,大型数据库,大型机等,并非某一用户独立拥有,因此,必须实现共享。关于资源共享有两个基本原理。

(1)大数定律:设有很大数量的用户,它们使用资源的要求都是突发的,随机产生的。如果将全体用户看成为一个整体时,则这个整体对资源的使用要求变得“平滑”,也可以预测和比较稳定的,大数定律对确定需要多少资源是很有用的。

(2)规模经济性原理:当资源与用户数目同时按比例增加,在一定范围内,规模越大就越经济。

对分组交换网,线路容量加倍,同时使用户数加倍,根据排队论可算出,网络平均延迟时间减半。

从这两个原理可知:共享资源越多,系统的某些性能就越好,只有当分组交换网的用户数目足够多并且通信子网是由大容量的高速链路所组成的,分组交换的优点才能显示出来。

1.2.2 共享点到点信道

当若干用户要共享两个节点的信道时,如图 1-1,一般有以下三种方法:

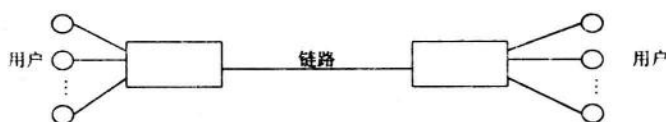


图 1-1 共享点到点信道

1. 固定分配信道

这是一种最简单的资源分配方法。方法是把通信信道再划分为若干个子信道(不一定都相等),然后将各个子信道固定地分配给每对用户。这种分配方式可以为用户提供最好的服务,因为每个用户都独占自己的那份资源,他们什么时候想通信就可立即进行。这种分配方式的信道利用率太低。

把信道划分为子信道的方法有许多。如果各子信道是一条单独的物理链路,那就是空分复用 SDM(Space Division Multiplexing),更常用的是频分复用 FDM 或时分复用 TDM。

(1)频分复用:将信道的可用带宽按频率划分为若干子信道,如图 1-2。

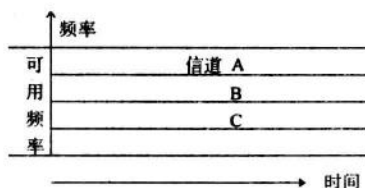


图 1-2 FDM

(2)时分复用:是将时间分割成许多短短的时隙;而将若干时隙组成帧。用每一帧中的某一固定序号的时隙组成一个子信道。每个子信道所占用的带宽都是相同的。每一帧所占时间也是相同的。如图 1-3 所示。

2. 按需分配信道

这种方法是先将信道划分为若干子信道。当用户需要进行通信时,必须以某种方式提出申请。只要这时有空闲的子信道,发出申请的用户就可得到一条子信道的使用权。待通信结束,用户即释放这个子信道以供其他用户使用。可见,按需分配信道就是按申请分配信道。若要求使用信道的用户数目超过子信道的数目时,那么就会有一部分用户不能获得子信道即申请失败。

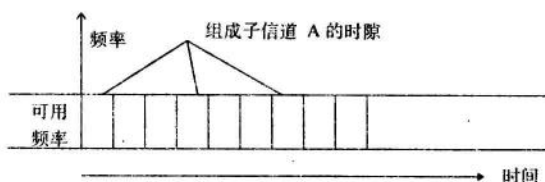


图 1-3 TDM

上述分配子信道的方法叫预分配信道。表示在用户通信开始之前就根据用户提出的申请把子信道预先分配给用户。用按需分配信道的方法可大大提高信道的利用率。这是因为大量用户在同一时刻要求通信的概率并不大,因而子信道的数目可以远远小于信道各端的用户数目。

为实现按需分配信道所付出的代价:

- (1) 节点必须增加一定的处理能力,对子信道的管理。
- (2) 一部分用户对信道的申请可能被阻塞。该用户若想通信,需再次申请,这就产生延迟。

3. 按排队方式分配信道

这种方法也称为统计复用,或异步时分复用 ATDM,如图 1-4 所示。

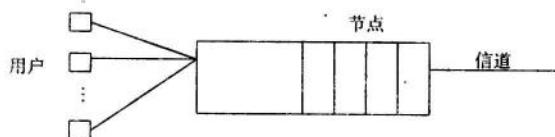


图 1-4 节点相当于一个单服务员队列

采用这种方法,信道不再划分为子信道。用户想进行通信时,不必先申请信道,而是将欲发送的数据划分为具有一定长度的数据单元,发送到节点排队。每个节点相当于一个单服务员的队列。通常按到达节点的顺序发送。

根据大数定律,对数量足够大的突发性用户,可在信道上得到相当的平稳数据流,可大大提高信道利用率。

根据“规模经济性”原理,从响应速度看,如果信道容量够大,效果也会很好。

按排队方式分配信道所付出的代价是:

- (1) 每个数据单元要包括一些用来标识收发两端用户地址的信息。
- (2) 节点必须有一定的存储容量。
- (3) 节点必须有管理队列的能力。

1.2.3 共享用点到点链路构成的网络

当网络由许多点到点的链路构成时,共享网络实质是要设计出一种合理的交换方式。从共享网络资源的观点来看,线路交换和分组交换分别相当于基于信道的共享和基于排队的共享。

① 基于信道的共享:如图 1-5 所示。

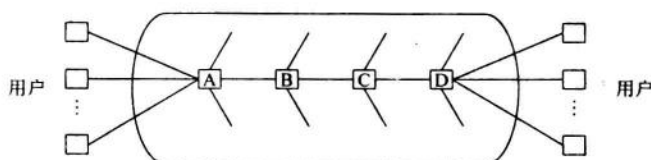


图 1-5 通信双方建立了物理信道

要点:不论采用固定分配或按需分配信道的方法,通信双方必须在通信前建立一条物理信道(子信道)。图中没有画出无关的一些节点。可以看出,用户经 A、B、C、D 建立了一条端到端的物理信道通路。只有这条物理通路是连通时才能进行通信。

②基于排队的共享;如图 1-6 所示。

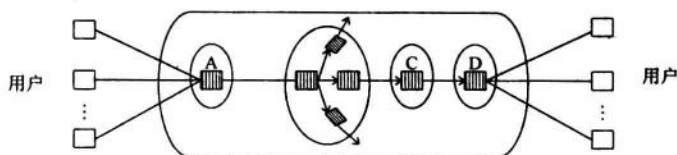


图 1-6 通信双方没有一条物理通路

特点:端到端没有连通的物理通路,而数据单元传到每个节点时,先存贮再转发。

图中所示的基于排队的存储转发网络又可分为报文交换网络和分组交换网络。这两种网络的主要区别是传送的数据单元不同。

报文交换(message switching)的数据单元是一个报文,长短不一致。而分组交换则对数据单元的长度有严格的规定。长的报文要分割成较短的分组后才发送出去,而每个报文必须加上相应的标识。

图 1-7 说明了线路交换、报文交换和分组交换的主要区别。图中的 A、B、C、D 与节点相对应。

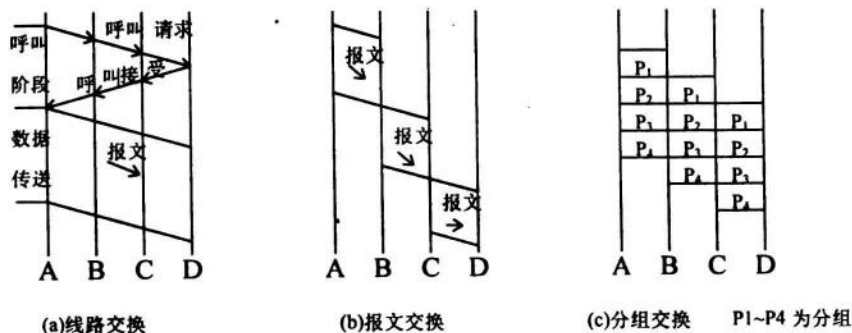


图 1-7 各种交换方式的差别

从图中不难看出,若所传数据量大,但传送时间远大于呼叫建立时间,则采用预分配传送带宽的线路交换较为合适。

报文交换和分组交换,不需要预先分配传输带宽,因此提高了信道利用率。分组交换比报文交换有更小的迟延,但节点交换机必须具有更强的处理能力。对于计算机的突发式的数据传送,分组交换更为合适些。

1.2.4 共享广播信道

广播信道可将许多分散用户都互连起来。任何用户都可向此信道发送数据,而信道上所传送的数据也可被任何用户接收。

实现广播信道的方法有多种。它所用的传输介质可以是:双扭线,同轴电缆,光纤,也可利用自由空间(无线电广播、卫星广播)。共享广播信道的技术叫多路访问或多址技术。

共享广播信道亦可采用基于信道和基于排队两种不同方法。基于信道时,当采用频分复用 FDM 或时分复用 TDM 时,即分别称为频分多路访问 FDMA(频分多址)或时分多路访问 TDMA(时分多址)。无论哪种技术,都可以有固定分配和按需分配两种不同的方式。

当采用基于排队的分组交换时,可以采用两种方法分配带宽。

(1)允许各站自由发送数据,当发生冲突时,通过一定算法解决冲突。

(2)设法形成一个分布式的逻辑队列,以此来协调分散在各地的用户发送数据。

1.3 计算机网络的分类

计算机网络是一些互相连接的,自治的计算机集合。可以从不同的角度对计算机网络分类:

1. 从交换的功能分类:可分为 a. 线路交换, b. 报文交换, c. 分组交换, d. 混合交换。混合交换是在一个数据网中同时采用线路交换和分组交换,网络采用动态时分复用技术,将一部分带宽分配给线路交换用而将另一部分带宽给分组交换用。这两种交换所占带宽比例是动态可调的以便得到最好的利用。

2. 按作用范围分类:根据计算机间的物理距离的长短,将计算机网络划分成以下两种:

(1) LAN(局域网 Local Area Network)。

(2) WAN(广域网 Wide Area Network)。

一般而言局域网 LAN 有三个基本特征:

(1)直径不大于几公里;

(2)总数据率至少有几个 Mbit/s;

(3)完全归一个机构所有。

相比之下, WAN 常常横跨几个国家,数据率低于 1Mbit/s,并且为多个机构所拥有。在 LAN 和 WAN 之间的是 MAN(城域网 Metropolitan Area network)。MAN 是使用 LAN 技术但覆盖整个城市的网络,我们讨论的大部分 LAN 协议也适用于 MAN,因而以后不再明显提到 MAN。

局域网和广域网有几个方面不同。关键性的差别是 WAN 设计者为了使用已经有的公共电话网差不多都要靠法律的,经济的或政治的力量,而不是技术的适应性。相比之下, LAN 设计者主要依靠技术建立网络的。

另一项差别是 LAN 电缆具有高可靠性,出错率通常比 WAN 低 100 倍。这项不同影响着协议。使用 WAN 时,它的低可靠性意味着在每层都要进行差错处理。使用 LAN 差错处理不在低层进行,直接由高层完成,因而效率高,而且也使得低层协议比较简单,更加有效。

3. 从拓扑结构分类:所谓网络的拓扑结构是指网络中各节点间的互连模式,亦即网络链路与节点的几何布置,它定义各节点彼此间的物理与逻辑位置。这里网络节点是指网络的工作站,通信接口处理机等。

网络的拓扑结构主要有以下几种:

(1)星形网:如图 1-8,它由功能较强的“主节点 C”与其周围若干“从节点 S”组成。主节点与从节点之间可以直接进行通信。但从节点之间无直接通信信道,信息必须经主节点传送。这种结构常用于分级集中或控制网络,适合于主-从节点间直接通信的场合,如分时系统的中央节点与外围节点,终端远程批处理站等组成的系统。

星形网由于采用集中式节点,所有通信处理与控制能力都集中在主节点上,主节点必须建立和维护许多并行的数据路径,其功能必须较强,结构也较复杂。另一方面,从节点通信处理的负担则很少,故各从节点结构简单。但集中式控制易造成主节点负担过重,如果主节点出故障将导致整个网络无法工作。

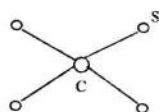


图 1-8 星形网

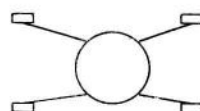


图 1-9 环形网

(2)环形网:如图 1-9,各节点串接在环中信息单向地(顺或逆时针)沿着环一站一站地传送。信息包由发送节点“放”在环上,由中间节点转发并由目的节点接收。这种传送方式,信息有较长时间的延迟,并随环上节点数目增加而增加,环网一般采用分布式控制,由于环网各节点的串接形式,环上任意节点出现故障,都可能导致整个环的通信中断。同时新站加入时必须暂时断开环路,因此不易于扩展。但环结构比之总线网更易于引入光纤新技术。对环网的可靠性问题,已提出了一些解决办法。IBM 公司近年来设计的令牌环,在环形结构中加入环布线控制器(RWC)可以在环出现故障时自动找出环故障的所在部分,并可自动予以旁路,对此得到较好的解决。

(3)总线形网:是目前局域网中用得最多的一种结构。在总线形网中,各节点由一无源传输介质如电缆线,双绞线等互连在一起,各站间可直接通信。信息由源发站发出,沿总线两个方向传播。当信息沿总线经过时,每个节点都可测试该信息,以确定本节点是否是该信息的目的地。因此,总线网既不存在路由选择也没有转发问题。

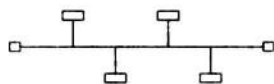


图 1-10 总线形网

另外,还有树形网如图 1-11,交叉环如图 1-12 和非规则形网如图 1-13。

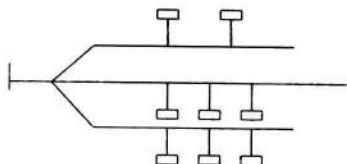


图 1-11 树形网



图 1-12 交叉环

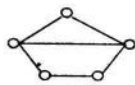


图 1-13 非规则形网

1.4 计算机网络若干术语

1.4.1 计算机网络的定义

有些文献认为,计算机网络应有一个全网的网络操作系统(简称 NOS)。用户只需向网络操作系统提出使用资源的要求,网络操作系统就自动地分配给该用户所需要的资源。计算机通信网则没有 NOS,用户必须明确地选择计算机系统,才能获得网络中的这部分资源。按此观点,ARPANET 只能是计算机通信网,而能称得上是计算机网络的则很少。

有些文献给出这样的关于计算机网络的定义。指出计算机网络由三部分构成:

- ①若干主机,它们向用户提供服务;
- ②一个通信子网,它由一些专用的通信处理机(节点)以及连接这些节点的通信链路组成。
- ③一系列的协议。

1.4.2 对计算机网络的性能评价

对网络性能常常使用一些参数来进行评价,分析。主要性能参数有信道吞吐量,平均包延迟时间,信道利用率等参数,下面就这些参数作一简略介绍。

1. 信道吞吐量:信道上单位时间成功发送的信息量,用 bit/s(位/秒)表示。
2. 信道利用率:除去全部控制信息后的数据率与信道吞吐量之比。在发送的信息中,控制部分开销越大,信道利用率越低。
3. 延迟时间:信息包从源站产生时刻起直到它最后被成功地发送到达目的站所经历的时间,这段时间包括:
 - (1)排队延迟:从信息产生,在发送队列中排队等待,直到它位于发送队列的最前头所经历的时间。
 - (2)访问延迟:信息到达发送队列的最前头时,一般还不能马上发送(访问信道),而必须等到信道空闲或得到允许后方可发送。这段等待时间即为访问延迟,其大小与所用信道访问协议

有关。

(3)发送时间:发送整个信息包所用的时间。在信息包长一定情况下,这时间与所用的数据率大小和接口操作速度大小有关。

(4)传播延迟:脉冲信号在网络或信道上从源站到目的站的传播时间。

1.4.3 分布式系统

分布式系统又叫分布计算系统或分布式处理系统。分布式系统是由多个相互连接的处理资源组成的计算系统,它们在整个系统的控制下可合作执行一个共同的任务,最少依赖于集中的程序、数据或硬件。这些资源可以是物理上相邻的,也可以是在地理上分散的。

计算机网络和分布式系统有着紧密的关系,但二者并不相同,对于松散耦合的分布式系统是以计算机网络为基础的,因此,它是一个计算机网络,但对于紧密耦合分布式系统就不是计算机网络,例如:分布式计算机。

分布式系统的主要特点是模块性,并行性和自治性。