清松电脑系列丛书

PC网络原理与实际应用

- PC机与Internet互联
- PC机与UNIX互联
- 原理易懂，范例实用
- 原理与应用结合，硬件与软件结合

马得翔 编著

高茂生 改编

清华大学出版社

PC 网络原理与实际应用

马得翔　编著
高茂生　改编

清华大学出版社

(京)新登字 158 号
北京市版权局著作权合同登记号：01-96-1425 号

PC 网络原理与实际应用

马得翔　编著　高茂生　改编

本书中文繁体字版(原书名为PC 网路原理实作与整合应用)由台湾和硕科技文化有限公司出版，1996。本书中文简体字版经台湾和硕科技文化有限公司授权由清华大学出版社出版，1997。任何单位或个人未经出版者书面允许不得用任何手段复制或抄袭本书内容。

本书将网络原理与实际应用相结合，内容涵盖网络软件和硬件，给读者提供了一本通俗易懂的网络教材。书中从局域、广域网络与 Internet 网的基本结构入手，深入剖析了计算机网络的硬件组成、网络驱动程序、网络操作系统原理以及网络通信协议。本书还分别介绍了 DOS 与 Windows 这两种不同环境下的网络程序设计。

本书内容新颖、叙述全面，对于 PC 网络系统的使用、管理与开发人员确为一本难得的网络实用书籍。同时也可作为 PC 网络培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

PC 网络原理与实际应用/马得翔编著；高茂生改编. —北京：清华大学出版社，1997.4
ISBN 7-302-02613-0

Ⅰ.P…　Ⅱ.①马…②高…　Ⅲ.个人计算机-计算机网络-基本知识　Ⅳ.TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 15651 号

出 版 者：清华大学出版社(北京　清华大学校内，邮政编码：100084)
责任编辑：张孟青
印 刷 者：清华大学印刷厂
发 行 者：新华书店总店北京科技发行所
开　　本：787×1092 1/16　印张：14　字数：335 千字
版　　次：1997 年 10 月第 1 版　1997 年 10 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 7-302-02613-0/TP・1340
印　　数：0001—6000
定　　价：25.00 元

前　言

随着 Internet 的盛行到各国政府大力提倡信息高速公路，电脑已和通信紧密地结合在一起。在可以预见的未来中，各式各样的网络服务将会如潮水般涌现，不管是在 LAN 上简单的数据库查询或金融系统利用 WAN 上的 X.25 相互交换数据，甚至利用 Internet 做远距离电脑教学等，这些将是我们生活中不可缺少的一部分，进而深深地影响着我们的未来。

当然硬件的快速发展也是促成计算机与通信结合的重要原因。从最古老的摩司密码、300bps 的 modem，发展到 10M 的 Ethernet、2B＋1D 的 ISDN、FDDI，到现在的高速 modem、100M 的 Fast Ethernet 或 100-VG AnyLAN 以及未来的 ATM(异步传输模式，一种可以解决所有网络频宽的硬件技术)，硬件不再是遥不可及，只要少许的金钱投资，LAN、WAN 以及 Internet 的 Service 都是垂手可得的。

光有硬件是不够的，还得有适当的软件才能使通信成为现实，也就是说在不同的硬件限制之下，我们必须利用最合适的操作系统、网络接口，汇编语言和应用软件来搭配和管理才行。比方说，DOS、Windows、Linux 和 UNIX 分别适用于中小企业、学校、电脑爱好者和开放式系统等环境；而在网络接口上，我们可以直接控制 Packet Driver，不用再加上其它的驱动程序就可以完成通信的目的，不过软件设计的功力要很强才行；上 Internet，我们可能走 Windows 的 Winsock 或 UNIX 的 Socket 或 RPC(远程调用，Remote Procedure Call)，它们都十分适合 TCP/IP 上的 Internetworking；如果觉得 Packet Driver 太低级，又不想上 Internet，NetBios 是不错的选择；如果没有 Ethernet，利用 Modem 通过电话线加 Procomm/Telix、SLIP 或 PPP 来作通信也可以；如果不想利用 Ethermet 和 Modem，从 RS232 拉一条线加上 NULL Modem 连至 Linux 的 RS232 端，自己的 PC 也可模拟为 VT100 系列的 Terminal，然后使用 Terminal Server 就可以连至远方，连 Modem 或 Ethernet 卡都省了；选择好了网络驱动软件后，就剩下上层应用程序的考虑了，比方说文件传输要通过 ZMODEM、FTP 等，哪一种通信协议比较适合我们的环境呢？哪一种对客户比较容易用呢？哪一种比较好维护呢？

有人说："最聪明的人是最善于利用工具的"。而这也就是这本书写作的目的，从各种不同的角度来探讨网络的理论和应用，找出最好的搭配，并且配合实际的例子和工具来了解从网络的最下层到最上层是如何沟通的，如何工作的，以便了解网络的博大精深。

一般的网络书籍大多是比较偏重理论，缺乏实际的例子；而应用的书籍又无法深入，最深只谈一些设定，让想学习网络知识的人搞得一头雾水。本书尝试用不同的方法来让读者跨越网络的艰难门槛，并且结合横向的信息来多方面探讨网络的理论与应用，以期读者能够真正了解网络。

本书是一种新的尝试，笔者试图把网络软硬件的理论与实践结合起来，提供给读者一种新的视野，不过由于范围过大，在写作的过程中着实遭遇到许多困难，但很幸运的是还能一一克服。本书得到同行和网络界朋友的支持，在此深表感谢。

作　者

目　录

第 1 章　网络硬件探索

硬件是网络的骨架，软件是网络的精神，两者是相辅相成，缺一不可的。比方说我们可以利用两块以太(Ethernet)网卡、一条 RG-58(10-base2)的同轴电缆、两个 T 接头以及两个 50Ω 的终端电阻(Terminator)就可以架好一个局域网络(LAN)。其中一台当做服务器(Server，如 Novell NetWare，Windows NT，Linux 等)，另外一台就可通过网卡以及同轴电缆来存取服务器所拥有的资源，这样一个以太网络就连好了，如图 1-1。

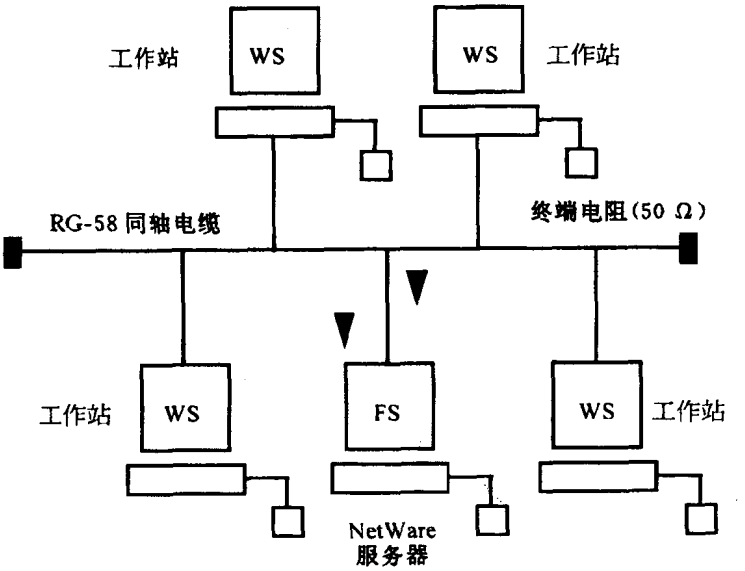

图 1-1　工作站通过网络向 NetWare 服务器获取数据

硬件是比较低级的，因为它负责信号的传输以及和驱动程序的沟通，处理的是电、信号和硬件寄存器的设定，除了硬件上发光二极管的一闪一灭表示信号传输外，一般时候都很难察觉到它的存在。这就如同打电话，我们只要拨号，剩下来的是交换机之间的事情。不过对于想探讨网络原理、规划以及管理的人，网络硬件是非常重要的基础知识。

当然已经有很多的公司能够帮你进行网络施工、架线、配管或机房工程。这些都是很好的咨询对象，如果你不想自己架设网络，是可以找这些专业的公司。但是经费如果不够或是对连网络有兴趣，那就不妨买些材料，自己亲手连连看，毕竟实际上的经验和日后的故障排除也是非常重要的。

本章以局域网络探索为开头来探讨一个新的局域网络硬件结构是如何形成的，接着广域网络的硬件、网际网络(Internet)，最后将这些硬件组合起来，我们尝试着探讨自己作为网

际服务提供者(ISP)的可能性。

1.1 局域网络

局域网络

我们把分散在相距不远的电脑和设备,利用网卡、电缆线和网络操作系统所构成的资源共享的网络叫局域网络。用以太网卡来连接是目前最流行的方式,因为以太网络拥有便宜、施工简单、扩充容易等特性。其它的局域网络与它相比,ARCNET 太旧,Token Ring 安装困难,而高档的 FDDI 或 ATM 则太贵。因此,以太网络在极短的时间内就红了起来,而最常见的局域网络操作系统当然非 Novell 的 NetWare 莫属,它占有全世界 60%的市场。

以太网络

Ethernet 中的 ether(以太)原义指光、电、磁等的假想媒体,它是 70 年代由 Xerox PARC 所发明的局域性分封交换的网络技术。其传输的介质是直径为 1/2 英寸的同轴电缆,每段末端加上一个 50Ω 的匹配电阻来使网络元件的电波能量完全转移至电缆上以及防止电波反射用。电波信号的编码(coding)方式为曼彻斯特编码(manchester encoding),如图 1-2,它的高低信号为 0/−2.05V(10Base-2 与 10Base-5)或者是正负 3.1V(10Base-T)。

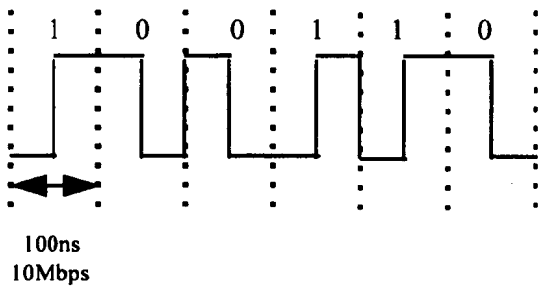

图 1-2 曼彻斯特编码(manchester encoding)

以太网卡

一片以太网卡包括了两个基本部分,即收发器(Transceiver)与主机接口(Host Interface),请参阅图 1-3。收发器是用来感应和控制 ether 的;当然,ether 在不同的线材通过时其特性会不同,所以需要不同的收发器来和不同的线材搭配(请注意一般网卡如 UTP 或 10 base-T 等线材的收发器都是内建于网卡中的)。那么收发器是如何传收数据的呢?它是利用载波感应多重存取/冲突检测(CSMA/CD,Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)的方式来存取 ether 的。怎么说呢?因为在存取 ether 时大家都是平等的,只要发现网络上没有载波它就开始发送信号至 ether,这样最大的好处就是速度快,不必像 Token

Ring 一样必须拥有令牌(token)才能使用 ether。不过还有问题,问题是当有两个或两个以上的收发器同时存取 ether,就会发生冲突(Collision),因为收发器在送信号给 ether 时,信号会被反射回来,这时他会去监看它本身的收端,若能量和传出的减去衰减值不同,表示信号遭到破坏,这时候必须根据二进制指数后退策略(binary exponential backoff policy)来重传信号。如果重传了 16 次还是有冲突,则主机接口会放弃传送,并把错误代码传送给驱动程序,再由驱动程序通知应用程序,应用程序再决定是否重传。

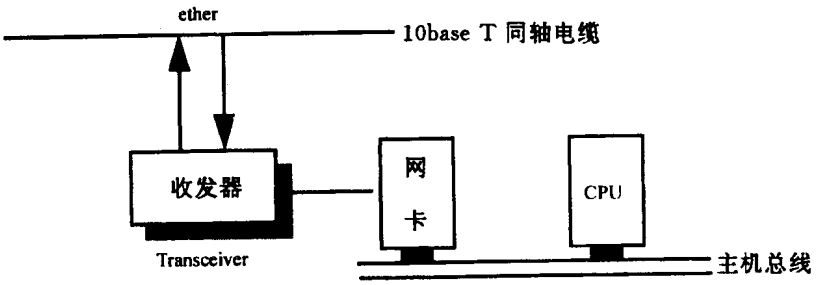

图 1-3　以太网卡

至于主机接口则比较复杂,它必须把主机传过来的数据传送给收发器,同时也必须把从收发器得到的数据送给主机。一般来说,主机和主机接口是利用硬件的中断来调用 DMA,以便进行数据的快速收发。

冲突检测信号

一台收发器大约会产生 40mA 的电流,因此在发送数据时同轴电缆的中心导线与外壳约有 2V 的电位差(50Ω×40mA=2V),假如同一时间有别的收发器在传送信号,两台共产生 80mA 的电流,这时电位差检查电路会发现电位差是 4V(50Ω×80mA=4V),由此就知道信号发生了碰撞。

了解了以太网络的基本原理后,让我们来规划一个新的局域网络! 通常会依照以下方式:

(1) 拓扑结构

(2) 网络元件

(3) 远程连接

(4) 布线系统

通过分析和实践,就可以架起一个很好的局域网络,现在就让我们逐步地说明这些问题。

1.1.1　拓扑结构(Topology)

网络拓扑结构,如图 1-4,通常有星形(STAR)、总线形(BUS)与环形(Ring)三种。

星形网络

星形的拓扑结构,是以集线器(HUB)为中心向外扩展的,每一个端口号所构成的网段

只能接一部分网络设备。它的优点为：

(1)若网络的某一网段有问题时，不会影响到其它的网段。

(2)可以通过集线器来分析、管理每个网段，减低网络管理的负担。

而它的缺点是集线器的价钱随着端口号的增加而升高，如果端口号很多的话，这将是一笔不小的投资。

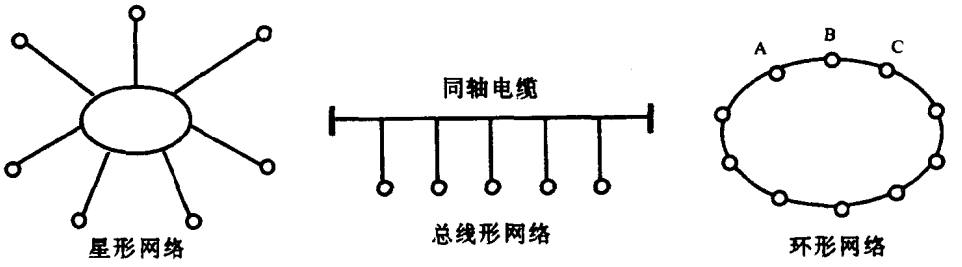

图 1-4　网络拓扑

总线形网络

总线形的拓扑结构，是把所有的网络设备都接到一条同轴电缆上，不需经由集线器，彼此之间直接会话。它的优点为不需集线器的投资，若要增加网络设备，直接把它加入同轴电缆即可，非常简单。而它的缺点是，若网络某部分电缆出故障时(如某个 T 型接头松了)，整条电缆上的网络设备都会因此而全部停止工作。此外，在故障的同时，很难马上找出哪部分有问题，管理者必须从头到尾查一次线，才能把问题找到。

所以笔者认为，如果网络设备很多或预算够的话，最好是用集线器来管理，那将是比较轻松愉快的。

环形网络

在环形网络中，站与站以环形的方式紧紧相连，每站所传送的信息是通过下一站来转送的，如图 1-4，A 欲传送给 C，A 必须先传给 B，B 发现不是给它的，就再往下传，接着 C 收到发现是给它的数据，就把它收下并且不再往下传了。

环形网络的优点是信号的碰撞不会发生，但它的缺点是若网络上两节点同时发生故障，会把网络给切割开来。

1.1.2　网络元件

为了要把各式各样的网络设备有效地连接起来，我们需要一些网络元件来辅助我们管理网络。一般而言，这些元件包括下列内容。

中继器(Repeater)

中继器工作于网络物理层，它是用来防止网络在传送基频(Baseband)或宽频

(Broadband)信号时,因为传送距离过长而造成的信号干扰与衰减。换句话说,中继器是作为信号放大与整波之用。

集线器(HUB)

集线器工作在OSI的网络物理层(Physical Layer),如同前面所述,集线器是用来管理网络设备的最小单位。它把网络设备集中管理,不让有问题的区段影响了整个网络的运作。一般来说,每个HUB上都有8或16个RJ-45接头可接双绞线,以及1至2个RG-58或RJ-11的接头可接上同轴电缆,但电缆上的节点也有限制,如智邦科技的"多网段智能型堆栈式集线器",其中它可接160个BNC或RJ-11的节点。

至于HUB价格则是有非常大的差异,例如12个port的Intel 100Base-TX的SNMP HUB价格要2万多元;而上述16个port的10BASE-T、10BASE2的智邦科技的"多区段智能型堆栈式集线器"且具备有SNMP功能价格为6500元左右,一个是100Mega的Fast Ethernet,另一个是10Mega的Ethernet,两者的价钱就差了好几倍。

另外,具有简易网络管理协议(SNMP,Simple Network Management Protocol)网管功能的HUB,它的每个port价格也比没有网管功能的HUB贵一点,在购买时应特别留意。

智能型集线器(Intelligent HUB)

智能型集线器改进了一般的集线器的缺点,首先它增加了桥接的能力,可以过滤掉不属于自己网段的帧,增加网段的频宽。此外,SNMP网管的功能也加进来了,增强我们对于网络的监控。

网桥(Bridge)

网桥工作在OSI的数据链路层(Data-Link Layer,第二层),如图1-5,目的是在隔离网络网段,避免去接收不属于自己网段的帧。因为以太网络是用CSMA/CD的方式来进行数据的存取,也就是在发送数据之前先去检测载波,如果有载波,表示有人在用,那就等一会儿。若送出的帧与别人发生碰撞,那么也得等一下再传。

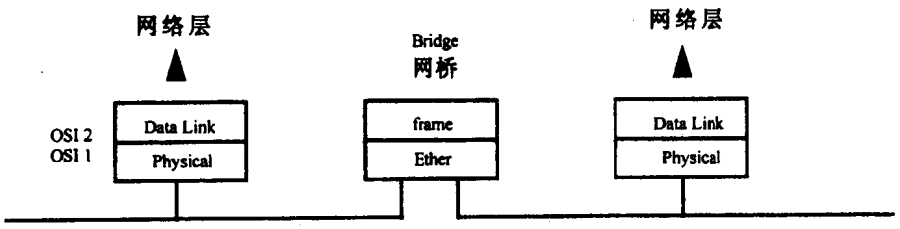

图1-5 网桥

倘若不属于此网段的帧一直被送进来,根据以太网络的CSMA/CD规则,此网段内的任何收发器(transceiver)都不能发送数据,因而影响了系统的效能。

所以网桥最大的用处就是学习网络配置之后，执行过滤隔离的工作。它和目前智能型集线器的功能有点类似，主要的设计核心有两点：

(1)学习网络的源物理地址

(2)过滤网络目的物理地址

“用学习来的源物理地址去过滤目的物理地址，决定是否要把收到的帧往自己的网段送，或者不送。而这个学习和过滤或隔离的工作一直在进行，而这就是网桥最基本的原理。”

我们举出一个例子，如图 1-6，网桥经由监控网络的情况而学习到 A 与 B 是在它的左边，C 是在网桥的右边，倘若 A 送给 B 一个封包，在网桥接到信息的同时，它并不会把此封包往前送至右边的网段，因为它知道，目前右边只有节点 C，而 B 和 A 都是在同一个网段之内(即左边)，所以此一帧并不会往右传，而影响了右边的网段。同理，若 A 传帧给 C，网桥接到后会马上把它往前送给右边 C 所在的网段，所以这里网桥就如同是一位指挥交通的警察，让该过去的过去，不该过去的就留在原地。

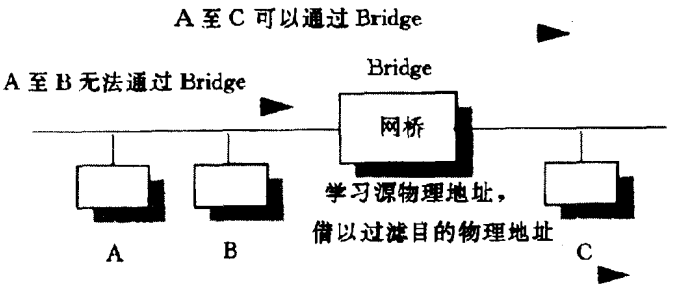

图 1-6　网桥学习与过滤网络物理地址

在封包走的路径方面，网桥间是用生成树(Spanning Tree)的方式来计算路径成本与解决回路问题的。一般来说，如果网桥之间有回路，网桥会用生成树的演算法来把回路切断，而平时网络是不走这些被切断的回路的，但当某些路径断掉时，这些被切断的回路会重新被利用，而计算出一棵新的生成树。

在规划网桥的时候，我们必须注意网络流量的问题，不要让某个网段流量太大和存取成本过高，同时尽量让每个网段都能够很稳定，并且考虑到未来网络的发展，上述都是在规划时最高的指导原则。比方说把要存取大量数据的 CAD 服务器和一般使用的文件服务器摆在同一个网段就是一个不明智的选择，最好是把特定的网段给特定的使用(如上述的 CAD 服务器)，而一般常用的数据(如文件服务器)则把它摆在主干(Back Bone)网络或网桥/路由器的内建高速总线上，这样才不会因为访问不同的服务器而造成网络频宽的降低。

路由器(Router)

路由器工作在 OSI 的第三层，也就是网络层(Network Layer)，如图 1-7，它主要的目的是去建立路由表，帮助子网络内的封包以最有效率的方式寻址。路由表是如何建立的呢？路由器会和它相邻的路由器用寻址的通信协议来制订此表。比方说 RIP(Routing Information

Protocol)和 OSPFP(Open Shortest Path First Protocol)是用来建立 IP 的路由表,RIP/SAP 是给 NetWare 的 IPX 封包建立路由表。但有些路由器具有集成性的功能,如 IGRP(Inter-Gateway Routing Protocol)就可以用来为不同形式的封包建立各自的路由表。

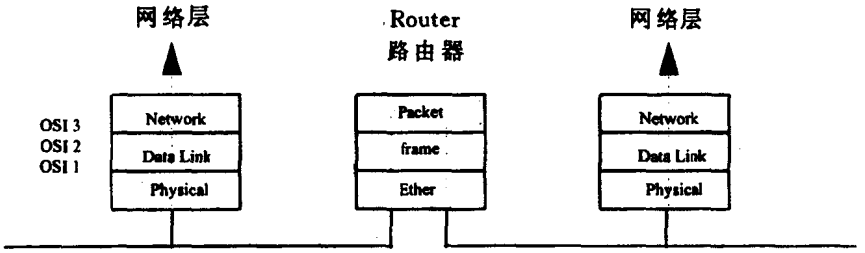

图 1-7 路由器工作于 OSI 的第三层网络层

我们可以把路由器或网桥看成是某种特定用途的计算机,也的确有产品是这么做,特别是路由器。它需要有 ROM、EEPROM、RAM、CPU 等,只是它所用的核心(Kernel)并不是 MS-DOS 而已。它的核心和网桥、路由器的功能必须要在 RAM 上运行,原则上把它想成一台特别的 PC 即可。

通常路由器都有其封包处理的限制,如有些只能帮 IP 封包寻找路径,有些是 IP 与 IPX,读者在购买时请千万要指定要寻址的封包类型。此外,目前流行的 Linux 操作系统可以改装成 IP 路由器,如果想节省些费用的朋友可以改装看看。

广播风暴(broadcast storm)

广播风暴是计算机网络字典中很重要的一个名词,因为在计算机网络中,有时需要用广播的方式来解决一些问题,但广播会使一些不相干的网络节点全部都能收到这广播的信号,因而造成所谓的广播风暴。

对路由器而言,它除了寻址外,它还能够避免广播风暴,但是网桥却不能。比方说,TCP/IP 中常需要用到的地址分辨协议(ARP,Address Resolution Protocol)就是以广播的类型发出的,它的目的是要找出 IP 地址所对应的硬件物理地址(H/W Address),也就是用第三层的 IP 地址来找第二层的硬件地址。ARP 的概念比较像在通知网络上的设备,告诉大家我来到这个环境,所以是属于广播的类型。

但是之后的 ARP 只是和其它设备保持联络,不再是广播(Broadcast),而是 Unicast。所以 ARP 不一定都是属于广播的传输方式!

在 Novell 的概念里,服务器是标准的独权者,因此 Novell 里所谓的工作站(Workstation)必须先找到离自己家最近的服务器,向它报到,才能进入到网络,所以工作站所发出的第一个信息是"Get Nearest Server",其形式也是广播。

为什么会有广播这种通信方式呢?转换到实际的生活上,假如您希望找到某些您所需要的服务,却不知道谁能提供这些服务,最快、最简单的方法应该是大声嚷嚷,询问谁提供这些服务,有的话请答"有",所以广播到底是给谁,没人知道。

IP 地址加上子网络屏蔽(subnetmask)后的结果可以知道这个封包是否属于自己子网络。如果不是的话,我们会把此封包先发给路由器,然后再由路由器帮我们寻址。如果一样的话,由于我们只知第三层 IP 的地址,要去找它的第二层的物理地址(H/W 地址或以太网络地址),所以这时我们必须把封包广播出去,经过网桥,来让所有子网络的节点知道,它要找这个 IP 的物理地址,请知道的人告诉我。因为网络上的节点随时都可能有新朋友加入或老朋友退出,所以送出广播封包来让所有人都知道也许是不得已的方法。

就位于第三层网络层的 IP 而言,它在 BSD 4.2 和 BSD 4.3 有不一样的广播 IP 地址,一个是 Host ID 全为 0,另一个是 Host ID 全为 1。但是数据链路层(Data Link Layer)广播时的 Destination H/W address 则为数据链路层中的 MAC sublayer 所填,广播为 FF:FF:FF:FF:FF:FF。所以如果要发出广播帧或封包,目的物理地址填上 FF:FF:FF:FF:FF:FF 来让此帧或封包通过子网络内的任何网桥。

由于路由器是工作在网络层,所以它能够过滤网络地址(OSI 的第三层,如 Internet 的 IP 地址),如果属于自己子网络的数据或广播的封包,就不会往外送以免影响了别的网络,所以子网络间不会因广播而产生大量的封包。但网桥呢?因为它是工作在数据链路层,所以当它发现物理地址为广播时(OSI 的第二层,如 Ethernet 的目的物理地址为 FF:FF:FF:FF:FF:FF),它无可避免地会把这个广播封包复制到每个连到网桥的网段上,广播风暴就此产生了。

"简单地说,网桥遇到不认识的帧,不管三七二十一都给传送(forward)出去,而路由器刚好相反,不认识的封包全部去掉(discard)。"

以上提到一些名词如 IP 地址、物理地址、OSI 层级、IPX/SPX、IP 等概念,我们在以后的章节会有详尽的解释,读者若概念上还有点模糊,请不用担心。

网关(Gateway)

网关工作在 OSI 的第七层应用层(Application Layer),如图 1-8,它负责不同封包类型之间的转换以及寻址。它的功能和路由器类似,但是较为强大。

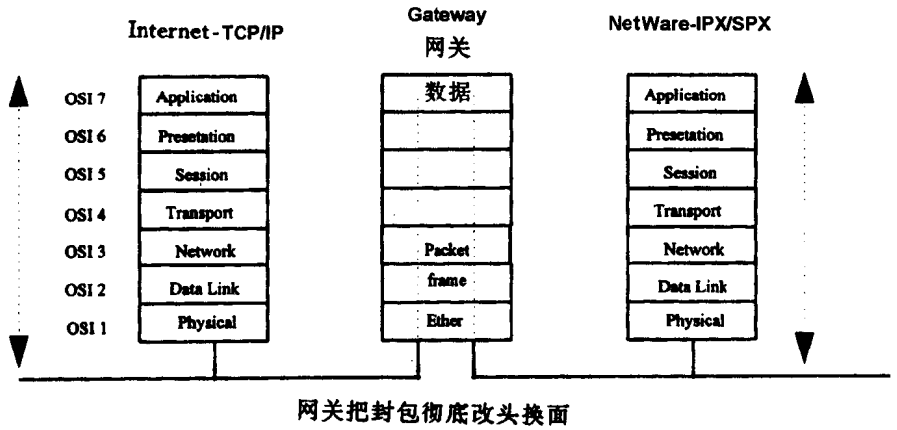

图 1-8 网关工作于 OSI 的第七层应用层

若我们想利用 Internet 的 TCP/IP 的路由器来传送 NetWare 的 IPX/SPX 封包,这时我们必须有两部网关,如图 1-9,Gateway A 与 Gateway B,它们都接在我们进入 Internet 的地

方。它们的工作原理是把IPX/SPX的封包转成TCP/IP的格式，再由Internet帮我们寻址送至收方；收方的网关收到后，再把TCP/IP格式的封包转换为IPX/SPX的格式封包即可。

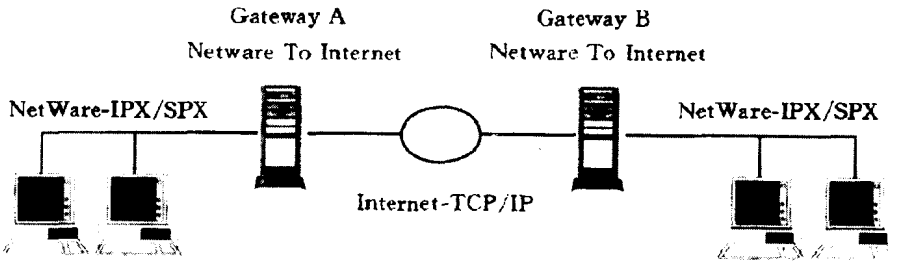

图 1-9　利用两部网关在 Internet 传送两个 LAN 上的 IPX/SPX 封包

1.1.3　远程连接设备

当局域网络要与别的局域网络或广域网络连接时，我们就必须把这个功能加入，借以增强局域网络的威力。通常可以通过拨号（dial up）或专线（lease line）两种形式来建立远程连接，传输接口可以用调制解调器（modem）通过模拟信号（300bps～33 600bps）或用ISDN (Integrated Services Digital Network)的BRI(Basic Rate Interface 速率为2B channel +1D channel，2×64k+16k=144kbps）通过数字信号都可以，甚至54k、64k或128k、T1 (1.544 Mega bps)、T3 (44.376 Mega bps) 等的数据专线都可以考虑（54k以上的数据专线必须配合路由器连接才行），只要有实际的需求且经济条件许可，较快较好的服务都是垂手可得的。

一般而言，如果经常有大量的数据要传送，通过64k以上的专线是比较合适的；如果数据有点多又不会太多，通过一个14.4k的专线也很便宜的；如果数据量更少通过拨号线即可，反正用多少时间的电话就交多少电话费，也是比较划算的。

钱愈多当然服务的质量、速度、安全性会更好、更高，但如果经济上不允许的话，怎样才能解决网络通信的问题呢？

接下来让我们看看调制/解调器与ISDN的硬件设计，让读者能对远程连接的硬件原理有所认识。

调制/解调器——MODEM

调制(MOdulator)与解调(DEModulator)的缩写即是MODEM，它的功能是把数字信号变为模拟信号(调制)，然后经由电话线传出，然后再把从电话线来的模拟信号转换为数字信号(解调)以供计算机处理，它的内部结构大至如图1-10。

(1)单片机(single chip microprocessor)

它是整个调制解调器的心脏，控制着调制解调器的收送数据与电话接口(Telco i/f)，另外必须执行从RS-232来的AT指令集(AT Commands Set)并回答结果。同理从调制解调器收到的数据必须经由单片机然后再到RS-232接口。

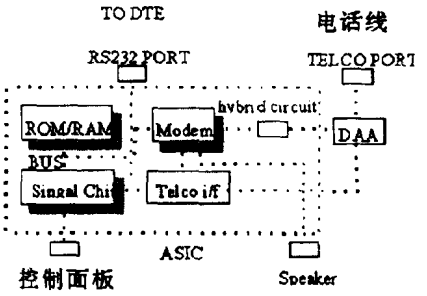

图 1-10 Modem 的内部结构

(2)调制器与解调器(modem chip)

数字与模拟信号的接口,它接受来自微处理机的命令,控制着不同速率(baud rate)所需要的模拟信号频率与相位。比方说在 300bps 的情况之下,它是使用调频(FSK, Frequency Shift Keying)的技术来调制与解调的,这时发送端(original 或 calling mode)的"1"与"0"为 1 270Hz 与 1 070Hz 的正弦波,回应端(answering mode)的"1"与"0"各是 2 225Hz 和 2 025Hz,都各差 200Hz,因此双方可以使用不同的频率来分辨 0 与 1 的信号。

此外,不同的速率有着不同调制与解调的方法,如 1 200 baud rate 使用 PSK,2 400 baud rate 使用 QAM 的方法,彼此之间以一些同步信号的检测与否来完成相同的 baud rate;但是对于相同的 baud rate,Bell 与 CCITT(Consultative Committee of International Telephone and Telegraphy)的规格也有所不同。

表 1-1 为不同速率调制解调器的规格,有兴趣的读者可参考看看。

表 1-1 不同速率 modem 的规格

标 准	传输速率(bps)	全双工	调制方式
V.34	288 000	全双工	TCM
V.32bis	144 000/12 000/9 600/7 200/4 800	全双工	TCM
V.32	9 600/4 800	半/全双工	TCM
V.29	9 600	半/全双工	QAM
V.27ter	4 800	半双工	DPSK
V.27bis	4 800	半/全双工	DPSK
V.27	4 800	全双工	DPSK
V.26ter	2 400	全双工	DPSK
V.26bis	2 400	半双工	QAM
V.26	2 400	半/全双工	DPSK
V.22bis	2 400	全双工	QAM
V.23	75/1 200	全双工	FSK
V.22	1 200	全双工	DPSK
V.21	300	全双工	FSK
Bell212	1 200	全双工	DPSK
Bell103	300	全双工	FSK