

第 3 章

CHAPTER

中继器、集线器、网桥和网关

本章知识要点:

- 中继器的基本概念;
- 集线器的工作原理;
- 集线器的分类;
- 集线器的常见端口;
- 集线器的应用;
- 网桥的基本概念;
- 源路由网桥和透明网桥;
- Windows XP 的软网桥的设置;
- 网关的基本概念。

3.1 中 继 器

中继器(Repeater, RP)工作于 OSI 的物理层,是连接网络的一种装置,支持远距离的通信,常用于两个网络结点之间物理信号的双向转发工作。

中继器主要负责在两个结点的物理层上按位传递信息,完成信号的复制、调整和放大功能,以此来延长网络的长度。由于存在损耗,在线路上传输的信号功率会逐渐衰减,衰减到一定程度时将造成信号失真,因此会导致接收错误。中继器就是为解决这一问题而设计的,完成物理线路的连接,对衰减的信号进行放大,保持与原数据相同。

采用中继器连接的网络,在逻辑功能上相当于同一个网络。在如图 3-1 所示的同轴电缆以太网中,两段电缆其实相当于一端。中继器仅仅起了扩展距离的作用,但它不能提供隔离功能。中继器的主要优点是安装简单,使用方便,不需要维护。

一般情况下,中继器的两端连接的是相同的媒体,但有的中继器也可以完成不同媒体的转接工作。从理论上讲中继器的使用是无限的,网络也因此可以无限延长。事实上这是不可能的,因为网络标准中都对信号的延

迟范围作了具体的规定,中继器只能在此规定范围内进行有效的工作,否则会引起网络故障。

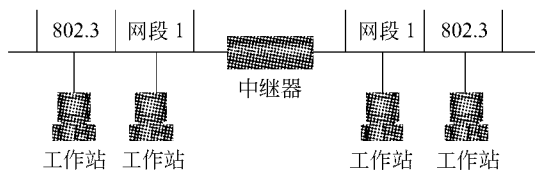


图 3-1 中继器连接的网段

3.2 集线器

图 3-2 所示的集线器(Hub)可以将多台计算机连接在一个网络中,它工作在 OSI 模型的最低层物理层。集线器是中继器的一种,其区别在于集线器能够提供更多的端口服务,所以集线器又叫多口中继器。集线器的主要功能是集中电缆并再生放大信号、扩大网络的规模和传输距离。每个工作站用双绞线连接到集线器上,由集线器对工作站进行集中管理。

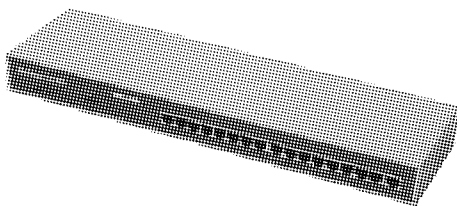


图 3-2 集线器

3.2.1 集线器的工作原理

集线器的主要功能是对接收到的信号进行再生放大,以扩大网络的传输距离,同时把所有结点集中在以它为中心的结点上。集线器只是一个信号放大和中转的设备,不具备交换功能。集线器能与网络中的打印服务器、交换机、文件服务器或其他的设备连接。它是一个标准的共享设备,不具备定向传送信号的能力。

从工作方式来看,集线器是一种广播模式,所有端口都共享一条带宽。它从任一端口接收信号,整形放大后广播到其他端口,即其他所有端口都能够收听到信息,在同一时刻,只能有两个端口传送数据,其他端口处于等待状态。集线器主要应用于星型以太网中,如果一个工作站出现问题,不会影响整个网络的正常运行。

1. 集线器的作用

集线器的主要作用如下:

- ① 在所有网段上强制冲突。
- ② 恢复信号幅度。
- ③ 信号重计时(本身有计时电路)。
- ④ 恢复信号对称性。
- ⑤ 重构前同步信号(帧前 64 位同步信号)。
- ⑥ 分段扩展(扩展少于 96 位信号)。
- ⑦ 故障隔离。

2. 集线器的缺陷

集线器的主要不足体现在如下几个方面:

(1) 用户带宽共享,带宽受限

集线器的每个端口并没有独立的带宽,而是所有端口共享总的背板带宽,用户端口带宽较窄,且随着集线器所接用户的增多,用户的平均带宽不断减少,不能满足当今许多对网络带宽有严格要求的网络应用,如多媒体、流媒体应用等环境。

(2) 广播方式,易造成网络风暴

集线器是一个共享设备,它的主要功能只是一个信号放大和中转的设备,不具备自动寻址能力,即不具备交换作用,所有传到集线器的数据均被广播到与之相连的各个端口,由于无法分割冲突域,所以容易形成网络风暴,造成网络堵塞。

(3) 非双工传输,网络通信效率低

集线器同一时刻每一个端口只能进行一个方向的数据通信,而不能像交换机那样进行双向传输,网络执行效率低,不能满足较大型网络通信需求。

3.2.2 集线器的分类

集线器按照不同的分类标准,分为不同的种类。

1. 按尺寸分类

集线器按照外形尺寸有机架式集线器和桌面式集线器两种。

机架式集线器是指几何尺寸符合工业规范、可以安装在 19 英寸机柜中的集线器,该类集线器以 8 口、16 口和 24 口的设备为主流。由于集线器统一放置在机柜中,既方便了集线器间的连接或堆叠,又方便了对集线器的管理。

桌面式集线器大多遵循接 8~16 口规范,也有个别 4~5 口的产品,仅适用于只有几台计算机的超小型网络。

2. 按带宽分类

集线器按提供的带宽划分有 10Mb/s 集线器、100Mb/s 集线器、10/100Mb/s 自适应集线器三种。

(1) 10Mb/s 集线器

10Mb/s 集线器指该集线器中的所有端口只能提供 10Mb/s 的带宽。这种集线器属于低档集线器产品。为方便与原来的同轴电缆网络相连,有的 10Mb/s 集线器还提供 BNC(细同轴电缆接口)或 AUI(粗同轴电缆接口)接口。

(2) 100Mb/s 集线器

100Mb/s 集线器指该集线器中的所有端口只能提供 100Mb/s 的带宽。这种集线器目前是比较先进的一种集线器,要求上联设备支持 IEEE 802.3U(快速以太网协议),在实际中应用较多。

(3) 10/100Mb/s 自适应集线器

10/100Mb/s 自适应集线器指该集线器可以在 10Mb/s、100Mb/s 之间进行切换。目前所有的 10/100Mb/s 自适应集线器均可以自适应,每个端口都能自动判断与之相连接的设备所能提供的连接速率,并自动调整到与之相适应的最高速率。

3. 按配置方式分类

一般可分为独立型集线器、模块化集线器和堆叠式集线器三种。

(1) 独立型集线器

独立型集线器在低端应用中是最多的,也是最常见的。独立型集线器是带有许多端口的单个盒子式的产品,独立型集线器之间多数是可以一段 10Base-5 同轴电缆把它们连接在一起,以实现扩展级联,这主要应用于总线型网络中,当然也可以用双绞线通过普通端口实现级联,但要注意所采用的网线跳线方式不一样。独立型集线器具有低价格、容易查找故障、网络管理方便等优点,在小型的局域网中广泛使用。但这类集线器的工作性能比较差,尤其是在速度上缺乏优势。

(2) 模块化集线器

模块化集线器在网络中是很流行的,因为它们扩充方便且备有管理选件。模块化集线器配有机架或卡箱,带多个卡槽,每个槽可放一块通信卡。每个卡的作用就相当于一个独立型集线器。当通信卡安放在机架内卡槽时,它们就被连接到通信底板上,这样,底板上的两个通信卡的端口间就可以方便地进行通信。模块化集线器的大小范围可从 4~14 个槽,故网络可以方便地进行扩充。例如,有 10 个通信卡,每一个卡可支持 12 个用户,则一个集线器就可以支持 120 个用户。

(3) 堆叠式集线器

堆叠式集线器可以将多个集线器“堆叠”使用,当它们连接在一起时,其作用就像一个模块化集线器一样,堆叠在一起的集线器可以当作一个单元设备来进行管理。一般情况下,当有多个集线器堆叠时,其中存在一个可管理集线器,利用可管理集线器可对此堆叠式集线器中的其他“独立型集线器”进行管理。堆叠式集线器可以方便地实现对网络的扩充,是新建网络时最为理想的选择。

4. 从是否可被网络管理分类

按照集线器是否可被网络管理分类,有不可通过网络进行管理的“非网管型集线器”和可通过网络进行管理的“可网管型集线器”两种。

(1) 非网管型集线器

这类集线器也称为傻瓜集线器,指既无需进行配置,也不能进行网络管理和监测的集线器。该类集线器属于低端产品,通常只被用于小型网络,这类产品比较常见,这类集线器只要插上电,连上网线就可以正常工作。这类集线器虽然安装使用方便,但功能较弱,不能满足特定的网络需求。

(2) 可网管型集线器

这类集线器也称为智能集线器,可通过简单网络管理协议(Simple Network Management Protocol, SNMP)进行管理,这种管理大多是通过增加网管模块来实现的。实现网管的最大用途是用于网络分段,从而缩小广播域,减少冲突提高数据传输效率。另外,通过网络管理可以在远程监测集线器的工作状态,并根据需要对网络传输进行必要的控制。需要指出的是,尽管同是对 SNMP 提供支持,但不同厂商的模块是不能混用的,甚至同一厂商的不同产品的模块也不同。

3.2.3 集线器的常见端口

集线器通常都提供 RJ-45、堆叠等端口,部分高档集线器还提供光纤端口。

1. RJ-45 接口

RJ-45 接口可用于连接 RJ-45 接头,适用于由双绞线构建的网络,这种端口是最常见的,一般来说以太网集线器都会提供这种端口。平常所讲的多少口集线器,指的是具有多少个 RJ-45 端口。

集线器的 RJ-45 端口既可直接连接计算机、网络打印机等终端设备,也可以与其他交换机、集线器等设备和路由器进行连接。需要注意的是,当连接至不同设备时,所使用的双绞线电缆的跳线方法有所不同。

2. BNC 端口

BNC 端口就是用于与细同轴电缆连接的接口,一般是通过 BNC T 型接头进行连接的。

3. AUI 端口

AUI 端口可用于连接粗同轴电缆的 AUI 接头,因此这种接口用于与粗同轴电缆网络的连接,目前带有这种接口的集线器比较少,主要在一些骨干级集线器中。

4. 堆叠端口

堆叠端口只有可堆叠集线器才具备,用来连接两个可堆叠集线器。一般来说,在一个可堆叠集线器中同时具有两个外观类似的端口:一个标注为 UP;另一个就标注为 DOWN。在连接时是用电缆从一个集线器的 UP 端口连接到另一个可堆叠集线器的 DOWN 端口上。

5. Console 端口

Console 端口是用于实现对集线器进行管理的口,非智能型的集线器通常没有该端口。

可网管集线器在集线器前面板或后面板都提供一个 Console 端口。不同品牌或型号的集线器的 Console 端口的接口类型可能不同,有的为 DB-9 串行口,有的为 RJ-45 端口,如图 3-3 所示。

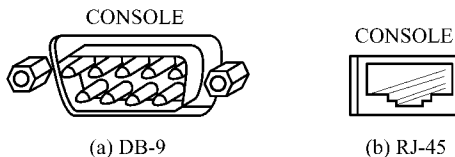


图 3-3 Console 端口

3.2.4 集线器的应用

单个集线器提供的端口数量是有限的,一般是 8、16、24 个端口。当网络中的用户大于集线器提供的端口数量时,就可通过集线器的堆叠和级联来扩展端口数量,满足网络建设中端口的需求。

1. 集线器与工作站的连接

集线器与工作站的连接需要使用直通双绞线,将双绞线的一头插入集线器的一个非 Uplink 端口,另一头插入工作站网卡的 RJ-45 端口即可。这种连接方式组织的网络拓扑结构为星型,如图 3-4 所示。

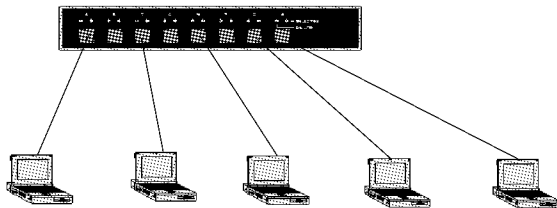


图 3-4 集线器与工作站的连接

2. 集线器与集线器间的连接

随着网络规模的增加,单个集线器不能满足网络的使用,由此需要使用多个集线器,实现集线器与集线器之间的连接,通常有堆叠和级联两种连接方式。

(1) 集线器的堆叠

集线器的堆叠是通过厂家提供的一条专用连接电缆,从一台堆叠式集线器的 UP 堆叠端口直接连接到另一台堆叠式集线器的 DOWN 堆叠端口。堆叠中的所有集线器可视为一个整体的集线器来进行管理,也就是说,堆叠中所有的集线器从拓扑结构上可视为一个集线器。

为了使集线器满足大型网络对端口的数量要求,一般在较大型网络中都采用集线器的堆叠方式来解决。要注意的是,只有可堆叠集线器才具备这种端口,可堆叠集线器中一般同时具有 UP 和 DOWN 堆叠端口,如图 3-5 所示。

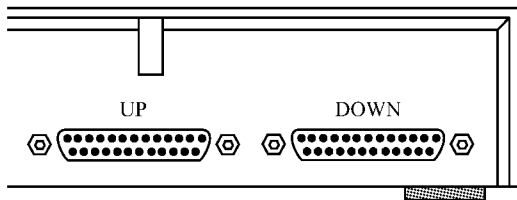


图 3-5 堆叠端口

一般情况下,当有多个 Hub 堆叠时,其中存在一个可管理 Hub,利用可管理 Hub 可对此可堆叠式 Hub 中的其他“独立型 Hub”进行管理。可堆叠式 Hub 可非常方便地实现对网络的扩充,是新建网络时最为理想的选择。

(2) 集线器的级联

集线器的级联指用集线器普通或特殊端口,用 UTP 交叉线或直通线把两个以上的集线器连接起来进行集线器端口扩展。通过 UTP 直通线把集线器 Uplink 端口和集线器普通端口连接起来,如图 3-6 所示。

通过 UTP 交叉线把集线器两个普通端口连接起来,如图 3-7 所示。

注意:当计算机网络较大时,集线器的级联必须满足 5-4-3 规则。所谓 5-4-3 规则,指在一个局域网中,任意两台计算机间最多不超过 5 段线,其中用 4 个集线器(或中继器)连接,并且只能有三个网段可以有计算机等设备。

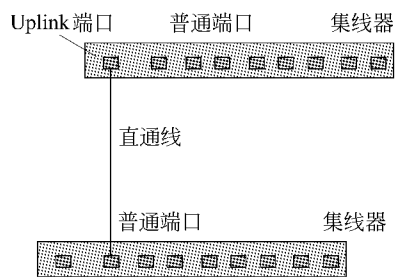


图 3-6 直通线级联

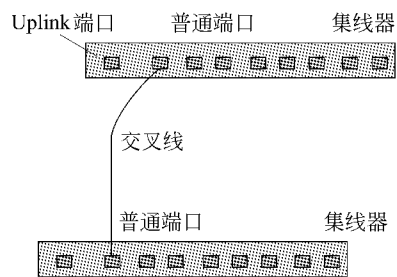


图 3-7 交叉线级联

3.2.5 集线器的选购

当选择集线器时,应注意所需要的集线器的端口类型、端口数量、端口速率、网管功能、端口扩展方式(堆叠和级联)、外形尺寸等。

如果集线器供小型局域网使用,选择固定端口的集线器即可,而对于用户数量较多的大中型局域网,就要考虑选用模块化集线器或可堆叠的多端口集线器。

由于连接在集线器上的所有结点均争用同一个上行总线,处于同一冲突域内,所以在集线器内所连接结点数目太多,就会造成数据冲突。

另外,集线器属于长期在线的设备,设备自身的稳定性和质量关系到集线器的使用寿命,因此购买品牌厂商的产品时要进行明智的选择,当然也需要注意售后服务。

3.3 网 桥

网桥,也称桥接器,是一个网段与另一个网段之间建立连接的桥梁,是一种数据链路层设备。网桥在 OSI 七层模型中的位置如图 3-8 所示。

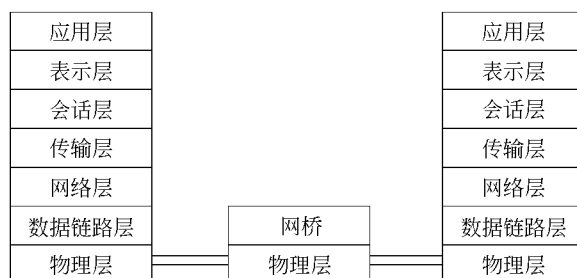


图 3-8 网桥在 OSI 中的位置

网桥类似于中继器,连接两个局域网络段,在数据链路层连接两个网。网间通信通过网桥传送,而网络内部的通信被网桥隔离。网桥检查帧的源地址和目的地址,如果目的地址和源地址不在同一个网络段上,就把帧转发到另一个网络段上;若两个地址在同一个网络段上,则不转发,所以网桥能起到过滤帧的作用。

网桥实际上是一台专用的计算机,它具有 CPU、存储器和至少两个网络接口。通过

这两个接口就可以连接 2 个网段,实现网段扩展。图 3-9 所示是采用 2 个网桥连接的 3 个网段。

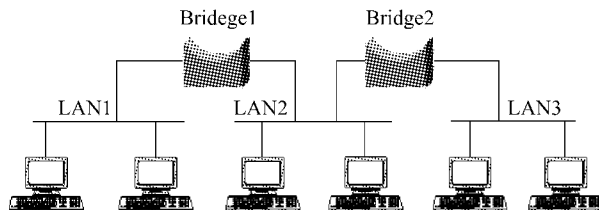


图 3-9 网桥连接的网段

3.3.1 网桥的工作原理

网桥将一个 LAN 段与另一个 LAN 段连接起来。它可以判断一段信号是正确的,还是发生了冲突的,或是受到干扰的、错误的信号。如果是错误的信号,则丢弃。同时它判断帧的数据结构,判断帧的源地址和目的地址,进行地址识别。一个网段中的广播帧,如果和其他网段中的计算机无关,网桥是不会让它们通过的。

网桥的工作包括如下几个动作。

- ① 缓存: 网桥首先会对收到的数据帧进行缓存并处理。
- ② 过滤: 判断帧的目标结点是否位于发送这个帧的网段中,如果是,网桥就不把帧转发到网桥的其他端口。
- ③ 转发: 如果帧的目标结点位于另一个网络,网桥就将帧发往正确的网段。
- ④ 学习: 每当帧经过网桥时,网桥首先在网桥表中查找帧的源 MAC 地址,如果该地址不在网桥表中,则将有该 MAC 地址及其所对应的网桥端口信息加入。
- ⑤ 扩散: 如果在表中找不到目标地址,则按扩散的办法将该数据发送给与该网桥连接的除发送该数据的网段外的所有网段。

3.3.2 网桥的分类

网桥按其路由可分为透明网桥和源路由选择网桥;按网桥建立的位置分为内部网桥和外部网桥;按网桥所连接的 LAN 所在地域的远近分为远程网桥和本地网桥。

内部网桥是建立在文件服务器上的网桥,即网桥软件安装在文件服务器上,并作为其一部分运行。外部网桥是建立在客户机上的网桥,即网桥软件安装在客户机上。

本地网桥指在传输介质允许长度范围内互连网络使用的网桥。远程网桥指在传输介质超过允许长度范围时互连网络使用的网桥。

1. 透明网桥

透明网桥(Transparent Bridge)又叫生成树网桥(Spanning Tree Bridge)。它是目前使用最多的网桥。“透明”指局域网上的站点并不知道所发送的帧将经过哪几个网桥,因为网桥对各站来说是看不见的。透明网桥是一种即插即用设备,其标准是 IEEE 802.1D。

透明网桥以混杂方式工作,它接收与之连接的所有 LAN 传送的每一帧。当一帧到达时,网桥必须决定将其丢弃还是转发。如果要转发,则必须决定发往哪个 LAN。这需

要通过查询网桥中地址数据库的目的地址而作出决定。该表可列出每个可能的目的地,以及它属于哪一条输出线路(LAN)。在插入网桥之初,所有的散列表均为空。由于网桥不知道任何目的地的位置,因而采用扩散算法(Flooding Algorithm)把每个到来的、目的地不明的帧输出到连在此网桥的所有 LAN 中(除了发送该帧的 LAN)。随着时间的推移,网桥将了解每个目的地的位置。一旦知道了目的地位置,发往该处的帧就只放到适当的 LAN 上,而不再散发。

透明网桥采用的算法是逆向学习法(Backward Learning)。网桥按混杂的方式工作,故它能看见所连接的任一 LAN 上传送的帧。查看源地址即可知道在哪个 LAN 上可访问哪台机器,于是在散列表中添上一项。

当计算机和网桥加电、断电或迁移时,网络的拓扑结构会随之改变。为了处理动态拓扑问题,每当增加散列表项时,均在该项中注明帧的到达时间。每当目的地已在表中的帧到达时,将以当前时间更新该项。这样,从表中每项的时间即可知道该机器最后帧到来的时间。

网桥中有一个进程定期扫描散列表,清除时间早于当前时间若干分钟的全部表项。如果从 LAN 上取下一台计算机,并在别处重新连到 LAN 上的话,那么在几分钟内,它即可重新开始正常工作而无需人工干预。这个算法同时也意味着,如果机器在几分钟内无动作,那么发给它的帧将不得不散发,一直到它自己发送出一帧为止。

到达帧的路由选择过程取决于发送的 LAN(源 LAN)和目的地所在的 LAN(目的 LAN)。如果源 LAN 和目的 LAN 相同,则丢弃该帧。如果源 LAN 和目的 LAN 不同,则转发该帧。如果目的 LAN 未知,则进行扩散。

为了提高可靠性,在 LAN 之间可以设置并行的两个或多个网桥,但是,这种配置可能在拓扑结构中产生回路,容易引发无限循环。这个问题的解决方法是采用生成树算法,生成树算法能在有物理回路的网络中,生成一棵没有逻辑回路的生成树,但并不能保证其中的路径是最优的。

透明网桥的最大优点就是即插即用,一接上就能工作。但是,网络资源的利用不充分。使用透明网桥时,不需要改动硬件和软件,也无需设置地址开关及装入路由表或参数,而只需插入电缆。

2. 源路由选择网桥

源路由网桥工作在数据链路层的 MAC 子层,常用于连接令牌环网或 FDDI 网的网段。所谓“源路由”,指信源站在向信宿站发送信息时,信源站发送的帧中包含了所有要经过的中间网桥的路径信息系列。每个中间网桥信息由此网桥的令牌环号和网桥号组成,帧中间的一串相连的令牌环号和网桥号对系列即构成了信源站到信宿站的路径。

源路由网桥路由选择的核心思想是假定每个帧的发送者都知道接收者是否在同一 LAN 上。当发送一帧到另外的 LAN 时,源机器将目的地址的高位设置成 1 作为标记。另外,它还在帧头加进此帧应走的实际路径。

源路由选择网桥只关心那些目的地址高位为 1 的帧,当见到这样的帧时,它扫描帧头中的路由,寻找发来此帧的那个 LAN 的编号。如果发来此帧的那个 LAN 编号后跟的是本网桥的编号,则将此帧转发到路由表中自己后面的那个 LAN。如果该 LAN 编号后跟

的不是本网桥,则不转发此帧。

源路由选择的前提是 LAN 中的每台机器都知道所有其他机器的最佳路径。如何得到这些路由是源路由选择算法的重要部分。获取路由算法的基本思想是:如果不知道目的地址,源机器就发布一广播帧,询问它在哪里。每个网桥都转发该查找帧(Discovery Frame),这样该帧就可到达所连的每一个 LAN。当答复回来时,途经的网桥将它们自己的标识记录在答复帧中,于是,广播帧的发送者就可以得到确切的路由,并可从中选取最佳路由。

两种网桥的比较,如表 3-1 所示。

表 3-1 透明网桥和源路由选择网桥的比较

特 点	透明网桥	源路由选择网桥	特 点	透明网桥	源路由选择网桥
失效处理	由网桥处理	由主机处理	透明性	完全透明	不透明
配置方式	自动	手工	路由	次优化	优化
连接方式	无连接	面向连接	复杂性	在网桥中	在主机中
定位	逆向学习	发现帧			

3.3.3 网桥的接口

网桥的接口主要有以太网接口、E1 接口、配置接口等。最基本的网桥只有两个接口,用来连接两个独立的局域网,而多口网桥可有多多个连接局域网的端口。

1. 以太网接口

以太网接口一般用来连接对应的以太网网段,这类接口一般工作在全双工或者半双工模式,接头采用 RJ-45。终端的速率为 10Mb/s 或 100Mb/s。

2. E1 接口

E1 接口的连接速率为 2.048Mb/s,网络接口采用 G.703、G.704 或 G.823。网络接头采用 BNC,线路的编码一般采用 HDB3 码。在电信级网桥上通常设置 E1 接口。

3. 配置接口

配置接口用以实现对网桥相关参数的配置,它的接口速率为 19 200bps,一般的接口标准为 RS-232。

3.3.4 基于 Windows XP 的软件网桥的实现

网桥的实现可以采用三种方式,即软件、硬件、混合。软件方式借助于一台高性能的计算机来充当网桥实现,一般的给该计算机安装至少两个网卡实现多个网段的连接。这种网桥要实现软件的配置完成,对主机的资源占用量大,硬件方式指采用真正的网桥硬件设备。混合方式的实现需要特殊的 VLSI 芯片结合一台主机实现,该 VLSI 芯片分担了网桥的许多工作,用于降低主机系统资源的占用率。选用哪种网桥,取决于网络的性能要求和价格对比。

下面讲述采用 Windows XP 实现软件网桥桥接的过程。设置如图 3-10 所示的网络