

**【3-27】** 有 10 个站连接到以太网上。试计算以下三种情况下每一个站所能得到的带宽。

- (1) 10 个站都连接到一个 10 Mbit/s 以太网集线器。
- (2) 10 个站都连接到一个 100 Mbit/s 以太网集线器。
- (3) 10 个站都连接到一个 10 Mbit/s 以太网交换机。

**解答：**每一个站所能得到的带宽如下：

- (1) 假定以太网的利用率基本上达到 100%，那么 10 个站共享 10 Mbit/s，即平均每一个站可得到 1 Mbit/s 的带宽。
- (2) 假定以太网的利用率基本上达到 100%，那么 10 个站共享 100 Mbit/s，即平均每一个站可得到 10 Mbit/s 的带宽。
- (3) 每一个站独占交换机的一个接口的带宽 10 Mbit/s。这里我们假定这个交换机的总带宽不小于 100 Mbit/s。

**【3-28】** 10 Mbit/s 以太网升级到 100 Mbit/s，1 Gbit/s 和 10 Gbit/s 时，都需要解决哪些技术问题？为什么以太网能够在发展的过程中淘汰掉自己的竞争对手，并使自己的应用范围从局域网一直扩展到城域网和广域网？

**解答：**IEEE 802.3u 的 10 Mbit/s 以太网标准未包括对同轴电缆的支持。这意味着想从 10 Mbit/s 细缆以太网升级到 100 Mbit/s 快速以太网的用户必须重新布线。现在 10 Mbit/s 以太网和 100 Mbit/s 以太网多使用无屏蔽双绞线布线。

在 100 Mbit/s 以太网中，保持最短帧长不变，把一个网段的最大电缆长度减小到 100 m。但最短帧长仍为 64 字节，即 512 比特。因此 100 Mbit/s 以太网的争用期是  $5.12 \mu\text{s}$ ，帧间最小间隔现在是  $0.96 \mu\text{s}$ ，都是 10 Mbit/s 以太网的  $1/10$ 。

100 Mbit/s 以太网的新标准还规定了以下三种不同的物理层标准。

(1) 100BASE-TX：使用两对 UTP 5 类线或屏蔽双绞线 STP，其中一对用于发送，另一对用于接收。

(2) 100BASE-FX：使用两根光纤，其中一根用于发送，另一根用于接收。

在标准中把上述的 100BASE-TX 和 100BASE-FX 合在一起称为 100BASE-X。

(3) 100BASE-T4：使用 4 对 UTP 3 类线或 5 类线，这是为已使用 UTP 3 类线的大量用户而设计的。它使用 3 对线同时传送数据（每一对线以  $33\frac{1}{3}$  Mbit/s 的速率传送数据），用 1 对线作为碰撞检测的接收信道。

吉比特以太网（1 Gbit/s 的速率）的标准是 IEEE 802.3z，它有以下几个特点：

- (1) 允许在 1 Gbit/s 下以全双工和半双工两种方式工作。
- (2) 使用 IEEE 802.3 协议规定的帧格式。
- (3) 在半双工方式下使用 CSMA/CD 协议（全双工方式不需要使用 CSMA/CD 协议）。
- (4) 与 10BASE-T 和 100BASE-T 技术向后兼容。

吉比特以太网可用作现有网络的主干网，也可在高带宽（高速率）的应用场合中（如医疗图像或 CAD 的图形等）用来连接工作站和服务器的。

吉比特以太网的物理层使用两种成熟的技术：一种来自现有的以太网，另一种则是 ANSI 制定的光纤通道 FC (Fibre Channel)。采用成熟技术能大大缩短吉比特以太网标准的开发时间。

吉比特以太网的物理层有以下两个标准：

(1) 1000BASE-X (IEEE 802.3z 标准)。

(2) 1000BASE-T (802.3ab 标准)。

吉比特以太网工作在半双工方式时，必须进行碰撞检测。吉比特以太网仍然保持一个网段的最大长度为 100 m，但采用了“载波延伸”的办法，使最短帧长仍为 64 字节（这样可以保持兼容性），同时将争用期增大为 512 字节。凡发送的 MAC 帧长不足 512 字节，就用一些特殊字符填充在帧的后面，使 MAC 帧的发送长度增加到 512 字节，这对有效载荷并无影响。接收端在收到以太网的 MAC 帧后，要把所填充的特殊字符删除后再向高层交付。当原来仅 64 字节长的短帧填充到 512 字节时，所填充的 448 字节就造成了很大的开销。

吉比特以太网还增加了分组突发的功能。当很多短帧要发送时，第一个短帧要采用上面所说的载波延伸的方法进行填充。但随后的一些短帧则可一个接一个地发送，它们之间只需留有必要的帧间最小间隔即可。这样就形成一串分组的突发，直到达到 1500 字节或稍多一些为止。当吉比特以太网工作在全双工方式时，不使用载波延伸和分组突发。

10 吉比特以太网简称为 10GbE，其正式标准是 IEEE 802.3ae，它的帧格式不变。10GbE 还保留了 802.3 标准规定的以太网最小和最大帧长。这就使用户在对其已有的以太网进行升级时，仍能 and 较低速率的以太网很方便地通信。

由于数据率很高，10GbE 不再使用铜线而只使用光纤作为传输媒体。它使用长距离（超过 40 km）的光收发器与单模光纤接口，以便能够工作在广域网和城域网的范围。10GbE 也可使用较便宜的多模光纤，但传输距离为 65~300 m。

10GbE 只工作在全双工方式，因此不存在争用问题，也不使用 CSMA/CD 协议。这就使得 10GbE 的传输距离不再受进行碰撞检测的限制而大大提高了。

10GbE 的物理层则是新开发的。10GbE 有以下两种不同的物理层：

(1) 局域网物理层 LAN PHY。局域网物理层的数据率是 10.000 Gbit/s（这表示是精确的 10 Gbit/s），因此一个 10GbE 交换机正好可以支持 10 个吉比特以太网接口。

(2) 可选的广域网物理层 WAN PHY。为了使 10GbE 的帧能够插入到 OC-192/STM-64 帧的有效载荷中，这种广域网物理层的数据率为 9.95328 Gbit/s。

以太网能从 10 Mbit/s 演进到 10 Gbit/s，是因为以太网具有以下的一些优点：

(1) 可扩展（从 10 Mbit/s 到 10 Gbit/s）。

(2) 灵活（多种媒体、全/半双工、共享/交换）。

(3) 易于安装。

(4) 稳健性好。

**【3-29】** 以太网交换机有何特点？用它怎样组成虚拟局域网？

**解答：**以太网交换机实质上就是一个多接口的网桥，它与工作在物理层的转发器和集线器有很大的差别。此外，以太网交换机的每个接口都直接与一个主机或集线器相连，并且一般都工作在全双工方式。当主机需要通信时，交换机能同时连通许多对接口，使每一对相互通信的主机都能像独占传输媒体那样，无碰撞地传输数据。以太网交换机和透明网桥一样，也是一种即插即用设备，其内部的帧转发表也是通过自学习算法自动地逐渐建立起来的。当两个站通信完成后就断开连接。以太网交换机由于使用了专用的交换结构芯片，交换速率较高。

对于普通 10 Mbit/s 的共享式以太网，若共有  $N$  个用户，则每个用户占有的平均带宽只有总带宽(10 Mbit/s)的  $N$  分之一。在使用以太网交换机时，虽然每个接口到主机的带宽还是 10 Mbit/s，但由于一个用户在通信时独占而不是和其他网络用户共享传输媒体的带宽，因此拥有  $N$  对接口的交换机的总容量为  $N \times 10 \text{ Mbit/s}$ 。这正是交换机的最大优点。

以太网交换机一般都具有多种速率的接口，例如具有 10 Mbit/s，100 Mbit/s 和 1 Gbit/s 的接口的各种组合，大大方便了各种不同情况的用户。

有一些交换机采用直通的交换方式，可以在接收数据帧的同时就立即按数据帧的目的 MAC 地址决定该帧的转发接口，因而提高了帧的转发速度。

利用以太网交换机可以很方便地实现虚拟局域网 VLAN。虚拟局域网其实只是局域网给用户提供服务，并不是一种新型局域网。

虚拟局域网 VLAN 是由一些局域网网段构成的、与物理位置无关的逻辑组，而这些网段具有某些共同的需求。每一个虚拟局域网的帧都有一个明确的标识符，指明发送这个帧的工作站属于哪一个虚拟局域网。1988 年 IEEE 批准了 802.3ac 标准，这个标准定义了以太网的帧格

式的扩展，以便支持虚拟局域网。虚拟局域网协议允许在以太网的帧格式中插入一个 4 字节的标识符，称为 VLAN 标记，用来指明发送该帧的工作站属于哪一个虚拟局域网。如果还使用原来的以太网帧格式，显然就无法划分虚拟局域网。

在一个用多个交换机连接起来的较大的局域网中，可以灵活地划分虚拟局域网，不受地理位置的限制。一个虚拟局域网的范围可以跨越不同的交换机。当然，所使用的交换机必须能够识别和处理虚拟局域网。在图 T-3-29 中，在另外一层楼的交换机#2 连接了 5 台计算机，并与交换机#1 相连接。交换机#2 中的两台计算机加入到 VLAN-10，而另外 3 台加入到 VLAN-20。这两个虚拟局域网虽然都跨越了两个交换机，但各自是一个广播域。

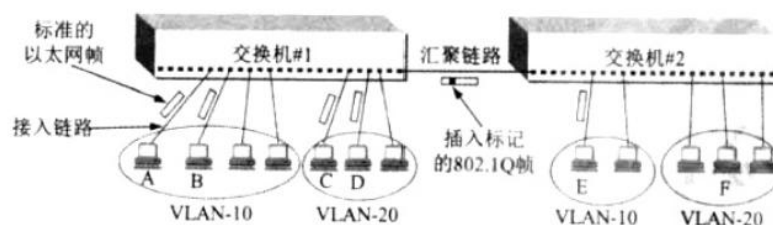


图 T-3-29 利用以太网交换机构成虚拟局域网

连接两个交换机端口之间的链路称为**汇聚链路(trunk link)**或**干线链路**。

现在假定 A 向 B 发送帧。由于交换机#1 能够根据帧首部的目的 MAC 地址，识别 B 属于本交换机管理的 VLAN-10，因此就像在普通以太网中那样直接进行帧的转发，不需要使用 VLAN 标签。这是最简单的情况。

现在假定 A 向 E 发送帧。交换机#1 查到 E 并没有连接到本交换机，因此必须从汇聚链路把帧转发到交换机#2，但在转发之前，要插入 VLAN 标签。不插入 VLAN 标签，交换机#2 就不知道应把帧转发给哪一个 VLAN。因此，在汇聚链路传送的帧是 802.1Q 帧。交换机#2 在向 E 转发帧之前，要拿走已插入的 VLAN 标签，因此 E 收到的帧就是 A 发送的标准以太网帧，而不是 802.1Q 帧。

3-33

**解答：**

动 作	交换表的状态	向哪些接口转发帧	说 明
A 发送帧给 D	写入(A, 1)	所有的接口	开始时交换表是空的，交换机不知道应向何接口转发帧
D 发送帧给 A	写入(D, 4)	A	交换机已知道 A 连接在接口 1
E 发送帧给 A	写入(E, 5)	A	交换机已知道 A 连接在接口 1
A 发送帧给 E	更新(A, 1)的有效时间	E	交换机已知道 E 连接在接口 5

**解答：**这里的 9 台主机和两台服务器都工作时的总吞吐量是  $900 + 200 = 1100 \text{ Mbit/s}$ 。三个系各有一台主机分别访问两台服务器和通过路由器上网。其他主机在系内通信。