



计算机网络与通信技术

第三章 数据链路层

北京交通大学 刘彪



计算机网络与通信技术

知识点：以太网的扩展

北京交通大学 刘彪



以太网扩展的目的

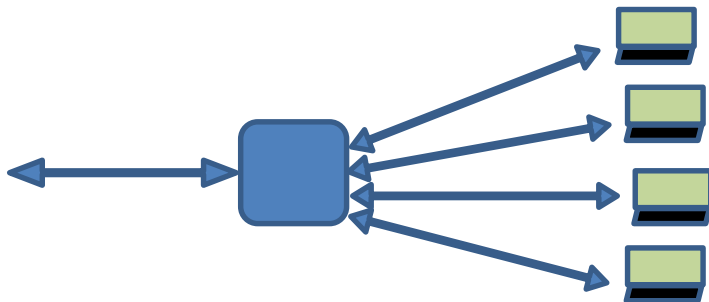
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网





以太网扩展的目的

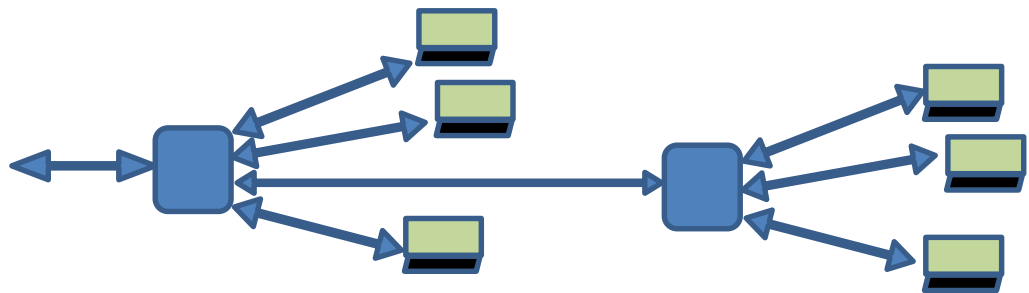
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网





以太网扩展的目的

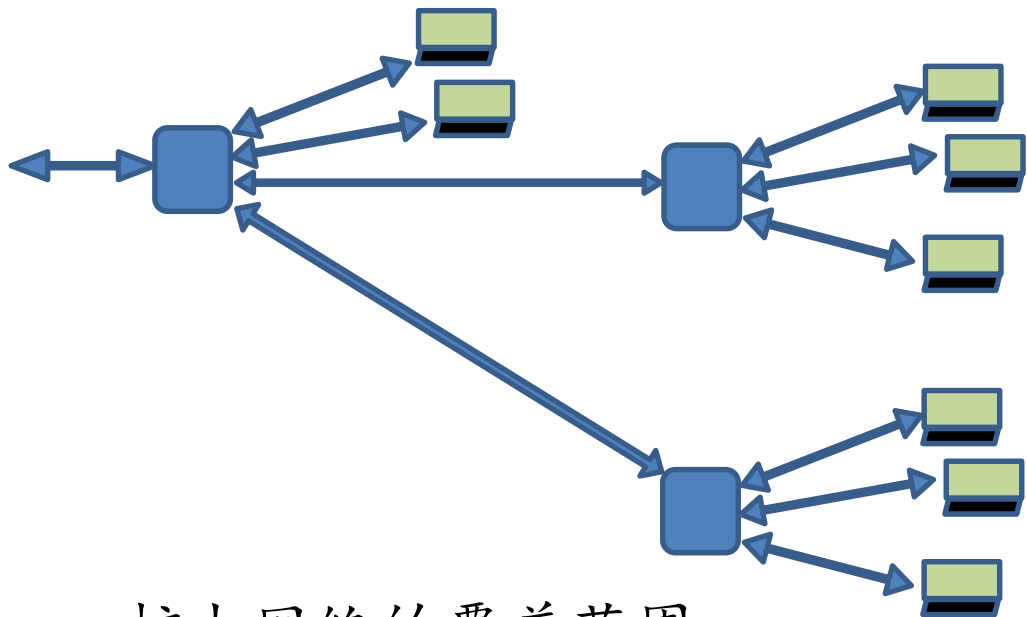
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



- 扩大网络的覆盖范围
- 在网络层仍然是一个网络



扩展设备的协议层次

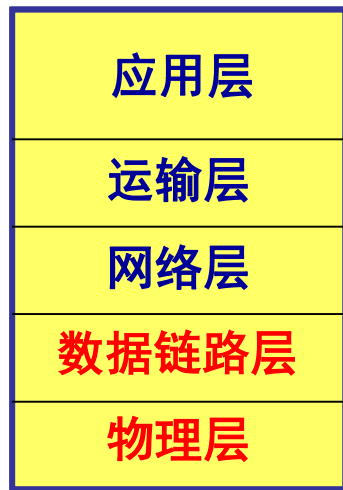
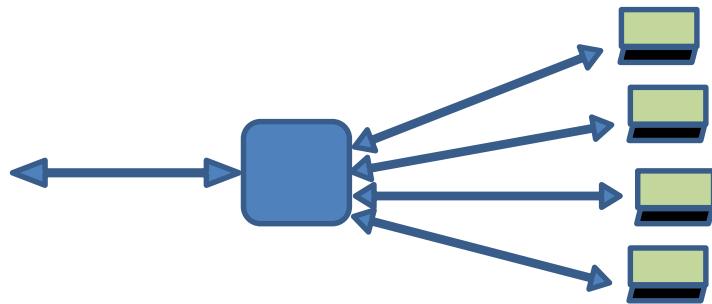
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



以太网的扩展



物理层扩展

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

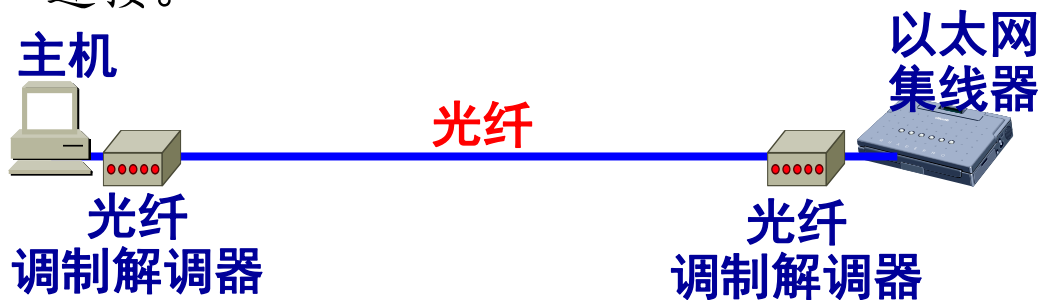
3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

• 使用光纤扩展

- 主机使用光纤（通常是一对光纤）和一对光纤调制解调器连接到集线器。
- 很容易使主机和几公里以外的集线器相连接。



主机使用光纤和一对光纤调制解调器连接到集线器



物理层扩展

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 使用集线器扩展

- 使用多个集线器可连成更大的、多级星形结构的以太网。
- 例如，一个学院的三个系各有一个10BASE-T以太网，可通过一个主干集线器把各系的以太网连接起来，成为一个更大的以太网。



物理层扩展

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

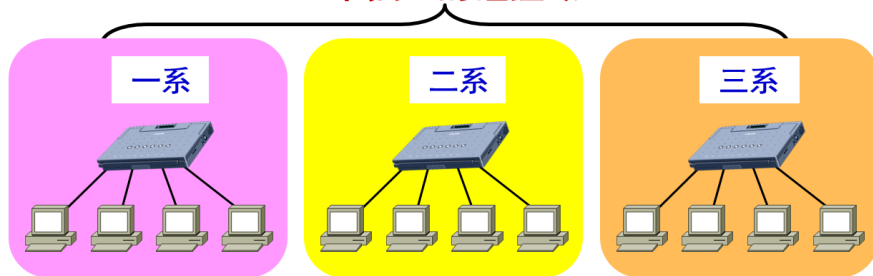
3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

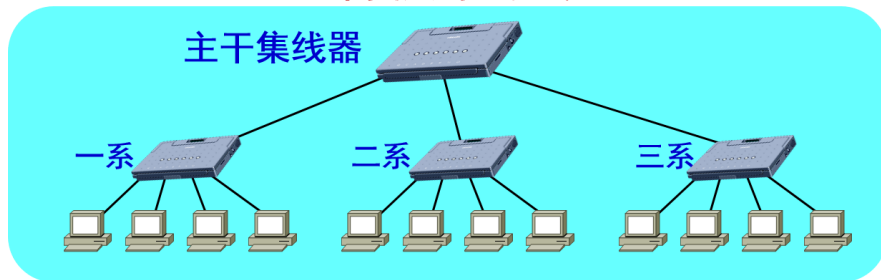
- 使用集线器扩展

三个独立的碰撞域



三个独立的以太网

一个更大的碰撞域



一个扩展的以太网



物理层扩展

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 使用集线器扩展

- 优点

- 使原来属于不同碰撞域的以太网上的计算机能够进行跨碰撞域的通信。
 - 扩大了以太网覆盖的地理范围。

- 缺点

- 碰撞域增大了，但总的吞吐量并未提高。
 - 如果不同的碰撞域使用不同的数据率，那么就不能用集线器将它们互连起来。



数据链路层扩展

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 扩展以太网更常用的方法是在数据链路层进行。
- 早期使用网桥，现在使用以太网交换机。

- 网桥工作在数据链路层，根据 MAC 帧的目的地址对收到的帧进行转发和过滤。
- 当网桥收到一个帧时，并不是向所有的接口转发此帧，而是先检查此帧的目的 MAC 地址，然后再确定将该帧转发到哪一个接口，或把它丢弃。
- 1990 年问世的交换式集线器 (switching hub) 可明显地提高以太网的性能。
- 交换式集线器常称为以太网交换机 (switch) 或第二层交换机 (L2 switch) 。



以太网交换机的特点

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 多端口
- 全双工
- 并行工作
- 存储转发：以太网交换机的接口有存储器，能在输出端口繁忙时把到来的帧进行缓存。
- 以太网交换机是一种即插即用设备，其内部的帧交换表（又称为地址表）是通过自学习算法自动地逐渐建立起来的。
- 以太网交换机使用了专用的交换结构芯片，用硬件转发，其转发速率要比使用软件转发的网桥快很多。





交换机的全双工优势

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 用户独享带宽，增加了总容量。
 - 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。
 - 使用以太网交换机时，虽然在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是独占而不是和其他网络用户共享传输媒体的带宽，因此对于拥有 N 个接口的交换机的总容量为 $N \times 10$ Mbit/s。



以太网交换机的交换方式

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 存储转发方式
 - 把整个数据帧先缓存后再进行处理。
- 直通 (cut-through) 方式
 - 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。
 - 缺点是不检查差错就直接将帧转发出去，因此有可能也将一些无效帧转发给其他的站。

在某些情况下，仍需要采用基于软件的存储转发方式进行交换，例如，当需要进行线路速率匹配、协议转换或差错检测时。



交换表自学习功能

3.5 CSMA/CD协议

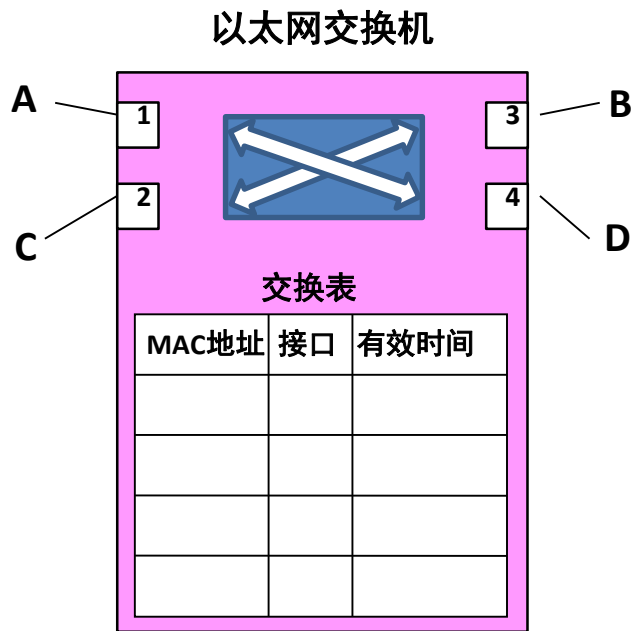
3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

1. 开始时，交换表是空的





交换表自学习功能

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

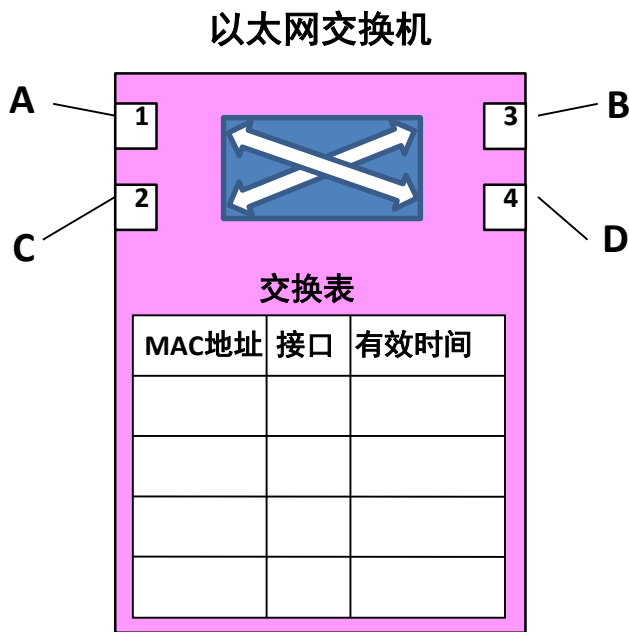
3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

1. 开始时，交换表是空的

2. A向B发送一个MAC帧

➤ 广播、登记





交换表自学习功能

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

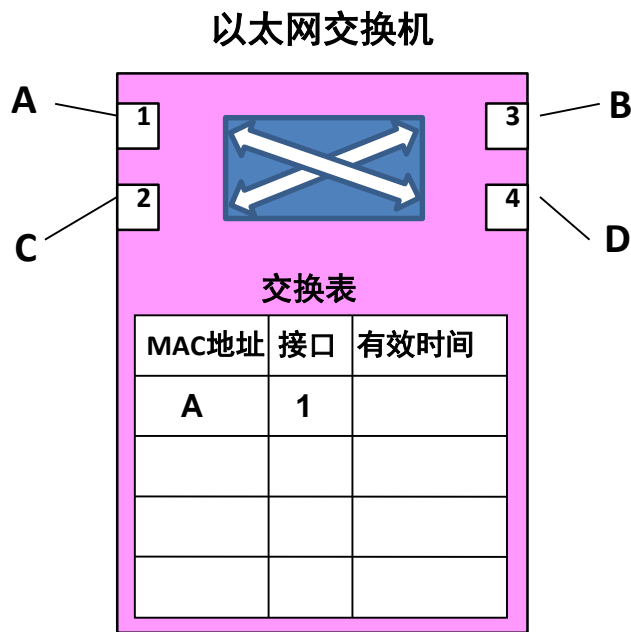
3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

1. 开始时，交换表是空的

2. A向B发送一个MAC帧

➤ 广播、登记





交换表自学习功能

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

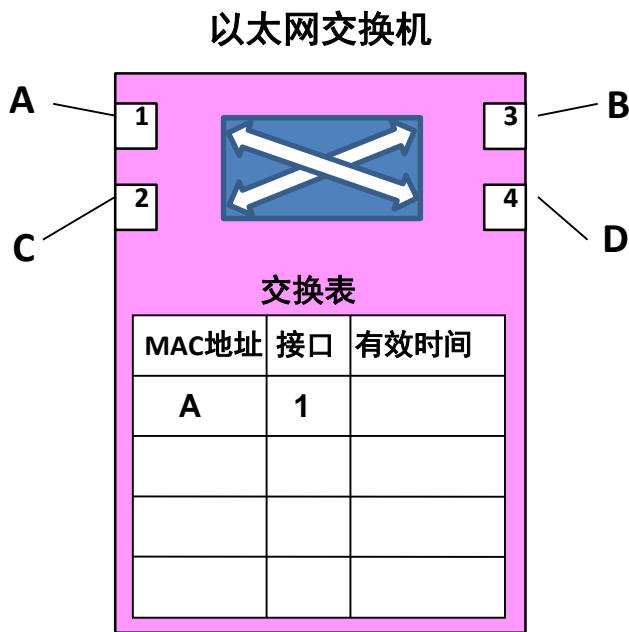
1. 开始时，交换表是空的

2. A向B发送一个MAC帧

➤ 广播、登记

3. B向A发送一个MAC帧

➤ 转发、登记





交换表自学习功能

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

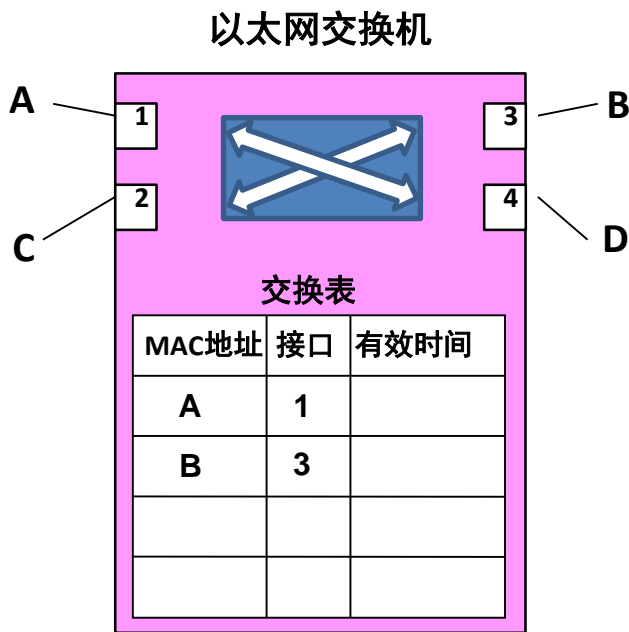
1. 开始时，交换表是空的

2. A向B发送一个MAC帧

➤ 广播、登记

3. B向A发送一个MAC帧

➤ 转发、登记





交换表自学习功能

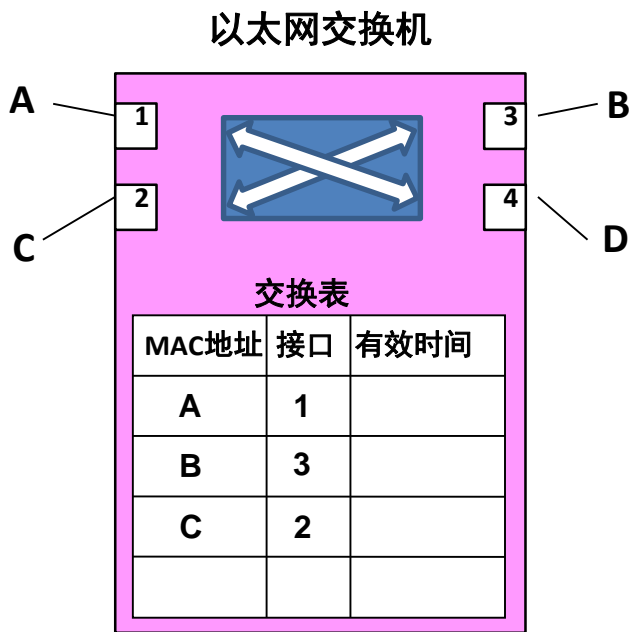
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



1. 开始时，交换表是空的

2. A向B发送一个MAC帧

➤ 广播、登记

3. B向A发送一个MAC帧

➤ 转发、登记

4. C向A发送一个MAC帧

➤ 转发、登记



交换表自学习功能

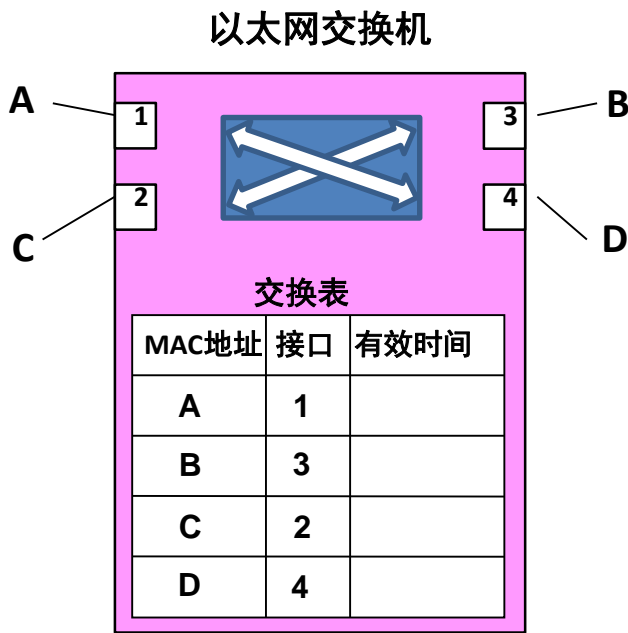
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



1. 开始时，交换表是空的

2. A向B发送一个MAC帧

➤ 广播、登记

3. B向A发送一个MAC帧

➤ 转发、登记

4. C向A发送一个MAC帧

➤ 转发、登记

5. D向B发送一个MAC帧

➤ 转发、登记



交换表自学习功能

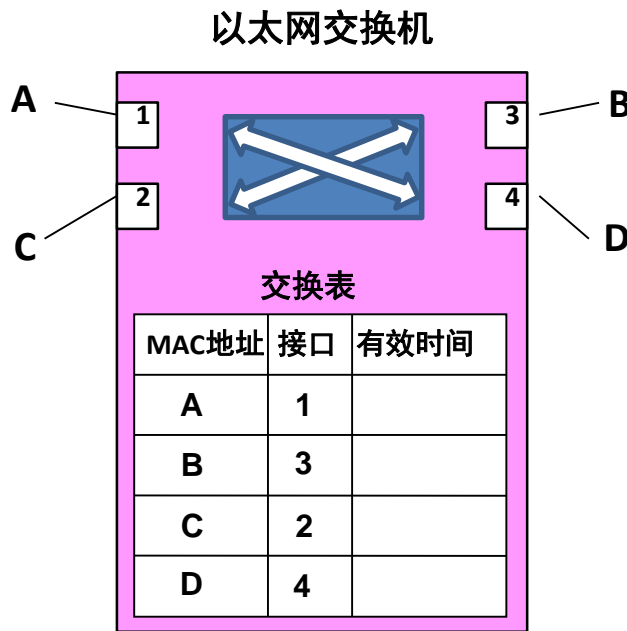
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



1. 开始时, 交换表是空的
2. A向B发送一个MAC帧
 - 广播、登记
3. B向A发送一个MAC帧
 - 转发、登记
4. C向A发送一个MAC帧
 - 转发、登记
5. D向B发送一个MAC帧
 - 转发、登记
6. D向A发送一个MAC帧
 - 转发



自学习和转发帧的步骤归纳

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 交换机收到一帧后先进行**自学习**。查找交换表中与收到帧的**源地址有无相匹配**的项目。
 - 如没有，就在交换表中增加一个项目（也即登记，记录源地址、进入的接口和有效时间）。
 - 如有，则把原有的项目进行更新（进入的接口或有效时间）。
- **转发帧**。查找交换表中与收到帧的**目的地址有无相匹配**的项目。
 - 如没有，则向所有其他接口（进入的接口除外）转发，也即广播。
 - 如有，则按交换表中给出的接口进行转发。
 - 若交换表中给出的接口就是该帧进入交换机的接口，则应丢弃这个帧。



计算机网络与通信技术

知识点：虚拟局域网

北京交通大学 刘彪



虚拟局域网

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- 利用以太网交换机可以很方便地实现虚拟局域网 VLAN (Virtual LAN)。
- IEEE802.1Q标准中对虚拟局域网的定义：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 VLAN 的帧都有一个明确的标识符，指明发送这个帧的计算机是属于哪一个 VLAN。
- 虚拟局域网其实只是局域网给用户提供服务，而并不是一种新型局域网。
- 由于虚拟局域网是用户和网络资源的逻辑组合，因此可按照需要将有关设备和资源非常方便地重新组合，使用户从不同的服务器或数据库中存取所需的资源。



虚拟局域网

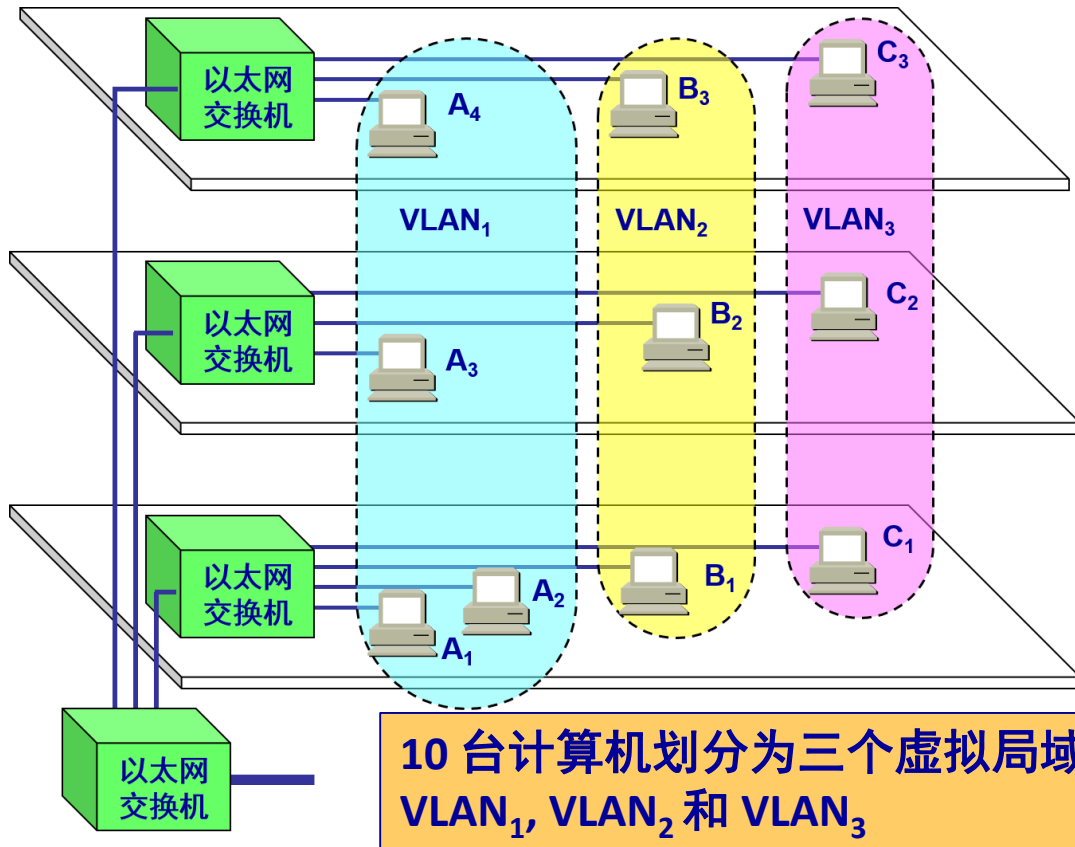
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网





虚拟局域网

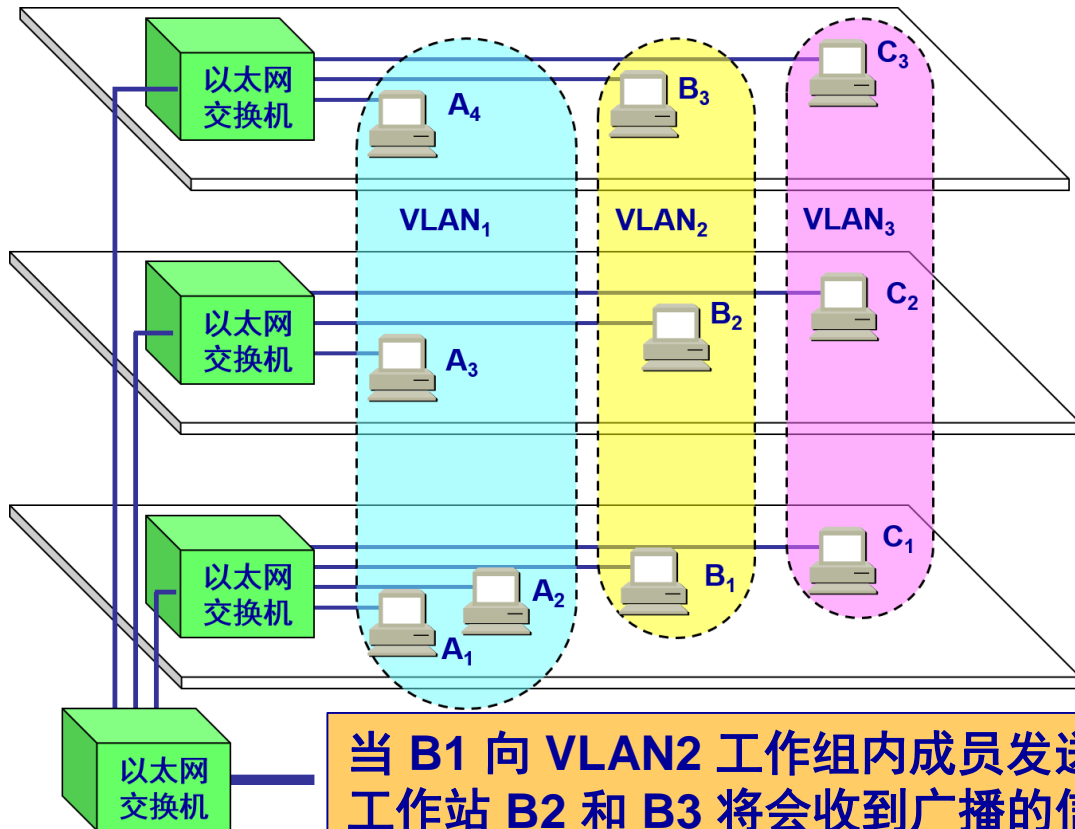
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



当 B1 向 VLAN2 工作组内成员发送数据时，工作站 B2 和 B3 将会收到广播的信息。



虚拟局域网

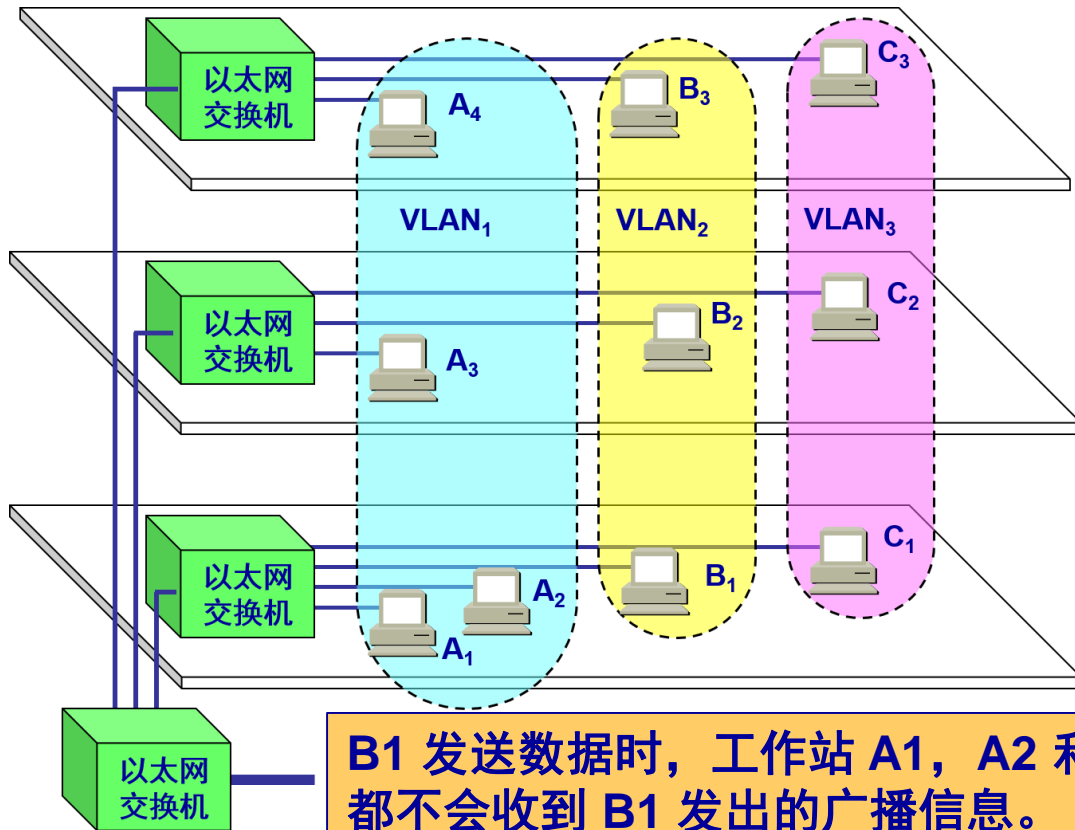
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网





虚拟局域网

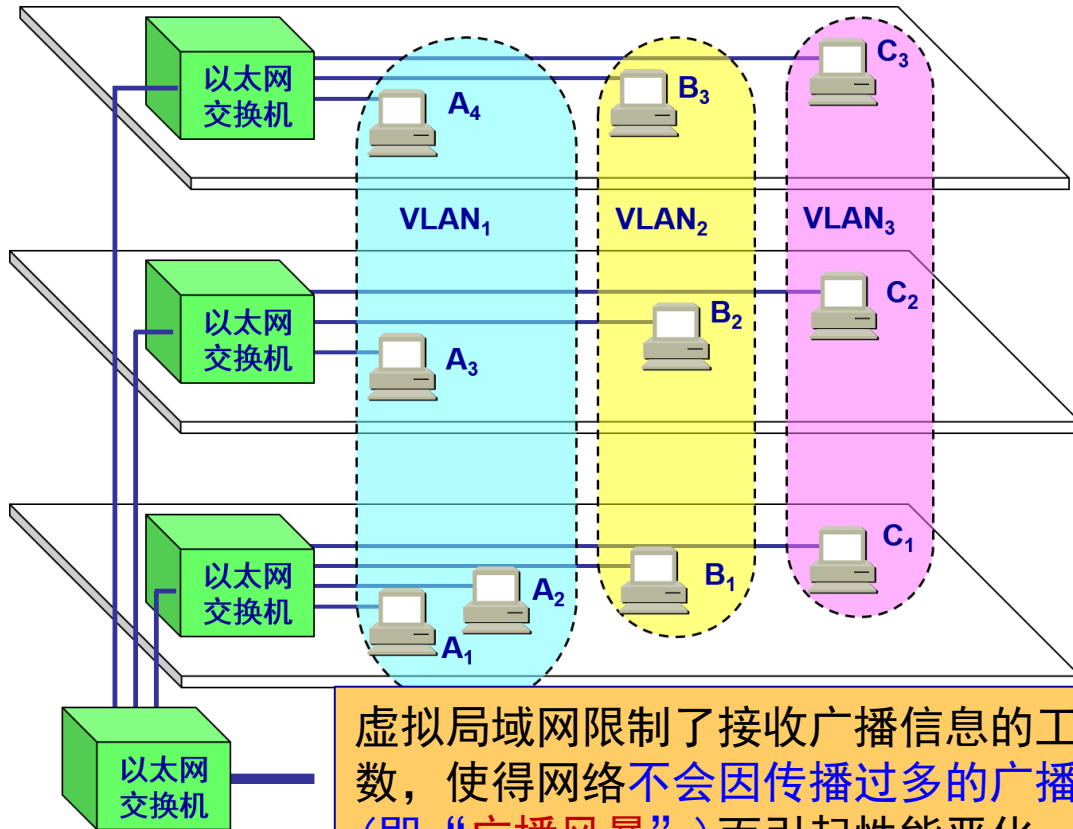
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



虚拟局域网限制了接收广播信息的工作站数，使得网络不会因传播过多的广播信息（即“广播风暴”）而引起性能恶化。



虚拟局域网的以太网帧格式

3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网

- IEEE 批准了 802.3ac 标准，该标准定义了以太网的帧格式的扩展，以支持虚拟局域网。
- 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** (tag)，用来指明发送该帧的计算机属于哪一个虚拟局域网。
- 插入 VLAN 标记得出的帧称为 **802.1Q 帧** 或 **带标记的以太网帧**。



虚拟局域网的以太网帧格式

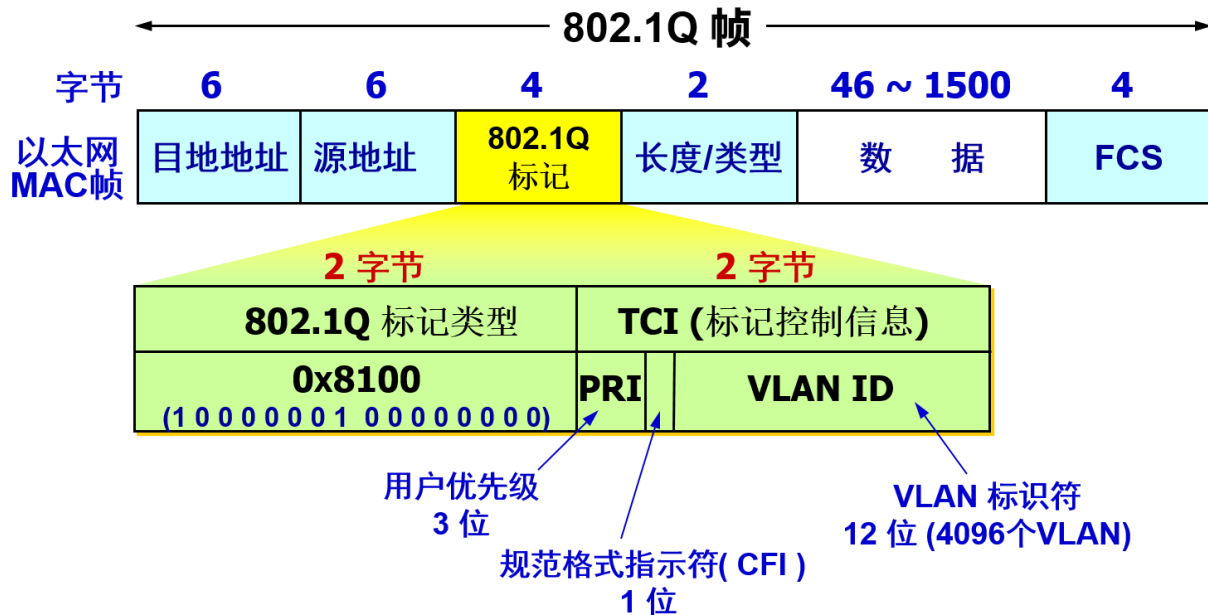
3.5 CSMA/CD协议

3.6 使用集线器的星形拓扑

3.7 以太网的MAC层

3.8 以太网的扩展

3.9 虚拟局域网



插入 VLAN 标记后变成了 802.1Q 帧

以太网 MAC 帧的最大帧长从原来的 1518 字节变为 1522 字节。



小结

重点掌握内容：

- ✓ 三个基本问题（差错控制*）
- ✓ PPP 协议的透明传输
- ✓ CSMA/CD 协议
- ✓ 几个参数：争用期、最小有效帧长、帧间最小间隔
- ✓ 以太网的 MAC 层
- ✓ 交换机工作原理

作业：

3-4、7、8、9、10、20、28、32