

第15章

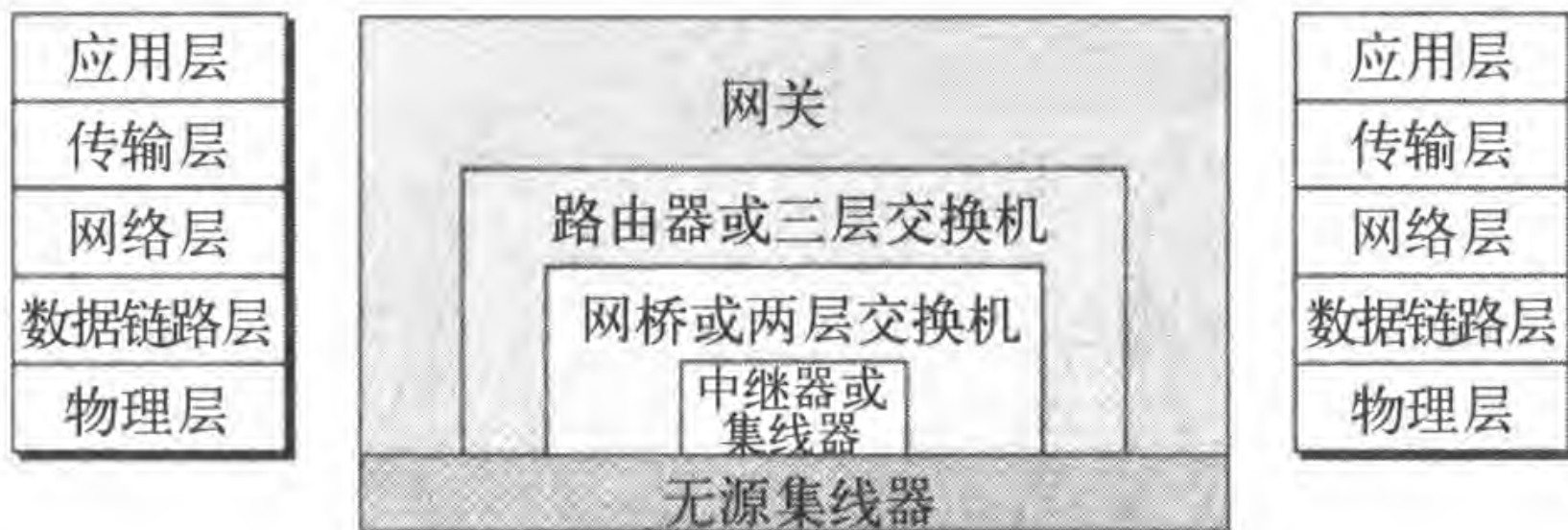
连接局域网、主干网和虚拟局域网

15-1 连接设备

p 根据连接设备在网络中工作的层次，将连接设备分为五类：

- Ø 工作在物理层以下的设备，如无源集线器；
 - Ø 工作在物理层的设备：中继器或有源集线器；
 - Ø 工作在物理层和数据链路层的设备：网桥或两层交换机；
 - Ø 工作在物理层、数据链路层和网络层的设备：路由器或三层交换机；
 - Ø 工作在所有五层的设备：网关（通常称为应用网关）
- 注意：当问某个设备工作在哪一个层次时，通常指的是它工作的最高层次。

图15.1 五类连接设备

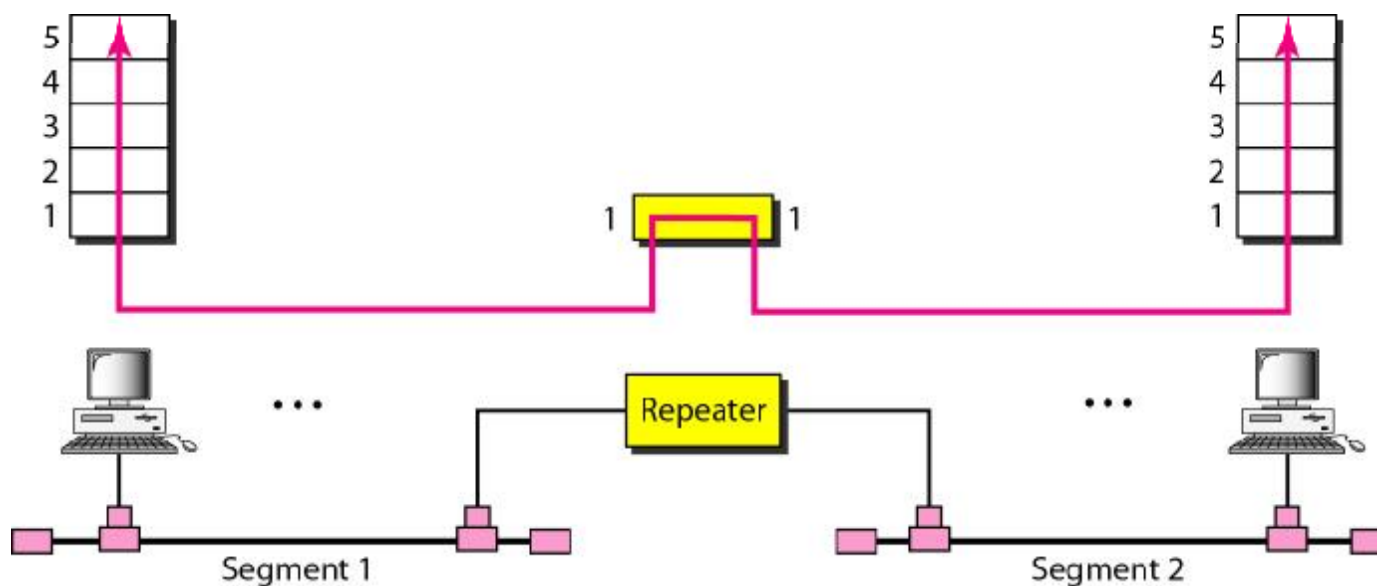


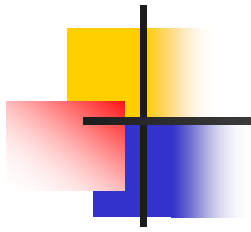
无源集线器

p只是个连接器，连接来自不同分支的网络，是物理介质的一部分，比如分接头、BNC连接器等

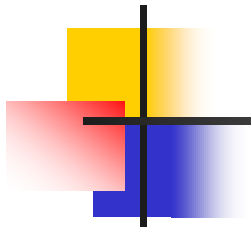
图15.2 连接两个局域网网段的中继器（repeater）

- 接收信号，在信号变得很弱或者被破坏前重新生成原始的位模式，然后发送新生成的信号；
- 能扩展局域网的物理长度；
- 并不能连接两个局域网，它连接的是同一局域网的两个分段。

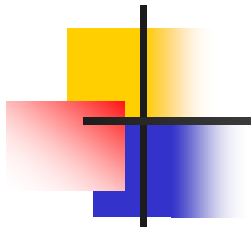




中继器连接一个局域网的各个网段（更准确的说应该是分段，segment）。



中继器转发每一帧；
它没有过滤能力。



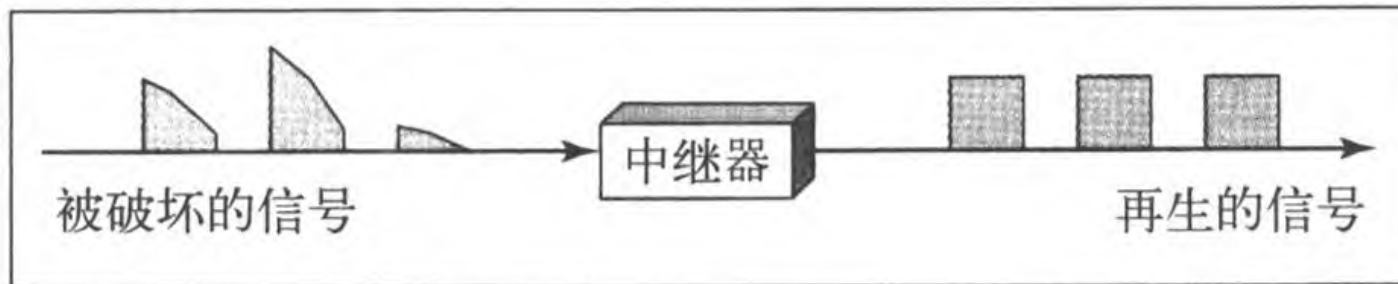
中继器是再生器（以原始信号强度生成一个拷贝），不是放大器（放大器不能区分有效信号和噪声）

图15.3 中继器的功能

p必须放置在信号的每个位被噪声改变之前能够到达的位置，否则信号无法被复原



a) 从右到左的传输

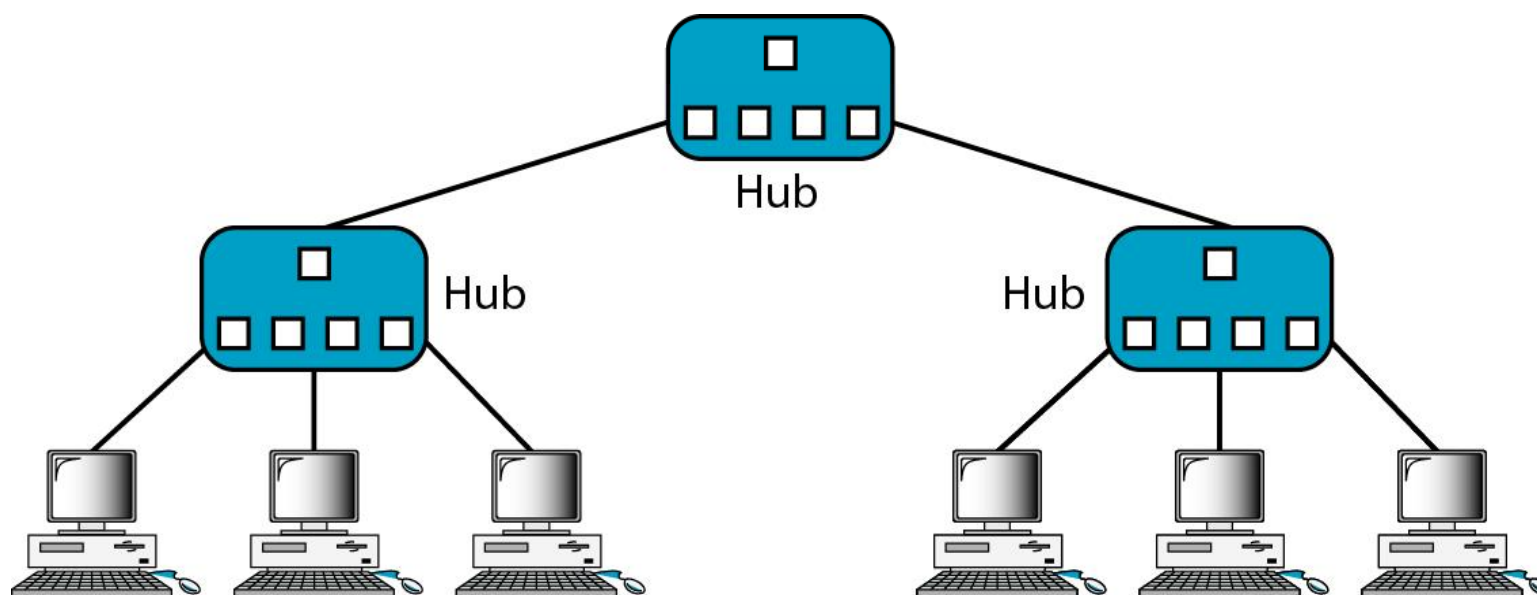


b) 从左到右的传输

有源集线器hub

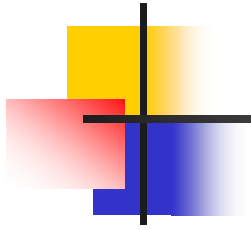
phub是一个多端口的中继器，通常用于星型拓扑结构中，在站点间建立连接；

p实际上，集线器可以级连使用，克服了10Base-T标准的距离限制（100m）



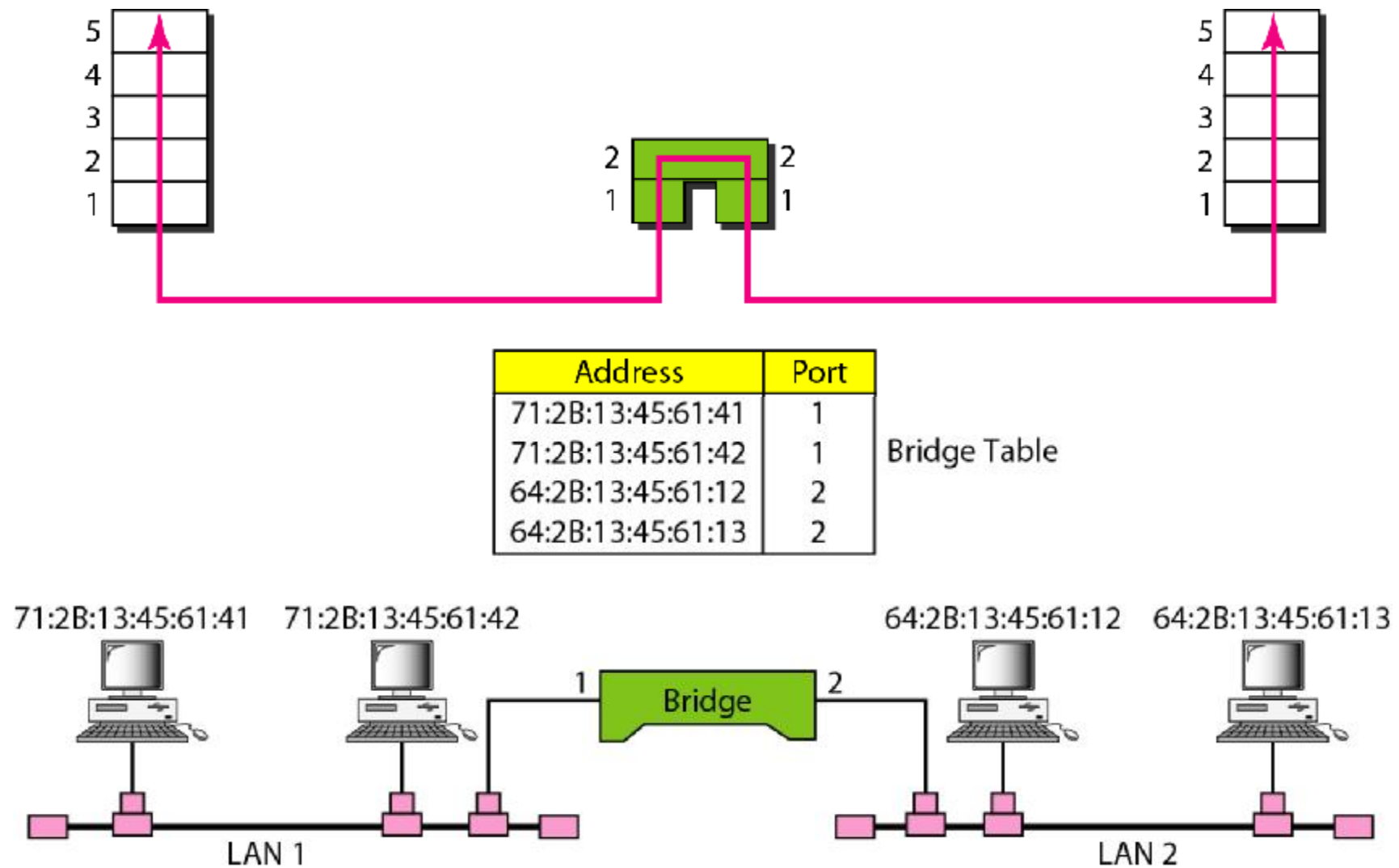
网桥（bridge）

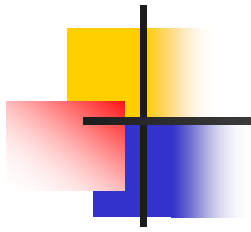
- p**网桥工作在物理层和数据链路层；用做物理层设备时，它重新生成接收到的信号；用做数据链路层设备时，检查帧所包含的物理（MAC）地址（源地址和目标地址）；
- p**网桥和中继器功能差别：网桥具有过滤能力，它检查帧的目的地址，并决定该帧是被转发或丢弃；
- p**转发帧时必须指定端口，每个网桥都有一个端口地址映射表。



网桥有一个用做过滤决策的表。

图15.5 连接两个局域网的网桥





网桥不改变帧中所包含的
物理（MAC）地址。

透明网桥

- p 一个它所连接的站点完全意识不到其存在的网桥；
- p 如果在系统中增加或移除一个透明网桥，则不需要重新配置；
- p 参考IEEE 802.1d规范，安装有透明网桥的系统必须符合以下三个标准：
 - Ø1. 帧必须能从一个站点转发到另一个站点；
 - Ø2. 通过学习网络中帧的传输，自动建立转发表；
 - Ø3. 必须避免系统内循环

学习型网桥

- p**最早网桥的转发表是静态的，需要手工输入，不灵活，无法适应改变；
- p**通常使用自动映射地址到端口的动态表，为了动态生成转发表，需要网桥从帧传输中逐渐学习；
- p**为此，网桥对源地址和目的地址都要检查，目的地址用来做转发决定（表查找），源地址用做添加表条目和更新的目的

图15.6 学习型网桥和学习过程

p从A到D：洪泛转发，学习到A；

p从E到A：转给端口1，学习到E；

p从B到C：洪泛转发，学习到B；

p.....

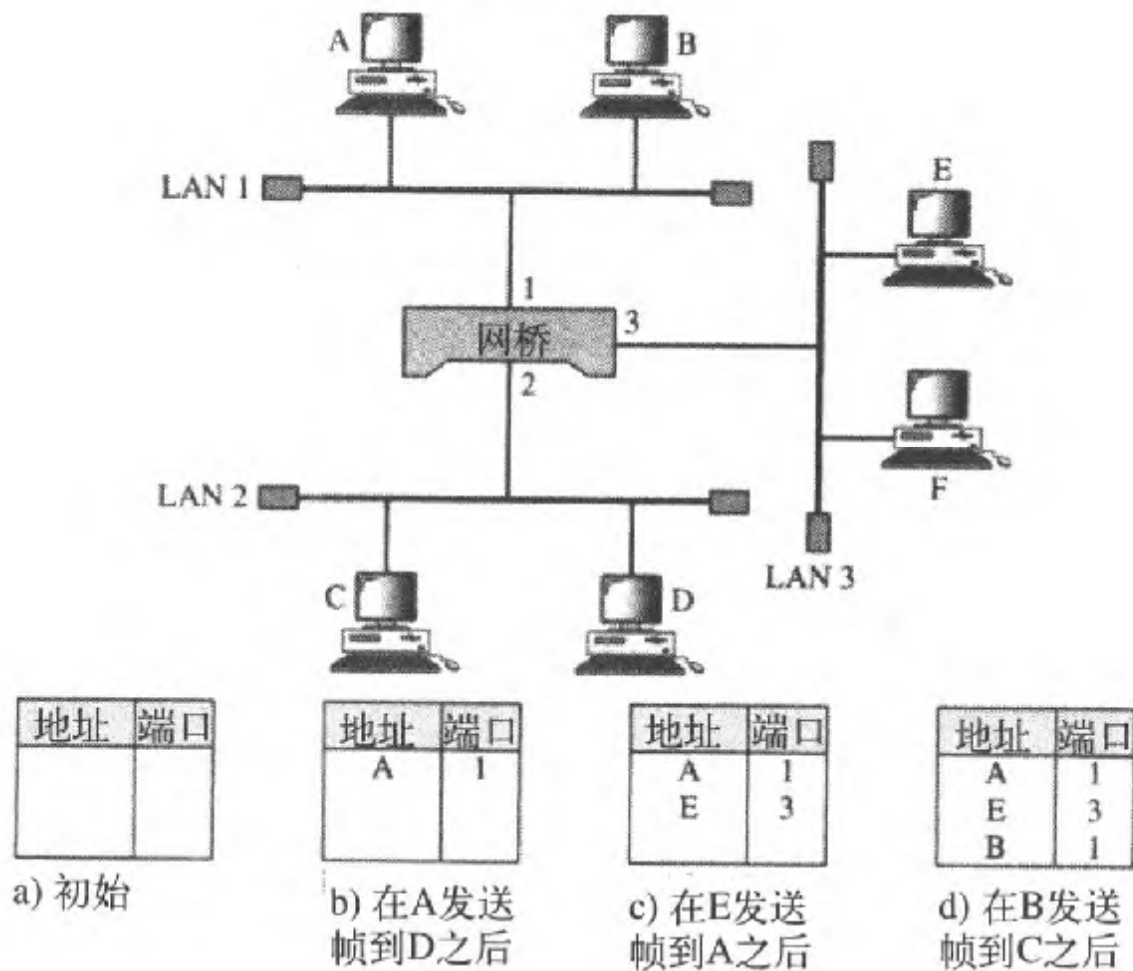


图15.7 环路（Loop）问题（无限循环，网桥没有关于D的信息，向所有端口发出，导致A对应的端口震荡）

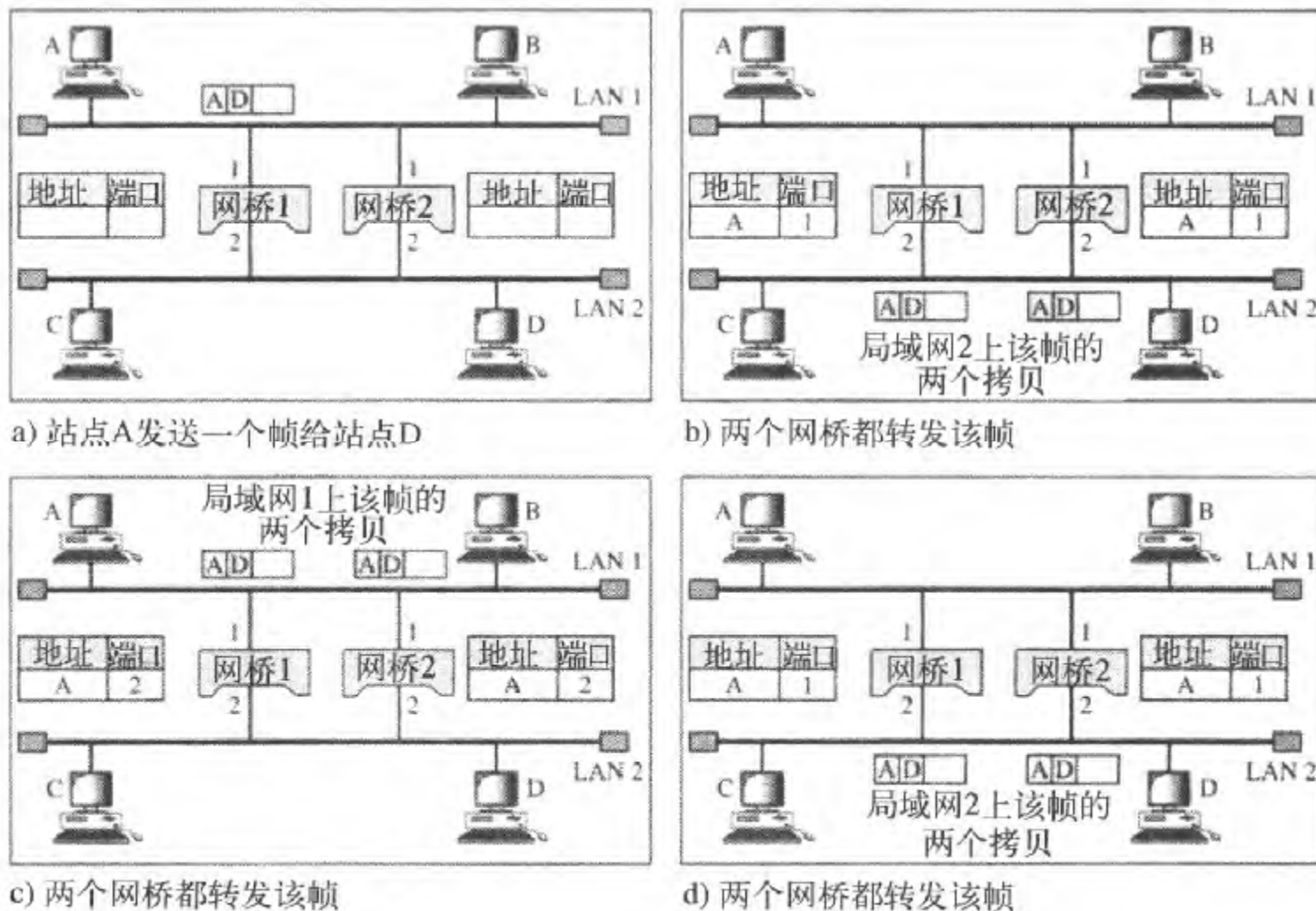
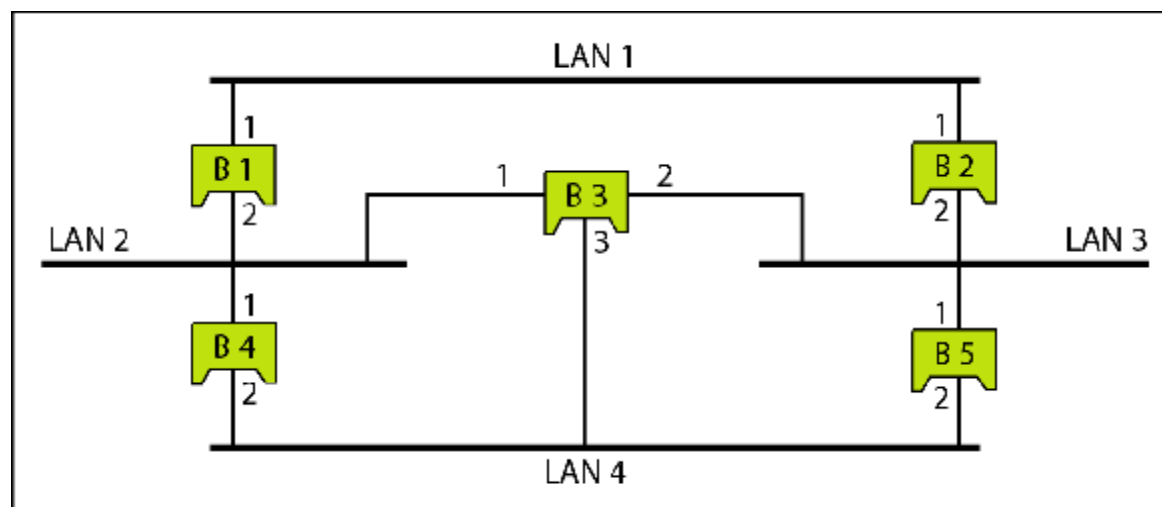


图15.8 连接多个局域网的网桥系统及其图示

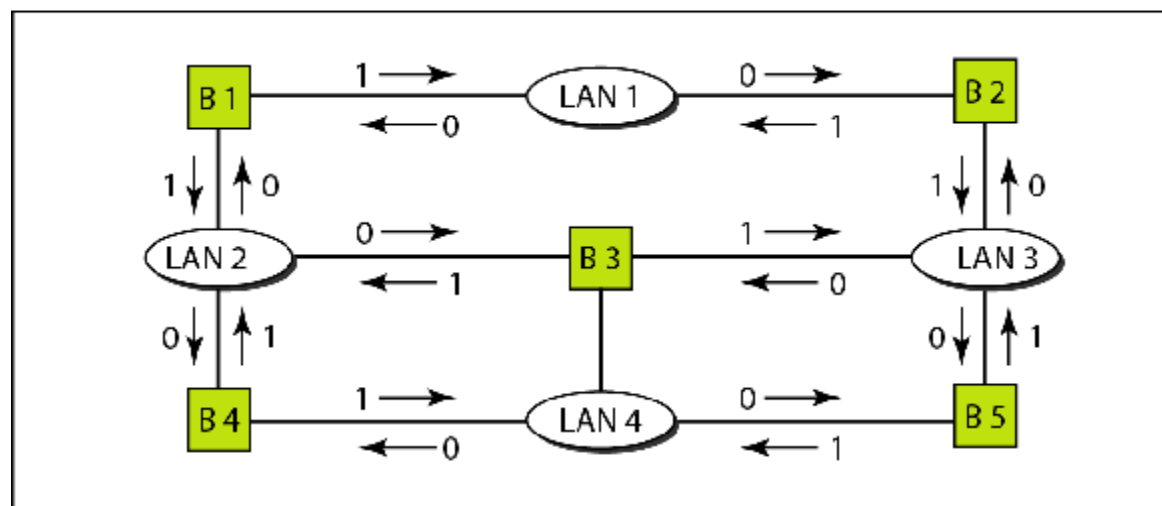
p为了解决循环问题，需要网桥使用生成树算法建立无循环拓扑结构；

p为了找出生成树，需要给连接线分配一个成本（度量）；

p可以是最小跳数（节点）的路径、最小延迟的路径、或者最大带宽的路径等。



a. Actual system



b. Graph representation with cost assigned to each arc

图15.9 找出网桥系统的最短路径和生成树

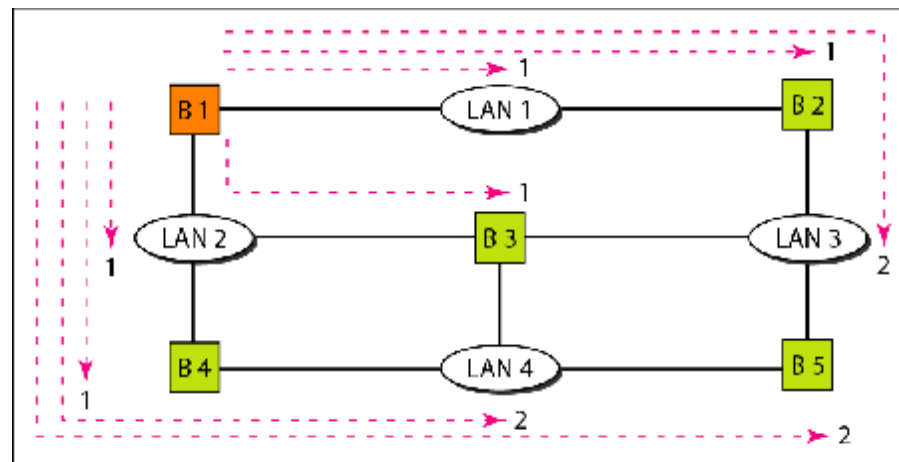
生成树（spanning tree）是一个没有循环路径的图；

找出生成树的三个步骤：

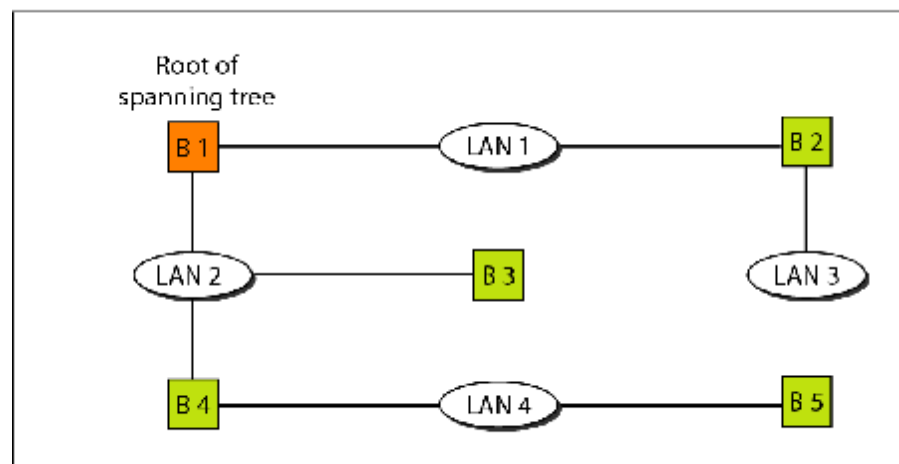
Ø1. 每个网桥有一个内置的ID，每个网桥广播它的ID，选择ID最小的网桥作为根网桥（作为树的根）；

Ø2. 这个算法尝试找出从根网桥到其他每个网桥或LAN的最短路径（最小成本的路径），可以通过检查从根网桥到目的地的整个成本来找出最短路径；

Ø3. 最短路径的组合生成了最短的树。



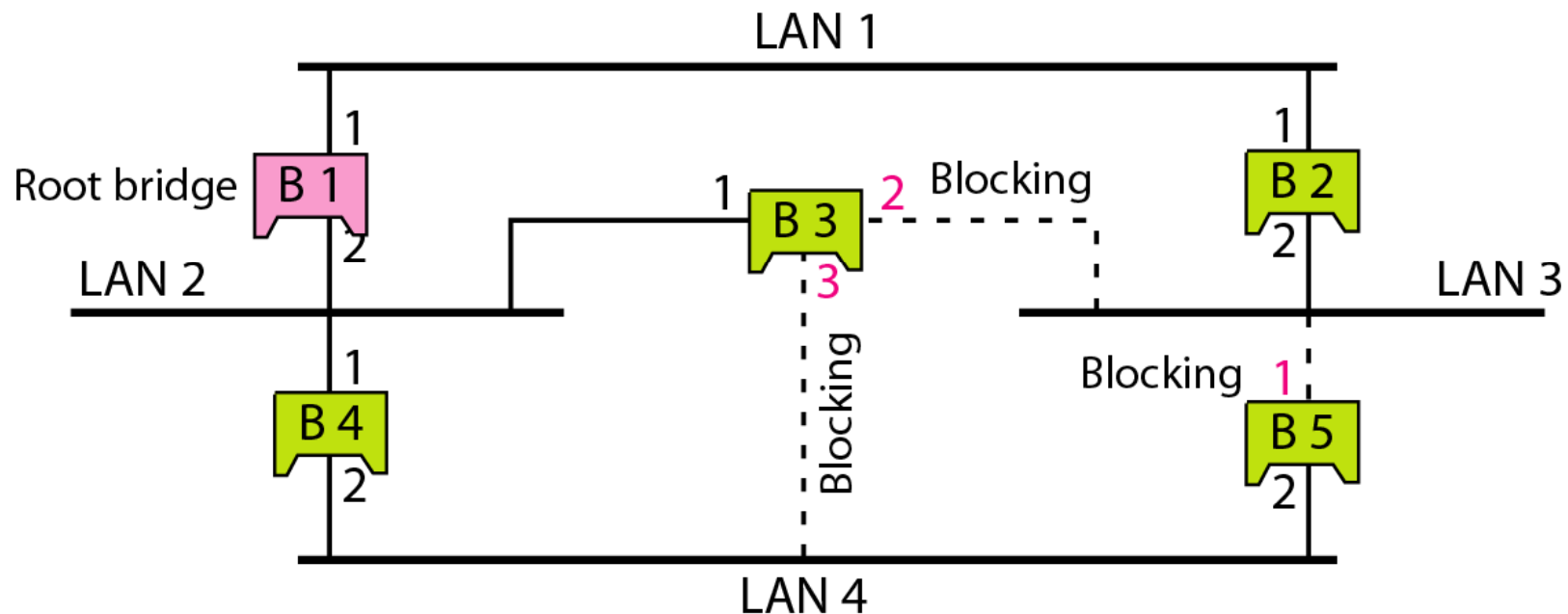
a. Shortest paths



b. Spanning tree

图15.10 使用生成树算法后的转发端口和阻塞端口

基于生成树，标记属于生成树部分的端口为转发端口，它转发网桥接收到的帧，还标记不属于生成树部分的端口为阻塞端口，它阻塞网桥接收到的帧。



Ports 2 and 3 of bridge B3 are blocking ports (no frame is sent out of these ports).
Port 1 of bridge B5 is also a blocking port (no frame is sent out of this port).

源路由网桥

- p 另一个在有冗余网桥的系统中防止循环的方法是使用源路由网桥（**source routing bridge**）；
- p 在源路由算曲中，发送站点指定帧必须经过的网桥，这些网桥的地址包含在帧中；
- p 换句话说，帧中不仅包含了源地址和目的地址，还包含了所有要经过的网桥地址；
- p 在发送数据帧之前，源站点通过和目的站点交换特定的帧来得到这些网桥地址；
- p 源路由网桥是IEEE设计用于令牌环局域网的，现在这些局域网并不普及。

用网桥连接不同的局域网

p 理论上，网桥在数据链路层应该能够连接使用不同协议的局域网，如以太网局域网连接到无线局域网；

p 然而，有很多问题需要考虑：

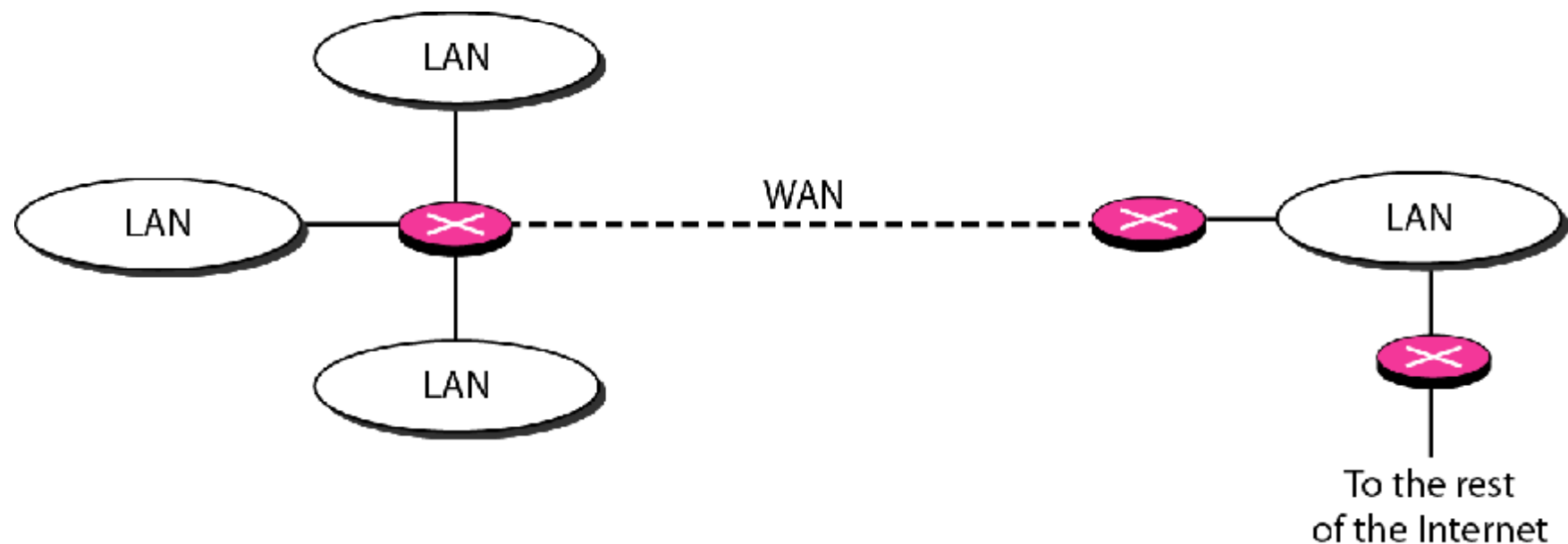
- Ø 帧格式；
- Ø 最大数据长度；
- Ø 数据速率；
- Ø 位顺序；
- Ø 安全；
- Ø 多媒体支持等

两层交换机

- p 注意：两层交换机工作在物理层和数据链路层，而三层交换机工作在网络层，它是路由器的一种；
- p 两层交换机是一个有许多端口并且有更好（更快）性能的网桥，给每个站点分配唯一的端口，每个站点都作为独立的实体，这意味着没有冲突；
- p 两层交换机像网桥一样，基于接收到帧的MAC地址做出过滤决策；
- p 两层交换机更加复杂，它有缓存区来保存帧进行处理，有交换组件使得更快地转发帧

图15.11 连接独立LAN和WAN的路由器

- ❑ 路由器（router）是三层设备，它基于分组的逻辑地址（主机到主机寻址）路由分组；
 - ❑ 路由器通常连接LAN和**因特网**中的WAN，它有一张路由表用来决策路由；
 - ❑ 路由表通常是动态的，使用路由协议更新。
- Q：如何查看本机的路由表？**



三层交换机

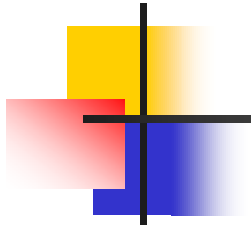
- 三层交换机是路由设备，但更快更复杂；
- 它通常用硬件实现路由功能。

网关（或应用网关）

- p 有时将路由器和网关互换使用；
- p 但路由器通常指三层设备，但网关包括路由器，也包括其他层次（主要是应用层）的网关（比如应用代理网关）；
- p 网关通常是工作在因特网全部五层或者OSI模型中全部七层的设备；
- p 应用网关可以过滤不需要的应用层消息。

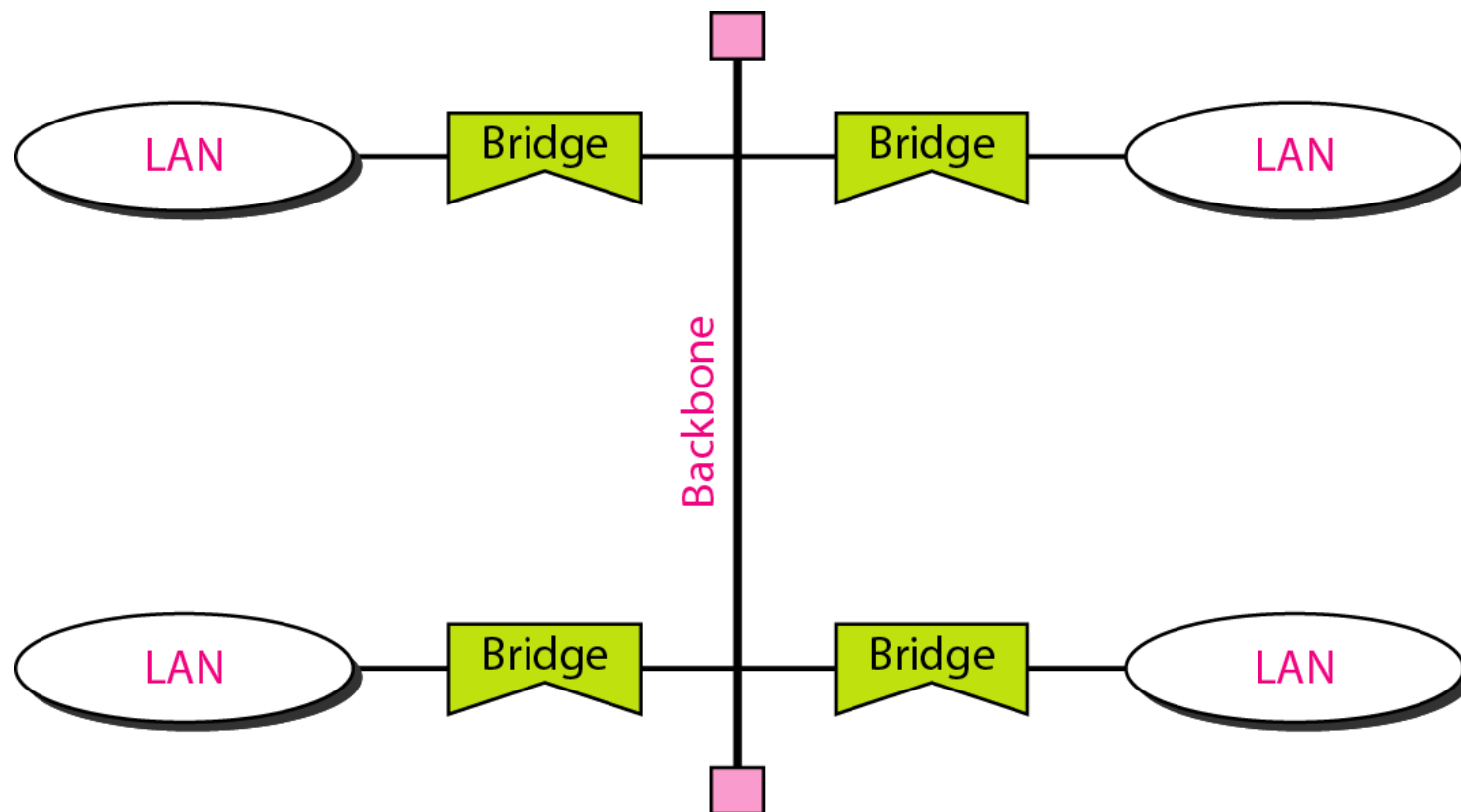
15-2 主干网

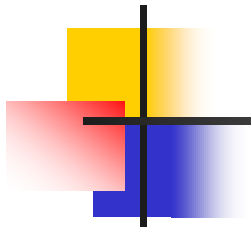
- p 主干网允许连接多个局域网；
- p 在主干网中，站点不直接连接到主干上；
- p 站点是局域网的一部分，由主干来连接这些局域网



在总线型主干网中，
主干网的拓扑结构是总线型。

图15.12 总线型主干网





在星型主干网中，拓扑结构是星型；
主干网仅是一台交换机。

图15.13 星型主干网

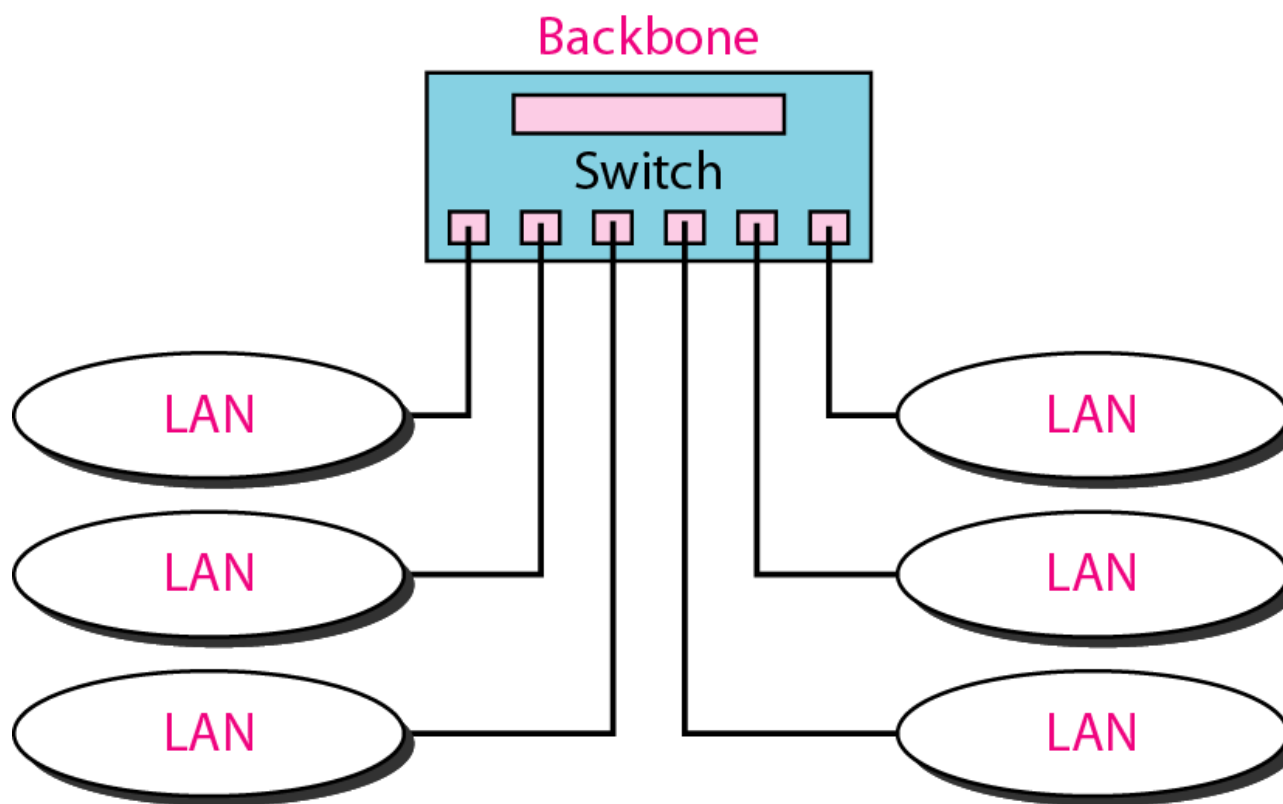
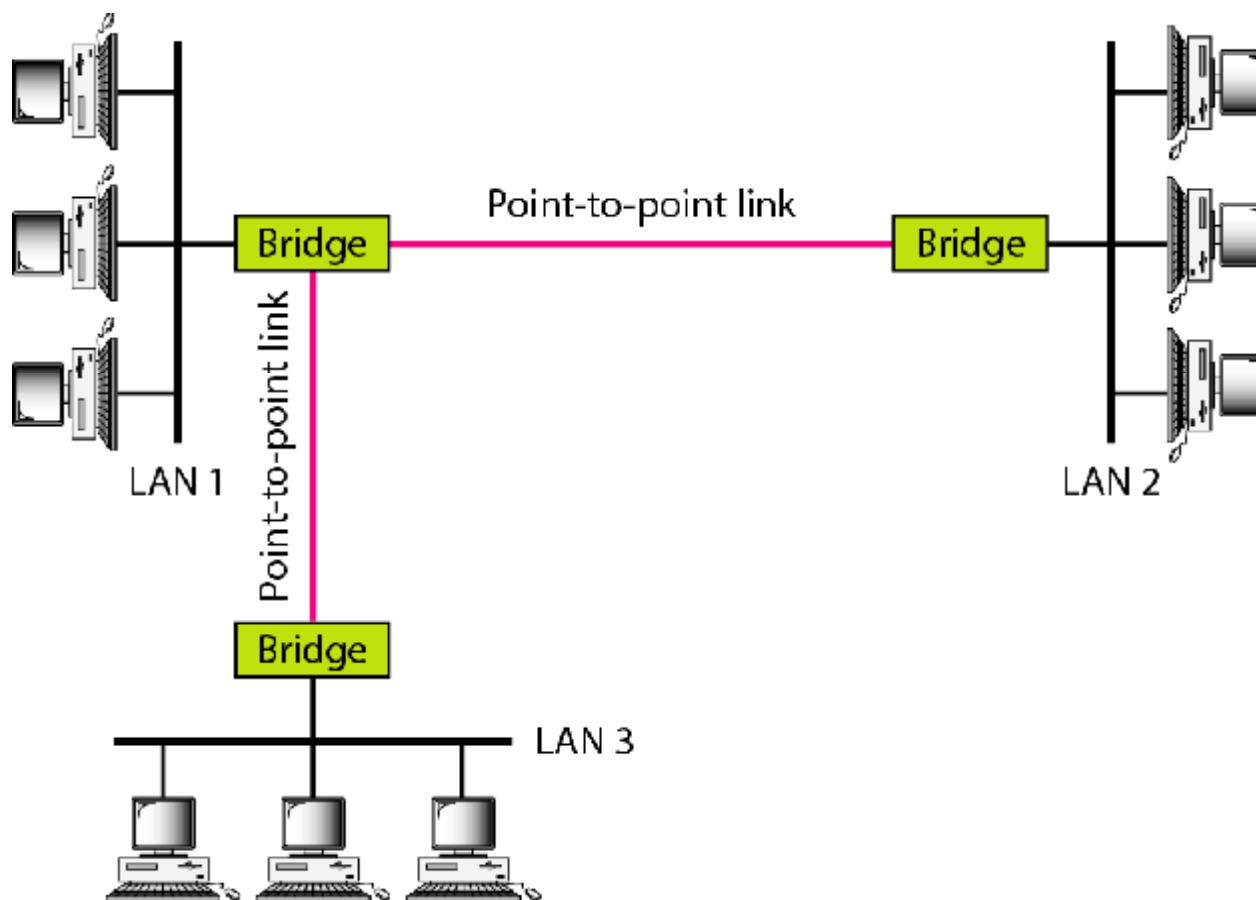
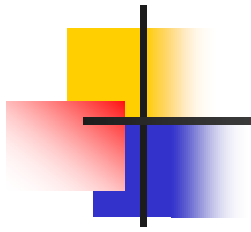


图15.14 连接远程LAN（用远程网桥连接）





在用远程网桥连接的远程主干网中，点对点链路被认为是一个局域网。

15-3 虚拟局域网

- VLAN技术的全部思想是将LAN划分成逻辑的、而不是物理的网段；
- 一个LAN可以划分成称为VLAN的多个逻辑LAN，每个VLAN是组织的一个工作组，如果某人从一个组移动到另一个组，就没有必要改变物理配置；
- 在VLAN中，组的成员是由软件而不是硬件来定义的，任何站点都可以逻辑地移动到另一个VLAN中；
- VLAN的所有成员都可以接收发送到特定VLAN的广播信息，而无法接收到其他VLAN的广播消息（有什么好处？）

图15.15 连接三个LAN的交换机（交换式局域网中工作组的改变意味着网络配置的物理改变）

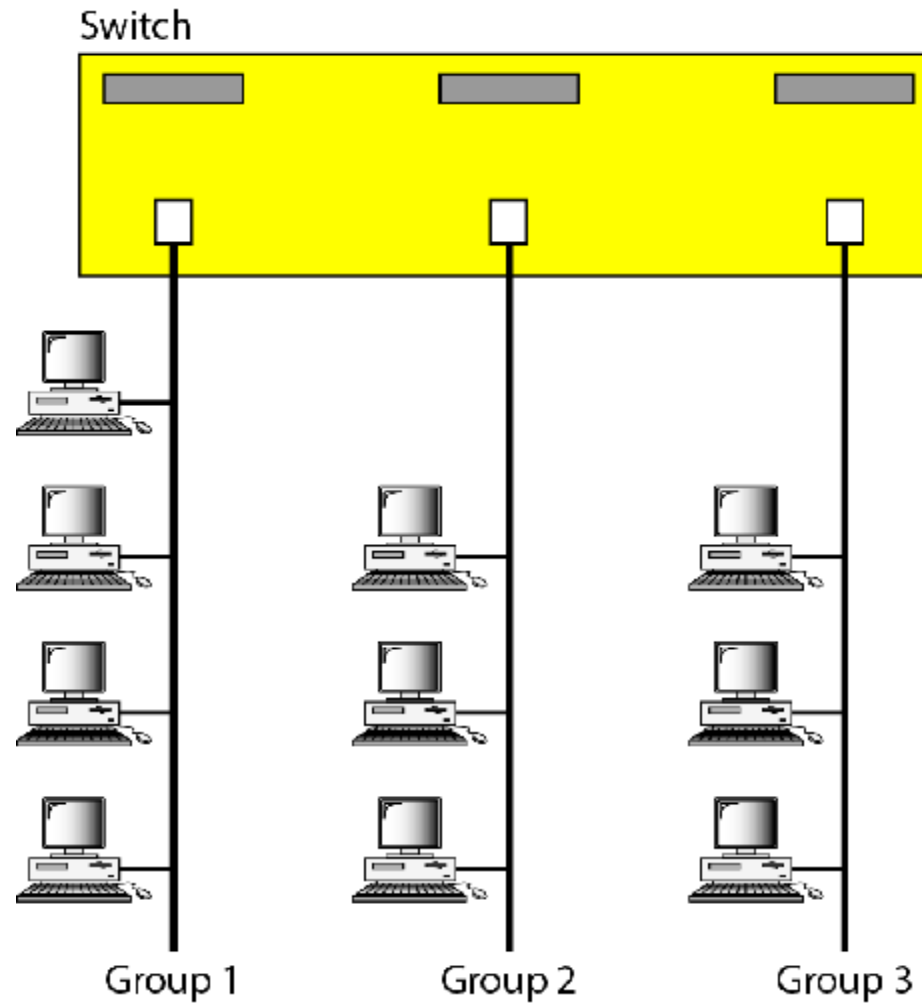


图15.16 使用VLAN软件的交换机（软件配置改变工作组）

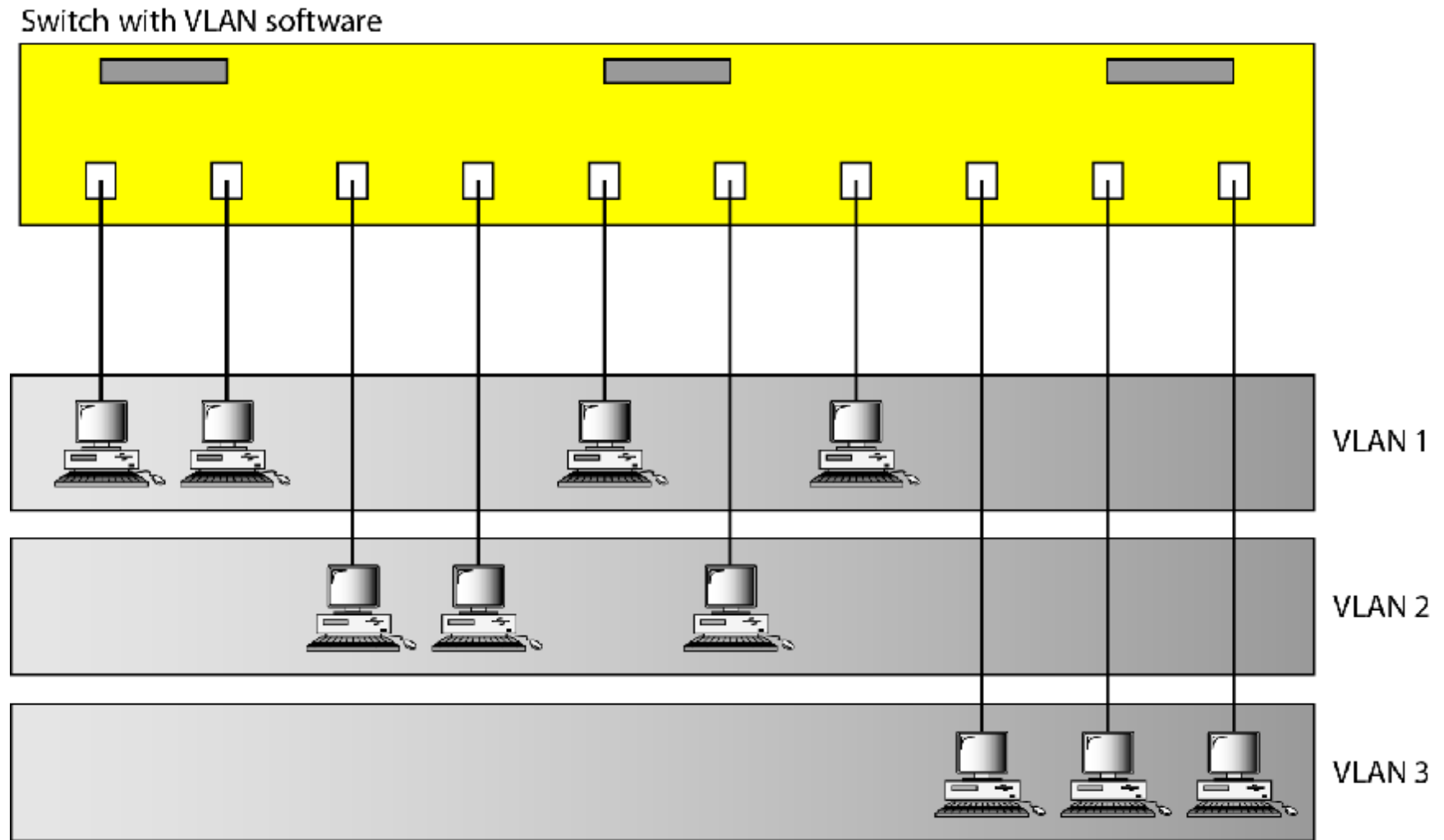
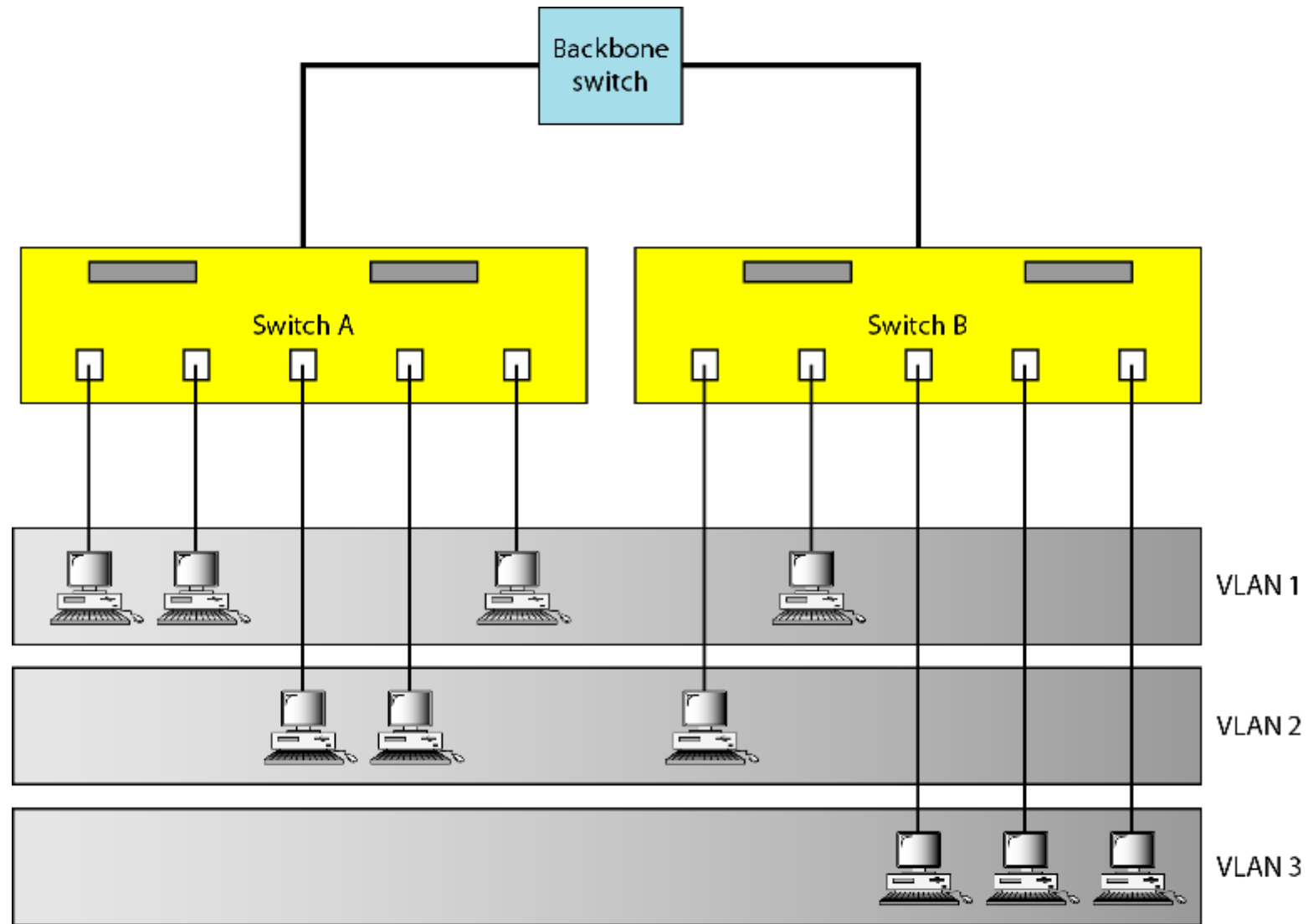
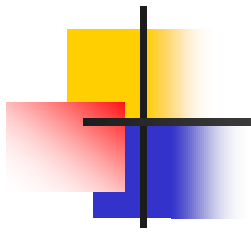


图15.17 主干网中使用VLAN软件的两个交换机（允许连接在不同交换机上的站点组成一个VLAN）





VLAN创建广播域。

成员分组

- 端口号：交换机端口，（物理）静态分配，配置简单，但不灵活；
- MAC地址：可动态添加、删除等，初始分配工作量大；
- 基于协议信息：可动态调整，灵活性好，但需要交换机查看上层信息，带来性能损耗；
- 基于策略；
- IP地址；
- 多播IP地址：多播到多播的转换；
- 联合使用

交换机间的通信

p 在多交换式主干网中，每个交换机不仅必须知道哪个站点属于哪个VLAN，而且必须知道连接在其他交换机上的站点的成员；

p 有三种方法可用：

Ø表维护： 当一个站点向它的组成员发送广播帧时，交换机将在一个表中增加一个条目，并记录站点的成员关系，交换机互相发送自己的表以定期更新；

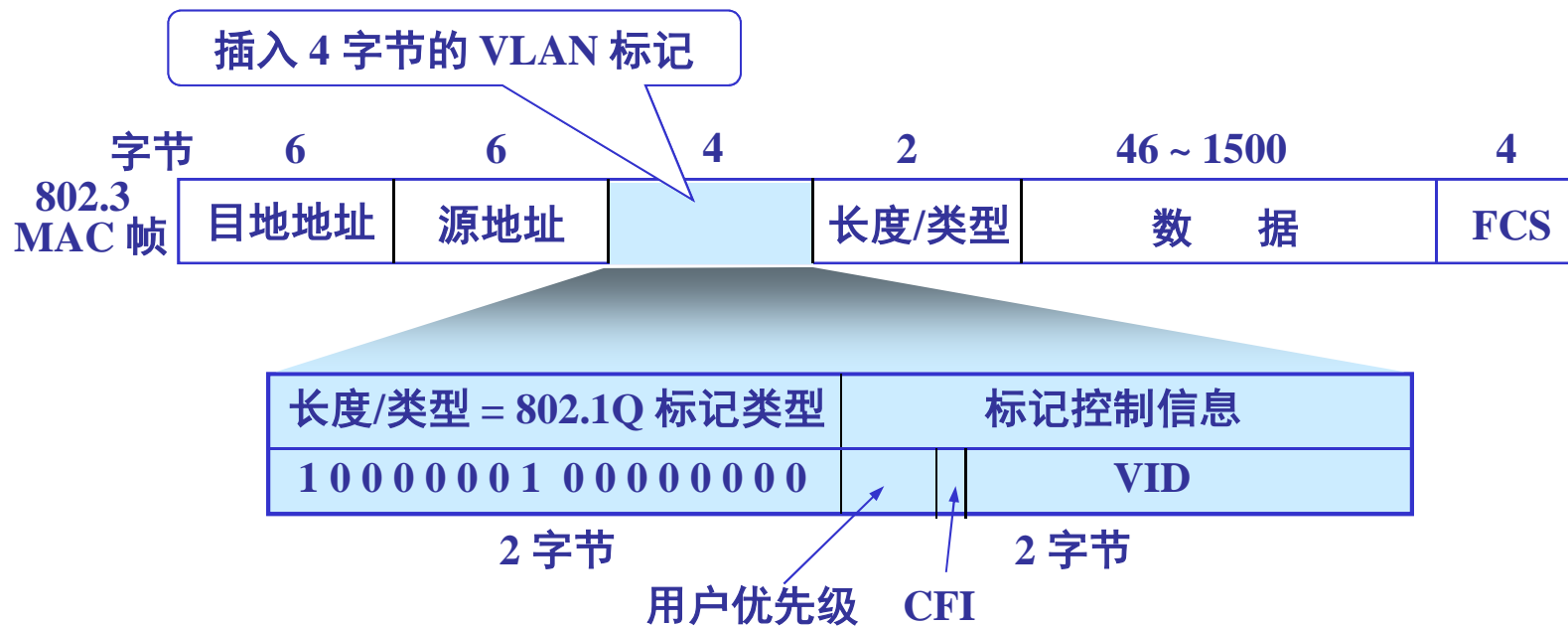
Ø帧标记： 在MAC帧上加一个额外的头部来定义目标VLAN，接收帧的交换机用帧标记来决定接收广播消息的VLAN，如IEEE 802.1Q；

Ø时分多路复用TDM： 交换机之间的连接（主干）被分成时分共享通道，每个VLAN对应一个通道。

IEEE标准

IEEE 802.1Q标准：定义了帧标记的格式，目前广泛应用；插入了4个字节的VLAN标记/标签：

- Ø **802.1Q标记类型**：2字节，0x8100；
- Ø **用户优先级**：3比特，帧的优先级别；
- Ø **规范格式指示CFI**：1比特，对以太网总是0；
- Ø **VID**：对该VLAN的标识，1~4094



VLAN优势

- p 降低费用和节省时间：配置灵活，方便增加、移动设备；
- p 建立虚拟工作组：降低了通信量；
- p 安全：提供了附加的安全措施，只有同一个工作组的人员才被授权允许发送广播报文，而其他组的人收不到这些报文；
- p 将大的局域网分成多个广播域，降低了广播占用的带宽，防止广播风暴；
- p 强迫VLAN间进行第三层路由（通常利用路由器的子接口功能实现单臂路由），加强了系统管理。