



江苏师范大学
JIANGSU NORMAL UNIVERSITY

电气工程及自动化学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING & AUTOMATION

计算机网络技术

授课教师：李灿

联系方式：57862787

lic@jsnu.edu.cn

课程网站：sslic.cn/cnet

教研室：12#-407A（轨道交通系）



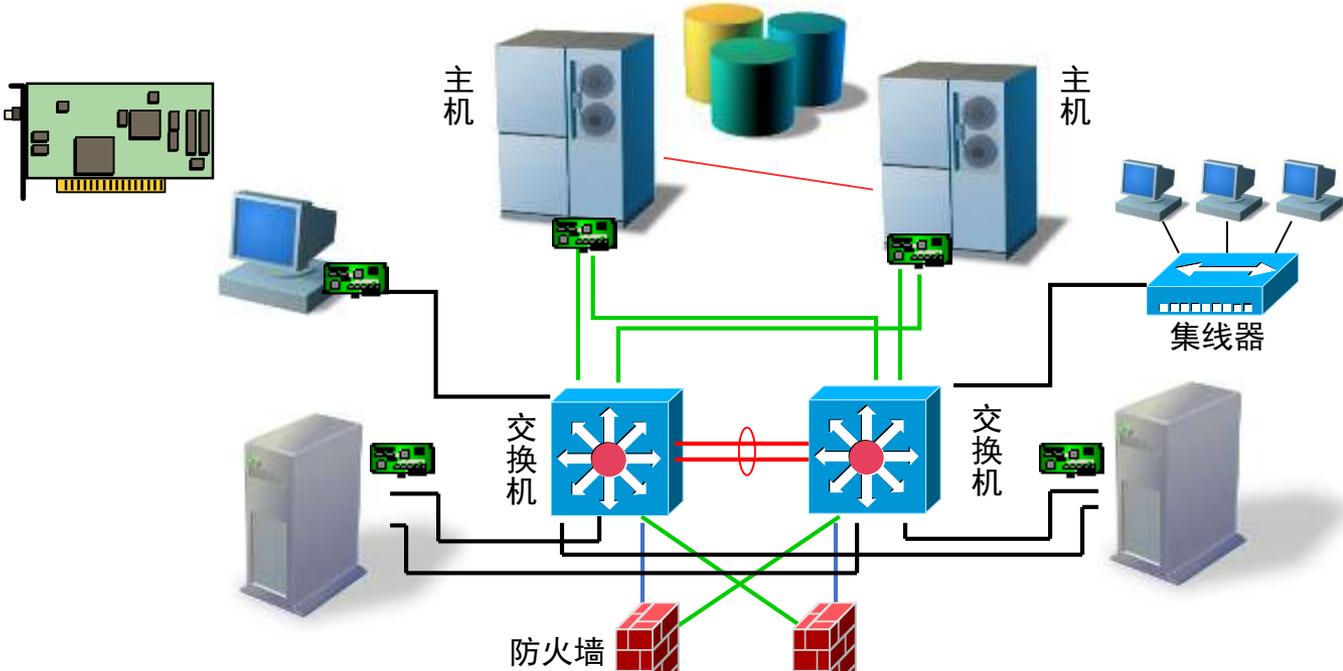
第8章 常用网络设备



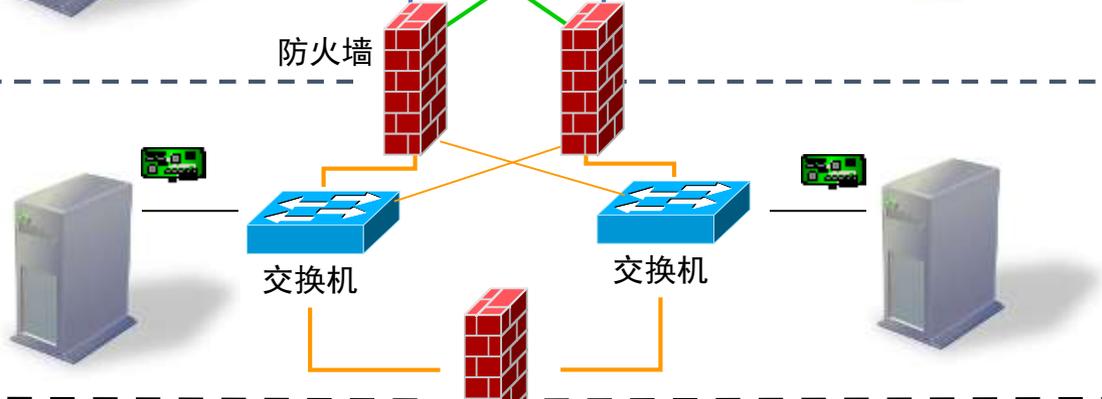
本章内容

- 网络调制解调器（Modem）
- 网络接口卡（NIC）
- 中继器与集线器
- 网桥和交换机
- 无线接入点（AP）
- 路由器（Router）
- 第三层交换机

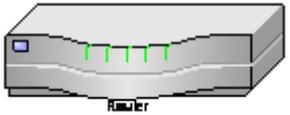
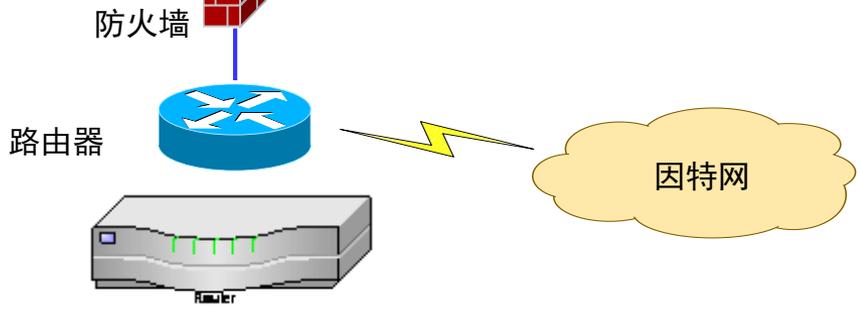
企业内部网



外部访问子网



因特网





网络设备在OSI体系中的位置

■ 网络设备的功能层次

OSI层次	地址类型	设备
传输层及以上	应用程序进程地址（端口）	网关（协议转换器）
网络层	网络地址（IP地址）	路由器（第三层交换机）
数据链路层	物理地址（MAC地址）	网桥、交换机、AP（网卡）
物理层	无	中继器、集线器（网卡）



*8.1 调制解调器

■ Modem

数字信号调制到载波上或从载波上把数字信号分离出来

• 集成了调制和解调功能的设备

■ 工作在体系结构的物理层

■ 一般是指用于电话网络的模拟调制解调器

■ 目前的调制解调器在自适应、数据压缩和网络编码调制技术等方面已非常成熟，每个话路的数据传输速率可高达56kb/s，已基本接近电话线路的最大理论速率



8.1.1 调制解调器技术

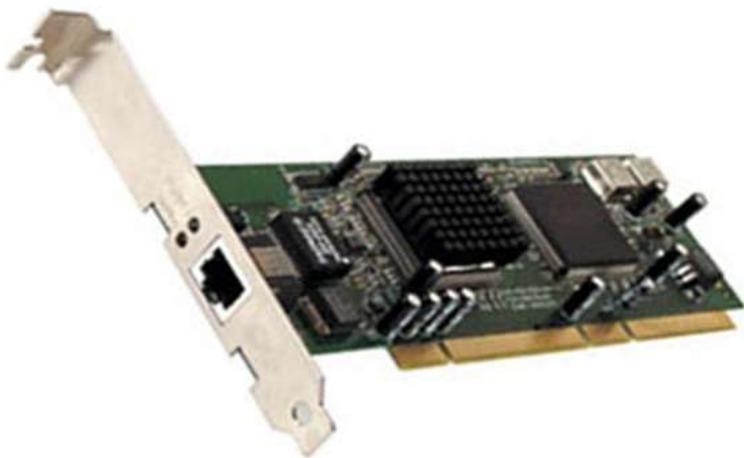
■ Modem使用三种调制技术

- 振幅调制——振幅键控（ASK）
- 频率调制——频移键控（FSK）
- 相位调制——相移键控（PSK）

■ 实际应用中，往往采用以上三种基本调制方式的组合来达到更高的调制效率

8.2 网络接口卡

- **NIC**: 连接主机与网络的基本设备
 - 每台主机都应配置一个或多个网卡
 - 每个网卡都有一个或多个网络接口
 - 不能独立工作，必须依赖于宿主主机



- 连接不同的局域网需要使用不同的网卡



8.2.1 网络接口的技术体系类型

■ 局域网接口

- 通常是指以太网接口，可以集成，也可以单独购买

■ 无线局域网（WLAN、WiFi）接口

- 多在笔记本上使用，台式机也可安装

■ 蓝牙

一种低功耗的近距离无线通信技术，其目的是取代现有设备上的有线电缆连接，**特点：**

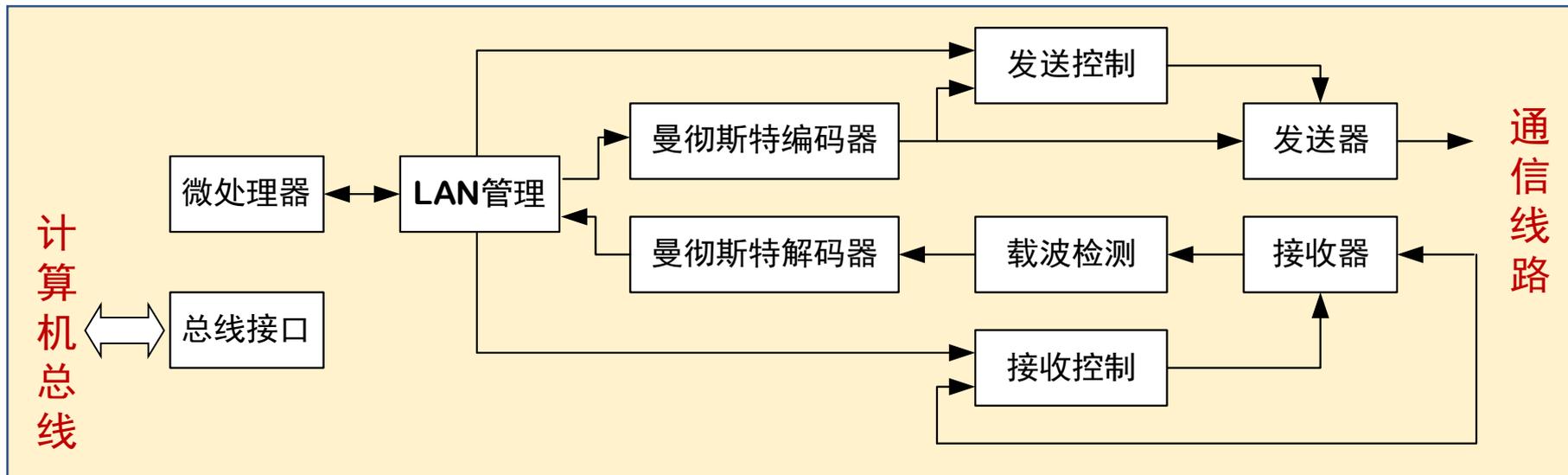
- 功耗低、辐射小、成本低廉、易于实现
- 便携式设备内置蓝牙接口
- 支持点对点和一点对多点的通信，可用来构成个人区域网



8.2.2 网卡的功能

- **数据缓存：** 匹配主机数据处理速率与网络的传输速率
- **封装/解封装：** 加上控制字段→以帧为单位进行传输→卸下控制字段
- **介质访问控制：** CSMA/CD、Token Passing
- **串/并转换：** 将主机的并行数据转换成串行位流
- **数据编码/解码：** 转换为适合网络介质传输的信号形式
- **数据发送/接收**
- **其他功能：** 无线连接等

8.2.3 网卡的结构



- 发送/接收部件——负责信号的发送、接收
- 载波检测部件——检测介质上有否信号
- 发送/接收控制部件及数据缓冲区
- 编码/解码器——将数据编码转换为传输信号或反之
- LAN管理部件
- 主机总线接口部件



8.2.4 网卡的配置参数

- **网卡地址**：网卡的物理地址（**MAC地址**）
 - 固化在网卡硬件中（有些网卡可由用户修改）
- **配置参数**（跳线设置 / 软件设置 / **PnP**）
 - **中断请求号 IRQ**（一般为3）
 - **I/O基地址 I/O Base**（一般为300H）
 - **存储区基地址 Memory Base**（一般为0C8000H）
 - 全双工 / 半双工
 - 传输速率（仅10/100Mb/s双速网卡可选）



8.2.5 提高网卡性能的技术

1. **并行处理**：发送/接收和数据处理同步进行
2. **全双工**：需集线器/交换机的全双工支持；采用**UTP**和光纤
3. 突发传送方式（每次传送更多的帧）：**LAN**误码率很低
4. 智能网卡（让网卡承担更多的传输任务）
5. **IEEE802.1p**：**赋予数据包以优先级**（需要**OS**的支持）
6. 提高与主机的传输速度：**DMA**（**direct memory access**）
传送、**PCI**总线



8.2.6 网卡的选用

1. 协议——LAN的类型：**Ethernet**、Token Ring、ATM、FDDI
2. 传输速率——LAN的速度：**10M/100M/1G/10G**
3. 网络接口类型：**AUI/BNC**、**RJ-45**、**SC/ST/MT-RJ**
4. 总线接口类型：**ISA**、**EISA**、**PCI**、**USB**、**PCMCIA**
5. 网络技术：有线、无线
6. 应用场合：服务器、工作站、笔记本
7. 附加功能：**PnP**、智能网卡、负载平衡、防病毒、远程唤醒.....



以太网卡的类型

分类	速度	接口类型	介质
传输速度	10Mb/s	BNC、AUI、RJ-45	同轴电缆、双绞线
	100Mb/s	RJ-45	双绞线
	1Gb/s	RJ-45、ST、SC、MT-RJ	双绞线、多模/单模光纤
	10Gb/s	ST、SC、MT-RJ、LC	多模/单模光纤
总线接口	ISA、PCI、PCI-E、mini PCI、mini PCI-E PCMCIA、USB、并行接口		
技术体系	LAN、WLAN、Bluetooth、红外		
协议体系	Ethernet、Token Ring、FDDI、ATM		



8.3 中继器与集线器

8.3.1. 中继器 (Repeater)

- 工作在物理层
 - 功能：信号整形和放大，在网段之间复制比特流
 - 特点：
 - 不进行存储——信号延迟小
 - 不检查错误——会扩散错误
 - 不对信息进行任何过滤，用中继器连接的多个网段是一个冲突域
 - 可进行介质转换——使用介质转换品如UTP转换为光纤
 - 工作在物理层，不能把两种具有不同链路层协议局域网连接起来
 - 不能构成环、应遵守以太网的5-4-3规则
- 一个网段最多只能分5个子网段；一个网段最多只能有4个中继器；一个网段最多只能有3个子网段含有PC





8.3.2 集线器（HUB）

- 对网络进行**集中管理**的**最小单元**
- 多端口的中继器，工作在**物理层**
- **功能**：在网段之间复制比特流，**信号整形和放大**
- 可认为它是将总线折叠到铁盒子中的集中连接设备
- **特点**：
 - 具有与中继器同样的特点
 - 可改变网络物理拓扑形式：总线连接→**星形**连接
 - **逻辑**上仍是一个**总线型**共享介质网络
 - 绝大多数集线器都是以双绞线作为连接介质，端口类型为**RJ-45**
- **端口数**：8，12，16，24





1. 集线器类型：按结构形式划分

■ 独立式（Stand alone）

- 固定端口配置，扩充时用级连的方法



■ 堆叠式（Stackable）

- 固定配置，用堆叠方法进行扩充——堆叠连接在一起的HUB在逻辑相当于一台单独的HUB，可统一管理



■ 模块化（Module）

- 又称**机箱式**，由一台带有底板、电源的机箱和若干块多端口的接口卡（线卡）组成。可灵活按需配置，通过插入不同的插卡满足需求（如插入交换卡、路由卡、加密卡等）





1. 集线器的类型：按是否可管理划分

■ 智能HUB

- 允许用网管软件对其进行管理的集线器，它内部包含有CPU等智能控制部件
- 在需要进行网络管理的中大型网络系统中，一般都要求使用智能集线器（后面将要介绍的网络交换机也是需要是智能化的）

■ 非智能（普通）HUB

- 不能用网管软件进行管理的集线器
- 小型网络为降低成本，一般使用普通集线器



1. 集线器的类型：按速度划分

■ 传统集线器

- 传输速度为10Mb/s（10Base-T网络）

■ 快速以太网集线器

- 传输速度为100Mb/s（100Base-T网络）

■ 10/100M自适应集线器

- 传输速度自适应
 - 内部两个网段：10M和100M，集线器根据连接速度将主机连接到不同网段
 - 网段之间用交换方式连接
- 保护投资，便于升级



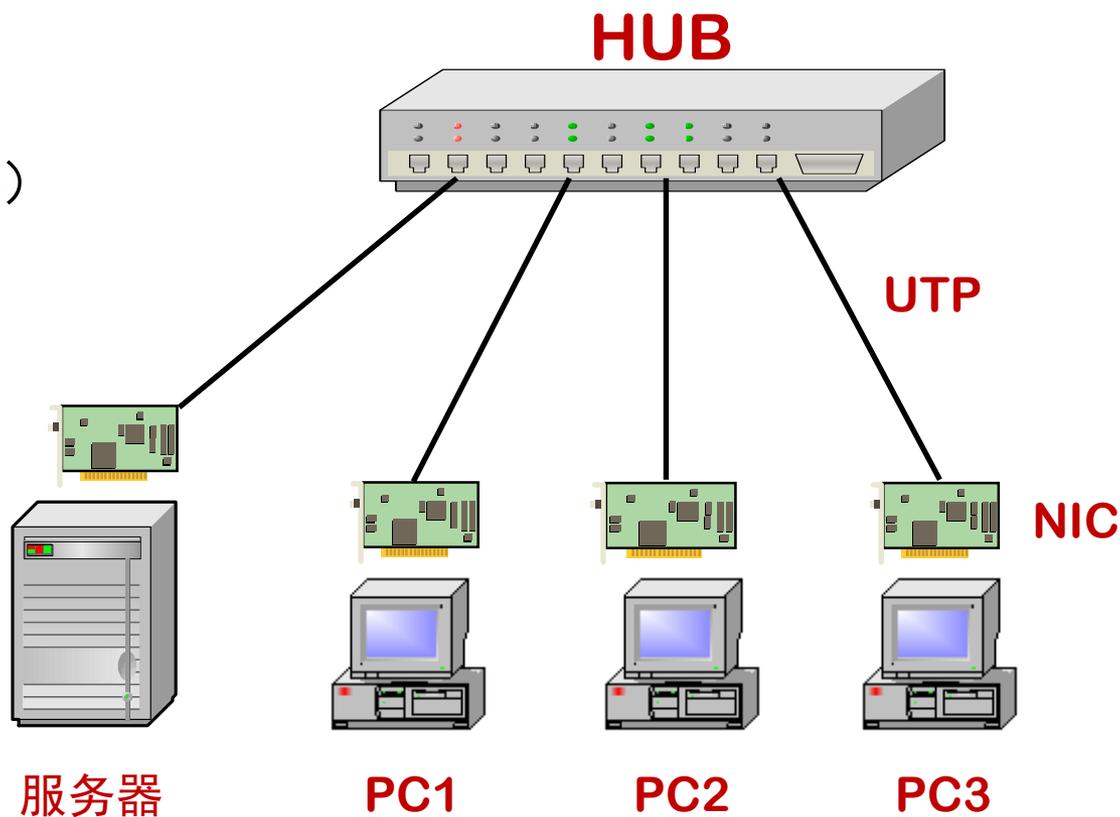
2. 用集线器构建的网络的特点

- 所有主机共享带宽
- 无法限制冲突和广播
- 适用于小型网络

3. 用集线器搭建简单的网络

■ 以1台服务器，3台PC机为例：

- 一台HUB
- 4块UTP接口的网卡
- 3台PC机
- 8个RJ45接头（水晶头）
- 若干米UTP双绞线





8.4 网桥与以太网交换机

三个基本概念

■ 广播

- 向网络上的所有设备发送数据

■ 广播域

- 网络上所有能够接收到同样广播分组的设备的集合

■ 冲突域

- 网络中的一部分，以网桥、交换机或者路由器为边界，在冲突域中任意两台主机同时发送数据都会产生冲突
- 一个广播域包含一个或多个冲突域
- 一个冲突域一定是一个广播域，反之则不然。冲突域属于物理层的概念，而广播域属于链路层的概念，因为广播帧是由特定的MAC地址来定义



8.4.1 传统以太网的问题

■ 共享信道LAN的缺点

- 冲突域中的多个站点同时发送会造成**冲突**
- 网络中**站点越多**，**冲突现象越严重**
- 具有**n**个站点的总带宽**BW**的共享网络，每个站点的平均拥有带宽为 **BW/n**

■ 实际测试表明：

当较多的站点同时发送信息时，由于存在冲突和重发操作，传统以太网的可用带宽只有**3-4Mbps**，而不是标称的**10Mbps**

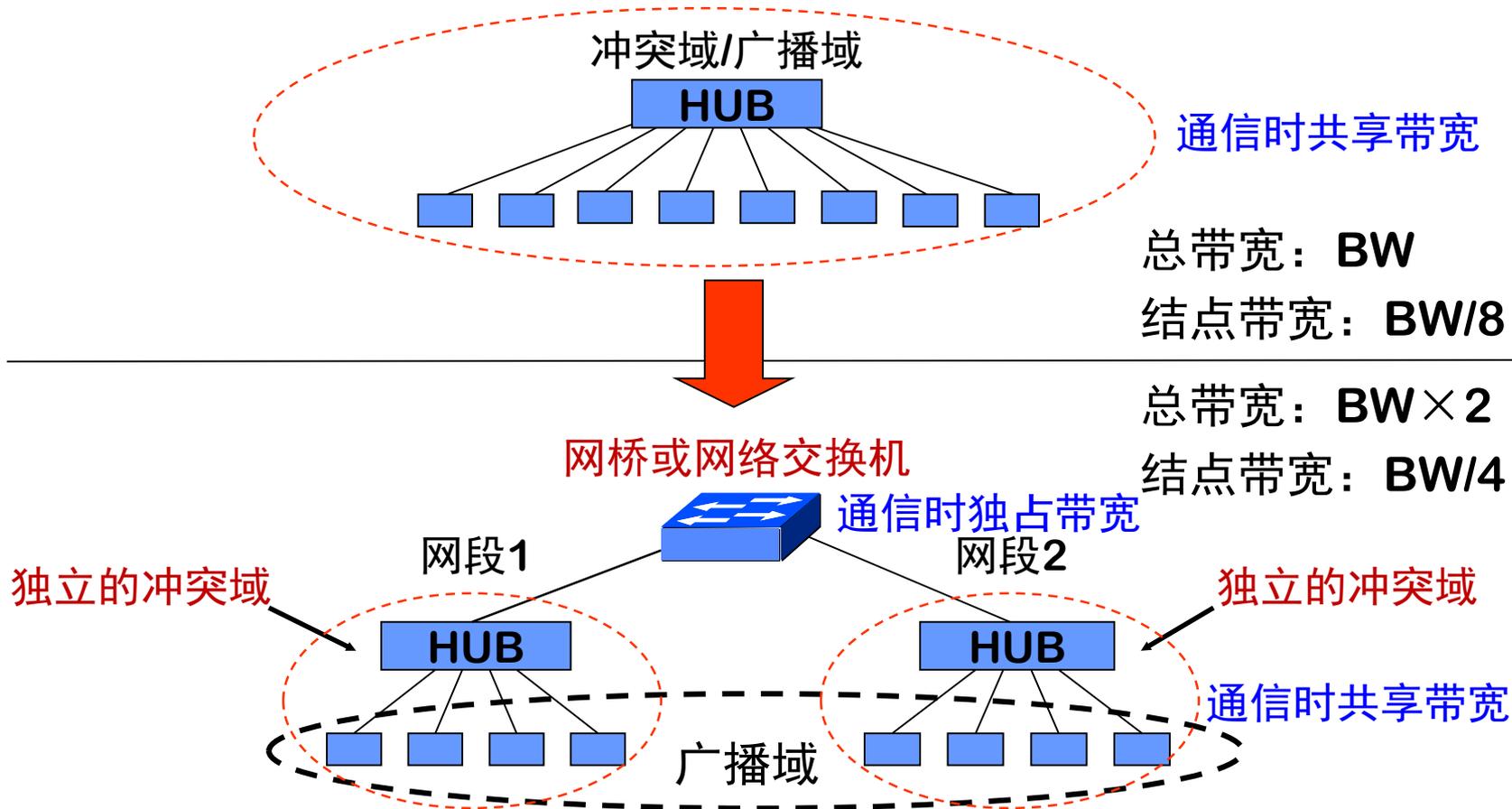
8.4.1 传统以太网的问题

■ 解决方法

- 增加网络带宽——没有从根本上解决问题
- 网络分段（微网段化）
 - 减少每个网段中站点的数量，使冲突的概率减小
 - 对于仅使用网络传输介质和中继器（集线器）连接起来的以太网来说，整个网络就是一个冲突域；网络分段的思想就是把一个大的冲突域划分成若干个较小的冲突域，以减少每个冲突域中站点的数量，从而减小发生冲突的概率
- 实现网络分段的设备：网桥、交换机、路由器



网络分段示意



❖ 交换机只能分隔冲突域，不能分隔广播域



8.4.2 网桥

■ 网桥：存储转发

在链路层实现中继，常用于连接两个或更多个局域网的网络互连设备

■ 例：比如一家公司组建两个局域网，互通的工作原理：

- 网络1和网络2通过网桥连接后，网桥接收网络1发送的数据包，检查数据包中的地址，如果地址属于网络1，将其放弃；如果是网络2的地址，就继续发送给网络2
- 利用网桥隔离信息，将同一个网络号划分成多个网段（属于同一个网络号），隔离出安全网段，防止其他网段内用户非法访问；由于网络的分段，各网段相对独立（属于同一个网络号），一个网段的故障不会影响到另一个网段的运行



8.4.2 网桥

- 用网桥连接的多个网络对外呈现为一个单独的物理网络
 - 具有唯一的网络地址
- 网桥的类型
 1. 连接范围
 - 本地网桥：通过常规的网络电缆连接本地的两个网段
 - 远程网桥：通过广域网连接两个远地网段的网桥
 2. 运行位置
 - 内部网桥（服务器的一部分）
 - 外部网桥（专业硬件+固化软件，速度快、成本高）
 3. 路径选择方法
 - 透明网桥
 - 源路由选择网桥

8.4.2 网桥

■ 网桥的类型

1. 连接范围
2. 运行位置
3. 路径选择方法

- 透明网桥

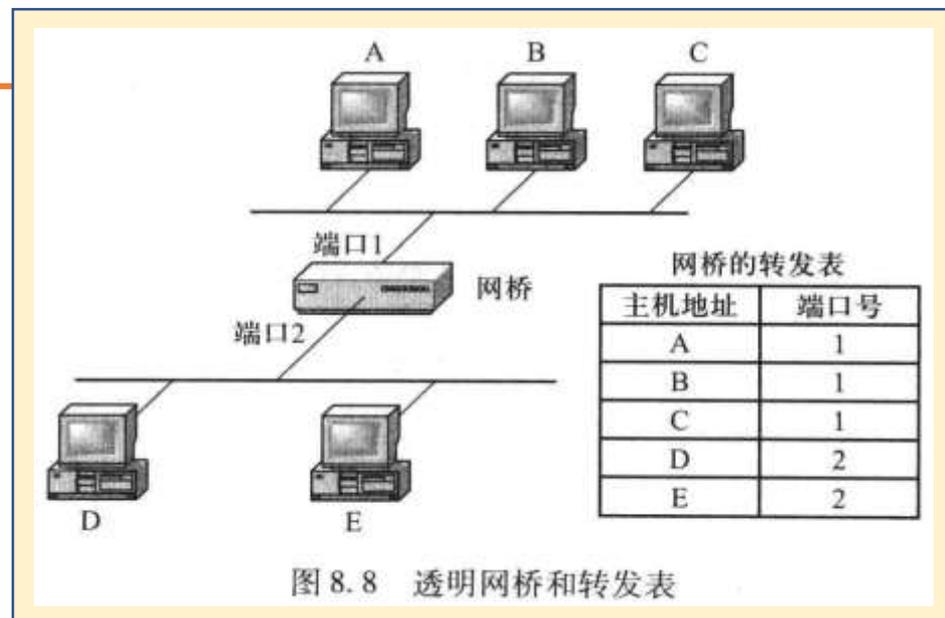
- 由网桥负责路由选择，网桥和路由对站点透明
- 以太网中最常用，安装管理方便，但不能选择最佳路径

- 源路由选择网桥

- 由源站点负责路由选择，网桥和路由对站点不透明

■ 透明网桥工作原理（P314）

- 学习源地址、过滤本段帧、转发异网段帧、广播未知帧（表中没有时）





8.4.2 网桥：优缺点（P318）

■ 优点

- 可实现不同类型的LAN互连
- 可实现大范围局域网的互连
- 能够隔离错误帧，不会使错误扩散
- 限制冲突域的范围
- 隔离故障

■ 缺点

- 不能过滤广播帧，无法控制广播
- 需要先接收帧再进行校验和地址过滤处理，增加了延迟
- 只能用存储转发方式，速度比较慢
- 无流量控制，负载重时会出现丢帧现象

8.4.3 以太网交换机

- 交换机和网桥属同类设备，工作在**数据链路层**
 - 交换机**端口数多**，交换**速度快**
在这个意义上，网络交换机可看作是**多端口的高速网桥**
- 与网桥相比，交换机的**优点**：
 - 交换速度快，可实现**线速**转发
 - 能**解决**网络主干上的**通信拥挤**问题
 - 端口密度高，**一台**交换机可**连接多个网段**
降低了组网**成本**





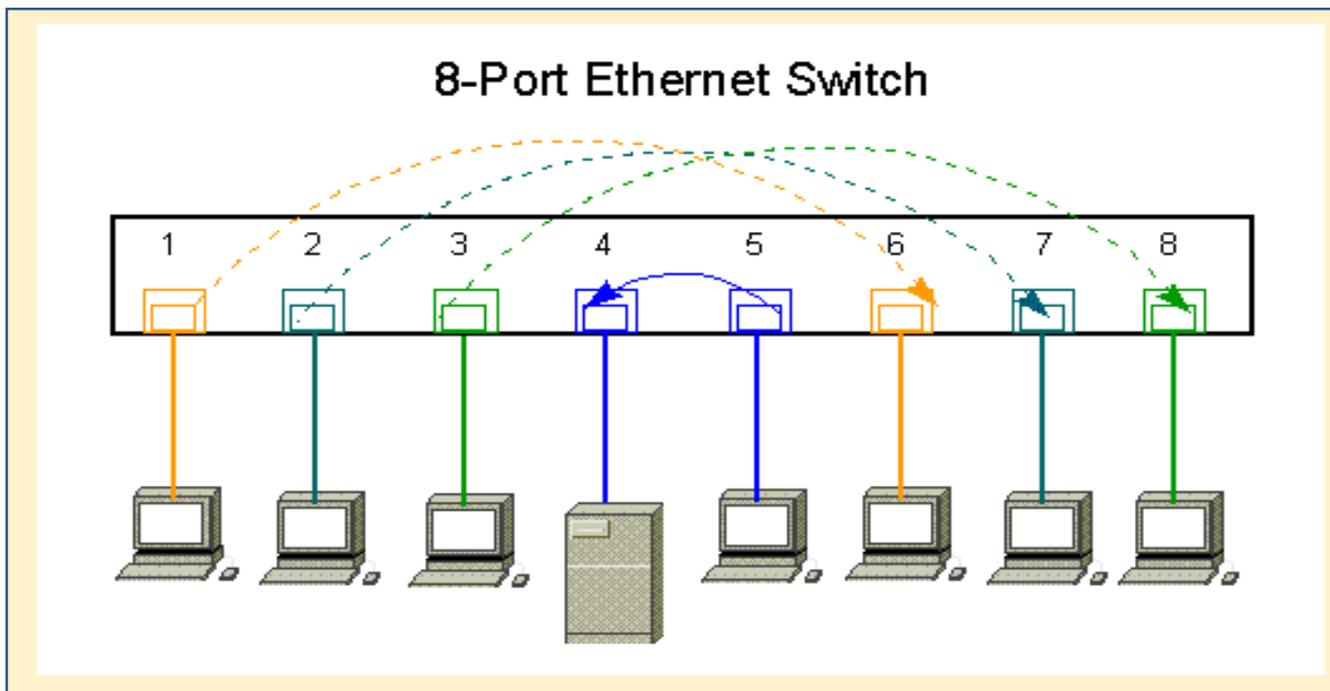
8.4.3 以太网交换机

- 工作原理与网桥类似：
 - 学习源地址（构造转发表）
 - 过滤本网段帧（隔离冲突域）
 - 转发异网段帧（交换）
 - 广播未知帧（寻找目的站点）



1. 交换机的特点

- 交换机通过内部的交换矩阵把网络划分为多个网段——每对端口为一个冲突域
- 交换机能够同时在多对端口间无冲突地交换帧





2. 交换式以太网的特点

■ 优点：

1. 提高了每个工作站的平均占有带宽和网络整体的集合带宽，传输延迟小
2. 从基于集线器的网络升级到交换式网络非常容易，现有的电缆、集线器和工作站的网卡都可以继续使用
3. 能够隔离（分割）冲突域，减轻了网络拥塞现象
4. 交换机对工作站而言是透明的，管理开销低

■ 不足：

1. 交换机本身不支持远程连接，必须通过路由器或远程网桥实现
2. 若不使用特殊技术，交换式以太网中仍然会产生广播风暴，因为交换机不能隔离广播域
3. 与使用路由器的网络相比，在网络安全和网络管理等方面功能较弱



3. 交换机的转发方式（三种）

■ 存储转发（Store and forward）

- 整个帧完整接收后，对帧进行差错检验，无错后再进行转发操作
- 优点：进行差错校验，错误不会扩散到目的网段
- 缺点：延迟比较大

■ 直通转发（Cut-through）

■ 无碎片直通转发（Fragment free cut-through）



3. 交换机的转发方式（三种）

- 存储转发（Store and forward）
- 直通转发（Cut-through）
 - 只要收到帧的前6个字节（目的MAC地址），就开始进行转发操作。
 - 优点：交换延迟小
 - 缺点：无法进行差错校验，帧错误会扩散到目的网段
- 无碎片直通转发（Fragment free cut-through）



3. 交换机的转发方式（三种）

- 存储转发（Store and forward）
- 直通转发（Cut-through）
- 无碎片直通转发（Fragment free cut-through）
 - 接收到一帧的前64字节后，再进行转发操作；小于64字节的帧不转发
 - 小于64字节的帧一般是冲突造成的帧碎片（错误帧）
 - 优点：交换速度较快，并且降低了错误帧转发的概率
 - 缺点：长度大于64字节的错误帧仍会转发，转发延时大于直通转发



4. 交换机应用中的问题

■ 主干/服务器连接

- 选用带有**高速主干端口(Big Pipe)**的交换机；缓解主干/服务器连接的**瓶颈问题**

■ 自动协商

- 速度自动协商：**10/100Mbps**自适应交换机
- 半双工/全双工自动协商

■ 网络中的广播帧

- 局域网中**广播**的存在会大大**降低**交换机的**效率**-虚拟局域网

■ 流量控制——背压技术 (Back Pressure)

- 缓冲区大小有限，为防止溢出（帧丢失），快满时向信息到达端口发送**拥塞信号**，**造成冲突的假象**，使发送站点停止发送

■ 根据错误帧出现概率**自动**在**存储转发**和**直通转发**之间进行**切换**



5. 交换机的应用场合

- 作为**LAN**核心主干连接设备
 - 网络中心、数据中心等
- 网络通信流量很大的应用场合
 - 图像处理、视频流等
- 网络响应速度要求比较高的场合



6. 以网桥/交换机为核心的网络的特点

- 每个网段独享带宽
 - 最佳可达到每台主机独享带宽
- 可以限制冲突，但不能限制广播
 - 有可能产生广播风暴
- 适用于小型部门级网络到大型园区网络
 - 大型网络中需解决广播问题



8.5 无线接入点（AP）

- 位于无线局域网拓扑**中心位置**的**无线基站设备**
- **功能**
 - 无线客户端之间互连
 - **无线局域网**和**有线局域网**之间互连
- **两类通信端口**
 - 符合**IEEE 802.3**标准的**有线端口**
 - 符合**IEEE 802.11**标准的**无线端口**
 - **802.11b**: 无线传输速率最高为**11Mb/s**
 - **802.11g**: 无线传输速率最高为**54Mb/s**
 - **802.11n**: 无线传输速率最高约为**300Mb/s**



8.5.2 AP的硬件

■ 天线

802.11b/g标准的AP往往只有1根天线，而802.11n标准的AP则具有2根以上的天线

■ 有线网络接口

- 局域网接口类型一般都是以太网接口
- 广域网接口类型根据所连网络不同而有所不同

■ 指示灯

电源灯、状态灯

■ USB端口（某些AP配置）

- 连接打印机，实现无线打印功能
- 连接外置硬盘，实现网络存储或P2P下载功能



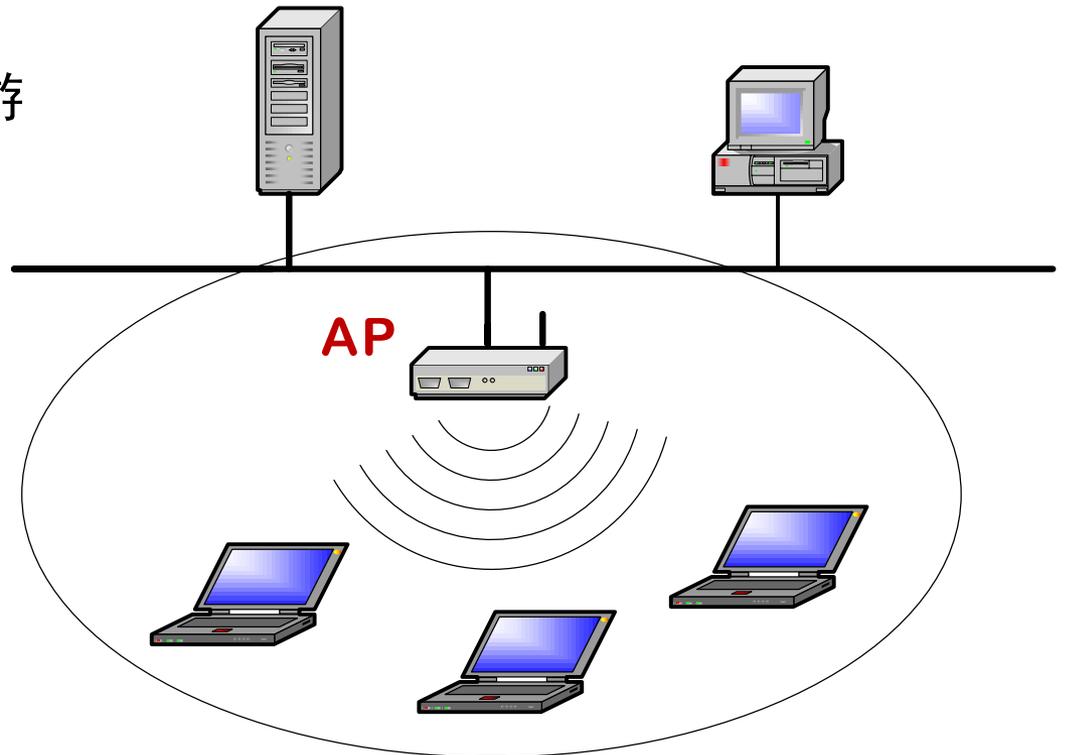


8.5.3 AP的工作模式

- AP支持的组网方式
 - 基础架构模式
 - 点对点桥接模式
 - 点对多点桥接模式
 - 无线中继模式

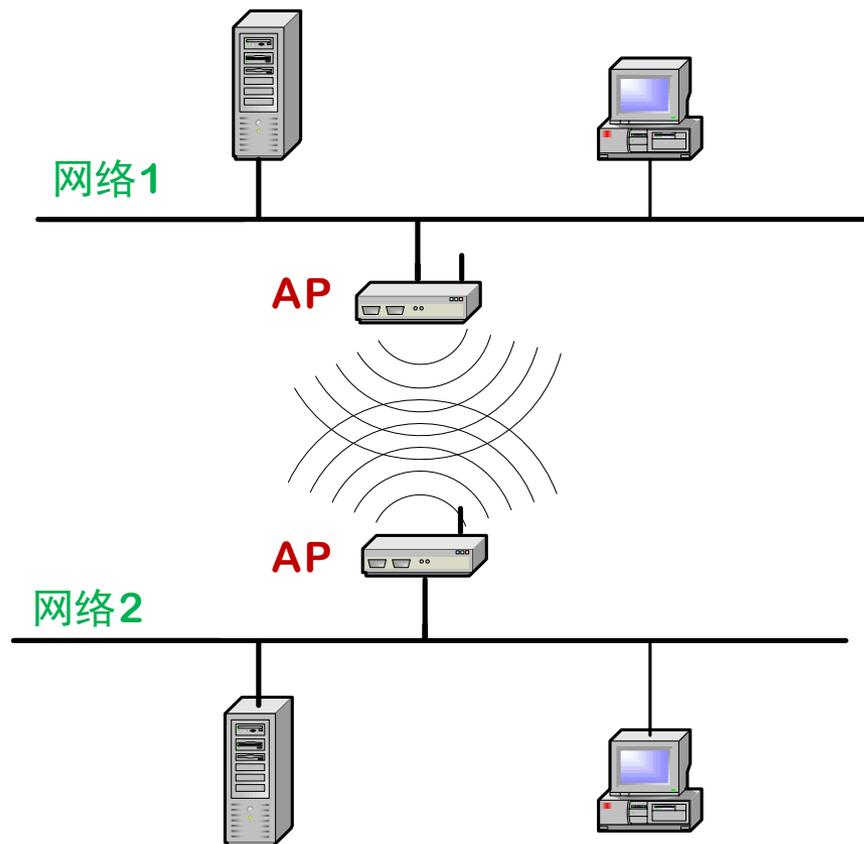
1. 基础架构模式

- 最基本的无线局域网构建模式
- 适用场合：
 - 无线客户端连接有线网络
 - 便携式无线客户端移动漫游
 - 家庭、办公室



2. 点对点桥接模式

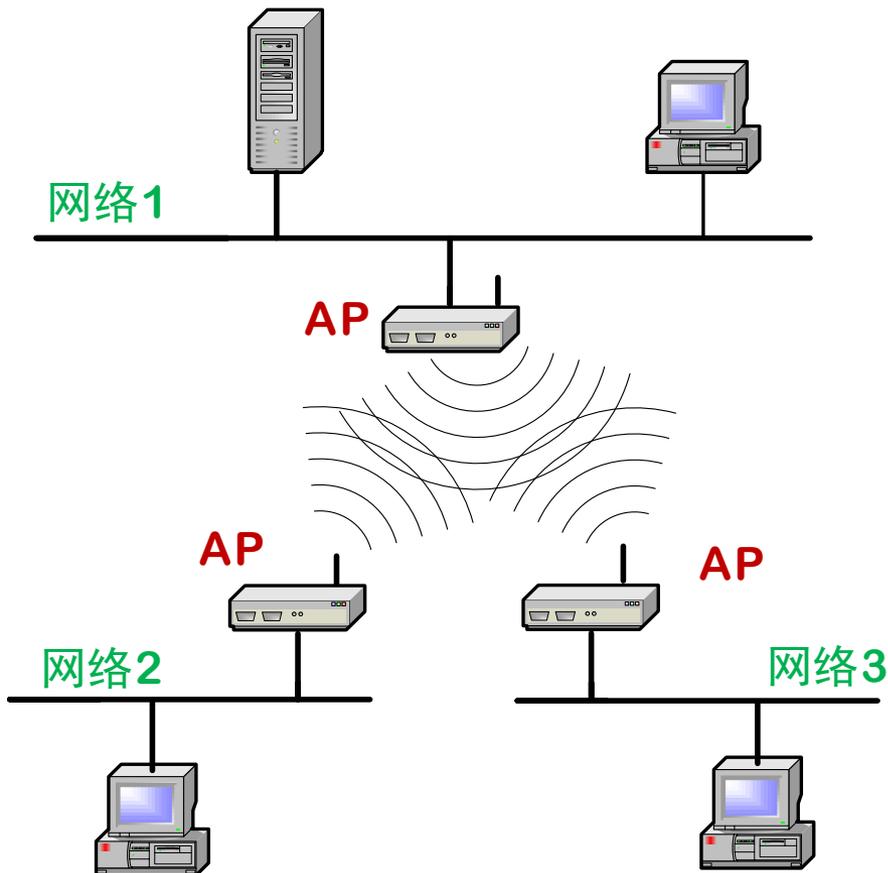
- 多用于两个局域网**距离并不很远**，但由于**中间地带有阻碍**，不方便布线连接的情况
- 连接范围约**300米**，采用定向天线后可将距离扩展到上千米



3. 点对多点桥接模式

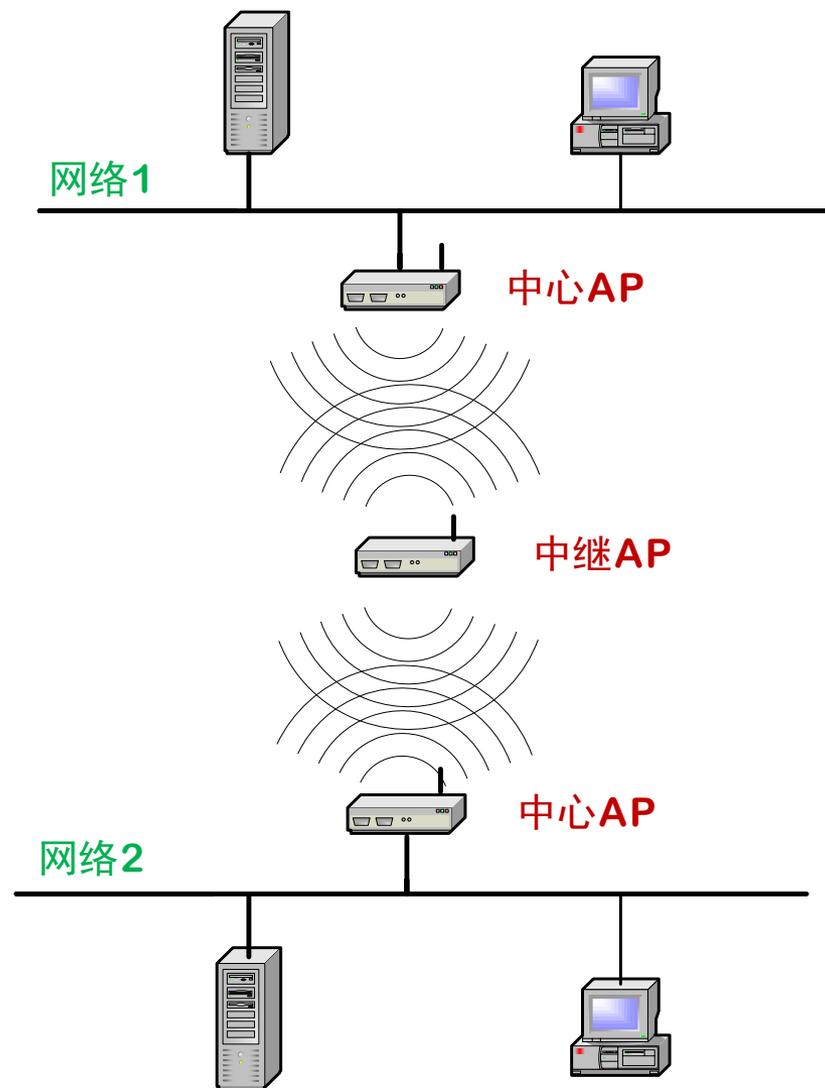
■ 能够实现多个分散的远程网络的互连

- 中心AP发送，远程AP接收
- 用于多个建筑物的局域网之间的互连
- 中心AP要使用全向天线
远程AP要使用定向天线



4. 无线中继模式

- 利用**AP**作为无线中继器，**延伸无线网络覆盖范围**
 - 又称为无线分布式系统（**WDS**）
 - 适用于需要无线互连的两个局域网距离过远或中间有障碍物阻挡的场合
- **注意：并不是所有的AP都支持无线中继模式**



8.6 路由器 (Router)

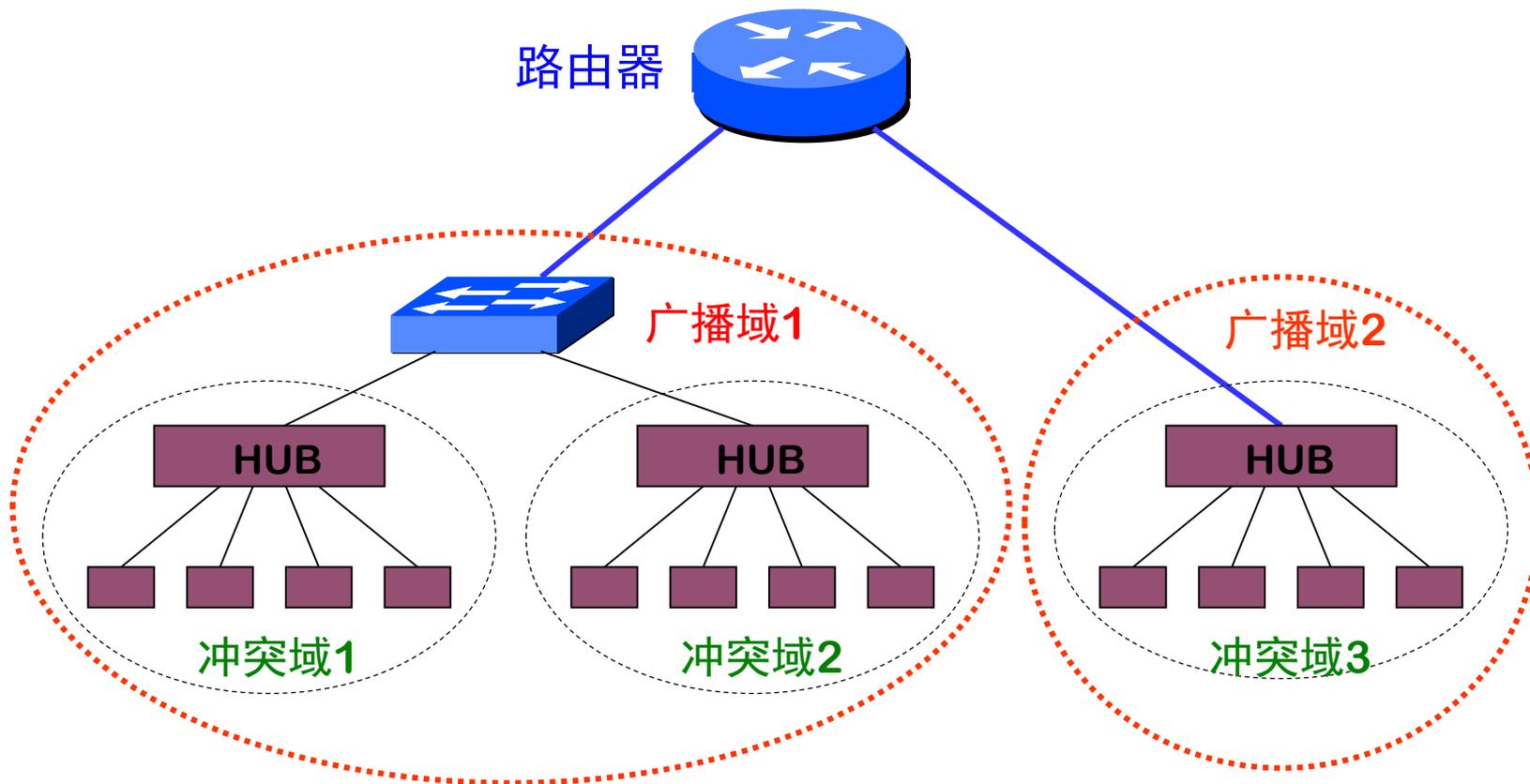
- 用路由器连接起来的若干个网络，这些网络仍各自独立
- 要想从一个网络访问用路由器连接起来的另一个网络中的站点，必须指定该站点的逻辑地址（IP地址），通过广播无法与之进行通信





8.6 路由器 (Router)

- 路由器可以隔离冲突域和广播域





8.6.1 概述：路由表

- 路由器如何确定最佳路由？——**路由表**（Routing Table）
- **路由表**是保存到达其他网络的路由信息的**数据库**
 - 包含目的**网络地址**（号）、**传输路径**、**传输开销**等
- 根据**目的网络地址**查找**路由表**并**确定**分组**转发路径**的过程称为**路由选择**（Routing）



8.6.1 概述：路由表

■ 路由表（Routing Table）

■ 路由选择（Routing）

■ 路由算法（Routing Algorithm）

路由表的信息随网络拓扑的变化而变化——建立、更新路由表的算法

- 网络中的每个路由器都会根据路由算法定时地或在网络拓扑发生变化时更新其路由表

- 静态路由：由网络管理员预先手工设置路由信息

- 动态路由：由路由器在运行时动态地建立与更新

■ 路由选择协议（Routing Protocol）

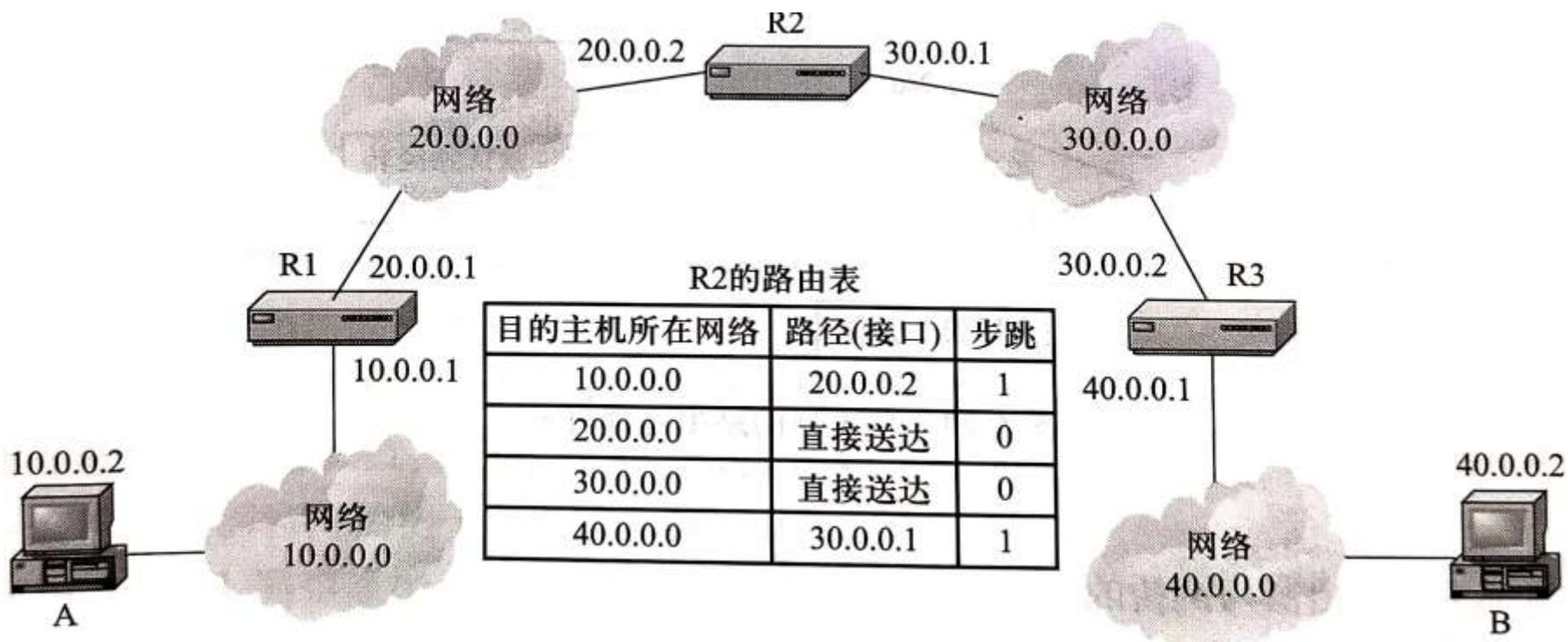
自动学习、记忆网络的变化并根据路由算法重新计算路由的协议



8.6.2 路由器的结构

- 路由处理器
 - CPU、RAM、IOS
 - 路由表
 - 协议软件
- 网络接口（LAN、WAN、CONSOLE）
 - 输入接口，输出接口
- 交换结构（Switching Fabric）

8.6.3 路由器的路由选择过程 (P333)





8.6.3 路由器的路由选择过程（自行阅读）

- 采用存储转发的方法（结合图8.29）
 1. 接收并缓存IP数据分组
 2. 提取分组中的目的主机的IP地址
 3. 计算目的主机所在的网络地址
 4. 用目的网络地址查找路由表决定转发路径：
 - 如果目的网络地址就是与输入接口连接的网络，则丢弃
 - 如果目的网络地址就是与输出接口连接的网络，则直接递交
 - 如果找到匹配项，则通过对应接口转发出去
 - 如果有默认路径，则通过与默认路径对应的接口转发出去
 - 未查到，丢弃该分组



8.6.4 路由器与交换机/网桥的比较

■ 交换机：

查表的方法决定转发路径，但该表是“**端口-MAC地址**”表，存放的是**端口**与**目的MAC地址**之间的关系，要用**帧中的MAC地址**查表

■ 路由器：

路由表是“**端口-网络地址**”表，存放的是**端口**与**目的网络地址**之间的关系，故要从**分组中提取IP地址**，并解析出其中的网络地址部分来查表



路由器组网的优缺点

■ 优点

- 限制了冲突域
- 可以用于LAN或WAN的环境
- 可以连接不同介质的网络 and 不同体系结构的网络
- 可以为分组确定传输的最佳路径
- 可以过滤广播信息，限制广播域

■ 缺点

- 昂贵
- 必须用于可路由协议网络
- 配置复杂
- 处理速度比桥接器慢



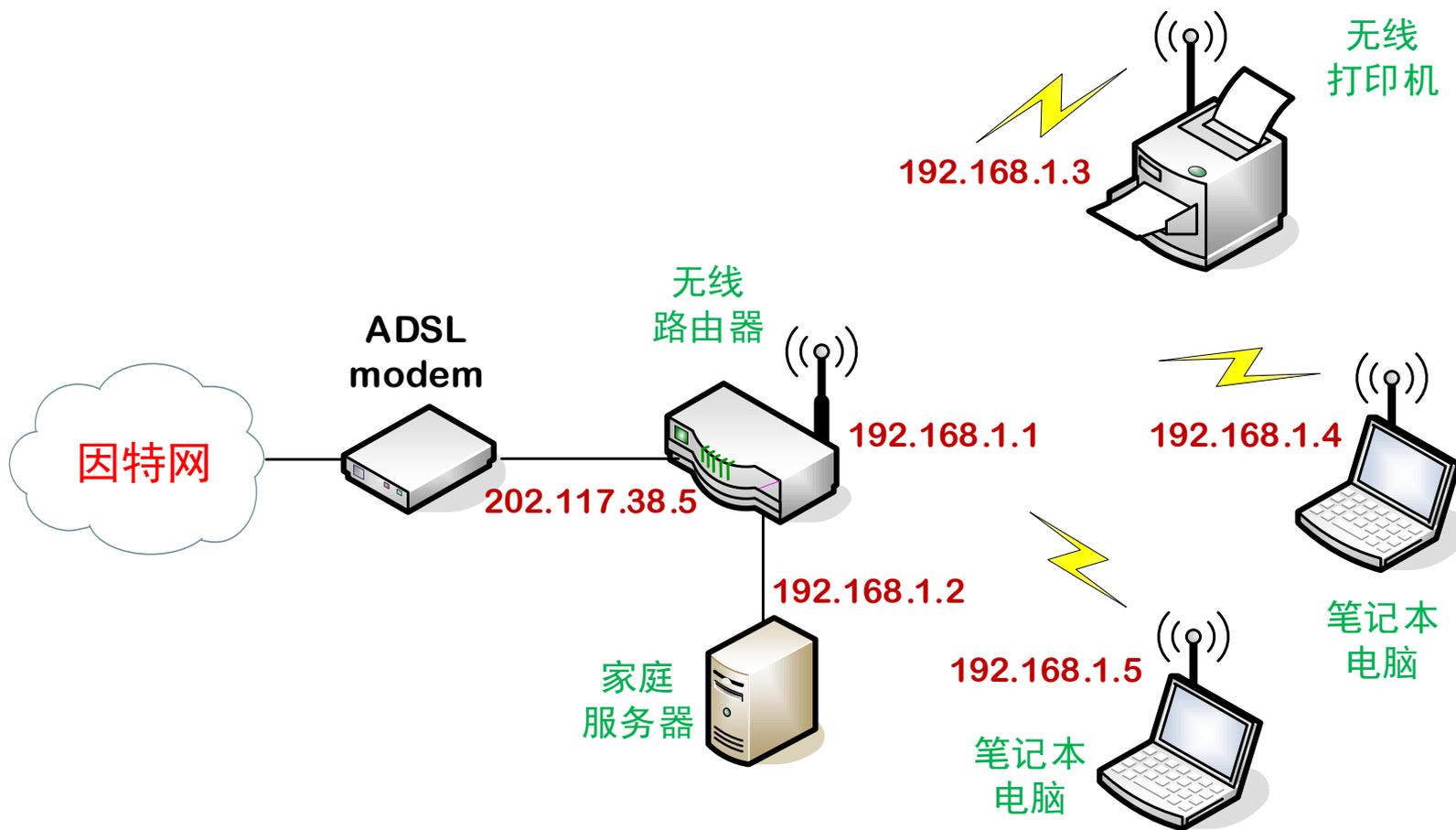
8.6.5 无线路由器

- 将**AP**和**路由器**功能结合在一起的网络设备
 - 适合**家庭**或**小型办公室环境**的**组网**，使多台计算机共享一条宽带连接
- 常见无线路由器的基本配置
 - 支持**IEEE802.11 b/g**无线接口
 - **1个10/100M WAN**接口，**4个10/100M LAN**接口
 - 支持**CSMA/CA**、**CSMA/CD**、**TCP/IP**、**DHCP**、**ICMP**、**NAT**、**PPPoE**等协议；
 - 支持**VPN**、**QoS**、**内置防火墙**
 - 支持**64/128/152位WEP**、**WPA**、**IEEE 802.1X**、**TKIP**、**AES**等加密与安全机制
 - 支持**远程和Web**管理





使用无线路由器组建家庭网络





*8.7 第三层交换机（P336）

- 可以看成是结合了路由器功能的交换机
 - 但只具有基本路由功能
- 第三层交换机利用网络层协议中的包头信息来增强第二层交换功能，在源IP地址和目的IP地址之间建立基于数据链路层的高速交换式虚拟连接
- 具有第三层交换功能的设备包括第三层交换机和某些带有第三层交换功能的路由器



8.8 网关

- 网关工作在**网络层以上**的**高层协议**
- **网关**：网络层以上的**互连设备的总称**
 - 通常由运行在一台计算机上的**专用软件**来实现
 - 常见网关有**协议网关**和**安全网关**
- **协议网关**

通常用于实现**不同体系结构网络之间**的**互连**或在两个使用**不同协议**的**网络之间**作**协议转换**，所以又称**协议转换器**
- **安全网关**

通常又称**防火墙**，主要用于网络的**安全防护**
- **注**：有时也把**本地子网**的**边缘路由器**称为**网关**



本章小结

- 各种网络设备实现的功能层次
- 网络接口卡
- 中继器和集线器
- 网桥和交换机
- 无线访问点
- 路由器
- 第三层交换机
- 各种网络设备之间的区别



作业

- 第339页：
4, 6, 23