

计算机网络

T06

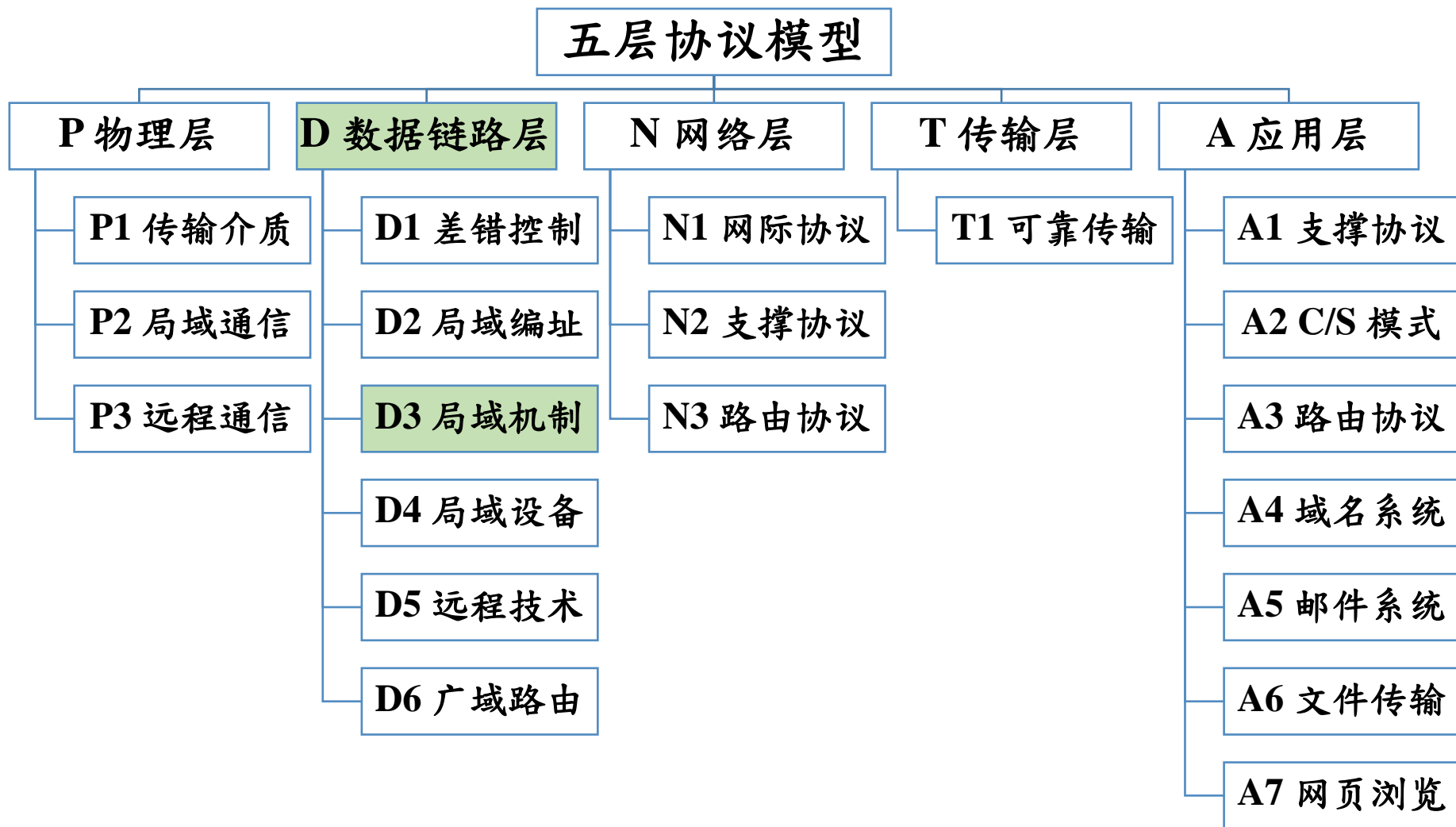


网络拓扑，机制 和无线技术

厦门大学信息学院软件工程系

黄炜 副教授

主要内容



第5课

分组、交换、网卡、编址、帧格式

第6课

网络拓扑、网络机制、无线网络

第7课

网络布线、接口硬件



主要内容

- 拓扑
 - 星型、环型、总线型、网状；其优点缺点比较
- Ethernet的机制：IEEE 802.3标准
 - Manchester 编码；CSMA/CD机制
- 其它网络
 - LocalTalk；Token Ring；FDDI；ATM
- 无线联网技术：1G~4G；Wi-Fi；Bluetooth；GPS



对应课本章节

- **PART III Packet Switching And Network Technologies**
 - **Chapter 13 Local Area Networks: Packets, Frames, And Topologies**
 - **13.8 LAN Topologies**
 - **Chapter 14 The IEEE MAC Sub-Layer**



1. 网络拓扑



拓扑 (Topology)

- 拓扑学 (Topology)

- 研究几何图形或空间在连续改变形状后还能保持不变的一些性质的学科。

- 拓扑

- 只考虑物体间的位置关系
 - 不考虑它们的形状和大小
 - 不表示方位。



远距离和近距离通信

- 远距离通信特点

- 安全、稳定：能迅速从故障中恢复
- 通信量大

- 近距离通信特点

- 成本低
- 便于使用
- 与物理位置近邻通讯多
- 与经常通讯的主机通讯多



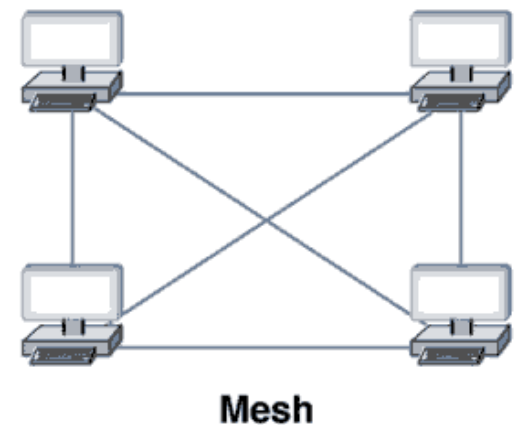
网状拓扑 (Mesh Topology)

- 网状网络

- 特征：点对点 (Point-to-point) 连接
- 优点：独立安装、独占访问；安全稳定
- 缺点：线多，成本高

- 应用

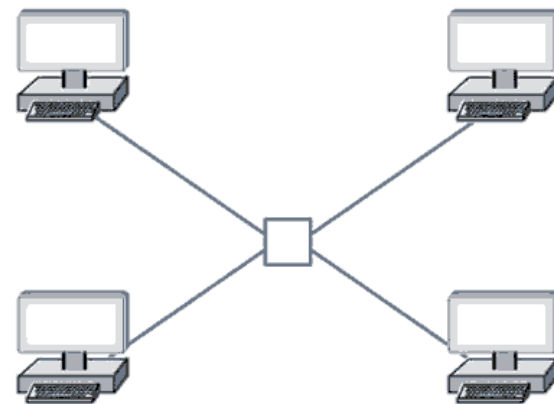
- 常用于远距离通信



星型拓扑 (Star Topology)

- 星型结构

- 一个中心节点
- 一组计算机通过中心节点实现信息传输
- 各节点和中心节点之间通过点到点的链路进行连接



Star

- 集线器 (Hub)

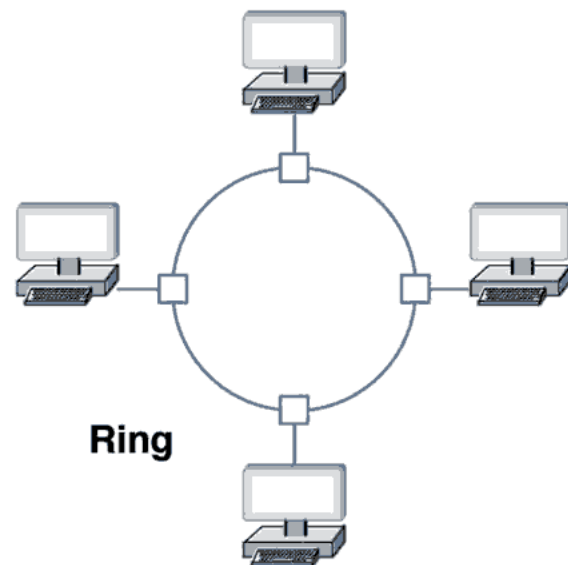
- 集线器到所有计算机的距离并不相等
- 作为中心点很脆弱，经常放置于网管办公室锁起来



环形拓扑 (Ring Topology)

- 环型结构

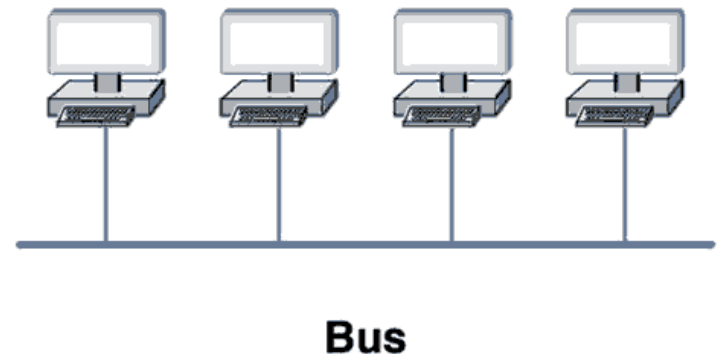
- 各节点通过通信介质连成封闭的环
- 两个邻接的节点之间通过点到点连接
- 非邻接节点之间通信要经过路径上的其它节点
- 不需要是圆形



总线拓扑 (Bus Topology)

- 总线型结构

- 所有的站点共享一条数据通道
- 总线拓扑网络通常由一个单一的长电缆连接到计算机上。



- 任何连接到总线上的计算机都可以通过电缆发送信号，所有的计算机都接收信号。
- 连接到总线网络的计算机必须协调，以确保在任何时候只有一台计算机发送信号，否则将造成混乱的结果。

拓扑悖论

- 10BaseT布线形成以集线器为中心的星型拓扑结构。
- 双绞线以太网像总线结构一样工作，因为所有计算机共享一个通信介质。
 - 在物理上，双绞线以太网采用星型拓扑结构。
 - 在逻辑上，双绞线以太网像总线工作，称为星形总线。



三种拓扑的优缺点

拓扑	优点	缺点
星型	容易在网络中增加新的站点 一个节点断掉不会影响其它节点 数据的安全性和优先级容易控制 易实现网络监控	中心节点的故障会引起整个网络瘫痪
环型	结构简单，容易安装 容易监控通/断情况 节省资源	容量有限 网络建成后，难以增加新的站点 一个节点产生异常情况，会影响其它节点通信
总线	安装简单方便 需要铺设的电缆最短，成本低 某个站点的故障一般不会影响整个网络	介质的故障会导致网络瘫痪 线网安全性低 监控比较困难 增加新站点也不如星型网容易



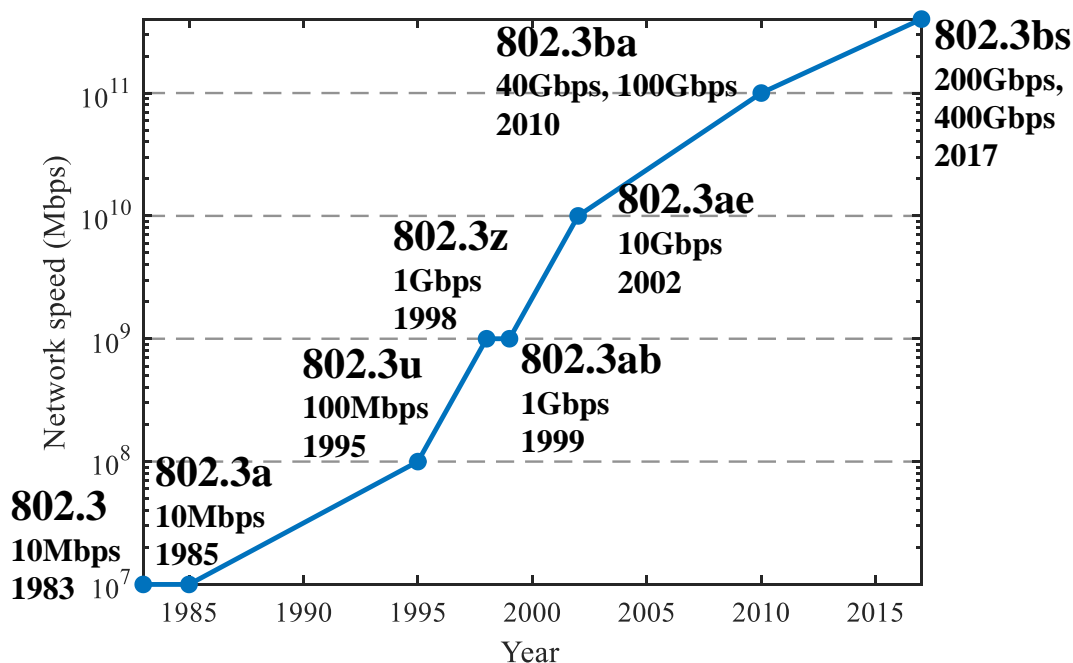
2. 以太网的编码和协议



以太网 (Ethernet)

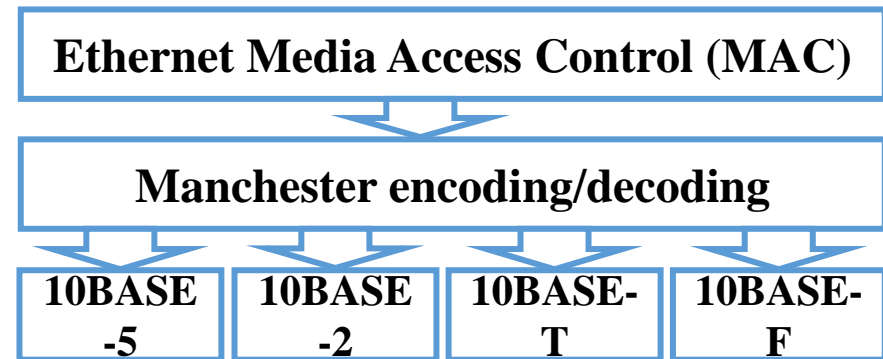
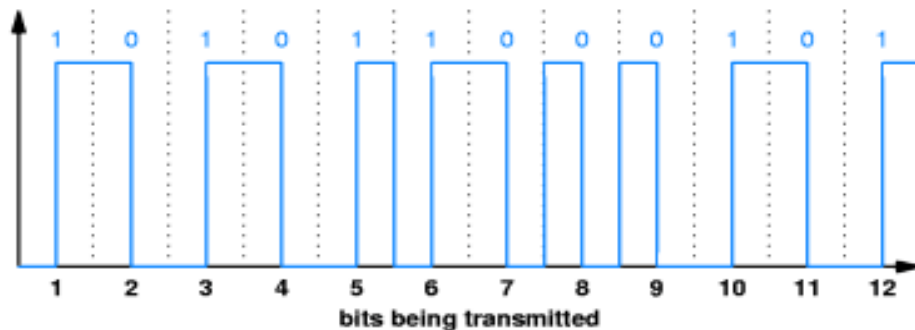
• 以太网发展历史

- 以太网是由Xerox公司在70年代早期发明的。
- 以太网的标准：现在由IEEE制订并维护



曼彻斯特编码 (Manchester Encoding)

- 以太网标准规定帧使用曼彻斯特编码发送。
 - 硬件在边缘触发：使用上升和下降边缘编码数据
 - 下降表示0，上升表示1
 - 接收器必须知道每个时隙何时开始和何时结束。
 - 使用前同步：前同步码由64交替的1和0组成，在帧之前发送。



传统以太网

• 以太网版本

名称	数据速率	线缆类型
双绞线以太网 (传统以太网)	10 Mbps	5类
快速以太网	100 Mbps	超5类 (5E)
千兆以太网	1 Gbps	6类，光纤
万兆以太网	10 Gbps	仅光纤

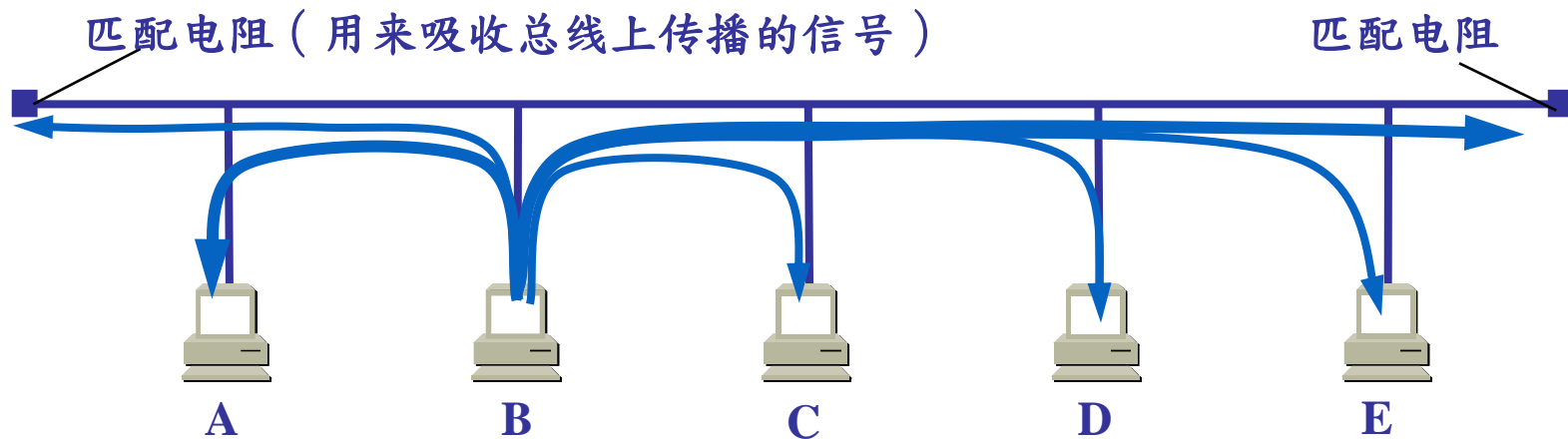
• 双工模式

- 传统以太网仅工作在半双工模式
- 万兆以太网仅工作在全双工模式



在传统以太网上共享

- 传统以太网可以视为总线型网络
 - 发送方发送的信号从发送者向共享电缆的两端传播。
 - 总线上每个工作计算机都能检测到 B 发送的数据信号。
 - 当一台计算机发送信号，其它计算机必须等待。

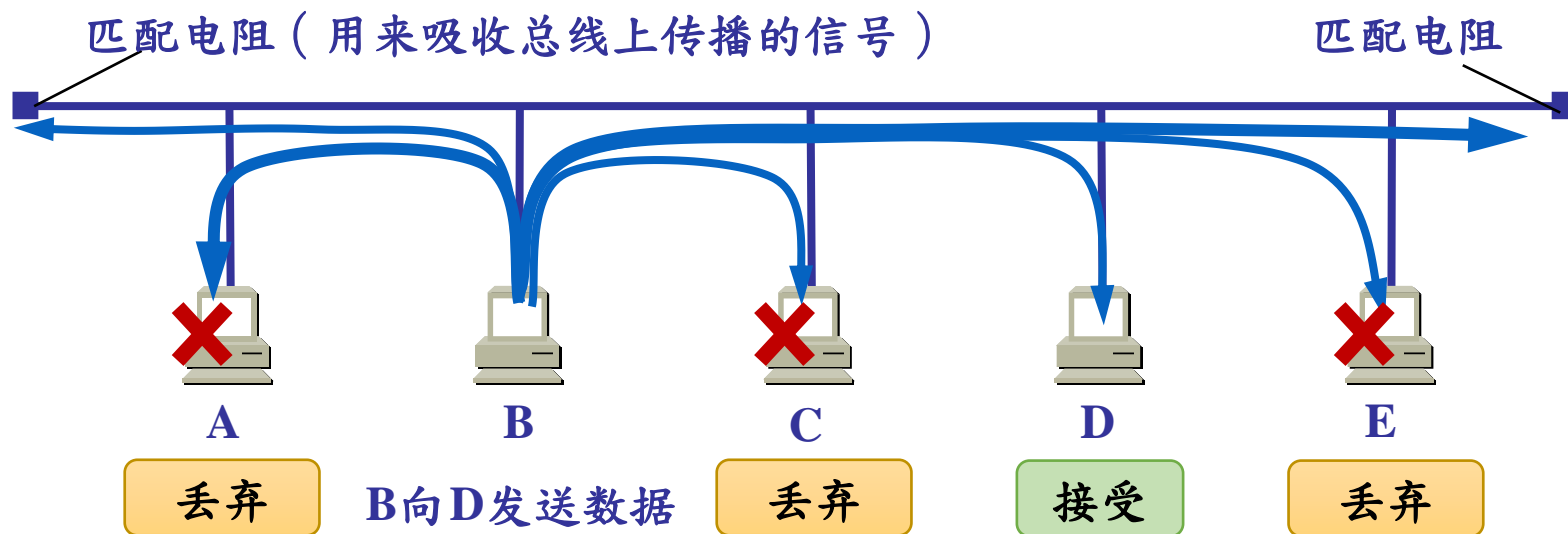


在传统以太网上共享

- 传统以太网可以视为总线型网络

- 具有广播特性的总线上实现了一对一的通信。

- 只有 D 的地址与帧目的地址一致，因此只有 D 才接收这个数据帧。
- 其它计算机（A, C和E）都检测到目的地址不一致，因此丢弃该帧。



不可靠的交付

- 为了通信的简便，以太网采取了两种重要的措施
 - 无连接：即不必先建立连接即可直接发送数据。
 - 发送的帧不编号，不要确认。
 - 理由：局域网信道质量很好，因信道质量产生差错的概率是很小的。
- 以太网提供的服务是不可靠的尽力而为的交付。
 - 目的站收到有差错的帧时就丢弃。差错纠正由高层来决定。
 - 如果高层发现丢失了一些数据而进行重传，但以太网并不知道这是一个重传的帧，而是当作一个新的数据帧来发送。



争用型的介质访问控制协议

- 带冲突检测的载波监听多路访问技术 (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**)
 - 载波监听 (**Carrier Sense**)
 - 每个站点发送前，先检测总线是否有其它站点在发送数据。
 - 多址接入 (**Multiple Access**)
 - 许多计算机以多点接入方式连接在总线上。
 - 冲突检测 (**Collision Detection**)
 - 两个站点发送的信号到达电缆同一点，彼此干扰，即冲突。



3. 以太网的工作机制



半双工以太网的工作机制

- 载波侦听（先听后发）

- 以太网要求每个站点监听电缆，检测是否已有一个传输正在处理中。它阻止了最明显的冲突问题。

- 当帧发送时，发送方发来对位进行编码的电信号
 - 当没有计算机在发送帧时，以太网不包含电信号



半双工以太网的工作机制

- 冲突检测（边发边听，冲突停发）

- 当两个站点同时载波侦听到电缆空闲，仍可能发生冲突。
- 为解决冲突，每个站点在发送过程中监视电缆，如果电缆信号与本站发送的信号不符即认定为冲突，立即终止发送。
- 两个站点发送的信号到达电缆同一点，彼此干扰，即冲突。
 - 当几个站同时在总线上发送数据时，总线上的信号电压摆动值将会增大（互相叠加）。
 - 计算机边发送数据边检测信道上的信号电压大小。当站检测到的信号电压摆动值超过一定的门限值时，认为总线上至少有两个站同时发送数据，表明产生了碰撞。



半双工以太网的工作机制

• 二进制指数退避（随机延迟后重发）

- 冲突发生后，需要从冲突中恢复
- 标准规定基本退避时间 d ，每个检测到冲突的站点随机选一个介于 $(0,2]$ 的整数 r ，随机延迟 rd 时间
- 如果连续遇到第 n 次冲突，则选择介于 $(0,2^{n-1}]$ 随机数 r ，延迟 rd 时间

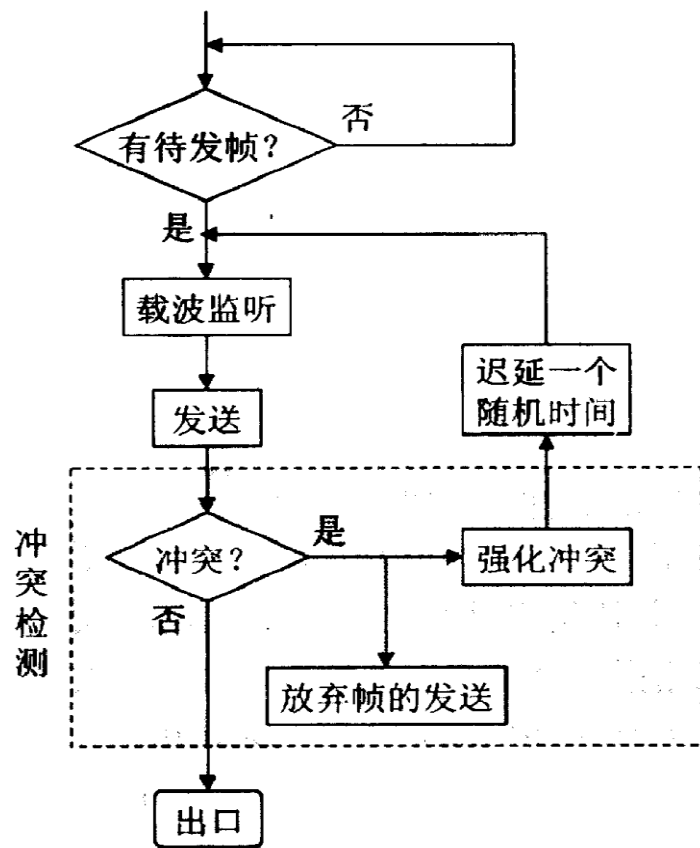
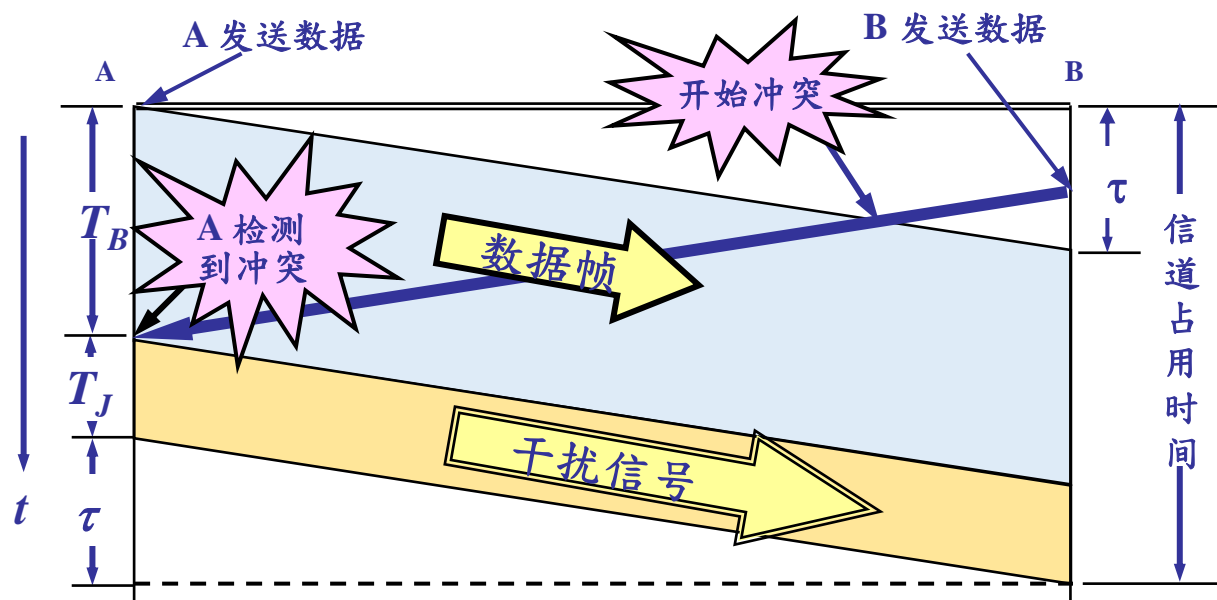


图 5-12 CSMA/CD 的流程图

强化碰撞

- 当发送数据的站一旦发现发生了碰撞时
 - 立即停止发送数据；
 - 再继续发送若干位的人为干扰信号（jamming signal），以便让所有用户都知道现在已经发生了碰撞。



冲突的原因和结果

- 原因：当某站监听到总线空闲时，总线并非真正空闲
 - A向B发出的信息，要经过一定的时间后才能传送到B。
 - B若在A发出的信息到达前发送帧，必然发生碰撞。
 - 因为这时B的载波监听检测不到A所发送的信息
- 结果：是两个帧都变得无用。
 - 站点在发送数据之后的一小段时间内，仍可能遭遇碰撞。
 - 该不确定性使传统以太网的平均通信量远小于最高数据率。
 - 只有30%~40%的效率。



冲突的发现

- 在发生碰撞时，总线上传输的信号产生了严重的失真，无法从中恢复出有用的信息来。
 - 正在发送数据的站一旦发现总线上出现了碰撞，立即停止发送，以免浪费网络资源，等待一段随机时间后再次发送。
- 最先发送帧的站，在发送后至多经过时间 2τ （两倍的端到端往返时延）即可知道发送的帧是否遭受了碰撞。
 - 以太网的端到端往返时延 2τ 称为争用期，或碰撞窗口。
- 经过争用期还没检测到碰撞，才能肯定这次不会碰撞。



二进制指数退避：具体算法

- 意味着以太网能在冲突后迅速恢复，降低竞争性

发生碰撞的站在停止发送数据后，要推迟（退避）一个随机时间才能再发送数据。

基本退避时间取为争用期 2τ 。

从整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k - 1)]$ 中随机地取出一个数，记为 r 。重传所需的时延就是 r 倍的基本退避时间。

参数 k 按下面的公式计算：

$$k = \min[\text{重传次数}, 10]$$

当重传达 16 次仍不能成功时即丢弃该帧，并向高层报告。



传统以太网最短有效帧长度

- 传统以太网取 $51.2\ \mu\text{s}$ 为争用期的长度。
 - 10 Mbps 以太网，在争用期内可发送 512 bit，即 64 字节。
- 以太网规定了最短有效帧长为 64 字节
 - 若前 64 字节没有发生冲突，则后续的数据不会发生冲突。
 - 检测到冲突立即中止发送，已发送的数据一定小于 64 字节。
 - 凡长度小于 64 字节的帧都是由于冲突而异常中止的无效帧。



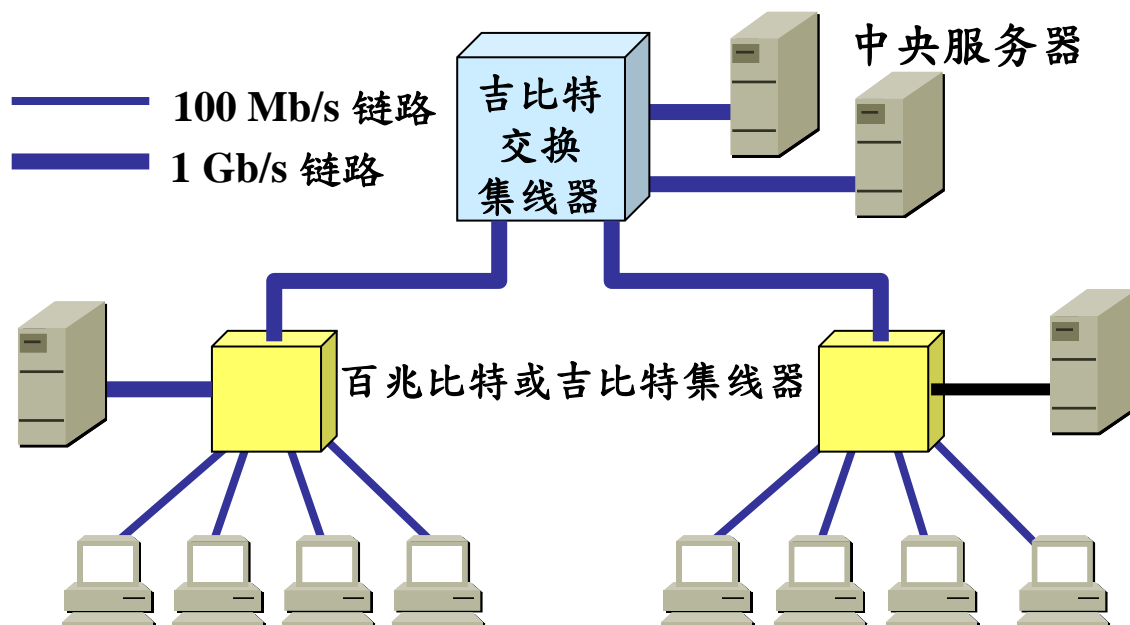
快速以太网

- 半双工模式下的快速以太网在10BaseT基础上
 - 保持最短帧长不变，但将网段最大电缆长度减小到 100 m。
 - 帧间时间间隔从原来的9.6 μs 改为 0.96 μs 。
- 全双工模式的快速以太网
 - 每个网段只连接2个设备，因而不会发生碰撞
 - 可以是网卡或交换机端口，不能是集线器端口
 - 全双工模式不受碰撞范围限制，大大延伸了网络范围。



千兆以太网

- 802.3 协议的帧格式兼容1Gbps全双工和半双工
 - 半双工下使用 CSMA/CD 协议，全双工不需要CSMA/CD。
- 10Gbps以太网只使用光纤，只有全双工方式。



使用高速以太网进行宽带接入

- 以太网从 10 Mb/s 到 100 Gb/s 的演进证明了以太网是：
 - 可扩展的、灵活的（多种传输媒体、全/半双工、共享/交换）、易于安装、稳健性好。
 - 以太网所覆盖的地理范围也扩展到了城域网和广域网，因此现在人们正在尝试使用以太网进行宽带接入。
- 以太网接入的重要特点是它可提供双向的宽带通信，并且可根据用户对带宽的需求灵活地进行带宽升级。
- 采用以太网接入可实现端到端的传输，中间不需要帧格式的转换，提高了传输效率和降低了传输成本。



4. 其它网络



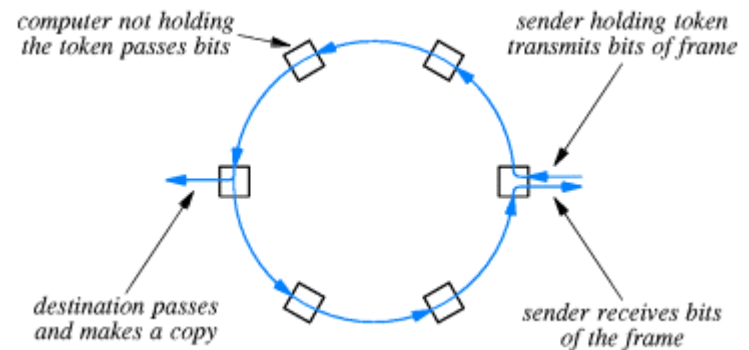
LocalTalk

- Apple公司的总线网络
- 应用了CSMA/CA技术处理介质访问冲突
- 成本低，安装简单，适合苹果机的局域网
- 带宽受限，距离受限，不适合其它品牌设备互联
 - 带宽：230.4kbps
- 在2009年Mac OS X v10.6已不支持



IBM令牌环 (Token Ring)

- 使用令牌传递网络被称为令牌环网或令牌环。
 - 一台计算机需要发送数据时，必须等待权限才可访问网络。
 - 协调使用一个特殊的，保留的消息称为令牌 (token)，它是不同于正常的数据帧的位模式。
- 令牌环在LAN中过时，用于光缆骨干网高可靠性环境。
- 令牌集中管理，避免了冲突。
- 单点出现故障可造成环网瘫痪。



光纤分布数据互连 (FDDI)

- **FDDI (Fiber Distributed Data Interconnect)**

- 令牌环技术，光纤互连，100 Mbps 速率。
- 成本高，越来越少用；两个局域网可能不同标准。

- **FDDI 自恢复**

- 使用反向旋转的环，可检测一个故障，并自动恢复。
- 当发生故障时，打破了环，相邻站自动重新配置，使用第二个环，避免失败。

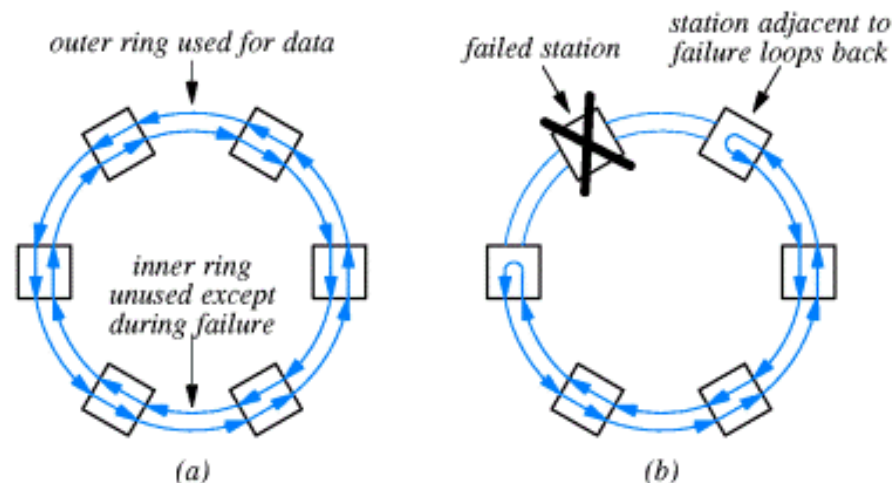
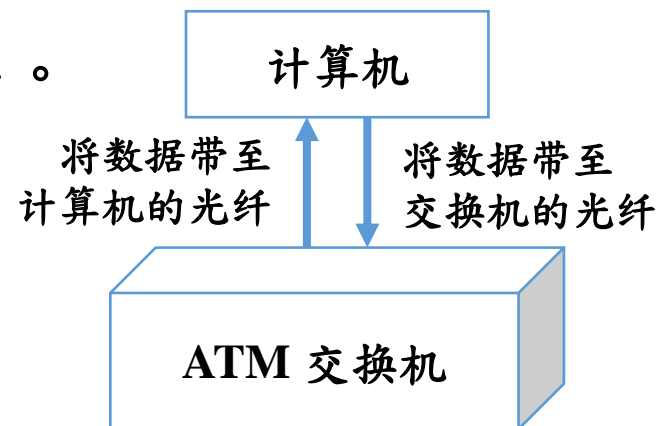


Figure 8.10 (a) An FDDI network with arrows showing the directions that data flows, and (b) the same network after a station has failed. Normally, data travels in one direction. After a station fails, adjacent stations use the reverse path to form a closed ring.

异步传输模式（ATM）

- 异步传输模式（Asynchronous Transfer Mode，ATM）
 - 建立在电路交换和分组交换的基础上的一种交换技术。
 - ATM网络通过ATM交换机进行互连，是星型拓扑结构。
 - 面向连接，没有冲突，抖动小，性能较好。
 - ATM交换机工作在155Mbps的或更快的速度。
 - ATM交换机通常采用光纤，成本较高。



5. 无线网络技术



无线网络分类

- 无线网络

— 旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家

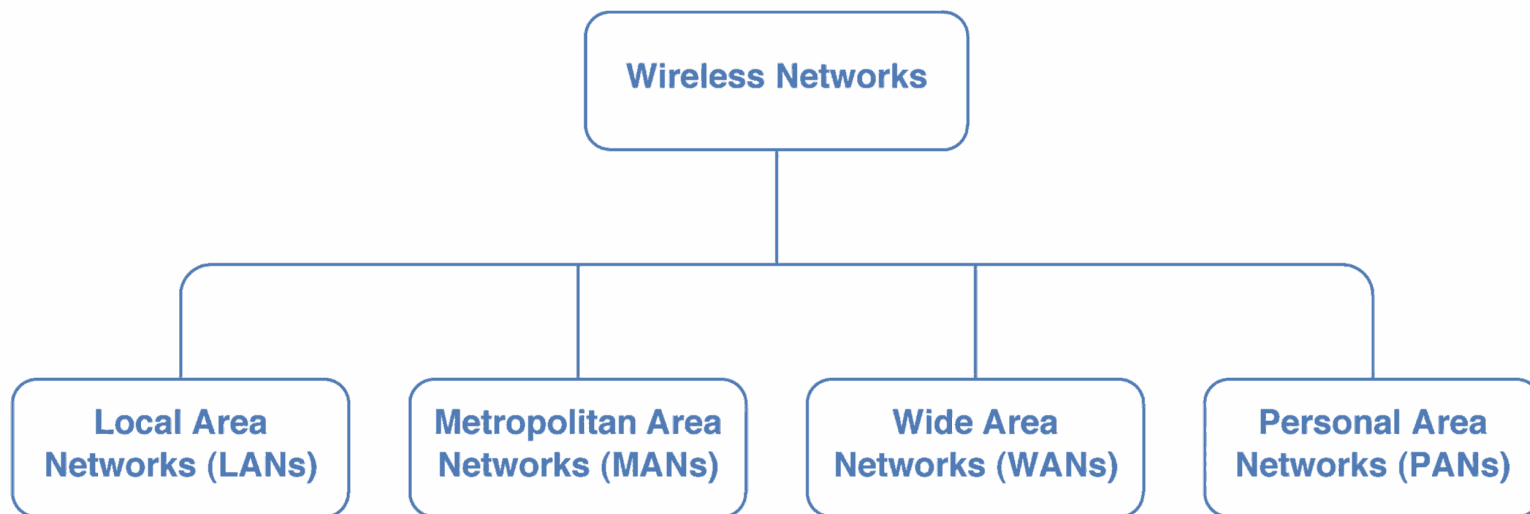


Figure 16.1 A taxonomy of wireless networking technologies.

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.



无线LAN与Wi-Fi：802.11abgn

- **Wi-Fi** : Wireless Fidelity (无线保真度，非官方)
 - 802.11 bg : 室内50平方米，室外140平方米。802.11n两倍。

IEEE Standard	Frequency Band	Data Rate	Modulation Technique	Multiplexing Technique
original 802.11	2.4 GHz	1 or 2 Mbps	FSK	DSSS
	2.4 GHz	1 or 2 Mbps	FSK	FHSS
	InfraRed	1 or 2 Mbps	PPM	± none ±
802.11a	5.725 GHz	6 to 54 Mbps	PSK or QAM	OFDM
802.11b	2.4 GHz	5.5 and 11 Mbps	PSK	DSSS
802.11g	2.4 GHz	22 and 54 Mbps	various	OFDM

Figure 16.4 Key wireless standards certified by the Wi-Fi Alliance.

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.



无线LAN组成

- 无线网的3个构件

- 接入点（基站）
- 互联机构（如：交换机、路由器）
- 无线主机（无线节点或无线站点）

- 两种接入类型

- 点对点模式（Ad hoc）
- 基础结构型（infrastructure）



802.11帧格式与协调

- 有线和无线的区别：盲区、重叠区域

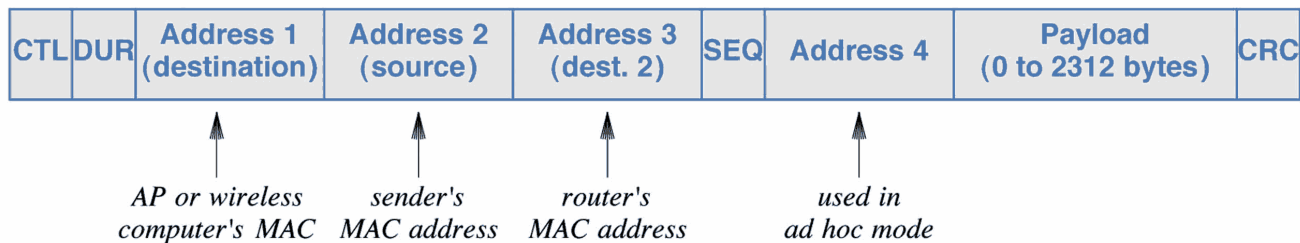


Figure 16.9 The frame format used with an 802.11 wireless LAN.

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

- 接入点之间需要协调，以保证无缝移动。
 - 接入点负责
 - 无线计算机负责（成本低）



无线网络技术

- **PAN技术**

- 蓝牙 (1Mbps , 2.4GHz)

- **WAN**

- 蜂窝系统、基站集群

- **更新换代**

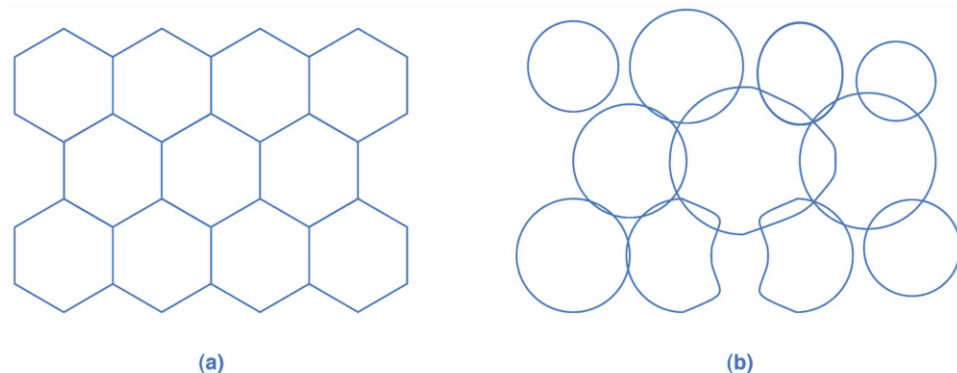


Figure 16.15 Illustration of (a) an idealized cellular coverage, and (b) a realistic version with overlaps and gaps.

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

1G	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
模拟信号 语音	数字信号 语音	部分3G 业务	高速数据服务		实时多媒体业务的支持、 含WiFi和卫星

无线网络技术

- **GPS卫星(Global Positioning System，全球定位系统)**

- 精确度：2~20m (军用更高)

- 24颗卫星绕行地球轨道

- 6个轨道平面

- 网络时间同步

- 美军的产品

- 中国北斗

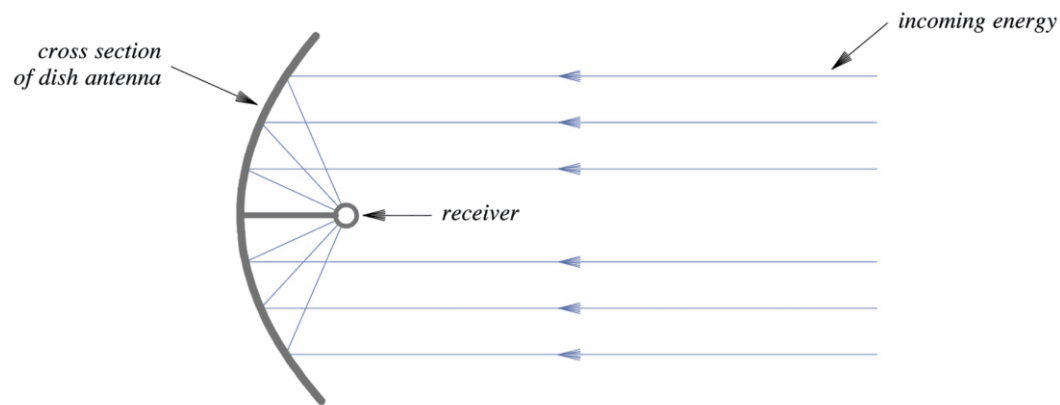


Figure 16.20 Illustration of reflection by a parabolic dish antenna.

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

802.11 无线LAN与CSMA/CA

- IEEE802.11标准定义了**在11Mbps使用2.4 GHz频段的频率使用无线局域网**。
- **蓝牙（Bluetooth）标准规定了用于短距离的无线局域网技术**
- **无线局域网硬件使用天线通过空气，让其他电脑接收到广播的射频（RF）信号。**



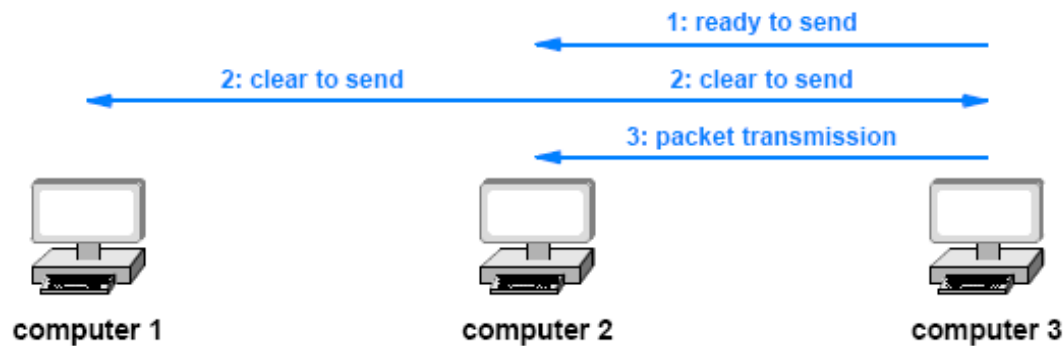
CSMA/CA

- CSMA/CD 在无线LAN中无法工作

- 接受者可能无法接受信号，不能够检测到载波



- 无线局域网使用带碰撞避免的载波侦听多址接入
(CSMA with Collision Avoidance , CSMA / CA)



无线局域网技术特点

- 基本技术特点

- 通过一台PC机器加上一块无线网络接口卡构成将多个无线的接入站聚合到有线的网络上
- 采用了新的协议CSMA/CA进行冲突避免
 - 只有当客户端收到网络上返回的ACK信号后才确认送出的数据已经正确到达目的
- 两个节点通过中间节点进行数据通信，要由中间节点通过控制命令进行统一调度控制，增加了额外的网络负担



计算机网络

T06



谢谢

厦门大学信息学院软件工程系

黄炜 副教授