



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6章 计算机局域网



本章内容

- 局域网概述 (LAN)
- 介质访问控制方法
- 传统以太网 (Ethernet)
- 局域网扩展*
- 高速局域网*
- 无线局域网 (WLAN)



6.1 局域网概述

- 大多数计算机通过局域网（LAN）接入因特网

- **局域网：**

计算机网络的一种，是在一个较小的范围内，利用通信线路将众多计算机及外围设备连接起来，达到数据通信和资源共享目的的一种网络

- 局域网技术只涉及物理层和数据链路层，主要由硬件实现功能
- 典型代表：以太网（Ethernet）



6.1.1 局域网的特点及组成：特点

1. 覆盖范围小

- 房间、建筑物、园区范围、距离 $\leq 25\text{km}$

2. 高传输速率

- $10\text{Mb/s} \sim 10\text{Gb/s}$

3. 低误码率

- $10^{-8} \sim 10^{-11}$

4. 私有性

- 机构或单位自建、自管、自用——采用同轴电缆、双绞线、光纤等介质
- 而WAN用公用或专用线路：公用电话线、公用数据网、卫星等

5. 侧重点

- LAN侧重机构内部资源的共享
- 而WAN侧重于公共数据的传输和多业务的综合服务



6.1.1 局域网的特点及组成：组成

1. 网络操作系统

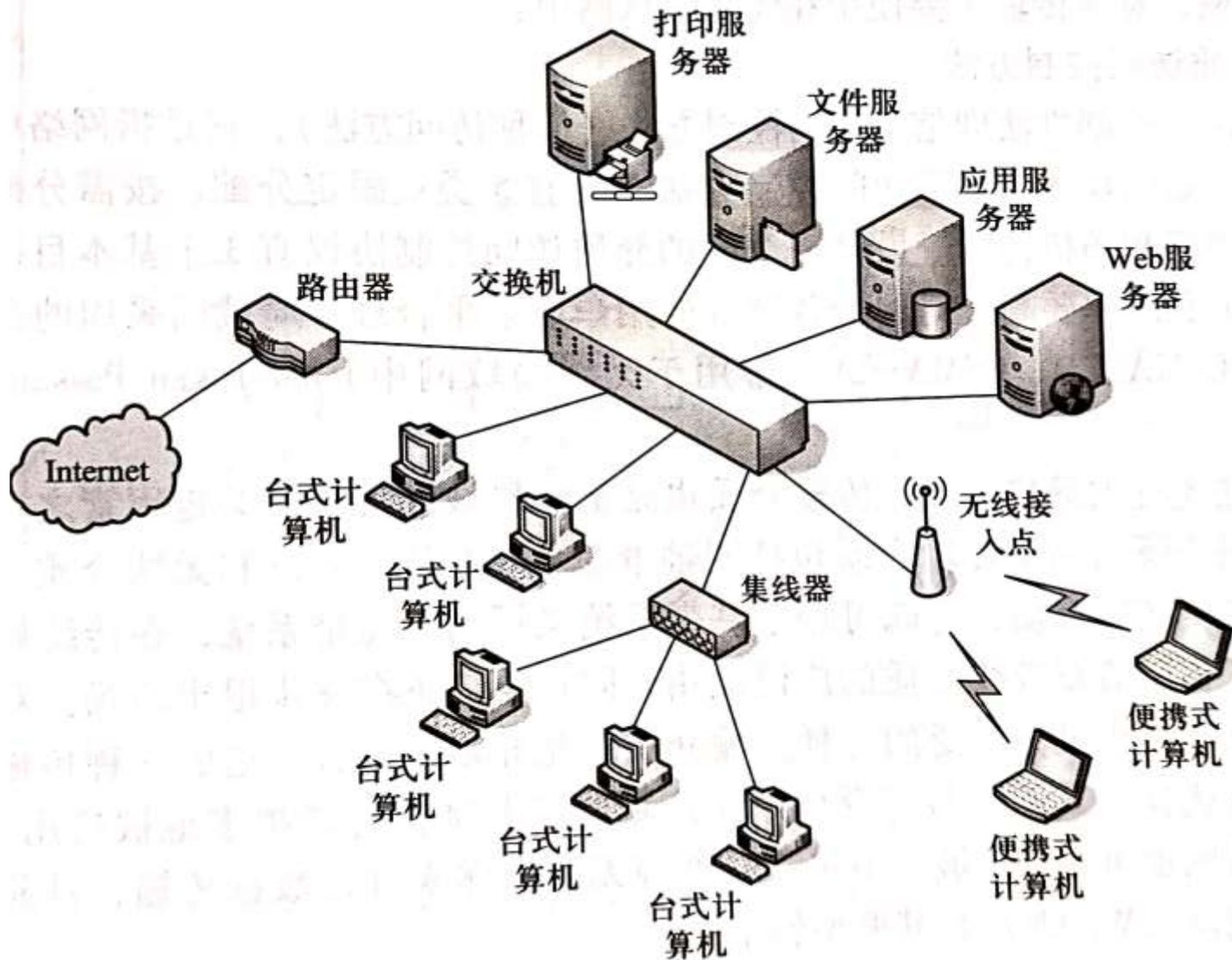
- UNIX、Linux、Windows等

2. 网络设备

- 网卡、集线器、网桥、交换机、路由器、网关、无线接入点

3. 网络传输介质

- 同轴电缆、双绞线、光纤等



简单的局域网结构图



6.1.2 局域网技术特征

1. 拓扑结构（逻辑、物理）

- 总线型、星形、环形、树形

2. 介质访问控制方法

- CSMA/CD、Token-passing、CSMA/CA

3. 信号传输形式

- 基带、宽带

4. 传输介质

- 同轴电缆、双绞线、光纤、无线介质

6.1.3 局域网体系结构

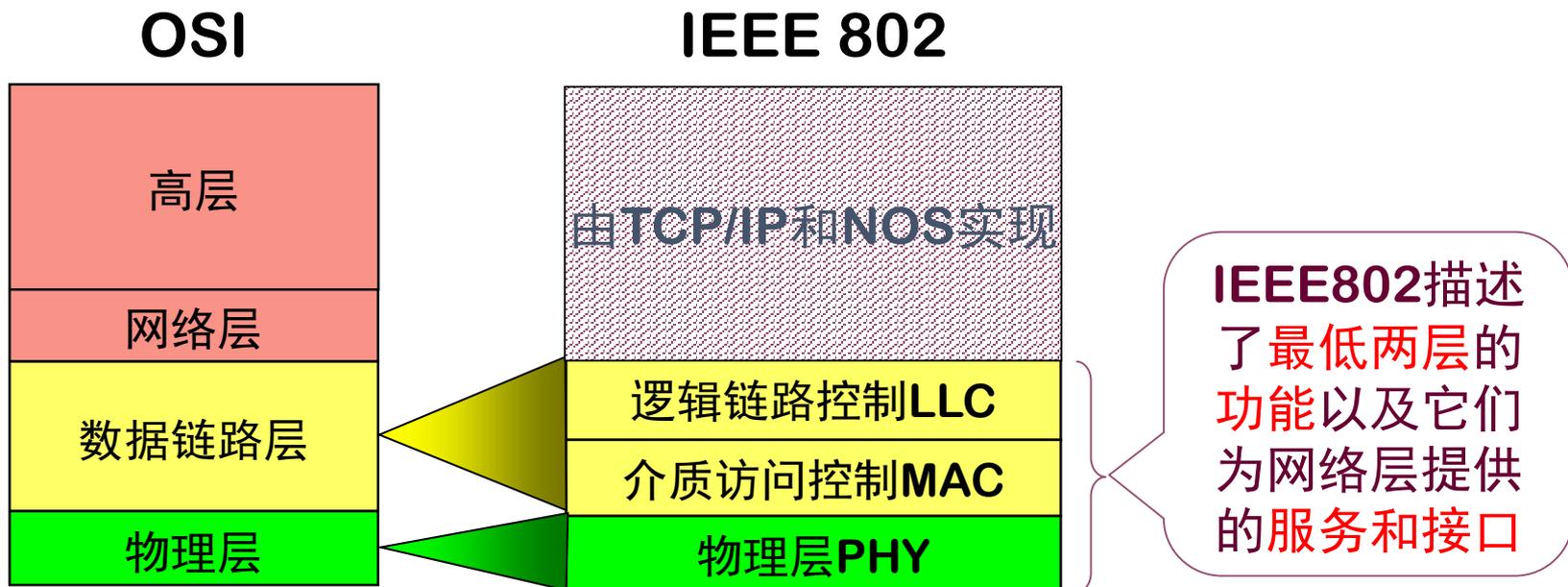
■ 局域网的标准：**IEEE802** (ISO8802)

- IEEE802是一个标准系列：
- IEEE802, IEEE802.1~IEEE802.22

IEEE将802.3标准提交国际标准化组织(ISO)第一联合技术委员会(JTC1),再次经过修订变成了国际标准ISO8802.3

■ 其体系结构只包含两个层次：**数据链路层、物理层**

- 数据链路层分为**逻辑链路控制**和**介质访问控制**两个子层





1. IEEE802系列中的主要标准

- **802.2 – 逻辑链路控制**
- **802.3 – CSMA/CD (以太网)**
- **802.4 – Token Bus (令牌总线)**
- **802.5 – Token Ring (令牌环)**
- **802.6 – 分布队列双总线DQDB—MAN标准**
- **802.8 – FDDI (光纤分布数据接口)**
- **802.11 – WLAN (无线局域网)**
- **802.15– WPAN (无线个域网, 如蓝牙等)**
- **参考P174页和图6.3**



2. 局域网的物理层：功能（P173）

■ 物理层功能：

- 位流的传输与接收
- 同步前序的产生与删除
- 信号的编码与译码等

■ 规定传输使用的信号编码和介质，网络拓扑结构和传输速率

- 信号编码采用曼彻斯特编码
- 介质为双绞线、同轴电缆、光缆、无线通信介质等
- 拓扑结构为总线型、树状和环状
- 传输速率为1Mbps、4Mbps、10Mbps、16Mbps、100Mbps、1Gbps等



2. 局域网的物理层：接口

■ 物理层两个接口

- 介质相关接口（MDI）

- 该接口随介质的不同而改变，但不影响逻辑链路控制子层和介质访问控制子层的工作，主要用于实现与介质的电气和机械连接

- 接入单元接口（AUI）

- 可选项，仅用于粗同轴电缆



3. 局域网的数据链路层

■ 按功能划分为两个子层

- 逻辑链路控制LLC和介质访问控制MAC

■ 功能分解的目的

- 将功能中与硬件相关的部分和与硬件无关的部分分开，以适应不同的传输介质，即LAN在LLC不变的条件下，只需更换MAC子层便可以适应不同的传输介质和介质访问控制方法
- 解决共享信道(如总线)的介质访问控制问题，使帧的传输独立于传输介质和介质访问控制方法
 - LLC：与介质、拓扑无关
 - MAC：与介质、拓扑相关



3. 局域网的数据链路层

■ 局域网的数据链路层的特点

- 局域网链路支持多路访问，支持成组地址和广播
- 支持介质访问控制功能
- 提供某些网络层的功能
如网络服务访问点(SAP)、多路复用、流量控制、差错控制.....

■ MAC子层功能

- 实现、维护MAC协议，差错检测，寻址

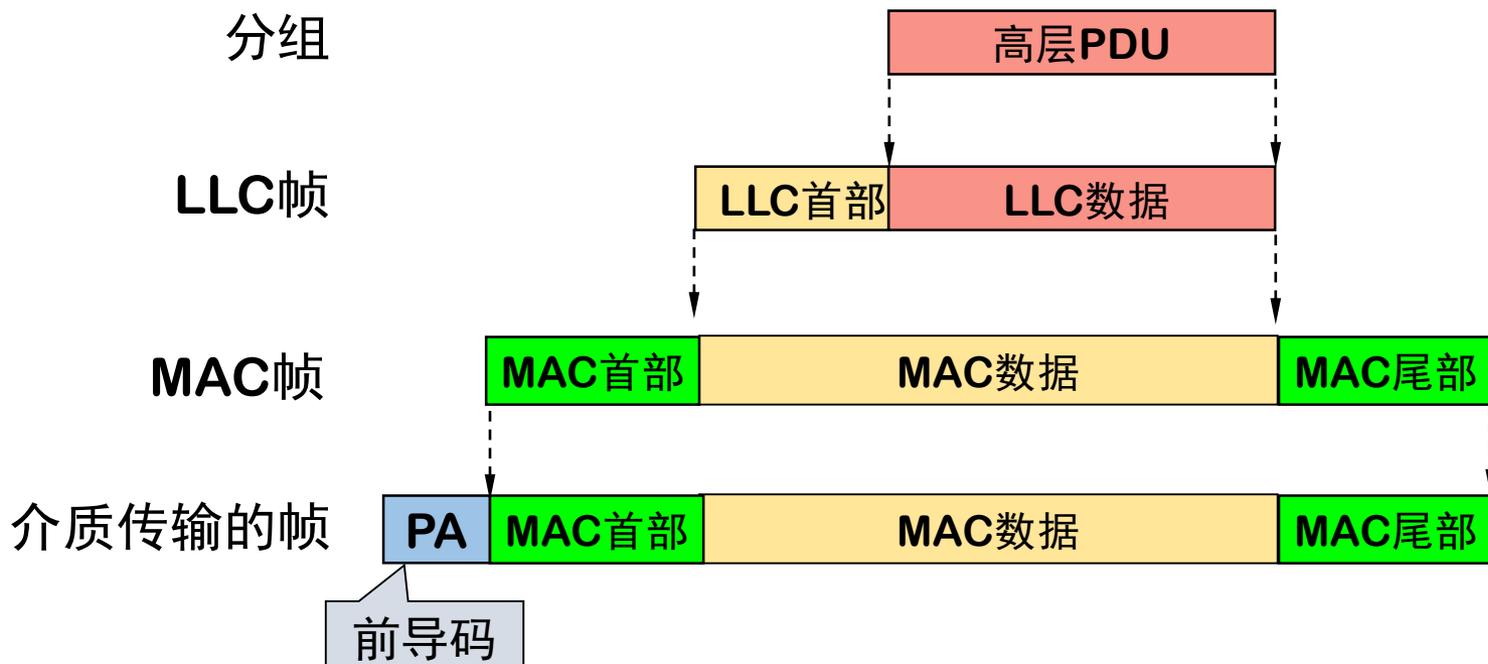
■ LLC子层功能

- 向高层提供统一的链路访问形式，组帧/拆帧、建立/释放逻辑连接，差错控制，帧序号处理，提供某些网络层功能
- 不同LAN标准的LLC子层都一样，区别仅在MAC子层（和物理层）

4. LLC的帧结构



IEEE802 LAN的封装过程：





5. 局域网的网络层和高层

■ 网络层和更高层

1. IEEE 802标准没有对应定义
2. 没有路由选择功能
 - 局域网拓扑结构比较简单，一般不需中间转接
3. 流量控制、寻址（IEEE 802.1）、排序、差错控制等功能由数据链路层完成

■ 网络层和更高层的实现

1. 协议软件（如TCP/IP协议、IPX/SPX协议）
2. 网络操作系统



6.2 介质访问控制方法

- 局域网使用广播信道（多点访问、随机访问），多个站点共享同一信道。**问题：**
 - 各站点如何访问共享传输介质（共享）？
 - 如何解决同时访问造成的冲突（冲突）？
- 解决以上问题的方法称为**介质访问控制方法（MAC）**
- 两类介质共享技术
 - **静态分配（FDM、WDM、TDM、CDM）**
 - 不适用于局域网
 - **动态分配（随机接入、受控接入）**
 - **CSMA/CD**、Token-Passing



6.2 介质访问控制方法

■ 两种常见的MAC方法

- 载波检测多路访问/冲突检测 (CSMA/CD)
 - Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect
 - 采用随机访问技术的竞争型MAC方法
- 令牌传递 (Token Passing)
 - Token Ring
 - Token Bus
 - FDDI
 - 采用受控访问技术的分散控制型MAC方法

6.2.1 CSMA/CD

多个站点如何安全地使用共享信道？

- 简单思路：发送前先检测其他站点是否正在发送（即信道忙否）
 - 若信道空闲，是否可以立即发送？
 - 若有多个站点都在等待发送，必然冲突！
 - 解决：等待一段随机时间后再发（降低了冲突概率）
 - 若信道忙，如何处理？
 - 继续监听：
 - 等到信道空闲后立即发送
 - 等到信道空闲后等待随机时间后再发送
 - 等待一段随机时间后再重新检测信道
- 一旦出现两个站点同时发送的情况，如何处理？
 - 以上方法无法处理！

CSMA

.. /CD



6.2.1 CSMA/CD

■ CSMA/CD：带冲突检测的载波监听多路访问

- 用于IEEE802.3以太网

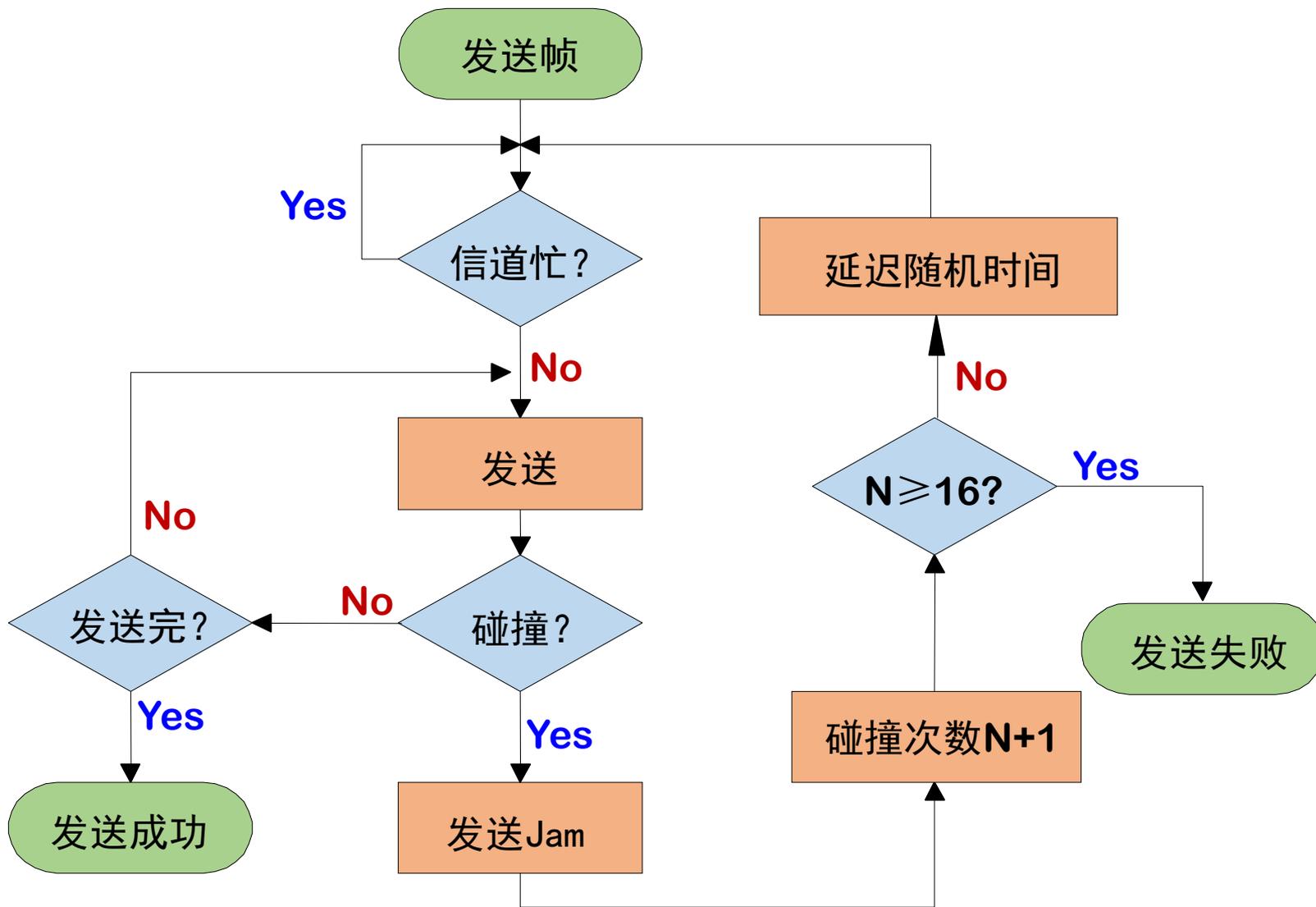
■ 工作原理

- 发送消息前先监听信道是否空闲，若空闲则立即发送
- 若信道忙，则继续监听，一旦发现空闲再等待一个帧间隔时间，回上一步重试
- 在发送过程中，仍需继续监听。若监听到冲突，则立即停止发送数据，然后发送冲突强化信号（Jam）
 - 发送Jam信号的目的是使所有站点都能检测到冲突
- 等待一段随机时间（称为退避）以后，再重新尝试

■ 先听后发，边听边发，冲突不发，稍后再发！



6.2.1 CSMA/CD





三种坚持退避算法：自行阅读

■ 非坚持CSMA

- 如果介质是空闲的，则可以立即发送
- 如果介质是忙的，则等待一段随机时间，重复上一步

■ 1-坚持CSMA

■ P-坚持CSMA



三种坚持退避算法：自行阅读

■ 非坚持CSMA

■ 1-坚持CSMA

- 如果介质是空闲的，则可以立即发送
- 如果介质是忙的，则继续监听，直至检测到介质空闲，然后立即发送
- 如果有冲突（在一段时间内未收到肯定的回复），则等待一随机量的时间，重复前二个步骤

■ P-坚持CSMA



三种坚持退避算法：自行阅读

■ 非坚持CSMA

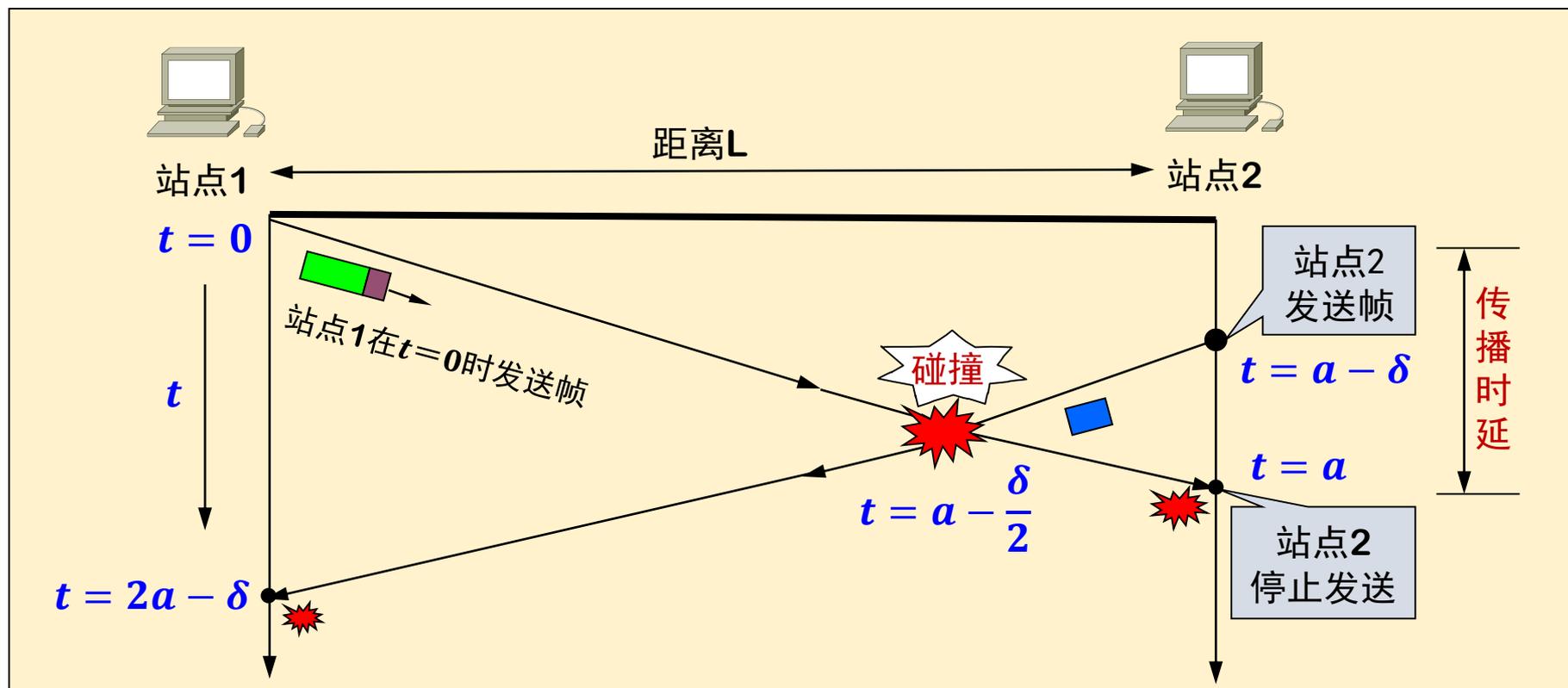
■ 1-坚持CSMA

■ P-坚持CSMA

- 监听总线，如果介质是空闲的，则以P的概率发送，而以(1-P)的概率延迟一个时间单位（一个时间单位通常等于最大传播时延）
- 延迟后，再重复第一步
- 如果介质是忙的，继续监听直至介质空闲，并重复第一步

6.2.1 CSMA/CD: 时间槽

- 时间槽: 能够检测到冲突的时间区间 (争用时隙、碰撞窗口)
- 若两站点之间传播时延为 a , 则时间槽 = $2a$



当 $\delta \rightarrow 0$ 时, 将不会再发生冲突; 这时, 时间槽 $\rightarrow 2a$



■ 时间槽的意义

- 一个站点开始发送后，若在时间槽内没有检测到冲突，则本次发送不会再发生冲突
- 时间槽与网络跨距、传输速率、最小帧长有密切的关系

■ 以太网中，时间槽 = $51.2\mu\text{s}$

- 传输速率为10Mb/s时，一个时间槽内可发送512bit/s，即64字节
所以也称一个时间槽长度为64字节

■ 由此可知：

1. 冲突只可能在一帧的前64字节内发生
2. 帧长度小于64字节时，将无法检测出冲突
 - 所以，以太网规定的最小帧长度为64字节
3. 长度小于64字节的帧（碎片帧）都是无效帧



与时间槽相关的几个网络参数

- 采用CSMA/CD的局域网中，由于时间槽的限制
传输速率 R 、网络跨距 L 、最小帧长 F_{\min} 三者之间必须满足一定的关系：

$$F_{\min} = kLR \quad k \text{——系数}$$

- 结论：

1. 最小帧长度不变时，传输速度与网络跨距成反比
2. 传输速度固定时，网络跨距与最小帧长度成正比
3. 网络跨距固定时，传输速度与最小帧长度成正比



6.2.1 CSMA/CD：优缺点

■ 优点：

- 控制简单，易于实现
- 网络负载轻（40%以内）时，有较好的性能
- 延迟较小

■ 缺点：网络负载重时，性能急剧下降

- 冲突数量增加
 - 各工作站需要频繁执行重发操作
 - 大量的重发操作反过来又使冲突率进一步增加
- 网络延迟增大
- 延迟时间不可预计（非确定性延迟）
- 限制了最大传输距离，距离过远信号衰减无法正常工作



6.3 传统以太网

6.3.1 以太网的产生与发展

1. 20世纪70年代中期由施乐公司（**Bob Metcalfe**）提出，数据率为**2.94Mb/s**，称为**Ethernet**（以太网）
 - 最初人们认为电磁波是通过“**以太**”来传播的
2. 经**DEC**, **Intel**和**Xerox**（**施乐**）公司改进为**10Mb/s**标准（**DIX**标准）
 - **DIX V1**（1980）、**DIX V2**（1982）—**Ethernet II**
 - 特征：基带传输、总线拓扑、**CSMA/CD**、同轴电缆
3. **1985**年被采纳为**IEEE 802.3**，支持多种传输媒体——**传统以太网**
 - “带有冲突检测的载波监听多路访问方法和物理层技术规范”
4. **Ethernet II**和**IEEE 802.3**二者区别很小
 - 仅是帧格式和支持的传输介质略有不同
5. 快速以太网（**FE**）、千兆以太网（**GE**）、万兆以太网……



IEEE 802.3 以太网标准（主要）

- **传统以太网：10Mb/s**
 - 802.3 —— 粗同轴电缆
 - 802.3a —— 细同轴电缆
 - 802.3i —— 双绞线
 - 802.3j —— 光纤

- **快速以太网（FE）：100Mb/s**
 - 802.3u —— 双绞线，光纤

- **千兆以太网（GbE）：1000Mb/s（1Gb/s）**
 - 802.3z —— 屏蔽短双绞线、光纤
 - 802.3ab —— 双绞线

- **万兆以太网：10Gb/s**
 - 802.3ae —— 光纤



6.3.2 以太网的物理层选项

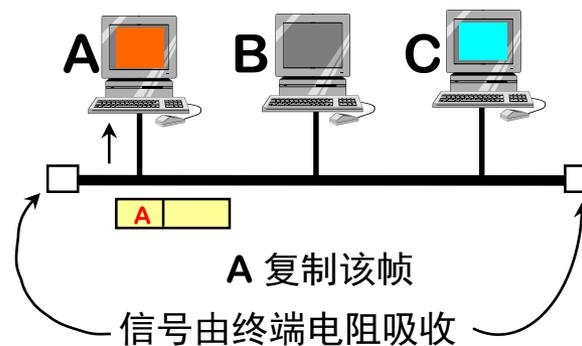
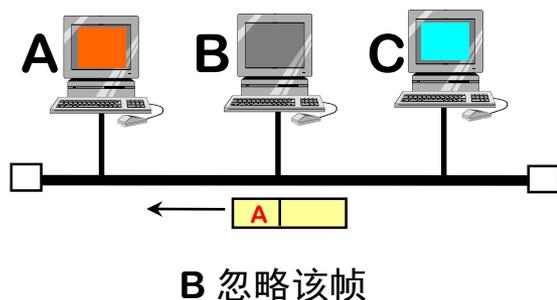
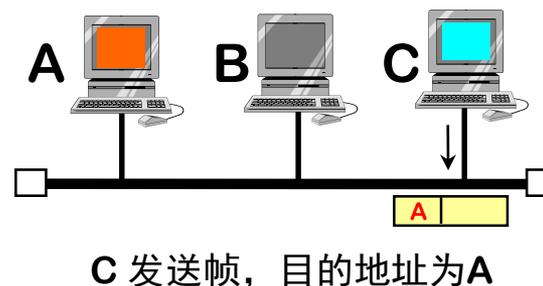
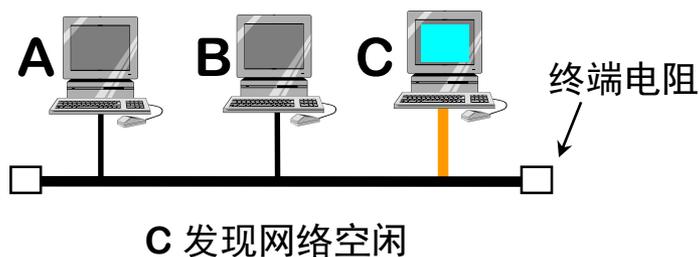
■ 速率、信号方式、介质类型



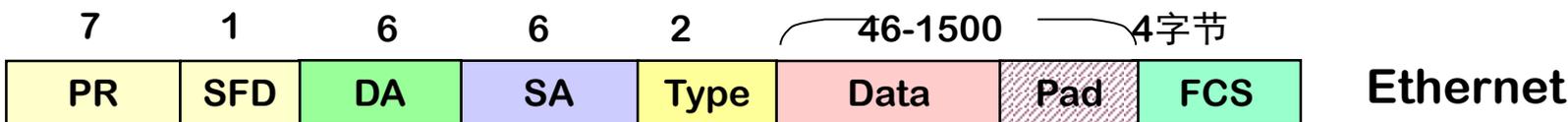
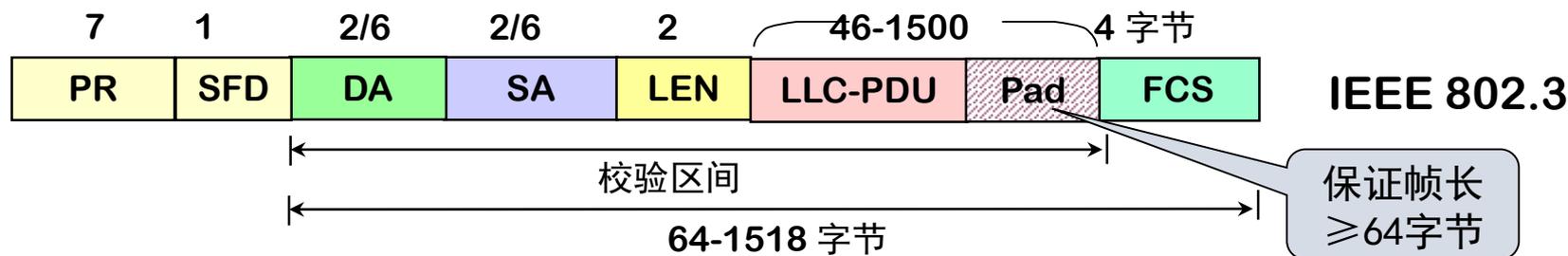
传统以太网		快速以太网、千兆以太网	
10BASE5	粗同轴	100BASE-T	UTP
10BASE2	细同轴	100BASE-F	MMF/SMF
10BASE-T	UTP	1000BASE-X	STP/MMF/SMF
10BASE-F	MMF	1000BASE-T	UTP

Ethernet/802.3 操作

- 任何站点发送数据时都要遵循CSMA/CD协议
- 每个站点都可以接收到所有来自其他站点的数据（广播信道）
- 只有地址与帧的目的地址相同的站点才接收数据
- 目的站点将复制该帧，其他站点则忽略该帧



6.3.3 MAC帧格式



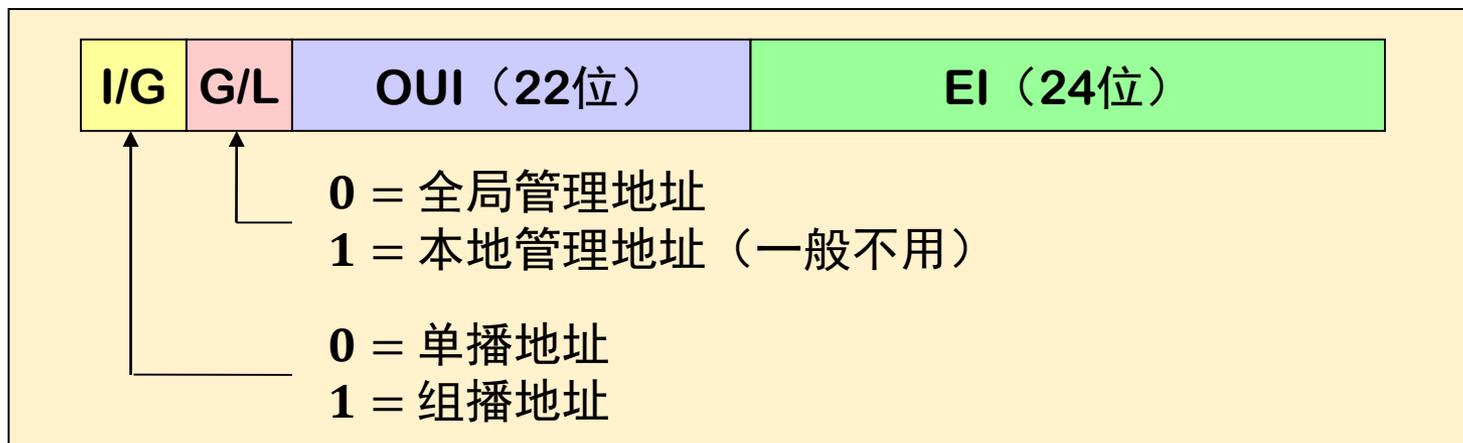
PR	前导码 - 10101010序列，用于使接收方与发送方同步
SFD	帧首定界符 - 10101011，表示一帧的开始
DA/SA	目的/源MAC地址
LEN	数据长度（数据部分的字节数），取值范围：0-1500
Type	类型，高层协议标识
LLC-PDU/Data	数据，最少46字节，最多1500字节，不够时以Pad填充
Pad	填充字段（可选），其作用是保证帧长不小于64字节
FCS	帧校验序列（CRC-32）



6.3.4 MAC地址：概念

- **MAC地址**又称：**物理地址**、**局域网地址**、**以太网地址**
 - 是网络站点的**全球唯一**的标识符，与其**物理位置无关**
 - **注意**：**MAC地址**是在数据链路层进行处理，而不是在物理层
 - 网络站点的**每个网络接口**都有一个**MAC地址**
 - **MAC地址**大多固化在网络站点的硬件中
- 一个站点允许多个**MAC地址**，**个数**取决于**该站点网络接口数**
例如：
 - 安装有多块网卡的计算机
 - 有多个以太网接口的路由器
- **网络接口的MAC地址**可以认为就是**宿主设备的网络地址**

6.3.4 MAC地址：格式



■ MAC地址的长度：6字节，48位

- 可表示 $2^{46} \approx 70$ 万亿个地址（有2位用于特殊用途）

■ 高24位：机构唯一标识符（OUI）

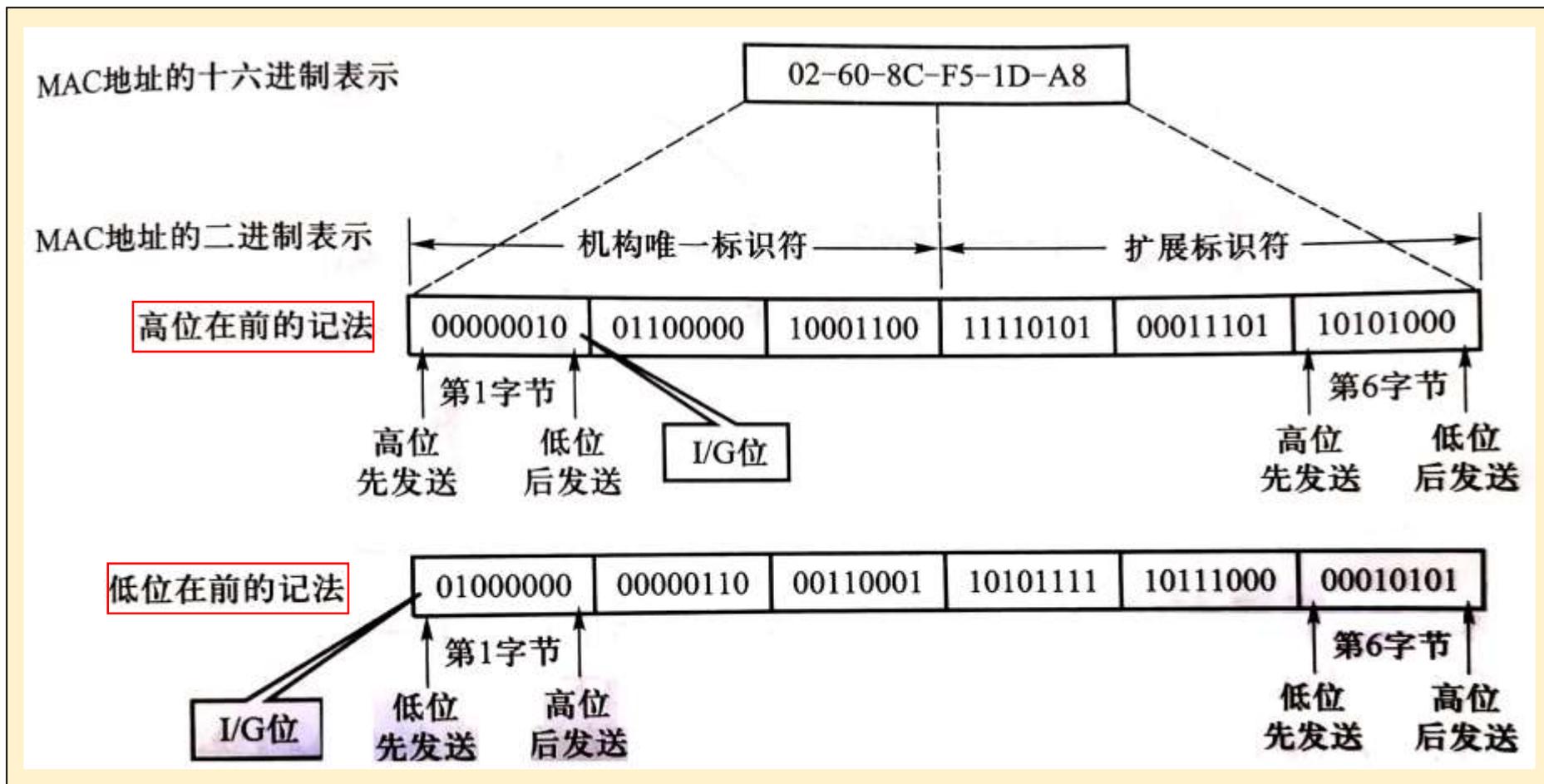
由IEEE统一分配给设备生产厂商

- 例：3COM公司的OUI = 02608C

■ 低24位：扩展标识符（EI）

由厂商自行分配给所生产的每一块网卡或设备的网络接口

6.3.4 MAC地址：记法



- ◆ 不管哪种局域网，字节发送顺序总是按**第一个字节最先发送**的规则操作



6.3.4 MAC地址：类型

■ 单播地址：（I/G=0）

- 拥有单播地址的帧将发送给网络中**唯一由单播地址指定的站点**

——点对点传输

■ 多播地址：（I/G=1）

- 拥有多播地址的帧将发送给网络中由**组播地址指定的一组站点**

——点对多点传输

■ 广播地址：（全1地址，FF-FF-FF-FF-FF-FF）

- 拥有广播地址的帧将发送给网络中**所有的站点**

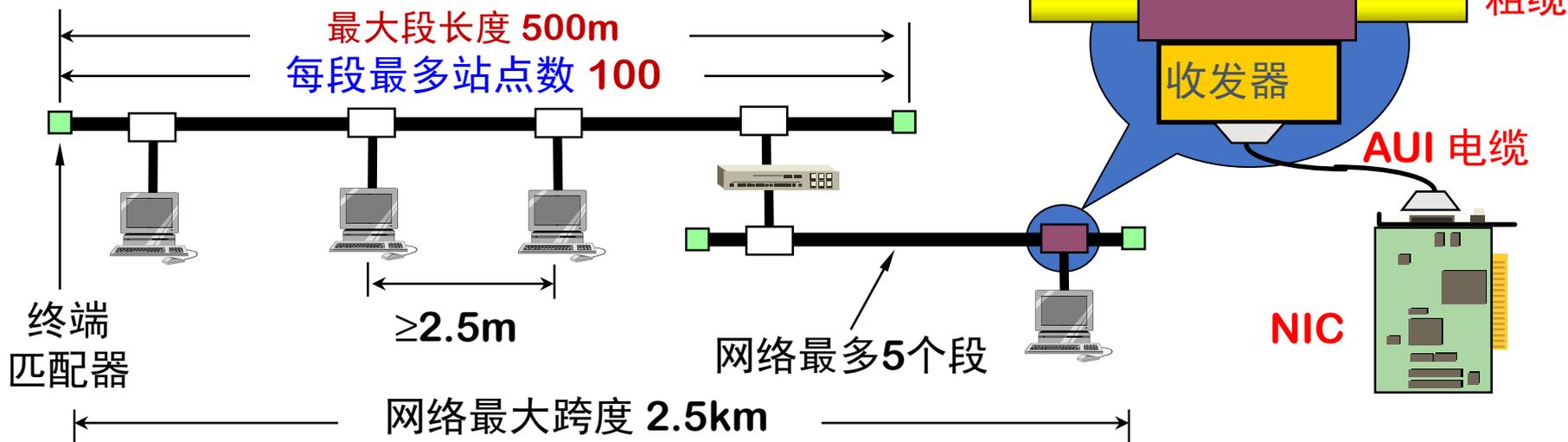
——广播传输

■ **注意**：以上分类只适用于目的地址，源地址不区分！

6.3.5 同轴电缆以太网

■ 粗缆以太网 (10BASE5)

- 粗同轴电缆：可靠性好，抗干扰能力强
- 收发器：发送/接收，冲突检测，电气隔离
- 拓扑：总线型
- **缺点**：贵、不灵活、安装不便



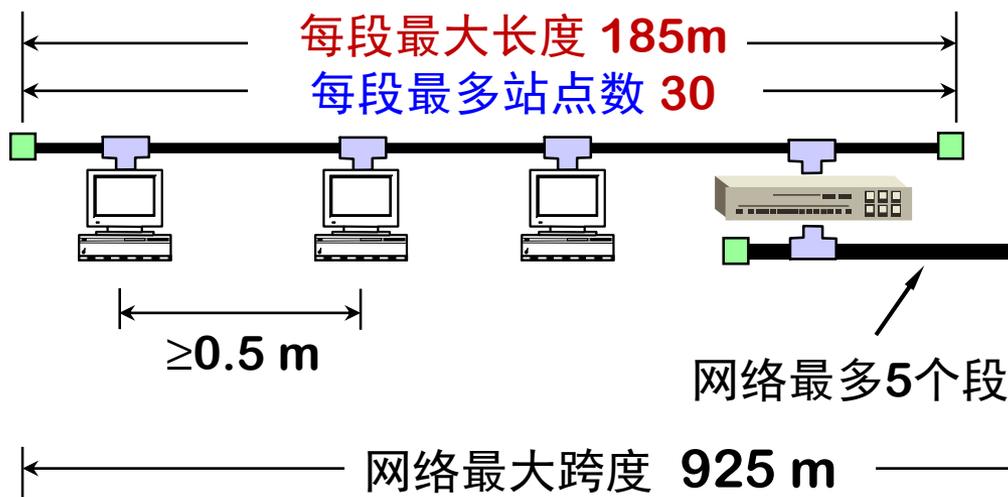
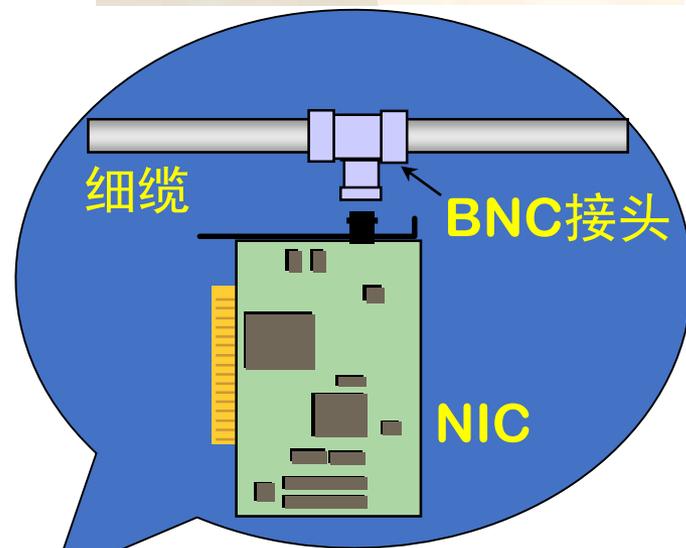
NIC: Network Interface Card

AUI: Attachment Unit Interface

6.3.5 同轴电缆以太网

■ 细缆以太网（10Base2）

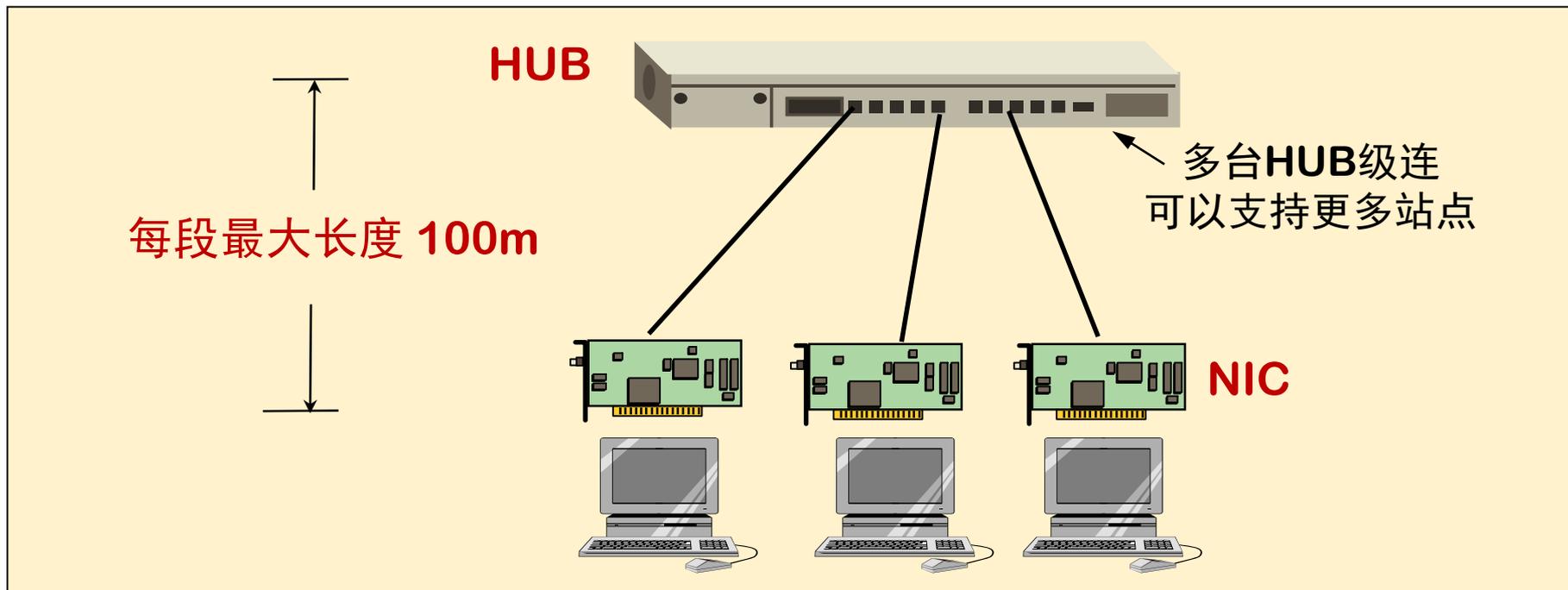
- 细同轴电缆：可靠性稍差
- 无外置收发器
- 轻便、灵活、成本较低
- 拓扑：总线型
- **缺点**：比双绞线笨、不易查出故障，会导致全网瘫痪



终端匹配器

6.3.6 双绞线以太网（10Base-T）

- 双绞线（UTP），两头压接RJ45连接器（水晶头）
- 所有站点都与HUB（集线器）相连接
 - HUB的作用：信号放大与整形
- 拓扑：星形，但逻辑拓扑结构仍然是总线
- 优点：轻便、安装密度高、便于维护



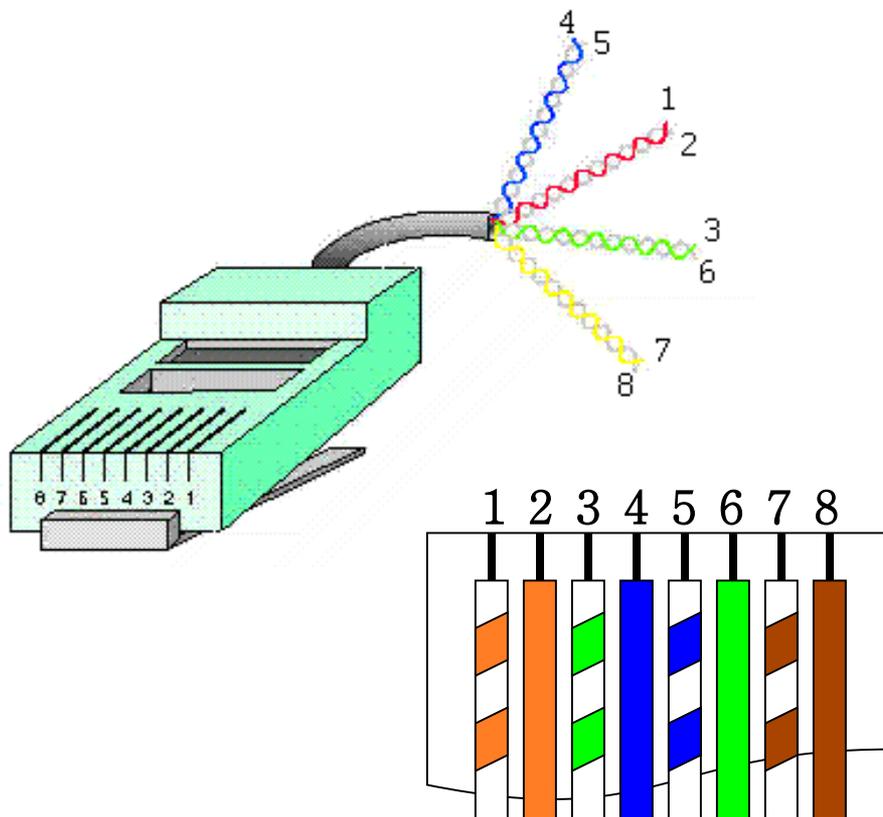


6.3.6 双绞线以太网（实验课讲）

■ 双绞线的连接标准

- 在以太网的标准中，10Mb/s与100Mb/s双绞线采用相同的线序：1、2两根线为一对，3、6两根线为另一对

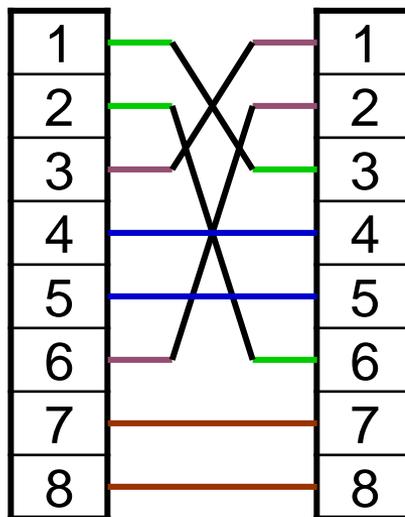
色标	Pin#	Signal
白橙	1	TD+
橙	2	TD-
白绿	3	RD+
蓝	4	不用
白蓝	5	不用
绿	6	RD-
白棕	7	不用
棕	8	不用



双绞线的连接标准

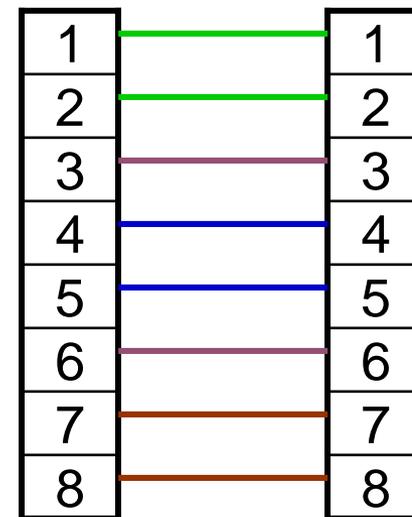
- 色彩标记和连接方法：

线对	色彩码
1	白蓝, 蓝
2	白橙, 橙
3	白绿, 绿
4	白棕, 棕



交叉线

568A-568B



直通线

568A-568A

- HUB-HUB**：标准端口间用交叉线；级连端口间用直通线

交叉（同一框中）

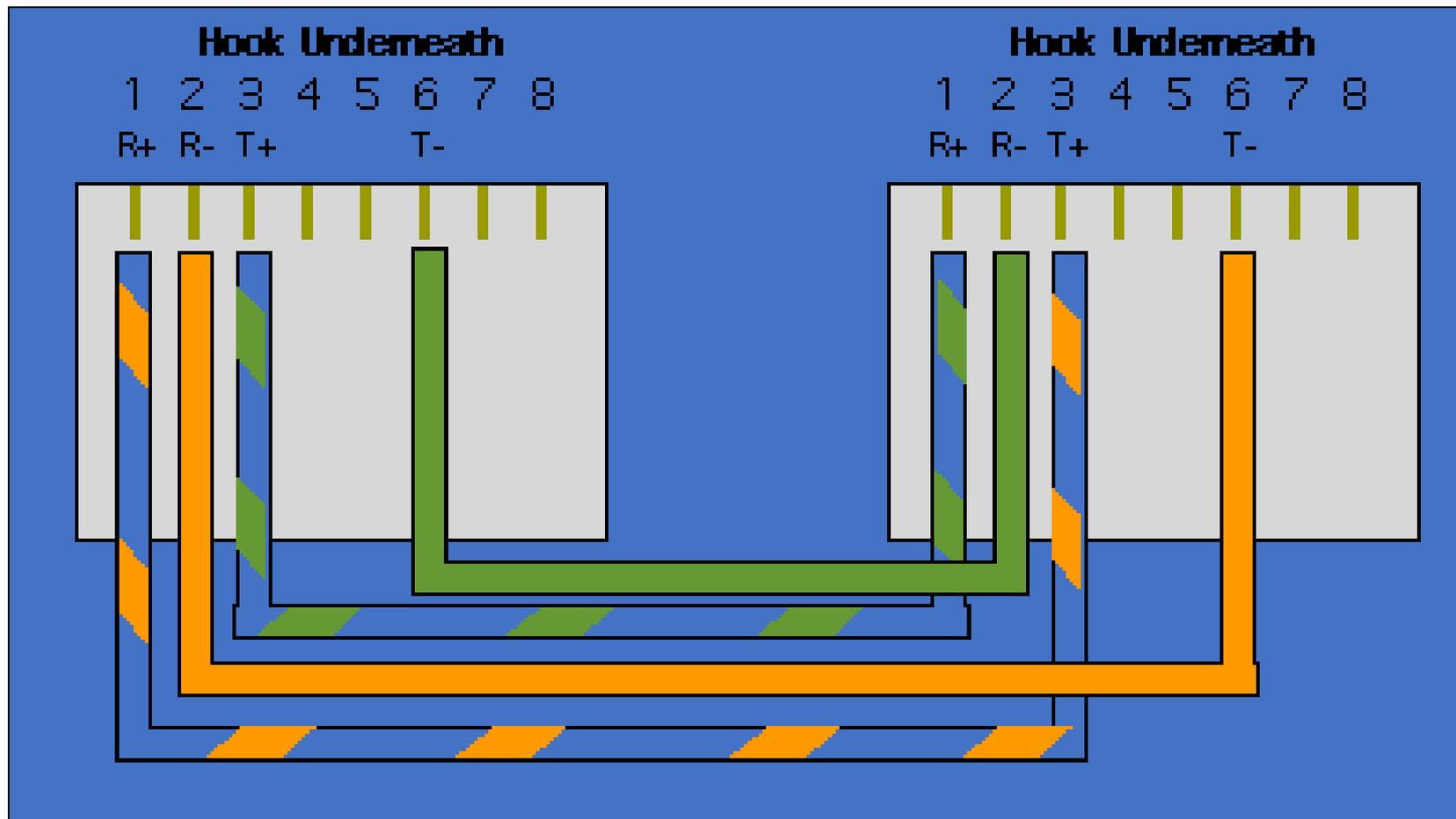
计算机 路由器

直通

集线器 交换机



- 当两个HUB连接时，要使用交叉连接方法。
 - 两台微机直接连接时，也可参考此接法。





6.3.7 光纤以太网

1. 介质：光纤

- 两根62.5/125 μm 多模光纤，收发各一根

2. 拓扑：星形

3. 通常用于远距离网络连接

4. 主要类型：

- **FOIRL**（光纤中继器间链路）

- 用于连接两个**HUB**（或中继器）；链路间最大距离**1 km**

- **10Base-FL**（用以替代**FOIRL**）

- 链路间最大距离**2 km**；任意两节点间的中继器数 ≤ 6 个

5. 光纤与其他介质可使用介质转换器进行转换

- 介质转换器是可连接不同介质的**中继器**



6.3.8 全双工以太网

■ 特点:

- 收、发使用不同的物理信道
- 不再使用CSMA/CD机制，因此传输距离不受时间槽的限制
- 但要受到信号衰减的影响

■ 全双工操作的条件:

1. 发送和接收信道应该使用分离的网络介质：使用双绞线或光纤
2. 每两个站点之间应该配备专用的链路：使用交换机
3. 网卡和网络交换机必须支持全双工操作



6.6 无线局域网 (P221)

■ 为什么需要无线网络?

- 解决有线网络的缺点：
 - 临时组网不方便
 - 如运动会、军事演习
 - 网络互连要跨越公共场合时布线很麻烦
 - 难于解决移动站点问题
- 无线网络类型
 - 电信移动网络
 - 无线局域网 (WLAN) 等



6.6.1 无线网络的应用（了解）

1. 在布线不方便或者不可能的情况组建网络
2. 漫游访问
3. 不同建筑物中的局域网之间的无线互联
4. 电视机、机顶盒、笔记本电脑/台式电脑和大容量存储设备之间的数据/视频流传输
5. 家庭网络

6.6.2 无线局域网标准

- **WLAN**: 采用无线传输技术的局域网
- **IEEE802.11**, 1997年发布
 - 工作频带2.4GHz, 最大传输速率2Mb/s
- **IEEE802.11a**、**IEEE802.11b**, 1999年9月,
 - 802.11a: 工作频带5.8GHz, 最大传输速率54Mb/s
 - 802.11b: 工作频带2.4GHz, 最大传输速率11Mb/s
- **IEEE802.11g**, 2003年6月
 - 工作频带2.4GHz, 最大传输速率54Mb/s, 同时具备a+b的优点
- **IEEE802.11n**, 2007年3月(草案)正式2009, **WiFi-4**
 - 工作频带2.4GHz/5GHz, 最大传输速率约为300Mb/s
- **IEEE802.11ad**, 2013年, 60GHz, 超过1Gb/s, 高清数据传输
- **IEEE802.11ac**, 2014年, 5GHz, **WiFi-5**, 最高3.5Gb/s
- **IEEE802.11ax**, 2018年, 2.4/5GHz, **WiFi-6**, 最高9.6Gb/s, **WiFi-6E**





6.6.3 无线局域网的物理层

■ 拓扑结构

• 有基础结构的拓扑

- 依赖于一个服务访问点（**AP**）或一个有线网络
- 适合于免布线的办公室环境和家庭无线网络

• 无基础结构的拓扑

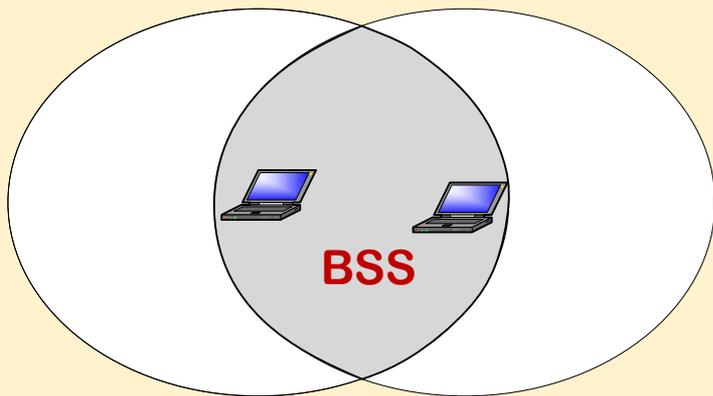
- 又称为**临时结构网络**（**Ad Hoc Network**）
- 不依赖服务访问点或有线网络，由**无线站点通过相互关联临时组成一个网络**
- 适合于需要临时搭建网络的场合



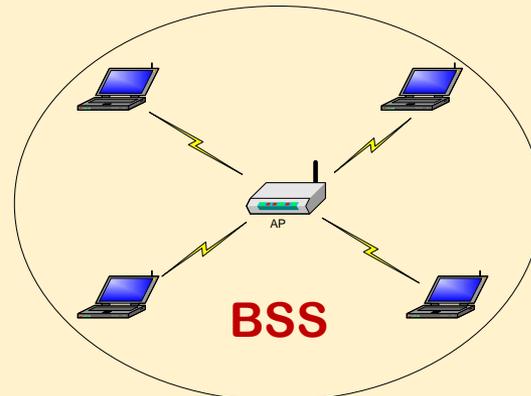
6.6.3 无线局域网的物理层：BSS与AP

- **BSS**（基本服务集，Basic Service Set）
 - 是一个地理区域，类似于移动电话系统中的蜂窝结构
 - 每一个**BSS**都有唯一的**BSSID**（也称为**SSID**），只有设置了正确的**BSSID**，站点才能访问**BSS**
 - **BSS**中有两种类型的设备：一种是**无线站点**，一种是**无线接入点（AP）**
- **无线站点**
 - 通常是一台配置了无线网卡的计算机
- **AP**（无线接入点，Access Point） **P225**
 - 是**WLAN**中的“**无线基站**”，类似有线网络中的**HUB**（**车载AP/轨旁AP**）
 - **AP**的功能：
 - 站点之间的**信息转发**
 - **WLAN**与有线局域网之间的“**桥接器**”

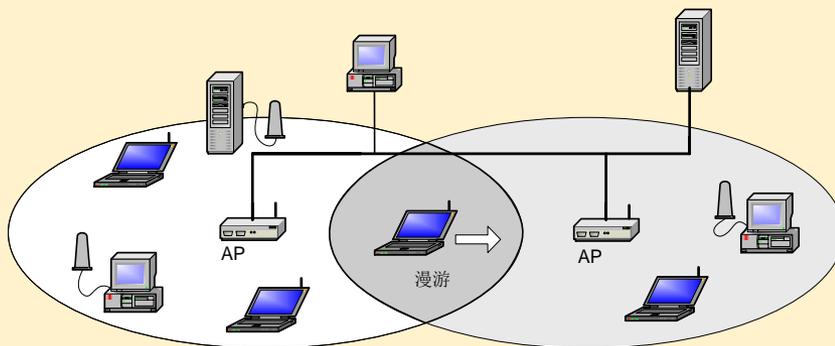
6.6.3 无线局域网的物理层：拓扑结构



Ad Hoc 网络



以AP为核心的
基础结构网络



通过AP与有线网络连接的
基础结构网络



6.6.4 无线局域网的数据链路层

- LLC子层与IEEE 802.3完全相同，仅MAC子层不同
- MAC子层用CSMA/CA（载波检测多路访问/冲突避免）协议
 - 不是在发送过程中去监听是否发生了冲突（原因：P228）
 - 而是发送前设法避免发生冲突
- 采用三种机制实现“冲突避免”
 1. 预约信道
 2. 正向确认（Acknowledgement）
 3. RTS/CTS（请求发送/清除发送）



冲突避免的措施（P229）

1. 预约信道

- 发送站点向所有其他无线站点**通告**本站点**将要占用信道多长时间**，以便让**其他站**在这段时间内**不要发送数据**，起到了**避免冲突**的效果

2. 正向确认

3. RTS/CTS（请求发送/允许发送）



冲突避免的措施

1. 预约信道

2. 正向确认

- 接收站点正确收到数据帧时，就向发送站点发送一个ACK帧作为接收成功的肯定回答，否则将不采取任何动作
- 发送站点根据是否收到ACK帧决定重发与否，用于冲突恢复

3. RTS/CTS（请求发送/允许发送）



冲突避免的措施

1. 预约信道

2. 正向确认

3. RTS/CTS（请求发送/允许发送）

- 通过RTS/CTS帧预约信道，以避免隐蔽站冲突问题
- 例如：有A、B、C三个站点，B在A和C之间
A和C都能与B通信，但A和C却因为相距较远而彼此无法了解对方的存在，若它们都向B发送数据就会发生冲突



使用RTS/CTS协议后（自行阅读）

- 首先，**A向B发送RTS信号**，表明**A要向B发送若干数据**，**B收到RTS后**，**向所有基站发出CTS信号**，表明已准备就绪，**A可以发送**，**而其余欲向B发送数据的基站则暂停发送**；
- 双方在**成功交换RTS/CTS信号**（即完成握手）**后才开始真正的数据传递**，保证了多个互不可见的发送站点同时向同一接收站点发送信号时，**实际只能是收到接收站点回应CTS的那个站点能够进行发送**，避免了冲突发生。
- **即使有冲突发生**，**也只是在发送RTS时**，这种情况下，由于**收不到接收站点的CTS消息**，大家**再回头用DCF协议提供的竞争机制**，分配一个随机**退守**定时值，等待**下一次介质空闲DIFS**（Distributed Inter-Frame Space）后**竞争发送RTS**，直到成功为止。



6.6.5 高速无线局域网

■ 新一代WLAN标准

- 达300Mbit/s的传输速率
- 802.11n采用Spatial Multiplexing MIMO（空间多路复用多入多出）技术
- MIMO是一种智能天线技术，它通过多组独立天线组成的天线阵列系统，通过创建多个并行空间信道，将要传输的数据分割成多个部分进行并行独立传输
- MIMO带来的优点
 - 更大的信道带宽
 - 数据传输率高
 - 传输信号稳定
 - 噪音干扰小
 - 传输距离远



不同标准的WLAN比较

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
最大传输速率	54Mb/s	11Mb/s	54Mb/s	600Mb/s
兼容性	与b不兼容	-	与b兼容	与b/g兼容
安全性	好	较好	好	好
穿越障碍能力	一般	强	强	很强
抗干扰能力	强	较强	较强	很强
传输距离（室外）	300m	300m	300m	500m
价格	高	低	低	高
支持业务	数据 语音/图像	同左	同左	同左，视频



本章小结

- 局域网的**体系结构**
 - 物理层和数据链路层（及两个子层）
- 局域网的**特点**以及局域网具有的**技术特征**
- 介质访问控制方法：**CSMA/CD**
- **以太网**的工作原理，**MAC地址**
- 无线局域网：技术及应用



作业

- 第235页：
2, 6, 12