

# CH3: 无线与移动网络

## ◆ 3.1 无线网络基础

- 基本概念
- 无线链路的特点
- CDMA

## ◆ 3.2 WLAN:

- Wi-Fi 概述
- 802.11wi-fi 网络
- 802.15个域网
- 802.16Wi Max网络

## ◆ 3.4 移动接入

- 移动的基本概念
- 移动寻址与路由

## ◆ 3.5 移动IP

- 基本特点与要素
- IP移动过程

## ◆ 3.6 无线移动网络管理

- 用户接入
- 代理发现
- 鉴别认证
- 建立关联
- 安全加密

### 3.1.1 基本概念

#### ◆ 背景

- 无线移动电话用户**超过**固话，中国8亿多手机
- 网络：掌/膝机、PDAs、便携机、无线接入发展迅猛，**更适合人**

#### ◆ 全球互联网新趋势

- 从 PC-Internet → Mobile-Internet
- 从 Listening-Internet(Web1.0) → Speaking-Internet(Web2.0)

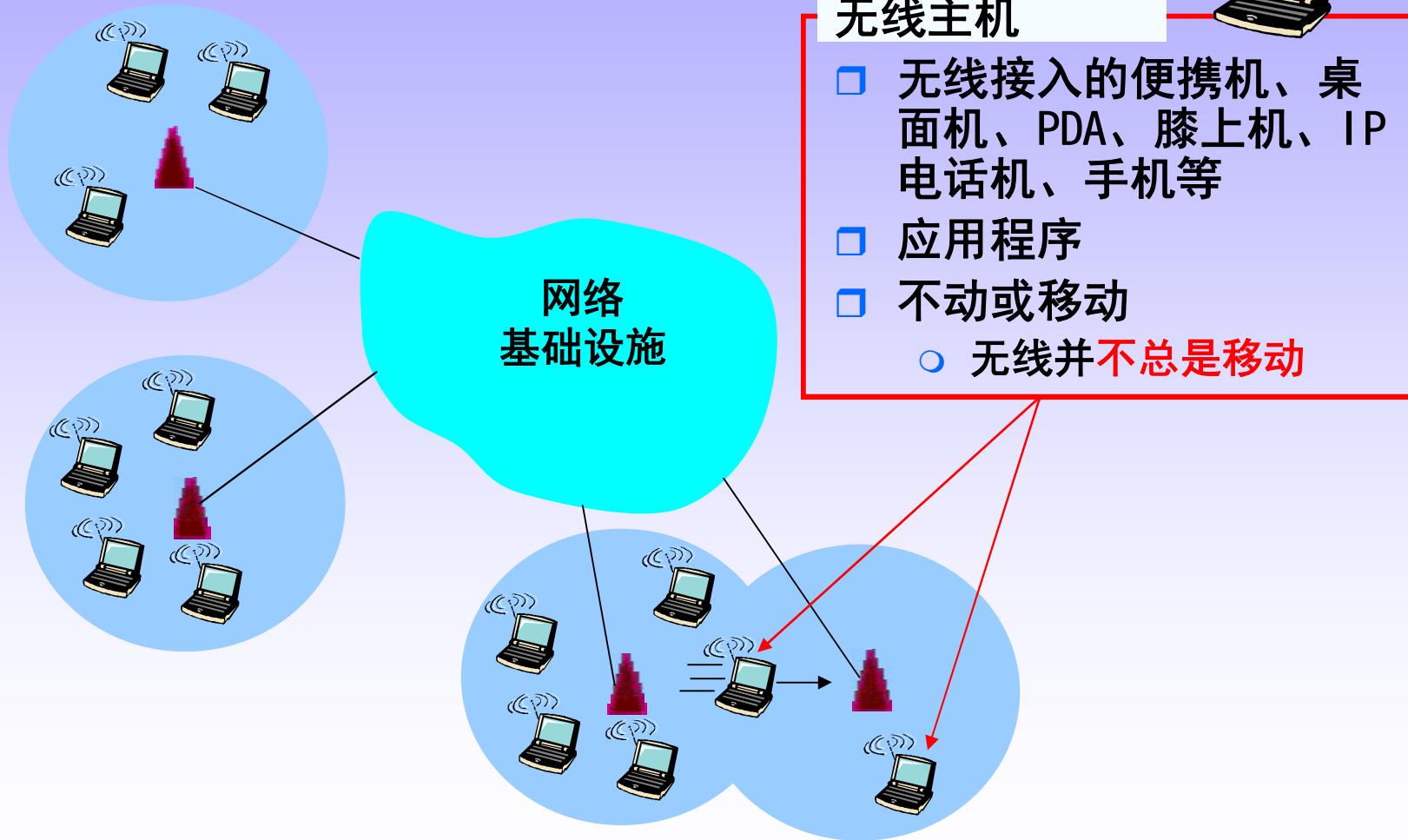
#### ◆ 两大重要挑战

- **无线**：无线链路通信
- **移动**：移动用户接入

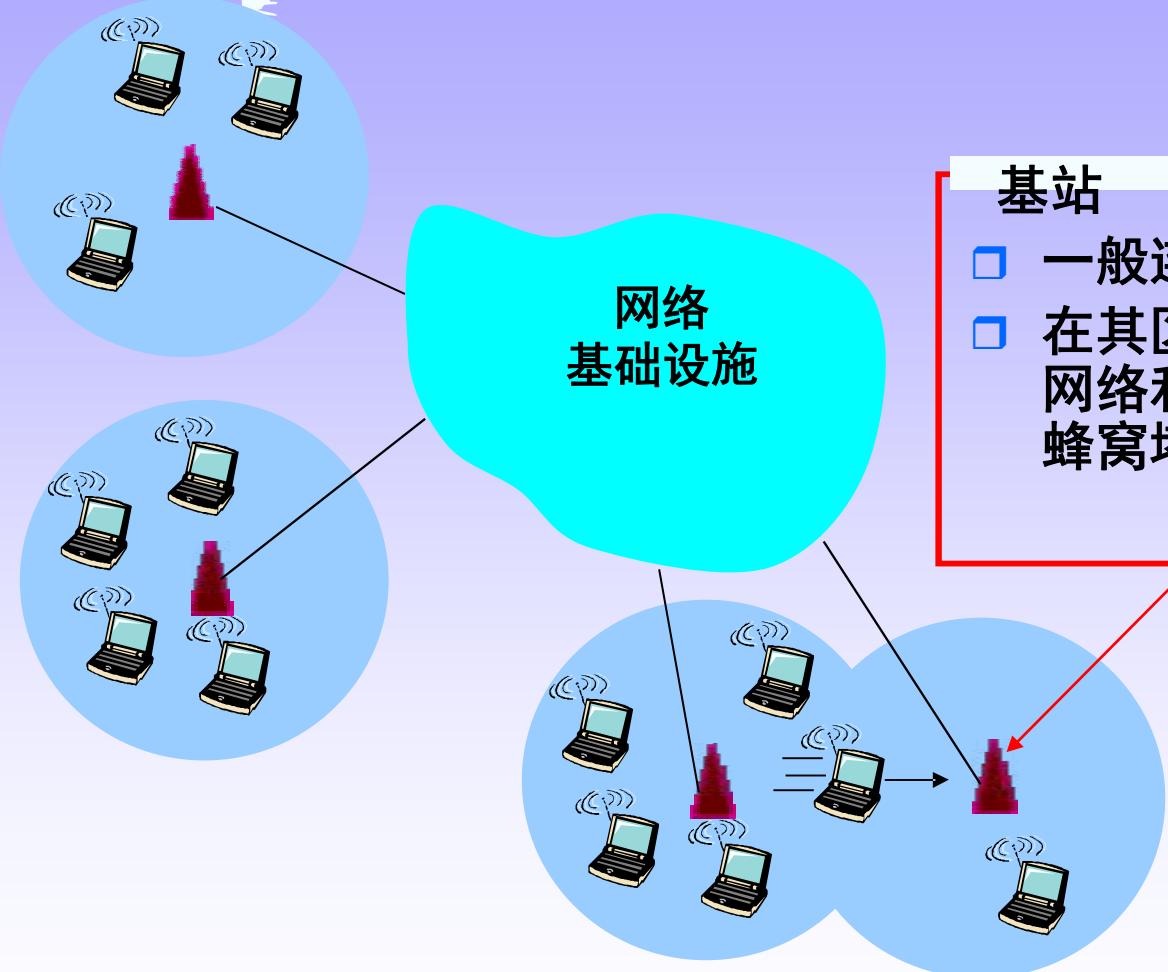
#### ◆ Service Set Identifier (SSID)

- SSID是个笼统的概念，包含了ESSID和BSSID，用来区分不同的无线网络，最多可以有32个字符

# 无线网络的构成



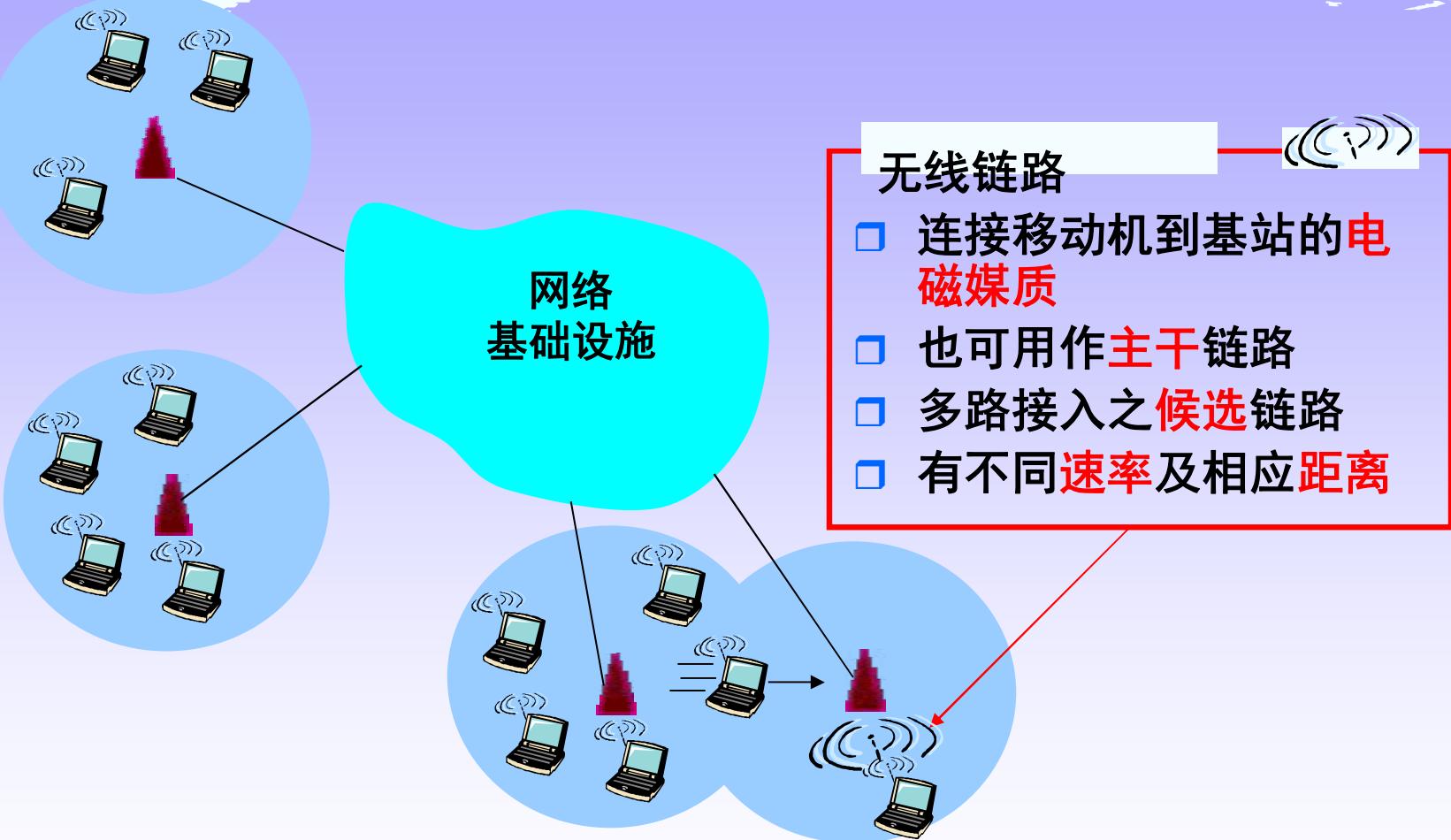
# 基站



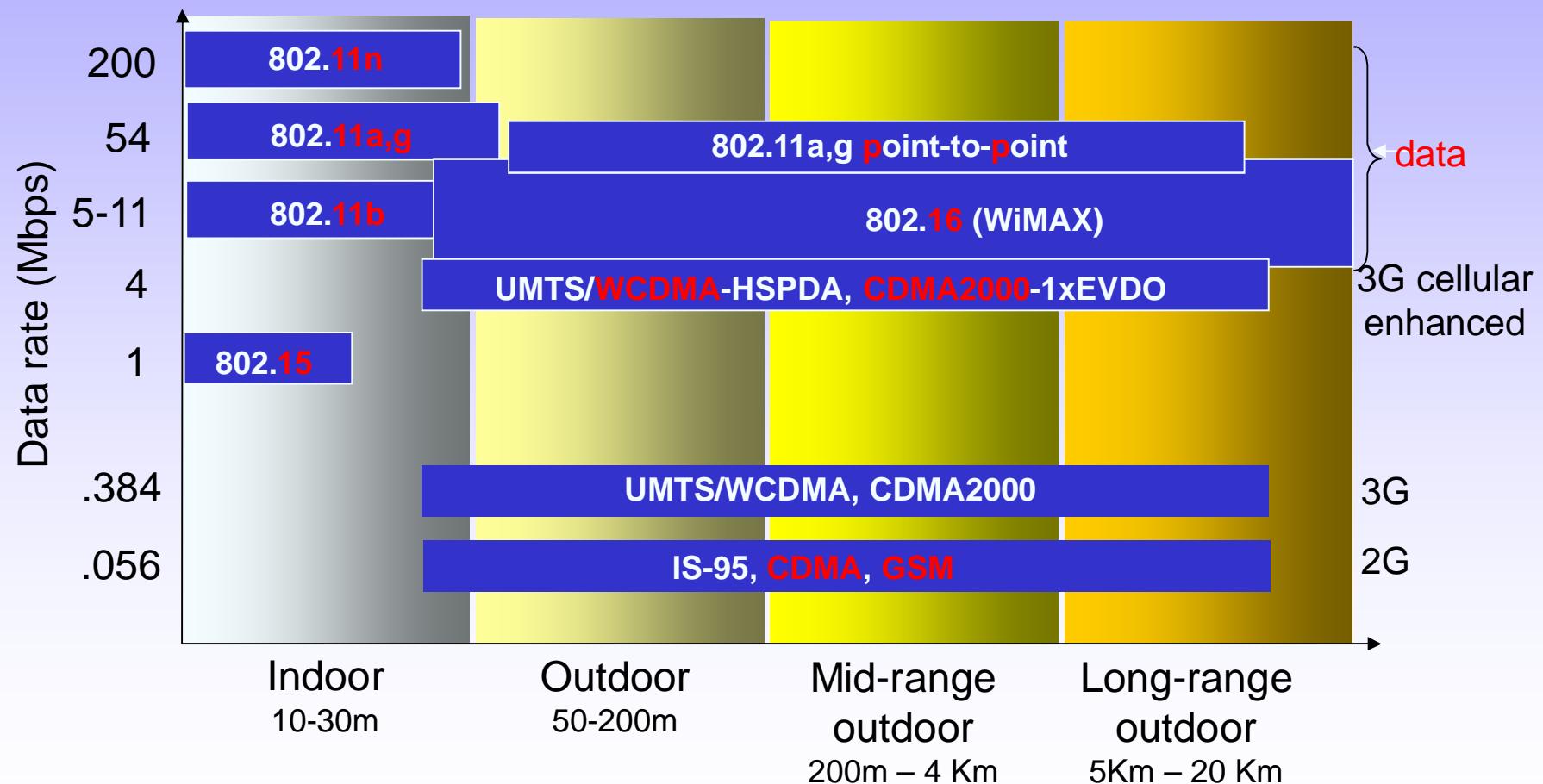
## 基站

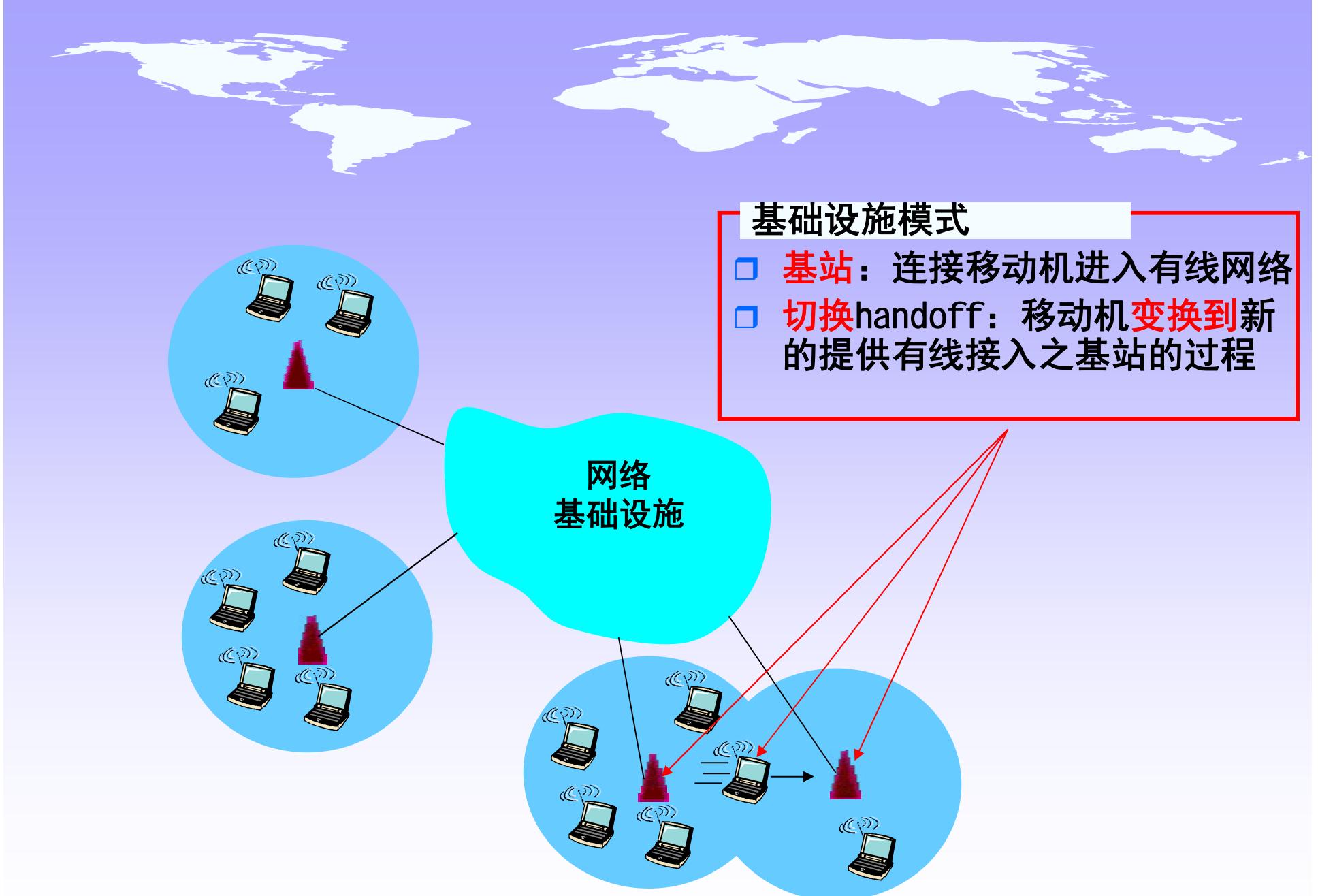
- 一般连接到**有线设施**
- 在其区域内，中继有线网络和无线用户，如GSM蜂窝塔, 802. 11 AP

# 无线链路



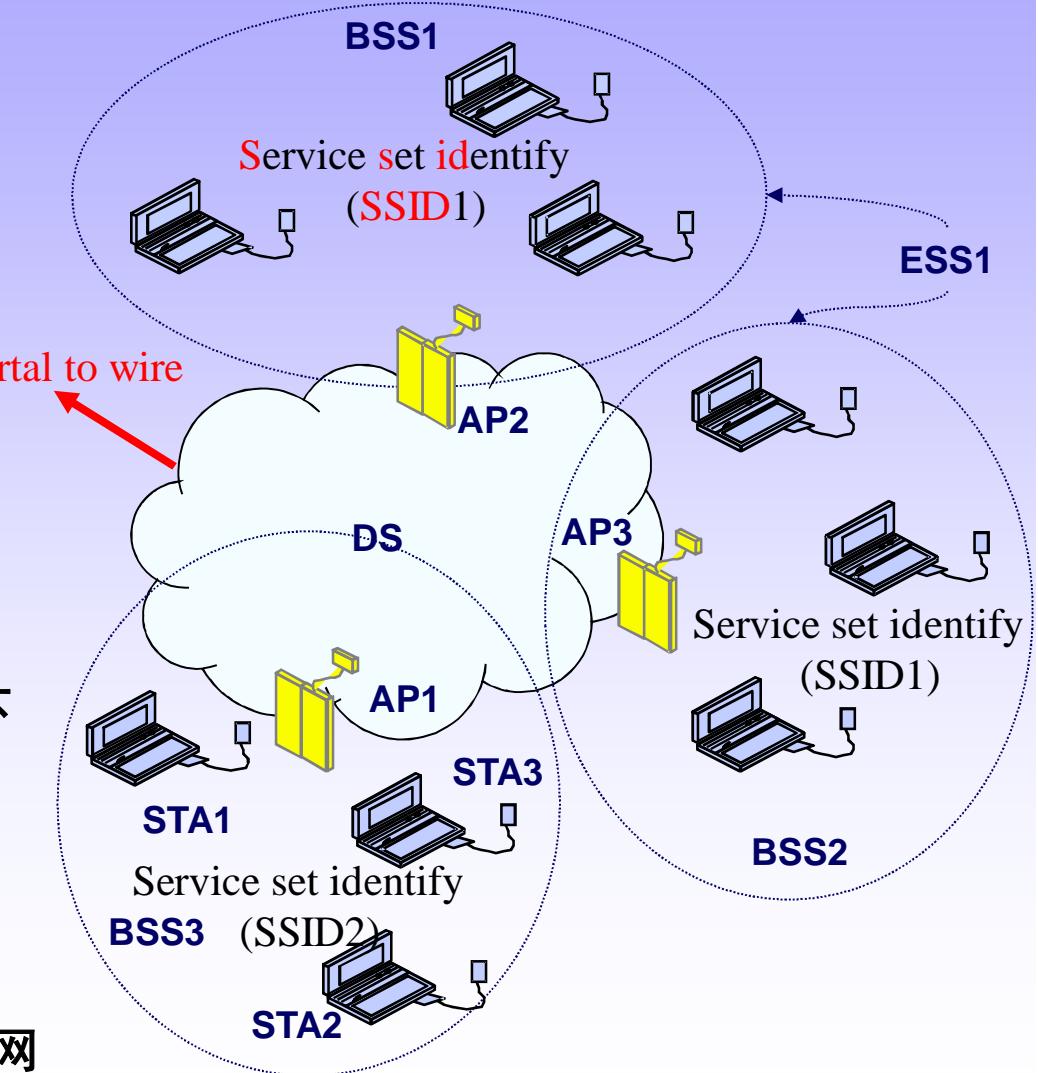
# 无线链路标准





# Infrastructure模式

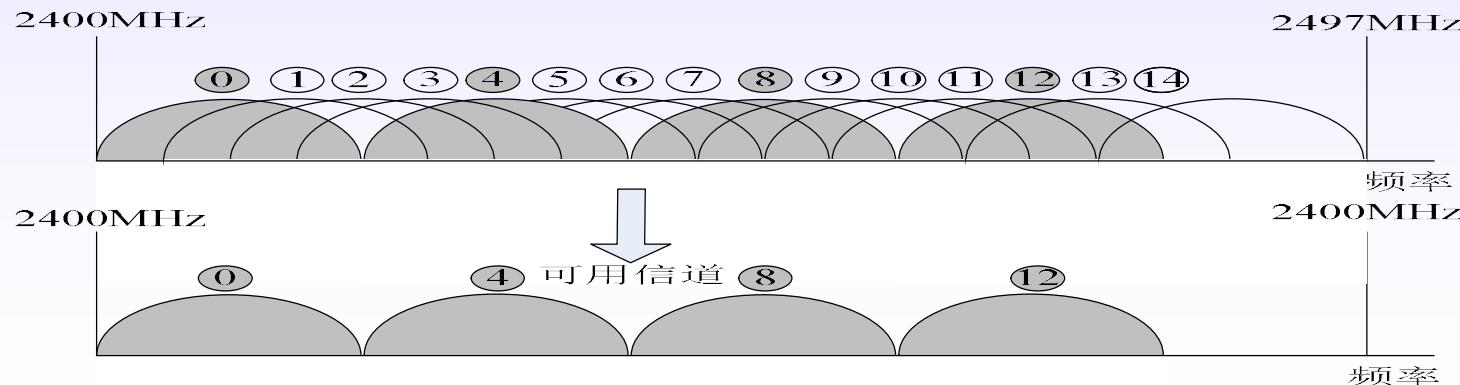
- ◆ Stations (STA)
  - 任何无线设备
- ◆ Access Point (AP)
  - 连接BSS到DS
  - STA间数据转发
- ◆ Basic Service Set (BSS)
  - 一个AP所控制区域
  - 通过BSSID (AP的MAC地址) 标识
  - 终端在一个 BSS内可相互通信
- ◆ Extended Service Set (ESS)
  - 相同SSID多BSS形成规模虚拟BSS
  - 终端在同一ESS内可通信并可在下属多个 BSS间移动
  - ESS通过SSID来唯一标识
- ◆ Distribution Service (DS)
  - 连接多个BSS网络以及有线网络
  - 可用无线或有线技术，通用以太网



# 信道与关联

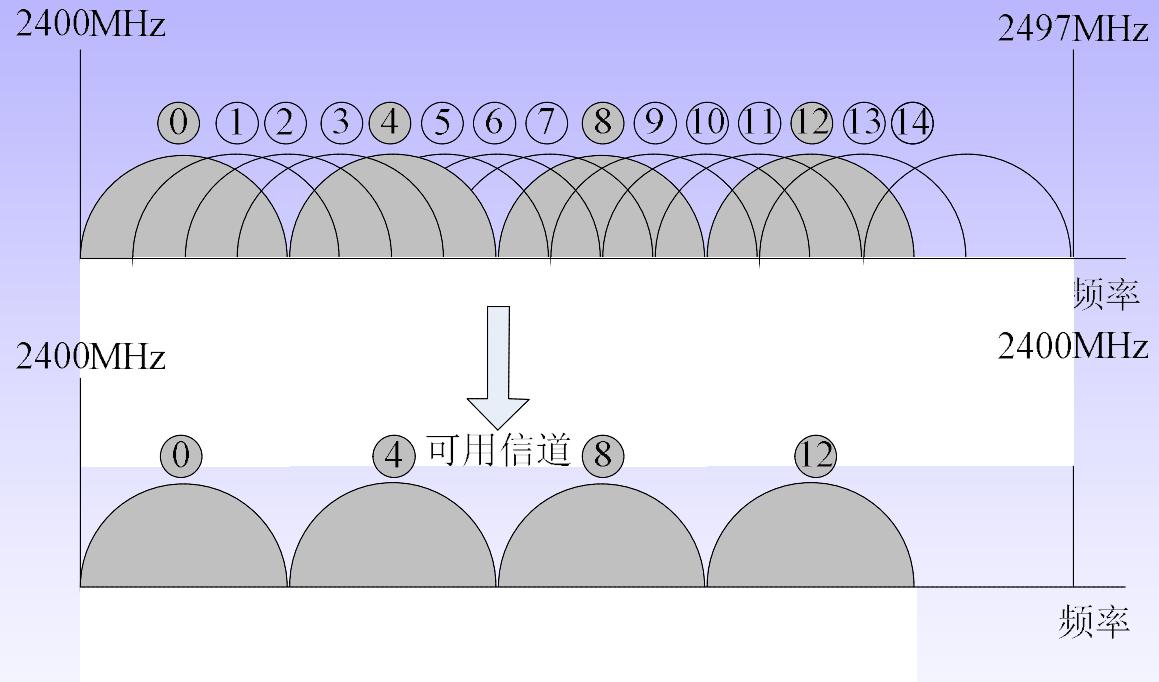
## ◆ 管理员为

- 每个AP分配一个**服务集标识符SSID**
- 每个AP分配一个**信道号**
  - ☞ 2.4-2.485GHZ=85MHZ频段内定义**14个部分重叠的信道集**
  - ☞ 当仅当两个信号由**4或更多信道隔开时**它们才无重叠, 每段5MHz
  - ☞ 信号**1/6/11 (或0/4/8/12)** 集合时**非重叠信道集合**
  - ☞ 即同一物理网络中可安装**4个AP**, 其传输速率为 $11\text{Mbps} \times 4 = 44\text{Mbps}$
  - ☞ 同一频率 (AP) 下多个用户**分时共享**该AP的带宽



# 信道分配

- ◆ 避免相邻AP信道干扰，最多可以在同一个覆盖区域设置**4个互不重叠的信道(相差20MHz)**
- ◆ **实际室内部署时相邻AP最少相隔5个信道**，所以一个覆盖区域内只能有**4个信道可用**

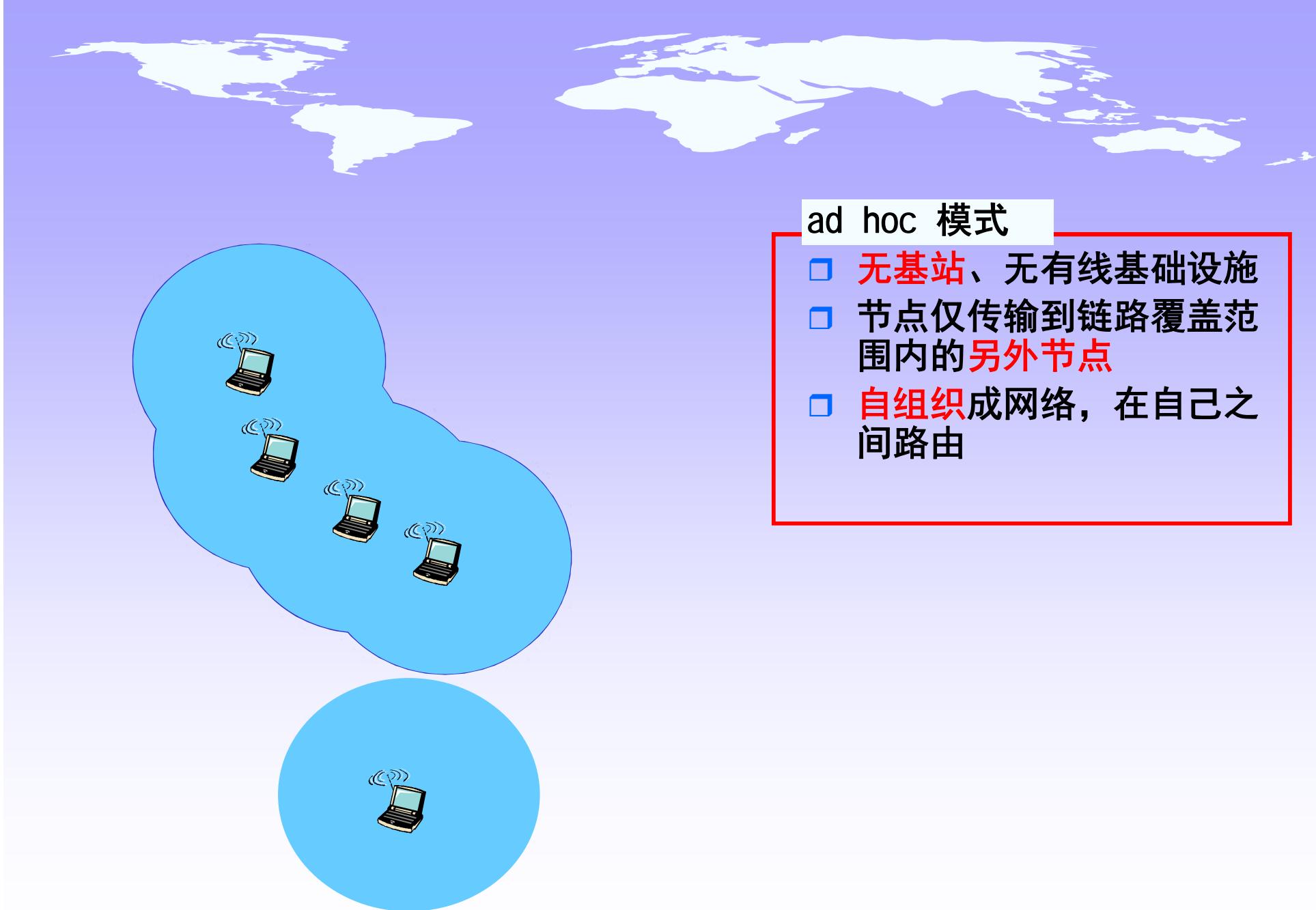


## 2. 4G 信道频率划分(中心频率)

信道ID	美国和加拿大 (Mhz)	欧洲 (Mhz)	中国和日本 (Mhz)
1	2412	2412	2412
2	2417	2417	2417
3	2422	2422	2422
4	2427	2427	2427
5	2432	2432	2432
6	2437	2437	2437
7	2442	2442	2442
8	2447	2447	2447
9	2452	2452	2452
10	2457	2457	2457
11	2462	2462	2462
12	X-不可用的信道	2467	2467
13	X-不可用的信道	2472	2472
14	X-不可用的信道	X-不可用的信道	2484

# 2. 4G 信道频率划分(中心频率)

信道ID	美国和加拿大 (Mhz)	欧洲 (Mhz)	中国和日本 (Mhz)
1	2412	2412	2412
2	2417	2417	2417
3	2422	2422	2422
4	2427	2427	2427
5	...	...	...
9	2452	2452	2452
10	2457	2457	2457
11	2462	2462	2462
12	X-不可用的信道	2467	2467
13	一台戴尔的笔记本电脑，不支持第13信道。 如果给无线路由器选了个13，笔记本连不上网络。	2472	2472
14	X-不可用的信道	X-不可用的信道	2484



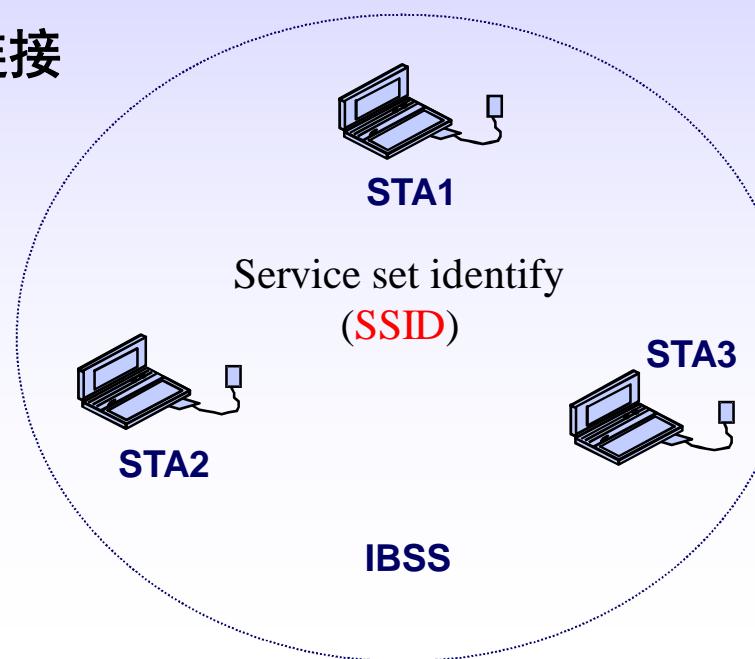
### ad hoc 模式

- 无基站、无有线基础设施
- 节点仅传输到链路覆盖范围内的另外节点
- 自组织成网络，在自己之间路由

# Ad hoc模式

## ◆ Ad Hoc 模式包括:

- Stations (STA)
  - 任何的wireless设备
  - 设备之间相互点对点对等通信
- Independent Basic Service Set (IBSS)
  - 通过唯一的SSID来标识
  - 网络中没有AP设备，也没有公共连接连到DS有线网络



# 无线网络分类

模式	单跳	多跳
有基础设施 (e.g., APs)	主机连接到基站 (Wi Fi, Wi MAX, cellular) 进而连接到大的互联网	主机可能需要通过几个无线节点中继而连接到大的互联网: <i>mesh net</i>
无基础设施	无基础设施, 并不连接到大的互联网 (Bluetooth, ad hoc nets)	无基站、不连接到大的互联网, 可能需要中继到给定周围其它无线节点 MANET, VANET, Sensor Networks

## 3.1.2 无线链路的特点

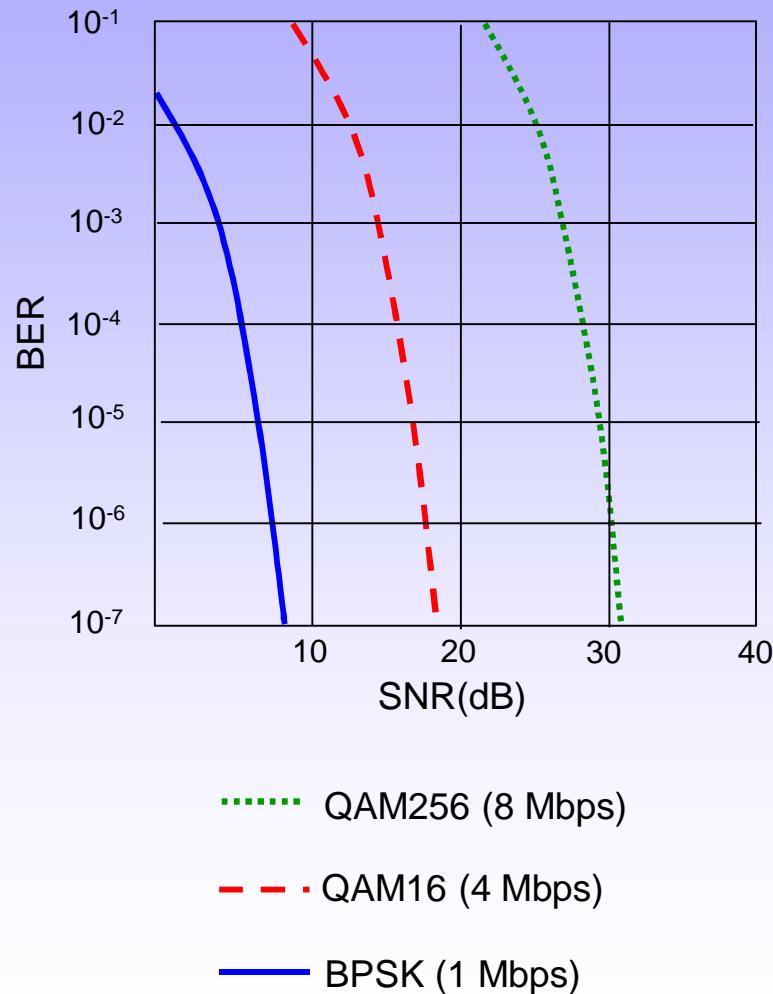
- ◆ 有线和无线网络的区别主要在链路层
- ◆ 无线链路的主要特点：下述原因导致比特错更多
  - 递减的信号强度：电磁波在穿透物体时强度减弱，随距离的增加而减弱（Path Loss）
  - 来自其它源的干扰：同一频段电波相互干扰，如802.11b和无线电话都使用公共频段2.4GHz；环境电磁波干扰，与微波炉、phone、motors等共享争用同频谱；
  - 多路径传播：电磁波一部分被受物和地面反射，到达目的节点时会有些微时间差
  - 无线信道交叉难：无线链路交叉使通信更困难

## ◆ 性能参数

- **SNR**( Signal to Noise Rate) 信噪比。SNR越大越容易分离信号与噪声
- **BER** (Bit Error Rate) 误码率

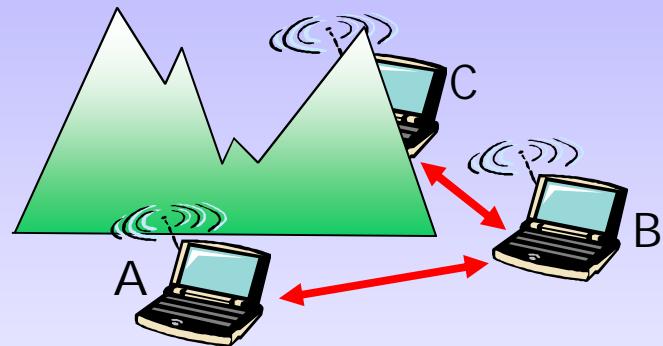
## ◆ SNR 对 BER 之折中

- **给定物理层**: 增加功率→增加SNR→减少BER
- **给定SNR**: 选定满足BER需要的物理层, 就要给出**最高的吞吐率**
- SNR可能随移动而变化: 动态适应物理层(调制解调器)



# 多点接入的新问题

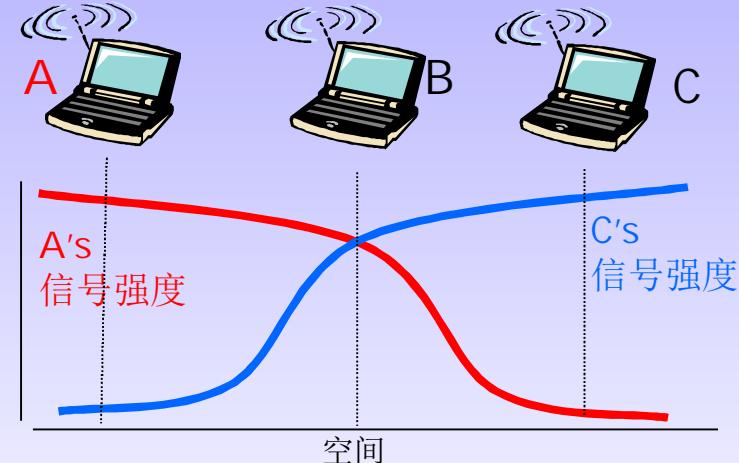
- ◆ 多个无线发送者和接收者导致的新问题 (beyond multiple access)



隐藏站问题：

- ◆ 信号阻隔

- B, A 能相互听到
- B, C 能相互听到
- A, C 不能相互听到：即A, C  
不能察觉在B的干涉



- ◆ 信号衰减

- B, A 能相互听到
- B, C 能相互听到
- A, C 不能相互听到在B的干涉

# 站点的隐蔽与暴露问题

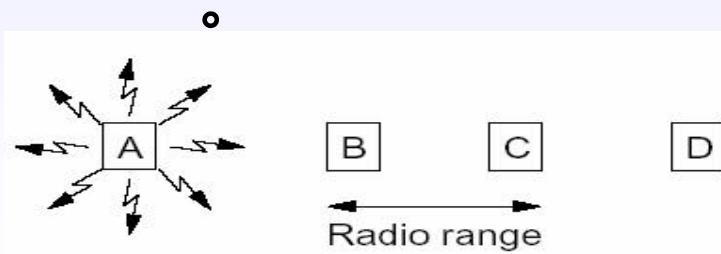
## ◆ 隐蔽站点问题 (hidden station problem)

- 由于站点**距离竞争者太远**, 而**不能发现潜在介质竞争者**的问题称为**隐藏站点问题**。或称**接收冲突**
- A向B发送数据的过程中, C由于收不到A的数据, 也可以向B发送数据, 导致**B接收发生冲突**。

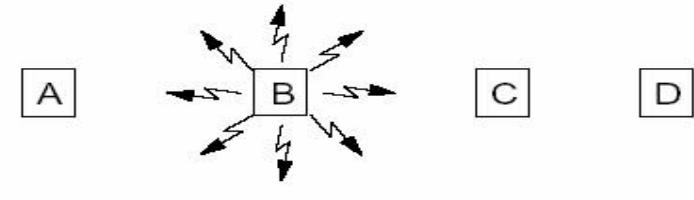
## ◆ 暴露站点问题 (exposed station problem)

- 由于**发送站点距离非竞争者太近**, 从而导致**介质非竞争者不能发送数据**的问题称为**暴露站点问题**。或**发送冲突**
- B向A发送数据, 被C监听到, 导致**C不敢向D的发送冲突**

◦



(a)



(b)

# 跨层资源管理

## ◆ 无线信号传输特点

- 带宽紧缺、广播式传输、介质是不可靠的，
- 用户间冲突、干扰、信号衰落的情况远远比有线网络严重

## ◆ 分层管理的缺点(对无线)

- 分层结构存在两大问题：非最优性和非灵活性。
- 协议要求能在最坏情况下运行，无适应环境变化的能力，必然导致频谱与能量的使用效率低下。

## ◆ 跨层管理的内容

- 物理层可以根据应用层的需要和当前网络条件的情况对传输码率、发射功率、编码速率进行自适应；
- 链路层可以根据延时限制，数据优先级别，实际链路和干扰情况进行自适应；
- 网络层可以根据当前的链路，网络拓扑和数据流量进行自适应；
- 应用层则提供用户的QoS约束。层与层之间的信息的交换保证了协议能根据应用需求和网络条件进行全局的自适应。

### 3.1.3 码分复用(CDMA)原理

#### ◆ Code Division Multiple Access

- 每个用户可在同样时间使用**同样频率**通信。因多个用户使用不同**特殊码型**，不会造成干扰
- 最早军用。频谱类似白噪声，不易被敌人发现，抗干扰能力很强，提高话音质量和数据传输的可靠性
- 容量是GSM ( Group Special Mobile ) 4 - 5倍

#### ◆ CDMA的原理：

- 每个Bit 时间**再划分为m个更短的间隔** - **码片Chip**，m通常是64或128。若要发b比特，则**数据率提高到 $m \times b$  bps**,该站的频宽也提高到原来的m倍（**本质是扩频：有直接序列和跳频两种方式**）。
- 编解码：**编码** = 原数据  $\times$  码片序列；**解码** = 编码  $\bullet$  码片（内积）
- 若发送(编码)1，则发送自己的m比特码片序列，若发送0，则发送码片的**反码**。惯例把1写成+1，0写成-1，**反码 = -S**,即+1的反码是-1，-1的反码是+1。

# 码片向量间的正交性特点

## ◆ 码片

- 各站不同、相互正交；
- 实用中码片是**伪随机码序列**

## ◆ 对S/T两站：

- S和T正交  $\rightarrow$  S和-T也**正交**  $\rightarrow 0$
- 任一码片向量**自己规格化内积** = 1
- 任一码片**向量和自己反码向量的规格化内积** = -1

## ◆ 通信假定：

- 每站编码是数据和其码片之**乘积**序列
- 所有站发送的码片序列是**同步的**，即同一时刻开始。可利用**GPS**做到

$$S \bullet T = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i T_i = 0$$

$$S \bullet \bar{T} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i (-T_i) = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i T_i = 0$$

$$S \bullet S = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i S_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\pm 1)^2 = \frac{m}{m} = 1$$

$$S \bullet \bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i (-S_i) = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2 = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\pm 1)^2 = -1$$

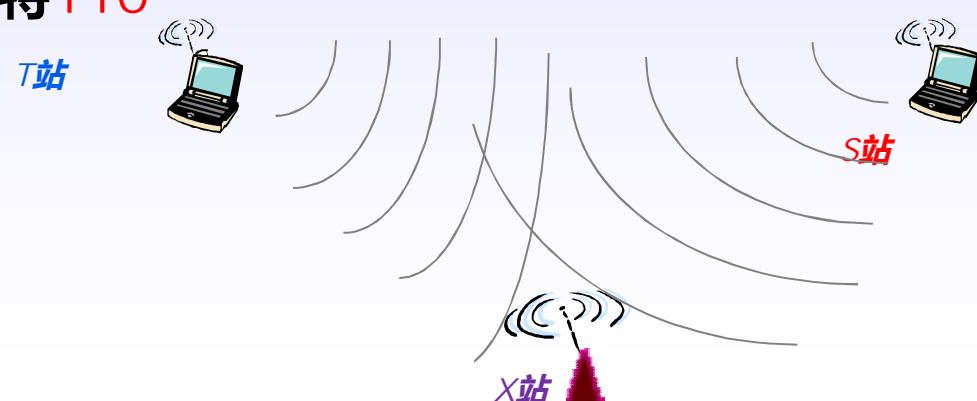
# 过程实例

## ◆ 通信过程

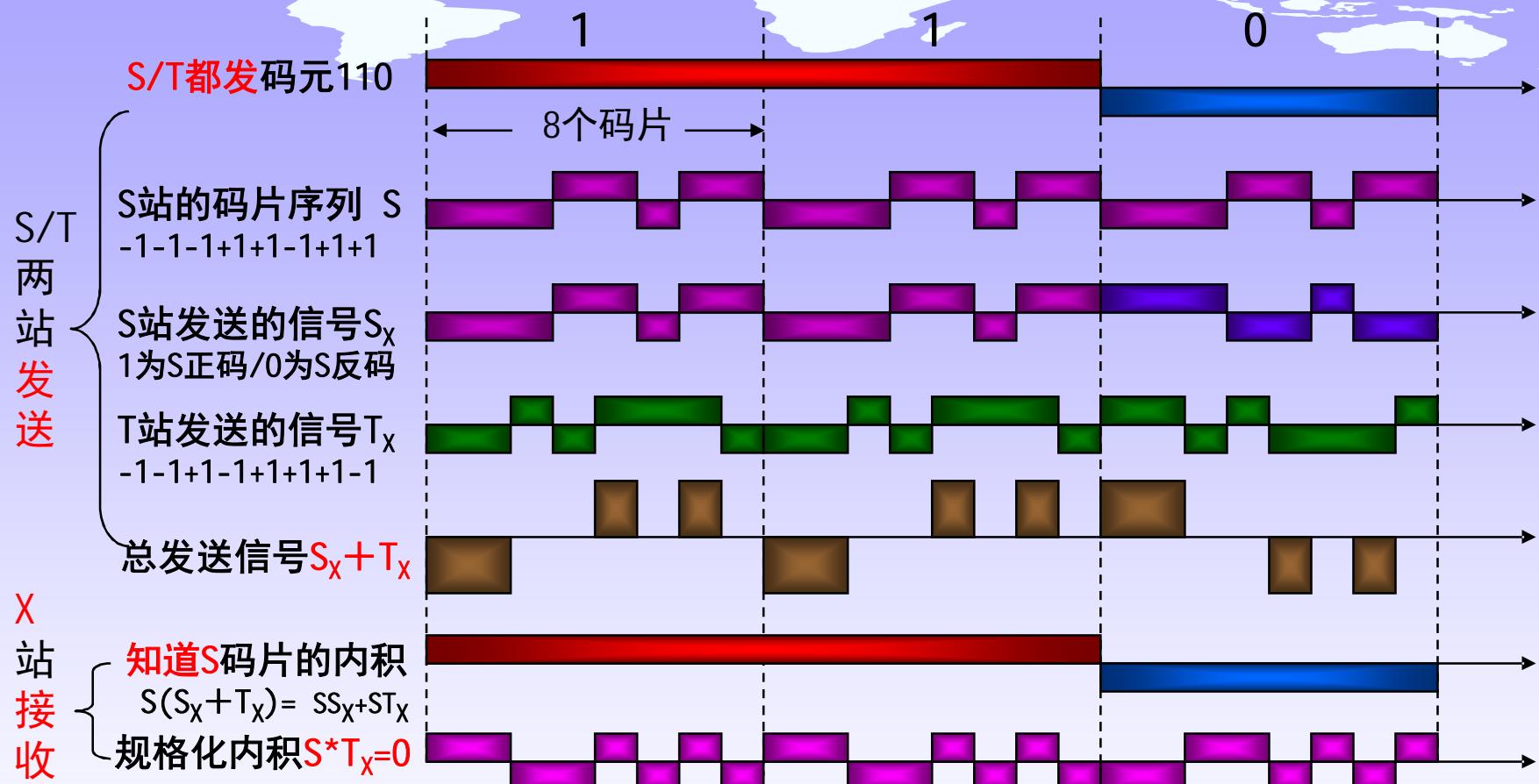
- 若 $X$ 站要接收 $S$ 站的数据， $X$ 就必须知道 $S$ 的码片序列
- $X$ 用 $S$ 的码片向量与接收到的未知信号求内积
- $X$ 接收到的信号是各个站发送的码片序列叠加之和
- 内积结果是：和所有其他各站信号内积 = 0，即被过滤，只剩下与 $S$ 站发送的信号的内积，比特1时 = +1，比特0时 = -1

## ◆ 通信实例

- $S$ 站和 $T$ 站均要发送码元110， $S$ 的码片序列 $(-1-1-1+1+1-1+1+1)$ ， $T$ 的码片序列 $(-1-1+1-1+1+1+1-1)$ 。
- $S_x$ 和 $T_x$ 分别是 $S$ 和 $T$ 的扩频信号
- 所有站都使用相同频率，故每个站能收到所有其它站发送的扩频信号，本例是叠加信号 $S_x + T_x$
- 若要接收 $S$ 站信号，就用 $S$ 码片与接收到的叠加信号求规格化内积，这等价于分别计算 $S \times S_x$ 和 $S \times T_x$ ；然后求它们的和，显然后者是零，前者就是 $S$ 站发送的数据比特110



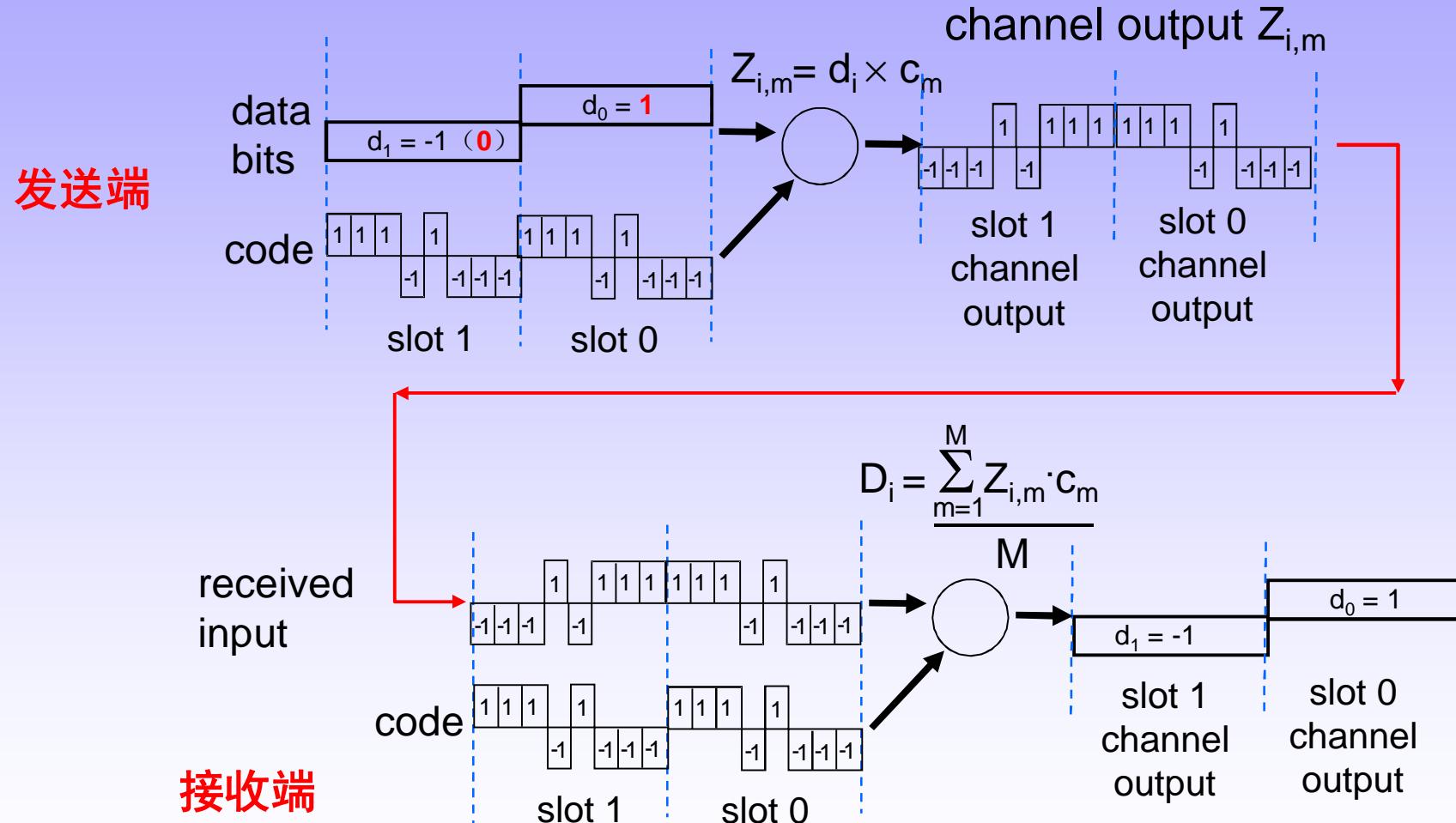
# CDMA工作原理



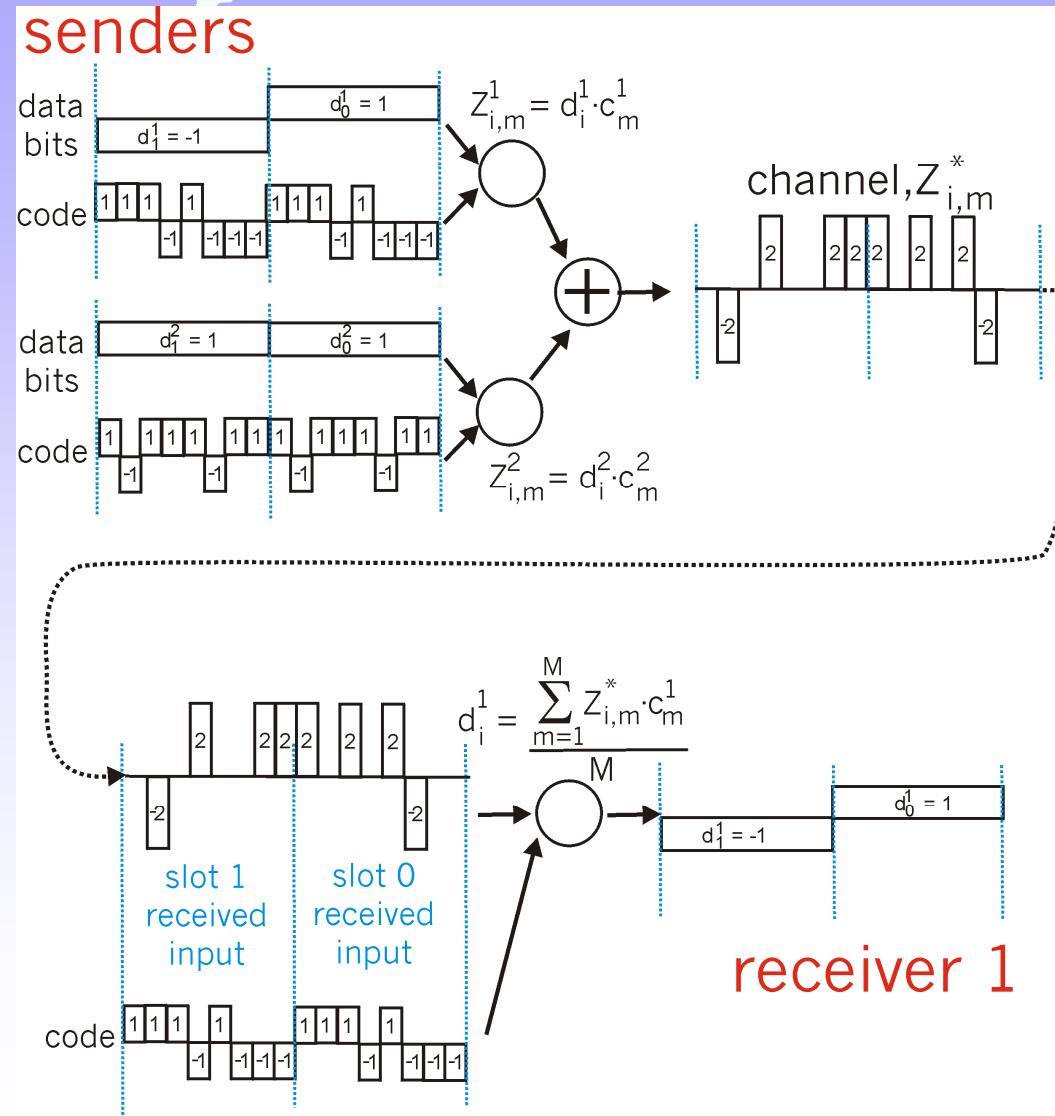
$$S (S_x + T_x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S S_x + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S T_x = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S S_x$$

$$= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S (S + \bar{S}) = \frac{1}{m_1} \sum_{i=1}^{m_1} S S + \frac{1}{m_2} \sum_{i=0}^{m_2} S \bar{S} = (+1, \dots, -1)$$

# CDMA 的编解码



# 两个CDMA发送者间的干扰



# FARADAY EXAMINATION ROOM

防辐射服.....



# 3.2 802.11无线LAN: Wi-Fi

## 3.2.1 WiFi 概述

### ◆ 无线局域网协议：

- 也称Wireless Fidelity: Wi-Fi 无线保真

### ◆ 有多套标准

- 802.11{a, b, d, e, f, g, h, i, j, k, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, ac}

标准编号	频率范围	数据速率
802.11b	2.4-2.485 GHz	最高11Mbps
802.11a	5.1-5.8 GHz	最高 14Mbps
802.11g	2.4-2.485 GHz	最高 54Mbps
802.11n	2.4-5 GHz	最高 300Mbps
802.11ac (802.11n下一代)	5GHz	最高 867Mbps

标准编号	技术领域
802.11(11/1997)	无线局域网物理层和媒质接入控制规范
802.11a	物理和媒体规范： 5.1-5.8 GHz
802.11b	物理和媒体规范： 2.4-2.485 GHz
802.11d	物理层特殊要求
802.11e	MAC层的QoS
802.11f	支持接入点互操作
802.11g	2.4 GHz高速物理层（20M）扩展
802.11h	信道化和跳频模式
802.11i	控制层安全性增强规范
802.11j	日本采用的802.11h协议
802.11k	射频资源管理
802.11m	对802.11体系进行维护修正和改进
802.11n	高速物理层和媒质接入控制层规范
802.11o	voWLAN: Voice over WLAN
802.11p	车载环境下的无线通信
802.11q	VLAN的支持机制
802.11r	快速漫游
802.11s	MESH网状网
802.11t	无线网络性能测试
802.11u	与其它网络的交互性
802.11v	无线网络管理



## ◆ 802. 11b

- 2. 4-5 GHz 公用频谱 (微波炉)
- up to 11 Mbps
- 直接序列扩频 (DSSS)
  - ☞ 所有主机使用相同码片

## ◆ 特点

- 最高带宽为1-2-5. 5-11Mbps带宽调整
- 距离可达305米，在封闭性区域，通讯距离为76米到122米，
- 方便与现有有线以太网络整合，组网成本低。

## ◆ 802. 11a (与b不兼容)

- 5-6 GHz range (干扰少)
- up to 54 Mbps
- ODFM(正交频分复用, 和CDMA各有利弊)

## ◆ 802. 11g (向下兼容)

- 2. 4和5 GHz range
- up to 54 Mbps

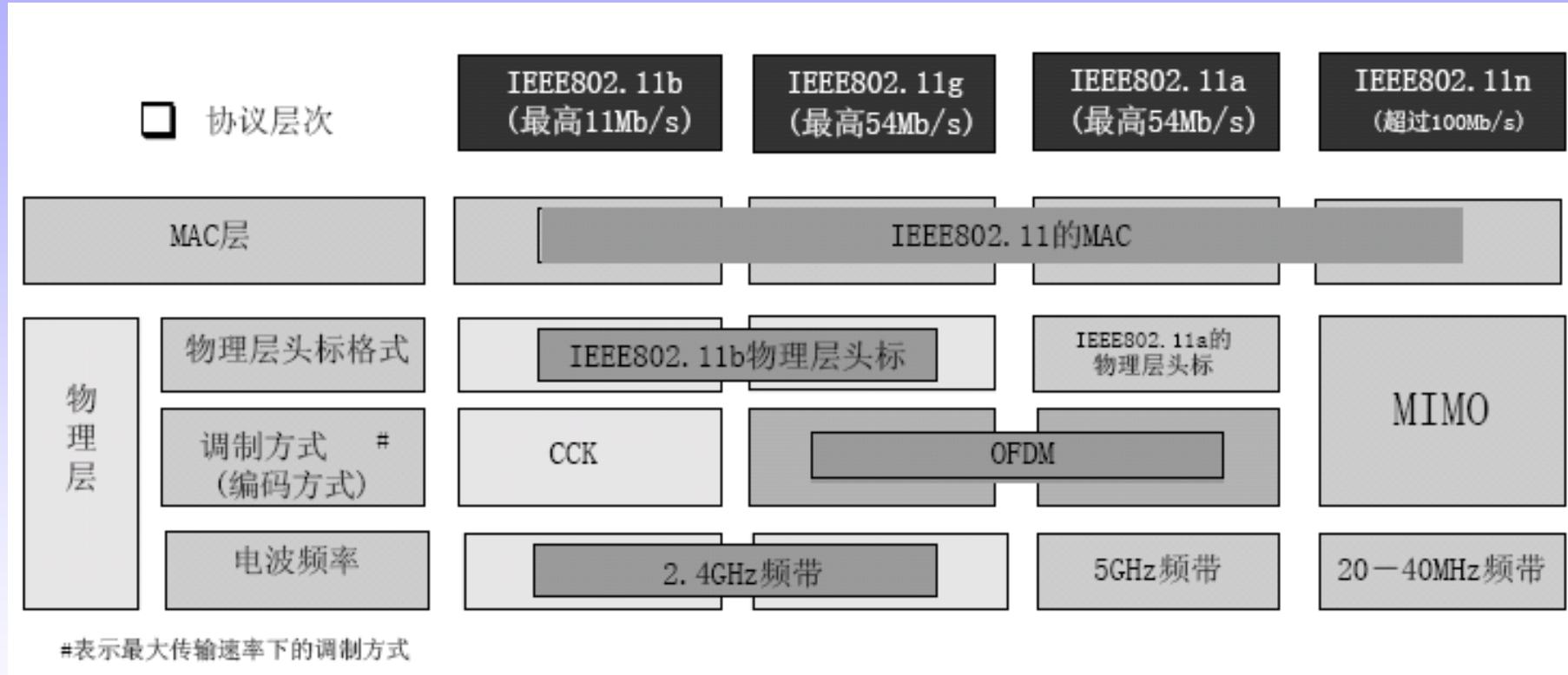
## ◆ 802. 11n: 多天线

- 2. 4和 5GHz range
- up to 300 Mbps
- 收发两端都使用3个天线, MIMO+ODFM
- 每用户40Mhz信道带宽
- 同时支持10个用户

## ◆ 构成

- 都用 CSMA/CA 多路接入
- 都可用基站和ad-hoc网

# IEEE 802.11无线局域网

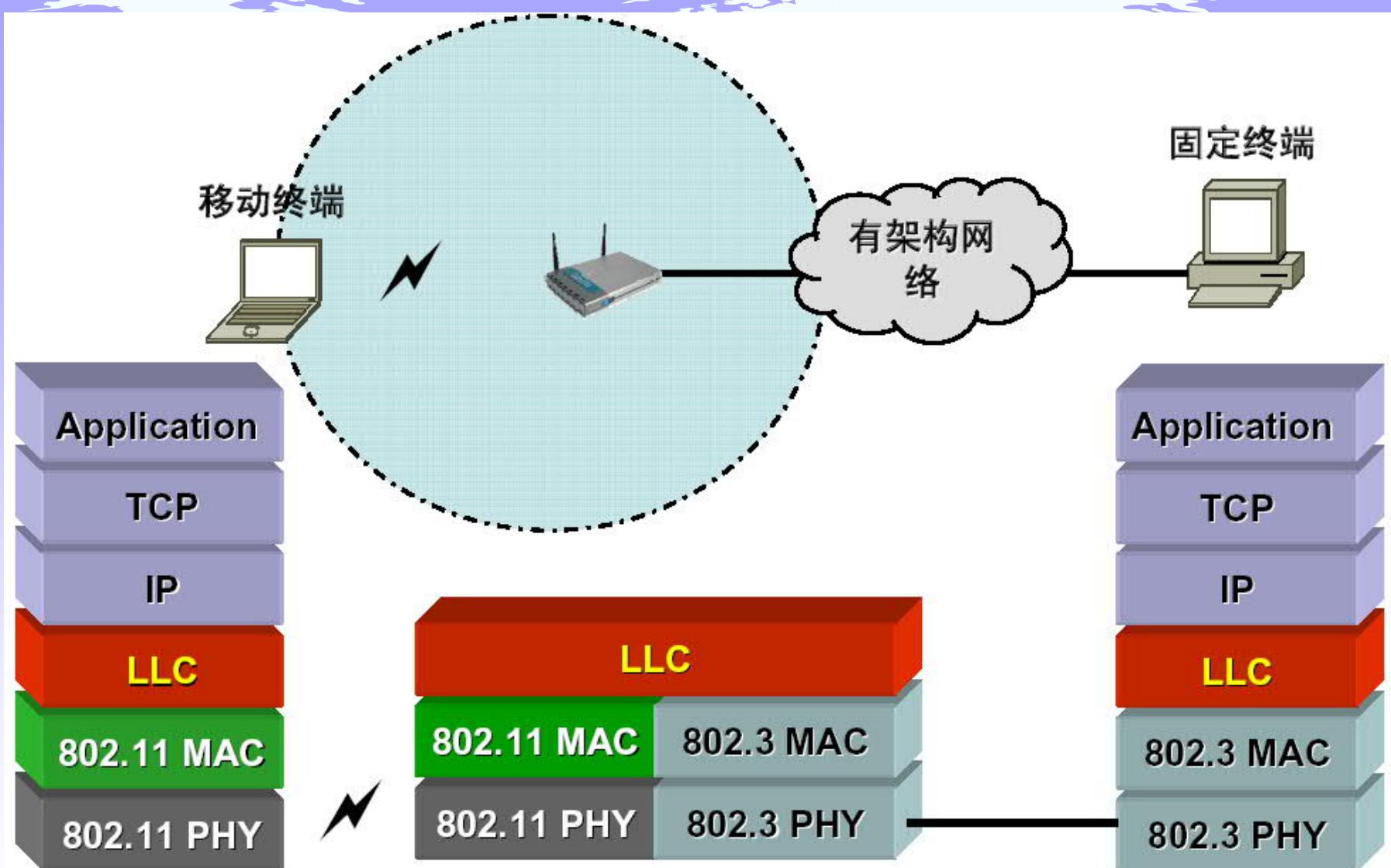


具有相同的MAC子层  
(MAC: Media Access Control)

# IEEE 802.11 无线局域网 (一个产品参数)

## 网络性能

- 无线网络标准: 2.4 GHz: IEEE 802.11 b/g/n; 5 GHz: IEEE 802.11 a/n/ac
- 网络协议: CSMA/CA, CSMA/CD, TCP/IP, DHCP, ICMP, NAT, PPPoE
- 最高传输速率: 1167 Mbps (300 Mbps + 867 Mbps)
- 频率范围: 2.4~2.4835GHz, 5.15GHz~5.25GHz, 5.725GHz~5.85GHz
- 信道: 1~13, 36~48, 149~165
- 调制方式: CCK、BPSK、QPSK、OFDM
- 传输功率: 20 dBm (max)
- 无线性能: 20 dBm (默认)



# 802.11 MAC层工作原理

## ◆ 功能

- 基本功能：媒介访问控制
- 增强功能：加密、认证、功率管理、同步以及漫游等（Roaming）

## ◆ 两种访问控制方式

- 基于分布协调功能(DCF: Distributed Coordination Function)的竞争模式
  - ☞ 基本方式，所有802.11设备都必须支持
- 基于点协调功能(PCF: Point Coordination Function)的非竞争模式
  - ☞ 补充方式，不要求所有802.11设备都支持

PCF虽然在一定程度上可以保证分组发送的最大延时，但是可扩展性差，现有的802.11设备基本上都采用DCF方式

# 802.11 MAC协议

- ◆ 4种多址接入方式：信道划分、随机访问、轮流、CDMA
- ◆ 载波监听随机多址接入CSMA/CA（≠CD）？
  - 802.11网卡无线接收信号强度远远小于发送信号强度，碰撞检测硬件代价很大
  - 无法检测到隐藏终端和衰减信号

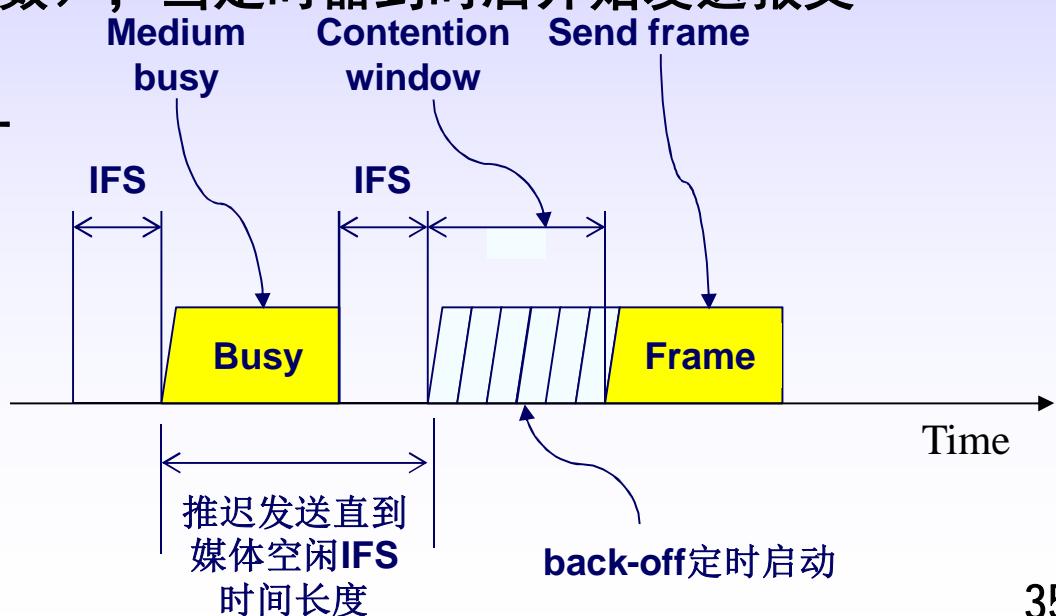
# 802.11 DCF MAC 接入方式

◆最基本接入方式、基于CSMA/CA原理

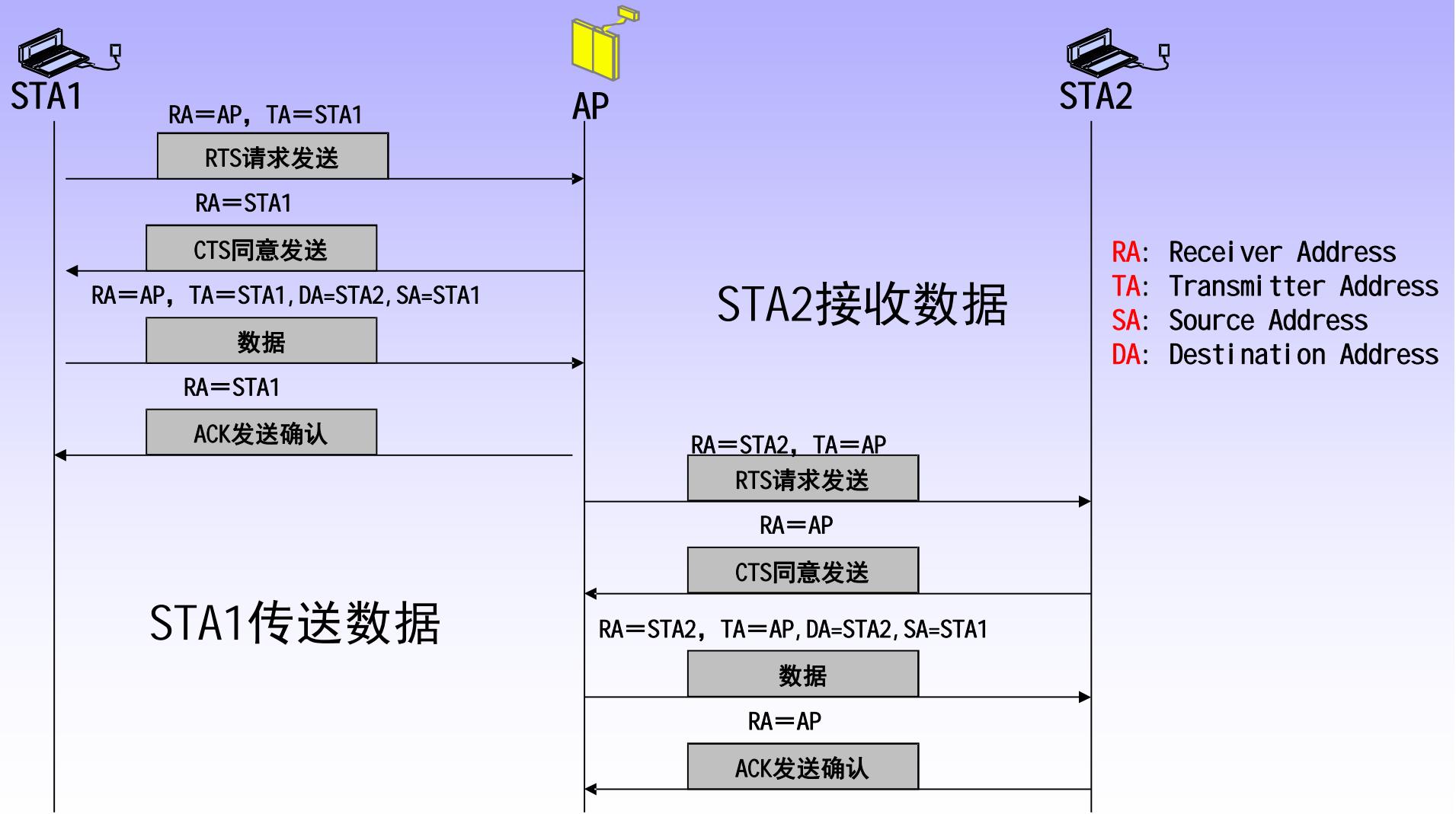
CA的两种方式：

## 1) STA传送数据报文的基本过程

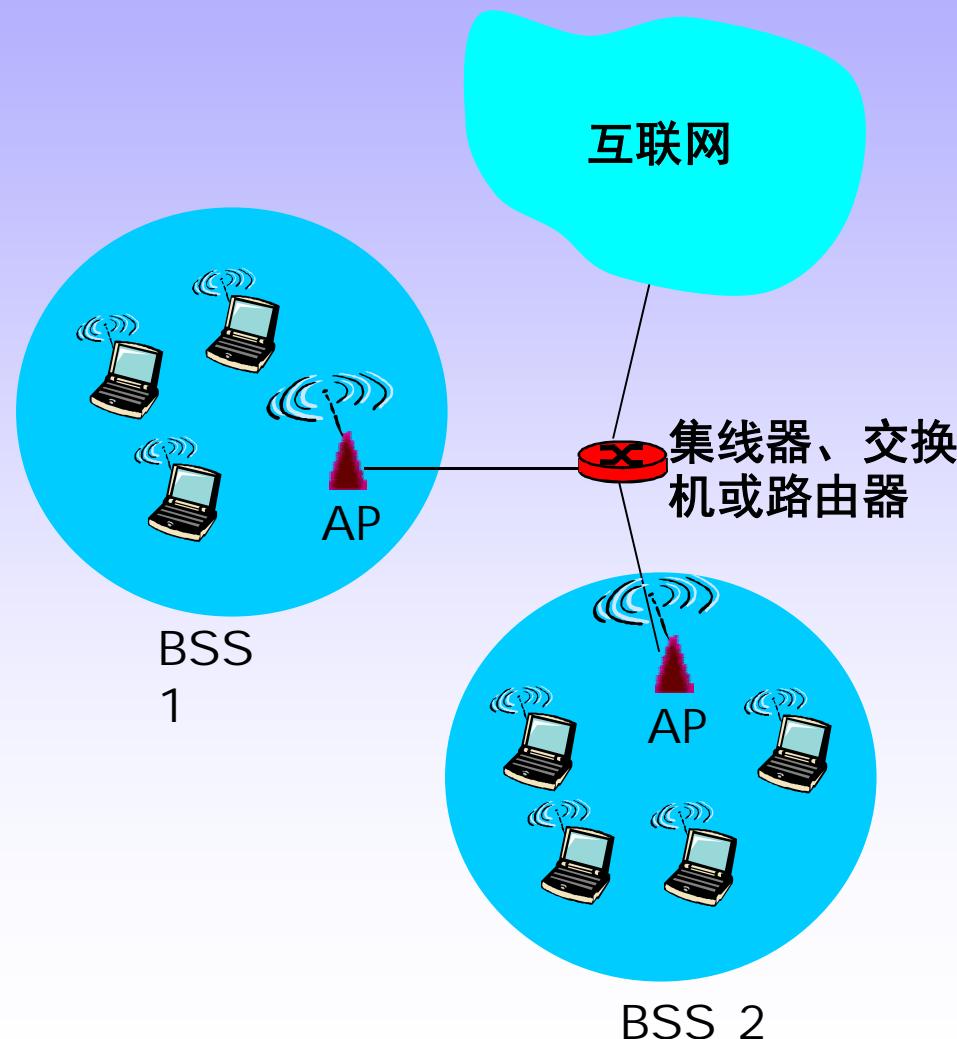
1. 当检测到媒体busy时不发送报文
2. 当检测到媒体空闲IFS (Inter frame spacing帧间隔) 时间长度以后启动一个定时器back-off timer，该定时器的大小为Contention window (尺寸有限制的随机数)，当定时器到时后开始发送报文
3. 当本次发送失败需要重传时，随着重传次数的增加Contention window的尺寸逐渐加大
4. 当本次发送成功或者达到重传次数上限需要丢弃报文时，reset Contention window的尺寸为初始值



## 2) RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send) 数据传输典型过程



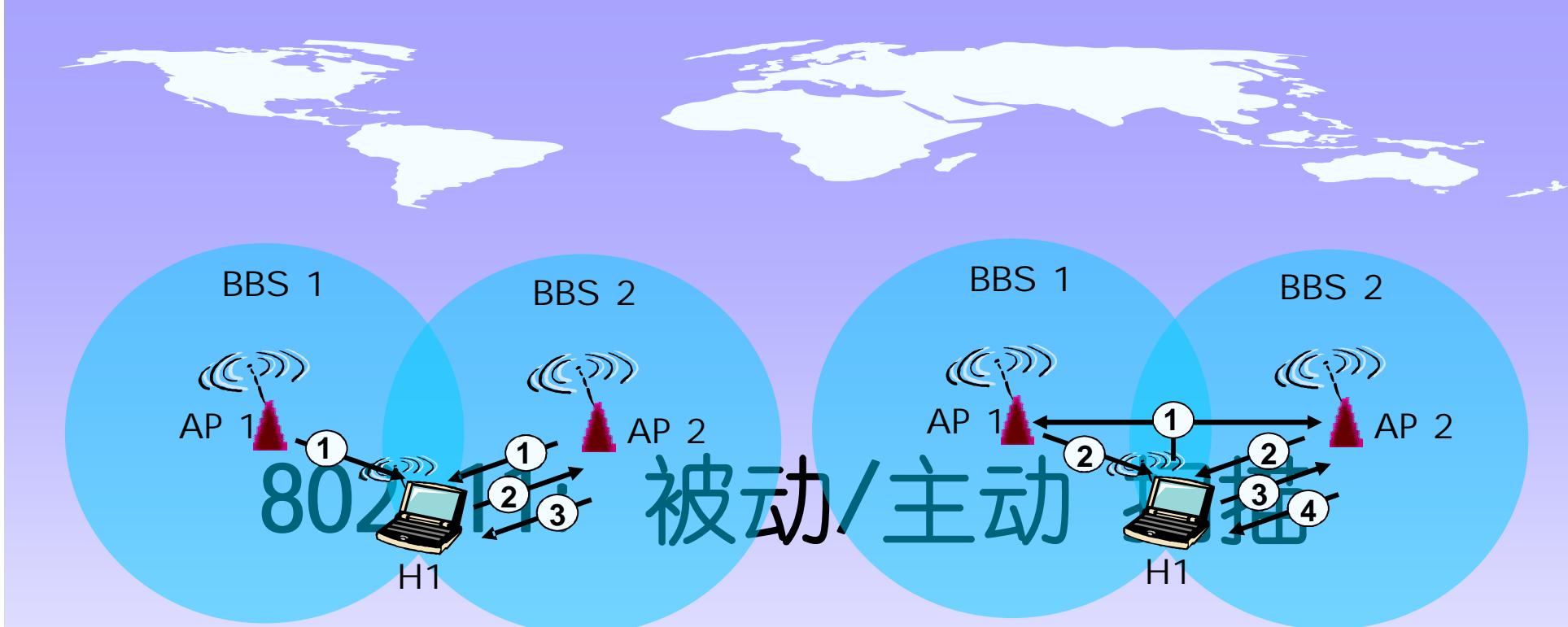
## 3.2.2 802.11 LAN 结构



- 无线主机和基站的通信
  - 基站 = 接入点 (AP)
- 基本服务区 (BSS) 有基础设施模式下:
  - 无线主机
  - 接入点 (AP): 基站
- ad hoc模式: 只有主机

# 802.11: 通道与加入

- ◆ 802.11b:
  - 2.4GHz-2.485GHz 频谱分成11个不同频率的通道
  - AP选择频率
  - 存在可能的冲突：通道频率可能和相邻AP选择的一样
- ◆ 主机加入某个 AP过程:
  - 扫描通道，监听信标（beacon）帧，内含AP名字（SSID）和MAC地址
  - 选择加入的AP
  - 可能执行鉴别
  - 通常运行DHCP以获得AP所在子网的IP地址



### 被动扫描:

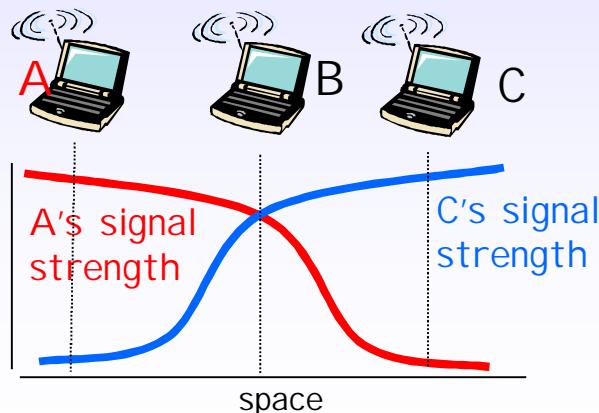
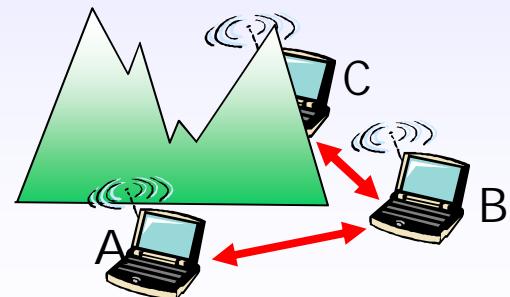
- (1) 所有APs都发出beacon帧
- (2) H1发出加入请求帧给被选择 AP
- (3) AP2发回加入响应帧: 到H1

### 主动扫描:

- H1广播发出探测请求帧
- 所有APs 都发回探测响应帧
- H1 发出加入请求帧给其选择的AP
- 被选AP 发回加入响应帧给 H1

# IEEE 802.11: 多点接入

- ◆ 冲突避免:  $2^n$ 个节点同时传输
- ◆ 802.11: CSMA – **传输前感知**
  - 不和正在传输的另一节点**冲突**
- ◆ 802.11: 无冲突检测!
  - 由于接收信号的衰减, 发送时难于接收 (感知冲突)
  - 不能感知任何情况下的所有冲突: 隐藏终端、衰减
  - 目的: 避免冲突: CSMA/Collision Avoidance
- ◆ **IFS帧间隔Inter Frame Space**
  - **SIFS短的帧间隔-28us; DIFS分布协调帧间隔128us**



# IEEE 802.11 MAC协议：CSMA/CA

## 802.11 发送者

1 监听，若在DIFS时间内通道空闲，则发送帧 (no CD)

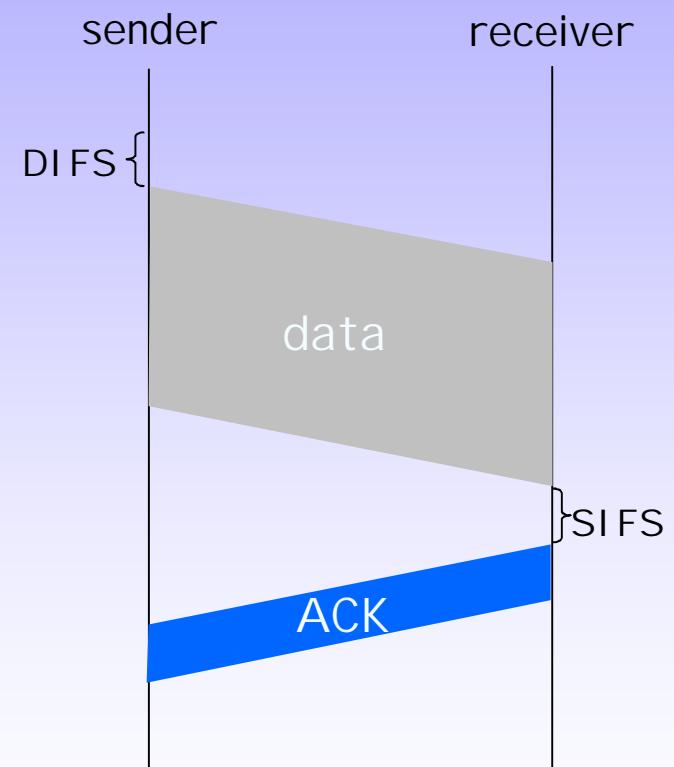
2 如感知到通道忙，则

- 启动随机退避定时器计数，当计数器到点且通道空闲时，则发送
- 若无应答，则增加随机退避间隔，重复2

## 802.11 接受者 (AP)

若收到帧OK

- 由于隐藏终端问题，在SIFS后返回ACK，因为一般如果有另外的发送者，那么发送的是RTS短帧。



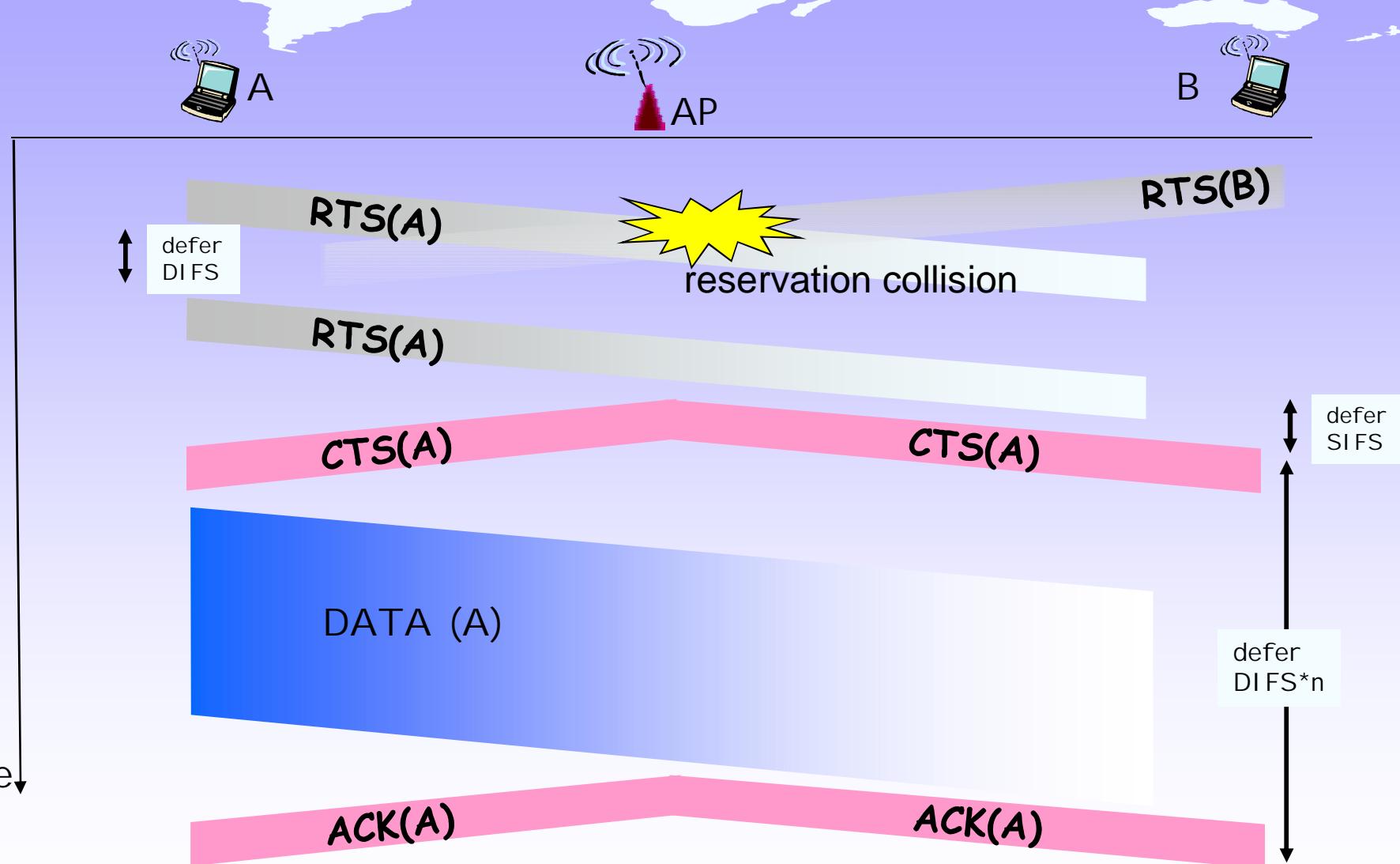
# 冲突避免

**思想：**允许发送者“**预约**”通道，而不是数据帧的随机  
**接入：**避免长数据帧的冲突

- ◆ 发送者首先用CSMA发送**小的RTS**：request-to-send包到BS
  - RTSSs 可能仍然与其它的帧冲突（但很短）
- ◆ BS 广播clear-to-send **CTS** 回应RTS
- ◆ **所有**节点收听CTS
  - 发送者发送数据帧
  - 其它站**推迟**发送

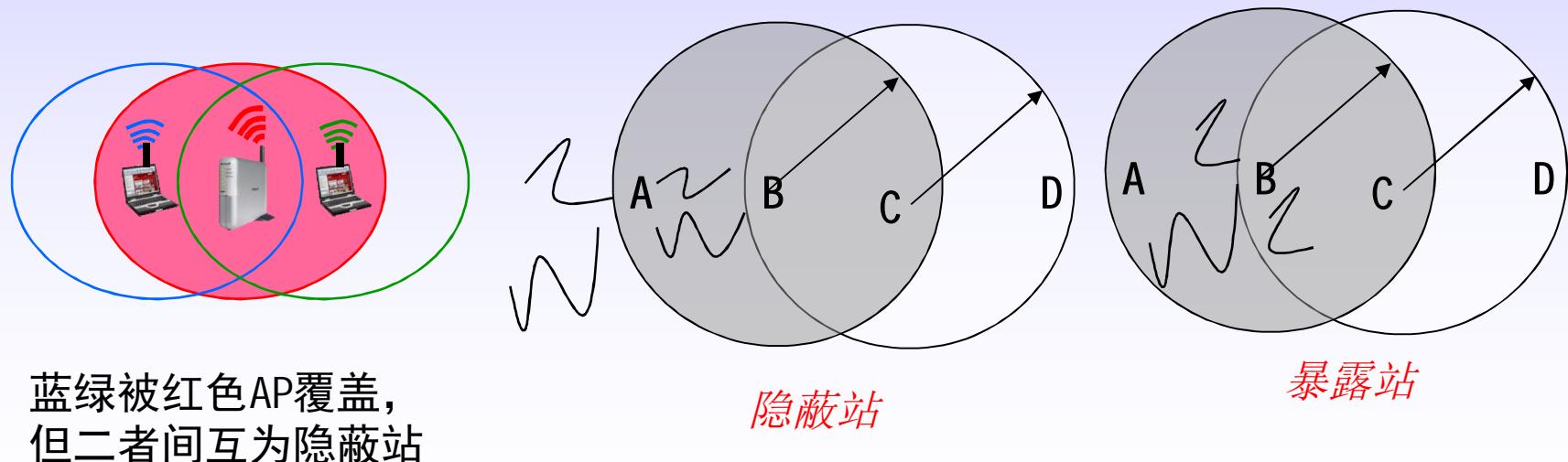
用小预约包，完全避免了数据帧的冲突！

# 冲突避免: RTS-CTS 交换

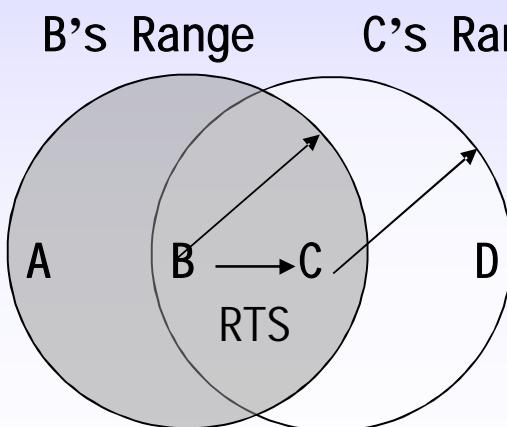


# 冲突避免

- ◆ 使用Ethernet的机制, 但比以太网复杂: **并非所有站点能相互可达**
  - B帧能达到A、C, 但不能到D; C帧能达到B、D, 但不能达A
  - A、C都向B发; 故B站冲突, 且A/C察觉不到该冲突, A/C互为隐蔽站。称**隐蔽站问题**
  - B在向A发, C听到这一通信; 但不应影响C向D发; 因为B→A并不影响C→D的通信。称**暴露站问题**
  - 与总线网不同, 在不干扰时, 可同时多个点通信

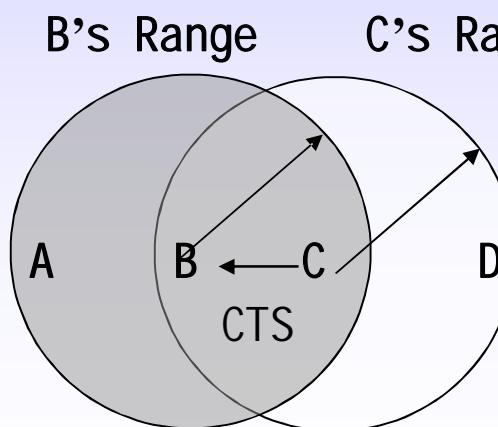


- ◆ 问题：A向B正发中，C不能监听到且也向B发送数据帧
- ◆ 所有可达站传输数据前交换控制帧，请求发送/允许发送短帧
  - 发DATA时，先向目的节点发RTS（含DATA帧和确认帧需要的总时间）
  - 目的节点收到RTS后，广播一个CTS（通告源站允许，其它站不要发送）
- ◆ 使用RTS/CTS的评价
  - 隐蔽站问题减轻，DATA预约后才能发
  - 它们持续时间很短，碰撞概率小
  - 引入时延，消耗信道资源

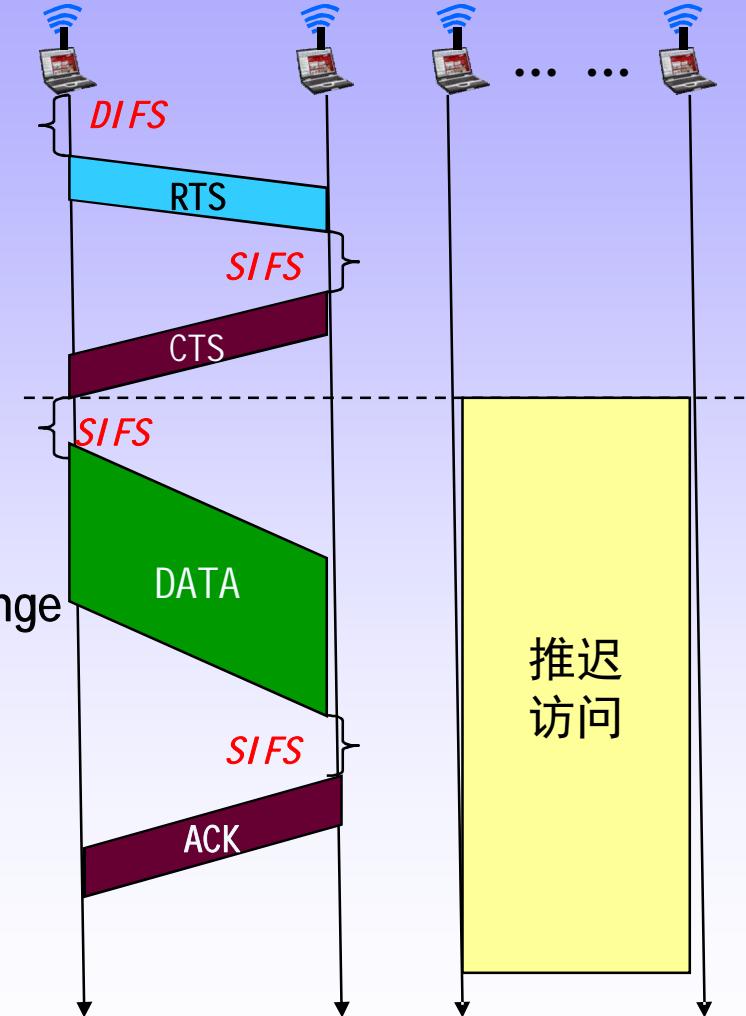


A发送 Request To Send

2016/10/31



B响应 Clear To Send

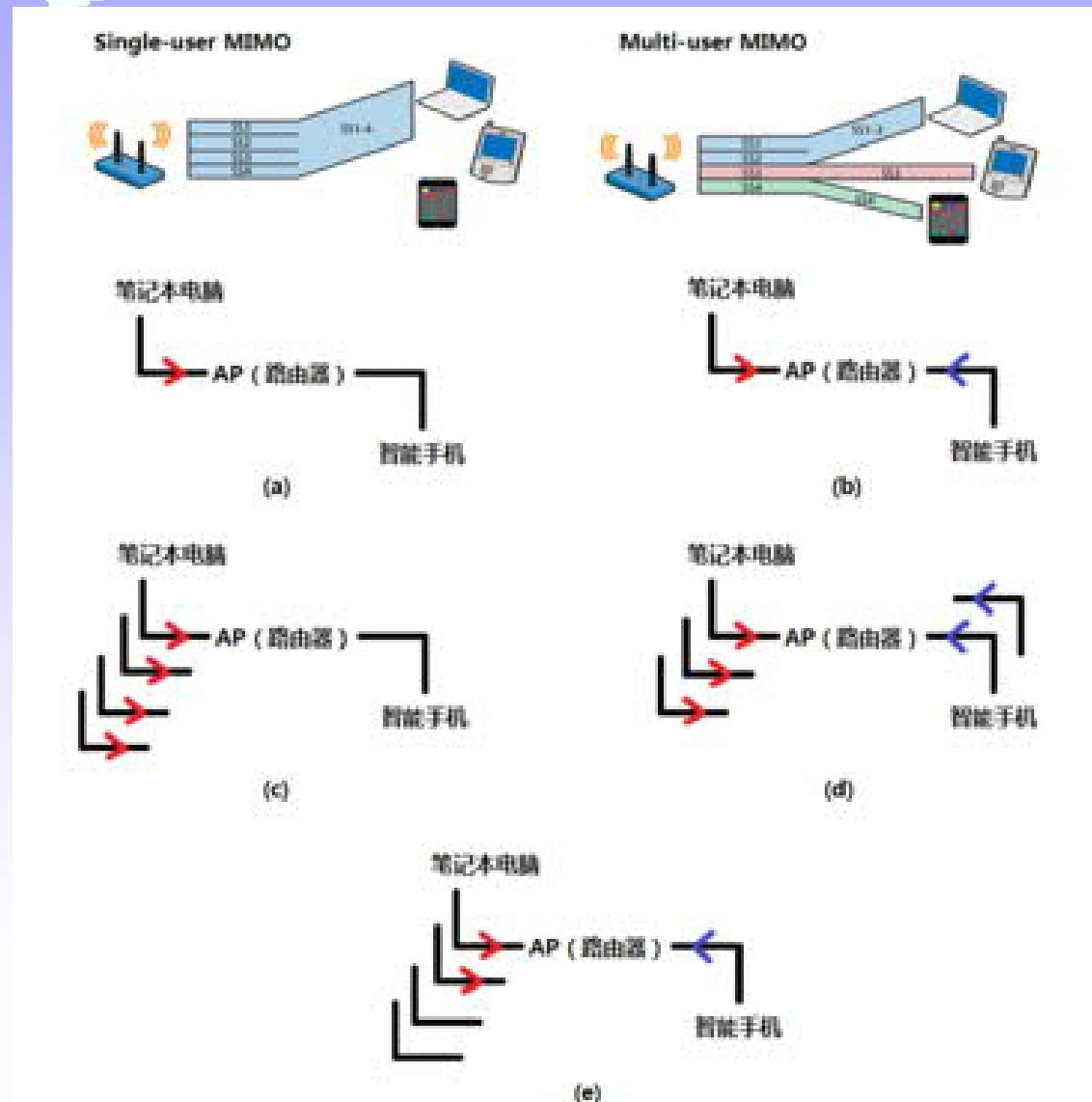


使用RTS和CTS帧的碰撞避免  
以及SIFS和DIFS

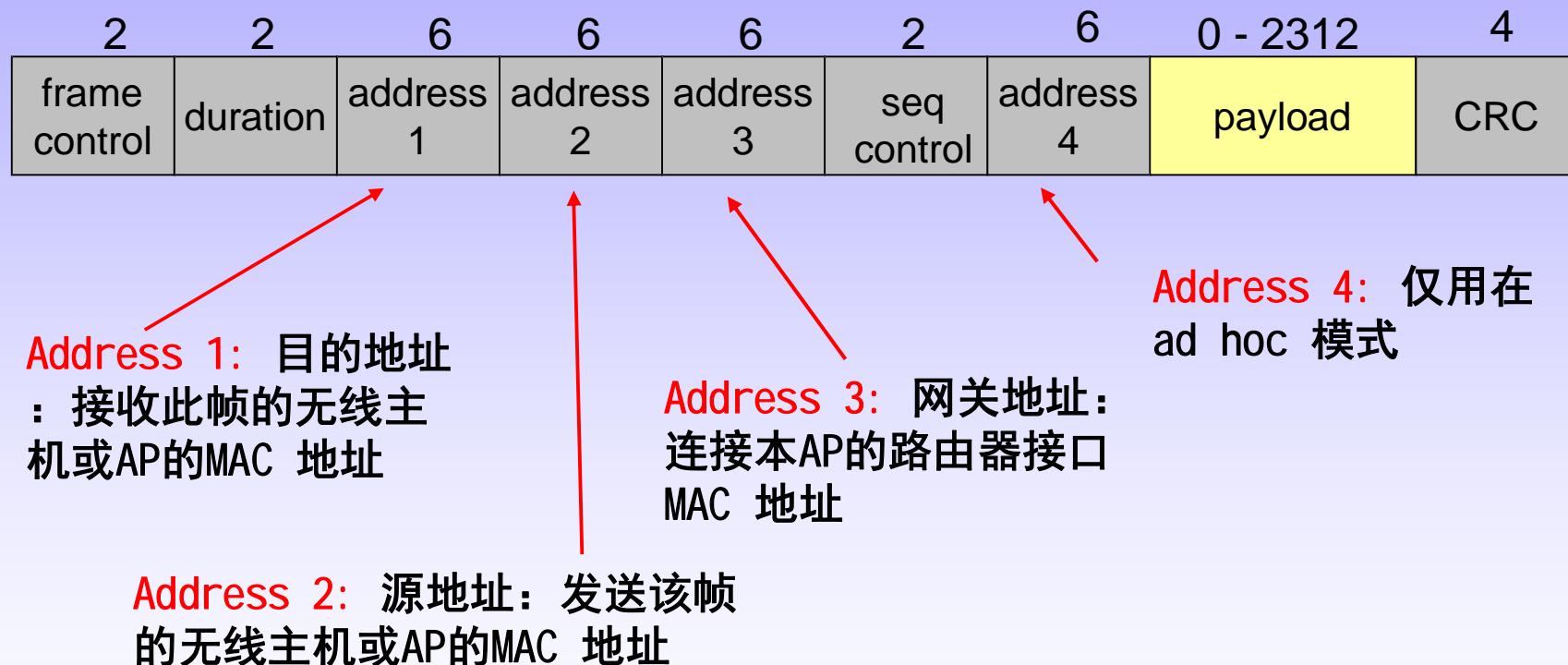
# 多台设备接入Wi-Fi

- ◆ SU-MIMO（单用户多进多出）技术，同一时间和同一频段内，路由器只能够与一个客户端设备通信。天线360度发射。即使客户端设备不能完全占用路由器的无线带宽，路由器也无法将剩余带宽分配给其它设备使用，造成白白浪费。（802.1a, b, n, ac都存在这个问题）
- ◆ MU-MIMO（多用户多重输入多重输出）技术，主要是用于提升802.11ac 2.0网络带宽利用率的技术。在SU-MIMO基础上添加了多用户同时通信机制，多个天线定向发射。

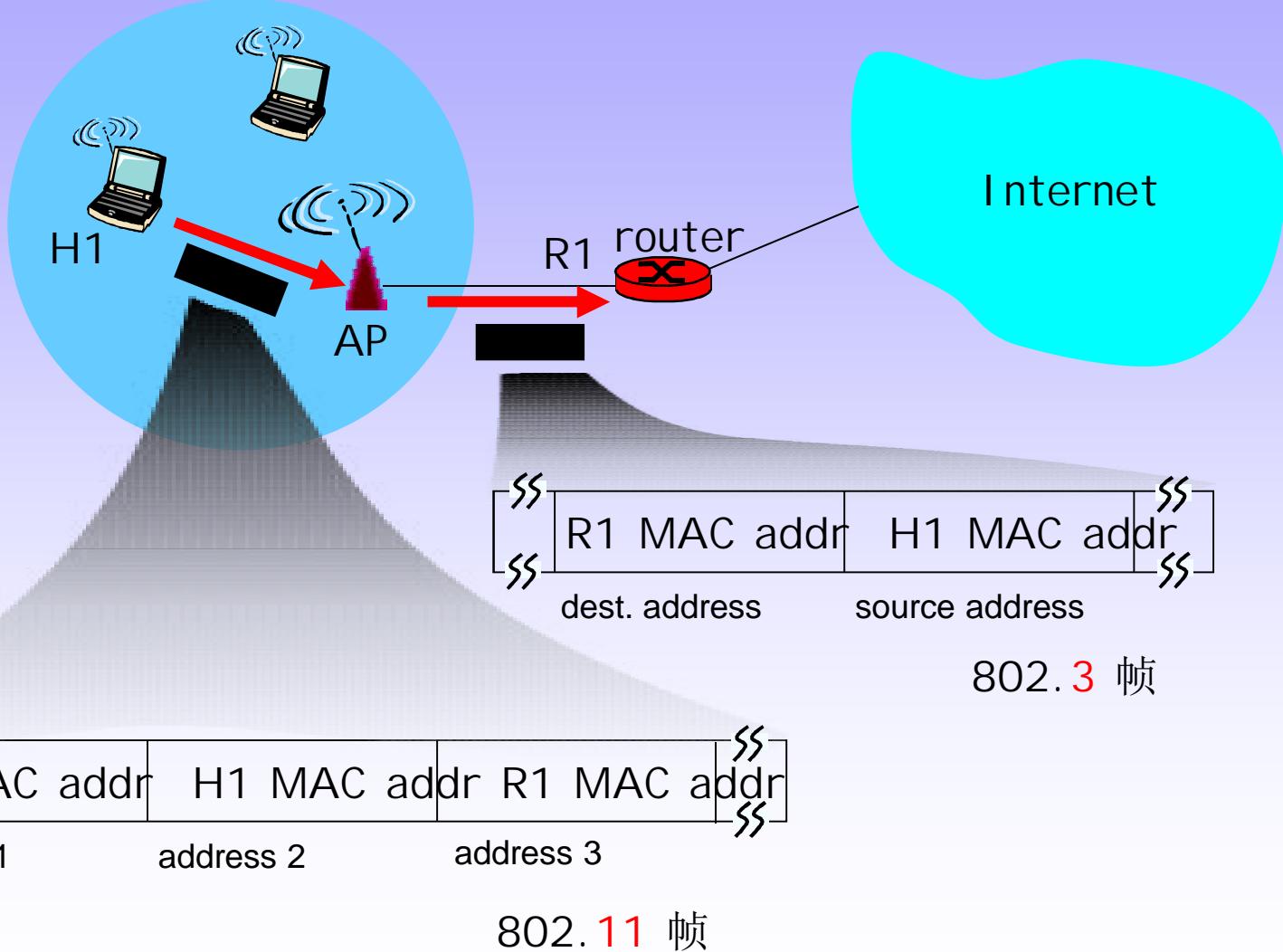
# MIMO

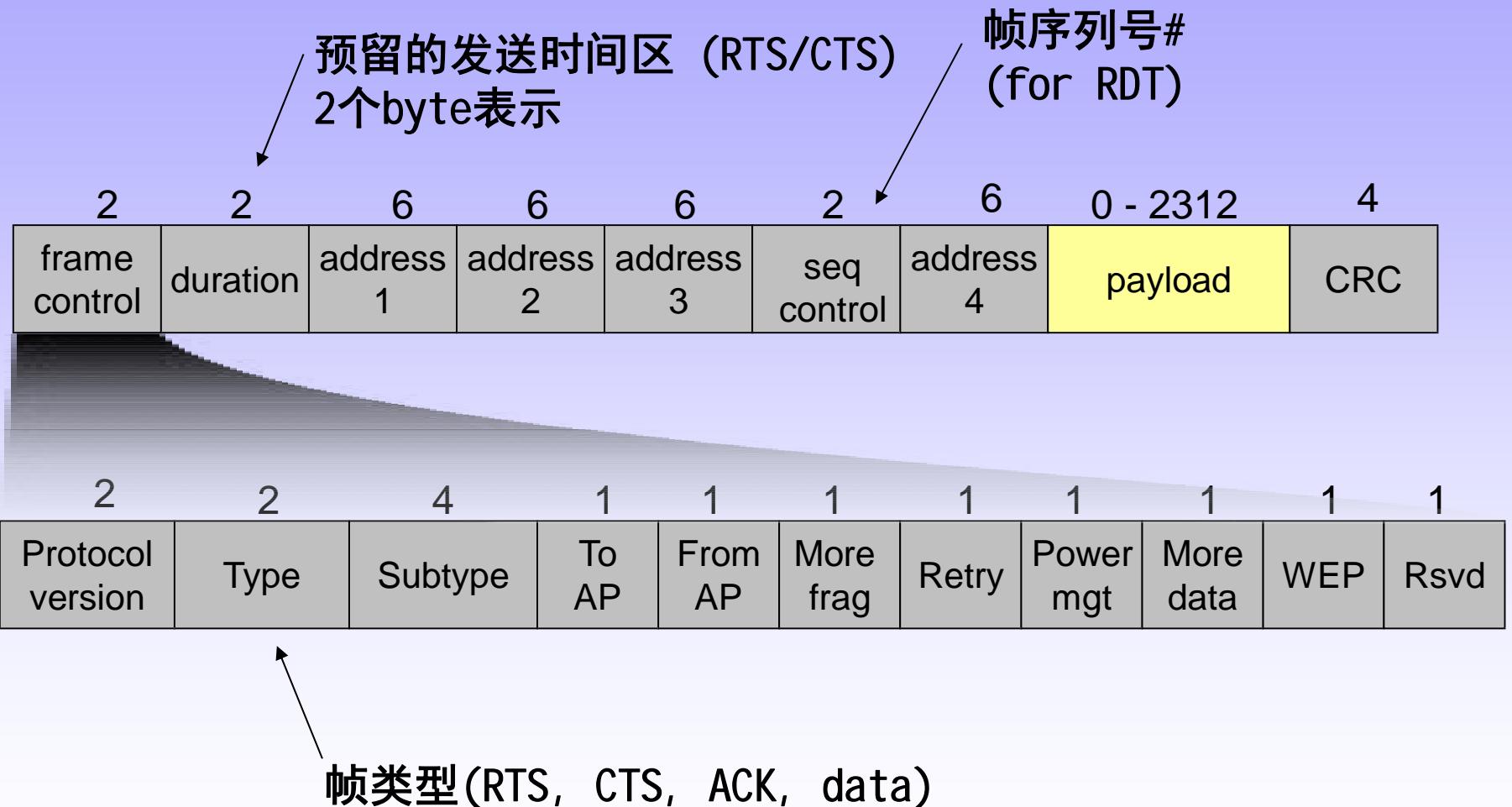


# 802.11 帧：编址



# 802.11 帧：编址

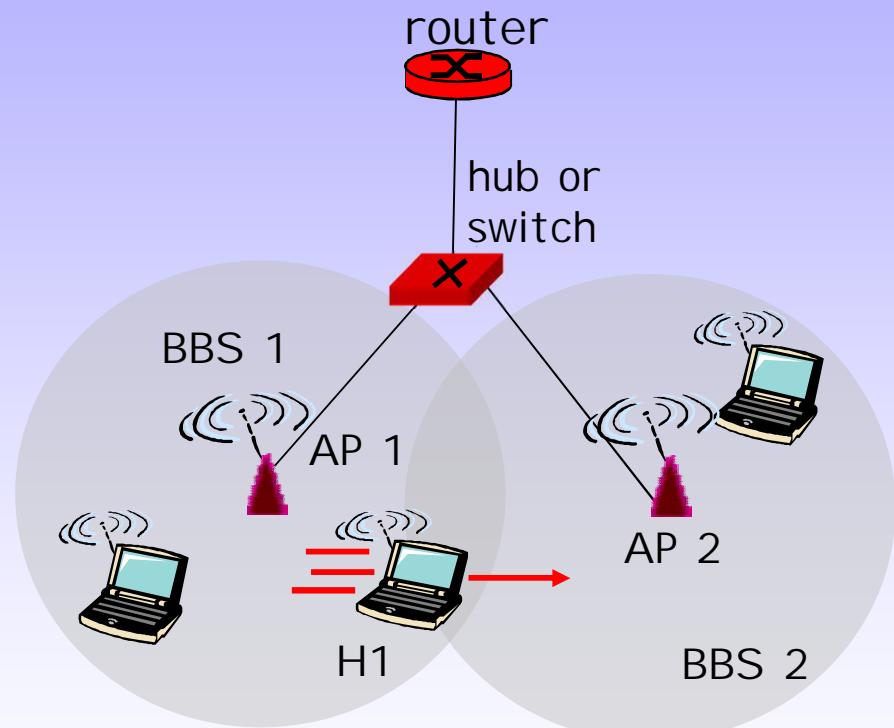




# 802.11: 相同子网内的移动

## ◆ 切换

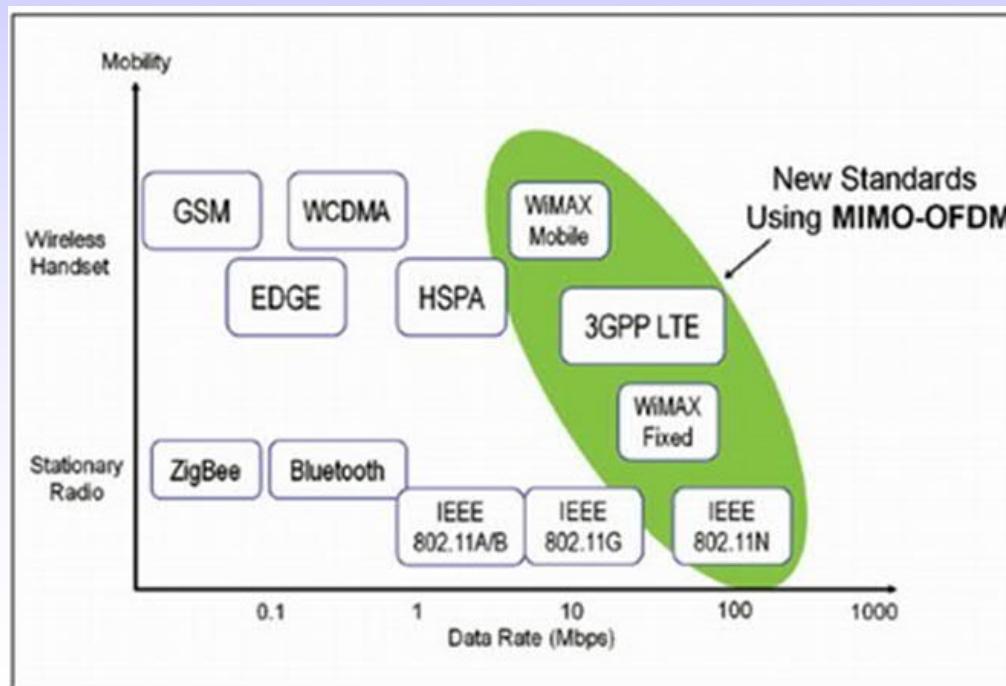
- H1当移动的时候，是否离开AP1加入该AP2？
- 要有严格的条件
- 802.11对切换AP支持不好：Inter Access Point Protocol



自学：

- 802.15个域网
- 802.16WiMax
- 802.22
- 4G-LTE

技术上4G , WiMax , WiFi越来越接近



### 3.2.3 802.15: 个域网 personal area network

#### ◆ 特点

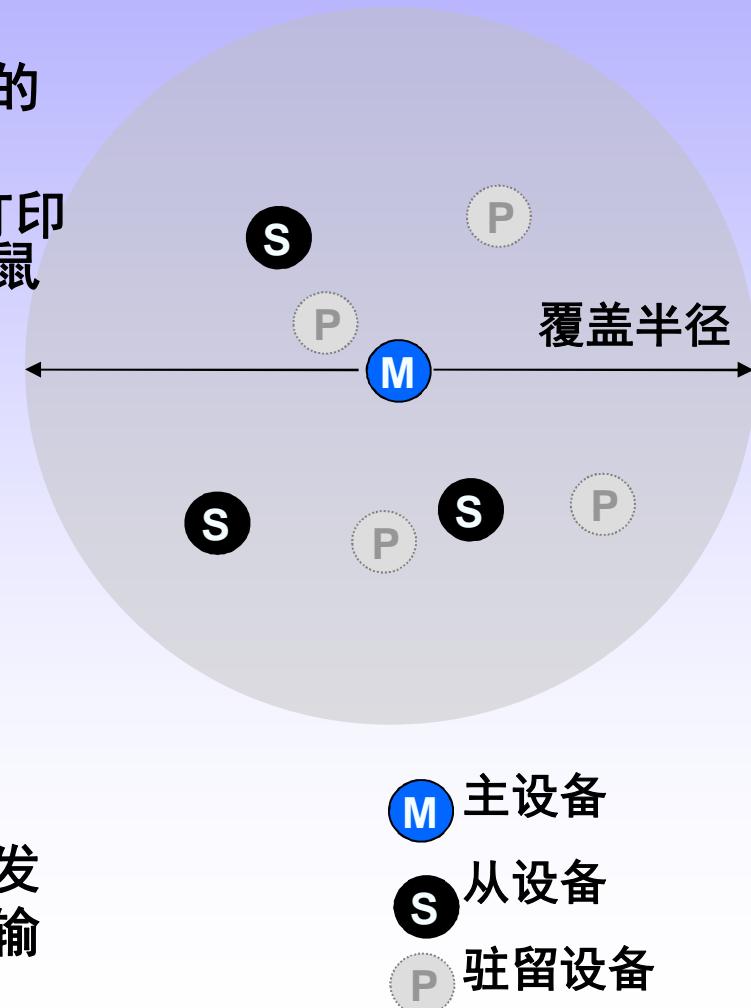
- 低功率、小范围、低速率、低成本的“电缆替代”技术，直径 10 m 内
- 代替手机、键盘、耳机将膝上机、打印机、电话、耳机、掌上机、手机、鼠标、键盘等的电缆
- ad hoc: 无基础设施

#### ◆ 主/从方式

- 从方需要得到主方的允许方可发送
- 主方认可请求

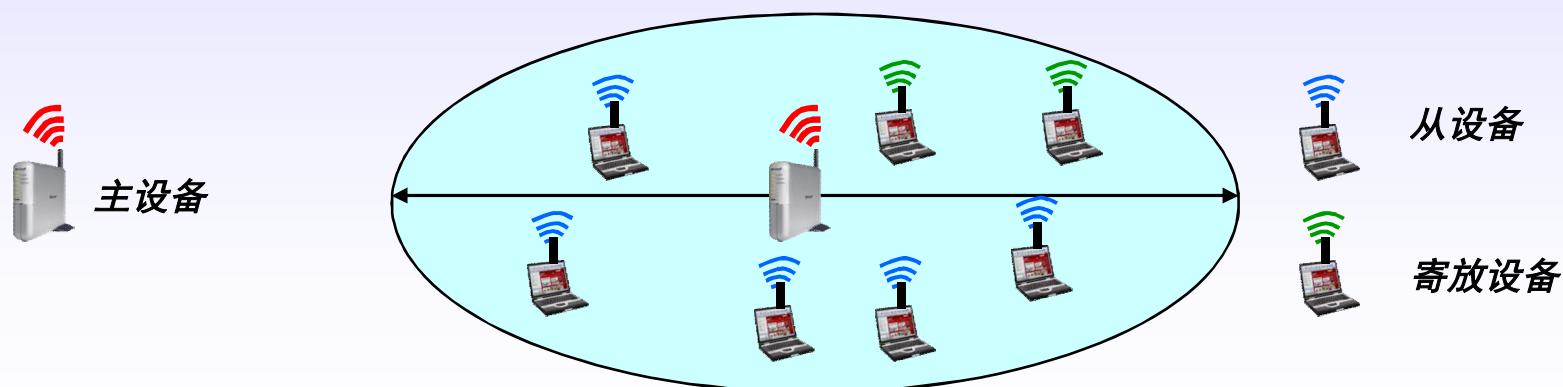
#### ◆ 802.15: 由蓝牙演进而来

- 2.4-2.5 GHz radio band TDM方式
- up to 721 kbps-1Mbps
- 每个时隙长度625us, 每个时隙内, 发送方利用79个信道中的一个进行传输



## ◆ 自组织网络

- 首先组织成为一最多8个活动设备的 Pi conet
- 其中一个指定为主设备，其它是从设备
- 主节点用自己的时钟控制Pi conet，它可在奇数时钟发送，而从设备仅当在前一时隙与其通信后才可发送，且只能给主设备
- 网络中可有多达255个寄放（Parked）设备，主节点可把其从寄放状态激活为活动状态才可以通信



## 3.2.4 802.16: Wi MAX

### ◆ Wi MAX

- 微波接入全球互通  
Worldwide Interoperability for Microwave Access

### ◆ 特点

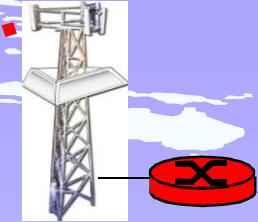
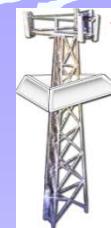
- 类似802.11和蜂窝: 基站模式
- 主机与基站间用全方向天线  
双向传输 omnidirectional antenna
- 基站与基站间用点到点天线

### ◆ 不同于 802.11:

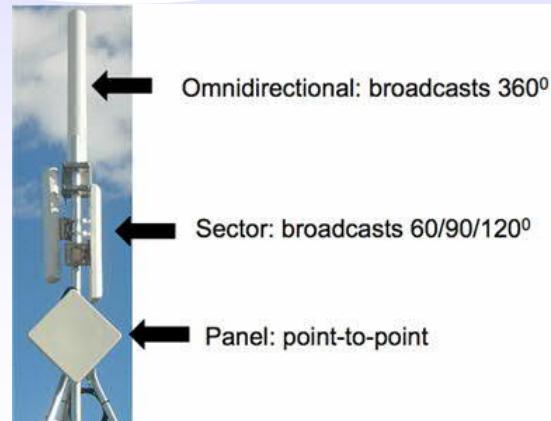
- 范围在6英里--城市而不是咖啡店
- 约14 Mbps

### ◆ 未来无线城域网的发展基础

点到点



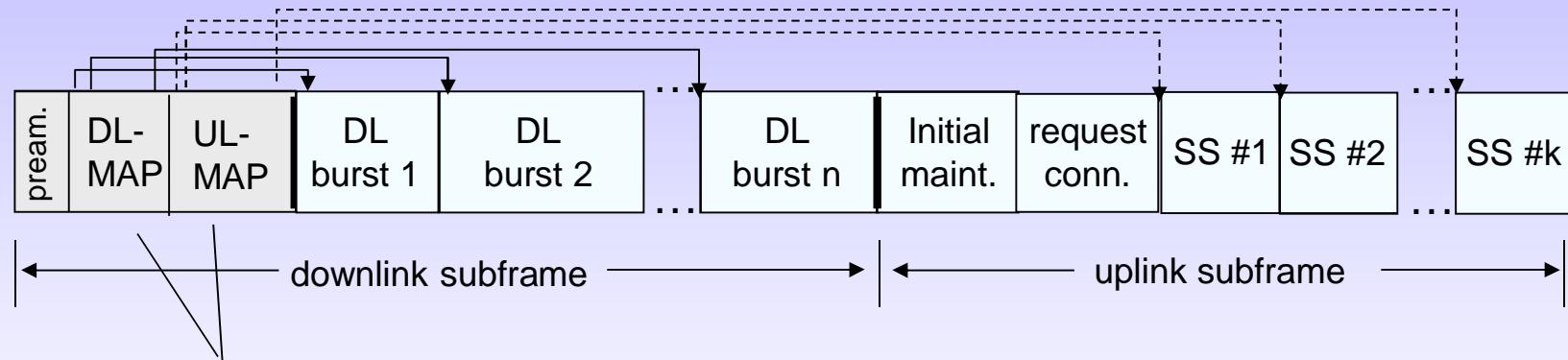
点到多点



# 802.16: Wi MAX: 上/下调度

## ◆ 传输帧

- **下行子帧:** 基站到节点
- **上行子帧:** 节点到基站



- 基站告诉将接收的节点下行子帧 (DL map)
- 谁该发送子帧 (UL map), 以及何发送

## ◆ Wi MAX 提供调度机制, 但不是调度算法

# Wi MAX：802.16

## ◆ 用于两种范围城域网

- 视距 (LOS: 10-66GHz) : 802.16e, 面向移动终端, 3km~5km;
- 非视距 (NLOS: 2-11GHz) : 802.16a, 替代ADSL, 波长较长, 7km~10km;  
数据带宽: 70Mbps, MAC层提供QOS保证机制, 支持语音和视频实时业务

## ◆ 关键技术

- 物理层: 自适应调制编码、自适应天线、时空编码、信道质量测量
- MAC层: 基于连接的操作 (CID唯一标识、QOS机制) 、支持动态带宽分配、支持多种上层网络协议、MAC的私有子层有加密功能
- 使用2G~11GHz范围内的某一频带
- 完全基于IP

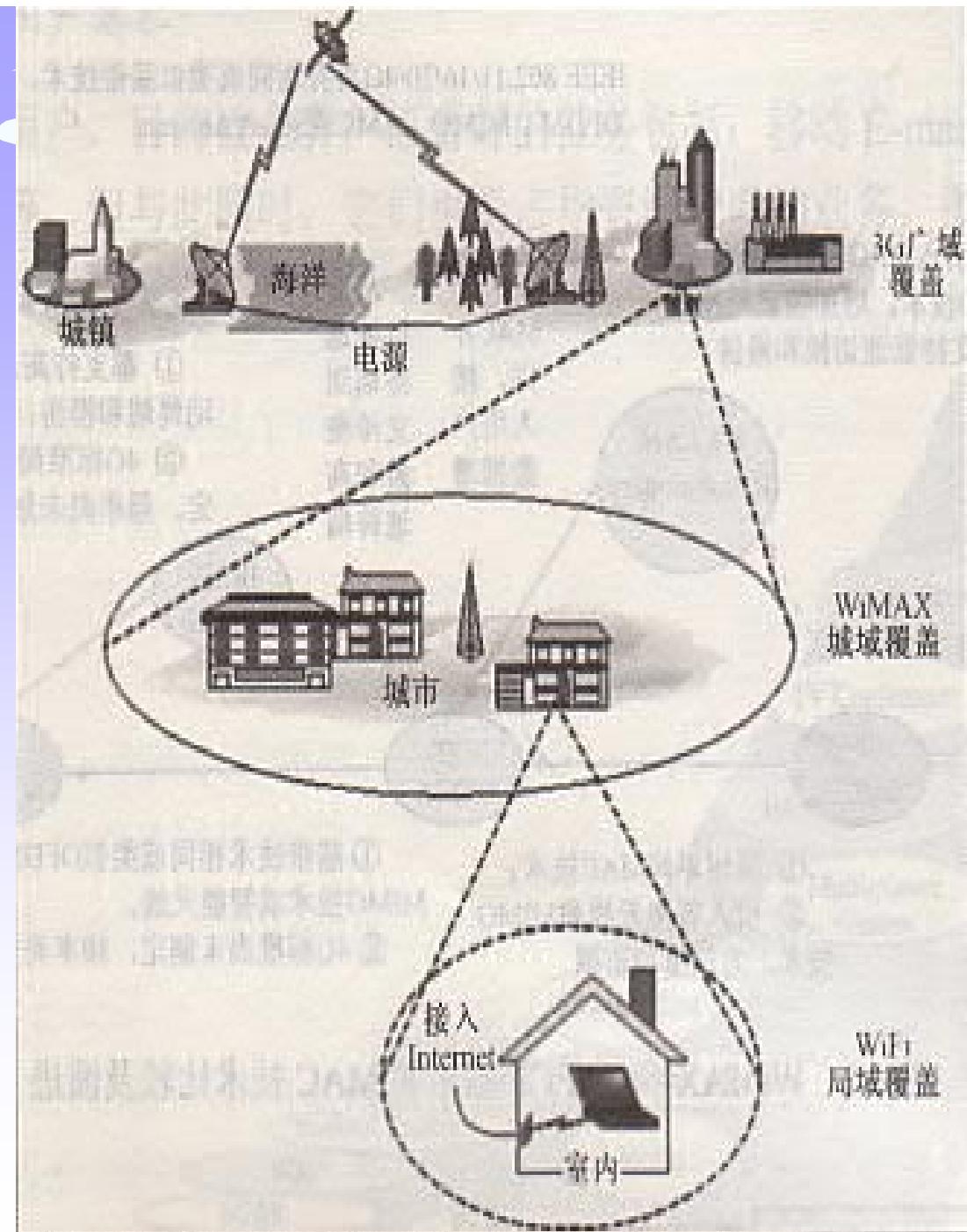
## ◆ 适合幅员辽阔的美国

- ADSL信号无法传输到遥远的郊外住宅内

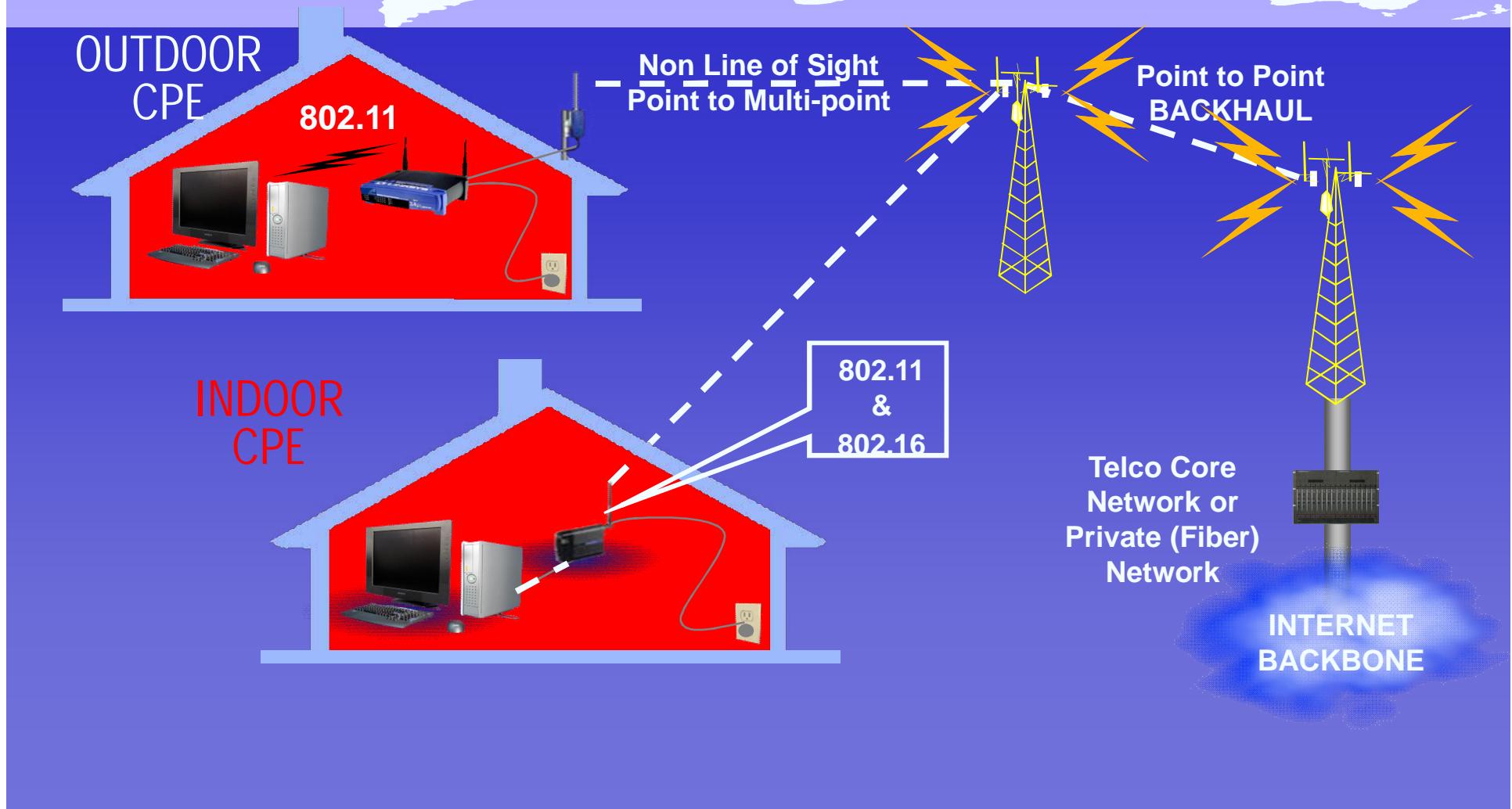
# 与802.11a和11g无线LAN标准相同

- ◆ 采用OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 调制，每个频道的带宽为20MHz；和11a和11g几乎相同；
- ◆ 室外固定天线稳定收发电波，承载比特数高于11a和11g；
- ◆ 可实现74.81Mbps最大传输速度。
- ◆ 位置很高的发射功率天线，使远距离通信成为可能；
- ◆ 美国和欧洲计划分配Wi MAX相对空闲的2.5GHz、3.5GHz和5.8GHz频带

- ◆ Wi max典型组网
- ◆ 比Wi Fi的优点
  - 传输距离远
  - 接入速度高70Mbps
  - 无最后1公里限制
  - 提供广泛的对媒体通信服务
- ◆ 三代无线通信
  - 1G: 模拟语音FDMA通信
  - 2G: 数字语音通信, GSM 空口FDM/TDM, 由200KHZ频段构成, 以13Kbps语音编码
  - 2.5G: GPRS用户<->互联网
  - 3G: 语音+车144K, 室外384K bps , 室内至2Mbps数据带宽。UMTS/CDMA-2000
  - Wi max: 70Mbps 基于IP, 是现在3G的30倍
  - 4G : 无处不在的无线接入, 以环境中最高速率切入, 透明穿越, 连接保持, 语音+实时视频



# Wi MAX : 802.16d



CPE: Customer Premises Equipment 用户端设备

2016/10/31 ISP 安装在客户端的网络连接设备，如终端机、电话机和调制解调器 60

## 3.2.5 LTE

### ◆ Long Term Evolution :长期演进技术

- 下行频谱效率将提高3-4倍，上行2-3倍；峰值速率下行达到100Mbps，上行50Mbps。
- 用户平面内部单向传输时延低于5ms，控制平面从睡眠状态到激活状态迁移时间低于50ms，从驻留状态到激活状态的迁移时间小于100ms；
- 支持100km半径的小区覆盖；能够为350km/h高速移动用户提供大于100kbps的接入服务；支持成对或非成对频谱，并可灵活配置1.25MHz到20MHz多种带宽。
- 3G与4G技术之间的一个过渡，是3.9G的全球标准，它改进并增强了3G的空中接口技术，采用OFDM和MIMO作为其无线网络演进的唯一标准，
- 这种以OFDM/FDMA为核心的技术可以被看作“准4G”技术。在20MHz频谱带宽下能够提供下行100Mbps与上行50Mbps的峰值速率。改善了小区边缘用户的性能，提高小区容量和降低系统延迟。
- 基本概念：LTE employs Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) for downlink data transmission and Single Carrier FDMA (SC-FDMA) for uplink transmission

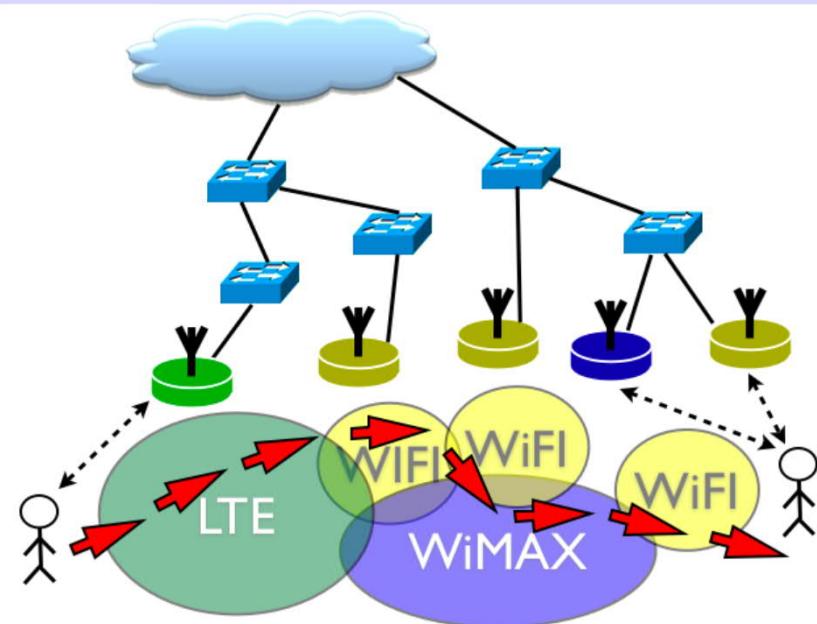
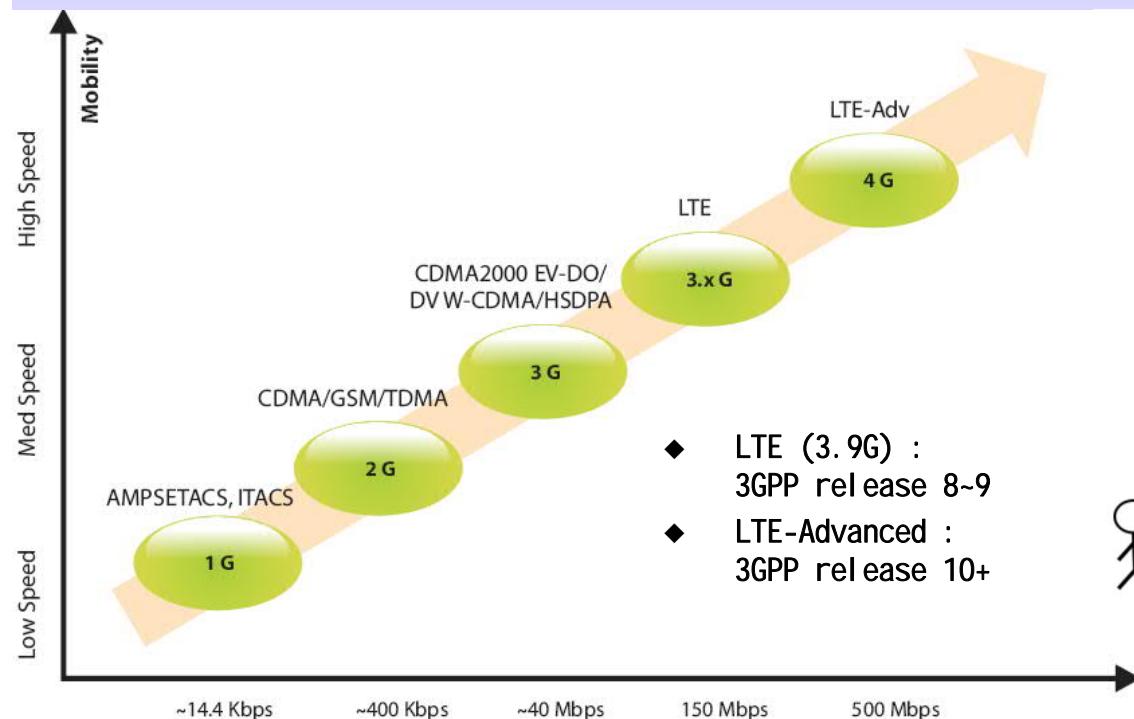
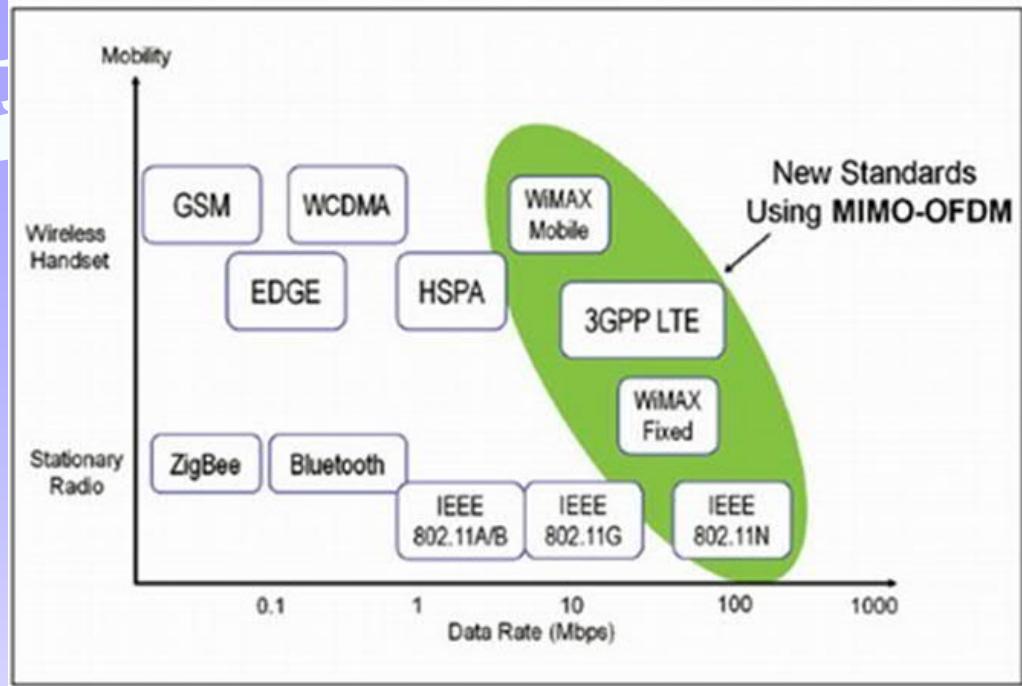
- ◆ GSM : 频分双工 FDD , 发比收低

45MHz

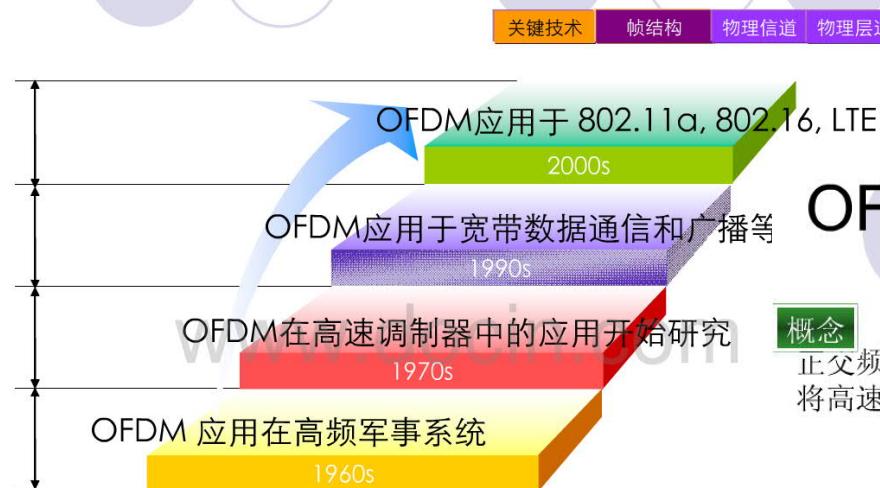
- ◆ WCDMA: 宽带码分多址

- ◆ LTE : 长期演进

- 采用OFDM & MIMO技术 ;
- 3G Partnership Project;



# OFDM发展历史



# 正交频分复用

## OFDM概述

关键技术 帧结构 物理信道 物理层过程

### 概念

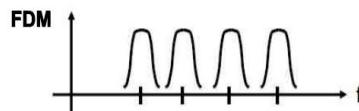
正交频分复用技术，多载波调制的一种。将一个宽频信道分成若干正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制到每个子信道上进行传输。

## OFDM优势-对比 FDM

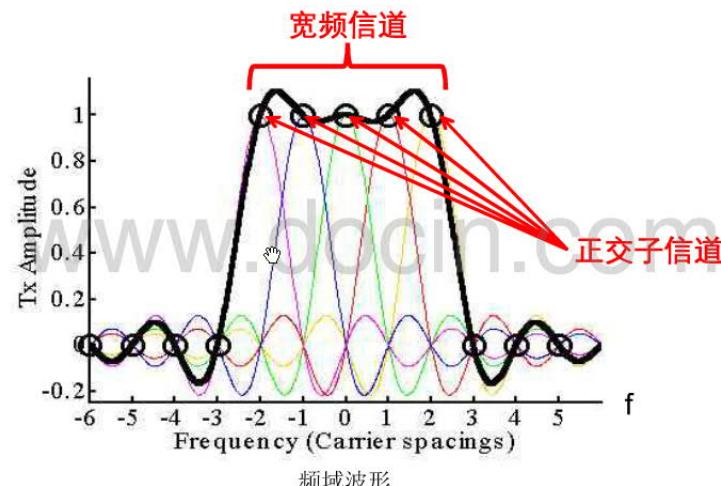
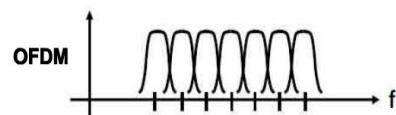
与传统FDM的区别?

关键技术 帧结构 物理信道 物理层过程

- 传统FDM:为避免载波间干扰,需要在相邻的载波间保留一定保护间隔,大大降低了频谱效率。



- OFDM:各(子)载波重叠排列,同时保持(子)载波的正交性(通过FFT实现)。从而在相同带宽内容纳数量更多(子)载波,提升频谱效率。



2016/10/31

无线蜂窝制式	GSM (EDGE)	CDMA 2000 (1x)	CDMA 2000 (EVDO RA)	TD-SCDMA (HSPA)	WCDMA (HSPA)	TD-LTE
下行速率	236kbps	153kbps	3.1Mbps	2.8Mbps	14.4Mbps	100Mbps
上行速率	118kbps	153kbps	1.8Mbps	2.2Mbps	5.76Mbps	50Mbps

# TD -LTE

## ◆ 3G

- 中国TD-SCDMA：Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access，
- 欧洲的WCDMA标准；美国的CDMA2000标准并称为3G时代主流；

## ◆ 4G

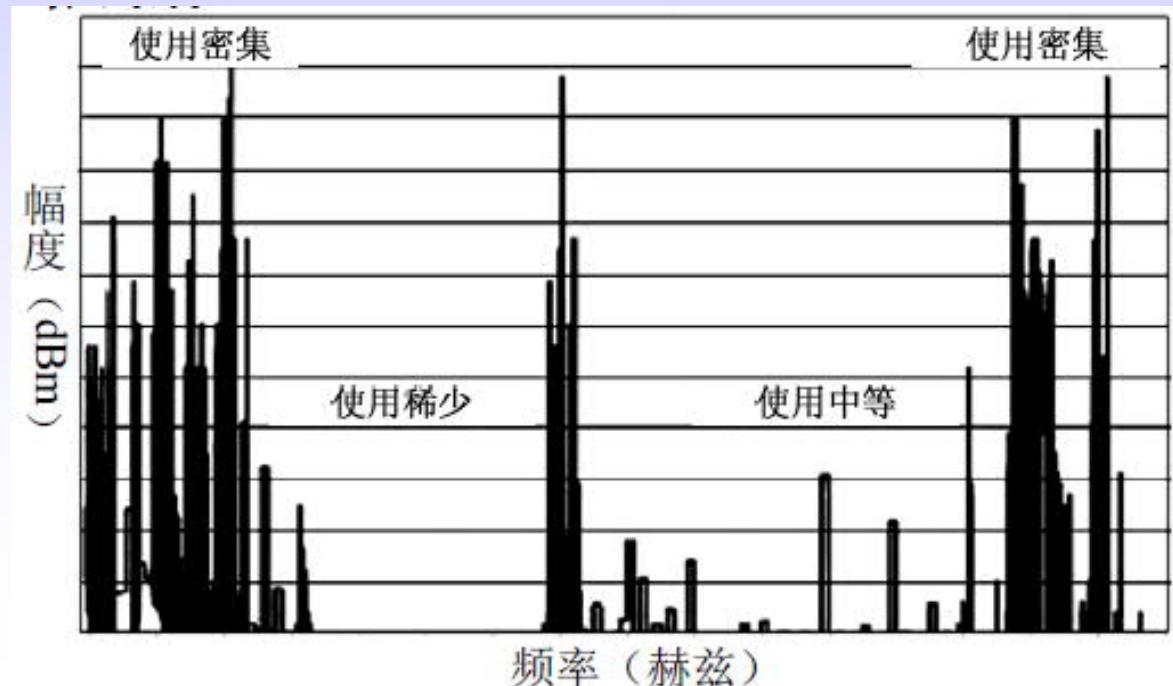
- D-LTE：Time Division Long Term Evolution（分时长期演进），由阿尔卡特-朗讯、诺基亚西门子通信、大唐电信、华为技术、中兴通讯、中国移动等业者，所共同开发的第四代（4G）移动通信技术与标准。
- 4G前景：眼镜上突然闪动朋友的来电，眨眨眼出现了朋友的脸，镜腿上耳麦传来朋友的声音；手指点点，手套上的电话传回文字或控制家里的电器；街头虚拟现实设备游览任何景点或参观遥远的地方…
- 固定状态下1Gbps
- 移动状态下100Mbps



## 3.2.6 研发中的 802.22

### ◆ 背景：频率资源利用率

- 美国FCC (Federal Communication Commission)频谱分配图显示其频谱资源已经濒临枯竭，
- 授权频谱的使用率随着时间和地区不同波动很大(从15%到85%)
- 2005.5通过允许非授权系统利用电视频段，只要不干扰授权系统



# 认知无线网-区域网

**RAN** (<100km)  
802.22—18~24Mbps

**WAN** (<15km)  
GSM,GPRS,CDMA,2.5G,3.5G  
10kbps~2.4Mbps

**MAN** (<5km)  
802.16a/d/e—70Mbps  
LMDS—38Mbps

**LAN** (<150m)  
11~54Mbps  
802.11a>100Mbps

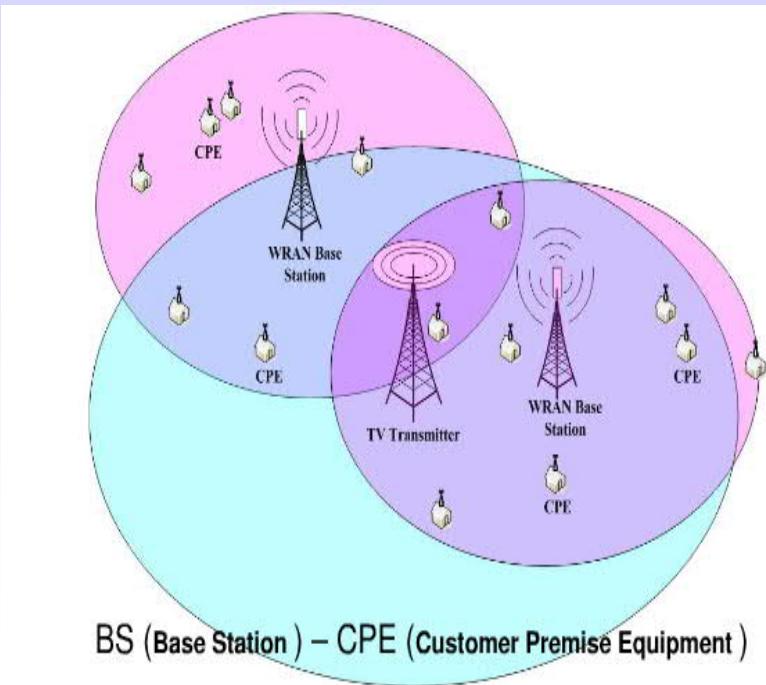
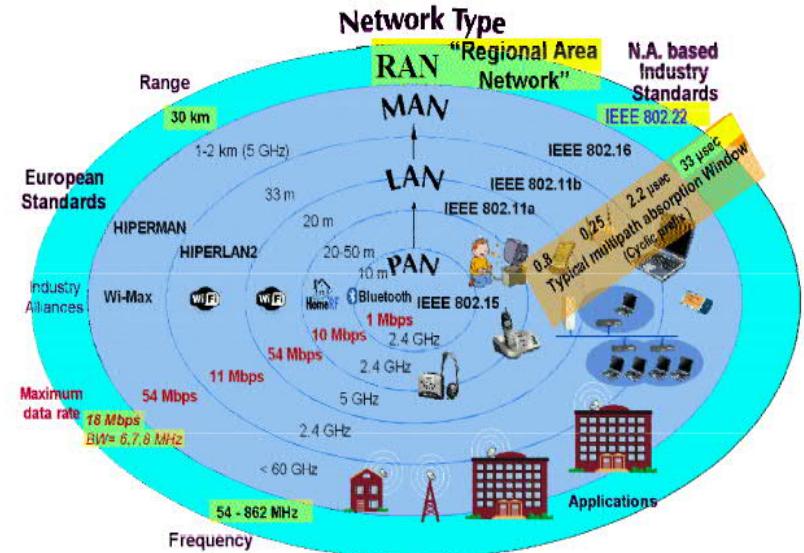
**PAN** (<10m)  
802.15.1(Bluetooth)—1Mbps  
802.15.3>20Mbps  
802.15.3a(UWB)<480Mbps  
802.15.4(Zigbee)<250kbps

# 定义和目标

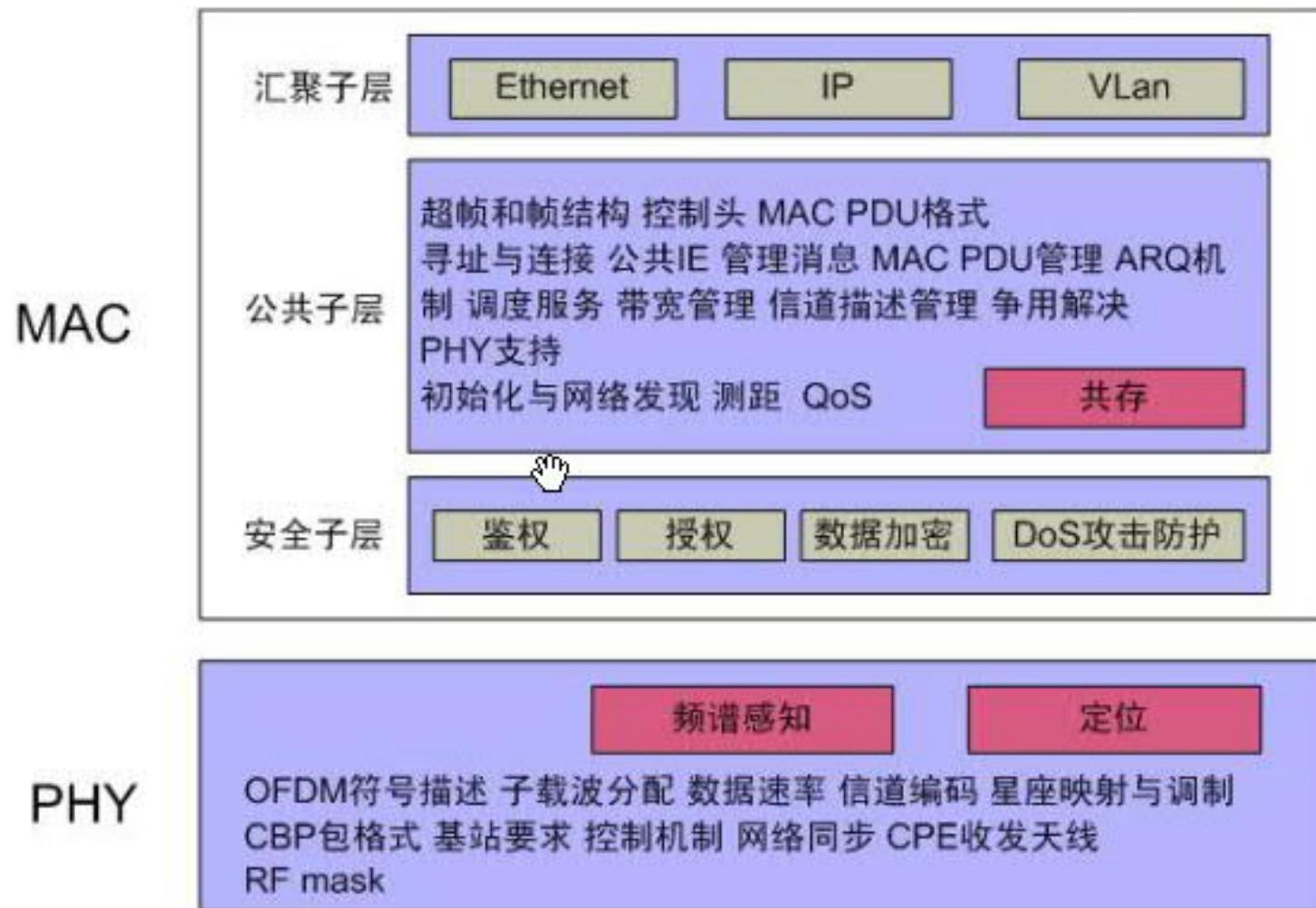
- ◆ WRAN: Wi re less Re gional Area Networks
  - 工作在54-862MHz VHF/UHFWRAN 电视频段范围
  - 固定式点-多点无线区域网空中接口
  - 全球标准: 实用的**认知无线电技术**
- ◆ 部署范围
  - 人口较少的乡村地区的各类地域
  - 典型覆盖半径17-30Km-100Km
- ◆ 性能
  - 平均下行1.5Mbps, 上行384Kbps
  - 平均频谱效率 2bps/Hz

2016/10/31

## WRAN与其他无线系统的区别和联系

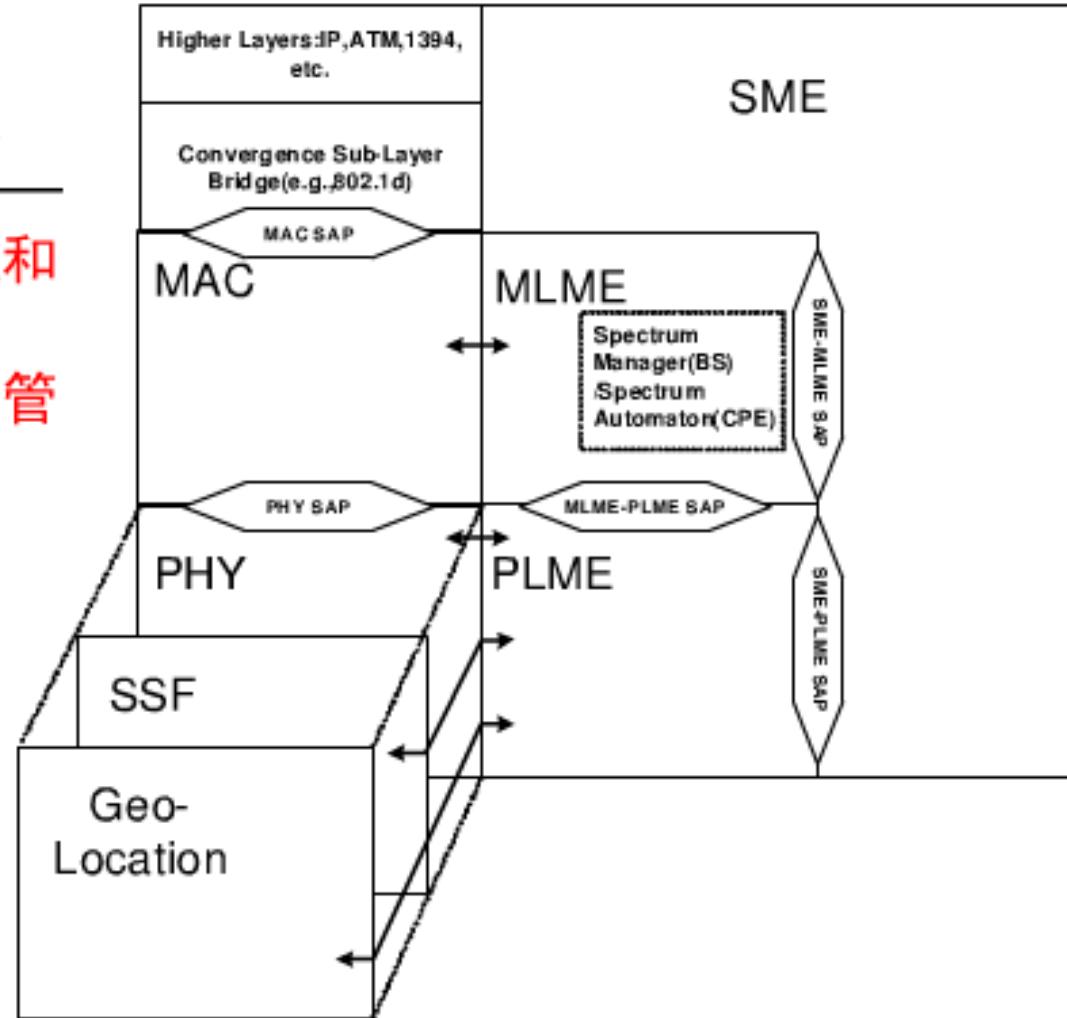


# 802.22 协议栈各层功能



# 802.22空中接口的分层体系结构

为了支持认知无线电，802.22引入——  
两个新模块：定位和频谱感知函数  
一个新实体：频谱管理



# 习题

- ◆ 为什么802. 11不采用冲突检测？
- ◆ 为什么RTS/CTS不能解决暴露站问题？
- ◆ 为什么在无线网上发送数据帧后要对方必须回确认帧，而以太网则不需要对方发回确认帧？
- ◆ 求证CDMA码片序列的正交特性，即若 $ST=0$ , 证明 $S(-T) =0$ ?
- ◆ 考虑另一种检测CDMA码片序列正交性的方法。两个序列中的每个元素可以匹配、也可以不匹配。借助于匹配和不匹配来表示码片序列的正交性？
- ◆ 假定A、B、C三站都使用CDMA系统同时发送比特“0”，它们的码片序列分别依次如下：A(-1-1-1+1+1-1+1+1); B(-1-1+1-1+1+1+1-1); C: (-1+1-1+1+1+1-1-1)。求发送结果产生的码片序列是什么？