

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

- WiFi概述
- 802.11网络结构
- 802.15个域网
- 802.16WiMax网络

◆ 3.3 蜂窝网接入

- 蜂窝网结构
- 蜂窝网标准概要

◆ 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**

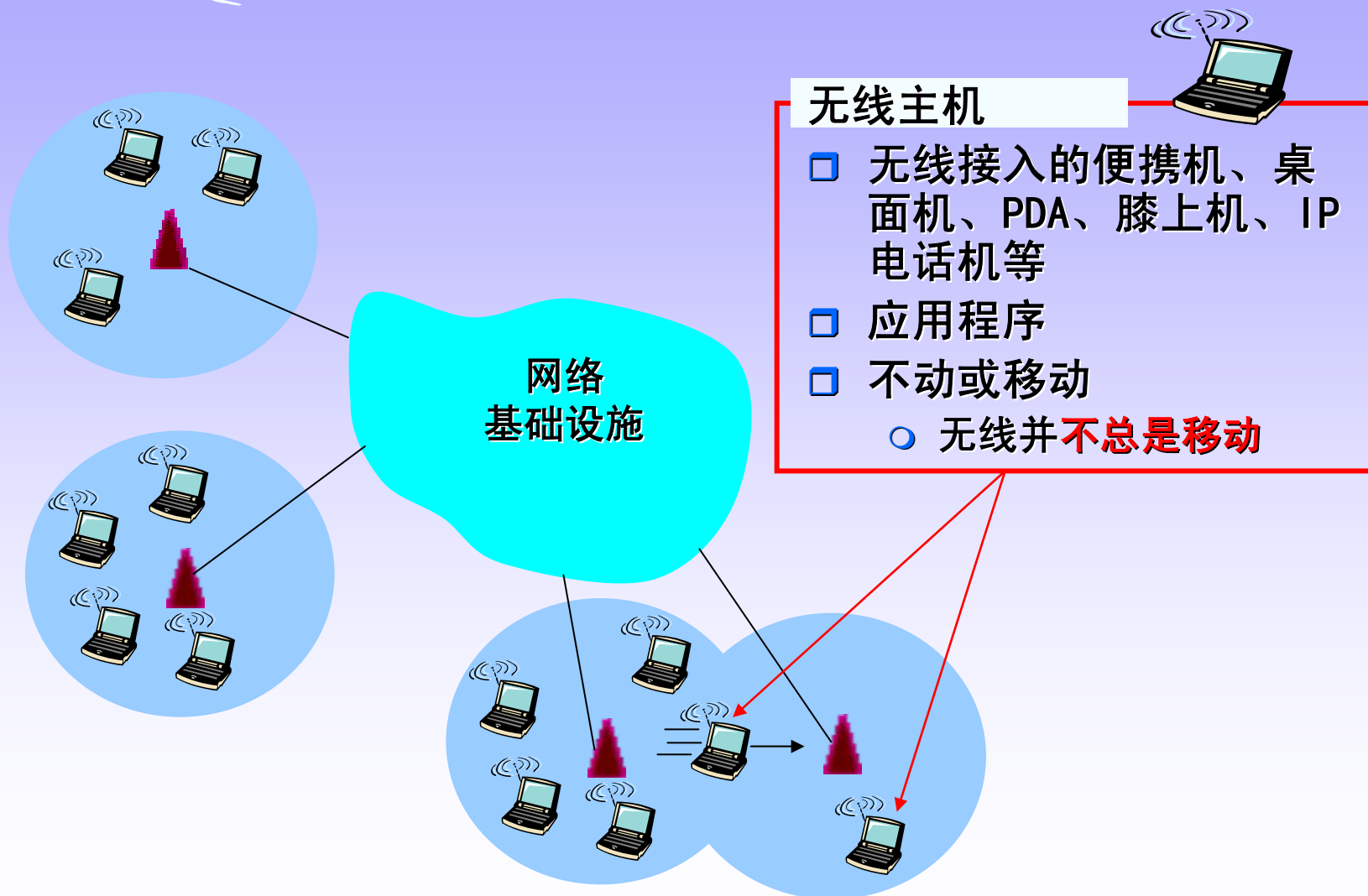
◆ 全球互联网新趋势

- 从 **PC**-Internet → **Mobile**-Internet
- 从 **Listening**-Internet (Web**1.0**) → **Speaking**-Internet (Web**2.0**)

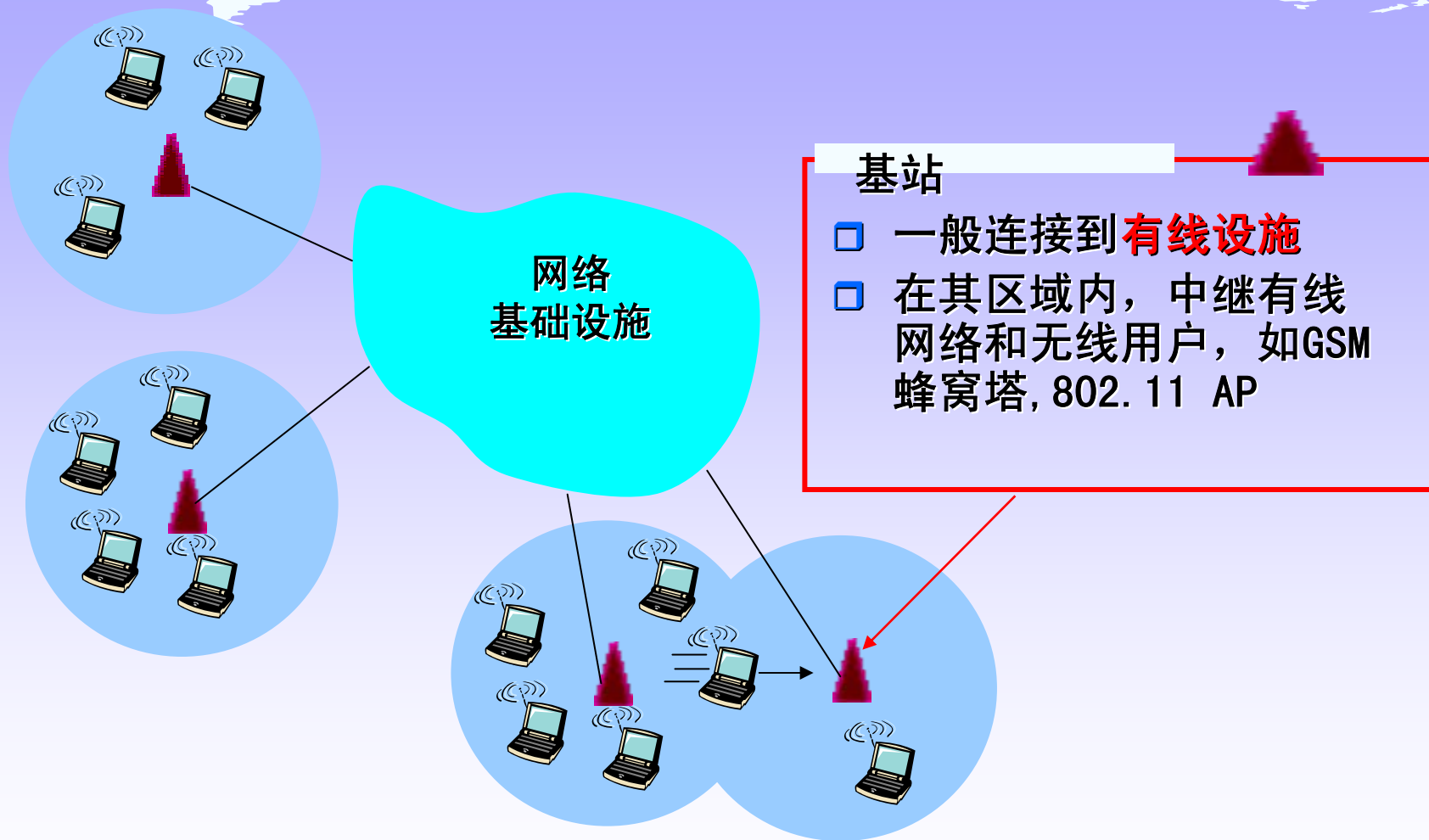
◆ 两大重要挑战

- **无线**：无线链路通信
- **移动**：移动用户接入

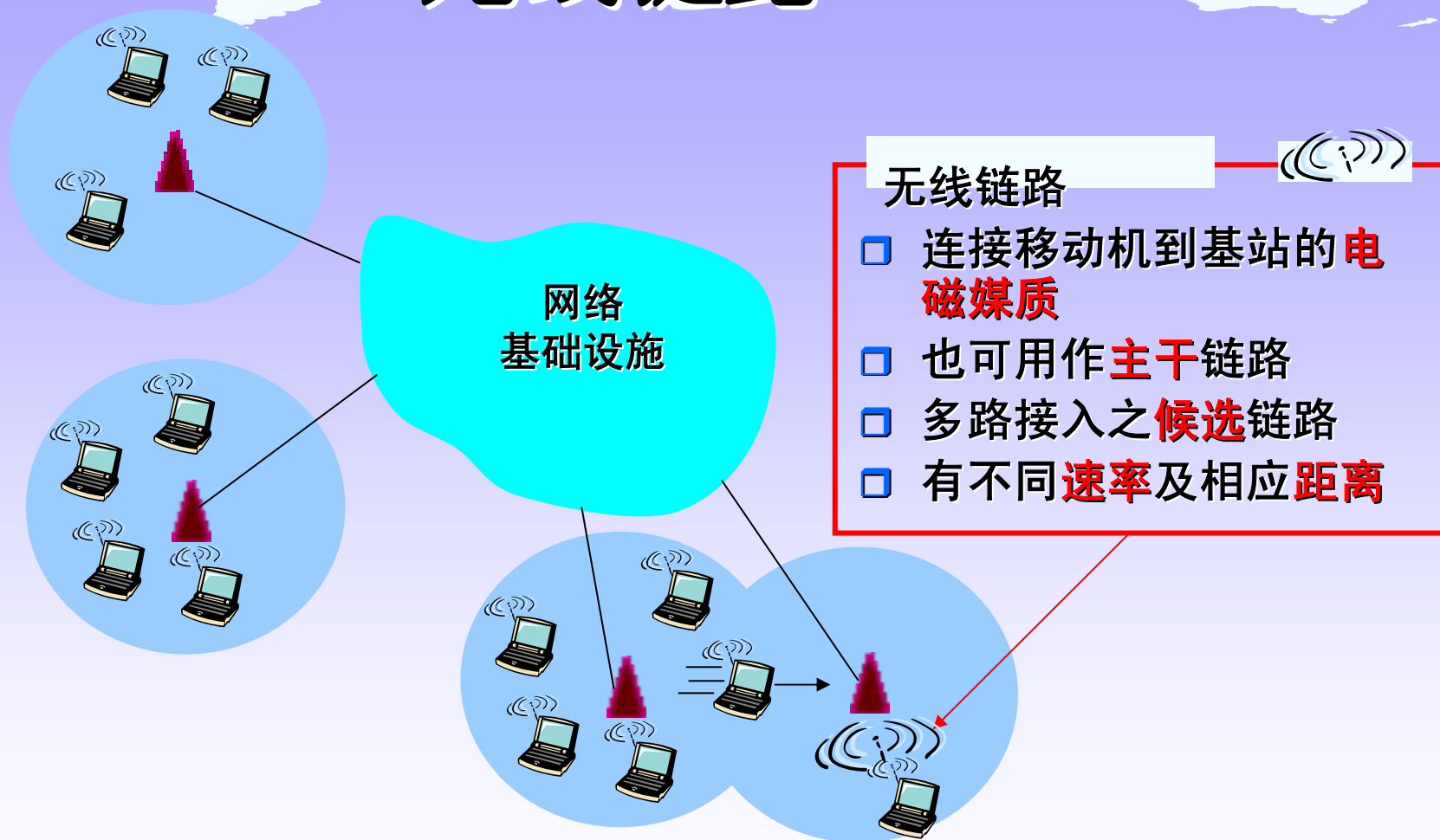
无线网络的构成



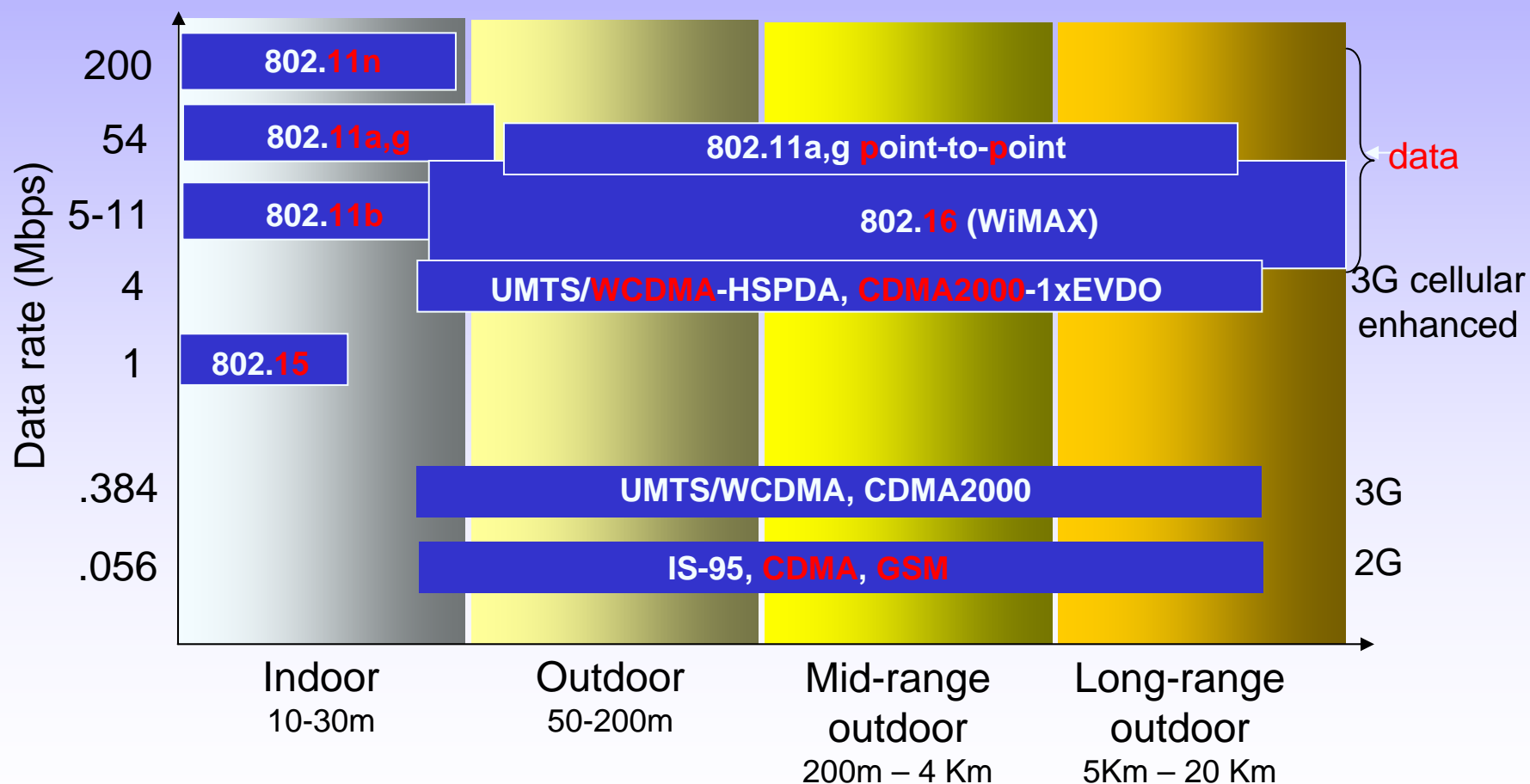
基站



无线链路

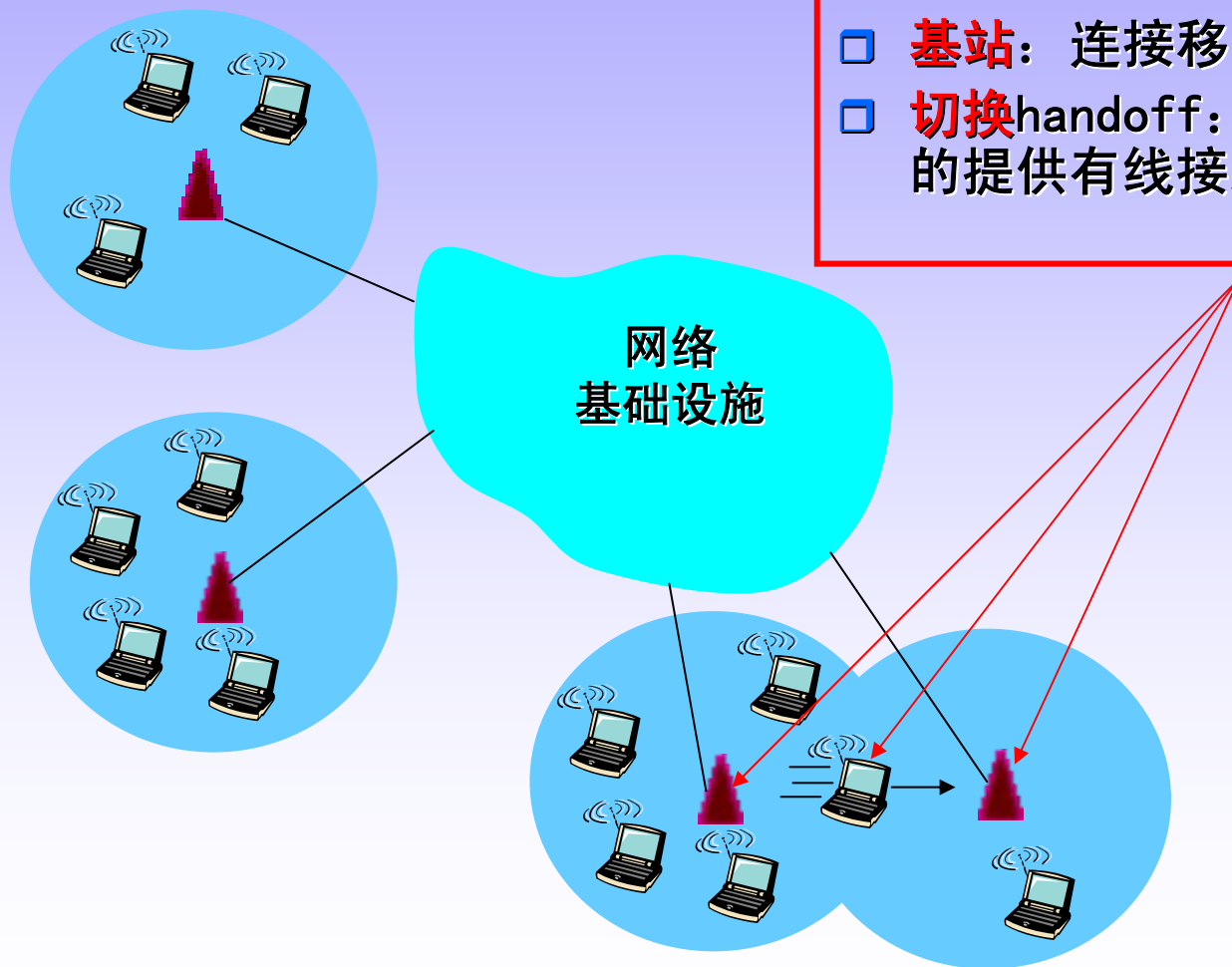


无线链路标准



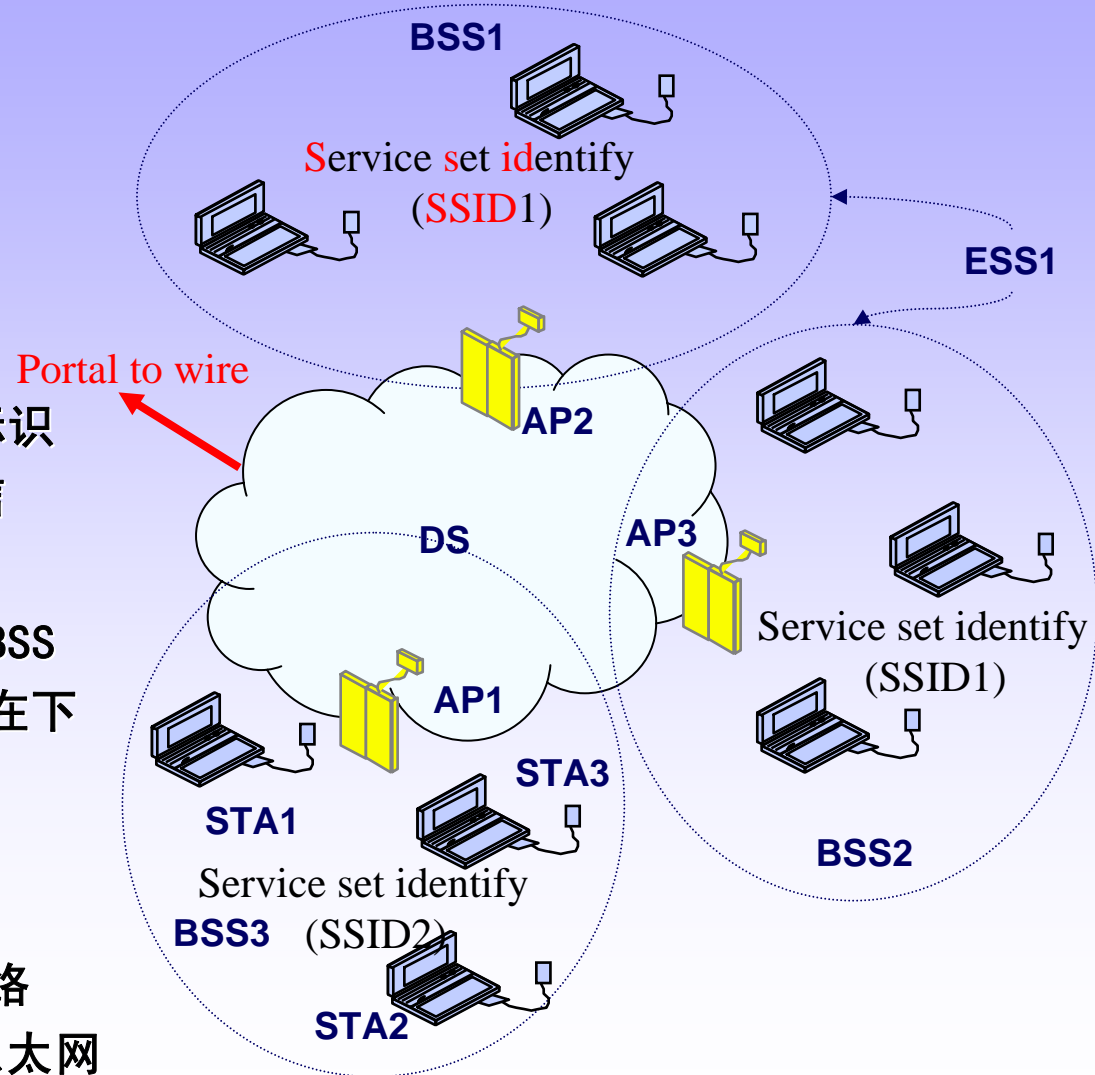
基础设施模式

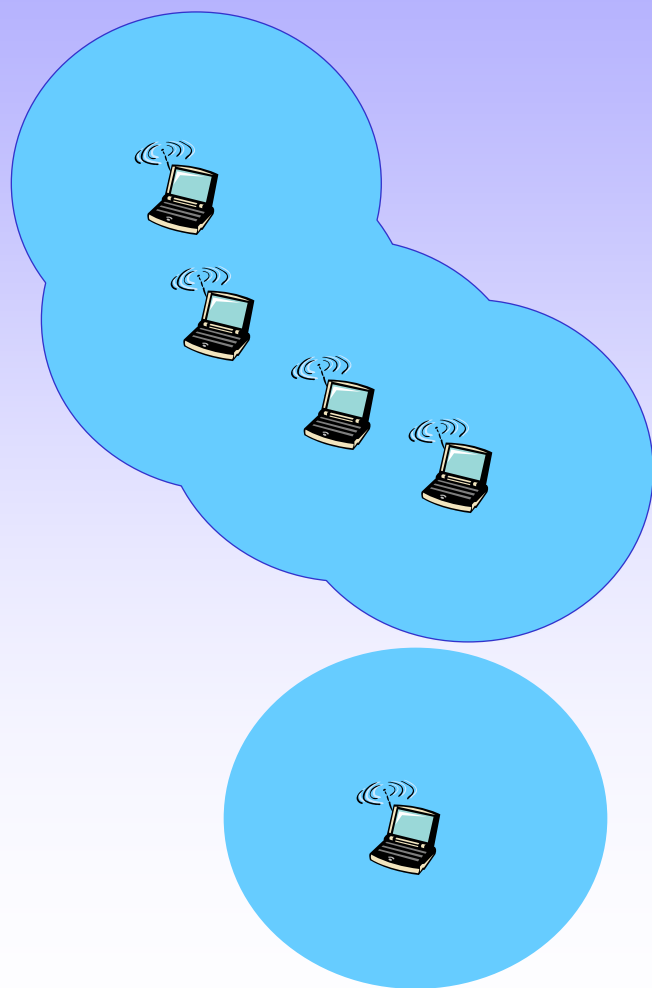
- ❑ **基站**: 连接移动机进入有线网络
- ❑ **切换handoff**: 移动机**变换到**新的提供有线接入之基站的过程



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





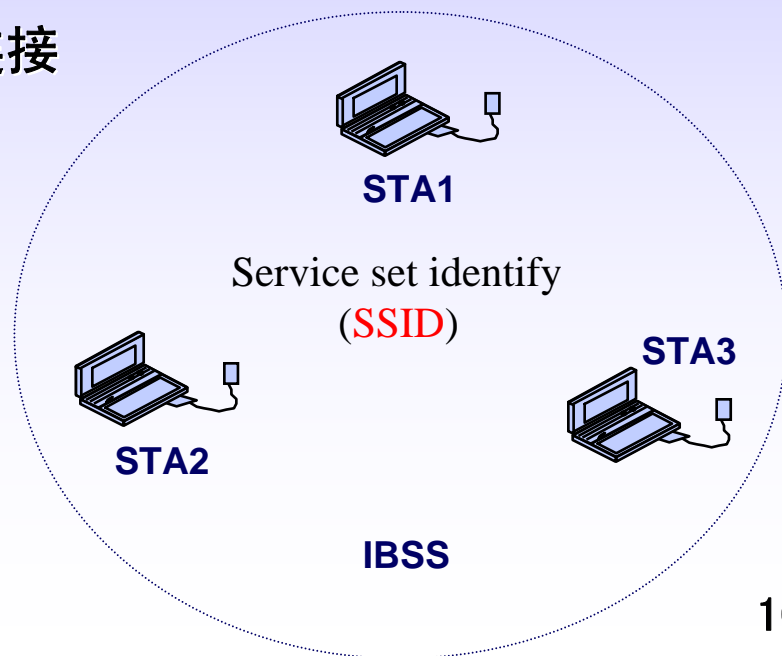
ad hoc 模式

- ❑ **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 (WiFi, WiMAX, 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: mesh net
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

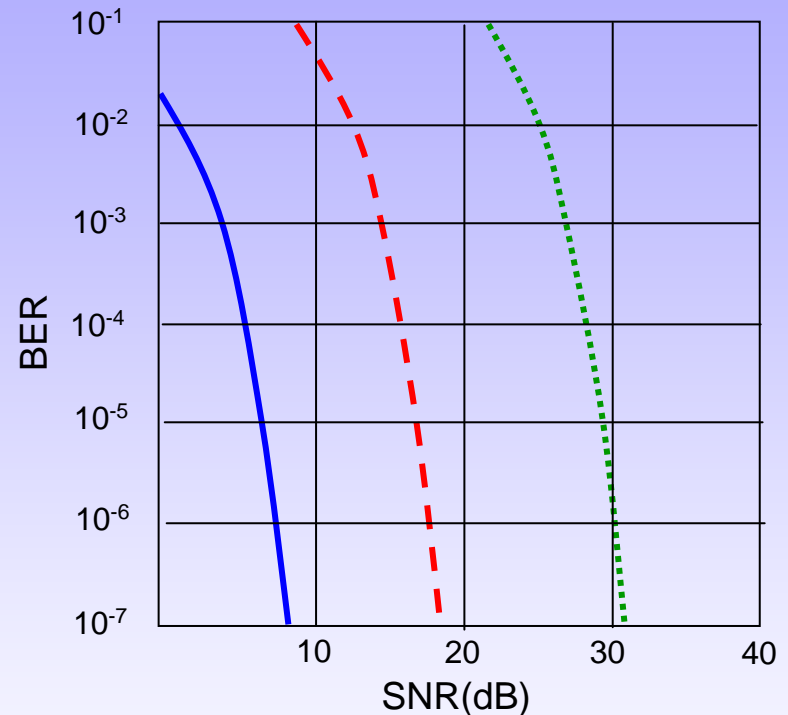
- ◆ 有线和无线网络的**区别**主要在**链路层**
- ◆ 无线链路的主要特点：下述原因导致比特错更多
 - **递减的信号强度**：电磁波在穿透物体时强度减弱，随距离的增加而减弱（Path Loss）
 - **来自其它源的干扰**：同一频段电波相互干扰，如802.11b和无线电话都使用公共频段2.4GHz；环境电磁波干扰，与**微波炉**、**phone**、**motors**等共享争用同频谱；
 - **多路径传播**：电磁波一部分被受物和地面反射，到达目的节点时会有些微时间差
 - **无线信道交叉难**：无线链路交叉使通信更困难

◆ 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 (调制解调率)



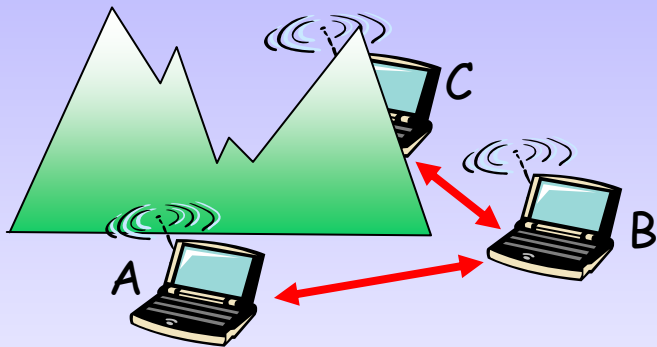
..... QAM256 (8 Mbps)

- - - QAM16 (4 Mbps)

— BPSK (1 Mbps)

多点接入的新问题

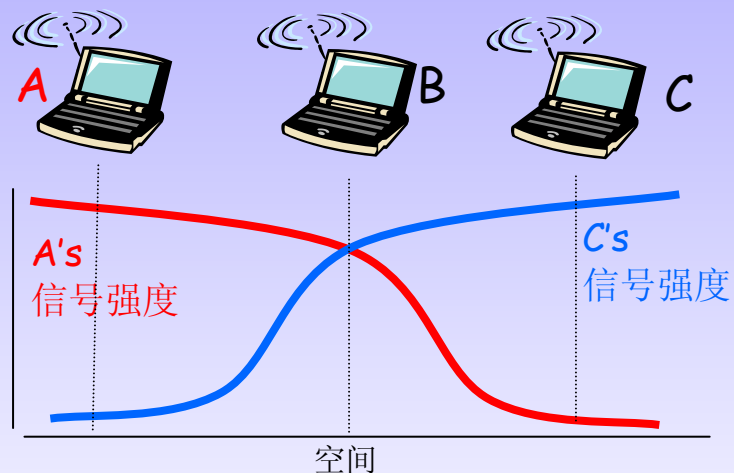
- ◆ 多个无线发送者和接收者导致的新问题 (beyond multiple access)



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

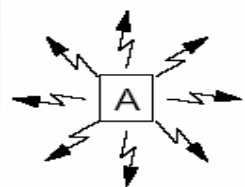
站点的隐蔽与暴露问题

◆ 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**的问题称为隐蔽站点问题。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**。

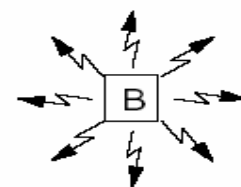
◆ 暴露站点问题 (exposed station problem)

- 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发送数据**。



Radio range

(a)



(b)

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mb 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

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

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

◆ 对S/T站：

- S和T正交 → S和-T也**正交**：
- 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

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

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

◆ 通信假定：

- 每站编码是数据和其码片乘积序列
- 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

通信过程与实例

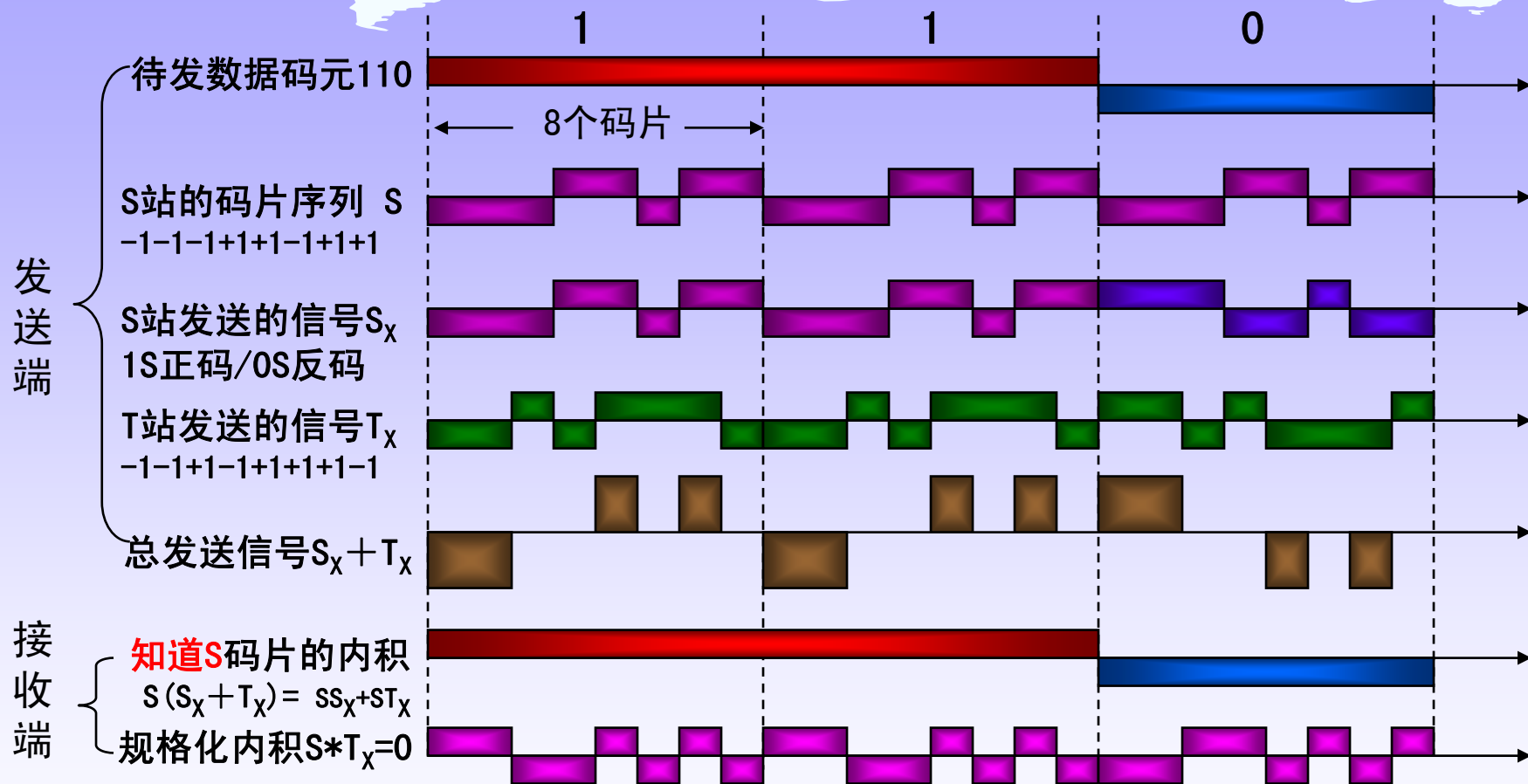
◆ 通信过程

- 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站发送的扩频信号，本例是叠加信号 S_x+T_x
- **若接收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

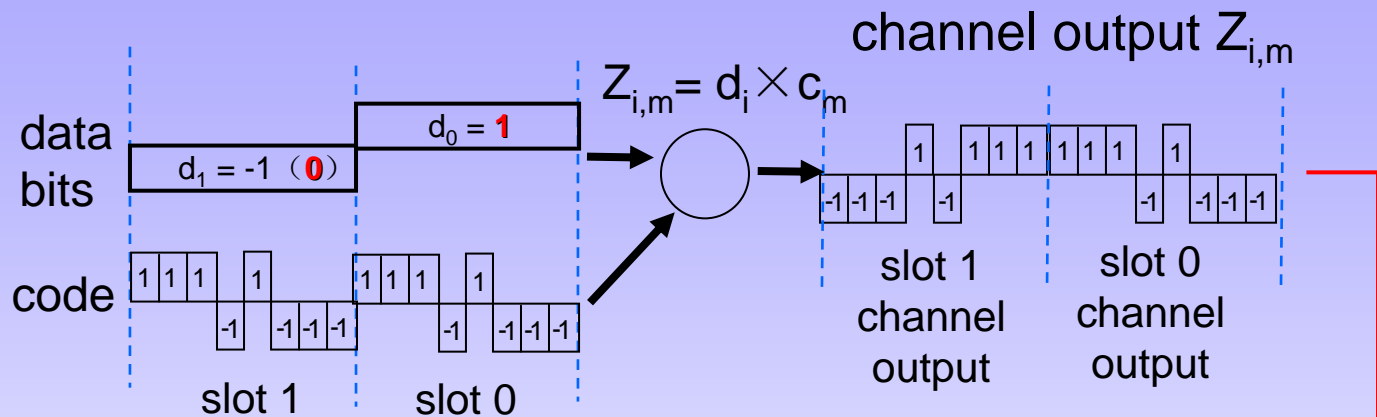


$$S(S_x + T_x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m SS_x + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m ST_x = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m SS_x$$

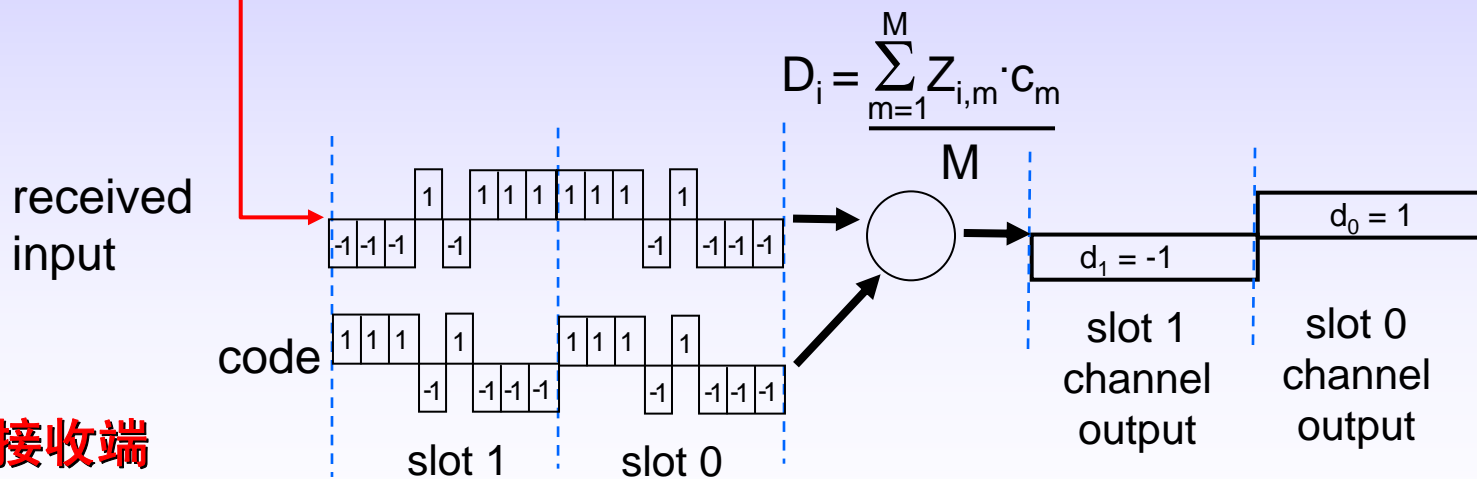
$$= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S(S + \bar{S}) = \frac{1}{m_1} \sum_{i \in 1} SS + \frac{1}{m_2} \sum_{i \in 0} S\bar{S} = (+1, \dots, -1)$$

CDMA 的编解码

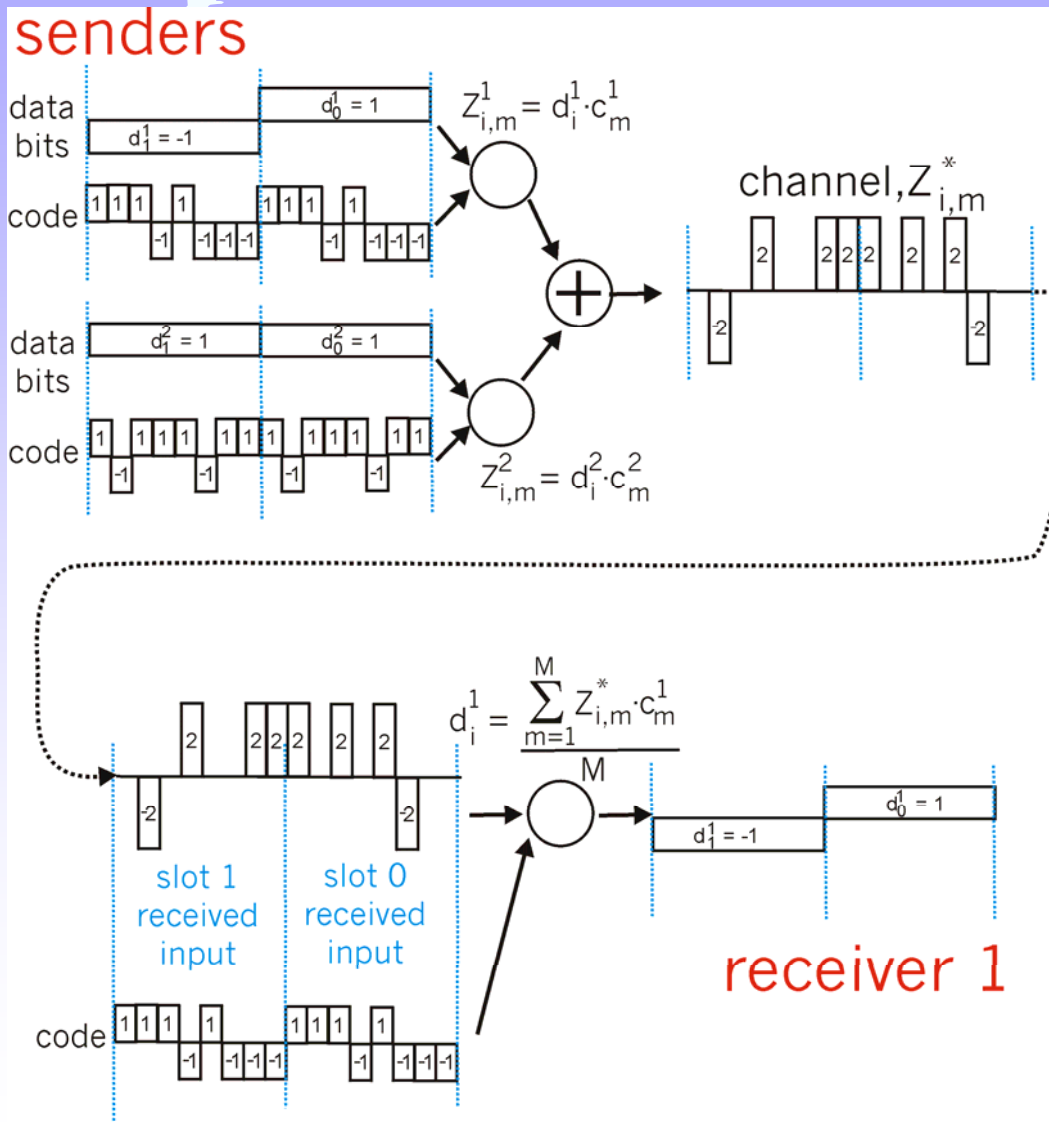
发送端



接收端



两个CDMA发送者间的干扰



FARADAY EXAMINATION ROOM
HOME MADE OPTION



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, l, j, k, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v}

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 200Mbps

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
- 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**有线以太网网络整合**，**组网成本低**。

◆ 802.11a

- 5-6 GHz range
- up to 54 Mbps

◆ 802.11g

- 2.4-5 GHz range
- up to 54 Mbps

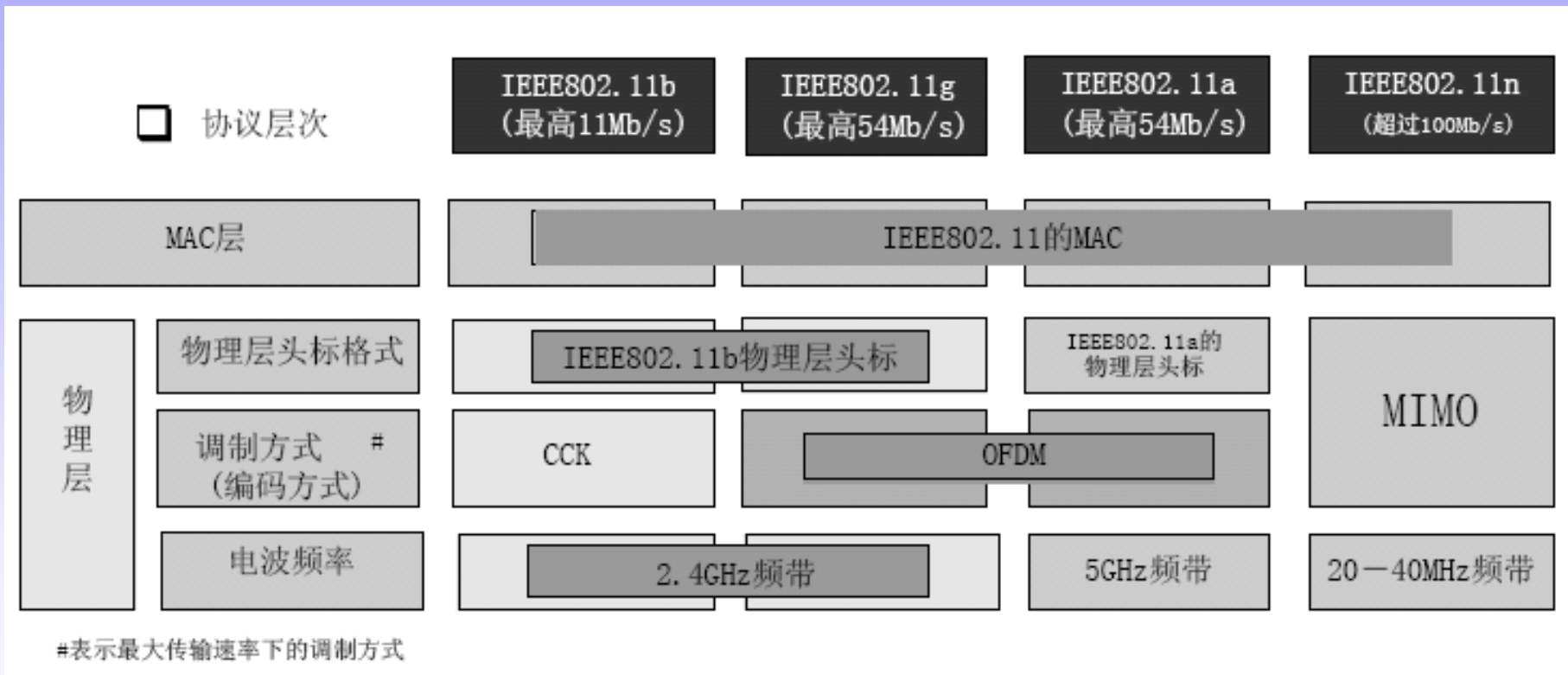
◆ 802.11n: 多天线

- 2.4-5 GHz range
- up to **200** Mbps

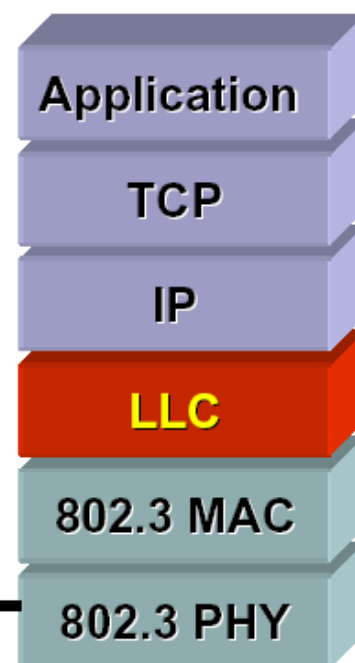
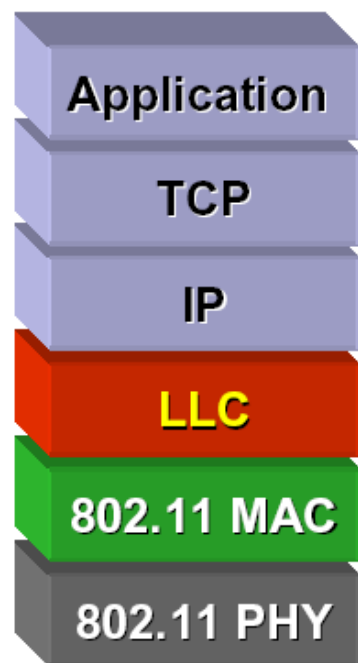
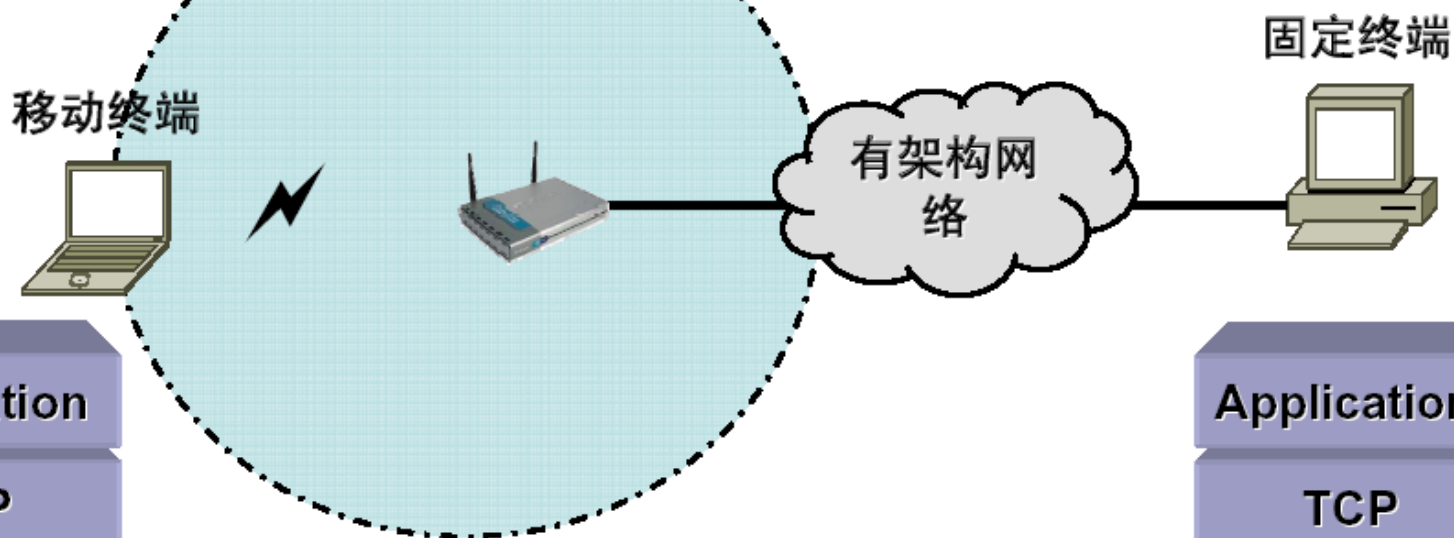
◆ 构成

- 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**)



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

- 基于分布式协调功能(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

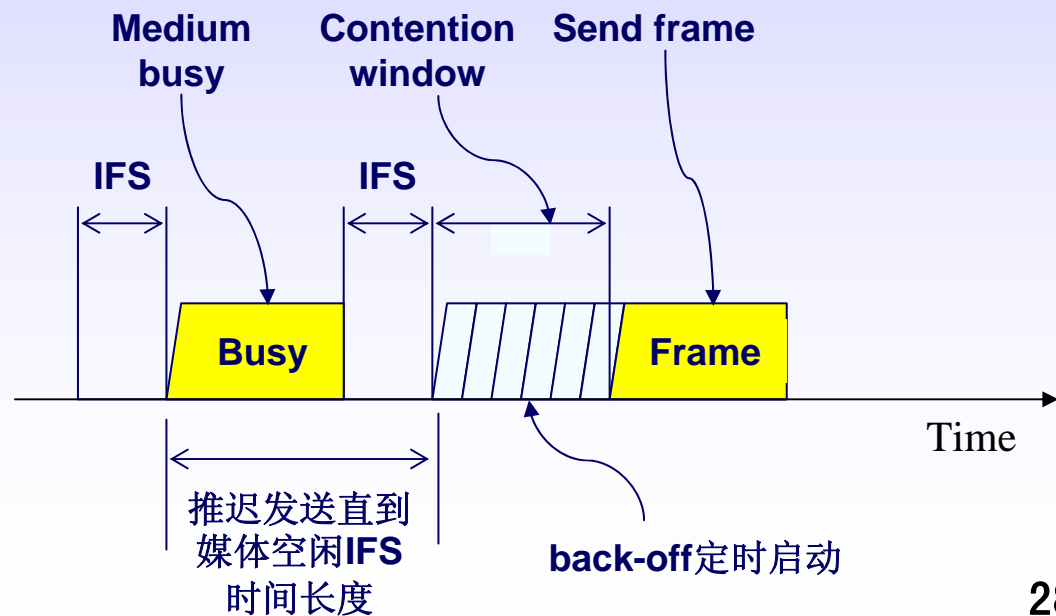
PCF虽然在一定程度上可以保证分组发送的最大延时，但是可扩展性差，现有的802.11设备基本上都采用DCF方式

802.11 DCF MAC 接入方式

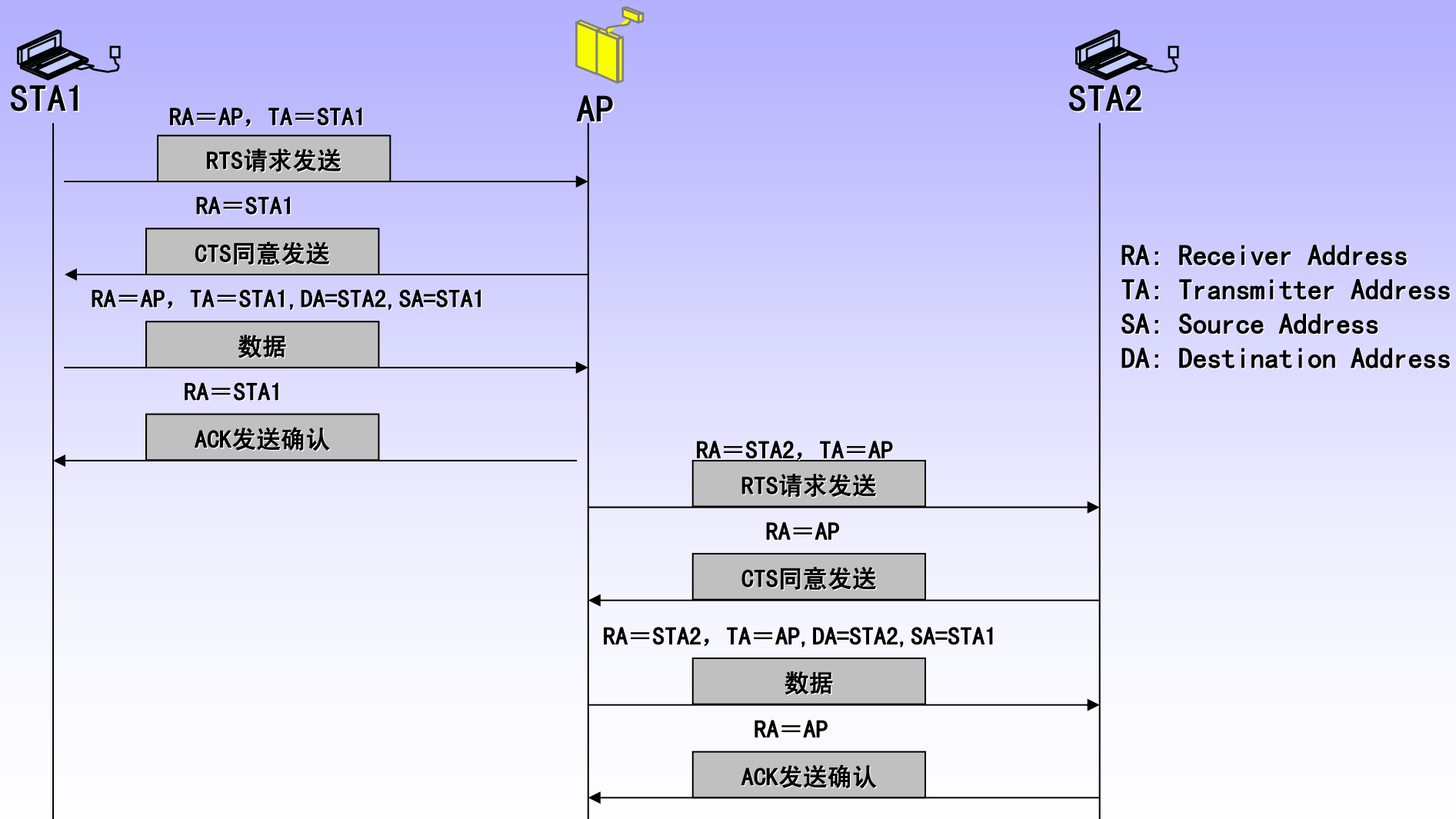
◆最基本接入方式、基于CSMA/CA原理

◆STA传送数据报文的基本过程

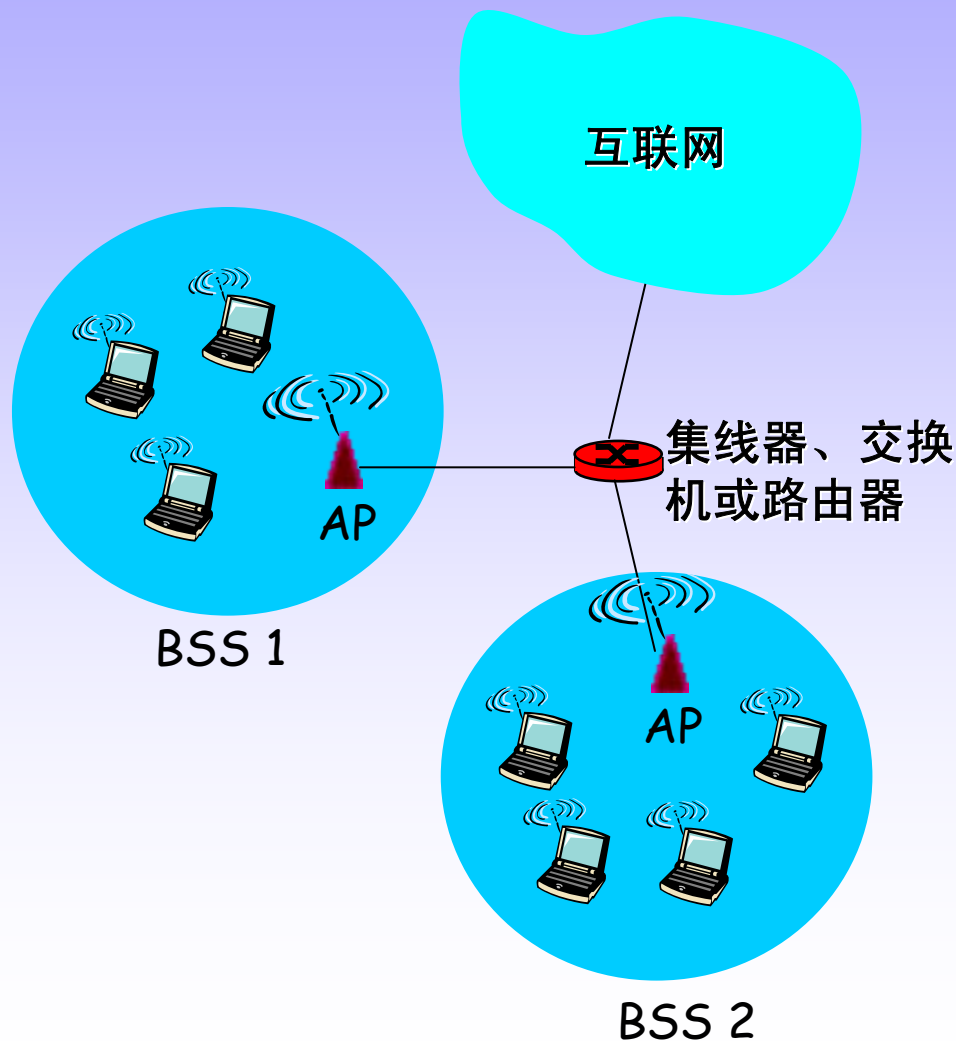
1. 当检测到媒体busy时不发送报文
2. 当检测到媒体空闲IFS时间长度以后启动一个定时器back-off timer，该定时器的尺寸为Contention window（尺寸有限制的随机数），当定时器到时后开始发送报文
3. 当本次发送失败需要重传时，随着重传次数的增加Contention window的尺寸逐渐加大
4. 当本次发送成功或者达到重传次数上限需要丢弃报文时，reset Contention window的尺寸为初始值



RTS/CTS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

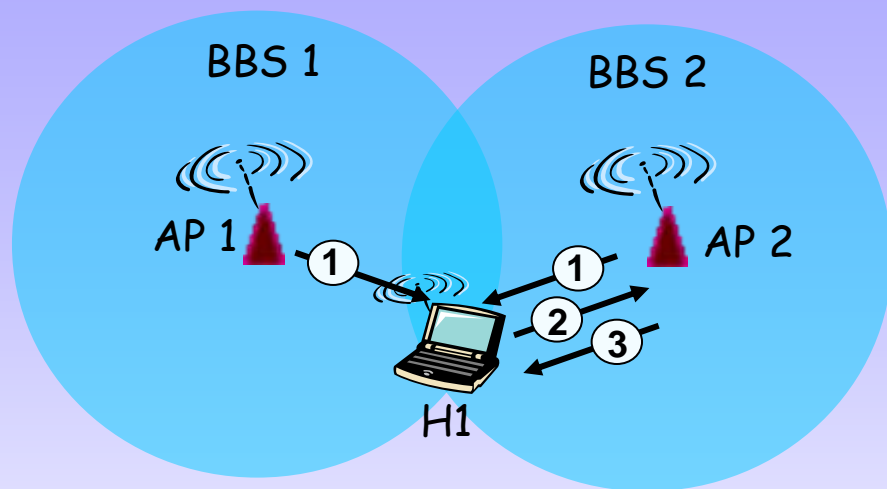
◆ 802.11b:

- 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:

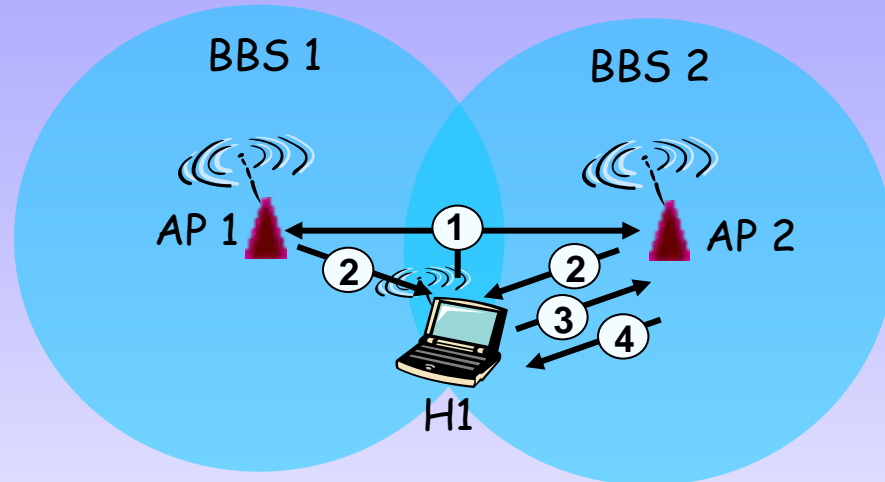
- 扫描通道, **监听**信标 (beacon) 帧, 内含AP名字 (SSID) 和 MAC地址
- 选择加入的AP
- 可能执行鉴别
- 通常运行DHCP以获得AP所在子网的IP地址

802.11: 被动/主动 扫描



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

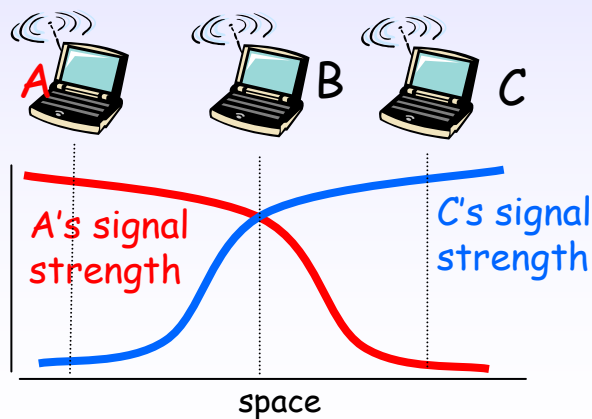
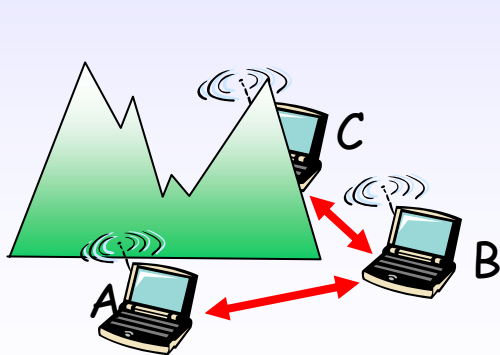


主动扫描:

- 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 InterFrame Space
 - **SIFS短**的帧间隔-28us; **PIFS点**协调帧间隔78us; **DIFS分布**协调帧间隔128us



IEEE 802.11 MAC协议：CSMA/CA

802.11 发送者

1 若在DIFS段通道空闲，则发送所有帧
(no CD)

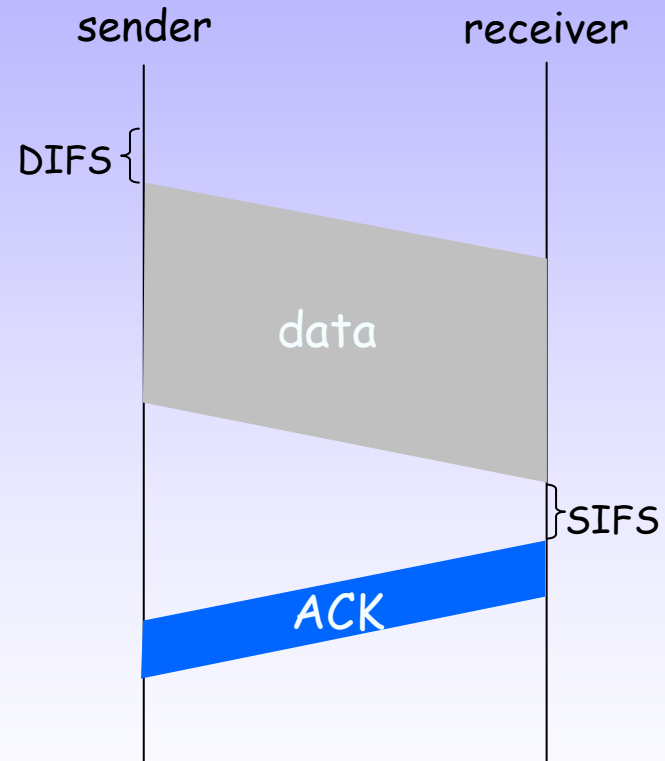
2 如感知到通道忙，则

- 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

若收到帧OK

- 由于隐藏终端问题，在SIFS后返回ACK



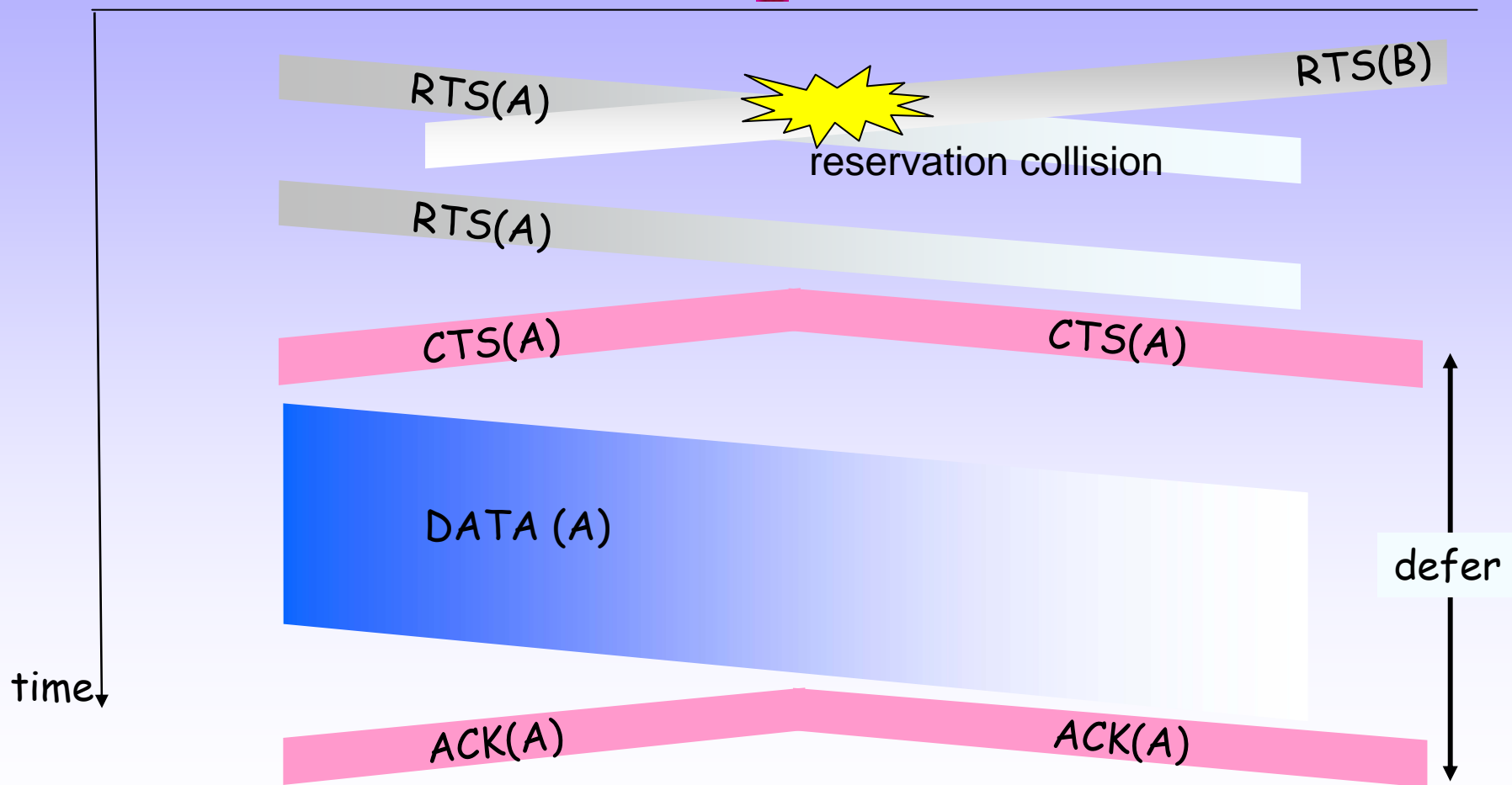
冲突避免

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
 - RTSs 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！

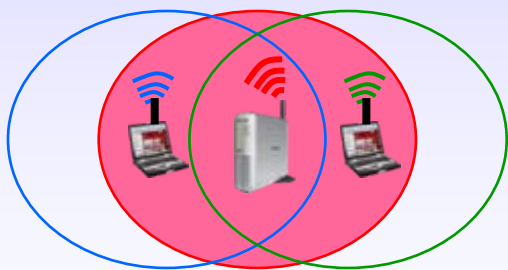
冲突避免：RTS-CTS 交换



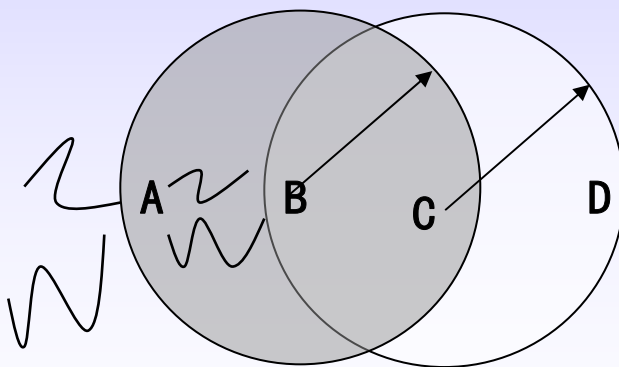
冲突避免

◆ 使用Ethernet的机制, 但比以太网复杂: **并非所有站点能相互可达**

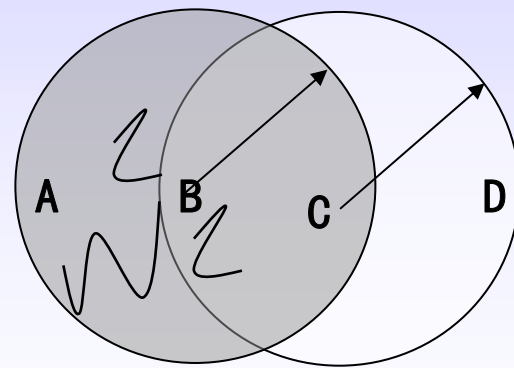
- B帧能达到A、C, 但不能到D; C帧能达到B、D, 但不能达A
- A、C都向B发; 故B站冲突, 且A/C察觉不到该冲突, A/C 互为隐蔽站。称**隐蔽站问题**
- B在向A发, C听到这一通信; 但不应影响C向D发; 因为B→A并不影响C→D的通信。称**暴露站问题**
- 与总线网不同, 在不干扰时, **可同时多个点通信**



蓝绿被红色AP覆盖,
但二者间互为隐蔽站

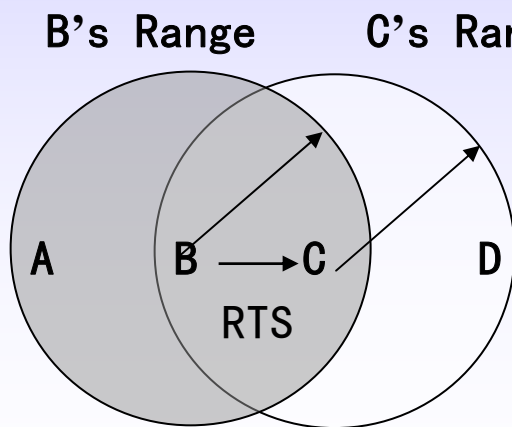


隐蔽站

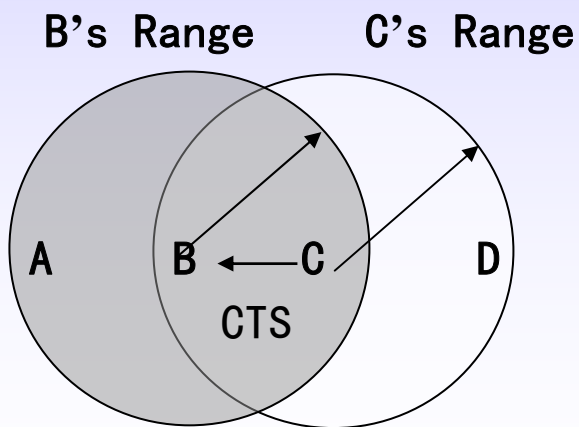


暴露站

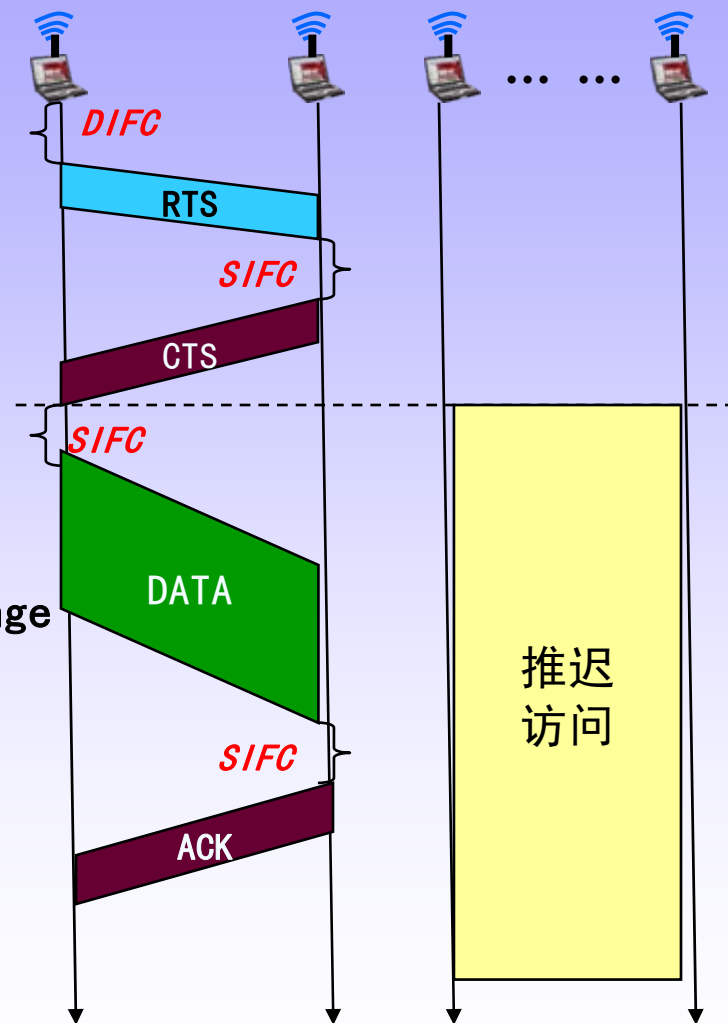
- ◆ 问题：A向B正发中，C不能监听到且也向B发送数据帧
- ◆ 所有可达站传输数据前交换控制帧，请求发送/允许发送**短**帧
 - 发DATA时，先向目站发RTS（含DATA帧和确认帧需要的总时间）
 - 目站收到RTS后，广播一个CTS（通告源站允许，其它站不要发送）
- ◆ 使用RTS/CTS的评价
 - 隐蔽站问题减轻，DATA预约后才能发
 - 它们持续时间很短，碰撞概率小
 - 引入时延，消耗信道资源



A发送 Request To Send

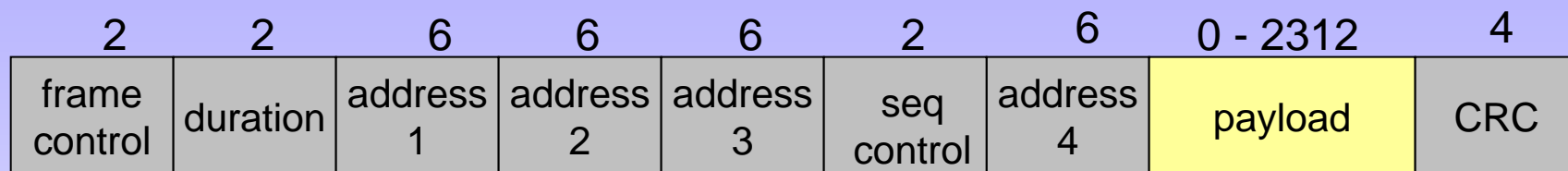


B响应 Clear To Send



使用RTS和CTS帧的碰撞避免

802.11 帧：编址



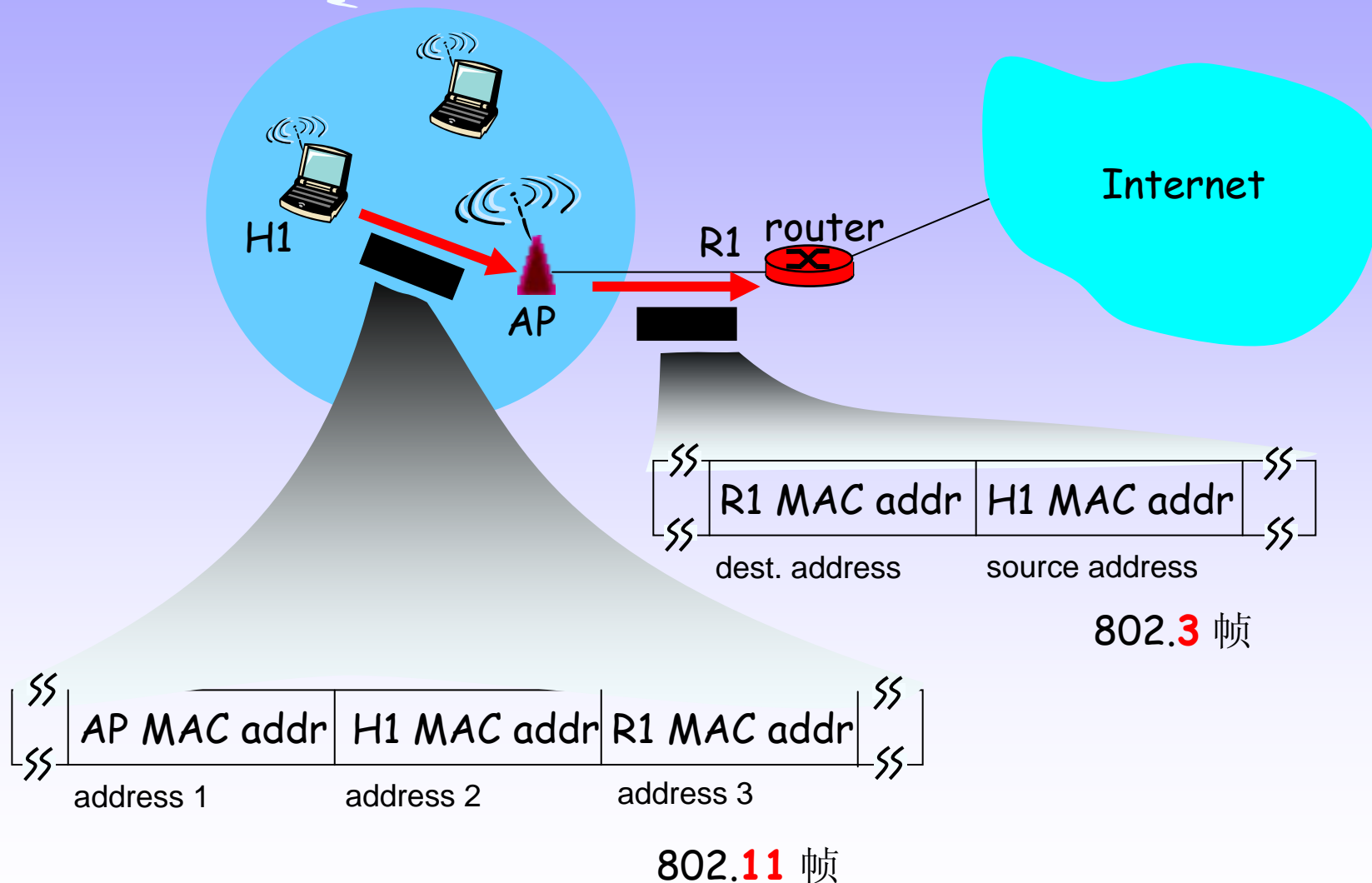
Address 1: 目的地址
：接收此帧的无线主机或AP的MAC 地址

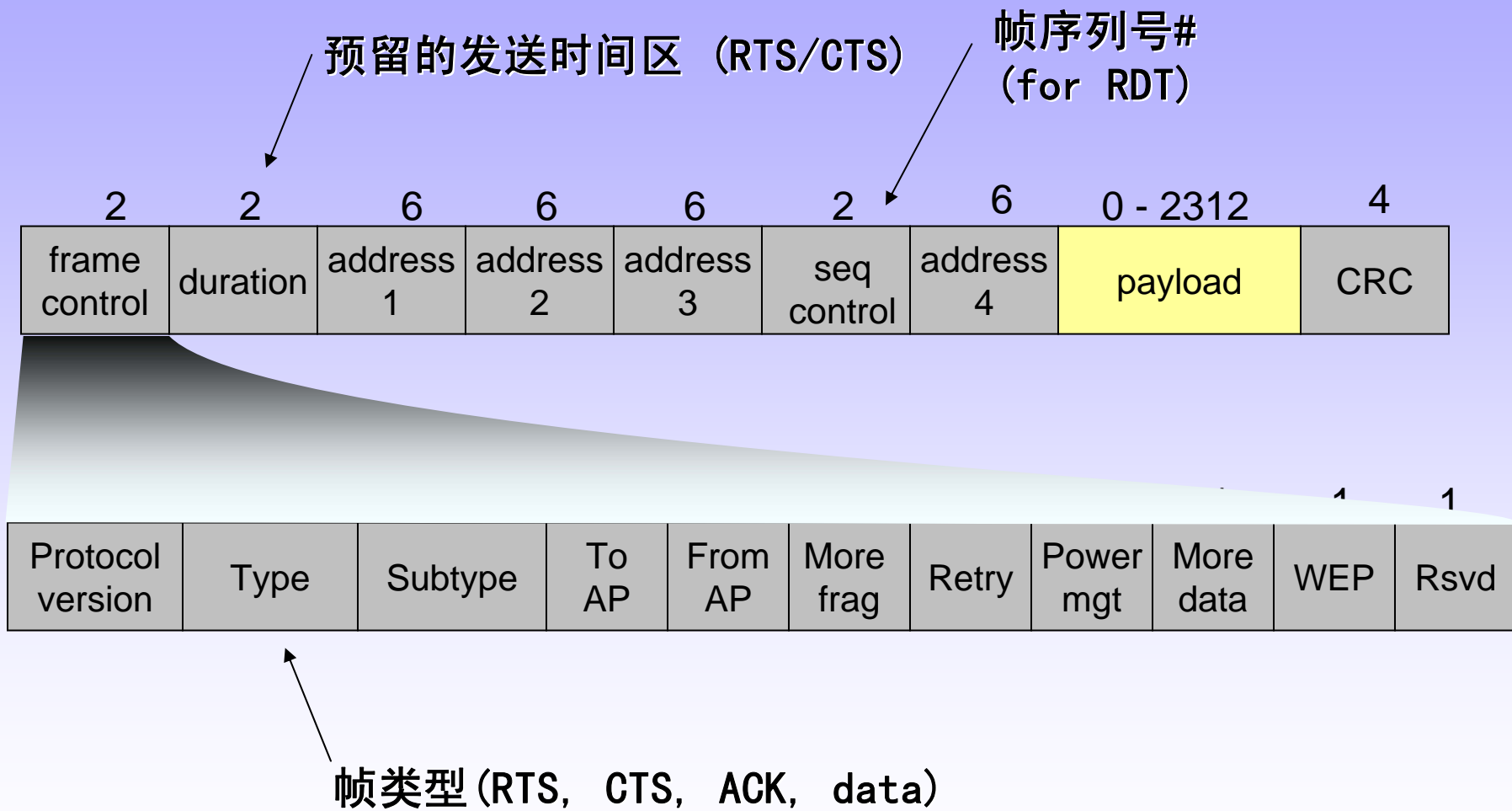
Address 2: 源地址：发送该帧的无线主机或AP的MAC 地址

Address 3: 网关地址：
连接本AP的路由器接口
MAC 地址

Address 4: 仅用在
ad hoc 模式

802.11 帧：编址





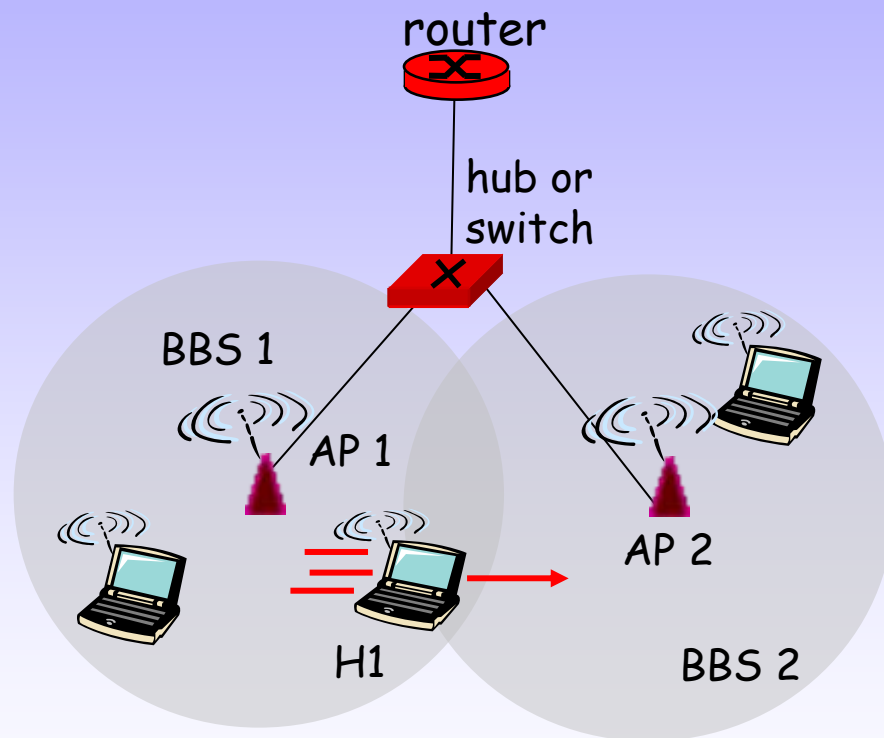
802.11: 相同子网内的移动

◆ H1

- 仍在相同IP子网内，其IP地址不变

◆ 切换

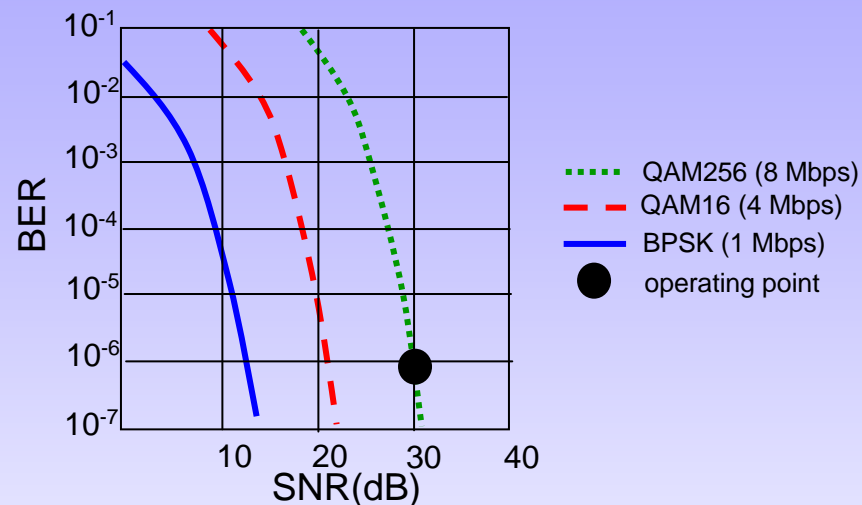
- H1是否加入该AP?
- 自学习：交换机将注意来自H1的帧，并记住可用哪个交换端口到达 H1



802.11: 更高的能力

速率适应

- ◆ 基站和移动机跟随运动，动态改变传输率（物理层调制技术），SNR 也改变



1. 随着节点远离基站，SNR 衰减，BER 增加！
2. 当 BER 变得太高，可切换到较低传输率、较低BER状态

802.11:更高的能力

- ◆ 能量管理
- ◆ node-to-AP: “beacon 帧出现前，我一直休眠”
 - ◆ AP清楚不发送帧到该节点
 - ◆ beacon 帧一旦出现，节点唤醒
- ◆ beacon 帧:
 - ◆ 含等待将被发送的AP到移动体帧的移动体清单
 - ◆ 直到AP-to-mobile帧将被发送，节点一直等待唤醒；否则继续休眠直到下一个 beacon 帧

3.2.3 802.15: 个域网 personal area network

◆ 特点

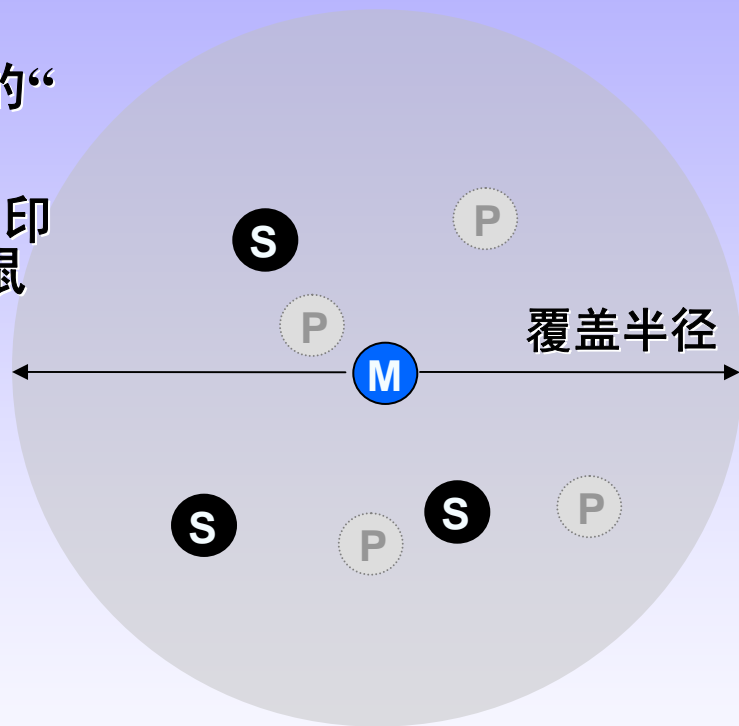
- 低功率、小范围、低速率、低成本的“电缆替代”技术，直径 10 m 内
- 代替手机，键盘，耳机将膝上机、打印机、电话、耳机、掌上机、手机、鼠标、键盘等的电缆
- ad hoc: 无基础设施

◆ 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

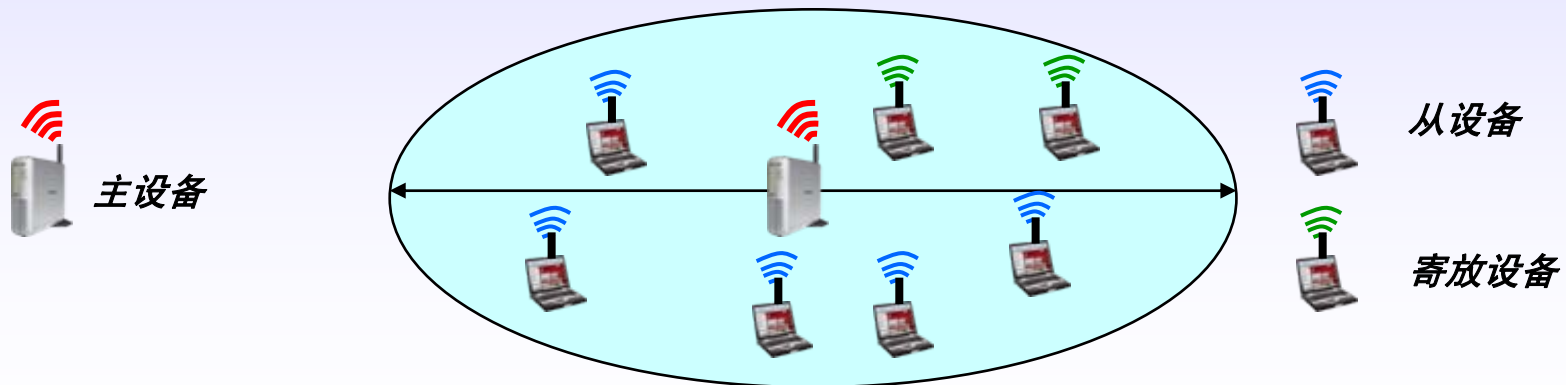
- 2.4-2.5 GHz radio band TDM方式
- up to **721 kbps-1Mbps**
- 每个时隙长度625us, 每个时隙内，发送方利用79个信道中的一个进行传输



- (M)** 主设备
- (S)** 从设备
- (P)** 驻留设备

◆ 自组织网络

- 首先组织成为一最多8个活动设备的 Piconet
- 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Piconet，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: WiMAX

◆ WiMAX

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

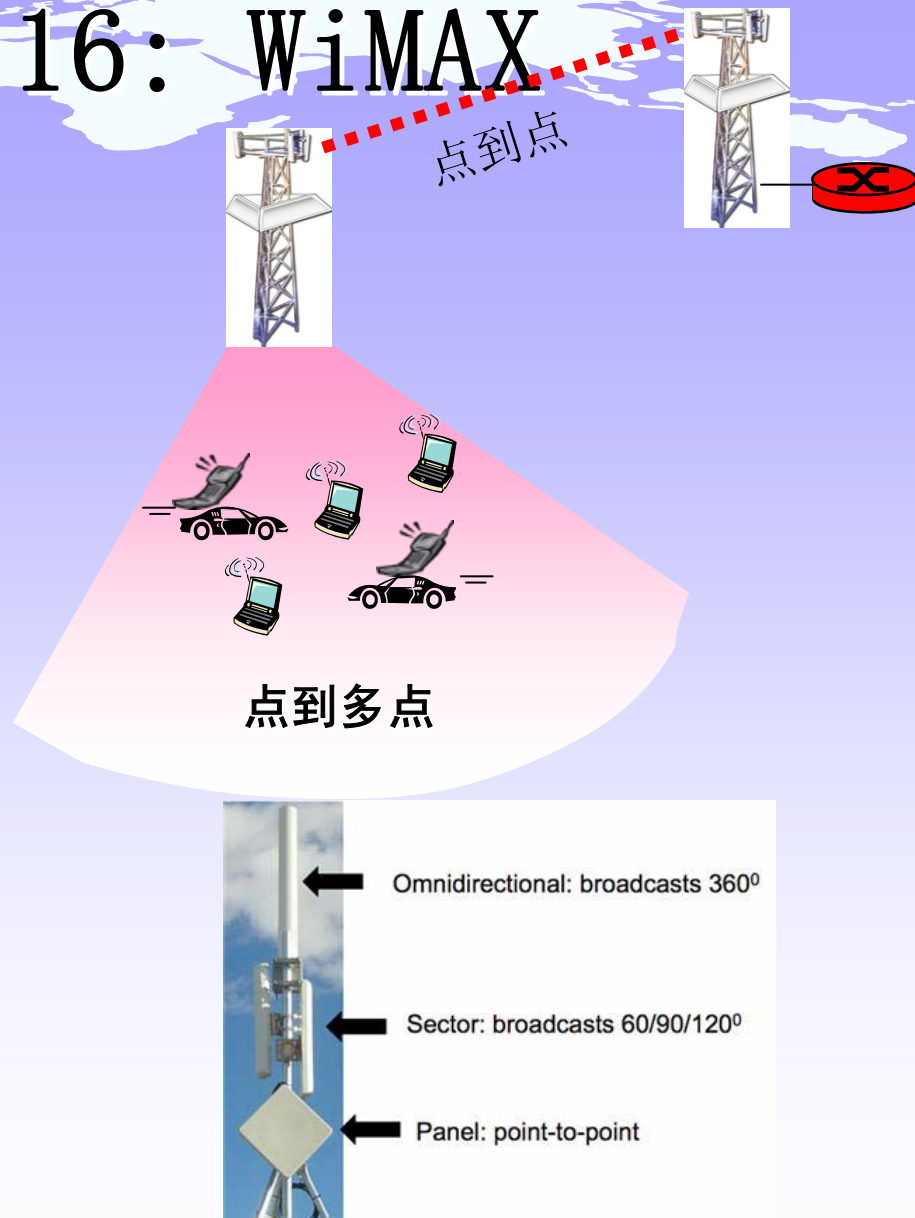
◆ 特点

- 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

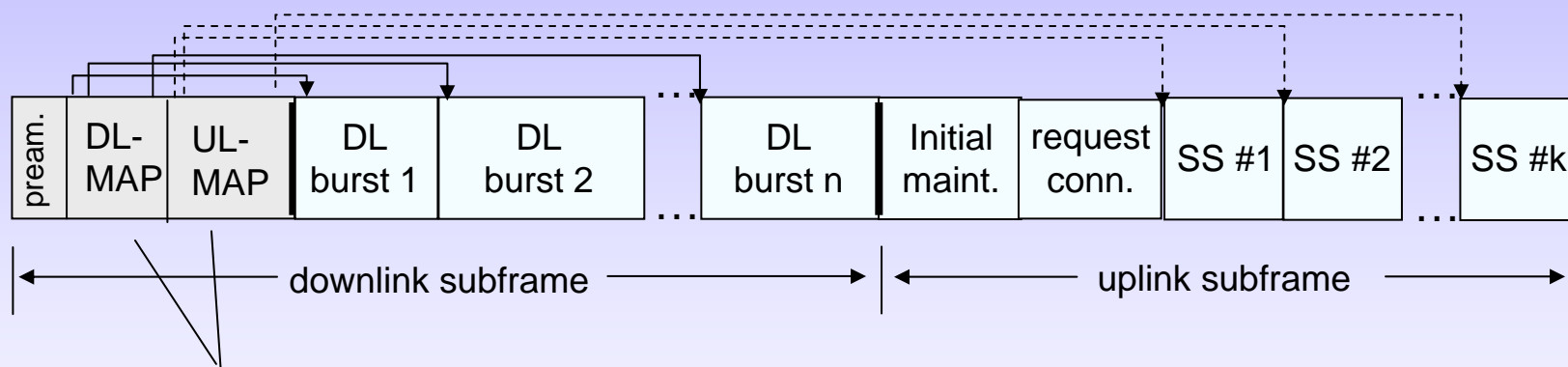
◆ 未来无线城域网的发展基础



802.16: WiMAX: 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

◆ WiMAX 提供调度机制，但不是调度算法

WiMAX: 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WiMAX相对空闲的2.5GHz、3.5GHz和5.8GHz频带

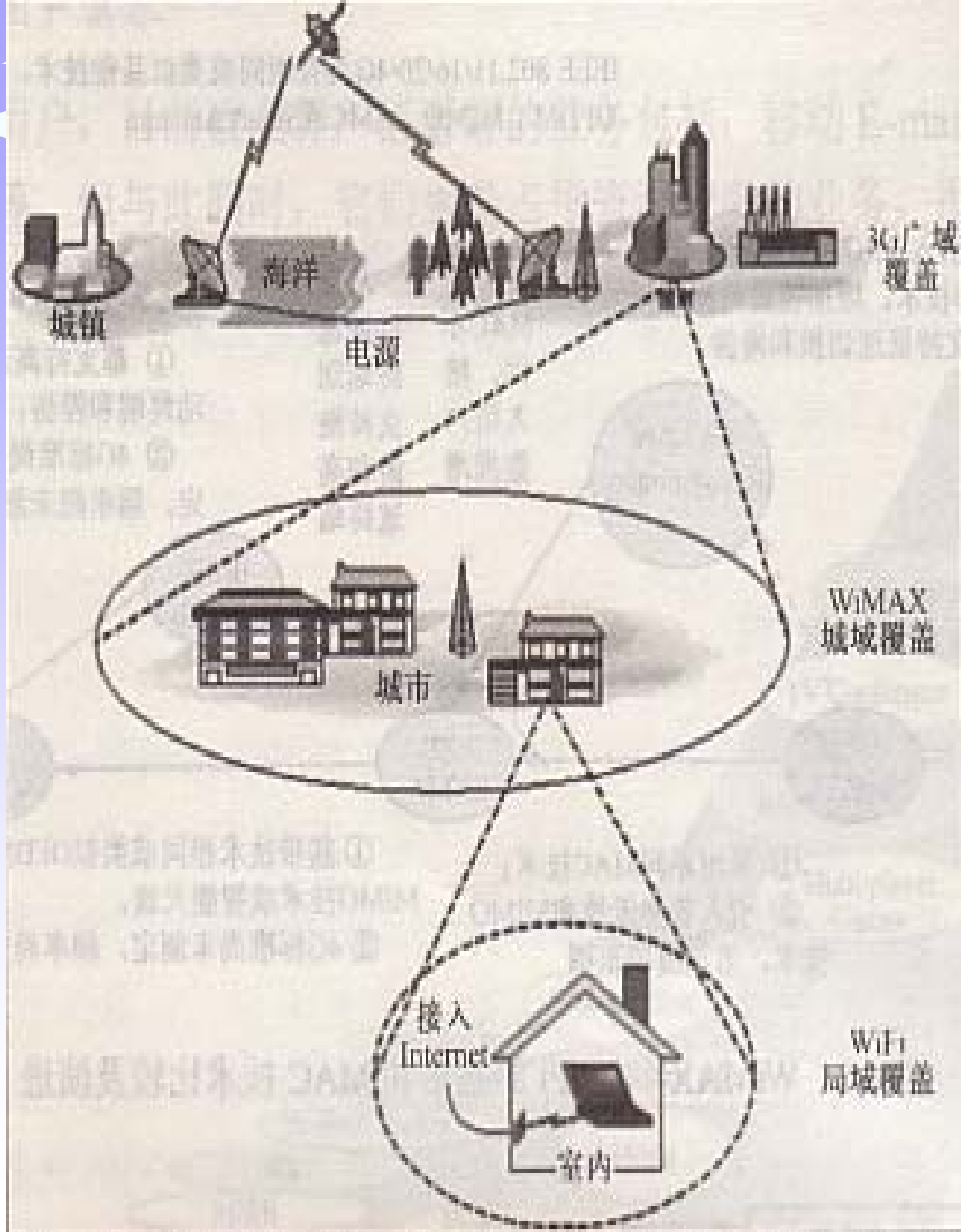
◆ Wimax典型组网

◆ 比WiFi的优点

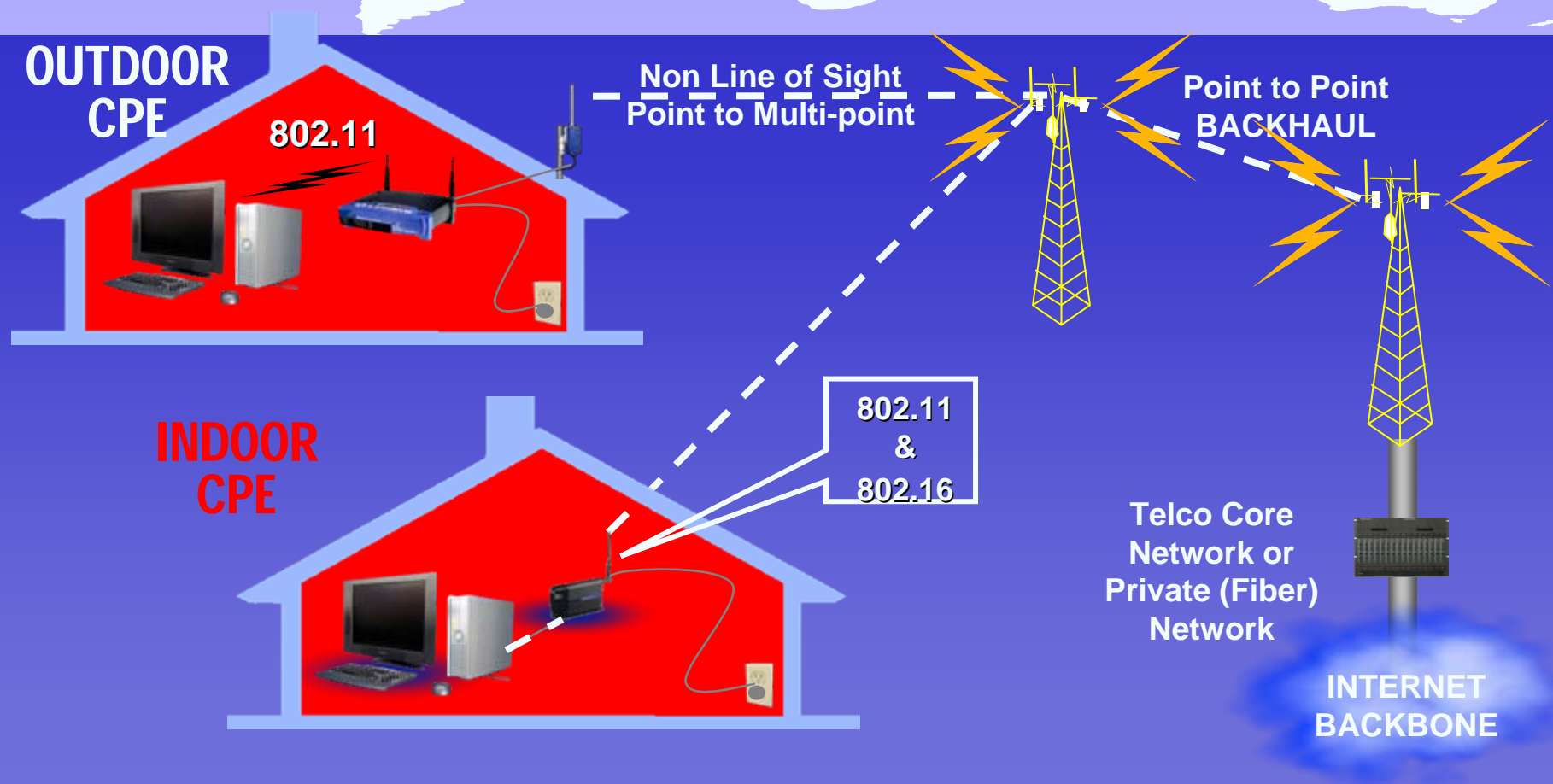
- 传输距离远
- 接入速度快70Mbps
- 无最后1公里限制
- 提供广泛的对媒体通信服务

◆ 三代无线通信

- 1G: 模拟语音通信
- 2G: 具备一定数据通信功能的语音通信技术, 例如GSM能够提供9.6Kbps的数据带宽
- 3G: 基于语音+384Kbps至2Mbps数据带宽。
- Wimax: 70Mbps
基于IP, 是现在3G的30倍



WiMAX: 802.16d



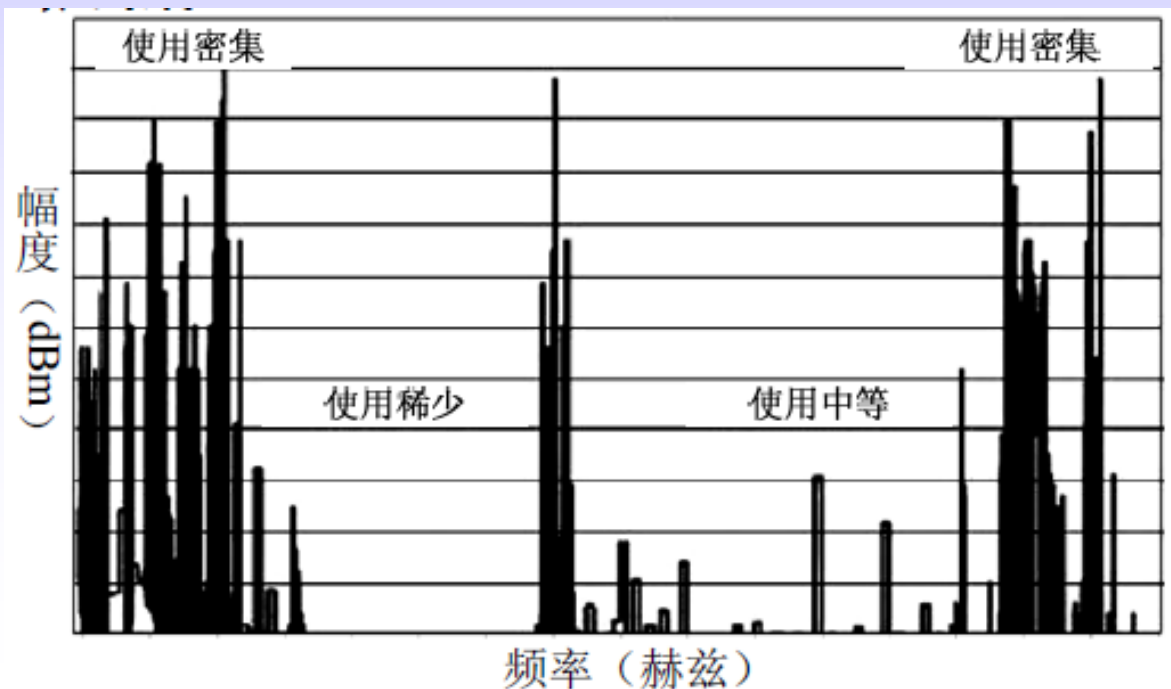
CPE: Customer Premises Equipment **用户端设备**

2010-9-29 ISP安装在客户端的网络连接设备给，如终端机、电话机和调制解调器 52

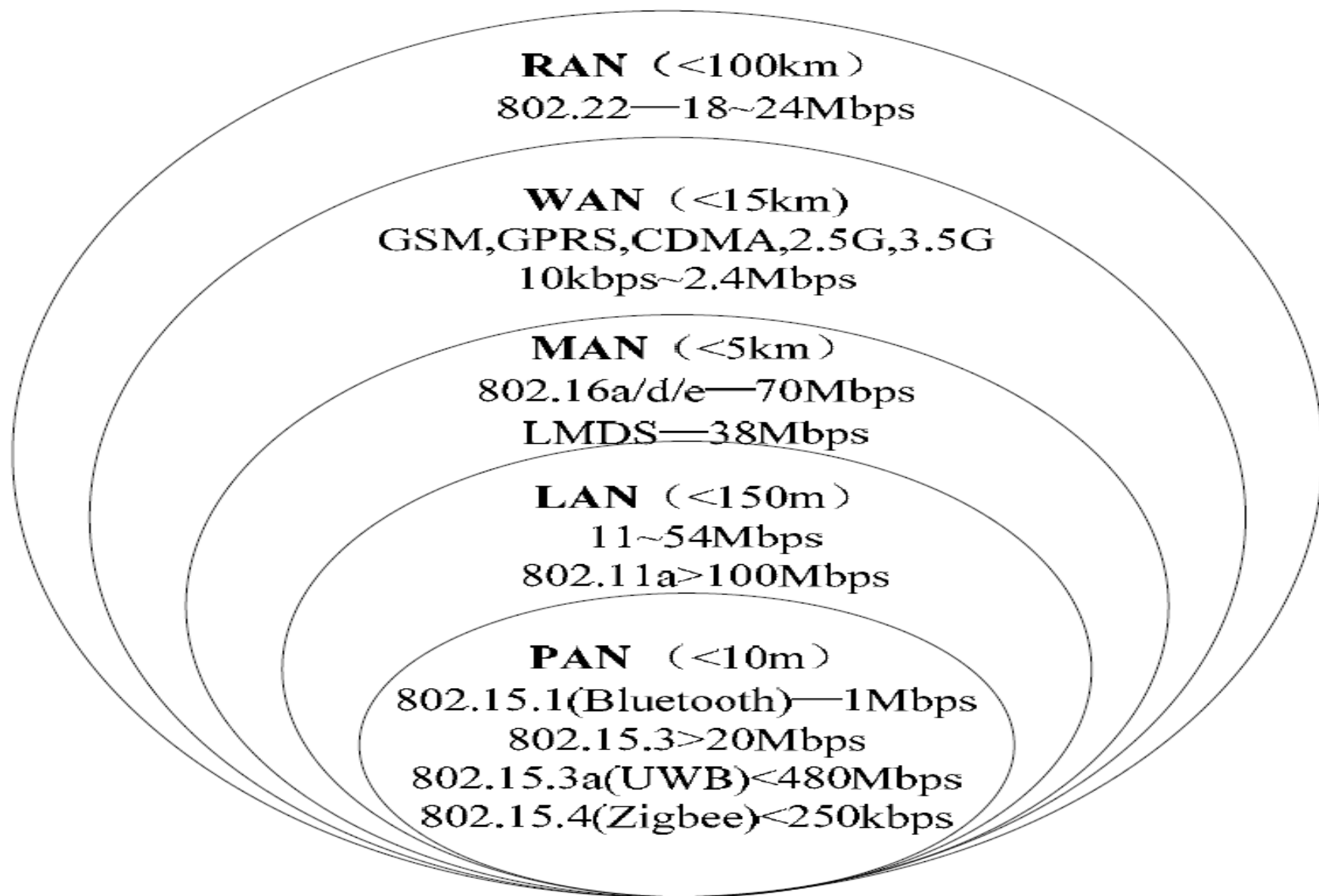
3.2.5 研发中的 802.22

◆ 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域的不同波动很大(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



定义和目标

◆ WRAN: Wireless Regional 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**

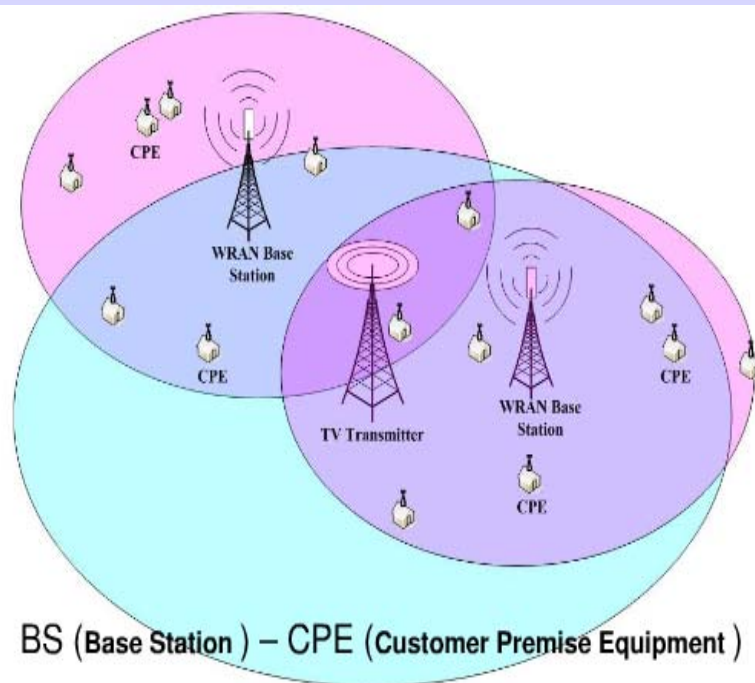
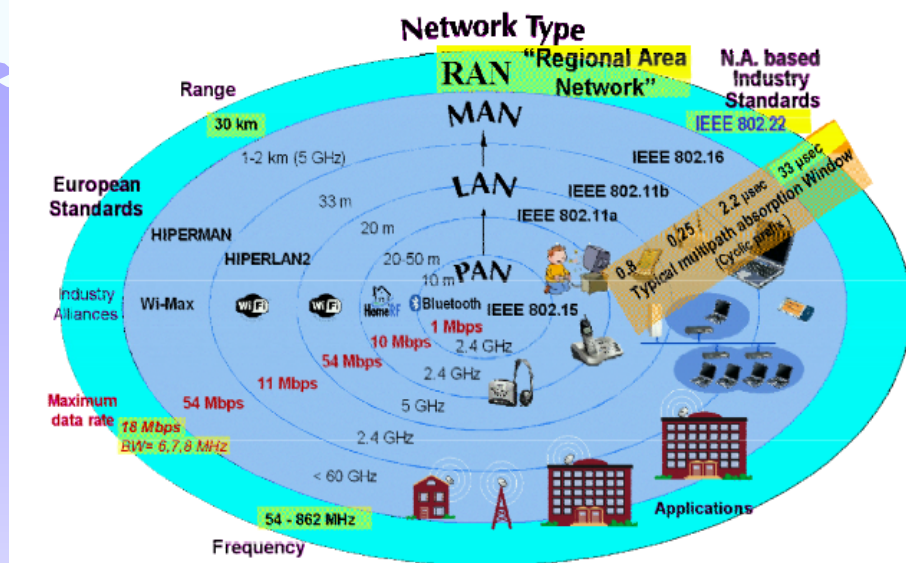
◆ 部署范围

- 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

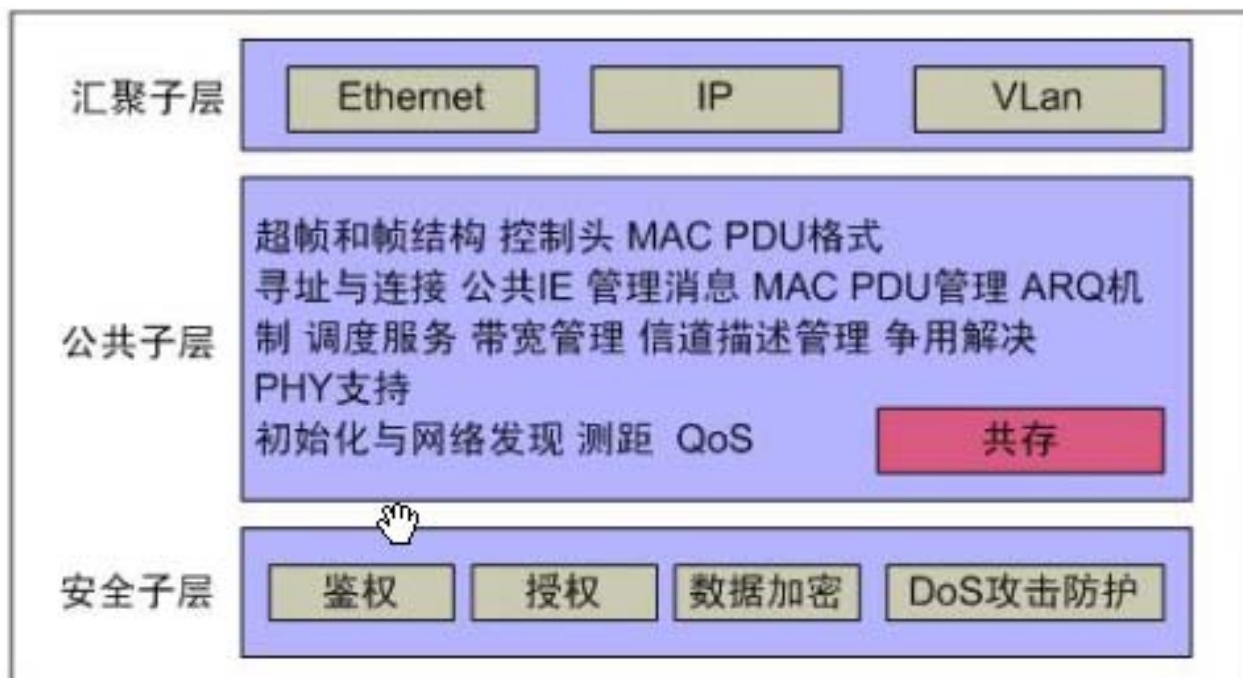
- 平均下行1.5Mbps, 上行384Kbps
- 平均频谱效率 2bps/Hz

WRAN与其他无线系统的区别和联系

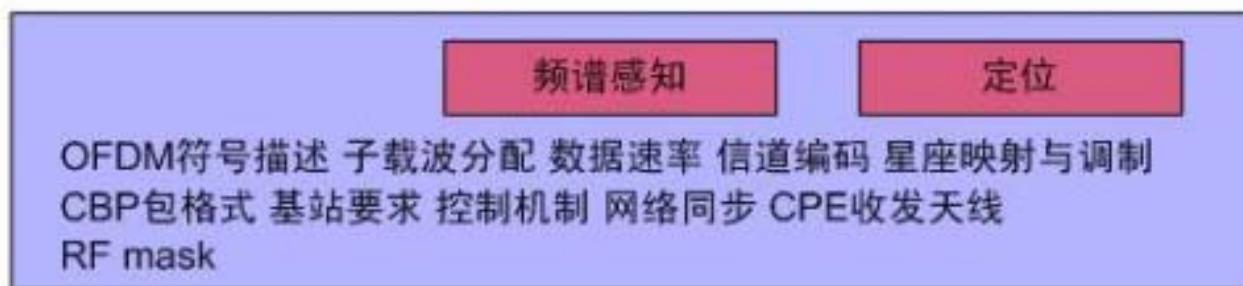


802.22 协议栈各层功能

MAC

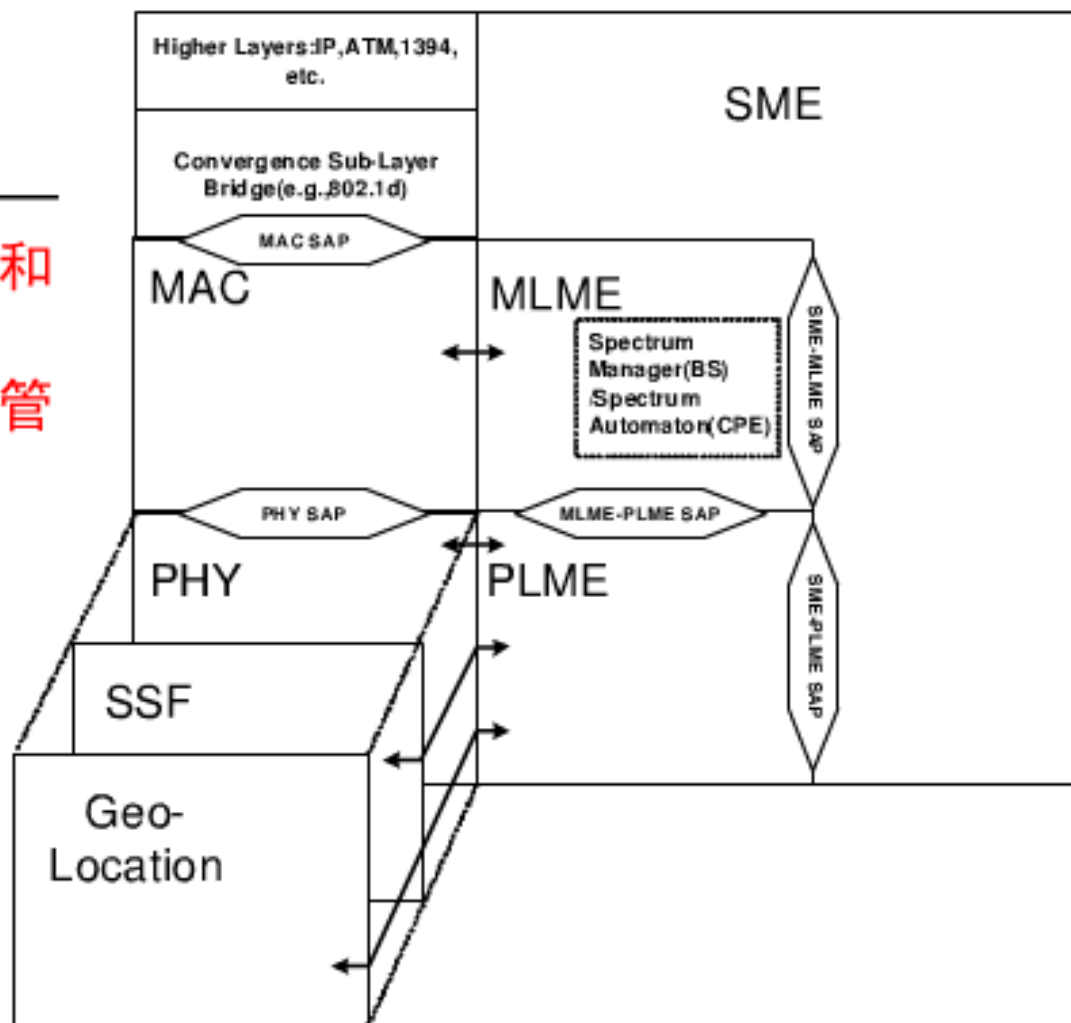


PHY



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？

Thank you!

