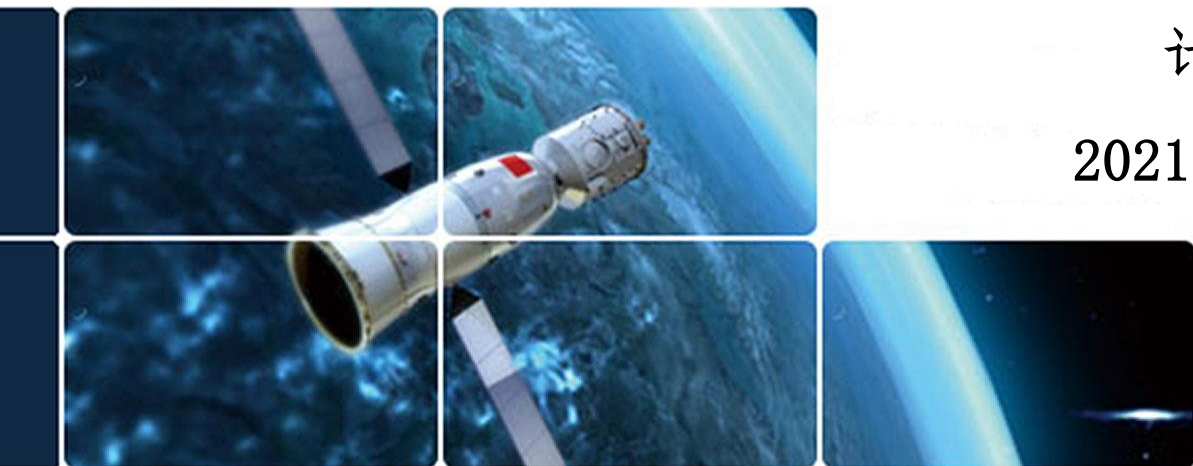


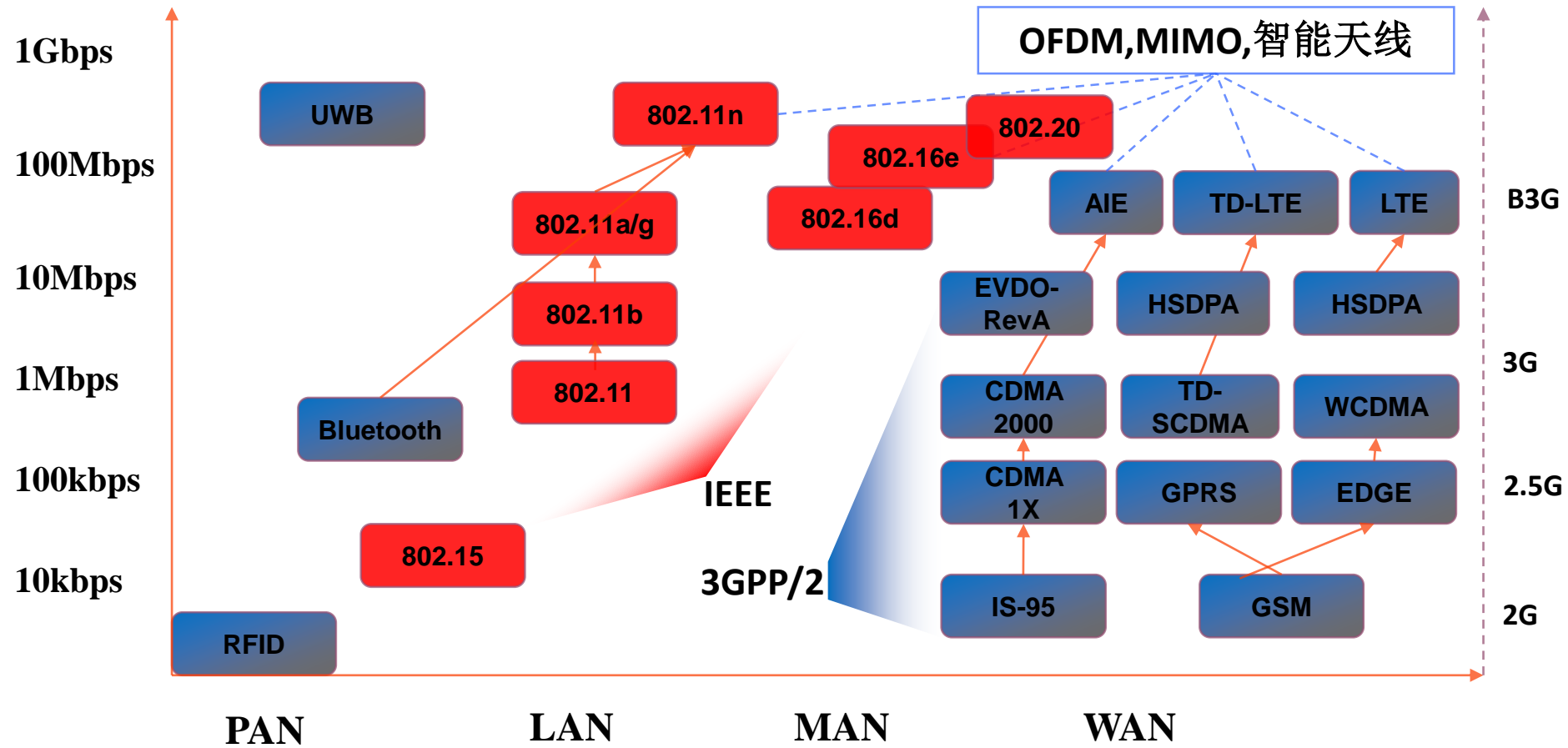
## 第4讲 移动互联网接入技术

计算学部

2021年10月19日



- 无线局域网WLAN
- 无线个域网WPAN
- 无线城域网WMAN
- 移动自组织网络MANET



## WPAN



- 2.4GHz ISM免费频段
- 低功耗、低成本
- 短距离通信(10米)
- 低速传输(723Kbps)
- 点到点及点到多点组网
- 连接便携及固定设备

## WLAN



- 2.4/5.8GHz ISM免费频段
- 高传输速率(600Mbps)
- 中近距离通信(100-300米)
- 动态速率调整
- 支持MESH组网
- 支持慢速移动

## WMAN



- 2-66G 频段
  - 2-11GHz应用于非视距传输
  - 10-66GHz应用于视距传输
- 较高传输速率
  - 802.16-2009最大速率144Mbps
  - 802.16e最大下载速率6Mbps
- 远距离通信
  - 802.16-2009传输距离50km
  - 802.16e传输距离3-5km
- 支持车速移动(802.16e)

- WLAN的基本概念
- IEEE 802.11物理层
- IEEE 802.11的MAC子层协议
- IEEE 802.11帧结构
- IEEE 802.11服务

□WLAN（无线局域网）是利用无线通信技术在一定的局部范围内建立的网络，是计算机网络与无线通信技术相结合的产物，它以无线多址信道作为传输媒介，提供传统有线局域网的功能，能够使用户真正实现随时、随地、随意的宽带网络接入

□无线局域网常用的实现技术：

- 802.11系列协议族

- HomeRF*

- Bluetooth*

- HiperLAN2*协议等

□以IEEE 802.11协议为基础的无线局域网成为目前占主导地位的无线局域网标准

我们常说的WLAN指的就是符合802.11系列协议的无线局域网技术

□传输速度

□传输距离

□是否支持漫游

□认证方式

□无线电辐射与干扰

□是否安全

□多信道干扰

□ 传输速度怎么样？能带多少用户？

□ 支持802.11g协议的单路AP

(1) 带机数30 ~ 50人。视环境而定，视频、BT等应用情况下带机数较低，普通上网应用可以满足最多的带机数，实际10 - 20人

(2) 数据传输速率大于20Mb/s，通常小于54Mb/s

802.11b最高速率11Mb/s

802.11n最高速率600Mb/s

802.11ac(5G Wifi, 分为wave1和wave2两种技术)理论最高速度1.3-6.93Gb/s



### □能传多远的距离？

### □传输距离

■AP覆盖（100 ~ 300米）、网桥传输距离（5 ~ 10公里）、穿墙能力（1 ~ 4堵墙），具体视环境而定，一般是由设备自身发射功率、灵敏度、天线增益决定的

### □传输技术

- 标准规定下最高的发射功率17 ~ 20dBm
- 接收灵敏度可扩展至-101dBm
- 可选择高增益天线

- 支持漫游吗？
- 能不能实现端着笔记本在校园里走，上网不掉线？
- 技术
  - 802.11ac wave2支持智能无缝漫游

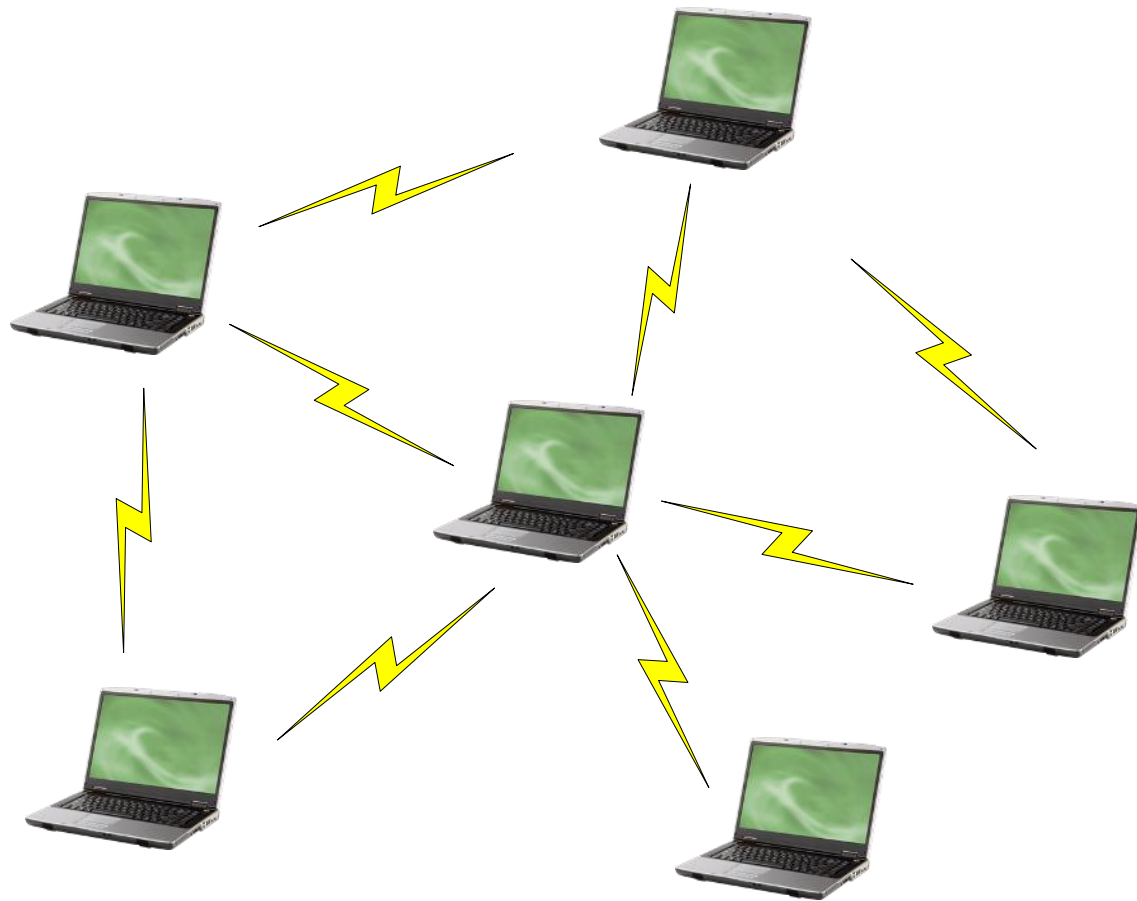
- ❑ 有线网络已经存在完善的认证与计费系统，无线网络能否与有线网络实现认证与计费统一，如何保证用户认证方式不变？
- ❑ 若用户已经部署过相应设备或系统，再部署WLAN设备时，无需改动任何有线网架构，可随时扩展AP来增加无线用户，并通过AP上游交换机完成全网无线802.1X认证，网络认证方式整体统一
- ❑ 用户在有线网或无线网内，均可使用同一套用户名认证

- ❑ 无线局域网接入点是无线电发射设备，会不会辐射很大，对附近的人身体造成危害？以医疗行业为例，如果在住院大楼或门诊楼部署了无线设备之后，会不会对一些医疗仪器尤其是心脏起搏器造成干扰，导致其工作异常而带来医疗事故？
- ❑ AP产品发射功率一般只有 $50mW \sim 200mW$ ，远小于手机发射功率（ $200mW-2W$ ），手机功率级别是国家批准并已证实不会对人体产生影响
- ❑ AP的发射功率不会对医疗设备产生影响

- ❑ 安全是无线最重要的问题，无线可能会被截获，是否有办法防止被人截获而免遭攻击？
- ❑ *SSID*是无线网络最基本的安全手段，*SSID*通常采用空中明文广播，很容易被截获，从而导致网络被攻击！
- ❑ 采用*SSID*广播禁止，禁止*AP*广播其*SSID*，合法用户输入正确*SSID*才能与*AP*连接，这样即可防止非法用户通过截获*SSID*而进入网络接入层

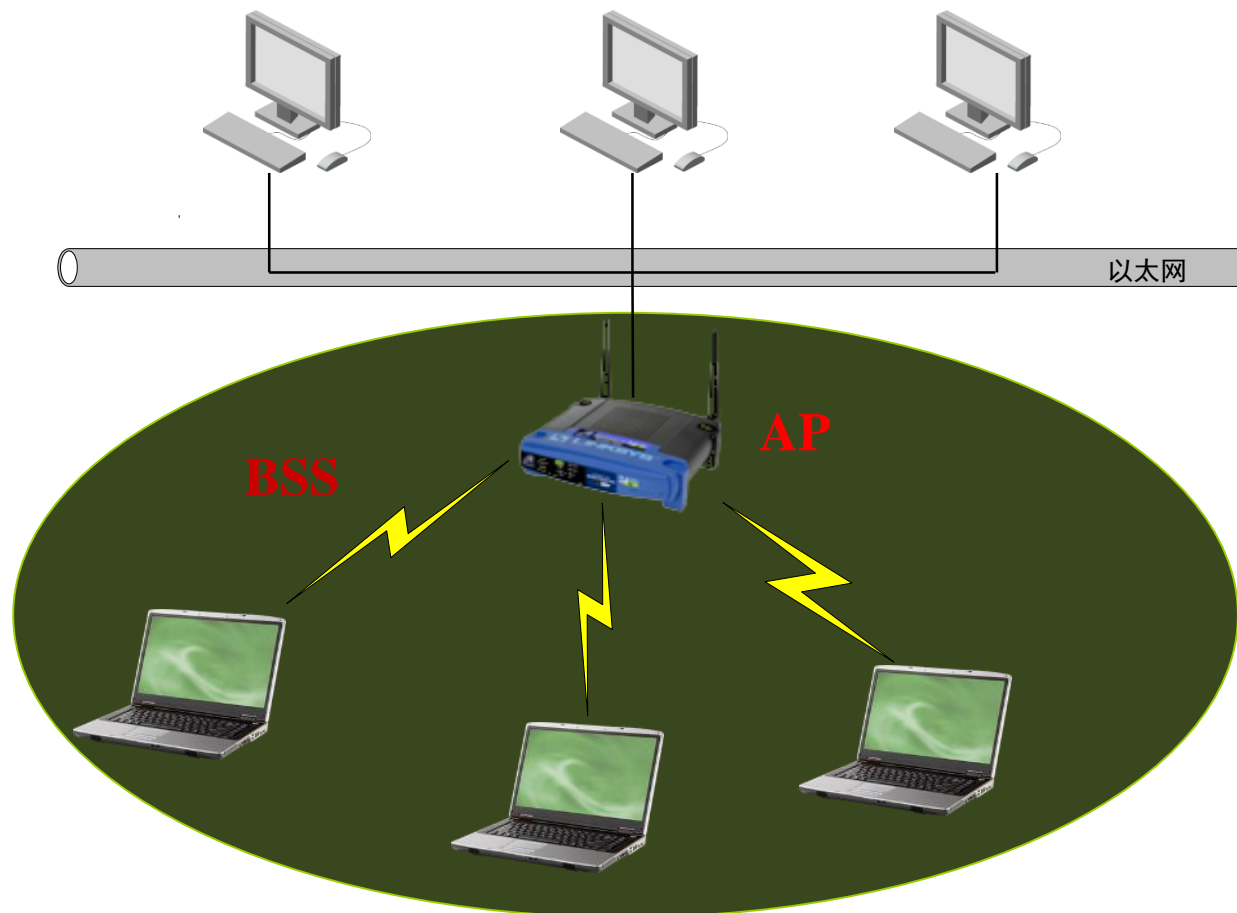
- 校园网里部署很多AP，会不会互相干扰，导致工作不正常？
- 如果同一区域多个AP不加控制，会存在相互干扰现象。实现无线覆盖时用2.4GHz频段（802.11b或802.11g），同一区域只有3个互不干扰子信道，如不进行信道调整，很容易出现干扰（同频干扰或近频干扰）
- DCA（动态信道自动调整技术）可以让AP自动探测所在环境中的信道使用情况，自动找到一个完全或者相对不干扰的信道来工作，大大减少了网络的信道干扰和不稳定性，可以提供给用户更稳定的带宽

- 独立型网络模式 (*independent BSS*)
- 基础结构型网络模式
  - 基础结构型 *BSS* (*infrastructure BSS*)
  - 扩展服务集合 *ESS* (*Extended Service Set*)

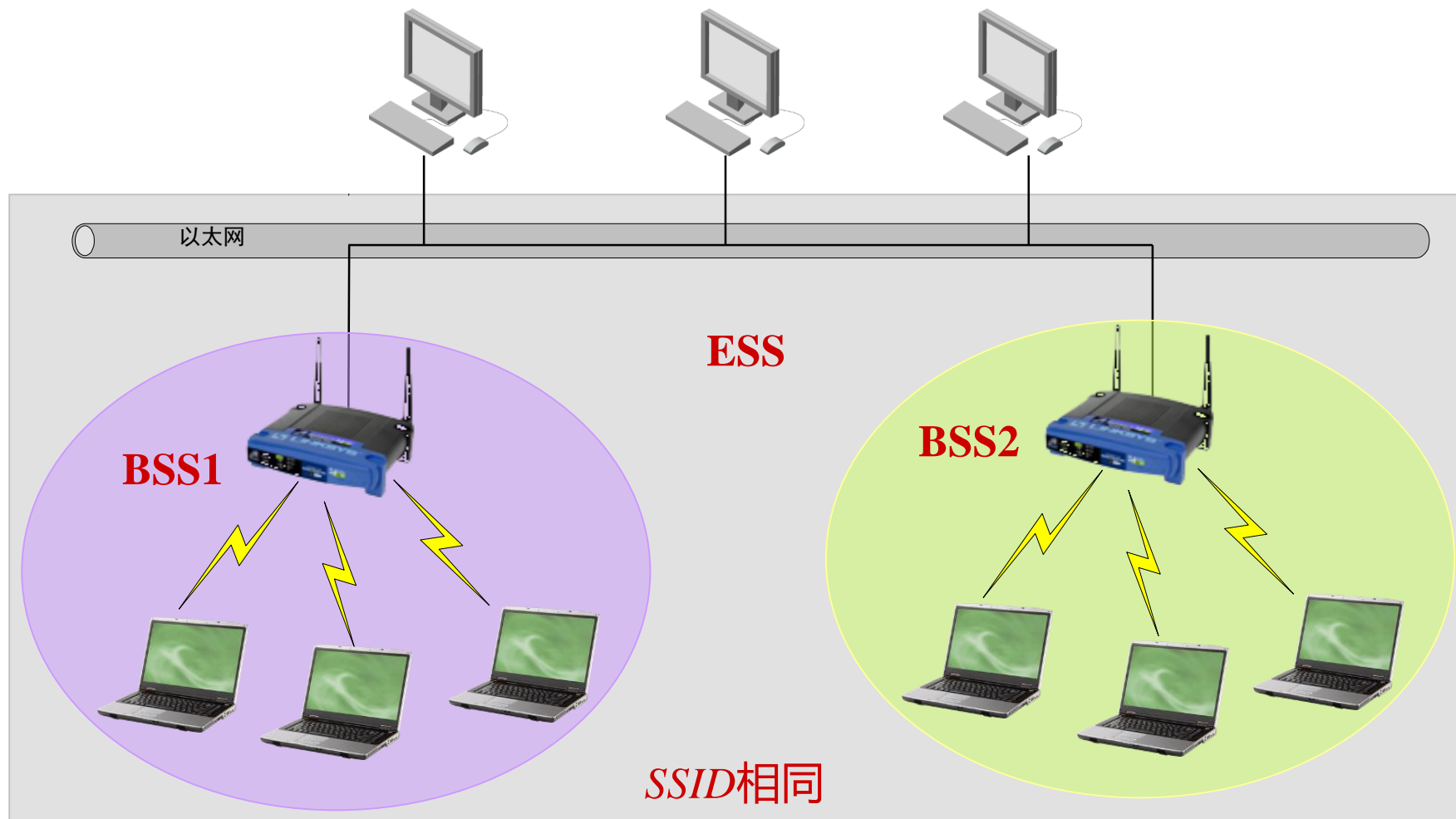


□ 无需AP支持，站点间可相互通信





- 站点间不能直接通信，必须依赖AP进行数据传输
- AP提供到有线网络的连接，并为站点提供数据中继功能



□ 一组通过分布式系统互连的具有相同SSID的BSS



天线

802.11 a/b/g/ac

加密

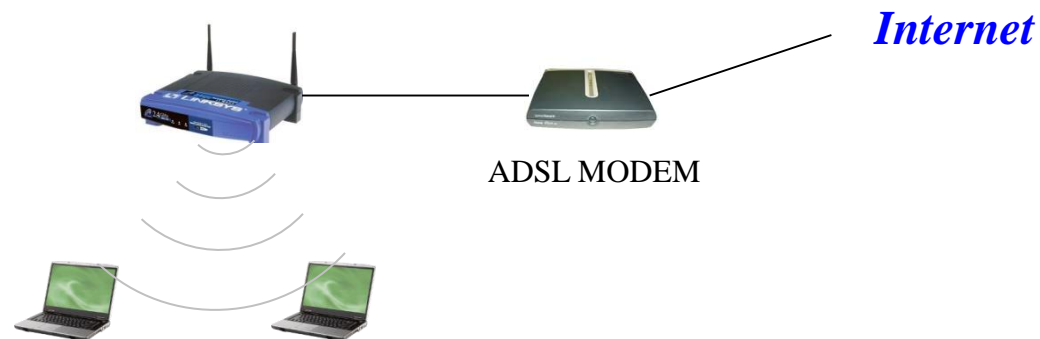
802.1X认证

漫游

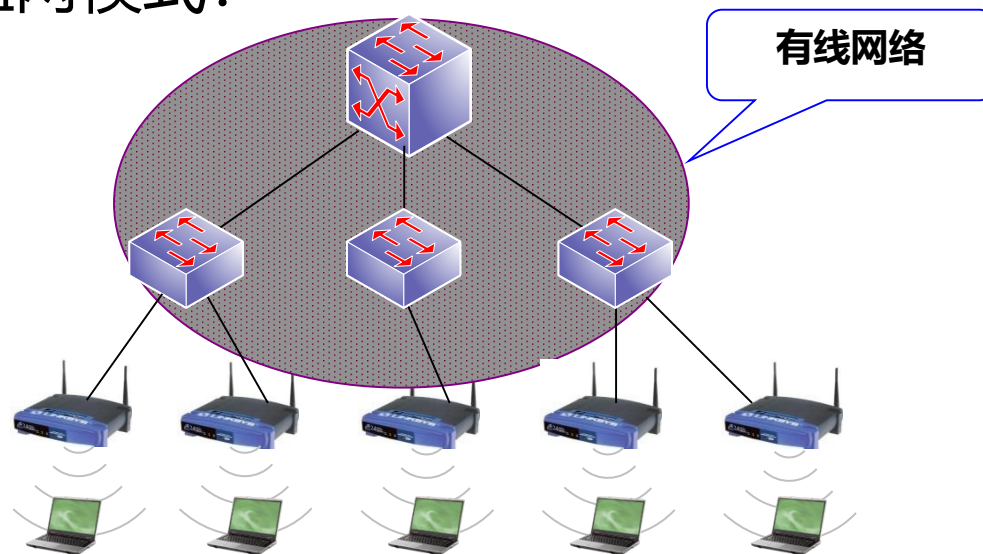
网管

□胖AP将WLAN物理层，用户数据加密、认证、漫游、网络管理等功能集于一身

## □家庭或SOHO网络组网模式：



## □企业网络组网模式：



- 利用胖AP组建大、中型无线网络时，配置工作量大
- 对网络中的胖AP进行软件升级时，需要手工逐台进行升级，维护工作量大
- 胖AP上保存着设备配置信息，当设备失窃时造成配置信息泄漏
- 胖AP难于实现自动无线盲区修补、流氓AP检测等功能

**胖AP适用于小型无线网络部署，不适用于大规模网络部署**



“胖” AP

CAPWAP功能-接入点控制与配置  
AP管理  
射频监控、射频配置  
STA数据  
AC/AP通信



↑ “瘦” AP



AC (Access Controller) 无线控制器

## □大型无线网络的挑战

- 管理、监测及控制大量AP所产生的挑战
- 对大量AP的配置及升级
- 无线局域网空口传输不稳定，易受干扰，因而需要对多AP之间无线干扰、信道转换、功率调整等进行集中控制，避免干扰，防止入侵，稳定整体性能
- 无线局域网的安全要求

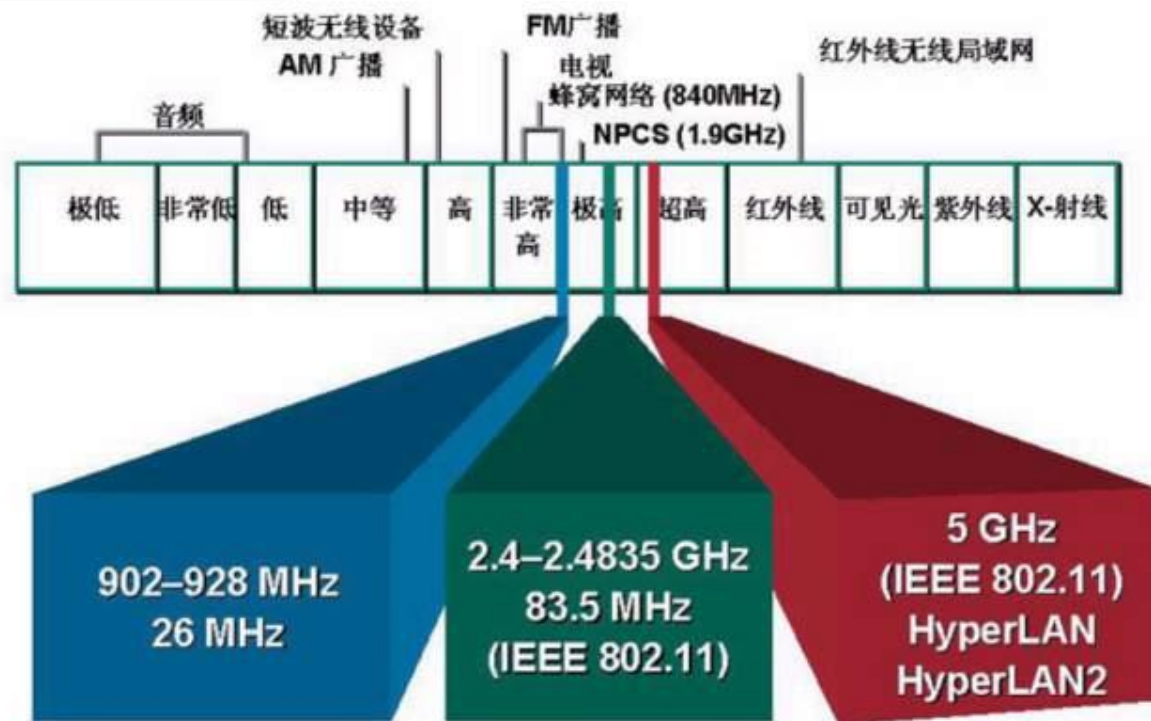
## □规模化组网运营下必须采用瘦AP架构

- 集中化完成配置更改、监控和管理，增强对用户和业务的控制
- 在各种组网模式下完成对AP的统一管理，去除了胖AP到BAS（宽带接入服务器）缺省路由限制，网络组网设计更为灵活
- 整体降低了网络故障率

	胖AP方案	瘦 AP方案
技术模式	传统主流	增强管理
安全性	传统加密、认证方式，普通安全性	增加射频环境监控，基于用户位置安全策略，高安全性
网络管理	对每AP下发配置文件	AC上分组批量配置，AP本身零配置
WLAN组网规模	适合小规模组网	拓扑无关性，适合大规模组网
增值业务能力	实现简单数据接入	可扩展更多丰富业务



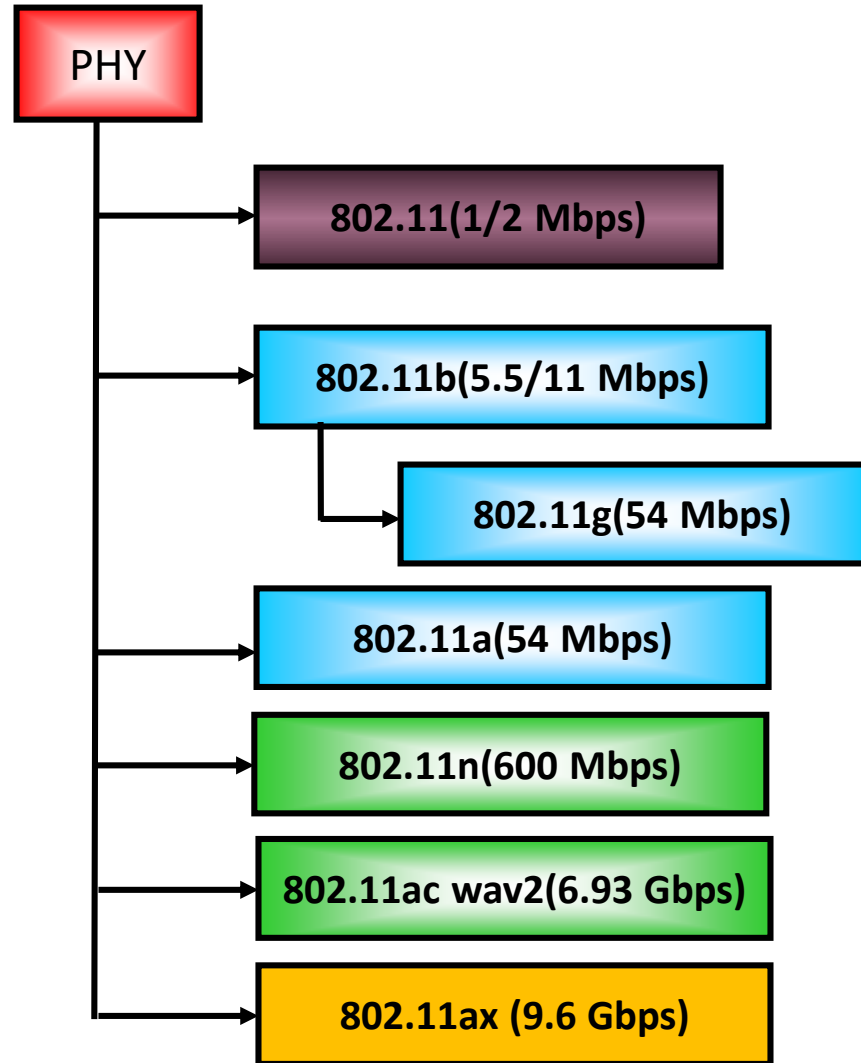
- 无线局域网的基本概念
- IEEE 802.11物理层
- IEEE 802.11的MAC子层协议
- IEEE 802.11帧结构
- IEEE 802.11服务

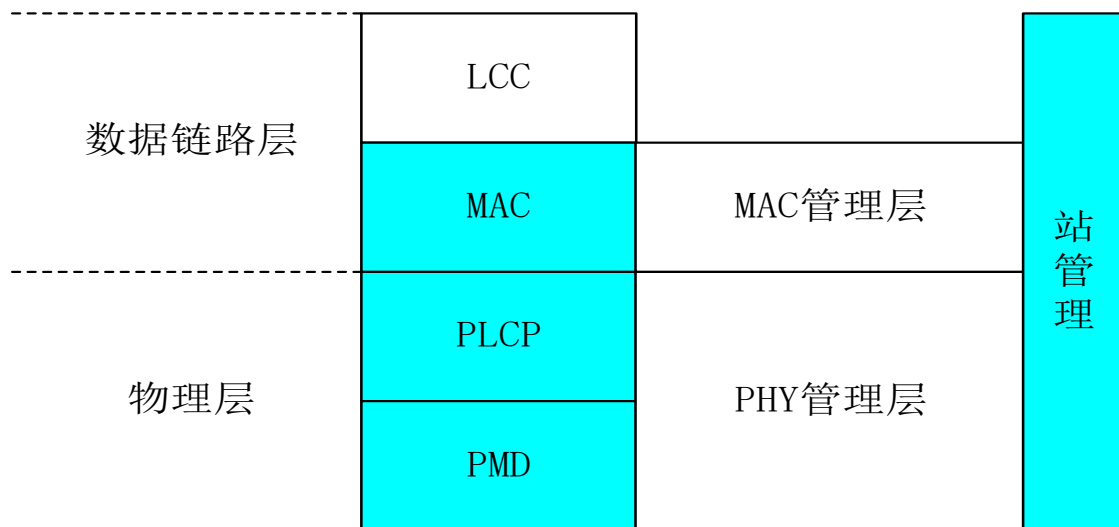


## ISM (Industrial Scientific Medical) 频段

- **ISM**: 工业、科学和医疗频段，无需许可，需遵守一定发射功率，不干扰其它频段即可
- 美国分为工业 (**902-928MHz**)、科学研究 (**2.42-2.4835GHz**) 和医疗 (**5.725-5.850GHz**) 三个频段。**2.4GHz**为各国共同的**ISM**频段，无线网络均可工作在**2.4GHz**频段
- 我国**ISM**频段有**433.05~434.79MHz**、**2400~2483.5MHz**、**5725~5850MHz**

标准号	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac	IEEE 802.11ax
标准时间	1999年9月	1999年9月	2003年6月	2009年9月	2013 Wave1 2016 Wave3	2019年9月
工作频率	2.4 - 2.4835GHz	5.150 - 5.350GHz 5.475 - 5.725GHz 5.725 - 5.850GHz	2.4 - 2.4835GHz	2.4 - 2.4835GHz 5.150 - 5.850GHz Wi-Fi 4	5.150 - 5.850GHz Wi-Fi 5	2.4GHz、5GHz 频段共存 Wi-Fi 6E
物理速率 (Mbps)	11	54	54	600	6930	9600
实际吞吐量 (Mbps)	6	24	24	100以上	1300	数千兆
频宽 (MHz)	20	20	20	20/40	20/40/80/160	20/40/80/160
调制方式	CCK/DSSS	OFDM	CCK/DSSS/OFDM	MIMO-OFDM/DSSS/CC K, 64QAM	MIMO-OFDM/DSSS/CC K, 256QAM	MIMO-OFDM/DSSS/CC K, 1024QAM
兼容性	802.11b	802.11a	802.11b/g	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g/n/ac





□MAC层分为MAC子层和MAC管理子层

□物理层分为三个子层：PLCP（物理层汇聚协议）、PMD协议（物理介质相关协议）和物理层管理子层

□还定义了一个站管理子层，它的主要任务是协调物理层和MAC层之间的交互

关键技术：MIMO、聚合帧等  
峰值速率：4×4 MIMO可达600Mbps

频点：2.4GHz和5GHz  
带宽：20MHz、40MHz

兼容性：兼容11a/b/g

## 物理层关键技术

- MIMO
- 信道绑定
- 更多子载波
- 更短GI（保护间隔）
- 更高调制速率

## MAC层关键技术

- 帧聚合
- Block ACK
- 缩小帧间间隔
- 增强的节能模式

## □ 802.11e

在无线网络中加入*QoS*特性和多媒体支持

## □ 802.11f

在无线网络中实现不同AP之间漫游的标准

## □ 802.11i

指定 802.11 网络安全机制的 IEEE 标准。802.11i 使用高级加密标准 (AES) 分组密码。该标准还增强了密钥管理、基于 802.1X 的用户身份验证和头数据完整性

## □ 802.3af

定义了以太网供电(PoE)的实现标准。虽然不属于无线标准，但无线中也常提到

## □ WAPI

由我国多家公司主导定制的网络安全协议。采用了更先进的ECC算法，在加密算法和系统架构上都比802.11i更先进

□802.11b和802.11g的工作频段在2.4GHz (2.401GHz-2.483GHz)，其可用带宽为83.5MHz，划分为13个信道，每个信道带宽为22MHz

- 北美/FCC 2.412-2.461GHz(11信道)
- 欧洲/ETSI 2.412-2.472GHz(13信道)
- 日本/ARIB 2.412-2.484GHz(14信道)

2.4GHz 频段WLAN信道配置表		
信道	中心频率 (MHz)	信道低端/高端频率
1	2412	2401/2423
2	2417	2406/2428
3	2422	2411/2433
4	2427	2416/2438
5	2432	2421/2443
6	2437	2426/2448
7	2442	2431/2453
8	2447	2426/2448
9	2452	2441/2463
10	2457	2446/2468
11	2462	2451/2473
12	2467	2456/2478
13	2472	2461/2483

- 公众无线局域网设备可以工作在5.8GHz频段，频率范围为5725 ~ 5850MHz
- 5.8GHz 频段可用带宽为125MHz，划分为5个信道，每个信道带宽为20MHz。

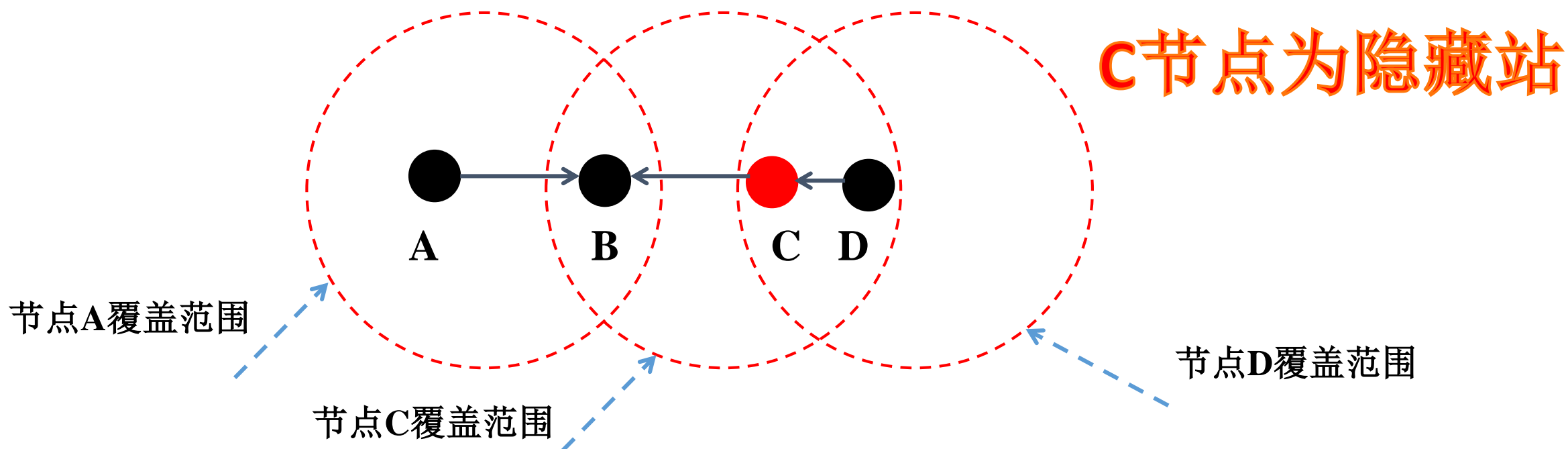
信道	中心频率 (MHz)	信道低端/高端频率 (MHz)
1	5745	5735/5755
2	5765	5755/5775
3	5785	5775/5795
4	5805	5795/5815
5	5825	5815/5835



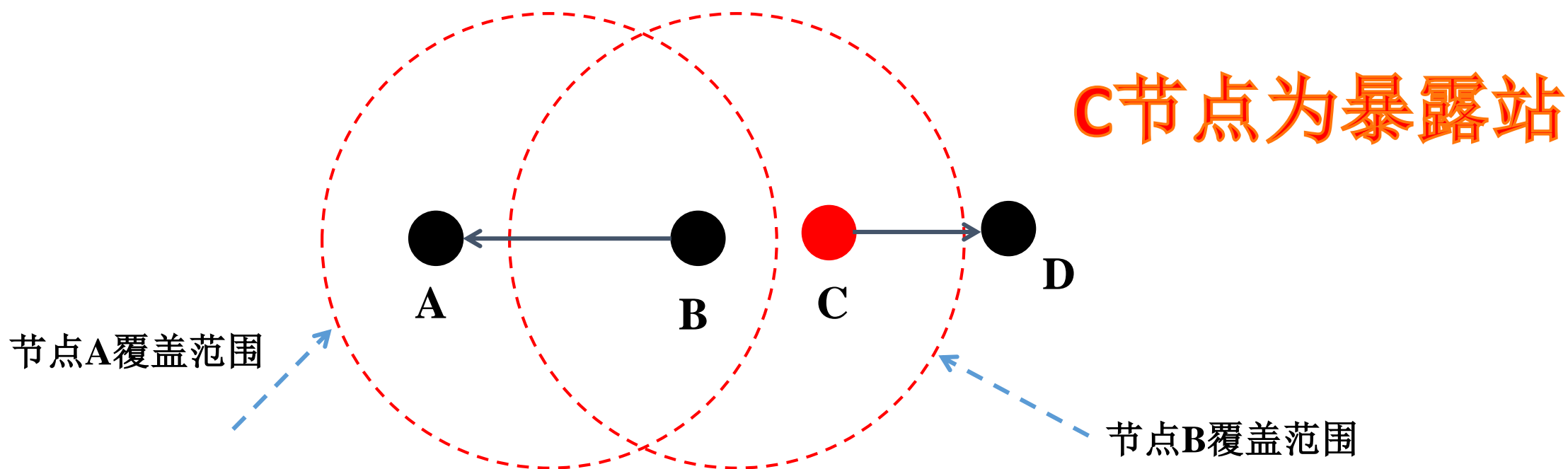
- 无线局域网的基本概念
- IEEE 802.11物理层
- IEEE 802.11的MAC子层协议
- IEEE 802.11帧结构
- IEEE 802.11服务

- 在MAC层，为了尽量减少数据的传输碰撞和重试发送，防止各站点无序争用信道，无线局域网中采用了与以太网CSMA/CD(载波监听多路访问/冲突检测)相类似的CSMA/CA(载波监听多路访问/冲突防止)协议。CSMA/CA通信方式将时间域的划分与帧格式紧密联系起来，保证某一时刻只有一个站点发送，实现了网络系统的集中控制
- 在无线局域网的环境下，MAC协议必须解决两个问题
  - 隐藏站问题
  - 暴露站问题

- “隐藏站” (*Hidden Stations*)：在通信领域，基站A向基站B发送信息，基站C未侦测到A也向B发送，故A和C同时将信号发送至B，引起信号冲突，最终导致发送至B的信号都丢失了
- “隐藏站”是指位于接收节点覆盖范围内和发送节点覆盖范围外的节点



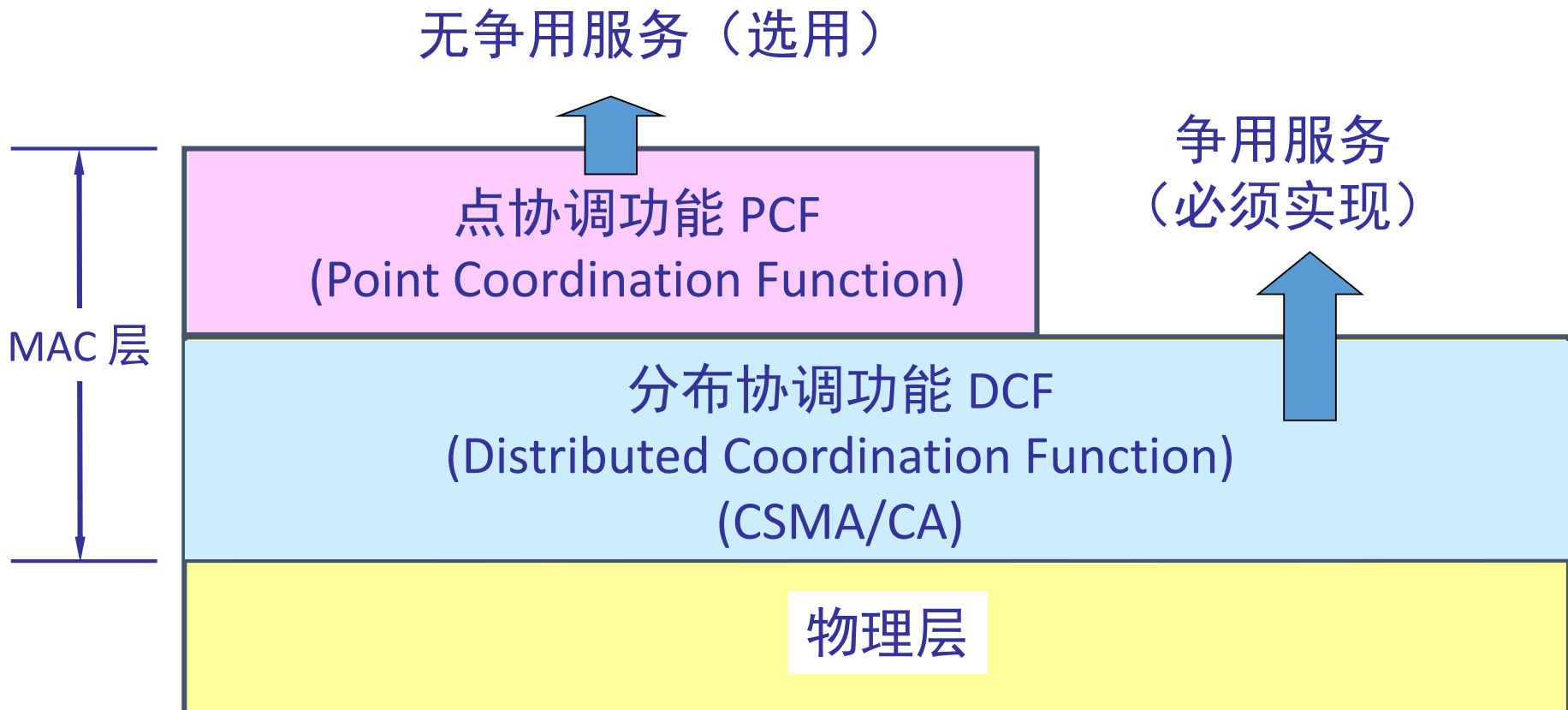
□暴露站是指在发送节点的覆盖范围内而在接收节点的覆盖范围外的节点，暴露站因侦听到发送节点的发送而可能延迟发送。但是，它其实是在接收节点的通信范围之外，它的发送不会造成冲突。这就引入了不必要的延时



- 数据链路层包括**LLC**（逻辑链路控制）和**MAC**（媒体存取控制）
- IEEE 802.11**采用**CSMA/CA**
- CSMA/CA**利用**ACK**信号来避免冲突的发生，即只有当客户端收到返回的**ACK**信号后，才能确认送出的信号已经正确到达

- 发送站希望在WLAN中传送数据，如果没有探测到网络正在传送数据，则再随机选择一个时间延迟后继续探测，如果WLAN中仍然没有活动的话，就将数据发送出去
- 接收站如能收到发送站送出的完整数据，则返回一个ACK数据报，如果这个ACK数据报被发送站收到，则数据发送完成；否则，发送站等待一个时间后继续重传
- 这在一定程度上解决了“隐藏站”问题

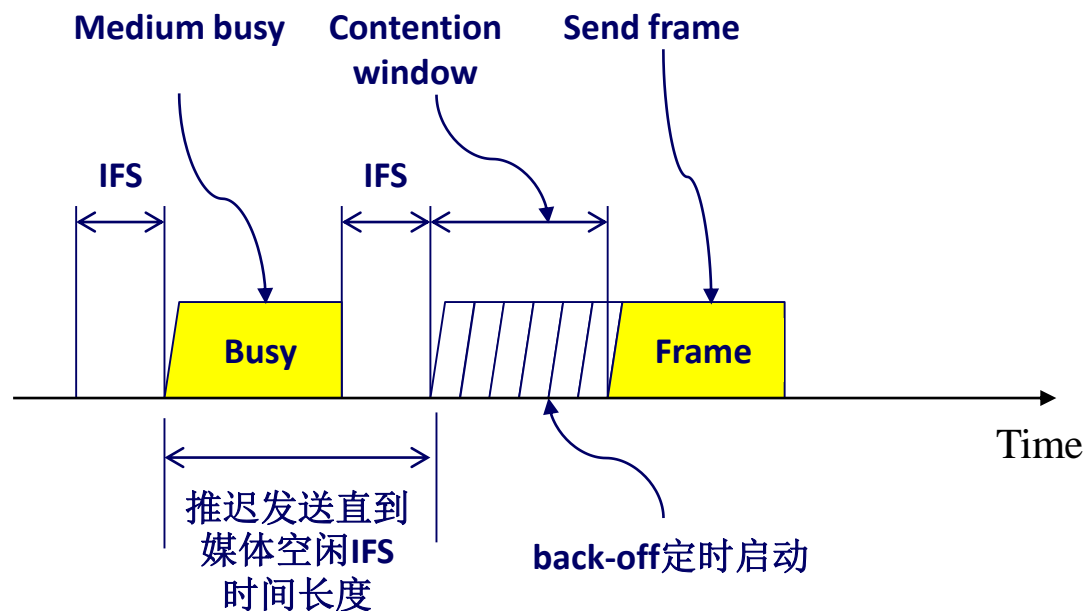
MAC 层通过协调功能来确定在基本服务集 BSS 中的移动站在什么时间能发送数据或接收数据。



- PCF用接入点AP 集中控制整个BSS内的活动
- PCF使用集中控制的接入算法，用类似于探寻的方法把发送数据权轮流交给各个子站，从而避免了碰撞的产生
  - 例如时间敏感的业务（如分组语音）就应该使用无竞争服务的PCF
  - 对某些无线局域网，PCF可以没有



- ❑ **DCF** (Distributed Coordination Function)不采用任何中心控制，在每一个节点使用CSMA机制的分布式接入算法，让各个站通过争用信道来获取发送权
- ❑ IEEE 802.11协议规定，所有的实现都必须有DCF功能



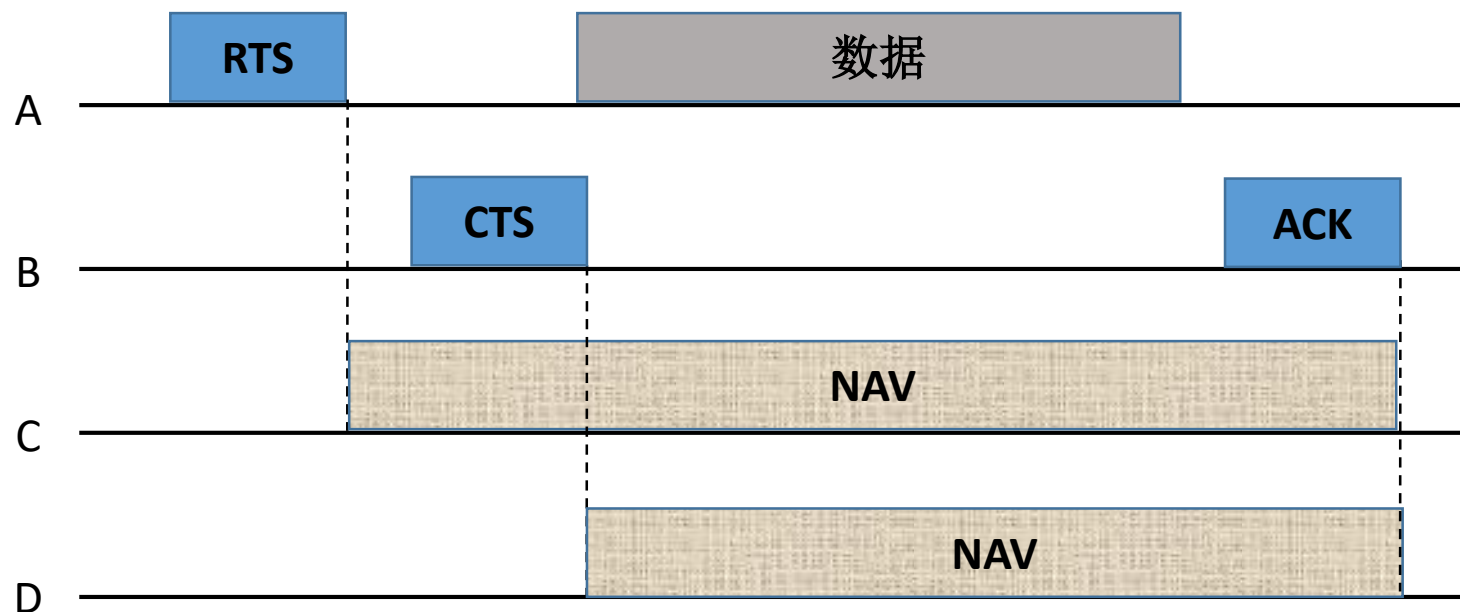
- ❑ **DCF** (Distributed Coordination Function)方式基于CSMA/CA原理，协议中使用物理信道的监听手段与虚拟信道的监听手段

## □物理信道的监听

- 站点发送数据帧的前提之一是信道空闲，需要先**检测信道**（进行载波监听）
- 在数据帧传送过程中并不监听信道，而是直接送出整个帧

## □虚拟信道的监听

- 源站把要占用信道的时间（包括目的站发回确认帧所需要的时间）写入到所发送的数据帧的头部“持续时间”字段中，以便使其它站在这一段时间都不要发送数据
- 当站点检测到正在信道中传送的帧中“持续时间”字段时，就调整自己的网络分配向量NAV，NAV指出了信道处于忙状态的持续时间
- 信道处于忙状态表示：或者由于**物理层的载波监听检测到信道忙**，或者是由于**MAC层的虚拟信道监听指出了信道忙**



□交互过程中，假设C处于A的无线范围内，但不在B的无线范围内，C收到A发送的RTS就调整自己的网络分配向量NAV，使自己保持安静

□假设D收不到A，但收到B发送的CTS，D也调整NAV

□**A发送数据帧之前先发送一个控制帧**（请求发送RTS：Request To Send），包括源地址、目的地址和这次通信（包括相应的确认帧）所需要的持续时间

□**若信道空闲，目的站B响应一个控制帧**（允许发送CTS：Clear To Send），也包括这次通信所需要的持续时间

□A收到CTS后发送数据帧，目的站收到后用确认帧ACK应答，结束协议交互

## □数据帧

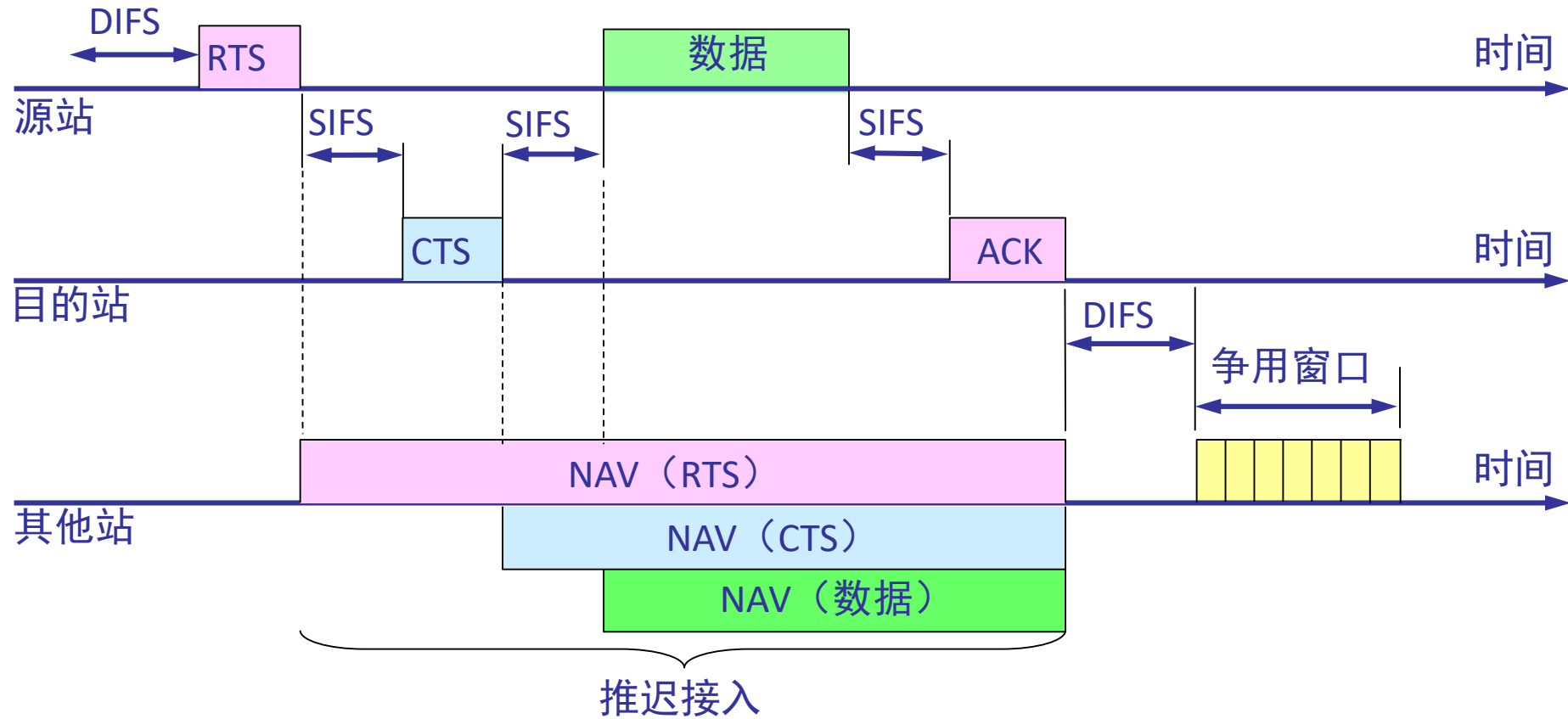
用户的数据报文

## □控制帧

协助发送数据帧的控制报文，例如： RTS、CTS，ACK报文

## □管理帧

负责STA和AP之间的能力级的交互，认证、关联等管理工作



□为了尽量减少冲突，CSMA/CA采用了一种退避机制，当一个站要发送数据帧时，在以下几种情况下必须进行退避：

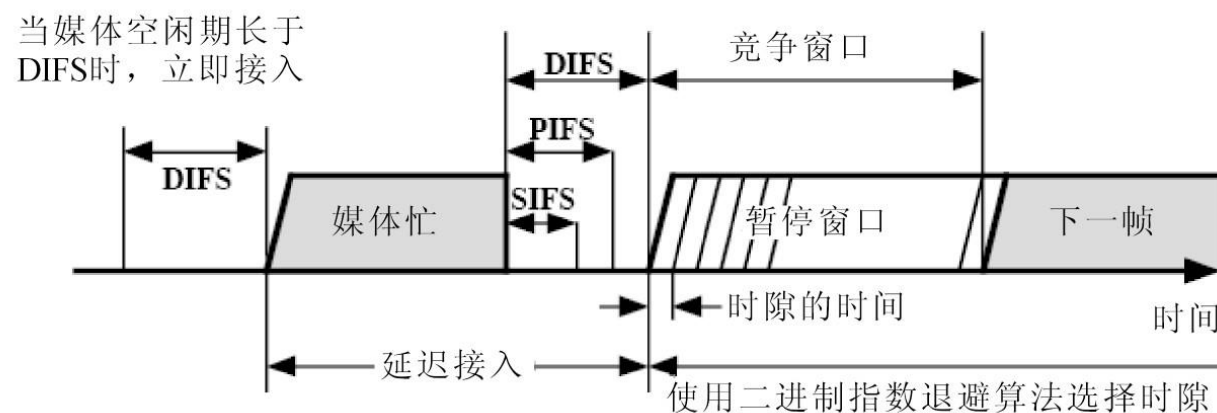
- 在发送第一个帧之前检测到信道处于忙状态
- 每一次的重传
- 每一次成功发送后再要发送下一帧

□只有检测到信道是空闲的，并且这个数据帧是它想发送的第一个数据帧时才不退避

- 所有站在完成发送后，必须再等待一段很短的时间（继续监听）才能发送下一帧。这段时间的通称是**帧间间隔** IFS (InterFrame Space)
- 帧间间隔长度取决于该站欲发送的帧的类型。高优先级帧需要等待的时间较短，因此可优先获得发送权
- 若低优先级帧还没来得及发送而其他站的高优先级帧已发送到媒体，则媒体变为忙态因而低优先级帧就只能再推迟发送了。这样就减少了发生碰撞的机会

## □三种帧间间隔

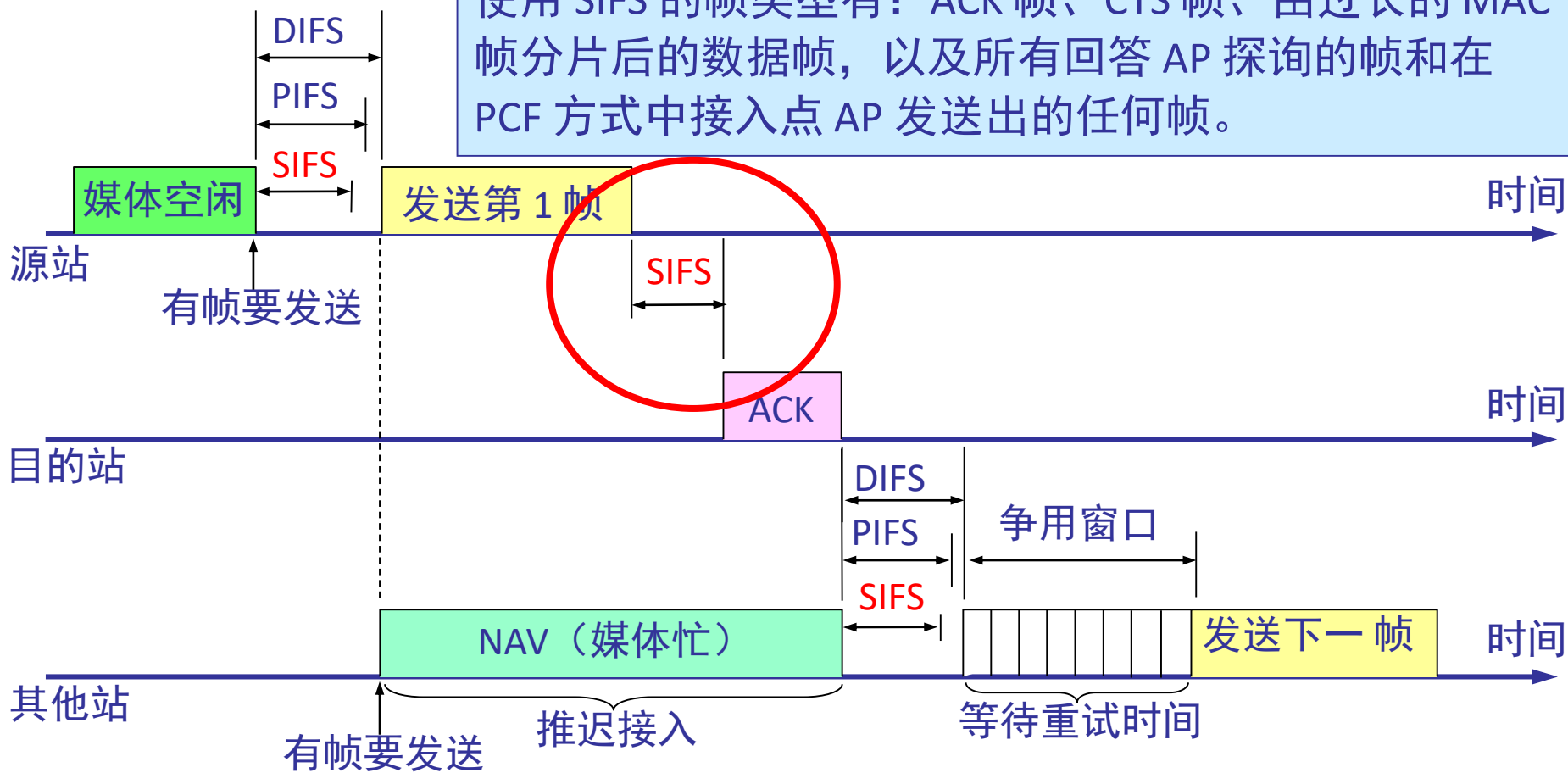
- SIFS（短帧间间隔）
- PIFS（点协调控制帧间间隔），比SIFS长
- DIFS（分布协调功能帧间间隔），是最长的IFS





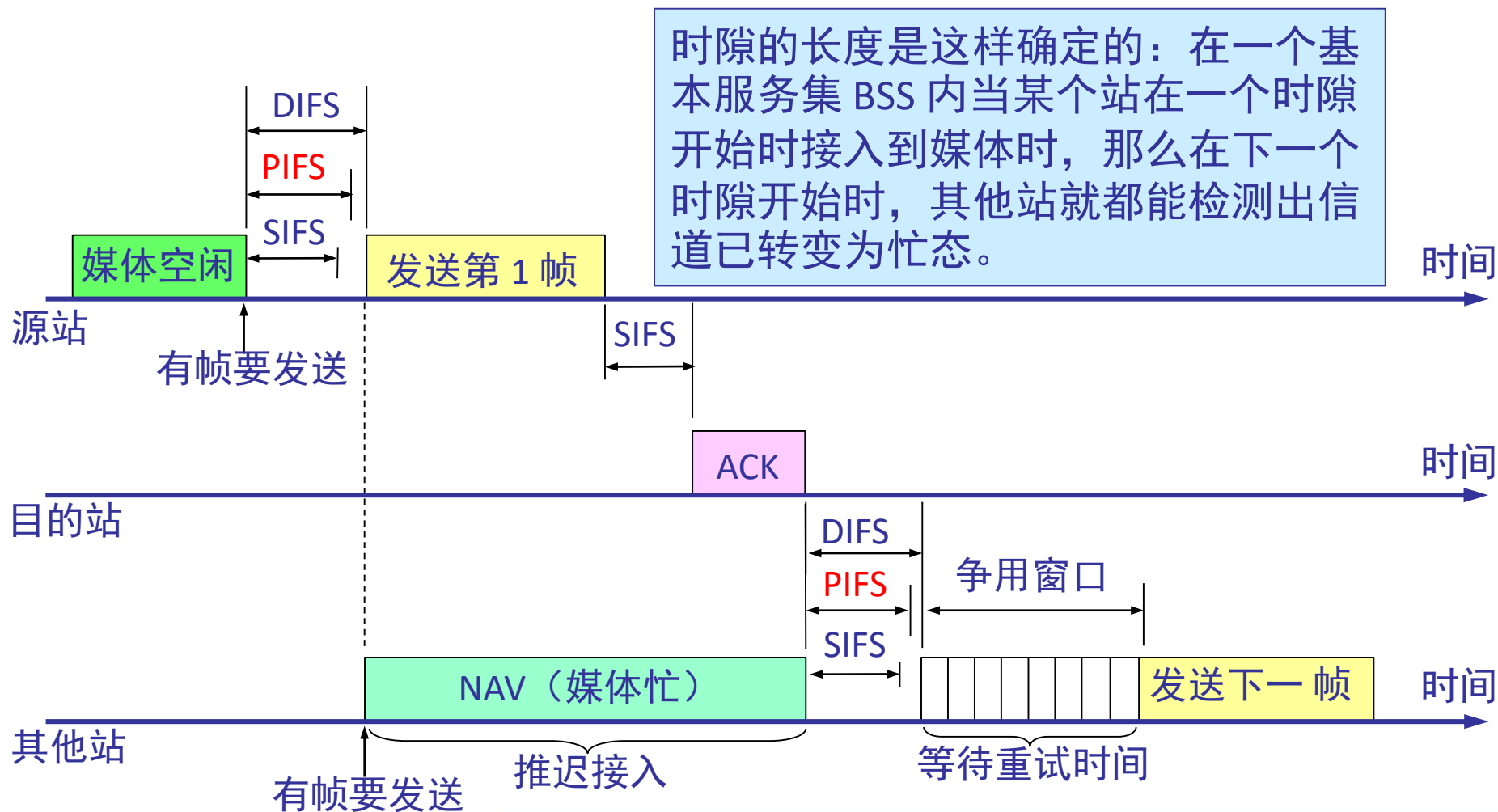
SIFS，即短(Short)帧间间隔，是最短的帧间间隔，用来分隔开属于一次对话的各帧。一个站应当能够在这段时间内从发送方式切换到接收方式。

使用 SIFS 的帧类型有：ACK 帧、CTS 帧、由过长的 MAC 帧分片后的数据帧，以及所有回答 AP 探测的帧和在 PCF 方式中接入点 AP 发送出的任何帧。

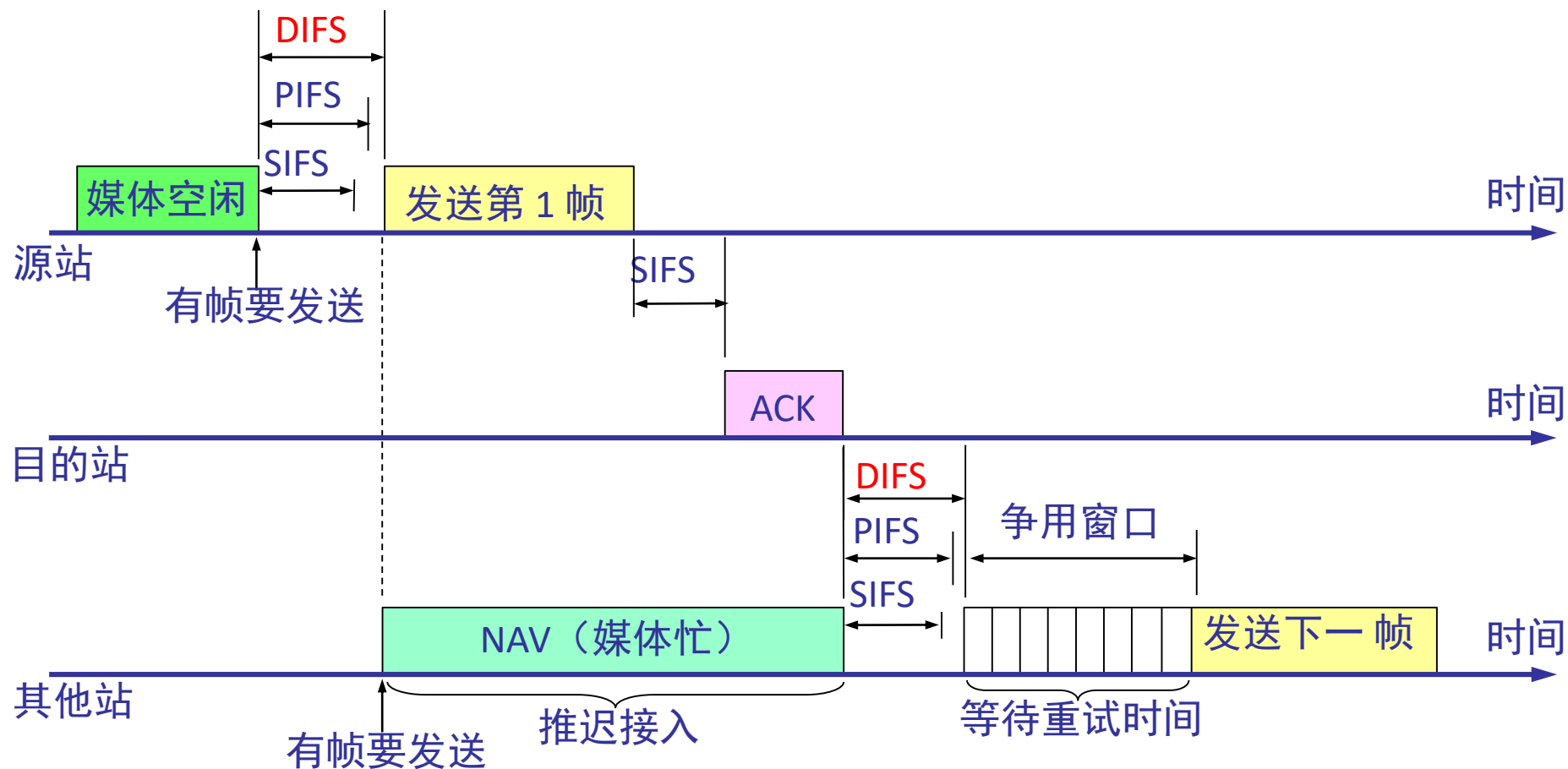


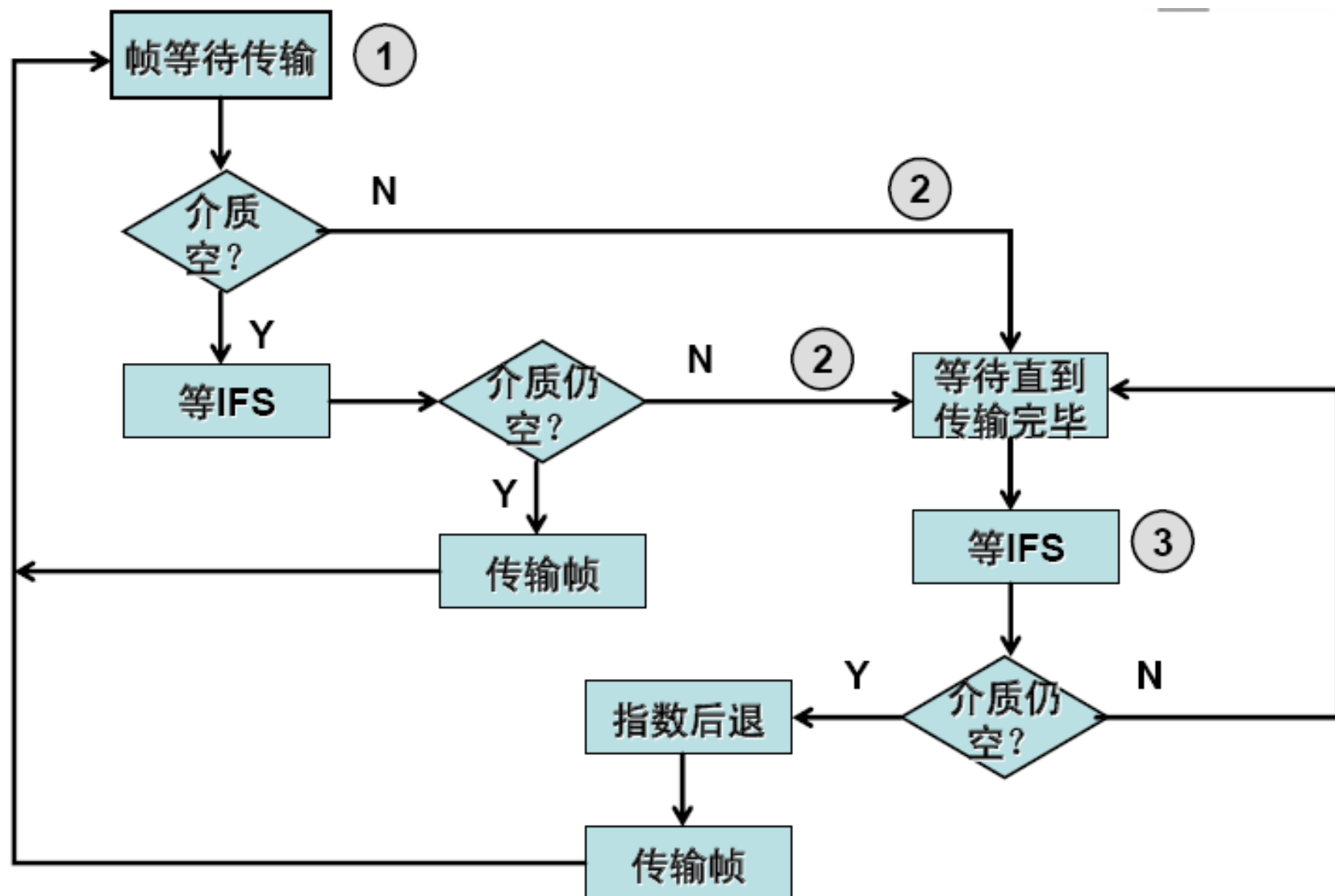


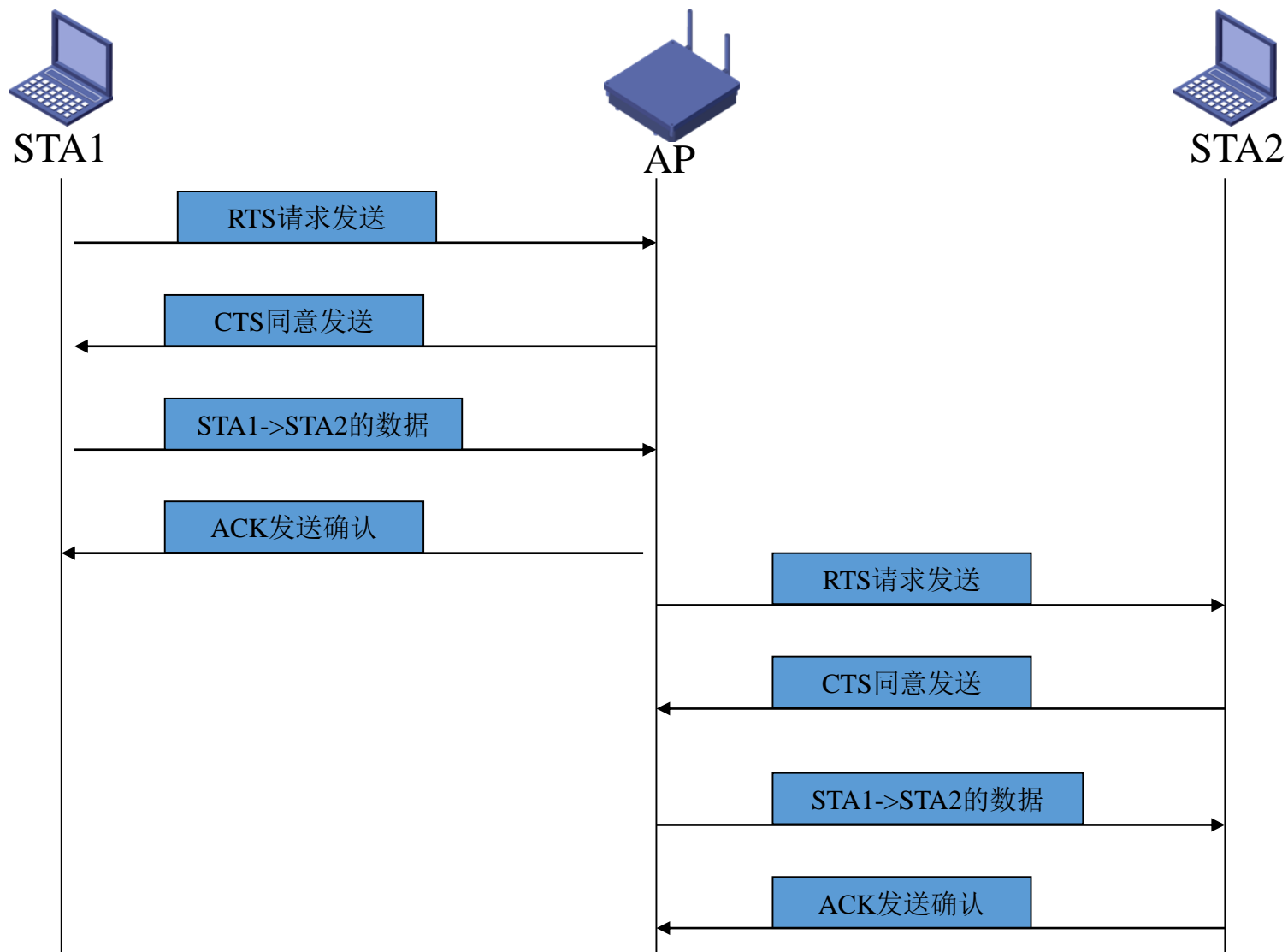
PIFS，即点协调功能帧间间隔，它比 SIFS 长，是为了在开始使用 PCF 方式时（在 PCF 方式下使用，没有争用）优先获得接入到媒体中。PIFS 的长度是 SIFS 加一个时隙(slot)长度。



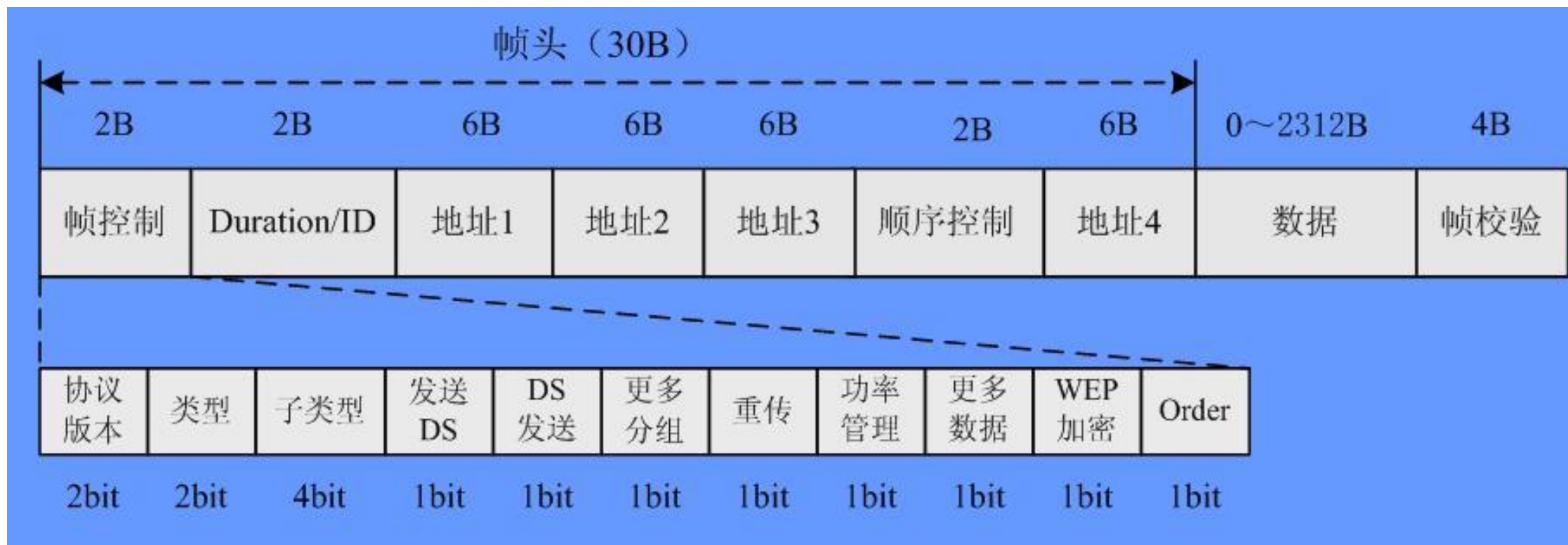
DIFS，即分布协调功能帧间间隔（最长的IFS），在DCF方式中用来发送数据帧和管理帧。DIFS的长度比PIFS再增加一个时隙长度。







- 无线局域网的基本概念
- IEEE 802.11物理层
- IEEE 802.11的MAC子层协议
- IEEE 802.11帧结构
- IEEE 802.11服务



- **Version**: 表示IEEE 802.11的标准版本
- **Type**: 帧类型, 如**管理帧**、**控制帧**和**数据帧**
- **SubType**: 帧的子类型, 如**RTS**、**CTS**、**ACK**等
- **To DS**: 当帧发送给Distribution System (DS) , 置为1
- **From DS**: 当帧来自于DS时, 置为1
- **MF**: More Fregment, 表示当有更多分段属于相同帧时置为1
- **Retry**: 表示该分段是先前传输分段的重发帧
- **Pwr**: 电源管理模式
- **More**: 表示发送方有很多帧缓存在站中, 需要发送
- **W**: WEP, 主体帧加密类型
- **O**: 利用严格顺序服务类处理发送帧的顺序

- **Duration**: 用于网络分配向量 (NAV) 计算
- **Address Fields(1-4)**: 包括四个地址 (其中前三个用于源地址、目标地址、发送方地址和接收方地址, 地址4用于自组网络), 取决于帧控制字段 (To DS和From DS位)
- **Sequence Control**: 由分段号和序列号组成, 用于表示同一帧中不同分段的顺序, 并用于识别数据包副本
- **Data**: 发送或接收的信息
- **CRC**: 包括32位的循环冗余校验 (CRC)
  
- 管理帧的格式与数据帧的格式非常类似
  - 管理帧少一个基站地址, 因此管理帧被严格限制在一个BSS中
  - 控制帧较短, 只有一个或两个地址, 没有**Data**域, 也没有**Sequence**域, 对于控制帧, 关键信息在**SubType**域中



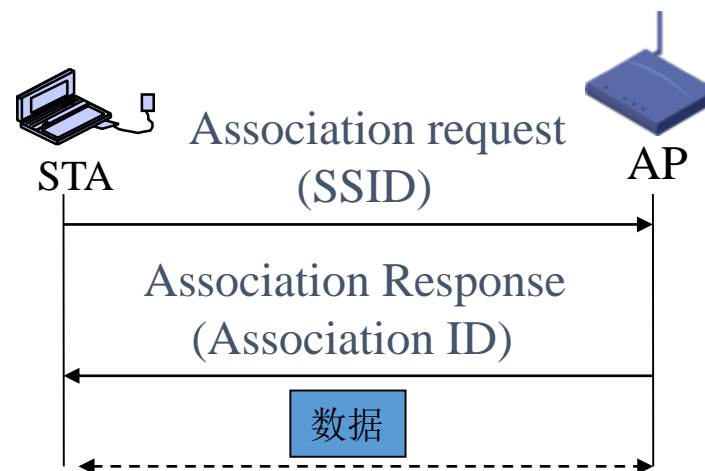
- 无线局域网的基本概念
- IEEE 802.11物理层
- IEEE 802.11的MAC子层协议
- IEEE 802.11帧结构
- IEEE 802.11服务

- 标准无线LAN必须提供9种服务，分为两类
- **5种分发服务**：涉及到对BSS的成员关系的管理，并且会影响到BSS之外的站。分发服务由基站提供
  - 处理站的移动性
  - 当移动站进入BSS时，通过这些服务与基站关联起来
  - 当移动站离开BSS时，通过这些服务与基站断开联系
- **4种站服务**：只与一个BSS内部的活动有关系，在BSS内部进行，在关联过程完成之后这些服务才能用到

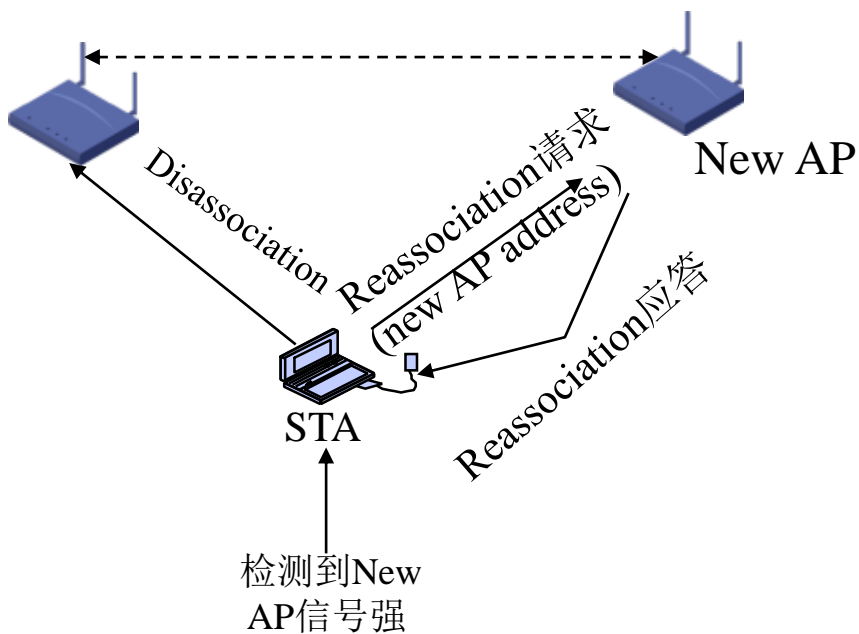
❑ 关联 (Association)：移动站利用该服务连接到基站上。典型情况下，当一个移动站进入到一个基站的无线电距离范围之内时，该服务被用到

❑ 关联阶段分为两个步骤：

- 移动站向AP发送关联请求
- AP 向移动站返回关联响应



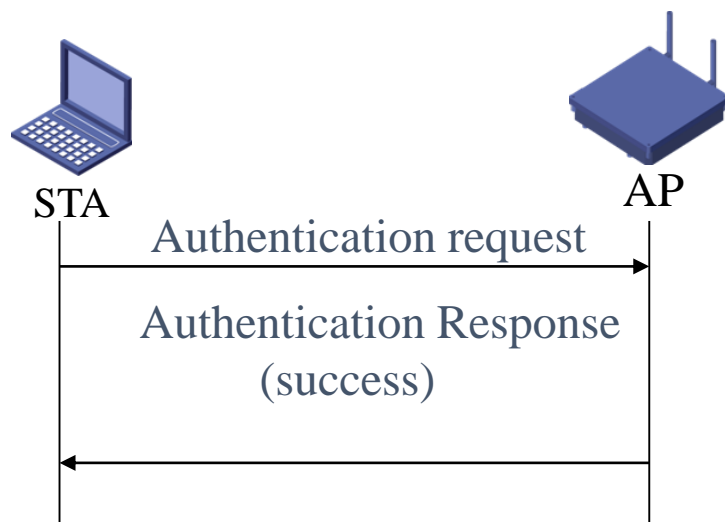
- ❑ 分离 (Disassociation)：不管是移动站还是基站，都可能会解除关联关系，一个站在离开或关闭之前，先使用该服务；基站在停下来进行维护之前也用到该服务
- ❑ 重新关联 (Resassociation)：利用该服务，一个站可以改变它的首选基站，该服务支持移动站从一个BSS移动到另一个BSS，移动站从一个AP移动到另一个AP时，需要重新进行认证和关联



- 分发 (Distribution) : 决定了如何路由那些发送给基站的帧。如果帧的目标对于基站来说是本地的, 则该帧将直接发送到空中, 否则的话, 它们必须通过DS转发
- 融合 (Integration) : 如果一个帧需要通过一个非IEEE 802.11的网络来发送, 并且该网络使用了不同的编址方案或者不同的帧格式, 则通过这项服务可以将IEEE 802.11格式的帧翻译成目标网络所要求的帧格式

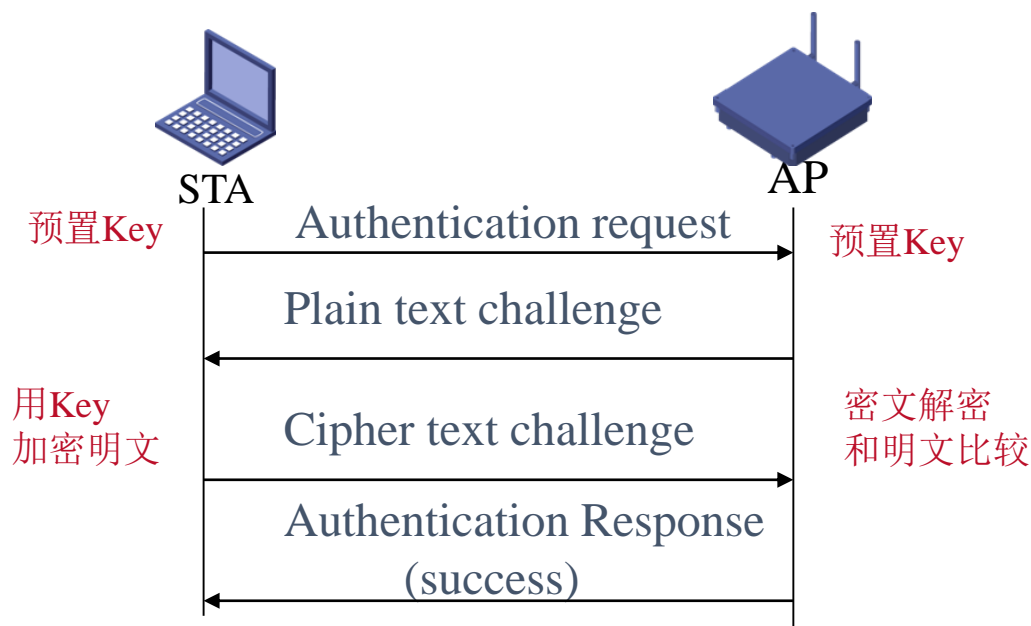
- 认证 (Authentication)：任何一个移动站必须首先证明自己的身份之后才允许发送数据。典型情况下，当基站接受了一个移动站的关联请求后，基站将发送一个特殊的质询帧以确定该移动站是否知道原先分配给它的密钥（口令）；移动站加密质询帧送回给基站，如果结果正确，移动站就被完全接纳

Open-system Authentication过程



- 开放系统下用户不需要认证只要MAC地址唯一即可接入网络

Shared-Key Authentication过程



- ❑ 解除认证 (Deauthentication) : 如果一个原先已经认证的移动站要离开网络, 需要解除认证。
- ❑ 私密性 (Privacy) : 如果在无线LAN上发送的信息需要保密的话, 必须要被加密, 该服务管理加密和解密
- ❑ 数据投递 (Data delivery) : 用于传送和接收数据, IEEE 802.11的传输过程不保证可靠性, 因此上面的层必须处理检错和纠错工作

STA（工作站）启动初始化、开始正式使用AP传送数据帧前，要经过三个阶段才能够接入：

- 1) 扫描阶段 (SCAN)
- 2) 认证阶段 (Authentication)
- 3) 关联 (Association)



□无线接入第一阶段：**扫描 (SCAN) 阶段**

□若无线站点设成Infrastructure模式 (**通过接入点通信**) , 802.11 MAC 使用Scanning来搜索AP, 有两种方式

- 主动扫描方式** (特点: **能迅速找到**) : STA依次在11个信道发出Probe Request帧, 寻找与STA有相同SSID的AP, 若找不到相同SSID的AP, 则一直扫描下去
- 被动扫描方式** (特点: **找到时间较长, 但STA节电**) : STA被动等待AP每隔一段时间定时送出的Beacon信标帧, 该帧提供AP及所在BSS相关信息: “我在这里”  
...

- 无线接入第二阶段：**认证 (Authentication) 阶段**
- 当STA找到与其有相同SSID的AP，在SSID匹配的AP中，根据收到的AP信号强度，**选择一个信号最强的AP**，然后进入认证阶段。只有身份认证通过的站点才能进行无线接入访问。AP一般提供如下认证方法：
  - 开放系统身份认证(open-system authentication)
  - 共享密钥认证(shared-key authentication)
  - WPA PSK认证 ( Pre-shared key)
  - 802.1X EAP认证

□无线接入第三阶段：关联（Association）阶段

□当AP向STA返回认证响应信息，身份认证获得通过后，进入关联阶段。

- STA向AP发送关联请求

- AP 向STA返回关联响应

- 至此，接入过程才完成，STA初始化完毕，可以开始向AP传送数据帧。

- 无线局域网WLAN
- 无线个域网WPAN
- 无线城域网WMAN
- 移动自组织网络MANET

- 无线个域网的基本概念及分类
- 蓝牙技术与IEEE 802.15.1标准
- UWB技术与IEEE 802.15.3标准
- Zigbee技术与IEEE 802.15.4标准

## 个域网

□个域网(Personal Area Network, **PAN**), 是一种范围较小的计算机网络, 主要用于计算机设备之间的通信, 还包括电话和个人电子设备等

## 无线个域网

□无线个域网(Wireless PAN, **WPAN**)是一种采用**无线连接**的个域网

## 通信范围

□**PAN**的通信范围仅**几米**, 可看作是最后几米的解决方案

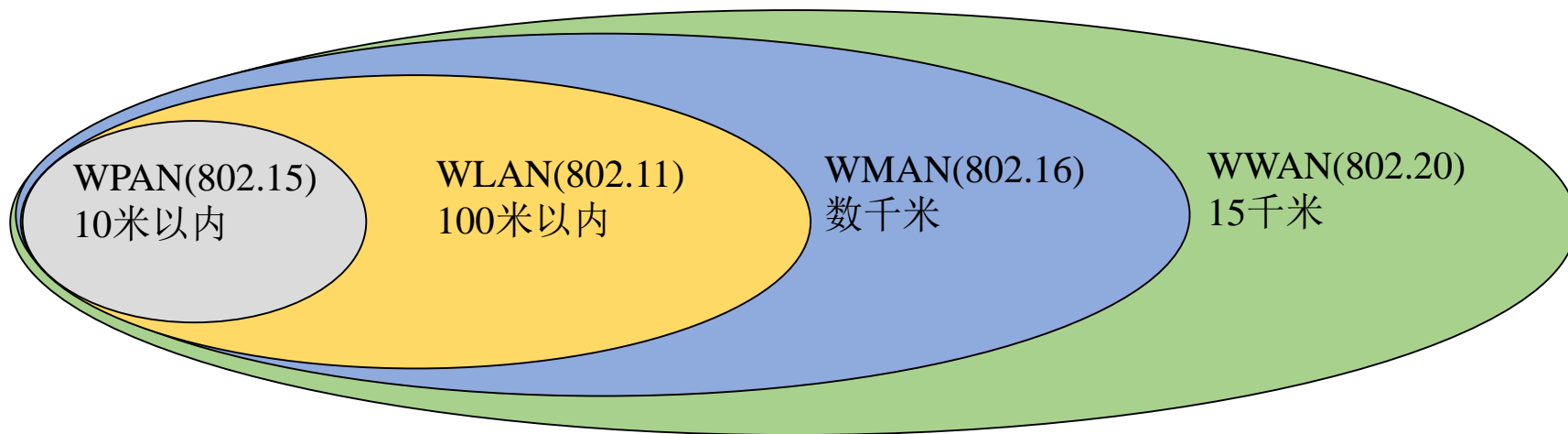
## 媒介

□**WPAN**主要通过无线电或红外线代替传统有线电缆, 实现个人信息终端的互联

## 无线个域网的基本概念

□ WPAN 是为了实现 活动半径小、业务类型丰富、面向特定群体的连接 而提出的新型无线网络技术

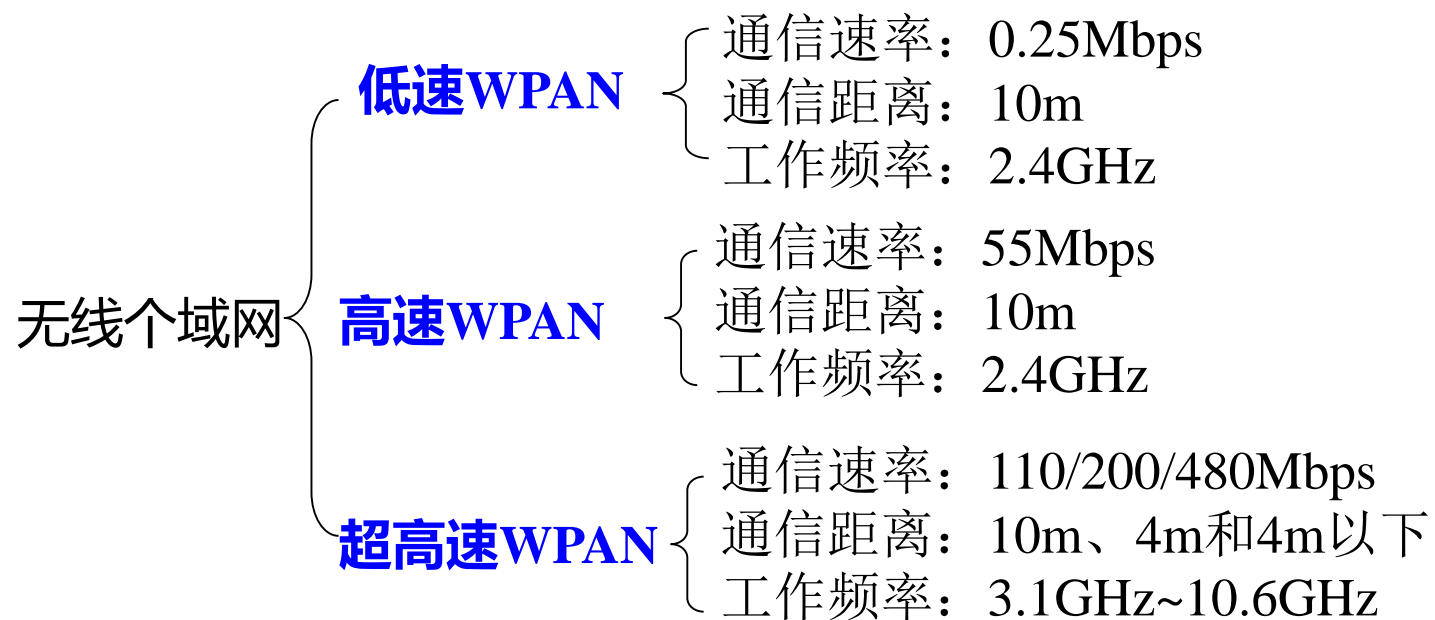
□ WPAN 是一种与无线广域网(WWAN)、无线城域网(WMAN)、无线局域网(WLAN)并列但覆盖范围更小的无线网络



- ①高速数据传输速率：  $>100\text{Mbps}$
- ②邻近终端之间的短距离连接： 典型为 $1\sim 10\text{m}$
- ③标准无线或电缆桥路与外部因特网或广域网的连接
- ④典型的对等式拓扑结构
- ⑤中等用户密度



□通常将WPAN按传输速率分为**低速**、**高速**和**超高速**三类





## 低速wpan

□低速WPAN采用IEEE 802.15.4标准

□结构简单、数据率低、通信距离近、功耗低、成本低，被广泛用于工业监测、办公和家庭自动化及农作物监测等



## IEEE 802.15.4标准

□IEEE 802.15.4描述了低速率无线个人局域网的物理层和媒体接入控制（MAC）协议



## 高速wpan

□**高速WPAN**适合大量多媒体文件、短视频和音频流的传输，能实现电子设备间的多媒体通信



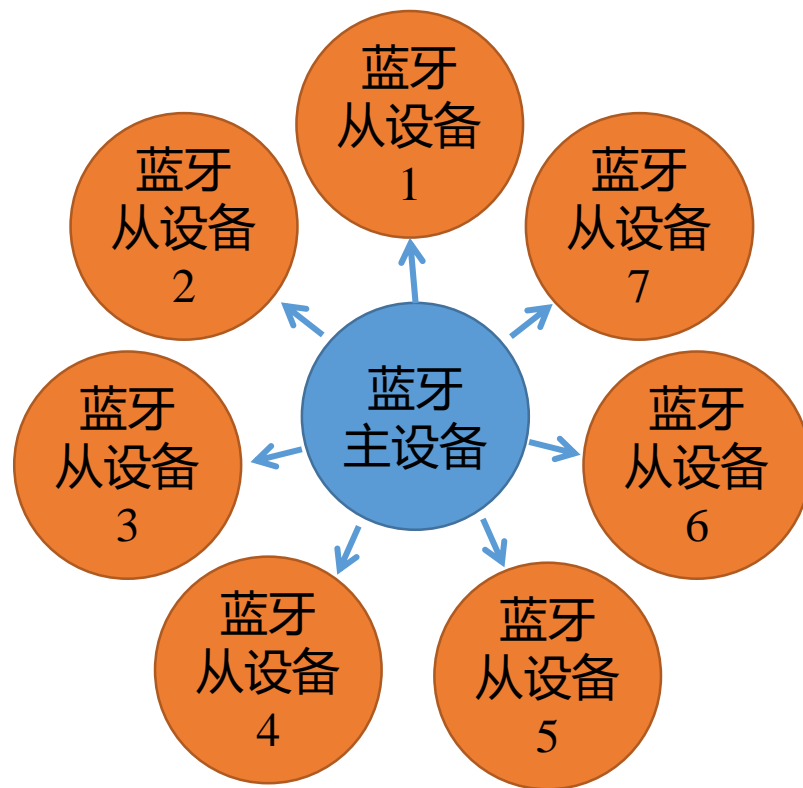
## 超宽带WPAN

□**超宽带WPAN**的目标包括支持IP语音、高清电视、家庭影院、数字成像和位置感知等信息的高速传输，具备**近距离的高速率、较远距离的低速率、低功耗、共享环境下的高容量、高可扩展性等**

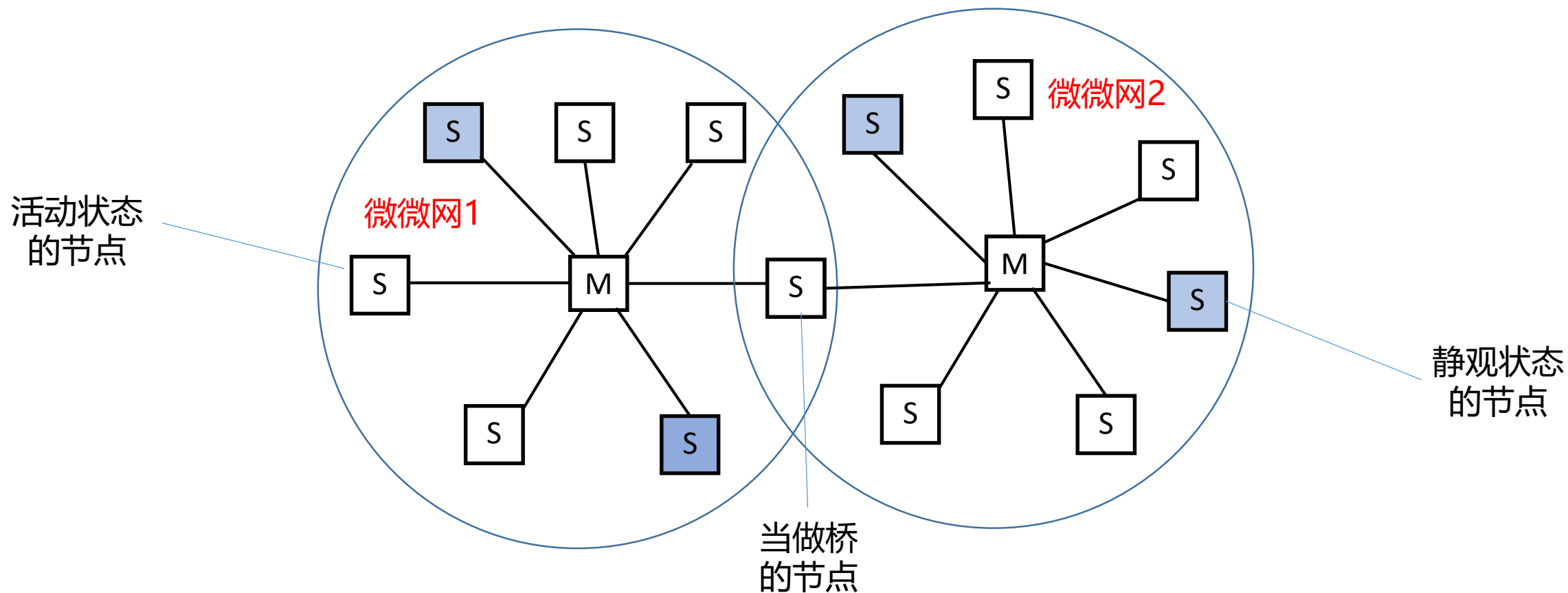
- 无线个域网的基本概念及分类
- 蓝牙技术与IEEE 802.15.1标准
- UWB技术与IEEE 802.15.3标准
- Zigbee技术与IEEE 802.15.4标准

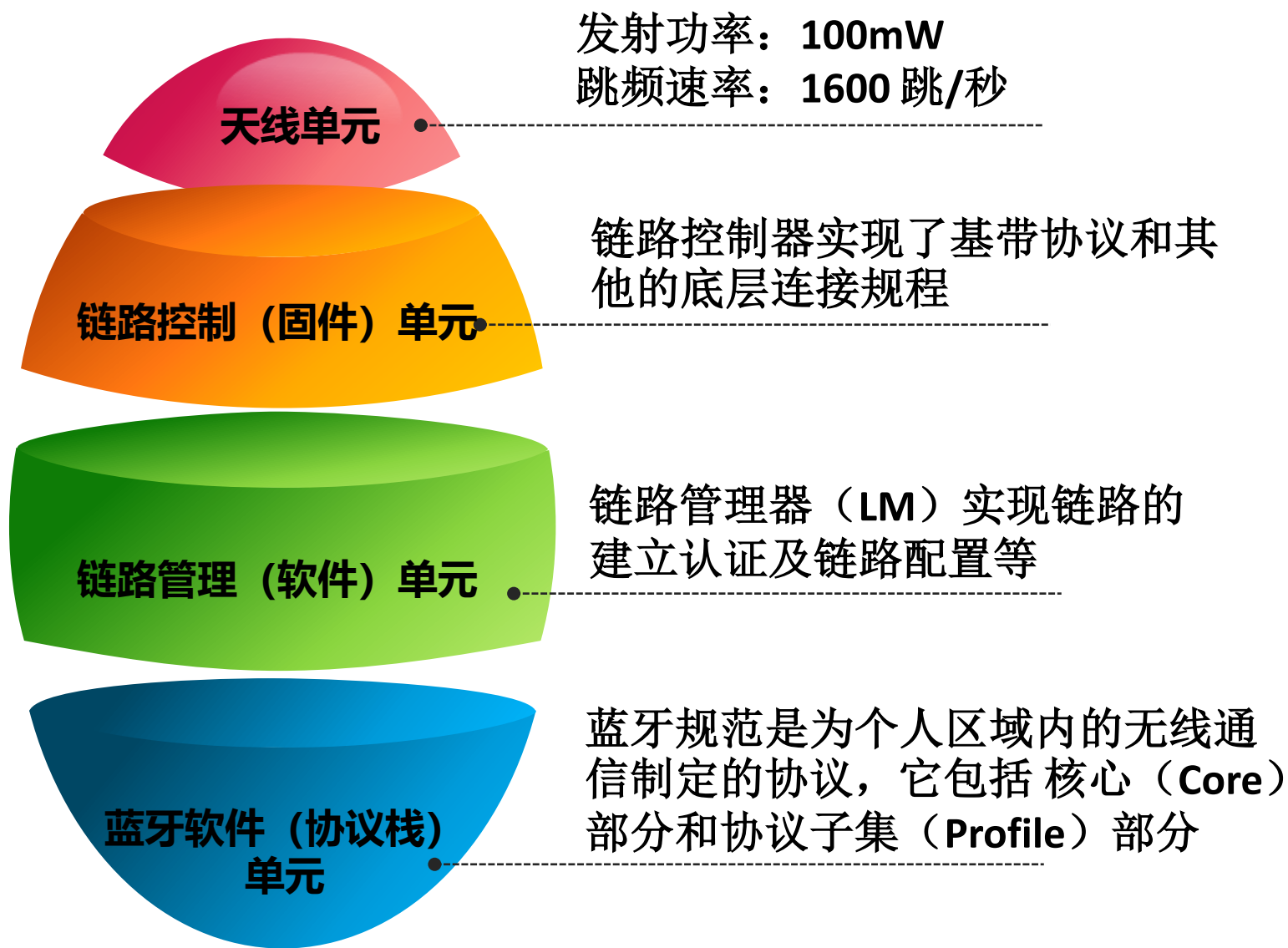
- **蓝牙技术**是一种支持设备短距离通信的无线通信技术。能在手机、**PDA**、无线耳机、笔记本电脑及相关外设等众多设备之间进行无线信息交换，工作于**2.4GHz ISM**频段，数据速率为**1Mbps**，采用时分双工（**TDD**）传输方案
- 1998年5月，爱立信、IBM、英特尔、诺基亚和东芝联合宣布了“蓝牙”计划，使不同厂家的便携式设备利用无线技术在近距离范围内相互操作；1999年7月，蓝牙技术联盟**SIG**推出了蓝牙协议1.0版
- 源于蓝牙 **v1.1** 版的IEEE 802.15.1标准于2002年4月获批为正式标准，与蓝牙 **v1.1**完全兼容。该标准是用于**WPAN**的无线媒体接入控制层和物理层规范
- **蓝牙3.0+HS**速度可达到24Mbps，蓝牙V5.0有效覆盖范围扩大到300米

□ **微微网 (Piconet)**：由一个主控设备 (*Master*, 主节点) 和10m距离内的1-7个从属设备 (*Slave*, 从节点) 组成, 一个微微网最多可以有255个静观设备 (处于静观状态的从节点), 静观状态的设备除了响应主节点的激活或者指示信号以外, 不做其它任何事情



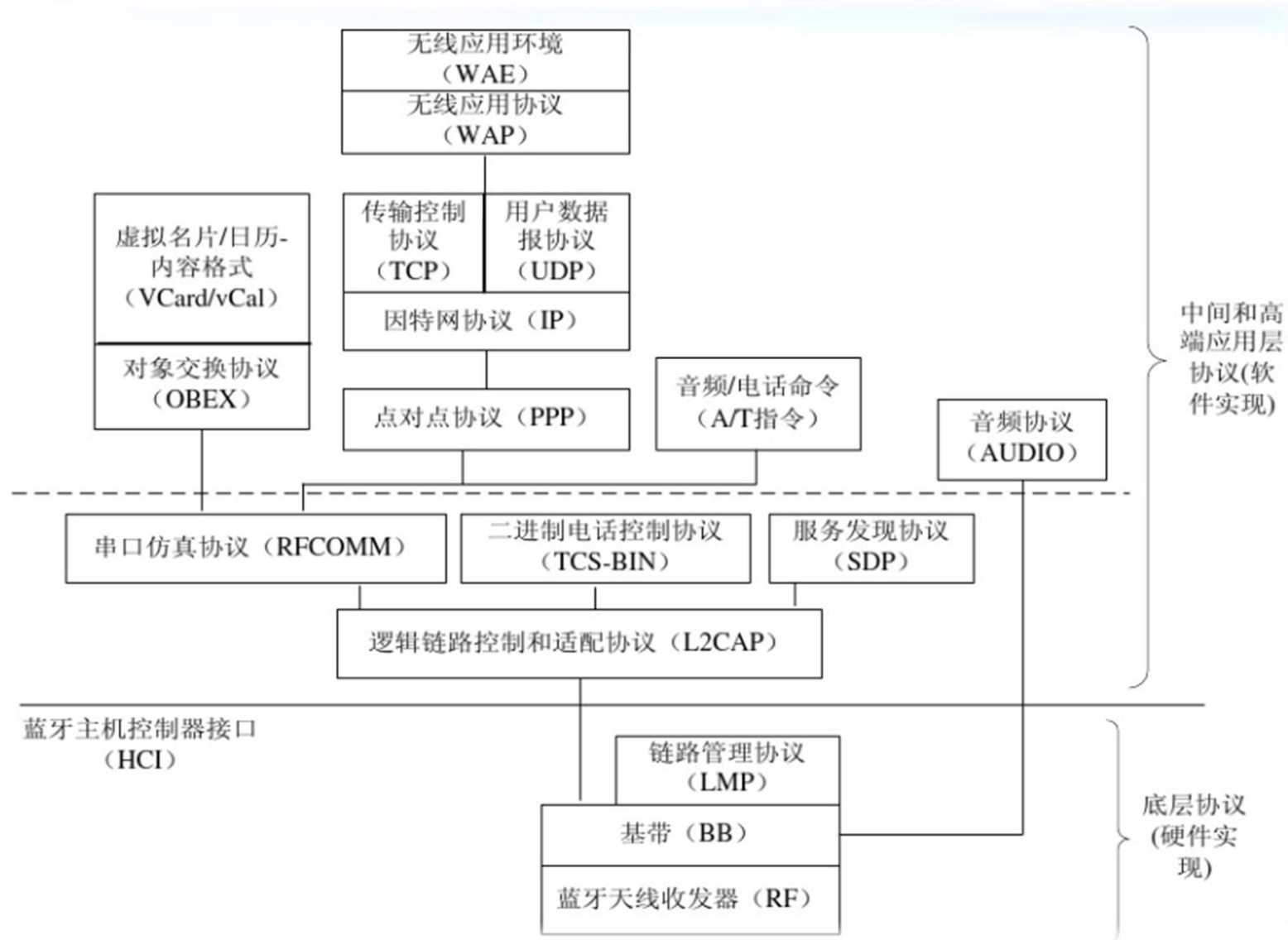
□ **分散网 (Scatter-net)**：一个IEEE 802.15.1设备可在一个微微网中充当主控设备，而在另一个或几个微微网中充当从属设备，从而将不同的微微网桥接起来，组成一个分散网，也可通过从设备桥接







蓝牙版本	发布时间	特性
1.X	1999-2003	传输率：0.7Mbps，易受同频干扰，传输距离10米 GFSK，79个信道，信道频宽1MHZ
2.X	2004-2007	传输率3Mbps，传输距离10米 BR模式（GFSK）和EDR模式（DQPSK和 8DPSK）
3.X	2009	传输率24Mbps，传输距离10米，可应用Wifi技术
4.X	2010-2014	低功耗蓝牙、传统蓝牙、高速蓝牙三种模式 传输距离100米
5.X	2016	低功耗2Mbps，理论距离300米，室内定位导航精度1米



- 微微网采用调频分时机制，采用TDM系统，主/从模式
- 微微网支持两种逻辑信道
  - 面向连接的同步信道：用于实时数据
  - 无连接的异步信道：用于无时间规律的分组交换数据，采用确认重传机制
- 协议与接口
  - 链路管理协议（LMP）负责物理链路的建立与管理
  - 逻辑链路控制及适配协议（L2CAP）负责对高层协议的复用、数据报分割和重新组装，处理与服务质量有关的需求
  - 规定了一个标准化的控制接口（HCI）

- 无线个域网的基本概念及分类
- 蓝牙技术与IEEE 802.15.1标准
- UWB技术与IEEE 802.15.3标准
- Zigbee技术与IEEE 802.15.4标准

□ **UWB** (Ultra Wide Band: **超宽带**) : 起源于20世纪60年代对微波网络冲击响应研究, 是一种**使用1GHz以上带宽的无线通信技术**, 又称为脉冲无线电 (IR) 技术, **UWB不需要载波**, 而是用纳秒至微微秒级的非正弦波窄脉冲来传输数据, 需占用很宽的频谱范围, 有效传输距离在10m以内, 传输速率可达几百Mbps甚至更高

□ **UWB**是一种基于**IEEE 802.15.3**的超高速、短距离无线接入技术, 具有抗干扰性强、传输速率高、带宽大、消耗电能低、保密性好等优势

□ 通常把**相对带宽 (信号带宽与中心频率之比) 大于25%**, 而且中心频率大于500MHz的宽带称为**超宽带 (窄带<1%, 宽带1%-25%, 超宽带>25%)**

- UWB采用基带传输而不是载波传输，脉冲信号的时域极窄（纳秒级），频域极宽（数Hz到数GHz，可超过10GHz），其中低频部分可以实现穿墙通信
- UWB技术主要有两种相互竞争的标准
  - MBOA标准，主张采用多频带方式来实现UWB技术
  - DS-UWB标准，主张采用单频方式实现UWB技术

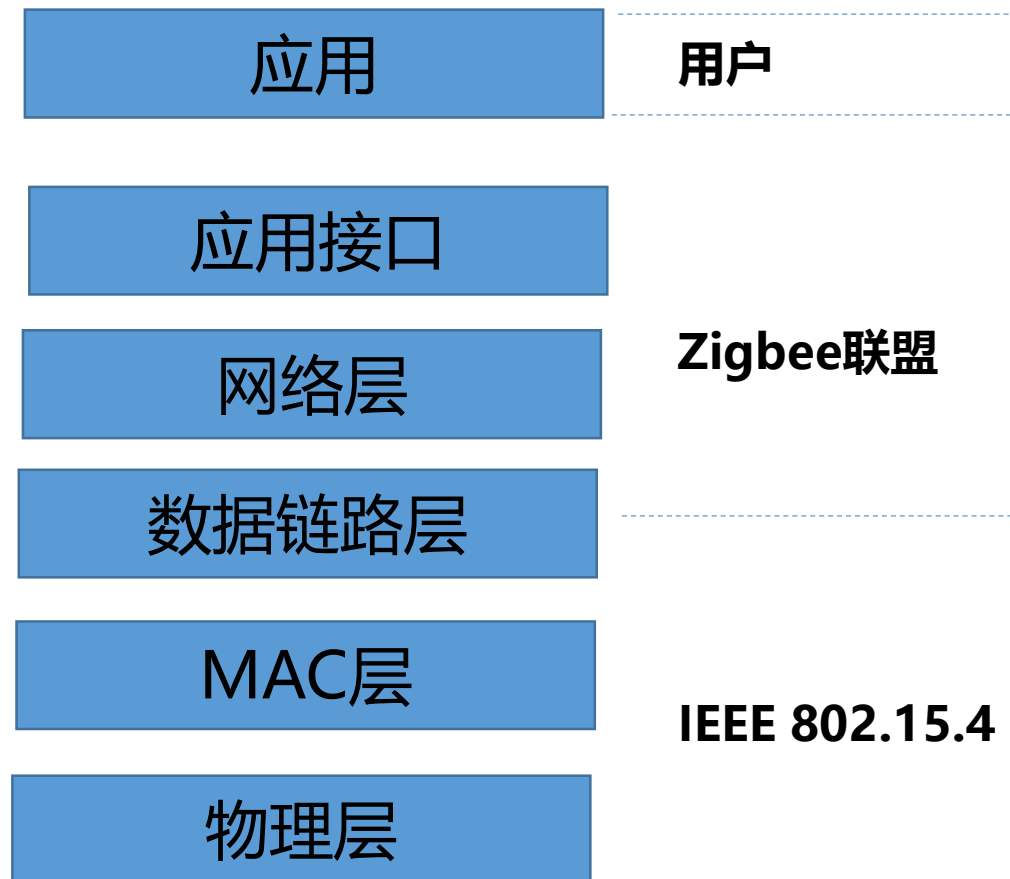
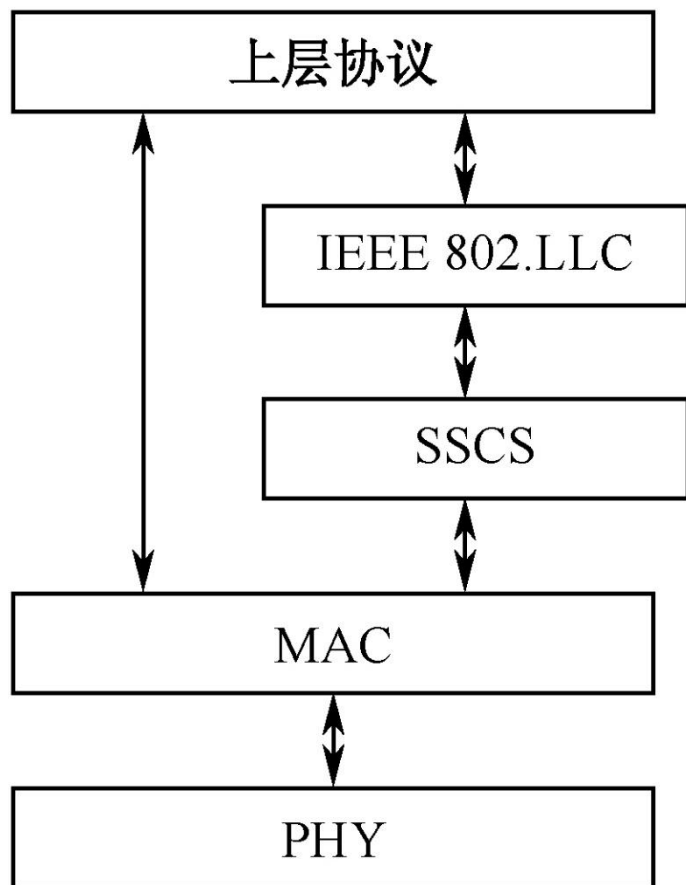
- UWB技术使用了**瞬间高速脉冲**，因此信号频带很宽，可支持100-400Mb/s的数据率，可用于小范围内高速传送图像或DVD质量的多媒体视频文件
- UWB只在需要传输数据时才发送脉冲，信号的功率谱密度极低，**发射系统比现有的传统无线电技术功耗低得多**，民用UWB设备功率是传统移动电话功率的1/100，是蓝牙设备功率的1/20，因此UWB设备在电池寿命和电磁辐射上具有一定优越性
- 由于UWB脉冲非常短、频段非常宽，**能避免多路传输的信号干扰问题**，与其它无线通信技术间产生干扰的可能性大幅度降低，可与其它技术共存
- UWB信号用传统的接收机无法接收和识别，必须**采用与发端一致的扩频码脉冲序列**才能解调，增加了系统的安全性

- 无线个域网的基本概念及分类
- 蓝牙技术与IEEE 802.15.1标准
- UWB技术与IEEE 802.15.3标准
- Zigbee技术与IEEE 802.15.4标准

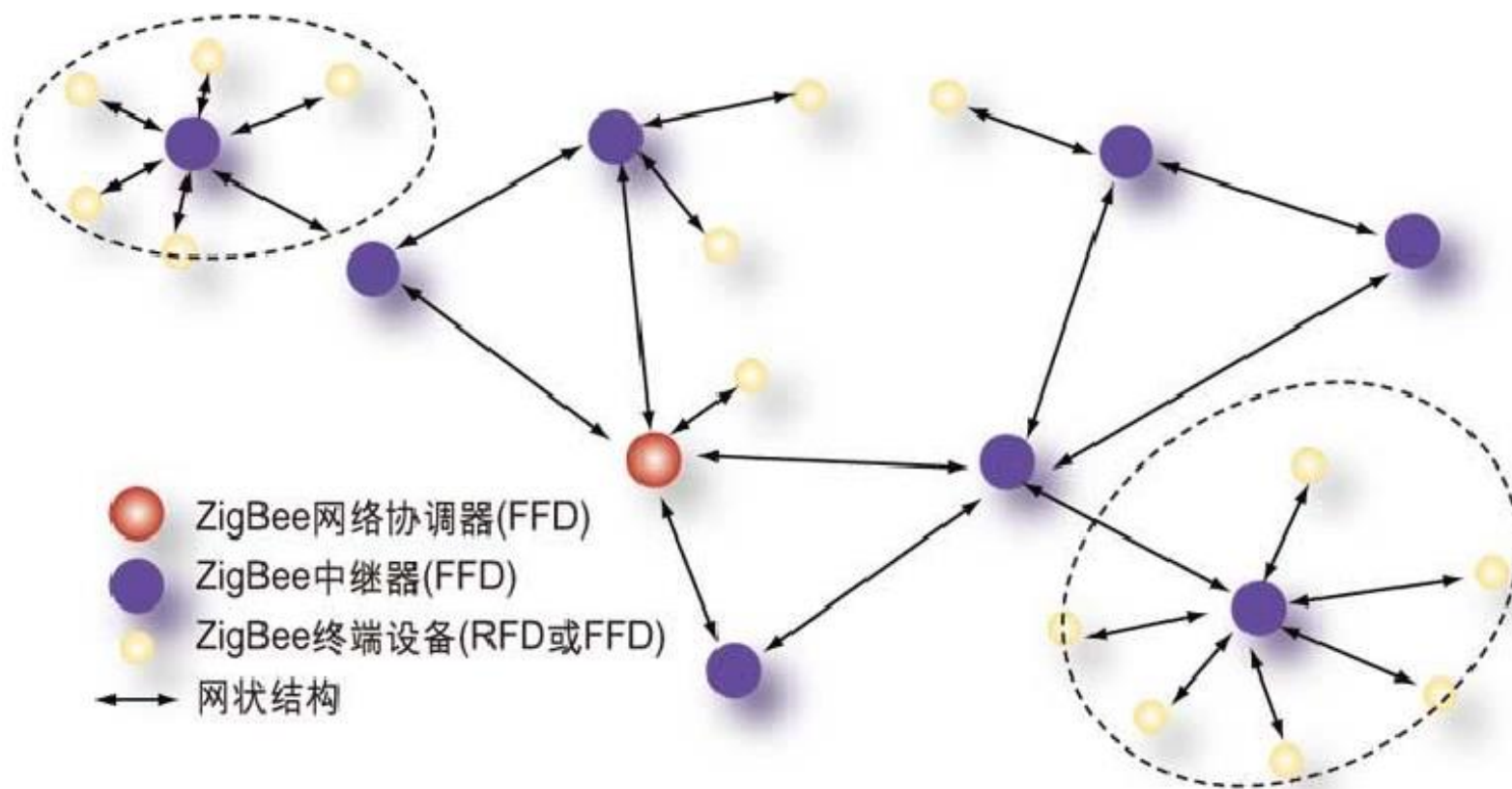


□IEEE 802.15.4标准主要针对低速无线个域网制定，该标准把低能量消耗、低速率传输、低成本作为目标。Zigbee标准是在IEEE 802.15.4标准基础上发展而来的，IEEE 802.15.4定义了Zigbee协议栈的最低两层（物理层和MAC层），而网络层和应用层则有Zigbee联盟定义

□Zigbee技术主要用于各种电子设备（固定的、便携的或移动的）之间的无线通信，其主要特点是通信距离短（10-100m），传输数据速率低、功耗低并且成本低廉

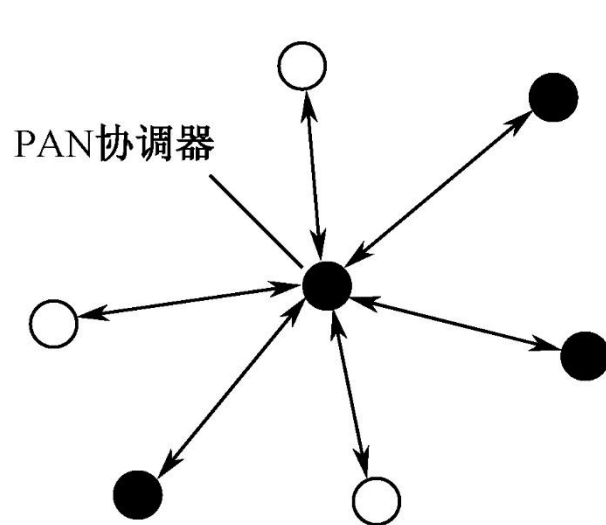


□IEEE 802.15.4的网络设备分为两类：**全功能设备FFD**支持所有的网络功能，是网络的核心部分；**精简功能设备RFD**只支持最少的必要的网络功能，因而其电路简单、存储容量较小、成本较低

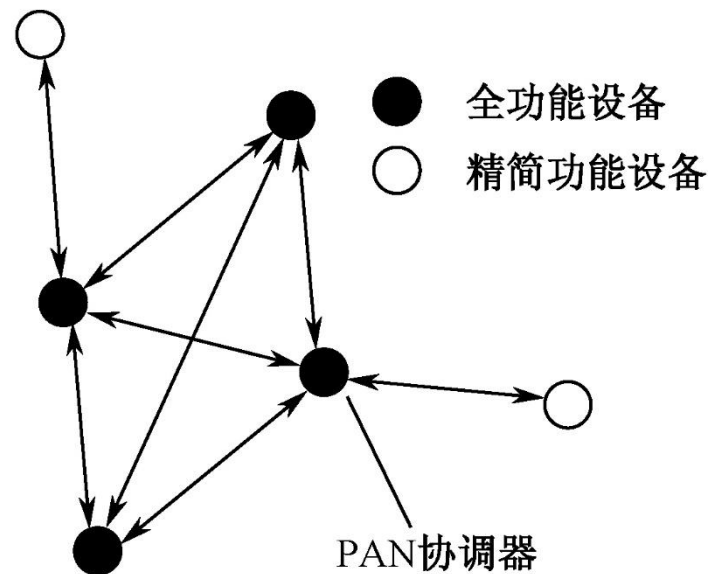


□ **星型网络**：以一个**全功能设备（FFD）**为网络中心

□ **簇型网络**：在若干星型网络基础上，**中心的全功能设备（FFD）**再互相连接起来，组成一个簇型网络。可以将该网络中的一个星型Zigbee网络单元理解为一个簇



(a) 星状网络



(b) 点对点网络

- FFD节点具备控制器功能，能够提供数据交换，是Zigbee网络中的路由器
- RFD节点只能与处在该星型网的中心的FFD节点交换数据，是Zigbee网络中数量最多的端设备
- 星型网络中有一个FFD充当该网络的协调器，协调器负责维护整个星型网络的节点信息，同时还可与其它星型网络的协调器交换数据，通过各网络协调器的相互通信，可以得到覆盖更大范围，多达65536个节点的Zigbee簇型网络

- 各个频段可使用的信道分别有1个、10个和16个

PHY/MHz	频段/MHz	序列扩频参数		数据参数		
		片速率/ (kchip/s)	调制方式	比特率 (kbps)	符号速率 (ksymbol/s)	符号 (symbol)
868/915	868~868.6	300	BPSK	20	20	二进制位
	902~928	600	BPSK	40	40	二进制位
2450	2 400~2 483.5	2 000	OQPSK	250	62.5	十六进制

工作频段的分配

为MAC层提供数据服务

信道的分配

为MAC层提供管理服务

- MAC层负责无线信道的使用方式，它们是构建Zigbee协议底层的基础
- 定义两种访问模式：**CSMA/CA（基于竞争）**；**可选的超级帧分时隙机制（无竞争）**

## 基于竞争的信道接入

送出数据前，  
监听信道的使  
用情况，维持  
一段时间后，  
再等待一段随  
机的时间后信  
道依然空闲，  
送出数据

送出数据前，先送  
一段小小的请求传  
送RTS报文给目标  
端，等待目标端回  
应CTS报文后才开  
始传送



## 无竞争信道接入



- ❑ **省电（功耗低）** 两节5号电池可用6个月至2年时间
- ❑ **可靠** 采用了碰撞避免（CA）机制，为需要固定带宽通信业务预留了专用时隙，**避免了发送数据时的竞争和冲突**；节点模块之间具有自动动态组网的功能，信息在整个Zigbee网络中通过自动路由的方式进行传输，从而**保证了信息传输的可靠性**
- ❑ **延迟短** 针对延迟敏感应用做了优化，通信延迟和从休眠状态激活的延迟都非常短
- ❑ **网络容量大** 一个主节点可管理254个子节点，可组成65536个节点的大网
- ❑ **安全和高保密性** 提供数据完整性检查和鉴权功能，加密算法采用通用的AES-128



- 需要数据采集和监控的**网点多**
- 要求传输的**数据量不大**，要求**设备成本低**
- 要求数据传输**可靠性高、安全性高**
- 设备**体积很小**，不便放置较大的充电电池或者电源模块、**电池供电**
- 地形复杂、监测点多、需要 **较大的网络覆盖**
- 现有**移动网络的覆盖盲区**
- 使用现存移动网络进行低数据量传输的遥测遥控系统
- 使用GPS效果差或成本太高的局部区域移动目标的定位应用



- 监视
- 控制

工业、农业  
和商业

消费电子

- TV
- VCR
- DVD
- CD

PC 机的  
外围设备

- 鼠标
- 键盘
- 操作杆

个人  
健康监护

- 监视
- 诊断

• 低速无线设备

玩具和  
游戏

- 玩具
- 游戏器具

家庭  
自动化

- 保安
- HVAC
- 照明
- 门禁

技术指标	蓝牙	HomeHF	IrDA	UWB	ZigBee
工作频段	2.4GHz	2.4GHz	红外线	3.1~10.6GHz	2.4GHz
传输速率	1Mbps	6~10Mbps	16Mbps	480Mbps	20~250kbps
通信距离	10m	50m	1m	10m	10~100m
应用前景	中	中	一般	好	好

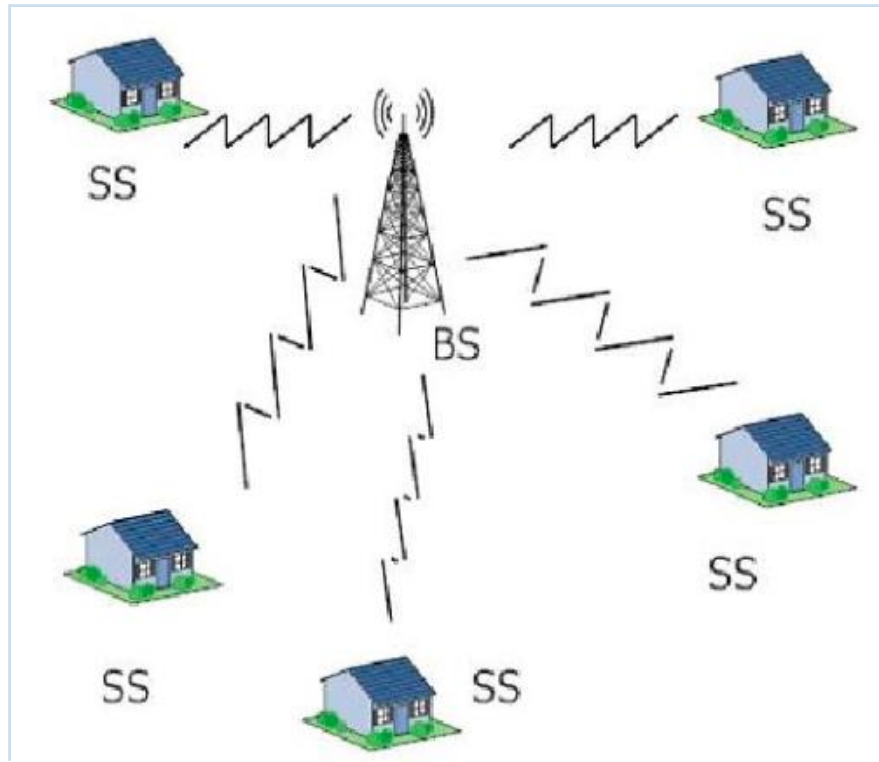
- 无线局域网WLAN
- 无线个域网WPAN
- 无线城域网WMAN
- 移动自组织网络MANET

- 无线城域网的基本概念
- WiMAX
- IEEE 802.16物理层
- IEEE 802.16MAC层

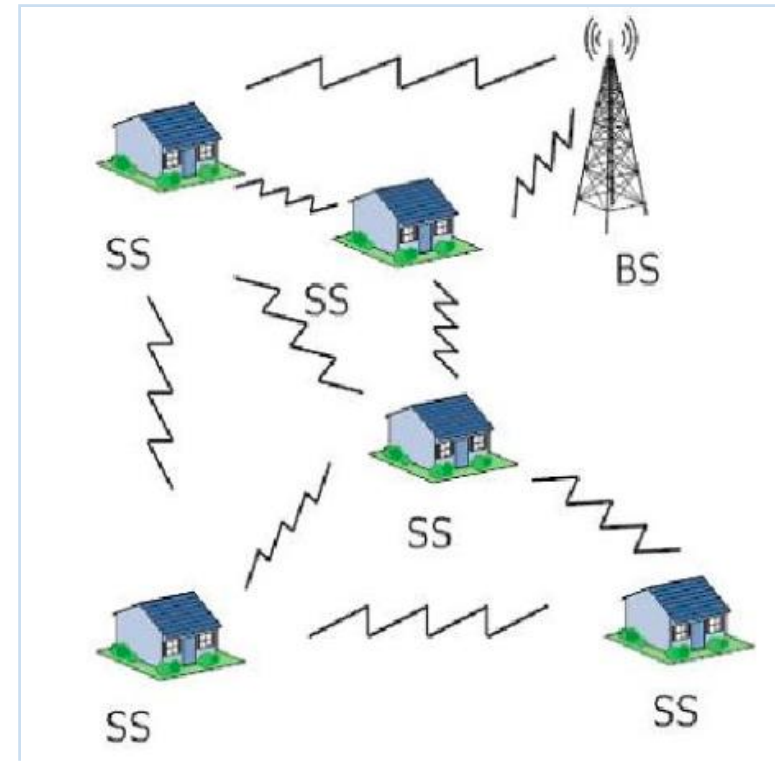
- 无线城域网可提供“最后一英里”的宽带无线接入（固定、移动和便携的），在许多场景，无线城域网可**替代现有的有线宽带接入**，又称为无线本地环路
  
- 无线城域网有两个正式标准
  - 2004年6月通过的**IEEE 802.16**修订版，即**IEEE 802.16d**，是**固定宽带-无线接入空中接口标准**（2-66HGz频段）
  - 2005年12月通过的**IEEE 802.16**增强版，即**IEEE 802.16e**，是支持**移动宽带-无线接入空中接口标准**（2-6GHz频段），向下兼容**802.16d**



	802.16	802.16a	802.16d	802.16e
标准情况	2001年12月正式发布	2003年1月正式发布	2004年6月23日获批	2005年底发布
使用频段	10~66GHz	<11GHz	10~66GHz <11GHz	<6GHz
信道条件	视距	非视距	视距+非视距	非视距
固定/移动性	固定	固定	固定+游牧	移动+漫游
调制方式	QPSK、16QAM 和64QAM	256OFDM (BPSK/QPSK/ 16QAM/64QAM)	256 OFDM (BPSK/QPSK/ 16QAM/64QAM) 2048 OFDMA	256 OFDM (BPSK/QPSK/ 16QAM/64QAM) 128/512/1024/2048 OFDMA
信道带宽	25/28MHz	1.25~20MHz	1.25~20MHz	1.25~20MHz
传输速率	32~134 Mbps (以28MHz 为载 波带宽)	在20 MHz信道上 提供约75 Mbps的 速率	在20 MHz信道上 提供约75 Mbps的 速率	在5 MHz 的信道 上提供约15 Mbps 的速率
额定小区 半径	<5km	5~10km	5~15km	几km



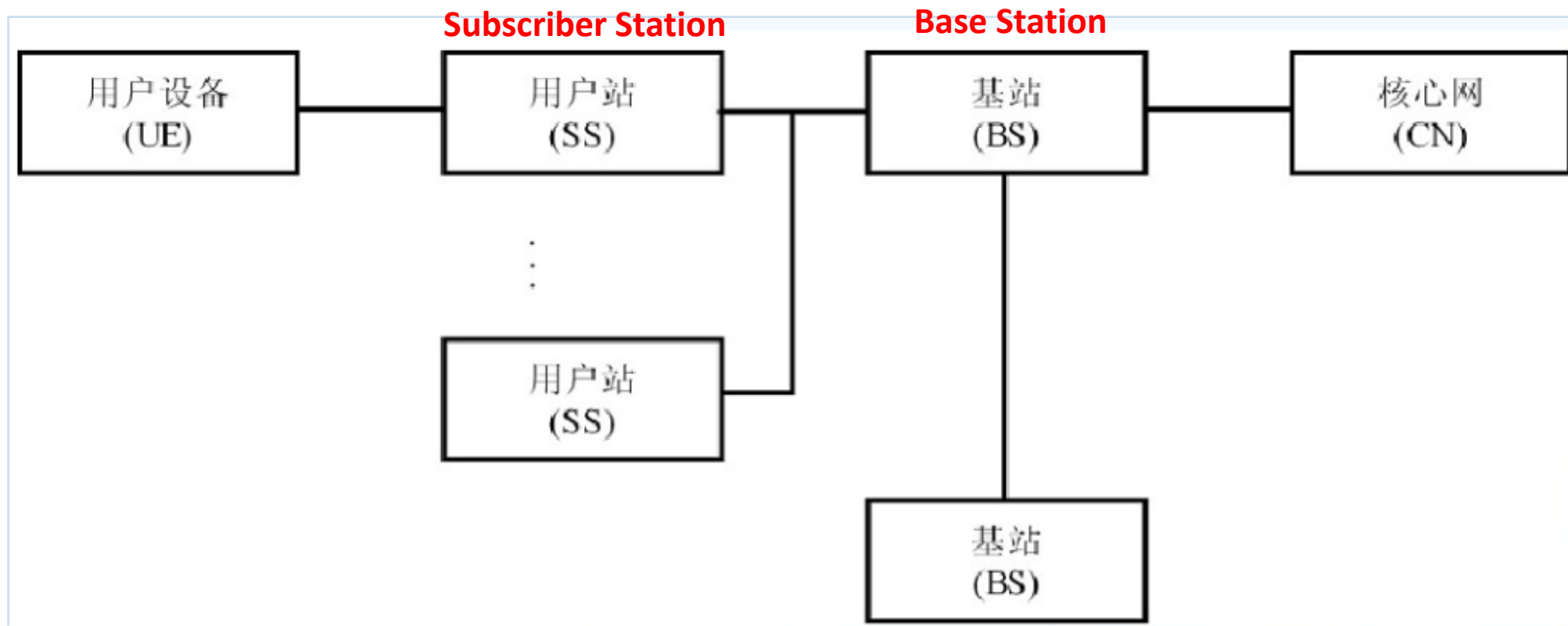
点到多点结构



MESH结构



- 网络实体：用户设备（UE）、用户站（SS）、基站（BS）和核心网（CN）



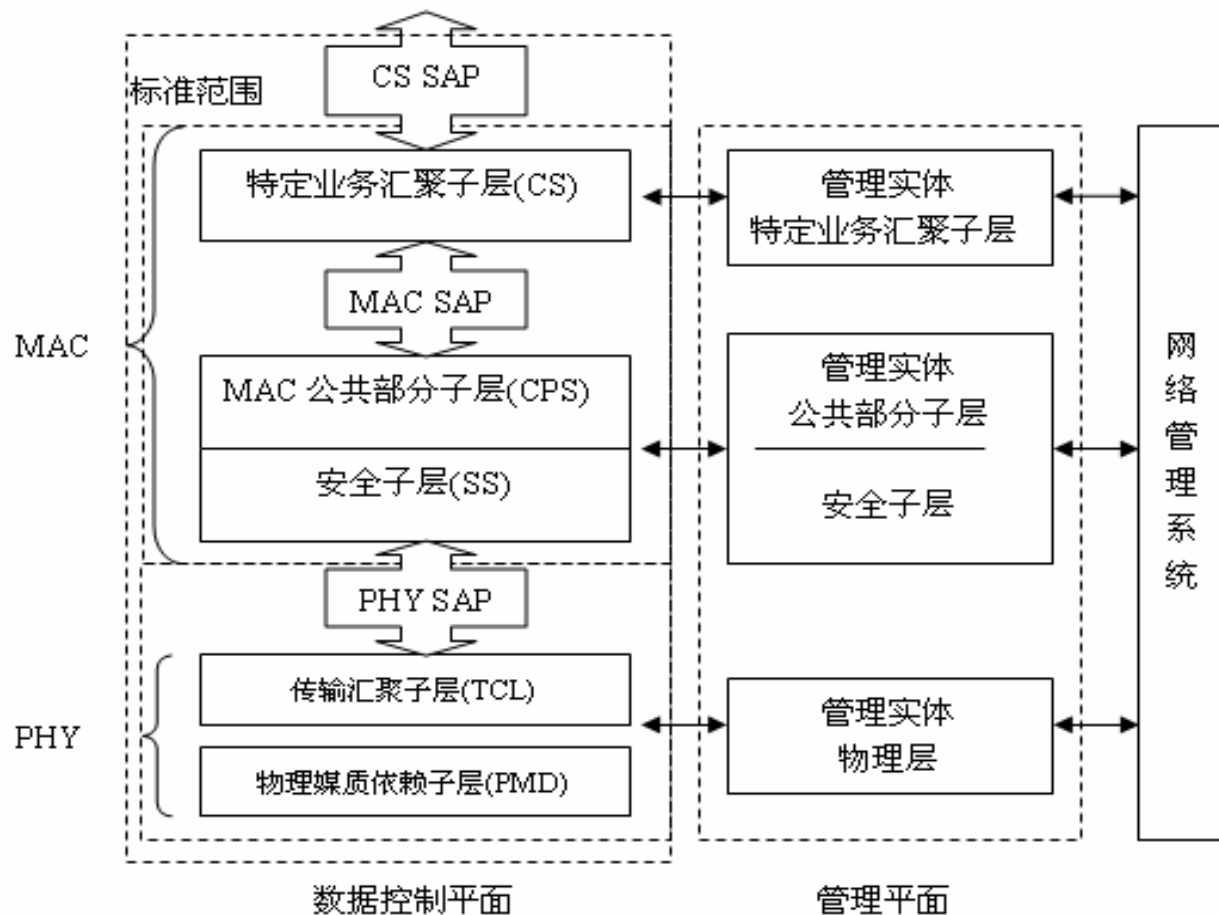
- 无线城域网的基本概念
- WiMAX
- IEEE 802.16物理层
- IEEE 802.16 MAC层

□ **WiMAX** (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), 即**全球微波互联接入**, 是一项无线城域网(**WMAN**)技术, 是针对**微波和毫米波**频段提出的一种空中接口标准

□ **WiMAX**是一项**宽带无线接入技术**, 能提供面向互联网的高速连接, 数据传输**距离最远可达50km**

□ **WiMAX**具有**QoS保障、传输速率高、业务丰富**等优点。 **WiMAX**采用**OFDM/OFDMA、MIMO**等先进技术, 随着技术标准的发展, **WiMAX**逐步实现**宽带业务的移动化**, 而**3G/4G/5G**则实现**移动业务的宽带化**, 两种网络逐渐融合

## □IEEE 802.16活动主要围绕空中接口展开



□IEEE 802.16e网络由SS、BS、ASA(认证和业务授权服务器)组成, ASA服务器实际上是AAA服务器, 提供认证、授权和计费功能

□IEEE 802.16e中定义了U (用户接口)、IB (基站之间接口) 和A (空中接口), A是指BS和SS之间的接口, IEEE 802.16标准仅规范数据控制平面, 不规范管理平面

□数据控制平面由物理层 (PHY) 和媒体接入控制层 (MAC) 组成

- 无线城域网的基本概念
- WiMAX
- IEEE 802.16物理层
- IEEE 802.16 MAC层

物理层类型	使用频段	基本特点
WMAN-SC	10-66GHz许可频段	采用单载波调制方式，视距传输，可选信道带宽20MHz、25MHz或28MHz，上行采用TDMA方式，双工方式可采用FDD和TDD
WMAN-SCa	<11GHz许可频段	采用单载波调制方式，非视距传输，允许信道带宽不小于1.25MHz，上行采用TDMA方式，可选支持自适应天线系统（AAS）、ARQ和空时编码（STC）等，双工方式可采用FDD和TDD
WMAN-OFDM	<11GHz许可频段	采用256个子载波的OFDM调制方式，非视距传输，可选支持AAS、ARQ、网格模式（Mesh）和STC等，双工方式可采用FDD和TDD
WMAN-OFDMA	<11GHz许可频段	采用2048个子载波的OFDM调制方式，非视距传输，允许信道带宽不小于1.0MHz，可选支持AAS、ARQ和STC等，双工方式可采用FDD和TDD
WHUMAN	<11GHz免许可频段	可采用SCa或OFDM或OFDMA调制方式，双工方式为TDD，必须支持动态频率选择（DFS），可选支持AAS、ARQ、Mesh和STC等

## 载波和信号带宽



□ 802.16d OFDM物理层采用256个子载波；OFDMA物理层采用2048个子载波，信号带宽从1.25 ~ 20MHz可变

□ 802.16e 对OFDMA进行了扩展，可支持2048点、1024点、512点和128点，适应不同地理区域从1.25MHz 到20MHz的信道带宽差异；采用256点OFDM或2048点OFDMA时，802.16e向下兼容802.16d，其它情况无法向下兼容

## 多址方式



□ 在多址方式方面，802.16d上行采用TDMA(时分多址)，下行采用TDM(时分复用)支持多用户传输

□ 另一种多址方式是OFDMA，以2048个子载波情况为例，系统将所有可用子载波分为32个子信道，每个子信道包含若干子载波。多用户多址采用和跳频类似方式实现，只是跳频的频域单位为一个子信道，时域单位为2或3个符号周期

## 频谱范围



❑需要大段毫米波频谱，工作在10-66GHz频段的毫米波进行直线传播，对建筑物或树等障碍物无穿透能力，要求基站和用户站视距（LOS）链路，限制了基站的覆盖范围

## 调制方式



❑信号强度随距离增加急剧衰减，信噪比随距离增加而下降，采用三种不同的单载波调制方案：对于距离较近的用户采用QAM-64（64相正交幅度调制）；中等距离的用户采用QAM-16，距离较远的用户使用QPSK（正交相移键控）

## 带宽使用



❑为更好使用带宽，IEEE 802.16可支持TDD和FDD两种无线双工方式，TDD实际是对每一帧时分多路复用，时隙动态分配给上行和下行流量，中间防护时间用来切换方向

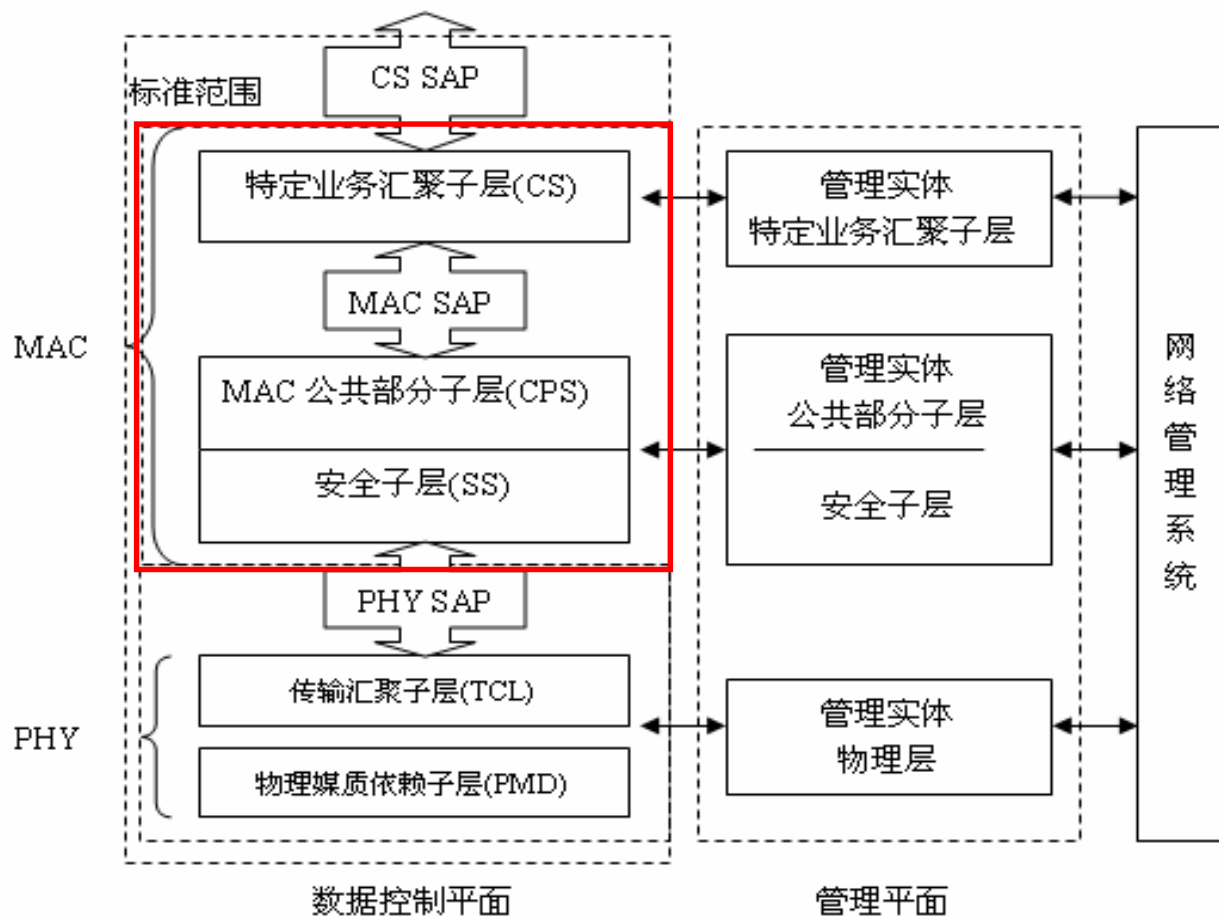
## 纠错技术



❑采用前向纠错技术，在物理层进行错误纠正



- 无线城域网的基本概念
- WiMAX
- IEEE 802.16物理层
- IEEE 802.16 MAC层



- ❑ **CS子层是MAC层与更高层的接口**，汇聚上层不同业务，将收到的外部网络数据转换为MAC业务数据单元，传递到SAP（业务接入点）。CS可实现对ATM、IP等协议数据的透明传输
- ❑ **CPS子层实现主要的MAC功能**，包括系统接入、带宽分配、连接建立和维护等，接收来自各种CS层的数据并分类到特定的MAC连接，同时对物理层上传输和调度的数据实施QOS控制
- ❑ **SS子层的主要功能是提供认证、密钥交换和加解密处理**，支持128位、192位及256位加密系统，并采用数字证书认证的方式，保证信息的安全传输

- ❑ 与CSMA/CA不同，IEEE 802.16采取的方式是在物理层将时间资源进行分片，通过时间片区分上下行，帧长度固定（上下行两个部分），上下行切换点通过MAC层的控制自适应调整，下行在先，上行在后
- ❑ 上行信道占用多个时隙，完成初始化、竞争、维护和业务传输等操作，占用时隙数目由BS的MAC层统一控制，并根据系统要求动态改变，下行消息通过广播发送，SS接收到消息后在MAC层提取检查消息的连接标识符（CID），判断出发给自己的消息。BS还可以单播和多播的方式向一个或一组SS发送消息
- ❑ 兼顾灵活性和公平性，SS均有机会发送数据，避免了长期竞争不到信道；每个SS只在属于自己的发送时段才发送数据，可以保证任何时刻，媒体上只有一个数据流传输，这种机制便于进行QoS、业务优先级及带宽等方面的控制

- ❑ **自动请求重传机制 (ARQ)**：接收端正确接收后发送确认信息ACK，否则发送否认信息NACK
- ❑ **混合自动重传请求 (H-ARQ)**：一种将ARQ与前向纠错编码结合在一起的技术，对于无法纠正的错误，采用停等重传机制
- ❑ **自适应调制编码 (AMC)**：根据信道情况的变化动态调整调制方式和编码方式

- 802.16是第一个提出在MAC层提供QOS保证的无线接入标准，为满足高速多媒体业务对延迟、带宽、丢失率等指标的更高要求，定义了一系列严格的QOS控制机制（均基于连接进行），为不同业务提供不同的质量服务
- 可根据业务实际需要动态分配带宽，为更好控制上行数据的带宽分配，802.16标准定义了四种不同的业务，对应四种上行带宽调制模式
  - **非请求带宽分配业务**：用于恒定比特率服务
  - **按时轮训业务**：周期性分配可变长度上行带宽和位速率可变的实时服务
  - **非实时轮训业务**：不定期分配可变长度上行带宽和位速率可变的非实时服务
  - **尽力而为业务**：尽可能利用空中资源传送数据，不会对高优先级的连接造成影响，尽力投递服务

- 无线局域网WLAN
- 无线个域网WPAN
- 无线城域网WMAN
- 移动自组织网络MANET

- 移动自组网的基本概念
- 移动自组网的特点
- 移动自组网的协议栈
- 移动自组网的MAC协议
- 移动自组网的路由协议

- 特殊环境（空旷）
- 临时会议/紧急情况
- 科学考察/探险/军事战场



无网络基础设施可用

- 接入网络服务商所需的时间和成本
- 现有服务和架构的性能或者能力



不想使用网络基础设施

- 用户可远离网络基础设施而保持与网络的连接



延伸网络设施的应用范围



□ **移动自组网** (Mobile AdHoc Network, MANET) 是由一组带有无线收发装置的移动节点组成的一个无线移动通信网络

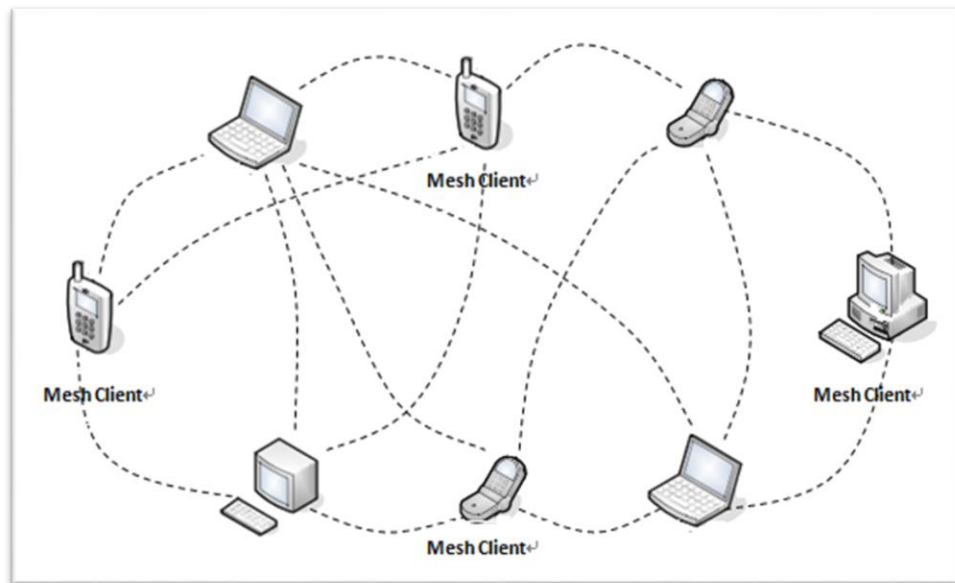
□ MANET网络不依赖于预设的基础设施临时组建

□ 移动节点利用自身的无线收发设备交换信息，当相互之间不在通信范围内时，可以借助其它中间节点来实现通信。中间节点帮助其它节点中继时，先接收前一个节点发送的分组，然后再向下一个节点转发以实现中继，所以也称为**分组无线网或多跳网**

□ MANET网络中每个终端可以自由移动、地位相等

□ MANET是一个多跳、临时、无中心网络

□ 可以在任何时候、任何地点快速构建



- 源自军事领域

- 20世纪70年代分组无线网 (PRNET)

- 1983年的抗毁自适应网络 (SURAN)

- 1994年的全球移动信息系统 (GloMo)

- IEEE802.11首次提出 “ad hoc”

- IETF1997年成立MANET工作组

- IRTF在2003成立了ANS 研究组

  - MANET:mobile ad hoc network

  - ANS: ad hoc network scalability

- 移动自组网的基本概念
- 移动自组网的特点
- 移动自组网的协议栈
- 移动自组网的MAC协议
- 移动自组网的路由协议

- **无固定基础设施组网**，支持动态配置和动态流控、网络协议是分布的
- **允许节点发生故障、离开网络或加入网络**，具备动态搜索、定位和恢复连接能力是MANET的基本要求，设计实现十分困难，固网很多通信机制都无法用于MANET
- **拓扑结构动态变化**（节点加入和退出频繁、节点本身的移动性），要求路由协议重新配置路由信息的机制反应迅速且开销小，使网络状态变化频繁和不可预测，要做到对网络状态的优化较难
- **节点能力有限**，节点依靠电池提供能量，能量决定节点的生存期，过分消耗节点能量会导致节点退出网络从而导致网络分割，影响网络的连通性，因此路由选择要综合考虑对能量进行优化
- **无线链路带宽有限、容量可变**，由于多接入、多径衰落、噪声和信号干扰，出现拥塞属于正常情况

- 移动自组网的基本概念
- 移动自组网的特点
- 移动自组网的协议栈
- 移动自组网的MAC协议
- 移动自组网的路由协议

应用与服务	
操作系统/中间件	
传输层	
网络层	
数据链路层	LLC
	MAC
物理层	

□**物理层**：包括射频电路、调制和信道编码系统

□**数据链路层**：负责在不可靠无线链路上建立可靠和安全的逻辑链路。功能包括差错控制、安全（加解密）、将网络层的分组组帧及重发，**MAC子层负责在一个区域的共享无线信道的移动节点之间分配时间-频率或者编码空间**

□**网络层**：负责分组的路由、建立网络服务类型以及在传输与链路层之间传输分组，还负责分组重新路由和移动管理

□**传输层**：提供有效可靠的数据传输服务

□**操作系统/中间层**：处理连接断开、适配支持以及无线设备中的功耗和服务质量管理

□**应用层**：处理固定和移动主机的任务分割、源编码、数字信号处理和移动环境下的场景适应

- 移动自组网的基本概念
- 移动自组网的特点
- 移动自组网的协议栈
- 移动自组网的MAC协议
- 移动自组网的路由协议

- 移动自组网没有类似于基站或是接入点（AP）的中心控制设备，因此无法使用集中控制方式
- 移动自组网的节点移动会导致信道相互改变
- 移动自组网是多跳网络，必须解决隐藏终端和暴露终端、资源空间重用等问题
- 移动自组网采用两种MAC协议
  - 异步MAC协议
  - 同步MAC协议



- 异步网络中每个节点都有自己的时间标准，一般不划分时隙，即使划分等长的时隙，其时间起点也不对准
- 异步MAC协议可以灵活根据数据分组大小为节点申请资源，而不受时隙大小的约束

- 由于自组网无基础设施的特性，因而实现全网精确的时钟同时往往要求节点配备有GPS或其它授时定位系统，或者采用分布式算法实现全网同步，但这两种方法都有各自的局限性
- 保证节点间的精确同步是MAC协议应用的一个重要问题
- 同步网络中的物理信道可进一步划分为帧和时隙，同步MAC协议中节点接入信道多依靠随机竞争方式，只是接入时间一定在时隙的开始时刻，分组的大小与时隙长度成倍数关系，这样可以减少冲突、避免信道的浪费
- 同步网络MAC协议对时隙分配方式一般分为三种
  - 中心分配方式（自组网不存在中心控制节点，不适用）
  - 固定分配方式（自组网节点数目可变，移动性和拓扑变化性，不适用）
  - 竞争方式

- 移动自组网的基本概念
- 移动自组网的特点
- 移动自组网的协议栈
- 移动自组网的MAC协议
- 移动自组网的路由协议

## □移动自组网路由协议主要包括

□**路径产生过程**：根据集中式或分布式的网络状态信息和用户业务需求生成路径，**网络状态信息**和**用户业务状态信息**的**收集与分发**是该过程的主要内容

□**路径选择过程**：根据网络状态信息和用户业务状态信息选择最恰当的路径

□**路径维护过程**：对所选择路径进行维护

## □移动自组网路由协议还需要具有以下特点

□采用分布式路由算法

□具有自适应能力，可适应快速变化的网络拓扑结构

□无环路

□控制开销少

□具有可宽展性，适用于大规模网络

□多跳是研究自组网路由协议的前提和基础，网的特性为自组网路由协议的设计提出了新的问题和挑战：

- 1、网络的自组性
- 2、动态变化的网络拓扑结构
- 3、有限的无线传输带宽
- 4、无线移动终端的局限性
- 5、单向信道的存在
- 6、分布式的控制网络
- 7、有限的网络安全
- 8、生存时间较短

- 监控网络拓扑结构的变化
- 交换路由信息
- 确定目的节点的位置
- 产生、维护以及取消路由
- 选择路由并转发数据

- 收敛迅速**：对拓扑结构的变化具有快速反应能力，在计算路由时能够快速收敛，及时获得有效的路由，避免出现目的节点不可达的情况
- 提供无环路由**：相比有线网，自组网更容易产生路由环路，无环路由更加重要
- 避免无穷计算**：链路失效经常发生，必须避免无穷计算，不采用或改进会出现无穷计算的算法
- 控制管理开销小**：传输控制管理分组也会消耗一部分带宽资源，需尽量减少控制管理开销
- 对终端性能无过高要求**
- 支持单向信道**：自组网可能经常出现单向信道，支持单向信道是路由算法基本要求
- 尽量简单实用**：简单有助于提高可靠性，有助于减少各种开销，路由应力求简单

□ 按需路由协议也称为反应式路由协议、源启动按需路由协议。需要路由时由源节点创建，拓扑结构和路由表内容是按需建立的

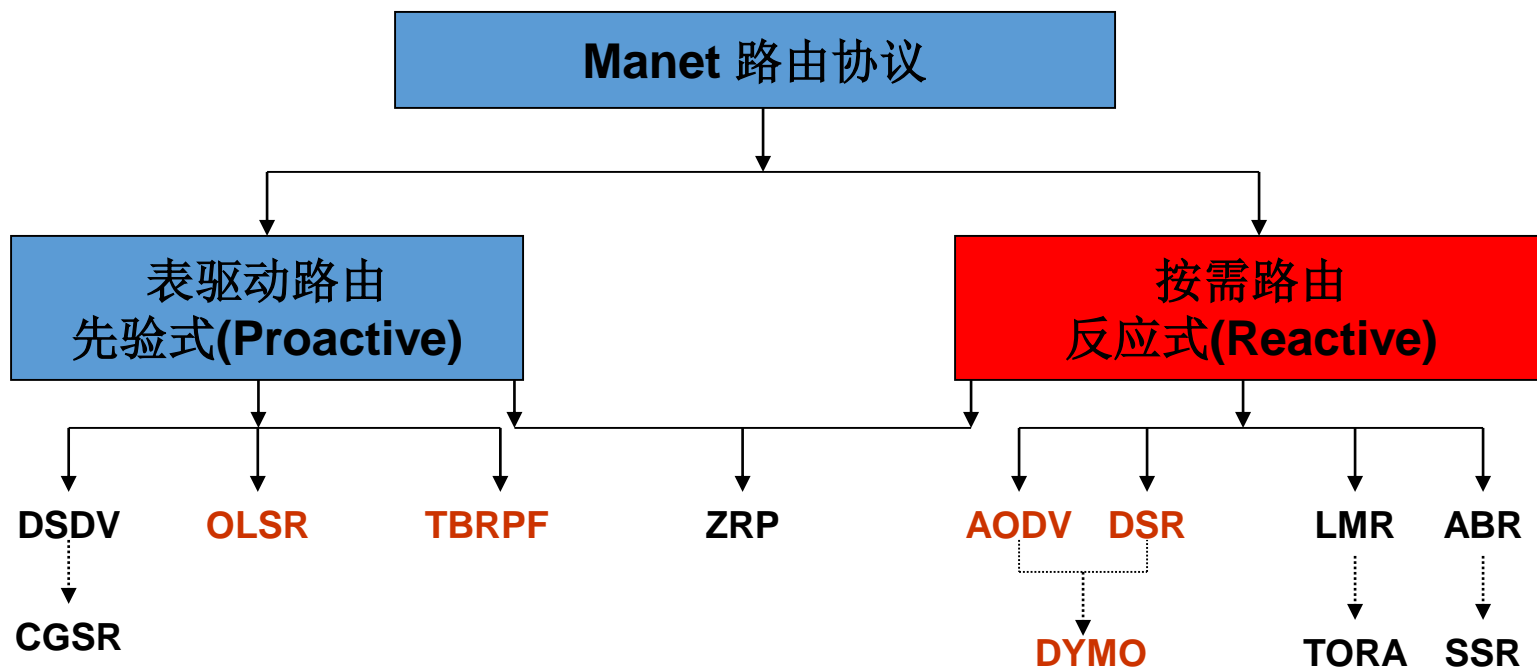
□ 按需路由包括三个过程

□ 路由发现过程

□ 路由维护过程

□ 路由拆除过程





□OLSR: Optimized Link State Routing  
□TBRPF: Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding

□AODV: Ad Hoc On Demand Distance Vector  
□DSR: Dynamic Source Routing  
DTMO: Dynamic MANET On-demand Routing

**The End !**