



计算机网络 (第5版)

Andrew S. Tanenbaum 编著
清华大学出版社

第 4 章

介质访问控制子层



4.4 无线局域网 WLAN

4.4.1

无线局域网的组成

4.4.2

802.11 局域网的物理层

4.4.3

802.11 局域网的 MAC 层协议

4.4.4

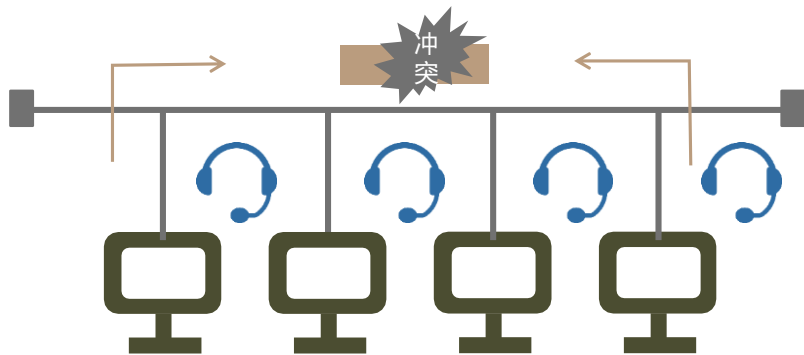
802.11 局域网的 MAC 帧



基于CSMA/CD的有线局域网

CSMA/CD控制机制

- 讲前先听
- 边讲边听



CSMA/CD设计理念：

- 发送前先侦听 减少冲突
- 发送时检测冲突 降低冲突浪费的带宽
- 重发随机等待 降低再次冲突的概率

?

无线局域网是否也能用**CSMA/CD**?



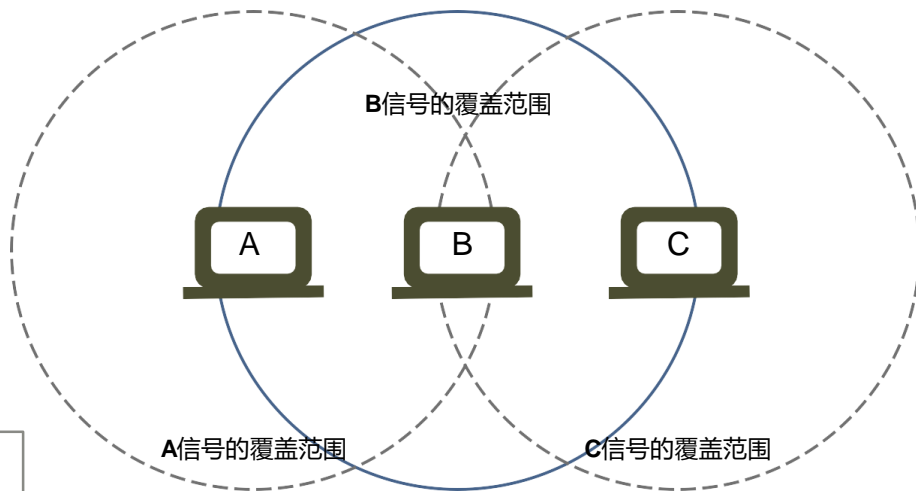
无线局域网

无线竞争系统

- 多个移动节点共享同一个空间
- 每个节点的信号覆盖范围有限
- **CSMA/CD**是否依然有效?

?

- 同一个空间中有节点在发送帧时所有节点能否都能侦听到?
- 无线网卡能否同时发送和接收?

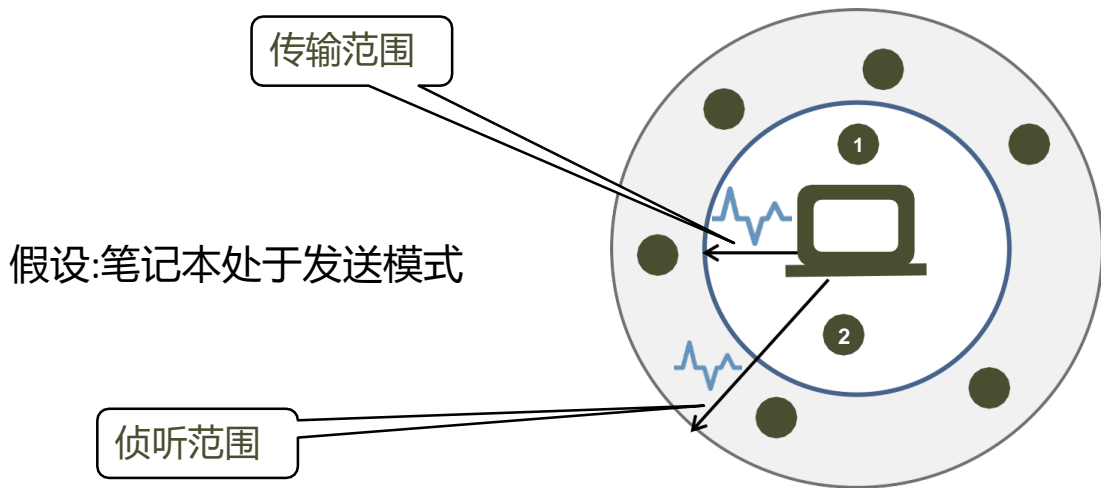




与发送相关的传输“范围”

传输范围(TX_range): 成功接收帧的通信范围, 取决于发送能量(天线能量)和无线电波传输特性。

侦听范围(PCS_range): 可检测到传输的范围, 取决于接收器灵敏度和无线电波传输特性。



当笔记本在发送数据时, 位于侦听范围的节点都能检测到笔记本发出的信号, 但只有其中一部分节点(位于传输范围内的两个节点) **才能成功接收数据帧**。

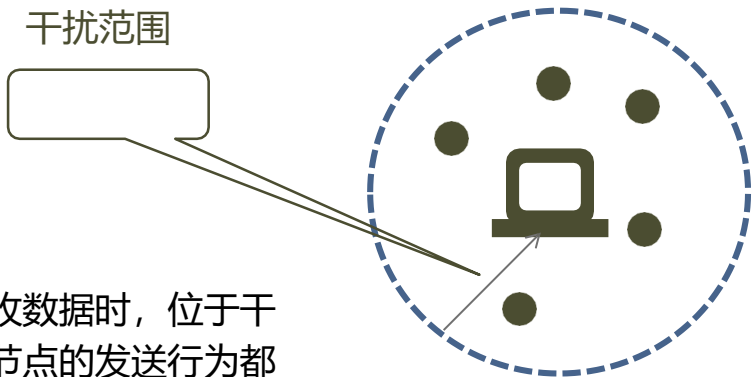




与接收相关的传输“范围”

干扰范围(IF_range): 此范围内节点发送帧将干扰接收方的接收并导致丢帧。

假设:笔记本处于接收模式

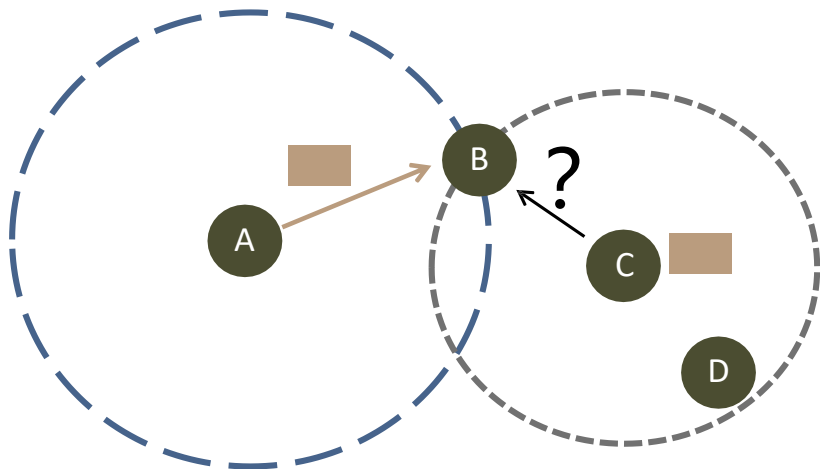


当笔记本在接收数据时，位于干扰范围内任何节点的发送行为都将破坏笔记本正在接收的数据。



“隐藏”节点问题

假设：**A**正在向**B**传输数据，**C**也要向**B**发送数据。



C不在**A**的侦听范围内，因而感知不到**A**的发送。此时**C**的发送行为将破坏到**A**发给**B**的数据信息。

没有侦听到载波
(信道空闲) \neq 可以传输

隐藏节点问题：由于距离太远而导致一个站点(C)无法检测到共享介质竞争对手(A)的存在。



MAC帧

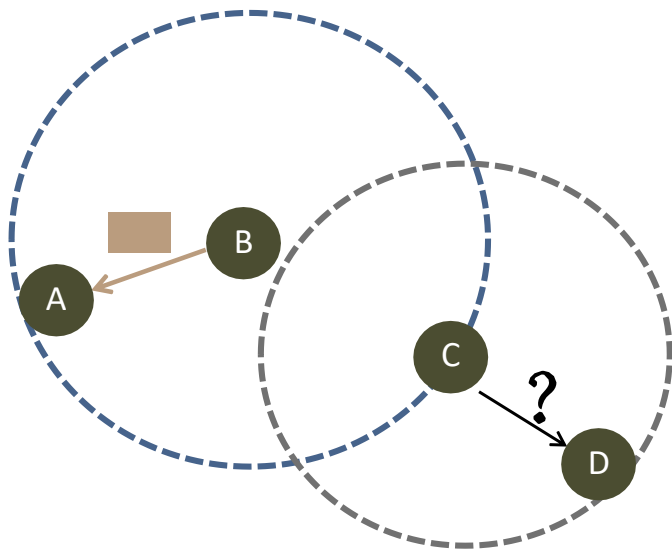


移动节点



“暴露”节点问题

假设：**B**正在向**A**传输数据，**C**要向**D**发送数据。



侦听到载波存在
(信道忙) \neq 不能传输

C在**A**的侦听范围内，因而能感知**A**的发送。按照**CSMA**原则，**C**将推迟自己的发送。但此时**C**的发送仅影响两个重叠区域。

暴露节点问题：由于(c)侦听到其他站点(b)的发送而误以为介质忙导致不能发送。



MAC帧



移动节点



无线局域网的介质访问控制

共享介质无线局域网特点

- **CSMA/CD**机制不适合基于共享介质的无线 局域网
- 一个节点的发送行为无法被所有节点感知
- 传统的无线收发器不能发送和接收并发工作



4.4.1 无线局域网的组成

- **无线局域网 WLAN (Wireless Local Area Network) 指采用无线通信技术的局域网。**
- **特点：**
 - 1. 提供了移动接入的功能**
 - 2. 节省投资，建网速度较快**
 - 3. 支持便携设备联网**
- **由于手机普及率日益增高，通过无线局域网接入到互联网已成为当今上网的最常用的方式。**



4.4.1 无线局域网的组成

- 便携站和移动站表示的意思并不一样。
- **便携站**：便于移动，但在工作时，其位置是固定不变的。
- **移动站**：不仅能够移动，还可以在移动的过程中进行通信。



4.4.1 无线局域网的组成

- 无线局域网 WLAN 可分为两大类：
 1. 有固定基础设施的 WLAN
 2. 无固定基础设施的 WLAN
- 所谓“固定基础设施”是指预先建立起来的、能够覆盖一定地理范围的一批固定基站。



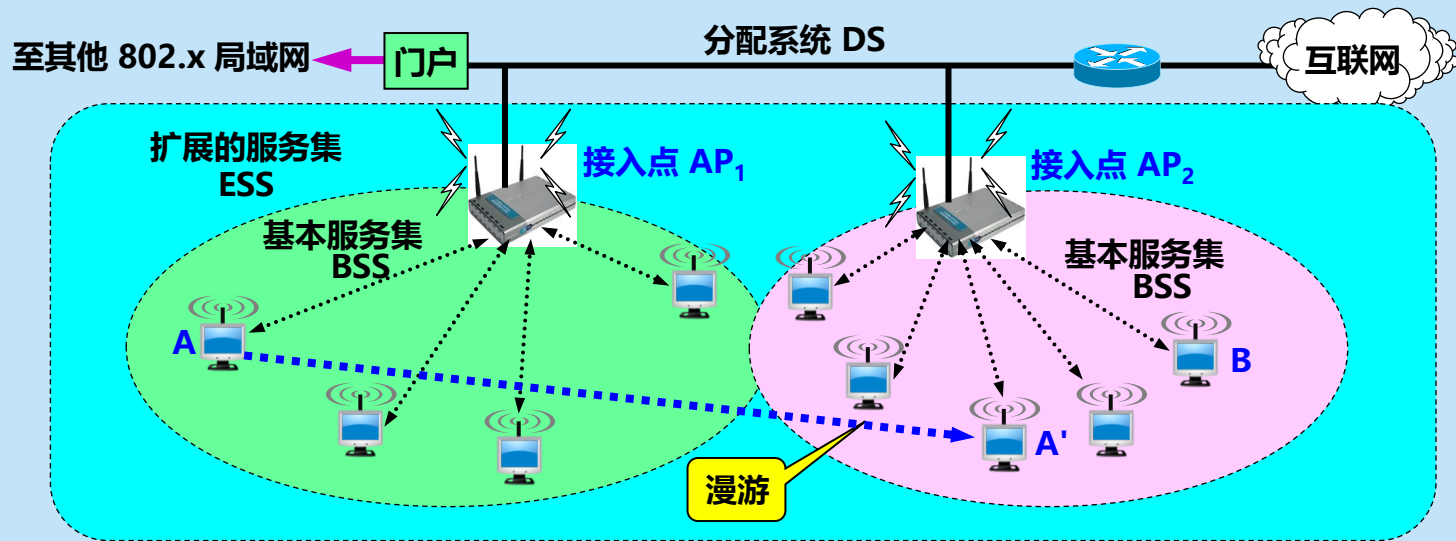
1. IEEE 802.11

- IEEE 802.11 是一个有固定基础设施的无线局域网的国际标准。
- IEEE 802.11 是个相当复杂的标准。但简单地说，**802.11 就是无线以太网的标准**：
 1. 它使用星形拓扑，其中心叫做**接入点** AP (Access Point)
 2. 在MAC层使用 **CSMA/CA** 协议
- 凡使用 802.11 系列协议的局域网又称为 **Wi-Fi** (Wireless-Fidelity，意思是“无线保真度”。



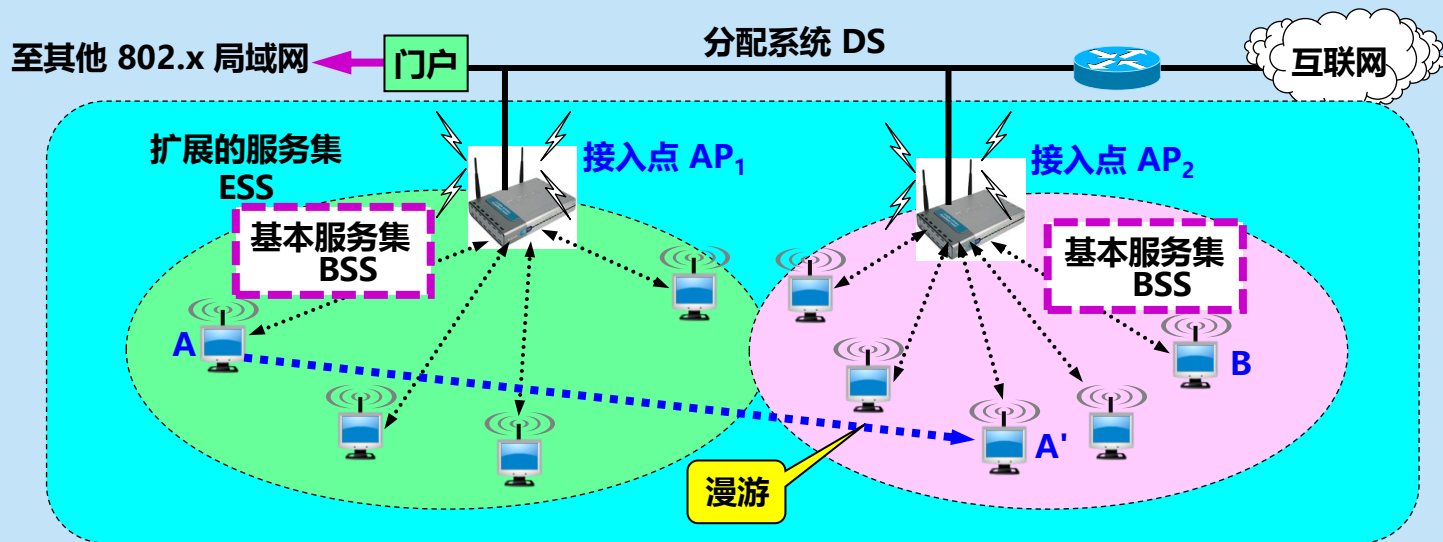
1. IEEE 802.11

IEEE 802.11 的基本服务集 BSS 和扩展服务集 ESS





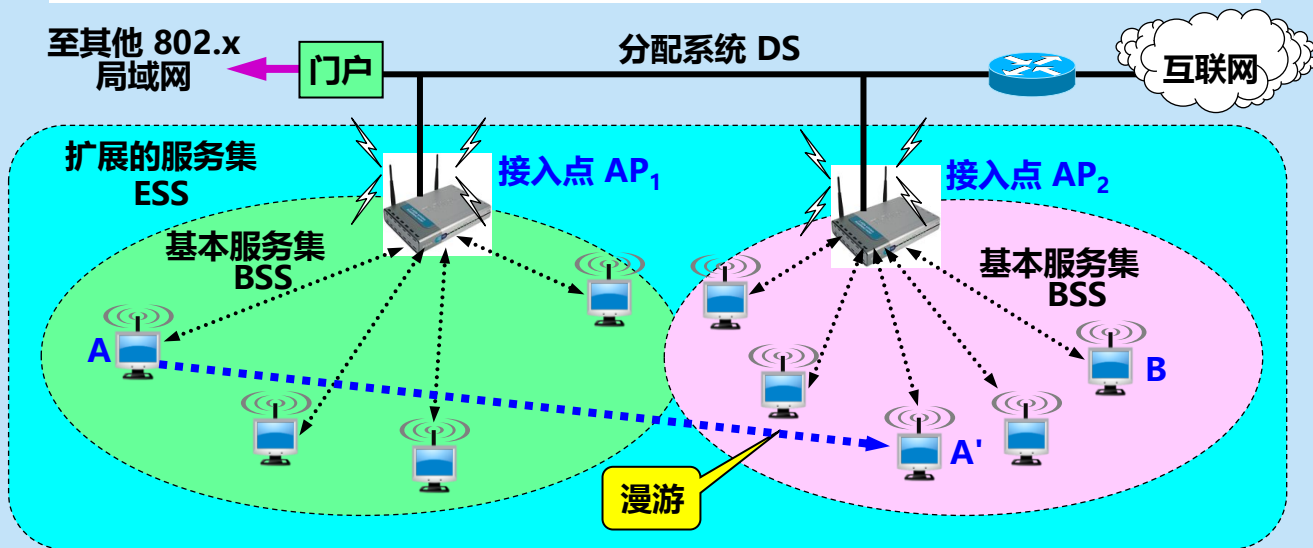
一个基本服务集 BSS 包括一个基站和若干个移动站，一个站无论要和本 BSS 的站进行通信，还是要和其他 BSS 的站进行通信，都必须通过本 BSS 的基站。





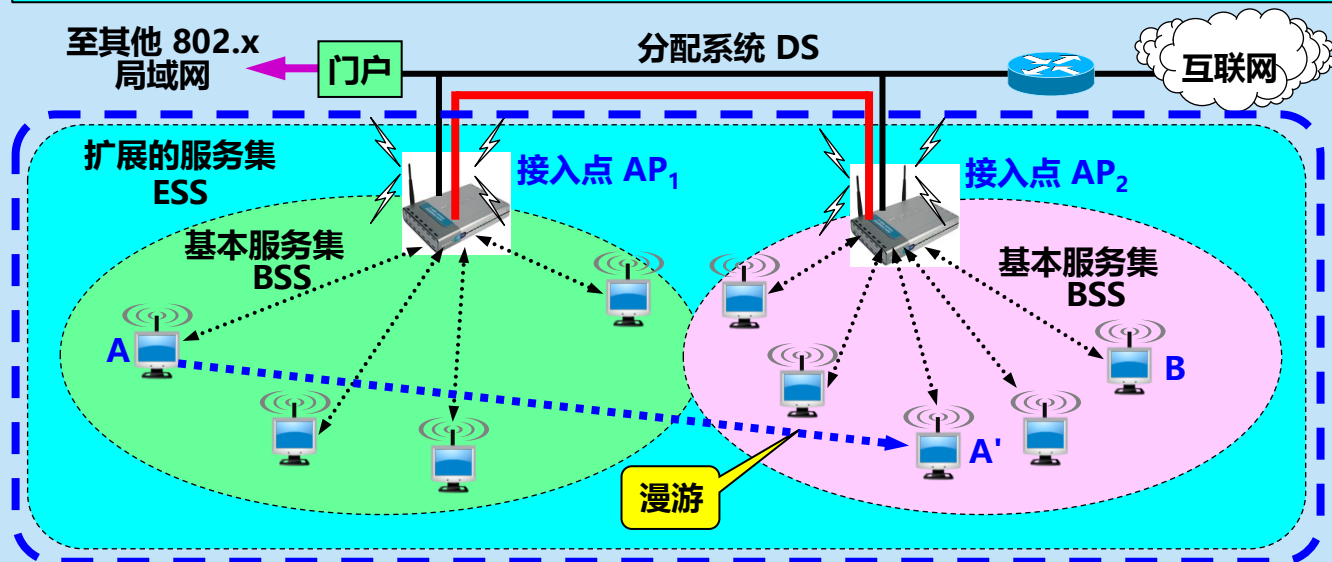
基本服务集内的基站叫做**接入点 AP** (Access Point)其作用和网桥相似。

当网络管理员安装 AP 时，必须为该 AP 分配一个不超过 32 字节的**服务集标识符 SSID** 和一个信道。



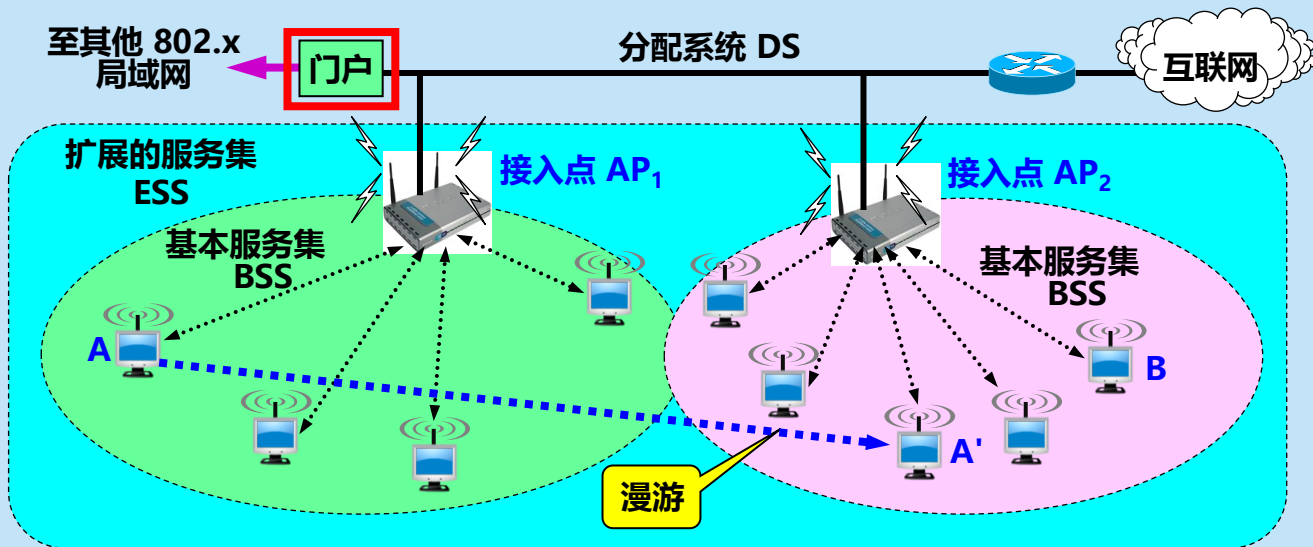


一个基本服务集可以是孤立的，也可通过接入点 AP 连接到一个**主干分配系统 DS** (Distribution System)，然后再接入到另一个基本服务集，构成**扩展的服务集 ESS** (Extended Service Set)。



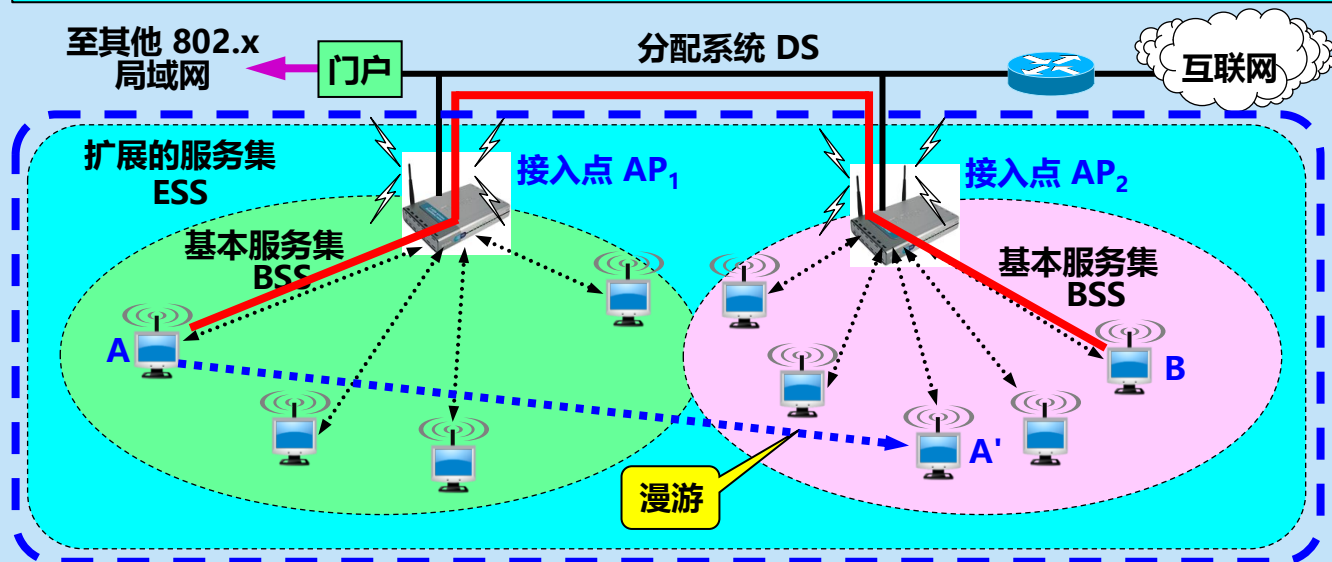


ESS 还可通过**门户 (portal)** 为无线用户提供到非 802.11 无线局域网 (例如, 到有线连接的互联网) 的接入。**门户的作用就相当于一个网桥。**



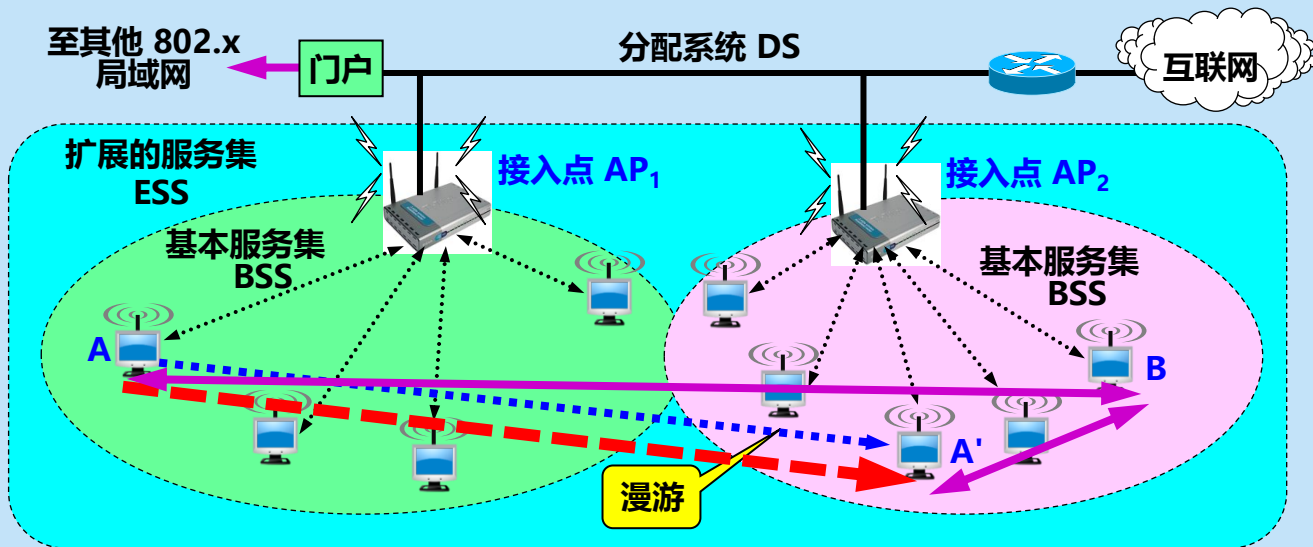


一个基本服务集可以是孤立的，也可通过接入点 AP 连接到一个**主干分配系统 DS** (Distribution System)，然后再接入到另一个基本服务集，构成**扩展的服务集 ESS** (Extended Service Set)。





移动站 A 从某一个基本服务集漫游到另一个基本服务集（到 A' 的位置），仍可保持与另一个移动站 B 进行通信。





建立**关联** (association)

- 一个移动站若要加入到一个基本服务集 BSS，就必须先选择一个接入点 AP，并与此接入点**建立关联** (association)。
- 建立关联就表示这个移动站加入了选定的 AP 所属的子网，并和这个 AP 之间创建了一个**虚拟线路**。
- 只有关联的 AP 才能向这个移动站发送数据帧，而这个移动站也只有通过关联的 AP 才能向其他站点发送数据帧。



重建关联 (reassociation) 和分离 (dissociation)

- 若移动站使用重建关联 (reassociation) 服务, 就可把这种关联转移到另一个接入点。
- 当使用分离 (dissociation) 服务时, 就可终止这种关联。



移动站与 AP 建立关联的方法

- **被动扫描**：移动站等待接收接入站周期性发出的**信标帧** (beacon frame)。信标帧中包含有若干系统参数（如服务集标识符 SSID 以及支持的速率等）。
- **主动扫描**：移动站主动发出**探测请求帧** (probe request frame)，然后等待从 AP 发回的**探测响应帧** (probe response frame)。



热点 (hot spot)

- **热点**就是公众无线入网点。
- 由许多热点和 AP 连接起来的区域叫做**热区** (hot zone)。
- 用户可以通过无线信道接入到**无线互联网服务提供者** WISP (Wireless Internet Service Provider) , 然后再经过无线信道接入到互联网。



接入安全

- 无线局域网用户在和附近的接入点AP建立关联时，一般还要键入用户密码。
- 初期的接入加密方案称为 WEP (Wired Equivalent Privacy, 意思是有线等效的保密) 。
- 现在的接入加密方案为 WPA (WiFi Protected Access, 意思是“无线局域网受保护的接入”) 或 WPA2 。

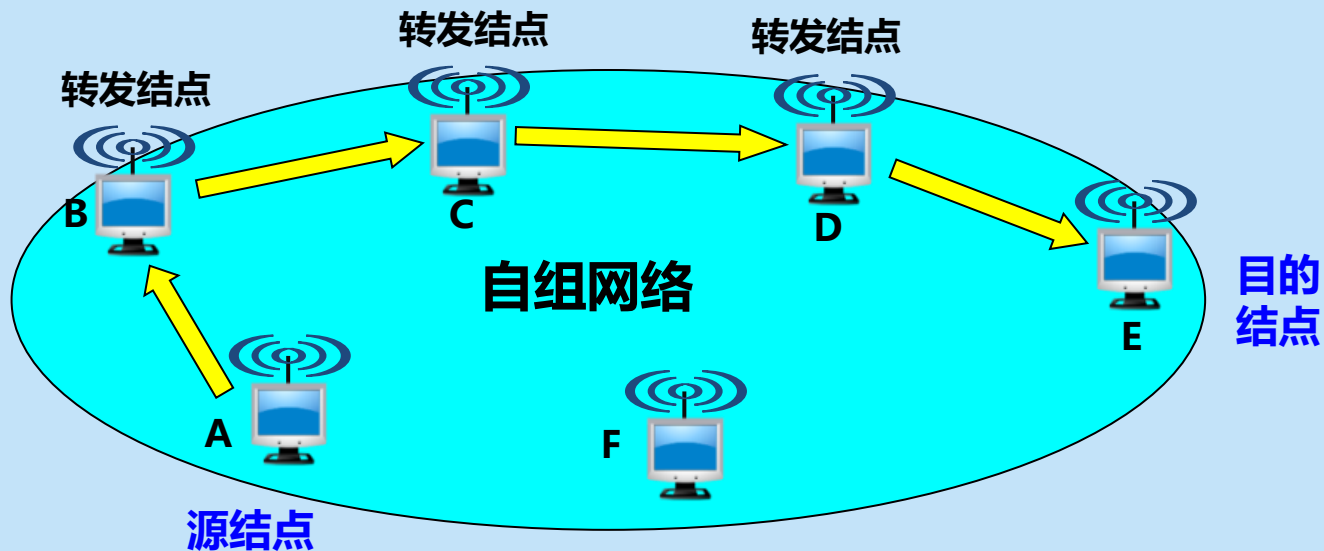


2. 移动自组网络

- 移动自组网络又称为**自组网络** (ad hoc network) 。
- 自组网络是没有固定基础设施（即没有 AP）的无线局域网。
- 这种网络是由一些处于平等状态的移动站之间相互通信组成的临时网络。



2. 移动自组网络



三个主要问题：路由选择协议，多播，安全。



2. 移动自组网络

- 自组网络的服务范围通常是受限的，而且一般也不和外界的其他网络相连接。
- 移动自组网络也就是移动分组无线网络。



移动自组网络的应用前景

- 携带了移动站的作战人员可利用临时建立的移动自组网络进行通信。
- 作战的地面车辆群和坦克群，以及海上的舰艇群、空中的机群组网。
- 在抢险救灾时，迅速组建移动自组网络实现通信。

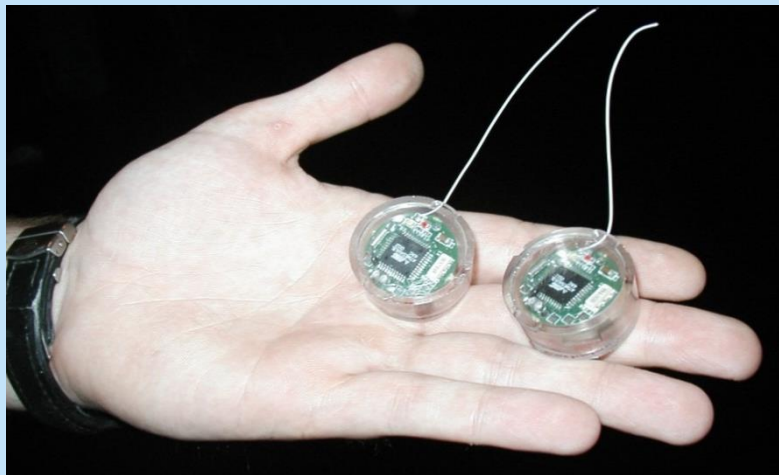


无线传感器网络 WSN

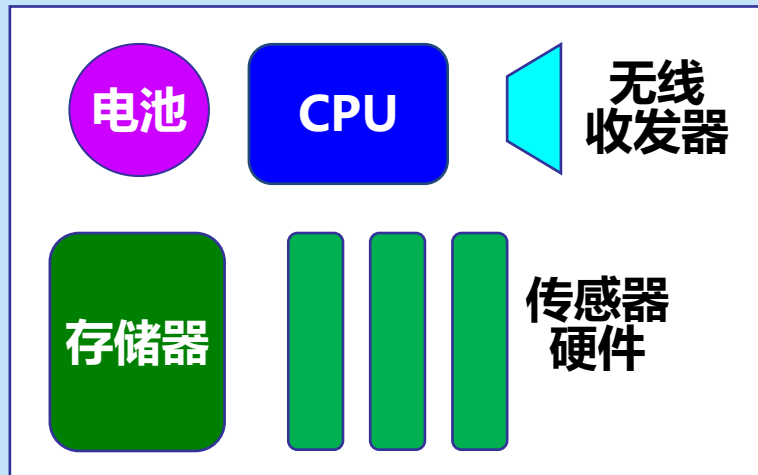
- **无线传感器网络 WSN** (Wireless Sensor Network) 是由大量**传感器**结点通过无线通信技术构成的**自组网络**。
- 无线传感器网络的应用是进行各种数据的采集、处理和传输。
- 特点：
 1. 不需要很高的带宽，**必须保持低功耗**。
 2. 对协议栈的大小有严格的限制。
 3. 对网络安全性、结点自动配置、网络动态重组等方面有一定的要求。



传感器结点的形状和组成



(a) 形状



(b) 组成



无线传感器网络主要的应用领域

- 无线传感器网络主要的应用领域就是组成各种**物联网** IoT (Internet of Things) , 例如:
 1. 环境监测与保护;
 2. 战争中对敌情的侦查和对兵力、装备、物资等的监控;
 3. 医疗中对病房的监测和对患者的护理;
 4. 在危险的工业环境中的安全监测;
 5. 城市交通管理、建筑内的温度/照明/安全控制等。



移动自组网络**不同于**移动 IP

- **移动 IP** 技术使漫游的主机可以用多种方式连接到互联网。
- **移动 IP** 的核心网络功能仍然是基于在固定互联网中一直在使用的各种路由选择协议。
- **移动自组网络**是将移动性扩展到无线领域中的自治系统，它具有自己特定的路由选择协议，并且可以不和互联网相连。



4.4.2 802.11 局域网的物理层

- 802.11 标准中物理层相当复杂。根据物理层的不同（如工作频段、数据率、调制方法等），对应的标准也不同。

标准	频段	数据速率	物理层	优缺点
802.11b (1999年)	2.4 GHz	最高 11 Mbit/s	扩频	最高数据率较低，价格最低，信号传播距离最远，且不易受阻碍
802.11a (1999年)	5 GHz	最高 54 Mbit/s	OFDM	最高数据率较高，支持更多用户同时上网，价格最高，信号传播距离较短，且易受阻碍
802.11g (2003年)	2.4 GHz	最高 54 Mbit/s	OFDM	最高数据率较高，支持更多用户同时上网，信号传播距离最远，且不易受阻碍，价格比 802.11b 贵
802.11n (2009年)	2.4 / 5 GHz	最高 600 Mbit/s	MIMO OFDM	使用多个发射和接收天线达到更高的数据传输率。当使用双倍带宽 (40 MHz) 时速率可达 600 Mbit/s



4.4.2 802.11 局域网的物理层

- 802.11 的物理层有以下几种实现方法：

1. 直接序列扩频 DSSS
2. 正交频分复用 OFDM
3. 跳频扩频 FHSS （已很少用）
4. 红外线 IR （已很少用）



4.4.3 802.11 局域网的 MAC 层协议

1. CSMA/CA 协议

- 无线局域网不能简单地搬用 CSMA/CD 协议。因为：
 1. “碰撞检测”要求一个站点在发送本站数据的同时，还必须不间断地检测信道，但接收到的信号强度往往会远远小于发送信号的强度，在无线局域网的设备中要实现这种功能就**花费过大**。
 2. 即使能够实现碰撞检测的功能，并且在发送数据时检测到信道是空闲的时候，在接收端仍然有**可能发生碰撞**。



CSMA/CA 协议

- 无线局域网不能使用 CSMA/CD，而只能使用改进的 CSMA 协议。
- 改进的办法是把 CSMA 增加一个碰撞避免 CA (Collision Avoidance) 功能。
- 802.11 就使用 CSMA/CA 协议。在使用 CSMA/CA 的同时，还增加使用停止等待协议。



IEEE 802.11介质访问控制和协议栈

802.11 MAC设计目标

- 单个**MAC**支持多个**PHY**
- 抗干扰能力强
- 处理隐藏节点问题
- 支持实时服务、**QoS**
- 重载下可扩展且稳定
- 提供节能模式
- 提供私密性和访问控制

IEEE 802.11协议栈





IEEE 802.11标准内容

IEEE802.11标准：局域网内固定的、便携的和可移动节点的无线连接规范。

三大功能

- ① 访问控制机制
- ② 可靠数据传递
- ③ 安全保障机制

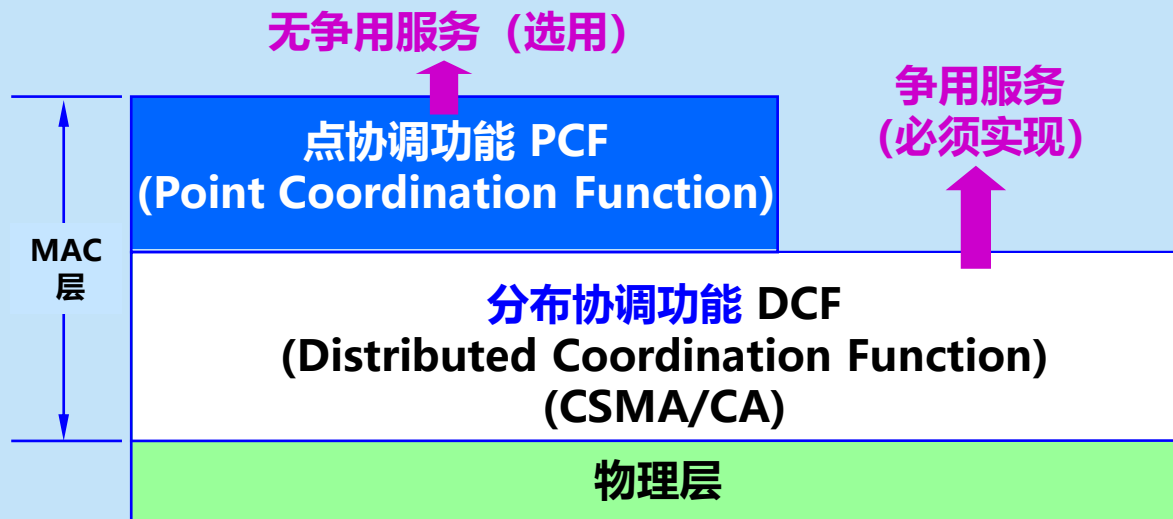
IEEE 802.11标准

- **CSMA/CA**协议（载波侦听多路访问/冲突避免）
- **RTS/CTS**机制（用来解决“隐藏/暴露”节点问题）
- 将包分成小帧：在噪声干扰大的地区把包分成小帧传送以降低重传成本
- 多信道漫游：移动节点能动态调频到**AP**设定的频带



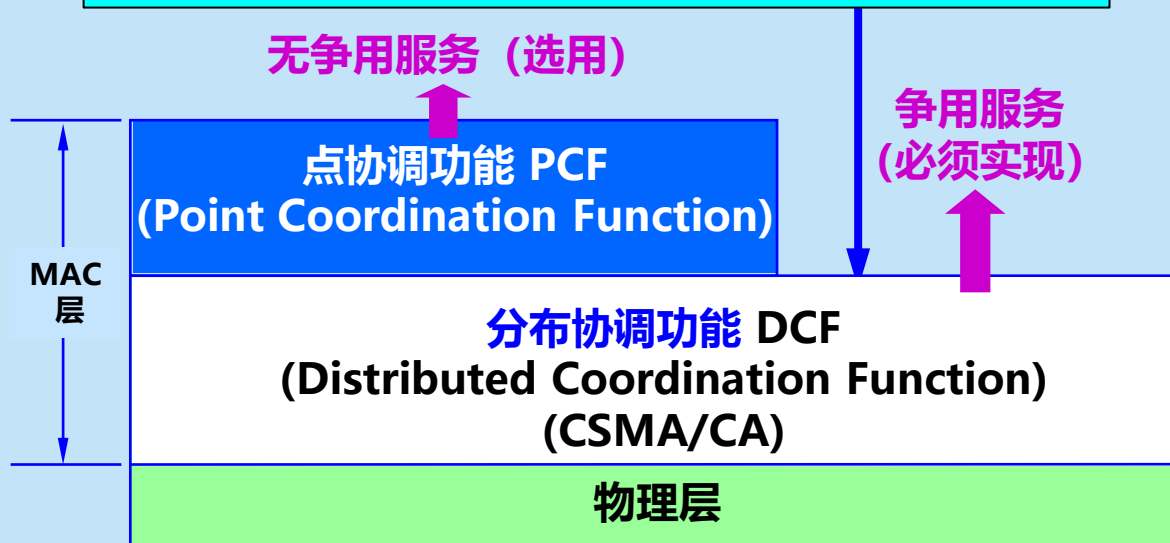
802.11 的 MAC 层

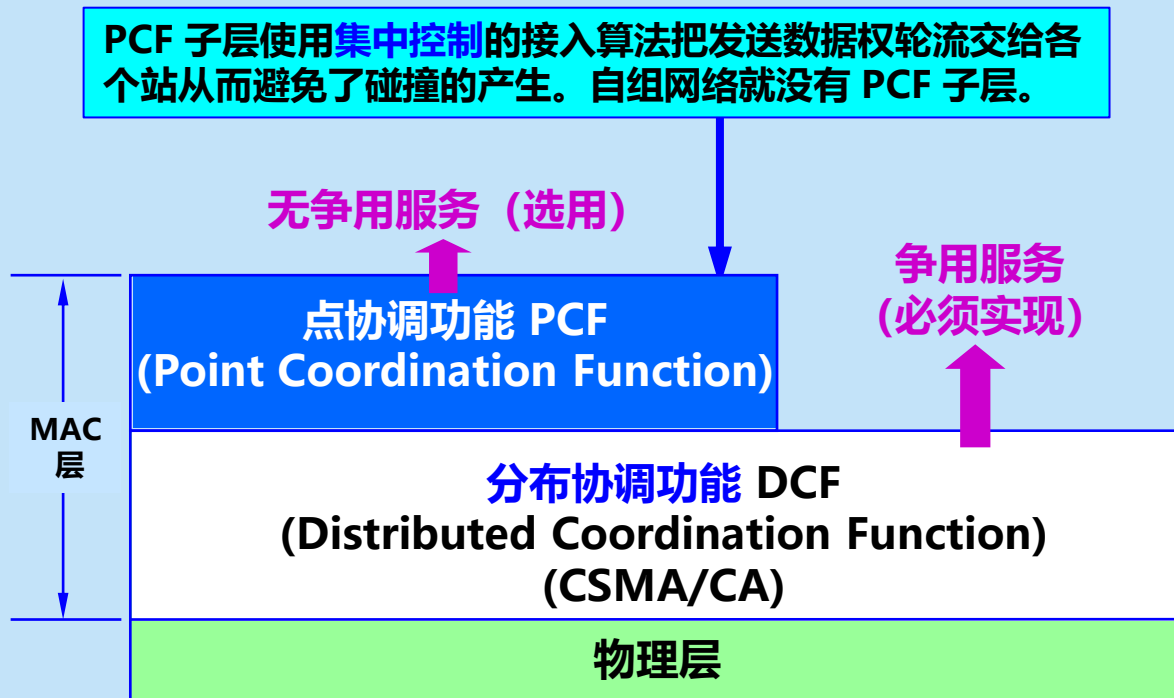
MAC 层通过**协调功能**来确定在基本服务集 BSS 中的移动站在什么时间能发送数据或接收数据。





DCF 子层在每一个结点使用 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。因此 DCF 向上提供**争用服务**。







帧间间隔 IFS

- 所有的站在完成发送后，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。



优先级——控制等待时间的参数

帧间隔定义帧优先级

- **SIFS (Short IFS)**
- **PIFS (PCF IFS)**
- **DIFS (DCF IFS)**

最高优先级 SIFS

- **ACK**
- **CTS**
- **AP轮询响应**

中等优先级 PIFS= SIFS+1

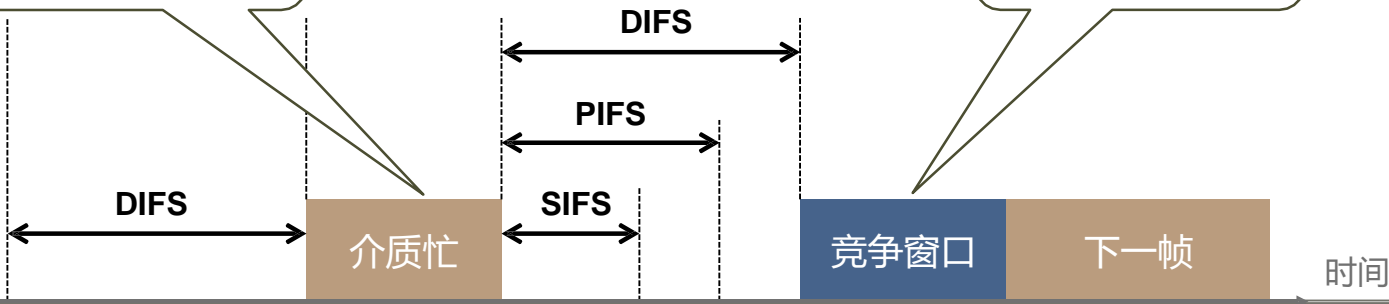
使用**PCF**的时
限服务

最低优先级 DIFS= SIFS+ 2

异步数据服务

介质空闲时间大于
DIFS则直接访问

后退算法选择随
机等待时间

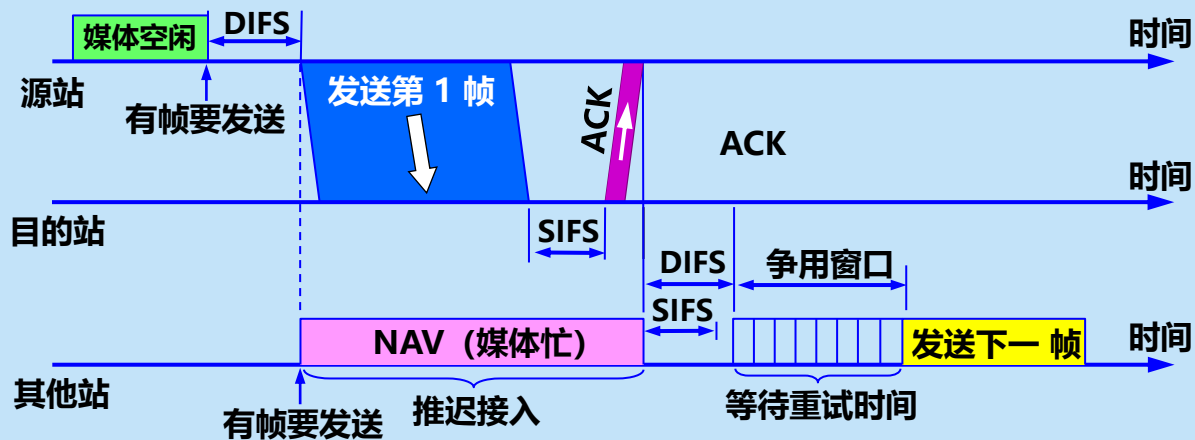




两种常用的帧间间隔

SIFS, 即短 (Short) 帧间间隔, 长度为 $28\ \mu\text{s}$, 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。

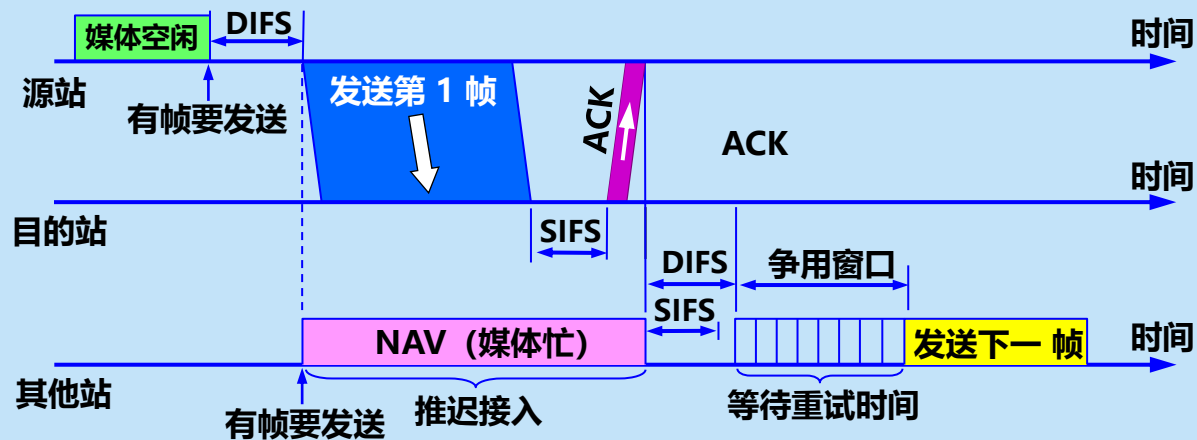
使用 SIFS 的帧类型有: ACK 帧、CTS 帧、由过长的 MAC 帧分片后的数据帧, 以及所有回答 AP 探测的帧和在 PCF 方式中接入点 AP 发送出的任何帧。





两种常用的帧间间隔

DIFS，即**分布协调功能帧间间隔**，它比 **SIFS** 的帧间间隔要长得多，长度为 $128\ \mu\text{s}$ 。在 DCF 方式中，DIFS 用来发送数据帧和管理帧。



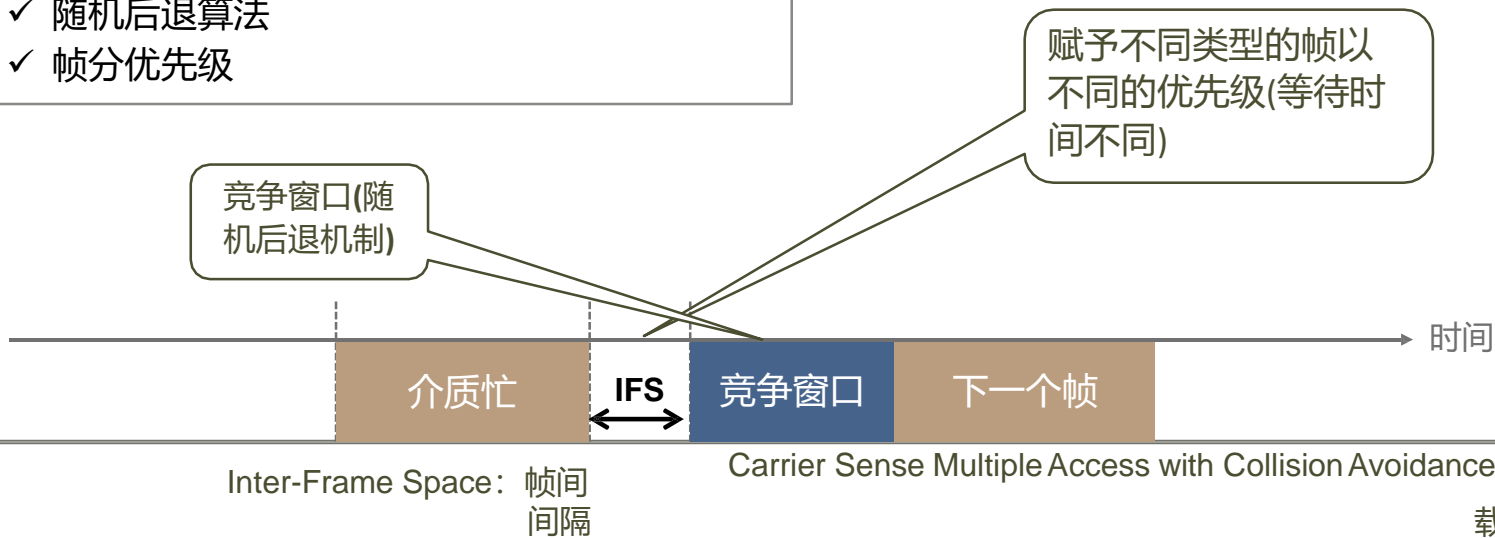


基本DCF中的CSMA/CA

CSMA/CA基本思想

- 载波侦听 (**CSMA**)
 - ✓ 如果介质为空, 则节点传输帧
 - ✓ 如果介质为忙, 则等待直到当前传输结束
- 冲突避免 (**Collision Avoidance**)
 - ✓ 随机后退算法
 - ✓ 帧分优先级

带冲突避免的载波侦听协议: 网络节点侦听载波是否存在(即有无传输)并随之采取随机发送的行动, 以便降低发生冲突的概率。





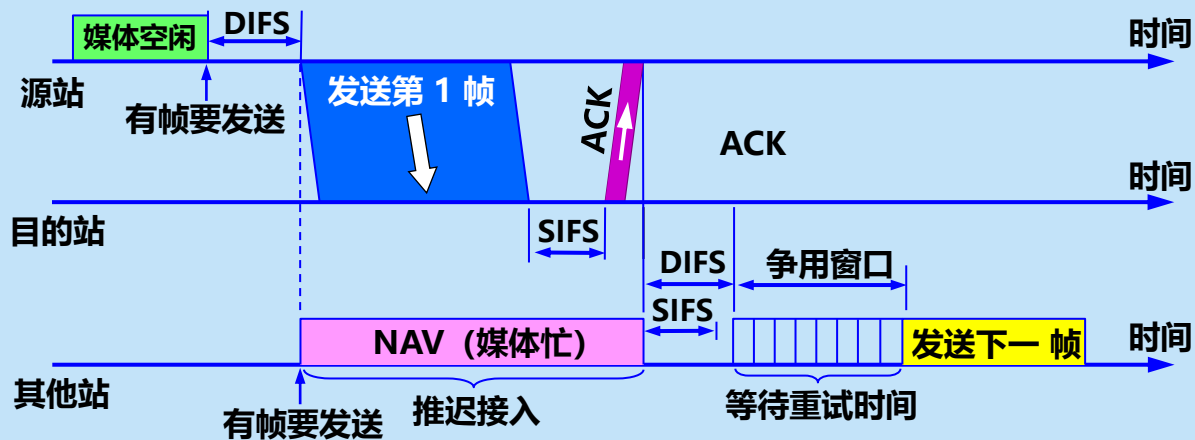
CSMA/CA 协议的原理

- 欲发送数据的站先检测信道。在 802.11 标准中规定了在物理层的空中接口进行物理层的载波监听。
- 通过收到的相对信号强度是否超过一定的门限数值就可判定是否有其他的移动站在信道上发送数据。
- 当源站发送它的第一个 MAC 帧时，若检测到信道空闲，则在等待一段时间 **DIFS** 后就可发送。



CSMA/CA 协议的原理

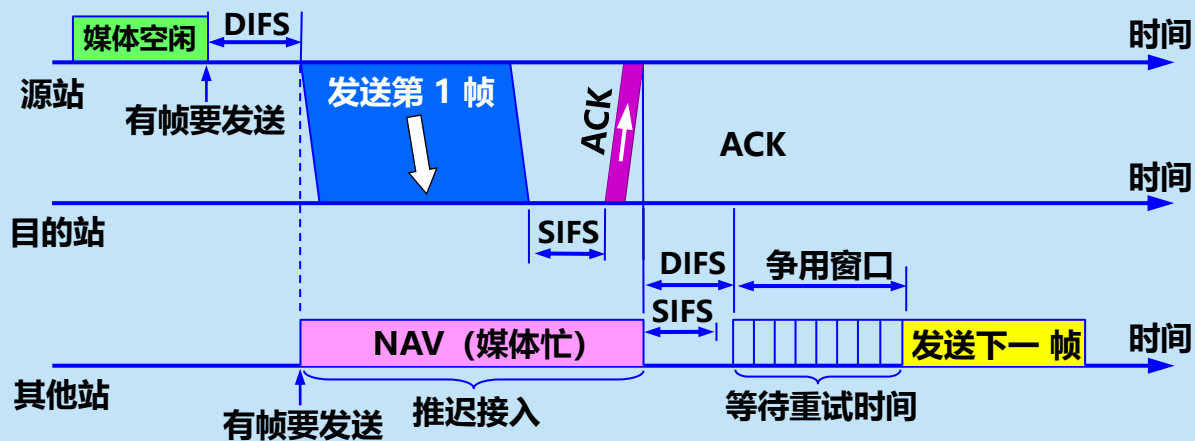
当源站发送它的第一个 MAC 帧时，若检测到信道空闲，则在等待一段时间 DIFS 后，信道若仍然空闲，就开始发送。





CSMA/CA 协议的原理

目的站若正确收到此帧，则经过时间间隔 SIFS 后，向源站发送确认帧 ACK。





为什么信道空闲还要再等待

- 这是考虑到可能有其他的站有高优先级的帧要发送。
- 如有，就要让高优先级帧先发送。



假定没有高优先级帧要发送

- 源站发送了自己的数据帧。
- 目的站若正确收到此帧，则经过时间间隔 SIFS 后，向源站发送**确认帧 ACK**。
- 若源站在**规定时间**内没有收到确认帧 ACK（由重传计时器控制这段时间），就必须**重传**此帧，直到收到确认为止，或者经过若干次的重传失败后放弃发送。



虚拟载波监听

- **虚拟载波监听** (Virtual Carrier Sense) 的机制是让源站将它要占用信道的时间（包括目的站发回确认帧所需的时间）**通知给所有其他站**，以便使其他所有站在这一段时间都停止发送数据。这样就大大减少了碰撞的机会。
- **“虚拟载波监听”** 是指：其他站实际上并没有监听信道，而是由于其他站收到了“源站的通知”才不发送数据。



虚拟载波监听

- 所谓“源站的通知”就是源站在其 MAC 帧首部中的**第二个字段“持续时间”**中填入了在本帧结束后还要占用信道多少时间（以微秒为单位），包括目的站发送确认帧所需的时间。



网络分配向量

- 当一个站检测到正在信道中传送的 MAC 帧首部的“持续时间”字段时，就调整自己的**网络分配向量** NAV (Network Allocation Vector)。
- **NAV 指出**：必须经过多少时间才能完成数据帧的这次传输，才能使信道转入到空闲状态。



争用窗口

- 信道从忙态变为空闲时，任何一个站要发送数据帧时，不仅都必须等待一个 DIFS 的间隔，而且还要进入**争用窗口**，并计算随机退避时间以便再次重新试图接入到信道。
- 在信道从忙态转为空闲时，为了避免几个站同时发送数据（一旦发送就要把一帧发送完，不能中途停止），各站就要执行退避算法，以减少发生碰撞的概率。
- 802.11 使用二进制指数退避算法。



二进制指数退避算法

- 第 i 次退避就在 2^{2+i} 个时隙中随机地选择一个，即：第 i 次退避是在时隙 $\{0, 1, \dots, 2^{2+i} - 1\}$ 中随机地选择一个。
- 第 1 次退避是在 8 个时隙中随机选择一个。
- 第 2 次退避是在 16 个时隙中随机选择一个。
- 当时隙编号达到 255 时（这对应于第 6 次退避）就不再增加了。
- 这里决定退避时间的变量 i 称为退避变量。



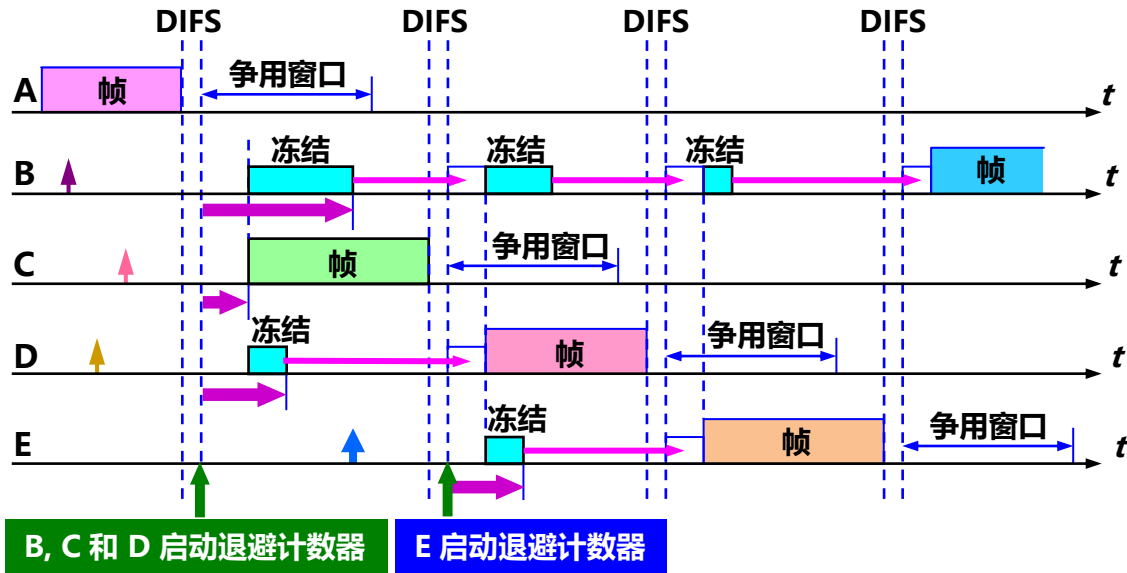
退避计时器 (backoff timer)

- 站点每经历一个时隙的时间就检测一次信道。
- 这可能发生两种情况：
 1. 若检测到**信道空闲**，退避计时器就**继续**倒计时。
 2. 若检测到**信道忙**，就**冻结**退避计时器的剩余时间，重新等待信道变为空闲，并再经过时间 DIFS 后，从剩余时间开始继续倒计时。**当退避计时器的时间减小到零时，就开始发送整个数据帧。**

冻结退避计时器剩余时间的做法是为了使协议对所有站点更加公平。



802.11 的退避机制



图例 ↑ — 要发送数据; ➡ — 退避时间; ■ — 检测到信道忙, 冻结退避计数器



退避算法的使用情况

- 仅在下面的情况下才**不使用**退避算法：
检测到信道是空闲的，并且这个数据帧是要发送的第一个数据帧。
- 除此以外的所有情况，**都必须使用**退避算法：
 1. 在发送第一个帧之前检测到信道处于忙态。
 2. 在每一次的重传后。
 3. 在每一次的成功发送后。



CSMA/CA算法归纳

- ① 若站点最初有数据要发送（而不是发送不成功再进行重传），且检测到信道空闲，在等待时间 DIFS 后，就发送整个数据帧。
- ② 否则，站点就要等检测到信道空闲并经过时间 DIFS 后，执行 CSMA/CA 协议的退避算法，启动退避计数器。在退避计数器减少到零之前，一旦检测到信道忙，就冻结退避计时器。一旦信道空闲，退避计时器就进行倒计时。
- ③ 当退避计时器时间减少到零时（这时信道只可能是空闲的），站点就发送整个的帧并等待确认。
- ④ 发送站若收到确认，就知道已发送的帧被目的站正确收到了。这时如果要发送第二帧，就要从上面的步骤 (2) 开始，执行 CSMA/CA 协议的退避算法，随机选定一段退避时间。若源站在规定时间内没有收到确认帧 ACK（由重传计时器控制这段时间），就必须重传此帧（再次使用 CSMA/CA 协议争用接入信道），直到收到确认为止，或者经过若干次的重传失败后放弃发送。



单播数据的可靠传输

IEEE 802.11协议提供了一对一的
无连接的可靠数据传输服务。

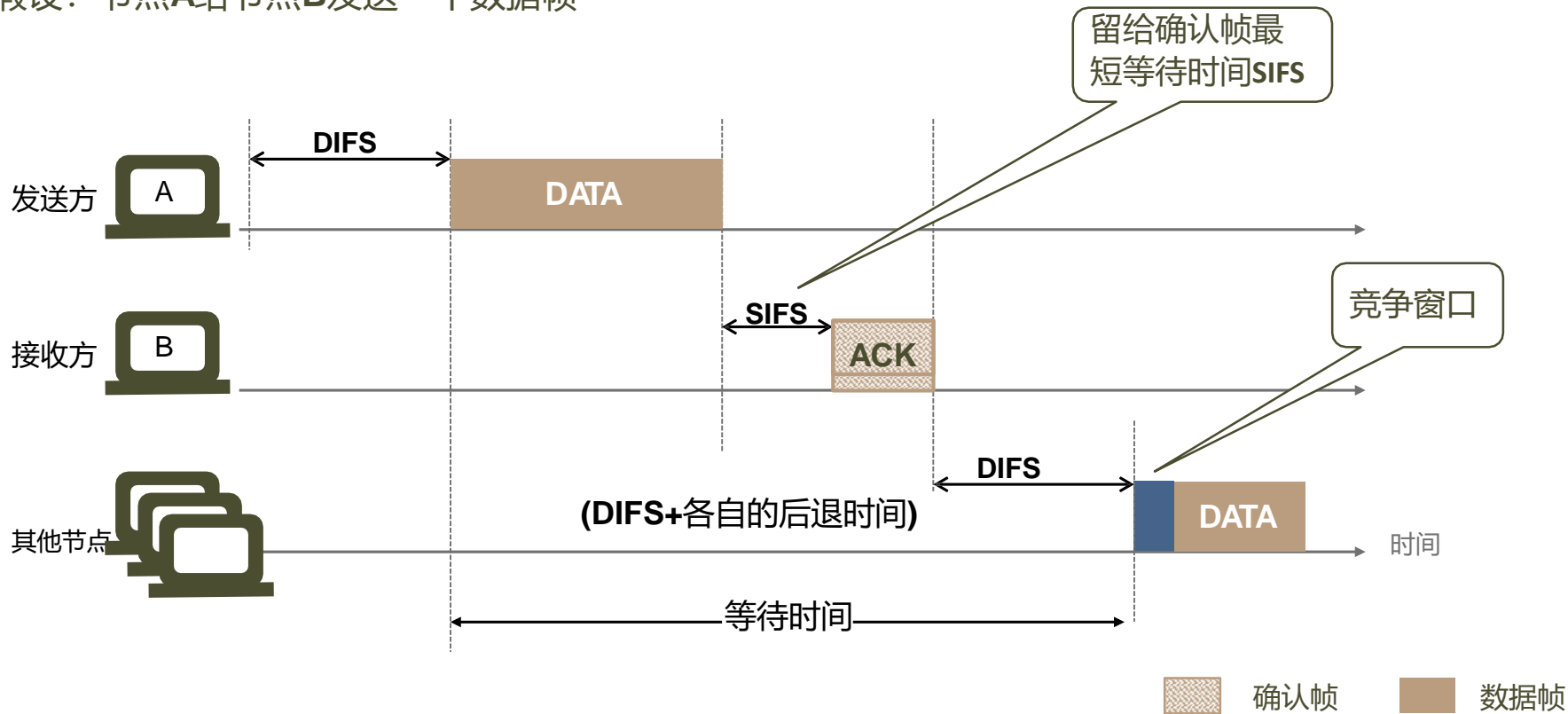
802.11的可靠数据传输

- 接收方收到数据帧后立即进行**CRC**校验，若校验正确，则立即给帧的发送方返回**ACK**
- 发送方没有收到来自接收方的**ACK**，则随机后退一段时间后重传该数据帧



可靠数据帧传输示例

假设：节点A给节点B发送一个数据帧



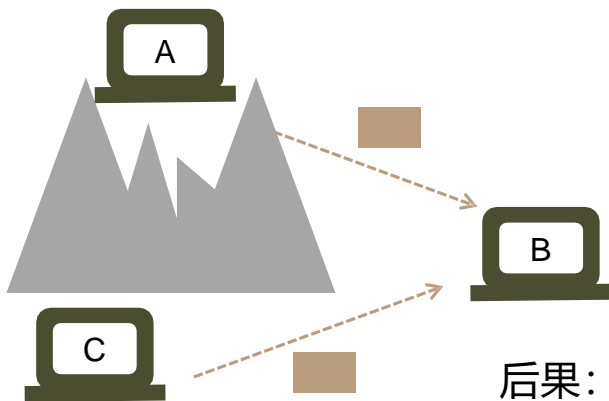


如何解决“隐藏节点”问题？

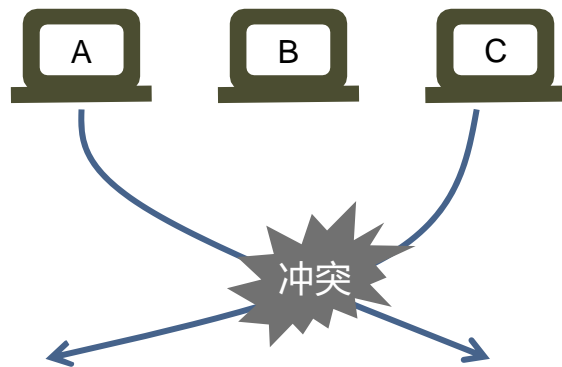
❑ 隐藏节点的根本原因

- 发送节点A和C互不知道
- 距离较远/障碍物导致信号衰减
- 如果多于两个节点同时发送将在B处冲突

解决办法：通过短的控制包预留带宽。



后果：**A**和**C**发送长报文
冲突将导致带宽的浪费





带有RTS/CTS的扩展DCF

- RTS/CTS机制：一种针对隐藏节点问题的控制机制，每个 802.11 节点必须实现该机制，但使用时可选。

明确预留信道

- 发送方发送**RTS**请求发送
- 接收方用**CTS**回应发送请求
- **CTS**为发送方预留带宽的同时通告所有节点（包括隐藏的）
- **RTS**和**CTS**长度很短，冲突的概率减少

- 接收方地址
- 发送数据帧时间
- 发送**ACK**时间

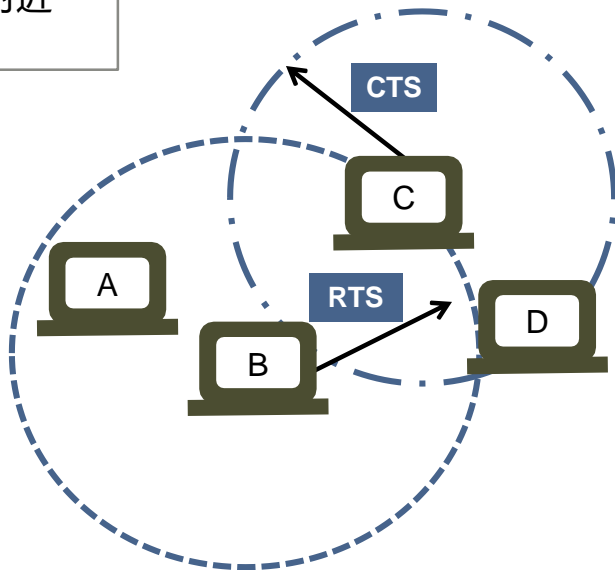


RTS/CTS机制的作用

RTS/CTS机制的作用

- 侦听到**RTS** → 自身在发送方附近
- 侦听到**CTS** → 自身在接收方附近

- ① 所有在**B**节点接收范围内的节点(比如**A**)都将侦听到**RTS**，这些节点将等待足够长的时间。



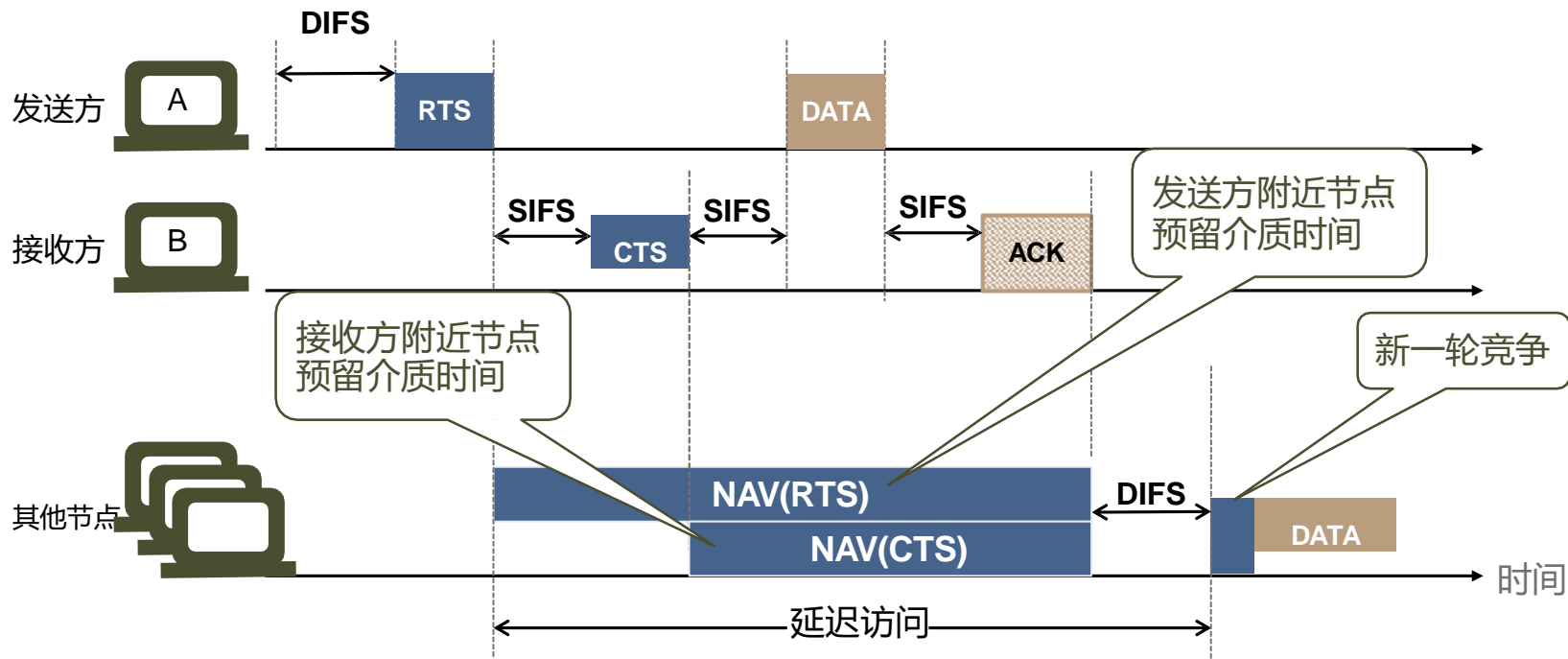
- ② 被请求节点(接收方)收到**RTS**后，以**CTS**作为响应。

- ③ 所有在接收节点附近侦听到**CTS**的节点(比如**D**)都将等待足够长时间。



RTS/CTS应用示例

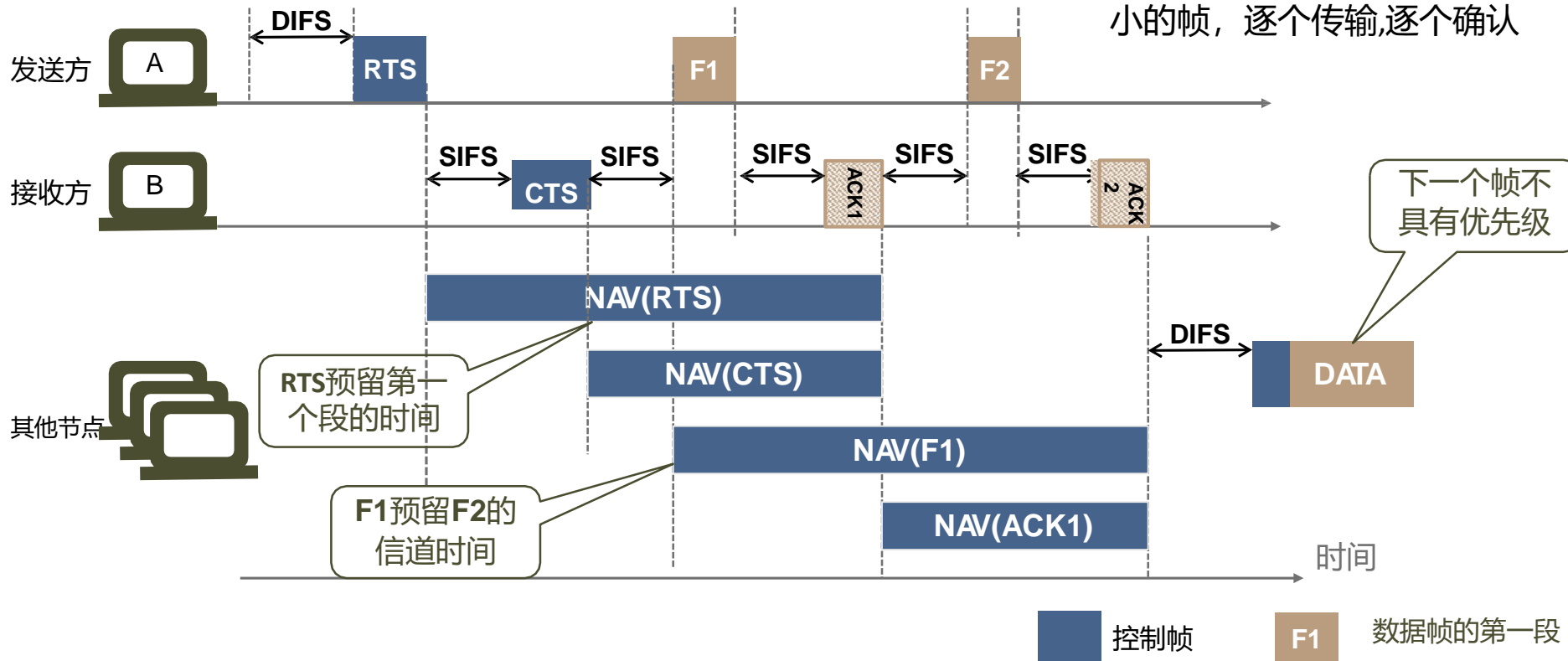
假设：节点A给节点B发送一个数据帧





如何应付无线链路高比特出错率？

解决方法：将长帧划分为较小的帧，逐个传输,逐个确认



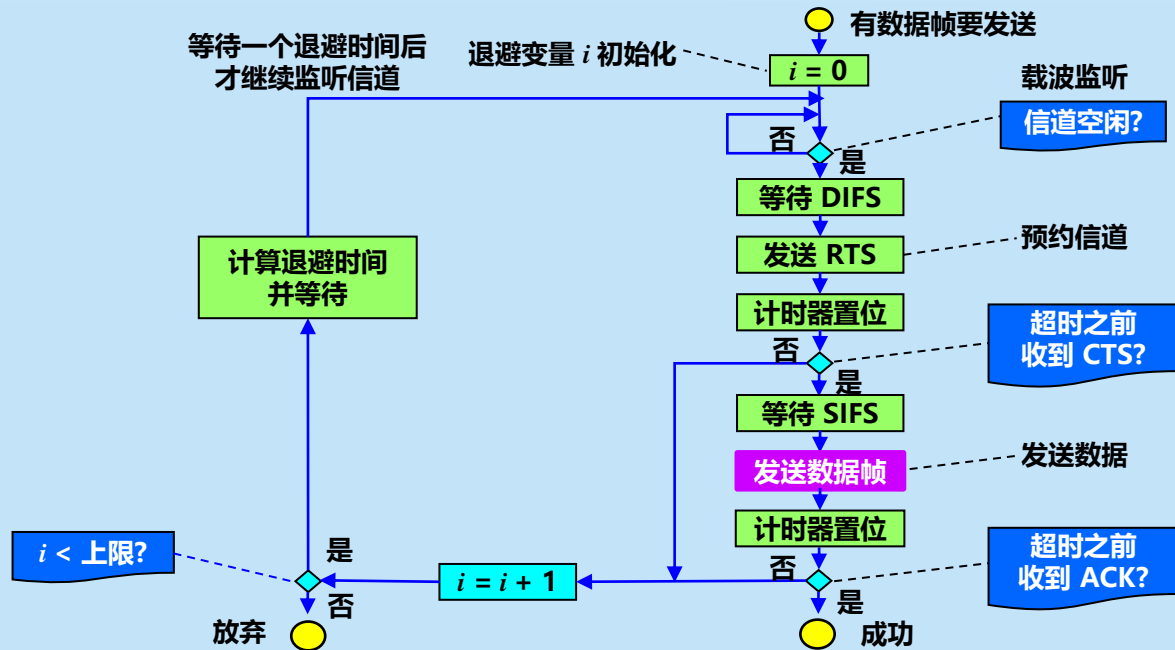


对信道进行预约

- 使用 RTS 帧和 CTS 帧会使整个网络的通信效率有所下降。但与数据帧相比，开销不算大。
- 相反，若不使用这种控制帧，则一旦发生碰撞而导致数据帧重发，则浪费的时间就更多。



CSMA/CA 协议的基本流程图

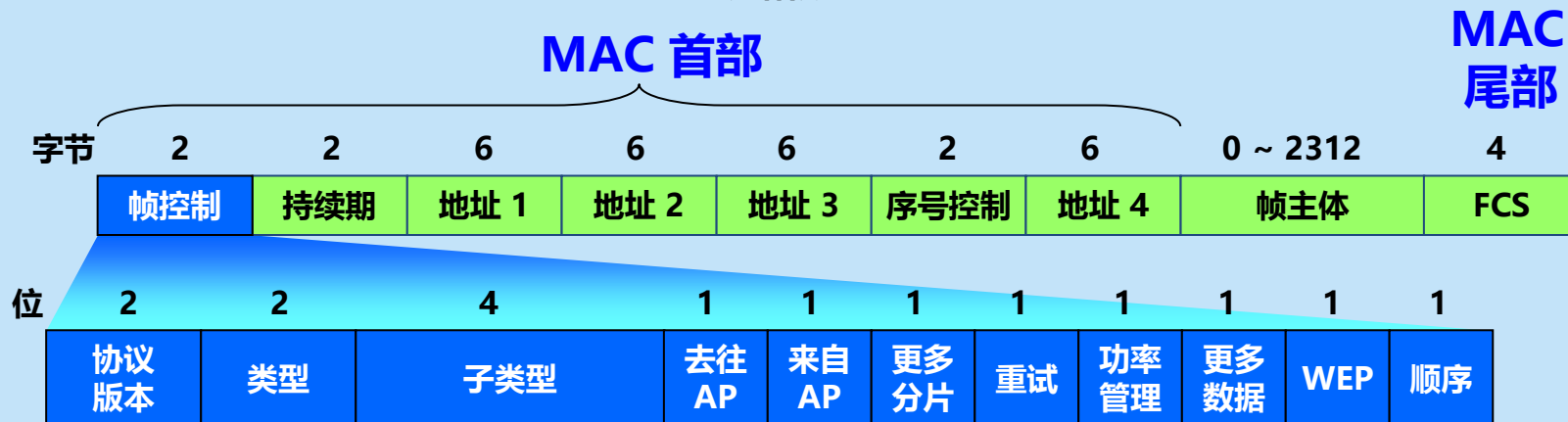




4.4.4 802.11 局域网的 MAC 帧

- 802.11 帧共有三种类型：**控制帧**、**数据帧**和**管理帧**。

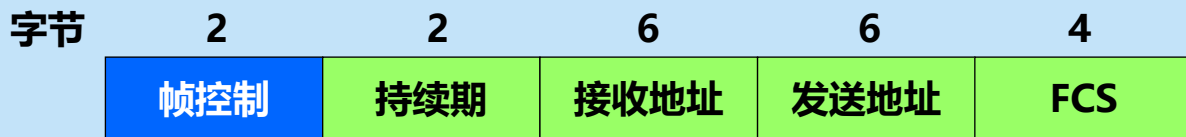
数据帧格式



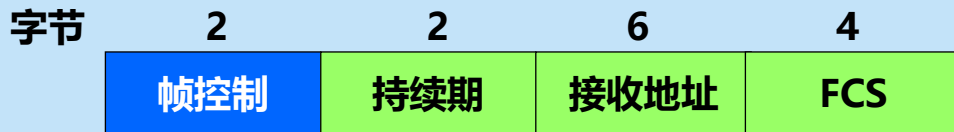


4.4.4 802.11 局域网的 MAC 帧

- 802.11 帧共有三种类型：**控制帧**、**数据帧**和**管理帧**。



RTS 帧格式 (帧控制字段中的子类型为 1011)



CTS 和 ACK 帧格式 (帧控制字段中的子类型分别为 1100 和 1101)



802.11 数据帧的三大部分

- **MAC 首部**，共 30 字节。帧的复杂性都在帧的首部。
- **帧主体**，也就是帧的数据部分，不超过 2312 字节。这个数值比以太网的最大长度长很多。不过 802.11 帧的长度通常都小于 1500 字节。
- **帧检验序列 FCS** 是尾部，共 4 字节。



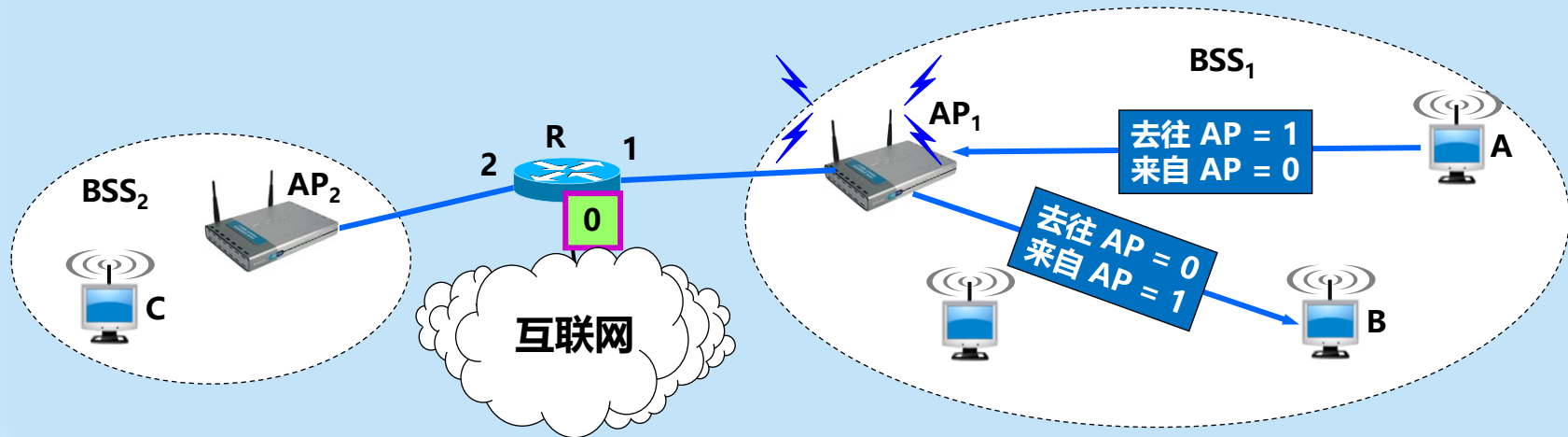
1. 关于 802.11 数据帧的地址

- 802.11 数据帧最特殊的地方就是有四个地址字段。地址 4 用于自组网络。我们在这里只讨论前三种地址。

去往 AP	来自 AP	地址 1	地址 2	地址 3	地址 4
0	1	目的地址	AP 地址	源地址	——
1	0	AP 地址	源地址	目的地址	——



站点 A 向 B 发送数据帧，数据帧必须经过 AP_1 转发。



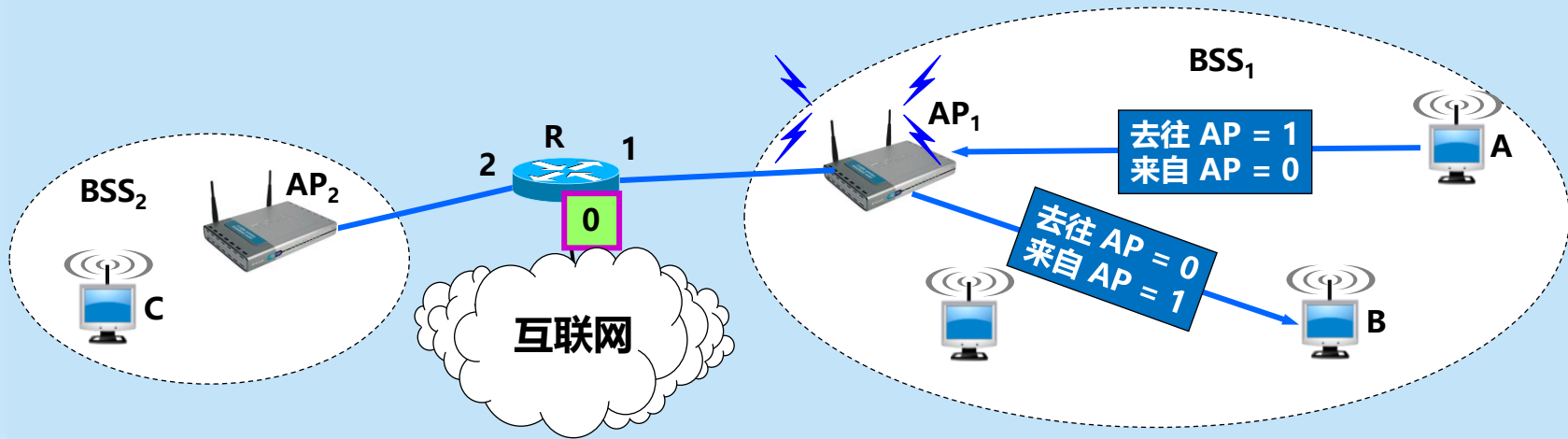


1. 关于 802.11 数据帧的地址

数据报流向	去往 AP	来自 AP	地址 1	地址 2	地址 3	地址 4
$A \rightarrow AP_1$	1	0	AP_1 地址	A 的地址	B 的地址	——
$AP_1 \rightarrow B$	0	1	B 的地址	AP_1 地址	A 的地址	——



站点 A 向 C 发送数据帧，或路由器 R 向 C 发送数据，数据帧必须经过 AP₂ 转发。





1. 关于 802.11 数据帧的地址

数据报流向	去往 AP	来自 AP	地址 1	地址 2	地址 3	地址 4
R接口2 \rightarrow AP ₂	1	0	AP ₂ 地址	R 接口2地址	C 的地址	——
AP ₂ \rightarrow C	0	1	C 的地址	AP ₂ 地址	R 接口2地址	——
C \rightarrow AP ₂	1	0	AP ₂ 地址	C 的地址	R 接口2地址	——
AP ₂ \rightarrow R 接口 2	0	1	R 接口2地址	AP ₂ 地址	C 的地址	——



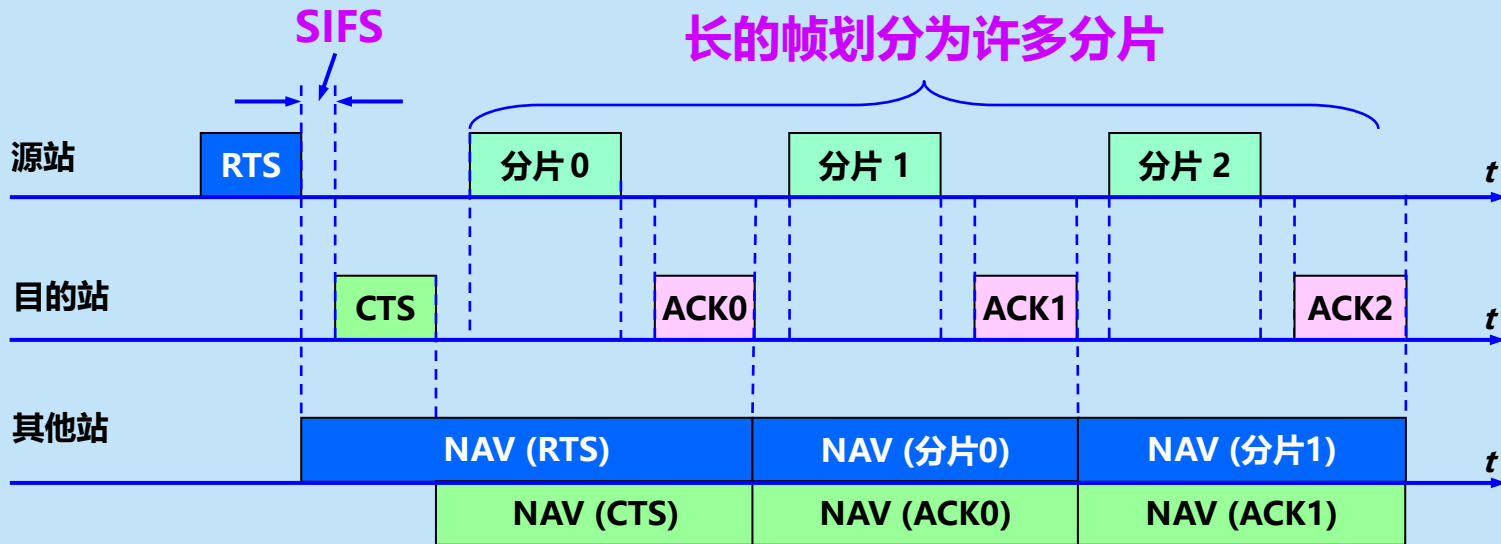
2. 序号控制、持续期和帧控制字段

- **序号控制**字段占 16 位，其中序号子字段占 12 位，分片子字段占 4 位。
- **持续期**字段占 16 位。
- **帧控制**字段共分为 11 个子字段：
 1. **协议版本**字段现在是 0。
 2. **类型**字段和**子类型**字段用来区分帧的功能。
 3. **更多分片**字段置为 1 时表明这个帧属于一个帧的多个分片之一。
 4. **有线等效保密**字段 WEP 占 1 位。若 $WEP = 1$ ，就表明采用了 WEP 加密算法。



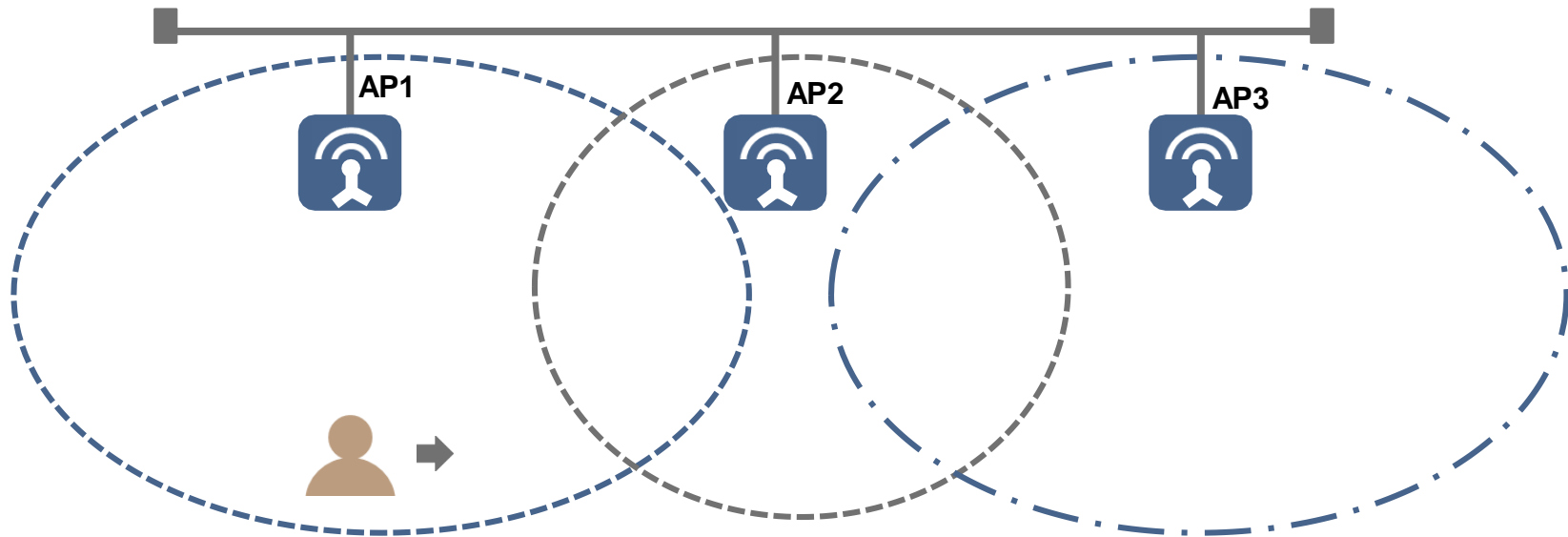
分片的发送举例

为了提高传输效率，在信道质量较差时，需要把一个较长的帧划分为许多较短的分片。





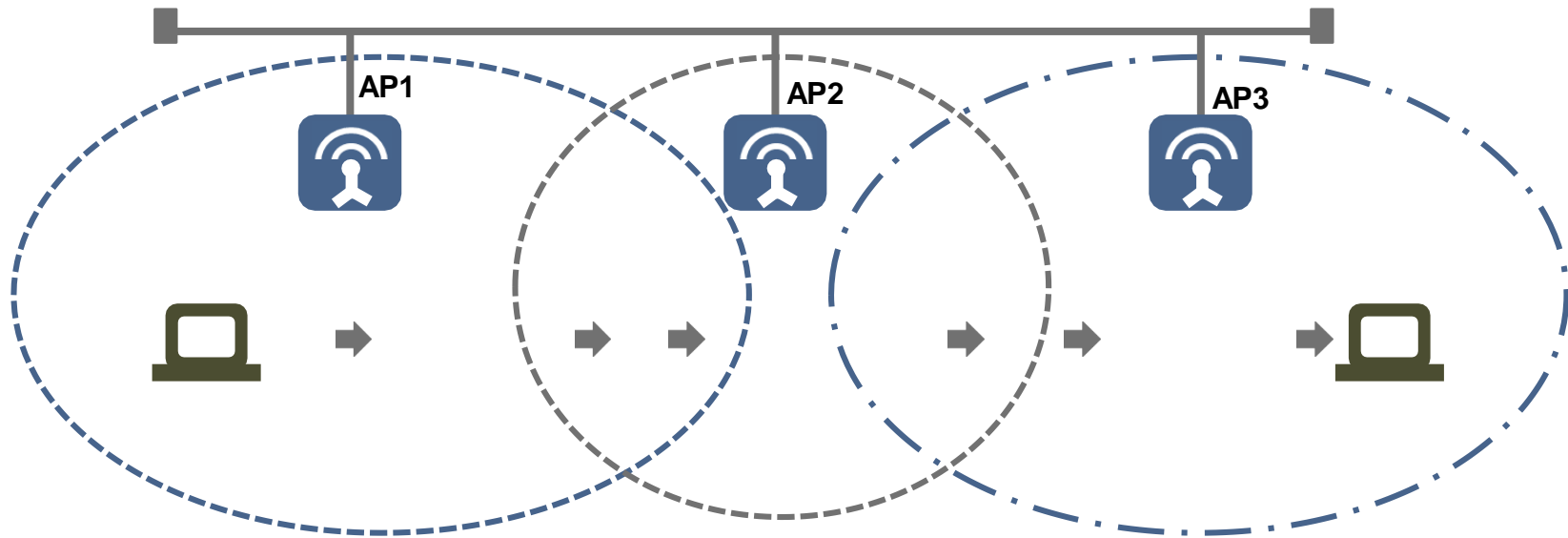
IEEE802.11使用场景



- 每个AP周期性地在自己的工作信道上发送信标帧(Beacon)
- 相邻AP必须工作在不同的信道 (以防干扰)
- 各个AP的信号覆盖区必须重叠才能为移动节点提供无缝无线接入服务



移动节点的漫游过程



t0: AP1信号最强

t1: AP1信号变弱笔记本开始扫描

t2: 发送Probe request帧

t3: 收到AP2和AP3的Probe response帧

t4: 选择信号最强的AP3

t5: 发送Reassociation request帧

t6: 收到Reassociation response帧



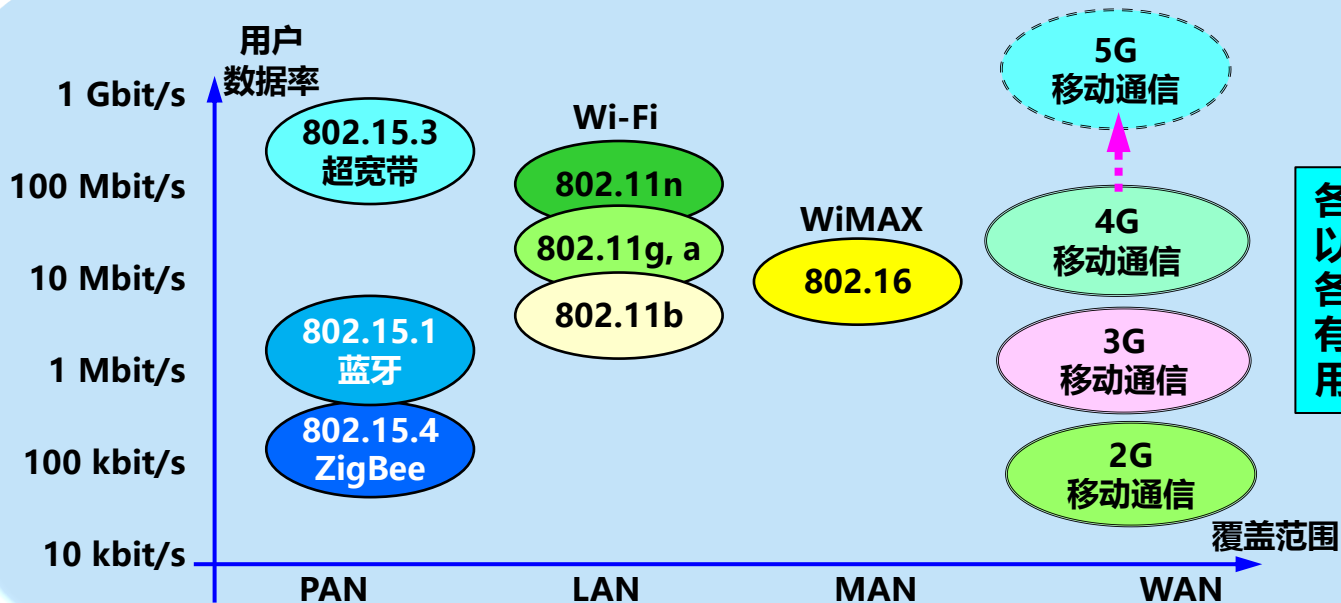


9.5 两种不同无线上网

- 前面已经介绍了两种不同的无线上网方法。
- 但应注意，它们上网所需的**费用是很不一样的**。
 1. 目前**蜂窝移动网络**的运营商的上网收费都是按照用户所消耗的**数据流量**来计算的。
 2. 我国的**宽带入网**一般都是根据用户使用的带宽多少，按使用的**时间**（按月或按年）付费的，因此，使用家庭的无线路由器上网，并不需要再增加任何额外上网的费用。



几种无线网络的比较



各种无线网络，可以看出，这些网络各有优缺点，也都有各自最适宜的使用环境。



本章小结

主要内容:

- 信道分配问题
- 以太网:
 - CSMA/CD 协议
 - 退避算法
 - 以太网帧格式
- 无线局域网
- 数据链路层交换
 - 交换机自学习算法
 - 虚拟局域网

第四章作业:

1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 18, 36, 39