



目 录

- 概述
- 无线链路和网络特征
- Wi-Fi : 802.11无线LAN
- 移动管理 : 原理
- 移动IP
- 无线和移动性 : 对高层协议的影响



概述

Introduction



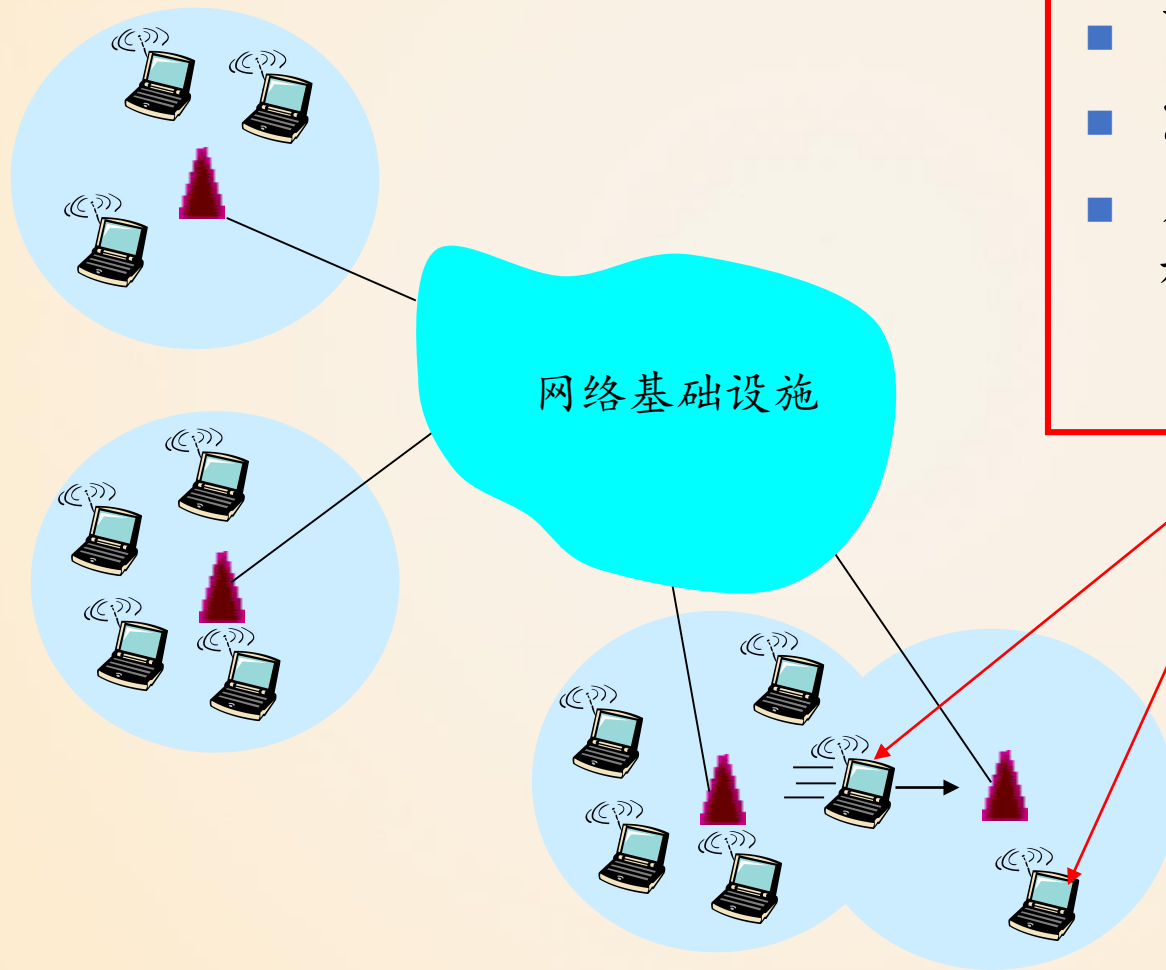


背景知识

- 🗣️ **无线**（移动）电话的用户数现在已**超过了有线**电话的用户数
- 🗣️ 计算机网络：便携机、掌上型电脑、PDAs、智能手机允许**随时、无缝地接入因特网**
- 🗣️ 两个重要的**挑战**：
 - ❑ **无线特性**：基于无线链路的通信
 - ❑ **移动特性**：移动用户的网络接入点是变化的



无线网络的元素



无线主机



- 可以是便携机、PDA、IP 电话
- 能运行程序
- 本身既可能是固定，也可能是移动的



无线网络的元素



无线链路

- 典型的作用是用于连接无线主机和基站
- 也可以用于骨干链路
- 与链路访问相匹配的多址访问协议
- 多种数据传输速率和传输距离



无线链路

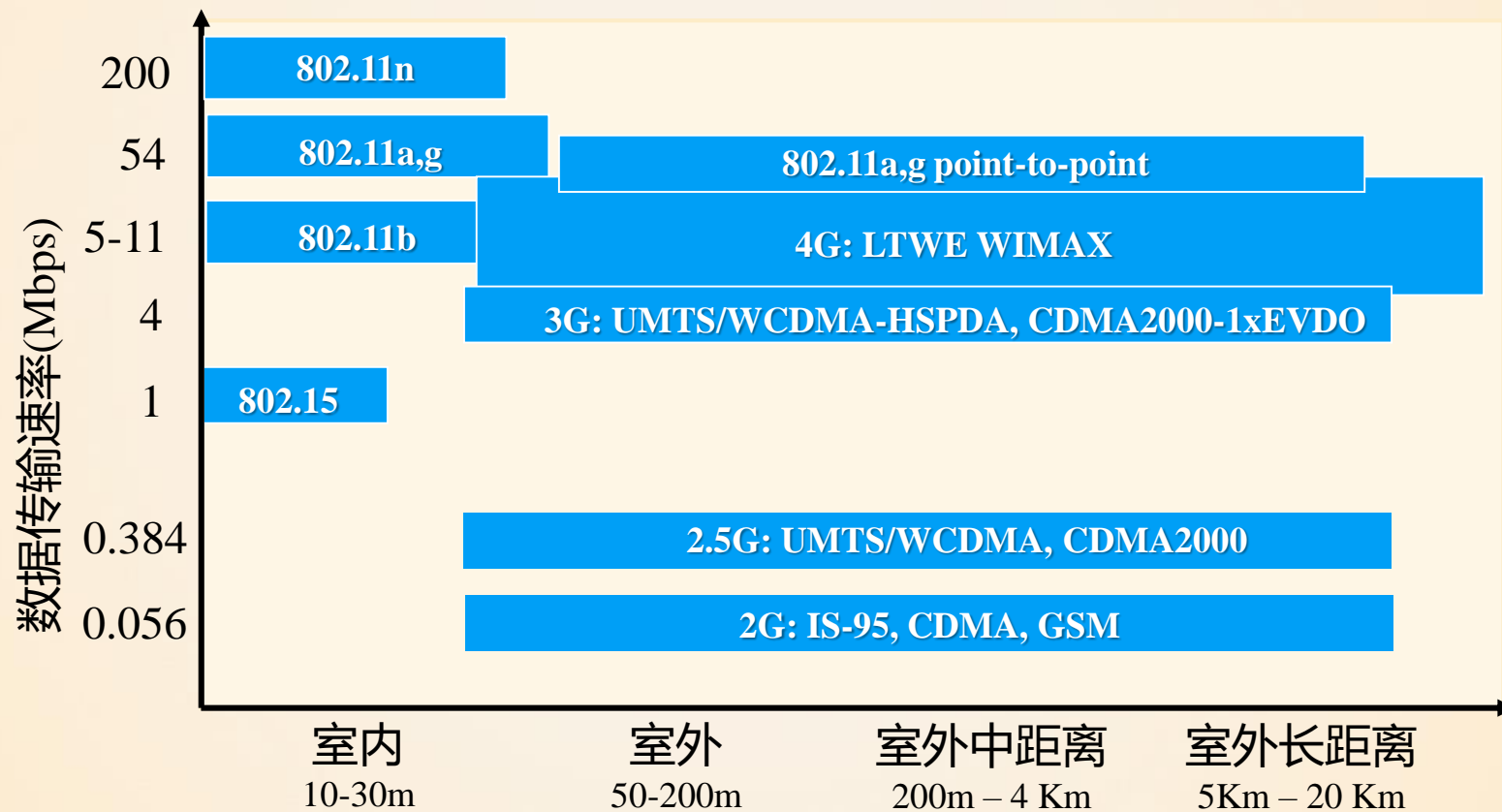


对于主机和基站的连接

□ 链路访问采用**多址访问协议**



几种无线网络标准的链路特性

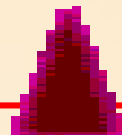




无线网络的元素



基 站



- 典型的作用是用于连接无线网络
- 负责向其覆盖范围内的主机发送和接收分组，在无线网络和无线主机之间起链路层中继作用。如：蜂窝塔、802.11 接入点



基础设施模式



- 无线局域网可分为**两大类**:有**固定基础设施**和**自组网络**(ad hoc 网络)
- 基础设施模式**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
- 移动主机**通过基站接入**有线网络
- 切换**: 移动主机的移动可能会改变与之相关联的基站



几个概念



关联

- 无线主机位于某个基站的无线通信覆盖范围内
- 该主机使用该基站**中继**它与更大网络之间的数据

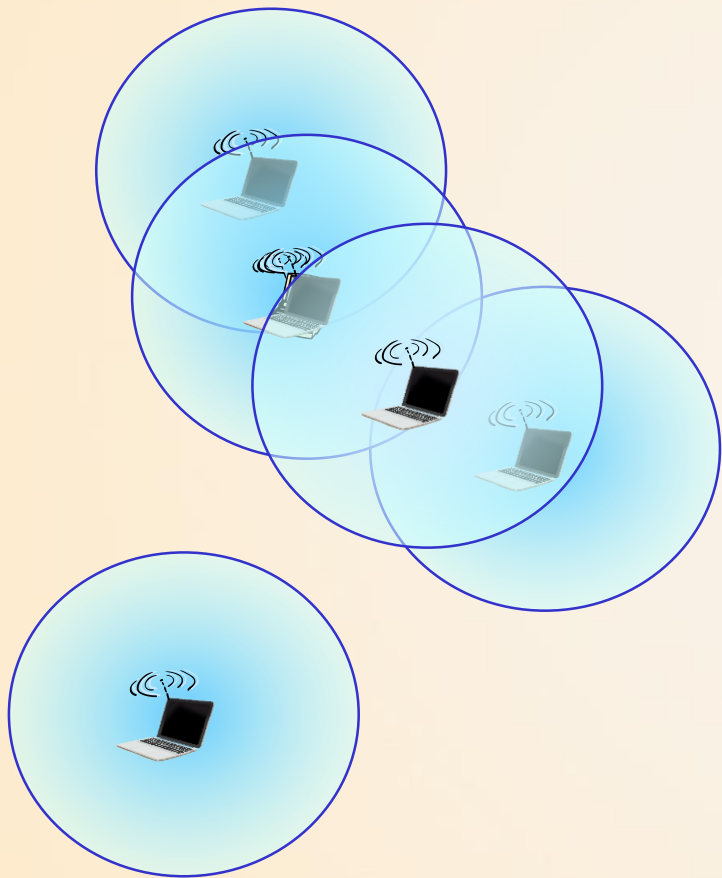


切换

- 当一台移动主机移动范围**超出**一个基站的覆盖范围而到达另一个基站的覆盖范围后，它将**改变**其接入更大网络的**连接点**



Ad hoc 网络



一种没有固定基础设施的**自组网络**

- **无基站**
- 节点(移动主机)仅仅能够在其覆盖范围内向其他节点传送数据
- 节点之间相互通信组成的临时网络: 在它们内部进行选路和地址分配



Ad hoc 网络

	单跳	多跳
有基础设施 (e.g.接入点)	具有与较大的有线网络连接的基站(WiFi、WiMAX、蜂窝)	可能通过其他无线节点中继它们的通信:网状网络
无基础设施 (Ad hoc)	无基站,不连接到更大的网络(蓝牙、自组织网络)	没有基站,不连接到更大的网络.可能必须在几个其他节点之间中继报文: MANET(移动自组织网络), VANET(车载自组织网络)



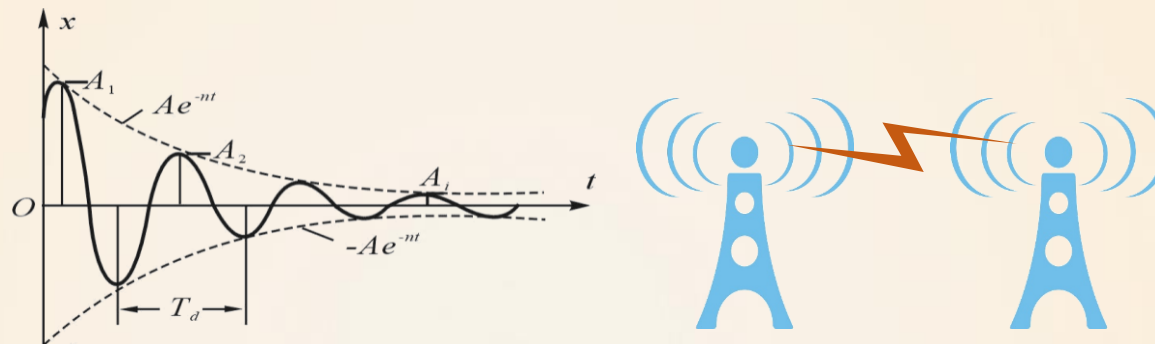
无线链路和网络特性

Wireless Links and Network Characteristics





无线链路的特征



- 📶 递减的信号强度
- 📶 来自其他源的干扰
- 📶 多径传播



无线链路中的比特差错比有线链路中更为常见



无线链路中差错处理



采用CRC进行帧校验



采用ARQ协议进行重传



无线链路质量描述

信号的传输会引入**噪声**，可能出现**差错**

常用的两个描述链路质量的量

□ SNR——**信噪比**

Signal-Noise Ratio

□ BER——**比特差错率**

Bit Error Rate



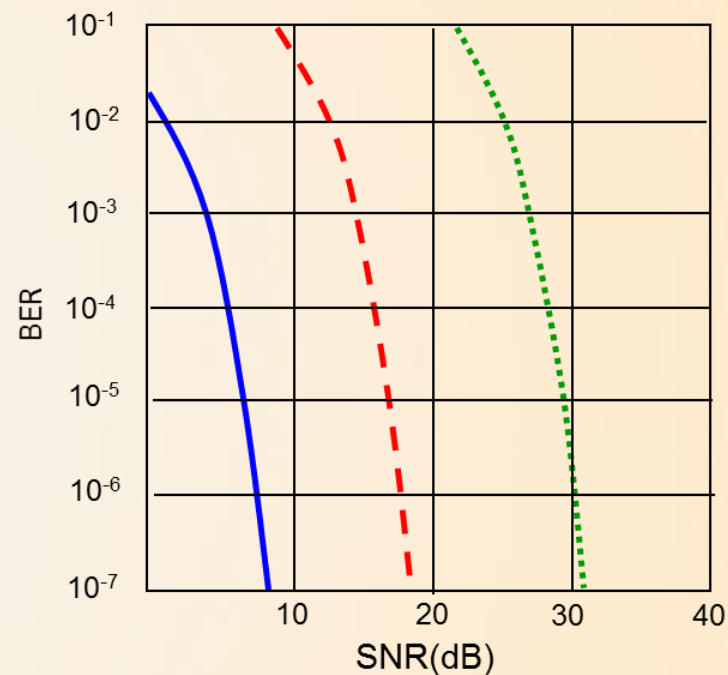
信噪比与比特差错率的关系



对于给定的调制方案，SNR越高，BER越低



对于给定的SNR，具有较高比特传输率的调制技术将具有较高的BER



..... QAM256 (8 Mbps)

- - - QAM16 (4 Mbps)

— BPSK (1 Mbps)

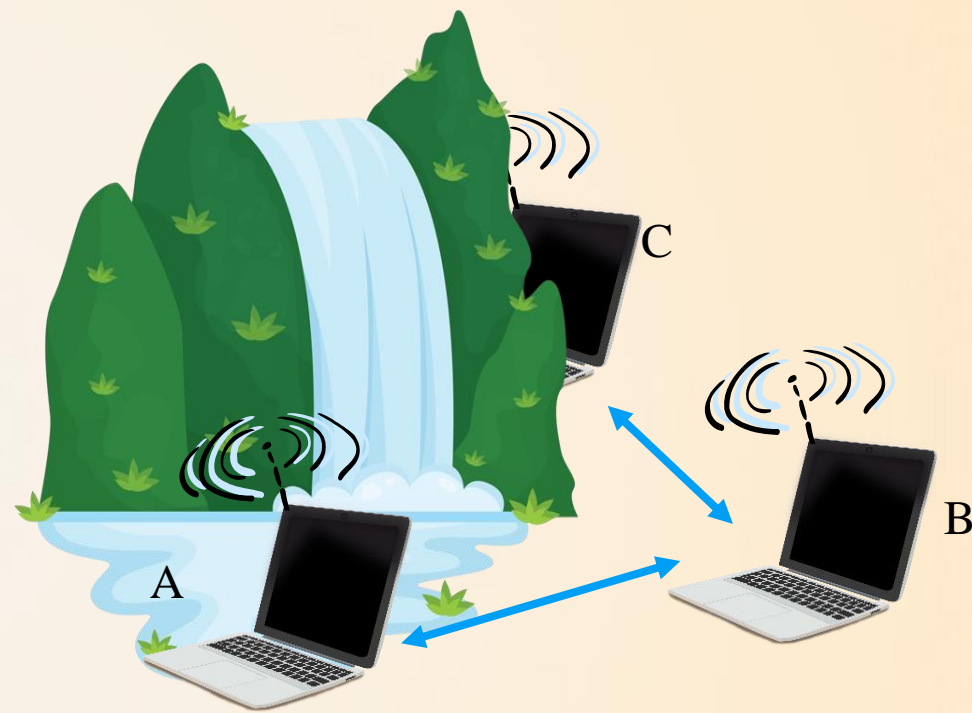


隐藏终端问题



1. 存在障碍物

- B, A能互相“听见”
- B, C能互相“听见”
- A, C两个站点不能互相“听见”，即A, C不知道它们对B的干扰



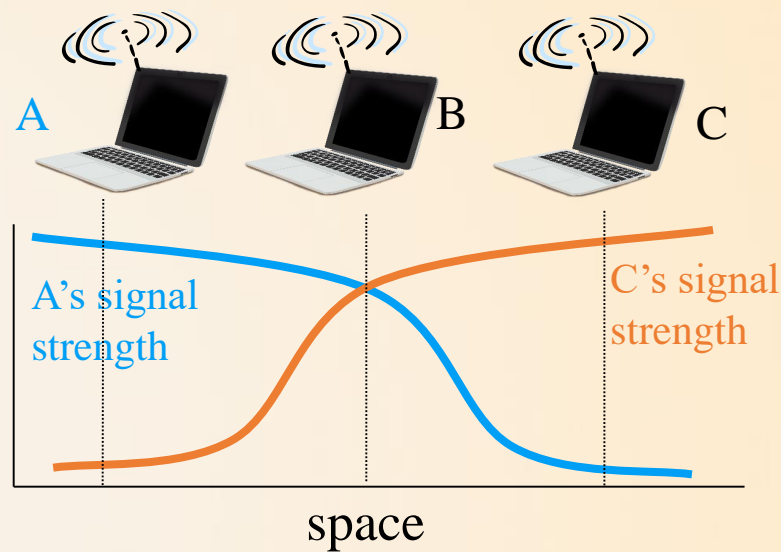


隐藏终端问题



2. 信号衰减

- B, A 能互相 “听见”
- B, C 能互相 “听见”
- A, C 因为它们信号强度的衰减不能互相 “听见”





码分多址访问 (CDMA)



CDMA(Code Division Multiple Access)每个用户可以在**同样的时间内用相同的频带**进行通信。由于各用户使用经过特殊挑选的**不同码型**，因此不会造成干扰。这种通信信号具有**很高的抗干扰能力**



每个用户被指派一个**唯一的** m bit码片序列



码分多址访问 (CDMA)



所有用户共享**相同的频道**，但每个用户用**自己的“码片”**序列对数据编码

- 发送**比特“1”**时，发送**指定给该站点的m bit码片序列**
- 发送**比特“0”**时，发送此m bit**码片序列的二进制反码**
- 习惯上，将码片序列中的**“0”写成“-1”**，**“1”写成“+1”**



允许多个**用户共存**和发送信号,且相互的**干扰极小**



CDMA码片序列的特点



每一个站的码片序列各不相同，互相**正交**

$$S \bullet T = \frac{1}{m} \sum s_i t_i = 0$$

□ 任何两个站点（如S和T站点）的码片向量的规格化内积为0

$$S \bullet S = \frac{1}{m} \sum s_i s_i = 1$$

□ 任何码片向量和自己的规格化内积为1

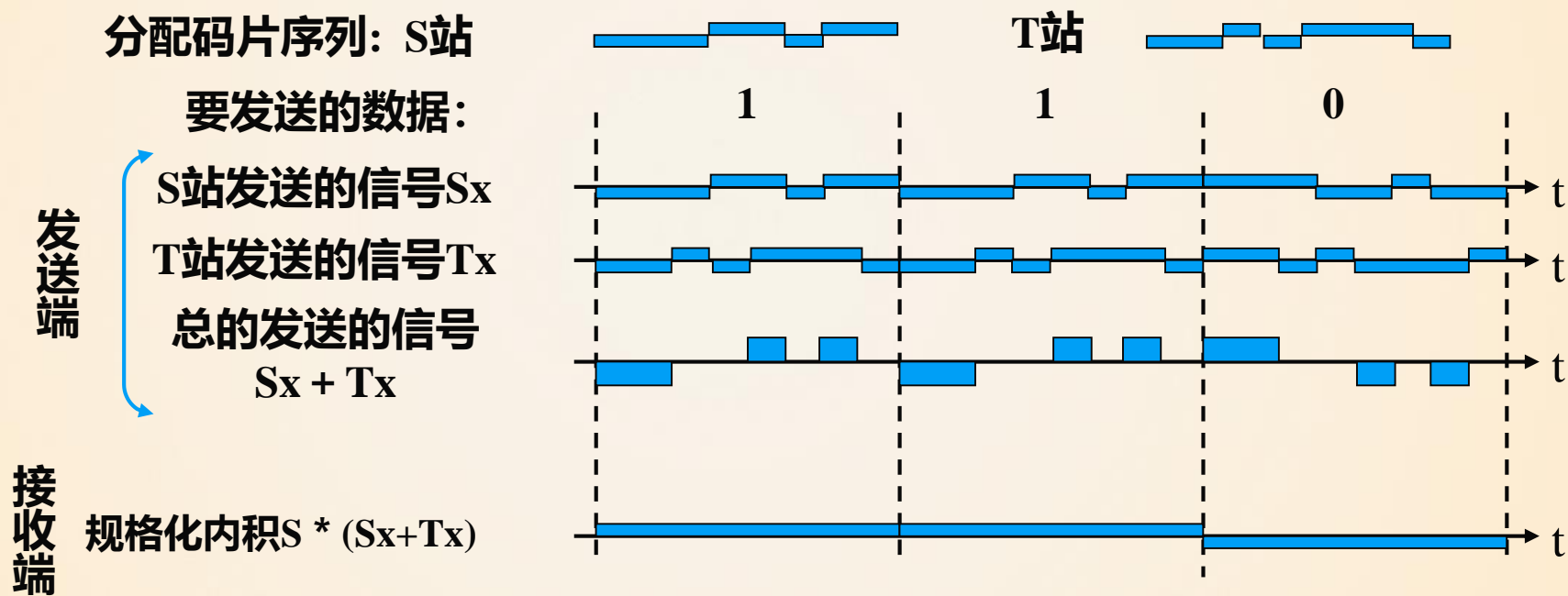
$$S \bullet (-S) = \frac{1}{m} \sum s_i (-s_i) = -1$$

□ 任何码片向量和其反码的规格化内积为 - 1



基于CDMA的通信举例

S站和T站以相同频率发送数据，接收站希望收到S站数据。



S站的码片序列是 $(-1-1-1+1+1-1+1+1)$ ，发送的数据是110

T站的码片序列是 $(-1-1+1-1+1+1+1-1)$ ，发送的数据是110



Wi-Fi : 802.11 无线LAN

WiFi: 802.11 Wireless LANs





802.11协议簇



802.11b

- ❑ 工作在不需要许可证的2.4~2.485 GHz的无线频谱上
- ❑ 最高数据速率 11 Mbps
- ❑ 采用直接序列扩频(DSSS)



802.11a

- ❑ 频率范围：5.1~5.8 GHz
- ❑ 最高数据速率：54 Mbps



802.11g

- ❑ 2.4~2.485 GHz范围
- ❑ 最高数据速率 54 Mbps



802.11协议簇



802.11n: 多天线

- 2.4~2.485、5.1~5.8GHz范围
- 单流最高数据速率 150Mbps
- 多流最高数据速率 600Mbps



802.11ac

- 5.1~5.8GHz范围
- 单流最高数据速率

433Mbps@80MHz信道带宽

866Mbps@160MHz信道带宽

- 多流最高数据速率1.73Gbps、3.47Gbps



第六代Wi-Fi: 802.11ax

- **单流**速率提升至1.2Gbps, **8x8模式**下提供高达9.6Gbps的传输速率
- 支持**较窄的子载波间隔**以及增加的符号持续时间, 更有利于确保信号的**健壮性**, 令Wi-Fi覆盖至**更远范围**
- 引入曾在4G LTE上使用的**正交频分多址** (OFDMA) 技术, 加之**同时支持2.4GHz和5GHz频段**, 能创造出**更多**可用的数据**通道**, 解决无线网络拥堵问题
- 通过**在多AP多用户并发场景中引入很多LTE领域的组网特性**, 让信号的抗干扰性大幅提升



802.11协议簇

都是使用CSMA/CA 协议实现多路访问

都可以用于有固定基础设施模式和自组网络模式



802.11体系结构

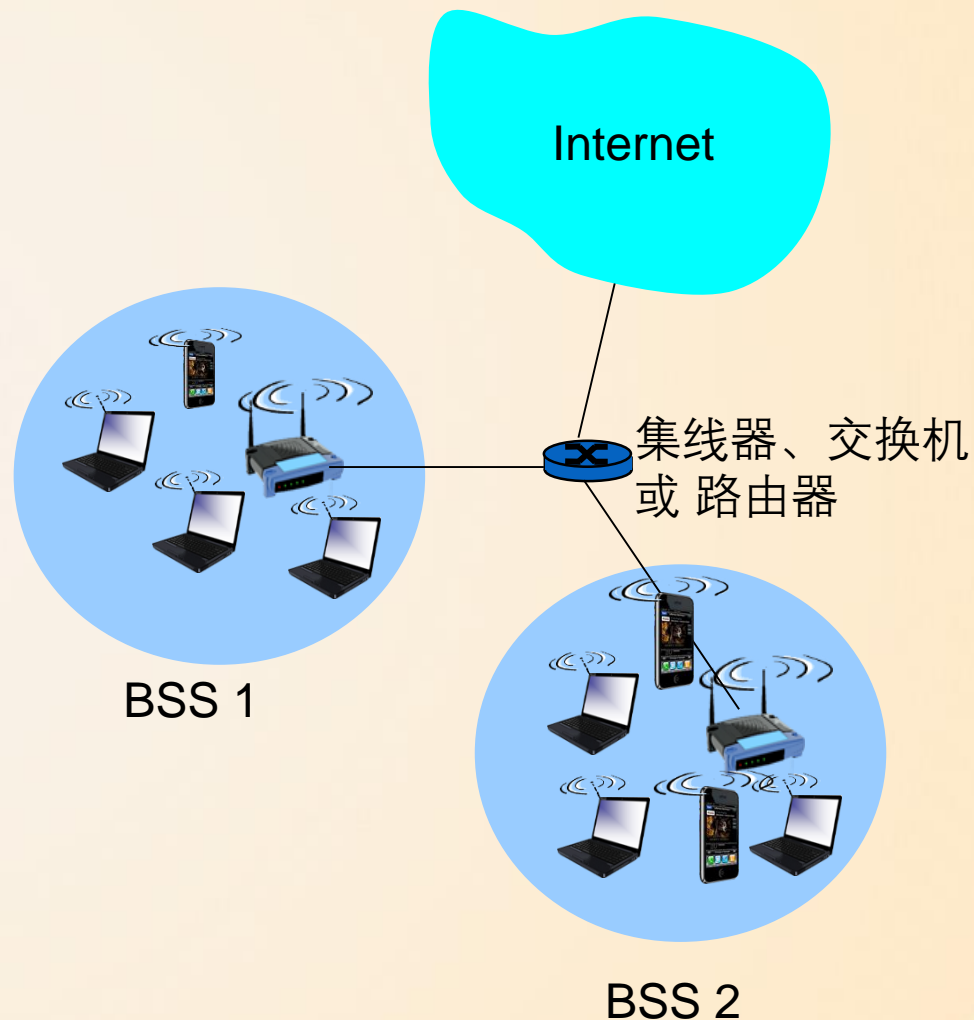
无线终端通过基站（AP）进行通信

一个基站的服务范围：

□ 基本服务集(BSS)

基本服务集BSS包括：

- 无线终端
- 基站AP
- Ad hoc模式下只有终端





802.11b的信道划分

- 2.4GHz—2.485GHz, 共85MHz
- 划分为11个部分重叠的信道集
- 两个信道仅当中间相隔4个及以上的信道时, 无重叠
- 1、6、11三个信道不重叠, 可同时工作



802.11b中主机关联AP的过程

- 每个AP周期性发送信标帧，包括AP的SSID和MAC

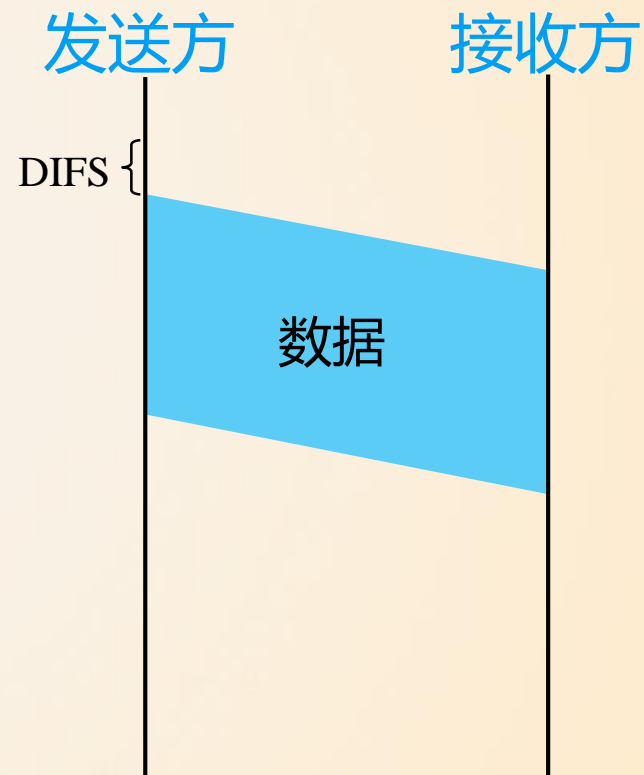
SSID: Service Set Identifier, 服务集标识

- 主机对11个信道进行扫描，获取所有可用的AP的信标帧
- 主机选择其中一个AP进行关联，加入其所属子网
- 主机向关联AP发送DHCP发现报文，获取IP地址
- 可能需要身份鉴别



Wi-Fi: 发送方的工作流程

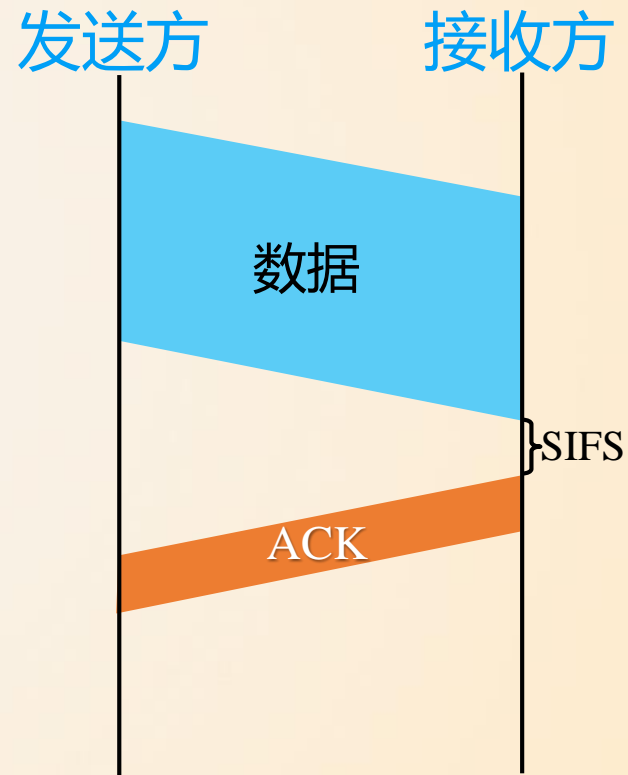
1. 如果侦听到信道闲置了 DIFS 秒
2. 传输整个帧（无冲突检测）
3. 如果侦听到信道忙，则选择一个随机退避值作为定时器的定时时间，并在侦听信道空闲时递减该值





Wi-Fi: 发送方的工作流程

4. 定时到且信道空闲就发送数据
5. 如果收到确认，且站点要继续发送数据，则执行第1步
6. 如果没有收到确认（ACK），则在更大范围内选取随机值，重复第3步

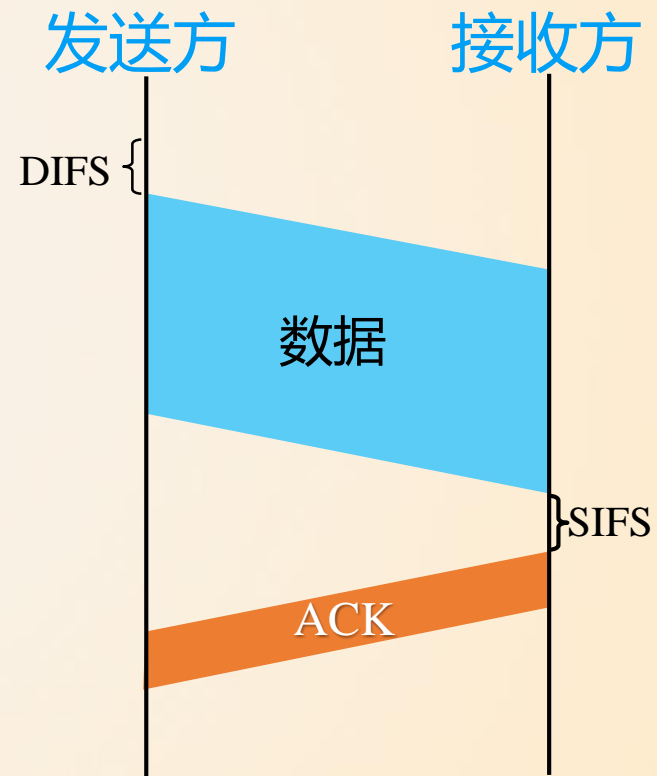




Wi-Fi: 接收方的工作流程

7.如果帧收到则OK, 等待 SIFS秒
后返回ACK

ACK是必须的因为隐蔽站问题





802.11的MAC协议

CSMA/CA



802.11**不采用冲突检测**的原因：

- ❑ **检测碰撞的能力要求站点具有同时发送和接收的能力**
- ❑ 802.11适配器，**接收信号的强度可能远远小于**发送信号的强度，从而被淹没，无法检测到
- ❑ 如果一定要实现，则**硬件代价**会非常大
- ❑ 另外，即使站点具备同时发送和监听的能力，也会由于**隐蔽终端和衰减的问题**，也会无法检测到所有的碰撞

802.11采取碰撞避免而非碰撞检测



Wi-Fi 的冲突避免



思路: 允许发送方“**预约**”信道而非随机访问:避免长的数据帧冲突

- 发送方在发送数据帧之前首先使用 CSMA 协议发送一个短的请求发送 RTS(request-to-send)帧给 AP:

RTS 也可能仍会相互冲突 (但时间很短)

- AP 广播一个允许发送 CTS (clear-to-send) 帧响应 RTS



Wi-Fi 的冲突避免



RTS 被所有节点侦听到

发送方发送数据帧

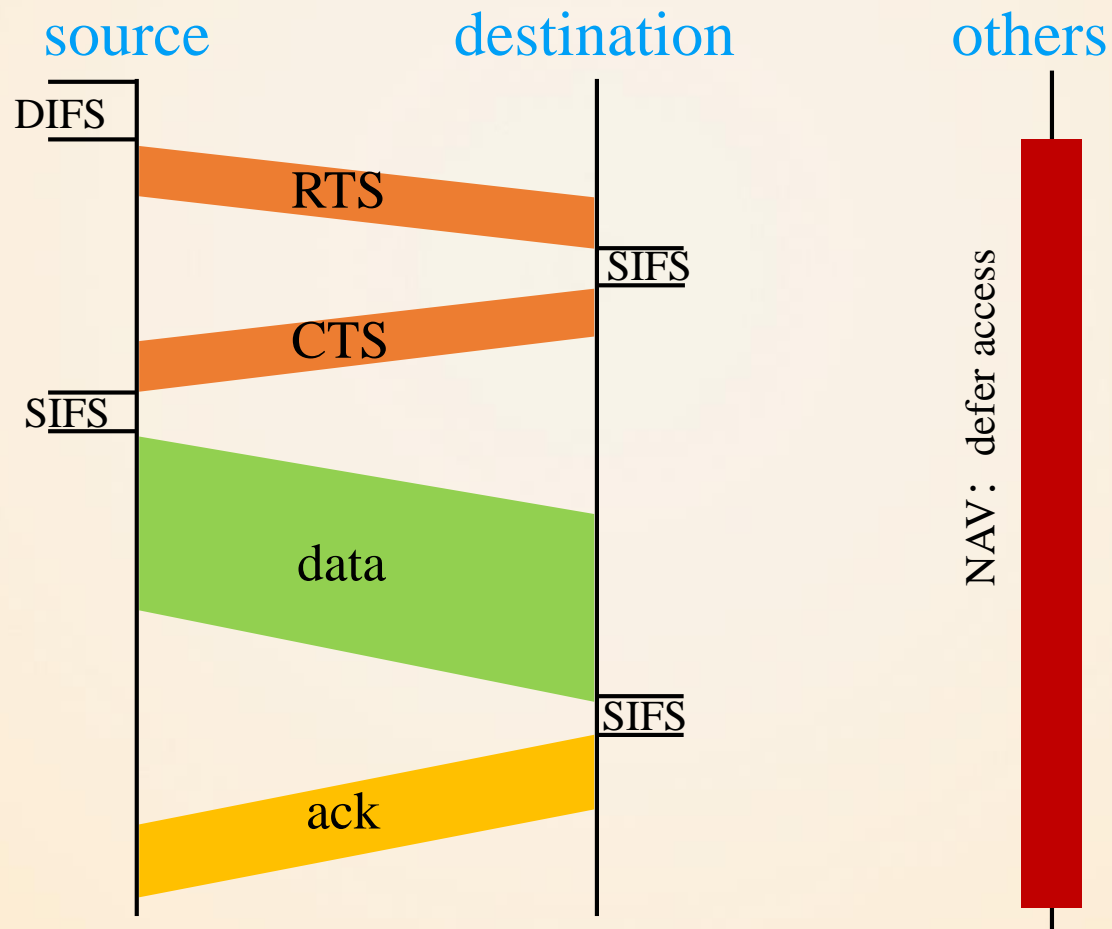
其他站点推迟发送

使用短的预约帧可以完全避免数据帧发生冲突!



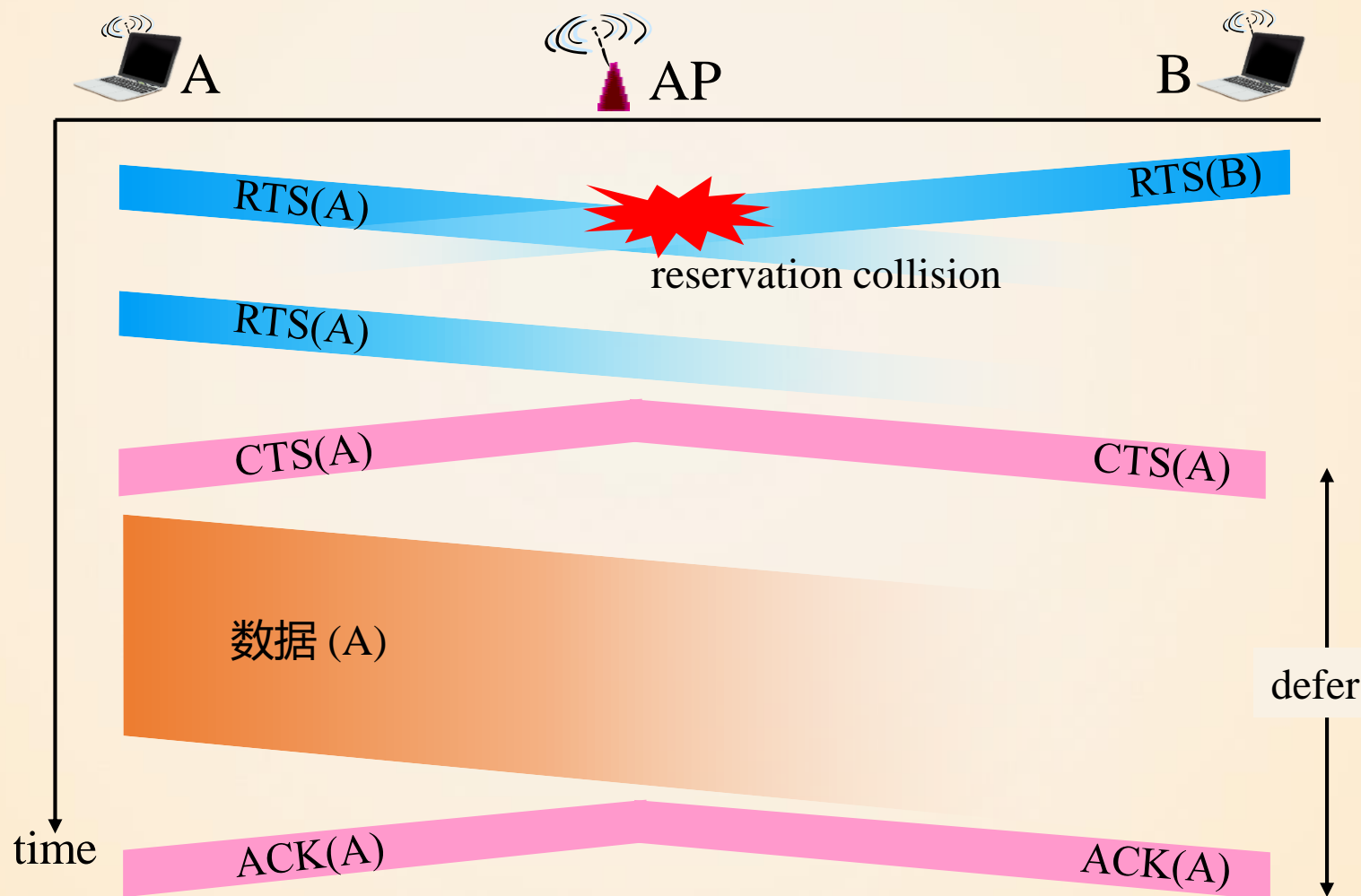
Wi-Fi的冲突避免过程图示

冲突避免





Wi-Fi 冲突发生的处理





802.11 MAC帧格式



地址1:
无线主机或 AP 接收
该帧的MAC地址

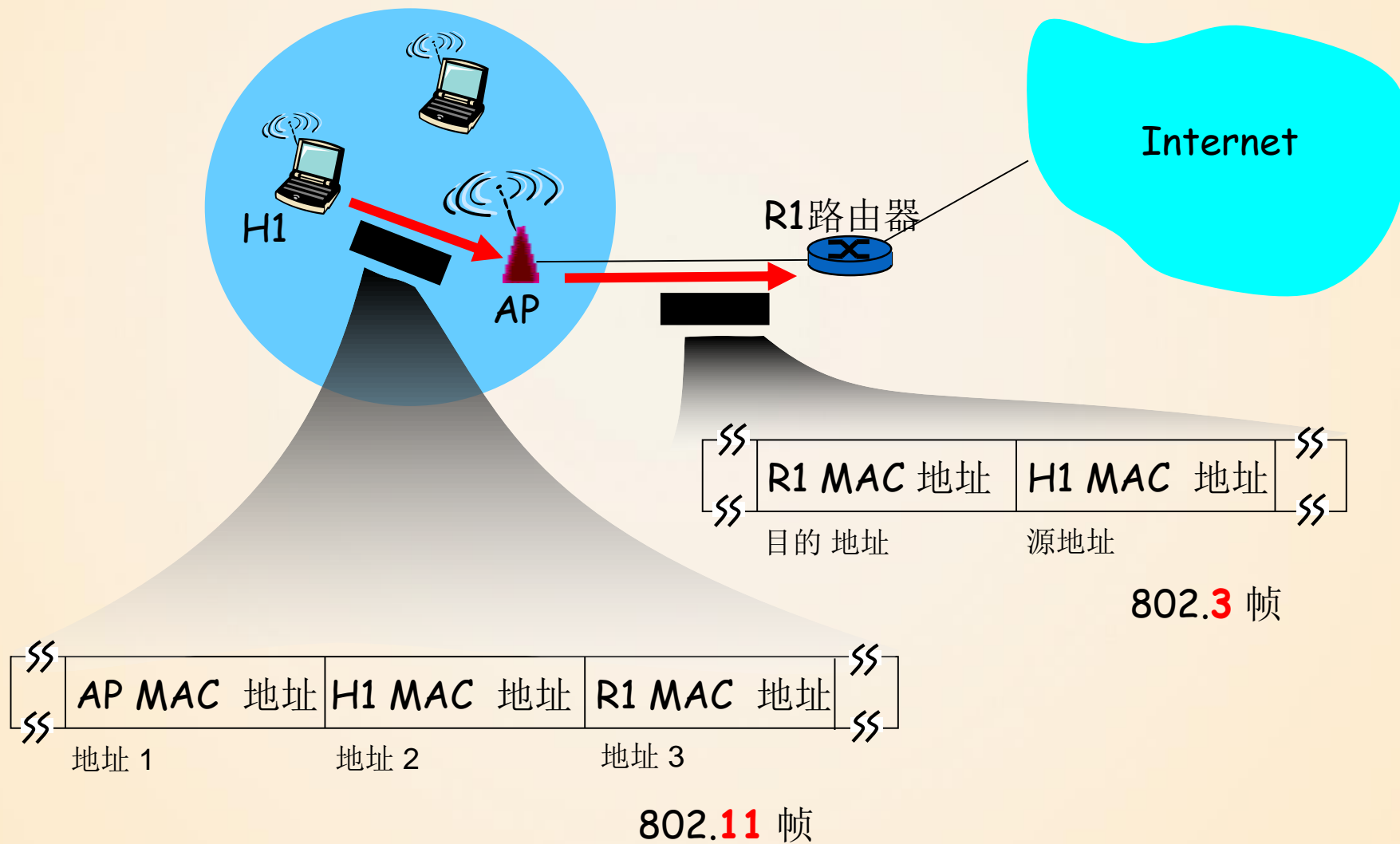
地址2:
无线主机或 AP 发送
该帧的MAC地址

地址3:
与AP连接的路由器
接口的MAC地址

地址4:
仅仅在 ad hoc
模式中使用



无线与有线LAN帧地址部分的区别

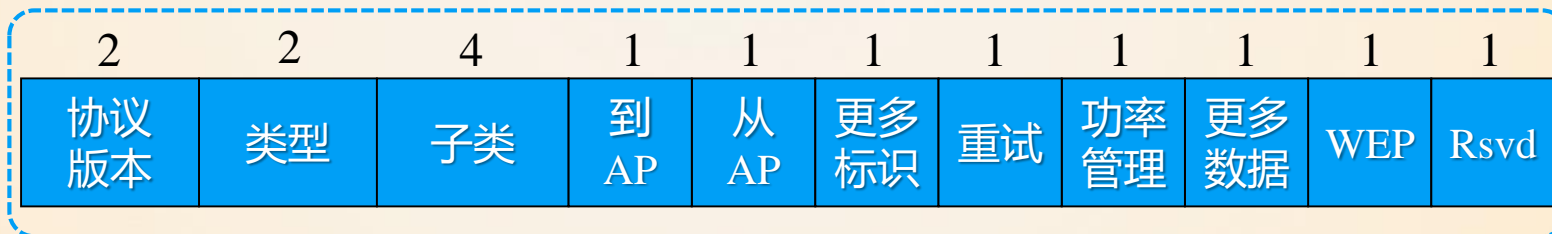
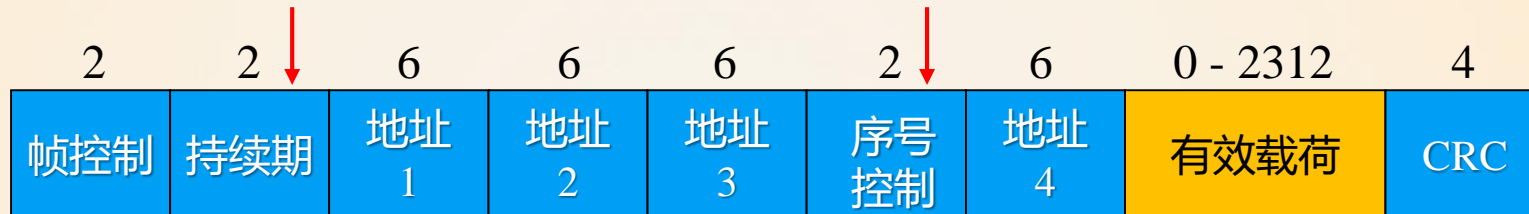




Wi-Fi帧首部的帧控制部分

预约发送时间
(RTS/CTS)的持续期

帧序号 #
(为可靠 ARQ)



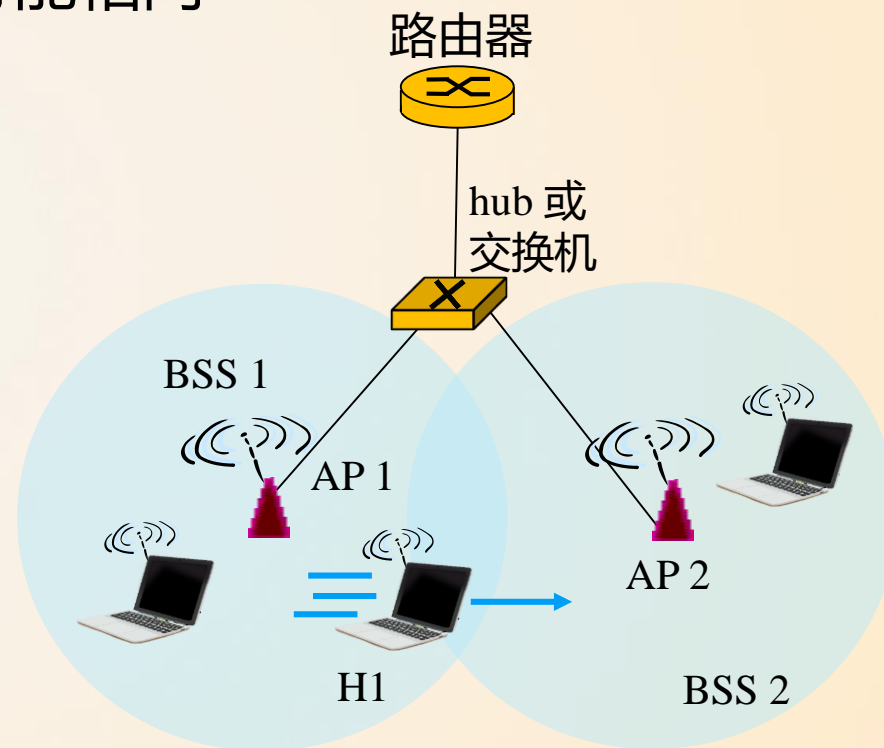
帧类型
(RTS, CTS, ACK, 数据)



802.11同一子网内的移动性

- H1 仍然在同一 IP 子网中: IP 地址也可能相同
- 交换机: 哪个 AP 与 H1 关联呢?
 - 自学习 (Ch.6):

交换机将看到来自H1的帧并“记住”能到达H1的哪个交换机端口

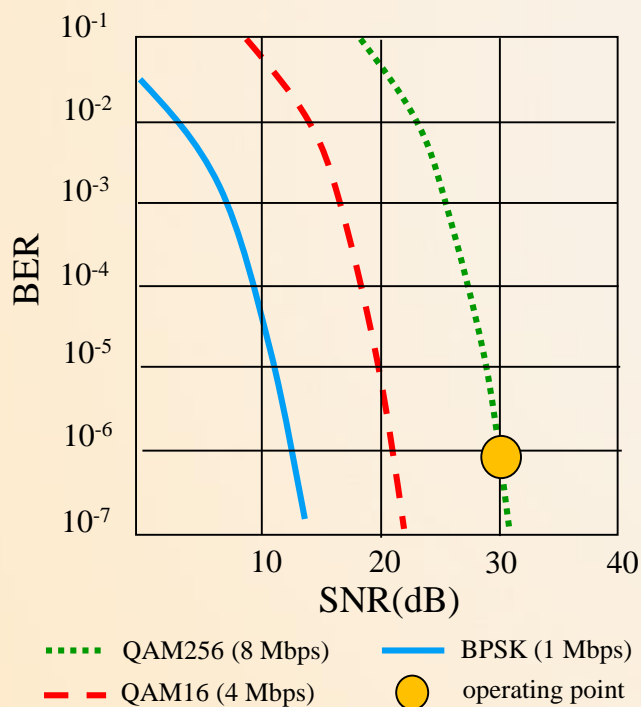




802.11速率自适应



基站和移动终端之间的传输**速度**会随着移动终端的移动和SNR的变化而**智能的调整**



- 当终端向**远离**基站的方向移动时，SNR 减小，BER 增大
- 当 BER 增大到一定程度时，将**速率切换**到一个较低的水平来保障较低的 BER



功率管理



node-to-AP : “我将**保持睡眠**状态直到下一个信标帧”

- AP 知道不应当向这个节点发送任何帧
- AP缓存所有需要发送给该节点的帧
- 节点在**下一个信标帧前唤醒**



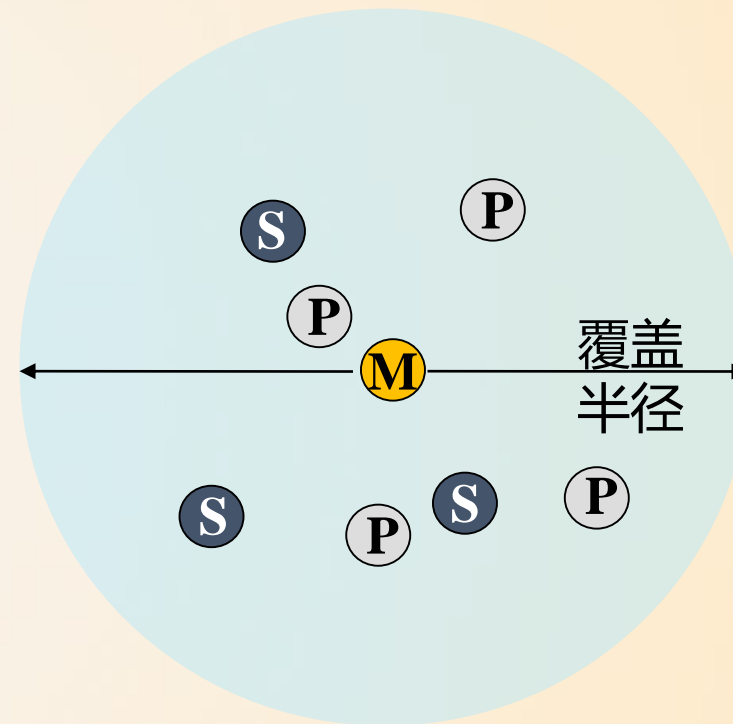
信标帧 : 包含了**帧被缓存在AP中的节点的列表**

- 如果**有帧**，待发送节点会保持活动状态，请求这些帧，再转入睡眠状态
- 如果**没有帧**，重新进入睡眠状态直到下一个信标帧前



802.15——无线个人区域网

- 半径小于 10 米
- 取代那些电缆（鼠标，键盘，耳机）
- 是自组网：无固定基础设施
- 主/从式：
 - 从设备 请求允许向主设备发送
 - 主设备同意请求
- 802.15: 从蓝牙技术规范演变而来
 - 2.4-2.5 GHz 无线电波段
 - 最大数据速率 721 kbps



- 主设备
- 从设备
- 寄放设备



移动管理：原理

Mobility Management: Principles





移动管理：原理



用户如何移动？

无移动性

高移动性

移动用户在相同的无线接入网络中移动

移动用户在接入网络之间移动，在使用DHCP时连接或断开网络

移动用户在接入网络之间移动，同时维持正在进行中的连接(象蜂窝电话一样)



移动管理：原理



移动节点的**地址**是否有必要始终保持**不变**？

- 取决于你的应用需要



有哪些可用的**有线基础设施**的支持？

- 假设**存在**固定的基础设施让移动用户连接
 - 家庭的ISP网络
 - 办公室的无线接入网络
 - 沿高速公路的无线接入网络
- **无**固定的基础设施时
 - 自组织网络



移动管理：原理

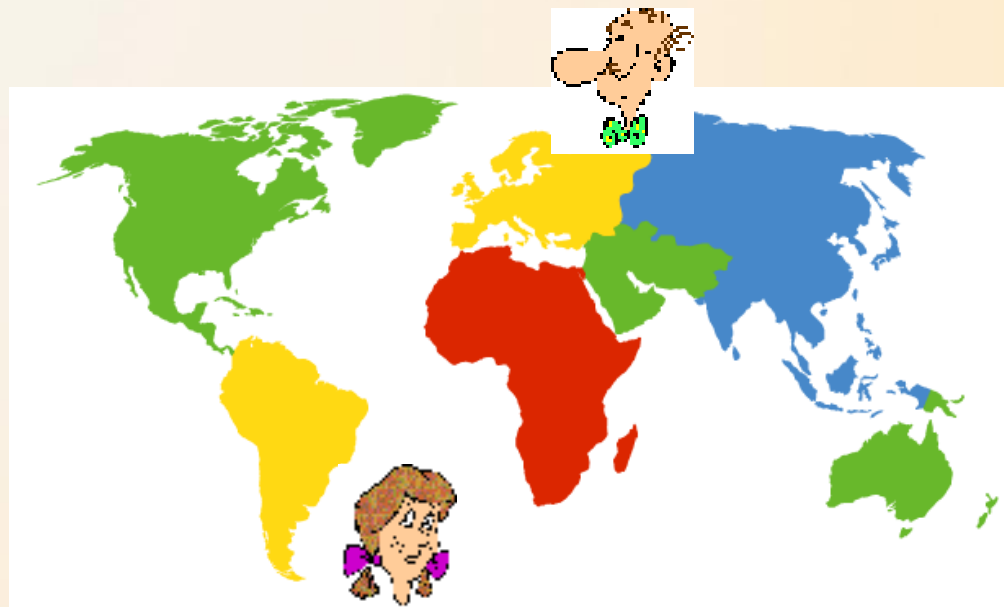


你怎样与一个移动的朋友联系呢？

如果朋友不停地**改变地址**，你怎么找到她？

- ❑ 搜索所有的电话簿？
- ❑ 给他的父母打电话？
- ❑ 盼望她会告诉你她在哪儿？

我想知道Alice现在移动到哪里了？



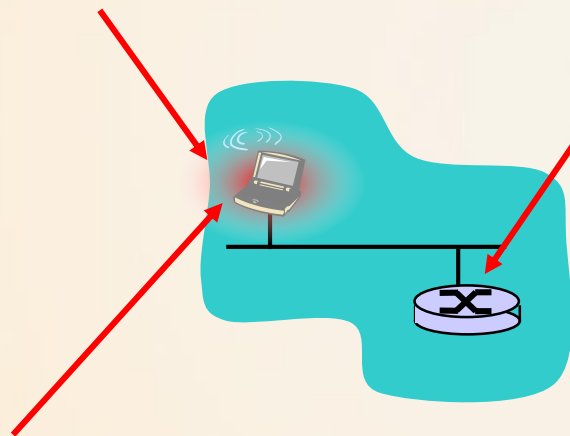


移动管理：原理

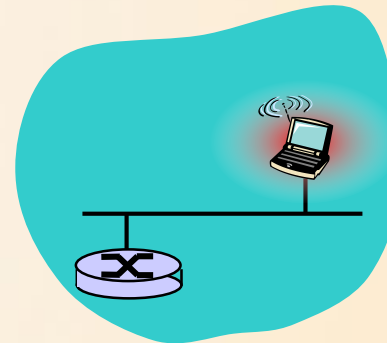
归属网络：移动用户永久的“家” (e.g., 128.119.40/24)

归属代理 (HA)：当移动用户在远程时, 代表移动节点执行移动管理功能的实体.

永久地址：归属网络中的地址, 用它一定可以找到移动用户
e.g., 128.119.40.186



广域网



通信者

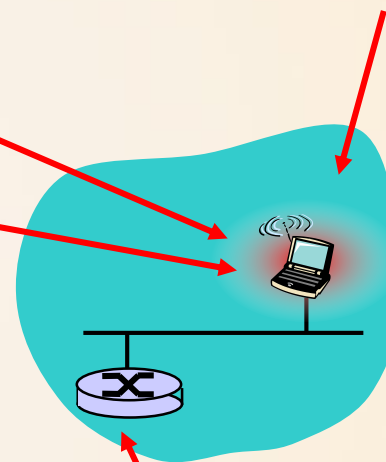
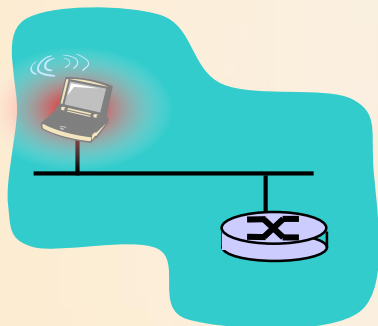


移动管理：原理

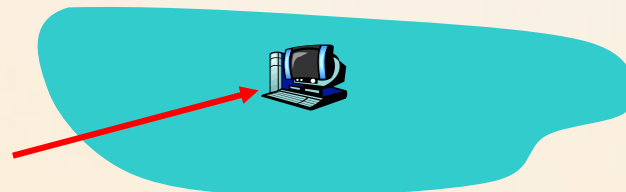
永久地址 (MA) : 保持不变 (e.g., 128.119.40.186)

被访问网络: 移动用户当前所在的网络 (e.g., 79.129.13/24)

转交地址 (COA) : 在被访问网络中的地址.
(e.g., 79,129.13.2)



通信者: 希望与移动节点通信的实体



外部代理: 在被访问网络中帮助移动节点完成移动管理功能的实体



移动管理：原理



移动性的两种解决方法

□ **让路由器处理:** 路由器通过路由表交换方式向邻居通告移动节点的永久地址

- 路由表指明移动用户
- 不需要对网络基础设施改变

无法扩展到百万移动用户

□ **让终端处理:**

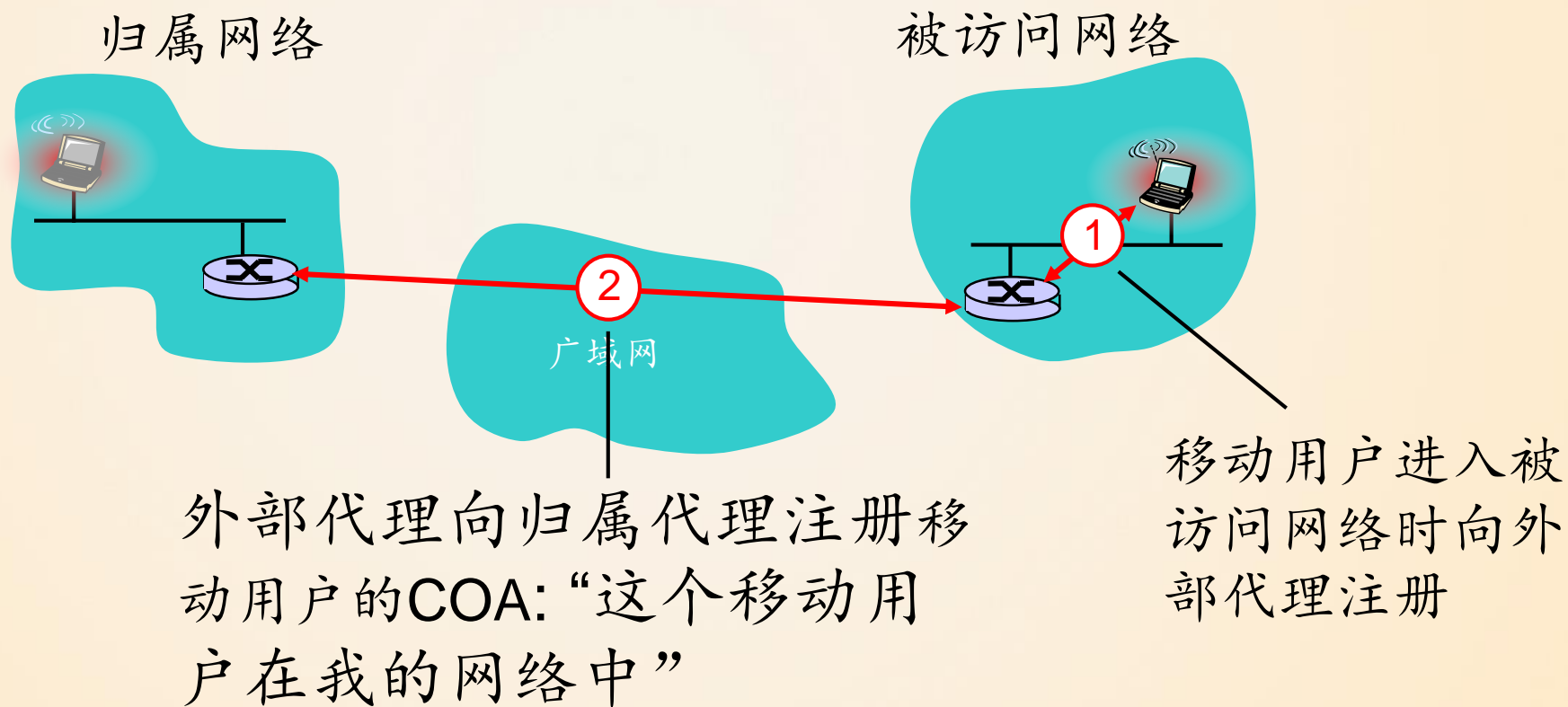
- **间接路由:** 通信者如果需要与移动用户通信, 归属代理首先截获这些数据报, 然后通过移动用户的COA将数据报转发给外部代理, 然后从该外部代理转发给移动用户
- **直接路由:** 通信者获取移动用户的外部地址, 然后直接将数据报发给移动用户



移动管理：原理



移动节点的注册





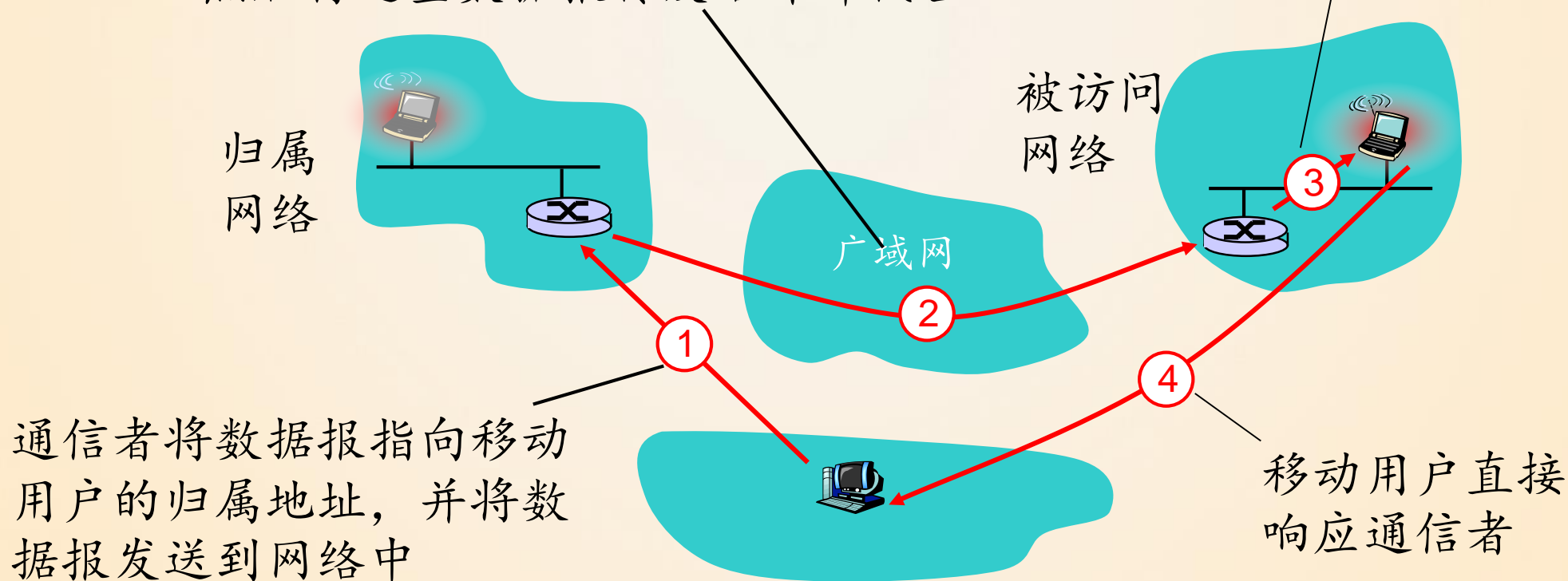
移动管理：原理



移动节点的间接选路

归属代理首先截获数据报，并将其封装在一个目的地址为COA的数据报内，然后将这些数据报转发给外部代理

外部代理收到数据报，从中取出通信者的原始数据报，然后转发给移动用户

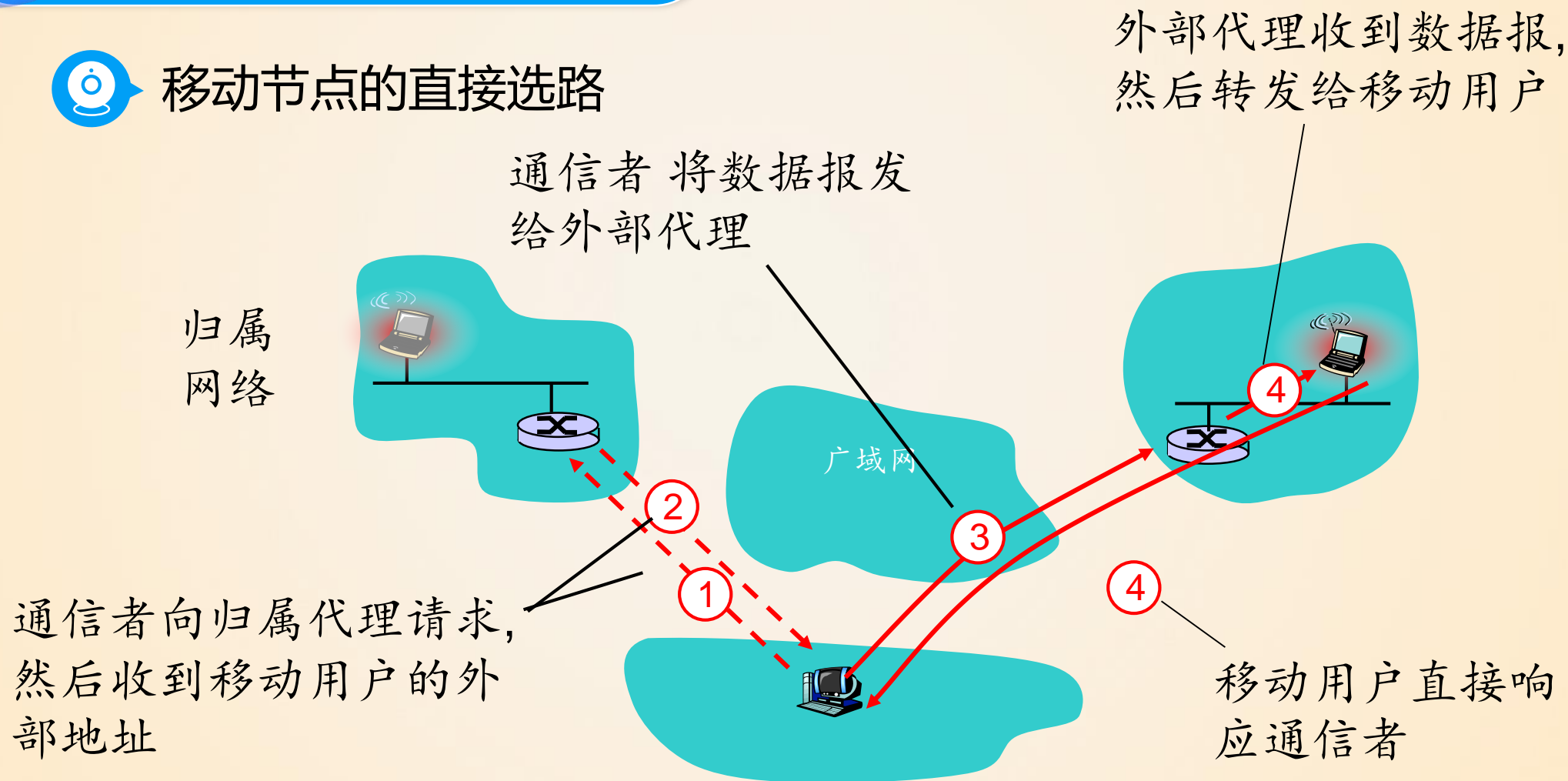




移动管理：原理



移动节点的直接选路





移动管理：原理



直接选路带来的问题

- 对通信者来说是非透明的：通信者必须从归属代理那里得到转交地址COA

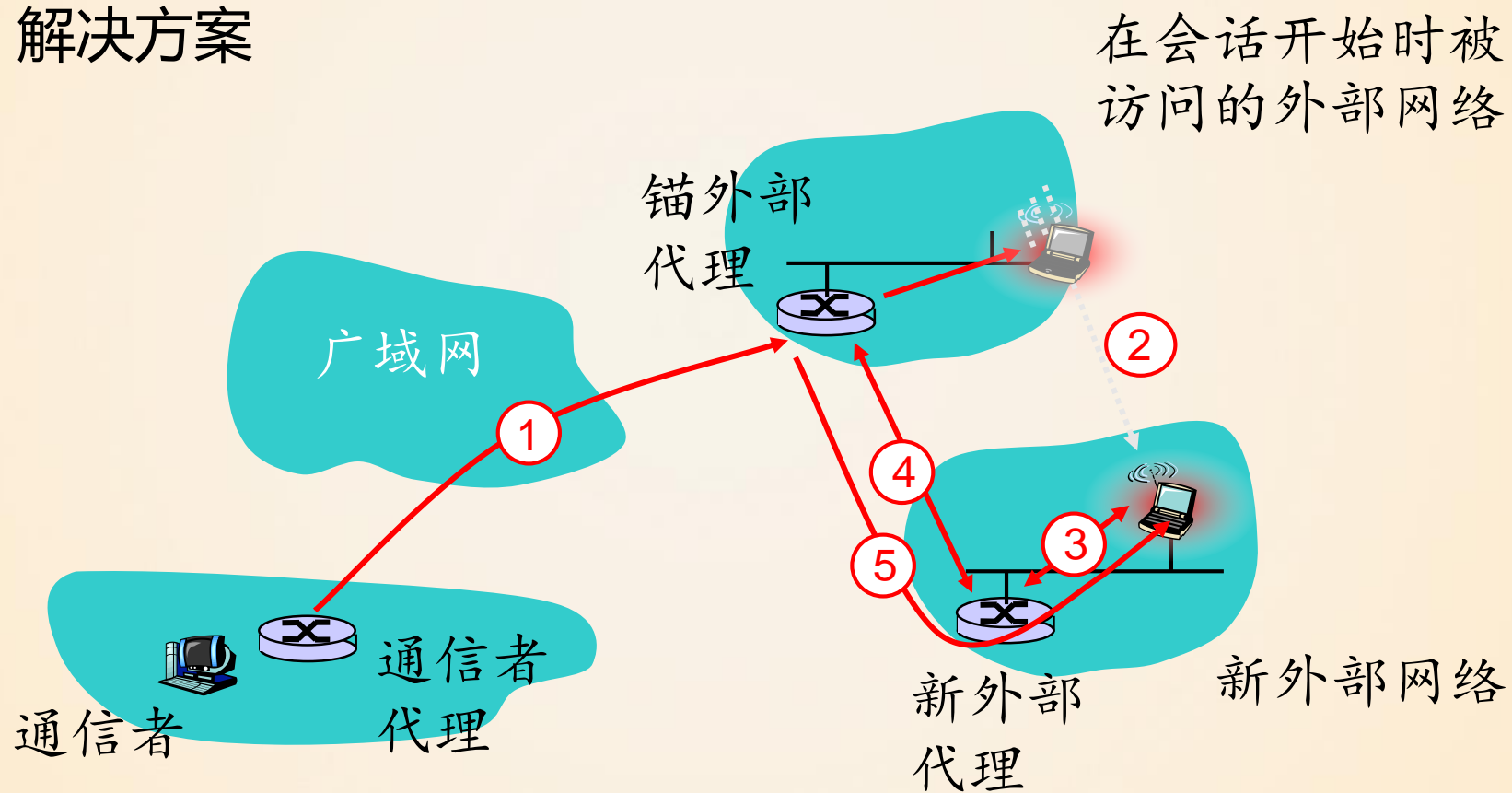
如果移动用户从一个被访问网络移动到另一个网络会怎样呢？



移动管理：原理



解决方案





移动IP

Mobile IP





移动IP

支持移动性的因特网体系结构与协议统称为
移动IP（RFC3344）



要素

归属代理、外部代理、外部代理注册转交地址、封装



移动标准的组成

代理发现

向归属代理注册

数据报的间接路由

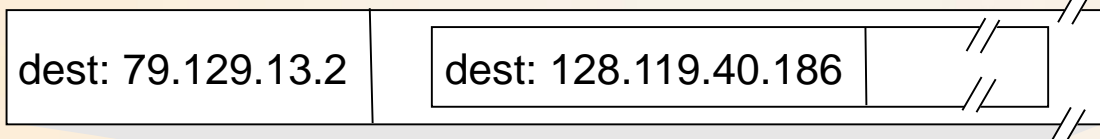


移动IP

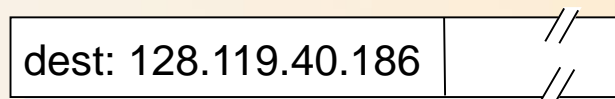


数据报的间接路由

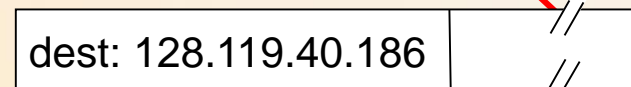
归属代理向外部代理发送的数据报:
原始数据报封装在一个新数据报内



外部代理向移动用户发送的数据报

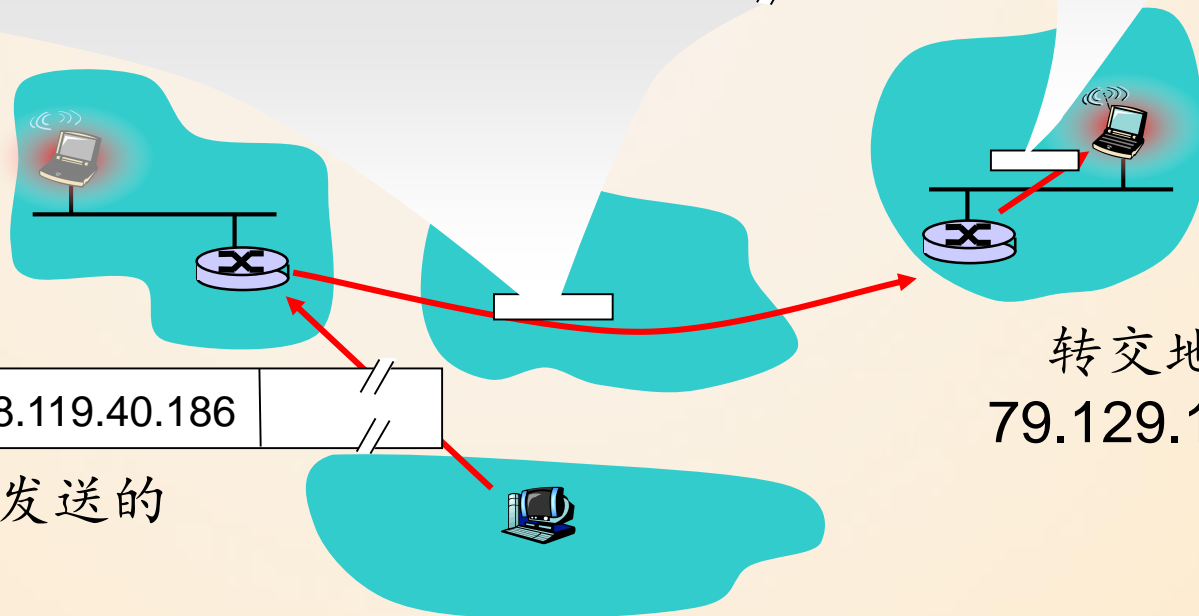


永久地址:
128.119.40.186



通信者发送的
数据报

转交地址:
79.129.13.2





移动IP

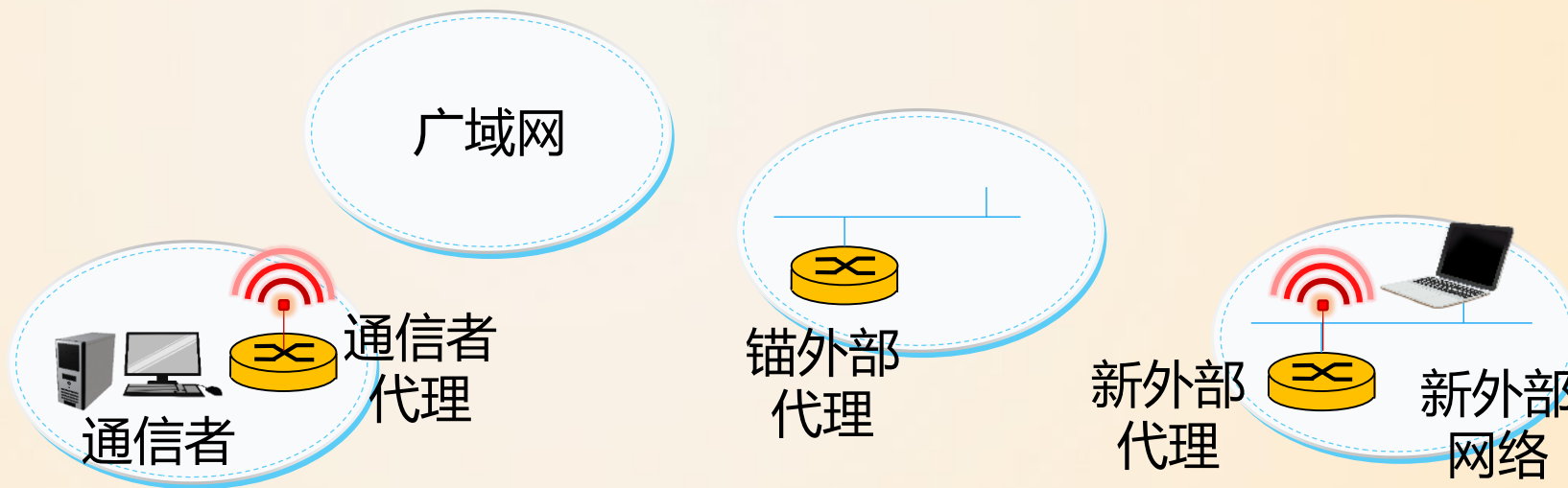


代理发现

代理通告:

外部/归属代理发通告

通过在链路上广播 一个ICMP 报文(类型= 9)的方式
提供通告服务

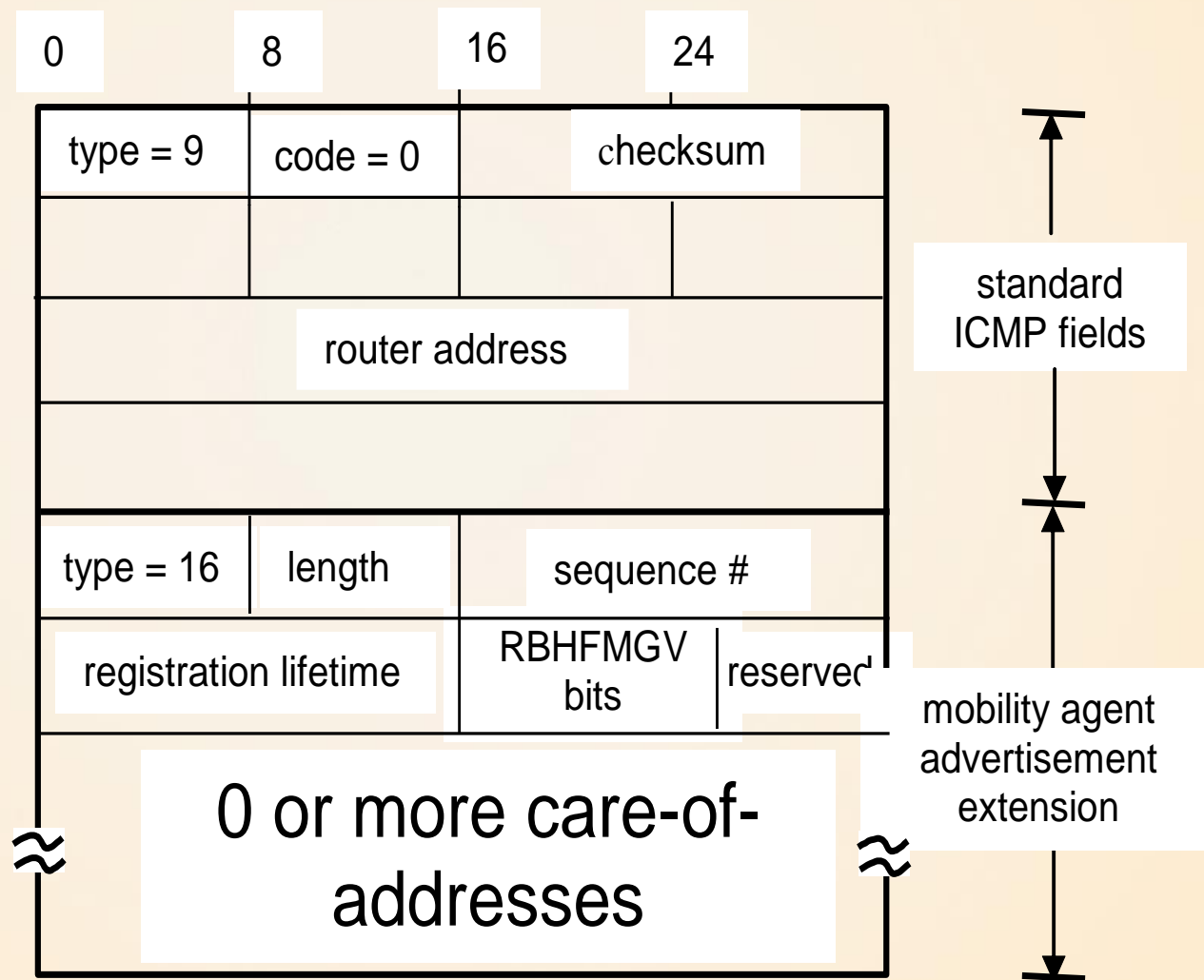




移动IP



代理发现





移动IP

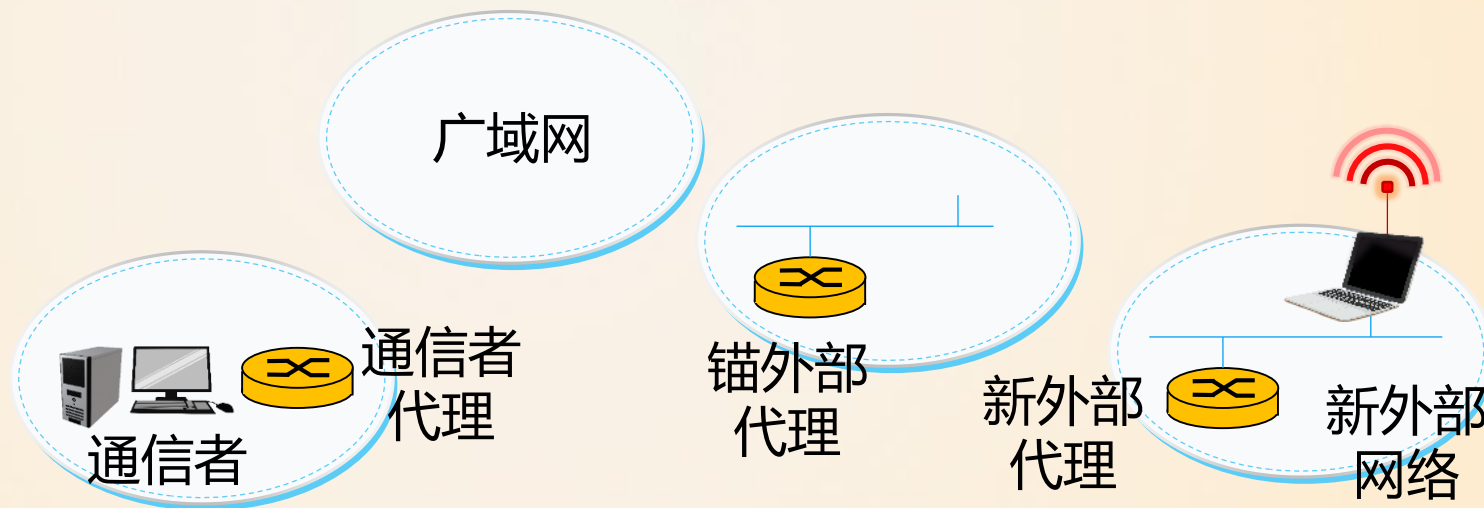


代理发现

代理请求:

移动节点发代理请求报文

广播一个ICMP 报文(类型=10), 代理单播回一个代理通告

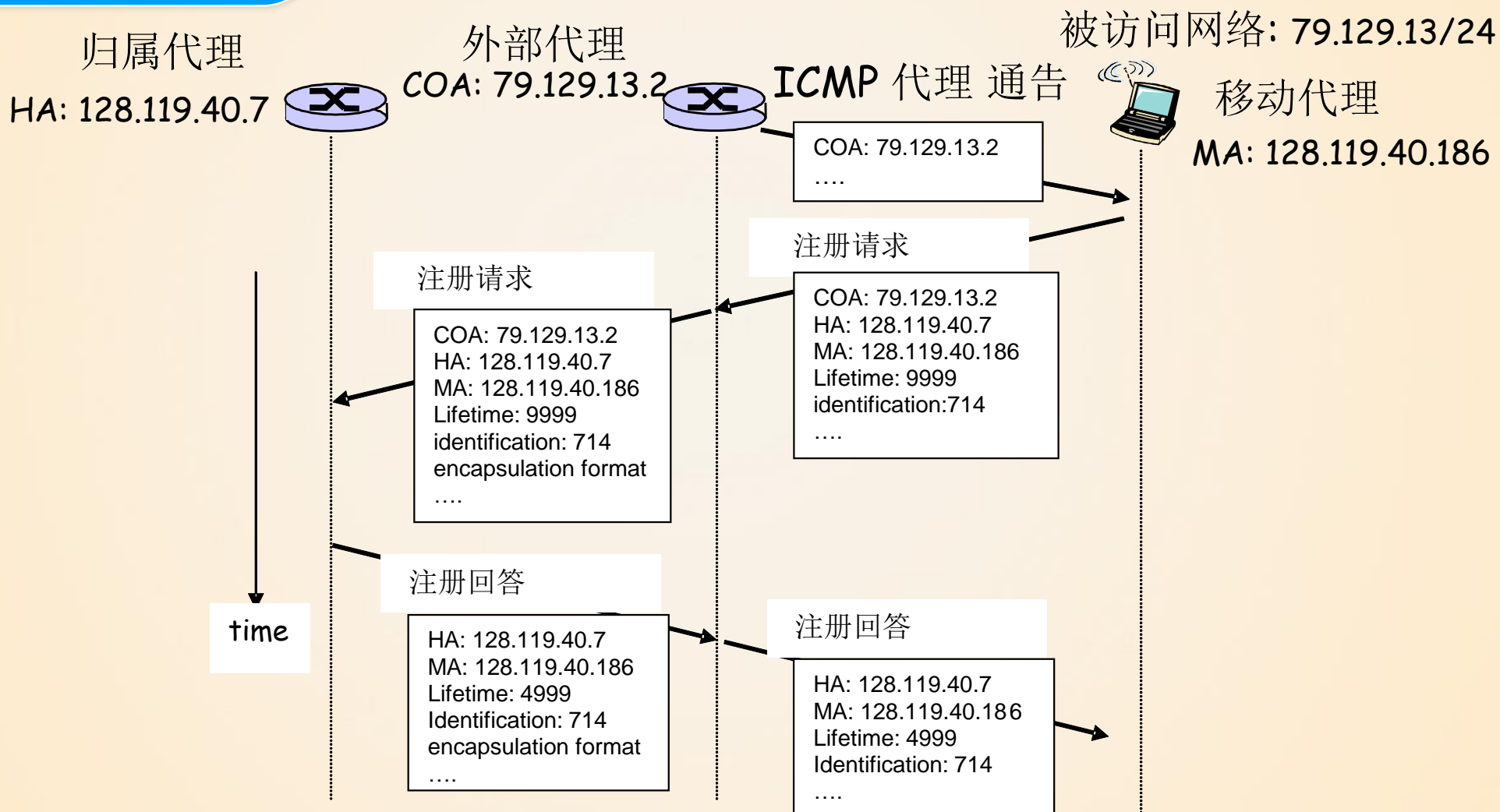




移动IP



向归属代理注册





无线和移动性：对高层协议的影响

Wireless and Mobility: Impact on Higher-Layer Protocols





无线和移动性：对高层协议的影响



在逻辑上，影响应该是很小...

- ❑ 最大努力服务模型也没有改变
- ❑ TCP 和 UDP能够(也确实)运行在在无线, 移动网络中



... 但性能方面的差别是明显的:

- ❑ 数据报丢失/延迟：由于比特错误 (丢包以及因数据链路层的重发机制引起的延迟)和切换
- ❑ TCP把数据报的丢失当成是因拥塞所致, 因此会不必要地降低其拥塞窗口
- ❑ 延迟会影响通信的实时性
- ❑ 无线链路的带宽有限



本章小结



无线

- 无线链路：
 - 容量，距离
 - 信道损耗
 - CDMA
- IEEE 802.11 (Wi-Fi)
 - CSMA/CA 反映无线信道特点



移动

- 移动管理：原理
 - 归属，被访网络
 - 直接，间接路由选择
 - 转交地址
- 案例研究
 - 移动 IP
- 对高层协议的影响



课后思考题

□ 复习题 1、2、6、7、11

□ 习 题 1、5、7、8