

计算机网络

第6章 无线网络和移动网络

目 录

- 概述
- 无线链路和网络特征
- Wi-Fi : 802.11 无线 LAN
- 移动互联网接入
- 移动管理 : 原理
- 移动 IP
- 蜂窝网络中的移动性处理
- 无线和移动性 : 对高层协议的影响

2020年11月20日

*

6.1 概述

■ 背景知识

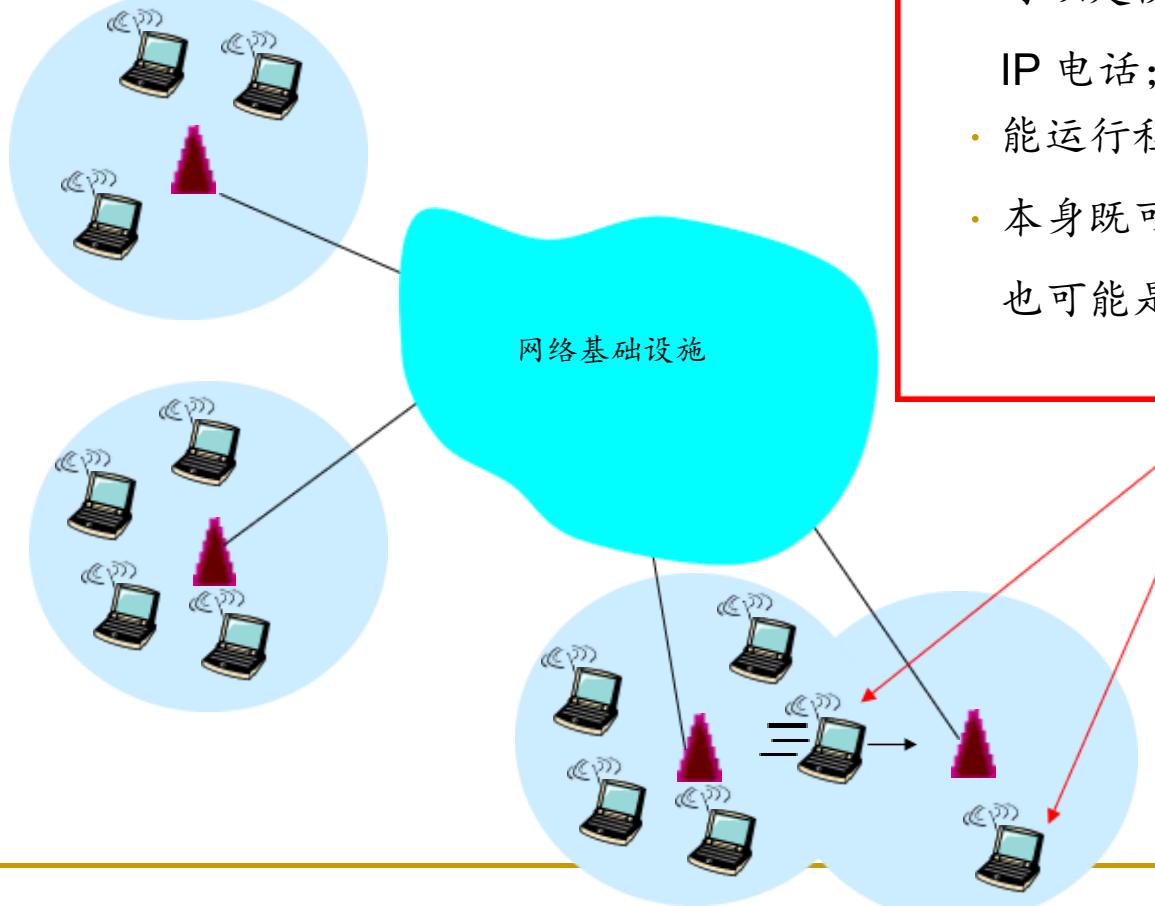
- 无线(移动)电话的用户数现在已超过了有线电话的用户数!
- 计算机网络:便携机,掌上型电脑, PDAs, IP电话允许随时、无缝地接入因特网。
- 两个重要的挑战:
 - 无线特性: 基于无线链路的通信;
 - 移动特性: 移动用户的网络接入点是变化的。

2020年11月20日

*

6.1 概述

■ 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.



2020年11月20日

*

6.1 概述

■ 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

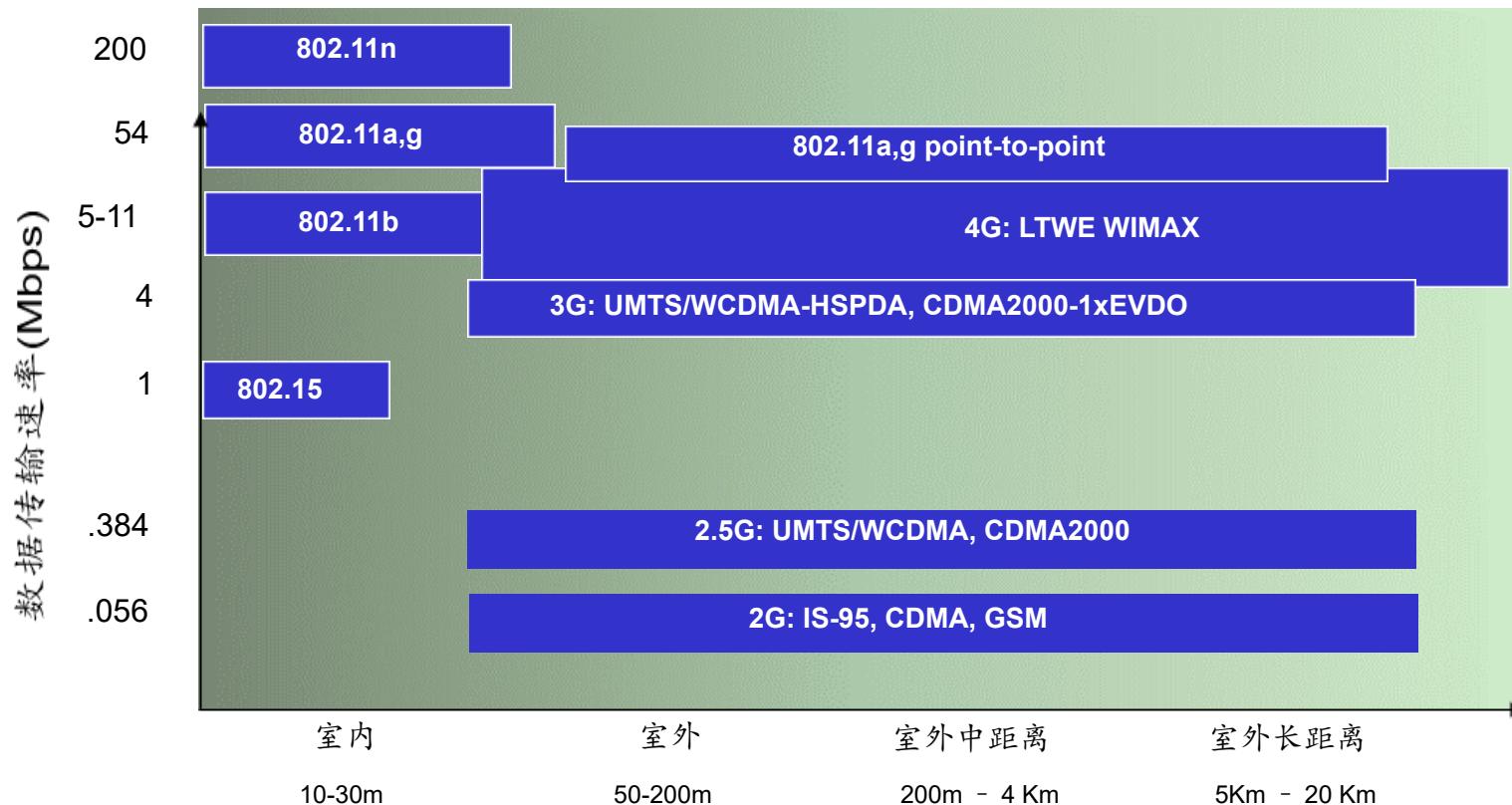


2020年11月20日

*

6.1 概述

几种无线网络标准的链路特性

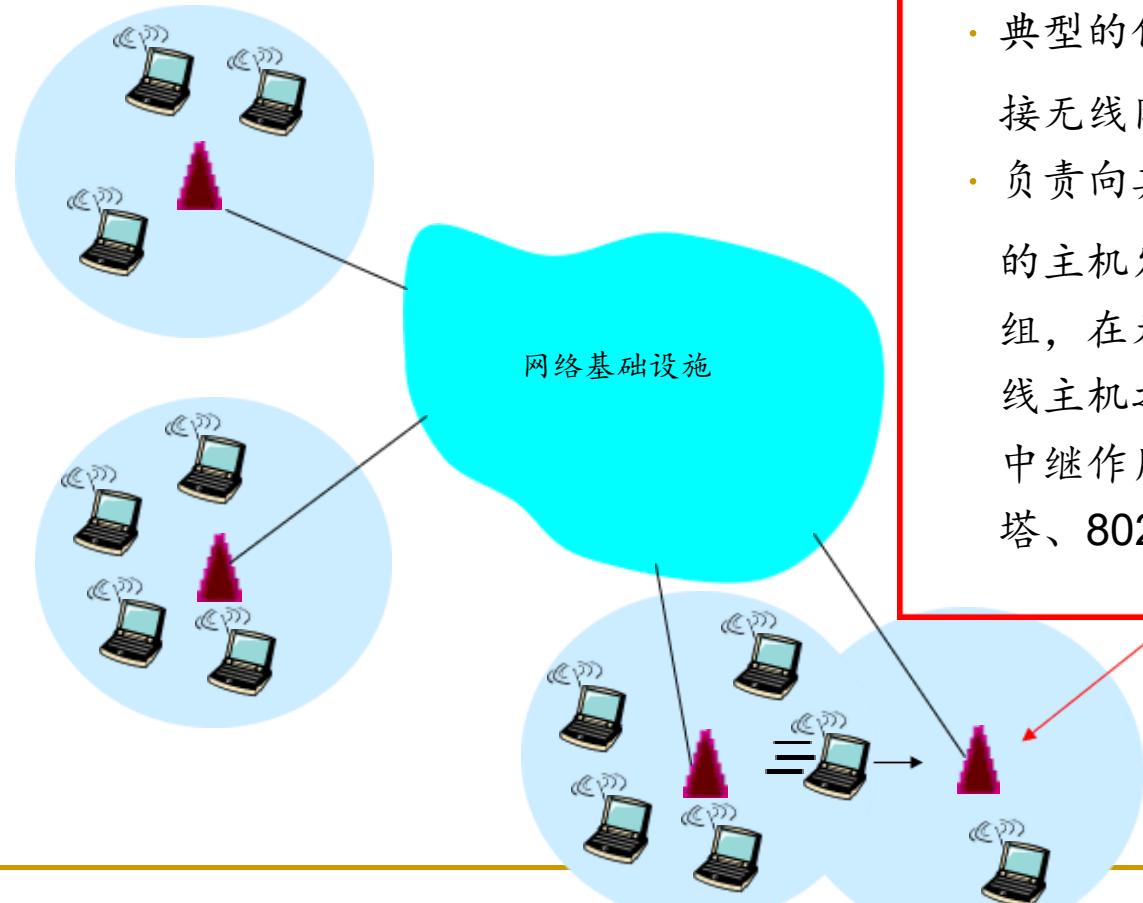


2020年11月20日

*

6.1 概述

■ 无线网络的元素



基站

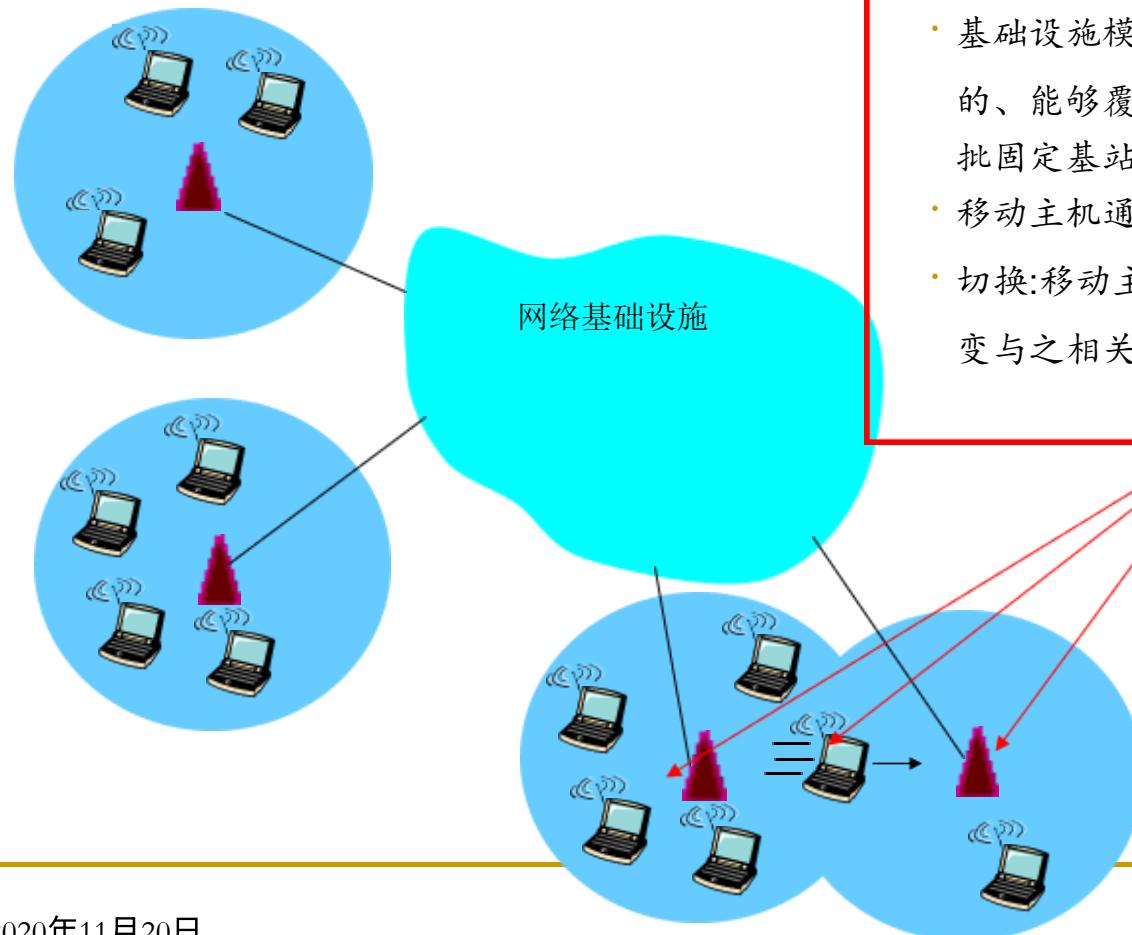
- 典型的作用是用于连接无线网络；
- 负责向其覆盖范围内的主机发送和接收分组，在无线网络和无线主机之间起链路层中继作用。如：蜂窝塔、802.11 接入点

2020年11月20日

*

6.1 概述

■ 无线网络的元素



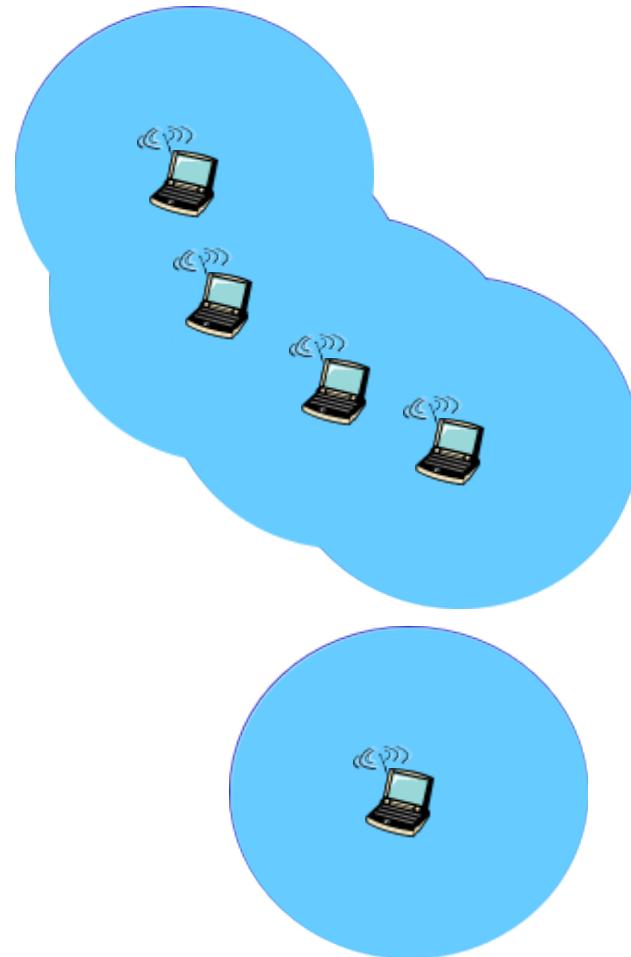
基础设施模式

- 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。

2020年11月20日

*

6.1 概述



Ad hoc 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。

6.1 概述

■ 无线网络分类

	单跳	多跳
有基础设施 (e.g., APs)	主机连接到基站(WiFi, WiMAX, 蜂窝网络), 基站连接到更大的互联网	主机可能必须通过几个无线节点中继, 以连接到更大的互联网:网状网
无基础设施	没有基站, 没有连接到更大的互联网(蓝牙, ad hoc网络)	没有基站, 没有连接到更大的互联网。可能必须中继到达其他给定的无线节点 MANET,VANET

2020年11月20日

*

6.1 概述

■ 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

2020年11月20日

*

6.2 无线链路和网络特征

■ 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



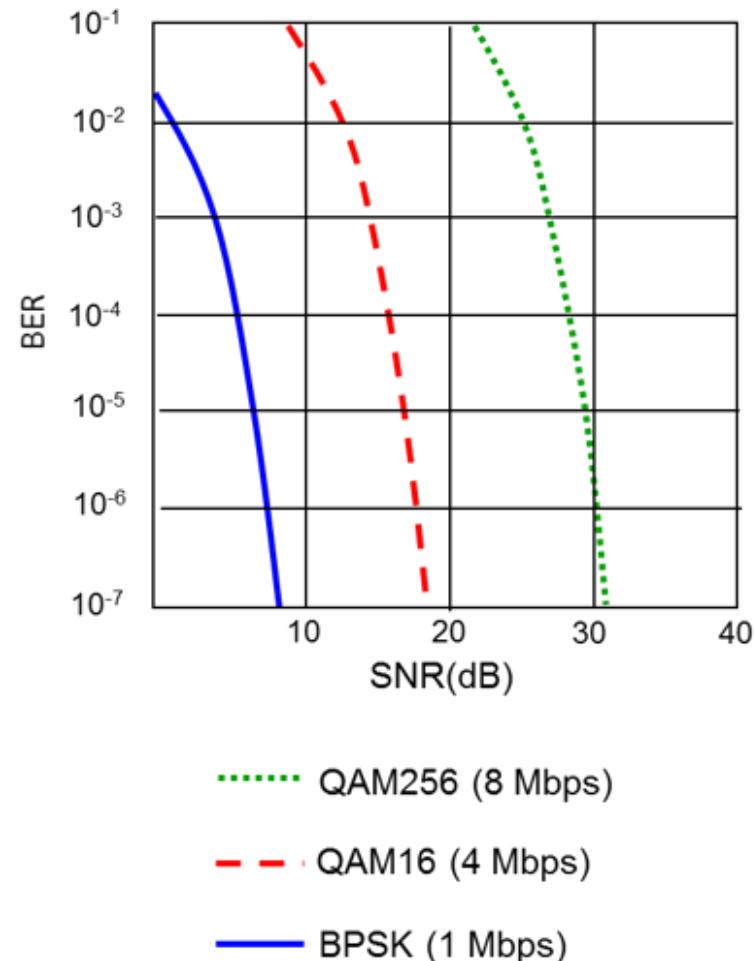
无线链路中的比特差错比比有线链路中更为常见

- ✓ 采用CRC进行帧校验
- ✓ 采用ARQ协议进行重传

6.2 无线链路和网络特征

- 信号的传输会引入噪声，可能出现差错
 - **SNR**——信噪比
 - **BER**——比特差错率

- ✓ 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**

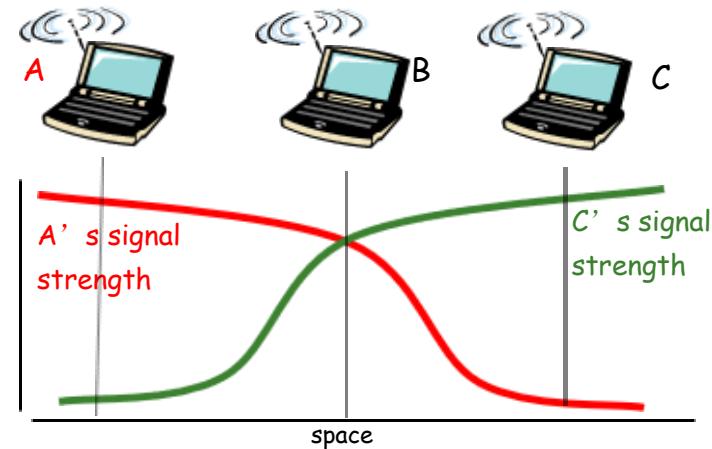
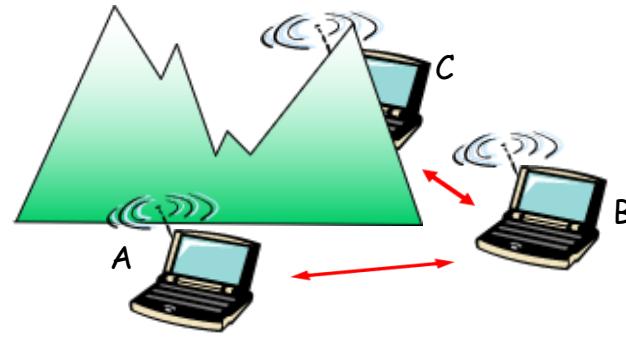


2020年11月20日

*

6.2 无线链路和网络特征

■ 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

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”

2020年11月20日

*

6.2 无线链路和网络特征

■ 码分多址访问 (CDMA)

- CDMA(Code Division Multiple Access): 就是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惟一的m bit码片序列。
- 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
 - 当站点发送比特“1”时，就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

6.2 无线链路和网络特征

□ 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。即

- 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。

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

- 任何码片向量和自己的规格化内积为1。

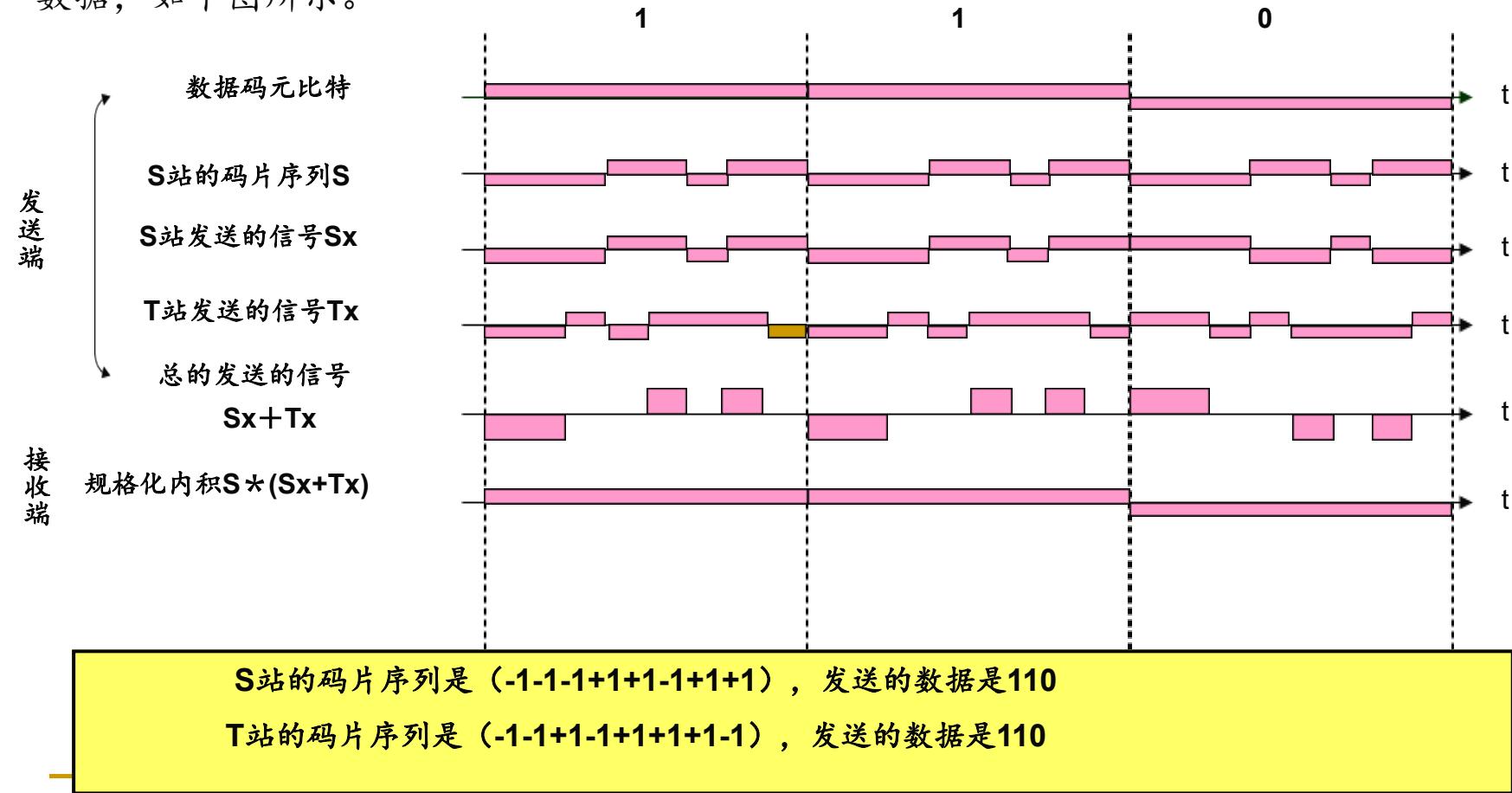
$$S \bullet S = \frac{1}{m} \sum s_i s_i = 1$$

- 任何码片向量和其反码的规格化内积为-1。

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

6.2 无线链路和网络特征

设有S站和T站均以相同频率发送数据，且接收站希望收到S站的数据，如下图所示。



2020年11月20日

*

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

■ 802.11协议簇概述

□ 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):所
有主机使用相同的码片序列

□ 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

✓ 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

□ 802.11n: 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

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN



■ 802.11体系结构

- 无线终端通过基站（AP）进行通信
- 基本服务集BSS包括
 - 无线终端
 - 基站AP
 - Ad hoc模式下只有终端

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

□ 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

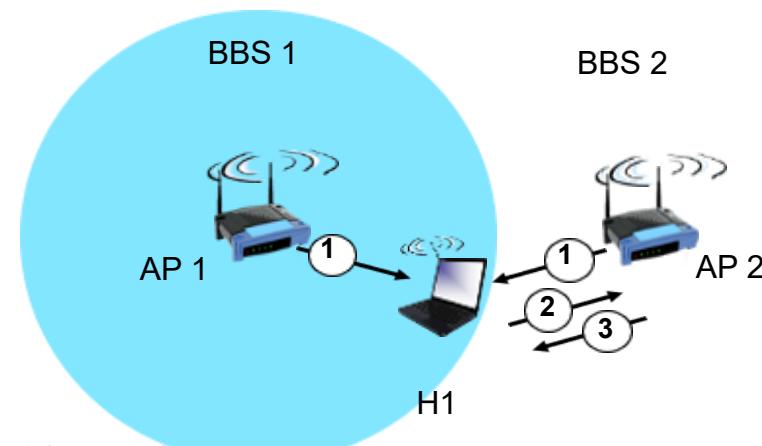
- 每个AP周期性发送信标帧，包括AP的SSID和MAC
- 主机对11个信道进行扫描，获取所有可用的AP的信标帧
- 主机选择其中一个AP进行关联，加入其所属子网
- 主机向关联AP发送DHCP发现报文，获取IP地址
- 可能需要身份鉴别

2020年11月20日

*

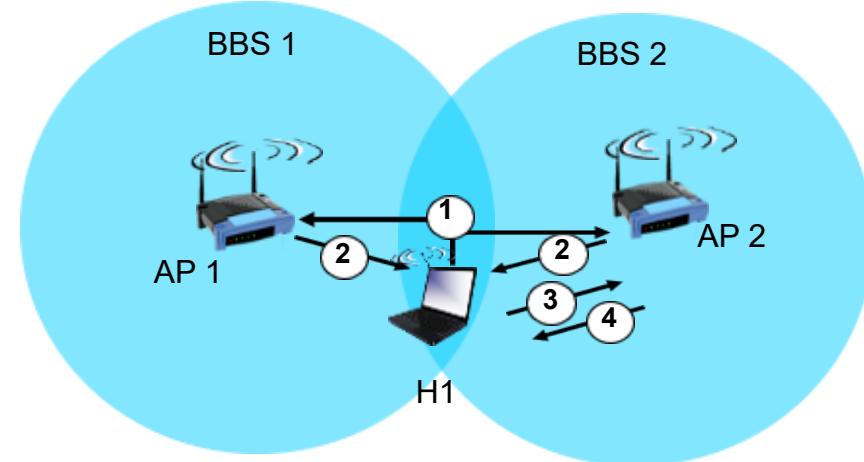
6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

□ 802.11:被动/主动扫描



被动扫描:

1. 从AP发送的信标帧
2. 关联请求帧发送:H1到选择的AP
3. 关联响应帧从选择的AP发送到H1



主动扫描:

1. 从H1开始的探测请求帧广播
2. 从AP发送的探测响应帧
3. 关联请求帧发送: H1到所选AP
4. 从所选AP发送到H1的关联响应帧

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

□ IEEE 802.11:多址接入

- 避免碰撞: 2个以上节点同时传输
- 802.11: CSMA - 发送前检测
 - 不能与其他节点正在进行的传输发生冲突
- 802.11: 无碰撞检测!
 - 由于接收信号弱（衰落），传输时难以接收（感应碰撞）
 - 在任何情况下都无法感知碰撞: 隐藏终端, 信号衰弱
 - 目标: 避免碰撞: CSMA/Collision Avoidance

2020年11月20日

*

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

■ 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。
而802.11适配器上，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
- 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无法检测到所有的碰撞

802.11采取碰撞避免而非碰撞检测

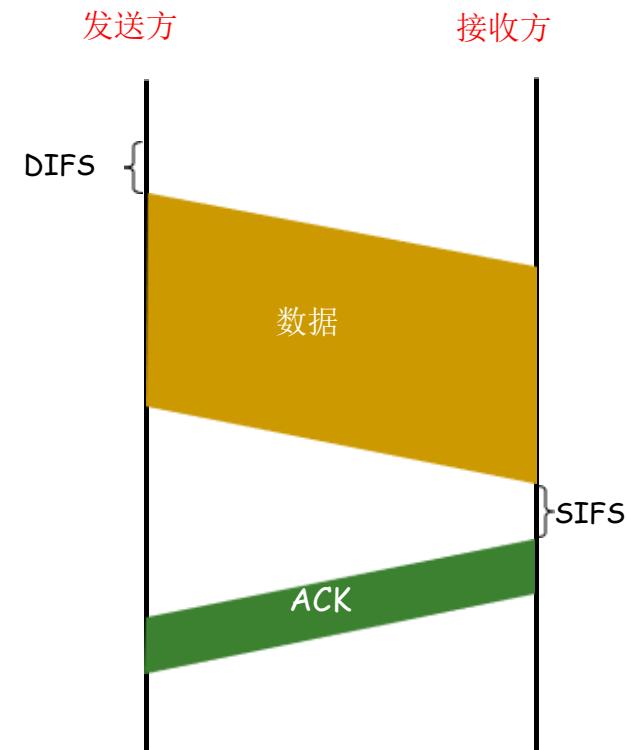
6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

□ 发送方的工作流程

- 如果侦听到信道闲置了**DIFS**秒，则传输整个帧（无冲突检测）
- 如果侦听到信道忙，则选择一个随机避退值作为定时器的定时时间，并在侦听信道闲置时递减该值。
- 定时时间一到且信道空闲就发送数据
- 如果收到确认，且站点要继续发送数据，则执行第2步
- 如果没有收到确认（ACK），则在更大范围内选取随机值，重复第2步

□ 接收方

- 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）



2020年11月20日

*

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

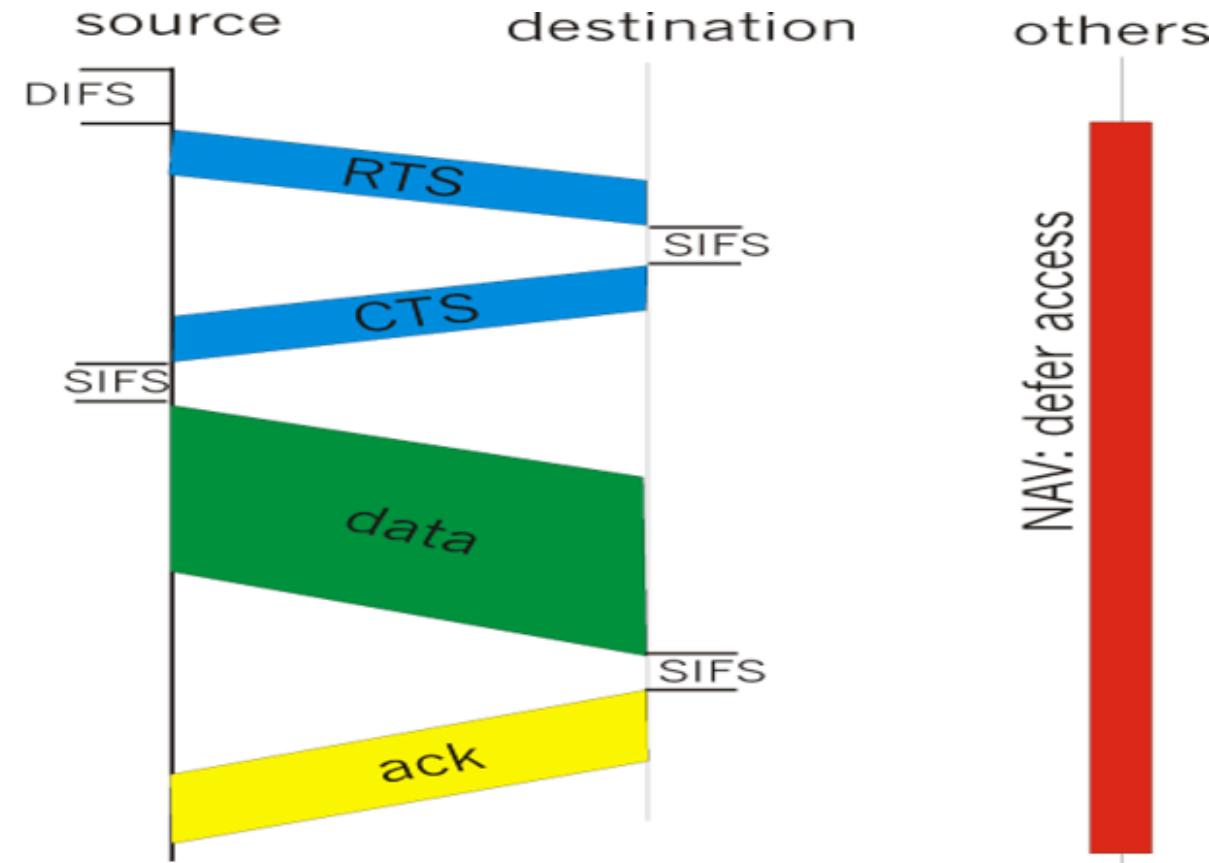
■ 冲突避免

- 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
- 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！

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

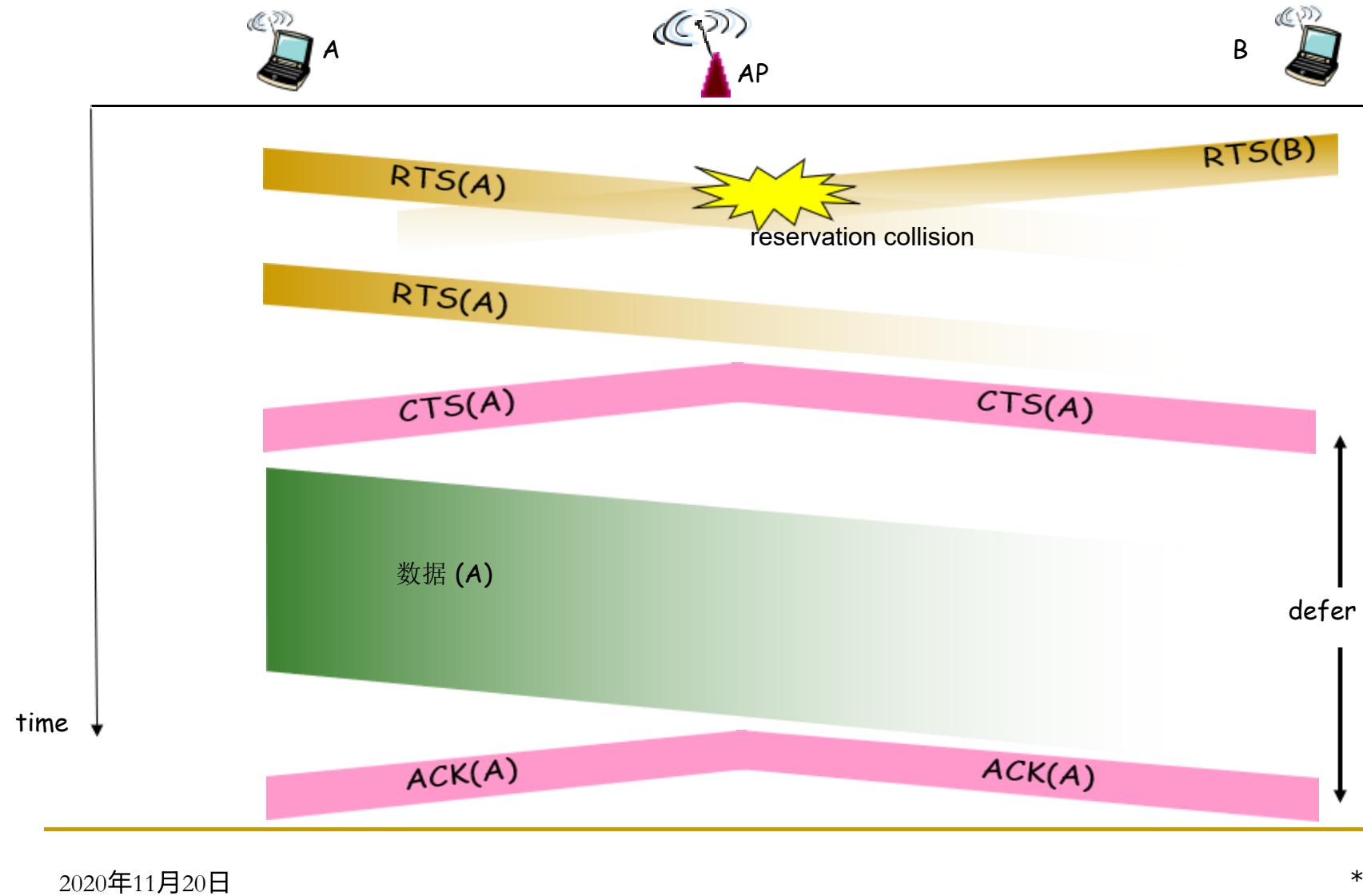
■ 冲突避免



2020年11月20日

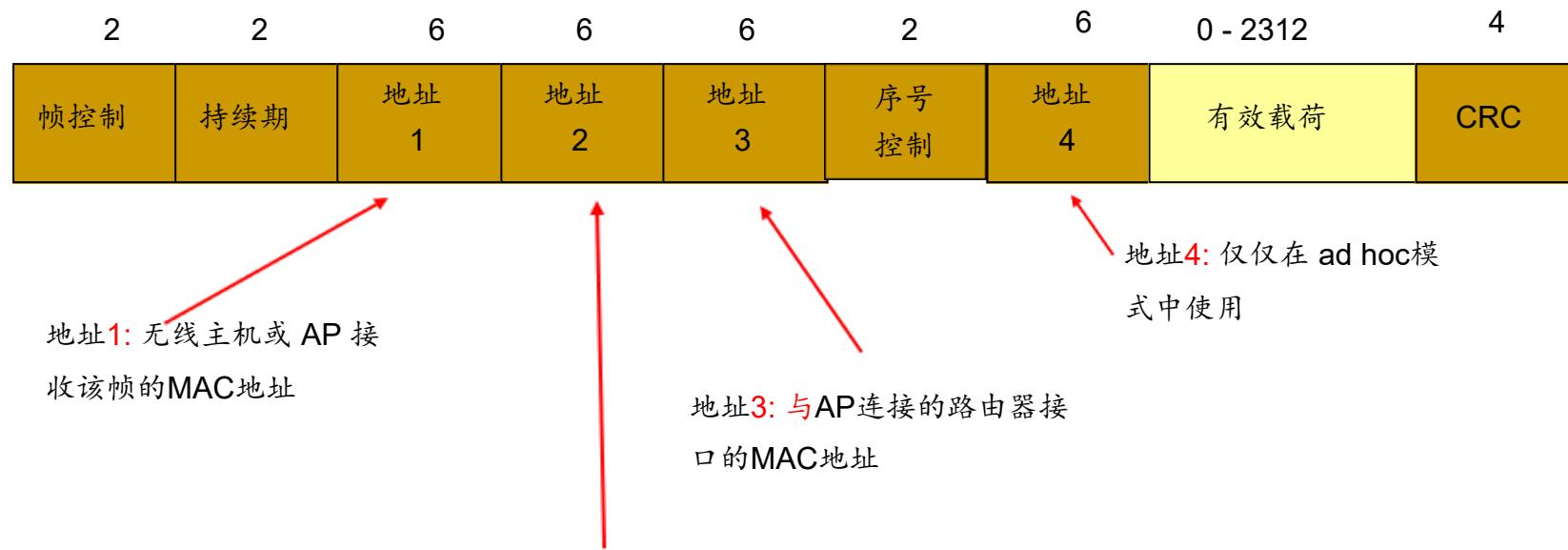
*

6.3 Wi-Fi : 802.11 无线 LAN



6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

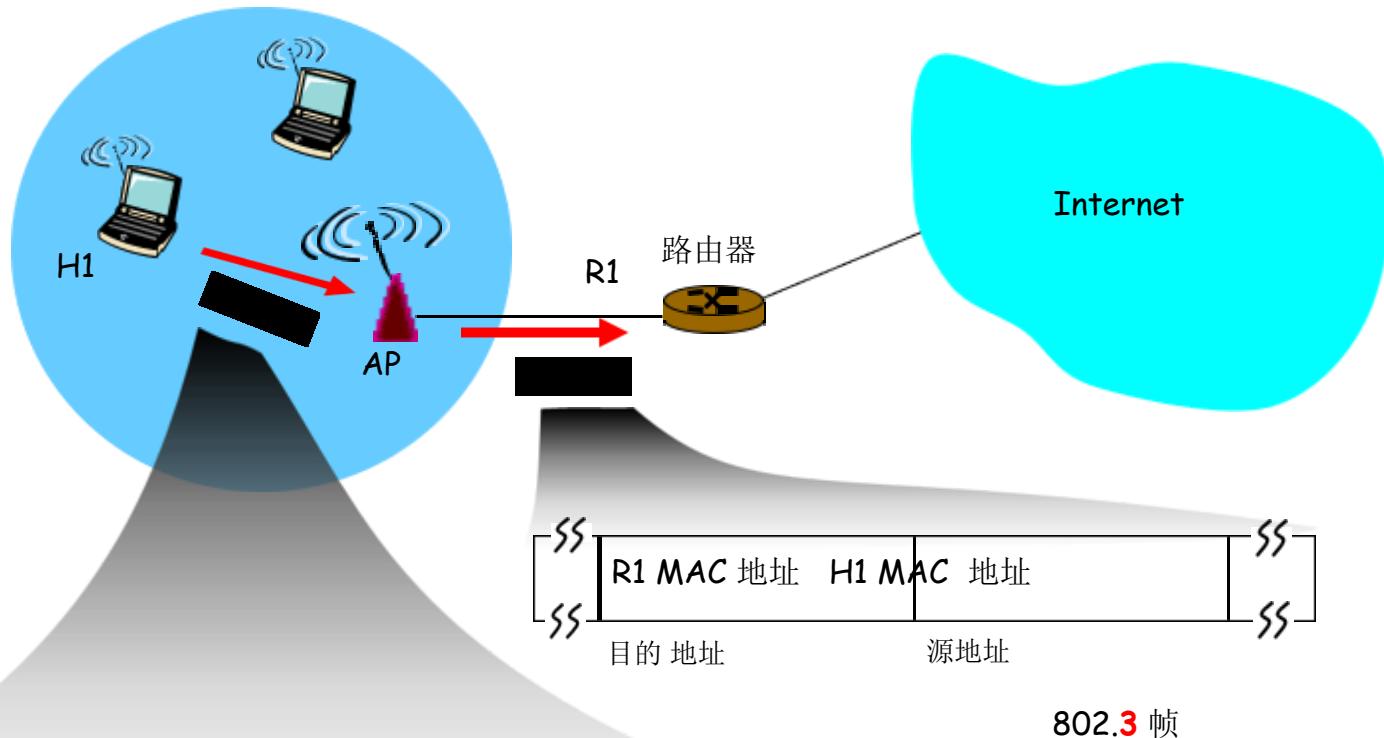
■ 802.11MAC帧格式



2020年11月20日

*

6.3 Wi-Fi : 802.11 无线 LAN

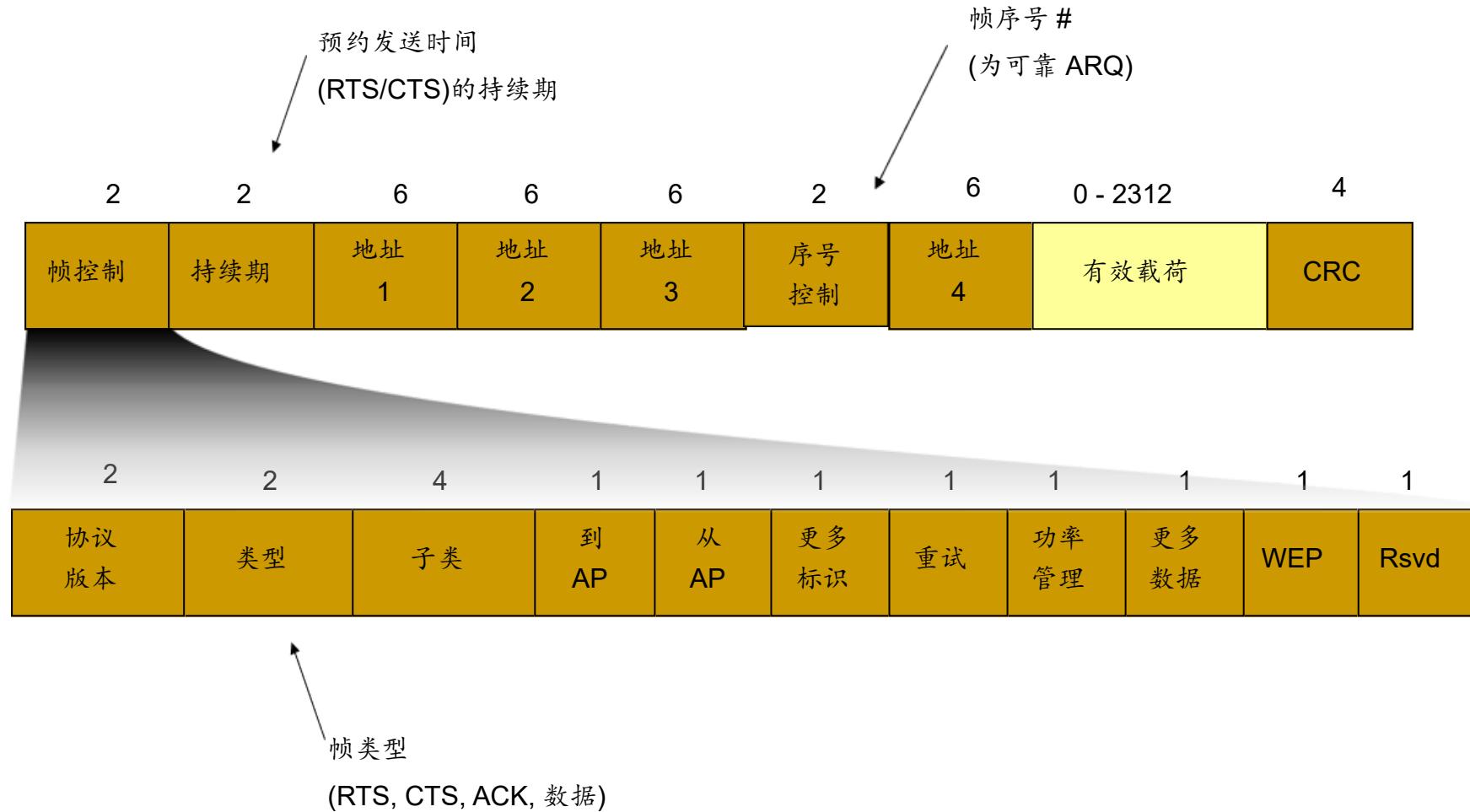


802.11 帧

2020年11月20日

*

6.3 Wi-Fi : 802.11 无线 LAN



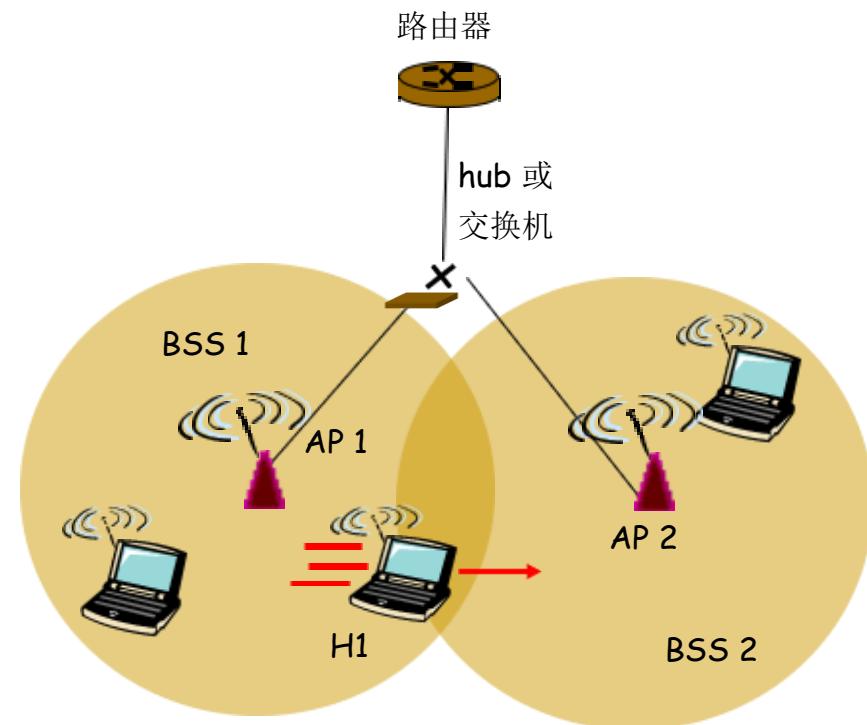
2020年11月20日

*

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

■ 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. 5): 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



2020年11月20日

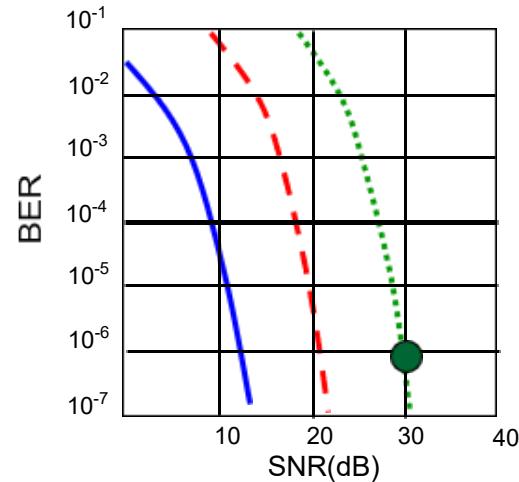
*

6.3 Wi-Fi : 802.11无线LAN

■ 802.11速率自适应

□ 基站和移动终端之间的速度会随着移动终端的移动和SNR的变化而智能的调整

- QAM256 (8 Mbps)
- - - QAM16 (4 Mbps)
- BPSK (1 Mbps)
- operating point

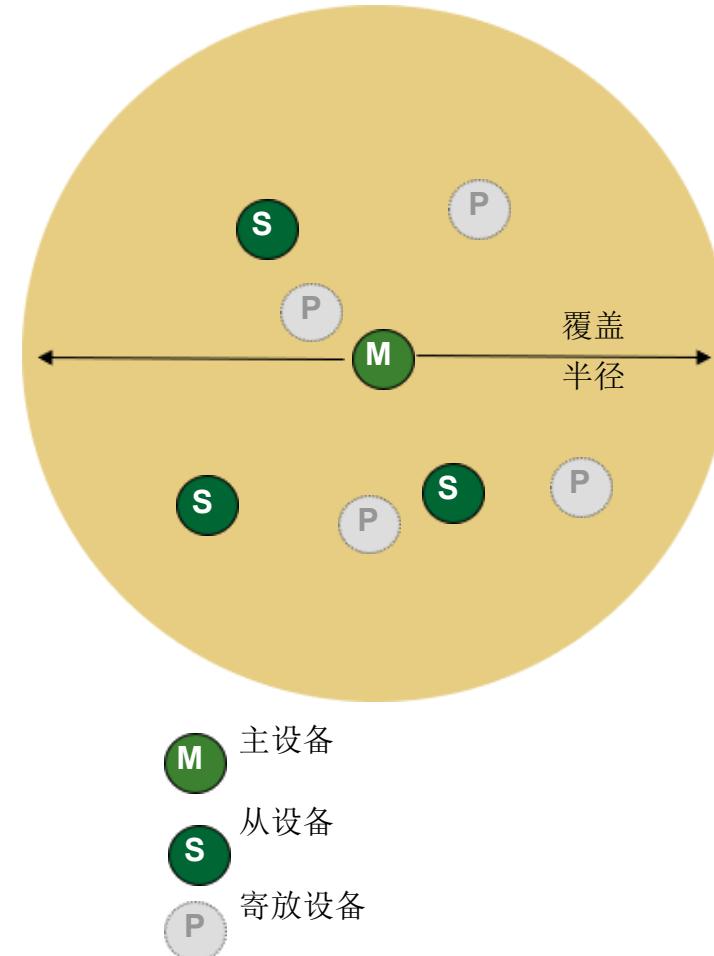


1. 当终端向远离基站的方向移动时，SNR 减小，BER 增大
2. 当 BER 增大到一定程度时，将速率切换到一个较低的水平来保障较低的 BER

6.3 Wi-Fi : 802.11 无线 LAN

■ 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

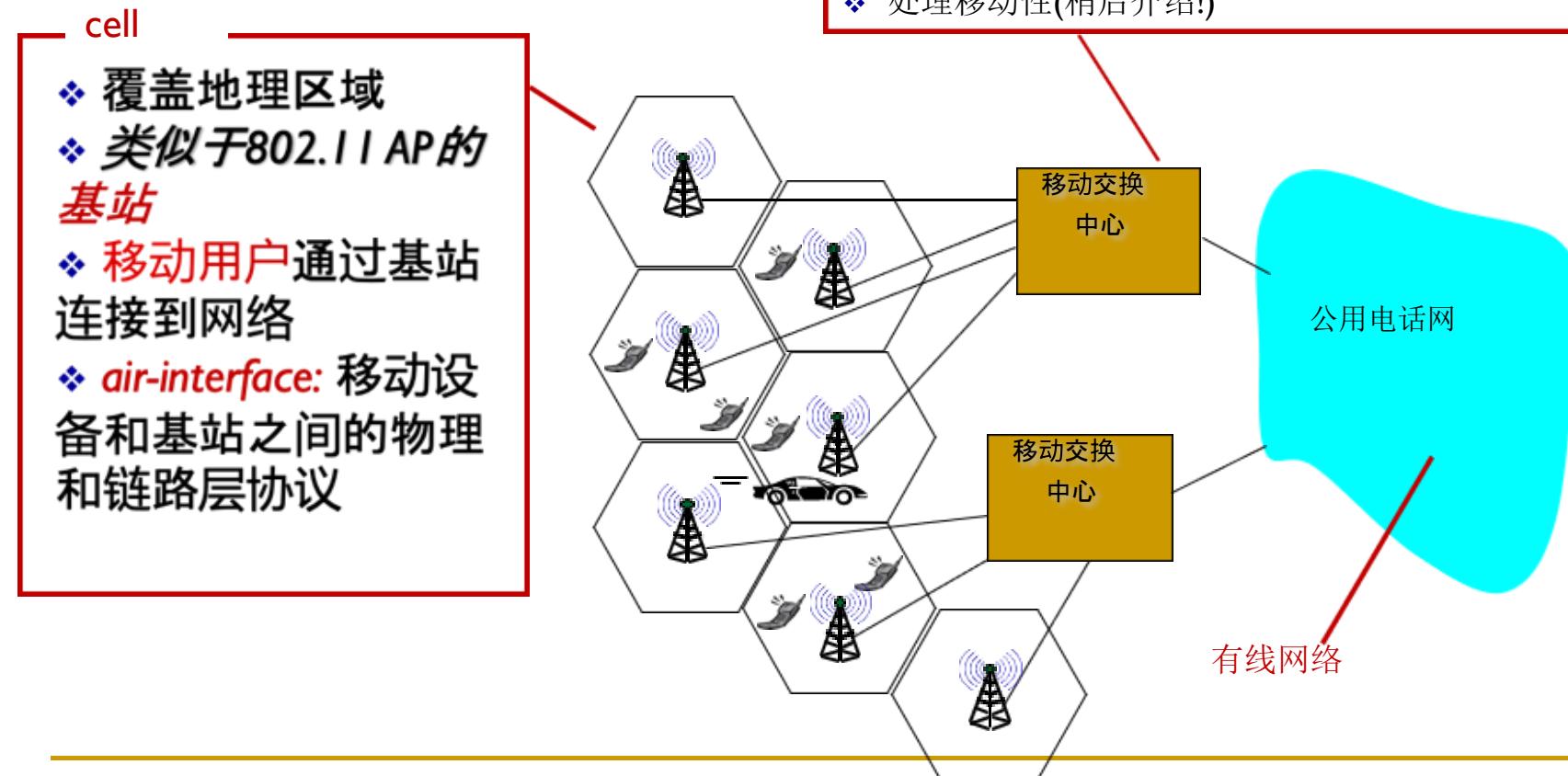


2020年11月20日

*

6.4 移动互联网接入

- 移动互联网架构组件



2020年11月20日

*

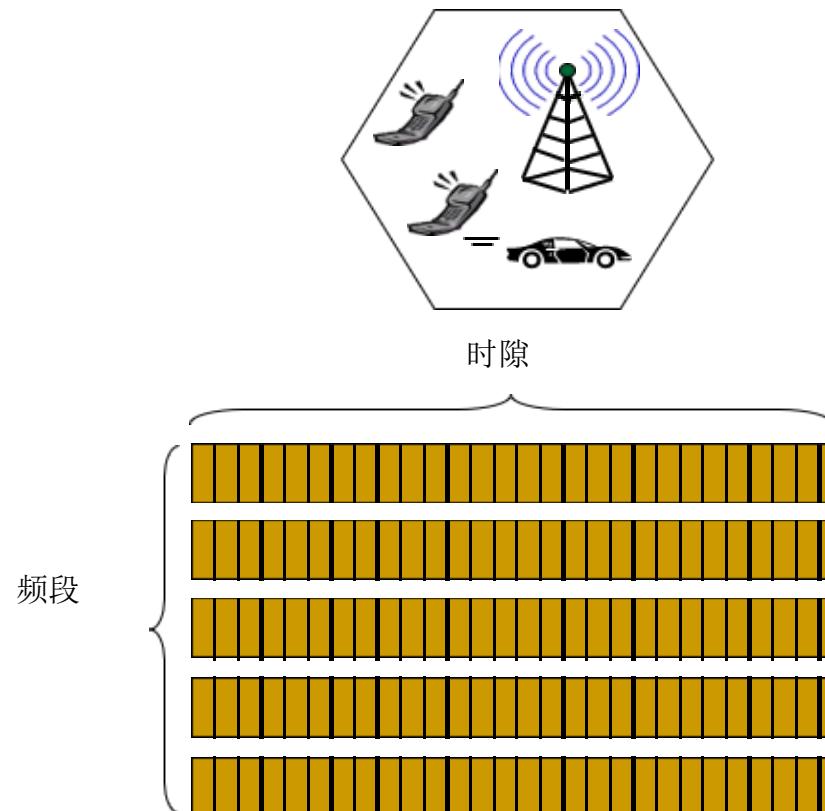
6.4 移动互联网接入

■ 蜂窝网络: 第一跳

两种共享移动端到基站无线电

频谱的技术

- 结合**FDMA/TDMA**: 对信道进行频谱划分, 将每个信道划分为时隙
- **CDMA**: 码分多址

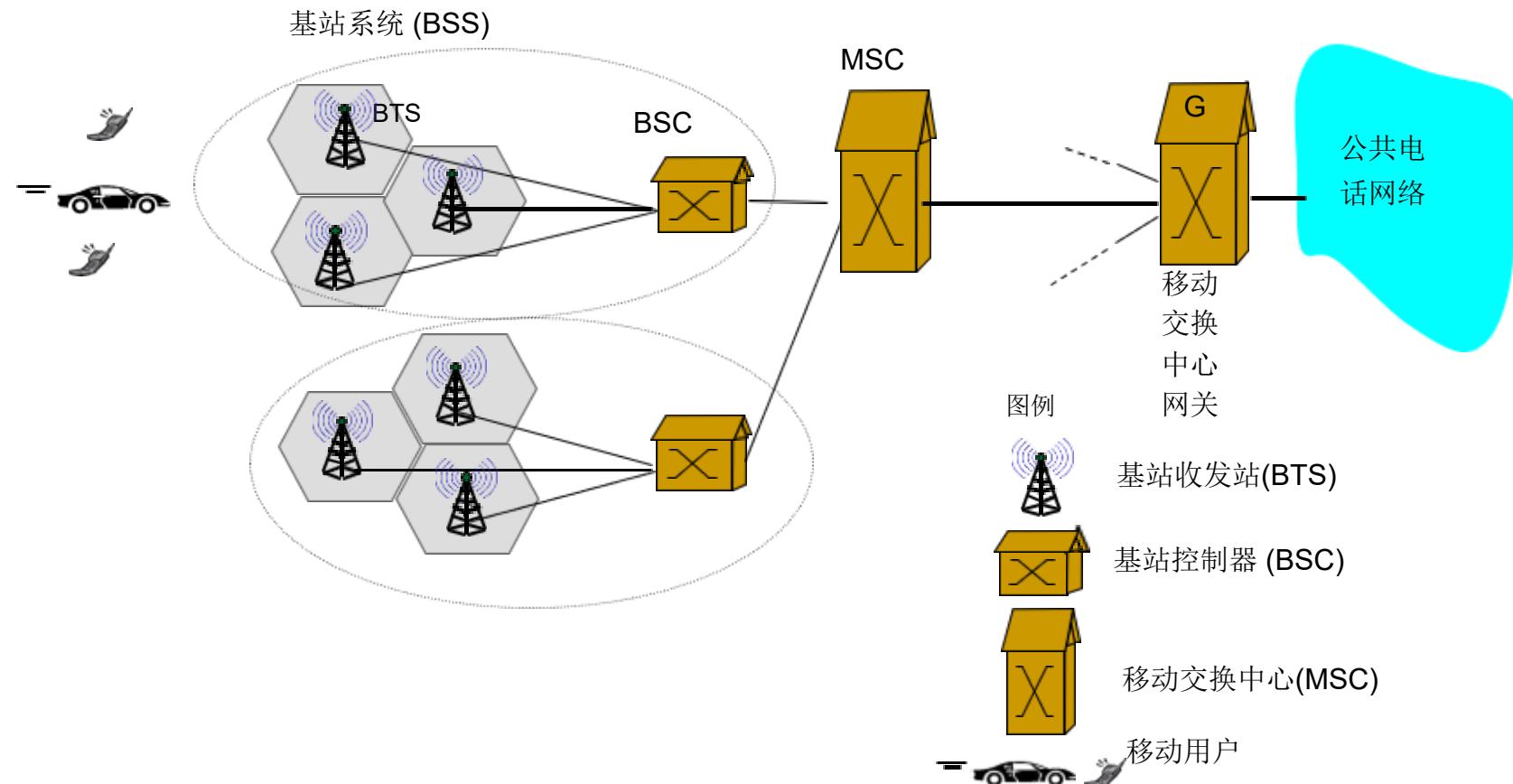


2020年11月20日

*

6.4 移动互联网接入

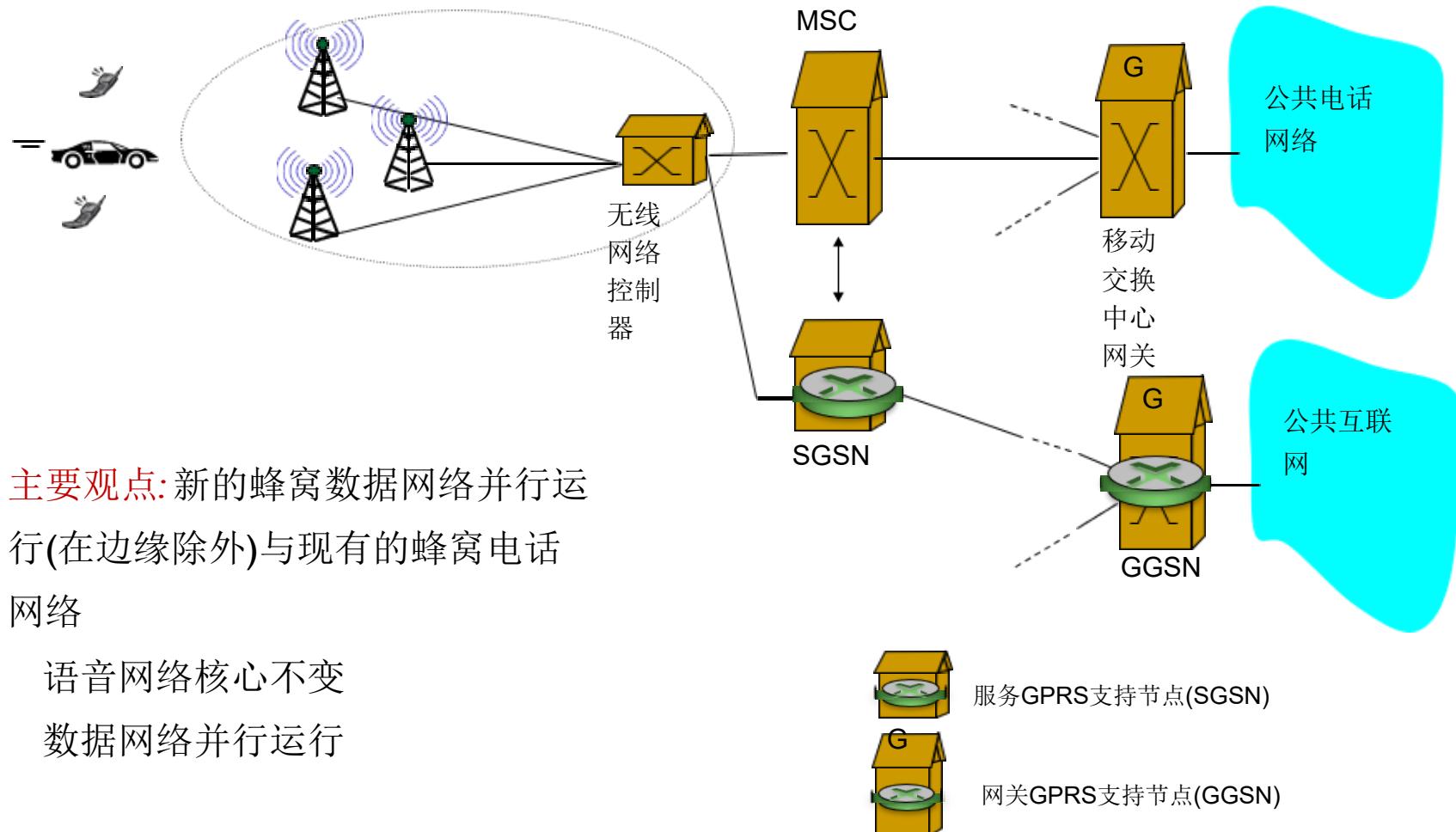
■ 2G(语音)网络架构



2020年11月20日

*

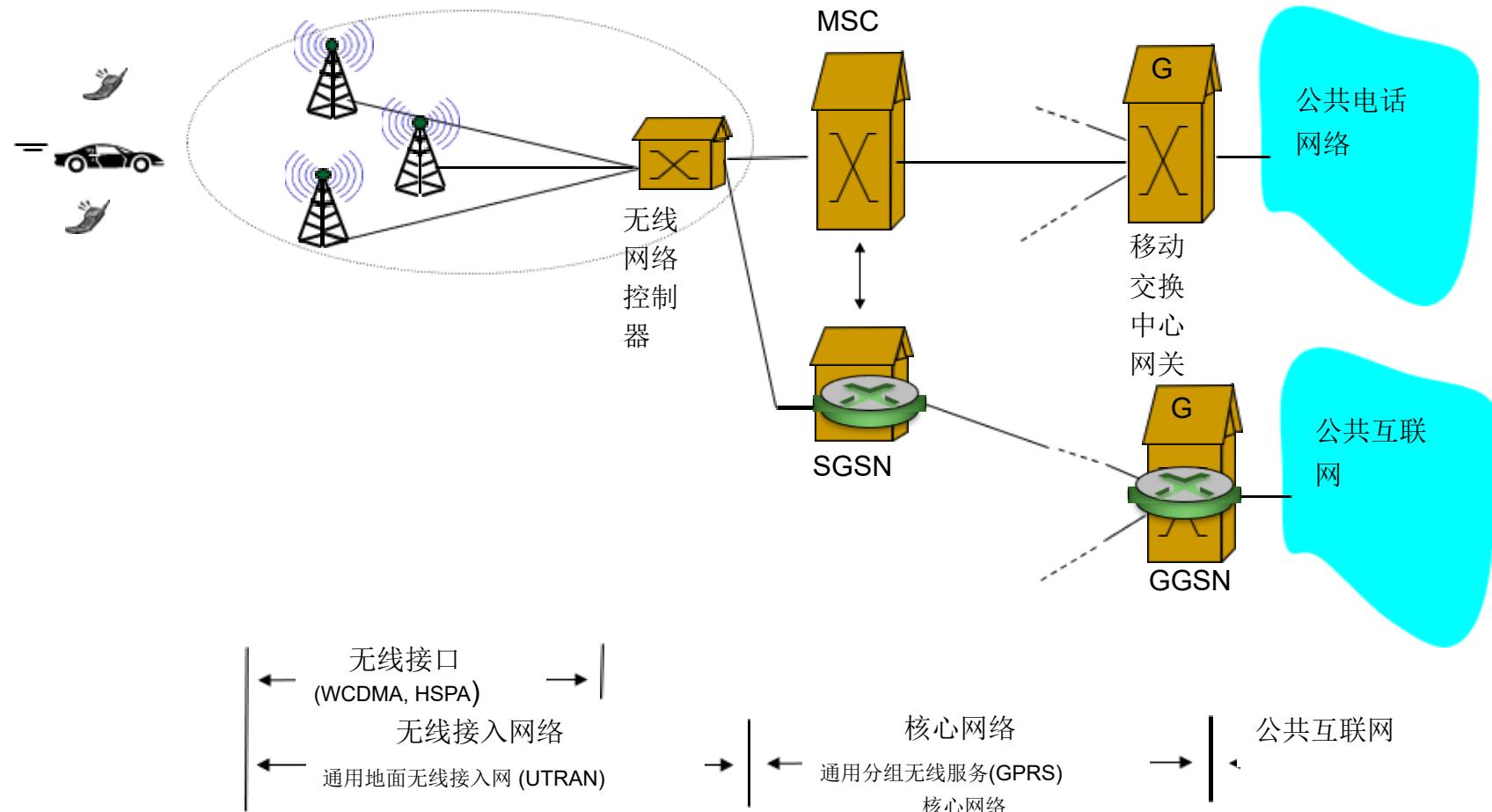
■ 3G(语音+数据)网络架构



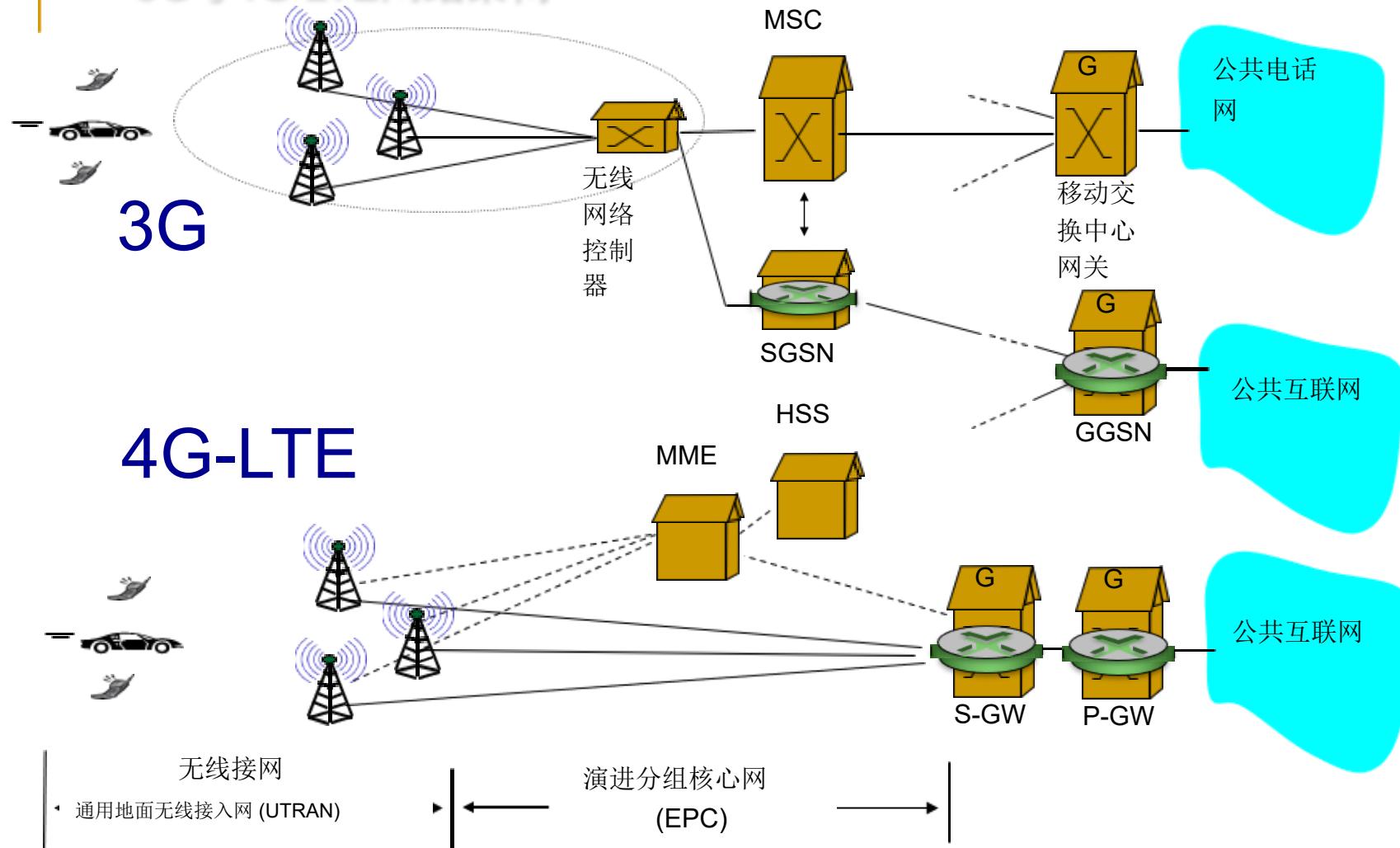
2020年11月20日

*

■ 3G(语音+数据)网络架构



■ 3G与4G LTE网络架构

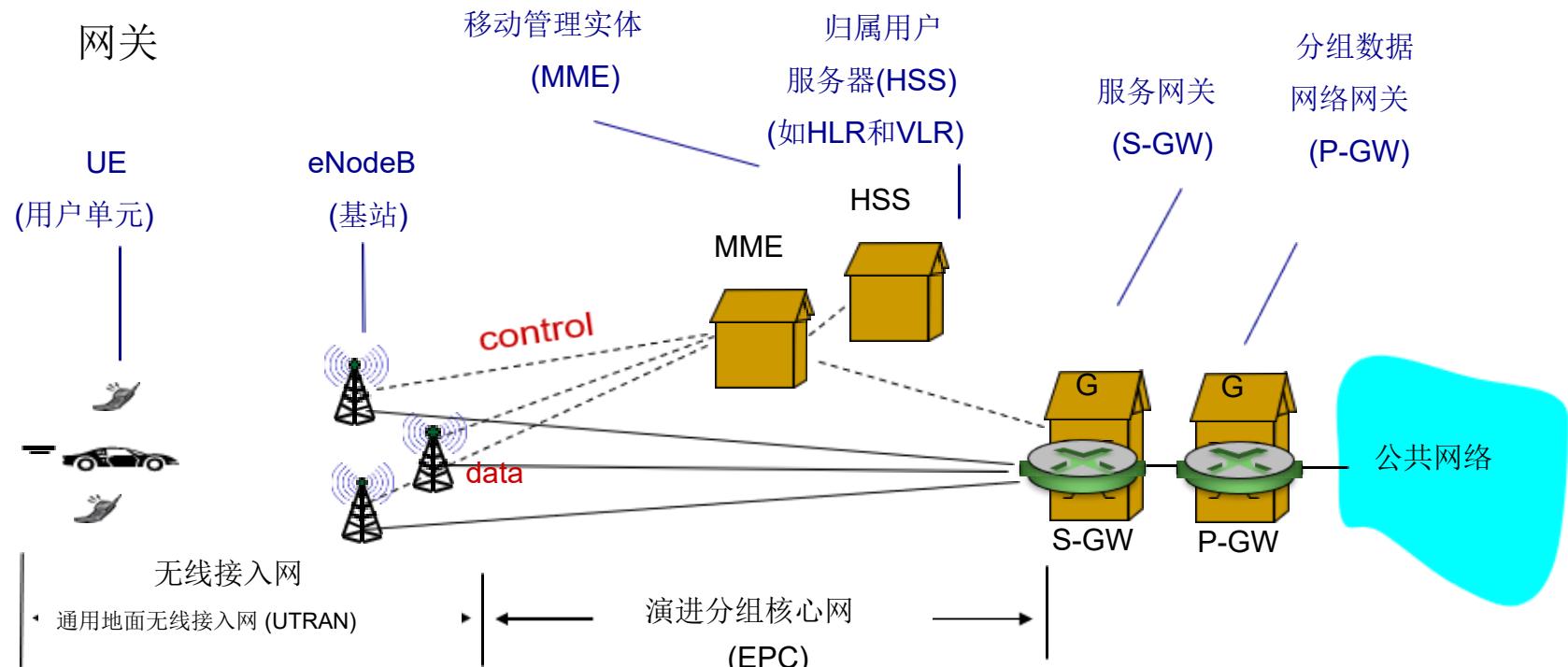


2020年11月20日

*

4G与3G的区别

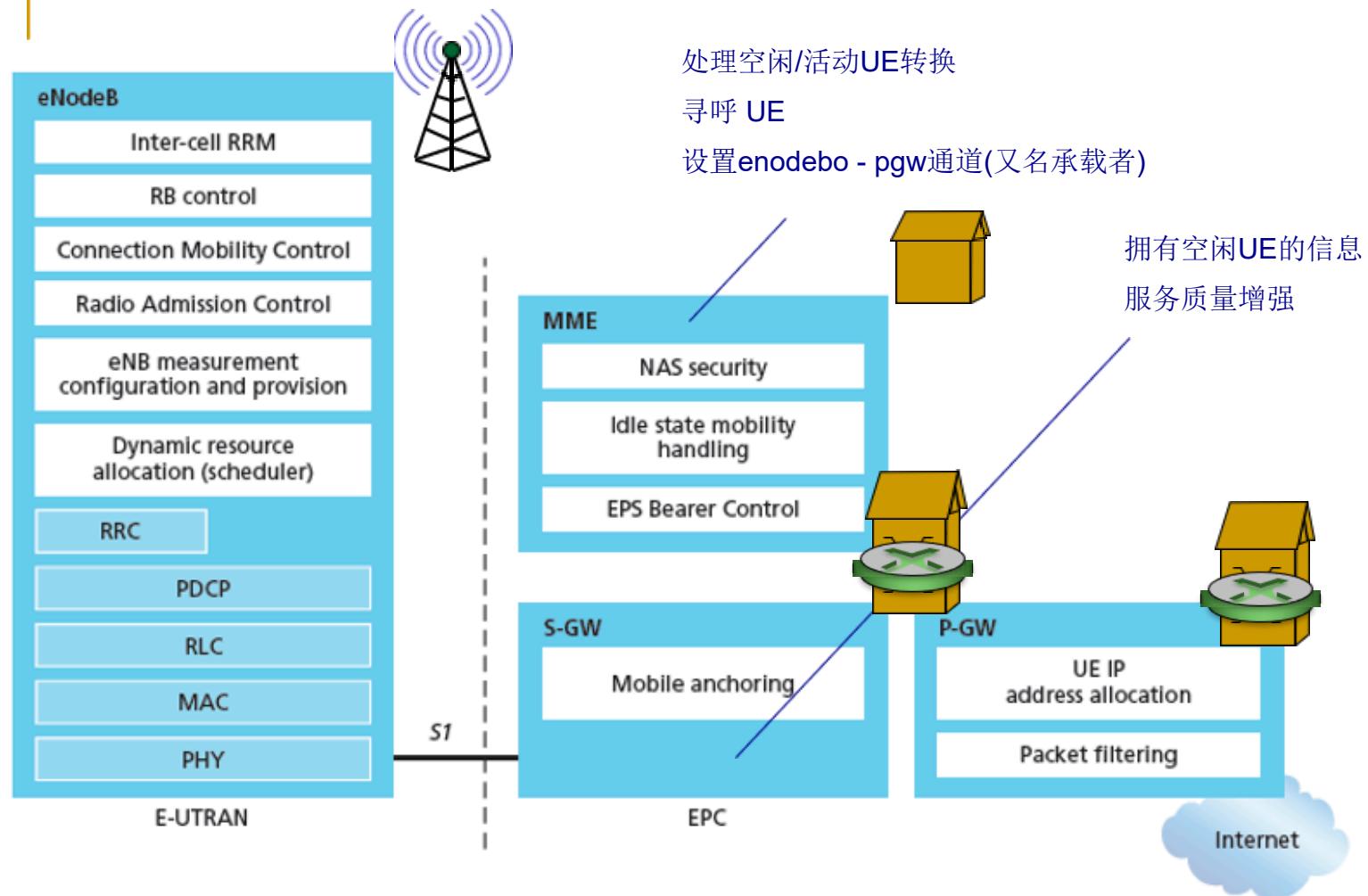
- 全IP核: IP数据包通过tunnel(通过核心IP网络)从基站到网关
- 话音和数据之间没有分离-所有的流量通过IP核传送到网关



2020年11月20日

*

主要LTE组件的功能拆分



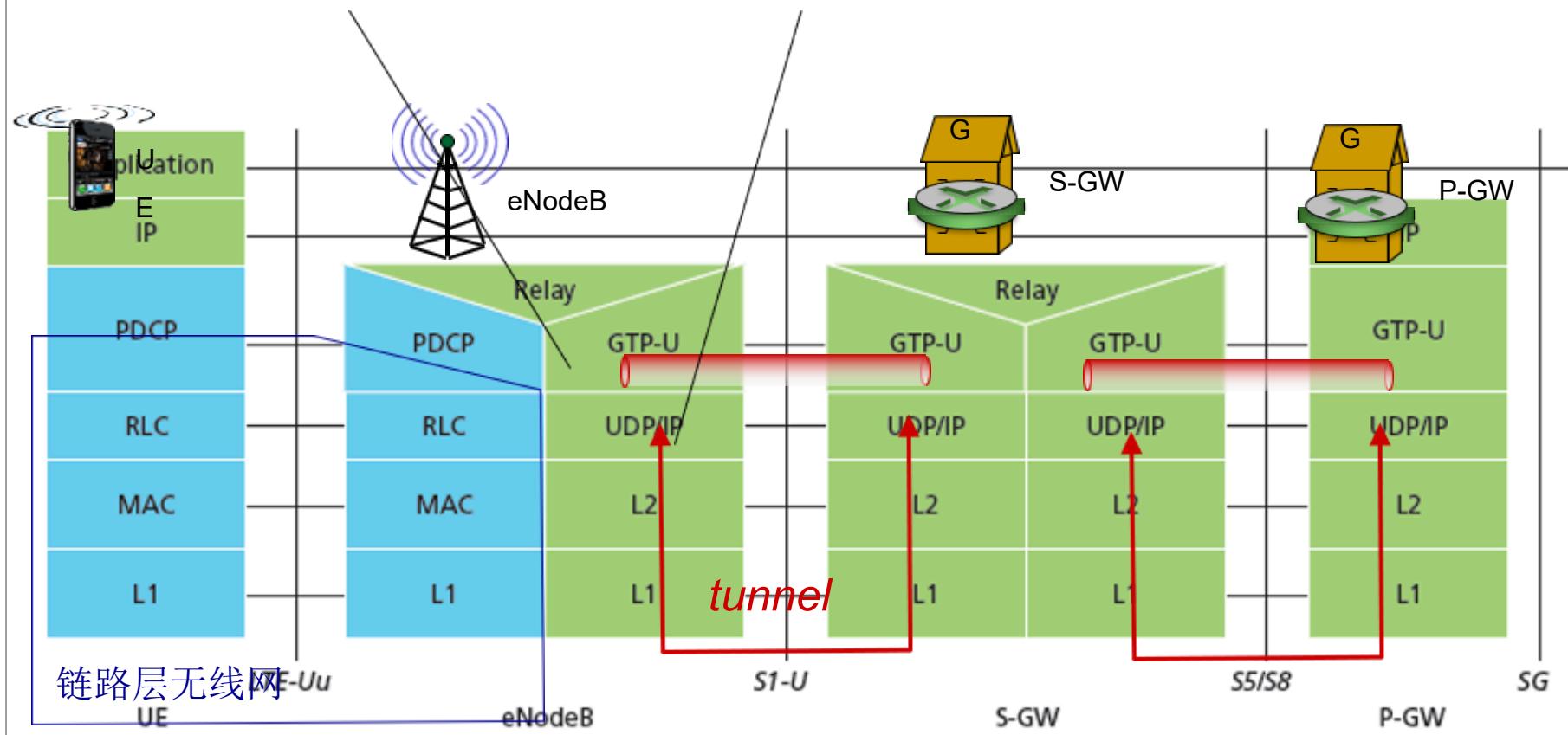
2020年11月20日

*

无线+通道(tunnel): UE - eNodeB - PGW

来自UE的IP包封装在
ENodeB的GPRS通道协议
(GTP) 消息中

GTP消息封装在UDP中，然后
封装在IP中。
地址为SGW的大IP包



2020年11月20日

*

LTE中的服务质量(QoS)

- eNodeB到SGW的服务质量: 最小和最大保证比特率
- 无线接入网的服务质量: 12个QCI值之一

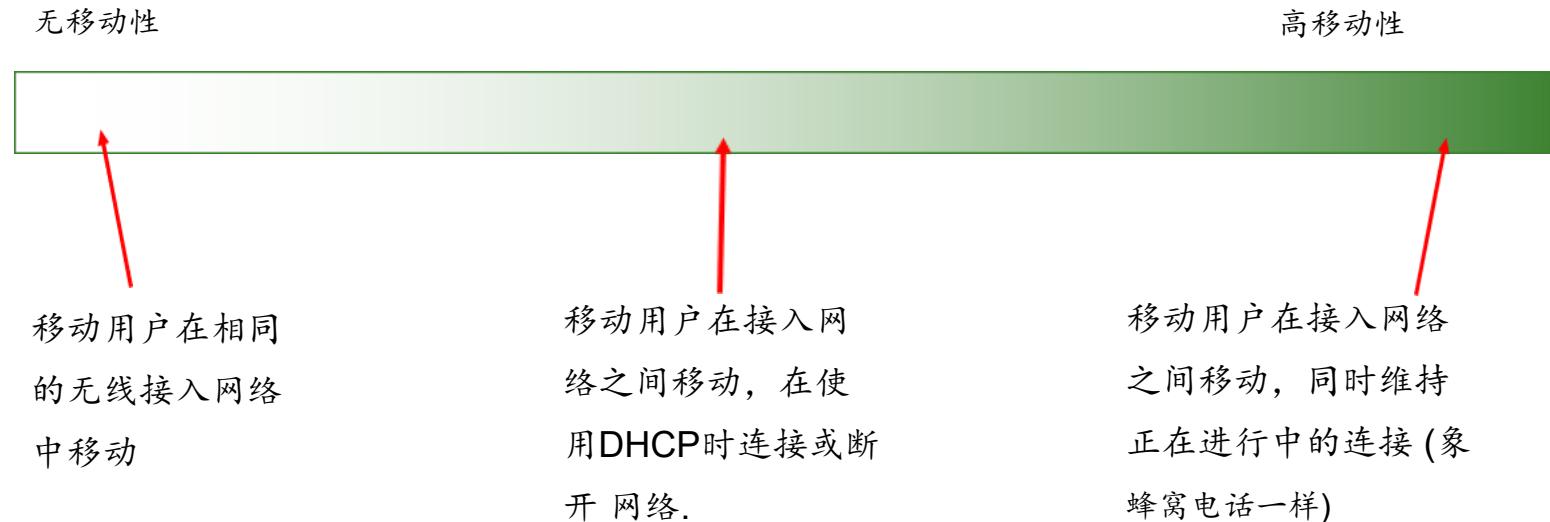
QCI	RESOURCE TYPE	PRIORITY	PACKET DELAY BUDGET (MS)	PACKET ERROR LOSS RATE	EXAMPLE SERVICES
1	GBR	2	100	10^{-2}	Conversational voice
2	GBR	4	150	10^{-3}	Conversational video (live streaming)
3	GBR	5	300	10^{-6}	Non-conversational video (buffered streaming)
4	GBR	3	50	10^{-3}	Real-time gaming
5	Non-GBR	1	100	10^{-6}	IMS signaling
6	Non-GBR	7	100	10^{-3}	Voice, video (live streaming), interactive gaming
7	Non-GBR	6	300	10^{-6}	Video (buffered streaming)
8	Non-GBR	8	300	10^{-6}	TCP-based (for example, WWW, e-mail), chat, FTP, p2p file sharing, progressive video and others
9	Non-GBR	9	300	10^{-6}	

2020年11月20日

*

6.5 移动管理：原理

■ 用户如何移动？



6.5 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

2020年11月20日

*

6.5 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？

- 搜索所有的电话薄？
- 给她的父母打电话？
- 盼望她会告诉你她在哪儿？



2020年11月20日

*

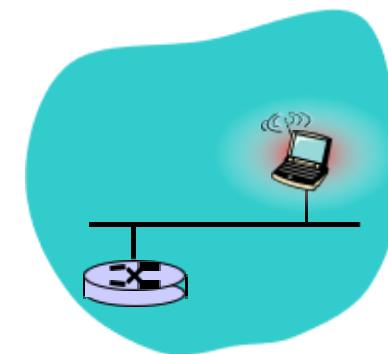
6.5 移动管理：原理

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

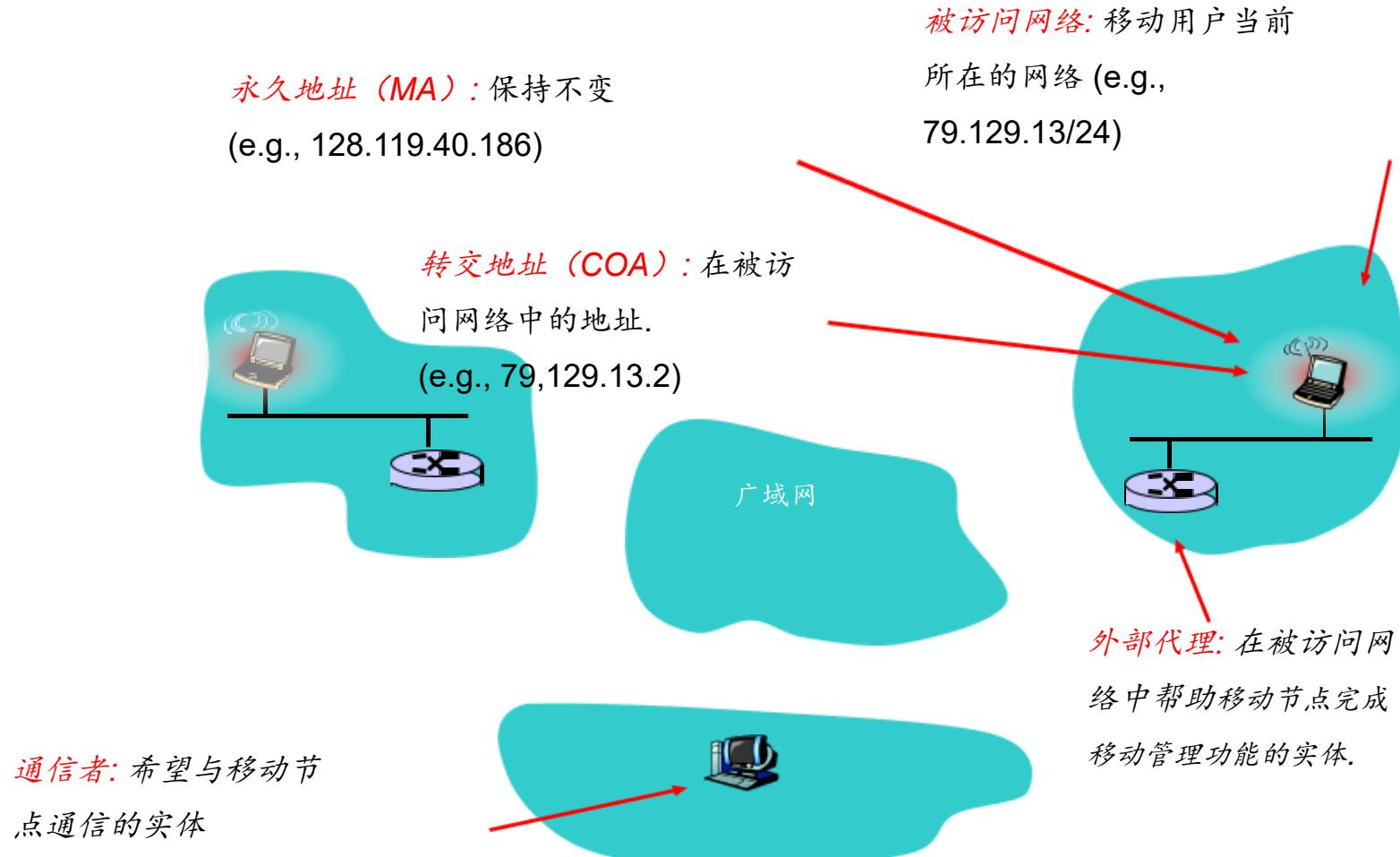


通信者

2020年11月20日

*

6.5 移动管理：原理



2020年11月20日

*

6.5 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无法扩展到百万

- 路由表指明移动用户 移动用户
- 不需要对网络基础结构

□ **让终端处理:**

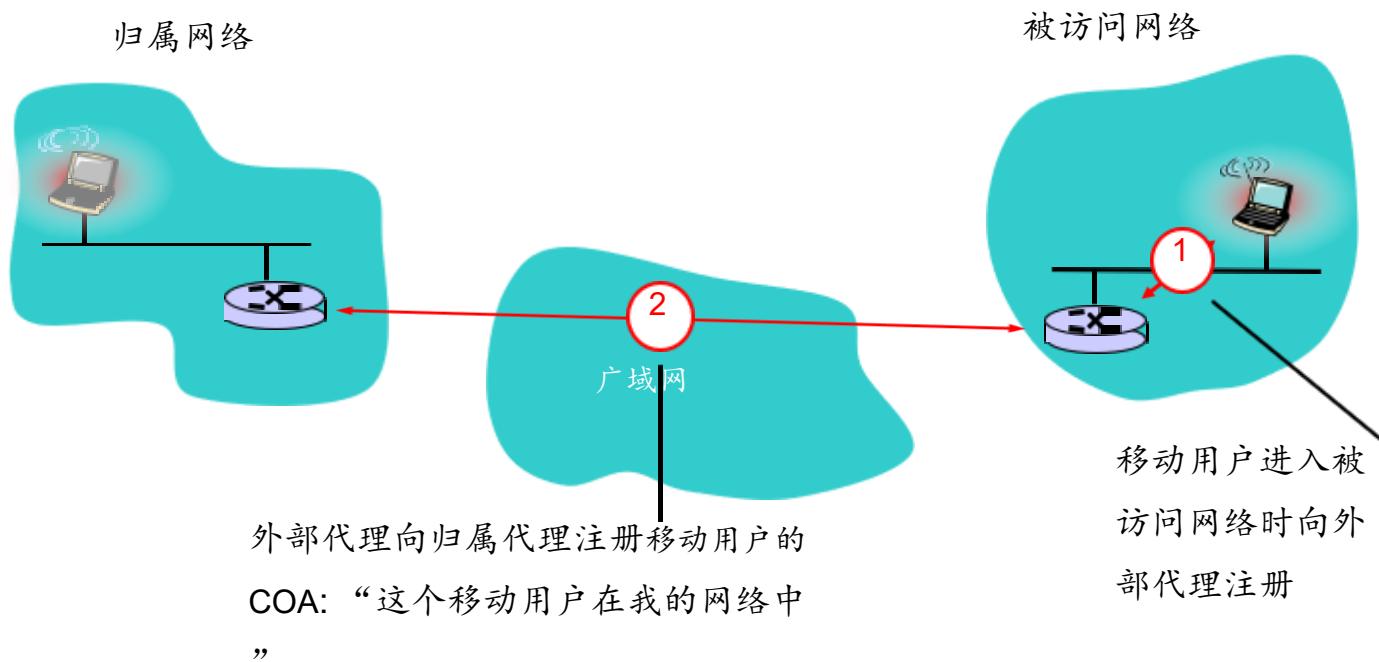
- **间接路由:** 通信者如果需要与移动用户通信, 归属代理首

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。

6.5 移动管理：原理

■ 移动节点的注册



2020年11月20日

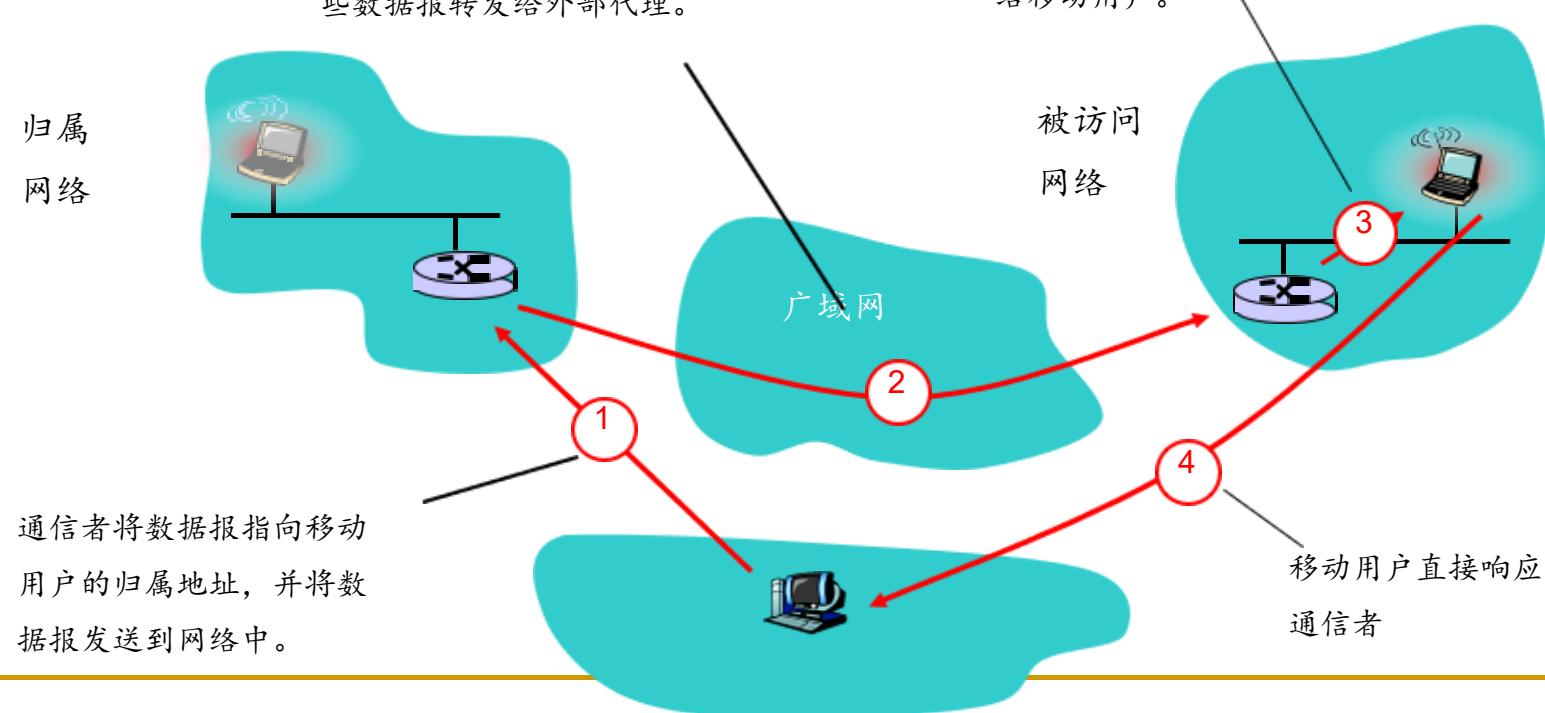
*

6.5 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。

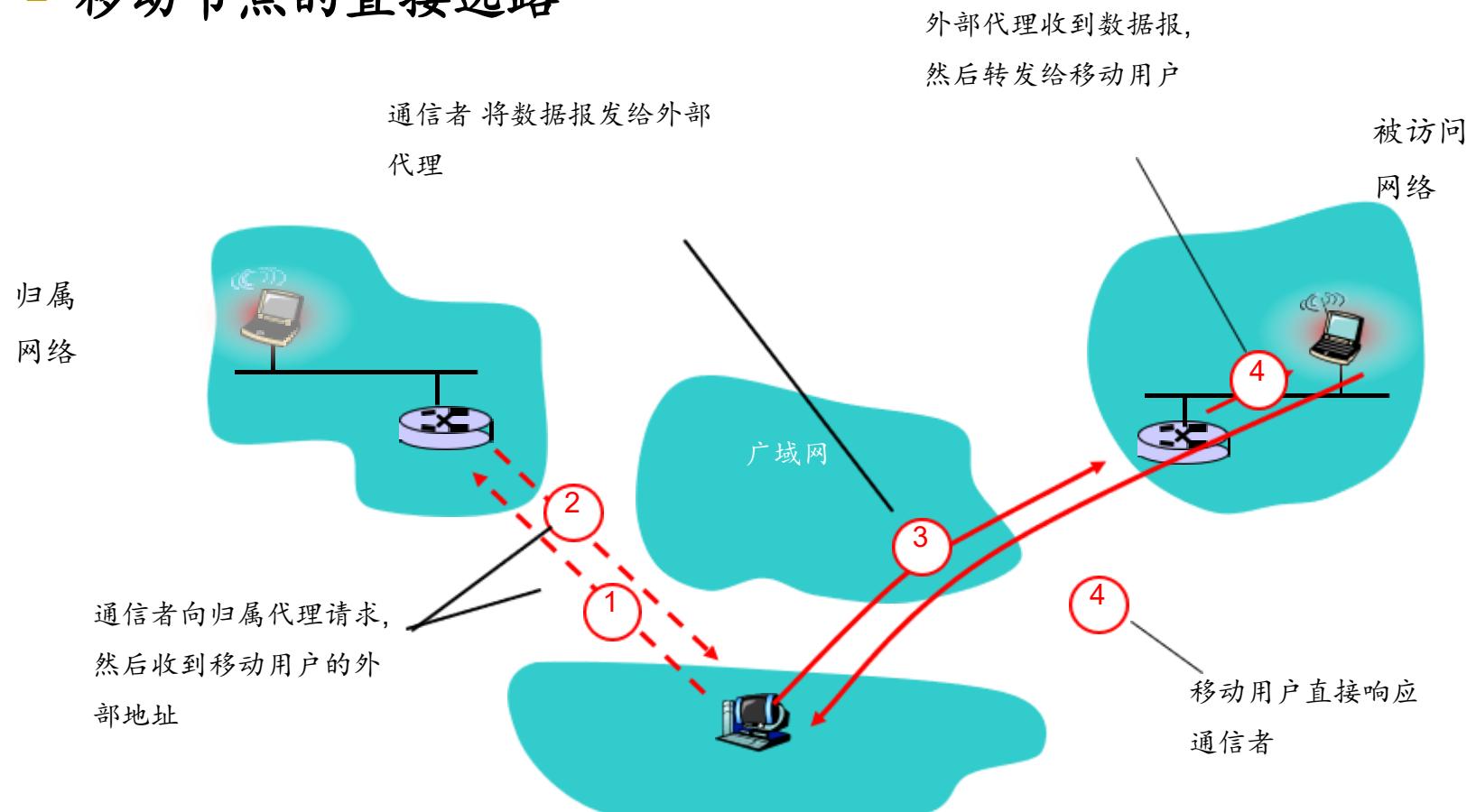


2020年11月20日

*

6.5 移动管理：原理

■ 移动节点的直接选路



2020年11月20日

*

6.5 移动管理：原理

■ 直接选路带来的问题

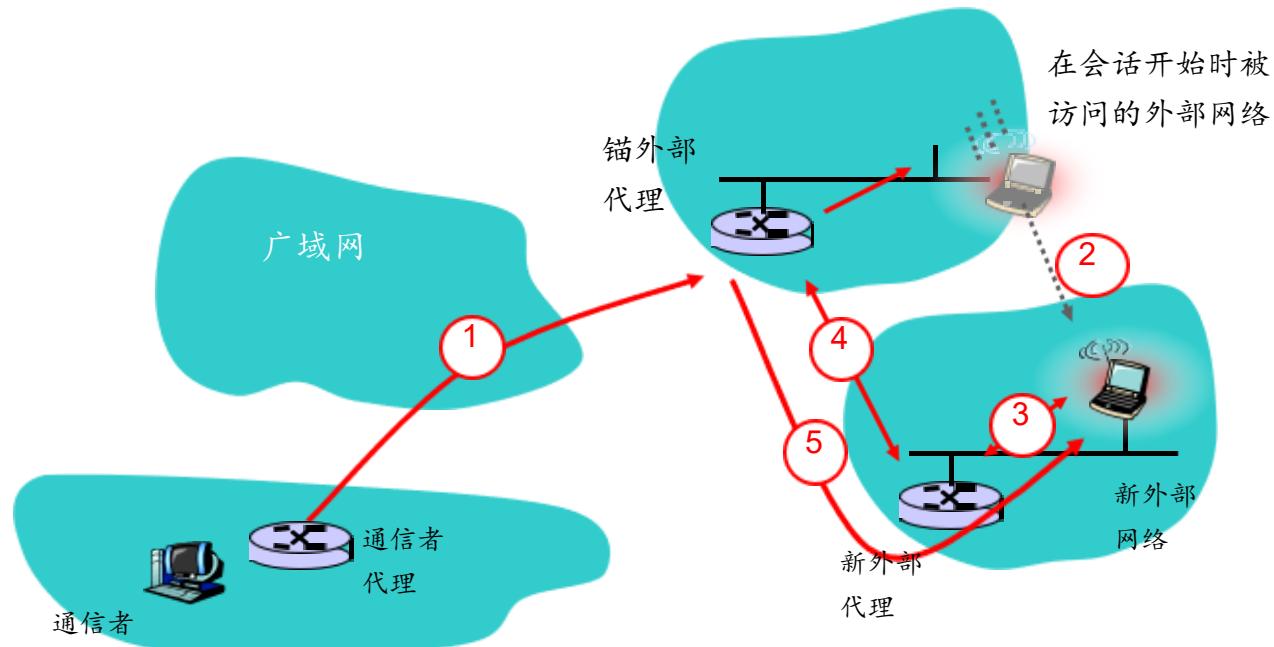
- 对通信者来说是非透明的：通信者必须从归属代理那里得到转交地址COA
 - 如果移动用户从一个被访问网络移动到另一个网络会怎样呢？

2020年11月20日

*

6.5 移动管理：原理

■ 解决方案



2020年11月20日

*

6.6 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（RFC3220）
- 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

2020年11月20日

*

6.6 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

dest: 79.129.13.2

dest: 128.119.40.186

外部代理向移动用户发送的数据报

报

dest: 128.119.40.186

永久地址:
128.119.40.186

dest: 128.119.40.186

通信者发送的数据报

转交地址:
79.129.13.2

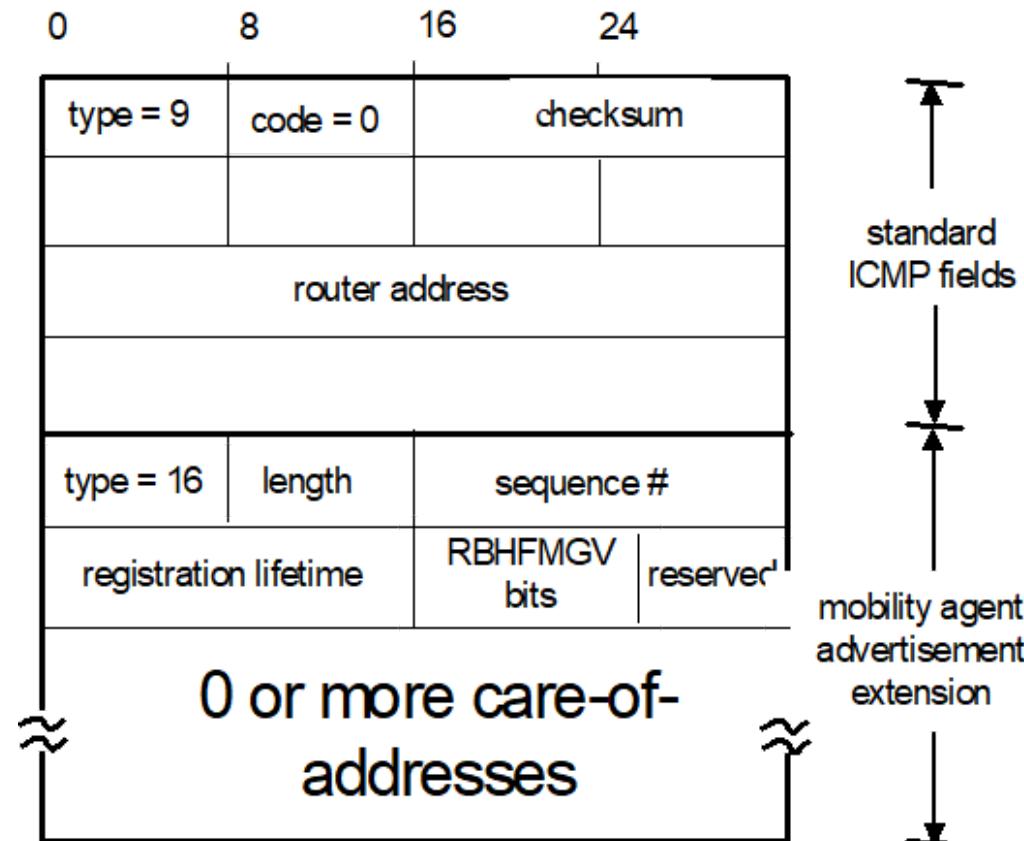
2020年11月20日

*

6.6 移动IP

■ 代理发现

- 代理通告: 外部/归属代理通过在链路上广播一个ICMP报文(类型字段 = 9)的方式提供通告服务
- 代理请求

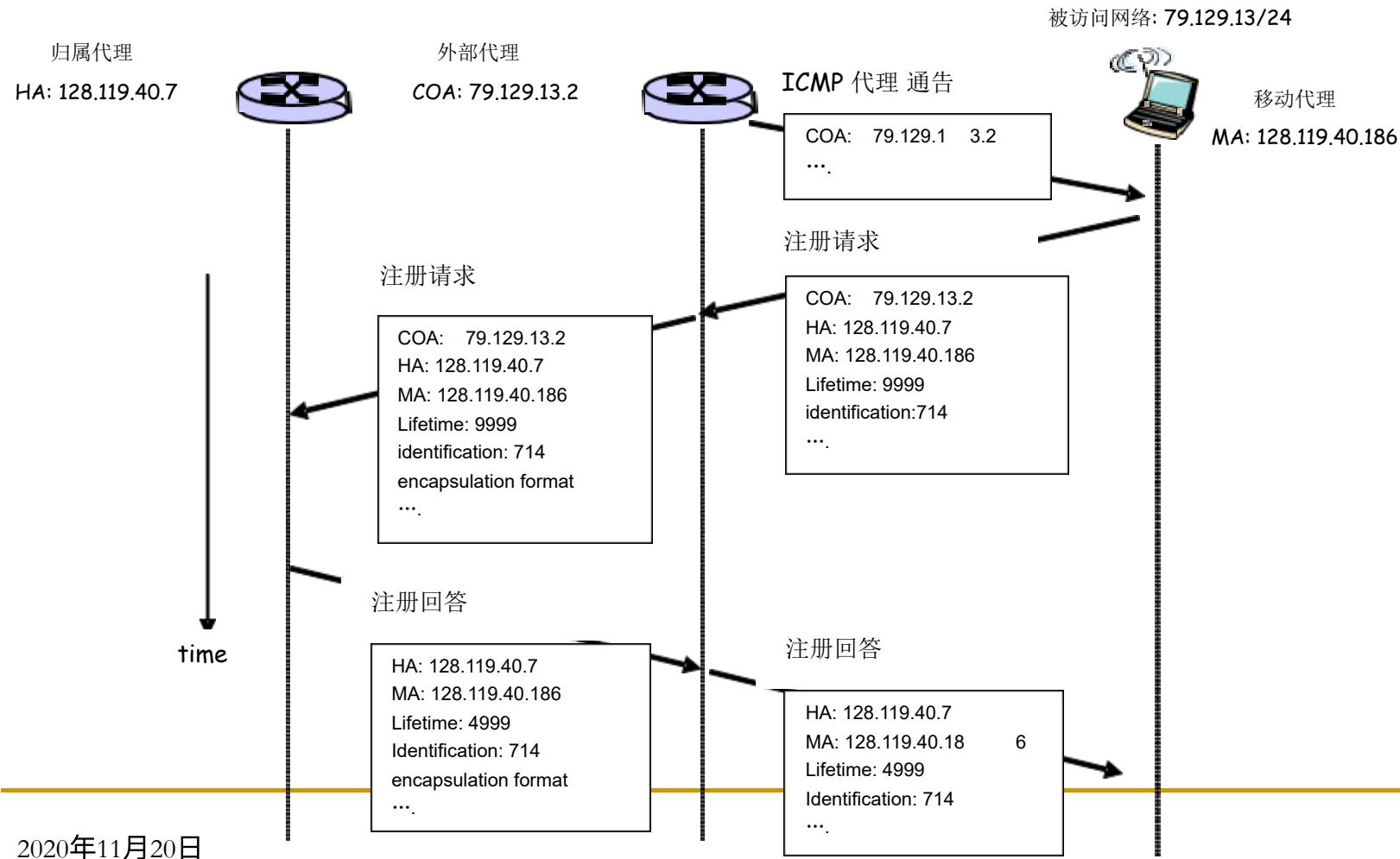


2020年11月20日

*

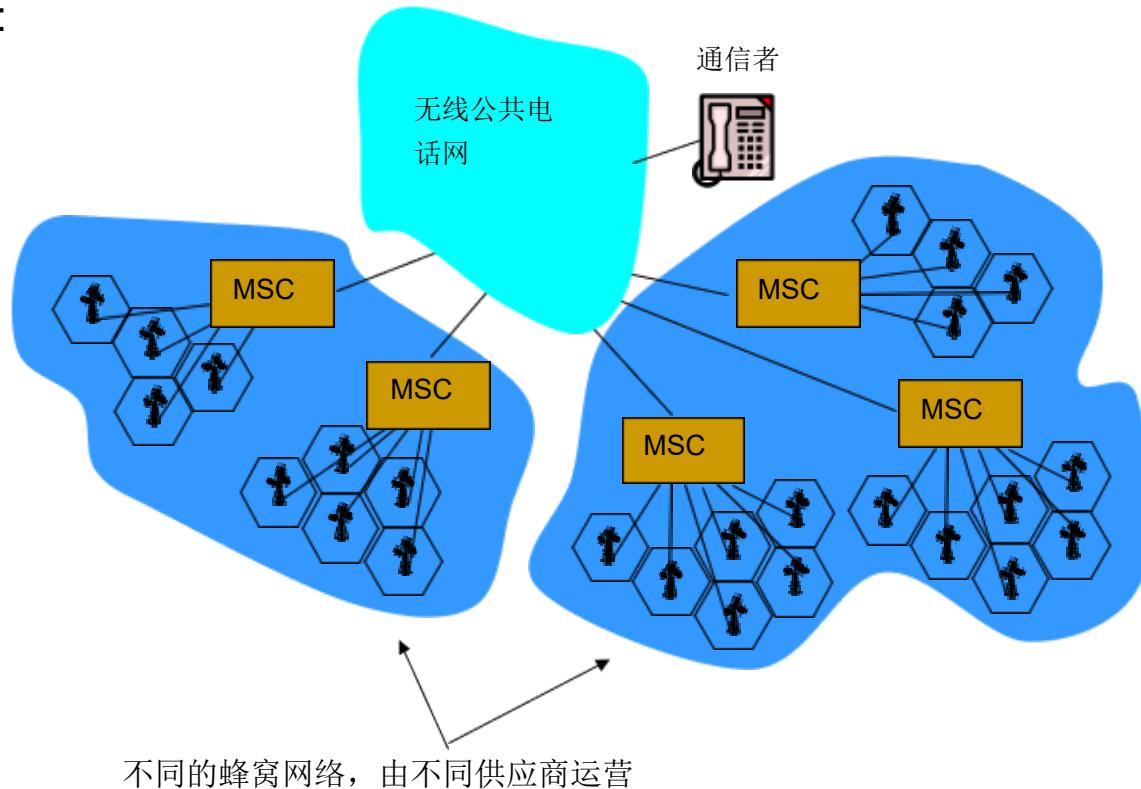
6.6 移动IP

■ 向归属代理注册



蜂窝网络体系结构的组成

recall:



2020年11月20日

*

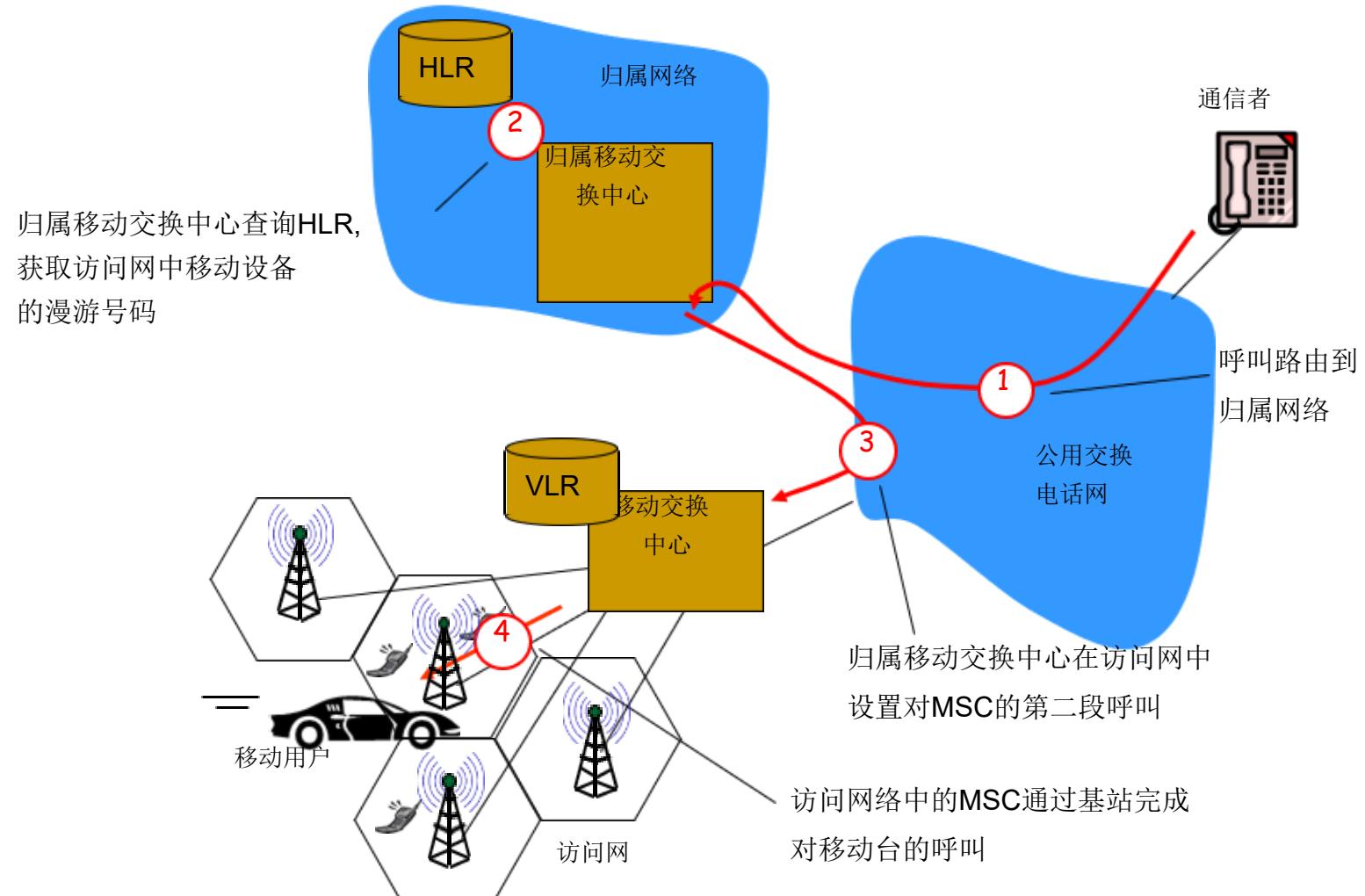
6.7 蜂窝网络中的移动性处理

- 归属网络: 你订阅的蜂窝网络提供商 (如Sprint PCS, Verizon)
 - 归属位置寄存器(HLR): 归属网络中的数据库, 包含永久移动电话号码、配置信息(服务、偏好、费用)、当前位置的信息(可以在另一个网络中)
- 被访问的网: 移动设备当前所在的网络
 - 来访位置寄存器 (VLR): 包含当前网络中每个用户的条目的数据库
 - 可以是归属网络

2020年11月20日

*

GSM:间接路由到移动端



2020年11月20日

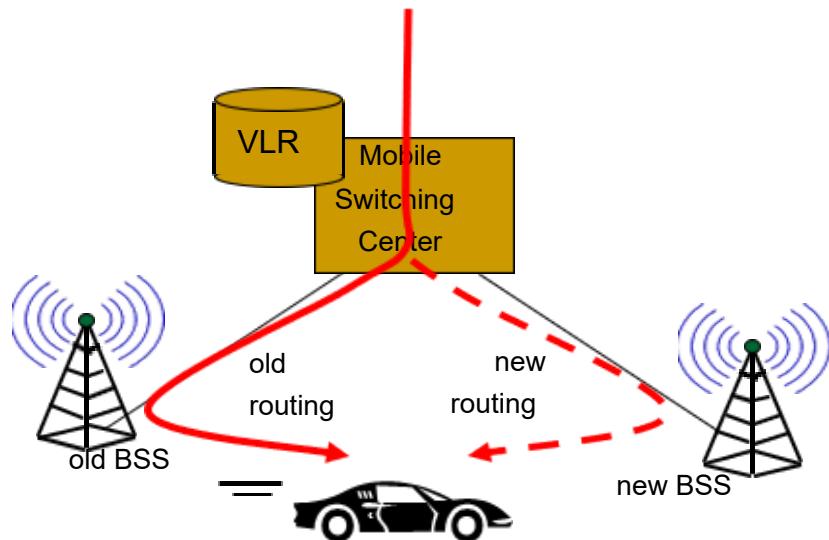
*

GSM: 与通用MSC的切换

- 切换目标: 通过新基站路由呼叫(不中断)
- 切换的原因:

- 新BSS接收到的信号更强(持续连接, 电池消耗更少)
- 负载平衡: 释放当前BSS中的信道
- GSM不要求为什么要进行切换(策略), 只要求如何进行切换(机制)

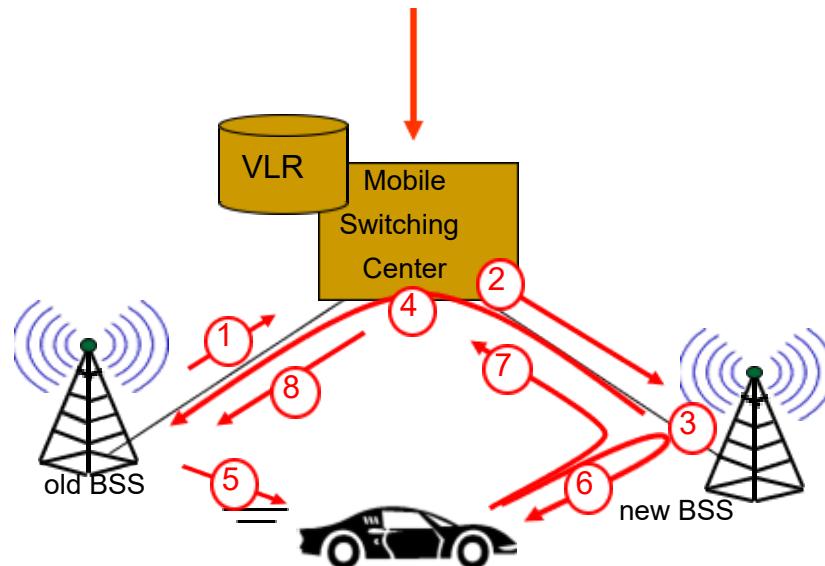
- 由旧BSS发起的切换



2020年11月20日

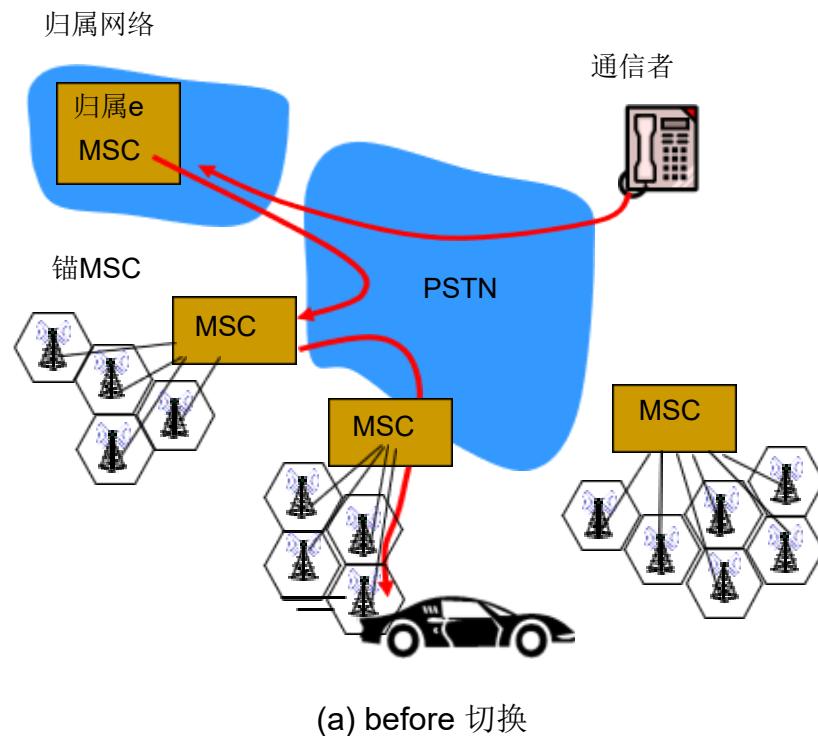
*

GSM: 与通用MSC的切换



1. 旧BSS通知MSC即将发生的切换，提供1个以上新BSS的列表
2. MSC设置新BSS的路径（分配资源）
3. 新的BSS为移动设备分配无线电信道
4. 新BSS发信号给MSC，旧BSS准备就绪
5. 旧的BSS通知移动端：执行切换到新的BSS
6. 移动端，新的BSS发出信号激活新的信道
7. 移动信号通过新的基站到MSC：切换完成。MSC重路由呼叫
- 8 MSC旧BSS资源已释放

GSM: MSC之间的切换



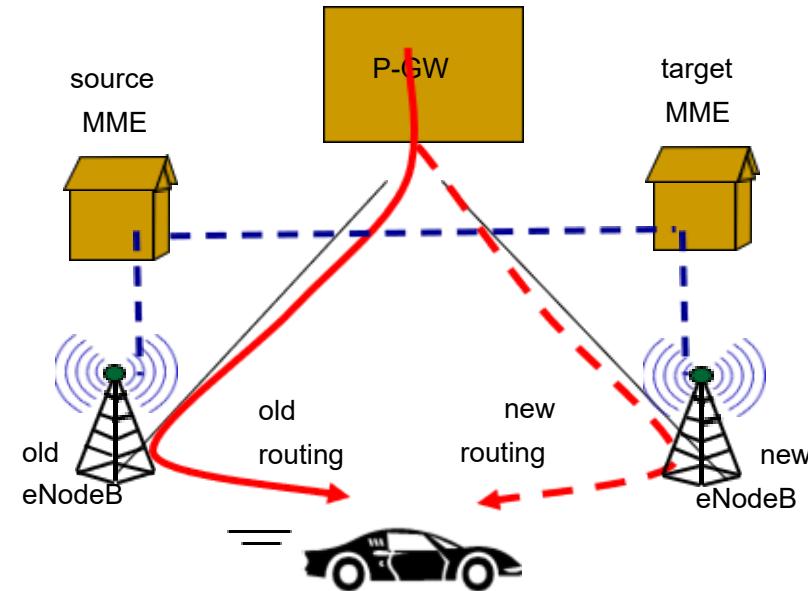
- 锚 **MSC**: 呼叫期间访问的第一个**MSC**
- 呼叫仍然通过锚**MSC**路由
- 当移动设备移动到新的**MSC**时，新的**MSC**附加到**MSC**链的末尾
- 缩短多**MSC**链的可选路径
最小化步骤

2020年11月20日

*

LTE中的移动性处理

- 寻呼: 空闲的UE可能会从一个cell移动到另一个cell: 网络不知道空闲UE驻留在哪里
 - 来自MME的寻呼消息由所有eNodeB广播以定位UE
- 切换: 类似于3G:
 - 准备阶段
 - 执行阶段
 - 完成阶段



2020年11月20日

*

移动性：蜂窝与移动IP

cellular element	Comment on cellular element	Mobile IP element
归属系统	移动用户的永久电话号码所属的网络	归属网络
移动网关交换中心, 或者“归属 MSC ”。归属位置寄存器 (HLR)	归属 MSC: 获取移动用户可路由地址的联系人。 HLR: 归属系统中包含永久电话号码、配置文件信息、移动用户当前位置、订阅信息的数据库	归属代理
被访问的系统	移动用户当前驻留的归属网络以外的网络	被访问的网络
访问移动业务交换中心。 来访位置寄存器 (VLR)	被访问的 MSC : 负责在与 MSC 相关的 cell 中设置与移动节点的通话。 VLR : 访问系统中的临时数据库条目, 包含每个访问的移动用户的订阅信息	外部代理
动态漫游号 (MSRN), 或“漫游号码”	归属 MSC 与被访问的 MSC 之间的电话呼段的可路由地址, 移动用户和通讯员都看不到。	转交地址

2020年11月20日

*

6.8 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 ...

- 最大努力服务模型并没有改变
 - 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

2020年11月20日

*

课后思考题

- 复习题 1、2、6、7、11
- 习 题 1、5、7、8

2020年11月20日

*