

移动通信

张兴锐

2018-3-25

Contents

1	概论	2
1.1	移动通信特点	2
1.1.1	什么是移动通信?	2
1.1.2	移动通信特点	2
1.2	常用移动通信系统	3
1.3	移动通信系统发展	3
1.4	蜂窝移动通信的组网技术	4
1.4.1	多址接入	4
1.4.2	工作方式	5
1.4.3	频率复用和蜂窝小区	6
1.4.4	多信道共用技术	9
1.4.5	话务量	9
1.4.6	网络结构	10
1.4.7	网络的控制与管理	11

Chapter 1

概论

1.1 移动通信特点

1.1.1 什么是移动通信？

定义：移动通信就是通信双方至少有一方是处于运动中进行信息交换的通信方式。其移动性包括：

- 终端的移动性，特定的“终端号码 (如手机串号，*#06#) ”；手机，车载台
- 个人的移动性，特定的”个人号码，SIM 卡号”。

1.1.2 移动通信特点

1. 移动通信必须利用无线电波进行信息传输。
 - (a) 弥散损耗 (自由传播损耗)，随着传播距离的增加而损耗。
 - (b) 阴影效应，受到地形、地物的遮蔽而发生。
 - (c) 多径效应，信号经过多点反射，会从多条路径到达接受地点，这种多径信号的**幅度、相位和到达时间**都不一样，它们会叠加而产生“多径效应”。
 - (d) 多普勒-效应
2. 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的。
 - (a) 外部干扰。天电干扰、工业干扰和信道噪声
 - (b) 系统间干扰。
 - i. 邻道干扰
 - ii. 互调干扰 (当两个或多个干扰信号同时加到接收机时，**由于非线性的作用**，这两个干扰的组合频率有时会恰好等于或接近有用信号频率而顺利通过接收机，这种干扰就称为互调干扰，其中三阶互调最严重。)
 - iii. 同频道干扰 (蜂窝移动通信)
 - iv. 多址干扰 (多址干扰是指同 **CDMA** 系统中多个用户的信号在时域和频域上是混叠的。因为 **CDMA** 系统为码分多址，CDMA 系统采用的是不同的地址码来区分每个用户，但多个用户的信号

在时域和频域上是混叠的，所以在频域在产生一定的同频和邻频干扰，则为多址干扰。)

v. 远近效应

(c) 抗干扰技术。扩频技术、信道编码与交织技术、信道均衡技术、分集技术、信道估计技术、信号检测技术和智能天线技术

- 移动通信业务量的需求与日俱增，而频率资源非常有限。
- 移动通信系统的网络结构多种多样，网络管理和控制必须有效。
- 移动通信设备必须适于在移动环境中满足多种应用要求。

1.2 常用移动通信系统

- 公共陆地移动通信网络 (PLMN)
- 无线市话系统 (WUTS)
- 集群系统 (专网)—> 公安系统，水利系统、交通系统、电力系统、铁路系统。
- 卫星移动通信系统。
- 无线局域网。

1.3 移动通信系统发展

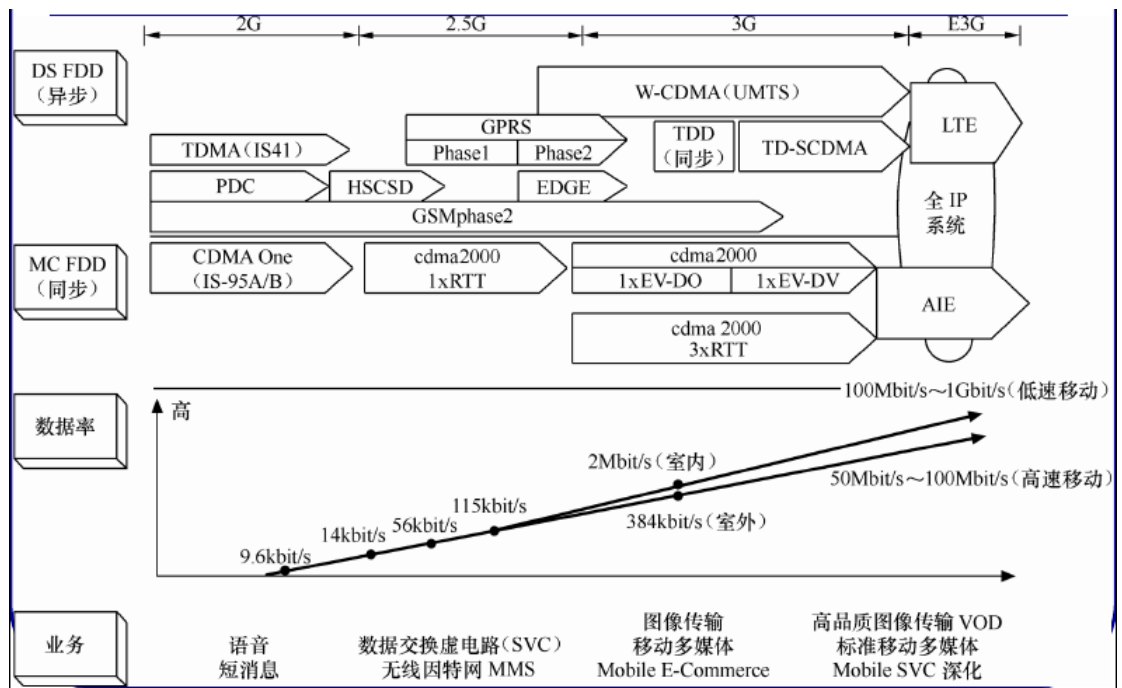


Figure 1.1: 移动通信系统发展

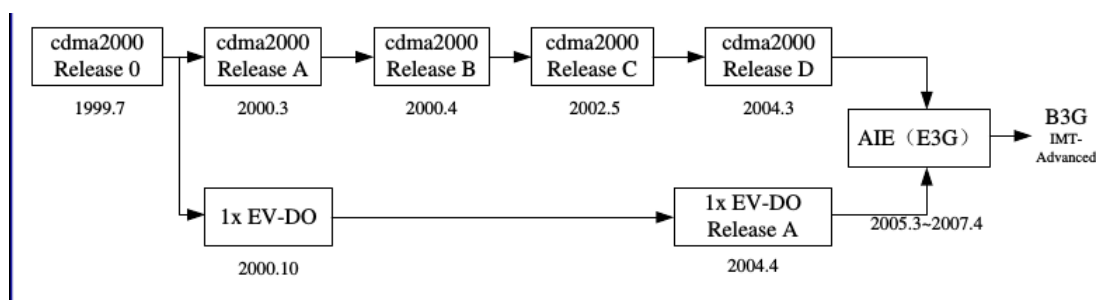


Figure 1.3: CDMA2000 发展

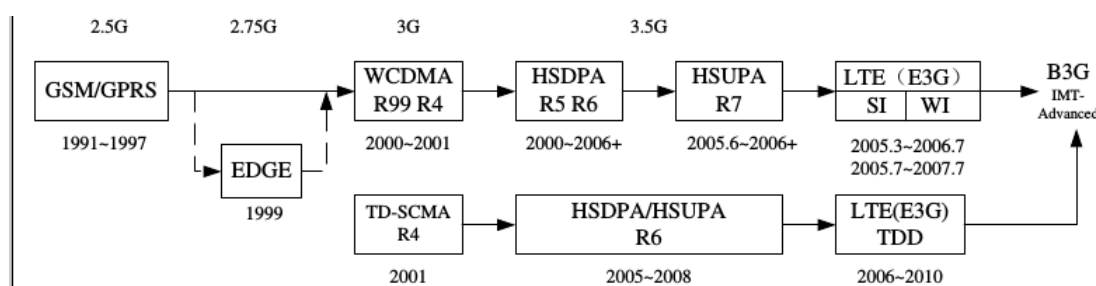


Figure 1.2: WCDMA&TD-SCDMA 发展

1.4 蜂窝移动通信的组网技术

1.4.1 多址接入

1.4.1.1 什么是多址接入？

定义：移动通信系统中，使所有的用户共享有限的无线资源，实现不同用户不同地点同时通信，并尽可能减少干扰。

1.4.1.2 多路复用和多址接入区别

相同点：两者的理论基础都是信号的正交分割原理。

不同点：

- ”点对点“，多路复用
- ”点多多点“，多址接入

1.4.1.3 多址接入分类

1. 频分多址：第一代移动通信系统；TACS、AMPS。
2. 时分多址：第二代移动通信系统：GSM。
3. 码分多址：第三代移动通信系统：IS-95 CDMA、WCDMA。存在两个重要问题：
 - (a) 多址干扰

(b) 远近效应.

4. 空分多址。
5. OFDMA. 正交频分多址
6. NOMA, 非正交频分多址

1.4.2 工作方式

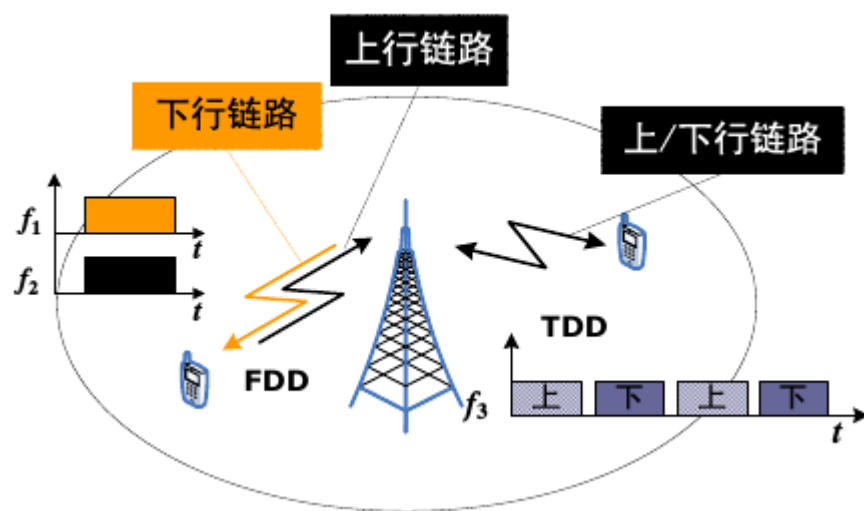
1. 单工: : 通信双方电台交替地进行收信和发信。**对讲机**。
2. 半双工: 是指通信双方中, 一方使用双频双工方式, 即收发信机同时工作; 另一方使用双频单工方式, 即收发信机交替工作。**基站-手机**。基站处于全双工, 手机处于半双工。
3. 全双工: 是指通信双方收发信机均同时工作。收信和发信必须**采用不同的工作频率, 打电话**

双工模式:

- (a) 频分双工 FDD。
- (b) 时分双工 TDD。

两种模式的区别:

- 由于 TDD 方式的时间资源**分别分给了上行和下行, 因此 TDD 方式的发射时间大约只有 FDD 的一半**, 如果 TDD 要发送和 FDD 同样多的数据, 就要**增大 TDD 的发送功率**。
- TDD 可以通过调整上下行时隙转换点, 改变上下行时隙比例, **可很好地支持非对称业务**。
- TDD 系统上行受限, 因此 TDD 基站的**覆盖范围明显小于 FDD 基站**。
- FDD 模式的特点是在分离 (上下行频率间隔 45MHz、190MHz 等) 的两个对称频率信道上, 系统进行接收和传送, 用保护频段来分离接收和传送信道。相当于分道行驶, 比较顺畅, 所以 **FDD 速度会更快**。



1.4.3 频率复用和蜂窝小区

1.4.3.1 移动通信网的区域覆盖方式

1. 小容量的大区制 (发射功率大)
2. 大容量的小区制, (频率复用)

1.4.3.2 区群

定义: 共同使用全部可用频率的 N 个小区组成一个区群。

特点:

1. 同一个小区, 使用不同的频率。
2. 不同小区, 可以使用相同频率。

组成区群的小区数对应的公式:

$$N = i^2 + ij + j^2 \quad (1.1)$$

一个共有 S 个信道的蜂窝系统 (一个区群), 每簇含有 N 个小区 (一个区群), 每个小区含有 K 个信道。则:

$$S = KN \quad (1.2)$$

将这个簇重复 M 次, 则信道总数为 C :

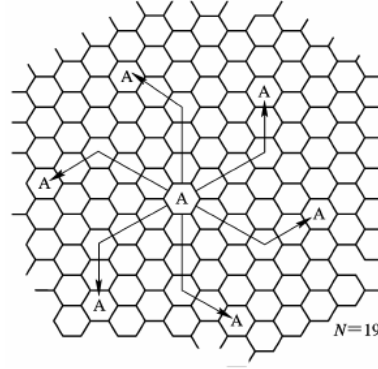
$$C = MS = MKN \quad (1.3)$$

1.4.3.3 同频道距离

STEPS:

1. 首先垂直六边形的任一边延长 M 次, j 个小区。

2. 逆时针旋转 60° ，在延长 $Mini, j$ 个小区。



$$\begin{aligned} i &= 3, j = 2 \\ N &= 19 \end{aligned}$$

Figure 1.4: 通频道距离确定

$$\begin{aligned} D^2 &= I^2 + J^2 - 2IJ \cos 120^\circ \\ H &= \frac{\sqrt{3}}{2} R \\ I &= \sqrt{3}iR, J = \sqrt{3}jR \\ \Rightarrow D &= \sqrt{3N}R, \text{ 其中 } N = i^2 + ij + j^2 \end{aligned} \quad (1.4)$$

1.4.3.4 同频干扰

移动台的接收载波干扰比为:

$$\begin{aligned} \frac{C}{I} &= \frac{C}{\sum_{i=1}^L I_i} \\ \frac{C}{I} &= \frac{(D/R)^n}{L} = \frac{\sqrt{3N}^n}{L} \end{aligned} \quad (1.5)$$

其中, L 为同频干扰小区数
 n 常取 4, 用 Q 表示同频复用比例 $Q = \frac{D}{R}$ 。

1.4.3.5 蜂窝系统容量

通常衡量系统容量的指标是每小区的可用信道数来度量:

$$n = \frac{B_t}{B_c N} \quad (1.6)$$

- B_t 系统总带宽
- B_c 单个小区占用的信道带宽

- N 频率复用因子，利用 1.5 计算

FDMA 系统

$$N = \sqrt{\frac{2}{3} \times \frac{C}{I}}$$

$$n = \frac{B_t}{B_c \sqrt{\frac{2}{3} \times \frac{C}{I}}} \quad (1.7)$$

TDMA 系统

$$n = \frac{B_t}{B'_c \sqrt{\frac{2}{3} \times \frac{C}{I}}}$$

$$B'_c = \frac{B_c}{m} \quad (1.8)$$

m 是每一频道包含的时隙数。

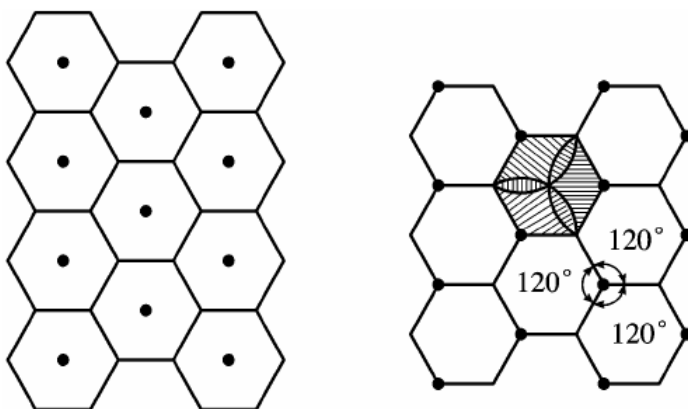
CDMA 系统

$$n = \left[1 + \frac{W/R_b}{E_b/I_0} \times \frac{1}{d} \right] \times GF \quad (1.9)$$

1.4.3.6 提高蜂窝系统容量的方法

1. 基站发射机位置

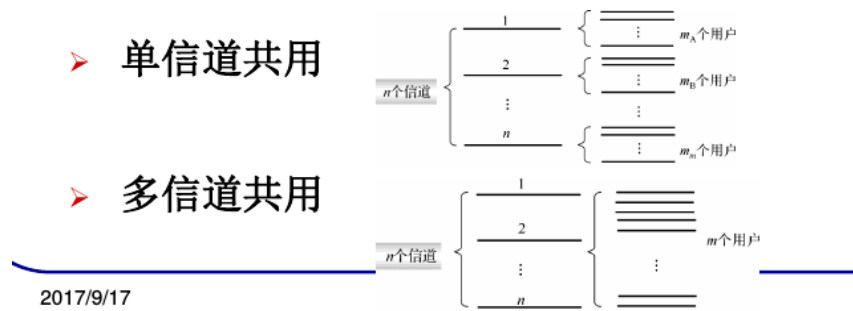
- 中心激励小区: 安置在小区的中心
- 顶点激励小区: 安置在六边形 3 个间隔的顶点上



- 小区分裂
- 划分扇区
- 新微小区

1.4.4 多信道共用技术

- 信道 → (1) 控制信道 CHH, (2) 业务信道 THH
- 信道共用



1.4.5 话务量

话务理论的经典公式-爱尔兰呼损公式:

$$B = \frac{A^n/n}{\sum_{i=0}^n A^i/i!} \quad (1.10)$$

其中

- B, 呼损率
- A, 流入话务量
- n, 共用信道数

信道利用率公式

$$\eta = \frac{A(1-B)}{n} \quad (1.11)$$

用户忙时话务量: $\alpha = CTk \frac{1}{3600}$

每个共用信道所能容量的用户数: $m = \frac{A/n}{\alpha}$

n 个共用信道所能容纳的总用户数: $N = mn = \frac{A}{\alpha}$

用途:

- 计算共用信道 n。
- 计算总用户量 M。

1.4.6 网络结构

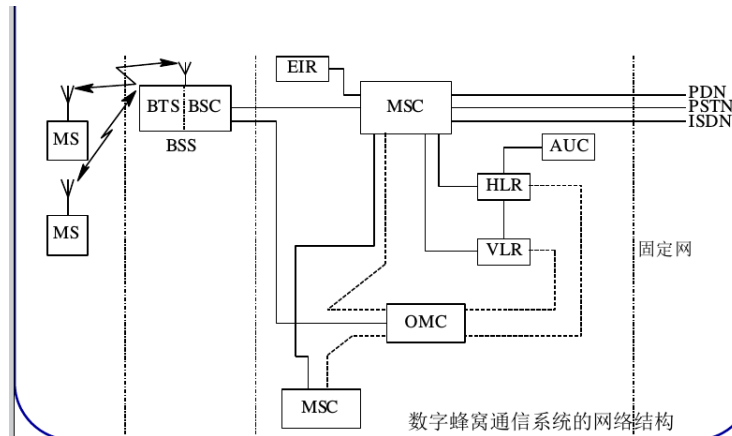


Figure 1.5: 网络结构

1. MS—移动台。如：手机，车载终端。
2. BTS—基站收发信机。处理网络侧的无线信号收发。和 MS 直接交互。
3. BSC—基站控制器。一个 BSC 连接 1-255 个 BTS。
4. MSC—移动交换中心。MSC 与 VLR 一一对应，工程上又称为 MSC/VLR。
MSC 的主要功能有：
 - (a) 路由管理
 - (b) 业务量管理：短信，电话，流量。
 - (c) 计费 and 费率管理，为用户通信时间生成详细话单记录。
 - (d) 向 HLR 发送有关业务量和计费信息。
5. VLR—访问位置寄存器，功能：
 - (a) MS 漫游号码管理。
 - (b) TMSI 分配与管理。(临时用户移动用户表示，移动台地址)
 - (c) 用户参数管理
 - (d) 用户鉴权。
 - (e) HLR 更新。
 - (f) 管理 MSC 区、位置 (LA) 区及基站区。
 - (g) 无线资源管理。
6. HLR—归属位置寄存器。(一个用户只和一个 HLR 关联，即用户的 SIM 卡和 HLR 关联)
 - (a) 管理和维护在 HLR 中等级注册的所有用户的参数。用户的 MSISDN 号码 (被叫号码，如公司里的短号)；；用户定制的业务信息；智能业务 (VPN 组网等)；IMSI 号码 (SIM 卡号，唯一)。

- (b) 计费管理
- (c) VLR 更新。

7. AuC-鉴权认证中心。管理用户的 IMSI、密钥、加解密参数、鉴权参数。

1.4.7 网络的控制与管理

移动性管理功能：移动从一个位置区漫游到另一个位置区时，网络中的有关位置寄存器要随之对移动台的位置信息进行登记、修改或删除

越区：移动台在通过过程中，MS 从一个 BTS 服务区进入另一个 BTS 服务区，MS 与原 BTS 之间无线链路转到 MS 与新 BTS 之间的无线链路上来。

1.4.7.1 越区切换类型

1. 硬切换：断开与原 BTS 的链接，再建立和新 BTS 的链接。GSM
2. 软切换：先建立与新 BTS 的链接，再断开和原 BTS 的连接。CDMA
3. 接力切换。TD-SCDMA。

1.4.7.2 越区切换的判定准则

1. 相对信号强度准则。
2. 门限规定的相对信号强度准则。
3. 具有滞后余量的相对信号强度准则。
4. 具有门限规定和滞后余量的相对信号强度准则。商业

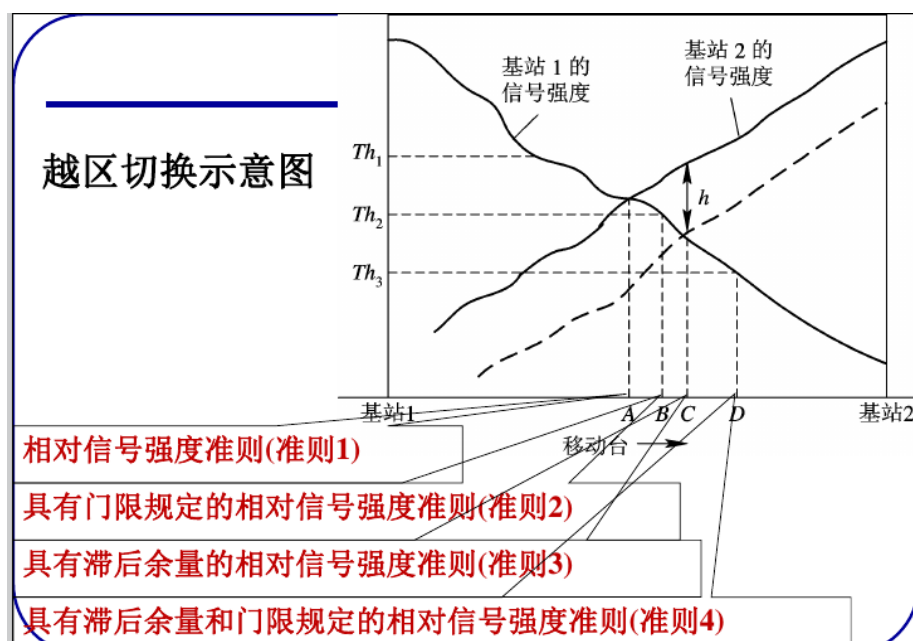


Figure 1.6: 越区切换判定准则

1.4.7.3 越区切换的控制策略

1. 移动控制, 测量和判定过程全部由 MS 完成; PHS
2. 网络控制, 测量和判定过程全部由网络完成; AMPS
3. 移动台辅助控制, 测量由移动台来完成, 判决由网络来完成。

1.4.7.4 越区切换时的信道分配

为了使得越区失败的概率尽量小, 常用的做法是在每个小区预留部分信道专门用于越区切换。

1.4.7.5 位置管理

1. **位置登记:** 当用户关机或者在位置区 (LAI 或 REG_ZONE(CDMA)) 之间移动或者经历了一个固定的时间间隔的时候, 移动台需要向网络报告它的位置. 开机登记、关机登记、基于时间登记、基于位置区变更登记. 当一个移动终端 (MT) 进入一个新的 RA 时, 位置登记过程分为三个步骤:
 - 在管理新 RA 的新 VLR 中登记 MT;
 - 修改 HLR 中记录服务该 MT 的新 VLR 的 ID;
 - 在旧 VLR 和 MSC 中注销该 MT。

具体过程:

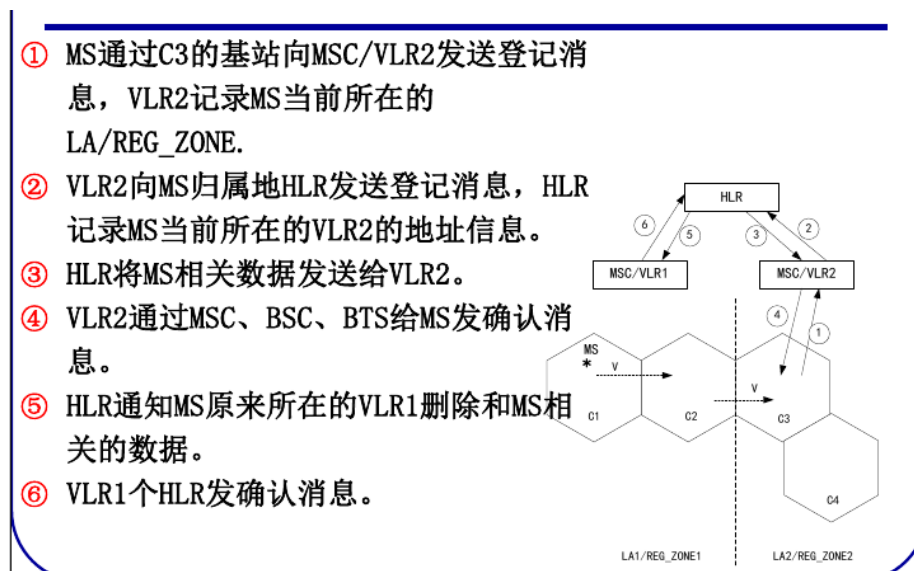


Figure 1.7: 位置区切换过程

2. 呼叫传递:

- ① 主叫MS1拨打被叫MS2的MDN号码，通过BTS、BSC将被叫号码MDN发送到原端交换机MSC1
- ② MSC1启动号码分析程序，找到被叫号码MS所属HLR，并向该HLR发送路由查询消息。
- ③ HLR从数据库中找到MDN对应的记录，找到MS2所在的VLR，即VLR2，并向VLR2发送路由查询消息。
- ④ VLR2为MS2生成一个漫游号码MSRN，并将该号码返回给HLR
- ⑤ HLR将该MSRN号码返回给VLR1
- ⑥ VLR1根据该MSRN可以建立和目的端交换机MSC/VLR2的中继连接。
- ⑦ MSC/VLR2对LA2/REG_ZONE2中的所有BTS发起寻呼操作。

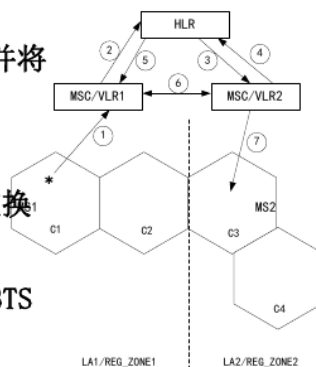


Figure 1.8: 呼叫传递过程