
目录

1.	CDMA 系统的主要优点	5
1.1.	大容量	5
1.2.	软容量	7
1.3.	软切换	8
1.4.	采用多种分集技术	9
1.5.	话音激活	11
1.6.	保密	11
1.7.	低发射功率	11
1.8.	大覆盖范围	12
2.	CDMA 的信道	14
2.1.	CDMA 中使用的地址码	14
2.2.	反向 CDMA 信道	15
2.2.1.	接入信道	15
2.2.2.	反向业务信道	16
2.3.	前向 CDMA 信道	16
2.3.1.	导频信道	17
2.3.2.	同步信道	18
2.3.3.	寻呼信道	18
2.3.4.	前向业务信道	19
3.	功率控制	20
3.1.	介绍	20
3.2.	前向功控	20
3.3.	反向功控	21
4.	链路预算与容量估算	22
4.1.	介绍	22
4.2.	CDMA 链路分析举例	23
4.3.	容量估算	26
5.	呼叫处理	30
5.1.	空闲状态	30
5.2.	接入状态	30
5.3.	登记	35
5.3.1.	介绍	35
5.3.2.	系统和网络	35
5.3.3.	漫游的类型	36
5.3.4.	登记的类型	37
5.4.	导频搜索及切换	41
5.4.1.	切换过程	41
5.4.2.	切换的类型	42
5.4.3.	切换信令	43
5.4.4.	软切换要求	51
5.4.5.	切换参数	51
5.4.6.	移动台的搜索窗口	52

5.4.7.	软切换过程中的呼叫处理.....	53
5.5.	硬切换.....	56
5.5.1.	IS-95 中不同厂商设备间的硬切换.....	56
5.5.2.	CDMA2000 中的硬切换.....	58
6.	影响网络性能的有关参数.....	69
6.1.	功率分配.....	69
6.2.	主要的接入参数.....	69
6.2.1.	PAM_SZ	69
6.2.2.	MAX_CAP_SZ.....	70
6.2.3.	PROBE_PN_RANDOM.....	70
6.2.4.	PROBE_BKOFF.....	71
6.2.5.	NUM_STEP	73
6.2.6.	BKOFF.....	74
6.2.7.	ACC_CHAN.....	74
6.2.8.	ACC_TMO	74
6.2.9.	MAX_REQ_SEQ.....	75
6.2.10.	MAX_RSP_SEQ	76
6.3.	系统参数（登记参数）.....	76
6.3.1.	PAGE_CHAN.....	77
6.3.2.	MAX_SLOT_CYCLE_INDEX.....	77
6.3.3.	BCAST_INDEX.....	77
6.3.4.	PARAMETER_REG	77
6.3.5.	REG_PRD.....	78
6.3.6.	REG_DIST.....	78
6.4.	功率控制参数（开环功控）.....	78
6.4.1.	NOM_PWR.....	78
6.4.2.	INIT_PWR.....	78
6.4.3.	PWR_STEP.....	79
6.5.	切换参数.....	80
6.5.1.	NGHBR_PN/PILOT_PN_OFFSET	80
6.5.2.	SERACH_WIN_A	80
6.5.3.	SEARCH_WIN_N.....	81
6.5.4.	SEARCH_WIN_R.....	82
6.5.5.	NGHBR_MAX_AGE.....	82
6.5.6.	PILOT_INC	83
6.5.7.	NGHBR_CONFIG.....	83
6.6.	导频检测参数.....	83
6.6.1.	T_ADD	83
6.6.2.	T_DROP	84
6.6.3.	T_TDROP	85
6.6.4.	T_COMP.....	86
6.7.	硬切换参数.....	88
6.7.1.	T_COMP.....	88
6.7.2.	GUARD_LEVEL.....	88
6.7.3.	GUARD_TIME.....	88
7.	CDMA 系统性能分析的具体步骤.....	90
7.1.	了解系统.....	90
7.2.	确认系统是否稳定.....	91

7.2.1.	稳定性的定义.....	91
7.2.2.	检查系统的稳定性.....	92
7.3.	初始化邻集列表.....	92
7.4.	导频扫描.....	93
7.5.	更新邻集列表.....	94
7.6.	数据采集（路测）.....	94
7.7.	性能分析.....	95
8.	CDMA 系统的性能评估路测方法（以 QUALCOMM 的 CAIT 为例）..	96
8.1.	前向导频覆盖测试.....	96
8.1.1.	描述.....	96
8.1.2.	测试过程.....	96
8.2.	FER 误帧率测试.....	96
8.2.1.	测试过程.....	97
8.3.	接入失败率测试.....	97
8.3.1.	描述.....	97
8.3.2.	测试过程.....	98
8.4.	掉话率测试.....	99
8.4.1.	描述.....	99
8.4.2.	测试过程.....	99
8.5.	可以接受的参数值.....	100
9.	CDMA 系统的性能分析.....	102
9.1.	接入失败原因分析.....	102
9.1.1.	呼叫发起的定义.....	102
9.1.2.	系统接入状态定时.....	102
9.1.3.	呼叫发起过程概述.....	103
9.1.4.	典型的接入时间.....	103
9.1.5.	呼叫发起过程中激活的进程.....	104
9.1.6.	呼叫发起过程中各个阶段的约束限制.....	104
9.1.7.	各种情况的分析.....	105
9.2.	掉话原因分析.....	110
9.2.1.	移动台的掉话机制.....	110
9.2.2.	基站掉话机制.....	111
9.2.3.	掉话分析模版.....	111
9.2.4.	接入/切换掉话模版.....	112
9.2.5.	前向干扰掉话（长时干扰）.....	112
9.2.6.	前向干扰掉话（短时干扰）.....	113
9.2.7.	前反向链路不平衡导致的掉话.....	114
9.2.8.	覆盖不好造成的掉话（长时覆盖不好）.....	114
9.2.9.	覆盖不好造成的掉话（短时覆盖不好）.....	115
9.2.10.	业务信道发射功率受限造成的掉话.....	116
9.3.	切换失败原因分析.....	116
9.3.1.	导频强度的指示功能.....	117
9.3.2.	切换过程.....	117
9.3.3.	切换失败.....	118

9.3.4.	软切换失败情况 1：资源分配问题.....	118
9.3.5.	软切换失败情况 2：切换信令问题.....	118
9.3.6.	利用 Pilot Beacon 指示硬切换	119
9.4.	FER 分析	120
9.4.1.	前向链路高 FER 原因分析	120
9.4.2.	反向链路高 FER 原因分析	122

1. CDMA 系统的主要优点

CDMA 系统采用码分多址的技术及扩频通信的原理，使得可以在系统中使用多种先进的信号处理技术，为系统带来许多优点。以下介绍了 CDMA 无线通信系统的几个显著特点。

1.1. 大容量

根据理论计算及现场试验表明，CDMA 系统的信道容量是模拟系统的 10~20 倍，是 TDMA 系统的 4 倍。CDMA 系统的高容量很大一部分因素是因为它的频率复用系数远远超过其它制式的蜂窝系统，同时 CDMA 使用了话音激活和扇区化，快速功率控制等。

按照香农定理，各种多址方式（FDMA、TDMA 和 CDMA）都应有相同的容量。但这种考虑有几种欠缺。一是假设所有的用户在同一时间内连续不断地传送消息，这对话音通信来说是不符合实际的；二是没有考虑在地理上重新分配频率的问题；三是没有考虑信号传输中的多径衰落。

决定 CDMA 数字蜂窝系统容量的主要参数是：处理增益、Eb/No、话音负载周期、频率复用效率和基站天线扇区数。

若不考虑蜂窝系统的特点，只考虑一般扩频通信系统，接收信号的载干比定义为载波功率与干扰功率的比值，可以写成：

$$\frac{C}{I} = \frac{R_b E_b}{I_o W} = \frac{\left(\frac{E_b}{I_o}\right)}{\left(\frac{W}{R_b}\right)}$$

其中：

E_b ：信息的比特能量；

R_b ：信息的比特率；

I_o ：干扰的功率谱密度；

W ：总频段宽度（这里也是 CDMA 信号所占的频谱宽度，即扩频宽度）；

E_b/I_o : 类似与通常所说的归一化信噪比, 其取值决定于系统对误比特率或语音质量的要求, 并与系统的调制方式和编码方案有关;

W/R_b : 系统的处理增益。

若 N 个用户共用一个无线信道, 显然, 每一个用户的信号都受到其它 $N-1$ 个用户信号的干扰。假定到达一个接收机的信号强度和各干扰强度都相等, 则载干

比为: $\frac{C}{I} = \frac{1}{N-1}$

$$\text{或 } N-1 = \frac{\left(\frac{W}{R_b}\right)}{\left(\frac{E_b}{I_o}\right)}$$

若 $N \gg 1$, 于是

$$N = \frac{\left(\frac{W}{R_b}\right)}{\left(\frac{E_b}{I_o}\right)}$$

结果说明, 在误比特率一定的条件下, 所需要的归一化信噪比越小, 系统可以同时容纳的用户数越多。应该注意这里的假定条件, 所谓到达接收机的信号强度和各个干扰强度都一样, 对单一小区 (没有邻近小区的干扰) 而言, 在前向传输时, 不加功率控制即可满足; 但是在反向传输时, 各个移动台向基站发送的信号必须进行理想的功率控制才能满足。

其次, 应根据 CDMA 蜂窝通信系统的特征对这里得到的公式进行修正。

1) 话音激活期的影响

在典型的全双工通话中, 每次通话中话音存在时间一般为 40%。如果在话音停顿时停止信号发射, 对 CDMA 系统而言, 减少了对其它用户的干扰, 使系统的容量提高到原来的 $1/0.35=2.86$ 倍。虽然 FDMA 和 TDMA 两种系统都可以利用这种停顿, 使容量获得一定程度的提高, 但是要做到这一点, 必须增加额外的控制开销, 而且要实现信道的动态分配必然会带来时间上的延迟, 而 CDMA 系统可以很容易地实现。

2) 扇区化

CDMA 小区扇区化有很好的容量扩充作用，其效果好于扇区化对 FDMA 和 TDMA 系统的影响。小区一般划分为三个扇区，天线波束宽度一般小于 120 度，因为天线方向幅度宽而且经常出现传播异常，这些天线覆盖区域有很大的重叠，扇区之间的隔离并不可靠。因此，窄带系统在小区扇区化时小区频率复用并无改善。而对于 CDMA 系统来说，扇区化之后（采用方向性天线），干扰可以看成近似减少为原来的三分之一，因此网络容量增加为原来的三倍。

3) 频率再用

在 CDMA 系统中，若干小区的基站都工作在同一频率上，这些小区内的移动台也工作在同一频率上。因此，任一小区的移动台都会受到相邻小区基站的干扰，任一小区的基站也都会受到相邻小区移动台的干扰。这些干扰的存在必然会影响系统的容量。因此必须采取措施限制来自临近小区的干扰，才能提高系统的频率再用效率。

4) 低的 E_b/N_0

E_b/N_0 是数字调制和编码技术藉以比较的标准。由于 CDMA 系统采用很宽的信道带宽，可以采用高冗余的强纠错编码技术，而窄带数字系统由于信道带宽限制，只能采用低冗余的纠错编码，纠错能力也较低。因此，CDMA 系统要求的 E_b/N_0 比窄带系统要低，降低干扰，扩大了容量。

考虑这些因素，CDMA 的容量公式要进行修正，具体见第四章的容量估算。

1.2. 软容量

在 FDMA、TDMA 系统中，当小区服务的用户数达到最大信道数，已满载的系统再无法增添一个信号，此时若有新的呼叫，该用户只能听到忙音。而在

CDMA 系统中，用户数目和服务质量之间可以相互折中，灵活确定。例如系统运营者可以在话务量高峰期将某些参数进行调整，例如可以将目标误帧率稍稍提高，从而增加可用信道数。同时，在相邻小区的负荷较轻时，本小区受到的干扰较小，容量就可以适当增加。

体现软容量的另外一种形式是小区呼吸功能。**所谓小区呼吸功能就是指各个小区的覆盖大小是动态的。**当相邻两个小区负荷一轻一重时，负荷重的小区通过减小导频发射功率，使本小区的边缘用户由于导频强度不够，切换到相邻的小区，使负荷分担，即相当于增加了容量。

这项功能可以避免在切换过程中由于信道短缺造成的掉话。在模拟系统和数字 TDMA 系统中，如果没有可用信道，呼叫必须重新被分配到另一条候选信道，或者在切换时中断。但是在 CDMA 中，建议可以适当提高用户的可接受的误比特率直到另外一个呼叫结束。

1.3. 软切换

所谓软切换是指移动台需要切换时，先与新的基站连通再与原基站切断联系，而不是先切断与原基站的联系再与新的基站连通。软切换只能在同一频率的信道间进行，因此，模拟系统、TDMA 系统不具有这种功能。软切换可以有效地提高切换的可靠性，大大减少切换造成的掉话，因为据统计，模拟系统、TDMA 系统无线信道上的掉话 90%发生在切换中。

同时，软切换还提供分集，在软切换中，由于各个小区采用同一频带，因而移动台可同时与小区 A 和邻近小区 B 同时进行通信。在反向信道，两基站分别接收来自移动台的有用信号，以帧为单位译码分别传给移动交换中心，移动交换中心内的声码器/选择器（Vocoder/Selector）也以帧为单位，通过对每一帧数据后面的 CRC 校验码来分别校验这两帧的好坏，如果只有一帧为好帧，则声码器就选择这一好帧进行声码变换；如果两帧都为好帧，则声码器就任选一帧进行声码变换；如果两帧都为坏帧，则声码器放弃当前帧，取出前面的一个好帧进行声码变换。这样就保证了基站最佳的接收结果。在前向信道，两个小区的基站同时向移动台发射有用信号，移动台把其中一个基站来的有用信号实际作为多径信号进行分集接收。**这样在软切换中，由于采用了空间分集技术，大大提高了移动台在小区边缘的通信质量，增加了系统的容量。**从反向链路来说，移

动台根据传播状况好的基站情况来调整发射功率（在第三章的反向功控中有详细的介绍），减少了反向链路的干扰，从而增加了反向链路的容量。

1.4. 采用多种分集技术

分集技术是指系统能同时接收并有效利用两个或更多个输入信号，这些输入信号的衰落互不相关。系统分别解调这些信号然后将它们相加，这样可以接收到更多的有用信号，克服衰落。

移动通信信道是一种多径衰落信道，发射的信号要经过直射、反射、散射等多条传播路径才能到达接收端，而且随着移动台的移动，各条传播路径上的信号负担、时延及相位随时随地发生变化，所以接收到的信号的电平是起伏的、不稳定的，这些不同相位的多径信号相互迭加就形成衰落。迭加后的信号幅度变化符合瑞利分布，因而又称瑞利衰落。瑞利衰落随时间急剧变化时，称为“快衰落”。而阴影衰落是由于地形的影响（例如建筑物的阻挡等）而造成的信号中值的缓慢变化。

分集接收是克服多径衰落的一个有效方法，采用这种方法，接收机可对多个携有相同信息且衰落特性相互独立的接收信号在合并处理之后进行判决。由于衰落具有频率、时间和空间的选择性，因此分集技术包括频率分集、时间分集和空间分集。

减弱慢衰落的影响可采用空间分集，即用几个独立天线或在不同的场地分别发送和接收信号，以保证各信号之间的衰落独立。由于这些信号在传输过程中的地理环境不同，所以各信号的衰落各不相同。采用选择性合成技术选择较强的一个输出，降低了地形等因素对信号的影响。

根据衰落的频率选择性，当两个频率间隔大于信道的相关带宽时，接收到的这两种频率的衰落信号不相关。市区的相关带宽一般为 50kHz 左右，郊区的相关带宽一般为 250kHz 左右。而码分多址的一个信道带宽为 1.23MHz，无论在郊

区还是在市区都远远大于相关带宽的要求，所以码分多址的宽带传输本身就是频率分集。

时间分集是利用基站和移动台的 Rake 接收机来完成的。对于一个信道带宽为 1.23MHz 的码分多址系统，当来自两个不同路径的信号の時延差为 1us，也就是这两条路径相差大约为 0.3Km 时，Rake 就可以将它们分别提取出来而不互相混淆。CDMA 系统对多径的接收能力在基站和移动台是不同的。在基站处，对应与每一个反向信道，都有四个数字解调器，而每个数字解调器又包含两个搜索单元和一个解调单元。搜索单元的作用是在规定的窗口内迅速搜索多径，搜索到之后再交给数字解调单元。这样对于一条反向业务信道，每个基站都同时解调四个多径信号，进行矢量合并，再进行数字判决恢复信号。如果移动台处在三方软切换中，三个基站同时解调同一个反向业务信道（空间分集），这样最多时相当于 12 个解调器同时解调同一反向信道，这在 TDMA 中是不可能实现的。而在移动台里，一般只有三个数字解调单元，一个搜索单元。搜索单元的作用也是迅速搜索可用的多径。当只接收到一个基站的信号时，移动台可同时解调三个多径信号进行矢量合并。如果移动台处在三方软切换中，三个基站同时向该移动台发送信号，移动台最多也只能同时解调三个多径信号进行矢量合并，也就是说，在移动台端，对从不同基站来的信号与从不同基站来的多径信号一起解调。但这里也有一定的规则，如果处在三方软切换中，即使从其中一个基站来的第二条路径信号强度大于从另外两个基站来的信号的强度，移动台也不解调这条多径信号，而是尽量多地解调从不同基站来的信号，以便获得来自不同基站的功率控制比特，使自身发射功率总处于最低的状态，以减少对系统的干扰。这样就加强了空间分集的作用。

CDMA 系统中就这样综合利用了频率分集、空间分集和时间分集来抵抗衰落对信号的影响，从而获得高质量的通信性能。

1.5. 语音激活

典型的全双工双向通话中，每次的通话的占空比小于 35%，在 FDMA 和 TDMA 系统中，由于通话停顿等重新分配信道存在一定的时延，所以难以利用语音激活因素。CDMA 系统因为使用了可变速率声码器，在不讲话时传输速率低，减轻了对其它用户的干扰，这即是 CDMA 系统的语音激活技术。

1.6. 保密

CDMA 系统的信号扰码方式提供了高度的保密性，使这种数字蜂窝系统在防止串话、盗用等方面具有其它系统不可比拟的优点。

1.7. 低发射功率

众所周知，由于 CDMA (IS-95) 系统中采用快速反向功率控制、软切换、语音激活等技术，以及 IS-95 规范对手机最大发射功率的限制，使 CDMA 手机在通信过程中辐射功率很小而享有“绿色手机”的美誉，这是与 GSM 相比，CDMA 的重要优点之一。

从手机发射功率限制的角度来比较：

目前普遍使用的 GSM 手机 900MHz 频段最大发射功率为 2W (33dBm)，1800MHz 频段最大发射功率为 1W (30dBm)，同时规范要求，对于 GSM900 和 1800 频段，通信过程中手机最小发射功率分别不能低于 5dBm 和 0dBm。CDMA IS-95A 规范对手机最大发射功率要求为 0.2W - 1W (23dBm - 30dBm)，实际上目前网络上允许手机的最大发射功率为 23dBm (0.2W)，规范对 CDMA 手机最小发射功率没有要求。

在实际通信过程中，在某个时刻某个地点，手机的实际发射功率取决于环境，系统对通信质量的要求，语音激活等诸多因素，实际上就是取决于系统的链路预算。在通常的网络设计和规划中，对于基本相同的误帧率要求，GSM 系统要求到达基站的手机信号的载干比通常为 9dB 左右，由于 CDMA 系统采用扩频技术，扩频增益对全速率编码的增益为 21dB，(对其他低速率编码的增益更大)，所以对解扩前信号的等效载干比的要求为 -14dB! (CDMA 系统通常要解扩后信号的 E_b/N_0 值为 7dB 左右)。

从手机发射功率的初始值的取定及功率控制机制的角度来进行比较：

手机与系统的通信可分为两个阶段，一是接入阶段，二是通话阶段。对于 GSM 系统，手机在随机接入阶段没有进入专用模式以前，是没有功率控制的，为保证接入成功，手机以系统能允许的最大功率发射（通常是手机的最大发射功率）。在分配专用信道（SDCCH 或 TCH）后，手机会根据基站的指令调整手机的发射功率，调整的步长通常为 2dB。调整的频率为 60ms 一次。

对于 CDMA 系统，在随机接入状态下，手机会根据接收到的基站信号电平估计一个较小的值作为手机的初始发射功率，发送第一个接入试探，如果在规定的时间内没有得到基站的应答信息，手机会加大发射功率，发送第二个接入试探，如果在规定时间内还没有得到基站的应答信息，手机会再加大发射功率。这个过程重复下去，直到收到基站的应答或者到达设定的最多尝试次数为止。在通话状态下，每 1.25ms 基站会向手机发送一个功率控制命令信息，命令手机增大或减少发射功率，步长通常为 1dB。

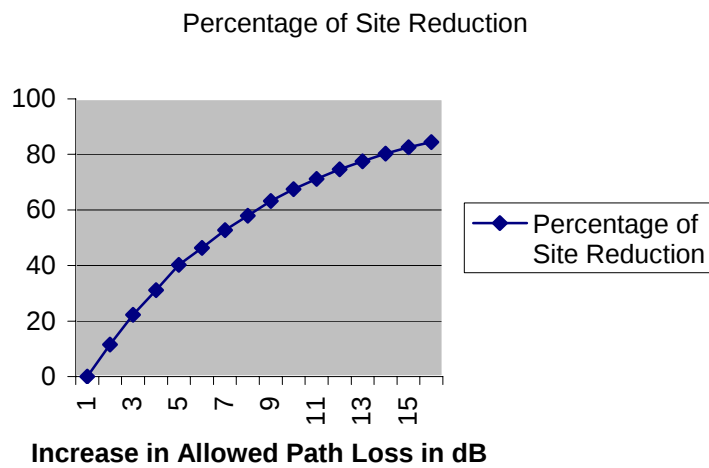
由上面的比较可以看出，总体而言，考虑到 CDMA 系统其他独有的技术，如软切换，RAKE 接收机对多径的分集作用，强有力的前向纠错算法对上行链路预算的改善，CDMA 系统对手机的发射功率的要求比 GSM 系统对手机发射功率的要求要小得多。而且 GSM 手机在接入过程中以最大的功率发射，在通话过程中功率控制速度较慢，所以手机以大功率发射的机率较大；而 CDMA 手机独特的随机接入机制和快速的反向功率控制，可以使手机平均发射功率维持在一个较低的水平。

1.8. 大覆盖范围

从第四章的链路预算表中我们可以看出，在 CDMA 的链路预算中包含以下的一些因素：软切换增益、分集增益等，这些都是 CDMA 技术本身带来的，是 GSM 中所没有的。虽然 CDMA 在链路预算中还要考虑自干扰对覆盖范围的影响（加入了干扰余量因子）以及 CDMA 手机最大发射功率低于 GSM 手机的最大发射功率，但是从总体来说，CDMA 的链路预算所得出的允许的最大路径损耗要比 GSM 大（一般是 5-10dB）。这意味着，在相同的发射功率和相同的天

线高度条件下，CDMA 有更大的覆盖半径，因此需要的基站也更少（对于覆盖受限的区域这一点意义重大）；另外的好处是，对于相同的覆盖半径，CDMA 所需要的发射功率更低。

下图描述了当允许的最大的路径损耗增大时对基站设置的影响。



2. CDMA 的信道

2.1. CDMA 中使用的地址码

地址码的选择直接影响到 CDMA 系统的容量、抗干扰能力、接入和切换锁定等性能。所选择的地址码应能够提高足够数量的相关函数特性尖锐的码系列，保证信号经过地址码解扩之后具有较高的信噪比。地址码提供的码序列应接近白噪声特性，同时编码方案简单，保证具有较快的同步建立速度。

伪随机序列（或称 PN 码）具有类似于噪声序列的性质，是一种貌似随机但实际上是有规律的周期性二进制序列。在采用码分多址方式的通信技术中，地址码都是从伪随机序列中选取的，但是不同的用途选用不同的伪随机序列。

在所有的伪随机序列中，m 序列是最重要、最基本的伪随机序列，在定时严格的系统中，我们采用 m 序列作为地址码，利用它的不同相位来区分不同的用户，目前的 CDMA 系统就是采用这种方法。

在 CDMA 系统中，用到两个 m 序列，一个长度是 $2^{15}-1$ ，一个长度是 $2^{42}-1$ ，各自的用处不同。

在前向信道中，长度为 $2^{42}-1$ 的 m 序列被用作对业务信道进行扰码（注意不是被用作扩频，在前向信道中使用正交的 Walsh 函数进行扩频）。长度为 $2^{15}-1$ 的 m 序列被用于对前向信道进行正交调制，不同的基站采用不同相位的 m 序列进行调制，其相位差至少为 64 个码片，这样最多可有 512 个不同的相位可用。

在反向 CDMA 信道中，长度为 $2^{42}-1$ 的 m 序列被用作直接扩频，每个用户被分配一个 m 序列的相位，这个相位是由用户的 ESN 计算出来的，这些相位是随机分别且不会重复的，这些用户的反向信道之间基本是正交的。长度为 $2^{15}-1$ 的 PN 码也被用于对反向业务信道进行正交调制，但因为在反向因为信道上不需要标识属于哪个基站，所以对于所有移动台而言都使用同一相位的 m 序列，其相位偏置是 0。

2.2. 反向 CDMA 信道

反向 CDMA 信道由接入信道和反向业务信道组成。这些信道采用直接序列扩频的 CDMA 技术共用于同一 CDMA 频率。在这一反向 CDMA 信道上，基站和用户使用不同的长码掩码区分每一个接入信道和反向业务信道。当长码掩码输入长码发生器时，会产生唯一的用户长码序列，其长度为 $2^{42}-1$ 。对于接入信道，不同基站或同一基站的不同接入信道使用不同的长码掩码，而同一基站的同一接入信道用户使用的长码掩码则是一致的。进入业务信道以后，不同的用户使用不同的长码掩码，也就是不同的用户使用不同的相位偏置。

反向 CDMA 信道的数据传输以 20ms 为一帧，所有的数据在发送之前均要经过卷积编码、块交织、64 阶正交调制、直接序列扩频以及基带滤波。接入信道和业务信道调制的区别在于：接入信道调制不经过最初的“增加帧指示比特”和“数据突发随机化”这两个步骤，也就是说，反向接入信道调制中没有加 CRC 校验比特，而且接入信道的发送速率是固定的 4800bit/s，而反向业务信道选择不同的速率发送。

反向业务信道支持 9600、4800、2400、1200bit/s 的可变数据速率。但是反向业务信道只对 9600bit/s 和 4800bit/s 两种速率使用 CRC 校验。

2.2.1. 接入信道

移动台使用接入信道的功能包括：

- 发起同基站的通信、
- 响应基站发来的寻呼信道消息
- 进行系统注册
- 在没有业务时接入系统和对系统进行实时情况的回应

接入信道传输的是一个经过编码、交织以及调制的扩频信号。接入信道由其共用长码掩码唯一识别。

移动台在接入信道上发送信息的速率固定为 4800bit/s。接入信道帧长度为 20ms。仅当系统时间是 20ms 的整数倍时，接入信道帧才可能开始。一个寻呼

信道最多可对应 32 个反向 CDMA 接入信道，标号从 0 至 31。对于每一个寻呼信道，至少应有一个反向接入信道与之对应，每个接入信道都应有一个寻呼信道相关联。

在移动台刚刚进入接入信道时，首先发送一个接入信道前缀，它的帧由 96 全零组成，也是以 4800bit/s 的速率发射。发射接入信道前缀是为了帮助基站捕获移动台的接入信道消息。

2.2.2. 反向业务信道

反向业务信道是用来在建立呼叫期间传输用户信息和信令信息。

移动台在反向业务信道上以可变速率 9600、4800、2400、1200bit/s 的数据速率发送信息。反向业务信道帧的长度为 20ms。速率的选择以一帧（即 20ms）为单位，即上一帧是 9600bit/s，下一帧就可能是 4800bit/s。

移动台业务信道初始帧的时间偏置由寻呼信道的信道支配消息中的帧偏置参数定义。反向业务信道的帧偏置与前向业务信道的帧偏置相同。仅当系统时间是 20ms 的整数倍时，零偏置的反向业务信道帧才开始，帧偏置参数被指定为 FRAME_OFFSET 的业务信道帧在比零片业务信道帧晚 $1.25 \times \text{FRAME_OFFSET}$ 毫秒时开始。

2.3. 前向 CDMA 信道

前向 CDMA 信道由以下码分信道组成：导频信道、同步信道、寻呼信道（最多可以有 7 个）和若干个业务信道。每一个码分信道都要经过一个 Walsh 函数进行正交扩频，然后又由 1.2288Mchip/s 速率的伪噪声序列扩频。在基站可按照频分多路方式使用多个前向 CDMA 信道（1.23MHz）。

前向码分信道最多为 64 个，但前向码分信道的配置并不是固定的，其中导频信道一定要有，其余的码分信道可根据情况配置。例如可以用业务信道一对一地取代寻呼信道和同步信道，这样最多可以达到有一个导频信道、0 个寻呼信道、0 个同步信道和 63 个业务信道，这种情况只可能发生在基站拥有两个以上

的 CDMA 信道（即带宽大于 2.5MHz），其中一个为基站 CDMA 信道（1.23MHz），所有的移动台都先集中在基本信道上工作，此时，若基本 CDMA 业务信道忙，可由基站在基本 CDMA 信道的寻呼信道上发生信道支配消息或其它相应的消息将某个移动台指配到另一个 CDMA 信道（辅助 CDMA 信道）上进行业务通信，这时这个辅助 CDMA 信道只需要一个导频信道，而不在于需要同步信道和寻呼信道。

2.3.1. 导频信道

导频信道在 CDMA 前向信道上是不停发射的。它的主要功能包括：

- 移动台用它来捕获系统
- 提供时间与相位跟踪的参数
- 用于使所有在基站覆盖区中的移动台进行同步和切换
- 导频相位的偏置用于扇区或基站的识别

基站利用导频 PN 序列的时间偏置来标识每个前向 CDMA 信道。由于 CDMA 系统的频率复用系数为“1”，即相邻小区可以使用相同的频率，所以频率规划变得简单了，在某种程度上相当于相邻小区导频 PN 序列的时间偏置的规划。在 CDMA 蜂窝系统中，可以重复使用相同的时间偏置（只有使用相同时间偏置的基站的间隔距离足够大）。导频信道用偏置指数（0~511）来区别。偏置指数是指相当于 0 偏置导频 PN 序列的偏置值。

虽然导频 PN 序列的偏置值有 2^{15} 个，但实际取值只能是 512 个值中的一个（ $2^{15}/64=512$ ）。一个导频 PN 序列的偏置（用比特片表示）等于其偏置指数乘以 64。例如，若导频 PN 序列偏置指数是 4，则该导频的 PN 序列偏置为 $4 \times 64 = 320\text{chips}$ 。一个前向 CDMA 信道的所以码分信道使用相同的导频 PN 序列。

2.3.2. 同步信道

同步信道在发射前要经过卷积编码、码符号重复、交织、扩频可调制等步骤。在基站覆盖区中开机状态的移动台利用它来获得初始的时间同步。基站发送的同步信道消息包括以下信息：

- 该同步信道对应的导频信道的 PN 偏置
- 系统时间
- 长码状态
- 系统标识
- 网络标识
- 寻呼信道的比特率

同步信道的比特率是 1200bit/s，其帧长为 26.666ms。同步信道上使用的 PN 序列偏置与同一前向信道的导频信道使用的相同。

一旦移动台捕获到导频信道，即与导频 PN 序列同步，这时可认为移动台在这个前向信道也达到同步。这是因为同步信道和其它所以码分信道是用相同的导频 PN 序列进行扩频的，并且同一前向信道上的整和交织器定时也是用导频 PN 序列进行校准的。

2.3.3. 寻呼信道

寻呼信道是经过卷积编码、码符号重复、交织、扰码、扩频和调制的扩频信号。基站使用寻呼信道发送系统信息和对移动台的寻呼消息。

基本训信道是编号为 1 的寻呼信道。寻呼信道发送 9600bit/s 或 4800bit/s 固定数据速率的信息。在一给定的系统中所有寻呼信道发送数据速率相同。寻呼信道帧长为 20ms。寻呼信道使用的导频序列偏置与同一前向 CDMA 信道上实体的相同。寻呼信道分为许多寻呼信道时隙，每个为 80ms 长。

2.3.4. 前向业务信道

前向业务信道是用于呼叫中，基站向移动台发送用户信息和信令信息的。一个前向 CDMA 信道所能支持的最大前向业务信道数等于 63 减去寻呼信道和同步信道数。

基站在前向业务信道上以 9600、4800、2400、1200bit/s 可变数据速率发送信息。前向业务信道帧长是 20ms，随机速率的选择是按帧进行的。

同一 CDMA 信道的不同前向业务信道所用的导频偏置不同，帧偏置是由 FRAME_OFFSET 参数决定的。前向业务信道的帧偏置和反向业务信道的帧偏置相同。帧偏置为 0 的前向业务信道与基站发送时间（系统参考时间）的偶数秒对准。帧偏置为 FRAME_OFFSET 的前向业务信道帧比 0 偏置的业务信道帧滞后 $1.25 \times \text{FRAME_OFFSETms}$ 。

3. 功率控制

3.1. 介绍

进行功率控制是最大化系统容量的主要方法，同时也是 CDMA 移动通信系统能够正常工作的先决条件之一。移动台的发射功率必须进行控制使其在尽量降低对其它用户干扰的前提下到达基站时有足够的能量，以保证系统预定的通话质量。在 CDMA 中，所有的基站共用同一个宽带信道，因此由同一小区中的其它用户和周围小区中的其它用户所造成的自干扰成为限制系统容量的主要因素。一般来说，当每一个用户到达基站时的信噪比（SNR）是达到系统性能要求可以接受的最小值时，系统容量达到最大。既然绝大部分噪声是由其它用户造成的，因此各个用户到达基站接收机时应该具有相同的能量。在移动传播环境中这需要移动台和基站共同协调进行动态的功率控制才能够实现。在功率控制中需要考虑系统负载的变化、信道状态的快速和慢速的变化以及信道的衰落。

在所有的移动通信系统中都存在远近效应。因为移动台在给定的小区中是移动的，一些移动台距离基站近，而另外一些移动台距离基站远，如果不进行功率控制，距离基站近的移动台到达基站时的信号比较强，因此在反向链路上会对其它移动台造成很大的干扰。在功率控制中，当移动台的信噪比（SNR）超过给定的门限时，基站命令该移动台降低发射功率，反之则要求其提高发射功率。在前向链路，如果要使各个移动台的话音质量相同，则在小区边缘附近的移动台所需要的功率比距离基站近的移动台要高。在移动台的辅助下，基站调整分配给每一个业务信道的功率以使每一个移动台的 SNR 基本上相同。

3.2. 前向功控

CDMA 的前向信道功率要分配给导频信道、同步信道、寻呼信道和各个业务信道。基站需要调整分配给每一个业务信道的功率，使处于不同传播环境下的各个移动台都得到足够的信号能量。一般来说，该调整范围很小，在标称功率上下浮动范围建议是 ± 3 到 ± 4 dB（各个设备厂家可能不同）。

基站通过移动台对前向链路误帧率的报告来决定是增加发射功率还是减小发射功率。移动台的报告分为定期报告和门限报告。定期报告顾名思义就是隔一段

时间汇报一次，门限报告就是当 FER（误帧率）达到一定门限时才报告。这个门限是由运营者根据对话音质量的不同要求设置的。这两种报告可以同时存在，也可以只要一种，可以根据运营者的具体要求来设定。

3.3. 反向功控

反向功控设计到开环估计等概念，开环估计是指移动台仅仅根据接收到的来自基站的信号强度来粗略估计信道传播环境，并相应调整自己的反向发射功率，是单方面的调整。例如当移动台检测到所接收到的前向功率比较高时，通常表明它离基站较近，传播环境较好，因此移动台可以降低其平均发射功率。当然，这样就忽略了前向信道和反向信道并不相关的事实，会导致在短时间内出现较大的误差，并且由于无线信道的快衰特性，开环功控还需要更快速更准确的校准，这由闭环功控来完成。闭环校准是指在开环估计的基础上，移动台根据在前向业务信道上收到的功率控制指令快速校正自己的发射功率（每秒 800 次），其中的功率控制指令（升或降）是由基站根据它所接收的移动台信号的质量来决定的；由于功率控制指令由基站根据反向业务信道指令产生，再通过前向信道发送移动台调整反向发射功率，形成了控制环路，因此称这种方式为闭环校正。

闭环校正又分为内环和外环两部分，内环指基站接收移动台的信号后，将其强度与一门限（下面称为“闭环门限”）相比，如果高于该门限，向移动台发送“降低发射功率”的功率控制指令；否则发送“增加发射功率”的指令。外环的作用是对内环门限进行调整，这种调整是根据基站所接收到的反向业务信道的指令指标（误帧率）的变化来进行的。通常 FER 都有一定的目标值，当实际接收的 FER 高于目标值时，基站就需要提高内环门限，以增加移动台的反向发射功率；反之，当实际接收的 FER 低于目标值时，基站就适当降低内环门限，以降低移动台的反向发射功率。最后，在基站和移动台的共同作用下，使基站能够在保证一定接收质量的前提下，让移动台以尽可能低的功率发射信号，以减小对其它用户的干扰，提高容量。

4. 链路预算与容量估算

4.1. 介绍

链路预算是进行通信资源分配的有效工具。链路预算从根本上来说是一个计算无线覆盖范围的等式，该等式是一些影响无线链路的增益和损耗的代数和。对于反向链路来说，该等式估计的是在不同的多址机制下和不同的传播环境中移动台所能达到的最大覆盖范围。

在评估系统性能时，我们所关心的其中一个参数是信噪比（SNR）。这是因为在进行基本的系统设计时我们所关心的是如何在可以接受的差错概率下检测信号。然而对于数字接收机，信噪比一般是用每比特的能量与噪声功率谱密度的比值（ E_b/N_t ）来表示。

为了计算方便，我们需要区分达到一定的差错概率所需要的 E_b/N_t 和实际接收到的 E_b/N_t ，我们把前者记为 $(E_b/N_t)_{req}$ ，后者记为 $(E_b/N_t)_r$ 。对于反向链路来说以分贝表示的二者之差即为容限参数：

$$M \text{ (dB)} = (E_b/N_t)_r - (E_b/N_t)_{req}$$

如果 M 是正值，说明有一定的衰落和干扰容限。如果 M 是负值，说明该链路不能正常工作。各个系统设计者的设计参数 $(E_b/N_t)_{req}$ 可能会不同，因为它们的调制方式、编码方案和分集方式不同。为了保持正的容限值，我们需要在各个参数间进行折衷。

但是在系统设计中究竟需要多大的链路容限还依赖于链路预算中的各个参数。如果各个参数都是按照最坏的情况选择的，并且链路的参数中包含了大量的表征衰落等的统计变量，所需要的链路容限是很小的。

4.2. CDMA 链路分析举例

覆盖预测主要是对小区进行链路预算，求出允许的最大路径损耗，套用适用于本规划区的传播模型，即可得到小区的最大覆盖范围。在移动通信系统中，移动台由于条件的限制，发射功率不可能做得很高，因此，通常小区覆盖受限于反向链路。

项目	前向	反向
环境类型		
业务类型		
(a0) 每个业务信道平均发射功率	dBm	dBm
(a1) 每个业务信道最大发射功率	dBm	dBm
(a2) 发射机最大总发射功率	dBm	dBm
(b) 发射端馈线、连接器与合并器等损耗	2 dB	0 dB
(c) 发射天线增益	13 dBi 车速 10 dBi 行人 2 dBi 室内	0 dBi
(d1) 每个业务信道的有效发射功率=(a1-b+c)	dBm	dBm
(d2) 发射机有效发射的总功率= (a2-b+c)	dBm	dBm
(e) 接收天线增益	0 dBi	13 dBi 车速 10 dBi 行人 2 dBi 室内
(f) 接收端电缆、连接器与合并器等损耗	0 dB	2 dB
(g) 接收机噪声系数	5 dB	5 dB
(h) 热噪声密度	-174 dBm/Hz	-174 dBm/Hz
(H) (线性单位)	3.98×10^{-18} mW/Hz	3.98×10^{-18} mW/Hz
(i) 干扰余量	dB	dB
(j) 总有效噪声加干扰密度=g+h+i	dBm/Hz	dBm/Hz
(k) 信息速率 (10 log (Rb))	dBHz	dBHz
(l) Eb/(No+Io)	dB	dB
(m) 接收机灵敏度 = (j+k+l)		
(n) 软切换增益	dB	dB
(o) 分集增益	dB	dB
(o') 其它增益/损耗	dB	dB
(o'') 人体损耗	dB	dB
(p) 对数正态衰落边限	dB	dB
(q) 最大路径损耗 = {d1-m+(e-f)+o+n+o' -p}	dB	dB
(r) 最大范围	m	m

表 4-1 链路预算表

下面是各参数的说明：

(a0) 每信道的平均发射功率 (dBm)

每信道的平均发射功率定义为以最大发射功率发射的整个发射周期上的总发射功率的平均值。

(a1) 每业务信道的最大发射功率 (dBm)

每业务信道发射功率定义为对于一个业务信道，发射机输出的最大功率。

(a2) 最大总发射功率 (dBm)

最大总发射功率是发射机输出的所有信道的功率集合的最大值。

(b) 馈线、连接器和合并器等损耗（发射端）(dB)

发射端从发射机输出到天线输入这一段的损耗值。

(c) 发射天线增益 (dBi)

发射端天线的最大增益。

(d1) 每业务信道的有效发射功率 (dBm)

发射机输出的每业务信道最大发射功率（dBm）、发射端系统损耗(-dB)、以及发射天线增益的总和。

(d2) 发射机总有效发射功率 (dBm)

发射机输出的最大总发射功率（dBm）、发射端系统损耗(-dB)、以及发射天线增益的总和。

(e) 接收天线增益 (dBi)

接收天线的最大增益。

(f) 电缆、连接器和合并器等损耗（接收端）(dB)

接收端从接收天线输出到接收机输入这一段的损耗值。

(g) 接收机噪声系数 (dB)

接收系统在接收机处的噪声系数。

(h), (H) 热噪声密度 (dBm/Hz)

热噪声密度, N_0 , 定义为接收机输入端每 Hz 的噪声功率。注意, (h)是对数表示的单位, (H)是线性的单位。

(i) 干扰余量 (dB)

接收机不仅存在热噪声, 还存在干扰, 干扰余量是由于系统的带内干扰引起的有效噪声的增加。假设系统负荷因子是 β (前向链路的 β 定义为总发射功率与最大发射功率之比, 反向链路的 β 定义为 $1-N_0/(N_0+I_0)$, N_0 是热噪声密度, I_0 干扰密度), 那么, 对于反向链路, 干扰余量= $10\log[1/(1-\beta)]$ 。

(j) 总有效噪声加干扰密度 (dBm/Hz)

总有效噪声加干扰密度(dBm/Hz)是接收机噪声系数、热噪声密度和干扰余量之和, 也就是 $j = g+h+I$

(k) 信息速率($10\log(R_b)$) (dBHz)

信息速率是业务信道的比特速率。

(l) $E_b/(N_0+I_0)$ (dB)

每信息比特能量与总有效噪声和干扰密度之比。 $E_b/(N_0+I_0)$ 必须满足特定环境下的质量要求。

(m) 接收机灵敏度 ($j+k+l$) (dBm)

为满足要求的 $E_b/(N_0+I_0)$ 所需的接收机输入端的信号功率。

(n) 软切换增益 Hand-off Gain/Loss (dB)

在小区边界进行软切换而获得的增益。假设两个小区的平均路径损耗相同，软切换增益应按 50% 的阴影相关性计算出。

(o) 分集增益 (dB)

采用分集技术带来的增益。分集增益可以根据接收路径的相关性计算出来。注意，分集增益不能计算两次。例如：如果分集增益在 $E_b/(N_0+I_0)$ 的要求中已经包括了，那么这里就不能再加进来。

(o'') 人体损耗 (dB)

人体损耗是因为人体本身导致的损耗。

(o') 其它增益 (dB)

附加的增益是为今后采用更先进的技术留下的。

(p) 对数正态阴影边界 (dB)

对数正态阴影边界定义为独立小区的小区边界，它是为达到一定的覆盖效率而留的，由覆盖效率和阴影衰落的标准差决定。

(q) 最大路径损耗 (dB)

最大路径损耗是小区边界处允许的最大损耗。 $= d_l - m + (e - f) + o + o' + n - o'' - p$

注意，实际计算中，还根据室内覆盖或车内覆盖减去相应的穿透损耗。

(r) 最大范围 (km)

最大范围根据最大路径损耗计算出来。

4.3. 容量估算

由于前向链路是一对多的通信，而反向链路是多对一的通信，同时，前向链路的各个信道是同步的，而且还有公共导频信道，所以前向链路的容量要大于反向链路的容量。因此一般来说容量受限于反向链路。在下面的容量估算中对反向链路进行的。

在 CDMA 中，基站对每一个移动台的信号接收都受到了本小区其它移动台以及相邻小区移动台的干扰。

(1) 同一小区移动台的干扰 X_1

在 CDMA 系统中，只有当每个用户的 E_b/N_t （每一个信息比特的能量与总噪声功率频谱密度的比值）在达到满足信道性能的条件下最小，系统才能达到最大容量。由于 N_t 几乎全部是由其它用户干扰造成的，所以所有移动台的信号在到达基站的接收机时必须（或近似）是相同的功率电平。这是由反向功率控制完成的，功率控制是减少反向链路干扰的最佳方法。

在 CDMA 系统的一个无线信道里，所有的用户同时占用同一带宽

（1.25MHz）。因此干扰源覆盖整个区域并且小区间没有保护频带。在计算反向链路的干扰时，常常作以下的假设：

- ✓ 总的干扰频谱密度与用户总数成正比，当用户数很大时这样假定是成立的（中心极限定理）。
- ✓ 所以小区用户数是相同的，并且均匀分布。
- ✓ 使用了功率控制所以基站接收到的每一个移动台的功率是相同的。

我们可以看出，在反向链路上减少干扰的最好的方法是每一个业务信道信号到达基站时都具有相同的功率电平。如果在一个小区里共有 N 个移动台，每个移动台在基站处的接收功率是 C 瓦特，那么本小区中所有其它移动台对其中一个移动台的干扰功率为：

$$X_1 = (N - 1)C\gamma$$

其中 γ 是平均话音激活因子。

(2) 其它小区移动台的干扰 X_2

在 CDMA 系统中，频率复用效率 F 被定义为一个小区中移动台的干扰与所有小区移动台总干扰的比值。典型情况，其它小区用户的干扰占本小区用户干扰的 66%（ $F=0.6$ ）。

$$X_2 = \frac{1-F}{F} NC\gamma$$

小区负载被定义为激活的用户数与最大允许的用户数的比例。最大允许的用户数依赖于平均 E_b/N_t ，平均话音激活系数，频率复用系数和处理增益 W/R_b （ W 是 CDMA 信道带宽， R_b 是数据速率）。

$$\beta = \text{小区负载} = \frac{\text{激活的用户数}}{\text{最大用户数}} = \frac{M}{M_{\max}}$$

由于 CDMA 系统的自干扰提高了接收机的噪声基底，使接收机的灵敏度降低，增加了接收机的最低接收门限。由于干扰而增加的接收机接收门限，以干扰余量的方式体现。干扰余量定义为总干扰噪声与热噪声的比值、表示了干扰使背景噪声提高的程度。

$$\eta = \frac{I_t + N_o}{N_o}$$

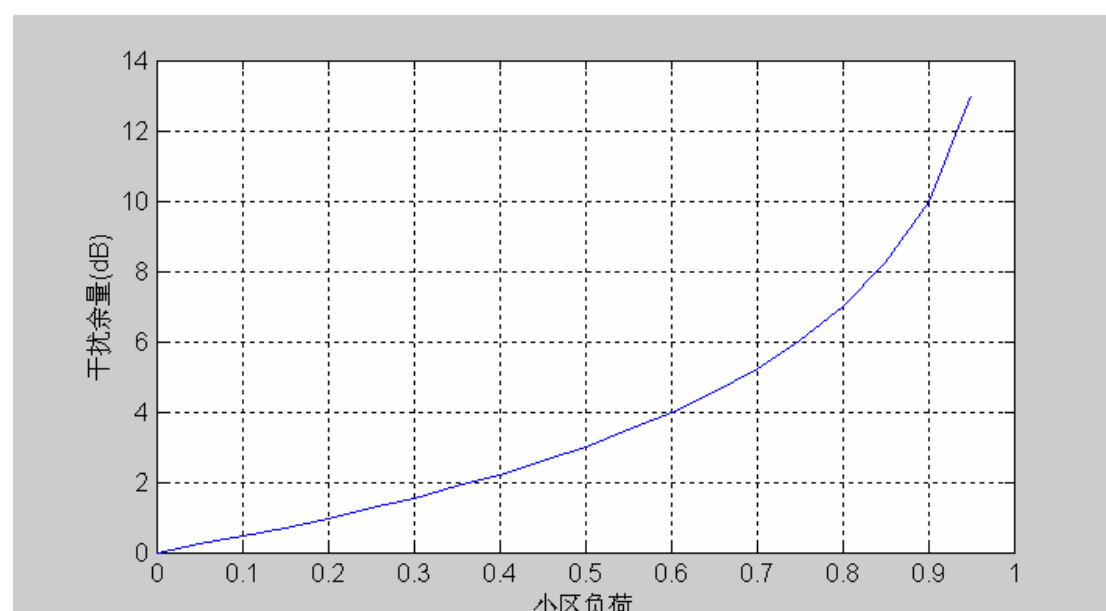
其中：

η 是干扰余量；

I_t 是干扰功率；

干扰余量与小区负载的关系由下式表示：

$$\eta = 10 \log[1/(1 - \beta)]$$



上行链路干扰余量与小区负载的函数关系

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{N_0 + I_t} = \frac{C}{N_0 + M\rho C(1+f)} = \frac{E_b}{N_t} \cdot \frac{1}{W/R_b}$$

其中

C : 接收功率;

N_0 : 热噪声功率;

I_t : 其它干扰;

M : 工作用户数;

ρ : 话音激活系数;

f : 其它小区干扰与本小区干扰比;

忽略热噪声, 得到用户数 M 的上限, 即得到最大用户数

$$M_{\max} = \frac{1}{\rho(1+f) \cdot E_b / N_t} \cdot \frac{W}{R_b}$$

当 $f=2/3$, $\rho=0.4$, $E_b/N_0=6\text{dB}$, $R_b=9600\text{bps}$ 时, $M_{\max}=48$ 。当小区反向负载效率是 50% 时的反向容量是 24。

5. 呼叫处理

移动台的呼叫处理包含下列状态：

- 移动台初始化状态：在该状态移动台选择并捕获系统。
- 移动台空闲状态：在该状态中，移动台监视寻呼信道上的消息。
- 系统接入状态：在该状态时，移动台在接入信道上向基站发送消息。
- 移动台控制在业务信道状态：在该状态时，移动台通过前向和反向信道与基站通信。

5.1. 空闲状态

寻呼信道被分为 80ms 的时隙，称为寻呼信道时隙。工作在非分时隙模式的移动台在任何寻呼信道时隙上接收寻呼和控制消息，而工作在分时隙模式的移动台仅仅在某些分配的时隙上监视寻呼信道。移动台在不监视寻呼信道的时隙里，可以停止或减少其处理过程，以便节省电源。除了处于空闲状态，移动台在其它状态均不能工作于分时隙模式。

工作于分时隙模式的移动台通常在每个时隙周期内监视一个或两个时隙的寻呼信道。通过使用登记消息、始呼消息或寻呼响应消息的时隙周期指数

(`SLOT_CYCLE_INDEX`)字段，移动台可以定义其所希望的时隙周期。时隙周期的长度为 T ，以 1.28s 为单位，可由下式给出：

$$T = 2^i$$

其中 i 是所选的时隙周期指数。

5.2. 接入状态

移动台在接入信道上采用随机接入过程（Random Access Procedure）发送消息。而随机接入过程中的许多参数，都由基站的接入参数消息所提供。

进行一次消息的发送和对该消息的应答的接收（或者接收失败）的整个过程，称为一次接入尝试。而接入尝试的每一次发送过程，都称为一次接入试探

（Access Probe）。在一次接入尝试的每一次接入试探中，移动台都发送相同的

消息。在一次接入尝试中，接入试探按照接入试探序列（Access Probe Sequences）分成组。每一个接入试探序列由多至 $1 + \text{NUM_STEP}$ 个接入试探组成，并在同一个接入信道上发送。而对于每一个接入试探序列，发送的接入信道是从与当前的寻呼信道相关联的所有接入信道中采用伪随机的方法选出来的。每个接入试探序列的第一次试探总是采用与标称开环功率水平（Nominal Open Loop Power Level）相应的发送功率水平。接下来的每一次试探，都采用比前一次高出一定量的功率水平进行发送。

关于接入试探和接入试探序列的定时，是基于接入信道时隙（Access Channel Slots）的概念的。每一个接入试探，都是在一个接入信道时隙的开始时发送的。

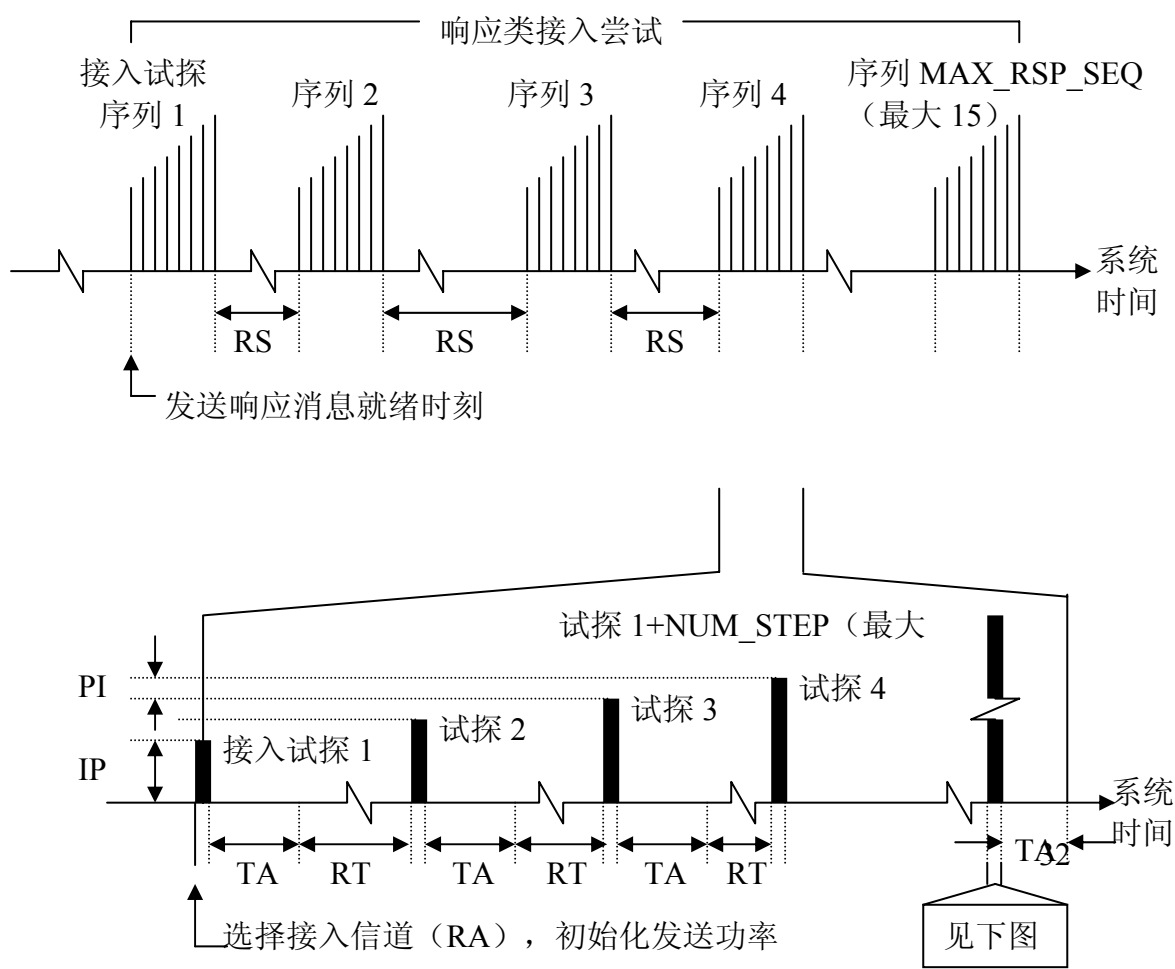
在接入信道上发送的有两类消息：一类是响应消息（这是对一条基站消息的响应）；而另一类是请求消息（这是由移动台主动发送的）。对于不同类的消息（响应类或是请求类），发送时需要采用不同的过程。

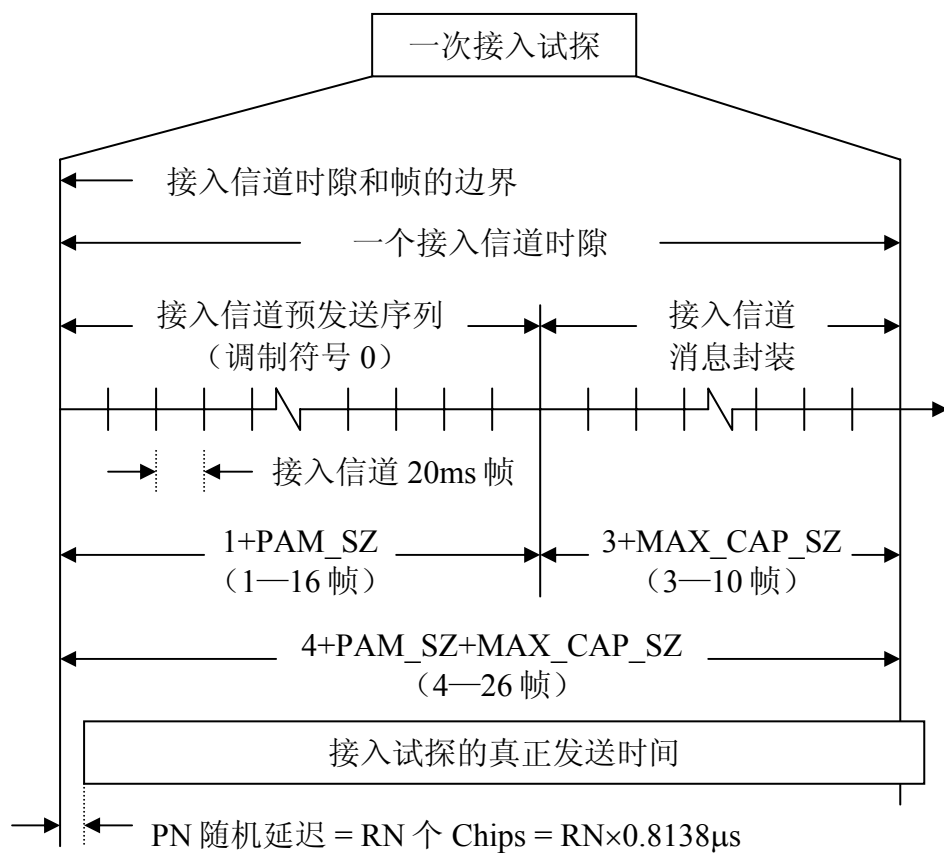
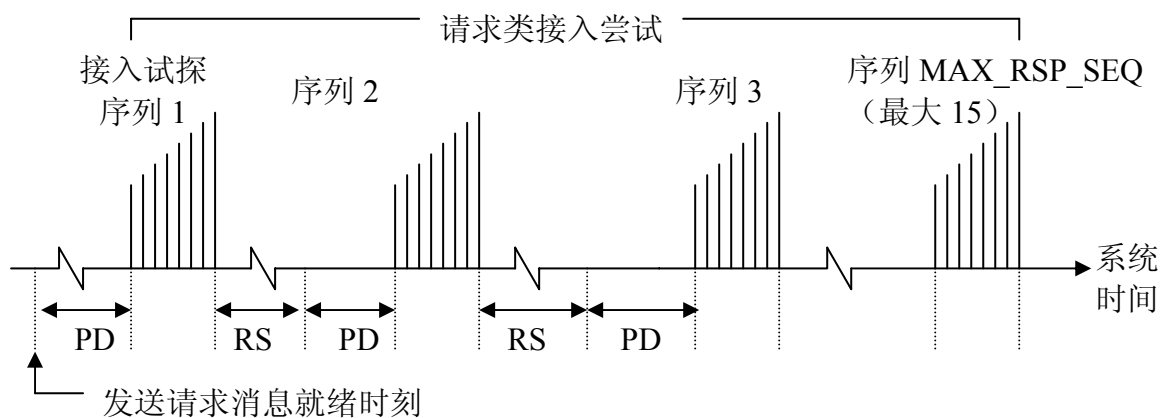
每一个接入试探序列的起始定时是伪随机决定的。对于每一个接入试探序列，将采用一个在 0 和 $1 + \text{BKOFF}$ 之间的伪随机的滞后延时（Backoff Delay）： RS 。对于请求类的接入试探序列，特别地，还额外增加一段延时： PD 。这段延时称为持续性延时（Persistence Delay），是由一种持续性测试（Persistence Test）确定的。（注意，对于响应类的接入尝试，这种测试是不需要的。因为基站可以通过在发送消息（当然是需要响应的消息）时对速度加以控制，来直接控制响应消息的到达速度。）在滞后延时 RS 之后的每一个时隙，移动台都进行一次伪随机的测试。这种测试是依赖于接入尝试的原因和移动台的接入超载类别（Access Overload Class: ACCOLC_p ）的。如果通过了测试，那么在接入试探序列的第一次试探就可以在该时隙开始。否则，至少推迟一个时隙。

在同一个序列中，接入试探间的定时也是伪随机产生的。每发送了一次试探之后，移动台就从该时隙结束算起，等待一个特定的时间： $\text{TA} = (2 + \text{ACC_TWO}) \times 80 \text{ ms}$ ，以便接收基站的应答。如果在这段时间里收到了应答，

那么，接入尝试就完成了。否则，经过额外的滞后延时量 RT ，发送下一个接入试探。其中 RT 为从 0 到 $1+PROBE_BKOFF$ 之间的伪随机量。

在接入信道上的发送接入尝试过程中的精确定时，是由一个叫做 PN 随机化的过程来确定的。对于每一次接入尝试，移动台利用一个依赖于其 ESN 的（非随机）HASH 函数来算出一段延时： RN 个时隙（Chip）。其中 RN 的范围是：0 到 $2^{PROBE_PN_RAN}-1$ 。移动台将其发送定时延迟 RN 个 PN 时隙（Chip）。这种延迟调节的对象包括直接扩频的长码，正交扩频的 I 路和 Q 路引导 PN 序列，因此，这种方案有效地加大了移动台和基站之间表面上看起来地距离。（这样做，可以提高基站在同一时隙里分别接收和解调多个移动台的可能性，特别是有多个移动台处于距基站差不多的范围时。此外，对 PN 的随机化时采用非随机的算法，可以使基站能够将这种 PN 随机化和移动台真正的发送传播延时区别开来，因而能够精确地估计移动台在反向业务信道上的信号的定时。）





以上各图中的计算、随机和 HASH 算法产生的变量：

变量	名称	产生方法	范围	单位
IP	初始开环功率	$IP = -73 - MIP + NOM_PWR + INIT_PWR$		dBm
PD	持续性延迟	一个一个时隙地继续，直至通过持续性测试（运行于每个时隙）		时隙
PI	功率递增步长	$PI = PWR_STEP$	0 到 7	dB
RA	接入信道号	在 0 到 ACC_CHAN 之间的随机数 在每个接入序列之前产生；	0 到 31	——
RN	PN 随机化延迟	基于 ESN，采用 HASH 方法产生，在 0 和 $2^{PROBE_PN_RAN}-1$ 之间； 在每次尝试之前产生；	0 到 511	Chips
RS	序列滞后	在 0 到 1+BKOFF 之间的随机数； 在每个序列（除第一个外）前产生	0 到 16	时隙
RT	试探滞后	在 0 到 1+PROBE_BKOFF 之间的随机数； 在下一个试探前产生；	0 到 16	时隙
TA	应答超时上限	$TA = 80 \times (2 + ACC_TMO)$ ； 从时隙末端开始的超时	160 到 1360	ms

5.3. 登记

5.3.1. 介绍

移动台通过登记过程来使基站更新它的位置信息。蜂窝通信系统通过登记来平衡接入信道和寻呼信道的负载。如果不采用任何形式的登记，那么就需要在整个系统内寻呼移动台，也就是说，在一个有 C 个基站的系统中，对一个移动台发起的呼叫需要发送 C 个寻呼消息。如果要求移动台每次进入一个新的基站的覆盖范围之后就进行一次登记，将会减少每次呼叫所发送的寻呼消息，但是由于要频繁地发送登记消息和确认消息会对接入信道和寻呼信道增加很大的负载。

系统设计者选用登记方式时要考虑很多的因素，例如蜂窝系统的大小、预计的用户在系统内的活动规律、发起呼叫的统计特征等。既然各个系统在这些方面有很大的不同，IS-95 标准提供了很多种不同的登记方式，各种登记方式是独立的，系统设计者可以根据自己网络的特点选择适当的登记方式。

5.3.2. 系统和网络

在 IS-95 中用系统识别码 SID 来区分系统。除了系统之外，IS-95 还定义了另外一种结构：网络，以 NID 网络识别码来区分。一个网络是完全包含在某一个系统中的，是系统的一个子集。之所以要定义网络这种结构是为了运营商可以在一个给定的区域分配频段为某个组织专用，为其提供专用网。

移动台在 UIM 卡内部保存一个 SID 和 NID 的列表 SID_NID_LIST，是它曾经登记过的区域的标识。。当移动台在一个区域 (SID, NID) 登记时，它会将该区域的标识 (SID, NID) 加入到列表中，并且启动它前一次登记的区域所对应的 (SID, NID) 的计时器。如果移动台返回到某一个基站的覆盖区域内，该基站属于列表中的某一个 (SID, NID)，那么移动台不再重新登记。如果某一个 (SID, NID) 所对应的计时器超时溢出，移动台将其从列表中删除。如果移动台恰好处于一个基站的覆盖范围内，该基站所属的 (SID, NID) 对应的计时器超时，移动台将重新登记，并且将该 (SID, NID) 重新加入列表中。

系统可以通过系统参数消息中的 MULT_SIDS 和 MULT_NIDS 两个参数来控制移动台中 SID_NID_LIST 的存储。当把 MULT_SIDS 设置为 0 时，在列表中移动台不会存储多个具有相同的 SID 的(SID, NID)实体。这样，当它登记一特定的(SID, NID)时，将会从列表中删除另外一对具有不同 SID 的实体（如果存在的话）。同样的，如果 MULT_NIDS 设置为 0，对于每一个它所登记的 SID 在列表中只会存储一对(SID, NID)。

NID 有两个保留值，一个是 0，这时为公众蜂窝网所预留的；另外一个为 65535，移动台利用它来进行漫游状态判决，如果移动台的 NID 设为 65535，这时移动台只进行 SID 比较，不进行 NID 的比较。只要在同一 SID 内，就认为是本地用户，不被看做是漫游。

5.3.3. 漫游的类型

移动台可以处于下面三种漫游状态的任何一种中：本地（不漫游）、NID 漫游和 SID 漫游。在移动台中保存了一个本地区域的 (SID, NID) 列表。如果从系统参数消息中接收接收到的(SID, NID)不与移动台存储的本地识别码(SID, NID)相匹配，则认为该移动台处于漫游状态。

如果移动台正在漫游并且为其服务的基站的 SID、NID 中的 SID 与移动台本地识别码表中的 SID 相等，则这个移动台被认为是 NID 漫游。如果移动台本地识别码表中的 SID 都不等于服务系统的 SID，这个就被认为是 SID 漫游。如果移动台使用特定的 NID（65535），则表明移动台认为在一个 SID 里的全部 NID 中都是非漫游的（即在系统的所有基站的小区里，移动台都不算是漫游。

例如，如果移动台的本地（SID, NID）列表包括：

{(1,0), (1,2), (2,1), (3,2), (4,65535)}

因此，移动台认为系统 1 中的公共蜂窝网络、系统 1 中的网络 2 是本地网，同样系统 2 中的网络 1 和系统 3 中的网络 2 也是本地网。同时对于任何符合 (4, x)

的(SID, NID) 均会 被移动台视为本地网。当移动台处在某个基站的覆盖区域内, 该基站所属的 (SID, NID) 于上面的 (SID, NID) 相符, 那么移动台就不处于漫游状态。当移动台移动到某个基站的覆盖范围内, 该基站处于系统 1 中的网络 3 中, 那么它就是处于 NID 漫游。当移动台移动到的区域属于系统 5, 那它就是 SID 漫游。

移动台的漫游状态同时体现在它的登记方式和它的呼叫限制标志上。

通过系统参数中的三个域 HOME_REG, FOR_NID_REG, FOR_SID_REG, 基站可以激活或禁止移动台的任何一种自主性登记 (例如, 开机登记、关机登记、基于时间的登记、基于距离的登记、基于区域的登记等)。

5.3.4. 登记的类型

CDMA 总共有 9 中登记方式; 前五种称为自主性登记, 前面已经提到它们是否激活可以由基站来控制。所有的这些自主性登记方式和基于参数的登记都可以单独激活或禁止。

5.3.4.1. 开机登记

开机登记是当移动台开机时所进行的登记。为了防止移动台频繁地开机和关机所造成的频繁地登记, 在这种登记方式中采用了一个计时器 (一般的期满值是 20 秒), 在移动台进入空闲状态时, 该计时器被激活。如果允许移动台进行开机登记, 那么在该计时器溢出时移动台进行开机登记。在计时器还没有溢出之前, 没有什么可以触发移动台的登记。

5.3.4.2. 关机登记

关机登记是当用户要求进行关机时所要进行的登记。如果在通话过程中用户要关机, 那么移动台将发送带有关机指示的释放消息, 在逻辑上等同于进行关机登记。但是如果移动台在接入的过程中用户要求关机, 移动台不发送登记消息, 因为接入信道协议要求在任何给定的时间只允许发一条消息。

移动台在它没有登记过的系统中不会进行关机登记, 因为这时的登记对该网络来说没有什么实际意义。

当向移动台发起呼叫的时候，系统可以清楚地知道移动台是否开机。这样，对于没有开机的移动台，系统不必再向其发送寻呼消息。另外，系统跟踪移动台什么时候进行了开机登记，在对移动台进行寻呼时，可以限制发送寻呼消息的基站数目（即所需要寻呼的区域的半径）。

值得注意的是，在有些情况下，例如用户在驾车进入车库时关机，关机登记的成功率很低；很有可能用户已经关机，而基站仍然向移动台发送寻呼消息。下面所提到的基于时间的登记可以一定程度地解决这个问题，同时，基于时间的登记可以更好地估计移动台的位置，从而减小所需要的寻呼半径。

5.3.4.3. 基于时间的登记

基于时间的登记是一种移动台周期性地登记的一种方式。使用该种登记方式可以使系统能够注销未能成功进行关机登记的移动台。基站通过将系统参数消息中的 REG_PRD 设置为一个非零值来决定进行登记的时间间隔（一般是指登记周期）。移动台内部有一个寻呼信道时隙计数器，平均每 80ms 加一，当计数值达到 Tr，

$$Tr = [2^{REG_PRD/4}],$$

移动台将进行登记。

当移动台开机时，或者从没有激活基于时间登记的系统切换到激活基于时间登记的系统中来的时候，计数器被初始化为[0, Tr-1]范围内的一个随机数。这种初始化是为了避免大量的用户同时进行登记而造成的拥挤。这种情况主要发生在大量的用户几乎在同一个时间开机，例如在足球比赛之后。

REG_PRD 的取值范围是 29 到 85 之间，对应的登记时间间隔是 12 秒到 55 小时。

在空闲状态时工作于非分时隙模式下的移动台，只要它的基于时间登记的标志 COUNTER_ENABLEs 等于 YES，那么，每过 80ms，移动台就递增基于时间登记的计时器。在空闲状态时工作于分时隙模式下的移动台在它的休眠期间并不

更新其计数器，当其醒来时计时器所增加的计数相当于工作于非分时隙模式下的移动台所增加的计数。

5.3.4.4. 基于距离的登记

基于距离的登记是指当移动台移动了一定的距离之后所进行的登记。这种登记方式对于大部分用户基本上固定的、而只有少部分的用户是移动的情况非常有效。它不像基于时间的登记要求所有的用户都要登记，而只是要求那些走出预定寻呼半径的移动台进行登记。

基站发送的系统参数消息中包含它的经纬度。移动台记录下它最后一次登记的基站的经纬度及寻呼半径，当移动台进入一个新基站的覆盖区域，它与原基站的距离差超过了寻呼半径，移动台将重新登记。

根据移动台当时所在基站和最后一次登记所在的基站之间的经度和纬度的差异，移动台可以计算出一定的距离，来确定自己移动的距离。

对于移动台最后一次登记时采用的接入信道所属的基站，移动台将保存其基站纬度（BASE_LAT_REG_{S-P}）、基站经度（BASE_LONG_REG_{S-P}）和登记距离

$$DISTANCE = \left\lfloor \frac{\sqrt{(\Delta lat)^2 + (\Delta long)^2}}{16} \right\rfloor$$

（REG_DIST_REG_{S-P}）参数。移动台应该计算当前基站与上次登记之间的距离（DISTANCE）为：

$$\begin{aligned} \Delta lat &= BASE_LAT_S - BASE_LAT_REG_{S-P}; \\ \Delta long &= (BASE_LONG_S - BASE_LONG_REG_{S-P}) \\ &\quad \times \cos(\pi/180 \times BASE_LAT_REG_{S-P} / 14400); \end{aligned}$$

移动台在计算 DISTANCE 时，应该作到当 $|BASE_LAT_REG_{S-P} / 14400|$ 的值小于 60 时，误差不超过 $\pm 5\%$ ；而当 $|BASE_LAT_REG_{S-P} / 14400|$ 的值处于 60 和 70 之间时，误差不超过 $\pm 7\%$ 。

5.3.4.5. 基于区域的登记

为了与其它蜂窝系统 (AMPS, IS-54) 的登记模式保持兼容, IS-95 也支持基于区域的登记。采用这种登记方式时, 蜂窝系统内的基站被分割成一个个的登记区域。当穿越属于不同登记区域的基站的覆盖区域时, 移动台会进行登记。

对于基于区域登记的方式在热点地区有可能会发生很多移动台同时进行登记的情况。另外, 当移动台沿着两个登记区域的边界移动的时候, 可能会发生多次登记的情况。

为解决第二种情况所带来的问题, 移动台会保持它所登记过的区域的列表。该列表最多能容纳 7 个区域。基站可以通过设置系统参数消息中的 `TOTAL_ZONES` 的数值来控制列表的大小。当移动台在一个新的区域登记的时候, 它会启动前一次登记区域的计时器。如果某一个区域还存在于区域列表中并且在它所对应的计时器还没有超时溢出之前移动台又返回该区域, 移动台将不再重新登记。如果移动台返回该区域时它随对应的计时器已经超时溢出, 移动台会重新登记, 并且启动前一次登记的区域的计时器。当一个登记区域所对应的计时器超时, 而移动台在另外一个登记区域内, 该登记区域将从区域列表中删除; 如果再次返回该区域, 移动台将立刻重新登记。

当移动台从一个支持登记区域列表长度为 n 的区域移动到支持区域列表长度为 k 的区域, $k < n$, 为了避免区域列表的溢出, 移动台将根据各个区域所对应的计时器的计数值删除多余的条目: 从具有激活的定时器的条目中进行删除, 按照按照计数从大到小, 删除最早的条目。对于对应的计时器没有激活的区域, 认为它是最新登记的区域, 是最后一个被删除的区域。

5.3.4.6. 基于参数变化的登记

移动台的某些参数直接影响基站向移动台传递呼叫的过程, 因此, 当这些参数变化时系统也需要随之更新。这些参数包括: 移动台的 SCM, 移动台首选的时隙周期指数, 和移动台的限制呼叫标志。

移动台的 SCM 有可能会发生变化。比如从车载台变为便携电话。在不同的形式下, 移动台会有不同的发射功率和接收能力, 基站应该知道这些变化, 在它的

发起呼叫算法中会用到这些参数。同时，车载台和便携电话的移动性有很大的不同。

5.3.4.7. 受令登记

当基站发现它并不拥有向它的覆盖区域内的某一个移动台传递呼叫所需要的全部信息（例如，当接受到某个移动台的呼叫请求消息），基站会向移动台发送登记命令来命令移动台进行登记，移动台会在接入信道发送登记消息来响应基站，同时调整其它登记的数据结构。

5.3.4.8. 隐含登记

当移动台和基站进行不与登记直接相关的消息交互，但有足够的信息使基站识别出移动台，并且知道移动台的位置（在哪一个基站的覆盖范围内），相当于移动台进行了隐含登记。为了与 AMPS 和 IS-54 中的登记模式兼容，只有在移动台发送了呼叫请求消息或者寻呼响应消息的时候，才认为发生了隐含登记。

5.3.4.9. 业务信道登记

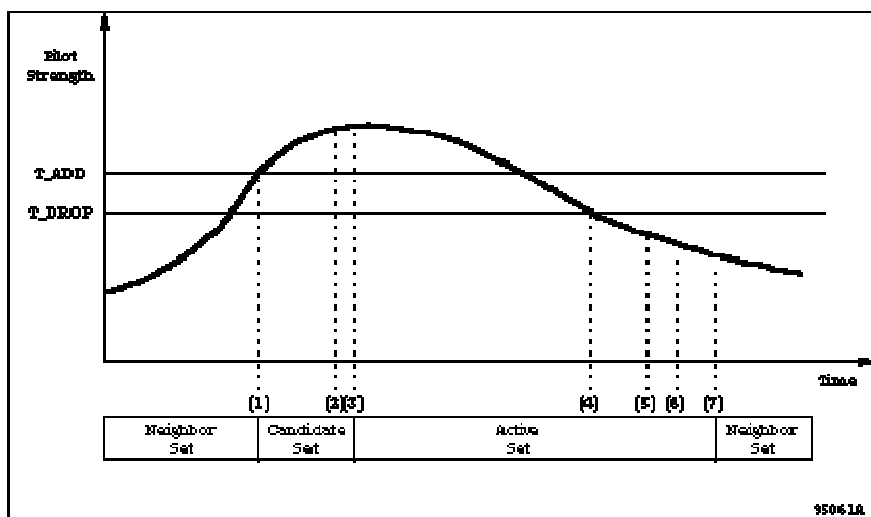
业务信道登记是指移动台在业务信道上接收到于登记相关的消息。从对别的用户造成干扰的角度来说，在业务信道上的信息交换要比在接入信道和寻呼信道上面的信息交互造成的干扰要小。IS-95 支持在业务信道上发送登记信息，避免了很多情况下呼叫之后的自动登记，例如在包含系统间切换的呼叫之后的切换。在接收到移动台的释放请求之后和向移动台发送释放命令之前的这段时间二者的消息交互对话音质量没有任何影响，因此，可以在这段时间进行登记消息的交互。

5.4. 导频搜索及切换

5.4.1. 切换过程

当移动台从一个基站的覆盖范围移动到另外一个基站的覆盖范围，通过切换移动台保持与基站的通信。在这一部分中介绍了 CDMA 所支持的各类切换，它们的具体过程以及影响它们的性能的参数。

Handoff Procedure



- 1) 当某一个导频的强度超过 T_ADD 时，移动台会向基站发送导频强度测量消息，并且把该导频列入候选集。
- 2) 基站向移动台发送扩展的切换指示消息EHDM (Extended Handoff Direction Message)或者普通切换指示消息GHDM (General Handoff Direction Message) 。
- 3) 移动台将该导频列入激活集并且向基站发送切换完成消息HCM (Handoff Completion Message)。
- 4) 当该导频的强度低于 T_DROP 时，它所对应的切换去掉计时器计时器开始启动。
- 5) 当切换去掉计时器期满溢出时，移动台向基站发送导频强度测量消息。
- 6) 基站向移动台发送 EHDM 或 GHDM 。
- 7) 移动台将该导频移入候选集，并且向基站发送切换完成消息 HCM 。

5.4.2. 切换的类型

在呼叫过程中，移动台支持以下三种切换过程：

-
- 软切换：在这种切换过程中，当移动台开始与目标基站进行通信时并不立即中断与原基站的通信。由于受移动台的限制软切换仅仅能用于具有相同频率的 CDMA 信道之间。这种切换类型可以提供在基站边界处的前向业务信道和反向业务信道的多径分集。
 - 更软切换：这种切换是由基站完成的，并不通知 MSC。对于移动台来说，不同的扇区天线相当于不同的多径分量，被合并成一个话音帧送至选择器，作为此基站的语音帧。而软切换是由 MSC 完成的，将来自不同基站的信号都送至 MSC 的选择器，由选择器选择最好的一路，再进行语音的编解码。
 - 硬切换：在这种切换过程中，移动台先中断与原基站的通信，再与目标基站取得联系。一般发生在分配不同频率或者不同的帧偏置的 CDMA 信道之间。CDMA 硬切换的效果与其它系统如 GSM 系统的相同。

5.4.3. 切换信令

软切换及具有相同频率配置的 CDMA 信道间的硬切换一般都是由移动台发起的。移动台不间断地搜索导频信号并测量它们的强度，当移动台检测到某一个导频信号具有足够的强度，但并未与该导频对应的业务信道联系，将有下列消息被发送：

- 移动台向基站发送导频强度测量消息，在该消息中列举了移动台所检测到的导频。如果切换是由移动台发起的，那么该消息会触发切换。
- 基站为移动台分配一个与该导频信道对应的前向业务信道，并且向移动台发送切换指示消息，指示移动台进行切换。对于软切换来说，在切换指示消息中会列举多个前向业务信道，有一些是正在被移动台所解调的。对于硬切换，切换指示消息中所列举的一个或多个前向业务信道没有一个是正在被移动台所解调的。

-
- 在执行完切换指示消息之后，移动台在新的反向业务信道上面发送切换完成消息。这个消息实际上是确认消息，告诉基站移动台已经成功地获得了新的前向业务信道。

在下面的部分，我们进一步讨论这些消息和与之相连的一些机制。

5.4.3.1. 导频强度测量消息

移动台通过导频强度测量消息向正在服务的基站报告它现在所检测到的导频。

在通话状态，移动台不断地搜索新的导频，同时检测正在解调的业务信道所对应的导频信号强度的变化。

导频搜索参数和导频强度测量消息的发送规则要分四个导频集分别来说：

- 激活集：与分配给移动台的前向业务信道相对应的导频。
- 候选导频集：当前不在激活集里，但是已经有足够的强度表明与该导频相对应的基站的前向业务信道可以被成功解调的导频集合。
- 相邻导频集：当前不在激活集和候选集中但是有可能进入候选集的导频集合。
- 剩余导频集：在现在的系统中、现在的 CDMA 频率配置下所有可能的导频，除了包含在激活集、候选集和相邻导频集中的导频。该导频集是由邻集列表消息和邻集列表更新消息中的参数 `PILOT_INC` 来确定的。因为在系统中的导频偏置可能仅仅是 `PILOT_INC` 的整数倍。

导频搜索

基站对上面的各种导频集合分别规定了相应的搜索窗口（PN 码相位偏置范围），在各个窗口里移动台搜索对应导频集中导频的所有可用多径分量。

激活集和候选集的搜索窗口是由 `SRCH_WIN_A` 来决定，邻集的搜索窗口则由 `SRCH_WIN_N` 来决定，`SRCH_WIN_R` 规定了剩余集的搜索窗口。这三个参数

均包含在寻呼信道上发送的系统参数消息中。这三个参数在由移动台使用时所对应的实际值由表 6-2 给出。

导频强度和导频 PN 相位测量

对于列在导频强度测量消息中的每一个导频，移动台都需要报告它的强度，它的 PN 相位（或者说到达时间）以及它所对应的切换去掉计时器的状态。

移动台在给定的搜索窗口内，合并计算导频的最多 k 个有用多径分量的 E_c/I_o （一个比特的能量 E_c 与接收总频谱密度（信号加噪声） I_o 的比值）来作为该导频信号的强度。有用的多径分量是指有足够的强度可以被跟踪，在解调时不会引起非常高的误帧率或功控比特的错误。

对于每一个导频信号 i ，移动台测量它的到达时间 T_i 并把结果报告给基站。导频的到达时间是指该导频最早的可用多径分量到达移动台天线连接器的时间。该时间以 PN chips 为单位，并与移动台的时间参考有关。移动台计算并报告导频的 PN 相位 ϕ_i ，

$$\phi_i = (T_i + 64 \times \text{PILOT_PN}) \bmod 2^{15},$$

这里的 PILOT_INC 是导频 i 的导频偏置。

基站利用该结果来唯一地识别导频，

$$\text{PILOT_PN}_i = [\phi_i / (64 \times \text{PILOT_INC}) + 0.5],$$

注意这个关系式是设置 PILOT_INC 的一个限制条件，也就是说，通过该关系式得到的导频偏置索引要能够唯一地确定系统内的一个导频。

同时，报告中的导频相位还可以用来估计回路时延。

导频强度测量消息的发送规则

当移动台发现某一个导频足够强，但却并未解调与该导频相对应的前向业务信道，或者当移动台正在解调的某一个前向业务信道所对应的导频信号强度已经低于某一个门限的时候，移动台将向基站发送导频强度测量消息。

当出现下面的导频强度升高的情况时移动台会发送导频强度测量消息：

1. 当相邻导频集或剩余导频集中的某一个导频的强度超过了 T_ADD 。
2. 当候选导频集中的导频强度超过 T_ADD ，但是自从最后一次接收到切换指示消息之后，携带该信息的导频强度测量消息还没有发送。
3. 候选导频集的导频强度比激活集的导频强度高 T_COMP ，但是自从最后一次接收到切换指示消息之后，携带该信息的导频强度测量消息还没有发送。

为了避免发送导频测量消息来要求去掉暂时受衰落影响而强度降低的导频，移动台为激活集和候选集中的每一个导频保持一个切换去掉计时器。当对应的导频信号强度低于 T_DROP 时，计时器启动；如果在计时器未溢出之前对应的导频强度又超过了 T_DROP ，计时器清零，并且被关闭。参数 T_TDROP 与所对应的计时器期满值的关系如表 5-1 所示。

当移动台检测到下面的导频强度降低的情况时，移动台将发送导频强度测量消息：

4. 激活集中导频的切换去掉计时器超时，但是自从最后一次切换指示消息收到之后携带该信息的导频强度测量消息还没有被发出。

5.4.3.2. 切换指示消息

基站通过发送切换指示消息或者模拟切换指示消息让移动台解调指定的一组前向业务信道。

切换指示消息中包含三组参数：分配给移动台的前向业务信道的详细描述、控制以后发送导频强度测量消息的参数、关于 CDMA 到 CDMA 硬切换的参数。

切换指示消息描述了分配给移动台的每一个前向业务信道的用来扩频的 PN 码的相位偏置索引（该业务信道对应的导频信道使用相同的导频偏置，因此，把该导频偏置索引加入到激活集中）、它的码分信道（即所用的 Walsh 函数）、该业务信道的功率控制符号是否和消息中前面列举的业务信道的功率控制符号相同。同时还有帧偏置参数，该参数仅出现一次，该参数描述的是前向业务信道和反向业务信道的相对于系统时间的时间偏置，以 1.25ms 为单位。

控制导频强度测量消息的参数有：

- T_ADD：导频检测门限。以 -0.5dB 为单位（也就是说， E_c/I_o 的门限值 是 $-0.5 \times T_ADD \text{ dB}$ ）。
- T_DROP：导频去掉门限。它的单位依然是 -0.5dB 。
- T_COMP：候选导频集与激活集的比较门限。单位是 0.5dB （也就是说，以 dB 为单位的实际门限是 $0.5 \times T_COMP$ ）。
- T_TDROPP：切换去掉计时器期满值。它所对应的实际值由表 5-3 给出。

5.4.3.3. 切换完成消息

切换完成消息是移动台在收到的切换指示消息中指定的反向业务信道上发送给基站的（也就是说，在调整频率和帧偏置（如果必要的话）之后，至少成功获得消息中指定的一个前向业务信道）。该消息中的导频偏置索引是指现在激活集中的导频。

5.4.3.4. 导频集的维护

触发发送导频强度测量消息的事件、切换指示消息的接收、邻集列表更新消息的接收都会影响到四个导频集内容的变化。在下面这一部分中，具体描述的是移动台中对四个导频集的维护规则。

激活集：移动台的激活集最多支持 6 个导频。当移动台第一次被分配了一个前向业务信道时，它的激活集中仅包含与该业务信道相对应的导频。当移动台处理切换指示消息时，它会将激活集替换为消息中所列举的导频偏置。

候选集：移动台在候选集中最多支持 6 个导频。当移动台第一次被分配了一个前向业务信道时，会将候选导频集初始化为空。在出现下列事件时，移动台将调整它的候选导频集：

- 如果检测到相邻导频集或剩余导频集中的某个导频的强度超过了 T_ADD ，移动台将其加入到候选导频集。
- 如果移动台在处理切换指示消息时发现激活集中的某一个导频并没有列在其中，而且该导频所对应的切换去掉计时器也没有超时，移动台会将其加入到候选导频集中。
- 如果移动台在处理切换指示消息时发现候选导频集中的某一个导频集列在其中，移动台会将该导频转移到激活集中。
- 如果候选导频集中的某一个导频所对应的切换去掉计时器超时溢出了，移动台会将该导频从候选导频集转移到相邻导频集。
- 如果移动台将一个导频加入到候选导频集中导致候选导频集的长度超过规定值，移动台将删除其中切换去掉计时器的计数值最大的导频。如果存在一个以上这样的导频，或者候选导频集中所有导频的切换去掉计时器都没有激活，那么移动台将从中删掉强度最小的一个。

相邻导频集：移动台的相邻导频集最少能支持 20 个导频。当移动台第一次被分配前向业务信道时，移动台会将相邻导频集初始化为最后一次接收到的邻集列表消息中的导频。

移动台为相邻导频集中的每一个导频维持一种老化机制，主要是为了保持最新被检测到的导频不被删除。这种机制是邻集中的每一个导频都有一个计数器，当激活集或候选集中的导频转移到邻集中时，它的计数值将被初始化为 0，当剩余导频集中的导频转移到邻集中时，它的计数值被初始化为 NGHBR_MAX_AGE。每当接收到邻集列表更新消息时，邻集中的每一个导频的计数值要加一。一旦某一个导频的计数值超过 NGHBR_MAX_AGE，该导频就要从邻集转移到剩余集。

在下列事件发生时，移动台将调整它的相邻导频集：

- 当移动台接收到邻集列表更新消息时，它会进行如下操作：
 1. 相邻导频集中的每一个导频的计数值加一。
 2. 从相邻导频集中删除所有计数值超过 NGHBR_MAX_AGE 的导频。
 3. 把该消息中所列举的每一个不在候选集或邻集中的导频加入到邻集中。如果移动台在邻集中还能保存 k 个新的导频，但是邻集列表更新消息中却有多于 k 个的新导频，那么，移动台将存储消息中前 k 个新导频。因此，如果基站要想使某些导频在邻集列表中有比较高的优先级就要在消息中先发送这些导频。
- 如果候选集中导频的切换去掉计时器溢出，移动台将该导频转移到相邻导频集。
- 如果移动台在处理切换指示消息时发现当前激活集中的某一个导频没有列在消息中，而且该导频对应的切换去掉计时器已经溢出，那么移动台将该导频转移到相邻导频集。

- 如果移动台将一个导频加入候选集时导致候选集的长度超过了移动台所能支持的范围，那么移动台将把从候选集中删除的导频加入到相邻导频集中。
- 如果移动台检测到相邻导频集中某一个导频的强度超过 T_ADD ，移动台将该导频转移到候选集。
- 如果移动台所处理的切换指示消息包含现在邻集中的一个导频，那么移动台将该导频从邻集转移到激活集。
- 如果移动台将一个导频加入到邻集之后导致邻集的大小超出移动台所能的范围，那么移动台将删掉其中计数值最大的一个，如果存在两个或两个以上这样的导频，移动台将删掉其中强度最小的一个。

下面的表格具体描述了各种事件触发的一个导频在导频集间的转移：

表 5-1 一个导频在导频集间的转移

原集	目标集	事件
激活集	候选集	接收到的切换指示消息中不包含该导频并且它所对应的 T_TDROP 还没有溢出。
激活集	邻集	接收到的切换指示消息中不包含该导频并且它所对应的 T_TDROP 已经溢出。
激活集	剩余集	不存在这种情况。

候选集	激活集	接收到的切换指示消息包含该导频。
候选集	邻集	对应的 T_TDROP 溢出，或者候选集出现溢出。
候选集	剩余集	不存在这种情况。
邻集	激活集	接收到的切换指示消息中包含该导频。
邻集	候选集	导频强度超过 T_ADD。
邻集	剩余集	对应的计数器的计数值超过 NGHBR_MAX_AGE，或者出现邻集溢出。
剩余集	激活集	接收到的切换指示消息中包含该导频。
剩余集	候选集	导频强度超过 T_ADD。
剩余集	邻集	接收到的邻集列表更新消息中包含该导频。

5.4.4. 软切换要求

除了功率控制子信道之外，移动台的激活集所对应的各个前向业务信道应该发送相同的调制符号。

对于功率控制，切换指示消息中的各个前向业务信道发送相同的闭环功率控制信道（也就是说，对于一个小区中的多个扇区，它们发送给同一个移动台的功率控制比特是相同的）。移动台合并功控比特，只要有一个比特是要求移动台降低发射功率，移动台就会降低发射功率，只有当所有的功控比特都要求增加发射功率时，移动台才会提高发射功率。

5.4.5. 切换参数

在通话过程中之所以要移动台尽可能快地检测到可以解调的基站，并把它们加入到软切换中来有下面三个主要原因：

- 提高话音质量：在小区的边缘地带覆盖通常很差，而且来自其它小区的干扰也有所增加，因此来自不同小区的信号的分集会提高话音质量。

-
- 有效地控制移动台的干扰。在小区的边缘地带移动台对其它小区的移动台的干扰是最大的，因此，如果从这些小区对它进行功率控制会有效地控制这种干扰。
 - 降低掉话率：软切换区域是前向链路最容易受影响的区域。切换速度所造成的影响会随着移动台的移动速度的提高而加剧，从而有可能会造成掉话，因为有可能在接收切换指示消息的时候已经不能够再正确解调原基站的前向链路。

下面定性地来分析切换相关的参数。

- T_ADD 的下限值不能太低，设置太低会影响软切换的比例，从而造成资源的浪费。 T_ADD 的上限值不能太高，设置时需要考虑建立切换之前的话音质量不能太差。
- 设置 T_DROP 的上限时要考虑不能漏掉可用导频（从而导致漏掉可用的前向业务信道），并且还要考虑小区的大小和及时去掉不可用的导频。最后，还需要注意的是如果 T_ADD 和 T_DROP 值相差太近，而且 T_TDROP 的值太小会造成信令的频繁发送。
- 设置 T_COMP 时要注意，当该值设置地太小，激活集和候选集的导频强度的一系列的强度变化会引发移动台不断地发送导频强度测量消息。然而，如果设置地太大，会对切换引入很大的时延。
- T_TDROP 的下限值是建立软切换所需要的时间，以防止由信号的抖动所产生的频繁切换（乒乓效应）。

5.4.6. 移动台的搜索窗口

对于每一个导频集（激活集，邻集和剩余集）搜索窗口是分别定义的。该窗口设置的是移动台用来搜索相应导频的 PN 码范围。具体值的定义见表 6-2。

窗口的尺寸大小是搜索速度快慢和丢失落在窗口外比较强多径的概率大小的折中。一般来说，移动台不会丢掉激活集的直射路径（丢失直射路径的情况一般是移动台从阴影区出来时，由于搜索窗口比较小，窗口的中心不是定位在直射路径上）。同时移动台还需要能够搜索到邻集导频的直射路径。

在大多数情况下，激活集中的导频信号由一个或者更多的解调单元跟踪，因此移动台能够很好地估计它们的到达时间。激活集窗口的大小应该能够体现最早到达的可用路径和最晚到达的可用路径之间的相位差。该参数的设置随地形的变化非常大，设置的时候主要是要参考当地的地形。

5.4.7. 软切换过程中的呼叫处理

在进行软切换时，移动台首先搜索所有导频并测量它们的强度 E_c/I_0 ，当该导频的强度大于一个特定值 T_ADD ，移动台认为此导频的强度已经足够大，能够对其进行正确解调，但尚未与该导频对应的基站的前向业务信道相联系时，它就向原基站发送一条导频强度测量消息，以通知原基站这种情况；原基站再将移动台的报告送往移动交换中心，移动交换中心则让新的基站安排一个前向业务信道给移动台，并且原基站发送一条消息指示移动台开始切换。可见 CDMA 软切换是移动台辅助的切换。

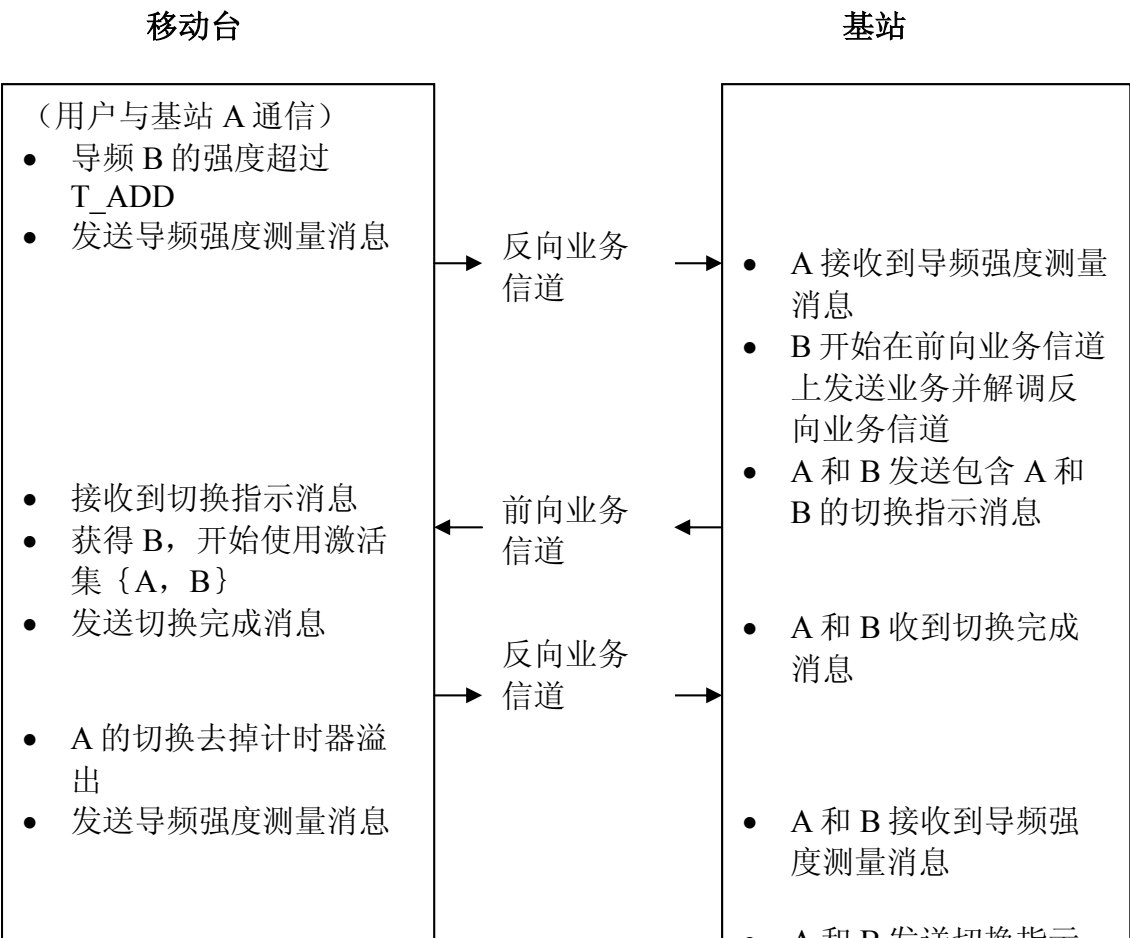
当收到来自基站的软切换指示消息后，移动台将新的基站的导频纳入有效导频集，开始对新基站和原基站的前向业务信道同时进行解调。之后，移动台会向基站发送一条切换完成消息，通知基站自己已经根据命令开始对两个基站同时解调了。

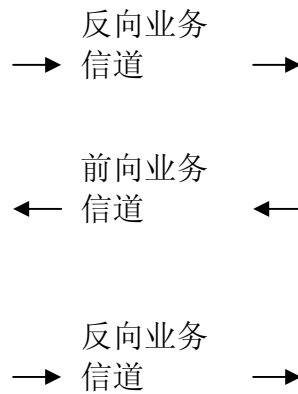
接下来，随着移动台的移动，可能两个基站中的某一个导频强度已经低于某一个特定值 T_DROP ，这时移动台启动切换去掉计时器（移动台对在有效导频集和候选导频集里的每一个导频都有一个切换去掉计时器，与其对应的导频强度比特定值 D 小时，计时器启动）。当该切换去掉计时器 T 期满时（在此期间，其导频强度始终低于 D ），移动台发送导频强度测量信息。两个基站接收到导频强度测量信息后，将次信息送至移动交换中心 MSC；MSC 再返回相应的切换指示

消息，然后基站发切换指示消息给移动台，移动台将切换去掉计时器到期的导频从有效导频集中去掉。此时移动台只与目前有效导频集中的导频所代表的基站保持通信，同时会发一条切换完成消息告诉基站切换已经完成。

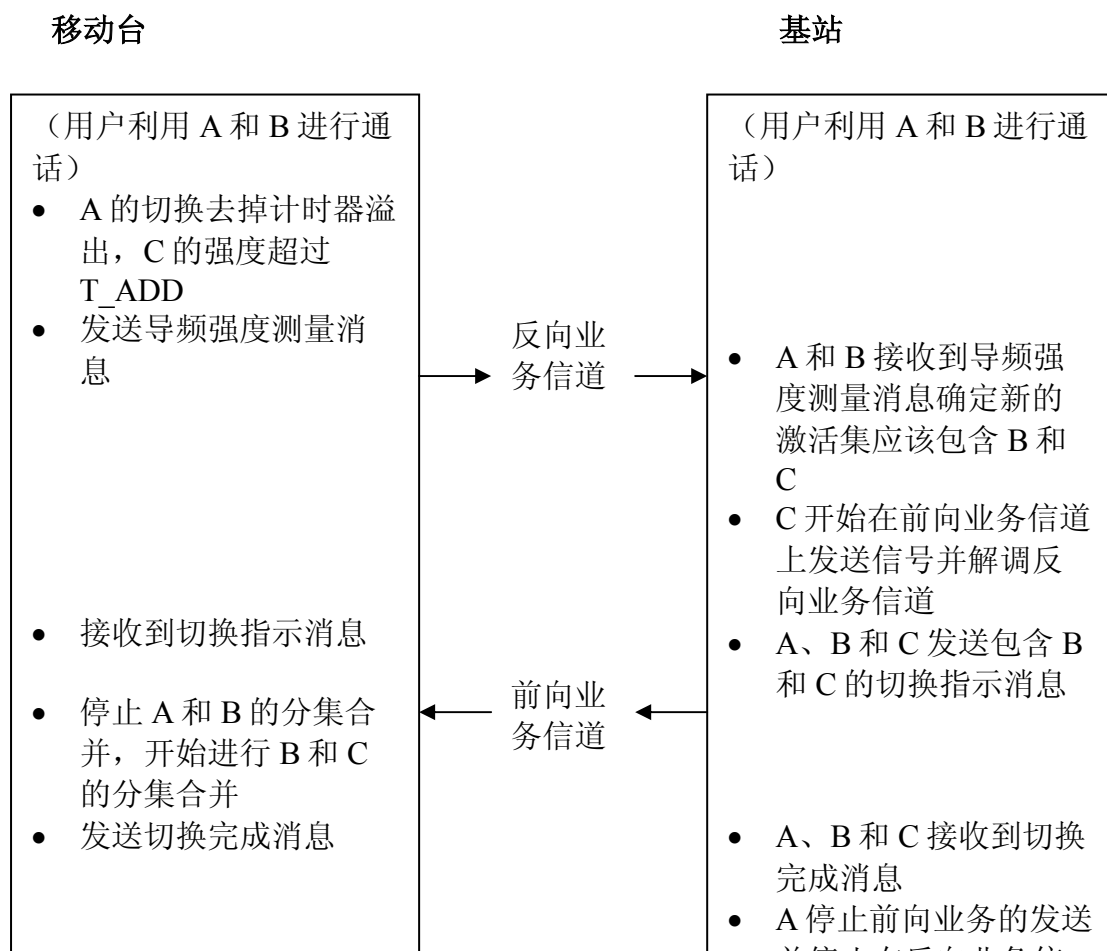
如果在切换去掉计时器尚未期满时，该导频的强度又超过特定值 D，移动台要对计时器进行复位操作并关掉计时器。切换去掉计时器的期满值如表 6-3 所示。

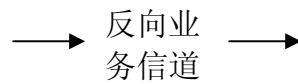
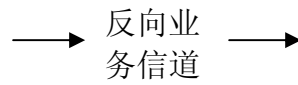
属于同一个基站的两个扇区之间的更软切换是由基站完成的，并不通知 MSC。对于同一移动台，不同扇区天线的接收信号对基站来说就相当于不同的多径分量，并被合成一个话音帧送至选择器（Selector），作为此基站的语音帧。而软切换是由 MSC 完成的，将来自不同基站的信号都送至选择器，由选择器选择最后的一路，再进行话音编解码。





在切换过程中的呼叫处理（在该过程中，移动台从小区 A 切换到小区 B）





在连续的软切换中的呼叫处理（如果移动台需要在激活集中加入小区 A 同时去掉小区 C，它会首先建立与 C 的通信链路，然后再将小区 A 从激活集中去掉。）

5.5. 硬切换

5.5.1. IS-95 中不同厂商设备间的硬切换

移动台辅助的硬切换中空中接口的信令流程：

- 移动台
 - 检测到一个新的导频信号有足够的强度（比现在的激活集导频高 $0.5 \times T_COMP$ dB）。
 - 在反向业务信道上向基站发送导频强度测量消息。
- 基站
 - 为移动台分配与新导频对应的前向业务信道。
 - 发送扩展的切换指示消息通知移动台新的激活集。
- 移动台
 - 接收到扩展的切换指示消息后开始解调新的激活集。

— 在反向链路上发送切换完成消息。

硬切换测试的准备流程：

- 1) 在发生硬切换的 MSC 之间建立直达链路，确定双方底层所用的信令（SS7 或 R2）。
- 2) 双方确认 Trunk Group No 的使用方法。
- 3) 确认每条中继的 member 的使用方法。
- 4) 明确切换边界。要防止不同厂商的基站的交错覆盖，以避免来回切换。尽量控制在切换区域中双方各有一个主导频，避免出现覆盖越界的情况。这可以通过调节基站的天线下倾角及导频发射功率等参数来达到。
- 5) 双方交换硬切换边界上有切换关系的 BTS 的参数值（MSC ID, CELL ID, TX POWER, PN, T_COMP 等，并在己方的交换机中输入相关的参数。边界的 PN 码要进行认真协调，可以先确定一方的 PN 码设置，另外一方在此基础上再进行 PN 码的分配，以避免边界区域的 PN 码相关干扰。
- 6) 交换双方的天线参数值（高度，方向，下倾角，天线类型等）。
- 7) Neighbor List 双方互相确认。为保证双方系统间切换的正常进行，切换边界处基站的邻集列表关系的设立非常重要。边界处基站的邻集列表的设定要尽量简化，以缩短手机发现邻集导频信号的周期，在优化阶段可以根据实测进一步删去不必要的邻集。同时一定要把直接相邻的基站列入邻集列表中。要尽量保证切换关系的双向性，也就是说，双方的邻集列表要具有互易性（即如果基站 A 将对方的基站 B 列入邻集中，基站 B 也要把基站 A 列入邻集列表中）。这需要双方共同商定。
- 8) 切换方式的选择。要采用切换成功率较高的移动台辅助的硬切换，而不是直接切换。
- 9) 设定合理的硬切换触发值。设定合理的硬切换触发参数是防止乒乓切换，调节切换区域的重要手段。在 CDMA 系统中 T_COMP 是主要的切换触发参数（简单来讲，当对方的导频信号比本小区的导频信号高 $T_COMP \times 0.5\text{dB}$ 时即触发系统间的硬切换）。如果该参数设置太小，会导致系统间的乒乓切换，而设置太大，则可能由于对方信号过强，但仍不能切换而成为干扰信号，从而导致掉话。一般建议值为 3dB。

在硬切换的实测中所需要注意的问题：

- 1) 首先在无线环境最简单的区域（双方都只有一个导频）进行硬切换的测试，确保双方 MSC 在 IS41D 上完成测试。
- 2) 在此测试过程中，双方必须在 MSC 中对 IS41D 的信令进行跟踪记录，在信令链路上挂测试仪表，在 BSC 中进行跟踪，用 DM 检测测试终端，从而可以跟踪和记录每次硬切换的信令流程，查找问题所在。
- 3) 在上述环境下硬切换测试成功的基础上，再到无线环境比较复杂的区域进行硬切换的测试。
- 4) 在测试过程中，双方的交换和射频人员都必须共同参与，任何一方更改相应的参数都要即使通知对方。

5.5.2. CDMA2000 中的硬切换

该部分介绍的主要是移动台辅助的硬切换（MAHHO）是如何工作的，及为了保证硬切换的成功率需要那些特殊的考虑。MAHHO 也叫做增强的硬切换（EHHO）。

当移动台在属于不同的系统、不同的设备商的网络、不同的频率配置、不同的帧偏置的网络的基站间移动时，就要进行硬切换。硬切换的主要特点是业务信道的暂时性中断，从而导致的话音或数据通信的暂时中断。

MAHHO 主要是用在不同频率配置的网络系统中，在下列情况中会发生硬切换：

- 在 CDMA2000 系统中在不同的频率配置间的切换。
- 从具有不同的频率配置的 CDMA2000 系统到 IS-95 系统的切换。

CDMA2000 中的 MAHHO 是由 IS-95B 继承而来的，采用一种网络与移动台的交互机制。当移动台进入确定的硬切换区域的时候，基站指示移动台在候选频率上对接收功率和导频强度进行一次或周期性的测量。测量结果要与某一个特定的门限进行比较，以决定移动台是否进行硬切换。。

当移动台在候选频率上的接收功率和导频强度超过了由运营者确定的门限值，移动台将测量结果发送给基站。根据该测量结果，基站指示移动台切换到候选频率上，此时叫做目标频率。

在切换过程中信道状态有可能发生变化，从而导致切换的失败。在这种情况下为了防止掉话，基站可以允许移动台返回到原服务系统以继续接受服务。移动台继续在候选导频上进行搜索，如果可能的话再次尝试进行硬切换。

5.5.2.1. 移动台辅助硬切换（MAHHO）的呼叫流程

MAHHO 主要包括两个过程：

- 1) 在候选频率上搜索到合适的导频，并将结果报告给基站。
- 2) 切换到一个新的频率上。

当发现移动台已经移动到小区或扇区的边缘，基站会触发移动台让其从服务频率转到候选频率上开始搜索可用的导频。移动台通过导频强度测量消息向基站报告搜索到的激活集导频的强度及其 PN 偏置。

对于运营商来说，分配不同频率配置区域的小区或扇区的边界的选择非常重要。如果选择不当，会导致不同频率配置间的硬切换成功率非常低。

基站通过发送候选频率搜索请求消息(Candidate Frequency Search Request Message)来触发移动台在候选频率上进行导频搜索。同时该消息指示移动台究竟是进行一次搜索还是进行周期性的搜索，以及搜索和报告候选导频的规则。

图 5-1 和图 5-2 分别描述了有和没有 CFS 控制消息的呼叫流程。

一般来说，移动台一收到搜索指示消息就开始进行搜索，基站可以为该消息设置一个生效时间。同时对于周期性的搜索，基站也规定了相邻的两次搜索之间的间隔时间。

移动台在候选频率上进行一次或多次的搜索。它在候选导频上估计一定数目的帧，在此期间它停止处理服务频率上的前向和反向业务信道。该时间的长度取决于它在候选频率上搜索的导频的数目、搜索窗口的大小、搜索的优先级别以及移动台的搜索算法。移动台通过候选频率搜索响应消息向基站报告估计结果。

在候选频率搜索请求消息之后，基站会发送频率搜索控制消息来终止或触发一次或周期性的搜索。当选用发送 CFS 控制消息时，移动台会使用前一次候选频率搜索请求消息中所定义的参数，但是搜索类型要采用候选频率搜索控制消息中所定义的。生效时间的定义与候选频率搜索请求消息中的定义类似。

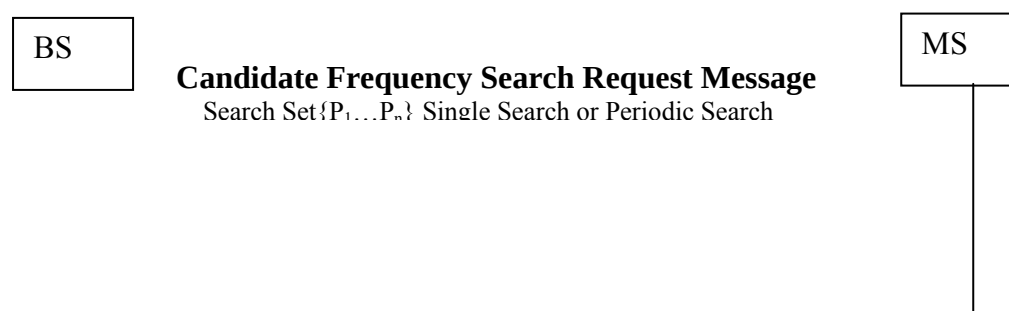
接下来，移动台在候选导频上进行搜索，如果搜索到符合要求的可以考虑进行切换的导频，它会通过候选频率搜索报告消息将这些导频的强度及其 PN 偏置报告给基站。该搜索过程及报告需要用到候选频率搜索请求消息中所定义的一些门限。

在发送搜索报告之前移动台可能进行了一次或多次的搜索。收到报告之后，基站通过发送通用切换指示消息来指示移动台切换到所期望的导频上。如果通用切换指示消息和扩展切换指示消息同时使用，过程类似。

最后，移动台通过发送切换完成消息以通知系统它进行了成功的硬切换。

信道状况的不断变化可能会导致硬切换的失败。此时，基站可以指示移动台重新返回到原系统，继续接受服务。如图 5 所示，如果在通用切换指示消息中定义了周期性搜索方式，移动台继续在候选频率上搜索可用导频。

如果基站并没有指示移动台重新返回原系统，移动台在目标频率上可能会因衰落计时器超时溢出而掉话。



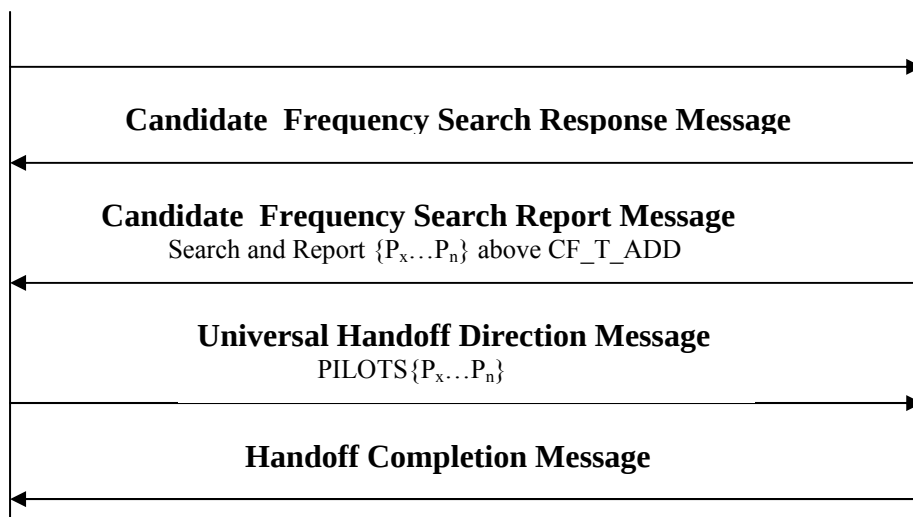


图 5-1 典型的移动台辅助硬切换呼叫流程

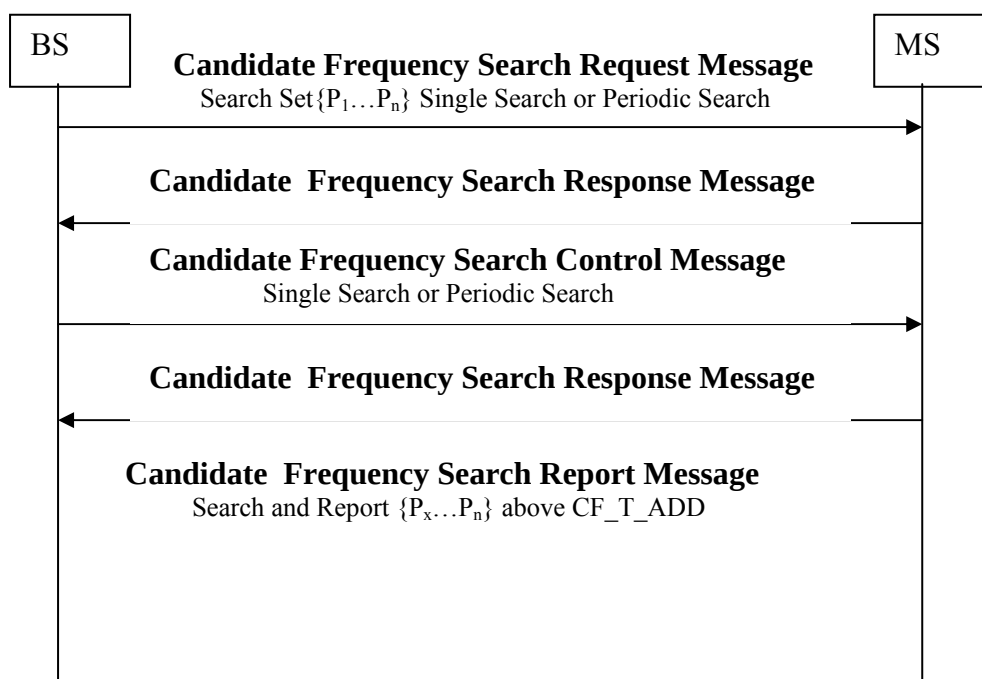




图 5-2 使用 CFS 控制消息的移动台辅助硬切换

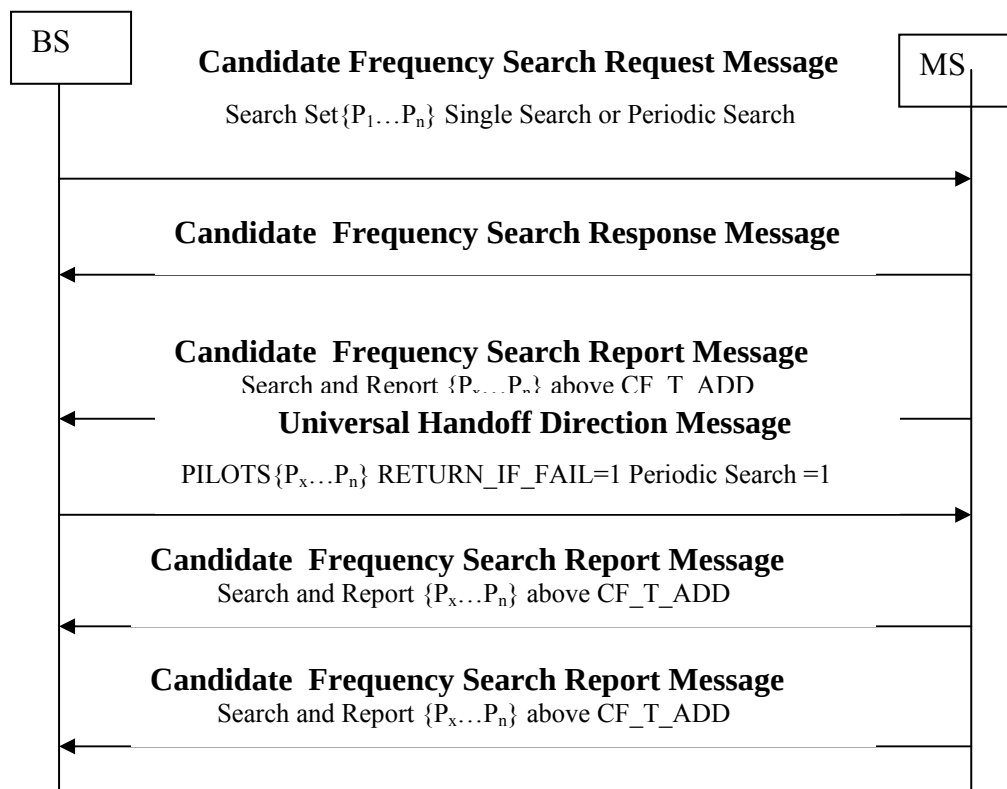


图 5-3 带有失败返回的不成功移动台辅助切换

5.5.2.2. 候选频率搜索过程

当基站向移动台发送候选频率搜索请求消息时，它可以通过设置 SEARCH_TYPE 为“11”或设置 PERIODIC_SEARCH 为“1”来指示移动台进行周期性的搜索。对于一次性搜索，搜索类型为“01”。搜索类型设置为“00”时，要求移动台停止现在进行的搜索。基站可以为搜索过程的开始可结束规定生效时间。

候选频率搜索请求消息包含了基站要求移动台搜索的在候选频率上的一系列导频。移动台将这些导频保存在候选频率邻集中。候选频率邻集的一个子集被移动台保存为候选频率搜索导频集，移动台将搜索这些导频以决定是否进行切换。基站通过设置 SEARCH_SET 标志来标识这些导频。

在进行候选频率的搜索时可以规定搜索的优先级和搜索窗口的大小。如果没有规定这些值，搜索将按照默认值进行。

在一次搜索周期中移动台对候选频率的访问次数是至关重要的。在对候选频率的一次访问中，移动台中断了在服务频率上的通信从而影响了话音质量。影响程度的大小与搜索导频的数目、搜索窗口的大小、每个候选导频的搜索优先级和移动台的搜索算法的性能直接有关。总的来说，移动台的频率转换时间和在候选频率中所耗费的时间影响到移动台的话音质量。当移动台被指示访问候选频率时，它首先停止处理服务频率上的所有前向和反向信道，然后将频率调节到候选频率。移动台关闭它的衰落计时器和当前激活集和候选集所对应的切换去掉计时器；停止帧计数器；锁定在闭环平均输出功率中累积的有效变化；忽略在关闭发射机期间接收到的功控比特。然后移动台保存当前服务频率上的一些参数值，包括 CDMA 频段信道号及门限 T_ADD 等，将其替换为候选频率的参数，如 CF_T_ADD 等，最后将频率调整到候选频率。

对于单次搜索，当候选频率搜索请求消息中规定了门限 DIFF_RX_PWR_THRESH 时，移动台测量在候选频率上的平均接受功率。只有当 DIFF_RX_PWR_THRESH 小于候选频率上接受功率与服务频率上接受功率的差值时，移动台才进一步搜索导频。移动台调整回原来的服务频率，恢复回原来的参数，并把在候选频率上搜索到的强度超过 CF_T_ADD 的导频的相位和强度报告给基站。

假如候选频率搜索请求消息已经发送，那么基站发送候选频率搜索控制消息可以触发或者终止单次搜索过程。如果移动台在进行候选频率搜索的过程中接收到控制消息，它将停止这次搜索。

当候选频率搜索控制消息用来触发搜索时，从上次候选频率搜索请求消息保存下来的候选频率搜索集和搜索的参数用于这次的搜索。

对于周期性搜索，移动台在一个搜索周期中对候选频率进行一次或多次的访问以测量列入候选频率搜索集中所有的导频。同时基站定义了连续两次搜索的间隔时间。该时间可以设置在 0.48s 到 200s 之间。

要求进行周期性搜索的搜索请求消息一般都规定以下门限值：

- a) SF_TOTAL_EC_THRESH （服务频率上激活集中所有导频的 E_c 之和的门限值）
- b) SF_TOTAL_EC_IO_THRESH （服务频率上激活集中所有导频的 E_c/I_o 之和的门限值）
- c) MIN_TOTAL_PILOT_EC_IO （候选频率上总 E_c/I_o 的最小值）
- d) DIFF_RX_PWR_THRESH （候选频率上的总接收功率与服务频率上的平均总接收功率的差值）

前两个对于服务频率的门限值，移动台用于是否对候选频率进行访问，是否对候选频率上的搜索导频集进行搜索。MIN_TOTAL_PILOT_EC_IO 用于决定是否需要在候选频率上搜索到的强度高于 CF_T_ADD 的导频报告给基站。

DIFF_RX_PWR_THRESH 与在单次搜索中的用法相同。

MIN_TOTAL_PILOT_EC_IO 和 DIFF_RX_PWR_THRESH 还用于确定硬切换是否成功。

SF_TOTAL_EC_THRESH 和 SF_TOTAL_EC_IO_THRESH 用于使能、重置和关闭移动台的周期定时器。

如果服务频率上出现下面的情况移动台将执行周期性的搜索：

- a) 激活集中所有导频的中接收频谱密度低于 $SF_TOTAL_EC_THRESH$ 或者，
- b) 激活集中搜索导频的总 Ec/I_o 低于 $SF_TOTAL_EC_IO_THRESH$ 或者，
- c) $DIFF_RX_PWR_THRESH$ 小于候选频率上的总接收功率与服务频率上的平均总接收功率的差值。

在下列情况下，移动台应该发送候选频率搜索报告消息：

- a) 在候选频率上的所有强度高于 CF_T_ADD 的导频的 Ec/I_o 和大于门限 $MIN_TOTAL_PILOT_EC_IO$ 。

在完成一次对候选频率的访问之后，移动台恢复服务频率上的所有参数，继续处理在访问候选频率之前所处理的前反向信道。

在候选频率搜索消息中还有另外的以下参数，如搜索周期、搜索优先级等。

当移动台将频率调整到服务频率上时移动台发送候选频率搜索报告消息。当然，如前面所提到的移动台首先与门限值相比较，然后决定是否发送该消息。该消息中包含候选频率搜索集中所有强度超过 CF_T_ADD 的导频的强度和相位信息。，同时该消息中还包含在候选频率上测量的总接收功率和服务频率上的平均接收功率。

基站根据这些信息来指示移动台切换到一个新的频率上，目标频率上。

5.5.2.3. 硬切换过程

在呼叫过程中，根据候选导频强度测量报告和门限值的设置，基站可能指示移动台进行硬切换。

硬切换可能是发生在相邻的基站集之间或者不同的频率配置之间或者是不同的帧偏置。它有可能是同一个小区的不同载波之间，也可能是不同小区的两个不同载波之间。在 CDMA 中，有以下几种发生硬切换的情况：

- 不同的频率间的硬切换
- 同一设备商、同一频率间的硬切换
- 不同的设备商间的硬切换
- 不同的设备商，同一频率上同一系统中的硬切换

服务基站发送通用切换指示消息以指示移动台切换到一个新的频率（目标频率）新的 CDMA 信道和新的 PN 偏置上，同时该消息中还包含切换之后的服务协商和服务选项。

基站可以选择使用扩展切换指示消息或者一般切换指示消息。在消息中所确定的参数与移动台在候选频率搜索过程中的测量结果有关系。

移动台在规定的生效时间处理和执行该消息。移动台首先复位衰落定时器和所有的帧计数器，然后调整到指定的频率上，获得消息中规定的心得激活集中的所有导频和前向业务信道。

如果移动台持续 20ms 接收的信号质量良好，它打开发射机发送业务信道前缀，发送切换完成消息以通知基站切换成功。

在下表中列出了由 CDMA Development Group 根据话音质量的标准进行测试得出的在硬切换过程中话音的中断所不能超出的最大值和典型值。

表 5-1 根据话音质量标准进行测试得出的最大值和典型值

切换类型	最长持续时间 (ms)	典型持续时间 (ms)
CDMA-CDMA , 不同频率, 同一基站	440	260
CDMA-CDMA , 不同频率, 不同基站	460	320
CDMA-CDMA , 同一频率	400	280
CDMA-AMPS	350	250

如果切换成功, 移动台将使用在通用切换指示消息中所定义的参数, 如协议版本、服务配置、服务协商、所有新的门限值、激活集、频率配置等。

移动台将邻集替换为候选频率搜索请求消息中所定义的候选频率邻集, 除了已经列入激活集中的导频。该邻集列表用于在新的频率配置中的导频测量以为软切换准备, 直到收到基站发送邻集列表消息该邻集才会更新, 因此候选频率搜索请求消息中的搜索集的设置非常重要。

另外一种比较重要的情况是带有失败返回的硬切换。由于传播环境的变化可能会导致切换的失败, 当采用切换失败返回时移动台会重新在原服务频率上获得资源 (如果移动台在当前的位置仍然在原服务频率的覆盖范围内)。

在这种情况下, 移动台还需要进行额外的检测来判断切换是否成功。在到达通用切换指示消息所规定的生效时间时, 移动台停止处理所有的前反向信道, 重新启动所有类型的帧计数器。然后移动台调整到目标频率测量输入功率并启动切换定时器。定时器的期满值设置在候选频率搜索请求消息中

(TF_WAIT_TIME*0.08)。

出现下面的情况就意味着切换失败:

-
- 1) 在目标频率上测得的接收功率与服务频率上的平均功率之差小于
($-30 + 2 * \text{DIFF_RX_PWR_THRESH}$) 或者,
 - 2) 在目标频率上激活集中所有导频的 E_c/I_o 之和小于
 $\text{MIN_TOTAL_PILOT_EC_IO}$ 或者,
 - 3) 切换定时器超时而且在 20ms 以内并没有接收到好的信号。

上面提到的这些在候选频率搜索请求消息规定的参数只有当通用切换指示消息中的 $\text{RETURN_IF_HANDOFF_FAIL}$ 设置为真时才会被使用。

当切换失败, 移动台会恢复到原来在服务频率上使用的协议版本、服务配置、服务协商、所有的门限值、发射功率设置、激活集和频率配置。然后移动台重新开始处理前反向信道并打开所有的计时器和计数器。

移动台通过发送候选频率搜索报告消息来通知基站切换失败, 在该报告中包含强度超过 CF_T_ADD 的导频以及在目标频率和服务频率上所测得的接收功率。

6. 影响网络性能的有关参数

6.1. 功率分配

表 6—1 基站功率分配典型值

-. Pilot power portion is 15%

	Power(watt)	Power(dBm)	Power ratio	dB_value
Pilot	3	34.77	15%	-8.24
Sync	0.30	24.73	1%	-18.28
Paging	2.32	33.66	12%	-9.35
Overhead	5.62	37.50	28%	

-. Pilot power portion is 20%

	Power(watt)	Power(dBm)	Power ratio	dB_value
Pilot	4	36.02	20%	-6.99
Sync	0.40	25.98	2%	-17.03
Paging	3.09	34.91	15%	-8.10
Overhead	7.49	38.75	37%	

6.2. 主要的接入参数

6.2.1. PAM_SZ

-. 每一个接入信道试探由接入信道前缀（access channel preamble）和接入信道消息实体（access channel message capsule）组成。接入信道前缀的长度为：1 + pam_sz 。

-. 数值范围: 0~15(Frames)

-. 默认值：3

设置折衷：

- 该参数设置大将导致接入信道容量的浪费，因为每个消息都要发送 1 + pam_sz 个帧（不包含消息实体），而不管发送更少数目的帧是否足够被基站检测到。

- 如果该参数设置太小会降低接入试探得到基站成功确认的可能性，从而导致移动台重复发送接入试探（可能是多次）。

附加说明：

- 该参数的选择要考虑基站端对 PN 码空间的搜索速度、小区半径及该小区的多径特征。基站的搜索速度取决于硬件配置，可以进行并行搜索 PN 多径越多，基站确认移动台的速度就越快。类似地，小区半径越大，PN 多径数目就越多。通过调整该参数的大小可以最小化相应的硬件设备或提高系统的性能。
- 接入信道前缀帧为全 0。移动台用 Walsh 函数 0 对其进行调制。既然前缀是一个确知的序列，基站成功获得该消息的速度要远远快于前缀用一个未知的数据序列进行调制的情况。
- PAM_SZ 和 INIT_PWR 的设置存在折衷。增加任何一个参数的值都会增加接入信道试探被基站成功接收的概率，但是代价是增加了接入信道的干扰（从而减少了接入信道的吞吐量）。

6.2.2. MAX_CAP_SZ

- 接入信道消息实体的长度 = $3 + \text{max_cap_sz}$.
- 数值范围: 0~ 7(Frames)
- 默认值: 0（每个接入消息中包含 3 个帧，不包含前缀）

设置折衷：

- 由于不管实际的接入信道消息实际需要发送多少帧，每个消息都要发送 $3 + \text{max_cap_sz}$ 个帧（不算前缀），所以如果该参数设置很大会造成接入信道容量的浪费。

附加说明：

- 接入信道消息，一般是起呼消息，在最坏的情况下 3 个帧（消息实体）就足够了。

6.2.3. PROBE_PN_RANDOM

- 接入信道试探的时间随机化。

移动台将发送时间随机时延 RN 个 PN chips，这里的 RN 是根据该参数由 hash 算法产生的，在 0 到 $2^{\text{probe_pn_random}} - 1$ 之间。

Probe_pn_random	Delay (chips)
0	0
1	0 ~ 1
2	0 ~ 3
3	0 ~ 7
4	0 ~ 15
5	0 ~ 31
6	0 ~ 63
7	0 ~ 127
8	0 ~ 255
9	0 ~ 511

- 数值范围：0~9

- 默认值：0

设置折衷：

- 如果设置为较小的值（例如，0 或者 1），间隔距离近的移动台在接入信道上的接入试探碰撞不容忽视。

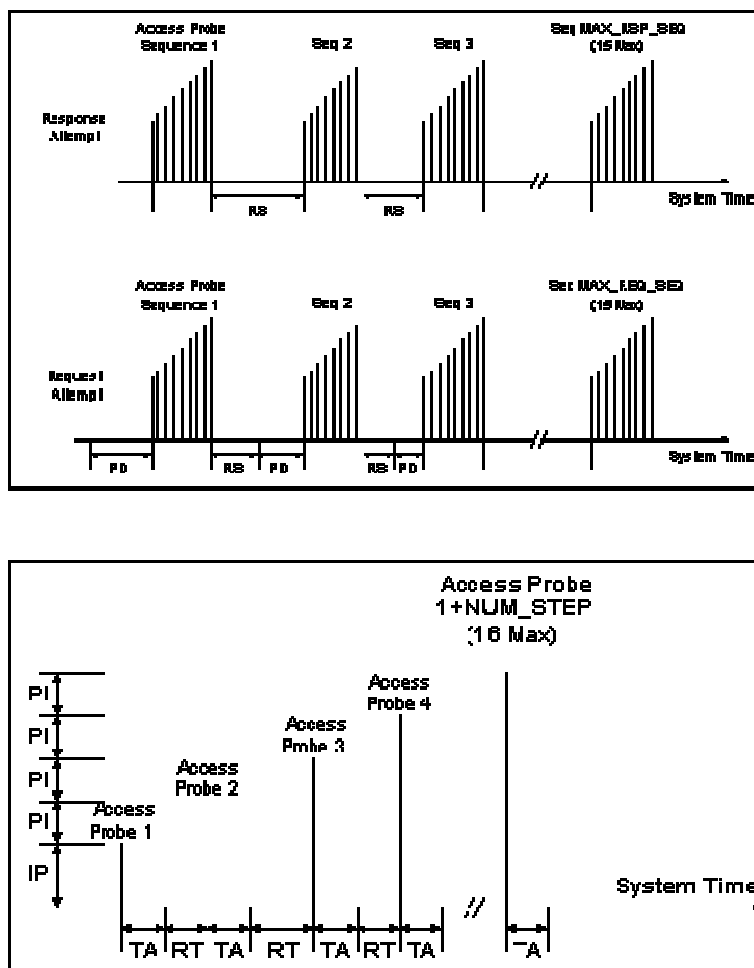
附加说明：

- 由于接入信道和时隙的选择都是随机的而且各个移动台是不相关的，有可能多个移动台在同一接入信道上的同一时隙发送接入信道消息。如果两个移动台的接入信道消息到达基站的时间差超过 1 PN chip，基站就会将二者区分开来，如果接入信道消息到达时间差太小以致不能区分，就叫做接入信道碰撞。当三个或更多的接入信道消息在同一时隙发送时，有的会发生碰撞，而有的则不会。在微蜂窝中发生碰撞的可能性会更大一些，因为小区的半径很小。（当存在多径时，碰撞更容易发生，因为基站无法区分来自两个移动台的多径碰撞）。

6.2.4. PROBE_BKOFF

- 接入信道试探滞后时间范围

当移动台发送接入试探之后的一段时间内没有收到来自基站的确认消息，那么它会在等待一个随机时延 RT ($0 \sim 1 + \text{probe_bkoff}$) 之后再次发送接入试探。



RS : 序列滞后时延, $0 \sim 1 + \text{BKOFF}$

PD : 持续性时延

IP : 初始开环功率, $-73 - \text{Mean input power(dBm)} + \text{nom_pwr} + \text{init_pwr}$

PI : 功率递增步长

TA : 确认响应超时上限, $80 * (2 + \text{ACC_TMO})$

RT : 试探滞后时延, $0 \sim 1 + \text{PROBE_BKOFF}$

NUM_STEP : 接入试探的数目

- 数值范围: $0 \sim 15(\text{Slots})$

- 默认值: 0

设置折衷:

- 如果该参数设置太大，在一次接入请求中需要发送多个接入试探的情况下接入的时间明显延长。
- 如果该参数设置太小，由于碰撞导致的在同一个试探序列中发送多个试探的情况不会明显好转，在不使用 PN 随机化或持续性时延的情况下更是如此。对于负载较轻的网络，该参数设置较小是可以接受的。

附加说明:

- 通过设置该参数重新发送的时间被随机化，从而减小了发生再次冲突的可能性。因为考虑到无线信道的变化，在接入试探序列之间可能需要更大的时延，所以序列之间的时延值不同（该时延值由 BKOFF 给出，下面会提到），而 PROBE_BKOFF 定义的仅仅是同一序列中不同试探之间的时延。

6.2.5. NUM_STEP

- 在每一个接入试探序列中有 (num_step+1) 次接入试探。
- 数值范围: 0~15
- 默认值: 5

设置折衷:

- 该参数设置较大会增加一个接入试探序列就完成接入成功的可能性，但是代价是增加了反向链路的干扰。
- 当该参数值较小时情况恰好相反：减小了反向链路的干扰但同时减小了一个接入试探序列就完成成功接入的可能性。

附加说明:

- 既然 PWR_STEP 和 NUM_STEP 都是为了达到相同的目标：确保基站成功地接收到接入请求，那么二者之间存在折衷。换句话说，如果 PWR_STEP 设置得较小，那么 NUM_STEP 就要设置为相对大一点的值；反过来，如果 PWR_STEP 设置为较大的值，NUM_STEP 就要设置得相对较小。
- 根据仿真结果，比较合理的设置是 PWR_STEP 为 3dB 和 NUM_STEP 为

6. PWR_STEP 设置为较小的值也可以。

6.2.6. BKOFF

-. 接入信道试探序列滞后范围。

对于每一个接入试探序列，将采用一个在 0 到 1+BKOFF 之间的伪随机的滞后时延。

-. 数值范围: 0~15

-. 默认值: 1

设置折衷:

- 如果该参数设置太大，在每次接入需要发送多个接入试探序列的情况下接入过程所需要的时间会延长。
- 如果该参数设置太小，由于碰撞而造成的接入试探的重复发送（不同的试探序列中）的情况没有明显改善，在不使用 PN 随机化、持续性时延的情况下更是如此。然而对于负载较轻的网络还是可以接受的。

6.2.7. ACC_CHAN

-. 接入信道的数目。即每个寻呼信道对应的接入信道的数目为 1+ACC_CHAN。

-. 数值范围: 0~31

-. 默认值: 0

6.2.8. ACC_TMO

-. 移动台在接入信道上发送信号之后等待 $TA = (2+acc_tmo)*80msec$ 之后，如果还没有收到基站的响应，它认为基站并没有接收到移动台发送的信号。

-. 数值范围: 0~15

-. 默认值: 3

设置折衷:

- 如果该参数设置太小，移动台在发送一个接入试探之后等待基站确认的时间不够长，就重新发送另外一个接入试探，也就是说，可能

会发送不必要的试探，这样会导致接入信道的负载增加，并增加了接入信道碰撞的概率。另外，协议规定，基站必须在接收到移动台的接入试探之后的 $ACC_TMO \times 80\text{msec}$ 时间内发送确认消息。如果该参数设置太小，基站将无法满足要求，特别是在负载很重的情况下。

- 如果设置太大，接入过程会慢下来，因为每次接入试探所需要的时间增加了。

附加说明：

- ACC_TMO 不能太小，以避免发生下面的情况：当移动台发送另外一个接入试探的时候基站对前一个试探的确认消息已经发出。
- 从基站接收到来自移动台的接入试探到基站通过寻呼信道发送确认消息大概需要 350msecs （在无负载的系统中），因此 ACC_TMO 不得小于 3（当设置为 3 时，代表 $80\text{msec} \times (3+2) = 400\text{ msec}$ ）。
- 减小 ACC_TMO 不会加快接入过程，除非发送第一个接入试探就收到了基站的确认。而且会导致移动台发送一些不必要的接入试探和增加反向链路的干扰。
- 随着基站负载的增加， ACC_TMO 需要设置为比 3 大的值，因为基站发送确认消息需要更多的时间。

6.2.9. MAX_REQ_SEQ

- 接入信道请求试探序列的最大数目。

- 数值范围: 1~15

- 默认值: 2

设置折衷：

- 如果该参数设置太大，会导致一次接入请求中重复发送的次数太多，从而影响接入信道的容量。
- 如果设置太小，例如设置为 1，由于序列之间较大的时延从而为信道的变化留出了充分的时间，所以使再次发送试探序列得到成功确认的可能性增加，因此该参数至少要等于 2。

6.2.10. MAX_RSP_SEQ

- 接入信道响应试探序列的最大数目。
- 数值范围: 1~15
- 默认值: 2

设置折衷:

- 类似于 MAX_REQ_SEQ 的情况。

6.3. 系统参数（登记参数）

CDMA 系统运行中，登记是移动台通知基站自己的位置、状态、识别等的一种有效的手段，它可以通过登记让基站有效地寻呼自己，并且能将自己的变化通知基站。现在 CDMA 系统中规定了 9 种登记方式。

- 开机登记。移动台在开机时以及从可替代服务系统切换，或从 CDMA 切换到模拟系统时登记。
- 关机登记。入股移动台先前已在当前服务系统登记，那么它在关机时也要登记。
- 基于定时器的登记（基于时间登记）。当一个定时器超时，移动台进行登记。
- 基于区域登记。当移动台进入一个新的区域时，移动台进行登记。
- 参数改变登记。当移动台所存储的某些参数改变时，移动台进行登记。
- 受令登记。当基站命令它进行登记时，移动台将进行登记。
- 隐含登记。当移动台发送一条初始化消息或寻呼响应消息时，基站能识别移动台的位置，这种情况被认为是隐含登记。
- 业务信道登记。当基站含有已被指配业务信道的移动台的登记消息时，基站通知移动台它已被登记。

前五种登记形式被称为自主登记，并且可用在漫游时。参数改变登记与漫游状态无关。自主登记和参数改变登记可以选择使用。被使用的登记形式以及与之对应的登记参数在寻呼信道的系统参数消息里传送。此外，移动台也能选择使用各种漫游类型的自主登记。

6.3.1. PAGE_CHAN

- 寻呼信道的数目。该参数设置的是在该 CDMA 信道上的寻呼信道的数目。
- 数值范围: 1~7
- 默认值: 1

6.3.2. MAX_SLOT_CYCLE_INDEX

- 最大时隙周期索引。如果移动台在空闲状态时是在划分时隙模式下，它接收寻呼消息使用的时隙周期是 SLOT_CYCLE_INDEX 和 MAX_SLOT_CYCLE_INDEX 中较小的值。
- 数值范围: 0~7
- 默认值: 2

6.3.3. BCAST_INDEX

- 广播时隙周期索引。当基站使用周期性广播寻呼，该参数设置为 3bit 的无符号数，范围是 1~7。当不使用周期性广播寻呼时，该参数设置为 0。广播寻呼周期的持续时长为 $B+3$ slots 这里： $B = 2^i * 16$, $1 \leq i \leq 7$ 其中 $i = \text{BCAST_INDEX}$

每一个广播寻呼周期的第一个周期是寻呼信道周期中 $[t/4] \bmod (B+3) = 0$ 的时隙，其中 t 代表系统时间（单位是帧）。

- 数值范围: 0~7
- 默认值: 0

6.3.4. PARAMETER_REG

- 参数改变登记指示器。如果当参数改变时移动台要进行登记，该参数设置为 '1'。
- 数值范围: 0,1
- 默认值: 1

6.3.5. REG_PRD

- 登记周期。如果移动台不是基于时间登记，那么该参数设置为 ‘0’；如果移动台是基于时间登记，那么它的范围在 29 到 85 之间。它所对应的时间是

$$[2^{\text{REG_PRD}/4}] * 0.08 \text{ seconds}。$$

- 数值范围: 0, 29~85
- 默认值: 58

6.3.6. REG_DIST

- 登记距离。如果移动台进行基于距离的登记，那么该值非零，当移动台当时所在基站和其最后一次登记所在的基站之间的距离超过该值时，移动台将重新进行登记。如果移动台不进行基于距离的登记，那么该值设置为 0。
- 数值范围: $0 \sim 2^{11}-1$
- 默认值: 0

6.4. 功率控制参数（开环功控）

6.4.1. NOM_PWR

- 标称发射功率偏移，该参数是为了补偿由于前向 CDMA 信道和反向 CDMA 信道之间的不相关造成的路径损耗差别。在接入信道上由开环功控决定的发射功率、反向业务信道的初始发射功率、接收 PCB（Power control Bit）之后的反向业务信道发射功率均与该有关。
- 数值范围: -8~+7
- 默认值: 0

设置折衷:

- 如果该参数设置太大或者太小，那么闭环功控将无法及时校正开环功控中的估计偏差。

6.4.2. INIT_PWR

- 初始发射功率偏移，它是对第一个接入信道序列所需要做的调整。在接

入信道上由开环功控决定的发射功率、反向业务信道的初始发射功率、接收 PCB (Power control Bit) 之后的反向业务信道发射功率均与该有关。

- . 数值范围: -16 ~ +15

- . 默认值: 5

设置折衷:

- 如果该参数设置太大, 移动台的接入会导致反向链路的阻塞, 从而降低了接入信道的性能。
- 如果该参数值设置太小, 移动台在接入时的初始发射功率太小, 从而导致移动台必须发送多个接入试探才会被基站成功接收, 这样会增加接入信道碰撞的几率。

附加说明:

- 该参数在整个系统中一致的。

6.4.3. PWR_STEP

- . 接入试探序列发射功率的增加步长。

- . 数值范围: 0~7(1dB/unit)

- . 默认值: 3

设置折衷:

- 如果该参数设置比较大, 那么反向链路上有附加干扰的情况下会增加基站接收到接入试探的可能性。
- 如果该参数设置较小, 会使移动台在接收到基站的确认之前发送更多的接入试探, 从而增加了接入信道的负载。

附加说明:

- INIT_PWR 和 PWR_STEP 要选择适当的值从而确保移动台在发送了 NUM_STEP 个试探之前能够成功接入。当有几个移动台同时接入的时候, 有可能会发生碰撞, 从而使基站无法正确解调, 因此移动台不应该一味地增加发射功率。反向链路的路径损耗暂时比前向链路大也可能导致移动台需要发送多个接入试探才会得到基站的确认, 在这种情况下, 如果移动台在每一个接入试探都增加发射功

率而传播环境变化了，那么移动台的发射功率将会比实际所需要的高。这也是造成发送多个试探序列的原因。接入试探序列之间的时延是考虑到信道环境的变化时间。

6.5. 切换参数

6.5.1. NGHBR_PN/PILOT_PN_OFFSET

- 各个相邻扇区的导频相位偏置。

6.5.2. SERACH_WIN_A

- 激活集和候选集的搜索窗口大小。该参数是指用来搜索激活集和候选集中导频的搜索窗的大小。

表 6-2 导频搜索窗口大小

SRCH_WIN_A SRCH_WIN_N SRCH_WIN_R	Window size (PN chips)	SRCH_WIN_A SRCH_WIN_N SRCH_WIN_R	Window size (PN chips)
0	4	8	60
1	6	9	80
2	8	10	100
3	10	11	130
4	14	12	160
5	20	13	226
6	28	14	320
7	40	15	452

- 数值范围: 0~15

- 默认值: 6

设置折衷:

- 如果 SRCH_WIN_A 设置太小，可能会漏掉可用的导频多径。
- 如果 SRCH_WIN_A 设置太大，移动台的搜索器可能会搜索到来自

别的基站的导频多径，而且窗口设置太大会使对激活集和候选集的搜索时间延长，从而增大了切换的建立时延。

附加说明：

- 可能每一个扇区的 **SRCH_WIN_A** 设置的值不同。当移动台要求将一个导频加入到激活集中，而该导频的 **SRCH_WIN_A** 与激活集中别的导频的 **SRCH_WIN_A** 不同的时候，规则是选择其中最大的值。这样，在呼叫过程中移动台可能会更新 **SRCH_WIN_A** 的值，这是通过接收扩展切换指示消息中新的 **SRCH_WIN_A** 值来实现的。
- **SRCH_WIN_A** 的值的设定与周围的环境相关。例如，如果地理环境中多山，那么肯定存在多条有较大时延的多径信号，在这种情况下，**SRCH_WIN_A** 的值要相对大一些。另一方面，在郊区或平坦地区，很少会有较大时延的多径信号，要相对减小 **SRCH_WIN_A** 的值。

6.5.3. SEARCH_WIN_N

- 相邻导频集的搜索窗口。

T 该参数是对相邻导频集中的各个导频进行搜索时所用的搜索窗口大小。

- 数值范围: 0~15

- 默认值: 8

设置折衷：

- 如果 **SRCH_WIN_N** 设置太小，可能有一些邻集导频会搜索不到（由于传播时延差的问题）。
- 如果 **SRCH_WIN_N** 设置太大，会大大增加移动台搜索邻集导频的时间，从而影响移动台的性能。

附加说明：

- 因为不支持在通话过程中处理系统参数消息，所以在整个通话过程中 **SRCH_WIN_N** 并不改变。换句话说，虽然有可能各个扇区的 **SRCH_WIN_N** 设置不同，但是移动台采用的是最初的扇区的值（在开始呼叫时那个扇区的寻呼信道上系统参数消息中的值）。

-
- SRCH_WIN_N 的大小规定了半径为 SRCH_WIN_N chips 的区域，位于该区域之外的邻集可能会落在搜索窗口之外，因此 SRCH_WIN_N 的值不能太小。

6.5.4. SEARCH_WIN_R

- 剩余导频集的搜索窗口。

该参数是对剩余集中各个导频进行搜索时所用的搜索窗口大小。

- 数值范围: 0~15

- 默认值: 2

设置折衷:

- 如果 SRCH_WIN_R 设置太小，可能有一些剩余集的导频会搜索不到。但是如果邻集列表设置得比较合理，在剩余集中几乎没有可能发射切换的导频，那么也可以将该值设置比较小（也就是说，那些剩余集的导频即使搜索不到也没关系）。
- 如果 SRCH_WIN_R 设置太大，移动台的搜索器可能会搜索到来自别的基站的多径。

附加说明:

- 因为不支持在通话过程中处理系统参数消息，所以在整个通话过程中 SRCH_WIN_R 并不改变。换句话说，虽然有可能各个扇区的 SRCH_WIN_R 设置不同，但是移动台采用的是最初的扇区的值（在开始呼叫时那个扇区的寻呼信道上系统参数消息中的值）。
- 移动台仅仅搜索那些导频相位偏置为 PILOT_INC 的整数倍的剩余导频。

6.5.5. NGHBR_MAX_AGE

- 相邻导频集的最大存活期。该参数与相邻导频集的计数器相联系。当接收到邻集列表更新消息时，各个邻集的计数器也随之更新。对应的计数值大于该数值的相邻导频将从邻集中去掉。

- 数值范围: 0~15

- 默认值: 1

设置折衷:

-
- 如果该参数设置值太大，从激活集和候选集中转移到邻集中的导频“粘”在邻集中，致使新的可能很关键的邻集导频进入不了移动台的邻集，因为移动台的邻集最多能支持 20 个导频。
 - 如果该参数设置太小（例如 0），从激活集和候选集中转移到邻集中的导频如果在邻集列表更新消息中没有被列入在邻集列表中的话，有可能会被很快地转移到剩余集中。从而减少了该导频被搜索到的可能（剩余集的搜索优先级比邻集要低）。

附加说明：

- 如果一个导频从激活集或者候选集中转移到邻集中（因为它的强度在超过 T_TDROP 的时间内都低于 T_DROP），移动台设置它的“age”为 0；在此之后，移动台每次接收到邻集列表更新消息时邻集中导频的“age”都加 1。只有当导频的“age”达到了 NGHBR_MAX_AGE，并且在最近的一个邻集列表更新消息中没有提到该导频时，移动台才会把该导频从邻集转移到剩余集中。

6.5.6. PILOT_INC

- 导频偏置指数增量。是相邻的两个导频相位偏置之差。当偏置指数增量为 4 时，对应的相邻的两个导频相位之差为 $64 \times 4 = 256$ chips.
- 数值范围: 1~15
- 默认值: 2

6.5.7. NGHBR_CONFIG

- 邻小区配置. 0 = 相邻的 BTS 和现在的 BTS 有相同的配置。
- 数值范围: 0~7
- 默认值: 0

6.6. 导频检测参数

6.6.1. T_ADD

- 该参数是移动台用来检测接收到的导频强度的门限值。该参数是以 -0.5dB 为单位，也就是说，如果 T_ADD 设置为 28，那么对应的是

-14dB。

-. 数值范围: 1~63

-. 默认值: 24

设置折衷:

- 如果 T_ADD 设置太小（例如，小于 24），会导致过多的掉话和覆盖空洞，也有可能导致切换区域不足。
- 如果 T_ADD 设置过大（例如，大于 28），会导致切换区域过大，从而使前向容量损失和由于需要增加信道卡而使成本增加。另外由于切换区域的增加还会使呼叫和切换阻塞增加，后者还有可能导致掉话。

附加说明:

- 可能每一个扇区的 T_ADD 设置的值不同。当移动台要求经一个导频加入到激活集中，而该导频的 T_ADD 与激活集中导频的 T_ADD 不同的时候，原则是采用其中最小的值。这样，在呼叫过程中移动台可能会更新 T_ADD 的值。
- 当基站接收到移动台发送的导频强度测量消息，该消息指明邻集中的一个导频强度超过了 T_ADD，基站就会向移动台发送切换指示消息，不管当前该移动台的链路质量如何。实际上，基站对移动台究竟是否需要这条链路并没有作出任何智能判断。因此与其说是移动台“辅助”的切换，不如说是移动台“指示”的切换。

6.6.2. T_DROP

-. 导频去掉门限。当激活集和候选集中的导频强度低于该门限值时移动台会启动该导频对应的切换去掉计时器。该参数是以 -0.5dB 为单位，也就是说，如果 T_DROP 设置为 28，那么对应的是一14dB。

-. 数值范围: 1~63

-. 默认值: 28

设置折衷:

- 如果 T_DROP 设置过小（例如，小于 28），会导致过早地去掉可用导频，从而产生掉话，因为去掉的导频只会是以干扰的形式出现的。

- 如果 T_DROP 设置过大（例如，大于 32），会导致切换区域过大，从而使前向容量损失和由于需要增加信道卡而使成本增加。另外由于切换区域的增加还会使呼叫和切换阻塞增加，后者还有可能导致掉话。

附加说明：

- 可能每一个扇区的 T_DROP 设置的值不同。当移动台要求经一个导频加入到激活集中，而该导频的 T_DROP 与激活集中导频的 T_DROP 不同的时候，选择器会将其中最小的值发送给移动台。这样，在呼叫过程中移动台可能会更新 T_DROP 的值。
- 在设定 T_DROP 的值时，需要考虑 T_TDROP 的实际值。因为前者是考虑了功率滞后（相对于 T_ADD），而后者考虑了时间滞后。

6.6.3. T_TDROP

- 切换去掉计时器期满值。当激活集中的某一个导频对应的切换去掉计时器期满溢出并且它的导频强度没有超过 T_DROP 时，移动台将向基站发送导频强度测量消息。当候选集中的某一个导频对应的切换去掉计时器期满溢出并且它的导频强度没有超过 T_DROP 时，移动台会将其从候选集移入邻集。

- 数值范围: 1~15

- 默认值: 3

设置折衷：

- 如果 T_TDROP 设置过高，会使弱的导频在激活集中停留的时间过长，从而使激活集和候选集中保持了一些可能已经不可用的导频。
- 如果 T_TDROP 设置太小，会使一些可用导频过早地从激活集和候选集中转移到邻集中，从而影响通话质量。

表 6-3 切换去掉计时器期满值

T_TDROP	计时器期满值（秒）	T_TDROP	计时器期满值（秒）
0	0	8	27
1	1	9	39
2	2	10	55

3	4	11	79
4	6	12	112
5	9	13	159
6	13	14	225
7	19	15	319

附加说明：

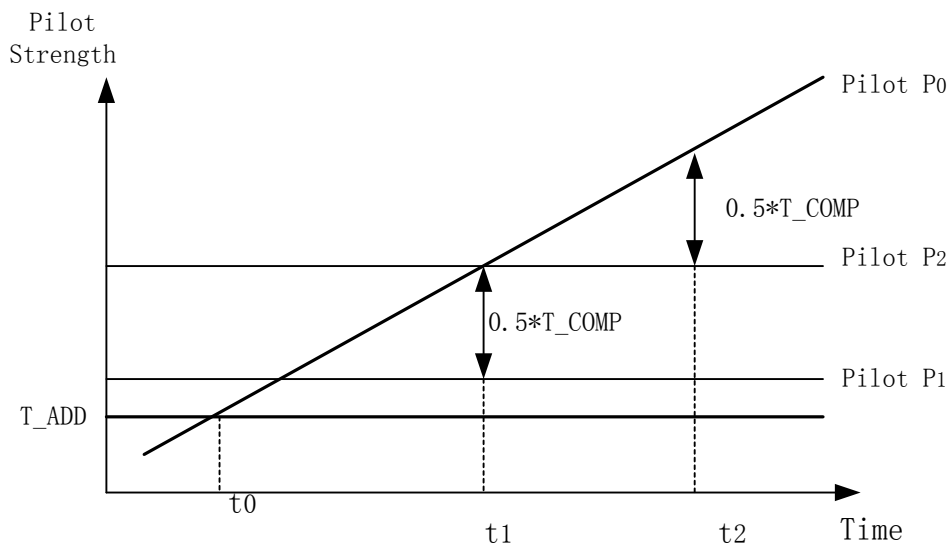
- 可能每一个扇区的 **T_TDROP** 设置的值不同。当移动台要求经一个导频加入到激活集中，而该导频的 **T_TDROP** 与激活集中导频的 **T_TDROP** 不同的时候，选择器会将其中最大的值发送给移动台。这样，在呼叫过程中移动台可能会更新 **T_TDROP** 的值。
- 在设定 **T_TDROP** 的值时，需要考虑 **T_DROP** 的实际值。因为前者是考虑了时间滞后，而后者考虑了功率滞后（相对于 **T_ADD**）。

6.6.4. **T_COMP**

- 激活集与候选集的比较门限。该参数以 0.5dB 为单位，也就是说，如果该参数设置为 5，它对应的是 2.5dB。

在切换中，当候选集中的导频的强度与激活集中导频强度之差超过该门限时移动台会自动向基站发送导频强度测量消息 (**Pilot Strength Measurement Message**)。

当移动台第一次向基站发送导频强度测量消息没有收到基站的确认消息，而且此时候选集中的导频与激活集的导频强度之差仍然高于该门限，那么移动台会再次向基站发送导频强度测量消息。



候选集：Pilot P₀

激活集：Pilot P₁, P₂

t_0 ：导频强度测量消息, $P_0 > T_ADD$

t_1 ：导频强度测量消息, $P_0 > P_1 + T_COMP \times 0.5\text{dB}$

t_2 ：导频强度测量消息, $P_0 > P_2 + T_COMP \times 0.5\text{dB}$

图 6-1 由候选集触发的导频强度测量

- 数值范围: 1~15

- 默认值: 5

设置折衷:

- 如果 T_COMP 设置过大, 会导致比激活集中导频更强的导频却被保持在候选集中。
- 如果 T_COMP 设置太小 (例如设置为 0), 会触发移动台更频繁地发送导频强度测量消息。

附加说明:

- 可能每一个扇区的 T_COMP 设置的值不同。当移动台要求将一个导频加入到激活集中, 而该导频的 T_COMP 与激活集中导频的 T_COMP 不同的时候, 移动台会选用其中最小的值。这样, 在呼叫过程中移动台可能会更新 T_COMP 的值。

-
- 在设定 **T_COMP** 的值时, 需要考虑 **T_ADD** 的值。因为前者是基于相对功率门限来确定导频是否可用, 而后者是基于绝对功率门限来确定的。然而, 由于是移动台“指示”的切换, 所以大部分的切换是由导频强度超过 **T_ADD** 触发的, 而不是由导频强度差超过 **T_COMP** 触发的。

6.7. 硬切换参数

6.7.1. **T_COMP**

- 激活集与候选集的比较门限。该参数以 0.5dB 为单位, 也就是说, 如果该参数设置为 5, 它对应的是 2.5dB。

在硬切换中, 当候选集中的导频的强度与激活集中导频强度之差超过该门限时移动台会自动发送导频强度测量消息(Pilot Strength Measurement Message)报告基站。

当移动台第一次向基站发送导频强度测量消息没有收到基站的确认消息, 而且此时候选集中的导频与激活集的导频强度之差仍然高于该门限, 那么移动台会再次向基站发送导频强度测量消息。

- 数值范围: 1~15
- 默认值: 5

6.7.2. **GUARD_LEVEL**

- 在硬切换中, 当导频强度低于该保护门限时保护时间重置。
- 数值范围: 固化在 PLD 中
- 默认值: 24 (-12dB)

6.7.3. **GUARD_TIME**

- 如果在前一次切换的保护时间内即使目标导频的 E_c/I_o 大于保护门限也不能进行切换。
- 如果目标导频的 E_c/I_o 小于保护门限那么在进行硬切换不考虑保护时间。
- 数值范围: 固化在 PLD 中

-. 默认值: 5

7. CDMA 系统性能分析的具体步骤

7.1. 了解系统

导致网络之间差异的原因有很多，这些都会影响网络参数的设置。因此，不存在一套每个网络都适用的最优化参数。下面列举了一系列导致各个网络之间差异的因素：

- **CDMA 设备制造商**

IS-95A, IS-95B 和相关的一些标准对 CDMA 系统都有详细的规定。然而建立这些标准的目的是为了不同设备制造商的产品之间的兼容性，因此，一些比较重要的但是不影响兼容性的细节并没有在标准中具体化。例如，像功率控制过程、软切换过程等都没有标准化。所以，在进行系统分析之前一定要了解设备制造商的手机和其他设备的具体运行过程。不过，对于系统的了解大部分知识还是来自于标准。

- **站址**

从网络设计者那里可以得到详细的布站情况。

- **用户的移动性**

用户的移动速度是一个非常重要的因素。保证通话质量的 E_b/N_0 在很大程度上取决于多径环境。随着用户移动速度的增加，多径环境会迅速的恶化，所以网络运营商在进行系统优化时需要将用户的移动特性考虑进去。一个最极端的例子就是无线本地环路（WLL）。在无线本地环路中，用户终端是固定的，因此在进行参数优化时要基于用户的这种特性。

- **传播特性**

- **多径：**在小区分布非常拥挤时传播以衍射、散射和反射为主，这主要是由小区和移动台天线附近的建筑物和物体引起的。由散射体和反射体所产生的多径信号合起来在天线端形成接收信号。
- **地形：**一定要记住，进行优化是针对本地的传播环境，如果传播环境不同，在一个网络中可以正常工作的参数值在另外一个网络中可能就会效果很差。另外，地面的一些杂散物体如人造建筑物等对传播有非常大的影响，但是，在网络规划中却一般都没有给予足够的重视。

-
- **气候、季节：**气候对系统的性能有非常大的影响。温度和降雨对系统的设置都有影响。在一些地方，由于植物的生长会使路径损耗随着季节的变化而变化。在进行系统优化时，系统运营商可以将季节的变化考虑进去。

7.2. 确认系统是否稳定

7.2.1. 稳定性的定义

- **定义**

“稳定”一般来说是指能正常工作而且不变动。一个“稳定”的系统最起码要能发起呼叫、接收呼叫而且在整个数据收集过程中保持这个水平。下面的这些要求对于一个稳定系统内的任何一个扇区都要满足：

- 1) BTS 在广播信号
- 2) 移动台能够接受服务
- 3) 移动台能够登记
- 4) 移动台能够发起呼叫
- 5) 移动台能够接受呼叫
- 6) 软切换工作正常
- 7) TX_GAIN_ADJUST 恒定，而且没有超出正常范围（0~-10dB）
- 8) 软件版本没有变动

- **目的**

第二步的目的是确保数据采集结果的可信性以节约时间和资金。如果在系统不能正常工作或者不稳定的情况下进行数据采集，会造成时间上的巨大浪费。

7.2.2. 检查系统的稳定性

- STU

一般可以用 Subscriber Test Unit (STU) 或相近的设备进行 RF 测试。

- 初步的路测

完整的路测要由几队的工程师驾车行驶几百公里、至少呼叫 500 次。在进行正式的路测之前，建议先进行初步的路测来验证系统的基本功能和系统是否稳定。只要在网络的主要部分的测试路线上用一步测试手机发起十几次呼叫就可以了。这可以让工程师大概地观察了解 TX_GAIN_ADJ，空闲切换，接收功率大小，呼叫接入和业务信道的切换等。从这些观测数据，工程师就可以判断出系统是否处于稳定状态。

在评估系统是否稳定时有可能会需要进行导频扫描。一个稳定的系统的邻集列表应该是相当准确的。路测设备应当对所有可能的导频偏置进行扫描以验证邻集列表的正确性。

- 预测图表

网络规划软件会提供路径损耗、接收功率、导频强度等。这些预测值在进行大规模的路测时可以用来检验系统的稳定性。例如，当接收功率的预测值与路测值相差 30—40dB 时可以认为系统是不稳定的。

7.3. 初始化邻集列表

- 定义

邻集列表是一个特定小区的一个导频相位偏置的集合，是处于该小区内的移动台有可能搜索到的比较强的导频。这个列表由小区通过寻呼信道发送给移动台（邻集列表消息）。

- 目的

如果邻集列表设置得比较合理，会使空闲切换的失败率降到最小和由此所引起的重新初始化。

- **预测工具**

邻集列表的初始化一般需要由预测工具在得到路径损耗和接收功率大小的基础上进行。现在已经有一些可以应用到邻集列表初始化中的原则。

- **邻集列表设置原则**

- 1) 互易性原则：如果小区 A 在小区 B 的邻集列表中，那么小区 B 要在小区 A 的邻集列表中。
- 2) 邻近原则：如果两个小区相邻，那么它们要在彼此的邻近列表中。
- 3) 百分比重叠覆盖原则：确定一个导频门限，然后确定在该导频门限之上的小区覆盖范围。如果两个小区重叠覆盖区域的比例达到一定的门限，将这两个小区分别置于彼此的邻近列表中。

7.4. 导频扫描

- **定义**

导频扫描是对所有可能的导频相位进行一次彻底的搜索。它通常是在覆盖区域内的测试路线上进行路测时不间断地进行。这样，就可以知道测试路线上每一点的所有可以被检测到的导频。导频扫描一定要在有负载的状态下进行。

- **目的**

设置非常准确的邻集列表非常重要。邻集列表的初始化是建立在预测的基础上的，利用导频扫描的结果可以进一步完善邻集列表。因为在导频扫描的过程中可以检测到在某一个小区中比较强但是没有被列入该小区的邻集列表的导频。反过来，列入邻集但是在该小区中并不能被检测到的导频可以从邻集列表中剔除。

- **搜索设备**

QUALCOMM 的导频扫描测试手机（Retriever phone）可以完成导频扫描。这种手机可以在不到 2 秒的时间内扫描所有的 512 个导频，包括剩余集。

- **测试手机的输出**

导频扫描的结果会以电子表格或图表的形式来描述在什么地点检测到那些导频、它们的强度是多少。

7.5. 更新邻集列表

- 邻集列表分析

根据导频搜索的结果可以对邻集列表进行适当的调整。

- 目的

产生强干扰的导频会使系统的性能下降，因此必须采取适当的措施来减少干扰。有两种方法：一是增加强干扰导频的空间隔离度（如，增加天线的下倾角）；另一种方法是将该强干扰导频加入邻集列表。但是，将导频加入邻集列表时一定要十分小心。如果邻集列表过长（>15）时移动台的性能会下降。

- 原则

邻集列表的优化没有标准化的原则。基本的原则是选择一个导频强度门限。如果在一个小区内检测到另一个导频在很大的区域内超过该门限，必须采取措施以减小由该导频所造成的干扰。将一个导频加到邻集列表的原则举例：

- 1) 在小区的大于 1%的范围内检测到该导频的强度超过 -10dB。
- 2) 在小区的大于 3%的范围内检测到该导频的强度超过 -12dB。

7.6. 数据采集（路测）

无线网络进行规划时一般都采用适当的射频传播模型、天线类型及地形地物类型等，然而影响射频传播的因素太多，规划者不可能将所有这些因素都考虑进去。因此需要在整个网络覆盖范围内对接受射频功率大小、FER、接入失败率等参数进行测量，也就是所说的路测。在路测过程中不仅可以进行这些测量，而且还采集了大量的数据。路测对于网络建设的成功是至关重要的。

选择的测试路线必须覆盖整个覆盖区内的大部分高速公路和街道。每一条测试路线要进行反复的测试。

具体的描述在下一节。

7.7. 性能分析

- 定义

性能分析有两个主要目的。第一个是对采集的数据进行统计以确定系统是否满足验收的最低要求要求，如掉话率等，另一个目的是个别的失败案例进行分析以查明原因。

- 目的

当系统性能低于最低标准时必须查明原因。性能分析是针对个别的失败案例进行的。一旦查明原因，就需要对系统进行适当的调整如调整系统参数、调整天线的下倾角等。

- 后处理

路测会收集大量的数据。10 分钟的路测将会得到长达 1000 多页的数据。即使这样，在发生错误时测试手机也可能会错过一些比较重要的信息，因为在测试中手机的首要任务是维持呼叫，进行记录是次要的，有时二者是冲突的，在此时会导致数据的丢失。

收集的数据一定要以一种易于进行分析的形式进行显示，这些数据要包括时间和位置信息：

- 接收信号强度
- 移动台发射功率
- 发射功率调整
- 激活集的导频功率
- 邻集的导频功率

8. CDMA 系统的性能评估路测方法（以 QUALCOMM 的 CAIT 为例）

8.1. 前向导频覆盖测试

8.1.1. 描述

目标：

预期的覆盖区域内的移动台是否能成功地接入系统要依赖于接收到的导频信号是否有足够大的 E_c/I_o 。这项测试的主要目的是要得到覆盖区域内各个地理位置上主导频的 E_c/I_o 。导频信道 E_c/I_o 的优化要按照要求来进行。

通过标准：

至少 $N_2\%$ 的预期的覆盖区域内主导频的强度 E_c/I_o 要大于等于 $N_1\text{dB}$ 。

8.1.2. 测试过程

- a) 将三部均连接到诊断监视器(CAIT –CDMA Air Interface Tester)上的移动台安装到测试车上面。这三部移动台同时收集本文中所提到的四项测试中的所有测试数据。
- b) 其中的一部移动台要始终处于空闲状态，在测试过程中不发起任何呼叫。
- c) 测试车按照指定的路线行驶。
- d) 确认与处于空闲状态的移动台相连的 CAIT 是否实时地将 GPS 位置数据和 RAKE 接收机所测的各个多径的 E_c/I_o 记录到日志中。
- e) 当测试车遍历所有的测试路线之后，比较和处理日志中的数据。
- f) 确认是否满足通过标准。

8.2. FER 误帧率测试

目标：

这项测试的目标是检验在运营商和用户共同商定的覆盖区域和测试路线上、前向链路和反向链路的平均 FER 是否达到要求。

通过标准：

在前向和反向链路上，至少 N3% 的预期覆盖的区域内的测试路线上的平均误帧率要小于或等于 N₄%（考虑与样本空间大小相关的置信区间）。

8.2.1. 测试过程

- a) 使用与 1.1.2 中所描述的相同的测试车。
- b) 使用两部移动台，设置它们的 MDM 使之在每一个 $T_1 + 30$ 秒的时刻自动发起呼叫，每一次呼叫时长为 T_1 秒；多余的 30 秒作为两次呼叫之间的缓冲时间。
- c) 测试车按照指定的路线行驶。
- d) 确认与两部移动台相连的 CAIT 是否实时地将 GPS 位置数据和前向链路的马尔可夫统计数据记录到日志中。
- e) 确认选择器是否有选择地将测试车中的两部移动台的马尔可夫统计数据记录到日志中。
- g) 当测试车遍历所有的测试路线之后，比较和处理日志中的数据。
- f) 确认是否满足通过标准。

8.3. 接入失败率测试

接入失败率的定义是：由移动台发起的呼叫中失败的呼叫次数与总的呼叫次数的比值。

在很多地方会发生接入失败，但仅仅考虑在投资商和用户共同确定的服务区域发生的接入失败。物理信道的短缺也会导致接入失败，但这种情况在计算中要剔除。

8.3.1. 描述

目标：

测试整个系统的呼叫失败率。

通过标准：

沿着指定的测试路线至少要发起 N_7 次呼叫。允许的最大的接入失败率是 $N_6\%$ 。

8.3.2. 测试过程

- a) 使用与 1.1.2 中所描述的相同的测试车。
- b) 使用两部移动台，配置它们的 CAIT，使之在每一个 $T_1 + 30$ 秒的时刻自动发起呼叫，每一次呼叫时长为 T_1 秒；多余的 30 秒作为两次呼叫之间的缓冲时间。
- c) 测试车按照指定的路线行驶。
- d) 确认与两部移动台相连的 MDM 是否实时地将以下数据记录到日志中：
 - GPS 位置数据 (GPS position data)
 - 寻呼信道消息 (Paging Channel Messaging)
 - 接入信道消息 (Access Channel Message)
 - 搜索器耙指的信息 (Searcher finger Information)
 - AGC 功率控制数据 (AGC Power Control Data)
 - 业务信道消息 (Traffic Channel Messaging)
- e) 确认 BSC 子系统有选择地将测试车中两部移动台的以下数据记录到日志中：
 - Call Flow/Call Setup/Teardown Message
 - IS-95 Messaging

-
- Power Control Statistics

- f) 当测试车遍历所有的测试路线之后，比较和处理日志中的数据。
- g) 确认是否满足通过标准。

8.4. 掉话率测试

掉话率是指发生掉话的呼叫数与成功发起并成功结束的呼叫总数的比值。发生掉话的呼叫是指非移动台的原因、系统意外地失去了与移动台的射频连接。这会迫使移动台重新发起呼叫。

掉话的区域可能有很多，在该项测试中仅仅考虑发生在运营商和用户共同认定的覆盖区域内。由于物理资源的短缺所造成的掉话在计算中不予考虑。

8.4.1. 描述

目的：

测试整个系统中由于系统的原因造成的掉话。

通过标准：

在总的成功建立的呼叫中产生掉话的不超过 $N_5\%$ 。

8.4.2. 测试过程

- a) 使用与 1.1.2 中所描述的相同的测试车。
- b) 使用两部移动台，配置它们的 CAIT，使之在每一个 $T_1 + 30$ 秒的时刻自动发起呼叫，每一次呼叫时长为 T_1 秒；多余的 30 秒作为两次呼叫之间的缓冲时间。
- c) 测试车按照指定的路线行驶。
- d) 确认与两部移动台相连的 CAIT 是否实时地将以下数据记录到日志中：

- GPS 位置数据 (GPS position data)

-
- 搜索器耙指的信息 (Searcher finger Information)
 - 导频强度 E_c/I_o (E_c/I_o data)
 - AGC 功率控制数据 (AGC Power Control Data)
 - 业务信道消息 (Traffic Channel Messaging)
 - 前向马尔可夫统计数据 (Forward Markov Statistics)

e) 确认 BSC 子系统有选择地将测试车中两部移动台的以下数据记录到日志中:

- Call Flow/Call Setup/Teardown Message
- IS-95 Messaging
- BSC Vital Statistic
- Neighbor List Tuning
- Active Set Changing
- Power Control Statistics
- Reverse Markov Statistics

f) 当测试车遍历所有的测试路线之后, 比较和处理日志中的数据。
确认是否满足通过标准。

8.5. 可以接受的参数值

下表中的参数对于不同的网络、国家和合同可能不同。

Table 1. System Parameters

Lable	System Parameter Description	Value	Units
N ₁	Minimum Pilot channel Signal to Interference ratio, Ec/Io.	-10	dB
N ₂	Minimum Area availability defined by Ec/Io coverage.	90	%
N ₃	Minimum Area availability define by FER performance.	90	%
N ₄	Maximum FER Rate.	3	%
N ₅	Maximum Dropped Call Rate.	5	%
N ₆	Maximum Access Failure Rate.	5	%
N ₇	Minimum number of total calls for Access Failure Rate test.	500	Calls
N ₈	Minimum number of total combined originations and terminations	500	calls

Table 2. System Time Parameters

Label	8.5.1.1. System Time Parameters Description	Value	Units
T ₁	Mutually agreed upon average call length.	120	s
T ₂	Maximum Land to Mobile Station call set up time.	3.0	s
T ₃	Maximum Mobile Station to Land call set up time.	3.0	s
T ₄	Maximum Mobile Station to Mobile Station, call unanswered.	8.0	s
T ₅	Period between Mobile Station registration for time based registration.	TBD	s
T ₆	Maximum latency between call termination and the delivery of the corresponding billing record by the CDA.	TBD	s
T ₇		180	s

9. CDMA 系统的性能分析

9.1. 接入失败原因分析

最主要的接入即呼叫发起。该部分讨论的是由移动台发起呼叫的情况。

9.1.1. 呼叫发起的定义

当用户拨打一个电话号码时即为发起一次呼叫。由无线网络用户发起的呼叫分为 MTOL (Mobile to Land) 和 MTOM (Mobile to Mobile)。由固定网络用户发起的呼叫为 LTOM (Land to Mobile)。IS-95A 和 ANSI J-STD-008 定义了几个与接入过程相关的定时器值；如果相应的消息没有在这些时间限制内收到移动台会放弃这次呼叫发起。

利用移动台和基站的消息记录可以判断呼叫发起失败的原因。

9.1.2. 系统接入状态定时

在接入过程的初始阶段移动台不间断地监视寻呼信道。接入状态中的两个重要的子状态是：

- 更新 Overhead Information 子状态
- 移动台发起呼叫尝试子状态

系统接入状态定时是用来限制移动台在这些子状态中等待的时间。许多事件会触发移动台将定时器清零。各个子状态对应的定时均不同。例如，更新 Overhead Information 时的限制时长是 4 秒，而移动台发起呼叫子状态的定时时长是 12 秒。

在要更新 Overhead Information 时移动台会在持续 4 秒的时间内监视寻呼信道。如果现在的 Overhead Information 没有在 4 秒内接收并存储，移动台会重新初始化。

在呼叫发起尝试子状态，移动台把系统接入状态的定时器期满值设置成 12 秒。如果定时器超时，移动台将返回空闲状态。在移动台从接入状态退出时定时器被设置成无效。

9.1.3. 呼叫发起过程概述

移动台首先必须在反向接入信道上发送呼叫请求消息（Origination Message），下面的几个事件将一个接一个地发生。其中的任何一件没能发生就意味着呼叫发起的失败。

- 1) 阶段 1：基站确认移动台的呼叫请求。基站通过 Acknowledgement Order 对移动台的呼叫请求进行确认；在移动台接收到呼叫确认之前可能需要发送好几次呼叫请求（Origination Message）。
- 2) 阶段 2：基站为移动台分配资源。基站建立一条前向业务信道，发送空业务，并向移动台发送信道指配消息。
- 3) 阶段 3：在接收到信道指配消息之后，移动台开始试探获取前向业务信道。成功获取前向业务信道是阶段 3。
- 4) 阶段 4：当前向业务信道成功解调，移动台开始在反向业务信道发送空业务。在成功获取反向业务信道之后基站在前向业务信道上发送确认消息（Base Station Acknowledgment Order）。
- 5) 阶段 5：基站向移动台发送业务连接消息（Service Connect message）。

9.1.4. 典型的接入时间

接入试探一般大约需要 500ms，但是如果移动台位于覆盖区域的边缘地带时有可能需要 2-3m 的时间。

一旦基站成功地接收到呼叫请求，一般要在 200ms 的时间内给移动台发送呼叫确认。另外基站需要大约 300ms 的时间给移动台发送信道指配消息。基站成功

解调反向业务信道和通过前向业务信道向移动台发送业务信道确认消息大概需要 500-1500ms 的时间。最后，还需要 200ms 的时间来发送业务连接消息。从基站接收到呼叫请求消息算起总的接入时间大概在 1.5—2m 的范围内。

9.1.5. 呼叫发起过程中激活的进程

1) 开环功控

开环功控是一直处于激活状态的。当移动台发射功率时，发射的功率大小要基于开环估计和闭环功控（如果闭环功控处于激活状态的话）。

2) 闭环功控

直到移动台到达第三个阶段，反向闭环功控才被激活。从这一点开始移动台在前向业务信道上的发射功率要基于开环和闭环功控。

3) 前向功控

一般来说，基站会激活前向功控。当移动台到达第四个阶段时基站才激活前向功控。

4) 切换

在接入过程中不允许进行空闲切换。在 IS-95A 中直到到达第四个阶段时才允许业务信道的切换。

9.1.6. 呼叫发起过程中各个阶段的约束限制

CDMA 的标准规定每一个阶段必须在规定的约束条件下完成。这些约束条件可以由标准定义的常数，也可以由运营商来自己调整相应的参数。

- 1) 阶段 1，BS 对呼叫请求的确认：BS 一定要对移动台的呼叫请求进行确认。如果呼叫请求消息没有得到确认，那么移动台会重新发起呼叫请求。可以设置移动台在宣告接入失败之前允许重新发起呼叫的次数。

-
- 2) 阶段 2，信道指配消息：如果移动台在接收到呼叫确认消息之后的 12 秒之内没有收到信道指配消息，移动台会自动返回到空闲状态。该时间常数叫做 T_{42m} 。
 - 3) 阶段 3，确认前向业务信道：移动台在接收到信道指配消息之后必须马上获取前向业务信道。IS-95A 允许的获取业务信道的时间为 200ms，在 IS-95B 中该时间限制延长到了 1m。该时间常数叫做 T_{50m} 。
 - 4) 阶段 4，BS 发送业务信道确认消息。如果该确认消息没有在 2s 内接收到，移动台会重新初始化。该时间常数叫做 T_{51m} 。

9.1.7. 各种情况的分析

9.1.7.1. 没有接收到呼叫请求确认

呼叫请求次数达到最大限制：

- 移动台的发射功率比较低。检查移动台最后几次呼叫请求试探序列的发射功率是否达到最大值。如果并没有达到最大，说明有可能是接入参数设置不太合理。与之有关的接入参数有：
 - INIT_PWR
 - NOM_PWR
 - PWR_STEP
 - NUM_STEP
 - MAX_REQ_SEQ
 - MAX_RSP_SEQ
- 移动台的发射功率很高。如果移动台在呼叫发起时允许发射最大发射功率，但是仍然没有接收到确认消息，这种情况比较复杂。

接入信道冲突：呼叫请求消息在基站端必须要有足够高的 E_b/I_o 才会被成功检测。如果干扰太高则基站不可能成功解调该消息。当多个用户在同一接入信道上发送呼叫请求时，有可能会发生冲突。可以调整以下的参数来减少冲突的发生：

- o ACC_TMO: Acknowledgment Time-out
- o PROBE_BKOFF: Probe Backoff
- o BKOFF: Backoff
- o PN Randomization Delay

基站没有检测到接入请求（ E_c/I_o 足够高）：

1) 链路不平衡。

如果强干扰阻塞了反向链路，反向链路的覆盖范围会收缩，而前向链路的覆盖并不受影响。如果设备商并没有提供小区呼吸算法（随着反向覆盖范围的变化来调制前向覆盖），那么很容易造成前反向覆盖的不平衡。

如果导频信道增益太高也会造成链路的不平衡。如果导频信道的增益设置得太高，那么前向链路的覆盖范围有可能会超过移动台发射机的覆盖范围。移动台检测到了很强的导频，但是呼叫请求却会因为链路不平衡而不能被检测到。一般来说，导频信道增益是一个常数，如果移动台的呼叫请求总是得不到确认消息那么很有可能是导频增益太高造成的，别的原因造成的链路不平衡可能只是暂时的。

2) 基站搜索的问题。

在反向覆盖很强的情况下，有可能呼叫请求仍然不能被检测到，可能是因为基站设备的搜索程序造成的。由于接入信道消息到达的随机性，基站有可能在这个时间检测到了呼叫请求，却在别的检测不到。造成的原因可能是以下几个：

- o 接入信道搜索窗口太窄；
- o 分配给接入信道的搜索解调单元性能不是很强；

- o 从一个相位偏移到另外一个相位偏移的转换时间太长；

3) 接入参数设置不合理。

在 BTS 中有可能为接入信道发送的消息分配一个或者几个信道单元。但是如果参数设置不合理的话，这些信道单元可能不能积累足够的能量来做出判断；需要调制的参数是 PAM_SIZE：

Preamble 可能太短。

呼叫请求次数没有达到最大限制：

- 导频强度太低（System Lost）：如果呼叫请求次数没有达到最大限制，有可能在接入过程中发生了系统丢失。在接入的初始阶段移动台继续监听寻呼信道，并且激活 T_{40m} 计时器，接收到寻呼信道的消息后将该计时器清零；如果该计时器溢出则系统丢失，移动台返回空闲状态接入失败。如果在空闲状态中移动台接收到上一次呼叫请求回应的信道指配消息移动台将拒绝。所以如果移动台拒绝接收到的信道指配消息，可能就意味着移动台在接入过程中发生了系统丢失。

接入和切换冲突：在接入过程中不允许进行切换。如果移动台在接入的过程中朝远离服务小区的方向移动可能会发生系统丢失，从而导致接入失败。如果移动台在接入失败后重新初始化或者切换到邻集中的一个新的导频上就意味着发生了接入过程拒绝切换的情况。如果接入过程太慢或者空闲切换区域太小都会造成这种情况。

- 空闲切换区域太小：如果服务小区的导频信号衰减太快（例如 5-6dB/sec），对应移动台来说仅仅有一个短暂的时间来进行空闲切换，而接入过程的持续时间很可能会比这个时间段要长。
- 接入过程太慢：如果移动台的移动速度很快（例如，在高速公路上的时速超过 60Km），如果接入过程太慢的话，移动台在服务小区覆盖很好的地方发送呼叫请求，但是却很快到达服务小区的覆盖边缘。在接入请求的初始阶段空闲切换是不允许的。导致接入过程太长的参数主要有以下一些：

-
- ❖ PWR_STEP
 - ❖ ACC_TMO
 - ❖ Probe backoff
 - ❖ Sequence backoff
 - ❖ Persistence values

错过空闲软切换：如果很强的可用导频没有被列入邻集列表，那么移动台可能就进行接入请求之前没有进行空闲切换。在这种情况下很容易会造成接入过程中的系统丢失。

- 导频强度很高：系统丢失（寻呼信道失败）

导频相位污染：如果导频相位分配不合理会导致不同基站的多径信号落入同一个搜索窗口内致使移动台不能区分；从而不能成功解调目标信号。导频相位污染包括相同导频相位污染和相邻导频相位污染。

寻呼信道增益太小：寻呼信道的功率必须根据导频信道的功率大小来设置，如果寻呼信道的功率太小前向覆盖将受限于寻呼信道。

9.1.7.2. 没有接收到信道指配消息

IS-95A 和 J-STD-008 中规定移动台只有 12s 的时间等待信道指配消息，如果信道指配消息没有在规定时间内到达，移动台会返回空闲状态。该 12s 的常数称为 T_{42m} 。

信道指配消息已经被发送：

如果基站已经发送了信道指配消息，有可能并没有被移动台接收到。有可能移动台在接入过程中发生了系统丢失已经返回了空闲状态。移动台在空闲状态下接收到信道指配消息并将其拒绝的现象说明了移动台在接入过程中发生了系统丢失。关于系统丢失的原因已经前面讨论过。

信道指配消息没有被发送：

- 前一次呼叫没有拆链：如果移动台的链路释放消息 BS 没有接收到或者在路由中丢失，交换机会在一段时间内认为移动台仍然处在通话状态。

在这种情况下，如果用户在结束通话之后很快发起第二次呼叫，那么交换机不会为移动台分配第二条业务信道。

- 容量不足：当基站不再有信道单元或者剩余的信道单元是为软切换预留的时候意味着资源已经用尽，基站将拒绝为移动台分配业务信道。这种情况应该归类为呼叫阻塞，而不是起呼失败。在这种情况下，基站向移动台发送 Intrcept Order 或者 Re-Order Order，移动台将结束呼叫请求返回空闲状态。

9.1.7.3. 移动台没有成功获得前向业务信道

一旦接收到信道指配消息，移动台必须立刻获取前向业务信道；基站在前向业务信道上发送空业务来让移动台获得该信道。如果移动台在 200ms 内没能成功搜索到该信道，将放弃继续搜索。在下面的几种情况下有可能造成移动台获取前向业务信道不成功：

导频强度 E_c/I_o 足够高：系统丢失（业务信道初始化失败）

- 前向业务信道的增益不够高：基站设备必须确保在发送信道指配消息之前就已经开始发送空业务，否则移动台将什么都搜索不到，很快就放弃呼叫请求。当导频强度足够高时，失败的原因可能是前向业务信道的增益的初始值设置太小。在接入过程中前向功控并没有被激活。
- 导频相位污染：前面已经提到。

导频强度 E_c/I_o 比较低：系统丢失（前向业务信道初始化失败）

如果导频强度比较低（例如， $E_c/I_o < -15\text{dB}$ ），有可能在接入过程中发生系统丢失。如果在这个阶段发生了系统丢失，那么 T_{40m} 不再使用。有可能 T_{50m} 溢出要求移动台重新初始化，而不是返回空闲状态。

9.1.7.4. 移动台没有接收到基站的反向业务信道确认消息

在动台成功获取前向业务信道之后，移动台开始在反向业务信道上发送 preamble，当基站成功获取反向业务信道之后会在前向业务信道上发送确认消息。如果没有在 2m 内接收到该消息，移动台将重新初始化。从基站的日志中可以查出基站是否已经在前向业务信道上发送了确认消息：

基站日志显示基站发送了确认消息：

- 导频强度 E_c/I_o 太低：系统丢失（导频信道失败）
前面已经讨论过。
- 导频强度 E_c/I_o 足够高：系统丢失（业务信道丢失）
前面已经讨论过。

基站日志显示基站并没有发送确认消息：

- 搜索问题：业务信道的搜索窗口有可能与接入信道的搜索窗口不同，如果业务信道的搜索窗口太小可能会导致基站检测不到反向业务信道。
- 覆盖问题：移动台可能已经到了反向覆盖范围之外。
- 功率控制问题：外环功控不合理导致反向链路的发射功率不足。

9.1.7.5. 没有接收到业务连接消息

这部分失败的原因分析与掉话的原因分析相同。因为在这两种情况下移动台都处在业务信道上，闭环功控和切换信令都处在激活状态。

9.2. 掉话原因分析

掉话率是评价 CDMA 网络性能的一个重要准则。

9.2.1. 移动台的掉话机制

移动台接收到坏帧：

当连续接收到 12 个坏帧之后，移动台会关闭它的发射机。在连续接收到 2 个好帧之后会重新启动发射机。

移动台的衰落计时器：

过高的 FER 意味着前向链路很差。移动台设有衰落定时器。定时器的期满值为 T5m（5 秒），该计时器一直在倒计时一直到 0；当接收到连续的 2 个好帧时，计时器重新开始倒计时。如果移动台在回零之前没有接收到连续的两个好帧，那么移动台将重新初始化。

移动台接收确认消息失败：

移动台可能在业务信道上向基站发送消息，并需要基站的确认。如果在发送消息之后的 N1m（在 IS-95A 和 J-STD-008 中设置为 3m，在 IS-95B 中建议设置为 8 秒）时间内没有接收到基站的确认消息，移动台将重新初始化。

9.2.2. 基站掉话机制

基站坏帧机制：

基站有可能也有与移动台类似的“坏帧”机制：当接收到一定数目的反向坏帧之后，前向业务信道不再继续发送信号。具体的细节在 IS-95A 中没有描述。各个设备厂商可能不同。

基站接收确认消息失败：

基站有可能也有与移动台类似的接收确认消息失败机制。具体的细节在 IS-95A 中没有描述。各个设备厂商可能不同。

9.2.3. 掉话分析模版

使用模版的原因：

前面所提到的掉话机制并不能明确地看出究竟是前向链路失败还是反向链路失败或者为什么失败了。为了明确这些因素，我们需要从掉话点向后察看数据。如果利用模版的话，将会很快地确定原因。模版主要是列举各种原因造成的掉话现象（掉话之前的一段时间内一些重要参数的特点），我们只需要比较某一种实际掉话情况与哪一种标准模版列举的情况相近，就会很快地得到掉话的原因。

模版描述的一些特点：

-
- 模版仅列举一些关键的参数
 - 导频强度 E_c/I_o 的单位是 dB。其它参数以 dBm 为单位。

9.2.4. 接入/切换掉话模版

9.2.4.1. 接入/切换掉话的定义

当移动台处于一个小区覆盖边缘时有可能发起呼叫，而此时切换也即将进行，而在 IS-95A 中不支持接入过程中进行切换。如果移动台在接入过程中沿着走出服务小区的覆盖范围的方向走，切换也只能在接入过程结束时才能进行。接入与切换不能同时进行，切换必须等待接入完成之后进行。如果接入过程太长，有可能在切换过程中失败。

9.2.4.2. 接入/切换掉话模版描述

在这种情况下，可以观察到随着移动台接收功率的增加而导频强度 E_c/I_o 在不断减小。这往往表示另外一个强导频在前向链路造成强干扰应该进行切换。当导频强度跌至 -15dB 以下的时候，前向链路的质量会严重下降。如果这种情况发生在接收到信道指配消息之后的 1-2 秒内，很容易发生业务信道初始化失败，移动台将重新初始化。在一个新的导频上进行初始化明确地表明需要进行切换。

当因为干扰很大使导频强度低于 -15dB 时，前向链路的质量严重下降。当前向链路不能成功解调，移动台会关闭发射机，此时的反向闭环功控比特会被忽略。TX_GAIN_ADJ 的幅度保持平坦，一般是正的几 dB。由于移动台的接收功率很高，开环功控会低估移动台所需要发射的功率水平。

9.2.5. 前向干扰掉话（长时干扰）

9.2.5.1. 长时的定义

长时是指持续时间超过移动台的衰落计时器的期满值（例如，大于 5 秒）。

9.2.5.2. 长时前向干扰掉话模版描述

在前向链路干扰造成的掉话中，可以观察到随着移动台接收功率的增加导频强度 E_c/I_o 在不断减小。这往往表示存在干扰源在前向链路造成强干扰。当因为干扰很大使导频强度低于 -15dB 时，前向链路的质量严重下降。当前向链路不能成功解调，移动台会关闭发射机，此时的反向闭环功控比特会被忽略。

TX_GAIN_ADJ 的幅度保持平坦，一般是正的几 dB。由于移动台的接收功率很高，开环功控会低估移动台所需要发射的功率水平。

9.2.5.3. 干扰源

CDMA 的自干扰（切换失败）：

如果移动台马上在另外一个导频上进行初始化，那么掉话是因为切换失败，这是前向链路干扰造成掉话的最普遍的情况。

外部干扰：

如果移动台掉话后进入长时间的搜索模式中（超过 10 秒），那么造成很高的 FER，从而导致掉话的干扰源不可能是 CDMA 中的可用导频信号（例如，可能是微波发射机）。

9.2.6. 前向干扰掉话（短时干扰）

9.2.6.1. 短时的定义

短时是指持续时间低过移动台的衰落计时器的期满值（例如，小于 5 秒）。

9.2.6.2. 短时前向干扰掉话模版描述

在前向链路干扰造成的掉话中，可以观察到随着移动台接收功率的增加导频强度 E_c/I_o 在不断减小。这往往表示存在干扰源在前向链路造成强干扰。当因为干扰很大导频强度低于 -15dB 时，前向链路的质量严重下降。当前向链路不能成功解调，移动台会关闭发射机，此时的反向闭环功控比特会被忽略。

TX_GAIN_ADJ 的幅度保持平坦，一般是正的几 dB。由于移动台的接收功率很高，开环功控会低估移动台所需要发射的功率水平。

如果这种情况的持续时间很短（不超过 5 秒），移动台的衰落计时器可能会重新启动，掉话不会发生。如果导频强度在 5 秒内恢复到 -15dB ，但是

TX_GAIN_ADJ 的幅度仍然保持水平，这表示移动台的发射机并没有启动，衰落计时器仍然在计时。当计时器溢出时，移动台重新初始化。发生这种情况是因为基站的掉话机制比移动台的反应要快（例如，是在 2 秒内而不是 5 秒内）。当导频恢复时基站已经停止在业务信道上发射信号，一般来说在这种情况下，移动台会在同一个导频上重新初始化。

9.2.6.3. 干扰源

CDMA 的自干扰（切换失败）

外部干扰

9.2.7. 前反向链路不平衡导致的掉话

9.2.7.1. 模版的描述

在这种情况下，很强的导频信号意味着前向链路很好，而移动台的发射功率却已经调整到了最大，这说明反向链路很差。这两项指标说明了存在前反向链路的不平衡。经过一定的时间（例如，3-5m），基站将放弃反向业务信道，并且停止发送前向业务信号。当然此时，移动台的前向业务 FER 变得极高，很快会关闭发射机，参数 TX_GAIN_ADJ 的幅度变得平坦。

9.2.7.2. 不平衡的原因

反向链路阻塞

分配给导频的功率比例过高

9.2.8. 覆盖不好造成的掉话（长时覆盖不好）

9.2.8.1. 模版的描述

导频强度 E_c/I_o 与移动台接收功率同时下降是这种掉话的显著特征。当导频强度低于 -15dB 时，前向链路的质量严重下降。当前向链路不能成功解调，移动台会关闭发射机，此时的反向闭环功控比特会被忽略。TX_GAIN_ADJ 的幅度保持平坦，它的大致范围一般在 $0\sim-10\text{dB}$ 的范围。在负载很重的小区内，可能会更高。

如果这种情况持续时间很长（超过 5 秒），那么移动台的衰落计时器将在到达 5 秒时超时溢出，移动台将重新初始化。这时候，移动台进入一个长时间的搜索模式（例如，大于 10 秒）。在掉话之前，移动台的发射功率一般接近最大值限制。当移动台关闭发射机的时候，从分析工具看到的发射功率大小的记录和显示值仍然保持不变（虽然实际上发射机已经被关闭了）。此时移动台的接收功率基本上接近-100dB 或者更低。

9.2.9. 覆盖不好造成的掉话（短时覆盖不好）

9.2.9.1. 模版的描述

导频强度 E_c/I_o 与移动台接收功率同时下降是这种掉话的显著特征。当导频强度低于-15dB 时，前向链路的质量严重下降。当前向链路不能成功解调，移动台会关闭发射机，此时的反向闭环功控比特会被忽略。TX_GAIN_ADJ 的幅度保持平坦，它的大致范围一般在 0~-10dB 的范围。在负载很重的小区内，可能会更高。

如果这种情况出现时间很短（小于 5 秒），移动台的衰落计时器有可能在掉话之前重新启动。如果导频强度在短于 5 秒的时间内恢复到-15dB 以上，但是 TX_GAIN_ADJ 的幅度仍然保持平坦，说明移动台的发射机并没有重新启动。衰落计时器仍然在继续倒计时。当衰落计时器在 5 秒时溢出时移动台重新初始化。发生这种情况是因为基站的掉话机制比移动台的反应要快（例如，是在 2s 内而不是 5 秒内）。当导频恢复时基站已经停止在业务信道上发射信号。在掉话之前，移动台的发射功率一般接近最大值限制。当移动台关闭发射机的时候，从分析工具看到的发射功率大小的记录和显示值仍然保持不变（虽然实际上发射机已经被关闭了）。此时移动台的接收功率基本上接近-100dB 或者更低。

9.2.10. 业务信道发射功率受限造成的掉话

9.2.10.1. 模版的描述

在前向链路中分配给业务信道的功率和反向链路设置的 E_b/N_o 目标值都限定在一定的范围内。当这些参数设置太低，业务信道不允许足够大的功率开保持前向链路，在这种情况下，即使导频可用，也有可能发生掉话。

9.2.10.2. 当前向链路首先失败

在业务信道受限所导致的掉话中，可以看到导频强度和移动台的接收功率都在可接受的门限之上(例如，导频的 E_c/I_o 大于 -15dB ，移动台接收功率大于 -100dB)。在这种情况下，TX_GAIN_ADJ 会在 5s 内保持水平，之后移动台重新初始化。这表明前向业务信道能量不足使移动台不能成功解调，关闭了发射机。既然导频强度足够，我们可以断定前向业务信道的发射功率受限（前向业务信道配置的最大发射功率受限）或者已经被停止发送。当移动台的衰落计时器在 5 秒之后溢出时移动台重新初始化。在同一个导频信道上初始化明确地表明掉话的原因是前向业务信道太弱。

9.2.10.3. 当因反向链路受限而失败

基站设置的反向业务信道 E_b/N_o 目标值是反向信道的一个限制。当基站所接收到的反向业务信道的能量达不到一定的值，基站将掉话，从而中断前向业务信道的发送。现象与前面所描述的前向链路首先失败相同。

9.3. 切换失败原因分析

前一部分描述了掉话的分析模版。软切换失败是导致掉话失败的主要原因。在这一部分中将分析导致切换失败的主要原因。与切换失败的一些主要因素有：

- 切换保护算法
- 许可控制算法
- 切换信令
- 硬切换技术及参数

9.3.1. 导频强度的指示功能

切换失败的一个重要标志是服务小区的 E_c/I_o 太低，而别的导频则很强。可以从以下几点看出：

在一个新的导频上重新初始化：

当移动台在导频 A 上发生系统丢失，然后很快在导频 B 上重新初始化，可能说明导频 B 足够强应该在此之前进行切换。

后处理：

通常从邻集的搜索结果中可以看出比较强的导频。

PSMM（导频强度测量消息）：

从 PSMM 可以看出可用的较强的导频。

导频扫描：

如果以上的方法都看不出可用的导频，那么对所有导频进行搜索的结果是最后的一种方法。

9.3.2. 切换过程

9.3.2.1. 导频强度测量消息 Pilot Strength Measurement message

PSMM（导频强度测量消息）是移动台发送给基站以通知基站可检测导频的强度发生的重要变化。例如当检测到邻集或剩余集中的某一个导频强度超过 T_{ADD} 时。

9.3.2.2. 切换指示消息 Handoff Direction Message

基站可能会根据接收到的导频强度测量消息来指示移动台进行某种方式的切换。

9.3.2.3. 切换完成消息 Handoff Completion Message

当完成切换时，移动台会发送切换完成消息以通知基站。

9.3.3. 切换失败

前面已经提过切换分好几种情况，这里所分析的仅仅是在同一频率上的软切换和不同频率上的硬切换。

9.3.4. 软切换失败情况 1：资源分配问题

系统必须保证有足够的资源来支持软切换，但最终有可能所有的资源都用尽了。

可能的原因：

- 呼叫阻塞门限
- 切换阻塞门限
- T_DROP 太低
- T_TDROP 太高
- 切换允许算法的有效性太差

9.3.5. 软切换失败情况 2：切换信令问题

假设系统有可用资源而且切换允许算法没有对软切换造成干扰，那么切换是否成功还依赖于切换信令消息是否及时地发送和接收。

9.3.5.1. 强的可用导频没有被检测到

当移动台检测到强的可用导频时会向基站报告，但是如果移动台不能及时检测到可用导频或者根本就没有检测到，那么切换就不会及时进行。

强导频没有被检测到的可能原因是：

- 搜索窗口太小，不能检测到所有强的多径。
- 加入门限问题。如果软切换加入门限设置太高，那么在移动台检测到可用导频时不会向基站报告。
- 移动台的导频搜索速度太慢。在某一地点进行导频扫描可用检测到可用的导频，如果移动台并没有检测到这个导频，说明移动台的导频搜索过程可能太慢。影响移动台导频搜索速度的可能是系统参数，也可能是手机本身的问题。

-
- o 相邻导频集的搜索过程太慢。如果移动台没有及时检测到的这个可用导频存在于邻近列表消息中，那说明是相邻导频集的搜索速度太慢。
 - o 相邻导频集管理问题。如果该导频没有列入邻近列表消息，那需要移动台从剩余导频集中来搜索。这样是不合理的，需要重新对该基站的邻近列表进行分析。将相邻的小区加入邻集有一定的原则，如果出现这样的问题，说明需要重新检查该原则是否合理。一般来说邻集列表的长度不要超过 15，如果太长就会引起搜索速度的问题。导频搜索就可用来辅助完成该项工作。
 - o 移动台的导频搜索算法问题。
 - o 邻集列表有冗余。
 - o 导频搜索窗口太宽。
 - o PILOT_INC 太小。
 - o 移动台的相邻导频集溢出。

9.3.5.2. 反向链路恶化

既然主服务小区的导频在不断变差，那么切换信令必须及时。如果反向链路的迅速变差，那么基站有可能根本就没有收到 PSMM，从而导致切换失败。

9.3.5.3. 前向链路恶化

如果前向链路变差，那么移动台可能接收不到切换指示消息，从而导致切换失败。

9.3.6. 利用 Pilot Beacon 指示硬切换

如果利用 Pilot Beacon 来进行硬切换，失败的原因与上面所提到的软切换的失败原因相近。另外，硬切换中的一些参数是软切换中没有涉及到的，如果这些参数设置不合理，有可能也会造成硬切换的失败。这些参数是：

- NOM_PWR
- NUM_PREAMBLE

9.4. FER 分析

话音质量是一个非常主观的量，很难进行客观评价。然而话音质量在很大程度上是与误帧率有关的，而误帧率则可以进行客观的测量。当系统的误帧率高于目标值时，需要对系统性能进行细致的分析以查明原因。

9.4.1. 前向链路高 FER 原因分析

9.4.1.1. 目标 FER

前向链路 FER 的目标值或者说期望值一般是一个可以设置的值。当系统的性能低于目标水平时，需要进行性能分析以确认产生原因。

9.4.1.2. 前向链路功控

当数据速率是 9600bps 时：

当使用 9600bps 的数据速率时，用户需要通过功率测量报告消息（Power Measurement Report Message）向基站报告错帧的数目。移动台是否发送该消息取决于基站，它可以是基于门限触发（例如当误帧到达一定的数目）也可以是周期性触发（例如每收到 100 个帧报告一次）。

当数据速率是 14400bps 时：

当数据速率是 14400bps 时，允许采用快速功控。

9.4.1.3. 原因 1：前向业务信道太差

当前向链路的 FER 很高的时候，移动台的接收功率和导频 E_c/I_o 都很高，说明可能是前向业务信道太差。导频信号很强说明移动台在覆盖范围内。在这种情况下，业务信道差的原因可能是前向功控的反应速度太慢或者 CDMA 的前向链路相关性干扰太高。

- 前向链路功控的反应速度太慢。既然导频信号很强，那么有可能是分配给前向业务信道的功率不足。前向链路的功率控制算法各个设备厂商不同，有可能算法的反应速度太慢。但是一般来说，运营者可以对分配给业务信道功率的比例进行调节。

-
- 业务信道的最大增益太低。如果业务信道的最大增益太低，系统将不允许为前向业务信道分配足够的功率。
 - 基站已经终止前向业务信道。当反向链路失败的时候，基站将终止前向业务的发送。
 - 相关干扰太大。这是由导频相位分配不当导致的。当来自不同基站的多径信号落在移动台的同一个导频搜索窗口内，使导频的 E_c/I_o 很高。但是业务信道合并来自不同的两个呼叫信号的时候会导致很高的 FER。这种情况在前面讨论过。

9.4.1.4. 原因 2：导频信号太差

导频信号太差说明已经发生了系统丢失，在这种情况下移动台的接收功率可能高也可能低。

- 切换失败：在移动台的呼叫过程中有可能需要切换到另外一个小区，如果必需进行软切换时失败了，会造成很高的误帧率，从而导致掉话。在这种情况下误帧率的升高是因为切换失败。关于切换失败前面已经讨论过。
- 确认失败：这里所说的确认失败是指移动台没能检测到比较强的多径信号。这种情况的特征是导频信号很低，移动台的接收功率或者很高或者很低。原因分析如下：
 - 搜索窗口问题。如果搜索窗口很小，会导致移动台搜索不到落在搜索窗口之外的比较强的多径。
 - 前向链路干扰。如果接收功率很高，而且搜索窗口很大，有可能是有比较强的干扰落在了搜索窗口之内。
 - 覆盖问题。如果导频信号和业务信号的强度都很低，说明移动台在呼叫的过程中可能已经走出了系统的覆盖范围。

9.4.2. 反向链路高 FER 原因分析

9.4.2.1. 反向链路干扰太大

当反向链路的干扰信号增大到一定的水平时业务信道的信噪比严重恶化，从而不能成功解调。反向链路的干扰源有：微波系统的直射路径或者是不可控制的来自 CDMA 其它用户的干扰。

9.4.2.2. 反向业务信道功率不足

- 移动台的发射机已经被关闭：在 IS-95 中规定，如果移动台连续收到 12 个坏帧会关闭发射机。
- 反向外环功控的问题。对应反向业务信道的功率控制是基于传播环境的。如果要求移动台的功率增加太快，可能会导致外环功控跟不上。可以对外环功控的速度加以控制。
- 前反向链路不平衡。如果导频信道很好，而反向业务信道很差，可能是前反向链路不平衡。
- 基站搜索问题。如果基站的搜索窗口太小，可能会检测不到比较强的多径。

9.4.2.3. 系统覆盖问题

移动台有可能在呼叫过程中走出了系统的覆盖范围。前面已讨论过。

9.4.2.4. 切换失败

有关切换失败前面已讨论过。

附录：参考书目

- 1) QUALCOMM, “CDMA System Engineering Training Handbook” ,
January 1994
- 2) QUALCOMM, “The CDMA Networking Engineering Handbook”,
November 1992
- 3) 孙立新，刑宁霞， “ CDMA 移动通信技术 “，人民邮电出版社
- 4) “800MHz CDMA 数字蜂窝移动通信网空中接口技术要求（暂行规定）
“

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装



该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>