GSM 原理及其网络优化

第 2 版

韩斌杰　杜新颜　张建斌　编著

吴俊岭　审校

机 械 工 业 出 版 社

本书主要从 GSM 原理和网络优化的角度出发，首先通过对 GSM 移动通信系统的组成、优化流程、无线接口理论的介绍，使得用户对 GSM 网络原理有一定的理论基础。随后通过对呼叫处理流程的分析、信令协议的介绍，将 GSM 的 BSS 部分和 NSS 部分有机地结合起来，使得读者对移动台和网络针对各种通信需要的信令传输过程有了一个全面、深入的认识，这一部分是 GSM 网络优化所必备的理论知识，对于初学者来说该部分有一定的深度和难度，需要逐步地在实践中去摸索才能深刻理解。接着较为详细地介绍了和网络优化实践操作相关的知识，包括常用参数的优化调整、网络优化中应注意的部分问题、网络故障的处理、直放站相关知识、网络测试、交换优化等，这一部分是 GSM 网络优化理论的应用和实践。本书附有大量实例，可以使读者在面对各种疑难的网络故障时找到解决问题的突破口。最后介绍了 3G 引入后对 2G 的影响，可以使读者对 2G/3G 协同优化的重点和难点有一个初步的认识。

本书较侧重于实用性，对于广大从事 GSM 网络规划、优化、维护、研究和管理等人员有较强的可读性。

图书在版编目（CIP）数据

GSM 原理及其网络优化 / 韩斌杰，杜新颜，张建斌编著.
—北京：机械工业出版社，2009.1（2009.4 重印）
ISBN 978-7-111-09111-0

Ⅰ.G… Ⅱ.①韩…②杜…③张… Ⅲ.时分多址—移动通信—通信网 Ⅳ.TN929.532

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 192912 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
责任编辑：吉 玲（E-mail：jiling@mail.machineinfo.gov.cn）
责任印制：乔 宇
北京四季青印刷厂印刷（三河市兴旺装订厂装订）
2009 年 4 月第 2 版第 2 次印刷
184mm×260mm・22.75 印张・729 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-09111-0
定价：43.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：（010）68326294
购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643
编辑热线电话：（010）88379768
封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

本书第 1 版自出版以来已经重印 9 次，深受从事 GSM 网络规划、网络优化、网络维护、通信研究、设计等专业人员所喜爱，并得到了他们的肯定，在此对广大读者对本书的厚爱表示衷心的感谢。

GSM 技术经过这几年的发展已经进入了十分成熟的阶段，为了进一步充实、丰富、完善本书的内容，作者结合生产实践在第 1 版的基础上对本书进行了修订，增加的章节分别是：第 3 章的 3.7 节短消息流程分析、第 8 章直放站原理及工程、第 9 章网络测试、第 10 章交换优化及第 11 章 3G 引入后对 GSM 网络优化的影响，并对第 5 章、第 7 章和部分图表进行了修订。

新增部分的主要内容如下：第 8 章主要阐述了部分常见直放站和塔放的工作原理以及直放站的工程建设；第 9 章讲述了网络质量评估的主要内容及网络测试的内容和优化案例；第 10 章介绍了交换优化的基础知识、优化分析手段以及交换无线协同优化的主要内容；第 11 章以 WCDMA 为例，介绍了 3G 与 2G 协同优化的原则和案例。其中第 8 章和第 9 章由张建斌编写，第 10 章和第 3 章 3.7 节由杜新颜编写，其余部分由韩斌杰编写。全书由吴俊岭负责审校。此外，江振波也对本书的修订提出了许多有价值的建议，在此表示感谢。

由于作者水平的限制，本书难免有不妥及差错之处，恳请读者指正。

作　者

第 1 版前言

GSM 是一个开放的标准系统，自 1992 年投入商用以来，GSM 标准得到不断验证，而且稳步发展，现已到了 2+阶段。这一阶段的核心问题就是数据通信，包括承载业务和 115kbit/s 分组交换数据业务，另外，GSM 将成为最复杂的移动电话系统——覆盖整个地球的卫星系统的基础。GSM 正在不断进入新的应用领域，如开发微蜂窝、微微蜂窝基站，为室内商业环境提供无缝无线接入。

GSM 系统一开始就是从数字化的角度进行设计的，系统采用了模块化结构，若需要提供新业务，只要进行版本升级，增加部分必要的模块，不需对系统进行大的更换，也不用进行大规模的网络重新规划，具有很大的便利性。

为适应因特网和多媒体通信发展的需要，具有更宽带宽、更高速率的第三代移动通信应运而生，国际电联将其称为 IMT2000。第三代技术，使用 WCDMA 空中接口，基于 GSM 网络结构，能利用现有 GSM 基础设施，提供与现有网络完全兼容的高速数据业务，因此，GSM 标准具有非常光明的前景。

随着我国国民经济的提高，人们的消费意识也在发生着翻天覆地的变化，用户对移动网络性能的要求已经越来越高。而且随着我国改革的深入，不同网络运营商之间的竞争也越来越激烈。因而网络质量的好坏已经越来越被人们所重视，这就要求网络维护工作者们将工作重点从以前单纯的设备维护转移到更高层次的网络优化上来，而目前市场上关于 GSM 网络优化的书籍却少之又少，这就远远不能满足网络优化工作者们的需要。本书就是针对这种情况，根据笔者从事移动通信网络优化工作的多年实践经验和理论研究，特意编写而成的，希望能给大家在日后的工作中提供一些参考。

本书系统全面地介绍了 GSM 数字移动通信的基本原理、主要技术，重点倾向于网络优化技术，并结合 GSM 网络共性和突出的疑难问题进行分析解决，具有理论性和应用性相结合的特点。并且通过对信令的详细阐述，将交换网络和基站网络有机地结合起来，有助于让读者对整个移动网络有全面性的认识，以便在网络出现故障时，能准确地进行故障定位，并确定优化措施。全书共分为七章，第 1 章 GSM 移动通信系统及优化概述，主要介绍了 GSM 系统的构成及网络优化的流程；第 2 章 GSM 无线接口理论，主要介绍了无线接口的主要技术，如时分多址技术、跳频技术、源数据的传输过程、DTX 技术等等；第 3 章呼叫处理过程分析，主要介绍了移动台和网络之间信令的主要流程分析，如小区的选择和重选过程、MS 主叫信令流程分析、被叫信令流程分析、位置更新信令流程分析、切换信令流程分析、无线链路的控制等等；第 4 章信令协议，主要介绍了 GSM 系统的内部接口以及与其他网络的接口所使用的信令协议，还介绍了 GSM 信令网结构、信令网路组织、信令点编码方案等等；第 5 章参数优化，主要介绍了主要系统参数及工程参数的设置原则及优化方案；第 6 章 GSM 优化应注意的部分问题，主要介绍了 GSM 比较深层的原理以及网络优化过程中应注意的部分事项，本章较侧重于网络优化理论的应用；第 7 章网络故障分析，在本章中主要介绍了在网络优化过程中常见的故障分析并提出具有针对性的故障处理和网络优化方法以及用户投诉热点问题的分析。本书还有四个附录，列出了 GSM 常见缩写的含义、各种呼叫处理信令流程的附图、各种信令报文和 MAP 业务的主要内容和功能及系统计时器的介绍。本书主要适合从事 GSM 数字通信规划、网络优化、研究、设计和维护的工程技术人员与管理人员进行参考。

笔者在编著本书过程中，借鉴了大量国内外关于 GSM 的行业标准、技术文件及资料，并结合了笔者在从事 GSM 网络优化的理论研究和实践中所总结出的经验。同时，郭强、柳延强、尚建书同志也为此书出版作出了大量工作，在此表示由衷的感谢。由于笔者水平有限而且时间仓促，书中错漏在所难免，希望广大同行专家指正。

编著者

目　　录

第 2 版前言
第 1 版前言
第 1 章　GSM 移动通信系统及优化概述 …… 1
1.1　GSM 数字移动通信的发展 …… 1
1.2　GSM 数字移动通信系统 …… 2
1.2.1　GSM 系统的基本特点 …… 2
1.2.2　GSM 系统的组成 …… 2
1.2.3　GSM 系统的业务功能 …… 4
1.3　GSM 系统的编号计划 …… 6
1.3.1　移动用户号码（MSISDN） …… 6
1.3.2　国际移动用户识别码（IMSI） …… 7
1.3.3　临时移动用户识别码（TMSI） …… 7
1.3.4　移动用户漫游号码（MSRN） …… 7
1.3.5　位置区识别码（LAI） …… 7
1.3.6　全球小区识别码（CGI） …… 8
1.3.7　基站识别色码（BSIC） …… 8
1.3.8　国际移动设备识别码（IMEI） …… 8
1.4　GSM 系统的移动网络功能 …… 9
1.5　GSM 网络优化 …… 9
1.5.1　网络优化的概念 …… 9
1.5.2　网络优化的安排及实施 …… 10
1.5.3　日常优化措施 …… 13
1.5.4　无线网络质量测试 …… 14
第 2 章　GSM 无线接口理论 …… 15
2.1　工作频段的分配 …… 15
2.1.1　我国 GSM 网络的工作频段 …… 15
2.1.2　频道间隔 …… 15
2.1.3　频道配置 …… 15
2.1.4　干扰保护比 …… 16
2.2　时分多址技术（TDMA） …… 16
2.2.1　TDMA 信道的概念 …… 16
2.2.2　TDMA 帧 …… 18
2.2.3　突发脉冲序列（Burst） …… 18
2.2.4　逻辑信道与物理信道之间的对应关系 …… 20
2.2.5　系统消息介绍 …… 22
2.3　移动环境中的电波传播 …… 23
2.3.1　陆地移动通信环境的特点 …… 23
2.3.2　信号在无线路径上的衰落 …… 23

2.3.3 无线信号的传播损耗 …… 26
2.3.4 信号传播的其他特性 …… 27
2.3.5 分集接收 …… 27
2.4 移动台和基站的时间调整 …… 28
2.5 跳频技术 …… 29
2.5.1 跳频的种类及各自实现的方法 …… 29
2.5.2 跳频的优点 …… 30
2.5.3 跳频序列 …… 30
2.6 源数据的传输过程 …… 31
2.6.1 语音编码 …… 31
2.6.2 信道编码 …… 32
2.6.3 交织技术 …… 33
2.6.4 突发脉冲的形成 …… 35
2.6.5 加密 …… 35
2.6.6 调制和解调 …… 35
第 3 章 GSM 主要信令过程分析 …… 36
3.1 小区的选择与重选 …… 36
3.1.1 过程描述 …… 36
3.1.2 小区选择过程 …… 36
3.1.3 小区重选过程 …… 37
3.1.4 网络对处于空闲模式下 MS 的影响 …… 38
3.1.5 不连续接收模式 DRX 和寻呼信道的定义 …… 38
3.2 立即指配程序 …… 39
3.2.1 信道申请 …… 39
3.2.2 初始信道的分配 …… 40
3.2.3 初始化报文 …… 42
3.2.4 立即指配程序中遇到的异常情况 …… 42
3.3 鉴权加密过程 …… 43
3.3.1 鉴权过程 …… 44
3.3.2 加密程序 …… 45
3.3.3 TMSI 再分配程序 …… 47
3.3.4 识别程序 …… 48
3.3.5 IMSI 分离程序（IMSI DETACH） …… 49
3.4 位置更新 …… 49
3.4.1 位置区的概念 …… 49
3.4.2 位置更新的概念 …… 50
3.4.3 正常位置更新流程（越位置区的位置更新） …… 50
3.4.4 IMSI 附着过程 …… 51
3.4.5 周期性位置更新过程 …… 51
3.4.6 一般位置更新程序概述（规范） …… 52
3.5 MS 主叫信令流程分析 …… 54
3.5.1 呼叫建立程序 …… 54
3.5.2 呼叫释放过程 …… 59

3.6 MS 被叫信令流程分析 …… 61
3.6.1 查询过程 …… 61
3.6.2 寻呼过程 …… 62
3.6.3 被叫的呼叫建立过程 …… 63
3.6.4 呼叫转移等补充业务对路由建立的影响 …… 64
3.7 短消息流程分析 …… 65
3.7.1 概述 …… 65
3.7.2 短消息中心 …… 65
3.7.3 手机提交短消息流程 …… 65
3.7.4 手机接收短消息流程 …… 66
3.7.5 Alert_SC 流程 …… 67
3.8 无线链路控制 …… 68
3.8.1 无线链路故障 …… 68
3.8.2 呼叫重建 …… 70
3.9 切换 …… 73
3.9.1 切换过程 …… 73
3.9.2 切换准备 …… 73
3.9.3 触发切换的原因 …… 75
3.9.4 切换的种类 …… 77
3.9.5 切换流程分析 …… 77
3.10 功率控制与不连续发射 …… 85
3.10.1 功率控制 …… 85
3.10.2 不连续发射 …… 87
第 4 章 信令与协议 …… 89
4.1 信令协议概述 …… 89
4.1.1 接口与协议 …… 89
4.1.2 GSM 通信系统内部接口 …… 90
4.1.3 无线接口信令协议 …… 91
4.1.4 A 接口信令协议 …… 91
4.2 链路层信令协议 …… 92
4.2.1 帧结构 …… 92
4.2.2 检错和纠错 …… 93
4.2.3 复用 …… 94
4.2.4 流量控制 …… 94
4.2.5 LAPD 和 LAPDm 帧比较 …… 94
4.3 网络层信令协议 …… 95
4.3.1 BSS 网络层 …… 95
4.3.2 NSS 网络层 …… 98
4.4 GSM 信令网 …… 100
4.4.1 信令网络结构 …… 100
4.4.2 信令网络组织 …… 100
4.4.3 信令点编码方案 …… 101
4.4.4 信令网寻址方式 …… 102

第 5 章 参数优化 …… 103
5.1 概述 …… 103
5.1.1 无线参数调整的类型 …… 104
5.1.2 本章的研究内容 …… 104
5.2 网络识别参数 …… 105
5.2.1 移动国家号（MCC） …… 106
5.2.2 移动网号（MNC） …… 106
5.2.3 位置区码（LAC） …… 107
5.2.4 小区识别（CI） …… 107
5.2.5 网络色码（NCC） …… 108
5.2.6 基站色码（BCC） …… 109
5.3 系统控制参数 …… 109
5.3.1 IMSI 结合和分离允许（ATTACH DETACH ALLOWED，ATT） …… 110
5.3.2 公共控制信道配置（CCCH CONF） …… 111
5.3.3 接入准许保留块数（BS AG BLKS RES） …… 112
5.3.4 寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS） …… 112
5.3.5 周期位置更新定时器（T3212） …… 114
5.3.6 小区信道描述（Cell Channel Description） …… 115
5.3.7 无线链路超时（Radio Link Timeout） …… 115
5.3.8 邻小区描述（Neighbour Cells Description） …… 116
5.3.9 允许的网络色码（NCC PERMITTED） …… 118
5.3.10 最大重发次数（MAX RETRANS） …… 118
5.3.11 发送分布时隙数（TX INTEGER） …… 119
5.3.12 小区接入禁止（CELL BAR ACCESS，CBA） …… 120
5.3.13 接入等级控制（AC） …… 121
5.3.14 等待指示（WAIT INDICATION，T3122） …… 122
5.3.15 多频段指示（Multiband Reporting） …… 123
5.3.16 干扰带门限 1～5 …… 124
5.4 小区选择与重选参数 …… 125
5.4.1 小区重选滞后（Cell RESelection Hysteresis） …… 126
5.4.2 控制信道最大功率电平（MS TXPWR MAX CCH） …… 127
5.4.3 允许接入最小接收电平（RXLEV ACCESS MIN） …… 128
5.4.4 附加重选参数指示（ACS） …… 129
5.4.5 小区重选参数指示（PI） …… 130
5.4.6 小区禁止限制（CELL BAR QUALIFY，CBQ） …… 130
5.4.7 小区重选偏置（CELL RESELECT OFFSET，CRO） …… 131
5.4.8 临时偏置（TEMPORARY OFFSET，TO） …… 132
5.4.9 惩罚时间（PENALTY TIME，PT） …… 133
5.5 网络功能参数 …… 133
5.5.1 功率控制指示（PWRC） …… 134
5.5.2 非连续发送（DTX） …… 135
5.5.3 新建原因指示（NECI） …… 136
5.5.4 呼叫重建允许（RE） …… 136

5.5.5 紧急呼叫允许（EC）……136
5.5.6 跳频参数 1——跳频应用（H）……137
5.5.7 跳频参数 2——移动分配索引位置（MAIO）……137
5.5.8 跳频参数 3——跳频序列号（HSN）……138
5.6 BSS 的部分计时器……138
5.6.1 T3101……138
5.6.2 T3103……139
5.6.3 T3107……139
5.6.4 T3109……139
5.6.5 T3111……140
5.7 切换参数介绍……140
5.7.1 下行链路信号电平切换门限（L RXLEV DL H）……140
5.7.2 上行链路信号电平切换门限（L RXLEV UL H）……140
5.7.3 信号质量下行切换误码率门限（L RXQUAL DL H）……141
5.7.4 信号质量上行切换误码率门限（L RXQUAL UL H）……141
5.7.5 小区内部切换允许指示（INTRACELL USED）……141
5.7.6 邻小区的最小允许接入电平（RXLEV MIN（n））……142
5.7.7 切换容限（HO MARGIN）……142
5.7.8 MS 最大接入范围（MS RANGE MAX HAND）……143
5.8 系统参数表……143
5.8.1 无线资源管理的定时器和计数器……143
5.8.2 移动性管理的定时器……144
5.8.3 电路交换呼叫控制定时器……144
5.9 工程参数的优化……145
5.9.1 天线性能参数的调整……146
5.9.2 小区物理参数的调整……147
5.9.3 频率规划调整……149
5.9.4 小区属性调整……152
第 6 章 GSM 网络优化应注意的部分问题……153
6.1 设置寻呼信道复帧数和接入准许保留块数应注意的事项……153
6.1.1 参数寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）对小区重选算法的影响……153
6.1.2 参数接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）对小区广播消息的影响……154
6.2 呼叫重建的影响……155
6.2.1 呼叫重建对网络容量的影响……155
6.2.2 呼叫重建对掉话的影响……155
6.2.3 呼叫重建的同步……156
6.3 通过参数优化实现话务均衡时应注意的问题……157
6.4 基带跳频与射频跳频……157
6.4.1 基带跳频……157
6.4.2 射频跳频……158
6.5 测量报告的处理……159
6.5.1 对测量报告的处理……159
6.5.2 准则……159

6.6 设立邻小区表和规划 BCC 的原则 …… 160
6.6.1 概述 …… 160
6.6.2 4/12 复用模型 …… 160
6.6.3 1∶3 和 1∶1 分裂小区的规划 …… 161
6.6.4 切换小区表与重选小区表的比较 …… 161
6.6.5 BSIC 的规划 …… 162
6.7 链路平衡 …… 162
6.7.1 上下行链路组成 …… 162
6.7.2 链路预算 …… 162
6.7.3 上下链路平衡在设计上的考虑 …… 163
6.8 射频跳频的规则 …… 164
6.9 信道分配及其优先权 …… 164
6.9.1 信道分配与优先权（BSC 控制） …… 164
6.9.2 排队 …… 165
6.10 双频网优化 …… 167
6.10.1 GSM900/1800 系统介绍 …… 167
6.10.2 双频手机的特点 …… 167
6.10.3 对现有程序的影响 …… 168
6.10.4 双频网层次的划分 …… 169
6.10.5 不同频段电磁波传播特性的差异 …… 169
6.10.6 双频网建设的特点 …… 170
6.10.7 GSM900/1800 话务优化方法 …… 170
6.11 PCH 与 RACH 的控制 …… 172
6.11.1 寻呼命令处理 …… 172
6.11.2 寻呼信道的配置 …… 172
6.11.3 接入请求命令处理 …… 174
6.11.4 接入请求命令重发处理 …… 174
6.12 定义重选邻小区应注意的问题 …… 175
第 7 章 网络故障分析 …… 176
7.1 掉话分析 …… 176
7.1.1 问题描述 …… 176
7.1.2 由于覆盖原因导致的掉话 …… 176
7.1.3 由于切换引起的掉话 …… 178
7.1.4 由设备硬件或系统参数设置不合理引起的掉话 …… 180
7.1.5 由于干扰而导致的掉话 …… 180
7.1.6 由于天馈线原因而导致的掉话 …… 182
7.1.7 由传输故障造成的掉话 …… 183
7.1.8 由于采用直放站而导致的掉话 …… 184
7.2 分配失败率 …… 184
7.2.1 问题描述 …… 184
7.2.2 常见故障分析 …… 185
7.2.3 解决措施 …… 185
7.3 SDCCH/TCH 拥塞 …… 186

7.3.1　问题描述 …… 186
7.3.2　仅 SDCCH 信道有拥塞 …… 187
7.3.3　TCH 信道拥塞 …… 188
7.4　切换失败率分析 …… 191
7.4.1　问题描述 …… 191
7.4.2　常见故障分析和解决措施 …… 192
7.5　切换触发原因所占比例分析 …… 194
7.5.1　下行链路质量触发的切换比例较大 …… 194
7.5.2　上行链路质量切换所占比例较大 …… 195
7.5.3　下行链路电平切换所占比例较大 …… 195
7.5.4　上行链路电平切换所占比例较大 …… 196
7.5.5　距离切换所占比例较大 …… 196
7.6　RACH 接入有效性 …… 197
7.6.1　问题描述 …… 197
7.6.2　常见故障现象 …… 197
7.6.3　常见故障分析 …… 197
7.6.4　故障查找及解决措施 …… 198
7.7　小区没有话务量或切入 …… 198
7.7.1　问题描述 …… 198
7.7.2　常见故障分析及解决措施 …… 199
7.8　射频（RF）优化 …… 199
7.8.1　上、下链路的干扰检测 …… 199
7.8.2　上、下链路平衡验证 …… 200
7.9　长途来话接通率 …… 200
7.9.1　寻呼超时（PAGING TIMEOUT） …… 200
7.9.2　通信链路建立失败 …… 201
7.9.3　主叫用户过早挂机 …… 202
7.9.4　其他原因 …… 202
7.10　基站覆盖范围减小的原因及解决方法 …… 202
7.10.1　基站侧的原因及相应的解决措施 …… 202
7.10.2　其他原因 …… 203
7.11　用户投诉的热点问题分析及解决 …… 203
7.11.1　被叫 MS 有信号，但作被叫时录音通知用户不在服务区 …… 203
7.11.2　MS 有信号，但作被叫时录音通知用户已关机 …… 204
7.11.3　MS 在空闲状态下信号不稳定 …… 205
7.11.4　MS 在通话过程中信号不稳定 …… 206
7.11.5　MS 在通话时的回声问题 …… 206
7.11.6　其他问题 …… 207
7.12　典型疑难案例分析及优化措施 …… 207
7.12.1　案例一 …… 207
7.12.2　案例二 …… 207
7.12.3　案例三 …… 208
7.12.4　案例四 …… 209

7.12.5 案例五 …… 209
7.12.6 案例六 …… 209
7.12.7 案例七 …… 210
7.12.8 案例八 …… 210
第 8 章 直放站原理及工程 …… 211
8.1 概述 …… 211
8.2 直放站 …… 211
8.2.1 无线宽带直放站 …… 211
8.2.2 无线选频直放站 …… 212
8.2.3 微波移频直放站 …… 213
8.2.4 光纤直放站 …… 215
8.2.5 直放站的适用场合 …… 216
8.3 塔顶放大器 …… 217
8.3.1 接收灵敏度与噪声系数、信噪比之间的关系 …… 218
8.3.2 塔顶放大器的作用 …… 219
8.4 直放站工程 …… 219
8.4.1 工程勘测 …… 219
8.4.2 隔离度与自激 …… 220
8.4.3 噪声问题 …… 222
第 9 章 网络测试 …… 224
9.1 网络测试概述 …… 224
9.2 网络评估 …… 224
9.2.1 评估测试内容 …… 224
9.2.2 评估测试方法 …… 225
9.2.3 影响评估的因素 …… 225
9.3 DT 测试与 CQT 测试 …… 226
9.3.1 DT …… 226
9.3.2 CQT …… 226
9.3.3 测试中的通信过程介绍 …… 227
9.4 语音质量评估 …… 230
9.4.1 MOS 评测标准简介 …… 230
9.4.2 MOS 值的优化 …… 232
9.5 网络测试优化与分析 …… 235
9.5.1 网络测试中的优化分析 …… 235
9.5.2 测试中的案例分析 …… 237
第 10 章 交换优化 …… 244
10.1 网络结构优化 …… 244
10.1.1 我国话务网的路由组织 …… 244
10.1.2 话务网路由优化原则 …… 244
10.2 交换优化相关补充业务 …… 245
10.2.1 呼叫等待 …… 245
10.2.2 无条件转移（CFU） …… 245
10.2.3 不可及转移（CFNRc） …… 245

10.2.4　无应答转移（CFNRy）……247
10.2.5　遇忙转移（CFB）……249
10.2.6　来电提醒……250
10.3　交换统计分析……252
10.3.1　处理机负荷统计分析……252
10.3.2　呼叫接通率统计分析……252
10.3.3　中继统计分析……253
10.3.4　信令负荷统计分析……254
10.4　录音通知优化……256
10.4.1　录音通知设置原则……257
10.4.2　呼叫失败原因值与录音通知对应关系……259
10.4.3　录音通知优化实例……261
10.5　交换信令监测及分析……261
10.5.1　信令流程……261
10.5.2　设备自身信令追踪功能……263
10.5.3　交换仪表信令监测……265
10.5.4　信令监测系统……265
10.5.5　信令分析优化实例……267
10.6　短消息优化……271
10.6.1　概述……271
10.6.2　终端相关优化……271
10.6.3　网络侧优化……271
10.7　交换无线协同优化……273
10.7.1　计时器协同优化……273
10.7.2　接续时延优化……275
10.7.3　寻呼优化……277
10.7.4　切换优化……278
第 11 章　3G 引入后对 GSM 网络优化的影响……280
11.1　3G 与 GSM 的互操作原则与策略……280
11.1.1　3G 建设初期的组网策略……280
11.1.2　3G 建设初期与 GSM 的互操作原则与策略……280
11.1.3　切换区与邻区设置的原则……280
11.2　小区重选策略研究……281
11.2.1　3G 至 GSM 的小区重选……281
11.2.2　GSM 至 3G 的小区重选……286
11.2.3　3G 与 GSM 小区重选常见的故障与解决措施……287
11.3　系统间切换策略研究……288
11.3.1　系统间切换原理描述……288
11.3.2　3G 至 2G 系统间切换参数的设置原则……293
11.3.3　3G 至 2G 系统间切换常见的故障与解决措施……297
附录……300
附录 A　呼叫信令流程图……300
附录 B　GSM 系统缩略语词汇……320

附录 C　无线接口消息 …… 336
附录 D　MAP 接口部分业务 …… 347

第 1 章　GSM 移动通信系统及优化概述

1.1　GSM 数字移动通信的发展

移动通信是达到通信最终目的的有效手段，它在商业市场上所具有的巨大潜力已经越来越多地被人们所认识。移动通信并不是一项很新的技术，但它在最近几十年得到了飞速的发展。20 世纪 80 年代初，随着模拟蜂窝技术的引进，移动通信技术向前迈进了一大步。20 世纪 90 年代开始出现了数字移动通信系统，GSM 系统是欧洲在 20 世纪 80 年代设计、1992 年开通的数字移动通信系统。

第一代移动电话网是由人工操作使移动用户和有线网用户相连接。它的终端庞大、笨重而且昂贵，服务区域也仅限于单个发射台和接收站址的覆盖范围。由于它的可用频率很少，因而系统容量很小，并且很快出现饱和，服务质量也随用户数量的增加而迅速下降，甚至达到死锁的状态。

20 世纪 60 年代随着半导体技术的发展，无线系统发展为自动接续系统，成本也开始降低，但其有所增加的容量与用户的需求相比仍然是远远不够，公众无线电话依然是一种奢侈品，只能被一小部分人所使用。

20 世纪 70 年代，大规模集成电路和微处理器件的发展使实现复杂系统成为可能。由于覆盖区域受到发射功率的限制，系统开始改由一个发射台和多个中继接收站所组成，这种复杂配置扩展了系统的覆盖范围。真正的突破是蜂窝系统的建立，在蜂窝系统中有若干个收发信机，而且每个收发信机所覆盖的范围有一部分是重叠的。蜂窝系统的概念如图 1-1 所示。

蜂窝系统采用频率复用的方式增加其容量。在蜂窝系统中，同一频率可以被相距足够远的几个小区同时使用，在增大了系统容量的同时，系统网络和设备的复杂性也大大增加。蜂窝概念由贝尔实验室提出，20 世纪 70 年代世界上几个不同地方的研究人员对其进行了研究。美国第一个 AMPS（Advanced Mobile Phone Service）蜂窝系统于 1983 年在芝加哥开通，在欧洲，电信部门和生产厂家推出了旨在覆盖整个北欧的 NMT 系统，此系统于 1981 年在瑞典投入运行，并很快在挪威、芬兰和丹麦开通。20 世纪 80 年代中期，世界上出现了很多基于上述两种系统的移动通信系统，例如，从 AMPS 中派生的 TACS 系统于 1985 年在英国投入使用。

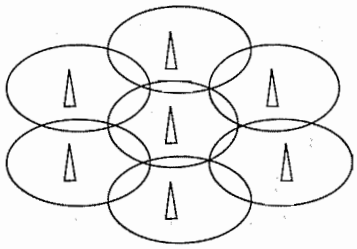


图 1-1　蜂窝系统概念示意图

上述蜂窝系统均是以模拟语音信道传输，采用频率调制，频率在 450MHz 或 900MHz，一般覆盖整个国家，容量在几十万用户左右。欧洲最大的移动网络是英国的网络，它由两个覆盖全国的网络组成，到 1990 年网上用户已过百万。密度最高的是北欧的 NMT 系统，人均拥有量超过 7%，远远高于欧洲平均数字。

移动通信终端设备在 20 世纪 80 年代末得到飞速发展。最初只有车载设备，20 世纪 80 年代中期出现了只有几公斤重的便携式设备，手机大约在 1988 年出现，发展至今，已经出现了重量只有 100～200g 的手机。在重量和体积减小的同时，其价格也迅速下降到大多数人可以接受的水平。

由于不同系统不具有兼容性，用户得到的移动通信只限于某个系统内而不是更广的范围，例如，TACS 终端不能接入 NMT 网，NMT 的终端也不能接入 TACS 网。早在 20 世纪 80 年代初期，当模拟蜂窝移动通信系统刚投放市场时，欧洲的电信运营部门便发觉，5～6 种移动通信系统将整个欧洲的蜂窝系统分割成四分五裂的状态，无法形成快速增长的市场所需求的规模经济。面对这一现状，欧洲电信管理部门（CEPT）成立了一个被称为 GSM 的移动特别小组，开始制定使用于泛欧各国的一种数字移动通信系统的技术规范。新诞生的“GSM”举行第一次会议是在 1982 年 11 月，在斯德哥尔摩，大会主席是来自瑞典电信管理部门的 Thomas Haug，11 个国家的 31 位代表出席了这次会议。

1990 年，由英国提出将 1800MHz 频段归入 GSM 标准之中，带宽为 2×75MHz，此建议的目的是针对 PCN（Personal Communications Network，即个人通信网）的应用，以进一步适应城区更高容量的需求。

GSM 的原意是“移动通信特别小组”，而随着设备的开发和数字蜂窝移动通信网的建立，GSM 逐步成为泛欧数字蜂窝移动通信系统的代名词。欧洲的专家们将 GSM 重新命名为“Global System for Mobile Communications”，使之成为“全球移动通信系统”的简称。

GSM 标准的制定花了约十年时间，在标准联合会及后来的欧洲电信标准协会 ETSI 的统一领导下，GSM 系统由主要的欧洲通信设备制造商和操作维护部门共同进行设计。由于考虑到了未来用户的需要，GSM 系统具有很大的灵活性。从 1990 年起，GSM 开始向欧洲外扩展，目前，世界上已经有上百个运营商在 GSM 分配的频带内运行，可以想象，GSM 能向用户提供相当范围的覆盖，使用户在众多国家内实现漫游，称为名副其实的“全球移动通信”。

1.2 GSM 数字移动通信系统

1.2.1 GSM 系统的基本特点

GSM 数字蜂窝移动通信系统（简称 GSM 系统）是完全依照欧洲通信标准化委员会（ETSI）制定的 GSM 规范研制而成的，任何 GSM 数字蜂窝移动通信系统都必须符合 GSM 技术规范。GSM 系统是一种典型的开放式结构，作为一种面向未来的通信系统，它具有下列主要特点：

1）GSM 系统由几个分系统组成，各分系统之间都有定义明确且详细的标准化接口方案，保证任何厂商提供的 GSM 系统设备可以互连。同时，GSM 系统与各种公用通信网之间也都详细定义了标准接口规范，使 GSM 系统可以与各种公用通信网实现互连互通。

2）GSM 系统除了可以开放基本的话音业务外，还可以开放各种承载业务、补充业务以及与 ISDN 相关的各种业务。

3）GSM 系统采用 FDMA/TDMA 及跳频的复用方式，频率重复利用率较高，同时它具有灵活方便的组网结构，可满足用户的不同容量需求。

4）GSM 系统具有较强的鉴权和加密功能，能确保用户和网络的安全需求。

5）GSM 系统抗干扰能力较强，系统的通信质量较高。

1.2.2 GSM 系统的组成

GSM 系统由一系列功能单元组成，其具体组成如图 1-2 所示，分为 MS（移动台）、NSS（网络子系统）、

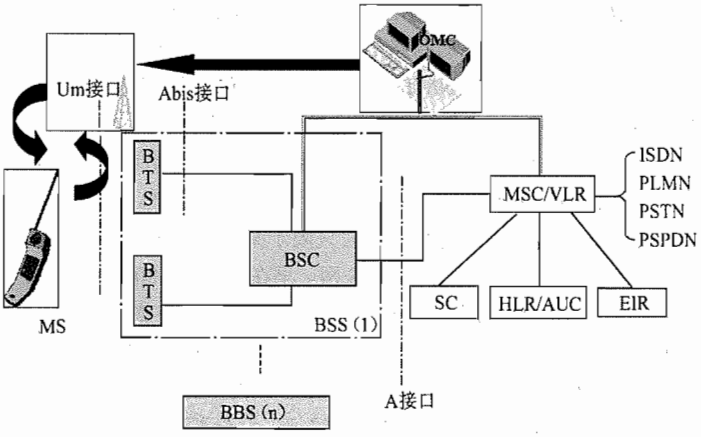


图 1-2 GSM 系统的组成

BSS（基站子系统）、OSS（操作维护子系统）等几个主要部分。

1.2.2.1　*移动台/移动用户*（MS）

移动台是整个系统中直接由用户使用的设备，可分为车载型、便携型和手持型三种。应当指出的是，在 GSM 系统中，物理设备与移动用户是相互独立的。也就是说，用户的所有信息都存储在 SIM 卡（用户识别卡）上，系统中的任何一个移动台都可以利用 SIM 卡来识别移动用户。由网络来进行相关的认证，保证使用移动网的是合法用户。移动台有自己的识别码 IMEI，称为国际移动台设备识别号。每个移动台的 IMEI 都是唯一的，网络对 IMEI 进行检查，可以保证移动台的合法性。SIM 卡中存储着用户的所有信息，包括国际移动用户识别码 IMSI 等。

在本书中，术语 MS 代表移动用户，因为移动台与呼叫无关。

1.2.2.2　*基站子系统*（BSS）

广义来说，基站子系统包含了 GSM 数字移动通信系统中无线通信部分的所有基础设施，它通过无线接口直接与移动台实现通信连接，同时又连到网络端的交换机，为移动台和交换子系统提供传输通路，因此，BSS 可以看作移动台与交换机之间的桥梁。按 GSM 规范提出的基本结构，BSS 由两个基本部分组成：通过无线接口与移动台一侧相连的基站收、发信机（BTS）和与交换机一侧相连的基站控制器（BSC）。从功能上看，BTS 主要负责无线传输，BSC 主要负责控制和管理。值得指出的是，在 GSM 规范中，一个基站子系统是指一个 BSC 以及由它所管辖的所有 BTS，而不是一个交换机所带的无线系统。

BTS 在网络的固定部分和无线部分之间提供中继，移动用户通过空中接口与 BTS 相连。BTS 包括收发信机和天线，以及与无线接口有关的信号处理电路等，它也可以看作是一个复杂的无线解调器。在 GSM 系统中，为了保持 BTS 尽可能简单，BTS 往往只包含那些靠近无线接口所必须的功能。

BSC 通过 BTS 和移动台的远端命令管理所有的无线接口，主要是进行无线信道的分配、释放以及越区信道切换的管理等，起着 BSS 系统中交换设备的作用。BSC 由 BTS 控制部分、交换部分和公共处理器部分等组成。根据 BTS 的业务能力，一台 BSC 可以管理多达几十个 BTS。

此外，BSS 还包括码型变换器 TC。码型变换器在实际应用中一般是置于 BSC 和 MSC 之间，完成 16kbit/s RPE-LTP 编码和 64kbit/s A 律 PCM 之间的码型转换。

1.2.2.3　*网络与交换子系统*（NSS）

网络与交换子系统包括实现 GSM 的主要交换功能的交换中心以及管理用户数据和移动性的所需的数据库，有时也称之为交换子系统。它由一系列功能实体构成，各功能实体间以及 NSS 与 BSS 之间通过符合 CCITT 信令系统 No.7 协议规范的 7 号信令网络互相通信。它的主要作用是管理 GSM 用户和其他网络用户之间的通信。NSS 可分为如下几个功能单元：

（1）移动业务交换中心 MSC：MSC 是网络的核心，它完成最基本的交换功能，即实现移动用户与其他网络用户之间的通信连接。为此，它提供面向系统其他功能实体的接口、到其他网络的接口以及与其他 MSC 互连的接口。

MSC 从 HLR、VLR、AUC 这三种数据库中取得处理用户呼叫请求所需的全部数据，同时这三个数据库也会根据 MSC 最新信息进行自我更新。MSC 为用户提供承载业务、基本业务与补充业务等一系列服务。作为网络的核心，MSC 还支持位置登记、越区切换和自动漫游等移动性能及其他网络功能。

对于容量较大的通信网，一个 NSS 可以包括若干个 MSC、HLR 和 VLR，在建立固定网用户与 GSM 移动用户之间的呼叫时，呼叫往往首先被接到入口 MSC（GMSC），再由入口 MSC 负责获取位置信息然后进行接续。GMSC 具有与固定网和其他 NSS 实体互通的接口，也就是我们通常所说的关口局。

（2）拜访位置寄存器 VLR：VLR 存储进入其覆盖区的所有用户的全部有关信息，为已经登记的移动用户提供建立呼叫接续的必要条件。VLR 是一个动态数据库，需要随时与有关的 HLR 进行大量的数据交换以保证数据的有效性。当用户离开其覆盖区时，用户的有关信息将被删除。

VLR 在物理实体上总是与 MSC 一体，这样可以尽量避免由于 MSC 与 VLR 之间频繁联系所带来的接续时延。

（3）归属位置寄存器 HLR：HLR 是系统的中央数据库，存放与用户有关的所有信息，包括用户的漫游权限、基本业务、补充业务及当前位置信息等，从而为 MSC 提供建立呼叫所需的路由信息等相关数据。一个 HLR 可以覆盖几个移动交换区域甚至整个移动网。

（4）鉴权中心 AUC：AUC 存储用户的加密信息，用以保护用户在系统中的合法地位不受侵犯。由于空中接口的开放性，经由空中接口传送的信息极易受到侵犯，因此 GSM 采用了严格的保密措施如用户鉴权、信息的加密等。这些鉴权信息和加密密钥等均存放在 AUC 中，因此，AUC 是一个受到严格保护的数据库。在物理实体上，AUC 与 HLR 共存。

（5）设备识别寄存器 EIR：EIR 存储与移动台 IMEI 有关的信息。它可以对移动台的 IMEI 进行核查，以确定移动台的合法性，防止未经许可的移动台设备使用移动网。

1.2.2.4 操作与维护子系统 OSS

OSS 是操作人员与系统设备之间的中介，它实现了系统的集中操作与维护，完成包括移动用户管理、移动设备管理及网络操作维护等功能。它的一侧与设备相连，（但并不包括 BTS，因为在 GSM 技术规范中明确提出，对 BTS 的操作维护是经过 BSC 进行管理），另一侧是作为人-机接口的计算机工作站。这些专门用于操作维护的设备被称为操作维护中心 OMC。GSM 系统的每个组成部分都可以以通过特有的网络连接至 OMC，从而实现集中维护。OMC 由两个功能单元构成。OMC-S（操作维护中心-系统部分）用于 MSC、HLR、VLR 等交换子系统各功能单元的维护与操作。OMC-R（操作维护中心-无线部分）用于实现整个 BSS 系统的操作与维护，它一般是通过 SUN 工作站在 BSS 上的应用来实现。OMC 也可以作为进入更高一层管理网络的关口设备。

1.2.3 GSM 系统的业务功能

GSM 是一种多业务系统，可以依照用户的需要为用户提供各种形式的通信。习惯上，人们把话音业务与数据业务（或称为非话音业务）区别开来：话音业务中，信息是话音，而数据业务传送包括电文、图像、传真及计算机文件等在内的其他信息。除了这些传统业务以外，GSM 还提供一些非传统的业务，如短消息业务，它区别于目前固定网提供的各种业务，而更像无线寻呼业务。

一般来说，电信业务的定义不仅仅取决于所传信息的特征，还涉及到通信的其他特性，如传输结构、资费处理、用户的通信特点等等。为用户提供的服务取决于三个独立因素：

（1）用户注册的业务：网络运营部门为用户提供了所有可提供服务的项目，同时确定相应的费率，用户将按照自己的需要在其中进行选择并为之付费，网络运营部门也只为用户提供其注册登记的业务。

（2）网络能力：并不是所有的网络都能提供同样的服务范围，用户使用的业务可能会与它漫游进入的网络有关。

（3）用户终端性能：有些业务需要用户终端的配合。例如，传真业务在只有话音业务的终端上就无法提供。

通信网络提供的基本业务主要涉及传输媒介和建立呼叫的方式。补充业务则使用户能够更好地接受基本业务或是简化电信的日常使用，为用户提供方便，如呼叫前转、来电显示等等。基本业务与补充业务的区别在于，一项补充业务可以适用于几个基本业务。在已存在的网络中，这些补充业务被要求附加在基本业务之上，而未来它们很有可能从补充业务转化为基本业务。

GSM 所提供的基本业务可分为承载业务和电信业务，这两种业务是独立的通信业务，其差别在于用户接入点的不同。电信业务主要包括话音业务、数据业务及短消息业务等。此外，GSM 还提供了多种多样的附加业务，下面将分别进行介绍。

1.2.3.1 承载业务

承载业务提供接入点（ISDN 协议中称为用户-网络间接口）之间传输信号的能力。GSM 系统一开始便考虑到了兼容多种在 ISDN 中定义的承载业务，以满足 GSM 移动用户对数据通信服务的需要。GSM 系统设计的承载业务不仅使移动用户之间能完成数据通信，更重要的是能为移动用户与 PSTN 或 ISDN 用户之间提供

数据通信服务，同时还能使 GSM 移动通信网与其他公用数据网（如公用分组数据网和公用电路数据网）实现互通。

在传输数据业务时，MSC 需启用互通功能单元 IWF。互通功能单元是为完成数据连通而规定的全部功能。用户总是需要不同种类的承载业务，要支持各种承载业务也就要经过不同类型的 MS 或 IWF 接入接口和终端网络。下面简要介绍一下不同种类的承载业务所能支持的各种用户应用。

1）承载业务中具有透明和不透明非限制数字能力的非结构电路型，所支持的用户应用是经过速率适配的子速率信息流；

2）承载业务中分组组合和分解器（PAD）业务所支持的用户应用包括：经过速率适配的高速率信息流；接入分组组合/分解功能；

3）承载业务中分组业务所支持的用户应用包括：采用 X32 或 X31 选择 A 接入 X.25 公用数据网；X31 选择 B 接入的应用（虚拟电路承载业务）；

4）承载业务中具有透明和不透明交替话音/非限制数字能力的非结构电路型所支持的用户应用包括：经过速率适配的子速率信息流；具有在呼叫中交替话音和数据的能力；

5）具有透明和不透明话音后接非限制数字能力的非结构电路型所支持的用户应用包括：经过速率适配的子速率信息流；开始建立话音呼叫，然后在呼叫持续过程中的某段时间能使用户转换为数据通信。

实际上，以上对不同种类的承载业务所支持的用户应用阐述也就是各种承载业务在定义上的差异点。

1.2.3.2　话音业务

话音业务是 GSM 提供的最重要的业务，它为 GSM 用户和其他所有与之连网的用户之间提供双向通话。随着 ISDN 的发展，数据业务将在电信业务中占据越来越大的比例，但对于移动通信系统而言，话音业务仍然是最重要的服务。固定电话线路并非随处可得，而能随身携带的移动电话正使蜂窝移动电话成为人与人之间一种重要的通信手段。

根据 GSM 的专用术语，紧急呼叫是由话音业务引伸出的一种特殊业务。它允许用户通过一个简单的固定步骤使电话接入紧急服务部门，如警察局或消防队，接入过程简单而统一。紧急呼叫业务优先于其他业务，在移动台没有插入 SIM 卡或用户处于锁定状态时也可接通紧急服务中心。由于我国各紧急呼叫中心尚未连网，因此我国目前使用的移动台在紧急呼叫时虽然是按欧洲标准拨 112 或 SOS，但系统将回送提示录音指导用户拨不同的号码来呼叫不同的紧急服务中心。

另一项从话音业务中派生出的业务是语音信箱业务。GSM 规范中并没有将这一业务单独作为一种业务，但许多运营部门都将这种服务作为基本服务。当电话无法接通或是主叫用户直接接入话音信箱时，这种业务可以实现将话音存储起来，事后再由被叫的移动用户提取的功能。

1.2.3.3　数据业务

GSM 规范在制定时便按照 ISDN 模式为用户提供各种数据业务。目前，提供给固定用户和 ISDN 用户的大部分数据业务 GSM 都能提供，包括公用分组交换数据网（PSPDN）所提供的业务。在无线传输允许的条件下，GSM 技术规范中列举了 35 种数据业务，可以适用于不同的场合。

数据通信可以按照通信者的不同或是端到端信息流的性质或传输模式来划分。GSM 规范中不能提供所有的描述，但可以按照通信者的类型来进行分类。在 GSM 规范中，所有的数据服务均作为特殊项目提出。GSM 用户可以和 PSTN 用户相连接，所用的标准有 V.21、V.22、V.22bis 等。GSM 用户也可以与 ISDN 用户相连接，关键问题在于两者速率的适配。此外，GSM 用户间以及 GSM 用户同分组交换数据网用户、电路交换数据通信网用户之间都可以建立连接，其互连协议可参考 GSM 有关规范。

1.2.3.4　短消息业务

上面提到的各种数据业务只是简单的将用于固定用户的业务扩展到 GSM 移动用户，但实现这些业务所用的笨重的终端并不适用于真正的移动环境。针对这种情况，GSM 提供了一种类似于寻呼业务的短消息服务，移动台被设计成可用于通话又可用于寻呼，使用户可以用 GSM 移动台来传递一些简单的消息。

GSM 可以提供传送点到点短消息的服务，包括发送往移动台（SMT—MT）和从移动台接收（SMT—

MO）。系统通过 GSM 系统中一个相对独立的实体短消息业务中心实现这两种服务。点对点短消息的发送和接收应在处于呼叫状态或空闲状态时进行，由控制信道转送短消息业务的消息。

另一种短消息服务是“广播短消息”，即系统周期性的对蜂窝中所有的用户广播数据信息。广播短消息也是在控制信道上传送，移动台只有在空闲状态下才可以接收广播消息。

1.2.3.5 补充业务

补充业务修改和添加了基本业务，它主要是允许用户能够选择网络对其呼叫的处理以及通过网络为用户提供信息，使用户能更充分地利用基本业务。

GSM 所提供的补充业务共 8 大类，下面分别简要介绍如下：

1. 号码识别类补充业务

此类补充业务主要是为用户提供有关呼叫号码识别的功能选择，具体包括主叫号码显示（CLIP）、主叫号码拒绝显示（CLIR）、恶意呼叫识别（MCI）等。

2. 呼叫提供类补充业务

此类业务为用户处理来话呼叫提供了功能选择，使用户可以根据需要处理来话。具体包括无条件呼叫前转（CFU）、遇忙前转（CFB）、无应答前转（CFNRY）、不可及前转（CFNRC）等。

3. 呼叫完成类补充业务

此类业务主要是为已经建立了呼叫的用户提供呼叫中对通话进行处理的选择。主要包括呼叫等待（CW）、呼叫保持（HOLD）等。

4. 多方通信类补充业务

这类业务支持用户同时与多个用户进行通话，主要有三方通话（3PTY）和会议电话（CONF）两种。

5. 集团类补充业务

这类业务的代表是闭合用户群（CUG），它可以将一些用户定义为用户群，实现对用户群内部通信和对外通信的区别对待。

6. 计费类补充业务

此类业务包括计费通知（AOC）、对方付费（REVC）等。

7. 附加信息传送类补充业务

用户至用户信令（UUS）支持移动用户通过信令信道的透明传输在呼叫建立的不同阶段向对方用户发送或接收有限的用户信息。

8. 呼叫限制类补充业务

此类业务为用户实现呼叫限制提供了多种选择。具体包括限制所有出局呼叫（BAOC）、限制所有入局呼叫（BAIC）、限制拨叫国际长途（BOIC）、漫游时限制所有入局呼叫（BAIC-ROAM）等。值得注意的是，此类业务在使用时一般都有密码控制。

1.3 GSM 系统的编号计划

GSM 系统是一个十分复杂的通信系统，它包括众多的功能实体和繁杂的实体间、子系统间及网络间的接口。为了将一个呼叫接续至某个用户，系统需要调用相应的实体，因此要实现正确的寻址，编号计划就显得尤为重要。由于 GSM 系统的业务类似于 ISDN 网的延伸，因此 GSM 系统采用了 CCITT 建议中的“网号”编号方案，即将 GSM 系统作为一个电话网的独立编号方案，此时的 PLMN 相对于 PSTN 完全独立，其各种号码也就完全独立于 PSTN。下面我们依次对 GSM 移动通信网中的各种号码进行介绍。

1.3.1 移动用户号码（MSISDN）

MSISDN 指主叫用户为呼叫 GSM 移动用户所拨的号码。一个移动台可以分配一个或多个 MSISDN 号码，其组成如图 1-3 所示。

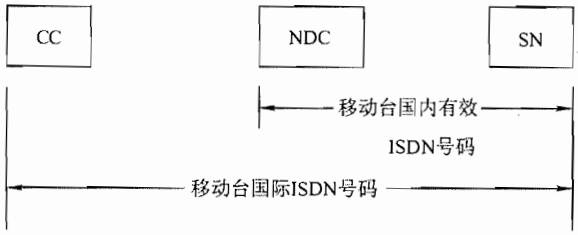


图 1-3　MSISDN 的组成

图中：

CC：国家码。即移动台登记注册的国家码，中国为 86。

NDC：国内网络接入号码。中国移动网为 134～139 及 158、159，中国联通网为 130～132 及 153。

SN：用户号码。采用等长 8 位编号计划，具体号码分配由运营公司决定。

1.3.2　国际移动用户识别码（IMSI）

为了在 GSM 系统中，每个用户都分配有一个唯一的 IMSI，此号码在整个 GSM 系统中有效，用于用户身份的识别。它的组成如图 1-4 所示。

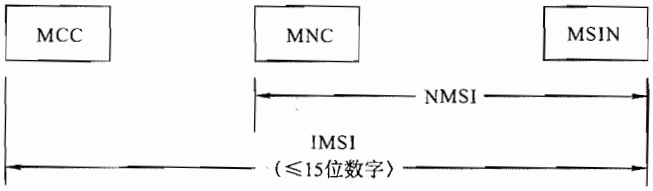


图 1-4　IMSI 的组成

图中：

MCC：移动国家码。唯一的识别移动用户所属的国家。中国的 MCC 为 460。

MNC：移动网号，识别移动用户所归属的移动通信网（PLMN）。中国移动的 MNC 为 00 和 02，中国联通为 01。

MSIN：移动用户识别码，唯一地识别某一移动通信网中的移动用户。

NMSI：国家移动用户识别码，由 MNC 与 MSIN 组成。

1.3.3　临时移动用户识别码（TMSI）

考虑到系统的安全性，GSM 系统提供了在空中接口传递 TMSI 代替 IMSI 的保密措施。TMSI 由 VLR 为来访的移动用户在鉴权成功后分配，它是一个由 VLR 自行分配的 4B 的 BCD 编码，仅限在 VLR 管辖区内代替 IMSI 临时使用，且与 IMSI 相互对应。

1.3.4　移动用户漫游号码（MSRN）

MSRN 是在呼叫接续时由 VLR 临时分配给移动台的一个号码，用于 GSM 网络在接续时的路由选择。它同时也可以作为 SCCP 的全局码（GT）地址来寻找被叫用户当前所在位置。MSRN 的组成与 MSISDN 类似，最大为 15 位数字。

1.3.5　位置区识别码（LAI）

位置区是指移动台可任意移动而不需要进行位置更新的区域，它可由一个或若干个小区组成，为了呼叫

移动台，系统在一个位置区内所有基站同时发寻呼信号。位置区识别码 LAI 用于检测位置更新和信道切换的请求，其结构如图 1-5 所示。

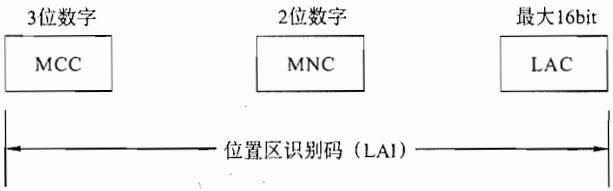


图 1-5　LAI 的组成

图中：

MCC、MNC 与 IMSI 中该部分相同。

LAC 是位置区号码，用于识别 GSM 网络中的一个位置区，它可以由运营部门自定。

1.3.6　全球小区识别码（CGI）

CGI 是在所有 GSM PLMN 中用做小区的唯一标识，是在位置区识别号 LAI 基础上加上小区识别号 CI 构成，其结构如图 1-6 所示。

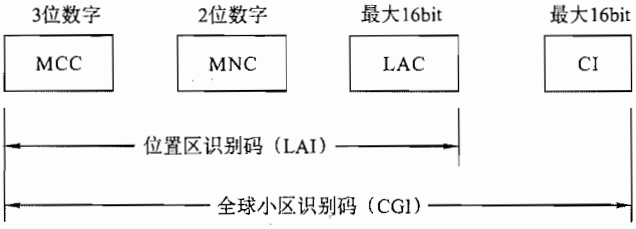


图 1-6　CGI 的组成

图中：LAI 与图 1-5 中相同。

CI 是可由运营部门自定义的小区识别号码，是一个 2B BCD 编码。

1.3.7　基站识别色码（BSIC）

BSIC 用于识别相邻国家的相邻基站，是一个 6bit 编码，其组成如图 1-7 所示。

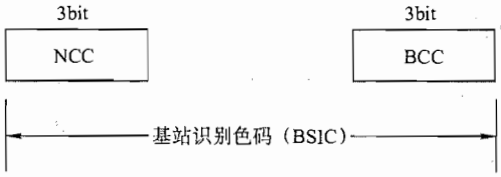


图 1-7　BSIC 的组成

图中：

NCC 为 PLMN 色码，主要用于区分国界两侧的运营者（国内用于区别不同的省）。

BCC 为基站色码，由运营者自行设定，用来唯一识别相邻的采用相同载频的不同 BTS。

1.3.8　国际移动设备识别码（IMEI）

IMEI 唯一识别移动台，是一个 15 位的十进制编码，如图 1-8 所示，它由四部分构成。

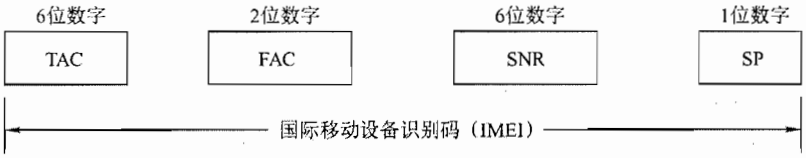


图 1-8　IMEI 的组成

图中：

TAC：6 位，型号批准码，由欧洲型号认证中心分配。

FAC：2 位，工厂装配码，由厂家编码，表示生产厂家及装配地。

SNR：6 位，序号码，由厂家分配，用于识别每个设备。

SP：1 位，备用码。

1.4　GSM 系统的移动网络功能

GSM 系统能够提供四大类移动网络功能，包括支持通信业务的网络功能，支持移动性管理的网络功能，支持安全性管理的网络功能和支持呼叫处理的附加网络功能，这使得 GSM 系统在移动网络功能方面大大优于先前的模拟蜂窝移动通信系统。

1. 支持通信业务的网络功能

这是 GSM 系统最基本的网络功能，它支持系统的基本业务和补充业务，保证系统用户间通信的建立。它支持呼叫的建立和释放、寻呼、信道分配和释放等呼叫处理过程和对附加业务的激活、去活、登记、删除等业务操作过程。

2. 移动性管理网络功能

这项网络功能支持处理由于用户的移动性带来的一系列问题，主要包括三个方面：位置更新、切换和漫游。这项网络功能将在第 3 章进行详细介绍。

3. 安全性管理网络功能

移动通信中最重要的通路是空中接口，由于它的开放性所带来的不安全因素使 GSM 系统的安全性管理功能显得尤为重要。GSM 系统在安全性管理方面设计了许多方法来保护空中接口信息的安全，这项网络功能支持移动用户鉴权、移动用户识别的保密、用户数据的保密及信令数据的保密等安全措施。

4. 支持呼叫处理的附加网络功能

这项功能支持呼叫重建、排队、非连续接收等附加网络功能。

1.5　GSM 网络优化

1.5.1　网络优化的概念

目前 GSM 网正处于飞速发展阶段，仅仅几年时间已具备相当的规模。因此加强网络优化，搞好运行维护是提高移动通信网络质量的关键。一个完善的网络往往需要经历从最初的网络规划、工程建设投入使用，到网络优化的历程，并形成良性循环。

网络优化工作是指对正式投入运行的网络进行参数采集、数据分析，找出影响网络运行质量的原因并且通过参数调整和采取某些技术手段，使网络达到最佳运行状态，使现有网络资源获得最佳效益，同时也对网络今后的维护及规划建设提出合理建议。网络优化主要包括无线网络优化和交换网络优化两个方面。

系统的无线部分具有诸多不确定因素，它对无线网络的影响很大，其性能优劣常常成为决定移动通信网好坏的决定性因素。当然，无线网络规划阶段考虑不到的问题，如无线电波传播的不确定性（障碍物的阻碍等）、基础设施变化（新商业区、街道、城区的重新安排）、取决于地点和时间的话务负荷（如运动场）、话

务要求、用户对服务质量的要求的增加，都涉及网络优化工作。

网络优化是一个长期的过程，它贯穿于网络发展的全过程。只有不断提高网络的质量，才能获得移动用户的满意，吸引和发展更多的用户。在日常网络优化过程中，可以通过 OMC 统计和路测来发现问题，当然最通常的还是用户的反映。在网络性能经常性的跟踪检查中发现话务统计指标达不到要求、网络质量明显下降或用户的反映强烈、用户群改变或发生突发事件并对网络质量造成很大影响时，以及网络扩容后应对小区频率规划及容量进行核查等情形发生时，都要及时对网络进行优化。

在发生以下情况时应有针对性地重点进行网络优化。

1）网络正式投入运行后或网络扩容后，即转入网络优化作业；

2）网络质量明显下降或用户投诉多时，应立即安排优化作业，解决网络质量问题；

3）发生突发事件并对网络质量造成很大影响时，应立即安排优化作业；

4）当用户群改变并对网络质量造成很大影响时，应立即安排优化作业。

1.5.2 网络优化的安排及实施

移动通信系统的网络优化工作是一项复杂、艰巨的系统工程，贯穿于规划、设计、工程建设和维护管理的全过程，各方面的调整相互牵连、影响。因此在工作中应时时注意从全局出发。

网络优化工作主要过程有系统调查、数据分析、制定和实施优化方案等。

1.5.2.1 系统监测调查

在工作中，我们监测调查工作主要包括：

1. 确认监测目标和范围

利用 BSS 系统中固有的性能统计机制，定期地对网络运行状态进行分析，因此只有当网络拥有相当数量的用户时，统计数据给出的结果才会具备可靠性和真实性。

移动通信网络是一个动态的多维系统，一旦投入使用，它会在以下四个主要范畴里发生变化：

1）终端用户的变化（新的呼叫模型、用户的地理分布）；

2）网络的运行环境的变化（新的建筑、道路、植被）；

3）网络结构的变化（覆盖范围、系统容量）；

4）应用技术的变化（新设备、新标准、新业务）。

因此网络优化的系统监测工作将会伴随着目标网络的发展而循序渐进，不可能一蹴而就，这就要求运行商和设备厂商之间密切配合，充分发挥设备能力，以保证终端用户得到优质的服务。

除了定期分析处理系统的观测数据以外，日常的维护、故障排除工作也是和网络的性能密切相关的。

2. 确定网络优化的对象和目标

网络中存在的问题和需要改进之处是指那些没有达到性能要求的部分。进行优化工作（包括日常性优化和阶段性优化）的主要目的是解决：

1）局部网络或个别网络单元（小区）的性能明显低于网络平均水平；

2）一项或多项指标明显恶化；

3）网络运营质量未达到运营商的预期目标；

4）性能观测数据的定义。

当前各个设备生产厂家对 GSM 系统的运行统计是由大量计数器完成的，并定期向 OMC 报告计数结果。每一个计数器都和 GSM 系统中的某一网络单元的某一事件相关，即某一特定事件的发生会触发对应的计数器作加一计数，这样通过在某一观测时间段内对某一事件的发生次数进行统计，就得到了网络的运行统计。观测和分析OMC各计数器数值，就可掌握网络的运行质量并进行故障分析，这就要求监测人员必须具备GSM网络的呼叫控制、信道管理、干扰分析等基础知识。

3. 计数器观测周期和统计报表

这是指计数器的记录/刷新时间。在报表中一般有忙时监测和全天监测两类。忙时的确定可分为网络忙时

和系统单元忙时，前者由 NSS 话务统计的峰值时间确定，后者则为统计对象的话务峰值小时（例如小区忙时）或系统负荷峰值时间。

往往有必要在一天中的多个观测时间段内采集数据以监测网络/小区/单元等在一天中不同时间的话务变化和负荷变化。尤为值得一提的是，在进行干扰分析时，研究干扰强度的昼夜变化，有助于确定干扰性质，比如判断是系统内干扰还是外来干扰。

4. 网络性能报表的定义

计数器几乎记录了所有事件，但要准确明了地反映网络运行情况还需要对计数器的原始数据进行计算，从而得到网络性能报表。报表中的质量指标将网络性能的定量描述与终端用户对服务质量的感受直接联系起来、更便于理解和应用，主要有掉话、呼叫困难、网络无法接入、话音质量问题。

上述任何一方面一旦出现问题，都会降低网络总体服务质量，必须及时处理。网络质量下降的原因可分为两类：

（1）硬件故障：如坏板或局部设备中断服务。这类故障一般会在 OMC 上产生相应的告警信息，维护人员须查明故障位置、类型并及时解决。

（2）软故障：系统仍然运行，但出现局部不稳定状态或处于非最佳状态，如干扰、邻小区定义不完整、PCM 工作不稳定等，从而导致服务质量下降，如掉话率上升、接通率下降等。这些问题必须由优化人员通过网络性能监测、分析并采取相应优化措施来解决。

对于后者，通常采用三种方式进行故障监测和诊断：

（1）网络观测结果与要求的目标门限相比较：预先确定一组门限，一旦发现某些网络单元超标（如 5% 掉话率），即定为优化对象，进行进一步分析和故障处理。需要强调的是，门限应根据网络的实际情况确定，同时还要考虑到：

1）局部与整体的关系，集中力量解决个别超标小区；

2）网络维护水平，高水平的日常维护是优良网络性能的前提条件；

3）网络的动态发展，不同规模、不同覆盖水平的网络显然要求不同的门限指标。

（2）动态变化比较：如网络稳定运行时，各观测项目不应有大的浮动。一旦发现局部网络的性能突然恶化，如掉话率由 1%激增至 3%，应引起充分重视。通过预置变化量门限，可以筛选出这类问题，以保证网络的稳定运行。

（3）找出 N 个最差小区：在日常优化工作中，每阶段对几个最差小区的故障处理可有效地提高整体网络性能指标。

1.5.2.2　数据采集

数据采集包括 OMC 话务统计数据采集、路测数据采集、CQT 测试数据采集、用户申告情况收集以及其他仪表的测试结果等等，其中优化工程师日常优化依据的重点是 OMC 话务统计数据和路测数据。优化中评判网络性能的主要指标项包括长途来话接通率、语音接通率、信道可用率、掉话率、接通率、拥塞率、话务量和切换成功率等，这些也是话务统计数据采集的重点。路测数据的采集主要通过路测设备，定性、定量、定位地测出网络无线下行的覆盖切换、质量现状等，通过对无线资源的地理化普查，确认网络现状与规划的差异，找出网络干扰、盲区地段，掉话和切换失败较高的地段。然后，对路测采集的数据进行分析，如测试路线的地理位置信息、测试路线区域内各个基站的位置及基站间的距离、各频点的场强分布、覆盖情况、接收信号电平和质量、邻小区状况、切换情况等，找出问题的所在从而提出解决方案。

1. OMC 数据采集

收集与优化有关的 BSS 和 NSS 各种软、硬件参数，如基站数、每个基站的小区结构和话音信道数；基站的 BSIC、小区号、小区系统类型、信道类型；小区的 CGI、BCCH 载频号、小区载频数及跳频方式；邻区关系定义；切换数据；功率控制数据以及系统消息数据等等。

收集话务统计数据：OMC 话务统计数据是了解网络性能指标的一个重要途径，它反映了无线网络的实际运行状态。统计数据应包括：忙时 TCH 的业务量；忙时每 PCH 的业务量；忙时每 AGCH 的业务量；忙时

越区切换请求次数；忙时位置登记请求次数；忙时七号信令信道拥塞情况；一定数量通话跟踪的 SACCH 信息采集；在采集上述统计数据和 BSS 参数搜集并详细分析的基础上，对某些特定信息在 A 接口上的提取；忙时掉话次数；忙时成功呼叫接通率；其他方面系统的工作失常现象；需要的其他统计资料。

2. 其他数据的采集

我们应根据话务统计分析的结果和用户投诉情况进行路测。路测采集的数据包括：测试路线区域内各个基站的位置、基站间的距离、各频点的场强分布、接收信号电平和质量、邻小区状况、覆盖和切换情况、测试路线的地理位置信息等。通过路测数据可以判断无线小区的实际覆盖范围及干扰区，分析干扰源；观察信令接续过程，检查邻区关系和切换参数；验证天馈系统实际安装情况；利用信令分析仪可以采集和分析 Abis 口数据、A 接口数据、网络的上行信号数据，并与路测得到的下行信号对比，从而全面了解网络状态。这样，各小区掉话、切换等事件发生的主要原因和场所都能正确定位。

由此可见，通过分析 OMC 采集的数据，不仅能获得各基站小区的参数配置和网络各项质量指标，还可以找出网络大致存在的问题，在进行有计划的路测后，就可以得出各种问题的相应解决方法。此外，对比网络优化前后的话务统计数据可以验证网络优化调整的正确性。利用测试仪表进行干扰和场强的测试，利用测试手段进行呼叫测试。利用测试分析软件分析数据，可以得到场强覆盖、同频和邻频干扰以及切换等情况。

天馈线资料的收集，如所使用的天馈线类型、馈线衰耗、驻波比、天线增益、天线挂高、天线方向角、天线俯仰角等等。

1.5.2.3 数据分析和问题的定位

网络问题主要从干扰、掉话、无线接通率和切换四个方面来进行分析。

无线接通率分析：影响无线接通率的主要因素是 TCH 的拥塞和 SDCCH 的拥塞，以及 TCH 的分配失败。因此若要提高该指标，必须要进行话务均衡处理和分配失败率的分析处理。话务均衡是指各小区载频应得到充分利用，避免某些小区拥塞，而另一些小区基本无话务的现象。通过话务均衡可以减小拥塞率、提高接通率，减少由于话务不均引起的掉话，使通信质量进一步改善提高。话务均衡问题的定位手段包括话务统计数据、话务量、接通率、拥塞率、掉话率、切换成功率、路测和用户反映。话务不均衡原因主要表现在：基站天线挂高、俯仰角、发射功率设置不合理，小区覆盖范围较大，导致该小区话务量较高，造成与其他基站话务量不均衡；由于地理原因，小区处于商业中心或繁华地段，手机用户多而造成该小区相对其他小区话务量高；小区参数，如允许接入最小电平等设置不合理而导致话务量不均衡；小区优先级参数设置未综合考虑等。

掉话分析：掉话问题的定位主要通过话务统计数据、用户反映、路测、无线场强测试、CQT 呼叫质量拨打测试等方法，然后通过分析信号场强、信号干扰、参数设置（设置不当，切换参数、话务不均衡）等，找出掉话原因。

干扰分析：GSM 系统是干扰受限系统，干扰会使误码率增加，降低话音质量甚至发生掉话。一般规定误码率在 3%左右，如果误码率超出 10%则话音质量已经不可容忍。因此，通常对载波干扰设置一定的门限，规定：同频道载干比（C/I）≥9dB；邻频道载干比（C/A）≥−9dB。通话干扰的定位手段包括分析话务统计数据、话音质量差引起的掉话率、干扰带分布、用户反映、路测（RxQual）及 CQT 呼叫质量拨打测试等。

切换分析：切换失败的分析定位必须要和其他指标的分析结合起来，首先去检查是否是目标小区的信道由于出现拥塞、硬件故障、传输故障而导致无法指配；其次去分析是否和无线干扰有关，导致 MS 无法占用系统所分配的信道；接下来应去检查是否和切换参数及切换邻小区参数定义有关，或是出现了孤岛效应（漂移小区与其相邻小区同 BCCH、BSIC）；最后应去检查是否为 NSS 部分数据或路由定义有误。

1.5.2.4 优化方案制定及优化调整实施

系统调整内容包含提高交换机处理效率，增加容量，调整信道数，变更基站位置，变更天线位置，改变倾角，变更切换参数、频率、小区参数等，在覆盖忙区或高话务量地区增加信道或设置微蜂窝。

下面就网络频率计划、邻区关系、小区覆盖范围和话务流量等方面的调整说明优化过程，并提供一些优化前后的统计数据进行比较。

1. 频率计划调整

通过分析 BSC 频率配置数据和 OMC 话务统计报告，我们曾经发现某些小区个别载频存在干扰，表现为其受到的干扰电平不是处于正常时的干扰电平带域 1 内，而是处于干扰电平带域 3 或 4。路测结果显示这些小区的覆盖区域存在一定的重叠，而频点的配置存在着邻频。针对其中部分小区的频点进行调整后，上述干扰问题明显改善。

2. 邻区关系调整

正确、完整的邻区关系非常重要。邻区关系过少，会造成大量掉话；邻区关系过多，会导致测量报告的精确性降低。这两种情况都会造成网络质量的恶化和掉话。分析 OMC 中的 TCH 性能测量和小区间切换性能测量两个统计报表数据，发现切入、切出 B2 和 B3 小区的切换请求次数很多，两个小区的话务和信令流量也很大，C3 小区的掉话率较大。检查 BSC 内的邻区关系设置，发现 C3 小区没有做基站 A 的邻区关系。通过这样的分析后对网络中的邻区关系作出调整，使网络的资源得以充分利用，各相关小区的话务分布更趋合理，各小区射频丢失率、掉话率均有不同程度的降低，网络性能得到明显改善。

3. 小区覆盖范围调整

基站小区的覆盖范围是衡量移动通信网服务质量的重要指标之一。将路测得出的小区实际覆盖情况和 OMC 话务分析相结合，可以对各相邻小区的话务均衡提供直接参考依据，是防止同、邻频干扰的必要步骤。

基站的发射功率、天线高度、下倾角调整是调整基站覆盖范围的常用方法。降低基站的发射功率、天线高度，增大天线下倾角都会减少基站对其他同邻频小区内移动台的干扰，但会使基站的覆盖范围变小，并且可能引入盲区。对于室内覆盖较差的情况，除了通过建设室内微蜂窝基站加以解决外，还可以通过降低参数“MS 最小接收信号电平”（RXLEV ACCESS MIN）使室内覆盖得到一定程度的改善，但通话质量有可能会因此下降。此外，小区参数“最大时间提前量”的设置，决定了该小区进行信道分配和切换的服务范围，取值过小会导致掉话。因此，进行小区覆盖范围的调整时要权衡考虑。

4. 话务调整

频率计划、邻区关系和小区覆盖范围的调整事实上已经起到了一定的话务均衡作用。此外，分析话务统计的结果、检查 BSC 内小区参数的设置可以得出不同的改善措施：

（1）增加信道或基站：是解决由于无线信道的不足引起网络拥塞的最好办法，但需要对全网频率进行重新规划或调整。

（2）小区参数调整：小区重选偏移 CRO、接入允许保留块数（BS AG BLKS RES）、相同寻呼间帧数编码（BS PA MFRMS）、各类切换门限参数和余量参数等都会影响小区内的话务量。通过这些参数的合理设置，可以鼓励或阻碍移动台进入某些小区，从而达到平衡网络业务量的目的。

1.5.3　日常优化措施

为了使网络优化工作的覆盖范围及责任更清楚、明了，可将日常优化工作分为四个主要部分：

1）网络监测，及时发现并解决可能减低网络服务质量的故障和潜在问题；

2）BSS 参数的局部调整；

3）射频优化（包括覆盖范围的调整、干扰的消除）；

4）系统容量及话务负荷的调整。

这几项内容应互相密切结合。首先，网络监测是一切优化工作的基础。而经常不断地预防性维护和优化则是保证网络正常运行和深入优化的前提条件。对网络不同方面的优化又往往是互相关联的，比如说在进行系统容量及话务负荷的调整时，有时可以通过适当调整相邻小区之间的覆盖范围大小来实现，而不是去直接调整设备资源，如增加小区配置的载波数量。而在进行无线参数调整时，又可以通过合理控制小区的切换，位置更新，小区重选等事件，从而达到减轻 BSC 负荷提高系统容量的目的。反过来看，在话务和系统容量合理匹配时，又可以达到降低掉话，提高切换成功率的目的，对于跳频系统意义尤为显著，应特别引起注意。

考虑到对现场维护和优化工作的实用性和指导性，本书将用主要篇幅去探讨网络常见的故障，结合网络

监测分析各种现象和原因，并建议了常用的优化措施，如 BSS 参数的调整等，这也是在优化工作中最为重要和复杂的部分。对于射频优化部分，本书中将不具体讨论站址考察、路测分析和天线的调整等，而是主要针对干扰、常见故障以及用户投诉等问题进行讨论。

1.5.4 无线网络质量测试

由交换机所得出的话务统计数据是一种统计意义上的结果，而实地的无线网络质量测试更能真正反映系统的实际运行情况和获取用户的主观感受，切实有效的网络质量测试有利于对系统的分析，有利于对实际运营情况的掌握，是网络优化工作的重要组成部分。

GSM 网的网络质量测试主要包括两大部分：CQT（Call Quality Test）和 DT（Drive Test）。

1.5.4.1 CQT

CQT 是在城市中选择多个测试点，在每个点进行一定数量的呼叫，通过呼叫接通情况及测试者对通话质量的评估，分析网络运行质量和存在的问题。

对于已有 GSM900/1800 双频网运行的地区，应注意以下测试项目：

1）GSM900/1800 双频切换测试；

2）双频手机在仅有 GSM900 覆盖地区的测试；

3）双频手机在双频覆盖地区的 GSM1800 优选测试；

4）GSM1800 的系统场强测试。

1.5.4.2 DT

DT 即驱车路测，是指在一个城市中借助仪表、测试手机及测试车辆等工具，沿特定路线进行无线网络参数和话音质量测定的测试形式。

DT 包括使用无线测试仪表对无线信号强度、越区切换位置、越区切换电平等参数进行测量以及在移动环境中使用测试手机沿线进行全程拨打测试，通过所得无线参数以及呼叫接通情况和测试者对通话质量的评估，为网络规划、网络工程建设以及网络运行部门提供较为完备的网络覆盖情况，同时也为网络运行情况分析提供较为充分的数据基础。

DT 的设备要求：场强测试仪（如罗得史瓦茨测试仪）、测试软件、分析处理软件、测试手机（如 TEMS 手机等）、电子地图、测试车辆等。

DT 的路线选取应遵循如下原则：

1）市区主要热点地区、商业中心、党政军等重要通信保障地段；

2）本市主要交通干线、机场、高速公路、国道沿线；

3）本市话务热点地区、重点地区环线路段；

4）交换局间覆盖交接处，行政区域分界点；

5）用户申告较为严重和集中的地区；

6）话务统计显示异常的地区。

DT 的主要内容如下：

利用测试车辆、无线测试仪表、测试手机等工具对网络进行全程测试及记录，其内容包括所测路段的场强分布、越区切换点、越局切换点、呼叫失败点、掉话位置、信号质量、频率干扰情况、无线环境分布等。

遇有下列情况应及时进行针对性 DT：

1）网络结构或参数的变动后；

2）话务统计显示有小区指标异常时；

3）用户有较严重或集中申告时；

4）本地区遇有重大政治经济活动时。

网络优化不只是无线部分的优化，必须从全网着手进行，因此必须不停地观察和监测整个网络，找出故障并排除故障，提高网络效率，使现有网络资源获得最佳效益。

第 2 章　GSM 无线接口理论

2.1　工作频段的分配

2.1.1　我国 GSM 网络的工作频段

我国陆地蜂窝数字移动通信网 GSM 通信系统采用 900MHz 与 1800MHz 频段。

GSM900MHz 频段为：890～915MHz（移动台发，基站收），935～960MHz（基站发，移动台收）。

DCS1800MHz 频段为：1710～1785MHz（移动台发，基站收），1805～1880MHz（基站发，移动台收），如表 2-1 所示。

表 2-1　GSM 网络的工作频段

GSM 系统	上行频段/MHz	下行频段/MHz	带宽/MHz	双工间隔	双工信道数
GSM900	890～915	935～960	2×25	45	124
GSM900E	880～915	925～960	2×35	45	174
GSM1800	1710～1785	1805～1880	2×75	95	374
GSM1900	1850～1910	1930～1990	2×60	80	299

2.1.2　频道间隔

相邻两频点间隔为 200kHz，每个频点采用时分多址（TDMA）方式，分为 8 个时隙，即 8 个信道（全速率），如 GSM 采用半速率话音编码后，每个频点可容纳 16 个半速率信道，可使系统容量扩大一倍，但其代价必然是导致语音质量的降低。

2.1.3　频道配置

绝对频点号和频道标称中心频率的关系如下：

（1）GSM900MHz 频段为

$$f_l(n)=890.2\text{MHz}+(n-1)\times 0.2\text{MHz}\quad（移动台发，基站收）$$

$$f_h(n)=f_l(n)+45\text{MHz}\quad（基站发，移动台收）；n\in[1，124]$$

（2）GSM1800MHz 频段为

$$f_l(n)=1710.2\text{MHz}+(n-512)\times 0.2\text{MHz}\quad（移动台发，基站收）$$

$$f_h(n)=f_l(n)+95\text{MHz}\quad（基站发，移动台收）；n\in[512，885]$$

式中　$f_l(n)$——上行信道频率；

$f_h(n)$——下行信道频率；

n——绝对频点号（ARFCN）。

注：

（1）在我国 GSM900 使用的频段为

905～915MHz　上行频率

950～960MHz　下行频率

频道号为 76～124，共 10MHz 带宽。

中国移动公司：905～909MHz（上行），950～954MHz（下行），共 4MHz 带宽，20 个频道，频道号为 76～95。目前通过中国移动 TACS 网的压频，为 GSM 网留出了更大的空间，因而 GSM 实际可用频点号要远大于该范围。

中国联通公司：909～915MHz（上行），954～960MHz（下行），共 6MHz 带宽，29 个频道，频道号为 96～124。

（2）目前只有中国移动公司拥有 GSM1800MHz 网络，拥有 1800 网络的移动分公司大多申请 10MHz 的带宽，频道号为 512～562。

2.1.4 干扰保护比

载波干扰比（C/I）是指接收到的希望信号电平与非希望信号电平的比值，此比值与 MS 的瞬时位置有关。这是由于地形不规则性基本地散射体的形状、类型及数量不同，以及其他一些因素如天线的类型、方向性及高度，站址的标高及位置，当地的干扰源数目等造成的。

同频干扰保护比：C/I≥9dB。所谓 C/I，是指当不同小区使用相同频率时，另一小区对服务小区产生的干扰，它们的比值即 C/I，GSM 规范中一般要求 C/I>9dB；工程中一般加 3dB 余量，即要求 C/I>12dB。

邻频干扰保护比：C/I≥–9dB。C/A 是指在频率复用模式下，邻近频道会对服务小区使用的频道进行干扰，这两个信号间的比值即 C/A。GSM 规范中一般要求 C/A>–9dB，工程中一般加 3dB 余量，即要求 C/A>–6dB。

载波偏离 400kHz 的干扰保护比：C/I≥–41dB。

2.2 时分多址技术（TDMA）

多址技术就是要使众多的客户公用公共信道所采用的一种技术，实现多址的方法基本有三种，频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）、码分多址（CDMA）。我国模拟移动通信网 TACS 就是采取的 FDMA 技术。CDMA 是以不同的代码序列实现通信的，它可重复使用所有小区的频谱，它是目前是最有效的频率复用技术。GSM 的多址方式为时分多址 TDMA 和频分多址 FDMA 相结合并采用跳频的方式，载波间隔为 200kHz，每个载波有 8 个基本的物理信道。一个物理信道可以由 TDMA 的帧号、时隙号和跳频序列号来定义。它的一个时隙的长度为 0.577ms，每个时隙的间隔包含 156.25bit，GSM 的调制方式为 GMSK，调制速率为 270.833kbit/s。

2.2.1 TDMA 信道的概念

在 GSM 中的信道可分为物理信道和逻辑信道。一个物理信道就是一个时隙，通常被定义为给定 TDMA 帧上的固定位置上的时隙（TS）。而逻辑信道是根据 BTS 与 MS 之间传递的消息种类不同而定义的不同逻辑信道。这些逻辑信道是通过 BTS 来影射到不同的物理信道上来传送。

逻辑信道又可分为业务信道和控制信道。

2.2.1.1 业务信道

业务信道用于携载语音或用户数据，可分为话音业务信道和数据业务信道。

（1）话音业务信道

TCH/FS：全速率语音信道　13kbit/s；

TCH/HS：半速率语音信道　5.6kbit/s。

（2）数据业务信道

TCH/F9.6：9.6kbit/s 全速率数据信道；

TCH/F4.8：4.8kbit/s 全速率数据信道；

TCH/H4.8：4.8kbit/s 半速率数据信道；

TCH/H2.4：≤2.4kbit/s 半速率数据信道；

TCH/F2.4：≤2.4kbit/s 全速率数据信道。

2.2.1.2　控制信道

控制信道用于携带信令或同步数据，可分为广播信道、公共控制信道和专用控制信道。

广播信道（BCH）：包括 BCCH、FCCH 和 SCH 信道，它们携带的信息目标是小区内所有的手机，所以它们是单向的下行信道。

公共控制信道（CCCH）：包括 RACH、PCH、AGCH 和 CBCH，RACH 是单向上行信道，其余均是单向下行信道。

专用控制信道（DCCH）：包括 SDCCH、SACCH、FACCH。

1. 广播信道

广播信道仅用在下行链路上，由 BTS 至 MS。信道包括 BCCH、FCCH 和 SCH。为了随时都能发起通信请求，MS 需要与 BTS 保持同步，而同步的完成就要依赖 FCCH 和 SCH 逻辑信道，它们全部是下行信道，均为点对多点的传播方式。

（1）频率校正信道（FCCH）：FCCH 信道携带用于校正 MS 频率的消息，它的作用是使 MS 可以定位并解调出同一小区的其他信息。

（2）同步信道（SCH）：在 FCCH 解码后，MS 接着要解出 SCH 信道消息，解码所得的信息给出了 MS 需要同步的所有消息及该小区的 TDMA 帧号（22bit）和基站识别码 BSIC 号（6bit）。

（3）广播控制信道（BCCH）：MS 在空闲模式下为了有效的工作需要大量的网络信息，而这些信息都将在 BCCH 信道上来广播。信息包括小区的所有频点、邻小区的 BCCH 频点、LAI（LAC+MNC+MCC）、CCCH 和 CBCH 信道的管理、控制和选择参数及小区的一些选项。所有这些消息被称为系统消息（SI）在 BCCH 信道上广播，在 BCCH 上系统消息有八种类型，分别为：系统消息类型 1、系统消息类型 2、系统消息类型 2bis、系统消息类型 2ter、系统消息类型 3、系统消息类型 4、系统消息类型 7、系统消息类型 8。

2. 公共控制信道

公共控制信道包括 AGCH、PCH、CBCH 和 RACH，这些信道不是供一个 MS 专用的，而是面向这个小区内所有的移动台的。在下行方向上，由 PCH、AGCH 和 CBCH 来广播寻呼请求、专用信道的指配和短消息。在上行方向上由 RACH 信道来传送专用信道的请求消息。

（1）寻呼信道（PCH）：当网络想与某一 MS 建立通信时，它就会根据 MS 所登记的 LAC 号向所有具有该 LAC 号的小区的 PCH 信道上进行寻呼，寻呼 MS 的标识为 TMSI 或 IMSI。寻呼信道属于下行信道，点对多点传播方式。

（2）接入许可信道（AGCH）：当网络收到处于空闲模式下的 MS 发出的信道请求后，就根据该请求需要分配一专用信道，AGCH 通过根据该指配的描述（所分信道的描述，和接入的参数），向所有的移动台进行广播。接入许可信道属于下行信道，点对多点传播方式。

（3）小区广播控制信道（CBCH）：它用于广播短消息和该小区一些公共的消息（如天气和交通情况），它通常占用 SDCCH/8 的第三个子信道，属于下行信道，点对多点传播。

（4）随机接入信道（RACH）：当 MS 想与网络建立连接时，它会通过 RACH 信道来发起接入请求，在 PHASE1 标准中，请求消息包括 3bit 的建立原因（如呼叫请求、响应寻呼、位置更新请求及短消息请求等等）和 5bit 的参考随机数。属于上行信道，点对点传播方式。

3. 专用控制信道

包括 SDCCH、SACCH、FACCH、TCH，这些信道被用于某一个具体的 MS 上。

（1）独立专用控制信道（SDCCH）：SDCCH 是一种双向的专用信道，它主要用于传送建立连接的信令消息、位置更新消息、短消息、鉴权消息、加密命令及处理各种附加业务。

（2）慢速随路控制信道（SACCH）：SACCH 是一伴随着 TCH 和 SDCCH 的专用信令信道。在上行链路上它主要传递无线测量报告和第一层报头消息（包括 TA 值和功率控制级别）；在下行链路上它主要传递系统消息类型 5、5bis、5ter、6 及第一层报头消息。这些消息主要包括通信质量、LAI 号、CELLID、邻小区的

BCCH 频点信号强度、NCC 的限制、小区选项、TA 值、功率控制级别等。

（3）快速随路控制信道（FACCH）：FACCH 信道与业务信道 TCH 相关。FACCH 用于在话音传输过程中给系统提供比慢速随路控制信道（SACCH）又高得多的速度来传送信令消息。它是通过借用 20ms 的话音突发脉冲序列来传送信令，这种情况被称为偷帧，如在系统执行越局切换时。由于话音译码器会重复最后 20ms 的话音，所以这种中断不会被用户察觉。

2.2.2 TDMA 帧

在 GSM 中，每一个载频被定义为一个 TDMA 帧。每帧包括 8 个时隙（TS0～TS7），并都有一个帧号，这是因为在计算加密序列的 A5 算法中是以 TDMA 帧号为一个输入参数。当有了 TDMA 帧号后，移动台就可以判断控制信道 TS0 上传送的为哪一类逻辑信道了。

TDMA 的帧号是以 3h 28min 53s 760ms（2715648 个 TDMA 帧）为周期循环编号的。每 2715648 个 TDMA 帧为一个超高帧；每一个超高帧又由 2048 个超帧组成，一个超帧的持续时间为 6.12s；而每个超帧又是由 51 个 26 复帧或 26 个 51 复帧组成。这两种复帧是为满足不同速率的信息传输而设定的，区别是：

（1）26 帧的复帧：包含 26 个 TDMA 帧，时间间隔为 120ms，它主要用于 TCH（SACCH/T）和 FACCH 等业务信道。

（2）51 帧的复帧：包含 51 个 TDMA 帧，时间间隔为 235ms，它主要用于 BCCH、CCCH、SDCCH 等控制信道。

TDMA 帧结构如图 2-1 所示。

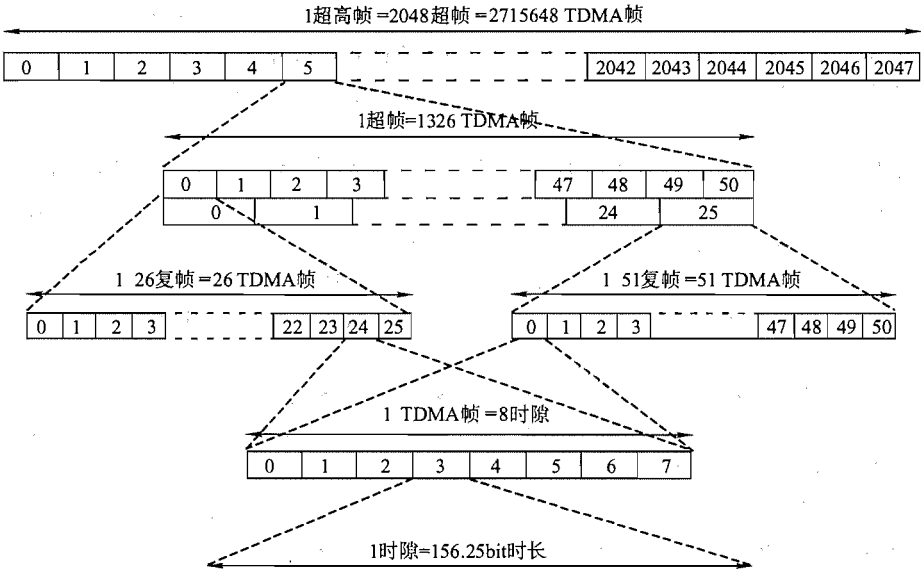


图 2-1 帧结构图

2.2.3 突发脉冲序列（Burst）

TDMA 信道上的一个时隙中的消息格式被称为突发脉冲序列，也就是说每个突发脉冲被发送在 TDMA 帧的其中一个时隙上。因为在特定突发脉冲上发送的消息内容不同，也就决定了它们格式的不同。

可以分为五种突发脉冲序列：

（1）普通突发脉冲序列（Normal Burst）：用于携带 TCH、FACCH、SACCH、SDCCH、BCCH、PCH 和 AGCH 信道的消息。

（2）接入突发脉冲序列（Access Burst）：用于携带 RACH 信道的消息。

（3）频率校正突发脉冲序列（Frequency Correction Burst）：用于携带 FCCH 信道的消息。

（4）同步突发脉冲序列（Synchronization Burst）：用于携带 SCH 信道的消息。

（5）空闲突发脉冲序列（Dummy Burst）：当系统没有任何具体的消息要发送时就传送这种突发脉冲序列（因为网络需要在 BCCH 信道上连续不断的发送消息）。

每种突发脉冲都包括以下内容：

（1）尾比特（Tail Bits）：它总是 0，以帮助均衡器来判断起始位和终止位以避免失步。

（2）消息比特（Information Bits）：用于描述业务消息和信令消息，空闲突发脉冲序列和频率校正突发脉冲序列除外。

（3）训练序列（Training Sequence）：它是一串已知序列，用于供均衡器产生信道模型（一种消除色散的方法）。训练序列是发送端和接收端所共知的序列，它可以用来确认同一突发脉冲里其他比特的确定位置，它对于接收端在收到该序列时近似的估算出发送信道的干扰情况能起到很重要的作用。值得注意的是，训练序列在普通突发脉冲序列中可分为 8 种，但在接入突发脉冲和同步突发脉冲序列中是固定的，而并不随着小区的不同而不同。

（4）保护间隔（Guard Period）：它是一个空白空间，由于每个载频的最多同时承载 8 个用户，因此必须保证在各自的时隙发射时不相互重叠，尽管使用了后面会讲到的定时提前技术，但来自不同移动台的突发脉冲序列仍会有小的滑动，因而就采用了保护间隔。采用了这种手段后，可允许发射机在 GSM 规范许可的范围内上下波动。从另一角度来讲，GSM 规范要求移动台在一个突发脉冲的有用比特（不包括保护比特的其他比特）应保持恒定的传输幅度，并要求移动台在两个突发脉冲之间传输幅度适当衰减，因此需要保护比特。相邻两个突发脉冲之间的幅度衰减并应用适当的调制比特流，将会减小对其他 RF 信道的干扰。

现在让我们详细看一下每个突发脉冲序列的内容：

1. 普通突发脉冲序列

如图 2-2 所示，它有 2 个 58bit 的分组用于消息字段，具体的说有两个 57bit 用于消息字段来发送用户数据或话音再加上 2 个偷帧标志位，它用于表述所传的是业务消息还是信令消息，那用来区分 TCH 和 FACCH。当 TCH 信道需用做 FACCH 信道来传送信令时，它所使用的 8 个半突发脉冲相应的偷帧标志须置 1，在 TCH 以外的信道上没有什么用处但可被认为是训练序列的扩展，总是置为 1 的。它还包括两个 3bit 的尾位及 8.25bit 的保护间隔。它的训练序列放在了两个消息字段的中间被称为中间对位，这样导致的唯一缺陷是接收机在能解调之前需要存储突发脉冲的前一部分。它的突发脉冲共有 26bit，其中消息位有 16bit，但为了得到 26bit，它采取了将前 5bit 重复到该训练序列的最后并将后 5bit 重复到该训练序列头部的办法。训练序列共有 8 种（该八种序列的相关联性最小），它们分别和不同的基站色码（BCC，3bit）相对应，目的是用来区分使用同一频点的两个小区。

尾比特	数据	偷帧标志	训练序列	偷帧标志	数据	尾比特	保护间隔
3bit	57个加密比特	1	26bit	1	57个加密比特	3bit	8.25bit

156.25bit

图 2-2　普通突发脉冲

2. 接入突发脉冲序列

如图 2-3 所示，该序列用于随机接入（是指用于向网络发起初始的信道请求并用于切换时的接入）。它是基站在上行方向上解调所需的第一个突发脉冲。接入突发脉冲系列包括 41bit 的训练序列、36bit 的信息位，它的保护间隔是 68.25bit。对于接入突发脉冲只规定了一种固定的训练序列，由于干扰的可能性很小，因此不值得增加多种训练序列使网络更加复杂。它的训练序列和保护间隔都要比普通脉冲要长，这是为了适应移动台首次接入基站（或切换到另一个 BTS）后不知道时间提前量而设定的。

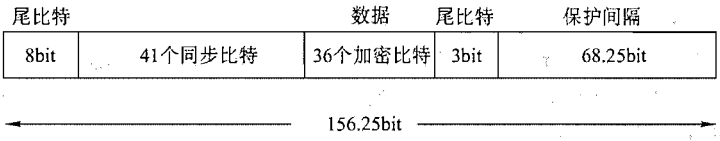


图 2-3　接入突发脉冲

3. 频率校正突发脉冲序列

如图 2-4 所示，该序列用于移动台的频率同步，相当于一个未调载波。该序列有 142 固定比特用于频率同步，它的结构十分简单，固定比特全部为 0。当使用调制技术后，其结果是一个纯正弦波。它应用在 FCCH 信道上来帮助移动台找到并且解调出同一小区的同步突发脉冲序列。MS 通过该突发脉冲序列知道该小区的频率后，才能在此上读出在同一物理信道上的突发脉冲序列的信息（如 SCH 及 BCCH）。它的保护间隔和尾比特与普通突发脉冲序列相同。

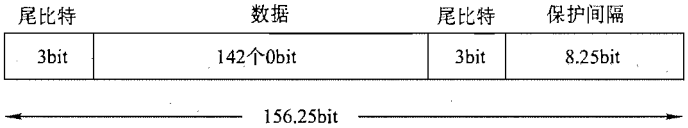


图 2-4　频率校正突发脉冲

4. 同步突发脉冲序列

如图 2-5 所示，该序列用于移动台的时间同步，它的训练序列为 64bit，2 个 39bit 的信息字段，它用于 SCH 信道，属下行方向。因为同步突发脉冲序列是第一个需要被移动台解调的突发脉冲，因而它的训练序列较长，较容易被检测到。它的突发脉冲只有一种，而且只能有一种，因为如果定义了几种序列，移动台便无法知道基站使用的是哪种序列。该突发脉冲的信息位中有 19bit 描述 TDMA 的帧号（用于 MS 与网络的同步和加密过程），有 6bit 描述基站识别号 BSIC（NCC+BCC），经过信道卷积后就得到了 2 个 39bit。它的保护间隔和尾比特同普通突发脉冲序列一样。

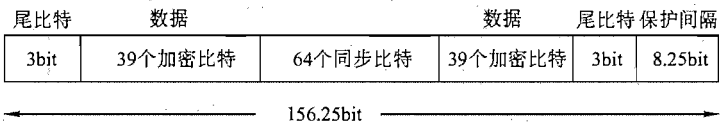


图 2-5　同步突发脉冲

5. 空闲突发脉冲序列

此突发脉冲序列在某些情况下由 BTS 发出，不携带任何信息，它的格式与普通突发脉冲序列相同，只是其中加密比特改为具有一定比特模型的混合比特。

2.2.4　逻辑信道与物理信道之间的对应关系

我们知道，每个小区都有若干个载频，每个载频都有 8 个时隙，因而我们可以定义载频数为 C0、C1、…、C*n*，时隙数为 TS0、TS1、…、TS7。

2.2.4.1　控制信道的映射

在某个小区超过一个载频时，该小区 C0 上的 TS0 就映射广播和公共控制信道（FCCH、SCH、BCCH、CCCH），可使用 main BCCH 的组合。该时隙不间断地向该小区的所有用户发送同步信息、系统消息、寻呼消息和指配消息。即使没有寻呼消息和接入请求，BTS 也总在 C0 上发射空闲突发脉冲。

我们从帧的分级结构知道，51 复帧是用于携带 SCH 和 CCCH，因此 51 复帧共有 51 个 TS0，也就是说将 51 个连续 TDMA 帧的 8 个时隙中的 TS0 都取出来以组成一个 51 帧的复帧。该序列在映射完一个 51 复帧

后开始重复下一个 51 帧的复帧。

以上叙述了下行链路 C0 上的 TS0 的映射，而对于上行链路 C0 上映射的 TS0 是不含有上述信道的，它只含有随机接入信道（RACH），用于移动台的接入。

下行链路 C0 上的 TS1 用于映射专用控制信道，它可使用 SDCCH 的信道组合形式。它是 102 个 TDMA 帧重复一次。由于是专用信道，所以上行链路 C0 上的 TS1 也具有同样的结构，这就意味着对一个移动台可同时双向连接，但在时间上会有一个偏移（以后我们会讲到出现这种情况的原因）。

当某个小区的容量很小，仅使用一个载频时，则该载频的 TS0 既用做公共控制信道又用做专用控制信道，即可采用 main BCCH combined 的信道组合形式。该信道组合每 102 重复一次。

当某小区业务量很高时，它可把 C0 的 TS0 配置成为 main BCCH，并可在 TS2、TS4、TS6 上扩展三个组合集，使用 CCCH 的配置形式。该配置形式包括除 SCH 和 FCCH 外的 TS0 的所有组合，因为这两个信道只能出现在 C0 的 TS0 上。

控制信道的映射关系如图 2-6 所示。

BCCH+CCCH（下行）51 复帧

F	S	B	C	F	S	C	C	F	S	C	C	F	S	C	C	F	S	C	C	N

BCCH+CCCH（上行）51 复帧

R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	•	•	•	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

SDCCH/8（下行）2×51 复帧

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A0	A1	A2	A3	N	N	N
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A4	A5	A6	A7	N	N	N

SDCCH/8（上行）2×51 复帧

A5	A6	A7	N	N	N	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A0
A1	A2	A3	N	N	N	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A4

BCCH+CCCH+SDCCH/4（下行）　2×51 复帧

F	S	B	C	F	S	C	C	F	S	D0	D1	F	S	D2	D3	F	S	A0	A1	N
F	S	B	C	F	S	C	C	F	S	D0	D1	F	S	D2	D3	F	S	A2	A3	N

BCCH+CCCH+SDCCH/4（上行）2×51 复帧

D3	R	R	A2	A3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	D0	D1	R	R	D2
D3	R	R	A2	A3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	D0	D1	R	R	D2

F：频率校正脉冲序列 TDMA 帧　S：同步脉冲序列 TDMA 帧　R：用于 RACH 的 TDMA 帧　B：用于 BCCH 的消息块（4 个 TDMA 帧）　D：用于 SDCCH 的消息块（4 个 TDMA 帧）　C：用于 CCCH 的消息块（4 个 TDMA 帧）　A：用于 SACCH 的消息块（4 个 TDMA 帧）

图 2-6　控制信道的映射

2.2.4.2　业务信道的映射

小区中携带有 BCCH 载频的 TS0 和 TS1 按上述映射安排控制逻辑信道，TS2 至 TS7 以及其他载频的 TS0 至 TS7 均可安排业务信道。

除映射控制信道外的时隙均映射在业务信道 TCH 上。用于携带 TCH/F 的复帧是 26 复帧的，因此它有 26 个帧的 TS*n*。第 26 个 TS*n* 是空闲时隙，空闲时隙之后，序列从 0 开始。

上行链路的结构与下行的是一样的，一个接通的 GSM 移动信道业务信息在每一帧分配的 TS 中以突发脉冲的形式发送，唯一的不同是有一个时间偏移，这个时间偏移为 3 个时隙。

TCH 信道用于传送话音和数据，SACCH 信道用于传送随路控制信息，空闲信道不含任何信息。它有两个作用，一方面是针对全速率 TCH 信道，在呼叫接续的状态下为了预同步它的相邻小区，移动台可利用空闲时隙所在的第 26 个空闲帧所提供的这一段时间的间隔，去读取其邻小区的基站识别码 BSIC；另一方面是

针对半速率 TCH 信道，在此时该时隙用于传输另一个 TCH/H 业务信道的 SACCH。

全速率 TCH 的 26 复帧结构如图 2-7 所示。

T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	N

T：TCH 的 TDMA 帧　A：SACCH 的 TDMA 帧　N：空闲 TDMA 帧

图 2-7　全速率 TCH 的 26 复帧

2.2.5　系统消息介绍

MS 为了能得到或提供各种各样的服务，通常需要从网络来获得许多消息。这些在无线接口广播的消息被称做系统消息，可共分为 12 种类型：1、2、2bis、2ter、3、4、5、5bis、5ter、6、7、8。

每个系统消息都由如下不同的元素组成：

1）当前网络、位置区和小区的识别消息；

2）小区供切换的测量报告消息和小区选择的进程消息；

3）当前控制信道结构的描述消息；

4）该小区不同的可选项的消息；

5）关于邻小区 BCCH 频点的分配。

系统消息在两种逻辑信道中传送，BCCH 或 SACCH 信道：

1）在空闲模式下，网络通过 BCCH 信道传送系统消息 1～4 及 7、8；

2）在通信模式下，网络通过 SACCH 信道传送系统消息 5 和 6。

各种系统消息分别包含的主要内容如下：

（1）系统消息类型 1：小区信道描述+RACH 控制参数。

（2）系统消息类型 2：邻小区 BCCH 频点描述+RACH 控制消息+允许的 PLMN。

（3）系统消息类型 2bis：扩展邻小区 BCCH 频点描述+RACH 控制消息。

（4）系统消息类型 2ter：扩展邻小区 BCCH 频点描述 2。

（5）系统消息类型 3：小区识别（CELLID）+位置区识别（LAI）+控制信道描述+小区选择+小区选择参数+RACH 控制参数。

（6）系统消息类型 4：位置区识别（LAI）+小区选择参数+RACH 控制参数+CBCH 信道描述+CBCH 移动配置。

（7）系统消息类型 5：邻近小区 BCCH 频点描述。

（8）系统消息类型 5bis：扩展邻近小区 BCCH 频点描述。

（9）系统消息类型 5ter：扩展邻近小区 BCCH 频点描述。

（10）系统消息类型 6：小区识别（CELLID）+位置区识别（LAI）+小区选择。

（11）系统消息类型 7：小区重选参数。

（12）系统消息类型 8：小区重选参数。

BCCH 信道是一个小容量的信道，每 51 复帧（235ms）仅有四帧（一个消息块）传送一个 23 字长 Lapdm 的消息。

各种信息单元包含的主要内容如下：

1）小区信道描述中含有该小区所使用到的所有频点，包括 BCCH 频点和跳频频点。

2）RACH 控制消息中含有参数 MAX RETRANS（最大重传数）、TX INTEGER（传输的时隙数）、CELL BAR ACCESS（小区是否被禁止接入）、RE（呼叫重建允许比特）、EC（紧急呼叫允许比特）、AC（被限制接入的用户级别）。

3）邻小区 BCCH 频点描述包括其邻小区所使用的 BCCH 频点。

4）允许的 PLMN 用来提供小区内 BCCH 载波上移动台监测所允许的 NCC。

5）控制信道描述中包括：ATT（移动台附着分离允许指示）、BS AG BLKS RES（留做接入允许 AGCH 的块数）、CCCH CONF（公共控制信道结构）、BA PA MFRMS（传输寻呼消息留给同一寻呼组的 51TDMA 复帧数）、T3212（用做周期性位置更新的时间）。

6）小区选择中包括：PWRC（功率控制指示）、DTX（不连续发射指示）、RADIO LINK TIMEOUT（无线链路超时值）

7）小区选择参数包括：小区重选滞后值、MS TXPWR MAX CCH（移动台接入小区应使用的最大 TX 功率电平）、RXLEV ACCESS MIN（允许接入系统的移动台的最小接入电平）。

8）CBCH 信道描述中包括：信道类别和 TDMA 偏差（哪种专用信道的组合）、TN（时隙号）、TSC（训练序列码）、H（跳频信道指示）、MAIO（移动配置指数偏移量）、HSN（跳频序列号）、ARFCN（绝对频点号）。

9）CBCH 移动配置中包括参与跳频的频道顺序与小区信道描述的关系。

10）小区重选参数包括 PI（小区重选指示）、CBQ（小区禁止限制）、CRO（小区重选偏置量）、TO（临时偏置量）、PT（惩罚时间）。

2.3　移动环境中的电波传播

2.3.1　陆地移动通信环境的特点

1. 移动台的天线比较低

由于传播路径总是受到地形及人为环境的影响，移动台的天线又总是处在各种地形环境和复杂的人为建筑物、树林中，这使得移动台接收到的信号为大量的散射、反射信号的叠加。

2. 移动台的移动性

移动台总是在移动，而且即使移动台不移动，周围环境也一直在变化，如人、车的移动，风吹动树叶等都使得基站与移动台之间的传播路径不断发生变化。此外，移动台相对于基站的移动方向、移动速度的不同，都会导致信号电平的变化。

3. 信号电平随机变化

信号电平随时间和位置的变化而变化，只能用随机过程的概率分布来描述。

4. 在城市环境中存在着波导效应

由于街道两旁高大的建筑物导致的波导效应，使得沿传播方向的街道上信号增强，垂直于传播方向的街道上信号减弱，两者相差达 10dB 左右。这种现象在离基站约 8km 将有所减弱。

5. 人为噪声现象严重

人为噪声主要是机动车的点火噪声，还有电力线噪声和工业噪声。

6. 干扰现象严重

比较常见的有同频干扰、邻频干扰，还有互调干扰、近端对远端比干扰等。随着频率复用系数的提高，同邻频干扰将成为主要因素。

2.3.2　信号在无线路径上的衰落

当移动台和基站的距离逐渐增加时，所收到的信号会越来越弱，原因是发生了路径损耗。路径损耗不仅与载频频率、传播速度有关，而且还与传播地形和地貌有关。下面让我们具体研究一下衰落产生的各种原因。

2.3.2.1　自由空间信号强度的传播衰落

自由空间是指相对于介电参数和相对磁导率均为一的均匀介质所存在的空间，它是一个理想的无限大的空间，是为了减化问题的研究而提出的一种科学的抽象。在自由空间的传播衰落我们不考虑其他衰落因素，仅考虑由能量的扩散而引起的损耗。通过研究我们发现该衰落符合以下公式的规律：

$$P_r=P_t\times(\lambda/4\pi d)^2 G_1G_2$$

式中 P_r——接收机的接收功率；

P_t——发射机的发射功率（单位为 W 或 mW）；

λ——波长（即 c/f）；

d——接收机和发射机之间的距离；

G_1——发射机的天线增益；

G_2——接收机的天线增益。

从公式中我们可以看出，如果将其他参数保持不变仅使工作频率 f 或传播距离 d 提高一倍，则其接收功率就为发射功率的 1/4，即自由空间的传播损耗就增加了 6dB。然而在实际上电波还要受到诸如平地面的吸收、反射和曲率地面的绕射以及地面上覆盖物等产生的传输损耗的影响。因而需要采取更为复杂的传播模型。

传播模型分为统计型模型和决定型模型。

1）统计型模型是利用测试数据，进行统计分析得到的传播模型，一般计算量较小，对电子地图的数据要求也较低，统计型模型一般可以利用测试数据加以修正。

2）决定型模型是根据传播路径上的地物、建筑物的几何信息，利用波的绕射、反射的理论得到的模型。一般计算量大，对电子地图的数据要求也较高，它需要建筑物的信息，一般不能利用测试数据加以修正。

统计型模型和决定型模型的选择：1km 的分水岭。统计型模型在 1～35km 预测的准确性比较高。常见的统计型模型有 Okumura-Hata 模型、COST-231 模型；决定型模型在 1km 内预测的准确性较高，常见的决定型模型有 COST-231-Walfish-Ikegami 模型。

下面简单介绍一下 Okumura-Hata 模型和 COST-231-Walfish-Ikegami 模型。

1．Okumura-Hata 模型

（1）适用条件

当符合以下条件时可以考虑使用该模型：GSM900 频段比较适合；基站天线有效高度为 30～200m；移动台天线高度为 1～10m；通信距离为 1～20km；地形为城区、郊区、开阔地、丘陵、山地、水域等。

（2）Okumura-Hata 基本模型公式

$$L_p\text{(城区)}=69.55+26.16\log f-13.82\log h_b+(44.9-6.55\log h_b)\log d-a(h_m)$$

$$L_p\text{(农村)}=L_p\text{(市区)}-2[\log(f/28)]^2-5.4$$

$$L_p\text{(开阔地带)}=L_p\text{(市区)}-4.78(\log f)^2+18.33\log f-40.94$$

式中 L_p——无线衰耗；

f——载波频率（适用于 GSM900 频段）；

h_b——基站天线高度（30～200m）；

d——基站与移动台的距离（1～20km）；

h_m——移动台的天线至地面的高度（1～10m）。

（3）天线有效高度的影响

在其他条件不变的情况下，天线有效高度增加一倍，损耗减少 6dB；Okumura-Hata 模型在 1km 处的天线高度增益比实际要小，因此实际使用中也有使用修正量的。

2．COST-231-Walfish-Ikegami 模型

（1）适用条件

1）可选频段为 GSM900/1800；

2）允许移动台天线高度为 1～10m；

3）通信距离为 20～5km。

（2）COST-231-Walfish-Ikegami 模型基本公式

1）视线通畅情况

$$L_b=42.6+26\lg d+20\lg f$$

2）非视线通畅情况

$$L_b=L_0+L_{rts}+L_{msd}$$

式中　L_{msd}——多重屏障的绕射损耗；

L_{rts}——屋顶至街道的绕射及散射损耗；

L_0——自由空间传输损耗。

2.3.2.2　长期衰落

常常在移动台和基站之间有高大建筑物、树林和高低起伏的地势地貌，这些障碍物的阻挡造成电磁场的阴影而产生阴影效应，致使接收信号强度下降。经过大量的野外测试表明，这种衰落服从对数正态衰落，它的接收信号的中值电场与基站和移动台的距离的四次方成反比。由于这种场强的变化随着地理位置的改变而缓慢变化，故称为长期衰落或慢衰落。又因为其接收场强中值受电磁场阴影影响而变化，所以又称为阴影衰落。其次，大气折射条件的变化使多径信号相对时延变化，造成同一地点场强中值随时间的慢变化，但这种变化远小于地形因素的影响，这也是产生慢衰落的一种原因，因此由于季节不同、气候不同等对无线信号的影响也就不同。

长期衰落的统计特性如下：

1）长期衰落是指接收到的衰落信号的平均值。是指在一个特定的长度 L 内平均得到的信号电平值（或场强值、或损耗值）。L 的取值为 40 个波长内取 36～50 个测试信号；

2）长期衰落形成的原因是由于传播路径上的地形和人为环境结构的变化而造成的；

3）长期衰落的概率密度分布服从对数正态概率密度函数，长期衰落的累积概率分布服从对数正态累积分布。

2.3.2.3　短期衰落

移动通信信道是一种多径衰落信道，发射的信号在城市中常常会受到建筑物或地形的阻挡，要经过直射、反射、散射等多种传播路径才到达接收端，而且随着移动台的移动，各条传播路径上的信号幅度时延及相位也在随时随地发生着变化，所以接收到的信号是起伏不稳定的。这些多径信号相互叠加产生的矢量和就会形成一个严重的衰落谷点，使矢量和非常接近为零。叠加后的信号幅度变化符合瑞利分布，因而又被称为瑞利衰落。瑞利衰落随时间而急剧变化，又常常被称为短期衰落或快衰落。根据理论推导，衰落最快时为每秒 $2v/\lambda$ 次（v 为移动速度，λ为信号波长）严重衰落时深度达 20～40dB，这将严重地影响信号传播质量，从这里可以看出经历衰落谷点的时间取决于移动台的运动速度及发射的工作频率，作为一种近似，两谷点之间的距离可以认为是半个波长，对于 900MHz 频带，它约为 17cm。根据公式 $2v/\lambda$ 还可以看出当采用 1800MHz 时两衰落谷点的时间是 900MHz 的一半。瑞利衰落在开阔地带对通信的影响要小一些。

在陆地移动通信系统中，主要的传播模式是视距内的直射波和反射波传播。大部分情况是移动台附近散射体产生的多个反射波，即多径传播模式。

多径信号的构成主要有两类：一类是远地散射体产生的回波，这种回波的时延较长且较稳定；另一类是从移动台附近半径为 50～400 波长的建筑物和树林反射和散射的回波，这类回波数量大、时延短，它们是构成多径信号的主要部分。

图 2-8 是一个典型的无线信号的瑞利衰落包络图，实线代表了主通路信号而虚线则代表了分集通路的信号包络。其中 y 轴代表信号强度，单位为 dB，而 x 轴则是反映距离信息的半波长数，单位为$\lambda/2$。

可以看出瑞利衰落是与空间相关的，因此只有处于运动状态下的接收机才能采用分集算法来补偿瑞利衰落。实验数据表明，即使对于处于慢速移动状态下的移动台，如时速为 5km/h 时，仍可以通过分集增益，补偿瑞利衰落使信号包络接近平均值，且均方差不大于 2.5dB。

短期衰落的统计特性：

1）短期衰落是指接收的衰落信号的瞬时值；

2）短期衰落形成的原因是由于传播受到移动台周围（50～100 个波长内）的散射体（主要指人为建筑物）或自然障碍（主要指树林）的反射在地面上造成多径波干涉，结果形成驻波场。当移动台通过这个驻波场时，

接收信号呈现短期衰落，场强会出现起伏。

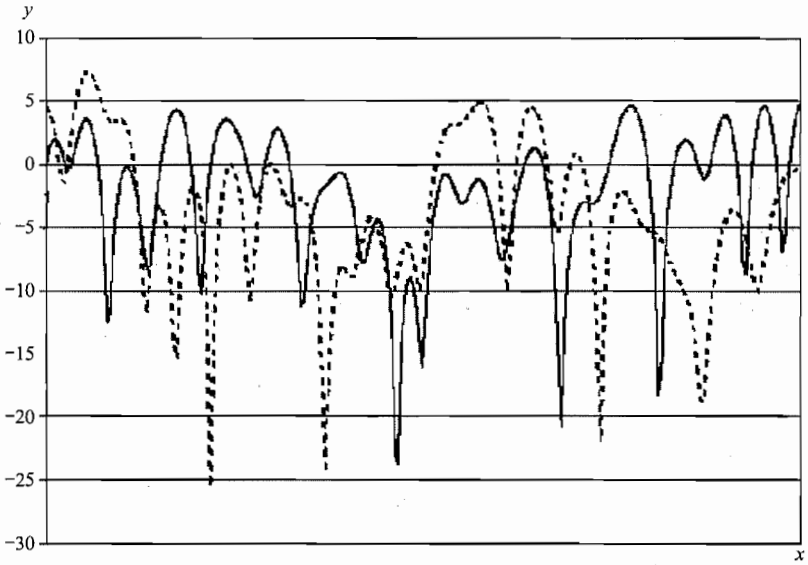


图 2-8　瑞利衰落

2.3.2.4　多普勒频移

快速运动的移动台还会发生多普勒频移现象，这是因为在移动台高速运动时接收和发送信号将导致信号频率将发生偏移而引起的干扰。多普勒频移符合下面的公式：

$$f=f_0-f_D\cos\theta=f_0-(v/\lambda)\cos\theta$$

式中　f——合成后的频率；

f_0——工作频率；

f_D——最大多普勒频移；

v——移动台的运动速度；

θ——多径信号合成的传播方向与移动台行进方向的夹角；

λ——波长。

当移动台快速远离基站时为 $f=f_0-f_D$，当移动台快速靠近基站时为 $f=f_0+f_D$。

当运动速度过高时，必须考虑多普勒频移的影响，而且工作频率越高，频移越大。

2.3.3　无线信号的传播损耗

2.3.3.1　传播损耗的定义

传输损耗是指对于某一无线电链路，从发射天线输出端的信号经过一定的传播路径，到达接收天线的输入端时，功率电平的损耗（或衰减）值，一般用 dB 表示。

2.3.3.2　传播损耗与距离的一般关系

在移动通信中，随着传播距离的增加，传播损耗将增加。在 1～20km 范围内，大致为 40dB/dec，其中 dec 为 10 倍距离。当距离在增大时，将增大至 50～60dB/dec。

2.3.3.3　传播损耗的常见类型

（1）自由空间的传播损耗。

（2）绕射损耗：绕射损耗分单刃绕射、多刃绕射、圆球形绕射；绕射损耗一般比较大，其中圆球形绕射损耗最大。多刃绕射损耗可以由单刃绕射损耗累加得到。

（3）反射损耗：反射损耗与反射面的反射系数（扩散系数、镜面反射系数、漫反射系数等）有关，也和

反射角的大小有关。

（4）建筑物贯穿损耗：建筑物的贯穿损耗是指电波通过建筑物的外层结构时所受到的衰减，它等于建筑物外与建筑物内的场强中值之差。

（5）人体损耗：手持机位于使用者的腰部和肩部时，接收的信号场强比天线离开人体几个波长时将分别降低 4～7dB 和 1～2dB。一般人体损耗设为 3dB。

（6）车内损耗：一般车内损耗为 8～10dB。

（7）植被损耗：植被损耗与树林的稠密程度、树叶形状、树林的厚度、树林与接收天线的距离等有关，具体情况如下：

1）在树林内部的损耗大约为 0.2dB/m（900MHz）、0.3dB/m（1800MHz）；

2）部分穿过树林或绕射，大约为 20dB/dec；

3）接收天线周围有树林，低于树林，大致为 10dB。

2.3.4　信号传播的其他特性

（1）衰落电平交叉率：在单位时间内，信号中值以正斜率通过某一规定电平的预期速率。当规定电平为中值电平时的衰落电平交叉率，称为衰落率。

（2）衰落平均持续时间：衰落平均持续时间是指场强低于某一电平的持续时间，将引起传输数据的突发差错。

（3）时延展宽：在多径传播环境下，由于接收到来自各个方向的反射波的路径时延差，对于不连续的数字脉冲信号将产生时延展宽现象。时延展宽是决定相干带宽的唯一因素，也是产生码间干扰的主要原因。在数据传输系统中，传输比特率受到时延展宽的限制。

（4）相干带宽：当两个频率 f_1 与 f_2 的间隔大于相干带宽时，f_1 与 f_2 两个信号的衰落不相关或相关系数较小；如果两个频率 f_1 与 f_2 的间隔小于相干带宽时，则两个信号的衰落相关；采用频率分集时要考虑相干带宽。

（5）码间干扰：码间干扰是由于在多径传播中相对于大的时延展宽或高的传输比特率所引起的。

2.3.5　分集接收

多径衰落和阴影衰落产生的原因是不同的。随着移动台的移动，瑞利衰落随着信号的瞬时值快速变动，而对数正态衰落随着信号平均值变动，这两者是构成移动通信接收信号不稳定的主要因素，使接收信号被大大恶化。虽然通过增加发信功率、天线尺寸和高度等方法能取得改善，但采用这些方法在移动通信中比较昂贵，有时也显得不切实际。如果采用分集方法即在若干支路上接收相互间相关性很小的载有同一消息的信号，然后通过合并技术再将各个支路的信号合并输出，那么便可在接收终端上大大降低深衰落的概率。

由于衰落具有频率、时间和空间的选择性，因此分集技术主要包括空间分集、时间分集、频率分集、极化分集等。

1. 空间分集

若在空间设立两副接收天线，独立接收同一信号，由于它们所处的传播环境和接收信号的衰落各不相同，具有不相干或相干性很小的特点，因而采用分集合并技术并使之输出较强的有用信号，便降低了传播因素的影响。在移动通信中，空间的间距越大，多径传播的差异就越大，所收场强的相关性就越小。天线间隔可以是垂直间隔也可以是水平间隔。但是，垂直间隔的分集性能太差，一般不主张用这种方式。为获得相同的相关系数，基站两分集天线之间的垂直距离应大于水平距离。在同一基站或小区，采用两副水平间隔数十个波长的天线接收同一信号，通过分集组合技术便可以选出最强信号或组合成衰落较小的信号。可以用分集增益来表示空间分集的改善情况，其大小与采用组合技术有关，但主要改善取决于分集天线的有效高度（h_e）与水平间距（d）之比值（$h_e/d=\eta$）及接收信号到达角（来波角）α。当接收正面来的信号（即α=0°）时，两幅分集接收天线上信号相关系数最小，分集增益最大；当接收侧面来的信号（即α=90°）时，则其相关系数最大，分集增益最小。这种方式在移动通信中是最有效的，也是应用最普遍的一种分集方式。

2. 时间分集

可采用通过一定的时延来发送同一消息，或在系统所能承受的时延范围以内在不同时间内各发送消息的一部分。在 GSM 中采用的是交织技术来实现时间分集的，交织技术将在后面的篇幅作具体介绍。

3. 频率分集

这种分集技术在 GSM 中是通过跳频来实现的。

4. 极化分集

指把两副接收天线的极化角度互成一定的角度，这样就可以获得较好的分集增益，并且可以把这种分集天线集成于一副天线内实现，这样对于一个扇区只需一副 TX 天线和一副 RX 天线即可，若采用双工器，则只需一副收发合一的天线，但对天线要求较高。

2.4 移动台和基站的时间调整

移动台收发信号要求有 3 个时隙的间隔，这是由于移动台是利用同一个频率合成器来进行发射和接收的，因而在接收和发送信号之间应有一定的间隔。从基站的角度上来看，上行链路的编排方式可由下行链路的编排方式延迟 3 个突发脉冲获得。这 3 个突发脉冲的延时对于整个 GSM 网络是个常数。

移动台在接收信号的同时，将在频率上平移 45MHz，并在偏移 3 个时隙的基础上考虑 TA 后发送，然后可以再次平移以监视其他小区的 BCCH 信道。

在通信过程中，如移动台在呼叫期间向远离基站的方向上移动，则从基站发出的消息将越来越迟的到达移动台。与此同时，移动台的应答信息也会越来越迟的到达基站。如不采取措施，时延过长会导致这样一种情况：基站收到的移动台在本时隙上发送的消息与基站在其下一个时隙收到的另一个呼叫信息重叠起来，而引起干扰。因此，在呼叫进行期间，移动台发送给基站的测量报告报头上携带着移动台测量的时延值，而基站必须监视呼叫到达的时间，并在下行 SACCH 的系统消息上以每 2s 一次的频率向移动台发出指令，随着移动台离开基站的距离的变化，逐步指示移动台应提前发送的时间，这就是时间的调整。在 GSM 中被称为时间提前量 TA，如图 2-9 所示。

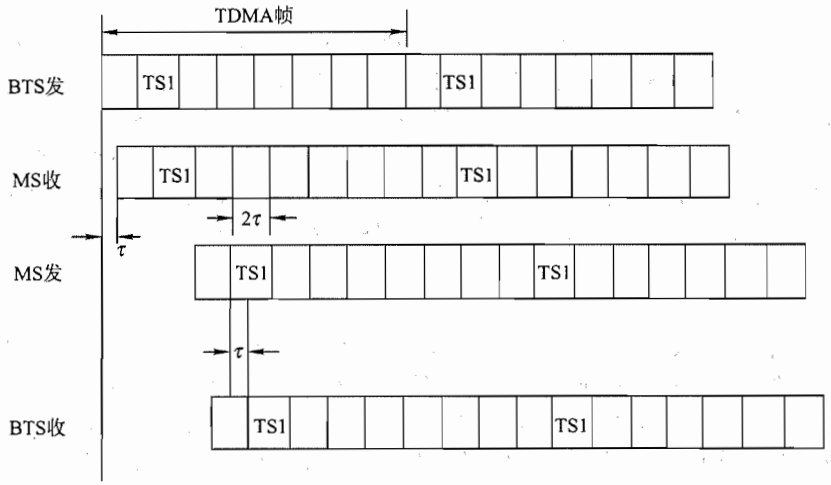


图 2-9 TA 的使用

时间提前量值可以由 0～233μs，该值会影响到小区的无线覆盖。GSM 小区的无线覆盖半径最大可达到 35km，这个限制值是由于 GSM 定时提前的编码是在 0～63 之间。基站最大覆盖半径算法如下：

$$3.7\mu s/bit \times 63bit \times (3\times10^8)m/s \div 2 = 35km$$

其中，3.7μs/bit 为每个比特的时长；63bit 为时间调整的最大比特数；3×10^8m/s 为光速。

但在某些情况下，客观需要基站能覆盖更远的地方，比如在沿海地区，如需用来覆盖较大范围的一些海域或岛屿。这种覆盖在 GSM 中是能实现的，代价是须减少每载频所容纳的信道数，办法是仅使用 TN 为偶数的信道（因为 TN0 必须用做 BCCH），空出奇数的 TN，来获得较大的保持时间。这被称为扩展小区技术，这一技术有专门的接收处理。这样定时提前的编码将会增大一个突发脉冲的时长。即基站的最大覆盖半径为

$$3.7\mu s/bit\times(63+156.25)bit\times(3\times10^8)m/s\div2=120km$$

根据以上所述，1bit 对应的距离是 554m，精确度为 0.25bit（即 138.5m）。表 2-2 给出了 TA 值所对应的距离和精确度。

表 2-2　TA 值所对应的距离和精确度

时间提前量 TA	距离/m	精确度（推荐值）
0	0～554	25%
1	554～1108	12.5%
2	1108～1662	6.1%
3	1662～	3.1%
…	…	…
63	34902～35456	0.4%

由于多径传播和 MS 同步精确度的影响，两个在同一位置接收同一小区信号的移动台对 TA 测量的差异，可能会达到 3bit 左右（1.6km）。

2.5　跳频技术

跳频可分为快速跳频和慢速跳频，在 GSM 中采用的是慢速跳频，其特点是按照固定的间隔改变一个信道使用的频率。

根据 GSM 的建议，基站无线信道的跳频是以每一个物理信道为基础的，因此对于移动台来说，只需要在每个帧的相应时隙跳变一次即可，即每秒跳 217 次。它在一个时隙内用固定的频率发送和接收，然后在该时隙后需跳到下一个 TDMA 帧，由于监视其他基站需要时间，故允许跳频的时间约为 1ms，收发频率为双工频率。但对基站系统来说，每个基站中的 TRX（收发信机）要同时与多个移动台通信，因此，对于每个 TRX 来说，能根据通信使用的物理信道，在其每个时隙上按照不同的跳频方案来进行跳变。

2.5.1　跳频的种类及各自实现的方法

GSM 中的跳频可分为基带跳频和射频跳频两种。基带跳频是通过腔体合成器来实现的，而射频跳频是通过混合合成器来实现的。

当采用基带跳频时，它的原理是在帧单元和载频单元之间加入了一个以时隙为基础的交换单元，通过把某个时隙的信号切换到相应的无线频率上来实现跳频，这种做法的特点是比较简单，而且费用也低。由于腔体合成器要求其每个发信机的频率都是固定的，因此当发信机要改动频率时，只能人工调谐到新的频率上，其话音信号随着突发脉冲的变化而使用不同频率发射机发射。因此若要完成跳频功能，就需要收发信机在跳频总线上不停的扫描观察，当总线发现有要求使用某一频率时，总线就自动指向拥有该频率的发信机上来发送信号。采用基带跳频的小区的载频数与该小区使用的频点数是一样的。

当采用射频跳频时，它是在通过对其每个 TRX 的频率合成器进行控制，使其在每个时隙的基础上按照不同的方案进行跳频。它采用的混合合成器对频带的要求十分宽松，每个发信机都可使用一组相同的频率，采用不同的 MAIO（移动分配索引偏移）加以区分。但它必须有一个固定发射 BCCH 频率的发信机，其他发信机可随着跳频序列的序列值的改变而改变。

两者的区别是：

1）基带跳频采用的腔体合成器最多可配置 8 个发信机，而且衰耗小，仅为 3.5dB；而射频跳频采用的混合合成器的容量较小，最多可配置 4 个发信机，而且衰耗大，当为 H2D 时，衰耗为 4.5dB；当为 H4D 时，衰耗为 8dB。显然，当基站配置较大时，采用混合合成器的基站覆盖要小；

2）腔体合成器对频段的要求不如混合合成器灵活，混合合成器所带的发信机可以使用一组频率，频点的间隔要求为 200kHz；腔体合成器的发信机仅能使用固定的频率发射，而且所用频点的间隔要求大于 600kHz；

3）基带跳频的每个发信机只能对应一个频点，而射频跳频的每个发信机能够发送所有参与跳频的频点。当使用基带跳频时携带 BCCH 频点的 TX 若出现故障，则易导致整个小区的瘫痪，而在射频跳频时则不会出现这类情况，因为每个 TX 都能发送 BCCH 频点，携带 BCCH 信道的载频优先级最高，当该载频出现问题时，携带 BCCH 信道的 TDMA 帧能够自动通过另一个载频发射出去。

2.5.2 跳频的优点

GSM 采用跳频有两个原因，是因为它可起到频率分集和干扰源分集的作用。

1. 跳频可起到频率分集的作用

跳频是要保证同一个信息使用几个频率发送，从而可提高无线信号抗衰落的能力。不同频率信号的衰落特性不同，而且随着频率差别增大时，衰落特性更加独立。对于相距足够远的频率，它们可看做是完全独立。通过跳频，可使携带同一部分信息的所有突发脉冲不会被瑞利衰落以同一方式破坏。

当移动台以高速移动时，在同一信道上接收两个相邻突发脉冲期间（相隔 8 个时隙，即 4.615ms），移动台位置的差别对于消除信号瑞利变化的相关性已经足够了，在这种情况下，跳频基本起不到什么作用。然而对于拥有大量手持机用户的系统是很重要的，因为手持机的用户通常运动速度较慢或是处于静止状态，在此时跳频优越性就显示出来了，它所能提供的增益大概为 6.5dB。

2. 跳频可起到干扰源分集作用

在业务量密集的地方，网络的容量将受到由于频率复用产生的干扰的限制。载波干扰比 C/I 值（载波电平/干扰电平）可能在呼叫期间变化很大。载波电平随着移动台相对于基站的位置及移动台与基站之间障碍的数量的变化而变化，干扰电平的变化依赖于此频率是否被附近蜂窝的另一呼叫使用，它还随着干扰源距离、电平的变化而变化。由于系统的目标是尽可能满足更多用户的需求，当不选用跳频时，如一频点出现干扰，则当用户占用该频点时就会造成通话质量使用户难以忍受，而当使用跳频时，该干扰情况就会被该载波的其他呼叫所共享，整个网络的性能将得到提高。经分析使用跳频的网络可比不采用跳频的网络高出 3dB 的增益。

2.5.3 跳频序列

在小区参数的定义中定义了两个频率组，一个称为“小区分配表 CA”（CELL ALLOCATION），用来定义该小区所用到的所有频点，另一个称为“移动分配表 MA”（MOBILE ALLOCATION），用来定义参与跳频的所有频点。在此值得注意的是，携带有 BCCH 的载频，不能用于跳频，因为它携带有 FCCH、SCH 及 BCCH 信道，需要不停地向该小区的所有手机广播同步消息及系统消息。在 GSM 规范中有两个参数用来定义跳频序列，分别是 MAIO（移动分配指针偏移）和 HSN（跳频序列号）。

MAIO 因需描述跳频重复功能的起点，所以该参数的取值与参与跳频的频率数一样多。MA（移动配置表）的频点数应在 1～64 之间，产生跳频序列要经过一个十分复杂的算法过程，参与计算的参数有 FN（当前的帧号及获得的描述帧号的 T1、T2、T3 值）、MAIO、HSN。

HSN 有 64 个不同的值，通常一个小区应使用相同的 HSN 值及不同的 MAIO 值，因为这是要避免同一小区信道之间的干扰。当同一小区出现相同的 MAIO 后将导致严重的 TCH 指配失败。两个拥有相同 HSN 不同 MAIO 的载波，在同时发送的突发脉冲使用相同的频率。相反，当两个使用同一跳频组，MAIO 也相同的但 HSN 不同的载波，它只会对突发脉冲的 $1/n$ 干扰。

MS 可以由系统广播消息中提供的小区参数来根据算法导出跳频序列和小区的跳频序列号。

在使用同一跳频组的相邻小区中，应注意使用不同的 HSN，该做法可获得干扰源分集增益。但注意应尽量避开使用 HSN=0 的情况（它是循环跳频），因为它会导致低质量的干扰源分集。

2.6　源数据的传输过程

由于 GSM 系统是一个全数字系统，话音和不同速率数据的传输都要进行数字化处理。为了将源数据转换为最终信号并通过无线电波发射出去，需经过几个连续的过程。相反，在接收端需要经过一系列的反过程来重现原始数据。下面我们主要针对话音的传输过程进行描述，它的工作顺序如图 2-10 所示，这个过程对其他用户数据和信令也是一样的。

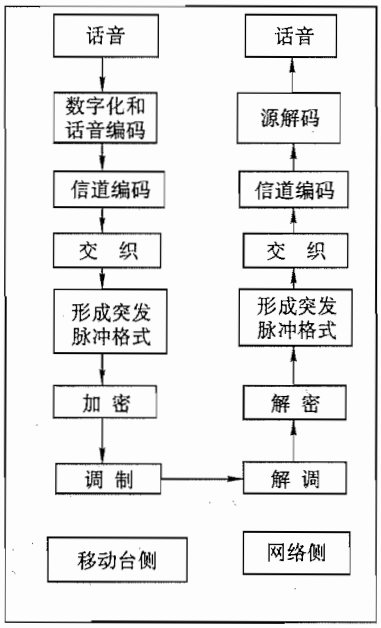


图 2-10　话音传输过程

信源端的主要工作有：

1. 信道编码

为了在数据传输期间对误码进行检错纠错，在数据流中增加了部分冗余比特。信道编码的结果是一个比特流，对全速率话音编码来说，编码比特的长度是 456bit。

2. 交织

由于在通信过程中，差错的出现往往是成串的，为了使连续传输的数据具有最大不相关性而引入了交织的概念，它的目的是改善信道编码的性能，去除差错以及比特流中位置的相关性。交织以后，每个突发脉冲就形成了一个数据信息块。

3. 加密

通过仅由 MS 和网络知道的加密方式来对信息块进行保护。

4. 突发脉冲的形成

为了有助于接收信号的同步和均衡，往加密的信息块中增加了一些额外的信息，如训练序列、保护间隔和尾比特等。

5. 调制

将二进制的数字信息转换为合适频率的模拟信号，并以无线电波的形式发射出去。

2.6.1　语音编码

由于 GSM 系统是一种全数字系统，话音和其他信号都要进行数字化处理，因此移动台首先要将语音信号转换成模拟电信号，以及其反转换，移动台再把这模拟电信号转换成 13kbit/s 的数字信号，用于无线传输。下面我们主要讲一下 TCH 全速率信道的编码过程。

目前 GSM 采用的编码方案是 13kbit/s 的 RPE LTP（规则脉冲激励长期预测）编码，其目的是在不增加误码的情况下，以较小的速率优化频谱占用，达到与固定电话尽量相近的语音质量。

它首先将语音分成 20ms 为单位的语音块，再将每个块用 8kHz 抽样，每个块由此得到 160 个样本。每个样本再经过 A 率 13bit（μ 率 14bit）的量化，由于处理 A 率和 μ 率的压缩率不同，因而将该量化值又分别加上了 3 个或 2 个的“0”bit，最后每个样本就得到了 16bit 的量化值。因而在数字化之后进入编码器之前，就得到了 128kbit/s 的数据流。但这一数据流的速率太高以至于无法在无线路径下传播，因而我们需要让它通过编码器来进行编码压缩。如果用全速率的编码器的话，每个语音块将被编码为 260bit，最后形成了 13kbit/s 的源编码速率。此后将完成信道的编码。

在 BTS 侧能够恢复 13kbit/s 的源速率，但为了形成速率为 16kbit/s 的 TRAU 帧以便于在 ABIS 和 ATER

接口上传送，因而需再增加速率为 3kbit/s 的信令，它可用于 BTS 控制远端 TCU 的工作，因而被称为带内信息。这 3kbit/s 将包括同步和控制比特（包括坏帧指示、编码器类型、DTX 指示等）。总之，带内信息将能使 TCC 知道信息的种类（全速率语音、半速率语音、数据），以及采用何种适用的方法用于上行和下行的传输。

在 TCU 侧，为了适应 PSTN 网络 64kbit/s 的速率传输，因而它的码型速率转换板将完成将速率由 13kbit/s 转换为 64kbit/s 的工作。

2.6.2 信道编码

信道编码用于改善传输质量，克服各种干扰因素对信号产生的不良影响，但它是以增加比特降低信息量为代价的。

信道编码的基本原理是在原始数据上附加一些冗余比特信息，增加的这些比特是通过某种约定从原始数据中经计算产生的，接收端的解码过程利用这些冗余的比特来检测误码并尽可能地纠正误码。如果收到的数据经过同样的计算所得的冗余比特同收到的不一样时，我们就可以确定传输有误。根据传输模式不同，在无线传输中使用了不同的码型。

GSM 使用的编码方式主要有块卷积码、纠错循环码（FIRE CODE）、奇偶码（PARITY CODE）。块卷积码主要用于纠错，当解调器采用最大似然估计方法时，可以产生十分有效的纠错结果。纠错循环码主要用于检测和纠正成组出现的误码，通常和块卷积码混合使用，用于捕捉和纠正遗漏的组误差。奇偶码是一种普遍使用的最简单的检测误码的方法。

无论如何处理，全速率 TCH 编码都将在信道编码后，在每 20ms 内形成 456bit 的编码序列。

2.6.2.1 全速率 TCH 信道编码

在对全速率语音编码时，首先将对语音编码形成的 260 个比特流分成三类，分别为 50 个最重要的比特、132 个重要比特以及 78 个不重要的比特。然后对上述 50 个比特添加上 3 个奇偶校验比特（分组编码），这 53 个比特连同 132 个重要比特与 4 个尾比特一起被卷积编码，速率为 1∶2，因而得到 378bit，另外 78bit 不予保护。于是最后将得到 456bit。

2.6.2.2 BCCH、PCH、AGCH、SDCCH、FACCH、SACCH 信道的编码

LAPDm 是数据链路层的协议（第二层），在连接模式下被用于传送信令。它被应用在逻辑信道 BCCH、PCH、AGCH、SDCCH、FACCH、SACCH 上，一个 LAPDm 帧共有 23B（184bit）。为了获得 456bit 的保护字段，便可通过对 LAPDm 帧的编码来得到。

首先给 184bit 增加 40bit 的纠错循环码，这样就可以来检测是否物理层的差错校正码能正确的校正传输差错。通过这种码型来监测无线链路，来确认是否 SACCH 消息块是否被正确地接收到。

为了实现卷积编码，还应加上 4bit 的尾位。我们将得到的这 228bit 通过 1∶2 卷积编码速率，最后也会得到 456bit 的数据。

2.6.2.3 SCH 信道的编码

SCH 信令信道不能用 LAPDm 协议。在每个 SCH 信道有 25bit 的消息字段，其中 19bit 是帧号，6bit 用于 BSCI 号。由于每个单独的 SCH 时隙都携带着一个完整的同步消息，而且 SCH 的突发脉冲的消息位的字段是 78bit。因而我们需要将这 25bit 的数据编码成 78bit。

我们将这 25bit 的数据再加上 10 个奇偶校验比特和 4bit 的尾位，这就得到了 39bit。再将这 39bit 按照 1∶2 的卷积编码速率，便得到了 78bit 的消息。

2.6.2.4 RACH 信道的编码

随机接入信道 RACH 的消息是由 8 个消息比特组成，包括 3bit 的建立原因和 5bit 的随机鉴别符。由于 RACH 的突发脉冲的消息位的字段是 36bit。因而我们需要将这 8bit 的数据编码成 36bit。

首先，我们给它加上 6bit 的色码，这 6bit 的色码是通过将 6bit 的 BSIC 和 6bit 的奇偶校验码取模 2 而获得的。然后再加上 4bit 的尾位。这样就得到了 18bit，我们再将这 18bit 按照 1∶2 的卷积编码速率，最后将得到 RACH 突发脉冲上的 36bit 的消息位。

2.6.3　交织技术

在移动通信中这种变参的信道上，比特差错经常是成串发生的。这是由于持续较长的深衰落谷点会影响到相继一串的比特。但是，信道编码仅在检测和校正单个差错和不太长的差错串时才有效，为了解决这一问题，希望找到把一条消息中的相继比特分开的办法，即一条消息的相继比特以非相继的方式被发送，使突发差错信道变为离散信道。这样，即使出现差错，也仅是单个或者很短的比特出现错误，也不会导致整个突发脉冲甚至消息块都无法被解码，这时可再用信道编码的纠错功能来纠正差错，恢复原来的消息。这种方法就是交织技术。

在 GSM 系统中，在信道编码后进行交织，交织分为两次，第一次交织为内部交织，第二次交织为块间交织。

在上一节我们提到了，通过话音编码和信道编码将每一 20ms 的话音块数字化并编码，最后形成了 456bit。我们首先将它进行内部交织，将 456bit 按（0，8，…，448）、（1，9，…，449）…（7，15，…，455）的排列方法，分为 8 组，每组 57bit，通过这一手段，可使在一组内的消息相继较远。

但是如果将同一 20ms 话音块的 2 组 57bit 插入到同一普通突发脉冲序列中，那么，该突发脉冲丢失则会使该 20ms 的话音损失 25%的比特，显然信道编码难以恢复这么多丢失的比特，因此必须在两个话音帧间再进行一次交织，即块间交织。

进行完内部交织后，将一语音块 B 的 456bit 分为八组，再将它的前四组（B0、B1、B2、B3）与上一个语音块的 A 的后四组（A4、A5、A6、A6）进行块间交织，最后由（BO，A4）、（B1，A5）、（B2，A6）、（B3，A7）形成了四个突发脉冲，为了打破相连比特的相邻关系，使块 A 的比特占用突发脉冲的偶数位置，块 B 的比特占用奇数位置，即 B0 占奇数位，A4 占偶数位。同理，将 B 的后四组同它的下一语音块 C 的前四组来进行块间交织。

这样，一个 20ms 的语音帧经过二次交织后分别插入了八个不同的普通突发脉冲序列中，然后一个个地进行发送，这样即使在传输过程中丢掉了一个脉冲串，也只影响每一个话音比特数的 12.5%，而且它们不互相关联，这样就能通过信道编码进行校正。话音信道交织如图 2-11 所示。

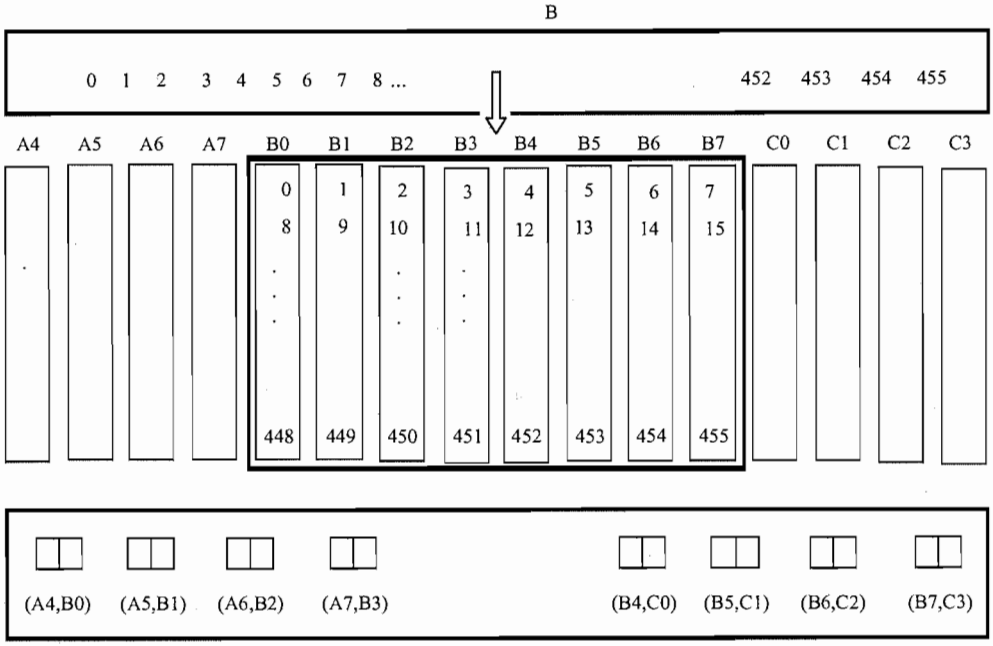


图 2-11　话音信道交织

应注意的是，对控制信道（SACCH、FACCH、SDCCH、BCCH、PCH 和 AGCH）的二次交织有所不同。在这里这一 456bit 的消息块在经历过内部交织并分为八组后（这一过程同话音的内部交织一样），我们将把它的前四组与后四组进行交织（交织方法也与话音的交织一样），最后获得了四个整突发脉冲，如图 2-12 所示。

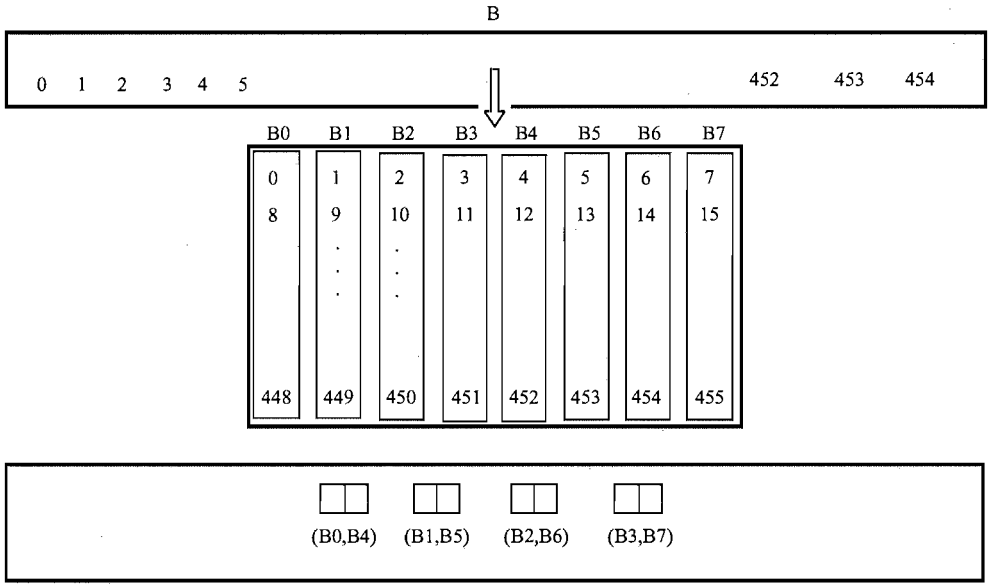


图 2-12 符合 LAPDm 协议的信令信道交织

对于不同传输模式下的交织和编码的特点如图 2-13 所示。

信道类型		输入 /bit	编码	输出 /bit	交织
TCH/FS	Ⅰ	50	奇偶码 1/2 卷积码	456	在 8 个 1/2 普通 突发脉冲上
	Ⅱ	132	1/2 卷积码		
	Ⅲ	78	无		
SCH		25	奇偶码 1/2 卷积码	36	在一个 SCH 突发脉冲上
RACH		8	奇偶码 1/2 卷积码	36	在一个随机接入 突发脉冲上
FACCH		184	FIRE 码 1/2 卷积码	456	在 8 个 1/2 普通 突发脉冲上
SDCCH SACCH BCCH CCCH					在 4 个整突发脉冲上

图 2-13 不同传输模式下交织和编码

由上可知，交织对于系统抗干扰具有很重要的意义，但是它的缺点是时延长。在传输 20ms 语音块时，从接收第一个比特开始到最后一个比特结束并考虑到SACCH占一个突发脉冲的话，那么时延周期是9×8–7=65 个突发脉冲的周期，即 37.5ms 的延时。因此在 GSM 系统中，移动台和中继电路上增加了回波消除器，以

改善由于时延而引起的通话回音。

2.6.4　突发脉冲的形成

见 2.2.3 节有关突发脉冲的描述。

2.6.5　加密

在数字传输系统的各种优点中，能提供良好的保密性是很重要的特性之一。GSM 通过传输加密提供保密措施。这种加密可以用于语音、用户数据和信令，与数据类型无关，只限于用在常规的突发脉冲之上。加密是通过一个泊松随机序列（由加密钥 Kc 与帧号通过 A5 算法产生）和常规突发脉冲之中 114 个信息比特进行异或操作而得到的。

在接收端再产生相同的泊松随机序列，与所收到的加密序列进行异或操作便可得到所需要的数据了。

2.6.6　调制和解调

调制和解调是信号处理的最后一步。简单地说，GSM 所使用的调制是 BT=0.3 的 GMSK 技术，其调制速率是 270.833kbit/s，使用的是 Viterbi（维特比）算法进行的解调。调制功能就是按照一定的规则把某种特性强加到电磁波上，这个特性就是我们要发射的数据。GSM 系统中承载信息的是电磁场的相位，即采用调相方式。解调的功能是接收信号，从一个受调的电磁波中还原发送的数据。从发送角度来看，首先要完成二进制数据到一个低频调制信号的变换，然后再进一步把它变到电磁波的形式。解调是调制的逆过程。

第 3 章　GSM 主要信令过程分析

GSM 系统使用类似 OSI 协议模型的简化协议，包括物理层（L1）、数据链路层（L2）和应用层（L3）。物理层是协议模型最底层，提供物理媒介传输比特流所需的全部功能。数据链路层用于保证正确的消息传递及识别单个呼叫。

在 GSM 系统中，无线接口（Um）上的物理层和数据链路层分别是 TDMA 帧和 LAPDm 协议。在网络侧，Abis 接口和 A 接口使用的物理层均为 E1 传输方式，数据链路层分别为 LAPD 和 MTP 协议。在 Um 接口，MS 每次呼叫时都有一个物理层和数据链路层的建立过程，在此基础上再与网络侧建立应用层上的通信。在网络侧（A 和 Abis 接口），其物理层和数据链路层（SCCP 除外）始终处于连接状态。

应用层的通信消息按阶段和功能的不同，分为无线资源管理（RR）、移动性管理（MM）和呼叫控制（CC）三部分。

在这一章中，我们重点来研究一下当移动台处于空闲状态时的工作情况及移动台与网络之间的信令处理过程。

3.1　小区的选择与重选

3.1.1　过程描述

小区的选择和重选程序是为了保证 MS 选择一个最适合的小区且在该小区上能可靠解译 BCCH 信道的下行链路数据，并在上行链路上具有较高的通信率（以便具有在该小区上实现各种通信业务的能力）。一旦 MS 选择了某个小区作为服务小区，就可以在该小区上与网络进行通信。

当 MS 选择了某个小区后，它将调谐到该小区的 BCCH 信道上，来接收寻呼消息和 BCCH 信道广播的系统消息，并可通过该小区的 RACH 信道来发出接入请求。

移动台是通过服务小区系统广播消息中“BCCH 分配（BA）”表的信息来进行小区重选的。GSM 网络有两个 BA 表，一个是在 BCCH 的系统消息中发送的，它包含了在某个物理区域内所使用的 BCCH 载波，用于空闲模式下 MS 的小区选择和重选；另一个是在 SACCH 上系统消息中发送的，用于在专用模式下向 MS 指示哪个 BCCH 载波用于切换监测。

值得注意的是，MS 进入专用模式下时，是通过 BA（BCCH）来获得其相邻小区 BCCH 频点的信息，直到收听到第一个 BA（SACCH）消息才停止使用。

3.1.2　小区选择过程

当手机开机或从盲区进入覆盖区时，手机将寻找 PLMN 允许的所有频点，并选择合适的小区驻留，这个过程被称为“小区选择”。

3.1.2.1　在 MS 无存储 BCCH 信息情况下的小区选择过程

如果移动台并无存储的 BCCH 消息，它将首先搜索完所有的 124 个 RF 信道（如果为双频手机还应搜索 374 个 GSM1800 的 RF 信道），并在每个 RF 信道上读取接收的信号强度，计算出平均电平，整个测量过程将持续 3～5s，在这段时间内将至少分别从不同的 RF 信道上抽取 5 个测量样点。

MS 调谐到接收电平最大的载波上后，将首先来判断该载波是否为 BCCH 载波（通过搜寻 FCCH 突发脉冲）。如果是，移动台将尝试解码 SCH 信道来与该载波同步并读取 BCCH 的系统广播消息。若 MS 可正确解码 BCCH 数据，并通过数据证实该小区属于所选的 PLMN、参数 C1 值大于 0、该小区并未被禁止接入，移

动台方可驻留在该小区中。否则，MS 将调谐到次高的载波上直到找到可用的小区。

若 30 个最强的 RF 信道都被搜索后仍未找到合适的小区，MS 将继续监测所有的 RF 信道的信号强度并搜索 C1>0 且未被禁止接入的 BCCH 信道，当找到该载波后，MS 则选择该小区，而不考虑 PLMN 识别。在这种模式下，仅可进行紧急呼叫。

情况一：当 MS 的接入等级被该小区禁止时，并不影响小区选择算法，即当该小区符合要求时，MS 仍会选择它为驻留小区。

情况二：当 MS 所选小区属于 PLMN，但被禁止接入（参数 CBA 设为“禁止”）或算法 C1<0，MS 则使用从该小区中获得的 BA（BCCH）表去搜索这些 BCCH 载波。

3.1.2.2　MS 有存储的 BCCH 信息情况下的小区选择过程

如 MS 在上次关机时，存储了 BCCH 载波的消息，它将首先搜索已存储的 BCCH 载波。若 MS 可以译码该小区的 BCCH 数据，但不能驻留该小区，则检查该小区的 BA（BCCH）表，若表中所有的 BCCH 载波都被搜索后，仍未找到合适的小区，则执行无存储 BCCH 信息的小区选择过程。

C_1 为供小区选择和重选的路径损耗准则，服务小区的 C_1 必须大于 0，其公式如下：

$$C_1=RXLEV-RXLEV_ACCESS_MIN-\mathrm{MAX}((MS_TXPWR_MAX_CCH-P),0)$$

式中　*RXLEV*——移动台接收的平均电平，单位为 dBm；

RXLEV_ACCESS_MIN——允许移动台接入的最小接收电平，单位为 dBm；

MS_TXPWR_MAX_CCH——移动台接入系统时可使用的最大发射功率电平，单位为 dBm；

P——移动台的最大输出功率，单位为 dBm。

小区选择过程用的就是 C_1 算法，例如图 3-1 所示。

图 3-1　小区选择图例

3.1.3　小区重选过程

当移动台选择某小区为当前服务小区后，在各种条件变化不大的情况下，移动台将驻留在所选的小区中，并继续监测由服务小区的 BCCH 系统消息所指示的小区重选邻小区频点配置表中的所有 BCCH 载波。

在对这些 BCCH 载波进行监测时，对它们接收电平的测量至少需要 5 个测量样点来进行平均，并应对所有的 BCCH 载波取同样的测量样点数目，而且分配给每个载波的样点在每个测量周期内应尽量平均，至少在每分钟内更新最强的 6 个 BCCH 载波。

为了降低功耗、节省 MS 的耗电量，MS 还应在译码寻呼组时测量 BA（BCCH）表中各载波的接收电平。在 MS 寻呼组出现的期间内可获得一些 BA（BCCH）表中所包含的 BCCH 频点和服务小区 BCCH 频点上的接收电平测量样本值。

在 MS 例行测量程序中还包括测量目前服务小区 BCCH 载波的任务。MS 在至少 30s 内应试图去解码服务小区的 BCCH 广播的全部系统消息。MS 至少在 5min 内对 6 个最强的非服务小区的 BCCH 载波进行 BCCH 数据块的解码，该数据块包含影响小区重选的参数。当 MS 认为一个新的 BCCH 载波变为六个最强的载波之一时，则至少在 30s 内对新载波的 BCCH 数据进行解码。MS 至少在 30s 内检查 6 个最强载波之一的 BSIC，以证实监测的是同一个小区，BSIC 若发生了变化，MS 则认为该载波是一个新载波，并将重新解码该 BCCH

数据。在以上情况中，MS 尽量不中断对 PCH 的侦听。

当发生以下情况时，将触发小区重选（若 C_2 算法尚未激活，则 $C_2=C_1$）：

1）移动台计算某小区（与当前小区属同一个位置区）的 C_2 值超过移动台当前服务小区的 C_2 值连续 5s；

2）移动台计算某小区（与当前小区不属同一个位置区）的 C_1 值超过移动台当前服务小区的 C_2 值与小区重选滞后值（CELL SELECTION HYSTERESIS）之和连续 5s。若在此前 15s 内有小区重选则不立刻发生小区重选；

3）当前服务小区被禁止；

4）MS 监测出下行链路故障：

下行信令故障准则基于下行信令故障计数器 DSC，当 MS 选择了某小区时，DSC 置为[90/BS_PA_MFRMS]取整，BS_PA_MFRMS 为基站传输寻呼消息给同一寻呼组 MS 之间的 51TDMA 帧复帧数。因此当 MS 要在其寻呼子信道上译码时，若成功则 DSC 加 1，若失败，则 DSC 减 4，当 DSC 为 0 时，则断定出现了下行信令故障；

5）服务小区的 C_1 值连续 5s 小于 0；

6）MS 随机接入时，在最大重传后接入尝试仍不成功的情况下。

应注意在 MS 进行小区重选之后，并在箝位该小区之前，应译码新小区所有的 BCCH 数据，根据所得的结果 MS 将检查影响小区重选的参数是否发生了变化。当有变化时，MS 应判决此时是否依然符合小区重选准则。当条件都满足时，MS 将箝位该小区。此时若 MS 发现 LAI（位置区码）发生变化时，即触发位置更新过程。

小区重选采用的算法为 C_2 算法（详见第 5 章），例如图 3-2 所示。

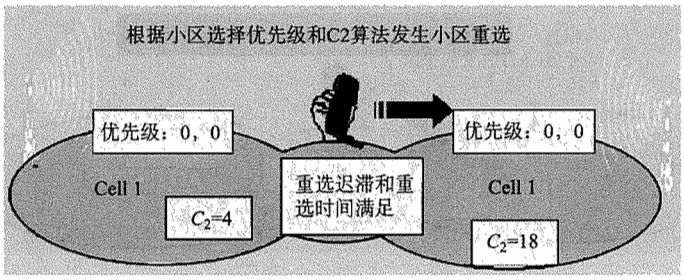


图 3-2　小区重选图例

3.1.4　网络对处于空闲模式下 MS 的影响

网络侧负责完成在下行链路上对处于空闲模式的 MS 进行系统消息广播和和寻呼的任务。

系统消息类型 2～4 以及可选的类型 1、2bis、7 和 8 有规律地从网络 BCCH 上广播。处于空闲模式下的移动台通过这些信息来决定是否以及如何接入到网络中。

GSM900M 的移动台仅支持 GSM900M 频带，它认为系统消息类型 2 中邻小区描述 IE 的 EXT IND 比特为备用比特。如果接收到双频网络发来的信息，MS 会认为系统消息类型 2 中信息单元已包括了完整的 BA 表，于是将忽略系统消息类型 2bis。

3.1.5　不连续接收模式 DRX 和寻呼信道的定义

处于空闲模式下的移动台若选择了某小区作为其服务小区，它就可以开始收听该小区的寻呼消息了。为了降低移动台功耗，在 GSM 规范中引入了不连续接收的机制，即每个移动用户（即对应每个 IMSI）都对应着一个专门的寻呼组，每个寻呼组都分别与小区的一个寻呼子信道相对应，移动台可根据自身 IMSI 的最后 3 位及服务小区寻呼信道的配置情况来计算出它所属的寻呼组，进而计算出该寻呼组的寻呼子信道位置。在空

闲状态下某寻呼组的移动台只在其固定的寻呼子信道上来收听系统广播的寻呼消息（在此期间它还可用来监测非服务小区 BCCH 载波的接收电平），而忽略其他寻呼子信道的内容，甚至在其他寻呼子信道期间关闭移动台某些硬件设备的电源以节约移动台的功率开销，但必须保证在一定的时间内完成必要的测量网络消息的任务。

我们可以根据 CCCH 信道的配置类型、BS AG BLKS RES（在 51 复帧中有几个块用于 AGCH 块）、BS PA MFRMS（以多少个 51 复帧作为寻呼子信道的一个循环）来计算出每个小区寻呼子信道的个数。

问题研究：

1）在 GSM 系统中公共控制信道 CCCH 信道主要包括 AGCH 和 PCH 信道，它的主要作用是用来发送立即指配消息和寻呼消息。CCCH 可以由一个物理信道承担，也可以有多个物理信道共同承担，且 CCCH 可以与 SDCCH 信道共用一个物理信道。小区中的公共控制信道采用哪种组合方式，由参数 CCCH CONF 决定。应注意，小区中的 CCCH CONF 的设置必须与小区公共控制信道的实际配置情况一致。建议当小区的 TRX 数为一个时，CCCH 的配置可采用一个基本物理信道且与 SDCCH 共用（此时有 3 个 CCCH 消息块）。

2）有时由于一个位置区的寻呼业务量特别大，仅用一个物理时隙发送寻呼消息不够用，因而 GSM 规范允许在携带有 BCCH 信道的载频上，可以多配置几个 CCCH 信道，但只要求在时隙 0、2、4、6 上使用。

3.2　立即指配程序

立即指配的目的是在 Um 接口建立 MS 与系统间的无线连接，即 RR 连接。

3.2.1　信道申请

初始化过程就是一个随机接入的过程。在任何情况下，如移动台需要同网络建立通信，都需通过 RACH 信道向网络发送一个报文来向系统申请一条信令信道，网络将根据信道请求需要来决定所分配的信道类型。这个在 RACH 上发送的报文被称做“信道申请”（CHANNEL REQUEST），它其中的有用信令消息只有 8bit，其中有 3bit 用来提供接入网络原因的最少指示（对于 PHASE 1 标准，该建立原因只用 3bit；对于 PHASE 2 标准，由于引入了半速率的概念，建立原因所占的比特就不固定了，最多可占到 6bit），如紧急呼叫、位置更新、响应寻呼或是主叫请求等，在网络拥塞的情况下，系统可根据这这一粗略的指示来分别对待不同接入目的的信道申请（哪些类型的呼叫可接入网络、哪些类型的呼叫将被拒绝），并为它们选择分配最佳类型的信道。在这一指示中，由于信道容量的限制，显然不能将移动台想传送的所有信息全部发送给网络，如申请信道的具体原因、用户身份及移动设备的特性（这些消息在 SABM 消息中发送）。另外 5bit 是移动台随机选择的鉴别符（对于 PHASE 1 标准），它并不用来向网络提供信息，其目的是使网络能区别不同 MS 所发起的请求，网络此后将向移动台发送的“立即指配命令”（含有所分配信道的信息）中会再将该鉴别符发还给移动台，移动台通过网络返回的鉴别符和本身所发送的鉴别符相比较来判断该信息是否是网络发送给自己的。但它只有 5bit，最多只能同时区分 32 个 MS，不保证两个同时发起呼叫的 MS 的随机鉴别符一定不同。要进一步区别同时发起请求的 MS，还要根据 Um 接口上的应答消息。信道请求消息只在 BSS 内部进行处理。

所有带有 SIM 卡的移动台都属于 0～9 级这 10 个接入等级中的一级。其接入等级存储在 SIM 卡中。另外，移动台也可以是 5 个特殊接入等级（接入等级 11～15）中的一级或多级，这同样也存储在 SIM 卡中。

BCCH 系统消息将广播网络所允许接入等级和允许接入的特殊等级，以及是否所有 MS 都允许进行紧急呼叫或者仅允许特殊的接入等级。

如果 MM 请求的建立原因不是“紧急呼叫”，那么仅当 MS 属于网络所允许的接入等级或允许的特殊接入等级时才允许接入。如果 MM 请求的建立原因是“紧急呼叫”，那么仅当小区中所有 MS 都允许进行紧急呼叫或 MS 为允许的特定接入等级，网络才允许接入。

由于网络无法控制移动台接入的时间，因而在话务较繁重的地区会不可避免地发生两个移动台同抢一个 RACH 时隙来申请接入的现象，这就是碰撞现象。其后果有两个，一是网络收到在此时隙上的一个突发脉冲

的电平，要明显的比另一个高，这样网络就会处理电平较高的那个随机接入请求。另一后果是，由于两者之间相互的干扰，网络哪一个都不能正确地接收到。因而随着业务量的增长，报文因碰撞而丢失的几率也就越来越大，这必将是对网络容量的一个重要制约因素。因此这就需要引入信道请求的重发机制。

MS 通过以下的方式确定在 RACH 上最多可以发送 M+1 次“信道请求”：

1）发起指配程序和一个“信道请求”（不包括带有消息本身的时隙）之间的时隙数目是以相同的概率随机地在{0，1，…，MAX(T，8) −1}中选取。

2）MS 两个连续“信息请求”消息之间的时隙数是以相同的概率随机地在{S，S+1，…，S+T −1}中选取。

其中，T 为在 BCCH 上广播的参数“TX 整数（TX_integer）”；M 为“最大重传次数（Maxretrans）”。S 的值取决于 CCCH 的配置，见表 3-1 所示。

表 3-1　参数 S 的取值

TX	非结合的 CCCH	结合的 CCCH/SDCCH
3，8，14，50	55	41
4，9，16	76	52
5，10，20	109	58
6，11，25	163	86
7，12，32	217	115

在经过最大重发次数后，若仍得不到系统的立即指配命令，移动台将返回到空闲状态下。

在发送完初始的信道请求消息后，MS 启动定时器 T3120 并守候在全下行 CCCH 信道（准备接收应答）和 BCCH 信道上。

当定时器 T3120 逾时而且 RACH 重发次数未超过“最大重传次数”时，MS 将重复发送信道请求消息，其中包含一个新的随机参考，并启动 T3120 为一个新值。

当定时器 T3120 逾时，且达到“最大重发次数”时，MS 将启动 T3126，此后将等待一段时间并允许网络放弃。在 T3126 逾时后仍未收到网络应答时，则放弃请求尝试，并进行小区重选。

3.2.2　初始信道的分配

BTS 对移动台的“信道申请”（CHANNEL REQUEST）正确解码后，它将把“信道请求”（CHANNEL REQUIRED）的报文通过 ABIS 接口发送给 BSC，该报文包含重要的附加信息和由 BTS 对传输延时（TA）的估计（这一指示对启动定时提前控制很重要）。BSC 收到此消息后，则根据对现有系统中无线资源的判断，为该次请求选择一条相应的空闲信道供 MS 使用。但所分配的信道及其相关的地面资源是否可用，还需 BTS 作应答证实，这个程序的完成通过 BSC 向 BTS 发送一条“信道激活”（CHANNEL ACTIVE）的报文来查询相应的地面资源（传输电路等）是否可用，该报文指明激活信道所需的全部属性，包括信道类型、工作模式、物理特性和时间提前量等。BTS 在准备好相应的资源后，将返回一条“信道激活证实”（CHANNEL ACTIVE ACK）的报文来答复 BSC。

3.2.2.1　立即指配

收到 BTS 的“激活证实”后，BSC 将在 MS 接收“信道请求”的同一 CCCH 时隙以无证实方式发送一条“立即指配”或“立即指配扩展”的消息来向移动用户分配专用信令信道。BTS 在下行 CCCH 信道的任何部分都可发送“立即指配”或“扩展的立即指配”，这就需要 MS 对 CCCH 的所有信息块都进行侦听。所分配的信道类型（TCH 或 SDCCH，信道模式设置为信令）由运营者决定。在发出立即指配命令的同时，网络启动定时器 T3101。

上面提到了有两种类型的立即指配消息：①立即指配消息，仅包括一个 MS 的指配信息；②扩展立即指配消息，同时包含两个 MS 的指配信息。

“立即指配”或“扩展立即指配”消息包括：指配信道的描述；“信道请求”的信息字段和接收到“信道

请求”帧的缩减帧号码（缩减帧号是根据 BTS 收到信道申请时的 TDMA 帧号计算出的一个取值范围较小的帧号）；最初的时间提前量；起始时间指示（可选）。

随机参考值同缩减帧号都与请求信道的 MS 直接相关，用于减少 MS 之间的请求冲突。TA 是根据 BTS 收到 RACH 信道上的信道请求信息进行均衡时计算出来的时间提前量。MS 根据 TA 确定下一次发送消息的时间提前量。

在接收到“立即指配”或“扩展立即指配”后，对应于最后 3 次信道请求之一，MS 将停止 T3126（如果仍在运行），同时停止发送“信道请求”消息并转换到网络指配的信道上，将信道模式设置为仅为信令，并在系统指配的信道上通过发送带有信息字段的 SABM 来建立起主信令链路。

“立即指配”或“扩展立即指配”消息可指示进程中的频率改变，并带有启动时间和可能的交替信道描述。

在 MS 接收到“立即指配”和“扩展立即指配”的情况下，若其中仅包括启动时间之后所使用的信道描述，MS 将等待启动的时间接入到信道。如果时间已过，MS 在接收到消息之后就立即接入到该信道中。

如果消息中包括指示时间以后所用的信道描述也包括指示时间以前所用的信道描述，MS 在接收到消息之后就立即接入信道。如果 MS 准备好接入信道的时候还不到指定的时间，MS 就先接入到指示时间以前所用的信道描述，在指定时间到达后才转入到指示时间后的信道描述（新的频率序列，MAIO 和 HSN）。如果 MS 在指定时间后准备好，MS 将接入到指示时间后的信道。

如果 MS 已经发送了最大允许的“信道请求”数后，MS 的 RR 实体开始启动 T3126。在 T3126 逾时后，中止立即指配程序。如果随机接入程序是由 MM 发起的，则向 MM 指示随机接入失败。

值得注意的是，在发送了第一个“信道请求”消息后，MS 开始收听 BCCH 的系统消息，同时也收听它的寻呼组所对应的 CCCH 时隙，也就是说立即指配命令可能出现在 51 复帧的任何 CCCH 消息块内，这就需要 MS 在发送信道请求后监视全体 CCCH 块，即对整个寻呼子信道的消息都要进行解码，来保证及时获得网络的应答。

如果网络使用跳频，MS 通过在 BCCH 系统消息中所获得的小区配置（CA）来解码移动配置（MA）。CA 是指小区所使用的所有频点（包括跳频频点），MA 是指小区所使用的所有跳频频点。

3.2.2.2　立即指配拒绝

若 BSC 发现无信道分配，网络可以通过 CCCH 信道以无证实方式向 MS 发送“立即指配拒绝”消息，拒绝的原因有 MSC 话务关闭、无线资源缺乏、TA 值超出界限、信道激活无应答、BSC 话务超载等。但系统不限制在下行 CCCH 的什么部分发送“立即指配拒绝”。立即指配拒绝消息中包括请求参考和等待指示。

在 MS 接收到“立即指配拒绝”后，对应其最后的 3 次“信道请求”之一，MS 停止 T3120，启动 T3122 为指定值，并返回 CCCH 空闲模式。MS 直到 T3122 逾时后才能允许新的 RR 连接尝试。MS 不允许在同小区内发起紧急呼叫之外的新呼叫尝试，直至 T3122 逾时。只要没有接收到紧急 RR 尝试的“立即指配拒绝”，在 T3122 逾时前在同一小区内可尝试建立紧急呼叫。

与立即指配扩展相对应，系统为了提高 AGCH 信道的效率便引入了立即指配拒绝扩展的报文格式。在立即指配拒绝扩展的报文中，最多可携带有对四个移动用户的拒绝消息。

等待指示信息单元（T3122）的数值取决于接收到该信息的小区。在 T3122 逾时后，MS 不应响应寻呼而发送“信道请求”，直至 MS 接收到“寻呼请求”。

3.2.2.3　信令信道重复指配

还应注意的一种情况是，当系统对移动台的信道申请反应较慢，以至于不可避免的导致移动台的重发时，由于系统无法知道一条信道申请的报文是否是上一次的重发，所以可能再次甚至多次的发送给该移动台立即指配命令的报文来指配信道。移动台将使用它所解码的第一条立即指配的报文中所指配信道，其他的将被当作无效，但规范规定移动台必须接收对最后三条信道申请的报文的网络应答，这种情况被称为是重复分配。当网络的重复分配次数较多且产生了 CCCH 信道的拥塞时，可通过减少移动台的重发次数，或降低 T3101 的时间等办法来解决，该措施可以防止浪费系统资源。

3.2.3 初始化报文

MS 收到立即指配命令后，通过对该消息的解码，如果认为随机鉴别符和缩减帧号值都符合要求，MS 就会将本身的收发配置调整到指定信道上来，并按照 BSC 指定的 TA 值和初始化最大发射功率（为 BCCH 系统广播消息中的参数 msTxPwrMaxCCH 所定义的）开始传输信令。MS 在所分配的 SDCCH/TCH 信道上所做的第一件事情是发送一个 SABM 帧来建立异步平衡模式（服务接入点类别 SAPI=0），目的是建立证实模式下的信令消息链路层连接。在 GSM 规范中 SABM 带有一条信令报文即“初始化报文”，在 Um 接口，SABM 帧是 LAPDm 层上请求建立一个多帧应答操作方式连接的消息，该消息中包含着第三层业务请求消息。在标准 HDLC 协议中，SABM 帧除了携带链路层所必须的消息外并不含有其他消息。GSM 与 HDLC 标准不一样的原因之一是为了对 MS 接收正确性的确认。若两个 MS 同时发送报文内容完全一样的信道请求（这种概率在高负载时是存在的），BSS 只会应答其中之一，而这两个 MS 却都可响应到所分配的同一个专用信道上。针对这种情况就需要引入一个争抢判决的机制，规范采取的办法是，在小区收到 SABM 帧后就会不经过任何修改向 MS 发一个内容与 SABM 完全一样的 UA 帧（无编号证实），MS 通过将它和本身所发送的 SABM 信息内容相比较，只有当完全一样时，才会继续接入，否则它就放弃这个信道，并重复立即指配程序，最后只有核对一致的 MS 留在这个信道上。

根据“信道申请”的原因不同，SABM 携带的初始化报文可分为四种，分别是：CM 的业务请求（呼叫建立、短信息、附加业务管理等）、位置更新请求（正常位置更新、周期性位置更新、IMSI 附着）、IMSI 分离及寻呼响应。所有这些报文都包括移动台的身份、更详细地说明接入原因及移动台类别 CLASS MARK（用来指示移动台的一些关键特性如传输功率等级、加密算法、短信息能力及频率容量）。

一旦 BTS 收到了 SABM 帧，它将向 BSC 发出一条“建立指示”（ESTABLISH INDICATION）的报文，在 ABIS 接口这条消息是用来通知 LAPDm 连接已建立，是对立即指配消息的应答。BSC 收到“建立指示”消息后，就会向 MSC 发出第一条“三层业务请求”消息（COMPLETE LAYER3 INFO），具体的说该消息为“位置更新请求”（LOCATION UPDATE REQUEST）、“CM 业务请求”（CM SERVICE REQUEST）、“寻呼应答”（PAGING RESPONSE）及“IMSI 分离”（IMSI DETACH）。该消息中携带有 SCCP CR（SCCP 连接请求）、申请 CM 业务的原因（如移动主叫、紧急呼叫、位置更新及短消息业务等）、密钥序列号、LAC、CI、该 MS 的一些物理消息（如发射功率等级、支持加密算法否、伪同步的能力及短消息的能力等）以及该 MS 的识别号等。

尽管 A 接口的 MTP 连接在通话前已经建立，但对每个呼叫，在第二层上还要建立一个 SCCP 的连接。该建立请求消息将在 A 接口上 SCCP 的请求建链消息（CR）中传递。如请求被允许，A 接口的第一条下行消息将包含在 SCCP 层的连接证实（CC）帧中。对 SCCP 层来说，CR 与 CC 的交换是源参考地址与目的参考地址的交换。在同样的信令点码下，不同的呼叫具有不同的源地址和目的地址。若无法建立 SCCP 的连接，MSC 则发出“SCCP 拒绝”（SCCP REFUSED）消息。至此接入过程结束，MS 与 MSC 之间的信令链路已经建立，MSC 这时已能够控制 RR 管理的传输特性，且 BSS 处于监视传输质量和随时准备切换的运行状态。

在接下来进入的 MM 层的连接过程中，网络可以根据需要来判断是否触发鉴权加密过程。

3.2.4 立即指配程序中遇到的异常情况

1）若在主信令链路成功地建立之前新信道上 MS 侧低层出现故障，则网络将已给 MS 分配的信道释放掉，且 MS 返回空闲模式下并开始进行小区重选。接下来，MS 的动作取决于故障类型和以前的动作：

如果发生故障是由于在争抢判决程序中信息字段不匹配，则重复进行立即指配程序。

如果发生故障是由于其他的原因或由于争抢判决而重复激发。MS 回到空闲状态（RR 连接建立失败），处理中断并进行小区重选。

2）如果在接收到“立即指配”后，MS 的可用信息不足以接入一个信道，则会发生 RR 连接建立失败。

3）在网络侧，如果在主信令信道建立之前 T3101 逾时，则释放新分配的信道并忘记原有请求。

注：网络无法区分从 MS 来的最初尝试和重复尝试。立即指配程序见图 3-3 所示。

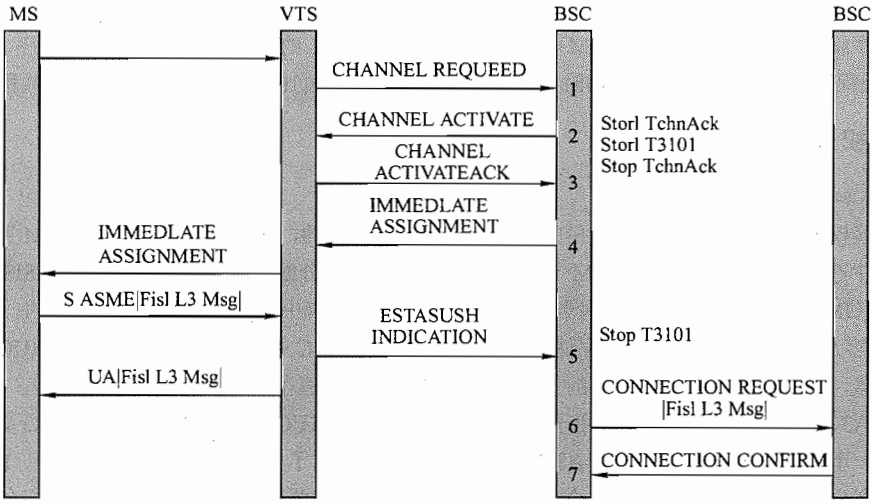


图 3-3　立即指配程序

问题研究：

在系统发生轻微拥塞时，我们可以利用三种不同的方法来控制三种不同的 RACH 业务量负载。

第一种办法是通过减少 RACH 的重发次数和尽量使重发间隔较大。这种控制模式只能处理短暂的业务高峰。在存在系统干扰的地方进行 RACH 重发很重要，即使是在干扰不明显的地方，因为 MS 发出的 RACH 请求也有可能由于无线信号的多径效应而丢失，建议在业务量很大的微蜂窝和出现明显拥塞的小区，重发次数设为 1，业务量一般的小区可设为 2 或 4，若重发次数设的过大，在一定程度上将浪费系统的资源。

第二种方法是提高参数 T3122 的值。当目前网络无可指配的信道（包括 TCH 信道和 SDCCH 信道）时，网络将发送给移动台一条“立即指配拒绝”（IMMEDIATE ASSIGNMENT REJECT）消息来拒绝移动台的信道申请，从而在系统规定的时间内（T3122）禁止移动台接入网络，通过这种机制可防止在系统无资源的情况下用户频繁的发送信道请求的消息来无谓的增大网络 RACH 和 PAGCH 信道的负荷(一般 T3122 设为 10s，SDCCH 信道的业务量很大时可设为 30s)，当小区信令信道业务量较闲时，T3122 应尽量小一些，否则用户会感觉网络质量的下降。一种比较常见的情况是，当用户发起呼叫后但有时却会很快的返回到空闲模式下，当用户重新拨叫时会在一段时间内拨打不出去，这就是系统启用了立即指配拒绝限时所产生的影响。

第三种办法是利用限制用户接入类别来控制网络的负荷，这是一种最有效但会损害用户权益的办法，因而不建议使用。在 GSM 的机制中，它将其所有的用户分为 15 个类别（该类别的定义被网络运营商直接写在了 SIM 卡中），分别为 C0～C9 与 C11～C15，其中前 10 个级别被随机的平均的分配给普通用户，C10 用于紧急呼叫允许。当必须要用此办法来降低业务量时，可随意由 BSC 来决定任意一种被禁止的用户类别如类别 1 或 2 等。通过这种措施在统计意义上可使业务量降低 10%、20%等等，除了特殊情况如需紧急呼叫等属于禁止类别的移动台不能接入网络。如系统过载持续的时间较长，为公正起见，BSC 必须定期改变被禁止接入的用户级别（这种处理必须要很小心，因为所有等待位置更新的移动台都要将在它们的类别被允许时试图接入，系统必须要有处理这个业务高峰期的能力）。

3.3　鉴权加密过程

GSM 系统一个显著的优点就是它在安全性方面比模拟系统有了显著的改进，它主要是在以下部分加强了保护：在接入网络方面通过 AUC 鉴权中心对客户鉴权来保密的办法；在无线路径上采取了对通信信息保

密的办法；对移动设备采用了设备识别（通过 EIR 设备识别中心）；客户身份识别码 IMSI 用临时识别码 TMSI 保护；SIM 卡用 PIN 码保护。

鉴权程序属于移动性管理程序（MM）的公共程序部分，MM 的公共程序共包括鉴权程序、识别程序、TMSI 再分配程序以及由 MS 启动的 IMSI 分离程序。在本节中我们也将提到其他 MM 的公共程序。

3.3.1 鉴权过程

3.3.1.1 鉴权加密过程的三参数组

客户的鉴权加密过程是通过系统提供的客户三参数组来完成的，客户三参数组是在 GSM 系统的鉴权中心（AUC）中产生的。每个客户在 GSM 网中注册登记时，将被分配一个客户电话号码（MSISDN）和客户身份识别码（IMSI）。IMSI 通过 SIM 写卡机来写入客户的 SIM 卡中，同时在写卡机中又产生了一个对应此 IMSI 的唯一客户鉴权值 Ki，它被分别存储在客户的 SIM 卡和 AUC 中作为永久性信息。在 AUC 中还有个伪随机码发生器，用于产生一个不可预测的伪随机数 RAND（它的值在 0～2^{128}–1 中随机抽取）。在 GSM 规范中还定义了 A3、A8 和 A5 算法，分别用于鉴权和加密过程。在 AUC 中 RAND 和 Ki 经过 A3 算法（鉴权算法）产生了一个响应数 SRES 同时经过 A8 算法（加密算法）产生了一个 Kc。因而由 RAND、Kc、SRES 一起组成了该客户的一个三参数组，传送给 HLR 并存储在该客户的资料库中。一般情况下，AUC 一次产生 5 组三参数传送给 HLR，HLR 自动存储。HLR 可存储 10 组三参数，当 MSC/VLR 向 HLR 请求传送三参数组时，HLR 又一次性的向 MSC/VLR 传送 5 组三参数组。MSC/VLR 一组一组的使用，当剩到两组时，就会再向 HLR 请求传送三参数组。

在下面的流程中我们会比较详细的看到参数传递过程。

3.3.1.2 鉴权程序说明

鉴权程序的目的有两个：一是检查由 MS 提供的识别是否真实；二是提供 MS 一个新的密钥。

正如上一节所讲到的，MSC 与 BSS 的 RR 层建立起来之后，网络就可以来决定是否触发鉴权程序，即来鉴定移动用户的身份。判断是否进行鉴权过程的关键在于查看网络一端所存储的 Kc 值（MS 在上一次业务处理使用的）是否与在本次接入中移动台所存储的 Kc 值一致。若一致则可越过鉴权过程，直接利用 MS 存储的 Kc 值来处理加密过程；若不一致，则须通过鉴权程序来计算出新的 Kc 值。

为了允许在无鉴权程序时启动 RR 连接的加密，我们便引入了“密钥序列号码”的概念，规范中称之为 CKSN。CKSN 将跟随着 Kc 一起存储在 SIM 卡以及 MSC/VLR 的记录中，并由网络处理。MS 将在第一条三层消息（如位置更新请求、CM 业务请求、寻呼响应）中向网络指示出它存储的密钥序列号。若 CKSN=0 则表示没有分配 Kc。Kc 值的计算见图 3-4 所示。

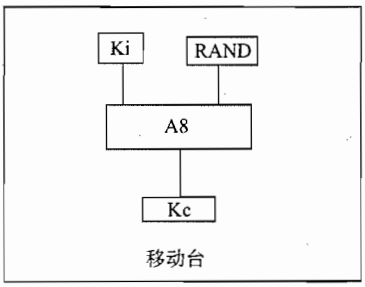


图 3-4 A8 算法（Kc 的计算）

在 MSC 收到“三层业务请求”（COMPLETE LAYER3 INFO）消息后，将向 VLR 发出“PROCESS ACCESS REQUEST”的请求，要求进行鉴权加密程序，在鉴权加密程序完成之后，VLR 将返回“PROCESS ACCESS ACCEPTED”消息。此后 MSC/VLR 向移动台发送一条“鉴权请求”（AUTHENTICATION REQUEST）报文来触发鉴权程序，同时网络启动定时器 T3260。在鉴权请求消息中包含一个随机数（RAND）和 CKSN 号码，RAND 共 128bit。MS 在收到该报文后将向 SIM 卡发送一条包含 RAND 的“运行 GSM 算法”消息（RUN GSM ALGORITHM），存在 SIM 卡上的用户密钥 Ki 与这个随机数经 GSM 规范的 A3 算法，产生一个 32bit 的应答数 SRES。与此同时，Ki 和 RAND 经 A8 算法得出 64bit 的 Kc，MS 将它和密钥序列号（CKSN）写到 SIM 卡内的适当位置，以后按系统指令来决定是否激活加密传输。

在 RR 连接存在时，MS 应随时响应鉴权请求消息。MS 通过一条“鉴权响应”（AUTHENTICATION RESPONSE）报文将 SRES 送回系统。当网络收到“鉴权响应”消息后，将停止 T3260 并检查其有效性。因

Ki 值作为用户数据存在 VLR 或 HLR 中，在系统一侧也会进行与 MS 相同的 A3 和 A8 算法，产生一个 SRES 数和 Kc 存在 VLR 中。于是系统将这两个 SRES 值相比较，若相同，则鉴权成功并允许接入网络，如图 3-5 所示。之后 MSC 将继续触发加密过程；若不同则鉴权失败，系统会拒绝 MS 的继续接入。至此，鉴权程序结束。

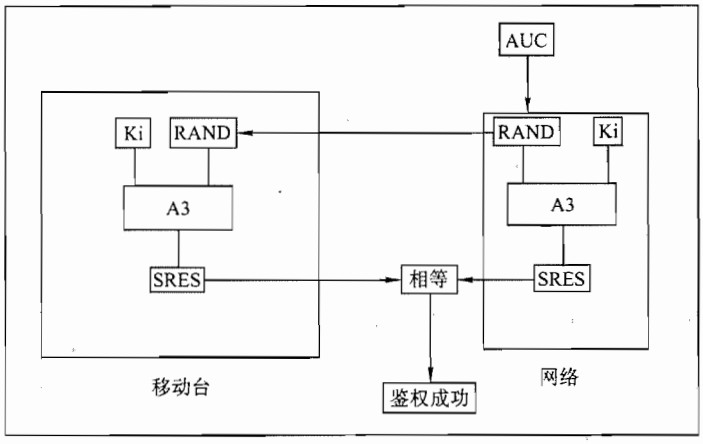


图 3-5　鉴权计算

一般在 MSC/VLR 和 HLR/AUC 中都可执行 A3 和 A8 算法，但 MSC/VLR 算起来比较麻烦，而 HLR/AUC 存有 Ki 值算起来简单的多，而且可以很好的解决保密性和漫游的问题，但却增加了 HLR 至 MSC 的信令量，因而每次计算，HLR/AUC 都会将这三个结果值送到 MSC/VLR（RAND、SRES 和 Kc），以备选用。

3.3.1.3　不成功的鉴权

若鉴权失败，网络可根据用户识别来进行区分：

1. MS 使用 TMSI

若 MS 使用 TMSI，网络可以启动识别程序。网络判断 MS 给出的 TMSI 和与此对应的 IMSI 不相同，则重新开始鉴权。

2. MS 使用 IMSI

若 MS 使用 IMSI 或网络决定不采用识别程序，则将“鉴权拒绝”发往 MS。在发该消息之后，所有在进程中的 MM 连接应释放，随后网络启动 RR 连接释放程序。

在收到“鉴权拒绝”后，MS 将 SIM 的状态设置为“漫游不允许”，删除存在的 TMSI、LAI、密钥序列号，一直到关机或拨出 SIM 之前都认为 SIM 无效。

3.3.1.4　鉴权程序中异常情况的处理

1. RR 连接故障

在收到“鉴权响应”前检测到 RR 连接故障，网络将释放所有 MM 连接并废止任何正执行的 MM 特定程序。

2. T3260 逾时

若 T3260 逾时，网络释放 RR 连接。在这种情况下，网络将中断鉴权程序和任何正执行的 MM 特定程序，释放所有 MM 连接，启动 RR 连接释放程序。

3.3.2　加密程序

加密模式设置程序用于网络加密模式。此程序仅用于从“非加密”转变成为“加密”，或者反向。也可以在不加密的情况下，向 MS 发送“加密模式命令”。加密模式设置程序总是由网络侧发起，且该程序仅适用于专用资源。

3.3.2.1 发起加密模式设置

当鉴权过程结束后，MSC 将向 BSC 发一条“加密命令”（BSSMAP CIPHERING MODE COMMAND），在该消息中包含着密钥 Kc。BSC 接着在主信令链路上向 MS 发送“加密模式命令”（RR CIPHERING MODE COMMAND）来指示是否采用加密，如果采用，则应采用何种专用资源。

3.3.2.2 加密模式设置完成

一旦 MS 接收到有效的“加密模式命令”消息，它将把 SIM 卡中存储的密钥传到移动设备中。有效的“加密模式命令”消息为以下之一：

1）当 MS 在“不加密”的情况下指示“启动加密”；

2）当 MS 在“不加密”的情况下指示“不加密”；

3）当 MS 在“加密”的情况下指示“不加密”。

若收到其他类型的“加密模式命令”消息，MS 都认为是错误的，应回发“RR 状态”消息，其原因值为“未规定的协议错误”。

在接收到“加密模式命令”消息指示，且加密之后，MS 应启动加密模式的发送和接收。当 MS 已启动“加密模式命令”相应的动作，则向系统返回“加密模式完成”（RR CIPHERING MODE COMPLETE）消息。如果在“加密模式命令”消息中的加密响应信息单元中“加密响应”字段规定“必须包括 IMEI”，则 MS 需在“加密模式完成”中包括它的 IMEI。

当网络接收到“加密模式完成”（RR CIPHERING MODE COMPLETE）消息后，网络将启动在加密模式下的传送。鉴权加密的程序见图 3-6 所示。

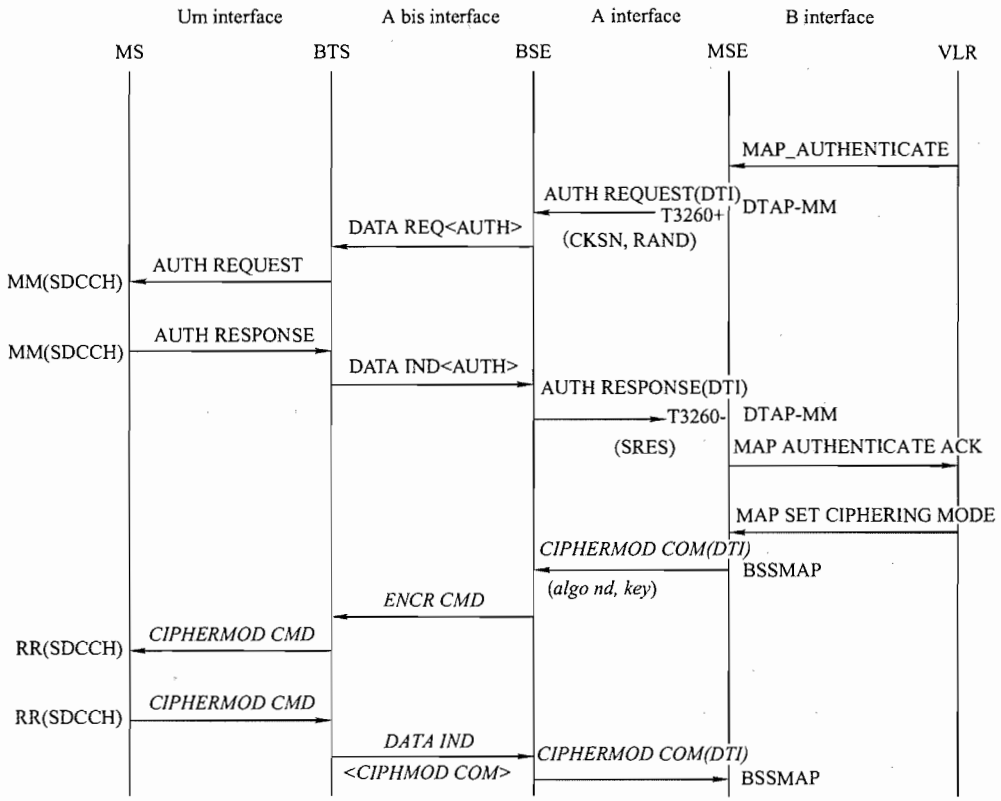


图 3-6 鉴权加密程序

产生加密码的算法称为 A5 算法，它是利用移动台和网络都同意的 Kc（64bit）值和当前脉冲串的帧号码

（22bit）进行计算的，结果将产生一个 114bit 的加密序列，通过它来和突发脉冲 114bit 的信息位进行异或操作。帧号码的编码是由三个值组成（T1，T3，T2），我们知道超高帧的周期是 3 个半小时左右，也就是说，如果通信能持续这么长时间，加密序列将重复出现。

网络在上行链路和下行链路使用两个相同的加密序列，对于每一个突发脉冲，一个序列用于移动台内的加密并作为 BTS 中的解密序列，一个序列用于 BTS 的加密并作为移动台的解密。A5 的算法见图 3-7。

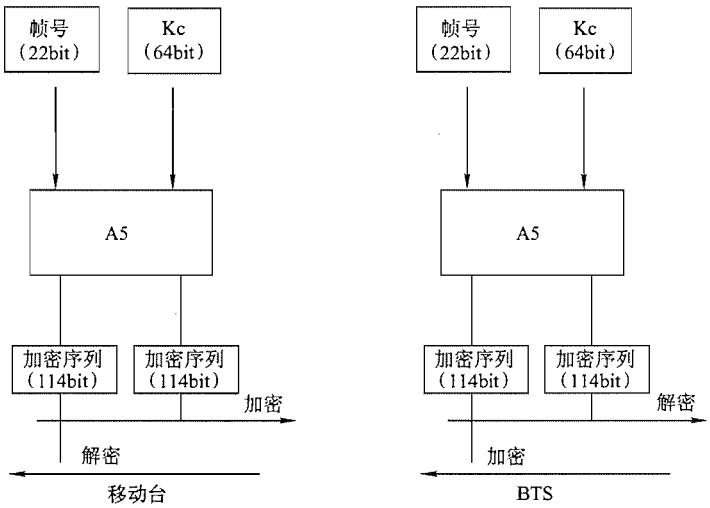


图 3-7　A5 算法（加密与解密）

根据系统配置，MS 可以决定在鉴权请求后是否上报 MS 的处理能力，消息名称为 CLASS MARK CHANGE，内容与建立指示中的一样，只是更详细说明了 MS 支持的加密算法。在建立指示中，只说明是否支持 A5/1、A5/2 和 A5/3；而在 CLASS MARK CHANGE 中，进一步说明是否支持 A5/4～A5/7 算法。网络收到此消息后先回送 MSPWRCTRL 消息，说明 MS 可使用的功率范围，以及与此 MS 相应的 TRX 所需的发射功率。

3.3.3　TMSI 再分配程序

该程序的作用是提供用户识别的保密性，即保护用户不被外来者识别或定位。若识别保密性业务对一个 IMSI 有效，TMSI 将被用于无线接口信令程序内的识别。

至少应在 MS 每次改变位置区执行 TMSI 再分配程序。若网络中由 MS 提供的 TMSI 未知，如数据库发生故障则由 MS 提供其 IMSI。此时在 TMSI 再分配程序之前应首先启动识别程序。在 RR 连接存在加密的任何时间内网络可启动 TMSI 再分配程序，过程如图 3-8 所示。

3.3.3.1　TMSI 再分配程序概述

一般来说，在鉴权加密过程完毕之后，系统要向 MS 发出“CM 业务接收”（CM SERVICE ACCEPT）消息或“TMSI 再分配命令”（TMSI REALLOCATION COMMAND）的报文，同时启动定时器 T3250。在该消息中包含新 TMSI 和 LAI。信令流程如图 3-8 所示。

当移动台在位置区内第一次注册时，就会将一个 TMSI 分配给移动台，当移动台离开这个位置区时将释放该 TMSI 号码。MS 收到 TMSI 的再分配命令后，将把所收到的 TMSI 和 LAI 存储在存储器内，并向网络发送“TMSI 再分配完成”（TMSI REALLOCATION COMPLETE）的报文。

无论当前 MS 使用的 TMSI 是否能被系统识别，出于对用户身份保密的考虑，在每次通信时，网络都可为 MS 重新分配一个 TMSI。TMSI 的再分配程序一般是在加密完成之后，SETUP 建立之前，这是为了将系统所分配给移动台的 TMSI 实现保密的作用。对应于 TMSI 再分配命令，MS 有一个回应的 TMSI 分配完成消

息。当网络收到 TMSI 再分配完成消息后，将停止 T3250 并认为新 TMSI 有效。

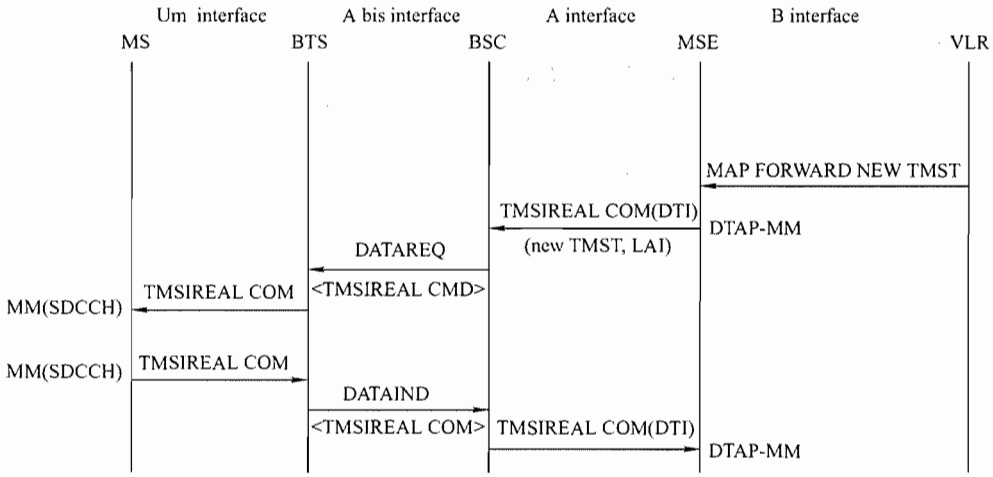


图 3-8 TMSI 再分配信令流程

3.3.3.2 TMSI 再分配程序中的异常情况

1. MS 侧

MS 在一收到 TMSI 再分配命令消息和其他包含新 TMSI 的消息后（如接受位置更新），立即认为新 TMSI 有效，之后发生的 RR 连接故障不影响 TMSI 的储存。

2. 网络侧

（1）RR 连接故障：在收到“TMSI 再分配完成”消息（TMSI REALLOCATION COMPLETE）之前，若 RR 连接丧失则应释放所有 MM 连接，旧的和新的 TMSI 将在某一个恢复时间内都将被保存。这段时间内网络可以：

1）若此时做移动台被叫，则可使用 IMSI 作为寻呼，在 MS 响应后，重新启动 TMSI 再分配程序。

2）若此时 MS 作主叫请求，网络则认为新 TMSI 有效。

3）若移动台使用旧的 TMSI 或者其他无效识别时，在新的 TMSI 再分配后使用识别程序。

（2）T3250 逾时：网络中 TMSI 再分配由 T3250 检测。在 T3250 第一次逾时，网络释放 RR 连接。在此情况下，网络中断再分配程序，释放所有 RR 连接，遵循 RR 连接故障的原则。

3.3.4 识别程序

网络使用该程序的目的是请求 MS 提供特定的识别参数：如 IMSI 或 IMEI。

3.3.4.1 识别程序概述

若在网络中由移动台提供的 TMSI 无法被系统所识别（如此时数据库发生故障），则移动台需提供其 IMSI。在 TMSI 再分配程序启动之前，网络应先启动识别程序来向移动台请求提供其 IMSI 或 IMEI 号。

识别程序触发后，网络向移动台发起“识别请求”（IDENTITY REQUEST）消息并启动 T3270。当存在 RR 连接时，MS 应随时响应识别请求消息。在收到该消息后，移动台发起“识别响应”（IDENTITY RESPONSE）消息来向网络提供其识别号码。在网络收到识别响应后将停止 T3270。此程序完成之后，系统再根据其需要来进行鉴权加密和 TMSI 再分配过程。

3.3.4.2 识别程序中的异常情况

1. RR 连接故障

在收到“识别响应”前检测到 RR 连接故障，网络将释放所有 MM 连接程序和任何正执行的 MM 特定

程序。

2. T3260 逾时

若 T3260 逾时，网络将释放 RR 连接。在这种情况下，网络应中断识别程序和任何正在执行的 MM 特定程序，释放所有 MM 连接，启动 RR 连接释放程序。

3.3.5　IMSI 分离程序（IMSI DETACH）

若 MS 关机或 SIM 卡（用户识别模块）从 MS 脱离，MS 可以调用 IMSI 分离程序。MS 通过收听 BCCH 系统信息类型 3 消息中的标志（ATT）指示来决定是否需要 IMSI 分离程序。

移动台通过定义一个按键来触发 IMSI 分离过程，在此过程中，仅有一条指令从 MS 发送到 MSC/VLR，这是一条非证实的消息，当 MSC 收到 IMSI 的分离请求时，即通知 VLR 对该 IMSI 作上“分离”的标志。

该程序的目的是用来指示 MS 处于不可用的状态。

1. MS 启动 IMSI 分离程序

MS 向网络发送“IMSI 分离指示”（IMSI DETACH INDICATION）消息，并启动 T3220，若无 RR 连接存在，MS 的 MM 子层将请求 RR 子层建立 RR 连接。

若有 RR 连接存在，在“IMSI 分离指示”消息发送前，MM 子层释放本地的 MM 连接。

若正在执行 MM 的特定程序（位置更新程序）则不能启动 IMSI 分离程序。若可能的话，IMSI 分离程序将被延迟到 MM 的特定程序执行完后方可执行，否则 MS 忽略 IMSI 分离程序。

2. 网络侧在收到分离指示时的响应

在网络收到 MS 发出的“IMSI 分离指示“后，将对该 IMSI 设置一个不可用的状态指示，但并不对 MS 发回响应，它将释放正在执行的 MM 连接，启动正常的 RR 连接程序。

3. MS 完成 IMSI 分离

若可能，MS 应延迟本端信道释放直到 T3220 逾时，以便允许从网络侧来正常释放。若不可能（如 MS 掉电），则 MS 的 RR 子层被废止。

4. IMSI 分离程序中的异常情况

在 RR 层无法建立连接或 RR 连接丧失，MS 则废止 IMSI 分离程序。

3.4　位置更新

位置更新属于 MM 的特定程序。

3.4.1　位置区的概念

为了确认移动台的位置，每个 GSM PLMN 的覆盖区都被分为许多个位置区，一个位置区可以包含一个或多个小区。网络将存储每个移动台的位置区，并作为将来寻呼该移动台的位置信息。对移动台的寻呼是通过对移动台所在位置区的所有小区中寻呼来实现的。如果 MSC 容量较大，它就不可能对所控制区域内的所有小区一起进行寻呼，因为这样的寻呼负荷将会很大，这就需引入位置区的概念。位置区的标识（LAC 码）将在每个小区广播信道上的系统消息中发送。

位置区的大小在系统中是一个相当关键的因素。在做网络规划时，对位置区的划分相当重要，如果位置区的覆盖过小，则移动台发生的位置更新过程将增多，从而增加了系统中的信令流量。反之，若位置区的覆盖过大，则网络寻呼在其中登记的任一个移动台时，同一寻呼消息将在该位置区的所有小区中一起发送，这样将导致寻呼信道的负荷过重，同时也增加了 Abis 接口上的信令流量。

由此可见，对位置区进行优化的任务相当的重要。在划分位置区过程中，应在保证不会产生寻呼负荷过高的前提之下尽量使位置更新次数降低到最小，因为作为网络运营商，如果系统出现频繁的位置更新只能导致白白的浪费掉可贵的网络资源，而不会增加任何收入。

3.4.2 位置更新的概念

当移动台由一个位置区移动到另一个位置区时，必须在新的位置区进行登记，也就是说一旦移动台出于某种需要或发现其存储器中的 LAI 与接收到当前小区的 LAI 号发生了变化，就必须通知网络来更改它所存储的移动台的位置信息。这个过程就是位置更新。

首先我们研究一下处于空闲状态下的移动台，若它在同一位置区内移动时发生了小区重选，虽然服务小区发生了改变，但 MS 并不会把该变化通知网络。也就是说在移动台仅发生了小区重选而没有进行位置更新时，网络并没有参与此处理过程。而在重选前后的两个小区不属于同一个位置区时，移动台就需要把这种变化通知给网络，这在移动通信中被称为“强制登记”。

根据网络对位置更新的标识不同，位置更新可分为三种：正常位置更新（即越位置区的位置更新）、周期性位置更新（对应 T3212 到时）和 IMSI 附着（对应用户开机）。而具体的区分是根据该位置更新程序是否属于同一个 VLR，是否需要 IMSI 号参与。

3.4.3 正常位置更新流程（越位置区的位置更新）

正常的位置更新用于更新 MS 在网络中登记的实际位置。“位置更新请求”中的位置更新类型信息单元应指示正常的位置更新。

如果网络指示出 MS 在 VLR 的状态中未知，作为 MM 连接建立请求的响应，也会启动正常的位置更新程序。

3.4.3.1 VLR 内部的位置更新

这是最简单的一类位置更新程序，在该程序中不需要移动台提供 IMSI 号码，只在当前所在的 VLR 中进行，而不需通知 HLR。

在初始化过程中，移动台在向网络发送 SABM 帧携带的初始化报文中注明接入原因是“位置更新请求”（MM LOCATION UPDATING REQUEST），在该报文中还携带有移动台 TMSI 和 LAI 号码且注明是正常位置更新。若 MSC 收到了此报文，将向 VLR 发送“位置区更新”（MAP UPDATE LOCATION AREA）的消息。VLR 收到该消息后将执行位置更新处理，它将更新移动台的位置消息且存储新的 LAI 号码，并根据需要向移动台分配一个新的 TMSI 号（也可在 TMSI 再分配命令中不携带 TMSI 号，此时移动台还将使用以前的 TMSI），在收到移动台的 TMSI 再分配完成后，则向移动台发“位置更新接受消息”（LOCATION UPDATE ACCEPT），此后释放信道，位置更新结束。

3.4.3.2 越 VLR 的位置更新

若移动台进入一个小区后发现它所存储的 LAI 号与当前的 LAI 号不一致，则将其旧的 LAI 号和存储的 TMSI 号在位置请新请求中通过 MSC 发送给 VLR，如果无法获得的话，MS 也可以直接用 IMSI 识别。如图 3-9 所示。

1. 用 TMSI 更新

VLR 从 MSC 中接收到 MAP UPDATE LOCATION AREA 的指示后，如果发现其 TMSI 未知，将把标记“VLR 的位置信息确认”置为“不确认”以便以后发起 HLR 更新。如果用户从来没有在该 VLR 登记过，则将标记“HLR 的位置信息确认”置为“不确认”，此后将根据旧的 TMSI 和 LAI 号码导出前一个 VLR（PVLR）的地址，并向 PVLR 启动一个请求 IMSI 和鉴权参数的“发参数指示”（MAP SEND IDENTIFICATION），PVLR 就会向其新的 VLR 回发有关该移动台的 IMSI 和鉴权参数。如果由于种种原因新的 VLR 无法获得 IMSI，它就会向 MS 发出“识别请求”（IDENTITY REQUEST）的报文，请求 MS 提供其 IMSI 号码。在 VLR 获得 IMSI 号码后，将向 MS 的 HLR 发出更新位置的消息，在此位置消息中，有 MS 的标识和相关信息以便供 HLR 查询数据和建立路径，HLR 收到此消息后，如果该新的 MSC/VLR 有正常的业务权限，则 HLR 将存储当前的 VLR 号码，并向 PVLR 中发出“删除位置”消息（MAP/D CANCEL LOCATION）。PVLR 收到“删除位置”消息后将删除该 MS 的所有信息，并向 HLR 发回“删除位置确认”（MAP/D CANCEL LOCATION RESULT）

消息。在新 VLR 侧将继续完成鉴权加密和 TMSI 再分配的过程，当此过程完成后 HLR 通过发起“插入用户数据”的消息（MAP INSERT SUBSCRIBER DATA）的报文，将向该 VLR 提供它所需的用户信息，其中包括鉴权参数等信息。当 HLR 收到 VLR 的响应时则向该 VLR 发出位置更新确认的消息。

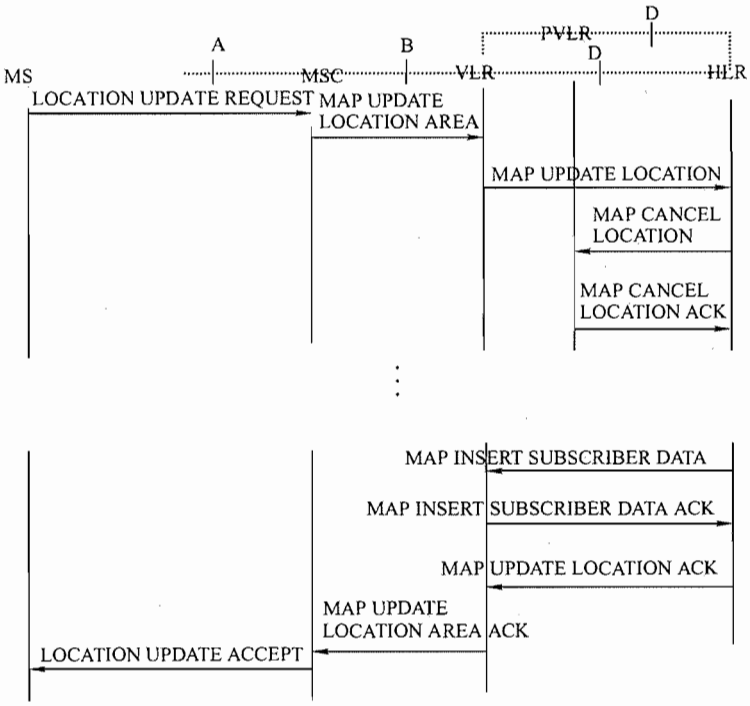


图 3-9　改变 VLR 时位置更新的接口和流程

2. 用 IMSI 更新

如果用户识别为 IMSI，VLR 将检查此用户是否是未知的（即无 IMSI 记录），如果是未知的，将标记“HLR 确认”置为“不确认”。此后发起 HLR 更新。若 IMSI 是已知的，VLR 将检查从 MSC 接收到的信息中提供的前一个位置区标识（LAI）是否属于此 VLR，如果不属于此 VLR，则将标记“HLR 确认”置为“不确认”，此后发起 HLR 更新。在这两种情况下，都要进行鉴权检查。

3.4.4　IMSI 附着过程

IMSI 的附着和分离过程就是在 MSC/VLR 中用户记录上附加一个二进制标志，IMSI 的附着过程置标志为允许接入，而 IMSI 的分离过程置标志为不可接入。

IMSI 的附着和分离特征是系统的一个可选项，若移动台开机所在的小区支持该功能的话，它在开机时将把自己已开机的状态通知给网络，这个通知过程是通过向网络发出一条“IMSI 附着”（IMSI ATTATCH）的报文来通知网络它目前的状态已发生改变，当网络收到此指示时就会在系统数据中注明当前的用户状态，以便当该移动台的寻呼消息到来时，网络可发起寻呼该移动台的程序。

若移动台开机后发现它所存储的 LAI 号与当前的 LAI 号一致，则进行 IMSI 附着过程，它的程序过程同 INTRA VLR LOCATION UPDATE 基本一样。唯一不同的是，在 LOCATION UPDATING REQUEST 的报文中注明位置更新的种类是 IMSI 附着。

3.4.5　周期性位置更新过程

该程序用于周期性的通知网络 MS 的可用性。MS 向网络发送“位置更新请求”（LOCATION UPDATING

REQUEST）消息，该消息的位置更新类型信息单元指示周期性更新。

当出现以下情况时，网络和移动台将会失去联系：

1）当移动台开着机而移动到网络覆盖区以外的地方（即盲区），网络无法知道移动台目前的状态，它仍会认为该移动台还处于附着的状态；

2）在移动台在向网络发送“IMSI 分离”消息时，如果此时无线路径的上行链路存在着一定的干扰导致链路的质量很差，那么网络就有可能不能正确的译码该消息，这就意味着系统仍认为 MS 处于附着的状态；

3）当移动台掉电时，也无法将其状态通知给网络，而导致两者失去联系。当发生以上几种情况后，若恰好移动台被寻呼，则系统将向此前用户所登记的位置区内发出寻呼消息，其结果必然是以寻呼超时而告终，最终导致系统的资源无效占用。

为了解决上述问题，GSM 系统采取了相应的措施来迫使移动台在经过一定时间后，自动向网络报告它目前的位置信息。通过这种机制，网络就可以及时的了解移动台当前的状态是否发生了变化，这个机制就是周期性位置更新。在 BSS 部分，它是通过小区 BCCH 信道的系统广播消息，来向该小区内的所有用户发送周期性位置更新的时间“T3212”，来强制移动台在该定时器逾时后自动向网络发起位置更新请求。移动台在做小区选择或重选后，将从当前服务小区的系统消息中读取 T3212，并将该定时器启动且存储在它的 SIM 卡中，此后当移动台发现 T3212 超时后就会自动向网络发起位置更新请求。与此对应的，在 NSS 部分，网络将定时查询其 VLR 中标识为 IMSI 附着的用户，它会把在这一段时间内没有和网络做任何联系的用户标识改为隐含关机状态，以防止对和网络失去联系的移动台进行寻呼，导致系统资源的白白浪费。

周期性位置更新是网络与移动用户保持紧密联系的一种重要手段，因此周期性位置更新越短，网络的总体性能就越好。但频繁的位置更新有两个负作用：一是会使网络的信令流量大大增加，对无线资源的利用率降低。在严重时将影响 MSC、BSC、BTS 的处理能力；另一方面将使移动台的耗电量急剧增加，使该系统中移动台的待机时间大大缩短。因而 T3212 的设置应综合考虑系统的实际情况。

在以下情况，T3212 复位至 0：

1）接收到“位置更新请求”或“位置更新拒绝”时；

2）接收第一个 MM 消息，或在 MM 连接建立时，加密模式设置完成；

3）MS 响应寻呼，此后接收到第一个正确的三层消息（除 RR 消息）时；

4）T3212 定时器逾时；

5）MS 去活（设备关机或拔出 SIM）。

当 T3212 逾时后，MS 启动周期性位置更新。

如果 MS 正处于“无小区可用”、“有限的业务”、“搜索 PLMN”的状态时，若 T3212 在此时逾时，则 MS 延迟位置更新直到脱离这些状态。如果 BCCH 信息指示不使用周期性位置更新，则不启动此程序。T3212 的逾时值在“系统信息类型 3”的控制信道描述中广播。

在“无小区可用”、“有限的业务”、“搜索 PLMN”状态下，T3212 值不能改变。

当 MS 经小区重选至另一个小区时（与原小区属同一 LAC），发现新小区的 T3212 与原小区不同（或人为的改变当前小区的 T3212 广播值），设 t_1 为新 T3212 的逾时值，t 为要改变 T3212 值时定时器的当前值，则 MS 的定时器应以 $t \bmod t_1$ 的值来重新启动。

当 MS 处于激活状态，或当需要考虑改变 T3212 值时，定时器不在运行中，设 t_1 为新的 T3212 的逾时值，则新的定时器以一个随机数启动，此值应在 0 和 t_1 之间选取。

周期性位置更新的信令流程同正常位置更新的信令流程是一致的。

3.4.6 一般位置更新程序概述（规范）

3.4.6.1 MS 启动位置更新程序

当启动位置更新时若无 RR 连接，MS 的 MM 子层将请求 RR 子层建立 RR 连接。

MS 向网络发送“位置更新请求”，并启动 T3210。该消息中位置更新类型信息单元将指示为哪一类更新。

此时网络可以发起类别询问程序，例如得到 MS 的加密能力等。如果网络不能得到基于 TMSI 和 LAI 的用作 MS 识别的 IMSI，网络可以启动识别程序。在收到 MS 的位置更新请求消息后，网络将启动鉴权程序。若需分配新的 TMSI，网络会启动加密模式设置程序。

3.4.6.2　尝试计数器

为了限制位置更新尝试的数目（不成功），规范建议采用尝试计数器。它计算连续不成功的位置更新的数目。当位置更新程序失败时尝试计数器加 1。当以下情况，尝试计数器复位：MS 开机；插入 SIM；成功地完成位置更新；完成位置更新，并且在业务状态从 ATTEMPTING 至 UPDATE；进入新的位置更新区域；T3212 逾时；位置更新由 CM 业务子层启动。尝试计数器用于确定 T3212 逾时后是否进行位置的重新尝试。

3.4.6.3　网络接受位置更新

如果网络接受位置更新则向 MS 传送“位置更新接受”。在识别保密性有效时，TMSI 再分配为位置更新程序的一部分。“位置更新接受”中包含分配给 MS 的 TMSI 和 LAI。此时，网络将启动 T3250。

如果网络希望延长 RR 连接以允许 MS 发起 MM 连接（如 MS 在“位置更新请求”指示有后续的请求），网络将在“位置更新接受”中发送“继续进行”并启动 T3255。MS 收到“位置更新接受”后，将存储 LAI，停止 T3210，重新启动尝试计数器，并将 SIM 卡中的状态置为 UPDATED。如果消息中包括的是 IMSI，则 MS 删除 SIM 卡相应的 TMSI。如果消息中包括 TMSI，则 MS 将此 TMSI 存在 SIM 卡中，向网络回发“TMSI 再分配完成”。如果两种识别都没有收到，则删除 SIM 卡中原 TMSI。如果“位置更新接受”中的 LAI 或 PLMN 识别是“禁止序列”的一员，则删除原有输入。随后 MS 根据“继续进行”指示来行动。如果有此单元，则 MS 具有在进行中的 CM 业务请求，它将向网络发送“CM 业务请求”。

3.4.6.4　网络位置更新不接受

若位置更新不接受，网络则向 MS 发送“位置更新拒绝”。收到该消息后，MS 将停止 T3210，存储拒绝原因，启动 T3240，进入位置更新拒绝状态，等待由网络触发的 RR 连接释放。

（1）若拒绝的原因为：IMSI 在 HLR 中未知；非法 MS；非法 ME。

MS 会将更新状态设置为漫游不允许（ROAMING NOT ALLOWED），并存在 SIM 卡中，删除 TMSI，存储的 LAI 和加密序列号，并认为 SIM 卡是无效的直到关机或拔出 SIM 卡。

（2）若拒绝的原因为：PLMN 不允许；位置区不允许；此位置区国内漫游不允许。

MS 将删除 SIM 卡中的任何 LAI、TMSI 和加密序列键；复位尝试计数器；将更新状态置为“漫游不允许”。如果 MS 接收到“此位置区国内漫游不允许”，将返回到 MM IDLE 后进行 PLMN 选择而不是小区选择。

其他情况作为异常情况处理。

3.4.6.5　位置更新后的 RR 连接释放

当完成位置更新程序后，MS 将置位 T3240，进入“等待网络命令阶段”，等待 RR 连接的释放。

当在一段时间内（由 T3240 控制），MS 未收到网络的 RR 连接释放命令，则 MS 废止 RR 连接。无论是由 MS 还是由网络释放 RR 连接，MS 都将进入“空闲状态”。

3.4.6.6　异常情况（MS 侧）

（1）接入等级控制的禁止接入：不能启动位置更新程序。MS 留在目前的业务小区，应用正常小区重选程序。在禁止状态结束时或小区改变时尽早启动程序。

（2）随机接入延迟（收到立即指配拒绝消息后）：不能启动位置更新。MS 留在所选的小区内并使用正常小区选择程序。在改变时等待 T3122 复位。T3122 逾时后应尽快启动位置更新程序。

（3）随机接入失败：启动 T3213，当其逾后，再启动位置更新程序。

（4）RR 连接故障：中止位置更新程序。

（5）T3210 逾时：中止位置更新程序和 RR 连接。

（6）在正常结束前 RR 释放：中止位置更新程序。

（7）其他原因造成的位置更新拒绝：MS 等待释放 RR 连接。

对于（4）～（7）异常情况，以及多次发生随机接入失败，MS 处理如下：

停止 T3210。当 T3210 逾时后，中断 RR 连接，尝试计数器加 1。此后的行动取决于 LAI 和尝试计数器的值：

1）更新状态为“已更新”，存储的 LAI 等于从前小区接收到的 LAI，且尝试计数器为 4。MS 将保持“已更新”的状态，RR 连接释放后的 MM 空闲状态为“正常业务”。MS 存储位置更新的类型。在 RR 连接释放后，启动 T3211。当 T3211 逾时后，MS 重新启动位置更新程序（采用存储的类型）。

2）若更新状态不为“已更新”，或存储的 LAI 与从 BCCH 上接收的不一致，或尝试计数器大于等于 4。

当 RR 连接释放后，MS 删除 SIM 中的 LAI、TMSI、加密序列号，将更新位设置为“未更新”，并进入 MM 空闲子状态“尝试更新”。如果尝试计数器小于 4，当 RR 连接释放时将启动 MS 存储的 T3211，否则启动存储的 T3212。

3.4.6.7 异常情况（网络侧）

1. RR 连接故障

若 RR 连接故障发生在公共程序存在时，网络应根据公共程序描述执行。若 RR 连接故障发生在不存在公共程序时，则 MS 的位置更新程序应废止。

2. 协议错误

若收到位置更新请求消息有协议错误，网络应发回位置更新拒绝消息，拒绝原因为：强制性信息单元错误；信息单元不存在或无法实现；无效信息单元内容；协议错误，未规定。当出现这种错误时，网络启动信道释放程序。

3.5 MS 主叫信令流程分析

设移动台处于开机且空闲的状态，若它要建立与另一用户的通信（以与一个 PSTN 用户的通信过程为例），在用户看来他只要输入被叫用户的号码，再按发送键，移动台就开始启动程序直到电话拨通。实际上，移动台和网络需经过许多步骤才能将呼叫建立起来。

3.5.1 呼叫建立程序

移动台首先需建立一个到 MSC 的主信令链路，并要根据需要进行鉴权加密程序及 TMSI 再分配程序，详细过程见第 2 节和第 3 节的内容。

3.5.1.1 呼叫建立过程

在以上过程完毕后，移动台才进入呼叫建立过程。首先将由移动台向网络发出一个“建立”（SETUP）报文，该消息主要包括：本次呼叫请求的具体业务种类及 MS 能提供的承载能力，包括信息传输要求、发送方式、编码标准及可使用的无线信道类型；被叫用户号码及被叫号码类型和编码方案；其中对于补充业务还可以包含各种附加的信息。MSC 收到 SETUP 消息后，就能够根据它所提供的信息来进行呼叫接续，首先 MSC 将根据该消息向其 VLR 发送“出局呼叫消息”（MAP SEND INFO FOR O/G CALL），VLR 在收到该消息后，根据它在该 MS 位置更新过程中从 HLR 获得的用户数据消息，来分析被叫的号码（在 VLR 中有各种号码分类的信息，它会检查看是否有指向该号码的能力）和主叫用户本身的能力（根据主叫用户原来注册的业务是否支持本次呼叫的所需业务，如在拨打国际长途时则看是否有国际长途受限），以及网络本身的资源能力等等。通过核对来确认是否能接纳这种请求，若某些项目不能通过，则向 MS 发出“释放完成”（RELEASE COMPLETE）的消息，呼叫建立就此失败，以后 MS 再将底层的信令连接释放掉，然后转入空闲状态；若可以通过，则 VLR 向 MSC 发回“完成呼叫能力查询”（MAP COMPLETE CALL）的报文。若 MSC 认为可以建立起与对端的通信时，则向 MS 发出“呼叫进程”（CALL PROCEEDING）消息，表示它已将“呼叫建立”的请求收到而且不需要再接收其他的消息了。见图 3-I0。

3.5.1.2 话音信道指配过程

小区内的信道改变可以通过上层请求改变信道类型，或由 RR 子层决定（如内部切换）。该变化通过专用

信道指配程序完成。

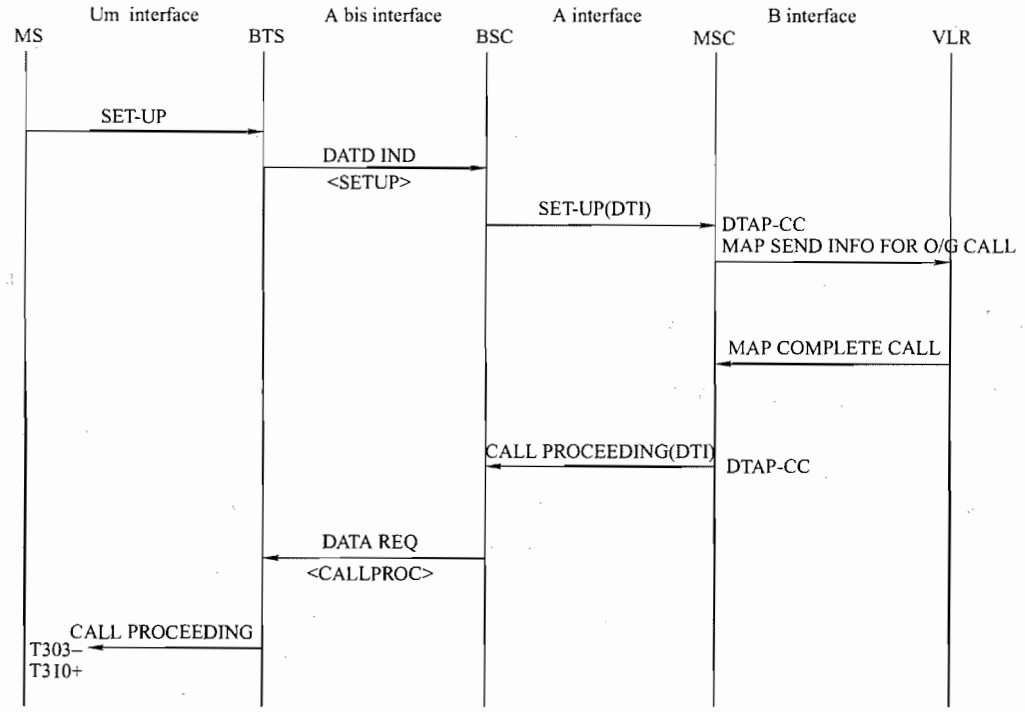


图 3-10　呼叫建立程序

信道指配程序的目的是当 MS 处于同一个小区时用来修改 MS 的物理信道结构，而不需频率重定义和改变同步。

1. 正常程序流程

在 MSC 向 MS 发出“呼叫进程”（CALL PROCEEDING）消息后，接下来 MSC 将根据业务请求的需要向 BSC 发出“指配请求”（ASSIGNMENT REQUEST）消息，要求 BSC 来给此次呼叫分配 TCH 话音信道，在此消息中含有所请求信道的类型等内容。

由于 MS 通话必须在 TCH 信道上进行。为此，网络将分配给 MS 一条 TCH 信道，分配方式与立即指配过程类似，不同点在于指配是由 MSC 的指配请求命令触发的。BSC 根据“指配请求”消息来激活相应的无线信道，并根据报文中指定业务的相应信息，确定该无线信道的类型。

BSC 在收到 MSC 的“指配请求”后，如果发现有所需资源的话就会向 BTS 发出“激活信道”（CHANNEL ACTIVATION）的消息（包括信道、频率、时隙和跳频等内容）以激活相应的地面资源，若 BTS 将电路等资源准备好后，将会向 BSC 发出“信道激活证实”（CHANNEL ACTIVATION ACK）的报文。若此时 BSC 无相应的地面资源则向 MSC 返回“无资源”（RESOURCE FAILURE）的消息，而系统允许排队的话（排队的方式要根据 BSCQUEUEINGOPTION 所指示的方法决定，有 ALLOWED/MSC 决定、FORCED/O&M 驱使的、NOT ALLOWED 几种），则 BSC 向 MSC 发出“排队指示”（QUEUING INDICATION）的消息，并将指配请求消息放入队列同时打开 T11 定时器，如定时器超时则向 MSC 发出“清除请求”（CLEAR REQUEST）消息。应注意立即指配请求、BSC 内切换、BSC 间切换是不许排队的，仅 TCH 资源请求（即指配请求和小区内部切换）允许根据内部优先级的的指示来按优先顺序给相应的请求分配在规定时间内被释放掉的信道，若排队长度或等候时间超出要求则请求将被拒绝。

在 BSC 收到 BTS 发出“信道激活证实”（CHANNEL ACTIVATION ACK）的报文后，将按照 BTS 所提供的关于该信道的物理信息，将它放在“指配命令”（ASSIGNMENT COMMAND）的消息中（该消息中包

含着信道类别如话音/数据的指示、信道的速率和类别及话音解码算法和透明传输指示时器、分配优先级以及 CIC 电路识别码）。此后通过信令信道发给 MS。

“指配命令”包括新配置的描述。功率命令中定义的功率电平是 MS 在新信道上最初的功率。它不会影响到原信道上所用的功率。“指配命令”可指示进程中的频率改变，并带有启动时间和可能的交替信道描述。

“指配命令”还可包括加密模式设置 IE，在新的信道上将会应用此模式。如果没有加密模式设置 IE，则加密模式与原信道相同。在这两种情况下，都不改变加密键。“指配命令”不包括加密模式设置 IE，除非“加密模式命令”已经在 RR 连接中传送才可启动加密。否则，MS 接收到“指配命令”（带有加密模式设置 IE）则认为出现了错误，立即返回“指配失败”，原因为“未规定的协议错误”，且不采取任何动作。

如果接收到的“指配命令”中仅包括启动时间后的信道描述，MS 必须在该启动时间后才能接入到信道中。如果启动时间已过，MS 接收到“指配命令”就立即接入信道。

如果消息中既包括指示时间以后所用的信道描述也包括指示时间以前所用的信道描述，MS 在接收到消息之后就立即接入信道，如果 MS 准备接入的时候还不到指定的时间，MS 将接入到指示时间以前所用的信道描述，在指定时间后转入到指示时间后的信道描述（新的频率序列，MAIO 和 HSN）。如果 MS 在指定时间后准备好，则 MS 直接接入到指示时间后信道。

如果网络采用跳频，消息中出现的小区配置（CA）将用于解码移动配置（MA）。如果指配命令中没有包括小区配置，则 MS 采用当前的小区配置（当前的 CA 是最后在 BCCH 上接收到的）。此后可通过主信令信道上的一些消息来改变 CA 值（可能的消息有：指配命令、切换命令和频率再定义）。

在 MS 收到网络发来的“指配命令”（ASSIGNMENT COMMAND）消息后，MS 启动链路层连接的本端释放，断连物理信道，并根据命令的要求切换到分配的信道。随即 MS 启动低层连接建立，将收发信配置调整到该 TCH 信道上，并通过 FACCH 信道向系统发出 SABM 消息。同初始分配信令信道一样，在 BTS 收到 SABM 后，需再发回一条 UA 的证实帧来进行争抢判决。FACCH 利用的是 TCH 信道，唯一不同是将 TCH 突发脉冲的标识位由 0 改为 1，这种形式被称为“偷帧”。

系统在收到 SABM 消息后，会向 BSC 发出“建立指示消息”（ESTABLISH INDICATION）。

经过判决，若 MS 认为已成功的占用了网络所分配的信道，将通过 FACCH 信道向系统发出“指配完成”（ASSIGNMENT COMMPLETE）消息；若因无线接口失败、无线接口消息失败或因干扰和硬件问题无法识别指配信息等原因，造成 MS 无法占用该指定的信道，MS 就在原信道上向系统发出“指配失败”（ASSIGNMENT FAILURE）的消息；若因干扰等原因 MS 未收到系统发给它的指配命令或系统未收到 MS 的响应，导致 T3107 逾时，则系统将释放掉所分配的信道。

在 BSC 收到“分配完成”的消息后，将一方面向 MSC 发出“指配完成”（ASSIGNMENT COMPLETE）消息，另一方面向 BTS 发出“无线信道释放”（RF CHANNEL RELEASE）消息，要求将以前占用的信令信道资源释放掉并停止 T3107。BTS 完成了信令信道的释放后，将发给 BSC 一条“信道释放完成证实”（RF CHANNEL RELEASE ACK）消息，BSC 收到此消息后就会认为该信道已返回到空闲状态下，本次通信所占用的信令信道资源可以用于分配给新的信道请求。见图 3-11。

2. TCH 指配过程中遇到的异常情况

若 MS 无目前的 CA 并且它需要 CA 来分析“指配命令”，则 MS 将停留在原有的信道上并发送“指配失败”消息，原因为“无小区配置”。

若“指配命令”消息指示 MS 使用它不支持的信道描述或信道模式，MS 将返回“指配失败”，其原因为“信道模式不接受”。MS 将保持在当前的信道并使用原有的信道描述或信道模式。

若 MS 侧在“信道指配完成”发送之前在新信道上发生了低层故障，MS 去活新的信道，重新激活原有信道。然后在主 DCCH 信令链路上发送“指配失败”，原因为“未完成的协议错误”，并恢复正常的操作。此后移动台将返回原信道，重新进行鉴权加密等程序。

如果 BSC 接收到了“指配失败”，它将停止计时器 T3107。如果 MS 在尝试返回到原有信道时发生低层故障，则采用无线链路故障程序。

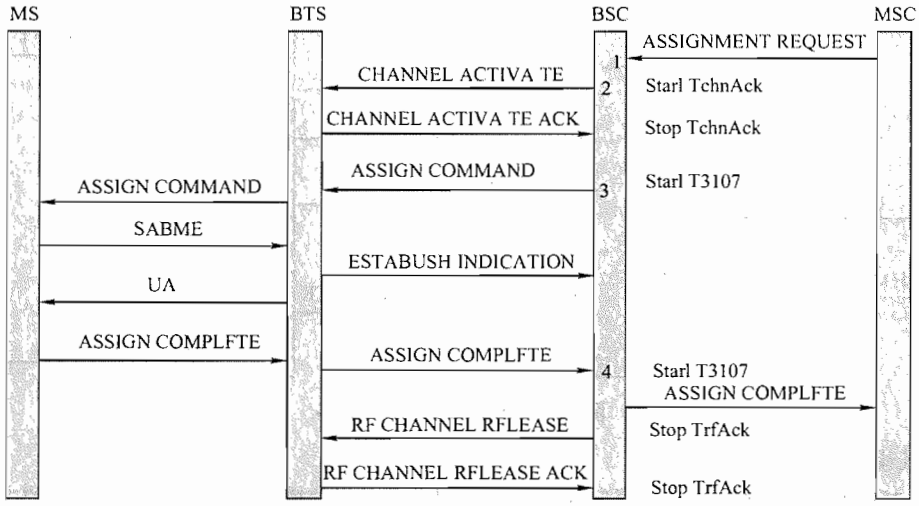


图 3-11　TCH 信道指配过程

在网络侧，如果在新信道上接收到“指配完成”或在原有信道上接收到“指配失败”之前，T3107 已逾时，网络将释放原有信道和新的信道，并清除所有与该 MS 有关的连接。

在网络侧，在发送“指配命令”后忽略在原有信道发生的低层故障。若在新的主信令信道上接收到 SABM 帧后发生低层故障，则采用无线链路故障程序。

问题研究：

针对不同的用处，GSM 分别有三种分配信道的程序。分别是立即指配程序、指配程序、切入指配程序。

立即指配程序：是用于 MS 与网络之间建立信令传输所必须的，如处理位置更新等。在建立信令传输过程中，系统也可首先选择给它分配 TCH 信道，这被称为过早分配（VEA）；若首先选择给它分配 SDCCH 信道，在需要时才分配 TCH 信道，这被称为预分配（EA）；若首先选择给它分配 SDCCH 信道，当在被叫端发回连接消息（CONNECT）时，才分配 TCH 信道，这被称为停止广播建立呼叫（OACSU），在当前阶段我们采用的是 EA 分配模式。在初始化分配中，若使用了 EA 分配模式，当无有可用的 SDCCH 信道时，也可给该信道请求并根据该请求的优先级来直接分配 TCH 信道，来替代 SDCCH 信道完成信令消息的传送，但应注意用 TCH 信道来传送信令是相当浪费的（因为一个 TCH 信道相当于八个 SDCCH 信道），当这种情况相当严重时，应及时增加 SDCCH 信道以满足网络的需要。

指配程序：这对应于在本节中所讲到的内容，当利用初始分配的信令信道完成鉴权加密过程后，若该次通信有传递话音或数据的请求时，则触发接续信道的分配来分配一个 TCH 信道。

切入指配程序：该指配用于在呼叫过程中，由于切换的需要来申请网络给它一条信道。在该分配中根据是通过 SDCCH 过程中的切换或是在 TCH 过程中的切换，来分配相应的信道。

3.5.1.3　信道模式改变程序

若在立即指配时因系统无 SDCCH 信道等原因将 TCH 用做信令模式，或在传递数据的过程中系统要求改变传信速率，都应对 TCH 信道出发信道模式改变程序以适应通信速率的要求。见图 3-12。

1. 信道模式改变程序概述

信道模式修改程序允许网络请求 MS 改变某一信道的信道模式。信道模式包括编码、解码和码型转换模式。

信道模式改变总是由网络发起。

2. 发起信道模式修改程序

网络通过向 MS 发送“信道模式修改”消息发起信道模式个性程序。此消息包括信道描述和信道所采用的新模式。

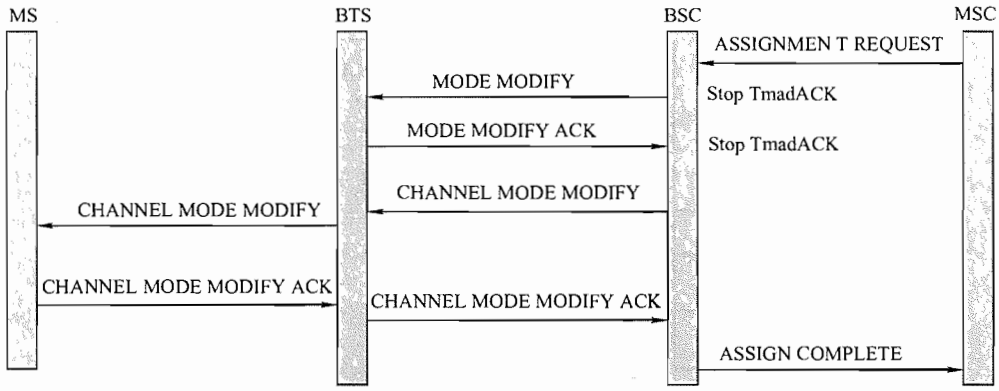


图 3-12　信道模式改变程序

3. 完成模式改变程序

当 MS 接收到“信道模式修改”消息后，MS 改变所指示信道的模式，并返回“信道模式修改证实”消息，指示新的信道模式。

如果 MS 不支持指定的模式，则 MS 仍保持原有信道模式，并返回相应信道模式信息的“信道模式证实”消息。

3.5.1.4　通话连接过程

如图 3-13 所示，当收到 BSC 发回的“指配完成“消息后，MSC 在向被叫端送出初始化地址 IAI 消息（该

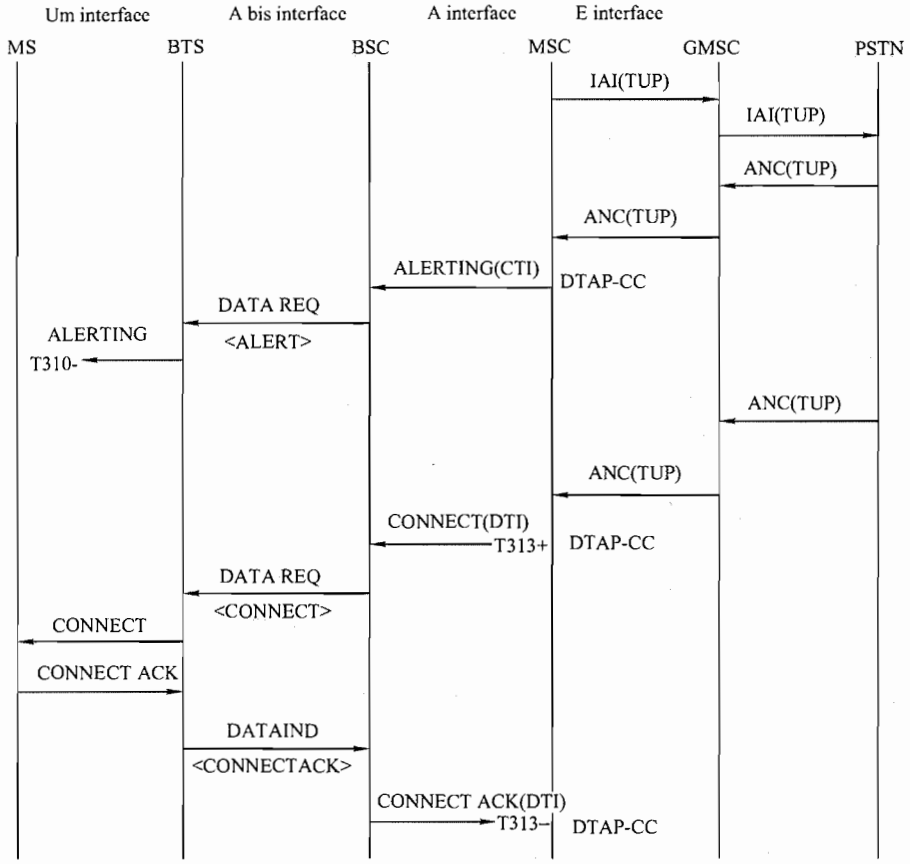


图 3-13　通话连接过程

报文中含有可用于被叫接续的消息，通过它来建立与被叫网络之间的路由），不用很久就会收到被叫端网络发回的有关呼叫建立的报告，若成功 MSC 则会收到“地址完成”（ACM）消息，如果因某种原因（如对端占线或线路拥塞等等）呼叫建立失败，主叫 MSC 则会收到被叫端发出的“释放”（RELESASE）消息。在 MSC 向被叫网络发出 IAI 后，还可以向主叫用户发出“进展”（PROGRESS）的指示，表示呼叫正在进行之中。

此时如果 MSC 收到被叫端发回的 ACM（ADDDRESS COMPLETE 地址完成）后，它的反应是将“提醒”（ALERTING）消息发给该 MS（该消息可由 MS 翻译成回铃音），该消息属 DTAP 消息类别，若被叫不应答而主叫也没有中止的动作，经过一定的时间，网络端会中止呼叫或执行无应答转移。

如此时被叫摘机，被叫端将会向主叫 MSC 发回“应答”（ANSWER）消息，此时主叫与被叫之间的链路接通，MSC 将发给 MS 一条“连接”（CONNECT）消息，MS 收到该消息后将停止待命指示，接着向系统返回“连接证实”（CONNECT ACKNOWLEDGE），当系统收到此消息时，就开始记费。如被叫端是数据设备，在收到 SETUP 指示后可直接进入 CONNECT 状态。这时呼叫建立过程完毕，双方进入通话或传送数据业务阶段。

GSM 系统业务的数据传递采用电路模式，在主叫与被叫之间有一条物理通路。建立这样一条通路有两个要求：1）为传递通信的不同路由段分配一定的信道资源；2）将各段信道连接在一起。信道资源包括 Um 接口的无线信道和 A 接口的 PCM 信道。无线信道由信道激活来说明，A 接口的地面信道由指配请求来说明。

收到 MSC 的指配请求后，BSC 将 A 接口的地面信道和 Um 接口的无线信道连接在一起。收到 CONNECT 后，MSC 将 A 接口的地面信道和网络内使用的信道连接在一起。

3.5.2　呼叫释放过程

此程序的目的是去活正在使用的所有相关专用信道。当信道释放后，MS 返回到 CCCH 配置的空闲模式。信道释放程序可以在很多种情况下使用，包括呼叫释放后的 TCH 释放和信令信道释放。当一方用户挂机时，系统开始清除通信连接。从第三层（L3）的 CC 子层开始清除，最终到物理层（L1）。下面将以 MS 主叫用户首先挂机为例来说明一下呼叫释放的过程。

3.5.2.1　呼叫连接释放（CC）

如图 3-14，若主叫先挂机，则 MS 利用 FACCH 信道向 MSC 发出“断连”（DISCONNECT）消息，指明呼叫清除的发起端及清除原因。MSC 收到该消息后，随即停止所有的 CC 连接定时器，清除业务信道在网络中的连接，并向被叫端发出“释放”（RELEASE）消息，来通知对方通信中止，被叫端在收到该指示后，将向被叫用户发出“断连”指示，端到端的连接到此结束。但至此呼叫并未完全结束，因为系统与 MS 之间仍

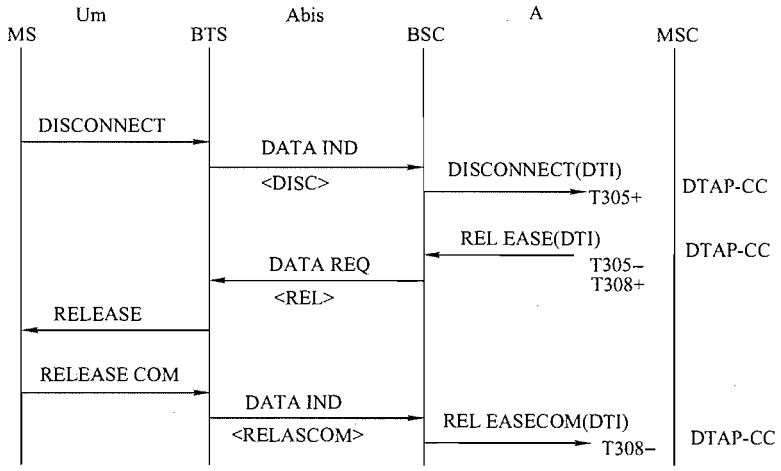


图 3-14　CC 连接释放过程

需保持一定的任务，如送收费指示等，当系统认为与 MS 之间的连接已无必要时，则向主叫端 MS 发出“释放”（RELEASE）消息，通知它网络正在释放 CC 层的连接。在 MS 收到该消息后将停止所有 CC 连接定时器，释放 MM 连接，并向系统发出“释放完成消息”（RELEASE COMPLETE），本身进入“NULL”（空闲）状态，表呼叫已结束。这时在 MS 侧，L3 的连接已经全部释放完毕，但 MS 不能自己拆除 L2 层的连接，要等待网络的释放命令。

在 MSC 收到 MS 的“释放完成”（RELEASE COMPLETE）消息后，将释放 MM 连接，返回到“NULL”状态。CC 层和 MM 层的连接释放完毕后，网络将向 BSC 发出“清除命令”（CLEAR COMMAND）的消息来请求释放 SCCP 信令链路。在该消息中携带着此次呼叫清除的原因。例如“因切换完成”而清除还是“因位置更新完成”而清除等等。若由于是无线接口消息失败、无线链路失败或因设备故障等原因而导致呼叫进程非正常性释放，则 BSC 向系统发出“清除请求”（CLEAR REQUEST）消息。

3.5.2.2 RR 连接释放

如图 3-15，BSC 收到“清除命令”（CLEAR COMMAND）后，则将释放 RR 连接，RR 连接释放的目的是去活正在使用的专用信道。一方面 BSC 将向 MS 发出“信道释放”（CHANNEL RELEASE）的命令（包括释放原因，如正常释放、超时、切换失败等），表示要将所有底层链路释都放掉，并要求 MS 返回空闲模式下，同时将 T3109 定时器启动。移动台收到“信道释放”命令后，回送一条 LAPDm 的 DISC 消息，MS 同时启动 T3110 并断连主信令链路。当 T3110 逾时时，或当断连得到证实（收到系统的 UA 消息证实），MS 去活所有的信道，认为 RR 连接已经释放，并返回到 CCCH 空闲模式。BTS 收到 DISC 后，将向 MS 发出 UA 的证实，并向 BSC 发出“释放指示”（RELEASE INDICATION）消息来报告这一事件。

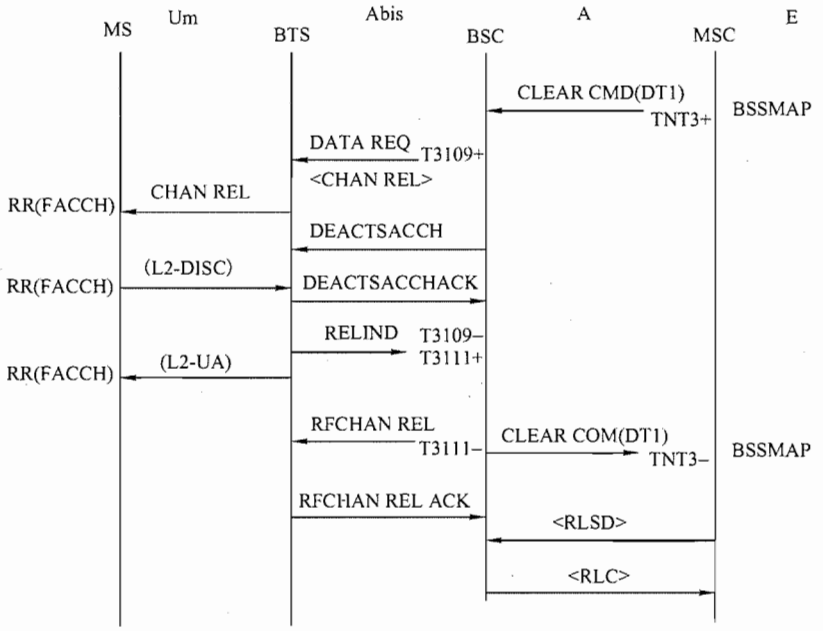


图 3-15 RR 连接释放过程

为了保证上下行链路都能及时的拆除，在 BSC 向 MS 发出“信道释放”（CHANNEL RELEASE）消息要求拆除上行链路的同时，还要向 BTS 发出“去活 SACCH”（DEACTIVATE SACCH）的报文消息，来要求释放下行的随路信令（即要求停止双方之间的信令联系）。BTS 在收到此消息后，将停止传输下行链路的 SACCH 帧。BTS 停止发送 SACCH 下行链路的系统消息后，即向 BSC 发出“去活 SACCH 证实”（DEACTIVATE SACCH ACK）消息。

BSC 收到“释放指示”（RELEASE INDICATION）消息后，将定时器 T3109 复位，并启动定时器 T3111，

随即向 BTS 发出“无线信道释放”（RF CHANNLE RELEASE）（此时将 T3111 复位）要求释放 TCH 资源（此时才释放物理信道资源是为了给呼叫重建留有时间），当收到 BTS 返回的“无线信道释放完成证实”（RF CHANNLE RELEASE ACK）消息时，BSC 就认为该信道资源已空闲并可用于再分配了。此时 BSC 将向 MSC 发出“清除完成”（CLEAR COMPLETE）消息，表无线链路已清除完毕。

MSC 收到此消息后，则会通过发 RLSD 和收 RLC 来完成对 SCCP 连接的释放，到此该信令流程已彻底完毕。

3.6　MS 被叫信令流程分析

3.6.1　查询过程

如图 3-16 所示，当主叫端信令链路建立起来之后，主叫端（设主叫为 PLMN 用户）将把“初始化地址消息”（IAI）发送给关口局 MSC（GMSC），因为在 IAI 消息中含有被叫用户的 MSISDN，GMSC 就可以利用该号码分析出被叫用户归属 HLR 的七号信令识别号，GMSC 将向该 HLR 发出一条“发送路由消息”（MAP SEND ROUTING INFORMATION）的报文，HLR 收到该消息后，将检查用户的记录，然后根据记录内容采取不同的步骤并给 GMSC 相应的应答。

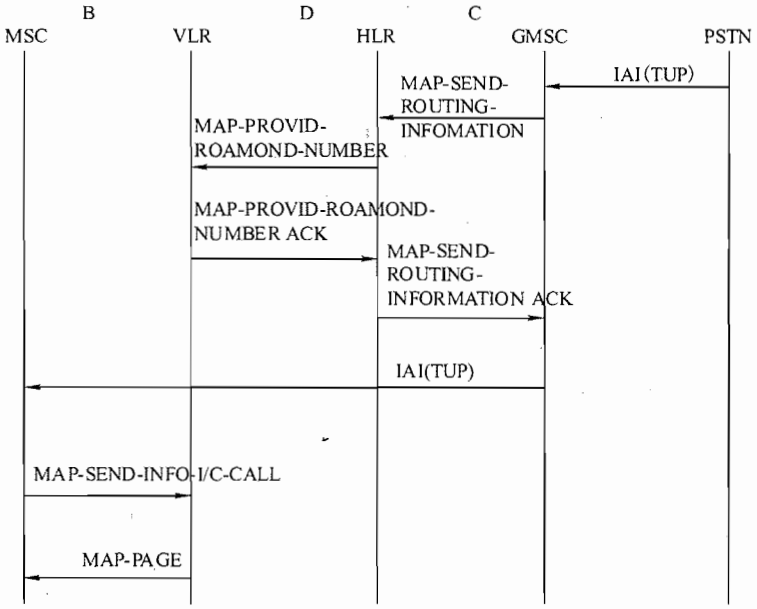


图 3-16　被叫路由查询过程

在正常的情况下，HLR 这时只知道该用户目前所在 VLR 的部分识别号（如 CCS7 地址或通用的标志）。为了能使该呼叫获得到达该 MSC 的最终路由信息，HLR 将向被访 VLR 发送一条“提供漫游号码”（MAP PROVIDE ROAMING NUMBER）的报文，该报文中含有用户的 IMSI 等信息，来请求 VLR 给该次呼叫提供一个 MSRN 号码。当被访 VLR 收到此消息后，检查是否知道移动台的 IMSI，若不知道则向 HLR 发“发参数消息”的报文来请求用户参数；若知道则从空闲号码中选择出一个漫游号码，将其同 IMSI 临时联系起来，并通过“回送漫游号码结果”（MAP PROVIDE ROAMING NUMBER RESULT）的报文，将分配给该次呼叫的 MSRN 号码以及该 MS 所在的 LAC 号码发换给 HLR 作为应答。当 HLR 收到被访的 VLR 提供的 MSRN 和 LAC 后，将以一条“回送路由信息结果”（MAP SEND ROUTING INFORMATION RESULT）的报文将消息转到发起呼叫的 GMSC。此时 GMSC 就可以通过获得的 MSRN 号作为地址来找到被访的 MSC 并向其发

送初始化地址消息 IAI，当被访 MSC 收到该消息后可通过 MSRN 从其存储器记录中恢复该移动用户的 IMSI，并通过所获得的 LAC 来进行寻呼该移动台的过程。当呼叫完全建立起来后，就可以释放该漫游号码以供其他用户所使用。

3.6.2 寻呼过程

当被叫 MSC 收到 GMSC 发来的 IAI 消息后，将向其 VLR 发送一条“入局呼叫消息”（MAP SEND INFO I/C CALL），VLR 在收到该消息后，来分析被叫的号码（在 VLR 中有各种号码分类的信息，它会检查看是否有指向该号码的能力）和网络本身的资源能力等等来核对是否能接纳这种需求，若某些项目不能通过则将通知主叫端呼叫建立失败。在正常的情况下 VLR 将向 MSC 发送“寻呼”（MAP PAGING）的 MAP 消息，该消息中含有该移动台所在的位置区（LAI）以及被寻呼用户的 IMSI 或 TMSI 的号码，来通知 MSC 开始执行寻呼该移动台的过程。寻呼的信令流程如图 3-17 所示。

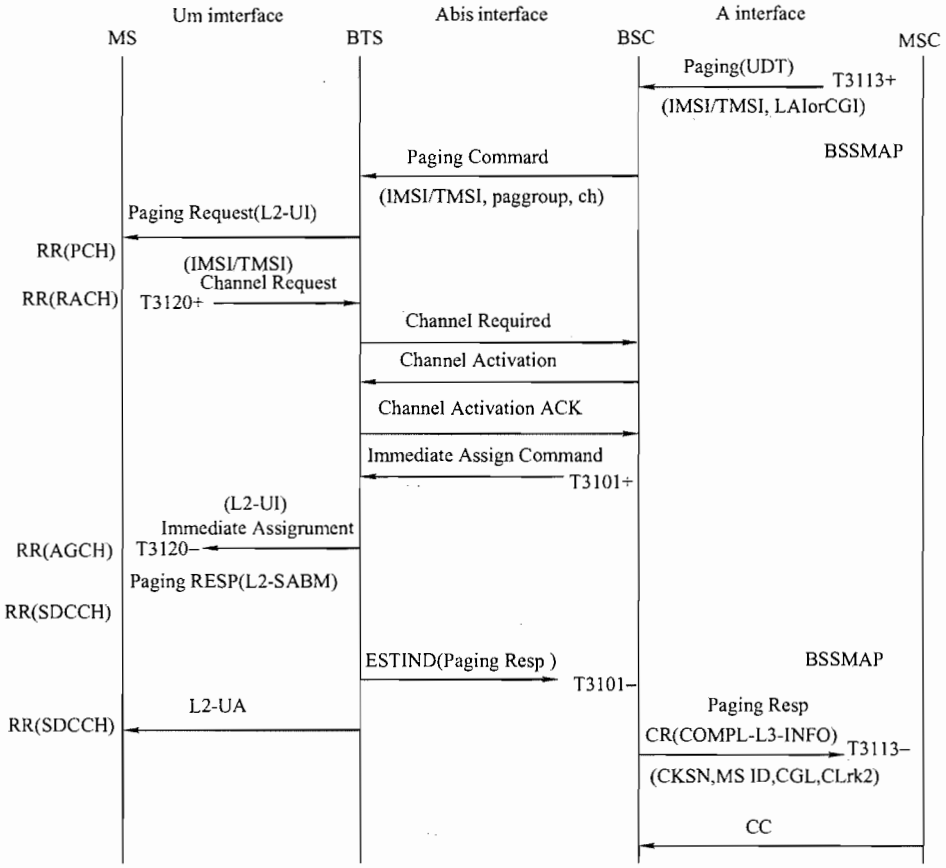


图 3-17 寻呼信令流程

当 MSC 从 VLR 中获得移动台目前所处的位置区后，将向这一位置区中的所有 BSC 发出“寻呼”（PAGING）的报文。如图 3-18，该报文中含有寻呼所需的必须发寻呼消息的小区列表及 TMSI 和 IMSI 信息，其中 IMSI 有两个用处，一个是可以用来通过小区的寻呼信道来寻呼移动台，一个是为了处理不连续接收而被用来确认寻呼子信道的。

BSC 将向该位置区中所有的小区发出“寻呼命令”（PAGING COMMAND）。在该报文中含有所属寻呼子信道组的号码和所占用的时隙号（通过 IMSI 号码的后三位、寻呼子信道总数和该小区用于寻呼时隙的总数计算所得）。

当小区收到寻呼命令后，将在该寻呼组所属的寻呼子信道上发出“寻呼消息”（PAGING REQUEST），在该消息中携带有被寻呼用户的 IMSI 或 TMSI 号码。

网络可通过寻呼子信道广播寻呼请求消息，并启动 T3113。

此时，被叫移动台通过对寻呼消息的解码，若发现是对自己的寻呼，则将发出“信道请求”（CHANNEL REQUEST）来触发初始化信道分配过程。在接收到寻呼消息之后，如果可以接入到当前网络中，MS（当已依附于小区）将在 0.7s 内发起立即指配程序，采用 SABM 来发回“寻呼应答”（PAGING RESPOSE）的初始化报文来建立起主信令链路。当接收到“寻呼响应”后，网络停止计时器 T3113 并通知 MS 的 MM 子层已建立 RR 连接。此后通过一系列的鉴权加密和 TMSI 再分配过程，就进入了被叫的呼叫建立过程。

问题研究：

寻呼模式信息单元的要求：MS 需要接收和分析（对应于它的寻呼子组）寻呼子信道上的寻呼信息和立即指配程序。

寻呼和立即指配消息中都包括寻呼模式信息单元。此信息单元控制对于 MS 在其寻呼子信道上发送信息的附加要求。这意味着一给定的移动台应需要考虑在它寻呼子信道上消息的寻呼模式信息单元。寻呼模式信息单元的要求如下：

1）正常寻呼，无附加要求；

2）扩展寻呼，要求 MS 接收分析 PCH 下一条的寻呼消息；

3）寻呼重组，MS 应接收 CCCH 上的所有消息而不必考虑 BS AG BLK RES 设置。当 MS 在其寻呼子信道上接收到下一条消息时，接下来的行动取决于该消息中的寻呼模式信息方式；

4）与以前相同，与前一个寻呼模式相同。

MS 仅在自己的子信道上考虑寻呼模式信息单元。

当 MS 选择新的 PCH，MS 最初的寻呼模式设置为寻呼重组。如果没有正确地接收到寻呼子信道上的消息，则忽略此消息，并假定为原有的寻呼模式。

3.6.3　被叫的呼叫建立过程

当 MSC 收到 VLR 发来的 MAP COMPLETE CALL 后，将向移动台发一条“建立”（SETUP）的消息，其中包括了呼叫所必须的细节（如请求的业务类别和主叫号码等），被叫移动台收到此消息后，则将该消息进行核实，如果移动台能处理主叫请求的业务类别，就返回一条“呼叫确认”（CALL CONFIRMED）消息，在该消息中，还将携带着移动台选定的参数，如移动台可选用哪一种速率的信道（全速率 TCH 及半速率 TCH）和选定的业务类别。被叫呼叫建立的信令流程如图 3-18 所示。

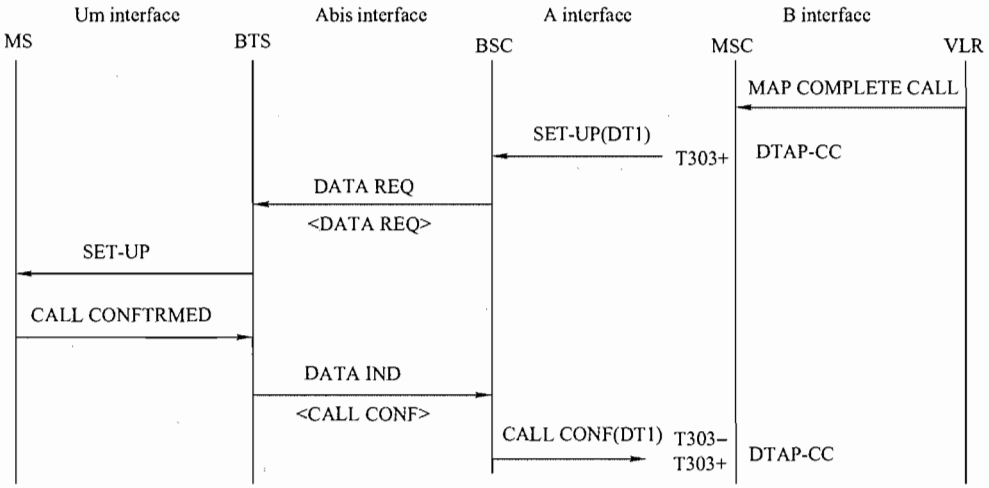


图 3-18　被叫呼叫建立的信令流程

当 MSC 收到“呼叫确认”消息后，将向 BSC 发起指配请求，来给该次通信分配话音信道。指配过程完成后，被叫移动台将向网络发出“提醒”（ALERTING）消息，被叫 MSC 在收到“提醒”消息后，则向主叫端发出“地址完成”的消息（ACM），主叫端在收到该消息后也会将“提醒”消息发给主叫用户。

被叫用户收到提示摘机后，即发送给 MSC 一条“连接”（CONNECT）的消息，MSC 在收到此消息后将“应答”（ANSWER）发回主叫端，并向被叫返回“连接证实”（CONNECT）消息。此后网络接通全部传输链路，用户端到端的传输正式建立。

3.6.4 呼叫转移等补充业务对路由建立的影响

在补充业务中对呼叫路由影响最大的要算呼叫转移的功能，有许多的原因会引起呼叫转移，其中分为无条件前转（CFU）、遇忙前转（CFB）、呼叫不可及前转（CFNRc）、呼叫无应答前转（CFNRy），系统对它们的处理办法也是不一样的，下面让我们具体讨论一下其路由选择的过程。

1. 无条件前转（CFU）

用户激活无条件前转后，相应信息将在 HLR 中进行登记。当 GMSC 或主叫局向 HLR“发送路由请求”（SEND ROUTING INFORMATION）消息后，如 HLR 发现该用户有无条件转移的功能后，将在“回送路由结果”（SEND ROUTING INFORMATION RESULT）消息中直接把该转移号码发回到 GMSC，GMSC 或主叫局将根据这个前转号码进行接续。整个呼叫不涉及用户所在的 MSC，因此，当用户按上述方式激活呼转时，就很有可能因主叫局或 GMSC 的数据不支持导致呼叫失败。

2. 遇忙前转（CFB）

用户处在通话中时，用户所登记的 VLR 便会将用户标识为“忙”的状态。如果这时又有了新的呼叫，被叫用户登记的 VLR 发现用户激活了遇忙转移功能，就会为其分配一个漫游号码并将其送回主叫局，主叫局将路由建立至被叫局，再由被叫局进行至呼转号码的接续。因此呼转的处理是在被叫用户登记的交换机中进行的，这就使我们通过调整 MSC 的数据将其接通成为可能。当未发现有 CFB 的功能时，将直接对该呼叫进行处理（如发用户忙的录音等）。此时并不执行寻呼过程。

3. 呼叫不可及前转（CFNRc）

该功能要根据网络端如何判断被叫不可及的方法，其处理的办法也不同。

一种情况是当被叫用户最后一次在某地理区域进行位置登记时没有成功，在 HLR 中记录了这种情况，已经知道无法接到该移动用户，于是就可以自己做出呼叫不可及前转的判决。

另一种情况是当 HLR 中没有这种登记时，呼叫仍按正常的过程进行，直到 MSC 对该用户进行寻呼，而在规定的时间内没有得到用户发回的“寻呼响应”（PAGING RESPOSE），则判定该用户不可及，而 MSC 则将该呼叫前转。这种情况发生的原因很多，一种原因是在该用户进入了盲区或移动台掉电，此时如果 VMSC 对 IMSI 附着的用户还未做定期的查询，就无法判断该移动台的状态，而导致对它们的寻呼失败。还有一种原因是该移动台正在 LAC 边界进行着频繁的位置更新活动而无法去响应寻呼或当去申请信道时因网络无信道资源或指配不成功，而导致寻呼超时，因此对前转号码的分析也是在被叫局进行的。

还有一种情况是该移动用户关机造成的（IMSI 分离），由于用户关机后 HLR 中有相应指示，因此当查询数据库后发现用户处于关机状态且已经激活了呼叫转移时，HLR 将不再与被叫用户登记的 VLR 联系，而是直接将前转号码包含在路由信息中送回发起查询的主叫方交换机，由其进行下一步接续。

4. 呼叫无应答前转（CFNRy）

当 VMSC 对该用户寻呼成功，而且被叫端向系统发回了“提醒”（ALERTING）的消息，但在系统规定时间内，被叫用户并没有应答，即没有回发“连接”（CONNECT）消息，而且 VMSC 发现该用户激活了呼叫无应答前转的功能，则由此引起呼叫前转，它对前转号码的分析也是在被叫局进行的。

在此大家应值得注意的是，在激活呼叫转移功能后，对于主叫用户只收取 GMSC 以内的路由的费用，而对于被叫用户却不同了，因为他将要承担第二路由的费用，假如被叫用户在国外而前转的对象在国内，这时原来一次国内通信可解决的问题，将变为两次国际呼叫。为了避免该问题的发生，在这种情况下最好设为无

条件前转。

5. 呼叫等待（CW）和呼叫保持（HOLD）

在补充业务中，GSM 有一个呼叫等待的业务。当 MSC 收到主叫端对它发来的 IAI 消息后，当发现被叫用户正在进行另一个通信时，且该用户激活了呼叫等待功能，则 MSC 则可跳过寻呼过程及移动台和 MSC 之间低层的建立过程，将利用它们之间已存在的信令方式，直接移动台发出 SETUP 的报文。如当激活了呼叫保持功能后，就可在两者之间切换通话。

当遇忙前转（CFB）和呼叫等待同时被激活时，当另一个呼叫到来时，也会先启动呼叫等待的业务，当再有一个呼叫到来时才启动呼叫遇忙前转的业务。

3.7　短消息流程分析

3.7.1　概述

短消息是通过 GSM 网络传输的有限长度的文本信息。短消息业务是一项基本的电信业务，是 GSM 系统提供给用户的一种有别于语音传输的通信方式。

短消息业务主要包括点到点短消息业务与小区广播短消息业务。

点到点短消息业务即通过 MO（MS 发起短消息业务）和 MT（MS 终止短消息业务）将一条短消息从一个实体发送到指定被叫用户的业务类型。编码后单条短消息长度为 140B，承载 160B 的英文及类似编码方案的字符，中文为 70 个汉字。

小区广播短消息业务即通过 BSC 向一个指定区域中所有短消息用户发送短消息的业务类型。编码后每页消息长度为 82B，最大页数为 15 页。

随着移动增值数据业务的发展，出现了手机到应用（SP）及应用（SP）到手机的短消息业务。

3.7.2　短消息中心

短消息（信）中心是独立于 GSM 网络的一个业务处理系统，主要功能是提交、存储、转发短消息，并完成与 PSTN、ISDN、PSPDN 等网络的互通，以实现来自其他 SME（Short Message Entity）（如：人工台/自动台等）的短消息的传递。短消息中心一般由多台负载分担的小型机组成。短消息中心与七号信令网互通的设备叫作 IWMSC，负责实现七号信令消息与 IP 协议的转换。

3.7.3　手机提交短消息流程

具体说明如下：

1）移动台 MS 向 VLR 提交访问请求和可选的鉴权请求（Access request and possible authentication）；

2）移动台 MS 向 MSC 提交短消息（Message transfer）；

3）MSC 向网关 SMS-IWMSC 上传短消息（ForwardShortMessage）（IWMSC：InterWrokingMSC，即接入/互通 MSC，负责处理手机提交的短消息）；

4）网关 SMS-IWMSC 向 SC 提交短消息（Message transfer）；

5）SC 向网关 SMS-IWMSC 回送应答（Ack 或 Error）；

6）SMS-IWMSC 向 MSC 回送应答（Ack 或 Error）；

7）MSC 向 MS 回送应答（Ack 或 Error）。

短消息 MO 信令流程较为简单，异常情况主要有以下两种：

1）一般短消息中心要对移动台 MS 的号码进行鉴权核查，判断是否为本短消息中心提供服务的号段，MS 也要设置正确归属的短消息中心，如果鉴权核查错误，短消息中心将下发提交失败消息。

2）提交过程中 MSC 需要与 SMS-IWSC 协商 MAP 协议的版本，如果一端设备 MAP 版本高，而另一端

MAP 版本低，则需要 MAP 版本高的一端降低 MAP 版本重发消息。如果 MAP 版本协商过程中出错，短消息也将提交失败。

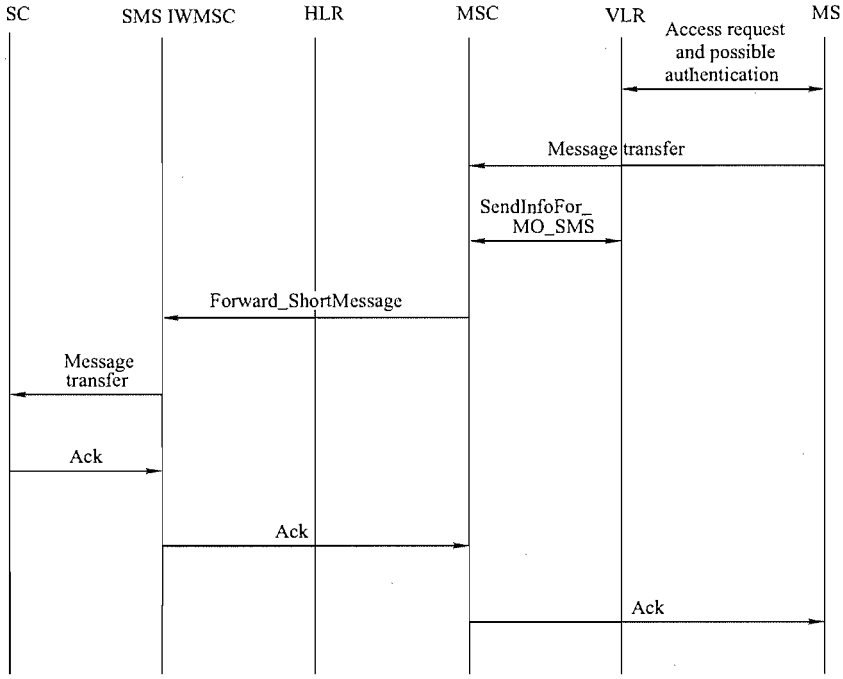


图 3-19 MO 信令流程

手机的短消息中心间通过 SM-TL 层的 SM-TP 协议传送短消息，这一层的消息单元称作 TPDU，共有四种类型的 TPDU，分别是：

SMS-SUBMIT（MS→SM-SC）短消息发送，消息中包含有效生存时间段；

SMS-DELIVER（SM-SC→MS）短消息下发，消息中包含短消息中心时间戳及是否有后续消息的标识；

SMS-STATUS-REPORT（SM-SC→MS）短消息状态报告；

SMS-Command（MS→SM-SC）短消息指令。

每条短消息在手机和短消息中心内都有一个唯一的标识 Short Message Identifier（SMI），这一标识不具有全局特性，即这一标识在手机和短消息中心中可能不同。

3.7.4 手机接收短消息流程

具体说明如下：

1）短消息中心 SC 向网关 SMS-GMSC 提交消息传送请求 Message transfer；

2）网关 SMS-GMSC 向 HLR 查询发送路由 SendRoutingInfo_For_ShortMsg；

3）网关 SMS-GMSC 向 MSC 前传短消息 forward_ShortMessage；

4）MSC 向 VLR 查询发送路由 SendInfoFor_MT_SMS，从 HLR 取回用户的 IMSI 号码和目前用户所在的 MSC 的号码；

5）MSC 向移动台 MS 发送短消息 Message transfer；

6）MS 向 MSC 回送转发报告 Message transfer；

7）MSC 向 SMS-GMSC 回送转发报告 Delivery report。

MT 的流程较为复杂，以上仅为正常下发流程，现在将非正常下发流程说明如下：

1）下发用户不响应或用户手机短消息内存已满，则 SMS-GMSC 要去 HLR 置 MNRF（Mobile Not Reachable

Flag，移动用户不可及标志）或 MCEF（Memory Capacity Exceeded Flag，存储能力溢出标志），信令名称为 Delivery Status Report；

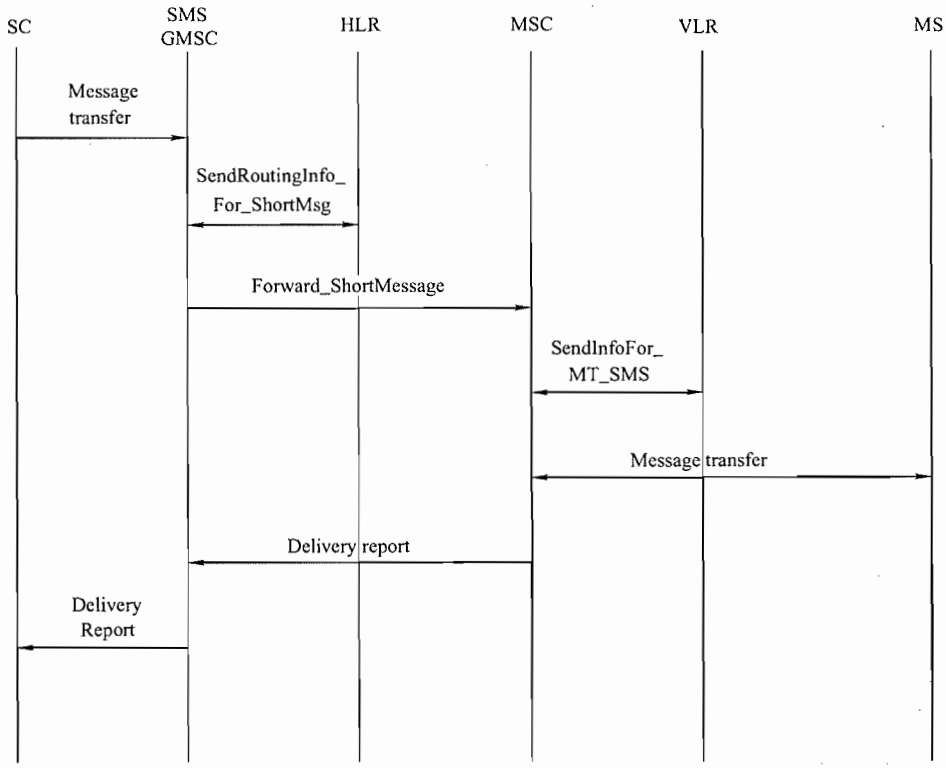


图 3-20　MT 信令流程

2）当 SMS-GMSC 去 HLR 取路由时，若 HLR 内 MNRF 或 MCEF 已被置位，则 HLR 除发送路由信息，还要发送 Inform SC 信令到 SMS-GMSC，通知该用户不可用，此时若下发的短消息为普通优先级，则 SMS-GMSC 不再下发；若短消息为高优先级，则 SMS-GMSC 尝试下发该短消息；若发送不成功则下发结束；若下发成功，则去 HLR 清除 MNRF 或 MCEF 标志，并返回成功信息给 SC，若该用户仍有短消息未发出，则保持与 MSC 的链路，然后继续下发短消息，直到发完或出错为止。

3）每次成功下发后，短消息中心检测短消息是否是 MO 短消息且要求状态报告，若是，则下发状态报告短消息到提交用户。

3.7.5　Alert_SC 流程

短消息中心下发短消息时，若 HLR 检测到用户关机、存储区满等暂不可接收短消息状态时，则此条短消息发送不成功，且向 HLR 登记原因。HLR 进行记录，记录格式如图 3-21 所示。

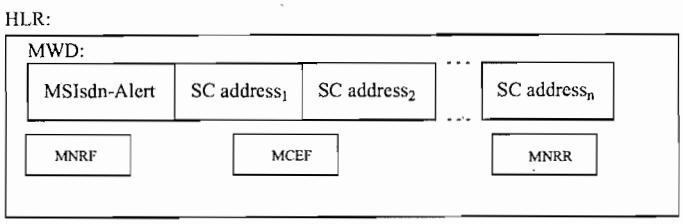


图 3-21　HLR 消息等待功能模块记录内容

MSIsdn-Alert 是用户手机号码，SC address 是短消息中心地址（短消息中心号码），MNRF 是手机不可及标志位，MCEF 是手机内存满标志位，MNRR 是手机不可及原因。

当 HLR 重新检测到不可接收短消息的原因解除时（该用户开机、存储区不满等），会主动向短消息中心发 Alert_SC 命令，短消息中心收到后，对存储的短消息进行重发。

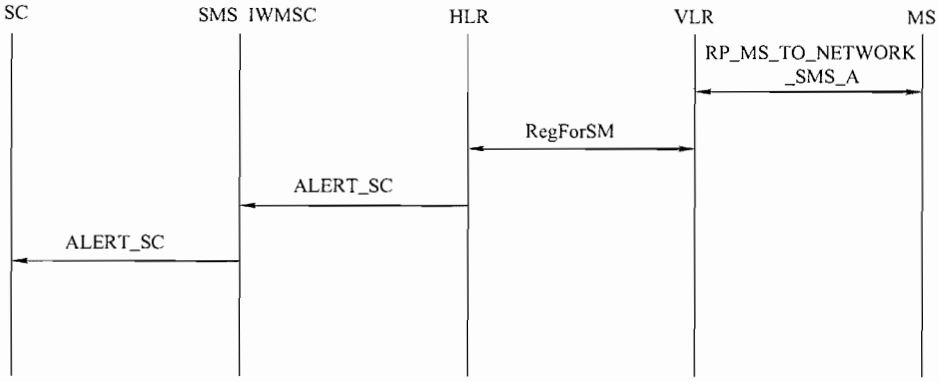


图 3-22 Alert-SC 信令流程

具体说明如下：

1）当手机开机，或因删除短消息等操作释放了内存时，手机向 VLR 报告短消息功能可用（RP_MS_TO_NETWORK_SMS_A）；

2）VLR 通知 HLR，手机已能够接收短消息（RegForSM）；

3）HLR 向网关 MSC IWMSC 发送唤醒消息（ALERT_SC）；

4）网关 SMS IWMSC 通知短消息后台。

后续的处理是短消息中心让该用户进入下发短消息流程。

3.8 无线链路控制

3.8.1 无线链路故障

所谓无线链路故障是指在通信过程中丢失通信链路。在 RR 连接模式时，MS 和网络对该故障的处理是相同的。

在通信过程中往往会由于系统存在干扰或接收电平很低的原因，致使语音或数据恶化到不可接受，最终导致移动台或网络无法正确解码对端发送来的信息，且无法通过其他手段（如功率控制或切换）来控制时，系统将认为出现了无线链路故障。出现这种情况时移动台或者启动呼叫重建，或者强行拆链。由于强行拆链的实际效果是导致一次掉话，因而必须保证只有在通信质量确实无法接受时，系统才认为是无线链路故障。因而 GSM 规范引入了无线链路超时的概念（RADIO LINK TIME OUT），该值也可在小区参数中设定，通过 BCCH 和 SACCH 携带的系统消息中发送给移动台。

当移动台收到该参数后时，就将其内部计数器 S 的初值设为该参数所定义的值。若移动台在通信过程中在应该收到 SACCH 时（它在移动台处于专用模式下时，携带有系统消息）而无法译出一个正确的 SACCH 消息，S 则减 1，反之则加 2，但 S 值不可超过无线链路超时的值，当 S 计到 0 时，则报告无线链路失败，如图 3-23 所示。

若该值设置较小，在移动台的接收电平由于地形等原因突然衰落很大时，很容易产生掉话，从而影响了网络的质量，损害了用户的利益。若该值设置很大，尽管话音质量早已不能接受，而网络却只能等到无线链

路超时后，才能释放相关的资源，从而使资源的利用率变低。因而在设置该参数时，应注意实际的情况。一般在业务量较小的边远地区可将该值设的大一些，而在业务量较大的地区可设置的小一些。但在存在明显盲点的小区应将该值适当增大。

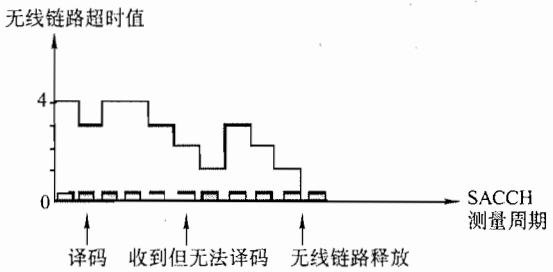


图 3-23　无线链路超时

在对无线链路故障的监测过程中，应注意对上下行链路的控制应保持一致，即基站侧和移动台侧应保持对无线链路故障算法的一致。

无线链路故障可以在以下几种情况下被察觉：通过分析层一的接收信息；通过主信令链路的数据链路层故障的判断；当发生低层故障时，MS 在信道指配程序或切换程序中尝试重新返回原有信道；在一些情况下，其定时器检测不到另一侧的响应。

前两种情况被称为低层故障。

MS 和 BTS 都在同时观测链路的失败情况。

3.8.1.1　移动台首先发现下行链路故障

MS 负责监测下行链路的无线链路故障，MS 可从系统消息中获得参数“无线链路超时值”，当 MS 收到该值时，则把该值作为初始值将计数器置位，若不正确译码 SACCH 的系统消息一次，则将计数器减一，若正确收到一次，则将计数器加二，最大值不能超过无线链路超时值；当 MS 发现计数器变为 0 时，则将认为下行无线链路失败。此时 MS 将会在该小区及周围邻小区中寻找一个支持呼叫重建的小区，来决定是否进行呼叫重建，若允许的话将向支持呼叫重建的小区发出“信道请求消息”（CHANNEL REQUEST），若不允许则 MS 转入空闲的模式下）。MS 在判断发生无线链路故障后的工作如图 3-24 所示。

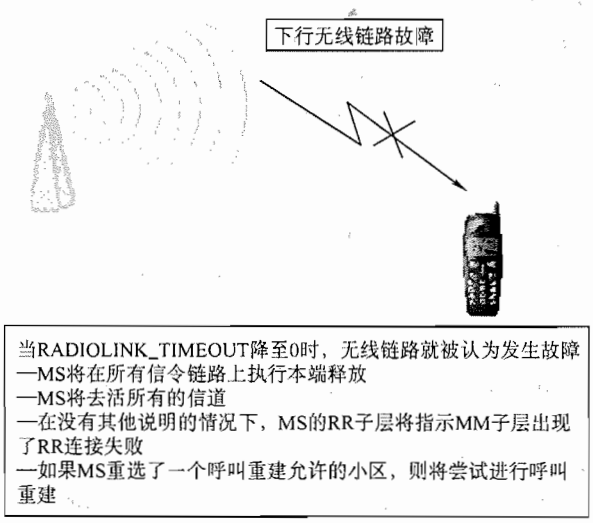


图 3-24　下行无线链路故障的判断

3.8.1.2 BTS 首先发现下行链路故障

BTS 负责监测下行的无线链路故障情况，它判断无线链路故障的计数器 CT 应与 MS 端保持一致，当 BTS 收到 BSC 发来的“信道激活”时，则将本身的计数器置位为 0。BTS 当开始收到 SACCH 发来的测量报告时，则将该计数器置一个初始值 CT（此时 CT 值应等于无线链路超时值），当无法正确译码一次 MS 发来的 SACCH 的测量报告时，则将该计数器减 1，当正确译码一次后则将该计数器加 2，直到 CT 为 0 时，则判断上行无线链路故障，如图 3-25 所示。

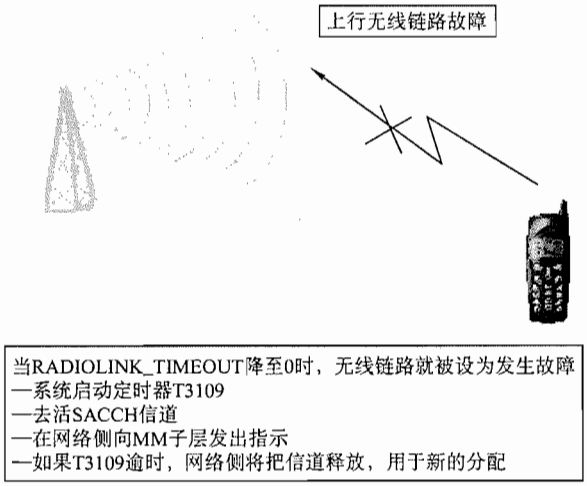


图 3-25 上行无线链路故障的判断

当 BTS 发现出现无线链路故障时，则将向 BSC 发出“连接失败指示”（CONNECTION FAILURE INDICATION）的消息，当 BSC 收到该消息后将定时器 T3109 启动。T3109 逾时之前可以给移动台留出呼叫重建的时间，因而该值必须大于无线链路超时的时间。设无线链路超时的时间为 20 个 SACCH 报告的周期（约为 10s），在出现无线链路故障后，移动台需用大约 10s 来判断是否出现了下行无线链路故障，并需用大约 5s 的时间来测量其邻小区情况，而后将发起呼叫重建的请求。当 T3109 逾时后，BSC 将向 MSC 发出“清除请求”（CLEAR REQUEST），在该消息中携带有不正常释放的原因，MSC 收到该消息后则向 BSC 发出“清除命令”（CLEAR COMMAND）指令，要求释放无线资源，当 BSC 收到“清除命令”后，将向 BTS 发出“无线信道释放”（RF CHANNLE RELEASE）要求释放信道资源，当收到 BTS 返回的“无线信道释放证实”（RF CHANNLE RELEASE ACK）消息时，BSC 就认为该信道资源已空闲可用于再分配了，此时它还要将向 MSC 发出“清除完成”（CLEAR COMPLETE）消息，表无线链路已清除完毕。

3.8.2 呼叫重建

呼叫重建程序是无线链路发生故障后，允许 MS 恢复早期的连接。是否进行呼叫重建尝试决定于呼叫状态和小区是否允许进行呼叫重建。MM 连接是由 PD 和 TI 识别，它们在呼叫重建的过程中不改变。应注意，短消息和呼叫独立的补充业务不能进行呼叫重建。

3.8.2.1 概述

呼叫重建程序允许移动台在无线链路失败后，来重新恢复连接的一个过程。呼叫重建可能会建立在一个新的小区或新位置区上。

在无线环境下，一条通信链路连接很有可能突然中断，这可能是由于桥梁、建筑物、隧道等障碍物造成的严重传播损耗，当采用呼叫重建机制后，移动台便可利用本小区或另一小区在很短的时间内恢复通话，这种手段在某种程度上可改善网络的服务质量。我们可以认为呼叫重建是一种移动台发起的切换，但只限于对当前小区丢失的呼叫来用于挽救切换的一种极端情况。

呼叫重建根据首先察觉无线链路失败的实体不同，将会导致两个不同的建立程序。

1. MS 侧首先察觉无线链路失败

移动台将在被选中的小区上（可能是原小区，也可能是新小区）发送一个呼叫重建的请求。以前的信道资源将在 BTS 侧的定时器超时后被 BSC 释放掉。

2. BSS 侧首先察觉无线链路失败

在 BTS 侧的定时器超时后，BTS 将发送一个无线链路故障的消息到 BSC。此后 BSC 将释放掉旧的无线资源，同时 BSC 将启动定时器 T3109 来等待移动台的呼叫重建。而后移动台通过一段时间的观察，当检测到无线链路失败后，它就会通过来选择一个合适的邻小区，并在选中的小区上发出信道请求。

如果要想一个小区支持呼叫重建，那么小区参数 RE 必须要设为“ALLOWED”，而且该小区不能是被禁止的（CELL BARED）。

移动台最多在 5s 之内应该根据以下算法来决定在哪个小区上进行呼叫重建。

MS 根据在 SACCH 上携带的邻小区 BA 表（频率分配表），来测量服务小区和邻小区的 BCCH 载波接收电平，并根据 5s 内测得的平均测量样本值来选择一个接收电平最高的小区作为呼叫重建的目标小区。

在该频点上，移动台将试图去解码 BCCH 数据块所携带的影响小区选择的系统消息，在该小区未被禁止、C1 值大于 0 并且允许呼叫重建时，将选择该小区。否则，将选择次强的小区重试以上的步骤。当接收电平最强的 6 个小区都被尝试但都不合乎条件时，则放弃该次呼叫重建。

应注意，在呼叫重建过程中，移动台无法回到空闲模式下，因而当移动台选择了一个位置区不同的小区作为呼叫重建的目标小区时将无法执行位置更新，只有当该次呼叫结束后移动台才能进行位置更新。呼叫重建的信令流程如图 3-26 所示。

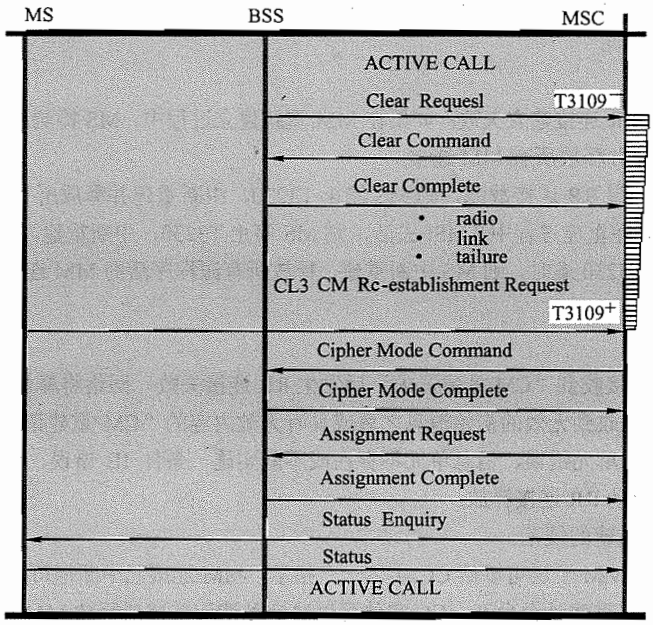


图 3-26　呼叫重建的信令流程

一般情况下，呼叫重建程序将持续 4～20s 的时间，多数用户在重建完成前都已挂机，因而呼叫重建非但达不到目的还浪费了许多无线资源。因而建议在信道资源较紧张的地区，最好不要激活该功能。

3.8.2.2　呼叫重建规范说明

一、MM 层呼叫重建

此时呼叫重建发生在低层故障，并且至少有一个 MM 连接激活时。

1. 呼叫重建建立（由 MS 发起）

如果从 CM 至少接收到一个 MM 连接重建请求，应指示 MM 连接中断，MS 将发起呼叫重建。如果几个 CM 实体请求重建，仅发起一个呼叫重建程序。如果任意 CM 实体请求重建，应尝试进行允许呼叫重建 PD 的处理。

在 CM 实体请求重建 MM 连接后，MM 请求 RR 建立 RR 连接并进入 MM“等待重建”状态。此请求包括建立原因和“CM 重建请求”。当 PD 指示已成功地建立 RR 连接时（此指示“CM 重建请求”已成功地发送出去），MS 的 MM 启动 T3230，向正在重建的所有 CM 实体发出指示，并保持在 MM“等待重建”状态。

“CM 重建请求”包括：移动识别、MS 类别 2、加密序列号。

RR 指示加密模式设置完成或接收到“CM 业务接受”表示 MS 接受了业务，即 MS 的 MM 连接重建完成，随即停止 T3230，并通知所有与呼叫重建相关的 CM。此后 MS 重新进入 MM 连接激活状态。

如果网络不能将重建请求与 MS 的现有呼叫相联系，则回发“CM 业务拒绝”，原因为呼叫不能识别。

如果不能执行或其他原因，网络将回发“CM 业务拒绝”，原因可以为以下之一：IMSI 在 VLR 中未知、非法 ME、网络故障、拥塞、业务选择不支持、业务选择临时故障。

无论拒绝的原因是什么，MS 接收到“CM 业务拒绝”后，都将停止 T3230，释放 MM 连接，释放相关的 RR 连接。此外：

1）如果接收到“CM 业务拒绝”的原因为 IMSI 在 VLR 中未知，MS 将删除 SIM 中的 TMSI，LAI 和加密序列号，将状态改变为“未更新”并进入 MM“等待网络命令”。如果接下来，RR 连接释放或中断，这将强制 MS 进行正常的位置更新。在位置更新程序中不记录 CM 重建请求。

2）如果接收到“CM 业务拒绝”的原因为非法 ME，MS 将删除 SIM 中的 TMSI、LAI 和加密序列号，并将 MS 状态改为“不允许漫游”，进入 MM“等待网络命令”。MS 认为 SIM 无效直至关机或将 SIM 拔出。

2. 可能出现的异常情况

MS 侧：

1）随机接入失败或 RR 连接建立失败：如果在 MM 重新建立过程中，MS 检测到随机接入失败或 RR 连接建立失败，则中断重建并释放所有 MM 连接。

2）RR 连接故障：如果 RR 连接故障，则 MS 停止 T3230，中断重建并释放所有激活的 MM 连接。

3）IMSI 去活：如果在重建过程中 TMSI 去活，则 MS 停止 T3230，中断重建，释放所有的 MM 连接。

4）T3230 逾时：若 T3230 逾时，则 MS 中断重建，释放所有源程序活的 MM 连接，MM 释放相应的 RR 连接。

网络侧：

1）RR 连接失败：在接收到“CM 重建请求”后发生 RR 连接失败，网络将释放所有的 MM 连接。

2）无效消息内容：在收到无效的初始消息之后或具有无效内容的“CM 重建请求”，则发送“CM 业务拒绝”，原因为：必选信息单元错误、信息单元不存在或不能实施、条件 IE 错误、协议错误。在发送“CM 业务拒绝”后，网络应启动 RR 连接释放。

二、CC 层关于呼叫重建的规范

当 MM 连接建立时，MM 子层可以给 CC 实体一个指示，MM 连接已中断但可以通过 CC 请求被重建。CC 实体的反应取决于呼叫重建是否允许，CC 实体可以决定是请示重建或释放 MM 连接。

1）重建不允许：若呼叫处于建立和清除期间，即除“运行”或“MS 主叫修改”状态的任何状态，CC 将释放 MM 连接。

2）重建允许：若呼叫处于“运行”或“MS 主叫修改”状态，MM 来的呼叫重建指示有可能导致 CC 请求 MM 连接建立呼叫重建。

3）重建完成：在完成 MM 重建后，将给 CC 一个证实，恢复等待的消息传送和用户数据。

4）不成功的结果：若重建不成功，则释放 MM 连接，给 CC 释放指示。

5）在成功重建之后，网络负责识别网络或 MS 的任何呼叫状态或附属状态的匹配性（例如，采用状态

查询程序）。

3.9　切换

在移动用户通话过程中，为了使呼叫建立在最好的小区中以及为了使呼叫不至于掉话，就引入了切换的概念。换句话说切换就是为了维持移动台从一个小区移动到另一个小区时通话能继续进行，以满足网络管理的需要。触发切换的原因、切换的准备和判决及切换的执行等是一个十分复杂的过程，下面就让我们具体的研究一下切换程序。

3.9.1　切换过程

整个切换过程由 MS、BTS、BSC 和 MSC 共同完成，MS 负责测量无线子系统的下行链路性能和从周围小区中接收的信号强度；BTS 负责监视每个被服务的移动台的上行接收电平和质量，此外它还要在其空闲的话务信道上监测干扰电平。BTS 把它和移动台测量的结果送往 BSC。最初的判决是由 BSC 完成。对从其他 BSS 和 MSC 发来的信息，测量结果的判决是由 MSC 来完成。

3.9.2　切换准备

3.9.2.1　测量报告

在通信过程中，系统对切换和功率控制的判决取决于移动台定期向网络发送的对下行链路测量的报告（该测量报告是移动台在处于专用模式时通过上行的 SACCH 信道来向系统报告），以及基站对上行链路测量的报告，这两份测量报告将同时送到 BSC 中进行判决。

在 RR 连接模式下，SACCH 用做信令层，用来有规律的向网络发送测量报告的消息，这些消息包含了来自现在小区和邻近小区有关接收性能的测量结果。若得不到邻近小区消息，MS 将在测量报告中指示。这些测量消息在 SACCH 上以无证实模式传送。若在第二层帧将被发送的时刻无其他消息在 SACCH 上传送，则 MS 在该帧中传送测量报告消息。在 SACCH 有其他用途时，两次连续传送包含测量报告消息的第二层帧的间隔将不超过一个第二层帧的间隔。

SACCH 有其特殊性，即连续传输必须出现在两个方向上，在 SACCH 信道的下行方向上，它负责向处于专用模式下的移动台来发送系统消息，即 SYS INFO 5 和 SYS INFO 6，在该系统消息中有本小区和邻小区的参数设置情况。移动台根据系统提供的这些信息，在通信过程中要向网络汇报本小区的接收电平和信号质量及 TA 值、功率控制和是否使用 DTX 的情况，此外还要对系统所定义的切换邻小区来进行预同步并测量它们 BCCH 频点的接收电平。除空闲帧外，移动台要对所有的帧进行测量。空闲帧用于对最佳小区进行搜索，用于同步邻小区的 FCCH 并解码 SCH。上行方向上，移动台将把在本测量周期内所测得的本小区的情况，以及接收电平最强的六个邻小区通过 SACCH 信道上报给系统。系统将根据这些情况来进行切换判决。

在接收 SACCH 帧时出现问题被看成是通信链路的丧失（见无线链路故障的分析）。下面让我们看一下 MS 在测量报告中所描述的各参数取值范围。

1）信号强度（RXLEV），它将被映射到 0～63 之间的某个 RXLEV 值，如表 3-2 所示。

2）信号质量（RXQUAL），RXQUAL 的 8 个等级可映射出信道译码前等效的 BER，如表 3-3 所示。

表 3-2　信号强度的参数范围

RXLEV 0	<-110dBm
RXLEV 1	=-110～-109dBm
RXLEV 2	=-110～-109dBm
…	…
RXLEV 62	-110～-109dBm
RXLEV 63	>-48dBm

注：定义每个载波的 RXLEV 需 6bit。

3.9.2.2　测量报告的周期

MS 在专用模式下所占的信道不同，SACCH 测量报告的周期也就不同。

当 SACCH 测量报告伴随 SDCCH 信道时，它的测量周期是 470ms，这是由于一个完整的 SACCH 消息块存在于 2 个 SDCCH

的 51 复帧中。

当 SACCH 测量报告伴随 TCH 信道时，它的测量周期是 480ms，这是由于一个完整的 SACCH 消息块存在于 4 个 TCH 的 26 复帧中。

4 个 SACCH 的突发脉冲才能组成一个完整的消息，也就是一个完整的测量报告存在于 4 个连续的 SACCH 突发脉冲中。在处于 SDCCH 信道时，这 4 个突发脉冲是连续发送的（两个 51 复帧拥有 8 个 SDCCH 信道的测量报告）；当处于 TCH 信道时情况就不一样了，SACCH 的突发脉冲不是连续发送的，在每个 26 复帧中只有一个 SACCH 的突发脉冲，因而只有当收集了 4 个 26 复帧时才能构成一个完整的 SACCH 的测量报告，如图 3-27 所示。

表 3-3 信号质量的参数范围

RXQUAL 0	BER<0.2%	假定值=0.14%
RXQUAL 1	BER=0.2%～0.4%	假定值=0.28%
RXQUAL 2	BER=0.4%～0.8%	假定值=0.57%
RXQUAL 3	BER=0.8%～1.6%	假定值=1.13%
RXQUAL 4	BER=1.6%～3.2%	假定值=2.26%
RXQUAL 5	BER=3.2%～6.4%	假定值=4.53%
RXQUAL 6	BER=6.4%～12.8%	假定值=9.05%
RXQUAL 7	BER>12.8%	假定值=18.10%

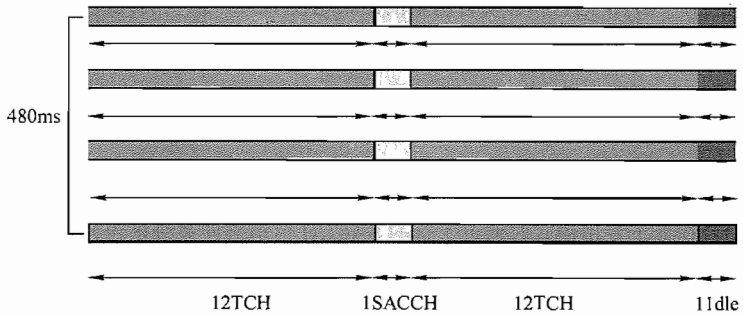


图 3-27 TCH 信道模式测量周期

还应注意的是，上一章提到过无论是否采用不连续发射 DTX，测量报告都有两个值，一个是全局测量（FULL），一个是局部测量（SUB）。局部测量是对 12 个突发脉冲进行平均（4 个 SACCH 突发脉冲，8 个特定位置的 TCH 突发脉冲），全局测量是对 100 个 TCH 的突发脉冲进行平均（即 4 个 26 复帧中的 4 个空闲帧除外）。

3.9.2.3 测量报告的处理

基站要将自己对上行链路测量的报告，以及收集到的移动台关于下行链路的测量报告一起进行处理。

它把所获得的信号电平（RXLEV）、信号质量（RXQUAL）、时间提前量（TA）的测量样本值根据相关的参数设定值（参加算术平均的样本值、参加加权平均的样本值）来进行算术平均和加权平均。系统将在设定的时刻（参与的样本数目）来运行相关的判决（是否执行电平切换、是否执行质量切换及是否执行距离切换等）。

3.9.2.4 邻小区的预同步

在通信过程中，移动台为了和其邻小区建立起预同步切换关系就必须要根据服务小区下行 SACCH 携带系统消息的指示去收听其邻小区的 BCCH 信道（预同步切换用于在发生不可避免的切换时，移动台可以接入被指配的信道），BCCH 信道携带着小区的同步和频率校正信道，移动台验证它接收的信道确实是标频信道的一种办法就是确认这个频率是否携带着 FCCH。预同步要求移动台不仅要对其邻小区的 FCCH 解码而且要对带有 TDMA 帧号和 BSIC 号的 SCH 来解码，而移动台如何来找到 FCCH，如何来对 SCH 解码呢？

移动台只有通过 TCH 26 复帧的空闲帧才能有足够的时间来解译其邻小区 BCCH 信道的信息。在数据交换过程中，移动台可以在接收结束和开始发送这个时间间隔内（大约为 1ms）来测量本小区的接收电平和信号质量，但没有足够的时间来测量邻小区的电平；但在移动台发送结束和开始接收这个时间间隔内（大约 2ms），它不仅可以用来测量本小区的接收电平和信号质量，还可以测量邻小区的电平，但没有时间来寻找邻

小区的 FCCH 并解码 SCH；在 TCH 26 复帧的结构中总有一个空闲帧，移动台就可以利用这个空闲帧出现时所带来的长间隔（大约 6ms），来进行 FCCH 和 SCH 的解码，但在这个期间内并不一定能找到邻小区的 FCCH 信道，这就是 26 和 51 两个数的算术特性介入的地方，因为这两个数没有公因子，两个周期随时间推移而循环移动，可使空闲帧肯定能在 11 个循环周期内与 FCCH 对准。当 SACCH 伴随着 SDCCH 信道时，虽然它此时的周期也是 51 复帧，但是应注意分配给移动台的 SDCCH 信道只占这 51 复帧的 1/8，因而它的空闲帧很多，必定能和其邻小区同步上。

3.9.2.5　移动台列入邻小区表的小区应满足的条件

当基站收到移动台关于其邻小区的报告后，它会根据其参数定义情况来检查该邻小区是否满足条件，其公式如下：

$$\mathrm{RXLEV_NCELL}(n)>\mathrm{rxLevMinCell}(n)+\mathrm{MAX}(0, P_a)$$

$$P_a=\mathrm{msTxPwrMaxCell}(n)-\mathrm{msTxPwrMax}$$

式中　RXLEV_NCELL(n)——邻小区的接收电平，单位为 dBm；

rxLevMinCell(n)——邻小区的最小接入电平，单位为 dBm；

msTxPwrMaxCell(n)——允许移动台在邻小区专用信道上发射的最大功率，单位为 dBm；

msTxPwrMax——移动台在服务小区专用信道上的最大发射功率，单位为 dBm。

在这里 rxLevMinCell(n)、msTxPwrMaxCell(n)都是由服务小区中的切换参数定义的，系统在专用模式下通过 SACCH 的系统消息来通知移动台。只有当移动台测量邻小区所得的接收电平符合该条件时，才将该小区列入切换候选小区表。定义 rxLevMinCell(n)时，一定要保证它比服务小区的最小接入电平要大出一些，以使切换的成功率提高。

3.9.2.6　BSIC 对切换的影响

当移动台收到 SCH 后，即认为已同步于该小区，但为了正确译出下行公共信令信道上的信息，移动台还必须知道公共信令信道所采用的训练序列。训练序列有八种固定的格式，分别与 BSIC 中的 BCC（0～7）一一对应。因此，SCH 信道中携带的 BSIC 还可以通知移动台所在的服务小区所采用的训练序列号。

由于 BSIC 参与了随机接入信道 RACH 的译码过程（BSIC 用来参与生成 RACH 上的随机接入突发脉冲的 36bit 的信息位），因此它可以用来避免基站将移动台发向其相邻小区的 RACH 请求误译为本小区的接入请求。

BSIC 还可以使移动台区别出相同频率的小区。两个具有相同频点和相同 BSIC 的小区之间相隔的距离一定要尽量的远，否则将对系统产生很大的干扰。在移动台在向系统汇报测量报告时，将向网络报告信号最好的 6 个邻小区的情况，而移动台是根据从收听系统得来的 BSIC 和频点来区分其不同的邻小区并与其实现预同步的，在测量报告中也仅通过所描述的 BSIC 和频点的不同以区分其邻小区。因而当有一个与服务小区的邻小区具有相同 BSIC 和频点的小区信号足够好时，就会被移动台认为是其邻小区的信号，于是由此引起的切换往往就会导致失败和掉话，这也被称为是“孤岛效应”。

3.9.3　触发切换的原因

为了使移动台在各种条件下都能及时的发生切换，以保证移动用户的通话始终能够顺利进行，这就需要根据触发条件不同来使移动台进行相应的切换。触发切换的原因有功率预算切换、救援性电平切换、救援性质量切换、距离切换和话务切换。下面我们分别介绍一下各种触发切换的原因。

3.9.3.1　预防性功率预算切换

为了使移动用户将通话永远建立在接收电平最高的小区上，在移动台穿过两小区的边界时，如果 BSC 根据移动台的测量报告发现某邻小区的接收电平满足一定的要求，就将触发到该小区的功率预算切换。正常的话，功率预算切换应占到切换总数的 50%以上。

其公式如下：

$$\mathrm{PBGT}(n)-\mathrm{hoMargin}(n)>0$$

$$PBGT=RxLev_NCell(n)-[RxLev_DL+nPb]+P_a$$

$$nPb=bsTxPwrMax-bsCurrentTxPwr$$

$$P_a=Min(msTxPwrMax, MSTxPwr)-Min(msTxPwrMaxCell(n), MSTxPwr)$$

式中 RxLev_NCell(n)——移动台测得的其邻小区的接收电平，单位为 dBm；

RxLev_DL——移动台测得的服务小区的下行接收电平，单位为 dBm；

BsTxPwrMax——基站的最大允许发射功率，单位为 dBm；

BsCurrentTxPwr——基站当前的发射功率，单位为 dBm；

MSTxPwr——移动台的额定最大发射功率，单位为 dBm。

满足该公式且PBGT(n)最大的邻小区将被选为切换的目标小区。在这里面有一个切换容限（HOMARGIN）的概念，它也是在邻小区切换参数中定义的。GSM 把它引入的目的是为了增加切换的难度，来预防当服务小区的接收电平和其邻小区的接收电平差不多时所引起的乒乓效应，即在两小区中来回的频繁切换。但该值不能设置过高，以防引起切换滞后而导致掉话现象的发生。PBGT 切换如图 3-28 所示。

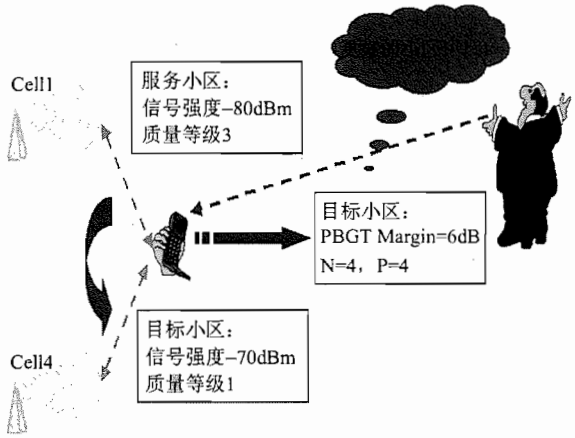


图 3-28 PBGT 切换（例）

3.9.3.2 救援性电平切换

在小区切换参数中定义了上下行电平切换门限值，当 BSC 从移动台和基站的上（下）行测量报告中发现上（下）行接收电平值低于参数所定义的上（下）行电平切换门限值（该门限在设置时应比小区的最小接入电平高），它将从移动台关于邻小区的测量报告中来找一个最合适的邻小区作为目标小区来触发切换，若没有邻小区符合条件，那么很容易导致掉话现象的出现。

在这种类型的切换中，其邻小区的接收电平应满足比服务小区的接收电平大出一定的值，该值被称为救援性电平切换容限（HOMARGINRXLEV），采用该算法的目的也是为了避免不必要的救援切换而引起乒乓效应。在郊区，由于基站较少，覆盖大，故要降低容限以使救援切换及时发生；相反在基站较密集的地方，应提高该值，以避免乒乓效应并同时缩短切换的反应时间。由于救援性电平切换是发生在没有合格小区作功率切换的区域，因而该容限值应比功率预算切换的容限值小一些，以便救援性电平切换可以被触发。

3.9.3.3 救援性质量切换

原理同上，当 BSC 从移动台和基站的上（下）行测量报告中发现上（下）行的误码率过高，且高于低于参数所定义的上（下）行质量切换门限值。就会触发救援性质量切换。如图 3-29 所示。

针对该种切换，也有一个救援性质量切换容限值（HOMARGINRXQUAL），对该值的设置应宽松一些，只要目标小区的信号电平不是比当前小区差很多，就应鼓励进行切换，以尽量改善正在进行通话的质量。

3.9.3.4 距离切换

为了达到控制基站覆盖的范围并减小系统干扰的目的，可以考虑激活距离切换功能。当 BSC 发现移动

台所汇报的 TA 值大于其规定的门限后，即可触发距离切换。激活距离切换后，应注意当引起切换的 TA 值定义的较小时，会引起频繁的乒乓切换，如因为距离原因切入某小区后，可能又会由于功率预算或电平切换又切回原小区。距离切换容限（HOMARGINDIST），一般来说可设置的小一些，也可为负数以保证及时的切换。

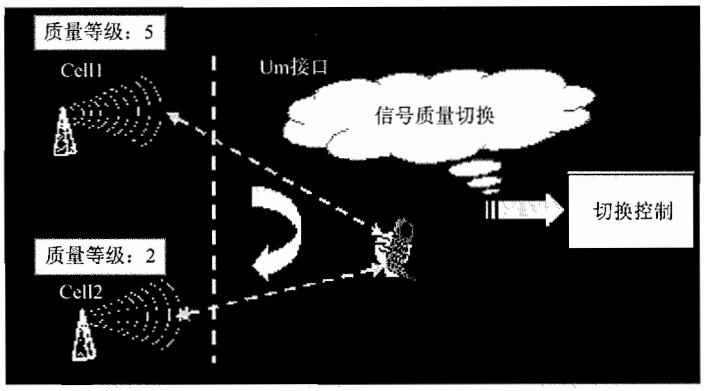


图 3-29　质量切换

3.9.3.5　*话务切换*

在呼叫建立阶段，小区首先会分配专用控制信道 SDCCH 以连通移动台和基站，并进一步分配话音信道 TCH 以建立通话信道，若此时该服务小区无空闲的 TCH，通常会导致因 TCH 的拥塞而试呼失败。为了充分利用周围的无线资源以减少拥塞，系统提供了话务切换功能。此时 SDCCH 已经指配成功，而该小区却发现无空闲的 TCH 信道，则将指配请求通过移动台测量报告的指示来将通话接入到最佳邻小区的空闲话音信道上来，但应注意在激活小区话务切换的功能后，应将排队功能先打开，以给系统充分的时间来选择可供话务切换的邻小区。

3.9.4　切换的种类

切换的种类可从两个角度来划分。

（1）根据定时提前来划分：按照这种准则，切换可分为同步切换和异步切换，当为同步切换时，由于新旧小区是同步的，因而可由移动台来计算新的定时提前（在切换命令中有是否是同步切换的指示）；当为异步切换时，则需移动台和新基站同时计算新的时间提前量，并在移动台收到切换命令并请求接入新基站时，由新基站把它计算所得的新时间提前量在物理消息的报文中通知移动台。

（2）根据交换点的位置不同来划分：广义的分可分为小区内部切换和小区间切换；具体的分可分为小区内部切换、BTS 内部切换、BSC 内部切换、MSC 内部切换、MSC 间切换。

3.9.5　切换流程分析

3.9.5.1　*小区内部切换*（INTRA CELL HANDOVER）

如果切换的业务信道属于同一个小区。这种切换可以由小区所属的 BSC 独立控制完成。

在通话建立阶段，BSC 将分析所收到移动台和基站的测量报告，若通过判决发现到达小区内部切换的门限后，将向 BTS 发送“信道激活”（CHANNEL ACTIVE）的报文，来启动小区内部切换的进程，其接续过程同呼叫建立是 TCH 的接续分配过程是一样的，因为还是在该小区内部来分配 TCH 资源，当 BSC 收到 BTS 发送过来的“指配完成”（ASSIGNMENT COMPLETE）报文后，将向 MSC 发出“切换已执行”（HO PERFOMED）的报文，该报文中含有该切换的类型（如 INTRACELL）。此后，BSC 将通过无线信道释放（RF CHANNEL RELEASE）的报文将旧的 TCH 信道释放，BTS 收到该指令后，将把旧的 TCH 资源释放掉，并返回一条证实的消息（RF CHANNEL RELEASE ACK），表明该信道已空闲可用于其他的分配了。

问题研究：

小区内部切换的电平门限值要比触发功率控制的门限值低一些，但要比越区切换的门限值高一些。

当干扰只影响某个频点或时隙时，往往话音质量较差而信号电平较高，这时我们就可通过激活小区内部切换来使它切换到当前小区其他空闲信道上去，这样做可起到改善用户的通话质量的作用，也可起到预防掉话的功能。但当激活小区内部切换后，往往会导致大量的区内切换，加大系统的负荷，因而不建议使用区内切换。如果小区话务负荷较重，或有指配失败的现象时，一定不能激活小区内部切换的功能。

3.9.5.2 BSC 内部切换（INTRA BSC HANDOVER）

当移动台想切入的目标小区是同一 BSC 下的不同小区时，则触发 BSC 内部切换事件。切换的前后两个小区是一个 BSC 控制下的不同小区。这种切换不需要 MSC 的干涉，可以由 BSC 独立控制完成。切换流程如图 3-30 所示。

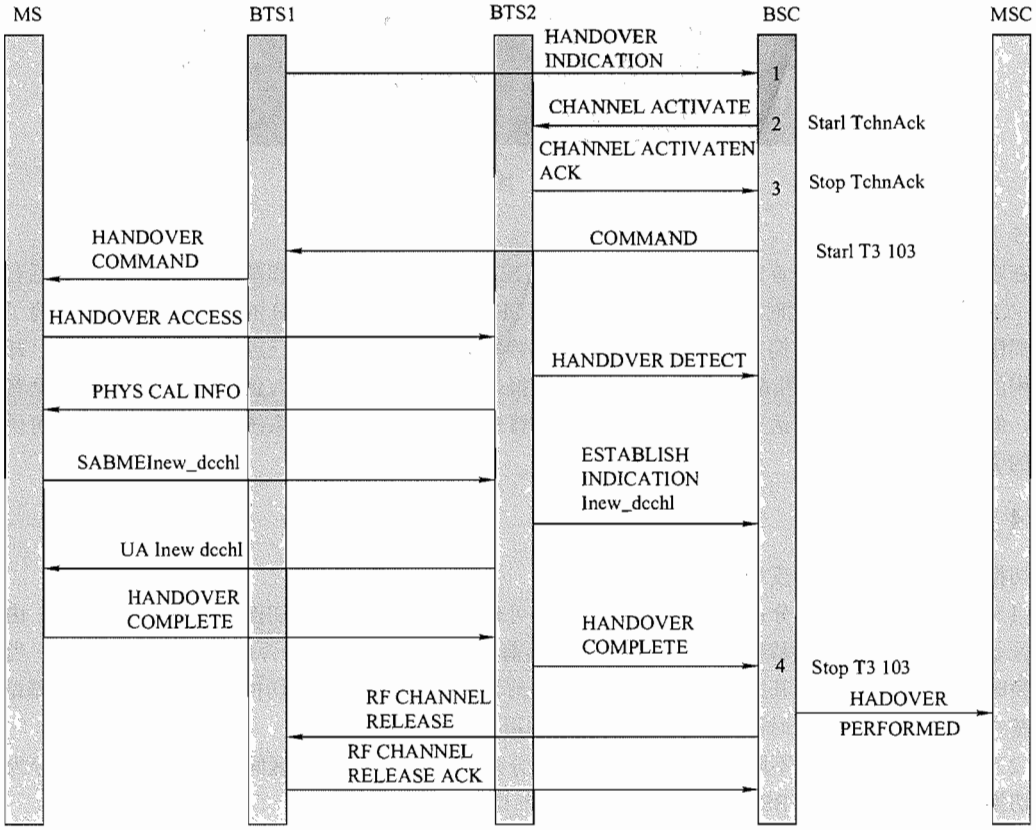


图 3-30 BSC 内部切换信令流程

BSC 将通过报告分析符合切换条件的邻小区组，首先它将尝试切入排在第一位的邻小区（若此过程失败的话，将尝试切入排在第二位的邻小区），当发现该移动台切换的目标小区是它所管理的另一小区时，将向目标小区 B 发出“信道激活”（CHANNEL ACTIVE）的命令，该报文中含有请求的信道类型、加密算法以及切换参考号等。当 B 小区准备好后，则向 BSC 发出“信道激活证实”（CHANNEL ACTIVE ACK）的报文作为回应。BSC 收到该报文后，则开始执行切换程序。

1. 发起切换

网络通过在主信令信道上向 MS 发送“切换命令”（HANDOVER COMMAND）的报文来要求移动台去接入新的小区（该消息中含有在新信道上传输的所有特征信息和移动台接入所需的数据），同时 BSC 启动 T3103。

当网络侧发送此消息后，并在移动侧接收到时，除此程序和异常情况所用到的 RR 消息外，暂停所有信令层消息的传输。

移动台接收到“切换命令”（HANDOVER COMMAND）后将发起链路层连接释放、断连物理信道、命令切换到所分配的信道并发起低层的连接建立（这包括信道激活、连接和数据链路的建立）。

“切换命令”（HANDOVER COMMAND）包括以下内容：新信道的特征；需进行通信的新小区特性，包括允许测量程序中所要求的 MS 预知同步信息（如 BSIC 和 BCCH 频率）；功率命令（MS 用它作为新信道上的初始功率，它不影响原信道的功率）；切换参考号码；可选的起始时间指示（此时 MS 必须等待到指定的时刻才能在新分配信道上进行发送）；可选的包括加密模式设置 IE。在此情况下，在新的信道上应用此模式。如果没有加密模式设置 IE，加密模式采用与原信道相同。在这两种情况下，都不改变加密键。“指配命令”不包括加密模式设置 IE 指示，除非“加密模式命令”已经在 RR 连接中传送则启动加密，否则，接收到“切换命令”（带有加密模式设置 IE）就认为出现了错误，立即返回“指配失败”，原因为“未规定的协议错误”，此时不采取任何动作。

“切换命令”可指示进程中的频率改变，并带有启动时间和可能的交替信道描述。

如果接收到“切换命令”中仅包括启动时间后的信道描述，MS 等到接入时间后才接入到信道中。如果启动时间已过，MS 接收到“切换命令”就立即接入信道。

如果消息中既包括指示时间以后所用信道描述也包括指示时间以前所用的信道述，MS 在接收到消息之后就立即接入信道。如果 MS 准备好接入的时候还不到指定时间，则 MS 接入到指示时间以前所用的信道描述，在指定时间后转入到指示时间后的信道描述（新的频率列，MAIO 和 HSN）。如果 MS 在指定时间后准备好，则接入到指示时间后的信道。

2. 物理信道的建立

当移动台收到网络发出的“切换命令”（HANDOVER COMMAND）后，将根据四种方式来接入目标小区，不管是哪种方式 MS 都首先应试图与目标小区建立起物理信道。

四种方式是完全同步小区、非同步小区、预同步小区和伪同步小区。前三种 MS 是强制支持的，而伪同步对于 MS 是可选的。伪同步切换仅根据 MS 的类别，对支持该功能的 MS 发起此命令。

（1）完全同步小区。

如果新小区的时间提前量并未超出范围，或者新小区可以接受超范围的定时提前量，则依据以下程序进行。

移动台收到切换命令后，通过判别切换命令中关于目标小区是否同步的指示，在所分配信道上向目标小区 B 发送四个连续的层一帧。此消息在接入突发脉冲中发送，被称为“切换接入”（HANDOVER ACCESS）请求，然后将采用它计算所得的定时提前开始正常传输。在这里还应注意一个问题，“切换接入”（HANDOVER ACCESS）这一消息是通过接入突发脉冲（ACCESS BURST）发送的，这是接入突发脉冲用到专用信道上的唯一特例，它仅含有从“切换命令（”HANDOVER COMMAMD）中所获得的 8bit 切换参考号，由于该参考号是目标小区已知的，因此新的小区就可以通过该切换识别号来检查是否是期望的移动台的接入请求了。MS 激活发送和接收模式，（如果需要）并连接信道。如果需要，则立即启动加密，如接入空突发脉冲则不用加密。

（2）非同步小区。

在切换到分配的信道后，MS 在主 DCCH 上连续地发送“切换请求”。此消息在接入突发脉冲中传送，其内容仅包括切换参考信息单元。MS 在“切换接入”消息第一次发送时隙的起点启动定时器 T3124。

当网络具有所要求的 RF 特性时，它以无证实模式下在主 DCCH 上向 MS 发送“物理信息”。“物理信息”中包含与各种物理层相关的信息，允许 MS 进行适合的传送。在发“物理信息”时，网络启动 T3105，若收到来自 MS 的任何正确解码的层二帧或 TCH 帧之前 T3105 逾时，则网络重传该消息，再次启动 T3105。量大重传数为 Ny1。正确的帧解码是指解码算法和检错测试无误。

当 MS 接收到“物理信息”时，它停止 T3124，停止发送接入突发脉冲。激活发送和接收模式，并连接

信道（如果需要）。在 T3124 运行过程中，如果分配的信道是 SDCCH（+SACCH），MS 的性能应使得它能够接收网络在任何块中发送的“物理信息”。

（3）预同步小区。

在切换到指配的新信道之后，MS 在主 DCCH 发送 4 个连续的时隙改送“切换接入”消息，此消息以随机模式发送，不遵循基本格式。它的内容包括切换参考信息单元。

MS 于是激活信息的发送和接收，如果需要并连接信道。所在新小区所用的时间提前为：

1）如果在“切换命令”中存在“时间提前”信息单元，则为“切换命令”消息中的数值；

2）如果在“切换命令”中不存在“时间提前”信息单元，则为预同步切换的缺省值。

（4）伪同步小区。

MS 根据“切换命令”消息给出的实时差异值来计算在新小区所使用的时间提前量。如果 MS 知道新小区的时间提前量未超出范围，或者新小区可以接受超出范围的提前量（如“切换命令”所批示），MS 则切换到新信道。

在切换到指配的新信道之后，MS 在主 DCCH 发送 4 个连续的时隙传送“切换接入”消息，此消息以随机模式发送，不遵循基本格式。它的内容包括切换参考信息单元。MS 激活信息的发送和接收，如果需要并连接信道。MS 也可以激活信道接收模式，在发送接入脉冲的同时连接信道。

总之，若是异步切换，当目标小区 B 的信道被激活后，它将一直在所分配的专用信道上来等候移动台的接入，当它检测到移动台发出的切换接入请求后，一方面向 BSC 发出“切换检测到”（HO DETECT）的消息，表明正确的 MS 已成功接入到目标小区中；一方面向移动台发出“物理消息”（PHYSICAL INFORMATION）来向移动台提供它所计算出的新的定时提前结果。在移动台收到目标小区发出的“物理消息”之前，MS 将一直向目标小区发出切换接入请求，同样在目标小区收到正常突发脉冲（NORMAL BURST）之前，它也会一直向移动台发出“物理消息”（PHYSICAL INFORMATION）的报文。

3. 切换完成

当移动台收到目标小区所提供的新的 TA 之后（若是同步切换，它将用自己的），就会使用该 TA 值，进入正常传输模式，在新的 TCH 信道上（此时是 NORMAL BURST 的形式）向网络发出 SABM 的报文（该报文我们在此前提到过）。若网络收到了该报文，一方面向 BSC 发出“建立指示”（ESTABLISHE INDICATION）的报文，表明数据链路层已建立起来了，一方面向移动台发出 UA 的证实帧。当移动台收到 UA 的证实后，它会认为已和该小区建立起了信令的应答模式，此后它就会向目标小区发送一条“切换完成”（HANDOVER COMPLETE）消息，表明 MS 已完全完成了至目标小区的切换任务。在该报文中，只有切换完成的指示，并不携带其他消息，只有在该报文发出后，移动台才会放弃回到旧信道的所有可能性。若移动台没有收到目标小区发出的“物理消息”（PHYSICAL INFORMATION）或 UA 的证实帧，它就会在原信道上向原小区发出“切换失败”（HANDOVER FAILURE）的报文，再由原小区考虑是否再进行切换。

当目标小区 B 收到移动台发出的“切换完成”消息后，将把“切换完成”消息通知给 BSC。BSC 收到该消息后，将停止 T3103 并向原小区 A 通过发送“无线信道释放”（RF CHANNEL RELEASE）的报文通知来它释放旧的 TCH 信道。当原小区 A 收到该报告后，将返回一条“无线信道释放证实”（RF CHANNEL RELEASE ACK），表该无线信道已释放，可用于再次分配了。另一方面，BSC 则会向 MSC 发出“切换已执行”（HO PERFOMED）的报文通知，该消息中有切换的类型。

BSC 内部切换通常是由 BSC 自动完成，在整个决策过程中都不需要 MSC 的参与，为了通知 MSC 已成功的完成了一次切换，一般会向 MSC 发出一条 HO PERFOMED 的通知。

注意，若切换的目标小区与原小区不属同一个位置区时，在该次通话完毕后，移动台将马上做一次位置更新过程。

4. 切换过程中的异常情况

在同步切换中，如果 MS 知道新小区的时间提前量大于最大值，或新小区不能接受超出范围的时间提前，MS 则在主 DCCH 上发送“切换失败”消息，原因为“不可能切换，时间提前量起出范围”。

如果“切换命令”消息指示使用它不支持的信道描述或信道模式，MS 于是返回“切换失败”消息，其原因为“信道模式不接受”，MS 仍处于当前的信道且使用原有的“信道描述”或“信道模式”。

如果“切换命令”消息指示 MS 使用它不支持的频率，MS 应返回“切换失败”消息，其原因值为“频率不能实现”，MS 仍处于当前信道。

在 MS 侧，如果 T3124 逾时（仅在非同步的情况下），或如果在接收到“切换完成”之前，在新信道上发生了低层故障，MS 将去活新信道，重新激活原有信道，重连 TCH，并启动建立主信令链路。MS 于是在主信令链路上发送“切换失败”消息，并恢复正常操作，就象没有发生过切换一样。当返回到原信道时，其操作参数（如加密模式）采用接收到“切换命令”消息之前的模式。

当接收到“切换失败”消息时，网络释放新的信道，在非同步的情况下停止定时器 T3105、T3103。

如果在当尝试返回原信道时发生了低层故障，则采用标准的信道释放程序。

在网络侧，如果在新信道上接收到“切换完成”消息前 T3103 逾时，或者在原信道上接收到“信道释放”消息，或 MS 已进行呼叫重建，则原有信道被释放，且清除所有与此 MS 连接相关的内容。

在网络侧，如果在新信道上没有从 MS 接收到层二帧（格式 A 或格式 B）的 TCH 帧，则释放新分配的信道。

在网络侧，如果在原信道发送“切换命令”后发生低层故障，则忽略它。在新的主信令链路上接收到 SABM 帧后发生低层故障，应遵循标准信道释放程序。

3.9.5.3　MSC 内部切换（INTRA MSC HANDOVER）

切换的前后两个小区分属两个 BSC 控制，但这两个 BSC 却受控于同一个 MSC。这种切换的完成需要这个 MSC 以及两个 BSC 的共同参与控制。MSC 内部 BSC 间切换的信令流程如图 3-31 所示。

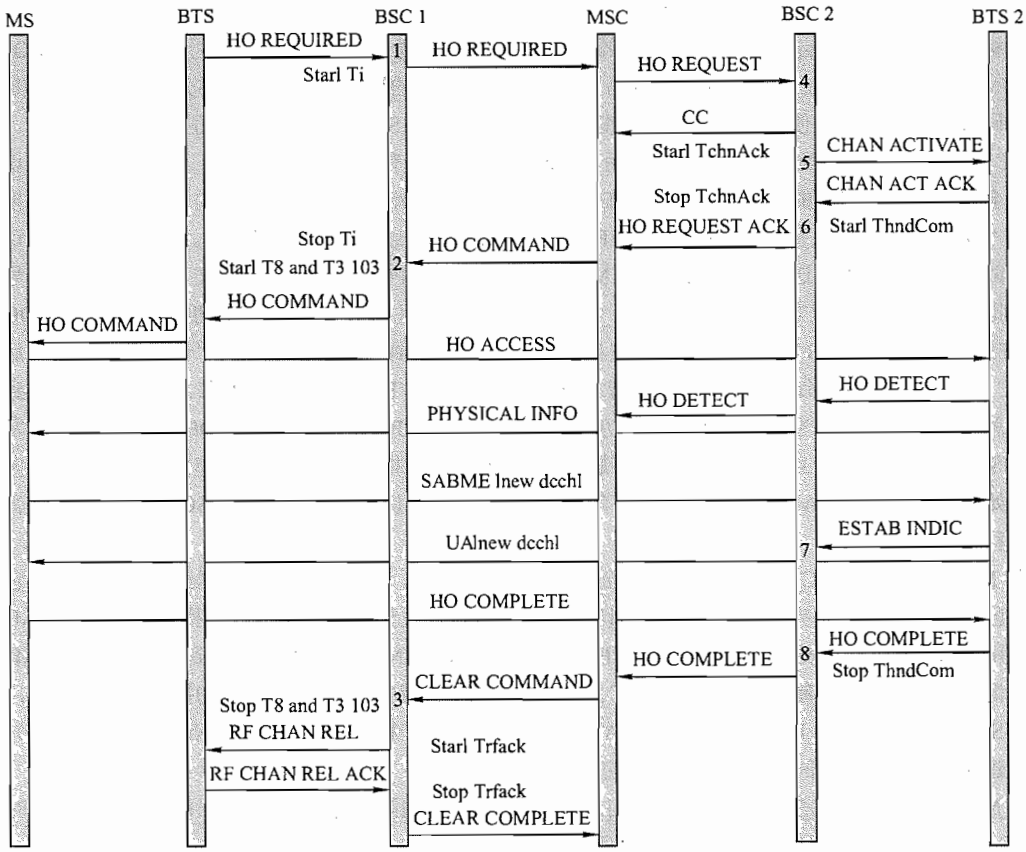


图 3-31　MSC 内部切换信令流程

BSC 通过对移动台测量报告的分析，若发现切换的目标小区不属于该 BSC 时，它将向 MSC 发出一条“切换申请”（HANDOVER REQUIRED）的报文，该报文中包含了合适的目标小区和原小区的小区识别号（CELL ID），以及切换的原因等。当 MSC 收到该消息后，将尝试切入目标小区。首先 MSC 将去查询 LAC 表来判断目标小区的 LAC 号是否属于自己，若是的话则查询该小区所在的 BSC，并向该目标 BSC 发出一条“切换请求”（HANDOVER REQUEST）的报文，该报文中包含目标小区和原小区的信息、传输模式（从目前的需要获得，因此可能与原小区连接特性不同）、加密模式（与以前一样）、移动台类别（CLASS MARK）及所需的信道类别等。当新 BSC 收到该消息后，首先将向 MSC 发一条 SCCP 连接确认（CC）消息，表示 MSC 的 SCCP 连接已建立起来了，此后将通过该路径来传递 A 接口的信息。若目标 BSC 发现有信道资源，则将通过交换“信道激活”和“信道激活证实”两条报文来准备好一条新的 TCH 信道链路，目标小区同时也准备好移动台的接入。

当目标 BSC 收到目标小区发来的“信道激活证实”后，将向 MSC 发送一条“切换请求证实”（HANDOVER REQUEST ACK）报文，在该报文中携带着切换命令的消息，表明本端已经准备完毕，并将与该次切换所分配资源有关的信息发送给 MSC。MSC 收到该消息后，将向原 BSC 发送“切换命令”（HANDOVER COMMAND），该报文中含有小区号码、信道类型和切换参考等消息。移动台收到该切换命令后，将根据其中关于信道描述的指示来试图接入新的小区，此后将进行切换接入过程。当移动台成功的接入后，目标 BSC 将向 MSC 发送“切换完成”（HO COMPLETE）消息。MSC 收到该消息后，随即向原 BSC 发送一条“清除命令”（CLEAR COMMAND）来要求释放掉旧的 TCH 信道，该报文中含有清除的原因（如切换清除等）。当原 BSC 收到该报文后，将释放掉旧的 TCH 信道，并向 MSC 发出“清除完成”（CLEAR COMMAND）的消息。MSC 收到该消息后，将把以前的 SCCP 拆除掉。于是，本次切换过程结束。

3.9.5.4 MSC 间切换（针对 FHASE 2 标准）

目标 MSC_B 收到来自 MSC_A 的“切换准备”报文指示后，通过发送“分配切换号码”（MAP ALLOCATE HO NUMBER）来请求 VLR_B 提供切换号码（除非在切换准备的请求中收到不需要分配切换号码的指示）。切换号码的分配只是为了使归属 MSC_A 能够建立起来与目标 MSC_B 之间的路由而提供的一个指向。当收到 MSC_B 发来的请求分配切换号码的提示后，VLR_B 决定是否有可用的切换号码，如果没有可用的切换号码，将会以带有相应错误的 MAP ALLOCATE HO NUMBER ACK 来指示。如果有的话，所分配的切换号码将通过“发送切换报告”（MAP SEND HO REPORT）消息将切换号码发送给 MSC_B。MSC_B 收到该切换号码后，随即返回一个“发送切换报告证实”（MAP SEND HO REPORT ACK）的报文，同时将该切换号码释放掉。此后，MSC_B 将建立一条与目标 BSC_B 的 SCCP 链路，并向 BSC_B 发出“切换请求”（HANDOVER REQUEST），再由 BSC_B 将目标小区的信道激活。BSC_B 在收到目标小区发来的“信道激活证实”后，将向 MSC_B 发送含有切换命令内容的“切换请求证实”（HANDOVER REQUEST ACK）。在 MSC_B 收到该消息后，就将该消息同切换号码一同包装在“切换准备证实”（MAP PREPARE HANDOVER ACK）中发送给归属 MSC_A。MSC_A 一旦收到该报文后，就能根据切换号码的指示来与 MSC_B 建立一个路由，并向它发送“初始化地址消息”（IAI），在该消息中含有 VLR_B 所分配的切换号码，来使 MSC_B 识别哪个话音信道是为该移动台所保留的。

在 MSC_A 收到 MSC_B 发来的“地址全”（ACM）消息后，便将切换命令发送给移动台，通知它接入目标小区。此后移动台将完成与目标小区的切换接入过程。在收到移动台发送的切换接入消息后，MSC_B 通过调用一条“接入信令处理”（MAP PROCESS ACCESS SIGNING），把 A 接口收到的消息并要向 MSC_A 发送的消息（如，呼叫控制消息）发给 MSC_A。当目标小区收到移动台发回的“切换完成”消息后，将通知给 MSC_B。于是 MSC_B 就通过向 MSC_A 发送一条“发送结束信号”（MAP SEND END SIGNAL）来指示已经建立起了与 MS 之间的连接，切换已完成。

在 MSC_A 收到切换完成的指示后，将向原 BSC_A 发送“清除命令”，来释放旧的信道资源。此时已完成 MSC 间切换。MSC 间切换流程如图 3-32 所示。

异常情况是，当 MSC_B 发现无法识别的目标小区、不允许切换到所指示的目标小区、目标小区中无可

用的无线信道、VLR_B 中无可用的切换号码或在出现数据错误时都将向 MSC_A 发出切换失败的指示。从而使 MSC_A 次选的目标小区进行切换，或返回到原来的信道上去。

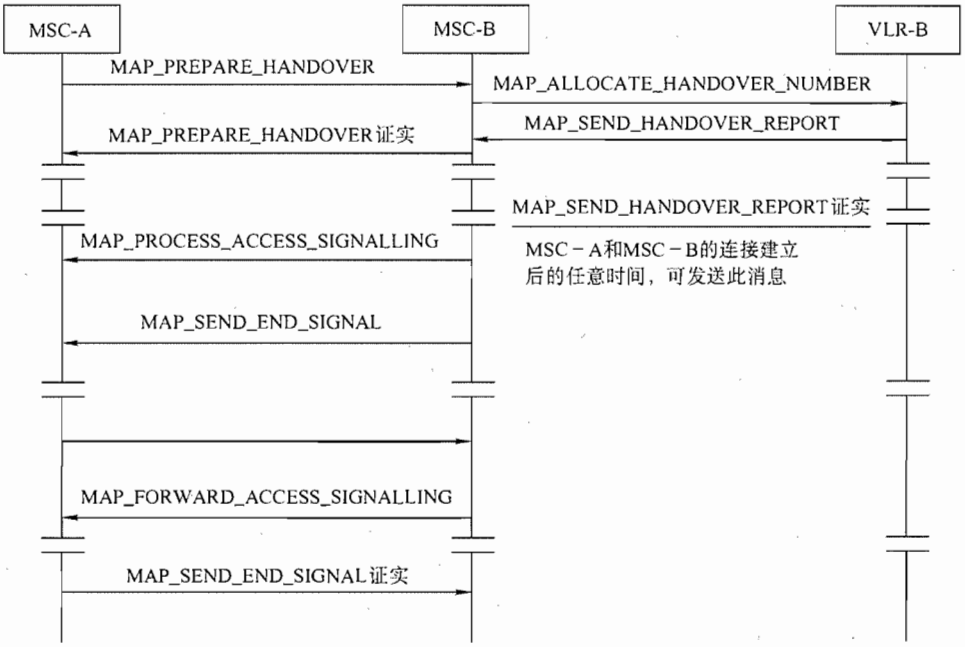


图 3-32　MSC 间切换过程

3.9.5.5　MSC 间切换（规范）

一、概述

不同的 MSC 之间的切换称为 MSC 间切换。切换的前后两个小区分属两个 MSC 控制范围。这种切换的完成需要多个 MSC 以及两个小区所属的 BSC 的共同参与控制。

MSC 间切换程序有两种：

1. 基本的 MSC 间切换

呼叫从主控的 MSC（称 MSC_A）切换至另外一个 MSC（称 MSC_B）。图 3-33 说明了基本的 MSC 间的切换的接口结构。

图 3-33　基本的 MSC 间切换的接口结构

2. 后续 MSC 间切换

在呼叫由 MSC_A 切换到 MSC_B 之后，为了继续保持呼叫，有必要切换到 MSC_A 或第三个 MSC（MSC_B′），接口关系如图 3-34 所示。

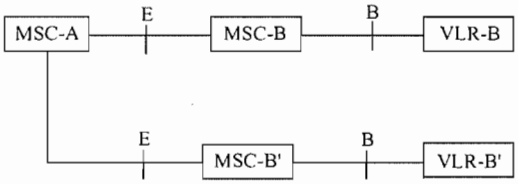


图 3-34　后续 MSC 间切换的接口结构

二、MSC_A 中的切换程序

1. 基本切换

当 MSC_A 收到 BSC 的“切换申请”（HANDOVER REQUIRED）后，通过对报告的分析，若发现切换首选目标小区的 LAC 号没有在 MSC 的 LAC 表中，则会查询其 REMOTLAC 表（包含相邻 MSC 的 LAC），该 LAC 表中含有相邻 MSC/VLR 的路由地址。当找到目标 MSC_B 的地址后，MSC_A 的切换控制应用请求则会向该目标发出“切换准备”（PREPARE HANDOVER）的消息，该消息是确定型业务，请求可包括不需要分配切换号码的指示、目标小区识别号以及由于兼容的原因，目标 MSC 分配的无线资源所需要的所有信息。如果 MSC_B 接受对话，它回发“切换准备证实”（MAP PREPARE HANDOVER ACK）的消息，其中包括切换号码以及 BSSAP 消息。BSSAP 消息前转至 MSC_A 中的切换控制应用并由它处理。

当 MSC_A 在接收到“切换准备证实”（MAP PREPARE HANDOVER ACK）之后，可选的接收 MAP PROCESS ACCESS SIGNALLING 指示，其中包括 BSSAP 消息。当 MS 和 MSC_B 已建立连接后，MSC_B 通过“发送结束信号”（MAP SEND END SINGAL）指示通知 MSC_A。

当 MSC_A 要清除与 MSC_B 的连接时，切换控制应用指示向 MSC_B 发送 MAP SEND END SIGNAL ACK 以关闭 MAP 对话。MSC_A 可以在任何时间中止切换程序。（例如：呼叫清除）

2. 接入信令处理

如果需要，MSC_A 中的切换控制应用请求 MAP 应用调用 MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 请求，其中包括传到 MSC_B A 接口的信息（例如：呼叫控制消息）。MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 是非确认型业务。MSC_B 于是向切换控制应用前转所需的信息。MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 是由在 A 接口透明传输的呼叫控制和移动管理信息组成的。MSC_B 从 A 接口接收到应传到 MSC_A 的证实，要求 MSC_B 中的切换控制应用通过调用 MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 请求向 MSC_A 发起新的独立请求。

3. 在稳定切换状况下的其他程序

在呼叫过程中以及切换以后，在 MSC_A 和 MSC_B 之间，可能发生一些由 MSC_A 控制或向 MSC_A 报告的程序。该程序可由双方发起，通过调用 MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 请求和接收 MAP PROCESS ACCESS SIGNALLING 指示进行。

4. 后续切换

当 MSC_A 收到 MAP PREPARE SUBSEQUENT HANDOVER 请求，它将启动处理呼叫转至第三个 MSC（MSC_B′）的程序或者回到主控的 MSC（MSC_A）。如果至 MSC_B′或 MSC_A 的切换程序是成功的，MSC_A 中的切换控制应用通过发送 MAP SEND END SIGNAL 证实来释放对话。

三、MSC_B 中的切换程序

MSC_B 中的切换程序包括从 MSC_A 请求切换以及切换到第三个 MSC_B′的后续切换或返回主控的 MSC（MSC_A）。

1. 基本切换

当 MSC_B 接收到 MSC_A 来的 MAP PREPARE HANDOVER 指示，MSC_B 将请求其相关的 VLR 提供切换号码，除非它在该报文的指示中接收到不需要切换号码（HO NUMBER NOT REQUIRED）

当 MS 和 MSC_B 之间的连接在 MSC_B 中建立时，切换控制应用将请求 MAP 应用向 MSC_A 发出指示。这是通过调用 MAP SEND END SINGAL 请求来完成的。当呼叫释放时，MSC_A 以 MAP SEND END SINGAL 请求通知 MSC_B，并结束 MSC_A 和 MSC_B 之间的 MAP 对话。

2. 分配切换号码

MSC_B 通过向其 VLR_B 发送 MAP ALLOCATE HANDOVER NUMBER 来请求分配切换号码的。它将在 VLR_B 返回的 MAP SEND HANDOVER REPORT 中收到切换号码，并在向 MSC_A 发出 MAP PREPARE HANDOVER 证实的报文中包含此号码。

随后在 MSC_B 收到 MSC_A 来的包括此切换号码的呼叫到达 MSC_B 后，MSC_B 将采用 MAP SEND

HANDOVER REPORT 证实的报文来释放切换号码。

3. 接入信令的处理

如果切换控制应用需要 MSC_B 调用 MAP PROCESS ACCESS SIGNALLING 请求，其中包括在 A 接口收到并向 MSC_A 发送的信息（例如，呼叫控制消息）。

MAP PROCESS ACCESS SIGNALLING 是非确认型业务，任何从 MSC_A 来的证实都需要 MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 请求。

4. 在稳定切换状况下的其他程序

同 MSC_A 中的程序。

5. 后续切换

MSC_B 接收到 MAP PREPARE SUBSEQUENT HANDOVER 证实后，它将等待呼叫断连。一旦断连完成，MSC_B 将调用 MAP SEND HANDOVER REPORT 证实来通知它的 VLR。VLR_B 于是释放分配的切换号码。

四、VLR 中的程序

分配切换号码：当 VLR 接收到 MAP ALLOCATE HANDOVER NUMBER 指示时，VLR 判断是否有可用的切换号码。如果没有可用的切换号码，将会以带有相应错误的 MAP ALLOCATE HANDOVER NUMBER 证实来指示。如果有可用的切换号码。所分配的切换号码将在 MAP SEND HANDOVER REPORT 请求中返回。

切换号码将一直保留着，直至从 MSC_B 接收到 MAP SEND HANDOVER REPORT 证实。

问题研究：

后续 MSC 间切换（SUBSEQUENT INTER MSC HANDOVER）

当 MSC_B 又收到移动台的切换请求，它会首先检查看该目标小区是否属于 MSC_B。如果属于，MSC_B 将执行它内部的切换，并在完成切换后通知 MSC_A。

当 MSC_B 无法识别目标小区时，它将向 MSC_A 发出“后续切换请求”的消息（PREPARE SUBS HANDOVER），这个消息中含有是切回 MSC_A 还是切向新的 MSC_C 识别。若在 MSC_A 的 LAC 表和远端 LAC 表中（有其他 MSC 的信息）中有该 MSC 的信息，则在申请新的 VLRC 提供的切换号码并激活新的 MSC_C 的信道资源后，向 MSC_B 发回“后续切换证实”，该报文中含有新资源的消息，收到该消息后 MSC_B 将发出切换命令要求移动台接入新的目标小区，在成功接入后，新的 MSC_C 将通知 MSC_A，并由 MSC_A 来通知 MSC_B 切换已完成。MSC_B 在收到该消息后，将释放其信道资源。在这时新的 MSC_C 其实已替代了 MSC_B 的角色。

在这里我们注意到一个问题，那就是 MSCA 的远端 LAC 表一定要完整，而且在除其相邻的 MSC 外，还应有尽量多的 MSC 的信息。打一比方，如一北京的用户由北京一直打电话至上海，那么在北京的 MSC 则应有沿路所有 MSC 和小区的数据，否则必然掉话。

3.10　功率控制与不连续发射

3.10.1　功率控制

功率控制是指在一定范围内，用无线方式来改变移动台或基站（或两者）的传输功率。它的目的与不连续发射（DTX）的目的相同，是为了减少整个系统的干扰，提高频谱利用率，并可延长移动台的电池的寿命。当接收端的接收电平和质量很好时，可以适当的降低对端的传输功率，使通信保持在一定的水平上，这样就能减少对周围地区其他呼叫的干扰。

在 GSM 中，对上行链路和下行链路都可分别使用功率控制，而且可对每个处在专用模式下的移动台独立进行。规范中，规定上行链路的移动台功率控制的范围为 20～30dB，根据移动台的功率级别（目前

GSM900M 手持机的功率大部分都属 CLASS 4，即最大发射功率为 33dBm），每一步可改变 2dB。下行链路的功率控制范围由设备制造商来决定。虽然是否采用上下行的功率控制功能由网络运营商来决定，但所有移动台和基站设备必须支持这一功能。

BSS 管理两个方向上的功率控制，在专用模式下移动台的传输功率是由 BSS 来决定的，它通过基站 BTS 对上行链路进行的接收电平和接收质量的测量并考虑移动台的最大传输功率来计算出移动台所需的传输功率，改变移动台功率的命令和改变时间提前量值的命令在每一个下行的 SACCH 信息块所带的第一层的报头（LAYER 1 HEADER）传送给移动台。移动台将在上行的 SACCH 第一层报头设置上现在所使用的功率电平并随测量报告发送给基站。当前功率电平值是指上一个 SACCH 的测量周期的最后一个突发脉冲所使用的功率电平。在下行链路上，将由移动台来测量它对基站的接收电平，再由基站来决定它所需的传输功率并自行调节。

在移动台和基站的连接开始时，由 BSC 来选择移动台和 BTS 的初始传输功率。在初始分配时，移动台根据它在空闲模式时通过收听 BCCH 广播的系统消息所得到的（MsTxPwrMaxCCH）参数，来获得它在该小区内的最大发射功率。因而移动台在通过随机接入信道 RACH 接入网络时，都是以 BCCH 上广播的所允许的最大发射功率来发送的。当移动台功率低于这一规定值时，将以其最大发射功率发射。系统规定移动台在专用信道上所发出的第一个消息的功率电平也是这个固定值，直到收到在 SDCCH 或 TCH 上 SACCH 消息块所携带的功率控制命令时，才开始受系统的控制。功率命令执行的过程，如图 3-35 所示。

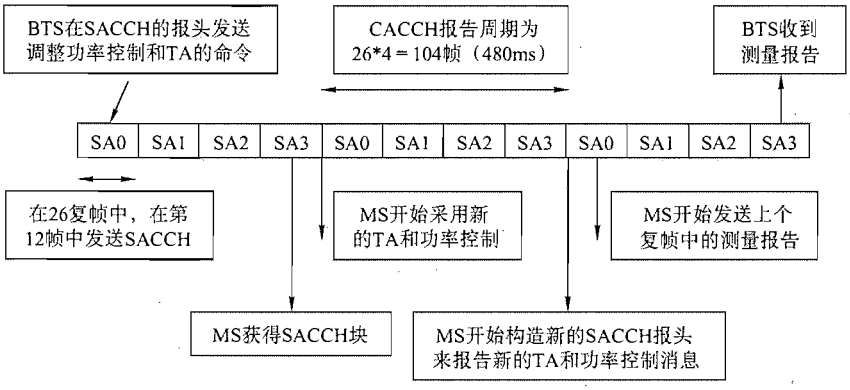


图 3-35 功率命令的执行过程

当移动台开始收到专用信道上 SACCH 报头中携带的功率控制消息后，将使用该值进行传输。但一条功率控制的消息并不立即使移动台转换到要求的电平，MS 将在下一个报告周期开始执行新的功率控制命令，移动台的功率最大变化速度是每 13 帧（60ms）以 2dB 来变化。

MS 将在每报告周期的结束时收到 BTS 的功率控制命令（TCH 为 104 帧，SDCCH 为 102 帧）。在切换过程中，将采用目标小区所允许的最大发射功率，该消息将在切换命令（HANDOVER COMMAND）中的 MSTXPWRMAXCELL 给出。在小区内部切换中（INTRA CELL HANDOVER），当前的功率将被保持。

当前的发射功率将被存储下来，以便在下一个 SACCH 的上行报告中发送给 BTS。因而对于 BTS 来说功率控制的整个过程（从发出命令至得到证实）需要 3 个测量报告的周期。

对于 GSM900、GSM1800、GSM1900，MS 最大发射功率的典型值如表 3-4 所示。

对于 GSM900 来说，PHASE 1 MS 的 RF 输出功率的调整可从最大值至 13dBm，PHASE 2 MS 的 RF 输出功率的调整可从最大值至 5dBm，步进值为 2dB。

对于 GSM1800、GSM1900 来说，MS 的 RF 输出功率的调整可从最大值至 4dBm（2.5mW），步进值为 2dB。

功率控制与切换是两个独立的过程，切换将在功率控制完成之后执行。当该小区只有一个载频时（O1

站型）将不允许进行功率控制，因为移动台一直在测量其邻小区 BCCH 频点的接收电平。

表 3-4　不同频段 MS 最大发射功率的典型值

CLASS	GSM900	GSM1800	GSM1900
1	—	1W（30dBm）	1W（30dBm）
2	8W（39dBm）	0.25W（24dBm）	0.25W（24dBm）
3	5W（37dBm）	4W（36dBm）	4W（36dBm）
4	2W（33dBm）		
5	0.8W（29dBm）		

3.10.2　不连续发射

3.10.2.1　不连续发射 DTX 概述

在一个通信过程中，其实移动用户仅有 40%的时间用于通话，大部分时间都没有传递话音消息。如果将这些信息全部传送给网络的话，这不但会对系统资源造成浪费而且也将使系统内的干扰加重。

针对这种情况，GSM 便引入了不连续发射 DTX 的机制，它通过禁止传输用户认为不需要的无线信号，从而使干扰电平降低来提高系统的效率。此外，该机制还能节省移动台的电池，从而延长移动台的待机时间。但在传送数据时，不应使用该功能。

GSM 系统有两种传输模式，一种是正常的模式，在这种情况下噪声将与话音具有同样的传输质量；另一种便是不连续发射（DTX）的模式，在这种情况下移动台将仅传送被编码的背景噪音，这种噪声可被称为“舒适噪声”。由于“舒适噪声”是人为制造的，因而是有规律的、周期性的产生，当它被解码时不会让听者感到厌烦。使用它的主要目的是在不需传送话音的情况下，一方面用来满足系统测量的需要，另一方面用来使听者不会误认为连接中断（即掉话）。DTX 传输模式仅需要很低的速率就能解决，在该模式下的话音流每 480ms 才传送 260bit 的编码。而正常模式下的话音流每 20ms 将产生 260bit 的编码。

DTX 模式和正常的模式是可选的，因为在 DTX 模式下会使传输质量稍有下降。特别是当通信双方都是 GSM 的移动用户时，由于 DTX 将会在同一条路径上使用两次，这就会对通信质量带来比较严重的影响，因此在这种情况下时，一般不允许使用 DTX 模式传输。

3.10.2.2　话音激活检测 VAD

为了实现 DTX 这一机制，信源必须能够指示出什么时候要求进行不连续传输，什么时候不需要。当 DTX 模式激活时，编码器必须检测出是话音还是噪声，这就用到了话音检测 VAD 技术。VAD 算法与话音编码算法密切相关，VAD 算法通过比较测量所得滤波信号能量和本身所定义的门限值来决定每一输出帧包含的是话音还是背景噪声，并可以提供指示是否传输这一帧的附加比特信息。

这种判决基于一个能量准则：噪声的能量总是要比话音的能量低。

VAD 技术在每 20ms 的话音块时间内将产生一组门限值，用于判决下一个 20ms 的话音块是话音还是噪声。但是当背景噪声很高时，噪声信号将被 VAD 认为是话音来编码发送。

3.10.2.3　静态描述帧 SID

噪声编码流程同语音信号的流程基本相同，在采样量化后，每 20ms 将被混合编码器形成一个噪声块。编码后的噪声块，也会象话音块一样生成 260bit。这将生成 SID 帧，SID 帧将象话音帧一样经历信道编码、交织、加密和调制，最后携带有噪声消息的字段，将被在 8 个连续的突发脉冲中被发送出去。

由于在 TCH 信道上一个完整的 SACCH 消息块将有 4 个 26 复帧（480ms），为了使对端能够区分出话音帧和 SID 帧，这 8 个连续的突发脉冲将被编排在第三个复帧的开头这一固定位置发送给对端，在一个测量周期的其他帧上（除 SACCH 外）将不发送任何消息。应注意，利用 20ms 的噪声块编码生成的 SID 帧将与在它之前和在它之后的 SID 帧在一起完成交织过程。第一个 SID 帧将与它此前的话音帧和此后的 SID 帧一起完成交织。

DTX 在上行链路和下行链路都可使用，但是它们是毫不相关的两个程序。它们可以各自根据情况由系统参数激活，而不用考虑对方是否激活了该功能。GSM 中有两种测量方法：一种被称为是全局测量，该测量是对整个测量周期的 100 个时隙的电平和质量的平均（共 4 个 TCH 的 26 复帧，空闲帧除外）；一种被称为是局部测量，它是对 12 个时隙的电平和质量进行测量平均，包括 8 个连续的 TCH 突发脉冲以及 4 个携带着测量报告的 SACCH 的突发脉冲。为了一致起见无论系统的上下行是否激活 DTX 功能，基站和移动台都要完成这两种测量方法，由于在 BTS 和移动台的的每个 SACCH 的测量报告都指示了是否应用了不连续传输的模式，根据这一指示 BSC 可以来选择是用全局测量还是局部测量来进行判决。DTX 模式的测量方法如图 3-36 所示。

	DTX_USED	DTX_NOT USED
下行链路：测量报告	服务小区RXLEV_SUB 服务小区RXQUAL_SUB	服务小区RXLEV_FULL 服务小区RXQUAL_FULL
上行链路：测量报告	上行RXLEV_SUB 上行RXQUAL_SUB	上行RXLEV_FULL 上行RXQUAL_FULL

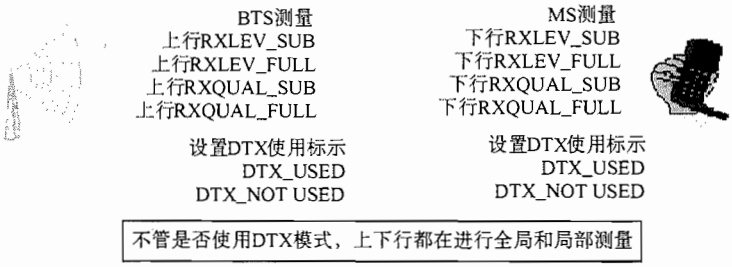


图 3-36 DTX 模式的测量方法

第 4 章　信令与协议

在一个复杂的系统中（如 GSM），所要传送的不单是用户数据，由于网络要实现的大多数功能都是分布在几个远距离的设备上，要使这些设备协调工作需要交换一些信息，因此我们就要考虑到如何使这些信息从网络内的一点传送到另一点，这是本章我们要研究的主要内容。

在通信系统中，我们把协调不同实体所需的信息称为信令信息，在所有情况下，使远距离实体协调工作所需的信令信息都以报文的形式来组织。信令的传输协议就是能够从比特流中识别出报文而且要保证未检测出的差错尽可能低，因为这种差错将会带来严重的后果，甚至将会把一条报文的含义改变。我们把提供这些功能的信令协议称为链路层。

信令的另一个问题就是报文的编排方式和它们的路由，如何把消息由一点传送到另一点，直至到达它的最终目的地，如何使用查询，并行地处理几个对话，这一部分就是网络层的主要内容。在网络层中，我们将看到如何在移动台和网络之间携载报文，我们还将接触到七号信令系统的领域。

实际上，我们要研究的主要问题并不是专限于信令信息，在 GSM 系统中，大多数用户信息都具有电路特性，但也有几种用户业务是非电路特性的，如短消息，这种业务与信令报文很相似，因此要求相同的传送机制。

4.1　信令协议概述

4.1.1　接口与协议

首先，分清接口与协议两者的区别是非常重要的，接口代表两个相邻实体之间的连接点，而协议是说明连接点上交换信息时需要遵守的规则。协议是各功能实体之间共同语言，两个实体要通过接口传递特定的信息流，这种信息流必须按照规定的语言传递，双方才能相互了解。因而，一种协议在传递过程中要经过若干个接口，或者说同一个接口要用到多种协议。

根据电信网开放系统互连模式 OSI 的概念，把协议按其功能分成不同的层面：最底层称为物理层或传输层；第二层被称为链路层；第三层被称为网络层，第三层以上被称为应用层，每一层都有各自的协议规则。

4.1.1.1　物理层（OSI 第一层）

本层规定了一条信号数据链路的物理电气和功能特性，以及接入它的方法。物理层有两种作用：一是传送客户的业务信息，包括话音和数据；二是在系统的各实体之间传送信令信息。

传输除了包括传统上使用的调制、编码、多路复用等技术以外，还涉及按低层协议的格式来编排数据，以保证正确传送和纠正传输中可能出现的差错。

4.1.1.2　链路层（OSI 第二层）

链路层是信令链路功能级其主要功能包括：信令单元的定界和定位、差错检验和纠错、信令链路差错率监视和流量控制。它与物理层共同保证在终端和网路之间提供可靠的信令消息的传递，并规定在一条信令数据链路上传递信令信息的功能和相应的程序。

4.1.1.3　网路层（OSI 第三层）

网络层是信令网路功能级，负责分配和选路。第三层以上是应用层，其协议与涉及的功能实体有关。网路层主要负责系统的控制和管理，把客户和系统控制过程的特定信息按一定的协议分组安排到指定的逻辑信道上来。

4.1.2 GSM 通信系统内部接口

移动通信系统是由许多功能单元通过接口互连构成的，接口是指各组成单元之间的物理上和逻辑上的连接。NSS 部分的 B、C、D、E、F、G 接口定义了相应功能单元之间的互连标准，各接口都采用了七号信令系统，以便于实现国际漫游和通信网互连。BSS 和 MS 两部分有 A、Um、Abis 接口以及 Ater 接口等，其中 A 接口和 Um 接口具有统一和公开的标准，以便于设备生产和组网，也有利于各种 ISDN 业务的引入和功能扩展，Abis 接口和 Ater 接口的定义尚不统一，实现差别较大，所以 BSC 和 BTS 配置目前还不能实现多厂家设备互连，各接口结构如图 4-1 所示。

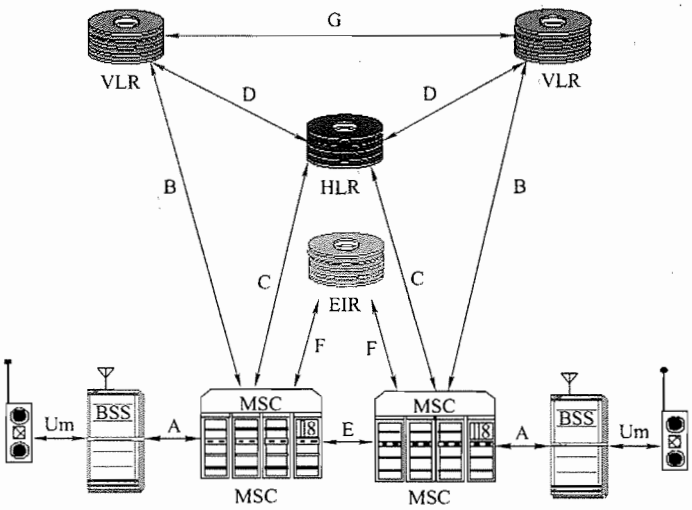


图 4-1 GSM 系统结构及接口

我国 GSM 网络和 PSTN、ISDN 网络采用七号信令互连，物理通道可以是 PCM 系统中的任一时隙。但是在基群 PCM 系统中（2.048Mbit/s），一般优先选择 TS16 数据链路传送 64kbit/s 信令。

现在让我们分别介绍每个接口的具体情况：

1. Sm 接口

Sm 接口是人机接口，是客户与网络之间的接口，主要包括客户对移动终端进行的操作程序、移动终端向客户提供的显示和信号音等。Sm 接口还包括客户识别卡（SIM）与移动终端（ME）间接口的内容。

2. Um 接口

Um 接口是空中无线接口，是移动台和 BTS 之间的通信接口，用于移动台与 GSM 系统的固定部分之间的互通，其物理连接通过无线链路实现。Um 接口传递的信息包括无线资源管理、移动性管理和接续管理等。

3. Abis 接口

Abis 接口是 BSS 系统的两个功能实体 BSC 与 BTS 之间的通信接口，用于 BTS 和 BSC 之间的远端互连方式，物理连接通过标准的 2Mbit/s 或 64kbit/s 的 PCM 数字传输链路来实现。Abis 接口支持系统向移动台提供的所有服务，并支持对 BTS 无线设备的控制和无线频率的分配。由于 Abis 接口是 GSM 系统 BSS 的内部接口，所以是一个未开放的接口，可由各设备厂家自行定义。

4. A 接口

BSS 部分与 MSC 之间的接口为 A 接口。A 接口基于 2Mbit/s 数字接口，采用 14 位七号信令方式，主要传递呼叫处理、移动性管理、基站管理、移动台管理等信息。

5. B 接口

MSC 与 VLR 之间的接口为 B 接口，主要用于 MSC 向 VLR 询问有关移动台当前位置信息，或通知 VLR

有关移动台的位置更新信息等。B 接口作为设备内部接口，一般不作规定，但应能完成 GSM 规范所规定的功能。

6. C 接口

MSC 与 HLR 之间的接口为 C 接口，C 接口是一个至七号信令网的接口（采用 24 位七号信令方式），2Mbit/s 或 64kbit/s 的数字接口。它主要完成被叫移动用户信息的传递以及获取被叫用户被分配的漫游号码。

7. D 接口

HLR 与 VLR 之间的接口称为 D 接口，它也是一个至七号信令网的接口（采用 24 位七号信令方式），2Mbit/s 或 64kbit/s 的数字接口。它主要交换位置信息和用户信息。当移动台漫游到某 VLR 所辖区后，VLR 将通知 MS 的 HLR。HLR 向 VLR 发送有关该用户的业务消息，以便 VLR 给漫游客户提供合适的业务。同时 HLR 还要通知前一个为该移动用户服务的 VLR 删除该移动用户的信息。当移动用户要求进行补充业务的操作或修改某些用户参数时（如将呼叫转移功能激活），也是通过 D 接口进行数据交换。

8. E 接口

MSC 与 MSC 之间的接口称为 E 接口，它也是采用 24 位七号信令方式，用于移动台在呼叫期间从一个 MSC 区域移动到另一个 MSC 区时为了通话的连续而进行的局间切换，以及两个 MSC 间建立用户呼叫接续时传递有关信息。

9. F 接口

MSC 与 EIR 之间的接口为 F 接口，采用 24 位七号信令方式，用于 MSC 检验移动台的 IMEI 时使用。

10. G 接口

G 接口是 VLR 之间的接口，当移动台以 TMSI 启动位置更新时，VLR 使用 G 接口向前一个 VLR 获取 MS 的 IMSI 和相应的信息。

11. NSS 或 BSS 与 OMC 之间的接口

该接口是基于 X.25 接口或七号信令网的接口，执行 TMN Q3 协议。

4.1.3　无线接口信令协议

GSM 数字移动通信中移动台与基站之间的无线接口称为 Um 接口，Um 是套用 ISDN 网中客户终端和网络的接口名称，其中“m”表示移动的意思。它的接口信令分层结构如下。

1. 物理层（信令层一）

这是无线接口的最底层，用来提供传送比特流所需的物理链路（例如无线链路），它为高层提供各种不同功能的逻辑信道，包括业务信道和控制信道。

2. 链路层（信令层二）

本层的主要目的是在移动台和基站之间建立可靠的专用数据链路，第二层的数据链路层协议基于 ISDN 的 D 信道链路接入协议（LAPD），因为在 GSM 规范中对它进行了修改，使它适合在无线路径上传播，因此在 Um 接口中的第二层协议被称为 LAPDm。

3. 网络层（信令层三）

第三层是具体负责控制和管理的协议层，即把客户和系统控制过程的特定信息按一定的协议分组安排到指定的逻辑信道上。第三层包括三个基本子层：无线资源管理（RR）、移动性管理（MM）和接续管理（CM）。其中接续管理子层中包含多个呼叫控制（CC）单元，提供并行呼叫处理。为了支持补充业务和短信息业务，在 CM 子层中还包括了补充业务管理（SS）单元和短信息业务管理（SMS）单元。

4.1.4　A 接口信令协议

A 接口的分层结构如下。

1. 物理层（信令层一）

A 接口的物理层是基于数字传输 2Mbit/s 的 PCM 链路，除有一定数目的话音/数据信道外还有传送信令

的信道，有关呼叫、切换及释放等信令数据都可使用此信道。

2. 链路层（信令层二）

这一层基于七号信令的 MTP（消息传递部分），集中了 MTP 的全部链路层协议。

3. 网络层（信令层三）

由于 BSC 与 MSC 之间的 A 接口承载 BSC 与 MSC 之间的消息，以及 MS 与 MSC 之间的消息，如我们前面提到的 CC 或 MM 类消息，因此我们把 BSC 与 MSC 之间的消息类型集合在一起称为 BSSMAP（BSS 管理应用部分），把 MS 与 MSC 之间的消息类型集合在一起称为 DTAP（直接传送应用部分）。

在 A 接口上，我们还引入了虚电路的概念，每个连接的建立和释放是彼此独立的，这就是七号信令系统中的 SCCP。SCCP 不是 GSM 专用协议，是七号信令系统分层协议的一部分，位于 MTP 协议之上。

事实上，MTP 中包括有更多的网络协议。为此，我们把 MTP 分为两部分：MTP2 和 MTP3。MTP2 集中了 MTP 中的全部链路层协议，而 MTP3 与 SCCP 共同构成了 A 接口第三层信令。BSSMAP 和 DTAP 为更高层的客户应用层。

4.2 链路层信令协议

由上面我们已经知道，在 GSM 系统中不同的接口使用了不同的协议，如表 4-1 所示。单从链路层来讲，就分别涉及到移动台和 BTS 之间的 LAPDm，BTS 和 BSC 之间的 LAPD，以及七号信令系统中的 MTP2 协议。除无线接口外，信令信息都使用 64kbit/s 电路传输。

表 4-1 GSM 接口上的链路协议

接口	链路层协议
MS-BTS	LAPDm（GSM 特有）
BTS-BSC	LAPD（由 ISDN 修改）
BSC-MSC	MTP，第二层（SS7 协议）
MSC/VLR（HLR-SS7 网络）	MTP，第二层（SS7 协议）

它们在功能上十分相似，这里我们仅讨论其基本功能和它们相互间的差异。

4.2.1 帧结构

链路层的基本功能之一就是把单个的比特构成一个集合，以便在信道上传送。所有的链路功能都是建立在这个基本结构单元上的。在信令范畴里，这个基本单元称为帧。每一个帧都要有一个接收端可以识别的开始和结束标志，在这两个标志之间包含的是比特流形式的有效信息。LAPD 和 MTP2 都采用的是 HDLC（高级数据链路控制）的定义方式，而 LAPDm 是利用无线接口的同步方式来传送以帧方式定义的信息。

在 HDLC 中，帧的起始和结尾都用一个 8bit 长的标志（FLAG），它包括 6 个连续的“1”。为防止虚假的开始和结束，引入了“0bit 插入”的机制，即如果传输数据中连续出现 5 个“1”时，发端就自动地插入一位“0”，同时收端也要能自动地删除这个插入的“0”。同一个标志（FLAG）可以作为一帧的结束，同时也指示了下一帧的开始，如图 4-2 所示。

01111110	内容	01111110

图 4-2 HDLC 格式

在无线接口传播的 LAPDm 中，为了压缩传播速率，节约字节数，没有使用起始标志（FLAG），而是使用了物理层上已有的“块”（BLOCK）的概念。为此我们选择 LAPDm 的帧长度等于一个物理层块的大小，即 23B。应注意的是一个 LAPDm 帧在 SACCH 上最多为 21B（因为每个 SACCH 块还有两个特殊用途的字

节：定时提前和传输功率控制）。但有效的信息长度可能小于这一最大值，因此每帧中要包括一个长度指示器。未用的字节用默认值“00101011”填充。这个默认值的选择是基于对 FCCH 信息的最小相关，以避免干扰移动台的同步。移动台的上行空闲字节可以用“11111111”填充。

当信令信息长度超过帧长度限制后，就要把这个消息分成几帧，在几个帧上发送，而相应的在收端这样的消息必须重组。为此收端必须收到足够的信息才能知道如何重组报文。因为 LAPDm 帧的最大长度为 21B 或 23B，这显然不能满足大多数信令的需要，因此需要定义分段和重组。当有分组功能时，每帧中多出一个比特，当有后续帧时，该比特为“1”；而在最后一个分组时为“0”。收端可以根据这个指示，把收到的“1”指示帧连接起来，直到出现“0”指示帧为止，从而将原消息复原。

在 A 接口（帧的最大长度限制是 272B）和 Abis（帧的最大长度限制是 264B，不包括标志）接口上因为帧的最大长度足够长，因而无需分段和重组。

4.2.2　检错和纠错

链路层第二个重要功能是检测可能发生传输差错的帧，并当帧出错时请求重发来提高传输质量。

就检错而言，LAPD 和 MTP2 都采用了 HDLC 方案，它是通过在每个帧中增加了 16bit 的冗余位，这被称为帧校验序列，用于误码检测。在无线接口上，由于物理层已提供了具有检验功能的传输编码方案，因此 LAPDm 无需额外的误码检测方式。

差错检验有两个用途：一是提供帧内残余差错似然性的足够信息，从而可请求重发该帧；二是检测链路的质量，当误码率超过某给定的门限时就触发相关的告警。

在七号信令链路中，当帧误码率大于等于 4×10^{-3} 时就被认为发生了故障。CCS7 链路在业务进行中总是工作的，当无信息传送时，它就传送指定的填充帧。前面提到在无线链路上也存在类似的情况，它是通过对 SACCH 的监测来判断无线链路故障的。

帧确认和重复功能是覆盖误帧的一种方法。上述三种协议都使用到了与 HDLC 类似的反向纠错机制，可在两种模式中选择：一种是非证实模式，无论接收端收到与否，帧只传一次；二是证实模式，可通过重发来纠正错误帧。

使用非证实模式的原因是，在某些情况下使用非证实模式比证实模式更合适，例如，移动台向 BSS 发送的测量报告，这类消息丢失一次也不会引起大的故障，而且对于接收端来说，获得一个新的测量报告要比收到重发的、已经过时了的报告要有用得多。还有其他一些消息也是采用的非证实模式，如网络在 SACCH 上发送的系统消息，系统对移动台切换接入的应答（PHYSICAL INFORMATION）等。但是，大多数在专用信道上发送消息要求使用证实模式。

确认和重发都是以循环帧计数为基础的，它使接收端能检测到可能的帧重复或帧丢失，并确认特定的帧。在 LAPD 和 LAPDm 中，确认是通过接收端向发送方传送下一个期望帧的号码 N（R）来实现的。如果帧号是按模 8 来计算，若发送端收到接收端传来的期望帧的号码为 2，这说明帧号为 1、0、7、6…的帧都正确收到了。而在 MTP2 中，通过向发送方传送已正确收到的最后一帧的帧号来实现相同目的。在各种情况下，如果有未确认的帧，发送端都要重发那一帧。然而重发的总次数要受到限制，以避免在发生严重故障时出现无限循环。

发端必须保持那些未被证实的帧，为了限制保持的数量，在 LAPD 和 LAPDm 中引入了窗口的概念。发送窗口的尺寸决定了有待证实的帧的保持数量，这个窗口要足够大，以避免发端出现不必要的等待证实延时。

LAPD 和 MTP2 的帧循环数是 128，而 LAPDm 是 8，这是为了减少帧号所占用的字节数。在 LAPD 中窗口尺寸是可变的，但在 LAPDm 中固定为 1。

为了在接口两侧启动一个证实模式的传输，在 LAPD 和 LAPDm 中使用了一个简单的程序，它由两条报文组成，为 SABM（设置异步平衡模式）和 UA（无编号证实），通过这两条消息来建立两端的计数同步。在 LAPD 中，这两条报文并不携带具体的消息，只有在这两条报文交换后才会发生上层消息的交换。但在 LAPDm 中，SABM 携带着含有具体消息的报文，在接收端收到该报文后将向发送端发送的 UA，在该消息中将重复

收到的报文，以确认证实模式的建立。当要释放已建立的证实模式时，可通过使用 DISC 和 UA 的消息对来释放所占用的资源。

4.2.3 复用

以上我们讨论的是一个信源的消息流，即由一个信源逐次传递一系列帧，而链路层提供了可以处理同一信道上的多个独立的消息流的可能性。由于这些信息流是独立的，因此不能保证它们之间的次序，为了能使接收端区分开这些混在一起消息，就需要在每个帧中插入一个地址段。这种机制对于点对多点的链路是必需的，虽然在无线路径上是点到点的应用，但仍保留了这种链路复用的机制。

在无线接口上，同时存在两种相互独立的流，一种专用于传送信令报文，一种用于传送短消息业务。这两种流是通过 SAPI（业务接入点识别符）的链路识别符来区分的。在 GSM 中定义的 SAPI 是指不同的应用协议。在 LAPDm 中定义 SAPI=0，是指传送的是信令；而 SAPI=3 是对应着短消息业务。

在 Abis 接口上复用有两个方面：一方面是对应不同功能之间的差别，SAPI0 对应无线信令，SAPI62 对应操作维护功能信令，SAPI63 对应第二层的管理信令；另一方面是不同设备之间的区别，如 BTS 中不同 TRX 的标识，这里使用了 LAPD 链路层地址段的另一个内容 TEI（终端设备标识）。在 A 接口没有链路层的复用。

4.2.4 流量控制

链路层要考虑的最后一个问题是流量控制。对于一条链路来说，我们假设链路的处理能力不会溢出，但是资源经常是由几个信息流共享的，并控制其总和不超过最大容限，阻塞控制的目的之一就是控制每个信息流，以防系统中由于一处过载而引起整个系统的瘫痪。

用类似 HDLC 的协议，只需简单的延迟发送确认，就很自然地提供了某种方式的流量控制。但这种控制只是勉强合格的，因为如果延时太长，发送端将重复该帧，从而加重了拥塞。也可以使用一种附加机制，它是使用两个命令的“停—走”控制，LAPD 和 MTP2 中提供了这种机制，而 LAPDm 中未提供。

4.2.5 LAPD 和 LAPDm 帧比较

在这里我们简要介绍一下 LAPD 和 LAPDm 中使用的帧类型以及它们的结构。共有三种不同类性的帧，分别为 I 帧（编号消息帧）、S 帧（监督帧）和 U 帧（无编号信息帧并有控制功能），如表 4-2 所示。

表 4-2 LAPD 和 LAPDm 帧类型（其中 RNR 和 FRMR 在 LAPDm 中不用）

类型	帧	含义	作用
U 帧	SABM	设置异步平衡模式	建立证实模式的第一个帧
	DISC	断开	释放证实模式的第一个帧
	UA	无编号响应	对上面两类帧的响应
	DM	非连接方式	指示非连接模式的响应
	UI	无编号信息	信息帧（非证实模式）
I 帧	I	信息	信息帧（证实模式）
S 帧	RR	接收准备好	“可以继续”（流量控制），也用于肯定回答
	RNR	接收未准备好	“应该停止”（流量控制）
	REJ	拒绝	否定回答
	FRMR	帧拒绝	向回报告差错

LAPD 和 LAPDm 帧各自的结构如图 4-3 所示。地址段包含有 SAPI；另外，对 LAPD 帧，因为接口是点到多点的，还包括目的终端的地址。控制段包含帧类型，对于携带消息的编号帧，还包含有帧编号（发送端）和下一个期望帧编号（接收端）。

1B	地址					控制				0～260B	2B	1B
FLAG	SAPI			TEI		N（S）		N（R）		信息	FCS	FLAG

LAPD 帧结构

地址				控制				0～21B
			SAPI	N（S）		N（R）		信息

LAPDm 帧结构

其中 N（S）是发信机发送序列号；N（R）是接收机接收序列号

图 4-3　LAPD 和 LAPDm 帧结构

4.3　网络层信令协议

上一节描述的链路协议使两个通过物理介质直接互连的实体能够相互交换帧，现在要讨论一些涉及两个非直接互连实体的应用协议。为了用端一端连接提供传输相应报文的应用协议，就需要本节之中所描述的附加传输功能。这类对等层的连接是建立在数据链路层之上的。

网络层的功能之一就是选择并建立这样一个连续的链路段，组成一个消息路由。在这里就用到了数据报和虚电路的技术，在数据报的情况下，通过分析每条报文的宿点地址而建立路径；在虚电路的情况下，路由由第一条消息建立，此后的消息遵循相同的路由。网络层的另一个功能是支持两个实体之间并行存在的几个独立连接，这些连接分别对应于不同的应用通信。

网络层的基本概念是编址。网络层协议就是在报文上加上标记，从而区别不同的消息流。这个标志可以通过编址的方式对应于某个源点，某个宿点，连接参考或路由参考。我们可以利用这个标志为消息选择路由，也就是把消息送到下一个适当的路段，或把它分配到正确的应用程序上。现在我们看一下这个问题在各子系统中是怎样处理的。

4.3.1　BSS 网络层

4.3.1.1　无线接口

无线接口的协议分层如图 4-4 所示。

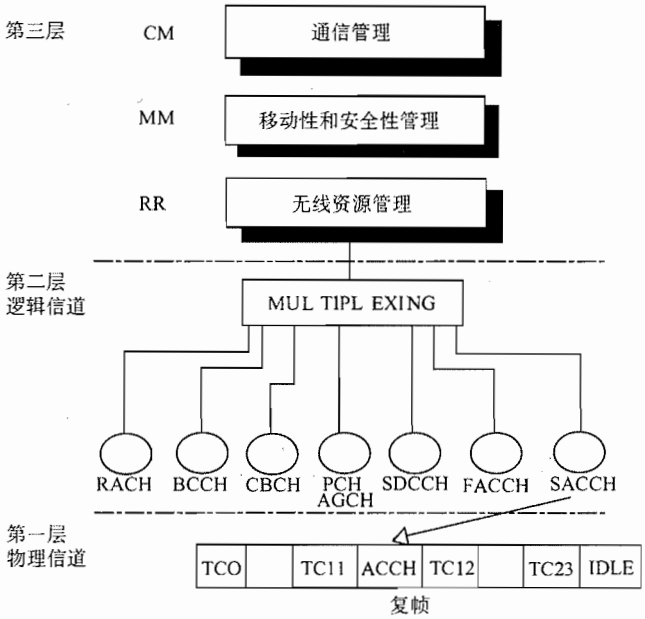


图 4-4　无线接口协议的分层

从移动台的角度看来，消息的源点和宿点取决于应用协议，移动台可以编址不同的网络功能实体，每个实体具有唯一的地址对应关系，网络按地址要求把消息送到相应的设备。更具体的说，在移动台和 MSC 之间存在几种协议，同时移动台与 MSC 之间可以并行的存在几个用户通信。如当移动台通信正在进行时，又有新的呼叫指示出现的情况。

在此前提到过，通过 SAPI 可使我们在移动台上区别出信令消息和短消息两种情况，但这还不足以判断消息属于哪种应用协议，因此需要一个网络编址来加以补充。这就是协议鉴别器的功能。GSM 中定义了几个协议鉴别器（PD），一般我们把它们看作是消息的一部分，分类如表 4-3 所示。

表 4-3 无线接口上的协议鉴别器

协议鉴别器	功能	起点/终点
CC，SS	呼叫控制管理和附加业务管理	MS—MSC（HLR）
MM	位置管理和安全管理	MS—MSC/VLR
RR	无线资源管理	MS—BSC

从表 4-3 中我们可以看到，BTS 并没有在该表中出现，这说明移动台除了链路管理，并不与 BTS 对话。按协议鉴别器与应用协议的关系，信源点要把 PD 插入消息中去，在移动台侧到网络侧的方向上，BSC 利用 PD 判断收到的消息是哪一类的消息，若是 RR 消息，则在它本身进行处理，若是其他的消息则要送至 MSC。移动台和 MSC 根据收到报文的 PD 标识来把它们分配到适合的软件模块。

但这还不能区别开 CC 和 SS，因为它们共用一个 PD，对于这种情况我们如何来识别呢？“事务处理”这个术语就是用在这种情况中，每次处理对应一次通信。事实上，在附加业务管理中也存在事务处理。在各种情况下并行存在着不同的处理，与不同的事务处理相关的报文由一个处理识别符（TI）来加以识别。TI 由信源点实体（移动台或 MSC）插入，宿点（移动台或 MSC）可以根据收到的 PD 和 TI 将消息分配到合适的上下文中。

4.3.1.2 Abis 接口

Abis 接口的信令协议分层如图 4-5 所示。Abis 接口信令链路上的消息可以有许多可能的源点和宿点，如

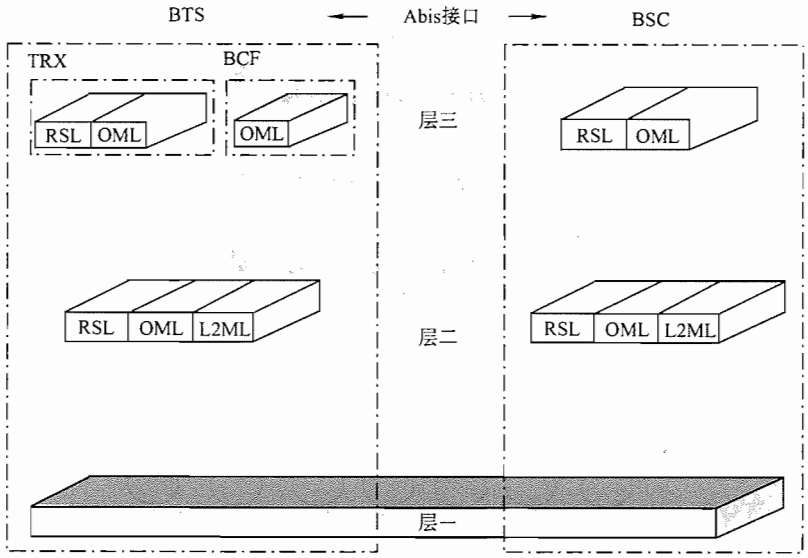


图 4-5 Abis 接口的协议分层

何来区分呢？从功能角度上看，我们可将 BTS 和 BSC 之间的报文与移动台和 BSC 以外的实体（包括移动台和 BSC）的所有其他报文区分开，更进一步应将不同的移动台即不同的信道区分开。

BSC 可以通过对移动台与无线信道之间关系的管理来区别每个移动台。BTS 中包括几个子实体，即 TRX，它们彼此是独立的，同时每个 TRX 对应一个或几个信令链路，在 Abis 接口上我们可通过终端设备标识 TEI 来识别不同 TRX 的信令链路。与一条报文相关的 TRX 并不是由报文内的标签来识别的，而是由传送它的信令链路隐含的，这一点也就限制了不同 TRX 共占一条链路的可能性。

在每个给定的 TRX 至 BSC 的连接上，还需要区分一般的管理报文和特殊的专用无线信道报文，因为后者要区分同一 TRX 管理的不同信道。为达到这一目的，Abis 接口上的每一个消息都要加上一个消息鉴别器（MD）以及一些附加数据，如表 4-4 所示。例如，无线链路层管理鉴别器用于鉴别来自移动台的报文或要传给移动台的报文，并且它还携带着一个对无线信道的参考以及该信道使用的无线链路的参考。对信道的参考中，包含有该信道的类型和时隙号，合适时也包含子信道号。无线链路的参考中包含有是在哪一条 LAPDm 链路上发送或接收，由此可区分 SAPI0 和 SAPI3。

表 4-4　Abis 接口上的消息鉴别器

报文鉴别器+附加数据	源点/宿点	用途
无线链路层管理+信道参考+无线链路参考	MS—BSC 或之外	无线路径消息中继
专用信道参考+信道参考	BTS—BSC	与一给定的业务信道互连
公共信道参考+信道参考	BTS—BSC	与一给定的 BCCH 或 CCCH/RACH 互连
TRX 管理	BTS—BSC	控制 TRX 状态

4.3.1.3　A 接口

A 接口承载有 BSC/MSC 之间的消息，以及 MS/MSC 之间的消息类型，如我们提到过的 CC 或 MM 消息。这两种信息流合称为 BSSAP（BSS 应用部分），具体地说可分别称为 BSSMAP（BSS 管理单元）和 DTAP（直接传送应用单元）。除此之外，BSSMAP 还要区分面向 MS 和面向 BSC 连接这两种消息。A 接口的分层如图 4-6 所示。

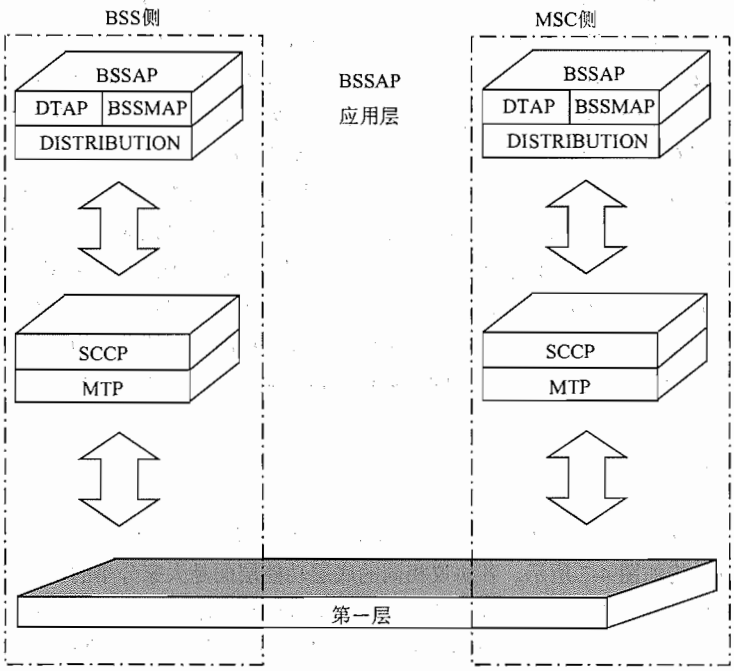


图 4-6　A 接口的协议分层

BSSMAP 负责处理 BSS 部分的资源管理和切换控制等消息，BSSMAP 使用 SCCP 无连接和面向连接两种方式。对与单个呼叫有关的信息进行翻译和处理的全部程序以及资源管理的全部程序与整个小区（或 BSS）有关的程序，采用 SCCP 的无连接方式；与无线接口上的单个无线资源有关的程序，使用 SCCP 的面向连接方式。

DTAP 用来传输发往或来自 MS 的有关呼叫控制和移动性管理的消息，它对内容不做任何分析，直接传输。大多数的无线接口消息由 DTAP 消息在 MSC—BSS 接口上传送。

在 A 接口上，我们引入虚电路的概念，每个连接的建立和释放都是彼此独立的，这就是 CCS7 信令系统中的 SCCP（信令连接控制部分）。我们可以在 SCCP 上附加一个分配协议，完成对 BSSMAP 和对 DTAP 的区别。

SCCP 不是 GSM 专用的协议，在此我们只是把它与智能网的概念结合在一起。SCCP 是 CCS7 信令系统分层协议的一部分，位于 MTP 协议以上，但是 SCCP 并不是 CCS7 内的基本网络协议。事实上，MTP 分为两部分，分别为 MTP2 和 MTP3。其中，MTP2 集中了 MTP 中的全部链路层协议，而 MTP3 与 SCCP 共同构成了 A 接口上的网络层协议。SCCP 包含多条虚电路，同时支持建立多条连接。

MTP3 包括几个方面的任务，其中之一就是管理 CCS7 网络。当信令链和信令转接点发生故障时，为保证仍能可靠地传递各种信令信息，信令点之间要有传送管理消息的功能和程序。MTP3 信令网络管理功能是指在信令网故障时为其提供信令网重组结构提供保证。随着信令网的扩大及信令链路负荷的增加，信令网还可能出现拥塞，信令网管理功能也为控制拥塞提供了管理能力。因此 MTP3 信令网管理功能包括话务管理、信令链路管理和信令路由管理三部分。话务管理的目的是在信令网发生故障时用于将信息流从一条链路或路由传递到另一条或多条不同的链路或路由上；信令链路管理的目的是在信令网中恢复、启用和退出信令链路，并保证能够提供一定的预先确定的链路群功能；信令路由管理的目的是保证可靠的在信令点之间交换有关信令路由可用性的信息，包括传递、限制和禁止程序。

SCCP 支持的功能有：面向连接功能、无连接功能，信令帧组的选路功能和 SCCP 管理功能。在 A 接口上主要用到了面向连接功能和无连接功能。无连接功能用于那些不直接与某个移动台有关的信息，如复位和过载指示等。面向连接功能用于建立相互独立的连接，在 A 接口上区别不同的移动台的事件，这类 SCCP 连接仅在需要时才建立，它可以由 BSC 在位置更新或呼叫建立这类事件下触发，也可由 MSC 在移动台切换到一个新的小区时触发。事件结束后，SCCP 释放连接。由于 BSC 中存储有 BTS 和无线信道与相关 MS 通信的记录，连接状态的管理自然而然的落在 BSC 上，因此 BSC 必须管理来去 BTS 的消息。这使得 BSC 能在一侧用给定的业务信道的进/出 BTS 的报文和另一侧用给定的 SCCP 连接进/出 MSC 的报文一一对应。MSC 保持一个相似的联系，保存着每个与移动台相关的 SCCP 连接标识符。

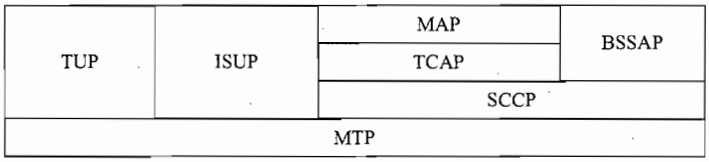
SCCP 建立了每个 MS 独立的连接，但是还不能完全满足 A 接口上的信息分配要求。BSSMAP 和 DTAP 消息可以定义在同一指定的无线连接上，但其处理是完全不同的，必须区别对待。因此有必要在 SCCP 上附加一个消息分配功能，也就是在应用消息上加一个头标志用以指示这个消息是 BSSMAP 还是 DTAP 类型。对于 DTAP 消息，BSC 是移动台和 MSC 之间的传输节点，而对于 BSSMAP 消息，BSC 是端点。

除此之外，DTAP 报文还携带它在无线接口上传送的所在的链路类型消息。为了相同的目的，这个“数据链路连接标识”DLCI 要与 Abis 接口上使用的链路标识相匹配。它的主要作用是将与短信息有关的业务和其他业务分开。

4.3.2 NSS 网络层

对于网络一侧的内部连接，各设备都具有单一的接口，即用 CCS7 信令支持相互间的信令交换。CCS7 信令方式的信令协议结构如图 4-7 所示。各协议相同的底层功能层面是大家分享的，从最底层的物理传输层到第三层的 MTP 都是相同的。MTP 以上的协议就与所涉及的功能实体相关了。在 MSC 之间或 MSC 与其他外部设备之间，与呼叫有关的信令将使用 TUP、ISUP，与呼叫无关的信令则组合在 MAP 上。所有的 MAP 都由 CCS7 中的 TCAP 层提供服务，而 TCAP 层则由 SCCP 为其提供服务。CCS7 的信令协议分层如图 4-7

所示。



TUP：电话客户部分　　BSSAP：BSS 应用部分

ISUP：ISDN 客户部分　　MAP：移动应用部分

MTP：消息传递部分　　TCAP：事务处理部分

图 4-7　GSM 系统的 CCS7 信令协议层

MTP 作为 OSI 模型的 1、2、3 层，分别对应三个功能层：物理层、链路层和网络层。MTP 的功能是在节点与节点之间为通信用户提供可靠的信令信息传输能力（其中用户是指各种不同类型功能的信令信息和控制过程）。如 TUP、ISUP 是具有特定功能的应用模块，用于 MSC 与 PSTN、ISDN 之间的通信，属于分层模型的 4～7 层，是 MTP 的用户。

公共控制信道面临着复杂信令越来越强的要求，显然要附加控制功能，这样 CCS7 就增加了 SCCP 的新软件包，为保证 CCS7 仍符合 OSI 模型，因此将 SCCP 加在 MTP3 的第三层上，共同形成了第三层。SCCP 主要是用于传送电路交换控制以外的信令和数据，在 ISDN 交换局之间，以及交换局和各种业务中心间建立与电路无关的信令连接。

SCCP 支持两种方式的信令通信，分别为无连接模式和面向连接模式。

在无连接模式时，每个信令帧组都包含地址，用此地址可选择到达目的地的路径。然而所有的信令组帧不会都选择同样的路径，也不会总是按顺序到达，但它们都有一个序列码，所以在目的地能按序列号恢复其初始的顺序。这种方法也被称为数据报。

在面向连接模式时，消息源点发送一个引导帧组，通过信令网路到达目的地。在此引导帧经过之处，都留有标记，这样其他的信令帧可沿着同样的路径穿过网路。这种方式，也被称为虚电路连接。

MTP 和 SCCP 在两个节点之间的消息和电话信号的传递配合的很好，每一个消息都可由另一个消息作为确认，增强了通信的可靠性。但随着技术的发展，信令越来越多地采用会话方式进行通信，在链路的远端请求操作中，MTP+SCCP 不适合于这种应用，因此在 SCCP 上又增加了一个新的功能体“事务处理能力（TC）”。各种新业务的登记、撤销、申请、管理是典型的事务处理，TCAP（事务处理应用部分）正是 TC 概念的一部分，它提供了 OSI 模型的第七层应用层的业务和协议。

TCAP 的目的是为两节点之间的信息传输提供一个公共的通用的系统，为用户与用户之间提供快速有效传送数据协议的能力，支持增加新业务。它可支持广泛的应用范围，如为交换机之间、交换机与网络服务中心之间、网络服务中心之间等的应用提供功能和规程。

TCAP 向 TC 客户提供的功能有两个，分别为组元处理和会话处理。

（1）组元处理（也称分子层）：组元是 TC 客户之间交换的协议数据单元。借助于组元，客户可向远端请求一个操作并得到回答。如免费电话业务为处理一个呼叫而请求某个数据库的指令。每一个操作的调用都由调用 ID 识别，这就允许同一操作或不同操作的几个调用同时存在。

（2）会话处理（也称为事务处理子层）：两个客户之间用会话方式可以交换大量的信息。TCAP 可以在两个客户之间同时提供几个会话，会话有两种类型，分别为结构性会话和非结构性会话。前者需要从客户得到回答，后者不需要。每个会话可以有几个同时运行的操作。

移动移用部分（MAP）是专为 GSM 要求而设计的，在 OSI 参考模型中位于 TCAP 之上。MAP 使用 SCCP 的无连接方式。此协议用于 MSC、HLR、VLR 及 EIR 各节点之间在以下通信方面如位置登记/删除、补充业务处理、呼叫建立期间客户参数的检索、切换、客户管理、操作维护、位置寄存器故障后的恢复、IMEI 的管理、鉴权、支持短消息业务的程序。

MAP 是 TCAP 的一个客户，位于 TCAP 之上，它使用组元及会话的方式，处理 MSC、HLR 及 VLR 等不同物理实体间的同等层之间的通信。MAP 包含一系列的功能块，称为 ASE，用于两节点同等层之间的通信。MAP 协议还支持一个物理实体同时与几个物理实体的通信，主要功能是支持移动用户的位置登记、位置删除；用户业务管理、用户参数管理；漫游、越区切换；鉴权、保密数据传输等。

MSC 与公共电话网互连通常采用 CCS7 信令的 TUP 信令规程。

4.4 GSM 信令网

为了使 GSM 系统实现国际漫游功能和在业务上迈进面向 ISDN 的数据通信业务，必须建立起规范的和统一的信令网，以传递和移动业务有关的数据和各种信令消息。因此，GSM 系统引入了 CCS7 信令系统和信令网络，也就是说 GSM 系统网络的信令系统是以 CCS7 信令网络为基础的。

GSM 信令网是我国七号信令网的一部分，由信令链路（SL）、信令点（SP）及信令转接点 STP 三部分组成。

4.4.1 信令网络结构

我国 GSM 数字通信网是与 PSTN、ISDN、PSPDN 以及现有模拟 PLMN 并行设置的一个通信业务网，与固定网一样，它在网络结构上分为三级：第一级为最高级，称高级信令转接点（HSTP）；第二级为低级信令转接点（LSTP）；第三级为信令点（SP）。

移动通信网的专用高级信令转接点（HSTP）设置在大区一级移动业务汇接中心，专用的低级信令转接点（LSTP）设置在各省二级移动业务汇接中心。叠加在地区三级交换中心的数字移动网称为移动业务本地网，移动业务本地网的每个 MSC/VLR、EIR、HLR/AUC 和 BSC 设置信令点，当 MSC/VLR，HLR/AUC 及 EIR 分别设于不同的物理实体时，其信令点编码也不同；合设于一个物理实体时，可用一个 SP 编码。本地移动网包含有至少一个 HLR 以及一个或若干个 MSC，每个 MSC 与所在地区的长途局相连，并与当地市话汇接局和模拟 PLMN 局相连。如果当地没有市话汇接局，则 MSC 亦可按照运营者的要求与某些市话端局相连。

省内各移动本地网构成全省数字 PLMN 网，全省设若干个移动业务二级汇接中心，构成一个网状网，每个移动业务本地网的 SP 点至少与两个二级汇接中心（LSTP）相连，当然在建网初期，省内 PLMN 只能采用单星形结构过渡。

全国的数字 PLMN 网在各大区设立一级移动业务汇接中心，该中心为单独设置，仅做汇接用。

4.4.2 信令网络组织

4.4.2.1 GSM 信令网络组织原则

各省设置若干个 LSTP，每个 SP 点至少应连至 2 个 LSTP 点上，并采用负荷分担的工作方式。

为保证信令网的安全运行，在有条件的地方，信令链路组中至少设置两条信令链。每条信令链应尽可能采用分开的物理通路，采用负荷分担的方式工作。应注意路由组织及信令链路和 STP 间的分散性和灵活性，选用不同的传输路由、不同的 DDN 设备、不同的 PCM 系统。应注意尽可能在物理上分开，在设置直达链路的条件下，还应设置经 STP 转接的路由，且具有迂回能力。当任意两个信令点间信令量足够大时，可设置直达链路，采用直连方式工作。

在数字 PLMN 中，基站控制器 BSC 与 MSC 间亦采用 24bit 的七号信令。但 BSC 的信令点编码一般采用 14bit 编码，由每个 MSC 自定。

4.4.2.2 信令路由设置原则

信令路由可分为正常路由和迂回路由两类。

正常路由：正常路由是未发生故障的情况下的信令业务流的路由。根据我国三级信令网结构和网络组织，正常路由可分为采用直连方式的直达信令路由和采用准直连方式的路由。

迂回路由：迂回路由是指因信令链或路由故障而造成正常路由不能传送信令流而选择的路由，迂回路由都是经过信令转接点的准直连方式的路由，可以是一个路由，也可以是多个路由。当有多个迂回路由时，应根据 STP 点的次数，由小到大依次分为第一迂回路由、第二迂回路由等。

4.4.2.3　信令路由的选择原则

1）首先选择正常路由，当正常路由出现故障不能使用时，再选择迂回路由。

2）信令路由中具有多个迂回路由时，首先选择优先级最高的第一迂回路由，当第一迂回路由因故障不能使用时，再选择第二迂回路由，依次类推。

3）在正常或迂回路由中，若有同一优先等级的多个路由（N），且它们之间采用负荷分担方式时，每个路由承担起整个信令负荷的 $1/N$。若负荷分担的同一优先等级中的一个信令链组出现故障时，应将信令业务倒换至采用负荷分担方式的其他信令链路组。若采用负荷分担方式的一个路由出现故障时，应将信令业务倒换到其他路由。

4.4.3　信令点编码方案

GSM 信令网的信令点的编码采用中国 24 位编码方式编码。但由于 MSC—BSC 之间仅是点对点信令传递，因此 BSC 仍维持 14 位信令点编码方式。

4.4.3.1　编码方案原则

1）信令网中的每一个 STP 和 SP 点均分配一个信令点编码。

2）信令点编码方案同时编制 14 位和 24 位编码分配方案。考虑到有些厂家提供不了 24 位的设备，故 MSC/VLR、HLR/AUC、EIR 等设备均同时分配 14 位和 24 位编码。

3）24 位编码的分配方案要求 MSC 与固定网之间采用 24 位编码，即移动网的 24 位编码和固定网的 24 位编码相互独立。

4.4.3.2　编码方案

1．24 位信令点编码方案

24 位信令点编码格式为

8bit	8bit	8bit
主信令区	分信令区	信令点

主信令区为各省公用网分配的编码，编码容量为 256；分信令区是从七号信令网分信令区编码启用的 FF 和 FE，FF 为主用，FE 为备用；信令点编码是按高五低三比特位的使用原则，如表 4-5、表 4-6 所示。

表 4-5　信令点编码高五比特的使用原则

SP 高五比特	分类	容量
00000	一级汇接局	每省 8 个
00001 00010	二级汇接局	每省 16 个
00011～11111	直辖市的汇接区 省、自治区的地区或市	每省 29×8 个

表 4-6　信令点编码低三比特的使用原则

SP 低三比特	分类	容量
000	HLR/AUC	1/地区，市
001～110	MSC/VLR	6/地区，市
111	EIR	1/地区，市

2. 14bit 信令点编码方案

14 位信令点的编码格式为

5bit	5bit	4bit
主信令区	分信令区	信令点

主信令区分配到各省、自治区、直辖市；分信令区和信令点的编码分配原则如表 4-7、表 4-8 所示。

表 4-7 分信令区编码分配

分信令区	分类	容量
00000	一级汇接局	每省 16 个
00001	二级汇接局	每省 16 个
00010～11111	直辖市的汇接区 省、自治区的地区或市	每省 30×16 个

表 4-8 信令点编码

信令点编码	分类	容量
0000	HLR/AUC	1/分信令区
0001	EIR	1/分信令区
0010～0101	MSC	4/分信令区
111	BSC	10/分信令区

4.4.4 信令网寻址方式

由于引入了信令网络，信令路径与话路路径是完全不同的，所以信号必须有表示具体话音连接的参考标志。信令链路上的每一个消息都有一个标记，包括 CIC（电路识别码）、ODC（消息源信令点编码）及 DPC（目的地信令点编码）。CIC 表示消息属于哪条话音电路；ODC 表示发出消息的信令点（SP）；DPC 表示消息的目的地信令点（SP）。

在 GSM 信令网的信令点（SP）和信令转接点（STP）之间传递 MAP 消息时必须有 SCCP（信令连接控制部分）的支持。SCCP 的地址是由 GT（全局名）、DPC 和 SSN（子系统号）组成。GT 是是一种地址，类似客户拨号，它没有包含在信令网中直接选取路由的信息，需要一种翻译功能把 GT 翻译成使 SCCP 和 MTP 能够直接选路由的 DPC+SSN 的形式。这种翻译功能可分散提供，也可集中提供。使用 GT 寻址可以访问任何客户。SSN（子系统号）是信令中子系统的编号。

我国 GSM 信令网 SCCP 的寻址方式：国际间采用 GT 方式；省内采用 24 位的 DPC 和 SSN 寻址；省间采用 GT 寻址。

GT 为移动客户的 MSISDN 号码，翻译节点被规定在每条 SCCP 消息收端省的 LSTP 上。

GSM 网内各子系统编号（SSN）如表 4-9 所示。

表 4-9 GSM 网内各子系统编号

子系统	编号
HLR	00000110
VLR	00000111
MSC	00000100
EIR	00001001
AUC	00001010

第5章 参数优化

5.1 概述

900/1800MHz 的 TDMA 数字蜂窝移动通信系统（GSM）是一个包含了网络技术、数字程控交换技术、各种传输技术和无线技术等多个领域技术的综合性系统。从网络的物理结构分析，GSM 系统一般可分为三个部分，即网络分系统（NSS）、基站分系统（BSS）和移动台（MS），从信令结构分析，GSM 系统中主要包含了 MAP 接口、A 接口（MS 与 BSC 间的接口），Abis 接口（BSC 与 BTS 间的接口）和 Um 接口（BTS 与 MS 间的接口，通常也称作空中接口）。

所有这些实体和接口中都有大量的配置参数和性能参数，其中的一些参数在设备的开发和生产过程中已经确定，但更多的参数是由网络运营部门根据网络的实际需求和实际动作情况来确定。这些参数的设置和调整对整个 GSM 网的运作具有相当的影响，因此 GSM 网络的优化在某种意义上是网络中各种参数的优化设置和调整的过程。

作为移动通信系统，GSM 网络中与无线设备和接口有关的参数对网络服务性能的影响最为敏感，GSM 网络中的无线参数是指与无线资源有关的参数，这些参数对网络中小区的覆盖、信令流量的分布、网络的业务性能等具有至关重要的影响。因此合理调整无线参数是 GSM 网络优化的重要组成部分。

根据参数在网络中的服务对象，GSM 无线参数一般可以分为二类，一类为工程参数：如天线增益、电缆损耗等。工程参数是指与工程设计、安装和开通有关的参数，这些参数通常在网络设计中确定，在网络的运行过程中一般不轻易更改。

另一类是无线资源参数，它是指与无线资源的配置、利用有关的参数，这类参数通常会在无线接口（Um）上传送，以保持基站与移动台之间的一致。资源参数的另一个重要特点是大多数资源参数在网络运行过程中可以通过一定的人机界面进行动态调整，本文所涉及的无线参数主要是无线资源参数（若无特别说明，在本章中所描述的无线参数是指无线资源参数）。

无线网络优化主要是通过调整各种相关的无线网络工程设计参数和无线资源参数，以满足系统现阶段对各种无线网络指标的要求。优化调整过程往往是一个周期性的过程，因为系统对无线网络的要求总在不断变化。

当运营者准备建设一个移动通信网络时，首先必须根据特定地区的地理环境、业务量预测和测试得到的无线性能的特性等参数进行系统的工程设计。工程设计包括网络拓扑设计、基站选址和频率规划等等，然而与固定系统相比，由于移动通信中用户终端是移动的，因此无论是业务量、信令流量或其他一些网络特性参数，都具有较强的流动性、突发性和随机性。这些特性决定了移动通信系统设计与实际情况在话务模型、信令流量等方面一般存在较大的差异。所以当网络运行以后，运营者需要对网络的各种结构、配置和参数进行调整，以使网络更合理地工作，这是整个网络优化工作中的重要部分。

在硬件调整的同时，结合 BSC 参数的修改将能取得更理想的效果。对于不同的网络，各 BSC 参数的取值与标准不尽相同，如在某个网络中应用合理的参数，若照搬到另一个网络，可能就变得不合时宜，因此参数的设置应因地制宜。而且参数的调整是一个动态的过程，应根据网络的变化不断做相应的调整。

无线参数优化是指正在运行的系统根据实际无线信道特性、话务量特性和信令流量承载情况，通过优化网络中的局部或全局的无线参数来提高通信质量、改善网络平均服务性能和提高设备利用率的过程。实际上，无线参数调整的基本原则是充分利用已有的无线资源，通过业务量分担的方式使全网的业务和信令流量尽可能均匀，以达到提高网络平均服务水平的目标。

5.1.1 无线参数调整的类型

根据无线参数调整需解决问题的性质可以将其分为两类，第一类是为了解决静态问题，即通过实测网络各个地区的平均话务量和信令流量，对系统设计中采用的话务模型进行修正，解决长期存在的普遍现象；另一类调整用于解决由于一些突发事件或随机事件造成在某个时间段中，局部地区发生的话务量过载或信道拥塞的现象。

对于第一类调整，运营者仅需定期地对网络的实际运行情况进行测量和总结，并在此基础上对网络全局或局部的参数和配置进行适当调整，而第二类调整则是网络操作员根据测量人员即时得到的数据，实时地调整部分无线参数，无论无线参数调整是哪种类型，对参数自身而言其意义是相同的。因此在本章描述中从参数意义着手，对参数的调整范围结果对网络的影响进行了分析，文章没有涉及调整的实时性问题。

1. 无线参数调整的前提

网络操作员必须首先对各个无线参数的意义、调整方式和调整的结果有深刻的了解，对网络中出现问题所涉及的无线参数类型有相当的经验，这是做有效的无线参数调整的必要条件。另一方面，无线参数的调整将依赖于实际网络运行过程中的大量实测数据。

一般说来，这此参数可以由两种手段获得，一是在网络的操作维护中心（OMC—R）上获取的统计参数，如 CCCH 信道的承载情况等等。另一些参数，如小区覆盖情况、移动台通信质量等等，需通过实际的测量和试验获得。因此运营者欲有效地调整无线参数就必须对网络的各种特性进行长期的、经常性的测量。

2. 无线参数调整的注意事项

在 GSM 系统中，大量的无线参数是基于局部区域设置的，而区域间的参数通常有很强的相关性。因此在作参数调整时必须考虑到区域的参数调整对其他区域尤其是相邻区域的影响，否则参数的调整会发生很强的负面影响。

此外，当网络中局部区域出现问题时，需确定是否由于设备故障（包括连接问题）而造成的，只有在确定网络中的问题确实是由于业务原因引起时，才能进行无线参数的调整。本章中所建议的无线参数调整方式是基于无设备问题的前提下作出的。

3. 其他

由于移动通信的特殊性和各地应用的不同，无线参数优化很难有统一的标准，因此本章提出的各种无线参数优化观点仅供各运营部门参考。

5.1.2 本章的研究内容

GSM 系统是由欧洲电信标准化协会（ETSI）研究确定的一种标准化系统。其中的大部分参数在 GSM 规范中都有严格的定义，本章主要研究 GSM 系统中定义的各种无线参数的定义，取值范围、设置范围、设置方式及其对网络性能的影响。在本章中还会简要介绍一下工程参数的调整。

尽管本章力求尽可能全面地包含所有涉及网络优化的无线参数，但由于 GSM 规范本身的发展（由阶段 1 到阶段 2，直至阶段 2+）及其他未知的原因，本章将无法包含涉及网络优化的所有参数。

无线资源参数主要包括网络识别参数、系统控制参数、小区选择参数和网络功能参数，如图 5-1 所示。网络识别参数主要用于移动台和网络相互识别身份；系统控制参数主要指涉及系统配置的参数，这些参数的

图 5-1 GSM 无线资源参数组成

取值将影响到系统各部分的业务承载量和信令流量；小区选择参数主要指与移动台进行小区选择、小区重选相关的参数；网络功能参数主要指与实现系统各种功能（如跳频、DTX 等）相关的参数。

5.2 网络识别参数

如图 5-2 所示。

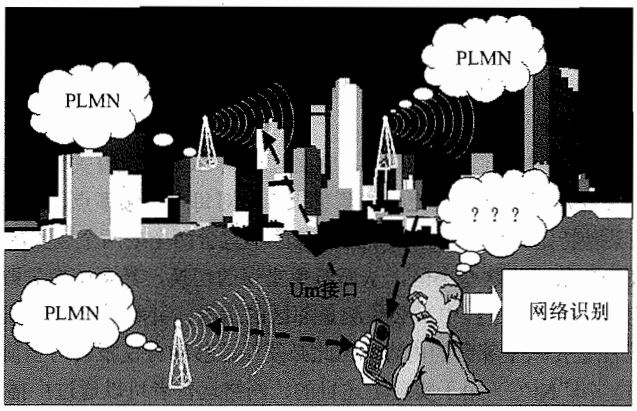


图 5-2 网络识别参数的影响

作为一个全球性的蜂窝移动通信系统，GSM 对每个国家的每个 GSM 网络，乃至每个网络中的每一个位置区、每个基站和每个小区都进行了严格编号，以保证全球范围内的每个小区都有唯一的号码与之对应，采用这种编号方式可以达到下列目的：

1）使移动台可以正确地识别出当前网络的身份，以便在任何环境下都能正确地选择用户（和运营者）希望进入的网络；

2）使网络能够实时地知道移动台的确切地理位置，以便网络正常地接续以该移动台为终点的各种业务请求；

3）使移动台在通话过程中向网络报告正确的相邻小区情况，以便网络在必要的时刻采用切换的方式保持移动用户的通话过程。

网络的识别参数主要有小区全球识别（CGI）和基站识别码（BSIC）。

CGI 由位置区识别（LAI）和小区识别（CI）组成。其中 LAI 又包含移动国家号（MCC），移动网号（MNC）和位置区码（LAC），如图 5-3 所示。CGI 的信息在每个小区广播的系统信息中发送，移动台接收到系统信息后，将解出其中的 CGI 信息，根据 CGI 指示的移动国家号（MCC）和移动网号（MNC）确定是否可以驻留于该小区，同时判断当前的位置区是否发生了变化，以确定是否需要进行位置更新。在位置更新过程中，移动台将 LAI 信息通报给网络，使网络可以确切地知道移动台当前所处的位置区。

图 5-3 小区全球识别（CGI）的组成

在 GSM 系统中，每个基站都分配有一个本地色码，称为基站识别码。在网络规划中，为了减少同频干扰，一般都保证相邻小区的 BCCH 载频使用不同的频率，而蜂窝通信系统的特点决定了 BCCH 载频必然存在复用的可能性，对于这些采用相同 BCCH 频率的小区应保证它们的 BSIC 的不同。

基站识别码（BSIC）由网络色码（NCC）和基站色码（BCC）组成。如图 5-4 所示，BSIC 在每个小区

的同步信道（SCH）上发送。

其作用主要有：

NCC	BCC

图 5-4 基站识别码（BSIC）的组成

1）移动台收到 SCH 后，即认为已同步于该小区，但为了正确地译出下行公共信令信道上的信息，移动台必须知道公共信令信道所采用的训练序列码（TSC）。按照 GSM 规范的规定，训练序列号码有八种固定的格式，分别用序号 0～7 表示，每个小区的公共信令信道所采用的 TSC 序列由该小区的 BCC 决定，因此 BSIC 的作用之一是通知移动台本小区公共信令信道所采用的训练序列号。

2）由于 BSIC 参与了随机接入突发脉冲信息位的编码过程，因此它可以用来避免基站将移动台发往相邻小区的 RACH 误译为本小区的接入信道。

3）当移动台处在连接模式下时（通话过程中），它必须根据 BCCH 上有关邻区表的规定，对邻区 BCCH 载频的电平进行测量并报告给基站，同时在上行的测量报告中对每一个频率点，移动台必须给出它所测量到的该载频的 BSIC。当在某种特定的环境下，即小区的邻区中包含两个或两个以上的小区采用相同的 BCCH 载频时，基站可以依靠 BSIC 来区分这些小区，从而避免错误的切换，甚至切换失败。

4）移动台在连接模式下（通话过程中）必须测量邻区的信号，并将测量结果报告给网络，由于移动台每次发送的测量报告中只能包含六个邻区的内容，因此必须保证移动台仅报告与当前小区确有切换关系的小区情况。BSIC 中的高三位（即 NCC）用于实现上述目的，网络运营者可以通过广播参数“允许的 NCC”控制移动台只报告 NCC 在允许范围内的邻区情况。

本章后续的章节中将分别讨论 CGI 和 BSIC 中包含的各个信息单元。

5.2.1 移动国家号（MCC）

1. 定义

移动国家号（MCC）表明移动用户（或系统）归属的国家。

2. 格式

移动国家号（MCC）由三个十进制数组成。编码范围为十进制的 000～999。

3. 传送

移动国家号用于国际移动用户识别（IMSI）中和位置区识别（LAI）中。

位置区识别（LAI），位置区识别在每个小区广播的系统消息中周期发送，其中的移动国家号（MCC）表示 GSM PLMN 所属的国家，移动台将接收到的该信息作为网络选择的重要依据之一。

移动台的 IMSI，移动台的 IMSI 中同样包含了移动国家号（MCC），它表示该移动用户所在的国家，当移动台在网络上登录或申请某种业务时，移动台必须将 IMSI 报告给网络（在不能使用 TMSI 的情况下），网络则根据 IMSI 中的移动国家号（MCC），来判断该用户是否为国际漫游用户。

4. 设置及影响

作为全球唯一的国家识别标准，MCC 的资源由国际电联（ITU）统一分配和管理，ITU 建议书规定了各国的 MCC 号码，中国的移动国家号为 460（十进制）。

由于 MCC 的特殊意义，因此它在网络中一旦设定之后是不允许更改的。

5.2.2 移动网号（MNC）

1. 定义

移动网号（MNC）是一组十进制码，用以唯一地表示某个国家（由 MCC 确定）内的某一个特定的 GSM PLMN 网。

2. 传送

移动网号用于国际移动用户识别（IMSI）和位置区别（LAI）之中。

位置区识别（LAI），位置区识别在每个小区广播的系统消息中周期发送，其中的移动网号（MNC）表示GSM PLMN的网络号，移动台台将接收到该信息作为网络选择的重要依据之一。

移动台的IMSI，移动台的LMSI中同样包含了移动网号（MNC），它表示该移动用户归属的GSM PLMN网。当移动台在网络上登录或申请某种业务时，移动台必须将IMSI报告给网络（在不能使用TMSI的情况下），网络则根据IMSI中的移动网号（MNC）来判断该用户是否为漫游用户，并将MNC作为寻址用户HLR的重要参数之一。

3. 设置及影响

若一个国家中有多于一个的GSM公用陆地移动网（PLMN），则每个网必须具有不同的MNC，MNC一般由国家的有关电信管理部门统一分配，同一个运营者可以拥有一个或多个MNC，目前中国有两个GSM网络，分别由中国移动集团公司和中国联通公司运营，他们的MNC分别是00和01。

4. 注意事项

由于MNC的特殊意义，因此在网络中一旦设定是不允许更改的。

5.2.3 位置区码（LAC）

1. 定义

为了确定移动台的位置，每个GSM PLMN的覆盖区都被划分许多位置区，位置区码（LAC）则用于标识不同的位置区。

2. 格式

位置区码（LAC）包含于LAI中，由两个字节组成，采用16进制编码，可用范围为0001～FFFEH，码组0000H和FFFFH不可以使用，一个位置区可以包含一个或多个小区。

3. 传送

LAC在每个小区广播信道上的系统消息中发送，当移动台开机，插入SLM卡或发现当前小区的LAC与其原来储存的内容不同时，移动台通过IMSI附着（IMSI ATTACH）或位置更新过程向网络通告其目前所在的位置区，网络储存每个移动台的位置区，并作为将来寻呼该移动台的位置信息。

4. 设置及影响

LAC的编码方式每个国家都有相应的规定，中国移动对其拥有的GSM网上LAC的编码方式也有明确的规定（参见信息产业部有关GSM的体制规范），一般在建网初期都已确定了LAC的分配和编码，在运行过程中较少改动。

位置区（LAC）的大小在系统中是一个相当关键的因素，如果LAC覆盖范围过小，则移动台发生的位置更新次数增多，会加重系统中的信令流量；反之，若位置区覆盖范围过大，则网络寻找移动台时，同一寻呼消息会在许多小区中发送，这样会导致PCH信道的负荷过重，同样也增加了Abis接口上的信令流量。由于移动通信的流动性和突发性都相当强，位置区大小的调整没有统一标准，运营部门可以根据现在运行的网络，长期统计各个地区的PCH负荷情况和信令链路负荷情况来确定是否须调整位置区的大小。若前者现象严重可适当将位置区调小，反之可适当调大位置区，一般，建议在可能的情况下应使位置区尽可能大。须注意小区参数中的LAC号必须和交换机中所定义的LAC号一致，否则会造成试呼失败。

5. 注意事项

位置区码的设置必须严格按照信息产业部的有关规定执行，切忌在网络中（全国范围）出现两个或两个以上的位置区采用相同的区码。

5.2.4 小区识别（CI）

1. 定义

为了唯一地表示GSMPLMN中的每个小区，网络运营者需要分配给网络中所有的小区一个代码，即：小区识别（CI））。小区识别（CI）与位置区识别（LAI）码结合，用于识别网络中的每个BTS及其覆盖的小

区。

2. 格式

小区识别（CI）由 16bit 组成，编码容量为 65536。

3. 传送

小区识别（CI）作为小区全球识别（CGI）的一部分，在每个小区广播的系统消息中发送。

4. 设置及影响

对于小区识别（CI）的分配，一般没有特殊的限制条件，可以在 0～65535（十进制）之间任意取值，但必须保证在同一个位置区中不可以有两个小区有相同的小区识别码。

小区识别（CI）通常在网络的系统设计中已经确定，除特殊情况（如系统中增加基站等），系统运行过程中不应该改变小区的 CI 值。

应注意 CI 的设置应与交换机中 LAC 表中的 CI 一致，否则系统将不允许在该小区中发起呼叫。

5. 注意事项

CI 取值应注意在同一个位置区中不允许有两个或两个以上的小区使用相同的 CI。

5.2.5 网络色码（NCC）

1. 定义

网络色码（NCC）是基站识别码（BSIC）的一部分，用于让移动台区别相邻的、属于不同 GSM PLMN 的基站。

2. 格式

NCC 由 3bit 组成，编码容量为 8。

3. 传送

NCC 与 BCC 共同组成基站识别码（BSIC），在每个小区同步信道（SCH）上传送。

4. 设置及影响

在许多情况下，不同的 GSM PLMN 采用了相同的频率资源，而它们的网络规划却又有一定的独立性，为了保证在这种情况下还能使具有相同频点的相邻基站有不同的 BSIC，一般规定相邻 GSM PLMN 选择不同的 NCC，如图 5-5 所示。

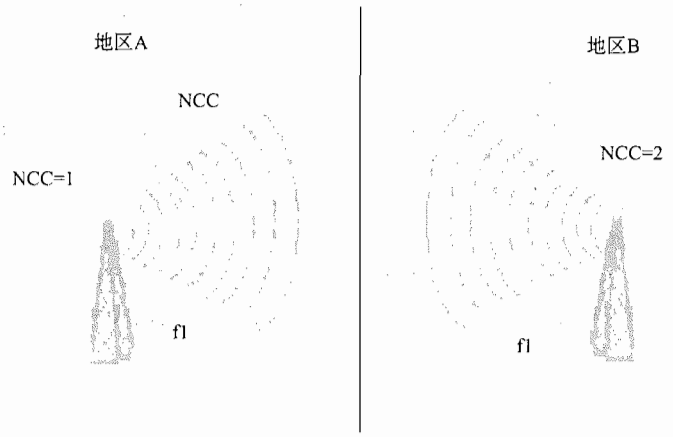


图 5-5 相邻的网络中将选用不同的 NCC

中国的情况比较特殊，严格地说中国移动提供的 GSM 网络是一个完整的、独立的 GSM 网络，尽管中国移动下属有众多的当地移动公司，但他们属于同一个运营者中国移动集团公司，然而，由于中国幅员辽阔，实现完全意义上的统一管理是相当困难的，因此整个 GSM 网络按地区划归各省、市的移动公司（或相当的

机构）管理，而各地的移动公司在进行网络规划时是相对独立的，为了保证各省市边界地区使用相同BCCH频率的基站具有不同的基站识别码（BSIC），中国各省市的NCC应统一协调。

5. 注意事项

必须保证使用相同BCCH载频的相邻或相近小区具有不同的BSIC。否则有可能会出现死锁现象，因此必须格外注意各省、市交界处小区的配置情况。

5.2.6 基站色码（BCC）

1. 定义

基站色码（BCC）是基站识别码（BSIC）的一部分，其作用参见第3章的介绍。

2. 格式

BCC由3bit组成，编码容量为8。

3. 传送

BCC与NCC共同组成基站识别码（BSIC），在每个小区的同步信道（SCH）上传送。

4. 设置及影响

基站色码（BCC）是BSIC的组成部分，它用于在同一个GSM PLMN中识别BCCH载频号相同的不同基站，其取值应尽可能满足有关BSIC的要求，另外按照GSM规范的要求，小区中广播信道（BCCH）载频的训练序列号应与该小区的基站色码（BCC）相同，通常生产厂商应保证其一致性。

5. 注意事项

同BCCH频点、同BSIC码会造成如下三方面问题：

1）在MS随机接入的RACH脉冲中，携带有目标小区的NCC和BCC信息用于基站判决，接入信息含义，如果出现同BCCH频点、同BSIC码，会造成因越区覆盖使随机接入（含切换接入）信息在非服务小区被误解，从而导致误分配SDCCH，及SDCCH分配异常或拥塞。

2）同BCCH及BSIC码时也会造成切换判决的误判，虽然未定义为邻区，但接收信号仍可能较强，导致MS误切换而失败。

3）当出现TCH同频干扰或者跳频时的同频碰撞时，TCH上的不同的TSC训练序列（与BCC相同）是区分有用话音帧，或无用话音帧的重要依据，即判断是干扰信号还是正常的语音信号的依据。因此，合理地规划BCC可以降低干扰对语音的影响。

基于以上知识，可得到BCC规划原则：相同的BCC尽量规则的远离；同时，仍然要满足同BCCH频点、同BSIC码尽量远离的要求。

具体要求为：

1）频率规划中，尤其在1X1和1X3跳频网络规划中，因TCH碰撞概率很大，BCC的规划一定要尽量按照8个基站为一簇规划，同一基站采用同一BCC码来规划。

2）任何频率规划要满足同BCCH频点、同BSIC远离的规则，BCCH相同时尽量使BSIC不同，若与BCC的规划原则相矛盾时（第一点要求），在NCC修改允许时，尽量通过NCC修改避免同频、同BSIC的现象。

5.3 系统控制参数

GSM系统中有大量参数涉及系统的配置（如公共控制信道配置，寻呼信道帧数、无线链路超时等等），这些参数一般在Um接口上由基站传送给移动台，其目的是让移动台与基站保持良好的配合。另一方面，这些参数的取值直接影响到系统各部分的业务承载量和信令流量。因此合理地设置这些参数对系统良好稳定的工作具有重要的作用。本章将对下列系统控制参数的定义、取值范围及对系统的影响进行详细的描述，如下图5-6所示。

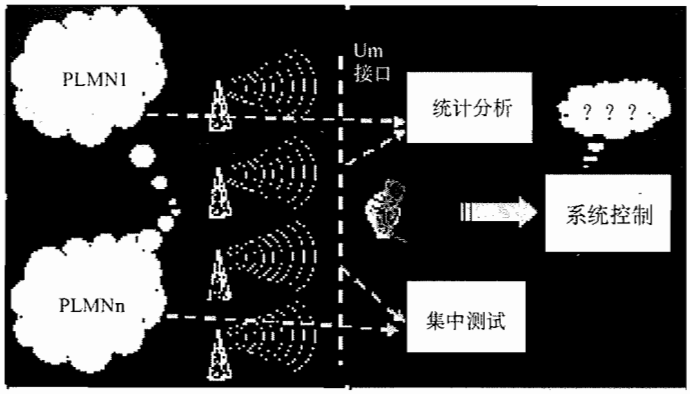


图 5-6 系统控制参数

1）IMSI 结合和分离允许（ATTACH DETACH ALLOWED，ATT）；
2）公共控制信道配置（CCCH CONF）；
3）接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）；
4）寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）；
5）周期位置更新时器（T3212）；
6）小区信道描述（CELL CHANNEL DESCRIPTION）；
7）无线链路超时（RADIO LINK TIMEOUT）；
8）邻小区描述（NEIGHBOUR CELLS DESCRIPTION）；
9）允许的网络色码（NCC PERMITTED）；
10）最大重发次数（MAX RETRANS）；
11）发送分布时隙数（TX INTEGER）；
12）小区接入禁止（CELL BAR ACCESS，CBA）；
13）接入等级控制（ACCESS CLASS，AC）；
14）等待指示（WAIT INDICATION，T3122）；
15）多频段指示（MULTIBAND REPORTING）。

5.3.1 IMSI 结合和分离允许（ATTACH DETACH ALLOWED，ATT）

1. 定义

IMSI 分离过程是指移动台向网络通告它正从工作状态进入非工作状态（通常指关机过程），或 SIM 卡已从移动台中取出的过程。网络在收到移动台的通告后将指示该 IMSI 用户处于非工作状态，因此以该用户作为被叫的接续请求将被拒绝。与分离过程相应的是 IMSI 结合过程，它是指移动台向网络通告它已进入工作状态（通常指开机过程），或 SIM 卡再次被插入移动台。移动台重新进入工作状态后将检测当前所在位置区（LAI）是否和最后记录在移动台中的 LAI 相同，若相同则移动台启动 IMSI 结合过程，否则移动台启动位置更新过程（代替 IMSI 结合过程）。网络接收到位置更新或 IMSI 结合过程后，将指示该 IMSI 用户正处于工作状态。

参数 ATT 用于通知移动台，在本小区内是否允许进行 IMSI 结合和分离过程。

2. 格式

ATT 由 1bit 表示，0 表示不允许移动台启动 IMSI 结合和分离过程。

3. 传送

ATT 包含于信息单元“控制信道描述”中，在每个小区广播的系统消息 3 上传送。

4. 设置及影响

ATT 标志通常应设置为 1，以便在移动台关机后网络不再处理以该用户为被叫的接续过程，这样不仅节约了网络各个实体的处理时间，还可以大大节约网络的许多资源（如寻呼信道等）。

5. 注意事项

ATT 的设置必须注意：同一位置区不同小区的 ATT 设置必须相同。因为移动台在 ATT 为 1 的小区中关机时，会启动 IMSI 分离过程，网络将记录该用户处于非工作状态并拒绝所有以该用户为被叫的接续请求。若移动台再次开机时处于它关机时的同一位置区（因此不启动位置更新过程）但不同的小区，而该小区 ATT 设置为 0，因此移动台也不启动 IMSI 结合过程。在这种情况下，该用户将无法正常成为被叫直到它主动触发三层业务。

5.3.2 公共控制信道配置（CCCH CONF）

1. 定义

在 GSM 系统中公共控制信道主要包含准许接入信道（AGCH）和寻呼信道（PCH），它的主要作用是发送准许接入（即立即指配）消息和寻呼消息。在每个小区中所有业务信道共用 CCCH 信道。根据小区中业务信道的配置情况和小区的话务模型，CCCH 信道可以由一个物理信道承担，也可以由多个物理信道共同承担，且 CCCH 可以与 SDCCH 信道共用一个物理信道。小区中的公共控制信道采用何种组合方式，由公共控制信道配置参数（CCCH CONF）决定。

2. 格式

参数 CCCH CONF 由 3bit 组成，其编码方式由表 5-1 确定。

表 5-1 公共控制信道配置编码表

CCCH CONF 编码	意义	一个 BCCH 复帧中 CCCH 消息块数
000	CCCH 使用一个基本的物理信道，不与 SDCCH 共用	9
001	CCCH 使用一个基本的物理信道，与 SDCCH 共用	3
010	CCCH 使用二个基本的物理信道，不与 SDCCH 共用	18
100	CCCH 使用三个基本的物理信道，不与 SDCCH 共用	27
110	CCCH 使用四个基本的物理信道，不与 SDCCH 共用	36
其他	保留不用	—

3. 传送

CCCH CONF 包含于信息单元“控制信道描述”中，在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

在上述表格中，当 CCCH 信道使用一个物理信道且与 SDCCH 共用时，CCCH 的信道容量最小；当 CCCH 使用一个物理信道且不与 SDCCH 共用时，信道容量适中；其他情况时，CCCH 使用的物理信道数越多，其容量越大。

CCCH CONF 的配置是由运营部门根据小区的话务模型决定的，通常在系统设计阶段就已经确定。蜂窝移动通信系统中的话务模型目前仍然是一个正在研究的学术问题，对于小区中的 TRX 数为 1 个或 2 个的情况。建议公共控制信道的配置采用一个基本物理信道且与 SDCCH 共用；小区中的 TRX 数为 3 个或 4 个的情况，建议公共控制信道的配置采用一个基本物理信道且不与 SDCCH 共用；对于小区中的 TRX 数超过 4 个的情况，则可根据实际话务负荷情况来配置 CCCH 信道，如寻呼负荷很大时，则可使用多个 CCCH 的物理信道。

5. 注意事项

必须注意：小区中 CCCH CONF 的设置必须与小区公共控制信道的实际配置情况一致，即首先确定小区的公共控制信道的配置，而后确定 CCCH CONF 的数值。

5.3.3 接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）

1. 定义

在表 5-2 中显示了在各种不同的公共控制信道配置情况下，每个 BCCH 复帧(含 51 个帧)中包含的 CCCH 信道消息块数。由于 CCCH 信道既有准许接入信道又有寻呼信道，因此网络中必须设定在 CCCH 信道消息块数中有多少是保留给准许接入信道专用的。为了让移动台知道这种配置信息，每个小区的系统消息中含有一配置参数，即接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）。

2. 格式

表 5-2 参数 BS AG BLKS RES 编码

CCCH CONF	BS AG BLKS RES 编码	每个 BCCH 复帧中保留给 ACCH 信道的块数
001	000	0
	001	1
	010	2
	其他	—
其他	000	0
	001	1
	010	2
	011	3
	100	4
	101	5
	110	6
	111	7

3. 传送

CCCH CONF 包含于信息单元“控制信道描述”中，在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

在 CCCH CONF 确定以后，参数 BS AG BLKS RES 实际上是分配 AGCH 和 PCH 在 CCCH 上占用的比例，网络操作员可以通过调整该参数来平衡 AGCH 和 PCH 的承载情况，在调整时可以参考下列原则：

1）当 CCCH CONF 确定以后，参数 BS AG BLKS RES 实际上就相当于确定了 AGCH 和 PCH 在 CCCH 上占用的比例。在保证 AGCH 信道不过载的情况下，应尽可能减小该参数，留给 PCH 信道足够的容量，保证移动台能尽早的收到消息，以此来缩短移动台响应寻呼的时间，提高系统的服务性能。

2）BS AG BLKS RES 的一般取值建议为 1（CCCH CONF 为 001）、2 或 3（CCCH CONF 为其他值）。

3）在运行网络中，应统计 AGCH 的过载情况以适当调整 BS AG BLKS RES。

5.3.4 寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）

1. 定义

根据 GSM 规范，每个移动用户（即对应每个 IMSI）都属于一个寻呼组，在每个小区中每个寻呼组都对应于一个寻呼子信道，移动台根据自身的 IMSI 计算出它所属的寻呼组，进而计算出属于该寻呼组的寻呼子信道位置，在实际网络中，移动台只“收听”它所属的寻呼子信道而忽略其他寻呼子信道的内容，甚至在其他寻呼子信道期间关闭移台中某些硬件设备的电源以节约移动台的功率开销（DRX 的来源），寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）是指以多少复帧数作为寻呼子信道的一个循环，实际上该参数确定了将一个小区中的寻呼信道分配成多少寻呼子信道。

2. 格式

BS PA MFRMS 由 3bit 组成，其编码定义如表 5-3 所示。

3. 传送

BS PA MFRMS 包含于信息单元“控制信道描述”中，在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

根据 CCCH、BS AG BLKS RES 和 BS PA MFRMS 的定义，可以计算出每个小区寻呼信道的个数。

当 CCCH CONF=001 时，寻呼信道个数=（3–BS AG BLKS RES）×BS PA MFRMS。

当 CCCH CONF≠001 时，寻呼信道个数（9–BS BLKS RES）×BS PA MFRMS。

表 5-3 参数 BS PA MFRMS 的编码

BS PA MFRS 编码	同一寻呼组在寻呼信道上循环的复帧数
000	2
001	3
010	4
011	5
100	6
101	7
110	8
111	9

由上述分析可知，当参数 BS PA MFRMS 越大，小区的寻呼子信道数也越多，相应属于每个寻呼子信道的用户数越少，使寻呼消息发送密度在时间上和空间上更均匀，但系统总体容量并未增加，因为它是以牺牲寻呼消息在无线信道上的平均时延为代价的，即 BS PA MFRMS 越大会使寻呼消息在空间段的时间延迟增大，系统的平均服务性能降低。当通过话务统计报告发现重发等待的比率较大时，应适当降低参数 BS PA MFRMS 的值，来使刚到的寻呼消息能够尽快地发送出去，防止缓存的溢出。网络操作员在设置 BS PA MFRMS 时建议参考下列原则：

BS PA MFRMS 的选择应以保证寻呼信道不发生过载为原则，在此前提下应使该参数尽可能小。

一般建议：对寻呼信道负载很小的地区，BS PA MFRMS 设置为 100（即以 6 个复帧作为寻呼组的循环）；对寻呼信道负载一般的地区，BS PA MFRMS 设置为 010（即以 4 个复帧作为寻呼组的循环）；对寻呼信道负载较大的地区，BS PA MFRMS 设置为 000（即以 2 个复帧作为寻呼组的循环）。

在运行的网络中应定期测量寻呼信道的过载情况，并以此为根据适当调整 BS PA MFRMS 的数值。当 BS PA MFRMS=8，BS AG BLKS RES=2 时，寻呼子信道配置如图 5-7 所示。

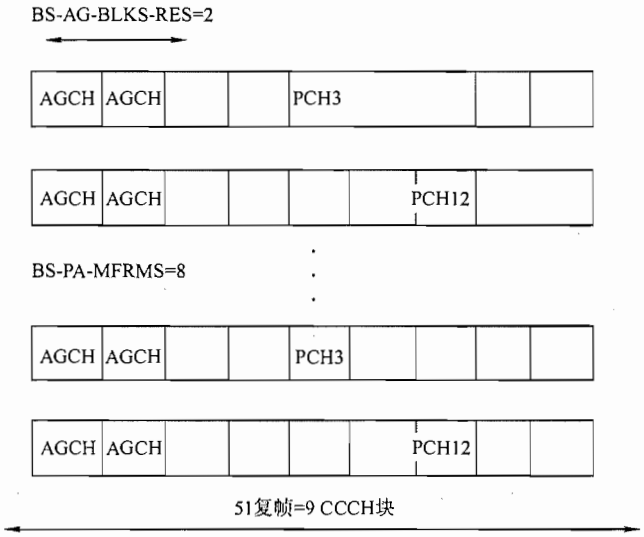


图 5-7 寻呼子信道的配置

5. 注意事项

由于同一个位置区（相同 LAC）中任何一个寻呼消息必须同时在该位置区内的所有小区中发送，因此同

一位置区中每个小区的寻呼信道容量应尽可能相同或接近（指最终计算出的每个小区的寻呼子信道数）。

此外，该参数值的设置还会影响小区重选的判决时长和下行信令链路故障的判决时长。该值设置越大，小区重选的判决时间就越长，下行信令链路故障的判决时间就越短。

5.3.5 周期位置更新定时器（T3212）

1. 定义

GSM 系统中发生位置更新的原因主要有两类：一种是移动台发现其所在的位置区发生变化（LAC 不同）；另一种是网络规定移动台周期性地进行位置更新，周期位置更新的频度是由网络控制的，周期长度由参数 T3212 确定。如图 5-8 所示。

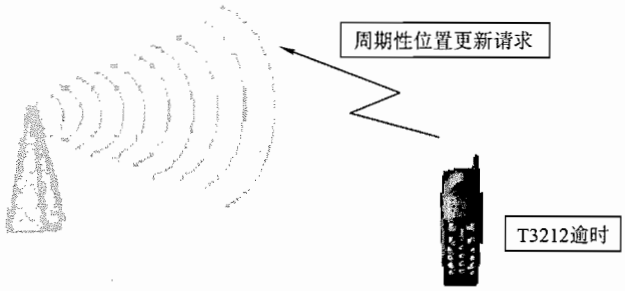


图 5-8 T3212 的影响

2. 格式

T3212 由 8bit 组成，以二进制编码的方式编码，编码格式于表 5-4 所示。

表 5-4 定时器 T3212 编码格式

T3212 编码（二进制）	T3212 编码（十进制）	T3212 表示的时间（分）	T3212 表示的时间（时分）
00000000	0	无穷大	无穷大
00000001	1	6	6
00000010	2	12	12
00000011	3	18	18
…	…	…	
11111101	253	1518	25h18min
11111110	254	1524	25h24min
11111111	255	1530	25h30min

注：编码 1 表示 6min，以此类推编码 255 表示 25h30min，编码 0 表示本小区无需周期的位置更新。

3. 传送

T3212 包含于信息单元“控制信道描述”中，在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

周期位置更新是网络与移动用户保持紧密联系的种重要手段，因此周期时间越短，网络的总体服务性能越好，但频繁的周期更新有两个负作用：一是网络的信令流量大大啬，对无线资源的利率降低，在严重时会直接影响系统中各个实体的处理能力（包括 MSC、BSC 和 BTS）；另一方面则使移动台的功耗增大，使系统中移动台的平均待机时间大大缩短，因此 T3212 的设置需权衡网络各方面的资源利用情况而定。

T3212 可以由网络操作员设置，参数的具体取值取决于系统中各部分的流量和处理能力，一般建议在业务量和信令流量较大的地区，选择较大的 T3212（如 6h、10h，甚至 15h 等），而对业务量较大，信令流量较

低的地区，可以设置 T3212 较小（如 1h、3h 等），对于业务量严重超过系统容量的地区，建议设置 T3212 为 0。为适当地设置 T3212 数值，在运行的网络上应对系统中各个实体的处理能力和流量作全面的、长期的测量（如 MSC、BSC 的处理能力，A 接口、Ubis、接口、Um 接口以及 HLR、VLR 等），上述任何一个环节出现过载时，都可以考虑增大 T3212 的值。

5. 注意事项

T3212 不宜取得太小，因为它不仅使网络各个接口上的信令流量大大增回加并且使移动台（特别是手提电话）的耗电量急剧上升，小于 30min 的 T3212（除 0 以外）可能对网络产生灾难性的影响。

T3212 的单位是 0.1h。当将该值设为 0 时则表示该小区无需位置更新。但该值的设置应小于网络对在其 VLR 中标识为 IMSI 附着的用户做查询周期的值，因为可能会发生这种情况，该移动台在一定时间内未做任何操作，它的周期性位置更新又未到时，而网络因查询到它未做任何操作就会将其 IMSI 的标识改为关机状态，这样网络就不会处理对该移动台的寻呼了。

当移动台做小区选择时，会将该服务小区的 T3212 存储在 SIM 卡中，当发现该值超时后，即触发位置更新程序。当移动台在不同位置区内做小区重选时，由于这对应着一次位置更新，移动台就会去采用新小区的 T3212 值且从 0 开始计时。当移动台做一次呼叫处理时，也会将 T3212 复位。当移动台在不同位置区内做小区重选时，如该两小区的 T3212 一样（例如都为 20），则会根据上一次的计时值继续计时

例：如上次 T3212 的状态是 2/20（其中 2 为目前的计时时间，20 为 T3212 的值），当小区重选后还是 2/20；如果两小区的 T3212 不一样（设 A 小区是 20，B 小区是 8），当移动台在 A 中的状态是 2/20，当重选为 B 时就会变成 2/8，此时当它再重选到 A 时就会变成 14/20。

5.3.6 小区信道描述（Cell Channel Description）

1. 定义

小区信道描述用于使移动台知道本小区使用的射频信道绝对频道号。

2. 格式

GSM 规范中小区信道描述有多种模式，适用于不同的系统。通常，选择何种格式可由生产厂家根据运行部门的应用情况设定。

3. 传送

小区信道描述在每个小区广播信道上的系统消息中发送。

4. 设置及影响

移动站将储存小区信道描述中给出的频道表，移动台用该表格参考计算移动分配信息（用于跳频）。由于移动台用于储存载频表的区域只能储存 64 个频道号，因此小区信道描述中设置的频道数应不多于 64 个（在实际应用中一个小区的频道数通常情况不会超过 64 个）。

小区信道描述是根据网络的频率分配决定的，新建的小区或载频改变的小区需根据当前小区中使用的频道号重新设置，在系统正常运行过程中无须调整。

5. 注意事项

小区信道描述的内容仅用于跳频，因此当网络中采用跳频功能时，必须格外注意小区信道描述的内容是否小区的实际配置一致。

5.3.7 无线链路超时（Radio Link Timeout）

1. 定义

当移动台在通信过程中话音（或数据）质量恶化到不可接受，且无法通过射频功率控制或切换来改善时（即所谓的无线链路故障）。移动台或者启动呼叫重建，或强行拆链，由于强行拆链实际上引入一次“掉话”的过程，因此必须保证只有在通信质量确实已无法接受（通常的用户已不得不挂机）时，移动台才认为无线链路故障。为此 GSM 规范规定，移动台中需有一计数器 S，该计数器在通话开始时被赋予一个初值，即参

数“无线链路超时”的值。若每次移动台在应该收到 SACCH 消息时未收到，S 减 1；反之，移动台每接收到一正确的 SACCH 消息，S 加 2，但 S 不可以超过参数无线链路超时的值，当 S 计到 0 时，移动台报告无线链路故障。

2. 格式

无线链路超时由 4bit 编码组成，编码的定义如表 5-5 所示。

3. 传送

无线链路超时参数由基站在系统消息中发送给移动台。

4. 设置及影响

参数“无线链路超时”的大小会影响网络的断话率和无线资源的利用率。如图 5-9 所示。

若小区 A 和 B 是两个相邻的小区，假设一移动台在通话过程中由 P 点移动至 Q 点，通常将发生一次越区切换，如果无线链路参数设置过小且在 A、B 小区交界处信号质量较差，很容易在启动越区切换前引起无线链路故障而造成断话。反之，若该参数设置过大，则当移动台停留在 P 点附近通话时，尽管话音质量已无法接受，网络却需很长时间（等到无线链路超时）才能释放相关的资源，从而使资源的利用率变低。因此网络操作员设置适当的数值至关重要，该参数的设置与系统的实际应用情况密切相关，一般可以参考下列规则：

1）在业务量稀少地区（一般指边远地区），该参数建议设置在 52～64 之间；

2）在业务量较小，覆盖半径较大（一般指郊区或农村地区），该参数建议设置在 36～48 之间；

3）在业务量较大的地区（一般指城市），该参数建议设置在 20～32 之间；

4）在业务量很大的地区（通常由微小区覆盖），该参数建议设置在 4～16 之间；

5）对于存在明显盲点的小区，或发现在移动过程中断话现象严重。建议将此参数适当增大。

表 5-5 无线链路超时参数编码定义

无线链路超时编码	对应的数值（S）
0000	4
0001	8
0010	12
0011	16
0100	20
0101	24
0110	28
0111	32
1000	40
1001	44
1010	48
1011	52
1101	56
1110	60
1111	64

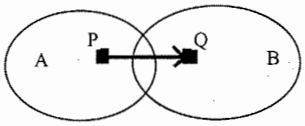


图 5-9 无线链路超时参数应用示意图

5. 注意事项

在基站一侧，同样有无线链路故障的监测，其监测方式可以是基于上行的 SACCH 错误情况，也可以基于上行的接收电平和接收信号质量。基站一侧无线链路故障监测方式由运营者决定，因此与运营者购置的系统相关。必须注意：上、下行的监测标准应在同一个水平上。

5.3.8 邻小区描述（Neighbour Cells Description）

1. 定义

根据 GSM 规范，移动台必须始终测量本小区和邻小区的 BCCH 载频的电平。为了使移动台知道与当前小区相邻有哪些小区，在每个小区的系统消息中都会周期广播邻小区的描述信息，该信息中列出了与当前小区相邻的小区 BCCH 载频的绝对频道号。移动台必须从系统消息中提取该信息作为测量邻区信号的依据。

2. 格式

邻小区描述有多种格式可以表示，一般由生产厂商确定，网络操作员只需输入邻区的 BCCH 载频号及其相应的 BSIC 即可。

3. 传送

邻小区描述在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

GSM 网络中，小区间的相邻关系在网络拓扑设计时已经确定，在建网的过程中必须按照拓扑设计来设置每个小区的邻小区描述信息。另外，当网络发生改变时，如增加了基站或改变了网络的频率配置，网络操作员必须严格地按照改变后的小区相邻关系重新设置邻小区描述信息。邻小区描述实际上确定了移动台发生越区切换时可能的目标小区，邻小区描述设置不当，往往是发生掉话的一个重要原因。另外由于实际的网络拓扑结构与理论计算经常存在较大的不同，网络操作员必须根据实际的邻区关系对邻小区描述信息进行修改。如图 5-10 所示。

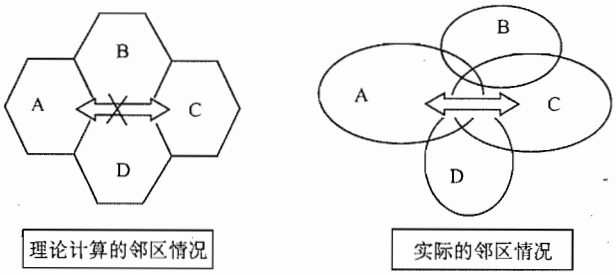


图 5-10　邻区分配示意图

在理论计算的邻区关系图中，可见小区 A 和 C 不属于邻区。假设一移动台在通话过程中由 A 小区移动到 C 小区，则移动台需经过两次越区切换，同时由于该路径上 D 小区的信号较差因而较易掉话，实际上小区 A、B、C 和 D 的实际覆盖通常上图所示的情况。因此若在小区 A 和 C 中的邻区描述中相应地加入小区 C 和 A 的 BCCH 载频号，则当移动台由 A 小区移动到 C 小区时就不容易引起掉话。

与小区覆盖有关的另一个范例示图 5-11。

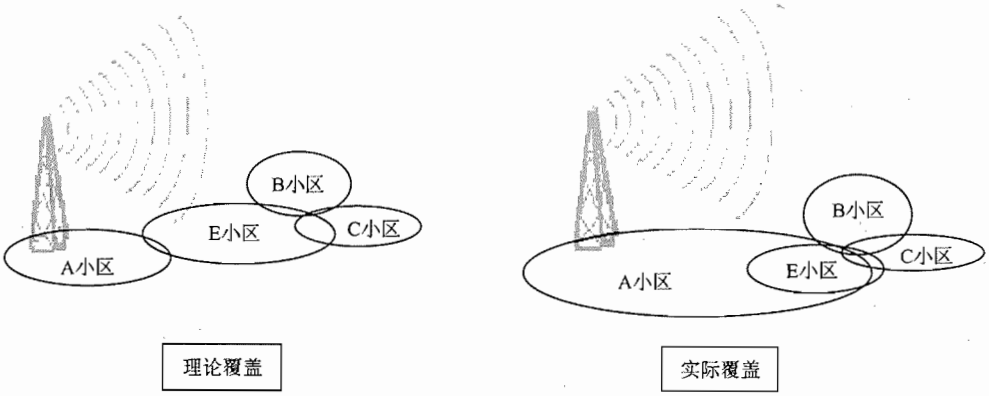


图 5-11　跨区覆盖示意图

图中小区 A 的功率输出出现了部分的泄漏，覆盖了远离该区域的部分（图中阴影区，即所谓的跨区覆盖现象，若移动台在阴影区中通话，且从该区域向基站 B 或基站 C 的方向移动，由于在小区 A 的邻区描述中没有小区 B、C 的频道号码因此必然引起掉话。跨区覆盖现象通常是由于基站 A 的天线位置过高，功率偏大所致，对于 GSM 建网初期建造的 BTS 通常有此类问题，因为在建网初期的主要矛盾是覆盖范围问题，对于跨区覆盖现象最佳的解决方案是调整基站 A 对阴影区的覆盖，但是在实际工程中基站的天线位置通常不易改变甚至根本无法改变，一个更为简单易行的办法是在小区 A 的邻区描述中加入小区 B、C 的 BCCH 频点号码（小区 B、C 的邻区描述中无需加入小区 A 的 BCCH 频点号）。注意：这一方式的应用需保证在小区 A 的所有邻区中没有与小区 B 和 C 使用相同频率和 BSIC 的小区存在，并且在通常情况下不建议采用此方式。

上述的范例表明，每个小区的邻区描述应在理论计算的基础上设置，并在实际测量的结果下调整。

5.3.9 允许的网络色码（NCC PERMITTED）

1. 定义

MS 在专用模式下（通话过程中），移动台需向基站报告它测量得到的邻小区的信号情况。但每次的报告中最多只能容纳 6 个邻小区，因此应尽可能使移动台只报告有可能成为切换目标小区的情况，而非毫无选择地、仅按信号电平大小来报告（通常应使移动台不报告其他 GSM PLMN 的小区）。上述功能可以通过限制移动台仅测量网络色码为某些固定值的小区来实现，参数允许的网络色码（NCCPermitted）列出了移动台需测量的小区 NCC 码的集合。

由于每个小区的 SCH 信道上不断传送 BSIC，而 BSIC 的高 3bit 正是网络色码 NCC，因此移动台只需将测量得到的邻区的 NCC 与 NCC Permitted 比较。若在该集合中，就报告给基站，否则将测量的结果丢弃。

2. 格式

参数“允许的网络色码”由一个字节（8bit）组成，字节中最高位定义为比特 7，最低位定义为比特 0，每个比特对应于一个 NCC 代码（0～7）。若比特 N 为 0（0≤N≤7）则移动台不应测量 NCC 为 N 的小区电平（无论该小区的频道号是否列于邻小区的信道描述消息中），也就是说，移动台仅测量网络色码与参数“允许的网络色码”中设置为 1 的比特号相对应的小区的信号质量和电平（所测量的小区必须是当前服务小区或 BCCH 频率表中规定的邻区）。

3. 传送

参数“允许的网络色码”在每个小区广播的系统消息 2 和 6 中周期传送。

4. 设置及影响

由于 MS 不能上报 NCC 设置为 0 的网络的邻区信息，如果本参数设置不当，将导致 MS 在通话状态下无法正常发起切换而引起的越区掉话。

NCC 只允许影响移动台在通话过程中的行为，影响边界切换问题，对移动台空闲状态下进行网络选择没有影响。

5.3.10 最大重发次数（MAX RETRANS）

1. 定义

移动站在启动立即指配过程时（如移动台需位置更新、启动呼叫或响应寻呼时）将在 RACH 信道上向网络发送“信道请求”消息。由于 RACH 是一个 ALOH 信道，为了防止系统未能正确的接收 RACH 的接入请求，提高移动台接入的成功率，网络允许移动台在收到立即指配消息前发送多个信道请求消息。最多允许重发的次数 M（MAXretrans）则由网络确定。

2. 格式

M 在系统消息中由 2bit 组成，其意义如表 5-6 所示（参见 GSM 规范 04.08 表 10.48）：

表 5-6 最大重发次数 M 的编码形式

M	最大重发次数
00	1 次
01	2 次
10	4 次
11	7 次

3. 传送

最大重发次数包含于信息单元“RACH 控制参数”中，在每个小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

网络中每个小区的最大重发次数是可以由网络操作员设置的，一般地说 M 越大，试呼的成功率越高，接通率也越高，但同时 RACH 信道、CCCH 信道和 SDCCH 信道的负荷也随之增大。在业务量较大的小区，若最大重发次数过大容易引起无线信道的过载和拥塞，从而使接通率和无线资源利用率大大降低。相反，若最大重发次数过小，就会使移动台的试呼成功率降低而影响网络的接通率，因此合理地设置每个小区的最大重发次数是充分发挥网络无线资源和提高接通率的重要手段。

最大重发次数 M 的设置通常可以参考下列方法：

1）对于小区半径在 3km 以上，信令信道业务量较小的地区（一般指郊区或农村地区），M 可以设置为 11（即最大重发次数为 7）以提高移动台接入的成功率；

2）对于小区半径小于 3km，信令信道业务量一般的地区（指城市的非繁忙地区或郊区），M 可以设置为 10（即最大重发次数为 4）；

3）对于微蜂窝或信令信道业务量较高的地区，建议 M 设置为 01（也就是最大重发次数为 2）；

4）对于业务量很大的微蜂窝区和出现明显拥塞的小区，建议 M 设置为 00（即最大重发次数为 1）；

5）在存在系统干扰的地区，应根据信令信道的业务量尽量提高该值的设置；

6）卫星传输基站建议配置为 4 或更大；

7）对于 SDCCH 重复指配较多的小区，可以减小该值的设置。

5.3.11 发送分布时隙数（TX INTEGER）

1. 定义

由于 GSM 系统中 RACH 信道是一种 ALOH 信道，为了减少移动台接入 RACH 信道时的冲突次数，提高 RACH 信道的效率，GSM 规范中规定了移动台必须采用的接入算法。该算法中应用了三个参数，即：发送分布时隙数 T、最大重发次数 M 和与参数 T 及与信道组合有关的参数 S。

其中参数 M 在本章中已有描述，参数 T 表示移动台连续发送多个信道请求消息时，每次发送之间间隔的时隙数，参数 S 是接入算法中的一个中间变量，由参数 T 和 CCCH CONF 确定。

2. 格式

Tx integer 由 4bit 组成，定义参见表 5-7，参数 S 取值方式由表 5-8 确定。

表 5-7 发送分布时隙数 T 的编码方式

T 的编码	对应时隙数	T 的编码	对应时隙数
0000	3	1000	11
0001	4	1001	12
0010	5	1010	14
0011	6	1011	16
0100	7	1100	20
0101	8	1101	25
0110	9	1110	32
0111	10	1111	50
1000	11		

3. 传送

Tx INTEGER 包含于信息单元“RACH 控制参数”之中，在每个小区广播的系统消息中周期发送。

表 5-8 参数 S 的取值

T	CCH 信道组合方式	
	CCCH 不与 SDCCH 共用	CCH 与 SDCCH 共用
3、8、14、50	55	41
4、9、16	76	52
5、10、20	109	58
6、11、25	163	86
7、12、32	217	115

4. 设置及影响

当移动台接入网络时需启动一次立即指配过程，该过程开始时，移动台将在 RACH 信道上发送（M+1）个信道请求消息，为了减少 RACH 信道上的冲突次数，移动台发送信道请求消息的时间必须遵循下列规则：

1）移动台启动立即指配过程开始到第一个信道请求消息发送之间的时隙数（不包括发送消息的时隙）是一个随机数，这个随机数是属于集合{0，1，…，MAX（T，8）–1}中的一个元素。移动台每次启动立即指配过程时，按均匀分布概率从上述集合中取数。

2）任意两次相邻的信道请求消息之间间隔的时隙数（不包括消息发送时隙）由移动台以均匀分布概率方式从集合{S，S+1，…，S+T–1}中取出。

由上述分析可知，参数 T 越大，移动台发送信道请求消息之间间隔的变化范围越大，RACH 冲突的次数相应越少；参数 S 越大，移动台发送信道请求消息之间的间隔越大，如图 5-12 所示，RACH 信道上的冲突越少，同时 AGCH 信道和 SDCCH 信道的利用率也得到提高（网络每收到一次信道请求，只要有空闲信道都会分配一个信令信道而不论信道请求消息是否由同一个移动台发出）。然而，参数 T 和 S 的增大却会延长移动台的接入时间，从而导致整个网络的接入性能下降。因此必须选择合适的 T 和 S。

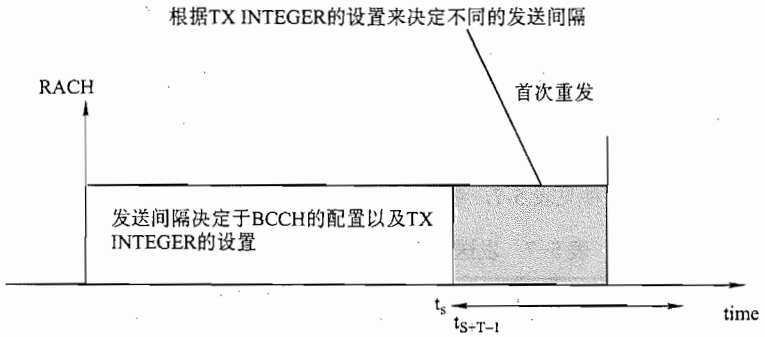


图 5-12 移动台发送信道请求消息之间的间隔

参数 S 实际上是由移动台根据参数 T 和 CCCH 信道的组合情况自行计算得到，而参数 T 则在小区广播的系统消息中周期发送，网络操作员可以根据系统的实际应用情况设置适当的 T 值以使网络的接入性能最佳，T 值的选择一般可参考下列原则：

1）在一般情况下，应取参数 T 使参数 S 尽可能小（以减小移动台接入时间），但必须保证 AGCH 信道和 SDCCH 信道不出现过载。操作过程中，对业务量不明的小区可以任意取一个 T 值使参数 S 最小，若小区的 AGCH 或 SDCCH 信道出现过载则改变 T 使 S 增大一些（参照表 8）直到小区不再出现 AGCH 或 SDCCH 信道过载情况。

2）根据上述原则，可以确定 T 值的取值范围（对应参数 S 的每个取值参数 T 可以取数个值），当小区 RACH 冲突数较大时，应取较大的 T 值（在上述范围内）；在 RACH 冲突数较少（定量分析需在实验以后进行）的情况下，应使 T 值尽可能小。

5. 注意事项

RACH 信道上的冲突次数是一个相当关键的性能参数。

5.3.12 小区接入禁止（CELL BAR ACCESS，CBA）

1. 定义

在每个小广播的系统消息中有一比特信息指示该小区是否允许移动台接入，即小区接入禁止（CELL BAR ACCESS）。

2. 格式

小区接入禁止由 1bit 表示，0 表示允许移动台在本区接入，1 则表示不允许移动台接入本小区（实际上

是否允许移动台接入本小区是由参数“小区接入禁止”和“小区禁止限制”同时决定的)。

3. 传送

CELL BAR ACCESS 包含于信息单元“RACH 控制参数”之中，在每个小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

小区接入禁止是网络操作员可以设置的参数，通常所有的小区均允许移动台接入，因此该比特置为 0，但在特殊情况下，运营者可能希望某个小区只能用于切换业务，这种要求可以通过设置该比特为 1 来实现（CBQ 需为 0）。

如图 5-13 所示，假设 A 为繁忙区（大城市商业区等），为了在有限的频率资源下提高该区域的接入性能通常采用微蜂窝的覆盖方式，同时为了使移动台在高速移动时减少越区切换的次数，通常采用双层网的概念，即建立基站 A（容量可以较小）覆盖整个区域 A。一般情况下，移动台均工作于微蜂窝中（可以设置小区的优先级和适当的重选参数来达到此目的），当移动台在通话过程中高速移动时，网络将强制移动台切换至基站 A，若通话完毕时移动台恰好停留在基站 A 附近且处于微蜂窝小区的边缘，由于基站 A 的信号质量将远远优于微蜂窝基站的信号，根据 GSM 规范的规定，移动台不会启动小区重选过程，因此移动台将无法返回微蜂窝小区中。由于基站 A 的容量一般都较小，上述情况的发生会导致基站 A 的拥塞。解决这一问题的方法是将基站 A 的小区接入禁止位置设置为 1，即禁止移动台直接接入基站 A，只允许切换业务进入基站 A 的覆盖区。

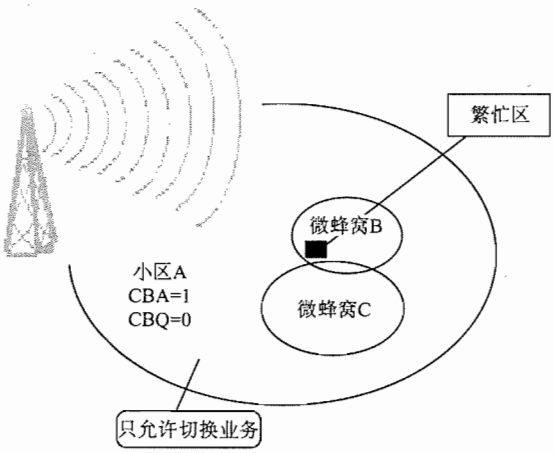


图 5-13 小区接入禁止示意图

小区接入禁止设为 1 且小区禁止限制设为 0 时，则该小区只允许切换业务，而不允许移动台直接接入，这种做法常被用在微蜂窝和双频网的覆盖环境下。如在双层覆盖的情况下，可用底层网络来吸引话务量而用上层网络来保证覆盖。当上层小区的覆盖区业务量较大时，为了防止拥塞可使用该做法来禁止移动台接入该小区而迫使它去选择其底层的小区，上层小区仅支持移动台的切换业务以防止掉话。

5. 注意事项

小区接入禁止仅用于一些特殊的场合，一般的小区该参数应该设置为 0。

5.3.13 接入等级控制（AC）

1. 定义

在某些特殊的情况下，运营者希望在某些特殊区域中禁止全部或部分移动台发出接入请求或寻呼响应请求，例如，在某些地区出现紧急状态或某个 GSM 公用陆地移动网发生严重故障等。因此，GSM 规范规定一般给每一个 GSM 用户（一般用户）分配一个接入等级，接入等级分为等级 0～等级 9 等十种，它们储存于移动用户的 SIM 卡中。对于一些特殊用户 GSM 规范保留有 5 个特殊的接入等级，即等级 11～等级 15，这些等级通常具有较高的接入优先级，特殊用户同时可以拥有一个或多个接入等级（11～15 之间），它们的接入等级同样储存于用户的 SIM 卡中，接入等级的分配如下：

1）等级 0～9：普通用户；

2）等级 11：用于 PLMN 的管理等；

3）等级 12：安全部门应用；

4）等级 13：公用事业部门；

5）等级 14：紧急业务；

6）等级 15：PLMN 职员。

接入等级为 0～9 的用户，其接入权力同时适用于归属的 PLMN 和拜访的 PLMN；接入等级为 11 和 15 的用户，其接入权力仅适用于归属的 PLMN；接入等级为 12、13、14 的用户，其接入权力适用于归属 PLMN 所属的国家区域内。

接入等级为 11～15 的用户比接入等级为 0～9 的用户具有较高的接入优先级，但在接入等级 0～9 之间以及在接入等级 11～15 之间，接入等级数值的大小并不表示接入优先级的高低。

2. 格式

接入等级控制参数由 16bit 组成，分别为 C0～C15，以比特映射的方式分别对应于 15 个接入等级（其中 C10 表示紧急呼叫允许），某一比特为 0 表示不允许具有相应接入等级的移动台的接入本小区，否则，则允许接入，必须注意接入等级的限制不能影响移动台的小区选择和重选过程。

3. 传送

接入等级控制参数包含于信息单元“RACH 控制参数”之中，在每个小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

C0～C15（不包括 C10）可以由网络操作员设定，一般情况下这些比特应被设置成 1，合理地设置这些比特对网络的优化具有很大的影响，主要表现在下列方面：

1）在基站的安装，开通过程中或在对某些小区的维护测试过程中，操作员可以将 C0～C9 设置为 0，以强行禁止普通用户的接入从而减小对安装工作或维护工作的不必要影响。

2）在一些业务量很高的小区，忙时会出现拥塞现象，表现为 RACH 冲突次数较高，AGCH 流量过载，Abis 接口流量过载等等，在 GSM 规范中，有许多方式处理过载与拥塞现象，但大多数方式会影响设备资源的利用率，网络操作员可以采用设置适当的接入控制参数（C0～C15）来控制小区内的业务量。例如当小区出现业务量过载或拥塞时，设置某些 Ci 为 0，强制这些接入等级的移动台不可以接入本小区（Ci 的改变对正在通信过程中的移动台没有影响），从而减少小区内的业务量。上述方式的缺点是将会使某些移动台受到“不公平”的待遇，为解决这一问题，可以周期地改变小区中 C0～C9 的数值，如以五分钟为间隔，交替允许接入等级为奇数和偶数的移动台接入。

5.3.14 等待指示（WAIT INDICATION，T3122）

1. 定义

当网络收到移动台发送的信道请求消息后，若没有合适信道分配给移动台，则网络发送立即指配拒绝消息给移动台。为了避免移动台不断进行信道请求而造成无线信道的进一步阻塞，在立即指配拒绝消息中包含定时参数 T3122，即所谓的等待指示信息单元。如图 5-14 所示，移动台在收到立即指配拒绝消息后必须经过 T3122 指示的时间后才能发起新的呼叫。

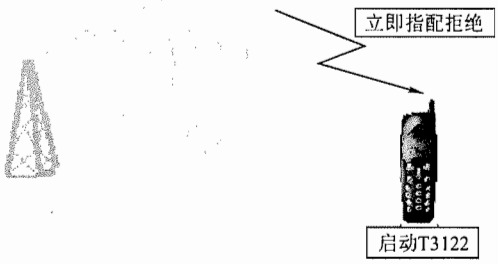


图 5-14 T3122 的影响

2. 格式

T3122 由一个字节组成，以二进制形式编码，表示移动台必须等待的时间（以 s 为单位），因此它的定时长度为 0～255s。

3. 传送

T3122 实际上是当网络中的无线资源缺乏时，强制移动台在一次试呼失败后发起新的一次试呼前必须等待的时间，因此它的取值对网络性能的影响较大，T3122 设置过短，则在无线信道负荷较大时容易引起信道的进一步阻塞。

T3122 设置原则是在网络的公共控制信道（CCCH）不发生过载的情况下，应使 T3122 尽可能小，通常

建议 T3122 的一般设置为 10～15s，在业务量密集地区设置为 15～25s。

4. 注意事项

根据各个地区话务量的不同，每个小区的 T3122 设置都可能不同，即使对于同一个小区，在不同的时间段，业务量也会有很大的不同，因此在同一个小区，T3122 可以动态地重新配置。

5.3.15 多频段指示（Multiband Reporting）

1. 定义

在单频段的 GSM 系统中，移动台向网络报告邻区测量结果时，只需报告一个频段内信号最强的 6 个邻区的内容。当多频段共同组网时，运营者通常根据网络的实际情况希望移动台在越区切换时，优先进入某一频段，因此希望移动台在报告测量结果时不仅根据信号的强弱，还需根据信号的频段。参数“多频段指示（MULTIBAND REPORTING）”即用于通知移动台需报告多个频段的邻区内容。

2. 格式

多频段指示（MULTIBAND REPORTING）由 2bit 表示，参数意义如下：

（1）00：移动台需根据邻区的信号强度，报告 6 个信号最强的 NCC 已知的且是允许的邻区测量结果，而不管邻区处于哪个频段。

（2）01：移动台需报告邻区表中包含的每个频段（不包含当前服务区所用频段）的、信号强度最强、NCC 已知并且是允许的一个邻区测量结果，在剩余位置上报告当前服务区所用频段中的邻区。若还有 NCC 剩余位置，则报告其余邻区的情况，而不管邻区处于哪个频段。

（3）10：移动台需报告邻区表中包含的每个频段（不包含当前服务区所用频段）中、信号强度最强、NCC 已知且是允许的两个邻区的测量结果，在剩余位置上报告当前服务区所用频段中的邻区，若还有剩余位置，则报告其余邻区的情况，而不管邻区处于哪个频段。

（4）11：移动台需报告邻区表中包含的每个频段（不包含当前服务区所用频段）中、信号强度最强、NCC 已知且是允许的三个邻区的测量结果，在剩余位置上报告当前服务区所用频段中的邻区，若还有剩余位置，则报告其余邻区的情况，而不管邻区处于哪个频段。

3. 传送

多频段指示（MULTIBAND REPORTING）包含于信息单元“邻小区描述”中，在每个小区广播的系统消息 2ter 和 5ter 中发送。

4. 设置及影响

多频段指示（MULTIBAND REPORTING）的取值范围是 0～3，在多频段应用的环境下，它的取值与各个频段中的业务量有关，一般在设置时可以参考下列原则：

1）各频段的业务量基本相同，运营者对频段无选择性时，应设置多频段指示为“00”；

2）各频段的业务量明显不同，运营者希望移动台能优先进入某一频段，应设置多频段指示为“11”；

3）介于上述两种情况间时，可设置多频段指示为“01”或“10”。

在目前中国移动的 GSM 网上，有的地区是 GSM1800 系统与 GSM900 系统共同组网，由于在组网初期，GSM1800 系统的业务量很小，一般希望移动台能尽可能地工作于该频段上，因此应设置 GSM1800 小区的切换优先级较高，相应的多频段指示应选择“11”为宜。

例：设 MS 此时在 GSM900 上，如图 5-15 所示，参数多频段指示（MULTIBAND REPORTING）的设置对测量报告的影响为：

1）当 MULTIBAND REPORTING=00 时（不考虑频段，六个最强的小区），MS 将报告 F、H、A、C、E、B；

2）当 MULTIBAND REPORTING=01 时（本频段外的 1 个信号最强小区），MS 将报告 A、F、H、E、G、I；

3）当 MULTIBAND REPORTING=10 时（本频段外的 2 个信号最强小区），MS 将报告 A、C、F、H、E、

G；

4）当 MULTIBAND REPORTING=11 时（本频段外的 3 个信号最强小区），MS 将报告 A、C、B、F、H、E。

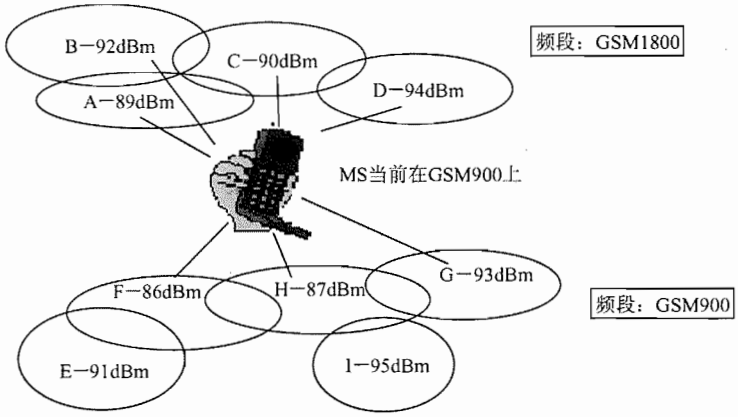


图 5-15　参数 Multiband reporting 对测量报告的影响

5. 注意事项

在单频段系统中，不应该使用系统消息 2ter 和 5ter，因此不存在参数“多频段指示”。

5.3.16　干扰带门限 1～5

1. 定义

按 GSM 规范 05.08 的规定，BTS 必须测量所有空闲信道上行链路的干扰电平，其目的是为无线资源的管理和分配提供依据。另外，BTS 必须对所测得的结果进行分析，将干扰电平分成 5 个级别报告给 BSC。对于 5 个干扰级别的划分（即所谓干扰带），则由操作人员通过人机界面进行设置。参数“干扰带门限 1～5”确定了划分 5 个干扰带的边界。统计干扰带结果可以为各种门限设置及干扰分析提供依据。

2. 格式

干扰带门限 1～5 的取值范围为–110dBm～–47dBm。当测得的干扰电平处于–110dBm 与 band1 之间时，则干扰级别为 0；当测得的干扰电平处于 band1～band2 之间时，则干扰级别为 1；依此类推。

3. 传送

干扰带门限为系统的内部参数，仅在相应的 OM 信道上传送，不出现在 Um 接口上。

4. 设置及影响

干扰带的划分应有利于说明系统中的干扰情况。一般建议采用系统的默认参数，即：

- band0=–110dBm（系统规定）
- band1=–100dBm
- band2=–95dBm
- band3=–90dBm
- band4=–85dBm
- band5=–47dBm（系统规定）

这些值定义了 5 个干扰区间，可在 OMC_上显示每个自由信道相应的干扰级别。应根据小区内干扰电平的分布来设置干扰门限值。

测量空闲信道（TCH 或 SDCCH）的上行信号强度（BTS），就是测量该信道的干扰（I）：

- 可以为信道分配时提供参考，使得干扰小的信道被优先分配；

- 基于对空闲信道测量的统计，可以对网络的质量进行评估，同时有助于频率规划；
- 若某些频率始终干扰较大，说明频率规划中对频率的使用不均衡；
- 若干扰较大，且起伏波动较慢，说明可能有外部干扰；
- 若干扰较大，且起伏波动较快，说明是同邻频信道的分配或释放造成的；
- 跳频时，由于测量值是跳频集合中各频点测量的平均值，因此无法指出是哪个频点干扰较大；
- 空闲信道的测量方式与连接模式下的测量方式相同。

一般情况下，空闲信道干扰电平都较小，因此 band1～band4 的值应较小。当系统中出现明显的较大干扰时，为了确切了解干扰的大小，可以将 band1～band4 适当增大。

5. 注意事项

定义门限值时主要考虑：

1）BTS 灵密度。下门限值应与系统的测量精度相匹配。

2）网络设计所允许的 C/I 值。一般可将上门限值按系统内最大干扰设置，这样利于检测外部干扰。对一个实际运营中的 GSM 网，可在若干有代表性的小区内，检测最大干扰平均值，并以此为上门限值。如无特殊考虑，门限值宜均匀分布在定义范围内。

3）设置时必须注意 band1～band4 的对应关系，保证 band 1≤band 2≤band 3≤band 4。

5.4　小区选择与重选参数

当移动台开机后，它会试图与一个公用的 GSM PLMN 取得联系，因此移动台将选择一个合适的小区，并从中提取控制信道的参数和其他系统消息，这种选择过程称为“小区选择”，如图 5-16 所示。所谓合适的小区受许多因素的限制如该小区是否属于所选择的网络（在人工网络选择模式下）、小区是否被禁止接入、小区的优先级、移动台的接入等级是否被该小区禁止以及无线信道的质量是否能满足通信的需要等等，其中无线信道的质量是小区选择的重要因素，在 GSM 规范中规定了一个参数称作路径损耗准则 C_1，所谓合适的小区是指必须保证该小区的 $C_1>0$，C1 由下列公式计算得到。

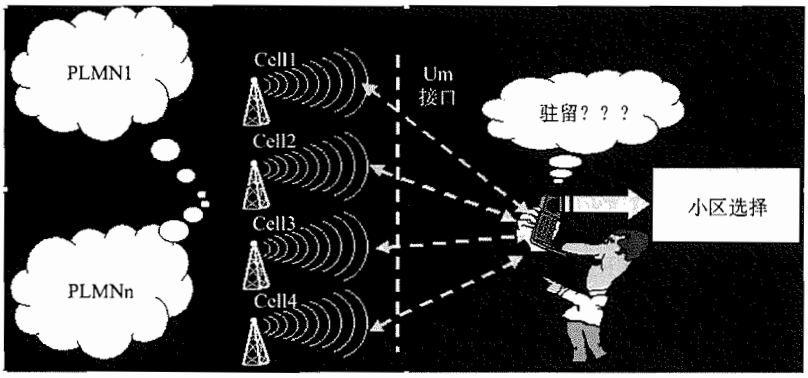


图 5-16　小区选择和重选参数影响

$$C_1=RXLEV-RXLEV\ ACCESS\ MIN-\mathrm{Max}(MS\ TXPWR\ MAX\ CCH-P,\ 0)$$

式中　*RXLEV*——接收的平均电平；

RXLEV ACCESS MIN——移动台允许接入的最小接收电平；

MS TXPWR MAX CCH——控制信道最大功率电平；

P——移动台最大的输出电平。

MAX(X, Y)=Y，若 $X\geqslant Y$。

MAX(X, Y)=Y，若 $X\leqslant Y$。

C_1 是由每个移动台计算得到的，计算 C_1 的参数均由网络在系统消息中广播，与 C_1 有关的参数的选择请参见下列相应的章节。

移动台选择小区后，在各种条件不发生重大变化的情况下，移动台将停留在所选的小区中，同时移动台开始测量邻近小区的 BCCH 载频的信号电平，记录其中信号电平最大的 6 个相邻小区，并从中提取出每个相邻小区的各类系统消息和控制信息，在满足一定的条件时移动台将从当前停留的小区转移到另一个小区，这个过程称为小区重选。所谓一定的条件包括多方面的因素，如小区的优先级、小区是否被禁止接入等等，其中有一个重要的因素是无线信号的强度，当邻区的信号强度超过本小区时会引起小区重选。小区重选时采用的信道质量标准为参数 C_2，其计算方式如下：

$$C_2=C_1+CELL\ RESELECT\ OFFSET-TEMPORARY\ OFFSET\times \mathrm{H}(PENALTY\ TIME-T)$$

当 *PENALTY TIME* 不等于 11111 时

$$C_2=C_1-CELL\ RESELECT\ OFFSET$$

当 *PENALTY TINE* 等于 11111 时

其中：

当 $X<0$ 时：函数 $\mathrm{H}(X)=0$；

当 $X\geqslant 0$ 时：函数 $\mathrm{H}(X)=1$。

T 是一定时器，它的初始值为 0，当某小区被移动台记录在信号电平最大的六个小区表中时，则对应该小区的计数器 T 开始计数，精度为一个 TDMA 帧（约 4.62ms），当该小区从移动台信号电平最大的六个邻区表中去除时，相应的计数器 T 被复位。

CELL RESELECT OFFSET 用来人为地修正小区重选参数 C_2

TEMPORARY OFFSET 的作用是：从计数器 T 开始计数至计数器 T 的值达到 *PENALTY TIME* 规定的时间期间，给 C_2 一个负作用的修正。

PENALTY TIME 是 *TEMPORARY OFFSET* 作用于参数 C_2 的时间，但 *PENALTY TIME* 的全 1 编码保留用于改变 *CELL RESELECT OFFSET* 对 C_2 作用的指示。

CELL RESELECT OFFSET、*TEMPORARY OFFSET* 和 *PENALTY TIME* 是小区重选参数，当小区重选参数 *PI* 为 1 时，它们在小区的 BCCH 信道上广播；若 *PI*=0，则移动台认为上述三个参数为 0，因此 $C_2=C_1$。

若移动台计算某邻区（下当前小区位于同一位置区）的 C_2 值超过移动台当前停留小区的 C_2 值，且维持 5s 以上，则移动台将启动小区重选而进入该小区。若移动台测量到一个与当前小区不在同一个位置区的小区，其计算得到的 C_2 值起过当前小区 C_2 值与小区重选滞后参数的和且维持 5s 以上，则移动台将启动小区重选而进入该小区。但必须注意，每次由参数 C_2 引起的小区重选至少间隔 15s，这是为了避免移动台频繁的进行小区重选。

5.4.1 小区重选滞后（Cell RESelection Hysteresis）

1. 定义

移动台进行小区重选时，若原小区和目标小区属不同的位置区，则移动台在小区重选后必须启动一次位置更新过程。由于无线信道的衰落特性，通常在相邻小区的交界处测量得到的两个小区的 C_2 值会有较大的波动，从而使移动台频繁地进行小区重选，尽管移动台两次小区重选的间隔时间不会小于 15s，但对位置更新而言 15s 的时间是极期短暂的，它不但使网络的信令流量大大增加、无线资源得不到充分利用，并且由于移动台在位置更新的过程中无法响应寻呼而使系统的接通率降低。

为了减小这一问题的影响，GSM 规范设立了一个参数，称为小区重选滞后，要求邻区（位置与本区不同）信号电平必须比本区信号电平大，且其差值必须大于小区重选滞后规定的值时移动台才启动小区重选，如下图 5-17 所示。

2. 格式

小区重选滞后由 3bit 组成，3bit 编码的意义示于表 5-9。

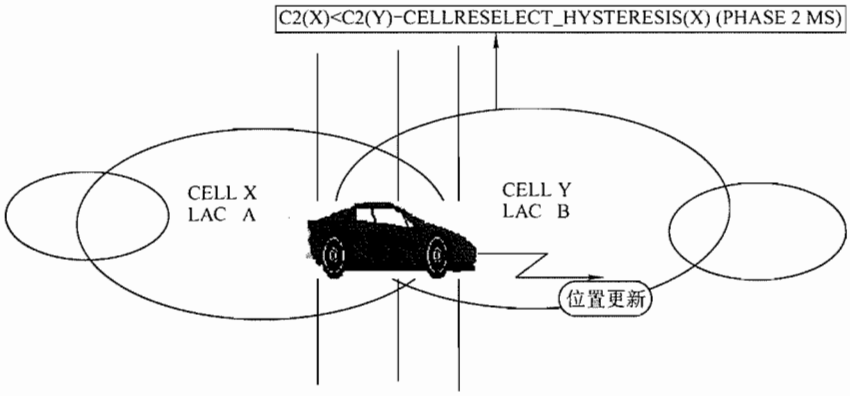


图 5-17　小区重选滞后的影响

3. 传送

小区重选滞后包含于信息单元“小区选择参数（CELL SELECTION PARAMETER）”中，该信息单元在每个小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

选择合适的小区重选滞后电平对网络优化有重要的意义。

小区重选滞后通常建议设置为 100 或 101（即重选滞后电平为 8dB 或 10dB），在下列情况下建议作适当的调整：

1）当某地区的业务量很大，经常出现信令流量过载现象时，建议将该地区属于不同 LAC 的相邻小区的小区重选滞后参数增大。

2）若属于不同位置区的相邻小区重叠覆盖范围较大时，建议增大小区重选滞后参数。

3）若属于不同 LAC 的相邻小区在邻接处的覆盖较差，即出现覆盖的“缝隙”时，或这种邻接处地理位置处于高速公路等慢速移动物体较少的地区，建议将小区重选滞后参数设置 2～6dB 之间。

5. 注意事项

除非常特殊的情况外，建议该参数不要设置为 0dB。

表 5-9　小区重选滞后参数编码

小区重选参数	滞后电平值
000	0dB
001	2dB
010	4dB
011	6dB
100	8dB
101	10dB
110	12dB
111	14dB

5.4.2　控制信道最大功率电平（MS TXPWR MAX CCH）

1. 定义

移动台与 BTS 的能领先过程中，其发射功率是受网络控制的，网络通过功率命令（POWER COMMAND）对移动台进行功率设置，该命令在慢速随路控制信道（SACCH）上传送，（SACCH 有两个头字节，一个是功率控制字节，另一个是时间提前量），移动台必须从下行的 SACCH 中提取功率控制字节，并以其规定的发射功率作为输出功率。若移动台的功率等级无法输出该功率值，则以能输出的最相近的发射功率输出。

由于 SACCH 是随路信令，它必须在其他信道如 SDCCH，TCH 出现以后才开始使用，移动台在收到 SACCH 前使用的功率（即在发送 RACH 时使用的功率）则由控制信道最大功率电平（MS TXPWR MAX CCH）决定。

2. 格式

控制信道最大功率电平由 5bit 组成，它对应于 GSM 规范 05.05 规定的移动台输出功率等级，编码格式如表 5-10 所示。

表 5-10 控制信道最大功率电平编码

控制信道最大功率电平编码		移动台输出功率	
2 进制	对应 10 进制	GSM900	GSM1800
00000	0	—	30dBm
00001	1	—	28dBm
00010	2	39dBm	26dBm
00011	3	37dBm	24dBm
00100	4	35dBm	22dBm
00101	5	33dBm	20dBm
00110	6	31dBm	18dBm
00111	7	29dBm	16dBm
01000	8	27dBm	14dBm
01001	9	25dBm	12dBm
01010	10	23dBm	10dBm
01011	11	21dBm	8dBm
01100	12	19dBm	6dBm
01110	13	17dBm	4dBm
01110	14	15dBm	2dBm
01111	15	13dBm	0dBm
10000	16	11dBm	—
10001	17	9dBm	—
10010	18	7dBm	—
10011	19	5dBm	—
10100～11111	20～63	—	—

3. 传送

控制信道最大功率电平包含于信息单元“小区选择参数（CELL SELECTION PARAMETER）”中，该信息单元在每个小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

控制信道最大功率电平是关系到移动台接入成功率和邻信道干扰的重要参数，可以由网络操作员设定。该参数设置过大（指移动台输出的功率）时，在基站附近的移动台会对本小区造成较大的邻信道干扰，影响小区中其他移动台的接入和通信质量；反之，若该参数设置过小（指移动台输出的功率）则使在小区边缘的移动台接入成功率降低。

控制信道功率电平的设置原则为：在确保小区边缘外移动台有一定的接入成功率的前提下，尽可能减小移动台的接入电平，显然，小区覆盖面积越大，要求移动台输出的功率电平越大，该参数一般的设置建议为 5（对应 GSM900 移动台）和 2（对应 GSM1800 移动台）。在实际应用中，设定该参数后，可以通过实验方式，即在小区边缘做拨打试验，在不同的参数设置下测试移动台的接入成功率和接入时间以决定提高或降低该参数的数值。

5.4.3 允许接入最小接收电平（RXLEV ACCESS MIN）

1. 定义

为了避免移动台在收收信号电平很低的情况下接入系统（接入后的通信质量往往无法保证正常的通信过程），而无法提供用户满意的通信质量且无谓地浪费网络的无线资源，在 GSM 系统中规定，移动台需接入网

络时，其接收电平必须大于一个限电平，即：移动台允许接入的最小接收电平（RXLEV ACCESS MIN 或简称 RXAM）。

它的影响如图 5-18 所示。

2. 格式

RXLEV ACCESS MIN 由 6bit 组成，它的编码码格式参见表 5-11 所示。

3. 传送

允许接入的最小接收电平包含于信息单元“小区选择参数（CELL SELECTION PARAMETER）”中，该信息单元在每个小区广播的系统消息中周期发送。

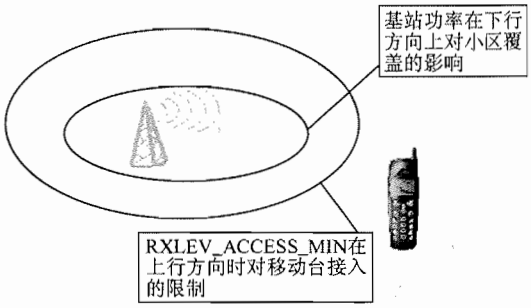


图 5-18 RXLEV ACCESS MIN 的影响

表 5-11 移动台允许进入最小电平参数编码

RXLEVACCESSMIN 编码		对应电平值
2 进制	10 进制	
000000	0	−110dBm
000001	1	−109dBm
00010	2	−108dBm
…	…	…
111101	61	−47dBm
111110	62	−48dBm
111111	63	大于−48dBm

4. 设置及影响

RXLEV ACCESS MIN 是网络操作员可以设置的，通常建议的数值应近仅移动台的接收灵敏度，由于 RXLEV ACCESS MIN 还影响到小区选择参数 C_1，因此灵活地设置该参数对网络业务量的平衡和网络的优化至关重要。

对于某些业务量过载的小区，可以适当提高小区的 RXLEV ACCES MIN，从面使该小区的 C_1 和 C_2 值变小，小区的有效覆盖范围随之缩小。但 RXLEV ACCESS MIN 的值不可取得过大，否则会在小区交界处人为造成“盲区”，采用这一手段平衡业务量时，建议 RXLEV ACCESS MIN 的值不超过−90dBm。

5. 注意事项

除了在一些基站密度较高，无线覆盖较好的地区外，一般不建议采用 RXLEV ACCESS MIN 来调整小区的业务量。为了避免移动台在接收电平很低的情况下接入系统（此时接入后的通信质量往往很差，以至于无法保证正常的通信过程），导致无法提供用户满意的通信质量，从而无谓的浪费无线资源。因此 GSM 规范规定移动台在接入网络时其接收电平必须大于参数 RXLEV ACCESS MIN 所定义的值。

当减小该值时，将扩大小区允许接入的范围（其下限是移动台接收灵敏度），但在边缘地带的通话质量会很恶劣，容易引起掉话，而且此时由于上行信号很弱，会导致在功率控制下移动台以最大功率发射，从而增加上行信号干扰。

5.4.4 附加重选参数指示（ACS）

1. 定义

根据 GSM 规范的定义，移动台的小区选择和重选依赖于参数 C_1 和 C_2，其中，是否用 C_2 作为小区重选参数是由网络运营者决定的，附加重选参数指示（ACS）用于通知移动台在小区重选过程中否采用 C_2。

2. 格式

ACS 由 1bit 组成，基意义如下：

1）在系统消息 3 中，ACS 比特无意义，设备生产厂商应设置该比特为 0；

2）在系统消息 4 中，当 ACS 为 0 时表示，若系统消息 4 的剩余字节（SI4RestOctets）存在，则移动台应从中取出有关小区重选的参数 *PI* 和与计算 C_2 有关的参数；当 ACS 为 1 时表示，移动台应从系统消息 7 或 8 的剩余字节中提取与小区重选参数 *PI* 和与计算 C_2 有关的参数。

3. 传送

附加重选参数指示（ACS）在每个小区的系统消息 3 和 4 中周期广播。

4. 设置及影响

由于在一般小区的组态中很少采用系统消息 7 和系统消息 8（这是两个可选的系统消息类型），因此 ACS 一般设置为 0。当小区中采用系统消息 7 和 8，且小区重选采用参数 C_2 时，应设置 ACS 为 1。

5.4.5 小区重选参数指示（PI）

1. 定义

小区重选参数指示（PI）用于通知移动台是否采用 C_2 作为小区重选参数及计算 C_2 的参数是否存在。

2. 格式

小区重选参数指示（PI）由 1bit 组成，1 表示移动台应从小区广播的系统消息中提取参数来计算 C_2 的值，并用 C_2 的值作为小区重选的标准；0 则表示移动台应以参数 C_1 作为小区重选的标准（相当于 $C_2=C_1$）。

3. 传送

PI 在小区的广播信道上发送。

4. 设置及影响

网络操作员可以决定 PI 的数值，若相应小区采用 C_2 作为小区重选标准则 PI 必须设置为 1，否则为 0。

如 A、B 两小区互为邻小区，已知 A 小区的设置 CRO=10；B 小区的设置为 CRO=10，此时 A 小区为 MS 的服务小区，MS 通过测量得知 A 小区的 C1=40，B 小区的 C_1 为 35。

（1）情况一：若 A、B 小区都将 *PI* 设为 1，则 A、B 小区的 C_2 此时应分别为 50、45。

（2）情况二：若此 A 小区的 *PI* 设为 1，B 小区的 PI 设为 0，则 A、B 小区的 C_2 此时应分别为 50、35。

（3）情况三：若此 A 小区的 *PI* 设为 0，B 小区的 PI 设为 1，则 A、B 小区的 C_2 此时应分别为 40、45。

5.4.6 小区禁止限制（CELL BAR QUALIFY，CBQ）

1. 定义

对于小区重垒覆盖的地区，根据每个小区容量大小\业务量大小及各小区的功能差异，运营者一般都希望移动台在小区选择中优先选择某些小区，即设小区的优先级，这一功能可以通过设置参数“小区禁止限制（CBQ）”来实现。

2. 格式

CBQ 由 1bit 组成，CBQ 与参数“小区接入禁止”（参见第 4.12 节）共同组成小区的优先级状态，如表 5-12 所示。

表 5-12 小区优先级

小区禁止限制	小区接入禁止	小区选择优选级	小区重选状态
0	0	正常	正常
0	1	禁止	禁止
1	0	低	正常
1	1	低	正常

在上述表格中有一个例外，即当下列条件同时满足时，小区选择优选级和小区重选状态应为正常。

1）小区属于移动台归属的PLMN；

2）移动台处于小区测试操作模式；

3）小区接入禁止为1；

4）小区禁止限制为0；

5）接入控制等级15被禁止。

3. 传送

小区禁止限制（CBQ）包含于信息单元“小区选择参数”中，在每小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

在通常情况下，所有的小区设置优先级为“正常”，即CBQ=0。但在某些情况下，如：微蜂窝应用、双频组网等，运营者可能希望移动台优先选择某种类型的小区，此时网络操作员可以将这类小区的优选级设为“正常”，而将其他小区的优先级设为“低”。

移动台在小区选择过程中，只有当优先级为“正常”的合适小区不存在时（所谓合适是指各种参数符合小区选择的条件，即C_1>0且小区没有被禁止接入等），才会选择优选级较低的小区。

下述的两个范例说明了合理应用参数CBQ的意义。

例一：假设如图5-19所示的小区覆盖情况，图中每个圆表示一小区，由于某种原因小区A和B的业务量明显高于其他相邻小区，为了使整个地区的业务量尽可能均匀，可将小区A和B的优先级设置的较低。而其他小区优先级为正常，从而使图中重叠区中的业务被相邻小区吸收一部分，必须指出这种设置的结果是小区A和B的实际覆盖范围减小，但它不同于将小区A和B的发射功率降低，后者可能会引起网络覆盖的盲点和通话质量的下降。

例二：如图5-20所示，假设某微小区B与一个宏小区A重叠覆盖一个区域。

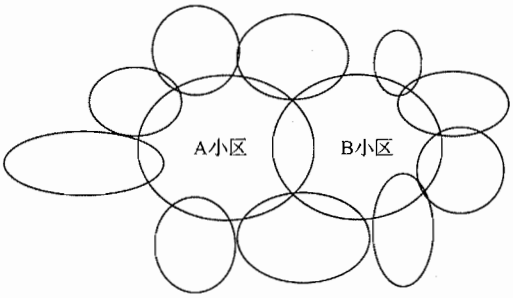


图5-19 CBQ用于均匀小区业务量

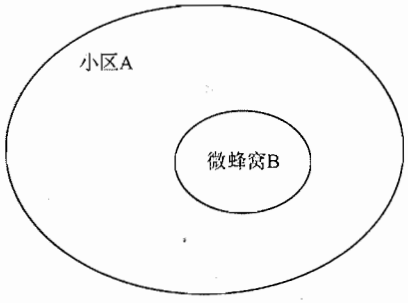


图5-20 微小区情况下CBQ的应用

为了使微蜂窝B尽可能多地吸收B区的业务量（尤其是B区的边缘），可以设置小区B的优先级为“正常”，小区A的优选级为“较低”，这样在小区B的覆盖范围内无论其电平是否比小区A的低，只要符合小区选择的门限，移动台将首先选择小区B。

5. 注意事项

该参数在用小区优先级为手段对网络进行优化时应注意，CBQ仅影响小区选择，而对小区重选不起作用，因此要真正达到优化目的必须结合使用CBQ和C_2。

5.4.7 小区重选偏置（CELL RESELECT OFFSET，CRO）

1. 定义

该参数用于C_2的计算，取较大的值时可赋予小区较高的接入优先级。由无线信道质量引起的小区重选以参数C_2作为标准，C_2是基于参数C1并加入一些人为的偏置参数而形成的，加入人为影响是为了鼓励移动优先进入某些小区或阻碍移动台进入某些小区，通常这些手段都用来平衡网络中的业务量。

影响参数 C_2 的因素除 C_1 之外，还有以下三个因素，即：小区重选偏置（CELL RESELECT OFFSET，以下简称 CRO）、临时偏置（TEMPORARY OFFSET，以下简称 TO）和惩罚时间（PENALTY TLME，以下简称 PT），剩下两种参数将在下面讲到。

CRO 为一量值，它表示对 C_2 的人为修正值，TO 表示对 C_2 的临时修正值，所谓临时是指它在一段时间内对 C_2 发生作用，而这段时间则由参数 TO 确定。

2. 格式

CRO 由 6bit 组成，编码格式如表 5-13。

表 5-13 小区重选偏置（Cell Reselect offset）编码表

CRO 编码（二进制）	十进制	CRO 代表的相对电平值（DB）
000000	0	0
000001	1	2
000010	2	4
…	…	…
111101	62	124
111111	63	126

3. 传送

参数小区重选偏置 CRO 在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

小区重选偏置 CRO 的调整必须结合下面讲到的临时偏置（TO）和惩罚时间（PT）一同来进行，调整可以分为三种情况：

1）当业务量很大或由于某种原因致使小区中的通信质量较低时，一般希望移动台尽可能不要工作于该小区（即对该小区具有一定的排斥性）。这种情况下，可以设置 PT 为 31，从而使参数 TO 失效且此时 C2 的数值等于 C1 减 CRO。这就相当于该小区的 C2 值被人为地降低，从而使移动台重选到该小区的困难性增大。此外，网络操作员根据对该小区的排斥程度，可以设置适当的 CRO。

2）对于业务量很小，设备利用率较低的小区，一般鼓励移动台尽可能工作于该小区（即对该小区具有一定的倾向性），这种情况下，建议设置 CRO 在 0～20dB 之间，根据对该小区的倾向程度，设置 CRO、PT 主要作用是避免移动台的小区重选过程过于频繁，一般建议的设置为 0（20s）或 1（40s）。

3）对于业务量一般的小区，建议设置 CRO 为 0，PT 为 31 从而使 C2=C1，即不对小区施加人为影响。

4）若应用了双频网或分层网技术，那么优选的频段或小区可设为 20～30dB，而其他的频段或小区可设为 4～10dB 左右。若没有用到这些技术，即不存在优选的频段或小区，那么可参看以上原则来设置。

5. 注意事项

CRO 调整必须注意下列问题：无论在何种情况下不建议 CRO 设置的数值越过 30dB，因为过大的 CRO 会使网络发生一些不稳定的现象。上述参数的设置是基于每个小区的，但由于参数 C2 的性质与邻区有密切的关系，因此在设置这些参数时必须注意与相邻小区之间的关系。

5.4.8 临时偏置（TEMPORARY OFFSET，TO）

1. 定义

当一个小区的 BCCH 频点进入移动台邻小区选择表后，在计时器 T 之内将计算 C2 所要加入的负偏移量。

2. 格式

临时偏置（TO）由 3bit 组成编码格式如表 5-14 所示。

表 5-14 临时偏置（TEMPORARY OFFSET）编码表

TO 编码（二进制）	十进制	CRO 代表的相对电平值（dB）
000	1	0
001	2	10
010	3	20
011	4	30
100	5	40
101	6	50
110	7	60
111	8	无穷大

3. 传送

参数 TO 在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

该参数设置的目的是防止快速移动的移动台发生乒乓小区重选，即在 BCCH 信号强度维持时间不足 PT 时，移动台根本不会选择该小区，基于这种情况可将此参数设置为 111，即无限大。

5.4.9 惩罚时间（PENALTY TIME，PT）

1. 定义

空闲状态下，移动台计算C2时的定时计数器。

2. 格式

惩罚时间（PT）由5bit组成，编码格式如表5-15所示。

3. 传送

参数PT在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

如果不希望快速MS接入微蜂窝小区，则微蜂窝越大，则惩罚时间（PT）也应越大，对于常规的微蜂窝，建议定为20s。PT取值为31（即全1编码）保留用于改变CRO对参数C2的作用方向。

惩罚时间的影响如图5-21所示。

表5-15 临时位置（TEMPORARY OFFSET）编码表

PT编码（二进制）	十进制	PT代表的时间值/s
00000	0	20
00001	1	40
00010	2	60
…	…	…
11101	29	600
11110	30	620
11111	31	保留

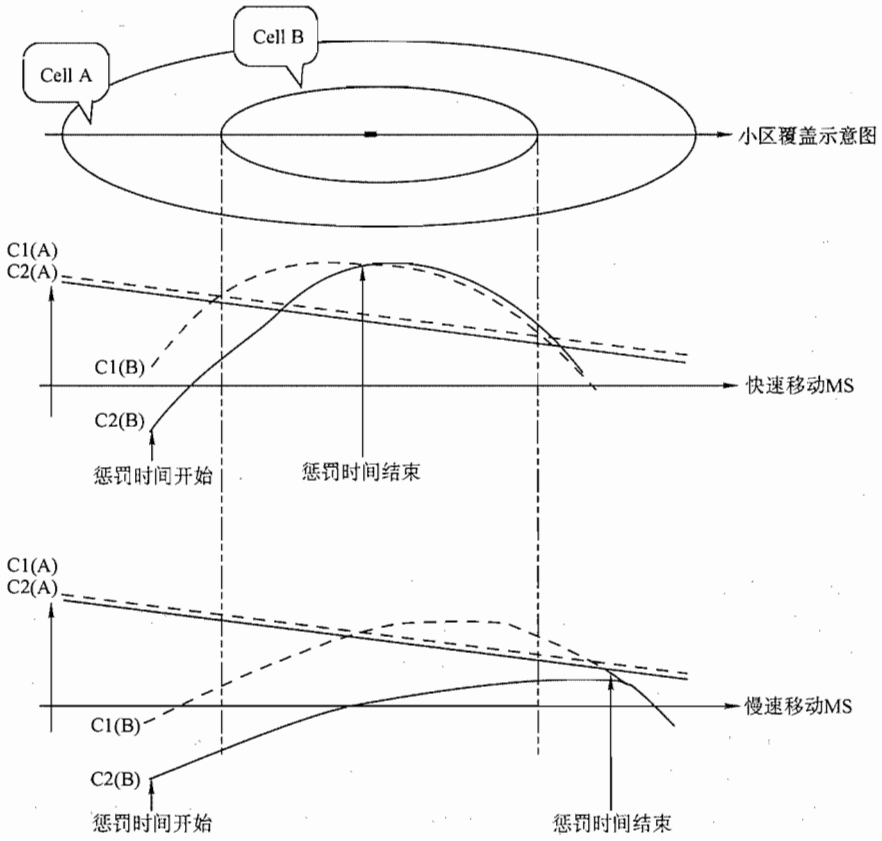


图5-21 PT对C2算法的影响

5.5 网络功能参数

GSM系统中提供了许多功能，如跳频、非连续发送DTX、呼叫重建等等，这些功能的应用与否对网络业务的提供没有直接的、致命的影响，但合理地应用其中的一些功能可以大大改善整个网络的环境（包括空

中的无线电波环境）以及网络的平均业务水平。如图 5-22 所示。

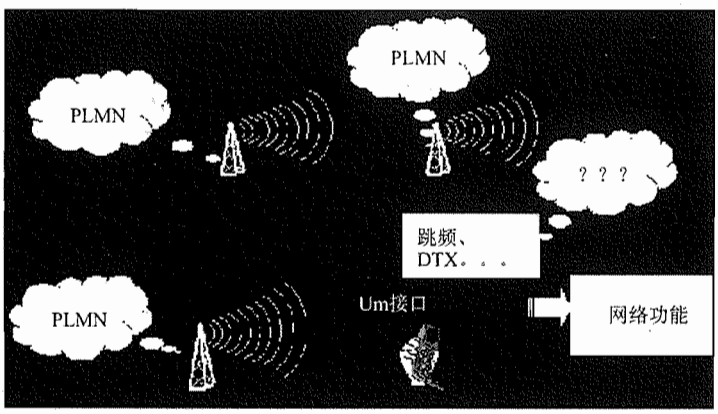


图 5-22　网络功能参数的影响

对于每一种功能 GSM 系统都有一些相应的参数与之对应，以帮助运营者更好地、更合理地应用这些功能。

必须注意的是，尽管 GSM 系统许多功能的应用可以改善网络的平均服务水平，但若应用不当反而会造成很坏的负作用。通常这些功能的应用需要网络操作员有较多的网络经验，因此一般不建议在一些网络建设尚不成熟的地区急于应用这些功能。

本节将对下列网络功能参数进行详细的描述：

1）功率控制；

2）非连续发送；

3）新建原因指示；

4）呼叫重建允许；

5）紧急呼叫允许；

6）跳频。

5.5.1　功率控制指示（PWRC）

1. 定义

为了监测无线链路的通信质量和进行功率控制，移动台和基站都必须具备测量功能，但是，当 GSM 规范的几个独立功能结合使用时，测量会遇到一定的问题，首先 GSM 规范允许跳频信道使用 BCCH 频点（不可以在发送 BCCH 的时隙上）；其次 GSM 规范允许跳频的信道进行下行功率控制；第三，由于移动台需测量邻区的信号电平，因此含有 BCCH 信道的载频其功率不允许变化。在上述情况下，信道的下行功率控制实际上只能用于该信道所用的频道集合的一个子集上，即：不能包含该信道在跳频过程中使用的 BCCH 载频，移动台若按一般的方式测量下行信道电平的平均值，则其测量结果对于功率控制是不准确的。为了减小这一问题对功率控制的影响，要求移动台在跳频过程中计算接收电平平均值时去除从 BCCH 载频的时隙上获得的接收电平值。为了让移动台执行上述操作，系统中需设置 PWRC 指示（实际上早期取名为功率控制的 PWRC 是不够精确的）。

2. 格式

PWRC 由 1bit 表示，当 PWRC 为 0 时，移动台按一般的方式进行测量，当 PWRC 为 1 时，移动台需按上述方式组织测量报告（参见 GSM 规范 05.08）。

3. 传送

PWRC 包含于信息单元“小区选项”中，在每个小区广播的系统消息中周期发送。

4. 设置及影响

PWRC 一般设置为 0，当且仅当下列条件同时满足时 PWRC 设置为 1：

1）信道至少在 2 个或 2 个以上的频道上跳频，且其中有一个频道为 BCCH 载频；

2）系统使用下行功率控制。

5. 注意事项

PWRC 的取值，实际上取决于其他参数的设置，如是否采用跳频，跳频频率中是否包含 BCCH 载频以及系统是否采用下行功率控制等。由于有这一特殊性，厂商可以将 PWRC 的设置直接用软件的方式自动生成。

5.5.2 非连续发送（DTX）

1. 定义

非连续发送（DTX）方式是指用户在通话过程中的话音间歇期间系统不传送信号的过程。

2. 格式

网络中是否允许使用 DTX 是网络操作员可以设置的，即设置参数 DTX，该参数由 2bit 组成，其编码方式如表 5-16 所示。

3. 传送

参数 DTX 包含于信息单元“小区选项”中，在每个小区广播的系统消息（BCCH）和（SACCH）中周期传送。

表 5-16 DTX 参数编码及意义

DTX	意义
00	移动台可以使用 DTX
01	移动台必须使用 DTX
10	移动台不允许使用 DTX
11	保留

4. 设置及影响

DTX 的应用使通话的质量受到相当有限的影响，但它的应用有两个优越性，即：无线信道的干扰得到有效的降低，从而使网络的平均通话质量得到改善，同时，DTX 的应用可以大大节约移动台的功率损耗，因此，建议在网上采用 DTX。

对测量报告的影响：MS 在测量报告中同时向 BTS 报告两种不同方式的测量结果。

一种被称为是全局测量，该测量是对整个测量周期的 100 个时隙的电平和质量的平均（共 4 个 TCH 的 26 复帧，空闲帧除外）；一种被称为是局部测量，它是对 12 个时隙的电平和质量进行测量平均，包括 8 个连续的 TCH 突发脉冲以及 4 个携带着测量报告的 SACCH 的突发脉冲。

为了一致起见，无论系统的上下行是否激活 DTX 功能，基站和移动台都要同时进行这两种方式的测量（RXQUAL/RXLEV FULL 和 SUB）。在移动台的的每个 SACCH 的测量报告指示了是否应用了不连续传输（DTX）的模式，根据这一指示 BTS 从全局测量均值和局部测量均值中来选择一种方式进行判决，见图 5-23 所示。

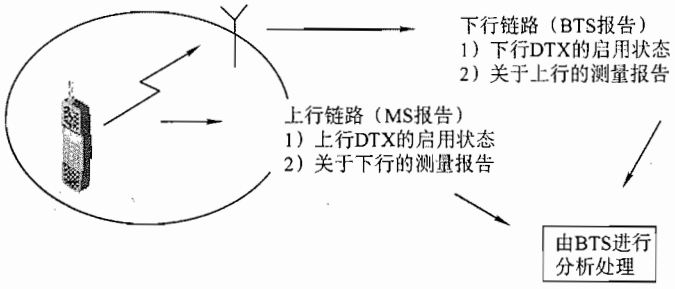


图 5-23 DTX 的使用

5. 注意事项

本小节只描述了上行非连续发送问题，根据 GSM 规范，下行的非连续发送是一种选项。若基站设备支持该选项，则建议使用该功能，但必须注意，该功能需有语音编码器（Transcoder）的支持。若允许下行 DTX

模式启用，则 DTX 在系统收到指派请求（ASSIGN REQUEST）或切换请求（HO REQUEST）时启动。

上下行 DTX 应用是两个独立的过程，两者互不关联。在系统启动下行 DTX 时，不需要去通知 MS 此时的状态。在数据传送或系统存在严重的干扰时，应关闭 DTX 功能。

5.5.3 新建原因指示（NECI）

1. 定义

根据 GSM 规范，GSM 系统中的业务信道可分为全速率和半速率信道，一般的 GSM 系统均支持全速率信道，网络是否支持半速率业务则由网络运营部门决定，新建原因指示参数（NECI），用以告知移动台该地区是否支持半速率业务。

2. 格式

NECI 由 1bit 表示，其意义如下：

1）NECI 为 0 表示本小区不支持半速率业务的接入；

2）NECI 为 1 表示本小区支持半速率业务的接入。

3. 传送

NECI 包含于信息单元“小区选择参数”中，在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

由于中国移动的 GSM 网目前并没有开通半速率业务，因此 NECI 应设置为 0。

5.5.4 呼叫重建允许（RE）

1. 定义

由于突发干扰或高楼引起的“盲点”形成无线链路故障造成的，移动台可以启动呼叫重建过程恢复通话。但网络有权决定是否允许重建，该功能通过设置参数“呼叫重建允许（RE）”来实现。

2. 格式

呼叫重建允许（RE）由 1bit 表示，0 表示本小区允许呼叫重建，1 表示不允许呼叫重建。

3. 传送

呼叫重建允许（RE）包含于信息单元“RACH 控制参数”之中，在每个小区广播的系统消息中传送。

4. 设置及影响

在某一特定的环境下（如小区中有固定的盲点），移动台通话时从盲点经过会造成断话现象，若允许呼叫重建，便可以降低平均断话率，然而，呼叫重建过程需占用较长时间，多数用户在重建完成前都已挂机，从而造成呼叫重建非但达不到目的的还浪费了许多无线资源。建议除个别小区外，网络上不允许呼叫重建。

5.5.5 紧急呼叫允许（EC）

1. 定义

一般情况下，GSM 网络中任何移动台必须含有一合法有效的用户识别模块卡（SIM）才能获得网络的各种业务支持。但对没有 SIM 卡的移动台或有 SIM 卡但其接入等级（C0～C9 中的一种）被当前小区关闭（即根据当前小区的系统消息，它不可以启动接入程序）的移动台，运营者有权决定是否允许移动台进行紧急呼叫（EmergencyCall，EC），如匪警等，该功能的实现是通过设置紧急呼叫允许（EC）来实现的。

2. 格式

紧急呼叫允许由 1bit 组成，对于接入等级为 0～9 的移动台（或无 SIM 卡的移动台），EC 设为 0 表示不允许紧急呼叫，反之，则允许紧急呼叫。对于接入等级为 11～15 的移动台只有当其相应的接入控制比特和 EC 同时被设置为 0 才不允许紧急呼叫。

3. 传送

紧急呼叫允许包含于信息单元“随机接入信道控制参数”中（实际上它相当于接入等级 10），该参数在

每个小区的系统消息中周期广播。

4. 设置及影响

GSM 规范中的紧急呼叫电话号码定义为 112，与中国的电话号码分配不同，因此除非采取特殊处理。

目前中国各移动公司下属的 GSM 系统无法实现 GSM 规范规定的紧急呼叫功能，但考虑到国际漫游用户的习惯，可以在网络中将 112 接至录音电话，以告知用户各种特服号码。因此，在无线参数中应设置允许紧急呼叫，即 EC 设置为 1。

5.5.6 跳频参数 1——跳频应用（H）

1. 定义

根据 GSM 规范的规定，GSM 无线设备应支持跳频功能。理论分析表明，跳频可以改善空间的频谱环境，提高全网的通信质量。网络中是否应用跳频，可以通过设置参数“跳频应用（H）”来实现。

2. 格式

跳频应用由 1bit 表示，0 表示不采用跳频；1 表示采用跳频。

3. 传送

跳频应用包含于信息单元“信道描述”之中，在“立即指配命令”、“指配命令”等消息中由基站发送给移动台。

4. 设置及影响

由于没有网络实际应用的经验，建议在局部地区先对跳频功能作试验，在得到一定经验之后，再全网推广。

5.5.7 跳频参数 2——移动分配索引位置（MAIO）

1. 定义

GSM 系统中，每个小区所使用的载频的集合用“小区分配（CA）”表示，记为{R0，R1，…，RN-1}，其中 Ri 表示绝对频道号；对于每次通信过程，基站和移动台所用的载频的集合用“移动分配（MA）”表示，记为{M0，M1，…，Mn-1}，其中 Mi 表示绝对频道号，显然 MA 是 CA 的一个子集。

在通信过程中，空中接口上采用的载频号是集合 MA 中的一个元素。变量“移动分配索引（MAI）”即用来确定集合 MA 中一个确切的元素，（0≤MAI≤n-1）。

根据 GSM 规范 05.02 的给定跳频算法，MAI 是 TDMA 帧号、HSN 和 MAIO 的函数，其中 MAIO 是 MAI 的一个初始偏移量，其目的是为了防止多个信道在同一时间内争抢同一个载频。

2. 格式

参数 MAIO 由 6bit 组成，以二进制编码表示 0～63 的偏移量。

3. 传送形式

MAIO 包含于信息单元“信息描述”之中，在“立即指配命令”、“指配命令”等消息中由基站发送给移动台。

4. 设置及影响

MAIO 可以由设备生产厂商在基站的程序中自动生成，也可以由网络操作员设置，在后一种情况下，网络操作员在设置时需注意：

1）在同一个小区内，同一载频上的信道应取相同的 MAIO；不同载频信道上的 MAIO 应取不同的值，以避免产生频率碰撞。

2）若 MA（移动配置表）中包含有邻频，那么同一小区内任意两个 TRX 的 MAIO 的差值必须大于等于 2。若 MA（移动配置表）中不包含有邻频，那么允许在同一小区内出现相邻的 MAIO 值。

3）在 1∶3 跳频模型中，同一基站的不同小区尽可能使用相同的 MAIO 序列。

4）采用同一组 MA 的不同小区，在 MAIO 的取值上应保持一致。

5.5.8 跳频参数 3——跳频序列号（HSN）

1. 定义

GSM 系统中，每个小区所使用的载频的集合用“小区分配（CA）”表示，记为{R0，R1，…，Rn–1}，其中 Ri 表示绝对频道号。对于每次通信过程，基站和移动台所用的载频的集合用“移动分配（MA）”表示，记为{M0，M1，…，Mn–1}，其中 Mi 表示绝对频道号，显然 MA 是 CA 的一个子集。

在通信过程之中，空中接口上采用的载频号是集合 MA 中的一个元素变量“移动分配索引（MAI）”，即用来确定集合 MA 中一个确切的元素，0≤MAI≤n–1，根据 GSM 规范 05.02 中给定的跳频算法，MAI 是 TDMA 帧号 FN（或缩减帧号 RFN）、跳频序列号（HSN）和移动分配索引位置（MAIO）的函数，其中 HSN 确定了跳频过程中频点运行的轨迹，相邻的采用相同 MA 的小区，取不同的跳频序列可以保证在跳频过程中频率的利用不会发生冲突。

2. 格式

跳频序列号 HSN 由 6bit 组成，以二进制编码表示 0～63，共 64 种跳频序列，其中 HSN=0 为一种较特殊的跳频，即：循环跳频。

3. 传送

跳频序列号 HSN 包含于信息单元“信道描述”之中，在“立即指配命令”、“指配命令”等消息中由基站发送给移动台。

4. 设置及影响

在采用跳频的小区中可任选跳频序列号，但必须注意采用相同频率组的小区必须采用不同的跳频序列号。

5.6 BSS 的部分计时器

在这里我们重点研究一下，涉及无线资源分配的部分 BSC 计时器。优化这些参数可有效的利用系统有限的资源。对无线资源分配具有较大影响的计时器有：T3101、T3103、T3107、T3109、T3111。

5.6.1 T3101

1. 定义

用于立即指配过程耗时的计时器。在立即指配的过程中，该定时器在 BSC 向 BTS 发送信道激活（CHANNEL ACTIVE）的报文时启动，在收到 BTS 发出的建立指示（ESTABLISH INDICATION）时复位。

2. 取值

[0，255]s。

3. 设置及影响

在设置该值时，应注意须大于数据链路层（L2）的建立尝试的最大时间。

该定时器逾时一般是由于重复分配（DOUBLE ALLOCATION）或上下行链路存在干扰的原因，根据经验值，系统平均有 30%左右的信令资源会被 MS 所发送的第二次 RACH 信息所占用，因而该定时器越长，系统无效占用的时间也就越长。

为了优化信令资源的使用，当通过 OMC-R 原始报告发现重复分配较多时，应适当减小该定时器，BSC 发送信道激活和收到建立指示的最小时间间隔是 600ms，对于不过载的 BSS 而言最长的情况为 1.8s，建议在信令资源较紧张且重复分配现象较严重的地区将 T3101 设为 3s。

4. 注意事项

为优化信令资源使用，在激活排队功能时，应适当减少此计时器的设置。

5.6.2 T3103

1. 定义

在切换过程中（BSS 内部和 BSS 间），BSC 按照此计时器在发起切换小区和目标小区同时保留 TCH 信道的时间。T3103 在 BSC 发出切换命令消息时启动，收到切换完成时（INTRA BSC）或清除命令时（INTER BSC）清除。

2. 取值

[0，255]s。

3. 设置及影响

该定时器的用途是保持信道足够长的时间以便 MS 可以返回信道，若 MS 丢失时用于信道释放。

该定时器应小于 T8。在切换的过程中，BSC 将按照此计数器定义的来在发起小区和目标小区中同时保留 TCH 信道。只要该计数器在计时，就会保留两个信道。一般的切换时长（INTER MSC）大概为 5～10s。当网络的切换掉话所占的比例较高时，可适当提高该参数，一般最高设置值不超过 30s。

5.6.3 T3107

1. 定义

该计时器用于限制执行 TCH 分配指令的时长，适用于小区内切换的 TCH 分配或呼叫的 TCH 分配。在 MS 的指配过程中，BSC 将触发定时器 T3107，该定时器在 BSC 向 BTS 发送指配命令（ASSIGNMENT COMMAND）的报文时启动，在收到 BTS 发出的指配完成时（ASSIGNMENT COMPLETE）时复位。

2. 取值

[0，255]s。

3. 设置及影响

该定时器的用途是保持信道足够长的时间以便 MS 可以返回原信道，若 MS 丢失时用于信道释放。

在设置该定时器时应注意须大于指配命令的最大传输时间+T3124 值+尝试建立数据链路复帧模式的最大时间。该定时器逾时一般是由于无线链路覆盖很差导致的，当此定时器逾时后，将认为移动台已脱网，则将占用的该资源释放掉让给其他的移动台。通过经验值，一般信道的指配过程将在 2s 中完成，如在 2s 内 BSC 仍未收到指配完成消息，则该指配过程失败。但有时网络质量很差需重复发某些消息，此阶段则可延长至 5s。一般来说，当该小区的话务负荷很重，则可将该定时器设为 2～5s。若较为空闲，则可将该定时器设为 10s。

5.6.4 T3109

1. 定义

BSC 根据该值对 SACCH 的拆除时间进行限时。

2. 取值

[0，255]s。

3. 设置及影响

在设置该定时器时应注意须大于 T100，以后在 T3109 超时时 MS 已经去活信道并允许成功的进行重建立。

在未执行 RF 程序时，网络检测出低层故障时启动 T3109。T3109 也可用于信道释放程序，其用途为在通信丧失时释放信道。

BSC 一旦收拆除 SACCH 的指令，无线链路算法就会减少计时器无线链路超时（radiolinktimeout）的值。注意 T3111 与 T3109 之和必须大于无线链路超时的值，同时也必须大于 BTS 侧无线链路超时算法的值。

如 T3109 过小，则在无线链路超时未到时，即无线信道未释放时，无线资源已用于重新分配。而 T3109 过大将导致系统资源的浪费。

5.6.5 T3111

1. 定义

BSC 根据计时器 T3111 延迟信道释放的的执行过程。当 BSC 收到 BTS 信道释放的消息后，对 T3111 置位，等计时器到时后，BSC 才向 BTS 发信道释放指令。

2. 取值

[0，255]s

3. 设置及影响

在主信令链路拆除后，此计时器用于推迟信道释放，目的是允许基站在延迟时间内向移动台重发信道拆除指令，在基站发出拆除要求后，信道资源将保留 T3111 所定义的时间。该值一般被设为 2s，该值不宜过大，否则将浪费系统资源。

5.7 切换参数介绍

在本节中，我们向大家介绍一下部分切换参数。

5.7.1 下行链路信号电平切换门限（L RXLEV DL H）

1. 定义

该参数为越区切换下行链路信号电平切换门限，MS 的接收电平一旦低于此值就会触发紧急性电平切换。

2. 取值范围

[低于–110，–110～–109，…，–49～–48，高于–48]dBm。

3. 设置及影响

在设置该参数时应参考 MS 的接收电平灵敏度，还应考虑到快衰落、MS 测量的精确度、阴影效应再加上冗余量。

一般该值被设为–101～–100dBm（GSM 900）；–99～–98dBm（GSM 1800/1900）。

4. 注意事项

在设置该参数时，应注意使 L RXLEV DL H< RXLEV MIN。

5.7.2 上行链路信号电平切换门限（L RXLEV UL H）

1. 定义

该参数为越区切换上行链路信号电平切换门限，基站的接收电平一旦低于此值就会触发紧急性电平切换。

2. 取值范围

[低于–110，–110～–109，…，–49～–48，高于–48]dBm。

3. 设置及影响

在设置该参数时应参考基站的接收电平灵敏度，在以下情况时应提高该值的设置：

1）系统允许信号质量切换；

2）移动台速度过快；

3）切换算法判断的周期太短；

4）从话务统计中发现较高的电平切换失败率。一般该值被设为–101～–100dBm（GSM 900）；–99～–98dBm（GSM 1800/1900）。

4. 注意事项

在设置该参数时，应注意使 L RXLEV UL H< RXLEV MIN。

5.7.3 信号质量下行切换误码率门限（L RXQUAL DL H）

1. 定义

该参数为越区切换信号质量下行切换误码率门限，MS 的接收质量一旦低于此值就会触发紧急性质量切换。

2. 取值范围

[低于 0.2%，0.2%～0.4%，0.4%～0.8%，…，6.4%～12.8%，高于 12.8%]。

3. 设置及影响

通过实践和研究，若 MS 的移动速度高于 80km/h 或属于非跳频网络，L RXQUAL DL H 的取值为 4（即误码率为 1.6%～3.2%）；若系统采用跳频或 MS 的移动速度较低（如市区环境）时取值为 5（即 3.2%～6.4%）。

对于非跳频网络，该值过大将会增加切换失败率，增大掉话率，相反若设置过低，同时测量数据平均周期也较短，那么单次测量结果很差就可能触发质量切换，大大增加无谓切换的可能性。

如果系统采用的是射频跳频的话，这个门限值应该适当的提高一些，这是为了限制由于质量原因而触发的切换次数的增加。在 1∶1 的跳频模型中，建议设为 6（6.4%～12.8%）；在 1∶3 的跳频模型中建议设为 5（3.2%～6.4%）。

若系统同时启用了跳频功能和 DTX，那么建议取消质量切换。

5.7.4 信号质量上行切换误码率门限（L RXQUAL UL H）

1. 定义

该参数为越区切换信号质量上行切换误码率门限，BTS 的接收质量一旦低于此值就会触发紧急性质量切换。

2. 取值范围

[低于 0.2%，0.2%～0.4%，0.4%～0.8%，…，6.4%～12.8%，高于 12.8%]。

3. 设置及影响

通过实践和研究，若 MS 的移动速度高于 80km/h 或属非跳频网络，L RXQUAL UL H 的取值为 4（即误码率为 1.6%～3.2%）；若系统采用跳频或 MS 的移动速度较低（如市区环境）时取值为 5（即 3.2%～6.4%）。

对于非跳频网络，该值过大将会增加切换失败率，增大掉话率，相反若设置过低，同时测量数据平均周期也较短，那么单次测量结果很差就可能触发质量切换，大大增加无谓切换的可能性。如果系统采用的是射频跳频的话，这个门限值应该适当的提高一些，这是为了限制由于质量原因而触发的切换次数的增加。在 1∶1 的跳频模型中，建议设为 6（6.4%～12.8%）；在 1∶3 的跳频模型中建议设为 5（3.2%～6.4%）。若系统同时启用了跳频功能和 DTX，那么建议取消质量切换。

5.7.5 小区内部切换允许指示（INTRACELL USED）

1. 定义

小区内部因信号质量原因而造成话音信道切换的指示。干扰一般只影响某个频点或时隙。为了改善正在通话的 MS 的话音质量，当信号语音质量较差而接收信号电平较强时，BSC 可以允许它切换到当前小区的其他空闲信道中去。

2. 取值

允许/不允许。

3. 设置及影响

对于使用跳频的网络，因通话并不固定在某个频点上，所以无须进行小区内部质量切换。对于配置单一载频的小区，应禁止小区内部切换。

由于小区内部质量切换在切换之前并不检查移动台的发射功率，这就很容易导致大量的小区内部切换，

加重系统的负荷。因此并不建议使用小区内部切换功能。

5.7.6 邻小区的最小允许接入电平（RXLEV MIN（n））

1. 定义

该参数定义了邻小区的最小允许接入电平，只有当移动台测量某小区电平大于此值时，才能将该小区列入候选小区表中并用于越区切换算法。

2. 取值范围

[低于–110，–110～–109，…，–49～–48，高于–48]dBm。

3. 设置及影响

该参数的设定应考虑到移动台的灵敏度（GSM 900/1900 手持机为–102dBm，GSM 1800 手持机为–100dBm，其他情况为–104dBm），在此之上还应加一定的冗余量。

在双频网络中，建议对 GSM900 设为–99～–98dBm，对 GSM1800 设为–97～–96dBm。应注意的是该值应大于小区最小接入电平（RXLEV ACCESS MIN）。

5.7.7 切换容限（HO MARGIN）

1. 定义

该参数为 BSC 在切换中的控制参数，在功率预算（PBGT）切换、电平切换、质量切换以及距离切换中起到切换容限的作用，当邻小区电平高于服务区电平 HO MARGIN 后触发切换。

2. 取值

[–24，24]dB，步进为 1dB。

3. 设置及影响

设置该参数的目的是为了增加和邻小区进行的切换的难度，从而预防乒乓切换。若该参数设置过高，会导致切换滞后，降低切换效率。

HO MARGIN 是针对邻小区的，可以按每一个小区对独立设置，这样可以有目的的调整话务负荷。例如 A、B 两个相邻小区，A 小区为高话务小区，B 小区为低话务小区，我们可以通过降低 A 至 B 的 HO MARGIN，提高 B 至 A 的 HO MARGIN，来均衡 TCH 的话务分配。这样做的实际效果是在通话模式下将服务区边界向 A 小区推移，即在效果上收缩了 A 区的覆盖，扩大了 B 区的覆盖，如 5-24 图所示。

在双频网络中的建设中，我们可以采用以上办法来提高优选频段至另一频段的 HO MARGIN，以更好地达到预期的效果。建议一般情况下，在市区内等基站较为密集的地区该值的设置为 6～8dB，在郊区或农村以及基站较疏散的地区该值的设置为 4dB。

4. 注意事项

若设备厂家分别对功率预算（PBGT）切换、电平切换、质量切换以及距离切换等不同的切换原因都定义了相应的切换容限参数，在设置时，应注意以下几个原则：

1）对于紧急性电平切换的切换容限来说，该参数应依赖于 RXLEV MIN（邻小区最小接入电平）与 L RXLEV UL H（上行链路信号电平切换门限）或 L RXLEV DL H（下行链路信号电平切换门限）的差值。该差值越大，紧急性电平切换的切换容限也应取值越大。由于电平切换发生在没有合格小区可做功率预算切换的区域，因此，紧急性电平切换的切换容限应小于功率预算的切换容限，以便紧急电平切换可以及时被触发。

2）对于紧急性质量切换的切换容限来说，该参数的设置目的是用于避免在质量切换后发生乒乓切换现象。对于该参数的要求是只要目标小区的信号电平不比当前小区低太多，就应鼓励进行语音质量切换，从而可以保证正在进行的通话的话音质量。

3）对于距离切换的切换容限来说，该参数的设置目的是用于避免在距离切换后发生乒乓切换现象。由于距离切换比质量、信号电平切换的优先级低，所以该参数的取值可为负数。

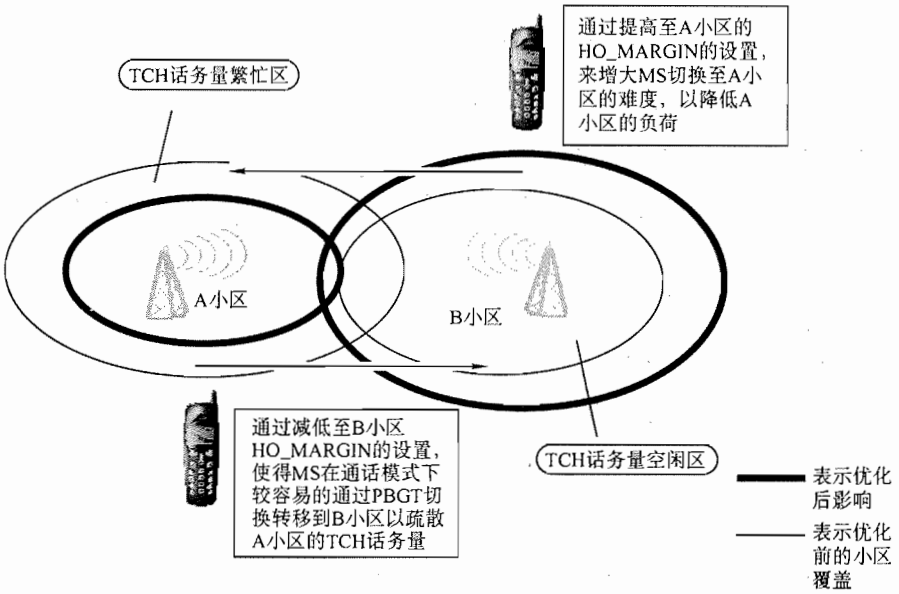


图 5-24 HO MARGIN 的优化方法

5.7.8 MS 最大接入范围（MS RANGE MAX HAND）

1. 定义

在通话时，MS 和 BTS 超过了此距离将触发距离切换。

2. 取值

[1～34]km（无扩展模式小区），[1～90]km（扩展小区）。

3. 设置及影响

该值应小于通话清除门限，否则距离切换功能实际上不起作用。调整此值时，应注意同时调整其他类型切换的门限值。否则易造成乒乓切换。如移动台与当前小区的距离超出门限，而目标小区电平又低于当前小区。则在刚触发距离切换后，又会发生功率预算切换。应注意该值不能小于 2km。

5.8 系统参数表

5.8.1 无线资源管理的定时器和计数器

表 5-17 MS 侧的定时器

定时器	用途	定时器取值
T3122	用于随机接入过程，在收到立即指配拒绝消息后启动	由网络在立即指配拒绝消息中指定
T3124	用于两个非同步小区间的切换捕获程序，目的是检查网络对特定信号的应答	如果切换命令中分配的信道类型为 SDCCH（+SACCH）则值为 675ms；其他情况下为 320ms
T3126	在立即指配过程发送完最大允许信道请求数后，或在接收到立即指配拒绝消息后启动；在收到立即指配消息或立即指配扩展消息后停止。逾时后立即指配程序失败	最小值等于移动台 RACH 的 T+2S 时隙值。最大值为 5S
T3110	用于在收到信道释放消息后延迟信道去活，使有时间断连主信令信道	其值设定后保证在无网络应答时应至少可以送两次 DISC 帧

表 5-18 网络侧的计时器

定时器	用途	取值
T3101	在发立即指配消息分配信道时开始启动，在 MS 正确捕获信道时停止计时	须大于 L2 建立尝试的最大时间
T3103	在网络发切换命令消息时启动，在 MS 正确捕获新信道时停止计时。其用途是保持信道足够长的时间以便 MS 可以返回原信道和若 MS 丢失时用于释放信道	须大于切换命令的最大传输时间+T3124+尝试建立数据链路复帧模式的最大时间
T3105	用于切换程序中物理消息的重传	应保证消息连续发送
T3107	在网络发送指配命令消息时启动，在 MS 正确捕获新信道时停止。其用途是保持信道足够长的时间以便 MS 可以返回原信道和若 MS 丢失时用于释放信道	须大于指配命令的最大传输时间+2×尝试建立数据链路复帧模式的最大时间
T3109	当未执行 RF 程序时，网络检测出低层故障时启动。也可以用于信道释放程序，其用途为在通信丧失时释放信道	须大于 T100，以后在 T3109 超时时 MS 已经去活信道并允许成功的进行建立
T3111	用于在断连主信令链路后延迟信道的去活，其用途是等待一定的时间用于断连消息的重传	
T3113	在网络发送寻呼请求消息时启动，在网络收到寻呼响应消息时停止	

5.8.2 移动性管理的定时器

表 5-19 MS 侧

定时器	逾时值	启动原因	正常停止	逾时
T3210	20s	发位置更新	位置更新接受（拒绝）；鉴权拒绝；低层故障	启动 T3211
T3211	15s	位置更新拒绝； 位置更新底层故障	逾时；小区改变；请求 MM 连接建立；改变 LA	再启动位置更新程序
T3212	系统消息广播	结束 MM 业务或 MM 信令	启动 MM 业务或 MM 信令	启动位置更新程序
T3213	4s	位置更新故障	逾时；改变 BCCH 参数	新的随机尝试
T3220	5s	IMSI 分离	来自 RR 子层的释放	进入零状态或闲状态未更新
T3230	15s	CM 业务请求； CM 再建立请求	加密模式设置；CM 业务拒绝； CM 业务接受	提供释放指示
T3240	10s	所有 MM 连接结束	从网络接收到正确消息	RR 连接的本地释放

表 5-20 网络侧

定时器	逾时值	启动原因	正常停止	第一次逾时
T3250	5s	TMSI 再分配命令；位置更新接受（发送新 TMSI）	收到 TMSI 再分配命令	释放 RR 连接
T3250	5s	发送鉴权请求	收到鉴权响应	释放 RR 连接
T3270	5s	发送识别请求	收到识别响应	释放 RR 连接

5.8.3 电路交换呼叫控制定时器

表 5-21 MS 侧

定时器	逾时值	启动原因	正常停止	第一次逾时
T303	30s	发 CM 业务请求	收到呼叫进程和释放完成消息	清除呼叫

（续）

定时器	逾时值	启动原因	正常停止	第一次逾时
T305	30s	发送断连消息	收到释放或断连消息	发送释放消息
T308	30s	发释放消息	收到释放完成或释放消息	重传释放消息重新启动T308
T310	30s	发送呼叫进程消息	收到提醒连接断连或进展消息	发断连消息
T313	30s	发送连接消息	收到连接证实消息	发断连消息
T323	30s	发送修改消息	收到修改完成消息	清除呼叫

表5-22 网络侧

定时器	逾时值	启动原因	正常停止	第一次逾时
T301	最小3min	收到提醒消息	收到连接消息	清除呼叫
T303	待定	发送建立消息	收到呼叫确认和释放完成消息	清除呼叫
T305	30s	发送不带进展指示的断连消息	收到释放或断连消息	网络发释放消息
T306	30s	发送带进展指示的断连消息	收到释放或断连消息	发释放消息
T308	待定	发送释放消息	收到释放完成或释放消息	重传释放消息重新启动T308
T310	待定	收到呼叫确认消息	收到提醒连接、断连消息	清除呼叫
T313	待定	发送连接消息	收到连接证实消息	清除呼叫
T323	30s	发送修改消息	收到修改完成或修改拒绝消息	清除呼叫

5.9 工程参数的优化

工程参数优化流程如下图5-25所示。

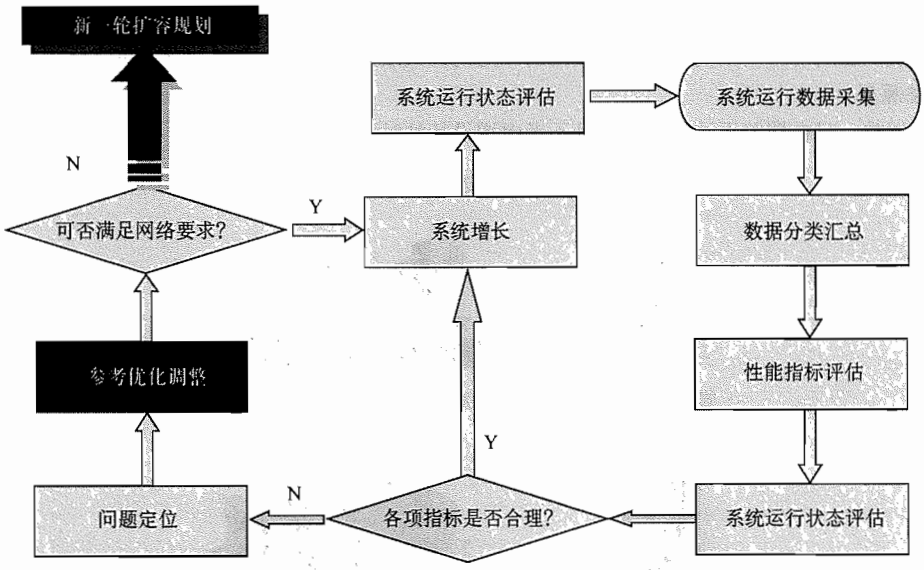


图5-25 工程参数优化流程

工程参数指工程设计中的无线参数，主要包括天线性能参数、小区物理参数、频率规划调整、小区属性

的调整等。

它与无线网络指标具有很密切的关系，如图 5-26 所示。

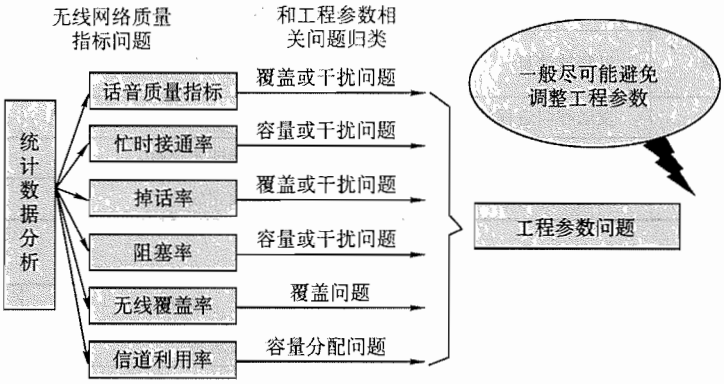


图 5-26　工程参数与无线网络指标的关系

5.9.1　天线性能参数的调整

天线性能参数包括天线的增益、极化方式、波束宽度。

5.9.1.1　基站天线增益的调整

1. 定义

天线的增益是指天线在其最大辐射方向上的增益，它是和基准天线相对比的一个相对值，有时也称为功率增益。对无线覆盖率和话音质量有较大的影响。

dBi 用于天线增益相对于全向辐射器的参考值。

dBd 用于天线增益相对于半波振子的参考值。

Gi(dBi)=Gd(Gd)+2.15dB。

一般天线的发射方向（垂直方向的或者是水平方向的）越集中，那么获得的天线增益也就越高。对于一个全向性天线，在所有方向上的增益都是相同的。定向性天线则是主发射方向的增益最大。

2. 调整原则

一般不调整。只在覆盖无法满足要求且不考虑增设基站时才考虑更改，如图 5-27 所示。

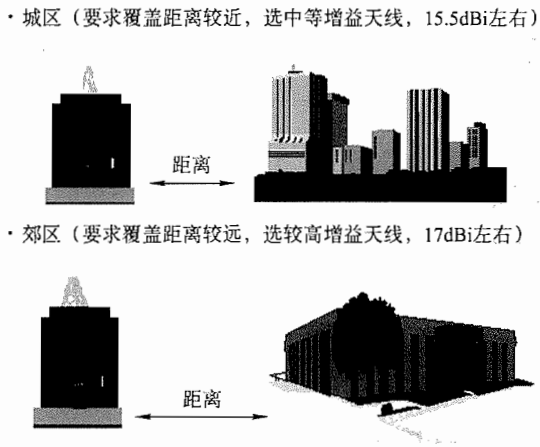


图 5-27　天线增益的调整

城区：要求覆盖距离较近，选中等增益天线，15.5dBi左右。

郊区：要求覆盖距离较远，选较高增益天线，17dBi左右。

5.9.1.2 小区天线水平波束宽度的调整

1. 定义

波束宽度一般指天线发射的主方向与发射功率下降3dB点的一个夹角，并把这个区域称为天线的波瓣，如图5-28所示。

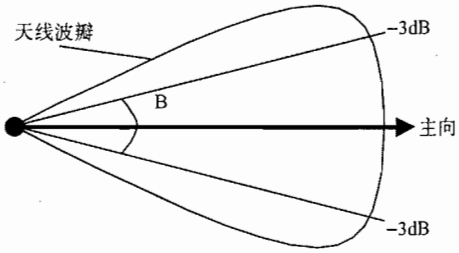


图5-28 天线的波瓣

水平3dB波束宽度是指天线的水平面波束的主瓣功率下降3dB后的波束宽度（也称水平半功率角），如图5-29所示。

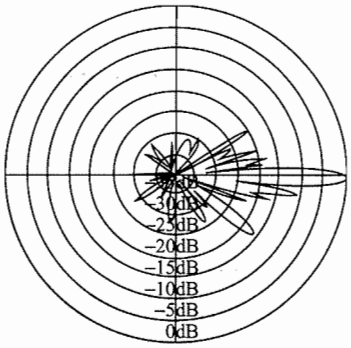


图5-29 小区天线水平波束宽度

2. 调整原则

一般不调整。根据小区的预期覆盖要求和干扰情况调整（一般原则，城区65°以降低干扰，郊区采用90°左右以增强覆盖）。水平3dB波束宽度一般为65°，90°，105°。

5.9.1.3 小区天线垂直波束宽度的调整

1. 定义

垂直3dB波束宽度是指天线的垂直面波束的主瓣功率下降3dB后的波束宽度（也称垂直半功率角），如图5-30所示。

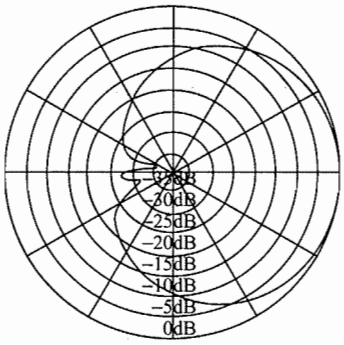


图5-30 小区天线垂直波束宽度

2. 调整原则

一般不调整。根据小区预期覆盖要求和干扰情况调整(一般原则，城区波束宽度较窄6度左右以降低干扰，郊区在13°左右以增强覆盖)。

垂直3dB波束宽度一般为13°～15°，6°～9°。

5.9.1.4 小区天线极化方式的调整

1. 定义

极化方式是描述电磁波矢量空间方向性的一个辐射特性，通常指该天线最大辐射方向上的电场矢量方向。按照电场矢量的变化特性可以分为直线极化波和非直线极化波。

1）水平极化：电场矢量和地面平行；

2）垂直极化：电场矢量和地面垂直；

3）交叉极化：电场矢量由两个互相垂直的线性极化波合成。

2. 调整原则

一般不调整。只在安装空间有问题时才考虑更改，而且往往是用交叉极化天线取代线性极化的天线。

5.9.2 小区物理参数的调整

小区物理参数包括天线的高度、天线下倾角度、方位角。

5.9.2.1 小区天线高度和方位角的调整

1. 定义

天线有效高度是指天线安装的实际高度和预期覆盖边缘位置的高度差；平均有效高度指实际安装高度和覆盖区内的平均高度差，如图5-31所示。在基站发射功率一定的情况下，天线挂高是确定小区覆盖半径的决定因素。

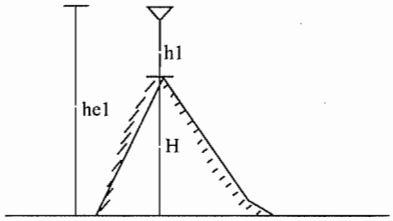


图5-31 天线的有效高度

一般情况下，小区方位角以正北为 0°，一般来说小区方位角相差 120°。

2. 调整原则

根据覆盖、小区负载和干扰情况进行调整。

在调整时一个较简单的原则是，尽量保证天线的水平半功率角和垂直半功率角范围在近距离内无遮挡，理论上应保证天线的第一菲涅尔区内无遮挡。

菲涅尔区为一系列连续的区域，在这些区域的边界处，从发射机到接收机的路径比直线传播路径大 $n\lambda/2$。如果第一菲涅尔区内无遮挡，则能量损耗最小，遮挡可忽略；实际上，只要 55%的第一菲涅尔区无遮挡时，遮挡也可以忽略。

菲涅尔半径（如图 5-32 所示）计算如下，第 n 个菲涅尔区半径：

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

上式在 d_1 和 d_2 远大于 r 时成立。

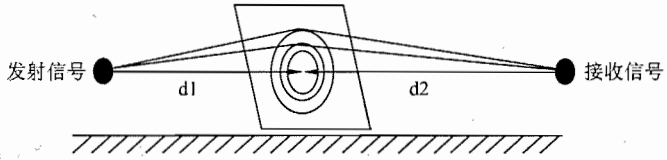


图 5-32 菲涅尔半径

3. 设置及影响

在设置天线挂高时应注意避免某些天线过高。建网初期为增加覆盖范围建造的高天线基站在网络扩容（小区分裂）时，要把基站天线高度降下来。在高话务密度区向低话务密度区过渡的地方设立缓冲区，避免天线高度发生突变，目的是尽量使整个无线区的小区半径从小到大呈渐变状态，便于将干扰控制在一定的范围之内。

5.9.2.2 小区天线下倾角的调整

1. 定义

天线倾角：天线的下倾方式可以分为机械下倾和电子下倾两种，如图 5-33 所示。

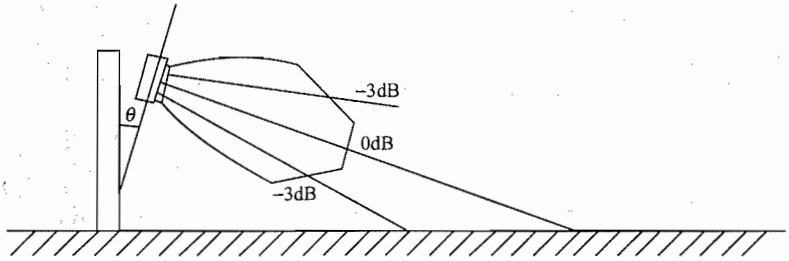


图 5-33 天线倾角的调整

天线的机械下倾角度过大时会导致天线方向图严重变形（即主瓣前方产生凹坑），对网络的覆盖和干扰带来许多不确定因素，因此机械下倾角不宜过大。一般不主张天线下倾超过 25°。

电子下倾通过改变天线振子的相位使得波束的发射方向发生改变，与原来没有下倾时相比，各个波瓣的功率下降幅度是相同的，从而避免了机械下倾所带来的缺陷。

2. 调整原则

1）根据覆盖、小区负载和干扰情况进行调整；

2）一般在城区内尽量选用电子下倾天线；

3）随着小区覆盖区域的变化，调整天线下倾角度。一般情况下，随着网络容量的增加，总体趋势是基站间距缩小，要求的覆盖区域变小，通常是通过增加天线下倾角度以尽量降低干扰。

3. 设置及影响

当天线以垂直方向安装以后，它的发射方向是水平的，由于要考虑到控制覆盖范围和同频干扰，小区制的蜂窝网络的天线一般有一个下倾角度。

在工程设计中，选择天线倾角的原则是使天线至本小区边界的射线与天线至受干扰小区边界的射线之间处于天线垂直面方向图中增益变化大的部分。

天线调整必须结合网络规划和实际小区的分布情况进行调整，着重从改变覆盖范围、降低同邻频干扰、越区覆盖、话务流向与均衡等方面进行分析。调整过程中注意以下几个方面的问题：

1）地势海拔较高的基站，如高山、高地，单纯从降低天线俯仰角无法很好的控制覆盖范围，对降低干扰也没有作用，必须结合功率控制进行调整，甚至于搬迁该基站。

2）天线主瓣方向调整的原则。主瓣指向高话务地区，可均衡话务分布；加强覆盖区域的信号强度，增强有用信号的载干比；偏离同频小区，有效控制干扰；结合定向站三小区的方向进行调整，避免小区信号的“交叉”现象，避免产生上下行信号不均衡造成的手机空闲与接通时信号相差过大问题。

3）天线调整过程中，应防止俯仰角过大造成边缘的盲区与水平方向图的裂变、旁瓣增益的增加会引起水平面上的增益方向性图变的奇形怪状。这是由于天线的旁瓣太大引起的。在调整过程中还应注意要防止因俯仰过小造成越区覆盖干扰的出现，以及方位调整中的相邻小区的频繁切换等。当俯角较大（12°以上），而同一基站其他扇区俯角较小时，必须考虑天线的旁瓣和后瓣对其他小区的影响，只有经反复对比调整，并用仪器检测，才能确定优化后的俯角值。值得注意的是在天线俯角调整时，必须拧紧定向天线上的调整螺杆，避免受大风等环境影响而使俯角发生缓慢变化。

4）正确理解电子波束下倾与机械下倾效果。采用电子下倾时，随下倾角度增加，它的方向性图仍然可以保持原有形状；但机械倾角下倾过大时，天线主波束对应区域信号强度迅速降低，当下倾角增大到一定数值时，应考虑到天线前后辐射比，此时主波束对应覆盖区域逐渐凹陷下去，同时旁瓣增益增加，造成其他方向上同频小区干扰。

5.9.3 频率规划调整

频率规划调整包括频率复用方式调整、各小区的 BCCH 和 TCH 载波频率调整。

5.9.3.1 频率复用方式的调整

频率复用是指在数字蜂窝系统中重复使用相同的频率，一般把有限的频率分成若干组，依次形成一簇频率分配给相邻小区使用。

通常的频率复用方式有：

（1）普通复用：“4×3”复用、“3×3”复用，以及更为紧密的“2×6”复用和“1×3”复用。

（2）双重复用：BCCH 和 TCH 分别采用不同的复用方式。

（3）同心圆复用：常规层和超级层分别采用不同的复用方式。

（4）多重复用 MRP：各层频率分别采用不同的复用方式。

一、普通复用方式

1. “4×3”复用方式

“4×3”复用方式针对每基站划分为 3 扇区的规划。12 个频率为一组，并轮流分配到 4 个站点，每个站点可用其中的 3 个频率，如图 5-34 所示。这是“900MHz TDMA 数字公用陆地蜂窝移动通信网络技术体制”建议采用的复用方式，也是 GSM 系统中最常用和最典型的复用方式。对于三叶草 60°天线，其 D/R=6；对于 120°天线，其 D/R=3.46。采用三叶草 60°天线时抗同频干扰性能会更好。

2. “3×3”复用方式

“3×3”复用方式针对每基站划分为 3 扇区的规划。9 个频率为一组，并轮流分配到 3 个站点，每个站点

使用其中的 3 个频率，如图 5-35 所示。这也是“900MHz TDMA 数字公用陆地蜂窝移动通信网络技术体制”建议采用的复用方式。3×3 复用方式与跳频、DTX、功率控制一起使用，可达到抗同频干扰要求。但带宽在 6MHz 以下时，不能提供足够的跳频增益，因此性能不佳。

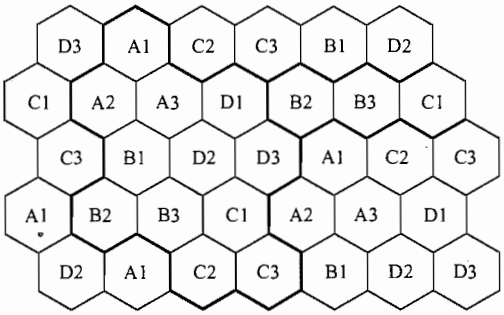


图 5-34　4×3 复用

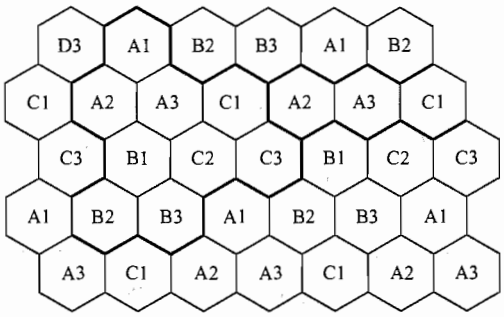


图 5-35　3×3 复用

采用 3×3 复用方式的特点是：

1）无需改变现有网络结构；

2）不需增加新基站就可提高容量；

3）有限的容量增加；

4）需要采用跳频技术来降低干扰，一般采用基带跳频；

5）系统不需增加特殊功能。

3×3 复用方式增加了频率复用度，从而提高了频率利用率。但采用此技术一方面要保证网络有足够的基站满足覆盖要求，另一方面要有足够的频带宽度，一般要大于 6MHz，以保证跳频效果。

3. 2×6 复用方式

这是 Motorola 提出的用以解决高话务地区频率复用的方法。该方法在不同天线方向上有着不同的频率复用程度，其 D/R 小于 3×3 复用方式。

4. 1×3 复用方式

1×3 复用方式的主要特点是：

1）容量提高比较大，可在较小的基站数下提供较大容量；

2）不需改变现有网络结构；

3）需要采用射频跳频、功率控制、不连续发射、天线分集等技术，降低干扰；

4）需要采用部分加载方法，即载波频率不能用满，收发信机数为载频数的一半左右；

5）适用于频带较小，容量比较集中，不需很多基站的地区。

1×3 复用是较紧密的复用方式，虽然频率利用率很高，但其干扰增加很大，如果采用的抗干扰技术不够

有效，可能对网络质量存在较大影响，因此应用时必须注意网络的优化。

二、多重复用 MRP

频率多重复用 MRP 方式就是将所有可用载频分为几组，每一组载频作为独立的一层，不同层的频率采用不同的复用方式，也就是说在同一网络中采用不同的频率复用方式，频率复用逐层紧密。为保证 BCCH 的安全，MRP 中用于 BCCH 的载频数应不少于 12 个。按 TCH 分组方法的不同，MRP 又可分为严格的 MRP 与改进的 MRP。如在 6M 的带宽下，可采用如图 5-36 的复用结构。

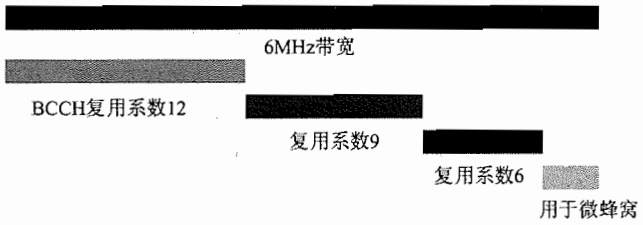


图 5-36 MRP 复用结构（例）

频率多重复用 MRP 的特点：

1）容量提高较高，可使平均复用系数降为 8 左右，从而较大地提高了频率利用率；

2）信道分配灵活，不同的频率复用类型可以根据容量需求逐步引入，还可根据话务分布情况，仅在需要的地方才增加 TRX，还可采用更紧密的复用方式；

3）可释放出一些频率用于微蜂窝；

4）采用基带跳频，较易实现。使用滤波合路器可以在较多 TRX 时使功率损耗相对较小；

5）需要采用功率控制技术及不连续发射技术来降低干扰。

在使用 MRP 时，应注意以下问题：

1）必须采用跳频、功率控制、DTX 等抗干扰手段，这也是 MRP 技术应用的前提；

2）采用 MRP 技术时，应注意频率分配的顺序。一般应先分配 BCCH，然后分配 TCH 等；

3）不同区域基站的频率应分别规划；

4）根据具体的干扰情况，调整邻区设置。

MRP 技术可根据容量需求及话务分布情况灵活进行频率规划，可逐步提高网络容量，它比仅使用 3×3 网络容量高，与 1×3 相比对网络质量影响较小，采用的技术如跳频、功率控制、不连续发射是 GSM 系统应具备的技术，在设备及软件上无其他特殊要求，只要进行仔细的网络规划和优化，在许多网上都可以使用。性能比较如图 5-37 所示。

	复用方式	基站配置	平均每站容量（户）	容量比
6MHz	4×3	3/2/2 或 3/3/2	1440	1
	3×3	3/3/3	1788	1.24
	1×3	4/4/4	2640	1.83
	MRP(12, 9, 6)	3/3/3	1788	1.24
	2×6	2/2/2/2/2/2	2160	1.5
9.6MHz	4×3	4/4/4	2628	1
	3×3	5/5/5	3384	1.29
	1×3	6/6/6	4272	1.63
	MRP(12, 9, 6)	6/6/6	4272	1.63
	2×6	3/3/3/4/4/4	4416	1.68

图 5-37 几种复用的容量比较

三、同心圆复用

同心圆是指把基站中的某几个载频的功率降低，使其覆盖范围缩小，成为内层圆，其余载频以常规功率发射，成为外层圆。由于内层圆的小区半径较小使得其使用的频率也可以在相邻小区使用，从而提高了内层频率复用率。外层的覆盖范围为传统的蜂窝小区，而内层的覆盖范围则主要集中在基站附近。另外，内外层的频率复用系数一般也不同，外层一般用 4×3 复用方式，而内层则采用更紧密的复用方式，如 3×3、2×3 或 1×3 等方式。通过 BSC 的控制软件实现 MS 在内外层之间的切换，大量吸收基站附近的热点地区的话务量。

根据同心圆的实现方式不同，可分为普通同心圆与智能双层网（IUO）两种，两者的主要区别在于内层的发射功率与内外层的切换算法。普通同心圆内层的发射功率一般要低于外层，从而降低了同频干扰，其内外层的切换一般是基于功率与距离的。而 IUO 内外层的发射功率是完全相同的，并基于 C/I 进行切换。

普通同心圆对容量的提高约为 10%～30%，提高量不大，IUO 方式对容量提高相对较大，一般为 20%～40%，并能在提高容量的基础上保证通话质量。

四、调整原则

如果在 GSM 网络中采用规则的频率复用方式，则系统所能支持的最大站型也就随之确定：

以下为 10M 带宽时不同复用方式支持的最大站型配置：

1）1×3 复用：7×7×8；射频跳频，跳频集使用 50%的频点；

2）3×3 复用：5×6×6；不跳频或基带跳频；

3）4×3 复用：4×5×5；不跳频或基带跳频。

一般只对个别站点和局部进行调整。

只在扩容和系统中干扰严重又无法通过其他方式解决时才考虑调整全网频率规划方案。

人工频率规划的几个原则：

1）当网络规模不大，基站布局合理，用户话务密度分布比较均匀的时候可以采用标准频率分配方案；

2）当网络达到一定规模，服务区话务量分布很不均匀的时，可考虑使用 MRP 技术；当话务需求进一步增长，可考虑使用更紧密的频率复用方式；

3）在用户密集区中心的基站可以采用同心圆的频率分配办法。

5.9.4 小区属性调整

如果在网络中存在多个 BSC，则小区的 BSC 归属问题将直接影响到网络中的信令流量。一般总是根据网络中业务量的分布特点来确定某个基站的 BSC 归属，在划分时尽量将话务比较集中的热点地区的基站划归同一个 BSC，这样可以尽量避免跨 BSC 切换所造成的信令负荷的增加。

调整策略：一般不调整。在工程建设初期需合理规划，在网络后期可做个别调整。

第 6 章　GSM 网络优化应注意的部分问题

6.1　设置寻呼信道复帧数和接入准许保留块数应注意的事项

6.1.1　参数寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）对小区重选算法的影响

参数 BS PA MFRMS（取值范围 2～9）决定了移动台每隔多长时间必须去收听服务小区的寻呼信道。该参数对移动台的节电性能有很大的影响。因此，该值应该取得大一些，来使移动台尽量少去收听寻呼信道以提高待机时间。例如：将 BS PA MFRMS 由 2 设为 6 可使移动台节约 18%的电量。

另一方面，这个参数与移动台对重选小区表中各频点的测量样本平均值是相关的。准确的公式如下：

$$T=\mathrm{Max}(5, ((5\times N+6)/7)\times \mathrm{BS\ PA\ MFRMS}/4)$$

式中　N——需监测的 BCCH 数目；

T——重选算法采样的周期，单位为秒。

这个公式说明了当参数 BS PA MFRMS 增大时，小区重选过程将会延长，如图 6-1 所示。下面通过两个例子来分别说明在市区和郊区这两种不同的环境下，该参数对它们各有什么影响。

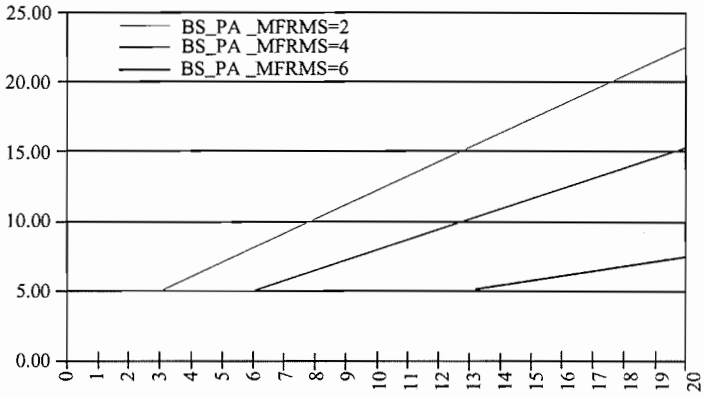


图 6-1　参数 BS PA MFRMS 对重选算法的影响（纵坐标为秒、横坐标为 BCCH 的数目）

在郊区环境下，重选小区表通常包含着 5 个左右的邻小区，当重选邻小区不大于 5 个时，将 BS PA MFRMS 取值为 6，不会使 MS 的重选算法降低过多。因此建议在有可能的情况下，尽量的提高该参数。

在市区环境下，应考虑到小区形状和移动台的速度等多种影响。一般来说，市区的小区在重选小区表中有较多的 BCCH 频点。因此，参数 BS PA MFRMS 在此时的取值不应太高以保证 MS 保持较好的重选性能。

从图 6-1 中，我们可以找到一个 BS PA MFRMS 的临界值，使重选算法不会由于 BCCH 的增加而导致重选过程的延长。如表 6-1 所示。

表 6-1　BA 表频点的数目和参数 BS PA MFRMS 对重选算法的影响

重选邻小区表中的 BCCH 的数目	不会使重选算法延长的 BS PA MFRMS 的取值
≤4	6
≤6	4
≤13	2
13～32	0

如果重选邻小区数目大于 13 个的话，无论 BS PA MFRMS 如何取值，都会延长重选过程，因而邻小区过多将会影响移动台进行小区重选的性能。当一小区的重选邻小区不超过 4 个的时候，可以将 BS PA MFRMS 设为 6，这将使重选时间延长至 5.57s，但可以延长手机电池的使用时间。

6.1.2 参数接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）对小区广播消息的影响

如果小区广播短消息功能（SMS-CB）被激活，SMS-CB 消息将被携载在 CBCH 信道上（即一个 SDCCH 子信道上），CBCH 出现在 SDCCH 51 复帧的第 8 帧～第 11 帧上（设 CCCH 使用一个物理信道且不与 SDCCH 共用。如图 6-2 所示。

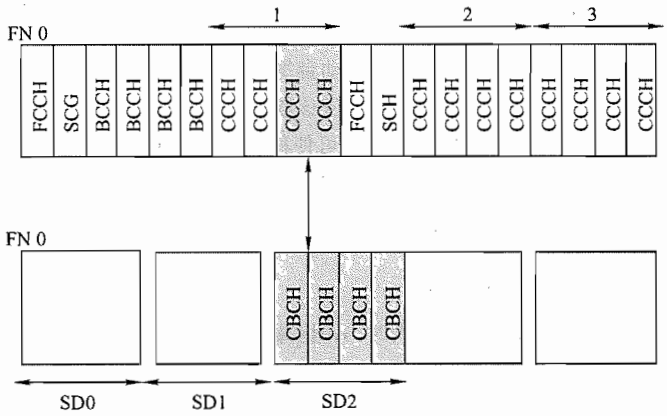


图 6-2 CBCH 与 CCCH 的对应关系

如果 BS AG BLKS RES=0，那么寻呼消息将可以发送在 BCCH 51 复帧的第 8 帧和第 9 帧上。但此时如果 SDCCH 被定义在另一个 TDMA 帧的 TS0 上，由于寻呼消息和小区广播短消息都是点对多点发送的，处于空闲模式下的移动台都可以接收，但 MS 对这两个消息只能选择其一，于是就有可能发生碰撞而导致另一个消息被丢失，如图 6-3 所示。

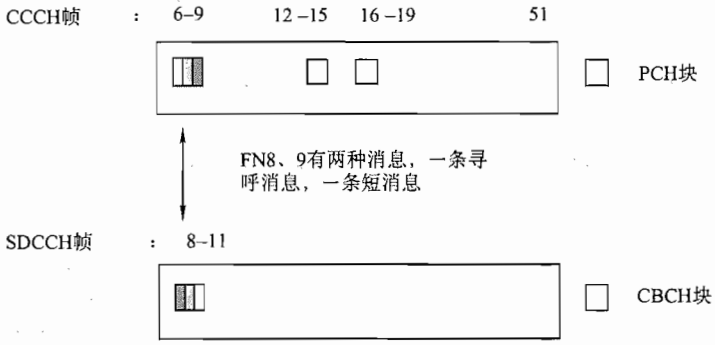


图 6-3 BS AG BLKS RES=0 时的情况

为了避免这种情况的发生，我们可将 BS AG BLKS RES 设置的大一些或设为 1（如图 6-4 所示），这样的话只有 AGCH 将被发送在该位置上。在这种情况下，移动台可能会在第 8 帧和第 9 帧上收到立即指派消息，移动台收到了指派消息就意味着在此之前移动台曾发出过信道请求，也就是移动台已经不再处于空闲模式下了，也就不会再去收听 CBCH 的消息了。

当 BS AG BLKS RES=1 时的情况，如图 6-4 所示。

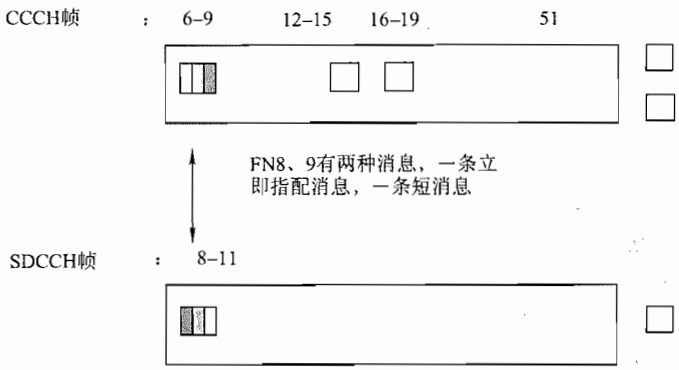


图 6-4　BS AG BLKS RES=1 时的情况

6.2　呼叫重建的影响

6.2.1　呼叫重建对网络容量的影响

呼叫重建对 MSC 的资源分配有着重要的影响。如果不激活呼叫重建功能的话，T3109 通常被设为一个较小的值，但应注意的是该值须大于“无线链路超时”（RADIO LINK TIMEOUT），以便当发生无线链路故障时可以及时地释放资源。

为了给呼叫重建留出足够的时间，我们可将 T3109 设置一个较大的值，这样可使 MSC 将这次呼叫的所占用的资源冻结起来以等待着移动台发起的“信道请求”（CHANNEL REQUEST）。因此，如果该移动台无法登陆目标小区或者无线链路失败的原因是由于 MS 超出覆盖边界导致的，那么冻结的资源将被白白的浪费掉了。

从上述分析可以看出，呼叫重建最好不要在边界小区上激活。

6.2.2　呼叫重建对掉话的影响

从计数器的观点看来，虽然呼叫重建改善了服务质量，但它并没有降低掉话的次数。与掉话比较起来，用户更能接受在通话间断几秒钟后重新建立起来。但是呼叫重建的程序，是系统在判决发生掉话后触发的，这种情况将被系统记录下来。

在某种意义上，呼叫重建反而会使掉话的次数增加。因为在呼叫重建时，由于时间的限制，移动台对目标小区的选择是很仓促的，并没有经过充分的测量，因而很可能在重建的小区中再次发生掉话，如图 6-5 所示。

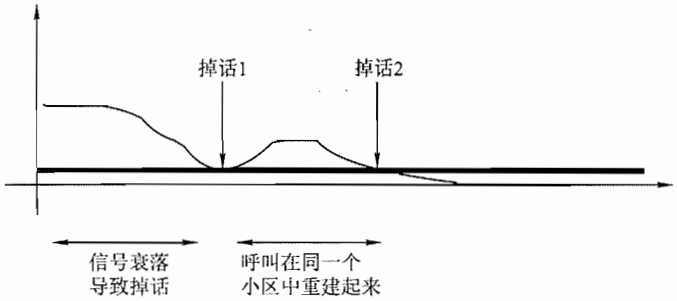


图 6-5　呼叫重建在同一小区内的掉话

就这点看来，运营者可以推断出，呼叫重建将增加掉话的总次数。

6.2.3 呼叫重建的同步

在下面的两个图中，分别列举了成功的呼叫重建以及失败的呼叫重建，设 RADIO LINK TIMEOUT 为 20（SACCH），T3109 为 20s，我们分别通过网络和 MS 两侧来进行分析。

例一：成功的呼叫重建（BTS 首先判决发生上行无线链路失败）

如图 6-6 所示，在网络侧，如果上行干扰过大或移动台的上行信号过弱，就会导致上行的无线链路故障。BTS 若判断上行无线链路发生了故障，则向 BSC 发出“连接失败”（CONNECTION FAILURE）的消息。BSC 收到该消息后，将向 MSC 发出“呼叫清除请求”（CLEAR REQUEST）并把原因注为“无线链路失败”。MSC 收到该请求后将启动计时器 T3109，并将停止发送下行的 SACCH。在此后的时间内，网络等待着移动台在 RACH 上发出信道请求。

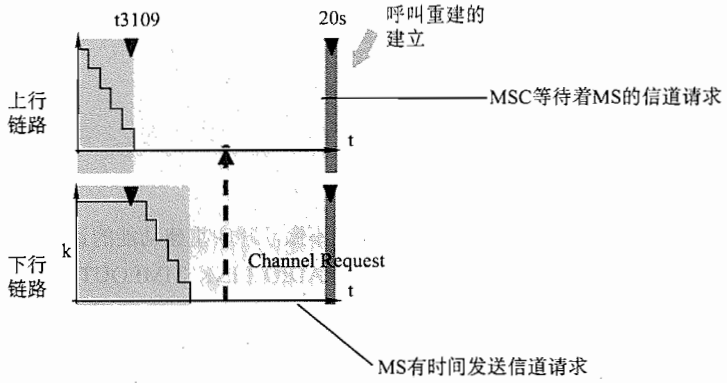


图 6-6 成功的呼叫重建

MS 侧，在最坏的情况下移动台将花 10s 的时间来判断是否发生了下行的无线链路故障，此后移动台最多只有 5s 的时间来选择一个呼叫重建的目标小区。因此根据上述分析，移动台只剩下 5s 的时间来重建该次呼叫。由此可见，成功建立起一个呼叫重建，确实有比较大的难度。

例二：失败的呼叫重建（MS 首先判断出现了无线链路失败）

如图 6-7 所示，在 MS 侧，由于下行干扰过大或基站的下行信号过弱，会导致出现下行的无线链路故障。MS 在选择上合适的目标小区后（不一定是原小区，但必须支持呼叫重建），就会向该目标小区发出“信道请求”（原因注为呼叫重建），但此时网络侧有可能还没有判断出已发生了上行无线链路故障，因此 MSC 不会认可该信道请求，呼叫重建就无法被执行。

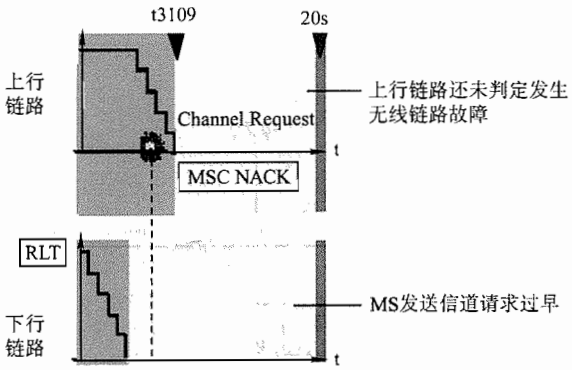


图 6-7 失败的呼叫重建

但十分不幸的是第二种情况是最常见的，因为目前的网络问题还是主要反映在下行覆盖上。

6.3　通过参数优化实现话务均衡时应注意的问题

当网络将 C2 算法激活后，MS 在进行小区选择和重选时将把参数 CBQ 的限制作用考虑进去。若 CBQ 设为 1，则小区为低优先级小区。但该算法只影响小区选择，而并不影响小区重选算法。也就是说如果 MS 可以收到多个小区的信号，虽然当它进行小区选择时无法选择低优先级的小区，但可通过重选来进入该小区。

当 CBA 为 1、CBQ 为 0 时，该小区被接入禁止。该设置将禁止 MS 对之进行小区选择和小区重选，但不会影响切入，因为在专用模式下，MS 在与该小区做预同步时不会考虑它的接入限制，如果该小区符合要求的话，MS 在合适切换小区表中向 BSC 报告。因此采用这种设置办法，虽然可以大大降低拥塞小区的话务负荷，但也会导致在该小区附近的用户投诉。因为在用户一侧，如果此时所处的区域只能收到被禁止小区的信号，那么他们所看到的现象是手机无信号。

当小区某接入级别被限制时，则该级别的用户无法接入该小区。与小区接入禁止不同，如果 MS 发现小区被禁止接入，它就会去选择其他的小区来驻留；但某级别用户被禁止接入时，若其他条件不改变的话移动台将依然驻留在原小区中，在用户看来 MS 无信号。因为级别接入控制不会影响 MS 的小区选择和重选算法，

由以上分析看来，无论调整小区重选偏置量（CRO）还是修改优先级或是级别限制，都只是在某种程度上起到话务负荷分担的作用。

设移动台可以收到小区 A 和小区 B 的信号，小区 A 的接收电平较高但由于重选偏置量（CRO）设置过低（或负偏置）导致 C2 值较低；而另外一个小区 B 的接收电平较低，但 C2 值较高。在移动台进行小区重选时，将根据 C2 算法来选择小区 B 作为服务小区，并驻留在该小区中。若移动台此时发起呼叫，则将把起呼建立在 B 小区上。一旦移动台进入专用模式后，就将根据实际接收电平的情况来执行切换算法，C2 值在此时将毫无作用。因此切换算法经过一段时间的采样后，系统就会通过功率预算切换将通话切换至 A 小区中。在呼叫结束后，又将发生小区重选，MS 将重新回到小区 B 上。

根据以上分析，通过修改 CRO 来调整 C2 的办法，只会降低在 A 小区上的起呼量，也就是说可能转移超短话单用户所带来的话务（未来得及做切换），但无法从根本上来解决小区的高话务问题。当 A、B 不属同一 LAC 时，情况会更严重，因为这将带来频繁的位置更新。换句话说，这将会在一定程度上增加起呼小区的话务（最大为 T3103 定义的时间）和 BSC 的信令负荷（相当于增加了额外的切换负荷）。因此在通过调整 CRO 来均衡话务时，应同时修改起呼小区 B 的参数 HOMARGIN 来增大话务切出的难度，这样才能起到话务均衡的目的。

6.4　基带跳频与射频跳频

6.4.1　基带跳频

6.4.1.1　基带跳频原理

如图 6-8 所示，当基站采用基带跳频时，每个 TX 都有一个专用的频点，并通过 FH 总线与所有的帧处理器相连。它采用了腔体耦合系统，所采用的频点数和 TRX 的数量是一样的。

6.4.1.2　基带跳频频点重新设置程序

当采用基带跳频方案时，网络允许在某些情况下重新配置频率。若某个 GSM 小区支持跳频，当它的某个 TRX 设备发生故障时，将由 BSC 发起处理程序。BSC 通过识别相应 TRX 的 TEI 来配置或复位 TX 的频点。若某小区没有设置冗余的 TRX，则当它的某个 TRX 出现故障导致不能工作时，就意味着该小区减少了一个频点（不是 BCCH 频点）和一个优先级最低的 TDMA 帧。

当 BTS 采用腔体耦合的跳频方式时，BSC 可通过两种机制来动态实现频点的重新设置功能。1）舍弃频

点：该小区将停止工作并采用新的一组频点重新启动，这将会导致现有的呼叫被释放掉。2）启用所有频点：当所有频点都恢复时，BSC 将触发自动的频率重新设置，这将会导致现有呼叫的释放。

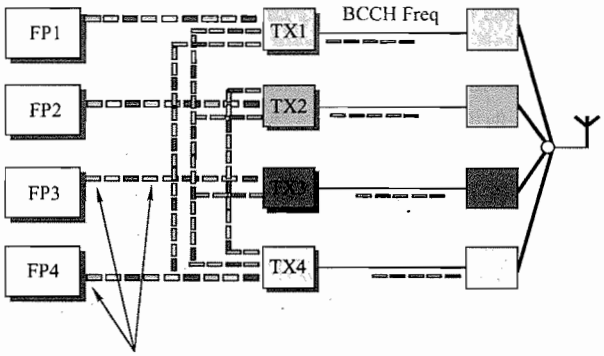


图 6-8 基带跳频

6.4.2 射频跳频

6.4.2.1 射频调频原理

当采用射频跳频时，每个 TX 都对应着一个帧处理单元，并可以使用所有的频点发射。它适用于混合耦合系统，并且允许使用的跳频频点多于 TRX 的数目，这是为了在链路预算中使衰耗容限最小，如图 6-9 所示。

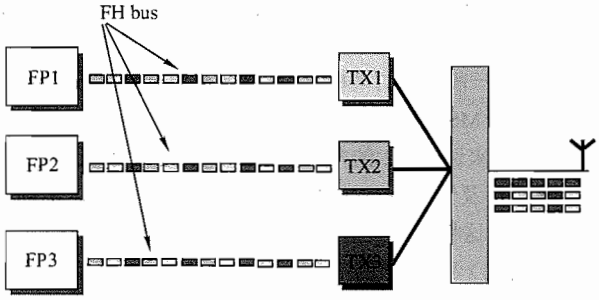


图 6-9 射频跳频

它面对的主要问题是需保证在系统无须处理呼叫时（即无话音或数据要发送的时候），BCCH 的频点应在任何时间内（所属 TDMA 的所有时隙）都以稳定的功率进行发射，因此针对这种问题我们可采用的方法是使用一个不参与跳频的 TDMA 帧来发射 BCCH 频点。

射频跳频方式 TDMA 的设置原则是：同一小区的任意两个 TDMA 都具有相同的 MA 和 HSN，不同的 MAIO。

6.4.4.2 射频跳频的主要特性

1）至少有 8 个跳频频点。MA 表中的频点数越多，在链路预算中的需考虑的衰落容限越小，这归因于瑞利衰落；

2）MS 的移动速度越慢，所采用的跳频频点越多，系统的跳频性能就会越好；

3）跳频的频点越多，信号的总体接收质量就会越好。跳频将会减少接收质量较差样本的数目，但同时也会降低接收质量较好样本的数量；

4）对克服瑞利衰落有利；

5）使接收电平更稳定。在上行上能起到分集作用，在下行上也会起到令人满意的效果；

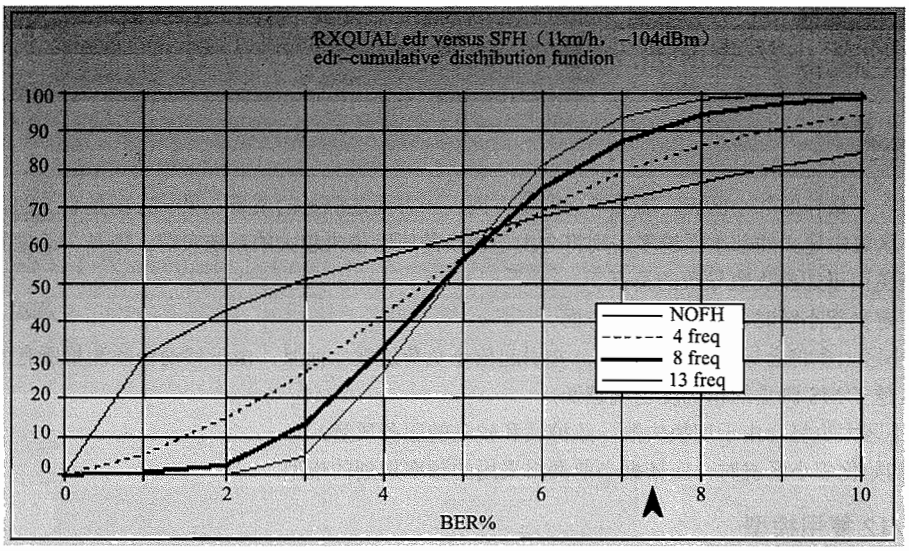


图 6-10　跳频性能图

6）大大改善某些地区较弱的信号强度（建筑物内或街道上）；

7）克服干扰，在 RF 的频谱上能起到干扰源分集的作用（如图 6-10 所示）；

8）在时间上起到干扰分集的作用；

9）减少高负荷基站对低负荷基站的干扰；

10）可以从数字信号处理获得更有效的差错校验增益。

6.5　测量报告的处理

6.5.1　对测量报告的处理

在 MS 侧，样本值是在通过对一些突发脉冲上的测量获得的，在转换成 dBm 之前的单位是 dB。

BTS 在上行链路上所获得的每个样本值，都是以瓦特为单位来对突发脉冲的测量均值进行计算的。所以上行的样本值在转换为 dBm 之前将通过瓦特来计算。

这两种不同的测量方式使得上行的测量处理比下行的测量处理高出 2.5dB。

6.5.2　准则

1）在专用模式下，移动台在根据 BA（SACCH）表所指示的所有频点上进行接收信号电平的测量。MS 将对除空闲帧以外的所有帧进行测量。在每个测量周期上如果某个频点获得了 5 个测量样本值，则对该测量值被视为有效的；

2）在上行 SACCH 上，MS 将提供该服务小区的下行电平强度和信号质量。参与测量平均的样本个数的多少是由是否激活了下行 DTX 来决定的。MS 的测量报告中还包括当前的 TA 值和 TxPwr，以及是否使用上行 DTX，同时还包括最好的 6 个邻小区的 BSIC 和接收电平；

3）当在 TCH 专用模式下时，26 复帧中的空闲帧专用于对邻小区的预同步。在允许的 PLMN 中，MS 应与 6 个最好的邻小区保持同步，并至少在 10s 内确认一遍，如果 MS 丢失与一个小区的同步后，与该小区相关的消息将至少保留 10s；

4）每过 2s，MS 应试图去同步除六个载波之外的最强载波。

6.6 设立邻小区表和规划 BCC 的原则

6.6.1 概述

要获得一个最佳的邻小区表，需要考虑两个方面：一方面是服务的质量，另一方面是系统的负荷。实际上，在邻小区表中定义的邻小区越多，则将会由于切换的原因带来越大的系统负荷。但是，适量的邻小区可以有效地避免由于切换失败导致的掉话。

因而在定义邻小区时，应考虑以下方面：

1）邻小区太多将会导致过多的切换，并引起信令负荷过载。而且，由于移动台须测量所有的邻小区，所以邻小区越多 MS 测量的精确度也就越低；

2）邻小区太少将会由于切换失败导致掉话和较差的服务质量；

3）在初始化邻小区表时，应依据当前网络采用的频率规划的模型。

6.6.2 4/12 复用模型

6.6.2.1 第一步邻小区表的规划

第一步当初始化邻小区表时，应根据最准确的地图，将与该服务小区具有共同地理边界而且在同一地平线上的基站加入它的邻小区表中。

如图 6-11 所示，在该给定地图中，列入初始化邻小区表的小区有：1、2、3、4、5。

如果不加考虑的使用上面所获得的邻小区表将很容易导致掉话和乒乓切换（例如上图所示，邻小区 4 在服务小区和小区 6 之间只有很小的覆盖）。

6.6.2.2 第二步邻小区表的规划

为了避免上述提到的网络故障，必须还要在第一步所获得的邻小区表中增加一些邻小区。一个解决办法是多定义一层相邻小区，即将小区 1、2、3、4、5、6、7、8 都定义进去，但该办法的弊端是将会导致邻小区表中的小区数目过多，随之而来的将是过多数量的切换，这将会很容易造成信令负荷的过载。

因而，一个较好的解决办法是按照距离标准来定义，这必须要根据已划入邻小区范围的小区作为考虑对象。这个方法是用指定的直径来定义一个圆周，将第一步获得的所有邻小区都刚好归入该圆周中，然后将该圆周内的所有小区都定义在邻小区表中。如图 6-12 所示。

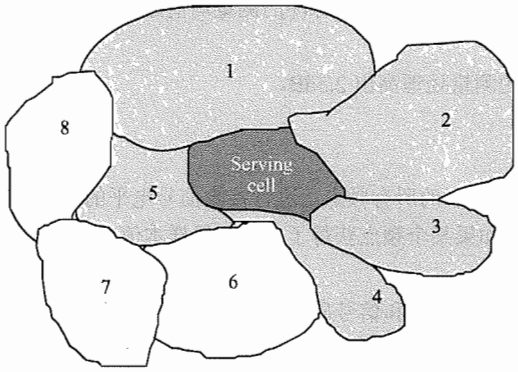


图 6-11 初始化邻小区表

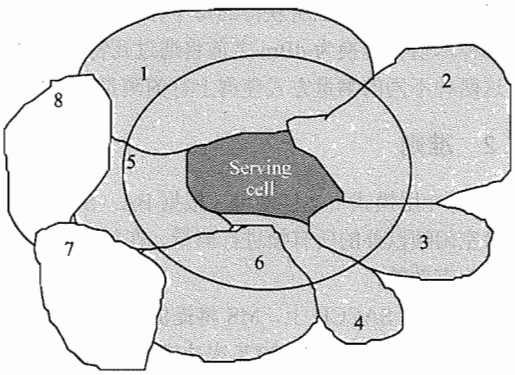


图 6-12 第二步规划邻小区表

因此，根据距离标准所获得的邻小区表有 1、2、3、4、5、6。

注意：丘陵地带和公路等地形情况必须要考虑进邻小区规划中。如从地图上看某两个小区是相邻的，但实际上它们被一个高山分割开了，那么在确认信号无法越过这座山的情况下，这两个小区将不能被定义成相

邻小区。

6.6.2.3　开阔地带的影响

如果这个开阔地带（即无线传播十分好的地区，如湖泊、河流、广场等）很大，而且距离服务小区不是太远，那么我们可以把它看做是一个实在的小区。因此，该地带周围的小区都应被加入服务小区的邻小区表中。

在下列情况下，开阔地带的影响不应被考虑进去。

1. 该地带可被简化为小区域

在这种情况下，该地区的覆盖问题就显得不是很重要了，因而在小区重选和切换的角度上该地区可以不再作为一个小区来考虑。若定义得不合理，则容易导致在该地区进行的切换（服务小区至该地区的周邻小区）产生乒乓效应。

2. 该地区距离服务小区很远（在服务小区和该地带间相隔着几个小区）

这种情况易造成 MS 接收信号十分不稳定。由于服务小区和 MS 相距较远，MS 很容易丢失服务小区的信号。如果在所获得的邻小区表中有符合这两种条件的邻小区存在，则应当把它们从邻小区表中删掉。

6.6.3　1：3 和 1：1 分裂小区的规划

在跳频网络中，1:3 或 1:1 的复用模型一般用于 TCH 的频率规划中。在质量切换门限没有改变的情况下，质量切换的数量将会有所增加，这是由于接收质量（RXQUAL）的分布变窄（较差的和较好的 RXQUAL 的样本值都变少了）。因此使用距离标准来创建邻小区表，可能会导致 MS 在该服务小区中和切出的目标小区中都使用相同的 TCH 跳频组，这时如果触发的是质量切换的话，那么很有可能切出的目标小区质量也很差，甚至还不如以前。于是可能会触发新的切换。

6.6.3.1　关于 1:3 复用模型邻小区表的设定

如果我们采用 1:3 复用模型，一种避免出现上述情况的办法是不把具有相同跳频组的小区定义进邻小区表中。如图 6-13 所示，灰色的小区将不作为服务小区 S 的邻小区。

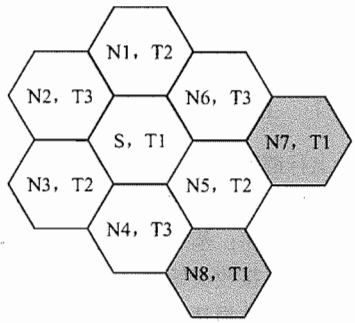


图 6-13　1:3 复用模型

在话务热点地区，可能会由于目标小区的信道资源不足而导致服务小区与某些邻小区的切换失败增多。为了避免这种问题，我们可将每个小区都保留出两个信道以用于切换的需要。有些人可能会提出疑问，这样会不会加剧拥塞的现象，但据实际的统计结果来看，在全局的角度上它将降低系统的拥塞。

这种规则的例外情况如下：

1）存在覆盖空洞；

2）由于阴影效应导致覆盖受限。

6.6.3.2　距离标准（1:3 和 1:1 复用模型）

上面提到过，若该服务小区与其相邻小区使用相同的 TCH 跳频组，则会导致质量切换的大大增加，而使网络的整体服务性能下降。因此为了防止它们之间产生乒乓质量切换，我们可以把与服务小区具有相同 TCH 跳频组的邻小区的质量切换容限设为 24，以增大它们之间的切换难度。由于这种方法需要对每个小区的运行情况进行认真的分析，因此只适用于在网络优化时使用。

若系统允许跳频功能，一个折中的办法是我们可以提高质量切换门限，从而保证在使用 1:3 跳频后，网络的整体切换频次不会增加。

6.6.4　切换小区表与重选小区表的比较

不管使用哪种复用模型，切换和重选小区表中的小区都应定义的相同。然而，对于 1:3 和 1:1 复用模型来说，在定义切换邻小区表时可以只采用第一步规划原则，而在定义重选邻小区时应采用第一步和第二步的

规划原则。

6.6.5 BSIC 的规划

BCC 的规划有三种办法，在这些方案中都应考虑距离准则，这是为了使邻近小区 BSIC/BCCH 冲突的可能性降低到最小。

第一种方案是基于已存在的 BCC 的集合，即从已被其他邻小区选用的 BCC 中来挑选一个，但必须保证被选的 BCC 不会导致 BSIC/BCCH 同邻近的小区冲突。

这个方案的好处是可以保证 BCC 在整个网络中分配的较为均匀。然而，若使用手动的方法太麻烦也太耗时，因而在使用该方案时，通常使用自动的工具将 BCC 分配好。

第二种方案是使用 BCC 的数目尽可能少。因此，在定义 BCC 时，应首先尝试从 0 开始取值，当所取的值导致 BSIC/BCCH 冲突后，再逐步拓展取值的范围。

这种方案的好处是使所用的 BCC 保持在最少的数目。于是当增加一个新站的时候，为了使 BSIC/BCCH 不冲突，我们就可以再选用一个新的 BCC 而不必修改周围已存在小区的 BCC。

但是，如果用手动的方法太耗时间而且难度较大，一般来说还是采用工具来自动生成。

第三种方案是按照 BCCH 的复用模型来划分 BCC，即在一个簇内使用相同的 BCC。这意味着邻小区将不能与服务小区使用相同的 BCCH。

在手工生成的 BSIC 规划中这种方案是最常用的，因为它比较简单而且快捷方便。

6.7 链路平衡

上下行链路功率平衡分析和计算的目的是为了获得基站可用的最大发射功率，避免无效的下行覆盖，减小干扰和系统噪声，它是获得良好的网络服务质量的基础。

6.7.1 上下行链路组成

上行链路：手机发射功率、人体损耗、建筑物损耗、路径损耗、天线增益、分集增益、馈线及其他损耗、双工器损耗、分路器损耗、基站接收机灵敏度。

下行链路：基站发射机、合路器、双工器、馈线及其他损耗、天线增益、路径损耗、建筑物损耗、人体损耗、手机接收灵敏度。

注：人体损耗

1）对于手持机，当位于使用者的腰部和肩部时，接收的信号场强比天线离开人体几个波长时将分别降低 4～7dB 和 1～2dB。

2）一般人体损耗设为 3dB。

6.7.2 链路预算

链路预算应考虑到上行和下行的增益和损耗、系统和传播参数，这些因素都将决定路径损耗的大小。

1. 上行链路预算

UplinkBudget=MS pwr+MS ant gain−(BTS sen−BTS ant gain−Others UL gains+Others UL losses)

式中 MS pwr——移动台最大发射功率，单位为 dBm；

MS ant gain——移动台天线增益，单位为 dBi；

BTS sen——BTS 接收机灵敏度，单位为 dBm；

BTS ant gain——BTS 天线增益，单位为 dBi；

Others UL gains——BTS 天线分集增益，单位为 dB；

Others UL losses——BTS 馈线损耗，单位为 dB。

2. 下行链路预算

Downlink Budget=BTS pwr+BTS ant gain−Others DL gains+Others DL losses−(MS sen−MS ant gain)

式中　BTS pwr——BTS 最大发射功率，单位为 dBm；

BTS ant gain——BTS 天线增益，单位为 dBi；

MS sen——移动台接收机灵敏度，单位为 dBm；

MS ant gain——移动台天线增益，单位为 dBi；

在这里 Others XX gains 和 Others XX losses（XX 代表上行或下行）表示在链路预算中可能会涉及到的其他所有的参量。在这里我们可以把这些参量分为三类：BTS 侧的增益和损耗参量、设计参量、环境因素参量。

6.7.2.1　BTS 侧的增益和损耗

BTS 侧的增益和损耗参量包括分集增益和耦合器衰耗。

1. 分集技术

分集技术可以被看做是一个质量改善的方法。有三种方法的分集：空间分集、时间分集和频率分集。

空间分集是采用两个接收天线，并相距足够远，最少应为 10λ 的距离。由于这两路接收信号具有最大不相关性，因而我们能够通过对它们的同步处理，从中获得分集增益。

这个技术用于克服慢速移动的 MS 的瑞利衰落的问题，但对于快速移动的 MS 来说瑞利衰落对于它们的影响不是很大，因此这项技术比较适合用在市区或市郊。一般来说，如果分集能对链路预算起到平衡作用的话，我们都可以考虑采用该技术。

2. 耦合器技术

耦合器可以允许几个频率都由同一根天线发射出去。

6.7.2.2　设计参量

设计参量包括交迭参量和穿透因子。

1. 交迭参量

交迭参量是在 MS 锁定了下一个服务小区之前，为了防止在当前小区的区域内掉话而设定的一个临界值。这个参量的值主要决定于两个因子：MS 的移动速度和 MS 的信号衰落速度。

2. 穿透因子

它们是通过大量实践所获得的测量的平均值。

车内穿透因子：在标准条件下 MS 处于车内时所定义的值。

室内穿透因子：在特定条件下 MS 处于室内时所定义的值

6.7.2.3　环境参量

环境参量包括阴影参量和环境校正因子。

定义这些因子是由于无线信号无论是在郊区环境还是在市内环境下，都不是按照同一条路径传播的。

1. 阴影参量

阴影效应是由于障碍物造成的，其概率服从对数正态分布，其方差均值是由环境（地形的起伏及植物等）和频率决定的。

如果一个小区的周围没有其他小区存在，那么无线覆盖就仅由它来提供，此时可能会有许多未覆盖到的地区。在多个小区的结构中，在小区边缘地带的覆盖便能获得更好连续性，但此时必定会产生大量的切换，在切换处理过程中产生的延迟将降低由此结构获得的增益。

2. 环境校正因子

引入这个因子是由于在相同的发射功率下，无线信号在郊区环境中比在市区环境中能传播得更远。

6.7.3　上下链路平衡在设计上的考虑

上下链路平衡判决公式如下：

$$\triangle = \text{DL budget} - \text{UL budget}$$

将上行和下行比较，其中最差的链路预算在做小区规划时可以被当做路径损耗处理。

1）当△=0 时，该链路预算是平衡的。

2）当△>0 时，这种情况即称为“Uplink limited”上行受限。可以将上行链路预算值作为是路径损耗。这样下行就有如下额外的富余功率：

DL PWR Excess=Total Downlink Budget–Total Uplink Budget

解决该问题的一种方法是降低基站的功率，以实现：Total Uplink Link Budget=Total Downlink Link Budget=Worst Link Budget。这样的设计才能做到上下链路的平衡。另外一种方法则是在接收端设置低噪声放大器 DLNA。

3）当△<0 时，这种情况称之为“Downlink limited”下行受限。可以将下行链路预算值作为是路径损耗。

下行受限时，如果基站已经处于最大功率发射的状态，此时唯一可以研究的是耦合系统如何降低损耗，由于耦合系统中的合路器部分会给下行通路带来较大的损耗，尤其在合路器串联时更为明显。

6.8 射频跳频的规则

基带跳频和射频跳频的选择：如果采用了腔体耦合器系统，那么实现跳频的办法只能是采用基带跳频技术。而宽带耦合系统（即混合耦合器）却对这两种类型跳频技术都支持，但是它更适宜采用射频跳频。

下面我们向大家对比介绍一下射频跳频与基带跳频的主要区别：

1. 使用下行 DTX 和下行功率控制的限制因素

实验证明了当使用基带跳频时，若同时激活下行 DTX 和下行功率控制功能，这将会导致通话质量的恶化，严重时甚至会造成某些品牌 MS 的掉话。

当使用射频跳频时，这种情况将不会发生。所以在这种情况下，若激活这两种功能将会起到预期的目的，使干扰现象大大好转。

因此说若要采用下行 DTX 和下行功率控制技术，那么射频跳频就是唯一的选择。

2. 参数设置

若采用射频跳频的话，那么我们可以采用十分简单的频率复用技术，如 1∶1 模型或 1∶3 模型等。在这种情况下，就是增加新的基站也不需要重新进行新的频率规划。

相反，若采用基带跳频的话，那么每个小区应有两个跳频频率分配表（其中一个含 BCCH 频点）。

3. TRX 的损坏对容量及质量的影响

如采用基带跳频，那么可用频点数目应等于 TRX 的数目。因此如果 TRX 损坏的话，不但该小区的容量会降低，而且参与跳频的频点也会随之减少，该小区的性能就会受到影响（如话音质量）。

如果采用射频跳频，当 TRX 损坏时，该小区的容量虽然会降低，但是该小区的话音质量却会提高。这是因为每个 TRX 的跳频组都是相同的，当其中一个 TRX 坏掉时，不会影响到其他 TRX 的跳频组，反而其他 TRX 的干扰会减低。

6.9 信道分配及其优先权

6.9.1 信道分配与优先权（BSC 控制）

在图 6-14 中给出了信令信道的指配流程，在信令模式下（紧急呼叫、响应寻呼、附加业务等）或在业务模式下（分配请求、区间切换和区内切换）每一种类型的 TCH 分配请求都被定义了相应的一个外部优先级。无论是否激活了排队功能，系统都将通过 OMC-R 的表格将这些外部优先级与内部优先级（0～7）一一对应起来。

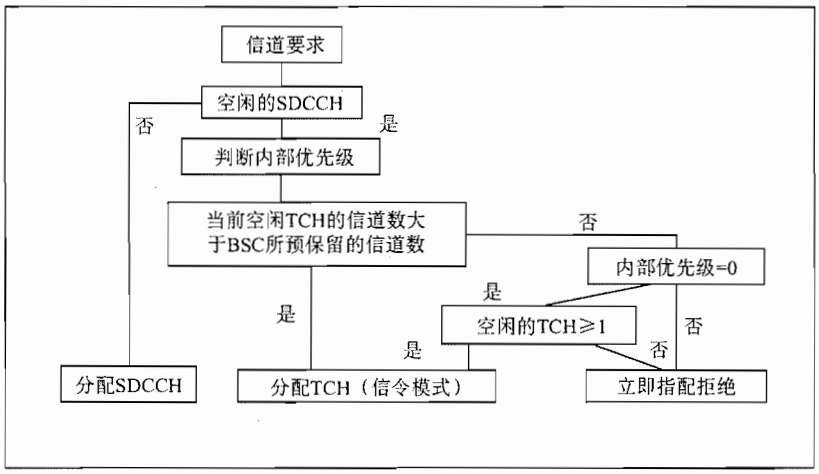


图 6-14　信令信道指配流程图

注意：切换程序与指派程序都是在业务模式下通过 TCH 发起请求的。而其他所有的程序都是在信令模式下，在 SDCCH 或 TCH 上发起请求的。如果此时没有空闲的 SDCCH，则系统将分配 TCH 来传送信令，但是 TCH 的分配应按照内部优先级的定义情况来进行分配。在该程序中，内部优先级越低的请求越能优先地被分配到 TCH 信道。

一部分 TCH 信道将被预先留给内部优先级为 0 的 TCH 的分配请求。被预留的 TCH 信道是针对所有 TCH 信道来说的，并不是专门指的哪个具体的 TCH 信道。

优先权可以由 OMC 决定，也可以由 MSC 决定。MSC 的外部优先级是通过 ASSIGN REQUEST（指派请求）消息来定义的。MSC 所定义的外部优先级同 BSC 所定义的外部优先级有一个对应关系，公式如下：

BSC 的外部优先级=（MSC 的外部优先级–1）

即 MSC 的优先级 1～14 对应着 BSC 的优先级 0～13。在 BSC，优先级 14～17 的信道指派请求被保留给的其他用途。值得注意的是，仅当排队序列选用 MSC 判决的方式时，才会考虑到不同类别的指派请求（ASSIGN REQUEST）。14 个 GSM 外部优先级和被预留给 BSS 的 4 个优先级，在 BSS 侧被转换成了 8 个内部优先级。

分配优先权与排队算法是完全不相关的两个概念，这就是说当系统没有启动排队功能的时候，系统仍将根据参数的定义来保留部分信道给优先权为 0 的信道请求。

从参数的观点来看如果启用了排队功能，那么为切入请求（INCOMING HANDOVER）保留一些信道对提高网络的总体性能、降低拥塞率还是很有帮助的。

6.9.2　排队

TCH 用于信令模式时不能参与排队。排队是当系统在没有 TCH 资源的情况下，将 TCH 的分配请求放入一个等候的序列中，当其他呼叫将资源释放掉后，网络就可以按照排队的先后将资源分配下去。排队可以被认为是一种防止 TCH 过饱和的一种手段。在 OMC-R 所定义的参数中，定义了等候的序列所允许的最大的等候时间以及参与排队的最大 TCH 分配请求数目以及相关序列的最大长度。

然而，并不是所有的程序都可用于排队。例如，小区间切换程序（INTERCELL HANDOVER）就不能用于排队。当排队被激活后，必须要想办法改善 MS 在通信中的质量恶化的问题。

进一步说，当 MS 的指派请求还处在排队期间时，它占用的仍旧是 SDCCH 信道而且要向网络进行正常的测量报告处理过程，因而此时允许 MS 在 SDCCH 信道上的切换（如果相应参数激活的话），如图 6-15 所示。

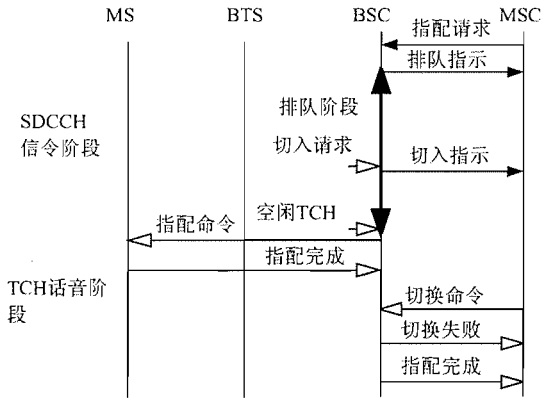


图 6-15 排队应用信令流程图

6.9.2.1 由 MSC 决定排队

根据从 MSC 发来的指派请求消息可以将其排队处理。如果 MSC 允许排队处理，那么 MSC 相应的外部优先级[0，14]将被转换为相应的内部优先级。

在 MSC 处理下，指派请求及小区内部切换程序可被分为 8 种序列。每种指派请求的原因都对应着一个序列。于是，十四种指派请求的原因和一个小区内部切换的请求程序可以被同步的排列成 8 个序列。

注意，在一个排队序列中 TCH 的指派请求数目可能会发生波动，这将由其他序列承载情况决定（它们是否饱和了）。此外，每个序列的长度指示出了在该序列中还能够接收的排序请求的最大数目，以及更高优先级的序列。

要建立起排队程序需要三个步骤。第一步，要测试该程序是否能用于排队。如果可以的话，接下来还要通过另一个测试来看它什么时候能得到响应。最后，要将该排队程序从队列中删除。

6.9.2.2 由 BSC 决定排队序列

如果由 OMC 决定排队的话，那么就只允许有一个排队序列，我们可以从 0～7 中选择一个队列号，具有对应内部优先级的请求可进入该队列排队，在此情况下信道指配的流程图如图 6-16 所示。

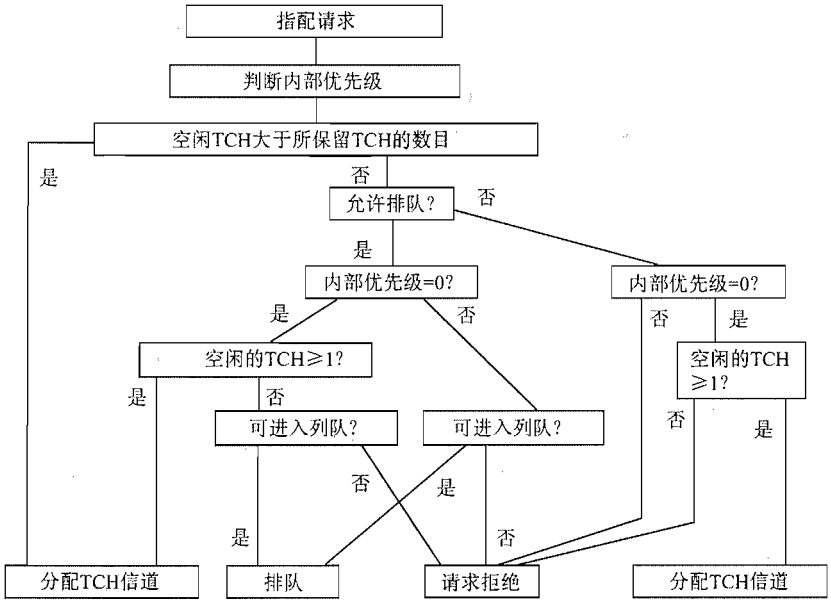


图 6-16 应用排队时 TCH 信道指配流程图

MSC 发出的请求将由 BSC 负责管理控制并决定是否可进行排队。在这唯一的队列中，仅允许指派请求（此时 MS 附着在 SDCCH 信道上）和小区内切换请求进行排队。

6.10　双频网优化

6.10.1　GSM900/1800 系统介绍

随着 GSM 移动通信网络用户数量的迅速增长，GSM900 频段的有限资源已明显不够用，有必要引入另一个频段以满足 GSM 网络容量增长的需求。1800MHz 频段与 900MHz 频段的传播特征基本相似，利用 1800MHz 频段比较宽松的资源，采用 GSM900/1800 双频段操作，会极大缓解 GSM900 的容量压力。同时，由于 GSM1800 与 GSM900 在系统组网、工程实施、网络维护及支持的业务等方面比较一致，因此，采用 GSM900/1800 双频段操作，能经济有效地解决 GSM900 系统频率较窄，容量受限和话务负荷不足等问题。新的 GSM1800 系统不仅比原有 GSM900 系统的性能更加先进、业务种类更多，而且使用的频段也更宽了。所以，双频系统的容量要比原来的容量大好几倍。

双频网的建设必须合理规划，使 GSM900 与 GSM1800 良好结合，满足网络覆盖与容量需求。在网络投入运营后，需要根据实际运行情况，针对双频网的特点进行网络调整与优化。网络优化的目的是分析系统的实际运行状况，找出现有网络可能存在的问题，确定解决方案，提高网络性能，保证网络稳定、良好运行。此外通过网络数据，可进一步预测网络容量发展需求。

GSM900/1800 系统组合成一个网后，原来的 GSM900 网和新增的 GSM1800 网仍然分别工作在两个不同的频段。因此，原来用户的单频 GSM900 手机将仍然是在原来的 GSM900 网中应用。如果用户改换使用双频手机，就可以在双频系统中自动漫游、自动切换，双频系统将使双频手机始终保持在相对最佳信号状态下，从而提供更加良好的通话质量以及更多的业务种类。这是因为双频系统和双频手机具有更为先进的性能，当双频手机开机后监听到信号，就开始扫描选择通信质量相对最佳的信道，首先是选 GSM1800 小区内的信道，如果这时恰好是这个小区的话音信道全忙，双频系统就会立即向周围 GSM900 小区查询有无空闲信道，如果有，就会向这个双频手机指派一个 GSM900 小区的信道来完成呼叫的建立和接续。这样一来，便提高了系统话务负荷的能力。又例如，当双频手机从 GSM1800 覆盖区漫游到 GSM900 的覆盖区时，双频手机将尽量维持在 GSM1800 系统，直到通话质量降低到规定的限度时才自动切换到 GSM900 系统，保持双频手机的通话质量，而用户本人虽然是在通话之中，却感觉不到所处系统的变化。

综上所述，双频系统具有以下优点：

1）除射频部分外，GSM1800 系统具有与 GSM900 系统基本相同的软硬件结构；

2）两个网络的拓扑结构相同，可共用 MSC、HLR、BSC 及 OMC；

3）两个网络可共站址，可充分利用机房、传输、电源、空调及其他配套设施，大大节省建设投资与日常维护费用；

4）虽然 900MHz 与 1800MHz 电波的传播特性不尽相同，但 GSM1800 与 GSM900 的无线频率规划方法及工具却基本相同；

5）GSM1800 无线覆盖范围小，小区半径小，覆盖相同的区域需要较多基站，因此提高了单位面积的网络容量；

6）由于两者原理与系统结构相同，可以节约网络运行维护及人员培训费用。

6.10.2　双频手机的特点

1）支持一个以上的频段；

2）可以在同一 PLMN 中不同频段之间执行切换、信道指配、小区选择和小区重选；

3）MS 具有在允许的所有频段中进行 PLMN 选择的能力；

4）支持多个功率级别，适应不同频段运行的需要。

6.10.3 对现有程序的影响

6.10.3.1 系统消息类型 3（SYS INFO 3）有所变化

系统消息类型 3 增加了两个新的字段：

1. 早期类别发送控制（EARLY CLASSMARK SENDING CONTROL）

该功能指示了多频 MS 是否有权通过 BTS 向 BSC 发送早期类别修改消息。此功能允许 MSC 在一得到有关多频消息的指示就将它传送给目标 BSC，它的作用是能加速呼叫建立过程并允许在必要的情况下及时地执行切换。

类别修改消息指示了 MS 所支持的所有频段以及 MS 的功率级别，使得切换程序可在最佳情况下执行。

支持该功能的小区参数为 EARLY CLASSMARK SENDING CONTROL，如该参数被激活，类别改变（CLASSMARK CHANGE）消息将在立即指配程序中的 SABM 和 UA 帧交换完之后被马上发送。

注意：

在单频网络中应禁止双频移动台使用早期类别发送功能（即将参数 Early CLASSMARK SENDING CONTROL），这是为了避免 PHASE 2 移动台给网络发送一些无用的消息而引起一些不可预见的问题。

移动台自身有许多特性，如它们的最大发射功率和它们所支持的业务。在 MS 与网络处于连接时，网络知道其中的一些特性是很有必要的。因为 SIM 卡不是同移动设备相连的，当用户改变移动设备时，可能不告诉网络，因此这一指示必须在每个连接的一开始就通知网络。这就是发送移动台类别的目的。

移动台类别的内容包括：修订级别、射频功率能力、加密算法、频率容量、短消息能力等。

1）修订级别用于规范各连续阶段之间处理向上的兼容性，如根据第一阶段的规范制造的移动台应将此值设为 000 等等。目的是让网络知道每个移动台使用的规范版本。

2）射频功率能力通常被称为传输功率等级，是指移动台能发送的最大功率，该信息用于功率控制和切换准备。

3）加密算法说明了移动台使用的是那种加密算法。

4）频率容量的指示可以使网络能处理在不同频段上具有不同能力的移动台。

5）短消息能力指示移动设备是否能处理短消息。这一指示在类别中不是必须的，因为不能处理短消息的移动台将会通知网络拒绝 SAPI3 上的 SABM 帧。

总之，在移动台改变功率级别的时候必须向网络提供新的值，如由一个手持机和包括 RF 发射机的车载部分组成的移动设备，在通信期间两部分有可能分开。移动台将通过报文 CLASSMARK CHANGE 来通知网络。

2. 系统消息类型 2ter 指示（SYS INFO 2Ter INDICATOR）

该字段用于指示多频移动台系统还存在 SYS INFO 2Ter 消息。

6.10.3.2 新的消息类型

双频增加了两网种新的系统消息，即系统消息类型 2ter、系统消息类型 5ter。

单频或双频移动台都会从系统消息中听取供小区重选和切换的邻小区表。与当前小区不属同一频段的相邻小区的频点分配消息将被携带在新增的系统消息中。

1）为小区重选增加了系统消息类型 2ter（SYS INFO 2ter）；

2）为小区切换增加了系统消息类型 5ter（SYS INFO 5ter）。

单频 MS 仅会使用系统消息类型 2、3 所指示的频点，必要的话该 MS 还会去收听 BCCH 所广播的 2bis 和 5bis 所指示的该频段其他频点的消息。

网络将提取小区参数所定义的邻小区频点，通过系统消息类型 2ter 和 5ter 广播给移动台。如表 6-2 所示。

6.10.3.3 系统消息中的邻小区表

多频移动台通过新的系统消息类型 2ter 和 5ter 消息中携带的参数来向另外一个频段执行小区重选和切

换。

表 6-2　双频网所增加的系统信息类型

	SYS INFO 2 SYS INFO 5	SYS INFO 2bis SYS INFO 5bis	SYS INFO 2ter SYS INFO 5ter
GSM900 小区	GSM900 邻小区表	—	GSM1800 邻小区表
GSM1800 小区	GSM1800 邻小区表	GSM1800 邻小区表	GSM900 邻小区表

多频段报告用于指示多频移动台在测量报告中最少应向系统汇报的本频段以外的小区数目。它的值等于系统消息类型 5（SYS INFO 5ter）中所携带的参数多频段报告指示。

注意：

1）一些单频移动台在专用模式下收到 SYS INFO 5ter 后会被干扰，而且它们发送 RR 状态消息可能会增加 BSC 的负荷。为了避免这种情况的发生，BTS 将控制这些消息的发送。大家应注意，单频移动台在空闲模式下不会受到 BCCH 所广播的 SYS INFO 2Ter 消息的干扰，因为在这种状态下，MS 将忽略该消息；

2）并不存在 SYS INFO 2Ter Indicator 的字段。

6.10.3.4　影响多频段测量报告的小区参数

在专用模式下，多频移动台根据系统消息中的参数（MULTI BAND REPORTING）的设置情况来决定在测量报告中不同频段小区所占的数量。

注意：在专用模式下，虽然 MS 会在测量报告中向系统上报 6 个相邻小区的消息，但 BTS 将只选择 3 个最合适的小区并在切换指示（HO INDICATION）中发送给 BSC。

6.10.4　双频网层次的划分

分层原则：GSM900 网络和 GSM1800 网络分属于不同的层面上（如图 6-17 所示）。

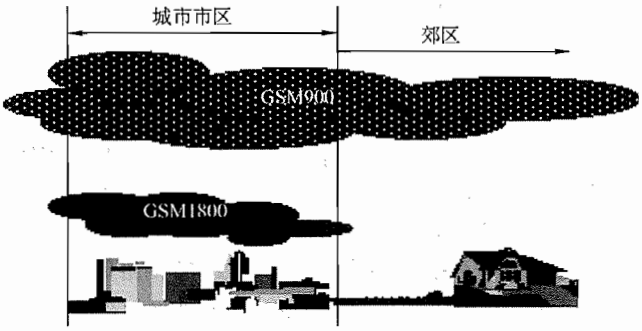


图 6-17　双频网的分层

我们可以将双层网络划分为不同的层面和层次。层面之间的区分主要靠控制软件和小区吸收的话务类型不同来区分的。

层面关系：不同频段的蜂窝处于不同的层面上，即：全网只划分为 GSM900 和 GSM1800 两个层面，而不考虑蜂窝类型。

层次关系：同频段内的不同蜂窝，根据其业务特点可以划分为不同的层次关系。一般全网可以划分为微微蜂窝、微蜂窝和宏蜂窝的层次关系。

6.10.5　不同频段电磁波传播特性的差异

1. 自由空间的传播损耗不同

GSM1800 的衰耗比 GSM900 多 6dB。

2. 建筑物贯穿损耗不同

1800MHz 比 900MHz 的建筑物贯穿损耗小，但两者的差别不是很大。以混凝土建筑为例，实测结果对应于 900MHz、1800MHz、2300MHz 分别为 14.2dB、13.4dB、12.8dB。

3. 绕射损耗不同

高频段电磁波的绕射能力较差。

6.10.6 双频网建设的特点

在建设双频网络的过程中，应注意以下几个问题

（1）站址建设。在可能的情况下，尽量采用共站建设方式，从而节省建设投资与维护费用。采用共站建设，可以利用现有的机房、电源、传输、铁塔等设备，减少大量的建设和外购设备投资，同时可以缩短网络的建设周期，网络可以更快投入运营。

（2）工程设计参数的选择和调整。大部分需要新建 1800 网络的地区，原有 900 基站站距都很近（300～1000m），根据电波的传播预测结果，这种情况下同站址建设 GSM1800 网络时，和原有 GSM900 网络相比，并不存在室内覆盖劣势，也不需要采用增大基站发射功率和采用高增益天线等可能会引入更大干扰的措施。

（3）双频系统的建设应视具体情况区别对待，应坚持解决话务密集地区为重点的方针，并要充分利用现有的 GSM900 系统的设备，将两者有机结合。

对于话务量较小的地区，双频网络可共用 MSC、BSC 等设备，甚至可共用站址，这样可灵活配置网络，为未来的扩容留出余地。

对于话务量相对较大的地区，应考虑将两者的交换机分开设置。这可以减轻原有的 GSM900 交换机的压力，并降低实施 GSM1800 系统工程时对 GSM900 系统的影响。

（4）应减少双频切换，尽量让 GSM900 系统保证覆盖，而让 GSM1800 系统充分吸收话务。这可通过调整两系统间的切换算法及切换电平门限等方法而实现。

（5）由于增补了许多性能，信令种类也相对增多，因此，在 A 接口的信令链路配置上应有一定的冗余度。

6.10.7 GSM900/1800 话务优化方法

GSM1800 主要作为 GSM900 网络的补充，吸收话务量是双频网优化中考虑的重点。因此，双频网的优化工作，除了以上各项指标的测试及相应的调整外，还必须特别考虑小区选择、小区重选、切换等与频段之间的选择有关的行为上。运用小区选择、重选和切换过程中的相关参数，根据网络覆盖及容量要求控制手机在保证通话质量的前提下使通话保持在 GSM1800 上，分担 GSM900 网络负荷。原则如下：

（1）优选原则：控制双频手机在空闲状态下，尽量优选 1800 小区；在通话状态下，尽量保留在发起呼叫时所处的层面上，避免在层间进行不必要的切换。

（2）话务控制原则：尽量减少网络中切换和位置更新次数；尽量使话务量在双频网络上均衡分配；在双频小区共同覆盖时，尽量减少双频网之间的频繁切换、频繁位置更新等现象，控制网络的信令流量。

双频网话务控制的主要方法有：

控制小区优先选择（C1 优化）、控制小区重选（C2 优化）、控制双频切换、控制切换优先级。

下面举例说明在双频网网络优化过程中，如何通过参数调整，使 GSM1800 尽可能吸收话务量，发挥双频网优势。

6.10.7.1 小区选择的优化设置

手机开机后将会选择一个合适的小区，从中提取控制信道的参数和其他系统消息，完成小区选择过程。在 GSM 规范中，规定了小区选择的依据参数即路径损耗准则 C1 算法。

手机所选择的小区的 C1 必须大于 0，同时还要判断该小区是否被禁止接入、小区的优先级等因素。在满足 C1 标准的前提下，手机将选择优先级高的小区。

若手机中存有 BA 表，则在该表中的 BCCH 载频上进行搜索，若检测到一个小区，其级别为正常，且 C1>0，则选择该小区。否则在所有频点中搜索，见图 6-18 的小区选择算法。

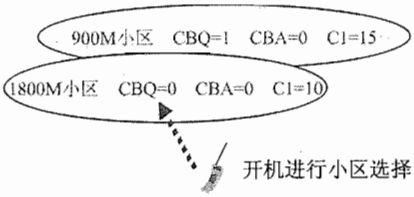


图 6-18　小区选择图例

由于 GSM1800 频段的信号衰耗较大，在 GSM900 与 GSM1800 共存的情况下，为了使双频手机能够尽可能接入 GSM1800 系统，可以通过设置小区的 CBQ（CELL BAR QUALIFY）和 CBA（CELL BAR ACCESS）值，来控制小区选择的优先级。鉴于 GSM1800 小区的信号强度通常低于 GSM900，因此设置 GSM1800 小区的优先级为“正常”，GSM900 为“低”，这样在小区信号满足 C1 准则的前提下，通过该参数的设置，使双频手机优先选择 GSM1800 小区。

按参数（图 6-18）进行设置后，通过实际的网络运行及测试表明，在 GSM900 与 GSM1800 的共同覆盖区内，手机将会优先选择 1800MHz 小区。

6.10.7.2　小区重选的优化设置

在空闲模式时，手机停留在所选的小区中，通过接收该小区的系统消息来获得 BA 列表，测量该列表中邻近小区 BCCH 载频的信号电平。MS 记录其中信号电平最大的 6 个相邻小区，并从中提取出每个相邻小区的各类系统消息和控制信息，在满足一定的条件时，手机将从当前小区转移到另一个小区，即小区重选。对 PHASE2 手机而言，由无线信道质量引起的小区重选以算法 C2 作为标准。C2 是基于参数 C1 及经验值而形成的。C2 的选择如图 6-19 所示。

小区重选不分优先级，在合适条件下 MS 重选 C2 值大的小区。根据 C2 算法，通过设置 CRO、TO、PT 等参数调整 C2 值，使 GSM1800 的 C2 值大于 GSM900，使 GSM1800 小区信号强度低于 GSM900 情况下，通过参数设置仍可以使双频手机重新选择到 GSM1800 小区。在网络优化过程中，需要结合网络运行情况对 C2 参数进行调整，设置 1800MHz 小区的 C2 值一般比 900MHz 小区高约 20dB。

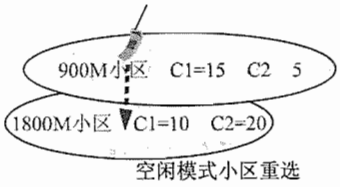


图 6-19　空闲模式下的小区重选图例

6.10.7.3　切换优先级的设置

在通话过程中，当有更合适的小区出现时，手机会切换到该小区，以保持良好的通话质量。在双频网中，测试并改善系统的切换性能是网络优化的一个重点。由于各个厂家的设备切换算法有差异，因此该项优化应紧密结合网上运行设备的现实机制来进行，但总的思路是一致的。

根据目前网上运行的设备来看，双频网络多采用分层小区结构，基于该类结构的切换算法，一般根据 GSM900/1800 双频组网的复杂情况，在处理方式上考虑了小区优先级、乒乓效应的消除、小区内连续切换的防止、速度敏感性、流量控制等问题。在双频分层网络中让 GSM1800 系统具有比 GSM900 系统更高的优先级，使手机更容易切换到 GSM1800 系统。通话也尽可能将手机保持在 GSM1800 小区，实现负荷分担。优化工作必须结合实际网络特点和运行情况正确地设置相关参数，使网络达到预期的性能。这些参数主要有：小区所在层的设置、小区优先级的设置、层间切换门限、层间切换迟滞等参数设置。

我们可将双频网络采用分层分级结构，GSM1800 为第 1 层，具有高的优先级，GSM900 小区为第 2 层。采用了分层分级的切换算法，可使双频手机尽可能停留在 1800MHz 小区上。各层也分不同的优先级，可以根据实际话务的分布，对每个小区进行更完善的话务负荷分布调整。在该双频网优化过程中，通过多次测试和参数调整后，其层间切换门限为–90dBm，为防止乒乓切换，将层间切换容限（HOMAGIN）设为 6dBm。

双频网络在 GSM900/1800 小区共站情况下，由于多径衰落等原因，即使是慢速移动甚至是在原地不动的情况下，GSM900/1800 小区之间的强弱对比也经常发生变化，于是就会产生大量的 PBGT 切换（由于有更好的小区而进行的切换），据有关资料统计，在 GSM900 和 GSM1800 网络都覆盖比较好的情况下，这种原因的切换占 80%以上，因此必须予以禁止，如图 6-20 所示。

在切换测试过程中，发现存在由于新增 GSM1800 基站导致邻区关系不完全、越区覆盖等因素引起的掉话，通过网络优化调整后切换正常。通过 DT 结果来看，在 GSM1800 系统的覆盖范围内，双频手机基本保持在 GSM1800 上，进行 GSM1800 系统内的切换；当 GSM1800 小区信号覆盖变差时，双频手机切换到 GSM900 小区。从而实现了 GSM1800 具有较高的优先级，而 GSM900 的小区的切换优先级较低，使双频手机在保证通话质量的前提下优先切换到 GSM1800 系统，从而使通话状态的双频手机尽量驻留在 GSM1800 系统上，实现话务量吸收功能。然而，在实际的双频网建设中，一般不通过切换来提高 1800M 的话务量，因为这会导致切换次数的增加和通话质量下降，当然产生掉话的可能性也会增加。

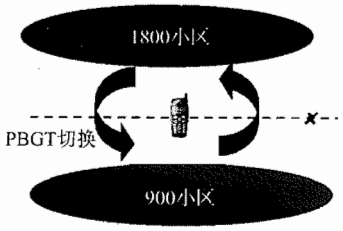


图 6-20 禁止在双频网之间进行 PBGT 切换

通过以上几个方面的调整，双频网覆盖区的 900MHz 和 1800MHz 小区的话务量发生了明显的变化，由于 1800MHz 系统对话务量的吸收作用，900MHz 小区一般不会再出现拥塞现象。

这里只是讨论了 GSM900/1800 双频网优化的几个方面，在网络运行中，还会涉及到许多相关的参数、测试方法、网络指标评估等因素，因此必须针对具体的网络环境综合考虑。

GSM900/1800 双频网目前正在大力推广，并在许多城市投入运营。双频网的运作有其特殊性和复杂性，应在实际运行中不断地跟踪网络质量和双频用户的增长速度，进行优化调整。通过网络优化，使 GSM1800 尽量吸收双频用户，起到话务负荷分担的作用，来缓解 GSM900 的压力，提高网络的整体性能。

6.11 PCH 与 RACH 的控制

6.11.1 寻呼命令处理

当需要在一个位置区内寻找某移动台时（呼叫或短消息），系统即会触发寻呼处理过程。该寻呼命令将在移动台所登记 LAC 内的所有小区进行广播。在空闲状态下，移动台将会去收听广播信道。寻呼消息将被携载在 BCCH 的子信道 CCCH 上进行广播，CCCH 可被分为三种逻辑信道：

上行：

—RACH 信道，用于携载信道请求消息（CHANNEL REQUEST）。

下行：

—AGCH 信道，用于携载立即指配消息（IMMEDIATE ASSIGNMENT）。

—PCH 信道，用于携载寻呼命令（PAGING COMMAND）。

由于突发脉冲交织的原因，4 个 CCCH 帧才能传送一条完整的寻呼消息。对移动台而言，收听广播信道将消耗电池。因而 GSM 规范对寻呼消息的广播进行了优化，使得一些移动台只与其特定的寻呼信道相关联，也就是说这些移动台不用去收听所有 PCH 信道广播的消息，只用去收听其特定的寻呼子信道就可以了，因而我们就可以说这些移动台属于同一个寻呼组。移动台如何来确认自己属于那个寻呼组呢，公式如下：

寻呼组号=（IMSI 模 1000）模 N

式中 N——寻呼子信道的数目。

我们可以根据两种基本因素来安排某具体 LAC 的寻呼组的数目以满足入呼叫的需求：

1）该地区用户的数量；

2）单位时间内每用户平均接收的寻呼消息/同时收到寻呼消息用户的平均数量。

6.11.2 寻呼信道的配置

我们可以根据所需求的寻呼组的数目来确定 CCCH 的配置，CCCH 的配置由以下因素决定：

1）TDMA 的类型；

2）接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）；

3）寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）。

6.11.2.1　TDMA 类型

CCCH 的数目决定于 BCCH 的合成类型。

（1）如果 BCCH 采用合成的类型，那么在 51 复帧中用做 CCCH 的帧将会比较少。如图 6-21 所示。

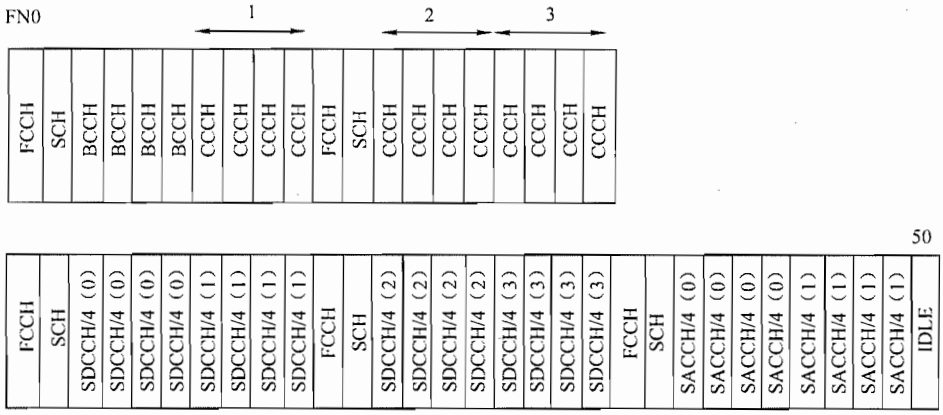


图 6-21　BCCH 合成配置类型的 51 复帧

如果采用了 BCCH 合成的类型，那么在 51 复帧中只有 3 个 CCCH 块，分别位于 51 复帧中的 6、12、16 的位置。

（2）BCCH 非合成类型，如图 6-22 所示。

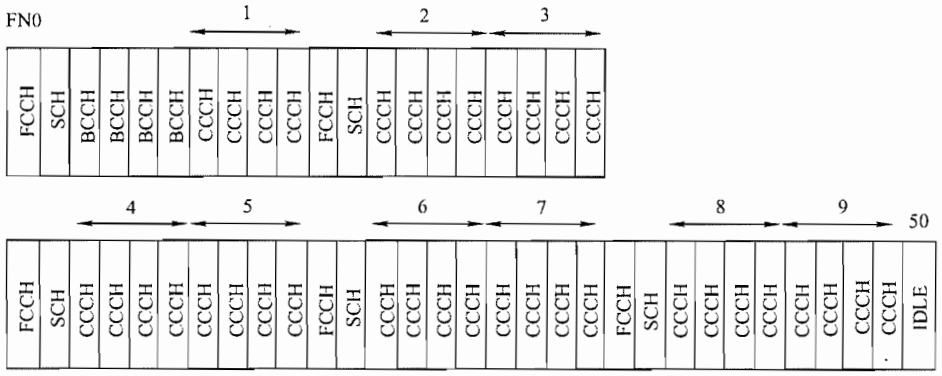


图 6-22　BCCH 非合成配置类型的 51 复帧

如果采用了 BCCH 非合成的类型，那么在 51 复帧中则会有 9 个 CCCH 块，分别位于 51 复帧中的 6、12、16、22、26、32、36、42、46 的位置。

6.11.2.2　参数接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）的影响

当 BS AG BLKS RES=0，系统在收到立即指配命令后就用第一个 CCCH 块发送出去。当立即指配命令和寻呼消息同时需要发送时，系统就应选择到底发送那种消息；同样当立即指配命令和寻呼消息都需要重发时，系统应在新的立即指配命令、新的寻呼消息、旧的立即指配命令、旧的寻呼消息之间做出选择。

规则如下：

1）优先级 1：新的立即指配消息。

2）优先级 2：新的寻呼消息。

3）优先级 3：重发的立即指配消息。

4）优先级 4：重发的寻呼消息。

如果 BS AG BLKS RES≠0，当 AGCH 信道占满时，尚未安排的 AGCH 消息将覆盖 PCH 信道，这就意味着无论是那种信道配置类型，AGCH 消息都应给予立即处理。针对这种情况，我们将采用一个新的优先级表，在该表中为重发的寻呼消息赋予了一个比较高的优先级来满足系统的需要。

1）优先级 1：新的立即指配消息。

2）优先级 2：新的寻呼消息。

3）优先级 3：重发的寻呼消息。

4）优先级 4：重发的立即指配消息。

6.11.2.3 参数寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）的影响

这个参数定义了寻呼组出现的频次。例如，如果 BS PA MFRMS=3，那么第四个复帧将携载第一个复帧出现过的寻呼组的消息。

如采用以下配置：BCCH 合成、BS AG BLKS RES=1、BS PA MFRMS=2，则如图 6-23 所示。

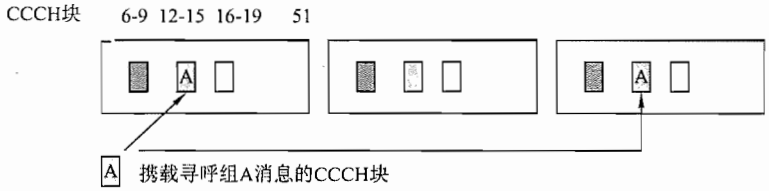


图 6-23 寻呼组的配置（1）

在寻呼消息到来时，这个参数将影响呼叫建立所需的时间。例如，当寻呼命令应在寻呼组 P 中传送时，而此时寻呼组 P 刚刚过去，于是该寻呼消息不得不再等待至少 BS PA MFRMS×240ms 的时间才能被发送出去。如果 BS PA MFRMS=8，则在没有任何延迟的情况下，该寻呼消息将等待 2s 的才能发送。在上述例子中，寻呼组可分为以下几块，如图 6-24 所示。

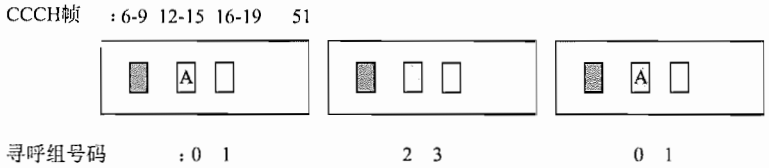


图 6-24 寻呼组的配置（2）

于是我们便可得到以下公式：

寻呼组的数目=(每 BCCH 复帧 CCCH 的块数−BS AG BLKS RES)×BS PA MFRMS

注意：在这里我们没有把专门使用 CCCH 时隙的情况考虑进去。

6.11.3 接入请求命令处理

当 MS 需要一个信道来建立通信时（主叫或被叫）需通过 RACH 信道发出申请。有关 RACH 请求的管理由 OMC-R 的某些参数来完成（重发次数、重发间隔时间）。

6.11.4 接入请求命令重发处理

当 MS 发出首次信道申请报文后，它将启动自身的一个计时器 T3120 并去收听 AGCH 逻辑信道（实际是去收听 MS 所属寻呼组所在时隙的所有 CCCH 信道）。当 T3120 逾时后，而此时的重发次数还未达到参数

MAX RETRANS 所定义的最大重发次数，MS 将在 RACH 信道上重发信道请求（CHANNEL REQUEST）。重发的规则详见参数 TX INTEGER 的说明。

6.12　定义重选邻小区应注意的问题

在 MS 进行小区重选时，是根据服务小区在 BCCH 的系统消息上所提供的 BA 表作为依据的。因此 MS 在空闲模式下只会去关注有关频点的信息，通过在 BA（BCCH）上获得的频点来进行接收电平的采样并根据这些频点去收听它们的 BCCH 信道所广播的与 C1、C2 算法相关的参数。

也就是说，在定义重选邻小区时，我们只要将其相邻小区的频点定义全就可以了。换句话说，在该表上只有 BCCH 的频点是给 MS 收听的。而其他的信息，比如说 CELLID 和 LAC 等消息是给运营者分析用的。

如图 6-25 所示，A 为 MS 目前的驻留小区，B 为 A 小区所定义的重选邻小区，C 并未被 A 定义为相邻小区，但 B 小区和 C 小区使用了相同的 BCCH 频点。当 MS 位于 D 点时，将根据 BA（BCCH）表的指示，把 C 认为是重选邻小区。当 C 与 A 不属同一 LAC 时，在重选程序执行完后将在 C 中触发位置更新程序。当 MS 驻留到 C 后，如果小区 C 中的 BA（BCCH）未定义 A 小区的 BCCH 频点，那么 MS 就无法重选回到小区 A 中（如图 6-25）。

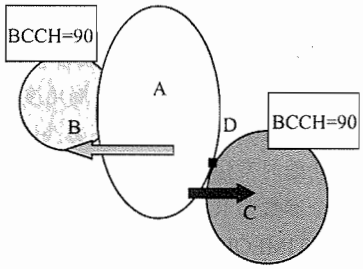


图 6-25　重选邻小区

该问题在边界地区的漫游问题上比较突出。一个判断依据是，当属于我们边界地带的小区的位置更新频次突然上升，可能是由于对方与我们相邻的边界小区重选邻小区表中，有一个与我们相同频点的小区。

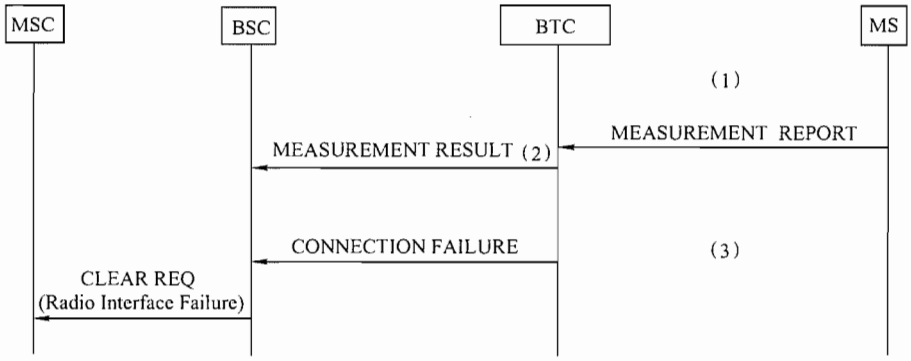
第 7 章　网络故障分析

7.1　掉话分析

7.1.1　问题描述

掉话可分为两种形式，一类是在 SDCCH 信道上的掉话，一类是在 TCH 信道上的掉话。SDCCH 的掉话是指在 BSC 给移动台分配了 SDCCH 信道而 TCH 信道还未分配成功期间发生的掉话。TCH 的掉话是指在 BSC 给移动台成功分配了 TCH 信道后，发生的不正常掉话。

造成掉话的原因，从全局角度来讲有三种，分别是：无线链路故障（发生在通信过程中，消息无法正常接收）、T3103 逾时（发生在切换过程中，即 MS 无法占用目标小区信道，也无法返回原信道）、系统故障（各种可能随时发生的故障）。在这三种掉话原因中，主要的掉话形式是无线链路故障。我们知道在 GSM 规范中有一个参数为 RADIO LINK TIMEOUT（无线链路超时），单位是 SACCH 测量报告周期的个数。当 RADIO LINK TIMEOUT 减为 0 时，信道就被释放，从而发生掉话，掉话原将因被记为无线链路故障（详见无线链路故障分析），信令流程如图 7-1 所示。在网络运行中，这种类型的掉话是最多的，因此对于某些掉话率较高的基站，我们可以适当提高该值的设置，如可把它设为 32（个 SACCH 测量周期）。一般情况下该值被默认为 20（个 SACCH 测量周期）。当改变该值时还应注意几点要求，一方面，应同时改变相关的参数如 T3109 等，例如当 RADIOLINKTIMEOUT 设为 32 时，T3109 值应大于 16s；另一方面，该小区不能为拥塞小区，因为 T3109 设置得过大会延长无线信道释放的时间。



（1）专用模式已经建立（SDCCH/TCH）
（2）激活了Abis监测功能
（3）无法解译SACCH的消息块（上行/下行），导致无线链路超时

图 7-1　无线链路故障信令流程

现在让我们研究一下掉话产生的具体原因，观察方法及解决措施，参看流程图 7-2。

7.1.2　由于覆盖原因导致的掉话

7.1.2.1　原因分析

（1）服务小区由于各种原因（如无线传播环境太好、功率太高）导致覆盖太大甚至将它的邻小区也覆盖

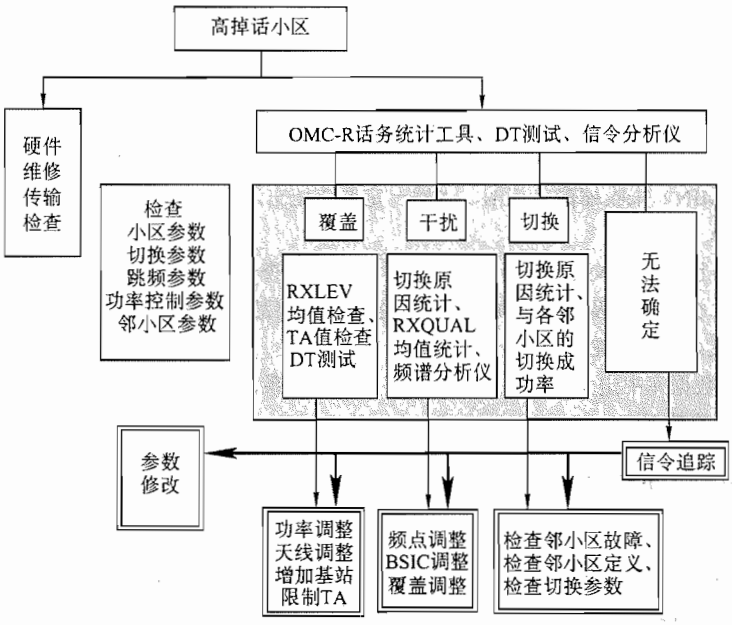


图 7-2　掉话处理流程

在内，或它的邻小区定向天线（设邻小区为定向小区）方位角有问题或本身信号太弱，以至于移动台超出了它所定义的邻小区 B 的覆盖范围之外到达了小区 C 后还占用着原服务小区 A 的信号，而小区 A 又未定义邻小区 C，此时移动台再根据原服务小区 A 提供的邻小区 B 进行切换时，就会因找不到合适的小区而导致掉话，如图 7-3 所示。这种情况一般发生在市区等基站密集的地方。

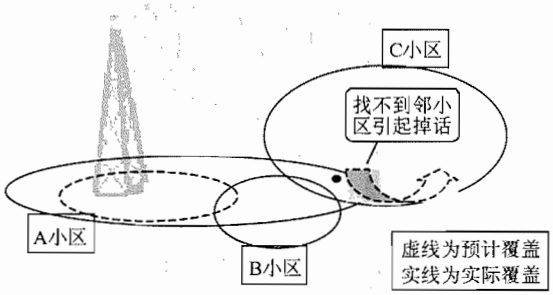


图 7-3　覆盖过大导致的掉话

（2）两小区的交界部分出现明显的无线信号覆盖的漏洞。

（3）覆盖过小也可能是由于某个小区的硬件设备出现了问题，如天线受到阻挡或携载 BCCH 的载频发生了故障（功放部分）。

（4）还有一种原因是由于一些高大建筑物所产生的阴影效应导致移动台信号发生快衰落而来不及切换引起的掉话。

（5）邻小区定义不全会导致移动台保持通话在现有小区中，直至超出该小区覆盖边缘而掉话。

7.1.2.2　解决措施

1. 查找覆盖不足的地区

通过话务统计分析，首先确认该小区掉话率是否较高（同时也可能伴有较高的切出失败率），并且切换的原因多为救援性电平切换，而其他指标一切正常，如果是这样的话我们便应去检查是否存在覆盖的问题。接下来我们可以进行 DT 测试来确认覆盖不足的区域。还应分析是否由于地形地势的原因导致的，如隧道、大商场、地铁入口及洼地，一般来说，这样的掉话多集中于某个方向上，可考虑加微蜂窝来解决。

2. 增大基站覆盖

通过用户投诉来查明覆盖不足的地方，看是否应该新添基站，或是通过别的手段来提高基站的覆盖，如

提高基站的最大发射功率，改变天线的方位角、倾角、挂高等（这需要综合考虑频率规划情况和其他方位的覆盖情况）。

3. 消除漂移信号的影响

通过定期的驱车测试来找出覆盖不规范的基站，消除掉它的漂移信号对其他基站的影响。对于这种情况导致的掉话，可以通过减小该基站的倾角，或降低它的最大发射功率（BSPWR MAX）及提高最小接入电平（RXLEV ACCESS MIN）来收缩覆盖范围，当然一定要防止出现盲区。

4. 排除硬件故障

如果掉话率突然上升并且本站其他指标全部正常，则应检查相邻小区此时是否工作正常（可能下行链路发生故障，如 TRX、分集单元及天线出现问题，若是上行链路故障则会导致原小区切出失败率较高）。

5. 检查邻小区表是否定义完整

检查在 OMC-R 数据库中定义的相邻小区是否互为对称关系、是否邻小区表定义不全。不同移动公司之间应常对照相邻小区的数据。

7.1.3 由于切换引起的掉话

7.1.3.1 原因分析

故障描述（我们以 INTRA-BSS 切换举例）：当 BSC 向移动台发出切换命令（handover command）时 T3103 器开始记时，在 BSC 收到来自切换目标小区的切换完成（handover complete）或者来自源小区的切换失败（handover failure）时就将 T3103 复位，BSC 将 Handover Command 信息发送到 BTS 时，如果 T3103 逾时后仍未收到任一种消息时，BSC 就判断在源小区发生了无线链路失败，进而释放源小区的信道，信令流程如图 7-4 所示。

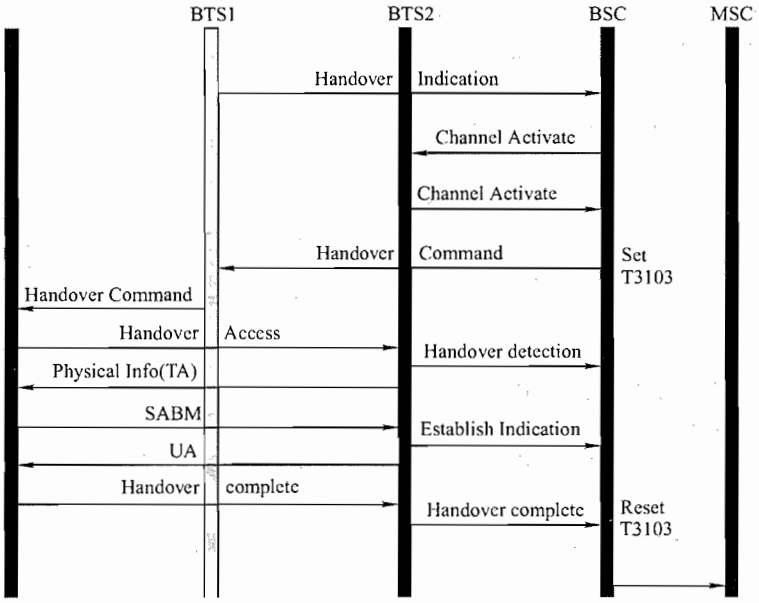


图 7-4 T3103 逾时导致掉话

总体来说造成切换掉话有两个可能性：MS 未收到或未解码网络发出的“切换命令”（HO COMMAND）消息，造成 T3103 超时掉话；MS 根据切换命令向目标小区切换，而切换未能成功且返回原小区失败，造成 T3103 超时掉话。下面就让我们来分别对上述原因加以分析：

1. MS 未收到或未解码网络发出的切换命令，造成 T3103 超时掉话

造成这种现象的可能性有以下几种：

（1）MS 未收到网络发出的切换命令

若 MS 处于服务小区的下行覆盖边缘或服务小区的下行链路设备不稳，则容易触发该小区的下行救援性电平切换，这时当 BSC 做出切换判决并向 MS 发出切换命令后，MS 的下行接收可能已经进一步的恶化，以致无法成功的接收到切换命令而造成 T3103 超时掉话。

（2）MS 未能解码网络发出的切换命令

若 MS 处于服务小区的下行链路硬件设备质量恶化或服务小区存在较严重的下行干扰，则容易触发该小区的下行救援性质量切换，这时当 BSC 做出切换判决并向 MS 发出切换命令后，MS 可能无法成功的解码所接收到切换命令而造成 T3103 超时掉话。

2. MS 切出未能成功且返回原小区失败，造成 T3103 超时掉话

（1）目标小区上下行链路不平衡或上下行链路质量不好

服务小区向 BSC 上报的测量报告包含服务小区的上、下行接收电平和质量及六个相邻小区的下行接收电平，这就是说 MS 切换到目标小区根据的仅是该小区 BCCH 的下行接收电平。据上所述，如果该小区存在上行接收问题或上行质量问题，那么显然就会导致目标小区有可能无法收到或无法解码 MS 发出的“切换接入”消息（也有可能由于目标小区的下行质量问题导致 MS 无法解码目标小区返回的“物理信息”）而造成 MS 侧的 T3124 超时，于是 MS 会向原小区返回“切换失败”消息。

（2）切换不合理

1）检查切换门限，切换功能开关等设置是否合理。

2）未定义邻近小区性能测量：未定义邻区的电平及测量报告个数超标。（应合理增加邻区）

3）定义邻小区性能测量可以发现定义的邻区中很少发生切换的邻小区，可以考虑加以删除。

4）切换次数与 TCH 呼叫占用成功次数不成比例。如果切换/呼叫>2，很可能存在乒乓切换现象，应检查切换参数配置并调整（小区间切换容限、PBGT 门限等）。

5）小区间切换性能测量：发起切换时平均电平过低，有可能是边缘门限等切换门限设置过低。

（3）同步问题

在分析时，我们可以先排除切换参数配置，邻区关系，BTS、BSC 不同步等方面的问题，再进一步分析可能引起切换成功率低的其他原因。传输不同步，及传输控制板、主控板问题。

3. 切换失败后无法返回原小区

当 MS 在原小区发生某种原因的上行救援性切换后，MS 将根据收到的“切换命令”消息中关于目标小区的描述试图切换到该小区，若由于种种原因（如目标小区存在硬件故障、干扰、存在孤岛效应等）导致 MS 无法成功的切换到目标小区，MS 将在原信道上向原小区发出“切换失败”消息并试图返回原小区，但往往此时原小区的上行电平或质量可能会进一步的恶化，因而将无法收到 MS 发出的“切换失败”消息，从而导致 T3103 超时掉话。

7.1.3.2　观察办法

如果掉话率高涉及到切换问题可通过 OMC-R 的话务报告来分析主要是什么原因引起的切换。如上下行接收电平 RX LEVEL 原因引起的切换；上下行接收质量 RX QUAL 原因引起的切换；上下行干扰引起的切换；功率预算（PBGT）引起的切换；呼叫定向重试；话务原因引起的切换等。

7.1.3.3　解决措施

1）可采用 DT 进行较大范围的测试，因为切换是在小区及基站之间发生的，本小区的掉话有可能是因为其与相邻小区之间的切换设置不合理造成的。对于一些与该小区有切换拓扑关系而拥塞率又较高的小区应作为测试的重点，并需要检查小区周围是否有盲区存在，如果是这种原因应及时修改相关频率并增加新基站或扩大原有基站的覆盖范围。对于因切换设置不合理而造成的掉话可根据实测情况适当修改切换参数。对那些由于话务量不均衡，造成忙时因目标基站无切换信道而产生的掉话，解决的办法是进行话务量的调整。

2）利用各种手段降低网络干扰、处理设备隐性故障；

3）对 INTRA-BSC，INTRA-MSC，INTER-MSC 切换比例不同的小区可采取不同的 T3103 配置方案；

4）适度提高切换参数 IRXLEVDLH 及 IRXLEVULH 的值，即在电平还未下降到危险边缘的时候即切出小区，这时若切换失败则返回成功的可能性会增大；

5）适度降低上行的功率控制范围，降低上行干扰。下行则不宜降低，因为会影响第三方测试，而且可以保证基站在发出切换命令时功率较大；

6）适度提高切换相邻小区表中的 RXLEVMINCELL 值，以此来保障切出成功率；

7）适度提高 HOMARGINRXQUAL 值，以此来保障切出成功率；

8）对于全网切换掉话普遍比较高的情况，可以适当提高 T3103 的取值，一般最大可提至 30s。

7.1.4 由设备硬件或系统参数设置不合理引起的掉话

7.1.4.1 参数问题

可通过参数检查工具来检查参数是否合理，如频率的规划是否合理；采用射频跳频的小区内载频之间的跳频偏移量（MAIO）是否冲突（当出现这种情况时各种指标都会很差如分配失败率）；跳频的频点是否存在干扰；BSC 的定时器与 MSC 的定时器是否匹配（如 CELL 的定时器 T3103 大于 BSC 的定时器 BSSMAPT8 时肯定会造成移动台切换期间的掉话）。参数 IRXLEVDLH 与 RXLEVMINCELL 定义不匹配时易造成移动台到了下限切换电平（IRXLEVDLH、IRXLEVULH）但还没有邻小区满足 RXLEVMINCELL 定义的电平值而造成的掉话。此外，切换容限（HOMAGIN）定义的不合理也会造成切换掉话。可观察计时器 T3101 和 T3107 是否定义的太苛刻，以至于系统没有足够的时间将分配完成的消息报告给 BSC，而此时计时器已复位所导致的掉话。

7.1.4.2 硬件问题

对因硬件原因而产生的掉话，可通过 OMC-R 察看相关硬件的告警。如果 OMC-R 中无硬件告警信息，则可能是某个上行支路或下行支路的硬件故障所导致，我们可以去观察此时的上、下行链路是否受限。若出现了硬件故障，那么此时分配失败率和上、下行质量切换所占的比例肯定也会很高，此时可以通过 ABIS 的监测软件，也可以通过关闭掉小区内其他载频，对怀疑有问题的载频进行拨打测试来发现故障点。一旦发现故障硬件后，应及时更换，如无备件，也应先闭掉故障板以免产生掉话现象影响网络运行质量。一般来说，当帧处理单元出现故障时，分配失败率和上下行质量切换都会比较严重；当接收部分出现故障时分配失败率和上行质量切换会较严重，当发射部分出现故障时分配失败率和下行质量切换会较严重。

7.1.4.3 基站基础数据信息有误

在实地路测中，有时会发现少数基站的实际经纬度与规划中的经纬度不一致，甚至相差很大，造成此现象的主要原因是在选址中碰到困难，最后不能按设计中要求确定，而将基站移至其他地方，但在规划数据库中没有进行相应更新，仍按原计划规划其相邻小区及频率，从而造成很多相邻小区漏做或做错，最终导致掉话率较高。

7.1.4.4 系统扩容、升级、补丁的影响

在系统做了大规模的调整后，如新建基站的割接入网、基站扩容、重新频率规划、升级、补丁，应对与之相关的系统参数进行全面的检查、调整。尤其要重点检查相邻小区关系、频率干扰情况以及跳频参数、小区参数等等。

7.1.5 由于干扰而导致的掉话

7.1.5.1 原因分析

产生干扰的因素有很多种，从对频段的影响来看，网络优化中常见的干扰有：BCCH 频点干扰（网内、网外、上行、下行）、非 BCCH 频点干扰（网内、网外、上行、下行）。当 MS 占用上受干扰的信道后，就会由于 BTS 或 MS 无法解码上行或下行信令消息而最终导致掉话。

7.1.5.2 通过 OMC-R 来判断干扰的办法

判断干扰的方法主要可以依据以下几种计数器的变化情况：

1）可通过观察反映干扰带的计数器来进行分析，该计数器反映了空闲信道的上行干扰情况，包含 TCH 信道和 SDCCH 信道，但不包含 GPRS 信道。当信道处于空闲状态时，系统就会观察这一信道受干扰的情况，并在一定时期间内向系统报告一次，当工作于干扰级别的信道较多时，可以判断系统存在干扰现象；

分析该计数器时应注意干扰带会是基站载频信道在空闲状态下通过资源指示消息向 BSC 上报的，若当前信道忙，会难以上报资源指示消息，因此干扰带的统计还应同时考虑三方面的因素：信道分配规则、话务繁忙情况、空闲的信道数目。

2）也可通过观查可被系统解码的 RACH 请求的平均电平的绝对值来判断是否存在上行干扰现象；

3）可通过观察 OMC-R 关于切换原因的统计来进行判断。在正常情况下 PBGT（功率预算切换）应比其他类型的切换都要高的多（约占切换总次数的 60%以上），当上行质量切换较高时，可判断为上行干扰或硬件故障；当下行质量切换较高时，可判断为下行干扰或硬件故障；当上下行质量切换都较高时可判断为硬件故障问题（也不排除同时存在上下行干扰的情况）；

4）可观察专用状态下行链路和上行链路信道的 BER 均值。

由于在很多情况下，干扰造成的故障现象和上、下行支路上的硬件故障造成故障现象很相似，所以我们在分析网络是否出现干扰时，应先排除硬件故障出现的可能性，可主要依据上、下行链路是否平衡来进行判断。

我们需要将上述几种现象的变化情况结合起来，才能分析出干扰的类型：

1. BCCH 信道上行干扰

BCCH 频点出现上行干扰的可能性是比较大的，这主要是由于 BCCH 不执行功率控制和 DTX，因此不但 MS 在 RACH 信道上以最大功率发射，而且 BCCH 频点携载的 TCH 信道也是以不间断的最大功率发射的。若同 BCCH 的小区间隔不足够大，就会造成 BTS 在 BCCH 频点上接收的信号不纯净。

当发生 BCCH 上行干扰时，体现在话务统计中的几个明显特征是：

1）用 RACH 请求的平均电平的绝对值来判断是否存在上行干扰现象；

2）立即指派的重复分配次数高。若 BCCH 存在上行干扰（不考虑独立 CCCH 信道），那么 BTS 可能收到来自干扰小区中 MS 的“信道请求”（CHANNEL REQUEST），这就必然带来重复分配而导致 T3101 超时；

3）随着话务量的升高，不但整个无线环境的干扰会升高而且信道分配时被指配到 BCCH 载波所携载的 TCH 信道的几率也越大，因此上行质量切换所占的比例就会越高，同时 TCH 信道指配失败率、话音掉话率及上行链路信道的 BER 也会随之上升；

4）若仅 BCCH 存在上行干扰，无硬件问题，且 TCH 与 SDCCH 占用 BCCH 载波的几率较小（话务低），那么高干扰带的数值将会异常。

2. BCCH 信道下行干扰

在现网中，BCCH 下行干扰一般易出现在频率复用较高的区域、地区边界、使用直放站的区域及具有特殊传播环境的区域，也就是说出现同频 BCCH 的可能性较大，而网外干扰源仅干扰 BCCH 下行频段的可能性是不大的。

当发生 BCCH 下行干扰时，体现在话务统计中的几个明显特征是：

1）由于受到同频小区的干扰，该小区的切入成功率必然会降低；

2）随话务量的变化而变化会较为明显。随着话务量的升高，下行质量切换所占的比例就会越高，同时 TCH 信道指配失败率、话音掉话率及下行 BER 也会随之上升；

3. 非 BCCH 信道干扰

随着网络规模的不断扩大，频率资源越来越紧张，而出现非 BCCH 频点干扰的可能性也就越来越大。

当发生非 BCCH 频点干扰时，体现在话务统计中的几个明显特征是：

1）若仅非 BCCH 频点有干扰，则 RACH 请求的平均电平的绝对值正常，而干扰带的子计数器的数值大小会随着干扰程度的严重而变化；若采用跳频技术，那么干扰带的反映将更为明显；

2）当发生跳频干扰时，一般 TCH 信道分配失败率不会太高（不会大于 5%，MAIO 冲突除外），而 TCH

的掉话率则会较高，而且掉话率会随着话务量的增大而增大，同时上行或下行质量切换所占的比例会较高，上行或下行 BER 也会较高。

4. 网外干扰

常见的网外干扰多是影响 GSM900 的上行频段，如电视 U 频段接收器（U 段 13～16 频道，频率范围 471.25～958MHz）、联通 IS-95-CDMA，地方电力微波也会造成 DCS1800 的上行干扰。另外，某些单位为了保密等目的，使用干扰器的情况越来越多，干扰器的型号不同，它所影响的频段也不一样，有影响上行的、有影响下行的、有影响整个 900M 频段的。

当发生网外干扰时，体现在话务统计中的几个明显特征是：

1）若为上行频段网外干扰，则上述和上行链路相关的计数器都会明显的恶化；若为下行频段网外干扰，则和下行链路相关的计数器会明显的恶化；若为整个频段的干扰，则上述计数器都会有明显的恶化。

2）话音信道掉话率、分配失败率、切换失败率都会明显上升。

3）这些计数器和指标的恶化不随话务量的变化而变化。

4）该小区的部分相邻小区可能也有同样的症状。

7.1.5.3 解决措施

1. 消除上行干扰

这种干扰为目前的主要干扰。上行干扰主要发生在话务高峰期，它主要来源于同频干扰，也可能是外部干扰。同频干扰与同频小区的话务量有关，话务量高则干扰大；外部干扰主要是交调干扰。上行干扰可通过分析驱车测试中的相关报告、修改同频小区的同频频率、增加两个同频小区的间距（实际统计表明信号强度随距离以近似 4 次幂指数的规律衰减）或利用频谱分析仪来加以分析和解决，通过分集接收和有效的功率控制也可减少上行干扰。

2. 消除下行干扰

这种干扰不是很普遍。下行干扰主要是由于频率规划不当而造成部分基站的同频干扰和邻频干扰。发现的方法是通过在 OMC 中取得切换测量报告来加以判断，下行干扰一般会引起频繁下行切换。通过测量报告和现场实测如发现存在同频和邻频干扰，需对蜂窝系统的频率规划重新进行优化调整。对无上述情况但有干扰的小区可用频谱分析仪寻找干扰源。

3. 使用不连续发射（DTX）、跳频技术、功率控制及分集技术

DTX 分为上行 DTX（由参数 DTXMODE 设定）和下行 DTX（由参数 CELLDTXDOWNLINK 设定），是采用话音激活检测（VAD）技术，在不传送话音信号时停止发射（仅在每 480ms 发送一组 SID 帧以满足基站的测量需要），限制无用信息的发送，减少了发射的有效时间，从而降低了系统的干扰电平，并能延长电池寿命。跳频可有效地改善无线信号的传输质量，特别是慢速移动体的传输质量，这是由于跳频使得发射载频以突发脉冲序列为基础进行跳变，能明显地降低同频干扰和频率选择性衰落效应。

但 DTX 必须结合实际周围无线环境与相邻小区的关系进行调整。当手机接收信号不好时，使用 DTX 可能导致掉话。因为由于 DTX 下行功能的开启，手机建立通话后，用户在通话时基站发射功率增强，而在通话的间隙，基站会降低发射功率，这样一方面可以降低对其他基站的干扰，但是另一方面，如果基站周围存在干扰，下行信号的不连续发射将使通话质量恶化，当基站降低发射功率时，在一些接收电平相对较低而干扰信号较强的地方就容易引起通话质量下降甚至发生掉话现象。

7.1.6 由于天馈线原因而导致的掉话

7.1.6.1 原因分析

1. 由于两副天线俯仰角不同而产生的掉话

基站安装过程中每个定向小区均有主集和分集两副天线，该小区的 BCCH 和 SDCCH 就有可能分别从两副不同的天线发出。当两副天线的俯仰角不同时，就会造成两副天线的覆盖范围不同，即会出现用户能收到 BCCH 信号，但发起呼叫时却因无法占用另一天线发出的 SDCCH 而导致掉话。

2. 由于天线方位角原因而产生的掉话

在基站安装过程中每个定向小区均有两副天线，当两副天线的方位角不同时就会导致用户可以收到信令信道 SDCCH，但他一旦被指配到由另一副天线发射出的 TCH 时就会造成掉话。

3. 由于天馈线自身原因而产生的掉话

天馈线损伤、进水、打折和接头处接触不良均会降低发射功率和收信灵敏度，从而产生严重的掉话。可通过测驻波比来确认。

4. 分集接收天线间距过小、收发天线不平行原因产生的掉话

两副天线之间应保持一定的水平距离以实现分集接收，否则将会降低收信灵敏度产生掉话。

采用分集接收天线时，若收发天线间距在 3～5m 左右，一般可达到理想效果，获得 3dB 增益。很多收发天线的间距过小，在 1m 之内，这样很难获得分集接收的效果。此外，如果收发天线根本不平行，甚至发送天线就指向接收天线，或是收发天线前方不远处立有很高的铁杆，这样很容易造成信号被挡返弹，产生干扰。

5. 定向天线的反向信号太强

如果某分裂小区的天线反向信号泄露太强，当移动台占用该信号时，往往会因为找不到相邻小区而导致掉话。

7.1.6.2　天馈线问题的分析和解决

1. 检查天线方位角和俯仰角

对因天线方位角或俯仰角不正确而导致的掉话，首先应到基站现场进行观测。如不能发现问题则可以通过对故障小区进行拨打测试（CQT）或驱车测试（DT）并结合从 OMC 中得到的相关统计数据来发现故障原因，调整天线方位角和俯仰角以降低掉话率。如果查出定向天线的反向信号泄露过强时，应及时更换天线。

2. 排除馈线问题

对由于天馈线损坏或接头接触不良致使基站发射功率和收信灵敏度降低而产生的掉话，可采用天馈线测试仪对天馈线进行测量来判断故障原因及故障点，并且及时更换故障天馈线和接头。

对于天馈系统应该注意的问题：天馈线标签贴错导致天馈线接反；防止自然与人为的进水现象，天馈线的组合部分注意防尘与加固；熟悉天馈线的工作环境与物理性质，不要单纯依靠仪器检测的驻波比值进行分析，应从现场馈线的实际安装与布线来检查是否有造成天馈线老化的事件；做接头的时候注意千万不要进入杂物，以防止馈线短路与灰尘进入的现象出现。

3. 采用合理的天线类型

由于现在的站点越来越密，网络结构不断发生变化，因此建议市区或站点密集地带的基站使用一些体积较小、增益较低、前后向隔离度较高的小天线。我们完全不用担心使用小天线后会对信号覆盖造成什么不良的影响，相反，由于这些小天线增益较低，前后向隔离度更高，无线空间将比以前更纯净、更容易控制。据我们实际使用效果来看，网络性能的改善是明显的。

4. 消除天线后向信号带来的干扰

市区的天线通常是安装于屋面杆（塔）、屋面围栏上，以此方式安装时天线可能偏高，信号覆盖不易控制，且后向信号容易对网络造成干扰，建议将天线降至楼层间，并采用挂墙式安装，利用建筑物隔离天线的后向信号。

7.1.7　由传输故障造成的掉话

Abis 接口的包括 BSC 未收到来自 BTS 的测量报告，切换过程的一些信令失败以及一些内部原因，此外还有 Abis 接口的误码率的影响。A 接口失败出现的较少，主要是切换（BSC 之间或 MSC 之间的切换）的失败，原因是切换局数据不全或目的基站不具备切入条件。

定期进行 BTS 时钟校准、传输同步检查和传输质量检查。前两项工作主要是为了检查信号同步，以提高 MSC、BSC 之间切换的成功率，减少局间切换掉话；定期进行传输质量检查和传输挂表测试，甚至检查 2M

电缆的接头是很有必要的，因为如果传输链路不稳定的话，将会对会导致信令的丢失和低层链路的不稳定乃至发生掉话，保障稳定的传输质量可以减少许多 Abis 掉话。

7.1.8 由于采用直放站而导致的掉话

为减少投资，扩大覆盖范围，大商场等商贸中心和一些县城内的小基站往往采用直放站直接放大其信号，用光纤或微波传输，由于地形、环境影响再加上工程质量原因，达不到指标要求，从而产生掉话。

当采用直放站时，一定要注意有关距离控制参数即 TA 的设置情况，否则将会出现由距离原因导致的切换失败，从而导致掉话或呼叫清除等。

当采用室外直放站时，一般采用微波传输的办法。因此直放站在将所需基站的上下行信号放大的同时，也会将干扰信号放大，从而引起信号质量的下降，最终导致掉话，其伴随现象是分配失败率的明显上升。

在安装直放站的同时，还必须根据其相邻小区的定义情况来查看其实际的周围小区情况，尤其要关注它是否会与其周围小区互相造成干扰，这时往往会造成切换失败掉话（T3103 逾时）和干扰掉话。在安装直放站后，应注意观察是否分配失败率、掉话率以及质量原因切换比重突然恶化，在出现这种情况时，基本可以判断出现了干扰。

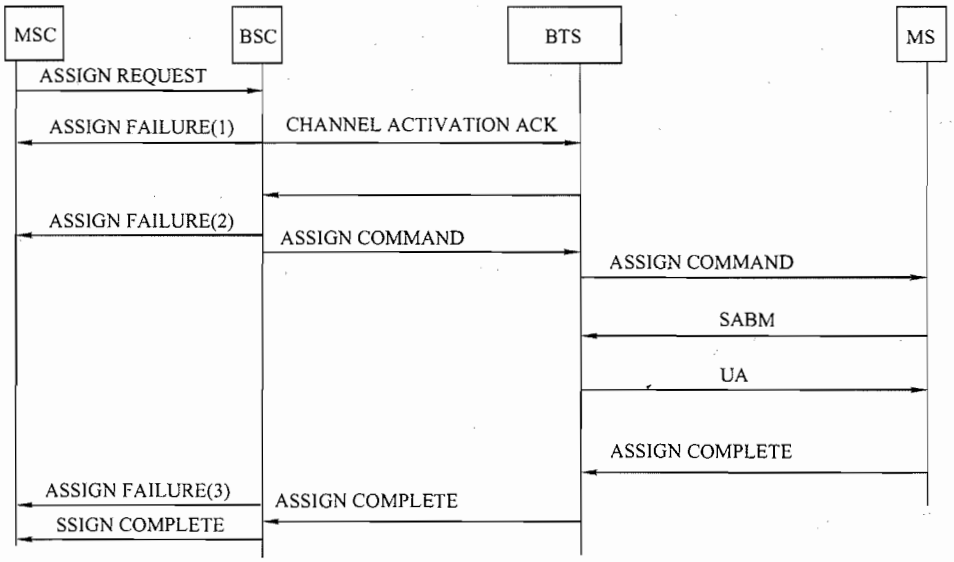
在出现以上情况时，应及时重新进行频率规划，并修改邻小区表，调整切换参数和功率控制参数。

总之，不管是因何种原因产生的掉话都应及时通过各种测试手段以及分析从 OMC 中取得的各种测试报告来发现故障现象的原因，并建议做定时定量的 CQT 和 DT 测试。

7.2 分配失败率

7.2.1 问题描述

TCH 指配的信令流程如图 7-5 所示。



（1）BSC无法给NSS的请求分配资源。
（2）针对BSC的信道激活命令，BTS无法激活相应的地面资源。
（3）MS无法占用指定的信道。

图 7-5 TCH 指配的信令流程

这里所说的分配失败率是指“指配命令”（ASSIGN COMMAND）与“指配完成”（ASSIGN COMPLETE）的比例关系，即只考虑图 7-5 中故障（3）的情况。在 TCH 早期分配模式中，当 MSC 向主叫的 MS 发出“呼叫进展指示”（CALL PROCEEDING）或当 MSC 收到被叫 MS 发回的“呼叫确认”（CALL CONFIRMED）之后，就将为本次呼叫分配 TCH 信道以提供话音通道。MSC 将向 BSC 发出“指配请求”（ASSIGN REQUEST），BSC 收到此请求后将分析是否有信道资源，若没有则向 MSC 回“指配失败”（并注明原因是拥塞），若有的话则通过两条报文“信道激活”（CHANNEL ACTIVE）和“信道激活证实”（CHANNEL ACTIVE ACK）的交换，将与该信道相关的地面资源激活，若地面资源不可用（如传输电路故障），则回发指配失败（原因是拥塞）。当 BSC 收到“信道激活证实”后将发出“指配命令”（ASSIGN COMMAND），将所分配信道的相关信息发给 MS，此时 BSC 将 T3107 置位。BTS 收到该报文后，它将把该报文组装在 SDCCH 信道上发给 MS。MS 收到该指配命令后，将根据相关指示把收发配置调整到此新信道上来，并向 BTS 发出 SABM 消息。MS 通过与 BTS 发回的 UA 消息对比之后，将向网络发出“指配完成”（ASSIGN COMMPLETE）消息，此后将在这条新信道上来完成与网络之间数据的交换。

当出现以下原因时会发生指配失败：BTS 下行链路出现故障，不能正确的将指配消息发出；MS 无法接收到该指配消息；MS 无法识别该指配消息；MS 无法占用所指配的信道；BTS 无法收到或无法识别 MS 的 SABM 消息；BTS 的上行链路出现故障，无法将向 BSC 发出指配完成消息。当 MS 无法占用网络所分配的信道时，将发回指配失败的报文。其他情况会导致计时器 T3107 逾时。

7.2.2　常见故障分析

1. 收发信机出现故障

当 TRX 出现故障时，一般分配失败率都会很高；而且切入失败也会很高，因为切入时 BSC 也会给 MS 指配信道。如果某小区分配失败率超过 10%，那么 TRX 故障可能性最大；如果大于 5%，一般怀疑是 TRX 故障或干扰；如果在 3%～5%之间，那么可能是由阻塞或干扰引起；低于 3%，通常是无线环境影响。

2. 同频或邻频干扰

应参考干扰值进行分析。由于干扰引起的高误码率，使移动台不能与 BTS 建立起第二层链路，导致分配失败。

3. 天馈线出现故障

由于天馈线的受到折损、腐蚀，导致因驻波比过高而影响收发性能。

4. 主分集天线受到阻挡或覆盖不均匀

当仅携载 TCH 的天线受到障碍物的阻挡或覆盖的地区和另一根携载 BCCH 或 SDCCH 信道的天线不一样时，就有可能会导致 MS 占不上该 TCH 信道。

5. 参数不合理（HSN、MAIO、T3107 设置）

当该网络采用跳频方式时，若 HSN 或 MAIO 设置的不合理的话，可能会导致小区内或跳频组相同的小区间的同频或邻频干扰较大，从而导致分配失败严重。一般发生这种情况时，各种指标都会较差。

检查 T3107 值是否设置过于苛刻，使得网络在未收到指配完成时，就由于 T3107 的逾时已将信道释放掉。

6. A 接口或 Abis 接口传输故障

如果 A 接口或 Abis 接口传输误码较大，就会导致 MS 和网络之间不能正常的完成信令的交换，从而导致分配失败现象。

7. 直放站造成的影响

见掉话分析。

7.2.3　解决措施

1. 为了更准确地定位故障点，需检查小区的切入执行失败率

确认切换失败率（(切换执行–切换成功）/切换执行），是否与分配失败率相关。这是由于移动台和切换

目标小区建立第二层链路的过程，类似于呼叫建立时的信道指配过程。

2. 分配失败率高时（大于 5%）应查找其硬件故障

如果怀疑是 TRX 问题，运维人员应检查 OMC-R 告警记录（往往是某一接收模块或发信模块出现故障）。如果从 OMC-R 上未发现问题，可进行 Abis 接口监测来帮助找出导致分配失败的具体 TRX（设备号为 TEI）。

3. 通过小区路径均衡测量来查找原因

上行链路信号丢失或接收路径失败也可导致分配失败。小区路径均衡测量可以找出失败的原因。路径均衡测量可采用 Abis 跟踪分析仪或路径测量统计进行。

4. 消除干扰因素

干扰导致的高分配失败率往往伴随其他现象，如：大量由于质量（高 BER）触发的切换，RACH 解码电平过高等。进行路测可帮助发现系统内干扰。如果上下行的电平比较高，但信号质量却很差，这种现象就有可能是出现了干扰。这时我们可以去查出此时占用的是跳频信道还是不跳频信道（即含 BCCH 的载频），当 BCCH 的载频有干扰时，我们可去对同频和邻频小区重新做频率规划。

当 TRX 话音质量很差时，如果已经排除了硬件故障，就说明它所采用的频点有干扰。一种解决方法是优化与该小区具有相同跳频表的小区；另一种方法是通过将该小区设为不跳频模式，并分别将 MA（跳频表）上的每个频点一一设到载频上，来查找出受到干扰的频点。当然，采用这种方法测试时，会引起网络质量的下降，因此建议在非忙时处理。

5. 排除天线问题

当确认不是干扰或硬件问题，且分配失败的同时又伴随有一定数量的切入失败时，我们可去检查主分集天线是否倾角不一致或是受到阻挡。

如分配失败很严重，问题又一时找不到，我们应先将该小区禁止掉或闭掉，以避免对网络质量造成严重影响。

6. 检查小区参数设置情况

修改设置不当的参数。

7. 排除传输故障

通过挂表等手段来确认是否存在传输问题，并加以解决。

7.3 SDCCH/TCH 拥塞

7.3.1 问题描述

拥塞有两种，一种是在立即指配时网络无信令信道可用，另一种是在话音信道指配时网络无业务信道可用。在本节中我们主要针对拥塞问题进行分析，并提出解决措施和信令负荷及话务负荷的均衡方法。

在立即指配阶段，BSC 根据信道无法激活的指示每发送一次“立即指配拒绝”（IMMEDIATE ASSIGNMENT REJECT），SDCCH 分配失败的计数器便累加一次。当没有可用 SDCCH 或 Abis 接口的地面资源不可用时，BSC 在向移动台发出“立即指配拒绝”（IMMEDIATE ASSIGNMENT REJECT）消息中还包含 T3122，它定义了暂时禁止移动台发出下次呼叫的最小时间间隔。

信令流程如图 7-6 所示。

在 TCH 信道指配时，若 BSC 收到 MSC 发来的“信道指配请求”（ASSIGN REQUEST）或“切入请求”（HO REQUIRED）时却发现没有资源，或者在发出信道激活时地面电路资源不可用，都会导致分配失败（原因被记为拥塞）。在发生以上现象时 BSC 将向 MSC 发送“分配失败”（ASSIGN FAILURE）（原因是没有无线资源），TCH 的分配失败计数器会累加一次。如图 7-5 所示。

针对这两种不同情况的拥塞，我们可通过分析来分别处理。

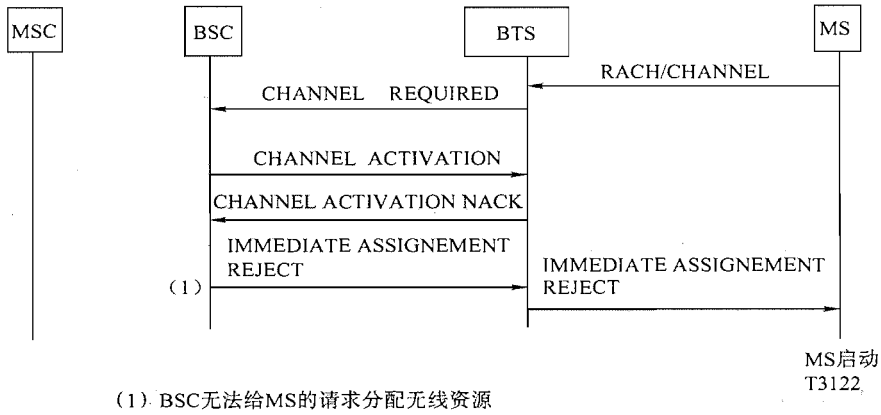


图 7-6　SDCCH 拥塞信令流程

7.3.2　仅 SDCCH 信道有拥塞

7.3.2.1　常见故障分析

该问题的故障处理流程可参看图 7-7 所示。

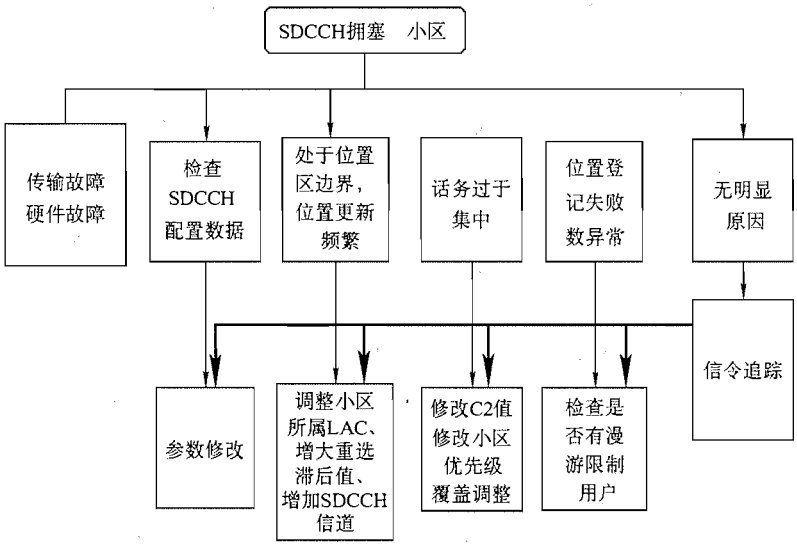


图 7-7　SDCCH 拥塞的处理流程

1. 位置区边界问题

当某小区处于位置区边界时，可能由于它的边界穿过了高话务地带，从而导致了频繁的位置更新程序而使信令信道产生了拥塞。

当发生这种情况时，我们可以通过去观察该小区的越区切换情况来判断它向哪些不同 LAC、BSC 的小区切出较频繁，从而做为依据来做 LAC 区的优化，即将该小区割接到其他的位置区上去。当然采用该判断方法还应考虑如 C1、C2 算法相关的参数、小区重选滞后和切换容限等参数。

2. 参数配置不当

信令信道配置过少；C1、C2 算法的相关参数设置不当；参数 T3101、T3122、T3212 等设置不当。

3. 硬件故障

如果 TRX 等硬件设备出现故障或不稳定，就会导致立即指配时 BSC 无法将该信道的地面资源激活。

4. 相邻小区的故障

由于相邻小区出现故障，导致服务小区吸收了一部分额外的话务量而出现拥塞。

5. 非法用户频繁登记

检查是否由于部分有漫游限制的用户频繁进行登记而导致拥塞。若该地开通了数字本地通的新业务，当被限制了漫游的用户处于限制区的时候，如果它们仍然保持开机状态，则会不停的试图在该网络中登记，但总是鉴权失败，这就会大大加重信令的负荷。若有一个这样的用户，就相当于它将占用该地一个信令信道所提供的容量。

7.3.2.2 SDCCH 拥塞处理及信令负荷分担措施

1. 提高小区重选滞后值

当 SDCCH 的拥塞属于 LAC 边界问题时，如果拥塞不是很严重，我们可以采用提高小区重选滞后值的办法，以尽量减轻 MS 的乒乓位置更新。

2. 重新配置信道类型

若上述方法效果不大时，我们还可以根据 TCH 信道的话务量情况，重新配置 TDMA，如将 TCH 理时隙改为 SDCCH/8，这要参考 TCH 信道用于信令模式次数的多少。

3. 减小参数 T3101

调整参数 T3101。该手段可减少系统资源的浪费，一般来说，立即指配过程可在 3s 中内完成，我们将该值设为 3s，可防止 BSC 为再次重发的信道请求分配资源并可尽可能快的将被浪费的资源释放掉以用于其他的请求。

4. 调整参数 MAXretrans（最大重发次数）

在确认无线条件较好的前提下，可尽量降低该值以减少对系统资源的浪费几率。一般在小区负荷正常的情况下，应尽量增大该值。

5. 调整参数 T3107、T3103

调整参数 T3107、T3103 可以降低对 TCH 信道资源的浪费。在无线条件较好的情况下，系统对 TCH 的指配过程大概只需要两秒钟，因此最低可将 T3107 设为 2s。

6. 调整参数 T3122

增大 T3122 可防止在系统无资源的情况下用户仍然频繁的发送信道请求的消息来无谓的增大网络 RACH 和 CCCH 信道的负荷（一般 T3122 设为 10s，SDCCH 信道的业务量很大时可设为 30s），当信道的业务量较轻松时该定时器应尽量设置小一些，同一 LAC 区的所有小区该参数应一致。

7. 调整影响 C2 值的相关参数

我们可以通过降低参数 CELL RESELECT OFFSET 的值来降低该小区 C2 值（前提是须激活 C2 算法）。通过这种手段，我们可以减少该小区的话务量和 MS 选择该小区为服务小区的难度，以使呼叫尽量在与之相邻的小区上建立起来。

8. 适当提高参数 T3212 的值

T3212 是用于周期性位置更新的限时，通过提高该值可以减轻周期性位置更新对 SDCCH 信道带来的负荷，但在修改此值时应注意它应小于 MSC 隐含关机的时间。隐含关机时限应设置的比“周期位置更新”时限稍长，否则的话。MS 若在一段时间内未于网络有任何方式的联系，就会被网络当作关机来处理。

9. 排除硬件故障

检查小区和它的邻小区是否工作正常。检查 TCH 可用性以确定不稳定设备。如果邻小区工作不正常，本小区就会额外承担其部分话务。

7.3.3 TCH 信道拥塞

TCH 拥塞的故障处理流程可参看图 7-8。

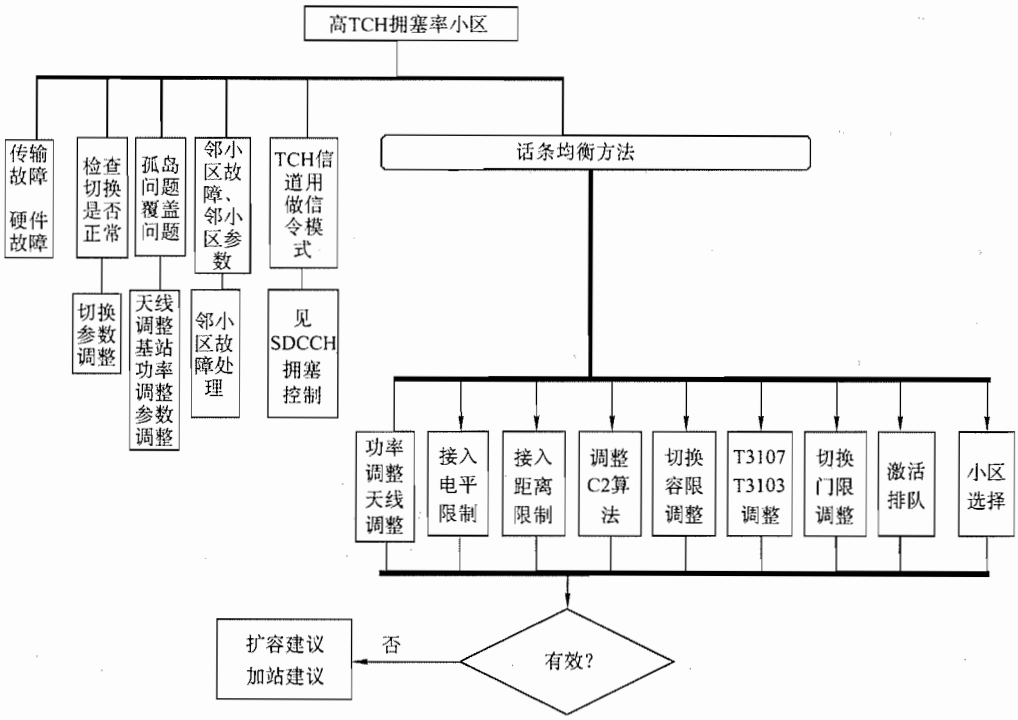


图 7-8　TCH 拥塞的故障处理流程

7.3.3.1　常见故障分析

1. 话务密度超出基站的设计容量

如 TCH 信道在一段时间内持续拥塞，就说明用户群发生了变化，使得该基站的话务密度超出基站的初始的设计容量。对于这种情况，最简单有效的办法就是扩容。

2. 切换问题

由于小区间的切换过于频繁形成不合理的呼叫模型就会降低系统的容量。由于边界、覆盖、干扰、硬件故障或参数的问题造成了乒乓切换，就有可能导致 TCH 信道的拥塞。当系统存在干扰或硬件故障问题时，会导致 MS 的接收电平可能较高但信号质量却很差，当发生这种情况时，MS 有可能以信号质量的原因切出，又以功率预算的原因切回，从而引起乒乓效应，反之亦然。

同理，MS 也有可能由于 TA 值的原因切出，然后又以功率预算的原因切回等等类似的情况。

3. 传输故障

当 ABIS 接口的传输发生瞬断或较高的误码时。此时由于故障还未来得及传至 BSC，从而导致了 BSC 在信道激活时，由于地面电路资源不可用，而将该事件计入拥塞。在激活排队功能后，此事件尤为突出。

该问题主要还将引起严重的切入失败，因为 MSC 并不知道该基站传输出现了故障，因此还将向该 BSC 发出切入请求，从而导致切入请求的失败，BSC 也会将该事件计入拥塞之中。该问题一直会持续到试图切入的 MS 将该小区剔除出向系统汇报的切换小区表时。

4. 孤岛问题

当某一区域出现一个小区的覆盖孤岛时，由于在这样的点通常都检测不到预定义的邻小区，这就势必会造成移动台始终保持在起呼服务小区上，无论信号发生怎样的变化也不能正常切换，直至掉话。为了避免这样的情况，可以采取两种手段：最好是调整孤岛小区的天线，消除孤岛现象。

但由于电波传播的复杂性，要做到消除孤岛而又不明显影响覆盖区域，往往要经过多次试验，而且难以彻底消除高层建筑的孤岛现象。另外一个手段是：为孤岛小区定义新的邻小区，其参数的定义原则是：从孤

岛小区向正常小区的切换/位置更新优先于反方向的切换/位置更新。

5. 相邻小区故障问题

同 SDCCH 拥塞的分析

6. 相邻小区定义问题

存在相邻小区的漏定义问题，使呼叫不能及时的切出直至掉话。

7. 参数设置问题

T3107、T3103 设置过长，排队参数设置不合理；切换门限和切换容限设置不合理；小区最小接入电平和基站功率等定义得不合理。

8. TCH 用做信令模式

由于 SDCCH 信道的缺乏，导致空闲的 TCH 信道都用做了信令信道，从而当 MSC 指配信道时，无可用的资源。

9. 覆盖原因

在硬件上，由于基站天线挂高过高，天线俯仰角不合理，导致覆盖过大；在软件上，由于参数最小接入电平（RXLEV ACCESS MIN）设置过低，基站功率（BS TXPWR MAX）设置过大；在无线环境上可能由于该基站某些方向的无线环境十分好（存在广场、湖泊、公路）而导致了跨越了其相邻小区的覆盖，此时将导致某些话务无法正常切出，从而造成话务过于集中而产生拥塞，此类问题在市区还是存在的。

10. 硬件设备不稳定

当基站设备不稳定时（如 TRX），将会影响信道的可用性，在指配信道时，由于无法正常激活而导致拥塞。

7.3.3.2 TCH 拥塞处理及话务负荷分担措施

1. 基站扩容

如果信道堵塞是由于容量受限的问题，那么应根据该小区的阻塞率和实际承载的话务量推算该小区的话务需求，并在规划中增加相应的无线资源。

2. 防止乒乓切换

在执行切换时，由于在 T3103 的时限内会同时占用服务小区和目标小区两方面的 TCH 信道，因而过多的切换将会导致资源的浪费。因而在可能的情况下，尤其在资源较紧张的情况下，我们应尽量减少切换的次数。

如发现切换数/呼叫总数的比值过高，我们可通过提高小区的切换容限设置，来防止不必要的乒乓切换。如有控制乒乓切换的算法，也应在适当的情况下激活，如在由于质量原因切出的前提下，应在一段时间内拒绝以功率预算原因切入。在处理双频网的切换时，应尤其加以注意。

3. 激活排队功能

排队功能对短暂的话务高峰所引起的拥塞有比较明显的效果。

4. 调整参数 T3103、T3107

降低计时器 T3107、T3103 的时限，尽量减少系统资源的浪费。

5. 控制 SDCCH 的拥塞

由于在 SDCCH 信道不足的情况下，BSC 将分配 TCH 信道用于信令传递。因此如经分析 TCH 信道的拥塞是由于 SDCCH 资源缺乏引起的，应通过以上讲到的办法去控制 SDCCH 的拥塞。

6. 排除相邻小区的故障

应去检查相邻小区是否出现了故障，通过路测和邻小区参数检查找出漏定义的小区。

7. 降低基站覆盖

如由于基站覆盖过大而导致的拥塞，可根据实际情况来提高参数 RXLEV ACCESS MIN 并降低参数 BS TXPWR MAX。

8. 采用动态禁止用户接入的手段（限制可接入的用户级别）

当小区拥塞较严重时，对系统负荷造成很大影响时，我们可通过设置参数动态禁止用户接入，当系统判断进入拥塞状态后，将禁止用户继续接入。也可通过限制用户接入等级的办法，来缓解系统拥塞，但这种办法不建议采用，因为这将会引起用户投诉。当限制用户接入级别时，并不会影响 MS 的小区选择，也就是说只要该小区的 C2 足够大，MS 还会驻留在该小区中。

因此在用户看来，MS 还是有信号的，但拨不出去。但当小区被设为接入禁止时，用户看来 MS 时无信号的。

9. C2 算法优化

如某小区的拥塞较严重，而周围小区相对较空闲，当激活 C2 算法后，可以通过调整参数 PT、CRO 来优化小区的话务负荷，把 CRO 设为负偏置。我们还可以通过设置小区优先级的办法将该小区的优先机设低（将 CELL BAR QUALITY 设为 1），这样相当于将该小区的 RACH 信道接入范围缩小到仅该小区能覆盖到的地区，从而可分担出去部分话务。但注意同时还应将其相邻小区的 C2、切换容限增大，以防止被分担出的话务又切换回来。

10. 调整天线的挂高和俯仰

在条件允许的情况下，可以通过调整天线的挂高和俯仰的办法来控制基站的覆盖，以优化话务负荷，但应注意不要出现盲区。

11. 排除设备故障

若是设备故障导致信道无法完全使用时，应及时修复故障设备。

7.4　切换失败率分析

7.4.1　问题描述

从信令上来说切换失败可以划分为两方面的问题：切换选择失败和切换执行失败。下面让我们具体分析一下。信令流程见图 7-9 所示。

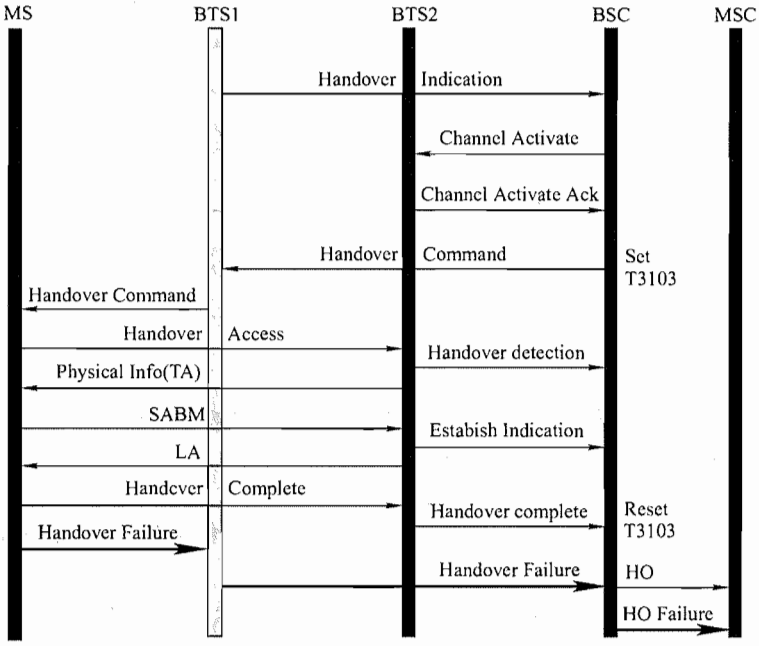


图 7-9　切换失败流程

切换选择失败（HANDOVER SELECTION FAILURE）是从 BSC 到 BTS 的 HO COMMAND 数与 BSC 收到的 HO INDICATION 数之差。切换选择失败的原因往往是由于目标小区信道资源不足或系统存在参数或硬件问题（即难以建立 BSC 与 BTS 之间的 L2 连接）。切换执行失败（HANDOVER EXECUTION FAILURE）是 BSC 发向 BTS 的 HO COMMAND 数与 BSC 收到的 HO COMPLETE 之差。主要反映了空中无线接口的质量。

当切换成功后，MS 将向目标小区发出 HO COMPLETE 的报文，目标 BSC 收到该报文后将，将计一次切入成功；若该切换属于 INTRA MSC 切换时，当发起 BSC 收到 CLEAR COMMAND（该报文中含有清除的原因为切换成功）将计切出成功一次。

当 MS 由于无线原因，导致无法占用目标小区的信道而引起切换失败后，将向原小区发出切换失败的报文。此后由 MSC 向目标 BSC 发出清除请求（CLEAR REQUEST），该报文中带有清除的原因是切换失败，于是该 BSC 就计切入失败一次。

7.4.2 常见故障分析和解决措施

1. 硬件故障

当切换执行失败率非常高时，无线环境和硬件故障可能性最大（见分配失败）。这时我们应通过话务分析来将所出故障的设备定位，并及时处理。

2. 相邻小区关系问题

由于在专用模式下，MS 在 SACCH 信道上向系统发送的测量报告，是根据 BCCH 和 BSIC 为标识来区分不同小区的电平情况的。如果两个小区有相同的（BSIC，BCCH），在正常的情况下这样的两个小区的相距距离应该足够大，因而它们之间不应该有什么关系。但由于孤岛现象的存在，常常会导致移动台将所测得的虚假报告上报给系统，这个虚假的邻小区测试报告将会误导切换控制程序发出切换指令，这样就使得这些小区内的通话频频尝试向实际信号并不好的小区发出切换请求。其结果往往造成乒乓切换，并导致孤岛覆盖周边小区的切出切换失败率大幅提高。而与孤岛小区具有相同 BSIC、BCCH 的小区的切入切换失败率也将大幅提高。

由于市区的小区频率复用十分紧凑，因而往往会导致孤岛效应。判断孤岛效应的一个依据是，去观察孤岛 C 与小区 A 之间是否存在有利于无线传播的条件，如：C 小区的天线挂高较高、俯仰较小、A 与 C 之间有开阔地带或高速公路及河流等因素。

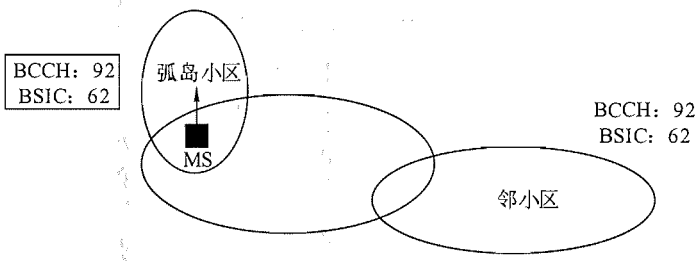


图 7-10 孤岛效应

在位于省市的边界地区，当发现 INTRA-MSC 的切换失败突然增高，而排除了其他故障的可能性时，应去检查其相邻的边界小区是否做了频率变动而导致了孤岛效应。

对于一对邻小区，如果切换执行失败率过高是由孤岛效应引起的，可通过做 Abis 接口测试并重点检查时间提前量（TA）来找出孤岛小区。然后可增加孤岛小区的天线下倾角以减轻孤岛效应或改变它的 BSIC 以消除同 BCCH/BSIC 的现象。

检查数据库看邻小区表与 BTS 参数是否匹配。如果不匹配，应在 OMC-R 中修改。

3. 邻小区信道资源短缺或传输故障

如果切换选择失败率（HO SELECTION FAILURE RATE）很高，原因可能是由于要切入的目标小区负荷

过高，而且已经没有可用的 TCH。此时，BSC 虽然收到 HO INDICATION 信息，但无法执行切换。对于一对邻小区上的高切换选择失败率，可查看目标小区的负荷以确认是否为负荷问题。

当邻小区的传输发生故障时（表现为误码率高或传输瞬断），BSC 虽判断有 TCH 资源，但无法将地面电路资源激活，由此引起切换选择失败。如属 MSC 内部切换或 MSC 间切换，这种情况将会更严重，因为 MSC 不知道 BSC 与 BTS 之间的传输故障情况，因此只要有切换请求，它就会向目标 BSC 发出分配信道请求，最终导致切换失败，这种情况将会持续到发起 BSC 收不到 MS 关于该目标小区的测量报告为止。

如果邻小区的信道不足导致切换失败，我们可参看见 TCH/SDCCH 拥塞的解决方法来处理。另外，将切换请求的优先级设置高于指配请求的优先级也可有效地解决切换选择失败问题。

4. 恶劣的无线条件

如果切换执行失败率（HANDOVER EXECUTION FAILURER RATE）很高，那就有可能是目标小区或源小区无线条件方面的原因。恶劣的无线条件将导致 MS 无法收到原小区发出的切换命令，或无法占用目标小区所指配的信道。

导致恶劣无线环境的原因一般是由于小区之间的重叠覆盖少，我们可去检查覆盖预测图，注意那些特殊地点（如隧道等），一旦怀疑出现问题，最好进行路测以便确认。并采取相应的无线优化手段改善覆盖。提高小区的覆盖可以通过减小下倾角或增加天线高度来实现。但是这样可能会干扰其他邻小区。根本方法是增加基站或微蜂窝，但这已超出了优化范围。

5. 覆盖原因

如果目标小区与源小区之间没有足够的重叠覆盖区域（如图 7-11 所示），切换可能因无法登陆目标小区的 TCH 而导致失败。在这种情况下，重新回到旧小区的概率会较低。

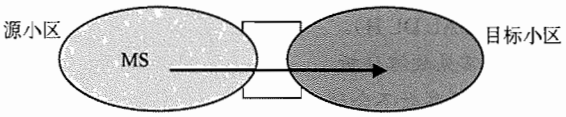


图 7-11　覆盖不足导致切换失败

如果经确认是由覆盖原因导致的，我们应采用相应的手段提高它们之间重叠覆盖区域。

6. 干扰原因

干扰会造成即使目标小区的电平很好但上/下行信号质量很差的情况，此时移动台将难以占上目标小区的 TCH。

如果切入的切换执行失败率很高，就必须检查该小区的干扰情况。对每一对邻小区检查来/去切换执行失败率能够指明干扰是存在于某一对小区还是很多小区，并进而大致判断干扰区域和干扰性质。

如果某小区切出执行失败率很高，可能是因为切换发起小区存在下行干扰，移动台无法解码 BTS 发出的 HANDOVER COMMAND 消息，最终导致 T3103 超时而产生掉话。切除执行失败率较高的原因还有可能是目标小区的下行或上行存在着干扰。因此，需要认真检查每一对相邻小区的各项指标，以帮助判断干扰原因，同时检查目标小区的切入执行失败率和分配失败率的相关性，干扰造成的高切换失败率往往伴随着高分配失败率。

为了确认小区的干扰，可查看由于上下行质量导致的切换所占的比重。

如果确认了小区的干扰问题，就应及时更换小区所受干扰的频点或消除干扰源。

7. 天线问题

由于天线受到阻挡或同一小区的两根发射天线覆盖不均匀导致，解决措施见分配失败分析。

8. 直放站问题

分析和解决措施见掉话分析

9. 参数设置问题

可能由于参数不合理或不匹配导致，如 T3103 值设置过小，导致 MS 未占用上目标小区的信道。

若邻小区参数中关于目标小区的 LAC 或 CI 描述不正确，将会导致很高的切换选择失败率。

10. MSC 的 LAC 表定义不全

如 MSC 的 REMOTELAC 表定义不全或错误，而 BSS 部分关于该 MSC 边界小区有定义的话，将导致切

换选择失败。当切换请求到达 MSC 后，MSC 若发现该 LAC 号不属于自己，将去远端 LAC 表查找，若远端 LAC 表也没有该 LAC 的指示，将导致切换失败。当执行 INTER MSC 后续切换时，若始呼 MSC 中未定义目标 MSC 的 LAC 时，将导致切换失败。

11. 信令链路负荷过高影响

由于 A 接口的负荷过大产生拥塞，导致 MSC 内或 MSC 间在传送切换请求和切换命令时无时隙资源可用。在发生这种情况后，应及时对中继链路扩容。

7.5 切换触发原因所占比例分析

7.5.1 下行链路质量触发的切换比例较大

7.5.1.1 问题描述

该切换类型是救援性切换中的一种，它与正常的功率切换不同，救援性切换不是因为发现了信号更强的服务小区，而是因为当前的服务小区信号质量太差而无法维持正常通话。下行链路质量触发的切换是因为服务小区信号质量太差（高误码率）。如果原 BSC 判决发生到达了下行质量切换门限，它将从合格邻小区中选出信号最强的一个作为切换目标。触发此种切换的条件是当前的语音质量误码率高于话音质量下行切换门限（L RXQUAL DL H）。

7.5.1.2 常见故障分析

1. 切换参数不合理

如参数 L RXQUAL DL H 的设置过低，就会使呼叫很容易到达质量切换的门限。如果切换算法判决周期过短，即使丢失了数量很少的样本值也容易导致质量切换的发生。

2. 硬件问题

当切换失败率很高时，故障可能是出在下行链路的设备硬件上，如 BTS 的发信机、功放、发射天线或馈线等。

3. GSM 干扰

检查是否存在同频或邻频干扰。当系统内干扰严重时，即便用户能占用所分配的信道，在通话过程中也会由于话音质量很差而触发质量切换。而质量切换又往往会导致乒乓切换效应：如果质量切换是由干扰原因而引起的，往往此时源小区的信号强度会很高，只是质量较差，因此在由于质量原因切出后，又会由于功率预算切换而重新切回到源小区中。

7.5.1.3 解决措施

1. 参数审查

检查小区切换参数是否合适。

2. 排除硬件问题

如果下行链路存在硬件问题，如小区的部分 TRX 近乎“哑巴”（发射功率很小），会导致占用该载频的 MS 接收电平很弱，同时接收质量也很差。在发生这种情况时，较高的下行质量切换会伴随着较高的下行电平切换。因此，可检查一下业务量的变化以及来切换和去切换的比例。

而且如果下行链路存在硬件问题，那么下行链路质量切换、分配失败，无线链路失败会增加并明显高于其他小区。某些下行链路硬件问题会有 OMC-R 的 VSWR 告警。解决措施是：做 Abis 跟踪，检查上/下行链路平衡和下行链路电平分布，对基站进行 VSWR（驻波比）的测量，并检查发射部分电缆。

3. 消除 GSM 系统内干扰

1）进行 Abis 接口跟踪。Abis 分析软件能指出下行链路上高电平差质量的 TRX；

2）观察 OMC-R 话务报告。如果小区所带话务很高，上行链路质量切换相应也较高；

3）研究小区规划图。尝试找出干扰小区（不一定是相邻小区产生的干扰，要注意可能的孤岛现象）。如

果是最近突然出现的干扰，也许与新加的基站有关；

4）通过路测，来确定干扰；

5）闭锁干扰小区，看干扰是否消失以确认干扰源。

7.5.2　上行链路质量切换所占比例较大

7.5.2.1　问题描述

它是紧急切换的一种，切换触发原因是由于服务小区上行链路质量太差。切换目标为合格邻小区中 BCCH 信号最强的小区。切换触发门限为 L RXQUAL UL H 即网络上行质量切换门限。

7.5.2.2　常见故障分析

1. 参数设置过于严格

这使得移动台很容易到达质量切换的下限，从而使切换十分频繁。

2. 设备故障

如果上行链路切换数量很大，可能是由于无线上行链路传输部分（TRX，天线，分集部分，馈线）的硬件问题所导致的。

3. 覆盖问题

检查是否与上行链路电平触发的切换有关，若两者所占的比例都很高的话，就有可能是基站覆盖不足造成的。

4. 上行干扰

通过 OMC-R 的话务统计报告来分析是否未解码 RACH 电平过高，若该数值过高，就有可能是上行干扰导致的。可通过 DT 测试，来查看是否该小区是否存在干扰。

5. GSM 干扰

当发生 GSM 网内干扰时，所引起的上下行质量切换都较多。

7.5.2.3　解决措施

1. 参数审查

检验小区切换参数设置。

2. 排除硬件问题

如果上行存在硬件问题，小区或部分 TRX 就变成了“聋子”（上行衰耗严重）。我们还应同时检查入切换的失败率，因为虽然下行链路正常时切换可以执行，但若上行链路误码率太高则很难成功。

如果上行存在硬件问题，那么上行电平的切换、分配失败、无线链路失败等均会多于正常小区。

3. 消除外来干扰

采用如下措施可以帮助确认 BCCH 上行干扰：检查有关 RACH 解调电平；在基站用频谱分析仪分析检查 GSM 上行频段；作 Abis 跟踪；检查上/下行链路平衡和上行分布电平；检查基站发射部分电缆等。

4. 消除 GSM 系统内干扰

同检测下行链路质量的切换原因。

7.5.3　下行链路电平切换所占比例较大

1. 问题描述

这种切换属于紧急切换的一种，是因为服务小区信号电平低于正常通话的要求而触发的切换，切换目标为合格邻小区中 BCCH 信号最强的小区。

注意：如切换参数设置合理，此种切换一般不会找到电平足够强的小区，否则将首先触发功率切换。所以此类切换失败率较高。

告警门限为 L RXLEV DL H 即网络下行电平门限。

2. 常见故障分析

通常这种情形并不多见，大部分是由下列原因引起：

1）参数设置不当；

2）下行链路硬件问题。

3. 解决措施

与下行链路质量切换中有关参数及硬件问题的解决方法相同。

7.5.4 上行链路电平切换所占比例较大

1. 问题描述

这种切换为紧急切换的一种，是因为服务小区上行信号电平低于正常通话的要求而触发的切换，切换目标为合格邻小区中 BCCH 信号最强的小区。

注意，如切换参数设置合理，此种切换一般不会找到电平足够强的小区，否则将首先触发功率切换。所以此类切换失败率较高。

告警门限为 L RXLEV UL H，即网络上行电平切换门限。

2. 现象分析

1）覆盖不足时往往伴随有较多的上行质量切换；

2）小区切换参数设置不好；

3）假如上/下行链路不平衡时应怀疑硬件问题；

4）两小区间的乒乓切换，如：因为质量切换到低电平邻小区，马上又因作功率预算或电平切换返回原小区。

3. 解决措施

（1）参数问题：检查相关小区切换参数是否合适，主要有功率切换容限，电平切换门限，最小接入电平等。

（2）硬件问题：可通过以下手段来检查：作 Abis 跟踪；检查小区链路预算，重点检查上下行链路是否平衡。

（3）解决覆盖或相邻小区对的问题。

检查相关基站的邻小区定义是否与覆盖预测图相符；

检查相邻小区是否有较高的质量切换比例。如发现存在质量/电平乒乓切换的邻小区对，应重点解决干扰造成的质量切换问题，参阅本书的质量切换/干扰章节；

如果 Abis 跟踪得到的时间提前量 TA 未发现孤岛或覆盖问题，需进行路测。

7.5.5 距离切换所占比例较大

1. 问题描述

此种切换为紧急切换的一种，因为基站与移动台之间的距离太远而触发的切换。告警门限为 MS RANGE MAX，即基站与移动台之间的最大允许距离。

注意：距离切换的优先级低于质量切换和电平切换，所以，触发距离切换时，通话的电平和质量都应好于相应的门限设置。设置最大通信距离可有效地限制孤岛通信。

注意：距离切换比率过大意味着该小区的实际覆盖范围大于 MS RANGE MAX，（天线过高、开阔地形、高楼等）

2. 常见故障分析

1）参数 MS RANGE MAX 设置过小（注意：该参数的单位是指时间提前量 TA，1 表示 500m，不是 1km）；

2）孤岛现象；

3）邻小区定义错误。

在移动台远离基站时未能及时作常规功率切换，直至到达覆盖边缘。

3. 解决措施

1）检查距离切换参数是否过小；

2）检查周围是否有故障小区；

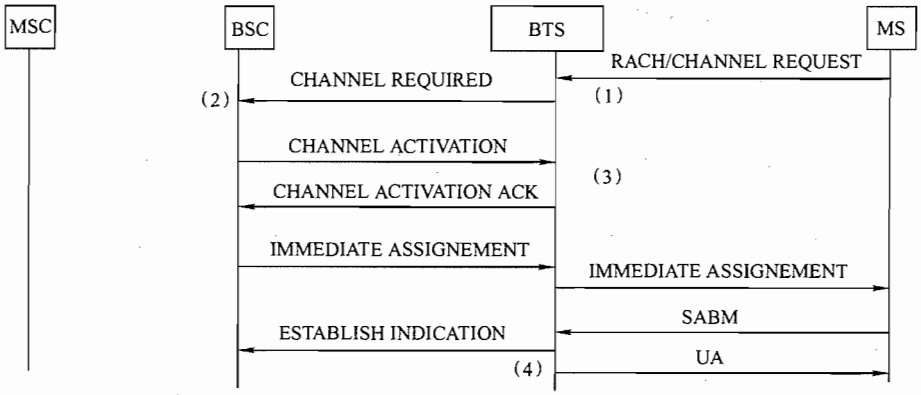
3）检查其他指示（如无线链路失败，切换失败等）；

4）做 Abis 跟踪以发现是否有孤岛覆盖。

7.6　RACH 接入有效性

7.6.1　问题描述

有效的 RACH 接入是指所有真正从移动台发出的随机信道接入请求（RACH REQUEST）成功通过下述流程直至最终完成 SDCCH 的建立（ESTABLISH INDICATION）。信令过程如图 7-12 所示。



（1）BTS解译RACH请求。
（2）RACH信道请求被送往BSC。
（3）分配SDCCH信道。
（4）Lapdm链路建立。

图 7-12　RACH 接入信令流程

7.6.2　常见故障现象

1）RACH 无法解调的电平值高（噪声 RACH 电平很高），致使 BTS 不能解码（信息错误编码）；

2）译码的 RACH 请求数很低（明显不正常）；

3）RACH 解调率低（RACH 送到 BSC/全部 RACH）；

4）LapDm 建立成功率低（LapDm 成功/SDCCH 分配数）；

5）过多无效的 RACH 信道请求（RACH CHANNEL REQUEST）。

7.6.3　常见故障分析

（1）最常见的是 BCCH 上行干扰。当 BCCH 上行干扰很严重时，常会导致 BTS 不能正常解码 RACH 接入请求的信息（信息错误编码）。

（2）接收路径的硬件问题。

（3）上/下行链路失衡将会影响 RACH 解调后的信令过程。

（4）参数定义不当。如参数“最小接入电平”（RXLEV ACCESS MIN）设置过高。

（5）RACH 解码电平过高。当无线条件符合正常的传播模型时，只要信号电平高于 BTS 的灵敏度，BTS

就可以解调出所接收到的 RACH 脉冲群。在没有干扰的环境下，BTS 的灵敏度由噪声因子、热噪声功率等决定，不考虑衰落容限时通常为–115dBm。上行干扰和阻塞会影响 BTS 的最低解调电平，使它不能达到–115dBm。

在城市环境内，因为传播环境复杂，背景噪声等因素的影响，BTS 的解调能力受到背景噪声的影响，会有所减低，一般为–100～–110dBm。

（6）SDCCH 建立成功率低，只有小部分的移动台的呼叫请求成功的建立起 SDCCH。有下面两种可能性：

最主要原因：BTS 接收路径信号损失严重（电缆、接收分离器、连接部分等），因此移动台发出的接入脉冲不能被 BTS 收到或者低于解调电平（<–110dBm）。

其次：上行链路仅够解调 RACH 短脉冲群，但达不到成功建立 LapDm 所要求的电平值。可能是小区最小接入电平过低或存在干扰。

7.6.4 故障查找及解决措施

1. 确认故障的起始时间

检查是 RACH 接入失败的起始时间、是否持续存在，以确认该故障是否是由于不确定因素导致偶然性发生的。

2. 确认是硬件问题还是干扰问题

比较下列运行状况：入切换、建立请求、分配请求。如果仅是 BCCH 上行干扰，对切入的影响不大，但 RACH 的解调电平和信道分配成功率将会恶化。若是硬件问题，那么往往切入的成功率也会很低。

3. 排除硬件故障

如果上行有硬件故障，那就会导致网络对 MS 信道请求无法进行信道指配。出现这种现象时应检查基站硬件，特别是上行部分（TRX、天线、馈线）。若无法确认应做 Abis 分析，检查链路预算，以确认问题所在。

4. 消除干扰

如可以排除硬件和连接问题，应重点怀疑干扰的可能性。结合故障现象的起始时间和持续时间调查小区周围是否有新增射频发射装置。检查频率方案确认无同频或邻频干扰，如有怀疑，可临时改动 BCCH 频率，观察 RACH 电平是否有变化。如有必要可进行路测。最后可用频谱分析仪或射频接收机检查干扰信号的特征。具体见干扰章节。

5. 消除直放站的影响

需要指出的是宽带直放站问题，使用直放站是为了提高网络的覆盖水平，一般用于郊区，农村等於覆盖的区域。在市区，室内直放站也较多的用于提高大型建筑特别是地下室的覆盖。任何直放站的使用都会改变无线覆盖现状，必须严格控制它的覆盖范围。在无其他基站信号覆盖区域使用一般不会产生干扰问题，但必须保证上下行链路的平衡。市区直放站往往造成严重的干扰，特别是上行干扰。根据的经验，在设备完好的情况下，大多数 RACH 低效的问题是由于直放站干扰造成的。在必须采用直放站时，应尽量考虑采用闭路直放站，或在基站侧选择窄瓣天线同时严格限制其发射功率。

7.7 小区没有话务量或切入

7.7.1 问题描述

故障现象如下描述：故障小区与正常小区相比，只有很少的切换甚至没有切换；只有很少的建立请求甚至没有建立请求；只有很少的分配请求甚至没有分配请求。

若故障小区无试呼量，首先应通过话务统计报告来确认故障出在哪一个环节上，如 SDCCH 建立失败、无 RACH 请求、RACH 接入失败、TCH 建立失败，前三种故障可能会导致该小区的起呼话务量很低，后一种故障可能会导致该小区的起呼和切入话务量都很低。

7.7.2　常见故障分析及解决措施

1. 参数设置不当

应检查参数 CELL BAR ACCESS（小区接入禁止），看是否该小区被禁止接入，若被禁止的话，则会导致该小区的话务量都是由切入的呼叫提供的。检查该小区的 CI 和 LAC 的设置是否与交换机设置的一致，若不一致则会导致呼叫路由建立失败，致使该小区的话务量都是由切入的呼叫提供的。

若没有切入话务量，则应检查是否定义全了相邻小区；是否系统允许切换。还应检查其相邻小区所在 MSC 关于该故障小区的 LAC 是否定义正确。

2. 硬件故障

通过做 Abis 跟踪，检验链路预算可以检测硬件问题。若该小区的交换矩阵控制板、传输控制板或所对应 BSC 的控制板出现故障，将会导致 MS 无法正常进行试呼。若该小区载频的发射功率很低或接收灵敏度很低，易导致 MS 无法占用所指配的信道。

故障原因很可能是上行链路有问题，如天线、馈线、耦合器、接收分路器、接收机等等。

3. 天线故障

天线被挡或朝向长条形建筑物屋顶易导致在该小区建立的呼叫较低。目前很多基站都设置于居民区，因采用桅杆结构，很多基站的第一扇区都朝向长条形屋顶，难以吸收话务量，这就会导致虽然处在高话务区，但话务量却很低。当出现这种情况时，应及时调整天线的参数，如挂高、方向角、俯仰角等。

7.8　射频（RF）优化

射频系统的性能是保证移动通讯网络提供优质服务的基础，对于不同的系统工作环境所需考虑的侧重点也略有不同。在乡村及基站密度不大的地区（基站站间距>2km）主要应考虑的是覆盖范围与话务密度的问题，而对于基站密度较大的地区则需着重考虑干扰的问题。限于篇幅本书仅对 RF 优化范畴中的干扰检测和上、下链路平衡两个命题展开讨论。

7.8.1　上、下链路的干扰检测

1. 上行链路的干扰

显而易见，上行干扰是由移动台造成的，因此上行干扰是和话务量大小紧密相关的。

通过分析未正常解码的 RACH 突发的平均信号电平与因上行信号质量恶化而触发切换的比率随系统话务量的变化幅度，可以确定上行干扰是来自系统内或系统外。

当一个时隙处于空闲状态下，BTS 会依照一定的周期间隔对该时隙进行信号强度测试，理想情况下该时隙下测量到的信号接收电平应该低于或等于–110dBm。但由于频率复用的原因，总会测到超出理想情况的信号电平值。BTS 对空闲时隙的测试是以 SACCH 信息块为周期进行的（480ms）。

2. 下行链路的干扰检测

第一步：小区覆盖范围测试。这是检测干扰问题的第一步工作，通过这样的测试可以帮助 RF 设计部门确认在服务区内存在“孤岛”效应、“伞状”效应以及“覆盖阴影”。这些现象都会造成 RF 设计的偏差，从而使移动台因不能抓取最佳服务小区而造成信号质量的下降。在这种情况下可以考虑采用的优化手段有：交叉线路校正、调整天线角度和俯仰角、通过调整参数来改善切换。

第二步：邻频信道扫描。在这一阶段中需要诊断的是，干扰是否来自邻频干扰。可以专门针对信号质量恶劣的区域进行载干比的检测。如果经过测试发现故障区的邻频载干比低于–9dB，则有可能服务小区处于邻频干扰状态。下一步需要做的工作是利用小区覆盖预测软件确定可能对目的小区造成邻频干扰的相邻小区。经过管理部门的批准后，可以将干扰小区暂时关闭。然后再对故障小区进行邻频载干比测试，若有改善，则基本可以确定干扰源。排除干扰源可以采取以下方法：

调整干扰源小区和故障小区的天线俯仰角以减小它们的重叠区域，俯仰角调整的具体数值需借助覆盖预测软件的模拟结果。

如果天线的俯仰角已经属于偏大，此时不宜再调整天线俯仰角，否则天线的方向将会有较大的畸变。在保证上、下行链路基本平衡的前提下，可以适当减小干扰源基站的发射功率。对站高大于 50m 的小区，应特别注意，否则及易造成“灯下暗”现象。

如果由于各种条件的限制，邻频干扰不能通过减小服务小区和干扰源小区的重叠面积消除时，就只能进行频率分配方案的调整。

为了保证网络不会因局部调整而带来新的问题，在作每一项调整前后都要做相应的测试和网络观测工作，做到随时把握网络的变化。

第三步：同频干扰的检测和消除。如果经检测，干扰不是因为邻频造成的。那么下一步需要研究的就是同频干扰问题，常规的方法是利用试探与预测相结合的方法。首先通过进行场强测试找出被干扰区域。然后再通过检查覆盖预测软件的计算结果，如果从覆盖预测软件中找不到可能的干扰源。可以向管理部门请示关闭服务小区，再进行故障小区的覆盖测试，对此时测试到的信号强度进行分析。如果在关闭服务小区后，并未检测到异常信号，这时可以怀疑干扰是由于交调造成的。

第四步：跳频系统中的特殊问题

由于跳频系统的伪随机性，若想定量地判断干扰源较为困难。在确认不会对本小区的正常运行以及对其他小区造成影响的前提下，我们可以通过对这些频点一一的进行更换或将这些频点设为不跳频的办法，来查找出受干扰的频点。

7.8.2 上、下链路平衡验证

上、下链路平衡验证的主要目的在于，通过对现场测量结果进行分析，计算出实际的链路损耗，并将结果与 RF 设计方案中的链路预算进行比较验证，从而发现在上行或下行链路中设计外的损耗。这种设计外的损耗有可能是由于天线安装质量不好或天线本身性能的偏差，使分集接收增益低于设计要求；或者是因为由于耦合系统或收发信机硬件损坏造成。值得一提的是，除了收发信机的故障外，其他射频端的故障在 OMC 终端上是观测不到的。

7.9 长途来话接通率

长途来话接通率是考核网络运行整体性能的的指标，影响长途来话接通率的因素很多，但归纳起来主要是以下几个方面：

寻呼超时；用户忙；被叫关机；用户无应答；通信链路建立失败（电路忙、TCH 信道忙或 TCH 分配失败）；由于 BSC，MSC 中参数定义问题导致接续和 PAGING 时间过长；拨号不全。

下面我们对这些情况一一的进行分析。

7.9.1 寻呼超时（PAGING TIMEOUT）

寻呼超时是指从 MSC 成功的发出寻呼消息后，在规定的时间内 MSC 未收到 MS 返回的寻呼响应。寻呼超时是影响长途来话接通率重要的因素，导致寻呼超时的原因有很多种。

寻呼处理共分两级，一级在 MSC，一级在 BTS。MSC 负责形成寻呼消息，并且为了防止 MS 此时的无线情况较差，MSC 将组织重发，它的寻呼重发消息的间隔较长，大约十秒。BTS 将根据该小区的 CCCH 信道配置情况负责把收到的寻呼消息放到合适的寻呼组中去，BTS 还将组织重发，目的是为了防止 MS 由于干扰等情况造成无法解码 PCH 信道上的消息等原因造成的时延，因此它的重发间隔较短。

下面让我们找出主要因素：

（1）移动用户进入盲区或手机掉电。若此时交换机的周期性位置更新的时间未到（MSC 将定时对 IMSI

ATTACH 的用户进行查询，它将把这一段时间内未与系统联系的 MS 置为隐含关机状态），MSC 仍会对该用户发出寻呼消息，但显然这只能白白的浪费系统资源，最后不可避免的造成寻呼超时。

对该因素导致的寻呼超时，我们可以通过优化 T3212 和交换机隐含关机参数的办法来提高接通率。

在优化时应注意，BSC 中周期位置更新计时器 T3212 与 MSC 中隐含关机计时器必须满足一个前提条件即 T3212 小于隐含关机的时间。在这个前提条件下，我们可对 T3212 进行一些灵活的设置。

例如对一些郊区站和农村站，由于盲区和信号差的地区比较多，我们就可以将 T3212 设置的较小，如将 T3212 置为 8（即 48min 做一次位置更新）。而对于市区站来说，由于平均话务量、信令量比较大，T3212 就不宜设的太小，否则将会导致信令流量大大增加，增大 MSC 负荷，反而有可能降低寻呼成功率。如果将 MSC 隐含关机的时间设的过短，虽可提高寻呼成功率，但势必会造成一部分用户由于一段时间内没有和系统联系就被设置成隐含关机，影响用户的正常使用；隐含关机的周期若设的过长，虽然用户周期性位置更新的机会增多，有可能提高寻呼成功率；但也可能出现一种情况：用户长期呆在盲区（时间小于隐含关机的时间），这时此用户在 MSC 中依然处于 ATTACH 状态，当此用户做被叫时，VLR 还会给此用户分配漫游号码（MSRN），这必须造成一次无效的寻呼而降低寻呼成功率。所以 T3212 与隐含关机时间的设置在某种程度上对寻呼成功率的影响很大，必须通过话务统计数据并结合 BSC、MSC 参数的细致分析来设置。

同时我们也应对 TRX 最大发射功率、移动台的最小接入电平（RXLEV ACCESS MIN）等参数进行优化，还应通过调整天线以及新建基站等手段来提高网络的覆盖减少盲区，以最小的投入取得比较好的覆盖效果。

（2）被寻呼小区的信令信道不足、被叫用户 RACH 接入失败、SDCCH 分配失败、SDCCH 掉话，都有可能造成虽然被叫用户成功的收到了寻呼消息，但由于在 RACH 信道上对系统的接入失败、或是接入小区的信令信道忙、以及在与系统建立信令链路的时候由于某种原因造成 SDCCH 信道的掉话，最终使 MSC 在规定的时间内无法收到寻呼响应的消息，从而造成寻呼超时。

这种情况需要我们通过话务统计来查找信令信道拥塞和立即指配失败严重的小区。对于 SDCCH、PCH、RACH、AGCH 拥塞小区，可以按需要调整相应的参数及相关信令信道的个数（参看 SDCCH 信道拥塞的处理），尽量减少拥塞小区以提高 PAGING 成功率。对于立即指配过程失败较多的小区，可去分析导致这种现象的原因，如干扰、设备硬件故障、参数设置不当、天馈线故障等等，在查出故障之后应及时给予解决。

在优化过程中，我们可将参数 T3122（等待指示时长）设置尽可能的小，以提高网络平均接入性能。应尽可能的提高参数 MAXRETRANS“最大重发次数”，它是提高接通率的重要参数，可根据小区的话务量大小进行灵活设置。还有另外还应对参数接入准许保留块数（BS AG BLKS RES）、寻呼信道复帧数（BS PA MFRMS）、发送分布时隙数（TX INTEGER）进行相应的优化，以尽可能的提高移动台对系统的响应能力。

7.9.2　通信链路建立失败

这指的是在移动台和网络之间的 RR 连接已经建立起来之后，却由于鉴权失败、无线呼损、TCH 信道的拥塞、TCH 信道的指配失败、A 接口或 Abis 接口的地面资源缺乏的原因，最终导致呼叫无法正常的接续。

（1）从 MSC 向 BSC 发出 SETUP 消息到收到 BSC 回送的 CALL CONFIRMED 消息的这段时间里，可能会由于无线的原因而产生呼损，如果这个呼损过大，我们可以跟踪 A 接口的信令，结合分析 OMC-R 报告来确定较差的小区，并通过基站人员协调解决。

（2）从 MSC 收到 BSC 回送的 CALL CONFIRED 消息到 MSC 向 BSC 发分配 TCH 请求消息中，还会由于交换机资源缺乏，目标小区的 TCH 拥塞等原因造成呼叫建立失败。因此，我们必须随时关注网络各小区的 TCH 拥塞情况以及 A 接口信令负荷，尽量避免这种情况的发生。

（3）从 MSC 向 BSC 发出分配 TCH 请求到收到 BSC 回送的 TCH 分配成功消息的这段时间里，可能会因为 TCH 分配失败而引起呼叫建立失败。

（4）从收到 BSC 发来的振铃消息到向 TMSC 发出 ANC 消息的这段时间里，可能会因为：主叫挂机；手机久振不接，超时拆线；被叫挂机。

对于此类呼损，在用户侧，目前还较难解决，但在网络侧，我们可以注意观察看是否存在信令或传输不

稳的情况，并加以及时解决。

7.9.3 主叫用户过早挂机

主叫用户过早挂机时指，在被叫用户尚未应答前，主叫用户主动挂机拆线。信令流程表现为 TUP 消息 IAI，ACM 发出后，主叫用户主动挂机拆线，主叫端向被叫端发送 CLF 消息。用户早释主要是指主叫在拨号中放弃呼叫或是在被叫振铃时主叫（或被叫）早释，例如，在被叫振铃或主叫听录音通知时（如被叫无应答、被叫电话正在转移等）发生的早释。

有时是由于 MSC 与 BSC 的一些参数设置不合理导致接续时间比较长，而使一些没有耐心的用户挂机重拨，导致呼叫前向释放。如果通过话务统计及拨打测试发现此现象比较多时，可适当调整参数加快接续时间。

7.9.4 其他原因

1. 拨号不全

在 MSC 译码表中可适当的进行细分，拦截一些拨号不全的呼叫出局。

2. 对于被叫挂机、久叫不应这种用户行为，无法从网络质量上解决，只有通过优惠政策和多做宣传解决，从而降低其对接通率的影响。

不管如何，我们除了对以上因素进行优化外。还应大力宣传新业务的使用。如向用户开放遇忙转移，对于具有多种通信工具（如 CALL 机、宅电）的用户，可以设置遇忙转移业务，将遇忙的呼叫转移到语音邮箱、中文秘书台或其他通信工具。

7.10 基站覆盖范围减小的原因及解决方法

当基站工作一段时间之后（如半年以上），可能会由于种种原因使基站的覆盖范围有一定的收缩，严重时收缩的幅度在 50%以上，它的直接后果是会造成较大范围的盲区，对系统的掉话率有一定的影响。这种问题对边远郊区以及山区、丘陵的影响最大，因为位于这种地区的基站话务量和用户一般较少，因而设在这些地区的基站在规划中主要考虑到的是覆盖问题。如果在基站密集的地区（市区、商贸中心等）使用的是多层网的结构，那么当处于最上层的小区（宏小区）出现覆盖减小的问题后，将会影响整个网络的性能。

基站覆盖距离减小的原因不仅与系统许多技术指标如系统的频率、灵敏度、功率等等有直接的关系，与工程质量、地理因素、电磁环境等也有直接的关系。一般系统的指标相对比较稳定，但如果系统所处的环境比较恶劣、维护不当、工程质量不过关，则可能会造成基站的覆盖范围减小。

7.10.1 基站侧的原因及相应的解决措施

由于基站故障影响覆盖的因素主要有：发射机输出功率减小；接收机的可用灵敏度变低；天线的方位角发生倾斜；天线的俯仰角发生变化；天线增益的变化；天线挂高的变化；馈线损耗、耦合器损耗、工作频率的改变；传播环境（地形以及人为环境）的变化；分集接收的影响。总结如下：

（1）检查是否由于定向天线的反向泄露变大。这会导致正向信号的发射功率变低，最终致使小区的覆盖范围收缩，如果确认的话，应及时更换天线。

（2）检查基站天线的周围是否设有其他的天线或者对天线有阻挡的装饰、建筑物。它们可能对天线的接收和发射产生影响，影响基站的覆盖效果。在出现这种现象后应及时调整天线的方位角或挂高等性能，以减轻影响。

（3）检查基站天线的倾角和方位角等特性是否发生变化。天线倾角的增大或方向角的偏离都会导致基站的覆盖范围减小，在确认故障后应及时进行相应的处理。

（4）检查基站发信机和耦合器的输出功率是否下降。若确认输出功率下降，应调整功放的功率，或者更换硬件设备。若不是硬件的问题，我们应去检查是否是下行链路各硬件单元的连线连接不牢等种种原因造成

射频信号的泄露而引起损耗。

（5）检查天馈线的损耗是否增大。我们可以用仪表来测量驻波比是否小于 1.5，若驻波比不正常，可能是天馈线的接头或者馈线漏水问题，导致发射功率下降而减小了基站的覆盖范围。

（6）确认是否为扩容的影响。如果扩容时发现覆盖范围有所降低，应检查是否出现了以下情况：

1）是否使用了不同类型的耦合器。因为耦合器的类型不同，它们造成损耗也不同，因此在扩容时，我们一定要注意耦合器的影响。

2）基站投入运行或扩容后，检查新增天线的安装是否满足要求：若 MS 与铁塔的距离比较近，可能造成铁塔对天线有阻挡；天线的挂高是否合理，挂高过高容易导致“灯下暗”，挂高过低，容易导致覆盖过小；天线的倾角是否合理；主分集天线的的覆盖是否一致，如果主分集天线的覆盖不一致，当用户在使用时占用了不同的天线，可能会导致覆盖效果时好时坏，严重时会导致掉话、分配失败和切换失败，对用户表现为基站的覆盖范围减小。

3）检查基站的接收灵敏度是否正常

若灵敏度下降，将会导致基站的覆盖范围减小，不过这个指标一般来说变化不大。

（7）检查基站的 RACH 译码电平是否有变化。若这个指标变大得较多，可能导致 MS 发来的信号基站不能接收到，相当于覆盖范围减小。

（8）检查是否存在干扰。较强的干扰将会导致基站的接收灵敏度直接下降，影响基站的覆盖范围。

（9）排除基站的电磁环境干扰。如果基站的背景电磁噪音电平较大，会影响基站的接收信噪比，特别是影响远距离用户的通话。

7.10.2　其他原因

1. 信号受到阻挡

新建的建筑物阻挡了电磁波的传播，导致信号被衰减，远端的用户不能正常使用。特别是基站附近的高大建筑物，对电磁波的传播影响较大。

2. 传播环境变化

电磁波的传播环境改变，导致无线终端接收的信号降低，特别是山区，环境比较复杂，电磁波的传播是靠许多山坡的反射，若山体的植被等发生变化，导致用户接收的信号降低，以至不能使用。

3. 用户终端的技术指标可能下降

如移动台的功率、灵敏度下降等将会影响无线信号的接收。这样的问题，不属于基站的覆盖范围减小。无线用户终端的馈线不能受损伤，接头接触应保持良好。馈线是传输信号的，若馈线和接头有问题将导致信号传输受到影响。

以上是影响系统覆盖范围减小的几个方面，可以看出，基站的覆盖范围下降是由多方面的原因引起的，要综合考虑才能得到改善。气候、植被等自然因素对电磁波的传播也有影响。因此要保证工程的质量，加强日常维护，发现问题及时解决，消除故障隐患，防止干扰，在信号太低的地方不要放号，一般能够保证系统的正常运行。

7.11　用户投诉的热点问题分析及解决

7.11.1　被叫 MS 有信号，但作被叫时录音通知用户不在服务区

MSC 对该用户进行寻呼，若在规定的时间内没有得到用户的发回的寻呼响应（PAGING RESPOSE），就会针对该情况回放用户不在服务区的录音或作其他处理。导致这种情况发生的原因很多，比较常见的情况是当用户进入了盲区或移动台掉电，因 VMSC 此时还未对 IMSI 附着的用户做定期的查询，因而无法判断该移动台的状态，而导致对它们的寻呼失败。下面我们针对 MS 有信号却寻呼失败的情况来进行分析，故障主要

有以下几种。

1. 被叫 MS 起呼小区的信令信道忙

MS 收到网络对它的寻呼后，随即脱离空闲状态并向所驻留小区发出信道请求，当 BSC 收到该请求后，却没有合适的信令信道来指配，于是将向该 MS 发出立即指配拒绝消息，从而导致寻呼过程失败。当 MSC 的“寻呼超时”（PAGING TIMEOUT）后，就会向主叫用户发出录音通知（用户不在服务区等）或做其他处理（回放忙音等）。

可去观察该小区的信令信道是否发生拥塞或不可用。出现这种情况时，若观察被叫的信令流程，应发现被叫 MS 会收到立即指配拒绝消息。在这种情况下，MS 在该小区做主叫也会比较困难。

2. 被叫 MS 立即指配失败

当被叫 MS 在响应寻呼过程中，如果网络所指配的信道不可用（由于干扰等原因导致无线环境较差）或设备出现故障（天馈线、主设备、传输等设备不稳定或出现故障）而致使立即指配失败，则会导致 MSC 的寻呼超时。

当出现这种情况时，应通过话务统计去观察 RACH 请求的数目同立即指配成功的数目的差值是否较大（应减去 RACH 重发的次数）。若此时观察被叫 MS 的信令流程，可发现被叫 MS 在发出信道请求后，收不到立即指配命令，或 MS 在发出 SABM 后（PAGING RESPONSE），收不到系统的响应。在这种情况下，MS 在该小区做主叫也会比较困难。

3. 被叫用户 RACH 接入失败

当被叫 MS 在 RACH 信道上发出信道请求后，网络却因无线干扰或设备故障（一般为该小区的某个控制板出现故障）而无法解码该请求，也就是无法对该请求做出响应，从而导致寻呼超时。当出现这种故障时，我们通过话务统计可观察出 RACH 请求总数往往比 TCH 分配总次数还要少，也就是说 MS 无法直接接入该小区，只能通过切入的办法来占用该小区的 TCH 信道。

当出现这种情况时，MS 无论做主叫还是做被叫都会因网络无法指配信道而导致 T3126 超时而将马上的返回到空闲状态下（一般是在一、两秒钟内），之后 MS 做小区重选。

4. 被叫 MS 做位置更新导致寻呼失败

若寻呼到来时，碰巧被叫 MS 正在做位置更新（正常位置更新、周期性位置更新），此时 MS 无法对该寻呼做出响应（因为位置更新属于特定 MM 程序，MS 在该程序的执行过程中无法启动其他的程序）。避免发生这种情况的措施有：1）提高小区重选滞后值，增大位置更新的难度；2）重新优化位置区，这是最有效的办法。

MS 进行位置更新过程的时间一般为 3.5s。这种情况一般在位置区边界发生的较多，因为在这种环境下发生位置更新的可能性最大。

5. 被叫 MS 对 CCCH 解码失败

由于 BCCH 频点下行干扰过大，导致 MS 对该寻呼组的 CCCH 连续解码失败，而致使 MSC 寻呼超时。但这种现象发生的几率较小。

6. 系统寻呼负荷过大

当系统的寻呼量过大，而被叫 MS 所处小区的寻呼信道配置过少，可能会导致 MSC 对该 MS 寻呼消息被丢失。

7. NSS 故障

由于位置更新失败，或 VLR 数据库故障，可能会导致 MSC 对 MS 的寻呼失败。

7.11.2 MS 有信号，但作被叫时录音通知用户已关机

这一般是由于被叫 MS 所处小区的周期性位置更新计时器 T3212 大于等于 MSC 隐含关机的时间所导致的。进一步说，当 T3212 大于 MSC 隐含关机的时间时，会由于 MS 在一段时间内没有做任何工作而被 MSC 当作关机处理，此时该 MS 若做被叫，则将被交换机按关机用户处理。如图 7-13 所示。

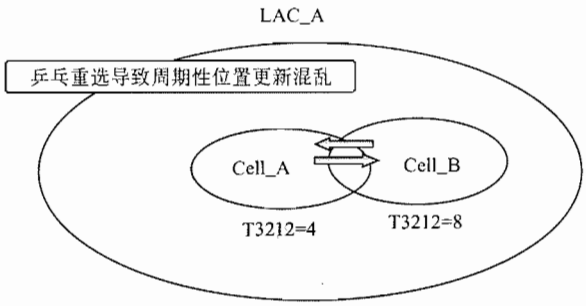


图 7-13　T3212 对网络的影响

因此在日常网优工作中，我们一定要注意优化小区参数 T3212 可能会出现的负面问题。在小于隐含关机的前提下，适当减小 T3212 的值固然会降低系统的信令负荷，增强网络对 MS 状态的了解能力，但是如果设置不合理的话也会增加用户的投诉（即 MS 有信号，但做被叫时录音通知用户已关机），下面我们就针对这个问题加以解释：

设 MSC 隐含关机的时间为 1 个小时，我们将某个小区 A 的 T3212 设为 4（0.4 个小时），而与其相邻的某个小区 B 的 T3212 值为 8（0.8 个小时），并且这两个小区处于同一位置区。设 MS 在 A 中的周期性位置更新状态为 3/4，此时若 MS 做小区重选由 A 至 B，则状态变为 3/8，若 MS 在 B 中驻留一段时间，状态又变为 7/8，此时若 MS 作小区重选又回到 A 中，则此时的状态为 3/4，若 MS 又重选至 B 中，状态又会变为 3/8。从以上分析可以看出，若发生以上情况（这种情况发生的概率还是比较大的），虽然这两个小区的 T3212 值都小于 MSC 隐含关机的时间，但是 MS 做周期性位置更新的时间却超出了隐含关机的时间，于是该用户将被网络按已关机用户来处理。

7.11.3　MS 在空闲状态下信号不稳定

在处理用户投诉时，可能时常有用户反映自己的手机信号不稳。在这里我们应强调一点，MS 所反映出的信号强弱，只于接收信号强度有关，而与算法没有关系。在排除不可避免的因素后（多径效应、环境因素等等），可能是由以下问题导致的：

1. 设备故障

当携带 BCCH 频点的发信机的功放等元件工作不稳定时，易造成该发信机的发射功率不稳定，从而致使用户的手机信号不稳。

2. 重选参数影响

优化 C2 可能会导致的负面影响：在网络优化的过程中，有时出于调节话务负荷的目的，可能需优化 C2 值以均衡话务。小区重选是以 C2 为依据的，而移动台的信号强弱随实际的接收电平的变化而变化，因此如果 MS 所测得的两个小区 C2 值较为接近而实际接收电平相差较大就会很容易发生频繁的小区重选，直接后果是造成 MS 在空闲状态下信号不稳定。

在微蜂窝和双频网等存在的地方，由于定义重选参数的难度系数较大，该问题可能会较为突出。

在位置区边界地区，由于小区重选滞后等参数在起作用，因此 MS 在做频繁位置更新时，可能会导致信号不稳定。

3. 覆盖原因

如图 7-14 所示，当小区 C 信号漂移至 A 小区，如果 A 小区定义了 B 小区的频点，而 B、C 两个小区的频点相同，因此驻留在 A 中的 MS，有可能会重选至小区 C。此时 MS 将会去监测小区 C 所广播的 BA（BCCH）表（该表中不一定有 A 小区的频点），而往往 BCCH 频点的信号有可能在这里很弱，因此当 MS 收不到 C 小区的漂移信号后，就会导致 MS 重新进行小区选择。这种现象在用户看来是信号忽强忽弱，信号时有时无。

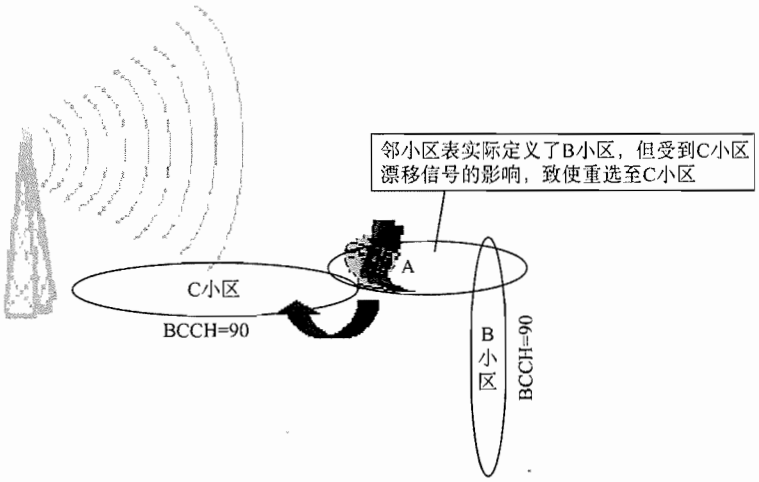


图 7-14　信号漂移对覆盖的影响

7.11.4　MS 在通话过程中信号不稳定

1. 设备故障

如果 MS 所占用的 TCH 与 BCCH 不属同一载频，且该 TCH 信道所占发信单元工作不稳定（发出信号较弱）时，容易造成用户在空闲状态下 MS 所显示的信号较强而在通话过程中信号较弱。

2. 切换所带来的问题

当 MS 的切换很频繁，既发生乒乓切换时，易造成 MS 在通话过程中信号不稳定。

当切换邻小区定义过多时，可能会导致 MS 对 BA 表中的频点采样的样本较少，而造成测量电平值不准确致使切换频繁。

7.11.5　MS 在通话时的回声问题

导致回声的原因有多种：

1. 回声抑制器（EC）出现故障

EC 被设置在 PLMN 网和 PSTN 网之间，如果只有两网用户在通话时反映有回音现象，那么可能是 EC 出现故障。

2. TCU 故障

由于 TCH 负责完成速率转换适配功能，也负责完成话音的解码，如果它出现了故障，将会引起回声现象。

3. 用户移动终端故障

MS 在话音编码直至将无线电波发出的这一过程中，如果相关的硬件设备出现故障，那么很有可能造成回声问题。

4. 传输环路

A 接口和 Abis 接口的某些电路由于日常维护的不小心或割接时造成环路就很容易造成回声的问题。

5. BTS 硬件设备故障

因为 BTS 负责除话音解码的所有过程（解调、形成突发脉冲、反交织、信道解码等），如与之相关的某一部分硬件出现了故障（如帧处理器），就有可能造成回声的现象。

6. 升级、补丁问题

如果系统升级版本或补丁与当前的系统硬件不相匹配，就有可能造成回声问题。因此在系统升级或补丁

后，一定要进行拨打测试来确认网络是否存在不兼容的问题。

7.11.6　其他问题

1. MS 在做主叫时很快回到空闲状态下，再拨打时在一端时间内拨打不出去

这是由于主叫 MS 收到了立即指配拒绝消息（由于信令信道拥塞），在该消息中含有拒绝接入时间 T3122，在该时间段内 MS 无法接入网络。

2. MS 在通话时话音质量很差

当 MS 同 PSTN 用户通话时，MS 用户感到话音质量很差（此时的接收电平较高）而另一方还可以，这可能是由于 MS 所驻留小区的下行链路出现故障或有下行干扰存在。当出现这种现象时，应首先去检查影响下行链路的硬件设备（发信机、帧处理器、合路器、天馈线等等），然后通过话务统计来检查该小区的下行质量切换次数是否过多来确认问题所在。

反之，当 PSTN 用户感到话音质量很差时，可能是 MS 所驻留小区的上行链路出现故障或有上行干扰存在，此时应去检查上行链路的硬件设备是否出现故障（收信机、帧处理器、合路器、天馈线等等）。

若是 MS 与另一 MS 对话，则应将双方的网络状况都考虑进去。

7.12　典型疑难案例分析及优化措施

7.12.1　案例一

1. 故障现象

某市区基站为 S777 的站型，采用 1∶3 跳频。第三扇区话音信道掉话率持续很高，掉话原因为无线链路故障，而其他各项网络指标均为正常。

2. 故障分析

由于该扇区分配失败率和切入失败率均正常，可排除主设备硬件故障。有可能会出现的故障有地形和环境影响（如新建建筑物的阻挡等）、覆盖问题（覆盖过大或过小）、干扰、天馈线故障（馈线质量、天线挂高、俯仰角、方向角等）、邻小区漏定义、相关参数不合理。其中应重点检查的为干扰、天馈线故障、环境及覆盖等问题。

3. 故障查找

天馈线的驻波比、馈线接头及天线性能等检查正常；主设备等硬件设备完全正常；传输无误码；小区参数、跳频参数、切换参数、邻小区定义等各种软件参数完全正常。通过 DT 测试以及 ABIS 信令的分析，发现该扇区平均接收电平较高：测量均值为–77dBm/上行、–73dBm/上行；而接收质量较差：4.33/上行、3.25/下行。当使该扇区只剩下一个载频工作时，掉话指标正常、接收质量正常。通过对各种现象的分析，断定为跳频频点干扰导致。

4. 解决措施

利用综测仪 HP8921A 对基站下行频段扫描，发现该基站的 BCCH 载频的频谱经常被更强的频谱覆盖。

观察结果显示，干扰频谱与模拟系统频谱非常相似，利用综测仪的调频解调功能可以解调出话音信号，至此已可以肯定是同站址模拟系统对我基站的同频干扰，将所受干扰的跳频频点修改后，恢复正常。

5. 经验教训

在站址选择过程中，我们应仔细对其周围环境进行分析，应做出相应的设备调整和参数调整。

7.12.2　案例二

1. 故障现象

某站型为 O3 的基站，采用射频跳频、DTX 和 1∶3 跳频。在该基站完成扩容后（由 O2 扩为 O3），话音

信道分配失败率持续较高（原因为无线链路故障），同时并伴随着较高的掉话率和切入失败率。RACH 的译码成功率和译码电平都很正常，SDCCH 的立即指配成功率和掉话率正常。

2. 故障分析

由于分配失败率伴随着较高的掉话率和切入失败率。因为可以基本断定有两种可能性：一种是在指配话音信道时出现问题，一方面可能是该次通话所占用的频点或时隙有干扰或不稳定。又因为 RACH 的译码成功率和译码电平很正常，SDCCH 的立即指配成功率和掉话率正常，因此基本可以断定携载 BCCH 频点的载波和 BCCH 的频点出现故障或干扰的可能性较小。就以上分析可以看出，非 BCCH 频点的载波和跳频频点出现故障或干扰的可能性较大，但也不应排除多种影响因素并存可能性。因此我们可以首先从检查设备是否出现故障出发，其次可以去通过话务统计分析工具、DT 以及检查参数相结合的办法来判断干扰。

3. 故障查找

通过对设备硬件，以及天馈线（见掉话分析）和传输稳定性（见掉话分析）的检查，未发现任何问题。在该小区的拨打测试中发现拨打成功率较低，而且在通话过程中话音质量多数很差。在对参数的检查过程中发现新增载波的MAIO与另一个载波的MAIO值相同，这就是造成在信道指配和通话过程中频率发生了碰撞，也就是造成该现象的主要原因。

4. 解决措施

将该新增 TDMA 载波的 MAIO 值重新取值后，恢复正常。

5. 经验教训

在基站完成扩容、割接、升级等重大变化后，我们应及时对其参数以及相关的所有数据进行检查，以防止类似现象的发生。

7.12.3 案例三

1. 故障现象

某一市区基站的配置为 S333，当地使用的是单频 GSM900 网络，使用射频跳频，采用 1∶3 跳频模式。该基站某扇区的切入执行失败率持续很高，其中切入至该小区造成失败的源小区 A 对该小区的切入失败率达到 80%左右，而诸如掉话率、话音信道分配失败率等等完全正常。

2. 故障分析

首先我们可以基本排除掉出现硬件故障和干扰的可能性。因为虽然切入失败率很高，但是没有 TCH 分配失败现象，这就说明 MS 可以成功占用 BSC 给它分配的话音信道；又因为建立通话的 MS 无掉话现象而且无话音质量问题，这就说明不存在严重的干扰现象。通过分析造成该小区切入失败高的源小区实际与该小区相距较远，不应该有如此多的切换请求，因此可以去查找是否和孤岛效应有关。

3. 故障查找

通过对设备硬件、传输稳定性、干扰的检查，未发现任何问题，这就证实了以上判断。我们对源小区 A 周围的小区进行检查，查找是否有与之相同的 BSIC/BCCH。结果发现确实有一个小区 B 满足该条件。经过进一步调查，发现 B 小区与 A 小区之间新建了一个很大的广场，使它们之间的无线传播条件变的很好，因而引起了孤岛效应。

4. 解决措施

对该小区重新进行频率规划，采用了一个新的频点，同时将孤岛小区 B 加入 A 小区的相邻小区表中。问题得到解决。

5. 经验教训

在网络故障的处理过程中，一定要参考周围环境的变化。如环境的变化是否影响了无线信号的传播，或是否对无线信号的传播更为有利。如果这些因素发生了变化，我们应及时调整系统软件参数（如邻小区增补、删除）和工程参数（如天线挂高、俯仰、方位角）。由于 GSM 网络的频点有限，因而随着网络规模的不断膨胀，孤岛效应出现的可能性越来越大，尤其在处理切换的问题上我们一定要对这个问题加强重视。

另外，如果同频干扰（同 BCCH）严重的话，也会严重影响切换成功率。

7.12.4　案例四

1. 故障现象

某郊区基站站型为 S444，该地区仅存在 GSM900 网络且该基站使用射频跳频、采用 1∶3 跳频模式。它的两个扇区都有一定数量的切换失败率、分配失败率和掉话率，无拥塞现象。

2. 故障分析

根据上述现象，我们可以从检查硬件设备入手，尤其应检查与这两个小区都相关的设备。在确认没有问题后，应去检查是否存在干扰现象（这两个小区之间互相的干扰、或系统外的干扰），这需要通过参数检查、话务统计报告分析和 DT 测试相结合的办法同时进行。下一步应确认是否出现天馈线故障（见掉话分析）。

3. 故障检查

通过对设备硬件的检查未发现任何故障。在对参数 MAIO、HSN、MA（移动配置表）、切换参数以及同频和邻频等的检查中未发现有配置不当的现象。在对 DT 报告的分析中发现这两个扇区的覆盖有明显不对，初步断定天线接反。在对天线的检查中确认这两个扇区天线确实接反了。

4. 解决措施

将两个扇区的天线恢复正常，问题消失。

5. 经验教训

在工程验收的时候，应严把质量关，以防止给今后的维护工作带来不必要的麻烦。

7.12.5　案例五

1. 故障现象

某站型为 O4 的基站，采用射频跳频、DTX 和 1∶3 跳频。该小区的掉话率持续较高（原因是无线链路故障引起的掉话），同时并伴随着较高的切换失败率和分配失败率。

2. 故障分析

见案例四的分析。

3. 故障查找

通过对设备硬件和参数的检查未发现任何问题。通过 OMC-R 的话务统计报告得知，该小区的移动台平均接收电平较高：测量均值为–85dBm/上行、–81dBm/上行；而接收质量较差为：测量均值为–3.8/上行、3.15/下行，这就说明了系统可能存在较强的干扰。在调查中发现，有一个直放站用到了该小区的信号，而且该直放站在放大该小区信号的同时也将其他干扰源信号放大（周围小区的 BCCH 频点和跳频的频点），引入了同频和邻频干扰。

4. 解决措施

关闭该小区的 DTX 功能，将跳频模式修改为非跳频模式，重新进行频率规划，参考直放站周围小区的频点，使该小区尽量避免使用与它们相同和相邻的频点。并将切换参数和功率控制参数进行相应的调整，使它们符合不跳频网络的性能。使用以上方法后，故障消失。

5. 经验教训

在可能会造成同频和邻频问题的地区，尽量不使用直放站，可以考虑采用微蜂窝来解决覆盖问题。

7.12.6　案例六

1. 故障现象

某基站为 S777 的配置，使用跳频和 DTX。在该基站周围的用户反映虽然移动台信号很强，但不管是做主叫和做被叫都很难打，用户若做主叫则移动台很快返回到空闲模式下，现象是占不上网络信号；用户若做被叫则录音提示不在服务区。

2. 故障分析

首先应判断出，是该基站的某个小区有问题还是该基站的所有小区都有问题或者不是该基站的问题。就故障现象来看，应该是用户根本占不上网络的信令信道，因此应首先去确认，系统是否存在 SDCCH 信道的拥塞。若不存在拥塞问题的话，接下来应去检查是否存在很严重的干扰；若也没问题的话应去检查设备硬件、参数及天馈线。

3. 故障检查及处理

通过对 OMC-R 话务统计报告的分析，发现该基站并无拥塞现象。但该基站其中一个扇区的报告很不正常。在该报告中发现一段时间内，SDCCH 信道立即指配的次数只有几十次，其中还包括有位置更新消息；而 TCH 的指配却有几百次，而且绝大部分是切入的指配。这就说明了由于某种原因导致 SDCCH 无法正常指配，这就是为什么用户做主叫和做被叫都无法成功，而切入只与 TCH 信道有关因此不受影响。在闭掉该小区后，网络恢复正常。

通过 DT 测试没有发现干扰现象，小区参数的检查也没有发现任何问题。在更换该基站的一个主控制板后，故障消失。

7.12.7 案例七

1. 故障现象

处于某省边界的用户经常投诉他的手机在其住处本无漫游问题，但是一旦收到外省的漫游信号后，就无法脱离其漫游信号了。这两个省之间并没有做邻小区关系。

2. 故障分析

通过对该地的路测结果分析，发现其网络结构如图 7-15 所示。

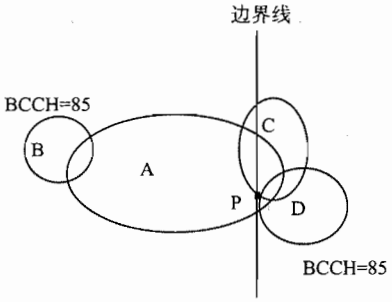


图 7-15 边界上的网络结构图

用户平常处于点 P 的位置，驻留在 A 小区，A、B 小区为相邻小区且属用户所归属的网络；C、D 小区为相邻小区，属漫游地网络。A 小区和 C、D 小区无邻小区关系。

由于 D 小区与 A 小区所定义的小区 B 具有相同的 BCCH 频点，所以处于 P 点的移动台很可能重选至小区 D，又通过小区 D 重选至小区 C。而小区 C 和 D 在邻小区表中并没有定义 A 小区的频点，所以用户就一直驻留漫游地的网络中，无法出来。当用户在小区 C 中关机后再重新开机，由于移动台还保留这他在关机时所处小区的频点，因此当重新开机时会首先去寻找到小区 C 以及它所定义邻小区的频点，这就带来了漫游问题。

3. 解决措施

定义两省之间的相邻小区。若无法实现的话，应对小区 B 进行改频，以解决该故障。

7.12.8 案例八

1. 故障现象

市区用户反映经常手机有信号，但当做被叫时录音提示不在服务区

2. 故障分析

检查用户所处地区的网络是否存在信令信道拥塞、繁重的位置更新或立即指配失败的问题。检查参数 T3212 是否设置的过小。

3. 故障检查

经对该地区进行调查发现，在市区存在两个 LAC 号，在该 LAC 边界的小区位置更新十分频繁，导致了一些小区信令信道的拥塞。致使在处于该地区的用户做被叫时，因无法占用 SDCCH 信道，而导致寻呼超时。当然也有可能是用户正在做位置更新时寻呼到来，致使无法对寻呼做出响应，而导致寻呼超时。

4. 解决措施

对位置区进行重新规划，位置区边界尽量避开小区重选频繁的地段，给处于边界处的小区尽可能的多配置信令信道。

第 8 章　直放站原理及工程

8.1　概述

在 GSM 移动通信网络中，受电波传播衰减和复杂的无线环境影响，不可避免地存在一些基站信号覆盖不到的盲区或弱信号区。在很多情况下，由于网络建设成本和现场条件的限制，我们不可能在所有的弱覆盖区域建设基站。直放站是现有的 GSM 网络覆盖的一种补充，它是一种弥补移动网络中基站覆盖不足，扩大基站覆盖范围极其有效的设备。直放站经济实用、安装快捷，被广泛应用于地下商场、停车场、地铁、隧道、高层建筑的办公室、娱乐场所、电梯或私人住宅等基站信号所无法到达的信号盲区，同时可很好地消除阴影效应，对边远郊区个别村镇的弱信号区也具有很好的覆盖效果。

8.2　直放站

直放站工作在基站（BTS）和移动台（MS）之间，是 GSM 系统的无线接口，它双向中继放大射频信号，延伸基站信号的覆盖范围，无线信号在其中是透明传输的，实际上它是一种无线射频信号增强设备。在下行链路上，直放站接收施主基站的无线信号，然后通过功放进行射频功率放大，二次发射到需要覆盖的弱信号区域。在上行链路上，直放站将覆盖区域内的移动台发射的信号，通过低噪声放大器进行放大，转发给施主基站。

直放站按照信号传输带宽可分为宽带直放站和选频直放站，按照使用场所可以分为室外直放站和室内直放站（室内分布系统），按照传输方式可以分为同频直放站、移频直放站和光纤直放站，按照传输信号可以分为 GSM 直放站和 CDMA 直放站。

下面首先介绍一下直放站在网络中应用较多的几种具体类型。

8.2.1　无线宽带直放站

无线同频宽带直放站是出现最早、应用广泛的一种直放站，它造价低廉、结构简单、性能稳定、安装快捷、维护方便。

无线宽带直放站系统主要是由施主天线、直放机、重发天线三部分组成。

直放站的系统结构如图 8-1 所示。

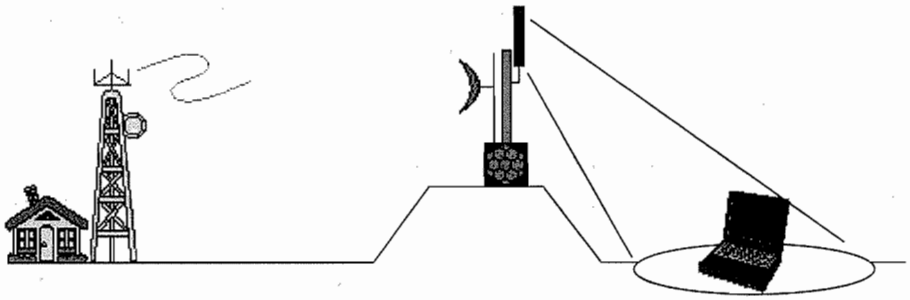


图 8-1　直放站系统示意图

施主天线接收主站发射的无线信号。一般选用八木天线、对数周期天线和抛物面天线等窄波瓣天线作为

施主天线，这类天线的定向发射和接收能力强，良好的方向性有利于对主站信号的选取，增强主站信号强度，抑制邻站信号强度，使得送入直放机的信号较为纯净。一般来说送入直放机的主站信号比其他基站信号要强 10dB 以上。重发天线主要是把通过直放机放大的主站信号转发到需要增强覆盖的区域。重发天线可以是全向天线，也可以是定向天线，这与覆盖的区域有关。当然，必须考虑到重发天线和施主天线之间的隔离度问题。

直放机是直放站的主要功能单元，它内部分为下行和上行两个信号通路：

（1）下行通路，施主天线接收主站发射的无线信号，通过 Duplexer（双工器）、LNA（低噪声放大器）、BPF（宽带滤波器）、PA（高功放）、最后经由双工器传送到重发天线，将施主基站的信号覆盖到弱信号区。

（2）上行通路，重发天线接收覆盖区域内手机发射的上行信号，经由 Duplexer（双工器）、LNA（低噪声放大器）、BPF（宽带滤波器）、PA（高功放）、最后经由双工器传送到施主天线转发给施主基站。直放机的结构，如图 8-2 所示。

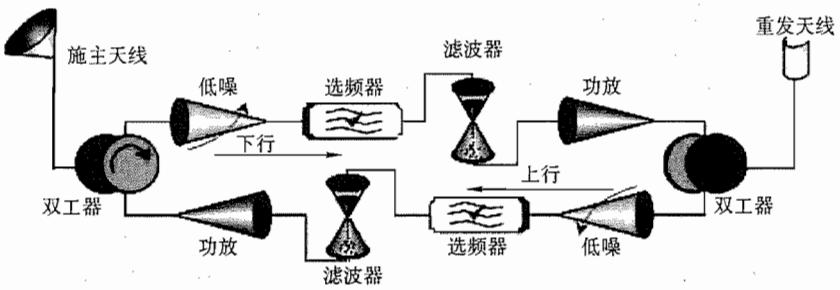


图 8-2 无线同频直放机结构图

通常一般意义上的宽带直放站是不存在的，它是由不同运营商建设和维护的，宽带直放站内部都会有一个宽带滤波器，将其他运营商的信号滤除。根据运营商的不同，滤波器的带宽一般设置为：

移动公司 上行：890～909MHz 下行：935～954MHz。

联通公司 上行：909～915MHz 下行：954～960MHz。

无线宽带直放站采用空间耦合直接放大方式，透明放大接收到的全部无线信号，所以直放站主机信号源不纯净，功率放大器同时要放大多个载频信号，导致其单载频输出功率低，覆盖范围小。由于采用宽带放大且主机增益高，因此对放大器的性能指标要求较高，如三阶互调、带内波动和噪声系数等。

在同等条件下，相比其他种类直放站，宽带直放站整机的互调干扰和噪声电平较大，这对直放站本身的服务质量和施主基站以及相邻基站的服务质量都会造成影响，如基站平均未解码接收电平、平均语音质量、接入成功率等指标。

虽然无线宽带直放站有很多不足，但是，由于它不需要使用传输电路，设备投资小、回报周期短；结构简单，安装调测方便，工作可靠性高，维护成本低；网络调整方便，工作频带宽，不受施主小区的载频数和跳频方式的限制。它仍然是现网中应用最为广泛的直放站类型。

8.2.2 无线选频直放站

在一些实际应用中，如在市区或县城等基站密集的复杂无线环境中，施主天线往往会接收到两个以上的强信号，信号强度相差不大，宽带直放站无法将其区分，它会将施主天线接收到的所有无线信号一起放大，引起下列问题：

（1）由于进入放大器的频率较多，三阶互调严重，网络带内噪声电平提高，网络上下干扰严重。

（2）由于接收到两个以上的基站信号，功率放大器会将输出功率分配到每一个频点上，造成主站的有效功率降低。

（3）网络中的频率规划更加困难。

因此，引入了无线选频直放站，它是在无线宽带直放站的基础上，用一组窄带选频滤波器替换宽带滤波器，这样功率放大器就只放大通过这一组滤波器的无线信号，达到选择区分基站信号的目的。无线选频直放站的结构如图 8-3 所示。

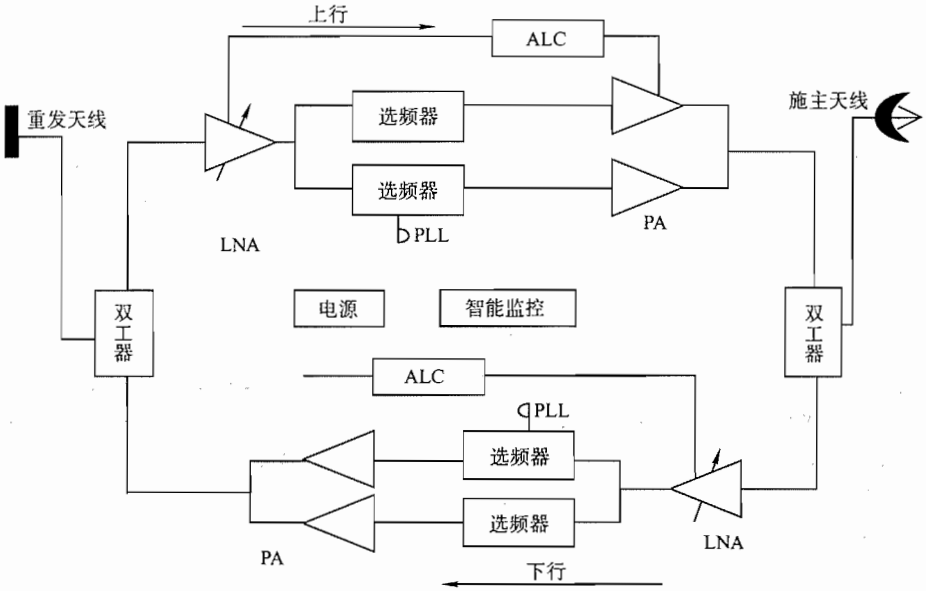


图 8-3　无线选频直放站结构图

每一个选频模块的工作带宽为 200kHz，它只对选定的频点进行放大，一般情况选频模块在 4 套以下，最多可以配置 8 套，配置越高，价格越贵。

此类直放站除具有无线直放站的投资小、见效快、安装简单快捷的优点之外，它还克服了宽带直放站的部分缺点，它在功放的前端增加了若干 200kHz 的窄带滤波器，这样就能有选择地放大主站无线信号，其互调干扰和噪声电平也大大降低。但是，由于使用了若干路窄带放大，造价较高，随着放大载频数目的增多，造价就越高。由于使用的是窄带滤波，极易受施主小区载频数目和跳频方式的限制。

8.2.3　微波移频直放站

以上两种直放站的信号源都是直接耦合的空中接口的无线信号，所以它们也称为直放式直放站，它们有两个缺点：

（1）接力距离短。重发天线只能采用定向辐射，站址要求设在覆盖区的边缘，这给选址带来一定困难。在很多情况下，由于在所需覆盖区域距离基站较远，无法找到足够信号强度的主站信号，导致直放式直放站无法应用。

（2）隔离度要求严格。对于增益较高的直放站，施主天线和重发天线之间的隔离度要求很高，在实地安装时，工程要求高，实现难度较大。

为了克服直接耦合直放站的缺点，引入了微波移频直放站。它的信号传输方式与直接耦合直放站不同，是通过微波变频的方式传输基站信号的。微波移频直放站一般分为近端机和远端机两部分。近端机和远端机的两个微波接收天线要求视距,且中间无阻挡。

移频直放站系统结构如图 8-4 所示。

移频直放站的近端机一般采用定向耦合器（或直接无线空间耦合方式）耦合基站信号，在下行链路上，首先经过变频模块将 900MHz 频段 GSM 下行信号搬移到 1800MHz（1500MHz）频段，经线性功率放大器由接入端传输天线发射出去，经微波链路传送到覆盖地点。远端机将接收到的下行信号进行低噪声放大、滤波，

然后将 1800MHz（1500MHz）频段信号搬移到 900MHz 频段，通过滤波器、功率放大器，最后通过重发天线发射给移动台。

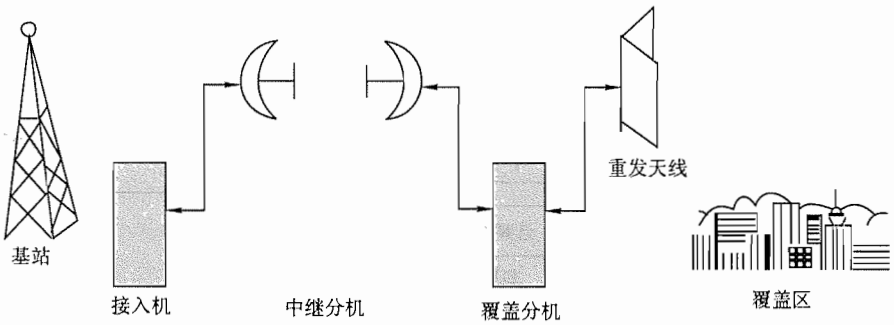


图 8-4 移频直放站系统结构图

反之，重发天线接收到移动台发送的上行信号，通过低噪声放大后，再经变频模块将 900MHz 频段 GSM 下行信号搬移到 1800MHz（1500MHz）频段，经滤波、功率放大后，再由远端机传输天线发射出去，经空间链路传送回近端机。近端机接收到的微波信号通过低噪声放大，滤波、移频恢复到 900MHz（CDMA800MHz）频段后，送回基站。

移频直放站的工作结构原理如图 8-5 所示。

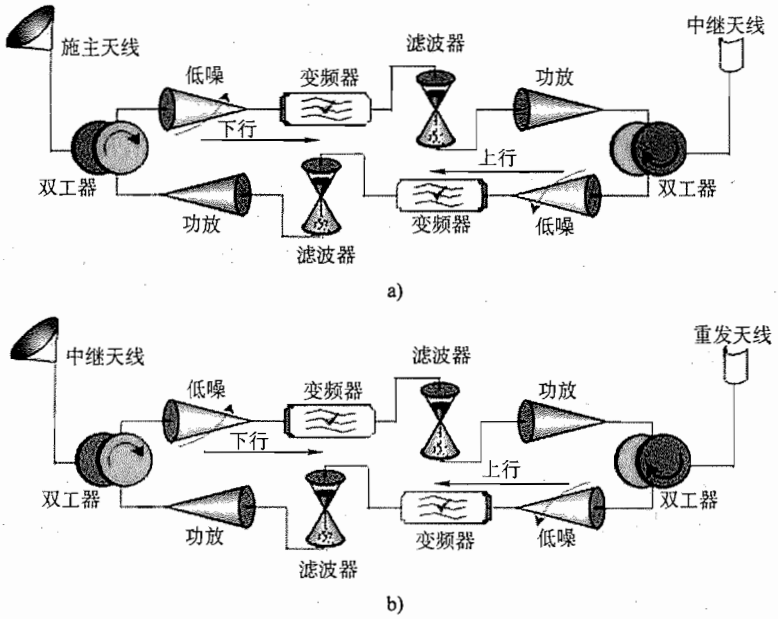


图 8-5 移频直放站的工作结构原理图

a）移频直放站近端机原理框图 b）移频直放站远端机原理框图

移频直放站微波频率的选择。一般来说有两种选择：

（1）1800MHz 频段，因为该频段为指定频段，使用起来比较放心，但频率资源相对紧张，而且所移频率较少，一般是 2 个或 4 个载频。

（2）1500MHz 频段，该频段是公用的频段，容易存在干扰问题，但频率资源宽松，可以做到多载频搬移。

与无线直放站类似，移频直放站也可分为选频移频和宽带移频两种。

8.2.4　光纤直放站

光纤直放站把 GSM 无线信号转换成光信号，通过光纤传输到待覆盖区，对其进行信号覆盖的直放站。它的工作原理同微波移频直放站十分相似，只是把微波传输变成了光纤传输。由于使用光信号传输，不易受外界干扰，传输信号质量高，系统工作稳定，性能指标也优于其他直放站系统。

光纤直放站的系统结构如图 8-6 所示。

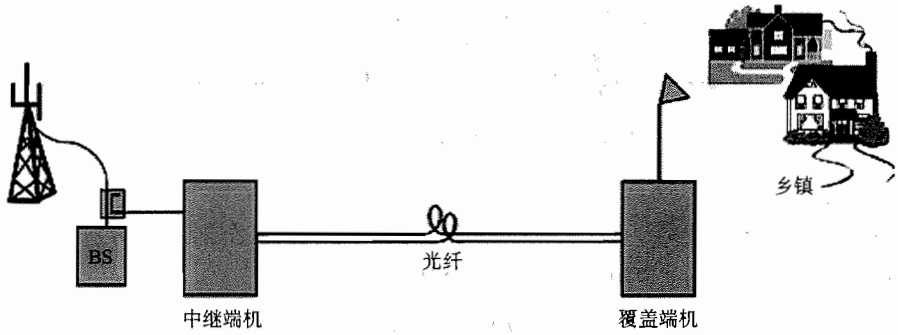


图 8-6　光纤直放站的系统结构图

光纤直放站由近端机和远端机两部分组成。在下行方向上，近端机通过耦合器取出来自基站的下行信号，将射频信号转换成光信号再送入光纤传输；传送到远端机后，远端机再将光信号转换为射频信号，经功率放大器放大后由用户天线发射至覆盖区域，从而达到覆盖的目的。同理，在上行方向上，远端机天线接收来自移动台的上行信号，经低噪声放大并转换为光信号输入光纤，传送到近端机后，将上行光信号变换为射频信号，经放大器放大，由耦合器传送给基站。

众所周知，在自由空间中，因为传输时延的限制，GSM 信号的最大传输距离为 35km，由于光信号在光纤中的传播速度为 $c/1.5$，所以光纤直放站的近端机与远端机的最大传输距离为 35/1.5=23.3km。

光收发机是光纤直放站的最重要功能单元。它对光电信号进行变换，内有光接收模块和光发射模块，按光波长分有 1.31μm 和 1.55μm 两种，如配合光复用器和解复用器使用，可以上、下行同纤传输，或利用现有务话光纤的空闲窗口进行传输。系统大体上可组成四种应用方式：普通方式、波分复用方式、同纤传输方式、多覆盖端方式。

1. 普通方式

当网络中光纤资源丰富时，可提供多余备用光纤对的情况下，可以应用此方式，其系统组成如图 8-7 所示。

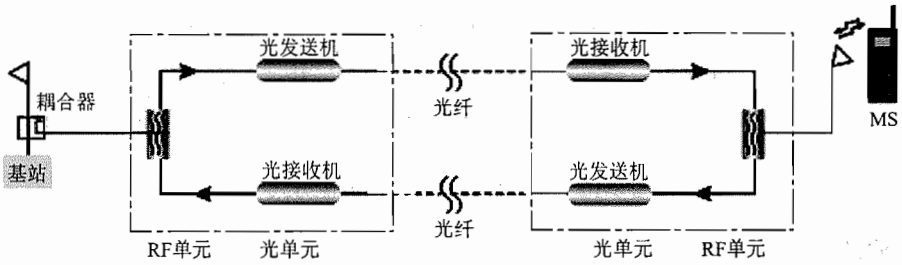


图 8-7　光纤直放站的普通方式

2. 波分复用方式

当网络中没有闲置的光纤时，可以使用波分复用技术，通过波分复用器，利用在用光纤的空闲窗口（1.55μm）作为传输途径，与光纤中其他信号共同占用一条光纤。实现波分复用，可使投资大大降低，其系统组成如图 8-8 所示。

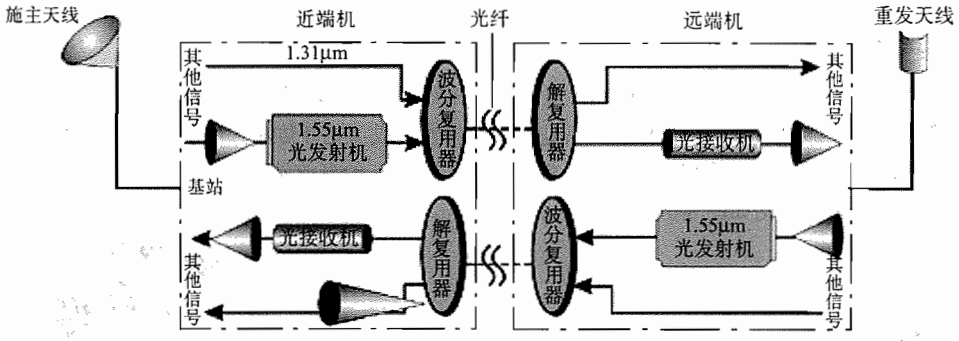


图 8-8 光纤直放站的波分复用方式

3. 同纤传输方式

如果网络中仅余一根空闲光纤，可以采用上、下行信号同纤波分复用传输方式，分别使用单模光纤中的 1.31μm 和 1.55μm 窗口传输上、下行信号，其系统组成如图 8-9 所示。

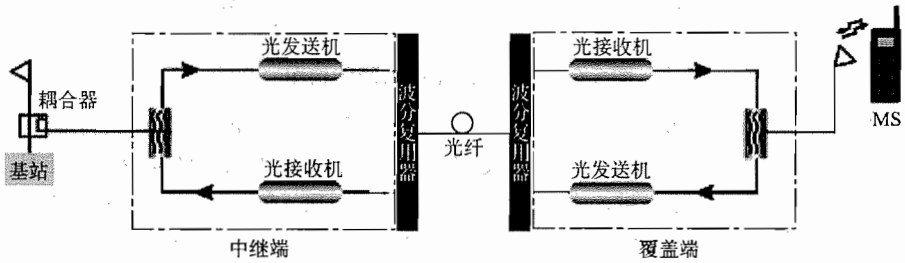


图 8-9 光纤直放站的同纤传输方式

4. 多覆盖端方式

如果同时有多个区域需要覆盖，且传输距离不太远、话务量不大，则可利用光耦合技术，将光信号一分为多路（下行），及由多路合为一路（上行）。因此，可以将一个基站（近端机）的信号同时向多个区域（远端机）收发传送。其系统组成如图 8-10 所示。

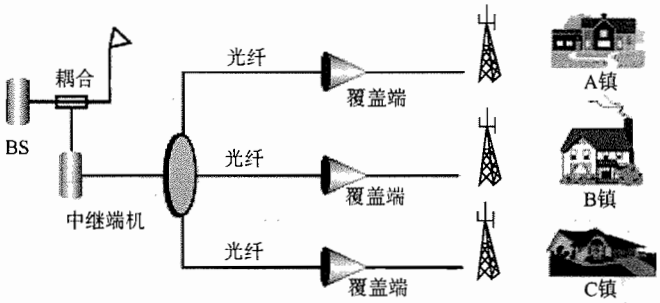


图 8-10 光纤直放站的多端覆盖方式

8.2.5 直放站的适用场合

直放站分为室外直放站和室内分布系统。对于室内分布系统来说，主要是解决室内覆盖，应用于大型建筑物内部、地下商城、地下停车场、电梯间、地铁、遂道等信号盲区。对于室外直放站来说，应用较为广泛，主要用于扩大服务范围、消除覆盖盲区、增强信号覆盖效果，如用于高山、建筑物、树林等阻挡物而形成的信号盲区，延伸郊区站的信号，实现村庄室内覆盖，增强高速公路沿线的覆盖效果。

应该根据各类直放站产品的特点、周边环境情况和网络的实际需求来选择应用直放站。以下是室外直放

站的几种典型应用。

1. 城市密集区的覆盖

该区域由于基站数量较多，应用直放站主要是为了解决小范围信号覆盖。市区内基站众多，无线环境复杂，一般不建议使用无线同频直放站。因为它是宽带放大，会把所有接收到的信号统统放大，互调干扰和噪声电平较高，对网络质量影响较大。在条件允许的情况下，尽可能地使用光纤直放站和移频直放站。另外，直放站的引入必然对基站产生干扰，而且干扰会随着直放站数量的增多而加大，特别是大功率直放站的引入，会使系统干扰明显加剧。因此，建议在城市密集区采用小功率直放站。

2. 郊区乡村的覆盖

该区域基站数量较少，用户密度低，无线环境较好。应用直放站主要是为了解决大范围的信号盲区，例如：村庄、工厂或者学校等。可以根据覆盖区域的大小、经济使用条件和周围的网络资源情况合理地安排使用的直放站类型。如村庄面积大、人口多、经济条件好，可以采用移频直放站；如果当地有光纤通过，就应该考虑使用性能更为稳定的光纤直放站；如只覆盖一个工厂或学校，就应该考虑使用造价较低的无线宽带直放站。

3. 公路的覆盖

公路的无线环境与乡村基本类似，一般是为了公路上过往车辆的通信需求而建设的直放站，天馈部分一般采用方向性好的窄波瓣定向天线，因为主要是以增强覆盖为主，建议使用造价较低的无线宽带直放站或移频直放站。

4. 旅游风景区的覆盖

旅游风景区一般位于山区，信号被山体阻挡，多属于信号盲区。可以根据当地的地理条件灵活地架设直放站，一般选择移频直放站或者采用直放站接力方式把信号引入需覆盖区域。

8.3　塔顶放大器

在移动系统中，基站广泛分布于各种地理环境中，例如：平原、高原、山地、丘陵、湖泊、沙漠等。基站在系统设计中，其上、下行链路是平衡的，但是在很多实际应用中，往往出现上、下行链路不平衡的情况。塔顶放大器（简称塔放）作为移动通信中一项辅助技术，主要是改善上行信号的接收质量，解决无线接口的上、下行链路不平衡的问题。塔放在基站系统中的位置如图 8-11 所示。

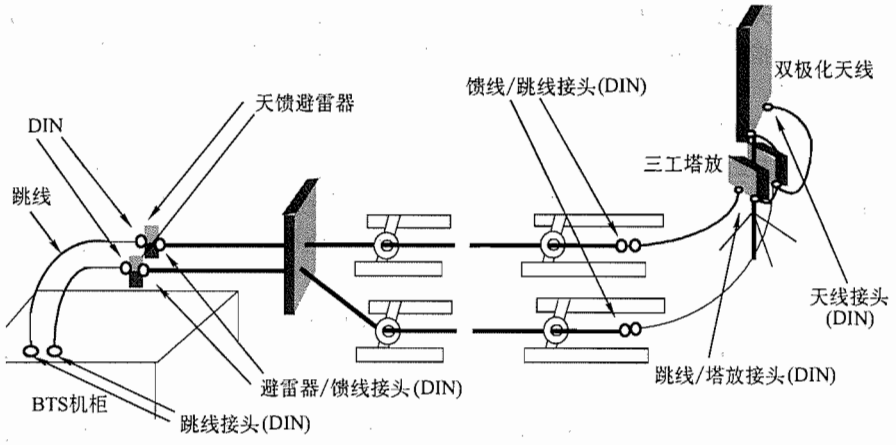


图 8-11　塔放在基站系统中的位置

塔放安装于基站铁塔上，在主馈线和上跳线（和天线相连的 1/2 跳线）之间，通常应用塔放的情况有：

（1）馈线较长的基站，其放大增益抵消了馈线损耗，从而提高了基站系统的性能。

（2）在一些特殊的地理环境下，基站的下行信号非常好，但其上行链路接收很差。

（3）在实际网络中，为了扩大基站覆盖范围，使用基站功放的基站也应配合使用塔放设备。

（4）在上行方向的无线噪声较大时，也可使用塔放来改善系统对接收信号的解码能力。

塔放由发射通路、接收通路和电源/监控单元三部分组成，发射通路由发射滤波器组成，接收通路由两个接收滤波器、LNA（低噪声放大器）和旁路开关组成，其工作原理如图 8-12 所示。

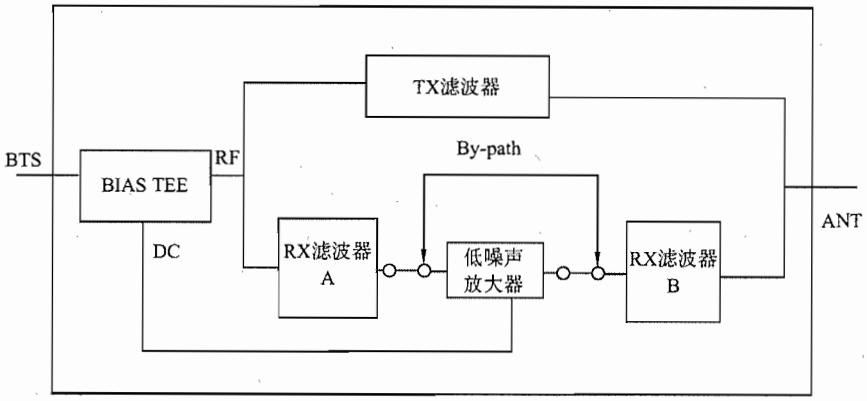


图 8-12 塔放工作原理

发射通路：基站发射的射频信号经由 BTS 端口输入塔放内部，基站发射下行信号经过发射通道的发射滤波器，从 ANT 端口输出至天线。

接收通路：手机发射的上行信号，经天线接收后，从 ANT 端口进入，经过接收通道的接收滤波器滤波，LNA 放大，再经过第二个接收滤波器滤波，由 BTS 端口传送给基站；当电源系统不能给 LNA 正常供电时，旁路开关会自动旁路 LNA 模块；为了提高塔放安全性能，有些塔放安装了两个相同的 LNA 模块。

电源/监控单元：由塔上和室内两部分组成，室内部分将–48V 或+24V 直流电转换为 12V 直流电，经馈电器将直流电通过馈线传送给塔放馈电器，每一台电源/监控单元可以最多为六台塔放供电，同时检测每一路塔放的工作状况。为了保障电源系统的稳定可靠，供电系统配置了冗余电源模块。

8.3.1 接收灵敏度与噪声系数、信噪比之间的关系

为了表述方便，设天线馈线口为 A 点，基站设备顶部与馈线接口为 B 点，基站载频的 Rx 接收为 C 点。基站系统的接收灵敏度指的是基站系统能够正确解码的最小电平值。通常基站的接收灵敏度为–110dBm（B 点），塔放增益为 12dB，天馈系统损耗=下跳线损耗+接头插损+馈线损耗（50m）+接头插损+上跳线损耗≈4.5dB，塔放上行插损为 2dB。

下面考察一下普通基站系统的接收灵敏度。由于–110dBm 为 B 点的电平值，那么推算到 A 点，它的值应该为–105.5dBm，也就是说对于 A 点来说，基站系统的接收灵敏度应为–105.5dBm，而不是通常所说的–110dBm。当引入塔放后，由于塔放位于 A 点，如果 B 点的接收电平为–110dBm，则反推 A 点的接收电平为

$$-110+4.5+2-12=-115.5\text{dBm}$$

从上述分析可以看出，塔放的引入改善了基站系统的接收灵敏度（并没有提高基站设备本身的接收灵敏度）。

当然以上是在接收信号信噪比很好的理想情况下计算出来的结果。噪声系数（*NF*）和信噪比（*S/N*）是相互关联的概念，对于一个放大器系统来说，它的噪声系数可由以下公式计算：

$$NF=S/N(OUT)-S/N(IN)$$

在基站系统接收链路上的馈线、跳线和接收分路器、高频放大器都存在电子热运动引起的热噪声，热噪声是限制基站接收灵敏度进一步提高的主要原因。这些电子热噪声降低了基站系统的接收信噪比（*S/N*），从

而导致了接收灵敏度的下降。

在一个普通多级放大系统中，系统噪声系数计算公式为

$$NF=F_1+(F_2-1)/G_1+(F_3-1)/G_1G_2+\cdots+(F_n-1)/(G_1G_2\cdots G_n)$$

式中　F_n——N 级放大器的噪声系数；

G_n——N 级放大器的增益。

从上面的公式可得出，在多级放大系统中，其噪声系数主要取决于第一级。

塔顶放大器就是应用了系统噪声系数主要取决于第一级放大器噪声系数的原理，在基站接收系统的最前端，紧靠近接收天线的位置增加了一个低噪声放大器，实现对整个基站系统接收性能的改善。

同样，仍以一个基站系统为考察对象：

1）基站主设备总体的噪声系数典型值为 5dB（以放大倍数计量 5dB 约合 3.16 倍，下同）；

2）塔放的噪声系数典型值为 2dB（约合 1.58 倍）；

3）塔放增益为 12dB（约合 15.8 倍）；

4）馈线增益为–4.5dB（约合 0.355 倍）；

由于馈线的传输线缆损耗引起信噪比的下降折合噪声系数为 4.5dB（约合 2.8 倍）。当该系统没有使用塔放时，基站主设备与天线组成的电路系统的噪声系数为：2.8+(3.16–1)/0.355=8.884（约合 9.486dB）。

当引入塔放后，系统的噪声系数为

1.58+(2.8–1)/15.8+(3.16–1)/15.8×0.355=2.079（约为 4.5dB）。

从上面的计算可以得出，塔放对系统噪声系数有一定的改善，但是，改善程度随着馈线损耗的增加而变得越来越弱。

8.3.2　塔顶放大器的作用

1. 扩大基站上行覆盖范围

在实际的移动通信系统中，由于基站、手机发射功率和接收灵敏度的差异，加上周边环境的影响，会造成系统上、下行链路不平衡。这种不平衡在有些情况下，表现在上行链路上，手机能接收到基站的下行信号，而基站收不到手机的上行信号，因此这一类型基站的覆盖范围取决于手机到基站的上行有效距离。加装塔放设备可以有效地提高基站接收灵敏度，增加基站上行链路的功率预算，提高上行信号接收电平，扩大基站上行覆盖范围。

2. 减少掉话率，改善通话质量

塔放最基本的技术原理是降低基站接收链路的噪声系数,降低对基站接收信号信噪比的要求，也就是在相同信噪比的情况下，安装有塔放的基站具有更好的解码能力，接收信号的误码率得到降低，从而提高上行方向的通话质量和减少由于上行原因引起的掉话次数。

3. 降低手机发射功率，减少上行干扰

加装塔放后，由于塔放自身增益的引入，基站接收链路增益变大，到达基站载频的上行信号电平也随之提高，根据 GSM 系统功率控制机制，当上行信号电平超过一门限值后，系统会下发功控指令给手机，从而降低了手机平均发射功率，这为手机用户带来节省电池电量和减少辐射的好处。更重要的是减少了系统内的上行干扰概率，每一部手机发射的上行信号，对其自身来说是有用信号，但是对使用相同频点的其他手机来说就是一个干扰信号。当无线系统的每一部手机的发射功率降低后，相当于此类系统内干扰信号电平也降低了。

8.4　直放站工程

8.4.1　工程勘测

直放站作为 GSM 无线网络系统的一个组成部分，是解决补充覆盖的重要手段，在决定建设直放站之前，

需要进行工程勘测。勘测是进行直放站工程设计的主要依据，直接影响到方案是否符合要求，设备、天馈、安装材料的选择是否正确；对制订安装施工计划有重要的参考作用。勘测工具包括 GSM 测试手机、笔记本电脑、路测仪表、指南针、GPS、数码相机、地图、卷尺、望远镜等。

8.4.1.1 勘测内容

直放站工程勘测内容有：

（1）直放站覆盖区域的经纬度，周边基站的分布情况。

（2）直放站的覆盖区域内，当前信号电平覆盖情况。一般可用测试手机现场测试，如有条件则可使用路测仪表，对覆盖区域进行全面测试。

（3）直放站站点所属区域的年平均气候情况，如最大风速，最高、最低气温，降雨量以及雷电发生的频率等有关气象信息。

（4）直放站站址的确定后还需了解：

1）直放站站点周围的地形、地貌、地物情况；

2）直放站的供电、接地情况；

3）设备的安装位置、安装条件；

4）天线的安装位置；

5）用望远镜查看施主路径的传输情况（开阔，有阻挡等）。

8.4.1.2 直放站勘查

对于无线同频直放站，站址应选在施主基站与被覆盖区域之间，最好是在该区域外边缘，该点接收到的施主基站信号强度一般在-75dBm 以上，而且信号稳定，直放站站址应尽量在施主基站天线的视距范围内，中间无阻挡；同时，还应避免在施主基站方向上，还有其他相邻基站，也就是说在这一方向上只能接收到一个小区的无线信号；尽可能选择地理位置较高的地点。

以下是一个关于最小电平的经验公式：

$$RX_{min}=P_{max}-G_{max}-G_{ant}$$

式中 RX_{min}——站址地点所接收的施主基站的最小电平；

P_{max}——直放站最大输出功率；

G_{max}——直放站的最大增益；

G_{ant}——施主天线的最大增益。

对于移频直放站，由于没有无线同频直放站隔离度的问题，站址选择主要考虑该点与施主基站之间是否有阻挡微波传输的建筑物，并尽可能选择地理位置较高的地点。

对于光纤直放站，主要考虑站址距离光缆的远近和其地理位置的高低。

对于室内直放站，由于室内直放站一般安装于室内，城市无线环境中的同频、邻频干扰严重，所以，选取施主基站时，重点考虑的不是信号强度问题，而是接收信号是否纯净的问题，即选取同频、邻频干扰小的小区信号；而且要求其他小区的接收信号低于施主小区信号 10dB 以上。

8.4.1.3 直放站勘查注意事项

直放站用于覆盖城市里的密集住宅区时，应避免在楼群的正面选点，建议从楼群的侧面选点覆盖，让信号可以从楼房间较大的空隙穿过，并借助反射达到很好的覆盖效果，如图 8-13 所示。

选站址时还必须考虑的是安装重发天线的制高点前方没有阻挡物；附近必须有稳定的电源和接地网等确保安全因素。如果周围条件不够，为了保证设备稳定工作，应安装高性能的设备电源和相应的电源保护措施，自己施工制作或改造工作接地。

8.4.2 隔离度与自激

自激是无线直放站所特有的一种现象，自激发生时功率放大器进入饱和状态，直放站无法正常工作。在直放站覆盖区，手机信号满格，不能正常通信，而且还影响施主基站的正常运行。自激对直放站设备本身来

说也是一个很严重的损害。自激分为直放站本身的自激和直放站的系统自激。

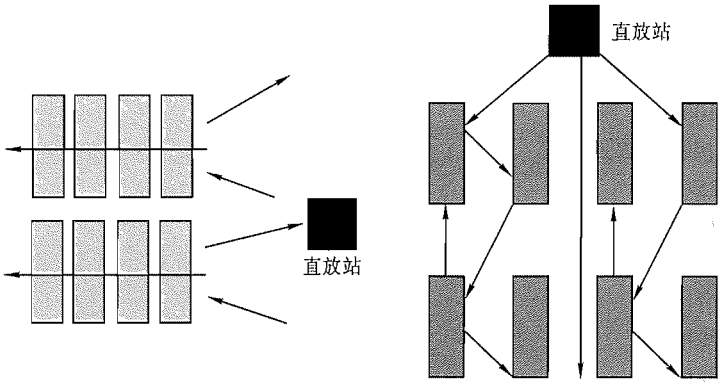


图 8-13　直放站的位置

直放站本身的自激：就是直放站内部振荡，其原理是由于双工器和滤波器的指标不过关，造成下行（上行）输出信号进入上行（下行）信号的输入端口，在主机内的上、下行通路之间循环放大，最终引起内部自激。

直放站的系统自激：主要是直放站的发射与接收天线的空间隔离度太小，形成从空间大环的正反馈现象，即从基站的发射天线—基站的接收天线—基站发射天线—直放站的接收天线的空间大环。所谓的隔离度一般指的是天线隔离度，就是指信号从发射天线发出经空间传播到接收天线接收这一过程的损耗值。隔离度越大系统自激的可能性越小。直放站隔离度如图 8-14 和图 8-15 所示。

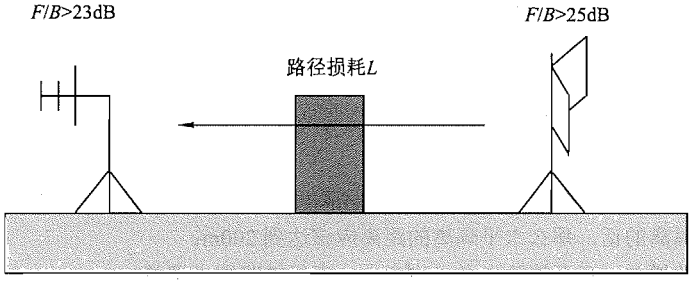


图 8-14　直放站的隔离度（1）

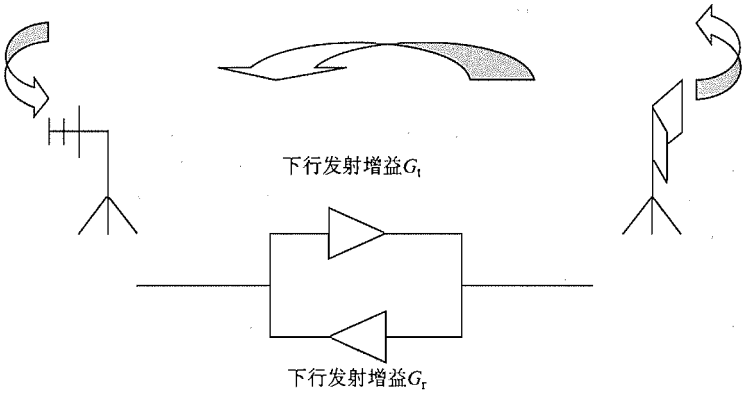


图 8-15　直放站的隔离度（2）

图 8-14 中 L 为发射天线与接收天线之间的路径损耗，依赖于发射与接收天线之间的距离和障碍物情况；如果两天线之间距离为 30m，根据电波在自由空间损耗公式计算，L 约为 62dB。

系统增益：$G_s=G+G_t+G_r-L_t-L_r-\Delta G$

$=80+15.5+15.5-3-3-5$

$=100\text{dB}$

隔离度：$I=F/B$ 接收$+F/B$ 发射$+L$

$=23+25+62$

$=110\text{dB}$

式中 L——路径损耗；

F/B——天线前后比；

G_t——发射天线增益；

G_r——接收天线增益；

G——放大器增益；

ΔG——对放大器增益修正（考虑到双工器、滤波器和内部电缆的损耗）；

L_t——发射天线与主机之间的馈线损耗，一般为 3dB；

L_r——接收天线与主机之间的馈线损耗，一般为 3dB；

设主机功放输出功率 P_{out}=29dBm，发射天线增益 G_t=15.5dBi，主机增益 G=80dB。

隔离度的实际测量方法：向发射天线馈入一个特殊频点信号，然后接收来自接收天线的该频点的信号，这两个信号之间的差值即隔离度的数值 I：

$$I=P_t-P_r$$

式中 P_t——馈入发射天线信号功率；

P_r——接收天线的输出信号功率。

自激从本质上说是一种正反馈，所以直放站正常工作的条件：G_s（系统增益）<I（隔离度），例如上面例子中有 100dB<110dB。

为了避免系统自激的发生，可以采用以下措施：

（1）借助建筑物阻挡在发射天线和接收天线间；

（2）增加直放站的收发天线的空间隔离度、垂直隔离度，一般最好大于 1m，水平隔离度可以在十几米以上；如果没有垂直隔离的话，那么水平隔离的距离应该达到 200m；

（3）降低直放站的增益，直至消除自激（注意上、下行链路同步调整）；

（4）收发天线应选用方向性好、前后比高的定向天线；

（5）收发天线的主方向之间的夹角最好为 180°，距离尽量远；

（6）收发天线之间最好存在障碍物阻挡，以加大路径损耗。

8.4.3 噪声问题

直放站的引入使整个无线系统的噪声水平提高，这是直放站影响网络质量的最重要指标之一。如果直放站的噪声高，会造成基站系统的上行链路的信噪比下降，这不仅影响到直放站覆盖区域的用户，也会对施主基站的用户造成影响。系统为了维持原有的通话质量，将下发功率控制指令给用户手机以提高发射功率，但是对于一些在基站覆盖边缘的手机，由于无法提高发射功率，手机上行的语音质量变得越来越差，会提早触发手机切换，基站的有效覆盖区域变小。

假设在只有单纯分子热运动的情况下，噪声可由下面的公式得出

$$N=kTB$$

式中 k——波尔兹曼常数，$k=1.38\times10^{-23}$；

T——绝对温度，取常温 T=300K；

B——通信信道带宽，GSM 信道带宽 B=200kHz。

代入公式计算得：

$$N=1.38\times10^{-23}\times300\times200\times1000=8.28\times10^{-14}\text{W}（约合-121dBm）$$

在实际网络中，由于频率复用的原因和各种外来的干扰源的影响，噪声电平约在-110dBm 左右。如果直放站的上行增益过大或者距离施主基站太近，施主基站接收到的直放站上行信号和噪声电平会很强。在这种情况下，虽然对于直放站覆盖范围内的用户来说，信噪比仍能满足要求，但对施主基站的其他用户来说，由于其上行信号较弱，信噪比就可能下降到系统无法识别的程度。当直放站的上行噪声电平提高到某一门限时，施主基站将会由于噪声电平过高而闭塞。

基站接收到的直放站的噪声电平 P_{INJ} 可以由下面的公式算出：

$$P_{INJ}=kT+NF_{REP}+G_{REP}+G_{R\text{-}ANT}-L_{PATH}+G_{BTS\text{-}ANT}$$

式中　P_{INJ}——基站插入误差；

kT——热噪声功率谱密度；

NF_{REP}——直放站噪声系数；

G_{REP}——直放站增益；

$G_{R\text{-}ANT}$——直放站天线增益；

L_{PATH}——施主基站与直放站间路径衰耗；

$G_{BTS\text{-}ANT}$——施主基站天线增益。

可以看出当直放站的地点和使用天线等外部条件固定后，直放站对基站噪声插入和其增益与其本身噪声系数有关。增益越大，噪声系数越大，直放站对基站的影响也越大。

第9章 网络测试

9.1 网络测试概述

网络测试是运营商监测网络性能和运行质量的重要手段，是通过测试仪表对网络中的各种数据进行采集和记录，并对这些数据进行分析的过程。本章的网络测试主要指的是对无线网络测试。根据测试目的的不同，可分为网络评估测试和日常优化测试。网络测试是检验网络运行质量的有效方法。

网络评估测试可以从用户感受角度了解网络运行的情况。由于仅从网络的性能统计指标上来评估判断本地网的运行质量情况存在一定的片面性，还需要从用户的角度来评判本地网络运行的好坏。网络评估测试就是模拟用户习惯，使用测试终端进行大量的、大范围的拨打测试，对测试结果进行量化分析，得到当前网络的运行状况。

日常优化测试是指在日常网络运维工作中，经常会出现一些不可预料的问题，如：无线方面的上下行干扰、覆盖差、掉话高等，单单通过告警分析和运行数据统计难以发现问题原因。但这类问题通常是与用户联系最紧密、最直接的，只有根据现场测试所采集到的数据，才能对网络问题进行分析、做出准确的判断，同时提出改进或优化调整方案。另外，当遇到网络投诉，本地网管和运行统计指标中不能判断故障原因时，则由测试人员使用测试仪表对问题区域进行测试，以便发现网络问题、准确定位故障原因、改进网络运行质量、提高客户对网络的满意度。

9.2 网络评估

经过十几年的网络建设，尤其是近几年移动通信事业的快速发展，GSM 移动通信网的网络规模、用户数量都达到了空前的水平，随着市场竞争日益加剧，网络服务质量成为移动运营商之间竞争的关键因素。建设一个优质高效的网络成为每一个移动运营商网络工作的核心内容。只有全面深刻地了解现有网络的运行情况，才能更好地维护、优化网络，为今后网络建设与发展提出合理的建议。优质高效的网络是什么样子，如何评判、评估移动网络的优劣成为一个摆在每个运营商面前的重要课题。

网络评估的目的：

（1）了解网络的整体服务质量，掌握网络的整体运行状况；

（2）通过数据分析查出现有网络中存在的问题、隐患；

（3）为今后的网络优化和网络建设提供直接参考依据。

一般来说，评估一个移动网络的优劣可以采取以下三种形式：

（1）网络整体运行指标评估，主要指通过网管系统收集无线网络的运行性能指标来评估网络的优劣，例如：话务量、信道利用率、拥塞率、掉话率、分配失败率、寻呼成功率、位置更新成功率等。

（2）无线网络现场测试评估，主要指通过模拟用户使用行为，使用测试仪表对无线网络进行评估。主要包括：覆盖率、语音质量、接通率、掉话率、切换成功率、平均呼叫建立时延等。

（3）通过客户投诉和客户问卷调查，以客户满意度为基础，对网络性能进行评估。

9.2.1 评估测试内容

网络评估主要是围绕着覆盖、容量和服务质量三个方面进行的。对网络的整体评估具体可以从以下几个方面来分析。

9.2.1.1 网络覆盖评估

网络覆盖率是无线网的一个最重要指标，它反映了网络覆盖的广泛程度，网络在地理位置上的可用性是网络评估中最重要的一个方面。网络覆盖主要由覆盖率这个指标来衡量，覆盖率的一般定义为：覆盖率=（$Rx \geqslant -90$dBm 取样点数）/总取样点数×100%，另外，对 GSM 信号而言，取样点还需要满足同频 $C/I \geqslant 9$dB、第一邻频 $C/I \geqslant -9$dB。

9.2.1.2 语音质量评估

在语音质量评估方面，GSM 系统通常使用 BER 作为路测语音评估标准；但是使用 BER 的弊端在于其难于与其他通信系统的语音质量进行对比。因此，目前流行的做法为借鉴通信系统通用的 MOS 分评价标准，从语音质量感受的角度进行语音质量评估。

常用的MOS分评价方法包括主观MOS分评价和客观MOS分评价。主观MOS分采用ITU-TP.800和P.830建议书，由不同的人分别对原始语音和经过系统处理后有衰退的语音样本进行主观感觉对比，得出 MOS 分，最后求平均值。而客观 MOS 评价则采用 ITU-TP.862 建议书提供的 PESQ 方法，用专门的仪表或软件进行测试，如表 9-1 所示。

表 9-1 BER 与 MOS 值的对应关系

语音质量（QOS）	BER	分数（MOS）	收听注意力等级（MOS）	分数（MOS）
0	<0.2%	5	可完全放松，不需要注意力	>4.2
1	0.2%～0.4%	4	需要注意，不需要明显集中注意力	3.6～4.2
2	0.4%～0.8%	3	中等程度的注意力	3
3	0.8%～1.6%	2	需要集中注意力	2
4	1.6%～3.2%	2	需要集中注意力	2
5	3.2%～6.4%	1	即使努力去听，也很难听懂	1
6	6.4%～12.8%	1	即使努力去听，也很难听懂	1

9.2.1.3 网管话务指标评估

网管话务统计指标反映的是网络的整体运行情况，它从统计指标的角度，对网络的各种性能进行全方位的评估。其主要指标有：系统掉话率、接通率、分配失败率、网络负荷、信道利用率等。其中网络负荷主要是指各网络单元的负荷评估，如基站的负荷、A 接口负荷、LAC 区的负荷、BSC 和 MSC 的 CPU 负荷等，不同厂家的负荷门限有着很大的差异，需要根据实际情况和厂家规定的门限来判定。

9.2.2 评估测试方法

评估测试主要以现场评估测试为主，现场评估测试主要分为语音业务评估和数据业务评估。

1. 语音业务评估

业务评估为：

（1）DT（Drive Test）测试数据，主要评估网络接通/覆盖/掉话/话音质量，对城区的主道路，交通干线测试，具体包括：接通率、掉话率、覆盖率、话音质量、里程掉话比。

（2）CQT（Call Quality Test）具体的测试指标包括：

覆盖率、接通率、掉话率、话音断续/背景噪声率、单方通话/回声/串话率。

2. 数据业务评估

基于 GSM 的数据业务网络是 GPRS，建议采用测试指标进行评估，具体测试项目有 WAP 首页登陆时长、WAP 首页登陆成功率、attach 成功率、PDP 激活成功率、Ping 和 FTP 等。

9.2.3 影响评估的因素

通常的无线网络质量评估测试方法有路测（DT）和现场拨打测试（CQT）。对大范围的覆盖区域的评估

主要采用 DT 方法测试，对于重点保证场所，如宾馆、密集商业区等，主要采用 CQT 方法测试。点、线结合来评估测试区域的网络质量，评估测试主要使用网络质量指标：覆盖率、接通率、掉话率、通话质量等。下面我们将就一些影响评估测试准确性的因素进行分析。

1. 测试手机

测试手机的接收性能对测试结果有明显的影响。不同厂家、不同型号的测试手机其接收性能有一定的差距。例如：SAGEM、TEMS 测试手机。进行 DT 路测时，测试手机放置的位置对测试结果也会造成一定影响，如测试手机放置在前挡风玻璃上与放置在车后座上，其测试电平会有 10dBm 以上的差异。另外，影响测试结果的还有测试车辆的密封程度、测试车辆的内部结构均会影响测试结果的准确性。

2. 网络运行状况

进行测试时应保证测试区域内所有基站设备处于良好的运行状态。如果基站工作异常，则其覆盖区域内将会出现接入失败、掉话、切换失败等现象。由于测试样本数量相对较少，当个别基站出现异常时，将会严重影响测试指标。另外，在不同网络时段进行测试其评估结果也不尽相同，不同的忙闲时段，基站的话务负荷情况是不同的，因而影响评估测试中的网络接入性能指标。

3. 测试区域

测试区域不同，地面特征、传播环境、基站密度、话务密度、频率复用方式不同，所以网络服务质量也有区别。在评估一个城市或地区的网络质量时，应该考虑到以上各种因素的影响，尽量将整个评估区域都考虑到，合理安排 DT 测试路线和 CQT 测试点。

4. 统计方法

对于评估测试的各项指标，不同的统计方法得出的评估结果也有很大的不同。首先采样点的数量越多，样本数量越大，测试得到的结果越准确。目前的 DT 测试软件都是以固定时间间隔来记录网络样本值的，是基于时间序列采样的，并对采样求算术平均来得出评估结果的各项指标。但在评估测试的路测（DT）中，测试车辆速度受交通条件的限制，时快时慢，这样采样点就会在速度慢的路线上较多，在速度快的路线上较少，导致测试结果不能真实反映测试区域的网络情况。相对于时间序列的采样统计，我们可以采取基于地理位置的统计，将距离较近的采样点进行合并或者对其采样点进行加权平均，这样可以减小由于测试车辆速度引起的评估偏差。

9.3 DT 测试与 CQT 测试

目前，网络评估的主要方式是无线网络测试评估，常用的无线网络质量测试主要有路测（DT，Drive Test）和现场拨打测试（CQT，Call Quality Test）。

9.3.1 DT

DT 是指使用测试仪表在公路、街道等路线进行测试，并对测试过程中的各种网络信息进行记录。一套普通的 DT 测试仪表主要由测试手机、GPS、笔记本电脑、测试软件以及连接线缆等组成。其中测试手机除了具有普通手机的基本功能外，还应具有显示并输出网络信息、锁频、禁止切换、强制切换、扫频等测试功能；GPS 主要提供测试取样点的经纬度信息；笔记本电脑和测试软件组成测试平台，完成对测试手机、GPS 数据采集的操作控制功能，并对测试数据进行记录、处理与分析。

9.3.2 CQT

CQT 是由网络测试人员使用测试手机或专用仪表（PDA）对重点保证场所和话务热点区域，在话务忙时进行主被叫拨打测试，对每次拨打测试情况进行现场记录，如通话正常、噪声、串话、单通、未接通、呼叫失败等，最后对测试结果进行统计分析，完成网络现场评估。CQT 可以发现 DT 常规测试中难以发现的单通、串话和噪声问题，可以对整个通信网络各个环节进行有效的通话测试。

9.3.3 测试中的通信过程介绍

DT 测试优化工作要求测试工程师对通信过程中的信令流程有一个清晰的认识，熟悉通信过程中每一个细节，这样才能够在遇到网络问题时，准确判断并分析故障原因。下面介绍几种基本通信过程的空中接口上的层三信令流程。

9.3.3.1 空闲模式

在空闲模式下，MS 监听驻扎小区的 BCCH 和其所在的 PCH 寻呼子信道的寻呼消息，另外，MS 还会测量周围邻小区 BCCH 频点的电平，并试图解码邻小区的 BCCH 信息。这些系统消息有：

1）SYSTEM INFORMATION TYPE 1：包括小区信道描述和 RACH 控制参数；

2）SYSTEM INFORMATION TYPE 2（2bis，2ter）：邻小区 BCCH 频点描述，RACH 控制信道，允许的 PLMN（扩展邻小区 BCCH 频点描述+RACH 控制信道；扩展邻小区 BCCH 频点描述 2）；

3）SYSTEM INFORMATION TYPE 3：CI，LAI，控制信道描述，小区选择，小区选择参数，RACH 控制参数；

4）SYSTEM INFORMATION TYPE 4：LAI，小区选择参数，RACH 控制参数，CBCH 信道描述，CBCH 移动配置；

5）SYSTEM INFORMATION TYPE 7：小区重选参数；

6）SYSTEM INFORMATION TYPE 8：小区重选参数。

在空闲模式下，MS 会做的几个动作有：

1）MS 解码本小区的 BCCH 信息，System Information Tpye 1、System Information Tpye 2、System Information Tpye 3、System Information Tpye 4、System Information Tpye 13。

2）MS 监听本小区的寻呼消息，Paging Request Type 1、Paging Request Type 2、Paging Request Type 3。

3）MS 在其他时隙上，根据 BA 列表对邻小区进行同步，Synch Channel Information 中有相应的邻小区的解码消息。一般来说，每一个 Synch Channel Information 的具体内容是不同的，手机根据 System Information Tpye 2 中的 BA 列表，循环对邻小区进行同步。

9.3.3.2 主叫试呼流程

下面为一个典型的手机主叫起呼的信令流程：

UL：Channel Request（RACH，随机接入请求）；

DL：Paging Request type1；

DL：Paging Request type1；

DL：System Information Tpye 4；

DL：Immediate Assignment（立即指派消息，分配 SDCCH）；

UL：CM service Request（CM 子层业务请求）；

DL：System Information Tpye 5；

UL：Classmark Change；

UL：Measurement Report；

DL：CM service Accept（CM 请求确认）；

UL：Setup；

DL：System Information Tpye 6；

UL：Measurement Report；

DL：Call Proceeding；

DL：System Information Tpye 5（邻近小区 BCCH 频点描述）；

UL：Measurement Report；

DL：System Information Tpye 6（CI，LAI，小区参数设置）；

DL：Assignment Command（分配 TCH）；
UL：Assignment Complete；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
DL：Synch Channel Information；
……
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：Alerting（振铃）；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
DL：Progress；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
DL：Synch Channel Information；
DL：Connect（呼叫成功的标志）；
UL：Connect Acknowledge；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report。

9.3.3.3 被叫流程

DL：Paging Request type1；
DL：Paging Request type2；
DL：Paging Request type3；
UL：Channel Request（RACH，随机接入请求）；
DL：System Information Tpye 1；
DL：Paging Request type1；
DL：Paging Request type1；
DL：Immediate Assignment（立即指派消息，分配 SDCCH）；
UL：Paging Response；
UL：Classmark Change；
DL：System Information Tpye 6；
DL：Setup；
DL：Call Confirmed；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：Assignment Command（分配 TCH）；

UL：Assignment Complete；
UL：Alerting；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
……
UL：Connect；
DL：Connect Acknowledge；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
……

9.3.3.4 切换流程

……
DL：Handover Command（网络向手机发送切换命令）；
UL：Handover Access（手机在新的 BCCH 频点上向目标小区发随机接入 burst）；
DL：Physical Information（目标小区向手机发送指配信道的物理信息）；
UL：Handover Complete（切换成功的标志）；
DL：Physical Information；
DL：Physical Information；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
……

9.3.3.5 呼叫结束流程

……
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 5；
UL：Measurement Report；
DL：Disconnect；
DL：System Information Tpye 6；
UL：Measurement Report；
UL：Release；
DL：Release Complete；
DL：System Information Tpye 5；
DL：Channel Release；
UL：Measurement Report；
DL：System Information Tpye 1；
……

9.3.3.6 位置更新流程

UL：RR Channel Request；

DL：RR Immediate Assignment；

UL：MM Location Updating Request；

UL：RR Classmark Change；

UL：RR GPRS Suspension Request；

DL：MM Authentication Request；

UL：MM Authentication Response；

DL：MM Identity Request；

UL：MM Identity Respone；

DL：MM Location Updating accept；

UL：MM TMSI Realocation Complete；

DL：RR Channel Release。

9.3.3.7 DT 中一些事件的定义

试呼次数：以 channel request 和 CM service request 同时出现来确定试呼开始。

接通次数：当一次试呼开始后出现了 Connect，Connect Acknowledge 消息中的任何一条就计数为一次接通。

掉话次数：在一次通话中如出现 Disconnect 或 Channel Release 中任意一条，就计为一次呼叫正常释放。只有当两条消息都未出现而由专用模式转为空闲模式时，才计为一次掉话。

呼叫失败：在一次呼叫过程中，若连续出现多个 CM Service Request，则视为一次呼叫失败。

切换失败：Handover Command→Handover Failure。

切换成功：Handover Command→Handover Complete。

呼叫建立时延：出现最后一条 channel request 到 alerting 的时间差（以帧号差计算）。

9.4 语音质量评估

语音质量评估是网络评估的重要组成部分，目前国内的移动网络存在 GSM 和 CDMA 两种制式，在日常的网络测试中，它们分别使用不同的网络语音质量指标，如 GSM 网络使用以 BER 为基础的 RxQual 指标，CDMA 网络主要考核 FER 指标，评测标准不统一。对于移动运营商来说，上述语音评测标准缺乏通用性，不能进行横向对比，不能真实、全面地反映客户对语音质量的感知度。所以，需要一种通用的语音评测标准来代替目前基于各自网络本身语音指标的测试标准。近几年兴起的 MOS 测试恰好弥补了上述不足，下面将简略介绍一下基于 MOS 的语音评估。

9.4.1 MOS 评测标准简介

MOS（Mean Opinion Score）是近年来流行的语音质量评估标准，由于它比传统的基于比特误码率的语音评测标准更能真实反映手机用户的语音感知，所以被普遍应用在各种网络评估测试中。MOS 语音测试可以测试出单通、回声、噪声等网络故障。

MOS 的评价范围包括 ISDN 网络、移动网络、固定电话网络和 VOIP 等。它采用国际电信联盟（ITU）的 P.862 标准（PESQ），对通信系统中的语音编码器、核心网络、传输网络、空中接口及客户终端环节对语音质量的影响进行端到端的评测。MOS 可以对 GSM 移动通信系统中的 FR、HR、EFR、AMR 等多种语音编码方案进行评测，是基于误码率的语音评测标准所不能做到的。

MOS 标准可分为主观和客观两种，常用的语音质量测试的主观测试方法有：主观 MOS，客观测试方法主要有：PSQM、PSQM+、MNB、PAMS、PESQ 等。

主观 MOS（Mean Opinion Score，ITU-T P.800）评分作为语音质量的评分标准，采用 ITU-T P.800 和 P.830 建议书，请一组经过听觉训练的测试人员大约 40～60 名，分别对原始语音样本和经过系统处理有衰退语音样本根据一套详细的标准来对被测语音进行主观感觉对比，各自按照 0～5 分对接收到的语音质量进行评分，是一种纯粹主观的定性评测。P.830 对测试的要求非常严格，所有的操作都要严格地服从操作流程，对录音系统、语音采样、语音输入级别、听者级别、不同发话者（8 男、8 女、8 儿童）、多发话者（多人同时讲话）、差错处理、不同语音编码方式的兼容性、过失、环境噪音、音乐等，都作出了详细严格的规定。随着语音因语言、年龄、性别的变化，得分亦被赋予不同的意义。ITU-T 在非常宽的听觉范围内，选取不同年龄、性别和语言组别的相同得分，做出语音质量的判别并得出 MOS 分，最后进行统计分析得到最终的 MOS 分。

可见 MOS 主观评分相当严格，采用这种评分方法不仅耗时、成本昂贵，且往往受测试条件和测试人员主观因素的影响，测试结果的可靠性也较差。在实际评测工作中，需要一种更有效的、可重复的、客观的方法，这样基于客观的语音评估方法应运而生。

客观语音评估方法一般可分为时域、频域和听觉域的评估方法。时域和频域评估方法是利用网络中的一些客观参量来反映语音质量，如信噪比、误码率、接收质量等。由于客观参量不能准确反映人们的主观感受，因此听觉域的评估方法效果更好。听觉域的客观语音评估算法是利用人耳的听觉模型，用客观算法对主观评估过程进行模拟。

1. ITU-T P.800 *知觉分析测量系统*（PAMS——Perceptual Analysis Measurement System）

由英国电信最早提出，在大量主观测试的基础上，通过波形对比建立波形差与主观评分的客观算法，因此提供一个预测主观评分的手段。PAMS 是一个“listening opinion”测试，PAMS 尝试测试收听的质量和收听能力，寻找引入的特定语音信道的错误是如何影响收听质量和收听能力的。PAMS 的值范围是 1（差）～5（好）。

2. ITU-T P.861 *知觉通话质量测试*（PSQM——Perceptual Speech Quality Measure）

由荷兰 KPN 最早提出，在大量主观测试与分析现代通信系统中的设备性能等基础上（如信噪比，误码率，编码压缩损伤，传输损伤）建立语音质量与主观评分的算法。PSQM（知觉通话质量测试）是用来评估语音数据编码的，而不是一个完全的语音连接行为，PSQM 的值范围是 0（极好）～6.5（差）。

3. ITU-T P.862 *知觉通话质量评估*（PESQ——Perceptual Evaluation of Speech Quality）

当今通信领域通用的评价各类端对端网络条件和语音通信质量的标准是前两者的结合产物，可感知语音质量的知觉通话质量评估（PESQ）是一种复杂的、客观的测试方法，其测试结果非常接近于 MOS 值。PESQ 可以根据一些感知标准来客观地评价语音信号的质量，从而提供可以完全量化的语音质量衡量方法，而这些衡量标准是与人类对语音质量的感受完全吻合的。PESQ 比其前身 PSQM 有了长足的进展，PESQ 实际上就是将 PSQM 与 PAMS 的一些组成部分结合在一起。

语音感知模型如图 9-1 所示。

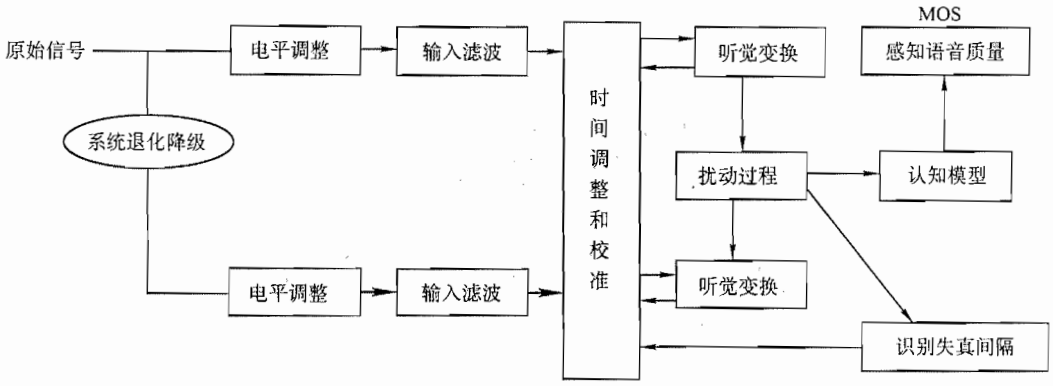


图 9-1 语音感知模型示意图

PESQ 测试系统处理过程是：按要求将标准语音文件在已经建立的语音通道进行播放，并把经过传输的退化文件完整地接收下来，同时记录退化文件相关的时间/位置等信息，供后台分析处理。PESQ 把输出信号与样本信号进行比较计算出差异值，再将此差异值按照听觉感知模型映射得到评分值 MOS-LQO（Mean Opinion Score-Listening Quality Objective），一般情况下，输出信号和参照信号的差异性越大，计算出的 MOS-LQO 参数值就越低，其计算结果是目前与主观评分结果吻合度最好的，两者统计相关性大于 0.9。通常我们所说的 MOS 值，即为测试仪表所计算出的 PESQ 值。表 9-2 为不同编码方式的 PESQ 算法得分的经验数据。

表 9-2　PESQ 算法经验得分数据

网络系统情况	PESQ	PESQ-LQ	PESQ-LQO
良好的 ISDN 系统	4.3	4.4	4.4
模拟系统（G.711）	4.1	4.2	4.2
G.728 编码（16kbit/s）	3.8	3.9	3.9
G.729 编码（8kbit/s）	3.6	3.7	3.7
G.723.1 编码（6.3kbit/s）	3.5	3.4	3.5
GSM EFR 编码（12.2kbit/s）	3.9	4.0	4.0
GSM FR 编码（13kbit/s）	3.5	3.5	3.5
GSM-EFR 典型的移动网络环境下	3.6～3.1	3.6～2.9	3.7～3.0
GSM-EFR 很差的移动网络环境下	2.2	1.6	1.8

9.4.2　MOS 值的优化

影响通信系统 MOS 值的因素很多，主要环境因素有语音编码方式、背景噪声、静音抑制、误码率、时间延时、回声等，还有网络测试条件因素，如：RxLev、RxQual、HandOver 等。

9.4.2.1　编码方式对 MOS 值的影响

由表 9-2 可知，语音编码是影响 MOS 值的重要因素之一，在网络条件允许的情况下，尽量使用 MOS 值较高的语音编码速率。

1. 半速率对语音质量的影响

在网络覆盖良好的条件下，语音质量（MOS）与半速率信道使用比例之间的关系见图 9-2，随着半速率信道占用比例的增加，语音质量基本与之成线性下降趋势。半速率信道对语音质量的影响主要表现在静默性能方面，半速率信道的最大静默时长比全速率信道大很多，能够达到目 100ms 以上（正常情况下最长静默一般是 44ms），静默的比例也会超过 10%（正常情况下静默百分比一般是 3.5%以下）。建议网络优化工程师根

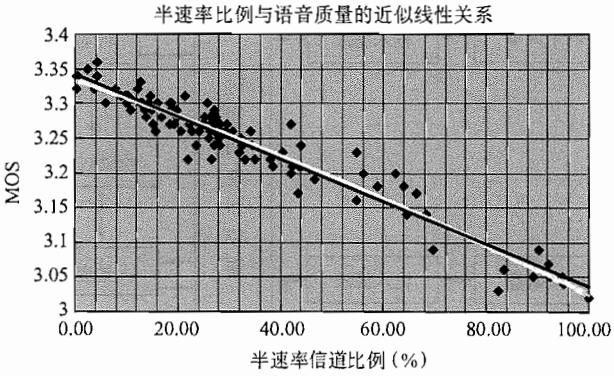


图 9-2　MOS 值与半速率比例关系

据覆盖区域内的用户和话务拥塞情况，设定不同的服务质量，配置不同的半速率信道比例。

2. 增强型全速率对语音质量的影响

在覆盖良好的条件下，使用 EFR 和 FR 两种编码方式的 GSM 网络的语音质量（MOS）与增强型全速率信道使用比例之间的关系如图 9-3 所示，随着增强型全速率信道占用比例的提高，语音质量基本与之成线性上升趋势。由此可见在网络条件允许的情况下，应该尽可能地将语音信道配置为 EFR（增强型全速率）信道。

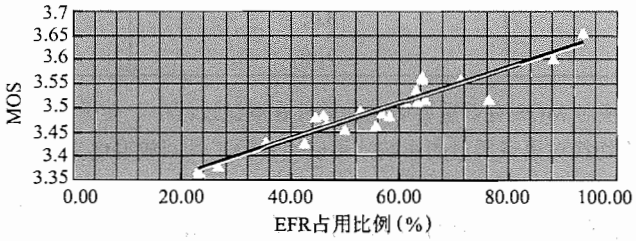


图 9-3　MOS 值与 EFR 占用比例关系

9.4.2.2　切换对 MOS 值的影响

无线通信系统采用小区切换的接续方式来保持移动状态时语音通话的连续性。在移动台发生切换时，由于需要大量的信息交互，原有 SACCH 容量不能满足要求，引入了 FACCH 以偷帧方式在 TCH 上传送。由于 FACCH 挤占了 TCH，所以切换对语音质量造成影响，导致 MOS 分下降。根据有关研究表明，MOS 值下降幅度与完成切换过程的时间有关，切换过程越长 MOS 分下降越严重。对于不同的信道编码方式，切换的影响程度是不一样的，切换对 EFR 的影响最大，而对 FR 和 HR 要小一些。半速率信道上发生切换时，MOS 分值会降到 3.0 以下。尤其是频繁切换路段，语音质量受到影响很大。

下面我们举例分析切换对 MOS 的影响，如图 9-4 所示。

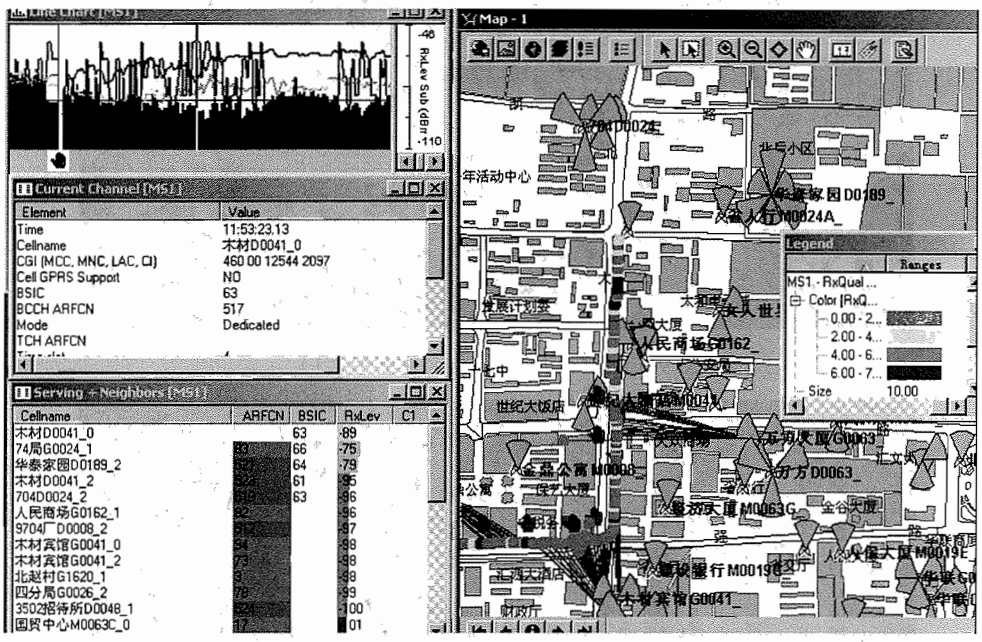


图 9-4　切换对 MOS 值的影响

从图 9-4 的测试路线图中可以看出测试手机在测试路段上发生了 6 次切换，切换较频繁。为了更好地理解切换对 MOS 值的影响，我们将退化文件、PESQ 值、切换次数，编制成表 9-3。

表 9-3 切换对 MOS 值的影响

退化文件编号	PESQ 值	切换次数
1	3.27	1
2	3.58	0
3	3.25	2
4	3.02	2
5	3.19	1

从表 9-3 可以得出切换对 MOS 有着重要影响。软件在测试过程中，会循环录制一个长度为 7s 的音频退化文件。为了更直观分析切换对语音质量的影响，可以用音频工具回放退化文件，如图 9-5、图 9-6、图 9-7 所示。

图 9-5 原始的音频文件波形

图 9-6 包含切换的退化文件波形（1）

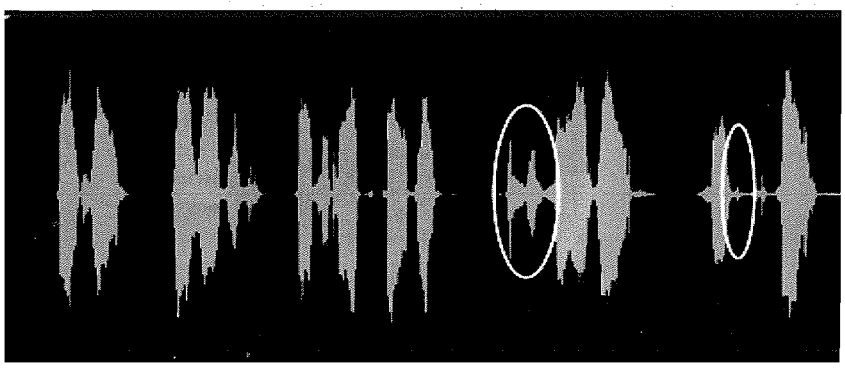


图 9-7 包含切换的退化文件波形（2）

从音频波形看，发生切换时削波变形比较明显，有的甚至出现静默（见图9-7中第二次切换）。每次切换的影响时间大约在0.2s左右。在一些特殊情况下，当切换发生波形文件在两个音节之间的静音部分时，此时切换对语音质量基本没有影响。对于这些频繁切换的区域，可以通过天线调整方位角、俯仰角和调整切换算法、参数优化等方法，降低切换频度，尤其在一些乒乓切换的路段，对小区切换参数优化可以取得较好效果。

9.4.2.3 覆盖电平对MOS值的影响

正如覆盖电平对DT中Rxqual指标影响一样，覆盖电平也是影响MOS值的一个重要因素。当手机接收信号电平很差时，信噪比降低，误码率升高，过高的误码率使得PESQ分值降低，退化文件的削波和静默指标比较差，回放时可以明显感觉到声音断续。覆盖电平影响语音质量的例子很多，这里就不再一一重复了。

9.4.2.4 其他情况对MOS值的影响

由于MOS值测试是一种端到端的语音质量测试，在整个网络语音接续链路中，任何一段链路的质量不好都会导致MOS值的降低。

1）传输质量对MOS值的影响。当基站的传输时延大时，会对MOS评分中的时延指标产生影响，导致MOS评分降低。当系统语音传输链路中任一段链路的误码率高时，也都会体现在语音还原能力的下降，导致MOS评分降低。

2）当基站硬件载频出现故障时，导致基站的接收和发射性能下降，引起误码率上升，也会直接影响MOS评分。

3）当存在外界干扰时，无线接口的传输环境恶化，也会影响MOS值的评分结果。

4）网络中的单通、串话发生时，将极大地影响MOS评分，甚至MOS评分为零。

9.5 网络测试优化与分析

9.5.1 网络测试中的优化分析

在日常的优化测试中，我们会遇到各种各样的问题，较常见的有：覆盖问题、掉话问题、接通率问题、切换问题、语音质量问题等。其中语音质量问题前面的章节中已经谈到了，下面我们对其余的问题进行分析探讨。

9.5.1.1 覆盖优化

覆盖率是网络测试中的一个基本指标，覆盖优化也是网络测试优化的一项基本工作。覆盖优化是其他网络优化工作的前提和基础，覆盖问题一般可分为两大类：过覆盖问题和欠覆盖问题。覆盖优化的目的使各个基站、小区覆盖应该覆盖的区域，也就是说覆盖在网络规划设计时所需要覆盖的区域。

覆盖优化的主要方法：

1）物理硬件调整。主要包括新建基站或小区，新建直放站，更换天线类型，调整天线挂高、方位角、俯仰角，更换基站耦合器，更换基站功放。

2）系统参数调整。主要包括调整基站最大发射功率、调整小区功率控制参数、小区重选参数等。

9.5.1.2 掉话优化

掉话率是网络测试中的关键指标，在绝大多数网络测试中，掉话率指标起着决定性的作用，按照占用信道类型，掉话可以分为SDCCH掉话、TCH掉话，但在网络测试中专指TCH信道上的掉话。TCH掉话是指在系统给移动台成功分配了TCH之后，没有通过正常的信令流程，发生的异常释放TCH的现象。TCH掉话可以分为：无线原因掉话和系统原因掉话两大类。在网络测试中主要以无线原因掉话为主。

无线原因的掉话又可以分为：

1）无线链路计数器Radio_link_timeout超时引起的掉话；

2）切换失败T3103计数器超时引起的掉话；

3）干扰引起的掉话，此时的C/I会极差；

4）基站硬件引起的掉话，例如：载频板、主控板、传输设备等。

在路测中发现掉话问题时，我们应该根据不同的现象作出一些初步的判断，归纳起来初步判断有以下几点：

1）是否为覆盖问题；

2）是否存在外界干扰；

3）切换参数定义是否合理；

4）基站硬件是否存在故障或故障隐患（时钟、功放、载频、传输故障）；

5）天线的下倾角、方位角是否一致；

6）基站是否话务量过高；

7）检查基站无线运行统计指标；

8）其他原因（例如：测试手机问题、BSC 或交换机参数设置问题）。

9.5.1.3 接通率优化

接通率是网络测试中的考核的重要指标之一，接通率指标主要反映的是网络的可接入性能，这个性能的优劣影响着用户的使用感受和网络话务量的多少。在网络测试中接入失败包含两种情况，一种是主叫手机呼叫失败，一种是被叫手机寻呼无响应。

导致接入失败原因主要有：

1）服务小区的信道资源不足（SDCCH、TCH、PCH、AGCH、RACH）；

2）网络覆盖原因（手机接收下行信号电平过低、基站接收上行信号电平过低）；

3）网络干扰原因（上行链路干扰、下行链路干扰）；

4）网络参数设置不合理；

5）基站设备硬件故障、网络优化设备故障；

6）MSC、BSC 网络资源不足，或者出现硬件故障，或者网络参数配置不合理；

7）测试设备原因、测试操作原因导致的接入失败。

表 9-4 对测试中经常出现的接入失败的 Cause Value 进行了汇总。

表 9-4 接入失败 Cause Value 汇总

Cause Value	描　述	可能的原因
Cause Value 31 “正常，未详细说明”	通常报告一个正常的事件仅仅当在正常的类别没有另外的原因时适用	BSS（TCH 拥塞）或 MSC 问题
Cause Value 34 “没有可用的电路/信道” （在 Assignment Command 前）	显示有目前得不到适当的电路/隧道处理呼叫	TCH 拥塞
Cause Value 34 “没有可用的电路/信道” （在 Assignment Command 后）	显示有目前得不到适当的电路/隧道处理呼叫	MSC 拥塞
Cause Value 41 “暂时的失败” （在 Assignment Command 前）	显示网络运行异常，达到要求的情况不能持续一个长的时段，移动电台可以很快地尝试另一次的呼叫	BSS 问题，尤其是硬件问题
Cause Value 41 “暂时的失败” （在 Assignment Command 后）	显示网络运行异常，达到要求的情况不能持续一个长的时段，移动电台可以很快地尝试另一次呼叫	MSC 问题
Cause Value 42 “交换设备拥塞”	显示交换设备正处于高通信量的处理时期	MSC 拥塞
Cause Value 44 “请求电路/信道不可用”	当电路或信道请求的实体不能被另一边接口提供时这个原因被返还	BSS 问题，尤其是 CIC 拥塞
Cause Value 111 “协议错误，未详细说明”	通常报告一个协议差错事件，仅仅当在协议差错类别没有另外的原因时适用	BSS 或 MSC 问题

9.5.1.4 切换优化

在移动用户通话过程中，移动台从一个小区的覆盖范围移动到另一个小区的覆盖范围内，为了继续保持通话，使通话始终正常进行不至于掉话，引入了切换的概念。切换是移动台变换服务信道的过程，它是GSM的一个非常重要的功能。从不同角度出发，切换可以有不同的划分：

（1）根据通过通信交换点的位置不同，可分为小区内部切换、BTS内部切换、BSC内部切换、MSC内部切换、MSC间切换。

（2）根据定时提前来划分，可分为同步切换和异步切换。

（3）根据触发切换的原因来划分，可以分为上下行质量原因切换、上下行电平原因切换、干扰原因切换、距离原因切换、话务量原因切换、功率预算切换（PBGT）。其中功率预算定义为非紧急切换，其余切换类型定义为紧急切换。

在网络测试中，切换的优化主要是指对三种网络现象的优化：

（1）切换失败。切换失败是网络测试中最常见的一种现象，一般来说切换失败不会造成掉话，但如果手机在切换失败后，再占用原来小区信道时出现失败，就会引起掉话，需要引起足够的重视。引起切换失败的原因很多，例如，切换时目标小区无线链路恶化、目标小区拥塞或硬件故障、网络侧数据定义错误（同BCCH、同BSIC）、目标小区天线参数不合理、目标小区时钟问题、无线干扰问题等。

（2）频繁切换。频繁切换也是网络测试较常见的现象，该现象主要发生在无主服务小区的区域中。在这些区域中，两个或两个以上BCCH信号电平十分接近，没有强势的主导小区，引起频繁切换。解决频繁切换的主要方法有调整周边基站的天线挂高、俯仰角、方位角，调整周边基站功率，调整小区的切换参数等。

（3）不合理切换。切换不合理主要是指测试手机在相邻小区电平比服务小区电平高出很多时，不发生切换；相邻小区电平比服务小区电平低很多时，仍然向邻区切换；地理上相邻的小区没有定义邻区导致跨区切换。导致出现切换不合理的原因很多，其中最主要的一种情况就是切换参数设置不合理，或者漏定义邻区关系。

9.5.2 测试中的案例分析

9.5.2.1 基站覆盖过大

1. 问题描述

在某城市市区DT中，发现新闻大厦基站覆盖过远，存在明显的过覆盖现象。新闻大厦基站A的小区覆盖示意如图9-8所示。

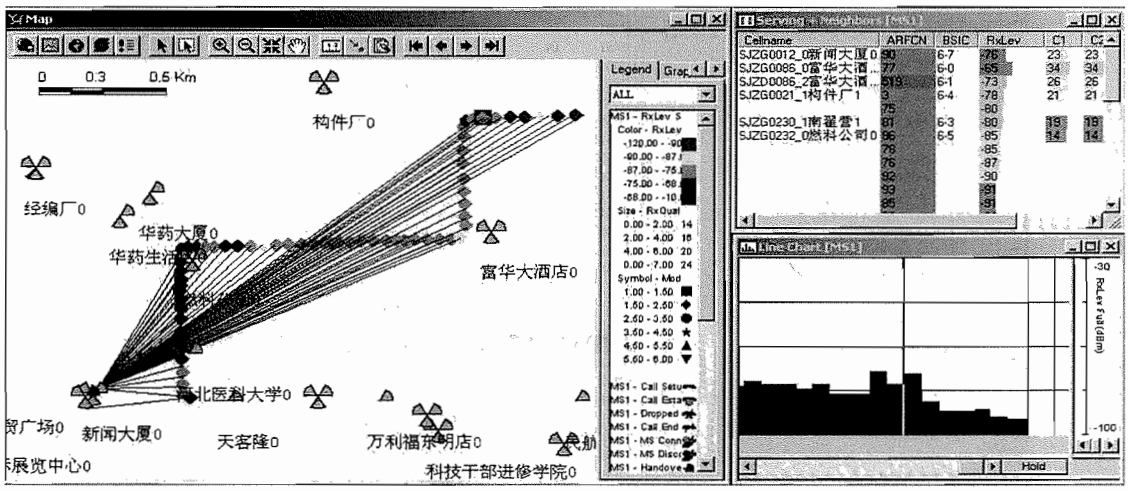


图9-8 基站过覆盖示意图

2. 问题分析

新闻大厦基站 A 小区使用为天线带内置 6°电子倾角且机械倾角 10°，天线挂高 95m。该基站过覆盖是由于天线挂高过高引起的。

3. 解决方案

将该 A 小区天线的机械倾角压到了 15°，对其覆盖范围进行测试仍不理想。结合周围基站情况，对该基站天线进行降低挂高处理，由 95m 降低到 38m，采用伪装天线方式，天线为空调伪装天线，如图 9-9 所示。考虑到基站周围的高层建筑较多，且站距较近的实际情况，采用增益为 12dbi，水平半功率角为 45°、垂直半功率角为 30°的天线。

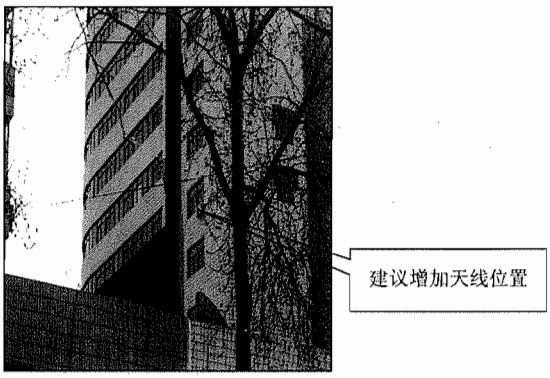


图 9-9 基站天线安装位置

9.5.2.2 直放站故障引起呼叫困难

1. 问题描述

在某高级酒店做例行 CQT 时发现手机空闲时占用 A 小区（BCCH 81）信号在–60dBm，但呼叫时却占用 B 小区（BCCH 85）信号在–82dBm，并且不切换到信号较强的 A 小区。

2. 问题分析

考虑到该处地点为星级酒店有室内分布系统，分析有可能是室内分布系统故障引起的。

1）使用 Tems 仪表在现场测试，收到 A 小区信号很强，仪表显示 A 小区的 BCCH 为 81。

2）查看信令消息，发现手机在占用 A 小区时无法解调出网络下发的系统信息，不断与网络同步，如图 9-10 所示。

3）经过数据检查发现 A 小区定义的 BCCH 频点为 71 而不是 81。将 A 小区停掉后 81 频点消失，但将 A 的 BCCH 频点由 71 改为 60 后，测试手机上 A 的 BCCH 显示为 70。更加确认为室内分布系统问题。

4）关掉室内分布系统后，测试手机上 A 小区的 BCCH 频点显示为 71 号，能够正确解调系统信息，可以发起呼叫。

3. 解决方案

检查室内分布系统，发现微波变频系统故障，更换后故障排除。

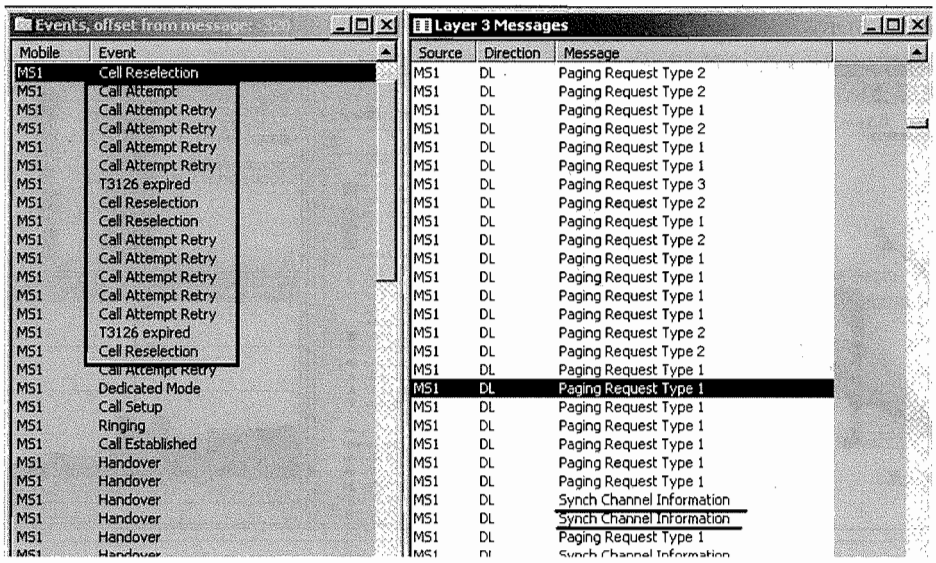


图 9-10 直放站故障引起呼叫困难的信令

9.5.2.3　参数不合理导致的频繁切换

1. 问题描述

在高速公路 DT 中，发现途径 B 县城时，测试手机切换十分频繁，在不到 2km 的路段上发生了十多次切换。高速公路及县城周边基站的分布情况如图 9-11 所示。

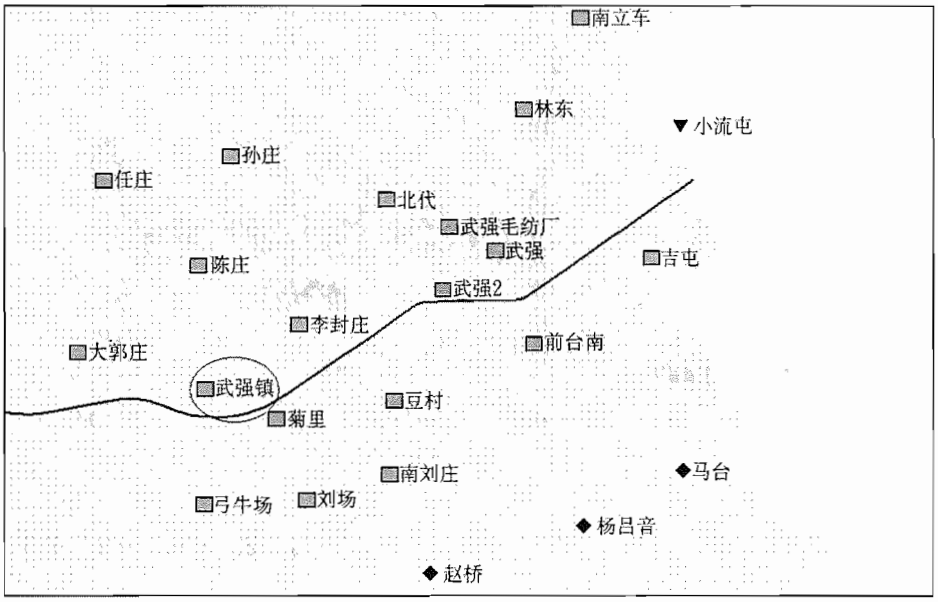


图 9-11　B 县城周边基站分布图

2. 问题分析

从基站分布图 9-11 可以看出，该路段与周围基站距离都在 2～3km 之间，回放测试数据可以看出，覆盖电平集中在–65～–75dBm 之间。

3. 解决方案

可以调整以下几种参数：

1）调整乒乓切换延迟定时器参数，该参数的含义为：功率预算切换距上次切换的最小延迟时间。在移动台切换到一个新小区后，启动一个延迟定时器，在延迟时间内将禁止新的越区功率预算切换，以免重新切换回原小区，造成乒乓切换。延迟时间的设置依赖于移动台的速度、小区的服务范围及类型（微蜂窝、宏蜂窝等）。如果某个区域存在由语音质量引起的乒乓切换，则延迟时间决定于干扰地点与小区边界的距离。一般建议值为 8s。

2）调整 HOMAGIN 参数值，该值一般设置为 4dB，在特殊情况下，可以设置为 6dB 或 8dB。

3）调整进行功率控制的判决时间间隔，PBGT 切换主要是由于接收电平差所引起的，可以适当提高功控的判决频率，由于功控优先级比 PBGT 切换高，这样可以在一定程度上避免频繁切换的发生。

9.5.2.4　载频故障引起分配失败

1. 问题描述

在县区 DT 中，发现某小区有多次分配失败现象发生，图 9-12 为其中一次分配失败的信令情况。

2. 原因分析

从上面的层 3 消息中，我们可以看到 Assignment Failure 消息，分析分配失败的原因 Cause Value：111，属于没有具体的原因协议错误。结合测试情况和统计数据分析，发现该小区分配失败率较高，系统已为移动台分配了 TCH，但在规定的时间内，没有在 TCH 上建立连接，则认为此次分配失败，MS 跳回原 SDCCH 发送失败消息。分析路测数据发现在指配失败消息前的 RXQUAL 为 7。同时，在测试中周边小区不存在同、

邻频现象。因此我们怀疑该小区存在硬件问题。

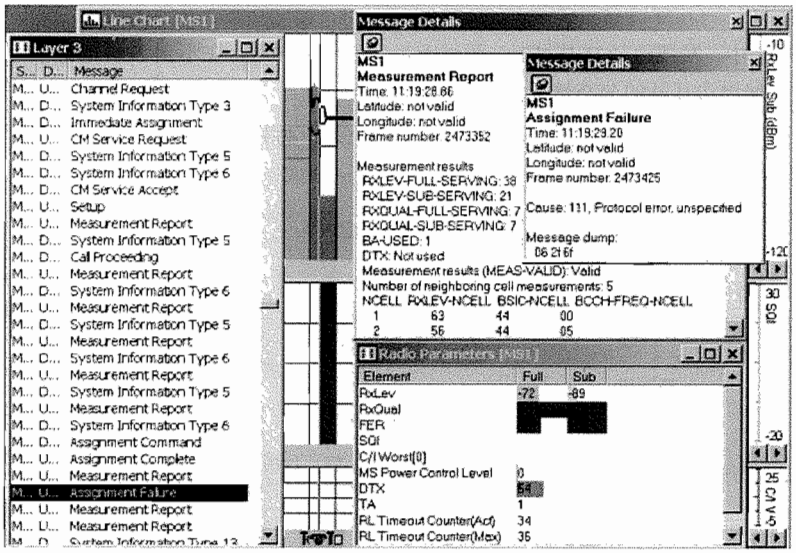


图 9-12　分配失败信令

3. 解决方案

通过对基站射频通路检测，发现该小区的合路器故障，更换后其呼叫建立成功率恢复到正常水平。

9.5.2.5　基站时钟不同步引起切换失败

1. 问题描述

在市区测试时，发现测试车辆向 B 小区移动时，测试手机发生连续切换失败现象，而且在待机状态下，可以重选到该小区。测试情况如图 9-13 所示。

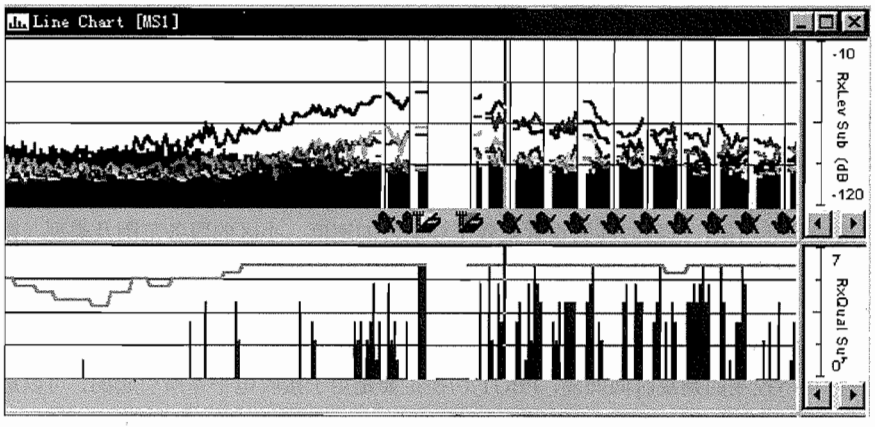


图 9-13　频繁切换失败

2. 问题分析

分析路测中的三层信令消息，发现 Handover Failure 的 Cause Value 为 111，该种原因为无法定位具体原因。仔细回放该测试路段的数据，分析发现其 BSIC 解码存在问题，BCCH34、47 频点的实际 BSIC 值为 62、65，可以得出 BSIC 的解码错误导致本次测试中的大量切换失败的发生。另外，通过在 OMC 上分析历史告警记录，发现该基站的时钟板存在告警。

3. 解决方案

更换该基站同步时钟板后，复测该路段，切换失败现象消失。

9.5.2.6 丢失物理消息导致切换失败

1. 问题描述

某地主要由A、B小区覆盖，上述两个小区及相邻小区同属于LAC。DT过程中，MS当前服务小区为A，当检测到Level更强的邻区B时，BSC指示MS切换（发起DL：HANDOVER COMMAND），此时发生了连续三次切换失败（UL：HANDOVER FAILURE）。虽然本例中经历了连续三次切换失败，MS仍然没有掉话（MS还在发送测量报告）。

2. 问题分析

查看当时的层三信令，具体如下：

DL：HANDOVER COMMAND；

UL：HANDOVER ACCESS；

UL：HANDOVER COMPLETE；

UL：MEASUREMENT REPORT；

UL：HANDOVER FAILURE；

DL：SYSTEM INFORMATION TYPE 5。

从切换的两个小区来看，A向B切换，为异步切换，手机在发送HO_Access同时会启动T3124，在这个计时器期间未收到下行的Physical Information，便认为切换失败；收到Physical Information后T3124自动停止，这时会上行发送Layer 2 SABM消息，启动LAPDm的T200和N200计时器，在T200×（N200+1）时间内未收到下行的UA-RSP的确认消息就会发送切换失败消息。所以BTS应该在MS发出UL：HANDOVER ACCESS消息后，接着发出DL：PHYSICAL INFORMATION，指示MS切换至目标小区的TA，即MS与切换目标小区的距离。同时，在MS发出UL：HANDOVER COMPLETE之后，再发一条DL：PHYSICAL INFORMATION。但是在本案例中，MS没有接收到这两条消息，导致发生切换失败。这可能是由于无线环境恶化引起的信令丢失，也可能是BTS载频硬件问题，不能正确响应切换消息。

3. 解决建议

针对无线环境恶化引起的切换失败，可以采取调整切换带的办法，使切换发生在信号覆盖好的区域，例如：调整天线、增加覆盖小区等。针对载频硬件问题，应加强预检预修等日常网络监控工作。

9.5.2.7 交换机间数据配置问题引起切换失败

各个设备厂商的通信设备在硬件结构和软件设计上都有不同的配置原则和特点，由于这些差异的存在给网络日常维护和优化工作带来了一些问题。

1. 问题描述

日常高速路测中发现：在某市北电交换机内部小区发起的呼叫无法正常切换到爱立信交换机的边界小区。在大量测试基础上发现能否正常切换与手机的起呼小区有关，经过反复测试验证只有在爱立信交换机中添加起呼小区数据才能正常切换。

如果恰好有一个呼叫从北电MSC内部小区起呼，一直保持到MSC边界，而且爱立信MSC未定义该小区数据，则不能切换；如该在爱立信MSC上添加该内部小区的数据，则切换正常。

2. 问题分析

通过分析Um、A口和E口信令，发现在E口的“准备切换”消息中北电MSC提交了三个可选的CID，其中第二个为手机的起呼CID，而并非切换前的CID，导致爱立信MSC识别这一CID为“无效小区”（由于爱立信的邻小区表中没有添加此内部小区数据），从而无法正常切换。这就是说发生IntraBSS切换后北电交换机无法确定手机当前所处的小区，因此初步怀疑为北电MSC侧对于Handover performed消息的处理方式存在问题。经过北电技术人员分析确认，通过修改MSC的OFCVAR表中的HO_PERFORMED_PROCESSING参数后，切换正常，E口“准备切换”消息中的第二个CID已经更新为切换当前的原小区。

3. 信令分析及解决

下面为修改北电MSC表格前后，使用信令仪表抓取信令的对比。图9-14为修改前北电MSC通过E口

发送的“切换请求”的信令消息，其中级别信息类型 2 中 CID：11657 为起呼小区并不是切换时的原小区。

```
==========================Map 部分==========================
10100001 a1：成分调用
00000010 02：调用 ID
调用 ID 值：[00]
00000010 02：本地操作码
00000100 44：MAP 操作码[准备切换]
00110000 30：.准备切换
00000100 04：..目标小区
移动国家码值：.. [460]
00000000 00：..MNC
00110001 31：..LAC
01011100 5c：..[LAC]=12636
01000011 43：..LAC
11011100 dc：..[CI]=17372
00110000 30：..ho_NumberNoRequtred
00110000 30：..外部信号信息
00001010 0a：...协议类别
00000010 02：...[协议类别]GSM-0806
00000100 04：...信号消息
00010000 10：....BSSMAP 信息类型[切换请求]
00001011 0b：....BSSMAP[单元识别：信道类型]
00000101 05：....单元长度=[5]
0000....01：....备用
....0001 ：....话音/数据指示：[语音]
00001010 0a：....信道速率及类型：[全速或半速 TCH 信道,全速首选,]
00001010 0a：....BSSMAP[单元识别：加密信息]
00001001 09：....单元长度=[9]
0.......01：....允许的算法库
密钥值：....[BF5FD03800F49800]
00010010 12：....BSSMAP[单元识别：级别信息类型 2]
00000011 03：....单元长度=[3]
级别信息值：....[331981]
00000101 05：....BSSMAP[单元识别：小区识别]
00001000 08：....单元长度=[8]
0000....00：....备用
....0000 ：....小区标志识别器：[CGI 标识小区]
MCC 号码值：....[460]
MNC 号码值：....[00]
00110001 31：....LAC：[12572]
00011100 1c：....LAC 续
00101101 2d：....CI：[11657]
10001001 89：....CI 续
```

图 9-14　交换机数据配置问题（1）

图 9-15 为修改前北电 MSC 通过 E 口收到的爱立信 MSC 发送的“切换故障消息”，原因为“无效小区”信令。

```
==========================Map 部分==========================
10100010 a2：返回结果(最终)
00000010 02：调用 ID
调用 ID 值：[00]
00110010 30：序列
00000010 02：本地操作码
00000100 44：MAP 操作码[准备切换]
00110000 30：.准备切换
00110000 30：.外部信号信息
00001010 0a：...协议类别
00000010 02：...[协议类别]GSM-0806
00000100 04：...信号消息
00010110 16：....BSSMAP 信息类型[切换故障]
00000100 04：....BSSMAP[单元识别：原因]
00000001 01：....单元长度=[1]
0.......27：....扩展标志
.010.... ：....备用
....0111 ：....无效小区
EOC 值 ：...[0000]
EOC 值 ：...[0000]

原始数据信息[帧长度为：130 Byte]
-1--2--3--4--5--6--7--8--9-10-11-12-13-14-15-16-<=标尺
95 67 3f 83 22 if 03 16 ff 03 08 09 81 03 0d 17
0a 52 08 00 12 04 68 31 47 30 82 0a 12 08 00 12
04 68 31 47 30 73 5b 65 59 48 04 74 00 01 46 49
04 00 02 a1 d8 6b 2a 28 28 06 07 00 11 86 05 01
01 01 a0 1d 61 1b 80 02 07 80 a1 09 06 07 04 00
00 01 00 0b 02 a2 03 02 01 00 a3 05 a1 03 02 01
00 6c 80 a2 1b 02 01 00 30 16 02 01 44 30 80 30
80 0a 01 02 04 06 00 04 16 04 01 27 00 00 00 00
00 00
```

图 9-15　交换机数据配置问题（2）

图 9-16 为修改后北电 MSC 通过 E 口发送的“切换请求”消息，其中级别信息类型 2 中的 CID 已经更新为切换原小区 CID。经测试验证，该 MSC 间切换失败问题得到解决。

```
==========================Map 部分==========================
10100001 a1：成分调用
00000010 02：调用 ID
调用 ID 值：[00]
00000010 02：本地操作码
00000100 44：MAP 操作码[准备切换]
00110000 30：.准备切换
00000100 04：..目标小区
移动国家码值：.. [460]
00000000 00：..MNC
00110001 31：..LAC
01011100 5c：..[LAC]=12636
01000011 43：..LAC
11011100 dc：..[CI]=17372
00110000 30：..ho_NumberNoRequtred
00110000 30：..外部信号信息
00001010 0a：...协议类别
00000010 02：...[协议类别]GSM-0806
00000100 04：...信号消息
00010000 10：....BSSMAP 信息类型[切换请求]
00001011 0b：....BSSMAP[单元识别：信道类型]
00000101 05：....单元长度=[5]
0000....01：....备用
....0001 ：....话音/数据指示：[语音]
00001010 0a：....信道速率及类型：[全速或半速 TCH 信道,全速首选,]
00001010 0a：....BSSMAP[单元识别：加密信息]
00001001 09：....单元长度=[9]
0.......01：....允许的算法库
密钥值：....[06E9F389B026BC00]
00010010 12：....BSSMAP[单元识别：级别信息类型 2]
00000011 03：....单元长度=[3]
级别信息值：....[331981]
00000101 05：....BSSMAP[单元识别：小区识别]
00001000 08：....单元长度=[8]
0000....00：....备用
....0000 ：....小区标志识别器：[CGI 标识小区]
MCC 号码值：....[460]
MNC 号码值：....[00]
00110001 31：....LAC：12572
00011100 1c：....LAC 续
01101001 69：....CI：27105
111000001 e1：....CI 续
```

图 9-16　交换机数据配置问题（3）

第10章　交换优化

在GSM移动通信系统中，交换网络是整个通信网的核心，并为移动用户提供一系列业务，如电信业务、承载业务、补充业务等。此外，交换设备还支持位置登记、自动漫游等移动特征性能和其他网络功能。因此，交换网络优化是提高移动网络服务质量和用户满意度的重要手段和方法。

目前，对交换网络的优化主要通过交换机中的话务统计数据及信令流程，对来去话、处理机负荷、7号信令链路负荷、中继话务分析等方法来实现，另外还可与无线网络协同对无线寻呼等无线指标进行综合优化。本章就对这些交换网络优化方法进行说明。

10.1　网络结构优化

网络结构优化是交换优化的重要部分，对于提高网络质量、保证网元单点故障时的业务疏通、缩短接续时延等有明显的作用。本节就路由组织、优化原则和优化实例等三方面进行描述。

10.1.1　我国话务网的路由组织

GSM 话路网网络，根据网中设置的各种节点所负责疏通呼叫的类型，分为国际部分和国内部分。国际部分设置在北京等特大城市，国内部分可将网络分为长途汇接网络和本地网络两个层面。

汇接网络根据疏通的长途业务不同，又可分为省际长途汇接网络和省内长途汇接网络。其中，省际长途汇接网层面由一级汇接中心（TMSC1）组成，负责省际长途业务的话路汇接；省内长途汇接网层面由二级汇接中心（TMSC2）组成，负责省内长途业务的话路汇接；本地网层面由移动业务交换中心（MSC）及关口MSC（GMSC）组成，负责移动业务的终端和与其他网间的接口。

目前GSM数字移动通信网话路网网络通常采用二、三级混合结构，即：

1）对于各直辖市及省内采用大本地网组网（省内无长途业务）的省份，省内话路网由一级汇接中心（TMSC1）、本地网移动业务交换中心（MSC）以及关口MSC（GMSC）组成，采用二级结构。

2）对于包含多个本地网的省、自治区，二级汇接中心（TMSC2）由一级汇接中心（TMSC1）兼做时，省内话路网由一级兼二级汇接中心（TMSC1/2）、本地网移动业务交换中心（MSC）以及关口MSC（GMSC）组成，采用二级结构。

3）对于包含多个本地网的省、自汇区，建设有独立二级汇接中心（TMSC2）时，省内话路网由一级汇接中心（TMSC1）、二级汇接中心（TMSC2）、本地移动业务交换中心（MSC）以及关口MSC（GMSC）组成，采用三级结构。

10.1.2　话务网路由优化原则

10.1.2.1　长途网路由优化原则

对于GSM数字移动通信网络的长途业务，业务路由应按照结构清晰、层次精简的原则，一般路由组织原则如下。

（1）省际长途话务路由原则

省际长途话务应由本地网移动业务交换中心（MSC）以及关口MSC（GMSC）直接送至一级汇接中心（TMSC1或TMSC1/2）进行汇接处理，采用二级路由进行组织。目前长途软交换设备已经成熟，通过IP承载网及长途软交换疏通长途话务，传输资源能够优化节省一半以上。

（2）省内长途话务路由原则

设置有二级汇接中心（包括TMSC2独立设置以及由TMSC1兼做TMSC2）时，省内长途话务应由本地网移动业务交换中心（MSC）以及关口MSC（GMSC）直接送至二级汇接中心（TMSC2或TMSC1/2）进行汇接处理，按二级路由进行组织。

（3）当省内设有多对TMSC2设备时，各TMSC2之间应以网状网互连。

10.1.2.2 本地网路由优化原则

对于中小规模的本地网，移动端局数量较少时，MSC之间为网状网连接，各MSC间均设置直达路由。每个MSC与本地关口局GMSC及其所属的TMSC设置直达电路。

当本地网网络规模较大，移动端局数量较多时，本地网内各MSC/GMSC间话路网网络组织应按以下原则：

（1）每个MSC与本地关口局GMSC及其所属的TMSC之间设置直达电路。

（2）也可考虑在部分MSC之间设置直达电路，设置原则如下：

1）考虑到保证MSC间越局切换话务的稳定可靠，在覆盖区重叠的MSC间应设置直达中继电路。

2）位于同一局址的MSC之间应设置直达中继电路，考虑到楼内传输电路较易组织，这些MSC之间的电路应设置为低呼损电路。

3）位于不同局址的MSC之间，在局间话务量较大，应设置直达中继电路，以减少话务转接次数，同时节省本地传输电路和其所属TMSC的转接量。

10.1.2.3 互联互通路由优化原则

在实现不同运营商之间的互联互通时，GMSC设备与对方关口局之间应设置直达中继电路，尽量避免需经第三方运营商的关口局进行中间转接。当与多家运营商实现网络的互联互通时，在满足能力需求的情况下可采用对不同GMSC分别连接不同运营商的关口局。

为保证网络组织的安全可靠性，成对设置的独立关口局GMSC设备应设置在传输条件好、安全、可靠性高的两个不同局址内。

10.2 交换优化相关补充业务

GSM规范规定的部分补充业务，能够将原本失败的呼叫接续到客户指定的其他号码上，明显提高接通率等指标。相关的业务有呼叫等待、无条件转移、不可及转移、无应答转移、遇忙转移等。近期引入的来电提醒业务更是将上述业务进行了综合，对提高网络质量效果更为明显。

10.2.1 呼叫等待

当GSM网将呼叫接续到被叫方时，网络通过正常的接续获悉被叫方正处于占用状态，网络根据被叫用户的设定，使呼叫处于等待状态。对于一般的网络而言，用户忙的比例一般在10%左右，因此，通过引导客户使用呼叫等待功能，能够明显提高呼叫接通率。

10.2.2 无条件转移（CFU）

用户被叫时把来话转到第三方称为无条件转移（CFU），对于不同的业务每个用户可以设定不同的对象。当客户在无法使用手机的场合，如乘坐飞机等，将手机呼转到秘书台等号码上，一方面能够提高网络语音接通率，另一方面能够使客户不错过有用信息。无条件转移注册、取消、激活、去活信令流程分别如图10-1～图10-4所示。

需要特别说明的是，无条件转移需要根据客户的业务属性不同而进行限制，如不应允许本地通客户将号码无条件转移到国内异地、国际号码上。

10.2.3 不可及转移（CFNRc）

网络已经把呼叫接续到被叫方，但是可能出现以下两种情况：一是被叫关机；二是被叫处于服务区域以

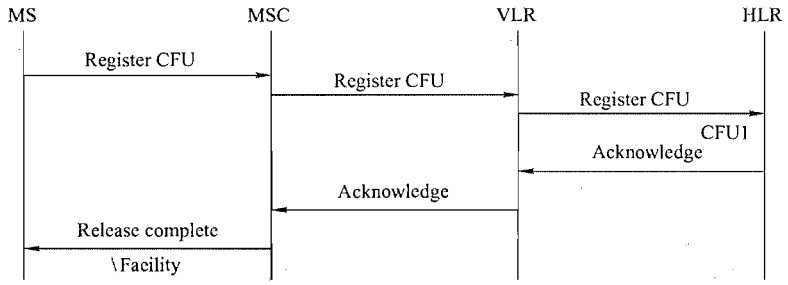


图 10-1　无条件转移注册流程

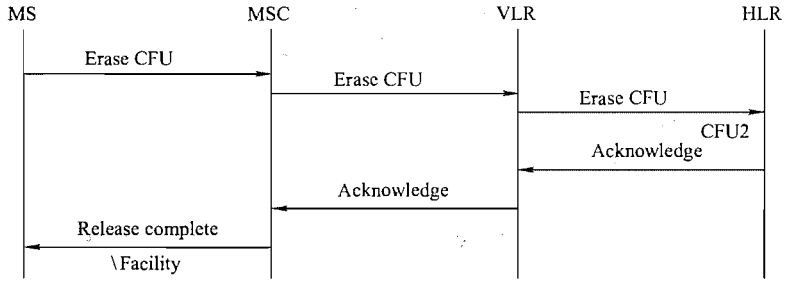


图 10-2　无条件转移取消流程

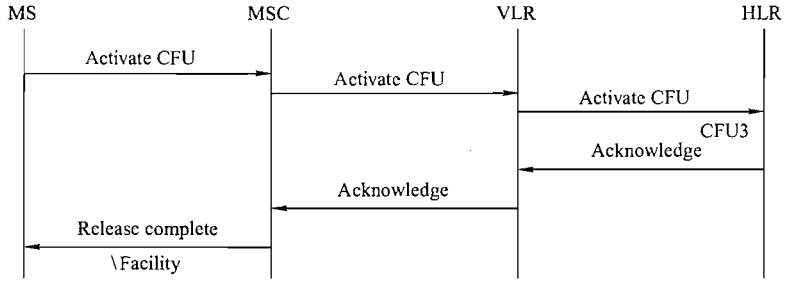


图 10-3　无条件转移激活流程

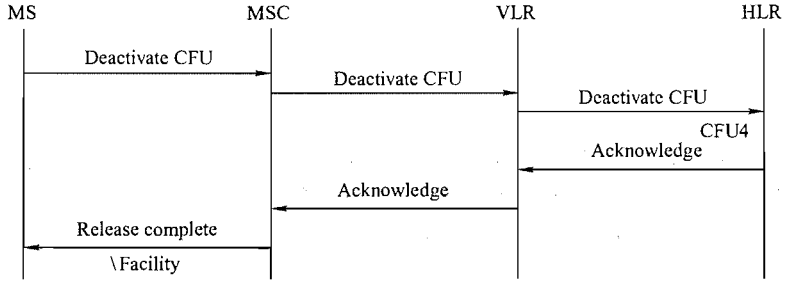


图 10-4　无条件转移去活流程

外无法与 GSM 网络沟通。网络在上述情况下，将呼叫转向预先指定的第三方。将手机设置不可及呼转到秘书台等号码上，一方面能够提高网络语音接通率，另一方面能够使客户不错过有用信息。不可及转移注册、取消、激活、去活信令流程分别如图 10-5～图 10-8 所示。

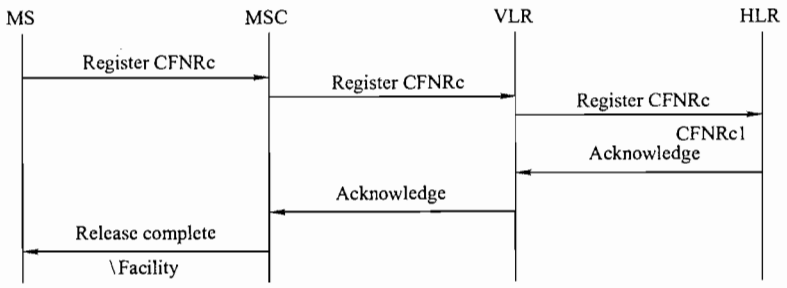


图 10-5 不可及转移注册流程

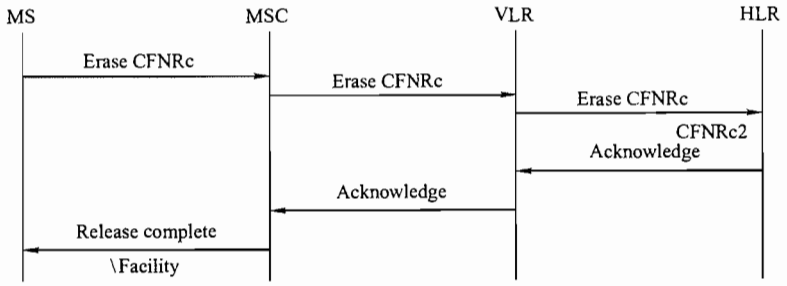


图 10-6 不可及转移取消流程

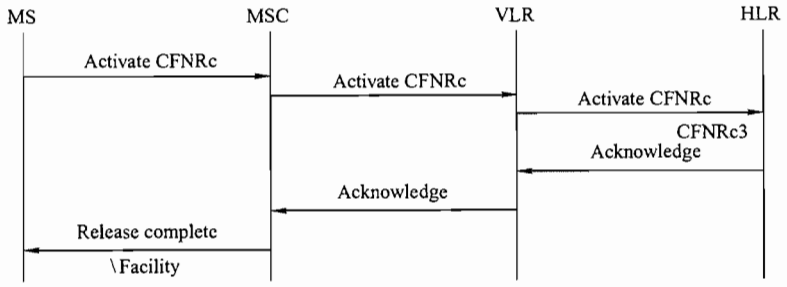


图 10-7 不可及转移激活流程

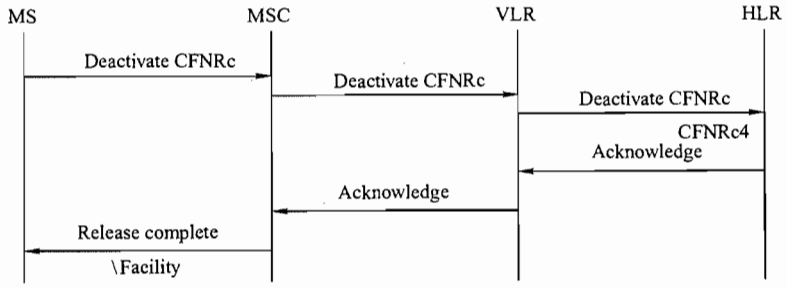


图 10-8 不可及转移去活流程

一般来讲，不可及转移的优先级要高于后面要提到的来电提醒业务。

10.2.4 无应答转移（CFNRy）

当被叫用户振铃后一段时间内没有接听电话，网络可以将呼叫转向预先指定的第三方，即无应答转移。

将手机设置不可及呼转到秘书台或用户的第二个号码上，一方面能够提高网络语音接通率，另一方面能够使客户不错过有用信息。无应答转移注册、取消、激活、去活信令流程分别如图 10-9～图 10-12 所示。

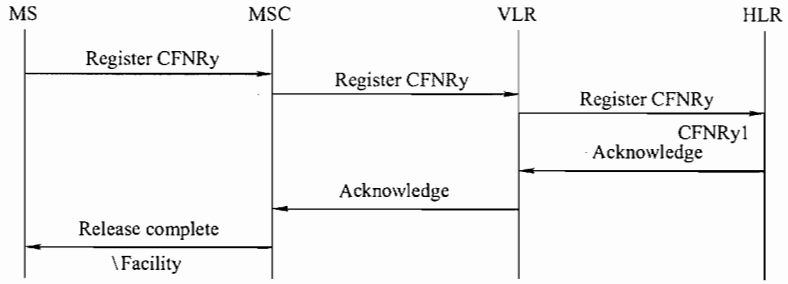


图 10-9　无应答转移注册流程

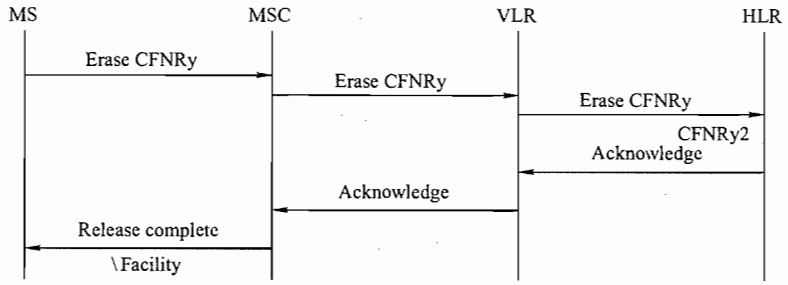


图 10-10　无应答转移取消流程

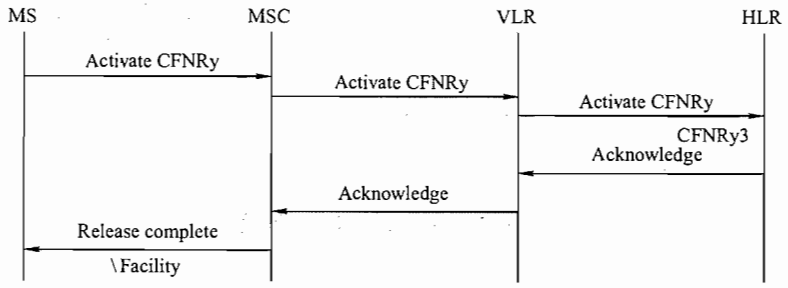


图 10-11　无应答转移激活流程

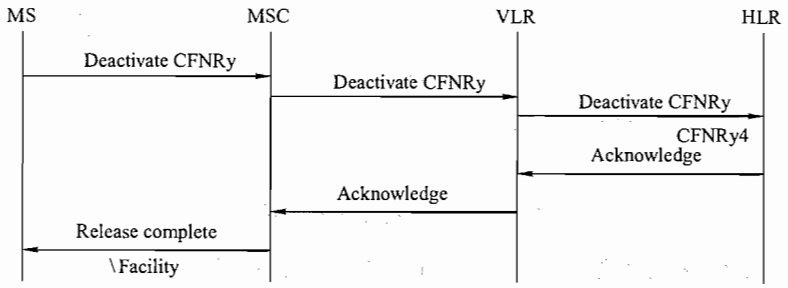


图 10-12　无应答转移去活流程

一般来讲，无应答转移的优先级要高于后面要提到的来电提醒业务。

10.2.5 遇忙转移（CFB）

当 GSM 网将呼叫接续到被叫方时，网络通过正常的接续获悉被叫方正处于占用状态，网络根据被叫用户的设定，将呼叫转向预先指定的第三方。

值得一提的是呼叫前转的次数必须是有限的，以免陷入无休止的前转。如果只允许前转一次，那么转到第三方时，不够第三方是否再设置前转对象，网络端的接续就到此为止。遇忙转移注册、取消、激活、去活信令流程分别如图 10-13～图 10-16 所示。

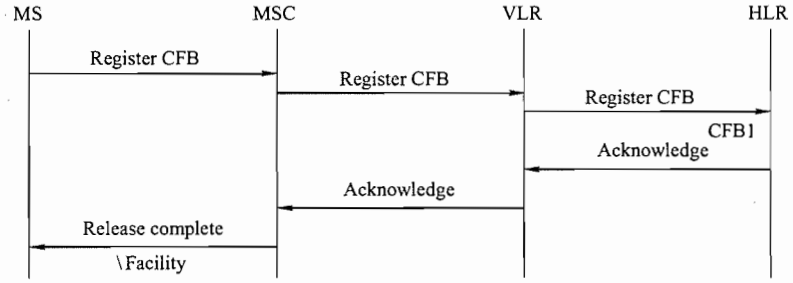


图 10-13 遇忙转移注册流程

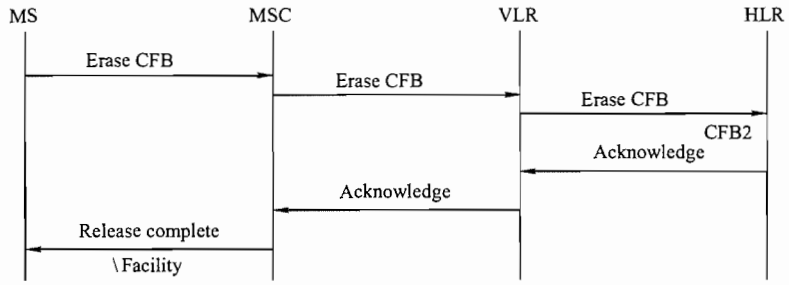


图 10-14 遇忙转移取消流程

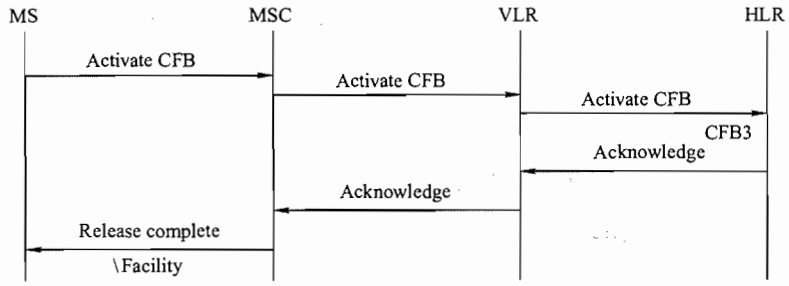


图 10-15 遇忙转移激活流程

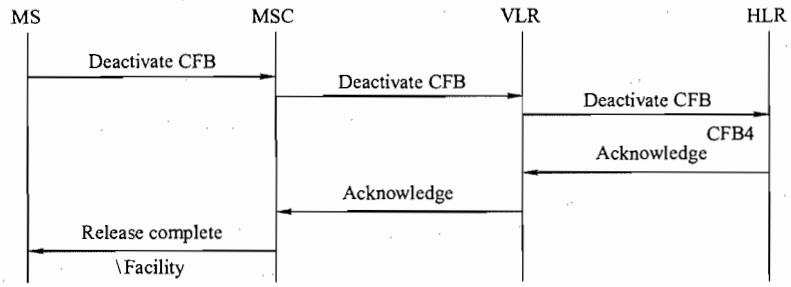


图 10-16 遇忙转移去活流程

一般来讲，遇忙转移的优先级要高于后面要提到的来电提醒业务。

10.2.6 来电提醒

来电提醒业务是针对被叫用户开发的一种增值业务，被叫用户可自由设置将呼叫前转到来电提醒业务平台，例如用户可在遇忙、无应答、不可及或无条件时将呼叫前转到来电提醒平台。当用户恢复正常在网状态时，被叫用户收到在其设定的业务触发状态下漏话信息的短信提醒。

来电提醒业务信令流程按照发生前转的位置不同可以分为早前转和晚前转。早前转就是在被叫归属 HLR 处获得前转号码，在主叫 MSC 处发生前转，具体有无条件前转和在被叫归属 HLR 处即可判断用户不可及（例如用户无动态信息，用户被 Purged 等）的不可及前转。晚前转是指在被叫 MSC 处获得前转号码，在被叫 MSC 处发生前转，具体有遇忙前转、无应答前转和在被叫 MSC 处判断出用户不可及（例如 MSC 发起寻呼却无响应）的不可及前转。

下面将详细描述来电提醒业务中的早前转和晚前转的信令流程。

10.2.6.1 来电提醒业务的早前转信令流程

来电提醒业务的早前转信令流程图如图 10-17 所示。

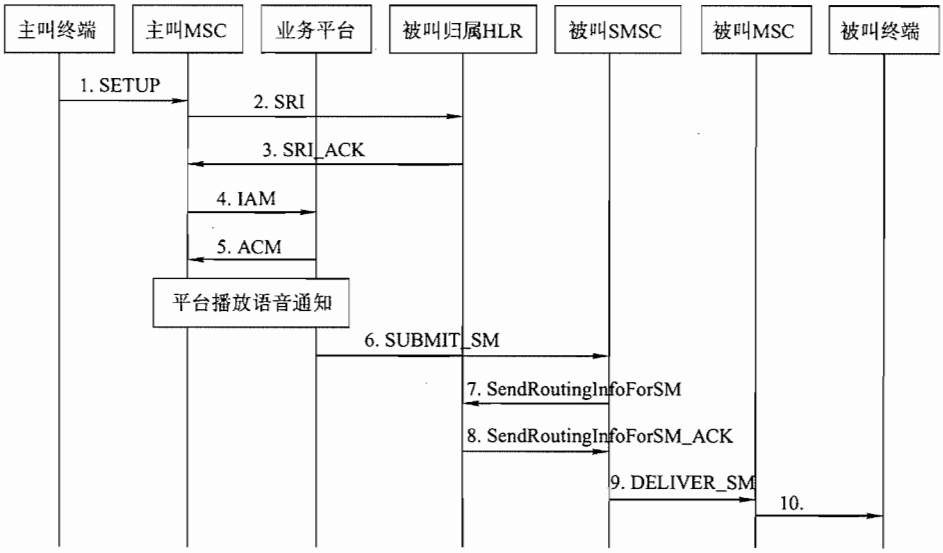


图 10-17 来电提醒业务早前转信令流程图

1）SETUP：主叫用户呼叫被叫用户。

2）SRI：主叫 MSC 查询被叫 HLR 中被叫用户的状态信息。

3）SRIACK：被叫 HLR 检查到被叫设置了无条件前转到来电提醒业务，或被叫用户没有动态信息或处于 Purged（清除，即没有用户当前所在 MSC 的信息）状态且设置了不可及前转到来电提醒，则将业务平台的来电提醒接入号码做为前转后的号码，回送给主叫 MSC。

4）IAM：主叫 MSC 根据 HLR 返回的前转号码将呼叫接续至业务平台。

5）ACM：业务平台向主叫播放语音提示，告诉主叫被叫用户已开通了来电提醒业务，将会把您的号码发送到对方的手机上。

6）SUBMITSM：平台生成一条通知短信发送给被叫用户归属的短消息中心。

7）SendRoutingInfoForSM：被叫短消息中心向被叫 HLR 取短信路由信息。

8）SendRoutingInfoForSMack：可能经过多次重发，一旦被叫 HLR 发现被叫用户可及，即会向被叫短消息中心回送路由信息。

9）DELIVERSM：被叫短消息中心根据路由信息将短信发给被叫拜访 MSC。

10）被叫拜访 MSC 将短信发给被叫终端。

10.2.6.2 来电提醒业务的晚前转信令流程

来电提醒业务的晚前转信令流程图如图 10-18 所示。

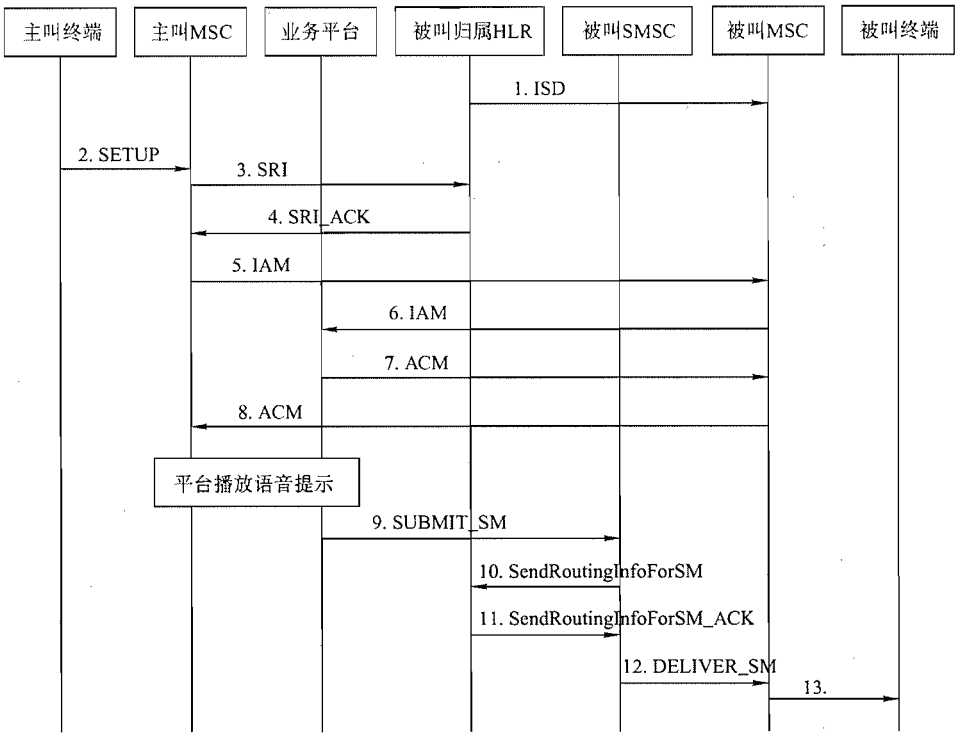


图 10-18 来电提醒业务晚前转信令流程图

1）ISD：被叫 HLR 在被叫用户进行位置更新时，将用户设置或系统默认设置的遇忙、不可及和无应答前转信息插入到被叫 MSC 中。

2）SETUP：主叫用户呼叫被叫用户。

3）SRI：主叫 MSC 查询被叫 HLR 中被叫用户的状态信息。

4）SRI_ACK：被叫 HLR 将被叫用户的漫游号码回送给主叫 MSC。

5）IAM：主叫 MSC 根据 HLR 返回的漫游号码将呼叫接续至被叫 MSC。

6）IAM：被叫忙、无应答或寻呼不到时，被叫归属 MSC 根据存储的被叫用户的前转信息，将呼叫前转到业务平台的来电提醒接入号码。

7）ACM：业务平台向主叫播放语音提示，告诉主叫被叫用户已开通了来电提醒业务，将会把您的号码发送到对方的手机上。

8）ACM：被叫 MSC 将主叫 MSC 和业务平台接通，以使主叫用户能听到提示音。

9）SUBMIT-SM：平台生成一条通知短信发送给被叫用户归属的短消息中心。

10）SendRoutingInfoForSM：被叫短消息中心向被叫 HLR 取短信路由信息。

11）SendRoutingInfoForSM_ack：可能经过多次重发，一但被叫 HLR 发现被叫用户可及，即会向被叫短消息中心回送路由信息。

12）DELIVER-SM：被叫短消息中心根据路由信息将短信发给被叫拜访 MSC。

13）被叫拜访 MSC 将短信发给被叫终端。

10.3 交换统计分析

交换统计为交换优化提供了重要的数据支撑，为网络优化人员及时准确地了解网络运行情况提供了手段，也为网络优化后的效果评估提供了途径。交换统计分析包括处理机负荷、呼叫接通率、中继统计分析和信令负荷统计分析等。

10.3.1 处理机负荷统计分析

交换机主处理器（CPU）是呼叫处理的核心，CPU 占用率的高低直接反映了交换机的利用率。一般交换机 CPU 负荷超过超过 90%时将停止处理新呼叫。因此准确掌握 CPU 负荷对保障网络畅通有着非常重要的意义。CPU 负荷计数器一般有平均 CPU 负荷和峰值 CPU 负荷两类。

CPU 过载产生的原因主要包括两个方面，一是系统消息过多，二是系统处理消息的时间过长，一般表现为两种类型，瞬间占用率高和长时间占用率高。

偶尔出现的瞬间占用率高一般是由于系统处理某条消息时间过长导致的。最典型的情况，就是动态数据设定引发的瞬间过载，如设定中继群表、中继电路表、MTP 相关等。这种情况过载持续时间短，在系统正常占用率不高（非忙时）的情况下，对系统影响不大。但如果忙时频繁出现 CPU 过载，也会导致呼叫异常拆线，造成呼损，因此，尽量不要在忙时进行动态数据设定。

系统长时间 CPU 占用率过高的情况比较复杂，可能跟系统硬件有关，也可能是系统处理消息时间过长，或呼叫引发的 CPU 占用率高，需要具体分析。

系统 CPU 占用率过高，超过预定阀值，会造成消息积累，导致信令和呼叫异常。呼叫异常会引起用户反复重拨，造成话务量增高，CPU 占用率进一步升高，导致恶性循环。如果长时间不恢复，可能导致系统崩溃。因此，在 CPU 过载时，系统会启动一系列自我保护措施，如根据过载级别进行系统限呼、控制或取消调试进程等，以降低 CPU 占用率。

衡量处理机负荷的另外一个指标是 BHCA，即忙时试呼次数。对于移动交换机，可以通过系数将彩铃呼叫、智能网呼叫、短信收发、位置更新等业务流程折算成统一的 BHCA，并与设计最大 BHCA 进行比较，核算设备的实际负荷。

10.3.2 呼叫接通率统计分析

呼叫接通率相关指标包括交换机接通率，语音接通率等，具体如下。

10.3.2.1 交换机接通率

交换机接通率=((忙时中继到本交换机 GSM 呼通总次数+忙时中继到中继呼通总次数+忙时本交换机 GSM 到本交换机 GSM 呼通总次数+忙时本地 GSM 到中继呼通总次数)/(忙时中继到本交换机 GSM 试呼总次数+忙时中继到中继试呼总次数+忙时本交换机 GSM 到本交换机 GSM 试呼总次数+忙时本交换机 GSM 到中继试呼总次数))×100%

10.3.2.2 语音接通率

语音接通率=无线接通率×交换机接通率

其中无线接通率=(1–忙时 SDCCH 溢出总次数/忙时 SDCCH 试呼总次数)×(1–忙时语音信道溢出总次数（不含切换）/忙时语音信道试呼总次数（不含切换））

10.3.2.3 提高接通率的方法

（1）保障设备完好率、中继可用率及信道可用率；

加强日常维护工作，定期检查，保证设备运行正常。如定期中继逐条拨测检查，检查 2M 口接头，确保中继完好；定期对天馈线检查，检查天馈线接头、馈线损耗，降低信号质量差引起的掉话；定期对基站传输质量检查，检查 2M 口接头，减少 Abis 掉话；定期检查基站时钟，保证信号同步，提高切换成功率。

（2）合理配置MSC各模块负荷；

1）尽量保持各模块的话务负荷基本相当；

2）尽量保证同一链路组中不同链路负荷相当。

（3）注意中继选线方式匹配；

（4）合理配置数据和无线参数；

在做局向数据时，尽量把到本地呼叫的局号做详细，否则出中继上会因为局向号不对而出现空、错号的呼损。例如：本地网中字冠3，只有局号361，如果字冠做3的话，会导致字冠为30～35，362～369的3×××××号码也会占用中继出局，从而造成呼损。

（5）大力宣传对接通率有益的新业务。

10.3.3 中继统计分析

10.3.3.1 中继统计分析指标

中继统计分析指标如表10-1所示。

表10-1 中继统计分析指标

指 标	含 义
去话试呼次数	指移动发起呼叫，且由被叫分析已确定为出局的试呼次数
来话试呼次数	指入中继的试呼次数（收到IAM消息的数量）
拨号错次数	指由于移动主叫用户拨号错误，导致呼叫不能建立的次数
用户早释次数	指被叫用户还未振铃，移动主叫主动前向释放的次数
交换机内部拥塞次数	指交换机内部由于时空分网络拥塞，或内部资源不足导致的呼叫失败次数
去话溢出次数	指出局呼叫，交换机尝试占用出（双向）中继电路，但失败的次数
去话占用次数	指出局呼叫，交换机对出（双向）中继电路占用成功次数
来话占用次数	指入中继成功占用电路的次数
对端局拥塞次数	指出局呼叫，且交换机已向对端局发送初始地址消息，对端局回非期望的后向信号，指示呼叫不能接续
被叫忙次数	指由于被叫用户忙（含被叫市忙SLB和被叫长忙STB），终止呼叫接续的次数
来话接通次数	入局呼叫已振铃次数
去话接通次数	出局呼叫已振铃次数
振铃早释次数	被叫用户已振铃，主叫用户在被叫应答前主动前向释放次数
久叫不应次数	被叫用户已振铃，但久未进行应答，交换机超时释放
来话应答次数	入局呼叫，被叫用户摘机应答次数
去话应答次数	出局呼叫，被叫用户摘机应答次数
来话接通话务量	入局呼叫，被叫用户振铃接通，直到呼叫释放的话务量
去话接通话务量	出局呼叫，被叫用户振铃接通，直到呼叫释放的话务量
来话应答话务量	入局呼叫，被叫用户应答摘机，双方通话，直到呼叫释放的话务量
去话应答话务量	出局呼叫，被叫用户应答摘机，双方通话，直到呼叫释放的话务量
来话接通率	来话接通次数/来话试呼次数
.去话接通率	去话接通次数/去话试呼次数
来话应答率	来话应答次数/来话接通次数
去话应答率	去话应答次数/去话接通次数

10.3.3.2 中继选线参数优化

对局间中继电路，国标规定了两种选线方式：大小/小大、主控/非主控，优先使用主控/非主控方式。选择方式进行检查，避免电路同抢等异常情况；根据信令规范，为了避免双向电路发生同抢现象，将双向电路分为两部分，分别由 2 个终端交换局进行主控，信令点编码大的局主控所有偶数号电路，信令点编码小的局主控所有奇数号电路。在选择电路时，每个终端交换局对主控的电路组选择电路组中已释放时间最长的电路，即 FIFO（First In First Out，先进先出）；对非主控的电路组优先选择最新释放的电路，即 LIFO（Last In First Out，后进先出），每个终端交换局应优先接入由其主控的电路组，而对非主控的电路组则无优先接入权。

10.3.3.3 中继单通问题分析优化

在 GSM 网中，单通现象是经常遇到的问题。具体现象是呼叫已经接通，但是用户根本听不到对方的声音，而计费系统已开始计费。从网络的各项指标统计来看，一般很难发现这种问题。交换部分造成单通的原因主要有两个：一是传输电路存在鸳鸯线或环回的情况；二是端局向 CIC 数据不对应。

为避免单通的出现，预防措施是在局间电路开通时，如果条件允许，必须对每条电路的每个时隙都进行拨打测试，以保证每个时隙通话都正常。但实际上很难做到，替代措施是对每条电路进行插拔测试，保证物理连接没有问题；同时进行数据上的仔细检查，确认 CIC 数据的对应关系正确。

10.3.4 信令负荷统计分析

10.3.4.1 信令统计分析指标

1. 消息传递部分（MTP）的监视和测量信号链路性能

消息传递部分（MTP）的监视和测量信号链路性能指标如表 10-2 所示。

表 10-2 消息传递部分（MTP）的监视和测量性能指标

指标名称	单 位
链路处于工作状态的时长	s/信令链路
信令链路故障—全部原因	次/信令链路
信令链路故障—不正常的 FIBR（倒换）.BSNR（倒回）	次/信令链路
信令链路故障—证实延迟过大	次/信令链路
信令链路故障—出错率过大	次/信令链路
信令链路故障—拥塞时间过长	次/信令链路
信令链路定位失败	次/信令链路
差错信号单元的数量	次/信令链路
收到的负证实的数量	次/信令链路
本地自动倒换	次/信令链路
本地自动倒回	次/信令链路
信令链路恢复	次/信令链路

2. 消息传递部分（MTP）的监视和测量信令链路可用性

消息传递部分（MTP）的监视和测量信令链路可用性指标如表 10-3 所示。

表 10-3 消息传递部分（MTP）的监视和测量可用性指标

指标名称	单 位
信令链路的不可用时长（任何原因）	s/信令链路
因本地管理操作的信令链路阻断时长	s/信令链路
因远端管理操作的信令链路阻断时长	s/信令链路

（续）

指标名称	单 位
因链路故障的信令链路不可用时长	s/信令链路
远端处理故障的信令链路不可用时长	s/信令链路
远端处理机故障开始	次/信令链路
远端处理机故障停止	次/信令链路
本地管理阻断	次/信令链路
本地管理解除阻断	次/信令链路
本地忙时长	次/信令链路

3. 消息传递部分（MTP）的监视和测量信令链路的利用率

消息传递部分（MTP）的监视和测量信令链路利用率指标如表 10-4 所示。

表 10-4 消息传递部分（MTP）的监视和测量利用率指标

指标名称	单 位
发送的 SIF 及 SIO 八比特位组的数量	个/信令链路
重新发送的八位位组的数量	个/信令链路
发送的消息信号单元的数量	个/信令链路
收到的 SIF 及 SIO 八比特位组的数量	个/信令链路
收到的消息信号单元的数量	个/信令链路
信令链路拥塞指示	次/信令链路
信令链路拥塞的积累时长	s/信令链路
信令链路拥塞停止	次/信令链路
由于信令链路拥塞丢弃的消息信号单元	个/信令链路
导致消息信号单元丢失的拥塞事件数量	个/信令链路

4. 消息传递部分的监视和测量信令链路组和路由组的可用性

消息传递部分的监视和测量信令链路组和路由组的可用性指标如表 10-5 所示。

表 10-5 信令链路组和路由组的可用性指标

指标名称	单 位
信令链路组不可用时长	s/链路组
链路组故障开始	次/链路组
链路组故障停止	次/链路组
由于被测量的链路组故障而广播式的发送 TFP 数量	个/链路组
为恢复被测量的链路组故障而广播式的发送 TFA 数量	个/链路组
至一个给定的目的地或一组目的地的路由组不可用	次/目的地
至一个给定的目的地或一组目的地的路由组不可用时长	s/目的地
至一个给定的目的地或一组目的地的路由组不可用开始	次/目的地
至一个给定的目的地或一组目的地的路由组不可用停止	次/目的地

5. 信令消息传递部分的监视和测量相邻信令点状态的可接入性

信令消息传递部分的监视和测量相邻信令点状态的可接入性指标如表 10-6 所示。

表 10-6 相邻信令点可接入性指标

指标名称	单 位
相邻信令点不可接入	次/信令点
相邻信令点不可接入时长	s/信令点
相邻信令点不可接入终止	次/信令点
由于路由数据差错而丢失的消息信号单元	个/信令点

6. 每条信令链路单向信令负荷计算

64k 信令单向信令负荷=(发送(或接收)的 SIF 及 SIO 八比特位组的数量+发送(或接收)的消息信号单元的数量×6)×8/(64000×时间(单位 s))

2M 信令单向信令负荷=(发送(或接收)的 SIF 及 SIO 八比特位组的数量+发送(或接收)的消息信号单元的数量×6)×8/(64000×31×时间(单位 s))

10.3.4.2 信令负荷不均优化

信令链路负荷不均常采用的主要优化手段有：优化信令资源配置、调整链路的 SLS 分配和系统配置检查。调整链路 SLS 重新分配到链路上采用调整链路集的掩码和目的的掩码，达到调整链路比较均衡的目的。

分配原则如图 10-19 所示。

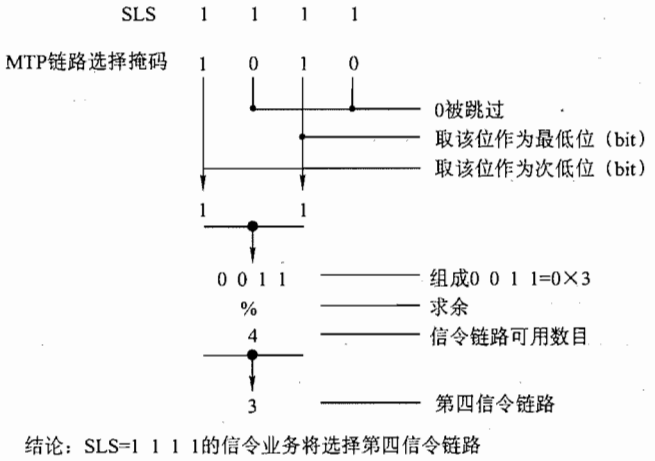


图 10-19 同一链路集 SLS 分配原则

另外如果到某目的地同一优先级链路集超过两个时，出现信令分担不合理，通过调整目的地的掩码，基本思路是将 MTP 链路选择掩码换成链路集选择掩码。

10.3.4.3 信令寻址方式优化

信令控制着呼叫的全过程，信令传递的快慢对接续时长有一定的影响。一般来说，普通本地网内由于网元间信令消息交互量大，一般采用直连信令链路，信令的寻址方式为 DPC+SSN 寻址。特大城市的本地网及省内不同本地网间采用 STP 进行转接，信令的寻址方式为 GT 寻址。DPC+SSN 寻址方式的优点是消息转发速度快，对接收局的 CPU 消耗小，缺点是需要制作大量信令点数据，对端割接、调整需要本端配合进行数据修改。GT 寻址方式的优点是数据制作简单，缺点是消息转发速度相对较慢。

10.4 录音通知优化

主要根据话务统计数据及拨测情况对录音通知进行分析，拨测主要是了解录音通知配置是否齐全，话务

统计主要了解放音资源是否有溢出等问题。

优化录音通知的意义：录音通知是给主叫方以语音提示，使主叫方大致了解网络现状及被叫状态，等过段时间继续拨打；如果录音通知不合理会导致主叫方反复呼叫，导致雪崩效应，降低网络接通率，同时降低用户对网络的满意度。

优化措施主要有配置全面录音通知数据，合理分配放音数据。用户忙、用户暂时无法接通的录音通知播放量大，需要相应配置较多的录音中继，中继忙、欠费等录音播放量小，可以配置相对较少的录音中继。

另外，一般交换机的录音通知是循环播放的，而且任何用户接听录音通知必须从录音问题的头开始，因此，交换机接续到录音中继而使用户真正听到录音的平均时间应该是录音时长的一半时间。如果一个录音通知做得过长，那么听到这个录音就需要较长的时间，这样主叫用户很可能由于听不到声音而挂机并再次呼叫，导致接通率下降。因此优化方法是将录音文件做短，如果录音内容很多，可以将它分成几个小文件。

10.4.1 录音通知设置原则

适当地利用录音通知来正确地指导用户行为，可以减少不必要的不成功试呼，因此规范录音通知局数据设置和内容具有重要意义。为了安全和不造成某些通知音路由拥塞，录音通知机最好采用双备份或负荷分担，适当设置用户听到录音通知的时长。建议的录音通知规范如下：

1. 空号

中文：您好！您所拨打的号码是空号，请核对后再拨。

英文：Sorry! The number you dialed does not exist, please check it and dial later.

触发条件：被叫号码分析局数据中无相应号段；MSC/GMSC/SSP 向 HLR 查询，在回送路由请求消息的响应中带有“未知用户”参数；中继信令中收到 UNN 消息或回送的 ISUP 消息中的 CAUSE VALUE 为 1。

放音原则：由话务发起局送空号通知音；对于经局间中继送来的话务，送 UNN 信号回话务发起局，由话务发起局送空号通知音。

2. 被叫用户关机

中文：您好！您所拨打的电话已关机。

英文：Sorry! The subscriber you dialed is power off.

触发条件：用户归属的 HLR 在回送路由请求响应中带有“缺席用户”参数；被叫用户所在 MSC 中置有“用户分离”标志。

放音原则：由发起查询的网元负责放音。

3. 被叫不在服务区

中文：对不起，您所拨打的用户暂时无法接通，请您稍候再拨。

英文：Sorry, the subscriber you dialed can not be connected for the moment, please redial later.

触发条件：被叫所在 MSC 寻呼不到用户。

放音原则：由发起寻呼的 VMSC 负责放音。

4. 主叫欠费停机/单向停机

中文：对不起！您的电话已欠费，请您续缴话费，谢谢！

英文：Sorry! Your telephone charge is overdue, please renew it, thank you!

触发条件：用户在 HLR OBD 中的欠费停机参数被置位。

放音原则：由主叫发起呼叫的 MSC 负责放音。

5. 用户主动申请停机/其他原因的停机

中文：对不起！您的电话已停机，详情请垂询“×××××”。

英文：Sorry! Your telephone service is suspended, for more information, please dial ×××××.

触发条件：主叫用户设置呼入和呼出限制。

放音原则：由主叫发起呼叫的 MSC 负责放音。

6. 被叫停机

中文：对不起！您拨打的电话正在办理续费手续，请用其他方式联络。

英语：Sorry!The number you dialed is out of service.

触发条件：用户被设置 ODB 的闭锁所有入呼叫。

放音原则：由发起查询的交换机负责放音。

7. 被叫用户忙

1）被叫用户登记了呼叫等待功能

中文：您好！请不要挂机，您拨打的电话正在通话中。

英文：Sorry! Please hold on, the subscriber you dialed is busy now.

触发条件：被叫所在 MSC 发现被叫用户忙，同时被叫用户登记并激活了呼叫等待业务。

放音原则：由被叫所在 MSC 负责放音。

2）被叫用户未登记呼叫等待功能

中文：您好！您拨打的电话正在通话中，请稍后再拨。

英文：Sorry! The subscriber you dialed is busy now, please redial later.

触发条件：被叫所在 MSC 发现被叫用户忙。

放音原则：由被叫所在 MSC 负责放音。

8. 中继忙/网络忙

中文：对不起！您拨打的用户暂时无法接通，请稍后再拨。

英文：Sorry！The subscriber you dialed can not be connected for the moment, please redial later.

触发条件：交换机判断出中继方向电路忙或拥塞。

放音原则：由发端局负责放音。

9. 被叫用户设置了呼入限制

中文：对不起！您拨打的用户已设置呼入限制。

英文：Sorry! The subscriber you dialed has set barring of incoming calls.

触发条件：用户激活了“闭锁所有入呼叫”业务。

放音原则：由发端局负责放音。

10. 国际长权限制

中文：您好！您的电话尚未登记国际长途业务，请办理登记手续。

英文：Sorry! You have not applied for IDD service, please make registrations.

触发条件：主叫用户国际长途鉴权未通过。

放音原则：由发端局负责放音。

11. GSM 手机拨 GSM 手机加“0”

中文：请直接拨打对方手机号码，无需加“0”。

英文：Sorry! Please dial mobile phone number directly, no need to dial“0”.

触发条件：发端局对发起呼叫的被叫号码进行分析，发现手机号码前有“0”。

放音原则：由发端局负责放音。

12. 他网拨本地 GSM 手机加“0”

中文：请直接拨打对方手机号码，无需加“0”。

英文：Sorry! Please dial mobile phone number directly, no need to dial“0”.

触发条件：关口局对他网发起呼叫的被叫号码进行分析，发现手机号码前有“0”。

放音原则：由关口局负责放音。

13. 112 紧急呼叫

中文：您好！匪警请拨 110，火警请拨 119，急救中心请拨 120，交通故障请拨 122，市话障碍请在 112

前加拨长途区号。

英文：Hello! Please dial 110 for police,119 for fire,120 for ambulance，122 for traffic accident and dial area code before 112 for fixed-phone obstacle.

触发条件：主叫用户拨打 112。

放音原则：主叫局负责放音。

14. 其他运营商线路故障

中文：对不起！对方网络暂时无法接通，请稍后再拨。

英文：Sorry! The other operator's network can not be connected for the moment, please redial later.

触发条件：关口局收到他网表示故障的信令消息，TUP 信令时为 LOS，ISUP 信令时 Cause 值为 27。

放音原则：由关口局负责放音。

15. 长权限制/非法主叫

中文：对不起！您的电话尚未申请此项服务。

英文：Sorry! You have not applied for this service.

触发条件：VMSC 对用户进行业务鉴权未通过。

放音原则：由发端局负责放音。

16. 被叫久叫不应

中文：对不起，您拨打的电话暂时无人接听，请稍后再拨。

英文：Sorry! The phone you dialed can not be answered for the moment, please redial later.

触发条件：被叫局寻呼到被叫用户后，用户一直未接听电话直至计时器超时。

放音原则：由被叫局负责放音。

10.4.2　呼叫失败原因值与录音通知对应关系

呼叫失败时所放的录音通知是根据信令消息内的原因值确定的，推荐的对应关系如表 10-7 所示。

表 10-7　呼叫失败原因值与录音通知对应关系

Cause 值	描　　述	推荐的录音通知
1	UNALLOCATED (UNASSIGNED) NUMBER	空号
2	NO ROUTE TO SPECIFIED TRANSIT NETWORK	中继忙/网络忙
3	NO ROUTE TO DESTINATION	中继忙/网络忙
4	SEND SPECIAL INFORMATION　TONE	播放音调或直接拆线
5	MISDIALLED TRUNK PREFIX	播放音调或直接拆线
6	CHANNEL UNACCEPTABLE	播放音调或直接拆线
7	CALL AWARDED AND BEING DELIVERED IN AN ESTABLISHED CHANNEL	播放音调或直接拆线
8	PREEMPTION	播放音调或直接拆线
9	PREEMPTION – CIRCUIT RESERVED FOR REUSE	播放音调或直接拆线
16	NORMAL CALL CLEARING	播放音调或直接拆线
17	USER BUSY	被叫忙
18	NO USER RESPONDING	暂时无法接通
19	NO ANSWER FROM USER (USER ALERTED)	无应答
20	SUBSCRIBER ABSENT	被叫关机
21	CALL REJECTED	被叫忙
22	NUMBER CHANGED	播放音调或直接拆线

（续）

Cause 值	描　　述	推荐的录音通知
23	REDIRECTION TO NEW DESTINATION	播放音调或直接拆线
25	EXCHANGE ROUTING ERROR	播放音调或直接拆线
26	NON-SELECTED USER CLEARING	播放音调或直接拆线
27	DESTINATION OUT OF ORDER	其他运营商线路故障
28	INVALID NUMBER FORMAT (ADDRESS INCOMPLETE)	空号
29	FACILITY REJECTED	播放音调或直接拆线
30	RESPONSE TO STATUS ENQUIRY	播放音调或直接拆线
31	NORMAL, UNSPECIFIED	播放音调或直接拆线
34	NO CIRCUIT/CHANNEL AVAILABLE	中继忙/网络忙
38	NETWORK OUT OF ORDER	中继忙/网络忙
39	PERMANENT FRAME MODE CONNECTION OUT OF SERVICE	播放音调或直接拆线
40	PERMANENT FRAME MODE CONNECTION OPERATIONAL	播放音调或直接拆线
41	TEMPORARY FAILURE	暂时无法接通
42	SWITCHING EQUIPMENT CONGESTION	中继忙/网络忙
43	ACCESS INFORMATION DISCARDED	播放音调或直接拆线
44	REQUESTED CIRCUIT/CHANNEL NOT AVAILABLE	中继忙/网络忙
46	PRECEDENCE CALL BLOCKED	播放音调或直接拆线
47	RESOURCE UNAVAILABLE, UNSPECIFIED	中继忙/网络忙
49	QUALITY OF SERVICE NOT AVAILABLE	播放音调或直接拆线
50	REQUESTED FACILITY NOT SUBSCRIBED	播放音调或直接拆线
53	OUTGOING CALLS BARRED WITHIN CUG	播放音调或直接拆线
55	INCOMING CALLS BARRED WITHIN CUG	播放音调或直接拆线
57	BEARER CAPABILITY NOT AUTHORIZED	播放音调或直接拆线
58	BEARER CAPABILITY NOT PRESENTLY AVAILABLE	播放音调或直接拆线
62	INCONSISTENCY IN DESIGNATED OUTGOING ACCESS INFORMATION AND SUBSCRIBER CLASS	播放音调或直接拆线
63	SERVICE OR OPTION NOT AVAILABLE, UNSPECIFIED	播放音调或直接拆线
65	BEARER CAPABILITY NOT IMPLEMENTED	播放音调或直接拆线
66	CHANNEL TYPE NOT IMPLEMENTED	播放音调或直接拆线
69	REQUESTED FACILITY NOT IMPLEMENTED	播放音调或直接拆线
70	ONLY RESTRICTED DIGITAL INFORMATION BEARER CAPABILITY IS AVAILABLE	播放音调或直接拆线
79	SERVICE OR OPTION NOT IMPLEMENTED, UNSPECIFIED	播放音调或直接拆线
81	INVALID CALL REFERENCE VALUE	播放音调或直接拆线
82	IDENTIFIED CHANNEL DOES NOT EXIST	播放音调或直接拆线
83	A SUSPENDED CALL EXISTS, BUT THIS CALL IDENTITY DOES NOT	播放音调或直接拆线
84	CALL IDENTITY IN USE	播放音调或直接拆线
85	NO CALL SUSPENDED	播放音调或直接拆线
86	CALL HAVING THE REQUESTED CALL IDENTITY HAS BEEN CLEARED	播放音调或直接拆线

（续）

Cause 值	描　　述	推荐的录音通知
87	USER NOT MEMBER OF CUG	播放音调或直接拆线
88	INCOMPATIBLE DESTINATION	播放音调或直接拆线
90	NON-EXISTENT CUG	播放音调或直接拆线
91	INVALID TRANSIT NETWORK SELECTION	播放音调或直接拆线
95	INVALID MESSAGE, UNSPECIFIED	播放音调或直接拆线
96	MANDATORY INFORMATION ELEMENT IS MISSING	播放音调或直接拆线
97	MESSAGE TYPE NON-EXISTENT OR NOT IMPLEMENTED	播放音调或直接拆线
98	MESSAGE NOT COMPATIBLE WITH CALL STATE OR MESSAGE TYPE NON-EXISTENT OR NOT IMPLEMENTED	播放音调或直接拆线
99	INFORMATION ELEMENT /PARAMETER NON-EXISTENT OR NOT IMPLEMENTED	播放音调或直接拆线
100	INVALID INFORMATION ELEMENT CONTENTS	播放音调或直接拆线
101	MESSAGE NOT COMPATIBLE WITH CALL STATE	播放音调或直接拆线
102	RECOVERY ON TIMER EXPIRY	暂时无法接通
103	PARAMETER NON-EXISTENT OR NOT IMPLEMENTED, PASSED ON	播放音调或直接拆线
110	MESSAGE WITH UNRECOGNIZED PARAMETER, DISCARDED	播放音调或直接拆线
111	PROTOCOL ERROR, UNSPECIFIED	播放音调或直接拆线
127	INTERWORKING, UNSPECIFIED	播放音调或直接拆线

10.4.3 录音通知优化实例

某地交换机割接后，长途来电接通率仅为34%左右，处于非常低的水平。为提高接通率，技术人员对交换机至 TMSC 的信令进行了挂表测试。发现很多呼叫信令流程中含有 CFL 消息，同时有同一号码连续拨叫且均失败的情况。进行正常拨打测试，未发现问题。进一步扩大拨测种类，终于发现被叫关机时，主叫听到“嘟，嘟”的声音后呼叫被网络直接释放。以此现象为突破口，对交换机呼叫处理失败及录音通知数据进行核查，发现对应被叫用户关机，数据设置为回 CFL 消息。修正后，长途来话接通率一跃而升到 56%左右，接通率偏低的问题得到了解决。

10.5 交换信令监测及分析

交换优化一般是首先分析网络结构，交换机统计及内部参数。当上述手段不足以找到网络问题或没有达到优化的目标时，就需要进行交换信令监测及分析。通过信令分析，我们可以一种客观的方法分析网络问题的原因，从而较为准确地确定问题点，有的放矢地开展优化工作。

10.5.1 信令流程

10.5.1.1 正常呼叫信令流程

正常接通的呼叫信令流程为：主叫局首先发出 IAM 消息，其中包含被叫号码及主叫号码，被叫局收到消息后，如果判断地址全，一般先回送 ACM 消息，而后对被叫手机进行寻呼，寻呼成功被叫摘机后，回送主叫局 ANC 消息，主被叫开始通话。通话结束，主叫先挂机时，主叫局向被叫局发送 CLF 消息并完成无线信道释放工作，被叫局收到消息后，回送 RLG 并完成无线信道释放工作。如果被叫先挂机，被叫局向主叫局发送 CBK 消息，主叫局收到消息并完成无线信道释放工作及回送 CLF 之后，被叫局回送 RLG 并完成无线信道释放工作。具体流程如图 10-20 所示。

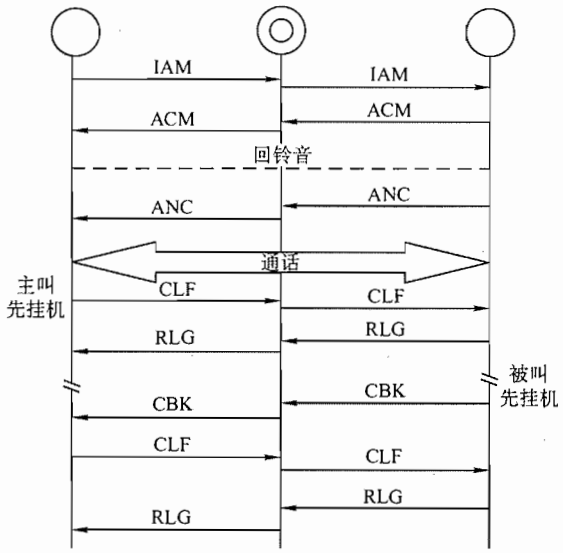


图 10-20　正常呼叫信令流程

10.5.1.2　呼叫失败信令流程

1. 用户原因导致的呼叫失败流程

（1）主叫早释：是指主叫用户拨打电话后，在听到回铃音之前就挂断电话。具体信令流程如图 10-21 所示。

（2）振铃释放：是指主叫用户拨打电话后，已听到回铃音但还未接通就挂断电话。具体信令流程如图 10-22 所示。

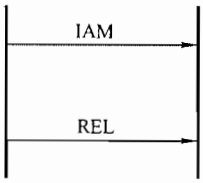


图 10-21　主叫早释流程

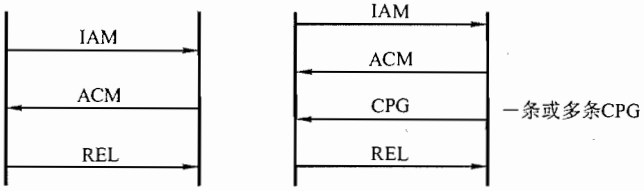


图 10-22　振铃释放流程

（3）被叫拒绝：是指被叫用户电话振铃后，按手机拒绝键挂断电话。具体信令流程如图 10-23 所示。

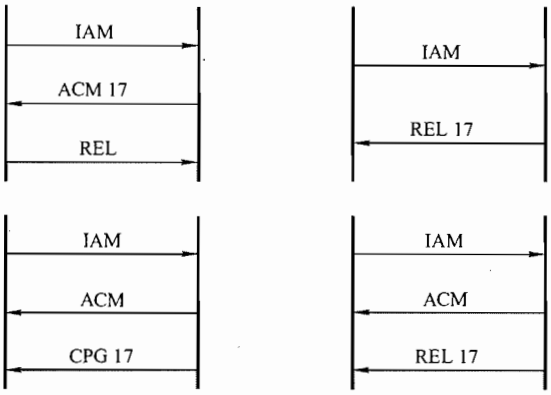


图 10-23　被叫拒绝流程

(4)久叫不应：是指被叫用户电话振铃后，一直未接听电话直至网络释放该呼叫。具体信令流程如图 10-24 所示。

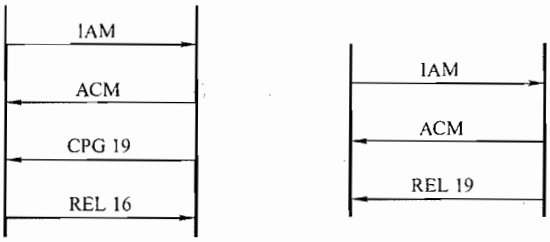


图 10-24　久叫不应流程

(5) 号码错误：是指主叫用户拨打电话时，输入了错误的号码并按了呼叫键发起了呼叫。具体信令流程如图 10-25 所示。

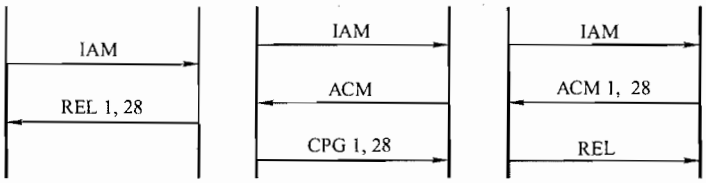


图 10-25　号码错误流程

2. 网络原因导致的呼叫失败流程

(1) 无线接入故障：是指被叫局收到 IAM 消息后，由于无线网络原因无法完成该呼叫。具体信令流程如图 10-26 所示。

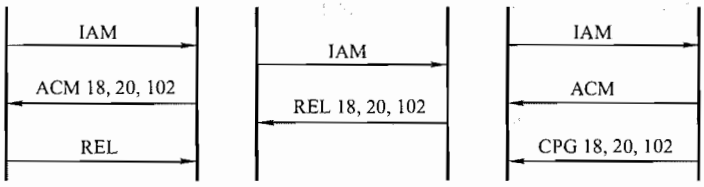


图 10-26　无线接入故障流程

(2) 对端拥塞：是指被叫局收到 IAM 消息后，由于无线网络拥塞无法完成该呼叫。具体信令流程如图 10-27 所示。

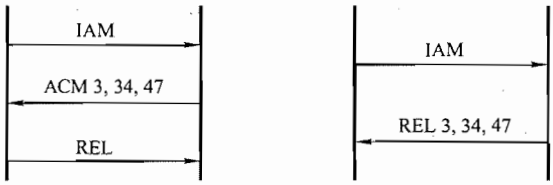


图 10-27　对端拥塞流程

10.5.2　设备自身信令追踪功能

目前，大部分交换机自身具有信令追踪功能，这一功能对准确定位问题能够发挥帮助作用，而且一般能够直观地显示设备内部错误情况。此功能的缺点是部分设备模块软硬件问题导致设备已收到的信令在追踪时不能显示，容易造成问题误判。爱立信设备信令追踪实例如下：

```
<ON VAR TRARE 39;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:04:50
EXECUTED
<ON VAR DO:IF V TRARE PR0:4(1)=1;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:04:50
DO:IF V TRARE PR0:4(2)=3;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:04:52
DO:IF V TRARE PR0:4(3)=7;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:04:56
DO:IF V TRARE PR0:4(4)=4;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:04:59
DO:IF V TRARE PR0:4(5)=5;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:02
DO:IF V TRARE PR0:4(6)=2;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:05
DO:IF V TRARE PR0:4(7)=2;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:07
DO:IF V TRARE PR0:4(8)=6;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:10
DO:PRINT V;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:13
DO:;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:14
EXECUTED
<INIT;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:15
EXECUTED
<EXTPE:BNB=13929649903;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:54
EXECUTED
<EXTPI:BNB=13929649903;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:05:57
EXECUTED
<TCTDI:BNB=13729286717;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:06:11
RINGING OPERATOR
:READY FOR CONNECTION
CON;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:06:20
TEST CALL RESULTS
BNB
13729286717
R        DEV              RCODE  LOCKED  SELTYPE              CONTYPE
```

```
BSC1EO    MAL1-275          68    NO        RANDOM                STATIC
FREE SUBSCRIBER
END
::TEST CALL RESULTS
BNB
13729286717
R         DEV               RCODE  LOCKED   SELTYPE               CONTYPE
                             100    NO       RANDOM                STATIC
DISCONNECTION BEFORE B-ANSWER
END
:END;
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:06:28
CONCLUSION OF COMMAND TCTDI
END
        NE: CYEMSC    ID: 14976995    TIME: 05/18/2006    11:06:28
PROGRAM TRACING    (1)
 ON VAR
TRARE     VAR H'00 28E4:H'027(H'0002)=H'0000
TRARE     VAR H'00 28CE:H'027(H'0000)=H'09F8     //EOS=2552
```

10.5.3 交换仪表信令监测

采用信令仪表能够客观地记录交换局间信令的交互过程，通过错误消息及对消息中参数的比较分析，能够确定信令配合问题的原因。信令仪表测试可以分为信令解析、信令统计以及流程生成和分析等功能。

10.5.3.1 信令解析

信令解析不仅能够提供比特级的翻译功能，而且能够以简要的形式显示出用户最关心的信息，例如消息传送的时间、链路、消息名称等。针对移动网涉及的信令，信令解析范围包括低层信令（MTP、SCCP、TCAP）和应用层信令（MAP 和 A 接口信令）等。

10.5.3.2 信令统计

信令统计就是通常所说的流量统计，它是针对每个信令链路来进行统计的。由于移动网中采用的七号信令是通过负荷分担的方式来传送消息，通过信令统计就可以了解实际网络当中负荷分担的情况，便于维护人员进行快速调整和优化。从统计内容来看，信令统计包括统计消息的数量、字节的数量，由此计算负荷，得到数值表和流量曲线。从统计范围来看，可以包括底层的信令 MTP、SCCP 和 TCAP，还可包括高层信令 MAP 和 BSSAP 等。从统计方式来看，信令统计可以统计从测试开始到当前时刻的流量，或者以某个时间间隔为周期，如每秒、每分钟、每小时来进行统计，这样可以从不同的角度来查看流量的变化情况。

10.5.3.3 流程生成和分析

流程生成和分析是非常重要的功能。流程记录了一个事务完成的全过程，例如用户打电话的过程、入网登记的过程等。所以流程就是为了完成某项功能在网络中传递一组消息的过程。该消息中记录了完成这项功能所需要的一切信息、流程的结果以及成功或失败的具体原因。

流程分析就是从大量的信令消息中把有关联的流程消息分离出来，并且从中提取出用户关心的信息，如用户号码、小区号、呼叫结果等，从而形成呼叫详细记录或事务详细记录等。

10.5.4 信令监测系统

随着信令网规模扩大，仅采用设备自身和仪表进行信令监测，手段落后，一般都是等到出现问题才进行

测试，维护处于被动。采用信令监测系统是对信令网进行集中管理和实时监测的有效工具。

10.5.4.1 系统组网方案及设备配置

典型的信令监测系统一般采用分布式处理结构，分为中心站、远端站和广域网三部分。其中远端站一般设在信令比较集中的地方，如交换机房，可以节省投资；中心站由图形工作站和中心服务器组成局域网，一般设在维护人员集中的网管中心，可以实现集中维护、集中管理；广域网一般利用已有的广域网或 2Mbit/s 专线，在本案例中，广域网主要传送原始数据和 CDR，通过估算，需要 1M 多的带宽，因此采用 2Mbit/s 专线。网络结构图如图 10-28 所示。系统通过高阻适配器在 7 号信令链路的 2Mbit/s 口上直接采集数据，高阻适配器采用高阻技术、隔离技术、适配技术，使数据采集时不会影响到信令链路工作，又能远距离传输。数据通过长距离测试线送到远端站，远端站完成数据的采集和预处理，形成 CDR（呼叫详细记录），生成的数据报告送到远端站服务器，并通过广域网送到中心站服务器数据库。采用 GPS 授时系统，保证系统时间同步。

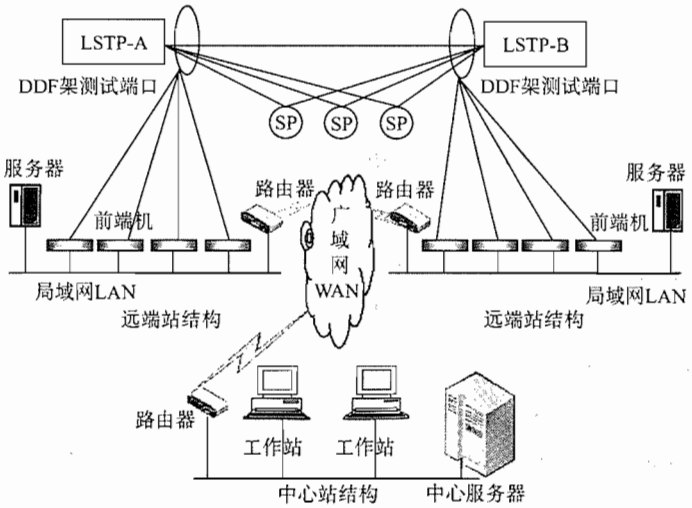


图 10-28 信令监测系统组网图

10.5.4.2 系统主要的应用技术

信令监测系统的研究和应用主要在 90 年代，随着 Internet 和 Intranet 的发展，微机处理能力的提高，管理 No.7 网络和实现信息资源共享成为可能。在本系统中主要采用了以下一些应用技术。

（1）计算机处理技术。前端机的数据采集采用模块化结构，每个采集卡可处理 16～32 条信令链路，按不同的需求配置不同数量的采集卡，保证了系统的高扩展性。经过采集的数据通过前端机、远端站、中心站服务器分布式处理，保证了系统的高处理能力。

（2）时钟同步技术。本系统采用 GPS 时间同步与网络同步结合方式。GPS 时间同步是在每个远端站设计 GPS 接收系统，该方法保证每个远端站时间采集精度为±1ms。网络同步为中心站定时向各远端站发送定时校准信号，保证各远端站的时间精度在±5ms 之间。

（3）高阻隔离适配技术。本系统采用的测试头阻抗大于 2kΩ，并采用不可逆耦合线圈，使测试系统不会影响到被监测信令链路。通过适配器改善波形，使传输距离能达到 1000m。

（4）先进的后向消息触发技术。后向触发是指开辟缓冲区，暂时储存某个呼叫的相关信息，直到收到该呼叫的后向消息时才触发，开始反向在储存的数据中查找前向呼叫消息，合成一个呼叫记录。这种技术对于存在的负荷分担的链路的优势是较易实现，合成的准确性高。

10.5.4.3 系统主要功能

系统主要功能为：

1）信令采集、分析处理。由于目前各运营商普遍网络规模较大，需要具有一定的收敛设计，及多采（集）

少监（测分析）；

2）指定号码追踪功能，用于特定投诉、故障的处理分析；

3）接通率统计分析，包括各类失败的详细分析，主要用于提高网络质量；

4）互联互通中继及业务量分析；

5）对端运营商经营分析，如对端运营商的客户规模，大客户分析等；

6）短信业务分析；

7）其他新业务，如彩铃、GPRS等的专题分析；

8）IP及数据业务分析功能，包括对彩信、WAP的信令采集分析。

10.5.4.4 网间信令监测

网间信令监测主要作用有：

（1）合理分配网络资源

通过不同时期的网间话务分析，制定出网间话务发展的趋势图，及时制定网间的扩容计划；对同一地点不同时期的话务变化，如一些地方定期举行一些活动，在活动期间话务量很高，在平时话务量又很低，如果增加设备，在平时就显得浪费，通过对话务的分析，得出话务变化规律，制定出在话务拥塞时的应急方案。统计不同局向话务的分布，根据话务量分配相应数量的网间中继数和信令数，做到既不会浪费资源又保证话务通畅。

（2）提高网络服务质量，减少运维人员的日常工作量

通过对全网信令的分析，在日常的维护中提供了有力的帮助，提高了用户的满意度。如在网络发生变更后，容易因为中继物理连接问题产生现单通、串音、静音的问题，在以往的维护一般都是通过对该局向的中继进行测试，查找出产生问题的中继，一般需要较长时间，同时还必须对端配合。但是通过对全网超频超短呼叫的统计，可以很快发现超频超短呼叫大部分集中在相同的一些中继上，这些相同的中继就是存在问题的中继，通过对这些中继的处理，快速提高通话质量，提高用户的满意度，同时也减少了运维人员的工作量。对用户投诉的计费差错问题，通过跟踪用户的呼叫过程，分析呼叫信令是否异常（如应答、拆线信号），判断是因网络异常引起的计费或是由用户原因引起的计费，从而能给用户一个合理的答复。

（3）网络实时监测

实时监测跟挂表测试相似，不过它是对全网进行测试，挂表只能对特定的几条信令进行跟踪，同时他还具备了声光告警，能快速放映出整个网络的信令运行状态。在一些交换机中，对误码的容忍度较高，对一些链路因物理原因引起的偶尔滑码、瞬断不会产生声光告警，只是在内部产生一条记录，因此经常产生对端申告有链路告警，但在本端交换机却查不到。但是这些告警在信令监控上能立即放映出来，帮助运维人员立即改善链路的质量。实时监控还能在信令调测中起到很大帮助，如有一次两个接口局割接两条信令链路时，测试一切正常，但是监测系统却出现链路负荷低告警，按照两局得到话务量，不应该出现这种情况，到系统一查，发生对端链路负荷分担的数据有问题，对端发送只是集中在其中一条信令上，另外一条信令基本不起作用。实时监控中还能对用户进行实时跟踪，对具有争议的问题进一步验证。如对用户投诉有时某些号码来电显示不正常，可以通过号码跟踪对该号码进行测试，得出是用户原因、本端网络原因还是对端没有送号码过来。

（4）防止欺诈或纠纷行为发生

因各种原因，有时在网间会出现呼叫不畅或者信令异常现象，这种现象一般都是具有规律性。通过对不同时期网间接通率和呼损情况进行观察，可以及时避免网间的欺诈行为。对网间话务量的统计，如果只是凭交换机本身进行统计，因统计点不同，可能造成双方的值不一样，这个问题在网间结算和网间是否需要扩容时就可能产生不同的见解。通过对异常呼叫的统计，如主叫号码异常、没有送主叫号码、主叫号码位长不足等情况，及时与对方运营商协商，规范网间呼叫流程，减少用户的投诉。

10.5.5 信令分析优化实例

某交换机接通率偏低，同时有互联局向的电话反映用17951拨打区号为045×的固定电话放忙音。根据

反映情况进行了信令跟踪，根据信令跟踪结果判断接续失败的根本原因是超时所致，解决过程如下：

1）关口局互联局向对端客户用 17951 拨叫 045×-××××××××时，拨不完号码就放忙音。

2）联系主叫机房测试，跟踪信令发现，B 局收到 IAM 消息后给我局回的 ACM 消息中带有原因值“SST-发送专用信号音信号”，我局收到 SST 消息后将此消息发送到互联局向，此时主叫用户听忙音。跟踪信令结果如图 10-29 所示。

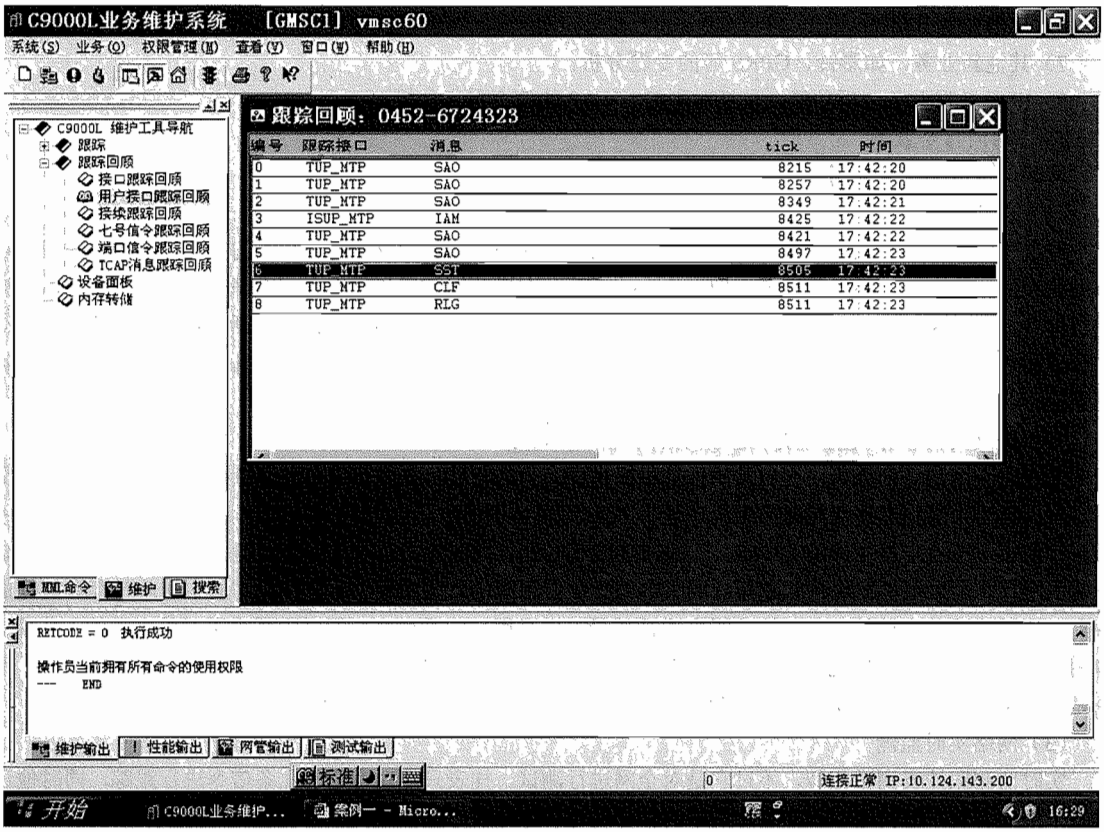


图 10-29 信令追踪结果

因和互联局向的 7 号信令可能存在不规范的地方，看不到对方发过来的 IAI 消息，但从跟踪结果可以看出在我方关口局向 B 局发送 IAM 消息之前，有四个 SAO 消息，号码分别为×.×.×.×，给 B 局的 IAM 消息中，被叫号码为 045×××，消息具体内容如图 10-30 和图 10-31 所示。

根据信令结果可以看出，向 B 局发送 IAM 消息后只有两个 SAO 消息，我局就向燕郊冶金发送了“SST-发送专用信号音信号”消息，也就是说主叫方当拨到 045×—××××时就听到了忙音，我局向对方发送 SST 的原因是收到了 B 局的 ACM 消息中含有失败原因值“发送专用信号音”，B 局给我局发的 ACM 消息如图 10-32、图 10-33 所示。

根据整个跟踪到的信令结果分析，呼叫失败的原因应该是接续时延太长造成呼叫失败。咨询互联局向机房数据人员，对方在被叫号码分析表中把 17951 字冠的最小位长设置为 7 位，在对方送过来的 IAI 消息中被叫号码应该是 1795104，后面的号码通过 SAO 送过来，如果被叫号码太长，SAO 消息太多，会因为时延太大而造成呼叫失败。

联系互联局向对端机房将被叫字冠 17951 的最小位长由原来的 7 位改为 11 位后，呼叫正常。

关于类似呼叫超时的问题，一般有两种解决方法：

（1）通过修改“业务检查表”中相应呼叫源码的延迟收号时长来增加时延的办法解决，此办法一般用于

一号信令互联的局向呼叫超时的解决。

（2）联系主叫局确认在中继群表中一次发送最大号码长度满足情况下修改被叫字冠的最小位长，使得主叫局多收到几位再进行分析选路，这样在初始地址消息中送过来的位数会增加，从而相应减少 SAO 的数量来降低整个呼叫过程的时延来提高接通率。

```
          ▼ ISUP消息(ISUP)
            ▼ 用户接口跟踪时的消息头
00000010          发送者模块号(Sender_mid)     :02
00010010          发送者进程号(Sender_pid)     :12
00000010          接收者模块号(Receiver_mid)   :02
00011001          接收者进程号(Receiver_pid)   :19
********          消息长度     (Message_Length):00 26
00000000          消息原语:00
00------          ISUP备用:00
--100110          ISUP消息内容长度:26
                ▼ 业务指示八位位组SIO
10------              网络指示语:国内网(NAT)
--00----              备用(Spare)
----0101              业务指示语:ISUP
********          目的地址       :03 FF 0E
********          起源地址       :03 FF 2D
00001010          信令链路选择码     :0A
********          电路识别码     :00 FA
00000001          标题码:初始地址 Initial Address (IAM)
```

图 10-30　IAM 信令详细解码

```
                ISUP消息
                  **长度固定的必备参数部分(Mandatory Fixed Part)**
                ▼ 连接性质表示语参数字段
000-----            备用                  :00
---0----            回声控制装置表示语:未包括去话半回声控制装置
----00--            导通检验表示语      :不需要导通检验
------00            卫星表示语          :连接中无卫星电路
                ▼ 前向呼叫表示语
00------            ISDN用户部分优选表示语:所有方向都优选ISDN用户部分
--0-----            ISDN用户部分表示语     :不是所有方向都使用ISDN用户部分
---0----            端到端信息表示语       :无端到端可用信息
----0---            互通表示语             :未遇到互通
-----00-            端到端方式表示语       :端至端方式不可用
------0             国内/国际呼叫表示语    :呼叫按国内呼叫处理
0000----            国内备用               :00
----0---            备用                   :00
-----00-            SCCP方式表示语         :无指示
------0             ISDN接入表示语         :始发接入非ISDN
                ▼ 主叫用户类别
00001010            普通用户，在长(国际)-长，长(国际)-市局间使用
                ▼ 传输媒介请求
00000011            传输媒介请求:3.1KHZ音频
00000010          必备的长度可变部分指针:02
00000111          任选部分的开始指针:07
                  **长度可变的必备参数部分(Mandatory Variable Part)**
                ▼ 被叫用户号码
00000101            被叫用户号码参数长度指示语:05
0-------            奇偶表示语                  :偶数个地址信号(Even Number of Address Signals)
-0000011            地址性质指示语              :国内有效号码(National Significant Number)
1-------            内部网号码表示语            :不允许选路到内部网号码
-001----            编号计划表示语              :ISDN(电话)编号计划
----0000            备用                        :备用(Spare)
                    地址信号,B表示*,C表示#,若为F表示ST,地址结束
********            045267
```

图 10-31　IAM 信令详细解码（续）

图 10-32 ACM 消息详细解码

图 10-33 ACM 消息详细解码（续）

10.6 短消息优化

10.6.1 概述

短消息优化涉及终端、无线网、交换网、信令网、短消息中心等多个网元及系统，各系统需要关注的主要指标如图10-34所示。

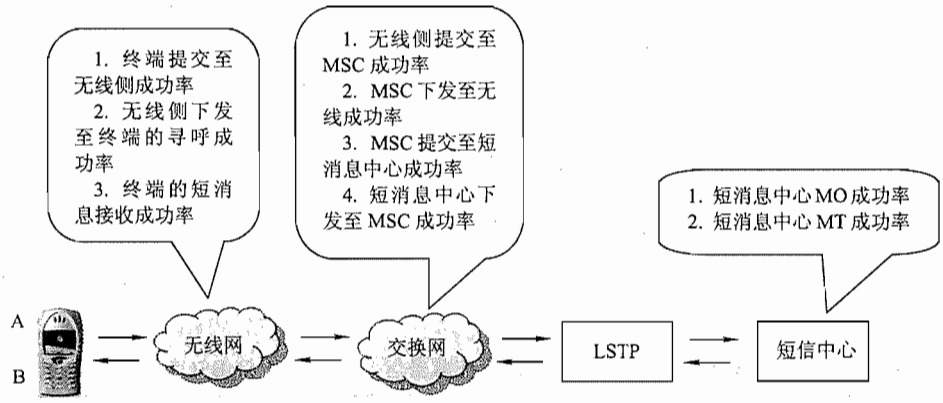


图10-34 短消息优化相关指标

10.6.2 终端相关优化

1. 针对终端不规范进行的优化

终端相关优化主要是针对部分短消息协议标识不规范的终端在系统进行容错设置。在终端上发的短消息中，使用的上层协议标识PID（PROTOCOL-IDENTIFIER），该字段在短消息体中占用了1B，所取值范围是0～255，对0～127在GSM规范当中进行了定义，从128～255并没有进行定义。

针对部分手机终端不是很规范，所发送短消息当中的PID值经常出现不符合GSM规范的情况。如果一旦其PID值进入到GSM规范的保留范围当中，就会导致发送失败，或者由于主叫号码和被叫号码对PID的理解不统一也会导致接收方显示乱码。

部分短消息中心提供了PID重路由的功能，一旦用户发送短消息包含不规范的PID，短消息中心就会将其转换为0。防止发送失败或接收方无法正常显示。

2. 手机关机或内存满

针对客户手机关机，一般的优化方法效果不明显，针对客户手机内存满，可以在群发短消息的内容中对客户进行一些提示。

3. 其他问题

1）客户终端忙，例如当短消息下发时恰好客户正在进行位置更新，或正在发送短消息等。

2）客户欠费，或没有短消息业务功能。

10.6.3 网络侧优化

1. 网络协议错

（1）错误原因

网络协议错是由MSC的CLEAR CODE 0×603，0×B13，0×318造成的，其中前两类比例较大，0×603是由于A接口BSC至MSC传送短消息的信令不完整造成的。0×B13是由于MSC收到了CLREQ，即无线

信道掉话；0×318 是由于 MSC 下发短消息的过程中收到 IMSI DETACH INDICATION，即手机在接收短消息的过程中掉电。这三种原因均是由手机或无线部分造成的。

（2）优化建议

通过对上面这些现象的分析，先前我们已经发现的应用下发短消息成功率较低的情况，我们建议先对应用下发短消息进行调整。

1）降低应用下发短消息的优先级

一般短消息中心在发送短消息时会根据不同情况设置短消息的优先级，当被叫用户的队列为空时短消息的优先级为低，当被叫用户的队列非空时发送短消息的优先级为高。当短消息优先级为高时，会强制进行下发。

根据 GSM 规范定义，用户处于 ABSENT 状态时低优先级就不会再继续下发，而高优先级则会继续下发。

而在我们上面的统计中，网络协议错与 ABSENT SUBSCRIBER 基本同时出现，所以很有可能与短消息高优先级有关。

2）修改应用下发短消息出现 ABSENT SUBSCRIBER 错误的重发周期

对于出现的 ABSENT SUBSCRIBER 错误，当用户可达时 HLR 会发送 ALERT 消息通知短消息中心，因此设置较频繁的重发周期，会加大短消息中心的负担，也会增大其他错误发生的概率。

例如，某短消息中心对于手机关机或不在服务区（ABSENT SUBSCRIBER）错误采用如下的重发机制如表 10-8 所示。

表 10-8 优化前短消息中心手机关机或不在服务区（ABSENT SUBSCRIBER）的重发机制

错误名称	错误代码	英文名称	重发周期
手机关机或不在服务区	29	Absent subscriber	15M，2H，5H，10H

为减少频繁的重发，调整重复周期成如表 10-9 所示。

表 10-9 优化后短消息中心手机关机或不在服务区（ABSENT SUBSCRIBER）的重发机制

错误名称	错误代码	英文名称	重发周期
手机关机或不在服务区	29	Absent subscriber	15M，2H，10H，VP

2. MSC 未知用户

这种错误的出现主要是随交换网的调整而呈现相应的变化。

（1）关于 MSC 未知用户错误的分析

目前 MSC 在进行软件升级时都会清除 VLR 上相应的数据，而清除时并不会通知 HLR 将该用户的相关信息进行相应的变化或清除。这样当进行短消息下发时 HLR 告知用户所在的 MSC，而当短消息下发到这个 MSC 后 VLR 上却查不到该用户的任何信息。这样就会返回 MSC 未知用户的错误。

大部分厂家的 MSC 每天凌晨会定时清除 VLR 上处于关机状态的用户信息。对于大多数用户来说，当手机重新开机或者入网后，VLR 中的数据重新登记。但是神州行等预付费用户很多处于长期关机状态，VLR 中暂存的数据就会丢失，而只在 HLR 上保存用户信息。

而目前对于“MSC 未知的用户”的错误设置的重发的优先级比较高，也导致了“MSC 未知的用户”的错误叠加。因为如果下发短消息的优先级为高，下发短消息时即使用户在 HLR 中的状态是关机或不在服务区，短消息也会继续下发到 MSC，而此时 VLR 上的用户数据又被删除所以就会产生“MSC 未知的用户”的错误。而如果优先级置为低，下发短消息时如果用户在 HLR 中的状态是关机或不在服务区，短线就不会再继续下发，就不会产生“MSC 未知的用户”的错误。

（2）优化建议

通过对上面这些现象的分析，对于先前我们已经发现的应用下发短消息成功率较低的情况我们建议先对应用下发短消息进行调整。

1）降低短消息下发的优先级

根据上面对短消息优先级的分析描述，短消息中心在发送短消息时会根据不同情况设置短消息的优先级，当被叫用户的队列为空时短消息的优先级为低，当被叫用户的队列非空时发送短消息的优先级为高。当短消息优先级为高时，会强制进行下发（即使该用户在HLR中的状态为关机或不在服务区）。这样在下发短消息时出现MSC未知用户的概率就会大大增加。将来如果可以将短消息下发的优先级降低，短消息下发时首先检查用户在HLR中的状态，如果状态正常再进行下发，如果状态异常就不再进行下发。这样出现MSC未知用户的概率就会有大幅度的下降。

2）修改应用下发短消息出现MSC未知用户的重发周期

对于出现的MSC未知用户，当用户可达时HLR会发送ALERT消息通知短消息中心，因此设置较频繁的重发周期，会加大短消息中心的负担，也会增大其他错误发生的概率。

例如，某短消息中心对于MSC未知用户采用如下的重发机制，如表10-10所示。

表10-10 优化前短消息中心MSC未知用户的重发机制

错误名称	错误代码	英文名称	重发周期
MSC未知用户	89	Unidentified Subs Via MSC	15M，2H，5H，10H

建议调整成与内存满错误相同的重复周期，具体取值如表10-11所示。

表10-11 优化后短消息中心MSC未知用户的重发机制

错误名称	错误代码	英文名称	重发周期
MSC未知用户	89	Unidentified Subs Via MSC	1H，VP

（3）针对群发峰值流量大的SP的优化

由于SP群发（如天气预报）等峰值流量大，如果针对一个地市的客户集中发送，会导致瞬间BSC.寻呼能力等过载，出现较多的下发短消息失败问题。针对此类问题，可以协调SP将同一时刻发送的客户号码分散到不同地市，同时短消息中心可以进行适度的流量控制，表10-12为进行流控前后的失败数量及比例统计。

表10-12 优化前后MSC无应答错误数量及比例

时间	SP名称	全天消息量	MSC无应答错误数	错误占总量比例（%）
优化前	SP1	851547	15760	1.85
优化后	SP1	855883	7707	0.90
优化前	SP2	600497	12949	2.16
优化后	SP2	614570	7348	1.20

从统计数据上看，增加流量控制后各SP从不同程度上下发错误数都有所减少，因此增加流量控制有效地减少了MSC无应答错误。

10.7 交换无线协同优化

交换无线协同优化主要是通过NSS、BSS相互关联的参数及计时器的调整匹配，优化网络资源使用效率，避免NSS、BSS间异常中断的信令流程，提高网络质量。

10.7.1 计时器协同优化

10.7.1.1 交换机计时器

1. T301

MSC 侧对久叫不应的定时器，即 MSC 呼叫处理中对 ALERTING 和 CONNECT 消息间的定时器。一般建议与 T9 计时器保持一致，设置为 90～180s。

2. T303

MSC 侧的定时器，即呼叫处理中对 SETUP 和 CALL CONFIRMED 消息间的定时器。一般设置为 10～30s。

3. T305

MSC 侧对挂机过程进行监视的定时器，MSC 发送 DISCONNECT 消息时启动，MSC 收到 RELEASE 消息或者 DISCONNECT 消息时停止，定时器超时后 MSC 发送 RELEASE 消息拆线。该参数一般设置值 3～30s。适当地减小该值能够节省网络资源，降低掉话率。

4. T308

MSC 侧资源释放过程监视定时器，MSC 发送 RELEASE 消息时启动，MSC 收到 RELEASE COMPLETE 消息或者 MSC 收到 RELEASE 消息（即冲撞时或 MS 没有收到 RELEASE 消息造成手机 T305 超时）时停止。处于“释放请求”状态的网络侧 CC 实体在 T308 第一次超时时，将重发 RELEASE 消息，重新启动 T308，继续保持在“释放请求”状态。在 T308 第二次超时时，网络侧 CC 实体将释放 MM 连接，并返回“空”状态。该参数一般设置值 3～30s。适当地减小该值能够节省网络资源，降低掉话率。

5. T3109

MSC 侧对呼叫重建的定时器，即呼叫处理中 MSC 对收到 CLEAR REQUEST 和 MSC 收到 CM REESTABLISHMENT REQUEST 消息间的定时器。一般无线侧是关闭呼叫重建功能的，此时该计时器可设置为 0s，如果无线侧开启呼叫重建功能，该计时器应大于无线链路超时时长。

6. MSC 周期性位置更新定时器

MSC 周期性位置更新定时器，即 MSC 在周期性位置更新时间内 MSC 没收到 MS 任何信息，MSC 在 VLR 中自动将 MS 置为 IMSI 分离，该参数必须大于无线侧 T3212 计时器。一般建议在市区由于无线覆盖良好，该参数设置为 2h，在农村及山区，该参数设置为 1h。

7. MSC/VLR 中删除用户数据的定时器

MSC 的 VLR 中删除用户数据的定时器，即 MSC 在该时间内没收到 MS 的任何信息，VLR 自动将该用户进行删除，一般设置为 24h。

10.7.1.2 A 接口计时器

1. TNT2 计时器

取值范围：1～30s。

此计时器设置从 ASSIGNMENT 到 ASSIGNMENT COMPLETE 消息的最长等待时间。推荐值是 5s。此计时器的取值应大于 BSC 侧 T11 计时器。

2. TNT3 计时器

取值范围：1～30s。

此计时器设置从 CLEAR COMMAND 到 CLEAR COMPLETE 消息的最长等待时间，推荐值是 5s。此计时器应大于无线侧 T3109 计时器与 T3111 计时器之和。

3. TNT4 计时器

取值范围：1～30s。

此计时器设置从 CIPHER MODE COMMAND 到 CIPHER MODE COMPLETE 消息的最长等待时间，推荐值是 5s。

4. T101 计时器

取值范围：1～10s。

此计时器设置切出交换机（MSC_A）从 HANDOVER REQUEST 到 HANDOVER REQUEST ACKNOWLEDGE 消息的最长等待时间。推荐值是 5s。

5. T201 计时器

取值范围：1～30s。

此计时器设置切入交换机（MSC_B）从 HANDOVER COMMAND 到 HANDOVER COMPLETE 消息的最长等待时间，推荐值是 5s。

6. TQT 计时器

取值范围：1～30s。

此计时器设置无线侧排队的最长等待时间，推荐值是 5s。

10.7.2 接续时延优化

GSM 移动通信系统的接续时延是客户十分敏感的指标，如何有效缩短接续时延，同时不影响网络质量是需要认真研究的问题。下面就交换、无线两个方面进行阐述。

10.7.2.1 交换接续时延优化

交换接续时延优化的主要方面有：鉴权参数优化及寻呼策略优化等。

1. 鉴权参数优化

（1）VLR 参数

如对 VLR 单元中以下参数作优化调整，将对网络质量产生好的影响。

1）AUTHENTICATION RETRY 参数：查看该参数控制是否容许鉴权重试，一般设置为开启，以提高网络的鉴权成功率。

2）TMSI AUTHENTICATION RETRY：查看该参数控制在第一次 TMSI 鉴权失败时是否进行鉴权重试，建议使用 TMSI 的鉴权重试，将该参数设为打开。之所以使用 TMSI 鉴权重试，基于两点：一是因为在无线传播中 SRES 或 RAND 有可能被破坏而导致鉴权失败；二是因为，如果移动台是用 TMSI 标识且第一次鉴权失败，有可能存在 VLR 里的 TMSI 和移动台里的 TMSI 不匹配的情况。网络会用 IMSI 检查移动台的 IMSI，如果正确，系统会根据其 IMSI 号码获得新的鉴权三位组（TRIPLETS），并开始新的鉴权过程。

3）TRIPLETS：该参数决定 VLR 何时向 AUC 索要鉴权三位组（TRIPLETS）。当用户移动到一个 MSC 时，MSC 可以通过已被使用过的 Triplets 进行鉴权处理，但如果此时 VLR 中 Triplets 等于 0，则 MSC 只能向 AUC 索要鉴权数据。此过程会延长一个新用户登录网络的时间，如果太频繁向 AUC 取三位组，则增大了 VLR 和 HLR 之间链路的负载。建议此参数改为 2，意义是当三位组降低到 2 时，VLR 便及时地索要新的鉴权三位组。

4）TMSI PAGE REPETITION IN MT CALL、TMSI PAGE REPETITION IN MT SMS、TMSI PAGE REPETITION IN MT USSD：这组参数与寻呼相关，定义在 TMSI 寻呼失败后是否进行 IMSI 寻呼。一般将 TMSI 设为“Used”，所以会先用 TMSI 寻呼。然而，TMSI 寻呼有可能失败，所以在 TMSI 寻呼失败后会再使用 IMSI 寻呼。

（2）PLMN 参数

1）CIPHERING：加密功能。若开启 CIPHERING，则 A 口会增加两条信令（见图 10-35 中虚线框标注所示），从而会增加 A 口的信令链路负荷，并且呼叫接续的时间也会变长，因此为缩短接续时延，科研将该参数设为关闭。但部分手机在网络关闭加密功能后显示“网络加密（安全）功能未打开”，可能对客户感知产生不良影响。

2）MSRN LIFE TIME：如果漫游号码生命周期太短，呼叫将被清除并产生 CLEAR CODE 0×405（ERRONEOUS REQUEST FROM CO-PROCESS）。当一个呼叫在到达 VMSC 前被中断，其漫游号码会保存到其生命周期结束为止。因此，如果生命周期时间设得太长，就可能由于没有及时释放部分漫游号而造成系统无足够的漫游号。因此，可以适当调节 MSRN 的时间。根据网络的跟踪显示，最大的 MSRN 保持时间在 20s 左右。

3）TMSI ALLOCATION：根据 GSM 规范，TMSI 在位置区中是惟一的，所以 TMSI 除了在用户开机时

分配外，还应在用户位置更新时分配新的 TMSI 号码。所以，LOC UP NEW VIS，LOC UP 和 IMSI ATTACH 三项参数应设为 1，其余参数的范围，可以根据安全性程度设定为 0～250。但缺点是会稍微增加信令负荷和 CPU 负荷，降低系统处理能力。另外，频繁的 TMSI 分配也会使 TMSI 不匹配的可能性增大，建议其余参数设为 0。

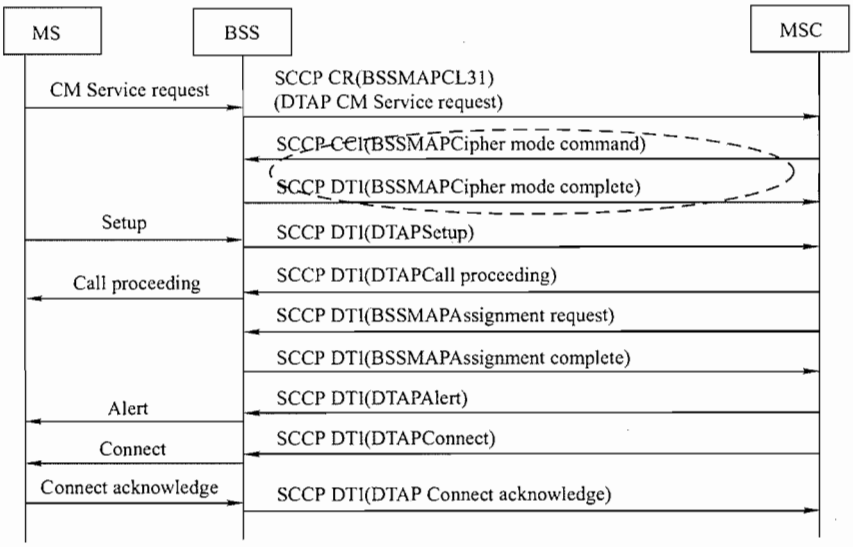


图 10-35 CIPHERING 加密流程

4）AUTHENTICATION：根据 GSM 的建议，鉴权必须在以下两种情况下进行：在用户第一次进入网络（IMSI ATTACH）和 VLR 之间做位置更新时。其他情况下的鉴权只是为了改变密钥（CIPHERING KEY）。出于安全性考虑，密钥必须隔一段时间就要改变。因此，必须在发起呼叫和接收来话时进行鉴权。但是密钥在中国没有使用。由于鉴权需要从 AUC 中获取 TRIPLETS，会增加 VLR 和 HLR 之间的信令负荷，还会增加呼叫建立以及短信和位置更新的时间，所以其余各项可以设为 0。

10.7.2.2 无线接续时延优化

无线侧接续时延分主叫接续时延和被叫接续时延两部分。这两部分都包括立即指派流程，被叫还有寻呼流程。立即指派流程在 3.2 节已进行了详细论述，此处只论述影响接续时延的因素。

1. SDCCH 拥塞

SDCCH 拥塞会引起主叫接续失败，被叫一次寻呼失败引发二次寻呼等问题，对接续时延影响较大。出现 SDCCH 拥塞时，解决方案有：

1）对于用户起呼数量多的情况，检查该小区的 TCH 是否拥塞，如果 TCH 不拥塞，则可以改动配置增加 SDCCH 的数量。

2）其中如位置更新的比例过大，说明当前小区在 LAC 区边缘，可以修改 CRH 或重新合理划分 LAC 区。

3）如果 TCH 同时也拥塞，可以适当减小该小区的 CELLRESELECTOFFSET 值，同时提高邻小区的 CRO 值设置，使空闲状态下的手机在小区选择时尽量多选择其他小区，从而减小本小区的用户起呼请求，降低 SDCCH 拥塞。当网络为双频网时，用 1800MHz 小区来分担 SDCCH 拥塞也是采用该方法。但此方法会引起用户使用的小区不是信号最好的小区，在信号较差的地方会影响通话质量。

4）对于位置区周期更新时间过短而造成的 SDCCH 拥塞的情况，延长位置区周期更新的时间 T3212 即可解决该问题。注意与 BSC 及 MSC 的配合问题。

5）适当增加 T3122 的值，避免 SDCCH 拥塞时手机不断发请求，而不断被计数造成拥塞指标高。T3122

立即分配失败时（NO SDCCH），手机重发下一次要求所需间隔的时间。

6）检查重复分配率，对重复分配率高的站进行优化，可以减少资源浪费，缓解 SDCCH 拥塞。

7）扩容载频，以根本解决拥塞。

8）有一种其他原因造成 SDCCH 拥塞的假象。可能性一：当小区修改了 LAC 和 CI 值之后（BSS 级），如果这两种值中的任何一种在 NSS 交换机侧并没有定义补充或定义错误，那么就可能造成 SDCCH 不断尝试位置更新或小区重选，这时 TCH 溢出严重，现象是任何用户无法拨进或拨出，但可占用 SDCCH。SDCCH 资源占用次数可能增大百倍。可能性二：设备隐性故障导致小区数据混乱，这种情况下锁闭一下小区，然后重新解闭。如果还不行则将小区重新装载一下新数据。

2. SDCCH、TCH 排队

目前 GSM 无线设备一般均有 SDCCH、TCH 分配排队功能，此功能在可以一定程度上解决突发话务导致的溢出问题，平滑话务的尖峰。但平均排队数量需要密切监测，过多的排队会导致接续时间变长等问题。

10.7.3 寻呼优化

10.7.3.1 寻呼原理

当一个手机被寻呼时，MSC 就会通过 BSC 向对应 LAC 范围内的所有基站发出寻呼请求，如图 10-36 所示。

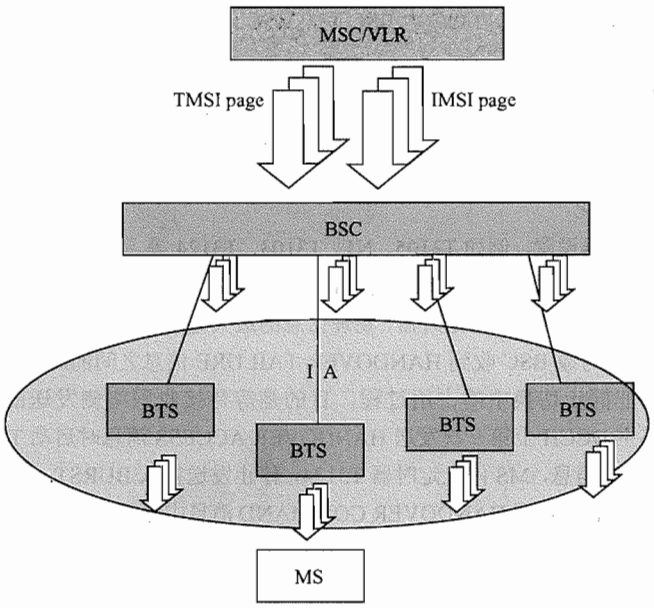


图 10-36 寻呼过程示意图

如果寻呼不到用户，MSC 会根据设置选择是否进行再次寻呼，两次寻呼的间隔根据预先设定的参数确定。由于 BTS 必须通过有限的 PCH 向移动台 MS 发送寻呼请求（PAGING COMMAND），移动台 MS 根据参数 AG（预留 AGCH 块）和 MFR（CCCH 复帧的周期）计算出应该监听的寻呼周期，周期性地监听所属的寻呼组。移动台 MS 监测到基站发送的寻呼请求，做出响应（PAGING RESPONSE）。

10.7.3.2 寻呼参数

1. LAC

由于 GSM 系统的寻呼是基于 LAC，因此 LAC 的规划就非常重要。LAC 主要有以下两项功能：

1）在此区域内，网络发起对某个手机的呼叫，此区域内所有的基站都会进行寻呼。因此假如一个 LAC 涵盖的基站数过多，用户数过多，大量的寻呼将导致 BTS 寻呼负荷过载。

2）手机进入一个新的 LAC 服务范围内，必须发起位置更新请求（location update），更新 HLR 及 VLR 内的位置记录。因此网络的 LAC 数过多，会造成手机频繁的位置更新，浪费相应的信令资源。

2. 寻呼重试次数和重试时间间隔

第一次寻呼没有响应后，MSC 根据寻呼重试次数和重试时间间隔等参数进行寻呼重试。推荐的寻呼重试次数为 1 次，寻呼重试时间间隔为 5～7s。取值根据如下参数确定：

1）寻呼次数、寻呼间隔之积小于七号信令中 T7（等待 ACM 消息定时器）定时器。T7 在规范中取值范围为 20～30s；

2）寻呼间隔要大于无线测 T3101（信道请求到收到立即指派）的时长，T3101 时长同无线覆盖、SDCCH 的负荷有关。对于无线覆盖好的市区一般设置的时间为 2～3s，对于无线覆盖差、话务量低的郊县一般设置为 3～5s。

3）寻呼次数过少（如只有 1 次）会影响寻呼成功率，增加次数会提高寻呼成功率，但会延长接续时长。通过统计分析发现，85%以上的用户在第一次寻呼就能够成功，其余 10%左右的用户能够在第二次寻呼时成功，用户对二次寻呼的时延基本上能够接受。

10.7.4 切换优化

10.7.4.1 概述

切换可以分为如下 5 类：BSC 内，MSC 内 BSC 间，MSC 间，MSC 间连续切换，MSC 间切换并最终切回原 MSC。

10.7.4.2 MSC 局数据检查

首先本 MSC 需要定义完整相邻 MSC 的 MSRN 号码信令路由数据，而后需要定义每个相邻 MSC 所带的相邻小区 LAC 及 CELLID 数据。

10.7.4.3 切换相关计时器优化

检查与切换相关的定时器设置，例如 T3105、N1、T3103、T3124 等。T3105 表示发送给 MS 的两次物理信息的时间间隔。当发送物理信息时，网络启动定时器 T3105。如果在接收到任何来自 MS 的正确帧前定时器失效，网络会重发物理信息消息及重启定时器，物理信息的最大重复次数为 N1。一定要满足：N1×T3105>T3124+△（△：T3124 超时与原 BSC 收到 HANDOVER FAILURE 消息之间的时间），手机才有可能切换成功。T3124 定时器用于非同步切换中的占用过程，目的是等待接收网络侧发送的物理消息 PHYSICAL INFORMATION。MS 在主 DCCH 上第一次发送 HANDOVER ACCESS 消息时启动 T3124；当 MS 收到一条 PHYSICAL INFORMATION 消息，MS 停止定时器 T3124，停止发送接入 BURST，激活发送和接收模式的物理信道，并在需要时连接此信道。如果 HANDOVER COMMAND 消息中分配的信道类型为 SDCCH(+SACCH）时，T3124 设置为 650～700ms；其他情况下，T3124 设置为 320ms。

10.7.4.4 切换优化案例

某地在优化的过程中，通过分析 BSS 侧的话务统计，发现一部分小区的切入失败率比较高。针对这种情况，采用 K1205 信令仪对发生切入失败较多的小区进行了大量的信令跟踪，采用 COMPASS 后台分析软件分析信令 LOG，发现 MS 由源小区（LAC=12644，CI=20522）向目标小区（LAC=12587，CI=11993）切入失败，详细流程如图 10-37 所示。

在 HANDOVER REQ 消息中的信道类型 CHANNEL TYPE 为 GSM HR SPEECH V1（半速率）。

由图 10-37 可以清晰的看出，这两次切入的不同之处在于 HANDOVER REQ 消息中的信道类型 CHANNEL TYPE 不同所致。由于 BSS NOT EQUIPPED 导致的切入失败次数很高，其共同点都是 HANDOVER REQ 消息里的 CHANNEL TYPE 为 GSM HR SPEECH V1。

同时，我们对这些切入失败较高小区的邻小区进行了归纳和汇总，发现相邻 MSC 的小区均开启了语音半速率功能，所以当发生切入时，由于本 MSC 小区不支持 CHANNEL TYPE 是 GSM HR SPEECH V1（半速率），从而直接导致了切换的失败。

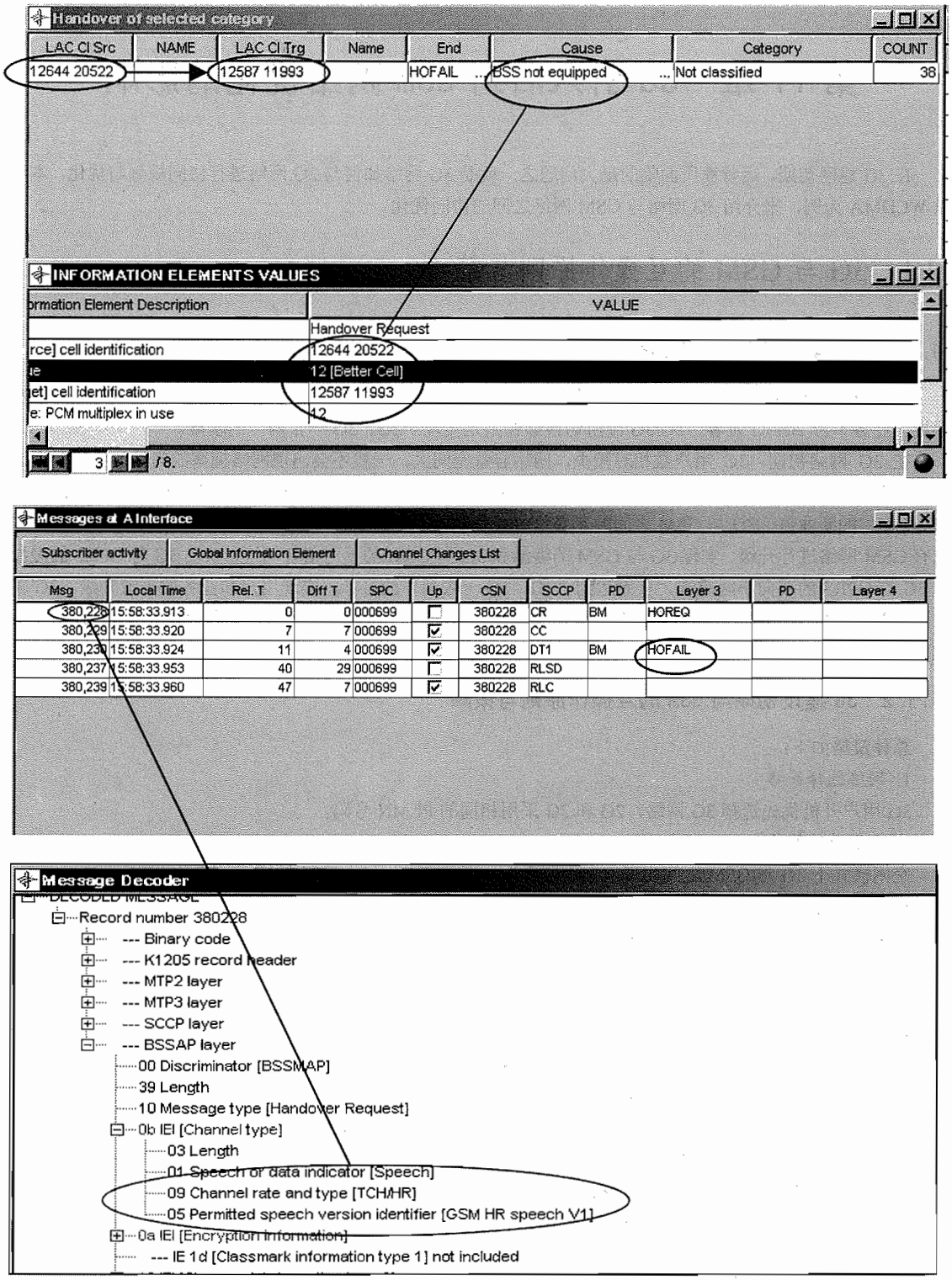


图 10-37　切入失败详细流程

第 11 章　3G 引入后对 GSM 网络优化的影响

在 3G 建网初期，运营商所面临的最大问题之一就是 3G 网络如何与 2G 网络进行协同规划与优化。本节以 WCDMA 为例，来介绍 3G 网络与 GSM 网络之间的协同优化。

11.1　3G 与 GSM 的互操作原则与策略

11.1.1　3G 建设初期的组网策略

3G 组网应当坚持“2G、3G 一张网”的原则，充分利用 2G 资源优势，实现 3G 与 2G 的有效融合。双模手机、业务平台 2G/3G 兼容、2G/3G 漫游切换顺畅则是实现“2G、3G 一张网”的基础。

在 3G 网络初期，3G 用户数相对较少，网络容量空间大，一般不会出现网络拥塞的问题，不需要考虑 2G/3G 之间的负荷分担，而是应当制定 3G 双模终端用户优先选择 3G 网的原则，以保证 3G 用户尽可能享受到 3G 提供的新业务，3G 与 GSM 之间的互操作主要是基于覆盖的小区重选和切换。在具体实现上，通过对现有 GSM 网络进行升级、实现 3G 与 GSM 的漫游和 3G 到 GSM 的单向语音切换，以及 3G 与 GPRS 的漫游和 3G 与 GPRS 的双向小区重选，从而达到“2G、3G 一张网”的目标，实现用户和业务的平滑升级。3G 覆盖区内双模手机用户的话音和数据业务主要由 3G 网络承载，3G 覆盖区以外的话音和数据业务由 2G 网络承载。

11.1.2　3G 建设初期与 GSM 的互操作原则与策略

总体策略如下：

1. 网络选择策略

3G 用户开机优先选择 3G 网络，2G 和 3G 采用相同的 PLMN 号码。

2. 小区重选策略

空闲模式下 3G 与 GSM 之间实现双向小区重选，并保证 UE 优先驻留在 3G 网络。

3. 2G/3G 位置区设置

采用独立位置区的设置原则，即 3G 与 GSM 不共位置区。

4. 系统间切换策略

1）CS 域采用 3G 到 GSM 的单向语音切换；

2）PS 域采用 3G 与 GPRS 之间的双向切换（即小区重选）；

3）分组域+电路域并发业务时，执行 3G 至 GSM 的单向语音切换；

4）CS 和 PS 业务分别设置 3G/2G 切换参数。

基于“2G、3G 一张网”的组网原则，在 3G 网络建设初期，GSM/3G 多系统操作应当遵循：

1）影响最小原则：保证现有 GSM 网络的稳定性。

2）切换最少原则：减少系统间切换，避免频繁的系统间重选。

3）质量最好原则：改善系统间切换成功率。

11.1.3　切换区与邻区设置的原则

11.1.3.1　切换区的选择

在切换区的选择和优化过程中，应当遵循以下几条基本原则：

1）避免 3G 覆盖区的边界区信号突然衰落。如果信号突然衰落区域在 3G 边界，则建议进行网络优化，增加信号强度或者重选引入 3G 信号。该原则也适用于 3G 内部异频切换处的信号配合。

2）避免 3G 边界与 GSM 小区边界的重叠。如果在 3G 边界处 GSM 覆盖较好，则有利于 3G 向 GSM 的成功切换；相反若 3G 边界设置不当，在进行切换时，GSM 网络信号强度不够，则增大了异系统测量失败或信令交互失败的可能，从而导致掉话。

3）3G 覆盖区内部尽量完成信号的连续覆盖，减少信号盲区和弱区，尤其要避免人流较多处的信号盲区和弱区。3G 信号在这些地点往往突然衰落，来不及进行系统间的测量和切换，导致系统切换失败概率较高。通过提高覆盖率，可将系统间的切换尽量推向 3G 覆盖区的边缘，减少系统间的切换次数。

4）3G 网络的边界应尽量选择在人流密度小的区域，避免边界发生在人流密度较高的区域（车站、码头等）。这样既可减少系统间切换的次数，也避免了因处理能力不足而使信令交互延时/失败，最终导致切换掉话。

5）避免将切换区设置在 GSM 忙小区的位置，因为 GSM 小区有可能无资源可用。城区尽量进行 3G 连续覆盖，尽量将切换区设置在郊区。

11.1.3.2　邻区设置与优化

在网络投入运营之初邻区丢失错误是应该避免的，因为此前的优化工作主要表现为高成本的人工测试，通过对路测结果的分析很容易发现未定义邻区。在网络投入运营后，随着边运营边扩容的进行，新站开通后未能及时更新邻区列表是可能发生的。

在 GSM 中邻区未定义可能造成掉话，因为覆盖不能连续，信号先变弱，然后质量差，可能还会触发错误方向的紧急切换。而在 3G 中，邻区未定义也是造成掉话的一个原因，掉话之前表现为 E_c/I_o 会突然下降，下行链路误码率升高，直至服务中断。

邻区优化的另一项内容是避免定义过多的邻区，以减少邻区同步的耗时，避免不必要的切换和盲目的切换。3G 允许定义三组不同的邻区列表：

1）一个小区可以定义同频的 32 个 3G 邻区列表；

2）一个小区可以定义在两个异频上的 32 个 3G 邻区列表；

3）一个小区可以定义异系统的 32 个邻区列表。

对 2G/3G 的邻区列表设置和优化，应当注意：

1）3G→2G 方向，可以只设置 GSM900 小区作为 3G 邻区；2G→3G 方向，GSM900 和 1800 小区都需要设置 3G 邻区。

2）2G/3G 邻区设置可以参考共站址的 2G 小区的邻区关系来设置邻区，并且根据具体网优结果（信号电平分布，掉话分析，切换失败分析等）来优化 2G/3G 邻区设置。

3）2G 小区配置 3G 邻区参数时，可只配置 3G 频点，不配置扰码。缺点是不支持 2G 向 3G 的切换（但对于单向切换策略，这不是一个缺点），理论上会稍加长重选时间，但可以大大降低建网初期邻区数据配置工作量，加快开局速度。

11.2　小区重选策略研究

11.2.1　3G 至 GSM 的小区重选

1. 3G 至 2G 的小区重选算法描述

在由 UMTS FDD 小区重选至 GSM 小区之前，UE 首先将判断自身是否满足异系统测量的条件。网络通过参数 S_SearchRATGSM 来控制 UE 对 GSM 小区的测量，如果服务小区的 Squal 值大于该参数定义的门限值，则 UE 不执行对相邻 GSM 小区的测量，否则将对相邻 GSM 小区进行测量；如果系统消息中没有配置该参数，则 UE 无需判决就对相邻 GSM 小区进行测量。

小区重选的过程包括三步：

（1）对测量小区进行 S 标准的判决：当测量小区的信号满足小区选择的 S 标准时，则会把该小区放到 R 规则进行排队，S 标准如下：

Squal>0 并且 Srxlev>0

其中：

Squal=Qqualmeas–Qqualmin，表示小区选择质量值。

Srxlev=Qrxlevmeas–Qrxlevmin–Pcompensation，表示小区选择接收电平值。

Pcompensation=max(UE_TXPWR_MAX_RACH–P_MAX,0)(dB)

（2）对满足 S 标准的小区进行 R 规则的排队：

$$R_s=Q_{meas,s}+Qhyst_s$$

$$R_n=Q_{meas,n}-Qoffset_{s,n}-TO_n\cdot(1-L_n)$$

其中，当小区重选的测量量为 CPICH RSCP 时，$Qhyst_s=Qhyst1_s$；当小区重选的测量量为 CPICH E_c/N_o 时，$Qhyst_s=Qhyst2_s$；当小区重选的测量量为 CPICH RSCP 时，$Qoffset_{s,n}=Qoffset1_{s,n}$；当小区重选的测量量为 CPICH E_c/N_o 时，$Qoffset_{s,n}=Qoffset2_{s,n}$。

（3）如果根据 R 规则进行排队后，质量最好的小区已不是服务小区，则 UE 将在下述条件满足的条件下发起小区重选的过程：一是新小区的信号质量在 Treselection 时间根据 R 规则都是好于服务小区；二是 UE 驻留在服务小区已超过 1s。

这里应注意的是，当 GSM 小区和 FDD 小区互为相邻小区时，UE 将首先比较 CPICH RSCP 和 RxLev 和相关的参数组合（Qhyst1，$Qoffset1_{s,n}$）：

服务小区：Rs=CPICH_RSCP+Qhyst1

被选的 FDD 邻小区：RnFDD=CPICH_RSCP–$Qoffset1_{s,n}$

被选的 GSM 邻小区：RnGSM=RxLev–$Qoffset1_{s,n}$

1）如果 GSM 小区被排为最好的小区，那么 UE 将重选到该 GSM 小区当中；

2）若某个 FDD 小区被排为最好的小区且小区重选的测量量被设置为 CPICH_RSCP，那么 UE 将重选到该 FDD 小区中；

3）若某个 FDD 小区被排为最好的小区且小区重选的测量量被设置为 E_c/N_o，那么 UE 将根据参数组合（Qhyst2，$Qoffset2_{s,n}$）来对这些小区进行第二次排序：

服务小区：Rs=CPICH_E_c/N_o+QHyst2

被选的 FDD 邻小区：RnFDD=CPICH_E_c/N_o–$QOffset2_{s,n}$

最后 UE 将重选到排序最高的 FDD 小区中，小区重选结束。

图 11-1 为 3G 至 2G 系统间小区重选的流程。

另外，协议中还规定有 H 准则，是在分层小区结构（HCS）中对小区重选规则的补充，这里暂不作说明。

2. 2G 至 3G 小区重选参数的设置原则

（1）小区选择质量测量量（CellSelectQualityMeasure）

1）定义

小区重选根据测量量触发。对于小区重选过程来说，如果选择 CPICH RSCP 作为测量量，则只需要进行一次按照 R 原则进行的排序过程，由测量到的 CPICH RSCP 的值得到的 Qmeas 质量值带入进行计算；如果采用的测量量为 CPICH E_c/N_o，当经过一次排序之后的最好小区为 FDD 小区的时候，还需要再进行二次排序，由测量到的 CPICH E_c/N_o 的值得到的 Qmeas 质量值带入进行计算得到最好的小区。

2）取值范围

（cpich E_c/N_o，cpich RSCP）

3）设置原则及影响

建议采用 cpich E_c/N_o 的原则进行小区重选，以便提高用户的试呼质量。应注意的是在即使选择了 cpich

E_c/N_o，但当 FDD 小区和 GSM 小区发生重选时，仍是按照以 RSCP 测量值为标准的原则进行的。

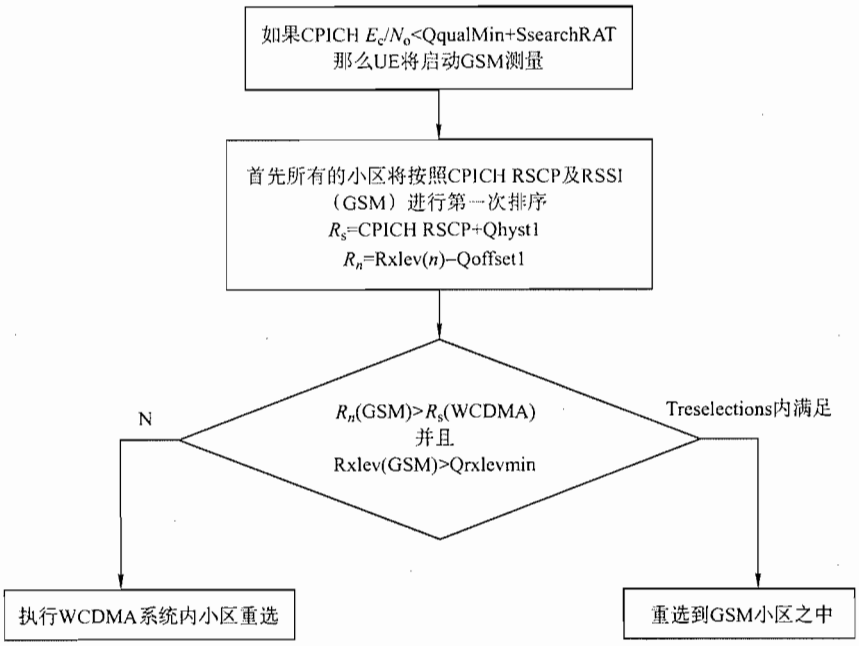


图 11-1　3G 至 2G 系统间小区重选的流程

（2）小区的质量最小需求级别（Qqualmin）

1）定义

小区满足选择和重选条件的质量最小需求级别。其对应的测量量是 CPICH E_c/N_o，被测小区的质量值 Qqualmeas 只有大于 Qqualmin，才满足小区选择的条件。

2）取值范围

integer（−24，0）dB

3）设置原则及影响

该值设置的越小，UE 就越容易接入进小区，但无法保证在该小区起呼的质量；该值设置越大，UE 就越难进入小区，但可保证在该小区起呼的质量。

4）设置建议

建议设置为−18dB。该值应和 Qrxlevmin 共同考虑，在建网初期由于用户较少，故质量应该不是问题，重点应是覆盖效果。

（3）小区的最小接收电平门限（Qrxlevmin）

1）定义

小区满足选择和重选条件的质量最小需求级别。其对应的测量量是 CPICH RSCP，被测小区的质量值 Qrxlevmeas 只有大于 Qrxlevmin，才满足小区选择的条件。

2）取值范围

integer（−115，−25）dBm，步进值为 2dBm

3）设置原则及影响

同上。

4）设置建议

建议建网初期将该参数设置为−115dBm。

（4）小区重选的同频测量触发门限（S_IntraSearch）

1）定义

小区重选测量时，UE 执行同频测量的门限。当在系统消息中配置了该参数时，则 UE 将依据该门限决定是否进行其他小区的频内测量：如果服务小区的 Squal 值大于此门限值，则 UE 不执行其他小区的同频测量，否则将对其他小区进行同频测量；如果系统消息中没有配置该参数，则 UE 无需判决就对其他小区进行同频测量。

2）取值范围

Integer（–32，20）dB 步进值为 2dB。

3）设置原则及影响

当 Squal≤Sintrasearch，UE 将执行频内重选。

若该值设置的过小，那么将大大影响系统的性能，因为即便 UE 所在小区的质量很差，UE 将很可能无法触发小区重选，而将在该小区内发起试呼，最终导致试呼失败。

如果我们想尽可能地提高 UMTS 的覆盖并使 UE 尽可能地留在 FDD 小区之中，那么我们建议 Sintrasearch >Sintersearch>SsearchRATGSM。

4）设置建议

若系统未设置该参数，即 UE 无需判决就对应其他小区进行同频测量。在设置该值时还应考虑 2G 至 3G 的重选参数，来防止小区乒乓重选。建议设置为 14dB，也就是说我们应使 UE 尽可能触发频内小区重选，以便经常保留在信号最好的小区当中。

（5）小区重选的系统间（GSM）测量触发门限（S_SearchRATGSM）

1）定义

小区重选测量时，UE 执行系统间测量的门限。当在系统消息中配置了该参数时，则 UE 将依据该门限决定是否进行相邻 GSM 小区的测量：如果服务小区的 Squal 值大于此门限值，则 UE 不执行相邻 GSM 小区的测量，否则将对相邻 GSM 小区进行测量；如果系统消息中没有配置该参数，则 UE 无需判决就对相邻 GSM 小区进行测量。

2）取值范围

Integer（–32…20）dB 步进值为 2dB。

3）设置原则及影响

SsearchRATGSM 的设置在一定程度上控制了 FDD 小区和 GSM 小区的边界，网络发展初期，为了保证 UE 优先驻留在 3G 网络，应当设置同频小区重选启动门限大于异频/异系统小区重选启动门限，从而使得同频小区重选优于异频/异系统的小区重选。

该参数设置过小，有可能使得小区重选频繁启动，消耗 UE 电池；设置过大，则有可能使得小区重选启动困难，不能及时更新驻留在质量好的小区，影响 UTRAN 和 UE 之间可能通信的质量。

SsearchRATGSM 控制何时对 GSM 邻区进行测量，对同样的 Qqualmin 设置，SsearchRATGSM 设置越低，越容易在空闲模式留在 3G 小区，SsearchRATGSM 设置越高，越容易重选至 2G 小区；

4）设置建议

该参数应结合参数 Qqualmin 及 2G 的参数 FDD_Q_{min} 来进行设置。

根据经验，当 3G 小区导频的 E_c/N_o 小于–14dB 时，来启动系统间重选测量，就可以解决室内 3G→2G 小区重选掉网问题，降低 SsearchRATGSM 门限会导致不能及时小区重选，进而手机无信号需重新搜网。因此结合 Qqualmin 的设置（–18dB），建议将参数 SsearchRATGSM 设置为 4dB。

（6）服务小区的重选迟滞 1（Qhyst1s）和服务小区的重选迟滞 2（Qhyst2s）

1）定义

Qhyst1s 是测量量为 CPICH RSCP 时的服务小区重选迟滞，Qhyst2s 是测量量为 CPICH E_c/N_o 时的服务小区重选迟滞。在小区重选择排序 R 中，服务小区的 R 值等于测量值加上重选迟滞。

2）取值范围

Integer（0，40）dB 步进值为 2dB。

3）设置原则及影响

Qhyst 是为了防止小区乒乓重选而引入的滞后值。该值过大 UE 进行小区重选就越困难，但可减低 UE 在 cell_fach 进行频繁小区更新的风险，；反之，该值越小 UE 进行小区重选就越容易，可保证在小区覆盖边缘的 UE 的呼叫成功率，但会增加 UE 在 cell_fach 进行频繁小区更新的风险，使 UE 数据的传输速率受到影响。

若选用的测量量为 E_c/N_o，那么参数 Qhyst1 仅在 FDD 小区和 GSM 小区为相邻小区时才会起作用，该值的设置应结合 $Qoffset1_{s,n}$ 参数来共同设置。

4）设置建议

建议将参数 Qhyst1 建议设置为 4。

（7）服务区和邻区质量偏移 1（$Qoffset1_{s,n}$）和服务区和邻区质量偏移 2（$Qoffset2_{s,n}$）

1）定义

$Qoffset1_{s,n}$ 是测量量为 CPICH RSCP 时相邻小区的质量偏移，$Qoffset2_{s,n}$ 是测量量为 CPICH E_c/N_o 时的服务小区相邻小区的质量偏移。在小区重选择排序 R 中，相邻小区的 R 值等于测量值减去质量偏移。

2）取值范围

Integer（-50，50）dB。

3）设置原则及影响

Qoffset 是为每个相邻小区而设置了一个偏移量。$Qoffset1_{s,n}$ 控制 3G 源小区及 2G 目的小区之间的重选边界，$Qoffset1_{s,n}$ 设置越高，越容易在空闲模式留在 3G 小区，$Qoffset1_{s,n}$ 设置越低，越容易重选至 2G 小区。

4）设置建议

在 3G 建网初期，建议将该值设置为 0。随着业务的发展，再面向具体小区来针对性的设置该参数。

（8）小区重选定时器时长（Treselection）

1）定义

小区重选定时器时长。UE 重新选择一个新小区必须满足下述条件：一是在 Treselections 间隔内小区在重选排序中要在服务小区之前；二是 UE 在当前服务小区至少已驻留了 1s。

2）取值范围

Integer（0，31）s。

3）设置原则及影响

该值设置的越大，UE 判决小区重选的时间越长；反之，该参数越小，UE 判决小区重选的时间越短。该参数是为了防止漂移信号来影响小区的重选，以避免 UE 信号的不稳定，该参数的设置在一定程度上还可避免小区的乒乓重选。但应注意，该参数设置的过大，将易致使 UE 在系统间小区重选时出现掉网现象。

4）设置建议

建议在设置该参数时应根据环境不同而区别对待：在高楼或山顶等漂移信号较多的环境中，我们可将该参数设置的大一些（原则上不超过 3s），以防止信号的忽高忽低；在地势平坦的环境中，我们可将该参数设置为 1s 以保持 UE 的信号强度。

（9）最大上行发射功率（Maximum allowed UL TX power）

1）定义

该参数定义了 PRACH 使用的最大上行发射功率。此值的作用是限制上行 PRACH 的发射功率大小。

2）取值范围

Integer（-50，33）dBm。

3）设置原则及影响

该参数应小于 UE 的最大发射功率，该参数设置的越大，则系统允许 UE 发射的最大功率越大，对网络的干扰也就越大；该参数越小，则系统允许 UE 发射的最大功率也就越小，易造成覆盖边缘的用户无法接入

网络。建议一定区域范围内，该参数应设置一致，以避免影响小区重选的性能。

4）设置建议

建议设置为 24dBm。

11.2.2 GSM 至 3G 的小区重选

1. 2G 至 3G 的小区重选算法

对于支持 GSM 及 UMTS FDD 的 MS 来说，相邻 FDD 小区的频点信息将包含在 3G 小区重选列表当中。网络通过在 BCCH 上广播的参数 Qsearch_I 来控制对 3G 小区的测量。参数 Qsearch_I 定义了一个门限，当服务小区的 RLA_C 低于或高于某个门限时才启动对这些异系统小区的测量。中国移动的策略建议将该参数设置为 7，即总是测量。

如果满足异系统的测量门限，而且 MS 收到的 3G 小区重选列表包含 UTRAN 的频点信息，那么 MS 至少每 5s 便会更新一次服务小区的 RLA_C 值，即至少六个最强的相邻 GSM 小区。

如果满足下列条件，那么 MS 将会选择一个合适的 UTRAN 小区（对于 FDD 小区来说，下列准则都应满足 5s 的周期）：

1）如果测量的 RSCP 值超出了服务小区及所有的相邻 GSM 小区 RLA_C 值（加上 FDD_Qoffset）；

2）如果测量的 E_c/N_o 的值大于或等于 FDD_Q_{min}；

3）如果测量的 RSCP 值大于或等于 FDD_RSCP_threshold（若 MS 支持）。

其中：RLA_C 指的是接收电平均值；

FDD_RSCP_threshold=Qrxlevmin+Pcompensation+10dB，如果其中某些参数无法获得，那么该值等于$-\infty$（即不起作用）；

FDD_Q_{min} 及 FDD_Qoffset 将在服务小区的 BCCH 上进行广播。

注意：如果小区重选发生在 15s 之内，那么 FDD_Qoffset 将增加 5dB，手机从 UTRAN 小区重选到 GSM 小区的最初 5s 内不能重选回 UTRAN。如果有多个 UTRAN 小区满足这些条件，那么将取 RSCP 最高的 FDD 小区作为服务小区。

图 11-2 为 2G 至 3G 系统间小区重选的流程。

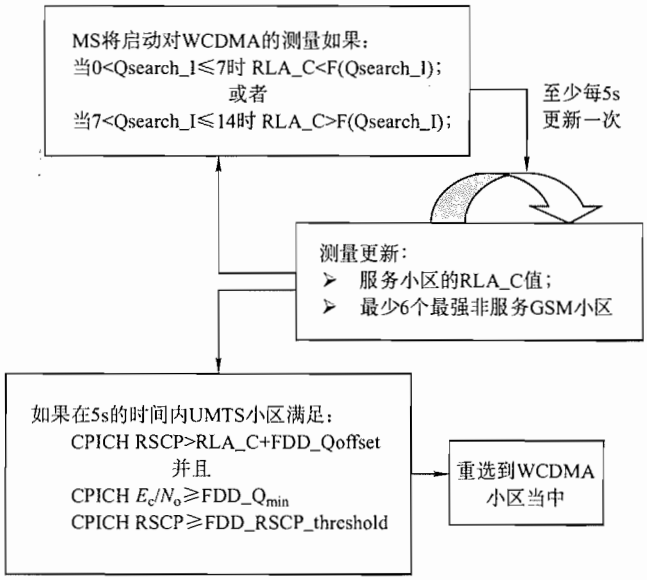


图 11-2 2G 至 3G 系统间小区重选的流程

2. 2G 至 3G 的小区重选参数设置

（1）UE 搜索 3G 小区的启动门限（Qsearch_I）

1）定义

空闲模式下，手机开始搜索 3G 小区的门限。

2）取值范围

[0，15]

该值取（0，6）时，服务小区质量低于对应值开始搜索 3G 小区；该值取（8，14）时，服务小区质量高于对应值开始搜索 3G 小区；该值取 7 时，将始终搜索 3G 小区；该值取 15 时，将永远不搜索 3G 小区。

3）设置建议

根据优选 3G 的策略，建议此参数设置为 7，即始终搜索 3G 小区。

（2）小区重选偏移（FDD_Qoffset）

1）定义

3G 小区的平均接收电平必须比当前服务小区的大 FDD_Qoffset，才可能重选 3G 小区。

2）取值范围

[0，15]，对应[–28，+28]dB，步长 4dB。

3）设置及影响

使用较低的取值可以减少 UE 在 GSM 上的驻留，即会减少潜在的话务（UE 在 CS 空闲模式和 GPRS 的 PS 空闲模式）和已经建立的话务（UE 在 GPRS 的 PS 传送模式）；使用较高的取值可以增加 UE 在 GSM 上的驻留，例如 WCDMA 系统采用 GSM 分担其业务的策略。

4）设置建议

由于现网 2G 的信号强度较好，当 FDD_Qoffset 设置为–28dB 时，会使得 UE 需要在 3G RSCP 达到–80dBm 左右时才能重选回 3G，与优选 3G 策略不符。由于 FDD_Qoffset= –28dB 已经是协议取值范围的边界值，因此建议 FDD_Qoffset 设置为负无穷（即始终满足重选条件）。

（3）3G 小区重选质量门限（FDD_Q_{min}）

1）定义

3G 小区的接收质量 E_c/N_o 必须大于 FDD_Q_{min} 才有可能成为重选候选小区。

2）取值范围

[0，7]，对应[–20，–13]dB。

3）设置及影响

该参数要求候选小区必须具备一定的信号质量，保证 UE 能够登录到质量较好的 WCDMA 小区，以及 UE 重选行为的稳定性。该参数设置越大，越不容易从 2G 返回到 3G；设置越小，从 2G 返回到 3G 越容易。

该值需与参数 SsearchRATGSM、Qqualmin 共同进行设置，以避免出现系统间小区乒乓重选。

4）设置建议

根据经验，FDD_Q_{min} 和 Qqualmin+SsearchRAT 的差值建议大于 4，以防止由于信道波动造成的乒乓重选。因此，根据 Qqualmin 与 SsearchRAT 的设置建议，应将 FDD_Q_{min} 设置为–10dB。

11.2.3　3G 与 GSM 小区重选常见的故障与解决措施

与系统间小区重选优化有关的指标主要有 3G 与 2G 重选成功率、小区重选时延、重选乒乓率以及寻呼成功率。

频繁的系统间小区重选有可能会造成频繁的位置区更新和路由区更新，造成网络资源的浪费，并会降低用户寻呼成功率。

1. 3G 与 GSM 小区乒乓重选现象严重

（1）故障现象

由于满足 2G/3G 的重选条件，UE 频繁地由 3G 网络重选入 2G 网络之中，但很快又由 2G 返回 3G 网络，由此引起的位置更新和路由区更新使网络的负荷增大，同时也致使寻呼成功率下降。

（2）故障分析及解决措施

根据商用网及实验网的经验，造成 2G/3G 小区乒乓重选严重的主要原因是参数设置不当、下行干扰过高，或特殊无线环境的影响。

1）参数设置不当

参见上文的参数设置建议，当参数 SsearchRATGSM、Qqualmin 及 FDD_min 设置不合理时，易造成小区乒乓重选，因此在设置这些参数时，应统一进行考虑。

2）下行干扰过高

若该区域内的重叠小区很多（大于等于 3 个小区），而且信号强度接近，将导致下行干扰过高，因而易重选入 2G 小区。出现此类问题时，应通过调整天线的方向角、倾角，或调整 PCPICH 的功率来控制 3G 小区的覆盖。

应注意，若漏配新建 3G 小区作为邻区，而且该新建 3G 小区的信号很强，那么就会导致严重的导频污染，而致使 3G 手机重选到 2G 网络并始终驻留。在 3G 网络的建设初期，该问题可能会比较多。

3）无线环境的影响

在 2G 与 3G 小区的边界、室内或高层建筑的无线环境下，由于无线信号很难控制，故十分容易引起系统间小区的乒乓重选。

在遇到此类问题时，应有针对性地调整这些小区的相关重选参数来进行控制。

2. 小区重选掉网现象严重

（1）故障现象

某区域的 UE 经常出现掉网现象，即无法驻留 3G 网络之中也无法驻留在 2G 网络。

（2）故障分析及解决措施

1）参数设置问题

由于 3G 参数 Qrelevmin 设置过高，系统间小区重选是由参数 SsearchRATGSM 决定的，因此若 UE 既不满足系统间重选的条件，而又不满足驻留 3G 小区的条件，就易造成 UE 掉网；由于 3G 参数 Treselection 设置过大，导致 UE 对无线信号变化反映迟钝，而易造成掉网；

2）UE 自身问题

由于 UE 自身软件问题或灵敏度问题，造成无法及时地进行系统间小区重选，而造成掉网现象。

3）邻小区定义问题

由于 3G 小区没有定义相邻的 GSM 小区，而造成 UE 在不满足 3G 小区的驻留条件时，又无法及时地重选入 GSM 小区，而造成掉网。

11.3 系统间切换策略研究

目前设备厂家大多支持 CS 域、PS 域区分设置系统间切换参数。CS 域和 PS 域分离的系统间切换策略是为了在提供最好的 3G 服务基础之上，尽量减少系统间切换次数。

11.3.1 系统间切换原理描述

CS 域 WCDMA 至 GSM 的单向系统间切换分为两个步骤：第一步，通过 2D 事件的触发进入压缩模式来获得相邻 GSM 小区的测量信息；第二步，通过 3A 事件的触发来执行至相邻 GSM 的切换。即 WCDMA→GSM 的系统间切换的典型过程如下：UE 处于连接模式下→UE 发送 2D 测量报告→RNC 进行切换判决并发送测量控制消息→RAN 与 UE 进入压缩模式→UE 发送 3A 测量报告→RNC 发送切换命令。

此外 UE 还可以不通过进入压缩模式而直接执行至 GSM 的切换，这被称为盲切换。所谓盲切换就是在

UE 没有做任何测量的情况下，由 RNC 发起的切换，因此，在作出切换判决前，盲切换没有更多的协议流程，所有的判决都是 RNC 根据自己的切换算法完成的。

盲切换是一种不基于终端测量的切换方式，一般来说，RNC 会根据终端所在的位置和终端 E_c/N_0 的恶化程度以及相应的计数器（时间触发机制）来决定是否进行切换。这种方式的优点就是不需要实现压缩模式。因此相对于基于测量方式的切换，实现起来较为简单、切换时延小、占用系统资源少。适合应用在热点地区设置的分层小区的情形中，用于系统的负载均衡，扩充系统的容量。

盲切换这种方式只适用于特殊的场景，并且需要终端的支持，并且可能产生一系列的问题：通常一个 UMTS 小区周围会有若干个 GSM 小区，因而很难通过盲切换的方式确定适当的目标小区，这样就导致通过盲切换的办法进行至 2G 小区的硬切换失败的可能。

基于压缩模式测量的切换与盲切换相比，更具有健壮性，即切换过程中所涉及的参数和指标能更好地得到。因此，采用什么样的切换方式关键还是看运营商更关注质量和健壮性还是更关注网络实现的简单性。由于压缩模式的方案相对要成熟很多，一般建议多采用压缩模式切换的方式。

1. 压缩模式的启动

由于 WCDMA 的接入方式属于码分多址方式，因此处于连接状态的 MS 在所有时间内均在指定频率工作，为了在进行异系统测量的同时继续保持通话，在异系统测量时 WCDMA 系统和双模 MS 可能需要启动压缩模式。

基于测量的异频硬切换要对目标异频小区进行测量，但一般 UE 只配一个收发机，不能同时对两个频点的信号进行解码，所以为了 UE 能进行异频测量，在 WCDMA 中引入了压缩模式技术。压缩模式技术的基本原理就是，Node B 在发送某些帧（每 10ms 发送的数据为一帧）的时候，用少于 10ms 的时间发送完原来需要 10ms 的数据，那么空出来的时间，就让 UE 进行异频测量。具体采用什么方式和什么时间来加大发送速率，由 RNC 进行控制。

异频测量中使用的压缩模式方式主要有三种：SF/2、打孔、高层调度。其中 SF/2 法主要是用在 SF 较高的低数据速率的业务如 AMR 等情况下，打孔和高层调度这两种压缩模式方法主要使用在较高数据速率的非实时业务情况下。目前大多数厂家支持 SF/2 和高层调度两种方式。

另外，上行压缩模式并不用于什么具体的测量，通常测量都是测下行的。只是当下行压缩模式打开进行下行测量时，受限于 UE 的射频处理能力限制，上行也要随之开启压缩模式进行变化。例如：在测量异频，下行已经跳到新的异频频点，上行就无法呆在原来的频点上，必须和下行一起跳到新的异频频点。同样，在异系统的情况下，下行到 GSM 的频点上测量，上行也就没法继续停留在 WCDMA 的频点上。

2. 电路域 3G 至 2G 的切换流程描述

电路域 3G 至 2G 的切换流程如图 11-3 所示。

1）在测量的基础上 UTRAN 决定进行系统间切换时，SRNC 通过 Iu 接口向 CN 发送要求迁移消息 RELOCATION REQUIRED，要求对方系统为系统间切换做好准备；

2）WCDMA CN 转发此需求给 GSM MSC（通过 MAP/E 类型准备切换消息 PREPARE HANDOVER；

3）GSM MSC 向 BSC 发 HANDOVER REQUEST；

4）GSM BSS 为系统间切换准备好资源后，BSC 回 HANDOVER REQUEST ACK 给 GSM MSC；

5）GSM/MSC 和 GSM/BSS 完成初始化过程，向 WCDMA CN 返回 MAP/E 准备切换消息 PREPARE HANDOVER；

6）WCDMA CN 通过向 SRNC 发送 RANAP 迁移命令消息 RELOCATION COMMAND，作为对 1）SRNC 初始请求的响应；

7）SRNC 通过已存在的 RRC 连接，向 UE 发送切换出 UTRAN 命令消息 HANDOVER FROM UTRAN COMMAND，命令 UE 进行系统间切换。UE 从此消息中解释出 GSM/BSS 为其分配的无线信道资源信息（频点/时隙号/初始功率等），接入异系统小区；

9）UE 发送 HANDOVER COMPLETE 消息给 GSM BSC，通知 BSC 切换完成；

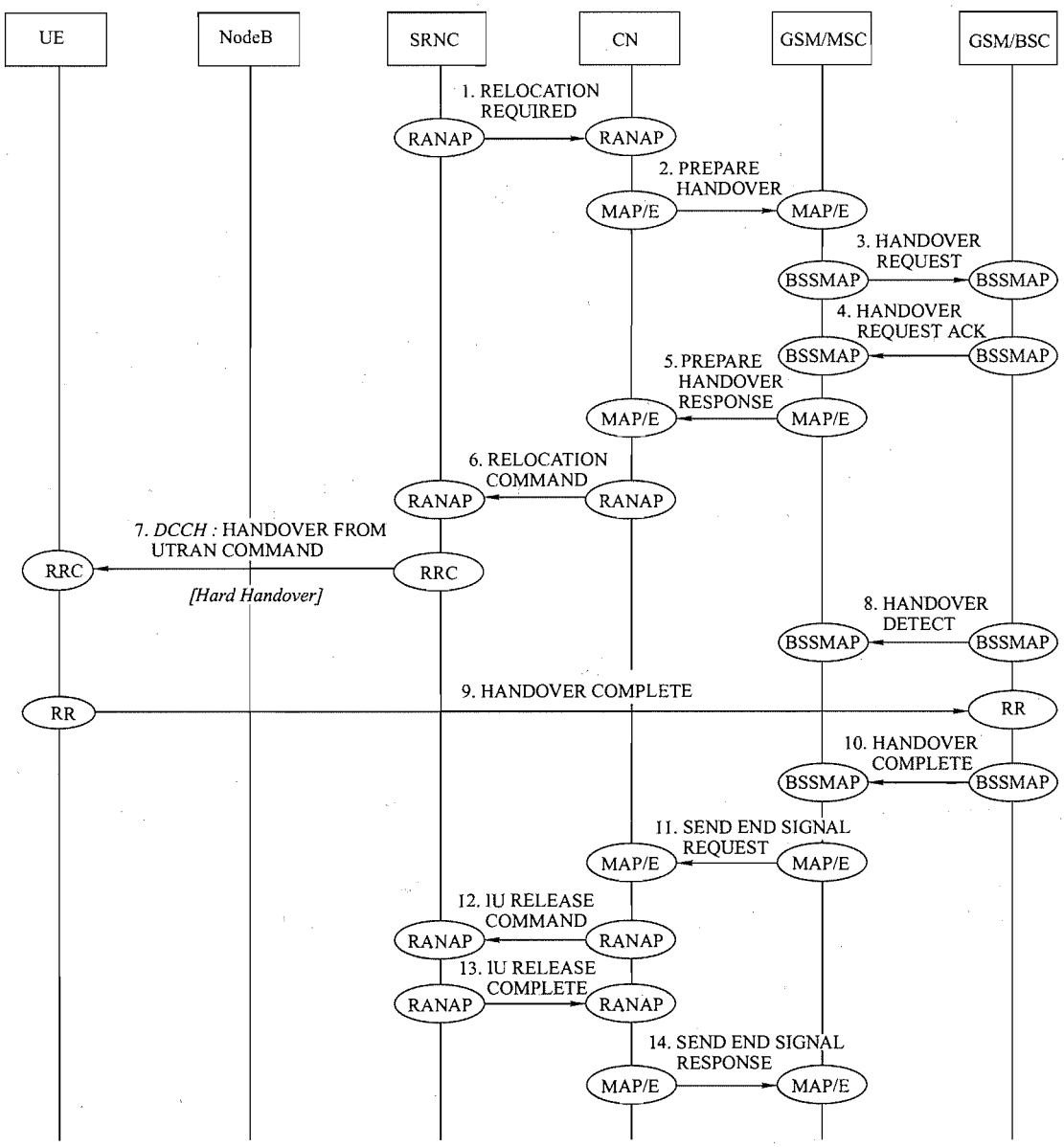


图 11-3　电路域 3G 至 2G 的切换流程

10）BSC 发送 HANDOVER COMPLETE 消息给 GSM MSC；

11）GSM/MSC 在 GSM 覆盖范围内检测到 UE，向 CN 发送 MAP/E 发送结束信令请求消息 SEND END SIGNAL REQUEST，通知 WCDMA CN 切换已经完成，可以释放该 UE 占用的 WCDMA 网络资源；

12）CN 通过 Iu 释放命令 IU RELEASE COMMAND，发起 SRNC 分配资源的释放过程；

13）UMTS 内部释放承载资源，通过 Iu 接口，向 CN 返回释放完成消息 IU RELEASE COMPLETE；

14）呼叫完毕，CN 向 GSM/MSC 发送 MAP/E 发送结束信令响应消息 SEND END SIGNAL RESPONSE。过程结束。

3. PS 域系统间切换原理描述

连接模式下，PS 域采用 3G 和 2.5G 之间的双向切换（即小区重选）。

1）由 2.5G（GPRS）/3G 同覆盖区移向纯粹 2.5G 覆盖区，当到达 2.5G 边界时，由 3G 网络或者双模 UE 发起小区重选，让双模 UE 小区重选到 2.5G 网络。

2）当双模 UE 驻留在 2.5G 网络，由纯粹 2.5G 覆盖区移向 2.5G/3G 同覆盖区，当到达 3G 边界时，双模 UE 发起小区重选，驻留到 3G 网络上。2G 协议本身也支持网络发起的小区重选，但是目前设备通常不支持这个功能。

分组业务从 2.5G 到 3G 的小区重选与 IDLE 模式下的小区重选流程完全一致。

（1）WCDMA→GPRS 小区重选

UE 在 WCDMA 系统中建立 PS 域业务，当处于 CELL_FACH、CELL_PCH 或者 URA_PCH 状态时，UE 发起 WCDMA→GPRS 小区重选；另外，当处于 CELL_DCH 或者 CELL_FACH 状态，网络侧发起 WCDMA→GPRS 小区重选（仅在 RNC 能产生 GSM 消息的情况才可以进行），如图 11-4 所示。

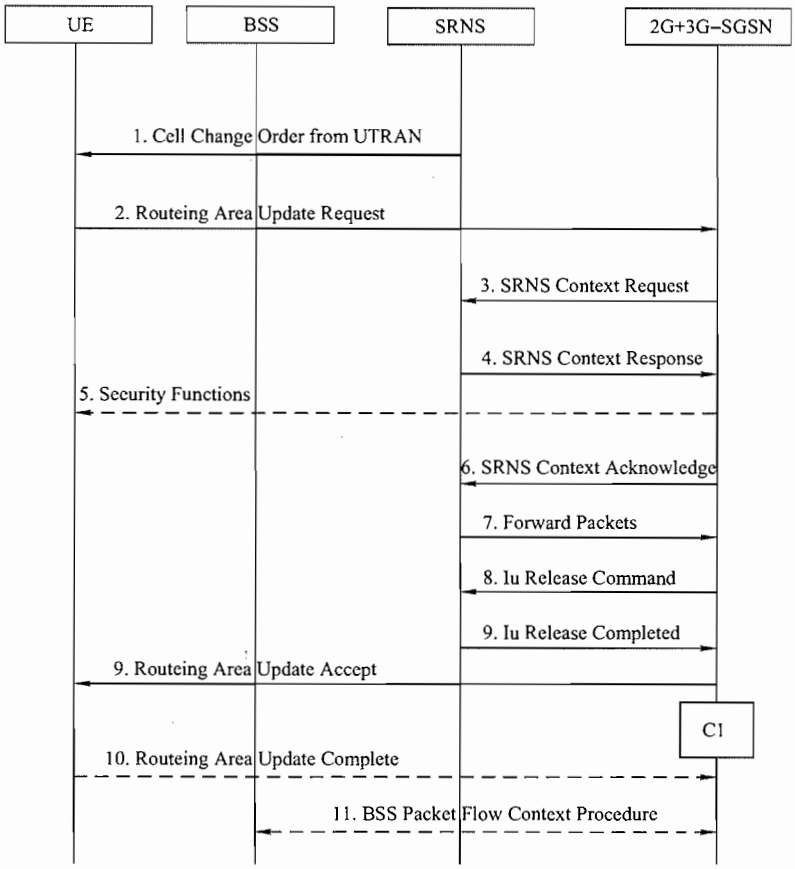


图 11-4　3G 到 2G 的 PS 域业务切换（共 SGSN 情况）

PS 域业务的系统间和语音不同，后者是 UE 使用的无线资源从 UTRAN 转移到 BSS 的过程，而前者是在保持 PDP 上下文的情况下，无线网络层进行 3G 和 2G 之间小区重选的过程，实际是先断开再连接，流程中伴随鉴权、加密等安全功能。

1）UE 或 UTRAN 决定进行系统间切换，只有是 UTRAN 决定的切换才有信令 Cell Change From UTRAN。

2）MS 发送 Routing Area Update Request（old RAI，old P TMSI Signature，Update Type）消息给 2G+3G SGSN，更新类型指示是路由区更新或周期性路由区更新。RNC 应加上 Cell Global Identity（包括小区的 RAC 和 LAC）后发给 2G+3G SGSN。

3）2G+3G SGSN 发送 SRNS Context Request（IMSI）消息给 SRNS，启动一个定时器和停止传送 GTP

PDUs 给 SRNS。

4）SRNS 以 SRNS Context Response（IMSI，GTP SNDs，GTP SNUs，RLC SNDs，RLC SNUs）消息响应。

5）安全功能有可能被实施。

6）2G+3G SGSN 发送 SRNS Context Acknowledge 消息给 SRNS，通知 SRNS，2G+3G SGSN 准备好接收数据包。

7）部分已经传送的或者传送了但未确认的 N—PDU 连同最后 N—PDU 的下行 RLC 序列号和缓存的下行 GTP PDU 被发送给 2G+3G SGSN。

8）当 3）所描述的定时器超期，2G+3G SGSN 发送 Iu Release Command 消息给 SRNS。SRNS 以 Iu Release Complete 消息回应。

9）2G+3G SGSN 证实 MS 在新的 RA。如果由于漫游限制，或签约检查失败，2G+3G SGSN 拒绝路由更新。如果检查成功，2G+3G SGSN 更新 MM 和 PDP 上下文和分配新的 P—TMSI。返回 Routing Area Update Accept （P TMSI，P TMSI Signature，Receive N PDU Number）消息给 MS。

10）MS 返回 Routing Area Update Complete（Receive N PDU Number）消息给 SGSN。

11）2G+3G SGSN 和 BSS 可以执行 BSS Packet Flow Context 过程。

图 11-4 的流程图描述的是一个无损的切换过程，即切换过程中有数据包上下文的传递过程，如果是有损的切换过程，则不包含上述过程。

（2）GPRS→WCDMA 小区重选流程

图 11-5 示意了 PS 域的 GPRS→WCDMA 小区重选过程。

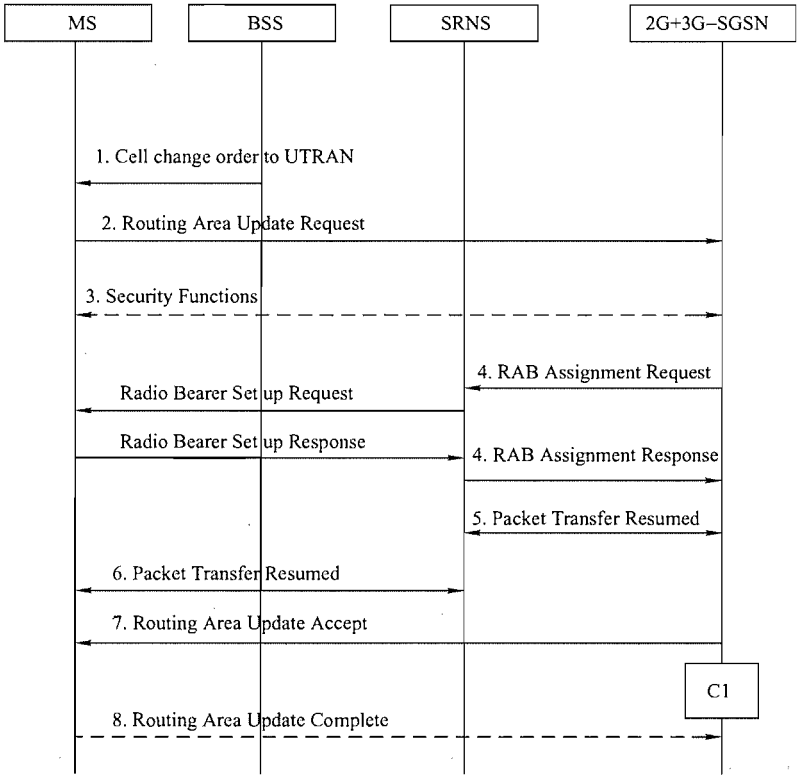


图 11-5 2G 到 3G 的 PS 域业务切换（共 SGSN 情况）

1）MS 或 BSS 决定进行系统间切换，若为 BSS 决定发起系统间切换，则会通过信令 Cell Change Order to

UTRAN 等信令告知 UE 进行切换准备。

2）MS 发起 RRC 连接建立和发送 Routing Area Update 请求（P TMSI，Old RA，Old P TMSI Signature，Update Type，CM）给 2G+3G SGSN。SRNS 应添加消息发出的位置标识后发送给 2G+3G SGSN。2G+3G SGSN 停止传输 N PDUs 给 MS。

3）安全功能有可能被实施。

4）2G+3G SGSN 通过发送 RAB Assignment Request（GTP SNDs，GTP SNUs，RLC SNDs，RLC SNUs）请求 SRNS 建立无线接入承载。SRNS 发送 Radio Bearer Setup Request（RLC SNUs）给 MS。MS 发送 Radio Bearer Setup Complete（RLC SNDs）消息回应。SRNS 发送 RAB Assignment Response 消息回应。

5）数据流在 2G+3G SGSN 和 SRNS 之间恢复。

6）数据流在 SRNS 和 MS 之间恢复。

7）2G+3G SGSN 更新 MS 的 MM context。可能会分配一个新的 P TMSI。MS 会收到 Routing Area Update Accept（P TMSI，P TMSI Signature）消息。

8）MS 通过返回 Routing Area Update Complete 消息给 SGSN 来响应新的 P TMSI。

4. 异系统测量算法

异系统测量时，会用到下面的公式：

$$Q_{\mathrm{UTRAN}} = 10\mathrm{Log}M_{\mathrm{UTRAN}} = W \times 10 \times \mathrm{Log}\left(\sum_{i=1}^{N_{\mathrm{A}}} M_i\right) + (1-W) \times 10 \times \mathrm{Log}M_{\mathrm{Best}}$$

式中　Q_{UTRAN}——当前使用的 UTRAN 频率的质量估计值的对数形式；

M_{UTRAN}——当前使用的 UTRAN 频率的质量估计值；

M_i——active set 内小区 i 的测量结果；

N_{A}——active set 内的小区数；

M_{Best}——active set 内的最强小区的测量结果；

W——加权系数。

事件 2D：used frequency 的质量估计值低于某一门限。此门限由 IE Threshold used frequency 确定。

事件 2F：used frequency 的质量估计值高于某一门限。此门限由 IE Threshold used frequency 确定。

事件 3A：used UTRAN frequency 的质量估计值低于某一门限，而且 Other system 的质量估计值高于某一门限。

其中，non-used frequency 是 UE 需要测量但是不在 active set 里的频率；used frequency 是 UE 需要测量而且在 active set 里的频率。used UTRAN frequency 是 UE 需要测量而且当前正在使用的 UTRAN 的频率。

如果 used UTRAN frequency 的质量估计值低于在测量控制消息中下发的 IE Threshold own system 确定的门限值，而且 Other system 的质量估计值高于在测量控制消息中下发的 IE Threshold other system 确定的门限值，而且满足迟滞值条件和触发时延条件，就会触发事件 3A。

11.3.2　3G 至 2G 系统间切换参数的设置原则

1. 系统间测量的测量量

（1）定义

指示系统间切换时 2D/2F/3A 所采用的质量标准，CPICH_RSCP 或 CPICH_E_c/N_o。

（2）取值范围

1 为 CPICH_RSCP，2 为 CPICH_E_c/N_o。

（3）设置原则

若采用 RSCP 则无法适应干扰较高的环境；在负载较低及 2G/3G 边界变化的情况下，采用质量触发机制会导致 3G 覆盖范围过小。

当该小区位于载频覆盖中心时将会使用 E_c/N_o 测量值作为 2D/2F/3A 事件的判决标准；当该小区位于载频

覆盖边缘时将会使用 RSCP 测量值作为 2D/2F/3A 事件的判决标准。

2. 2D 事件测量门限（usedFreqThresh2dE_cn_o和 usedFreqThresh2dRscp）

（1）定义

2D 事件所使用的测量门限。

（2）取值范围

usedFreqThresh2dE_cn_o的取值范围是–24～0；usedFreqThresh2dRscp 的取值范围是–115～–25。

（3）设置原则

参数 2D/2F/3A 的门限应统一考虑进行设置。原则 utranThresh3a<usedFreqThresh2d<usedFreqThresh2F

该参数设置过大，则容易启动压缩模式，这有利于及时切向 2G 网络，减少掉话，但会增加网络的负荷和干扰；若设置过小，则不易启动压缩模式，会增加系统间切换掉话。

我们可以通过增大 2D 和 2F 门限之间的差值来减少频繁的启/停压缩模式。

（4）设置建议

若处于 2G/3G 的边界，即采用 RSCP 为测量量的情况下，为避免 3G 网络边缘掉话，应在 3G 信号较好情况下启动异系统测量，即异系统电路域业务的 2D 事件触发电平不要设置过低，建议设置为–100dBm；异系统分组域业务的 2D 事件触发电平建议设置为–105dBm。

若处于 3G 网络的中心地带，建议异系统电路域业务 2D 事件的 E_c/N_o 设置为–9dB；建议异系统电路域业务 2D 事件的 E_c/N_o 设置为–10dB。

3. 2D 事件测量迟滞（hysteresis2D）

（1）定义

2D 事件所使用的测量迟滞。

（2）取值范围

hysteresis2D 的取值范围是 0～29，步长是 0.5dB。

（3）调整原则与建议值

迟滞设置越大，抵抗信号波动的能力越强，乒乓效应会得到抑制，但同时也减弱切换算法对信号变化的响应速度。

（4）设置建议

建网初期建议设置为 3dB。

4. 2D 事件的触发时延（timeToTrigger2d）

（1）定义

2D 事件的延迟触发时延。

（2）取值范围

（0，10，20，40，60，80，100，120，160，200，240，320，640，1280，2560，5000）ms

（3）设置原则

2D 事件触发时间不能太长，太长会使得 UE 不能及时反映信号变化，会明显增大切换掉话率；若时间过短，则会使 UE 易于进入压缩模式，从而将消耗网络的资源，并会增加干扰。

（4）设置建议

建议将该参数设置 640ms。

5. 2F 事件测量门限（usedFreqThresh2fE_cn_o和 usedFreqThresh2fRscp）

（1）定义

2F 事件所使用的测量门限。

（2）取值范围

usedFreqThresh2dE_c/N_o的取值范围是–24～0；usedFreqThresh2fRscp 的取值范围是–115～–25。

（3）设置原则

参数 2D/2F/3A 的门限应统一考虑进行设置。我们可以通过增大 2D 和 2F 门限之间的差值来减少频繁的启/停压缩模式。

（4）设置建议

异系统电路域业务的 2F 事件触发电平建议设置为-95dBm；异系统分组域业务的 2F 事件触发电平建议设置为-100dBm。

若处于 3G 网络的中心地带，建议异系统电路域业务 2F 事件的 E_c/N_o 设置为-7dB；建议异系统电路域业务 2F 事件的 E_c/N_o 设置为-8dB。

6. 2F 事件测量迟滞（hysteresis2F）

（1）定义

2F 事件所使用的测量迟滞。

（2）取值范围

hysteresis2F 的取值范围是 0～29，步长是 0.5dB。

（3）设置原则

2F 事件的迟滞，迟滞设置越大，抵抗信号波动的能力越强，乒乓效应会得到抑制，但同时也减弱切换算法对信号变化的响应速度。

（4）设置建议

建网初期建议设置为 3dB。

7. 2F 事件的触发时延（timeToTrigger2F）

（1）定义

2F 事件的延迟触发时延。

（2）取值范围

（0，10，20，40，60，80，100，120，160，200，240，320，640，1280，2560，5000）ms

（3）调整原则与建议值

该参数取值越大，平均切换次数就会越小，但增大该参数会增加掉话的风险。

（4）设置建议

根据商用网及实验网经验，建议将该参数设置 640ms。

8. 3A 事件测量门限（utranThresh3aE_cn_o、utranThresh3aRscp 和 gsmThresh3a）

（1）定义

3A 事件测量门限。

（2）取值范围

utranThresh3aE_cn_o 的取值范围是-24～0；utranThresh3aRscp 的取值范围是-115～-25；gsmThresh3A 的取值范围是-115～0。

（3）设置原则

UTRAN 门限值设置越小，硬切换越不容易发生，需要结合压缩模式的启/停门限来配置该参数，如果配置较大的值，可以提早触发硬切换，如果配置较小的值，可以延迟进行硬切换，从而可以控制切换区或者降低掉话概率。

根据不同的策略，GSM 门限值可以有不同的配置。如果考虑 GSM 小区质量足够好了之后移动台才能切换过去，那么该参数可以适当增大。

若 2D 与 utranThresh3A 之间的差值过大，则会造成处于压缩模式下的 UE 的数量过多，增大对网络的干扰及资源占用；若差值过小，则将会增大系统间切换的次数，增大 GSM 网络的负荷。

（4）设置建议

当系统间切换测量量为 RSCP 时，对于电路域业务来说，建议参数 utranThresh3ARscp 设置为-102dBm、gsmThresh3A 设置为-90dBm；对于分组域业务来说，建议参数 utranThresh3ARscp 设置为-107dBm、

gsmThresh3A 设置为–90dBm。

当系统间切换测量量为 E_c/N_o 时，对于电路域业务来说，建议参数 utranThresh3aE_cn_o 设置为–10dB；对于分组域业务来说，建议参数 utranThresh3AE_c/N_o 设置为–10dB。

9. 3A 事件测量迟滞（hysteresis3A）

（1）定义

3A 事件的延迟触发时延。

（2）取值范围

hysteresis3A 的取值范围是 0～29，步长是 0.5dB。

（3）设置原则

迟滞的设置可以减少阴影衰落带来信号抖动导致的误判，但同时不能影响整体的切换策略。如果迟滞值设置太大，则对异系统质量要求高，较难触发系统间切换判决条件，会使掉话率增大。

（4）设置建议

建网初期建议设置为 0。

10. 3A 事件的触发时延（timeToTrigger3A）

（1）定义

3A 事件的延迟触发时延。

（2）取值范围

（0，10，20，40，60，80，100，120，160，200，240，320，640，1280，2560，5000）ms

（3）设置原则

3A 事件的触发时间，延迟触发时间越长，平均切换次数越少，但延迟触发时间的增大会增加掉话的风险。

（4）设置建议

建议将该参数设置 640ms。

11. 系统间测量滤波系数（rrcGsmMeasurementFilterCoefficient）

（1）定义

发送给 UE 的用于对 GSM 载波 RSSI 测量值进行滤波的滤波系数。

（2）取值范围

Enum（FilterCoeff）：0（0）；1（1）；2（2）；3（3）；4（4）；5（5）；6（6）；7（7）；8（8）；9（9）；11（10）；13（11）；15（12）；17（13）；19（14）。

（3）设置原则

该参数越大，对信号平滑作用越强，抗快衰落能力越强，但对信号变化的跟踪能力越弱，切换不及时导致掉话；该值设置过小，会增加不必要的硬切换以及乒乓切换。

（4）设置建议

对于低速小区，阴影衰落方差较大，建议该值取值为 4，根据情况也可以适当增加；对于中速小区，阴影衰落方差要小一些，可以适当减小该值，建议中速时取值 3；对于高速小区，由于阴影衰落方差较小，建议调整为 2。

12. 系统间测量 GSM 系统 BSIC 确认指示（GSM BSIC Verification Required Indication）

（1）定义

系统间测量 GSM 系统 BSIC 确认指示，BSIC verification required 是进行系统间测量时指示 GSM 系统小区 BSIC 是否需要确认的需求。

（2）取值范围

（0，1）

0 需要确认（required）；1 不需要确认（not required）

（3）设置原则

如果该参数设置为 not required，则 UE 在对 GSM 小区进行测量时就不需要对 BSIC 进行确认，这样可以减小测量时间，因为初始 BSIC 确认要占用很长的时间；如果指示为 required，则 UE 在对 GSM 小区进行测量时需要对 BSIC 进行确认，然后根据测量结果对已确认 BSIC 的小区进行排队，在每个测量周期按测量结果好坏顺序对小区进行重新 BSIC 确认和测量。

13. GSM 邻小区偏移量（gsmCellIndivOffset）

（1）定义

对应协议中的 CIO。测量值的偏移。偏移量可为正值也可为负值。

（2）取值范围

（-10，10）

（3）设置原则

异系统切换小区独立偏移量，该参数用于系统间切换判决过程，根据 GSM 小区的地形特征设置。UE 将该小区原始测量值加上这个偏置后作为测量结果用于 UE 的切换判决。在切换算法中起到移动小区边界的作用。参数值越大，则该 GSM 小区的切换优先级越高。一般情况下配置为 0。

11.3.3　3G 至 2G 系统间切换常见的故障与解决措施

与 3G 至 2G 系统间切换相关的指标有 3G→2G 切换成功率、3G→2G 切换掉话率、切换时延。

其中，对于切换成功率来说，定义为切换成功次数/切换次数=RNC 收到 IU RELEASE COMMAND/ RNC 发送 HANDOVER FROM UTRAN COMMAND 的次数

CS 切换信令时延指的是从 RNC 给 MSC 发送 RELOCATION_REQUIRED 消息到 RNC 收到 MSC 下发 IU_RELEASE_COMMAND 消息的间隔。

对于 CS 域系统间切换来说，主要面临着乒乓切换和掉话等问题，另外还有可能带来信令流量过大，语音中断等质量问题。

1. 系统间切出事件触发失败

（1）故障现象

通过测试发现 UE 启动了压缩模式来测量 GSM 小区，而且满足异系统切换条件，但 UE 没有向 3G 小区发送 3A 事件的测量报告，或者向 3G 小区发送了测量报告，但 UTRAN 没有响应。

（2）故障分析及解决措施

1）由于上行质量过差

如果 UE 向 3G 小区发送了 3A 事件的测量报告，但是 UTRAN 没有响应，这有可能是上行链路的质量过差导致的。

此时我们应去分析统计报告的 RTWP 或上行负荷是否过高，来制定相应的措施。

2）漏定义 GSM 相邻小区

如果漏定义了 GSM 的相邻小区，就会致使事件检测失败。

因此我们应根据实际环境增加 GSM 的相邻小区，但应注意过多的邻小区关系可能会降低搜索 GSM 载波的时间。

3）3G 小区的信号强度衰落过快

如果由于覆盖的原因导致 3G 小区的信号衰落过快，UE 可能没有足够的时间来进入到 GSM 小区当中，这又分两种可能的情况。情况一：GSM 小区的 RSSI 均值很高；情况二：GSM 小区的 RSSI 上升很快。

对于上述两种情况，应该增加 WCDMA 小区的 3A 事件的门限值，以便能够尽早地触发系统间的切换或小区改变（改变）。对于第二种情况，应该降低 GSM 的 3A 门限或者增大该小区对 GSM 小区的 CIO 值。

应注意 WCDMA RAN 的门限集 GSM3A 事件的门限是 RNC 的参数。

改变天线的倾角、方位角或基站的位置，以便使小区的交叠覆盖区增大。

4）GSM 邻小区列表过长

根据 3GPP 标准，UE 最多可测量 32 个 GSM 小区。因此如果 GSM 监视集的数量大于 32 个时，就无法被全部监视，从而导致系统间切换事件的检测失败。

如果存在过多的不必要的 GSM 相邻关系，那么在删除这些不必要的相邻小区时应十分谨慎；应该根据相邻小区的重要程度来添加邻小区类表。

2. 系统间切换执行失败

（1）故障现象

通过测试发现以下情况：

1）CS 域核心网向 SRNC 发送了一条 Relocation preparation failure 的 RANAP 消息；

2）SRNC 向 CS 域核心网发送了一条带有原因值为 relocation canceled（10）的 Relocation cancel 消息；

3）SRNC 向 CS 域发送了一条带有原因值为 TRELOCprep expiry（3）的 Relocation cancel 消息；

4）UE 向 UTRAN 发送了一条 Handover from UTRAN failure 消息；

5）在系统间切换期间连接中断；

通过统计分析发现：

6）到 GSM 的系统间切换成功率很低；

7）切换失败后返回原信道的比例很高

8）由于 GSM 网络资源分配失败导致切换失败的次数很高。

（2）故障分析及解决措施

1）GSM 网络的资源不足

对于第一种情况是由于 GSM 网络的资源不足造成的。

解决方案：对 GSM 的小区进行扩容；提高到 GSM 小区的切换尝试次数，但是这会增加切换时延并可能会增大导频信道的 E_c/N_0 过低导致掉话的风险。

2）无法执行 GSM 的请求

第二种情况是由于 UTRAN 无法执行来自 GSM 侧的请求。GSM 目标小区已经分配好资源，并向 SRNC 发送了一条 Relocation command 消息。该消息中包括那么 TAB 应该被释放掉。如果 UTRAN 无法执行该请求，那么 SRNC 向 CS 域核心网发送了一条带有原因值为 relocation canceled（10）的 Relocation cancel 消息。应注意这时连接依然保留。

3）核心网没有响应

对于第三种情况是由于核心网没有任何响应。

在向核心网发送了一条 Relocation required 消息来请求 GSM 分配资源后，SRNC 将启动一个定时器 TRELOCprep。当定时器超时后，仍没有收到核心网的响应时，那么 SRNC 将向 CS 域发送了一条带有原因值为 TRELOCprep expiry（3）的 Relocation cancel 消息。应注意这时连接依然保留。

4）接入 GSM 小区失败

第四、七种情况是由于接入 GSM 小区失败导致的。当 UE 收到 Handover from UTRAN command 消息后，它将试图接入到目标 GSM 小区当中。如果失败，UE 将向 UTRAN 发送一条 Handover from UTRAN failure 消息，并返回原信道。

如果切换失败后返回原信道的比例很高，这是由于 GSM 侧的连接建立失败导致的。

解决方案：应提高 GSM 小区的 TCH 建立成功率。

5）系统间切换的异常释放

第五种情况是由于系统间切换的异常释放。

6）系统间切出的失败

当 UTRAN 向 UE 发送了一条 Handover from UTRAN command 消息，切换请求就会增加一次。当 UTRAN 收到了一条 Iu release command 消息，切换成功就会增加一次。因此第六种情况的原因与 4）、5）一致。

3. 在系统间切换过程中异常掉线

（1）故障现象

通过测试发现：

UTRAN 下发的 RRC connection release 三层消息中的原因是“未指明”，接下来 UE 向 UTRAN 发送了一条 RRC connection release complete 后，然后连接中断。

这些现象发生在连接模式下，如 CELL_DCH 或 CELL_FACH。

（2）故障分析及解决措施

1）重定位（用于切换）定时器超时

在系统间切换程序中，当目标 GSM 小区为新的无线连接分配资源后，UTRAN 将向 UE 发送一条 handover from UTRAN command 消息，并启动重定位定时器。如果目标 GSM 小区报告给 UTRAN 系统间切换完成，定时器将会停止。否则，UTRAN 将会等到定时器超时。超时后，UTRAN 将命令 UE 释放掉连接，因为 UTRAN 认为连接质量不好。

在系统间小区改变程序中，当 UTRAN 决定执行系统间小区改变程序时，它将向 UE 发送一条 cell change order from UTRAN 消息，并启动小区改变定时器。如果核心网初始化合 IU 释放程序，那么定时器将会中止。否则 UTRAN 将会等到定时器超时。超时后 UTRAN 将命令 UE 释放掉该条链接。

原因可能是：连接建立失败，应该查看 GSM 网络是否出现故障；UE 没有收到 handover from UTRAN command 或 cell change order from UTRAN 消息，原因是由于下行质量过差。

2）测量控制失败

在系统间切换程序中，如果 UE 向 UTRAN 发送了一条 measurement control failure 消息，那么说明 UE 没有去测量所要求相邻小区，也就不会报告这些小区的信息。

发生这种故障的原因是由于下行质量过差造成的。

4. 由于参数设置问题导致系统间切换次数过多

（1）故障现象

通过统计发现，系统间切换次数过高。由于过多的系统间切换造成 GSM 网络的负荷增大。

（2）故障分析及解决措施

故障：系统间 WCDMA RAN 门限过高。

如果 WCDMA RAN 门限过高，那么就会导致大量的系统间切换。

解决方案：应将参数调低一些。但这会提高导频失败的可能性。

5. 系统间 PS 域业务切换失败

（1）故障现象

通过测试发现：UE 向 UTRAN 发送了一条 Cell change order from UTRAN failure 消息。从统计中发现：UE 从专用信道返回原信道的比例很高。

（2）故障分析及解决措施

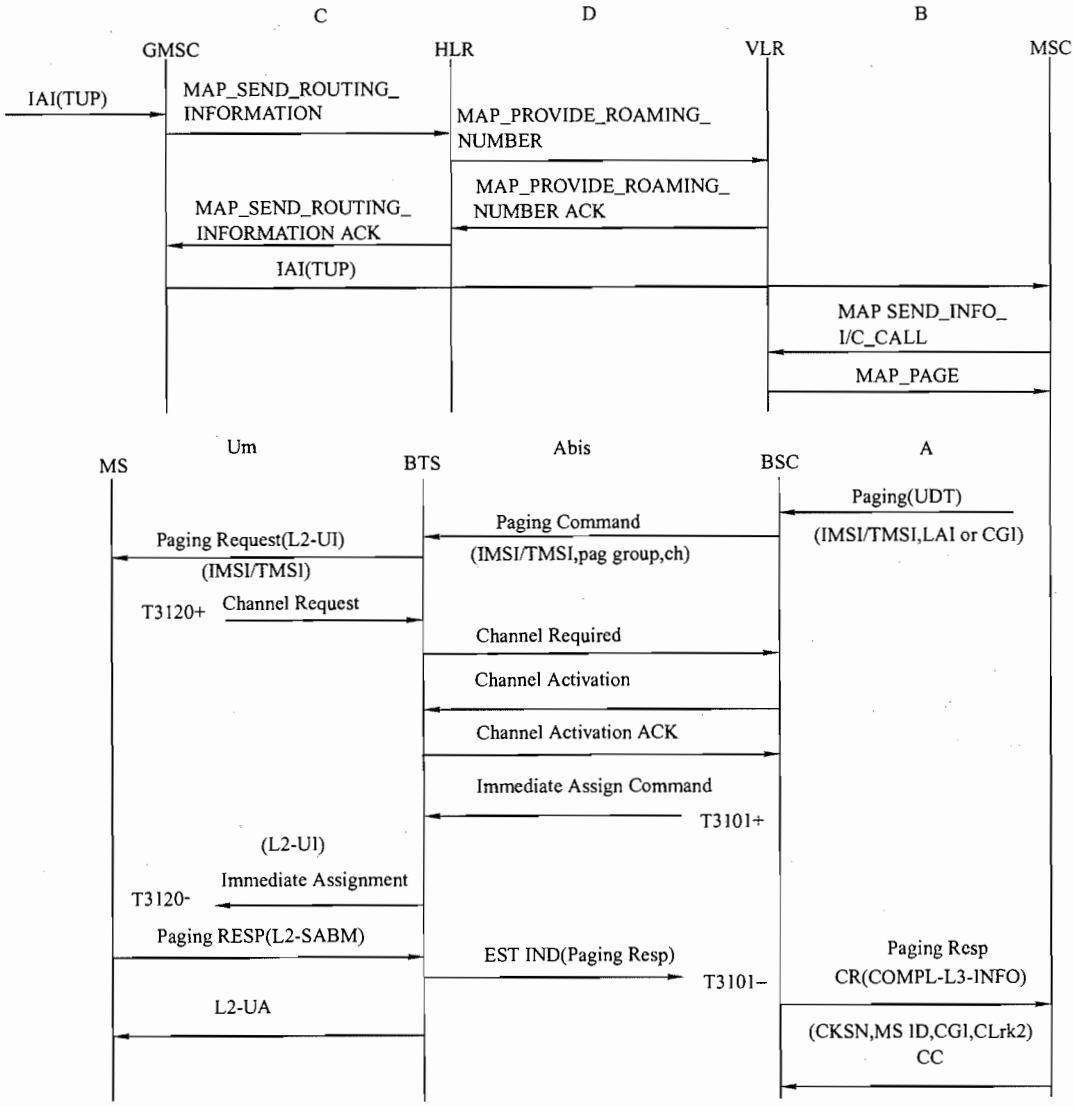
这可能是由于 GSM 小区驻留失败造成的。当 UE 收到 Cell change order from UTRAN 消息后，它将试图驻留到目标 GSM 小区之中。如果驻留失败，那么 UE 将向 UTRAN 发送一条 Cell change order from UTRAN failure 消息，并返回原信道。失败原因是由于 GSM 侧的连接建立失败。

解决方案：应检查 GSM 小区的连接建立成功率。

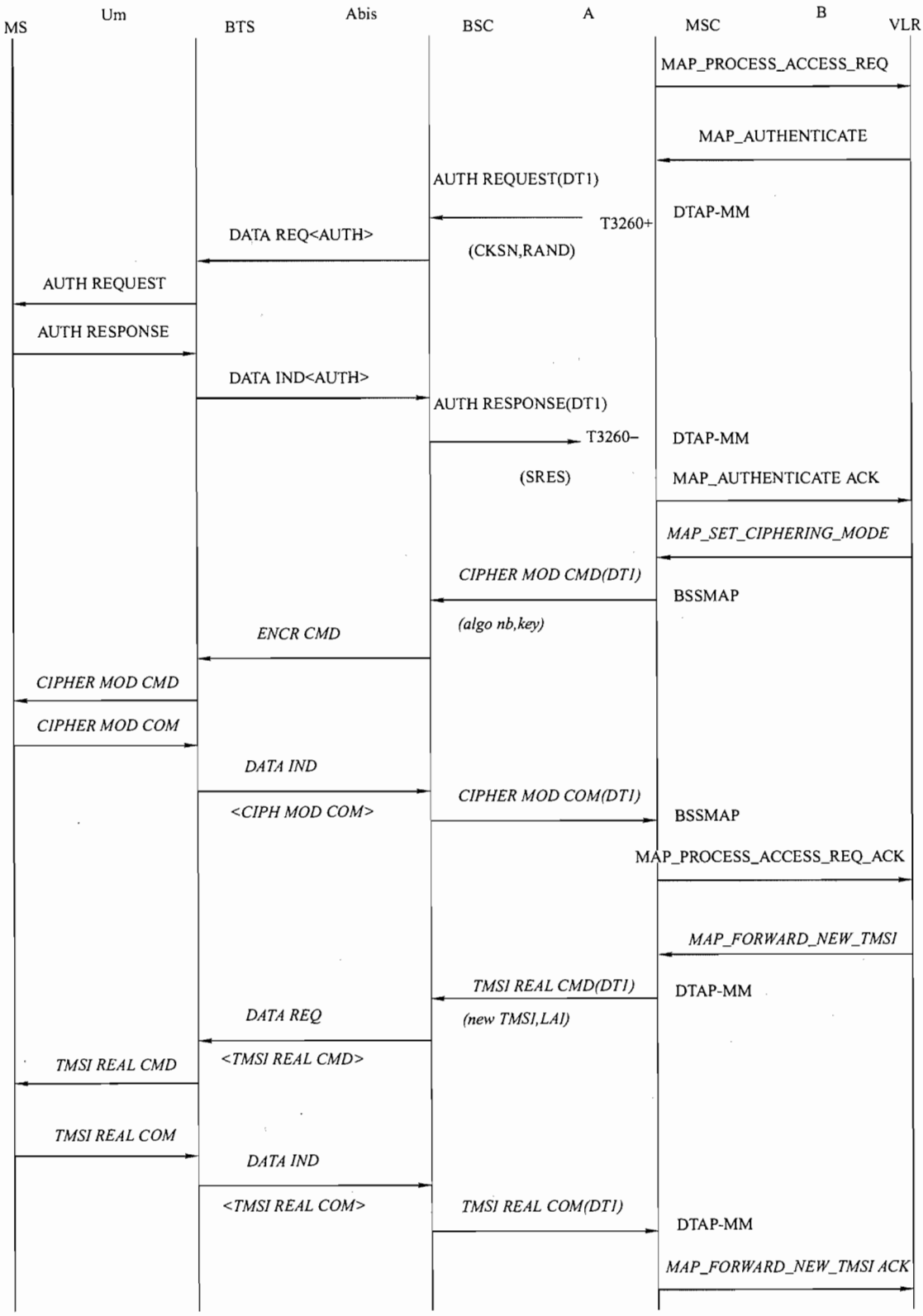
附　　录

附录A　呼叫信令流程图

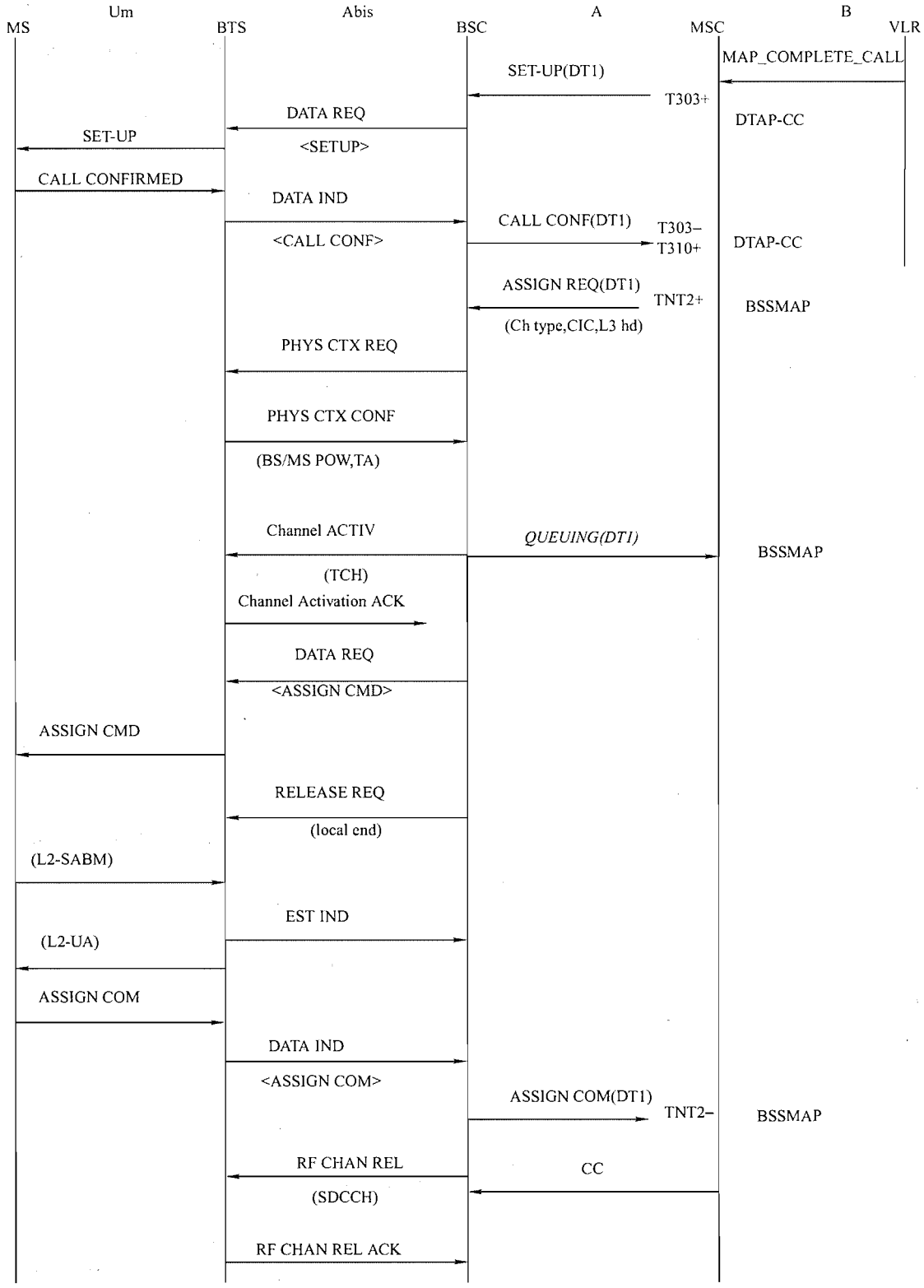
一、MS 被叫信令流程



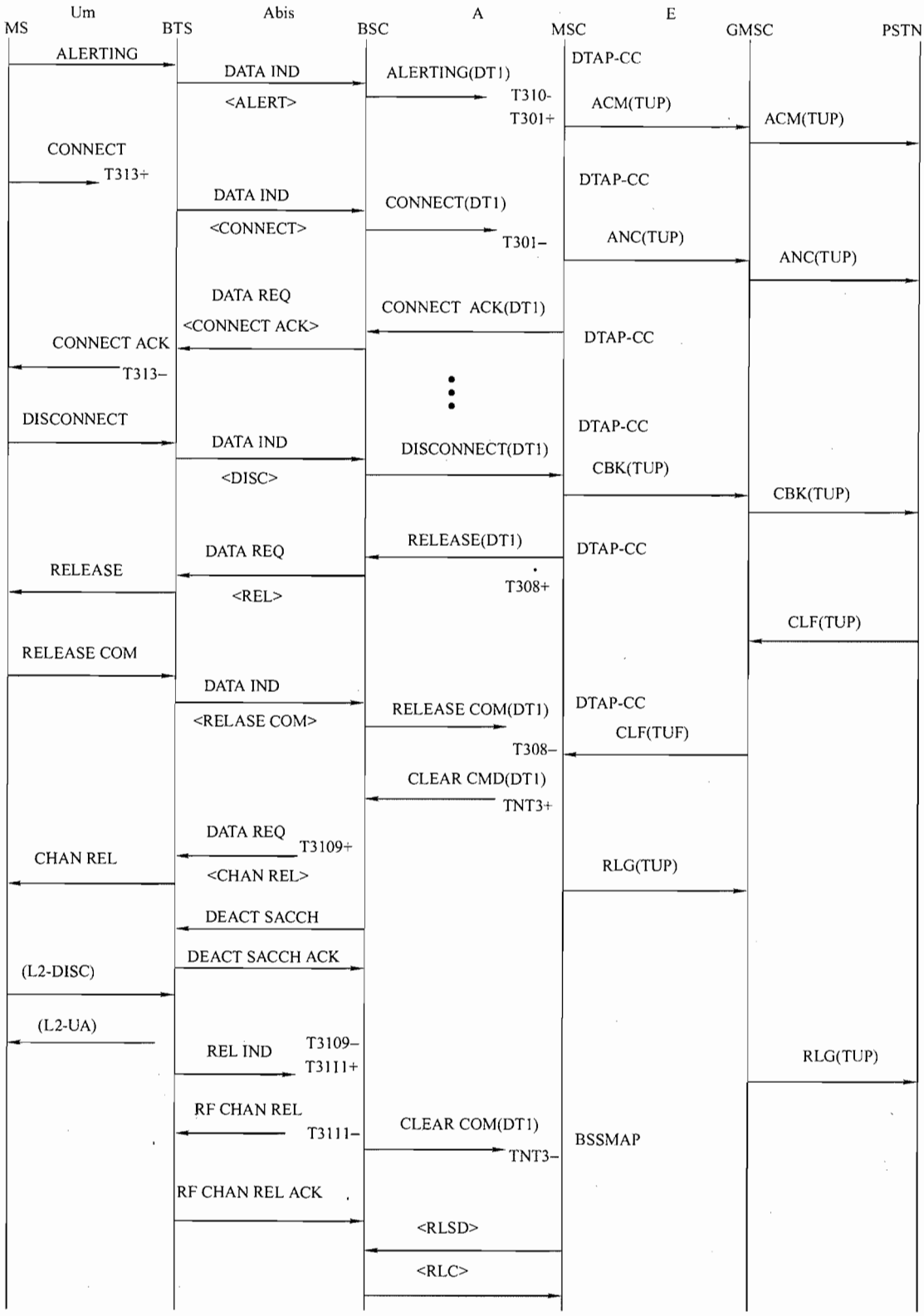
（续）


MS
Um
BTS
Abis
BSC
A
MSC
B
VLR
MAP_PROCESS_ACCESS_REQ
MAP_AUTHENTICATE
AUTH REQUEST(DT1)
T3260+
DTAP-MM
DATA REQ<AUTH>
(CKSN,RAND)
AUTH REQUEST
AUTH RESPONSE
DATA IND<AUTH>
AUTH RESPONSE(DT1)
T3260−
DTAP-MM
(SRES)
MAP_AUTHENTICATE ACK
MAP_SET_CIPHERING_MODE
CIPHER MOD CMD(DT1)
BSSMAP
(algo nb,key)
ENCR CMD
CIPHER MOD CMD
CIPHER MOD COM
DATA IND
CIPHER MOD COM(DT1)
<CIPH MOD COM>
BSSMAP
MAP_PROCESS_ACCESS_REQ_ACK
MAP_FORWARD_NEW_TMSI
TMSI REAL CMD(DT1)
DTAP-MM
DATA REQ
(new TMSI,LAI)
TMSI REAL CMD
<TMSI REAL CMD>
TMSI REAL COM
DATA IND
<TMSI REAL COM>
TMSI REAL COM(DT1)
DTAP-MM
MAP_FORWARD_NEW_TMSI ACK

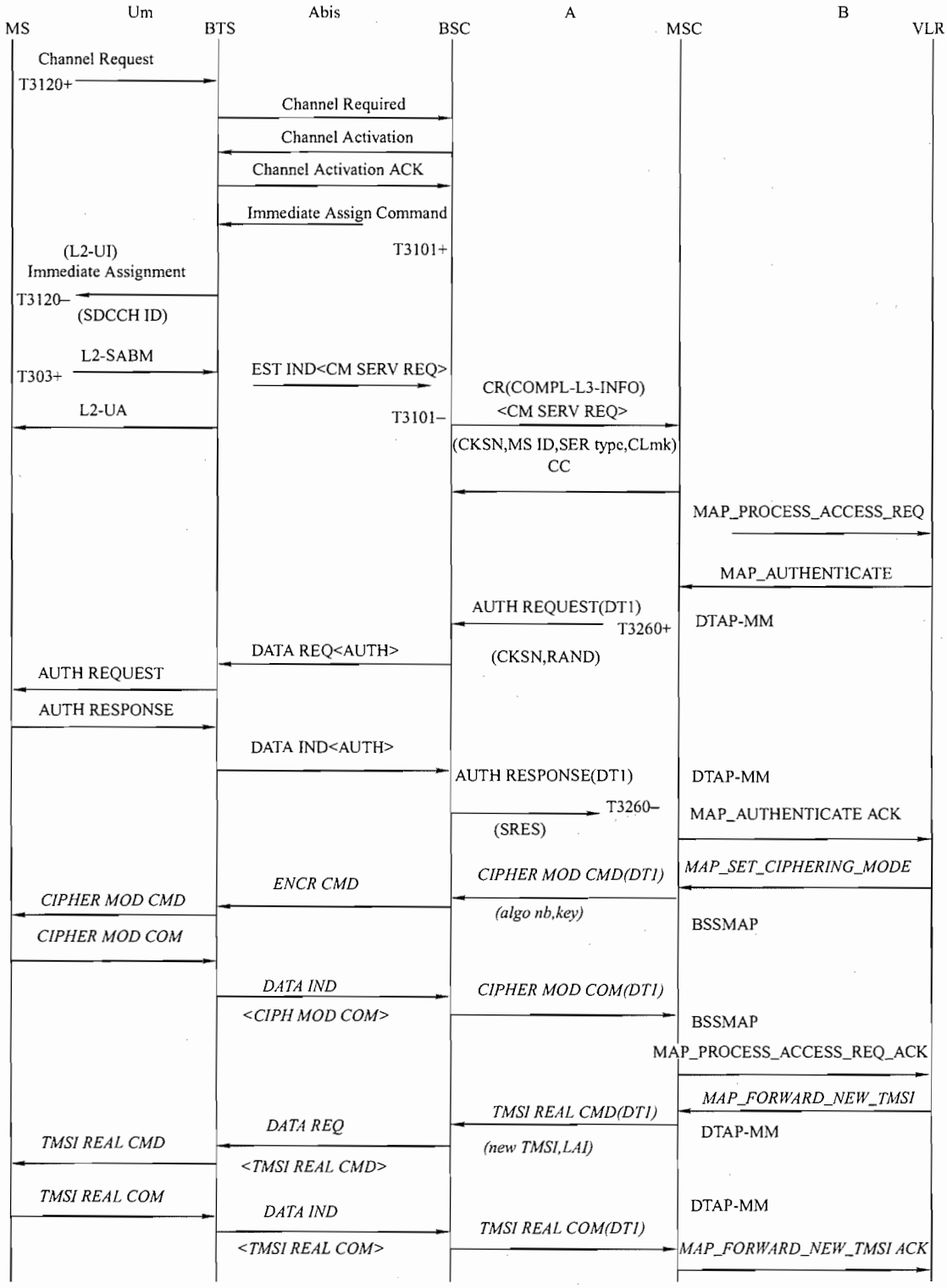
（续）


Um
Abis
A
B
MS
BTS
BSC
MSC
VLR
MAP_COMPLETE_CALL
SET-UP(DT1)
T303+
DATA REQ
DTAP-CC
SET-UP
<SETUP>
CALL CONFIRMED
DATA IND
CALL CONF(DT1)
T303–
T310+
<CALL CONF>
DTAP-CC
ASSIGN REQ(DT1)
TNT2+
BSSMAP
(Ch type,CIC,L3 hd)
PHYS CTX REQ
PHYS CTX CONF
(BS/MS POW,TA)
Channel ACTIV
QUEUING(DT1)
BSSMAP
(TCH)
Channel Activation ACK
DATA REQ
<ASSIGN CMD>
ASSIGN CMD
RELEASE REQ
(local end)
(L2-SABM)
EST IND
(L2-UA)
ASSIGN COM
DATA IND
<ASSIGN COM>
ASSIGN COM(DT1)
TNT2–
BSSMAP
RF CHAN REL
CC
(SDCCH)
RF CHAN REL ACK

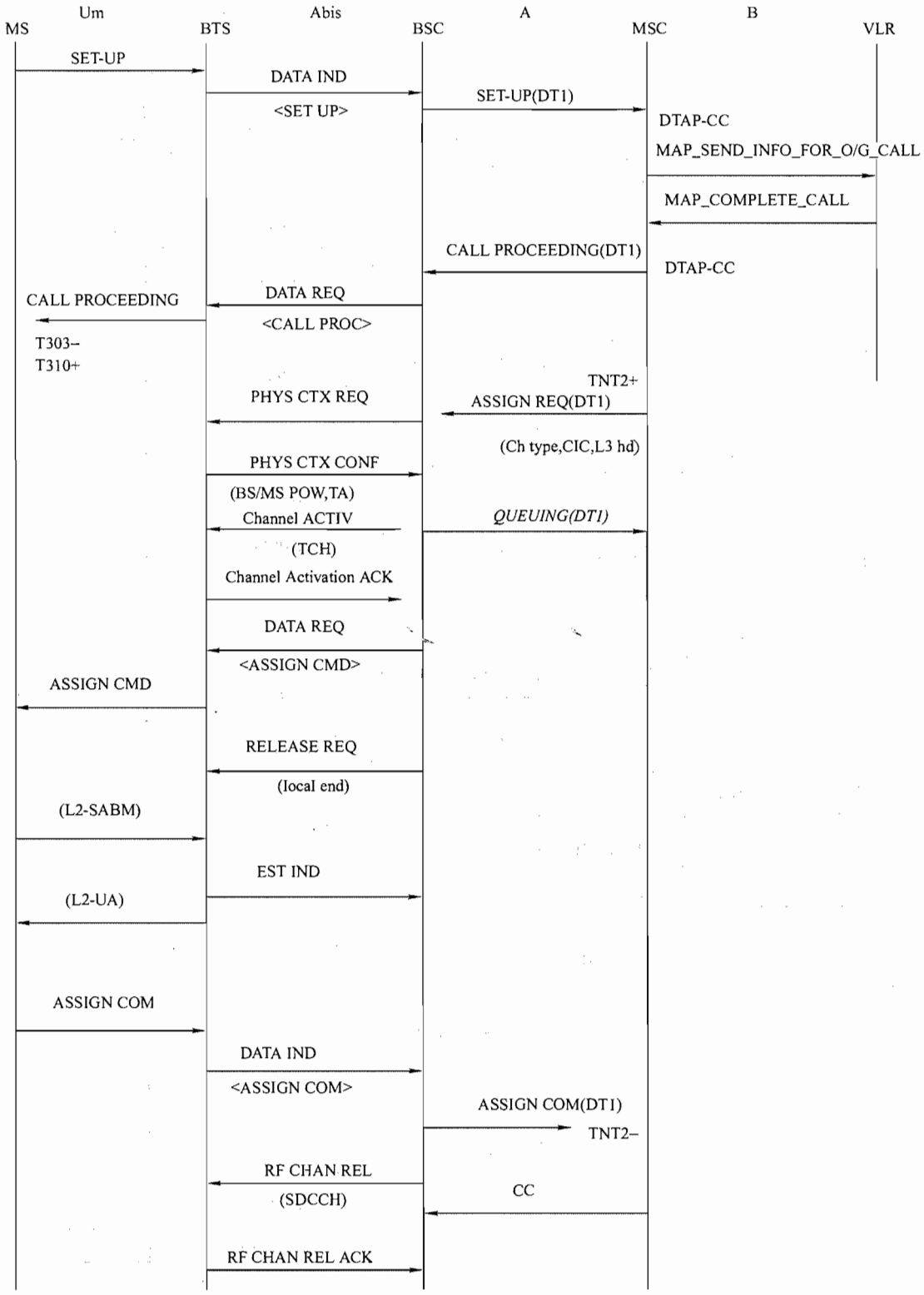
（续）


Um
Abis
A
E
MS
BTS
BSC
MSC
GMSC
PSTN
ALERTING
DATA IND
<ALERT>
ALERTING(DT1)
T310-
T301+
DTAP-CC
ACM(TUP)
ACM(TUP)
CONNECT
T313+
DATA IND
<CONNECT>
CONNECT(DT1)
T301-
DTAP-CC
ANC(TUP)
ANC(TUP)
DATA REQ
<CONNECT ACK>
CONNECT ACK(DT1)
DTAP-CC
CONNECT ACK
T313-
DISCONNECT
DATA IND
<DISC>
DISCONNECT(DT1)
DTAP-CC
CBK(TUP)
CBK(TUP)
RELEASE(DT1)
DTAP-CC
DATA REQ
<REL>
RELEASE
T308+
CLF(TUP)
RELEASE COM
DATA IND
<RELASE COM>
RELEASE COM(DT1)
DTAP-CC
CLF(TUF)
T308-
CLEAR CMD(DT1)
TNT3+
DATA REQ
T3109+
<CHAN REL>
CHAN REL
RLG(TUP)
DEACT SACCH
DEACT SACCH ACK
(L2-DISC)
(L2-UA)
REL IND
T3109-
T3111+
RLG(TUP)
RF CHAN REL
T3111-
CLEAR COM(DT1)
TNT3-
BSSMAP
RF CHAN REL ACK
<RLSD>
<RLC>

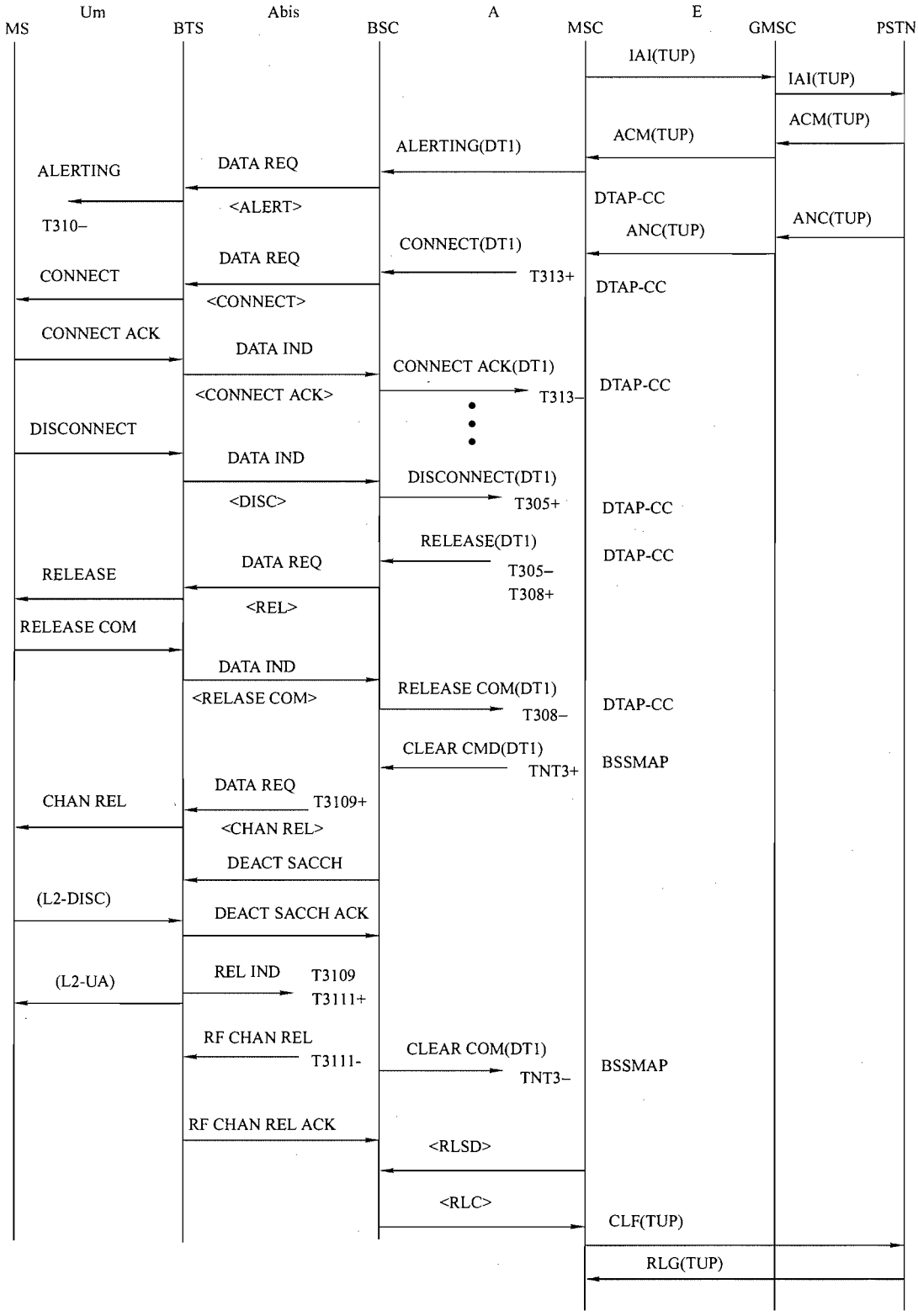
二、MS 主叫信令流程


Um
Abis
A
B
MS
BTS
BSC
MSC
VLR
Channel Request
T3120+
Channel Required
Channel Activation
Channel Activation ACK
Immediate Assign Command
T3101+
(L2-UI)
Immediate Assignment
T3120–
(SDCCH ID)
L2-SABM
T303+
EST IND<CM SERV REQ>
CR(COMPL-L3-INFO)
<CM SERV REQ>
L2-UA
T3101–
(CKSN,MS ID,SER type,CLmk)
CC
MAP_PROCESS_ACCESS_REQ
MAP_AUTHENTICATE
AUTH REQUEST(DT1)
T3260+
DTAP-MM
DATA REQ<AUTH>
(CKSN,RAND)
AUTH REQUEST
AUTH RESPONSE
DATA IND<AUTH>
AUTH RESPONSE(DT1)
DTAP-MM
T3260–
MAP_AUTHENTICATE ACK
(SRES)
MAP_SET_CIPHERING_MODE
ENCR CMD
CIPHER MOD CMD(DT1)
CIPHER MOD CMD
(algo nb,key)
BSSMAP
CIPHER MOD COM
DATA IND
CIPHER MOD COM(DT1)
<CIPH MOD COM>
BSSMAP
MAP_PROCESS_ACCESS_REQ_ACK
MAP_FORWARD_NEW_TMSI
TMSI REAL CMD(DT1)
DATA REQ
DTAP-MM
TMSI REAL CMD
(new TMSI,LAI)
<TMSI REAL CMD>
TMSI REAL COM
DTAP-MM
DATA IND
TMSI REAL COM(DT1)
<TMSI REAL COM>
MAP_FORWARD_NEW_TMSI ACK

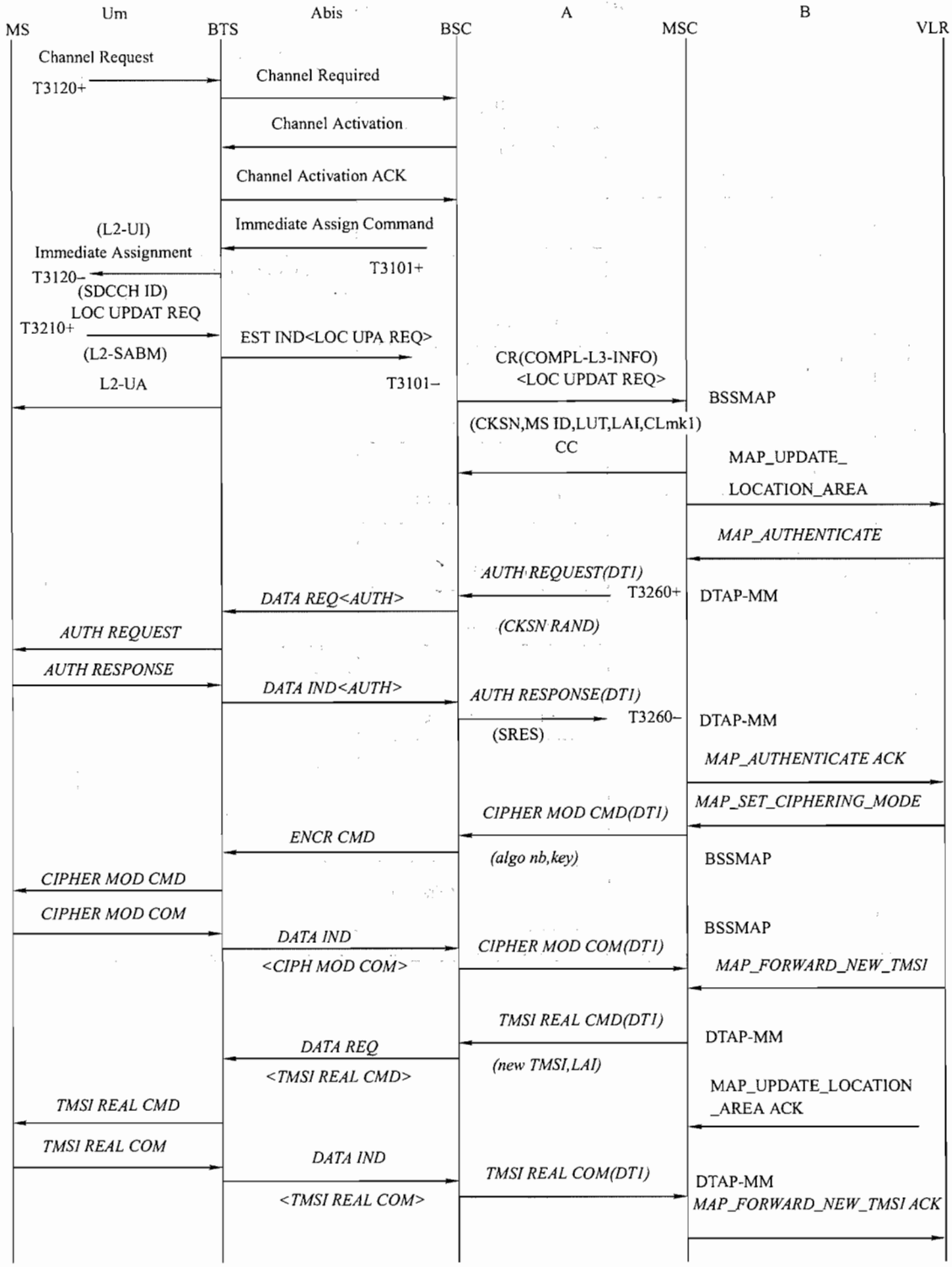
（续）


Um
Abis
A
B
MS
BTS
BSC
MSC
VLR
SET-UP
DATA IND
<SET UP>
SET-UP(DT1)
DTAP-CC
MAP_SEND_INFO_FOR_O/G_CALL
MAP_COMPLETE_CALL
CALL PROCEEDING(DT1)
DTAP-CC
CALL PROCEEDING
DATA REQ
<CALL PROC>
T303–
T310+
TNT2+
PHYS CTX REQ
ASSIGN REQ(DT1)
(Ch type,CIC,L3 hd)
PHYS CTX CONF
(BS/MS POW,TA)
Channel ACTIV
QUEUING(DT1)
(TCH)
Channel Activation ACK
DATA REQ
<ASSIGN CMD>
ASSIGN CMD
RELEASE REQ
(local end)
(L2-SABM)
EST IND
(L2-UA)
ASSIGN COM
DATA IND
<ASSIGN COM>
ASSIGN COM(DT1)
TNT2–
RF CHAN REL
(SDCCH)
CC
RF CHAN REL ACK

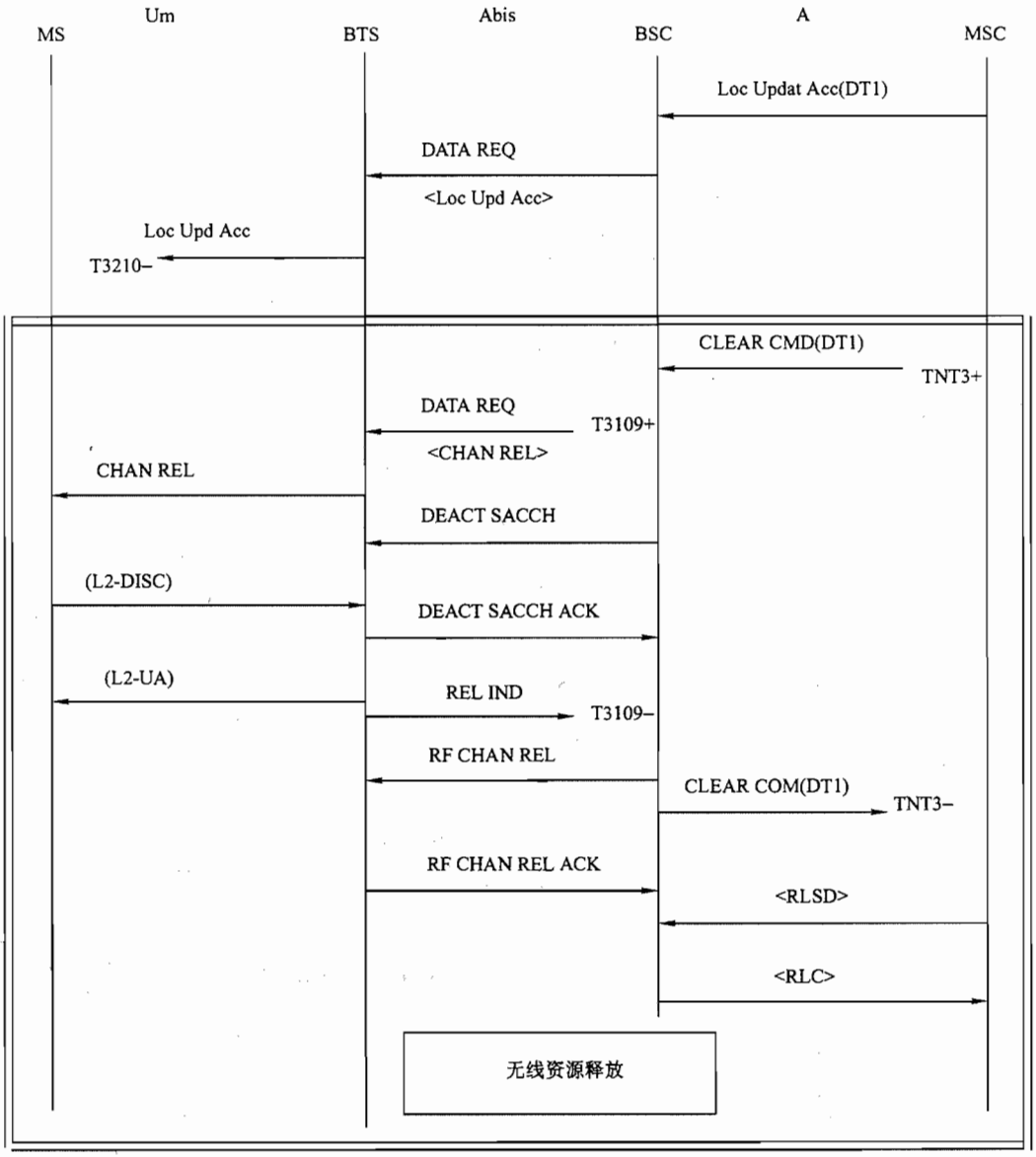
（续）


MS
Um
BTS
Abis
BSC
A
MSC
E
GMSC
PSTN
IAI(TUP)
IAI(TUP)
ACM(TUP)
ACM(TUP)
ALERTING(DT1)
ALERTING
DATA REQ
<ALERT>
DTAP-CC
T310–
ANC(TUP)
ANC(TUP)
CONNECT(DT1)
DATA REQ
T313+
CONNECT
DTAP-CC
<CONNECT>
CONNECT ACK
DATA IND
CONNECT ACK(DT1)
DTAP-CC
<CONNECT ACK>
T313–
DISCONNECT
DATA IND
DISCONNECT(DT1)
<DISC>
T305+
DTAP-CC
RELEASE(DT1)
DTAP-CC
DATA REQ
RELEASE
T305–
T308+
<REL>
RELEASE COM
DATA IND
RELEASE COM(DT1)
<RELASE COM>
DTAP-CC
T308–
CLEAR CMD(DT1)
BSSMAP
TNT3+
DATA REQ
CHAN REL
T3109+
<CHAN REL>
DEACT SACCH
(L2-DISC)
DEACT SACCH ACK
REL IND
T3109
(L2-UA)
T3111+
RF CHAN REL
CLEAR COM(DT1)
T3111-
BSSMAP
TNT3–
RF CHAN REL ACK
<RLSD>
<RLC>
CLF(TUP)
RLG(TUP)

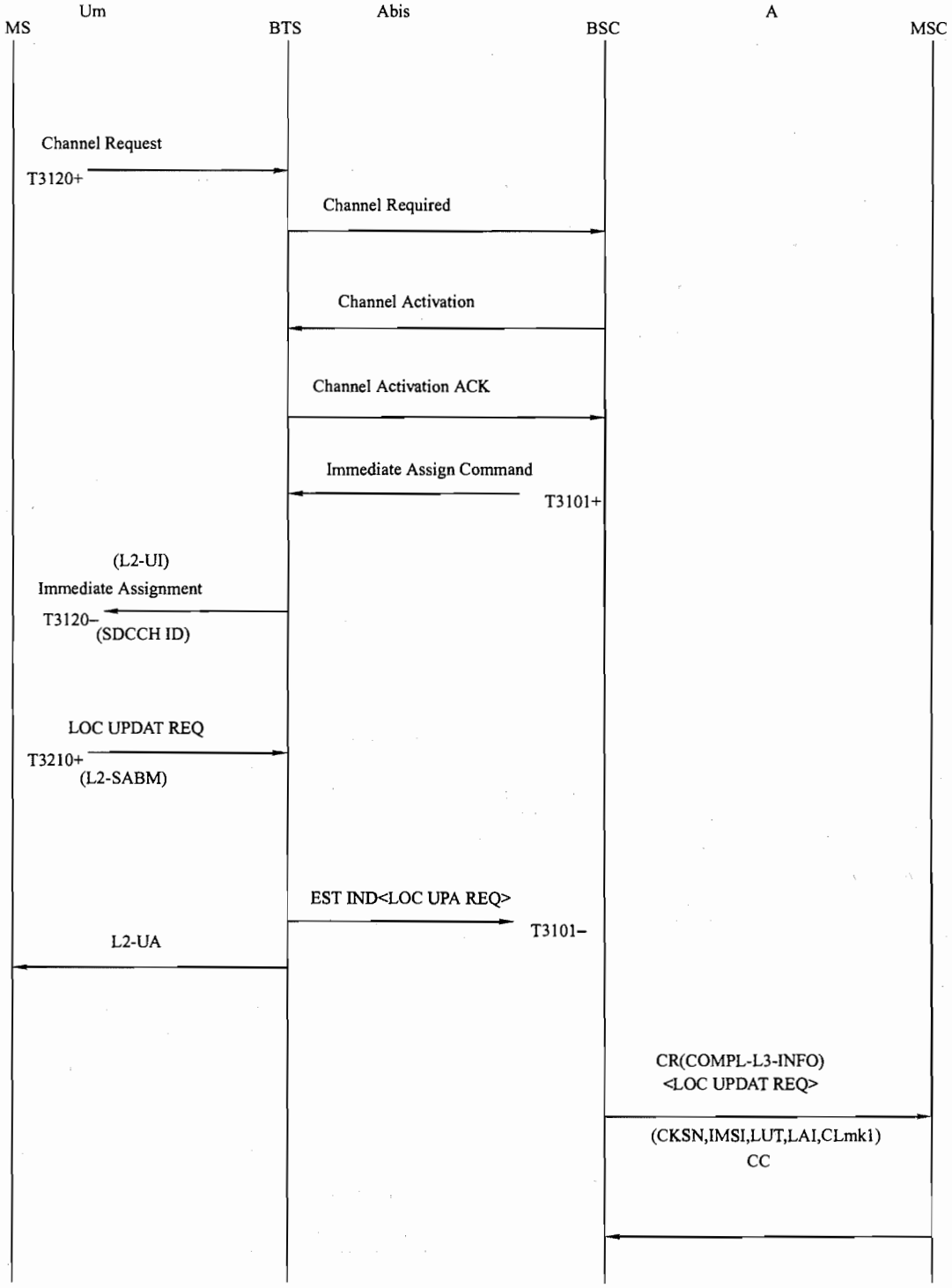
三、INTRA_VLR 位置更新信令流程



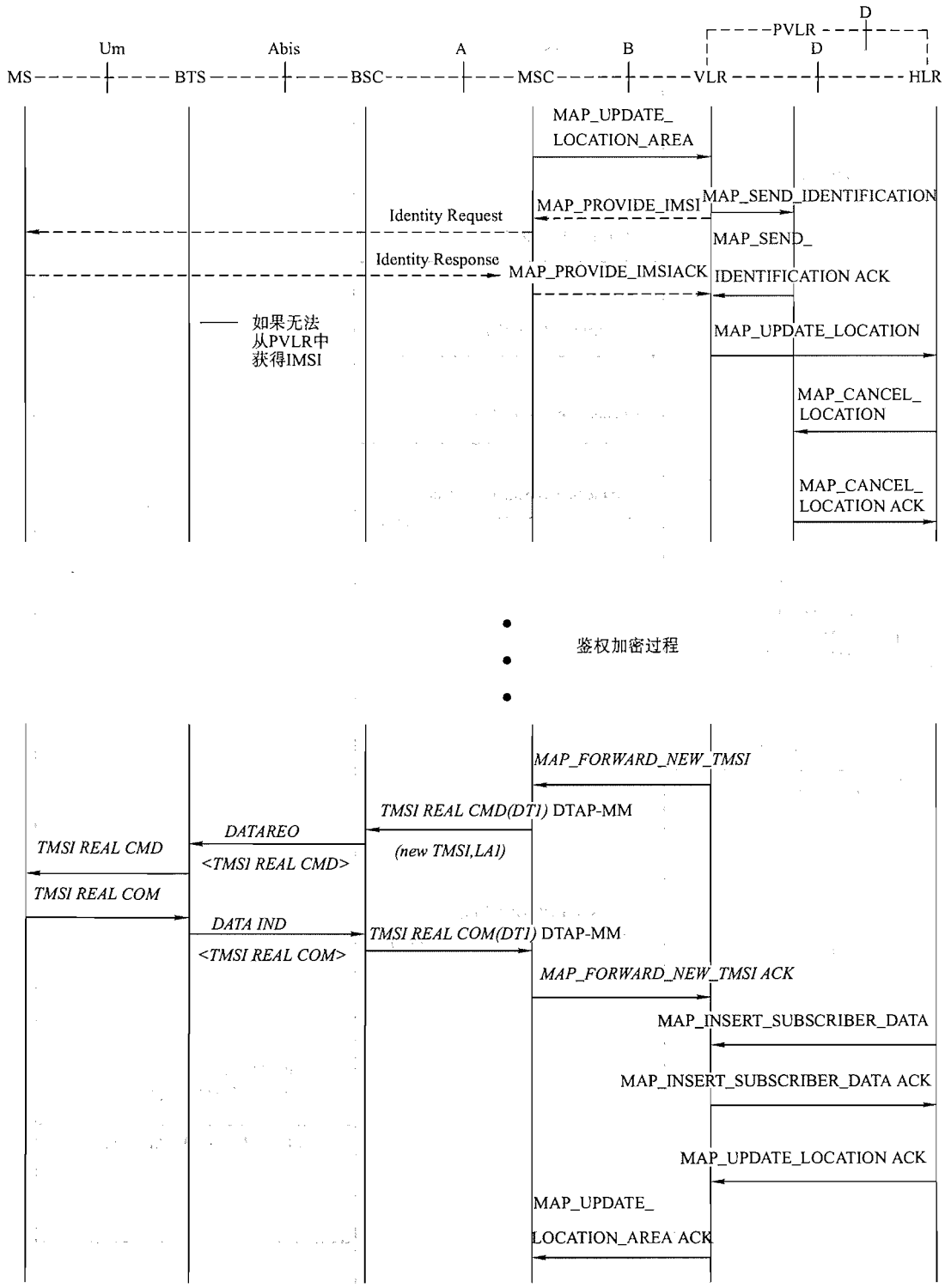
（续）


Um
Abis
A
MS
BTS
BSC
MSC
Loc Updat Acc(DT1)
DATA REQ
<Loc Upd Acc>
Loc Upd Acc
T3210–
CLEAR CMD(DT1)
TNT3+
DATA REQ
T3109+
<CHAN REL>
CHAN REL
DEACT SACCH
(L2-DISC)
DEACT SACCH ACK
(L2-UA)
REL IND
T3109–
RF CHAN REL
CLEAR COM(DT1)
TNT3–
RF CHAN REL ACK
<RLSD>
<RLC>
无线资源释放

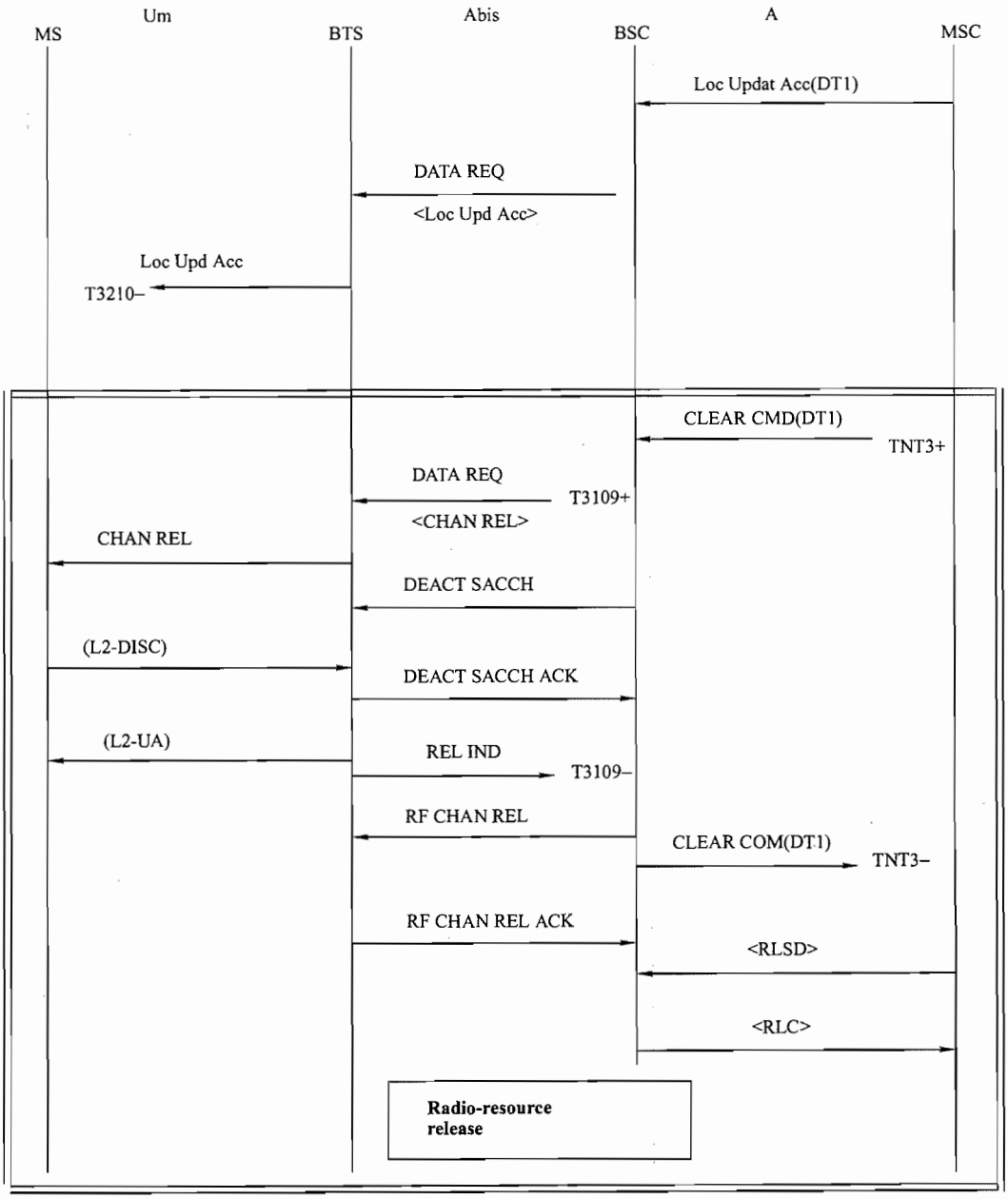
四、INTRA_VLR 位置更新信令流程（MS 发送 TMSI）



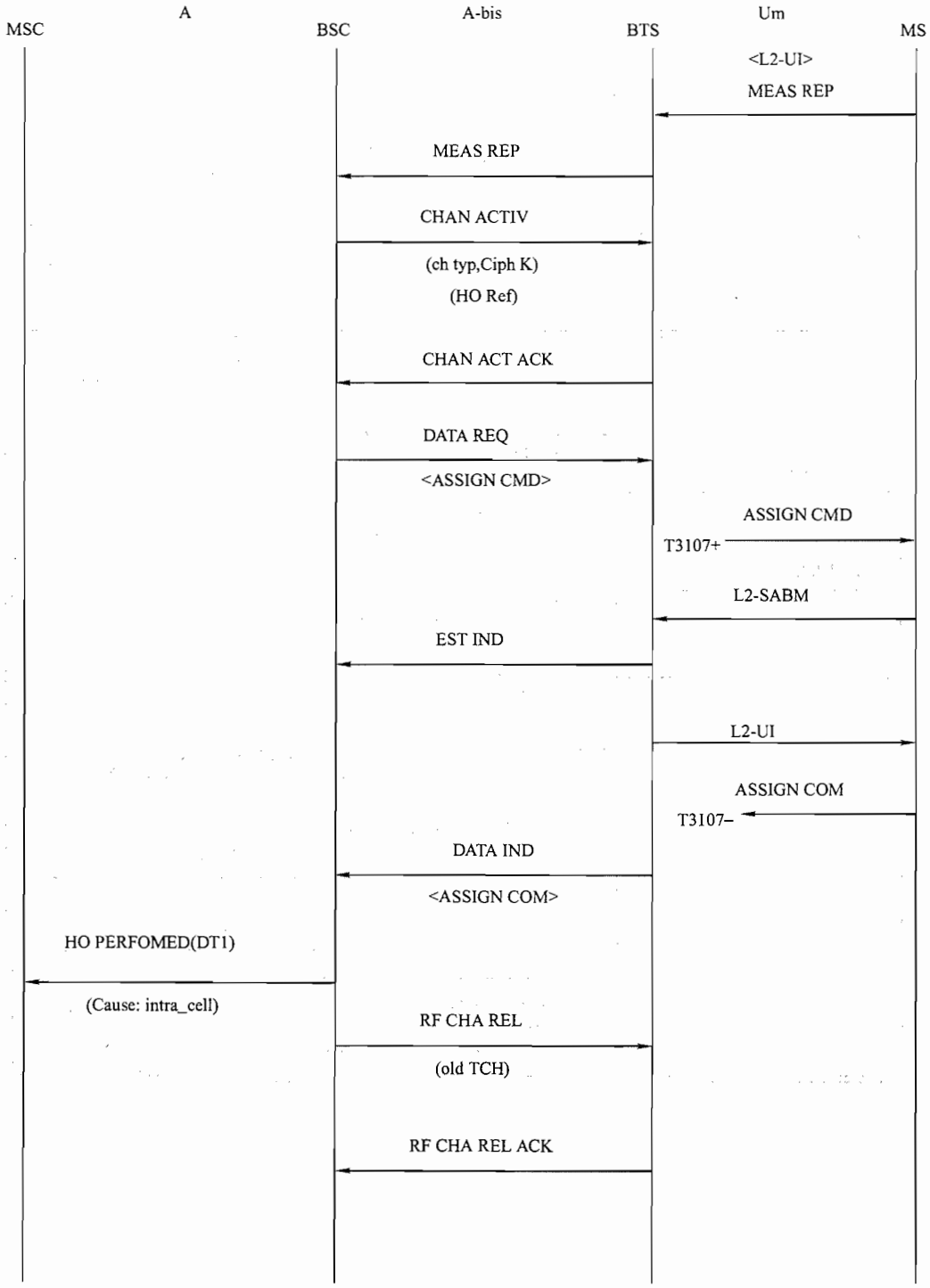
（续）


D
PVLR
Um
Abis
A
B
D
MS
BTS
BSC
MSC
VLR
HLR
MAP_UPDATE_
LOCATION_AREA
MAP_PROVIDE_IMSI
MAP_SEND_IDENTIFICATION
Identity Request
MAP_SEND_
Identity Response
MAP_PROVIDE_IMSIACK
IDENTIFICATION ACK
如果无法
从PVLR中
获得IMSI
MAP_UPDATE_LOCATION
MAP_CANCEL_
LOCATION
MAP_CANCEL_
LOCATION ACK
鉴权加密过程
MAP_FORWARD_NEW_TMSI
TMSI REAL CMD(DT1) DTAP-MM
DATAREO
TMSI REAL CMD
(new TMSI,LA1)
<TMSI REAL CMD>
TMSI REAL COM
DATA IND
TMSI REAL COM(DT1) DTAP-MM
<TMSI REAL COM>
MAP_FORWARD_NEW_TMSI ACK
MAP_INSERT_SUBSCRIBER_DATA
MAP_INSERT_SUBSCRIBER_DATA ACK
MAP_UPDATE_LOCATION ACK
MAP_UPDATE_
LOCATION_AREA ACK

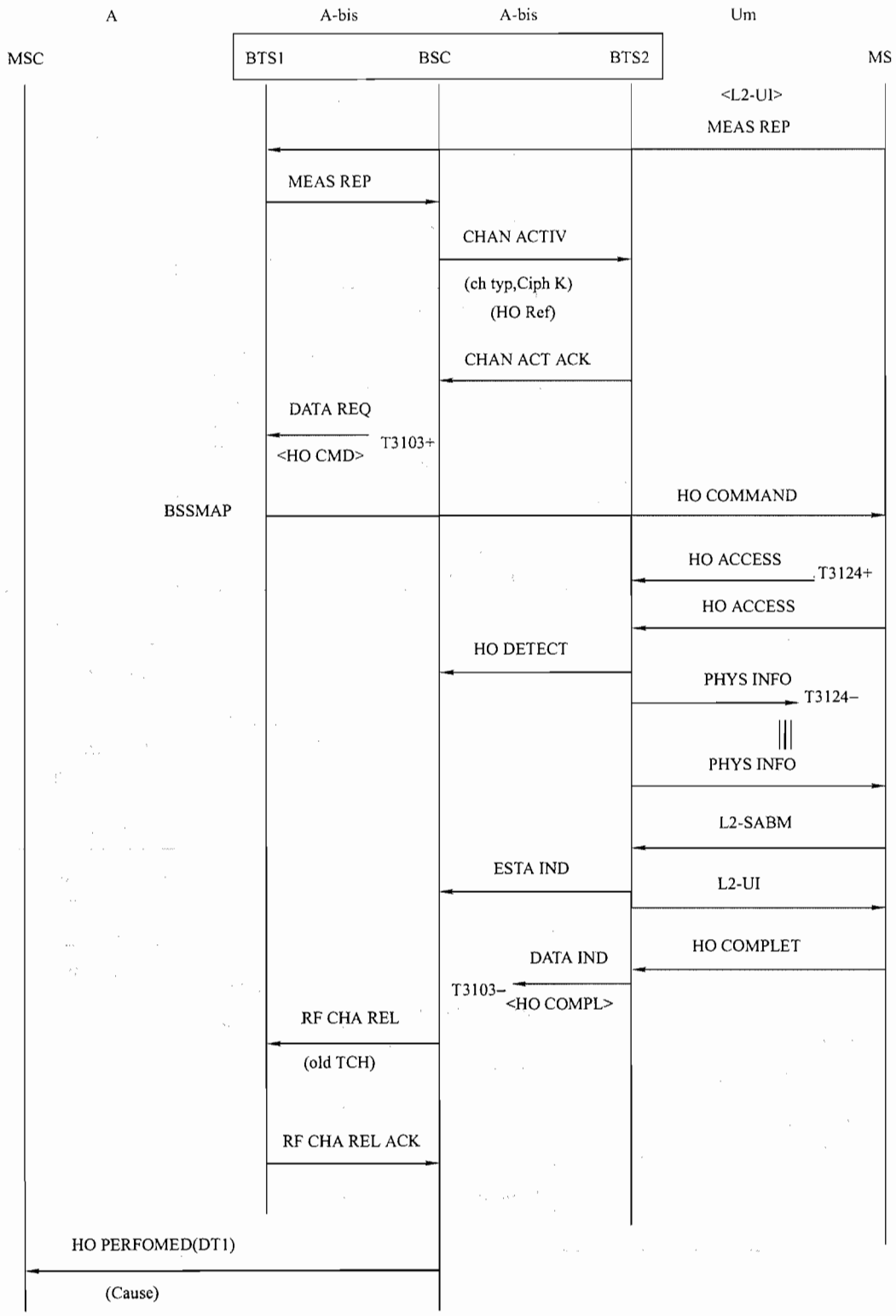
（续）


Um
Abis
A
MS
BTS
BSC
MSC
Loc Updat Acc(DT1)
DATA REQ
<Loc Upd Acc>
Loc Upd Acc
T3210–
CLEAR CMD(DT1)
TNT3+
DATA REQ
T3109+
<CHAN REL>
CHAN REL
DEACT SACCH
(L2-DISC)
DEACT SACCH ACK
(L2-UA)
REL IND
T3109–
RF CHAN REL
CLEAR COM(DT1)
TNT3–
RF CHAN REL ACK
<RLSD>
<RLC>
Radio-resource release

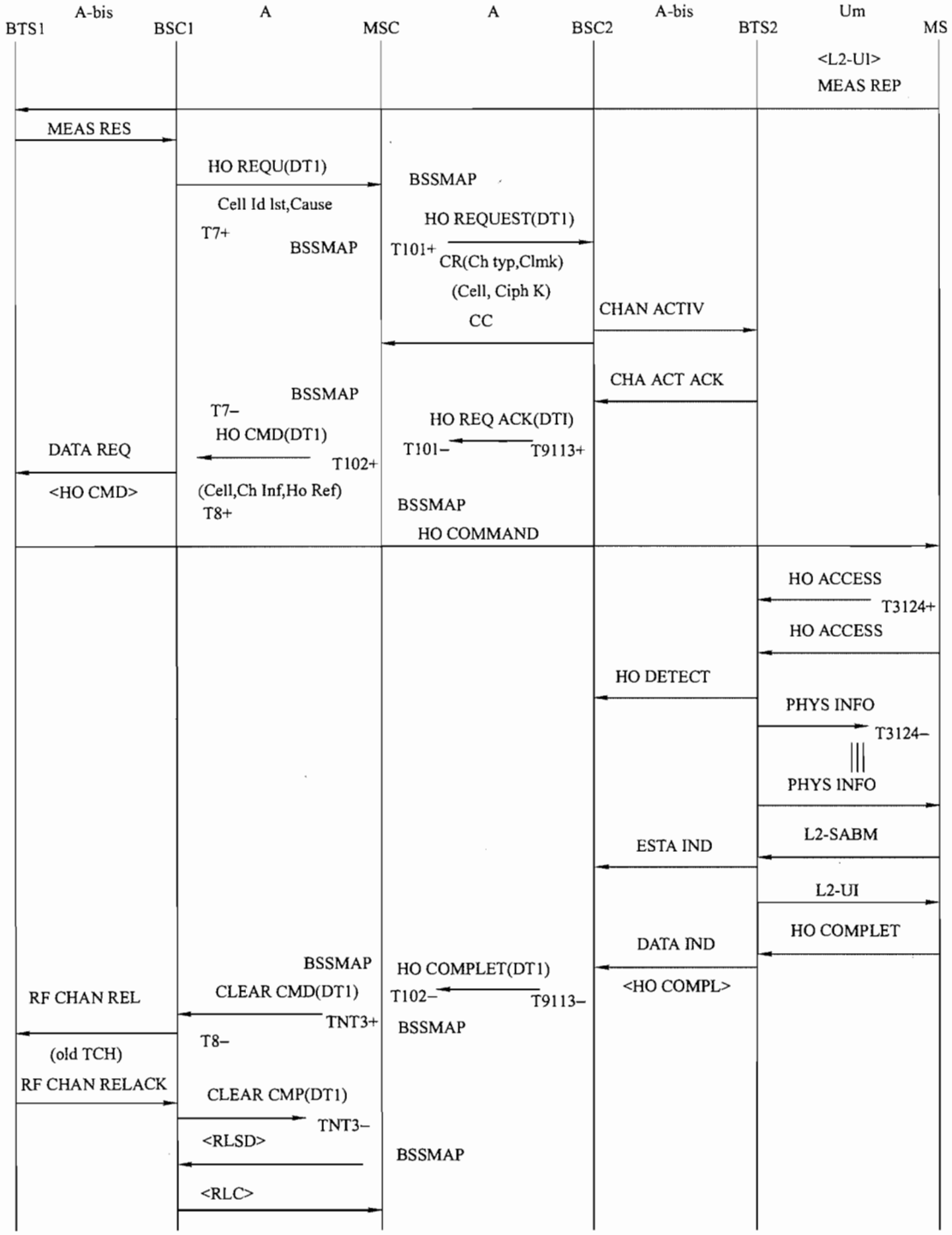
五、INTRA_VLR 切换信令流程



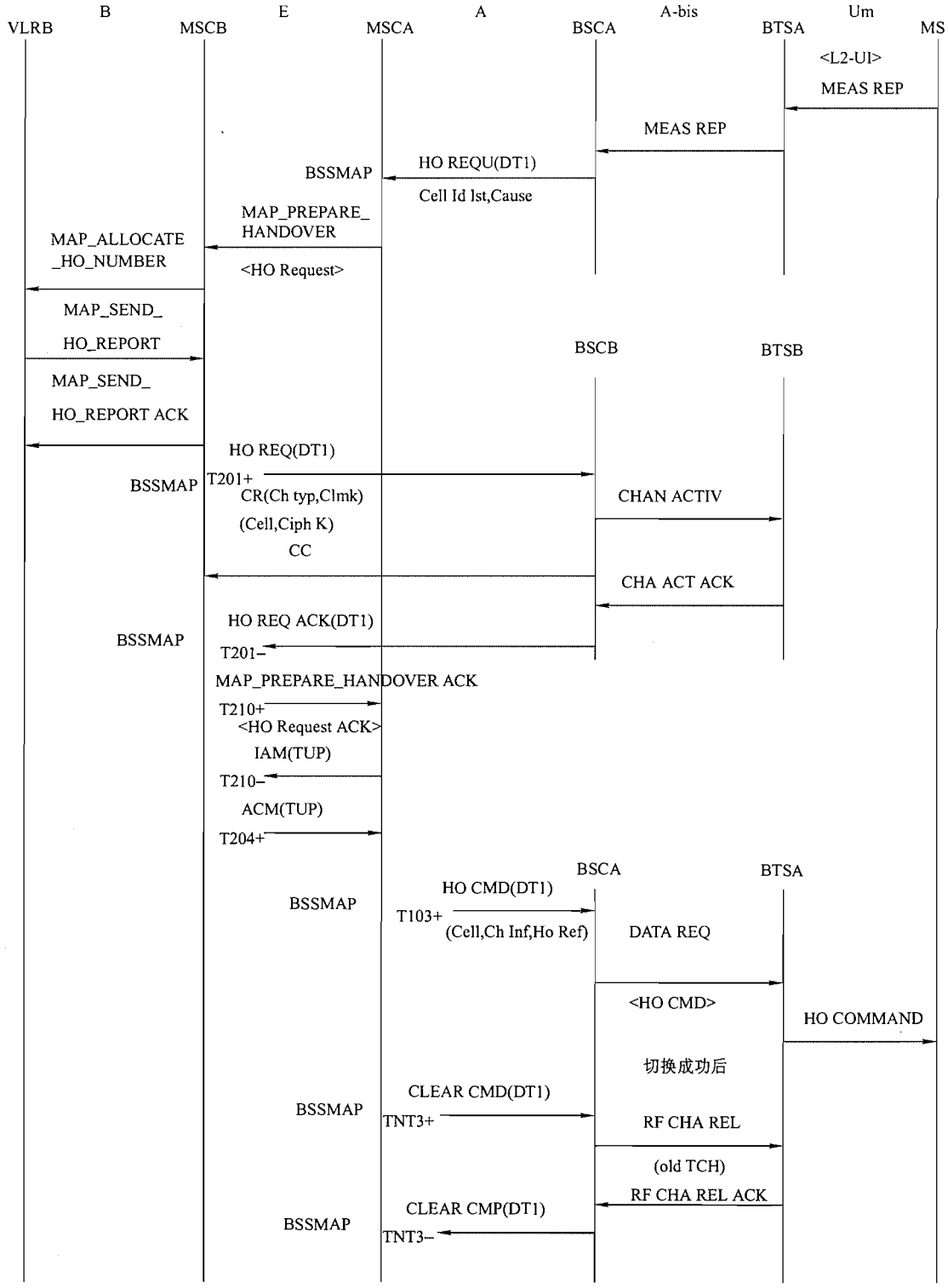
（续）


A
A-bis
A-bis
Um
MSC
BTS1
BSC
BTS2
MS
<L2-UI>
MEAS REP
MEAS REP
CHAN ACTIV
(ch typ,Ciph K)
(HO Ref)
CHAN ACT ACK
DATA REQ
T3103+
<HO CMD>
BSSMAP
HO COMMAND
HO ACCESS
T3124+
HO ACCESS
HO DETECT
PHYS INFO
T3124–
PHYS INFO
L2-SABM
ESTA IND
L2-UI
HO COMPLET
DATA IND
T3103–
<HO COMPL>
RF CHA REL
(old TCH)
RF CHA REL ACK
HO PERFOMED(DT1)
(Cause)

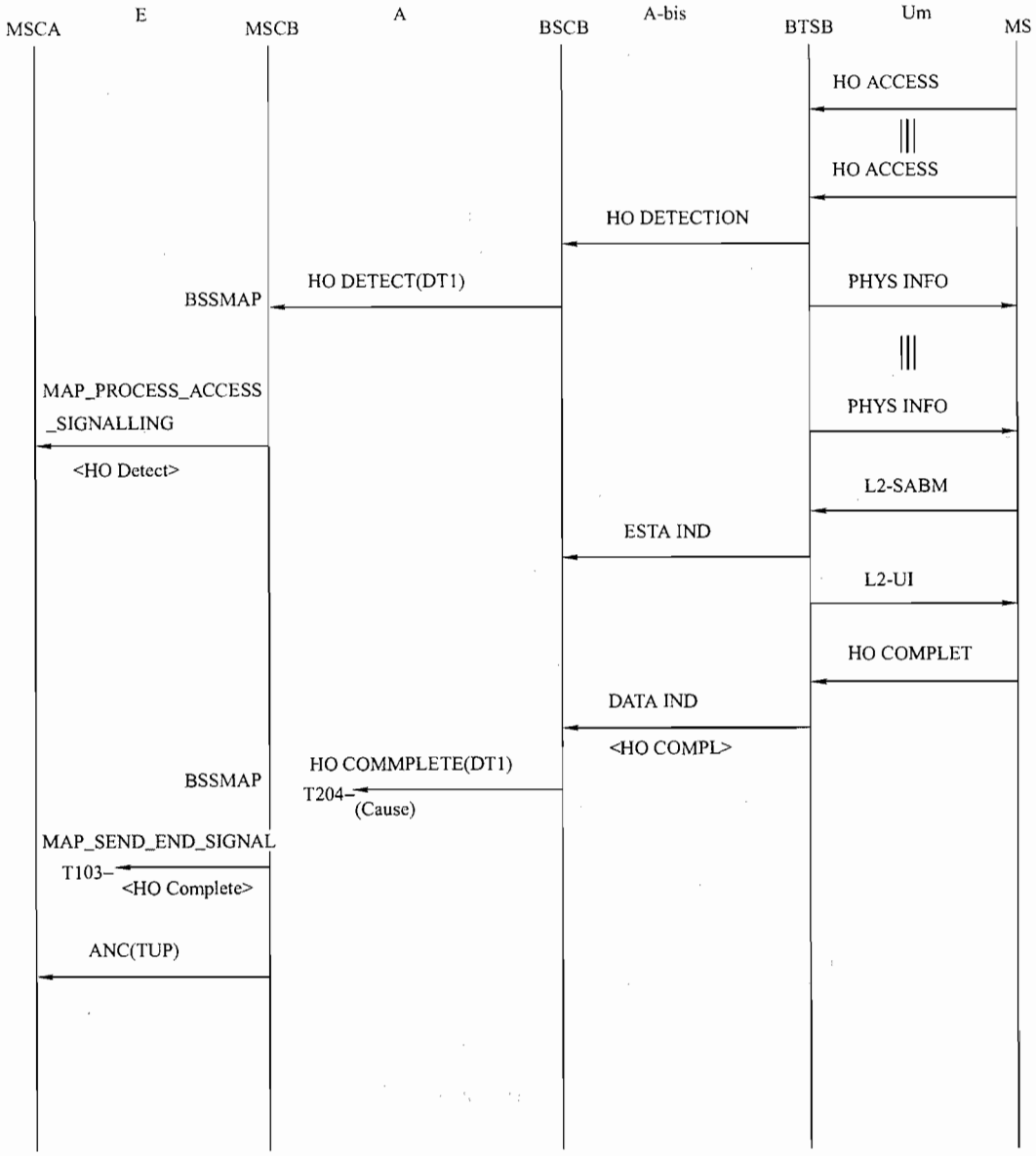
六、INTRA_MSC 切换信令流程



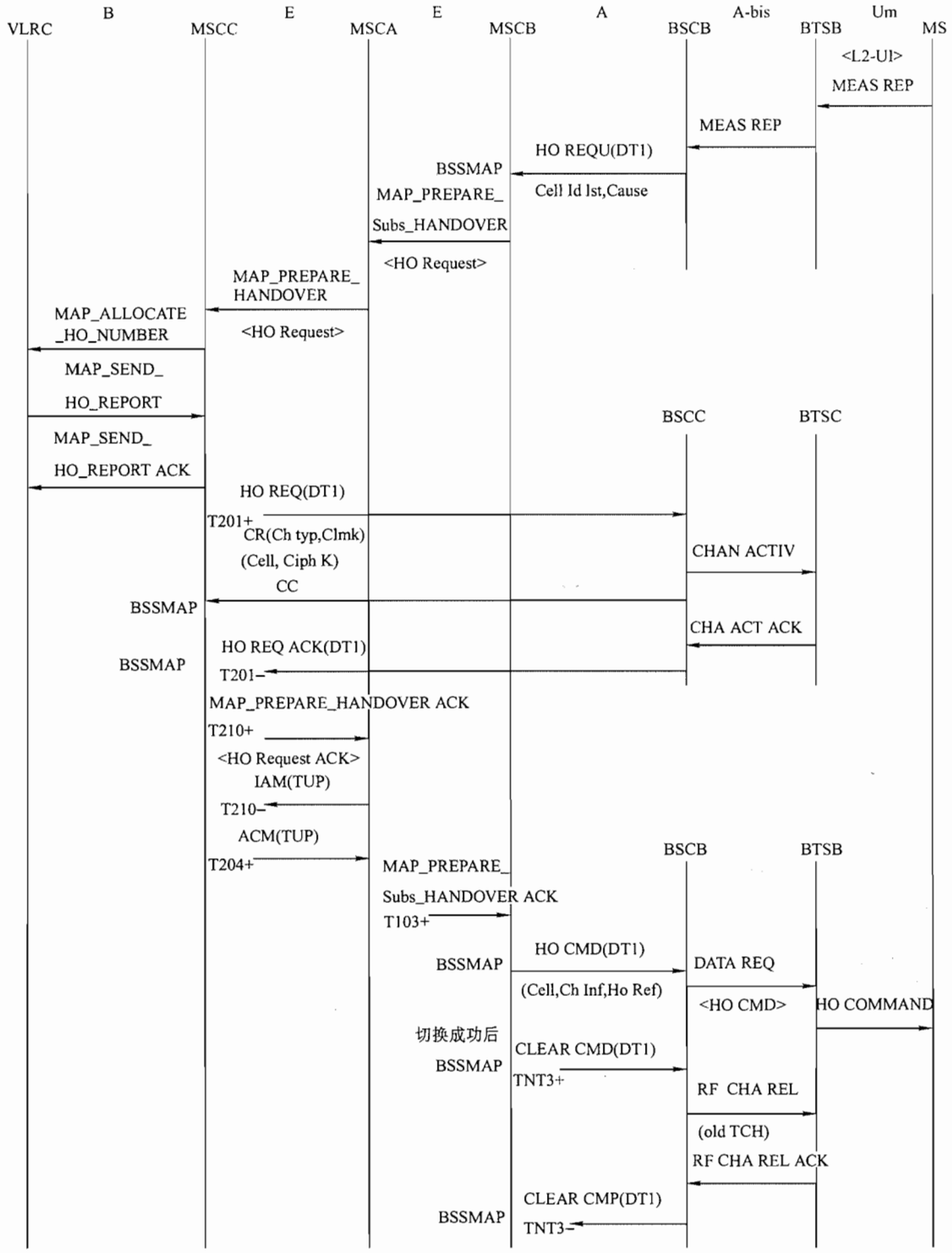
七、INTER_MSC 切换信令流程



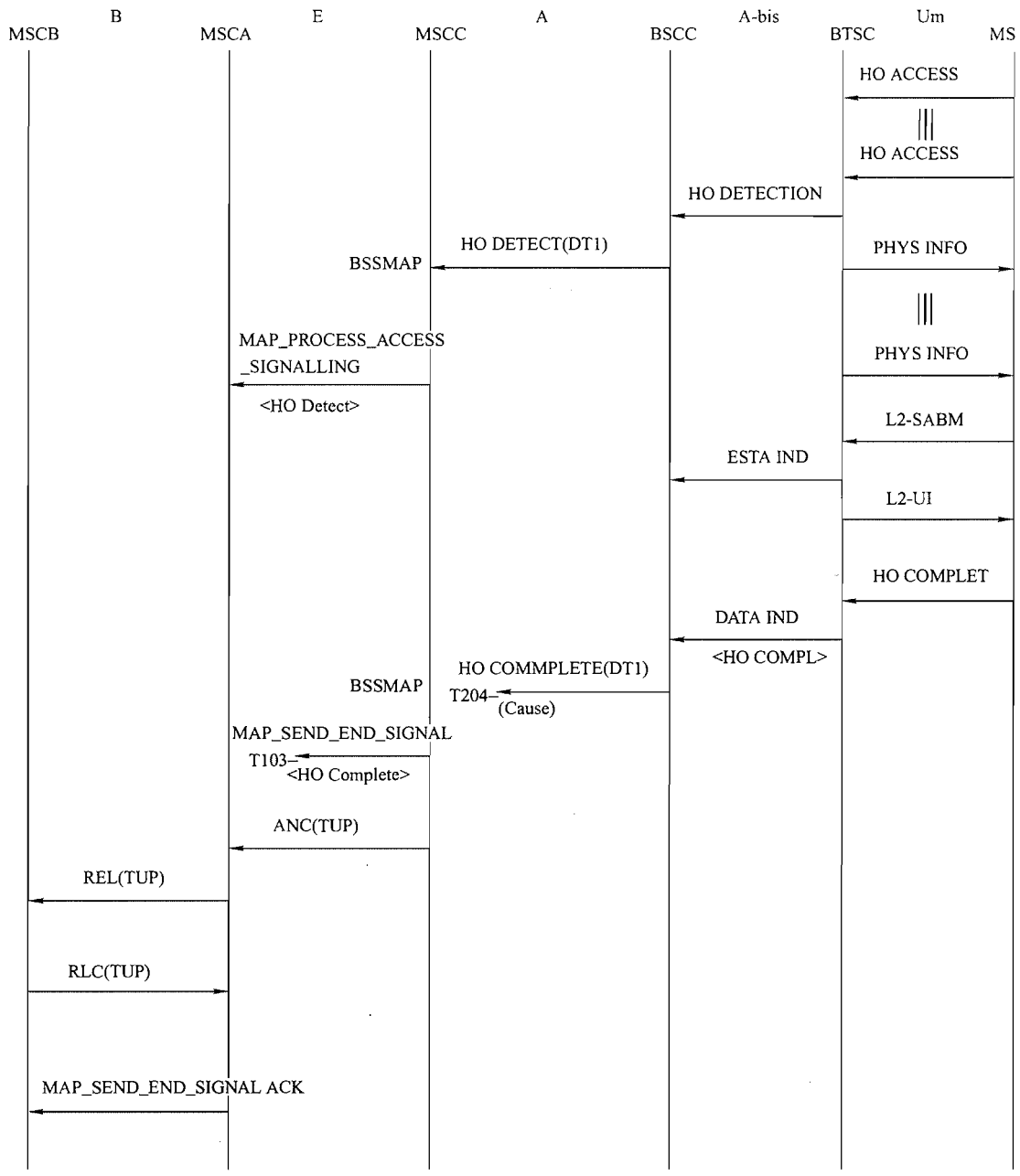
（续）


MSCA
E
MSCB
A
BSCB
A-bis
BTSB
Um
MS
HO ACCESS
HO ACCESS
HO DETECTION
HO DETECT(DT1)
BSSMAP
PHYS INFO
PHYS INFO
MAP_PROCESS_ACCESS
_SIGNALLING
<HO Detect>
L2-SABM
ESTA IND
L2-UI
HO COMPLET
DATA IND
<HO COMPL>
HO COMMPLETE(DT1)
BSSMAP
T204
(Cause)
MAP_SEND_END_SIGNAL
T103
<HO Complete>
ANC(TUP)

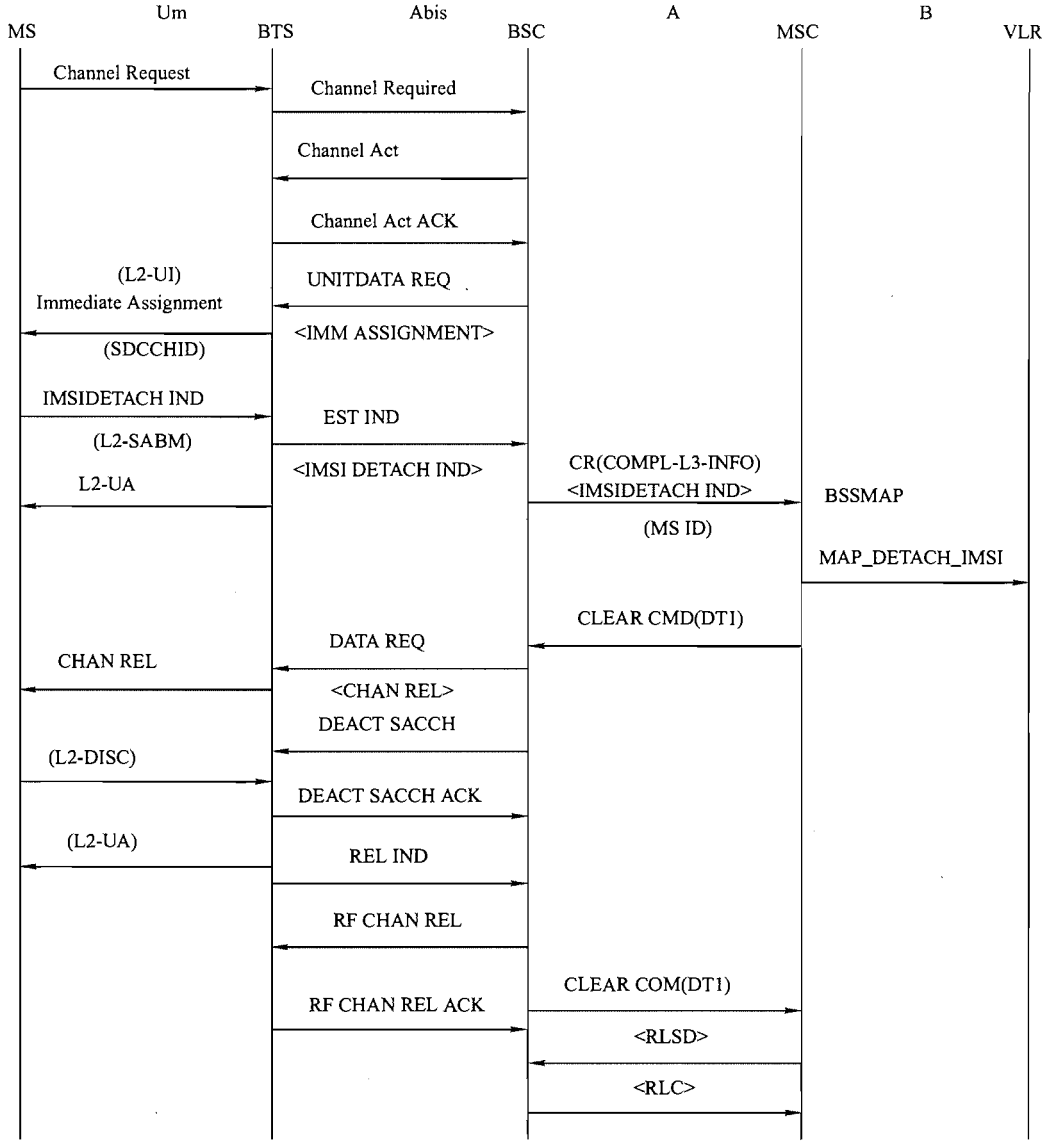
八、INTER_MSC 后续切换



（续）


B
E
A
A-bis
Um
MSCB
MSCA
MSCC
BSCC
BTSC
MS
HO ACCESS
HO ACCESS
HO DETECTION
HO DETECT(DT1)
BSSMAP
PHYS INFO
PHYS INFO
MAP_PROCESS_ACCESS
_SIGNALLING
<HO Detect>
L2-SABM
ESTA IND
L2-UI
HO COMPLET
DATA IND
<HO COMPL>
HO COMMPLETE(DT1)
BSSMAP
T204
(Cause)
MAP_SEND_END_SIGNAL
T103
<HO Complete>
ANC(TUP)
REL(TUP)
RLC(TUP)
MAP_SEND_END_SIGNAL ACK

九、IMSI 分离


Um
Abis
A
B
MS
BTS
BSC
MSC
VLR
Channel Request
Channel Required
Channel Act
Channel Act ACK
(L2-UI)
Immediate Assignment
UNITDATA REQ
<IMM ASSIGNMENT>
(SDCCHID)
IMSIDETACH IND
EST IND
(L2-SABM)
<IMSI DETACH IND>
CR(COMPL-L3-INFO)
<IMSIDETACH IND>
L2-UA
BSSMAP
(MS ID)
MAP_DETACH_IMSI
CLEAR CMD(DT1)
DATA REQ
CHAN REL
<CHAN REL>
DEACT SACCH
(L2-DISC)
DEACT SACCH ACK
(L2-UA)
REL IND
RF CHAN REL
CLEAR COM(DT1)
RF CHAN REL ACK
<RLSD>
<RLC>

附录 B GSM 系统缩略语词汇

缩写	英文原意	中文解释
A3	-	鉴权算法 A3
A3/8	-	实现 A3 和 A8 功能的单独算法
A5/1	-	加密算法 A5/1
A5/2	-	加密算法 A5/2
A5/X	-	加密算法 A5/07
A8	-	产生密钥的算法 A8
AB	Access Burst	接入突发脉冲
AC	Access Class (C0 to C15)	访问类别（从 C0 到 C15）
	Application Context	应用上下文
ACC	Automatic Congestion Control	自动拥塞控制
ACCH	Associated Control Channel	随路控制信道
ACK	ACKnowledgement	证实（用于信令）
ACM	Accumulated Call Meter Address Complete Message	累计呼叫记录 地址完全的消息
ACU	Antenna Combining Unit	天线合成单元
ADC	ADministration Center Analogue to Digital Converter	管理中心 模数转换器
ADN	Abbreviated Dialing Number	缩位拨号
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation	自适应差分脉冲编码调制
AE	Application Entity	应用实体
AEC	Acoustic Echo Control	回音控制
AE	Additional Elementary Functions	附加基本功能
AGCH	Access Grant Channel	接入允可信道
Ai	Action indicator	动作指示器
AoC	Advice of Charge	费用建议
AoCC	Advice of Charge Charging supplementary service	费用建议补充业务
AoCI	Advice of Charge Information supplementary service	费用建议信息补充业务
ASE	Application Service Element	应用服务单元
ASN.1	Abstract Syntax Notation One	抽象语法表示 1
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number	绝对无线频率信道号
ARQ	Automatic ReQuest for retransmission	自动重发请求
ATT(flag)	ATTach	附着（用于信令）
AU	Access Unit	访问单元
AuC	Authentication Center	鉴权中心
AUT(H)	AUThentication	鉴权
BA	BCCH Allocation	BCCH 分配

（续）

缩写	英文原意	中文解释
BAIC	Barring of All Incoming Calls supplementary service	限制所有呼入呼叫的补充业务
BAOC	Barring of All Outgoing Calls supplementary service	限制所有呼出呼叫的补充业务
BCC	Base Transceiver Station (BTS) Color Code 基站收发器代码	
BCCH	Broadcast Control Channel	广播控制信道
BCD	Binary Coded Decimal	二进制编码的十进制
BCF	Base station Control Function	基站控制功能
BCIE	Bearer Capability Information Element	载波容量信息单元
BER	Bit Error Rate	误码率
BFI	Bad Frame Indication	坏帧指示
BI	all Barring of Incoming call supplementary services	所有的限制呼入呼叫补充业务
BICRoam	Barring of Incoming Calls when Roaming outside the home PLMN country supplementary service	在注册的 PLMN 国家之外限制呼入呼叫的补充业务
BN	Bit Number	比特数
BO	all Barring of Outgoing call supplementary services	所有的限制呼出呼叫补充业务
BOIC	Barring of Outgoing International Calls supplementary service	限制国际呼叫的补充业务
BOICexHC	Barring of Outgoing International Calls except those directed to the Home PLMN Country supplementary service	除了直接呼叫注册的 PLMN 国家以外限制国际呼出呼叫的补充业务
BS	Bearer Service	载波服务
BSG	Basic Service (group)	基本服务
	Basic Service Group	基本服务组
BSC	Base Station Controller	基站控制器
BSIC	Base transceiver Station Identity Code	基站识别码
BSICNCELL	BSIC of an adjacent cell	相邻小区 BSIC
BSS	Base Station System	基站子系统
BSSAP	Base Station System Application Part	基站子系统应用部分
BSSMAP	Base Station System Management Application Part	基站子系统管理应用部分
BSSOMAP	Base Station System Operation and Maintenance Application Part	基站子系统操作和维护应用部分
BTS	Base Transceiver Station	基站
C	Conditional	有条件的
CA	Cell Allocation	小区分配
CAI	Charge Advice Information	收费建议信息
CB	Cell Broadcast	小区广播
CBC	Cell Broadcast Center	小区广播中心
CBCH	Cell Broadcast Channel	小区广播信道
CBMI	Cell Broadcast Message Identifier	小区广播信息标识符
CC	Country Code Call Control	国家代码 呼叫控制
CCBS	Completion of Calls to Busy Subscriber supplementary service	对占线用户的完成呼叫的补充业务

（续）

缩写	英文原意	中文解释
CCCH	Common Control Channel	公用控制信道
CCF	Conditional Call Forwarding	条件呼叫转移
CCH	Control Channel	控制信道
CCITT	The International Telegraph and Telephone Consultative Committee	国际电报电话咨询委员会
CCM	Current Call Meter	当前呼叫记录
CCP	Capability/Configuration Parameter	容量/配置参数
CCPE	Control Channel Protocol Entity	控制信道协议实体
Cct	Circuit	电路
CDUR	Chargeable DURation	计费时间
CED	called station identifier	被呼叫的基站标识符
CEIR	Central Equipment Identity Register	中央设备识别寄存器
CEND	end of charge point	计费的结束点
CEPT	Conference of European Post and Telecommunication Administration	欧洲邮政和远程通信会议
CF	Conversion Facility	变换设施
CFB	all Call Forwarding services	所有的呼叫转移服务
	Call Forwarding on mobile subscriber Busy supplementary service	遇忙呼叫转移补充业务
CFNRc	Call Forwarding on mobile subscriber Not Reachable supplementary service	不在服务区呼叫转移补充业务
CFNRy	Call Forwarding on No Reply supplementary service	无应答呼叫转移补充业务
CFU	Call Forwarding Unconditional supplementary service	无条件呼叫转移补充业务
CHP	CHarging Point	计费点
CHV	Card Holder Verification information	卡持有者验证信息
CI	Cell Identity CUG Index	小区标识 CUG 索引
CIR	Carrier to Interference Ratio	载波干扰比（载干比）
CKSN	Ciphering Key Sequence Number	密钥序列码
CLI	Calling Line Identity	呼叫线路标识
CLIP	Calling Line Identification Presentation supplementary service	呼叫线路标识显示补充业务
CLIR	Calling Line Identification Restriction supplementary service	呼叫线路标识限制补充业务
CM	Connection Management	连接管理
CMD	CoMmanD	命令（用于信令）
CMM	Channel Mode Modify	信道模式更改
CNG	CalliNG tone	呼叫音调
COLI	COnnected Line Identity	连接的线路标识
COLP	COnnected Line identification Presentation supplementary service	连接的线路标识显示补充业务
COLR	COnnected Line identification Restriction supplementary service	连接的线路标识限制补充业务
COM	COMplete	完成（用于信令）

（续）

缩写	英文原意	中文解释
CONNACK	CONNect ACKnowledgement	连接确认（用于信令）
C/R	Command/Response field bit	命令/相应区域比特
CRC	Cyclic Redundancy Check (3 bit)	冗余循环校验（3 比特）
CRE	Call REestablishment procedure	呼叫重建立过程
CSPDN	Circuit Switched Public Data Network	电路交换公众数据网
CT	Call Transfer supplementary service	呼叫转移补充业务
	Channel Tester	信道测试
	Channel Type	信道类型
CTR	Common Technical Regulation	通用技术规定
CUG	Closed User Group supplementary service	闭合用户组补充业务
CTR	Common Technical Regulation	通用技术规定
CW	Call Waiting supplementary service	呼叫等待补充业务
DAC	Digital to Analogue Converter	数模转换
DB	Dummy Burst	填充突发脉冲
DCCH	Dedicated Control Channel	专用控制信道
DCE	Data Circuit terminating Equipment	数据电路终端
DCF	Data Communication Function	数据通信功能
DCM	Data Conversion Module	数据转换模块
DCN	Data Communication Network	数据通信网
DCS1800	Digital Cellular System at 1800MHz	1800MHz 数字蜂窝系统，和 900MHz GSM 系统并称双频网
DET	DETach	分离（用于信令）
DISC	DISConnect	断开连接（用于信令）
DL	Data Link (layer)	数据链路层
DLCI	Data Link Connection Identifier	数据链路连接标识
DLD	Data Link Discriminator	数据链路鉴别器
Dm	Control channel (ISDN terminology applied to mobile service)	控制信道(应用于移动服务的 ISDN 术语)
DMR	Digital Mobile Radio	数字无线移动
DNIC	Data network identifier	数据网标识
DP	Dial/Dialed Pulse	拨号脉冲
DRX	Discontinuous reception (mechanism)	非连续的接收
DSE	Data Switching Exchange	数据交换
DSI	Digital Speech Interpolation	数字语音插值
DSS1	Digital Subscriber Signaling No1	一号数字用户信令
DTAP	Direct Transfer Application Part	直接传送应用部分
DTE	Data Terminal Equipment	数据终端
DTMF	Dual Tone MultiFrequency (signaling)	双音多频。使用两种频率（每一种频率都从四个频率中选取）来传送数字地址信息
DTX	Discontinuous transmission (mechanism)	非连续传送

（续）

缩写	英文原意	中文解释
EA	External Alarms	外部警告
EBSG	Elementary Basic Service Group	基本服务组
ECM	Error Correction Mode (facsimile)	差错纠正模式（电传）
Ec/No	Ratio of energy per modulating bit to the noise spectral density	每调制比特功率和噪声频谱密度的比率
ECT	Explicit Call Transfer supplementary service	显式呼叫转移补充业务
EEL	Electric Echo Loss	电力回波损耗
EIR	Equipment Identity Register	设备标识寄存器
EL	Echo Loss	回波损耗
EMC	ElectroMagnetic Compatibility	电磁兼容性
EMI	ElectroMagnetic Interference	电磁干扰
eMLPP	enhanced MultiLevel Precedence and Preemption service	增强多层优先服务
EMMI	Electrical Man Machine Interface	电力人机接口
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory	可擦除的可编程只读存储器
ERP	Ear Reference Point	听力参考点
	Equivalent Radiated Power	等价辐射功率
ERR	ERRor	错误（用于信令）
ETR	ETSI Technical Report	ETSI 技术报告
ETS	European Telecommunication Standard	欧洲电信标准
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	欧洲电信标准协会
FA	Full Allocation	完全分配
	Fax Adaptor	传真适配器
FAC	Final Assembly Code	最终集结码
FACCH	Fast Associated Control CHannel	快速随路控制信道
FACCH/F	Fast Associated Control Channel/Full rate	快速随路控制信道/全速率
FACCH/H	Fast Associated Control Channel/Half rate	快速随路控制信道/半速率
FB	Frequency correction Burst	突发脉冲频率校正
FCCH	Frequency Correction CHannel	频率校正信道
FCS	Frame Check Sequence	帧检查序列
FDM	Frequency Division Multiplex	频分多路复用
FDN	Fixed Dialing Number	固定拨号
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FER	Frame Erasure Ratio	帧消除比率
FH	Frequency Hopping	跳频
FN	Frame Number	帧号
FR	Full Rate	全速率
FTA	Final Type Approval	最终型号批准
FTAM	File Transfer, Access and Manipulation	文件传输、访问和使用
Ftn	Forwarded to number	前转号码

（续）

缩写	英文原意	中文解释
GCR	Group Call Register	呼叫组寄存器
GMSC	Gateway Mobileservices Switching Center	移动业务交换中心网关
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying (modulation)	高斯整形滤波最小频移键控（调制方法）
GPA	GSM PLMN Area	GSM PLMN 区域
GPRS	General Packet Radio Service	通用分组无线服务
GPRS	General Power Supply Unit	通用功率电源单元
GSA	GSM System Area	GSM 系统区域
GSM	Global System for Mobile communications	全球移动通信系统
GSM MS	GSM Mobile Station	GSM 移动台（即手机）
GSM PLMN	GSM Public Land Mobile Network	GSM 公用陆地移动网络
GT	Global Title	全球标识
HDLC	High level Data Link Control	高层数据链路控制
HLC	High Layer Compatibility	高层兼容性
HO	HANDOver	切换（用于信令）
HOLD	Call hold supplementary service	呼叫保持补充业务
HPLMN	Home PLMN	归属 PLMN
HPU	Hand Portable Unit	手持单元
HR	Half Rate	半速率
HSN	Hopping Sequence Number	跳频序列数字
HU	Home Units	归属单元
I	Information frames (RLP)	信息帧
IA	Incoming Access (closed user group SS)	呼入接入（关闭用户组补充业务）
IAM	Initial Address Message	初始地址消息
IC	Interlock Code (CUG SS)	互锁码（关闭用户组补充业务）
ICB	Incoming Calls Barred (within the CUG)	限制呼入呼叫（关闭用户组补充业务）
ICC	Integrated Circuit(s) Card	集成电路卡
IC(pref)	Interlock Code of the preferential CUG	优先互锁码（关闭用户组补充业务）
ICM	InCall Modification	呼入呼叫更改
ID	IDentification/IDentity/Identifier	标识
IDN	Integrated Digital Network	综合数字网
IE	(signaling) Information Element	信息单元（用于信令）
IEI	Information Element Identifier	信息单元标识
IETS	Interim European Telecommunications Standard	临时欧洲电信标准
IMEI	International Mobile station Equipment Identity	国际移动台设备标识
IMSI	International Mobile Subscriber Identity	国际移动用户标识
IN	Interrogating Node	询问节点
ISC	International Switching Center	国际交换中心
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网

（续）

缩写	英文原意	中文解释
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
ISUP	ISDN User Part (of signaling system No.7)	ISDN 用户部分（属于七号信令系统）
ITC	Information Transfer Capability	信息传送容量
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
IWF	InterWorking Function	互连功能
IWMSC	InterWorking MSC	互连的 MSC
IWU	InterWorking Unit	互连单元
Kc	Ciphering key	密钥
Ki	Individual subscriber authentication key	用户鉴权密钥
L1	Layer 1	第一层（OSI 物理层）
L2ML	Layer 2 Management Link	第二层管理链路（OSI 数据链路层）
L2R	Layer 2 Relay	第二层中继
L2R COP	L2R Character Orientated Protocol	COP 第二层中继符号主叫协议
L3	Layer 3	第三层（OSI 网络层）
LA	Location Area	位置区域
LAC	Location Area Code	位置区域码
LAI	Location Area Identity	位置区域标识
LAN	Local Area Network	本地网
LAPB	Link Access Protocol Balanced	平衡的链路接入协议
LAPDm	Link Access Protocol on the Dm channel	在 Dm 信道上的链路接入协议
LCN	Local Communication Network	本地通信网
LE	Local Exchange	本地交换
LI	Length Indicator	长度指示（指信令帧中的某些部分）
	Line Identity	线路标识
	Link Inteface	链路接口
	Line Interface	线路接口
LLC	Low Layer Compatibility	低层兼容性
LMSI	Local Mobile Station Identity	本地移动台标识
LNA	Low Noise Amplifier	低噪声放大器
LND	Last Number Dialed	上次拨叫号码
LPLMN	Local PLMN	本地 PLMN
LR	Location Register	位置寄存器
LTE	Local Terminal Emulator	本地终端模拟器
LU	Local Units Location Update	本地单元 位置更新
LV	Length and Value	长度和含义（指信令帧中的某些部分）
M	Mandatory	必备的（指信令帧中的某些部分）
MA	Mobile Allocation	移动分配

（续）

缩写	英文原意	中文解释
MACN	Mobile Allocation Channel Number	移动分配信道号
MAF	Mobile Additional Function	移动附加功能
MAH	Mobile Access Hunting supplementary service	移动接入搜寻补充业务
MAI	Mobile Allocation Index	移动分配索引
MAIO	Mobile Allocation Index Offset	移动分配索引偏移
MAP	Mobile Application Part	移动应用部分（用于 MSC 间的信令）
MCC	Mobile Country Code	移动国家代码
MCI	Malicious Call Identification supplementary service	恶意呼叫识别补充业务
MD	Mediation Device	中介设备
MDL	(mobile) Management (entity) Data Link (layer)	（移动）管理（实体）数据链路（层）
ME	Maintenance Entity	维护实体
	Mobile Equipment	移动设备
MEF	Maintenance Entity Function	维护实体功能
MF	MultiFrame	复帧
MHS	Message Handling System	消息处理系统
MIC	Mobile Interface Controller	移动接口控制
MLSE	Maximum Likelihood Sequence	最大似然序列估计
MM	Man Machine	人机
	Mobility Management	移动性管理
MME	Mobile Management Entity	移动管理实体
MMI	Man Machine Interface	人机接口
MNC	Mobile Network Code	移动网络代码
MO	Mobile Originated	移动主叫
MO	Mobile Originating Call	移动主叫
MoU	Memorandum of Understanding	谅解备忘录
MPH	(mobile) Management (entity)　PHysical (layer)	（移动）管理（实体）物理（层）
MPTY	MultiParTY (Multi ParTY) supplementary service	多方通话补充业务
MRP	Mouth Reference Point	口参考点
MS	Mobile Station	移动台（手机）
MSC	Mobile services Switching Center, Mobile Switching Center	移动（业务）交换中心
MSCM	Mobile Station Class Mark	移动台类别标志
MSCU	Mobile Station Control Unit	移动台控制单元
MSISDN	Mobile Station International ISDN Number	移动台国际 ISDN 号码（就是手机号 139XXXXXXX）
MSRN	Mobile Station Roaming Number	移动台漫游号码
MT	Mobile Terminated	移动被叫
MT (0,1,2)	Mobile Termination	移动终端
MTBF	Mean Time Between Failure	平均无故障时间

（续）

缩写	英文原意	中文解释
MTC	Mobile Terminating Call	移动被叫
MTM	Mobile To Mobile (call)	移动台到移动台的呼叫
MTP	Message Transfer Part	消息传送部分
MU	Mark Up	标记
MUMS	Multi User Mobile Station	多用户移动台
N/W	Network	网络
NB	Normal Burst	正常突发脉冲
NBIN	A parameter in the hopping sequence	一个跳频序列中的参数
NCC	Network (PLMN) Color Code	网络（PLMN）代码
NCELL	Neighboring (of current serving) Cell	当前小区的邻小区
NDC	National Destination Code	本国目的代码
NDUB	Network Determined User Busy	由网络确定用户忙
NE	Network Element	网络单元
NEF	Network Element Function	网络单元功能
NF	Network Function	网络功能
NIC	Network Independent Clocking	与网络无关的定时
NM	Network Management	网络管理
NMC	Network Management Center	网络管理中心
NMSI	National Mobile Station Identification number	本国移动台标识号码
NPI	Number Plan Indentifier	号码规划标识
NSAP	Network Service Access Point	网络业务接入点
NT	Network Termination Non Transparent	网络终端 非透明
NTAAB	New Type Approval Advisory Board	新类型批准咨询部门
NUA	Network User Access	网络用户接入
NUI	Network User Identification	网络用户标识
NUP	National User Part (SS7)	本国用户部分（七号信令的一部分）
O	Optional	可选的（指信令帧中的某些部分）
OA	Outgoing Access (CUG SS)	呼出接入（CUG SS）
O&M	Operations & Maintenance	操作和维护
OACSU	Off Air Call SetUp	不占用空中信道的呼叫建立
OCB	Outgoing Calls Barred within the CUG	CUG 中限制呼出呼叫
OD	Optional for operators to implement for their aim	运营商为实现不同目的可选的部分
OLR	Overall Loudness Rating	峰值音量比率
OMC	Operations & Maintenance Center	操作和维护中心
OML	Operations and Maintenance Link	操作和维护链路
OMS-B	Operations and Maintenance System for the BSS	对 BSS 的操作和维护系统
OS	Operating System	操作系统

（续）

缩写	英文原意	中文解释
OSI	Open System Interconnection	开放式系统互连（模型），一种通信协议的 7 层抽象的参考模型,其中每一层执行某一特定任务。该模型的目的是使各种硬件在相同的层次上相互通信。这 7 层是:物理层、数据链路层、网路层、传输层、话路层、表示层和应用层
OSI RM	OSI Reference Model	OSI 参考模式
PABX	Private Automatic Branch eXchange	专用自动交换机，一种自动地将内部用户线连接到电话系统外线的专用电话交换机
PAD	Packet Assembly/Disassembly facility	分组集结/分解功能
PCH	Paging CHannel	寻呼信道
PCM	Pulse Code Modulation	脉冲编码调制
PD	Protocol Discriminator	协议鉴别器
	Public Data	公用数据
PDN	Public Data Networks	公用数据网
PH	Packet Handler	分组处理
	PHysical (layer)	物理层
PHI	Packet Handler Interface	分组处理接口
PI	Presentation Indicator	显示指示
PICS	Protocol Implementation Conformance Statement	协议实现一致性申明
PIN	Personal Identification Number	个人识别码
PIXT	Protocol Implementation eXtra information for Testing	用于测试的协议实现附加信息
PLMN	Public Lands Mobile Network	公用陆地移动网络
PP	Performance Management	性能管理
POI	Point Of Interconnection (with PSTN)	和 PSTN 互连点
PP	Point to Point	点到点
PPCC	Peripheral Processor for CCSS7	对 CCSS7 的外围处理器
PPLD	Peripheral Processor for LAPD	对 LAPD 的外围处理器
Pref CUG	Preferential CUG	优先的 CUG
Ps	Location probability	位置可能性
PSPDN	Packet Switched Public Data Network	分组交换公用数据网
PSTN	Public Switched Telephone Network	公用电话交换网
PUCT	Price per Unit Currency Table	每单元价格表
PUK	PIN Unblocking Key	PIN 码解锁密码
PW	Pass Word	密码
QA	Q (Interface) Adapter	Q 接口适配器
QAF	Q Adapter Function Q	接口适配器功能
QOS	Quality Of Service	业务质量
R	Value of Reduction of the MS transmitted RF power relative to the maximum allowed output power of the highest power class of MS (A)	MS 发送的射频功率与属于 MS 最高功率类型（A）的最大允许输出功率的差值

（续）

缩写	英文原意	中文解释
RA	RAndom mode request information field	随机模式请求信息区域
RAB	Random Access Burst	突发脉冲随机接入
RACH	Random Access CHannel	随机接入信道
RAND	RANDom number (used for authentication)	随机数（用于鉴权）
RBER	Residual Bit Error Ratio	剩余的误比特率
RDI	Restricted Digital Information	限制的数字信息
REC	RECommendation	建议
REJ	REJection	拒绝（用于信令）
REL	RELease	释放（用于信令）
REQ	REQuest	请求（用于信令）
RF	Radio Frequency	射频
RFCl	Radio Frequency Channel	无线频率信道
RFCH	Radio Frequency CHannel	无线频率信道
RFN	Reduced TDMA Frame Number	缩减 TDMA 帧号
RFU	Reserved for Future Use	为将来保留使用
RLP	Radio Link Protocol	无线链路协议
RLR	Receiver Loudness Rating	接收音量比率
RMS	Root Mean Square (value)	均方值
RNTABLE	Table of 128 integers in the hopping sequence	跳频序列中的 128 个整数表
ROSE	Remote Operation Service Element	远程操作业务单元
RR	Radio Resource	无线资源
RSE	Radio System Entity	无线系统实体
RSL	Radio Signaling Link	无线信令链路
RSL	Radio Subsystem Management	无线子系统管理
RSZI	Regional Subscription Zone Identity	区域的预约区域标识
RTE	Remote Terminal Emulator	远端终端模拟器
RX	Received signal level	接收的信号强度
RXAMOD	Receiver Antenna Module	接收无线模块
RXMUCO	Receiver Multi Coupler	接收多路耦合器
RXQUAL	Received Signal Quality	接收的信号质量
S/W	SoftWare	软件
SABM	Set Asynchronous Balanced Mode	置异步平衡模式
SACCH	Slow Associated Control Channel	慢速随路控制信道
SACCH/C4	Slow Associated Control CHannel/SDCCH/4	慢速随路控制信道/SDCCH/4
SACCH/C8	Slow Associated Control CHannel/SDCCH/8	慢速随路控制信道/SDCCH/8
SACCH/T	Slow Associated Control CHannel/Traffic channel	慢速随路控制信道/业务信道
SACCH/TF	Slow Associated Control CHannel/Traffic channel Full rate	慢速随路控制信道/全速业务
SACCH/TH	Slow Associated Control CHannel/Traffic channel Half rate	慢速随路控制信道/半速业务信道

（续）

缩写	英文原意	中文解释
SAP	Service Access Point	业务接入点
SAPI	Service Access Point Indicator	业务接入点指示
SB	Synchronization　Burst	同步突发脉冲
SC	Service Center (used for SMS)	接入中心（用于 SMS）
	Service Code	接入代码
SCCP	Signaling Connection Control Part	信令连接控制部分
SCH	Synchronization Channel	同步信道
SCN	SubChannel Number	子信道号
SDCCH	Standalone Dedicated Control Channel	独立专用控制信道
SDL	Specification Description Language	说明与描述语言
SDT	SDL Development Tool	SDL 开发工具
SDU	Service Data Unit	业务数据单元
SE	Support Entity	支持实体
SEF	Support Entity Function	支持实体功能
SFH	Slow Frequency Hopping	慢速跳频
SI	Screening Indicator	屏蔽指示
	Service Interworking	业务互作用
	Supplementary Information	补充信息
SIM	Subscriber Identity Module	用户识别模块（就是手机中的 SIM 卡）
SLR	Send Loudness Rating	发送音量比率
SLTM	Signaling Link Test Message	信令链路测试消息
SMAP	System Management Application Process	系统管理应用程序
SM	Security Management	安全性管理
SME	Short Message Entity	短消息实体
SMG	Special Mobile Group	短消息组
SMISE	Special Management Information Service Element	专用管理信息业务
SMS	Short Message Service	短消息业务
SMSCB	Short Message Service Cell Broadcast	短消息业务小区广播
SMSSC	Short Message Service Center	短消息业务中心
SMS/PP	Short Message Service/Point to Point	短消息业务/点到点
Smt	Short message terminal	短消息终端
SN	Subscriber Number	用户号码
SNR	Serial NumbeR	序列号
SOA	Suppress Outgoing Access (CUG SS)	抑制呼出接入（CUG SS）
SP	Service Provider	业务提供商
	Signaling Point	信令点
SPC	Signaling Point Code	信令点代码
	Suppress Preferential CUG	抑制优先的 CUG

（续）

缩写	英文原意	中文解释
SRES	Signed RESponse (authentication)	鉴权响应数
SS	Supplementary service	补充业务
	System Simulator	系统模拟器
SSC	Supplementary service Control string	补充业务控制串
SSN	SubSystem Number	子系统号码
SS7/SS#7	Signaling System No7	七号信令
STMR	SideTone Masking Rating	侧音屏蔽比率
STP	Signaling Transfer Point	信令传输点
SVN	Software Version Number	软件版本号
SWM	Sofeware Management	软件管理
T	Timer	时钟
TA	Terminal Adaptor	终端适配器
	Time Advance	时间提前量
TAC	Type Approval Code	类型批准代码
TAF	Terminal Adaptation Function	终端适配功能
TBR	Technical Basis for Regulation	规定的技术基础
TC	Transaction Capabilities	处理能力
TCAP	Transaction Capabilities Application part	事务处理能力应用部分
TCH	Traffic CHannel	业务信道
TCH/F	A full rate TCH	全速业务信道
TCH/F2.4	A full rate data TCH (≤2.4kbit/s)	全速业务信道（≤2.4kbit/s）
TCH/F4.8	A full rate date TCH (4.8kbit/s)	全速业务信道（4.8kbit/s）
TCH/F9.6	A full rate data TCH (9.6kbit/s)	全速业务信道（9.6kbit/s）
TCH/FS	A full rate Speech TCH	全速语音信道
TCH/H	A half rate TCH	半速业务信道
TCH/H2.4	A half rate data TCH (2.4kbit/s)	半速业务信道（≤2.4kbit/s）
TCH/H4.8	A half rate data TCH (4.8kbit/s)	半速业务信道（4.8kbit/s）
TCH/HS	A half rate Speech TCH	半速语音信道
TCI	Transceiver Control Interface	收发信机控制接口
TCTR	Technical Committee Technical Report	技术委员会技术报告
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址
TE	Terminal Equipment	终端设备
TEI	Terminal endpoint identifier	终端点标识
TFA	TransFer Allowed	允许传送
TFP	TransFer Prohibited	禁止传送
TI	Transaction Identifier	事务处理标识
TLV	Type, Length and Value	类型、长度和含义
TM	Test Management	测试管理

（续）

缩写	英文原意	中文解释
TMN	Telecommunications Management Network	电信管理网
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity	临时移动用户号码
TN	Timeslot Number	时隙号
TON	Type Of Number	数字类型
TRAU	Transcoding and rate Adaption Unit	码形转换和速率适配单元
TRX	Transceiver	收发信机
TS	Time Slot	时隙
	Technical Specification	技术标准
TSC	Training Sequence Code	训练序列代码
TSDI	Transceiver Speech & Data Interface	收发信机语音和数据接口
TTCN	Tree and Tabular Combined Notation	树表结合表示
TUP	Telephone User Part (SS7)	电话用户部分（七号信令）
TV	Type and Value	类型和含义
TXPWR	Transmit PoWeR; Tx power level in the MS TXPWR REQUEST and MS TXPWR CONF parameters	传送功率，发送的功率值，由参数 MS TXPWR REQUEST 和 MS TXPWR CONF 表示
UDI	Unrestricted Digital Information	无限制的数字信息
UDUB	User Determined User Busy	由用户决定的用户忙
UI	Unnumbered Information (Frame)	无序信息（帧）
UPCMI	Uniform PCM Interface (13bit)	统一的 PCM 接口（13bit）
UPD	Up to date	最新的
USSD	Unstructured Supplementary service Data	未组织的补充业务数据
UUS	User to User Signaling supplementary service	用户到用户的信令补充
V	Value only	含义（用于信令）
VAD	Voice Activity Detection	语音激活检测
VAP	Videotex Access Point	可视数据接入点
VBS	Voice Broadcast Service	语音广播业务
VGCS	Voice Group Call Service	语音组呼叫业务
VLR	Visitor Location Register	接入位置寄存器
VMSC	Visited MSC	被访问的 MSC
VPLMN	Visited PLMN	被接入的 PLMN
VSC	Videotex Service Center	可视数据业务中心
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio	电压驻波比
V(SD)	Send state variable	发送状态变量
VTX host	The components dedicated to Videotex service	专门用于可视数据的组件
WARC	World adminstrative Radio Conference	世界无线电行政大会
WS	Work Station	工作站
WPA	Wrong Password Attempts (counter)	密码错误（计数器）

附录 C 无线接口消息

一、无线资源管理消息

（一）信道建立消息

1. 立即指配（IMMEDIATE ASSIGNMENT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、立即指配消息类型、寻呼模式、空余半八位组、信道描述、请求参考、时间提前、移动配置、开始时间、IA 剩余八位组（频率参数、开始前）。

2. 立即指配扩展（IMMEDIATE ASSIGNMENT EXTENDED）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、立即指配扩展消息类型、寻呼模式、空余半八位组、信道描述 1、请求参考 1、时间提前 1、信道描述 2、请求参考 2、时间提前 2、移动配置、开始时间、IAX 剩余八位组。

3. 立即指配拒绝（IMMEDIATE ASSIGNMENT REJECT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、立即指配拒绝消息类型、寻呼模式、空余半八位组、请求参考 1、等待指示 1、请求参考 2、等待指示 2、请求参考 3、等待指示、请求参考 4、等待指示 4、IAR 剩余八位组。

（二）加密消息

1. 加密模式命令（CIPHERING MODE COMMAND）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、加密模式命令消息类型、加密模式设置、加密响应。

2. 加密模式完成（CIPHERING MODE COMPLETE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、加密模式完成消息类型、移动设备识别。

（三）切换消息

1. 指配命令（ASSIGNMENT COMMAND）

适用范围：双重

方向：网络到移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、指配命令消息类型、第一个信道描述（开始前）、功率命令、频率序列（开始后）、小区信道描述、第一个信道模式、第二个信道描述（开始后）、第二个信道模式、移动配置（开始后）、开始时间、频率序列（开始前）、第一个信道描述（开始前）、第二个信道描述（开始前）、频率信道序列（开始前）、移动配置（开始前）、加密模式设置。

2. 指配完成（ASSIGNMENT COMPLETE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、指配完成消息类型、RR 原因。

3. 指配失败（ASSIGNMENT FAILURE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、指配失败消息类型、RR 原因。

4. 切换接入（HANOVER ACCESS）

该消息在切换过程以随机模式在主 DCCH 上传送，它不遵循基本格式。

5. 切换命令（HANDOVER COMMAND）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、切换命令消息类型、小区描述、第一个信道描述（开始后）、切换参考、功率命令、同步指示、频率短序列（开始后）、频率序列（开始后）、小区信道描述、第一个信道模式、第二个信道描述（开始后）、第二个信道模式、频率信道序列（开始后）、移动配置（开始后）、开始时间、实、际时差、时间提前、频率短序列（开始前）、频率序列（开始前）、第一个信道描述（开始前）、第二个信道描述（开始前）、移动配置（开始前）、加密模式设置。

6. 切换完成（HANDOVER COMPLETE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、切换完成消息类型、RR 原因、移动观察到的时差。

7. 切换失败（HANDOVER FAILURE）

使用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、切换失败消息类型、RR 原因。

8. 物理信息（PHYSICAL INFORMATION）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、物理信息消息类型、时间提前。

（四）信道释放消息

信道释放（CHANNEL RELEASE）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、信道释放消息类型、RR 原因、BA 范围。

（五）寻呼消息

1. 寻呼请求类型 1（PAGING REQUEST TYPE1）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、寻呼请求类型 1 消息类型、寻呼模式、移动 1 和 2 需要的信道、移动识别 1、移动识别 2、PI 剩余八位组。

2. 寻呼请求类型 2（PAGING REQUEST TYPE2）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、寻呼请求类型 2 消息类型、寻呼模式、移动 1 和 2 需要的信道、移动识别 1、移动识别 2、移动识别 3、P2 剩余八位组。

3. 寻呼请求类型 3（PAGING REQUEST TYPE3）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、寻呼请求类型 3 消息类型、寻呼模式、移动 1 和 2 需要的信道、移动识别 1、移动识别 2、移动识别 3、移动识别 4、P3 剩余八位组。

4. 寻呼响应（PAGING RESPONSE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、寻呼响应消息类型、密钥序列号、空余半八位组、移动识别。

（六）系统信息消息

1. 系统消息类型 1（SYSTEM INFORMATION TYPE1）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 1 消息类型、小区信道描述、RACH 控制参数、SI1 剩余八位组。

2. 系统消息类型 2（SYSTEM INFORMATION TYPE2）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 2 消息类型、BCCH 频率序列、允许的 NCC、RACH 控制参数。

3. 系统消息类型 2bis（SYSTEM INFORMATION TYPE2bis）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 2bis 消息类型、扩展 BCCH 频率序列、RACH 控制参数、SI 2bis 剩余八位组。

4. 系统消息类型 3（SYSTEM INFORMATION TYPE3）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息、类型 3 消息类型、小区识别、位置区识别、控制信道描述、小区选项、小区选择参数、RACH 控制参数、SI3 剩余八位组。

5. 系统消息类型 4（SYSTEM INFORMATION TYPE4）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息、类型 4 消息类型、位置区识别、小区选择参数、RACH 控制信道、CBCH 信道描述、移动配置、SI4 剩余八位组。

6. 系统消息类型 5（SYSTEM INFORMATION TYPE5）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息、类型 5 消息类型、BCCH 频率序列。

7. 系统消息类型 5bis（SYSTEM INFORMATION TYPE5bis）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 5bis 消息类型、BCCH 频率序列的扩充。

8. 系统消息类型 6（SYSTEM INFORMATION TYPE6）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 6 消息类型、小区识别、位置区识别、小区选项、允许的 NCC。

9. 系统消息类型 7（SYSTEM INFORMATION TYPE7）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 7 消息类型、SI 7 剩余八位组。

10. 系统消息类型 8（SYSTEM INFORMATION TYPE8）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：L2 伪长度、RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、系统信息类型 8 消息类型、SI 8 剩余八位组。

（七）其他消息

1. 信道模式修改（CHANNEL MODE MODIFY）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、信道模式修改消息类型、信道描述、信道模式。

2. 信道模式修改证实（CHANNEL MODE MODIFY ACKNOWLEDGE）

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、信道模式修改证实消息类型、信道描述、信道模式。

3. 信道请求（CHANNEL REQUEST）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

该消息在 RACH 上以随机模式被传送，它不遵循消息的基本格式，仅包含一个 8 比特的数据。在 PHASE 1 阶段，高三位指示了建立原因，低五位指示了随机参考；在 PHASE 2 阶段，由于引入了半速率的概念，建立原因就不止局限为前三个比特了，最多可占用前 6 比特。

4. 类别改变（CLASSMARK CHANGE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、类别改变消息类型、移动台类别、附加移动台类别信息。

5. 类别询问（CLASSMARK ENQUIRY）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、类别询问消息类型。

6. 频率重定义（FREQUENCRY REDEFINITION）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、频率重定义消息类型、信道描述、移动配置、开始时间、小区信道描述。

7. 测量报告（MEASUREMENT REPORT）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、测量报告消息类型、测量结果。

8. 同步信道信息（SYNCHRONIZATION CHANNEL INFORMATION）

该消息在 SCH 上传送，SCH 为广播信道之一，其目的是支持 MS 到 BSS 的同步，它不遵循基本格式，长度为 25 比特。

9. RR 状态（RR STATUS）

适用范围：本地

方向：双向

所包含的信息单元为：RR 管理（协议辨别语）、跳跃指示、RR 状态消息类型、RR 原因。

二、移动管理消息

（一）登记消息

1. IMSI 分离指示（IMSI DETACH INDICATION）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、IMSI 分离指示消息类型、移动台类别、移动识别。

2. 位置更新接受（LOCATION UPDATING ACCEPT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、位置更新接受消息类型、位置区识别、移动识别、继续进行。

3. 位置更新拒绝（LOCATION UPDATING REJECT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、位置更新拒绝消息类型、拒绝原因。

4. 位置更新请求（LOCATION UPDATING REQUEST）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、位置更新消息类型、位置更新类型、密钥序列号、位置区识别、移动台类别、移动识别。

（二）安全消息

1. 鉴权拒绝（AUTHENTICATION REJECT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、鉴权拒绝消息类型。

2. 鉴权请求（AUTHENTICATION REQUEST）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、鉴权拒绝消息类型、密钥序列号、空余半八位组、鉴权参数 RAND。

3. 鉴权响应（AUTHENTICATION RESPONSE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、鉴权响应消息类型、鉴权参数 SERS。

4. 识别请求（IDENTITY REQUEST）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、识别请求消息类型、识别类型、空余半八位组。

5. 识别响应（IDENTITY RESPONSE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、识别响应消息类型、移动识别。

6. TMSI 再分配指令（TMSI REALLOCATION COMMAND）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、TMSI 再分配命令消息类型、位置区识别、移动识别。

7. TMSI 再分配完成（TMSI RELLOCATION COMPLETE）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、TMSI 再分配完成消息类型。

（三）连接管理消息

1. CM 业务接受（CM SERVICE ACCEPT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、CM 业务接受消息类型。

2. CM 业务拒绝（CM SERVICE REJECT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、CM 业务拒绝消息类型、拒绝原因。

3. CM 业务中断（CM SERVICE ABORT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、CM 业务中断消息类型。

4. CM 业务请求（CM SERVICE REQUEST）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、CM 业务请求消息类型、CM 业务类型、密钥序列号、移动台类别、移动识别。

5. CM 重建请求（CM REESTABLISHMENT REQUEST）

适用范围：双重

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、CM 重建立请求消息类型、密钥序列号、空余半八位组、移动台类别、移动识别、位置区识别。

6. 中断（ABORT）

适用范围：双重

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、中断消息类型、拒绝原因。

（四）其他消息

MM 状态（MM STATUS）

适用范围：本地

方向：双向

所包含的信息单元为：移动管理（协议鉴别语）、跳跃指示、MM 状态消息类型、拒绝原因。

三、电路连接呼叫控制消息

（一）呼叫建立消息

1. 提醒（ALERTING）

适用范围：全局

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、提醒消息类型、设施、进展指示、用户—用户。

适用范围：全局

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、提醒消息类型、设施、用户—用户、SS 版本。

2. 呼叫确认（CALL CONFIRMED）

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、呼叫确认消息类型、重复指示、承载能力 1、承载能力 2、原因。

3. 呼叫进程（CALL PROCEEDING）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、呼叫进程消息类型、重复指示、承载能力 1、承载能力 2、设施、进展指示。

4. 连接（CONNECT）

适用范围：全局

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、连接消息类型、设施、进展指示、被叫号码、被叫子地址、用户—用户。

适用范围：全局

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、连接消息类型、设施、被叫子地址、用户—用户、SS 版本。

4. 连接证实（CONNECT ACKNOWLEDGE）

适用范围：本地

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码连接证实消息类型。

5. 紧急建立（EMERGENCY SETUP）

适用范围：全局

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、紧急建立消息类型、承载能力。

6. 进展（PROGRESS）

适用范围：全局

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、进展消息类型、进展指示、用户—用户。

7. 建立（SETUP）

适用范围：全局

方向：网络至移动台（移动台终止的呼叫建立）

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、建立消息类型、BC 重复指示、承载能力 1、承载能力 2、设施、进展指示、信号、主叫方 BCD 号码、主叫方子地址、被叫方 BCD 号码、被叫方子地址、LLC 重复指示、低层兼容性Ⅰ、低层兼容性Ⅱ、HLC 重复指示、高层兼容性Ⅰ、高层兼容性Ⅱ、用户—用户。

适用范围：全局

方向：移动台至网络（移动台发起呼叫建立）

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、建立消息类型、BC 重复指示、承载能力 1、承载能力 2、设施、主叫方子地址、被叫方 BCD 号码、被叫方子地址、LLC 重复指示、低层兼容性Ⅰ、低层兼容性Ⅱ、HLC 重复指示、高层兼容性Ⅰ、高层兼容性Ⅱ、用户—用户、SS 版本、CLIR 抑制、CLIR 调用。

（二）呼叫信息阶段消息

1. 修改（MODIFY）

适用范围：全局

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、修改消息类型、承载能力、低层兼容性、高层兼容性、反向呼叫建立方向。

2. 修改完成（MODIFY COMPLETE）

适用范围：全局

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、修改完成消息类型、承载能力、低层兼容性、高层兼容性、反向呼叫建立方向。

3. 修改拒绝（MODIFY REJECT）

适用范围：全局

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、修改拒绝消息类型、承载能力、原因、低层兼容性、高层兼容性。

4. 用户信息（USER INFORMATION）

适用范围：接入

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、用户消息类型、用户—用户、更多数据。

（三）呼叫清除消息

1. 断连（DISCONNECT）

适用范围：全局

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、断连消息类型、原因、设施、进展指示、用户—用户。

适用范围：全局

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、断连消息类型、原因、设施、用户—用户、SS 版本。

2. 释放（RELEASE）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、释放消息类型、原因、第二原因、设施、用户—用户。

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、释放消息类型、原因、第二原因、设施、用户—用户、SS 版本。

3. 释放完成（RELEASE COMPLETE）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、释放完成消息类型、原因、设施、用户—用户。

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、释放完成消息类型、原因、设施、用户—用户、SS 版本。

（四）补充业务控制消息

1. 设施（FACILITY）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、设施消息类型、设施。

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、设施消息类型、设施、SS 版本。

2. 保持（HOLD）

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、保持消息类型。

3. 保持证实（HOLD ACKNOWLEDGE）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、保持证实消息类型。

4. 保持拒绝（HOLD REJECT）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、保持拒绝消息类型、原因。

5. 恢复（RETRIEVE）

适用范围：本地

方向：移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、恢复消息类型。

6. 恢复证实（RETRIEVE ACKNOWLEDGE）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、恢复证实消息类型。

7. 恢复拒绝（RETRIEVE REJECT）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、恢复拒绝消息类型、原因。

（五）其他消息

1. 拥塞控制（CONGESTION CONTROL）

适用范围：本地

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、拥塞控制消息类型、拥塞水平、空余半八位组、原因。

2. 通知（NOTIFY）

适用范围：全局

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、通知消息类型、通知指示。

3. 启动 DTMF（START DTMF）

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、启动 DTMF 消息类型、按键设施。

4. 启动 DTMF 证实（START DTMF ACKNOWLEDGE）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、启动 DTMF 证实消息类型、按键设施。

5. 启动 DTMF 拒绝（START DTMF REJECT）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、启动 DTMF 拒绝消息类型、原因。

6. 状态（STATUS）

适用范围：本地

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、状态消息类型、原因、呼叫状态、辅助状态。

7. 状态查询（STATUS ENQIRY）

适用范围：本地

方向：双向

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、状态查询消息类型。

8. 停止 DTMF（STOP DTMF）

适用范围：本地

方向：移动台至网络

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、停止 DTMF 消息类型。

9. 停止 DTMF 证实（STOP DTMF ACKNOWLEDGE）

适用范围：本地

方向：网络至移动台

所包含的信息单元为：呼叫控制（协议识别语）、处理识别码、停止 DTMF 证实消息类型。

附录D　MAP接口部分业务

一、移动性业务

（一）位置管理业务

1. MAP UPDATE LOCATION 业务

此业务用于 VLR 更新 HLR 中存储的信息。

它的参数包括：调用 ID、IMSI、MSC 地址、VLR 号码、LMSI、支持的 CAMEL 阶段、HLR 号码、用户错误、提供者错误。

2. MAP CANCEL LOCATION 业务

此业务用于 HLR 从 VLR 中删除用户记录。当一个 MS 从某一 VLR 区移到另一个 VLR 区时，次业务可被自动调用从旧 VLR 中删去用户记录，也可由 HLR 运营者强迫 VLR 向 HLR 进行位置更新。次业务还用于从 SGSM 中删除用户记录。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、LMSI、删除类型、用户错误、提供者错误。

3. MAP SEND IDENTIFICATION 业务

此业务用于一个 VLR 与前一个 VLR 之间由于用户在该 VLR 中重新登记而要获取某 IMSI 和鉴权序列。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、TMSI、IMSI、鉴权序列、用户错误、提供者错误。

4. MAP PURGE MS 业务

此业务用于 VLR 与 HLR 之间，使得 HLR 对某一 MS 的数据进行标记以使任何对该移动用户的路由信息请求或短消息的寻路由信息请求都将视为此 MS 不可及。当该 MS 的用户记录在 VLR 中被删除时调用此业务。此业务还可用于 SGSN 与 HLR 之间，使得 HLR 对某一 MS 的数据进行标记以使任何对该移动用户的路由信息请求或短消息的寻路由信息请求或网络请求的 PDP—上下文激活都将视为此 MS 不可及。当该 MS 的用户记录在 SGSN 中被删除时调用此业务。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、VLR 号码、冻结 TMSI、冻结 P TMSI、SGSN 号码、用户错误、提供者错误。

5. MAP UPDATE GPRS LOCATION 业务

此业务用于 SGSN 更新 HLR 中存储的位置信息。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、SGSN 号码、SGSN 地址、HLR 号码、用户错误、提供者错误。

（二）切换业务

1. MAP PREPARE HANDOVER 业务

此业务用于 E 接口。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、目标小区 ID、不要求切换号码、BSS APDU、切换号码、用户错误、提供者错误。

2. MAP SEND END SIGNAL 业务

此业务用在 MSC—B 与 MSC—A（E 接口）之间指示 MSC—B 已建立了至 MS 的无线路径，MSC—B 保留对此呼叫的主要控制直至呼叫清除。响应用于 MSC—A 通知 MSC—B 所有在 MSC—B 中的呼叫资源可以被释放，即可以是因为在 MSC—A 中的呼叫已被释放，也可以是因为呼叫已被成功地从 MSC—B 切换到其他 MSC。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、BSS APDU、提供者错误。

3. MAP PROCESS ACCESS SIGNALLING 业务

此业务用于在 E 接口之间传递在 A 接口收到的信息。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、BSS APDU。

4. MAP FORWARD ACCESS SIGNALLING 业务

此业务用于在 E 接口之间传递至 MSC—B 的 A 接口消息。

此业务是非确认型业务，它的参数包括：调用 ID、BSS APDU。

5. MAP PREPARE SUBSEQUENT HANDOVER 业务

此业务用于 E 接口之间，以通知 MSC—A 它决定需要进行至 MSC—A 或其他 MSC（MSCB′）的切换。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、目标小区 ID、目标 MSC 号码、BSS APDU、用户错误、提供者错误。

6. 鉴权管理业务（MAP SEND AUTHENTICATION INFO 业务）

此业务用于 VLR 与 HLR 之间为使 VLR 从 HLR 中获得鉴权信息。VLR 要求提供 RAND/SRES/Kc 的集合。如果 HLR 无法向 VLR 或 SGSN 提供三数组序列则回发一个空的响应。VLR 或 SGSN 可仍使用旧的鉴权三数组。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、鉴权序列清单、用户错误、提供者错误。

7. 国际移动设备识别管理业务（MAP CHECK IEI 业务）

此业务用于 MSC 与 EIR 之间以要求检验 IMEI。如果 MSC 无法提供 IMEI，则请求 MS 提供并向 EIR 传送过去。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMEI、设备状态、用户错误、提供者错误。

（三）用户管理业务

1. MAP INSERT SUBSCRIBER DATA 业务

此业务用于 HLR 更新 VLR 中特定的用户数据。主要有以下几种情况：

——运营者改变了一个用户的补充业务、基本业务或是用户的数据的签约。但不用于基本业务或补充业务的取消；

——运营者使用了或改变了或去掉了由运营者决定的闭锁业务；

——用户通过一个用户程序改变了与一个或若干个补充业务有关的数据；

——HLR 在位置更新时或在恢复时向 VLR 提供用户参数。网络接入模式仅在恢复时提供。

此业务还用于 HLR 更新 SGSN 中特定的用户数据。有以下几种情况：

——GPRS 用户签约改变；

——网络接入模式改变；

——运营者使用、修改或去掉了运营者决定的闭锁业务；

——HLR 在用户 GPRS 位置更新时向 SGSN 提供用户参数。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、MSISDN、类别、用户状态、承载业务清单、电信业务清单、前转信息清单、呼叫闭锁信息清单、CUG 信息清单、SS 数据清单、EMLPP 签约数据、运营者决定的闭锁一般数据、运营者决定的闭锁 HPLMN 数据、由于不支持特性的漫游限制、区域性的签约数据、VLR CAMEL 签约信息、语音广播数据、语音组呼叫数据、网络接入模式、GPRS 签约数据、由于不支持的特性在 SGSN 中、漫游限制、北美接入优先长途运营者标识、SS 码清单、区域性的签约响应、支持的 CAMEL 阶段、用户错误、提供者错误。

2. MAP DELETE SUBSCRIER DATA 业务

此业务用于当一个或若干个补充业务或基本业务被撤消，HLR 从 VLR 去掉某些用户数据。但不用于补充业务的删除或去活。此业务还用于 HLR 从 SGSN 中删除 GPRS 签约数据。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、基本业务清单、SS 码清单、由于不支持特性的漫游限制、CAMEL 签约信息撤消、区域性的签约数据、VBS 组指示、VGCS 组指示、GPRS 签约数据撤消、

由于不支持的特性在 SGSN 中漫游限制、区域性的签约响应、用户错误、提供者错误。

（四）故障恢复业务

1. MAP RESET 业务

此业务在 HLR 重新启动后，用于向一组 VLR 或 SGSN 指示它发生过一次故障。

此业务为非确认型业务，它的参数包括：调用 ID、HLR 号码、HLR ID 清单。

2. MAP FORWARD CHECK SS INDICATION 业务

此业务可由 HLR 可选地执行，以便向移动用户指示由于 HLR 重新启动，补充业务参数可能已发生改变。HLR 仅在完成了用户数据恢复后发送此指示。

此业务为非确认型业务，它的参数包括：调用 ID。

3. MAP RESTORE DATA 业务

当 VLR 接收到未知 IMSI 的 MAP PROVIDE ROAMING NUMBER 指示，或者是已知 IMSI，其标记"HLR 确认"置为"不确认"时调用此业务。此业务是请求 HLR 向 VLR 发送关于此用户的所有数据，以存储在此用户 IMSI 记录中。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、LMSI、支持的 CAMEL 阶段、HLR 号码、MS 不可及标记、用户错误、提供者错误。

（五）用户信息业务

1. MAP ANY TIME INTERROGATION 业务

此业务用于 gsmSCF 随时向 HLR 请求信息（如用户的状态和位置）。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、请求的信息、IMSI、MSISDN、位置信息、用户状态、用户错误、提供者错误。

2. MAP PROVIDE SUBSCRIBER INFO 业务

此业务用于随时向 VLR 请求信息（如用户状态和位置）。

它的参数包括：调用 ID、请求的信息、IMSI、LMSI、位置信息、用户状态、用户错误、提供者错误。

二、呼叫处理业务

1. MAP SEND ROUTING INFORMATION 业务

此业务用于入口 MSC 和 VLR 之间。此业务由入口 MSC 调用以询问 HLR，将呼叫路由接续至 MS。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、询问类型、GMSC 地址、MSISDN、OR 询问、OR 能力、CUG 识别码、CUG 出接入、前转次数、网络信令消息、支持的 CAMEL 阶段、抑制 O CSI、抑制通知、呼叫参考号码、前转原因、基本业务组、提醒方式、CCBS 呼叫、支持的 CCBS 阶段、IMSI、MSRN、前转数据、要求的前转询问、VMSC 地址、GMSC Camel 签约信息、位置信息、用户状态、基本业务码、CUG 签约标志、用户错误、SS 清单、CCBS 目的地、保持 CCBS 呼叫指示、提供者错误。

2. MAP PROVIDE ROAMING NUMBER 业务

此业务用于 HLR 和 VLR 之间。HLR 调用此业务，以请求 VLR 返回漫游号码。HLR 指示 GMSC 将入呼叫路由接续到被叫 MS。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、MSC 号码、MSISDN、LMSI、GSM 承载能力、网络信令信息、抑制通知、呼叫参考号码、GMSC 地址、OR 询问、提醒方式、CCBS 呼叫、漫游号码、用户错误、提供者错误。

3. MAP RESUME CALL HANDLING

此业务用于 VMSC 和 GMSC 之间。VMSC 调用此业务，以请求 GMSC 恢复处理当前呼叫并将此呼叫转送到规定的目的地。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、呼叫参考号码、基本业务组、IMSI、前转数据、CUG 识别码、CUG 出呼叫、O CSI、CCBS 目的地、用户错误、提供者错误。

4. MAP PREPARE GROUP CALL

此业务用于主控 MSC 通知中继 MSC 组呼叫的建立。

此业务为确认型业务，它的参数包括：调用 ID、电信业务、ASCI 呼叫参考、加密算法、组密钥号码、组密钥、优先级、编译码器信息、上行链路空闲指示、组呼叫号码、用户错误、提供者错误。

5. MAP PROCESS GROUP CALL SIGNALLING

此业务用于中继 MSC 向主控 MSC 发送组呼叫通知。

此业务为非确认型业务，它的参数包括：调用 ID、上行链路请求、上行链路释放请求、释放组呼叫。

6. MAP FORWARD GROUP CALL SIGNALLING

此业务用于主控 MSC 和中继 MSC 之间，以传送组呼叫通知。

此业务是非确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、上行链路请求确认、上行链路释放指示、上行链路拒绝命令、上行链路捕获命令、上行链路释放命令。

7. MAP SEND GROUP CALL END SIGNAL

此业务用于中继 MSC 向主控 MSC 指示 VGCS/VBS 信到已经在中继 MSC 区域内建立。

此业务的响应用于主控 MSC 通知中继 MSC。由于呼叫已经在主控 MSC 中释放，该呼叫使用的所有资源可以在中继 MSC 中释放。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、提供者错误。

8. MAP PROVIDE SIWFS NUMBER

此业务用于 MSC 和 SIWFS 之间。当收到一个入呼叫时(到或从 MS 的呼叫)，MSC 调用此业务请求 SIWFS 分配 IWU 资源。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、GSM 承载能力、ISDN 承载能力、呼叫方向、B 用户地址、选择信道、低层兼容性、高层兼容性、SIWFS 号码、用户错误、提供者错误。

9. MAP SIWFS SIGNALLING MODIFY

此业务用于当请求修改配置（如 HSCSD）时在 MSC 和 SIWFS 之间传送信令信息。该业务可被 MS 或 SIWFS 调用。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、信道类型、选择信道、用户错误、提供者错误。

10. MAP SET REPORTING STATE

此业务用于 HLR 和 VLR 之间，以便为请求的业务设置报告状态。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、LMSI、CCBS 监视、CCBS 用户状态、用户错误、提供者错误。

11. MAP STATUS REPORT

此业务用于 VLR 向 HLR 报告事件或呼叫输出。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、CCBS 用户状态、监视模式、呼叫输出、用户错误、提供者错误。

12. MAP REMOTE USER FREE

此业务用于 HLR 和 VLR 之间，报告 B 用户现在空闲，A 用户可以被通知。

此业务是确认型业务，它的参数包括：调用 ID、IMSI、呼叫信息、CCBS 特性、翻译的 B 号码、替代 B 号码、提醒方式、RUF 输出、用户错误、提供者错误。