

## 中文摘要

**摘要：**GSM-R 作为铁路专用的通信技术，在世界铁路范围内得到越来越广泛的应用。随着我国高速铁路和客运专线的建设，GSM-R 数字移动通信系统正在我国迅速发展。其中 VGCS 和 VBS 是 GSM-R 系统为铁路专网专门提供的两项特殊业务，在调度通信中起着重要作用，直接关系到铁路调度通信的安全性和可靠性。而 VGCS/VBS 功能的实现质量需要网络和移动台两侧的共同保证，其中移动台的通知监听过程是重要的组成部分。在现有的 GSM-R 协议中，没有对 VGCS/VBS 通知过程中的细节进行详细规范，移动台在通知监听的功能实现上存在一定不足。所以在国内自主品牌的 GSM-R 移动台的研发过程中需要对协议栈 VGCS/VBS 的通知监听处理进行改进。

本文是在研究实现 GSM-R 移动台协议栈 VGCS/VBS 功能的基础上展开的。首先全面阐述了 GSM-R 网络 VGCS 和 VBS 的基本原理，特别对 GSM-R 移动台协议栈为了实现 VGCS/VBS 功能而需要做的修改进行了分析。接着深入研究了空闲模式下移动台的通知监听实现，针对不采用简化的 NCH 监听机制和采用简化的 NCH 监听机制两种情况，提出了协议栈内部计数器的设计处理，使得移动台在通知监听中能够解决当前网络通知信息不足的问题，实现对正在进行的 VGCS/VBS 被释放的判断，从而动态更新组呼信息列表，完善对当前存在呼叫的查询、加入功能。接下来论文研究了在组接收、组发送和专用模式下的移动台通知监听。为了解决当前网络通知条件下，处于非空闲模式的移动台无法获知网络中 VGCS/VBS 被释放的问题，论文提出了在非空闲模式时监听本小区 NCH 信道的改进思路，并讨论了实现这一目的的四种改进方案。详细设计了其中修改协议栈的实现方法，通过牺牲个别语音帧，在不明显影响通话效果的前提下克服现存不足，完善非空闲模式下移动台的当前呼叫查询和 eMLPP 处理等功能。最后从网络侧的角度，提出了对下行 PCH 和 SACCH 消息的改进策略，通过修改网络的通知过程弥补当前通知监听的缺陷。

本论文中共有图 36 幅，表 18 个，参考文献 34 篇。

**关键词：**GSM-R；VGCS；VBS；协议栈；通知监听

**分类号：**TN929.52；U285.21

## ABSTRACT

**ABSTRACT:** As a special railway communications technology, GSM-R is now increasingly used for railway transportation worldwide. With the development of high speed railway and passenger dedicated railway, GSM-R is being developed in China rapidly. The VGCS and VBS are two special services provided by GSM-R for railway network, which play an important role of safety and reliability in railway dispatching communication. The service quality of VGCS and VBS should be guaranteed by both network and MS, and the notification monitoring of MS is an important component. At present, GSM-R protocol has not defined the details of notification procedure, MS still has room to improve on the functionality. So in the development of domestic own-brand GSM-R MS, it is needed to research and improve the notification monitoring processing of MS protocol stack.

This thesis is based on the researching and developing GSM-R MS protocol stack VGCS/VBS function. Firstly the basic principle of VGCS and VBS is expatiated followed by an analysis of the modification which PS should do. Then the MS notification monitoring in idle mode is studied. For both cases of not using and using Reduced NCH monitoring, a PS internal counter is designed, which makes MS realize the judgment of which ongoing VGCS/VBS was released, therefore dynamically updates group call information list, perfects MS query and adding function. After that, in the thesis researched further are the notification monitoring in group receiving mode, group transmission mode and dedicated mode. In order to make MS in these modes know which ongoing VGCS/VBS is released, an idea for improvement of monitoring current cell NCH channel is presented, and four improvement schemes are discussed. Then the method of modifying protocol stack is well designed. With the sacrifice of several voice frames without obviously lowering down the voice quality, it can be seen that the MS functions such as query and eMLPP handling can be improved significantly. Finally, an improvement strategy of downlink PCH and SACCH is presented, which can be used to overcome current deficiencies by enhancing network notification procedure.


**KEYWORDS:** GSM-R; VGCS; VBS; Protocol Stack; Notification Monitoring

**CLASSNO:** TN929.52; U285.21

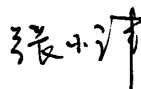
## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解北京交通大学有关保留、使用学位论文的规定。特授权北京交通大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名：

签字日期：2008 年 6 月 11 日

导师签名：

签字日期：2008 年 6 月 12 日

## 独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京交通大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：叶青

签字日期：2008年6月11日

## 致谢

本论文的工作是在我的导师张小津副教授的悉心指导下完成的，张老师严谨的治学态度和科学的工作方法深深地感染和激励着我。两年多来，张老师不仅在学业上给我以精心指导，同时还在思想上、生活上我以无微不至的关怀，在思想道德情操和为人处事上给我树立了光辉的榜样。在此谨向张老师致以诚挚的感谢和崇高的敬意，感谢两年来张老师对我的关心和指导。

钟章队教授悉心指导我们完成了实验室的科研工作，在学习上和生活中都给予了我很大的关心和帮助，在此向钟老师表示衷心的感谢。

在实验室工作期间，金晓军、朱刚、李旭、吴昊、杨炎等老师，尤其是蒋文怡和丁建文两位亦师亦友的老师对我的学习和研究工作给予了热情帮助，在此向他们表达我的感激之情。在论文的构思和撰写期间，宋禾木、彭定志、熊雪莱同学对我论文的研究工作提供了许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

同时还要感谢的是在深圳桑达电子公司无线通信事业部实习期间，曹真华、秦重军、孔庆富、罗江友等多位工程师的悉心指导和帮助，以及何兵和吴海两位经理对我的关心与鼓励。在桑达公司实习的经历是我撰写本论文的基础，在此祝愿桑达公司越来越好，蒸蒸日上。

另外感谢我的母亲为我无私奉献出了许多心血和汗水，使我顺利完成了学业。最后祝所有给予我帮助的亲人、老师、朋友和同学一切顺利、幸福健康。

# 1 引言

## 1.1 综述

### 1.1.1 GSM-R 系统概述

GSM-R 是 GSM-Railway 的缩写,是专门为铁路通信量身打造的专用通信系统,它基于 GSM 的基础结构及其提供的电信业务,提供了铁路特有的基础业务,并以此作为一个信息化的平台,使得用户可以在这个信息平台上轻松开发各种各样的铁路应用。下图为 GSM-R 系统的业务模型层次结构<sup>[1]</sup>:

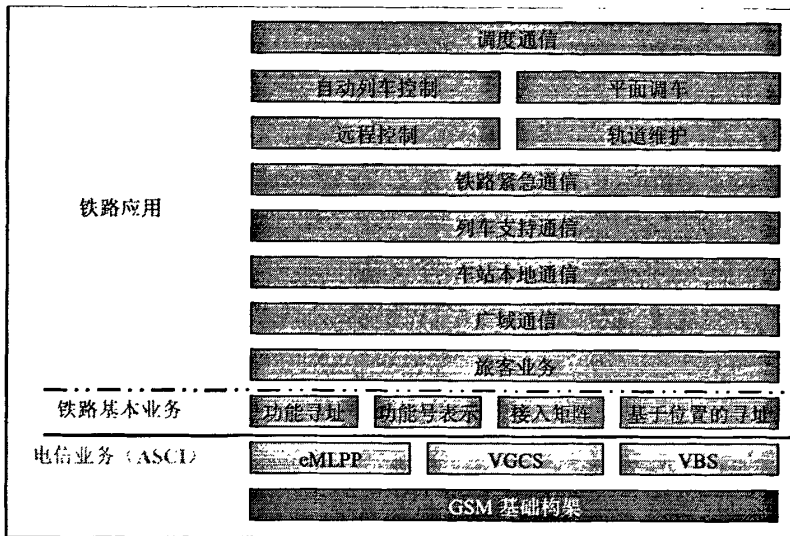


图 1-1 GSM-R 业务模型

Figure 1-1 GSM-R Service Model

如图 1-1 所示, GSM-R 系统在 GSM 系统基础上增加了调度通信功能(语音组呼、语音广播、增强多优先级与强拆)、铁路特有的调度业务(功能寻址、接入矩阵和基于位置的寻址),并以此为信息化平台,使用户可以在此平台上开发各种铁路应用。因此, GSM-R 的业务模型可以概括为: GSM-R 业务 = GSM 业务 + 语音调度业务 + 铁路基本业务 + 铁路应用。

GSM-R 网络主要包括网络子系统 (NSS)、基站子系统 (BSS) 和操作维护子系统 (OSS)。与 GSM 相比, GSM-R 系统在网络结构中增加了组呼寄存器 (GCR) 等设备。网络基本结构如图 1-2 所示。

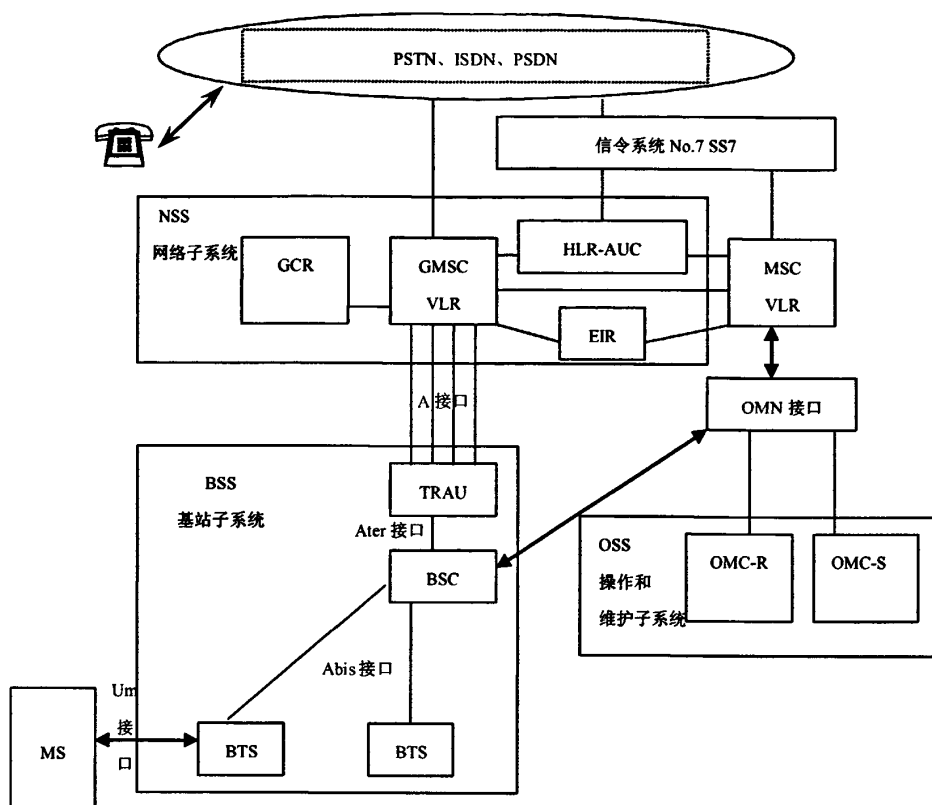


图 1-2 GSM-R 网络结构

Figure 1-2 GSM-R Network Architecture

基于 GSM-R 的铁路通信网与普通的 GSM 网络并没有大的区别，在网络的网元、标准接口和连接的扩展上也无大的区别。在公网的基础上引入一系列新技术，即可用于铁路部门。铁路网与公网的主要区别在于由铁路网特殊需求引起的网络结构和规划上的区别。

当前，中国的 GSM-R 建设已进入客运专线建设阶段，着重构建中国铁路 GSM-R 核心网络的中心节点，搭建网络骨架结构，并且以客运专线为主干线，建设相关的无线接入网络。正在建设的 GSM-R 项目包括京津线、武广线、郑西线、合宁线以及即将开工的京沪高速铁路<sup>[2]</sup>。

采用 GSM-R 综合数字移动通信系统，是中国铁路信息化的需求，也是世界铁路发展的趋势。GSM-R 综合数字移动通信系统必将进一步推动铁路信息化建设，加快实现我国铁路的跨越式大发展。

### 1.1.2 GSM-R 中的 VGCS/VBS 业务

调度通信是铁路专网通信中一个重要的组成部分，在保证列车正点运行、降低机车能耗、提高通过能力、通告险情、防止事故、抢险救援等方面具有重要的作用。GSM-R 系统专门提供了语音调度业务(ASCI)，其中包含语音组呼(VGCS)，语音广播(VBS)和增强的多优先级与强拆(eMLPP)。这些业务突破了点对点通信的局限性，能够以简单快捷的方式建立群呼叫，实现调度指挥、紧急通知等特定功能，尤其适用于铁路的列车指挥调度部门，很好地解决了 GSM-R 网络可用频点数不多，无线信道资源紧张的问题，为铁路专网通信的稳定性和可靠性提供了很好的保障。

其中语音组呼业务 (Voice Group Call Service) 又简称组呼，表示为 VGCS，它定义了一种由多方参加，其中一部分人可以讲话、多方聆听的点对多点语音通信方式。VGCS 通过组 ID 和组呼区域 ID 组成的组呼参考来唯一确定地发起一起组呼呼叫。它使用公共下行链路进行通信，允许同一个小区内多个用户在一个业务信道上聆听组呼，这样可以节省网元间的空中接口和信令链路上的可用资源，提高了频谱利用率<sup>[3][4]</sup>。

语音广播业务 (Voice Broadcast Service) 又简称广播，表示为 VBS。它允许建立点对多点的单向语音呼叫连接，同样通过组呼参考来唯一确定地发起一起广播呼叫。它不支持讲者和听者之间进行身份转换，在呼叫过程中，只有广播发起者和调度员可以讲话，其他业务用户只能在下行链路上聆听讲话内容<sup>[5][6]</sup>。

VGCS 和 VBS 业务的实现过程主要包括了呼叫的建立过程、通知过程、通话过程、释放过程和高优先级呼叫的确认过程等部分。其中通知过程由网络下发通知消息和移动台进行通知监听两部分组成，包括通知处于空闲模式下的移动台和通知处于组接收、组发送和专用模式下的移动台。而移动台必须在通知监听的处理中及时地获知网络中新产生的组呼/广播和被释放的组呼/广播，向用户提供加入新的组呼/广播，释放当前组呼/广播 (主叫用户)，离开当前组呼/广播，查询当前存在的组呼/广播，重新加入当前存在的组呼/广播等各项功能。一个功能完善，操作简便的移动台对于 VGCS/VBS 的实现质量具有重要意义。

## 1.2 本课题研究的背景和意义

目前，在我国的铁路中，青藏线、大秦线和胶济线已经采用 GSM-R 网络，并已部分开通了 GSM-R 语音组呼和语音广播业务。随着中国高速铁路和客运专线的快速发展，GSM-R 网络建设的规模必将越来越大，体现 GSM-R 网络特色和优势的组呼/广播业务也将全面开通，在铁路调度通信中发挥越来越重要的作用。与 GSM-R 网络建设相适应的是，对适合我国铁路实际情况的 GSM-R 移动终端的需



求也在不断扩大。

目前在国际和国内铁路的 GSM-R 网络中,主要应用的是法国 SAGEM 品牌的移动台。SAGEM 移动台协议栈在处理 GSM-R 网络中的 VGCS/VBS 等铁路调度通信专用功能时,相对已经比较完善。

但是为了适应我国铁路 GSM-R 网络建设的大发展,也为了在 GSM-R 移动终端上具有国内自主的知识产权,研究和开发适合我国铁路实际情况的国内自主品牌的 GSM-R 移动终端已经成为我国建设 GSM-R 网络的一个必要环节。目前国内 GSM-R 移动终端的研发工作正在几个厂家的努力下加紧展开。为了实现 GSM-R 移动台的语音组呼、语音广播、增强多优先级与强拆、位置寻址、功能寻址等铁路调度通信的专用功能,需要在 GSM 移动台的基础上对协议栈处理进行相应的修改。

本文正是在这样的背景之下,对 GSM-R 移动台处理语音组呼/广播业务,尤其是处理语音组呼/广播的通知监听过程进行了深入研究。探讨了在目前 3GPP 协议规范的条件,如何通过 GSM-R 移动台协议栈的处理,克服协议中没有明确规范的空白点,完善地实现移动台在空闲模式、组接收模式、组发送模式和专用模式下应提供的各项功能,保证移动台侧 VGCS/VBS 的实现质量。为推动我国具有自主知识产权的 GSM-R 移动台的研究开发提供一定的依据和参考。

### 1.3 本论文的内容与结构安排

本文是在研究 GSM-R 移动台协议栈 VGCS/VBS 功能的基础上完成的,对 GSM-R 移动台的 VGCS/VBS 通知监听过程进行了全面细致的分析与研究。论文首先从理论层面着手,对语音组呼和语音广播业务的原理进行了分析,针对这两项业务的特点,提出了在现有 GSM 协议栈的基础上需要对协议栈各层的修改。之后,针对空闲模式下移动台在通知监听中无法获知网络中组呼/广播被释放的问题,对简化的 NCH 监听和非简化的 NCH 监听两种情况的协议栈处理进行了相应的改进;针对专用模式、组接收模式和组发送模式下移动台无法监听本小区 NCH 信道,从而及时判断组呼/广播结束的问题,提出了四种解决方案,并详细给出了其中修改协议栈的改进方法,妥善的解决了非空闲模式下通知监听存在的问题。最后尝试对通知过程中网络下发的消息进行适当的修改和补充,通过网络侧的改进来完善通知监听过程。

论文主要内容如下:

第二章介绍了 GSM-R 网络语音组呼和语音广播的基本原理,重点分析了 GSM-R 移动台的协议栈结构以及为了实现组呼/广播功能而需要对协议栈所做的

修改。

第三章深入研究了空闲模式下移动台的通知监听处理。对于简化的 NCH 监听和非简化的 NCH 监听两种情况，详细分析了移动台协议栈的处理流程。同时针对在维护组呼信息列表中移动台无法及时判断网络中组呼/广播被释放的问题，设计了良好的解决方案。改进后的协议栈能够动态更新组呼信息列表，很好地实现当前呼叫的查询和加入功能。

第四章对专用模式、组接收模式和组发送模式下移动台的通知监听处理问题进行了深入研究，针对协议空白点，讨论了在目前网络通知条件下解决移动台监听本小区 NCH 的几种解决方案，并重点研究了对协议栈处理进行修改的方案，提出了切实可行的改进方法。移动台改进后能够完善地实现当前呼叫查询以及 eMLPP 处理等功能。

第五章对网络的下行消息提出了改进意见，尝试通过网络通知过程的改进，弥补当前 MS 通知监听存在的不足。

第六章是全文的总结和对未来的展望。

## 2 VGCS/VBS 原理分析

### 2.1 VGCS 基本原理

#### 2.1.1 VGCS 网络结构

语音组呼业务(VGCS)是高级语音呼叫(Advanced Speech Call Items, ASCI)的一项特殊业务。这项业务突破了点对点通信的局限性,使得移动用户之间能够建立点对多点的连接,能够以简捷的方式建立组呼叫,实现调度指挥、紧急通知等特定功能。由于组呼业务使用的是公共下行链路广播功能,这种功能允许在同一个小区上很多用户在同一条业务信道上聆听组呼,用户数量没有限制,所以可以节省网元间的空中接口和信令链路上的可用资源,因此频谱利用率很高。

语音组呼业务可以使组成员在预定义的组呼区域内,如图 2-1 所示,参与多方通话,采用公共下行链路,所有的业务用户均收听该下行链路,讲话者的角色可以转换,通过竞争的方式占用上行链路,同时只能有一个业务用户占用上行链路。组呼通过特定的组呼参考来标识,组呼参考由组呼区域 ID 和组 ID 唯一确定<sup>[7]</sup>,组呼区域 ID 用来界定组呼所覆盖的地理范围,以蜂窝小区为基本单位,一个组呼区最多可有 25 个小区;组 ID 标识该组的功能,即由哪些身份的成员参加。

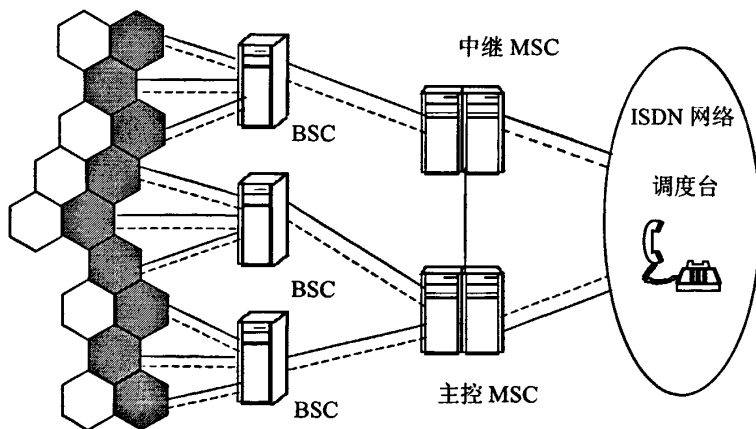


图 2-1 语音组呼网络结构

Figure 2-1 VGCS service architecture

图中,阴影小区表示组呼区域,它们可以属于不同的 BSC 管辖,发起组呼的用户其所属的 MSC 定义为主控 MSC,其它相连接的 MSC 叫做中继 MSC,它们

都要受到主控 MSC 的控制。MSC 必须支持会议功能，以便能够组织点对多点的呼叫。为了能够覆盖所有的服务区域，BSC 分配必要的资源来支持组呼业务，在空中接口，通过公共下行链路的方式建立一个信令信道和业务信道，一个小区内所有的业务用户共享该信令信道和业务信道。

组呼成员包括业务用户和调度员。业务用户是预定了 VGCS 业务的移动用户，使用半双工无线信道，必须先争取到上行链路才能讲话，业务用户可以通过组 ID 来发起组呼。调度员拥有随时讲话的权利，可以是固定用户或移动用户，移动调度员可以位于组呼区域外，调度员通过拨叫组呼参考的方式发起组呼，是组呼通信中具有较高级别的管理者，各自占用一对专用信道。在同一个时刻，只允许一个业务用户讲话；允许最多 5 个调度员同时讲话。

VGCS 中也可以应用优先级和预清空优先级。对于某些优先级，可以要求所有或指定的目标用户发送一个确认接收到语音组呼的消息（例如铁路的紧急呼叫）。确认过程应在组呼最后执行，并指示出起始和终止时间。确认消息应发送给预先定义的接收者（如 AC 确认中心）。

### 2.1.2 VGCS 业务过程

典型的语音组呼过程是：发起者以正常的呼叫流程发出呼叫请求，请求建立某个组 ID 的 VGCS 通信，网络检测到其呼叫请求为组呼，验证并确认后，则向 GCR 查询该组的各种属性参数，然后在组呼区域定义的一个或者多个蜂窝小区的通知信道上发送组呼通知消息，呼叫签约了这个组 ID 的所有成员。组成员接收到通知消息后即可加入，非本组成员忽略此消息。在一个蜂窝小区内，所有组成员在一条共享的下行信道上聆听语音，而不占用对应的上行链路，该上行链路分配给讲话的业务用户。由于同一时刻只能有一个组呼的业务用户占用上行链路，因此在组呼中，只有调度员和一个业务用户可以讲话。网络的 MSC 使用会议桥来连接所有参与方<sup>[5]</sup>。

语音组呼成功建立后，如果业务用户想讲话，将按下 PTT 向网络发送请求，如果当前组呼的上行链路空闲，则该用户可以占用上行链路讲话，并同时利用下行链路聆听信息，这时下行链路会对上行链路产生回声，所以，如果只有讲话的业务用户一人在讲话时，讲话用户的移动台应屏蔽掉下行链路的语音。如果除了讲话用户讲话外，还有调度员在讲话时，移动台会收到一个指示，然后不再屏蔽下行链路的语音。如果调度员不再说话，讲话用户仍接入到上行链路中，移动台会收到指示再次屏蔽下行链路的话音。此时调度员和聆听的业务用户可以听到所有人的声音。调度员可以听到除了自己以外所有人的讲话；收听用户可以听到所

有人的谈话。调度员允许随时讲话无需发送想要讲话的信号，而想要说话的业务用户必须发送想要讲话的信号，网络按照先来先得的原则分配讲话用户的权利，无需排队。当一个业务用户成为讲话用户后，他最后也应发送想要成为收听用户的指示，释放相应的组呼上行链路。

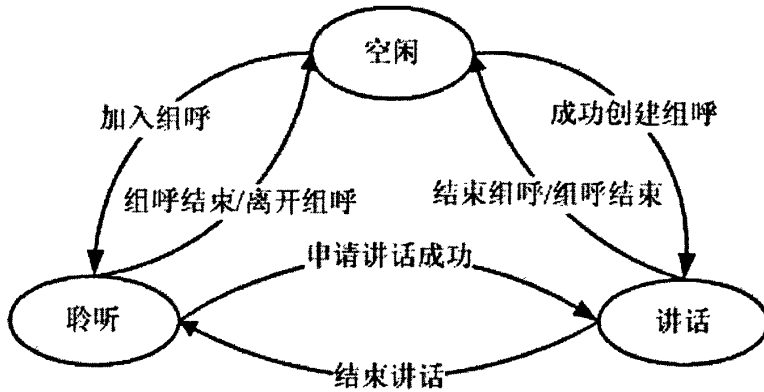


图 2-2 移动台的组呼状态转移图

Figure 2-2 VGCS state transfer diagram

组呼的释放成员包括主叫用户、授权调度员。由主叫业务用释放组呼时，主叫用户必须占用上行链路。此外，组呼还定义了一个无语音行为时间，超过这个时间，组呼由网络自动释放。

移动台在 Um 接口的通知信道 NCH 上接收网络广播的通知消息。当被叫用户正在参与某个通话时，通知消息在 FACCH 上广播。通知消息需要周期性广播，以便于刚刚移动进入组呼区域的组成员加入，或是离开该组的成员重新加入。在每个组呼区内小区的移动用户都应能收到通知消息。如果在通知消息中包含了组呼信道的描述并且在下行链路上收到该消息，语音组呼成员的移动台应在收到通知后立刻调整到指定的信道上接收语音组呼。如果在通知信息中没有信道的描述，移动台为了响应通知应建立专用链接，然后网络应提供有关语音组呼的信道描述。

用户可以在移动台的人机界面上“取消选定”某个语音组呼，而后离开这个语音组呼，移动台不再收听该组呼的下行链路，忽略与该组呼相关的通知消息并返回空闲模式。如果用户一段时间内不想参与某个组的呼叫，用户可以将该组 ID 切换到关闭状态，忽略与该组呼相关的通知消息，并且还允许重新选择这个语音组呼。重选后，移动台将不再忽略该组呼的通知消息。选择列表存储在 SIM 卡中。禁止关闭高优先级呼叫的组 ID<sup>[8][9]</sup>。

## 2.2 VBS 基本原理

### 2.2.1 VBS 业务过程

语音广播业务（VBS）也是高级语音呼叫（ASCI）的一项特殊业务。指在某个特定的区域上，一个用户讲话，其他用户在下行链路上聆听讲话内容，主要实现单向的点对多点的通信功能。

在 VBS 进行过程中，调度员必须始终占用一对专用信道进行通信。从业务用户所扮演的角色来分有讲话用户和聆听用户。讲话用户是指发起语音广播呼叫的用户，它占用一对标准的专用上行信道/下行信道，讲话用户可以是调度用户也可以是业务用户；聆听用户是指收听语音广播呼叫的用户。

由业务用户发起一个 VBS 呼叫时，组呼区域由该业务用户在发起 VBS 呼叫时所在的小区 and 呼叫使用的组 ID 来唯一确定的。而由调度员发起的一个 VBS 呼叫则必须以专用地址的形式给出一个组呼区域和组 ID 的指示。每次呼叫的聆听用户包含两部分，一部分是位于组呼区域上对应组 ID 的业务用户，另一部分是授权参加此次呼叫的所有调度用户。

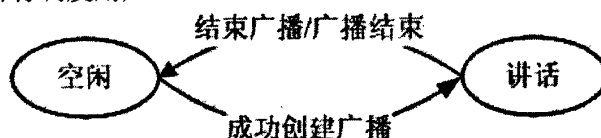


图 2-3 语音广播发起者状态转移图

Figure 2-3 VBS state transfer diagram of calling subscriber

聆听用户能够通过移动台的人机界面功能在任何想离开的时候离开语音广播呼叫。已经离开广播呼叫的移动台会返回到空闲模式，并且此后忽略关于此次呼叫的通知消息。这个业务用户也有重选语音广播呼叫的能力。当重新选择后，移动台将不再忽略关于那个呼叫的通知消息。调度员可以在没有终止语音广播呼叫的情况下离开这个呼叫。讲话用户不可以在没有终止语音广播呼叫的时候离开这个语音广播呼叫。

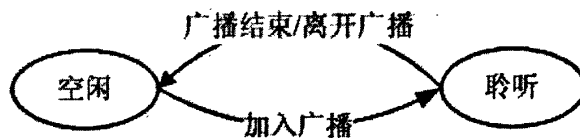


图 2-4 语音广播聆听者状态转移图

Figure 2-4 VBS state transfer diagram of listener

语音广播的通知过程和语音组呼基本相同。移动台从系统消息中获得 NCH 信道的位置。然后从 NCH 信道上获得有关语音广播信道描述来加入语音广播呼叫。当被叫用户正在参与某个通话时，通知消息在 FACCH 上广播。通知消息需要周期

性广播，以便于刚刚移动进入组呼区域的组成员加入，或是离开该组的成员重新加入。

讲话用户或有终止权限的调度员都可以终止一个语音广播呼叫。如果讲话用户离开了组呼区域，呼叫自动终止<sup>[6]</sup>。

### 2.2.2 VBS 与 VGCS 的比较

语音广播业务与语音组呼业务实际上非常相似，在业务定义、信令流程、对系统和终端的需求，呼叫控制等各个方面都相差无几。两种业务最大不同之处在于：VBS 的业务用户不能实现讲话者与聆听者之间的转换。当 VBS 的发起者是业务用户时，此业务用户占用的是一对专用信道，而其他业务用户共享广播呼叫信道的下行链路，上行链路一定是一直处于空闲状态的。而当 VGCS 的发起者是业务用户时，当成功建立了 VGCS 后，此业务用户同其他业务用户一起被分配到组呼信道的下行链路上聆听通话，当此业务用户想讲话时同其他业务用户一样必须提出申请，获得网络的准许后才可以使用组呼信道的上行链路（一对信道方案）或网络再分配给它一条专用信道（一对半信道方案）。所以 VBS 类似于按照“一对半信道”方案管理的 VGCS 的一个特例。

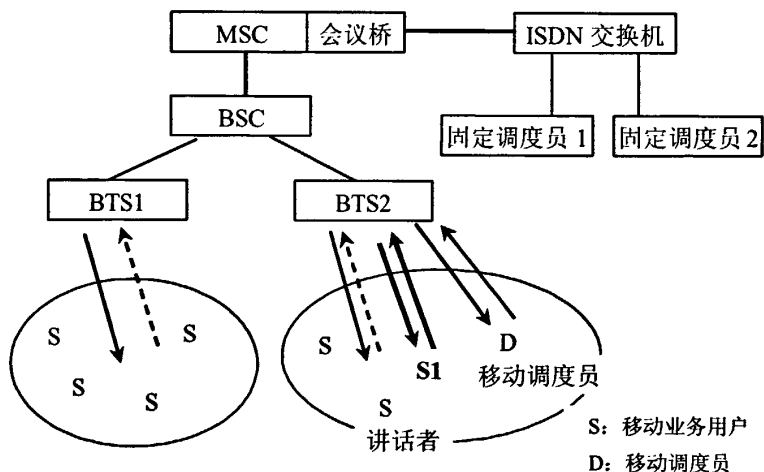


图 2-5 “一对半信道”方案

Figure 2-5 “One and a half channels” scheme

VGCS 与 VBS 之间其他的差别还包括：

- 1) 在 VBS 进行中，当网络确认呼叫发起者离开了组呼区域，网络会立即停止此次 VBS 业务，但是如若 VGCS 的呼叫发起者离开组呼区，网络不会因此停止 VGCS 业务。

- 2) VGCS 中定义了一个非活动时间以应对形同虚设的呼叫,当某次 VGCS 业务没有讲话声音的时间超过了设定值后,网络会自动终止此次呼叫,这个设定值就是非活动时间,而 VBS 中没有这个概念。
- 3) VBS 业务中无需对广播呼叫信道的下行链路做静音处理,而对于一对信道方案的 VGCS 业务,当有业务用户讲话时,网络必须屏蔽掉它的下行链路,以免讲话用户听到自己的声音;
- 4) 在 VGCS 进行过程中,如果没有了呼叫发起者,移动业务用户可以假定为发起者,而 VBS 不支持这种情况;
- 5) 在 VGCS 业务中,对于想要讲话的业务用户,网络需要做好此用户接入上行链路的安排,而在 VBS 中无需考虑这种情况;

因为语音广播和语音组呼非常相似,而且可以看作语音组呼的一个特例,所以在进行研究和阐述时,主要以语音组呼作为研究和举例对象<sup>[10][11]</sup>。

## 2.3 GSM-R 移动台协议栈原理

### 2.3.1 GSM-R 网络 Um 口结构

GSM-R 终端通过 Um 接口与网络进行交互。Um 口协议分层结构如图 2-6 所示:

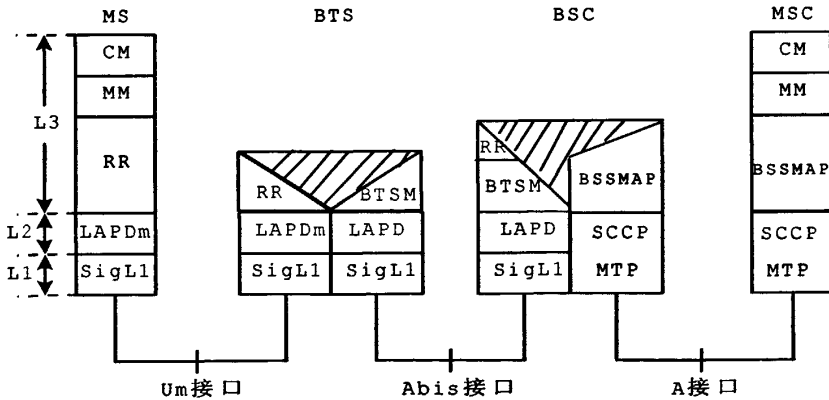


图 2-6 GSM-R 各接口协议结构图

Figure 2-6 Interface protocol architecture of GSM-R

信号层 L1: 也称物理层,这是无线接口的最底层。提供传送比特流所需的物理链路(例如无线链路)、为高层提供各种不同功能的逻辑信道,每个逻辑信道有它自己的服务接入点。

信号层 L2: 也称数据链路层,在移动台和基站之间建立可靠的专用数据链路。



在 GSM-R 网络中采用 LAPDm 协议，用于确定帧格式、编址格式、纠错编码和交织的要求。

信号层 L3：这是实际负责控制和管理的协议层，把用户和系统控制过程中的特定信息按一定的协议分组安排在指定的逻辑信道上。L3 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含：多个呼叫控制（CC）单元，提供并行呼叫处理，为支持补充业务和短消息业务，在 CM 子层中还包括补充业务管理（SS）单元和短消息业务管理（SMS）单元<sup>[12]</sup>。

### 2.3.2 GSM-R 移动台协议栈结构

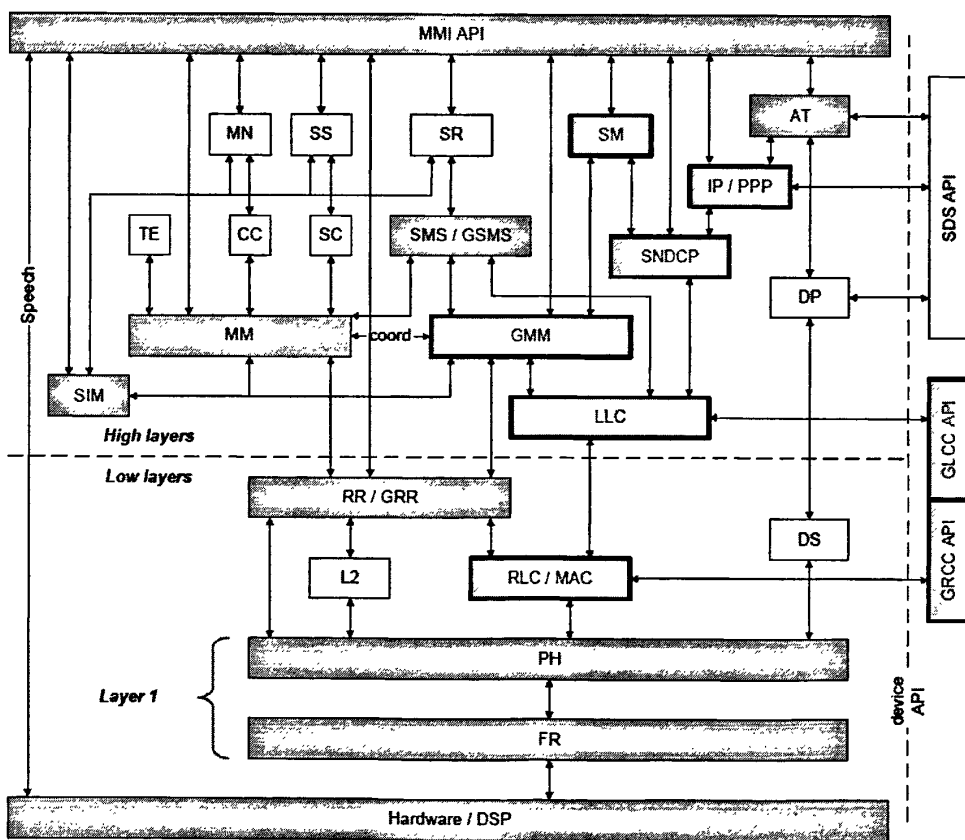


图 2-7 GSM-R 移动台协议栈结构图

Figure2-7 Protocol stack architecture of GSM-R MS

图 2-7 是 GSM-R 移动台的协议栈模块分解图<sup>[13]</sup>。协议栈严格按照 3GPP GSM 规范的陈述执行，协议栈中的任务模块和 GSM 标准的协议实体有紧密的对应关系，

有的时候一个标准的协议实体可能会分割为几个具有实体某方面功能的任务模块。任务模块之间通过原语进行通信。其中和组呼/广播关系最密切的包括以下几个部分：

- **FR(FRAMER)**: 该任务层严格按照 GSM 的帧周期处理硬件控制操作。它是层一实体的一部分，对层三来说不直接可见。
- **PH**: 物理接口层，和其下的 FR、DSP 等层一起完成具体的 GSM 空中接口的管理。负责安排 FR 层执行操作的时序。它在 RR 层的指示下工作。
- **DL (L2)**: 数据链路层，负责 LAPDm 链路的维护和链路层数据帧的解析和检查。它将不可靠，没有流量控制的物理通信媒质转化成可靠的，具有流量控制的数据流传给层三。
- **RR**: 无线资源管理层，负责管理与信道相关的资源，进行与此对应的操作。层三的 RR 管理实体，它负责控制物理层来维持 MS 和网络间的可靠通信。当 MS 处于空闲状态时，它实时地控制层一进行附近基站信息的搜集。当 MS 和基站间存在专用连接时，RR 通过从基站接收到的层三信令消息控制层一。
- **MM**: 移动性管理实体，它控制 MS 进行合适网络的选择以及必要的注册、鉴权功能。
- **CC**: 这个模块是呼叫控制管理实体，负责处理与呼叫相关的信息。为了实现 GSM-R 中组呼和广播的功能，在协议栈的 CC 任务模块中增加 GCC 和 BCC 响应功能模块，GCC 和 BCC 实体是扩展的有限状态机，负责组呼/广播过程中，主状态和子状态之间的转换<sup>[4][15]</sup>。
- **MN**: MN 是移动网络层，是 UI 与 CC 之间的桥梁，对两者之间的消息进行预处理，处理呼叫控制功能，负责执行 CC 协议消息中指示的本地行为，或者发起作为 MS 内部本地事件的 CC 协议交流。
- **UI**: 用户接口，从上层对协议栈进行控制，它是 PS 与 MMI 的呼叫接口层，负责向 MMI 提供呼叫处理 API 和向 MMI 发送呼叫通知消息。
- **MMI**: MMI 是人机交互接口，负责向用户操作界面提供相应的信息，给用户以提示，并将用户的操作传达给协议栈。
- **SI**: SIM 操作支持接口，负责具体执行与 SIM 卡有关的读写等指令。

### 2.3.3 VGCS/VBS 相关的协议栈处理

GSM-R 移动台协议栈中各实体对语音组呼和语音广播的呼叫处理基本上与 GSM 协议栈对普通点对点呼叫的处理相同，只需要对 GSM 协议栈相关实体进行部分修改。其中 VGCS 和 VBS 的呼叫处理基本上相似，只是广播呼叫不具有上行

释放的过程。

### 2.3.3.1 PH 层处理

为了满足对 VGCS/VBS 的处理, GSM-R 移动台协议栈物理层通过修改应该可以进行以下处理:

物理层通过接收 RR 层发送的 NCH 信道参数需要能够完成 NCH 信道配置、启动接收、暂停接收、重新启动接收、停止接收和取消配置等功能,并向高层返回确认消息,高层将消息解码后送到 RR 层。

物理层收到 RR 层发送来的相应原语后,可以进入语音组呼/广播呼叫下行监听状态(单工),并向高层返回确认消息。当在语音组呼/广播下行监听状态的时候,物理层可以从一个单工信道切换到另外一个单工信道。

当处在语音组呼下行监听状态的时候,物理层可以通过 RR 发送来的相应原语,进行上行抢占和释放的功能,上行抢占成功后进入双工模式,上行释放后进入到组呼下行监听状态,并向高层返回确认消息。

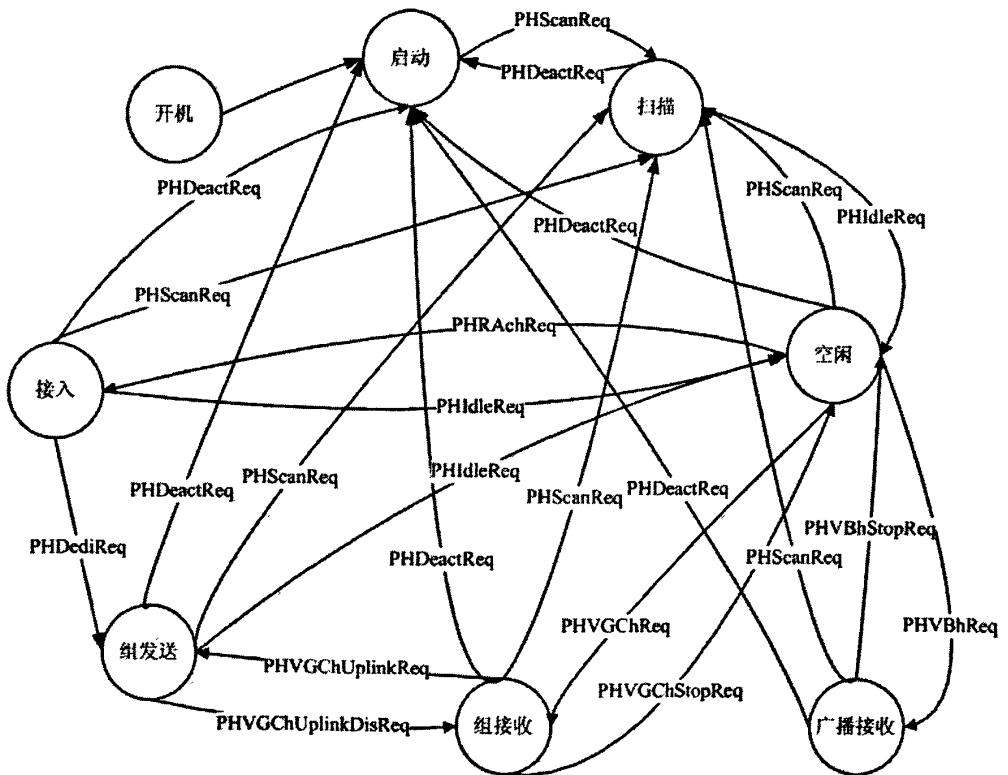


图 2-8 物理层状态迁移图

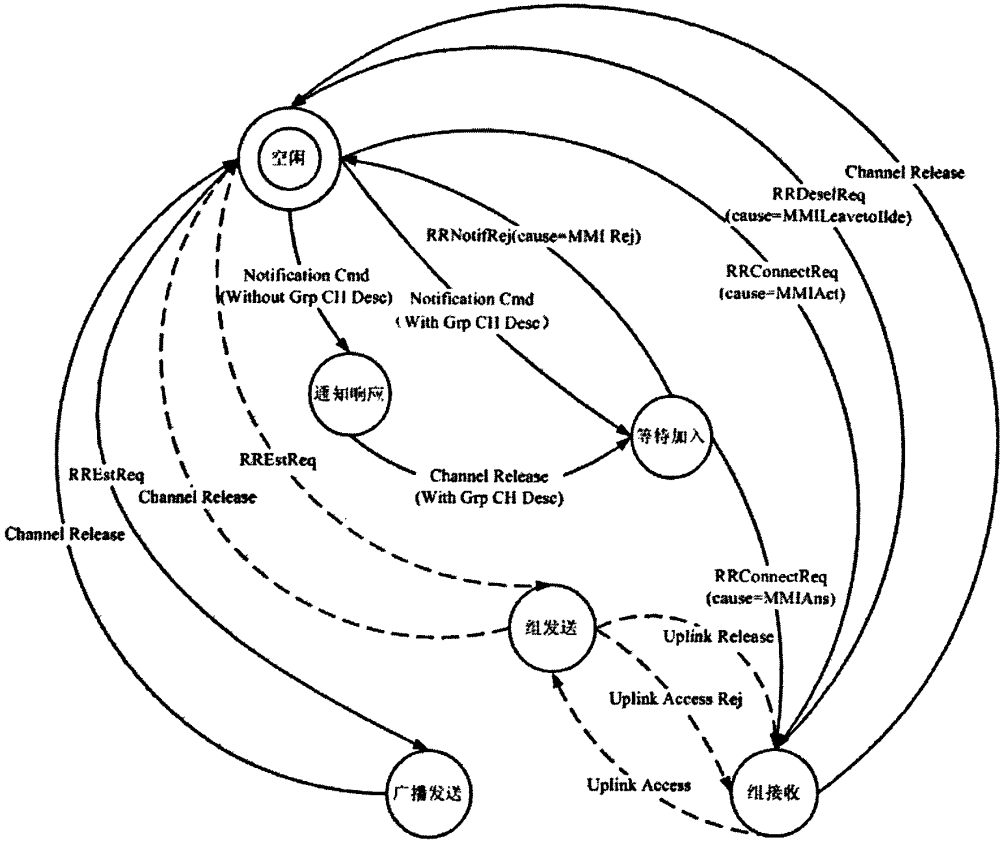
Figure 2-8 Physical Layer state transfer diagram

组呼/广播过程中物理层状态迁移图如图 2-8 所示。其中状态迁移箭头上所注为物理层收到的相应原语。

### 2.3.3.2 RR 层处理

为了实现 VGCS/VBS 功能, RR 层需要能够解码一些与 VGCS/VBS 相关的剩余字节消息元素。当收到系统消息 1 后, RR 层需要解码 SI1 剩余字节消息元素, 对 NCH 位置进行解析。如果 NCP (NCH Position) 存在, 计算 NCH 信道位置, 并进行 NCH 信道配置, 之后启动对 NCH 信道的监听。RR 实体可以根据是否启动了简化的 NCH 监听进行 NCH 信道监听的启动、停止、重新启动等操作。如果启动了简化的 NCH 监听, RR 层还需要对寻呼消息中 P1、P2 或 P3 剩余字节消息元素进行解析。启动 NCH 信道监听后 RR 层应该通知上层实体或 MMI, 此时已进入 GSM-R 模式, 移动台可以发起和 GSM-R 相关的组呼或广播呼叫, 以及其他业务。在专用模式或组发送模式或组接收模式下, RR 层负责对 Notification/FACCH 消息以及系统消息类型 6 里的 SI6 剩余字节消息元素进行解析, 获取与 VGCS/VBS 相关的信息。

RR 层还负责呼叫进行中的组呼信息管理, 在 RR 实体中创建一个呼叫进行中的组呼信息列表, MMI 可以在任何时候查询它。当在 NCH 或 FACCH 上接收到一个新的组呼/广播通知时, 那么将这个组呼/广播的呼叫参考加入组呼信息列表中。如果 RR 一段时间内没有收到某个组呼/广播呼叫参考的话, 那么就认为这个呼叫参考的呼叫已经结束, 将这个呼叫参考从组呼信息列表中删除。如果 MMI 拒绝加入或离开或挂断某个新来的组呼/广播呼叫的话, RR 将组呼信息列表中该呼叫参考的 isRejected (是否拒绝) 标志位变为 TRUE, 表明这个呼叫参考的通知将被忽略, 直到这个呼叫参考从正在进行的组呼信息列表中删除或之后 MMI 将 isRejected 标志置为 FALSE 或下一次开机。如果正在进行的呼叫发生了无线链路超时, RR 将中断正在进行的呼叫并将该呼叫参考从正在进行的组呼信息列表中删除。如果正在进行的呼叫被释放了, 该呼叫参考从正在进行的组呼信息列表中删除。如何维护 RR 实体中的组呼信息列表, 使得移动台在空闲模式、组接收模式、组发送模式和专用模式下能够随时向用户提供当前正在进行的呼叫的查询和加入功能, 是本文的重点, 将在下面的第三章和第四章中详细阐述。



图中虚线 ---- 只针对VGCS的情况

图 2-9 RR 层状态迁移图

Figure 2-9 RR Layer state transfer diagram

组呼/广播过程中 RR 层状态迁移图如图 2-9 所示。

### 2.3.3.3 其他层处理

对于语音组呼或广播呼叫主叫用户，DL层同GSM协议栈处理一样，不需要修改。对于处于语音组呼或广播监听状态的移动台，网络在VGCS和VBS信道下行链路上以UI帧的形式向移动台发送所有的消息，所以协议栈需要修改DL层，添加一个标记组呼/广播监听的状态，使其支持在并未建立链路层连接时从UI帧中获取信息<sup>[16]</sup>。

MM层的主叫信令过程和状态迁移也与GSM协议栈变化不大，只需要考虑保存与组呼相关的参数。对于组呼/广播的被叫处理，考虑到eMLPP的支持，MM实体需要能够同时保存多个VGCS/VBS呼叫相关参数和状态。

CC层需要在GSM协议栈的CC任务模块中增加GCC和BCC两个响应功能模块来实现GSM-R中组呼和广播的功能。GCC和BCC实体是扩展的有限状态机，

负责组呼/广播过程中，主状态和子状态之间的转换以及组呼和广播呼叫信令及属性的控制<sup>[14][15]</sup>。

MN 层与 MM 层相似，只需要在主叫时在呼叫控制表中保存相关参数，并增加与被叫相关的一些状态和响应的处理过程。

## 2.4 本章小结

本章介绍了 GSM-R 系统中语音组呼和语音广播业务的基本原理，并对二者的不同点进行了比较。详细分析了 GSM-R 网络 Um 口结构和移动台的协议栈结构，重点阐述了为了在移动台实现 VGCS/VBS 功能而需要对协议栈各层所做的修改和处理。

### 3 空闲模式下通知监听的研究与实现

#### 3.1 空闲模式概述

##### 3.1.1 空闲模式下的 MS 监听

空闲模式下移动台和网络之间不存在 RR 连接,移动台没有被分配任何的专用信道,它只监听 BCCH 和 CCCH 上它所属的寻呼组的寻呼子信道,并为连接到其他小区进行强度测量<sup>[17]</sup>。

网络在 BCCH 上不断循环发送系统消息。如图 3-1 所示。

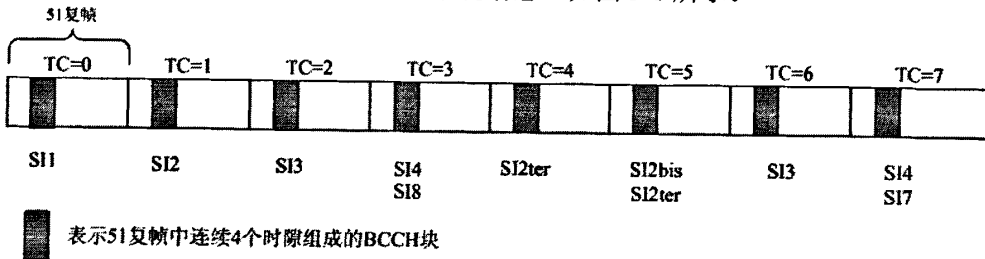


图 3-1 BCCH 信道发送系统消息循环图

Figure 3-1 System information cycle on BCCH

其中 TC 为循环序号,由于 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,所以 BCCH 上系统消息的循环周期为  $235\text{ms} \times 8 = 1.88\text{s}$ 。

在网络发送的系统消息 3 的 Control Channel Description 消息元素中包含各种控制信道的描述。其中有几个与寻呼消息密切相关的参数: BS-AG-BLKS-RES (留作接入允许 AGCH 的块数), CCCH-CONF (公共控制信道结构), BS-PA-MFRMS (传输同一寻呼组的寻呼消息的 51TDMA 复帧数)。移动台在解码出这些参数之后,可以算出本服务小区内寻呼子信道的个数:

当  $\text{CCCH-CONF}=001$  时,寻呼子信道个数  $N = (3 - \text{BS-AG-BLKS-RES}) * \text{BS-PA-MFRMS}$

当  $\text{CCCH-CONF} \neq 001$  时,寻呼子信道个数  $N = (9 - \text{BS-AG-BLKS-RES}) * \text{BS-PA-MFRMS}$

然后移动台可根据自身 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号:

寻呼组号  $(0 \cdots N-1) = ((\text{IMSI} \bmod 1000) \bmod (\text{BS\_CC\_CHANS} \times N)) \bmod N$

当没有使用扩展 CCCH 技术时， $BS\_CC\_CHANS=1$ ，算法可简化为：

$$\text{寻呼组号 } (0 \cdots N-1) = (\text{IMSI mod } 1000) \text{ mod } N$$

然后由下式计算该寻呼组的寻呼块索引：

$$\text{寻呼块索引} = \text{寻呼组号 mod } (N \text{ div } BS\_PA\_MFRMS)$$

这样就可以得出该寻呼组在 51 复帧中所处的寻呼块的位置<sup>[18][19]</sup>。

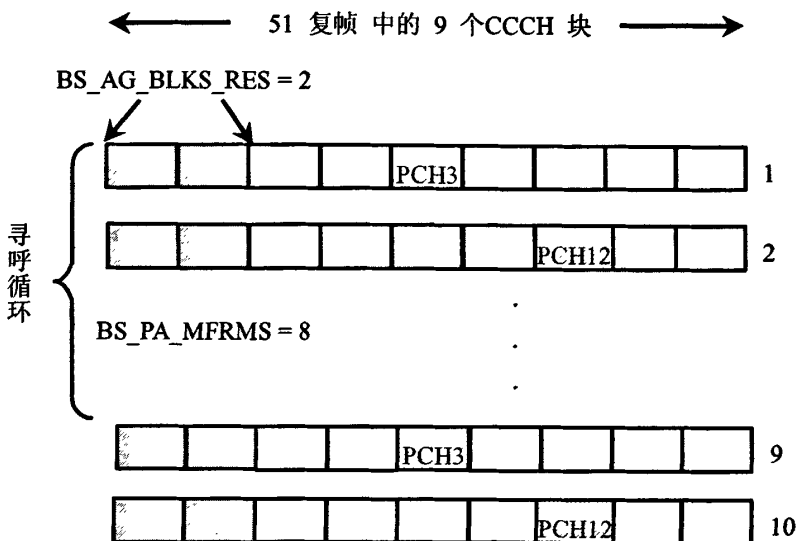


图 3-2 寻呼子信道配置示例

Figure3-2 Example of paging subgroup configuration

如图 3-2 所示，如果移动台在接收到的 BCCH 系统消息中计算出自己属于寻呼组 3，并且算出寻呼组 3 位于第一个 51 复帧的第 5 个 CCCH 块，寻呼组 3 的寻呼循环周期为 8 个 51 复帧，那么它只需要在第一个 51 复帧的第 5 个 CCCH 块时开启接收电路，接收寻呼消息，而在接下来传送其他寻呼子信道消息的 7 个 51 复帧中都关闭移动台某些硬件设备的电源，不接收网络消息，以节省移动台的功率开销。直到第 9 个 51 复帧中下一个寻呼组 3 的寻呼消息到来。

这实际上是在空闲模式下为了降低移动台接收寻呼消息的功耗，而引入的不连续接收 (DRX) 机制<sup>[20]</sup>。

空闲模式下，网络在下行的 NCH 信道上发送通知消息。NCH 信道只用在下行链路上，它占用的是控制信道 51 复帧中 CCCH 块里分配给接入许可信道 AGCH 的位置。在支持语音组呼和广播的 GSM-R 网络中，网络在发送的系统消息 1 的 S11 剩余字节中包含了本小区的 NCH 配置信息。移动台接收到系统消息 1 后，解码 S11 剩余字节，通过其中 NCH Position 比特计算出 NCH 的位置，然后到 NCH 信道上接收组呼和广播的通知消息。



### 3.1.2 通知过程相关的消息内容

空闲模式下，和 VGCS/VBS 通知过程相关的包括以下几个消息。

#### 3.1.2.1 系统消息 1

系统消息 1 在 BCCH 上由网络发送给所有 MS。它包含了本小区的 NCH 配置信息，指示本小区是否存在 NCH，即是否支持语音组呼/广播功能。消息内容如下 [17]：

表 3-1 系统消息 1 消息内容

Table 3-1 System information type 1 message content

IEI	消息元素	类型/参考	表示	格式	长度
	L2 伪长度	L2 伪长度	M	V	1
	RR 管理协议识别符	协议识别符	M	V	1/2
	空指令指示 <sup>[26]</sup>	空指令指示	M	V	1/2
	系统消息类型 1 消息类型	消息类型	M	V	1
	小区信道描述	小区信道描述	M	V	16
	RACH 控制参数	RACH 控制参数	M	V	3
	系统信息类型 1 剩余字节	系统信息类型 1 剩余字节	M	V	1

其中系统信息 1 剩余字节消息元素是一个字节长的类型 5 消息元素，它包含了 NCH 的位置，定义为：

```

<系统消息 1 剩余字节> ::=
    {L | H <NCH 位置: bit (5)> }
    <频带指示>
    <空闲填充比特>[27];
    
```

其中 5 个比特的 NCH 位置域的值指示了 CCCH 块中第一个 NCH 块的块数和用作 NCH 块的块数。如果 NCH 位置域为空，说明小区中承载的 CCCH 时隙中没有 NCH。

#### 3.1.2.2 Notification/NCH 消息

在具备语音组呼和广播能力的 GSM-R 网络中，网络在小区的 NCH 信道上广播 Notification/NCH 通知消息。通知空闲模式下的移动台当前小区有正在发起的或正在进行的语音组呼/广播呼叫。VGCS 或 VBS 通过他们各自的组呼参考或广播呼叫参考进行区别。Notification/NCH 通知消息的消息内容具体如下 [17]：

表 3-2 Notification/NCH 消息内容

Table 3-2 NOTIFICATION/NCH message content

IEI	消息元素	类型/参考	表示	格式	长度
	L2 伪长度	L2 伪长度	必选	V	1
	RR 管理协议识别符	协议识别符	必选	V	1/2
	空指令指示	空指令指示	必选	V	1/2
	Notification/NCH消息类型	消息类型	必选	V	1
	NT/N 剩余字节	NT/N 余下的字节	必选	V	1-20

其中 NT/N 剩余字节消息元素是 1 到 20 个字节长的类型 5 消息元素，它包含 NLN 的值和组呼信息，定义为：

```

<NT/N 剩余字节> ::= =
    {0|1 <NLN(NCH) : bit(2)>}
    <组呼 NCH 信息列表>
    .....
    <空闲填充比特>;
    
```

NLN (NCH) 给出了 NLN 的值，是一个以 4 为模的计数器，每当有新的 VGCS 时，NLN 就改变一次。在支持简化的 NLN 监控机制时使用。

组呼 NCH 信息列表由组呼信息和组呼 NCH 信息列表组成。定义为：

```

<组呼 NCH 信息列表 > ::= =
    {0|1 <组呼信息 > <组呼 NCH 信息列表 > };
    
```

组呼信息又包括组呼参考描述和组呼信道描述，定义为：

```

<组呼信息> ::= =
    <组呼参考描述: bit(36)>
    {0|1 <组呼信道描述>};
    
```

组呼参考描述的内容与组呼参考描述消息元素的 2-5 字节和 6 字节的 5-8 比特相同，见表 4-8。它描述了语音组呼或语音广播的消息，包括了组呼参考、业务符、确认符、呼叫优先级和组密钥等一系列信息。其中组呼区域 ID 和组 ID 组成的组呼参考共 8 个十进制数字<sup>[28]</sup>，占据组呼参考描述 36bit 中的前 27bit。

组呼信道描述定义为：

```

<组呼信道描述> ::= =
    <信道描述: bit(24)>
    { 0 -- 没有跳频
    
```

```

|1 { 0 <移动分配: <比特串>>
      |1 <频率简表: bit(64)>}
};
<比特串>::= null | bit <比特串>;
    
```

组呼信道描述的内容与组呼信道描述消息元素的 3 到 5 字节相同。包括了信道类型和 TDMA 偏移, TN 时隙号, TSC 训练序列编码, H 跳频信道, 信道选择, 频率简表, 移动分配等内容。

### 3.1.2.3 寻呼消息

网络在 PCH 信道上发送寻呼消息, 通知移动台有新的点对点呼叫, 触发信道的接入过程。寻呼请求类型 1 的消息内容如下<sup>[17]</sup>:

表 3-3 : 寻呼请求类型 1 消息内容

Table 3-3 Paging request type 1 message content

IEI	消息元素	类型/参考	表示	格式	长度
	L2 伪长度	L2 伪长度	必选	V	1
	RR 管理协议识别符	协议识别符	必选	V	1/2
	空指令指示	空指令指示	必选	V	1/2
	寻呼请求类型1消息类型	消息类型	必选	V	1
	寻呼模式	寻呼模式	必选	V	1/2
	移动台1和2信道需求	信道需求	必选	V	1/2
	移动台标识1	移动台标识	必选	LV	2-9
	移动台标识2	移动台标识	可选	TLV	3-10
	P1 剩余字节	P1 剩余字节	必选	V	0-17

其中 P1 剩余字节消息元素是一个 type 5 消息元素, 有 0-17 字节长, 它包含了关于是否存在 NCH, 呼叫优先级, 组呼信息和分组寻呼指示等信息, 定义如下:

```

<P1 剩余字节 > ::=
    {L|H <NLN(PCH) :bit (2)> <NLN 状态(PCH): bit >}
    {L|H < 优先级 1 ::= 优先级 >}
    {L|H < 优先级 2 ::= 优先级 >}
    {L|H < 组呼信息 >}
    < 分组寻呼指示 1 : {L|H} >
    < 分组寻呼指示 2 : {L|H} >
    
```

<空闲填充比特>;

寻呼消息的 NLN (PCH) 部分不为空说明当前网络存在 NCH, 并且正采用简化的 NCH 监听机制。NLN 值的变化指示在 NCH 上有一个新的组呼/广播通知。NLN 状态值的变化指示有和新呼叫无关的 NCH 上消息发生变化。优先级参数指出移动台 1 或 2 的优先级。组呼信息和 3.1.2.2 节所述相同。

### 3.2 组呼信息列表的维护

在空闲模式下, 当移动台收到新建立的 VGCS/VBS 的通知消息后, 移动台振铃, 用户通过 MMI 可以选择接听或拒绝。如果拒绝, 该呼叫相关的呼叫上下文将被清除, 协议栈只是将该呼叫信息保存, 并将它的组呼标识记录为 rejected 状态; 如果接听, 进入下行监听状态。进入监听状态的用户可以随时进行“离开”操作, 推出当前的组呼下行监听状态并返回到空闲状态, 原先监听的组呼的呼叫信息由协议栈保存。

空闲模式下的移动台需要向用户提供当前正在进行的 VGCS/VBS 的呼叫查询功能, 通过保存的已经拒绝接听或离开监听的呼叫信息, 在 MMI 上向用户显示所有目前正在进行的 VGCS/VBS 呼叫列表, 用户可以通过选择加入其中任何一个原先拒绝或离开的呼叫, 返回到监听状态<sup>[21-24]</sup>。

MMI 查询当前正在进行的呼叫功能的协议栈原语流程图如下:

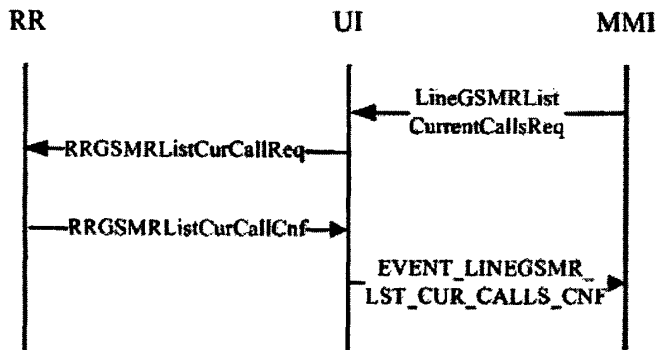


图 3-3 MMI 查询原语流程图

Figure 3-3 Primitive flow chart of MMI query

如图, MMI 向 UI 层发送查询原语 LineGSMRListCurrentCallsReq, UI 通过 RRGSMRListCurCallReq 通知 RR 进行查询, RR 实体查询它保持的呼叫信息, 向 MMI 返回所有目前正在进行的组呼/广播。如果查询结果有当前正在进行的 VGCS/VBS 呼叫, 那么用户可以选择其中任何一个加入, 加入成功后, 进入该组呼/广播的监听状态。

因此 GSM-R 移动台要能够维护一张组呼信息列表，其中保存了网络当前正在进行的所有 VGCS/VBS 的信息。这个组呼信息列表我们通过 RR 实体中一个结构体数组来维持，该结构体格式定义如下：

```
typedef struct
{
    GRP_CALL_REF  GrpCallRef;      //组呼参考
    PHYS_CHAN_DESC *pChnnlDes;    //信道描述
    BOOLEAN  Actived;              //该组是否被激活
    BOOLEAN  Notified;             //标记是否已经向 MMI 进行过此组呼
//广播的呼入通知
    BOOLEAN  isRejected;           //MMI 是否拒绝或离开该组呼
    UINT8  NCountor;
}VGCSVBSINFO;
VGCSVBSINFO VGCSVBSInfo[MAX_VGCSVBS_NUM]; /*组呼和广播信息记录，前 50 个为组呼，后 50 个为广播*/
```

在 SIM 卡中，最多可以存储 50 个组呼组 ID 和 50 个广播组 ID，所以数组元素的个数 MAX\_VGCSVBS\_NUM 值可以定义为 100，前 50 个为组呼，后 50 个为广播<sup>[25]</sup>。

组呼信息列表中的数据必须是实时更新的，能够及时地将网络新产生的组呼/广播信息加入列表中，并将网络已结束的组呼/广播信息从列表中删除，方便用户准确查询和加入。

这就要求移动台在 VGCS/VBS 的通知监听过程中要能够及时准确的获知网络中新产生的和被释放的 VGCS/VBS 呼叫。而判断当前网络中哪一个 VGCS/VBS 已经被释放是当前协议的一个盲点，如何在手持台协议栈进行改进实现将在下文具体阐述。

### 3.3 不采用简化的 NCH 监听

#### 3.3.1 不采用简化的 NCH 监听概述

在 GSM-R 网络中，当小区内有语音组呼/广播发起或存在组呼/广播时，网络在小区的 NCH 信道上广播 NOTIFICATION/NCH 通知消息。支持 VGCS 和 VBS 功能的移动台，必须支持接收该通知消息。NCH 信道只用在下行链路上，它占用的是控制信道 51 复帧中 CCCH 块里分配给接入许可信道 AGCH 的位置。为了

许后来进入组呼区域的移动台能够及时加入到已存在的组呼/广播以及离开的组呼/广播用户能够重新回到组呼/广播中来,在组呼/广播的整个过程中通知消息都需要在 NCH 信道上循环广播通知。处于空闲模式的移动台进入组呼区时,收到通知消息后,可以直接接入语音组呼/广播信道。

由于建立语音组呼/广播的通知消息是在 NCH 信道上发送,而通知点对点呼叫的寻呼消息是在 PCH 信道上发送,所以为了能够及时准确地收到每一个组呼/广播和点对点呼叫的通知,当不采用简化的 NCH 监听机制时,空闲模式下的 GSM-R 移动台必须同时收听 PCH 上的寻呼消息和 NCH 上的通知消息<sup>[3]</sup>。

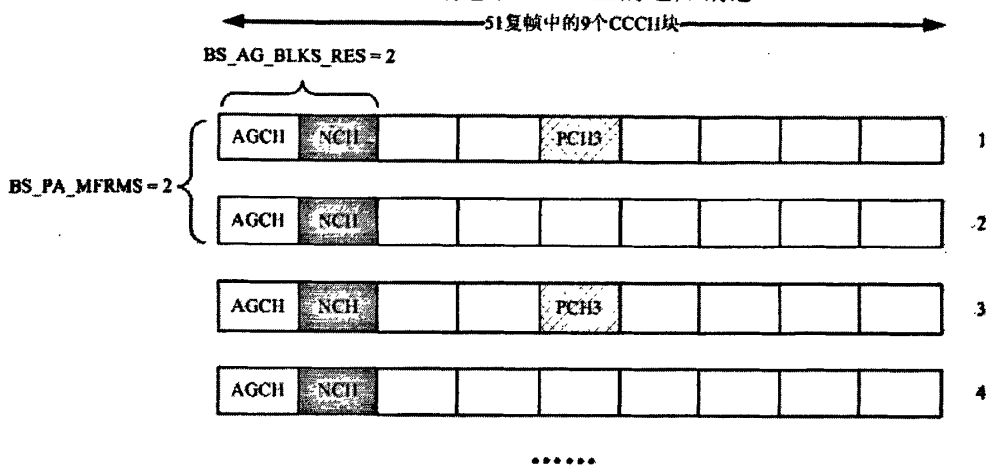


图 3-4 网络 NCH 和 PCH 配置示例

Figure 3-4 Example of network NCH and PCH configuration

如图 3-4 所示,在目前实际大秦线 GSM-R 网络的系统消息参数配置中,CCCH-CONF 编码值为 000,表示 CCCH 使用一个基本的物理信道,不与 SDCCH 共用,在一个 51 复帧中 CCCH 消息块数为 9;BS-AG-BLKS-RES=2(编码值为 010),表示在 CCCH 块中留作接入允许 AGCH 的块数为 2;BS-PA-MFRMS=2(编码值为 000),表示同一寻呼组在寻呼信道上循环的复帧数为 2;系统消息 1 的系统消息 1 剩余字节消息元素中 NCH 位置域的编码为 00001,表示在 AGCH 块中,NCH 信道起始块号为 1,NCH 信道占用块数为 1。

所以在大秦线 GSM-R 网络中,如果不采用简化的 NCH 监听机制并假设 GSM-R 移动台所属的寻呼组为寻呼组 3,那么在空闲模式下它需要监听的消息就包括每一个灰色块表示的通知消息和网格块表示的寻呼消息。在其他时间它可以关闭接收电路,以节省移动台的功耗。

### 3.3.2 接收新的 VGCS/VBS

不采用简化 NCH 监听机制的 GSM-R 网络中, 空闲模式下的移动台通过下面过程接听新产生的 VGCS/VBS 呼叫, 给 MMI 提示, 并将呼叫信息存入组呼信息列表中。

### 3.3.2.1 解码系统消息 1

首先, 移动台要解码 BCCH 上的系统消息 1, 从 SII 剩余字节中获取本小区的 NCH 配置信息。原语流程为:

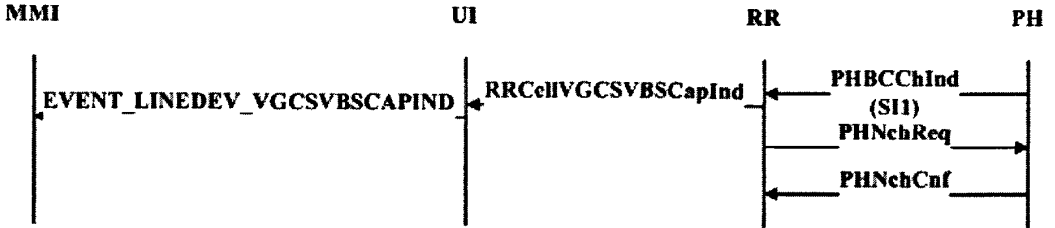


图 3-5 处理系统消息 1 原语流程图

Figure 3-5 Primitive flow chart of SI 1 process

PH 层从 BCCH 信道上接收到广播的系统消息数据后通过 PHBCChInd 原语通知 RR 层, RR 层首先通过 DecodeL3Message 函数对来自 Um 接口的消息进行解码。然后通过 DecRRIESI1Rest 函数对 SI 1 剩余字节进行解码, 从中获取本小区 NCH 信息, 如有必要 RR 应该通过 UI 通知 MMI 小区信息发生了改变。

其中的原语描述如下:

表 3-4 处理系统消息 1 的原语描述

Table 3-4 Primitive description of SI 1 process

原语/消息	来源	目的	功能	参数
PHBCChInd	PH	RR	通知在 BCCH 信道上收到一条消息	INT16 ARFCN://频点 UINT8 SysInfo://期望消息的编号 UINT8 BCChData[23]://收到的消息
RRCelIVGCSVBSCapInd	RR	UI	通知 UI 对 MMI 进行组呼/广播能力指示	BOOLEAN * message TRUE: 支持 VGCS/VBS FALSE: 不支持 VGCS/VBS
EVENT_LINEDEV_VGCSVBSCAPIND	UI	MMI	对 MMI 进行小区组呼/广播能力通知	BOOLEAN * message
PHNchReq	RR	PH	要求进行 NCH 监听	typedef struct {NCH_CHAN_DESC NchChanDesc; //NCH 块描述

				<pre> NCH_Mode NchChanMode; //监听模式 } PH_NCH_REQ_PARAM; typedef struct {     UINT8 CombCCCh; //是否与SDCCH 复用时隙     UINT8 BSAGBiksRes; //AGCH保留块数     UINT8 NChTS; //所在时隙     UINT8 NChPosFirstBlock; //NCH 起始 CCCH 块数     UINT8 NChNumberofBlocks; //NCH 块数 } NCH_CHAN_DESC, typedef enum {     reducedNCH, //简化的 NCH 监听     fullNCH //全 NCH 监听 } NCH_Mode,                 </pre>
PHNChCnf	PH	RR	NCH 监听要求已被接受	无

3.3.2.2 解码 Notification/NCH 消息

移动台通过解码系统消息 1，获取了本小区 NCH 信道配置情况后，接入 NCH 信道上接收通知消息。PH 层将接收到的通知数据通过 PHNChInd 原语指示给 RR 层，RR 层通过 DecNotificationNCH 和 DecRRNTNRest 函数解码 NCH 消息和 NT/N 剩余字节，获取通知信息的所有信息，协议栈处理流程如图：

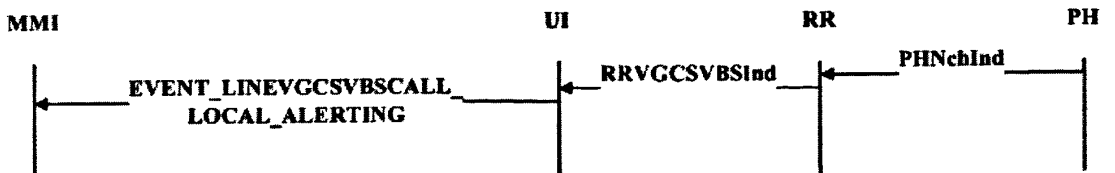


图 3-6 处理 Notification/NCH 消息原语流程图

Figure 3-6 Primitive flow chart of Notification/NCH process

其中原语描述如下：



表 3-5 处理 Notification/NCH 消息的原语描述

Table 3-5 Primitive description of Notification/NCH process

原语/消息	来源	目的	功能	参数
PHNChInd	PH	RR	通知在 NCH 信道上 收到一条消息	PH_NCH_IND_PARAM * NChData; typedef struct { UINT8 BlockInd;//能否正确解码 INT32 ArrivalFN;//到达帧号 UINT8 NChData[23];//NCH 数据 } PH_NCH_IND_PARAM;
RRVGCSVBSInd	RR	UI	通知 UI 对 MMI 进 行组呼/广播指示	RR_VGCSVBS_IND_PARAM *message typedef struct { GrpCallRefStruct grpCallRef;//组呼 参考, 包括组号码和优先级 } RR_VGCSVBS_IND_PARAM;
EVENT_LINEVGCS VBSCALL_LOCAL_ ALERTING	UI	MMI	通知 MMI 所属组有 组呼/广播被建立	typedef struct { LINECALL_HANDLE chandle; GrpCallRefStruct grpCallRef; } LINECALL_VGCSVBS_LOCAL_A LERTING;

RR 解析 NCH 通知消息后, 获得关于该组呼/广播的相关信息。并根据下面一节的描述进行相应处理, 维护 RR 实体中的组呼信息列表。

### 3.3.2.3 协议栈处理流程

在 3.2 节中, 描述过 RR 实体需要维护一张组呼信息列表。当 RR 层解码出 Notification/NCH 消息内容后, 首先判断其是否是该移动台所属组的呼叫; 如果是, 则判断在移动台中该组 ID 是否被激活; 如果处于激活状态, 则将该组呼参与组呼信息列表中已存在的信息进行比较, 判断是否已经向 MMI 通知过该组呼参与的组呼; 如果组呼信息列表中没有该组呼参与的呼叫信息, 说明这是网络中新产生的一个呼叫, 则将该呼叫的信息存入组呼信息列表中, 然后按照 3.2.2.2 节的原语流程通知 MMI 有新的组呼呼入。MMI 如果接听该组呼/广播, 则进入组接收模式; MMI 如果拒绝该组呼/广播, 则将组呼信息列表中该呼叫参与的 isRejected 标志位置为 TRUE, 继续收听 NCH 消息。处理流程见图 3-7。

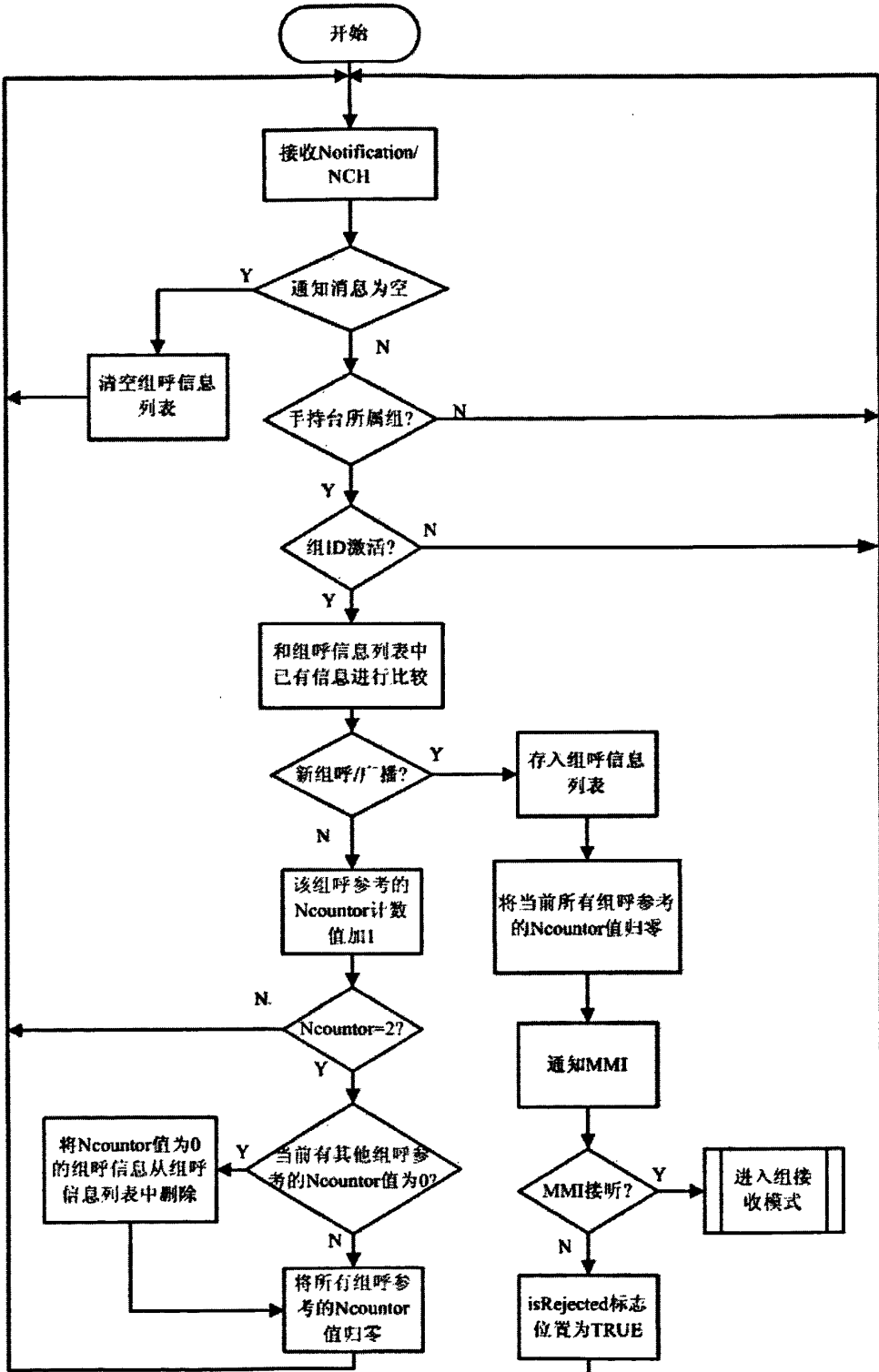


图 3-7 空闲模式下不采用简化 NCH 监听时协议栈处理流程图

Figure 3-7 PS process flow chart in idle mode when not use of Reduced NCH monitoring

通过以上处理流程，移动台可以将网络新产生的组呼/广播及时地通知用户，实现了在组呼信息列表中实时加入新产生的组呼/广播信息的功能。

图中 NCountor 计数值的处理是为了判断组呼结束的，将在下一节中详细阐述。

### 3.3.3 判断原有 VGCS/VBS 结束的设计

#### 3.3.3.1 当前存在问题

在当前的 GSM-R 协议中，当 VGCS/VBS 结束时，网络并没有对该 VGCS/VBS 所属组的处于空闲模式下的移动台发送 VGCS/VBS 结束的通知消息，造成了很大的通知盲点，使得由于拒接或离开该 VGCS/VBS 而当前不处在组接收模式下的移动台无法获知该 VGCS/VBS 已经结束。具体分析如下：

在 GSM-R 网络中，当 VGCS/VBS 结束时的信令流程如图 3-8 所示<sup>[3]</sup>。

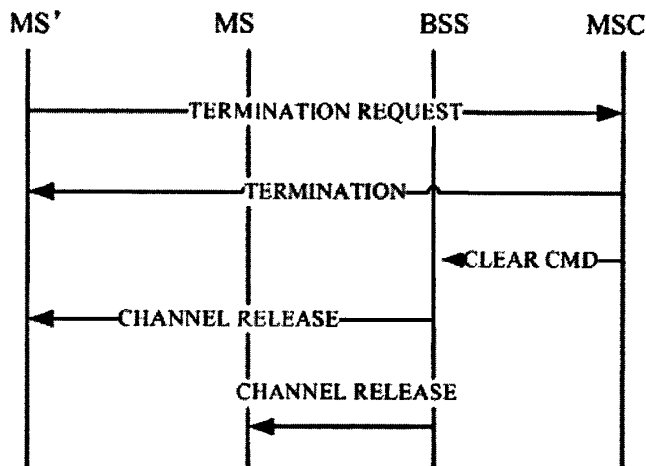


图 3-8 组呼结束的信令流程

Figure 3-8 Signalling flow chart of disconnect the VGCS

其中 CHANNEL RELEASE 消息在下行 FACCH 上发送给当前所有参与该组呼/广播的业务用户。它以 I 帧的形式发给讲话者，以 UI 帧的形式发给聆听者，同时发送给所有的调度员。

处在组接收模式下的移动台一旦从网络收到 UI 帧形式的 CHANNEL RELEASE 消息，那么它知道当前聆听的组呼/广播已经被释放，退出组接收模式，并自动切换到之前被挂起的呼叫（如果存在多个被挂起的呼叫的情况，则按照 eMLPP 的原则进行切换）；如果之前没有被挂起的呼叫，那么返回空闲模式。同时，RR 实体将当前被结束的组呼的相关信息从组呼信息列表中删除，实现对组呼信息列表的实时更新。

但是，当移动台处于以下两种情况：

- 当接收到新的组呼/广播通知的时候，MMI 拒接了该组呼/广播，仍然保持空闲状态。
- MMI 在监听组呼/广播的过程中选择“离开”组接收模式，回到了空闲模式。

这两种情况下移动台所属组呼存在，但移动台不处在组接收模式，而处在空闲模式下。这时移动台并不接收组呼下行信道上的信息，当该组呼/广播被释放时，它无法获得网络下发的 CHANNEL RELEASE 消息。所以移动台将不知道该组呼/广播已经结束。而此时结束的组呼/广播的组呼信息仍然保存在移动台的组呼信息列表中。

因此，一个移动台在某个小区中，可能有多个它所属组的组呼/广播正在进行，但是它并没有参与，而是保持空闲；或是参与后进行了“离开”操作，返回了空闲状态。在 3GPP 的协议规范中，并没有规定网络要对这些用户发送通知消息，告知移动台网络中的哪些所属组的组呼/广播已经结束。所以这些移动台的 RR 实体所维持的组呼信息列表将只能加入新产生的组呼/广播的信息，却无法删除已结束的组呼/广播信息，表中始终保持着曾经接收到的所有组呼信息。

在这种情况下，当 GSM-R 用户执行语音组呼/广播查询功能的时候，移动台的 MMI 将列出当前组呼信息列表中所维持的所有组呼/广播信息。而其中某些组呼/广播很可能已经结束了。此时如果用户仍然选定该结束的组呼/广播，希望加入其中，那么就将发生错误。给 GSM-R 用户操作带来极大的困扰和不便。

### 3.3.3.2 解决方案设计

所以 GSM-R 移动台在具体处理空闲模式下 VGCS/VBS 通知监听时，需要在符合 3GPP 协议规范的前提下，通过移动台协议栈自身的处理，对当前网络中已结束的组呼/广播进行判断，实现对组呼信息列表的实时准确更新，保证移动台的语音组呼/广播查询功能。目前，各个 GSM-R 终端厂商可能对该功能的有不同的实现方法，本文尝试提出一种合适的解决方案。

在 3.2 节所述的维持组呼信息列表的结构体中：

```
typedef struct
{
    GRP_CALL_REF  GrpCallRef;
    PHYS_CHAN_DESC *pChnnlDes;
    BOOLEAN  Actived;
    BOOLEAN  Notified;
```

```

    BOOLEAN isRejected;
    UINT8 NCounter;
}VGCSVBSINFO;

```

我们增加了一个 UINT8 型的数据成员 NCounter，利用对它的计数处理在通知监听过程中判断网络是否有所属组的 VGCS/VBS 被释放。

NCounter 的作用是进行通知消息的接收计数，初始值为 0。在执行通知监听过程时，在每一轮通知信道监听开始之前将 NCounter 计数器置为 0，开始监听之后，移动台每接收到一次其归属组的通知消息，那么组呼信息列表中该通知消息对应的 NCounter 计数值加 1，当某归属组的 NCounter 计数值变为 2 时，说明此时已经完成了一轮的通知信道监听。检查目前组呼信息列表中所有组呼参考的 NCounter 值，如果此时有某个组呼参考的 NCounter 值仍然为 0，说明此轮没有收到关于该组呼参考的通知消息，则认为该组呼已经结束，将其信息从组呼信息列表中删除，其余所有组呼参考的 NCounter 值全部归零，重新开始计数。若此时除了 NCounter 变为 2 的组呼参考外，其他组呼参考的 NCounter 计数值均为 1，则表明所有的组呼参考都持续收到了通知消息，没有组呼结束，那么把所有组呼参考的 NCounter 值全部归零，重新开始计数。如果在接收 NCH 消息的时候，收到了新的组呼，那么把当前所有组呼参考的 NCounter 值全部归零，重新开始计数。具体的算法流程如图 3-7 所示。

通过下面几个简单的例子，可以看出此算法的处理结果。

当网络中存在组 ID1，组 ID2，组 ID3，组 ID4 四个组的通知消息时，NCounter 值的变化及组呼信息列表的处理。

表 3-6 NCounter 值变化示例表 1

Table 3-6 NCounter value changes example 1

组 ID	1	2	3	4
NCounter 值	0	0	0	0
	1	1	1	1
	0 (2)	0	0	0
	.....			

当网络中原先存在组 ID1，组 ID2，组 ID3，组 ID4 四个组的通知消息，后来组 ID2 的组呼结束时 NCounter 值的变化及组呼信息列表的处理。

表 3-7 NCounter 值变化示例表 2

Table 3-7 NCounter value changes example 2

组 ID	1	2	3	4
NCounter 值	0	0	0	0

	1	0	1	1
	0 (2)	删除	0	0
	1	-	1	1
	0 (2)	-	0	0
	.....			

当网络中原先存在组 ID1, 组 ID2, 组 ID3 三个组的通知消息, 后来新产生了组 ID4 的组呼时 NCounter 值的变化及组呼信息列表的处理。

表 3-8 NCounter 值变化示例表 3

Table 3-8 NCounter value changes example 3

组 ID	1	2	3	4
NCounter 值	0	0	0	-
	1	1	1	新组呼 (归零)
	0	0	0	0
	1	1	1	1
	0 (2)	0	0	0
	.....			

当网络中原先存在组 ID1, 组 ID2, 组 ID3 三个组的通知消息, 后来组 ID2 的组呼结束, 新产生组 ID4 的组呼时 NCounter 值的变化及组呼信息列表的处理。

表 3-9 NCounter 值变化示例表 4

Table 3-9 NCounter value changes example 4

组 ID	1	2	3	4
NCounter 值	0	0	0	-
	1	0	1	新组呼 (归零)
	0	0	0	0
	1	0	1	1
	0 (2)	删除	0	0
	1	-	1	1
	0 (2)	-	0	0
	.....			

如果移动台收到的通知消息中不包含任何的通知, 说明网络中所有的 VGCS/VBS 都已经被释放, 当前网络中没有正在进行的语音组呼或广播, 移动台将组呼信息列表清空。

综上所述可以看出, 通过以上的算法流程, 空闲模式下的移动台在不采用简化的

NCH 监听机制时, 通过自身协议栈的处理, 可以很好地动态更新组呼信息列表, 实时地加入新产生的组呼/广播, 删除已结束的组呼/广播信息, 实现空闲模式下 GSM-R 移动台的 VGCS/VBS 查询, 加入功能。

### 3.4 采用简化的 NCH 监听

#### 3.4.1 简化的 NCH 监听概述

在 GSM-R 网络中, 空闲模式下的移动台为了收听点对点呼叫的寻呼消息和组呼/广播的通知消息必须同时监听 PCH 和 NCH, 这样将使移动台非常耗电。为了节省移动台的功率, 引入了简化的 NCH 监听机制。

在采用简化的 NCH 监听机制时, 网络将提供以下参数:

- NLN: 通知列表号。NLN 是一个模 4 计数器。NLN 的变化指示在 NCH 上有一个新的组呼/广播通知。为了使简化的 NCH 监听有一个良好的效果, 网络需要确保移动台足够频繁的收到 NLN。
- NLN 状态: 占用 1 个比特。当 NCH 上与新的呼叫无关的信息发生变化时, 例如, 先前已通知的组呼/广播被释放或组呼信息发生变化等, NLN 状态随之改变。

这两个参数包含在 NCH, PCH 和 SACCH 等消息里:

- NLN (NCH): Notification List Number 通知列表号(在 NOTIFICATION/NCH 消息中包含);
- NLN (PCH): Notification List Number 通知列表号(在 PCH 消息中包含);
- NLN(SACCH): Notification List Number 通知列表号 (在 SACCH 上的系统消息 6 中包含);
- NLN status (PCH): NLN 状态 (在 PCH 消息中包含);
- NLN status (SACCH): NLN 状态 (在 SACCH 上的系统消息 6 中包含);

当空闲模式下的移动台进入小区后, 通过 BCCH 上的系统消息 1 推断小区中存在 NCH, 则应读取 NCH, 接收至少 2 条包含 NLN (通知列表号) 的通知消息。当接收到最后两个 NLN (NCH) 相同的 NCH 消息时, 移动台可以停止收听 NCH, 而只收听 PCH。直到在 PCH 上收到的 NLN (PCH) 或 NLN 状态 (PCH) 与先前接收到的不同, 说明网络中广播的通知消息发生了变化, 再重新开启 NCH 的接收。重新接收后, 当接最后收到两个具有相同的 NLN (NCH) 值的 NCH 消息时, 移动台可以再次停止收听 NCH, 只收听 PCH, 如此反复<sup>[3][17]</sup>。

移动台一旦收到 NCH 消息中包含 NLN 参数, 则认为网络激活了简化的 NCH

监听机制。

当小区内没有激活的 VGCS 或 VBS 时，网络发送的通知消息里带有一个空的通知列表，但是含有 NLN (NCH)。

现在实际的 GSM-R 网络基本都采用了简化的 NCH 监听机制，在网络的下行消息中包括 NLN 和 NLN 状态等参数。这样，在空闲模式时，移动台平时只要监听 PCH 信道上的寻呼消息即可，直到 PCH 上指示通知消息有变化时再启动 NCH 的监听，可以达到节省移动台功耗的目的。

### 3.4.2 接收新的 VGCS/VBS

为了实现简化的 NCH 通知监听，在移动台协议栈中通过全局变量保存以下数据信息，用于记录当前小区内的 NLN 和 NLN 状态值：

- #define INVALID\_NLN 0xFF //无效 NLN，当从未从小区的消息中解析出过 NLN 时使用
- UINT8 NLN; //通知列表编号，取值 0、1、2、3，默认为 0xFF
- UINT8 NLN-Status; //NLN 状态，取值 0、1

移动台进入小区后，首先解码 BCCH 上的系统消息 1。如果 SI1 剩余字节中 NCH 位置域不为空，说明网络启动了简化的 NCH 监听机制，移动台获取本小区的 NCH 配置信息后，接收 NCH 信道，直至收到的最后两个 NCH 消息上含有相同的 NLN 后停止接收 NCH，只监听 PCH。

相对于 GSM 系统，GSM-R 系统的寻呼消息中的 P1、P2 或 P3 剩余字节消息元素里包含了 NLN 和 NLN 状态等与组呼/广播相关的信息。如果采用了简化的 NCH 监听机制，移动台在接收到寻呼消息后，需要对这些消息元素进行解码，获取所需信息。

如果移动台在接收 PCH 消息的过程中发现 NLN (PCH) 标志位发生变化，说明网络中有新的组呼产生，移动台再次启动 NCH 信道监听。如果发现 PCH 中的 NLN 状态 (PCH) 标志位发生变化，说明原来的某个组呼结束或组呼信息发生了变化，移动台再次启动 NCH 信道监听，判断是否有原来的组呼/广播结束了，将其组呼信息从组呼信息列表中删除。重新启动 NCH 接收后，移动台直到收到最后两个带有相同的 NLN 值的 NCH 消息时再次停止 NCH 监听，只进行 PCH 收听。如此重复。

空闲模式下，采用简化的 NCH 监听时，GSM-R 移动台协议栈原语流程如下：



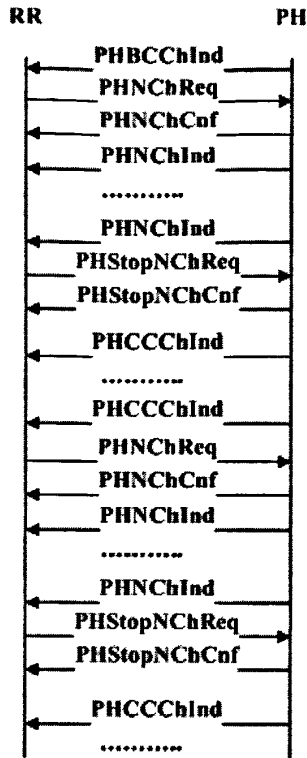


图 3-9 空闲模式下采用简化的 NCH 监听时原语流程图

Figure 3-9 Primitive flow chart in idle mode when use of Reduced NCH monitoring

其中的原语描述如下：

表 3-10 采用简化的 NCH 监听时原语描述

Table 3-10 Primitive description when use of Reduced NCH monitoring

原语/消息	来源	目的	功能	参数
PHBCChInd	PH	RR	通知在 BCCH 信道上收到一条消息	同表 3-4
PHNChReq	RR	PH	要求进行 NCH 监听	同表 3-4
PHNChCnf	PH	RR	NCH 监听要求已被接受	无
PHNChInd	PH	RR	通知在 NCH 信道上收到了一条消息	同表 3-5
PHStopNChReq	RR	PH	要求停止 NCH 监听	无
PHStopNChCnf	PH	RR	停止 NCH 监听要求已被接受	无
PHCCChInd	PH	RR	通知收到了一条	PH_CCCH_IND_PARAM *

			CCCH 消息	<pre> CCChData typedef struct {     UINT8 BlockInd;//     INT32 ArrivalFN;//     UINT8 CCChData[23];//CCCH 数 据     BOOLEAN validMonitorResults;     UINT16 MeasurementDelay;     SCAN_ELEMENT ServingCell;     SCAN_ELEMENT NeighbourCell [PH_NUMBER_NEIGH_CELLS];     INT32 NumberOfNeighbourCells; }PH_CCCH_IND_PARAM;                 </pre>
--	--	--	---------	---

当 RR 层解码出第一个 Notification/NCH 消息内容后，首先判断其是否包含 NLN 值，如果包含，将 NLN 值写入全局变量；如果不包含则直接往下处理。接下来判断该通知是否是移动台所属组的呼叫；如果是，则判断在移动台中该组 ID 是否被激活；如果处于激活状态，则将该组呼参考与组呼信息列表中已存在的信息进行比较，判断是否已经向 MMI 通知过该组呼参考的组呼；如果组呼信息列表中没有该组呼参考的呼叫信息，说明这是网络中新产生的一个呼叫，则将该呼叫的信息存入组呼信息列表中，然后按照 3.2.2.2 节描述的原语流程通知 MMI 有新的组呼呼入。MMI 如果接听该组呼/广播，则进入组接收模式；MMI 如果拒绝该组呼/广播，则将该呼叫参考的 isRejected 标志位置为 TRUE，继续收听 NCH 消息。如果不是新组呼/广播，则继续收听 NCH 消息。接下来收到 NCH 消息后，首先判断它是否包含 NLN 值，如果不包含 NLN 值，和上述一样处理；如果包含 NLN 值，但是和上次记录的 NLN 值不同，则将新的 NLN 值写入全局变量，接下来仍然和上述一样处理；如果包含 NLN 值但是和上次记录的 NLN 值相同，则停止 NCH 监听，返回只监听 PCH 状态。处理流程如图 3-10 所示。

通过以上处理流程，在简化的 NCH 监听机制时，空闲模式下的移动台可以及时地获知网络中新产生的组呼/广播，并将其通知给用户。同时将新的组呼/广播信息加入组呼信息列表中，实现组呼信息列表中加入新信息的实时更新。

### 3.4.3 判断原有 VGCS/VBS 结束的设计

当采用简化的 NCH 监听机制时，与不采用简化的 NCH 监听机制时一样，网络同样没有给空闲模式下的移动台发送任何消息通知有 VGCS/VBS 被释放。由于“拒绝接听”或“离开收听”而处于空闲状态下的移动台无法知道当前组呼信息列表中维护的哪些 VGCS/VBS 已经结束，将其信息从组呼信息列表中删除。所以同样需要对通知监听过程中的协议栈处理进行改进，使得移动台在通知监听过程中能够判断当前网络中哪些 VGCS/VBS 被释放。本文给出了以下的处理改进方案。

采用简化的 NCH 通知监听机制时，移动台平时只需要监听 PCH 信道。当移动台发现 PCH 中的 NLN 状态 (PCH) 发生变化时，说明可能有先前已通知的组呼/广播被释放。于是启动 NCH 信道监听，这时将组呼信息列表中所有组呼信息的 NCounter 计数器都置为 0。开始 NCH 监听之后，移动台每接收到一次其归属组的通知消息后，判断该通知消息是否是新产生的组呼/广播的消息，如果不是，那么将组呼信息列表中该通知消息对应的 NCounter 计数值加一；如果是，将该组呼的通知信息写入组呼信息列表，并将初始值为 0 的 NCounter 计数值加 1，然后通知 MMI。移动台持续接收 NCH，直到收到最后两个带有相同的 NLN 值的 NCH 消息，结束这轮的通知监听。

此时检查目前组呼信息列表中所有组呼参考的 NCounter 值，如果此时有某个组呼参考的 NCounter 值仍然为 0，说明此轮没有收到关于该组呼参考的通知消息，则认为该组呼已经结束，将其信息从组呼信息列表中删除，其余所有组呼参考的 NCounter 值全部归零。如果没有组呼参考的 NCounter 值为 0，那么说明组呼信息列表中所有的组呼参考都收到了其对应的组呼/广播通知消息，当前没有存在的组呼/广播结束。那么将所有组呼参考的 NCounter 值全部归零，结束 NCH 信道的监听，返回简化的监听状态。具体的算法流程如图 3-10 所示。

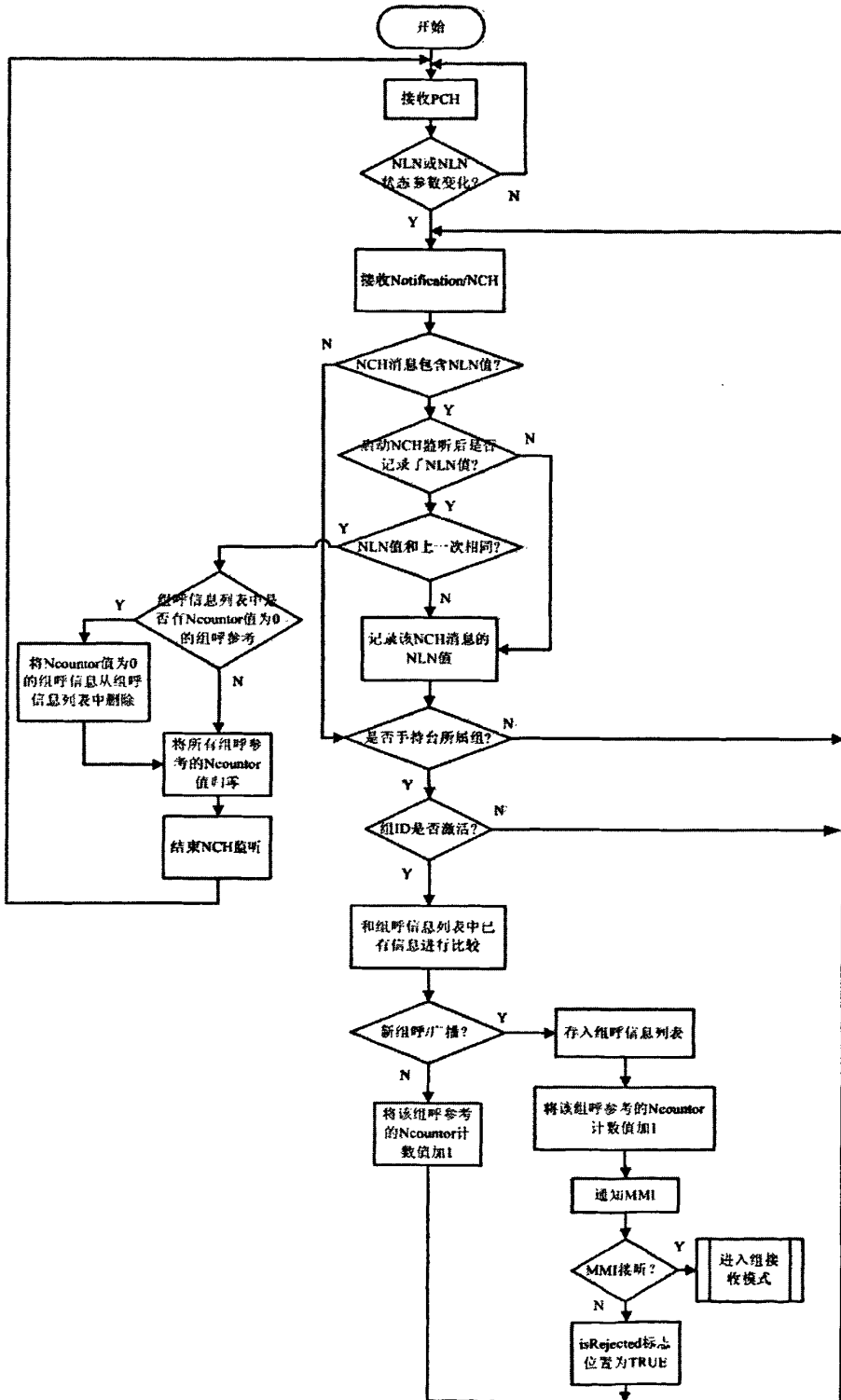


图 3-10 空闲模式下采用简化 NCH 监听时协议栈处理流程图

Figure 3-10 PS process flow chart in idle mode when use of Reduced NCH monitoring

经过以上处理流程，空闲模式下的移动台在采用简化的 NCH 监听机制时，可以实时地了解目前网络中那些组呼/广播已经结束，删除组呼信息列表中相应的组呼/广播信息，很好地实现组呼信息列表的动态更新。从而完善实现 GSM-R 移动台在空闲模式下的组呼/广播查询，加入功能。

### 3.5 实现结果

下面以 GSM-R 手持台为例，描述经过改进后在空闲模式下通知监听的实现情况。首先手持台在 MMI “管理组呼 ID” 和 “管理广播 ID” 菜单中激活相应的组 ID。

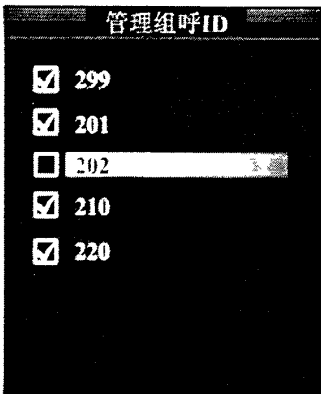


图 3-11 激活组呼 ID

Figure 3-11 Activate group ID

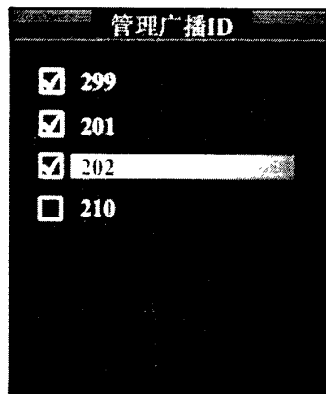


图 3-12 激活广播 ID

Figure 3-12 Activate broadcast ID

如图 3-11 和图 3-12 所示，手持台激活自己所属组中的 299，201，210，220 组呼 ID，以及 299，201，202 广播 ID。然后手持台处于空闲模式下。此时网络发起了 201 组呼，手持台上显示有 201 组呼呼入，如图 3-13 所示。用户可以选择接听或拒接。如果选择拒接，手持台保持在空闲模式，此时查看“当前存在呼叫”菜单，可以看见 201 组呼存在，如图 3-14 所示。

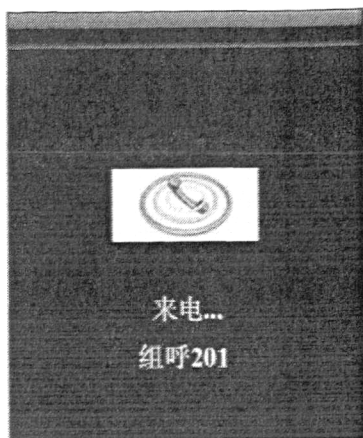


图 3-13 201 组呼呼入

Figure 3-13 201 group call incoming

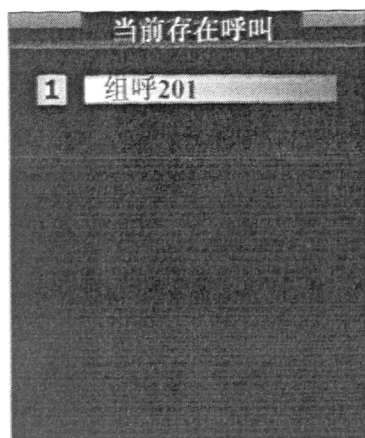


图 3-14 存在 201 组呼

Figure 3-14 Exist 201 group call

然后网络又发起了 210 组呼和 202 广播，手持台同样拒接，保持在空闲状态。这时在“当前存在呼叫”菜单中显示存在 201 组呼，210 组呼和 202 广播，如图 3-15 所示

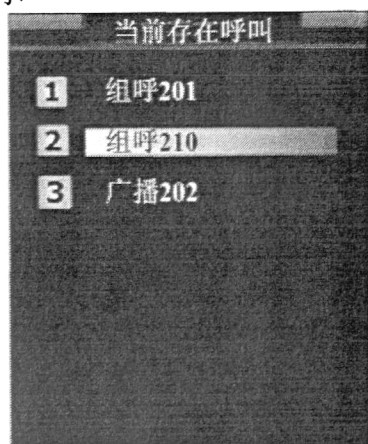


图 3-15 存在 3 个呼叫

Figure 3-15 Exist three calls



图 3-16 收听 210 组呼

Figure 3-16 Receiving 210 group call

这时用户可以选择菜单中任何一项加入。例如选择加入 210 组呼，手持台进入 210 组呼的下行监听状态，如图 3-16 所示。手持台处于组接收模式期间，用户可以抢占上行进行讲话。然后用户选择“离开”210 组呼，回到空闲模式。此时 210 组呼没有结束，用户查看“当前存在呼叫”菜单，显示情况仍和图 3-15 一样。之后，网络中 201 组呼结束，再次查看手持台“当前存在呼叫”菜单，菜单中只剩下 210 组呼和 202 广播，如图 3-17 所示。

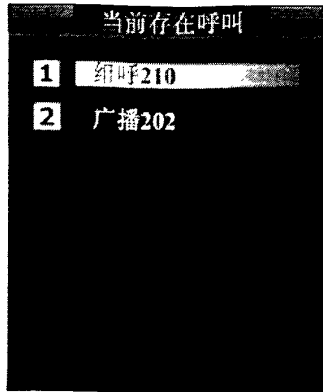


图 3-17 存在 2 个呼叫

Figure 3-17 Exist two calls

当网络中所有 VGCS/VBS 都被释放时，“当前存在呼叫”菜单为空。

### 3.6 本章小结

本章研究了在空闲模式下 MS 的通知监听问题。首先分析了 GSM-R 网络中空闲模式下 MS 所需要做的监听处理，阐述了在 MS 协议栈 RR 实体中维护组呼信息列表的方法。然后针对不采用简化的 NCH 监听机制和采用简化的 NCH 监听机制两种情况，详细研究了 MS 协议栈在通知监听处理中动态更新组呼信息列表的方案。为了克服当前协议的空白点，在组呼信息列表维护的组呼信息中设计了 NCounter 计数器的操作处理。利用 NCounter 值判断在通知循环过程中是否有原先的 VGCS/VBS 被释放，将其信息从组呼信息列表中删除。改进后的协议栈能够完善地实现用户对当前呼叫的查询，加入功能。

## 4 非空闲模式下通知监听的研究与设计

### 4.1 非空闲模式下的通知过程

#### 4.1.1 非空闲模式概述

非空闲模式包括专用模式，组接收模式和组发送模式。

在专用模式下，存在的 RR 连接是一个双向的点对点物理连接，在除了 SAPI 0 以外的数据链路连接上建立或释放多帧模式，主要的信令连接建立主 DCCH 或伴随的 SACCH 上。专用模式下移动台占用一个 TCH 信道和一个主信令链路，连接建立后主信令链路为 FACCH，系统信息会在 SACCH 上发送<sup>[17]</sup>。

支持语音组呼/广播功能的移动台还可以进入组接收和组发送模式。

组接收模式是指当正在参与组呼或者广播呼叫时，移动台作为听者所处的状态。在这种模式下，网络不会给移动台分配专用信道，移动台只能收听的组呼或者广播呼叫的下行链路。在组接收模式下，移动台要能够进行非应答模式下消息的接收，对于支持 VGCS 讲话功能的移动台，还应该支持上行链路接入过程。

组发送模式是指语音广播发起者进行讲话或支持 VGCS 讲话功能的移动台抢占上行信道后进行讲话的模式。在组发送模式下，RR 连接是一个双向的点对点物理连接，包括在主 DCCH 上以多帧方式进行的一个 SAPI 0 和可能的 SAPI 3 的数据链路连接。

当移动台处于组接收、组发送和专用模式时，网络在下行 SACCH 信道上向移动台发送必要的网络信息。其中在网络下发的系统消息 6 的剩余字节消息元素中，包含了 NLN 和 NLN 状态等与组呼/广播相关的参数。

表 4-1 系统消息 6 剩余字节消息元素内容

Table 4-1 Content of SI 6 Rest Octets IE

消息元素	内容	长度 (bit)
寻呼信道重组	“0”表示寻呼信道没有发生重组；“1”表示寻呼信道发生重组。	1
VBS/VGCS 带内通知	“0”表示网络在 FACCH 上不会发送通知，移动台需监听 NCH 获取通知；“1”表示网络可以通过 FACCH 发送通知消息告知移动台 VBS/VGCS 呼叫，移动台无需查找 NCH。	1



VBS/VGCS 带内寻呼	“0”表示网络在 FACCH 上不会发送寻呼信息，移动台需监听 PCH 获取寻呼信息；“1”表示网络可以通过 FACCH 上的通知消息告知移动台点对点呼叫，移动台无需查找 PCH。	1
NLN(SACCH)	NLN 的变化指示在 NCH 上有一个新的 VGCS/VBS 通知	2
NLN 状态(SACCH)	NLN 状态的变化指示网络中有先前已通知的 VGCS/VBS 被释放或组呼信息发生变化等	1
优先级	VGCS 和 VBS 呼叫优先级的编码。	3

当移动台正在参与语音广播、语音组呼或点对点呼叫时，如果网络中有和移动台相关的新的呼叫发生，网络可以采用非应答的方式在专用模式下的主 DCCH 或 VGCS/VBS 信道的主 DCCH 上向处于专用模式或组接收、组发送模式下的移动台，发送 NOTIFICATION/FACCH 消息，通知移动台参与到新建立的语音组呼/广播或点对点呼叫中。NOTIFICATION/FACCH 消息的消息内容如下：

表 4-2 NOTIFICATION/FACCH 消息内容

Table 4-2 NOTIFICATION/FACCH message content

消息元素	类型/参考	长度（比特）
RR 短协议识别符	协议识别符	1
FACCH 上的通知	消息类型	5
L2 短头	L2 短头	2
组呼信息 (0)	组呼信息	
寻呼信息 (1)	寻呼信息	

(0) 表示该比特取 0 时 NOTIFICATION/FACCH 消息所携带的为组呼信息；  
 (1) 表示该比特取 1 时 NOTIFICATION/FACCH 消息所携带的为寻呼信息。

其中组呼信息和寻呼信息的具体内容如下：

表 4-3 组呼信息和寻呼信息内容

Table 4-3 Group Call information and Paging Information content

主要信息类型	主要消息元素		内容	长度 (bit)
组呼信息	组呼或广播呼叫参考	组呼或广播呼叫参考	组呼或广播呼叫参考的二进制编码。	27
		业务符	0 代表 VBS； 1 代表 VGCS。	1
		确认符	0 表示不需要确认； 1 表示需要确认。	1

		呼叫优先级	3 2 1 Bit (第四字节)	3
		加密信息	8 7 6 5 Bit (第五字节)	4
	组呼信道描述	信道描述	指出信道类型及所处的时隙、是否允许跳频及跳频参数和绝对无线频率信道号。	24
		频率简表	提供跳频序列中的绝对无线频率信道号。	64
		移动分配	指出移动分配信息的长度和移动分配信道。	
寻呼信息	移动识别符		指出移动识别符内容的长度、识别符类型、奇偶指示、识别符数字。	
	第一信道		指出信道类型	2
	eMLPP 优先级		指出优先级等级	3

#### 4.1.2 MS 通知监听处理

处于专用模式、组接收模式或组发送模式下的移动台。要解码 SACCH 上的系统消息 6，从 SI6 剩余字节中获取本小区的组呼/广播信息。

系统消息 6 的处理过程为：PH 层从 SACCH 信道上接收到系统消息数据后通过 PHSACChInd 原语通知 RR 层，RR 层首先通过 DecodeL3Message 函数对来自 Um 接口的消息进行解码，然后通过 DecRRIESI6Rest 函数对 SI 6 剩余字节进行解码。协议栈原语流程如下：

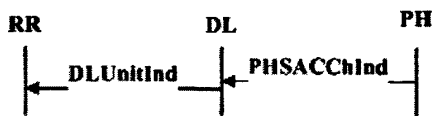


图 4-1 处理 SACCH 消息原语流程图

Figure 4-1 Primitive flow chart of SACCH process

其中的原语描述如下：

表 4-4 处理 SACCH 消息的原语描述

Table 4-4 Primitive description of SACCH process

原语/消息	来源	目的	功能	参数
PHSACChInd	PH	DL	通知在 SACCH 上收到了一条消息	PH_DATA_IND_PARAM * SACChBuf typedef struct

				{ INT32 ArrivalFN;//到达帧号 UINT8 Buffer[23];//内容 } PH_DATA_IND_PARAM;
DLUnitInd	DL	RR	无确认信息帧指示	DL_DATA_PARAM * Mess typedef struct { INT32 ArrivalFN;//到达帧号 L2_CHANNEL_ID ChannelId;// 层 2 信道标示 L3_PACKED_MESSAGE *L3Message ;//三层消息 } DL_DATA_IND_PARAM;

移动台解码出 NLN 和 NLN 状态参数值后，和原来移动台中存储的值进行比较。如果移动台在 SACCH 上收到了不同于以前的 NLN，那么说明网络中有新的组呼/广播产生，需要接收新的组呼/广播通知。

目前的 GSM-R 网络中，VBS/VGCS 带内通知/寻呼参数值都设置为 1，即网络将在 FACCH 信道上给移动台发送新的通知消息。所以移动台发现系统消息 6 中的 NLN 变化后，将等待接收 NOTIFICATION/FACCH 消息。协议栈处理 FACCH 的原语流程如下：

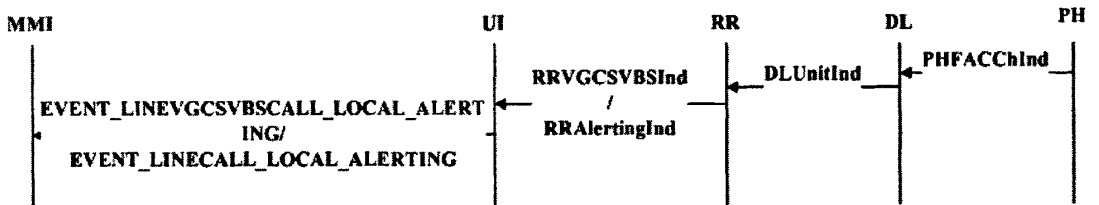


图 4-2 处理 NOTIFICATION/FACCH 消息原语流程图

Figure 4-2 Primitive flow chart of NOTIFICATION/FACCH process

DL 在收到 FACCH 消息的 UI 帧之后，解析出数据然后送该 RR 处理，RR 检查该通知消息是关于组呼/广播的还是关于寻呼的，如果是关于组呼/广播的则首先将组呼信息存入组呼信息列表中，按照 eMLPP 规则处理；如果是关于寻呼的，则直接通按照 eMLPP 规则处理。

其中的原语描述如下：

表 4-5 处理 NOTIFICATION/FACCH 消息的原语描述

Table 4-5 Primitive description of NOTIFICATION/FACCH process

原语/消息	来源	目的	功能	参数
PHFACChInd	PH	DL	通知在 FACCH 上	PH_DATA_IND_PARAM *

			收到了一条消息	FACChBuf typedef struct { INT32 ArrivalFN;//到达帧号 UINT8 Buffer[23];//数据 } PH_DATA_IND_PARAM;
DLUnitInd	DL	RR	无确认信息帧指示	同表 4-4
RRVGCSVBSInd	RR	UI	通知 UI 对 MMI 进行组呼/广播指示	同表 3-5
RRAlertingInd	RR	UI	通知 UI 对 MMI 进行能够寻呼指示	RR_ALERT_IND_PARAM * message typedef struct {CALL_PRIORITY priority;//优先级 } RR_ALERT_IND_PARAM;
EVENT_LINEVGCS VBSCALL_LOCAL_ ALERTING	UI	MMI	通知 MMI 所属组有组呼/广播被建立	同表 3-5
EVENT_LINECALL _LOCAL_ALERTIN G	UI	MMI	通知 MMI 本移动台被寻呼	typedef struct { LINECALL_HANDLE handle; CALL_PRIORITY priority;//优先级 } LINECALL_LOCAL_ALERTING;

专用模式、组接收模式或组发送模式下的 GSM-R 移动台，在收到 NOTIFICATION/FACCH 消息上的通知消息后，根据 eMLPP 的准则<sup>[29][30]</sup>可以进行以下处理：

1. 如果新来 VGCS/VBS 呼叫的优先级低于当前呼叫优先级，MMI 向用户提示有新来的呼叫。当前呼叫结束或退出后，能重新接收到低优先级 VGCS/VBS 呼叫的通知；
2. 如果新来呼叫的优先级等于当前呼叫的优先级或大于当前呼叫优先级但小于自动接听优先级，MMI 提示用户进行选择操作：
  - 用户如果选择接听新来的呼叫，那么当前的 VGCS/VBS 呼叫被挂起。MMI 可以在两个呼叫中反复切换。当当前呼叫结束或退出后，应自动返回先前被挂起的 VGCS/VBS 呼叫的组监听状态。当有多个呼叫被挂

起时，优先返回优先级最高的一个被挂起的呼叫，相同优先级按被照挂起顺序自动返回到最近的一个。如果返回失败，手机返回到空闲状态；

- 用户如果选择拒绝新来呼叫，则新来的 VGCS/VBS 呼叫进入挂起状态。MMI 可以在两个呼叫中反复切换。当当前呼叫被结束或退出后，应自动返回先前被挂起的 VGCS/VBS 呼叫的组监听状态。当有多个呼叫被挂起时，优先返回优先级最高的一个被挂起的呼叫，相同优先级按被照挂起顺序自动返回到最近的一个。如果返回失败，手机返回到空闲状态。
3. 如果新来呼叫优先级大于当前呼叫的优先级并且大于自动接听优先级，当前 VGCS/VBS 呼叫将被挂起，新来呼叫将被自动接听。MMI 可以在两个呼叫中反复切换（紧急呼叫除外）。当当前呼叫结束或退出后，自动返回先前被挂起的 VGCS/VBS 呼叫的组监听状态，当有多个呼叫被挂起时，优先返回优先级最高的一个被挂起的呼叫，相同优先级按照被挂起顺序自动返回到最近的一个。如果返回失败，手机返回到空闲状态。

## 4.2 非空闲模式下通知监听的不足

### 4.2.1 当前存在问题

与空闲模式一样，处于组接收、组发送和专用模式下的移动台同样需要维护组呼信息列表，向用户提供当前正在进行呼叫的查询和加入功能。

处于专用模式、组接收模式和组发送模式下的移动台，可以通过接收 FACCH 上的通知消息来获知网络中新产生的 VGCS/VBS 通知。但是与空闲模式情况相似，在目前的协议规范中，网络并不会给专用模式、组接收模式和组发送模式下的移动台发送其他 VGCS/VBS 已经结束的通知消息，所以这时候移动台无法获知目前网络中哪些 VGCS/VBS 被释放。只有等回到空闲模式后，在空闲模式下监听 NCH 消息，按照第三章提供的方法来判断网络中原先存在的 VGCS/VBS 哪些已经被释放。

这样专用模式、组接收模式和组发送模式下的移动台将可能产生下面错误：

- 无法在组呼信息列表中将已经被释放的 VGCS/VBS 信息删除。从而给非空闲模式下用户的查询造成困扰和不便，在加入时发生错误。
- 当采用 eMLPP 规则时，如果当前呼叫结束，移动台将自动返回先前被挂起的呼叫。而如果先前呼叫已经结束，移动台却不知道，将造成返回错误。

在当前的网络通知条件下,要解决这个问题,就必须使专用模式、组接收模式和组发送模式下的移动台能够监听本小区的 NCH 信道,利用收到的 NCH 消息判断目前网络中哪些 VGCS/VBS 已经结束。

根据 3GPP 协议的规范,作为一个可选项,处于组接收、组发送或专用模式下的移动台可以读取当前小区的 NCH。如果移动台支持了这个可选项,那么当它进入一个小区时,将一直收听 NCH,直到它收到至少两条指示 NLN (NCH) 相同的 NCH 消息后停止。当移动台在 SACCH 上收到了一个不同于以前的 NLN(SACCH) 时,说明这时有新的组呼/广播发生,这时候重新开始 NCH 信道的监听,读取网络下发的关于新组呼/广播的 NCH 通知(当然,如果网络有配置的话,移动台也可以在 FACCH 上获知新组呼/广播的通知消息,现在的 GSM-R 网络就采用了这种情况);当在 SACCH 上收到一个和以前不同的 NLN 状态(SACCH)时,说明这时可能有原先存在的组呼/广播结束,同样重新开始 NCH 信道的监听,如果 NCH 信道上连续一定时间内不再解码到某个组 ID 的通知消息,那么认为该组呼或广播呼叫已经被结束,将这个组 ID 的组呼信息从组呼信息列表中清除。移动台持续读取 NCH,直到最后收到两个具有相同的 NLN (NCH) 值的 NCH 消息时,移动台再次停止收听 NCH,如此反复。

这样,通过非空闲模式下对本小区 NCH 的监听,可以实现移动台在专用模式、组接收模式和组发送模式下对当前网络哪些 VGCS/VBS 被释放进行正确判断,解决目前存在问题。

#### 4.2.2 改进设计方案对比

要实现专用模式,组接收模式和组发送模式下对本小区 NCH 的监听,可以有以下几种实现方法:

(1) 根据 3GPP 协议的建议,需要增加一套额外的收发设备来读取 NCH。在移动台的设备厂商具体实现的时候,可以使用两套数字基带(DBB)/模拟基带(ABB)/功放(PA)/射频(RF)的方案。其中一个 DBB 为主 DBB,另外一个为辅 DBB,通过串口或 I<sup>2</sup>C 通信。辅 DBB/ABB/PA/RF 只负责从主 DBB 接收命令,之后辅 DBB 负责完成该命令中 ARFCN 的同步,解码 NCH 信道,得到关于组呼/广播的通知消息。这种做法的性能最好,但是增加一套 DBB/ABB/PA/RF 设备对于终端设备厂商来说需要增加大量成本,而且大大增加了移动台的功耗,需要考虑待机时间缩短的问题。所以这不是一个最优的解决方案。

(2) 使用两个同步器,两个收发信机和一套 DBB/ABB/PA 的方案。因为只是增加了同步器和收发信机,这样涉及到 PA, DBB, DSP, 还有物理层、数据链路

层、RR 层协议栈较大的改动。而且还需要增加收发信机的硬件接口，涉及到硬件设计，溜片等。费用较高，难度较大，所以也不是一个优化的方案。

(3) 网络增强。网络在 SACCH 中下发的系统消息 (SI5/6) 中增加网络中新组呼/广播发起和原有组呼/广播结束的信息，或通过 FACCH 给移动台通知。这种方法只需要网络侧修改 BSS 系统软件即可。但目前协议中没有进行相关规范，而且网络侧的设备提供商也没有扩充该功能，所以现在无法实现。

(4) 修改协议栈软件。初始的 GSM-R 移动台协议栈并不支持在专用模式、组接收模式和组发送模式下收听 NCH，通过修改物理层、数据链路层和 RR 层的协议栈软件，使得移动台大部分时间在进行语音的通话，当小区中的组呼/广播信息变化时，去监听本小区的 NCH 信道，必要的时候可以考虑丢弃部分语音帧。问题的难点在于要能够精确计算 NCH 信道位置，帧号，保证严格的同步。

通过上面的分析可以看出：第三种方案需要从网络设备商角度考虑，不太可能实现；第二种方案主要应由手机芯片制造商考虑研发。所以，作为 GSM-R 设备终端制造商来说，目前可能采用的只有第一种和第四种两种方案。相对于第一种方案来说，第四种方案的成本更低，也不会带来功耗的增加，是一种更优化的方案。所以下面本文通过第四种方案来实现非空闲模式下移动台对本小区 NCH 信道的监听。

## 4.3 监听本小区 NCH 的改进实现

### 4.3.1 改进原理

当移动台处于专用模式、组接收模式和组发送模式时，移动台在 TCH 信道上进行语音的收发，协议栈各层处于相应的工作状态。为了让移动台在语音通信的过程中能够监听 NCH 信道，基本的改进思路是当移动台发现下行 SACCH 的 NLN 状态 (SACCH) 参数发生变化后，在网络下发 NCH 消息的数帧期间，离开当前所处的专用模式、组接受模式或组发送模式，回到空闲模式下收听 NCH 消息，在接收完 BCCH 信道上连续四帧中的 NCH 消息后，返回原来模式进行语音通信。直到 BCCH 信道上下一个 51 复帧中的 NCH 消息到来，移动台再次切换到空闲模式收听 NCH 消息，如此反复。当收到最后两个具有相同的 NLN (NCH) 值的 NCH 消息时，移动台停止收听 NCH，返回专用模式或组接收模式或组发送模式下进行语音通信。

BCCH 信道上 51 复帧结构如下图所示：

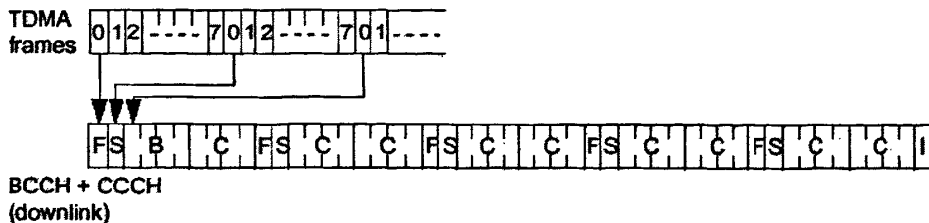


图 4-3 下行链路 BCCH 信道 51 复帧结构

Figure 4-3 51 multiframe structure of downlink BCCH channel

在 3.3.1 节我们描述过，在目前 GSM-R 网络中，通常把 51 复帧中的第二个 CCCH 块用作 NCH 块来下发通知消息。所以移动台需要在 BCCH 信道 51 复帧周期的第 13 帧到第 16 帧期间监听 NCH 消息。

下面以组接收模式为例，详细阐述移动台处于组接收模式下时，监听本小区 NCH 消息的设计方案。

当移动台在组接收模式下进行 NCH 监听时，收发信机的工作时隙示意图如下，假设小区中分配给该组呼的 TCH 信道处在和 BCCH 信道同一载波的时隙 3 上：

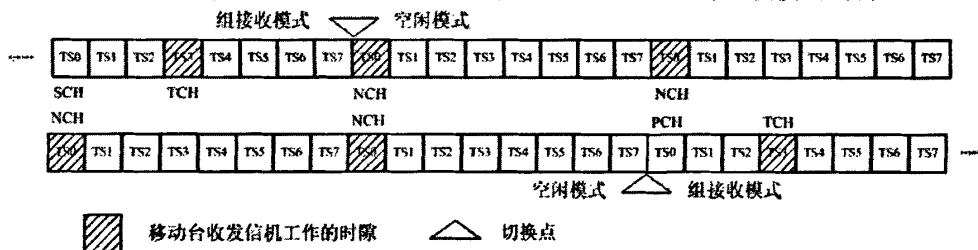


图 4-4 组接收模式下 NCH 监听改进示意图

Figure 4-4 NCH monitoring improvement scheme in group receive mode

为了在 51 复帧中 NCH 块到来的时刻，准确的从组接收模式切换到空闲模式收听 NCH 消息，协议栈的关键技术在于要能够精确计算 NCH 信道位置，帧号，保证严格的同步。

在 GSM-R 网络中，基站和移动台无论是在发射或空闲，其时隙，TDMA 帧，TCH 帧和控制信道的定时都与一系列不断运行的时基计数器有关。这些计数器定义了：

- 1/4 比特数 QN (0-624);
- 比特数 BN(0-156);
- 时隙数 TN (0-7);
- TDMA 帧号 FN [0~(26\* 51\* 2048)-1=2715647]。

各计数器之间的关系为：

- QN 每 12/13us 增 1;



- $BN = [QN/4]$ 取整;
- 当  $QN$  从 624 变到 0 时  $TN$  增 1;
- 当  $TN$  从 7 变到 0 时  $FN$  增 1。

网络中，一个小区内同一个基站发射的不同载频的信道彼此同步，由同一系列的时基计数器控制。移动台从收到的同步突发脉冲中获取相应信息，建立时基计数器，保持内部时基与从 BS 收到的信号一致。其中， $QN$  由训练序列的定时设置；当收到同步突发脉冲时， $TN$  置为 0， $FN = 51 * ((T3 - T2) \text{ 模 } 26) + T3 + 51 * 26 * T1$  ( $T3 = (10 * T3') + 1$ )。因此，一旦 MS 正确设置时基计数器，其帧号、时隙号等基础时序都与目前服务的基站同步<sup>[33][34]</sup>。

所以，可以在移动台协议栈的 RR 层设定一个以帧为基本单位的定时器  $Tnch$ ，利用收到的帧号精确的计算出 BCCH 信道上下一个 NCH 块到来的时间，将这个时间值赋给定时器，当定时器超时的时候，RR 层发命令给 PH 层，从组接收模式切换到空闲模式，进行 NCH 信道的监听。启动  $Tnch$  时，初始定时值的算法为：

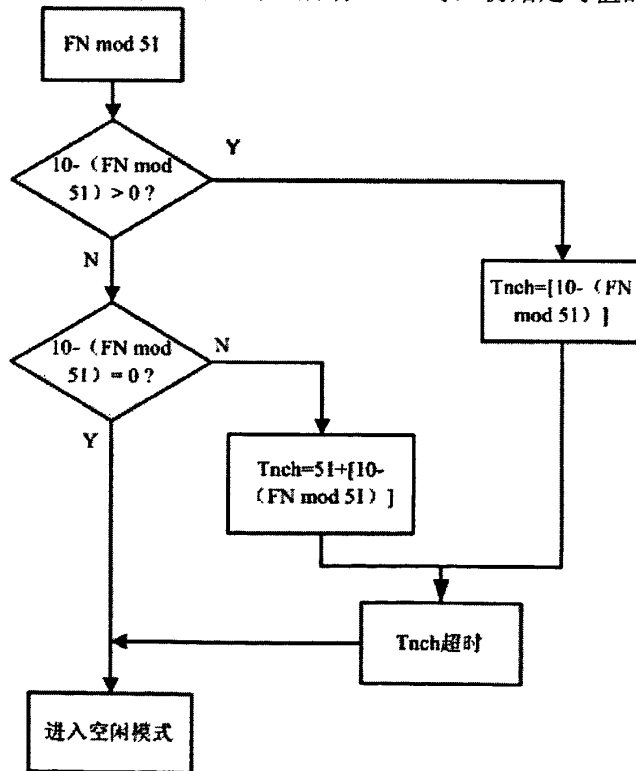


图 4-5 Tnch 值算法流程图

Figure 4-5 Algorithm flow chart of Tnch

如图 4-5 所示，RR 层将 PH 层送来的指示 NLN 状态变化的 SACCH 的帧号模 51，算出该 SACCH 帧在总帧数中，如果位于 51 复帧中，处于 51 复帧的哪个位置。

然后计算该帧距离 51 复帧中 NCH 消息帧所差的帧数，将差值赋给  $T_{nch}$ 。为了给协议栈的处理留出富裕时间，RR 层在 NCH 帧到来的提前一帧给 PH 层发送切换到空闲模式请求，以保证切换到空闲模式后能够接收到下一帧时隙 0 上的 NCH 消息。

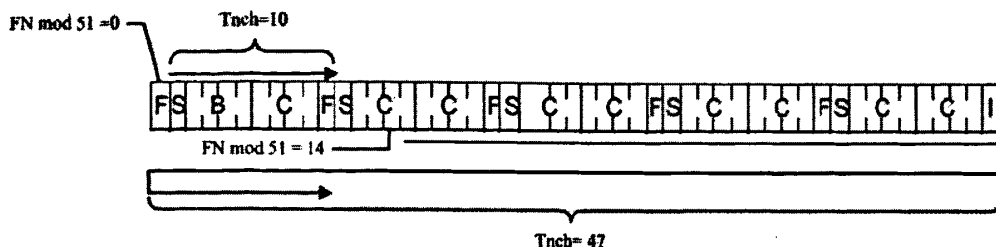


图 4-6  $T_{nch}$  赋值示例

Figure 4-6 Example of  $T_{nch}$  evaluating

如图 4-6 所示，当  $FN \bmod 51=0$  时，说明该帧是 51 复帧中的第一帧。根据图 4-5 中算法， $T_{nch}=[10-(FN \bmod 51)]=10$ ，即定时值为十帧，当十帧过后到达 51 复帧中的第二个 SCH 帧时定时器超时。

当  $FN \bmod 51=14$  时，说明该帧是 51 复帧中的第 15 帧。根据图 4-5 中算法， $T_{nch}=51+[10-(FN \bmod 51)]=47$ ，即定时值为 47 帧，当 47 帧过后到达 51 复帧中的第二个 SCH 帧时定时器超时。

在切换到空闲状态后，RR 层设定计数器  $N_{rx}$ ，初始计数值为 4，每收到一条 NCH 消息，就将  $N_{rx}$  减 1。当  $N_{rx}$  为 0 的时候，说明已经接收了一个 NCH 块中完整的 4 条 NCH 消息。RR 层给 PH 发送返回组接收模式的原语，回到组呼下行信道上继续收听 TCH 消息，直到下一次的  $T_{nch}$  超时。

经过这样的处理，移动台在切换到空闲模式监听 NCH 消息时，将无法在组呼下行信道上监听组呼的下行语音。根据 3GPP 协议中的规范，移动台最多允许丢弃 6 个语音帧<sup>[31]</sup>。所以在 RR 层加入一个保护定时器  $T_{rx}$ ，它的值为 6，单位时间为帧。当 RR 层切换到空闲模式后启动  $T_{rx}$ ，当  $T_{rx}$  超时的时候，无论  $N_{rx}$  是否为 0，RR 层都发送返回组接收模式的请求。防止出现下行链路故障，移动台错过接收某一条 NCH 消息， $N_{rx}$  没有及时减到 0，导致丢弃过多语音帧对用户通话造成影响。

### 4.3.2 协议栈处理流程

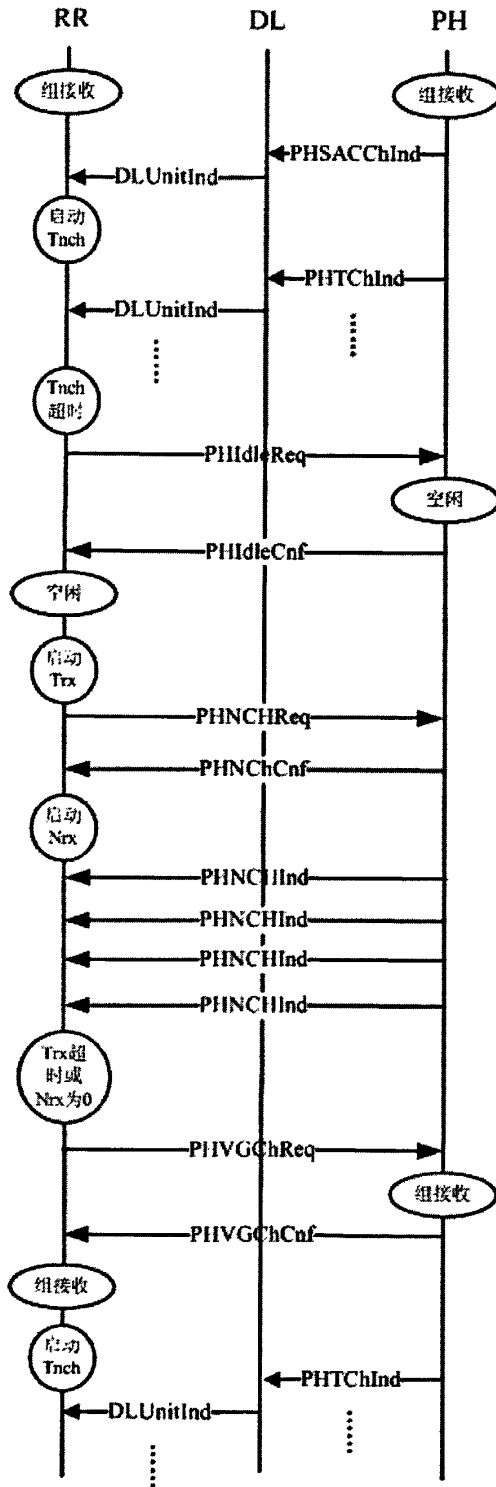


图 4-7 组接收模式下监听本小区 NCH 原语流程图

Figure 4-7 Current cell NCH monitoring primitive flow chart in group receive mode

其中的原语描述如下：

表 4-6 监听本小区 NCH 的原语描述

Table 4-6 Current cell NCH monitoring primitive description

原语/消息	来源	目的	功能	参数
PHSACChInd	PH	DL	通知在 SACCH 上收到了一条消息	同表 4-4
DLUnitInd	DL	RR	无确认信息帧指示	同表 4-4
PHTChInd	PH	DL	通知在 TCH 上收到了一条消息	PH_DATA_IND_PARAM * TChBuf typedef struct { INT32 ArrivalFN;//到达帧号 UINT8 Buffer[23]);//内容 } PH_DATA_IND_PARAM;
PHIdleReq	RR	PH	RR 要求 PH 回到空闲模式,同步 BCCH 载波	PH_IDLE_REQ_PARAM*msg typedef struct { PH_BS_ID BSId; PAGE_CHAN_DESC PageChanDesc; }PH_IDLE_REQ_PARAM typedef struct { INT16 ARFCN; INT16 QBDelay; INT32 FNDelay; INT8 BSIC; }PH_BS_ID;
PHIdleCnf	PH	RR	PH 已返回空闲模式	无
PHNChReq	RR	PH	要求进行 NCH 监听	同表 3-4
PHNChCnf	PH	RR	NCH 监听要求已被接受	无
PHNChInd	PH	RR	通知在 NCH 信道上收到一条消息	同表 3-5
PHVGChReq	RR	PH	返回组接收模式	PH_VGCH_REQ_PARAM * msg typedef struct PH_VGCH_REQ_STRUCT

				<pre> {PH_PRES_CAHN_PARAM PreservChan; // 原有信道的描述     INT8 TimingAdvance; //初始的 TA     INT8 Power; //初始的功率     UINT8RACHData;     PH_CIPH_REQ_PARAM Ciph;     PH_BS_ID BSId;     CHANNEL_MODES ChanModes;     MONITOR_LIST *MonitorList;     UINT8 RRHandFlags;     UINT16 SyncUpd; }PH_VGCH_REQ_PARAM;                 </pre>
PHVGChCnf	PH	RR	PH 已经切换到原来信道	无

如图 4-7 所示，移动台处于组接收模式下，当 RR 层收到一条 SACCH 消息的时候，如果解码发现其中的 NLN 状态参数和之前不同，说明网络中可能有组呼/广播被释放，需要监听 NCH 消息。此时 RR 层启动定时器 Tnch，并根据 SACCH 帧的帧号算出定时时间赋给定时器。同时增加一个全局变量 PH\_PRES\_CAHN\_PARAM PreservChan 来保存此时组呼信道的参数，以便返回时使用。当 Tnch 超时的时候，RR 层向 PH 层发送回到空闲模式的请求，RR 层和 PH 层返回空闲模式，监听 BCCH 信道，启动保护定时器 Trx。然后 RR 层发送请求监听 NCH 的原语，收到 PH 层确认后，启动计数器 Nrx，赋初值为 4。之后每收到一条 PHNCHInd 原语，将 Nrx 值减 1，当 Nrx 减为 0 时，RR 层发送 PHVGChReq 原语，其中包含了之前保存的组呼信道参数，要求 PH 层返回原先的组接收模式。如果 Nrx 不为 0 但保护定时器 Trx 超时，RR 层同样发送 PHVGChReq 原语给 PH 层。收到 PH 层回复的确认原语后，RR 层返回组接收模式，启动定时器 Tnch，定时时间为 46 帧。此后移动台在组接收模式下收听组呼下行信道的语音，46 帧之后再切换到空闲模式，收听 NCH 消息。如此反复，直到收到最后两个具有相同的 NLN (NCH) 值的 NCH 消息，移动台不再切换到空闲模式下收听 NCH。协议栈处理流程图如下：

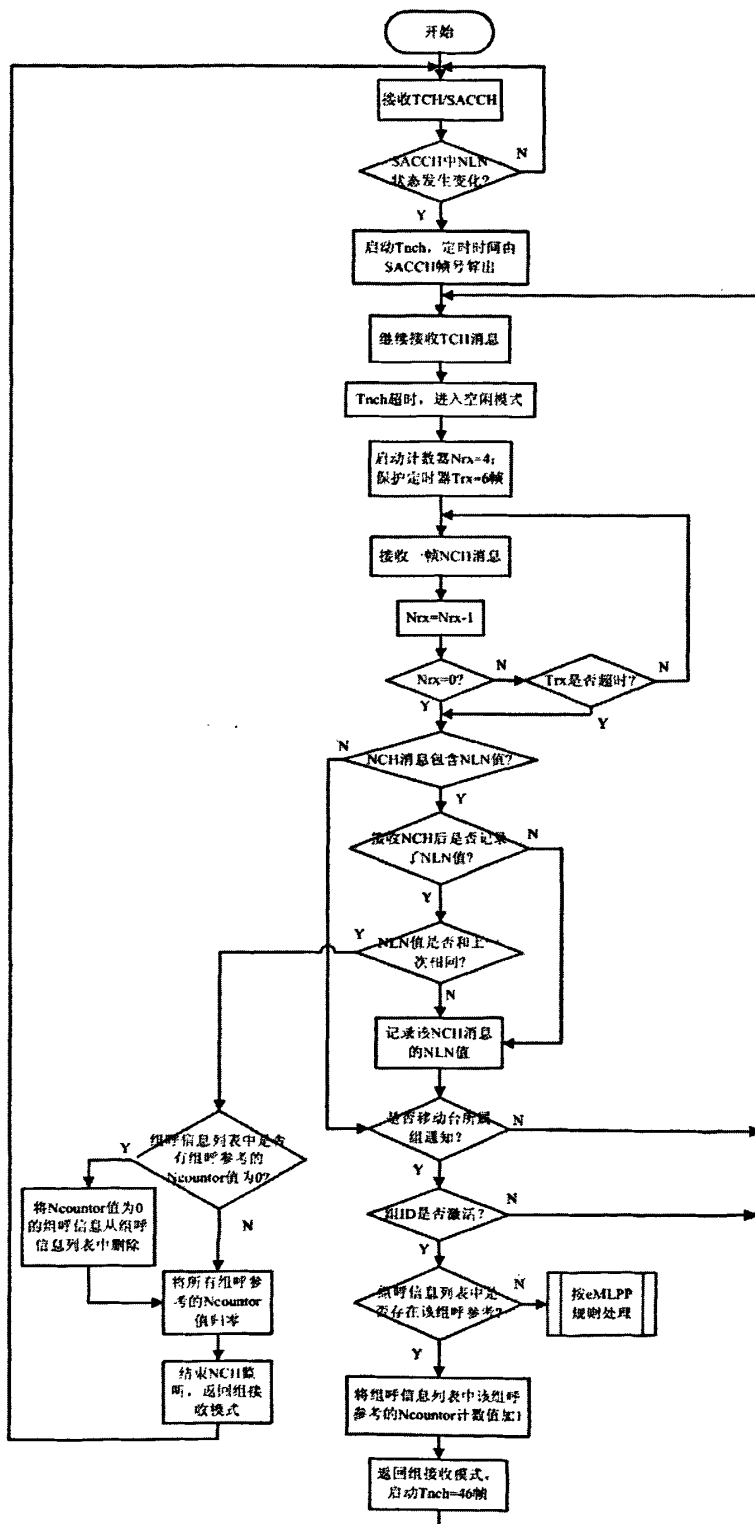


图 4-8 组接收模式下监听本小区 NCH 协议栈处理流程图

Figure 4-8 PS process flow chart in group receive mode when monitoring current cell NCH

这样，移动台在组接收模式下，当发现网络中组呼/广播状态发生变化时，可以进行 NCH 消息的监听，获知网络中最新的组呼/广播信息。但由此付出的代价是在接收 NCH 消息的四帧期间将无法接收组呼信道上的 TCH 消息，算上提前一帧切换的保护时间，移动台总共将错过 5 个话音帧的接收。这在 3GPP 协议允许的范围之内，用户在收听语音时可能会有发觉，但不会对用户通话造成太大影响。

为了尽可能减小对用户通话产生的影响，当处于组接收模式下的移动台发现 SACCH 消息中的 NLN 参数发生变化时，知道网络中有新的组呼/广播建立，但是协议栈可以不选择采用上述的改进处理来接收 NCH，而是从网络下发的 FACCH 消息中获得新产生的组呼/广播消息。

移动台仅在 SACCH 消息中的 NLN 状态参数发生变化时，采用上述处理来收听 NCH 信道，更新组呼信息列表，判断网络中哪些组呼广播已经被释放。

这样将减少对用户接收语音产生影响的机会。

专用模式和组发送模式下协议栈的改进实现与组接收模式下基本相似。

通过以上改进，移动台协议栈能够在不明显影响通话效果的情况下，监听本小区的 NCH 信道，完善地实现非空闲模式下移动台的查询、加入以及 eMLPP 处理时的返回功能。目前本论文的此改进方案尚未在协议栈中进行实际的修改验证，希望能够对接下来国产 GSM-R 移动台的研究开发提供一定的依据和参考。

同时，如果网络不支持在下行 FACCH 上给 MS 发送新的组呼/广播通知消息，协议栈可以通过此改进方案实现本小区 NCH 监听，确保接收当前所有 VGCS/VBS 的通知。

### 4.3.3 监听本小区 BCCH 和 PCH

类似的，参照组接收模式、组发送模式和专用模式下，移动台协议栈监听本小区 NCH 所做的修改，协议栈同样可以通过修改，在组接收模式、组发送模式和专用模式下监听本小区的 BCCH 和 PCH 信道，以实现下列功能：

1. 当网络不支持在 FACCH 上给 MS 发送点对点呼叫的寻呼消息时，MS 能够监听本小区自己所属的寻呼子信道，确保接收所有相应的点对点呼叫的寻呼消息。
2. 当 MS 发现下行 SACCH 信道上接收到的系统消息 6 中，指示寻呼信道发生重组，那么 MS 监听本小区的 BCCH 信道读取相关的系统消息，按照 3.1.1 节所述来获知重组后自己寻呼子信道的位置<sup>[17]</sup>。

同时，可以参考本节所阐述的修改移动台协议栈的方法，尝试在组接收模式下让 MS 监听相邻小区的 BCCH 信道和 NCH 信道，以获取小区重选中所需要的必

要的相邻小区的信息。避免处于组接收模式的用户在进行小区改变的过程中由于同步临小区 BCCH 和 NCH 信道而无法收听到组呼,导致在频繁的小区改变时严重影响移动台收听组呼的效果的问题<sup>[5][17]</sup>。

#### 4.4 本章小结

本章研究了在组接收、组发送和专用模式下 MS 的通知监听问题。首先阐述了 MS 协议栈在组接收、组发送和专用模式下通知监听需要进行的处理,描述了接收 NOTIFICATION/FACCH 消息的处理流程。接着提出了使 MS 监听本小区 NCH 信道的四种改进方案。详细研究并给出了其中修改协议栈的改进方法。通过 Tnch、Nrx, Trx 等定时器的操作,精确地控制协议栈的状态切换,使得 MS 在不明显影响话音质量的情况下能够监听本小区 NCH 信道,对网络中被释放的 VGCS/VBS 进行正确判断。改进后的 MS 能够实现组呼信息列表的动态更新,解决当前 MS 通知监听中存在的查询功能和 eMLPP 处理中的不足。



## 5 网络通知过程的改进

在当前的组呼通知过程下，通过 MS 侧协议栈的改进，能够实现组接收、组发送和专用模式下 MS 包括查询在内的通知监听所应实现的所有功能。但不可避免的要一定程度地影响 MS 的语音通话效果。为了完全不影响 MS 的话音通信，可以对 3GPP 规范进行一定的修改，在网络给 MS 的下行消息中加入当前被释放的组呼/广播信息的通知。这样 MS 不需要监听本小区的 NCH 信道，就能够更新组呼信息列表，删除其中已结束的组呼/广播。

### 5.1 空闲模式下对 PCH 的改进

在空闲模式下，移动台通过接收下行寻呼信道上的 PCH 消息来获知网络中 VGCS/VBS 状态的变化。网络可以在 PCH 消息中添加当前网络中 VGCS/VBS 被释放的通知，这样移动台就不需要在发现 PCH 剩余字节消息元素中的 NLN 状态 (PCH) 产生变化后，去监听 NCH 信道，通过 NCountor 计数器的算法来判断是否有组呼结束，更新组呼信息列表。可以大大降低移动台处理通知监听的复杂度。

在目前的 GSM-R 网络中，空闲模式下移动台采用简化的 NCH 监听机制，如果网络中的 NCH 消息状态没有变化，移动台平时只要监听寻呼信道上的 PCH 消息即可。如 3.1.2.3 节所述，寻呼请求消息的 P1 剩余字节消息元素有 0-17 字节长，包含了关于是否存在 NCH，呼叫优先级，组呼信息和分组寻呼指示等信息。因为在简化的 NCH 监听机制中，当移动台发现 PCH 中的 NLN (PCH) 发生变化时，通过收听 NCH 消息来获得新产生组呼/广播的通知，网络并没有通过 PCH 消息来通知组呼/广播信息，所以在 P1 剩余字节消息元素内的“组呼信息”域并没有使用。可以将该域用来发送网络中被释放的组呼/广播参考，通知移动台哪些组呼/广播已经结束。修改后的 P1 剩余字节消息元素结构如下：

```

<P1 剩余字节 > ::=
  {L|H <NLN(PCH) : bit (2)> <NLN 状态(PCH): bit >}
  {L|H < 优先级 1 ::= 优先级 >}
  {L|H < 优先级 2 ::= 优先级>}
  {
    0          -- 网络中没有组呼/广播被释放
    |1        -- 网络中有组呼/广播被释放
    <组呼参考: bit(36)>
  }

```

< 分组寻呼指示 1 :{L|H} >  
 < 分组寻呼指示 2 :{L|H} >  
 <空闲填充比特>;

其中组呼参考共 36bit，与组呼参考描述消息元素的 2-5 字节和 6 字节的 5-8 比特相同。组呼参考描述消息元素的格式如下<sup>[26]</sup>：

表 5-1 组呼参考描述消息元素

Table 5-1 Descriptive Group or Broadcast Call Reference information element

8	7	6	5	4	3	2	1	
组呼参考的描述 IEI								第 1 字节
组呼参考的二进制编码								第 2 字节
								第 3 字节
								第 4 字节
		SF	AF		呼叫优先级			第 5 字节
加密信息				空余 (0000)				第 6 字节

当网络中有 VGCS/VBS 被释放时，那么网络不仅在寻呼消息中改变 NLN 状态 (PCH) 标志位，同时所有寻呼子信道下发的 PCH 消息中发送被释放的 VGCS/VBS 的组呼参考。移动台解码出该组呼参考后，将其和组呼信息列表中维护的组呼/广播信息进行比较，如果移动台中维持了该组呼参考的信息，则将其从组呼信息列表中删除。

## 5.2 非空闲模式下对 SACCH 的改进

在组接收、组发送和专用模式下，移动台通过接收下行 SACCH 信道上的系统消息 6 来获知网络中组呼/广播状态的变化。当发现 NLN (SACCH) 变化时，移动台等待接收关于新组呼/广播的 NOTIFICATION/FACCH 消息。当有网络中有 VGCS/VBS 被释放时，那么网络不仅在系统消息 6 中改变 NLN 状态 (SACCH) 标志位，同时直接在系统消息 6 剩余字节中加入该组呼/广播的组呼参考，通知移动台该 VGCS/VBS 已被释放。

如表 4-7 所示，系统消息 6 剩余字节消息元素占用系统消息 6 的第 13 到 19 共 7 个字节。

表 5-2 系统消息 6 消息内容

Table 5-2 System information type 6 message content

8	7	6	5	4	3	2	1	
L2 伪长度 (00001011)								第 1 字节
空指令指示 (0000)				协议标识符 (1001)				第 2 字节
消息类型 (00011110)								第 3 字节
小区识别符								第 4 字节
								第 5 字节
位置区识别符								第 6 字节
								⋮
								⋮
小区 SACCH 选项								第 10 字节
准许的 NCC								第 11 字节
系统信息 6 剩余字节								第 12 字节
								第 13 字节
⋮								⋮
								第 19 字节

系统消息 6 剩余字节消息元素的结构如下<sup>[32]</sup>:

```

<系统消息 6 剩余字节> ::= =
  {L|H <PCH 和 NCH 信息> }
  {L|H <VBS/VGCS 选项: bit(2)>}
  <填充比特>;
    
```

如 4.1.1 节所描述,系统消息 6 剩余字节中的 PCH 和 NCH 信息和 VBS/VGCS 选项的内容共计 9bit,并不够 7 个字节,需要用填充比特进行填充。在这里,可以将部分填充比特用被释放的语音组呼/广播的组呼参考来代替,通知移动台。

修改后的系统消息 6 剩余字节消息元素结构如下:

```

<系统消息 6 剩余字节> ::= =
  {L|H <PCH 和 NCH 信息> }
  {L|H <VBS/VGCS 选项: bit(2)>}
  { 0          -- 网络中没有组呼/广播被释放
    |1         -- 网络中有组呼/广播被释放
  }
  <组呼参考: bit(36)>
    
```

```
}  
<填充比特>;
```

当网络中有 VGCS/VBS 被释放时，网络在给所有组接收、组发送和专用模式下的移动台下发的 SACCH 消息中发送被释放的 VGCS/VBS 的组呼参考。移动台解码出该组呼参考后，将其和组呼信息列表中维护的组呼/广播信息进行比较，如果移动台中维持了该组呼参考的信息，则将其从组呼信息列表中删除。

### 5.3 本章小结

本章提出了对网络侧下行消息的修改策略，在空闲模式下的 PCH 消息和组接收、组发送、专用模式下的下行 SACCH 消息中加入当前网络被释放的 VGCS/VBS 信息。尝试通过网络通知过程的改进，在简化 MS 协议栈处理的同时弥补当前通知监听的不足。

## 6 总结与展望

### 6.1 本文的主要工作和贡献

GSM-R 是一种先进的技术体系,它以 GSM 的成熟技术为根基,为铁路专用通信提供了一个功能强大、业务丰富、稳定可靠的综合信息化平台。在 GSM-R 系统中,VGCS 和 VBS 业务是为铁路专用网提出的特殊业务,在铁路调度通信中起到重要作用。而 VGCS 和 VBS 的实现质量与移动台密切相关。目前国内铁路通信中使用的 GSM-R 移动台主要是国外的 SAGEM 品牌,国内自主品牌的 GSM-R 移动台仍处在研发阶段。在现有的 GSM-R 协议规范下,没有对组呼通知过程中的一些细节进行详细规范。所以在 GSM-R 移动的研发过程中,需要对 VGCS/VBS 通知监听过程中协议栈的处理中进行改进。

本论文的工作体现在:

1. 研究了语音组呼和语音广播的基本原理,分析了为实现组呼/广播业务,GSM-R 移动台协议栈需要在 GSM 协议栈基础上所做的修改。
2. 深入研究了在空闲模式下,GSM-R 移动台对通知监听的处理。为了实时更新组呼信息列表,实现空闲模式下的查询功能,论文提出了在组呼信息中加入 NCountor 计数器的处理。实现了在采用简化的 NCH 监听和不采用简化的 NCH 监听两种情况下,移动台都能够及时地获知网络中新产生的组呼/广播和被释放的组呼/广播。
3. 论文针对专用模式、组接收模式和组发送模式下,GSM-R 移动台无法监听本小区 NCH 信道的问题提出了四种改进方案。详细设计了其中修改的协议栈的改进方法,可以在不明显影响通话效果的前提下适时监听本小区 NCH,接收新产生的组呼/广播,判断当前哪些组呼/广播已经结束。完善地实现了非空闲模式下移动台的查询和 eMLPP 处理等各项功能。
4. 论文提出了对 SACCH 和 PCH 消息的修改策略,通过网络通知过程的改进,在简化移动台的处理的同时完善移动台的通知监听。

由于时间和作者水平有限,本论文尚存在以下不足之处:

1. 由于条件限制,尚未对论文提出的专用模式、组接收模式和组发送模式下移动台监听本小区 NCH 信道的改进方案在实际协议栈中进行修改验证。
2. 对 SACCH 和 PCH 的修改只是在理论方面作了设计和分析,还没有在实际的 BSC 中进行修改实现和验证。

## 6.2 未来展望

随着我国铁路的信息化建设的发展，GSM-R 网络建设的规模越来越大。与之相适应的是，对 GSM-R 移动终端的应用需求不断扩大。目前国内几家厂商都在加紧 GSM-R 移动终端的研发进度。相信在不久的将来必将有多款国产 GSM-R 移动台投入使用。希望本文的工作能够对国内 GSM-R 移动台的自主研发起到一定的参考作用，使 GSM-R 移动台能够完善、可靠、方便、快捷地实现 GSM-R 所有强大功能。

下一步的工作包括：

1. 在实际 GSM-R 网络中验证本文提出的移动台在非空闲模式下通知监听的改进和网络侧下行消息的改进。
2. 通过修改 DSP，实现移动台收发信机以时隙为单位的控制。在专用模式、组接收模式和组发送模式下进行本小区 NCH 监听时，在收听完 NCH 时隙后，马上回到组呼信道收听话音，达到完全不影响通话效果的目的。
3. 进一步对 GSM-R 协议栈和芯片进行研究，争取在 GSM-R 移动台的研发上具有国产品牌的自主知识产权。

## 参考文献

- [1]钟章队,李旭,蒋文怡.铁路综合数字移动通信系统(GSM-R).北京.中国铁道出版社,2003.10, 10-11, 51-53, 226-291
- [2]钟章队,任静.对国内外 GSM-R 发展的研究.移动通信,2007,7.56-61
- [3]3GPP TS 42.068 V8.5.0 Voice Group Call Service (VGCS); Stage 1.7-13
- [4]3GPP TS 43.068 V8.3.0 Voice Group Call Service (VGCS);Stage 2
- [5]3GPP TS 42.069 V8.1.0 Voice Broadcast Service (VBS); Stage 1.6-10
- [6]3GPP TS 43.069 V8.0.0 Voice Broadcast Service (VBS);Stage 2
- [7]3GPP TS 23.003 V8.0.0 Numbering, addressing and identification.17-18
- [8]宋灏. GSM-R 语音组呼无线资源管理策略研究[硕士学位论文].北京.北京交通大学,2007.11. 15-16
- [9]王湘, 钟章队,《GSM-R 中语音组呼业务的研究和分析》, 中国铁路, 2005 年 1 期, 42-44
- [10]王玲玲, 钟章队,《GSM-R 中语音组呼业务和语音广播业务的分析》, 当代通信, 2003 年 20 期, 21-24
- [11]马全.GSM-R 系统中语音组呼和广播呼叫业务的设计及实现[硕士学位论文].南京.南京航空航天大学; 2006.17-35
- [12]韩斌杰.GSM 原理及其网络优化[M].北京:机械工业出版社,2001.8.20-49,111
- [13]Stack Overview Document.Revision 0.2.Skyworks.2003,5,15.3-8
- [14]3GPP TS 44.068 V7.2.0 Group Call Control (GCC) protocol
- [15]3GPP TS 44.069 V7.0.0 Broadcast Call Control (BCC) protocol
- [16]3GPP TS 44.006 V7.0.0 Mobile Station - Base Station System (MS - BSS) interface;Data Link (DL) layer specification
- [17]3GPP TS 44.018 V8.1.0 Mobile radio interface layer 3 specification;Radio Resource Control (RRC) protocol.26-127,131-374
- [18]3GPP TS 45.002 V7.6.0 Radio Access Network;Multiplexing and multiple access on the radio path.
- [19]3GPP TS 45.008 V7.11.0 Radio Access Network; Radio subsystem link control.17-26
- [20]3GPP TS 43.013 V7.0.0 Radio Access Network;Discontinuous Reception (DRX) in the GSM system.6-8
- [21]铁道部.GSM-R 数字移动通信网设备测试规范:第四部分:手持终端 (V1.0) .2007,3.36-42
- [22]UIC Project EIRENE Functional Requirements Specification V7.0.2006,5.51-64
- [23]UIC Project EIRENE System Requirements Specification V15.0.2006,5.71-87
- [24]UIC ERTMS/GSM-R Operators Group.GPH/OPH Functional test&validation.O-2647 1.2007, 1.37-40
- [25]3GPP TS 11.11 V8.14.0 Specification of the Subscriber Identity Module -Mobile Equipment (SIM - ME) interface.71-75
- [26]3GPP TS 24.008 V8.0.0 Mobile radio interface Layer 3 specification;Core network protocols; Stage 3.
- [27]3GPP TS 24.007 V7.0.0 Mobile radio interface signalling layer 3;General aspects

- [28]铁道部.GSM-R 数字移动通信网编号计划 (V2.0) .2006.10.
- [29]3GPP TS 22.067 V8.0.0 enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption service (eMLPP); Stage 1.7-16
- [30]3GPP TS 23.067 V7.1.0 enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption service (eMLPP) - Stage 2.6-10
- [31]3GPP TS 45.010 V7.4.0 Radio Access Network;Radio subsystem synchronization
- [32]中华人民共和国通信行业标准.900MHzTDMA 数字蜂窝移动通信网无线接口物理层规范.YD/T 855.22-1996.41-44
- [33]3GPP TS 43.022 V8.0.0 Radio Access Network;Functions related to Mobile Station (MS) in idle mode and group receive mode.32-34
- [34]3GPP TS 04.08 V7.21.0 Mobile radio interface layer 3 specification



## 附录 A

### 论文中出现的缩略语

AGCH	Access Grant Channel	接入允许信道
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number	绝对无线频率信道号
BCCH	Broadcast Control Channel	广播控制信道
BSC	Base Station Controller	基站控制器
BTS	Base Transceiver Station	基站收发信机
CC	Call Control	呼叫控制
CCCH	Common Control Channel	公共控制信道
DL	Datalink Layer	数据链路层
eMLPP	enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption service	增强的多优先级与强拆
GSM	Global System for Mobile Communication	全球移动通信系统
GSM-R	GSM for Railway	铁路 GSM
LAPDm	Link Access Protocol on the Dm channel	在 Dm 信道上的链路接入协议
MM	Mobile Management	移动性管理
MMI	Man Machine Interface	人机接口
MN	Mobile Network	移动网络层
MS	Mobile Station	移动台
MSC	Mobile service Switching Center	移动业务交换中心
NCH	Notification Channel	通知信道
NLN	Notification List Number	通知列表号
NLN Status	NLN Status	NLN 状态
PCH	Paging Channel	寻呼信道
PH	Phsicaly (Layer)	物理层
PS	Protocol Stack	协议栈
RR	Radio Resource	无线资源
SACCH	Slow Associated Control Channel	慢速随路控制信道
TCH	Traffic Channel	业务信道
UI	User Interface	用户接口
VBS	Voice Broudcast Service	语音广播业务
VGCS	Voice Group Call Service	语音组呼业务

## 作者简历

作者叶青，男，1983年4月2日出生于福建。自2002年起就读于北京交通大学电子信息工程学院通信工程专业，2006年本科毕业后，免试推荐到北京交通大学攻读通信与信息系统专业工学硕士，研究方向为无线通信。

作者在攻读硕士学位期间，研读了大量关于 GSM、GSM-R、GPRS 网络的标准和协议。期间适逢中国铁路通信系统的数字化改革和铁路 GSM-R 网络的跨越式大发展，作者参与了铁路 GSM-R 网络建设的部分工作，先后参与了“中国铁通 GSM-R 技术理论培训”、“车载通信单元 OCU 的功能测试”、“GSM-R 手持台研究开发”、“铁道部 GSM-R 手持台验收测试”等项目，对 GSM-R 手持台的研发与测试进行了大量相关的研究与分析工作。

作者在攻读硕士学位期间共发表论文 1 篇：

叶青，张小津.《GSM-R SIM 卡在铁路通信中的应用研究》.《铁道通信信号》.2008 年 6 期