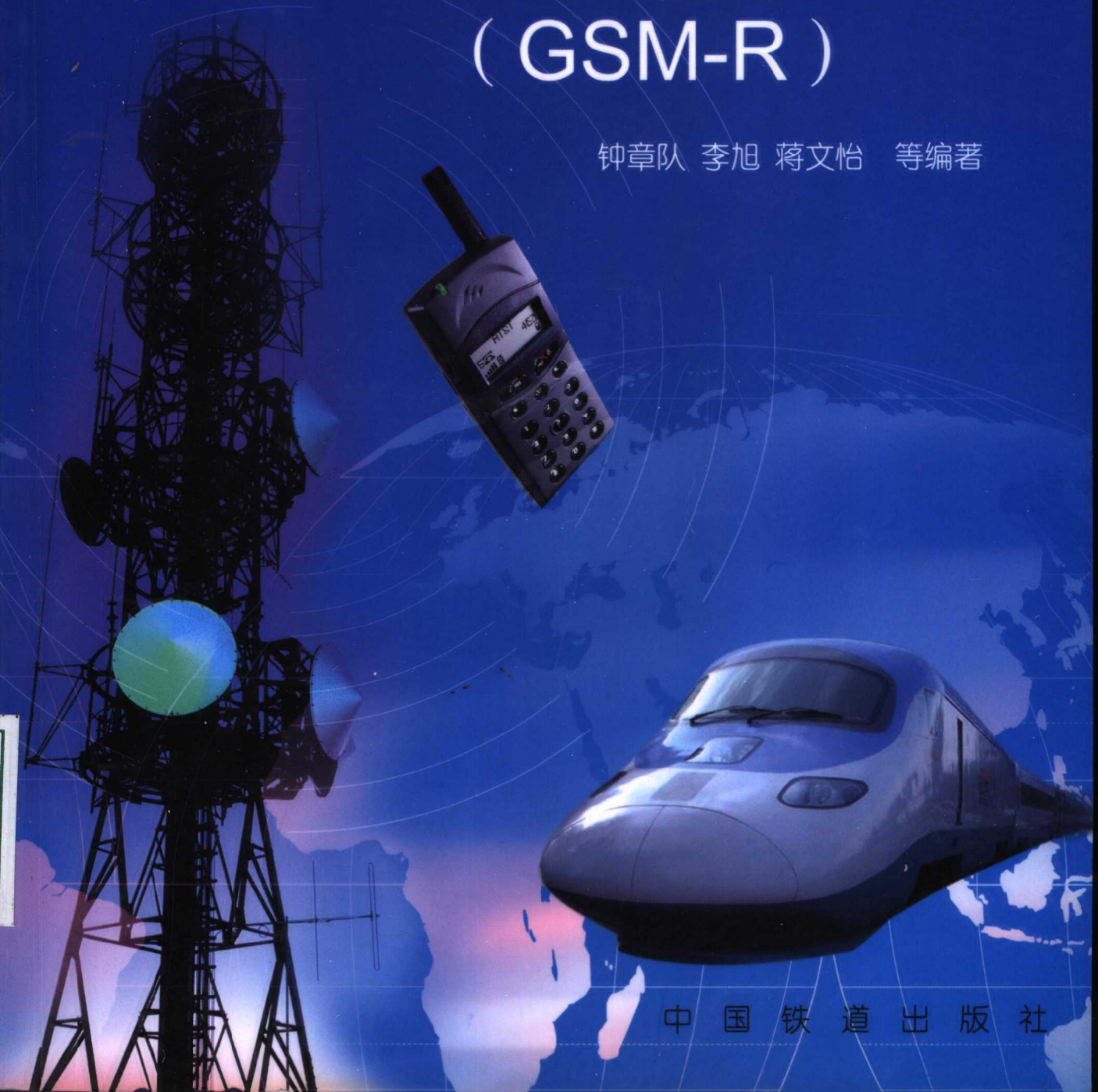


TIELU ZONGHE SHUZI YIDONG TONGXIN XITONG

铁路综合数字 移动通信系统 (GSM-R)

钟章队 李旭 蒋文怡 等编著



中国铁道出版社

铁路综合数字移动通信系统

(GSM-R)

钟章队 李 旭 蒋文怡 等编著

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 3 年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书围绕 GSM-R 标准规范以及铁路特殊业务和应用,参考了国内外的大量最新文献以及相应的研究成果,特别是欧洲各国铁路 GSM-R 进展和商用实施情况,对 GSM-R 的基本原理、网络结构、系统功能、工作过程、移动通信调度原理等进行详细阐述;结合中国铁路的运输需要,介绍 GSM-R 的铁路应用,描述编号、寻址原理及工程实现方法。全书共分 3 个部分,第一部分为 GSM-R 基础;第二部分为 GSM-R 集群调度业务与功能;第三部分为铁路特殊业务与应用。本书按照从易到难安排内容,突出了实用性,是相关技术人员、管理人员、高等院校相关专业的高年级本科生、研究生学习和了解 GSM-R 技术的参考书,也是研究铁路信息化、现代化的基础。

本书将直接服务于青藏铁路、高速铁路和客运专线的建设。

图书在版编目(CIP)数据

铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)/钟章队,李旭,蒋文怡等编著. —北京:中国铁道出版社,2003.9

ISBN 7-113-05498-6

I. 铁… II. ①钟…②李…③蒋… III. 时分多址-铁路通信:数字通信:移动通信 IV. U285.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 083454 号

书 名:铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)

作 者:钟章队 李 旭 蒋文怡 等编著

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:任 军 安颖芬

封面设计:冯龙彬

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:25.25 字数:613 千

版 本:2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 7-113-05498-6/TN·154

定 价:56.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:021—73146(路电) 发行部电话:021—73169(路电)

010—51873146(市电)

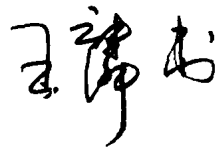
010—63545969(市电)

序

我国铁路正在朝高速铁路、客运专线方向发展。经过近几年的不断提速,120~160 km/h的快速铁路网已达到20 000余 km,广深线和秦沈客运专线的运营速度达到200 km/h以上。铁路提速和客运专线网络化、智能化、综合化的行车调度指挥系统需要高度可靠、高度安全、快速接入的铁路综合数字移动通信网络,以及透明、双向、大容量的车-地安全和调度指挥的信息传输平台。这些给通信信号技术的发展提供了巨大的机遇。

铁路的网络型特点决定了其现代化离不开信息化的支撑。铁路信息化是扩大运输市场、优化资源配置、提升服务质量、实现科学管理以及进行体制改革的基础,而铁路综合数字移动通信网络是铁路信息化的基础和重要组成部分。

作为铁路无线通信领域人才摇篮的北京交通大学正活跃着铁路移动通信技术研究开发和教学的中坚人物。他们不仅跟踪和推动铁路移动通信技术的最新发展,而且传播铁路移动通信的最新知识,并且将积累的知识以及研究成果汇集在这本《铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)》书中。该书比较全面地介绍了GSM-R技术,既有基本原理,又有较专业的技术细节,为从事该领域工作的技术人员提供理解和研究铁路信息化的基础。希望它能成为广大铁路工作者的良师益友。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王守' (Wang Shou), written in a cursive style.

2003.9.29

前 言

铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)是在 GSM 蜂窝系统上增加了调度通信功能和适合高速环境下使用要素的系统,能满足国际铁路联盟提出的铁路专用调度通信的要求。由于 GSM-R 可实现跨越国界的高速列车和一般列车之间的通信,能将现有的铁路通信应用融合到单一网络平台中,以减少集成和运行费用,而且 GSM-R 是由已标准化的设备改进而成,GSM 平台上已经提供了大量的业务,因而引入铁路专用的功能时,只需最低限度地改动,就能保证价格低廉、性能可靠地实现和运行。在 GSM Phase 2+ 中添加了 ASCI(高级语音呼叫业务)特性,能灵活地提供专网中所需的语音调度服务,如 VBS、VGCS 和 eMLPP,因此 GSM-R 是面向未来的技术,它将从广阔的 GSM 公网市场和 GSM 技术的不断演进中获益,具有巨大的发展空间。

本书围绕 GSM-R 标准规范以及铁路特殊业务和应用,参考了国内外的大量最新文献以及相应的研究成果,分 3 个部分对 GSM-R 的基本原理、GSM-R 集群调度业务与功能、铁路特殊业务与应用等做了较为详细的描述。全书共 22 章,突出了实用性,是相关技术人员、管理人员、高等院校相关专业的高年级本科生、研究生学习和了解 GSM-R 技术的参考书,同时也提供了 GSM-R 在铁路应用研究方面的基础。

本书由北京交通大学现代通信研究所编撰。其中,第 1 章由钟章队编写;第 2 章由陈姝、李旭编写;第 3 章、第 5 章由陈姝编写;第 4 章由陈姝、南海兰编写;第 6 章由李旭编写;第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 12 章、第 13 章由王湘编写;第 10 章、第 11 章、第 14 章、第 15 章、第 16 章由王玲玲编写;第 17 章、第 18 章由蒋文怡编写;第 19 章由涂华编写;第 20 章由沈建峰编写;第 21 章由于宏博、穆建成编写;第 22 章由张小津编写。全书由李旭校稿,钟章队审定。

作者感谢在本书写作过程中提供了大量帮助的铁道部有关部门,以及 Siemens、Kapsch、Sagem、Nortel、华为等公司。感谢北京交通大学的同事和研究生。正是他们的鼓励和帮助,才使得我们能够尽快地为读者奉献这样一本移动通信的专著。

作者期望读者对本书的错误或疏漏提出批评和指正,同时也真诚地希望与读者共同探讨铁路专用移动通信的有关问题,以促进中国铁路专用移动通信的繁荣和发展。

编 者

2003 年 9 月

目 录

第一部分 GSM-R 基础

第 1 章 GSM-R 发展概述	2
1.1 铁路无线通信的发展	2
1.1.1 我国铁路既有无线通信的现状	2
1.1.2 现代铁路运输对无线通信的要求	4
1.1.3 铁路综合数字移动通信网络在信息化中的地位	4
1.2 GSM-R 的发展历史	6
1.2.1 GSM-R 的提出	6
1.2.2 GSM-R 的发展	7
1.3 GSM-R 的发展模型	10
1.3.1 业务模型	10
1.3.2 GSM-R 网络概述	11
第 2 章 铁路数字移动通信原理	12
2.1 面状覆盖	12
2.1.1 小区形状	12
2.1.2 频率复用	13
2.1.3 干扰限制和防护	14
2.1.4 信道分配策略	15
2.1.5 话务量和呼损率	16
2.1.6 提高系统容量的方法	17
2.1.7 位置理论	19
2.2 线状覆盖	20
2.2.1 频率的分配	20
2.2.2 重叠区的确定	20
2.2.3 平衡设计	21
2.2.4 小区分层	21
2.3 蜂窝系统的评价指标	22
2.4 无线信道的特性	22
2.4.1 传播损耗	22
2.4.2 衰落	25
2.4.3 传播模型	25
2.5 传输技术	28

2.5.1 调制与解调	28
2.5.2 分集接收	30
2.5.3 信道均衡	32
2.5.4 语音的不连续传输	35
2.6 信息处理技术	38
2.6.1 语音编码技术	38
2.6.2 加密/解密技术	39
第3章 业 务	41
3.1 移动台的类型和业务的接入	41
3.2 电信业务的框架描述	42
3.2.1 电信业务的定义和分类	42
3.2.2 支持电信业务所需具备的能力	42
3.3 承载业务	43
3.4 终端业务	44
3.5 补充业务	46
3.6 铁路特定业务	49
第4章 网络结构和功能	51
4.1 概 述	51
4.2 BSS 结构和功能	53
4.2.1 BTS 结构和功能	54
4.2.2 BSC 结构和功能	54
4.2.3 TRAU 结构和功能	55
4.3 NSS 结构和功能	56
4.3.1 NSS 的基本结构和功能	56
4.3.2 NSS 内部功能实体间的接口	60
4.4 OSS 结构和功能	61
4.5 接口协议	61
4.5.1 Um 接口协议	62
4.5.2 Abis 接口协议	62
4.5.3 Ater 接口协议	63
4.5.4 A 接口协议	64
4.5.5 PSTN/ISDN/PSDN 接口协议	64
4.6 GSM-R 网络的互连	65
4.6.1 互连类型	65
4.6.2 互连方式	66
4.6.3 信令协议	67
4.7 用户数据管理	69
4.7.1 用户数据类型	69

4.7.2 用户数据管理	71
4.8 无线资源管理	72
4.9 移动性管理	73
4.9.1 位置更新	74
4.9.2 切换	74
4.9.3 漫游	75
4.10 连接管理	75
4.10.1 基本呼叫控制	76
4.10.2 补充业务呼叫控制	77
4.10.3 短消息	77
4.11 安全性管理	79
4.11.1 用户身份加密	79
4.11.2 用户身份鉴权	79
4.11.3 信令加密和用户信息加密	79
第5章 识别码和寻址	81
5.1 移动用户识别码	81
5.1.1 IMSI	81
5.1.2 TMSI	82
5.1.3 LMSI	82
5.2 移动台的编号方案	82
5.2.1 编号方案需求	82
5.2.2 MSISDN 的结构	82
5.2.3 用于 PSTN/ISDN 路由的移动台漫游号码	83
5.2.4 移动台国际用户数据号码的结构	83
5.2.5 切换号码	83
5.3 位置区识别码和基站识别码	83
5.3.1 位置区识别码的组成	83
5.3.2 基站识别码	83
5.3.3 漫游签约地区识别码	84
5.3.4 位置号码	84
5.4 MSC 识别码和位置寄存器识别码	84
5.5 移动台设备识别码和软件版本号	85
5.5.1 IMEI 的组成	85
5.5.2 IMEISV 的组成	85
5.5.3 分配原理	85
5.6 语音组呼和语音广播呼叫实体的识别	85
5.7 SCCP 子系统号码	86
5.8 地域化业务区识别码	86

第 6 章 空中接口的物理链路层	87
6.1 概 述	87
6.1.1 GSM-R 系统的主要接口	87
6.1.2 接口协议描述	87
6.1.3 空中接口的基本概念	88
6.2 信道与帧	89
6.2.1 信道配置	89
6.2.2 物理信道与逻辑信道	90
6.2.3 物理信道时隙结构与逻辑信道配置	93
6.2.4 帧偏离与定时提前量	98
6.3 信道编码和交织	99
6.3.1 信道编码	99
6.3.2 交织	100
6.3.3 全速率语音业务信道编码和交织	101
6.3.4 控制信道的编码和交织	103
6.4 LAPDm	105
6.4.1 帧结构	105
6.4.2 误码检测和纠错	105
6.4.3 复用和流量控制	106
第 7 章 无线测量	107
7.1 无线测量的参数定义	107
7.2 无线测量的流程	108
7.3 无线测量报告的周期	109
7.4 无线测量的数据类型	110
7.4.1 信号电平	110
7.4.2 通信质量	111
7.4.3 移动台与基站的绝对距离	111
7.4.4 优先级	112
7.5 不连续发射	112
7.6 标准平均	113
7.7 短 平 均	115
7.7.1 当前小区的短平均	115
7.7.2 相邻小区的短平均	117
7.8 测量数据丢失处理	117
7.8.1 准则 1	117
7.8.2 准则 2	118
7.8.3 准则 3	118
7.8.4 准则 4	118

7.8.5 参数 CellDeletionCount	119
第 8 章 RACH 和 PCH 信道控制	121
8.1 参 数	121
8.2 接 入 级	122
8.3 RACH 信道控制	123
8.4 PCH 信道控制	124
8.4.1 寻呼控制参数	124
8.4.2 寻呼过程的控制	126
8.4.3 进入小区的呼叫控制	126
第 9 章 功率控制	127
9.1 发射功率的参数定义	127
9.2 移动台功率控制	128
9.3 基站功率控制	129
9.4 语音组呼和语音广播呼叫的功率控制	130
9.5 功率控制与切换	130
9.6 功率控制算法	130
9.6.1 逐步算法	131
9.6.2 一步算法	131
9.6.3 增强的一步算法	132
第 10 章 小区选择	134
10.1 参 数	134
10.2 网络选择	134
10.3 初始化小区选择	135
10.3.1 C1 准则	135
10.3.2 根据移动台的阶段选择优先级	136
10.3.3 初始化小区选择过程	138
10.4 小区重选	138
10.4.1 根据移动台的阶段重选小区	138
10.4.2 第二阶段移动台的重选参数 C_2	139
10.4.3 TemporaryOffset 的作用	140
10.4.4 CellReselectOffset 的作用	140
10.4.5 CellReselectHysteresis 的作用	141
10.4.6 RxLevAccessMin 的作用	142
10.4.7 系统消息	143
10.5 扩展 BCCH	145
10.6 两个 BCCH 分配列表的管理	145
10.7 空闲模式下相邻小区的频段	146

第 11 章 越区切换	147
11.1 参 数	147
11.2 概 述	148
11.2.1 基本原理	148
11.2.2 越区切换准则	149
11.2.3 越区切换中的优先级	149
11.2.4 越区切换的类型	150
11.2.5 同步	150
11.3 小区内的越区切换	152
11.3.1 小区内越区切换	152
11.3.2 多层小区	152
11.3.3 干扰类型	154
11.4 目标小区的排队处理	155
11.4.1 在相邻小区上的接入电平(EXP1)	156
11.4.2 功率估计公式(EXP2)	157
11.4.3 参数 $HOMarginXX(n)$ 的意义	157
11.4.4 小区的优先级	158
11.4.5 可用小区列表	159
11.5 小区间越区	159
11.5.1 切换准备	159
11.5.2 命令重试	161
11.5.3 捕获切换	162
11.5.4 质量切换	164
11.5.5 电平切换	165
11.5.6 门限值的调节	165
11.5.7 距离切换	166
11.5.8 功率估计切换	167
11.5.9 业务切换	172
11.6 切换的成功与失败以及强迫切换	173
11.6.1 执行切换中失败	173
11.6.2 切换失败后的最短时间	174
11.6.3 乒乓式切换的一般保护	174
11.6.4 强迫切换	176
第 12 章 通信监督	177
12.1 参数定义	177
12.2 对距离的监督	177
12.2.1 非扩展小区	177
12.2.2 扩展小区	178

12.3 对无线信道的监督·····	179
12.3.1 对下行链路的监督·····	179
12.3.2 对上行链路的监督·····	179
12.4 对移动台的监督·····	181
12.5 基站对无线资源的监督·····	181
第 13 章 处理流程 ·····	182
13.1 小区选择·····	182
13.2 信道分配·····	182
13.3 鉴 权·····	183
13.3.1 鉴权原理·····	183
13.3.2 鉴权流程·····	183
13.4 加 密·····	185
13.4.1 加密原理·····	185
13.4.2 加密流程·····	185
13.5 位置更新·····	186
13.5.1 第一次位置更新·····	186
13.5.2 VLR 内部位置更新 ·····	187
13.5.3 VLR 之间的位置更新 ·····	188
13.6 IMSI 附着 ·····	189
13.7 IMSI 分离 ·····	189
13.8 移动台发起呼叫·····	190
13.9 移动台接收呼叫·····	191
13.9.1 寻呼流程·····	191
13.9.2 移动台接收呼叫流程·····	192
13.10 呼叫释放 ·····	193
13.10.1 移动用户发起呼叫释放 ·····	193
13.10.2 固网用户发起呼叫释放 ·····	194
13.11 越区切换 ·····	195
13.11.1 BSC 内部切换 ·····	196
13.11.2 BSC 之间的切换 ·····	197
13.11.3 MSC 之间的切换 ·····	198

第二部分 GSM-R 集群调度业务与功能

第 14 章 增强多优先级与强拆(eMLPP)业务 ·····	202
14.1 定义和缩写·····	202
14.2 eMLPP 业务概述 ·····	202
14.2.1 eMLPP 的优先级 ·····	203

14.2.2 eMLPP 的呼叫建立时间	204
14.2.3 eMLPP 的资源抢占	204
14.2.4 eMLPP 解决的问题	205
14.3 ISDN MLPP 业务	206
14.3.1 业务描述	206
14.3.2 业务的签约和撤销	207
14.3.3 正常规程的调用和操作	207
14.3.4 互连互通的考虑	207
14.3.5 与其他补充业务的结合	207
14.4 eMLPP 业务的实现	208
14.4.1 优先级选择	208
14.4.2 被叫用户对优先级呼叫的处理和操作	208
14.4.3 业务实现过程	209
14.4.4 eMLPP 业务与其他补充业务的结合	210
14.4.5 eMLPP 业务在网络互连中的处理	211
14.5 eMLPP 业务的信息存储	211
14.5.1 HLR 中存储的信息	211
14.5.2 VLR 中存储的信息	212
14.5.3 MSC 中存储的信息	212
14.5.4 GCR 中存储的信息	212
14.5.5 SIM 卡中存储的信息	212
14.6 eMLPP 的业务功能	213
14.6.1 签约	213
14.6.2 建立呼叫	213
14.6.3 强拆功能	215
14.6.4 越区切换时的强拆	215
14.7 eMLPP 的信令流程	216
14.7.1 与信令有关的呼叫	216
14.7.2 与信令无关的呼叫	220
14.7.3 无线接口上的信息流	220
第 15 章 语音组呼业务(VGCS)	226
15.1 定义和缩写	226
15.2 VGCS 概述	227
15.2.1 VGCS 的基本概念	227
15.2.2 VGCS 无线信道资源分配的 2 种方案	229
15.2.3 传输结构	230
15.2.4 VGCS 通信中使用的号码	232
15.2.5 组接收模式	233
15.2.6 组发送模式	235

15.2.7 数据保密性	235
15.2.8 与其他补充业务的结合	235
15.3 VGCS 对系统的需求	237
15.3.1 VGCS 对网元的要求	237
15.3.2 VGCS 对移动终端的要求	240
15.3.3 VGCS 对会议桥的要求	241
15.3.4 VGCS 对 Um 接口的需求	243
15.3.5 VGCS 对 A 接口的需求	247
15.4 VGCS 的会话过程	251
15.4.1 语音组呼建立过程	251
15.4.2 语音组呼通知过程	253
15.4.3 语音组呼通话过程	254
15.4.4 离开语音组呼	255
15.4.5 越区切换	255
15.4.6 终止语音组呼	256
15.4.7 高优先级 VGCS 的确认过程	256
15.4.8 信令流程	257
15.5 组呼控制(GCC)	262
15.5.1 概述	262
15.5.2 组呼控制的状态	262
15.5.3 建立组呼的控制过程	265
15.5.4 在组呼激活状态期间的控制过程	267
15.5.5 组呼释放、放弃和终止的控制过程	267
15.5.6 状态控制过程	268
第 16 章 语音广播呼叫业务(VBS)	269
16.1 定义和缩写	270
16.2 VBS 概述	270
16.2.1 VBS 的基本概念	270
16.2.2 无线信道资源分配	272
16.2.3 传输结构	272
16.2.4 数据保密性	273
16.2.5 与其他补充业务的结合	273
16.3 VBS 对系统的需求和应用	274
16.3.1 VBS 对网元的需求	274
16.3.2 VBS 对终端的需求	276
16.3.3 VBS 对会议桥的需求	277
16.3.4 VBS 对 Um 接口的需求	277
16.3.5 VBS 对 A 接口的需求	279
16.4 VBS 的会话过程	280

16.4.1 广播呼叫建立过程·····	280
16.4.2 VBS 通话过程 ·····	282
16.4.3 离开广播呼叫·····	282
16.4.4 终止广播呼叫·····	282
16.4.5 信令流程·····	282
16.5 广播呼叫控制(BCC)·····	286
16.5.1 概述·····	286
16.5.2 建立广播呼叫的控制过程·····	287
16.5.3 在广播呼叫激活状态和组接收模式激活期间的控制过程·····	289
16.5.4 广播呼叫释放、放弃和终止的控制过程 ·····	289
16.5.5 状态控制过程·····	290

第三部分 铁路特殊业务与应用

第 17 章 功能寻址 ·····	292
17.1 号码计划·····	292
17.2 GSM-R 功能寻址的实现 ·····	293
17.2.1 功能寻址的过程·····	293
17.2.2 USSD 串格式举例 ·····	298
17.2.3 编号方案对功能号的体现·····	300
17.2.4 中国铁路的特殊情况及其解决方案·····	304
第 18 章 基于位置的寻址 ·····	307
18.1 概 述·····	307
18.2 接口描述·····	308
18.3 信息存储·····	310
18.4 基于 GSM-R 的列车位置跟踪解决方案 ·····	310
18.4.1 无线列调对列车位置跟踪的需求·····	310
18.4.2 基于 GSM-R 的 LCS 的列车位置跟踪的实现·····	310
18.4.3 基于小区广播业务的列车位置跟踪·····	313
第 19 章 无线列调 ·····	317
19.1 无线列调系统简介·····	317
19.2 无线列调系统的功能和制式·····	317
19.3 无线列调系统的现状·····	318
19.3.1 同频单工电台组成的无线列调系统·····	318
19.3.2 半双工独立同步设备组成的无线列调系统·····	318
19.3.3 单双工兼容制无线列调系统·····	320
19.4 无线列调系统存在的问题·····	320

19.5 采用 GSM-R 网络实现无线列调功能	321
19.5.1 GSM-R 满足无线列调需求的功能和业务	321
19.5.2 组网方式	322
19.5.3 无线列调功能实现	323
19.6 GSM-R 无线列调系统的优势	328
19.7 无线列调功能的演进和发展	329
第 20 章 调度数据和旅客服务信息传输通道	330
20.1 概 述	330
20.2 系统结构	330
20.2.1 实体定义	330
20.2.2 系统组成	330
20.2.3 系统拓扑结构和物理设备接口	332
20.2.4 系统分层结构	333
20.3 接口数据格式	333
20.3.1 关于接口的说明	333
20.3.2 接口上的数据格式	333
20.4 应用子系统举例	334
20.4.1 概述	334
20.4.2 GPS	334
20.4.3 调度指令	336
20.4.4 无线环境监测	336
20.4.5 移动售票	338
20.4.6 列车移动互联网	338
20.4.7 其他系统	341
第 21 章 安全数据通道	342
21.1 安全层的业务定义	342
21.1.1 安全层的业务模型	342
21.1.2 安全层提供的业务	342
21.2 安全层协议	343
21.2.1 安全层功能	343
21.2.2 通信过程	345
21.2.3 SaPDU 的结构和编码	347
21.2.4 状态转移图	350
21.3 安全层协议管理	351
21.3.1 配置管理	351
21.3.2 错误管理	352

第 22 章 SIM 卡	354
22.1 SIM 卡概述	354
22.2 SIM 卡的结构和特性	354
22.3 SIM 卡对数据存储的要求	355
22.4 SIM 卡的软件特性和硬件要求	355
22.4.1 SIM 卡的软件特性	355
22.4.2 SIM 卡的硬件要求	356
22.5 SIM 卡的保密算法和密钥	356
22.6 GSM-R SIM 卡上的数据	356
22.7 SIM 卡的安全传输和存取条件	357
22.8 SIM 卡的文件系统	357
22.8.1 SIM 文件系统特性	357
22.8.2 SIM 文件系统结构	357
22.9 GSM-R SIM 卡上的数据文件	358
22.9.1 GSM 必选基本文件 EF	358
22.9.2 GSM-R 要求的可选 GSM 基本文件 EF	359
22.9.3 GSM-R 要求的特定文件(EIRENE 文件)	364
22.9.4 编号方案	372
22.10 SIM 卡的管理	374
22.10.1 终端管理	374
22.10.2 空中激活管理	374
22.10.3 SIM 工具箱	375
22.11 SIM 锁定	375
附 录 缩略语	376
参考文献	383