

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T 423—2025

中、短波数字声音广播技术规范

Technical specification for digital audio broadcasting in MF and HF band

2025 - 07 - 29 发布

2025 - 07 - 29 实施

国家广播电视总局 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语、约定和符号	2
4.1 缩略语	2
4.2 约定	4
4.3 符号	4
4.4 运算符号	4
5 系统描述	5
5.1 综述	5
5.2 传输模式	5
6 复用	7
6.1 概述	7
6.2 MSC	8
6.3 FAC	9
6.4 SDC	12
6.5 文本信息应用	26
6.6 包模式	27
6.7 数据广播	32
7 信道编码与调制	38
7.1 概述	38
7.2 传输复用适配和能量扩散	39
7.3 编码	42
7.4 星座映射	53
7.5 编码在信道上的应用	57
7.6 MSC 符号交织	59
7.7 MSC 符号在传输超帧结构上的映射	60
8 传输结构	62
8.1 OFDM 调制	62
8.2 子载波索引	62
8.3 导频	63
8.4 控制子载波	69

8.5 数据子载波	71
8.6 同播传输	71
9 系统功能证实方法	71
9.1 概述	71
9.2 证实方法	71
附录 A (资料性) 逻辑帧到复用帧的映射	72
附录 B (资料性) MSC 构造实例	74
附录 C (资料性) 业务标识指配	78
C.1 概述	78
C.2 国内业务	78
C.3 国际业务	78
附录 D (规范性) 循环冗余校验码的计算方法	79
附录 E (资料性) 可替换频率信息传输时间的使用说明	80
附录 F (资料性) 可替换频率以及通告信号	81
F.1 概述	81
F.2 使用可替换频率信号的可能性	81
F.3 使用通告特性的可能性	82
F.4 用于可替换频率信号以及通告的 SDC 数据实体总览	82
F.5 用于可替换频率信号的 SDC 数据实体及设置	84
F.6 用于通告的 SDC 数据实体及设置	84
附录 G (规范性) 输入比特数	86
附录 H (资料性) 同播、可替换源和增强信号传输	92
参考文献	95

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国广播电视和网络视听标准化技术委员会（SAC/TC 239）归口。

本文件起草单位：国家广播电视总局广播电视科学研究院、国家广播电视总局无线电台管理局、中国传媒大学、云南省广播电视局、内蒙古自治区广播电视局、河北省广播电视科学技术研究所、青海省广播电视局、北京海尔集成电路设计有限公司、北京北广科技股份有限公司、北京西姆瑞通科技有限公司。

本文件主要起草人：余方毅、张荣建、王翺、赵长青、李武银、盛国芳、张轩、熊吕剑、李国强、杨明、张智慧、孙伟、高原、李刘奇、曹毅、耿书华、闫子熙、马玉忠、胡洋、梁富林、张长青、肖云竹、刘金源。

引 言

ITU-R BS. 1514 《System for digital sound broadcasting in the broadcasting bands below 30MHz》定义了DRM和IBOC DSB两种工作在30MHz以下的数字声音广播系统，其中IBOC DSB系统工作于中波频段，DRM可工作于短波和中波频段。由于ITU-R BS. 1514仅对DRM系统进行了摘要性的描述，DRM技术细节主要在ETSI ES 201 980 v4.1.2 《Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification》中进行定义。

本文件主要参考了ETSI ES 201 980 v4.1.2《Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification》数字声音广播相应标准，并结合国际和国内有关数字声音广播的试验和应用的情况，从我国国情的实际出发编制的。

本文件与ETSI EN 201 980的主要区别在于：本文件的数字声音广播的工作频段为中、短波频段，未采用ETSI EN 201 980 v4.1.2所定义的鲁棒模式E，未采用该标准中音频编码的详细内容。

中、短波数字声音广播技术规范

1 范围

本文件规定了中、短波广播频段范围内，地面数字声音广播系统的复用、信道编码和调制技术。
本文件适用于中、短波数字声音广播系统的设计、开发、建设、测试和运行维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2312—1980 信息交换用汉字编码字符集 基本集

GB/T 13000—2025 信息技术 通用编码字符集（UCS）

GB 18030—2022 信息技术 中文编码字符集

ISO 639:2023 独立语种及语种组代码（Code for individual languages and language groups）

ISO 3166（所有部分） 国家及其地区的名称代码（Codes for the representation of names of countries and their subdivisions）

ISO/IEC 8859-1 信息技术 8位单字节编码图形字符集 第1部分：1号拉丁字母（Information technology - 8-bit single-byte coded graphic character sets -Part 1: Latin alphabet No. 1）

IEC 62106-2:2021 频率范围为64.0MHz~108.0MHz的VHF/FM声音广播用无线电数据系统（RDS）-第2部分：消息格式：RDS的编码和定义（Radio Data System (RDS)-VHF/FM sound broadcasting in the frequency range from 64,0 MHz to 108,0 MHz-Part 2: Message format: coding and definition of RDS features）

ETSI TS 101 968 DRM数据应用目录（Digital Radio Mondiale (DRM); Data applications directory）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

传输帧 transmission frame

由连续的OFDM符号组成，在第一个OFDM符号中包含时间参考。

3.2

传输超帧 transmission super frame

由三个连续的传输帧组成，第一个传输帧中包含业务描述信道信息。

3.3

复用帧 multiplex frame

封装了所有业务的数据帧。

3.4

交织 interleaving

改变数据或数据块的发送顺序，以便能更好地抵抗连续突发误码。

3.5

快速接入信道 fast access channel; FAC

提供用于业务搜索和解复用所需的信道参数信息以及用于快速扫描的基本服务选择等必要信息。

3.6

可替换频率信息 alternative frequency information

用于描述与当前数字广播服务中部分或全部复用业务具有相同业务内容的其他的广播播出频率，为接收端在当前频率出现接收问题时迅速切换到该频率上提供信息指导。

3.7

逻辑帧 logical frame

由时间长度为400ms的音频流或数据流数据构成。

3.8

能量扩散 energy dispersal

为降低由于系统规范特征造成的传输信号出现有害的规则性变化的可能性，对逻辑帧中比特的进行特定的随机化处理。

3.9

同播 simulcast

一种数字广播信号与模拟调幅信号按照指定的频谱设置方式同时发射的方式。

3.10

业务描述信道 service description channel; SDC

提供用于解出复用流中业务的信息。

3.11

主业务信道 main service channel; MSC

占传输帧主要部分的信道，它传输了所有的数字音频业务分量以及可能的支持性和附加性数据业务分量。

3.12

子载波 sub_carrier

OFDM符号中一个持续时间为 T_s 、具有指定幅度和相位的正弦波。

注：子载波分为导频、控制子载波和数据子载波。

4 缩略语、约定和符号

4.1 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AAC 高级音频编码 (Advanced Audio Coding)
 AFS 可替换频率切换 (Alternative Frequency Switching)
 AM 调幅 (Amplitude Modulation)
 AMSS 幅度调制信令系统 (Amplitude Modulation Signalling System)
 AVI 音频视频交错格式 (Audio Video Interleaved)
 bs1bf 比特串, 左比特位为首位 (bit string, left bit first)
 CA 条件接收 (Conditional Access)
 CC 国家码 (Country Codes)
 CDR 融合数字广播 (Convergent Digital Broadcasting)
 CI 连续性索引 (Continuity Index)
 CIRAF 国际无线电频率分配委员会 (Committee for International Radio Frequency Allocations)
 CRC 循环冗余校验 (Cyclic Redundancy Check)
 DIP 数据接口包 (Data Interface Packet)
 DSB 双边带 (Double SideBand)
 ECC 扩展国家码 (Extended Country Code)
 EEP 均匀误码保护 (Equal Error Protection)
 FEC 前向纠错 (Forward Error Correction)
 FM 调频 (Frequency Modulation)
 GIF 图形交互格式 (Graphics Interchange Format)
 HF 高频 (High Frequency)
 HFCC 高频协调委员会 (High Frequency Coordinating Committee)
 HM_{mix} 混合分级映射 (mixed Hierarchical Mapping)
 HM_{sym} 对称分级映射 (symmetrical Hierarchical Mapping)
 HTML 超文本标记语言 (Hyper Text Markup Language)
 ID 标识 (Identification)
 ILS 国际联动集 (International Linkage Set)
 JPEG 联合图形专家组 (Joint Photographic Experts Group)
 LSb 最低有效比特 (Least Significant bit)
 LSN 联动集号 (Linkage Set Number)
 MF 中频 (Medium Frequency)
 MJD 修正的儒略日期 (Modified Julian Date)
 MLC 多级编码 (Multi-level Coding)
 MPEG 移动图像专家组 (Moving Pictures Expert Group)
 MSb 最高有效比特 (Most Significant bit)
 MTU 最大传输单元 (Maximum Transmission Unit)
 OFDM 正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplex)
 PCM 脉冲编码调制 (Pulse Code Modulation)
 PI 节目标识 (Programme Identifier)
 PNG 便携式网络图形 (Portable Network Graphics)
 PPI 填充包指示 (Padded Packet Indicator)
 PRBS 伪随机二进制序列 (Pseudo-Random Binary Sequence)
 QAM 正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation)
 RDS 无线电数据系统 (Radio Data System)

RS 里德-所罗门 (Reed-Solomon)
 SBR 频段复制 (Spectral Band Replication)
 SM 标准映射 (Standard Mapping)
 SPP 标准保护部分 (Standard Protected Part)
 UEP 非均匀误码保护 (Unequal Error Protection)
 UTC 世界基准时间 (Co-ordinated Universal Time)
 UTF Unicode的转换格式 (Unicode Transformation Format)
 uimsbf 无符号整数高位在先 (unsigned integer most significant bit first)
 VSPP 超强保护部分 (Very Strongly Protected Part)
 xHE-AAC 扩展的高性能AAC (eXtended HE-AAC)

4.2 约定

Rfa 保留, 所有位设置为0, 接收机端无需解码这些比特位。

Rfu 保留, 所有位设置为0, 接收端需要解码这些比特位以确定同一范围内其他字段的有效状态。

在图中, 左手位置显示的位是第一位。

在表中, 左手位置显示的位是第一位。

在数字字段中, MSb是一个字节的第一位, 并用较大的数字表示。例如, 单个字节的MSb表示为“b7”, LSb表示为“b0”。

在向量 (数学表达式) 中, 具有最低索引的位是第一位。

4.3 符号

下列符号适用于本文件。

f_R 发射信号的参考频率

k OFDM符号中子载波索引

$K_{\max}$ OFDM信号最高子载波索引值

$K_{\min}$ OFDM信号最低子载波索引值

L_{mux} 多级编码中单个复用帧的输入比特数

N_{mux} 一个复用帧所包含的主业务信道数据的子载波 (QAM符号) 数

T 单位时间

T_f 传输帧持续时间

T_g 保护间隔持续时间

T_s OFDM符号周期

T_{sf} 传输超帧持续时间

T_u OFDM数据体持续时间

4.4 运算符号

/ 整除运算

$\text{mod}(a, b)$ a对b取余数

$e^{(\cdot)}$ 指数函数

j 虚数单位, $j^2 = -1$

$\text{Re}\{\}$ 复数的实部

$\oplus$ 异或运算

$\otimes$ 卷积运算

- $\lceil \rceil$ 向正无穷大方向取整
 $\lfloor \rfloor$ 向负无穷大方向取整

5 系统描述

5.1 综述

中、短波数字声音广播系统通过数字编码调制技术实现数字音频广播业务和数据业务的播出，其系统结构图见图 1。

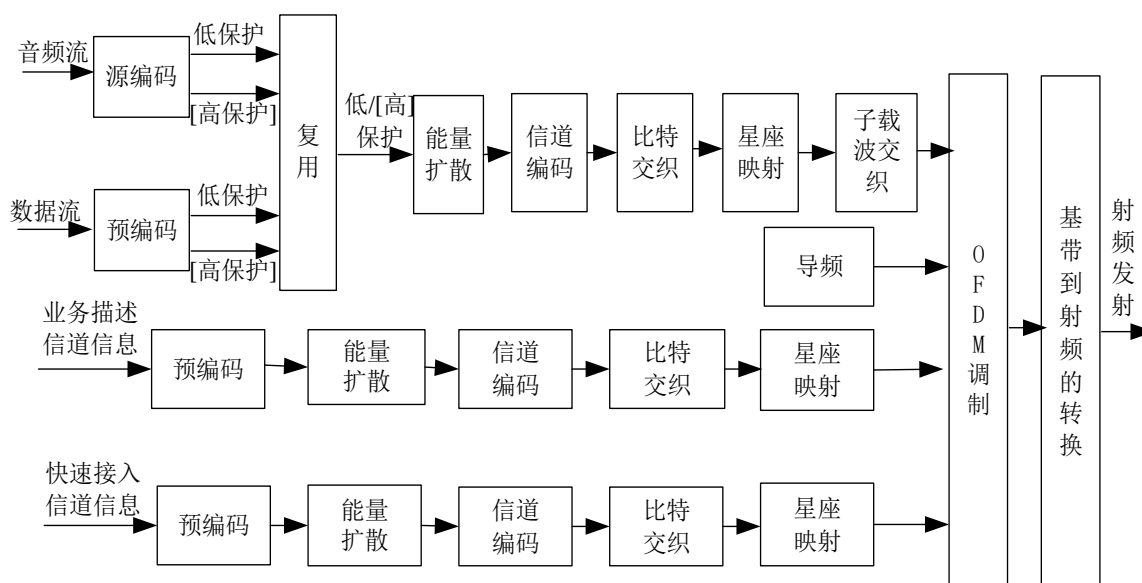


图1 中、短波数字声音广播系统结构框图

源编码器和预编码器将输入流适配至适当的数字传输格式，其中，源编码器对输入的音频流进行压缩编码，预编码器用于将输入数据流调整为合适的数字传输格式。由于中、短波数字声音广播系统支持 MLC 技术，因此在采用 MLC 时，预编码器应能输出信道编码处理所需要的高保护部分和低保护部分，其中高保护部分对应高优先级比特，低保护部分对应低优先级比特。

中、短波数字声音广播系统可同时传输多路音频流、数据流，各音频流和数据流可使用不同保护等级组织成复用帧。

广播信道中的业务数据、业务描述信道信息和快速接入信道信息分别在物理层中的 MSC、SDC 和 FAC 承载，其中业务数据是来自复用帧的数据，业务描述信息是复用流中各种业务的描述信息，快速接入信道信息是信道编码调制方式、频谱占用等信息。

由音频流和数据流组成的主业务信道数据进行能量扩散、信道编码、星座映射和符号交织，业务描述信道信息和快速接入信道信息分别经过预编码、能量扩散、信道编码和星座映射，与导频信息复接在一起进行 OFDM 调制，调制后的信号再经过基带至射频变换后发射。

5.2 传输模式

5.2.1 信号带宽相关参数

中、短波频段地面数字声音广播系统可工作在 6 种带宽模式下，对应频谱占用模式 0、1、2、3、4 和 5。6 种带宽模式分别为：

- a) 常规带宽（9kHz 和 10kHz），系统工作在此带宽模式下，可不改变当前的频率规划；
 - b) 半带宽（4.5kHz 或 5kHz），系统工作在此带宽模式下，可以与现有模拟信号同播；
 - c) 双倍带宽（18kHz 或 20kHz），系统工作在此带宽模式下，可具备更大的传输容量。
- 6 种频谱占用模式和信号带宽模式的关系见表 1，不同频谱占用模式见图 2 和图 3。

表1 频谱占用模式与信号带宽的关系

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
信道带宽（kHz）	4.5	5	9	10	18	20

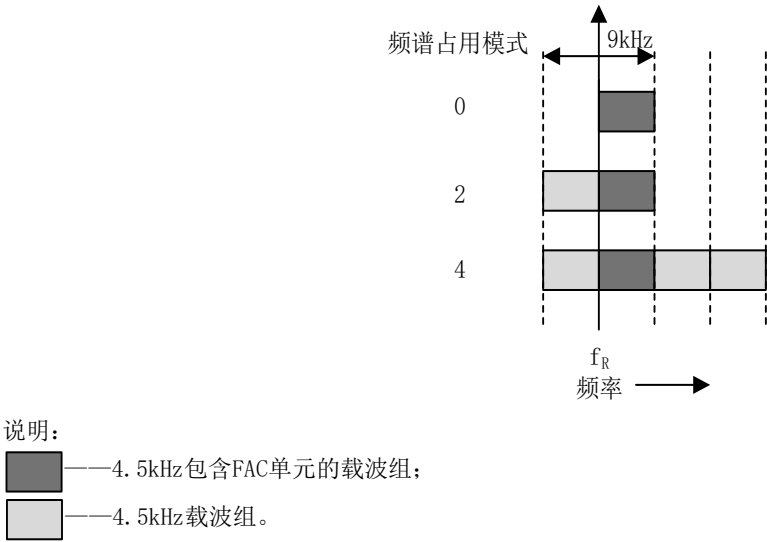


图2 9kHz 信道频谱占用模式示意图

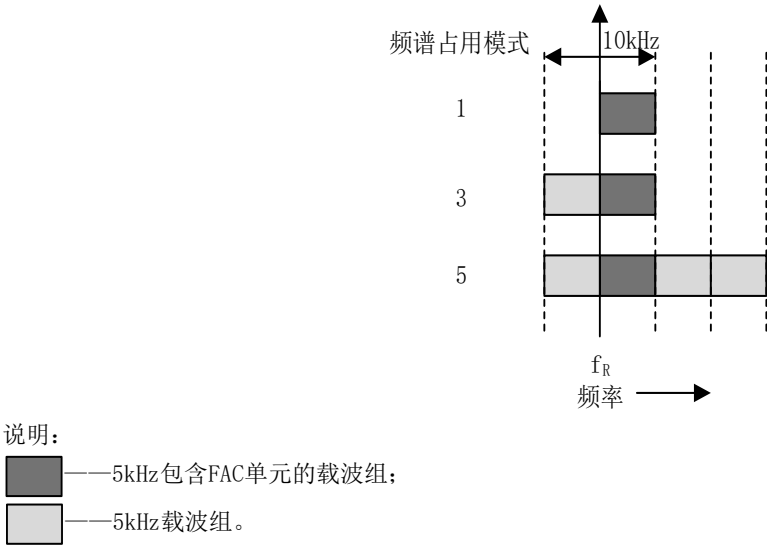


图3 10kHz 信道频谱占用示意图

5.2.2 传输效率相关参数

5.2.2.1 编码率和星座映射参数

系统为每个业务或一个业务的一部分提供需要的保护等级，可以采用一个或两个保护等级。由信道编码码率、星座映射方式或者分级调制确定所采用的保护等级。

5.2.2.2 OFDM 符号参数

系统支持 A、B、C、D 四种鲁棒模式，其适用的传输环境见表 2。

表2 不同鲁棒模式适用的传输环境

鲁棒模式	典型传输环境
A	高斯信道，同时存在较小的信道衰落
B	时间、频率选择性信道，存在较大传输延时
C	和模式 B 相同，存在较大的多普勒扩展
D	和模式 B 相同，具有严重的时延和多普勒扩展

传输信号由连续的 OFDM 符号组成，每个 OFDM 符号由保护间隔和有用信号组成。每个 OFDM 符号可看作若干相等频率间隔的正弦波集合。每个正弦波称做一个单元，具有特定的幅度和相位，与相应位置的一个子载波相对应。每个子载波具有专门的索引号 k ($k \in [K_{\min}, K_{\max}]$)。索引号 $k=0$ 的位置对应着传输信号的参考频率。

各鲁棒模式的 OFDM 符号参数应符合表 3 的规定，在四种鲁棒模式下传输帧的长度均为 400ms。定义单位时间 $T=83^{1/3}\mu\text{s}$ ，各种与时间相关的参数值可以用 T 的倍数或者毫秒数来表示。

表3 OFDM 符号参数

参数	符号	鲁棒模式			
		A	B	C	D
OFDM 数据体长度 (ms)	T_u	24 ($288 \times T$)	$21^{1/3}$ ($256 \times T$)	$14^{2/3}$ ($176 \times T$)	$9^{1/3}$ ($112 \times T$)
数据体循环前缀长度 (ms)	T_g	$2^{2/3}$ ($32 \times T$)	$5^{1/3}$ ($64 \times T$)	$5^{1/3}$ ($64 \times T$)	$7^{1/3}$ ($88 \times T$)
T_g/T_u	—	1/9	1/4	4/11	11/14
OFDM 符号周期 (ms)	$T_s=T_u+T_g$	$26^{2/3}$	$26^{2/3}$	20	$16^{2/3}$
传输帧长度 (ms)	T_f	400	400	400	400
每个帧的 OFDM (符号数)	N_s	15	15	20	24

6 复用

6.1 概述

中、短波数字声音广播系统包含 MSC、FAC 和 SDC 三个信道。MSC 承载所有的业务数据；FAC 承载业务相关参数和信道相关参数；SDC 承载多种与业务本身相关的信息，包括业务数据的解码信息、相同数据替换源信息和业务复用信息等。

中、短波数字声音广播系统在一个频点上支持 1~4 个业务进行复用，业务类型可以是音频也可以是数据。

6.2 MSC

6.2.1 结构

MSC 承载了复用后所有业务的数据，MSC 总比特率依赖于信道带宽和传输模式。

MSC 由 1 个~4 个基本流（流 0，流 1，流 2，流 3）组成，基本流可以是音频流也可以是数据流。音频流由压缩音频数据组成，并可携带文本信息。数据流最多可包含四个由数据包组成的数据子流。每个数据子流携带一个业务的数据包。一个音频业务包含一个音频流或一个音频流和一到四个数据流（或数据子流）。一个数据业务包括一个数据流或者一个数据子流。

逻辑帧长度为 400ms，每个逻辑帧由高保护部分和低保护部分组成，两部分的长度被独立地定义。通过对高、低保护部分设置不同的保护等级以实现流的 UEP。

参与复用的各个基本流的逻辑帧按照一定映射规则形成持续期为 400ms 的复用帧。如果存在分级调制，流 0 的逻辑帧将被映射成分级调制帧。

复用的相关参数与配置信息在 SDC 中描述，由于一个传输超帧只包含一个 SDC 块，所以在传输超帧边界处可以实现复用的重新配置。

逻辑帧到复用帧映射的示例见附录 A。

6.2.2 MSC 的构造

6.2.2.1 概述

MSC 承载来自复用帧的数据，如果采用分级调制，MSC 还将承载分级调制帧。复用帧和分级调制帧作为输入被独立传送至信道编码。

6.2.2.2 复用帧

来自各个非分级调制基本流的逻辑帧组合在一起形成复用帧，每个逻辑帧通常包含高保护部分和低保护部分。复用帧的构造方法如下：

取出最低标号基本流（不使用分级调制时是流 0，使用分级调制时是流 1）逻辑帧高保护部分的数据，将其置于复用帧的开始处，在其后为次低标号基本流（不使用分级调制时是流 1，使用分级调制时是流 2）逻辑帧的高保护部分数据，依次进行下去，直到所有参与复用的基本流的高保护部分数据都被复制至复用帧。

在复用帧高保护数据后继续放置最低标号基本流（不使用分级调制时是流 0，使用分级调制时是流 1）逻辑帧的低保护部分数据，接着为次低标号基本流（不使用分级调制时是流 1，使用分级调制时是流 2）逻辑帧的低保护部分数据，依次进行下去，直到所有参与复用的基本流的低保护部分数据都被复制到复用帧。若复用帧大于或等于组成它的逻辑帧长度之和，其多余的位应填充 0，接收机应忽略这些填充比特。

复用帧中高保护部分被指定为 A 部分，低保护部分被指定为 B 部分。在 A 部分的末尾和 B 部分的开头不插入填充位。复用帧中 A 部分的容量等于逻辑帧高保护部分的总和，但是由于本系统中信道编码过程引入的限制（见 7.2.1.2），一些名义上属于复用帧低保护部分的比特位实际上受到了高等级保护。MSC 构造的示例见附录 B。

6.2.2.3 分级帧

分级帧只在应用分级调制时才存在，分级帧由流 0 的逻辑帧数据构成。若分级帧大于或等于组成它的逻辑帧的总和，分级帧多余的位应填充 0，这些比特应该被接收机忽略。

6.2.3 复用重新配置

当 FAC 中的信道参数发生改变，或是复用中的业务被重新组织时，会发生复用重新配置。新的配置参数要在 SDC 中提前传输，而重新配置发生时间在 FAC 中的“再配置索引”中定义。

6.3 FAC

6.3.1 结构

每个传输帧包含一个 FAC 块。FAC 块由信道参数、业务参数及 CRC 组成。当复用承载的业务多于一个时，若一个 FAC 块无法承载复用流中的多个业务的参数时，需要多个 FAC 块。

6.3.2 信道参数

信道参数如下。

- 基本层/增强层标志**：1bit，该标识指出是基本层还是增强层上的传输。
 - 0：基本层，可被所有接收机解码。
 - 1：增强层，仅可被具有增强层功能的接收机解码。
- 特征域**：2bits，用于标识传输超帧的当前 FAC 块的位置以及 SDC AFS 索引的有效性。
 - 00：传输超帧的第一个 FAC 块，AFS 索引有效。
 - 01：传输超帧的中间 FAC 块。
 - 10：传输超帧的最后一个 FAC 块。
 - 11：传输超帧的第一个 FAC 块，AFS 索引无效。
- 鲁棒模式标识**：1bit，取值为 0。
- 频谱占用模式**：3bits，表示数字信号的带宽。
 - 000：4.5kHz。
 - 001：5kHz。
 - 010：9kHz。
 - 011：10kHz。
 - 100：18kHz。
 - 101：20kHz。
 - 其他：保留。
- 交织深度**：1bit，表示时间交织的深度。
 - 0：2s（长交织）。
 - 1：400ms（短交织）。
- MSC 映射模式**：2bits，表示 MSC 使用的 QAM 映射模式。
 - 00：64-QAM，非分级调制。
 - 01：64-QAM，I 轴分级调制。
 - 10：64-QAM，I&Q 轴分级调制。
 - 11：16-QAM，非分级调制。
- SDC 映射模式**：1bit，表示 SDC 使用的 QAM 映射模式。
 - 0：16-QAM，编码率为 1/2。
 - 1：4-QAM，编码率为 1/2。

- 业务个数**: 4bits, 表示复用流中的音频业务和数据业务组成。
 - 0000: 4 个音频业务。
 - 0001: 1 个数据业务。
 - 0010: 2 个数据业务。
 - 0011: 3 个数据业务。
 - 0100: 1 个音频业务。
 - 0101: 1 个音频业务和 1 个数据业务。
 - 0110: 1 个音频业务和 2 个数据业务。
 - 0111: 1 个音频业务和 3 个数据业务。
 - 1000: 2 个音频业务。
 - 1001: 2 个音频业务和 1 个数据业务。
 - 1010: 2 个音频业务和 2 个数据业务。
 - 1011: 保留。
 - 1100: 3 个音频业务。
 - 1101: 3 个音频业务和 1 个数据业务。
 - 1110: 保留。
 - 1111: 4 个数据业务。
- 重新配置索引**: 3bits, 表示复用重新配置状态和时间。如果该标识是非零值, 则代表新的配置生效前需要传送携带原来配置信息的传输超帧的数目。
- 切换标志**: 1bit, 取值为 0。
- Rfu**: 1bit, 保留, 值为 0。

6.3.3 业务参数

业务参数如下。

- 业务标识**: 24bits, 表示一个业务的唯一标识, 业务标识的指配建议见附录 C。
- 短标识**: 2bits, 表示该业务的短标识, 并且用作 SDC 中的参考。短标识存在于整个业务持续期, 并且在复用重新配置中保持不变。
- 音频条件接收标识**: 1bit, 表示该音频业务是否使用条件接收。
 - 0: 音频流未使用 CA 系统 (或是该业务不包含音频流)。
 - 1: 音频流使用 CA 系统。
- 语种**: 4bits, 表示所使用的语种, 应符合表 4 的规定, 更多的语种在 SDC 数据实体类型 12 中说明。
- 音频/数据标识**: 1bit, 表示该业务是音频业务还是数据业务。
 - 0: 音频业务。
 - 1: 数据业务。
- 业务描述标识**: 5bits, 此标识的定义依赖于“音频/数据标识”的值, 当音频/数据标识为 0, 此标识表示节目类型; 当音频/数据标识为 1, 此标识表示应用 ID (数据 ID)。
 - 节目类型: 5bits, 表示音频业务的节目类型, 其定义应符合表 5 的规定。
 - 应用 ID: 5bits, 此标识指出数据业务的应用 ID, 其定义应符合 ETSI TS 101 968 的规定。
- 数据条件接收标识**: 1bit, 表示数据业务是否使用条件接收。
 - 0: 数据流或数据子流未使用 CA 系统 (或是该业务不包含数据流或数据子流)。
 - 1: 数据流或数据子流使用 CA 系统。
- Rfa**: 6bits, 保留, 值为 0。

表4 语种编码

十进制数	语种	十进制数	语种
0	未指定语种	8	印地语
1	阿拉伯语	9	日语
2	孟加拉语	10	爪哇语
3	汉语（普通话）	11	朝鲜语
4	荷兰语	12	葡萄牙语
5	英语	13	俄语
6	法语	14	西班牙语
7	德语	15	其他语种

表5 节目类型

十进制数	节目类型	十进制数	节目类型
0	无节目类型	16	天气/气象
1	新闻	17	金融/商业
2	时事	18	儿童节目
3	信息	19	社会事件
4	体育	20	未使用
5	教育	21	未使用
6	戏剧	22	旅行
7	文化	23	休闲
8	科学	24	爵士乐
9	综合	25	乡村音乐
10	Pop 音乐	26	民族音乐
11	摇滚乐	27	经典音乐
12	轻音乐	28	民乐
13	轻古典	29	纪录片
14	重古典	30	未使用
15	其他音乐	31	未使用

6.3.4 CRC

对信道参数和业务参数进行 CRC 计算，生成多项式为 $G_8(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ ，应符合附录 D 的规定。

6.3.5 FAC 重复传输模式

FAC 信道参数应在每个 FAC 块中发送，一个或两个业务的 FAC 业务参数应在每个 FAC 块中发送。当有多个 FAC 块用于描述复用的多个业务时，FAC 块应按照一定的重复模式进行重复传输。当所有业务是一种类型时，比如全为音频业务或全为数据业务，这些业务的 FAC 块将按业务顺序依次被传送。当音频业务和数据业务混合传输时，FAC 块的顺序及重复模式应符合表 6 的规定，其中 A_n 代表音频业务， D_n 代表数据业务。

表6 FAC 业务参数的重复模式

音频业务数	数据业务数	重复模式
1	1	A1A1A1A1D1
1	2	A1A1A1A1D1A1A1A1A1D2
1	3	A1A1A1A1D1A1A1A1A1D2A1A1A1A1D3
2	1	A1A2A1A2D1
2	2	A1A2A1A2D1A1A2A1A2D2
3	1	A1A2A3A1A2A3D1

6.4 SDC

6.4.1 概述

SDC承载多种与业务本身相关的信息，包括MSC解码信息、相同数据替换源信息、业务复用信息等等。SDC的数据容量与频带占用模式等参数的设置有关，并可利用AFS索引扩展其数据容量。

6.4.2 结构

一个 SDC 块是包含在一个传输超帧中的 SDC 数据。SDC 块的大小由频谱占用模式、鲁棒模式和 QAM 映射模式等参数决定。SDC 数据总量可以超过单一 SDC 块所规定的最大数据量，这时需将 SDC 的数据拆分为多个 SDC 块从而完成 SDC 数据的传输。AFS 索引可以提供给接收机当前 SDC 内容被再次传输的时刻。FAC 中的 AFS 索引有效标识说明了 AFS 是否有效及有效时间。

SDC 块由下面几部分构成。

- AFS 索引**：4bits，取值范围为 0~15，用于说明当 FAC 中“特征域”=00 时，当前 SDC 块内容被再次传输之前这段时间间隔内传输的传输超帧的数量。对于所有的 SDC 块，AFS 索引值相等。在复用重新配置时，AFS 索引可能发生改变。
- 数据域**： n 个字节，由可变数量的数据实体组成。数据域的长度取决于鲁棒模式、SDC 模式和频谱占用，不同模式下数据域的长度应符合表 7 的规定。
- CRC**：16bits，对 AFS 索引的高四位补 0，凑成一个字节，此字节与数据域一起进行 CRC 校验，CRC 生成多项式为 $G_{16}(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ ，应符合附录 D 的规定。
- 填充部分**： n 个比特，可包含 0bit~7bits，以保证超帧的完整性。 n 值取决于鲁棒模式、SDC 模式和频谱占用模式。填充位应置为 0，并在接收端被接收机忽略。

表7 SDC 数据域的长度

鲁棒模式	SDC 模式	各频谱占用模式下的数据域的长度					
		字节					
		0	1	2	3	4	5
A	0	37	43	85	97	184	207
	1	17	20	41	47	91	102
B	0	28	33	66	76	143	161
	1	13	15	32	37	70	79
C	0	—			68	—	147
	1				32		72

表 7（续）

鲁棒模式	SDC 模式	各频谱占用模式下的数据域的长度					
		字节					
		0	1	2	3	4	5
D	0	—			33	—	78
	1				15		38

6.4.3 数据实体

6.4.3.1 概述

数据域由数据实体填充。每个数据实体由一个长度为 12bits 的实体头和一个长度可变的数据体组成。

实体头具有如下形式。

- 数据体长度**：7bits，表示数据体的长度，用字节表示。
- 版本标识**：1bit，控制接收机对数据实体的管理，允许接收机按照三种不同的机制来管理实体数据，具体描述如下。
 - 重新配置机制：此种机制下，版本标识为“0”时表示该实体数据属于当前配置，为“1”时表示该实体数据属于重新配置。
 - 列表机制：此种机制下，版本标识表示列表的版本。当列表中任何信息变化时，这个标记都要被反转，且接收机中该实体现有数据要被丢弃。
 - 唯一机制：此种机制下，数据实体具有唯一性，接收机认为对已接收的此类实体的数据没有必要采取任何变换机制。版本标识无任何意义，置为“0”。
- 数据实体类型**：4bits，取值范围为 0~15，表示数据实体的类型。

6.4.3.2 类型 0：复用描述数据实体

每个 SDC 块都会包含一个复用描述数据实体，该数据实体版本标识为重新配置机制。该数据实体描述了 MSC 内部流的复用和每个流的 UEP 配置，实体信息如下。

- A 部分保护等级**：2bits，表示 A 部分数据综合编码率。
- B 部分保护等级**：2bits，表示 B 部分数据综合编码率。
- 流 0 描述**：24bits，取决于 FAC 中“MSC 映射模式”的取值。如果没有分级帧，则前 12bits 表示 A 部分的数据长度，后 12bits 表示 B 部分的数据长度。其中，A 部分的数据长度表示逻辑帧中该数据流 A 部分数据的净长，用字节表示；B 部分的数据长度表示逻辑帧中该数据流 B 部分数据的净长，用字节表示。如果存在分级帧，则其描述为：
 - 分级帧的保护等级：2bits；
 - Rfu：10bits，保留，值为 0；
 - 分级帧的数据长度：12bits，表示逻辑帧中该数据流分级调制部分数据的净长，用字节表示。

以下可选，取决于具体参与复用的流的个数：

- 流 1 描述**：24bits；
- 流 2 描述**：24bits；
- 流 3 描述**：24bits。

流 1、2、3（如果存在）的前 12bits 表示 A 部分的数据长度，后 12bits 表示 B 部分的数据长度。

当复用帧采用 UEP 时，A 部分为高保护部分，B 部分为低保护部分。当复用帧采用 EEP 时，即只有一种保护等级时，A 部分的数据长度以及 A 部分的保护等级都置为 0。

6.4.3.3 类型 1：业务标签数据实体

业务标签数据实体应该在每个 SDC 块中传输，以实现接收端对业务标识的快速显示。该数据实体版本标识为唯一机制，实体信息如下：

- 短标识**：2bits，该标识与 FAC 提供的业务标识参数信息相关；
- Rfu**：2bits，保留，值为 0；
- 标签**： n 个字节，长度可变，最大可至 64 字节，可包含至多 16 个 UTF-8 编码格式的字符（见 ISO/IEC 10646）。

6.4.3.4 类型 2：条件接收参数数据实体

该数据实体包含条件接收参数。该数据实体版本标识为重新配置机制，实体信息如下。

- 短标识**：2bits，该短标识与 FAC 提供的业务标识参数信息相关。
- 音频 CA 标志**：1bit，此标识指出条件接收参数是否涉及一个音频流，对于数据业务，本标志置为 0。
 - 0：条件接收参数未涉及一个音频流。
 - 1：条件接收参数涉及一个音频流。
- 数据 CA 标志**：1bit，此标识指出条件接收参数是否涉及一个数据流/数据子流。对于不含数据流/子流的音频业务，本标志置为 0。对于一个音频业务的数据流/子流，全部使用相同的 CA 系统。
 - 0：条件接收参数未涉及到一个数据流/数据子流。
 - 1：条件接收参数涉及到一个数据流/数据子流。
- CA 系统特定信息**： n 个字节。长度可变，包含 CA 系统的特定数据。

一个音频业务可以包含一个加密的音频流和一个或多个加密的数据流/数据子流，并允许音频流和数据流/数据子流有各自不同的条件接收参数。在这种情况下，就需要两个“类型 2：条件接收参数数据实体”。如果音频流和数据流/子流使用相同的条件接收参数，则只需要一个“类型 2：条件接收参数数据实体”。以上两种情况均需将音频 CA 标志和数据 CA 标志置为 1。

6.4.3.5 类型 3：可替换频率信息——多频率网络信息数据实体

该数据实体用来给接收机提供广播系统频率信息，依靠该信息接收机可以：

- a) 获得复用的所有业务；
- b) 获得复用的某些业务；
- c) 获得所有复用业务的基本层/增强层；
- d) 获得某些复用业务的基本层/增强层。

该实体还包括广播频率是否可无缝地实现可替换频率检测和切换信息，该数据实体版本标识为列表机制。

该实体可以分别与数据实体 4、7 和 13 联合将广播频率限制于一定时间和/或地理范围之内。实体信息如下。

- 同步复用标志**：1bit，指出复用是否被同步广播。
 - 0：复用不是同步的，在目标区域有不同的内容、信道参数、复用参数、信号发送时间等信息发送。

- 1: 复用是同步的, 在目标区域有同样的内容、信道参数、复用参数和信号发送时间等信息发送。
 - 层标志**: 1bit。该标志指出广播频率应用于复用基本层还是增强层。
 - 0: 基本层。
 - 1: 增强层。
 - 业务约束标志**: 1bit, 用于指出在当前复用的所有业务在给定频率上可用, 还是只有部分业务可用。
 - 0: 当前复用的所有业务在给定频率上可用。
 - 1: 当前复用中部分业务在给定频率上可用。
 - 地域/时间标志**: 1bit, 该标志指出列表中的频率是否受地域和/或时间的限制。
 - 0: 没有限制。
 - 1: 列表中频率受地域和/或时间限制。
 - 业务约束区域**: 0 或 8bits, 当“业务约束标志”为 1 时, 此字段为 8bits, 其信息如下。
 - 短标识标志: 4bits, 指出复用中的哪几个业务(由短标识指示)在可选择频率上的复用中是存在的。通过把相应比特位置 1 表示哪个业务存在, 如第 1 比特(最高有效位)对应复用的短标识 3, 最后一比特(最低有效位)对应复用的短标识 0。
 - Rfa: 4bits, 保留, 值为 0。
 - 地域/时间区域**: 0 或 8bits, 当“地域/时间标志”为 1 时, 此字段为 8bits, 其信息如下。
 - 地域 ID: 4bits。若未详细指出地域要求, 则地域 ID 置 0; 若可替换频率只在某些地理区域有效, 则地域 ID 应置为相应地域的区域标识, 取值范围为 1~15。该地域可被一个或多个拥有该地域 ID 的“类型 7: 区域限定数据实体”和“类型 13: 详细区域定义数据实体”所描述。
 - 时间 ID: 4bits, 若未详细指出时间要求, 则时间 ID 置 0; 若可替换频率只在某些时间有效, 则时间 ID 应置为相应的标识, 取值范围为 1~15。该时间可被一个或多个拥有该时间 ID 的“类型 4: 时间限定数据实体”所描述。
 - **n 个频率**: $n \times 16$ bits, n 的取值范围为 1~16。每 16bits 区域包含信息如下:
 - 复用模式标识: 1bit, 取值为 0;
 - 频率值: 15bits, 无符号的整型数据, 该数据以千赫兹(kHz)为单位给出频率值;
 - 频率数 n 取决于实体头的数据体长度参数、业务约束标志的值以及地域/时间标志的值。
 - Rfa**: 该 1bit 或 4bits (若存在) 留作将来使用, 值为 0。
- 同步复用标志、层标志和业务约束标志三个标志位的联合使用见表 8。

表8 同步复用标志、层标志和业务约束标志三个标志位的联合使用

同步复用标志	层标志	业务约束标志	用途
0	0	0	具有相同业务列表的非同步复用
0	0	1	业务列表受限的非同步复用
0	1	0	不使用
0	1	1	不使用
1	0	0	具有相同业务表的同步复用(基本层) ^a
1	0	1	不使用
1	1	0	具有相同业务表的同步复用(增强层)
1	1	1	业务表受限的同步增强层复用
^a 此组合常用于从增强层中指示基本层的可用频率, 虽然基本层包含的服务多于增强层。			

6.4.3.6 类型 4：可替换频率信息——时间限定数据实体

该实体用于传输频率时间表，数据实体版本标识为列表机制，实体信息如下。

- 时间 ID**：4bits，该区域指出已定义时间的时间 ID，取值范围为 1~15，0 值在数据实体类型 3 和 11 中表明“未指明的时间”，所以不被使用。
- 日期编码**：7bits，该区域指出频率时间表的应用日期，最高有效位表示周一，最低有效位表示周日。
- 开始时间**：11bits，指出从何时开始频率有效，时间以分钟为单位表达。有效值的范围是 0~1439（代表 00:00 到 23:59）
- 持续时间**：14bits，该区域表明从“开始时间”开始，频率有效期的持续时间。时间以分钟为单位，取值范围为 1~16383。

可替换频率信息传输时间的使用说明见附录 E，可替换频率信息的使用说明见附录 F。

6.4.3.7 类型 5：应用信息数据实体

所有数据业务或者音频业务的数据应用都在此数据实体中描述，许多应用要求附加的数据来描述它们。该数据实体版本标识为重新配置机制，实体信息如下。

- 短标识**：2bits，指出相关业务的短标识。
- 流 ID**：2bits，指出了携带有关数据业务（或数据应用）的流的 ID。
- 包模式指示**：1bit，指出该业务是否以包模式进行传输，一个数据流中的所有数据业务（或数据应用），其包模式指示的值应相同。
 - 0：同步流模式；
 - 1：包模式。
- 描述符**：7bits 或 15bits，当包模式指示为 0 时，描述符长度为 7bits；当包模式指示为 1 时，描述符长度为 15bits。
 - 当“包模式指示=0”时。
 - Rfa**：3bits，保留，值为 0。
 - 增强标志位**：1bit，该区域指明在另一信道中是否存在增强数据。0 表示不存在增强数据，1 表示存在增强数据。
 - 应用区域**：3bits，指出数据应用规范的来源，定义见 ETSI TS 101 968。
 - 当“包模式指示=1”时。
 - 数据单元指示**：1bit，指出数据流由单包还是数据单元构成。0 表示单包，1 表示数据单元。
 - 包 ID**：2bits，无符号整数，指示携带在包头中代表此业务的包 ID。当包模式采用 FEC 时，则包 ID=3 用于传输整个包模式数据流的纠错信息。
 - 增强标志位**：1bit，表示在另一信道中是否存在增强数据。0 表示不存在增强数据，1 表示存在增强数据。
 - 应用域**：3bits，指出数据应用规范的来源，具体定义见 ETSI TS 101 968。
 - 包长度**：8bits，取值范围为 0~255，表示每个包数据域的字节数（当包括头和 CRC 时，总包长比原来多 3 字节）。
- 应用数据**： n 个字节，长度可变，由数据业务（或数据应用）规范来定义，具体定义见 ETSI TS 101 968。

6.4.3.8 类型 6：通告支持和转换数据实体

该数据实体表明当前复用或者另一个复用或者另一个广播系统支持何种类型的通告。该实体还指出当有激活的通告时，当前复用中哪些业务应该转换。该数据实体版本标识为列表机制。除非“通告转换标志”改变，版本标识的状态应该保持不变，当任何其他的通告信息发生变化时，版本标识应该被反转。实体信息如下。

- 短标识标志**：4bits，通过把相应比特位置 1，指出通告应用于复用中哪些业务，第一位（Msb）对应复用的“短标识 3”，最后一位（Lsb）对应复用的“短标识 0”。
- 同一复用/其他业务标志**：1bit，表明复用中是否承载了通告。
 - 0 表示复用中承载了通告。
 - 1 表示复用中没有承载通告，通告在别处承载。
- 短标识/通告标识**：2bits，该字段的内容取决于“同一复用/其他业务标志”的值。
 - 当“同一复用/其他业务标志”=0 时，此内容为短标识，表示当前复用中承载了通告的业务短标识。
 - 当“同一复用/其他业务标志”=1 时，此内容为通告标识，取值范围为 0~3。可以用一个或多个“类型 11：其他业务数据实体”描述承载具有通告信息的节目的“其他业务标识”，数据实体类型 11 的“短标识/通告标识标志”位置 1，表明其他业务标识和频率表属于承载通告信息的节目。
- Rfa**：1bit，保留，值为 0。
- 通告支持标志**：10bits，说明被该数据实体描述的通告类型，它可以由复用的一个业务或是另一频率上的另一个业务来提供。编码方式为 B_i ($i=0, \dots, 9$)，其中 0 表示未提供通告类型，1 表示提供了通告类型。每个位的含义如下：
 - B0：旅行；
 - B1：新闻；
 - B2：天气；
 - B3：警告/警报；
 - B4~B9：保留。
- 通告转换标志**：10bits，表示某一特定的通告类型当前是否被激活，编码方式为 B_i ($i=0, \dots, 9$)，其中 0 表示通告类型无效（当前未被激活），1 表示通告类型有效（当前被激活）。每个位的含义与“通告支持标志”中的定义相同。

如何使用通告的说明见附录 F。

6.4.3.9 类型 7：可替换频率信息——地域限定数据实体

该实体允许将可替换频率限制于某些地理范围，该数据实体版本标识为列表机制。一个区域以“1×1 度面积”的倍数表示，其分辨率为 111 公里×111 公里（EW×NS，赤道）或 31 公里×111 公里（70° 纬度）。实体信息如下。

- 地域 ID**：4bits，取值范围为 1~15，指出地理区域的地域 ID。地域 ID 可共同用于 SDC 数据实体 7 和 13 中，每个地域 ID 的区域定义可以由 SDC 实体 7 和 13 的任意组合指定。
- 纬度**：8bits，以度为单位指定区域南端点，在-90（南极）~+90（北极）范围内以二进制补码表示。
- 经度**：9bits，以度为单位指定区域的西端点，在-180（西）~+179（东）范围内以二进制补码表示。

- 纬度范围**：7bits。以 1° 为步长，具体说明向北的区域大小，纬度值加上纬度范围值的结果应该小于等于 90。
- 经度范围**：8bits。以 1° 为步长，具体说明向东的区域大小，经度值加上经度范围值的结果可能超过+179。
- n 个 CIRAf 地域**：n×8bits，本区域可选，承载 n 个 CIRAf 地域（n 的范围是 0~16）。每个 CIRAf 地域被编码成一个 8bits 的无符号二进制数，取值范围为 1~85。CIRAf 地域的数量 n 可由实体头中数据体长度减 4 得到。

使用以下方法检查某个经度值是否在指定的经度范围内，其中，my_longitude的取值范围为-180~+179：

```
inside_area=((my_longitude>=longitude)AND
              (my_longitude<=(longitude+longitude_extent))OR
              (((longitude+longitude_extent >=+180)AND
              (my_longitude<=(longitude+longitude_extent-360))))
```

6.4.3.10 类型 8：时间和日期信息数据实体

指定时间和日期，该数据实体版本标识为唯一机制，实体信息如下：

- 改进的儒略日**：17bits，该区域以 MJD 形式表示日期；
- UTC（小时和分钟）**：11bits，该区域指明当前的 UTC 时间，用小时（5bits）和分钟（6bits）来表示。

当发送时间和日期信息时，该数据实体应该在第一个 SDC 块中传送。

以下字段信息可选，这些字段是否存在，应根据 SDC 数据实体头的长度字段的值确定。

- Rfu**：2bits，保留，值为 0。
- 本地时间偏移量正负指示**：1bit，表示本地时间与 UTC 时间偏移量的是正偏移还是负偏移。
 - 0：正偏移，本地时间先于 UTC 时间。
 - 1：负偏移，本地时间晚于 UTC 时间。
- 本地时间偏移量**：5bits，表示本地时间与 UTC 时间的偏移值。它以半小时的倍数表示。当与本地时间偏移量正负指示相结合，它允许本地时间与 UTC 偏移值的范围为-15.5h~+15.5h。

当发信号通知时间和日期时，该数据实体应在时间“分钟”的边缘或之后的第一个 SDC 块中携带。本地时间用于指示目标接收区域中的本地时间。如果在目标接收区域跨多个时区，则不应使用本地时间。

6.4.3.11 类型 9：音频信息数据实体

提供音频解码所需的参数，该数据实体版本标志为重新配置机制，实体信息如下。

- 短标识**：2bits，表示相关业务的短标识。
- 流 ID**：2bits，表示携带相关业务的流 ID。
- 音频编码**：2bits，表示信源编码系统。
 - 00：AAC。
 - 01：保留。
 - 10：保留。
 - 11：xHE-AAC。
- SBR 标志**：1bit，该区域值取决于“音频编码”区域的值。

- 当音频编码=00, 0 表示未使用 SBR, 1 表示使用 SBR。
- 当音频编码=01、10 或 11 时, 此位保留。
- 音频模式:** 2bits, 这个值取决于“音频编码”的值。
 - 当音频编码=00: 00 表示单声道; 01 表示参数立体声; 10 表示立体声; 11 表示保留。
 - 音频编码=01、10: 保留。
 - 音频编码=11: 00 表示单声道; 01 表示保留; 10 表示立体声; 11 表示保留。
- 音频采样率:** 3bits, 取决于“音频编码”的值。
 - 音频编码=00: 000、010、100、110、111 表示保留; 001 表示 12kHz; 011 表示 24kHz; 101 表示: 48kHz。
 - 音频编码=01、10: 保留。
 - 音频编码=11: 000 表示 9.6kHz; 001 表示 12kHz; 010 表示 16kHz; 011 表示 19.2kHz; 100 表示 24kHz; 101 表示 32kHz; 110 表示 38.4kHz; 111 表示 48kHz。
- 文本标志:** 1bit, 表示是否携带文本信息。
 - 0: 不携带文本信息。
 - 1: 携带文本信息。
- 增强标志:** 1bit, 表示在另一个信道中是否存在音频增强数据。
 - 0: 不存在音频增强数据。
 - 1: 存在音频增强数据。
- 编码区域:** 5bits, 该区域取决于“音频编码”和“SBR 标志”的值。
 - 音频编码=00 或 11。
 - MPEG 环绕模式:** 3bits, 指示 MPEG 环绕信息是否与 AAC 核心一起提供, 并描述 MPEG 环绕目标信道。000 表示没有 MPEG 环绕信息存在; 010 表示有 5.1 输出通道的 MPEG 环绕; 011 表示有 7.1 输出通道的 MPEG 环绕; 001、100、101、110 表示保留; 111 表示其他模式。
 - Rfa:** 2bits, 保留。
 - 音频编码=01、10: 保留。
- Rfa:** 1bit, 保留, 值为 0。
- 编解码特定配置:** 8nbits, 取决于“音频编码”的值。
 - 当音频编码为 00、01、10 时, 表示该区域不存在 ($n=0$)。
 - 当音频编码为 11 时, 表示 xHE-AAC 静态配置, 取值为 xHE-AAC 音频编码器初始化的返回值。

6.4.3.12 类型 10: FAC 信道参数数据实体

这个数据实体允许为跨配置的业务提前指定下一个配置的 FAC 信道参数。该数据实体版本标志为重
新配置机制, 实体信息如下。

- 基本层/增强层标志:** 1bit。
 - 0 表示基本层。
 - 1 表示增强层。
- 鲁棒模式:** 2bits, 表示新配置业务的鲁棒模式。
 - 00: A。
 - 01: B。
 - 10: C。
 - 11: D。

- 鲁棒模式标志**: 1bit, 取值为 0。
- 频谱占用模式**: 3bits, 定义见 6.3。
- 交织深度**: 1bit, 定义见 6.3。
- MSC 映射模式**: 2bits, 定义见 6.3。
- SDC 映射模式**: 1bit, 定义见 6.3。
- 业务数**: 4bits, 定义见 6.3。
- Rfa**: 4bits, 保留, 置为 0。
- Rfu**: 1bit, 保留, 置为 0。

如果传输在重新配置时被中断, 那么这个数据实体头中“数据体长度”值置为 0, 并且数据体前 4 个 bits 位置为 0。

6.4.3.13 类型 11: 可替换频率信息——其他业务数据实体

对于当前复用的每个业务, 其替换源都可被告知。这些替换源可以是使用其他业务标识的中、短波数字声音广播系统的业务, 也可以是其他广播系统中的业务, 如 AM、FM、FM-RDS。对于目前正在接收的复用的每个业务, 该类型的数据实体列出了在复用或另一个广播系统中相应的业务标识, 作为可选, 还可列出可替换频率。该实体至少要提供一个其他业务标识或一个频率。该数据实体版本标识为列表机制。

整个复用或是它的某些业务的可替换频率表可从“类型 3: 多频率网络信息数据实体”得到。对于音频服务的动态服务链接和脱离, 可以使用“类型 15, 扩展为 0: 服务链接信息数据实体”。

可选频率可能只针对某些时间和/或受某些地理范围的限制。实体信息如下。

- 短标识/通告标识标志**: 1bit, 表示“短标识/通告标识域”的内容。
 - 0: 短标识。
 - 1: 通告标识。
- 短标识/通告标识域**: 2bits, 该区域内容取决于“短标识/通告标识标志”的值。
 - 当短标识/通告标识标志=0, 该区域承载在当前接收的复用中使用可替换频率的业务的短标识。
 - 当短标识/通告标识标志=1, 该区域承载通告标识, 取值范围为 0~3。通过一个或多个“类型 6: 通告支持和转换实体”描述当前复用中哪些业务的通告被告知(以及通告的类型), 将数据实体类型 6 中的“同一复用/其他业务标志”置 1, 来表明通告在当前接收复用之外的另一业务中提供。
- 区域/时间标志**: 1bit, 表示频率表是否受限于区域和(或)时间。
 - 0: 没有限制。
 - 1: 频率表受限于区域和/或时间。
- 相同业务标志**: 1bit, 表示被指定的其他业务是否可被认为是“相同业务”(例如: 承载同样的音频节目)或者是一个“可供选择的业务”(例如: 不同的音频节目, 但是来自同一个广播源并且提供了类似的节目)。
 - 0: 可供选择的业务。
 - 1: 相同业务。
- Rfa**: 2bits, 保留, 值为 0。
- 系统标识**: 5bits, 指出应用其他业务标识和频率信息的广播系统。
 - 00000: 中、短波数字声音广播业务, 此时“其他业务标识”为 24bits (中、短波数字声音广播业务标识)。

- 00001: 带 AMSS (定义见 ETSI TS 102 386) 的 AM 业务, 此时“其他业务标识”为 24bits (AMSS 业务标识)。
 - 00010: AM 业务, 此时不存在“其他业务标识”。
 - 00110: FM-RDS 业务 (亚洲), 此时“其他业务标识”为 24bits (ECC+PI 编码)。
 - 00111: FM-RDS 业务 (亚洲), 此时“其他业务标识”为 16bits (仅用 PI 编码)。
 - 01000: FM 业务 (亚洲), 此时不存在“其他业务标识”。
 - 01100: CDR 业务, 此时“其他业务标识”为 24bits (ECC+业务标识)。
 - 其他值: 保留。
- 区域/时间域:** 0bits 或 8bits, 仅当“区域/时间标志”置为 1 时, 该 8bits 区域存在, 信息如下。
- 区域标识: 4bits, 若未详细指出区域要求, 则区域标识置为 0。若可替换频率只在某些地理区域有效, 则区域标识置 1~15。该区域可被一个或多个拥有该区域标识的“类型 7: 区域限定”和“类型 13: 可替换频率信息——详细的区域限定数据实体”所描述。
 - 时间标识: 4bits, 若未详细指出时间要求, 则时间标识置为 0。若可替换频率只在某些时间有效, 则时间标识置 1~15。该时间可被一个或多个拥有该时间 ID 的“类型 4: 可替换频率信息——时间限定数据实体”所描述。
- 其他业务标识:** 0bits 或 16bits 或 24bits 或 32bits, 表示在 n 个频率上使用的其他业务标识。如果 ECC 存在, 那么它应该置于业务标识/PI 编码之前。该区域的比特长度取决于可替换频率所指定的广播系统的类型, 详情见“系统标识”的说明。
- **n 个频率:** $n \times 8$ bits 或 16bits, 表示 n 个可替换频率的值, n 的取值范围为 0~16。每个频率值的比特长度和信息取决于“系统标识”的值, 应符合表 9 的规定。

表9 频率值

系统标识	广播系统标识	频率值长度 bits
00000	中、短波数字声音广播频率	16
00001, 00010	AM频率	16
00110, 00111, 01000	FM频率	8
01100	CDR频率	8

表 9 中不同广播系统标识的比特定义如下。

- 中、短波数字声音广播频率: 16bits, 复用标识: 1bit, 设置为 0; 频率值: 15bits, 无符号的整型数据, 表示频率值, 此频率值为 1kHz 的整数倍。
- AM 频率: 16bits。Rfu: 1bit, 保留, 值为 0; 频率值: 15bits, 无符号的整型数据, 该数据以千赫兹 (kHz) 为单位给出频率值。
- FM (87.1MHz~107.9MHz) 频率: 8bits, 取值范围为 0~208, 以步长 100kHz 表示 FM 的频率, 其中 0 表示 87.1MHz, 208 表示 107.9MHz。
- CDR (87.1MHz~107.9MHz) 频率: 8bits, 取值范围为 0~208, 以步长 100kHz 表示 CDR 的频率, 其中 0 表示 87.1MHz, 208 表示 107.9MHz。

6.4.3.14 类型 12: 语言和国家数据实体

该数据实体用于发送语言和国家信息, 该数据实体版本标识为唯一机制。实体信息如下。

- 短标识**: 2bits, 指出相关业务的短标识。
- Rfu**: 2bits, 保留, 值为 0。
- 语言编码**: 24bits, 应按照 ISO 639:2023 的规定, 使用由 ISO/IEC 8859-1 指定的三个小写字母确定该业务目标受众的语言。如果未指定语言, 那么该区域应包含三个“-”字符。
- 国家编码**: 16bits, 应按照 ISO 3166 (所有部分) 的规定, 使用 ISO/IEC 8859-1 指定的两个小写字母确定业务的原产国 (即演播室地址)。如果未指定国家编码, 那么该区域应包含两个“-”字符。

6.4.3.15 类型 13: 可替换频率信息——详细的区域限定数据实体

该数据实体为定义的地理区域提供一组备选频率, 该数据实体版本标识为列表机制。可以使用经度/纬度和范围值指定地理区域。一个区域以“ $1/16 \times 1/16$ 度面积”的倍数表示, 其分辨率为 7 公里 $\times$ 7 公里 (EW $\times$ NS, 赤道) 或 2 公里 $\times$ 7 公里 (70° 纬度)。实体信息如下。

- 地域标识**: 4bits, 取值范围为 1~15, 表示地域定义的标识符, 可以定义多至 15 个具有单独地域标识的不同地理区域。地域标识通常用于数据实体 7 和 13 中, 每一个地域标识的地域定义可以由实体 7 和 13 的任何组合指定。
- m 块**: $m \times 48$ bits, m 的取值范围为 1~16, 该字段带有 m 个块的定义, 每个块都由 48 个比特描述, 具体定义如下。
 - **Rfu**: 1bit, 保留, 值为 0。
 - **块纬度**: 12bits, 以 $1/16$ 度为单位指定地域的南端点。在 -90 (南极) ~ +90 (北极) 范围内以二进制补码表示。
 - **块经度**: 13bits, 以 $1/16$ 度为单位指定地域的西端点。在 -180 (西) ~ +179 $\frac{15}{16}$ (东) 范围内以二进制补码表示。
 - **纬度范围**: 11bits, 以 $1/16$ 度为单位, 具体说明向北的地域大小, 纬度值加上纬度范围值的结果应该小于等于 90。
 - **经度范围**: 11bits, 以 $1/16$ 度为单位, 具体说明向东的地域大小, 经度值加上经度范围值的结果可能等于或超过 +180。

数据实体类型 7 定义了较低的地理区域分辨率以及用于评估块区域的公式, 数据实体类型 13 可以与数据实体类型 7 结合使用。

6.4.3.16 类型 14: 包模式的 FEC 参数数据实体

以包模式承载数据服务内容的 MSC 流可以添加额外的错误保护数据包流, 包模式的 FEC 参数由该数据实体描述, 数据实体版本标志为重新配置机制, 实体信息如下:

- 流标识**: 2bits, 表示已应用额外错误保护的流标识;
- Rfu**: 2bits, 保留, 值为 0;
- R**: 8bits, 取值范围为 1~180, 表示 R 参数的值;
- C**: 8bits, 取值范围为 1~239, 表示 C 参数的值;
- 包长度**: 8bits, 取值范围为 1~255, 以字节为单位表示每一个包的数据长度。

6.4.3.17 类型 15: 扩展数据实体

6.4.3.17.1 概述

用于定义附加数据实体。数据实体中的数据体的前 4bits 为定义数据实体扩展类型的字段。

6.4.3.17.2 类型 15，扩展 0：服务链接信息数据实体

服务链接信息数据实体可将承载完全相同内容（硬链接）或携带相关内容（软链接）的服务链接在一起，该数据实体版本标志为列表机制，实体信息如下。

- 扩展类型**：4bits，取值为 0000。
 - ID 列表标志**：1bit，表示“n 个 ID”与前一个字节是否存在。
 - 0：“Rfu”“IDLQ”“数据标志”“ID 个数”和“n 个 ID”不存在。
 - 1：“Rfu”“IDLQ”“数据标志”“ID 个数”和“n 个 ID”存在。
 - 链接有效标志**：1bit，表示链接是活动还是非活动。
 - 0：潜在的未来链接或失效的链接。
 - 1：活动链接。
 - 软/硬链接标志**：1bit，表示链接是软连接还是硬链接。
 - 0：软链接（相关业务）。
 - 1：硬链接（携带相同内容的业务）。
 - ILS 指示**：1bit，表示该链接是仅影响一个国家（国内）还是几个国家（国际）。
 - 0：国内链接。
 - 1：国际链接。
- 使用短波数字声音广播服务的链接集应始终是国际链接，即使所有的链接服务旨在供国内使用。
- LSN**：12bits，这个 12 位字段代表一个数字，该数字对于所有链接在一起的业务都是通用的，LSN=“0000 0000 0000”保留使用。应根据 IEC 62106-2:2021 构建一个国际链接的 LSN。
 - Rfu**：1bit，保留，值为 0。
 - IDLQ**：2bits，表示 ID 列表中包含的标识符是如何定义的。
 - 00：保留。
 - 01：每个 ID 表示一个 RDS 业务。
 - 10：不使用。
 - 11：每个 ID 表示一个中、短波数字声音广播业务或者 AMSS 业务。
 - Rfu**：1bit，保留，值为 0。
 - ID 个数**：4bits，表示在 ID 列表中的 ID 个数，最多可至 15 个。
 - n 个 ID**： $n \times 16\text{bits}$ 或 24bits 或 32bits。 n 的取值范围为 1~15，表示 n 个业务 ID。每个 ID 值的位长和信息取决于“IDLQ”“ILS 指示”和“数据标志”各字段的值，应符合表 10 的规定。其他数据实体留作将来定义。

表10 ID 的长度及其内容

IDLQ	ILS指示	数据标志	ID内容	ID长度 bits
01	1	0	8bits ECC+16bits RDS PI码	24
11	1	0	中、短波数字声音广播业务标识或者AMSS业务标识	24
01	0	0	RDS PI码	16

6.4.3.17.3 其他类型 15 的扩展数据实体

保留，用于未来扩展使用。

6.4.4 数据实体特征总结

各类型数据实体版本标志机制、重复率及每个实体的传输状况见表 11 和表 12。常规的重复率是指该数据实体类型的所有信息在整个数据传输周期内被传输。通过使用 FAC 的“特征域”，单独的 SDC 块可以携带可变信息（如时间和日期）。表 11 给出了对业务进行快速访问的建议重复率。当 SDC 容量比较低时，每个数据实体都允许较低的重复率。

表11 数据实体特征总结

数据实体	名称	版本标识机制	重复率
0	多路复用描述	重新配置	每个 SDC 块
1	标签	唯一	每个 SDC 块
2	条件接收参数	重新配置	按要求
3	AFS-多频率网络信息	列表	常规
4	AFS-时间限定	列表	常规
5	应用信息	重新配置	按要求
6	通告支持和转换	列表	常规
7	AFS-地域限定	列表	常规
8	时间和日期信息	唯一	每分钟一次
9	音频信息	重新配置	每个 SDC 块
10	FAC 信道参数	重新配置	当 FAC 的“再配置索引”非零时，每个 SDC 块
11	AFS-其他业务	列表	常规
12	语言和国家	唯一	常规
13	AFS-区域限定	列表	常规
14	包模式的 FEC 参数	重新配置	当包模式采用 FEC 时，每个 SDC 块
15/0	服务链接	列表	常规

每个 SDC 实体类型的传输特点见表 12，有些情况下为保证接收机工作的一致性，要限制实体的总数。

表12 数据实体传输特点总结

数据实体	传输状况	实体的出现和限制（常态）	实体的出现和限制（重新配置过程中）
0	强制	一个实体	每一配置都与常态时相同；总计两个实体
1	可选	每个业务 0~1 个实体；总计 0~4 个实体	
2	对 FAC 的“条件访问标识”为 1 的业务，强制	每个音频业务 0、1 或 2 个实体；每个数据业务 0 或 1 个实体；总计 0~7 个实体	每一配置都与常态时相同；总计 0~14 个实体
3	可选	每一实体 0~16 个频率，总计 0~64 个实体	
4	可选	每一时间 ID 0~32 个实体，总计 0~128 个实体	
5	对每个数据业务和数据应用，强制	每个音频业务 0 或 1 个实体；每个数据业务 1 个实体；总计 0~13 个实体	每一配置都与常态时相同；总计 0~26 个实体
6	可选	总计 0~8 个实体	
7	可选	每一地域 ID 0~4 个实体，每一地域 ID 至多 16 CIRAF 地域，总计 0~32 个实体	
8	可选	每分钟 0~1 个实体	
9	对每一音频业务，强制	每个音频业务 1 个实体；总计 0~4 个实体	每一配置都与常态时相同；总计 0~8 个实体

表 12（续）

数据实体	传输状况	实体的出现和限制（常态）	实体的出现和限制（重新配置过程中）
10	当 FAC 的“再配置索引”值非零时，强制	0	一个实体
11	可选	每一实体 0~16 个频率；总计 0~256 个实体	
12	可选	每一业务 0 或 1 个实体；总计 0~4 个实体	
13	可选	每一地域 ID 0~4 个实体，总计 0~32 个实体	
14	可选	每个包模式流 0~1 个实体；总计 0~4 个实体	每一配置都与常态时相同；总计 0~8 个实体
15/0	可选	每一业务 0~16 个实体；总计 0~64 个实体	

6.4.5 改变 SDC 的内容

SDC 的内容对于 AFS 的实施是十分重要的。为了使 AFS 生效，应在 SDC 中提供 AFS 索引，并且通过置位 FAC 中“特征域”使索引生效。

在不存在可替换频率传输时，SDC 的内容是动态并随意可变的，无需使 AFS 生效。这种情况下，推荐把 AFS 索引的值置为 0，同时 FAC 中“特征域”应该置为 11、01、10 等，以表明 AFS 功能不可执行。

在存在可替换频率传输时，应仔细设计数据实体到 SDC 块的分配，以便 SDC 的内容尽可能保持静态，从而可以使用 AFS 功能。在这种情况下，推荐使用 AFS 索引，这样所有要求的信息能在 SDC 块的一个周期内被送出去。如果 SDC 内容是完全静态不变的，那么 FAC 中“特征域”应置为 00、01、10，这表明倘若接收机已经为在这个周期内所有的 SDC 块存储了数据，AFS 功能在任何位置都可被执行。

当时间和日期信息数据实体（类型8）或通告支持与转换数据实体（类型6）包含在SDC中，并且存在可替换频率时，推荐半动态地使用SDC。在这种情况下，通过使用FAC的“特征域”标注由AFS索引定义的周期中一个或多个SDC块是无效的，从而允许那些块的内容连续变化，同时通过使用FAC“特征域”标注其他的SDC块是有效的，实现AFS功能。AFS索引的变化只允许发生在重新配置时。

6.4.6 重新配置信令

6.4.6.1 通则

在传输超帧边界，复用可以重新配置。

复用的重新配置应提前告知接收机，以便允许接收机对如何处理配置的变化做出最优决定。重新配置有两种类型，一个是业务重新配置，涉及到 MSC 业务间数据容量的再分配，如 MSC 保护等级或者音频编码或者数据应用的变化，另一个是信道重新配置，涉及到信道参数或者鲁棒模式的变化。

通过对 FAC 的“重新配置索引”置非零值通知接收机两种类型的重新配置，索引值在随后的每个传输超帧递减。“重新配置索引”对于每个传输超帧中的所有的传输帧是相同的。与当前配置对应的最后一个传输超帧的“重新配置索引”为 1，则当下一个传输超帧中新配置生效时“重新配置索引”为 0。

在当前配置及新的配置中所有版本标识为重新配置机制的数据实体类型都将在“重新配置索引”为非零值期间被传送，并且用版本标识指示为下一配置，这也包括给出新配置的 FAC 信道参数的数据实体类型 10。

6.4.6.2 业务重新配置

业务重新配置指的是 MSC 数据容量在业务间的再分配，它发生在复用中业务数目改变时或数据流的大小改变时。当任意一个使用版本标识为重新配置机制的数据实体类型的内容有所改变时也会发送业务

重新配置。重新配置应该尽量提前被告知，以便接收机获得下一配置的所有必要信息，“再配置索引”值开始时应置为 7。

当前复用配置少于四种业务，且引入一个新业务而 MSC 的整体容量未变时，接收机将通过重新配置跟踪当前所选业务，所有持续业务的“业务标识”和“短标识”需与重新配置前的设置保持一致，新业务应使用一个在当前配置中未被使用过的“短标识”；当前配置有四种业务，更改其中的一个业务并保持原有短标识不变，若新业务与被停止业务的业务类型相同（如均为音频业务），则接收机将继续跟踪具有相同“短标识”的新业务。如果当前所选业务在重新配置时已中断，则接收机将通过利用数据实体 3 和 11，在另一个频点和/或系统上寻找该业务的替代源。

6.4.6.3 信道重新配置

在频谱占用模式、交织深度、MSC 映射模式、鲁棒模式等 FAC 信道参数改变时发生信道重新配置。在频谱占用模式或交织器深度改变的情况下，接收机不应在不中断音频输出的情况下跟随当前选择的服务。在 MSC 映射模式改变时，接收机可以不中断音频输出跟随当前选择的业务。在重新配置发生时，应尽量提前通知接收机，以便接收机获得下一配置的所有必要信息。理想情况下，“再配置索引”值开始应置为 7。

如果在已调频点上传输中断了，那么通过数据实体类型 10 中设定特殊的值，重新配置将被告知，在这种情况下，其他版本标识为重新配置机制的数据实体类型不会被告知。

6.5 文本信息应用

中、短波数字声音广播系统在进行音频广播的同时，还可支持文本信息应用。文本信息占用载有音频流的逻辑帧低保护部分的最后四个字节，文本信息传输比特率为 80bit/s。当没有文本信息传送时，逻辑帧低保护部分的最后四个字节应置为 0x00。文本信息采用 UTF-8 字符编码，被分成一系列的段，通过设置开始的四个字节为 0xFF 来指出每段的开头。一个文本信息最多可由 8 段构成，每段包括一个头、一个主体和一个 CRC。主体应包含 16 字节的字符数据，最后一段则可以少于 16 字节。每段进一步分成 4 字节长的小片，并放入每个连续的帧中。如果最后一段的长度不是 4 的倍数，那么余下的字节填 0x00。

段由段头、段主体和 CRC 构成，其中段头长度为 16bits，段头的组成结构如下。

- 触发比特**：1bit，若两个段来自同一个信息，则该位保持不变。当来自不同文本信息的段第一次传输时，该比特相对前一状态要反转。如果包含几个段的一个文本信息重复传送，该比特状态不变。
- 首位标志**：1bit。
- 末位标志**：1bit。
- 首位标志和末位标志**用来识别当前段在文本信息的连续段中的位置，应符合表 13 的规定。
- 命令标志**：1bit，表示区域 1 是段的主体长度还是包含着一个特殊的命令。
 - 0：区域 1 表明段的主体长度；
 - 1：区域 1 包含一个特殊的命令。
- 区域 1**：4bits。如果“命令标志”=0，则该字段为无符号二进制数，等于主体的字节数减 1 的值，除了最后一段，通常取值为 15。如果“命令标志”=1，则表示一个特殊命令，如为 0001 则表示该信息不显示，其他编码方式留作将来使用。
- 区域 2**：4bits。如果“首位标志”=1，则该字段值为“1111”。如果“首位标志”=0，则 4 个比特的第 1 个比特保留，值为 0，后 3 个比特为无符号二进制数，等于当前段的段号减去 1 的值，即当前传输段为第二段，则本字段的值为 1，值 0 留作将来使用。
- Rfa**：4bits，保留，定义前置 0。

表13 段的位置

首位标志	末位标志	段位置
0	0	中间段
0	1	最后段
1	0	第一段
1	1	有且只有一段

段主体的长度为 $n \times 8\text{bits}$ 。该区域应编码成字符串（最多 16 个字符）。如果信息段的最后一个字符是多比特字符而且剩余空间不够将所有字节填入，那么该字符应在下一信息段中继续传输。当“命令标志=1”时，该区域可被忽略。

可以使用以下附加代码用于文本格式的控制：

——可以插入代码 0x0A 用以指示首选换行符；

——可以插入代码 0x0B 用以指示标题的结尾，标题的最大长度限制为 2×16 个可显示字符（包括由于控制代码 0x1F 引入的连字符），并且可能包含 0 或 1 个换行符代码（代码 0x0A），任何换行符之前和任何换行符之后都不会超过 16 个字符；

——可以插入代码 0x1F 用以指示词与词之间的间断，即在较长的单词显示时使用此代码。

CRC 长度为 16bits。对头和主体进行 CRC 校验，生成多项式为 $G_{16}(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ ，应符合附录 D 的规定。

6.6 包模式

6.6.1 通则

数据业务通常由信息流（以同步或异步形式）或者信息文件组成。一个通用的数据包传送系统允许在同一个数据流中传送异步流和各种业务文件，并允许在不同业务间实现基于逐帧的同步数据流共享比特率。通过增加 RS 纠错编码，为数据流提供附加的纠错能力。业务数据可通过一系列的单包或数据单元携带。一个数据单元由多个数据包组成，在差错处理时，多个数据包作为一个整体来处理，一个数据单元中接收到一个错误的包会使整个数据单元被丢弃。包模式可以进行文件传输，也可以实现异步流的简单同步。

包模式下的数据逻辑帧大小应是数据包大小的整数倍。数据单元最大长度为 8215 字节。

6.6.2 包结构

6.6.2.1 通则

一个包由包头、数据域和 CRC 校验组成。

——**包头**：8bits，表示包的描述信息。

——**数据域**： n 字节，包含一个指定业务的数据，在数据实体 5 中指定了该数据域长度。

——**CRC**：16bits，对包头和数据域进行 CRC 校验，生成多项式为 $G_{16}(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ ，应符合附录 D 的规定。

6.6.2.2 包头

包头包括以下参数。

——**首位标志**：1bit。

——**末位标志**：1bit，首位标志和末尾标志用来表示连续的包序列中包位置，应符合表 14 的规定。

- 包 ID: 2bits, 表示数据包的包 ID。
- PPI: 1bit, 表示数据区域是否有填充数据。
 - 0: 没有填充, 数据区域中所有数据字节都是有用的;
 - 1: 有填充, 数据域中的第一个字节给出了有用数据字节的个数。
- CI: 3bits, 对于具有相同包标识的数据包, 该 3bits 模 8 后加 1 递增。

表14 包的位置

首位标志	末位标志	包位置
0	0	中间数据包
0	1	数据单元中最后一个数据包
1	0	数据单元中第一个数据包
1	1	数据单元中唯一的一个数据包

6.6.2.3 数据域

数据域包含特定业务的有用数据。如果包头的“填充包指示”为0, 数据域的所有字节都是有用的。如果包头的“填充包指示”为1, 那么数据域的第一个字节指出后面的有用字节数, 数据域用值为0x00的填充字节补充完整。

如果包含有用数据的包数据未能填满逻辑帧, 那么需要使用不包含有用数据的包填充逻辑帧, 此时“填充包指示”应置1, 同时数据域的第一个字节应置0, 以表明没有有用数据。首位标志和末位标志应置1。对这些空包来说, 连续性索引仍然要递增。如果数据流中使用的数据子流少于4个, 那么应使用新的包ID。在使用某一包ID进行数据单元传输过程时, 不应插入相同包ID的空包。

6.6.3 异步流

异步流可用来面向字节信息的传输。单包和数据单元都可用来传输异步流。单包传输机制下的应用应能处理数据包丢失, 并通过首位标志和末位标志指出包的位置。数据单元传输机制下的应用应能够承载数据单元中相互联系的字节集合, 并利用数据单元的差错处理来实现同步。

6.6.4 文件

文件可用数据单元承载。采用该传输机制时, 应提供一种机制以区分每个文件对象。首位标志和末位标志指明组成数据单元的一系列包的位置, 连续性索引用来确定是否某些中间包已丢失。

6.6.5 包长度的选择

包模式的数据流逻辑帧可以包含一个或多个数据包, 这些数据包可以属于一个或者多个业务。为降低差错扩散, 数据流中的所有数据包具有相同的长度。包长度的选择依赖于多种因素, 其中应考虑下面两个因素:

- a) 每个数据包包头和CRC所占开销是固定的, 因此包长度越大, 有用数据占的比率就越大;
- b) 包的填充量与文件与包长度的比值或异步流延时要求有关, 采用大长度数据包传输许多较小对象时传输效率不高。

6.6.6 包模式的 FEC

包模式的FEC以RS外部错误保护和外部交织的形式, 对数据流的包模式进行前向纠错, RS外码和交织的示意框图见图4。

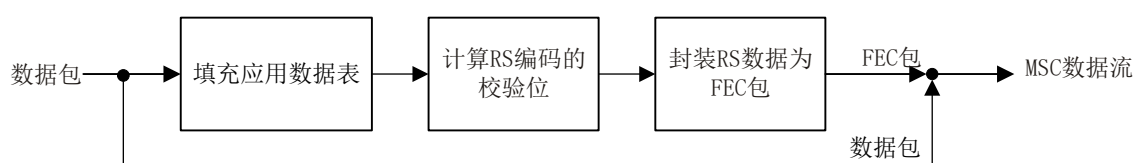


图4 RS 外码和交织的示意框图

进行前向纠错的包序列称为应用数据包集，应用数据包集中的所有数据包具有相等的包长度。对应用数据包集进行RS校验后得到FEC包，每个FEC包的长度相同。生成的FEC包集放置应用数据包集之后，这种放置方式使得不支持FEC解码的接收机仍然可以接收解析应用数据包，仅是对应用数据包不进行附加的RS纠错。包模式是否存在FEC由SDC数据实体类型14指示。

来自复用器的 D 个应用数据包按照从上到下、从左到右的顺序填充至应用数据表中，其中第一个包的第一个字节放置在表的第一行、第一列的位置，见图5。应用数据表的大小为 $R \times C$ ， R 和 C 的大小由SDC数据实体类型14定义。当 D 个数据包都填充至应用数据表后，应用数据表中剩余的位置填充字节0x00， D 的大小由公式（1）得出。

$$D = \left\lfloor \frac{R \times C}{L + 3} \right\rfloor \dots\dots\dots (1)$$

其中， L 表示包长，在SDC数据实体类型14中定义。

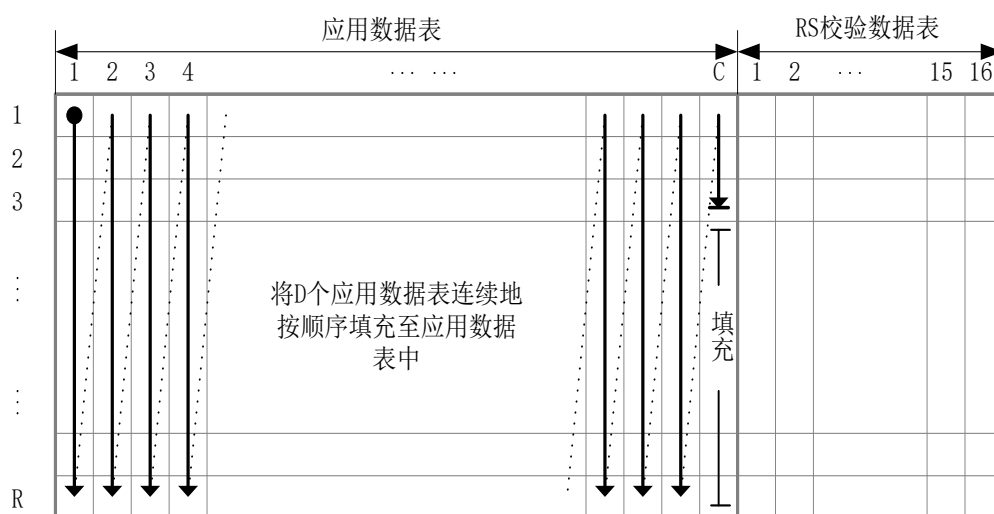


图5 数据包填充示意图

对应用数据表的每一行进行RS编码，最终形成 R 行、16列的RS校验数据表，见图6。RS编码采用RS（255，239， $t=8$ ）系统码，其生成多项式为 $g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1) \dots (x + \lambda^{15})$ ， $\lambda = 0x02$ ，域生成多项式为 $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 。

如果 $C < 239$ ，则使用RS（ $(C+16)$ ， C ， $t=8$ ），即对应用数据表的每一行增加 $(239 - C)$ 个取值为0的字节，再进行RS（255，239， $t=8$ ）编码，在完成RS编码后，再丢弃掉补充的 $(239 - C)$ 个字节。

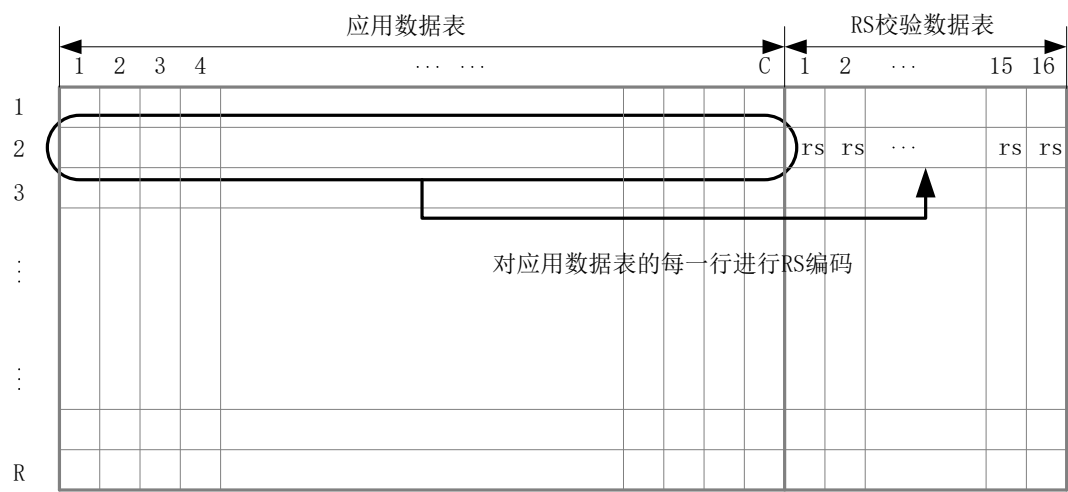


图6 RS 校验示意图

RS校验数据表中的校验数据应按照图7的顺序组成FEC包集，FEC包集包括 F 个FEC包， F 的大小由公式（2）得出。

$$F = \left\lceil \frac{R \times 16}{L} \right\rceil \dots\dots\dots (2)$$

当所有的RS校验数据都填充至FEC包中后，FEC包中的剩余位置填充0。

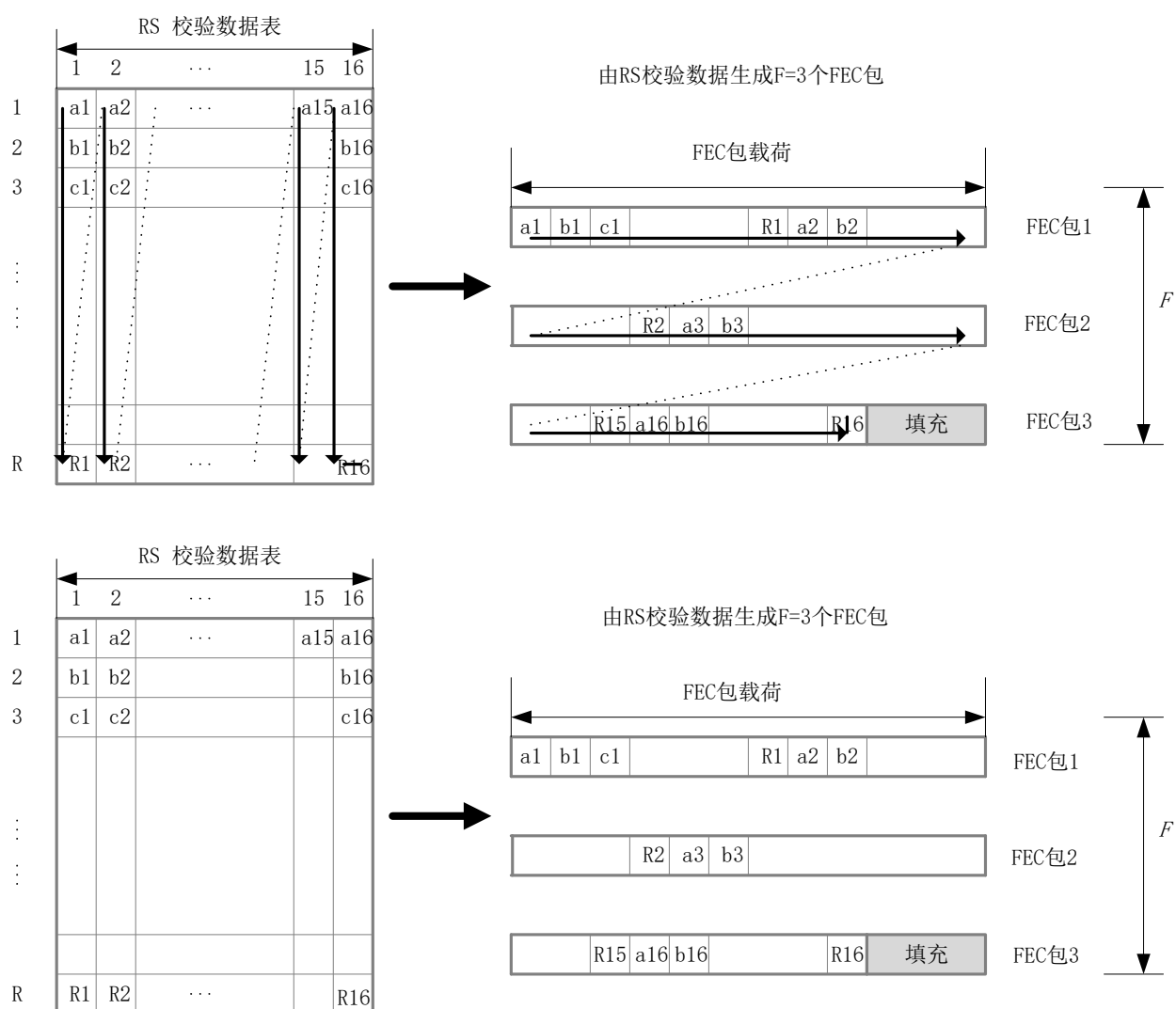


图7 RS 校验数据生成 FEC 包集示意图

FEC包遵循6.6.2的包结构，其包头的取值为：对于FEC包集的第一个FEC包，“首位标志”设置为1，对于FEC包集的最后FEC包，“末尾标志”设置为1。“包ID”值为3。“PPI”设置为0。FEC包集的第一个FEC包的CI设置为0，并依次递增。

FEC包集放置在应用数据包集之后进行传输，以4个数据包生成2个校验包为例的各个包的传输顺序见图8。

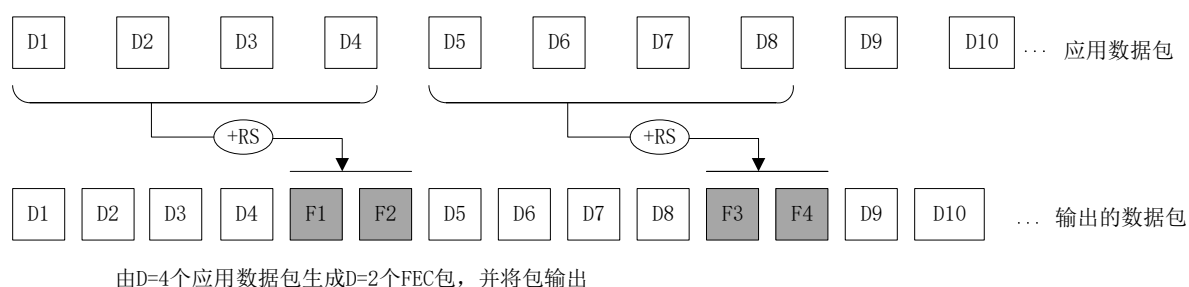


图8 数据包传输及顺序

6.7 数据广播

6.7.1 概述

数据业务也可以采用 6.7.2~6.7.5 定义的数据广播协议进行流模式或者文件模式的传输。业务流或者业务文件以及相对应的信息描述文件按照数据广播包封装协议，生成业务流/业务文件/信息描述文件数据包，与音频业务等其他业务进行复用后，进入广播信道。

业务流/业务文件/信息描述文件的封装处理流程见图9。业务流/业务文件可以根据需要，选择进行 FEC 后，再按照数据广播包协议进行封装，生成相应的数据包；也可以不进行前向纠错编码，直接按照数据广播包协议进行封装，生成相应的数据包。

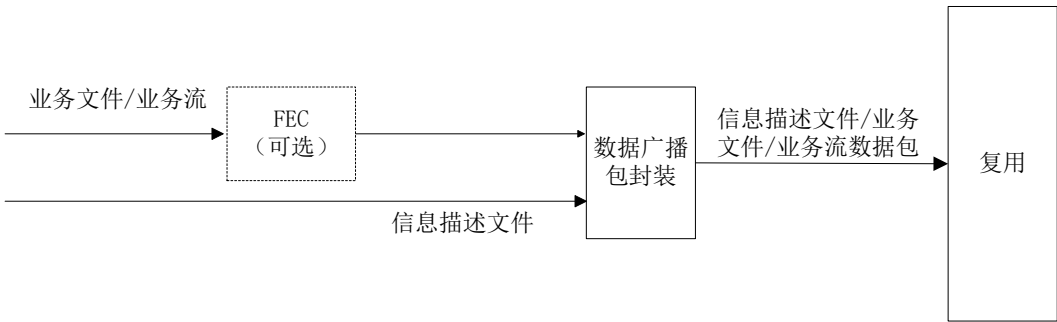


图9 数据处理流程

6.7.2 FEC

FEC选择6.6.6定义的RS编码。需进行纠错编码的业务文件/业务流，每239字节按照RS (255, 239) 纠错算法生成16字节的校验数据，校验数据紧随信息数据之后，见图10。

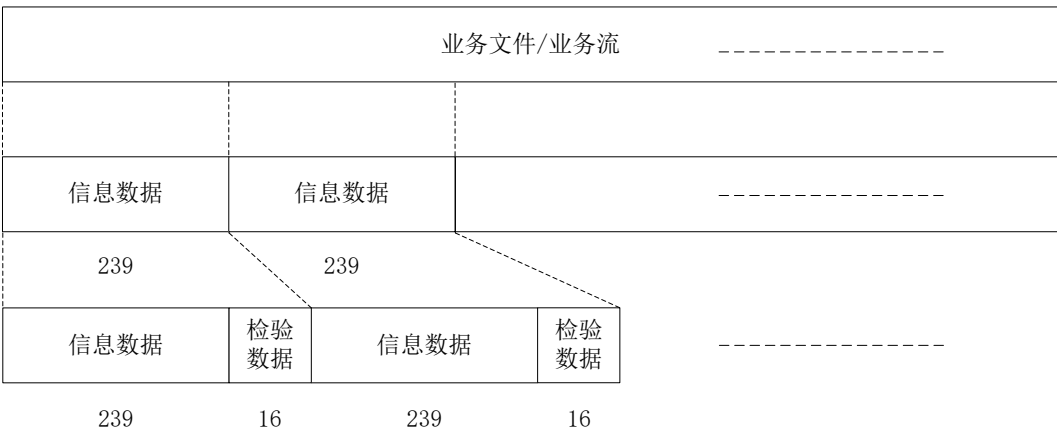


图10 RS (255, 239) 纠错算法示意图

信息数据按照从上到下、从左到右的顺序填充至信息数据表中，信息数据的第一个字节放置在表的第一行、第一列的位置，见图11。信息数据表的行数为16，当所有的信息数据均填充至信息数据表后，信息数据表中剩余的位置填充字节0x00。对信息数据表的每一行进行RS编码，最终形成16行、16列的RS 校验数据表，见图6。

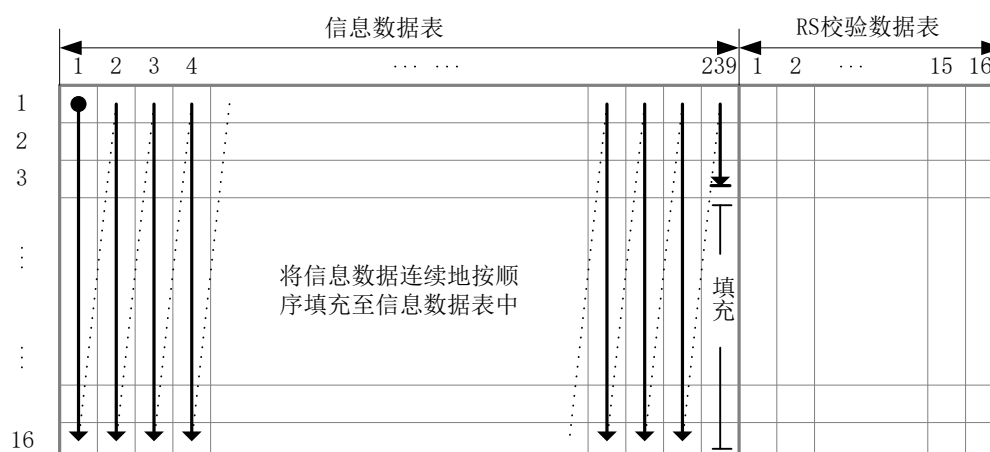


图11 数据包填充示意图

6.7.3 数据广播包封装

6.7.3.1 封装格式

数据广播包封装格式见图 12，语法定义应符合表 15 的规定。

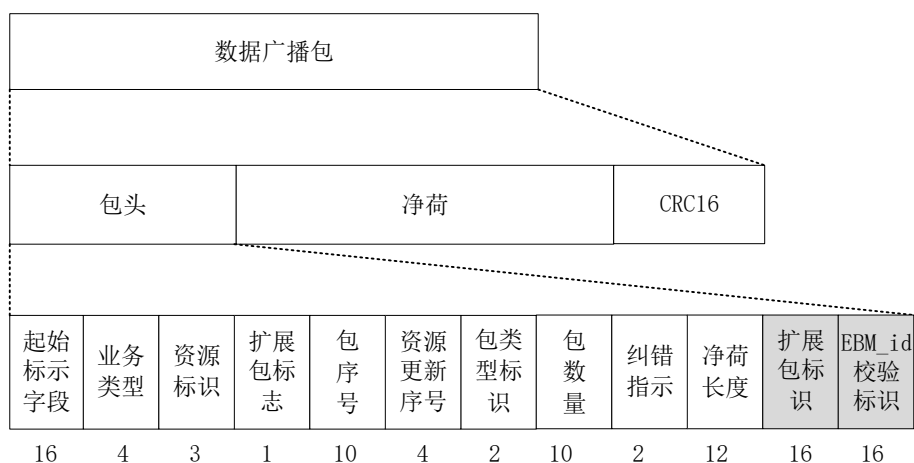


图12 数据广播包封装格式

表15 数据广播包语法定义

语法	比特数	标识符
数据广播包 ()		
{		
起始标示字段	16	bslbf
业务类型	4	uimsbf
资源标识	3	uimsbf
扩展包标志	1	uimsbf
包序号	10	uimsbf
资源更新序号	4	bslbf

表 15（续）

语法	比特数	标识符
包类型标识	2	uimsbf
包数量	10	uimsbf
纠错指示	2	bslbf
净荷长度	12	uimsbf
扩展包标识	16	uimsbf
EBM_id 校验标识	16	uimsbf
净荷	$8 \times n$	uimsbf
CRC16	16	bslbf
}		

起始标示字段：16bits，标识一个包的开始，两个字节依次为 0x49 和 0x59。

业务类型：4bits，表示数据广播包净荷承载的业务类型，取值应符合表 16 的规定。

表16 业务类型取值及定义

字段取值	业务类型
1	应急广播
2	数据广播
其他	保留

资源标识：3bits，资源的唯一标识，应与信息描述文件中被描述业务流/业务文件的资源标识一致。

扩展包标志：1bit，0 表示包头中不存在“扩展包标识”，1 表示包头中存在“扩展包标识”。

包序号：10bits，取值范围为0~1022，从0开始取值，表示由资源标识和包类型标识确定的包的序号。

资源更新序号：4bits，取值范围为 0~15，表示资源更新序号。当资源标识与业务文件的对应关系发生变化，或资源标识对应的业务文件内容或属性发生变化，资源更新序号需要发生变化，该值在 0~15 范围内循环取值，每次更新加 1。

包类型标识：2bits，取决于“业务类型”的值。当业务类型等于 1 时，具体取值由相关中短波数字广播应急广播业务定义；当业务类型等于 2 时，0 表示包内封装的是业务流，1 表示封装的是业务文件，2 表示封装的是信息描述文件，3 保留。

包数量：10bits，取值范围为1~1023，表示当前资源的当前包类型所包含的包数，流模式情况下此字段无意义。

纠错指示：2bits，0 表示该数据包净荷未采用纠错编码，未携带纠错校验数据；1 表示该数据包净荷中包含前向纠错编码和校验数据，净荷内顺序存放 239 字节原始信息数据与 16 字节校验；其他取值保留。

净荷长度：12bits，指示本数据包中净荷的字节长度。

扩展包标识：16bits，前8bits表示扩展包序号（第一个扩展包取值为0x00），后8bits表示最后一个扩展包序号。

EBM_id校验标识：16bits，当业务类型等于1时，才存在此字段，具体取值由相关中短波数字广播应急广播业务定义。

净荷：本字段携带着业务流、业务文件或信息描述文件，如纠错指示为 1，净荷包含原始数据和校验数据。

CRC16：16bits，对起始标识字段到本字段之前所有数据的 CRC 校验值，CRC 算法模型应符合附录 D 的规定。

6.7.3.2 信息描述文件

信息描述文件对业务文件或业务流的 15 个属性信息以 TXT 文本文件进行描述，文本文件的编码类型为 UTF-8，其每一行对应一个属性。对于可选属性，当该属性未赋值时，则该行为空，即为空行。15 个属性的定义为。

- 业务标识：**资源标识所从属的业务标识，此业务标识应该与复用器配置中相应业务的业务标识一致。
- 业务模式：**业务文件/业务流的传输模式。0 表示为一个单独的业务流，1 表示所传输的业务文件为一个文件。
- 资源标识：**取值范围为 1~255，由资源标识唯一确定与所描述业务流/业务文件的对应关系。
- 资源对应关系更新：**取值同数据广播包头定义的资源更新序号。若本属性的取值发生变化，表示资源标识与业务文件的对应关系发生变化，或资源标识对应的业务文件内容或属性发生变化，接收端需重新建立资源标识与业务文件的对应关系。
- 业务流/业务文件名称：**描述业务流或业务文件名称的字符串。
- 业务流/业务文件类型：**描述业务流或业务文件类型的字符串，其取值应符合表 17 的规定。
- 内容标题：**可选，描述业务流或业务文件承载的内容标题的字符串。
- 内容摘要：**可选，描述业务流或业务文件承载的内容摘要的字符串。
- 内容关键字：**可选，描述业务流或业务文件承载的内容关键字的字符串。
- 文本编码类型：**表示当业务文件为文本类型时所使用的编码字符集，其取值应符合表 18 的规定；当业务文件不为文本类型时，该属性不赋值。
- 文件路径信息：**可选，描述业务文件存储的相对路径的字符串，格式为 ROOT:\aaa\ddd，ROOT 代表根目录。
- 文件长度：**表示业务文件的原始长度，单位为字节。
- 起始有效时间：**可选，表示业务文件起始有效时间的字符串，格式为 yyyy.mm.dd/hh:mm:ss，例如 2018.01.01/21:15:10。如无起始有效时间，则代表业务流/业务文件即刻生效。
- 失效时间：**可选，表示业务文件在此时间之后失效，字符串格式为 yyyy.mm.dd/hh:mm:ss。如无失效时间，则表示该业务文件在资源更新之前始终有效。
- 删除标识：**指示接收机删除已存储在接收机内部的由资源标识和业务名称等所确定的业务流/业务文件。1 表示该业务流/业务文件需删除；0 表示该业务流/业务文件不需删除。

表17 业务流/业务文件类型

字段取值	对应类型描述	对应文件扩展名	适用范围
0	未知类型	—	业务文件
1	PNG 图片文件	PNG	
2	JPEG 图片文件	JPG	
3	GIF 图片文件（可选）	GIF	
4~20	保留	—	
21	文本文件	TXT	

表 17（续）

字段取值	对应类型描述	对应文件扩展名	适用范围
22	二进制文件	—	业务文件
23	网页文件	HTML	
24	压缩文件	ZIP	
25~40	保留	—	
41	MPEG-1 LayerI/II 音频文件	MPG	
42	MPEG-1 LayerIII 音频文件	MP3	
43	WAV 音频文件	WAV	
44~50	保留	—	
51	MEPG4 视频文件	MP4	
52	AVI 视频文件	AVI	
52~60	保留	—	
61	应用程序文件（安卓、WIN10）	—	
62~70	保留	—	
71	PCM 音频流	—	业务流
72	AAC 音频流	—	
73	MP4 视频流	—	
74	AVI 视频流	—	
75	数据流	—	
76~127	保留	—	

表18 文本编码字符集

取值	要求
0	应符合 GB/T 2312—1980 的规定
1	应符合 GB 18030—2022 的规定
2	应符合 GB/T 13000—2025 的规定
3	UTF-8
4	Unicode
5~255	保留

6.7.4 DIP

6.7.4.1 DIP 格式

数据广播适配器与复用器的接口封装包格式应符合图13的规定。

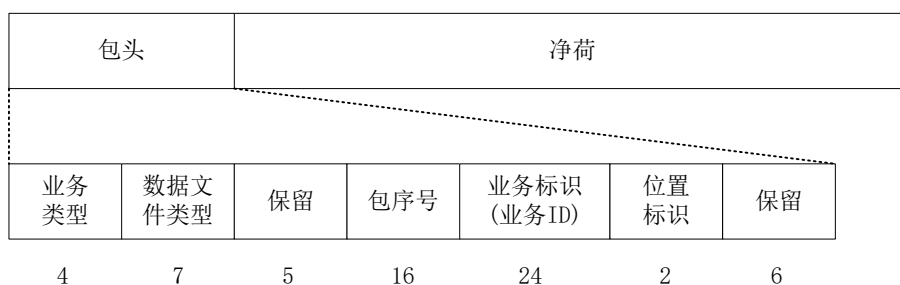


图13 DIP 包格式

DIP包由包头和净荷构成，净荷承载数据广播包，其各字段含义如下。

- 业务类型**：4bits，表示 DIP 包净荷所承载的业务类型，取值应符合表 16 的规定。
- 数据文件类型**：7bits，当业务类型取值为 1 时，数据文件类型取值为 0；当业务类型取值为 2 时，数据文件类型的取值及定义见表 17；当业务类型取值为其他值时，数据文件类型应该根据需要进行定义，在未定义时，取值为 0。
- 包序号**：16bits，DIP 包序号，取值从 1 开始，按每一个业务标识进行统一累计、循环计数。
- 业务标识**：24bits，业务标识的取值应与复用器 FAC 中相应业务的业务标识一致。
- 位置标识**：2bits，表示 DIP 包携带的净荷为所传送数据广播包的哪一部分，其定义应符合表 19 的规定。
- 净荷**：长度可变，DIP 包大小受 IP 网中 MTU 的限制，单位为字节。

表19 位置标识的定义

取值	位置标识
0	数据广播包分段，中间包
1	数据广播包分段，末尾包
2	数据广播包分段，起始包
3	数据广播包不分段，包净荷为一完整的数据广播包

6.7.4.2 DIP 包的传输

采用 UDP 传输协议对 DIP 包进行传输，物理接口为 RJ45，每个 UDP 包中只承载一个 DIP 包。每个业务标识对应的所有数据广播包采用同一 UDP 端口发送，不同的业务标识采用不同的端口发送，该端口不应与其他应用所使用的端口冲突。

用 DIP 包对数据广播包进行封装的过程见图 14。设 DIP 包中净荷的最大长度为 Max_DIP 字节，根据数据广播包的长度，分两种处理情况：

- a) 数据广播包长度大于 Max_DIP 字节：一个数据广播包可分成若干段，生成多个 DIP 包，各 DIP 包的包序号保持连续；
- b) 数据广播包长度小于或等于 Max_DIP 字节：一个数据广播包生成一个 DIP 包，DIP 包头的分段指示为 3。

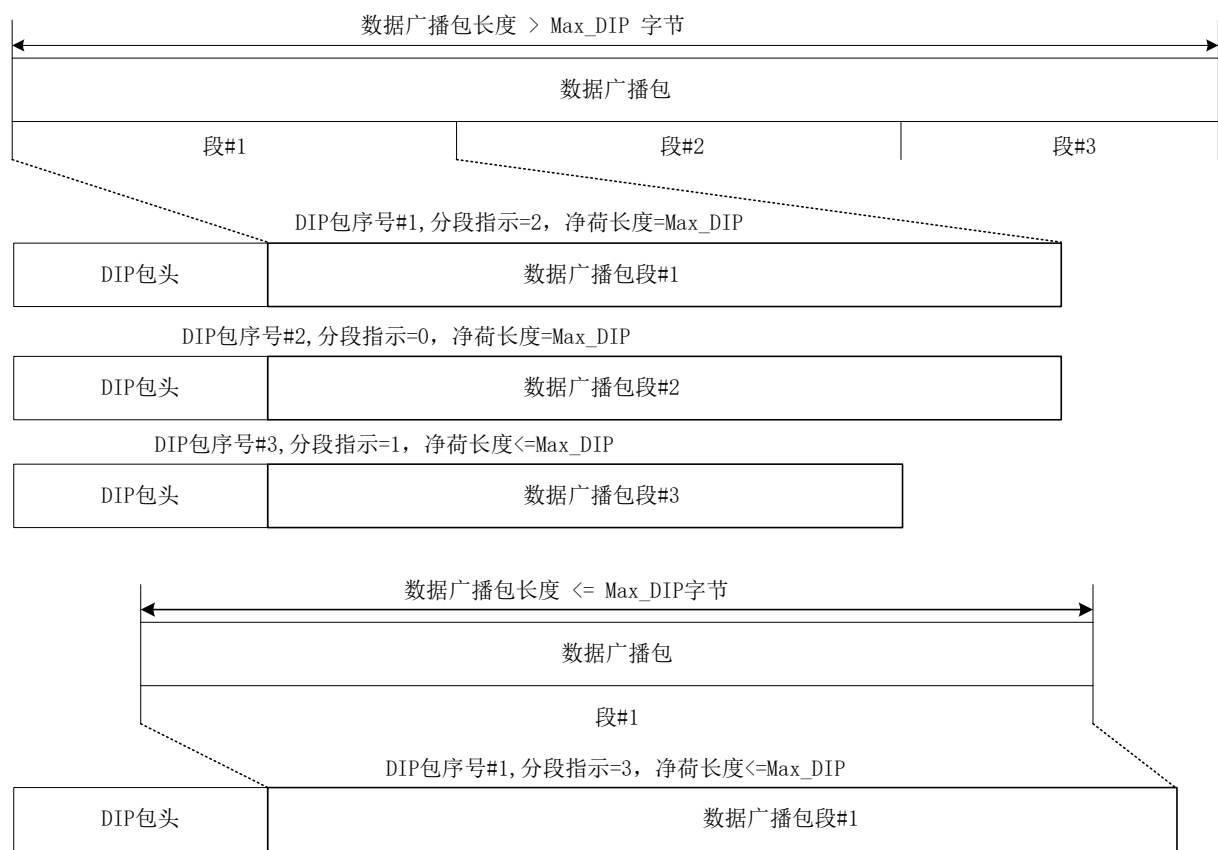


图14 用 DIP 包进行数据广播包的封装

6.7.5 FAC 和 SDC 相关参数设置

在使用 6.7.1 至 6.7.4 定义的数据广播封装协议时，当表 16 中的业务类型等于 1 时，6.3.3 中“业务描述标识”取值 30，当表 16 中的业务类型等于 2 时，6.3.3 中“业务描述标识”取值 28。6.4.3.7 中“描述符”15bits 的定义为。

- 业务类型：4bits，取值应符合表 16 的规定。
- 数据文件类型：7bits，当业务类型为 2 时，取值应符合表 17 的规定；当业务类型为 1 时，保留。
- Rfa：4bits，保留，值为 0。

7 信道编码与调制

7.1 概述

MSC、SDC和FAC每个信道采用不同的信道编码和映射方案，信道编码流程见图15。

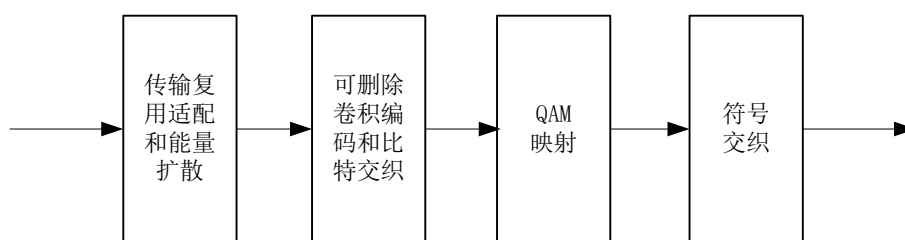


图15 信道编码流程图

中、短波数字声音广播系统的信道编码过程基于MLC方法，当复用流中单业务或多业务有不同差错保护需求时，可通过不同映射方案 and 不同编码率相结合的方法予以实现。差错保护分为EEP和UEP，它们可与分级调制相结合。EEP采用单一的编码率来保护信道中所有的数据，FAC和SDC使用EEP。UEP采用两种编码率，对MSC中的数据分配为高保护部分和低保护部分分别进行相应的保护。

当使用分级调制时，MSC可以采用3种映射方式：SM、HMsym和HMmix。HMmix是前两种映射方式的混合，即其星座图的实部采用HMsym方式，星座图的虚部采用SM方式。分级映射将待编码的数据流分为两个部分：VSPP和SPP。SM模式只包括SPP，MSC信道中SPP的数据最多可以采用两种综合编码率对其进行保护，分级映射模式只能应用在64-QAM星座映射中。

对于FAC和SDC，只准许使用SM模式。

7.2 传输复用适配和能量扩散

7.2.1 传输复用适配

7.2.1.1 各信道编码模块输入向量长度

对于MSC、SDC、FAC来说，其各自编码过程是相互独立的。输入信道编码模块的向量长度 L 规定如下：

- 对于FAC，向量长度 L 等于一个FAC块长度；
- 对于SDC，向量长度 L 等于一个SDC块长度；
- 对于MSC，向量长度 L 等于一个MSC复用帧长度。

7.2.1.2 MSC

每个复用帧的长度 L_{MUX} 取决于鲁棒模式、频谱占用模式和星座映射方式。当使用EEP时： $L_{\text{MUX}} = L_2$ ；当使用UEP时： $L_{\text{MUX}} = L_1 + L_2$ ，其中 L_1 为高保护部分比特数， L_2 为低保护部分比特数；当采用HMsym或HMmix时，超强保护部分的比特数为 L_{VSPP} 。

对于SM， L_1 、 L_2 和 L_{VSPP} 的计算分别见公式(3)~公式(5)。

$$L_1 = \sum_{p=0}^{P_{\max}-1} 2N_1 R_p \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$P_{\max}$ ——编码级数（4-QAM： $P_{\max} = 1$ ；16-QAM： $P_{\max} = 2$ ；64-QAM： $P_{\max} = 3$ ）；

N_1 ——高保护部分的OFDM子载波数，取值计算见公式(12)；

R_p ——每级的编码率，见表22。

$$L_2 = \sum_{p=0}^{P_{\max}-1} R X_p \left[\frac{2N_2 - 12}{R Y_p} \right] \dots\dots\dots (4)$$

式中:

RX_p ——每级编码率的分子 (numerator), 见表 22;

N_2 ——低保护部分 (包括尾比特) 的 OFDM 子载波数, 取值计算见公式 (15);

RY_p ——每级编码率的分母 (denominator), 见表 22。

$$L_{\text{VSPP}} = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

对于 HMsym, 编码级数 $P_{\text{max}} = 3$, L_1 、 L_2 和 L_{VSPP} 的计算分别见公式 (6) ~ 公式 (8)。

$$L_1 = \sum_{p=1}^2 2N_1 R_p \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

N_1 ——高保护部分的 OFDM 子载波数, 取值计算见公式 (13)。

$$L_2 = \sum_{p=1}^2 RX_p \left\lfloor \frac{2N_2 - 12}{RY_p} \right\rfloor \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$L_{\text{VSPP}} = RX_0 \left\lfloor \frac{2(N_1 + N_2) - 12}{RY_0} \right\rfloor \quad \dots\dots\dots (8)$$

对于 HMmix, 编码级数 $P_{\text{max}} = 3$, L_1 、 L_2 和 L_{VSPP} 的计算分别见公式 (9) ~ 公式 (11)。

$$L_1 = N_1 R_0^{\text{lm}} + \sum_{p=1}^2 N_1 (R_p^{\text{Re}} + R_p^{\text{lm}}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

N_1 ——高保护部分的 OFDM 子载波数, 取值计算见公式 (14);

R_p^{Re} ——实部每级编码率, 见表 22;

R_p^{lm} ——虚部的每级编码率, 见表 22。

$$L_2 = RX_0^{\text{lm}} \left\lfloor \frac{N_2 - 12}{RY_0^{\text{lm}}} \right\rfloor + \sum_{p=1}^2 (RX_p^{\text{Re}} \left\lfloor \frac{N_2 - 12}{RY_p^{\text{Re}}} \right\rfloor + RX_p^{\text{lm}} \left\lfloor \frac{N_2 - 12}{RY_p^{\text{lm}}} \right\rfloor) \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

RX_p^{Re} ——实部每级编码率的分子, 见表 22;

RX_p^{lm} ——虚部每级编码率的分子, 见表 22;

RY_p^{Re} ——实部每级编码率的分母, 见表 22;

RY_p^{lm} ——虚部每级编码率的分母, 见表 22。

$$L_{\text{VSPP}} = RX_0^{\text{Re}} \left\lfloor \frac{N_1 + N_2 - 12}{RY_0^{\text{Re}}} \right\rfloor \quad \dots\dots\dots (11)$$

N_{MUX} 是 MSC 每个传输帧的 OFDM 子载波数, 具体定义见 7.7。当使用 EEP 时, $N_{\text{MUX}} = N_2$; 当使用 UEP 时, $N_{\text{MUX}} = N_1 + N_2$ 。

对于 SM、HMsym 和 HMmix, N_1 的计算方式分别见公式 (12) ~ 公式 (14), 式中 X 为高保护部分 (part A) 的字节数。

$$N_1 = \left\lceil \frac{8X}{2RY_{\text{lcm}} \sum_{p=0}^{P_{\text{max}}-1} R_p} \right\rceil RY_{\text{lcm}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$N_1 = \left\lceil \frac{8X}{2RY_{\text{lcm}} \sum_{p=1}^2 R_p} \right\rceil RY_{\text{lcm}} \dots\dots\dots (13)$$

$$N_1 = \left\lceil \frac{8X}{RY_{\text{lcm}} (R_0^{\text{lm}} + \sum_{p=1}^2 (R_p^{\text{Re}} + R_p^{\text{lm}}))} \right\rceil RY_{\text{lcm}} \dots\dots\dots (14)$$

对于 SM 模式, RY_{lcm} 取值见表 24 和表 25; 对于 HMsym 模式, RY_{lcm} 取值见表 26 和表 27; 对于 HMmix 模式, RY_{lcm} 取值见表 25、表 27 和表 28。

N_2 的计算方式见公式 (15)。

$$N_2 = N_{\text{MUX}} - N_1 \dots\dots\dots (15)$$

式中 $N_1 \in \{0, 1, \dots, N_{\text{MUX}} - 20\}$, $N_2 \in \{20, \dots, N_{\text{MUX}}\}$ 。

7.2.1.3 FAC

每个 FAC 块的长度 L_{FAC} 固定为 72bits。每个 FAC 块占用的 OFDM 子载波数 N_{FAC} 固定为 65。

7.2.1.4 SDC

每个 SDC 块的长度 L_{SDC} 取决于鲁棒模式、频谱占用模式和星座映射方式。SDC 占用的 OFDM 子载波数 N_{SDC} 应符合表 20 的规定。

SDC 采用 EEP 和 SM (4-QAM: $P_{\text{max}}=1$, 16-QAM: $P_{\text{max}}=2$), $L_{\text{SDC}} = L_2$, $N_{\text{SDC}} = N_2$ 。

表20 SDC 占用的 OFDM 子载波数 N_{SDC}

鲁棒模式	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
A	167	190	359	405	754	846
B	130	150	282	322	588	662
C	—	—	—	288	—	607
D	—	—	—	152	—	332

7.2.2 能量扩散

对 FAC 块、SDC 块、MSC 复用帧和 MSC 分级调制帧独立进行能量扩散处理。对于 FAC 而言, 能量扩散处理的输入向量长度, 等于每个 FAC 块长度; 对于 SDC, 能量扩散处理的输入向量长度等于每个 SDC 块长度; 对于 MSC, 能量扩散处理的输入向量长度等于每个复用帧和每个分级调制帧长度的总和。SDC 块长度、复用帧和分级调制帧的长度则取决于鲁棒模式、频谱占用模式和星座映射方式。能量扩散处理的输入向量的第 1 个比特和 PRBS 索引为 0 的比特模 2 相加。

对 SDC 和 FAC 而言, 能量扩散输出构成了对应的多级编码过程的输入数据流 u_i , MSC 复用帧经能量扩散后的输出构成 MSC 多级编码的标准保护等级的输入数据流 u_i , 分级调制帧经能量扩散后的输出构成对应的多级编码的超强保护等级的输入数据流 u_i' 。

复用器输出的三个信道（MSC、SDC、FAC）的数据分别与 PRBS 模 2 相加，PRBS 生成多项式为 $P(X) = X^9 + X^5 + 1$ ，其框图见图 16，移位寄存器的初始状态为 111111111，PRBS 的初始 16 位比特值见表 21。

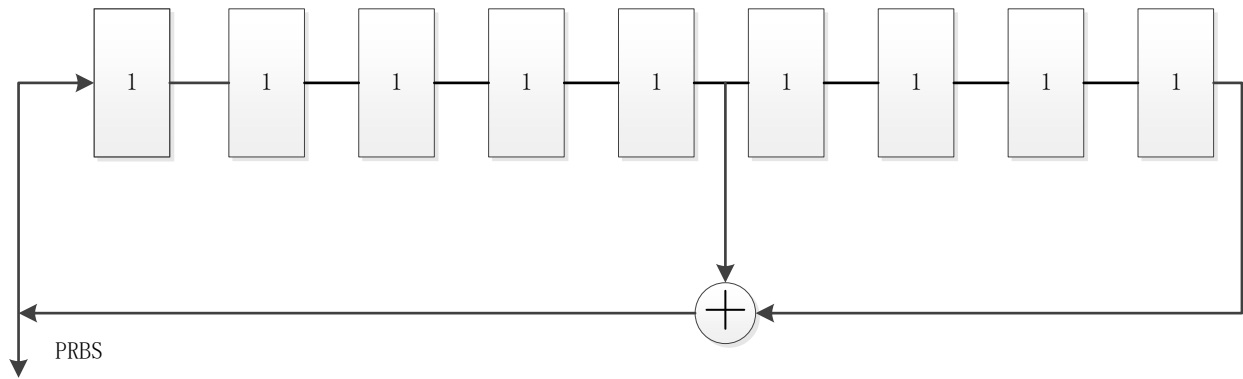


图16 PRBS 发生器

表21 PRBS 初始 16 位比特值

比特索引	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
比特值	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0

7.3 编码

7.3.1 多级编码

7.3.1.1 概述

信道编码模块采用多级编码方式，在 QAM 映射中易于受信道噪声干扰的比特采用较高的保护等级，相对较难受干扰的比特采用较低的保护等级，从而实现总体差错概率的平衡，达到较为理想的低误码传输效果。不同的保护等级通过同一母码的可删除卷积编码实现。

依据采用的星座映射方式，共有五种编码方式，一级编码可以当作多级编码的一个特例。对于 SM 和 HMsym，星座图的实部和虚部采用同样的映射模式。对于 HMmix，星座图的实部和虚部分别采用不同的映射方式。五种编码策略对应的信道编码示意图见图 17～图 21。

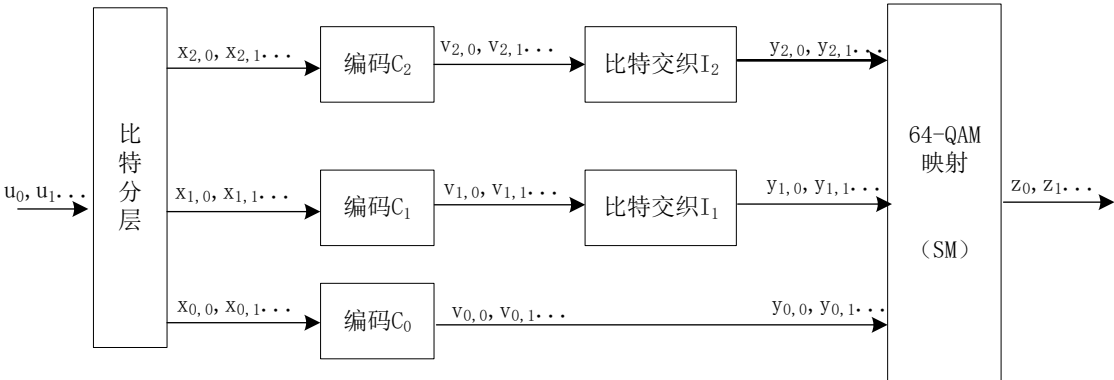


图17 三级 SM 信道编码

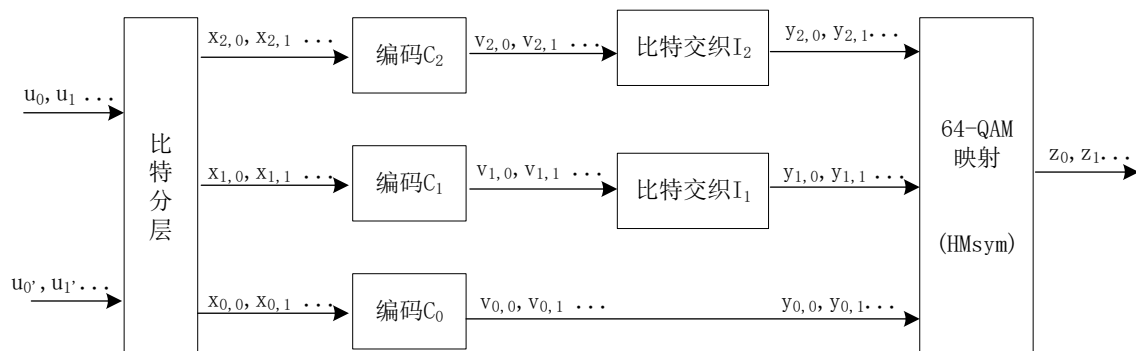


图18 三级 HMsym 信道编码

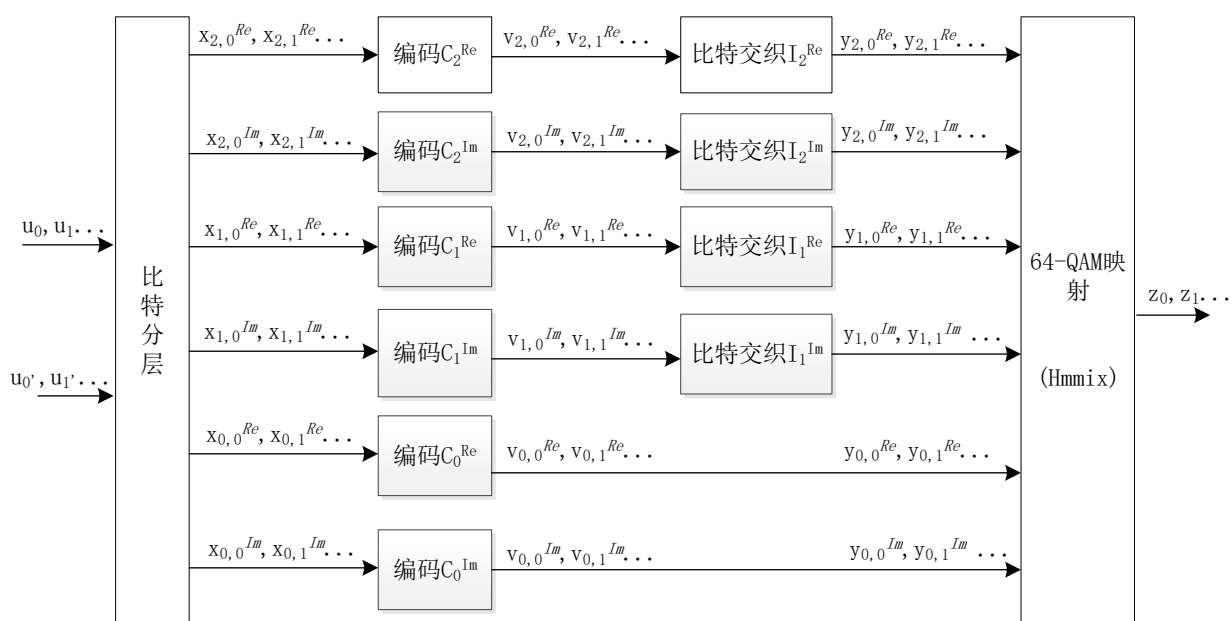


图19 三级 HMmix 信道编码

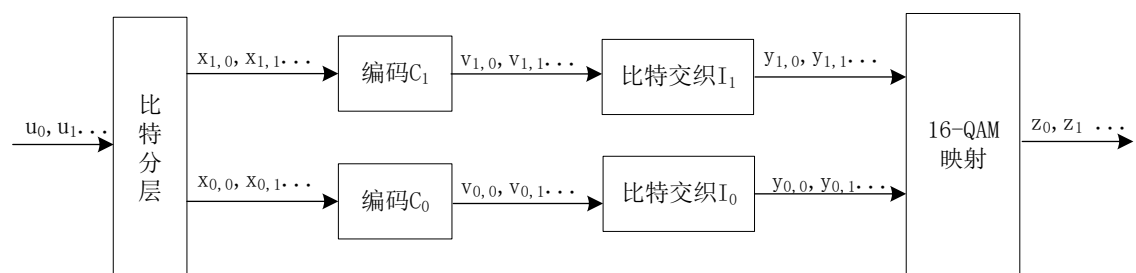


图20 二级 SM 信道编码

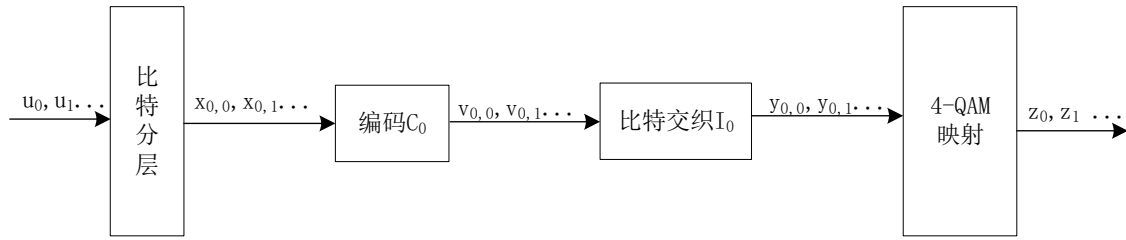


图21 一级 SM 信道编码

7.3.1.2 SM 模式下的比特流分层

按照等级的不同，比特流(u_i)被分层成数据流($x_{p,i}$)。高保护及低保护部分的比特分别送入编码器的每级 $p(p=0,1,\dots,p_{\max}-1)$ ，三级编码、二级编码和一级编码的分层方法分别见公式(16)~公式(18)。

$$(x_{0,0}, x_{0,1}, \dots, x_{0,M_{0,1}-1}, x_{1,0}, x_{1,1}, \dots, x_{1,M_{1,1}-1}, x_{2,0}, x_{2,1}, \dots, x_{2,M_{2,1}-1}, x_{0,M_{0,1}}, x_{0,M_{0,1}+1}, \dots, x_{0,M_{0,1}+M_{0,2}-1}, \dots) \quad (16)$$

$$x_{1,M_{1,1}}, x_{1,M_{1,1}+1}, \dots, x_{1,M_{1,1}+M_{1,2}-1}, x_{2,M_{2,1}}, x_{2,M_{2,1}+1}, \dots, x_{2,M_{2,1}+M_{2,2}-1} = (u_0, u_1, \dots, u_{L_{\text{vspp}}+L_1+L_2-1})$$

$$(x_{0,0}, x_{0,1}, \dots, x_{0,M_{0,1}-1}, x_{1,0}, x_{1,1}, \dots, x_{1,M_{1,1}-1}, x_{0,M_{0,1}}, x_{0,M_{0,1}+1}, \dots, x_{0,M_{0,1}+M_{0,2}-1}, \dots) \quad (17)$$

$$x_{1,M_{1,1}}, x_{1,M_{1,1}+1}, \dots, x_{1,M_{1,1}+M_{1,2}-1} = (u_0, u_1, \dots, u_{L_1+L_2-1})$$

$$(x_{0,0}, x_{0,1}, \dots, x_{0,M_{0,1}-1}, x_{0,M_{0,1}}, x_{0,M_{0,1}+1}, \dots, x_{0,M_{0,1}+M_{0,2}-1}) = (u_0, u_1, \dots, u_{L_1+L_2-1}) \quad (18)$$

当只采用一种保护等级 EEP 时，不考虑负序号。

高保护部分和低保护部分每级的输入比特数 $M_{p,1}$ 和 $M_{p,2}$ 计算见公式(19)和公式(20)。

$$M_{p,1} = 2N_1R_p \quad p \in \{0,1,2\} \quad (19)$$

$$M_{p,2} = RX_p \left\lfloor \frac{2N_2-12}{RY_p} \right\rfloor \quad p \in \{0,1,2\} \quad (20)$$

实际上进入编码器高保护部分的比特数比在 SDC 中标明的比特数要大，这就意味着复用帧中一些原属于低保护部分的比特实际上得到了高保护。

每级的总比特数的计算见公式(21)。

$$M_p = M_{p,1} + M_{p,2} \quad (21)$$

编码器 C_p 的输入比特流($x_{p,i}$)由于编码率不同而长度不同，编码器的输出比特流($v_{p,i}$)长度是相同的。当编码级数为 $p_{\max}$ 时，综合编码率的计算见公式(22)。

$$R_{\text{all}} = \frac{\sum_{p=0}^{p_{\max}-1} R_p}{p_{\max}} \quad (22)$$

7.3.1.3 HMsym 模式下的比特流分层

SPP 部分比特流(u_i)被分层成两个子流($x_{p,i}$)。高保护及低保护部分的比特分别送入编码器的每级 $p(p=1,2)$ ，分层方法见公式(23)。

$$(x_{1,0}, x_{1,1}, \dots, x_{1,M_{1,1}-1}, x_{2,0}, x_{2,1}, \dots, x_{2,M_{2,1}-1}, x_{1,M_{1,1}}, x_{1,M_{1,1}+1}, \dots, x_{1,M_{1,1}+M_{1,2}-1}, \dots) \quad (23)$$

$$x_{2,M_{2,1}}, x_{2,M_{2,1}+1}, \dots, x_{2,M_{2,1}+M_{2,2}-1} = (u_0, u_1, \dots, u_{L_1+L_2-1})$$

当仅使用一种保护等级时(EEP)，不考虑负序号。

VSP 部分的比特流(u'_i)送入编码器的第 0 级，分层方法见公式(24)。

$$(x_{0,0}, x_{0,1}, \dots, x_{0,M_{0,2}-1}) = (u'_0, u'_1, \dots, u'_{L_{\text{VSP}}-1}) \quad (24)$$

高保护部分和低保护部分每级的输入比特数 $M_{p,1}$ 和 $M_{p,2}$ 计算见公式 (25) ~ 公式 (28)。

$$M_{p,1} = 2N_1R_p \quad p \in \{1,2\} \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$M_{p,2} = RX_p \left\lfloor \frac{2N_2-12}{RY_p} \right\rfloor \quad p \in \{1,2\} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$M_{0,1} = 0 \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$M_{0,2} = RX_0 \left\lfloor \frac{2(N_1+N_2)-12}{RY_0} \right\rfloor = L_{VSPP} \quad \dots\dots\dots (28)$$

每级的总比特数的计算见公式 (21)。

编码器 C_p 的输入比特流 ($x_{p,i}$) 由于编码率不同而长度不同, 然而编码器的输出比特流 ($v_{p,i}$) 长度是相同的。对应 VSPP 和 SPP, 每部分的综合编码率由公式 (29) 和公式 (30) 计算。

$$R_{VSPP} = R_0 \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$R_{SPP,all} = (R_1 + R_2) / 2 \quad \dots\dots\dots (30)$$

7.3.1.4 HMMix 模式下的比特流分层

SPP 部分比特流 (u_i) 被分层成五个子流 ($x_{p,i}^{Re}, x_{p,i}^{Im}$)。高保护及低保护部分的比特分别送入编码器的每级 $p(p=0,1,2)$, 分层方法见公式 (31)。

$$\begin{aligned} & (x_{0,0}^{Im}, x_{0,1}^{Im}, \dots, x_{0,M_{0,1}^{Im}-1}^{Im}, x_{1,0}^{Re}, x_{1,1}^{Re}, \dots, x_{1,M_{1,1}^{Re}-1}^{Re}, x_{1,0}^{Im}, x_{1,1}^{Im}, \dots, x_{1,M_{1,1}^{Im}-1}^{Im}, x_{2,0}^{Re}, x_{2,1}^{Re}, \dots, x_{2,M_{2,1}^{Re}-1}^{Re}, x_{2,0}^{Im}, x_{2,1}^{Im}, \dots, x_{2,M_{2,1}^{Im}-1}^{Im}, \\ & x_{0,M_{0,1}^{Im}}^{Im}, x_{0,M_{0,1}^{Im}+1}^{Im}, \dots, x_{0,M_{0,1}^{Im}+M_{0,2}^{Im}-1}^{Im}, x_{1,M_{1,1}^{Re}}^{Re}, x_{1,M_{1,1}^{Re}+1}^{Re}, \dots, x_{1,M_{1,1}^{Re}+M_{1,2}^{Re}-1}^{Re}, x_{1,M_{1,1}^{Im}}^{Im}, x_{1,M_{1,1}^{Im}+1}^{Im}, \dots, x_{1,M_{1,1}^{Im}+M_{1,2}^{Im}-1}^{Im}, \\ & x_{2,M_{2,1}^{Re}}^{Re}, x_{2,M_{2,1}^{Re}+1}^{Re}, \dots, x_{2,M_{2,1}^{Re}+M_{2,2}^{Re}-1}^{Re}, x_{2,M_{2,1}^{Im}}^{Im}, x_{2,M_{2,1}^{Im}+1}^{Im}, \dots, x_{2,M_{2,1}^{Im}+M_{2,2}^{Im}-1}^{Im}) = (u_0, u_1, \dots, u_{L_1+L_2-1}) \end{aligned} \quad \dots\dots (31)$$

VSPP 部分实部的比特流 (u'_i) 送入编码器的第 0 级, 分层方法见公式 (32)。

$$(x_{0,0}^{Re}, x_{0,1}^{Re}, \dots, x_{0,M_{0,2}^{Re}-1}^{Re}) = (u'_0, u'_1, \dots, u'_{L_{VSPP}-1}) \quad \dots\dots\dots (32)$$

当仅使用一种保护等级 EEP 时, 不考虑负序号。

高保护部分和低保护部分实部每级的输入比特数 $M_{p,1}$ 、 $M_{p,2}$ 按公式 (33) ~ 公式 (36) 计算。

$$M_{0,1}^{Re} = 0, \quad M_{0,1}^{Im} = N_1R_0^{Im} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$M_{0,2}^{Re} = RX_0^{Re} \left\lfloor \frac{N_1+N_2-12}{RY_0^{Re}} \right\rfloor = L_{VSPP}, \quad M_{0,2}^{Im} = RX_0^{Im} \left\lfloor \frac{N_2-12}{RY_0^{Im}} \right\rfloor \quad \dots\dots\dots (34)$$

$$M_{p,1}^{Re} = N_1R_p^{Re}, \quad M_{p,1}^{Im} = N_1R_p^{Im} \quad p \in \{1,2\} \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$M_{p,2}^{Re} = RX_p^{Re} \left\lfloor \frac{N_2-12}{RY_p^{Re}} \right\rfloor, \quad M_{p,2}^{Im} = RX_p^{Im} \left\lfloor \frac{N_2-12}{RY_p^{Im}} \right\rfloor \quad p \in \{1,2\} \quad \dots\dots\dots (36)$$

每级实部和虚部的总比特数的计算见公式 (37)。

$$M_p^{Re} = M_{p,1}^{Re} + M_{p,2}^{Re}, \quad M_p^{Im} = M_{p,1}^{Im} + M_{p,2}^{Im} \quad p \in \{0,1,2\} \quad \dots\dots\dots (37)$$

编码器 C_p^{Re} 和 C_p^{Im} 的输入比特流 ($x_{p,i}^{Re}$) 和 ($x_{p,i}^{Im}$) 由于编码率不同而长度不同, 所有编码器的输出比特流 $p \in \{0,1,2\}$ 长度是相同的。对应 VSPP 和 SPP, 每部分的综合编码率由公式 (38) 和公式 (39) 计算。

$$R_{VSPP} = R_0^{Re} \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$R_{SPP,all} = (R_0^{Im} + R_1^{Re} + R_1^{Im} + R_2^{Re} + R_2^{Im}) / 5 \quad \dots\dots\dots (39)$$

7.3.2 分量码

分量码 C_p 基于可删除卷积码，母码的编码率为 $1/6$ ，相应约束长度为 7 。卷积编码器将向量 $(x_{p,i})_{i=0}^{M_p-1} = (a_i)_{i=0}^{I-1}$ 编码为 $\{(b_{0,i}, b_{1,i}, b_{2,i}, b_{3,i}, b_{4,i}, b_{5,i})\}_{i=0}^{I+5}$ ，码字定义见公式 (40)。

$$\begin{aligned} b_{0,i} &= a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6} \\ b_{1,i} &= a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-6} \\ b_{2,i} &= a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-4} \oplus a_{i-6} \\ b_{3,i} &= a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6} \\ b_{4,i} &= a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-6} \\ b_{5,i} &= a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-4} \oplus a_{i-6} \end{aligned} \quad i=0,1,2,\dots,I+5 \quad \dots\dots\dots (40)$$

当 $i \notin \{0,1,2,\dots,I-1\}$ 时， $a_i = 0$ 。
卷积编码器的结构见图 22。

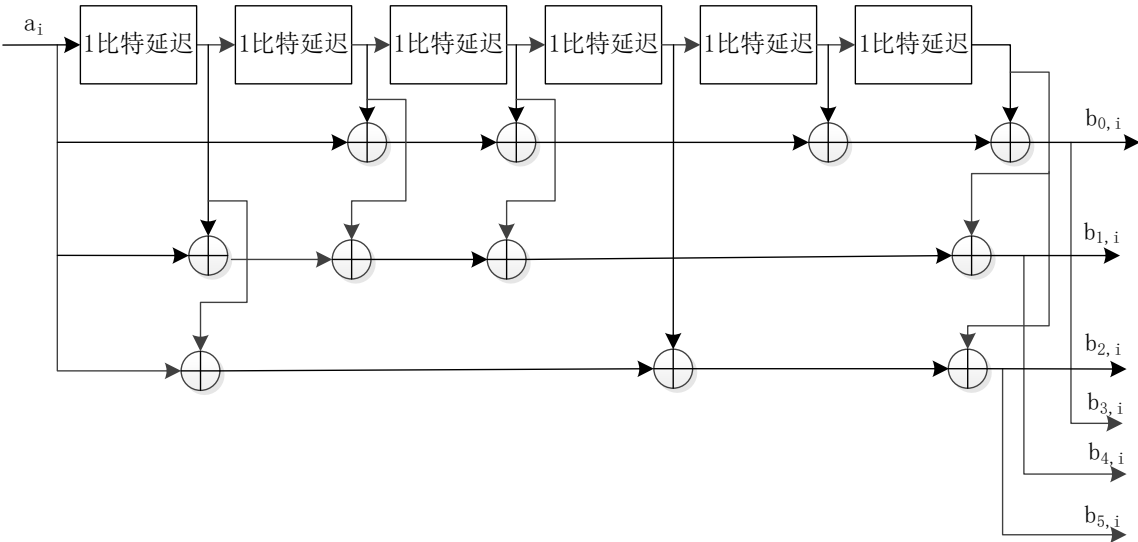


图22 卷积编码器

生成多项式的八进制形式分别为 133、171、145、133、171 和 145。向量 $(a_{-6}, a_{-5}, a_{-4}, a_{-3}, a_{-2}, a_{-1})$ 对应于移位寄存器的全零初始状态，向量 $(a_1, a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}, a_{i+4}, a_{i+5})$ 对应于移位寄存器的全零最终状态。

使用删除型卷积编码时，不是所有的母码码位都传输，实际传输的码位由相应的删除矩阵决定，不同的编码率对应不同的删除矩阵，每种编码率删除矩阵见表 22。

表22 删除矩阵

编码率 R_p	分子 RX_p	分母 RY_p	删除矩阵	传输序列
1/6	1	6	B₀: 1 B₁: 1 B₂: 1 B₃: 1 B₄: 1 B₅: 1	b_{0,0} b_{1,0} b_{2,0} b_{3,0} b_{4,0} b_{5,0}etc.

表 22 (续)

编码率 R_p	分子 RY_p	分母 RY_p	删除矩阵	传输序列
1/4	1	4	B_0 : 1 B_1 : 1 B_2 : 1 B_3 : 1 B_4 : 0 B_5 : 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ $b_{2,0}$ $b_{3,0}$ etc.
3/10	3	10	B_0 : 1 1 1 B_1 : 1 1 1 B_2 : 1 1 1 B_3 : 1 0 0 B_4 : 0 0 0 B_5 : 0 0 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ $b_{2,0}$ $b_{3,0}$ $b_{0,1}$ $b_{1,1}$ $b_{2,1}$ $b_{0,2}$ $b_{1,2}$ $b_{2,2}$ etc.
1/3	1	3	B_0 : 1 B_1 : 1 B_2 : 1 B_3 : 0 B_4 : 0 B_5 : 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ $b_{2,0}$ etc.
4/11	4	11	B_0 : 1 1 1 1 B_1 : 1 1 1 1 B_2 : 1 1 1 0 B_3 : 0 0 0 0 B_4 : 0 0 0 0 B_5 : 0 0 0 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ $b_{2,0}$ $b_{0,1}$ $b_{1,1}$ $b_{2,1}$ $b_{0,2}$ $b_{1,2}$ $b_{2,2}$ $b_{0,3}$ $b_{1,3}$ etc.
2/5	2	5	B_0 : 1 1 B_1 : 1 1 B_2 : 1 0 B_3 : 0 0 B_4 : 0 0 B_5 : 0 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ $b_{2,0}$ $b_{0,1}$ $b_{1,1}$ etc.
1/2	1	2	B_0 : 1 B_1 : 1 B_2 : 0 B_3 : 0 B_4 : 0 B_5 : 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ etc.
4/7	4	7	B_0 : 1 1 1 1 B_1 : 1 0 1 0 B_2 : 0 1 0 0 B_3 : 0 0 0 0 B_4 : 0 0 0 0 B_5 : 0 0 0 0	$b_{0,0}$ $b_{1,0}$ $b_{0,1}$ $b_{2,1}$ $b_{0,2}$ $b_{1,2}$ $b_{0,3}$ etc.

表 22 (续)

编码率 R_p	分子 RY_p	分母 RY_p	删除矩阵	传输序列
3/5	3	5	B_0 : 1 1 1 B_1 : 1 0 1 B_2 : 0 0 0 B_3 : 0 0 0 B_4 : 0 0 0 B_5 : 0 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{0,2} \ b_{1,2} \ \text{etc.}$
2/3	2	3	B_0 : 1 1 B_1 : 1 0 B_2 : 0 0 B_3 : 0 0 B_4 : 0 0 B_5 : 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ \text{etc.}$
8/11	8	11	B_0 : 1 1 1 1 1 1 1 1 B_1 : 1 0 0 1 0 0 1 0 B_2 : 0 0 0 0 0 0 0 0 B_3 : 0 0 0 0 0 0 0 0 B_4 : 0 0 0 0 0 0 0 0 B_5 : 0 0 0 0 0 0 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{0,2} \ b_{0,3} \ b_{1,3} \ b_{0,4} \ b_{0,5} \ b_{0,6}$ $b_{1,6} \ b_{0,7} \ \text{etc.}$
3/4	3	4	B_0 : 1 1 1 B_1 : 1 0 0 B_2 : 0 0 0 B_3 : 0 0 0 B_4 : 0 0 0 B_5 : 0 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{0,2} \ \text{etc.}$
4/5	4	5	B_0 : 1 1 1 1 B_1 : 1 0 0 0 B_2 : 0 0 0 0 B_3 : 0 0 0 0 B_4 : 0 0 0 0 B_5 : 0 0 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{0,2} \ b_{0,3} \ b_{0,4} \ \text{etc.}$
7/8	7	8	B_0 : 1 1 1 1 1 1 1 B_1 : 1 0 0 0 0 0 0 B_2 : 0 0 0 0 0 0 0 B_3 : 0 0 0 0 0 0 0 B_4 : 0 0 0 0 0 0 0 B_5 : 0 0 0 0 0 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{0,2} \ b_{0,3} \ b_{0,4} \ b_{0,5} \ b_{0,6} \ \text{etc.}$
8/9	8	9	B_0 : 1 1 1 1 1 1 1 1 B_1 : 1 0 0 0 0 0 0 0 B_2 : 0 0 0 0 0 0 0 0 B_3 : 0 0 0 0 0 0 0 0 B_4 : 0 0 0 0 0 0 0 0 B_5 : 0 0 0 0 0 0 0 0	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{0,2} \ b_{0,3} \ b_{0,4} \ b_{0,5} \ b_{0,6} \ b_{0,7}$ etc.

在 FAC 中, 所有比特按照表 22 进行删除。在 MSC 和 SDC 中, 最后 36bits 母码按照尾比特删除矩阵来删除。尾比特删除矩阵见表 23, 表中的 r_p 按公式 (41) ~ 公式 (46) 计算。

SM:

$$r_p = (2N_2 - 12) - RY_p \left\lfloor \frac{2N_2 - 12}{RY_p} \right\rfloor \quad p \in \{0, 1, 2\} \quad \dots\dots\dots (41)$$

HMsym:

$$r_0 = ((2(N_1 + N_2) - 12) - RY_0 \left\lfloor \frac{2(N_1 + N_2) - 12}{RY_0} \right\rfloor) \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$r_p = (2N_2 - 12) - RY_p \left\lfloor \frac{2N_2 - 12}{RY_p} \right\rfloor \quad p \in \{1, 2\} \quad \dots\dots\dots (43)$$

HMmix:

$$r_0^{\text{Re}} = (N_1 + N_2 - 12) - RY_0^{\text{Re}} \left\lfloor \frac{N_1 + N_2 - 12}{RY_0^{\text{Re}}} \right\rfloor \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$r_p^{\text{Re}} = (N_2 - 12) - RY_p^{\text{Re}} \left\lfloor \frac{N_2 - 12}{RY_p^{\text{Re}}} \right\rfloor \quad p \in \{1, 2\} \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$r_p^{\text{Im}} = (N_2 - 12) - RY_p^{\text{Im}} \left\lfloor \frac{N_2 - 12}{RY_p^{\text{Im}}} \right\rfloor \quad p \in \{0, 1, 2\} \quad \dots\dots\dots (46)$$

表23 尾比特删除矩阵

r_p	删除矩阵	传输序列
0	$B_0: 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$ $B_1: 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$ $B_2: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_3: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_4: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_5: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{0,1} \ b_{1,1} \ b_{0,2} \ b_{1,2} \ b_{0,3} \ b_{1,3} \ b_{0,4} \ b_{1,4} \ b_{0,5} \ b_{1,5} \ \text{etc.}$
1	$B_0: 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$ $B_1: 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$ $B_2: 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_3: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_4: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_5: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{2,0} \ b_{0,1} \ b_{1,1} \ b_{0,2} \ b_{1,2} \ b_{0,3} \ b_{1,3} \ b_{0,4} \ b_{1,4} \ b_{0,5} \ b_{1,5} \ \text{etc.}$
2	$B_0: 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$ $B_1: 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$ $B_2: 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$ $B_3: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_4: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $B_5: 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$	$b_{0,0} \ b_{1,0} \ b_{2,0} \ b_{0,1} \ b_{1,1} \ b_{0,2} \ b_{1,2} \ b_{0,3} \ b_{1,3} \ b_{2,3} \ b_{0,4} \ b_{1,4} \ b_{0,5} \ b_{1,5} \ \text{etc.}$

表 23（续）

r_p	删除矩阵	传输序列
3	B ₀ : 1 1 1 1 1 1 B ₁ : 1 1 1 1 1 1 B ₂ : 1 1 0 1 0 0 B ₃ : 0 0 0 0 0 0 B ₄ : 0 0 0 0 0 0 B ₅ : 0 0 0 0 0 0	b _{0,0} b _{1,0} b _{2,0} b _{0,1} b _{1,1} b _{2,1} b _{0,2} b _{1,2} b _{0,3} b _{1,3} b _{2,3} b _{0,4} b _{1,4} b _{0,5} b _{1,5} etc.
4	B ₀ : 1 1 1 1 1 1 B ₁ : 1 1 1 1 1 1 B ₂ : 1 1 0 1 1 0 B ₃ : 0 0 0 0 0 0 B ₄ : 0 0 0 0 0 0 B ₅ : 0 0 0 0 0 0	b _{0,0} b _{1,0} b _{2,0} b _{0,1} b _{1,1} b _{2,1} b _{0,2} b _{1,2} b _{0,3} b _{1,3} b _{2,3} b _{0,4} b _{1,4} b _{2,4} b _{0,5} b _{1,5} etc.
5	B ₀ : 1 1 1 1 1 1 B ₁ : 1 1 1 1 1 1 B ₂ : 1 1 1 1 1 0 B ₃ : 0 0 0 0 0 0 B ₄ : 0 0 0 0 0 0 B ₅ : 0 0 0 0 0 0	b _{0,0} b _{1,0} b _{2,0} b _{0,1} b _{1,1} b _{2,1} b _{0,2} b _{1,2} b _{2,2} b _{0,3} b _{1,3} b _{2,3} b _{0,4} b _{1,4} b _{2,4} b _{0,5} b _{1,5} etc.
6	B ₀ : 1 1 1 1 1 1 B ₁ : 1 1 1 1 1 1 B ₂ : 1 1 1 1 1 1 B ₃ : 0 0 0 0 0 0 B ₄ : 0 0 0 0 0 0 B ₅ : 0 0 0 0 0 0	b _{0,0} b _{1,0} b _{2,0} b _{0,1} b _{1,1} b _{2,1} b _{0,2} b _{1,2} b _{2,2} b _{0,3} b _{1,3} b _{2,3} b _{0,4} b _{1,4} b _{2,4} b _{0,5} b _{1,5} b _{2,5} etc.
7	B ₀ : 1 1 1 1 1 1 B ₁ : 1 1 1 1 1 1 B ₂ : 1 1 1 1 1 1 B ₃ : 1 0 0 0 0 0 B ₄ : 0 0 0 0 0 0 B ₅ : 0 0 0 0 0 0	b _{0,0} b _{1,0} b _{2,0} b _{3,0} b _{0,1} b _{1,1} b _{2,1} b _{0,2} b _{1,2} b _{2,2} b _{0,3} b _{1,3} b _{2,3} b _{0,4} b _{1,4} b _{2,4} b _{0,5} b _{1,5} b _{2,5} etc.
8	B ₀ : 1 1 1 1 1 1 B ₁ : 1 1 1 1 1 1 B ₂ : 1 1 1 1 1 1 B ₃ : 1 0 0 1 0 0 B ₄ : 0 0 0 0 0 0 B ₅ : 0 0 0 0 0 0	b _{0,0} b _{1,0} b _{2,0} b _{3,0} b _{0,1} b _{1,1} b _{2,1} b _{0,2} b _{1,2} b _{2,2} b _{0,3} b _{1,3} b _{2,3} b _{3,3} b _{0,4} b _{1,4} b _{2,4} b _{0,5} b _{1,5} b _{2,5} etc.

表 23 (续)

r_p	删除矩阵	传输序列
9	$B_0: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_1: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_2: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_3: 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0$ $B_4: 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$ $B_5: 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$	$b_{0,0}\ b_{1,0}\ b_{2,0}\ b_{3,0}\ b_{0,1}\ b_{1,1}\ b_{2,1}b_{3,1}\ b_{0,2}\ b_{1,2}\ b_{2,2}\ b_{0,3}\ b_{1,3}\ b_{2,3}\ b_{3,3}\ b_{0,4}\ b_{1,4}\ b_{2,4}\ b_{0,5}\ b_{1,5}$ $b_{2,5}\ \text{etc.}$
10	$B_0: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_1: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_2: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_3: 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1$ $B_4: 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$ $B_5: 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$	$b_{0,0}\ b_{1,0}\ b_{2,0}\ b_{3,0}\ b_{0,1}\ b_{1,1}\ b_{2,1}b_{3,1}\ b_{0,2}\ b_{1,2}\ b_{2,2}\ b_{0,3}\ b_{1,3}\ b_{2,3}\ b_{3,3}\ b_{0,4}\ b_{1,4}\ b_{2,4}\ b_{0,5}\ b_{1,5}$ $b_{2,5},\ b_{3,5},\ \text{etc.}$
11	$B_0: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_1: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_2: 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$ $B_3: 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1$ $B_4: 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$ $B_5: 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$	$b_{0,0}\ b_{1,0}\ b_{2,0}\ b_{3,0}\ b_{0,1}\ b_{1,1}\ b_{2,1}b_{3,1}\ b_{0,2}\ b_{1,2}\ b_{2,2}\ b_{3,2},\ b_{0,3}\ b_{1,3}\ b_{2,3}\ b_{3,3}\ b_{0,4}\ b_{1,4}\ b_{2,4}$ $b_{0,5}\ b_{1,5}\ b_{2,5},\ b_{3,5}\ \text{etc.}$

SM 的删除过程如下:

- 传输序列的高保护部分按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,0} \cdots v_{p,2N_1-1})$;
- 传输序列的低保护部分按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2N_1} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-13-r_p})$;
- 传输序列的尾比特按照表 23 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2(N_1+N_2)-12-r_p} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-1})$ 。

HMsym 的删除过程如下:

- 传输序列的 VSPP 部分按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{0,0} \cdots v_{0,2(N_1+N_2)-13-r_0})$;
- 传输序列 VSPP 部分的尾比特按照表 23 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{0,2(N_1+N_2)-12-r_0} \cdots v_{0,2(N_1+N_2)-1})$;
- 传输序列 SPP 部分的高保护比特按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,0} \cdots v_{p,2N_1-1}), p \in \{1,2\}$;
- 传输序列 SPP 部分的低保护比特按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2N_1} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-13-r_p}), p \in \{1,2\}$;
- 传输序列 SPP 部分的尾比特按照表 23 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2(N_1+N_2)-12-r_p} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-1}), p \in \{1,2\}$ 。

HMmix 的删除过程如下:

- 传输序列的 VSPP 部分按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{0,0}^{\text{Re}} \cdots v_{0,2(N_1+N_2)-13-r_0}^{\text{Re}})$;
- 传输序列 VSPP 部分的尾比特按照表 23 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{0,2(N_1+N_2)-12-r_0}^{\text{Re}} \cdots v_{0,2(N_1+N_2)-1}^{\text{Re}})$;

- c) 传输序列 SPP 部分高保护比特的实部按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,0}^{\text{Re}} \cdots v_{p,2N_1-1}^{\text{Re}}), p \in \{1,2\}$;
- d) 传输序列 SPP 部分低保护比特的实部按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2N_1}^{\text{Re}} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-13-\tau_p}^{\text{Re}}), p \in \{1,2\}$;
- e) 传输序列 SPP 部分尾比特的实部按照表 23 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2(N_1+N_2)-12-\tau_p}^{\text{Re}} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-1}^{\text{Re}}), p \in \{1,2\}$;
- f) 传输序列 SPP 部分高保护比特的虚部按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,0}^{\text{Im}} \cdots v_{p,2N_1-1}^{\text{Im}}), p \in \{0,1,2\}$;
- g) 传输序列 SPP 部分低保护比特的虚部按照表 22 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2N_1}^{\text{Im}} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-13-\tau_p}^{\text{Im}}), p \in \{0,1,2\}$;
- h) 传输序列 SPP 部分尾比特的虚部按照表 23 的删除矩阵进行删除, 删除后的码字为 $(v_{p,2(N_1+N_2)-12-\tau_p}^{\text{Im}} \cdots v_{p,2(N_1+N_2)-1}^{\text{Im}}), p \in \{0,1,2\}$ 。

7.3.3 比特交织

7.3.3.1 交织算法

FAC、SDC 和 MSC 采用相同的比特交织规则独立进行交织。在编码方案的某些层要采用比特交织, 见图 17~图 21。

假设第 p 级第 i 个比特交织后的比特序号为 $\Pi_p(i)$, 其获取方法如下, 其中 x_{in} 为输入的比特数。

```

 $\Pi_p(0) = 0;$ 
for  $i = 1, 2, \dots, x_{in} - 1$ :
     $\Pi_p(i) = (t_p \Pi_p(i-1) + q) \pmod s;$ 
    若  $\Pi_p(i) \geq x_{in}$ :
         $\Pi_p(i) = (t_p \Pi_p(i) + q) \pmod s$ 

```

其中, $p \in \{0,1,2\}$, $s = 2^{\lceil \log_2(x_{in}) \rceil}$, $q = s/4$, t_p 的取值规则如下:

- 64-QAM: $t_1 = 13, t_2 = 21$;
- 16-QAM: $t_0 = 13, t_1 = 21$;
- 4-QAM: $t_0 = 21$ 。

7.3.3.2 FAC

FAC 部分不进行分级编码, $p=0$, 交织器的块长度固定不变。每个比特交织器的元素数 $x_{in} = 2N_{\text{FAC}}$, 输入的比特向量的定义见公式 (47)。

$$V(p) = (v_{p,0}, v_{p,1}, v_{p,2}, \dots, v_{p,2N_{\text{FAC}}-1}) \quad \dots\dots\dots (47)$$

交织后输出的比特向量是 $\Pi_p(i)$ 的子集, 其定义见公式 (48)。

$$Y(p) = (y_{p,0}, y_{p,1}, y_{p,2}, \dots, y_{p,2N_{\text{FAC}}-1}) \quad \dots\dots\dots (48)$$

两者的元素对应关系见公式 (49)。

$$y_{p,i} = v_{p,\Pi_p(i)} \quad \dots\dots\dots (49)$$

7.3.3.3 SDC

交织器 I_p 的块长度固定不变。每个比特交织器的元素数 $x_{in} = 2N_{SDC}$ ，输入的比特向量定义见公式 (50)。

$$V(p) = (v_{p,0}, v_{p,1}, v_{p,2}, \dots, v_{p, 2N_{SDC}-1}) \quad \dots\dots\dots (50)$$

交织后输出的比特向量是 $\Pi_p(i)$ 的子集，其定义见公式 (51)。

$$Y(p) = (y_{p,0}, y_{p,1}, y_{p,2}, \dots, y_{p, 2N_{SDC}-1}) \quad \dots\dots\dots (51)$$

两者的元素对应关系见公式 (52)。

$$y_{p,i} = v_{p, \Pi_p(i)} \quad \dots\dots\dots (52)$$

7.3.3.4 MSC

SM 和 HMsym 模式下。

——交织器 I_p 的块长度固定不变，每个比特交织器的元素数 $x_{in} = 2(N_1 + N_2)$ ，输入的比特向量定义见公式 (53)。

$$V(p) = (v_{p,0}, v_{p,1}, v_{p,2}, \dots, v_{p, 2(N_1+N_2)-1}) = (v_{1,p,0}, v_{1,p,1}, \dots, v_{1,p, 2N_1-1}, v_{2,p,0}, v_{2,p,1}, \dots, v_{2,p, 2N_2-1}) \quad \dots\dots (53)$$

——交织后输出的比特向量是 $\Pi_p(i)$ 的子集，其定义见公式 (54)。

$$Y(p) = (y_{p,0}, y_{p,1}, y_{p,2}, \dots, y_{p, 2(N_1+N_2)-1}) = (y_{1,p,0}, y_{1,p,1}, \dots, y_{1,p, 2N_1-1}, y_{2,p,0}, y_{2,p,1}, \dots, y_{2,p, 2N_2-1}) \quad \dots\dots (54)$$

——不同保护等级的两组数据分别交织，互不交叠。交织过程完成后，低保护数据附加在高保护数据后面。对于高保护和低保护部分，交织输出与输入元素的对应关系见公式 (55)。

$$y_{1,p,i} = v_{1,p, \Pi_p(i)}, y_{2,p,i} = v_{2,p, \Pi_p(i)} \quad \dots\dots\dots (55)$$

——输入序列中高保护部分的比特数 $x_{in} = 2N_1$ ，低保护部分的比特数 $x_{in} = 2N_2$ 。

HMmix 模式下。

——交织器 I_p^{Re} 和 I_p^{Im} 的块长度固定不变，每比特交织器的元素数 $x_{in} = N_1 + N_2$ ，输入比特向量的实部和虚部定义分别见公式 (56) 和 (57)。

$$V^{Re}(p) = (v_{p,0}^{Re}, v_{p,1}^{Re}, v_{p,2}^{Re}, \dots, v_{p, N_1+N_2-1}^{Re}) = (v_{1,p,0}^{Re}, v_{1,p,1}^{Re}, \dots, v_{1,p, N_1-1}^{Re}, v_{2,p,0}^{Re}, v_{2,p,1}^{Re}, \dots, v_{2,p, N_2-1}^{Re}) \quad \dots\dots (56)$$

$$V^{Im}(p) = (v_{p,0}^{Im}, v_{p,1}^{Im}, v_{p,2}^{Im}, \dots, v_{p, N_1+N_2-1}^{Im}) = (v_{1,p,0}^{Im}, v_{1,p,1}^{Im}, \dots, v_{1,p, N_1-1}^{Im}, v_{2,p,0}^{Im}, v_{2,p,1}^{Im}, \dots, v_{2,p, N_2-1}^{Im}) \quad \dots\dots (57)$$

——交织后输出比特向量的实部和虚部是 $\Pi_p(i)$ 的子集，其定义见公式 (58) 和 (59)。

$$Y^{Re}(p) = (y_{p,0}^{Re}, y_{p,1}^{Re}, y_{p,2}^{Re}, \dots, y_{p, N_1+N_2-1}^{Re}) = (y_{1,p,0}^{Re}, y_{1,p,1}^{Re}, \dots, y_{1,p, N_1-1}^{Re}, y_{2,p,0}^{Re}, y_{2,p,1}^{Re}, \dots, y_{2,p, N_2-1}^{Re}) \quad \dots\dots (58)$$

$$Y^{Im}(p) = (y_{p,0}^{Im}, y_{p,1}^{Im}, y_{p,2}^{Im}, \dots, y_{p, N_1+N_2-1}^{Im}) = (y_{1,p,0}^{Im}, y_{1,p,1}^{Im}, \dots, y_{1,p, N_1-1}^{Im}, y_{2,p,0}^{Im}, y_{2,p,1}^{Im}, \dots, y_{2,p, N_2-1}^{Im}) \quad \dots\dots (59)$$

——不同保护等级的两组数据分别交织，互不交迭。交织过程完成后，低保护数据附加在高保护数据后面。分别对应高保护和低保护部分，输出与输入元素的对应关系见公式 (60)。

$$y_{1,p,i}^{Re} = v_{1,p, \Pi_p(i)}^{Re}, y_{2,p,i}^{Re} = v_{2,p, \Pi_p(i)}^{Re}, y_{1,p,i}^{Im} = v_{1,p, \Pi_p(i)}^{Im}, y_{2,p,i}^{Im} = v_{2,p, \Pi_p(i)}^{Im} \quad \dots\dots\dots (60)$$

——输入序列中高保护部分的比特数 $x_{in} = N_1$ ，低保护部分的比特数 $x_{in} = N_2$ 。

7.4 星座映射

交织器输出的数据比特流，它们被映射到星座图上的一个信号点。星座映射分为 64-QAM、16-QAM 和 4-QAM 三种，其映射方法见图 23~图 27， y'_i 表示调制符号 Z 的比特。SM 和 HMsym 模式的 64-QAM 星座图分别见图 23 和图 24，比特位的映射方式见公式 (61)。

$$(y'_0 y'_1 y'_2 y'_3 y'_4 y'_5) = (y_{0,0} y_{1,0} y_{2,0} y_{0,1} y_{1,1} y_{2,1}) \quad \dots\dots\dots (61)$$

HMmix 模式的 64-QAM 星座图见图 25，比特位的映射方式见公式 (62)。

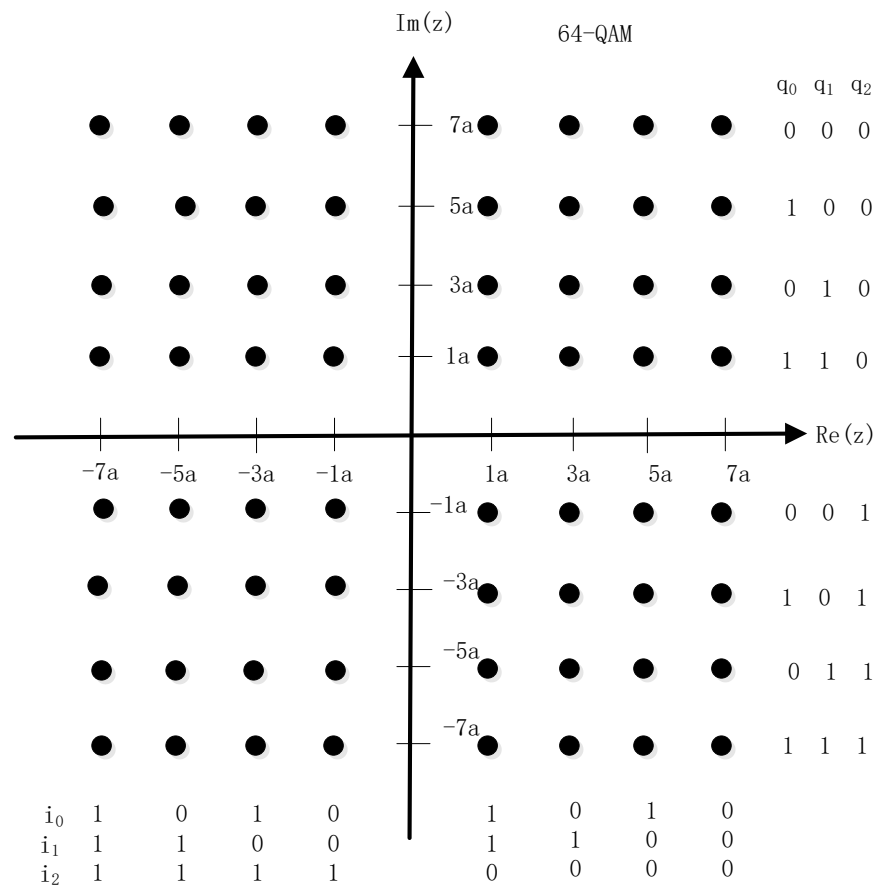
$(y'_0y'_1y'_2y'_3y'_4y'_5) = (y_{0,0}^{Re}y_{1,0}^{Re}y_{2,0}^{Re}y_{0,0}^{Im}y_{1,0}^{Im}y_{2,0}^{Im})$ (62)

16-QAM 星座图见图 26，比特位的映射方式公式 (63)。

$(y'_0y'_1y'_2y'_3) = (y_{0,0}y_{1,0}y_{0,1}y_{1,1})$ (63)

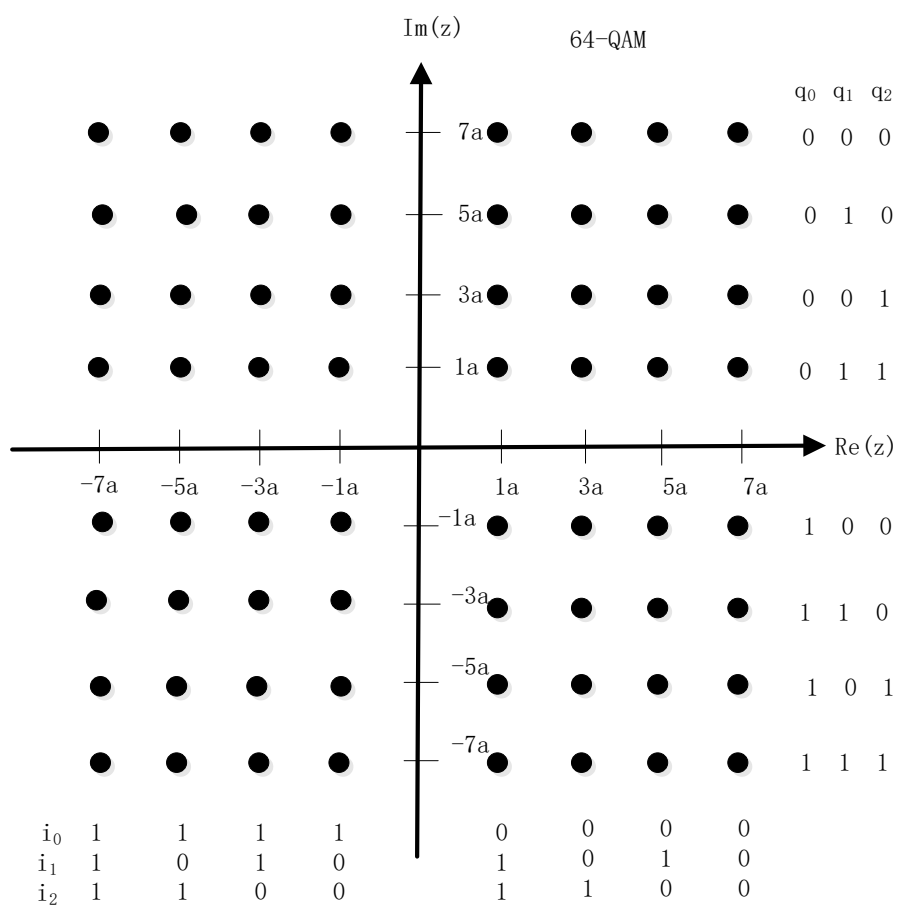
4-QAM 星座图见图 27，比特位的映射方式公式 (64)。

$(y'_0y'_1) = (y_{0,0}y_{1,0})$ (64)



比特顺序： $\{ i_0 i_1 i_2 q_0 q_1 q_2 \} = \{ y'_0 y'_1 y'_2 y'_3 y'_4 y'_5 \}$

图23 SM 模式 64-QAM 星座图



比特顺序： $\{ i_0 i_1 i_2 q_0 q_1 q_2 \} = \{ y'_0 y'_1 y'_2 y'_3 y'_4 y'_5 \}$

图24 HMsym 模式 64-QAM 星座图

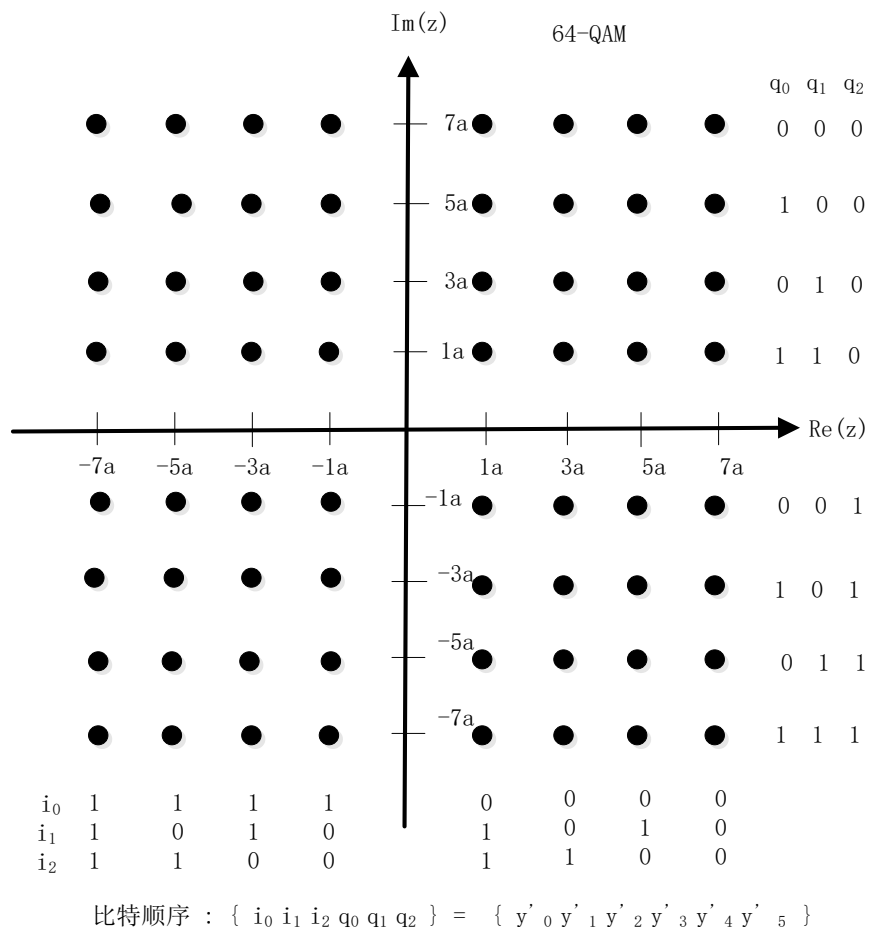
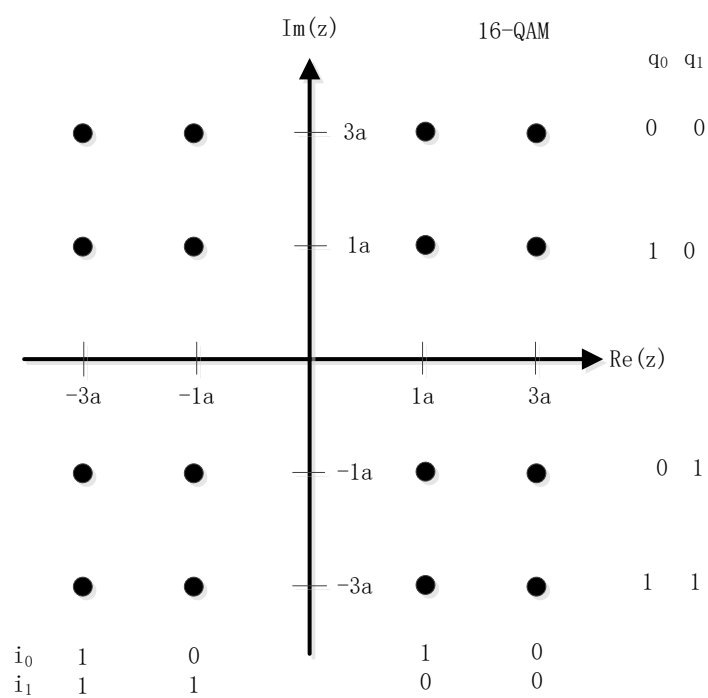


图25 HMmix 模式 64-QAM 星座图



比特顺序： $\{i_0 \ i_1 \ q_0 \ q_1\} = \{y'_0 \ y'_1 \ y'_2 \ y'_3\}$

图26 SM模式的16-QAM星座图

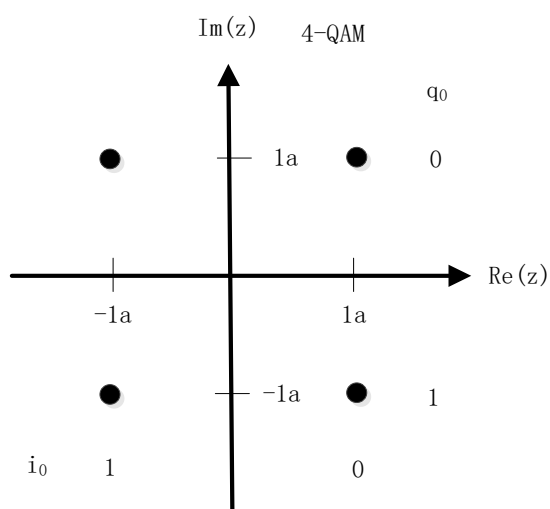


图27 SM模式的4-QAM星座图

对64-QAM, 归一化因子 $a = \frac{1}{\sqrt{42}}$; 对16-QAM, 归一化因子 $a = \frac{1}{\sqrt{10}}$; 对4-QAM, 归一化因子 $a = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 。

7.5 编码在信道上的应用

7.5.1 MSC 编码

7.5.1.1 概述

MSC 可以使用 64-QAM 或 16-QAM。UEP 为 MSC 提供两级保护，在 64-QAM 映射方式下，采用分级调制时，为 MSC 的一部分提供第三种等级的差错保护。

7.5.1.2 SM

同一个复用帧里的两级保护会引入两个综合编码率。每个复用帧的输入比特数 L_{MUX} 可以通过 7.2 的公式计算得到，MSC 的编码根据 7.3 的描述进行。综合编码率和每一级的码率见表 24 和表 25。保护等级在 SDC 的复用描述数据实体里标识。

用于 16-QAM 的两种综合编码率定义见表 24。

表24 MSC 16-QAM 的综合编码率

保护等级	R_{a11}	R_0	R_1	RY_{cm}
0	0.5	1/3	2/3	3
1	0.62	1/2	3/4	4

用于64-QAM的4种综合编码率定义见表25。

表25 MSC 64-QAM 的综合编码率

保护等级	R_{a11}	R_0	R_1	R_2	RY_{cm}
0	0.5	1/4	1/2	3/4	4
1	0.6	1/3	2/3	4/5	15
2	0.71	1/2	3/4	7/8	8
3	0.78	2/3	4/5	8/9	45
注：这些码率也应用于HMmix的虚部。					

一个复用帧采用一种或两种综合编码率。当使用两种综合编码率时，它们都属于同一个星座图。用于EEP的每个复用帧的输入比特数应符合附录G的规定。

7.5.1.3 HMsym

用于SPP的综合编码率和每一级的码率见表26，用于VSPP的编码率见表27，保护等级在SDC的复用描述数据体里标识。

表26 MSC SPP HMsym 64-QAM 的综合编码率

保护等级	R_{a11}	R_1	R_2	RY_{cm}
0	0.45	3/10	3/5	10
1	0.55	4/11	8/11	11
2	0.72	4/7	7/8	56
3	0.78	2/3	8/9	9
注：这些编码率也适用于HMmix的实部。				

表27 MSC VSPP HMsym 64-QAM 的编码率

保护等级	R_0
0	1/2
1	4/7
2	3/5
3	2/3
注：这些编码率还适用于HMmix的实部。	

7.5.1.4 HMsym

用于VSPP的编码率见表27，用于SPP的四种综合编码率见表28，保护等级在SDC的复用描述数据体里标示。

表28 MSC SPP HMsym 64-QAM 的综合编码率

保护等级	R_{011}	R_0^{Im}	R_1^{Re}	R_1^{Im}	R_2^{Re}	R_2^{Im}	RY_{cm}
0	0.48	1/4	3/10	1/2	3/5	3/4	20
1	0.58	1/3	4/11	2/3	8/11	4/5	165
2	0.71	1/2	4/7	3/4	7/8	7/8	56
3	0.78	2/3	2/3	4/5	8/9	8/9	45

7.5.2 SDC 编码

SDC可以使用16-QAM或4-QAM映射，在每种情况下，均采用固定码率0.5。当使用分层调制时，应使用4-QAM对SDC进行编码。每个SDC块的输入比特数 L_{SDC} 根据8.2的描述计算得到。16-QAM的编码率见表29，4-QAM的编码率见表30。

表29 SDC 16-QAM 的综合编码率

保护等级	R_{011}	R_0	R_1
0	0.5	1/3	2/3

表30 SDC 4-QAM 的综合编码率

保护等级	R_{011}	R_0
1	0.5	1/2

每个SDC块输入比特数应符合附录G的规定。

7.5.3 FAC 编码

FAC使用4-QAM映射，编码率固定为0.6，每个FAC块的输入比特数 L_{FAC} 根据7.2计算得到。

7.6 MSC 符号交织

对经过多级编码后MSC信道的QAM符号进行符号交织。交织可以分为短交织和长交织。短交织时，符号交织的交织深度为 N_{MUX} 。相应于复用帧 n 的 N_{MUX} 个QAM单元的块交织输入向量定义见公式（65）。

$$Z_n = (z_{n,0}, z_{n,1}, z_{n,2}, \dots, z_{n,N_{MUX}-1}) \dots\dots\dots (65)$$

交织后的输出向量定义见公式 (66)。

$$\hat{Z}_n = (\hat{z}_{n,0}, \hat{z}_{n,1}, \hat{z}_{n,2}, \dots, \hat{z}_{n,N_{MUX}-1}) \dots\dots\dots (66)$$

两者的元素对应关系见公式 (67)。

$$\hat{Z}_{n,i} = \hat{z}_{n,\Pi(i)} \dots\dots\dots (67)$$

$\Pi(i)$ 根据下面关系获得。

```
 $\Pi(0) = 0;$ 
for  $i = 1, 2, \dots, N_{MUX} - 1:$ 
   $\Pi(i) = (t_0 \Pi(i-1) + q)(\text{mod } s);$ 
  若  $\Pi(i) \geq N_{MUX}:$ 
     $\Pi(i) = (t_0 \Pi(i) + q)(\text{mod } s)$ 
```

其中, $s = 2^{\lceil \log_2 N_{MUX} \rceil}$, $q = s/4$, $t_0 = 5$ 。

对于时间和频率选择性严重的信道, 可以使用卷积交织方法来增加交织深度, 即长交织。长交织的交织深度 D 表示复用帧的整数倍, 为了在性能和处理延迟间实现很好的折衷, D 的值选择为 5。

长交织的输出向量的计算方法与短交织的几乎相同。唯一不同的是变换不仅取决于当前复用帧而且也取决于前 $D-1$ 个复用帧。长交织时输出向量 $\hat{Z}_n$ 和 D 个输入向量 $Z_n, Z_{n-1}, \dots, Z_{n-D+1}$ 的对应关系见公式 (68)。

$$\hat{Z}_{n,i} = Z_{n-\Gamma(i), \Pi(i)} \dots\dots\dots (68)$$

对于给定的值 i , 相应于元素 $\Pi(i)$ 的输入向量数 $n-\Gamma(i)$ 中的 $\Gamma(i)$ 由公式 (69) 得出。

$$\Gamma(i) = i \bmod D, i=0, 1, 2, \dots, N_{MUX}-1 \dots\dots\dots (69)$$

7.7 MSC 符号在传输超帧结构上的映射

三个连续的交织复用帧被映射到一个传输超帧, 每个复用帧有 N_{MUX} 个 QAM 单元。由于随着 OFDM 符号的变化, FAC 和同步单元的数量会变化, 传输超帧里会丢失 N_L 个 (一般为 1、2) 可用单元。传输超帧里可用的单元数量由公式 (70) 给出。

$$N_{SFA} = N_{SFU} + N_L = 3N_{MUX} + N_L \dots\dots\dots (70)$$

表 31~表 34 给出了在不同鲁棒模式和频谱占用模式下 QAM 单元数的值。

表 31 MSC 模式 A 的 QAM 单元数

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
每个超帧中可用的 MSC 单元数 N_{SFA}	3778	4268	7897	8877	16394	18354
每个超帧中有用的 MSC 单元数 N_{SFU}	3777	4266	7896	8877	16392	18354
每个复用帧中的 MSC 单元数 N_{MUX}	1259	1422	2632	2959	5464	6118
每个超帧的单元损失 N_L	1	2	1	0	2	0

表32 MSC 模式 B 的 QAM 单元数

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
每个超帧中可用的MSC单元数 N_{SFA}	2900	3330	6153	7013	12747	14323
每个超帧中有用的MSC单元数 N_{SFU}	2898	3330	6153	7011	12747	14322
每个复用帧中的MSC单元数 N_{MUX}	966	1110	2051	2337	4249	4774
每个超帧的单元损失 M	2	0	0	2	0	1

表33 MSC 模式 C 的 QAM 单元数

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
每个超帧中可用的MSC单元数 N_{SFA}	—	—	—	5532	—	11603
每个超帧中有用的MSC单元数 N_{SFU}	—	—	—	5532	—	11601
每个复用帧中的MSC单元数 N_{MUX}	—	—	—	1844	—	3867
每个超帧的单元损失 M	—	—	—	0	—	2

表34 MSC 模式 D 的 QAM 单元数

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
每个超帧中可用的MSC单元数 N_{SFA}	—	—	—	3679	—	7819
每个超帧中有用的MSC单元数 N_{SFU}	—	—	—	3678	—	7818
每个复用帧中的MSC单元数 N_{MUX}	—	—	—	1226	—	2606
每个超帧的单元损失 M	—	—	—	1	—	1

超帧号为 m 的传输超帧里MSC全部有用输出数据向量见公式（71）。

$$S_m = (s_{m,0}, s_{m,1}, s_{m,2}, \dots, s_{m,N_{\text{SFU}}-1}) = (\hat{z}_{3^*m}, \hat{z}_{3^*m+1}, \hat{z}_{3^*m+2}) \dots \dots (71)$$

$$= (\hat{z}_{3^*m,0}, \hat{z}_{3^*m,1}, \dots, \hat{z}_{3^*m,N_{\text{MUX}}-1}, \hat{z}_{3^*m+1,0}, \hat{z}_{3^*m+1,1}, \dots, \hat{z}_{3^*m+1,N_{\text{MUX}}-1}, \hat{z}_{3^*m+2,0}, \hat{z}_{3^*m+2,1}, \dots, \hat{z}_{3^*m+2,N_{\text{MUX}}-1})$$

当 N_L 不等于0时，有一个或两个哑单元即 $(\hat{z}_{m,0})$ 或 $(\hat{z}_{m,0}, \hat{z}_{m,1})$ 附在 S_m 的末尾，它们的复数值（即相应的QAM符号）在表35中定义， a 的值取决于为MSC所选择的星座映射方式。

表35 MSC 哑单元的 QAM 符号

每个传输超帧的哑单元 N_L 数	哑单元的复数值(QAM符号)	
	$\hat{z}_{m,0}$	$\hat{z}_{m,1}$
1	$a \times (1+j)$	—
2	$a \times (1+j)$	$a \times (1-j)$

8 传输结构

8.1 OFDM 调制

传输信号由传输超帧组成，每个传输超帧包括三个传输帧。一个传输帧的持续时间为 T_i ，由 N_s 个 OFDM 符号组成。一个 OFDM 符号由多个子载波组成，子载波分为：导频、控制子载波和数据子载波。OFDM 调制后传输信号的时域表达式见公式（72）。

$$x(t) = \text{Re} \left\{ e^{j2\pi f_R t} \sum_{r=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{N_s-1} \sum_{k=K_{\min}}^{K_{\max}} c_{r,s,k} \psi_{r,s,k}(t)_k \right\} \dots\dots\dots (72)$$

式中：

- r ——传输帧序号（0,..., 无穷）；
- s ——OFDM 符号序号（0,..., N_s-1 ）；
- N_s ——每个传输帧的 OFDM 符号数；
- $c_{r,s,k}$ ——第 r 帧第 s 个符号的第 k 载波承载的复数值；

$$\psi_{r,s,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{k}{T_u}(t-T_g-sT_s-N_s rT_s)} & (s+N_s r)T_s \leq t \leq (s+N_s r+1)T \\ 0 & \text{其他} \end{cases}。$$

对于数据子载波和控制子载波， $c_{r,s,k} = z$ 为经过 QAM 映射后的复数值；对于导频子载波， $c_{r,s,k} = a_{s,k} U_{s,k}$ ， $a_{s,k}$ 代表幅度， $U_{s,k} = e^{j2\pi \varphi_{s,k}}$ ，具体定义见 8.3。

8.2 子载波索引

不同鲁棒模式和频谱占用模式下的子载波索引范围见表36。子载波索引 $k \in [K_{\min}, K_{\max}]$ ， $k=0$ 是参考频率的载波位置。在各种鲁棒模式下，有些子载波存在没有被使用的可能，未被使用的子载波索引见表37。

表36 不同鲁棒模式下的子载波数索引范围

鲁棒模式	子载波索引	频谱占用模式					
		0	1	2	3	4	5
A	$K_{\min}$	2	2	-102	-114	-98	-110
	$K_{\max}$	102	114	102	114	314	350
B	$K_{\min}$	1	1	-91	-103	-87	-99
	$K_{\max}$	91	103	91	103	279	311
C	$K_{\min}$	—	—	—	-69	—	-67
	$K_{\max}$	—	—	—	69	—	213
D	$K_{\min}$	—	—	—	-44	—	-43
	$K_{\max}$	—	—	—	44	—	135

表37 不同鲁棒模式下的未使用的子载波索引

鲁棒模式	未使用子载波索引
A	-1, 0, 1
B	0

表 37（续）

鲁棒模式	未使用子载波索引
C	0
D	0

8.3 导频

8.3.1 概述

导频具有固定的相位和幅度，其相位由公式（73）定义，其中相位索引 $g_{1024}[s,k]$ 的取值见8.3.2～8.3.4。

$$U_{s,k} = e^{j2\pi g_{s,k}} = e^{\frac{j2\pi g_{1024}[s,k]}{1024}} \dots\dots\dots (73)$$

8.3.2 频率参考导频

8.3.2.1 频率参考导频的子载波索引

频率参考导频的频率相对于参考频率，位于750Hz、2250Hz和3000Hz处，根据不同的鲁棒模式，频率参考导频的子载波索引见表38。传输帧的所有OFDM符号均包含频率参考导频。

表38 频率参考导频的子载波索引

鲁棒模式	子载波索引 k
A	18, 54, 72
B	16, 48, 64
C	11, 33, 44
D	7, 21, 28

8.3.2.2 频率参考导频增益和相位

对于频率参考导频，其增益为 $a_{s,k} = \sqrt{2}$ ，第1个OFDM符号（ $s=0$ ）频率参考导频相位的取值见表39。

表39 第1个OFDM符号（ $s=0$ ）频率参考导频的相位取值

鲁棒模式	子载波索引 k	相位索引 $g_{1024}[0,k]$
A	18	205
	54	836
	72	215
B	16	331
	48	651
	64	555
C	11	214
	33	392
	44	242

表 39（续）

鲁棒模式	子载波索引 k	相位索引 $\mathcal{G}_{1024}[0, k]$
D	7	788
	21	1014
	28	332

对于后续的OFDM符号，鲁棒模式A、B、C所有频率参考导频子载波以及模式D中的索引为28的子载波相位索引 $\mathcal{G}_{1024}[s, k]$ 的取值见公式（74）。

$$\mathcal{G}_{1024}[s, k] = \mathcal{G}_{1024}[0, k] \quad \cdots \cdots \cdots (74)$$

对于鲁棒模式D中的索引为7和21的子载波相位索引 $\mathcal{G}_{1024}[s, k]$ 的取值见公式（75）和（76）。

$$\mathcal{G}_{1024}[s, k] = \mathcal{G}_{1024}[0, k], \quad s \text{ 为偶数} \quad \cdots \cdots \cdots (75)$$

$$\mathcal{G}_{1024}[s, k] = (\mathcal{G}_{1024}[0, k] + 512) \bmod 1024, \quad s \text{ 为奇数} \quad \cdots \cdots \cdots (76)$$

8.3.3 时间参考导频

时间参考导频仅存在于每个传输帧的第一个OFDM符号中，即 $s=0$ 。时间参考导频的增益为 $a_{s,k} = \sqrt{2}$ ，时间参考导频的子载波索引和相位取值应符合表40～表43的规定，其中带*的子载波同时也是频率参考导频的子载波。

表40 A 模式下时间参考导频的子载波索引及相位取值

子载波索引 k	$\mathcal{G}_{1024}[0, k]$
17	973
18*	205
19	717
21	264
28	357
29	357
32	952
33	440
39	856
40	88
41	88
53	68
54*	836
55	836
56	836
60	1008
61	1008
63	752
71	215
72*	215
73	727

表41 B 模式下时间参考导频的子载波索引及相位取值

子载波索引 k	$\mathcal{Q}_{1024}[0, k]$
14	304
16*	331
18	108
20	620
24	192
26	704
32	44
36	432
42	588
44	844
48*	651
49	651
50	651
54	460
56	460
62	944
64*	555
66	940
68	428

表42 C 模式下时间参考导频的子载波索引及相位取值

子载波索引 k	$\mathcal{Q}_{1024}[0, k]$
8	722
10	466
11*	214
12	214
14	479
16	516
18	260
22	577
24	662
28	3
30	771
32	392
33*	392
36	37
38	37
42	474

表 42（续）

子载波索引 k	$\mathcal{G}_{1024}[0, k]$
44*	242
45	242
46	754

表43 D 模式下时间参考导频的子载波索引及相位取值

子载波索引 k	$\mathcal{G}_{1024}[0, k]$
5	636
6	124
7*	788
8	788
9	200
11	688
12	152
14	920
15	920
17	644
18	388
20	652
21*	1014
23	176
24	176
26	752
27	496
28*	332
29	432
30	964
32	452

8.3.4 增益参考导频

8.3.4.1 增益参考导频子载波索引

在传输帧中，对于第 s （ $0 \leq s \leq N_s - 1$ ）个OFDM符号，其包含的增益参考导频的子载波索引属于表44给出的子载波索引集中。

表44 增益参考导频子载波索引

鲁棒模式	k 值计算	条件	增益参考导频周期
A	$k=2+4 \times (\text{smod}5) + 20p$	p 为整数， $K_{\min} \leq k \leq K_{\max}$	5符号
B	$k=1+2 \times (\text{smod}3) + 6p$	p 为整数， $K_{\min} \leq k \leq K_{\max}$	3符号

表 44（续）

鲁棒模式	k 值计算	条件	增益参考导频周期
C	$k=1+2\times(\text{smod}2)+4p$	p 为整数, $K_{\min}\leq k\leq K_{\max}$	2符号
D	$k=1+(\text{smod}3)+3p$	p 为整数, $K_{\min}\leq k\leq K_{\max}$	3符号

8.3.4.2 增益参考导频增益

除了表45中的增益参考导频子载波的增益为 $a_{s,k}=2$ 之外,其余的增益参考导频子载波的增益应为 $a_{s,k}=\sqrt{2}$ 。

表45 $a_{s,k}=2$ 的子载波索引

鲁棒模式	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
A	2, 6, 98, 102	2, 6, 110, 114	-102, -98, 98, 102	-114, -110, 110, 114	-98, -94, 310, 314	-110, -106, 346, 350
B	1, 3, 89, 91	1, 3, 101, 103	-91, -89, 89, 91	-103, -101, 101, 103	-87, -85, 277, 279	-99, -97, 309, 311
C	—	—	—	-69, -67, 67, 69	—	-67, -65, 211, 213
D	—	—	—	-44, -43, 43, 44	—	-43, -42, 134, 135

8.3.4.3 增益参考导频的相位

增益参考导频的子载波有可能与频率参考导频或时间参考导频的子载波发生冲突,在这种情况下,相位定义优先遵循频率参考导频和时间参考导频的相关规定。在其他情况下,增益参考导频的相位取值见公式(77)。

$$g_{1024}[s,k]=(4Z_{256}[n,m]+pW_{1024}[n,m]+p^2(1+s)Q_{1024})\bmod 1024 \quad (77)$$

对符号索引为 s 、载波索引为 k ,增益参考导频的 n 、 m 和 p 值的计算见公式(78)~公式(80)。

$$n=s\bmod y \quad (78)$$

$$m=\lfloor s/y \rfloor \quad (79)$$

$$p=\frac{k-k_0-nx}{xy} \quad (80)$$

其中, x 、 y 和 k_0 是常数,其取值应符合表46的规定。

表46 x, y, k_0 的取值

鲁棒模式	x	y	k_0
A	4	5	2
B	2	3	1
C	2	2	1
D	1	3	1

对于鲁棒模式A:

$$\begin{aligned}
 Q_{1024} &= 36; \\
 W_{1024}[n,m] &= \{ \{228, 341, 455\}, \\
 &\quad \{455, 569, 683\}, \\
 &\quad \{683, 796, 910\}, \\
 &\quad \{910, 0, 114\}, \\
 &\quad \{114, 228, 341\} \}; \\
 Z_{256}[n,m] &= \{ \{0, 81, 248\}, \\
 &\quad \{18, 106, 106\}, \\
 &\quad \{122, 116, 31\}, \\
 &\quad \{129, 129, 39\}, \\
 &\quad \{33, 32, 111\} \}.
 \end{aligned}$$

对于鲁棒模式B:

$$\begin{aligned}
 Q_{1024} &= 12; \\
 W_{1024}[n,m] &= \{ \{512, 0, 512, 0, 512\}, \\
 &\quad \{0, 512, 0, 512, 0\}, \\
 &\quad \{512, 0, 512, 0, 512\} \}; \\
 Z_{256}[n,m] &= \{ \{0, 57, 164, 64, 12\}, \\
 &\quad \{168, 255, 161, 106, 118\}, \\
 &\quad \{25, 232, 132, 233, 38\} \}.
 \end{aligned}$$

对于鲁棒模式C:

$$\begin{aligned}
 Q_{1024} &= 12; \\
 W_{1024}[n,m] &= \{ \{465, 372, 279, 186, 93, 0, 931, 838, 745, 652\}, \\
 &\quad \{931, 838, 745, 652, 559, 465, 372, 279, 186, 93\} \}; \\
 Z_{256}[n,m] &= \{ \{0, 76, 29, 76, 9, 190, 161, 248, 33, 108\}, \\
 &\quad \{179, 178, 83, 253, 127, 105, 101, 198, 250, 145\} \}
 \end{aligned}$$

对于鲁棒模式D:

$$\begin{aligned}
 Q_{1024} &= 14; \\
 W_{1024}[n,m] &= \{ \{366, 439, 512, 585, 658, 731, 805, 878\}, \\
 &\quad \{731, 805, 878, 951, 0, 73, 146, 219\}, \\
 &\quad \{73, 146, 219, 293, 366, 439, 512, 585\} \}; \\
 Z_{256}[n,m] &= \{ \{0, 240, 17, 60, 220, 38, 151, 101\}, \\
 &\quad \{110, 7, 78, 82, 175, 150, 106, 25\}, \\
 &\quad \{165, 7, 252, 124, 253, 177, 197, 142\} \}.
 \end{aligned}$$

8.4 控制子载波

8.4.1 概述

控制子载波承载来自FAC信道和SDC信道的经过编码和映射后的数据，FAC信道的数据位于传输超帧中每一个传输帧的多个符号之中，SDC信道的数据位于传输超帧中第一个传输帧的前两个或前三个符号。

8.4.2 承载 FAC 数据的子载波索引

表47～表50给出了不同鲁棒模式下各个OFDM符号上承载FAC数据子载波索引。

表47 模式 A 下承载 FAC 数据的子载波索引

OFDM符号索引	载波索引
2	26, 46, 66, 86
3	10, 30, 50, 70, 90
4	14, 22, 34, 62, 74, 94
5	26, 38, 58, 66, 78
6	22, 30, 42, 62, 70, 82
7	26, 34, 46, 66, 74, 86
8	10, 30, 38, 50, 58, 70, 78, 90
9	14, 22, 34, 42, 62, 74, 82, 94
10	26, 38, 46, 66, 86
11	10, 30, 50, 70, 90
12	14, 34, 74, 94
13	38, 58, 78

表48 模式 B 下承载 FAC 数据的子载波索引

OFDM符号索引	载波索引
2	13, 25, 43, 55, 67
3	15, 27, 45, 57, 69
4	17, 29, 47, 59, 71
5	19, 31, 49, 61, 73
6	9, 21, 33, 51, 63, 75
7	11, 23, 35, 53, 65, 77
8	13, 25, 37, 55, 67, 79
9	15, 27, 39, 57, 69, 81
10	17, 29, 41, 59, 71, 83
11	19, 31, 43, 61, 73
12	21, 33, 45, 63, 75
13	23, 35, 47, 65, 77

表49 模式 C 下承载 FAC 数据的子载波索引

OFDM符号索引	载波索引
3	9, 21, 45, 57
4	23, 35, 47
5	13, 25, 37, 49
6	15, 27, 39, 51
7	5, 17, 29, 41, 53
8	7, 19, 31, 43, 55
9	9, 21, 45, 57
10	23, 35, 47
11	13, 25, 37, 49
12	15, 27, 39, 51
13	5, 17, 29, 41, 53
14	7, 19, 31, 43, 55
15	9, 21, 45, 57
16	23, 35, 47
17	13, 25, 37, 49
18	15, 27, 39, 51

表50 模式 D 下承载 FAC 数据的子载波索引

OFDM符号索引	载波索引
3	9, 18, 27
4	10, 19
5	11, 20, 29
6	12, 30
7	13, 22, 31
8	5, 14, 23, 32
9	6, 15, 24, 33
10	16, 25, 34
11	8, 17, 26, 35
12	9, 18, 27, 36
13	10, 19, 37
14	11, 20, 29
15	12, 30
16	13, 22, 31
17	5, 14, 23, 32
18	6, 15, 24, 33
19	16, 25, 34
20	8, 17, 26, 35
21	9, 18, 27, 36
22	10, 19, 37

8.4.3 承载 SDC 数据的子载波索引

对于鲁棒模式A和B,在传输超帧中第一个传输帧的OFDM符号0和OFDM符号1中未被导频占用的有效子载波上承载SDC数据;对于鲁棒模式C和D,在传输超帧中第一个传输帧的OFDM符号0、OFDM符号1和OFDM符号2中未被导频占用的有效子载波上承载SDC数据。

8.5 数据子载波

数据子载波承载来自MSC信道的经过编码和映射后的数据, MSC信道的数据位于传输超帧中每一个传输帧中未被导频和控制子载波占用的有效子载波上,载波索引 $k \in [K_{\min}, K_{\max}]$ 。

8.6 同播传输

中、短波数字声音广播可与现有模拟的幅度调制广播工作于相同的广播波段。发送端通过将两种广播信号进行某种方式的并置,以实现两种广播信号的数/模同播,见附录H。

9 系统功能证实方法

9.1 概述

通过在实验室中搭建由音频播放器、音频编码器、复用器和调制器构成中、短波数字声音广播发射系统,其中复用器和调制器分别符合第6章~第8章的相关规定,使用支持中、短波数字声音广播接收的专业测试接收设备,对本文件所规定的复用、信道调制等功能进行测量和证实。

9.2 证实方法

系统功能证实测试框图见图28。

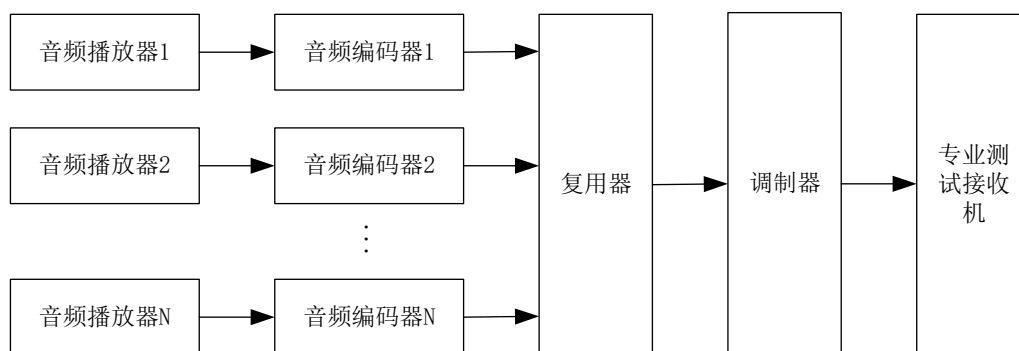


图28 系统功能证实测试框图

证实方法如下。

- 按照图 28 搭建中、短波数字声音广播系统功能测试平台;
- 在复用器和调制器中进行音频业务、音频业务标签、信道编码保护等级、鲁棒模式、信道编码调制模式、信道带宽等参数设置;
- 设置专业测试接收机的解调频率为调制器的发射频率,查看其是否能够正常播出所有的音频节目,是否显示正确的业务信息,显示的信道编码保护等级、鲁棒模式、信道编码调制模式和信道带宽等参数是否与步骤 b) 的设置一致。

附 录 A
(资料性)
逻辑帧到复用帧的映射

在中、短波数字声音广播系统中，业务与流具有不同的结合方式，本附录通过示例予以说明。

示例中中、短波数字声音广播系统信号包含两个业务：一个音频业务（业务A）和一个数据业务（业务D）。在音频业务中还承载了数据应用，音频业务使用UEP，音频业务中承载的数据应用使用低保护，数据业务D使用高保护。保护等级0的编码率为0.5，保护等级1的编码率为0.6。

业务A由两个流组成，其中流0携带音频，流1携带数据应用。业务D由流2组成。流0承载在逻辑帧L0中，流1承载在逻辑帧L1中，流2承载在逻辑帧L2中。L0的高保护部分（A部分，保护等级0）有266字节，低保护部分（B部分，保护等级1）有798字节。L1的低保护部分（B部分，保护等级1）有59字节。L2的高保护部分（A部分，保护等级0）有19字节。复用帧的构成见表A.1，其在SDC中的描述见表A.2。

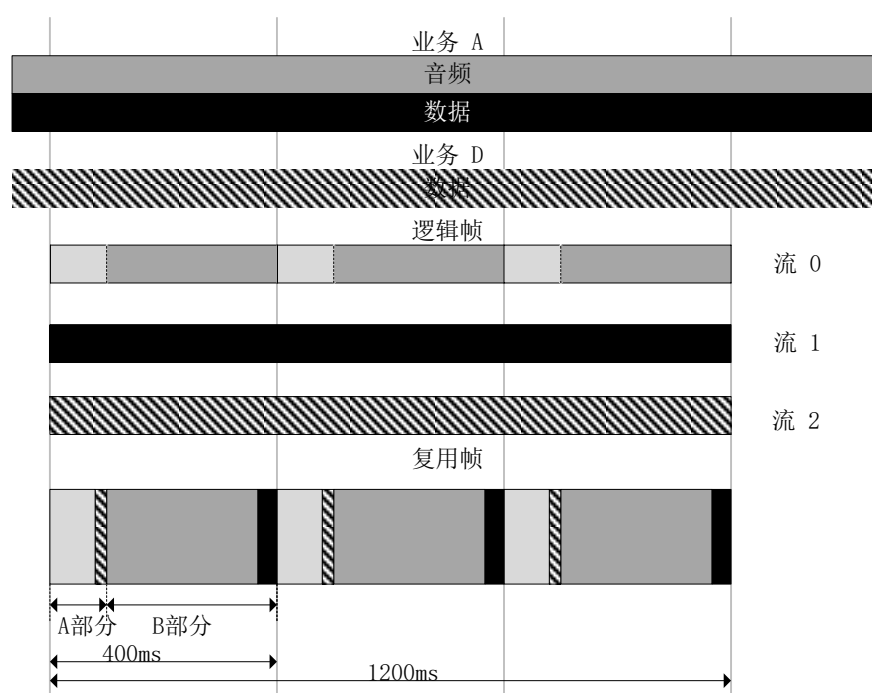
表A.1 复用帧构成

保护等级0		保护等级1	
流0	流2	流0	流1
266字节	19字节	798字节	59字节

表A.2 复用描述实体的定义

名称	比特长度	取值
长度	7	9
版本号	1	0
类型	4	0
A部分的保护等级	2	0
B部分的保护等级	2	1
A部分的数据长度（流0）	12	266
B部分的数据长度（流0）	12	798
A部分的数据长度（流1）	12	0
B部分的数据长度（流1）	12	59
A部分的数据长度（流2）	12	19
B部分的数据长度（流2）	12	0

图A.1给出了逻辑帧到复用帧的映射示意图。



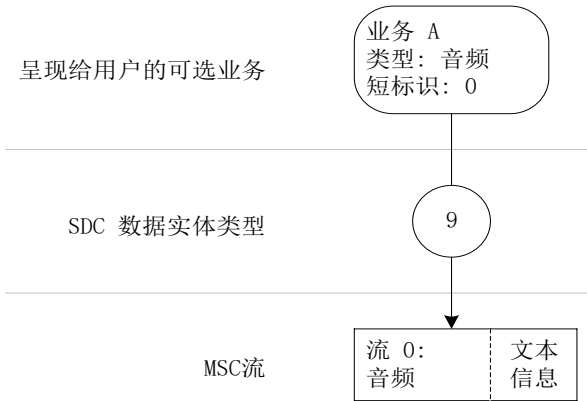
图A.1 逻辑帧到复用帧的映射示意图

附录 B
(资料性)
MSC 构造实例

以下实例给出了MSC的一些可能构造形式。特别地，从业务到音频/数据流的映射是要受到一些限制的，在组合复用时要考虑这些制约因素。

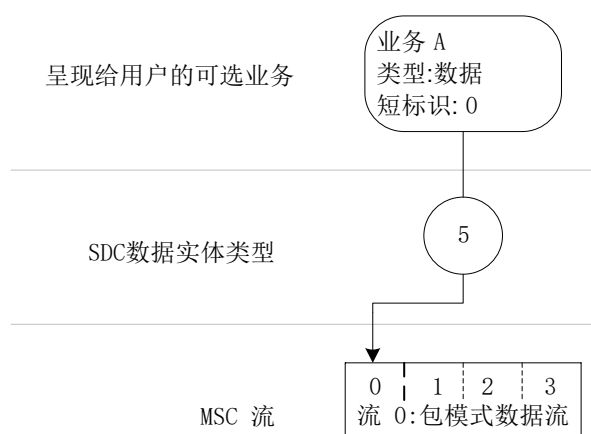
复用的MSC中最多包含四个流，每个流承载音频或数据业务。SDC数据实体类型9描述了音频流，SDC数据实体类型5描述了一个同步的数据流。包模式数据流（data-pm）包含1到4个“子流”（通过它们的包ID区分），每个“子流”由SDC数据实体类型5描述。可以向用户传送1到4个业务。一个数据业务指向一个数据（子）流。一个音频业务指向一个音频流外加可选的文本信息（包含在音频流中）和/或一个数据（子）流。音频业务通过SDC数据实体9映射到音频流。数据（和音频）业务通过SDC数据实体5映射到数据流。如果几个业务指向同一个流（子流），SDC数据实体5和SDC数据实体9中的配置相同。

示例1～示例6中短ID的取值仅是举例。短ID值0～3可以以任何顺序分配给DRM复用中的业务。
示例1：只包含一个音频业务的简单复用，该音频业务指向唯一的一个音频流，此音频流包括文本信息，MSC 构造实例见图 B. 1。



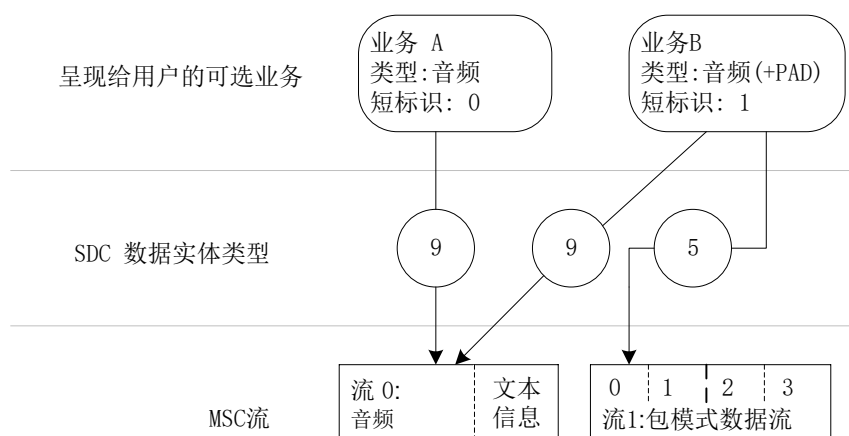
图B. 1 只包含一个音频业务的 MSC 构造

示例2：不提供音频业务，只包含一个数据业务的简单复用，该数据业务指向唯一的一个数据流，MSC 构造实例见图 B. 2。



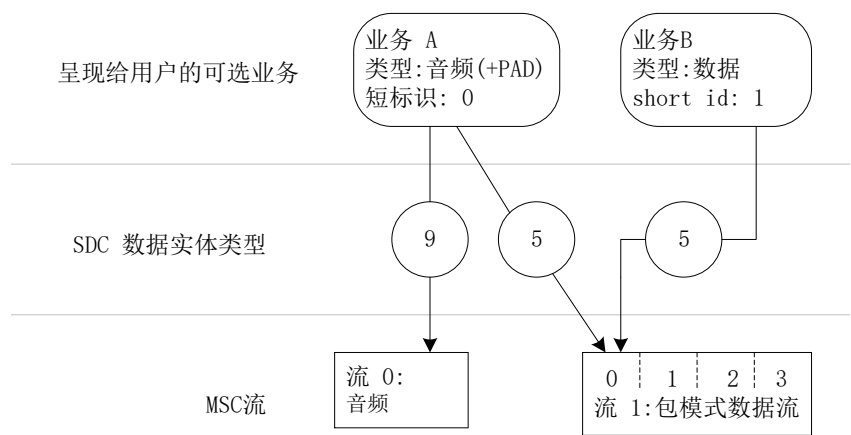
图B.2 只包含一个数据业务的 MSC 构造

示例3: 包含两个音频业务，都指向同一个音频流，其中业务 B 还指向一个携带多媒体数据应用的包模式的数据子流，即 MSC 流包括一个音频流和一个使用包模式的数据流，构造实例见图 B.3。



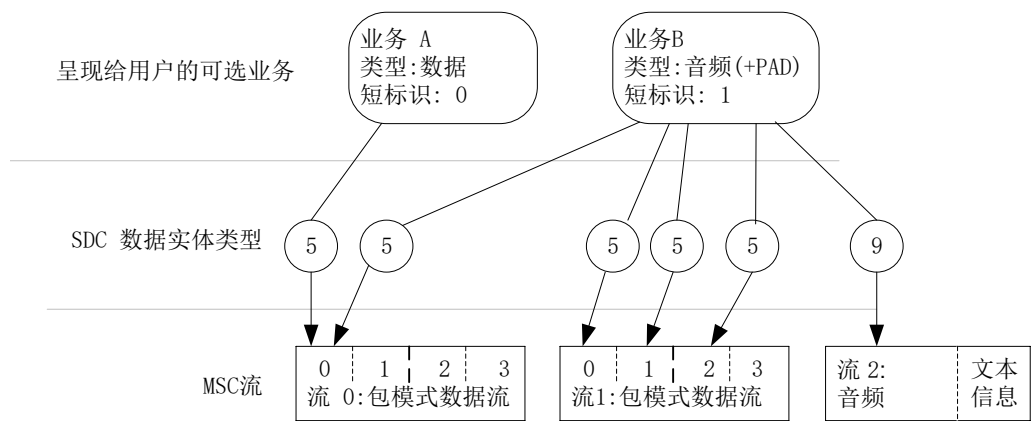
图B.3 包含两个音频业务（其中一个音频业务含数据）的 MSC 构造

示例4: 包含一个音频业务和一个数据业务，业务 A 和业务 B 均指向同一个包模式的数据子流，此外业务 A 还指向一个音频流，MSC 流包括一个音频流和一个使用包模式的数据流，构造实例见图 B.4。



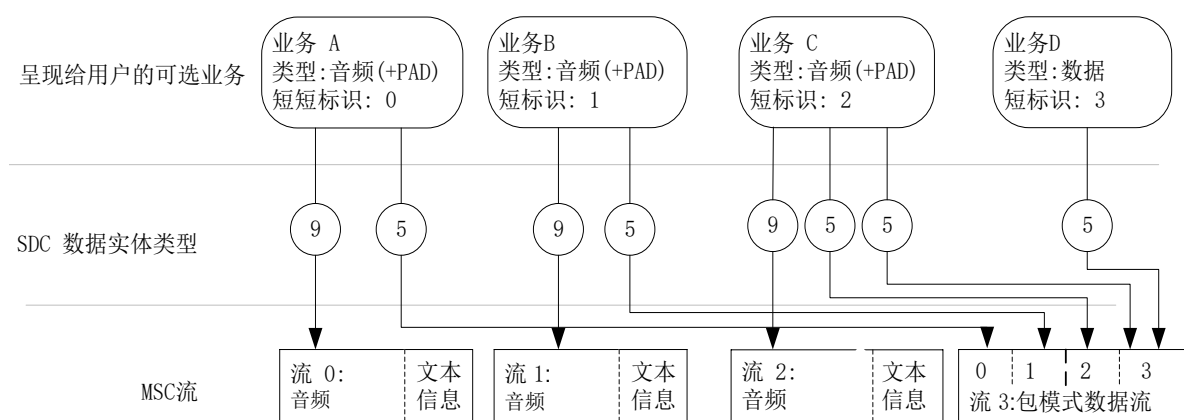
图B.4 包含一个音频业务和一个数据业务的 MSC 构造

示例5: 包含一个音频业务和一个数据业务。MSC 流包括一个音频流和两个包模式数据流（包含四个数据子流）。数据业务 A 指向承载其数据应用的数据流 0 中的包模式数据子流 0。音频业务 B 指向音频流，并且指向两个数据流中的四个子流，即 B 业务提供一个音频服务和四个数据应用服务，构造实例见图 B. 5。



图B.5 包含一个音频业务和一个数据业务的 MSC 构造

示例6: 包含三个音频业务和一个数据业务，音频业务还包括各自的数据应用。三个音频服务指向各自的音频流，且这三个音频流均携带文本信息。业务 A、B 和 C 还指向承载其数据应用的包模式数据流的子流，数据业务 D 指向数据流的第四个子流，构造实例见图 B. 6。



图B.6 包含三个音频业务和一个数据业务的 MSC 构造

附录 C

（资料性）

业务标识指配

C.1 概述

业务标识符定义为24位比特（见6.3.3），业务标识符宜尽量在全球范围内是唯一的。

C.2 国内业务

RDS系统为大多数国家/地区分配了CC和ECC。建议国内业务标识的24位比特中，前8位比特为ECC码，紧接着的4位比特为CC码，剩余的12bits用于各个独立的业务服务。一般来说，这样，每个国家/地区可开展最多4096个业务服务，此外当有些国家/地区有多个国家/地区代码时，可以开展更多的业务服务。未来可以使用此方法指定对0xA00000到0xFFFFFFFF范围内的所有代码进行分配（共有291456项）。

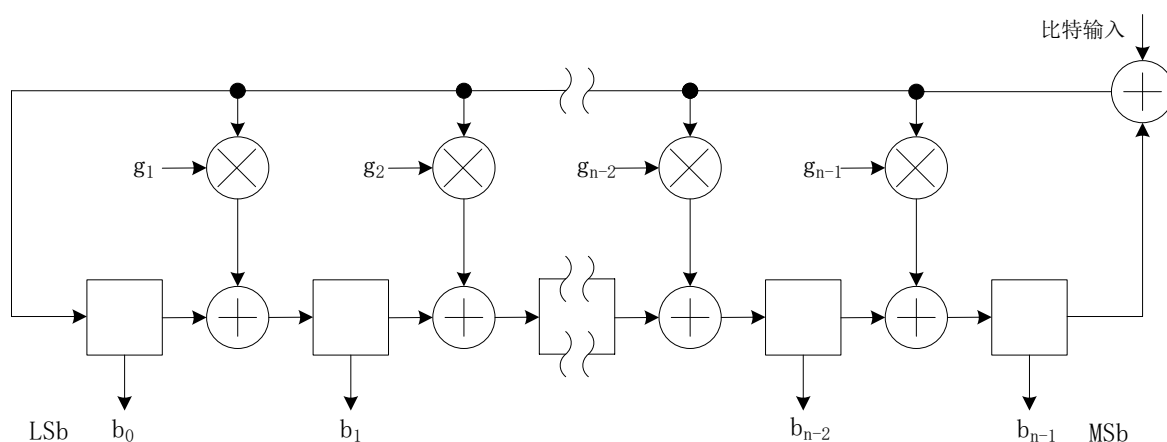
C.3 国际业务

HFCC和其他一些机构负责HF频段中国际业务服务的频率协调。HFCC已表示将分配和协调短波数字音频广播国际业务标识并为其提供频率协调服务。24bits的业务标识范围从0x000000至0x9FFFFFF（共计9437184项），按随机机制进行分配。建议HFCC（或其他发布机构）从可用的业务标识库存中随机生成业务标识符并将其分配给指定业务。当该业务停止服务后，释放该业务标识并收回至业务标识库存中。

附 录 D
(规范性)
循环冗余校验码的计算方法

CRC 码字由一个 n 阶多项式给出： $G_n(x) = x^n + g_{n-1}x^{n-1} + \dots + g_2x^2 + g_1x + 1$ ，其中 $n \geq 1$ ，且 $g_i \in \{0,1\}, i = 1, \dots, n-1$ 。

CRC 的计算可以由一个 n 级（这里的 n 级等价于多项式的 n 阶）移位寄存器完成，见图 D.1。不同级用 b_0 到 b_{n-1} 标注出来， b_0 对应着 1， b_1 对应着 x ， b_2 对应着 x^2 ， $\dots$ ， b_{n-1} 对应着 x^{n-1} 。移位寄存器的不同输入级分别插入了异或运算，多项式系数 g_i 对应的值为 1。输入数据块的 MSb 比特优先传输。



图D.1 CRC 原理框图

移位寄存器的初始值所有位均为 1。CRC 码字在传输前先取反后从最高位开始传输。本系统使用到的 CRC 码字基于以下生成多项式：

- $G_{16}(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$;
- $G_8(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$;
- $G_6(x) = x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$;
- $G_5(x) = x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$;
- $G_3(x) = x^3 + x + 1$;
- $G_2(x) = x^2 + x + 1$;
- $G_1(x) = x + 1$ 。

附 录 E

(资料性)

可替换频率信息传输时间的使用说明

“可替换频率信号：时间限定数据实体-类型4”提供了基于每周时间表，将可选频率列表的可用性限制为一定的时间间隔的功能。在每个SDC数据实体类型4中，可以发送下列信息。

- a) 日期编码指明时间间隔应用于星期几（星期一到星期日）。
- b) 使用开始时间和持续时间，可指定具体的时间范围。该时间间隔应用于所有指定的一周中的日期（使用日期编码）。开始时间值表示从午夜UTC时间算起经过的分钟数，取值范围为00：00～23：59。持续时间值指明了从开始时间算起（包括开始时间）经过的分钟数，并可以跨星期。
- c) 通过传送多个拥有相同时间ID的SDC数据实体类型4（版本标志使用列表机制），可以在一天内指明多个时间间隔或不同的日期和时间组合。

某个时间范围的编码不是唯一的。从星期三10点开始的48h时间间隔可能的编码为。

- a) “星期三和星期四；开始时间为10：00，持续时间为24h”。
- b) “星期三；开始时间10：00；持续时间48h”。
- c) 或使用具有相同时间ID的两个SDC数据实体：“星期三；开始时间10：00；持续时间24h”和“星期四；开始时间10：00；持续时间24h”。
- d) 或使用具有相同时间ID的两个SDC数据实体：“星期三；开始时间10：00；持续时间10h”和“星期三；开始时间20：00；持续时间38h”。

由编码方来使用尽可能少的SDC数据实体限定时间。

附 录 F

（资料性）

可替换频率以及通告信号

F.1 概述

中、短波数字声音广播系统可以为其部分或全部复用业务传送具有相同业务内容的可替换频率，以允许接收端在出现接收问题时迅速切换到可替换频率上，从而得到较好的接收效果。

系统还可以发送服务链接信息，该信息允许服务提供商建立一个或多组标识符，这些标识符在硬链接或相关的软链接情况下携带相同的内容。标识符集称为链接集。某些链接集可能在一天的不同时间有效。每个链接集由链接组号和一组标志识别，通过使用链接有效标志激活和停用链接。接收机在服务选择和服务跟随期间使用这些链接集来确定可能在不同承载上的一组候选服务，其等同于或与所选服务相关。接收机基于服务可用性和接收质量从这些候选者中选择适当的服务。

此外，中、短波数字声音广播系统还可以传输通告信号（例如交通信息或新闻），接收端在通告信号有效持续期内，能够自动切换到另一复用业务或另一广播系统上。

这两种特性采用 SDC 数据实体组合形式来传输。本附录描述了可替换频率信号、链接和通告特性的基本性能，同时也阐明不同 SDC 实体如何协同工作来实现该信号的发送。

F.2 使用可替换频率信号的可能性

使用可替换频率功能，中、短波数字声音广播系统可以向接收端发送下列几种可替换频率信号。

- a) 在原频率和可替换频率上同步传输的完整复用信号。接收端可以检查指定频率上复用信号的接收质量，如果需要的话接收端可以保证在没有业务中断的情况下立即切换到另一个频率上。
- b) 完整的复用信号（所有业务拥有相同的业务标识），采用不同的信道参数和/或复用时刻（非同步），频率切换时会产生业务中断。
- c) 复用中的单个业务，频率切换会导致业务中断。单个业务可以是使用相同业务标识的其它复用，也可以是其他广播系统（如 AM、FM）或者使用不同业务标识的其他复用。
- d) 来自基础层的增强层频率，反之亦然。

可替换频率列表的有效性可以限于某些时段（时间限定特性）和/或者限于某些地域（地域限定特性）。时间限定基于周时间表。地域限定可以使用经度/纬度加上广度以及 CIRAF 区域进行确定。

如果可替换频率表链接到使用另一广播系统的业务或者使用不同业务标识的业务时，可以指出另一个业务是否承载的是相同或相似的音频节目。接收机会在尝试切换到其他业务之前先切换到“相同业务”上。如果有必要动态地或短时间地发出这些等效或相关业务变化的信号，则可为可替换频率使用业务链接，以便建立链接集，然后在它们之间快速切换。

发送端将完整的频率时间表传送给接收端，接收端储存完整的可替换频率信息（类型 3、4、7、11 和 13 四种数据实体）。频率时间表提供某一个星期内全部的频率变化而不只提供一部份，比如只在日间传送时提供日间的频率，在夜间传送时提供夜间的频率。这样，当复用信号的频率与上次选择业务的频率不同时，接收端能够快速启动某项业务。

由于来自同步多频网络中所有发射机的比特流是相同的，因此发送端向接收端下发同步多频网络中使用的所有频率，即使网络不同步，这也是强烈推荐的，因为接收机在定义包括复用的主要调谐频率的配置按钮时可以存储所有可能的频率。如果接收机从一个频率调谐回原有的频率，该频率信息是必要的。该信息可帮助接收机识别其当前区域（见 F.4）。

建议发射端具体指明每一项业务的所有替换源，包括所有频率。接收端会按照顺序测试所有给出的频率。如果没有提供频率信息，接收端要找到某项业务需要按照业务标识进行搜索，它花费的时间将是用户无法接受的。

对于接收机，模拟广播系统的链接具有不可预测的结果，因为接收机无法检查在给定频率上是否接收到正确的业务。

如果发送端使用频率时间表，那么发端应该提供 SDC 数据实体“类型 8：时间和日期信息数据实体”，作为“类型 4：可替换频率信息——时间限定数据实体”的时间参考。

F.3 使用通告特性的可能性

可以用通告来中断当前的音频节目，同时提供一些简短的信息。使用通告特性，发送端能向接收端发送以下信息：

- a) 要提供通告的种类；
- b) 哪种通告目前处于激活状态；
- c) 通告的内容是由当前复用中的业务传输，还是由其他频率或其他广播系统如 FM 的业务传输。

可以为当前复用中的每个服务或业务组合指定通告信息。

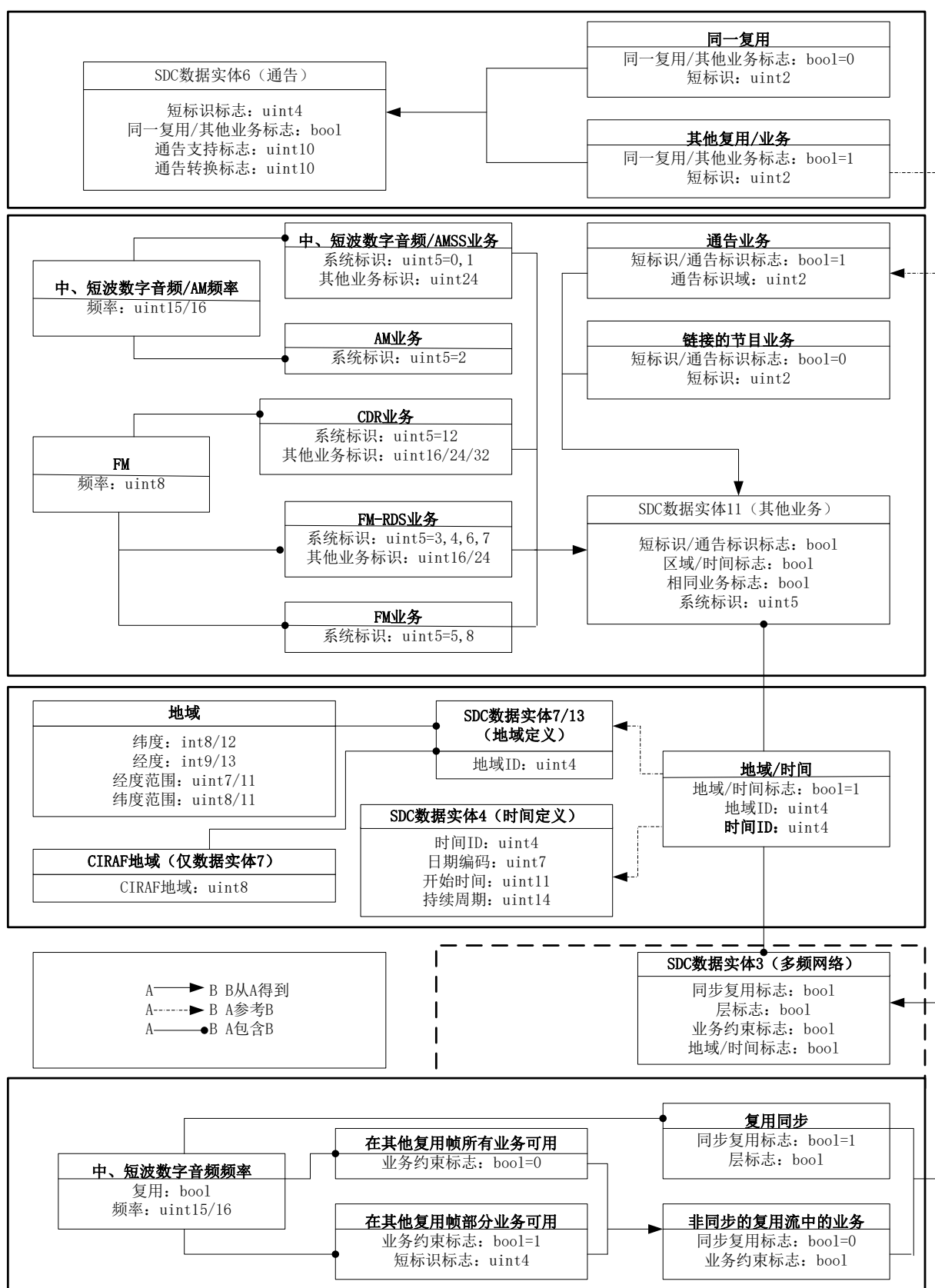
如果通告信号使得接收端从当前接收的复用信号转换到携带通告信息的业务上（比如另一个广播系统），那么此业务应提供指示通告结束的机制，以便恢复原来收听的节目内容。携带通告信息的业务标识（可能还有它们的频率）由 SDC 里的“类型 11：可替换频率信号——其他业务数据实体”中的“短标识/通告标识标志”置 1 表示。

示例1：复用提供四种业务，分别为 A、B、C、D。A 和 B 提供英语节目而 C 和 D 提供德语版本的节目。

示例2：发送端在发送交通信息时，可以使用通告通知接收端从业务 A 切换到业务 B，业务 C 切换到业务 D。若交通信息只有英文版本，业务 A、C 和 D 可切换到业务 B 以收听通告信息。。

F.4 用于可替换频率信号以及通告的 SDC 数据实体总览

用于可替换频率信号以及通告的 SDC 数据实体总览见图 F.1。



图F.1 用于可替换频率信号以及通告的 SDC 数据实体总览

F.5 用于可替换频率信号的SDC数据实体及设置

以下 SDC 实体用于传送可替换频率及通告信号：

- a) 类型 4：可替换频率信号传输——时间限定数据实体；
- b) 类型 7：可替换频率信号传输——地域限定数据实体；
- c) 类型 13：可替换频率信息——详细的区域限定数据实体；
- d) 类型 3：可替换频率信号传输——多频率网络信息数据实体；
- e) 类型 11：可替换频率信号传输——其他业务数据实体。

要设置可替换频率信号发送，发送端一般会采取以下步骤。

- a) 如果可替换频率只在某些时段有效，则提供最多十五个时间表（SDC 数据实体类型 4），每一个由唯一的时间 ID 确定。为了明确表示有些频率一直都有效，建议发送“24 小时，每周 7 天”时间表。
- b) 如果某些可替换频率只在特定的地域有效，则提供最多 15 个地域定义（SDC 数据实体类型 7 和 13），每一个由唯一的地域 ID 确定。
- c) 如果当前复用信号或复用的某些业务有可替换频率，则要为所有频率表提供 SDC 数据实体类型 3，每个列表都采用同步的方式指向载有同样复用信号的可替换频率（接收端可以无缝检查并切换到可替换频率），或者指向当前复用中的某些业务的可替换频率，可替换频率的复用采用不同频道参数或以非同步的方式承载（检查及切换会中断当前业务），通过配置 SDC 数据实体 4 和/或 7 和/或 13，每个频率表会受限於某个地理区域或时间段。
- d) 如果复用中某一业务的可替换频率有效，可替换频率中的该业务标识不同于复用中的业务标识，或该业务由其他广播系统（如 FM）播出，则为所有频率提供 SDC 数据实体类型 11。每一列表可以指出一个其他业务标识、广播系统类型及带有频率表的“相同业务”标志。如果仅指明了一个业务标识而没有任何频率信息，接收机扫描所有的可用频率。通过配置一个 SDC 数据实体 4 和/或 7 和/或 13，每个频率表会受限於某个地理区域和/或时间段。

对于没有提供“类型 7：可替换频率信号传输——地域限定数据实体”或者“类型 13：可替换频率信息——详细的区域限定数据实体”的特定地域 ID，发端可以选择利用每组的公共区域标识按区域对频率进行分组，这就使接收端在不需知道当前所在位置的情况下，在检查其他组之前先检查同一个组里（按地域标识定义）的可替换频率。

示例：在欧洲和非洲分别以 6200kHz、9500kHz 和 11600kHz、13800kHz 广播同一项业务，即使没有提供地域限制（数据实体类型 7 和 13），这四个频率分成两组用欧洲和非洲两组不同的地域标识发送。

F.6 用于通告的SDC数据实体及设置

以下 SDC 实体用于传送可替换频率及通告信号：

- a) 类型 4：可替换频率信号传输——时间限定数据实体；
- b) 类型 7：可替换频率信号传输——地域限定数据实体；
- c) 类型 13：可替换频率信息——详细的区域限定数据实体；
- d) 类型 11：可替换频率信号传输——其他业务数据实体；
- e) 类型 6：通告支持和转换数据实体。

要设置通告信号，发送端采取如下步骤。

- a) 设置所有需要设置的 SDC 数据实体类型 6，说明提供哪种通告，哪些通告处于激活状态，哪种内部业务与传输通告内容的业务相关联（同一复用信号里的业务或是其他的业务）。

- b) 如果某些传输通告的可替换频率只在某些时段有效，则提供最多十五个时间表（SDC 数据实体类型 4），每一个由唯一的时间 ID 确定；为了明确表示有些频率一直都有效，建议发送“24 小时，每周 7 天”时间表。
- c) 如果某些发送通告的可替换频率只在特定的地域有效，则提供最多 15 个地域定义（SDC 数据实体类型 7），每一个由唯一的地域 ID 确定。
- d) 4) 对于 SDC 数据实体类型 6 提供的每一“通告标识”值，至少要有有一个 SDC 数据实体类型 11（“短标识/通告标识标志”置为 1 并使用相同的“通告标识”）来提供广播系统的类型、业务标识以及其他业务的频率。

附 录 G
(规范性)
输入比特数

不同鲁棒模式、不同调制编码方式下每个复用帧的输入比特数应符合表 G. 1～表 G. 24 的规定。

表G. 1 EEP SM 模式 A 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.5$	3757	4248	7878	8857	16374	18336
64QAM, $R_{all}=0.6$	4509	5096	9450	10628	19646	21998
64QAM, $R_{all}=0.71$	5322	6018	11157	12547	23193	25976
64QAM, $R_{all}=0.78$	5898	6664	12364	13908	25704	28788
16QAM, $R_{all}=0.5$	2505	2832	5250	5904	10914	12222
16QAM, $R_{all}=0.62$	3131	3540	6565	7381	13645	15280

表G. 2 EEP SM 模式 B 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.5$	2880	3312	6133	6991	12727	14304
64QAM, $R_{all}=0.6$	3456	3972	7361	8390	15272	17162
64QAM, $R_{all}=0.71$	4080	4692	8688	9900	18026	20264
64QAM, $R_{all}=0.78$	4520	5196	9630	10980	19980	22456
16QAM, $R_{all}=0.5$	1920	2208	4089	4662	8484	9534
16QAM, $R_{all}=0.62$	2400	2760	5111	5826	10606	11920

表G. 3 EEP SM 模式 C 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.5$	未使用			5514	未使用	11581
64QAM, $R_{all}=0.6$				6615		13898
64QAM, $R_{all}=0.71$				7808		16406
64QAM, $R_{all}=0.78$				8654		18188
16QAM, $R_{all}=0.5$				3675		7722
16QAM, $R_{all}=0.62$				4595		9651

表G.4 EEP SM 模式 D 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.5$	未使用			3660	未使用	7800
64QAM, $R_{all}=0.6$				4391		9359
64QAM, $R_{all}=0.71$				5185		11050
64QAM, $R_{all}=0.78$				5746		12242
16QAM, $R_{all}=0.5$				2439		5199
16QAM, $R_{all}=0.62$				3050		6500

表G.5 EEP HMsym VSPP 模式 A 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用		2626	2953	5458	6112
64QAM, $R_0=0.57$			3000	3372	6236	6984
64QAM, $R_0=0.6$			3150	3543	6549	7332
64QAM, $R_0=0.66$			3500	3936	7276	8148

表G.6 EEP HMsym VSPP 模式 B 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用		2045	2331	4243	4768
64QAM, $R_0=0.57$			2336	2664	4848	5448
64QAM, $R_0=0.6$			2454	2796	5091	5721
64QAM, $R_0=0.66$			2726	3108	5656	6356

表G.7 EEP HMsym VSPP 模式 C 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用			1838	未使用	3861
64QAM, $R_0=0.57$				2100		4412
64QAM, $R_0=0.6$				2205		4632
64QAM, $R_0=0.66$				2450		5148

表G.8 EEP HMsym VSPP 模式 D 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用			1220	未使用	2600
64QAM, $R_0=0.57$				1392		2968
64QAM, $R_0=0.6$				1464		3120
64QAM, $R_0=0.66$				1626		3466

表G.9 EEP HMsym SPP 模式 A 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.45$	未使用		4725	5313	9822	10998
64QAM, $R_{all}=0.55$			5724	6432	11904	13332
64QAM, $R_{all}=0.72$			7592	8538	15784	17680
64QAM, $R_{all}=0.78$			8164	9184	16972	19012

表G.10 EEP HMsym SPP 模式 B 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.45$	未使用		3681	4194	7635	8580
64QAM, $R_{all}=0.55$			4452	5076	9252	10392
64QAM, $R_{all}=0.72$			5913	6738	12268	13792
64QAM, $R_{all}=0.78$			6358	7252	13192	14828

表G.11 EEP HMsym SPP 模式 C 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.45$	未使用			3306	未使用	6948
64QAM, $R_{all}=0.55$				4008		8424
64QAM, $R_{all}=0.72$				5313		11167
64QAM, $R_{all}=0.78$				5714		12012

表G.12 EEP HMsym SPP 模式 D 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.45$	未使用			2196	未使用	4680
64QAM, $R_{all}=0.55$				2652		5664
64QAM, $R_{all}=0.72$				3527		7518
64QAM, $R_{all}=0.78$				3794		8082

表G.13 EEP HMmix VSPP 模式 A 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用		1310	1473	2726	3053
64QAM, $R_0=0.57$			1496	1684	3112	3488
64QAM, $R_0=0.6$			1572	1767	3270	3663
64QAM, $R_0=0.66$			1746	1964	3634	4070

表G.14 EEP HMmix VSPP 模式 B 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用		1019	1162	2118	2381
64QAM, $R_0=0.57$			1164	1328	2420	2720
64QAM, $R_0=0.6$			1221	1395	2541	2856
64QAM, $R_0=0.66$			1358	1550	2824	3174

表G.15 EEP HMmix VSPP 模式 C 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用			916	未使用	1927
64QAM, $R_0=0.57$				1044		2200
64QAM, $R_0=0.6$				1098		2313
64QAM, $R_0=0.66$				1220		2570

表G.16 EEP HMmix VSPP 模式 D 中每一分级帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_0=0.5$	未使用			607	未使用	1297
64QAM, $R_0=0.57$				692		1480
64QAM, $R_0=0.6$				726		1554
64QAM, $R_0=0.66$				808		1728

表G.17 EEP HMmix SPP 模式 A 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.48$	未使用		6288	7066	13083	14650
64QAM, $R_{all}=0.58$			7571	8506	15751	17649
64QAM, $R_{all}=0.71$			9349	10517	19461	21801
64QAM, $R_{all}=0.78$			10244	11516	21308	23872

表G.18 EEP HMmix SPP 模式 B 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.48$	未使用		4885	5577	10164	11425
64QAM, $R_{all}=0.58$			5885	6717	12244	13753
64QAM, $R_{all}=0.71$			7266	8293	15121	17001
64QAM, $R_{all}=0.78$			7960	9088	16556	18620

表G.19 EEP HMmix SPP 模式 C 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.48$	未使用			4395	未使用	9247
64QAM, $R_{all}=0.58$				5286		11139
64QAM, $R_{all}=0.71$				6540		13750
64QAM, $R_{all}=0.78$				7152		15072

表G.20 EEP HMmix SPP 模式 D 中每一复用帧的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
64QAM, $R_{all}=0.48$	未使用			2908	未使用	6220
64QAM, $R_{all}=0.58$				3500		7484
64QAM, $R_{all}=0.71$				4322		9257
64QAM, $R_{all}=0.78$				4728		10136

表G.21 模式 A 每个 SDC 块的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
16QAM, $R_{all}=0.5$	321	366	705	798	1494	1680
4QAM, $R_{all}=0.5$	161	184	353	399	748	840

表G.22 模式 B 每个 SDC 块的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
16QAM, $R_{all}=0.5$	246	288	552	630	1164	1311
4QAM, $R_{all}=0.5$	124	144	276	316	582	656

表G. 23 模式 C 每个 SDC 块的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
16QAM, $R_{all}=0.5$	未使用			564	未使用	1200
4QAM, $R_{all}=0.5$				282		601

表G. 24 模式 D 每个 SDC 块的输入比特数 L

参数	频谱占用模式					
	0	1	2	3	4	5
16QAM, $R_{all}=0.5$	未使用			291	未使用	651
4QAM, $R_{all}=0.5$				146		326

附 录 H

(资料性)

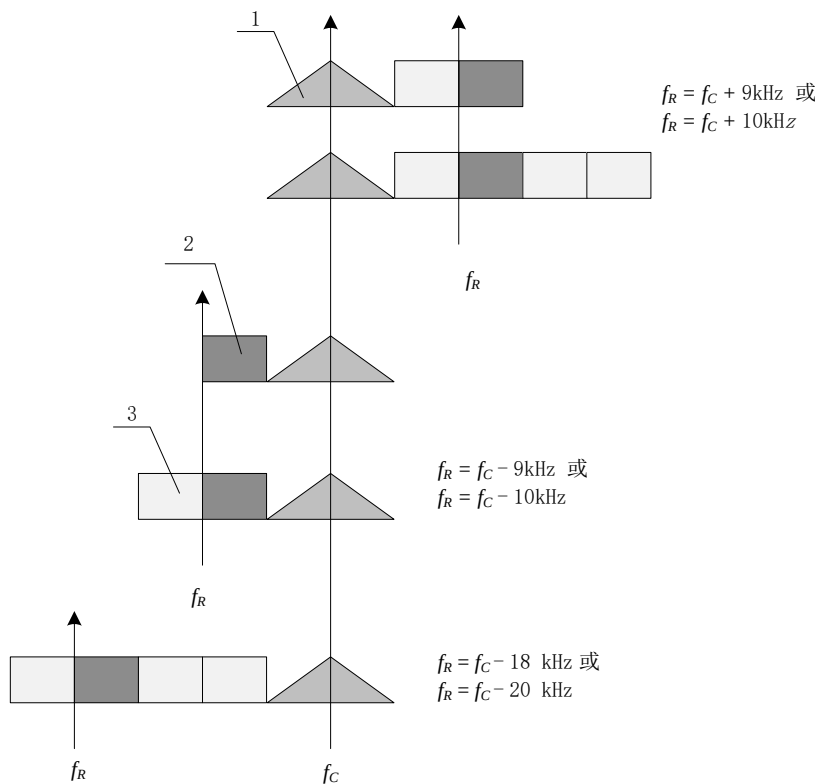
同播、可替换源和增强信号传输

中、短波数字声音广播信号可与模拟幅度调制信号工作于相同的广播波段，通过并置两个信号来实现同播。

中、短波数字声音广播系统能够关联到另一个中、短波数字声音广播信号或者AM、FM、CDR信号中携带的相同或相关业务。

图H. 1和图H. 2给出了用一个发射机同时发射模拟调幅信号和中、短波数字声音广播信号的一些解决方案。这两个信号也可以由两个发射机分别产生。

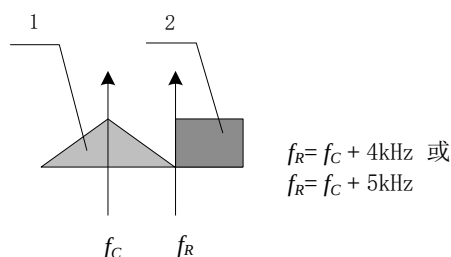
图H. 1给出了中、短波数字声音广播信号参考频率 f_R 偏离模拟调幅信号载波频率 f_C 单倍信道或二倍信道带宽（即 $\pm 9\text{kHz}$, $\pm 10\text{kHz}$, -18kHz 或 -20kHz ）时的一些可能情况，图H. 2给出了参考频率 f_R 偏离模拟调幅载波频率 f_C 的半信道带宽时的一些可能情况。由于要求中、短波数字声音广播信号参考频率位于 1kHz 的整数倍处，中、短波数字声音广播参考频率和AM载波频率将以 4kHz 或 5kHz 为间隔进行使用。



标引序号说明：

- 1——AM DSB信号；
- 2——包含FAC单元的载波组；
- 3——载波组。

图H. 1 偏离单倍信道或二倍信道时的同播模式实例



标引序号说明:

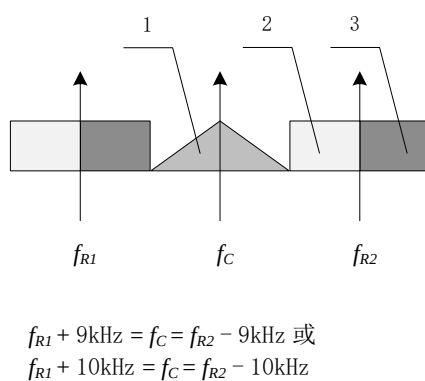
1——AM DSB信号;

2——包含FAC单元的载波组;

图H.2 偏离半信道带宽时的同播模式实例

图H.3至图H.5给出了一些例子,这些例子提供了传输高质量中、短波数字声音广播信号以及用同一发射机发送同播信号的解决方案。

在图H.3中,两个中、短波数字声音广播信号可以是相同复用的可替换频率,这就使频谱有多样性,在这种情况下,AFS数据实体指出存在复用的两个频率。对一个复用来说,两个中、短波数字声音广播信号可以是基础层也可以是增强层,在这种情况下,AFS数据实体发送另一层的频率。所有接收机都可以解码基础层,同时,一些接收机还可以解码增强层并提供较高质量。图H.4给出了两个半信道中、短波数字声音广播信号的可能使用的情况。图H.5给出了两个中、短波数字声音广播信号作为基础层和增强层的结合的可能使用情况,在这种情况下,AFS数据实体发送另一层的频率。所有接收机都可以解码基础层,同时,一些接收机还可以解码增强层并提供较高质量。



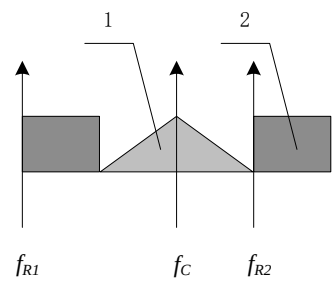
标引序号说明:

1——AM DSB信号;

2——载波组;

3——包含FAC单元的载波组。

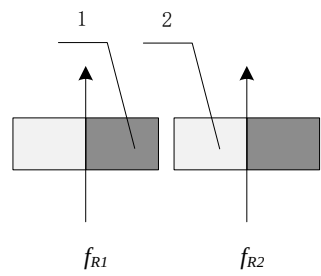
图H.3 中、短波数字声音广播信号与模拟调幅信号同播实例



$$f_{R1} + 9\text{kHz} = f_C = f_{R2} - 4\text{kHz} \text{ 或}$$
$$f_{R1} + 10\text{kHz} = f_C = f_{R2} - 5\text{kHz}$$

标引序号说明：
1——AM DSB信号；
2——包含FAC单元的载波组。

图H.4 两个半信道中、短波数字声音广播信号与 AM 信号同播的实例



$$f_{R1} = f_{R2} - 9\text{kHz} \text{ 或}$$
$$f_{R1} = f_{R2} - 10\text{kHz}$$

标引序号说明：
1——包含FAC单元的载波组；
2——载波组。

图H.5 中、短波数字声音广播基础/增强信号实例

参 考 文 献

- [1] ISO/IEC 10646 Information technology—Universal coded character set (UCS)
 - [2] ETSI ES 201 980 v4.1.2 Digital Radio Mondiale(DRM);System Specification
 - [3] ETSI TS 102 386 Digital Radio Mondiale (DRM); AM signalling system (AMSS)
-