

GY

中华人民共和国广播电影电视行业标准

GY/T 214—2006

30MHz~3000MHz 地面数字音频广播系统 技术规范

Specification of 30MHz-3000MHz terrestrial digital audio broadcasting system

(ITU-R BS.1114-5:Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3000MHz, MOD)

2006-05-10 发布

2006-06-01 实施

国家广播电影电视总局 发布

目 次

| | |
|----------------------------|----|
| 前言 | IV |
| 引言 | V |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语、定义、缩略语、符号和约定 | 1 |
| 3.1 术语和定义 | 1 |
| 3.2 缩略语 | 7 |
| 3.3 符号 | 10 |
| 3.4 约定 | 12 |
| 4 系统基本描述 | 13 |
| 4.1 传输机制 | 13 |
| 4.2 复用配置信息 (MCI) | 15 |
| 4.3 音频编码 | 15 |
| 4.4 数据特性 | 15 |
| 4.5 条件接收 | 15 |
| 4.6 能量扩散 | 15 |
| 4.7 卷积编码 | 16 |
| 4.8 时间交织 | 16 |
| 4.9 公共交织帧 | 16 |
| 4.10 地面数字音频广播传输信号 | 16 |
| 4.11 射频参数 | 16 |
| 4.12 地面数字音频广播系统的主要特性 | 16 |
| 5 传输机制 | 19 |
| 5.1 概述 | 19 |
| 5.2 快速信息信道(FIC) | 20 |
| 5.3 主业务信道(MSC) | 25 |
| 5.4 业务信息在辅助信息信道中的传输 | 32 |
| 5.5 扩展标签 | 33 |
| 6 复用配置信息 (MCI) | 36 |
| 6.1 概述 | 36 |
| 6.2 子信道组织 | 37 |
| 6.3 业务组织 | 41 |
| 6.4 总信号信息 | 46 |
| 6.5 复用重新配置 | 47 |
| 7 音频编码 | 48 |
| 7.1 音频编码 | 49 |
| 7.2 音频比特流语义 | 59 |
| 7.3 音频比特流句法 | 66 |
| 7.4 节目相关数据(PAD) | 70 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| 8 数据特性 | 81 |
| 8.1 业务信息 | 81 |
| 8.2 快速信息数据信道 | 110 |
| 9 条件接收 | 112 |
| 10 能量扩散 | 112 |
| 10.1 通用方法 | 112 |
| 10.2 应用在快速信息信道中的能量扩散 | 113 |
| 10.3 应用在主业务信道的能量扩散 | 113 |
| 11 卷积编码 | 113 |
| 11.1 卷积码 | 113 |
| 11.2 在快速信息信道中的卷积编码 | 115 |
| 11.3 MSC中的卷积编码 | 116 |
| 12 时间交织 | 121 |
| 13 公共交织帧 | 128 |
| 14 地面数字音频广播传输信号 | 128 |
| 14.1 通用原则 | 128 |
| 14.2 主信号的结构 | 129 |
| 14.3 同步信道 | 130 |
| 14.4 块分配及其与OFDM符号的联系 | 133 |
| 14.5 QPSK符号映射 | 139 |
| 14.6 频率交织 | 139 |
| 14.7 差分编码与调制 | 144 |
| 14.8 发射机识别信息信号 | 145 |
| 15 射频特性 | 148 |
| 15.1 传输模式的选用 | 148 |
| 15.2 时间特性 | 148 |
| 15.3 频谱特性 | 149 |
| 15.4 频谱模板 | 151 |
| 15.5 中心频率的允许值 | 151 |
| 附录A (资料性附录) 音频编码系统的主要特性 | 152 |
| A.1 音频信号特性 | 152 |
| A.2 音频编码特性 | 152 |
| A.3 音频相关数据特性 | 152 |
| A.3.1 节目相关数据(PAD) | 152 |
| A.3.2 PAD误码保护 | 153 |
| A.4 PAD提供的功能 | 153 |
| 附录B (规范性附录) 音频解码 | 154 |
| B.1 概述 | 154 |
| B.2 音频边信息的CRC校验 | 154 |
| B.3 比例因子的CRC校验 | 154 |
| B.4 MPEG音频第II层比特流的解码 | 155 |
| 附录C (资料性附录) 音频编码 | 156 |
| C.1 分析子带滤波器 | 156 |
| C.2 心理声学模型 | 161 |

| | |
|--------------------------|-----|
| C.3 比特分配过程 | 170 |
| C.4 对误码的比特敏感度 | 172 |
| C.5 误码隐藏 | 173 |
| C.6 联合立体声编码 | 173 |
| 附录D (资料性附录) 复用重新配置 | 177 |
| 附录E (规范性附录) CRC的计算 | 179 |
| 参考文献 | 180 |

前 言

本标准结合我国广东等地多年来开展的数字声音广播试验和大量测试研究报告,并结合我国实际情况而制订。

为有利于中文数据信息功能的实现,本标准引用GB13000.1和GB2312标准中的相关内容,对接收机的内置中文字库作了规定。

本标准修改采用了ITU-R BS.1114-5。

本标准的附录B和附录E为规范性附录。

本标准的附录A、附录C和附录D为资料性附录。

本标准由全国广播电视标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:国家广播电影电视总局广播科学研究院。

本标准主要起草人:邹峰、谢锦辉、杨明、高鹏、曹元莉、尚景、房磊。

引 言

本标准修改采用的ITU-R BS. 1114-5数字系统A中所涉及的专利见该标准的相关声明。

本标准中其他部分某些内容有可能涉及其他专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

30MHz-3000MHz 地面数字音频广播系统技术规范

1 范围

本标准规定了30MHz-3000MHz地面数字音频广播系统的音频编码算法、音频节目以及数据业务的复用、信道编码和调制方式；同时定义了与节目业务相关的辅助业务，以及在总系统容量范围内传送与节目相关或非相关的附加数据业务。本标准还规定了有关系统配置的信息，其中包括有关总成信号、业务、业务分量及它们之间联系的信息。本标准还描述了地面数字音频广播发射信号应具有的特征特性。

本标准适用于在30MHz-3000MHz频段内，向移动、便携和固定接收机传送高质量数字音频节目和数据业务。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 2312 信息交换用汉字编码字符集基本集

GB 13000.1 信息技术 通用多八位编码字符集（UCS） 第一部分：体系结构与基本多文种平面

GB/T 16463 广播节目声音质量主观评价方法和技术指标要求

GB/T 17191.3 信息技术 具有1.5Mbit/s数据传输率的数字存储媒体运动图像及其伴音的编码 第3部分：音频

GB/T 17975.1 信息技术 运动图像及其伴音信号的通用编码 第1部分：系统

GB/T 17975.3 信息技术 运动图像及其伴音信号的通用编码 第3部分：音频

3 术语、定义、缩略语、符号和约定

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

接入控制系统 access control system

为管理权限检查和条件接收信息专门制定的规则和执行这些规则的设备组成的系统。

3.1.2

混叠分量 alias component

由于亚奈奎斯特采样造成的镜像信号分量。

3.1.3

通告群 announcement cluster

享受相同的通告中断优先权的一组业务。

3.1.4

音频比特流 audio bit stream

一系列连续的音频帧。

3.1.5

音频帧 audio frame

时长为24ms（采样率为48kHz时）或48ms（采样率为24kHz时），按照GB/T 17191.3或GB/T 17975.3第II层编码的音频信号帧，对应1152个连续的音频采样值。

注：音频帧是音频比特流中可独立解码的最小单元。

3.1.6

音频模式 audio mode

音频编码系统提供的音频模式有：单声道模式，双声道模式，立体声模式和联合立体声模式。

注：每一种音频模式所包括的全部音频信号均作为单一音频比特流编码。

3.1.7

辅助信息信道 auxiliary information channel

子信道63的全部或部分，用于传输快速信息信道重新定向的信息。

3.1.8

Bark

心理声学量度临界频带的单位，见3.1.16。

3.1.9

比特分配 bit allocation

根据某一心理声学模型，对不同子带的采样值的比特数进行时变分配的过程。

3.1.10

边界 bound

在采用联合立体声模式下，采用强度立体声编码的最低子带。

3.1.11

容量单元 capacity unit

公共交织帧（CIF）的最小可寻址单元（64比特）。

3.1.12

变化事件指示 chang event indication

设为特定数值的一组FIG字段，用于指示特定业务信息项目数据库内容的变化。

3.1.13

公共交织帧 common interleaved frame

主业务复用器的串行数字输出，包含在传输帧的主业务信道部分。

注：它包含55296个比特（即864个CU），适用于所有传输模式。

3.1.14

编码效率 code rate

在纠错编码过程中，编码前信息比特数和编码后包含冗余信息的信息比特数的比值。

3.1.15

条件接收 conditional access

用户可以接收加密业务分量的机制。

3.1.16

临界频带 critical band

对应人耳的频率选择特性，在频域内的心理声学量度。

注：这个心理声学量度的单位叫做Bark。Bark标度是覆盖整个音频频率范围的频率标度的一个非线性映射。

3.1.17

地面数字音频广播音频帧 TDAB audio frame

同音频帧，但包括所有地面数字音频广播特定的音频相关信息。

3.1.18

地面数字音频广播传输信号 TDAB transmission signal

指发射的射频信号。

3.1.19

数据库键值 database key

一组快速信息组（FIG）字段，用以对特定业务信息项目的数据库进行划分。

3.1.20

数据业务 data service

包含非音频主业务分量和可选的附加的次业务分量的业务。

3.1.21

双声道模式 dual channel mode

一种音频模式，一个编码音频比特流中具有两个节目内容无关的声道（如双语）。

注：编码处理方式与立体声模式相同。

3.1.22

总成信号 ensemble

传输信号，由一组规则并紧密相间的正交载波构成。

注：总成信号是被接收和处理的实体，一般包括全部节目和数据业务。

3.1.23

总成信号识别符 ensemble identifier

为了在全球范围内准确地识别该总成信号，分配给一个总成信号唯一的16比特码。

3.1.24

均匀误码保护 equal error protection

确保比特流具有恒定保护能力的一项误码保护措施。

3.1.25

扩展节目相关数据 extended programme associated data

在地面数字音频广播音频帧的结尾传送的PAD的扩展部分，紧邻在比例因子CRC之前。

注：其长度可变。

3.1.26

快速信息块 fast information block

一段256比特的数据簇。

注：FIB序列由快速信息信道传输。每个FIB的结构对所有传输模式是通用的。

3.1.27

快速信息信道 fast information channel

传输帧的一部分，它由快速信息块组成，包含复用配置信息，以及可选的业务信息和数据业务分量。

3.1.28

快速信息数据信道 fast information data channel

快速信息信道中专用于非音频相关数据业务的部分，例如：寻呼信息。

3.1.29

快速信息组 fast information group

快速信息信道中用于某一功能的一类数据。根据对功能的分类，共定义了八种FIG类型。

3.1.30

固定节目相关数据 fixed programme associated data

节目相关数据的固定部分，包含在地面数字音频广播音频帧的最后两个字节。

3.1.31

强度立体声编码 intensity stereo coding

充分利用立体声音频节目中听觉无关性或冗余性的一种编码方法。

注：其实质是在立体声音频编码过程中，在低频部分，对其左右声道的所有信息进行编码的同时，在其高频部分，仅对其左右声道的能量包络部分编码。

3.1.32

联合立体声模式 joint stereo mode

一个立体声左右两个声道用一个比特流进行编码，为进一步减少所需比特数量，充分利用立体声的无关性或冗余度的音频模式。

注：本系统中使用的方法是强度立体声编码。

3.1.33

逻辑帧 logical frame

在24ms的时间间隔内，传输一个子信道内容的一段连续数据。

示例：一个音频编码器或者卷积编码器的输出叫做逻辑帧。一个特定逻辑帧所包含的比特数取决于在编码处理流程中的位置和相关子信道的比特率。

3.1.34

逻辑帧计数 logical frame count

第一个包含该逻辑帧数据的CIF帧对应的CIF计数器的值。

3.1.35

主业务信道 main service channel

传输帧内占主要部分的信道，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。

3.1.36

掩蔽 masking

人类听觉系统的特性，具体指在一个音频信号存在的条件下人类听觉系统无法感觉到另一个音频信号存在的现象。

3.1.37

掩蔽门限 masking threshold

一个时间及频率的函数，专指由于掩蔽效应造成的，一个音频信号刚好不能被人类的听觉系统感觉的声压级。

3.1.38

MSC 数据组 MSC data group

在MSC中用于某一用户应用的数据结构。

注：MSC数据组在由一或多个包或X-PAD数据字段组成的序列中传输。

3.1.39

复用配置信息 multiplex configuration information

定义复用配置结构的信息。

注：它包含当前以及在即将重新配置(Re-configuration)时的下一配置的业务、业务分量，子信道以及它们之间的联系细节描述。为了接收机能在主业务信道的业务分量到达之前对MCI进行解码，MCI用FIC传输。它也包含总成信号自身的标识信息。

3.1.40

N

快速傅里叶变换(FFT)的变换长度。

3.1.41

零符号 null symbol

传输帧中第一个OFDM符号，用于识别传输帧的开始或者发射机。

3.1.42

OFDM 符号 OFDM symbol

一段时间内的传输信号,在该时间段内总成信号中每个等间距等幅度的载波其调制相位状态保持不变。

注: 每个载波由一个符号变为另一个符号是四相差分调制, 这种方式的总比特率为每载波每符号二比特。

3.1.43

包模式 packet mode

在被称为包的寻址块中传送数据的数据传输模式。

注: 包用于在子信道内传输MSC数据组。

3.1.44

多相滤波器组 polyphase filter bank

有特殊相位关系的一系列等带宽滤波器, 其相位关系使该滤波器组可高效实现。

3.1.45

主业务分量 primary service component

业务中首要的、必备的分量。

注: 在接收机中, 可用它作为默认选择。

3.1.46

节目 programme

对应于节目表中某一时间片段内的节目业务。

3.1.47

节目相关数据 programme associated data

与音频数据的内容相关并同步的信息。

注: PAD字段位于地面数字音频广播音频帧的结尾部分。

3.1.48

节目项 programme item

节目的一个片段, 例如, 一段音乐或一条新闻报告。

3.1.49

节目业务 programme service

由音频主业务分量和可选的附加次业务分量组成的业务。

3.1.50

保护级 protection level

一种级别定义, 用以标示卷积编码所提供的对传输错误的保护程度。

3.1.51

保护类型 protection profile

定义卷积编码的使用方式。

3.1.52

心理声学模型 psychoacoustic model

人类听觉系统掩蔽效应的一个数学模型。

3.1.53

比例因子 scale factor

量化前用以标度一组数据的因子。

注: 比例因子的数字编号被叫作比例因子索引。

3.1.54

比例因子选择信息 scale factor select information

一个2比特码, 表示音频帧内每个子带有多少比例因子被编码。

3.1.55

次业务分量 secondary service component

实际上，一个业务除包含主业务分量外，还可包含更多的业务分量，所增加的业务分量叫做次业务分量。

3.1.56

业务 service

用户可选择的输出，既可以是音频业务，也可以是数据业务。

3.1.57

业务分量 service component

业务的一部分，用以传送音频（包括PAD）或数据内容。

注：一个给定业务的分量由复用配置信息联系在一起。每个业务分量既可以在子信道内传输，也可以在快速信息数据信道传送。

3.1.58

业务识别符 service identifier

用于鉴别特定业务的一个16比特或32比特码。

3.1.59

业务信息 service information

关于业务的辅助信息，例如：业务标签和节目类型码等。

3.1.60

业务标签 service label

关于各个业务的文字数字混合字符表示，用于在接收机中显示。

3.1.61

边信息 side information

在已编码音频比特流中的信息，用来控制音频解码器。

注：这个信息包括比特分配、比例因子选择信息和比例因子。

3.1.62

单声道模式 single channel mode

一种音频编码模式。在该模式中，一个单声道的音频节目编码成一个比特流。

3.1.63

单频网络 single frequency network

一个多部地面数字音频广播发射机组成的网络，它们共用一个频率，以实现更大的区域覆盖。

3.1.64

立体声模式 stereo mode

一种音频编码模式。在该模式中，由两个声道（左和右）组成的一对立体声编码成一个比特流，编码处理过程与双声道模式相同。

3.1.65

流模式 stream mode

MSC中的一种数据传输模式，在该模式中，数据以逻辑帧的形式传输，从信源到目的地的传输对数据是透明的。

3.1.66

填充 stuffing

在音频比特流中插入的一个或多个比特，其目的是在需要时填满一个数据字段。

注：这些填充比特在解码过程中略去。

3.1.67

子带 sub-band

音频频率范围的细分。

注：在音频编码系统，有32个相同带宽的子带。

3.1.68

子带采样值 sub-band samples

音频编码器中的子带滤波器组通过滤波和亚采样产生的表示输入音频信号的样值。

注：经过滤波的样值称为子带采样值。对于每384个连续输入音频采样值，滤波器组为32个子带内的每个子带都产生12个连续的子带采样值。

3.1.69

子信道 sub-channel

MSC中单独进行卷积编码的一部分，每个CIF中的子信道中都含有整数个CU。

3.1.70

同步信道 synchronization channel

传输帧中提供相位基准的部分，由零符号和相位基准符号组成。

3.1.71

同步字 syncword

嵌入GB/T 17191.3、GB/T 17975.3音频第II层比特流内的12比特码，用来标志一个音频帧的开始。

3.1.72

传输帧 transmission frame

四种不同传输模式中的实际传输的帧，包括同步信道、快速信息信道和主业务信道。

3.1.73

传输模式 transmission mode

传输参数的特定集合（如载波数量、OFDM符号长度）。

注：本标准规定了四种传输模式（即I，II，III和IV），允许系统在不同的网络结构和一定的频率范围内使用。

3.1.74

非均匀误码保护 unequal error protection

一种误码保护处理过程，使得误码特性与比特流不同部分的误码敏感度要求相适应。

3.1.75

用户应用 user application

数据应用由另外的标准来定义，可以通过本系统来传送数据。一个UA的数据通过一个FIDC或一个MSC数据业务分量（包模式或者流模式）传输，MSC音频流模式业务分量的PAD部分最多可以同时传输6个不同的UA。

3.1.76

X-PAD 数据组 X-PAD data group

用于扩展节目相关数据中的一个用户应用的数据包。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

A/D (Audio/Data) 音频/数据

ACS (Access Control System) 接入控制系统

AES (Audio Engineering Society) 音频工程协会

AIC (Auxiliary Information Channel) 辅助信息信道

AL (Alarm) 报警

AM (Amplitude Modulation) 调幅

| | | |
|--------|--|-------------|
| APPTy | (Application Type) | 应用类型 |
| ASCTy | (Audio Service Component Type) | 音频业务分量类型 |
| ASu | (Announcement Support flags) | 通告支持标记 |
| ASW | (Announcement Switching flags) | 通告切换标记 |
| C/N | (Current/Next) | 当前的/下一个 |
| CA | (Conditional Access) | 条件接收 |
| CAId | (Conditional Access Identifier) | 条件接收识别符 |
| CAOrg | (Conditional Access Organization) | 条件接收组织 |
| CEI | (Change Event Indication) | 变化事件指示 |
| Chr | (Character) | 字符 |
| CI | (Contents Indicator) | 内容指示符 |
| CIF | (Common Interleaved Frame) | 公共交织帧 |
| CRC | (Cyclic Redundancy Check) | 循环冗余校验 |
| CU | (Capacity Unit) | 容量单位 |
| d&t | (date and time) | 日期和时间 |
| D-QPSK | (Differential QPSK) | 差分四相相移键控 |
| DRC | (Dynamic Range Control) | 动态范围控制 |
| DSCTy | (Data Service Component Type) | 数据业务分量类型 |
| ECC | (Extended Country Code) | 扩展国家编码 |
| EEP | (Equal Error Protection) | 均匀误码保护 |
| EId | (Ensemble Identifier) | 总成信号识别符 |
| EWS | (Emergency Warning Systems) | 紧急告警系统 |
| F-PAD | (Fixed Programme Associated Data) | 固定节目相关数据 |
| FEC | (Forward Error Correction) | 前向纠错 |
| FFT | (Fast Fourier Transform) | 快速傅里叶变换 |
| FI | (Frequency Information) | 频率信息 |
| FIB | (Fast Information Block) | 快速信息块 |
| FIC | (Fast Information Channel) | 快速信息信道 |
| FIDC | (Fast Information Data Channel) | 快速信息数据信道 |
| FIDCId | (Fast Information Data Channel Identifier) | 快速信息数据信道识别符 |
| FIG | (Fast Information Group) | 快速信息组 |
| FM | (Frequency Modulation) | 调频 |
| ID | (Identifier of audio coding algorithm) | 音频编码算法的识别符 |
| IEC | (International Electrotechnical Commission) | 国际电工委员会 |
| ILS | (International Linkage Set indicator) | 国际联网指示码 |
| ISO | (International Organization for Standardization) | 国际标准化组织 |
| ISRC | (International Standard Recording Code) | 国际标准录制码 |
| LA | (Linkage Actuator) | 链接激励器 |
| LFN | (Logical Frame Number) | 逻辑帧号 |
| LSb | (Least Significant bit) | 最低有效比特 |
| LSB | (Least Significant Byte) | 最低有效字节 |
| LSF | (Lower Sampling Frequency) | 低采样频率 |
| LSI | (Leap Second Indicator) | 闰秒指示符 |
| LSN | (Linkage Set Number) | 联网组号 |

| | | |
|---------|---|-------------|
| LTO | (Local Time Offset) | 本地时间漂移 |
| M/S | (Music/Speech) | 音乐/语音 |
| MainId | (Main Identifier of a transmitter) | 发射机的主识别符 |
| MCI | (Multiplex Configuration Information) | 复用配置信息 |
| MJD | (Modified Julian Date) | 修正儒略日期 |
| MOT | (Multimedia Object Transfer) | 多媒体对象传输 |
| MPEG | (Moving Pictures Expert Group) | 活动图像专家工作组 |
| MSb | (Most Significant bit) | 最高有效比特 |
| MSB | (Most Significant Byte) | 最高有效字节 |
| MSC | (Main Service Channel) | 主业务信道 |
| OE | (Other Ensemble) | 其他总成信号 |
| OFDM | (Orthogonal Frequency Division Multiplex) | 正交频分复用 |
| P/D | (Programme/Data service flag) | 节目/数据业务标记 |
| P/S | (Primary/Secondary) | 主/次 |
| PI | (Programme Identification code (RDS)) | 节目识别码 (RDS) |
| PAD | (Programme Associated Data) | 节目相关数据 |
| PCM | (Pulse Coded Modulation) | 脉冲编码调制 |
| PIN | (Programme Item Number (RDS)) | 节目项号 (RDS) |
| PNum | (Programme Number) | 节目号 |
| PRBS | (Pseudo-Random Binary Sequence) | 伪随机二进制序列 |
| Pty | (Programme Type) | 节目类型 |
| QPSK | (Quadrature Phase Shift Keying) | 四相相移键控 |
| R&M | (Range and Modulation) | 值域范围和调制方式 |
| RDS | (Radio Data System) | 数据广播系统 |
| Rfa | (Reserved for future addition) | 保留为将来扩展使用 |
| Rfu | (Reserved for future use) | 保留为将来使用 |
| S/D | (Static/Dynamic) | 静态/动态 |
| SC | (Service Component) | 业务分量 |
| ScF | (Scale Factor) | 比例因子 |
| ScF-CRC | (audio Scale Factor - Cyclic Redundancy Check) | 音频比例因子CRC |
| ScFSI | (Scale Factor Select Information) | 比例因子选择信息 |
| SCId | (Service Component Identifier) | 业务分量识别符 |
| SCIDs | (Service Component Identifier within the Service) | 业务内业务分量识别符 |
| SFN | (Single Frequency Network) | 单频网 |
| SI | (Service Information) | 业务信息 |
| Sid | (Service Identifier) | 业务识别符 |
| SIV | (Service Information Version) | 业务信息版本 |
| SMR | (Signal-to-Mask Ratio) | 信号掩蔽比 |
| SPL | (Sound Pressure Level) | 声压级 |
| SubChId | (Sub-Channel Identifier) | 子信道识别符 |
| SubId | (Sub-Identifier of a transmitter) | 发射机的子识别符 |
| TCId | (Type Component Identifier) | 类型分量识别符 |
| TD | (Time Delay) | 延时 |
| TDAB | (Terrestrial Digital Audio Broadcasting) | 地面数字音频广播 |

- TII (Transmitter Identification Information) 发射机识别信息
- TMC (Traffic Message Channel) 交通信息信道
- TMIId (Transport Mechanism Identifier) 传送机制识别符
- UA (User Application) 用户应用
- UEP (Unequal Error Protection) 非均匀误码保护
- UHF (Ultra High Frequency) 超高频
- UPC (Universal Product Code) 通用产品码
- UTC (Co-ordinated Universal Time) 世界基准时间
- VHF (Very High Frequency) 甚高频
- X-PAD (eXtended Programme Associated Data) 扩展节目相关数据

3.3 符号

下列符号适用于本标准。

3.3.1 数学符号

3.3.1.1 数学运算符

- \wedge 幂
- / 整除运算, 对结果以舍去小数的规则取整数。例如, $7/4$ 和 $-7/-4$ 取整后得1, $-7/4$ 和 $7/-4$ 取整后得-1。
- $Q(a/b)$ $Q(a/b)$ 是 a 被 b 除后的商数部分(a 和 b 为正整数)
- $R(a/b)$ $R(a/b)$ 是 a 被 b 除后的余数部分
- $\text{mod}(a, b)$ (b 为正整数)

$$\text{mod}(a, b) = \begin{cases} R(a/b) & \text{如果 } a \text{ 是正整数} \\ R((b - R(-a/b))/b) & \text{如果 } a \text{ 是负整数} \end{cases}$$

- $(\text{mod } p)$ 对 P 取模

3.3.1.2 逻辑和集合运算符

- $\max[., \dots, .]$ 在参量表内的最大值
- $\min[., \dots, .]$ 在参量表内的最小值
- \oplus 异或
- \cap 取交集
- \cup 取并集
- \setminus 从集合去除, 如 $\{-3, -2, \dots, 3\} \setminus \{0\}$ 为整数集合 $\{-3, -2, -1, 1, 2, 3\}$

3.3.1.3 函数

- \sin 正弦
- \cos 余弦
- \exp 指数
- $e^{(\cdot)}$ 指数函数

$$\sqrt{\quad} \quad \text{平方根}$$

- $\log_{10}(x)$ 以10为底的对数
- j 虚数单位, $j^2 = -1$;

$$\text{Rect} \quad \text{Rect}(x) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } 0 \leq x < 1 \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$\delta \quad \text{克罗内克符号 } \delta(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } i = j \\ 0 & \text{如果 } i \neq j \end{cases}$$

3.3.1.4 常量

| | |
|-------|------------------|
| π | 3.14159265359... |
| e | 2.71828182846... |

3.3.2 C-语言数学符号

下列C-语言数学符号适用于本标准。

3.3.2.1 算术运算符

| | |
|----------------|---------------------|
| + | 加号 |
| - | 减号（二元运算时）或负号（单目运算时） |
| ++ | 增加（1） |
| -- | 减少（1） |
| \times | 相乘 |
| % | 模运算。仅为正数定义 |
| $\log_{10}(x)$ | 以10为底的对数 |

3.3.2.2 逻辑运算符

| | |
|--|-----|
| \|\| | 逻辑或 |
|--|-----|

3.3.2.3 关系运算符

| | |
|--------|------|
| > | 大于 |
| \geq | 大于等于 |
| < | 小于 |
| \leq | 小于等于 |
| == | 等于 |
| != | 不等于 |

3.3.2.4 赋值

| | |
|---|-------|
| = | 赋值运算式 |
|---|-------|

3.3.2.5 助记符

在编码音频比特串中定义了如下的助记符，用于描述不同的音频(数据)类型。

| | |
|---------|---|
| bslbf | 比特串，左位优先。‘左位优先’原则是标准中比特串书写的规则。比特串是单引号中由0和1表示的字符串，例如‘1000 0001’。比特串内的空格只是便于读取没有什么意义。 |
| bound | 联合立体声模式中第一个子带的序号。 |
| ch | 信道，如果ch的值为0，表示的是立体声信号的左声道或两路独立音频信号的第一路。 |
| chlimit | 信道的编号。 |
| dscf | 两个比例因子之差。 |
| gr | 每个子带中三个子带采样值组成的颗粒。 |
| nbal | 每个子带采样值所分配的比特数量。 |
| nch | 声道的数量；等于1为单声道模式，2为其他模式。 |
| rpchof | 多项式余项，高阶优先。 |
| sb | 子带。 |
| sblimit | 没有比特分配的最低阶子带的编号。 |
| scfsi | 比例因子选择信息。 |
| uimsbf | 无符号整数，MSb优先 |

多字节字的字节顺序为MSB优先。

3.3.2.6 比特流语法描述

在第7章中所描述的比特流是指接收机内信道解码器和音频解码器之间接口处的比特流。这个比特流是使用‘C’语言描述的，这也是对汇总音频及相关数据在处理器中进行信道编码时使用的语言。在比特流内用粗体表示的数据项，都由它各自的名字、比特长度、类型助记符和传输顺序描述。

一个解码后的数据元所触发的操作取决于数据元的值和先前解码的数据元，解码过程中用的数据元解码及状态变量的定义见附录B，下面的结构中以正常字体显示的数据元表示条件。

注：在‘C’语言中，如果一个变量或者表达式的值非零，相当于条件表达式为真。

```
while(condition) {           如果条件为真，则一组数据元紧接着在数据流中出现。
    date_element           如此循环，直到条件为假。
}

...

do{
    date_element           数据元至少出现一次。
    ...
}while(condition)          数据元循环，直到条件为假。
if(condition){             如果条件为真，则第一组数据元紧接着出现在数据流中
    date_element
    ...
}
else{                       如果条件为假，则第二组数据元紧接着出现在数据流中
    date_element
    ...
}
for(expr1;expr2;expr3) {   expr1是一个专用于循环初始设置的表达式。
    date_element           通常被设定为计数器的初始状态。expr2是一个
    ...                   条件，专用于每个循环重复之前的检查。当
}                           条件为假时，循环终止。expr3 是每次循环结束
                           时执行的运算表达式，通常是计数器加一。
```

注：这种结构最常见的用法如下：

```
for(i=0;i<n;i++){          数据元出现n次。数据单元字段的条件结构
    date_element           数据元组的条件判断依赖于循环控制变量i的值，i第一次出现时设置为
                           零，第二次出现时加1，依此类推。
}
```

应当注意的是，数据元可能包含嵌套条件结构。为了紧凑性，当只有一个数据元跟随时，可以省略。

```
date_element[]           data_element[]是一个数据元数组。数据单元的索引见上下文。
date_element[n]         data_element[n]是数组中的第n+1个元素
date_element[m][n]       data_element[m][n]是一个二维数组的第m+1, n+1个单元。
date_element[1][m][n]    data_element[1][m][n]是一个三维数组的第1+1, m+1, n+1个单元。
date_element[m...n]      data_element[m...n]数据元中第m位和第n位之间(包含第m位和第n位)
                           所有数据位的集合。
```

3.4 约定

下列约定适用于本标准。

除非另有说明，本标准中都采用以下数据位格式：

- 在图中，显示在最左边的一位数据位视为第一位；
- 在表格中，显示在最左边的一位数据位视为第一位；
- 在一个字节里，MSb视为第一位，通常用大一点儿的数来表示，如一个字节的MSb表示为 b_7 ，LSb表示为 b_0 ；
- 在数学表达式矢量里面，索引最低的位代表第一位。

注：由于时间交织的原因，位的顺序并不是实际的传输顺序。

4 系统基本描述

图1给出了地面数字音频广播系统发端系统框图。每一个模块的描述表示其完成的功能。

本标准对每个部分都进行了适当的描述，即输入/输出的变换功能。描述的顺序是按图中从左到右。有关系统内总的传输机制和复用控制，分别在第5章和第6章中描述。第7章描述了系统的一个主要功能，即音频编码。接下来的第8章描述了可用的数据特性。第9至15章描述了与传输有关的特性。

4.1 传输机制

地面数字音频广播系统所用的传输数字音频节目和数据业务的总的传输机制在第5章中描述。

传输数据所用的两个机制定义如下：快速信息信道（FIC）和主业务信道（MSC）。

FIC是由快速信息块（FIB）组成，其主要功能是运载解读MSC配置方式所必需的控制信息。这个控制信息的核心部分是复用配置信息（MCI），包含了复用结构的信息，在必要时还包含重新复用配置信息。在FIC中传输的数据还包括业务信息（SI）、CA管理信息和快速信息数据信道（FIDC）。为了快速安全地获取MCI信息，FIC不经过时间交织，但是为了防止传输误码采用了较高的保护级别。

MSC由一系列的CIF组成。一个CIF是一个55296比特的数据字段，每24ms传输一帧。CIF的最小可寻址单元叫做容量单元（CU），其大小为64比特。整数个CU连接在一起组成了MSC的基本的传输单位，叫做子信道。MSC由子信道复用而成。

针对MSC内的业务分量，定义了两个不同的传送模式：流模式和包模式。

流模式提供了以固定的比特率，在指定的子信道内透明地从源到目标传输信息的方式。

包模式是为在单个子信道内运送几个数据业务分量而定义的。每个子信道内可以传输一个或几个业务分量。

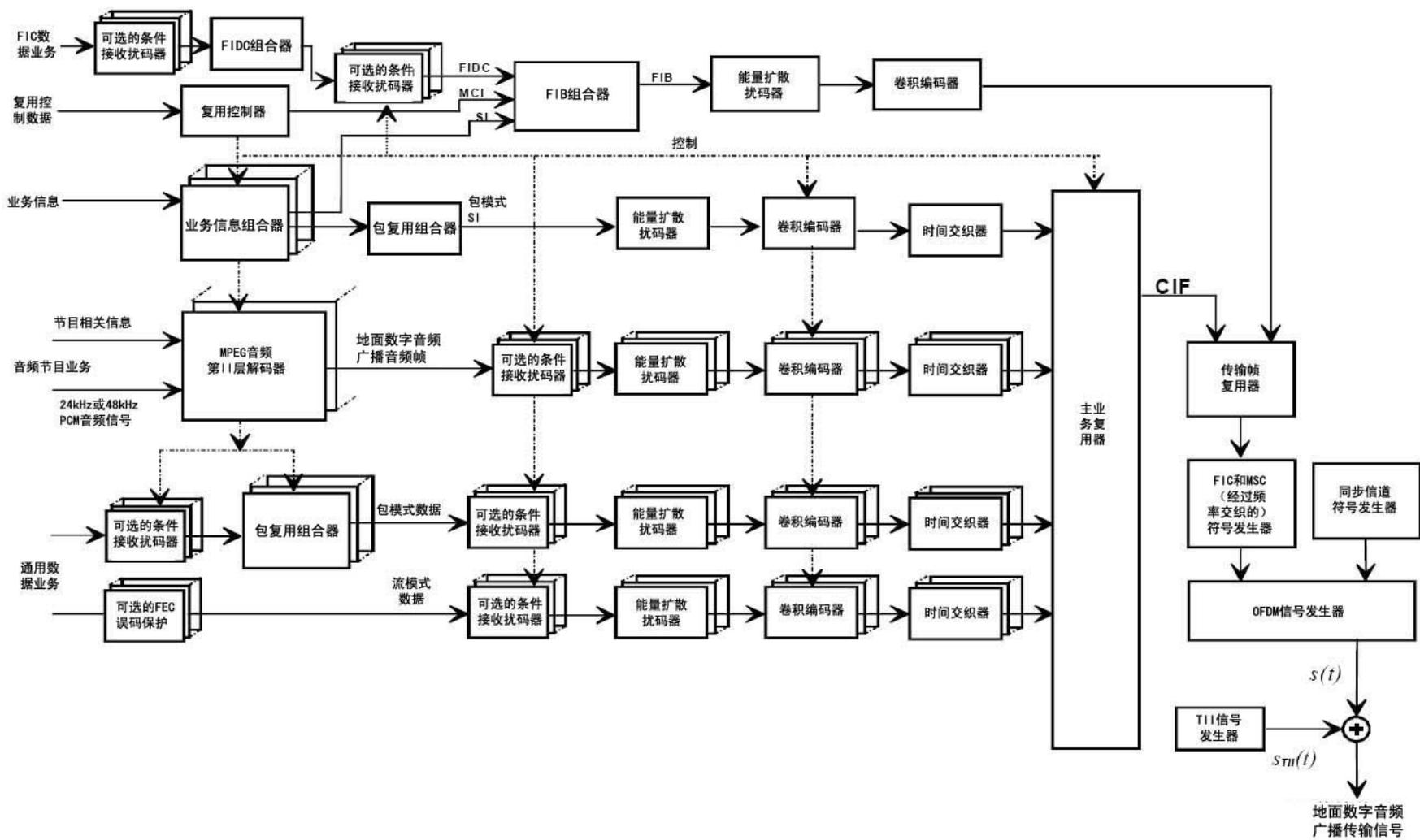


图1 基本的地面数字音频广播发端系统传输框图

4.2 复用配置信息 (MCI)

系统的复用配置信息 (MCI) 见第6章。

MCI在FIC内传输。MCI主要描述了地面数字音频广播复用的组成。特别是提供了如下信息：

- 定义了子信道的组织结构；
- 列出了总成信号中可用的业务；
- 在业务和业务分量之间建立联系；
- 在子信道和业务分量之间建立联系；
- 管理复用重新配置。

4.3 音频编码

第7章描述了用于音频信号的编码算法，以及编码比特流的结构。附录A, B和C给出了更多有关编码器和解码器功能实现的信息。

该系统使用了适合地面数字音频广播传输格式的MPEG音频第II层。该系统在采样频率为48kHz时应符合GB/T 17191.3的规定，在采样频率为24kHz时应符合GB/T 17975.3规定。

编码器处理输入的采样频率为48kHz或者24kHz的PCM音频信号，产生不同比特率的压缩音频比特流，其比特率范围为8kbps至384kbps。

可以提供四种音频模式：

- 单声道模式；
- 双声道模式；
- 立体声模式；
- 联合立体声模式。

本标准已认识到需要一种用于多声道音频信号的新的编码方式，多声道音频信号由一路可以被立体声解码器解码的普通立体声音频信号和为重现多声道音频而设置的附加信息组成。多声道音频业务由一个特定的音频业务分量类型 (ASCT_y) 码来表示 (见6.3.1)。

GB/T 17191.3第II层标准包含下述几部分：将数字音频输入转换成32子带的基本滤波；将数据分成若干个块的固定分段方式；确定比特分配 (BAI) 的心理声学模型；使用块压扩进行的量化；帧编码。它也给出了比特分配、比例因子和音频采样数据编码方式；心理声学模式并不是严格定义的，可使用其它的音频掩蔽门限评估方法；无论如何，地面数字音频广播音频帧应符合第7章的规定。

每个音频帧都包含若干字节，用来传输节目相关数据 (PAD)，即在内容和同步方面与音频紧密相关的信息。PAD包含两个字节长的固定PAD (F-PAD)，和一个可选的扩展PAD (X-PAD) 部分。F-PAD内可用的功能包括：动态范围控制 (DRC)、音乐/语音提示等。用户应用和动态标签在X-PAD部分中传输。

4.4 数据特性

第8章描述了在MSC或FIC内传输的数据特性的有关规定。

FIC内所传输的业务信息 (SI) 可以包括以下几个方面：业务分量语言特性、业务链接、日期和时间、节目号 (PNum)、节目类型 (PT_y)、通告、区域标志、其他总成信号、FM和AM业务信息、频率信息 (FI)，发射机识别信息 (TII)，总成信号、业务和业务分量标签等。它也有可能将某些特性重新定向到MSC里。

FIC里传输的快速信息数据信道 (FIDC) 规定了传输寻呼、交通信息信道 (TMC)、紧急告警系统 (EWS) 等业务。鉴于FIC的容量限制，一般应给予系统控制相关信息较高的优先级，如MCI。

4.5 条件接收

地面数字音频广播系统中可以采用条件接收。条件接收将在后续标准中进行规范。

条件接收的目的是不允许未授权用户接收特定的业务或者业务分量。

MCI中包括用于描述条件接收信息的参数。

4.6 能量扩散

第10章描述了地面数字音频广播信号的能量扩散。目的是避免在传输信号时产生不想要的规律性。

4.7 卷积编码

在每个能量扩散扰码器的输出端需要对信号进行卷积编码处理。第11章描述了卷积编码的过程，即如何产生用于抑制不利传输条件的误码保护机制中的冗余码。

卷积编码的参数取决于所传输的业务类型、净比特率和所需的误码保护级别。可采用两种误码保护措施：非均匀误码保护（UEP）和均匀误码保护（EEP）。前者主要用于音频，但也可用于数据。后者既能用于音频也能用于数据。

4.8 时间交织

第12章所描述的时间交织过程是在每个MSC子信道的卷积编码器输出端进行的。FIC不使用时间交织。

4.9 公共交织帧

第13章描述了经卷积编码和时间交织后由子信道构成的逻辑帧，如何合并成一个叫做公共交织帧（CIF）的结构。一个CIF包含55296个比特，分成864个容量单元（CU），传输周期为24ms。CIF的结构由FIC内的复用配置信息（MCI）描述。

4.10 地面数字音频广播传输信号

第14章给出了地面数字音频广播传输信号的时域描述。为了使地面数字音频广播系统能适用于不同的传输网络结构，覆盖更广泛的工作频率，共定义了四种传输模式。传输信号的帧结构周期分别为96ms（传输模式I）、24ms（传输模式II和III）和48ms（传输模式IV），传输帧复接器将CIF和经卷积编码的FIB组合产生OFDM符号输出。符号生成过程包括差分四相相移键控（D-QPSK），频率交织和D-QPSK符号的频率复用（OFDM发生器）。

传输帧是由三组OFDM信号构成的序列组成：同步信道符号，快速信息信道符号和主业务信道符号。同步信道符号包含零符号和相位基准符号。

零符号用于利用有限个OFDM载波传输发射机识别信息（TII）。

4.11 射频参数

第15章规定了地面数字音频广播总成信号的中心频率的允许值，说明了四种地面数字音频广播传输模式适用的频率限制，并给出了发射信号的时间和频谱特性。

4.12 地面数字音频广播系统的主要特性

表1汇总了地面数字音频广播系统主要特性。

表1 地面数字音频广播系统主要特性

| 序号 | 项目 | 特 性 | | 章、条 |
|----|---------------------|----------------------------------|--|-------------------|
| 1 | 地面数字音频广播系统输入 | 音频业务 | 音频输入格式： PCM音频采样值 采样频率：48kHz或24kHz 输入精度：最高22比特 / 采样值 | 附录A.1 |
| | | 节目相关数据 业务信息 复用配置信息 数据业务 | | |
| 2 | 音频编码标准 MPEG音频层II | 音频模式 | 单声道 立体声 双声道 联合立体声 | 7.2.1.3和 附录A.2 |

表 1 地面数字音频广播系统主要特性 (续)

| 序号 | 项目 | 特 性 | | 章、条 |
|----|-------------------------|---|--|------------------------|
| 2 | 音频编码标准 MPEG音频层II (续) | 采样频率为48 kHz, 使用GB/T 17191.3时可能的音频比特率 | 单声道: 32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192kbps 立体声、联合立体声及双声道: 64, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320, 384kbps | |
| | | 使用GB/T 17191.3时的音频帧周期 | 24ms | |
| | | 采样频率24kHz, 使用GB/T 17975.3 (LSF编码) 时可能的音频比特率 | 所有音频模式 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160 kbps | |
| | | 使用GB/T 17975.3时的音频帧周期 | 48ms | |
| 3 | 音频头内包含的主要用户信息 | 音频模式版权 原版/拷贝 | | 7.2.1.3 |
| 4 | 节目相关数据 (PAD) | 固定PAD: 可用数据容量: 对应24ms帧为667发ps 对应48ms帧为333bps | 动态范围控制 音乐/语音识别 指令信道 ISRC和UPC/EAN 动态标签 | 7.4 附录A.3和 附录A.4 |
| | | 扩展PAD | 用户应用 | |
| 5 | 音频的保护机制 | 音频边端信息CRC | | 7.3.1.4, |
| | | 比例因子CRC | | 7.3.2.8和附录E |
| 6 | 快速信息块 (FIB) | 与传输模式无关, 在FIC中传输的256位的数据字段; | 一个FIB内可以包含不同类型的数据 (见本表中的第9, 10, 12, 13行) | 5.2.1 |
| 7 | MSC内的传输模式 | 流模式 | 每个子信道只能以固定比特率透明地传输一个业务分量 | 5.3.1 5.3.2 |
| | | 包模式 | 包结构支持在一个子信道内复用多个业务分量, 一个子信道就是一个包序列。 | 5.3.3 5.3.4 |
| 8 | 一般数据传输信道 | 主业务信道 (MSC) —使用时间和频率交织 | MSC传输音频和数据业务分量 | 5 |
| | | 快速信息信道 (FIC) —使用频率交织 | FIC传输复用配置信息 (MCI), SI和可选的数据业务分量; 使接收机能快速地接收信息 | |
| 9 | 复用配置信息 (MCI) | MCI提供关于总成信号, 业务, 业务分量, 子信道和它们之间联系的重复性的信息 | 为了保证业务的连续性, 下一个复用配置结构的MCI需要提前传输 | 6和附录D |

表1 地面数字音频广播系统主要特性(续)

| 序号 | 项目 | 特 性 | | 章、条 |
|----|--------------------|---|--|------------|
| 10 | 业务信息(SI) | 业务分量语言 时间和国家标识 节目号 节目类型 通告 DRM业务 频率信息 发射机识别信息 其他总成信号 FM业务 FIC重定向 总成信号标签 业务标签 业务链接信息 地区识别 AMSS业务/AM业务 用户应用信息 | | 8.1 |
| 11 | 辅助信息信道 (AIC) | MSC子信道63的一部分,用来 传输FIC内放不下的数据 | 包地址1023 | 5.4和8.1.12 |
| 12 | 快速信息数据 信道(FIDC) | FIC内传输的用户应用数据 | 寻呼 交通信息信道 紧急告警系统 | 8.2 |
| 13 | 条件接收 | 可用于音频和数据业务分量 | 扰码/解扰 | 9 |
| 13 | 能量扩散 | 能量扩散用来避免传输信号 中出现不希望出现的规律性 | | 10 |
| 14 | 信道保护机制 | 使用卷积编码 | UEP: 非均匀误码保护有的5个保护级别 EEP: 均匀误码保护有2组,各4个保护级别 | 11 |
| 15 | 时间交织 | 交织深度:16个逻辑帧 (384ms) | | 12 |
| 16 | 公共交织帧(CIF) | 55296比特的数据字段,传输 MSC信息,与传输模式无关 | | 12 |
| 17 | 频率交织 | 把卷积编码后的数据在1.5 MHz的带宽内进行分配 | | 14.6 |
| 18 | 地面数字音频广播 传输帧 | 包含下列OFDM符号: -零符号 -相位基准符号 -FIC符号 -MSC符号 | | 14.1 |

表 1 地面数字音频广播系统主要特性 (续)

| 序号 | 项目 | 特 性 | 章、条 | |
|----|------|--|--|-------|
| 19 | 传输模式 | 传输模式I: 设计用于波段I, II和III内的 SFN | 载波数:1536 载波间隔:1kHz 符号周期:1246 μ s 保护间隔:246 μ s | 14. 2 |
| | | 传输模式II: 设计用于波段 I, II, III, IV, V和L波段内的本地业务 | 载波数:384 载波间隔:4kHz 符号周期:312 μ s 保护间隔:62 μ s | |
| | | 传输模式III: 设计用于频率低于3GHz的地 面广播 | 载波数:192 载波间隔:8kHz 符号周期:156 μ s 保护间隔:31 μ s | |
| | | 传输模式IV: 设计用于波段I、II、III、IV、 V和L波段内的本地业务(最适 合用于L波段的单频网) | 载波数: 768 载波间隔: 2kHz 符号周期: 623 μ s 保护间隔: 123 μ s | |
| 20 | 调制 | 差分编码的四相相移键控 (D-QPSK) | 14. 7 | |
| 21 | 射频特征 | 时间和频谱特征 | 15 | |

5 传输机制

5.1 概述

地面数字音频广播系统的功能就是传输几路数字音频信号和数据信号。音频和数据信号就是我们所说的业务分量,若干业务分量构成了业务(见第6章)。本章描述了地面数字音频广播复用信号的主要传输机制。

该传输系统由三个传输信道组成(见14.1):

- **主业务信道(MSC)**: 用来传送音频和数据业务分量。MSC是一个时间交织(见第12章)数据信道,该信道被划分成若干有均匀或非均匀误码保护的子信道,它们各自独立进行卷积编码(见11.3)。每个子信道可以传送一个或几个业务分量。子信道和业务分量的组织叫做复用配置。
- **快速信息信道(FIC)**: 用于接收机快速获取信息,尤其是用来发送复用配置信息(MCI)(见第6章)和可选择业务信息及数据业务(见第8章)。FIC是一个有固定均匀误码保护的、没有经过时间交织的数据信道(见12.2)。
- **同步信道**: 用于在传输系统内的基本的解调功能,如传输帧同步、自动频率控制、信道状态估计和发射机识别等。14.3描述了同步信道,这里不再赘述。

每个信道提供不同来源的数据,这些数据组成了传输帧(见第4章图1)。14.2给出了更详细的描述。传输帧的构成和长度取决于传输模式(见第14章和15.1)。为了定义与传输模式无关的数据传输包结构,对应FIC和MSC分别引入了FIB和CIF,见图2。

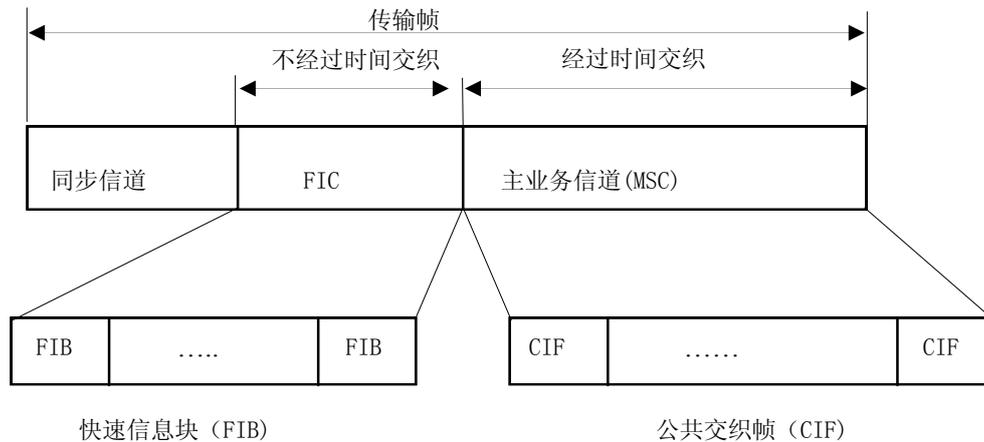


图2 和传输模式无关的 FIC 和 MSC 组成结构

表 2 给出了四种传输模式的传输帧周期和传输帧中的 FIB、CIF 的数量。

表2 传输帧的传输特性

| 传输模式 | 传输帧周期 | 每传输帧中 FIB 的数量 | 每传输帧中 CIF 的数量 |
|------|-------|---------------|---------------|
| I | 96ms | 12 | 4 |
| II | 24ms | 3 | 1 |
| III | 24ms | 4 | 1 |
| IV | 48ms | 6 | 2 |

在传输模式 I 中，一个传输帧有 12 个 FIB，它们被划分为 4 组，每组对应同一传输帧里面的一个 CIF。前 3 个 FIB 中所包含的信息对应第一个 CIF，第 4、5、6 个 FIB 中包含的信息对应第二个 CIF，依此类推。在传输模式 II、III 中，传输帧中所有的 FIB 仅对应于该传输帧中的一个 CIF。在传输模式 IV 中，一个传输帧的 6 个 FIB 被划分为两组，前三个 FIB 对应该传输帧里面的第一个 CIF，后三个对应第二个 CIF。

下面几条描述了 FIC 和 MSC 的格式。

5.2 快速信息信道(FIC)

快速信息信道是由快速信息块 (FIB) 组成的。

5.2.1 快速信息块(FIB)

FIB的通用结构图见图3，图中所示的是有用数据并没有占满整个FIB数据字段的情况。FIB有256比特，由一个FIB数据字段和一个CRC组成。

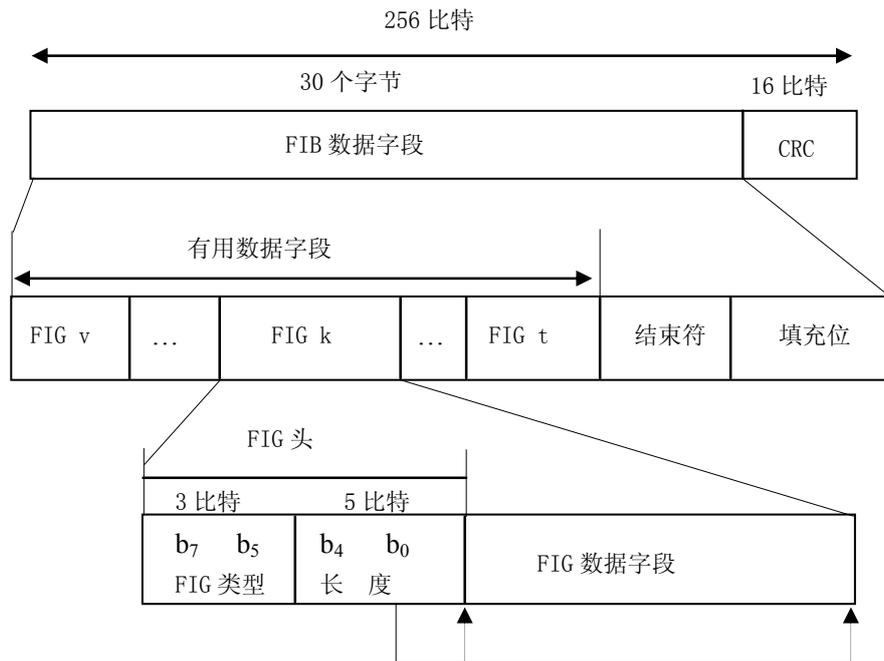


图3 FIB 的结构

FIB 数据字段: FIB 数据字段是由分配给有用数据的若干字节、一个结束标志符和填充字节按以下方式组成的:

- 当有用数据占满FIB数据字段的全部30个字节时, 不使用结束标志符和填充字节。
- 当有用数据占满FIB数据字段中29个字节时, 使用结束标志符但不使用填充字节。
- 当有用数据字节数少于29个字节时, 使用结束标志符和填充字节。
- 当没有有用数据时, FIB数据组应该以结束标志符开始, FIB数据字段的其余字节为填充字节。

FIB 数据字段描述如下:

- 有用数据字段: 包含一个或多个快速信息组 (FIGs) (见5.2.2)。
- 结束标志符: 是一个专用的FIG, 只有一个FIG头 ('111 11111'), 没有FIG数据字段。
- 填充: 这部分包含所有填满FIB数据字段所需的字节。填充字节应该都为零。
- CRC: 一个16比特循环冗余校验码, 根据附录E中定义的程序, 由FIB数据字段计算而得, 其生成多项式如下:

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

在每一个 CRC 字运算的开始时, 所有移位寄存器单元的状态都应该预置为 '1'。CRC 字应先取补码 (对 1 的补码) 再传输。

5.2.2 快速信息组 (FIG)

FIG 应该包含 FIG 头和 FIG 数据字段 (见图 3)。

相关定义如下:

FIG 头: 包含 FIG 类型和长度:

- FIG类型: 该3比特用于表示在FIG数据字段中所包含的数据类型。表3是FIG类型的分配。
- 长度: 该5比特用来表示FIG数据字段的字节长度, 它是一个数值范围为1~29的无符号二进制数 (MSb优先)。除了31 ('11111') 在FIG类型7 ('111') 中用来做结束标志外, 值0、30和31保留, 留给将来FIG数据字段使用。

FIG 数据字段: FIG 数据字段见 5.2.2.1 至 5.2.2.4 条、6.2 至 6.4 条和第 8 章。

表3 FIG 类型表

| FIG 类型序号 | FIG 类型 | FIG 用途 |
|----------|--------|----------------|
| 0 | 000 | MCI 和部分 SI |
| 1 | 001 | 标签等(部分 SI) |
| 2 | 010 | 标签等(部分 SI) |
| 3 | 011 | 保留 |
| 4 | 100 | 保留 |
| 5 | 101 | FIC 数据信道(FIDC) |
| 6 | 110 | 保留 |
| 7 | 111 | 保留(不包括长度 31) |

一般来说,除了某些特殊情况外,FIG可以按任意顺序排列。单个FIG不能分成两部分在两个FIB里传输,FIG类型0、1、2、5和6见5.2.2.1到5.2.2.4。

5.2.2.1 MCI 和 SI: FIG 类型 0 数据字段

FIG 类型 0 用于描述当前的和将来的复用配置、复用重新配置、时间和日期以及其它基本的业务信息。FIG 类型 0 数据字段的结构见图 4。



图4 FIG 类型 0 数据字段的结构

相关定义如下:

C/N (当前的/下一个): 该 1 比特标志表示下两种情况之一:

— 类型0数据字段表示当前的或下一个复用配置版本,如下:

0: 当前配置;

1: 下一个配置。

当描述与复用配置特性有关的扩展类型时,即扩展类型 1 至 4, 8 和 14 (见第 6 章)。C/N 标志表示以上含义。

— 类型0数据字段中传输的是一个数据库里面的信息,这个数据库有可能比较大,需要一个以上的FIG来传输。C/N标志表示业务信息的版本号(SIV)。特定的扩展类型又把这个数据库分成可以按照数据库键值寻址的更小的部分。一旦定义了这个数据库,C/N标志就表示当前的FIG是第一个还是后续传输数据库数据的FIG。数据库内容的任何改变都应该由一个叫做变更事件指示(CEI)的特定参数的FIG表示。

定义了数据库以后,C/N标志表示以下含义:

0: 数据库传输开始;

1: 数据库数据的后续部分。

当需要用 CEI 表示数据库有变化时,C/N标志表示以下含义:

- 0: 变更事件;
- 1: 保留为以后使用

当扩展类型为 6、9、11、18、21、22、24、25 和 27 时(见 8.1.15, 8.1.3.2, 8.1.16.1, 8.1.6.1, 8.1.8, 8.1.9, 8.1.10.2, 8.1.10.5.1 和 8.1.11.2.1), 数据库键值和 CEI 由每个扩展类型独立定义。对于那些没有用到这一标志的扩展类型, b_7 位应视为保留位 (Rfu), 对于类型 0 和当前定义的扩展类型的数据字段, Rfu 都置为 ‘0’。

OE (其他总成信号): 该 1 比特标志表示 FIG 所携带的信息与哪一个总成信号有关。如下所示:

- 0: 当前总成信号;
- 1: 其他总成信号 (或者 FM、AM、DRM 业务)。

对于扩展类型 6, 13, 16, 17, 21 和 24(见 8.1.15, 8.1.20, 8.1.4, 8.1.5.1, 8.1.8, 和 8.1.10.2), OE 标志用于指示 ‘其他总成信号’。对于扩展类型 16 和 17 来说, 它还可能表示 FM、AM 和 DRM 业务 (见 8.1.11.3、8.1.11.4、8.1.19.2 和 8.1.19.3)。对于扩展类型 21 来说, OE 标志也可能表示 FM 和 AM 业务 (见 8.1.11.1、8.1.8 和 8.1.19.1)。

对于那些没有用到这一标志的扩展类型, b_6 位应视为保留位 (Rfu)。

P/D: 该 1 比特标志表示这些业务识别符 (SIDs) 是 16 比特格式, 或 32 比特格式。如下所示:

- 0: 16 比特 SID, 用于音频业务;
- 1: 32 比特 SID, 用于数据业务。

P/D 标志用于扩展类型 2、6、8、9、13 和 24 (见 6.3.1、8.1.15、8.1.20、6.3.6、8.1.3.2 和 8.1.10.2)。当不用 P/D 标志时, 则业务识别符 (SIDs) 取 16 比特格式。

对于那些没有用到这一标志的扩展类型, b_5 位应视为保留位 (Rfu)。

注: 16 比特和 32 比特业务识别符不得在同一个类型 0 数据字段中混用。

扩展类型: 这个以无符号二进制数形式表示的 5 比特数据用来识别 FIG 类型 0 数据字段的 32 种解释之一 (见 6.2、6.3、6.4 和 8.1)。那些没有定义的扩展类型保留为将来使用。

5.2.2.2 标签: FIG 类型 1 和 FIG 类型 2 数据字段

5.2.2.2.1 FIG 类型 1

FIG 类型 1 传输可显示的标签。FIG 类型 1 数据字段的结构见图 5。

相关定义如下:

字符集: 这 4 比特用来标识字符集, 确定包含在 FIG 类型 1 数据字段中的字符信息。该数据字段定义如下:

- b_7 b_4
- 0 0 0 0: 完整的 EBU 拉丁文字符全集;
- 1 1 1 1: 采用 UTF-8 传输格式的 GB13000.1 字符。
- 其 它: 保留。

OE: 该 1 比特标志表示信息是属于当前还是其它的总成信号, 定义如下:

- 0: 当前总成信号;
- 1: 其他总成信号 (或为 FM 或为 AM 业务)。

OE 标志用于扩展类型 0、1、4 和 5 时表示的 ‘其他总成信号’ (见 8.1.13 和 8.1.14)。对于扩展类型 1 来说, 它还可指示 FM 或 AM 业务 (见 8.1.14.1)。

对于那些没有用到这一标志的扩展类型, b_3 位应视为保留位 (Rfu), 对于类型 1 字段和当前定义的扩展类型字段, Rfu 都置为 ‘0’。

扩展类型: 这个以无符号二进制数形式表示的 3 比特数据字段, 用来识别 FIG 类型 1 数据字段 8 种解释之一 (见第 8 章)。那些没有定义的扩展类型, 保留为将来使用。

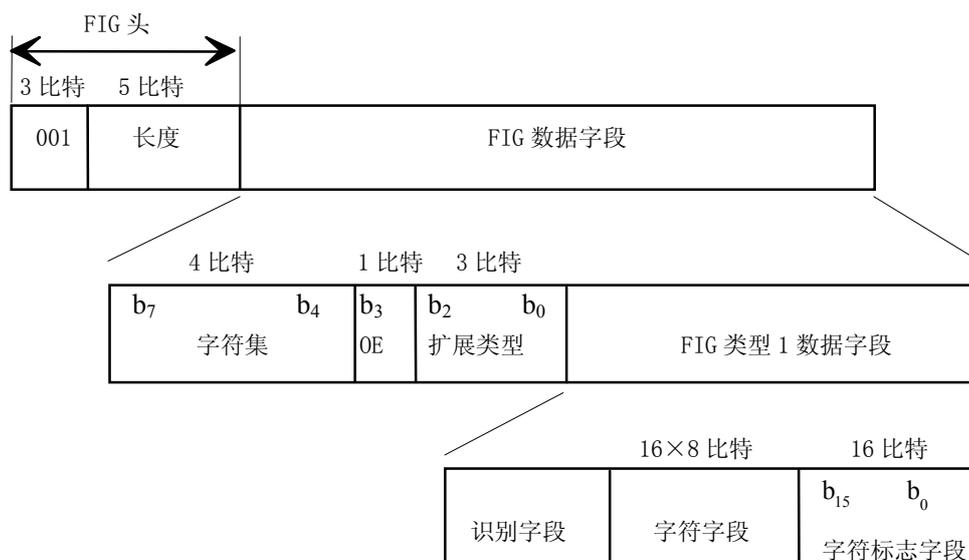


图5 FIG 类型 1 数据字段的结构

识别字段：该数据字段由FIG类型1的各个扩展类型分别定义（见8.1）。

字符字段：该16字节数据字段定义标签，它的形式为最多 16个字符组成的字符串，这些字符来自由FIG类型1数据字段第一个字节所确定的字符集，这些字符按第15到第0个字节的顺序编码，第一个字符位于字节15。

字符标志字段：该16比特标志字段表示在标签缩写显示方式下，显示字符字段中哪些字符，定义如下：

$b_i (i=0, \dots, 15)$:

0: 对应字符在缩写标签中不显示；

1: 对应字符在缩写标签中显示；

注： b_i 中最多只能有8比特置为‘1’。

如果字符字段中的字符数少于16个，未使用的字符标志字段（没有对应字符的部分）都置为‘0’。

5.2.2.2.2 FIG 类型 2

当信号标签长度超过16个字节时，用FIG类型2传输，FIG类型2数据字段结构见图6。

相关定义如下：

乒乓比特：该1比特标志在同一标签的所有段中保持不变。在标签发生变化时，本标志相对其前一状态取反。当组成一个标签的几段重复传输时，该标志保持不变。

段索引：这3比特数据字段为取值范围为0到7的无符号二进制数表示，表示FIG类型2中传输的段字段的索引（见5.5）。

OE：该 1 比特标志是用来指示信息是属于当前还是其它的总成信号，定义如下：

0: 当前总成信号；

1: 其他总成信号（或为 FM 或为 AM 业务）。

OE 标志用于扩展类型 0、1、4 和 5 时表示的‘其他总成信号’（见 8.1.13 和 8.1.14）。对于扩展类型 1 来说，它还可指示 FM 和 AM 业务（见 8.1.14.1）。

对于那些没有用到这一标志的扩展类型， b_3 应视为保留位（Rfu）。

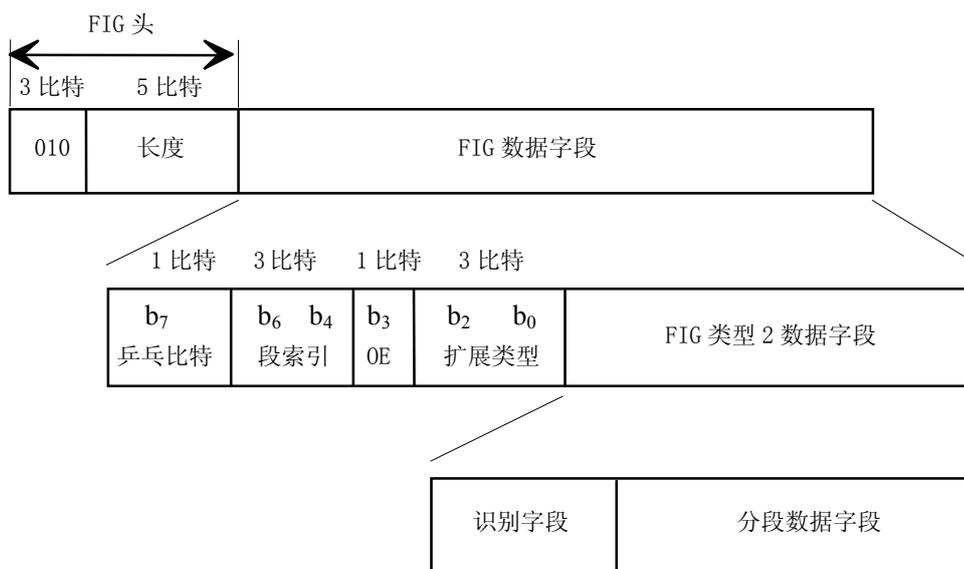


图6 FIG 类型 2 数据字段的结构

扩展类型: 这个以无符号二进制数形式表示的 3 比特数据字段，用来识别 FIG 类型 2 数据字段 8 种解释之一(见 5.5 和 8.1)。那些没有定义的扩展类型，保留为将来使用。

识别字段: 该数据字段由 FIG 类型 2 的各个扩展类型分别定义(见 5.5 和 8.1)。

分段数据字段: 这个变长的数据字段传输扩展标签数据字段的某一段(见 5.5)。

5.2.2.3 FIDC: FIG 类型 5 数据字段

FIG 类型 5 用于快速信息数据信道(FIDC)。FIG 类型 5 数据字段的结构见图 7。



图7 FIG 类型 5 数据字段的结构

相关定义如下:

D1, D2: 这两个 1 比特标志由扩展类型分别定义(见 8.2)。

TCId(类型分量识别符): 该 3 比特数据字段用来识别使用相同扩展类型号传输的 8 种不同业务分量中的一种。

扩展类型: 该 3 比特数据字段以无符号二进制数形式表示，用来识别 FIG 类型 5 数据字段 8 种解释之一(见 8.2)。没有定义的扩展类型，保留为将来使用。

5.2.2.4 FIG 类型 6 数据字段

FIG 类型 6 是用来传送 CA 相关信息，保留为将来使用。

5.3 主业务信道(MSC)

MSC 是由公共交织帧(CIFs)组成的。CIF 包含有 55296 比特。CIF 的最小的可寻址单元是容量单

元 (CU)，包含 64 比特。因此，CIF 包含 864 个 CU，CU 可用其地址 0 至 863 来标识。在第 13 章中描述了 CIF 的比特结构。

MSC 划分成子信道。每个子信道应该占有连续的整数个 CU，并独立进行卷积编码。每个 CU 仅能用于一个子信道。业务分量载有音频或一般数据，是业务的一部分。地面数字音频广播业务结构见 6.1。

在 MSC 中传送的数据，应该在信源处按每个 CIF 的子信道数据容量，划分为规则的 24ms 数据簇。数据的每个数据簇构成一个逻辑帧。每个逻辑帧对应一个 CIF。连续的 CIF 由在 MCI 中传送的 CIF 计数器的值标识（见 6.4）。

逻辑帧计数是一个概念上的计数，由从第一个传输逻辑帧数据的 CIF 开始计数的 CIF 计数器值决定。

在 MSC 中有两种传输模式：一种叫做流模式，另一种叫做包模式。

5.3.1 流模式

流模式为业务应用提供了一个源与目的之间发送和接收业务的透明信道。在任何时候，业务应用的比特率都应该固定为 8kbps 的倍数。业务应用应或能按需提供信息，或者包含以较低的比特率异步处理数据的方式。数据应该划分成逻辑帧。

5.3.2 流模式的附加前向纠错方案

流模式附加前向纠错方案待定。

5.3.3 包模式-网络级

包模式能在同一子信道中传送不同的数据业务分量。允许的子信道比特率应为 8kbps 的倍数，数据或是以数据组（见 5.3.4）形式或者只是以数据包（见 5.3.5）的形式传输，具体传输方式由标志 DG（见 6.3.2）的值表示。该子信道可以增加附加的前向纠错编码机制以抑制传输误码的影响（见 5.3.6）。

包应该由包地址进行区分。具有不同地址的包可以按任意顺序在一个子信道内传输。然而，具有相同地址的包应该保持一定的顺序。

包应该有一个固定的长度，有四种标准的包长度（见表 4）。在一个子信道中，允许有几种长度类型的包混合传输，前提是在这个子信道中每个逻辑帧有整数个包。填充包用以调整数据率，以达到所要求的 8kbps 的倍数。

在 MCI 中给出了业务分量和包地址之间的联系（见 6.3.2）。

包由一个包头、一个包数据字段和一个包 CRC 组成（见图 8）。



图8 包结构

5.3.3.1 包头

包头有 3 个字节，包含以下参数：

包长度：允许有四种不同的包数据字段长度，见表 4。

表4 包长度

| 包长度指示 $b_{15}b_{14}$ | 包长度(字节) | 包数据字段长度(字节) |
|----------------------|---------|-------------|
| 0 0 | 24 | 19 |
| 0 1 | 48 | 43 |
| 1 0 | 72 | 67 |
| 1 1 | 96 | 91 |

连续性下标: 该 2 比特模 4 计数器对以相同地址顺序传输的包循环计数。计数器对承载相同业务分量的包之间建立了前后顺序的联系, 而不管包的长度是否一致;

首尾指示: 该 2 比特标志用来标识传输同一业务分量的数据组(见 5.3.4)的一系列包中的特定包。对于没有采用数据组传输方式的业务分量, 这些标志都置为‘0’, 如果采用数据组传输方式, 这两个标志的含义见表 5;

表5 包模式的首尾指示

| 首位 b_{11} | 末位 b_{10} | 包: |
|-------------|-------------|-----------|
| 0 | 0 | 一系列包的中间部分 |
| 0 | 1 | 一系列包的最末一个 |
| 1 | 0 | 一系列包的第一个 |
| 1 | 1 | 唯一的一个包 |

地址: 该 10 比特数据字段用来标识在一个子信道中载有特定业务分量的包。地址 0 用于填充包, 不分配给任何业务分量。在一个子信道中可以同时传送最多 1023 个业务分量。

指令: 该 1 比特标志是用来表示包是用于一般数据还是专用指令, 定义如下:

- 0: 数据包;
- 1: 指令包。

有用数据长度: 这 7 比特无符号二进制数(范围在 0 至 91)表示对应的有用数据字段的字节长度。

5.3.3.2 包数据字段

这个数据字段包含了有用数据字段和填充字段。

有用数据字段: 该数据字段包含有用的业务分量数据。

填充字段: 根据表 4 给出的字节数, 这个数据字段包含填满整个包数据字段所要求的字节。填充字节字段应全部为零。

5.3.3.3 包 CRC

包 CRC 是一个根据包头和包数据字段计算出来的 16 比特 CRC 校验字, 其计算过程参见附录 E。其生成多项式如下所示:

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1。$$

每一个 CRC 字运算开始时, 所有移位寄存器单元的信息都应该预置为‘1’。CRC 字应先取补码(对 1 的补码)再传输。

5.3.4 包模式-数据组级

业务分量数据可以先封装到 MSC 数据组里, 再由一个或多个包进行传输, 一个 MSC 数据组应该包括一个数据组头, 一个可选的会话头, 一个数据组数据字段和一个可选的数据组 CRC。MSC 数据组的结构如图 9 所示。

注: MSC 数据组也能够用于通过 MSC 音频流子信道中的 PAD 传送数据。

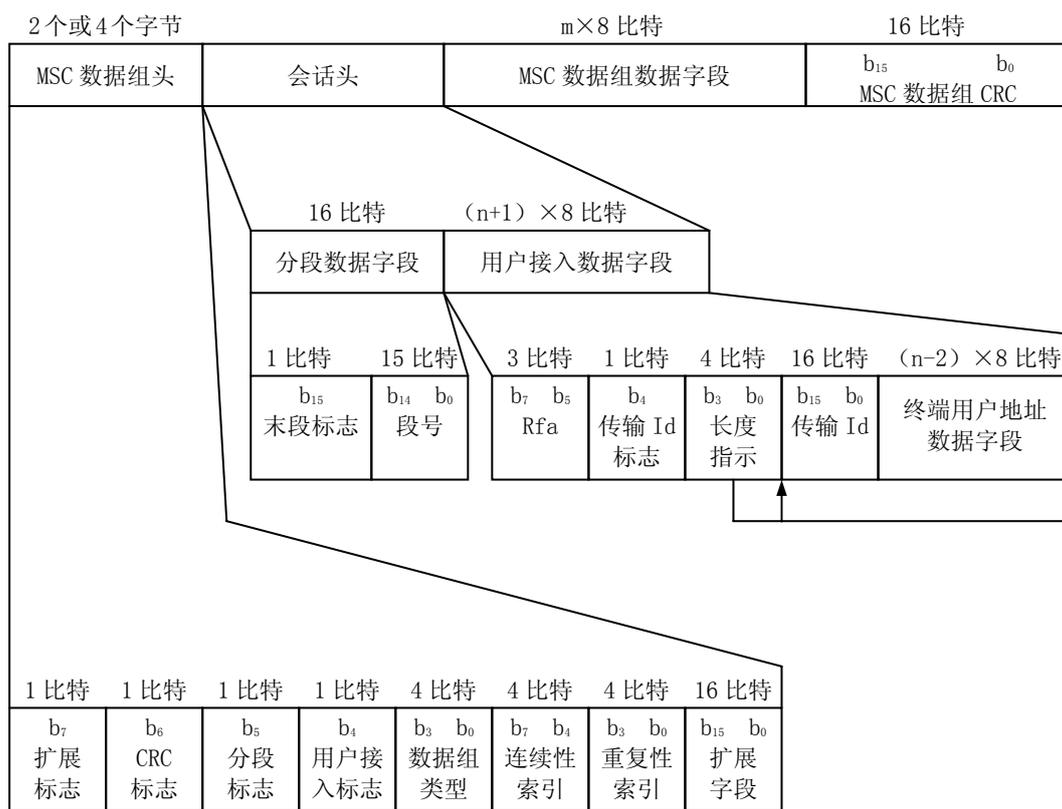


图9 MSC 数据组的结构

5.3.4.1 MSC 数据组头

相关定义如下：

扩展标志：该 1 比特标志用来指示扩展字段是否存在，如下所示：

0：不存在；

1：存在。

CRC 标志：该 1 比特标志用来指示在 MSC 数据组的结尾是否有 CRC，如下所示：

0：没有数据组 CRC；

1：有数据组 CRC 存在。

分段标志：该 1 比特标志用来表示分段数据字段是否存在，如下所示：

0：没有分段数据字段；

1：有分段数据字段。

用户接入标志：该 1 比特标志表示用户接入数据字段是否存在，如下所示：

0：无用户接入数据字段；

1：有用户接入数据字段。

数据组类型：该 4 比特定义在数据组数据字段中传输的数据类型，以下定义的数据类型适用于所有的数据业务分量

b₃ b₀

0 0 0 0：一般数据。

0 0 0 1：CA 数据。

其他的类型和 DSCTy 的值有关（见 6.3.1）。

连续性索引：该 4 比特数据字段的值每当当前数据组传输的数据内容与前一个同类型数据组不同时增加。

重复性索引：该 4 比特数据字段表示在后续的同类型数据组里面，相同数据内容的数据组还要重复

的次数。有一个例外就是‘1111’，它表示在该字段的值被重新设置之前一直重复传输相同的内容。

扩展字段：该 16 位数据字段用于传输数据组级 CA 信息，对于其它数据组类型，该扩展字段保留作为将来数据组头扩充用。

5.3.4.2 会话头

末段标志：该 1 比特标志表示当前的段号数据字段是否是最后一个：

0：后面还有其他的段；

1：最后一个段。

段号：该 15 比特数据字段，以无符号二进制数（范围为 0 至 32767）表示段号。

注： 第一段的编号为0，每一新段段号加1。

用户接入数据字段：

— Rfa：该3比特将保留用作今后补充。

— 传输Id标志：该1比特标志表示传输Id数据字段是否存在，如下：

0：无传输 Id 数据字段；

1：传输 Id 数据字段存在。

— 长度指示：该4比特数据字段，以无符号二进制数（范围从0到15）表示传输Id和终端用户接入数据字段的字节长度为n。

— 传输Id：该16比特数据字段用来唯一标识一系列类似的对象流里的某一数据对象（文件和头信息），可用来表示数据组里面的信息属于或者和关联于那个对象。

— 终端用户地址数据字段：这一字段表示终端用户的地址。

5.3.4.3 MSC 数据组数据字段

数据组数据字段包含整数个字节，最多为8191字节。

5.3.4.4 MSC 数据组 CRC

数据组 CRC 是一个 16 比特校验字，是根据数据组头、会话头和数据组数据字段计算得到的，计算过程参见附录 E。其生成多项式如下所示：

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

每一个 CRC 字开始计算之前，所有移位寄存器单元的信息都应该预置为‘1’。CRC 字应先取补码(对 1 的补码)再传输。

5.3.5 包模式中网络级和传输级的相互关系

一个 MSC 数据组内的信息可以在一个或者多个包内传输，这些包拥有相同的地址。所有的包都可能包含有填充字节。图 10 所示的是当一个 MSC 数据组的信息散布于几个包时，这几个包拥有相同的地址 j。图中也一并给出了首尾标志的设置。

第一个包的数据字段将以 MSC 数据组头作为开始，最后一个包的数据字段以 MSC 数据组 CRC 作为结束，如果需要，会有填充字节。

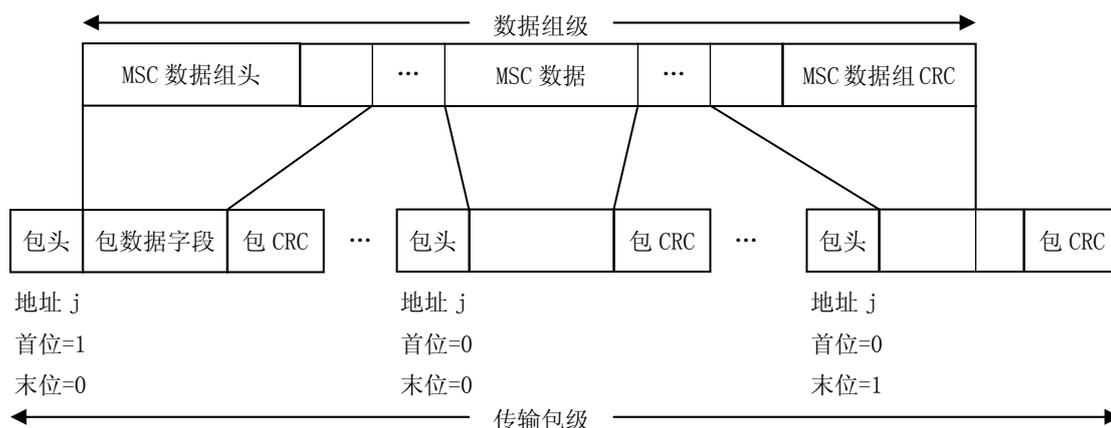


图10 一个 MSC 数据组和一系列包之间的对应关系

5.3.6 MSC 包模式的前向纠错方案

在地面数字音频广播数据传输过程中，可以对以包模式传输的业务分量信道增加采用基于RS外码保护和外部交织的前向纠错方案增加数据传输的可靠性。

这种附加的前向纠错方案采用了一种适当的应用方式，使不具备FEC解码能力的接收机仍然可以为业务分量恢复出数据包，尽管性能有所下降。这是通过如图11中展示的，用未改变的数据包和通过这些数据包计算出的附加RS数据创建的FEC帧的方式完成的。

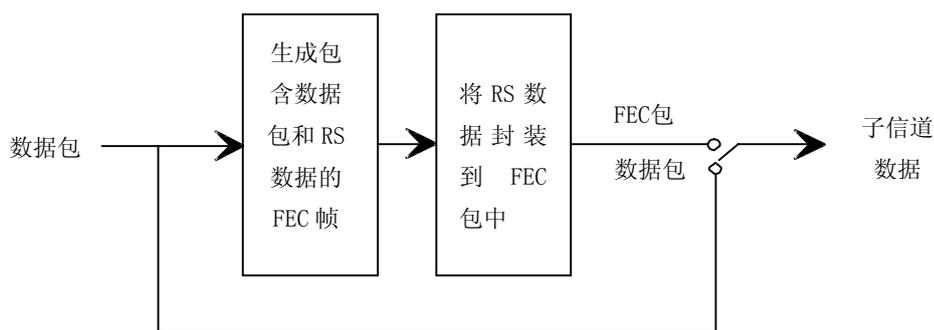


图11 外部编码和外部交织的原理框图

该功能模块的输入是由一个包复用器输出的包序列，称为应用数据包集合。应用数据包集合长度为精确的2256个字节，它可以由不同长度的数据包以任意顺序组合而成。

功能模块首先按照输入的顺序输出应用数据包集合，然后输出9个长度为24字节的FEC包。FEC包内是根据前面包集合计算得到的RS校验数据。在这9个FEC包之后是一个新的应用数据包集合。

该FEC方案对子信道中所有数据包进行保护，不管其包地址是否相同。

接收终端中进行的是以上过程的逆过程，用FEC包中的数据纠正数据包中的传输误码。没有实现FEC方案的终端可以使用相应的包地址恢复所选业务分量的数据包，直接丢掉FEC包。

FIG 0/14指明所使用的FEC方案（见6.2）。

5.3.6.1 FEC 帧

图12给出了FEC帧结构。该FEC帧由12行204列构成，其中包括12行188列的应用数据表（2256个字节）和12行16列的RS数据表（192个字节）。



图12 FEC 帧结构

5.3.3定义的数据包从第一行第一列开始，逐行依次向下然后向右填满应用数据表的每一列，由于行数为12，因此长度分别为24字节、48字节、72字节和96字节的包都可以正好填满2列、4列、6列和8列。

包复用器的输出产生的一系列包组成的应用数据包集合，正好可以填满应用数据表（2256个字节）。

注 其中部分包有可能是填充包。

RS数据表的内容是根据每一行数据计算得出的RS编码字。编码使用的是由系统RS（255，239，t=8）码得出的RS（204，188，t=8）截短码。

注：RS编码字长度为204个字节，由维数为188个字节的原始数据计算得来，可以纠正长度为204字节的接收码字中的8个字节随机错误。

$$\text{编码生成的多项式为: } g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2) \Lambda (x + \lambda^{15}), \quad \lambda = 02_{\text{HEX}}。$$

$$\text{域生成的多项式为: } p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

可以用在RS（255，239，t=8）编码器的输入端为信息字节（如应用数据表的一行）增加51个全零字节的方法实现RS截短码，RS编码结束之后丢弃这些零字节就得到N=204字节的RS编码字。

对于行号为M的每一行，都进行以下操作：

在由M行计算得出的RS编码字中，第一个字节来自应用数据表的第M行第1列，第二个字节来自第M行第2列，依此类推至第M行第188列（包含第188列）。类似的，计算得出的第一个RS校验字节，即缩短的编码字的第189个字节插入到RS数据表中的第M行第一列，编码字的第190个字节插入到第M行第2列，依此类推至RS数据表中的第16列（包含第16列）。如果需要，RS短码丢掉的50个零字节可以视作第M行的-50列到第0列。最终结果是一个完整的行对应一个相应的RS编码字。

5.3.6.2 RS 数据的传输

RS数据表在9个连续的FEC包中传输。FEC包集合紧跟在构成应用数据表的应用数据集合之后传输。FEC包的结构见图13：

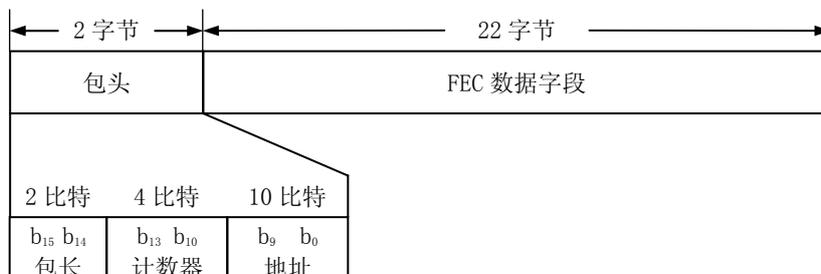


图13 FEC 包结构

两个字节的包头由以下参数组成：

包长：该2比特数据字段设置为‘00’，表示包长度为24个字节。

包计数器：4比特计数器，其值为0到8，对应一个集合中连续的FEC包，该计数器加一。

包地址：该10比特数据字段设置为二进制值‘111111110’（1022）。

注：包长度和包地址参数在FEC包和普通数据包中的位置相同，以便没有FEC解码功能的接收机可以处理FEC包（直接丢弃）。

RS数据表的192个字节校验数据在由9个连续的24字节FEC包组成的集合中的FEC数据字段中传输。集合中第一个FEC包的计数器置为零，RS数据表中的每字节数据都映射到连续的FEC数据字段中，从第一行第一列的数据字节开始，逐行向下，然后逐列向右，直至所有数据映射完成。当全部RS数据映射完以后，在第9个FEC包的末尾还有6个未用的字节，这些字节都应设置为零。

图14给出了一个传输RS数据的完整FEC包集合。

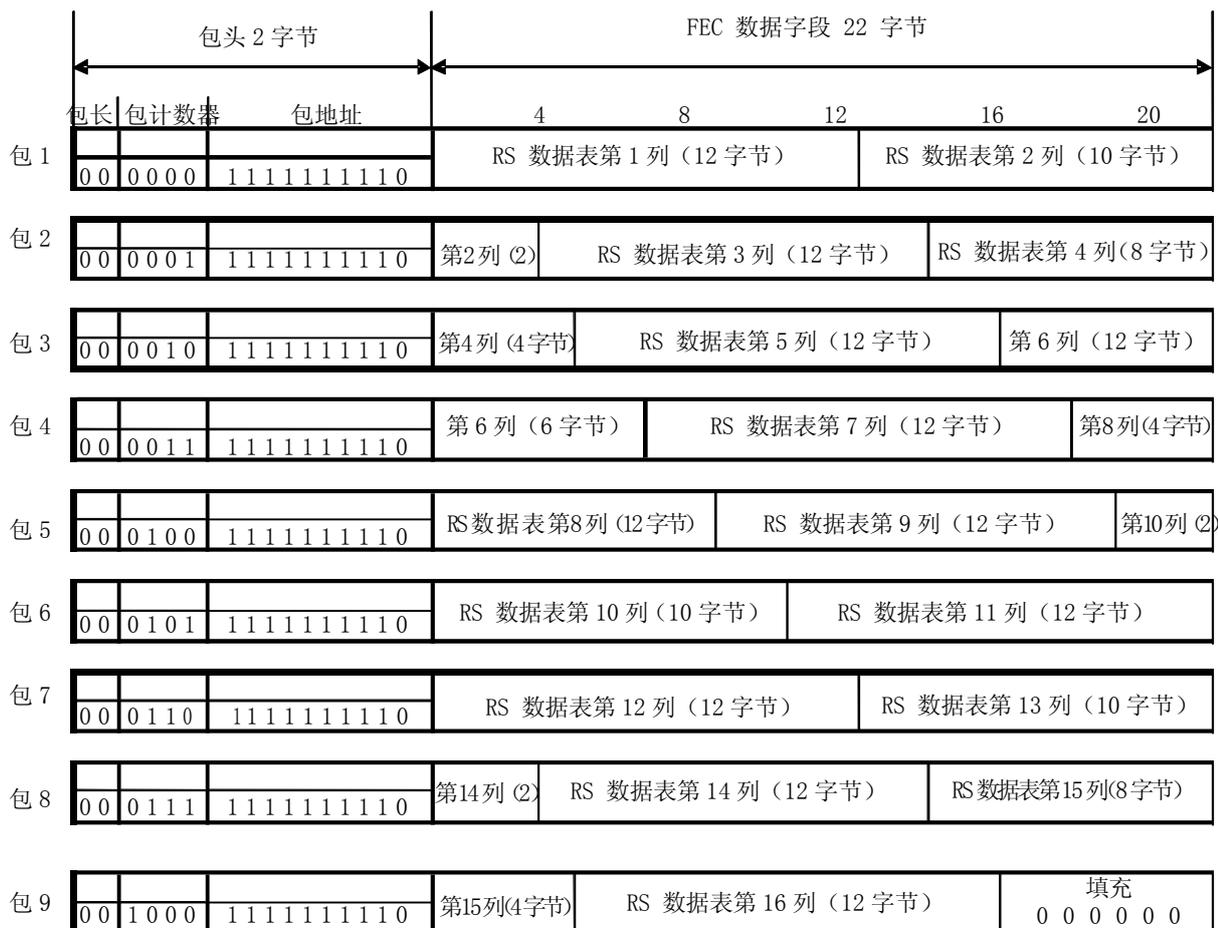


图14 完整的 FEC 包集合

5.3.6.3 接收机中 FEC 帧的处理

上述FEC方案生成了一个由2472个字节组成的数据块，其中2256个字节来自应用数据表（包含业务分量的包集合），包括RS数据表内容的216个字节在9个长度为24字节的FEC包中传输。在纠错之前应完整接收数据块，并重新映射成FEC帧。有可能需要经过几个逻辑帧之后才能完整接收数据块，这取决于子信道的数据率。

接收机可以通过包CRC来判断一个单独的包是否被正确接收，如果正确，就立即使用其传输的数据。包CRC同时还可以为FEC译码器提供包误码信息，如哪些包可能有传输误码，哪些包可能没有传输误码。更智能化的接收机可以组合利用这些技术进一步提高外部FEC的纠错性能。没有实现FEC解码功能的接收机仍然可以恢复这些包，只是无法利用纠错性能的改善。这种情况下，FEC包将被当作普通的包进行解码，一般情况下都会产生CRC校验错误。

5.4 业务信息在辅助信息信道中的传输

这节描述了把信息从FIC重定向到辅助信息信道(AIC)的机制。这个机制适用于FIG类型0、1和2

的某些扩展类型(见 8.1.12)。AIC 固定使用子信道 63 和包地址 1023。使用 AIC 时应该满足下面的条件：

- MSC数据组(见5.3.3)的结构见图15。它包含5.2.2中所确定的FIG；



图15 传输 FIGs 的 MSC 数据组结构

- 在一个MSC数据组数据字段中可以传输不同的FIG类型；
- 在MSC数据组中的数据组类型表应该设置为 ‘一般数据’；
- MSC数据组数据字段的最大长度是512字节；
- 这种类型的MSC数据组应该包含一个数据组CRC。

5.5 扩展标签

当需要使用超过16个字节对业务标签中的16个字符编码时可使用FIG类型2。为兼容基本接收机，应同时传送具有相同扩展类型的，使用 ‘基于指令表的全部EBU拉丁文’ 字符集（见5.2.2.2.1）的FIG类型1的标签。

FIG类型2支持最多64个UTF-8编码字节或最多32个UCS-2编码字节的标签表示方法，同时还可以对不在GB13000.1字符集中的字符进行自定义。

5.5.1 扩展标签数据字段的结构

由于标签或者字符定义的数据字段长度有可能超过一个单独的FIB，因此需要使用最多至8个FIG的分段结构传输这些定义。这些段利用段索引在接收机中重新组合成完整的标签或者字符定义（见5.2.2.2）。传输标签或者字符定义的总段数在段计数器数据字段中定义。

图16给出了扩展

标签数据字段的结构：

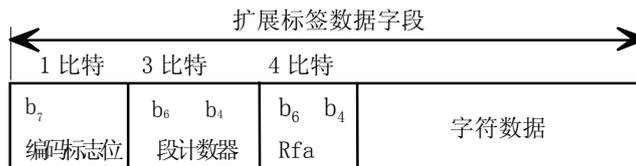


图16 扩展标签数据字段的结构

相关定义如下：

编码标志：该1比特标志定义字符的编码方式，如下所示：

- 0：使用UTF-8字符编码方式（每个字符编码成1到4个字节）；
- 1：使用UCS-2字符编码方式（每个字符2个字节，基本多语平面）；

段计数器：该3比特数据字段，以值域为0到7的无符号二进制数表示，定义了用于传输扩展标签数据字段总段数，其值为总段数减一。

Rfa：该 4 比特数据字段保留为将来扩展用。

字符数据：这个变长的数据字段用于传输标签或者字符定义（见5.5.2和5.5.3）。

5.5.2 标签定义

扩展标签使用FIG类型2，扩展类型0到6进行编码传输（见8.1）。用于标签定义的字符数据字段是图16中扩展标签数据字段的一部分，图17给出了其具体结构。

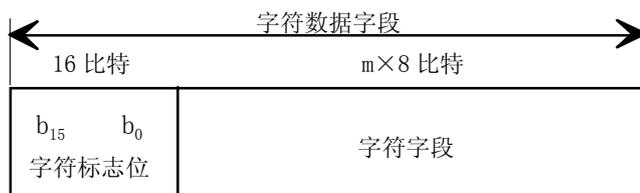


图17 用于标签定义的字符数据字段结构

相关定义如下：

字符标志字段：该16比特标志字段表示在标签缩写显示方式下，其在字符字段中对应的字符是否显示，定义如下：

b_i ($i=0, \dots, 15$)：

0：对应字符在缩写标签中不显示；

1：对应字符在缩写标签中显示；

注： b_i 中最多只能有8比特置为‘1’。

如果字符字段中的字符数少于16个，字符标志字段未使用（没有对应字符的部分）的标志位都置成‘0’。

字符字段：该变长的数据字段定义标签。按照编码标志（见5.5.1）定义的编码方式对一个最多包含16个字符的字符串进行编码，其第一个字节是第一个字符的一部分。

5.5.3 字符定义

扩展标签的字符定义使用FIG类型2、扩展类型7（FIG 2/7）进行编码传输。

当标签中的一个字符在GB13000.1字符集中找不到对应的字符编号时，将在FIG类型2中标签数据字段内传输一个来自BMP私有区域（0xe000到0xf8ff）的字符编号，同时系统使用FIG 2/7传输对应的字符定义。该字符定义对当前接收的总成信号内所有标签都有效。

该字符用24×24像素的点阵定义。每一个像素可以是清空状态（白色）或者是设置状态（黑色），图18给出了一个字符定义的例子。

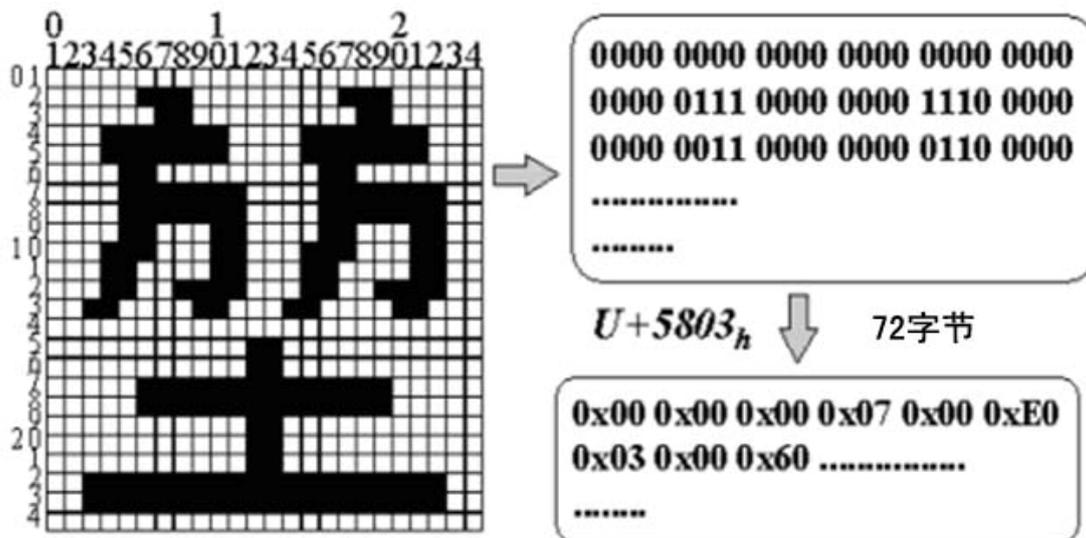


图18 字符定义的一个例子

字符定义的识别字段是FIG类型2数据字段的一部分（同时参见图6），图19给出了它的结构。

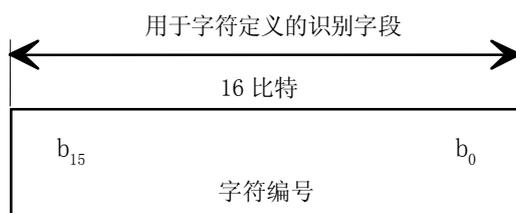


图19 用于字符定义的识别字段结构

相关定义如下：

字符编号：该16比特数据字段表示来自BMP私有区域（0xe000到0xf8ff）的字符编号，用于字符定义。用于字符定义的字符数据字段是扩展标签数据字段（图16）的一部分，图20给出了其具体结构。

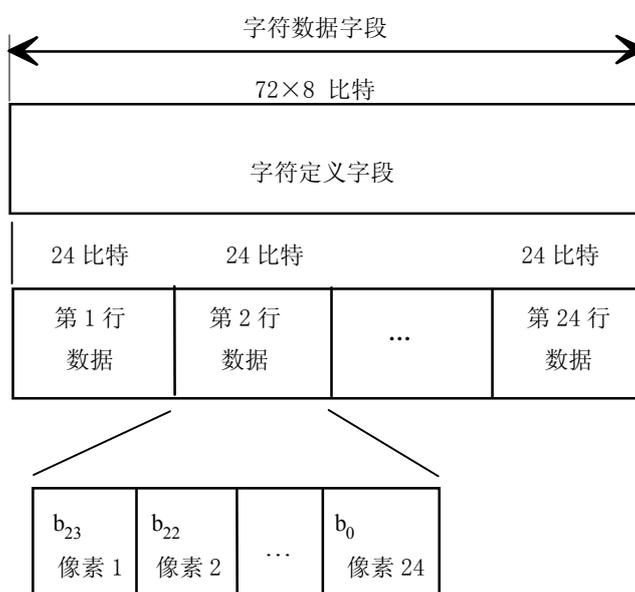


图20 用于字符定义的字符数据字段结构

字符定义字段：这个72字节的数据字段用于传输字符的位图数据，位图信息编码成24行数据，其第一行，即行1，对应字符的最上面一行。

行 n：该24位数据字段包含了这一行的位图数据，位图被编码成24个像素数据，其第一个像素，即像素1，对应该行左边第一个像素。

像素 m：该1比特数据表示像素的状态，如下所示：

b_m ($m = 1 \cdots 24$)

0：该像素为清空状态（白色）；

1：该像素为设置状态（黑色）。

5.5.4 分段

为了在FIC中传输，一个完整的扩展标签数据字段可以分成最多八段，每段的长度在FIG类型2的段头中定义。

FIG类型2扩展标签数据字段的第一个字节在第一段中传输，其对应的段索引为0。后续段在具有相同扩展类型和识别字段的FIG类型2数据字段中传输，对于连续的每一段，其段索引字段增加一。

5.5.5 扩展标签的接收

显示能力有限的接收机可以只显示FIG类型1中传输的标签。具备更大字符集的接收机将显示FIG类型2传输的标签。

如果标签中还有1个或2个字符不能够正确显示，这有可能是字符位图限制或者不支持FIG 2/7的字符定义。这种情况下，无法显示的字符将用空格或者问号代替。

5.5.6 接收机的内置中文字库

GB 2312规定的汉字字汇已被GB 13000.1所规定的‘CJK统一汉字’完全收录，可视作GB 13000.1的一个子集。GB 13000.1的这个子集和GB 2312规定的汉字字汇之间存在唯一的一一映射关系，即GB 2312规定的汉字字汇可唯一对应GB 13000.1的一个子集。反之，GB 13000.1中，对应GB 2312的子集可唯一对应GB 2312字符规定的汉字字汇。因此，支持中文数据信息的接收机至少要内置GB 2312字库第一级汉字。对于仅内置GB 2312字库的接收机，在处理GB 13000.1的编码字符时，应按照两种编码间的查找关系，将GB 13000.1编码转换成GB 2312编码，用GB 2312字库提供的字体显示。

6 复用配置信息 (MCI)

6.1 概述

用户访问复用中业务分量的主要方法是选择一个业务。在一个总成信号内可以有几个业务，每个业务包含一个或者多个业务分量，特定的地面数字音频广播数据终端可以自动或者在用户选择以后搜索并选择它可以处理的业务应用。

一个业务中最基本的业务分量称为主业务分量。通常，它用来传送音频节目，但是数据业务分量也可以做为主业务分量。所有其它的业务分量都是可选的，叫做次业务分量。

一个业务结构的例子如图 21 所示。在本例中，这个标签为(‘ENSEMBLE ONE’)的总成信号包含几个可以被用户直接访问的业务。下面描述了其中三个业务。

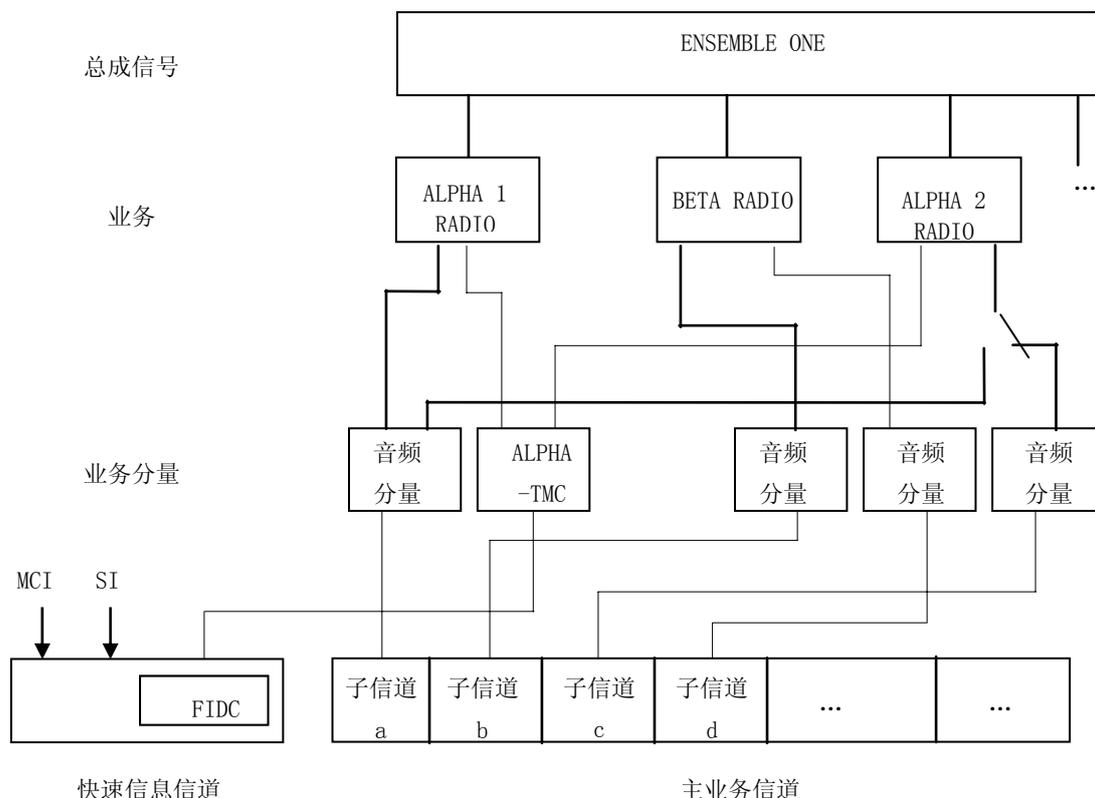


图21 一个地面数字音频广播业务结构的例子

第一个业务（业务标签为‘ALPHA 1 RADIO’）包含二个业务分量：一个主音频业务分量和一个用于交通信息信道（ALPHA-TMC）的次业务分量。音频分量在主业务信道内单独的子信道中传输，而 TMC 是在 FIC 中的快速信息数据信道（FIDC）（见 8.2）中传输。

第二个业务（业务标签为‘BETA RADIO’）包含两个业务分量。这个业务的主业务分量和次业务分

量都是音频节目。

链接机制允许不同业务共享业务分量。也允许改变业务结构，以便业务改变自己的业务分量。第三种业务（业务标签为‘ALPHA2 RADIO’）同‘ALPHA1 RADIO’共享 ALPHA-TMC 数据业务分量。有时，它也可通过图中的选择开关，和‘ALPHA 1 RADIO’共享音频业务分量。

在一个总成信号中的子信道、业务和业务分量的组织结构是由复用配置信息（MCI）管理的。MCI 提供了五个主要功能：

- 以确定子信道在CIF中的位置、长度以及它们的误码保护级别的方式来定义子信道的组成；
- 列出在总成信号中可用的业务；
- 在业务和业务分量之间建立联系；
- 在业务分量和子信道或FIDC之间建立联系；
- 发送复用重新配置信息。

第 6.2 条至第 6.4 条描述了在 FIC 中 MCI 的编码细节。在第 6.5 条中描述了复用的动态重新配置。MCI 在 FIG 类型 0，扩展类型 0、1、2、3、4、8 和 14 中传输（见 5.2.2.1）。将 C/N 标志用于扩展类型 1、2、3、4、8 和 14，以便区别当前和将来的配置信息。对应于扩展类型 0、1、2、3、4 和 14 在相应的 CIF 中连续 24ms 周期中的第一个 FIB 中传输。此外连续 24ms 周期中的第一个 FIB 可以传送 SI 和 FIDC 信息。MIC 也能在其他一些 FIB 中重复传输。

6.2 子信道组织

子信道的组织结构确定了在CIF中子信道的位置和长度及所使用的误码保护。它是在FIG类型0扩展类型1和14中传输的，一个复用中最多有64个可寻址的子信道，子信道以范围在0和63之间的子信道识别符区分，子信道识别符的值和子信道在MSC里面的位置无关。基本的子信道组织信息在FIG0/1 中传输（见 6.2.1），FIG 0/14描述了一种附加的误码保护机制（见5.3.6），这种机制适用于使用包模式传输业务分量的子信道中（见6.2.2）。

6.2.1 基本子信道组织

基本子信道组织信息在 FIG 类型 0 扩展类型 1（FIG 0/1）中定义。每个子信道都是以起始地址（范围为 0-863CU）、子信道长度和使用的误码保护机制等信息描述，基本子信道组织见图 22。

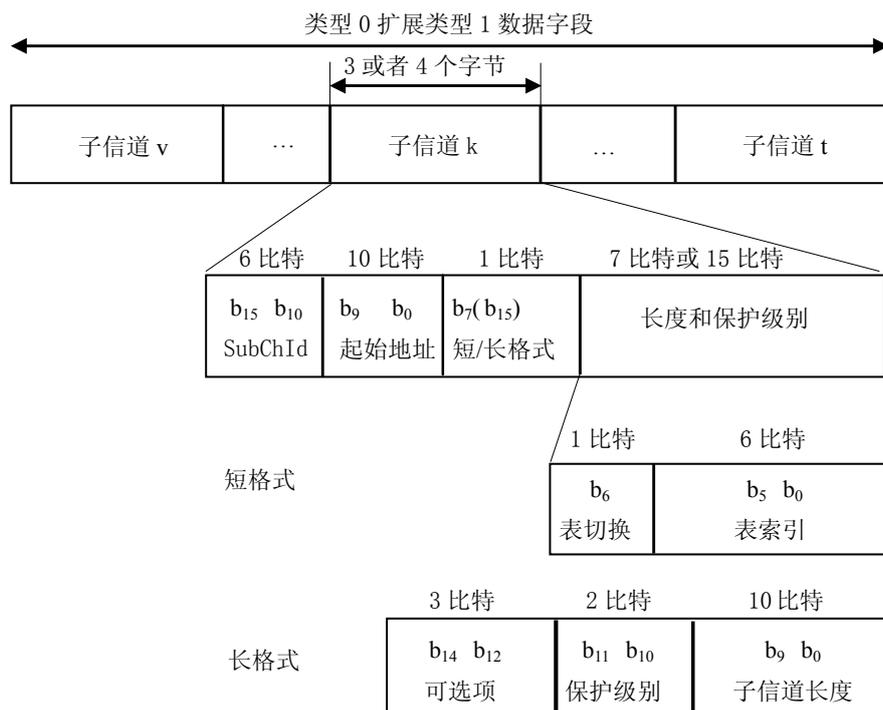


图22 子信道组织字段的结构

子信道长度和误码保护有两种信令方式。第一种是短格式，用于使用非均匀误码保护（UEP）的业务分量（见 11.3.1），在这种情况下，UEP 的索引直接表示，但是子信道的长度需要按一定的方法算出。第二种格式要求子信道长度和误码保护级别都明确的表示出来。这种情况下参数定义一共有八种可选方案，但目前只定义了其中的前两个并用于均匀误码保护（EEP）（见 11.3.2）。

针对以不同传输比特率传输的音频业务，表 6 给出了对应的 UEP 配置，但 UEP 的使用并不仅限于此，它也适用于其它应用。同样，EEP 配置适用于音频业务和数据业务（见 11.3.1 和 11.3.2）。对于以某些特定传输比特率（8、16、24、40 和 144kbps）传输的音频业务，没有定义对应的 UEP 配置，在这种情况下，须使用 EEP 配置。

相关定义如下：

SubChId(子信道识别符)：该 6 比特数据字段，以无符号二进制数形式编码，用来标识一个子信道。

起始地址：该 10 比特数据字段，以无符号二进制数形式编码（范围为 0 至 863），表示子信道的第一个 CU 的地址。

短/长格式：该 1 比特标志用来表示采用哪种方式表示子信道长度和保护级别，定义如下：

- 0：短格式；
- 1：长格式。

— 短格式：

- 表切换：该 1 比特标志用来表示是否使用表 6，还是表的索引数据字段有其它用途，定义如下：
 - 0：使用表 6；
 - 1：表索引数据字段作为保留字，备将来使用。
- 表索引：该 6 比特数据字段以无符号二进制数表示 64 种可选的子信道长度和保护级别的一个索引。表 6 列出了与每个索引对应的净比特率。有 6 种可能的保护级别和净比特率的组合不可用，在表 6 中用 ‘x’ 表示。

表6 音频业务分量的子信道长度和音频比特率以及保护级别的对应关系（短格式应用）

| 索引 | 子信道长度 (CU) | 保护级别 | 比特率 (kbps) | 索引 | 子信道长度 (CU) | 保护级别 | 比特率 (kbps) |
|----|------------|------|------------|----|------------|------|------------|
| 0 | 16 | 5 | 32 | 33 | 64 | 5 | 128 |
| 1 | 21 | 4 | 32 | 34 | 84 | 4 | 128 |
| 2 | 24 | 3 | 32 | 35 | 96 | 3 | 128 |
| 3 | 29 | 2 | 32 | 36 | 116 | 2 | 128 |
| 4 | 35 | 1 | 32 | 37 | 140 | 1 | 128 |
| 5 | 24 | 5 | 48 | 38 | 80 | 5 | 160 |
| 6 | 29 | 4 | 48 | 39 | 104 | 4 | 160 |
| 7 | 35 | 3 | 48 | 40 | 116 | 3 | 160 |
| 8 | 42 | 2 | 48 | 41 | 140 | 2 | 160 |
| 9 | 52 | 1 | 48 | 42 | 168 | 1 | 160 |
| 10 | 29 | 5 | 56 | 43 | 96 | 5 | 192 |
| 11 | 35 | 4 | 56 | 44 | 116 | 4 | 192 |
| 12 | 42 | 3 | 56 | 45 | 140 | 3 | 192 |
| 13 | 52 | 2 | 56 | 46 | 168 | 2 | 192 |
| | x | | | 47 | 208 | 1 | 192 |
| 14 | 32 | 5 | 64 | 48 | 116 | 5 | 224 |
| 15 | 42 | 4 | 64 | 49 | 140 | 4 | 224 |
| 16 | 48 | 3 | 64 | 50 | 168 | 3 | 224 |
| 17 | 58 | 2 | 64 | 51 | 208 | 2 | 224 |
| 18 | 70 | 1 | 64 | 52 | 232 | 1 | 224 |
| 19 | 40 | 5 | 80 | 53 | 128 | 5 | 256 |
| 20 | 52 | 4 | 80 | 54 | 168 | 4 | 256 |
| 21 | 58 | 3 | 80 | 55 | 192 | 3 | 256 |
| 22 | 70 | 2 | 80 | 56 | 232 | 2 | 256 |
| 23 | 84 | 1 | 80 | 57 | 280 | 1 | 256 |
| 24 | 48 | 5 | 96 | 58 | 160 | 5 | 320 |
| 25 | 58 | 4 | 96 | 59 | 208 | 4 | 320 |
| 26 | 70 | 3 | 96 | | x | | |
| 27 | 84 | 2 | 96 | 60 | 280 | 2 | 320 |
| 28 | 104 | 1 | 96 | | x | | |
| 29 | 58 | 5 | 112 | 61 | 192 | 5 | 384 |
| 30 | 70 | 4 | 112 | | x | | |
| 31 | 84 | 3 | 112 | 62 | 280 | 3 | 384 |
| 32 | 104 | 2 | 112 | | x | | |
| | x | | | 63 | 416 | 1 | 384 |

— 长格式：

- 可选项：该3比特数据字段用来表示用于长格式编码的选项。根据第11.3.2.条的定义，均匀误码保护目前有两种选择(000和001)。其余的选项保留为将来使用。
在选择000情况下，定义如下参数(见11.3.2.)：
 - 保护级：该2比特数据字段用来指示保护级，表示如下：

- 00: 保护级 1-A;
- 01: 保护级 2-A;
- 10: 保护级 3-A;
- 11: 保护级 4-A。

表 7 给出了其对应的卷积编码效率。

表 7 子信道长度、卷积编码效率和保护级别的对应关系
(数据率为 8nbps 时, n 是大于等于 1 的整数)

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 保护级别 | 1-A | 2-A | 3-A | 4-A |
| 卷积编码效率 | 1/4 | 3/8 | 1/2 | 3/4 |
| 子信道长度 (CUs) | 12n | 8n | 6n | 4n |

— 子信道长度: 该10比特数据字段, 以无符号二进制数形式编码(范围为1至864), 用来定义被子信道占用的容量单元的数量。表7给出了对于四种规定保护级所有允许的数据率所要求的CU数, 数据率应为8kbps的倍数。

在选择001情况下, 定义如下参数(见11.3.2):

- 保护级: 该2比特用来表示保护级, 表示如下:
 - 00: 保护级 1-B;
 - 01: 保护级 2-B;
 - 10: 保护级 3-B;
 - 11: 保护级 4-B。

表 8 给出了其对应卷积编码效率。

— 子信道长度: 该10比特数据字段, 以无符号二进制数形式编码(范围为1至864), 用来定义被子信道占用的容量单元的数量。表8给出了对于四种规定保护级所有允许的数据率所要求的CU数, 数据率应为32kbps的倍数。

表 8 子信道长度、卷积编码效率和保护级别的对应关系
(数据率为 32nbps 时, n 是大于等于 1 的整数)

| | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 保护级 | 1-B | 2-B | 3-B | 4-B |
| 卷积编码效率 | 4/9 | 4/7 | 4/6 | 4/5 |
| 子信道长度 (CUs) | 27n | 21n | 18n | 15n |

6.2.2 FEC 子信道组织

FIG 类型 0 扩展类型 14 (FIG 0/14) 定义了传送包模式业务分量的子信道中附加的 FEC 编码方案。其结构见图 23:

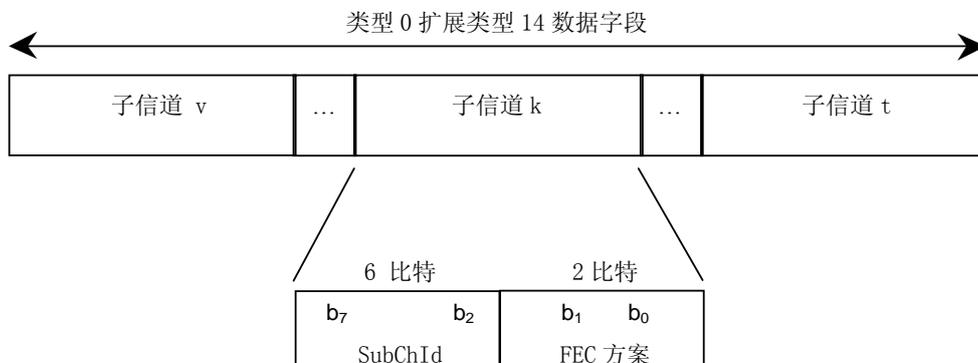


图 23 FEC 子信道组织字段的结构

相关定义如下:

SubChId(子信道识别符): 该 6 比特数据字段, 以无符号二进制数形式编码, 用来标识一个子信

道。

FEC 方案：该 2 比特数据字段用来表示子信道采用的 FEC 编码方案，如下所示：

b_1 b_0

0 0: 没有使用 FEC;

0 1: 采用 5.3.6 条中定义的 FEC 方案;

1 0: 保留待以后定义;

1 1: 保留待以后定义;

采用附加 FEC 的包模式业务分量的子信道复用时，应用 FIG 0/14 来表示哪种 FEC 方案（如果有的话）被采用。同时标准建议无论附加 FEC 使用与否，FIG 0/14 都要被包含在 MCI 中，用于表示传输包模式业务分量子信道信息。

6.3 业务组织

业务组织用来定义在总成信号中传输的业务和业务分量。它是在 FIG 类型 0 的扩展类型 2、3、4 和 8 中编码的。各个业务通过一个业务识别符来区分，如果和一个扩展国家码结合使用时，这个业务识别符在世界范围内就是唯一的。在总成信号中的每个业务分量应该单独确定。当一个业务分量以流模式在 MSC 中传输时，基本的业务组织信息在 FIG 0/2 中编码（见 6.3.1）。以包模式传输的业务分量，需要另外传输子信道和包地址信息。扩展类型 3 就是为此目的而使用的（见 6.3.2）。以流模式或者 FIC 传输的数据分量如果被扰码，CA 信息也在扩展类型 4 中传输。而对包模式数据，CA 信息则在扩展类型 3 中传输。扩展类型 8 提供了在本总成信号中有效的业务分量描述和在其它总成信号中有效的业务分量描述之间的联系信息。

6.3.1 基本业务和业务分量定义

FIG 类型 0 的扩展类型 2 (FIG0/2) 定义了基本业务组织。用于一项业务 (业务 k) 的所有业务描述均被包含在一个 FIG 内。其结构见图 24。

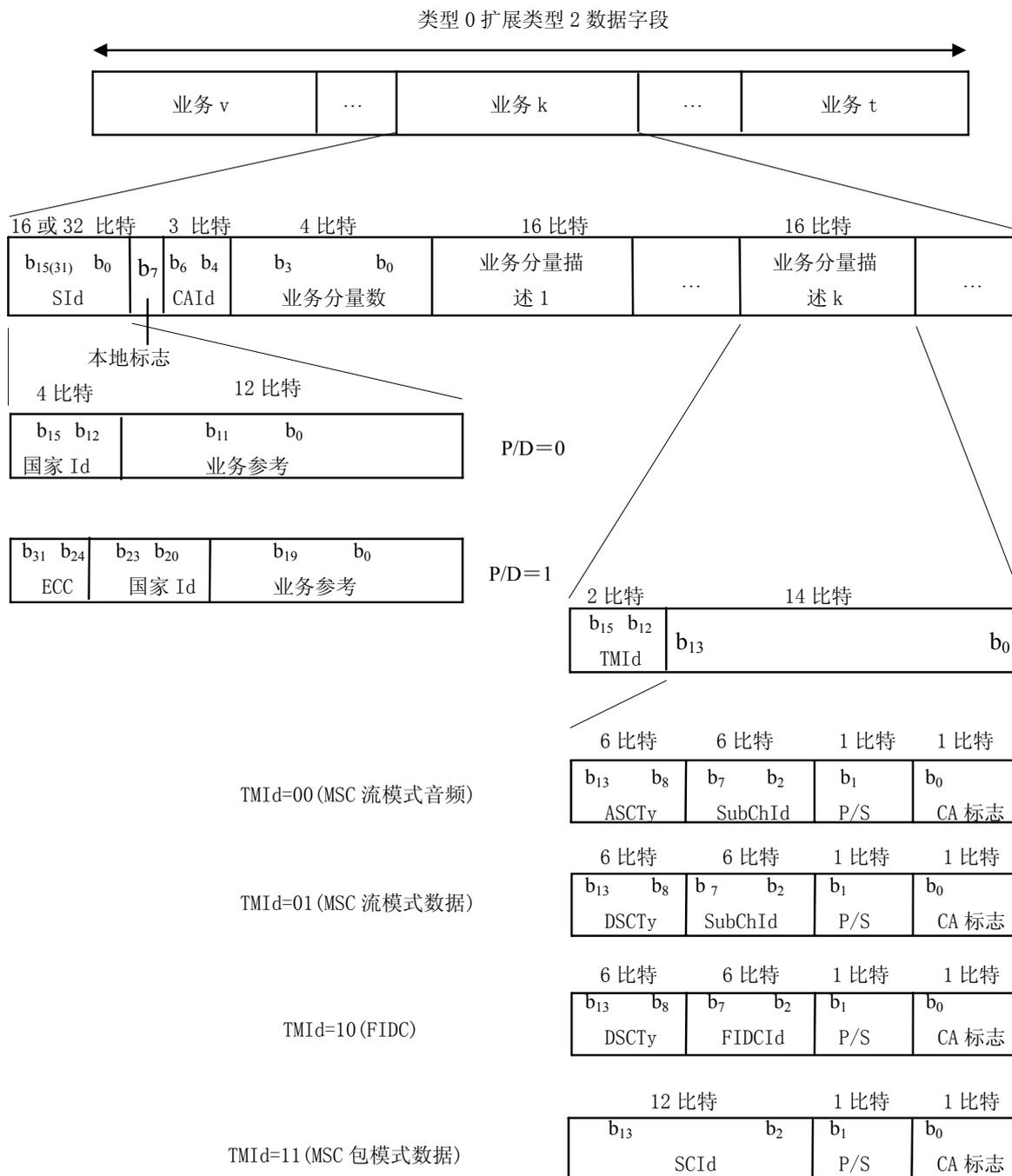


图24 业务组织字段的结构

相关定义如下:

SId(业务识别符): 该 16 或 32 比特数据字段用来标志业务。其长度由 P/D 标志确定 (见 5.2.2.1)。

业务识别符的描述:

- 国家Id: 该4比特数据字段标识国家, 中国的代码为 ‘1100’。
- 业务参考: 该数据字段表示业务号。

- ECC (扩展国家码): 该 8 比特数据字段表示国家和地区的扩展国家码, 中国的 ECC 码为 ‘1111 0000’。

本地标志: 该 1 比特标志表示业务适用于总信号所服务的整个地区或部分地区, 如下所示:

- 0: 整个的总信号业务区;
- 1: 部分的总信号业务区。

CAId (条件接收识别符): 该 3 比特用来识别业务所使用的接入控制系统 (ACS)。没有 CA 解码能力的接收机将不对其解码。如果业务没有使用 ACS, CAId 被设置为零。

业务分量数: 该 4 比特数据字段用来指示与业务有关的业务分量的数量。对于 16 位的 SIId 来说最大值为 12, 对于 32 位的 SIId 来说, 最大值为 11。每个业务分量都根据自己的传输机制进行独立编码。

业务分量描述:

- TMIId (传送机制识别符): 这 2 比特用来表示所使用的传送机制, 如下所示:

b₁₅ b₁₄

- 0 0: MSC-流模式-音频;
- 0 1: MSC-流模式-数据;
- 1 0: FIDC;
- 1 1: MSC-包模式-数据。

- ASCTy (音频业务分量类型): 这 6 比特用来表示音频业务分量的类型。类型定义如下 (其余的类型保留为将来使用):

b₁₃ b₈

- 0 0 0 0 0 0: 前景声音 (MPEG I 或 II (第 II 层或保留) 编码);
- 0 0 0 0 0 1: 背景声音 (MPEG I 或 II (第 II 层或保留) 编码);
- 0 0 0 0 1 0: 多信道音频扩展 (MPEG II (第 II 层或保留) 编码);

- SubChId (子信道识别符): 这 6 比特用来表示传输该业务分量的子信道。

- P/S (主次): 该 1 比特标志用来指示这个业务分量是否是主业务分量, 定义如下:

- 0: 次业务分量;
- 1: 主业务分量。

- CA 标志: 该 1 比特标志用来表示于业务分量是否使用条件接收, 表示如下:

- 0: 没有 CA 控制或者只有业务分量的一部分使用 CA;
- 1: 整个业务分量都有 CA 控制。

每个地面数字音频广播接收机都应检查这一比特, 不具备 CA 解码能力的接收机在 CA 标志为 1 时将不对业务分量进行解码。

- DSCTy (数据业务分量类型): 该 6 比特数据字段用来指示数据业务分量的类型。定义如下:

b₁₃ b₈

- 0 0 0 0 0 0: 未详细说明的数据;
 - 0 0 0 0 0 1: 交通讯息通道 (TMC);
 - 0 0 0 0 1 0: 紧急报警系统 (EWS)
 - 0 0 0 0 1 1: 交互式图文传输系统 (ITTS);
 - 0 0 0 1 0 0: 寻呼信息;
 - 0 0 0 1 0 1: 透明数据通道;
 - 0 1 1 0 0 0: MPEG-2 传输流;
 - 1 1 1 0 1 1: 嵌入 IP 包;
 - 1 1 1 1 0 0: 多媒体传输协议;
 - 1 1 1 1 0 1: 私有业务, 不显示 DSCTy;
- 其它类型保留。

对于 FIDC (TMI_d=10), 只允许有和 FIG 类型 5 传输内容相关的信息 (见 8.2)。

- FIDCId(快速信息数据信道识别符): 该 6 比特数据字段用来识别在 FIDC 中传送的业务分量。其组成见图 25, TCId 和扩展数据字段的描述见 5.2.2.3。

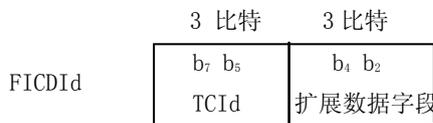


图25 FIDCId 的结构

- SCId(业务分量识别符): 该 12 比特数据字段专门用来唯一识别总成信号中的业务分量。

6.3.2 包模式中的业务分量 (有或者没有 CA)

FIG类型0的扩展类型3(FIG 0/3)给出了包模式中关于业务分量描述的附加信息。其结构见图26。

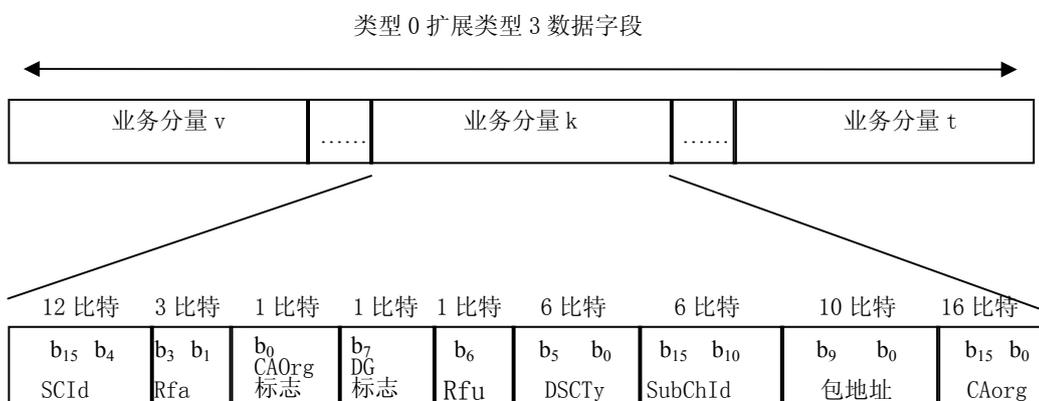


图26 在包模式中的业务分量信息数据字段的结构

相关定义如下:

SCId(业务分量识别符): 见 6.3.1。

Rfa: 这 3 比特保留为将来扩展用。在它们被定义前, 都设置为零。

CAOrg 标志: 该 1 比特标志用来表示是否存在 CAArg 数据字段, 如下:

0: CAArg 数据字段不存在;

1: CAArg 数据字段存在。

DG标志: 该1比特标志表示业务分量是否采用数据组的形式传输, 如下:

0: 该业务分量使用数据组传输;

1: 该业务分量没有使用数据组传输。

Rfu: 这 1 比特将被保留作为 DSCTy 数据字段将来使用。目前该 Rfu 比特将被置为零。

DSCTy (数据业务分量类型): 见 6.3.1。

SubChId(子信道识别符): 见 6.3.1。

包地址: 这 10 比特数据字段定义传输该业务分量的包地址。

CAOrg(CA 组织): 这 16 比特数据字段应该包含使用的 CA 信息, 有待以后定义。

6.3.3 在流模式或 FIC 中使用 CA 的业务分量

FIG 类型 0 的扩展类型 4 (FIG 0/4) 给出了在流模式或 FIC 中传输的有 CA 时业务分量描述的附加信息。其结构见图 27。

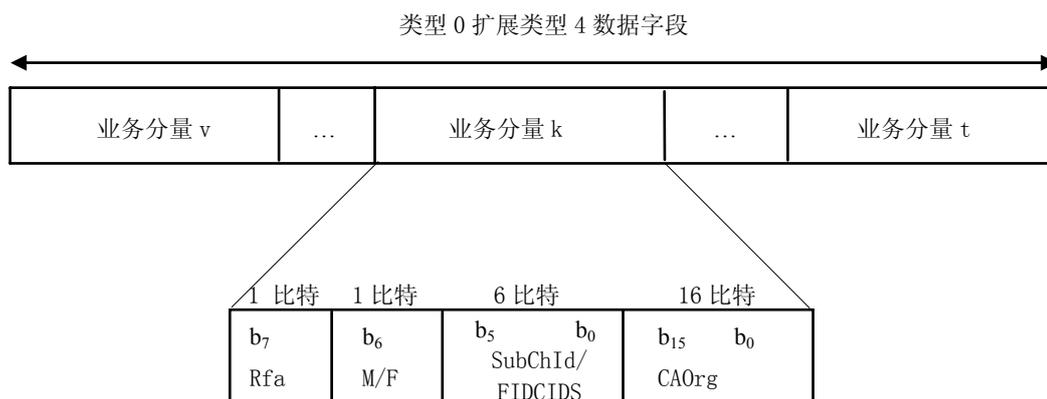


图27 在流模式或 FIC 中的业务分量数据字段的结构

相关定义如下：

Rfa: 该位保留为将来扩展用。在它被定义前, 设置为零。

M/F: 该 1 比特标志用来指示业务分量是在 MSC 中传输还是在 FIC 中传输, 并指示是使用 SubChId 或 FIDCId 识别业务分量, 定义如下:

0: MSC 和 SubChId

1: FIC 和 FIDCId

SubChId(子信道识别符): 见 6.3.1。

FIDCId(快速信息数据信道识别符): 见 6.3.1。

CAOrg(CA 组织): 见 6.3.1。

6.3.4 业务分量“联系(hooks)”

对与将来与 SI 有关的业务分量, 表 9 给出了一种在特定传输机制下面如何识别业务分量的方法, 在 6.3.1 条已经给出了这些识别符的描述。

表9 业务分量识别符

| 传输机制 | 业务分量识别符 |
|------------|---------|
| 流模式中的音频或数据 | SubChId |
| FIDC | FIDCId |
| 包中的数据 | SCId |

6.3.5 业务分量的总体定义

FIG 类型 0 的扩展类型 8 (FIG 0/8) 定义了把业务分量描述链接到一起的信息, 即在该总成信号中有效的业务分量描述与在其它一些总成信号中有效的业务分量描述之间的联系。图 28 表示了其结构。

相关定义如下:

SIId(业务识别符): 标志业务的 16 或 32 比特数据字段, 其长度由 P/D 标志确定 (见 5.2.2.1)。

Ext(扩充标志): 该 1 比特标志表示 8 位 Rfa 数据字段是否存在, 表示如下:

0: Rfa 数据字段不存在;

1: Rfa 数据字段存在。

Rfa: 这 3 比特将被保留作将来扩展时使用。在定义之前应都置为 ‘0’。

SCIdS(业务内的业务分量识别符): 该 4 比特数据字段用于标识业务内的业务分量。SIId 和 SCIdS 的组合提供了一个全局有效的业务分量识别符。

L/S 标志: 该 1 比特标志指示业务分量识别符是短格式, 还是长格式, 表示如下:

0: 短格式;

1: 长格式。

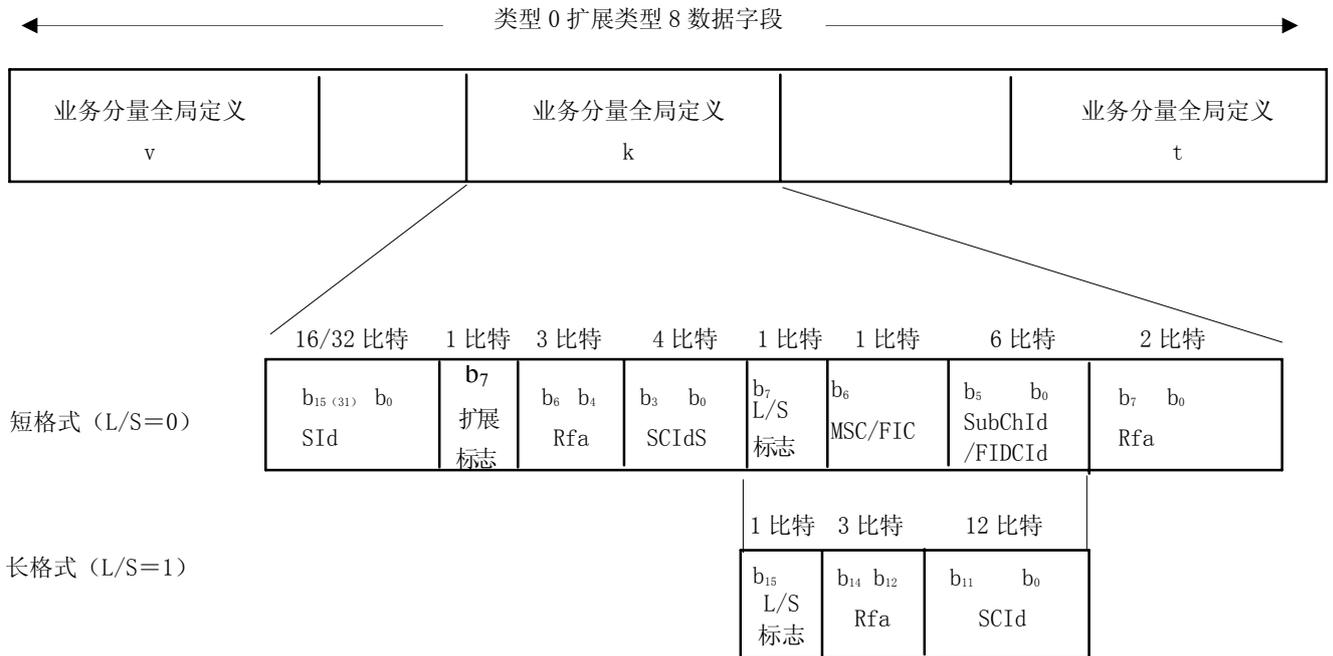


图28 业务分量全局定义字段的结构

短格式:

- MSC/FIC标志: 该1比特标志表示分量是在MSC中以流模式传输, 还是在FIC中传输, 以及接下来数据字段包含的是SubChId, 还是FIDCIId (见6.3.1), 表示如下:
0: MSC流模式, 用SubChId标识子信道;
1: FIC, 用FIDCIId标识该分量。
- SubChId (子信道识别符): 这6比特数据字段标识传送业务分量的子信道;
- FIDCIId (快速信息数据信道识别符): 这6比特标识在FIDC中传送的业务分量 (见6.3.1);

长格式:

- Rfa: 这3比特留作将来扩展时使用。在定义之前应置为 ‘0’;
- SCIId: 这12比特用来标识业务分量 (见6.3.1)。

Rfa: 这8比特留作将来扩展时使用。在定义之前应置为 ‘0’ 。

6.4 总成信号信息

总成信号信息包含 SI 和在当前总成信号中包含的所有业务共有的控制机制。它专门提供一个警报标志和 CIF 计数器 (每 24ms 增加 1) 用于复用重新配置的管理。下面列出复用重新配置的三种层次:

- a) 仅仅改变子信道组成 (见 6.2);
- b) 仅仅改变业务组成 (见 6.3);
- c) 子信道和业务组成都改变。

总成信号信息是在 FIG 类型 0 扩展类型 0 (FIG 0/0) 中编码传输的, 如图 29 所示。

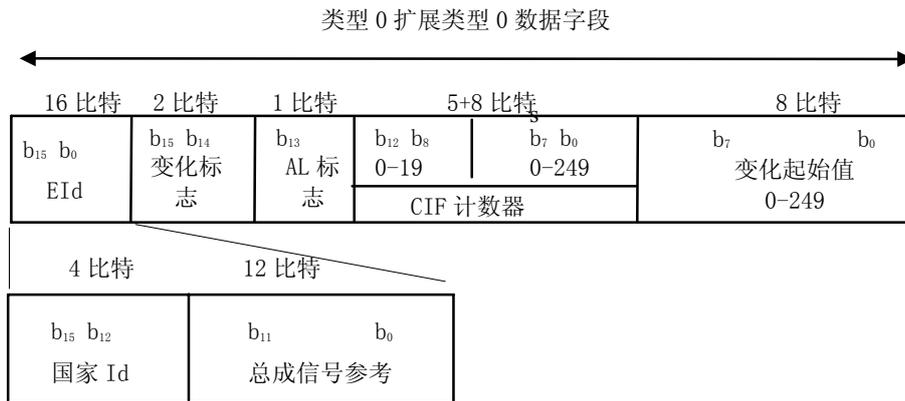


图29 总成信号信息字段的结构

相关定义如下：

EId (总成信号识别符)：一个唯一分配给总成信号的 16 比特标志，与总成信号 ECC 一起使用来唯一确定总成信号（见 8.1.3）。

— 国家Id：见6.3.1。

— 总成信号参考：这12比特表示在一个国家内分配使用的总成信号。

变化标志：这 2 比特用来指示子信道或业务组成以及两者同时变化情况，定义如下：

$b_{15} \ b_{14}$

0 0：没有变化，不存在变化数据字段；

0 1：仅子信道组成发生变化；

1 0：仅业务组成发生变化；

1 1：子信道组成和业务组成都发生变化。

AL 标志 (报警标志)：该 1 比特标志用来表示总成信号内是否有报警信息，如下：

0：没有报警信息；

1：有报警信息。

报警通告中断当前总成信号中传输的节目业务的接收，显示报警消息（见 8.1.6.1）。

CIF 计数器：这个对 5000 取模的二进制计数器被分为两部分，并在每个连续的 CIF 处增加 1，较高位部分为模 20 计数器（0-19），较低位部分为模 250 计数器（0-249）。

变化起始值：这 8 比特用来表示开始使用新配置的 CIF 计数器的较低部分的起始值。

注：在任何一个96ms周期内，FIG0/0应当在固定的时间位置处传输。在传输模式I中，96ms周期对应一个包含4个CIF的传输帧，其中每个CIF有3个FIB，FIG0/0应在第1个CIF的第1个FIB中传输（见5.1）；在传输模式II、III中，96ms周期对应4个分别包含1个CIF的传输帧，FIG0/0应在第1个传输帧的第1个FIB中传输；在传输模式IV中，96ms周期对应2个分别包含2个CIF的传输帧，其中每个CIF有3个FIB，FIG0/0应在第1个传输帧的第1个FIB中传输。

6.5 复用重新配置

总成信号信息（见 6.4）提供了一种在保证业务连续性的前提下动态改变复用配置的机制。这种机制下，复用重新配置可以通过在传输当前MCI信息的同时提前传输下一配置的MCI相关部分的方式实现。这里提到的MCI相关部分，在子信道重新配置时，指的是FIG 0/1。对于采用附加FEC的包模式的子信道时指的是FIG 0/14；在业务组织结构重新配置时，指的是FIG 0/2、FIG 0/3、FIG 0/4和FIG 0/8。此时，每个对应的MCI消息都包含一个C/N标志，用于表示其传输的信息适用于当前还是下一复用配置（见 5.2.2）。

业务连续性要求传输重新配置生效的确切时间。两个CIF之间的时间边界可以用来达到此目的。每一个CIF都可以由CIF计数器值寻址。包含CIF计数器低位部分的变化起始值就是用来表示重新配置生

效的时间。它允许复用重新配置在所要求的最多提前六秒发送下一配置信息。一个复用配置应该在至少六秒内保持稳定（250CIFs）。

注：希望在变化发生之前，新配置的MCI，在这个六秒期间至少发送三次。

一个复用重新配置要求对影响子信道定义的相关部分仔细调整。这些部分包括源音频/数据比特率和卷积编码/解码。这些部分的任何变化地时序只能相对于逻辑帧定义。逻辑帧计数可由 CIF 计数得出（见 5.3），所以这有助于调整这些变量之间的联系。

总之，无论什么时间，一个复用重新配置发生在一个给定的 CIF 计数 n （即新配置从这时有效），而由此引起的子信道的相关变化应该从逻辑帧计数器对应的逻辑帧开始。对这个规则仅有一个例外：如果要从 CIF 帧计数器为 n 时减少子信道内 CU 的个数，那么这个子信道所有相关的变化在 CIF 帧计数器（以逻辑帧为准）为 $n-15$ 时出现，亦即提前 15 个 24ms 数据簇。这是时间交织过程的结果，详见第 12 章。

附录D给出了与复用重新配置有关的辅助信息。

7 音频编码

用于高质量音频信号的编码技术是基于人类的声音感觉特性，利用了人耳的频域和时域掩蔽效应。这种技术使每个单声道的比特率从 768kbps 减少至 100kbps 左右，对任何重要的信源素材，都能保持数字演播室的主观质量。

从下面的图 30 中所示的地面数字音频广播音频编码器的框图中可以看出音频编码方案的基本功能。音频编码的主要技术指标，如：音频模式、比特率和音频帧长度在附录 A.2 中给出；输入音频信号的技术指标在附录 A.1 中给出。

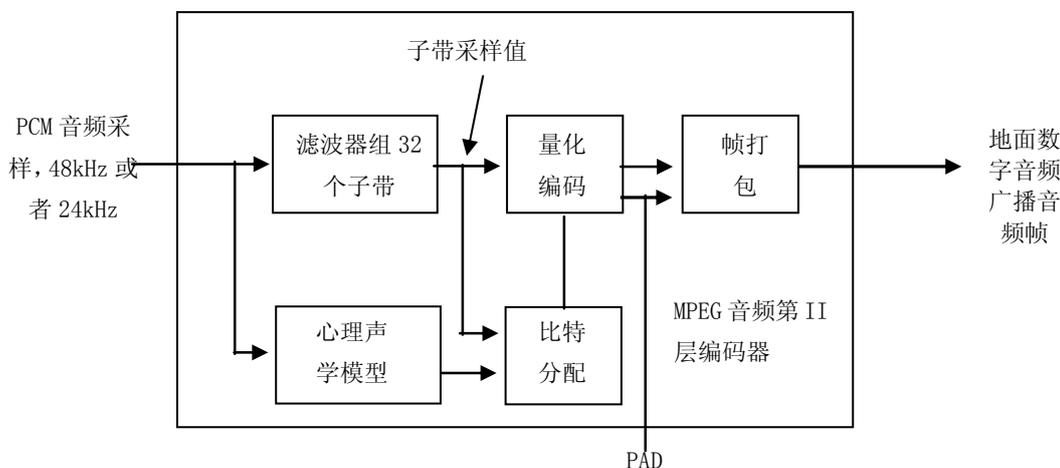


图30 地面数字音频广播音频编码器的简化框图

输入的 PCM 音频采样送入音频编码器。经过滤波器组滤波和亚采样后的输入音频信号称为子带采样值。人耳的心理声学模型应该产生的数据组控制量化和编码。根据编码器的实际实现，这些数据可以不同。掩蔽门限的估计可作为量化控制数据。量化和编码模块从子带采样值得出一个编码符号的集合。帧打包模块将前面模块输出的音频比特流与附加的其它信息组合，这些附加信息包括帧头信息、误码检测用的 CRC 字以及与编码音频信号紧密相关的节目相关数据（PAD）。对于 48kHz 的采样频率，其音频帧对应的音频持续时间为 24ms，并符合 GB/T 17191.3 层 II 格式。音频帧映射到逻辑帧结构的方法是使地面数字音频广播音频帧的第一个比特对应于逻辑帧的第一个比特。对于 24kHz 采样频率，其音频帧对应的音频持续时间 48ms，并符合 GB/T 17975.3 层 II LSF 格式，地面数字音频广播音频帧和逻辑帧的映射关系是该音频帧的第一个比特对应了逻辑帧计数为奇数或者偶数的逻辑帧的第一个比特。然后按照符合 7.3 中音频比特流语法的音频帧结构对音频帧进行格式化。

图 31 给出了接收机中解码器的简化框图，它接受以 7.3.2 中所规定语法格式描述的地面数字音频

广播音频帧信息，由于这些信息是 7.3.1 中所定义的 MPEG 音频层 II 比特流语法的一个兼容的子集，所以可以使用 MPEG 音频层 II 解码器。音频解码器将送进来的地面数字音频广播音频帧解包成各种信息元素，重建模块将它们重建成量化的子带采样值。一个综合滤波器组将这些子带采样值变换成数字 PCM 音频信号。这些音频信号在采样频率为 48kHz 时应符合 GB/T 17191.3 的规定，在采样频率为 24kHz 时应符合 GB/T 17975.3 的规定，见附录 B。

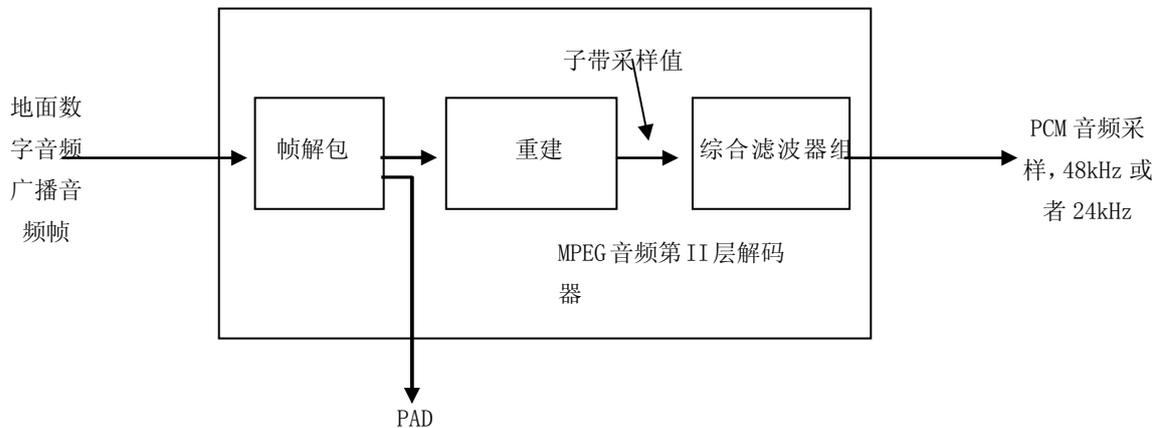


图31 地面数字音频广播音频解码器简化框图

7.1 音频编码

地面数字音频广播系统的源编码器在 MPEG 音频第 II 层的基础上限制了某些参量，增加了一些抗传输误码的保护。国家标准中仅对音频比特流，而不是对编码器和解码器作了定义。在以下条目中，将描述编码技术的规范部分和建议部分。下面给出一个完整可用的编码器的例子，其流程图如图 32 所示。

地面数字音频广播源编码算法是以感觉编码技术为基础的。这种音频编码技术的六个主要部分如下：

- a) 分析子带滤波器(见 7.1.1 和附录 C.1)；
- b) 比例因子计算(见 7.1.2 至 7.1.4)；
- c) 心理声学模型(见 7.1.5 和附录 C.2)；
- d) 比特分配过程(见 7.1.6 和附录 C.3)；
- e) 量化和编码(见 7.1.7 和 7.1.8)；
- f) 比特流格式器(见 7.1.9)。

7.1.1 分析子带滤波器

一个分析滤波器将采样频率为 f_s 的宽带音频信号分成 32 个等频宽的子带，每个子带的采样频率均为 $f_s/32$ 。这个滤波器称为多相分析滤波器组，属于临界采样(即在子带域与时域一样多的采样值)。在附录 C.1 中给出了分析子带滤波器组的详细描述，包括所用公式、系数和流程。

编码算法提供的频响最低至 0Hz。在实际应用中并不需要，所以在编码器的音频输入端加入高通滤波器。高通滤波器的作用是避免在最低的子带仍然使用不必要的高比特率，从而提高整个音频的质量。其截止频率设计在 2 至 10Hz 范围内。

7.1.2 比例因子计算

在每个子带中，每 36 个采样值分为一组。在量化之前，对滤波器组的输出采样值进行归一化处理。每个子带中的比例因子(ScF)按每 12 个子带采样值计算。要确定这 12 个采样值的绝对值的最大值。然后再从表 10 比例因子列中找出大于这个最大值的最小值作为这 12 子带采样值的比例因子。

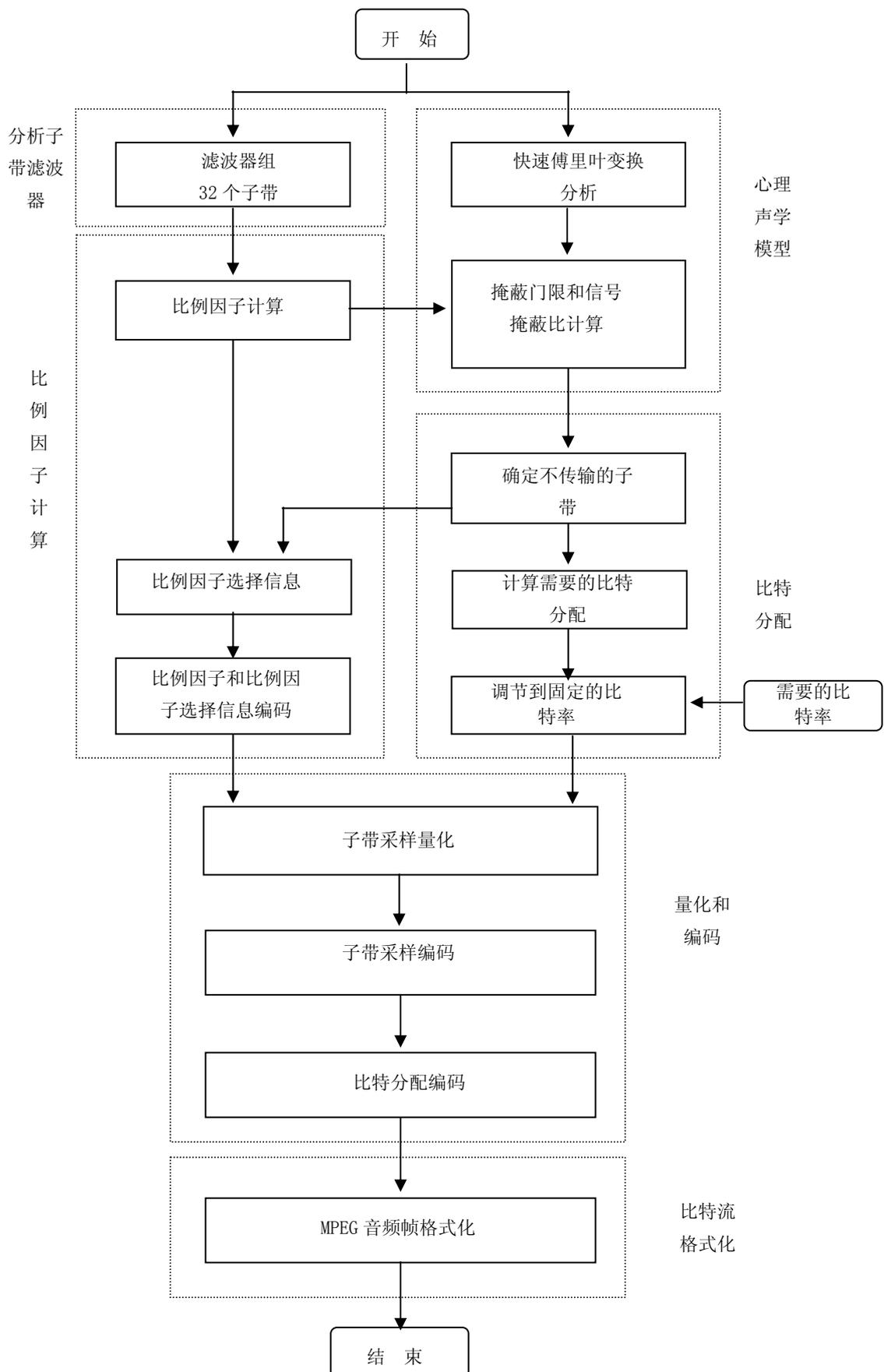


图32 MPEG 音频第 II 层编码器的流程图

表10 比例因子

| 索引iscf | 比例因子ScF | 索引iscf | 比例因子ScF |
|--------|------------------|--------|------------------|
| 0 | 2.00000000000000 | 32 | 0.00123039165029 |
| 1 | 1.58740105196820 | 33 | 0.00097656250000 |
| 2 | 1.25992104989487 | 34 | 0.00077509816991 |
| 3 | 1.00000000000000 | 35 | 0.00061519582514 |
| 4 | 0.79370052598410 | 36 | 0.00048828125000 |
| 5 | 0.62996052494744 | 37 | 0.00038754908495 |
| 6 | 0.50000000000000 | 38 | 0.00030759791257 |
| 7 | 0.39685026299205 | 39 | 0.00024414062500 |
| 8 | 0.31498026247372 | 40 | 0.00019377454248 |
| 9 | 0.25000000000000 | 41 | 0.00015379895629 |
| 10 | 0.19842513149602 | 42 | 0.00012207031250 |
| 11 | 0.15749013123686 | 43 | 0.00009688727124 |
| 12 | 0.12500000000000 | 44 | 0.00007689947814 |
| 13 | 0.09921256574801 | 45 | 0.00006103515625 |
| 14 | 0.07874506561843 | 46 | 0.00004844363562 |
| 15 | 0.06250000000000 | 47 | 0.00003844973907 |
| 16 | 0.04960628287401 | 48 | 0.00003051757813 |
| 17 | 0.03937253280921 | 49 | 0.00002422181781 |
| 18 | 0.03125000000000 | 50 | 0.00001922486954 |
| 19 | 0.02480314143700 | 51 | 0.00001525878906 |
| 20 | 0.01968626640461 | 52 | 0.00001211090890 |
| 21 | 0.01562500000000 | 53 | 0.00000961243477 |
| 22 | 0.01240157071850 | 54 | 0.00000762939453 |
| 23 | 0.00984313320230 | 55 | 0.00000605545445 |
| 24 | 0.00781250000000 | 56 | 0.00000480621738 |
| 25 | 0.00620078535925 | 57 | 0.00000381469727 |
| 26 | 0.00492156660115 | 58 | 0.00000302772723 |
| 27 | 0.00390625000000 | 59 | 0.00000240310869 |
| 28 | 0.00310039267963 | 60 | 0.00000190734863 |
| 29 | 0.00246078330058 | 61 | 0.00000151386361 |
| 30 | 0.00195312500000 | 62 | 0.00000120155435 |
| 31 | 0.00155019633981 | | |

7.1.3 比例因子编码

本条部分是建议性、规范性的。在表10中的索引‘iscf’可用MSb优先的六比特二进制数表示。只传输分配有非零个比特的子带的比例因子。

每一个地面数字音频广播音频帧对应于36个子带采样值，因此，在每个子带中包含3个比例因子。但有一部分可以不传输。本条介绍哪些比例因子应该传输，以及怎样进行编码。

依次索引 iscf1、iscf2 和 iscf3 的 3 个比例因子两两之差 dscf1 和 dscf2 按如下方法计算：

$$dscf_1 = iscf_1 - iscf_2$$

$$dscf_2 = iscf_2 - iscf_3$$

定义了五个级别的比例因子的差值。见表 11。

表11 比例因子的不同级别

| 级别 | dscf |
|----|---------------|
| 1 | dscf ≤ -3 |
| 2 | -3 < dscf < 0 |
| 3 | dscf = 0 |
| 4 | 0 < dscf < 3 |
| 5 | dscf ≥ 3 |

表 12 的使用就基于这种差值级别对。对每一个差值级别对，实际的比例因子传输模式和实际比例因子选择信息 (ScFSI) 由表 12 决定。

表12 比例因子传送模式

| 级别 1 | 级别 2 | 用在编码器中的比例因子 | 传输模式 | 比例因子选择信息 (ScFSI) | 码 |
|------|------|-------------|-------|------------------|----|
| 1 | 1 | 1 2 3 | 1 2 3 | 0 | 00 |
| 1 | 2 | 1 2 2 | 1 2 | 3 | 11 |
| 1 | 3 | 1 2 2 | 1 2 | 3 | 11 |
| 1 | 4 | 1 3 3 | 1 3 | 3 | 11 |
| 1 | 5 | 1 2 3 | 1 2 3 | 0 | 00 |
| 2 | 1 | 1 1 3 | 1 3 | 1 | 01 |
| 2 | 2 | 1 1 1 | 1 | 2 | 10 |
| 2 | 3 | 1 1 1 | 1 | 2 | 10 |
| 2 | 4 | 4 4 4 | 4 | 2 | 10 |
| 2 | 5 | 1 1 3 | 1 3 | 1 | 01 |
| 3 | 1 | 1 1 1 | 1 | 2 | 10 |
| 3 | 2 | 1 1 1 | 1 | 2 | 10 |
| 3 | 3 | 1 1 1 | 1 | 2 | 10 |
| 3 | 4 | 3 3 3 | 3 | 2 | 10 |
| 3 | 5 | 1 1 3 | 1 3 | 1 | 01 |
| 4 | 1 | 2 2 2 | 2 | 2 | 10 |
| 4 | 2 | 2 2 2 | 2 | 2 | 10 |
| 4 | 3 | 2 2 2 | 2 | 2 | 10 |
| 4 | 4 | 3 3 3 | 3 | 2 | 10 |
| 4 | 5 | 1 2 3 | 1 2 3 | 0 | 00 |
| 5 | 1 | 1 2 3 | 1 2 3 | 0 | 00 |
| 5 | 2 | 1 2 2 | 1 2 | 3 | 11 |
| 5 | 3 | 1 2 2 | 1 2 | 3 | 11 |
| 5 | 4 | 1 3 3 | 1 3 | 3 | 11 |
| 5 | 5 | 1 2 3 | 1 2 3 | 0 | 00 |

在传送模式中所指示的各项，只传输表12中‘传输模式’所表征的比例因子。‘1’、‘2’或‘3’分别表示音频帧中传输的第一个，第二个或者第三个比例因子。‘4’表示传输三个比例因子的最大值。如果两个或三个比例因子相同，在一个音频帧的某个子带中，并不传输所有的比例因子。在每个子带中描述比例因子数量和位置的信息叫做‘比例因子选择信息’ (ScFSI)。

7.1.4 比例因子选择信息的编码

ScFSI以两位无符号二进制数表示, MSb优先, 它可由表12中找到, 它给出了比例因子传输模式。仅传输有非零比特分配的子带的比例因子选择信息。

7.1.5 心理声学模型

心理声学模型是用来计算在滤波器组中每个子带的最小可辨的噪声电平。在比特分配流程中, 噪声电平用来确定每个子带的实际量化。对每个子带, 模型最后输出的是一个信号掩蔽比(SMR)。为提高编码效率, 推荐使用具有合适频率分析的心理声学模型。在附录C.2中给出了一个参考心理声学模型的例子。

7.1.6 比特分配

本条给出了一个比特分配流程。各个子带的子带采样的比特分配有不同的方法。在附录C.3中描述了比特分配流程的一个参考模型。这种比特分配流程所用的原理是在所使用位数不超过地面数字音频广播音频帧的可用位数的约束条件下使整个音频帧的总噪声掩蔽比最小。比特分配流程应该考虑滤波器组的输出采样值和心理声学模型的信号掩蔽比(SMR)两个方面。并且, 为了同时满足比特率和掩蔽两方面的要求, 为每个子带中的每个采样分配若干比特。在低比特率情况下, 当掩蔽门限得出的要求不能满足, 比特分配流程须尝试以对心理声学无损伤的方式在子带中进行位调剂。

确定每个子带信号应该分配多少比特后, 应用这个结果来对子带采样值、ScFSI和ScFs进行编码。每个子带只允许在限定的量化阶数内。

在采样频率为48kHz的情况下, 表13和表14指出了用于子带采样值量化的量化阶数。表13适用于比特率为56kbps至192kbps的单声道模式; 以及比特率为112kbps到384kbps的所有其它音频模式。没有分配比特的最低子带的数目, 叫做‘sblimit’, 等于27, 每个音频帧比特分配所用的总比特数由‘nba1’的和决定。假设‘sblimit’等于27, 则在单声道模式, ‘nba1’的和等于88; 而对双声道或立体声模式, ‘nba1’的和则等于176。如果使用联合立体声模式, 这个数就要小一点。表14适用于比特率为32kbps和48kbps的单声道模式, 以及比特率为64kbps和96kbps的所有其他音频模式。在这种情况下, ‘sblimit’等于8, 并且每个音频帧比特分配所用的比特总数, 即‘nba1’的和, 对于单信道模式来说等于26, 对于双声道或立体声模式, ‘nba1’的比特总数等于52。如果使用具有模式扩展‘00’的联合立体声模式则该总数是40。

在采样频率为24kHz的情况下, 表15指出了用于量子化子带采样值的每个子带的量化阶数。不同于采样频率为48kHz的情况, 表15用于所有的比特率, 这些比特率应符合MPEG-2音频层II GB/T 17975.3对低采样频率编码的规定, 其范围为8kbps至160kbps, 与音频模式无关。

没有分配比特的最低子带数目叫作‘sblimit’, 等于30, 用于每个音频帧比特分配的总比特数由‘nba1’的和所决定。对于单信道模式, ‘nba1’的总数等于75, 而对于双信道或立体声模式, ‘nba1’的总数等于150。如果使用联合立体声模式, 则这个数就要小一些。

为表示这些量子化子带采样值所需的比特数可以从表17的最后两列中得出。

7.1.7 比特分配编码

为了增加编码效率, 只允许有限的可能的量化。从一个子带(在表13到15中用‘sb’表示)到另一个子带, 这个数目和量化可以不同。只传输那些在表13到15中和字长‘nba1’一起给出的索引(这取决于传输比特率和音频模式), MSb优先。

表13 用于采样频率为 48kHz 的每个子带比特分配和可能的量化

| 比特率: 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160 和 192kbps (单声道模式) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---------|---|---|-------|----|----|-----|-------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 比特率: 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320 和 384kbps (所有其他音频模式) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 索引—> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Sb | Nbal | nlevels | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 4 | - | 3 | 7 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 16383 | 32767 | 65535 |
| 1 | 4 | - | 3 | 7 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 16383 | 32767 | 65535 |
| 2 | 4 | - | 3 | 7 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 16383 | 32767 | 65535 |
| 3 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 4 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 5 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 6 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 7 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 8 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 9 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 10 | 4 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 63 | 127 | 255 | 511 | 1023 | 2047 | 4095 | 8191 | 65535 |
| 11 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 12 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 13 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 14 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 15 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 16 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 17 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 18 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 19 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 20 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 21 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 22 | 3 | - | 3 | 5 | 7 | 9 | 15 | 31 | 65535 | | | | | | | | |
| 23 | 2 | - | 3 | 5 | 65535 | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 2 | - | 3 | 5 | 65535 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 2 | - | 3 | 5 | 65535 | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 2 | - | 3 | 5 | 65535 | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | | |

表14 用于采样频率为 48kHz 的每个子带的比特分配和可能的量化

| 比特率：32 和 48kbps（单声道模式） | | |
|---------------------------|------|--|
| 比特率：64 和 96kbps（所有其他音频模式） | | |
| 索引→ | | |
| | | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 |
| sb | nbal | nlevels |
| 0 | 4 | - 3 5 9 15 31 63 127 255 511 1023 2047 4095 8191 16383 32767 |
| 1 | 4 | - 3 5 9 15 31 63 127 255 511 1023 2047 4095 8191 16383 32767 |
| 2 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 3 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 4 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 5 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 6 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 7 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 8 | 0 | - |
| 9 | 0 | - |
| 10 | 0 | - |
| 11 | 0 | - |
| 12 | 0 | - |
| 13 | 0 | - |
| 14 | 0 | - |
| 15 | 0 | - |
| 16 | 0 | - |
| 17 | 0 | - |
| 18 | 0 | - |
| 19 | 0 | - |
| 20 | 0 | - |
| 21 | 0 | - |
| 22 | 0 | - |
| 23 | 0 | - |
| 24 | 0 | - |
| 25 | 0 | - |
| 26 | 0 | - |
| 27 | 0 | - |
| 28 | 0 | - |
| 29 | 0 | - |
| 30 | 0 | - |
| 31 | 0 | - |

表15 用于采样频率为 24kHz 的每个子带的比特分配和可能的量化

| 比特率: 8, 16, 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160kbps (所有音频模式) | | |
|--|------|--|
| 索引→ | | |
| | | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 |
| sb | nbal | nlevels |
| 0 | 4 | - 3 5 7 9 15 31 63 127 255 511 1023 2047 4095 8191 16383 |
| 1 | 4 | - 3 5 7 9 15 31 63 127 255 511 1023 2047 4095 8191 16383 |
| 2 | 4 | - 3 5 7 9 15 31 63 127 255 511 1023 2047 4095 8191 16383 |
| 3 | 4 | - 3 5 7 9 15 31 63 127 255 511 1023 2047 4095 8191 16383 |
| 4 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 5 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 6 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 7 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 8 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 9 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 10 | 3 | - 3 5 9 15 31 63 127 |
| 11 | 2 | - 3 5 9 |
| 12 | 2 | - 3 5 9 |
| 13 | 2 | - 3 5 9 |
| 14 | 2 | - 3 5 9 |
| 15 | 2 | - 3 5 9 |
| 16 | 2 | - 3 5 9 |
| 17 | 2 | - 3 5 9 |
| 18 | 2 | - 3 5 9 |
| 19 | 2 | - 3 5 9 |
| 20 | 2 | - 3 5 9 |
| 21 | 2 | - 3 5 9 |
| 22 | 2 | - 3 5 9 |
| 23 | 2 | - 3 5 9 |
| 24 | 2 | - 3 5 9 |
| 25 | 2 | - 3 5 9 |
| 26 | 2 | - 3 5 9 |
| 27 | 2 | - 3 5 9 |
| 28 | 2 | - 3 5 9 |
| 29 | 2 | - 3 5 9 |
| 30 | 0 | - |
| 31 | 0 | - |

7.1.8 子带采样值的量化和编码

下面关于子带采样值量化处理的描述是建议性的，但子带采样值的编码应遵守规范化规则。

为进行比例处理而分为一组的12个连续子带采样值的每一个,用比例因子除它的值归一化，得到表示为X的值，然后按下面程序量化：

- 计算 $A \times X + B$;

- 取n位最高有效比特;
- MSb取反;

表16 量化系数

| 量化阶数 | A | B |
|-------|-------------|--------------|
| 3 | 0.750000000 | -0.250000000 |
| 5 | 0.625000000 | -0.375000000 |
| 7 | 0.875000000 | -0.125000000 |
| 9 | 0.562500000 | -0.437500000 |
| 15 | 0.937500000 | -0.062500000 |
| 31 | 0.968750000 | -0.031250000 |
| 63 | 0.984375000 | -0.015625000 |
| 127 | 0.992187500 | -0.007812500 |
| 255 | 0.996093750 | -0.003906250 |
| 511 | 0.998046875 | -0.001953125 |
| 1023 | 0.999023438 | -0.000976563 |
| 2047 | 0.999511719 | -0.000488281 |
| 4095 | 0.999755859 | -0.000244141 |
| 8191 | 0.999877930 | -0.000122070 |
| 16383 | 0.999938965 | -0.000061035 |
| 32767 | 0.999969482 | -0.000030518 |
| 65535 | 0.999984741 | -0.000015259 |

在表17中能够找到量化系数A和B。表17给出的每个码字的比特数n，表示编码量化阶数数所需要的比特数。MSb的取反运算是为了避免在MPEG音频中出现的全‘1’码同步字。

三个连续的子带采样值被叫做一个颗粒，在编码时一起考虑。表17给出了采样值量化的的量化阶数。在同一个表中，有的使用了颗粒，有的没有使用。如果没有要求组建颗粒，则三个采样值用三个独立的码字编码。

与量化阶数m(m=3、5或9)有关，如果要求组建颗粒，则三个连续子带采样值用一个码字编码。为这个组合的颗粒仅有一个值 v_m ，MSB优先。编码值 v_m 和颗粒的三个采样值x，y，z之间的关系是下面三式中的一个：

$$v_3=9z+3y+x \quad (v_3 \text{ 为 } 0\cdots 26)$$

$$v_5=25z+5y+x \quad (v_5 \text{ 为 } 0\cdots 124)$$

$$v_9=81z+9y+x \quad (v_9 \text{ 为 } 0\cdots 728)$$

表17 量化类型

| 量化阶数 | 分组 | 每个码字对应的采样值 | 每个码字的位数 n |
|-------|-----|------------|-----------|
| 3 | yes | 3 | 5 |
| 5 | yes | 3 | 7 |
| 7 | no | 1 | 3 |
| 9 | yes | 3 | 10 |
| 15 | no | 1 | 4 |
| 31 | no | 1 | 5 |
| 63 | no | 1 | 6 |
| 127 | no | 1 | 7 |
| 255 | no | 1 | 8 |
| 511 | no | 1 | 9 |
| 1023 | no | 1 | 10 |
| 2047 | no | 1 | 11 |
| 4095 | no | 1 | 12 |
| 8191 | no | 1 | 13 |
| 16383 | no | 1 | 14 |
| 32767 | no | 1 | 15 |
| 65535 | no | 1 | 16 |

7.1.9 音频比特流的格式化

音频编码器中的帧格式化器将比特分配、ScFSI、ScF和已量化的子带采样值与帧头信息和用于误码检测的几个编码字一起格式化成MPEG音频第II层比特流。再将比特流划分成音频帧，每帧对应1152个PCM音频采样值，在采样频率为48kHz时相当于24ms，在采样频率为24kHz时相当于48ms，图33给出了一个这样的MPEG音频第II层的帧结构和它对应的地面数字音频广播音频帧结构。

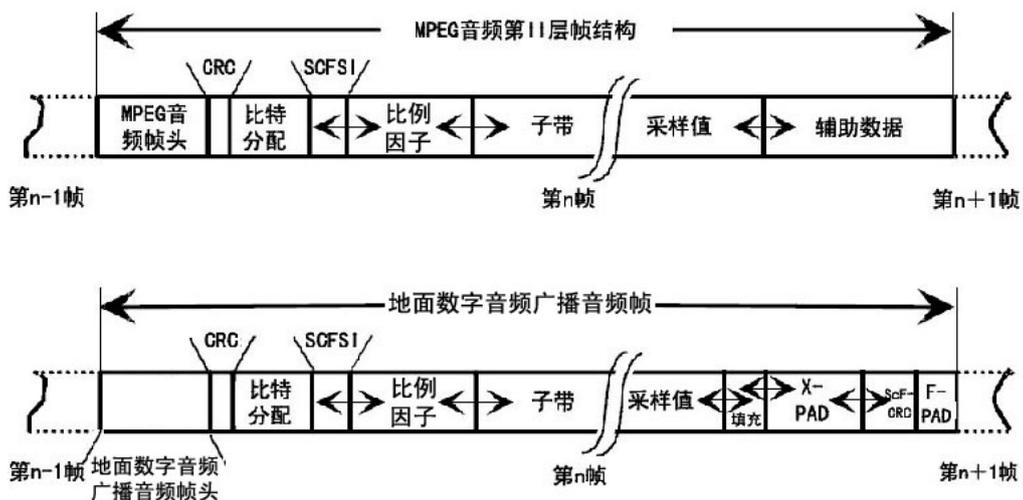


图33 MPEG 音频层 II 和相应地面数字音频广播音频帧的帧结构

每个音频帧从帧头开始，帧头由一个同步字和音频系统的有关信息组成。帧头后面的循环冗余度检查(CRC)可以保护一部分帧头信息，比特分配和ScFSI数据部分。在CRC之后是比特分配、ScFSI和比例因子。用于解码器重建PCM音频信号的字带采样值，位于MPEG音频第II层帧中辅助数据数据字段之前。可变长度的辅助数据字段位于MPEG音频第II层帧的末尾。音频帧的详细内容见7.3。

为了引入下列信息，需要修正MPEG音频第II层帧以得到地面数字音频广播音频帧：

- 专用地面数字音频广播比例因子误码检查(ScF-CRC),
- 一个固定的和可变的节目相关数据字段(F-PAD和X-PAD)。

图33下半部分指出了怎样将地面数字音频广播所需的专用附加信息插入MPEG音第II层帧的辅助数据字段中。

在使用MPEG-1音频编码时整个地面数字音频广播音频帧正好嵌入到一个地面数字音频广播逻辑帧中,然而在使用MPEG-2音频标准中定义的LSF编码时,地面数字音频广播 LSF音频帧需分成相同长度的两个子帧依次嵌入到两个相邻的地面数字音频广播逻辑帧中。

地面数字音频广播音频帧的前四个字节含有MPEG音频帧头。该帧头携带有用于音频解码器的信息。在地面数字音频广播系统中这类信息通常被定义为静态信息,它们是:

- syncword:设置音频解码器的外同步,
- Layer:设置层 II (层=层 II),
- protection_bit:打开CRC保护。

7.2 音频比特流语义

下面的章节来描述MPEG音频层 II 比特流 (见7.2.1)和它所对应的地面数字音频广播音频比特流(见7.2.2)专用术语的含义。

7.2.1 MPEG 音频层 II 比特流

7.2.1.1 音序列

地面数字音频广播音频编码系统使用了MPEG音频层 II 格式。在图33的上半部分给出了一个MPEG音频层 II 格式的音频帧的图示。

audio_frame: 比特流中可自行解码的部分。它包含1152个采样值的信息。它从一个同步字开始,并在下一个同步字之前结束。它由整数个片(slot)组成。一个片包含一个字节。

7.2.1.2 音频帧

header: 比特流中包含同步和状态信息的部分。

error_check: 比特流中用于包含重要的音频边信息误码检测信息的部分。

audio_data: 比特流中包含音频采样值信息的部分。

ancillary_data: 比特流中可用于辅助数据的部分。

7.2.1.3 音频帧头

前 32 比特位(4 个字节)是帧头信息。

syncword: 比特串位序列 ‘1111 1111 1111’。

ID (识别符): 该 1 比特标志用于识别音频编码算法,如下所示:

0: GB/T 17975.3 或针对低采样频率的 MPEG-2 音频扩展;

1: GB/T 17191.3。

Layer: 该 2 比特用于表示使用哪一层,见表 18。

表18 MPEG 音频层的指示

| 码 | 层 |
|----|----------|
| 11 | 本系统中没有使用 |
| 10 | 层 II |
| 01 | 本系统中没有使用 |
| 00 | 保留 |

protection_bit: 该1比特标志用于指示在音频比特流中是否加入了便于误码检测和隐藏的冗余度。因为在地面数字音频广播应用中加了冗余度,该比特设置为‘0’。

bit_rate_index: 表示比特率。bit_rate_index是特定比特率的索引,对于48kHz采样频率,见表19;对于24kHz采样频率,见表20。

表19 48kHz 采样时的每个音频节目的可用总比特率

| bit_rate_index | 可用比特率 |
|----------------|----------|
| 0000 | 本系统中没有使用 |
| 0001 | 32kbps |
| 0010 | 48 kbps |
| 0011 | 56 kbps |
| 0100 | 64 kbps |
| 0101 | 80 kbps |
| 0110 | 96 kbps |
| 0111 | 112 kbps |
| 1000 | 128 kbps |
| 1001 | 160 kbps |
| 1010 | 192 kbps |
| 1011 | 224 kbps |
| 1100 | 256 kbps |
| 1101 | 320 kbps |
| 1110 | 384 kbps |
| 1111 | 禁止 |

表20 24kHz 采样时的每个音频节目的可用总比特率

| bit_rate_index | 可用比特率 |
|----------------|----------|
| 0000 | 本系统中没有使用 |
| 0001 | 8 kbps |
| 0010 | 16 kbps |
| 0011 | 24 kbps |
| 0100 | 32 kbps |
| 0101 | 40 kbps |
| 0110 | 48 kbps |
| 0111 | 56 kbps |
| 1000 | 64 kbps |
| 1001 | 80 kbps |
| 1010 | 96 kbps |
| 1011 | 112 kbps |
| 1100 | 128 kbps |
| 1101 | 144 kbps |
| 1110 | 160 kbps |
| 1111 | 禁止 |

bit_rate_index 指示与音频模式（立体声、联合立体声，双声道，单声道）无关的总比特率。总比特率包括一个音频帧内的所有比特，即帧头、音频信号、PAD 和误码检测信息所需要的所有比特。

注：为了把可能的延时和复杂度减至最小，不要求解码器支持连续可变的比特率。但是，在连续的业务期间，比特率可以实时变化。对比特率变化的最小分辨率为6秒（见6.5的复用重新配置）。

在地面数字音频广播发射机内的编码器至少需支持表19和20中给出的一种比特率,但是音频解码器应能在所有这些比特率下工作。对于48kHz采样频率来说,并不是所有的总比特率和音频模式的组合都允许使用。表21给出了依据比特率可以选择的音频模式。

表21 每个声音节目的总比特率和声音模式的组合

| 总比特率 | 声音模式 |
|----------|-----------------|
| 32 kbps | 单声道 |
| 48 kbps | 单声道 |
| 56 kbps | 单声道 |
| 64 kbps | 所有模式 |
| 80 kbps | 单声道 |
| 96 kbps | 所有模式 |
| 112 kbps | 所有模式 |
| 128 kbps | 所有模式 |
| 160 kbps | 所有模式 |
| 192 kbps | 所有模式 |
| 224 kbps | 立体声, 强度立体声, 双声道 |
| 256 kbps | 立体声, 强度立体声, 双声道 |
| 320 kbps | 立体声, 强度立体声, 双声道 |
| 384 kbps | 立体声, 强度立体声, 双声道 |

sampling_frequency: 按照表22, 以ID的值表示采样频率。本系统使用‘01’值, 表示在采样频率为48kHz时, ID比特等于‘1’。采样频率为24kHz时, ID比特等于‘0’。

表22 每个 PCM 声音输入/输出信号专用采样频率

| 采样频率 | ID= ‘0’ 指定频率 | ID= ‘1’ 指定频率 |
|------|--------------|--------------|
| 00 | 本系统中没有使用 | 本系统中没有使用 |
| 01 | 24kHz | 48kHz |
| 10 | 本系统中没有使用 | 本系统中没有使用 |
| 11 | 保留为将来使用 | 保留为将来使用 |

padding_bit: 固定为‘0’。采样频率为24kHz和48kHz时, 不需要填充。

private_bit: 专用比特。在将来 MPEG 音频不使用这一比特, 并且在 MPEG 音频解码器内不解码。

mode: 按照表23表示音频模式。在第II层, 联合立体声模式为强度立体声。

表23 在声音解码器中可以选择的音频方式

| 模式 | 指定音频模式 |
|----|--------------|
| 00 | 立体声 |
| 01 | 联合立体声(强度立体声) |
| 10 | 双声道 |
| 11 | 单声道 |

在所有音频模式中, 除联合立体声外, 其边界(bound)值等于sblimit。在联合立体声模式中, 其边界值由mode_extension决定。

mode_extension: 这些比特用于联合立体声模式, 指出哪些子带是强度立体声。所有其它子带以立体声模式编码。见表24。

表24 强度立体声模式的子带, 由 mode_extension 表示

| mode_extension | 强度立体声中子带 | 范围 |
|----------------|----------|-----------|
| 00 | 4-31 | bound==4 |
| 01 | 8-31 | bound==8 |
| 10 | 12-31 | bound==12 |
| 11 | 16-31 | bound==16 |

copyright: 如果这个比特为‘0’, 则在MPEG音频比特流上没有版权; 为‘1’, 则有版权保护。

original/copy: 如果比特流是副版, 这一位为‘0’; 如果是原版, 则为‘1’。

emphasis: 表示在MPEG音频解码器中所用的去加重类型。本系统使用固定值‘00’来表示‘没有加重’。因此, 不使用预/去加重(见表25)。

表25 输入 PCM 声音信号的加重

| 预加重 | 专用预加重 |
|-----|----------|
| 00 | 没有预加重 |
| 01 | 本系统中没有使用 |
| 10 | 本系统中没有使用 |
| 11 | 本系统中没有使用 |

7.2.1.4 误码检查

crc_check: 一个16比特的奇偶校验字, 用于对已编码音频比特流内音频信息中对误码最敏感部分信息的误码检测。这部分信息包含MPEG音频帧头的第三、四个字节, 以及比特分配和比例因子选择信息(见附录B.2)。

7.2.1.5 音频数据

allocation [ch][sb]: 包含与子信道ch中的子带sb中的采样值所使用的量化器有关的信息。这些信息包括一个颗粒中的三个采样值是否组成一个码字以及用于这个采样值编码的位数。这意味着这个数据字段的含义和长度取决于子带数、比特率以及采样频率。这个数据字段的各比特所表示的无符号整数用作比特分配表13到表15中的索引值, 它给出量化过程中量化阶数‘nLevels’。对强度立体声模式的子带, 其比特流中每个子带只包含一个allocation数据元素。

scfsi [ch][sb]: 比例因子选择信息。它给出了为子信道ch中子带sb传输的比例因子数的信息以及指出这一帧中哪部分信号是有效的(见表26), 因为在每个子带中帧都分成三个均等部分, 每部分包含12个子带采样值。

表26 取决于 ScFSI 的比例因子传输

| scfsi[ch][sb] | 作用 |
|---------------|--------------------------------|
| 00 | 传送3个ScF, 依次为部分0, 1, 2 |
| 01 | 传送2个ScF, 第一个用于部分0, 1, 第二个用于部分2 |
| 10 | 仅传送1个ScF, 用于全部三个部分 |
| 11 | 传送2个ScF, 第一个用于部分0, 第二个用于部分1, 2 |

scalefactor [ch][sb][p]: 表示与子信道ch内子带sb和帧内第p部分的已重量化采样值相乘的因子, 这六比特组成的无符号整数表示比例因子, 并表示成表10中的索引值。

grouping [ch][sb]: 确定是否对子信道ch中子带sb的采样值编码使用grouping的一个函数, grouping的含义就是在子信道ch中当前子带sb的三个连续采样值组成一个使用共同码字编码传输的颗粒gr而不是使用三个独立的码字。如果在当前的比特分配表(表13到表15中的一个)中sb(第一行)和allocation[ch][sb]对应的值是3、5或9, 则grouping[ch][sb]为真。否则就是假。对强度立体声模式的子带, grouping对两个声道都有效。

samplecode [ch][sb][gr]: 子信道ch的子带sb中的颗粒gr内三个连续采样值的编码表示。对强度立体声模式的子带，samplecode的编码对两个声道都有效。

sample[ch][sb][s]: 子信道ch的子带sb中的第s个采样的编码。对强度立体声模式的子带，sample的编码对两个声道都有效。

7.2.1.6 辅助数据

ancillary_bit: 由用户定义。

在一个音频帧内，辅助信息比特的数量 (no_of_ancillary_bits) 等于可用比特的数量减去帧头实际使用的比特数和误码检查与音频数据所用的比特数量。no_of_ancillary_bits对应于一个MPEG音频第II层音频帧 (应符合GB/T 17191.3和 GB/T 17975.3的规定) 的音频数据的结尾和下一个音频帧帧头的开始之间的距离。

7.2.2 音频比特流

地面数字音频广播系统使用MPEG音频第II层格式 (应符合GB/T 17191.3和 GB/T 17975.3的规定) 格式，并增加了一些地面数字音频广播应用的专用信息。

本系统中定义的这些专用信息包括地面数字音频广播扩展节目相关数据 (X-PAD)、音频比例因子误码检查 (ScF-CRC) 和固定节目相关数据 (F-PAD) (见7.2.2.7到7.2.2.9)。

7.2.2.1 音频序列

图 34 和 35 给出了地面数字音频广播音频帧内容和结构的详细描述。

audio_frame: 比特流的一部分，可自行解码。它除了包含1152个音频采样值以外还包括所有专用地面数字音频广播音频信息 (见7.2.1.1)。

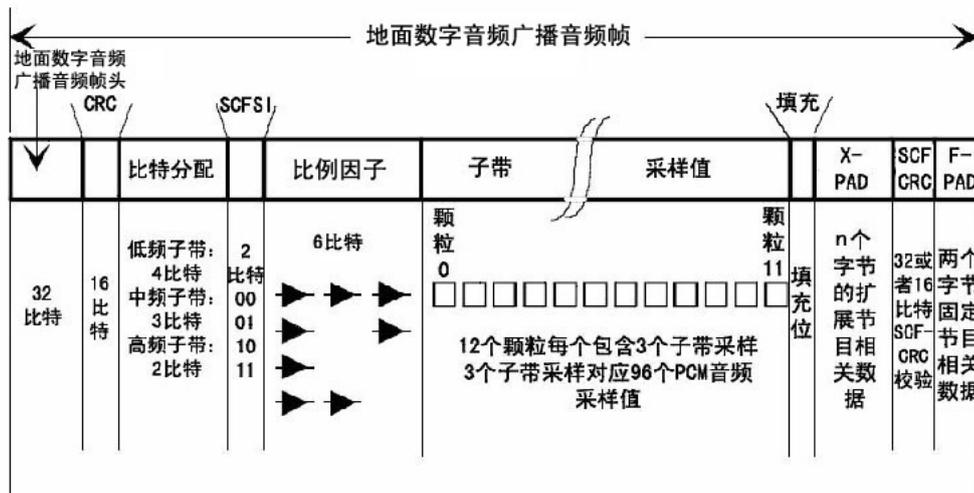


图34 地面数字音频广播音频帧的结构

编码比特流的帧结构：适用于1152个音频输入采样值（立体声模式）

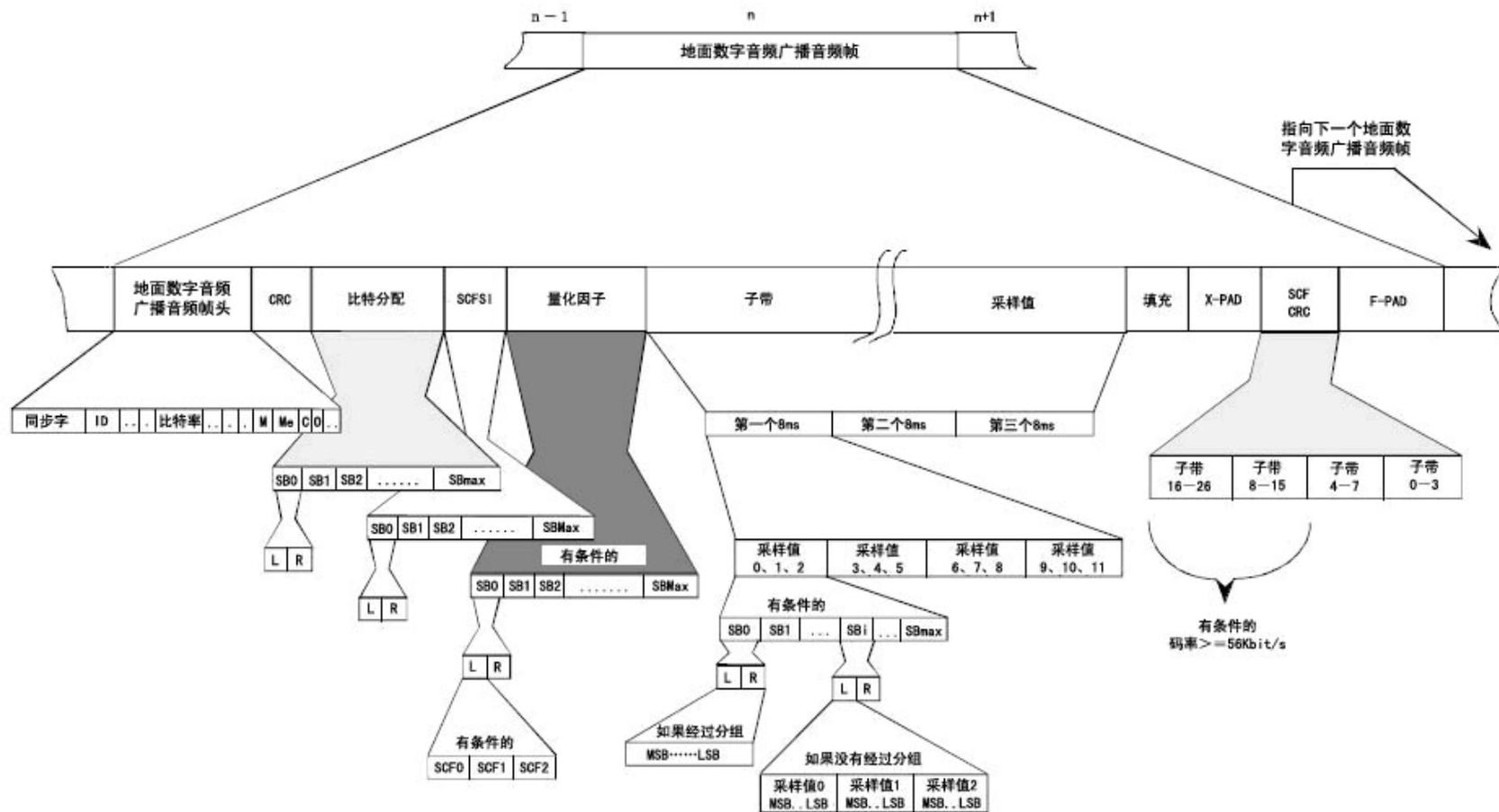


图35 地面数字音频广播音频帧结构

7.2.2.2 地面数字音频广播音频帧

audio_frame_header: 包括用于地面数字音频广播音频解码相关状态信息的比特流的一部分(前32个比特)。

error_check: 见7.2.1.2所给的定义。

audio_data: 见7.2.1.2所给的定义。

audio_stuffing_bits: 在audio_data的结尾和x_prog_ass_data的开始之间插入的填充比特数。

x_prog_ass_data: 地面数字音频广播音频帧中的可变长度的部分, 其长度为字节的整数倍, 可用于节目相关数据(PAD)。

scf_error_check: 地面数字音频广播音频帧中包含ScF误码检测信息的部分。

f_prog_ass_data: 帧的一部分, 其长度为固定的两个字节, 可用于节目相关数据(PAD)。

7.2.2.3 地面数字音频广播音频帧头

地面数字音频广播音频帧头和 MPEG 音频帧头相同。

见 7.2.1.3 对下列参量含义的描述:

- bitrate_index;
- sampling_frequency;
- padding_bit;
- private_bit;
- mode;
- mode_extension;
- copyright;
- original/copy;
- emphasis.

7.2.2.4 误码检查

定义见7.2.1.4。

7.2.2.5 音频数据

定义见7.2.1.5。

7.2.2.6 音频填充位

在采样频率为 48kHz 时, 每个地面数字音频广播音频帧中 audio_data 可用的总位数等于($\text{bit_rate} \times 0.024$) 减去 audio_frame_header()、error_check()、x_prog_ass_data()、scf_error_check() 和 f_prog_ass_data() 所占用的位数, 在采样频率为 24kHz 时, 每个地面数字音频广播音频帧中 audio_data 可用的总位数等于 ($\text{bit_rate} \times 0.048$) 减去 audio_frame_header()、error_check()、x_prog_ass_data()、scf_error_check() 和 f_prog_ass_data() 所占用的位数。而实际上 audio_data 所占用的位数可以比这个数小。在这种情况下, 在 audio_data 的结尾和 x_prog_ass_data() 的开始之间插入一些填充比特。

stuff_bit: 没有有用信息的独立位。在本系统中, 该比特没有定义。填充比特填充从 MPEG 音频第 II 层辅助数据字段的开始到 X-PAD 数据字段开始之间的空间。

7.2.2.7 扩展节目相关数据(X-PAD)

x-pad_byte [i]: X-PAD的第i个字节。X-PAD的长度由变量no_of_x-pad_bytes表示, 也就是说X-PAD数据字段的长度是字节的整数倍。7.4给出了实际值。

7.2.2.8 比例因子误码检查(ScF-CRC)

scf-crc_check[i]: 循环冗余度检查字(CRC)的第i个字。用来保护其后面的地面数字音频广播音频帧的一组子带的比例因子。CRC字的实际数量, no_of_scf_checks 取决于比特率和音频模式(见附录B.3)。在使用 GB/T 17191.3 标准时, 在编码比特流中使用两个或者四个 CRC 字保护两个或者四个不同的频谱群, 在使用 GB/T 17975.3 标准时, 在编码比特流中总是使用四个 CRC 字来保护四个

不同的频谱群。

7.2.2.9 固定节目相关数据(F-PAD)

f-pad_byte[i]: F-PAD 的第 i 个字节。固定节目相关数据(F-PAD)固定为两字节,位于地面数字音频广播音频帧最后两字节。

7.3 音频比特流句法

本条给出了音频帧的详细描述,其中包括 MPEG 音频第 II 层比特流句法(见 7.3.1)和地面数字音频广播音频比特流语法(见 7.3.2),除去音频填充位,采样频率为 48kHz 时采用的 GB/T 17191.3 第 II 层比特流语法和采样频率为 24kHz 时采用的 GB/T 17975.3 第 II 层比特流句法没有区别。图 35 给出了地面数字音频广播音频帧的详细结构。

7.3.1 GB/T 17191.3 和 GB/T 17975.3 第 II 层比特流句法

本句法在 MPEG 音频第 II 层编码器的输出端和 MPEG 音频第 II 层解码器的输入端有效。

7.3.1.1 音频序列

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|-------------------------------|-----|-----|
| audio sequence() | | |
| { | | |
| while(nextbits()==syncword){ | | |
| frame() | | |
| } | | |
| } | | |

7.3.1.2 音频帧

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|------------------|-----|-----|
| frame() | | |
| { | | |
| header() | | |
| error_check() | | |
| audio_data() | | |
| ancillary_data() | | |
| } | | |

7.3.1.3 音频帧帧头

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--------------------|-----|-------|
| header() | | |
| { | | |
| syncword | 12 | bslbf |
| ID | 1 | bslbf |
| layer | 2 | bslbf |
| protection_bit | 1 | bslbf |
| bitrate_index | 4 | bslbf |
| sampling_frequency | 2 | bslbf |
| padding_bit | 1 | bslbf |
| private_bit | 1 | bslbf |
| mode | 2 | bslbf |
| mode_extension | 2 | bslbf |
| } | | |

| | | |
|---------------|---|-------|
| copyright | 1 | bslbf |
| original/copy | 1 | bslbf |
| emphasis | 2 | bslbf |
| } | | |

7.3.1.4 误码检查

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|--------|
| error_check() { if(Protection_bit==0) crc_check } | 16 | rpchof |

7.3.1.5 音频数据

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|--|---|
| audio_data() { for(sb=0;sb<bound;sb++) for(ch=0;ch<nch;ch++) allocation[ch][sb] for(sb=bound;sb<sblimit; sb++) { allocation[0][sb] allocation[1][sb]=allocation[0][sb] } for(sb=0;sb<sblimit;sb++) for(ch=0;ch<nch;ch++) if(allocation[ch][sb]!=0) scfsi[ch][sb] for(sb=0;sb<sblimit;sb++) for(ch=0;ch<nch;ch++) if(allocation[ch][sb]!=0) { if(scfsi[ch][sb]==0) { scalefactor[ch][sb][0] scalefactor[ch][sb][1] scalefactor[ch][sb][2] } if((scfsi[ch][sb]==1) \|\| (scfsi[ch][sb]==3)) { scalefactor[ch][sb][0] scalefactor[ch][sb][2] } if(scfsi[ch][sb]==2) scalefactor[ch][sb][0] } for(gr=0;gr<12;gr++) { | 2...4 2...4 2 6 6 6 6 6 | uimsbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf |

```

for (sb=0;sb<bound;sb++)
  for (ch=0;ch<nch;ch++)
    if (allocation[ch][sb]!=0) {
      if (grouping[ch][sb])
        samplecode[ch][sb][gr]          5...10      uimsbf
      else
        for (s=0;s<3;s++)
          sample[ch][sb][3×gr+s]        3...16      uimsbf
    }
for (sb=bound;sb<sblimit;sb++)
  if (allocation[0][sb]!=0) {
    if (grouping[0][sb])
      samplecode[0][sb][gr]              5...10      uimsbf
    else
      for (s=0;s<3;s++)
        samplecode[0][sb][3×gr+s] }      3...16      uimsbf
  }
}
}

```

7.3.1.6 辅助数据

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-------|
| <pre> ancillary_data() { if ((layer==1) \|\| (layer==2)) for (b=0;b<no_of_ancillary_bits;b++) ancillary_bit } </pre> | 1 | bslbf |

7.3.2 音频比特流语法

本语法在地面数字音频广播发射机中能量扩散扰码器(见图1)的输入端有效。

7.3.2.1 音频序列

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-----|
| <pre> audio sequence() { while true { audio_frame() } } </pre> | | |

7.3.2.2 地面数字音频广播音频帧

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-----|
| <pre> audio_frame() { audio_service_sync_data() } </pre> | | |

```

header( )
error_check( )
audio_data( )
audio_stuffing_bits( )
x_prog_ass_data( )
scf_error_check( )
F_prog_ass_data( )
}

```

7.3.2.3 地面数字音频广播音频帧帧头

该音频帧帧头的定义与7.3.1.3中帧头定义相同。

7.3.2.4 误码检查

见7.3.1.4。

7.3.2.5 音频数据

见7.3.1.5。

7.3.2.6 音频填充位

在采样频率为48kHz时,即采用GB/T 17191.3标准时,以下语法有效:

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-------|
| <pre> audio_stuffing_bits() { while(bitsum<(bit_rate×0.024-no_of_x-pad_bytes×8 -2×8-no_of_scf_error_checks×8)){ stuff_bit bitsum++ } } </pre> | 1 | bslbf |

在采样频率为24kHz时,即采用GB/T 17975.3标准时,以下语法有效:

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-------|
| <pre> audio_stuffing_bits() { while(bitsum<(bit_rate×0.048-no_of_x-pad_bytes×8 -2×8-no_of_scf_error_checks×8)){ stuff_bit bitsum++ } } </pre> | 1 | bslbf |

7.3.2.7 扩展节目相关数据(PAD)

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-------|
| <pre> x_prog_ass_data() { for(i=0;i<no_of_x-pad_bytes;i++) x-pad_byte(i) } </pre> | 8 | bslbf |

7.3.2.8 比例因子误码检查

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|---|-----|--------|
| <pre>Scf_error_check() { for(i=no_of_scf_error_checks-1;i>=0;i--) scf_crc_check(i) }</pre> | 8 | rpchof |

7.3.2.9 固定节目相关数据 (F-PAD)

| 语法 | 比特数 | 助记符 |
|--|-----|-------|
| <pre>f_prog_ass-data() { for(i=0;i<2;i++) f-pad_byte(i) }</pre> | 8 | bslbf |

7.4 节目相关数据 (PAD)

每个地面数字音频广播音频帧都有一些字节包含节目相关数据 (PAD)，PAD 是同步于音频数据而且内容与音频密切相关的信息，连续音频帧中的 PAD 数据组成了 PAD 子信道。PAD 所提供的功能在附录 A.4 中描述。

PAD 数据总是位于每个地面数字音频广播音频帧的末尾，在采样频率为 48kHz 时，整个音频帧正好填充在 CIF 的 24ms 帧结构中，所以每 24ms 接收机就会收到一个新的 PAD 数据集合；而当采样频率为 24kHz 时，地面数字音频广播 LSF 音频帧分为相同长度的两部分（奇数帧和偶数帧）分别在两个连续的 CIF 中传输，所以在这种情况下，每 48ms 才收到一个新的 PAD 数据集合。

每个地面数字音频广播音频帧中都有两个字节称为固定 PAD (F-PAD) 数据字段，因此 F-PAD 的比特率取决于音频编码使用的采样频率。在采样频率为 48kHz 时，F-PAD 的比特率为 0.667kbps；而当采样频率为 24kHz 时，该比特率相应减半。F-PAD 一般用于具有强实时性的控制信息和甚低比特率数据的传输。用以传送动态标签和用户应用数据，PAD 信道容量可以通过使用扩展 PAD (X-PAD) 字段来扩展，X-PAD 字段的长度由业务提供商确定。

PAD 的使用是可选的。如果 F-PAD 中没有传输数据，则 F-PAD 字段中的所有字节都应该设为零，这同时意味着不存在 X-PAD 字段。

地面数字音频广播音频帧 N 中传输的 PAD 信息与下一帧即 N+1 帧中传输的音频相关。

当 PAD 用于双声道模式时，如果没有特别声明，则默认对应的是声道 0。

图36给出了F-PAD和X-PAD字段在地面数字音频广播音频帧中的位置：

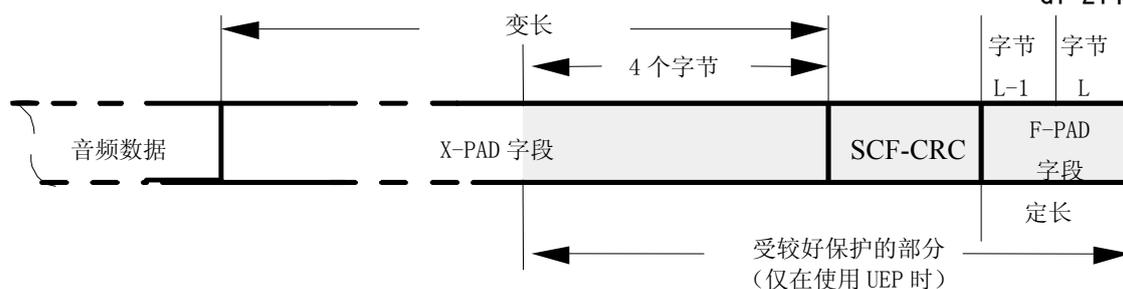


图36 PAD 数据在地面数字音频广播音频帧中的位置

两个字节的 F-PAD 数据字段位于地面数字音频广播音频帧的末尾，在比例因子 CRC (ScF-CRC) 之后，X-PAD 数据字段在 ScF-CRC 的前面，音频数据应在 X-PAD 数据字段出现前结束。

F-PAD 信道中有两位数据字段，‘X-PAD Ind’，用来表示 X-PAD 长度为如下三种可能的情况中的哪一种：

- 没有 X-PAD：只有 F-PAD，帧内在 ScF-CRC 之前的所有比特都可用于音频数据。
- 短 X-PAD：这种情况下每个地面数字音频广播音频帧中 X-PAD 的长度为 4 字节，当使用 UEP 传输时，整个 X-PAD 位于地面数字音频广播音频帧中的受较好保护的部分（即受到和 ScF-CRC 一样好的保护）。全部 PAD 总计有六个字节。
- 变长 X-PAD：在这种情况下，X-PAD 字段的长度每帧都有可能变化，当前地面数字音频广播音频帧中的 X-PAD 字段的长度可以由 X-PAD 中的内容得出，当使用 UEP 时，仅部分 X-PAD（四个字节）受到和 ScF-CRC 一样好的保护。其余的部分保护程度较低。X-PAD 信道内的应用数据可能需要进一步的误码保护。

当使用 EEP 传输时，所有字节的保护级别相同。

7.4.1 F-PAD 的编码

图 37 给出了 F-PAD 数据字段的结构。字节 L-1 中传输的是经过时间复用的单字节组信息，它们的含义分别由各自的‘F-PAD 类型’确定。在新的信息到来之前，字节 L-1 中的信息对所有后续音频帧都有效。

其他类型作为将来扩展时使用。

内部信息的编码已经超出了本标准所涉及的范围，DRC 的编码见 7.4.1.1。

F-PAD 类型 ‘10’：

- F-PAD 扩展类型：这 2 比特数据表示类型 ‘10’ 数据字段中内容的扩展类型，如下所示：

$b_5 \quad b_4$

- 0 0: 内部实时命令；
- 0 1: 音乐 / 语音指示和来源；
- 1 0: 串行命令信道（开始）；
- 1 1: 串行命令信道（继续）。

- F-PAD 扩展类型 ‘00’：内部实时命令不属于本标准涉及的范围；

- F-PAD 扩展类型 ‘01’：

- M/S（音乐 / 语音）标志：这 2 比特表示当前音频是音乐还是语音节目，如下所示：

$b_3 \quad b_2$

- 0 0: 没有明确指出是音乐还是语音节目；
- 0 1: 音乐节目；
- 1 0: 语音节目；
- 1 1: 保留作将来扩展时使用。

- Rfa: 这一位保留作将来扩展时使用，在定义之前应设为零。

- 来源：该比特传输 ISRC 信息的一个比特，此比特传输的信息按包结构方式组织。

一个包应该包含一个同步字，一个数据类型指示和一个数据字段。

按传输的先后顺序，同步字由下列 9 比特表示：‘1111 1111 0’。

数据类型指示包括 3 比特，如下所示：（同样是按照传输的先后顺序）

0 0 1: ISRC；

0 1 0: 通用商品号。

所有其他类型留作将来扩展时使用。

在数据类型为 ISRC 时，数据字段一共有 58 比特，表示 5 个字母编号（每个占 6 比特）和 7 个数字编号（每个占 4 比特）表示。

在数据类型为通用商品号时，数据字段一共有 52 比特，表示 13 比特数字编号（每个占 4 比特）。

每个字母或者数字编号在传输时都是 MSb 优先。

在 ISRC 和通用商品号同时使用时，它们的包交替传输，如果都不使用时，来源比特置为 ‘0’。

- F-PAD 扩展类型 ‘10’ 和 ‘11’：

- 串行命令字段：这四比特留作将来扩展时使用。

对于字节 L，相关定义如下：

字节 L 数据字段：该 6 比特数据字段的内容类型由字节 L 内容指示符给出，DRC 的编码见 7.4.1.1，对于内部信息已经超出了本标准所涉及的范围。

CI（内容指示符）标志：该 1 比特标志表示当前地面数字音频广播音频帧中的 X-PAD 数据字段中是否包含至少一个内容指示符（CI），如下所示：

0: 没有内容指示符；

1: 有内容指示符。

Z: 在串行通讯链路中为达到同步的目的，这一位设为 ‘0’。

7.4.1.1 动态范围控制数据

DRC 数据在上面描述的字节 L 的数据字段中传输，它用来设置接收机中一个可变增益放大器的增益，

按如下方式编码：

- b₇ b₂ DRC 信号
- 000000: 0dB;
- 000001: +0.25dB;
- 000010: +0.50dB;
- (+0.25dB 连续步进);
- 111111: +15.75dB。

当使用 DRC 时，每一个地面数字音频广播音频帧的 DRC 数据应该在前一个地面数字音频广播音频帧中传输。字节 L-1 的控制信息是时间复用的，从而允许 DRC 数据和音乐 / 语音标志的独立操作。

7.4.2 X-PAD 的结构

在 X-PAD 子信道中传输的应用数据应该按照 X-PAD 数据组的形式组织，X-PAD 数据组内容和结构在 7.4.5 中定义。

X-PAD 字段包含至少一个 X-PAD 数据子字段和可能存在的几个内容指示符。内容指示符给出了相关 X-PAD 数据子字段内传输内容的应用类型，以及变长 X-PAD 的子字段长度。FIG 0/13 中传输的用户应用信息给出了用户应用数据的应用类型。在一些特定的情况下可以省略内容指示符，X-PAD 容许的数据子字段数和内容指示符的用法等细节在后面的 7.4.2.1、7.4.2.2 和 7.4.4 中给出。

X-PAD 字段中传输的数据按照逻辑顺序定义。在传输之前需要将 X-PAD 字段中的字节顺序反过来，这个操作只是在字节一级，字节内部的比特顺序并不进行反序操作，MSb 还是应该先传输。这就意味着应用数据先于内容指示符传输，内容指示符正好在 ScF-CRC 的前面。

用户应用数据往往需要一个以上的 X-PAD 子字段来传输，因此用户应用数据可以以 X-PAD 数据组的形式传输（见 7.4.5），也可以以简单的字节流的形式传输。

图 38 和 39 给出了应用数据在 X-PAD 信道中以 X-PAD 数据组形式传输的两个例子。在第一个例子中 X-PAD 数据组包含几个 X-PAD 字段（也就是说跨越几个地面数字音频广播音频帧）。在第二个例子中 3 个 X-PAD 数据组但使用同一个 X-PAD 字段（即一个地面数字音频广播音频帧）。第一个例子用的是短 X-PAD，但同样可以使用变长 X-PAD（见 7.4.2.1 和 7.4.2.2），第二个例子用的只有变长 X-PAD（见 7.4.2.2）。

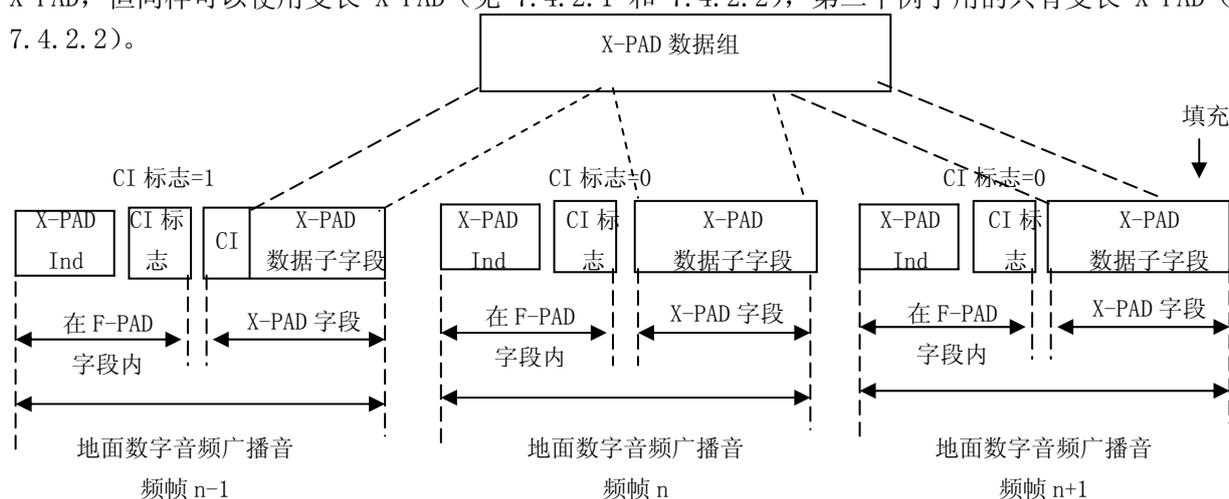


图38 一个包含在三个连续 X-PAD 字段中的 X-PAD 数据组

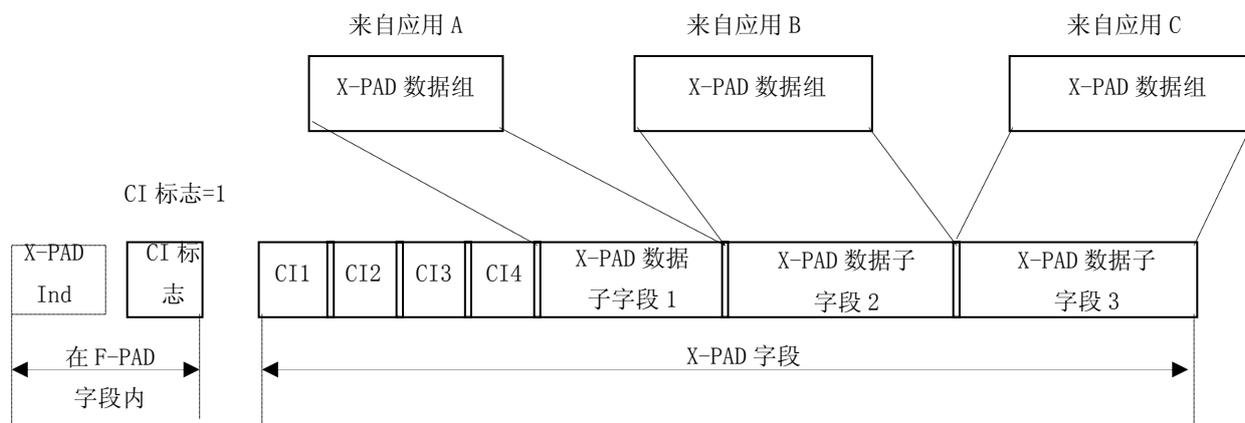


图39 三个 X-PAD 数据组在一个 X-PAD 字段中传输

X-PAD 指示符 (X-PAD Ind, 在 F-PAD 中传输) 指出是否使用 X-PAD, 如果使用, 是短 X-PAD 还是变长 X-PAD。CI 标志表示 X-PAD 字段中是否包含一个或多个内容指示符或只有应用数据。

在第一个例子中 (图 38), 需要有一个单独的内容指示符来表示 X-PAD 数据组的开始。而在第二个例子中 (图 39), 需要有 3 个内容指示符, 每个数据子字段对应一个, 另外还需增加一个内容指示符 CI4, 用于表示内容指示符表的结束 (见 7.4.3)。

注: 在图38和39中画出了信息的逻辑顺序。(如前面所说, 其传输顺序应该反过来)

当使用 X-PAD 数据组结构时, 一个 X-PAD 数据子字段可以包含一个完整的 X-PAD 数据组, 也可以只是数据组的一部分。一个 X-PAD 数据组的传输可以被另外一个不同应用 (或者动态标签) 的 X-PAD 数据组中断, 而在以后再继续传输。这可以保证即使在有的应用需要占用多个 X-PAD 字段来传输一个 X-PAD 数据组的情况下, 对实时性有严格要求的应用也可以按时插空传输。

7.4.2.1 短 X-PAD

在这种情况下 X-PAD 的长度为 4 个字节, 每个 X-PAD 字段或者由一个内容指示符和一个长度为 3 个字节的 X-PAD 数据子字段组成, 或者只有一个长度为 4 个字节的 X-PAD 数据子字段。内容指示符给出应用的类型。

在下列两种情况下应要有内容指示符:

- X-PAD 数据子字段包含 X-PAD 数据组的开始时;
- X-PAD 数据子字段中包含的内容是一个被中断了的 X-PAD 数据组或者字节流, 现在开始继续传输时。

在 4 个字节长度的 X-PAD 数据子字段所包含的内容是前面地面数字音频广播音频帧中传输的 X-PAD 数据组的后续内容时, 可以不传输内容指示符 (即同一用户应用的数据)。

如果一个 X-PAD 数据组的最后部分没有填满传输它的 X-PAD 数据子字段, 则应使用填充比特填满该 X-PAD 数据子字段, 填充比特都应该设为 '0'。

F-PAD 字段中的内容指示符标志状态说明每一个地面数字音频广播音频帧中的 X-PAD 字段是否包含内容指示符。

7.4.2.2 变长 X-PAD

在这种情况下, 每一个地面数字音频广播音频帧中的 X-PAD 字段的长度都有可能不同。

每个 X-PAD 字段或者包含一个 X-PAD 数据子字段, 或者包含几个 X-PAD 数据子字段和一个内容指示符表, 如果存在内容指示符, 那它肯定是在 X-PAD 字段开始部分 (逻辑意义上) 的内容指示符表里面。

每个 X-PAD 内容指示符都给出了相应 X-PAD 数据子字段的应用类型和数据子字段的长度。因此可以由这些 X-PAD 内容指示符得出整个 X-PAD 的长度。

一个 X-PAD 字段中最多可以有 4 个数据子字段, 在有一个以上的数据子字段时, 每个数据子字段都要有对应的内容指示符。内容指示符在内容指示符表内的顺序应该和 X-PAD 数据子字段的顺序相同,

即第一个内容指示符对应第一个数据子字段，第二个内容指示符对应第二个数据子字段，依此类推。

内容指示符的长度为 1 个字节，内容指示表的最大长度为 4 个字节，因此一个 X-PAD 字段中最多包含 4 个数据子字段。

如果内容指示符表的长度小于 4 个字节，则应该由一个应用类型 0 内容指示符作为结束符来结束内容指示符表，见 7.4.3。

在下列任一种情况下，都应该使用内容指示符表：

- 一个 X-PAD 字段中包含一个以上 X-PAD 数据子字段时；
- 一个 X-PAD 数据子字段中包含一个 X-PAD 数据组的开始时；
- 一个 X-PAD 数据子字段包含一个字节流中的数据，需要使接收终端快速同步的时间段内；
- 一个 X-PAD 数据子字段中包含一个已中断，现在又开始继续传输的 X-PAD 数据组或字节流中内容时；
- X-PAD 信道的容量改变时；
- 只有唯一一个数据子字段，但是它占不满全部 X-PAD 字段时。

如果满足下面两种情况，则内容指示符表可以略去不传：

- X-PAD 字段的长度和前一地面数字音频广播音频帧内的相同；
- X-PAD 字段由一个单独的数据子字段组成，其内容为前一地面数字音频广播音频帧中最后一个（逻辑意义上）X-PAD 数据子字段内传输的 X-PAD 数据组或字节流的后续内容时（即同一用户应用的数据）。

如果 X-PAD 数据组的最后部分不能占满传输它的数据子字段，则应使用填充比特填满该 X-PAD 数据子字段，填充比特都应置为‘0’。

F-PAD 字段中的内容指示符标志状态说明每一个地面数字音频广播音频帧中的 X-PAD 字段是否包含内容指示符。

7.4.3 应用类型

最多有 31 种应用类型。

对于那些有可能产生 X-PAD 数据组的应用，定义了两种应用类型，一个用于表示 X-PAD 数据组的开始，另外一个用于表示数据组在经过中断后的继续传输。字节流仅需要一种 X-PAD 应用类型。

应用类型 0 用作结束符，结束符用于以下 2 个目的：

- 在变长 X-PAD 中，如果内容指示符表比 4 个字节短的时候，用于结束内容指示符表；
- 用于表示 X-PAD 字段中没有包含数据；

应用类型 1 用作数据组长度指示符（见 7.4.5.1）。

应用类型 2 和 3 用于动态标签（见 7.4.5.2）。

应用类型 12 到 15 用于基于 MOT 的用户应用，为早期实现的接收机提供兼容支持，他们将不再用于其他用户应用。

不得使用应用类型 31。

所有其他应用类型（4 到 11，16 到 30）用于表示标识 X-PAD 中传输的用户应用数据，使用的应用类型和用户应用的对应关系在 FIG 0/13 中传输。表 27 给出了应用类型的使用情况。

表27 X-PAD 应用类型

| 应用类型 | 描 述 |
|---------|---------------------|
| 0 | 结束符 |
| 1 | 数据组长度指示 |
| 2 | 动态标签段, X-PAD 数据组的开始 |
| 3 | 动态标签段, X-PAD 数据组的继续 |
| 4 到 11 | 用户定义 |
| 12 | MOT, X-PAD 数据组的开始 |
| 13 | MOT, X-PAD 数据组的继续 |
| 14 | MOT, CA 消息的开始 |
| 15 | MOT, CA 消息的继续 |
| 16 到 30 | 用户定义 |
| 31 | 未使用 |

用户定义应用类型使用规则如下:

- 如用户应用使用字节流, 则该用户应用使用一个应用类型;
- 如用户应用使用 X-PAD 数据组结构, 则该用户应用使用两个连续的应用类型 (分别标识起始和继续);
- 如用户应用中使用条件接入, 则使用一个 (CA 以字节流形式实现) 或两个 (CA 以 X-PAD 数据组结构实现) 连续的附加应用类型

7.4.4 内容指示符

内容指示符的格式取决于使用的是短X-PAD还是变长X-PAD, 这两种情况分别在以下几条中描述。

7.4.4.1 短 X-PAD 中的内容指示符

在短 X-PAD 中内容指示符的结构如图 40 所示。

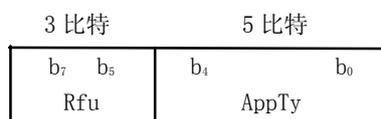


图40 短 X-PAD 中的内容指示符

相关定义如下:

Rfu: 该 3 比特数据字段保留为将来使用, 在定义之前均置为 0;

AppTy (应用类型): 该 5 比特数据字段以无符号二进制数的形式给出一个应用类型。

7.4.4.2 变长 X-PAD 中内容指示符

变长 X-PAD 所使用的内容指示符的结构如图 41 所示:

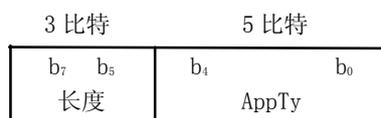


图41 变长 X-PAD 中的内容指示符

相关定义如下:

长度: 该 3 比特数据字段表示对应的 X-PAD 数据子字段的长度, 如下所示:

b₇ b₅

0 0 0: 4 个字节;

0 0 1: 6 个字节;

0 1 0: 8 个字节;

- 0 1 1: 12 个字节;
- 1 0 0: 16 个字节;
- 1 0 1: 24 个字节;
- 1 1 0: 32 个字节;
- 1 1 1: 48 个字节。

AppTy (应用类型): 该 5 比特数据字段以无符号二进制数的形式给出一个应用类型。

7.4.5 X-PAD 中的应用

本条给出了使用 X-PAD 数据组传输 MSC 数据组和动态标签段的编码细节。这时采用 CRC 进行误码检测, CRC 应该按照附录 E 中给出的过程计算, 其生成多项式如下所示:

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1.$$

CRC 字在传输前应该先求补 (1 的补码), 在每个 CRC 字的计算开始时, 状态寄存器各级的值都应初始化为 '1'。

如果 X-PAD 数据组的最后部分不能占满传输它的 X-PAD 数据子字段, 则在 CRC 后面需要添加一个或者多个值为 '0' 的填充字节。

7.4.5.1 X-PAD 中的 MSC 数据组

用户应用有可能会在 X-PAD 中传输 MSC 数据组。这种情况下传输一个 MSC 数据组需要有两个 X-PAD 数据组, 第一个 X-PAD 数据组用于表示后续 MSC 数据组的长度, 第二个 X-PAD 数据组则用来传输 MSC 数据组。

7.4.5.1.1 用于数据组长度指示的 X-PAD 数据组

这种 X-PAD 数据组用于表示后续接下来 MSC 数据组的长度, 其应用类型为类型 1。图 42 给出了该 X-PAD 数据组的结构。

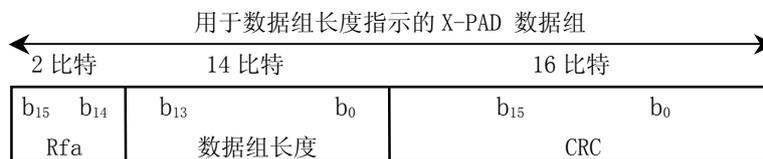


图42 用于数据组长度指示的 X-PAD 数据组结构

相关定义如下:

Rfa: 该数据字段保留待将来扩展用, 在定义之前都置为 '0'。

数据组长度: 该 14 比特数据字段以无符号二进制数的形式表示后续 X-PAD 数据组 (MSC 数据组) 的字节数。数据组长度包括数据组头、会话头、数据组数据字段和有可能存在的可选 CRC。MSC 数据组的结构见图 9。

CRC (循环冗余校验): 它由 Rfa 和数据组长度字段内容计算得出。

7.4.5.1.2 用于 MSC 数据组的 X-PAD 数据组

用于 MSC 数据组的 X-PAD 数据组可以传输一个完整的 MSC 数据组, 图 43 给出了它的结构。



图43 MSC 数据组的 X-PAD 数据组结构

MSC数据组：该数据字段包含一个完整的MSC数据组。

注：建议MSC数据组使用MSC数据组CRC进行必要的保护。

7.4.5.1.3 MSC 数据组在短 X-PAD 中的传输

在使用短X-PAD时，音频帧n中应包含一个应用类型1的内容指示符和用于数据组长度指示的X-PAD数据组内前3个字节。音频帧n+1则包含用于数据组长度指示的X-PAD数据组的最后1个字节和3个字节的填充。音频帧n+2将包含一个恰当的‘X-PAD数据组开始’应用类型内容指示符和传输MSC数据组应用数据的X-PAD数据组的前3个字节。后续音频帧则按照一般规则进行传输（数据应用可以被其他数据应用中断，并在适当的时候恢复）。

7.4.5.1.4 MSC 数据组在变长 X-PAD 中的传输

在使用变长X-PAD时，应用类型1在前，恰当的‘X-PAD数据组开始’应用类型在后的两个内容指示符用来表示两个连续的X-PAD数据子字段中的内容。包含X-PAD数据组长度指示的X-PAD数据子字段，以及包含后续用以传送MSC数据组的X-PAD数据组起始部分的X-PAD数据子字段不得被其它X-PAD数据子字段中断，以保证数据组长度指示符和其对应的X-PAD数据组（MSC数据组）之间的紧密和唯一的联系。

7.4.5.2 动态标签

动态标签最多可以有 8 段，每段由最多 16 个字符组成。每一段由一个 X-PAD 数据组传输，图 44 给出了传输动态标签段的 X-PAD 数据组的结构：

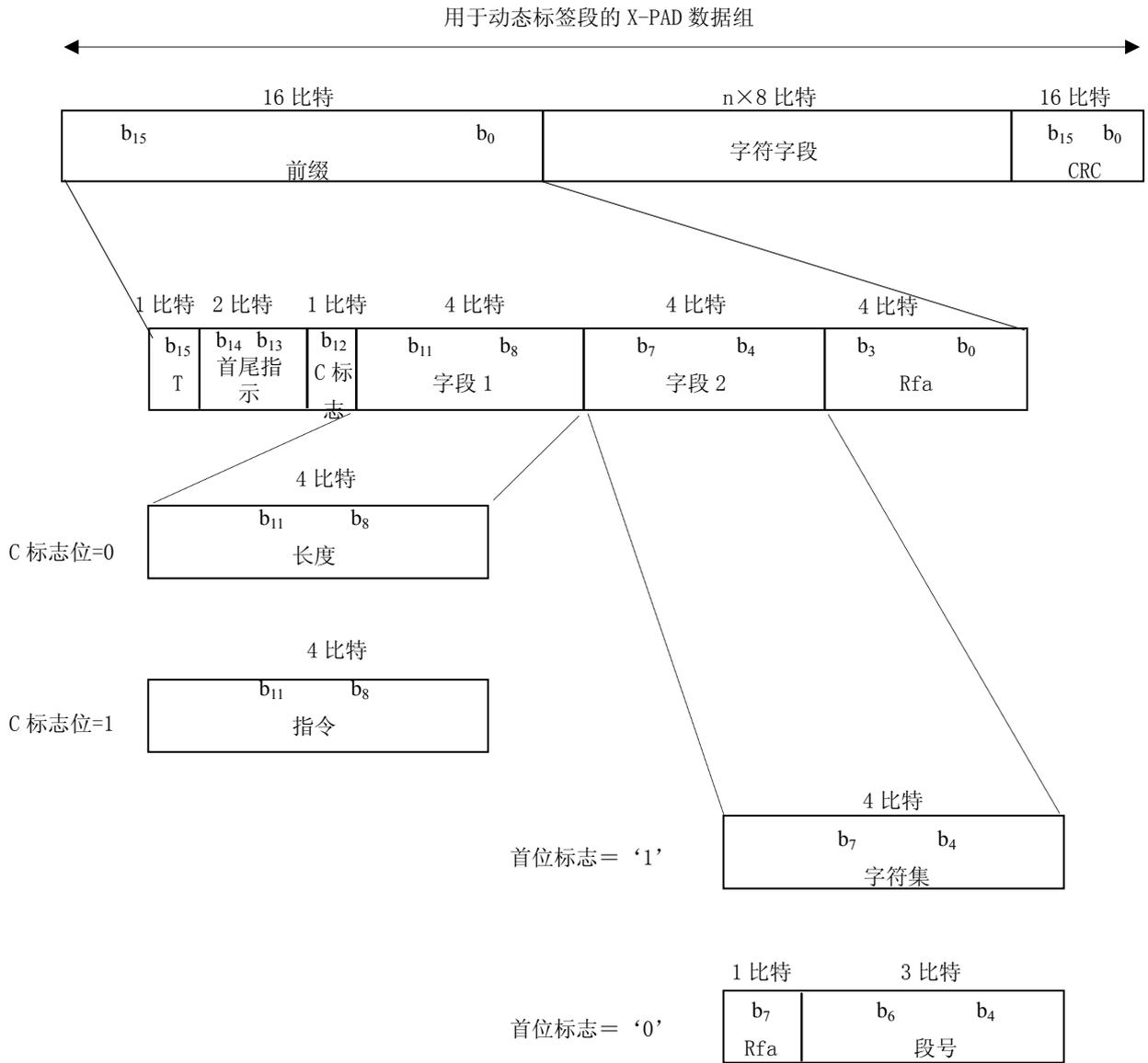


图44 用于动态标签段的 X-PAD 数据组的结构

相关定义如下：

前缀：

- T (乒乓比特)：该比特的状态在传输同一标签中的段时保持不变，当另一个动态标签首次传输时，该比特的状态按前一状态值取反。如果重复传输包含几个段的动态标签时，该比特的状态保持不变。
- 首尾指示：该 2 比特标志用于表示动态标签一系列连续段中的特定段，如下所示：
 - b_{14} b_{13}
 - 0 0：中间段；
 - 0 1：最后一段；
 - 1 0：第一段；
 - 1 1：唯一一段。
- C (指令) 标志：该 1 比特标志用于指出字段 1 包含的是标签段的长度还是一个特定的指令，

如下所示：

- 0：字段 1 给出标签段的长度；
- 1：字段 1 包含一个特殊的指令。

— 字段 1：

- 长度：该 4 比特数据字段表示一个以无符号二进制数，其值为字符字段的字节数减 1；
- 指令：这 4 位包含一个特殊指令，如下所示：（所有其它指令留作将来定义）

b_{11} b_8

0 0 0 1：从显示屏上删除标签。

— 字段 2：

该 4 比特数据字段为字符集标志或者是段号，这取决于首位标志（ b_{14} ）的值：

- 首位标志 = ‘1’
 - 字符集：见 5.2.2.2。
- 首位标志 = ‘0’
 - Rfa：该比特留作将来扩展时使用，在定义之前应该设为 ‘0’；
 - 段号：该 3 比特数据字段表示一个无符号二进制数，其值为当前段的段号减 1（即标签的第二段对应段号为 1，第三段对应段号为 2，依此类推），值 0 留作将来使用。

字符字段：这一字段以字符串形式（最大长度为 16）给出了动态标签段的内容，其字符集由前缀中的字符集字段确定。如果动态标签段中的最后一个字符是多字节的，而且在当前字符字段中放不下时，允许在下一个动态标签段中传输该字段的后续部分。第一个字符从第一个动态标签段的第一个字节开始。当 C 标志 = ‘1’（特殊指令）时，这部分可以略去不传。

下列附加编码可用于任何一个字符集：

- 编码 ‘0A’（16 进制）表示换行；
- 编码 ‘0B’（16 进制）表示标题的结束，标题限制为最大长度为 2×16 个可显示字符（包含由控制码 1F 引入的连字符），以及可能出现的一个换行符（编码 0A），换行符前后的字符串都不能超过 16 个字符。
- 编码 ‘1F’（16 进制）表示连字符，用于表示较长的字。

CRC：该 CRC 基于前缀和字符字段计算。

8 数据特性

本章描述了业务信息（SI）编码和一般数据应用。

8.1 业务信息

8.1.1 概述

SI 提供了关于业务（包括音频节目和数据）的辅助信息，它不包括已经进行单独说明的复用配置信息（MCI）（见第 6 章）。下面各条说明了 SI 的特性，业务相关特性包括通告、业务分量触发器和频率信息（FI）；语言特性表示了与业务分量相关的语言信息；节目相关参数包括节目号和节目类型。与其它总成信号有关的业务、节目号（PNum）、节目类型、FI 和通告特性也要单独传输；用以发射与 FM 和 AM 业务有关的广播频率和 FM 业务相关的交通通告的参数；用于总成信号和每个业务的标签；还有时间、国家识别和有关地理位置的发射机识别的参数。

这些参数是在 FIC 里面以相应的 FIG 类型和扩展类型（见 5.2）传输的。一般情况下，SI 以 FIG 类型 0 和类型 1 编码传输；某些扩展类型留作将来之用。

8.1.2 业务分量语言种类

业务分量语言种类用于表示和业务分量相关的语言，以 FIG 类型 0 扩展类型 5（FIG 0/5）编码，图 45 给出了类型 0 数据字段中业务分量语言数据字段的结构（同时见图 4）。

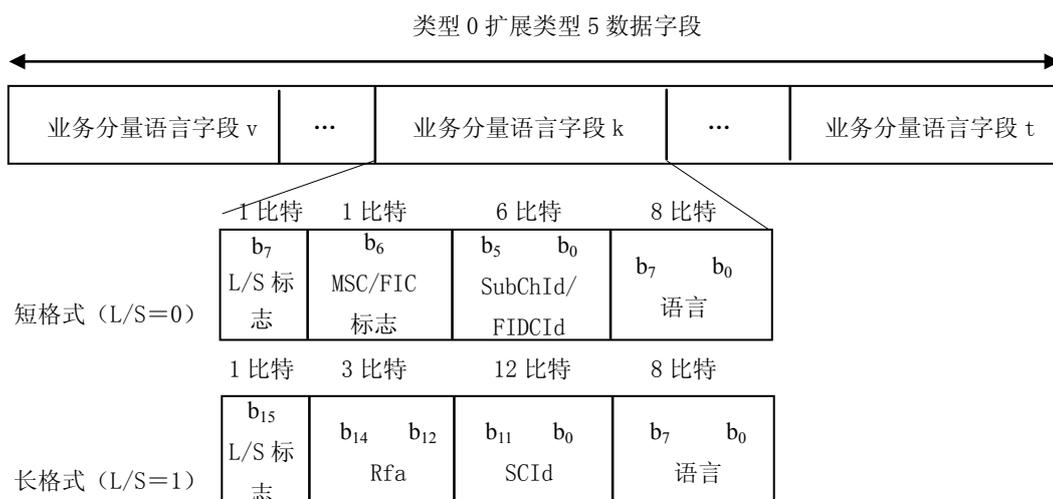


图45 业务分量语言特性字段的结构

相关定义如下：

L/S 标志：该 1 比特标志指出业务分量标志是采用短格式还是采用长格式：

0：短格式；

1：长格式。

短格式：

— **MSC/FIC 标志：**该 1 比特标志指出业务分量是以流模式在 MSC 里面传输还是在 FIC 里面传输，后续的数据字段是 SubChId 还是 FIDCId，定义如下：

0：MSC 流方式，用 SubChId 识别；

1：FIC，用 FIDCId 识别。

— **SubChId（子信道标志）：**该 6 比特数据字段识别该业务分量所处的子信道。

— **FIDCId（快速信息数据信道标志）：**该 6 比特数据字段识别该业务分量所处的 FIDC（见 6.3.1）。

— **语言：**该 8 比特数据字段定义音频或数据业务分量的语言种类，定义如下：

b₇ b₀
 0 0 0 0 1 0 0 1：英文；
 0 1 1 1 0 1 0 1：中文；
 其它类型保留。

长格式：

— **Rfa：**该 3 比特留作将来之用，在定义之前应置为 ‘0’；

— **SCId：**该 12 比特数据字段标志业务分量（见 6.3.1）；

— **语言：**同上。

8.1.3 时间和国家标志

8.1.3.1 日期和时间

日期和时间特性以 UTC 格式提供一个与地区无关的时间基准量，它在 FIG 类型 0 扩展类型 10（FIG 0/10）中传输，图 46 给出了作为 FIG 类型 0 数据字段中一部分的日期和时间数据字段的结构（同时见图 4），时间基准由同步信道定义（见 14.3.3）。

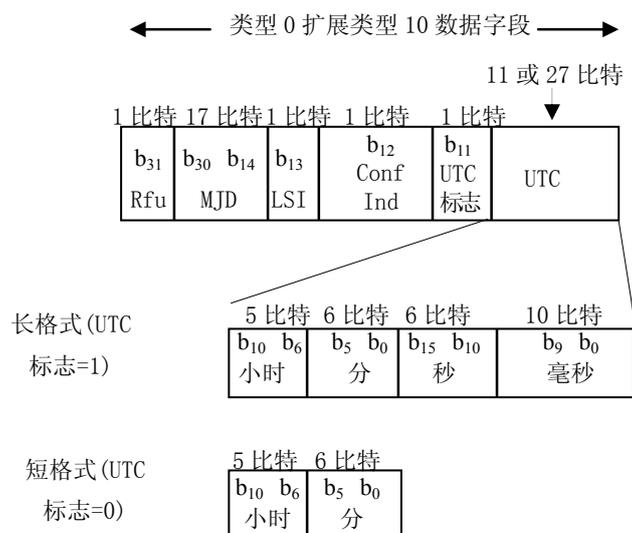


图46 时间和日期字段的结构

相关定义如下:

Rfu: 该 1 比特数据字段为 FIG 0/10 的剩余部分将来功能扩充使用, 在未定义之前置为 ‘0’;

MJD(修正儒略日期): 该 17 比特数据字段按照修正儒略编码方案表示的当前日期。这个数值以 ‘0000’ (世界协调时间 UTC) 为基准在 0 到 99999 范围内变化, 它的值每天加一; 例如, MJD 5000 对应的是 1995 年 10 月 10 日;

LSI (闰秒指示符): 该 1 比特标志在出现闰秒的那一个 UTC 天里面都置为 ‘1’, 其余时间为 ‘0’;

Conf. Ind (可信度指示): 在定时误差在容许范围内的情况下, 该 1 比特标志应置 ‘1’ (如在第一次下降沿处为 ±0.2 毫秒值);

UTC 标志: 该 1 比特标志表示 UTC 采用的是那种表示方式, 如下所示:

0: UTC 采用短格式;

1: UTC 采用长格式;

UTC(世界协调时间): 有两种格式, 具体采用哪种取决于 UTC 标志, 分别定义如下:

— 短格式: 该 11 比特无符号二进制数据字段包含两部分, 第一部分包含 5 比特, 用来表示小时数, 剩下部分表示分钟数;

— 长格式: 在短格式 11 比特的基础上, 该 27 比特数据字段还增加了两个无符号二进制数部分, 第一部分为 6 比特, 表示秒数, 另外的是一个 10 比特部分表示毫秒数;

8.1.3.2 国家、LTO (当地时间偏移) 和国际表

国家、LTO 和国际表特性提供了当地时间偏移量、国际表以及扩展国家码 (ECC) 等信息, 这些信息在 FIG 类型 0 扩展类型 9 (FIG0/9) 中传输, 图 47 给出了作为 FIG 类型 0 数据字段一部分的国家、LTO 和国际表数据字段的结构 (同时参见图 4)。

FIG0/9 中传输的数据版本由 SIV 标志控制, 数据库信息的改变则由 CEI 标志确定。

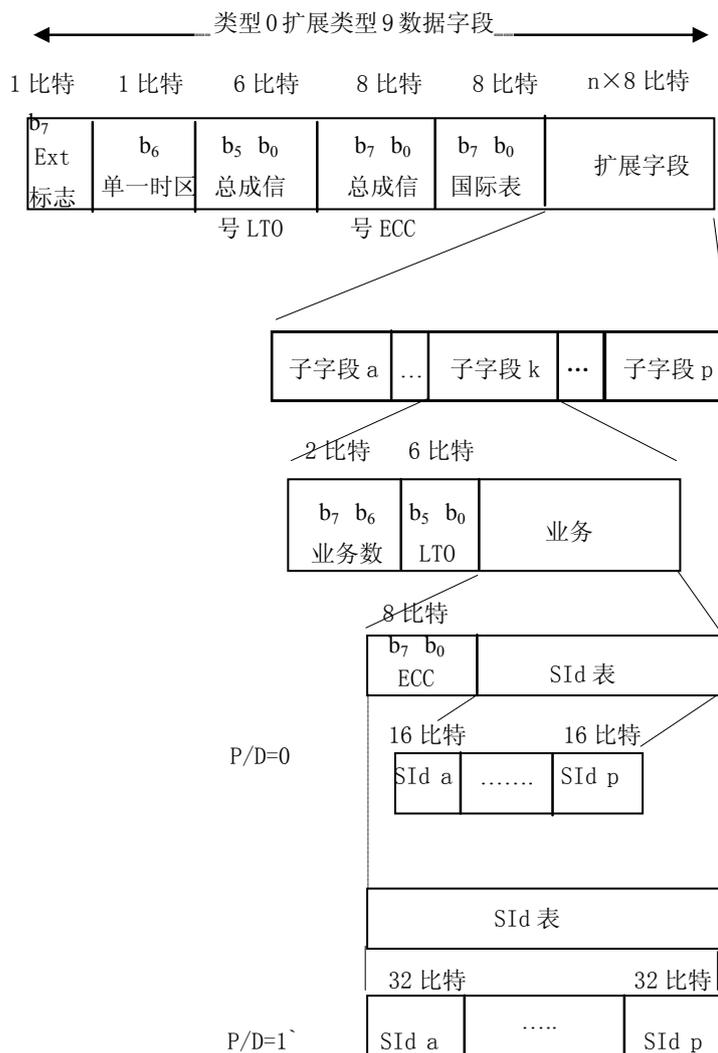


图47 国家字段的结构

相关定义如下：

Ext. 扩展标志：该 1 比特标志表示是否存在可选的扩展数据字段：

- 0：无扩展数据字段；
- 1：有扩展数据字段。

单一时区标志：该 1 比特标志表示本总成信号是否覆盖多个时区，如下：

- 0：单一时区（时间由总成信号 LTO 提供）；
- 1：多个时区。

总成信号 LTO（当地时间偏移）：该 6 比特数据字段给出总成信号的当地时间偏移（LTO）。在-12 小时到+12 小时的范围内，以半小时的倍数来表达。b₅给出 LTO 的符号：

- 0：正偏移；
- 1：负偏移。

总成信号 ECC（扩展国家码）：该 8 比特数据字段和总成信号 ID 配合使用，可以在全球范围内唯一标识总成信号。ECC 的定义见 6.3.1。

国际表标志：该 8 比特数据字段用来选择一个国际表，这个数据字段定义如下：

b₇ b₀

0 0 0 0 0 1 1: 使用节目类型表 (节目类型定义待定) 和通告类型表 (见 8.1.6.1);
其它类型保留。

扩展数据字段: 这个 $n \times 8$ 比特数据字段包括一个或多个子字段, 用来定义相关 LTO 和 ECC, 或者两者之一。与总成信号不同的业务, 扩展数据字段的最大长度为 25 个字节, 下面是对每个子字段的相关定义:

- 业务数: 该 2 比特数据字段以无符号二进制数表示 (范围为 1 到 3) 后续业务 ID 表 (SID) 中的业务数目;
- LTO (当地时间偏移): 该 6 比特数据字段编码方式与总成信号 LTO 相同;
- ECC (扩展国家码): 该 8 比特数据字段的编码方式与总成信号 ECC 相同;
- SId (业务识别符): 该 16 比特或者 32 比特的数据字段标志一个业务 (见 6.3.1)。

数据库键值只包括OE和P/D标志(见5.2.2.1)。

变化事件指示(CEI) 由扩展标志为1, 业务数等于0, LTO数据字段等于0表示。

8.1.4 节目号

节目号就是要提供一个机器可读的节目标志, 它由FIG类型0扩展类型16 (FIG 0/16) 传输。图48给出了作为FIG类型0数据字段一部分的节目号数据字段的结构 (同时见图4)。

相关定义如下:

SId (业务识别符): 该 16 比特数据字段用来标识业务 (见 6.3.1)。

PNum (节目号): 该 16 比特数据字段定义节目开始的日期和时间, 其中最高 5 比特 ($b_{15}-b_{11}$) 以二进制格式表示日期的十进制值 1-31, 中间 5 比特 ($b_{10}-b_6$) 以二进制格式表示小时的十进制值 0-23, 最低 6 比特 (b_5-b_0) 以二进制格式表示分钟的十进制值 0-59。

Rfa: 这 2 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 '0'。

Rfu: 这 4 比特保留给将来相关的新 SId 和新节目号, 现在这些特殊定义字段的各位应置为 '0'。

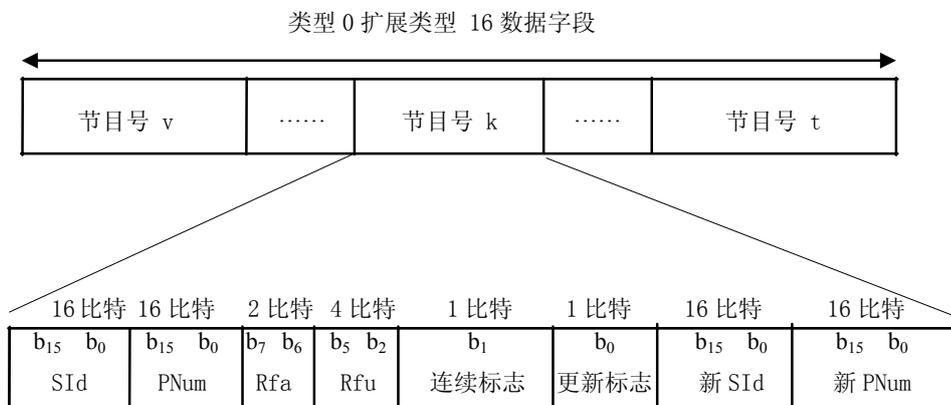


图48 节目号字段的结构

连续标志: 该 1 比特标志表明将有一个预先计划的节目中断, 但该节目以后会继续。其定义如下:

- 0: 该节目不受计划中断的影响;
- 1: 该节目可以被中断, 但以后会继续。

更新标志: 该 1 比特标志表明重新定向到不同的业务和时间:

- 0: 不重新定向;
- 1: 重新定向。

在重新定向的情况中, 将附加新业务识别和新节目号。

新 SId: 该 16 比特数据字段包括重新定向的目标业务的业务标志。

新 PNum: 该 16 比特数据字段定义的新发送时间, 或节目继续的时间, 其编码方式与 PNum 相同。

注: 当 PNum 字段的日期部分发出日期 = '0' 时, 有一些特殊码。这时, 数据字段的时、分部分含有特殊含义。

定义如下：

| 日期 | 小时 | 分钟 | 码说明 |
|----|----|----|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 状态码：当前的节目号无意义； |
| 0 | 0 | 1 | 空白码：当前的节目不用记录； |
| 0 | 0 | 2 | 中断码：非计划中断（如交通通告）。 |

8.1.5 节目类型

节目类型 (PTy) 参数根据节目潜在的听众按内容将其分类，在 FIG 类型 0 扩展类型 17 (FIG 0/17) 进行传输。它包含至少一个国际集合标志码和一个可选的附加码。

节目类型适用于业务中所有的音频分量，主业务分量对应的语言由语种数据字段表示，也可以为次业务分量提供语种信息，图 49 给出了作为 FIG 类型 0 数据字段一部分的节目类型数据字段的结构（同时参见图 4）

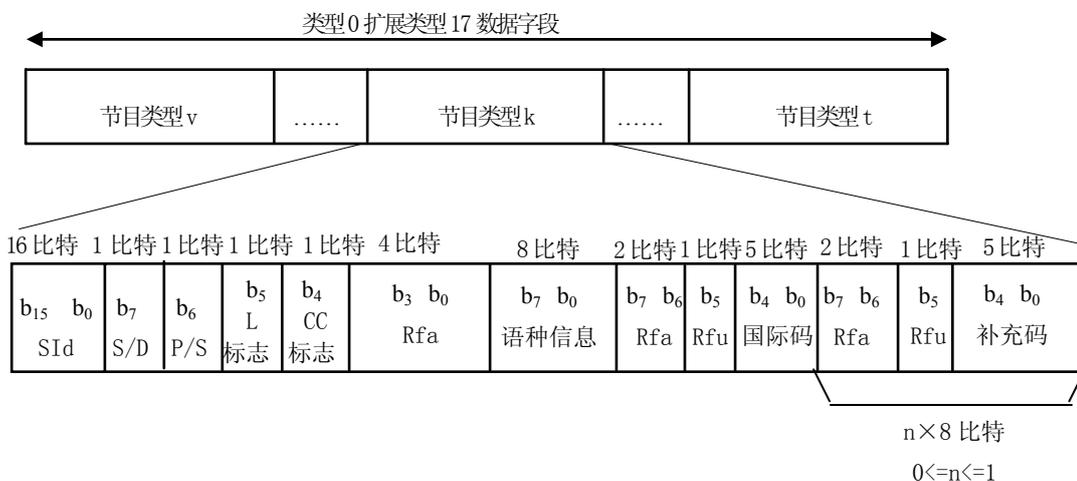


图49 节目类型字段的结构

相关定义如下：

SIId (业务识别符)：该 16 比特数据字段用来标识业务（见 6.3.1）。

S/D：该 1 比特标志表示节目类型数据字段中的节目类型编码和语种（如果存在的话）是否对应的是当前的节目内容，如下所示：

- 0：节目类型和语种（如果存在的话）对应的不是当前的节目内容；
- 1：节目类型和语种（如果存在的话）对应的是当前的节目内容。

P/S (主 / 次标志)：该 1 比特标志表示语种信息对应的是业务中的主业务分量还是次业务分量，如下所示：

- 0：主业务分量；
- 1：次业务分量。

如果没有语种信息（没有语种信息数据字段，L 标志为 ‘0’），P/S 标志就没有意义了，这种情况下应置为 ‘0’。

L (语种信息) 标志：该 1 比特标志表示是否存在语种信息数据字段，如下所示：

- 0：没有语种信息数据字段；
- 1：有语种信息数据字段。

CC (补充编码) 标志：该 1 比特标志表示补充编码数据字段和它前面的 Rfa、Rfu 是否存在，如下所示：

- 0：不存在补充编码数据字段和它前面的 Rfa、Rfu；

1: 存在补充编码数据字段和它前面的 Rfa、Rfu。

Rfa: 该 4 比特数据字段为将来扩展预留, 在未定义之前应置为 ‘0’。

语种信息: 该 8 比特数据字段表示音频节目的语种信息, 它的编码方法见 8.1.2。

Rfa: 该 2 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 ‘0’。

Rfu: 该 1 比特为增加国际码数据字段范围而预留, 对于当前提供的国际表, 这一位应置为 ‘0’;

国际码: 该 5 比特数据字段定义基本节目类型 (PTy), 此码是从国际表中选择的 (见 8.1.3.2)。

Rfa: 该 2 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 ‘0’。

Rfu: 该 1 比特为增加补充编码数据字段范围而预留, 对于当前提供的补充编码, 这一位应置为 ‘0’;

补充编码: 该 5 比特数据字段定义补充 PTy 类型, 此码是从国际表中选择的 (见 8.1.3.2)。

8.1.6 通告

通告影响两个阶段, 对于某个业务, 它可以指定通告类型, 业务可以被这些不同类型的通告中断, 然后链接到具有相同中断优先级的其他业务上, 这个支持信息是相对稳定的; 通告切换提供一个动态信号, 允许该业务被另一个带有通告的业务的中断矢量所中断。

8.1.6.1 通告支持

通告在 FIG 类型 0 扩展类型 18 (FIG 0/18) 传输, 图 50 给出了类型 0 数据字段的通告支持数据字段的结构 (同时见图 4)。

这种特性使用 SIV 标志 (见 5.2.2.1), 数据库由一个数据库键值分成几部分, 数据库的改变由 CEI 信号表示。

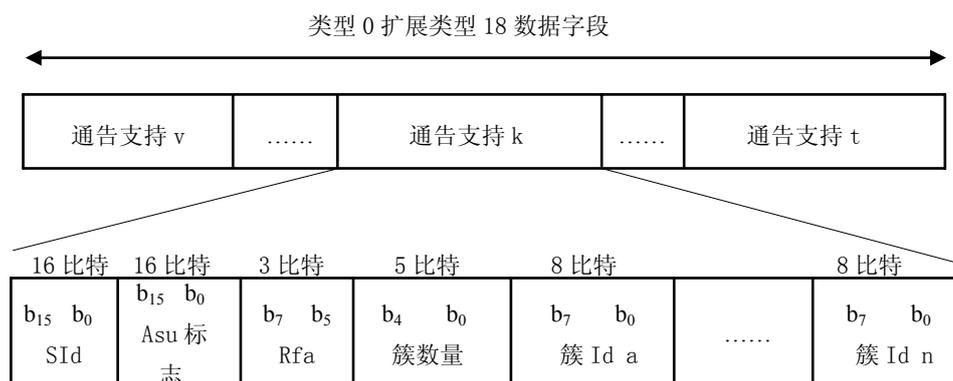


图50 通告支持数据字段的结构

相关定义如下:

Sid (业务识别符): 该 16 比特数据字段用来标识业务 (见 6.3.1)。

— Asu (通告支持) 标志: 该 16 比特数据字段提供几种可以中断业务的通告类型, 该字段的每一位的值表示是否支持这种类型, 通告类型定义如下:

| 标志 | 通告类型 | 类型描述 |
|----------------|---------|-----------------------------|
| b ₀ | 警报 | 紧急情况或危及生命安全的信息, 如核泄漏、战争等 |
| b ₁ | 路况信息 | 道路交通情况信息 |
| b ₂ | 公交信息 | 关于公共交通的相关信息, 如公交车、列车、航班时刻表等 |
| b ₃ | 告警/公共服务 | 比警报重要级别稍低的告警信息, 如断水、断电 |
| b ₄ | 新闻 | 新闻快报 |
| b ₅ | 本地天气 | 天气快报 |
| b ₆ | 重大事件通告 | 商业、文化或重大公共事件通报信息 |
| b ₇ | 特别事件 | 未预见的特别事件信息 |
| b ₈ | 节目信息 | 和当前或以后广播节目相关的信息 |

| | | |
|-----------------|------|-----------|
| b ₉ | 体育报道 | 体育新闻快报 |
| b ₁₀ | 商业报道 | 金融或商业信息快报 |
| b ₁₁ | 保留 | 保留 |
| b ₁₂ | 保留 | 保留 |
| b ₁₃ | 保留 | 保留 |
| b ₁₄ | 保留 | 保留 |
| b ₁₅ | 保留 | 保留 |

该数据字段中的标志含义如下：

b_i: (i=0, ..., 15);

0: 不支持的通告类型;

1: 支持的通告类型。

Rfa: 该 3 比特数据字段留作将来之用，在定义之前应置为 ‘0’。

簇数量: 该 5 比特数据字段以无符号二进制数的形式给出后续的簇标志数量（最大值为 23）。

簇 Id: 该 8 比特数据字段用来表示计划内的通告簇。从业务的角度出发，簇用来识别一组共享同一通告中断优先权的业务。通告支持数据字段里面可以有几个簇 Id。簇 Id= ‘0000 0000’ 和簇 Id= ‘1111 1111’ 已经预定义为通告切换信息（见 8.1.6.2），所以不会在通告支持数据字段里面出现。

数据库键值包括OE和P/D标志和SId数据字段。变更事件指示(CEI)由簇数目=0和Asu标志=0表示。

8.1.6.2 通告切换

通告切换描述以FIG类型0扩展19 (FIG 0/19) 进行编码传输，图51给出了类型0数据字段部分的通告切换数据字段的结构（同时见图4）。

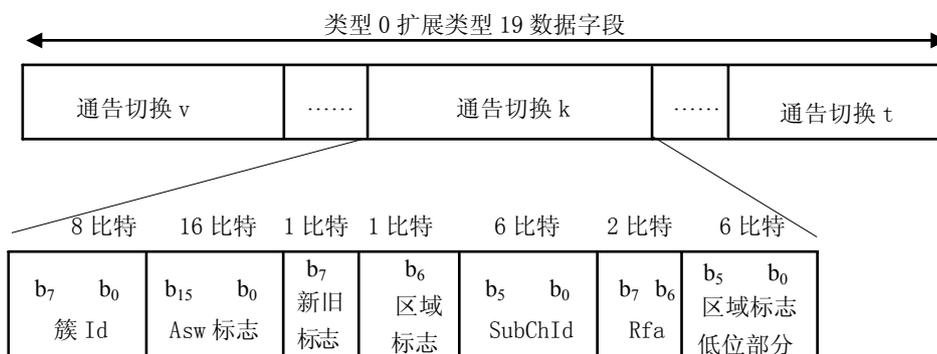


图51 通告切换数据字段的结构

相关定义如下：

簇 Id: 该 8 比特数据字段用来表示计划内的通告的通告簇，簇 Id= ‘0000 0000’ 表示通告来自本业务内的一个节目项，簇 Id= ‘1111 1111’ 表示告警通告，适用于本总成信号中所有的节目业务，不用于其他通告类型。

Asw (通告开关) 标志: 该16位数据字段定义了通告类型，各位表示是否发送某一通告类型（见 8.1.6.1）。标志定义如下：

b_i: (i=0, ..., 15);

0: 通告类型无效;

1: 通告类型有效。

新旧标志: 该 1 比特标志表示通告是否是新引入的，如下所示：

0: 重复的通告;

1: 新引入的通告。

区域标志: 该 1 比特标志表示是否提供了一个确定的接收区域, 如下所示:

0: 最后的字节 (包含 2 位 Rfu 和区域 Id 的低位部分) 不存在, 通告适用于整个业务服务地区;

1: 最后的字节 (包含 2 位 Rfu 和区域 Id 的低位部分) 存在。

SubChId: 该 6 比特数据字段用于标识传输有通告的音频业务分量的子信道。

Rfa: 该 2 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 ‘0’。

区域标志低位部分: 该 6 比特数据字段用区域标志的低位部分来识别目标区域, 区域标志的高位部分应置为 ‘0’ (见 8.1.16)。

8.1.7 DRM 业务

对于 DRM 业务, 需要传输它们的发射频率信息。

8.1.7.1 DRM 频率

DRM 业务的频率信息可以在 FIG 类型 0 扩展类型 21 (FIG 0/21) 中传输, 这部分内容在 8.1.8 中叙述。OE 标志 (见 5.2.2.1) 应置为 ‘1’。

8.1.8 频率信息

FIG 类型 0 扩展类型 21 (FIG 0/21) 用来传输射频频率信息 (FI), 当给当前调谐的整个总成信号或者传输当前调谐总成信号中主业务分量的 DRM、FM 或者 AM 业务提供频率信息时, FIG 0 的头部分的 OE 标志应置为 ‘0’ (见 5.2.2.1)。

频率信息特性还可以用于为当前调谐总成信号之外的其它总成信号 (R&M=0000 和 0001) 和不一定传输当前调谐总成信号中主节目业务分量的 DRM、FM 和 AM 业务 (R&M=0110, 1000, 1001, 1010, 1100 和 1110) 提供频率信息。在这种情况下 FIG 0 头中的 OE 标志应置为 ‘1’ (见 5.2.2.1)。

图 52 给出了作为 FIG 0 数据字段一部分的 FI 数据字段的结构 (同时见图 4)。

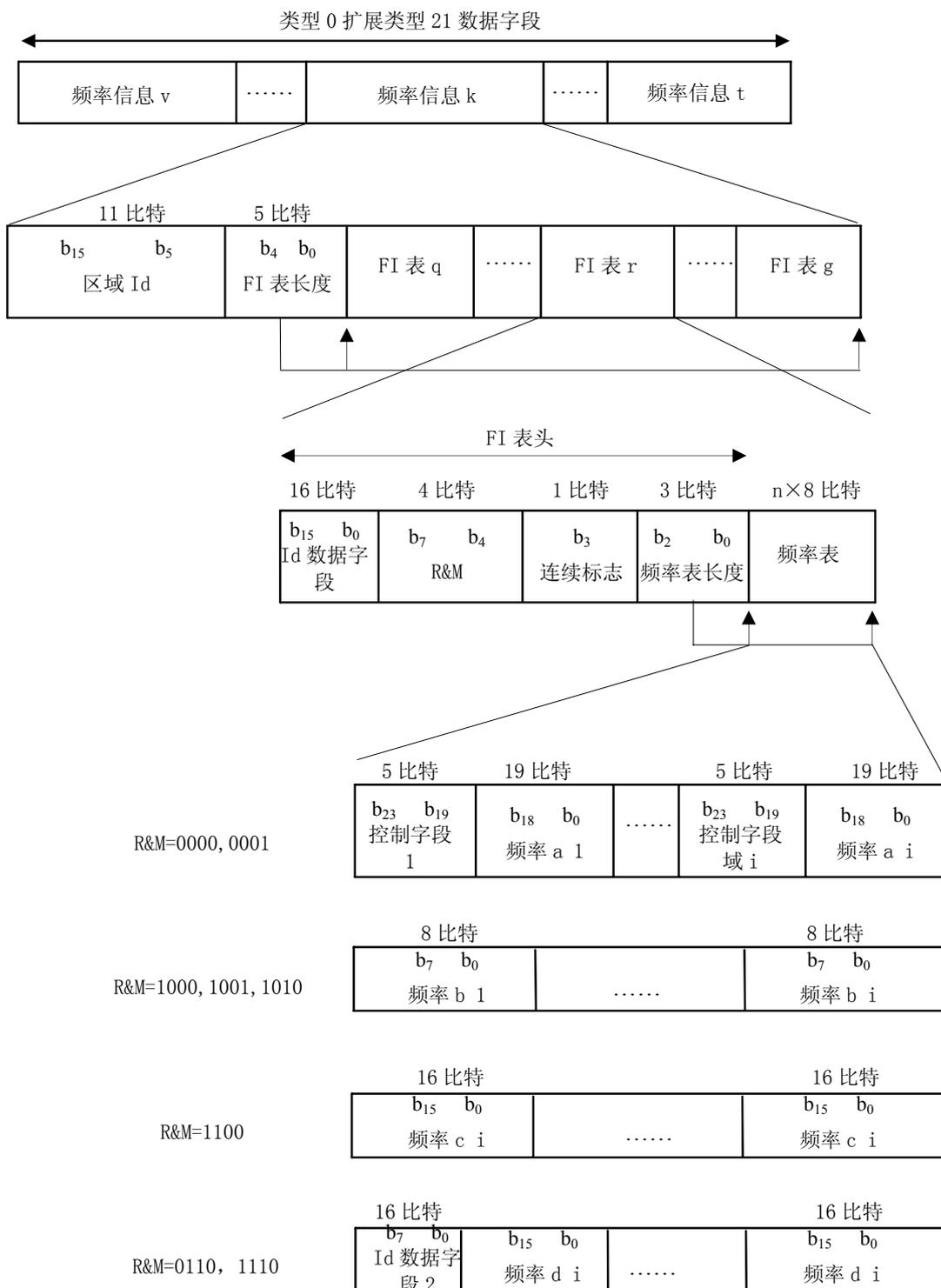


图52 频率信息数据字段的结构

本特性使用 SIV 信号标志, 数据库按照一个数据库键值划分为几部分, 数据库变化由 CEI 信号标识。相关定义如下:

区域 Id: 该 11 比特数据字段标识频率信息应用的地区 (见 8.1.16)。如果区域 Id (见 8.1.16) 是 '0000 0000 000', 将没有特定地区。

FI 表长度: 该 5 比特数据字段, 以无符号二进制数表示 FI 表 q 到 FI 表 g 数据字段的字节数 (最

大 26 个字节)。

FI (频率信息) 表:

— Id 数据字段: 该 16 比特数据字段的含义取决于下面的 R&M 数据字段的值:

- 若 R&M=0000 或 0001 Id 数据字段=EId (见 6.4);
- 若 R&M=0110 Id 数据字段=DRM 业务识别符 (最低有效的两个字节);
- 若 R&M=1000 Id 数据字段=RDS PI 码;
- 若 R&M=1001, 1010 或 1100 Id 数据字段=‘空码’。
- 若 R&M=1110 Id 数据字段=AMSS 业务识别符 (最低有效的两个字节)

注: RDS PI码用于标识传输相同节目内容的节目, 用于当前接收机调谐的节目接收不好时, 利用此信息能使接收机自动搜索下一个替换频率, 其编码格式如下: 最高4比特 (b_{15} - b_{12}) 为国家代码, 中国代码为‘1100’, 中间四比特 (b_{11} - b_8) 为区域代码, 如下所示:

| b_{11} | b_8 | 分区代码 | 业务覆盖区域 |
|----------|-------|------|--------------|
| 0 0 0 0 | | L | 业务跨国传输 |
| 0 0 0 1 | | I | 业务在全国范围内传输 |
| 0 0 1 0 | | N | 业务在国内大部分地区传输 |
| 0 0 1 1 | | R | 节目仅以一台发射机发射 |
| 0 1 0 0 | | R1 | 北京、海南 |
| 0 1 0 1 | | R2 | 上海、新疆 |
| 0 1 1 0 | | R3 | 江苏、四川、重庆、澳门 |
| 0 1 1 1 | | R4 | 广东、黑龙江 |
| 1 0 0 0 | | R5 | 天津、甘肃、湖南 |
| 1 0 0 1 | | R6 | 吉林、宁夏、福建 |
| 1 0 1 0 | | R7 | 辽宁、青海、河南 |
| 1 0 1 1 | | R8 | 山西、广西、江西 |
| 1 1 0 0 | | R9 | 云南、内蒙古、安徽 |
| 1 1 0 1 | | R10 | 河北、贵州、台湾 |
| 1 1 1 0 | | R11 | 山东、西藏、湖北 |
| 1 1 1 1 | | R12 | 浙江、陕西、香港 |

最低8比特表示节目基准号, 定义如下:

| b_7 | b_0 | 节目基准号的定义 |
|-----------------|-------|--------------------|
| 0 0 0 0 0 0 0 0 | | 未指定 |
| 其它 | | 在各省市内, 对应于节目网系统地制定 |

— R&M (值域范围和调制): 该 4 比特数据字段定义影响变更频率表结构的值域范围和调制参数, 标为‘Rfu’的各项应留作频率表字段的将来之用。其编码如下:

| b_7 | b_4 | |
|---------|-------|-----------------------|
| 0 0 0 0 | | 地面数字音频广播总成信号, 没有本地窗口; |
| 0 0 0 1 | | Rfu; |
| 0 0 1 0 | | Rfu; |
| 0 0 1 1 | | Rfu; |
| 0 1 0 0 | | Rfu; |
| 0 1 0 1 | | Rfu; |
| 0 1 1 0 | | DRM; |
| 0 1 1 1 | | Rfu; |
| 1 0 0 0 | | FM, 有 RDS; |

- 1 0 0 1: FM, 没有 RDS;
- 1 0 1 0: AM (MW 在 9kHz 步进和 LW)
- 1 0 1 1: Rfu;
- 1 1 0 0: AM (MW 在 5kHz 步进和 SW)
- 1 1 0 1: Rfu;
- 1 1 1 0: AMSS;
- 1 1 1 1: Rfu。

— 连续标志: 该 1 比特标志的含义取决于 R&M 数据字段的值, 如下:

- 若 R&M=0000 或 0001, 连续标志应表示:
 - 0: 不希望连续输出;
 - 1: 可以连续输出。
- 若 R&M=0110, 1000, 1001, 1010, 1100 或 1110, 连续标志应指出是否对可选的 DRM/FM/AM 业务源的音频信号有一个适当延时, 以补偿解码的延时。
 - 0: 没有对 DRM/AM/FM 音频信号的补偿延时;
 - 1: 有对 DRM/AM/FM 音频信号的补偿延时。
- 对于 R&M=0110, 1000, 1001, 1010, 1100 或 1110 时, 只有 OE 等于 0 时连续性标志才有效, 对于 OE=‘1’的情况, b₃ 保留为将来扩充使用。

— 频率表长度: 该 3 比特数据字段以无符号二进制数表示下面频率表数据字段的长度字节数。

— 频率表: 频率表的结构取决于 R&M:

- R&M=0000, 0001:
 - 控制字段: 该 5 比特数据字段用于限定紧跟在后面的频率 a 数据字段, 由此定义了下列功能 (余者留作频率数据字段保留的将来之用):

| b ₂₃ | b ₁₉ | |
|-----------------|-----------------|---------------------|
| 0 0 0 0 0 | | 地理相邻地区, 未传输传输模式信息; |
| 0 0 0 1 0 | | 地理相邻地区, 传输模式 I; |
| 0 0 1 0 0 | | 地理相邻地区, 传输模式 II; |
| 0 0 1 1 0 | | 地理相邻地区, 传输模式 III; |
| 0 1 0 0 0 | | 地理相邻地区, 传输模式 IV; |
| 0 0 0 0 1 | | 非地理相邻地区, 未传输传输模式信息; |
| 0 0 0 1 1 | | 非地理相邻地区, 传输模式 I; |
| 0 0 1 0 1 | | 非地理相邻地区, 传输模式 II; |
| 0 0 1 1 1 | | 非地理相邻地区, 传输模式 III; |
| 0 1 0 0 1 | | 非地理相邻地区, 传输模式 IV。 |

— Freq a: 该 19 比特数据字段以无符号二进制数编码形式给出与可替代业务源和其它业务相关的载波频率。其它总成信号的中心载波频率由下面的公式计算得出 (公式中的值为相应的十进制数):

$$0\text{Hz} + (\text{频率 } a \times 16\text{kHz}).$$

定义了下列的载波频率值:

| b ₁₈ | b ₀ | 十进制数 |
|-------------------------|----------------|-------|
| 000 0000 0000 0000 0000 | 0: | 未使用 |
| 000 0000 0000 0000 0001 | 1: | 16kHz |
| 000 0000 0000 0000 0010 | 2: | 32kHz |
| | | |

111 1111 1111 1111 1111 524287: 8388592kHz

● R&M=1000, 1001, 1010:

- Id 字段 2: 该 8 比特数据字段表示 DRM 业务识别符 (最高有效字节)。
- Rfu: 该 1 比特数据字段保留待频率 d 数据字段将来之用, 定义之前置为 ‘0’。
- 频率 d: 该 15 比特数据字段, 以无符号二进制数的形式表示相关的其他业务的载波频率。

参考频率定义如下:

| b ₁₄ | b ₀ | 十进制数 | |
|--------------------|----------------|------|----------|
| 000 0000 0000 0000 | 0: | | 未使用 |
| 000 0000 0000 0001 | 1: | | 1kHz |
| 000 0000 0000 0010 | 2: | | 2kHz |
| | | | |
| 111 1111 1111 1111 | 32767: | | 32767kHz |

● R&M=1000, 1001, 1010:

- Freq b: 该 8 位数据字段, 以无符号二进制数的形式表示相关的其他业务的载波频率。
- R&M=1000, 1001: FM 发射的载波频率由下表给出 (表中的值为相应的十进制数):

| b ₇ | b ₀ | 十进制数 | |
|----------------|----------------|------|----------|
| 0000 0000 | 0: | | 未使用; |
| 0000 0001 | 1: | | 87.6MHz; |
| 0000 0010 | 2: | | 87.7MHz; |
| | | | |
| 1100 1100 | 204: | | 107.9MHz |
| 1100 1101 | 205: | | 填充码 |
| 1100 1110 | 206: | | 87.0MHz |
| 1100 1111 | 207: | | 87.1MHz |
| 1101 0000 | 208: | | 87.2MHz |
| 1101 0001 | 209: | | 87.3MHz |
| 1101 0010 | 210: | | 87.4MHz |
| 1101 0011 | 211: | | 87.5MHz |

- R&M=1010: AM 发射的载波频率由下面的公式计算得出 (公式中 Freq b 的值为相应的十进制数):

$$144\text{kHz} + (\text{Freq } b \times 9\text{kHz}), \text{ 若频率 } b < 16;$$

$$387\text{kHz} + (\text{Freq } b \times 9\text{kHz}), \text{ 若频率 } b \geq 16.$$

由此定义了下列的 Freq b 值 (其他值保留作将来扩展使用):

| b ₇ | b ₀ | 十进制数 | |
|----------------|----------------|------|---------|
| 0000 0000 | 0: | | 未使用; |
| 0000 0001 | 1: | | 153kHz; |
| 0000 0010 | 2: | | 162kHz; |
| | | | |
| 0000 1111 | 15: | | 279kHz; |
| 0001 0000 | 16: | | 531kHz; |
| | | | |
| 1000 0111 | 135: | | 1602kHz |

● R&M=1100:

- Freq c: 该 16 位数据字段, 以无符号二进制数的形式表示相关的其它业务载波频率。AM 发射的载波频率由下面的公式计算得出 (公式中的 Freq c 值为相应的十进制数):

$$0\text{Hz} + \text{Freq c} \times 5\text{kHz}.$$

由此定义了下列的 Freq c 值 (其他值保留作将来扩展使用)

| b ₁₅ | b ₀ | 十进制数 |
|---------------------|----------------|------------------|
| 0000 0000 0000 0000 | | 0: 未使用; |
| 0000 0000 0000 0001 | | 1: 5kHz; |
| 0000 0000 0000 0010 | | 2: 10kHz; |
| | | |
| 1111 1111 1111 1111 | | 65535: 327675kHz |

● R&M=1110:

- Id 字段 2: 该 8 比特数据字段表示 AMSS 业务识别符 (最高有效字节)。
- Rfu: 该 1 比特数据字段保留待频率 d 数据字段将来之用, 定义之前置为 '0'。
- Freq d: 该 15 比特数据字段, 以无符号二进制数的形式表示相关的其他业务的载波频率 (单位 kHz)。

参考频率定义如下:

| b ₁₄ | b ₀ | 十进制数 |
|--------------------|----------------|-----------------|
| 000 0000 0000 0000 | | 0: 未使用 |
| 000 0000 0000 0001 | | 1: 1kHz |
| 000 0000 0000 0010 | | 2: 2kHz |
| | | |
| 111 1111 1111 1111 | | 32767: 32767kHz |

数据库键值由 OE 和 P/D 标志、区域 Id、Id 数据字段和 R&M 数据字段组成。

变更事件标志由频率表长度数据字段=0 标识。

8.1.9 发射机识别信息 (TII)

FIG 类型 0 扩展类型 22 (FIG 0/22) 提供了发射机识别符 (见 14.8) 与地理位置、发射机的相对时延间的交互参考。发射机识别符共分为两部分, 各自称为主识别符 (MainId) 和子识别符 (SubId)。子识别符 1 到 23 用于地面发射机, 子识别符 0 在本标准中未定义。图 53 给出了作为类型 0 数据字段一部分的 TII 数据字段的结构 (同时见图 4)。

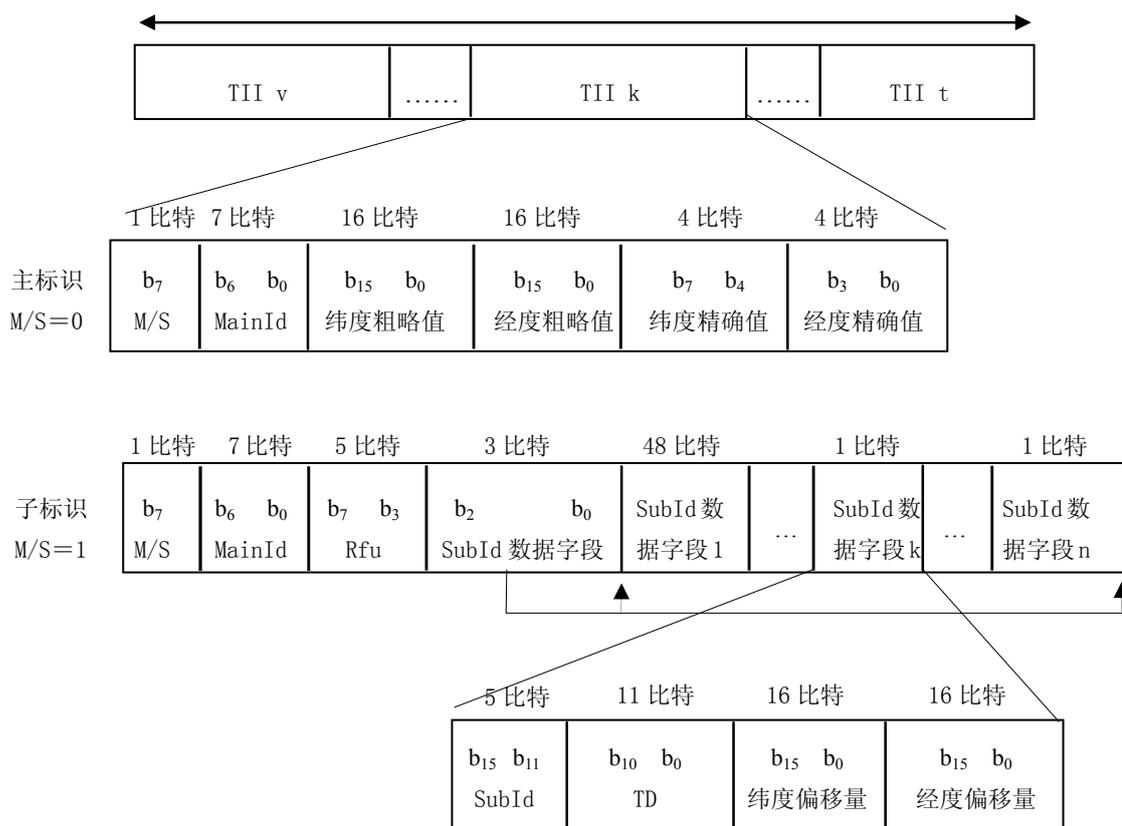


图53 发射机识别信息(TII)数据字段的结构

本特性使用 SIV 信号标志, 数据库按照一个数据库键值划分为几部分。

数据库的变化由 CEI 信号标识。

相关定义如下:

M/S (主/子): 该 1 比特标志指出 TII 数据字段的其余部分指的是主识别符, 还是子识别符:

0: 主识别符;

1: 子识别符。

主识别符 (M/S = 0):

- MainId: 这个以无符号二进制数表达的 7 比特数据字段用来定义主识别符。编码范围的 0 到 69 用于模式 I 和 II、IV, 0 至 5 用于模式 III。
- 纬度粗略值: 这个以 2 的补码编码的 16 比特数据字段定义粗略纬度。它的计算是纬度粗略值乘以 $(90^\circ/2^{15})$ 。南纬为负, 北纬为正。
- 经度粗略值: 这个以 2 的补码编码的 16 比特数据字段定义粗略经度。它的计算是经度粗略值乘以 $(180^\circ/2^{15})$ 。格林威治以西为负, 格林威治以东为正。
- 纬度精确值: 该 4 比特数据字段为纬度偏移。这个无符号二进制数乘以 $(90^\circ/2^{19})$, 加上粗略纬度来计算全精度的纬度值。
- 经度精确值: 该 4 比特数据字段为经度偏移。这个无符号二进制数乘以 $(180^\circ/2^{19})$, 加上粗略经度来计算全精度的经度值。

子识别符 (M/S = 1):

- MainId: 这个以无符号二进制数表示的 7 比特数据字段用来定义主识别符。
- Rfu: 这个 5 比特数据字段留作含有子识别符数据字段表 (由 SubId 字段数标识) 数据字段的将来之用。目前该数据字段应置 '0'。
- SubId 数据字段数: 这个以无符号二进制数编码的 3 比特数据字段给出下面 SubId 数据字段 (最

多有 4 个数据字段，每个为 48 比特) 的总数。该信息对应于连续的子识别符：

— SubId 数据字段：

- SubId：这个以无符号二进制数编码的 5 比特数据字段定义子识别符的下列数据。该数据字段不用数值 0，编码范围限制在 1…23。
- TD (时间延时)：该 11 比特数据字段以毫秒为单位定义时间延时。取值范围从 0 到 2047。
- 纬度偏移量：该 16 比特数据字段定义了和同一主识别符的相关的基准量为基准的发射机的纬度偏移。纬度值为从基准量的纬度中加上或减去纬度偏移数据字段的值乘以 $(90^\circ/2^{19})$ 。
- 经度偏移量：该 16 比特数据字段定义了和同一主识别符的相关的基准量为基准的发射机的经度偏移。经度值为从基准发射机的经度中加上或减去经度偏移数据字段的值乘以 $(180^\circ/2^{19})$ 。

数据库键值由OE和P/D标志和主识别符数据字段组成。

变更事件标志由子识别符数据字段数=0标识。

8.1.10 其它总成信号

下面各条说明其它总成信号参数。

8.1.10.1 OE 频率

其它总成信号频率以FIG类型0扩展类型21进行编码(见8.1.1)。OE标志(见5.2.2.1)应置为‘1’。

8.1.10.2 OE 业务

FIG 类型 0 扩展类型 24 (FIG 0/24) 用于传输其它地面数字音频广播总成信号中的业务识别信息。

图 54 给出了作为类型 0 数据字段一部分的其它总成信号业务信息字段的结构(同时见图 4)。

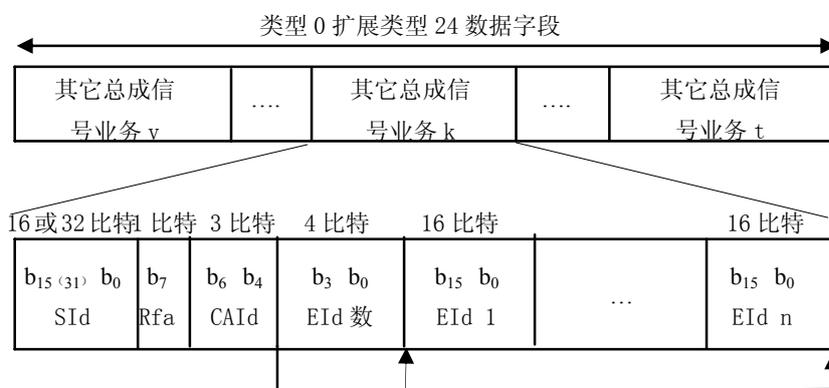


图54 其它总成信号业务数据字段的结构

本特性使用 SIV 信号标志，数据库按照一个数据库键值划分为几部分。

数据库的变化由 CEI 信号标识。

相关定义如下：

SId (业务识别符)：该 16 或 32 比特数据字段标识一个业务。编码细节见 6.3.1。

Rfa：这 1 比特留作将来之用，在定义之前应置为‘0’。

CAId (条件接收识别符)：该 3 比特数据字段标识用于业务的接入控制系统 (ACS)。不具备 CA 解码能力的接收机将不对该数据字段进行解码。如果此业务未用 ACS，则 CAId 应置‘0’(见 6.3.1)。

EId 数：这 4 比特数据字段以无符号二进制形式表示后面表中包含的 EId 的数目(对于 16 比特 SId 最多能有 12 个，对于 32 比特 SId 最多能有 11 个)。

EId (总成信号识别符)：这 16 比特数据标识其它总成信号。编码细节见 6.4。

数据库键值由OE和P/D标志(见5.2.2.1)和SId数据字段组成。

变更事件标志由EId数=0标识。

8.1.10.3 OE 节目号

其它总成信号节目号 (PNum) 参数以FIG类型0扩展类型16 (FIG 0/16) 编码传输, 已于8.1.4中说明。OE标志 (见5.2.2.1) 应置为‘1’。

8.1.10.4 OE 节目类型

其它总成信号节目类型参数以FIG类型0扩展类型17 (FIG 0/17) 编码传输, 已于8.1.4中说明。OE标志 (见5.2.2.1) 应置为‘1’。

8.1.10.5 OE 通告

其它总成信号通告参数以FIG类型0扩展类型25和26 (FIG 0/25和FIG 0/26) 编码传输, 扩展类型25用于通告支持, 扩展类型26用于通告切换 (见8.1.6)。

8.1.10.5.1 OE 通告支持

图 55 给出了作为类型 0 数据字段一部分的其它总成信号通告支持数据字段的结构 (同时见图 4)。本特性使用SIV信号标志, 数据库按照一个数据库键值划分为几部分。数据库的变化由CEI信号标识。

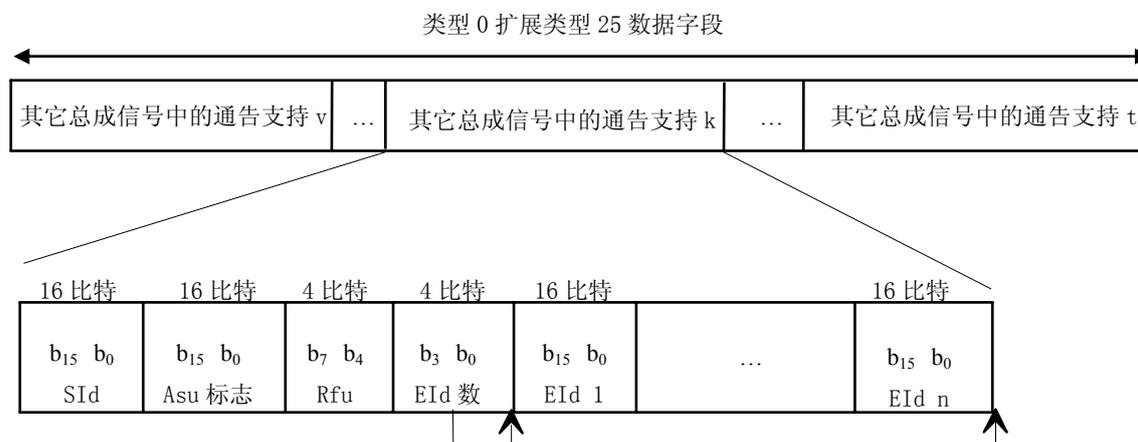


图55 其它总成信号通告支持数据字段的结构

有下列定义:

SId (业务识别符): 该 16 比特数据字段标识业务 (见 6.3.1)。

Asu (通告支持) 标志: 该 16 比特数据字段定义可以中断一个业务的通告类型。允许的数值和编码见 8.1.6。

Rfu: 该 4 比特数据字段留作含有子识别符数据字段表 (由 EId 数据字段确定) 数据字段的将来之用。Rfu 各位对于目前定义的相关数据字段应置 0。

EId 数: 该 4 比特数据字段指出下列表中包含的 EId 数。

EId (总成信号识别符): 该 16 比特数据标识其它总成信号。编码细节见 6.4。

数据库键值由 OE 和 P/D 标志 (见 5.2.2.1) 和 SId 数据字段组成。

变更事件标志由 EId 数=0 标识。

8.1.10.5.2 OE 通告切换

图56给出了作为类型0数据字段一部分的其它总成信号通告切换数据字段的结构（同时见图4）。

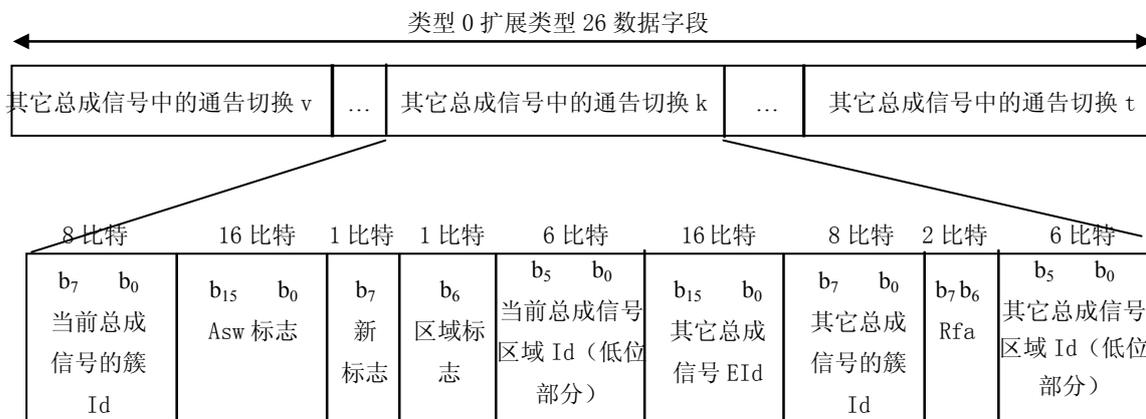


图56 其它总成信号通告切换数据字段的结构

相关定义如下：

当前总成信号簇 Id: 该 8 比特数据字段标志当前总成信号中将要发出的通告组成的通告簇，但不包括簇 Id=0000 0000)。

Asw (通告切换) 标志: 该 16 比特数据字段定义通告使用的通告类型，各位表示能否使用一个特定的通告类型。可能的数值和这些数值的编码见 8.1.6。

新标志: 见 8.1.6.2;

区域标志: 该 1 比特标志表示最后字节是否存在，如下所示：

0: 最后字节（包含 2 比特 Rfa 和其他总成信号区域 Id 的低位部分）不存在，通告适用于整个业务服务地区；

1: 最后字节（包含 2 比特 Rfa 和其他总成信号区域 Id 的低位部分）存在。

当前总成信号区域 Id 的低位部分: 该 6 比特数据字段表示在当前总成信号中通告适用的区域；

其他总成信号 EId: 该 16 比特数据字段标识其他总成信号。编码细节见 6.4。

其他总成信号簇 Id: 该 16 比特数据字段识别符适用于其他总成信号的通告簇。但不包括簇识别符 = ‘0000 0000’。

Rfa: 该 2 比特数据字段保留作将来扩充用，定义之前应置为 ‘0’。

其他总成信号区域 Id 的低位部分: 该 6 比特数据字段表示的是其他总成信号中通告适用的区域。

8.1.10.6 OE 文本标签

与其它总成信号有关的总成信号和业务标签分别以FIG类型1扩展类型0和1、5 (FIG 1/0和FIG 1/1、FIG 1/5) 或者FIG类型2 (FIG 2/0, 2/1和2/5) 进行传输，将在8.1.13和8.1.14说明。这几种情况下，OE标志（见5.2.2.2）应置为 ‘1’ 。

8.1.11 FM 业务

FM业务的射频频率信息应该被传输，FM业务的通告可被允许中断地面数字音频广播业务，本条将说明这些参数。

8.1.11.1 FM 频率

FM业务的频率以FIG类型0扩展类型21 (FIG 0 / 21) 进行编码传输，这已在8.1.8中说明。OE标志（见5.2.2.2）应置为 ‘1’ 。

8.1.11.2 FM 通告

FM业务通告的参数以FIG类型0扩展类型27和28 (FIG 0 / 27和FIG 0 / 28) 进行编码传输。扩展类型27用于通告支持, 扩展类型28用于通告切换 (见8.1.6)

8.1.11.2.1 FM 通告支持

图 57 给出了作为类型 0 数据字段一部分的 FM 业务通告支持数据字段的结构 (同时见图 4)。本特性使用 SIV 信号标志, 数据库按照一个数据库键值划分为几部分。数据库变化由 CEI 信号标识。

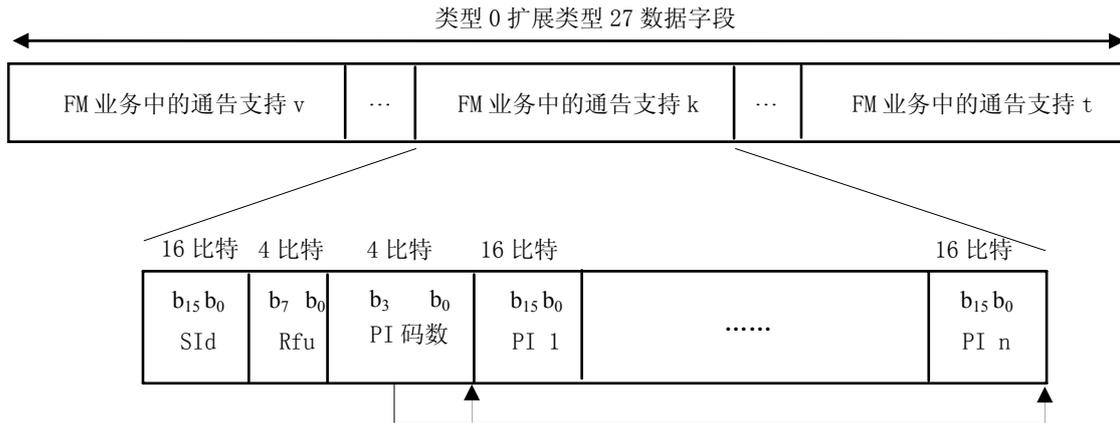


图57 FM 业务通告支持数据字段的结构

相关定义如下:

SId (业务识别符): 该 16 比特数据字段标识业务 (见 6.3.1)。

Rfu: 该 4 比特数据字段留作相关 PI 表的将来之用。Rfu 各位目前都应置为 ‘0’。

PI 码数: 该以无符号二进制数表示的 5 比特数据字段表示后面 PI 码的数量。

PI (节目识别符): 该 16 比特数据字段将标识 FM 信道中的使用 RDS PI 码表示的一个业务(见 8.1.8)。

数据库键值由 OE 和 P/D 标志 (见 5.2.2.1) 和 SId 数据字段组成。

变更事件标志由 PI 码数=0 标识。

8.1.11.2.2 通告切换

图58给出了作为类型0数据字段一部分的FM业务通告切换数据字段的结构 (同时见图4)。

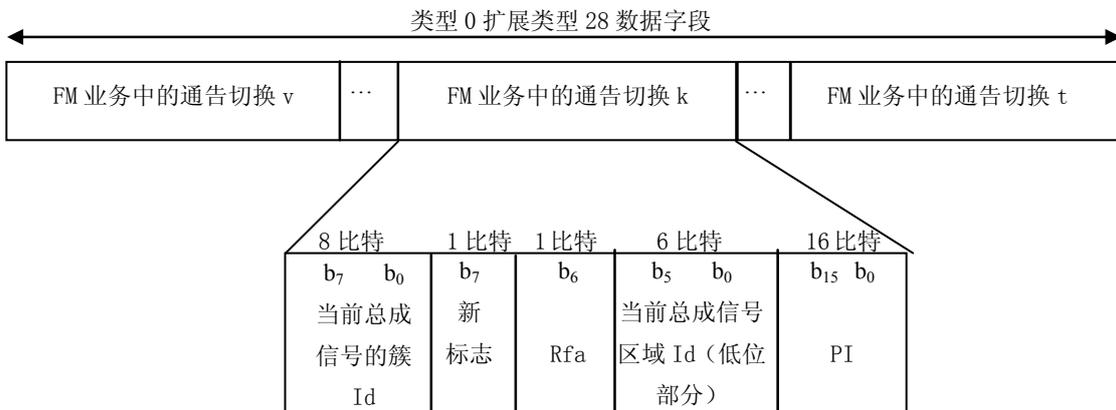


图58 FM 业务通告切换数据字段的结构

相关定义如下:

当前总成信号簇 Id: 该 8 比特数据字段用来标志即将发出的通告组成的通告簇。

新标志: 见 8.1.6.2。

Rfa: 该 1 比特数据字段保留为将来扩充用, 定义之前应置为 ‘0’。

当前总成信号区域 Id 的低位部分：该 6 比特数据字段表示在当前总成信号中通告接替的区域；‘00000’表示没有指定区域，通告适用于整个当前总成信号服务区域。

PI 码：见 8.1.11.2.1。

8.1.11.3 FM 节目号

FM业务节目号特性由FIG类型0扩展类型16 (FIG 0/16) 传输 (见8.1.4)。其中OE标志应置为‘1’，SID数据字段用于表示RDS PI码 (见8.1.8)，或者用相同格式的空码填充。

8.1.11.4 FM 节目类型

FM业务节目类型特性由FIG类型0扩展类型17 (FIG 0/17) 传输 (见8.1.5)。其中OE标志应置为‘1’，SID数据字段用于表示RDS PI码 (见8.1.8)，或者用相同格式的空码填充。

8.1.11.5 FM 文本标签

FM业务文本标签特性由FIG类型1扩展类型1 (FIG 1/1) 传输 (见8.1.14)。其中OE标志应置为‘1’，SID数据字段用于表示RDS PI码 (见8.1.8)，或者用相同格式的空码填充。

8.1.12 FIC 重新定向

FIG类型0扩展类型31 (FIG 0/31) 用来传输以FIG类型0、1和 2编码，在辅助信息信道 (AIC) 中传输的数据特性。图59给出了作为类型0数据字段一部分的FIC重新定向数据字段的结构 (同时见图4)。



图59 FIG 重新定向数据字段的结构

相关定义如下：

FIG 类型 0 标志数据字段：该 32 比特数据字段指出 FIG 类型 0 的 32 种扩展类型中哪个在 AIC 中传输：

$b_i: (i=0, \dots, 31);$

0: 扩展类型 i 不在 AIC 中传输；

1: 扩展类型 i 在 AIC 中传输。

对于 FIG 类型 0 标志数据字段， b_0 到 b_5 , b_8 , b_{10} , b_{13} , b_{14} , b_{19} , b_{26} , b_{28} 和 b_{31} 应置为‘0’，因为其相应信息总是全部在 FIC 中。

FIG 类型 1 标志数据字段：该 8 位数据字段指出，FIG 类型 1 的 8 种扩展类型中哪一个在 AIC 中传输：

$b_i: (i=0, \dots, 7);$

0: 扩展类型 i 不在 AIC 中传输；

1: 扩展类型 i 在 AIC 中传输。

FIG 类型 2 标志数据字段：该 8 位数据字段指出，FIG 类型 2 的 8 种扩展类型中哪一个在 AIC 中传输：

$b_i: (i=0, \dots, 7);$

0: 扩展类型 i 不在 AIC 中传输；

1: 扩展类型 i 在 AIC 中传输。

当 FIG 类型 0 标志字段中的 b_{30} 或者 FIG 类型 1 标志字段中的 b_2 为‘1’时，与其相应的信息全部由 AIC 传输。

FIG 类型 0 标志字段中除 b_{21} , b_{24} 之外其他任何标志或者 FIG 类型 1 和 FIG 类型 2 标志字段中的标志

为‘1’并且‘OE’标志为‘1’时，其对应的信息可以全部由AIC来传输，而当 b_{21} 、 b_{24} 为‘1’时，相应的信息仍将在FIC里面传输，但是传输的重复率可以减少。

当OE标志为‘0’并且FIG类型0、FIG类型1和FIG类型2标志字段中任何一个剩余标志为‘1’时，其对应的信息也应该在FIC里面传输，但传输重复率可以减少。

8.1.13 总成信号标签

总成信号标签是总成信号的文本形式标识，在FIG类型1扩展类型0 (FIG 1/0) 和FIG类型2 (FIG2/0) 中传输。图60给出了作为类型1和类型2数据字段一部分的总成信号标签数据字段的结构（分别见图5、图6）。OE标志（见5.2.2.2）对当前总成信号置为‘0’，对其它总成信号置为‘1’。

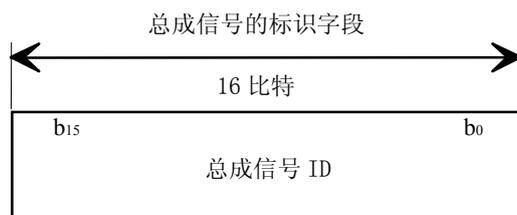


图60 总成信号标签数据字段的结构

有下列定义：

Eld (总成信号 Id)：该 16 比特数据字段标识总成信号（见 6.4）。

8.1.14 业务标签

业务标签以文字形式标识业务。音频节目业务标签、数据业务标签、数据分量标签和 X-PAD 应用类型标签各自独立编码。

8.1.14.1 音频节目业务标签

音频节目业务标签参数在FIG类型1和FIG类型2扩展类型1 (FIG 1/1和FIG 2/1) 中传输。图61给出了作为类型1和类型2数据字段一部分的音频节目业务标签数据字段的结构（分别见图5、图6）。OE标志（见5.2.2.2）对当前总成信号传输的业务置为‘0’，对其它总成信号传输的业务置为‘1’。

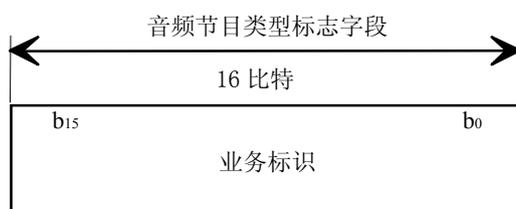


图61 业务标签数据字段的结构

相关定义如下：

Sld (业务识别符)：该 16 比特数据字段标识业务（见 6.3.1）。

8.1.14.2 数据业务标签

数据业务标签特性在FIG类型1和FIG类型2扩展类型5 (FIG 1/5和FIG 2/5) 中传输，图62给出了作为FIG类型1和类型2数据字段一部分的数据业务标签字段的结构（分别见图5、图6），对于当前总成信号中传输的业务，OE标志（见5.2.2.2）应该置为‘0’，对于其他总成信号中传输的业务，OE标志置为‘1’。

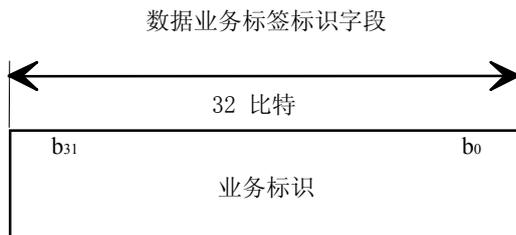


图62 数据业务标签数据字段的结构

相关定义如下：

SId (业务识别符)：该 32 比特数据字段标志业务（见 6.3.1）。

8.1.14.3 业务分量标签

业务分量标签特性在FIG类型1和类型2扩展类型4 (FIG 1/4和FIG2/4) 中传输，图63给出了作为FIG类型1和类型2数据字段一部分的业务分量标签字段的结构（分别参见图5、图6）。

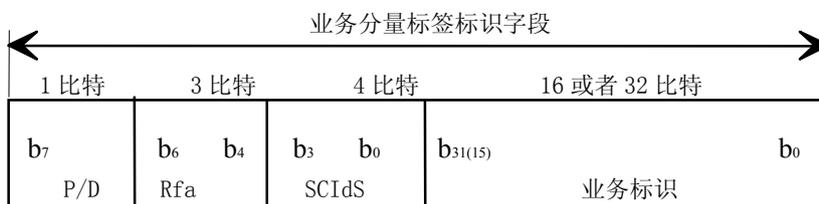


图63 业务分量标签数据字段的结构

相关定义如下：

P/D：该 1 比特标志表示 SID 数据字段用于音频节目业务还是数据业务，如下所示：

0：16 比特 SID，用于音频节目业务；

1：32 比特 SID，用于数据业务。

Rfa：该 3 比特数据字段保留作将来扩充用，定义之前应该置为 ‘0’。

SCIdS (业务中的业务分量识别符)：该 4 比特数据字段在业务中标识业务分量，它和业务识别符 SID 一起使用，在整体上标志业务分量。

SID (业务识别符)：该 16 比特或者 32 比特数据字段用于标识业务，其长度由 P/D 标志确定。（见 5.2.2.1）。

8.1.14.4 X-PAD 用户应用标签

X-PAD 用户应用标签在 FIG 类型 1 和类型 2 扩展类型 6 (FIG 1/6 和 FIG 2/6) 中传输，图 64 给出了作为 FIG 类型 1 和类型 2 数据字段一部分的 X-PAD 用户应用标签字段的结构（分别参见图 5、图 6）

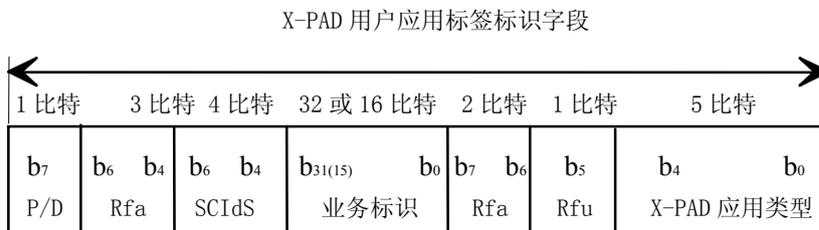


图64 X-PAD 用户应用标签识别符字段的结构

相关定义如下：

P/D：该 1 比特标志表示 SID 数据字段用于音频节目业务还是数据业务，如下所示：

0：16 比特 SID，用于音频节目业务；

1: 32 比特 SID, 用于数据业务。

Rfa: 该 3 比特数据字段保留作将来扩充用, 定义之前应该置为 ‘0’。

SCIdS (业务中的业务分量识别符): 该 4 比特数据字段在业务中标识业务分量, 它和业务识别符 SID 一起使用, 在整体上标志业务分量。

SID (业务识别符): 该 16 比特或者 32 比特数据字段用于标识业务, 其长度由 P/D 标志确定。(见 5.2.2.1)。

Rfa: 该 2 比特数据字段保留作将来扩充用, 定义之前应该置为 ‘0’。

Rfa: 该 1 比特数据字段保留待将来相关 X-PAD 应用类型扩充用, 定义之前应该置为 ‘0’。

X-PAD 应用类型: 该 5 比特数据字段表示应用类型 (见 7.4.3)

8.1.15 业务链接信息

FIG 类型 0 扩展类型 6 (FIG 0/6) 为同一主业务分量 (硬链接) 或者主业务分量有联系 (软链接) 的业务提供了业务链接信息。图 65 给出了作为类型 0 数据字段一部分的业务链接数据字段的结构 (同时见图 4)。

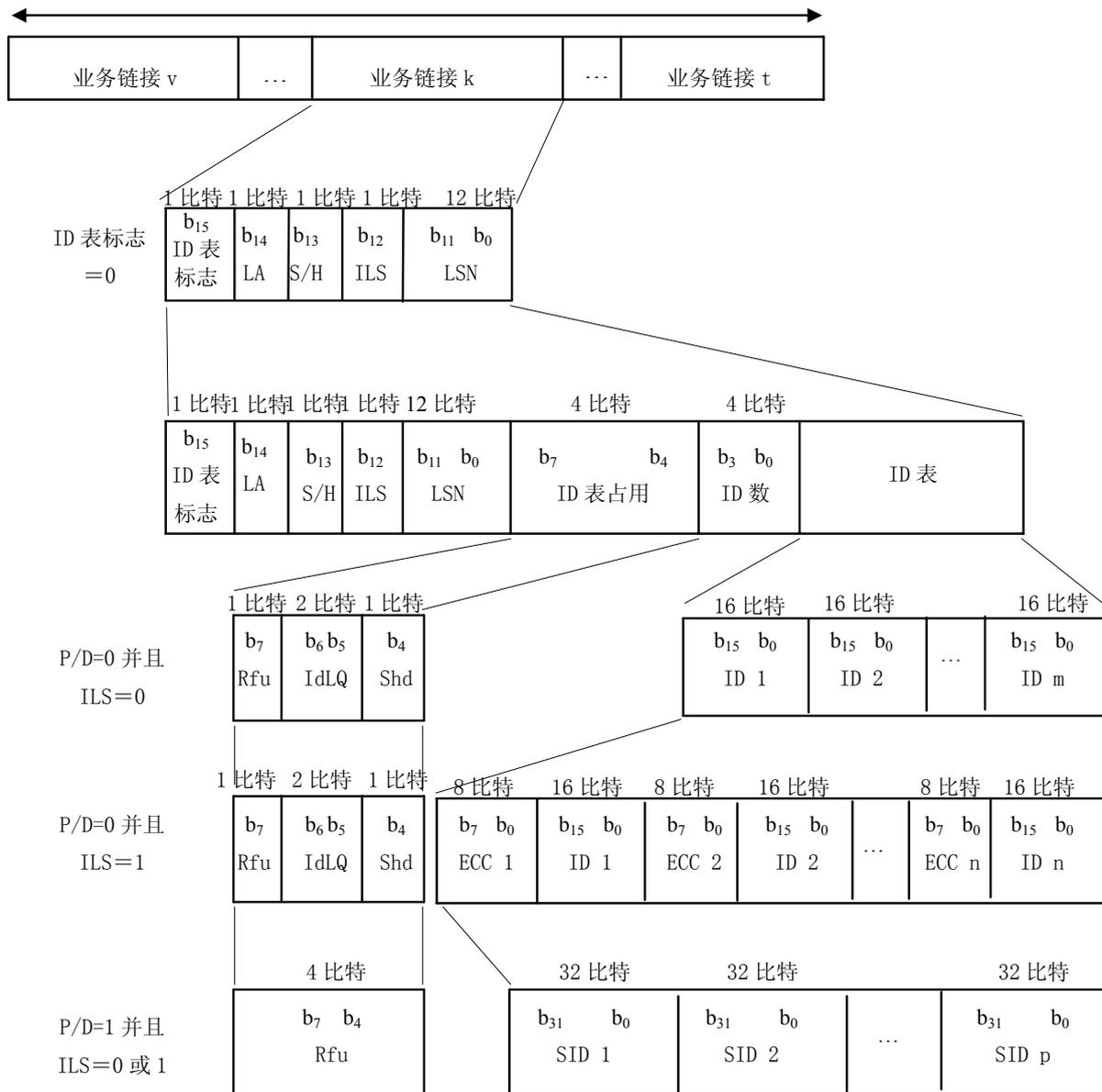


图65 业务联系数据字段结构

本特性使用 SIV 信号标志, 数据库按照一个数据库键值划分为几部分。

数据库的变化由 CEI 信号标识。

相关定义如下:

ID 表标志: 该 1 比特标志表示 ID 表和它前面的字节是否存在, 如下所示:

0: ID 表和它前面的字节不存在;

1: ID 表和它前面的字节存在。

LA (链接激活位): 该 1 比特标志指出链接是激活的还是未激活的:

0: 可能的将来链接或未激活的链接;

1: 激活链接。

S/H (软硬标志): 该个 1 比特标志表示链接时软链接还是硬链接, 如下所示:

0: 软链接 (相关业务);

1: 硬链接 (业务传输相同的主业务分量)。

ILS (国际联网指示码): 该 1 比特标志指出联网是国际的还是国内的:

0: 国内的联网;

1: 国际的联网 (DRM 或者 AMSS)。

注: 即使链接的业务都是面对国内广播, 如果链接集合中包含 DRM 或者 AMSS 业务广播, 那这个链接往往是国际的。

LSN (联网组号): 该 12 比特数据字段表示一个数, 此数作为一个集合对联网组中的所有业务是相同的。LSN = 0000 0000 0000 作为保留值。对于一个国际联网, 其最高 4 比特 (b_{11} - b_8) 表示 PI 码中的国家码, 低 8 比特表示联网识别码, 由相关国家商定。

ID 表占用 (P/D=0)

— Rfu: 该 1 比特数据字段保留作后面几个数据字段将来扩展时使用, 在定义之前应置为 '0'。

— IdLQ (ID 表指定): 该 2 比特数据字段表示 Id 表里面 Id 的含义, 如下所示:

b_6 b_5

0 0: 每个 ID 表示一个地面数字音频广播的 SID (见 6.3.1);

0 1: 每个 ID 表示一个 RDS PI 码 (见 8.1.8);

1 0: 每个 ID 表示一个不带 RDS 的 FM 业务或者 AM 业务;

1 1: 每个 ECC+ID 表示一个 DRM 业务识别符; 或者 AMSS 业务识别符。

当 OE 标志为 '0' 和 FIG 类型 0 的版本号为 '0' 时, ID 表说明中的第一项不再适用。

— ShD (速记标志符): 该 1 比特标志表示 ID 表中的每一项节目业务 ID 的 b_{11} 到 b_8 是否都是在十六进制的 '4' 到 'F' 范围内, 这表示一个多至 12 个业务的节目表还是共享同一个国家 ID 和同一个业务参考的最低有效的 8 个比特, 如下:

0: ID 表里面的 ID 表示同一业务;

1: ID 表里面的 ID 的 b_{11} 到 b_8 在 '4' 到 'F' 范围内的, 表示多至 12 个业务。

ID 表占用 (P/D=1):

Rfu: 该 4 比特数据字段留作 ID 数和 ID 表数据字段的将来之用。Rfu 各位对于目前都应置 '0'。

ID 数: 这以无符号二进制数表示的 4 比特数据字段定义识别表中的业务识别的数量。(当 P/D=0 和 ILS=0 时最大为 12, 当 P/D=0 和 ILS=0 时最大为 8, 当 P/D=1 时最大为 6)。

ID 表 (P/D=0):

— ID (业务 Id): 该 16 比特数据字段表示节目业务, 其具体含义取决于 ID 表说明字段和速记标志符的值。

— ECC (扩展国家码): 该 8 比特数据字段和 SID 中的国家 ID 部分一起识别业务所属的国家 (见 8.1.3)。当 IdLQ = 11 时, ECC 将表示 DRM 或者 AMSS 业务识别符的最高有效字节。

ID 表 (P/D=1):

— SID (业务 Id): 该 32 比特标志数据业务 (见 6.3.1)。

当所有和链接有关的业务表里面的业务中有一个 SID 在当前总成信号中传输时, OE 标志 (见 5.2.2.1) 应置为 '0', 在这种情况下, 当 FIG 类型 0 数据字段的版本号为 '0' (使用 C/N 标志, 见 5.2.2.1) 时, 每个业务联系数据字段中 ID 表中的第一项应该对应的是总成信号中传输的业务。

当所有和链接相关的业务表里没有当前总成信号中传输的业务对应的 ID 时, OE 标志应置为 '1', 在这种情况下, ID 表中 ID 的顺序就不再另外指定。

数据库键值由 OE 和 P/D 标志 (见 5.2.2.1) 和 S/H、ILS 和 LSN 几个字段组成。

变更事件指示由 ID 表标志 = 0 标识。

8.1.16 地区标识

地区识别符特性用于定义可以用文字标签区分开来的地理区域。

8.1.16.1 地区定义

FIG 类型 0 扩展类型 11 (FIG 0/11) 通过提供地区识别符和 TII 表或可选的地理坐标之间的交叉参考来定义地理区域。地理区域总是被定义成 TII 表的方式 (GATy = '0000'), 无论其他的定义方式 (GATy ≠ '0000')。图 66 给出了作为类型 0 数据字段一部分的地区识别符数据字段的结构 (见图 4)。

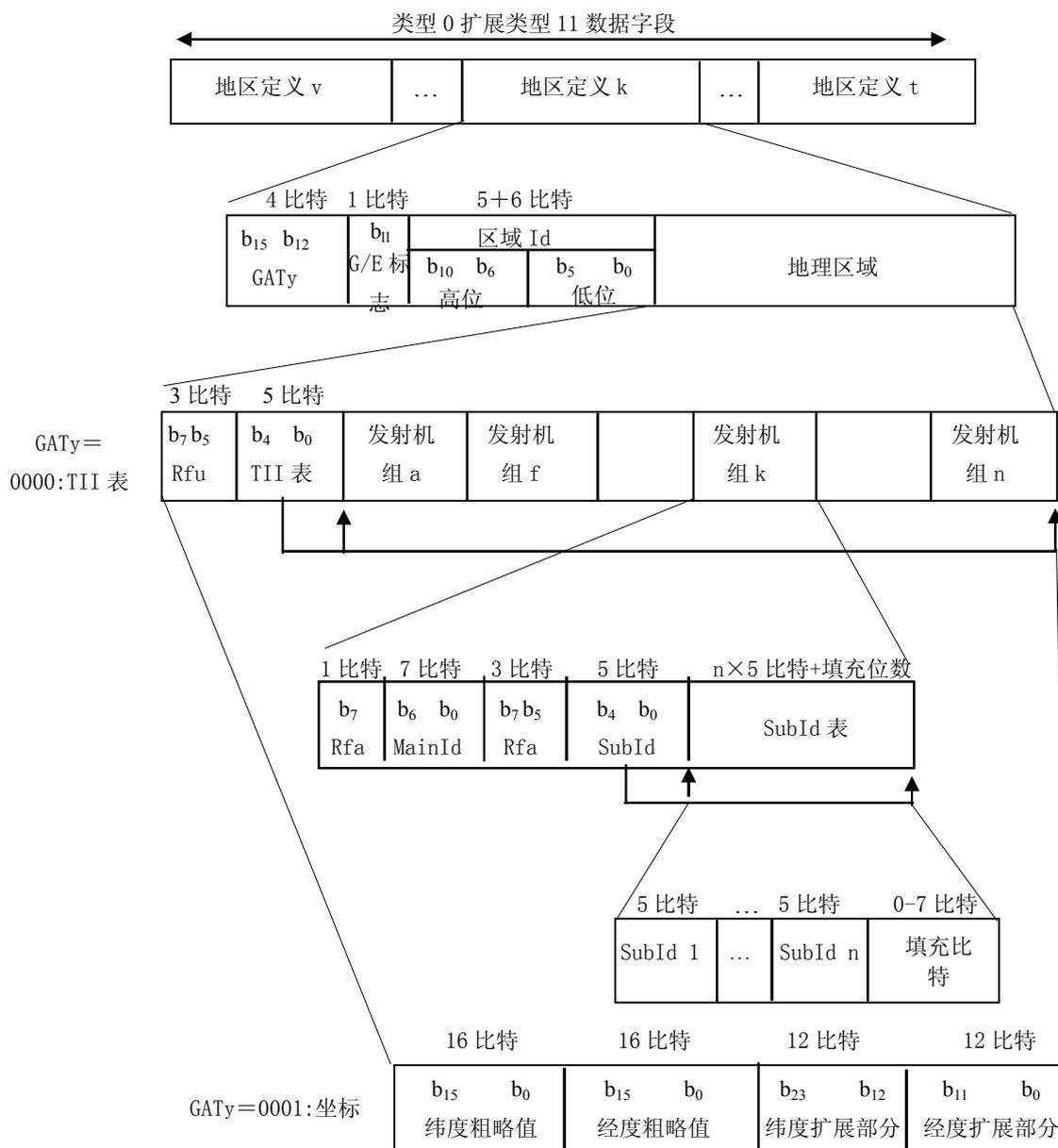


图66 地区定义信息结构

本特性使用 SIV 信号标志, 数据库按照一个数据库键值划分为几部分。

数据库变化由 CEI 信号标识。

相关定义如下:

GATy (地理区域类型): 该 4 比特数据字段指出地理区域的编码方法。下面是 GATy 数据字段数值的定义 (其余留作地理区域数据字段的将来之用), 在将来的所有情况下, 地理区域数据字段的第一个字节都是它的长度, 这一个字节采用与 GATy = ‘0000’ 时的编码相同的方法:

b₁₅ b₁₂

0 0 0 0: 地理区域由 TII 表定义;

0 0 0 1: 地理区域由纬度、经度和地理坐标一角定义的球面矩形。

G/E (全部/总成信号) 标志: 该 1 比特标志表示区域 ID 覆盖的区域, 定义如下:

0: 总成信号覆盖的区域;

1: 所有的覆盖区域 (即国家 ID 和 ECC 定义的区域)。

区域 ID (区域识别符): 这 11 比特数据字段分为 5 比特的高位和 6 比特的低位两部分, 用来识别地区。区域 ID = ‘000…0’ 保留 (见 8.1.8)。

地理区域: 该数据字段以 TII 表或坐标矩形的方式定义地理区域。

TII 表: 该数据字段以表中标识的所有发射机的业务区域的形式定义地理区域:

- Rfu: 该 3 比特留作相关地理区域数据字段 (除第一字节外) 的将来之用。在定义之前应置为 ‘0’。
- TII 表长度: 该 5 比特以无符号二进制数表示的数据字段以字节为单位给出 TII 表数据字段的长度 (不包括该长度参数所在字节) (最大为 25)。

下面的定义用于共享同一主识别符的一个发射机组:

- Rfa: 这 1 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 ‘0’。
- MainId (主识别符): 这 7 比特以无符号二进制数表示的数据字段用主识别符来识别一组发射机 (见 8.1.9)。
- Rfa: 这 3 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 ‘0’。
- SubId 表长度: 该 5 比特以无符号二进制数表示的数据字段以字节为单位给出 SubId 表数据字段的长度 (最大为 23)。长度 ‘00000’ 留作将来之用。
- SubId 表: 该表包括一些子识别符。填充比特 (0 到 7 位) 将用于字节对准。
- SubId: 该 5 比特以无符号二进制数表示的数据字段用来发送发射机的相关子识别符 (见 8.1.9)。
- 填充比特: 该数据字段包含足够的比特 (1 到 7 比特), 以便将每个子识别表的总长度补齐为整数个字节。填充位应置为 ‘0’。

坐标: 该数据字段以直角坐标的方式定义地理区域:

- 纬度粗略值: 这个以 2 的补码编码的 16 比特数据字段给出确定该区域的球面矩形一角的粗略纬度。计算方法是纬度粗略值乘以 $(90^\circ/2^{15})$ 。南纬为负, 北纬为正。
- 经度粗略值: 这个以 2 的补码编码的 16 比特数据字段给出确定该区域的球面矩形一角的粗略经度。计算方法是经度粗略值乘以 $(180^\circ/2^{15})$ 。格林威治以西为负, 格林威治以东为正。
- 纬度扩展部分: 这个以 2 的补码编码的 12 比特数据字段给出确定该区域的球面矩形纬度扩展部分。计算方法是纬度扩展值乘以 $(90^\circ/2^{15})$ 。
- 经度扩展部分: 这个以 2 的补码编码的 12 比特数据字段给出确定该区域的球面矩形经度扩展部分。计算方法是经度扩展值乘以 $(180^\circ/2^{15})$ 。

数据库键值由 OE 和 P/D 标志和区域 ID 字段组成, 变更事件指示 (CEI) 由 TII 表长度=0 标识。

8.1.16.2 地区标签

地区标签参数在 FIG 类型 1 和类型 2 扩展类型 3 (FIG 1/3 和 FIG 2/3) 内传输。图 67 给出了作为类型 1 或类型 2 数据字段一部分的地区标签数据字段的结构 (分别见图 5、图 6)。

相关定义如下:

Rfa: 这 2 比特留作将来之用, 在定义之前应置为 ‘0’。

区域 ID 低位部分: 该 6 比特数据字段给出区域 Id 的低位部分 (见 8.1.16.1)。区域 Id 的高位部分应置为 ‘00000’。



图67 地区标签数据字段的结构

8.1.17 无效

8.1.18 AMSS 业务

对于AMSS业务，需要传输它们的发射频率信息。

8.1.18.1 AMSS 频率

AMSS业务的频率信息可以在FIG类型0扩展类型21 (FIG 0/21) 中传输，这部分内容将在8.1.8中叙述。OE标志 (见5.2.2.1) 应置为 ‘1’ 。

8.1.19 AM 业务

对于AM业务的频率、节目号、节目类型和节目标签等信息也应该在系统中表示出来。业务识别符用采用与RDS PI码相同格式的 ‘空码’ 填充 (见8.1.8) 。

8.1.19.1 AM 频率

AM业务的频率信息可以在FIG类型0扩展类型21 (FIG 0/21) 中传输，这部分内容将在8.1.8中叙述。OE标志 (见5.2.2.1) 应置为 ‘1’ 。

8.1.19.2 AM 节目号

AM节目号特性由8.1.4中描述的FIG 0/16传输，这时OE标志 (见5.2.2.1) 应置为 ‘1’。SID字段用采用与RDS PI码相同格式的 ‘空码’ 填充 (见8.1.8) 。

8.1.19.3 AM 节目类型

AM节目类型特性由8.1.5中描述的FIG 0/17传输，这时OE标志 (见5.2.2.1) 应置为 ‘1’。SID字段用采用与RDS PI码相同格式的 ‘空码’ 填充 (见8.1.8) 。

8.1.19.4 AM 文本标签

AM业务对应的业务标签由8.1.14描述的FIG 1/1传输。这时OE标志应置为 ‘1’。

8.1.20 用户应用信息

用户应用信息为接收机提供使用户应用和正确的用户应用解码器相对应的信息。

用户应用信息特性包括一个已注册的应用标识的数据的传输方式 (X-PAD、FIDC、包模式或者流模式子信道) 以及少量的应用专用信息。它在FIG 0/13中编码传输。图68给出了作为FIG0数据字段一部分的用户应用信息字段的结构 (同时参见图4)。

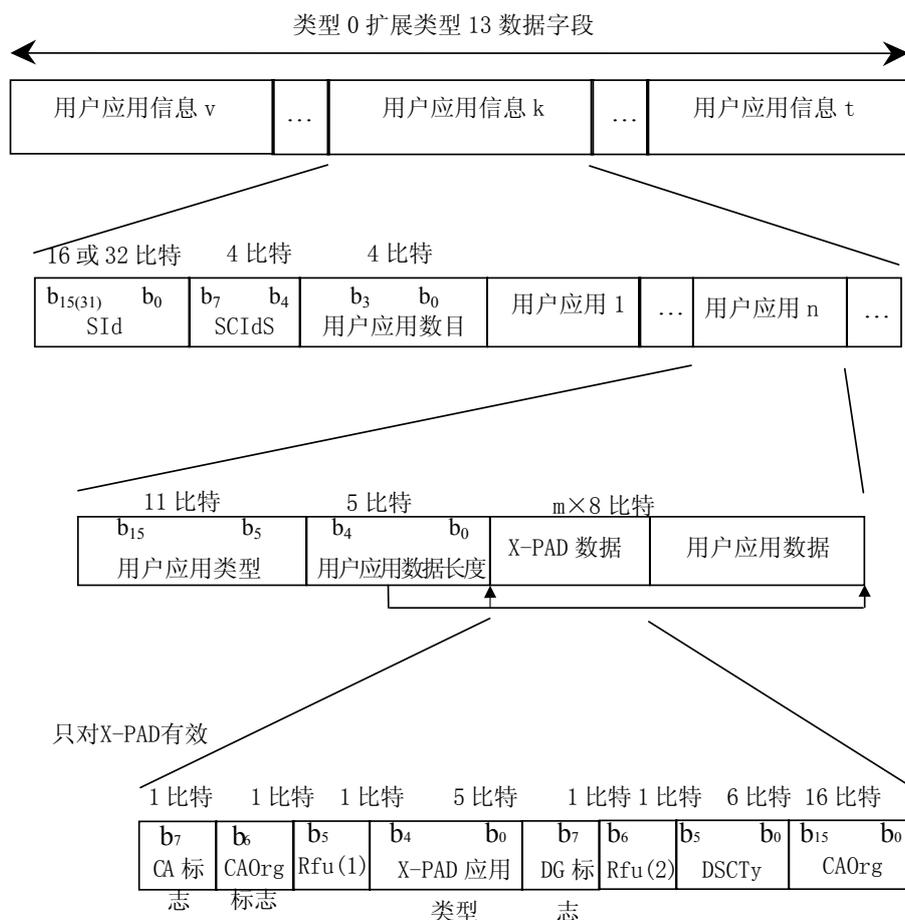


图68 用户应用数据字段的结构

相关定义如下：

SID (业务识别符)：该16或32比特数据字段用于识别业务（见6.3.1），其长度由P/D标志确定（见5.2.2.1）。

SCIIdS (业务内的业务分量识别符)：该4比特数据字段在业务内标志业务分量，它和SID一起在整体上标识业务分量。

用户应用的数目：该4比特数据字段，以无符号二进制数的形式表示后续表中应用的个数（范围从1到6）。

用户应用类型：该11比特数据字段确定由SID和SCIIdS确定的子信道中的数据应该按照那种用户应用进行解码。这个数据字段定义如下：

| 用户应用类型代码（16进制） | 用户应用类型 |
|----------------|---------|
| 0x000 | 保留 |
| 0x001 | 未使用 |
| 0x002 | MOT图片播放 |
| 0x003 | MOT网页推送 |
| 0x004 | TPEG |
| 0x005 | DGPS |
| 0x006 | TMC |
| 0x007 | EPG |
| 0x008 | Java |
| 0x009 | DMB |

| | |
|-------------|------------|
| 0x00a到0x3ff | 保留 |
| 0x400到0x449 | 私有应用 |
| 0x44a | Journaline |
| 0x44b到0x7ff | 私有应用 |

用户应用数据长度：该5比特数据字段，以无符号二进制数的形式（范围0—23）表示后面X-PAD数据字段（如果存在）和用户应用的数据字段的长度m（以字节为单位）。

X-PAD数据：该数据字段仅在应用是在一个MSC流模式音频业务分量的X-PAD中传输时出现。

— CA 标志：该 1 比特数据字段表示用户应用是否应用接入控制，如下所示：

0：没有应用接入控制或者接入控制只应用于用户应用的一部分。

1：对接入控制应用于整个用户应用。

每台接收机都应该检查CA标志，不具备CA能力的接收机在CA标志为‘1’的时候将不尝试对用户应用进行解码。

— CAOrg 标志：该 1 比特标志表示 CAOrg 数据字段是否存在，如下所示：

0：CAOrg字段存在；

1：CAOrg字段不存在。

— Rfu (1)：该 1 比特数据字段保留为将来相关的 X-PAD 应用类型扩展用。该位在定义之前应置为‘0’。

— X-PAD 应用类型：该 5 比特数据字段表示传输这个用户应用的最低应用类型。

— DG 标志：该 1 比特标志表示是否用 MSC 数据组传输用户应用，如下：

0：使用MSC数据组传输用户应用；

1：用户应用的传输不使用MSC数据组。

— Rfu (2)：该 1 比特数据字段保留待将来 DSCTy 数据字段扩展用。该位在定义之前应置为‘0’。

— DSCTy（数据业务分量类型）：见 6.3.1。

— CAOrg：该 16 比特数据字段包含条件接收系统和模式信息，保留为以后扩充用。

用户应用数据：该8比特数据字段里是应用专用信息，它的解释取决于应用类型。

8.2 快速信息数据信道

本条定义了可在FIC的快速信息数据信道（FIDC）中传输的数据业务分量。FIDC在FIG类型5内传输（见图7）。

8.2.1 寻呼

寻呼特性在 FIG 类型 5 扩展类型 0（FIG 5/0）内传输。由一个指向机制表示寻呼信息在主业务信道的什么地方进行传输。图 69 给出了作为类型 5 数据字段一部分的寻呼数据字段的结构（见图 7）。

下列定义用于 5.2.2.3 中定义的 D1 和 D2 标志：

D1：该 1 比特标志表示类型 5 数据字段的两个定义（见图 7）：

0：整数个字节的寻呼信息；

1：指针—见下。

D2：这 1 比特标志表示寻呼信息是否扰码，如下：

0：没有按照配制 2 扰码；

1：按照配制 2 扰码。



图69 寻呼数据字段的结构

相关定义如下：

寻呼信息：该数据字段包含寻呼信息。

SubChId（子信道识别符）：该 6 比特数据字段用于识别被寻呼信息指向的子信道（见 6.2）。

包地址：该 10 比特数据字段用于识别携带寻呼信息的数据包的地址。

F1：该 1 比特标志指出下面的 F3 标志、时间和 CAId、CAOrg 数据字段是否存在：

0：F3 标志、时间和 CAId 和 CAOrg 数据字段不存在；

1：F3 标志、时间和 CAId 和 CAOrg 数据字段存在。

F2：该 1 比特标志指出下面的时间和 LFN 数据字段是用于业务广播的起始还是结束：

0：业务广播的起始；

1：业务广播的结束。

Rfa：该 1 比特留作将来使用，在定义之前应置为‘0’。

LFN（逻辑帧号）：这个以无符号二进制数编码的 13 比特数据字段指出业务分量广播开始或结束的逻辑帧计数器的值。

数值 1FFF（16 进制）被保留，表示 LFN 字段不起作用。

F3：该 1 比特标志指出时间数据字段（如果存在的话）是否有效：

0：时间数据字段有效；

1：时间数据字段无效。

时间：该 11 比特数据字段指出业务分量开始和结束传输的时间。时间数据字段以 8.1.3 中说明的 UTC 的短格式进行编码。

CAId（条件接收 ID）：该 3 比特数据字段用于标识业务使用的接入控制系统。没有 CA 解码能力的接收机将不解释这个数据字段。若无 ACS，CAId 应置为‘0’（见 6.3.1）。

CAOrg：该 16 比特数据字段包含条件接收系统信息，保留为以后扩充用。

寻呼用户组：该 32 比特数据字段用于识别新寻呼业务指向的接收机。

8.2.2 交通信息信道（TMC）

交通信息在 FIG 类型 5 扩展类型 1（FIG 5/1）中传输。

8.2.3 紧急报警系统

紧急报警系统（EWS）特性在 FIG 类型 5 扩展类型 2（FIG 5/2）传输。图 70 给出了作为类型 5 数据字段一部分的 EWS 数据字段的结构（同时见图 7）。

对于 D1 和 D2 标志相关定义如下（见 5.2.2.3）：

D1：该 1 比特标志留作类型 5 数据字段的将来使用（见图 7）；

D2：该 1 比特标志指出类型 5 数据字段包含的是接收机控制数据还是消息：

0：控制信息；

1：消息。

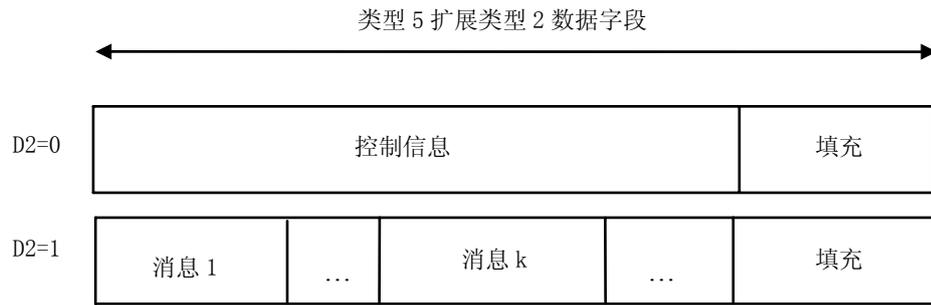


图70 紧急报警系统数据字段的结构

相关定义如下：

控制信息：该数据字段包含用于 EWS 接收机的控制信息。

填充：该数据字段应有足够的比特数(0 到 7 比特)，以使该信息长度为整数个字节，填充位应置为‘0’。

消息：该数据字段包含一个 EWS 信息。

9 条件接收

待定。

10 能量扩散

10.1 通用方法

为了确保在发射信号中有合适的能量扩散，在卷积编码之前，由图 1 所示的能量扩散扰码器采用伪随机二进制序列（PRBS）对输入数据进行模 2 加的扰码。

PRBS 按照图 71 中反馈移位寄存器的输出定义。该 PRBS 由下式所示的一个 9 阶多项式定义：

$$P(X) = X^9 + X^5 + 1$$

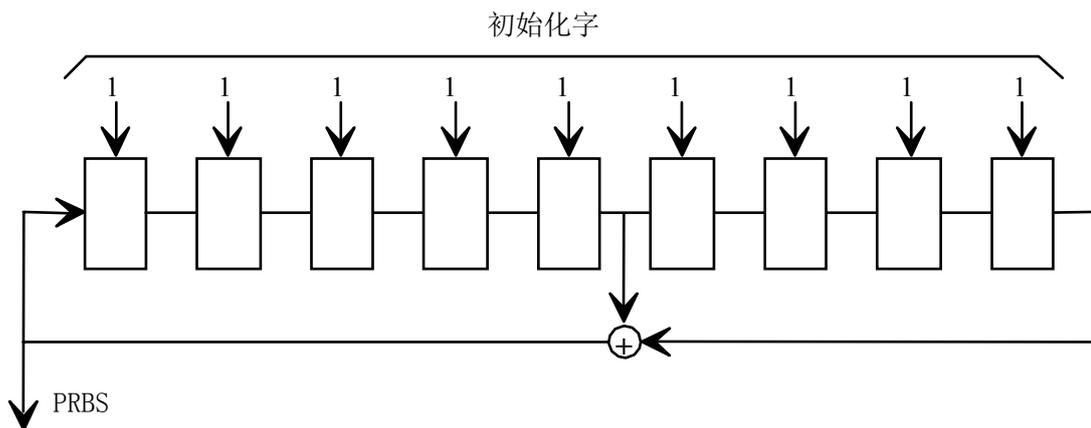


图71 PRBS 发生器

应用初始字，将移位寄存器所有级的输出都设置为‘1’，生成 PRBS 的第一个比特。表 28 给出了 PRBS 序列的前 16 比特：

表28 PRBS 的前 16 位

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 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 |

10.2 应用在快速信息信道中的能量扩散

定义在 5.2.1 中的 FIB 按如下方法进行能量扩散扰码：

传输模式 I、II 和 IV：

一个 CIF 的 3 个 FIB 在快速信息块组合器的输出端组合构成一个 768 比特的矢量。该矢量包括 3 个相邻的 FIB，其第一个比特是第一个 FIB 的第一个比特。

这个矢量用 PRBS 扰码，其第一比特和 PRBS 的第一个比特（索引为 0 的那一个比特）进行模 2 加运算。

传输模式 III：

对应于一个 CIF 的 4 个 FIB 在快速信息块组合器的输出组合在一起构成一个 1024 比特的矢量。该矢量包括 4 个相邻的 FIB，其第一个比特是第一个 FIB 的第一个比特。

这个矢量用 PRBS 扰码，其第一个比特和 PRBS 的第一个比特（索引为 0 的那一个比特）进行模 2 加运算。

10.3 应用在主业务信道的能量扩散

对图1中业务信息（SI）包复用组合器的输出和CA扰码器的输出产生的每个逻辑帧（见5.3.1）进行如下方式的扰码：某一给定子信道相关的每一个逻辑帧的第一个比特和PRBS序列的第一个比特（索引为0的那一个比特）进行模2加。

11 卷积编码

信道编码处理是基于删除型卷积编码，结合比特误码的敏感特性，它可采用均匀和非均匀误码保护（EEP 和 UEP）。

在每个能量扩散扰码器的输出端进行卷积编码。在任何给定的逻辑帧期间，一个扰码器输出表示为 I 个比特的一个矢量 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$ 。

11.1 定义了通用编码算法。11.2 和 11.3 定义了这个编码算法在 FIC 和在 MSC 中具体应用。

11.1 卷积码

11.1.1 母码

信道编码是基于约束长度为 7 的卷积编码。母卷积编码器由矢量 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$ 产生一个码字

$\{(x_{0,i}, x_{1,i}, x_{2,i}, x_{3,i})\}_{i=0}^{I+5}$ 。该码字定义如下：

$$x_{0,i} = a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6}$$

$$x_{1,i} = a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-6}$$

$$x_{2,i} = a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-4} \oplus a_{i-6}$$

$$x_{3,i} = a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6}$$

式中 $i=0, 1, 2, \dots, I+5$ 。

当 i 不属于集合 $\{0, 1, 2, \dots, I-1\}$ 时， a_i 为零。

卷积编码器的结构如图 72 所示。生成多项式的八进制形式分别为 133、171、145 和 133。

矢量 $(a_{-6}, a_{-5}, a_{-4}, a_{-3}, a_{-2}, a_{-1})$ 对应于移位寄存器的全零初始化状态，而矢量 $(a_1, a_{1+1}, a_{1+2}, a_{1+3}, a_{1+4}, a_{1+5})$ 对应于移位寄存器的全零结束状态。

每个码字 $\{(x_{0,i}, x_{1,i}, x_{2,i}, x_{3,i})\}_{i=0}^{I+5}$ 顺序排列构成一个串行母码字 U，表示为：

$$U = (u_0, u_1, u_2, \dots, u_{4I-1})$$

式中

$$u_i = x_{R\left(\frac{i}{4}\right), Q\left(\frac{i}{4}\right)} \quad i=0, 1, 2, \dots, 4I+23$$

函数 R 和 Q 分别为一个除法运算的余数和商数，它们在 3.3 中定义。

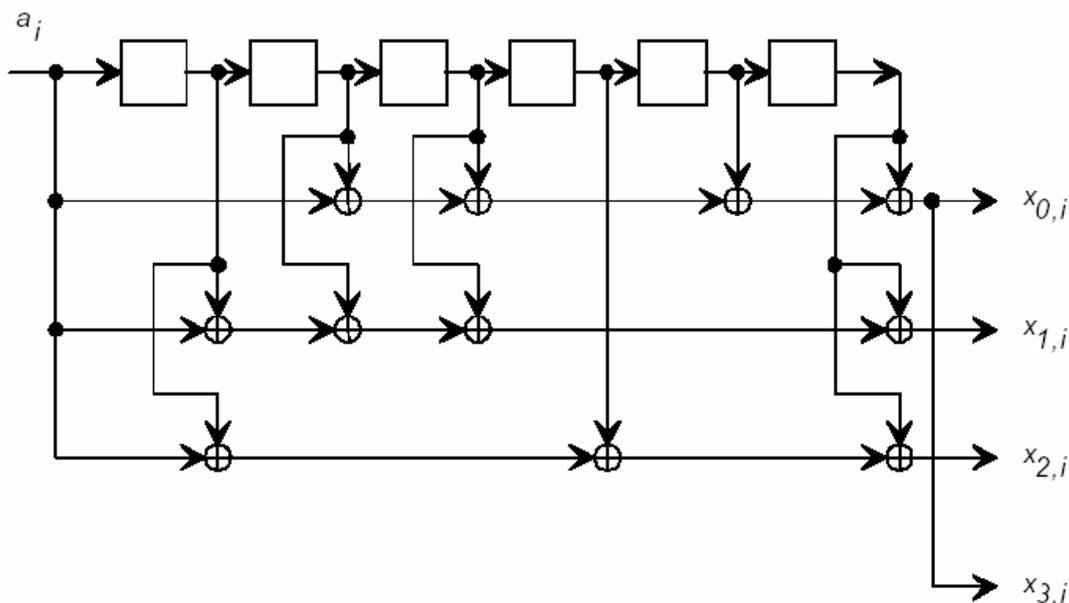


图 72 卷积编码器

11.1.2 删除过程

使用删除型卷积编码的时候，由母码编码产生的一些预先确定的码位不传输。

串行母码字 U 的前 $4I$ 比特 $(u_0, u_1, u_2, \dots, u_{4I-1})$ 依次分成 128 比特的块。

每个块依次分成 4 个 32 比特的子块。所有属于同一块的子块应用相同的规则删除，规则由删除索引 PI 的值确定。

每个索引 PI 对应一个删除矢量 V_{PI} ，表示为：

$$V_{PI} = (v_{PI,0}, v_{PI,1}, \dots, v_{PI,i}, \dots, v_{PI,31})$$

每个子块的第 $i+1$ 位 ($i=1, 2, \dots, 31$) 中按照删除矢量 V_{PI} 的元素 $v_{PI,i}$ 的值进行处理，方法如下：

当 $v_{PI,i}=0$ 时，将其对应的位从子块中删除，不实际传输；

当 $v_{PI,i}=1$ 时, 其对应的位保留在子块中, 并实际传输;

删除矢量的值在表 29 中给出。

表 29 中也给出了编码效率的值 (等于 $\frac{8}{8+PI}$)。

串行母码字的最后 24 位 ($u_{4I}, u_{4I+1}, u_{4I+2}, K, u_{4I+23}$) 应用下面的规则进行删除:

$$V_T = (1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100)$$

所得的 12 位数据叫做末端比特。

表29 删除矢量

| | $(v_{PI,0}, K, v_{PI,31})$ |
|------------------|---|
| PI=1; 编码效率 8/9 | 1100 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 |
| PI=2; 编码效率 8/10 | 1100 1000 1000 1000 1100 1000 1000 1000 |
| PI=3; 编码效率 8/11 | 1100 1000 1100 1000 1100 1000 1000 1000 |
| PI=4; 编码效率 8/12 | 1100 1000 1100 1000 1100 1000 1100 1000 |
| PI=5; 编码效率 8/13 | 1100 1100 1100 1000 1100 1000 1100 1000 |
| PI=6; 编码效率 8/14 | 1100 1100 1100 1000 1100 1100 1100 1000 |
| PI=7; 编码效率 8/15 | 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1000 |
| PI=8; 编码效率 8/16 | 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 |
| PI=9; 编码效率 8/17 | 1110 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 |
| PI=10; 编码效率 8/18 | 1110 1100 1100 1100 1110 1100 1100 1100 |
| PI=11; 编码效率 8/19 | 1110 1100 1110 1100 1110 1100 1100 1100 |
| PI=12; 编码效率 8/20 | 1110 1100 1110 1100 1110 1100 1110 1100 |
| PI=13; 编码效率 8/21 | 1110 1110 1110 1100 1110 1100 1110 1100 |
| PI=14; 编码效率 8/22 | 1110 1110 1110 1100 1110 1110 1110 1100 |
| PI=15; 编码效率 8/23 | 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1100 |
| PI=16; 编码效率 8/24 | 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110 |
| PI=17; 编码效率 8/25 | 1111 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110 |
| PI=18; 编码效率 8/26 | 1111 1110 1110 1110 1111 1110 1110 1110 |
| PI=19; 编码效率 8/27 | 1111 1110 1111 1110 1111 1110 1110 1110 |
| PI=20; 编码效率 8/28 | 1111 1110 1111 1110 1111 1110 1111 1110 |
| PI=21; 编码效率 8/29 | 1111 1111 1111 1110 1111 1110 1111 1110 |
| PI=22; 编码效率 8/30 | 1111 1111 1111 1110 1111 1111 1111 1110 |
| PI=23; 编码效率 8/31 | 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1110 |
| PI=24; 编码效率 8/32 | 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 |

4 个经过删除操作的子块组合成一个长度为 $4(8+PI)$ 比特的块。所有这些块再组合在一起, 并且在最后一个块中添加上末端比特。子块和块的顺序应保持不变。

所得的码字称作已删除的卷积码字。

为了确保编码过程输出的码字的长度为 64 比特的整数倍, 对于某些删除方案有必要在已删除卷积码字的后面添加 0 值的填充比特, 详细情况见以下几条。

这样所得的码字称为卷积码字。

11.2 在快速信息信道中的卷积编码

这一条定义应用在快速信息信道 (FIC) 中的卷积编码过程。

11.2.1 传输模式 I、II 和 IV

能量扩散扰码器输出端 (见 10.2) 每 768 比特矢量 $(a_i)_{i=0}^{767}$ 按 11.1.1 中定义的方法进行处理。

根据 11.1.2 中的定义, 串行母码字 U 的前 $4I=3072$ 比特依次分成 24 个块, 每个包含 128 比特。前 21 个块应根据删除索引 $PI=16$ 、按 11.1.2 中的定义的方法进行删除。

后 3 个块应根据删除索引 $PI=15$ 、按 11.1.2 中的定义的方法进行删除。

相应的编码效率大约是 $1/3$ 。

串行母码字的最后 24 位按 11.1.2 中的定义进行删除处理。不需添加填充比特。

所得的卷积编码字表示为 $(b_i)_{i=0}^{2303}$ 。

11.2.2 传输模式 III

能量扩散扰码器输出端 (见 10.2) 每 1024 比特矢量 $(a_i)_{i=0}^{1023}$ 应按 11.1.1 中定义的方法进行处理。

根据 11.1.2 中的定义, 串行母码字 U 的前 $4I=4096$ 比特依次分成 32 个块, 每个包含 128 比特。前 29 个块应根据删除索引 $PI=16$ 、按 11.1.2 中的定义的方法进行删除。

后 3 个块应根据删除索引 $PI=15$ 、按 11.1.2 中的定义的方法进行删除。

相应的编码效率大约是 $1/3$ 。

串行母码字的最后 24 比特按 11.1.2 中的定义进行删除处理。不需添加填充比特。

所得的卷积编码字表示为 $(b_i)_{i=0}^{3071}$ 。

11.3 MSC 中的卷积编码

在这一条中根据保护配置和保护级别规定删除处理的细节。一个保护配置把一个母码的很多个不同块和一批删除索引联系起来。对于每个音频和数据比特速率所容许的值定义了一些允许的保护配置。这些保护配置的集合使得音频和数据通过无线信道传输时, 具有适合传输信道的保护级别。

每个保护配置都和一个保护级相联系, 以指示所提供的相应保护级别。保护级别 1 表示在每个配置集合内为最高的保护级别。在 11.3.1 和 11.3.2 中定义的保护级别 (集合 A 和集合 B) 是彼此独立的。

11.3.1 非均匀误码保护 (UEP) 编码

在能量扩散扰码器的输出端 (见 10.3), 对应于一个音频业务分量处理的逻辑帧, 组成了一个 I 比特矢量 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$, 这里 I 是音频比特率的一个函数。

注: UEP 配置是为音频设置的, 但并不排除在其它应用中使用。

每个矢量 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$ 按 11.1.1 中的定义处理。串行母码字 U 的前 $4I$ 个比特依次分成 L 个块, 每个块含 128 比特, 其定义在 11.1.2 中。

对每个可能的音频比特率, L 的值应遵照表 30 中的规定。

第一个 L_1 个块应根据删除索引 PI_1 按 11.1.2 中的定义进行删除处理。

下一个 L_2 个块应根据删除索引 PI_2 按 11.1.2 中的定义进行删除处理。

下一个 L_3 个块应根据删除索引 PI_3 按 11.1.2 中的定义进行删除处理。

下一个 L_4 个块应根据删除索引 PI_4 按 11.1.2 中的定义进行删除处理。

表30 音频比特率和参数 I 、 L 间的对应关系

| 音频比特率(kbps) | I | L |
|-------------|------|-----|
| 32 | 768 | 24 |
| 48 | 1152 | 36 |
| 56 | 1344 | 42 |
| 64 | 1536 | 48 |
| 80 | 1920 | 60 |
| 96 | 2304 | 72 |
| 112 | 2688 | 84 |
| 128 | 3072 | 96 |
| 160 | 3840 | 120 |
| 192 | 4608 | 144 |
| 224 | 5376 | 168 |
| 256 | 6144 | 192 |
| 320 | 7680 | 240 |
| 384 | 9216 | 288 |

最后，串行母码字的最后 24 比特按 11.1.2 中的定义进行删除处理。

与四元组 (PI_1, PI_2, PI_3, PI_4) 相关联的四元组 (L_1, L_2, L_3, L_4) 定义一个保护配置。

这里定义了 5 个保护级别 P ($P=1, 2, 3, 4, 5$)。

在表 31 (同时见第 6 章的表 6) 中容许的保护配置规定为音频比特率和保护级别 P 的一个函数。为保证在编码处理输出端的一个字长为 64 比特的整数倍，对于某种保护配置，由确定数目的‘0 值’填充比特应添加在已删除编码字的后面，它也在表 31 中规定。

对于一给定的逻辑帧所得的卷积编码字表示为 $(b_i)_{i=0}^{M-1}$ 。

表31 音频业务分量保护配置

| 音频比特率(kbps) | P | L_1 L_2 L_3 L_4 | PI_1 PI_2 PI_3 PI_4 | 填充比特的数目 |
|-------------|-----|-------------------------|-----------------------------|---------|
| 32 | 5 | 3 4 17 0 | 5 3 2 - | 0 |
| 32 | 4 | 3 3 18 0 | 11 6 5 - | 0 |
| 32 | 3 | 3 4 14 3 | 15 9 6 8 | 0 |
| 32 | 2 | 3 4 14 3 | 22 13 8 13 | 0 |
| 32 | 1 | 3 5 13 3 | 24 17 12 17 | 4 |
| 48 | 5 | 4 3 26 3 | 5 4 2 3 | 0 |
| 48 | 4 | 3 4 26 3 | 9 6 4 6 | 0 |
| 48 | 3 | 3 4 26 3 | 15 10 6 9 | 4 |
| 48 | 2 | 3 4 26 3 | 24 14 8 15 | 0 |

表 31 音频业务分量保护配置 (续)

| | | | | |
|-----|---|-------------|-------------|---|
| 48 | 1 | 3 5 25 3 | 24 18 13 18 | 0 |
| 56 | 5 | 6 10 23 3 | 5 4 2 3 | 0 |
| 56 | 4 | 6 10 23 3 | 9 6 4 5 | 0 |
| 56 | 3 | 6 12 21 3 | 16 7 6 9 | 0 |
| 56 | 2 | 6 10 23 3 | 23 13 8 13 | 8 |
| 64 | 5 | 6 9 31 2 | 5 3 2 3 | 0 |
| 64 | 4 | 6 9 33 0 | 11 6 5 - | 0 |
| 64 | 3 | 6 12 27 3 | 16 8 6 9 | 0 |
| 64 | 2 | 6 10 29 3 | 23 13 8 13 | 8 |
| 64 | 1 | 6 11 28 3 | 24 18 12 18 | 4 |
| 80 | 5 | 6 10 41 3 | 6 3 2 3 | 0 |
| 80 | 4 | 6 10 41 3 | 11 6 5 6 | 0 |
| 80 | 3 | 6 11 40 3 | 16 8 6 7 | 0 |
| 80 | 2 | 6 10 41 3 | 23 13 8 13 | 8 |
| 80 | 1 | 6 10 41 3 | 24 17 12 18 | 4 |
| 96 | 5 | 7 9 53 3 | 5 4 2 4 | 0 |
| 96 | 4 | 7 10 52 3 | 9 6 4 6 | 0 |
| 96 | 3 | 6 12 51 3 | 16 9 6 10 | 4 |
| 96 | 2 | 6 10 53 3 | 22 12 9 12 | 0 |
| 96 | 1 | 6 13 50 3 | 24 18 13 19 | 0 |
| 112 | 5 | 14 17 50 3 | 5 4 2 5 | 0 |
| 112 | 4 | 11 21 49 3 | 9 6 4 8 | 0 |
| 112 | 3 | 11 23 47 3 | 16 8 6 9 | 0 |
| 112 | 2 | 11 21 49 3 | 23 12 9 14 | 4 |
| 128 | 5 | 12 19 62 3 | 5 3 2 4 | 0 |
| 128 | 4 | 11 21 61 3 | 11 6 5 7 | 0 |
| 128 | 3 | 11 22 60 3 | 16 9 6 10 | 4 |
| 128 | 2 | 11 21 61 3 | 22 12 9 14 | 0 |
| 128 | 1 | 11 20 62 3 | 24 17 13 19 | 8 |
| 160 | 5 | 11 19 87 3 | 5 4 2 4 | 0 |
| 160 | 4 | 11 23 83 3 | 11 6 5 9 | 0 |
| 160 | 3 | 11 24 82 3 | 16 8 6 11 | 0 |
| 160 | 2 | 11 21 85 3 | 22 11 9 13 | 0 |
| 160 | 1 | 11 22 84 3 | 24 18 12 19 | 0 |
| 192 | 5 | 11 20 110 3 | 6 4 2 5 | 0 |
| 192 | 4 | 11 22 108 3 | 10 6 4 9 | 0 |
| 192 | 3 | 11 24 106 3 | 16 10 6 11 | 0 |
| 192 | 2 | 11 20 110 3 | 22 13 9 13 | 8 |
| 192 | 1 | 11 21 109 3 | 24 20 13 24 | 0 |

表 31 音频业务分量保护配置 (续)

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|-----|---|----|----|----|----|---|
| 224 | 5 | 12 | 22 | 131 | 3 | 8 | 6 | 2 | 6 | 4 |
| 224 | 4 | 12 | 26 | 127 | 3 | 12 | 8 | 4 | 11 | 0 |
| 224 | 3 | 11 | 20 | 134 | 3 | 16 | 10 | 7 | 9 | 0 |
| 224 | 2 | 11 | 22 | 132 | 3 | 24 | 16 | 10 | 15 | 0 |
| 224 | 1 | 11 | 24 | 130 | 3 | 24 | 20 | 12 | 20 | 4 |
| 256 | 5 | 11 | 24 | 154 | 3 | 6 | 5 | 2 | 5 | 0 |
| 256 | 4 | 11 | 24 | 154 | 3 | 12 | 9 | 5 | 10 | 4 |
| 256 | 3 | 11 | 27 | 151 | 3 | 16 | 10 | 7 | 10 | 0 |
| 256 | 2 | 11 | 22 | 156 | 3 | 24 | 14 | 10 | 13 | 8 |
| 256 | 1 | 11 | 26 | 152 | 3 | 24 | 19 | 14 | 18 | 4 |
| 320 | 5 | 11 | 26 | 200 | 3 | 8 | 5 | 2 | 6 | 4 |
| 320 | 4 | 11 | 25 | 201 | 3 | 13 | 9 | 5 | 10 | 8 |
| 320 | 2 | 11 | 26 | 200 | 3 | 24 | 17 | 9 | 17 | 0 |
| 384 | 5 | 11 | 27 | 247 | 3 | 8 | 6 | 2 | 7 | 0 |
| 384 | 3 | 11 | 24 | 250 | 3 | 16 | 9 | 7 | 10 | 4 |
| 384 | 1 | 12 | 28 | 245 | 3 | 24 | 20 | 14 | 23 | 8 |

表 32 给出了平均编码效率作为音频比特率和保护级别 P 的一个函数所得的近似值。在这个表中不支持的项，记作 X。

表32 平均编码效率作为音频比特率和保护级别 P 的一个函数

| P | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|------|------|------|------|------|
| 音频比特率 (kbps) | | | | | |
| 32 | 0.34 | 0.41 | 0.50 | 0.57 | 0.75 |
| 48 | 0.35 | 0.43 | 0.51 | 0.62 | 0.75 |
| 56 | X | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.72 |
| 64 | 0.34 | 0.41 | 0.50 | 0.57 | 0.75 |
| 80 | 0.36 | 0.43 | 0.52 | 0.58 | 0.75 |
| 96 | 0.35 | 0.43 | 0.51 | 0.62 | 0.75 |
| 112 | X | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.72 |
| 128 | 0.34 | 0.41 | 0.50 | 0.57 | 0.75 |
| 160 | 0.36 | 0.43 | 0.52 | 0.58 | 0.75 |
| 192 | 0.35 | 0.43 | 0.51 | 0.62 | 0.75 |
| 224 | 0.36 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.72 |
| 256 | 0.34 | 0.41 | 0.50 | 0.57 | 0.75 |
| 320 | X | 0.43 | X | 0.58 | 0.75 |
| 384 | 0.35 | X | 0.51 | X | 0.75 |

11.3.2 均匀误码保护 (EEP) 编码

在能量扩散扰码器的输出端 (见 10.3)，由一个单独的业务分量 (流模式)，或者一个或多个数据业务分量 (包模式) 组成的逻辑帧，对应一个 I 比特矢量 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$ ，这里 I 是比特率的一个函数。

注：EEP配置同时适用于数据业务和音频业务。

每个矢量 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$ 应按在 11.1.1 的定义处理。串行母码字 U 的前 $4I$ 个比特依次分成 L 个块，每个

块含 128 比特，在 11.1.2 中定义。

第一个 L_1 个块应根据删除索引 PI_1 按 11.1.2 的定义进行删除处理。

余下的 L_2 个块应根据删除索引 PI_2 按 11.1.2 的定义进行删除处理。

最后，串行母码字的最后 24 比特按 11.1.2 的定义进行删除处理。不需添加填充比特。

每对 (L_1, L_2) 与其对应的 (PI_1, PI_2) 构成一个保护配置。

一个逻辑帧经过上述处理所得的卷积编码字表示为 $(b_i)_{i=0}^{M-1}$ 。

当比特率为 8kbps 的整数倍时

当比特率为 8kbps 的整数倍时（见 5.3.1 和 5.3.3），定义了 4 种保护级别 P(P=1, 2, 3, 4)，分别对应卷积编码效率为 1/4, 3/8, 1/2 和 3/4 时的情况。

对每个可能的数据比特率，L 的值应符合表 33 中的规定。

表33 可能的比特率和参数 I、L 间的对应关系

| 数据比特率(kbps) | I | L |
|-------------|-------|------|
| 8 | 192 | 6 |
| : | : | : |
| : | : | : |
| 8n | 192n | 6n |
| : | : | : |
| : | : | : |
| 1728 | 41472 | 1296 |

可允许的保护配置（集合 A）为比特率和保护级别的函数。见表 34。

表34 EEP 配置

| 数据比特率(kbps) | P | L_1 L_2 | PI_1 PI_2 |
|-------------|-----|-------------|---------------|
| 8n | 4-A | 4n-3 2n+3 | 3 2 |
| 8n | 3-A | 6n-3 3 | 8 7 |
| 8 | 2-A | 5 1 | 13 12 |
| 8n(n>1) | | 2n-3 4n+3 | 14 13 |
| 8n | 1-A | 6n-3 3 | 24 23 |

当比特率为 32kbps 的整数倍时

在比特率为 32kbps 的整数倍时（见 5.3.1 和 5.3.3）也定义了四个保护级别（P=1, 2, 3, 4）分别对应卷积编码效率为 4/9, 4/7, 2/3 和 4/5 时的情况。

对于某个编码效率可用的 L 值见表 35：

表35 可能选用的数据比特率和参数 I 、 L 的对应关系

| 数据比特率 (kbps) | I | L |
|--------------|--------|-------|
| 32 | 768 | 24 |
| ... | ... | ... |
| 32n | 768n | 24n |
| ... | ... | ... |
| 1 824 | 43 776 | 1 368 |

可容许的保护配置（集合 B）为比特率和保护级别的函数。见表 36：

表36 EEP 配置(集合 B)

| 数据比特率 (kbps) | P | L_1 L_2 | PI_1 PI_2 |
|--------------|-----|-------------|---------------|
| 32n | 4-B | 24n-3 3 | 2 1 |
| 32n | 3-B | 24n-3 3 | 4 3 |
| 32n | 2-B | 24n-3 3 | 6 5 |
| 32n | 1-B | 24n-3 3 | 10 9 |

11.3.3 将来的误码保护编码

这里提到的误码保护方案是指未在 6.2 中定义的误码保护编码方案，这主要针对那些与第 7 章和第 8 章中定义不同的新的应用，但无论采取那种误码保护方案，都应按照 11.1 中的过程进行卷积编码。

12 时间交织

MSC 中所有子信道中传输的数据都应该进行时间交织，时间交织用于每个对应的卷积编码器的输出端。FIC 内传输的数据不进行时间交织。

每个独立的卷积编码器的输出端是一系列的卷积编码字，表示为 $(B_r)_{r=-\infty}^{\infty}$ ，其中 r 是定义在 $-\infty$ 到 $+\infty$ 范围的时间索引，其值取模 5000 ($\text{mod}(r, 5000)$)，等于对应的逻辑帧的逻辑帧计数值。引入时间索引的目的是为了描述涉及几个与绝对时间无关的逻辑帧的系统特性，从 $r=0$ 开始定义逻辑帧计数器。

卷积编码字 B_r 表示为如下矢量：

$$B_r = (b_{r,0}, b_{r,1}, \dots, b_{r,i_r}, \dots, b_{r,M_r-1})$$

其长度为 M_r ，其中的每一位表示为 b_{r,i_r} 。

这些矢量的长度 M_r 取决于索引 r ，因为当复用重新配置发生时，从一个逻辑帧到下一个逻辑帧的值可能发生变化。

由于在两个相邻复用重新配置之间存在最小时间的限制（见第 6 章）， M_r 的值在 250 个逻辑帧期间内最多只允许变化一次。

时间交织器的输出表示为一矢量序列 $(C_r)_{r=-\infty}^{\infty}$ ，

$$C_r = (c_{r,0}, c_{r,1}, \dots, c_{r,i_r}, \dots, c_{r,N_r-1})$$

它的长度为 N_r ，其中的每一比特表示为 c_{r,i_r} 。矢量序列 $(C_r)_{r=-\infty}^{\infty}$ 构成一个子信道的内容。

当复用配置保持稳定的时候，矢量 C_r 的长度将等于矢量 B_r 的长度，也即 $N_r = M_r$ 。在一个复用重新配置事件发生之后的 15 个逻辑帧时间期间，对于一些子信道， N_r 可能大于 M_r 。 N_r 和 M_r 间的关系将在这章的后面详细说明。

时间交织应按照下面关系执行：

$$c_{r,i_r} = \begin{cases} b_{r',i_r} & \text{如果 } i_r \leq M_{r'} - 1 \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$i_r = 0, 1, 2, \dots, N_r - 1$ 对于任意整数 r 。

在表 37 中给出了索引 r' 、 r 和 i_r 之间的关系，其中对于每个可能的 i_r 模 16 的值， r' 是 r 的一个函数。

对于 N_r 和 M_r 数值间的关系，相关定义如下：

a) 如果 M_r 在最后 16 帧中是恒定的，即：

$$M_r = M_{r-1} = \dots = M_{r-15}$$

则 $N_r = M_r$ 。

表37 索引 r' 、 r 和 i_r 之间的关系

| $R(i_r/16)$ | $r' (r, i_r)$ |
|-------------|---------------|
| 0 | r |
| 1 | $r-8$ |
| 2 | $r-4$ |
| 3 | $r-12$ |
| 4 | $r-2$ |
| 5 | $r-10$ |
| 6 | $r-6$ |
| 7 | $r-14$ |
| 8 | $r-1$ |
| 9 | $r-9$ |
| 10 | $r-5$ |
| 11 | $r-13$ |
| 12 | $r-3$ |
| 13 | $r-11$ |
| 14 | $r-7$ |
| 15 | $r-15$ |

- b) 如果 M_r 在这个期间增加, 即: $M_r > M_{r-15}$, 则 $N_r = M_r$ 。
- c) 如果 M_r 在最后这 16 帧中减小, 即: $M_r < M_{r-15}$, 则 $N_r = M_{r-15}$ 。

注: 在 N_r 和 M_r 之间存在一一对应, 可由下面两个相当的等式表示:

$$N_r = \max(M_r, M_{r-15})$$

或等同地

$$M_r = \min(N_r, N_{r+15})$$

由下面三个例子来说明时间交织规则:

示例 1: 比特率为 8kbps、保护级别为 4 的一个数据业务分量的时间交织。

假定不存在复用重新配置。

卷积编码字 B_r 为:

$$B_r = (b_{r,0}, b_{r,1}, \dots, b_{r,i_r}, \dots, b_{r,255})。$$

在这个例子中, 对于所有的 r 值 $M_r = N_r = 256$ 。

图 73 说明这个时间交织规则。

示例 2: 比特率为 8kbps、保护级别为 4 的一个数据业务分量的时间交织, 重新配置针对一个比特率为 8kbps、保护级别为 3 的数据业务分量:

卷积编码字 B_r 为:

$$B_r = \begin{cases} (b_{r,0}, b_{r,1}, \mathbf{K}, b_{r,i_r}, \mathbf{K}, b_{r,255}) & r \leq r_0 - 1 \\ (b_{r,0}, b_{r,1}, \mathbf{K}, b_{r,i_r}, \mathbf{K}, b_{r,383}) & r \geq r_0 \end{cases}$$

在这个例子中, $M_r = \begin{cases} 256 & r \leq r_0 - 1 \\ 384 & r \geq r_0 \end{cases}$

N_r 的值为:

$$N_r = \begin{cases} 256 & r \leq r_0 - 1 \\ 384 & r \geq r_0 \end{cases}$$

图 74 说明这个时间交织规则。

示例 3: 比特率为 8kbps、由保护级别 3 保护的一个数据业务分量的时间交织, 重新配置针对一个比特率为 8kbps、保护级别为 4 的数据业务分量:

卷积编码字 B_r 为:

$$B_r = \begin{cases} (b_{r,0}, b_{r,1}, \mathbf{K}, b_{r,i_r}, \mathbf{K}, b_{r,383}) & r \leq r_0 - 1 \\ (b_{r,0}, b_{r,1}, \mathbf{K}, b_{r,i_r}, \mathbf{K}, b_{r,255}) & r \geq r_0 \end{cases}$$

在这个例子中, $M_r = \begin{cases} 384 & r \leq r_0 - 1 \\ 256 & r \geq r_0 \end{cases}$

N_r 的值为:

$$N_r = \begin{cases} 384 & r \leq r_0 + 14 \\ 256 & r \geq r_0 + 15 \end{cases}$$

图75说明这个时间交织规则。

| 时间交织输入 | | 时间交织输出 | | | | | | | | | | | | | | | 时间 |
|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| r-1 | r | r | r+1 | r+2 | r+3 | r+4 | r+5 | r+6 | r+7 | r+8 | r+9 | r+10 | r+11 | r+12 | r+13 | r+14 | r+15 |
| a _{r-1,0} | a _{r,0} | a _{r,0} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,1} | a _{r,1} | a _{r-8,1} | a _{r-7,1} | a _{r-6,1} | a _{r-5,1} | a _{r-4,1} | a _{r-3,1} | a _{r-2,1} | a _{r-1,1} | a _{r,1} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,2} | a _{r,2} | a _{r-4,2} | a _{r-3,2} | a _{r-2,2} | a _{r-1,2} | a _{r,2} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,3} | a _{r,3} | a _{r-12,3} | a _{r-11,3} | a _{r-10,3} | a _{r-9,3} | a _{r-8,3} | a _{r-7,3} | a _{r-6,3} | a _{r-5,3} | a _{r-4,3} | a _{r-3,3} | a _{r-2,3} | a _{r-1,3} | a _{r,3} | .... | .... | .... |
| a _{r-1,4} | a _{r,4} | a _{r-2,4} | a _{r-1,4} | a _{r,4} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,5} | a _{r,5} | a _{r-10,5} | a _{r-9,5} | a _{r-8,5} | a _{r-7,5} | a _{r-6,5} | a _{r-5,5} | a _{r-4,5} | a _{r-3,5} | a _{r-2,5} | a _{r-1,5} | a _{r,5} | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,6} | a _{r,6} | a _{r-6,6} | a _{r-5,6} | a _{r-4,6} | a _{r-3,6} | a _{r-2,6} | a _{r-1,6} | a _{r,6} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,7} | a _{r,7} | a _{r-14,7} | a _{r-13,7} | a _{r-12,7} | a _{r-11,7} | a _{r-10,7} | a _{r-9,7} | a _{r-8,7} | a _{r-7,7} | a _{r-6,7} | a _{r-5,7} | a _{r-4,7} | a _{r-3,7} | a _{r-2,7} | a _{r-1,7} | a _{r,7} | .... |
| a _{r-1,8} | a _{r,8} | a _{r-1,8} | a _{r,8} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,9} | a _{r,9} | a _{r-9,9} | a _{r-8,9} | a _{r-7,9} | a _{r-6,9} | a _{r-5,9} | a _{r-4,9} | a _{r-3,9} | a _{r-2,9} | a _{r-1,9} | a _{r,9} | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,10} | a _{r,10} | a _{r-5,10} | a _{r-4,10} | a _{r-3,10} | a _{r-2,10} | a _{r-1,10} | a _{r,10} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,11} | a _{r,11} | a _{r-13,11} | a _{r-12,11} | a _{r-11,11} | a _{r-10,11} | a _{r-9,11} | a _{r-8,11} | a _{r-7,11} | a _{r-6,11} | a _{r-5,11} | a _{r-4,11} | a _{r-3,11} | a _{r-2,11} | a _{r-1,11} | a _{r,11} | .... | .... |
| a _{r-1,12} | a _{r,12} | a _{r-3,12} | a _{r-2,12} | a _{r-1,12} | a _{r,12} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,13} | a _{r,13} | a _{r-11,13} | a _{r-10,13} | a _{r-9,13} | a _{r-8,13} | a _{r-7,13} | a _{r-6,13} | a _{r-5,13} | a _{r-4,13} | a _{r-3,13} | a _{r-2,13} | a _{r-1,13} | a _{r,13} | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,14} | a _{r,14} | a _{r-7,14} | a _{r-6,14} | a _{r-5,14} | a _{r-4,14} | a _{r-3,14} | a _{r-2,14} | a _{r-1,14} | a _{r,14} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,15} | a _{r,15} | a _{r-15,15} | a _{r-14,15} | a _{r-13,15} | a _{r-12,15} | a _{r-11,15} | a _{r-10,15} | a _{r-9,15} | a _{r-8,15} | a _{r-7,15} | a _{r-6,15} | a _{r-5,15} | a _{r-4,15} | a _{r-3,15} | a _{r-2,15} | a _{r-1,15} | a _{r,15} |
| a _{r-1,16} | a _{r,16} | a _{r,16} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,17} | a _{r,17} | a _{r-8,17} | a _{r-7,17} | a _{r-6,17} | a _{r-5,17} | a _{r-4,17} | a _{r-3,17} | a _{r-2,17} | a _{r-1,17} | a _{r,17} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| a _{r-1,18} | a _{r,18} | a _{r-4,18} | a _{r-3,18} | a _{r-2,18} | a _{r-1,18} | a _{r,18} | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a _{r-1,255} | a _{r,255} | a _{r-15,255} | a _{r-14,255} | a _{r-13,255} | a _{r-12,255} | a _{r-11,255} | a _{r-10,255} | a _{r-9,255} | a _{r-8,255} | a _{r-7,255} | a _{r-6,255} | a _{r-5,255} | a _{r-4,255} | a _{r-3,255} | a _{r-2,255} | a _{r-1,255} | a _{r,255} |

图73 例一中的时间交织

| 时间交织输入 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 时间 | |
|-----------|-----------|--------------------|------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------------|------------------|------------|
| r_{0-3} | r_{0-2} | r_{0-1} | r_0 | r_{0+1} | r_{0+2} | r_{0+3} | r_{0+4} | r_{0+5} | r_{0+6} | r_{0+7} | r_{0+8} | r_{0+9} | r_{0+10} | r_{0+11} | r_{0+12} | r_{0+13} | r_{0+14} | r_{0+15} | r_{0+16} |
| | | $a_{r_{0-1},0}$ | $a_{r_0,0}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| | | $a_{r_{0-1},1}$ | $a_{r_0,1}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $a_{r_{0-1},255}$ | $a_{r_0,255}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | $a_{r_0,383}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| 时间交织输出 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $a_{r_{0-1},0}$ | $a_{r_0,0}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+14,0}$ | $a_{r_0+15,0}$ | .... |
| | | $a_{r_{0-9},1}$ | $a_{r_0-8,1}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+6,1}$ | $a_{r_0+7,1}$ | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $a_{r_{0-16},255}$ | $a_{r_0-15,255}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0-1,255}$ | $a_{r_0,255}$ | .... |
| | | | $a_{r_0,256}$ | $a_{r_0+1,256}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+14,256}$ | $a_{r_0+15,256}$ | .... |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+6,257}$ | $a_{r_0+7,257}$ | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0,263}$ | $a_{r_0+1,263}$ | .... |
| | | | 0 | $a_{r_0,264}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+13,264}$ | $a_{r_0+14,264}$ | .... |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+5,265}$ | $a_{r_0+6,265}$ | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 0 | $a_{r_0,271}$ | .... |
| | | | $a_{r_0,272}$ | $a_{r_0+1,272}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+14,272}$ | $a_{r_0+15,272}$ | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | $a_{r_0,376}$ | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+13,376}$ | $a_{r_0+14,376}$ | .... |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+5,377}$ | $a_{r_0+6,377}$ | .... |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | $a_{r_0+7,382}$ | $a_{r_0+8,382}$ | .... |
| | | | 0 | 0 | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... | 0 | $a_{r_0,383}$ | .... |

图74 例二中的时间交织

13 公共交织帧

本章规定公共交织帧 (CIF) 的比特结构。在任一个时间交织器 (见第 12 章) 输出端输出的矢量 C_r 长度都是 64 比特的整数倍, 因此, 每个子信道在 CIF 中占有整数个 CU。

沿用第 12 章的相关定义, 时间索引为 r 的子信道在 CIF 中所需 CU 数目等于 $N_r/64$ 。

对于包含几个不同子信道的矢量 C_r , 在复用过程中应让依次每一个子信道占有整数个连续的 CU。矢量 C_r 的第一个比特的 CU 地址称作起始地址。

CIF 比特应依次分配, 使得时间交织器输出端的每个矢量的 C_r 第一个比特对应起始地址 CU 的第一个比特, 而每个矢量 C_r 的最后一个比特应该对应分配给这个子信道的最后一个 CU 的最后一个比特。

如果子信道集合未占满整个 CIF, 则所有未分配的 CU 应使用填充比特填满。填充比特的值定义如下:

如果 CIF 的第 $i+1$ 位属于一个包含填充比特的 CU, 它将按第 10 章定义的 PRBS 第 $i+1$ 个比特取值。这些规则在图 76 中说明。



图76 一个 CIF 结构的例子

索引为 r 的 CIF 的第 $i+1$ 个比特表示为 $d_{r,i}$ ($i = 0, 1, 2, \dots, 55295$)。

索引 r 取模 5000 ($\text{mod}(r, 5000)$) 等于在 5.3 中定义的 CIF 计数值。

CIF 的结构信息由 MCI 传输, 在 6.2 中介绍。

14 地面数字音频广播传输信号

14.1 通用原则

传输信号是以传输帧结构为基础构成的, 帧结构对应在时间上相邻的同步信道、FIC 和 MSC (见 5.1)。

传输帧周期由 T_F 表示。

传输帧结构见图 77。

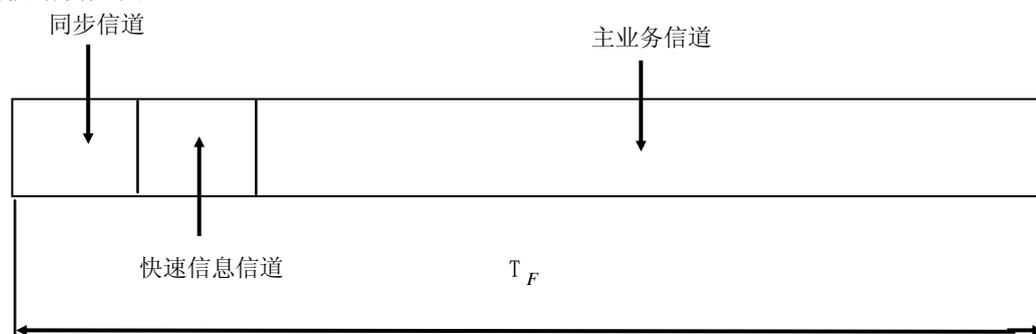


图77 传输帧结构

本标准定义了四种传输模式, 每种都有其特定的一组参数。这些传输模式的使用取决于网络配置和

工作频率，将在第 15 章中介绍。

每个传输帧被分成一系列 OFDM 符号，每个符号由许多载波组成。地面数字音频广播传输信号定义为两个信号之和：主信号 $s(t)$ 和一个可选信号 $S_{III}(t)$ ，如图 1 所示。14.2 将定义主信号。14.3 到 14.7 将定义产生主信号 $s(t)$ 所需的同步信道及应用卷积编码的 FIB 和 CIF 处理。14.8 定义了信号 $S_{III}(t)$ 的产生。

14.2 主信号的结构

每个传输帧都是由连续的 OFDM 符号组成。在一个传输帧中 OFDM 的数目取决于传输模式。同步信道在任何传输模式中都占用每个传输帧的前两个 OFDM 符号。

传输帧的第一个 OFDM 符号是持续时间为 T_{NULL} 的零符号。传输帧的其余部分是连续的持续时间为 T_S 的 OFDM 符号。

每个 OFDM 符号都是由一些间隔相等的载波组成，其载波间隔为 $1/T_U$ 。主信号由下面的公式定义：

$$S(t) = \text{Re} \left\{ e^{2j\pi f_c t} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=0}^L \sum_{k=-K/2}^{K/2} Z_{m,l,k} \times g_{k,l}(t - mT_F - T_{NULL} - (l-1)T_S) \right\}$$

式中

$$g_{k,l}(t) = \begin{cases} 0 & l = 0 \\ e^{2j\pi k(t-\Delta)/T_U} \times \text{Rect}(t/T_S) & l = 1, 2, \dots, L \end{cases}$$

$T_S = T_U + \Delta$ ；

L — 每个传输帧的 OFDM 符号数（不包括零符号）；

K — 发射的载波数；

T_F — 传输帧周期；

T_{NULL} — 零符号持续时间；

T_S — 索引为 $l=1, 2, 3, \dots, L$ 的 OFDM 符号的持续时间；

T_U — 载波间隔的倒数；

Δ — 保护间隔的持续时间；

$Z_{m,l,k}$ — 与在传输帧 m 中，第 l 个 OFDM 符号的第 k 个载波关联的复数 D-QPSK 符号。它的值在下面几条中定义。当 $k=0$ 时， $Z_{m,l,k}=0$ ，这时，中心载波不被发射；

f_c — 信号的中心频率。 f_c 可能的值在第 15 章中给出。

用于传输模式 I、II、III 和 IV 的参数定义见表 38。各种与时间相关的参数值以单元周期 $T=1/2048000$ 秒的倍数和近似的微秒或者毫秒数的形式给出。

表38 传输模式 I、II、III 和 IV 的参数定义

| 参数 | 传输模式 I | 传输模式 II | 传输模式 III | 传输模式 IV |
|------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| L | 76 | 76 | 153 | 76 |
| K | 1 536 | 384 | 192 | 768 |
| T_F | 196 608T 96ms | 49 152T 24ms | 49 152T 24ms | 98304 T 48 ms |
| T_{NULL} | 2 656T ~1, 297ms | 664T ~324μs | 345T ~168μs | 1328 T ~648 μs |
| T_S | 2 552T ~1, 246ms | 638T ~312μs | 319T ~156μs | 1276 T ~623 μs |
| T_U | 2 048T 1ms | 512T 250μs | 256T 125μs | 1024 T 500 μs |
| Δ | 504T ~246μs | 126T ~62μs | 63T ~31μs | 252 T ~123 μs |

14. 4、14. 5、14. 6 和 14. 7 描述构成传输帧的复数 D-QPSK 符号 $z_{m,l,k}$ 的产生。因为对于每个传输帧使用的处理是相同的，所以索引 m 在某些时候将被省略。

主信号 $s(t)$ 的产生见图 78。

14. 3 同步信道

同步信道由每个传输帧的前两个 OFDM 符号构成。该信道也用来传输可选的发射机识别 (TII) 信息 (见 14. 8)，加入了 TII 信息的零符号称为 TII 信号。

14. 3. 1 零符号

如前所述，传输帧的第一个 OFDM 符号是零符号。存在于 $[0, T_{NULL}]$ 时间期间内，此时主信号 $s(t)$ 为 0。

14. 3. 2 相位基准符号

传输帧的第二个 OFDM 符号是相位基准符号。它构成下一个 OFDM 符号进行差分调制的基准。相位基准符号由 $z_{1,k}$ 的值定义，其中 $l=1$ ：

$$z_{1,k} = \begin{cases} e^{j\varphi_k} & -\frac{K}{2} \leq k < 0, \quad 0 < k \leq \frac{K}{2} \\ 0 & k = 0 \end{cases}$$

φ_k 的值由下面的公式得到：

$$\varphi_k = \frac{\pi}{2} (h_{i,k-k'} + n)$$

索引 i, k' 和参数 n 被定义为载波索引 k 的函数，它们对应四种模式的值在表 44, 45, 46 和 47 中定义。参数 $h_{i,j}$ 的值作为其索引 i 和 j 的函数定义在表 43 中。

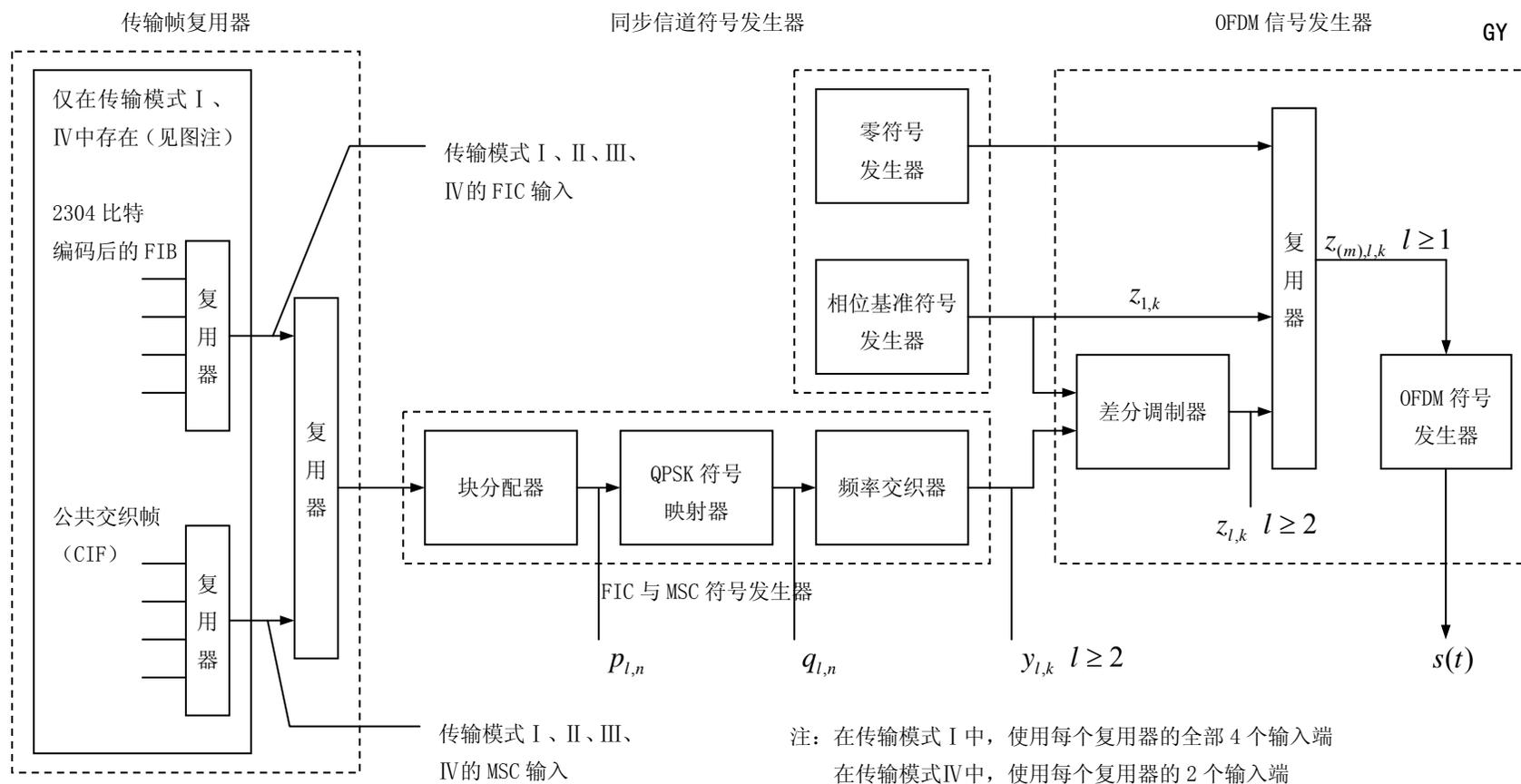


图78 主信号 $s(t)$ 产生的概念框图

表39 用于传输模式 I 的索引 i , k' 和 n 及载波索引 k 之间的关系

| k所在的范围 | | k' | i | n | k所在的范围 | | k' | i | n |
|--------|------|------|-----|-----|--------|-----|------|-----|-----|
| 最小 | 最大 | | | | 最小 | 最大 | | | |
| -768 | -737 | -768 | 0 | 1 | 1 | 32 | 1 | 0 | 3 |
| -736 | -705 | -736 | 1 | 2 | 33 | 64 | 33 | 3 | 1 |
| -704 | -673 | -704 | 2 | 0 | 65 | 96 | 65 | 2 | 1 |
| -672 | -641 | -672 | 3 | 1 | 97 | 128 | 97 | 1 | 1 |
| -640 | -609 | -640 | 0 | 3 | 129 | 160 | 129 | 0 | 2 |
| -608 | -577 | -608 | 1 | 2 | 161 | 192 | 161 | 3 | 2 |
| -576 | -545 | -576 | 2 | 2 | 193 | 224 | 193 | 2 | 1 |
| -544 | -513 | -544 | 3 | 3 | 225 | 256 | 225 | 1 | 0 |
| -512 | -481 | -512 | 0 | 2 | 257 | 288 | 257 | 0 | 2 |
| -480 | -449 | -480 | 1 | 1 | 289 | 320 | 289 | 3 | 2 |
| -448 | -417 | -448 | 2 | 2 | 321 | 352 | 321 | 2 | 3 |
| -416 | -385 | -416 | 3 | 3 | 353 | 384 | 353 | 1 | 3 |
| -384 | -353 | -384 | 0 | 1 | 385 | 416 | 385 | 0 | 0 |
| -352 | -321 | -352 | 1 | 2 | 417 | 448 | 417 | 3 | 2 |
| -320 | -289 | -320 | 2 | 3 | 449 | 480 | 449 | 2 | 1 |
| -288 | -257 | -288 | 3 | 3 | 481 | 512 | 481 | 1 | 3 |
| -256 | -225 | -256 | 0 | 2 | 513 | 544 | 513 | 0 | 3 |
| -224 | -193 | -224 | 1 | 2 | 545 | 576 | 545 | 3 | 3 |
| -192 | -161 | -192 | 2 | 2 | 577 | 608 | 577 | 2 | 3 |
| -160 | -129 | -160 | 3 | 1 | 609 | 640 | 609 | 1 | 0 |
| -128 | -97 | -128 | 0 | 1 | 641 | 672 | 641 | 0 | 3 |
| -96 | -65 | -96 | 1 | 3 | 673 | 704 | 673 | 3 | 0 |
| -64 | -33 | -64 | 2 | 1 | 705 | 736 | 705 | 2 | 1 |
| -32 | -1 | -32 | 3 | 2 | 737 | 768 | 737 | 1 | 1 |

表40 用于传输模式 II 的索引 i , k' 和 n 及载波索引 k 之间的关系

| k所在的范围 | | k' | i | n | k所在的范围 | | k' | i | n |
|--------|------|------|-----|-----|--------|-----|------|-----|-----|
| 最小 | 最大 | | | | 最小 | 最大 | | | |
| -192 | -161 | -192 | 0 | 2 | 1 | 32 | 1 | 2 | 0 |
| -160 | -129 | -160 | 1 | 3 | 33 | 64 | 33 | 1 | 2 |
| -128 | -97 | -128 | 2 | 2 | 65 | 96 | 65 | 0 | 2 |
| -96 | -65 | -96 | 3 | 2 | 97 | 128 | 97 | 3 | 1 |
| -64 | -33 | -64 | 0 | 1 | 129 | 160 | 129 | 2 | 0 |
| -32 | -1 | -32 | 1 | 2 | 161 | 192 | 161 | 1 | 3 |

表41 用于传输模式 III 的索引 i , k' 和 n 及载波索引 k 之间的关系

| k所在的范围 | | k' | i | n | k所在的范围 | | k' | i | n |
|--------|-----|------|-----|-----|--------|----|------|-----|-----|
| 最小 | 最大 | | | | 最小 | 最大 | | | |
| -96 | -65 | -96 | 0 | 2 | 1 | 32 | 1 | 3 | 2 |
| -64 | -33 | -64 | 1 | 3 | 33 | 64 | 33 | 2 | 2 |
| -32 | -1 | -32 | 2 | 0 | 65 | 96 | 65 | 1 | 2 |

表42 用于传输模式 IV 的索引 i , k' 和 n 及载波索引 k 之间的关系

| k所在的范围 | | k' | i | n | k所在的范围 | | k' | i | n |
|--------|------|------|-----|-----|--------|-----|------|-----|-----|
| 最小 | 最大 | | | | 最小 | 最大 | | | |
| -384 | -353 | -384 | 0 | 0 | 1 | 32 | 1 | 0 | 0 |
| -352 | -321 | -352 | 1 | 1 | 33 | 64 | 33 | 3 | 1 |
| -320 | -289 | -320 | 2 | 1 | 65 | 96 | 65 | 2 | 0 |
| -288 | -257 | -288 | 3 | 2 | 97 | 128 | 97 | 1 | 2 |
| -256 | -225 | -256 | 0 | 2 | 129 | 160 | 129 | 0 | 0 |
| -224 | -193 | -224 | 1 | 2 | 161 | 192 | 161 | 3 | 1 |
| -192 | -161 | -192 | 2 | 0 | 193 | 224 | 193 | 2 | 2 |
| -160 | -129 | -160 | 3 | 3 | 225 | 256 | 225 | 1 | 2 |
| -128 | -97 | -128 | 0 | 3 | 257 | 288 | 257 | 0 | 2 |
| -96 | -65 | -96 | 1 | 1 | 289 | 320 | 289 | 3 | 1 |
| -64 | -33 | -64 | 2 | 3 | 321 | 352 | 321 | 2 | 3 |
| -32 | -1 | -32 | 3 | 2 | 353 | 384 | 353 | 1 | 0 |

表43 时间-频率-相位参数 h 值

| j | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| $h_{0,j}$ | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| $h_{1,j}$ | 0 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 |
| $h_{2,j}$ | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| $h_{3,j}$ | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 |

| j | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $h_{0,j}$ | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| $h_{1,j}$ | 0 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 |
| $h_{2,j}$ | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| $h_{3,j}$ | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 |

14.3.3 时间基准

同步信道为在FIC中传送的时间信息提供基准（见8.1.3）。在FIC中传输的时间信息应取在带有时间信息的传输帧中零符号开始传送的时间值。

14.4 块分配及其与 OFDM 符号的联系

这一条定义对经卷积编码以后的的FIB序列和CIF序列的处理，最终形成和OFDM符号相联系的数据块。该处理取决于传输模式。

14.4.1 在快速信息信道中的块分配及其与 OFDM 符号的联系

14.4.1.1 传输模式 I

在传输模式I中，每一个传输帧中传输经过卷积编码的四组连续的FIB（见5.1）。

在 11.2.1 中定义了的四个卷积编码字对应于四个连续 FIB 组，经复用构成一个矢量，它再被分成三个块，在三个 OFDM 符号中传输。

在 11.2.1 卷积编码字 $(b_i)_{i=0}^{2303}$ 中定义的比特 b_i ，在这一条中用时间索引 r 区分，并表示为 $b_{r,i}$ 。索引 r 的值定义为模 5000 ($\text{mod}(r, 5000)$)，它等于在 5.3 定义的 CIF 计数值。这个关系来源于 FIB 和 CIF 的联系（见 5.1）。

四个连续卷积编码字经复用成一个矢量 B' ，由下面关系定义：

$$b'_i = b_{r,i}$$

式中：

$$i' = i + 2304 \times \text{mod}(r, 4) \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2023, \quad r \text{ 为任意值};$$

b'_i 为矢量 B' 的第 $(i'+1)$ 个比特；

$b_{r,i}$ 为第 $(r+1)$ 个卷积编码字的第 $(i+1)$ 个比特。

这意味着在一个传输帧中经卷积编码的FIB的排序使CIF计数为0、1、2和3的卷积编码FIB在同一个传输帧中传输，CIF计数为4、5、6和7的那些则在下一个传输帧中传输，以此类推。

矢量 $(b'_i)_{i=0}^{9215}$ 被分成三个连续块 P_l ，每个块包含的比特分别在索引 $l=2, 3, 4$ 对应的 OFDM 符号中传输。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{3071}$ ，比特 $p_{l,n}$ 的定义为：

$$p_{l,n} = b'_i$$

式中：

$$l = Q(i' / 3072) + 2 \quad i' = 0, 1, 2, \dots, 9215;$$

$$r = R(i' / 3072) \quad i' = 0, 1, 2, \dots, 9215.$$

对于 $r=0, 1, 2, 3$ ，块分配的原则见图 79。

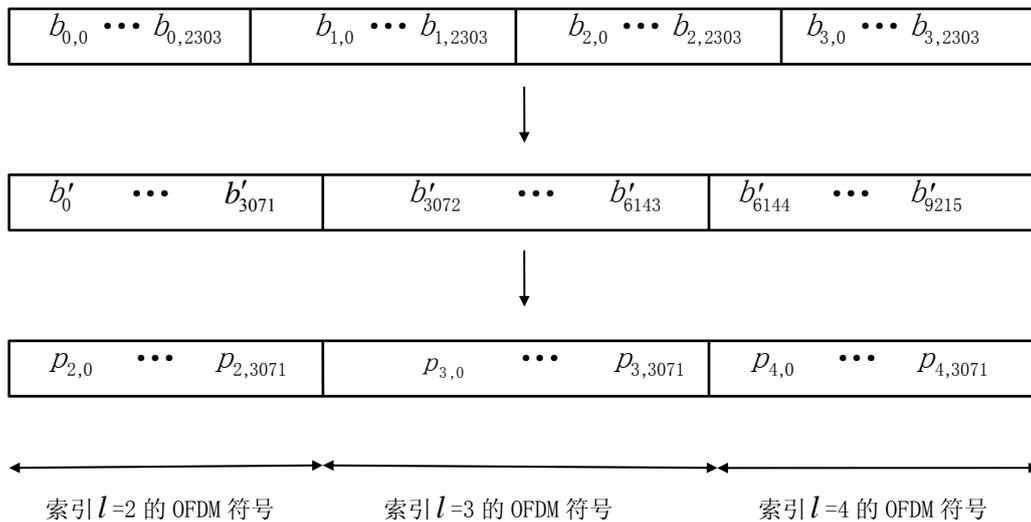


图79 传输模式 I 中 FIC 的块分配

14.4.1.2 传输模式 II

在 11.2.1 中定义的卷积编码字 $(b_i)_{i=0}^{2303}$ 被分成三个连续块 P_l ，每个块包含那些分别在索引 $l=2, 3, 4$ 对应的 OFDM 符号中传输的比特。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{767}$ ， $p_{l,n}$ 的定义为：

$$p_{l,n} = b_i$$

式中:

$$l = Q(i/768) + 2 \quad i=0, 1, 2, \dots, 2303;$$

$$n = R(i/768) \quad i=0, 1, 2, \dots, 2303。$$

块分配的原则见图 80。

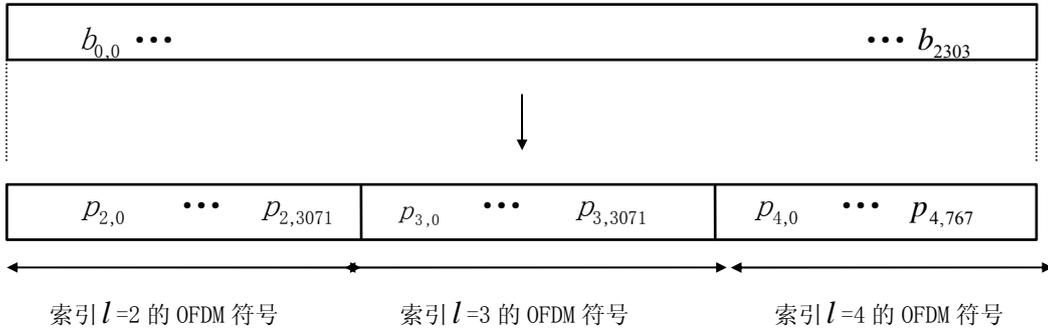


图80 传输模式 II 中 FIC 的块分配

14.4.1.3 传输模式 III

在第 11.2.1 条中定义的卷积编码字 $(b_i)_{i=0}^{3071}$ 被分成八个连续块 P_l ，每个块包含的比特分别在索引 $l=2, 3, 4, \dots, 9$ 对应的 OFDM 符号中传输。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{383}$ ，比特 $p_{l,n}$ 的定义为:

$$p_{l,n} = b_i$$

式中:

$$l = Q(i/384) + 2 \quad i=0, 1, 2, \dots, 3071;$$

$$n = R(i/384) \quad i=0, 1, 2, \dots, 3071。$$

块分配的原则见图 81。

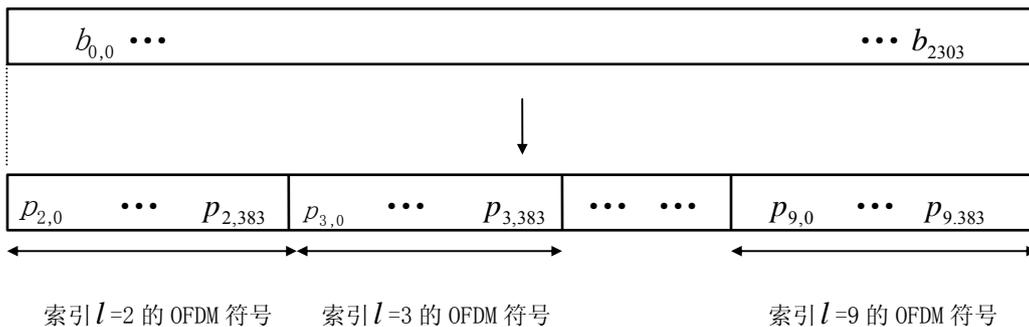


图81 传输模式 III 中 FIC 的块分配

14.4.1.4 传输模式 IV

如 5.1 中所述，在传输模式 IV 中，每一传输帧里面将传输两组经过卷积编码的 FIB。在 11.2.1 中定义的两个卷积编码字分别对应两个连续的 FIB 组，它们先复用成一个矢量，再分成 3 个块，分别在 3 个 OFDM 符号中传输。

在 11.2.1 中定义的卷积编码字 $(b_i)_{i=0}^{2303}$ 的比特 b_i 在这一条用时间索引 r 区分，并表示为 $b_{r,i}$ 。索引 r 的值定义为模 5000 ($\text{mod}(r, 5000)$)，它等于在 5.3 定义的 CIF 计数值。这

个关系来源于 FIB 和 CIF 的联系（见 5.1）。

两个连续的卷积编码字按照下列的关系复用为一个矢量 B' ：

$$b'_{i'} = b_{r,i}$$

式中：

$$i' = i + 2304 \times \text{mod}(r, 2) \quad \text{而 } i=0, 1, 2, \dots, 2023, \quad r \text{ 为任意值；}$$

$b'_{i'}$ 表示矢量 B' 的第 $(i' + 1)$ 比特；

$b_{r,i}$ 表示第 $(r+1)$ 个卷积码字中的第 $(i+1)$ 比特。

这意味着在一个传输帧中经卷积编码的 FIB 的排序使得对应于 CIF 计数 0 和 1 的卷积编码 FIB 在同一个传输帧中传输，对应 CIF 计数 2 和 3 的那些则在下一个传输帧中传输，其它的以此类推。

矢量 $(b'_{i'})_{i'=0}^{4607}$ 依次分成三个连续块 P_l ，每个块包含那些分别在索引 $l=2, 3, 4$ 对应的 OFDM 符号中传输的比特。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{1535}$ ，比特 $p_{l,n}$ 的定义为：

$$p_{l,n} = b'_{i'}$$

式中：

$$l = Q(i' / 1536) + 2 \quad i' = 0, 1, 2, \dots, 4607;$$

$$n = R(i' / 1536) \quad i' = 0, 1, 2, \dots, 4607。$$

对于 $r=0$ 和 1 ，块分配的原则见图 82。

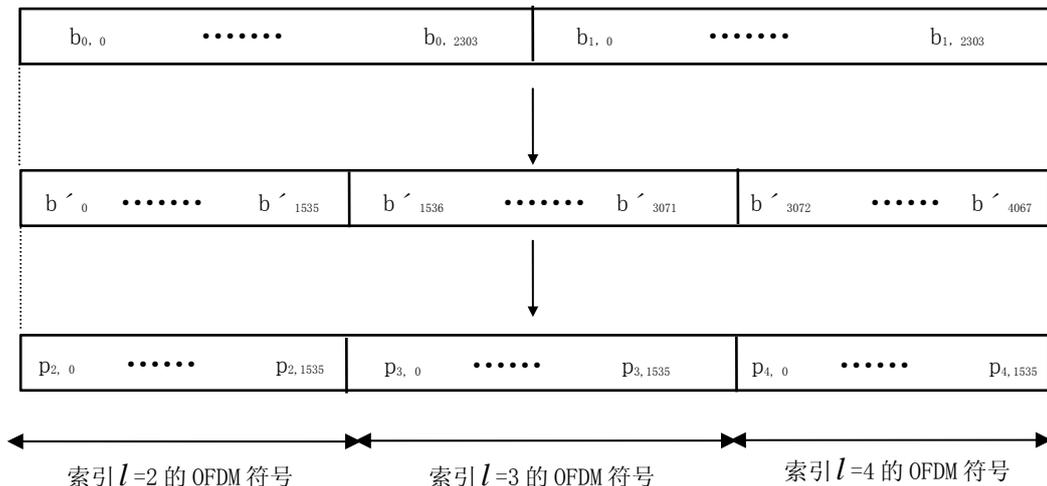


图 82 传输模式 IV 中 FIB 的块分配

14.4.2 在主营业务信道中的块分配及其与 OFDM 符号的联系

14.4.2.1 传输模式 I

如 5.1 所述，在传输模式 I 中，每一个传输帧传输四个 CIF。

四个连续的 CIF（见第 13 章）经复用构成一个矢量，之后再分成 72 个块在 72 个 OFDM 符号中传输。

四个连续 CIF 按照下面关系复用成一个矢量 D' ：

$$d'_i = d_{r,i}$$

式中：

$i' = i + 55296 \times \text{mod}(r, 4)$, $i=0, 1, 2, \dots, 55295$, r 为任意值；

d'_i 表示矢量 D' 第 $(i' + 1)$ 比特；

$d_{r,i}$ 表示第 $(r + 1)$ 个 CIF 的第 $(i + 1)$ 比特。

按第 13 章的定义，索引 r 的值取模 5000 ($\text{mod}(r, 5000)$) 等于在 5.3 定义的 CIF 计数器的值。

这意味着在一个传输帧中 CIF 的排序对应 CIF 计数 0、1、2 和 3 的 CIF 在同一个传输帧中传输，CIF 计数为 4、5、6 和 7 的那些 CIF 则在下一个传输帧中传输，其它的以此类推。

矢量 $(d'_i)_{i'=0}^{221183}$ 被分成 72 个连续块 P_l ，每个块包含的比特在索引 $l=5, 6, 7, \dots, 76$ 对应的 OFDM 符号中传输。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{3071}$ ，比特 $p_{l,n}$ 的定义为：

$$p_{l,n} = d'_i$$

式中：

$l = Q(i' / 3072) + 5$ $i' = 0, 1, 2, \dots, 221183$ ；

$n = R(i' / 3072)$ $i' = 0, 1, 2, \dots, 221183$ 。

块分配的原则见图 83，其中 $r=0, 1, 2$ 和 3。

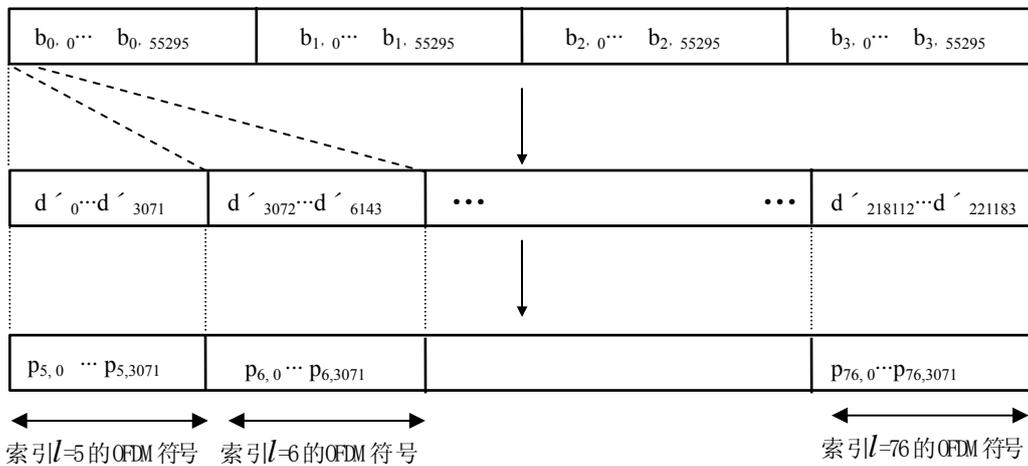


图83 传输模式 I 中 MSC 的块分配

14.4.2.2 传输模式 II

在第 13 章中定义的由矢量 $(d_i)_{i=0}^{55295}$ 构成的 CIF 被分成 72 个连续块 P_l ，每个块包含的比特在索引 $l=5, 6, 7, \dots, 76$ 对应的 OFDM 符号中传输。

因为处理过程和 $d_{r,i}$ 的索引 r 无关，所以这里忽略索引 r 。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{767}$ ，比特 $p_{l,n}$ 的定义为：

$$p_{l,n} = d_i$$

式中:

$$l = Q(i/768) + 5 \quad i=0, 1, 2, \dots, 55295;$$

$$n = R(i/768) \quad i=0, 1, 2, \dots, 55295。$$

块分配的原则见图 84。

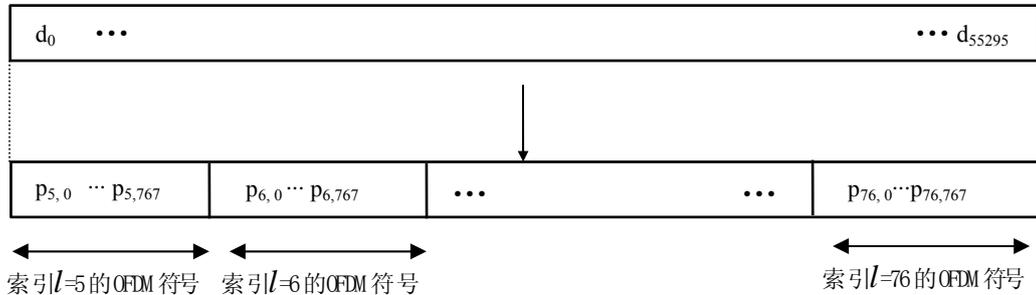


图84 传输模式 II 中 MSC 的块分配

14.4.2.3 传输模式 III

在第 14 章中定义的, 由矢量 $(b_i)_{i=0}^{55295}$ 构成的 CIF 被分成 144 个连续块 P_l , 每个块包含的比特在索引 $l=10, 11, 12, \dots, 153$ 对应的 OFDM 符号中传输。

因为处理过程和 $d_{r,i}$ 的索引 r 无关, 所以这里忽略索引 r 。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{383}$, 比特 $p_{l,n}$ 的定义为:

$$p_{l,n} = d_i$$

式中:

$$l=Q(i/384) + 10 \quad i=0, 1, 2, \dots, 55295;$$

$$n=R(i/384) \quad i=0, 1, 2, \dots, 55295。$$

块分配的原则见图 85。

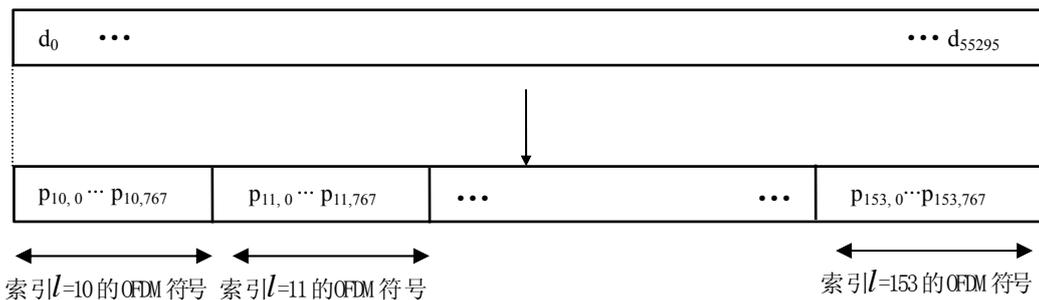


图85 传输模式 III 中 MSC 的块分配

14.4.2.4 传输模式 IV

如 5.1 中所述, 在使用传输模式 IV 时, 每个传输帧中传输两个 CIF。

两个连续的 CIF (在第 13 章中定义) 先复用成一个矢量, 然后再分成 72 块, 分别在 72 个 OFDM 符号中传输。

这两个 CIF 按如下关系复用成一个矢量 D' :

$$d'_i = d_{r,i}$$

式中：

$i' = i + 55296 \times \text{mod}(r, 2)$, $i=0, 1, 2, \dots, 55295$, r 为任意值。

$d'_{i'}$ 表示矢量 D' 的第 $(i'+1)$ 个比特；

$d_{r,i}$ 表示第 $(r+1)$ 个 CIF 的第 $(i+1)$ 个比特。

按第 13 章的定义，索引 r 的值取模 5000 ($\text{mod}(r, 5000)$) 等于在 5.3 定义的 CIF 计数器的值。

这意味着在一个传输帧中 CIF 的排序对应 CIF 计数器的值为 0 和 1 的 CIF 在同一个传输帧中传输，对应 CIF 计数器的值为 2 和 3 的 CIF 则在下一个传输帧中传输，其它的以此类推。

矢量 $(d'_{i'})_{i'=0}^{110591}$ 被分成 72 个连续块 P_l ，每个块包含的数据在索引 $l=5, 6, 7, \dots, 76$ 对应的 OFDM 符号中传输。

每个块 P_l 是一个矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{1535}$ ，比特 $p_{l,n}$ 定义为：

$$p_{l,n} = d'_{i'}$$

式中：

$l = \text{Q}(i' / 1536) + 5$ $i' = 0, 1, 2, \dots, 110591$ ；

$n = \text{R}(i' / 1536)$ $i' = 0, 1, 2, \dots, 110591$ 。

块分配的原则见图 86，其中 $r=0$ 和 1。

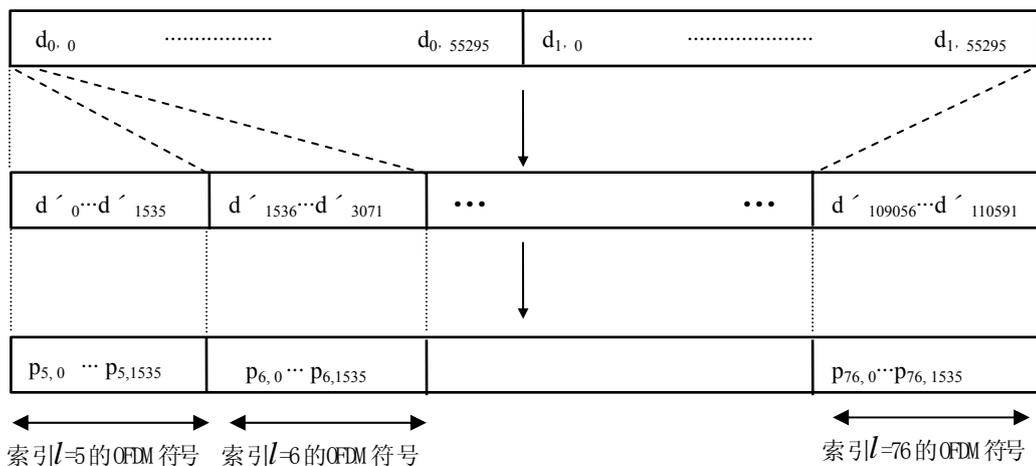


图86 传输模式 IV 中 MSC 的块分配

14.5 QPSK 符号映射

索引 $l=2, 3, 4, \dots, L$ 中的任一个 OFDM 符号，这个 $2K$ 比特矢量 $(p_{l,n})_{n=0}^{2K-1}$ (其元素 $p_{l,n}$ 在

14.4.1 和 14.4.2 中定义) 根据下面的关系映射为 K 个复数 QPSK 符号 $q_{l,n}$ ：

$$q_{l,n} = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1 - 2p_{l,n}) + j(1 - 2p_{l,n+k})] \quad n = 0, 1, 2K, K-1$$

14.6 频率交织

本条定义 QPSK 符号 $q_{l,n}$ 的索引 n 和载波索引 k ($-K/2 \leq k < 0$ 与 $0 < k \leq K/2$) 之间的对应关系。

QPSK 符号根据下面的关系重新排序:

$$y_{l,k} = q_{l,n} \quad \text{其中 } l=2, 3, 4, \dots, L$$

式中:

$k=F(n)$, F 是一个函数, 该函数在四种传输模式中的定义在后面几条中给出。

14.6.1 传输模式 I

$\Pi(i)$ 是在整数集合 $i=0, 1, 2, \dots, 2047$ 中的一个排列, 它从下列同余的关系中获得:

$$\Pi(i) = 13\Pi(i-1) + 511 \pmod{2048}, \quad \Pi(0) = 0;$$

其中:

$i=1, 2, \dots, 2047$;

$\Pi(i)$ 定义了有序集合 $(0, 1, 2, \dots, 2047)$ 的一个排列, 结果为如下集合:

$$A = \{\Pi(0), \Pi(1), \Pi(2), \dots, \Pi(2047)\}$$

取 D 为集合 $D = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{1535}\}$, 它包含 1536 个元素并定义为相同元素顺序的 A 的子集合, 由 A 的所有大于或等于 256 和小于或等于 1792 的元素组成, 1024 除外。因而, 如果 $\Pi(i)$ 是 A 的第 $(n+1)$ 个元素 (在除去 1024 的 $[256, 1792]$ 范围内), 则 $d_n = \Pi(i)$ 。

QPSK 符号 $q_{l,n}$ 的索引 $n \in \{0, 1, 2, \dots, 1535\}$ 和频率索引 $k \in \{-768, -767, -766, \dots, 768\} \setminus \{0\}$ 的对应关系由下式给出:

$$k = F(n) = d_n - 1024$$

式中:

函数 F 是集合 $\{0, 1, 2, \dots, 1535\}$ 和 $\{-768, -767, -766, \dots, 768\} \setminus \{0\}$ 之间的一对一的映射。交织规则见表 44。

表44 传输模式 I 的频率交织

| i | $\Pi(i)$ | d_n | n | k |
|------|----------|-------|------|------|
| 0 | 0 | | | |
| 1 | 511 | 511 | 0 | -513 |
| 2 | 1010 | 1010 | 1 | -14 |
| 3 | 1353 | 1353 | 2 | 329 |
| 4 | 1716 | 1716 | 3 | 692 |
| 5 | 291 | 291 | 4 | -733 |
| 6 | 198 | | | |
| 7 | 1037 | 1037 | 5 | 13 |
| 8 | 1704 | 1704 | 6 | 680 |
| 9 | 135 | | | |
| 10 | 218 | | | |
| 11 | 1297 | 1297 | 7 | 273 |
| 12 | 988 | 988 | 8 | -36 |
| 13 | 1076 | 1067 | 9 | 43 |
| 14 | 46 | | | |
| 15 | 1109 | 1109 | 10 | 85 |
| 16 | 592 | 592 | 11 | -432 |
| 17 | 15 | | | |
| 18 | 706 | 706 | 12 | -318 |
| : | : | : | | |
| 2044 | 1676 | 1676 | 1533 | 652 |
| 2045 | 1819 | | | |
| 2046 | 1630 | 1630 | 1534 | 606 |
| 2047 | 1221 | 1221 | 1535 | 197 |

14.6.2 传输模式 II

$\Pi(i)$ 是在整数集合 $i=0, 1, 2, \dots, 511$ 中的一个排列, 它从下列同余的关系中获得:

$$\Pi(i) = 13\Pi(i-1) + 127 \pmod{512}, \quad \Pi(0) = 0;$$

其中:

$$i = 1, 2, \dots, 511;$$

$\Pi(i)$ 定义了有序集合 $(0, 1, 2, \dots, 511)$ 的一个排列, 结果为下面集合:

$$A = \{\Pi(0), \Pi(1), \Pi(2), \dots, \Pi(511)\}.$$

取 D 为集合 $D = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{383}\}$, 它包含 384 个元素并定义为相同元素顺序的 A 的子集合, 由 A 的所有大于或等于 64 和小于或等于 448 的元素组成, 256 除外。因而, 如果 $\Pi(i)$ 是 A 的第 $n+1$ 个元素 (在除去 256 的 $[64, 448]$ 范围内), 则 $d_n = \Pi(i)$ 。

QPSK 符号 $q_{l,n}$ 的索引 $n \in \{0, 1, 2, \dots, 383\}$ 和频率索引 $k \in \{-192, -191, -190, \dots, 192\} \setminus \{0\}$ 的对应关系由下式给出:

$$k=F(n) = d_n - 256$$

式中：

函数 F 是集合 {0, 1, 2, ..., 256} 和 {-192, -191, -190, ..., 192} \ {0} 之间的一对一的映射。交织规则见表 45。

表45 传输模式 II 的频率交织

| I | $\Pi(i)$ | d_n | n | k |
|-----|----------|-------|-----|------|
| 0 | 0 | | | |
| 1 | 127 | 127 | 0 | -129 |
| 2 | 242 | 242 | 1 | -14 |
| 3 | 201 | 201 | 2 | -55 |
| 4 | 180 | 180 | 3 | -76 |
| 5 | 419 | 419 | 4 | 163 |
| 6 | 454 | | | |
| 7 | 397 | 397 | 5 | 141 |
| 8 | 168 | 168 | 6 | -88 |
| 9 | 263 | 263 | 7 | 7 |
| 10 | 474 | | | |
| 11 | 145 | 145 | 8 | -111 |
| 12 | 476 | | | |
| 13 | 171 | 171 | 9 | -85 |
| 14 | 302 | 302 | 10 | 46 |
| 15 | 469 | | | |
| 16 | 80 | 80 | 11 | -176 |
| 17 | 143 | 143 | 12 | -113 |
| 18 | 450 | | | |
| : | : | : | | |
| 508 | 140 | 140 | 380 | -116 |
| 509 | 411 | 411 | 381 | 155 |
| 510 | 350 | 350 | 382 | 94 |
| 511 | 69 | 69 | 383 | -187 |

14.6.3 传输模式 III

$\Pi(i)$ 是在整数集合 $i=0, 1, 2, \dots, 255$ 中的一个排列，它从下列同余的关系中获得：

$$\Pi(i) = 13\Pi(i-1) + 63 \pmod{256}, \Pi(0) = 0;$$

其中：

$$i = 1, 2, \dots, 255;$$

$\Pi(i)$ 定义了有序集合 $(0, 1, 2, \dots, 255)$ 的一个排列，结果为下面集合：

$$A = \{\Pi(0), \Pi(1), \Pi(2), \dots, \Pi(255)\}。$$

取 D 为集合 $D = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{191}\}$ ，它包含 192 个元素并定义为相同元素顺序的 A 的子集合，由 A 的所有大于或等于 32 和小于或等于 224 的元素组成，128 除外。因而，如果 $\Pi(i)$ 是 A 的第 $n+1$ 个元素（在除去 128 的 [32, 224] 范围内），则 $d_n = \Pi(i)$ 。

QPSK 符号 $q_{l,n}$ 的索引 $n \in \{0, 1, 2, \dots, 191\}$ 和频率索引 $k \in \{-96, -95, -94, \dots, 96\} \setminus \{0\}$ 的对应关系由下式给出:

$$k = F(n) = d_n - 128$$

式中:

函数 F 是集合 $\{0, 1, 2, \dots, 191\}$ 和 $\{-96, -95, -94, \dots, 96\} \setminus \{0\}$ 之间的一对一的映射。交织规则见表 46。

表46 传输模式 III 的频率交织

| i | $\Pi(i)$ | d_n | n | k |
|-----|----------|-------|-----|-----|
| 0 | 0 | | | |
| 1 | 63 | 63 | 0 | -65 |
| 2 | 114 | 114 | 1 | -14 |
| 3 | 9 | | | |
| 4 | 180 | 180 | 2 | 52 |
| 5 | 99 | 99 | 3 | -29 |
| 6 | 70 | 70 | 4 | -58 |
| 7 | 205 | 205 | 5 | 77 |
| 8 | 168 | 168 | 6 | 40 |
| 9 | 199 | 199 | 7 | 71 |
| 10 | 90 | 90 | 8 | -38 |
| 11 | 209 | 209 | 9 | 81 |
| 12 | 220 | 220 | 10 | 92 |
| 13 | 107 | 107 | 11 | -21 |
| 14 | 174 | 174 | 12 | 46 |
| 15 | 21 | | | |
| 16 | 80 | 80 | 13 | -48 |
| 17 | 79 | 79 | 14 | -49 |
| 18 | 66 | 66 | 15 | -62 |
| : | : | : | | |
| 252 | 140 | 140 | 188 | 12 |
| 253 | 91 | 91 | 189 | -37 |
| 254 | 222 | 222 | 190 | 94 |
| 255 | 133 | 133 | 191 | 5 |

14.6.4 传输模式 IV

$\Pi(i)$ 是在整数集合 $i=0, 1, 2, \dots, 1023$ 中的一个排列, 它从下列同余的关系中获得:

$$\Pi(i) = 13\Pi(i-1) + 255 \pmod{1024}, \quad \Pi(0) = 0;$$

其中:

$i=1, 2, \dots, 1023$;

$\Pi(i)$ 定义了有序集合 $(0, 1, 2, \dots, 255)$ 的一个排列, 其结果为下面的集合:

$$A = \{\Pi(0), \Pi(1), \Pi(2), \dots, \Pi(255)\}$$

取 D 为集合 $D = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{191}\}$ ，它包含 768 个元素并定义为相同元素顺序的 A 的子集合，由 A 的所有大于或等于 128 和小于或等于 896 的元素组成，512 除外。因而，如果 $\Pi(i)$ 是 A 的第 $n+1$ 个元素（在除去 512 的 $[128, 896]$ 范围内），则 $d_n = \Pi(i)$ 。

QPSK 符号 $q_{l,n}$ 索引 $n \in \{0, 1, 2, \dots, 767\}$ 和频率索引 $k \in \{-384, -383, -382, \dots, 384\} \setminus \{0\}$ 的对应关系由下式给出：

$$k = F(n) = d_n - 512$$

式中：

函数 F 是集合 $\{0, 1, 2, \dots, 767\}$ 和 $\{-384, -383, -382, \dots, 384\} \setminus \{0\}$ 之间的一对一的映射。交织规则见表 47。

表47 传输模式 IV 的频率交织

| i | $\Pi(i)$ | d_n | n | k |
|------|----------|-------|-----|------|
| 0 | 0 | | | |
| 1 | 255 | 255 | 0 | -257 |
| 2 | 498 | 498 | 1 | -14 |
| 3 | 585 | 585 | 2 | 73 |
| 4 | 692 | 692 | 3 | 180 |
| 5 | 35 | | | |
| 6 | 710 | 710 | 4 | 198 |
| 7 | 269 | 269 | 5 | -243 |
| 8 | 680 | 680 | 6 | 168 |
| 9 | 903 | | | |
| 10 | 730 | 730 | 7 | 218 |
| 11 | 529 | 529 | 8 | 17 |
| 12 | 988 | | | |
| 13 | 811 | 811 | 9 | 299 |
| 14 | 558 | 558 | 10 | 46 |
| 15 | 341 | 341 | 11 | -171 |
| 16 | 592 | 592 | 12 | 80 |
| 17 | 783 | 783 | 13 | 271 |
| 18 | 194 | 194 | 14 | -318 |
| : | : | : | | |
| 1020 | 652 | 652 | 765 | 140 |
| 1021 | 539 | 539 | 766 | 27 |
| 1022 | 94 | | | |
| 1023 | 453 | 453 | 767 | -59 |

14.7 差分编码与调制

频率交织后的信号 $y_{l,k}$ 要经过差分编码处理，差分编码规则定义：

$$z_{l,k} = z_{l-1,k} \times y_{l,k}$$

式中:

$$l=2, 3, 4, \dots, L;$$

$$-\frac{K}{2} \leq k \leq \frac{K}{2}。$$

这表明每个载波应用的是一种 $\pi/4$ 移相 D-QPSK 调制。全部信号就构成定义在 14.2 的主信号。

如 14.2 中指出的, 复数 D-QPSK 符号 $z_{m,l,k}$ 的产生不取决于传输帧索引 m , 它出现在公式中是为了定义主信号 $s(t)$ 。

主信号 $s(t)$ 是对所有时间值的定义, 它是由 D-QPSK 符号 $z_{m,l,k}$ 生成经 OFDM 符号发生器产生的。

14.8 发射机识别信息信号

TII 是在同步信道中传送的。它在一个地面数字音频广播网络中提供每一个发射机清楚的标志。TII 信息是可选的。

当和在 8.1.9 中定义的业务信息一起使用时, TII 特性可以提供一个对接收机的地理位置的估算。TII 和频率信息(FI)特性可以共同在一个单频网中(SFN)中使用。

TII 信号填充每个由 CIF 计数器值为 0, 1, 2, 3 模 8 (传输模式 I) 的 CIF 或由 CIF 计数器值为 0 模 2 的 CIF (传输模式 II 和 III), 以及由 CIF 计数器值为 0, 1 模 4 的 CIF (传输模式 IV) 组成的每个传输帧的零符号。

TII 信号是由一个 OFDM 符号中一定数目成对的相邻载波组成; 出现在 TII 符号中的这些实际选择的载波标志了特定的发射机。

所选载波由标识发射机的两个参数定义, 即样式编号 p 和数值 c 。这两个参数分别对应发射机的主识别符和子识别符, 其用于 TII 的特性的描述, 其介绍在 8.1.9 中。

与一个给定的发射机相关的 TII 信号 $s_{TII}(t)$ 为:

$$s_{TII}(t) = \text{Re} \left\{ e^{2j\pi f_c t} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{k=-K/2}^{K/2} z_{m,0,k} \times g_{TII,k}(t - mT_F) \right\}$$

式中:

$$g_{TII,k}(t) = e^{2\pi j k (t - T_{NULL} + T_U) / T_U} \times \text{Rect}(t / T_{TULL});$$

参数 T_U , T_{NULL} 和 f_c 的定义见 14.2;

$z_{m,0,k}$ 是和零符号的载波 k 有关的复数, 当 TII 信号没有传输时, 在传输帧 m 期间它等于零, 当 TII 信号传输时, 对于传输帧 m , 它的值由 p 和 c 的值推出。

有以下关系:

$$z_{m,0,k} = A_{c,p}(k) \times e^{j\varphi_k} + A_{c,p}(k-1) \times e^{j\varphi_{k-1}}$$

式中 φ_k 的值定义在 14.3.2 中;

$A_{c,p}(k)$ 的值定义在后面的条中。

14.8.1 传输模式 I、II 和 IV

这些模式将使用下面的公式：

传输模式 I：

$$A_{c,p}(k) = \begin{cases} \sum_{b=0}^7 \delta(k, -768 + 2c + 48b) \times a_b(p) & -768 \leq k < -384 \\ \sum_{b=0}^7 \delta(k, -384 + 2c + 48b) \times a_b(p) & -384 \leq k < 0 \\ \sum_{b=0}^7 \delta(k, 1 + 2c + 48b) \times a_b(p) & 0 < k \leq 384 \\ \sum_{b=0}^7 \delta(k, 385 + 2c + 48b) \times a_b(p) & 384 < k \leq 768 \end{cases}$$

式中：

$$A_{c,p}(0) = A_{c,p}(-769) = 0;$$

这个公式适用于 $0 \leq c \leq 23$ ；

$a_b(p)$ 定义见表 48；

δ 是克罗内克 (Kronecker) 符号，其定义见 3.3。

传输模式 II：

$$A_{c,p}(k) = \sum_{b=0}^3 \delta(k, -192 + 2c + 48b) \times a_b(p) + \sum_{b=4}^7 \delta(k, -191 + 2c + 48b) \times a_b(p)$$

式中：

$$A_{c,p}(-193) = 0;$$

这个公式适用于 $0 \leq c \leq 23$ ；

$a_b(p)$ 定义见表 48；

δ 是克罗内克 (Kronecker) 符号，其定义见 3.3。

传输模式 IV：

$$A_{c,p}(k) = \begin{cases} \sum_{b=0}^7 \delta(k, -384 + 2c + 48b) \times a_b(p) & -384 \leq k < 0 \\ \sum_{b=0}^7 \delta(k, 1 + 2c + 48b) \times a_b(p) & 0 < k \leq 384 \end{cases}$$

式中：

$$A_{c,p}(0) = A_{c,p}(-385) = 0;$$

这个公式适用于 $0 \leq c \leq 23$ ；

$a_b(p)$ 定义见表 48；

δ 是克罗内克 (Kronecker) 符号，其定义见 3.3。

表48 用于传输模式 I、II 和 IV 的 TII 样式

| p | $a_b(p)$ |
|----|--------------------------|
| | b=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |
| 0 | 0 0 0 0 1 1 1 1 |
| 1 | 0 0 0 1 0 1 1 1 |
| 2 | 0 0 0 1 1 0 1 1 |
| 3 | 0 0 0 1 1 1 0 1 |
| 4 | 0 0 0 1 1 1 1 0 |
| 5 | 0 0 1 0 0 1 1 1 |
| 6 | 0 0 1 0 1 0 1 1 |
| 7 | 0 0 1 0 1 1 0 1 |
| 8 | 0 0 1 0 1 1 1 0 |
| 9 | 0 0 1 1 0 0 1 1 |
| 10 | 0 0 1 1 0 1 0 1 |
| 11 | 0 0 1 1 0 1 1 0 |
| 12 | 0 0 1 1 1 0 0 1 |
| 13 | 0 0 1 1 1 0 1 0 |
| 14 | 0 0 1 1 1 1 0 0 |
| 15 | 0 1 0 0 0 1 1 1 |
| 16 | 0 1 0 0 1 0 1 1 |
| 17 | 0 1 0 0 1 1 0 1 |
| 18 | 0 1 0 0 1 1 1 0 |
| 19 | 0 1 0 1 0 0 1 1 |
| 20 | 0 1 0 1 0 1 0 1 |
| 21 | 0 1 0 1 0 1 1 0 |
| 22 | 0 1 0 1 1 0 0 1 |
| 23 | 0 1 0 1 1 0 1 0 |

| p | $a_b(p)$ |
|----|--------------------------|
| | b=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |
| 24 | 0 1 0 1 1 1 0 0 |
| 25 | 0 1 1 0 0 0 1 1 |
| 26 | 0 1 1 0 0 1 0 1 |
| 27 | 0 1 1 0 0 1 1 0 |
| 28 | 0 1 1 0 1 0 0 1 |
| 29 | 0 1 1 0 1 0 1 0 |
| 30 | 0 1 1 0 1 1 0 0 |
| 31 | 0 1 1 1 0 0 0 1 |
| 32 | 0 1 1 1 0 0 1 0 |
| 33 | 0 1 1 1 0 1 0 0 |
| 34 | 0 1 1 1 1 0 0 0 |
| 35 | 1 0 0 0 0 1 1 1 |
| 36 | 1 0 0 0 1 0 1 1 |
| 37 | 1 0 0 0 1 1 0 1 |
| 38 | 1 0 0 0 1 1 1 0 |
| 39 | 1 0 0 1 0 0 1 1 |
| 40 | 1 0 0 1 0 1 0 1 |
| 41 | 1 0 0 1 0 1 1 0 |
| 42 | 1 0 0 1 1 0 0 1 |
| 43 | 1 0 0 1 1 0 1 0 |
| 44 | 1 0 0 1 1 1 0 0 |
| 45 | 1 0 1 0 0 0 1 1 |
| 46 | 1 0 1 0 0 1 0 1 |
| 47 | 1 0 1 0 0 1 1 0 |

| p | $a_b(p)$ |
|----|--------------------------|
| | b=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |
| 48 | 1 0 1 0 1 0 0 1 |
| 49 | 1 0 1 0 1 0 1 0 |
| 50 | 1 0 1 0 1 1 0 0 |
| 51 | 1 0 1 1 0 0 0 1 |
| 52 | 1 0 1 1 0 0 1 0 |
| 53 | 1 0 1 1 0 1 0 0 |
| 54 | 1 0 1 1 1 0 0 0 |
| 55 | 1 1 0 0 0 0 1 1 |
| 56 | 1 1 0 0 0 1 0 1 |
| 57 | 1 1 0 0 0 1 1 0 |
| 58 | 1 1 0 0 1 0 0 1 |
| 59 | 1 1 0 0 1 0 1 0 |
| 60 | 1 1 0 0 1 1 0 0 |
| 61 | 1 1 0 1 0 0 0 1 |
| 62 | 1 1 0 1 0 0 1 0 |
| 63 | 1 1 0 1 0 1 0 0 |
| 64 | 1 1 0 1 1 0 0 0 |
| 65 | 1 1 1 0 0 0 0 1 |
| 66 | 1 1 1 0 0 0 1 0 |
| 67 | 1 1 1 0 0 1 0 0 |
| 68 | 1 1 1 0 1 0 0 0 |
| 69 | 1 1 1 1 0 0 0 0 |
| | |
| | |

图 87 举例说明了在传输模式 II 中 $c=4$ 和 $p=16$ 的这个处理过程的结果。

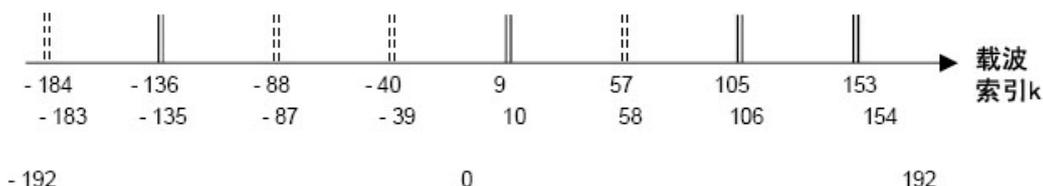


图87 在传输模式 II 中的 TII 信号的例子

在图 87 中所示的这个例子中，标出了所有属于数值 $c=4$ 的载波对，只有以实线表示的载波对才真正的传输，因为它们属于样式编号 $p=16$ 定义的载波集合。

14.8.2 传输模式 III

将应用下面的公式：

$$A_{c,p}(k) = \sum_{b=0}^1 \delta(k, -96 + 2c + 48b) \times a_b(p) + \sum_{b=2}^3 \delta(k, -95 + 2c + 48b) \times a_b(p)$$

式中：

$$A_{c,p}(-97) = 0;$$

这个公式适用于 $0 \leq c \leq 23$;

$a_b(p)$ 定义见表 49;

δ 是克罗内克 (Kronecker) 符号，其定义见 3.3。

表49 传输模式 III 的 TII 图

| p | $a_b(p)$ |
|---|--------------|
| | b=0, 1, 2, 3 |
| 0 | 0 0 1 1 |
| 1 | 0 1 0 1 |
| 2 | 0 1 1 0 |
| 3 | 1 0 0 1 |
| 4 | 1 0 1 0 |
| 5 | 1 1 0 0 |

15 射频特性

本章定义的传输模式选择与系统运行条件有关。

本章同时给出了地面数字音频广播传输信号的射频标称特性，规定了中心频率的容许值。这里并没有涉及信号在时间和频谱特性上预滤波和非线性放大处理的顺序。

15.1 传输模式的选择

传输模式的选择取决于系统运行条件。

传输模式 I 设计用于波段 I、II 和 III 内的地面单频网 (SFN) 和本地广播。

传输模式 II 和 IV 设计用于波段 I、II、III、IV、V 和 1452—1492MHz (即 L 波段) 内的地面本地广播。其中传输模式 IV 最适合用于 L 波段的单频网。

传输模式 III 设计用于低于 3000MHz 的地面广播。

15.2 时间特性

地面数字音频广播传输信号由一系列连续的传输帧组成，传输模式 I 的帧持续期为 96ms，传输模

式 II 和 III 的帧持续期为 24ms，传输模式 IV 的帧持续期为 48ms。

同步信道在传输模式 I 占有前 5208 个单元周期（大约 2.543ms），在传输模式 II 占有 1302 个单元周期（大约 0.636ms），在传输模式 III 占有 664 个单元周期（大约 0.324ms），在传输模式 IV 占有 2604 个单元周期（大约 1.271ms）。单元周期是 1/2048000 秒（见 14.2）。

对应 FIC 和 MSC 的已调制 OFDM 符号占用传输帧的其余部分，传输模式 I 大约为 93.457ms，传输模式 II 大约为 23.364ms，传输模式 III 大约为 23.676ms，传输模式 IV 大约为 46.729ms。

同步信道按照 14 章定义的固定模式传输。

已调制的 OFDM 符号是具有独立相位的、等间隔正交载波的总和，幅度为高斯分布。

15.3 频谱特性

当发射信号是一组相邻的、具有固定幅度和相位的等间隔的正交载波时，以传输帧速率重复的同步信道形成一个如 14 章所述的固定样式。

已调制的 OFDM 符号包含一组相邻的、具有各自独立的固定幅度和时变相位的等间隔正交载波，正如第 14 章所述的调制处理得到的结果。

在频率 $f_k = f_c + k/T_U$ ($-K/2 \leq k < 0$ 且 $0 < k \leq K/2$) 时的每个载波功率频谱密度 $P_k(f)$ 由下面表达式定义：

$$P_k(f) = \left[\frac{\sin \pi(f - f_k)T_S}{\pi(f - f_k)T_S} \right]^2$$

调制符号总的功率频谱密度是全部载波功率频谱密度的总和。因为 OFDM 符号周期大于载波间隔的倒数，每个载波的功率频谱密度的主波瓣窄于两倍载波间隔。理论上的地面数字音频广播发射信号频谱见图 88 到 91，它们分别对应于传输模式 I、II、III 和 IV。

在标称的频率带宽 1.536MHz 以外的信号电平可通过一个合适的滤波器来降低。在图 88 到 91 所示的旁瓣所需的压缩程度将取决于网络配置的选择和与其它发射机的频率协调标准。

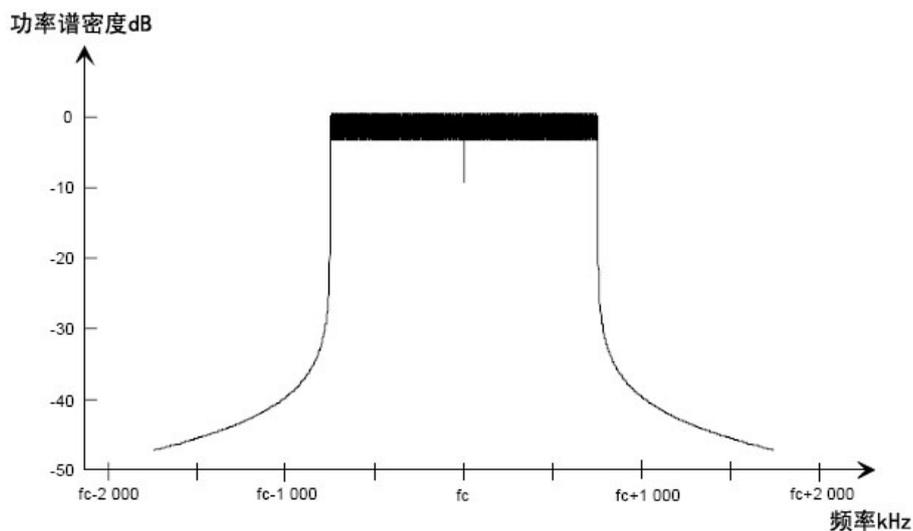


图88 传输模式 I 中地面数字音频广播信号的理论频谱

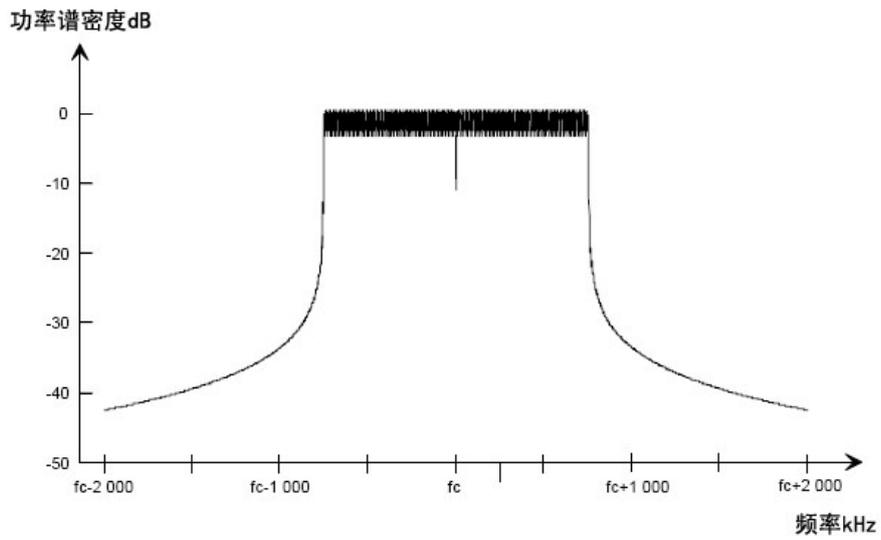


图89 传输模式 II 中地面数字音频广播信号的理论频谱

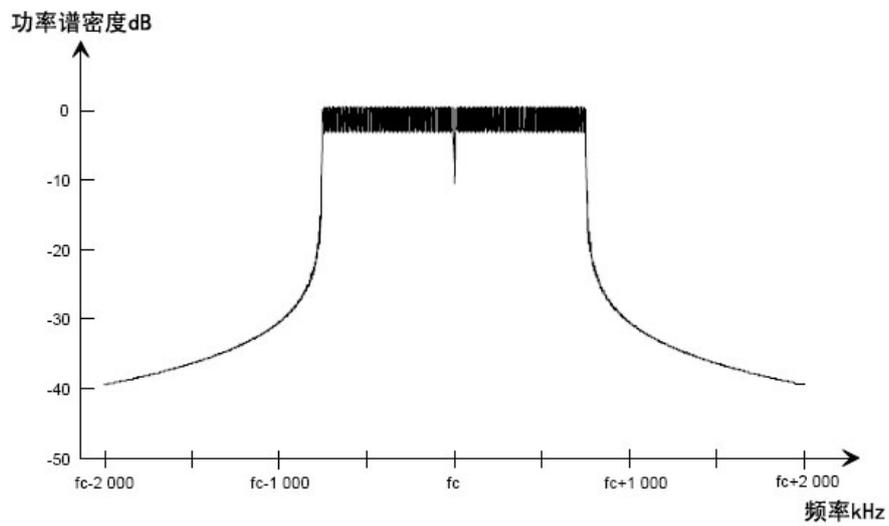


图90 传输模式 III 中地面数字音频广播信号的理论频谱

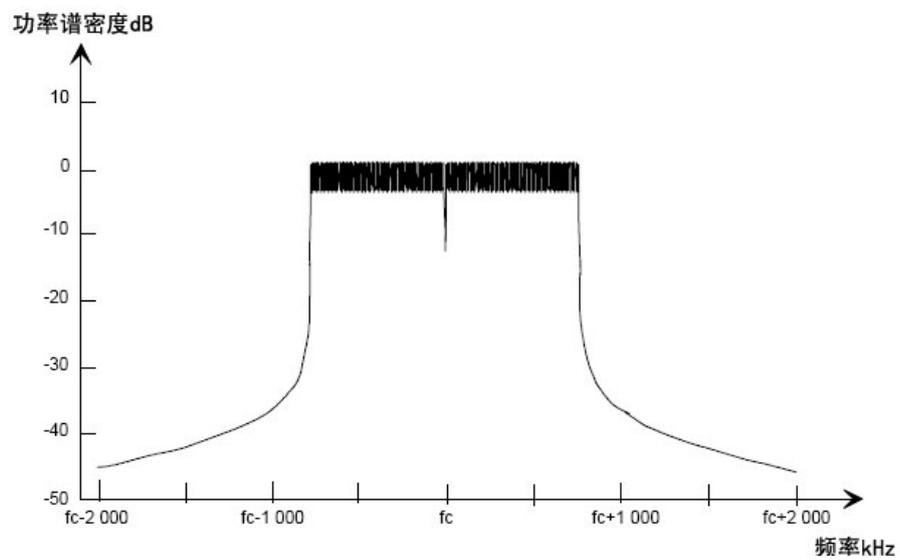


图91 传输模式 IV 中地面数字音频广播信号的理论频谱

15.4 频谱模板

在任一 4kHz 带宽内的带外辐射信号频谱受一种模板限制，模板由图 92 定义。

实线模板适用于有邻频道业务的 VHF 发射机。虚线模板适用于无邻频道业务的 VHF 发射机和有邻频道业务的 UHF 发射机。

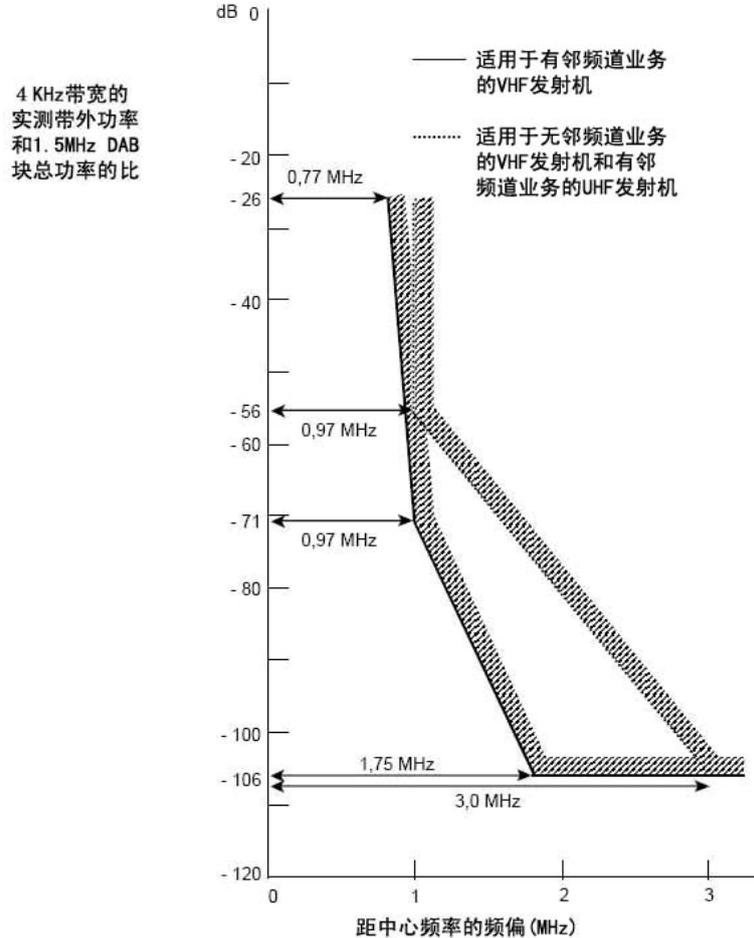


图92 地面数字音频广播传输信号的带外频谱模板(适用于所有模式)

15.5 中心频率的允许值

额定的中心频率 f_c 为精确的 16kHz 的倍数。

如果需要的话，为了增进频谱共享，在任何传输模式中的实际中心频率都可以在 $\pm 1/2$ 的载波间隔 ($1/T_U$) 的范围内进行调整。

附录 A

(资料性附录)

音频编码系统的主要特性

A.1 音频信号特性

输入音频信号的主要特性是：

- **音频带宽：** $f_s=48\text{kHz}$ 时，输入音频信号涵盖最高到 20.3kHz 的整个音频带宽； $f_s=24\text{kHz}$ 时，输入音频信号进行 24kHz 下采样之前需进行低通滤波，该带宽受限音频信号最高频率约为 11.3kHz；
- **音频接口：** 数字输入信号应该符合 AES/EBU 接口规范；
- **输入精度：** 系统能支持最高 22 比特/采样值的任意输入精度；
- **采样频率：** 在发射端编码之前的输入音频信号采样频率和接收端数字音频输出采样频率均为 48kHz。在使用 MPEG-2 第 II 层 LSF 编码时发射端进行 48kHz 到 24kHz 下采样，在接收端进行 24kHz 到 48kHz 的上采样，以避免使用除 48kHz 以外 PCM 音频输入输出信号采样频率。

A.2 音频编码特性

音频编码系统的主要特性是：

- **音频模式：** 提供 4 种音频模式：
 - 单声道模式（一路单声道音频节目）；
 - 立体声模式（一路立体声音频节目的左右声道）；
 - 双声道模式。此模式中，两个音频声道或者是双语言的，或者是两个单声道；
 - 联合立体声模式。按此模式，编码器使用强度立体声编码利用立体声信号的冗余和非相关性进行进一步的数据压缩。
- **比特率：** 根据 GB/T 17191.3 第 II 层规定，采样频率为 48kHz 时，单声道模式编码音频信号允许的比特率如下：32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160 和 192kb/s。立体声、双声道和联合立体声模式使用的比特率两倍于单声道模式（同时见 7.2.1.3 的表 19 和表 21）；根据 GB/T 17975.3 第 II 层，采样频率为 24kHz 的编码音频信号允许的比特率（和音频模式无关）如下：8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 144 和 160kbps（同时见 7.2.1.3 的表 20）；
- **地面数字音频广播音频帧长度：** 一个地面数字音频广播音频帧包括 1152 个 PCM 音频样值。在采样频率为 48kHz 时地面数字音频广播音频帧长度为 24ms。在采样频率为 24kHz 时地面数字音频广播音频帧长度为 48ms。这是基于 MPEG-1 音频第 II 层的地面数字音频广播音频帧长度的两倍。地面数字音频广播 LSF 音频帧分为长度相等的两部分，一个偶数帧（子帧‘0’，包括地面数字音频广播 LSF 音频帧的第一部分）和一个奇数帧（子帧‘1’包括地面数字音频广播 LSF 音频帧的第二部分）都恰好嵌入到了地面数字音频广播逻辑帧的帧结构里面，每隔 48ms 的周期才有一个 X-PAD 和 F-PAD。

A.3 音频相关数据特性

A.3.1 节目相关数据(PAD)

每个地面数字音频广播音频帧包含多个专门传输节目相关数据（PAD）的字节。在地面

数字音频广播音频帧的尾部，至少提供两个字节，称为固定节目相关数据（F-PAD）。这与采样频率、比特率和音频模式无关（即对单声道、立体声和双声道模式均有相同的 F-PAD 容量）。但电台若要传送更多的音频相关数据，可以选择扩展其容量，称为扩展节目相关数据（X-PAD）。

节目相关数据主要包括与音频信号密切相关的信息，如果由于在传送队列中被其它数据延误，或脱离经信道编码的音频比特流而在单独的数据业务中传送，这类信息就可能变得毫无意义。由于节目相关数据为对于满足这些标准的信息保留了有限容量，就有可能最有效地利用这样一个与编码音频信号有紧密联系的数据信道。尽管 X-PAD 的部分容量也能用作节目业务信息，在地面数字音频广播复用信号（或总成信号）的其它地方可以提供更多的容量，以传送文本等附加信息，这些附加信息与总成信号中可能要求这类或类似功能的各种节目有关。

本标准已经考虑了在 LSF 模式下，对应相应的全采样频率 F-PAD 的比特率应减半，即在采样频率为 48kHz 时 F-PAD 的可用比特率为 0.667kbps，在采样频率为 24kHz 时，F-PAD 的可用比特率仅为 0.333kbps。

A.3.2 PAD 误码保护

较之地面数字音频广播音频数据流的大多数其它部分，F-PAD 和 X-PAD 的一部分得到了传输系统卷积编码更好的保护（见第 11 章）。由于非均匀误码保护（UEP），这些数据字段使用不同的编码效率来进行保护。与音频子带采样值相比，F-PAD 和 X-PAD 的 4 个字节使用较高的保护级别。根据不同类型 PAD 的要求，这种保护可用附加保护策略来加强。

A.4 PAD 提供的功能

F-PAD 和 X-PAD 提供以下功能：

- **动态范围控制：**得助于动态范围控制（DRC），接收机可以缩小音频信号的动态范围。这样做的目的在于使音频信号的动态范围适应于嘈杂的收听环境。为了给要求 DRC 信号接收机提供动态范围压缩功能，在电台一方音频节目通过一个压缩处理器进行检查，该处理器产生 DRC 信号，但不对声音施行任何压缩。DRC 信号用来控制接收机中的可变增益放大器或具有相同功能的数字处理器，通过固定节目相关数据（F-PAD）传给接收机（见 7.4.1.1）。
- **音乐/语言指示：**代表音乐/语言的 2 比特标志表示所传输的声音包含的是音乐还是语言。接收机可利用该信息控制一些音频处理电路。这两个标志有一个特殊的组合表示无指示。音乐/语言指示应该至少在 4 个连续的地面数字音频广播音频帧中传输，而且以不大于 0.5 秒的间隔重复。
- **命令信道：**同步于音乐的一个信道，用来向解码器传递特殊的命令。举例来说，上述命令可用来指示从事先被非同步填充的缓存读出一幅图像。该信道能够以不规则的间隔在 0.2-0.5 秒内传输几个字节。
- **ISRC 码和通用产品代码：**音像制品的国际标准编码 ISRC 和通用产品代码可以通过一些预录制软件的数字载体提供。传输这些代码需要每秒钟 10 比特的速率。
- **内部信息：**这些信道既可以用来提供短的不同步命令，又可以用来提供长串的非同步数据。这些命令和数据的意义不必是标准化的，因为它只是用于广播链路内部。

在采样频率为 48kHz 时，F-PAD 对应地面数字音频广播 MSC 的帧结构每 24ms 传输一次，当采样频率为 24kHz 时，地面数字音频广播 LSF 音频帧分成等长的两个子帧，PAD 只以 48ms 为周期进行传输，这时产生 PAD 的设备需要知道当前的子帧是奇数帧还是偶数帧，因为 PAD 只能插在奇数帧里面。

附录 B
(规范性附录)
音频解码

B.1 概述

接收机打开以后, 第一步操作是使解码器同步输入的声音比特流, 这一操作可由 COFDM 信道解调器提供一个 24ms 间隔的外部硬件同步信号来完成。该信号可在采样频率为 48kHz 时完成同步。而在采样频率为 24kHz 时, 地面数字音频广播音频帧长度为 48ms, 分为等长的两个子帧, 只有在外部同步信号第二次到来时, 帧起始信号才有效。在这种情况下, 接收机开始在编码音频比特流里查找在每个偶数帧中传输的 MPEG 音频的 12 比特同步字, 并和外部同步信号进行比较。从而实现了非常可靠的同步。

在本系统应用中, 已为解码器所知但仍然保留在地面数字音频广播音频帧头中的部分 GB/T 17191.3 头信息, 不需解码。这些信息是层、protection_bit、sample_frequency、padding_bit、专用比特和 emphasis。

除了 ID 比特、比特率索引比特、版权比特和原始/拷贝比特之外, 解码器应读模式比特, 如果模式比特等于 '01', 还要读 mode_extensnion 比特。mode_extensnion 比特设定如 7.2 所示的 '边界', 指示哪些子带按强度立体声模式编码。

B.2 音频边信息的CRC校验

在地面数字音频广播音频帧中, 比特流中在地面数字音频广播音频帧头之后插入了检测重要边界信息中误码的 CRC 校验字。所用的误码检测方法是 'CRC-16', 其生成多项式为:

$$G_1(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$

用 CRC 校验的数据包括:

- 16比特的audio_frame_header(), 从 bit_rate_index开始, 到emphasis结束;
- audio_data()中的部分比特, 从第一比特开始。这些数据包括比特分配信息和 ScFSI。

解码器中 CRC 校验字的计算方法在附录 E 中说明。移位寄存器的初始状态为 '1111 1111 1111 1111'。如果移位寄存器的最终输出与地面数字音频广播音频帧中的 CRC 校验字不一致, 则说明音频比特流的被保护字段产生了传输误码。

B.3 比例因子的CRC校验

为了检测比例因子三个最高有效位内的误码, 应恰在音频比特流中前一个地面数字音频广播音频帧的 F-PAD 之前插入相应的 CRC 校验字。对于采样频率为 48kHz, 按 GB/T 17191.3 第 II 层格式编码时, 针对不同的比特率可以使用两个或者四个 CRC 校验字。CRC 校验字涉及下列子带的比例因子:

如果每个声道的比特率大于或等于 56kbps 时 (即, 对单声道模式比特率 ≥ 56 kbps, 对所有其它模式比特率 ≥ 112 kbps):

- ScF-CRC0: 子带0到3 (第0组子带);
- ScF-CRC1: 子带4到7 (第1组子带);
- ScF-CRC2: 子带8到15 (第2组子带);
- ScF-CRC3: 子带16到26 (第3组子带)。

如果每个声道的比特率小于 56kbps 时（即对单声道模式比特率 < 56kbps，对其它音频模式比特率 < 112kbps）：

- ScF-CRC0：子带0到3 （第0组子带）；
- ScF-CRC1：子带4到7 （第1组子带）；

为了在不同的比特率下保持 ScF-CRC 校验字 1 和 2 的位置，ScF-CRC 校验字在比特流中按逆序放置：

- ScF-CRC3, ScF-CRC2, ScF-CRC1, ScF-CRC0 比特率 ≥ 56kbps；
- ScF-CRC1, ScF-CRC0 比特率 < 56kbps。

对于采样频率为 24kHz，按 GB/T 17975.3 第 II 层格式编码时，始终使用四个 CRC 校验字，CRC 校验字涉及下列子带的比例因子：

- ScF-CRC0：子带0到3 （第0组子带）；
- ScF-CRC1：子带4到7 （第1组子带）；
- ScF-CRC2：子带8到15 （第2组子带）；
- ScF-CRC3：子带16到29 （第3组子带）。

和采样频率为 48kHz 时相同，ScF-CRC 校验字在比特流中按逆序放置：

- ScF-CRC3, ScF-CRC2, ScF-CRC1, ScF-CRC0。

误码检测方法为 ‘CRC-8’，其生成多项式为：

$$G_2(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

无论采样频率为 48kHz 还是 24kHz，CRC 校验包括的数据位为子带组各比例因子的三个最高位，顺序为其在比特流中的顺序。

计算 ScF-CRC 字的方法同 B.2 的校验字，在附录 E 中说明。移位寄存器的初始状态为 ‘0000 0000’，如果移位寄存器的输出与传送的 ScF-CRC 校验字不一致，则此特定子带组比例因子之一的三个最高位中产生了传输误码。

B.4 MPEG音频第II层比特流的解码

解码过程的原理在GB/T 17191.3中给出（在采样频率为48kHz时，使用其中的表14或者表15，这取决于比特率和音频模式，当采样频率为24kHz时，总是使用其中的表15）。

附 录 C
(资料性附录)
音频编码

C.1 分析子带滤波器

编码过程的第一步是将宽带 PCM 音频信号滤波到 32 个等间隔的子带内，每个子带按因子 $f_s/32$ 进行下采样。这一迭代过程的流程图及相应公式在图 C.1 所示。分析子带滤波包括以下步骤：

- 输入 32 个 PCM 音频采样值；
- 建立一个 512 个分量的采样值矢量 X，以使最新的 512 个音频样值存储在矢量 X 中。每次迭代时，32 个 PCM 音频样值被移入位置 0 至 31，最新的在位置 0，最旧的 32 个样值被移出。矢量 X 的位置 0 总是包含最新采样值，而位置 511 为最旧采样值；
- 矢量 X 按矢量 C 加窗。系数 C_i 在表 C.1 中查出；
- 根据分析滤波器流程图中给出的公式计算出 64 个中间值 Y_i ；
- 通过矩阵计算得出 32 个子带采样值 S_i 。矩阵 M 的系数可由以下公式算出：

$$M_{ik} = \cos[(2i + 1)(k - 16)\pi / 64]$$

式中：

$$0 \leq i \leq 31, 0 \leq k \leq 63。$$

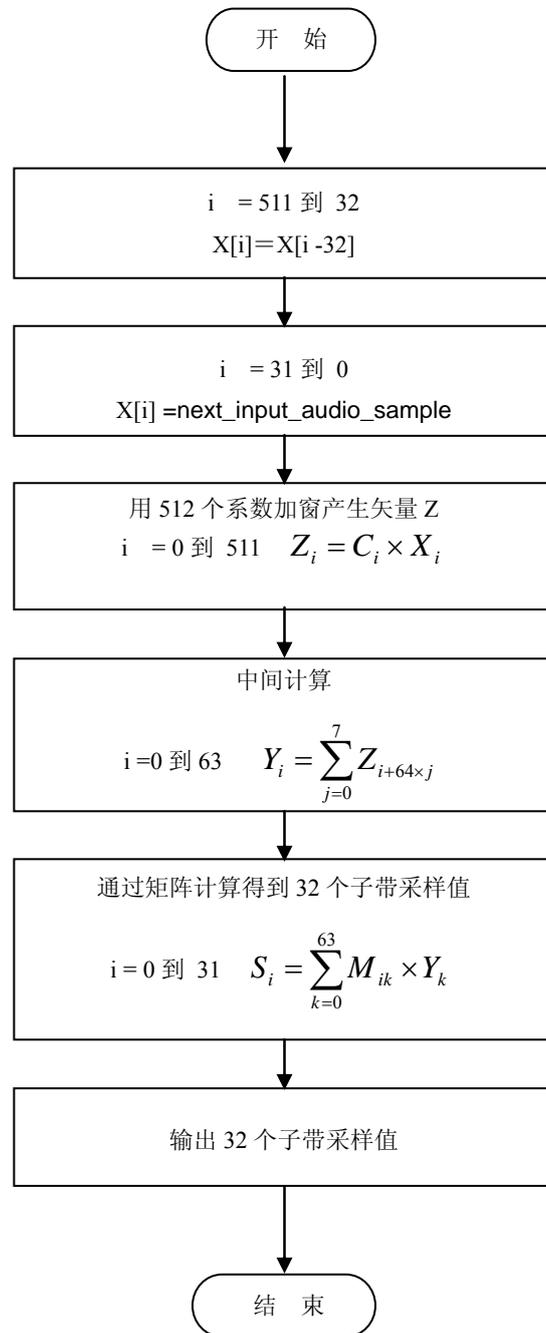


图 C. 1: 分析子带滤波器流程图

表 C.1: 分析窗口的系数 C_i

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| C[0]= 0.000000000 | C[1]=-0.000000477 | C[2]=-0.000000477 | C[3]=-0.000000477 |
| C[4]=-0.000000477 | C[5]=-0.000000477 | C[6]=-0.000000477 | C[7]=-0.000000954 |
| C[8]=-0.000000954 | C[9]=-0.000000954 | C[10]=-0.000000954 | C[11]=-0.000001431 |
| C[12]=-0.000001431 | C[13]=-0.000001907 | C[14]=-0.000001907 | C[15]=-0.000002384 |
| C[16]=-0.000002384 | C[17]=-0.000002861 | C[18]=-0.000003338 | C[19]=-0.000003338 |
| C[20]=-0.000003815 | C[21]=-0.000004292 | C[22]=-0.000004768 | C[23]=-0.000005245 |
| C[24]=-0.000006199 | C[25]=-0.000006676 | C[26]=-0.000007629 | C[27]=-0.000008106 |
| C[28]=-0.000009060 | C[29]=-0.000010014 | C[30]=-0.000011444 | C[31]=-0.000012398 |
| C[32]=-0.000013828 | C[33]=-0.000014782 | C[34]=-0.000016689 | C[35]=-0.000018120 |
| C[36]=-0.000019550 | C[37]=-0.000021458 | C[38]=-0.000023365 | C[39]=-0.000025272 |
| C[40]=-0.000027657 | C[41]=-0.000030041 | C[42]=-0.000032425 | C[43]=-0.000034809 |
| C[44]=-0.000037670 | C[45]=-0.000040531 | C[46]=-0.000043392 | C[47]=-0.000046253 |
| C[48]=-0.000049591 | C[49]=-0.000052929 | C[50]=-0.000055790 | C[51]=-0.000059605 |
| C[52]=-0.000062943 | C[53]=-0.000066280 | C[54]=-0.000070095 | C[55]=-0.000073433 |
| C[56]=-0.000076771 | C[57]=-0.000080585 | C[58]=-0.000083923 | C[59]=-0.000087261 |
| C[60]=-0.000090599 | C[61]=-0.000093460 | C[62]=-0.000096321 | C[63]=-0.000099182 |
| C[64]= 0.000101566 | C[65]= 0.000103951 | C[66]= 0.000105858 | C[67]= 0.000107288 |
| C[68]= 0.000108242 | C[69]= 0.000108719 | C[70]= 0.000108719 | C[71]= 0.000108242 |
| C[72]= 0.000106812 | C[73]= 0.000105381 | C[74]= 0.000102520 | C[75]= 0.000099182 |
| C[76]= 0.000095367 | C[77]= 0.000090122 | C[78]= 0.000084400 | C[79]= 0.000077724 |
| C[80]= 0.000069618 | C[81]= 0.000060558 | C[82]= 0.000050545 | C[83]= 0.000039577 |
| C[84]= 0.000027180 | C[85]= 0.000013828 | C[86]=-0.000000954 | C[87]=-0.000017166 |
| C[88]=-0.000034332 | C[89]=-0.000052929 | C[90]=-0.000072956 | C[91]=-0.000093937 |
| C[92]=-0.000116348 | C[93]=-0.000140190 | C[94]=-0.000165462 | C[95]=-0.000191212 |
| C[96]=-0.000218868 | C[97]=-0.000247478 | C[98]=-0.000277042 | C[99]=-0.000307560 |
| C[100]=-0.000339031 | C[101]=-0.000371456 | C[102]=-0.000404358 | C[103]=-0.000438213 |
| C[104]=-0.000472546 | C[105]=-0.000507355 | C[106]=-0.000542164 | C[107]=-0.000576973 |
| C[108]=-0.000611782 | C[109]=-0.000646591 | C[110]=-0.000680923 | C[111]=-0.000714302 |
| C[112]=-0.000747204 | C[113]=-0.000779152 | C[114]=-0.000809669 | C[115]=-0.000838757 |
| C[116]=-0.000866413 | C[117]=-0.000891685 | C[118]=-0.000915051 | C[119]=-0.000935555 |
| C[120]=-0.000954151 | C[121]=-0.000968933 | C[122]=-0.000980854 | C[123]=-0.000989437 |
| C[124]=-0.000994205 | C[125]=-0.000995159 | C[126]=-0.000991821 | C[127]=-0.000983715 |
| C[128]= 0.000971317 | C[129]= 0.000953674 | C[130]= 0.000930786 | C[131]= 0.000902653 |
| C[132]= 0.000868797 | C[133]= 0.000829220 | C[134]= 0.000783920 | C[135]= 0.000731945 |
| C[136]= 0.000674248 | C[137]= 0.000610352 | C[138]= 0.000539303 | C[139]= 0.000462532 |
| C[140]= 0.000378609 | C[141]= 0.000288486 | C[142]= 0.000191689 | C[143]= 0.000088215 |
| C[144]=-0.000021458 | C[145]=-0.000137329 | C[146]=-0.000259876 | C[147]=-0.000388145 |
| C[148]=-0.000522137 | C[149]=-0.000661850 | C[150]=-0.000806808 | C[151]=-0.000956535 |
| C[152]=-0.001111031 | C[153]=-0.001269817 | C[154]=-0.001432419 | C[155]=-0.001597881 |
| C[156]=-0.001766682 | C[157]=-0.001937389 | C[158]=-0.002110004 | C[159]=-0.002283096 |
| C[160]=-0.002457142 | C[161]=-0.002630711 | C[162]=-0.002803326 | C[163]=-0.002974033 |
| C[164]=-0.003141880 | C[165]=-0.003306866 | C[166]=-0.003467083 | C[167]=-0.003622532 |

表 C.1: 分析窗口的系数 C_i (续)

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| C[168]=-0.003771782 | C[169]=-0.003914356 | C[170]=-0.004048824 | C[171]=-0.004174709 |
| C[172]=-0.004290581 | C[173]=-0.004395962 | C[174]=-0.004489899 | C[175]=-0.004570484 |
| C[176]=-0.004638195 | C[177]=-0.004691124 | C[178]=-0.004728317 | C[179]=-0.004748821 |
| C[180]=-0.004752159 | C[181]=-0.004737377 | C[182]=-0.004703045 | C[183]=-0.004649162 |
| C[184]=-0.004573822 | C[185]=-0.004477024 | C[186]=-0.004357815 | C[187]=-0.004215240 |
| C[188]=-0.004049301 | C[189]=-0.003858566 | C[190]=-0.003643036 | C[191]=-0.003401756 |
| C[192]= 0.003134727 | C[193]= 0.002841473 | C[194]= 0.002521515 | C[195]= 0.002174854 |
| C[196]= 0.001800537 | C[197]= 0.001399517 | C[198]= 0.000971317 | C[199]= 0.000515938 |
| C[200]= 0.000033379 | C[201]=-0.000475883 | C[202]=-0.001011848 | C[203]=-0.001573563 |
| C[204]=-0.002161503 | C[205]=-0.002774239 | C[206]=-0.003411293 | C[207]=-0.004072189 |
| C[208]=-0.004756451 | C[209]=-0.005462170 | C[210]=-0.006189346 | C[211]=-0.006937027 |
| C[212]=-0.007703304 | C[213]=-0.008487225 | C[214]=-0.009287834 | C[215]=-0.010103703 |
| C[216]=-0.010933399 | C[217]=-0.011775017 | C[218]=-0.012627602 | C[219]=-0.013489246 |
| C[220]=-0.014358521 | C[221]=-0.015233517 | C[222]=-0.016112804 | C[223]=-0.016994476 |
| C[224]=-0.017876148 | C[225]=-0.018756866 | C[226]=-0.019634247 | C[227]=-0.020506859 |
| C[228]=-0.021372318 | C[229]=-0.022228718 | C[230]=-0.023074150 | C[231]=-0.023907185 |
| C[232]=-0.024725437 | C[233]=-0.025527000 | C[234]=-0.026310921 | C[235]=-0.027073860 |
| C[236]=-0.027815342 | C[237]=-0.028532982 | C[238]=-0.029224873 | C[239]=-0.029890060 |
| C[240]=-0.030526638 | C[241]=-0.031132698 | C[242]=-0.031706810 | C[243]=-0.032248020 |
| C[244]=-0.032754898 | C[245]=-0.033225536 | C[246]=-0.033659935 | C[247]=-0.034055710 |
| C[248]=-0.034412861 | C[249]=-0.034730434 | C[250]=-0.035007000 | C[251]=-0.035242081 |
| C[252]=-0.035435200 | C[253]=-0.035586357 | C[254]=-0.035694122 | C[255]=-0.035758972 |
| C[256]= 0.035780907 | C[257]= 0.035758972 | C[258]= 0.035694122 | C[259]= 0.035586357 |
| C[260]= 0.035435200 | C[261]= 0.035242081 | C[262]= 0.035007000 | C[263]= 0.034730434 |
| C[264]= 0.034412861 | C[265]= 0.034055710 | C[266]= 0.033659935 | C[267]= 0.033225536 |
| C[268]= 0.032754898 | C[269]= 0.032248020 | C[270]= 0.031706810 | C[271]= 0.031132698 |
| C[272]= 0.030526638 | C[273]= 0.029890060 | C[274]= 0.029224873 | C[275]= 0.028532982 |
| C[276]= 0.027815342 | C[277]= 0.027073860 | C[278]= 0.026310921 | C[279]= 0.025527000 |
| C[280]= 0.024725437 | C[281]= 0.023907185 | C[282]= 0.023074150 | C[283]= 0.022228718 |
| C[284]= 0.021372318 | C[285]= 0.020506859 | C[286]= 0.019634247 | C[287]= 0.018756866 |
| C[288]= 0.017876148 | C[289]= 0.016994476 | C[290]= 0.016112804 | C[291]= 0.015233517 |
| C[292]= 0.014358521 | C[293]= 0.013489246 | C[294]= 0.012627602 | C[295]= 0.011775017 |
| C[296]= 0.010933399 | C[297]= 0.010103703 | C[298]= 0.009287834 | C[299]= 0.008487225 |
| C[300]= 0.007703304 | C[301]= 0.006937027 | C[302]= 0.006189346 | C[303]= 0.005462170 |
| C[304]= 0.004756451 | C[305]= 0.004072189 | C[306]= 0.003411293 | C[307]= 0.002774239 |
| C[308]= 0.002161503 | C[309]= 0.001573563 | C[310]= 0.001011848 | C[311]= 0.000475883 |
| C[312]=-0.000033379 | C[313]=-0.000515938 | C[314]=-0.000971317 | C[315]=-0.001399517 |
| C[316]=-0.001800537 | C[317]=-0.002174854 | C[318]=-0.002521515 | C[319]=-0.002841473 |
| C[320]= 0.003134727 | C[321]= 0.003401756 | C[322]= 0.003643036 | C[323]= 0.003858566 |
| C[324]= 0.004049301 | C[325]= 0.004215240 | C[326]= 0.004357815 | C[327]= 0.004477024 |
| C[328]= 0.004573822 | C[329]= 0.004649162 | C[330]= 0.004703045 | C[331]= 0.004737377 |

表 C.1: 分析窗口的系数 C_i (续)

| | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| C[332]= 0.004752159 | C[333]= 0.004748821 | C[334]= 0.004728317 | C[335]= 0.004691124 |
| C[336]= 0.004638195 | C[337]= 0.004570484 | C[338]= 0.004489899 | C[339]= 0.004395962 |
| C[340]= 0.004290581 | C[341]= 0.004174709 | C[342]= 0.004048824 | C[343]= 0.003914356 |
| C[344]= 0.003771782 | C[345]= 0.003622532 | C[346]= 0.003467083 | C[347]= 0.003306866 |
| C[348]= 0.003141880 | C[349]= 0.002974033 | C[350]= 0.002803326 | C[351]= 0.002630711 |
| C[352]= 0.002457142 | C[353]= 0.002283096 | C[354]= 0.002110004 | C[355]= 0.001937389 |
| C[356]= 0.001766682 | C[357]= 0.001597881 | C[358]= 0.001432419 | C[359]= 0.001269817 |
| C[360]= 0.0011111031 | C[361]= 0.000956535 | C[362]= 0.000806808 | C[363]= 0.000661850 |
| C[364]= 0.000522137 | C[365]= 0.000388145 | C[366]= 0.000259876 | C[367]= 0.000137329 |
| C[368]= 0.000021458 | C[369]=-0.000088215 | C[370]=-0.000191689 | C[371]=-0.000288486 |
| C[372]=-0.000378609 | C[373]=-0.000462532 | C[374]=-0.000539303 | C[375]=-0.000610352 |
| C[376]=-0.000674248 | C[377]=-0.000731945 | C[378]=-0.000783920 | C[379]=-0.000829220 |
| C[380]=-0.000868797 | C[381]=-0.000902653 | C[382]=-0.000930786 | C[383]=-0.000953674 |
| C[384]= 0.000971317 | C[385]= 0.000983715 | C[386]= 0.000991821 | C[387]= 0.000995159 |
| C[388]= 0.000994205 | C[389]= 0.000989437 | C[390]= 0.000980854 | C[391]= 0.000968933 |
| C[392]= 0.000954151 | C[393]= 0.000935555 | C[394]= 0.000915051 | C[395]= 0.000891685 |
| C[396]= 0.000866413 | C[397]= 0.000838757 | C[398]= 0.000809669 | C[399]= 0.000779152 |
| C[400]= 0.000747204 | C[401]= 0.000714302 | C[402]= 0.000680923 | C[403]= 0.000646591 |
| C[404]= 0.000611782 | C[405]= 0.000576973 | C[406]= 0.000542164 | C[407]= 0.000507355 |
| C[408]= 0.000472546 | C[409]= 0.000438213 | C[410]= 0.000404358 | C[411]= 0.000371456 |
| C[412]= 0.000339031 | C[413]= 0.000307560 | C[414]= 0.000277042 | C[415]= 0.000247478 |
| C[416]= 0.000218868 | C[417]= 0.000191212 | C[418]= 0.000165462 | C[419]= 0.000140190 |
| C[420]= 0.000116348 | C[421]= 0.000093937 | C[422]= 0.000072956 | C[423]= 0.000052929 |
| C[424]= 0.000034332 | C[425]= 0.000017166 | C[426]= 0.000000954 | C[427]=-0.000013828 |
| C[428]=-0.000027180 | C[429]=-0.000039577 | C[430]=-0.000050545 | C[431]=-0.000060558 |
| C[432]=-0.000069618 | C[433]=-0.000077724 | C[434]=-0.000084400 | C[435]=-0.000090122 |
| C[436]=-0.000095367 | C[437]=-0.000099182 | C[438]=-0.000102520 | C[439]=-0.000105381 |
| C[440]=-0.000106812 | C[441]=-0.000108242 | C[442]=-0.000108719 | C[443]=-0.000108719 |
| C[444]=-0.000108242 | C[445]=-0.000107288 | C[446]=-0.000105858 | C[447]=-0.000103951 |
| C[448]= 0.000101566 | C[449]= 0.000099182 | C[450]= 0.000096321 | C[451]= 0.000093460 |
| C[452]= 0.000090599 | C[453]= 0.000087261 | C[454]= 0.000083923 | C[455]= 0.000080585 |
| C[456]= 0.000076771 | C[457]= 0.000073433 | C[458]= 0.000070095 | C[459]= 0.000066280 |
| C[460]= 0.000062943 | C[461]= 0.000059605 | C[462]= 0.000055790 | C[463]= 0.000052929 |
| C[464]= 0.000049591 | C[465]= 0.000046253 | C[466]= 0.000043392 | C[467]= 0.000040531 |
| C[468]= 0.000037670 | C[469]= 0.000034809 | C[470]= 0.000032425 | C[471]= 0.000030041 |
| C[472]= 0.000027657 | C[473]= 0.000025272 | C[474]= 0.000023365 | C[475]= 0.000021458 |
| C[476]= 0.000019550 | C[477]= 0.000018120 | C[478]= 0.000016689 | C[479]= 0.000014782 |
| C[480]= 0.000013828 | C[481]= 0.000012398 | C[482]= 0.000011444 | C[483]= 0.000010014 |
| C[484]= 0.000009060 | C[485]= 0.000008106 | C[486]= 0.000007629 | C[487]= 0.000006676 |
| C[488]= 0.000006199 | C[489]= 0.000005245 | C[490]= 0.000004768 | C[491]= 0.000004292 |
| C[492]= 0.000003815 | C[493]= 0.000003338 | C[494]= 0.000003338 | C[495]= 0.000002861 |
| C[496]= 0.000002384 | C[497]= 0.000002384 | C[498]= 0.000001907 | C[499]= 0.000001907 |

表 C.1: 分析窗口的系数 C_i (续)

| | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $C[500]= 0.000001431$ | $C[501]= 0,000001431$ | $C[502]= 0.000000954$ | $C[503]= 0.000000954$ |
| $C[504]= 0.000000954$ | $C[505]= 0.000000954$ | $C[506]= 0.000000477$ | $C[507]= 0.000000477$ |
| $C[508]= 0.000000477$ | $C[509]= 0.000000477$ | $C[510]= 0.000000477$ | $C[511]= 0.000000477$ |

C.2 心理声学模型

对应于 1152 个输入采样值, 在 24ms (采样频率为 48kHz) 或者 48ms (采样频率为 24kHz) 的周期里, 对每一帧应确定一个比特分配方案。32 个子带的比特分配应根据所有子带的信号—掩蔽比进行计算。因而有必要针对每个子带确定以 dB 为单位的最大信号电平和最小掩蔽门限。最小掩蔽门限由输入 PCM 信号的快速傅里叶变换 (FFT) 以及心理声学模型计算导出。

在子带滤波的同时进行 FFT, 可以补偿子带滤波器组在低频处的频谱选择性不足问题。这一技术既为编码音频信号提供了足够的时间精度 (带最小预回声优化窗口的多相位滤波器), 又为掩蔽门限的计算提供足够的频谱精度。

可以计算出混叠失真的频率和电平。对于那些在解码器中需要一些比特来消除混叠分量的子带, 这对其最小比特率的计算是很有必要的。为了计算更佳频率精度而增加的复杂度仅存在于编码器中, 在解码器中不会增加更多的延迟或复杂度。

信号—掩蔽比 (SMR) 的计算按以下步骤进行:

- 第一步 计算 FFT, 进行时间到频率的变换;
- 第二步 在每一子带中确定以 dB 为单位的声压级;
- 第三步 确定静默门限 (绝对门限);
- 第四步 找到音频信号中的单音 (较像正弦波) 成分和非单音 (较像噪声) 成分;
- 第五步 掩蔽信号选取, 以只保留更符合要求的掩蔽信号;
- 第六步 单个掩蔽门限的计算;
- 第七步 确定整体掩蔽门限;
- 第八步 确定每个子带的最小掩蔽门限;
- 第九步 计算每个子带的信号—掩蔽比。

下面给出以上步骤进一步的细节。

第一步: FFT 分析

掩蔽门限通过对由 1024 点 FFT 计算出的功率谱密度的估计得到。FFT 直接对经 Hann 窗加窗的从输入 PCM 信号进行计算。

为了保持比特分配和相应的子带采样值在时间上的一致性, 输入 FFT 的 PCM 样值应加延时。

- a) 分析子带滤波器的延时为 256 个采样值, 在 48kHz 的采样频率下对应于 5.3 秒, 在采样频率为 24kHz 时为 10.67ms。窗口要移动 256 个采样值以补偿分析子带滤波器的延时;
- b) Hann 窗口应与该帧的子带采样值同步。这要求增加负的 64 个采样值的窗口移动。

FFT 的参数:

- 变换长度 N : 1024 个采样值;
- 窗口大小: 21.3ms (采样频率为 48kHz) 或者 42.67ms (采样频率为 24kHz);
- 频率精度: 46.875Hz (采样频率为 48kHz) 或者 23.438Hz (采样频率为 24kHz);
- Hann 窗口, $h(i)$:

$$h(i) = \sqrt{8/3} \times 0.5 \{1 - \cos[2 \times \pi \times i / N]\} \quad 0 \leq i \leq N-1;$$

— 功率谱密度 $X(k)$:

$$X(k) = 10 \times \log_{10} \left| \frac{1}{N} \sum h(l) \times s(l) \times e^{(-j \times k \times l \times 2 \times \pi / N)} \right|^2 \text{ dB}$$

式中:

$$0 \leq k \leq N/2;$$

$s(l)$ 为输入信号。应以 96dB SPL (声压级) 为参考电平进行归一化, 使得最大电平值等于 96dB。

第二步: 声压级的确定

子带 n 的 SPL L_{sb} 应如此计算:

$$L_{sb}(n) = \text{MAX}[X(k), 20 \times \log_{10} \text{SCF}_{\max}(n) \times 32768] - 10 \text{ dB}$$

$X(k)$ 在子带 n 中

式中:

$X(k)$ 是索引为 k 的 FFT 谱线的声压级, 该谱线是在相应于子带 n 的频率范围内幅度最大的谱线。 $\text{scf}_{\max}(n)$ 表示一帧内子带 n 的三个比例因子中的最大者。‘-10dB’ 项校正峰值与均方根电平之间的差值。对每一子带 n 均计算声压级 $L_{sb}(n)$ 。

以下计算 $L_{sb}(n)$ 的替代方法提供了获得更佳编码器性能的可能性, 但这一技术未经规范的音频质量测试。

子带 n 中替代的 SPL $L_{spl}(n)$ 由下式计算:

$$L_{spl}(n) = \text{MAX}[X_{spl}(n), 20 \times \log_{10}(\text{scf}_{\max}(n) \times 32768) - 10] \text{ dB}$$

式中:

$$X_{spl}(n) = 10 \times \log \left(\sum_{k(n)}^{k(n+1)} 10^{X(k)/10} \right) \text{ dB};$$

$$k(n) = n \times N / 64;$$

$X_{spl}(n)$ 为对应于子带 n 的替代声压级。

第三步: 考虑静默门限

静默门限 $L_q(k)$ 也称作绝对门限, 参见表 C. 2 (采样频率为 48kHz) 和表 C. 3 (采样频率为 24kHz)。表中给出了计算掩蔽门限的频率范围内每个采样点的值。

需根据总的比特率为绝对门限加上一个偏移量进行校正。当每声道比特率 $\geq 96\text{kbps}$ 时校正值为 -12dB, 当每声道比特率 $< 96\text{kbps}$ 的校正值为 0dB。

第四步：找出单音和非单音分量

掩蔽分量的单音特性对掩蔽门限有影响。因此，有必要区分单音和非单音分量。为了计算整体掩蔽门限，应从 FFT 频谱中分离出单音和非单音分量。

这一步从确定局部最大值开始，继而提取出单音分量，并计算某一临界频带带宽范围内的非单音分量的强度。临界频带的边界在表 C.4（采样频率为 48kHz）和表 C.5（采样频率为 48kHz）中给出。

临界频带的带宽随中心频率而变，从低频段大约只有 0.1kHz 到高频段大约 4kHz。由心理声学实验可知，人耳在低频区较高频区有更高的分辨力。为了确定局部最大值是否单音分量，应考察局部最大值附近的一个频率范围 df 。当采样频率为 48kHz 时，频率范围 df 如下：

$$\begin{aligned} df &= 93.75\text{Hz} & 0.0\text{kHz} < f \leq 3.0\text{kHz}; \\ df &= 140.63\text{Hz} & 3.0\text{kHz} < f \leq 6.0\text{kHz}; \\ df &= 281.25\text{Hz} & 6.0\text{kHz} < f \leq 12.0\text{kHz}; \\ df &= 562.50\text{Hz} & 12.0\text{kHz} < f \leq 24.0\text{kHz}. \end{aligned}$$

当采样频率为 24kHz 时，频率范围 df 如下：

$$\begin{aligned} df &= 93.75\text{Hz} & 0.0\text{kHz} < f \leq 3.0\text{kHz}; \\ df &= 140.63\text{Hz} & 3.0\text{kHz} < f \leq 6.0\text{kHz}; \\ df &= 281.25\text{Hz} & 6.0\text{kHz} < f \leq 11.25\text{kHz}; \end{aligned}$$

要列出单音或非单音的谱线 $X(k)$ ，应执行以下三步操作：

a) 标出局部最大值：

- 若 $X(k) > X(k-1)$ 且 $X(k) \geq X(k+1)$ ；
则该谱线标为局部最大值。

b) 列出单音分量并计算声压级：

- 若 $X(k) - X(k+j) \geq 7\text{dB}$
则该局部最大值列入单音分量表，这里 j 按如下关系选择：
 $j = -2, +2$ 对 $2 < k < 63$ （采样频率为 48kHz 时）；
 $j = -3, -2, +2, +3$ 对 $63 \leq k < 127$ （采样频率为 48kHz 时）；
 $j = -4, +4$ 对 $4 < k < 127$ （采样频率为 24kHz 时）；
 $j = -6, \dots, -2, +2, \dots, +6$ 对 $127 \leq k < 255$ （采样频率为 24kHz 或者 48kHz 时）；
 $j = -12, \dots, -2, +2, \dots, +12$ 对 $255 \leq k \leq 500$ （采样频率为 24kHz 或者 48kHz 时）。

若 $X(k)$ 被认为是单音分量，需列出以下参数：

- 谱线的索引 k ；
- SPL $X_{m}(k) = 10 \times \log_{10}(10^{X(k-1)/10} + 10^{X(k)/10} + 10^{X(k+1)/10}) \text{ dB}$ ；
- 单音标志。

然后，将所考察的频率范围内的所有谱线设成 $-\infty\text{dB}$ 。

c) 列出非单音分量并计算功率

非单音分量（噪声）从剩下的各谱线算出。为了从这些谱线 $X(k)$ 计算非单音分量，应利用表 C.4（采样频率为 48kHz 时）或者表 C.5（采样频率为 24kHz 时）确定临界频带 $Z(k)$ 。对 48kHz 的采样频率考虑 27 个临界频带，对 24kHz 的采样频率考虑 23 个临界频带。在每个临界频带内，谱线（单音分量被调整为零后剩下的那些）的功率相加，成为对应于该临界频带的新的非单音分量 $X_{nm}(k)$ 。

需列出以下参数:

- 最接近于临界频带几何中心的谱线索引 k ;
- 以 dB 为单位的 SPL $X_{nm}(k)$;
- 非单音标志。

第五步: 单音和非单音掩蔽分量的选取

选取过程的目的是减少在计算整体掩蔽门限时考虑的掩蔽信号的数量:

- 仅当以下条件成立时, 才考虑单音分量 $X_m(k)$ 或非单音分量 $X_{nm}(k)$ 用于掩蔽门限计算:

$$X_m(k) \geq LT_q(k) \quad \text{或} \quad X_{nm}(k) \geq LT_q(k)。$$

上述表达式中, $LT_q(k)$ 为索引 k 的频率处的绝对门限 (或静默门限)。这些值在表 C. 2 (采样频率为 48kHz 时) 及表 C. 3 (采样频率为 24kHz 时) 中给出。

- 在小于 0.5Bark 的间隔内对两个或更多的单音分量进行抽取, 保留功率最高的分量, 从单音分量的表中除去功率小的分量。执行这一步操作时, 应在临界频带域内使用宽度为 0.5Bark 的滑动窗口。

下面, 索引 j 表示在经抽取合并后的列表中剩余的更符合要求的单音或非单音掩蔽分量。

第六步: 单个掩蔽门限的计算

在以 k 为索引的最初 512 个频域样值中, 在计算整体屏蔽门限时只考虑以 i 为索引的子集,。所用样值见表 C. 2 和表 C. 3。

在前三个子带对应的频率区域内的谱线, 不采用亚采样。在后续三个子带对应的频率区域内隔条考虑谱线。再接下来六个子带的频率区域内考虑每四条取一的谱线。最后, 在采样频率为 48kHz 时, 在剩下的直至 20kHz 子带中考虑每八条取一的谱线 (见表 C. 2), 在采样频率为 24kHz 时, 在剩下的子带中考虑每八条取一的谱线 (见表 C. 3)。在亚采样频域中采样值的数量 i , 在采样频率为 48kHz 时为 126, 在采样频率为 24kHz 时为 132。

每个单音或者非单音分量都赋最接近原始谱线 $X(k)$ 的索引值 i , 索引 i 在表 C. 2 和表 C. 3 中给出。

单音分量和非单音分量的单个掩蔽门限由下列表达式给出:

$$LT_m[z(j), z(i)] = X_m[z(j)] + av_m[z(j)] + vf[z(j), z(i)] \quad \text{dB}$$

$$LT_{nm}[z(j), z(i)] = X_{nm}[z(j)] + av_{nm}[z(j)] + vf[z(j), z(i)] \quad \text{dB}$$

在此公式中, LT_m 和 LT_{nm} 为在临界频带比率 z_m (单位 Bark) 处的掩蔽分量在临界频带比率 z 处 (单位 Bark) 的单个掩蔽门限。dB 值或正或负。 $X_m[z(j)]$ 表示索引为 j , 临界频带比率为 $z(j)$ 的掩蔽分量的声压级。 av 项称为掩蔽指数, vf 称为掩蔽分量 $X_m[Z(j)]$ 的掩蔽函数。掩蔽指数 av 对于单音和非单音掩蔽信号 (av_m 和 av_{nm}) 各不相同。

对单音掩蔽信号有:

$$av_m = -1.525 - 0.275 \times z(j) - 4.5 \quad \text{dB}$$

对非单音掩蔽信号:

$$av_{nm} = -1.525 - 0.175 \times z(j) - 0.5 \text{ dB}$$

掩蔽信号的掩蔽函数 vf 的特点是上下段斜率不同, 并取决于到掩蔽信号的距离 $dZ = Z(i) - Z(j)$ (单位 Bark)。此表达式中, i 为计算掩蔽函数处谱线的索引, j 为掩蔽信号的索引。临界频带比率 $z(j)$ 和 $z(i)$ 可从表 C. 2 和表 C. 3 中查出。掩蔽函数对单音和非单音掩蔽信号是相同的, 即:

$$vf = 17 \times (dz + 1) - (0.4 \times X[z(j)] + 6) \text{ dB} \quad \text{对 } -3 \leq dz < -1 \text{Bark}$$

$$vf = (0.4 \times X[z(j)] + 6) \times dz \text{ dB} \quad \text{对 } -1 \leq dz < 0 \text{Bark}$$

$$vf = -17 \times dz \text{ dB} \quad \text{对 } 0 \leq dz < 1 \text{Bark}$$

$$vf = -(dz - 1) \times (17 - 0.15 \times X[z(j)]) - 17 \text{ dB} \quad \text{对 } 1 \leq dz < 8 \text{Bark}$$

在这些表达式中, $X[z(j)]$ 为第 j 个掩蔽分量的声压级 (单位 dB)。鉴于实现复杂度的考虑, 若 $dz < -3 \text{Bark}$ 或 $dz \geq 8 \text{Bark}$ 则不再考虑掩蔽效应 (在此范围外 LT_{im} 和 LT_{nm} 置为 $-\infty \text{dB}$)。

第七步: 计算整体掩蔽门限 LT_g

第 i 个频率样值处的整体掩蔽门限 $LT_g(i)$ 由每一个单音和非单音掩蔽信号 j 的单个掩蔽门限的上下段斜率, 以及亦在表 C. 2 和表 C. 3 中给出的静默门限 $LT_q(i)$ 导出。将各单个掩蔽门限和静默门限的功率相加, 得出整体掩蔽门限。

$$LT_g(i) = 10 \times \log_{10} \left(10^{LT_q(i)/10} + \sum_{j=1}^m 10^{LT_m[z(j), z(i)]/10} + \sum_{j=1}^n 10^{LT_{nm}[z(j), z(i)]/10} \right) \text{ dB}$$

单音掩蔽信号的总数为 m , 非单音信号的总数为 n 。对给定的 i 值, j 的范围可以缩小到只包括那些对 i 而言在 -8 到 $+3 \text{Bark}$ 内的掩蔽分量。此范围外的 LT_{im} 和 LT_{nm} 为 $-\infty \text{dB}$ 。

第八步: 确定最小掩蔽门限

子带 n 中的最小掩蔽电平 $LT_{\min}(n)$ 由下式确定:

$$LT_{\min}(n) = \text{MIN}[LT_g(i)] \text{ dB} \quad f(i) \text{ 在子波段 } n \text{ 中}$$

这里 $f(i)$ 为第 i 个频率样值的频率。 $f(i)$ 如表 C. 2 和表 C. 3。

对每个子带均计算最小掩蔽电平 $LT_{\min}(n)$ 。

第九步 信号—掩蔽比的计算

按下式对计算每个子带 n 的信号—掩蔽比

$$SMR_{sb}(n) = L_{sb}(n) - LT_{\min}(n) \text{ dB}$$

表 C.2 采样频率为 48kHz 时的频率、临界频带比率和绝对门限

| 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率 z | 绝对门限 dB | 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率 z | 绝对门限 dB |
|----------|----------|----------------|------------|----------|----------|----------------|------------|
| 1 | 46.88 | 0.463 | 42.10 | 33 | 1546.88 | 11.406 | 1.55 |
| 2 | 93.75 | 0.925 | 24.17 | 34 | 1593.75 | 11.606 | 1.38 |
| 3 | 140.63 | 1.385 | 17.47 | 35 | 1640.63 | 11.800 | 1.21 |
| 4 | 187.50 | 1.842 | 13.87 | 36 | 1687.50 | 11.988 | 1.04 |
| 5 | 234.38 | 2.295 | 11.60 | 37 | 1734.38 | 12.170 | 0.86 |
| 6 | 281.25 | 2.742 | 10.01 | 38 | 1781.25 | 12.347 | 0.67 |
| 7 | 328.13 | 3.184 | 8.84 | 39 | 1828.13 | 12.518 | 0.49 |
| 8 | 375.00 | 3.618 | 7.94 | 40 | 1875.00 | 12.684 | 0.29 |
| 9 | 421.88 | 4.045 | 7.22 | 41 | 1921.88 | 12.845 | 0.09 |
| 10 | 468.75 | 4.463 | 6.62 | 42 | 1968.75 | 13.002 | -0.11 |
| 11 | 515.63 | 4.872 | 6.12 | 43 | 2015.63 | 13.154 | -0.32 |
| 12 | 562.50 | 5.272 | 5.70 | 44 | 2062.50 | 13.302 | -0.54 |
| 13 | 609.38 | 5.661 | 5.33 | 45 | 2109.38 | 13.446 | -0.75 |
| 14 | 656.25 | 6.041 | 5.00 | 46 | 2156.25 | 13.586 | -0.97 |
| 15 | 703.13 | 6.411 | 4.71 | 47 | 2203.13 | 13.723 | -1.20 |
| 16 | 750.00 | 6.770 | 4.45 | 48 | 2250.00 | 13.855 | -1.43 |
| 17 | 796.88 | 7.119 | 4.21 | 49 | 2343.75 | 14.111 | -1.88 |
| 18 | 843.75 | 7.457 | 4.00 | 50 | 2437.50 | 14.354 | -2.34 |
| 19 | 890.63 | 7.785 | 3.79 | 51 | 2531.25 | 14.585 | -2.79 |
| 20 | 937.50 | 8.103 | 3.61 | 52 | 2625.00 | 14.807 | -3.22 |
| 21 | 984.38 | 8.410 | 3.43 | 53 | 2718.75 | 15.018 | -3.62 |
| 22 | 1031.25 | 8.708 | 3.26 | 54 | 2812.50 | 15.221 | -3.98 |
| 23 | 1078.13 | 8.996 | 3.09 | 55 | 2906.25 | 15.415 | -4.30 |
| 24 | 1125.00 | 9.275 | 2.93 | 56 | 3000.00 | 15.602 | -4.57 |
| 25 | 1171.88 | 9.544 | 2.78 | 57 | 3093.75 | 15.783 | -4.77 |
| 26 | 1218.75 | 9.805 | 2.63 | 58 | 3187.50 | 15.956 | -4.91 |
| 27 | 1265.63 | 10.057 | 2.47 | 59 | 3281.25 | 16.124 | -4.98 |
| 28 | 1312.50 | 10.301 | 2.32 | 60 | 3375.00 | 16.287 | -4.97 |
| 29 | 1359.38 | 10.537 | 2.17 | 61 | 3468.75 | 16.445 | -4.90 |
| 30 | 1406.25 | 10.765 | 2.02 | 62 | 3562.50 | 16.598 | -4.76 |
| 31 | 1453.13 | 10.986 | 1.86 | 63 | 3656.25 | 16.746 | -4.55 |
| 32 | 1500.00 | 11.199 | 1.71 | 64 | 3750.00 | 16.891 | -4.29 |

表 C.2 采样频率为 48kHz 时的频率、临界频带比率和绝对门限(续)

| 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率z | 绝对门限 dB | 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率z | 绝对门限 dB |
|----------|----------|-------------|------------|----------|----------|-------------|------------|
| 65 | 3843.75 | 17.032 | -3.99 | 99 | 10125.00 | 22.482 | 11.08 |
| 66 | 3937.50 | 17.169 | -3.64 | 100 | 10500.00 | 22.646 | 12.71 |
| 67 | 4031.25 | 17.303 | -3.26 | 101 | 10875.00 | 22.799 | 14.53 |
| 68 | 4125.00 | 17.434 | -2.86 | 102 | 11250.00 | 22.941 | 16.54 |
| 69 | 4218.75 | 17.563 | -2.45 | 103 | 11625.00 | 23.072 | 18.77 |
| 70 | 4312.50 | 17.688 | -2.04 | 104 | 12000.00 | 23.195 | 21.23 |
| 71 | 4406.25 | 17.811 | -1.63 | 105 | 12375.00 | 23.309 | 23.94 |
| 72 | 4500.00 | 17.932 | -1.24 | 106 | 12750.00 | 23.415 | 26.90 |
| 73 | 4687.50 | 18.166 | -0.51 | 107 | 13125.00 | 23.515 | 30.14 |
| 74 | 4875.00 | 18.392 | 0.12 | 108 | 13500.00 | 23.607 | 33.67 |
| 75 | 5062.50 | 18.611 | 0.64 | 109 | 13875.00 | 23.694 | 37.51 |
| 76 | 5250.00 | 18.823 | 1.06 | 110 | 14250.00 | 23.775 | 41.67 |
| 77 | 5437.50 | 19.028 | 1.39 | 111 | 14625.00 | 23.852 | 46.17 |
| 78 | 5625.00 | 19.226 | 1.66 | 112 | 15000.00 | 23.923 | 51.04 |
| 79 | 5812.50 | 19.419 | 1.88 | 113 | 15375.00 | 23.991 | 56.29 |
| 80 | 6000.00 | 19.606 | 2.08 | 114 | 15750.00 | 24.054 | 61.94 |
| 81 | 6187.50 | 19.788 | 2.27 | 115 | 16125.00 | 24.114 | 68.00 |
| 82 | 6375.00 | 19.964 | 2.46 | 116 | 16500.00 | 24.171 | 68.00 |
| 83 | 6562.50 | 20.135 | 2.65 | 117 | 16875.00 | 24.224 | 68.00 |
| 84 | 6750.00 | 20.300 | 2.86 | 118 | 17250.00 | 24.275 | 68.00 |
| 85 | 6937.50 | 20.461 | 3.09 | 119 | 17625.00 | 24.322 | 68.00 |
| 86 | 7125.00 | 20.616 | 3.33 | 120 | 18000.00 | 24.368 | 68.00 |
| 87 | 7312.50 | 20.766 | 3.60 | 121 | 18375.00 | 24.411 | 68.00 |
| 88 | 7500.00 | 20.912 | 3.89 | 122 | 18750.00 | 24.452 | 68.00 |
| 89 | 7687.50 | 21.052 | 4.20 | 123 | 19125.00 | 24.491 | 68.00 |
| 90 | 7875.00 | 21.188 | 4.54 | 124 | 19500.00 | 24.528 | 68.00 |
| 91 | 8062.50 | 21.318 | 4.91 | 125 | 19875.00 | 24.564 | 68.00 |
| 92 | 8250.00 | 21.445 | 5.31 | 126 | 20250.00 | 24.597 | 68.00 |
| 93 | 8437.50 | 21.567 | 5.73 | | | | |
| 94 | 8625.00 | 21.684 | 6.18 | | | | |
| 95 | 8812.50 | 21.797 | 6.67 | | | | |
| 96 | 9000.00 | 21.906 | 7.19 | | | | |
| 97 | 9375.00 | 22.113 | 8.33 | | | | |
| 98 | 9750.00 | 22.304 | 9.63 | | | | |

表 C.3 采样频率为 24kHz 时的频率、临界频带比率和绝对门限

| 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率 z | 绝对门限 dB | 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率 z | 绝对门限 dB |
|----------|----------|----------------|------------|----------|----------|----------------|------------|
| 1 | 23.44 | 0.232 | 68.00 | 41 | 960.94 | 8.258 | 3.51 |
| 2 | 46.88 | 0.463 | 42.10 | 42 | 984.38 | 8.410 | 3.43 |
| 3 | 70.31 | 0.694 | 30.43 | 43 | 1007.81 | 8.560 | 3.34 |
| 4 | 93.75 | 0.925 | 24.17 | 44 | 1031.25 | 8.708 | 3.26 |
| 5 | 117.19 | 1.156 | 20.22 | 45 | 1054.69 | 8.853 | 3.17 |
| 6 | 140.63 | 1.385 | 17.47 | 46 | 1078.13 | 8.996 | 3.09 |
| 7 | 164.06 | 1.614 | 15.44 | 47 | 1101.56 | 9.137 | 3.01 |
| 8 | 187.50 | 1.842 | 13.87 | 48 | 1125.00 | 9.275 | 2.93 |
| 9 | 210.94 | 2.069 | 12.62 | 49 | 1171.88 | 9.544 | 2.78 |
| 10 | 234.38 | 2.295 | 11.60 | 50 | 1218.75 | 9.805 | 2.63 |
| 11 | 257.81 | 2.519 | 10.74 | 51 | 1265.63 | 10.057 | 2.47 |
| 12 | 281.25 | 2.742 | 10.01 | 52 | 1312.50 | 10.301 | 2.32 |
| 13 | 304.69 | 2.964 | 9.39 | 53 | 1359.38 | 10.537 | 2.17 |
| 14 | 328.13 | 3.184 | 8.84 | 54 | 1406.25 | 10.765 | 2.02 |
| 15 | 351.56 | 3.402 | 8.37 | 55 | 1453.13 | 10.986 | 1.86 |
| 16 | 375.00 | 3.618 | 7.94 | 56 | 1500.00 | 11.199 | 1.71 |
| 17 | 398.44 | 3.832 | 7.56 | 57 | 1546.88 | 11.406 | 1.55 |
| 18 | 421.88 | 4.045 | 7.22 | 58 | 1593.75 | 11.606 | 1.38 |
| 19 | 445.31 | 4.255 | 6.90 | 59 | 1640.63 | 11.800 | 1.21 |
| 20 | 468.75 | 4.463 | 6.62 | 60 | 1687.50 | 11.988 | 1.04 |
| 21 | 492.19 | 4.668 | 6.36 | 61 | 1734.38 | 12.170 | 0.86 |
| 22 | 515.63 | 4.872 | 6.12 | 62 | 1781.25 | 12.347 | 0.67 |
| 23 | 539.06 | 5.073 | 5.90 | 63 | 1828.13 | 12.518 | 0.49 |
| 24 | 562.50 | 5.272 | 5.70 | 64 | 1875.00 | 12.684 | 0.29 |
| 25 | 585.94 | 5.468 | 5.50 | 65 | 1921.88 | 12.845 | 0.09 |
| 26 | 609.38 | 5.661 | 5.33 | 66 | 1968.75 | 13.002 | -0.11 |
| 27 | 632.81 | 5.853 | 5.16 | 67 | 2015.63 | 13.154 | -0.32 |
| 28 | 656.25 | 6.041 | 5.00 | 68 | 2062.50 | 13.302 | -0.54 |
| 29 | 679.69 | 6.227 | 4.85 | 69 | 2109.38 | 13.446 | -0.75 |
| 30 | 703.13 | 6.411 | 4.71 | 70 | 2156.25 | 13.586 | -0.97 |
| 31 | 726.56 | 6.592 | 4.58 | 71 | 2203.13 | 13.723 | -1.20 |
| 32 | 750.00 | 6.770 | 4.45 | 72 | 2250.00 | 13.855 | -1.43 |
| 33 | 773.44 | 6.946 | 4.33 | 73 | 2343.75 | 14.111 | -1.88 |
| 34 | 796.88 | 7.119 | 4.21 | 74 | 2437.50 | 14.354 | -2.34 |
| 35 | 820.31 | 7.289 | 4.10 | 75 | 2531.25 | 14.585 | -2.79 |
| 36 | 843.75 | 7.457 | 4.00 | 76 | 2625.00 | 14.807 | -3.22 |
| 37 | 867.19 | 7.622 | 3.89 | 77 | 2718.75 | 15.018 | -3.62 |
| 38 | 890.63 | 7.785 | 3.79 | 78 | 2812.50 | 15.221 | -3.98 |
| 39 | 914.06 | 7.945 | 3.70 | 79 | 2906.25 | 15.415 | -4.30 |
| 40 | 937.50 | 8.103 | 3.61 | 80 | 3000.00 | 15.602 | -4.57 |

表 C.3 采样频率为 24kHz 时的频率、临界频带比率和绝对门限 (续)

| 索引值 i | 频率 Hz | 临界频带比 率z | 绝对门限 dB |
|----------|----------|-------------|------------|
| 81 | 3093.75 | 15.783 | -4.77 |
| 82 | 3187.50 | 15.956 | -4.91 |
| 83 | 3281.25 | 16.124 | -4.98 |
| 84 | 3375.00 | 16.287 | -4.98 |
| 85 | 3468.75 | 16.445 | -4.92 |
| 86 | 3562.50 | 16.598 | -4.80 |
| 87 | 3656.25 | 16.746 | -4.61 |
| 88 | 3750.00 | 16.891 | -4.36 |
| 89 | 3843.75 | 17.032 | -4.07 |
| 90 | 3937.50 | 17.169 | -3.73 |
| 91 | 4031.25 | 17.303 | -3.36 |
| 92 | 4125.00 | 17.434 | -2.96 |
| 93 | 4218.75 | 17.563 | -2.55 |
| 94 | 4312.50 | 17.688 | -2.14 |
| 95 | 4406.25 | 17.811 | -1.73 |
| 96 | 4500.00 | 17.932 | -1.33 |
| 97 | 4687.50 | 18.166 | -0.59 |
| 98 | 4875.00 | 18.392 | 0.05 |
| 99 | 5062.50 | 18.611 | 0.58 |
| 100 | 5250.00 | 18.823 | 1.01 |
| 101 | 5437.50 | 19.028 | 1.36 |
| 102 | 5625.00 | 19.226 | 1.63 |
| 103 | 5812.50 | 19.419 | 1.86 |
| 104 | 6000.00 | 19.606 | 2.06 |
| 105 | 6187.50 | 19.788 | 2.25 |
| 106 | 6375.00 | 19.964 | 2.43 |
| 107 | 6562.50 | 20.135 | 2.63 |
| 108 | 6750.00 | 20.300 | 2.83 |
| 109 | 6937.50 | 20.461 | 3.06 |
| 110 | 7125.00 | 20.616 | 3.30 |
| 111 | 7312.50 | 20.766 | 3.57 |
| 112 | 7500.00 | 20.912 | 3.85 |
| 113 | 7687.50 | 21.052 | 4.16 |
| 114 | 7875.00 | 21.188 | 4.50 |
| 115 | 8062.50 | 21.318 | 4.86 |
| 116 | 8250.00 | 21.445 | 5.25 |
| 117 | 8437.50 | 21.567 | 5.67 |
| 118 | 8625.00 | 21.684 | 6.12 |
| 119 | 8812.50 | 21.797 | 6.61 |
| 120 | 9000.00 | 21.906 | 7.12 |
| 121 | 9187.50 | 22.012 | 7.67 |
| 122 | 9375.00 | 22.113 | 8.26 |
| 123 | 9562.50 | 22.210 | 8.88 |
| 124 | 9750.00 | 22.304 | 9.54 |
| 125 | 9937.50 | 22.395 | 10.24 |
| 126 | 10125.00 | 22.482 | 10.98 |
| 127 | 10312.50 | 22.566 | 11.77 |
| 128 | 10500.00 | 22.646 | 12.60 |
| 129 | 10687.50 | 22.724 | 13.48 |
| 130 | 10875.00 | 22.799 | 14.41 |
| 131 | 11062.50 | 22.871 | 15.38 |
| 132 | 11250.00 | 22.941 | 16.41 |

C.3 比特分配过程

在调整到固定比特率之前，应确定可用于子带采样值和比例因子编码的比特数‘adb’。该数值可从总比特可用数‘cb’中减去比特分配所需比特数‘bba1’和附加数据所需比特数‘banc’得到：

$$adb=cb-(bba1+banc)$$

所得结果应用于子带采样值和比例因子的编码。分配过程的原则是在所用比特数不超过该帧可用比特数条件下使整个地面数字音频广播音频帧中总的噪声—掩蔽比最小。利用 7.1 中的表 13、表 14 和表 15，表中对每个子带指出可用于样值量化的阶数。表示这些量化样值所需比特数可从 7.1 表 17 中查出。

表 C.4: 采样频率为 48kHz 时的临界频带边界

| 序号. | 表索引F&CB | 频率Hz | Barkz |
|---------------------|---------|-----------|--------|
| 0 | 1 | 46.875 | 0.463 |
| 1 | 2 | 93.750 | 0.925 |
| 2 | 3 | 140.625 | 1.385 |
| 3 | 5 | 234.375 | 2.295 |
| 4 | 7 | 328.125 | 3.184 |
| 5 | 9 | 421.875 | 4.045 |
| 6 | 12 | 562.500 | 5.272 |
| 7 | 14 | 656.250 | 6.041 |
| 8 | 17 | 796.875 | 7.119 |
| 9 | 20 | 937.500 | 8.103 |
| 10 | 24 | 1125.000 | 9.275 |
| 11 | 27 | 1265.625 | 10.057 |
| 12 | 32 | 1500.000 | 11.199 |
| 13 | 37 | 1734.375 | 12.170 |
| 14 | 42 | 1968.750 | 13.002 |
| 15 | 49 | 2343.750 | 14.111 |
| 16 | 53 | 2718.750 | 15.018 |
| 17 | 59 | 3281.250 | 16.124 |
| 18 | 65 | 3843.750 | 17.032 |
| 19 | 73 | 4687.500 | 18.166 |
| 20 | 77 | 5437.500 | 19.028 |
| 21 | 82 | 6375.000 | 19.964 |
| 22 | 89 | 7687.500 | 21.052 |
| 23 | 97 | 9375.000 | 22.113 |
| 24 | 103 | 11625.000 | 23.072 |
| 25 | 113 | 15375.000 | 23.991 |
| 26 | 126 | 20250.000 | 24.597 |
| 注： 这些频率代表每个临界频带的上界。 | | | |

表 C.5: 采样频率为 24kHz 时的临界频带边界

| No. | 表索引F&CB | 频率Hz | Barkz |
|---------------------|---------|----------|--------|
| 0 | 4 | 93.75 | 0.925 |
| 1 | 9 | 210.94 | 2.069 |
| 2 | 13 | 304.69 | 2.964 |
| 3 | 18 | 421.88 | 4.045 |
| 4 | 23 | 539.06 | 5.073 |
| 5 | 28 | 656.25 | 6.041 |
| 6 | 33 | 773.44 | 6.946 |
| 7 | 39 | 914.06 | 7.945 |
| 8 | 46 | 1078.13 | 8.996 |
| 9 | 51 | 1265.63 | 10.057 |
| 10 | 55 | 1453.13 | 10.986 |
| 11 | 60 | 1687.50 | 11.988 |
| 12 | 66 | 1968.75 | 13.002 |
| 13 | 73 | 2343.75 | 14.111 |
| 14 | 77 | 2718.75 | 15.018 |
| 15 | 82 | 3187.50 | 15.956 |
| 16 | 89 | 3843.75 | 17.032 |
| 17 | 96 | 4500.00 | 17.932 |
| 18 | 101 | 5437.50 | 19.028 |
| 19 | 106 | 6375.00 | 19.964 |
| 20 | 113 | 7687.50 | 21.052 |
| 21 | 121 | 9187.50 | 22.012 |
| 22 | 132 | 11250.00 | 22.941 |
| 注: 这些频率代表每个临界频带的上界。 | | | |

分配程序是一个迭代过程, 在每个迭代步骤中, 增加有最大增益的子带量化阶数。

首先, 应从每个子带信噪比 ‘SNR’ 中减去信号—掩蔽比 ‘SMR’, 得出掩蔽—噪声比 ‘MNR’。表达式为:

$$\text{MNR} = \text{SNR} - \text{SMR}$$

SNR 可从参考性的表 C.6 中查出。SMR 是由心理声学模型计算得出。

然后, 零比特应被分配给子带采样值和比例因子。子带采样值的比特数 bspl 和比例因子的比特数 bscf 被设为零。接下来开始一个迭代过程。每个迭代循环应包括以下步骤:

- 确定所有子带中最小的 MNR;
- 对 MNR 最小的子带, 其量化精度应依据 7.1 中表 13 和表 14、表 15 中的次高项设置;
- 计算该子带的新 MNR 值;
- bspl 应根据所需附加比特数更新。若某子带第一次被分配了一个非零的比特数, bsel 应更新, 而 bscf 应根据该子带所需比例因子数量进行更新。然后应使用以下公式再次计算 adb :

$$\text{adb} = \text{cb} - (\text{bba1} + \text{bsel} + \text{bscf} + \text{bspl} + \text{banc})$$

这一迭代过程应一直重复下去, 直至在某一个循环中, adb 不足以支持 bspl 、 bsel 和 bscf 任何可能的增长。

表 C. 6: 信噪比

| 阶数 | SNR dB |
|-------|--------|
| 0 | 0.00 |
| 3 | 7.00 |
| 5 | 11.00 |
| 7 | 16.00 |
| 9 | 20.84 |
| 15 | 25.28 |
| 31 | 31.59 |
| 63 | 37.75 |
| 127 | 43.84 |
| 255 | 49.89 |
| 511 | 55.93 |
| 1023 | 61.96 |
| 2047 | 67.98 |
| 4095 | 74.01 |
| 8191 | 80.03 |
| 16383 | 86.05 |
| 32767 | 92.01 |
| 65535 | 98.01 |

C. 4 对误码的比特敏感度

附录的这一部分说明在需要采用针对专门应用的误码保护的情况下，不同比特对随机误码的敏感度。在表 C. 7 中，每个比特的敏感度以从 0 到 5 的值给出，表示因一个独立的误码而造成的性能劣化程度的大小。

- 5 灾难性的；
- 4 非常令人不舒服；
- 3 令人不舒服；
- 2 稍微令人不舒服；
- 1 听得见；
- 0 感觉不到。

这些值不是精确测量的结果，而更多的是根据对编码策略的了解制定出来的。其假定前提是未使用误码检测策略。7.3.2.3 和 7.3.2.4 定义的地面数字音频广播音频帧帧头和误码校验信息被认为有最高的敏感度。

地面数字音频广播音频帧的一些字段没有固定长度。对这些字段中的所有比特均进行误码敏感度评价，即使这些比特并没有用到。

表 C.7: 地面数字音频广播音频帧各比特的比特敏感度

| 参数 | 比特序号 | 敏感度 |
|-------------|-------------|-----|
| 比特分配 | 所有比特 | 5 |
| ScFSI | 所有比特 | 5 |
| ScFs | 5 (msb) | 4 |
| | 4 | 4 |
| | 3 | 4 |
| | 2 | 3 |
| | 1 | 2 |
| | 0 (lsb) | 1 |
| 子带采样值 (注) | 8 -16 (msb) | 3 |
| | 5 - 7 | 2 |
| | 3, 4 | 1 |
| | (lsb)0 - 2 | 0 |
| 注: 依比特分配而定。 | | |

C.5 误码隐藏

编码比特流的一个特性是 CRC 字, 它为解码器提供了一些误码检测能力, 详见附录 B.2。这种误码检测码的 Hamming 间距 $d=4$, 允许检测最多 3 个单独比特误码或最长可达 16 比特的一个突发误码。在一个地面数字音频广播编码音频帧内, 被保护比特的数量和位置一般取决于模式和比特率。

为了避免因最敏感信息中的误码而导致重建地面数字音频广播音频信号时产生严重损伤, CRC 字应用来控制一种误码隐藏策略。

一些基本的技巧, 可用于隐藏如信息替换或静默。当出现错误帧时, 一种简单的替换技巧是用前一帧 (若无错) 代替之。

除了由 GB/T 17191.3 和 GB/T 17975.3 音频第 II 层音频编码标准提供的误码保护手段外, 本标准还以一种国标兼容的方式提供比例因子的误码检测手段。详细方法见附录 B.3。为了避免由于错误的比例因子引起的听得见的失真, 建议采用某种隐藏技巧, 或者采用相当简单的方法, 对那些检测出误码的比例因子实行静默, 或者采用更高级的方法, 重复以前接收到的 (3 个最高比特未显示误码的) 比例因子。

C.6 联合立体声编码

可选的联合立体声使用的是强度立体声编码。强度立体声编码可用来提高声音质量并/或减小立体声信号的比特率。比特率方面收益的典型值约为 10 到 30kbps。所增加的解码器复杂度几乎可忽略。所增加的编码器复杂度很小。编码器和解码器的延时不受影响。

心理声学结果表明, 对于高频段 (约 2kHz 以上), 临界频带内立体声像的定位取决于时域包络而非声音信号的时域精细结构。

强度立体声编码的基本思路是, 对某些子带, 不单独传输左右声道子带采样值, 而只传输其和信号以及左右声道的比例因子, 从而保持了立体声像。

包括了强度立体声编码模式的立体声编码器和解码器的流程图见图 C.2 和图 C.3。首先, 应对左右声道所需比特率进行估算。如果所需比特率超过了可用比特率, 则应通过将多个子带设成强度立体声模式以减小所需比特率。根据需要的比特率, 子带:

16 到 31;

12 到 31;

8 到 31;

或 4 到 31

被设为强度立体声模式。对这些合并子带的量化，应使用左右声道比特分配中较大值。

联合立体声模式中涉及的子带其左右声道子带信号应相加，这些新的子带信号按正常的方式定标。但是，原来确定的左右声道各子带信号的比例因子，应根据比特流语法进行传输。合成的子带样值的量化和编码，以及合成的比特分配的编码，应按照与立体声节目左右声道独立编码相同的方式进行。

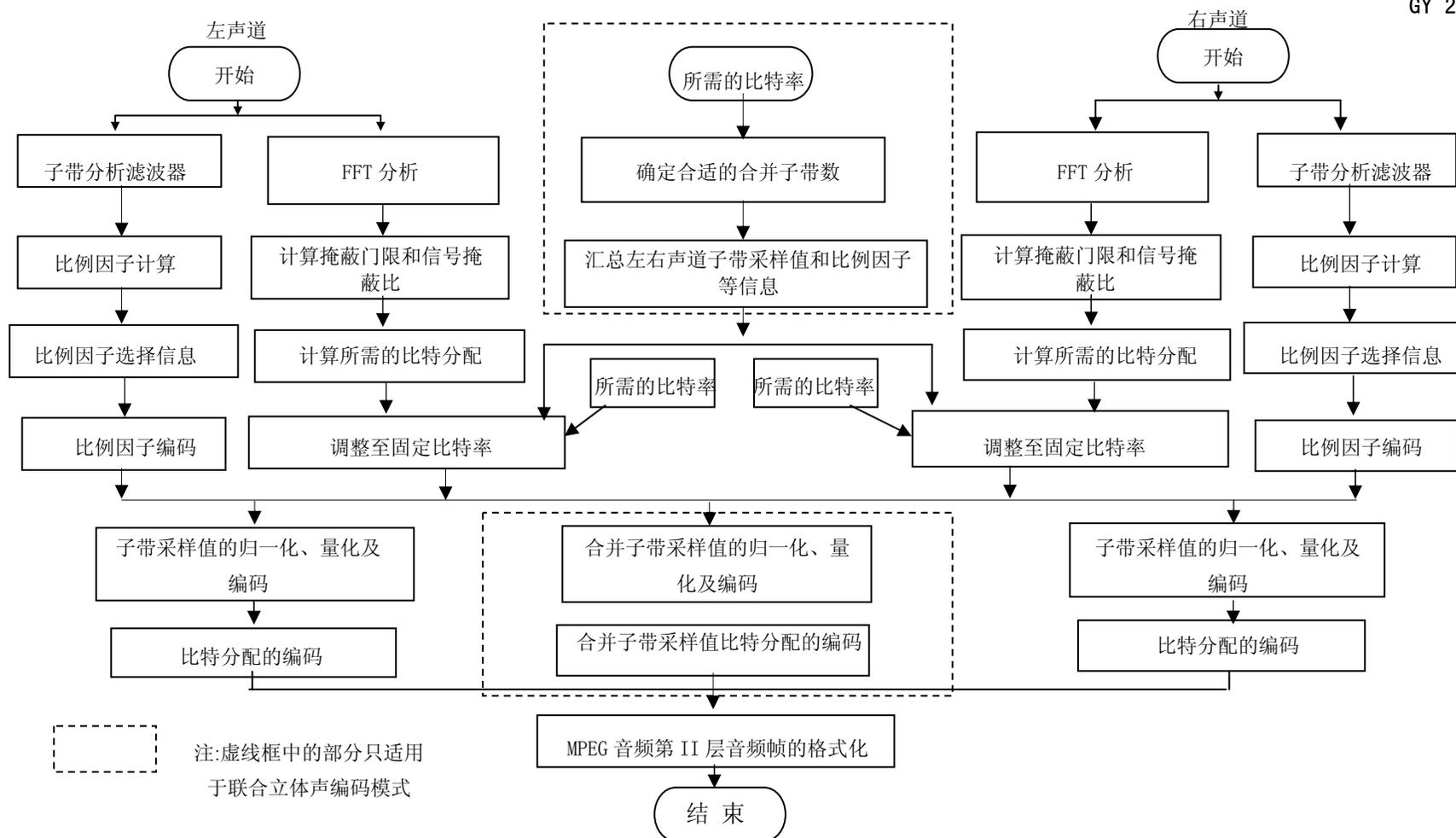


图 C.2 普通 MPEG 音频第 II 层立体声编码器流程图

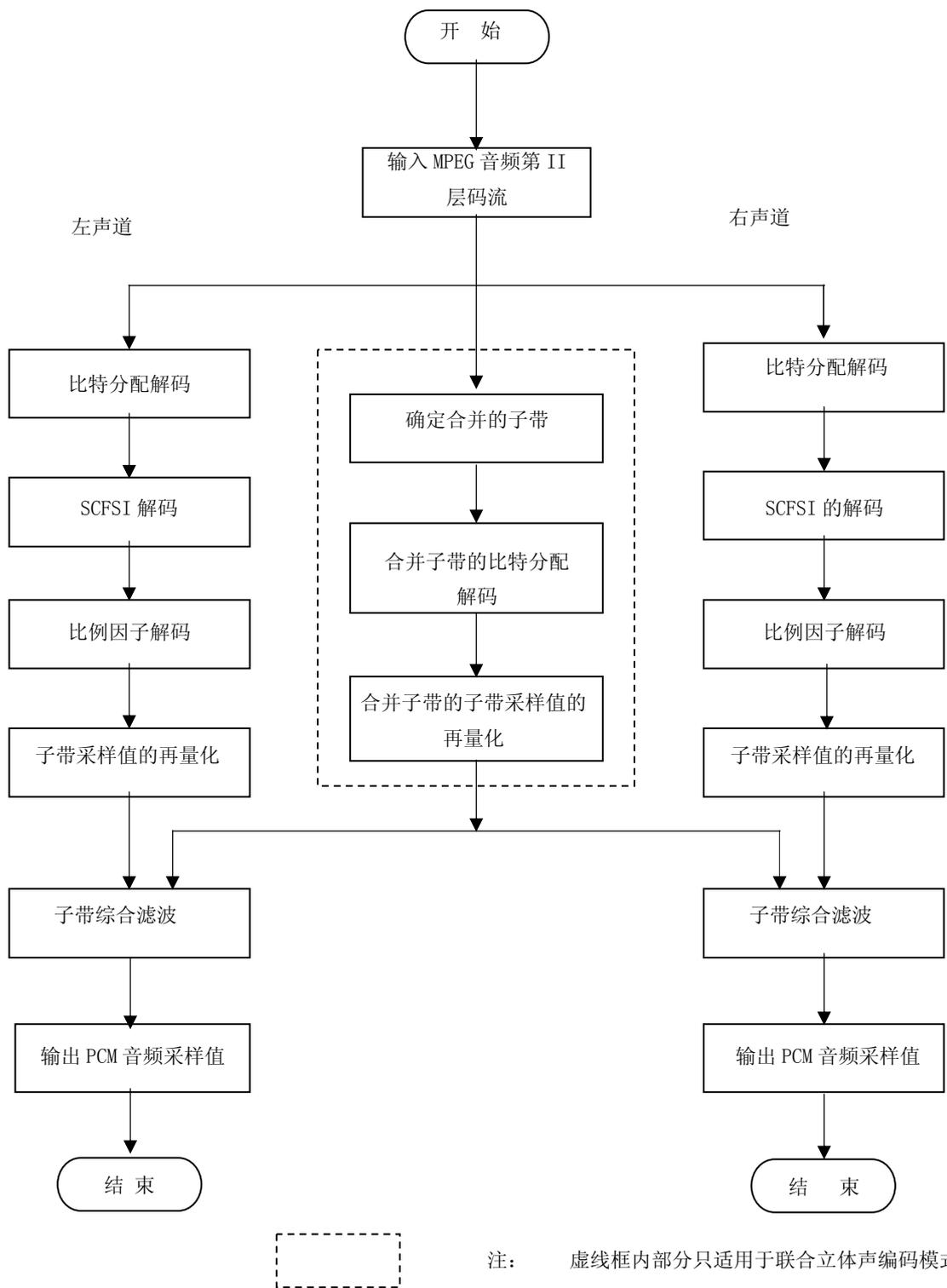


图 C.3 普通 MPEG 音频第 II 层立体声解码器流程图

附 录 D
(资料性附录)
复用重新配置

与每个逻辑帧有关的数据由于经过了时间交织的处理而扩展到 16 个 CIF 帧中，在复用重新配置时应考虑这个因素。

一个 CU 每次只能分配给一个子信道。当子信道的比特率在时间交织器的输入端改变时，该子信道所分配的 CU 将受到下列影响：

- 当数据比特率增加时，由于某些比特通过时间交织时是无延时的，因此子信道中新分配的 CU 需要立即填充。在随后的 15 个 CIF 周期，新分配的 CU 中平均有一半填充了有效数据，而其余则填充了 ‘0’。
- 当数据比特率下降时，由于某些比特通过时间交织时是延时了 15 个 CIF 周期，应在 15 个 CIF 周期内保持原子信道的 CU 分配。在这 15 个 CIF 周期内，只有平均一半由于重新组合过程释放出的 CU 中填充了有效数据，而其余则填充了 ‘0’。

时间交织和解交织导致了 15 个 CIF 周期的固定延时。因此，时间交织器输入端比特率的每次变化都将在 15 个 CIF 周期之后，在去交织器的输出端引起相应的改变。

复用重新配置作为一个在给定时间发生的事件表示，对于那些受重新配置影响的子信道，应协调其时间交织器输入端的比特率的变化（也以此时间作为参照），这个以事件状态变化指示的重新配置时刻定义了从哪一个 CIF 计数器值开始 CU 的重新分配开始生效。

下例说明了 6.5 规定的关于协调比特率改变和重新配置时刻的规则，在所有情况下，假设复用重新配置发生在 CIF 的时间索引 r_{0-1} 和 r_0 之间。这些例子只考虑了卷积编码中误码保护级别的改变：

- a) 只改变子信道的位置：卷积编码器不受影响；
- b) 增加新的子信道：若新的子信道在 $r = r_0$ 时出现（在 $r = r_{0-1}$ 时不存在），则卷积编码器从 $r \geq r_0$ 起采用相应的保护级别；
- c) 删除子信道：若子信道在 $r = r_0$ 时消失（在 $r = r_{0-1}$ 时存在），则卷积编码器在 $r = r_{0-15}$ 时停止编码；
- d) 子信道容量增加：若子信道在 $r = r_{0-1}$ 和 $r = r_0$ 之间增加其 CU 的数量，则卷积编码器从 $r \geq r_0$ 起采用相应的保护级别；
- e) 子信道容量减小：若子信道在 $r = r_{0-1}$ 和 $r = r_0$ 之间减小其 CU 的数量，则卷积编码器从 $r \geq r_{0-15}$ 起采用新的保护级别；
- f) 改变保护级别：若保护级别在 $r = r_{0-1}$ 和 $r = r_0$ 之间改变，而 CU 的数量保持不变，则卷积编码器从 $r \geq r_0$ 起采用相应的保护级别。

为进一步说明，图 D.1 显示了两个子信道怎样在两次复用重新配置中进行容量交换（对应上面的情况 d) 和 e)。第一次重新配置时，子信道 1 的容量从 4 个 CU 增加到 6 个 CU，子信道 2 的容量从 6 个 CU 减少到 4 个 CU；第二次重新配置时，恢复成原来的状态。

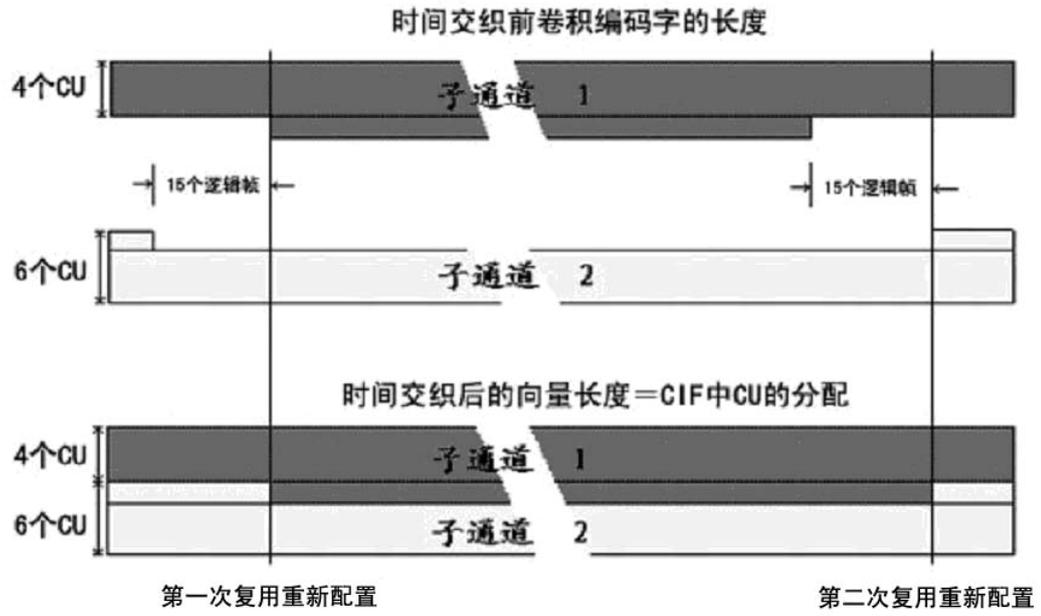


图 D. 1 一个复用重新配置的例子

附录 E
(规范性附录)
CRC 的计算

在音频和数据传输中使用循环冗余校验 (CRC) 码, 可使接收端检测到传输误码。为了实现这个目的, CRC 字应包括在传输的数据中, 这些 CRC 字由此附录中说明的过程的结果定义。

一个 CRC 字由一个 n 阶多项式定义, 表达式如下:

$$G(x) = x^n + g_{n-1}x^{n-1} + \dots + g_2x^2 + g_1x + 1 \quad (n \geq 1 \text{ 且 } g_i \in \{0, 1\}, i=1 \dots n-1)$$

CRC 的计算可以由移位寄存器来实现, 寄存器的级数 n 等于多项式的阶数 (见图 E. 1)。寄存器的各级标为 $b_0 \dots b_{n-1}$, 其中 b_0 相应于 1, b_1 相应于 x , b_2 相应于 x^2 , \dots , b_{n-1} 相应于 x^{n-1} 。移位寄存器在多项式系数 g_i 为 ‘1’ 的那些级的输入处, 插入异或单元抽头。

在开始计算 CRC 时, 寄存器各级的内容按相应章节的规定进行初始化: 或者都置 ‘1’, 或者都置 ‘0’。在数据块的第一个比特 (先是最高有效比特 MSb) 到达输入端时, 移位时钟使寄存器将其内容向最高级 (b_{n-1}) 移动一级, 同时有抽头的各级载入相应的 XOR 运算的结果。然后, 对于每个比特重复进行这个过程。当数据块的最后一个比特 (LSb) 的到达后, 读出移位寄存器包含的 CRC 字。数据和 CRC 字从 MSb 开始传输。

本系统中用的 CRC 码应基于下列多项式:

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1;$$

$$G(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1;$$

$$G(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1.$$

5. 2. 1、5. 3. 3. 3、5. 3. 4. 4 和附录 B2 和 B3 中给出了不同应用所使用的多项式。这些章节还说明了相关数据块的大小和内容, 移位寄存器的初始化和 CRC 字传输前可能需要进行的反相 (1 的补码)。

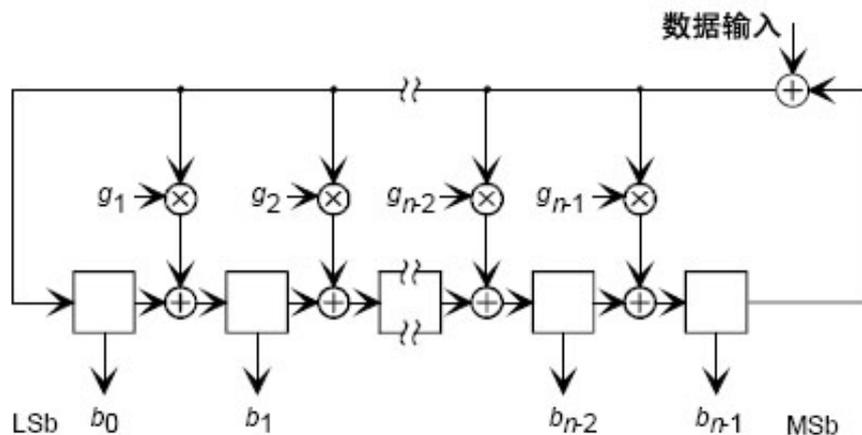


图 E. 1 CRC 计算框图

参考文献

- [1] ETSI EN 300 401 Radio Broadcasting Systems: Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers
- [2] ETSI TS 101 756 Digital Audio Broadcasting (DAB): Registered Tables
- [3] ETSI EN 301 234 Digital Audio Broadcasting (DAB): Multimedia Object Transfer (MOT) protocol
- [4] ETSI TS 102 368 Digital Audio Broadcasting (DAB): DAB-TMC (Traffic Message Channel)
- [5] ETSI ES 201 980 Digital Radio Mondiale (DRM): System Specification
- [6] ETSI TS 102 386 Digital Radio Mondiale (DRM): AM signalling system (AMSS)
- [7] EBU Recommendation R79 (1994): "Recommended system for digital sound broadcasting to mobile, portable and fixed receivers in the appropriate frequency bands in the range 30 MHz to 3 GHz".
- [8] prEN ISO 14819-1: Traffic and Travel Information (TTI) - TTI Messages via traffic message coding - Part 1: Coding protocol for Radio Data System - Traffic Message Channel (RDS-TMC) - RDS-TMC using ALERT-C.
- [9] National Radio Systems Committee (NRSC) (April 9, 1998): "Radio Broadcast Data System - RBDS", Published jointly by EIA and NAB.
- [10] IEC 61866 (1997-08) Audiovisual systems "C Interactive text transmission system (ITTS).
- [11] ETSI TR 101 496: "Digital Audio Broadcasting (DAB); Guidelines and Rules for Implementation and Operation".
- [12] ETSI ETS 300 250: "Television systems; Specification of the D2-MAC/packet system".
-

中 华 人 民 共 和 国
广 播 电 影 电 视 行 业 标 准
**30MHz~3000MHz 地面数字音频广播系统
技术规范**

GY/T 214—2006

*

国家广播电影电视总局广播电视规划院出版发行

责任编辑：王佳梅

查询网址：www.abp.gov.cn/广电标委会

北京复兴门外大街二号

联系电话：(010) 86093424 86092923

邮政编码：100866

版权专有 不得翻印