

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T 338—2020

数字电视卫星传输信道编码和调制规范

Specification for channel coding and modulation of satellite digital
video transmission

2020 - 11 - 23 发布

2020 - 11 - 23 实施

国家广播电视总局 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号和缩略语	2
4.1 符号	2
4.2 缩略语	3
5 传输系统描述	4
5.1 系统定义	5
5.2 系统架构	5
5.3 系统配置	6
6 规范子系统	7
6.1 模式适配	7
6.2 流适配	11
6.3 FEC 编码	12
6.4 星座映射	17
6.5 PL 成帧	21
6.6 基带成形和正交调制	25
7 误码性能	26
附录 A (规范性) 模式适配和 ACM 工具	28
A.1 “ACM 指令”信令接口	28
A.2 输入流同步器	28
A.3 空包删除	30
A.4 不同应用领域下的 BBHEADER 及合并/切片策略	31
A.5 通过回传信道的发送的接收质量信令	31
附录 B (规范性) 模式适配输入接口(可选)	33
B.1 分离的信令电路的模式适配输入接口	33
B.2 带内信令的模式适配输入接口	33
附录 C (规范性) 使用时间切片的宽带卫星转发器传输格式(可选)	35
C.1 概述	35
C.2 时间切片接收机的定义	35
C.3 时间片模式编码	36

附录 D (规范性)	标准长度 FEC 的 LDPC 校验位累加器地址.....	38
附录 E (规范性)	短 FEC 的 LDPC 校验位累加器地址.....	50
附录 F (规范性)	调制器输出信号频谱	58
参考文献.....		60

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件是参照ETSI EN 302 307-1 V1.4.1《数字视频广播(DVB) 第二代广播、交互式服务、新闻采集和其他宽带卫星应用系统的帧结构、信道编码及调制标准 第1部分：DVB-S2》编制的。

本文件由全国广播电影电视标准化技术委员会(SAC/TC 239)归口。

本文件起草单位：国家广播电视总局广播电视规划院、国家广播电视总局无线电台管理局、上海广播电视台、航天恒星科技有限公司、中国卫通集团股份有限公司、。

本文件主要起草人：刘骏、常江、高杨、张荣建、周斌、王兆俊、蒋龙城、李国松、金慧羨、韩峻、钟声洪、吴佩、刘猛、代明、王乙、高洋、李楠、段晓明、冯景锋。

引 言

本文件参照ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 《Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2》编制。

涉及ETSI EN 302 307-1的专利请查询<http://www.s2licensing.com>。

数字电视卫星传输信道编码和调制规范

1 范围

本文件规定了在固定卫星业务(FSS)波段中,用于卫星数字多路节目电视(包括标准清晰度电视、高清晰度电视以及超高清晰度电视)业务和数字音频广播业务的一次分配的信道编码和调制系统(以下简称“系统”)。

本文件适用于固定卫星业务(FSS)波段中,卫星数字多路节目电视(包括标准清晰度电视、高清晰度电视以及超高清晰度电视)业务和数字音频广播业务的一次分配。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 17700—1999 卫星数字电视广播信道编码和调制标准
- GB/T 17975.1 信息技术 运动图像及其伴音的通用编码 第1部分:系统
- GB/T 17975.2 信息技术 运动图像及其伴音的通用编码 第2部分:视频
- ETSI EN 300 468 数字视频广播(DVB) DVB系统中的业务信息(SI)规范(Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems)
- ETSI EN 301 192 数字视频广播(DVB) 数据广播的DVB规范(Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting)
- ETSI EN 301 195 数字视频广播(DVB) 通过全球移动通信系统(GSM)的交互信道(Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel through the Global System for Mobile communications (GSM))
- ETSI EN 301 790 数字视频广播(DVB) 卫星分发系统的交互信道(Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems)
- ETSI EN 302 307-2 V1.1.1 数字视频广播(DVB) 第二代广播、交互式服务、新闻采集和其他宽带卫星应用系统的帧结构、信道编码及调制标准 第2部分: S2扩展(S2X)(Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: S2-Extensions (S2X))
- ETSI ES 200 800 数字视频广播(DVB) 有线电视分配系统(CATV)的DVB交互信道(Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interaction channel for Cable TV distribution systems (CATV))
- ETSI ETR 162 数字视频广播(DVB) DVB系统业务信息(SI)码的分配(Digital Video Broadcasting (DVB); Allocation of Service Information (SI) codes for DVB systems)
- ETSI ETS 300 801 数字视频广播(DVB) 通过公共电信交换网(PSTN)/综合业务数据网(ISDN)的交互信道(Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel through Public Switched Telecommunications Network (PSTN)/ Integrated Services Digital Networks (ISDN))

ETSI ETS 300 802 数字视频广播(DVB) DVB交互服务的网络自主协议(NIP) (Digital Video Broadcasting (DVB); Network-independent protocols for DVB interactive services)

ETSI TR 101 154 数字视频广播(DVB) 在卫星、有线和地面广播应用中使用MPEG-2系统与视音频的实施指南 (Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications)

ETSI TR 102 376 V1.1.1 数字视频广播(DVB) 第二代广播、交互式服务、新闻采集和其他宽带卫星应用系统(DVB-S2)用户指南(Digital Video Broadcasting (DVB); User guidelines for the second generation system for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2))

ETSI TS 102 005 数字视频广播(DVB) 在IP协议中直接传输的DVB业务中的视音频编码使用规范 (Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in DVB services delivered directly over IP protocols)

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

α 滚降因子

γ 16APSK 和 32APSK 星座半径之间的比率

c 码字

C/N 载波噪声功率比 (N 以等于符号率的带宽测得)

$C/(N+I)$ 载波噪声干扰比

$d_{n_{bch}-k_{bch}-1}, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, \dots, d_1, d_0$ BCH 冗余比特

$d(x)$ BCH 码生成多项式与 $x^{n_{bch}-k_{bch}+m}(x)$ 的余项

D 用于表示十进制数字的数字下标符号

D_{min} LDPC 码最小汉明距离

E_b/N_0 每比特信息能量与单边噪声功率谱密度之比

E_s/N_0 每传输符号的能量与单边噪声功率谱密度之比

f_N 奈奎斯特频率

f_0 载波频率

G PLS 码生成矩阵

$g(x)$ 码生成多项式

$g_1(x), g_2(x), \dots, g_{12}(x)$ 用于产生 BCH 码生成多项式的多项式

i LDPC 码编码信息块

$i_0, i_1, \dots, i_{k_{ldpc}-1}$ LDPC 码编码信息比特

HEX 用于表示十六进制数字的数字下标符号

$H(f)$ RC 滤波器的频率响应

I, Q 调制信号的同相、正交分量

K_{bch}	BCH 未编码块比特数
N_{bch}	BCH 编码块比特数
K_{ldpc}	LDPC 未编码块比特数
n_{ldpc}	LDPC 编码块比特数
η	PL 帧率
η_c	编码效率
η_{MOD}	每个星座符号的传输比特数
η_{tot}	系统频谱效率
m	BCH 码信息码字
$m(x)$	BCH 码信息多项式
$m_{k_{\text{bch}}-1}, m_{k_{\text{bch}}-2}, \dots, m_1, m_0$	BCH 码信息比特
M	每一时隙中调制的符号数
$p_0, p_1, \dots, p_{n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}}-1}$	LDPC 校验比特
P	每个导频块中的导频数
q	LDPC 码率依赖常数
R_s	调制信号的双边带奈奎斯特带宽对应的符号率
S	每个复数向量 FECFRAME 包含的时隙数
T_s	符号周期

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACM	自适应编码调制 (Adaptive Coding and Modulation)
APSK	幅度移相键控 (Amplitude Phase Shift Keying)
ASI	异步串行接口 (Asynchronous Serial Interface)
AWGN	加性高斯白噪声 (Additive White Gaussian Noise)
BB	基带 (Base Band)
BBFRAME	基带帧 (Base Band FRAME)
BCH	多重纠错二进制分组码 (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem multiple error correction binary block code)
BER	误比特率 (Bit Error Ratio)
BPSK	二进制移相键控 (Binary Phase Shift Keying)
CBR	固定比特率 (Constant Bit Rate)
CCM	固定编码调制 (Constant Coding and Modulation)
CNI	载波与噪声加干扰比 (Carrier to Noise plus Interference ratio)
CRC	循环冗余校验 (Cyclic Redundancy Check)
DF	数据段 (Data Field)
DFL	数据段长度 (Data Field Length)
DNP	删除的空包 (Deleted Null-Packets)
DTH	直接到户 (Direct To Home)
DVB	数字视频广播 (Digital Video Broadcasting)
DVB-S2	第二代卫星广播和单播 DVB 系统 (Digital Video Broadcasting-Satellite-2nd Generation)
FEC	前向纠错 (Forward Error Correction)

- FECFRAME 前向纠错帧 (Forward Error Correction FRAME)
- FIFO 先进先出 (First-In, First-Out shift register)
- FSS 固定卫星业务 (Fixed Satellite Service)
- GF 伽罗华域 (Galois Field)
- GS 通用流 (Generic Stream)
- IF 中频 (Intermediate Frequency)
- IP 互联网协议 (Internet Protocol)
- ISCR 输入流时钟参考 (Input Stream Clock Reference)
- ISI 输入流标识符 (Input Stream Identifier)
- ISSY 输入流同步器 (Input Stream Synchronizer)
- ISSYI 输入流同步器指示符 (Input Stream SYNchronizer Indicator)
- LDPC 低密度奇偶校验码 (Low Density Parity Codes)
- LSB 最低有效位 (Least Significant Bit)
- MA 模式适配 (Mode Adaptation)
- MIS 多输入流 (Multiple Input Stream)
- MPEG 动态图像专家组 (Moving Pictures Experts Group)
- MSB 最高有效位 (Most Significant Bit)
- NA 不适用 (Not Applicable)
- NPD 空包删除 (Null-Packet Deletion)
- PER 误包率 (Packet Error Rate)
- PID 包标识符 (Packet Identifier)
- PL 物理层 (Physical Layer)
- PLFRAME 物理层帧 (Physical Layer FRAME)
- PLS 物理层信令 (Physical Layer Signaling)
- PRBS 伪随机二进制序列 (Pseudo Random Binary Sequence)
- PS 专用业务 (Professional Services)
- PSK 移相键控 (Phase Shift Keying)
- QEF 准无误码 (Quasi-Error-Free)
- QPSK 四元移相键控 (Quaternary Phase Shift Keying)
- RCS 卫星反馈信道 (Return Channel via Satellite)
- RF 射频 (Radio Frequency)
- RO 滚降 (Roll-Off)
- SA 数据流适配 (Stream Adaptation)
- SIS 单输入流 (Single Input Stream)
- SOF 帧起始 (Start Of Frame)
- TS 传送流 (Transport Stream)
- TSN 时间片序号 (Time Slice Number)
- TS/GS 传送流或通用流 (Transport Stream/Generic Stream)
- UP 用户包 (User Packet)
- UPL 用户包长度 (User Packet Length)
- VCM 可变编码调制 (Variable Coding and Modulation)

5 传输系统描述

5.1 系统定义

系统为基带数字信号自适应设备功能模块，其中，系统的输入来自于 MPEG TS 流多路复用器输出的单个（或多个）TS 流（GB/T 17975.1 和 GB/T 17975.2），或是来自于通用数据源输出的单个（或多个）GS 流，系统的输出连接典型的卫星信道。该系统支持包括 GB/T 17975.2、ETSI TR 101 154 及 ETSI TS 102 005 在内的信源编码标准。数据服务可以按照 ETSI EN 301 192（例如多协议封装）的标准协议进行 TS 流格式传输，或是采用 GS 流格式进行传输。

如果要求接收信号达到C/N+I门限，那么需要采用前向纠错（FEC）技术来达到“准无误码”（QEF）的质量标准。系统中的QEF的定义如下：码率在5Mbit/s量级下，单一电视服务译码器在每传输小时内的未纠正错误事件数量小于1，这近似等于在多路解复用之前的TS包错误率小于 10^{-7} 。

5.2 系统架构

系统由一系列功能模块组成，如图1所示。

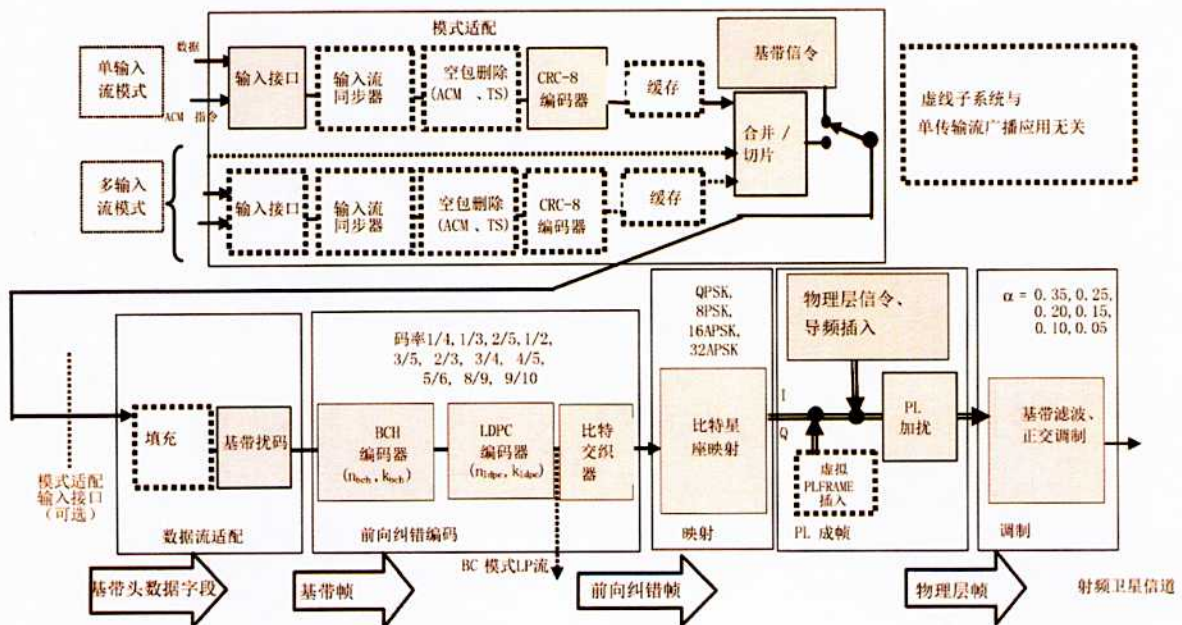


图 1 系统功能模块图

图 1 中的功能模块描述如下：

模式适配：模式适配模块提供的功能取决于业务应用的需要。模式适配可以提供输入流接口、输入流同步（可选）、空包删除（仅用于 ACM 和 TS 流输入格式），在接收端用于数据包级输入流错误检测的 CRC-8 编码、合并输入流（仅适用于 MIS 模式）并将数据包切分为数据字段。对于固定编码调制（CCM）和单输入 TS 流模式，模式适配模块将 DVB-ASI（或 DVB 并行接口）数据进行“透明”逻辑比特转换和 CRC-8 编码。对于 ACM，模式适配模块的描述见附录 A。

在数据字段前面需要附加基带头，从而使得接收端可以分辨输入流模式和模式适配类型。需要注意的是，MPEG 复用传输分组可以异步映射到基带帧。

针对需要复杂合并策略的业务应用，为了满足特定的服务要求（如 QoS），可以选择在符合 DVB-S2 标准的独立设备中实现模式适配功能。为了形成模式和流适配功能之间的标准接口，附录 B 的 B.1 或 B.2 定义了可选调制器接口（接口模式适配）。

数据流适配：完成基带帧和基带加扰。

FEC 编码：FEC 编码通过 BCH 外码与 LDPC 内码（码率为 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10）的级联实现。根据应用场景不同，FEC 编码长度可以选择为 $n_{ldpc}=64800$ 比特或 16200 比特。当采用 VCM 和 ACM 时，FEC 和调制模式可以在不同的帧有所变化，但是在每一帧中是固定的。

映射：根据业务应用的需要，可以选择包括 QPSK、8PSK、16APSK 和 32APSK 在内的多种星座图模式，QPSK 和 8PSK 应当采用格雷星座图映射。

物理层成帧：物理层帧与 FEC 帧进行同步，完成虚拟 PL 帧插入、PLS 插入、导频符号插入（可选）以及用于能量扩散的物理层加扰。当信道中没传输有用数据时，可以传输虚拟 PLFRAME。系统包括典型的物理层成帧结构，每个时隙包含 M=90 个调制符号，接收端可以在 FEC 块结构上实现可靠同步。一个时隙专用于传输 PLS，包括帧头起始点和传输模式定义。这种机制也适用于 VCM 和 ACM 解调器环境。接收端通过引入导频符号的规则栅格完成载波恢复（每间隔 16 个时隙插入一个导频块，每个导频块包含 P=36 个导频符号），可选择无导频模式，有效信道容量可增加 2.4%。

基带滤波和正交调制：生成频谱（平方根升余弦，滚降因子 0.05、0.1、0.15、0.2、0.25 或 0.35）并产生 RF 信号。

5.3 系统配置

表 1 展示了不同应用领域的系统配置。如表 1 所示，发送和接收设备都应具备第 5 章描述的“规范子系统”功能，以符合本文件的要求，模式选择见 ETSI TR 102 376 V1.1.1。

表 1 系统配置和应用领域

系统配置		广播服务	交互业务	数字卫星 新闻采集	专用业务
QPSK	1/4, 1/3, 2/5	0	N	N	N
	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	N	N	N	N
8PSK	3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10	N	N	N	N
16APSK	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	0	N	N	N
32APSK	3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	0	N	N	N
CCM		N	N ^a	N	N
VCM		0	0	0	0
ACM		NA	N ^b	0	0
FEC 帧（标准长度）	64800bit	N	N	N	N
FEC 帧（短帧）	16200bit	NA	N	0	N
单 TS 流		N	N ^a	N	N
多 TS 流		0	0 ^b	0	0
单 GS 流		NA	0 ^b	NA	0
多 GS 流		NA	0 ^b	NA	0
滚降因子 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.35		N	N	N	N
输入流同步器		NA ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
空包删除		NA ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
虚拟帧插入		NA ^c	N	N	N

表 1 (续)

系统配置		广播服务	交互业务	数字卫星 新闻采集	专用业务
宽带模式	见附录 C	0	0	0	0
注：N 表示规范化要求，0 表示可选，NA 表示不适用。					
^a 交互业务接收机应支持 CCM 和单 TS 流模式。 ^b 交互业务接收机应支持 ACM，同时至少要支持多 TS 流模式或 GS 流模式（单/多输入）的其中一种。 ^c 对于单/多 TS 流输入与 ACM/VCM 相结合或多 TS 流输入与 CCM 相结合的情况，这些系统配置应支持。					

6 规范子系统

6.1 模式适配

6.1.1 概述

该子系统包括输入接口，输入流同步（可选），空包删除（仅限 TS 和 ACM 模式），用于错误检测的 CRC-8 编码（仅适用于包输入流），输入流合并（仅适用于多个输入流）和 DF 中输入流分割。最后，插入基带信令，以通知接收方所需采用的模式适配格式。

输入序列为：

- 单个或多个 TS；
- 单个或多个 GS 流（包格式流或连续比特流）。

输出序列的起始是一个基带头（BBHEADER，80bit），随后是 DF。

6.1.2 输入接口

本文件定义的系统应由表 2 给出的接口所限定。

表 2 系统接口

位置	接口方向	接口类型	连接	多接口
上行站	输入	MPEG [1, 4] TS 流 ^a	来自 MPEG 多路复用器	单个或多个
上行站	输入 ^b	GS 流	来自数据源	单个或多个
上行站	输入 ^c	ACM 命令	来自速率控制单元	单个
上行站	输出	70MHz/140MHz IF, L-band IF, RF ^d	到 RF 设备	单个或多个
上行站	输入	模式适配	来自模式适配模块	单个
^a 考虑互操作性，建议采用 188B 格式的 ASI，数据突发模式（字节会随时间推移而分散）。 ^b 数据业务。 ^c 仅限 ACM。允许外部设置 ACM 传输模式。 ^d IF 高于符号速率的两倍。				

输入接口子系统将输入的包格式信号映射为内部逻辑位格式。第一个接收到的位将被指示为最高有效（MSB）。

在一个 TS 流中，用户包（UP）的长度为恒定长度 UPL=188×8bit（一个 MPEG 包），第一个字节为同步字节（47_{hex}）。

一个 GS 流可以是连续比特流或者通用包格式流。通用包格式流由恒定长度的 UP 组成，用户包的长

度为 UPL 比特 (UPL 最大值为 64k, UPL=0_b 表示连续比特流, 见 5.1.6)。如果用户包的长度可变, 或者恒定包长超过了 64k, 这个 GS 流应被认为是连续比特流。

对于通用包格式流, 如果同步字节是 UP 的第一个字节, 应不作处理使其保持不变, 否则应在每个包前插入同步字节, 同步字节的值为 0, 相应的 UPL 的值增加 8。通过调制器的静态设置可以获得 UPL 信息。

对于输入数据的特定部分, “ACM 指令” 信令输入可以通过外部的 “传输模式控制单元” 设置调制器所采用的传输参数。ACM 指令应遵循 A.1。

模式适配 (可选输入) 是一个 DF 序列 (见 5.1.6), 每个 DF 前面是 BBHEADER (见 5.1.7), 流适配命令允许通过外部的模式适配单元设置每一个特定的 MA 包中的传输参数 (见 B.1), 这些传输参数由调制器所采用。模式适配应遵循 B.1 (独立信令电路) 或者 B.2 (带内信令)。

6.1.3 输入流同步器 (可选, 与单 TS 流广播业务无关)

调制器的数据处理可能会在用户信息上产生可变的传输延时。输入流同步器子系统 (可选) 应提供合适的手段来保证分组输入流 (例如 TS 流) 的固定比特率 (CBR) 和恒定的端到端传输延迟。该过程应遵循附录 A 的规定。ETSI TR 102 376 V1.1.1 中给出了接收机实现的例子。

6.1.4 空包删除 (仅限 ACM 模式和 TS)

对于 ACM 模式和 TS 输入数据格式, 应识别并删除 MPEG 空包 (PID=8191_b)。这可以降低信息速率并增加调制器中的错误保护。这个处理过程以一种可以使接收机在相同位置重新插入原本空包的方法实现。此过程应遵循附录 A 的规定。

6.1.5 CRC-8 编码 (仅针对包格式码流)

如果 UPL=0_b (连续比特流), 此子系统应当不做处理, 直接向前传输该输入流。

如果 UPL≠0_b, 输入码流是 UP 长度为 UPL 比特的序列, 每个 UP 的起始是一个同步字节 (当原始流不存在同步字节时, 同步字节初始化为 0_b)。

UP 的有用部分 (不包括同步字节) 将进行 8bit CRC 编码。CRC-8 生成多项式为:

$$g(x) = (x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + 1)(x^2 + x + 1)(x + 1) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1$$

CRC 编码输出为: $CRC = [x^8 u(x)] \% g(x)$, % 为取余运算

其中 $u(x)$ 是系统编码的输入序列 (UPL-8bit)。图 2 给出了 CRC 通过移位寄存器实现的框图。

在每个序列的第一比特输入电路之前, 所有的寄存器初始化为 0。计算得到的 CRC-8 码字将替代随后 UP 的同步字。如 5.1.7 所述, 此同步字节将复制到 BBHEADER 的 SYNC 域, 用于传输。

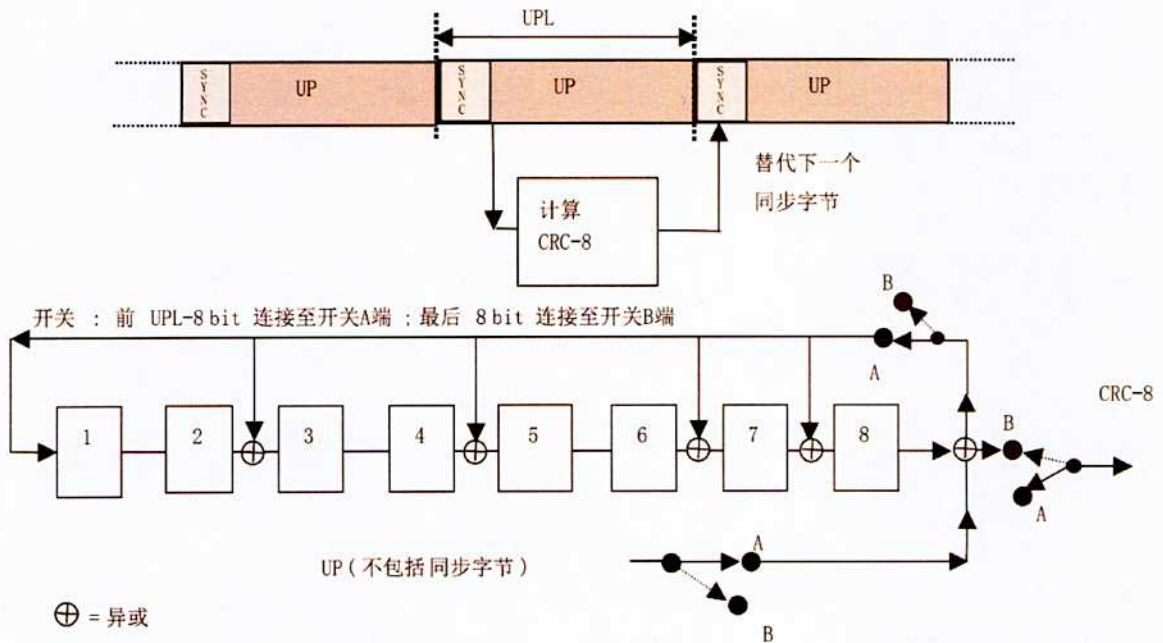


图 2 CRC-8 实现框图

6.1.6 合并/切片

根据图 3，合并/切片模块的输入码流是通用连续流或者包格式流。UP 长度是 UPLbit (UPL=0_b 表示连续比特流)。在合并/切片模块读取输入流之前，它们应被缓存。

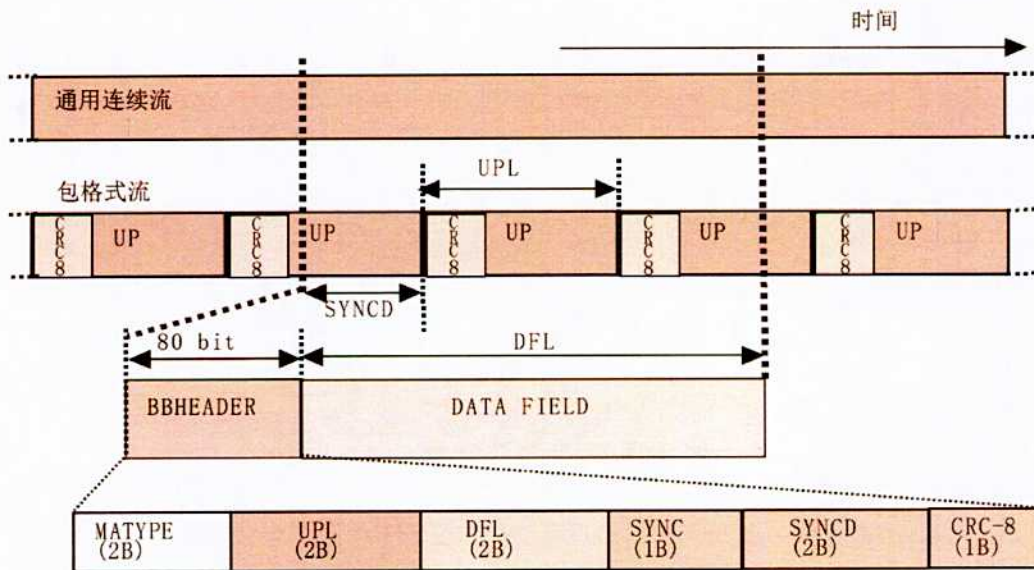


图 3 模式适配模块输出端的流格式

切片模块将从它的输入（单输入流或多个输入流之一）读取一段数据长度为 DFL 比特的 DF。其中： $K_{bch} - (10 \times 8) \geq DFL \geq 0$ (K_{bch} 见 5.3, 80bit 是 BBHEADER 的长度, 见 5.1.7)
 合并模块把从输入码流中读取或者切片而来的不同 DF 拼接成单一的一个输出。对于单码流输入，

系统只有数据切片模块功能，没有数据合并模块功能。

一个 DF 的比特来自于一个输入端口，并且以相同的传输模式（FEC 编码和调制模式）被传输。合并/切片模块的优先原则依赖于具体的业务应用，并遵循表 4（单 TS 流广播服务）和表 A.2（其他应用领域）中所描述的策略。

根据应用的不同，合并/切片模块可以分配一些比特数等于最大容量（ $DFL=K_{\text{bch}}-80$ ）的 DF，从而将 UP 分割，放在上述 DF 中；或者分配的 DF 大小等于整数个 UP 包长度，这使得 DF 的大小 DFL 是可变的。

当合并/切片模块在任何一个数据端口请求数据，却没有可用的 DF 时，PL 成帧子系统将生成并传输一个虚 PLFRAME（见 5.5.1）。

CRC-8 代替同步字节后（见 5.1.5），必须为接收端提供一个方法来恢复 UP 同步（当接收机已实现 DF 同步时）。因此，合并/切片模块计算 DF 开始到第一个完整的 UP 的开始（CRC-8 的第一个比特）的比特数并存储在 BBHEADER（见 5.1.7）的 SYNCN 字段中。例如， $SYNCN=0_6$ 表示第一个 UP 和 DF 对齐。

6.1.7 基带头插入

在 DF 之前插入一个固定长度为 10B 的基带头（BBHEADER），来描述其格式（假定内码率为 1/2， $n_{\text{ldpc}}=64800$ 时 BBHEADER 引入的最大效率损失为 0.25%， $n_{\text{ldpc}}=16200$ 时引入的最大效率损失为 1%）。

MATYPE (2B)：描述了输入流格式，模式适配类型和传输滚降系数，见表 3。

表 3 MATYPE 第一字节（MATYPE-1）映射

TS/GS	SIS/MIS	CCM/ACM	ISSYI	NPD	RO	
					非交替，高滚降范围	11 与其他值交替出现，低滚降范围
11=传输 00=同组分组 01=通用连续 10=保留	1=单个 0=多个	1=CCM 0=ACM	1=启用 0=未启用	1=启用 0=未启用	00=0.35 01=0.25 10=0.20	00=0.15 01=0.10 10=0.05

第一字节（MATYPE-1）：

——TS/GS 字段（2bit）：TS 流输入或 GS 流输入（包格式流或连续比特流）。

——SIS/MIS 字段（1bit）：单个输入流或多个输入流。

——CCM/ACM 字段（1bit）：恒定编码调制或自适应编码调制（VCM 被标识为 ACM）。

——ISSYI（1bit），（输入流同步指示器）：如果 ISSYI=1，表示启用，在 UP 包后面将插入 ISSY 字段（见附录 A）。

——NPD（1bit）：空包删除位，1 为启用，0 为未启用。

——RO（2bit）：如果 RO 比特位在连续的 BBHEADER 中是保持不变的 00、01 或者 10，则 RO 比特位指示的传输滚降系数（ α ）处于高滚降范围，即：RO 为 00 指示 α 为 0.35，RO 为 01 指示 α 为 0.25，RO 为 10 指示 α 为 0.20；如果 RO 比特位在连续的 BBHEADER 中是按如下规律交替变化的：前一个 BBHEADER 中的 RO 为 11，后一个 RO 为 00、01 或者 10，则 RO 比特位指示的传输滚降系数（ α ）处于低滚降范围，即：RO 为 00 指示 α 为 0.15，RO 为 01 指示 α 为 0.10，RO 为 10 指示 α 为 0.05。

第二字节（MATYPE-2）：

——如果 SIS/MIS 指示了多个输入流，则第二字节是输入流标识符（ISI），否则第二字节为保留字节。

UPL（2B）：UP 包的长度，以比特为单位，范围为 0~65535。

示例 1:

0000_{HEX}=连续流。

示例 2:

000A_{HEX}=长度为 10bit 的 UP。

示例 3:

UPL=(188×8)_b，用于 MPEG TS 数据包。

DFL (2B): DF 的长度，以比特为单位，范围为 0~58112。

示例 4:

000A_{HEX}=长度为 10bit 的 DF。

SYNC (1B): UP 同步字节的拷贝:

——对于包格式的 TS 流或 GS 流: UP 包同步字节的拷贝;

——对于通用连续比特流: SYNC=0_{HEX}至 B8_{HEX}保留为传输层信令使用(见 ETSI ETR 162); SYNC=B9_{HEX}至 FF_{HEX}为用户自定义使用。

示例 5:

SYNC=47_{HEX}用于 MPEG TS 流数据包。

示例 6:

SYNC=00_{HEX}，表示输入流为不包含同步字节的普通包格式流(因此，在这种情况下，CRC-8 解码后，接收机应在不重新插入同步字节的情况下删除 CRC-8 字段)。

SYNCD (2B):

——对于包格式的 TS 流或 GS 流: DF 起始位置至第一个 UP 起始位置(CRC-8 的第一位)的数据长度，单位是比特。SYNCD=65535_b表示在此 DF 中没有 UP 的起始比特;

——对于通用连续比特流: SYNCD=0000_{HEX}~FFFF_{HEX}保留为将来使用。

CRC-8 (1B): BBHEADER 前九个字节的 CRC-8 校验字节。

CRC-8 应采用图 2 的编码电路来计算(开关: 前 72bit 连接到开关 A 端，后 8bit 使连接到开关 B 端)。

BBHEADER 从 TS/GS 字段的 MSB 开始传输。

表 4 显示了单 TS 流广播业务的 BBHEADER 各字段值和切片策略。对于其他应用领域，表 A.2 中定义了 BBHEADER 和合并/切片策略。

表 4 用于单 TS 流广播业务的 BBHEADER 字段值和切片策略

应用领域/配置	MATYPE-1	MATYPE-2	UPL	DFL	SYNC	SYNCD	CRC-8	切片策略
广播服务/CCM, 单个 TS	11-1-1-0-0-Y	XXXXXXXX	188 _b ×8	K _{sch} -80 _b	47 _{HEX}	Y	Y	中断 ^a 无超时 ^b 无填充 无虚拟帧
注: X 表示未定义; Y 表示由配置或者计算结果确定。								
^a 在后续 DF 序列后中断数据包。								
^b 超时门限为合并/切片缓冲区的最大延时。								

6.2 流适配

6.2.1 概述

流适配模块(位置如图 1 所示,功能如图 4 所示)通过填充来构建恒定长度(K_{bch} ,单位为比特(bit))的 BBFRAME, 然后进行加扰。 K_{bch} 取决于 FEC 码率, 见表 5。当传输的用户数据不能填满完整的 BBFRAME 时, 或必须分配整数个 UP 包给 BBFRAME 时, 可能需要使用填充。

流适配模块的输入是 BBHEADER 和其后的 DF (DATA FIELD)。模块的输出为 BBFRAME。

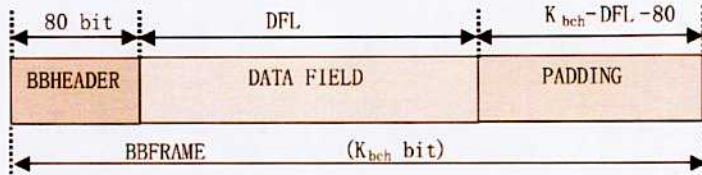


图 4 流适配器输出端 BBFRAME 格式

6.2.2 填充

在 DF 后添加 ($K_{\text{bch}} - \text{DFL} - 80$) 个零比特, 由此产生 K_{bch} 比特恒定长度的 BBFRAME。对于广播服务应用, $\text{DFL} = K_{\text{bch}} - 80$, 也就是说不需要做填充。

6.2.3 基带加扰

为了完成 BBFRAME, 还需要进行加扰。加扰序列应与 BBFRAME 同步, 从 BBFRAME 的 MSB 开始, K_{bch} 比特后结束。

加扰序列应由图 5 的反馈移位寄存器生成。伪随机二进制序列 (PRBS) 生成器的多项式为:
 $1 + X^{14} + X^{15}$

如图 5 所示, 在每个 BBFRAME 起始处, PRBS 寄存器初始化序列为 0101010000000。

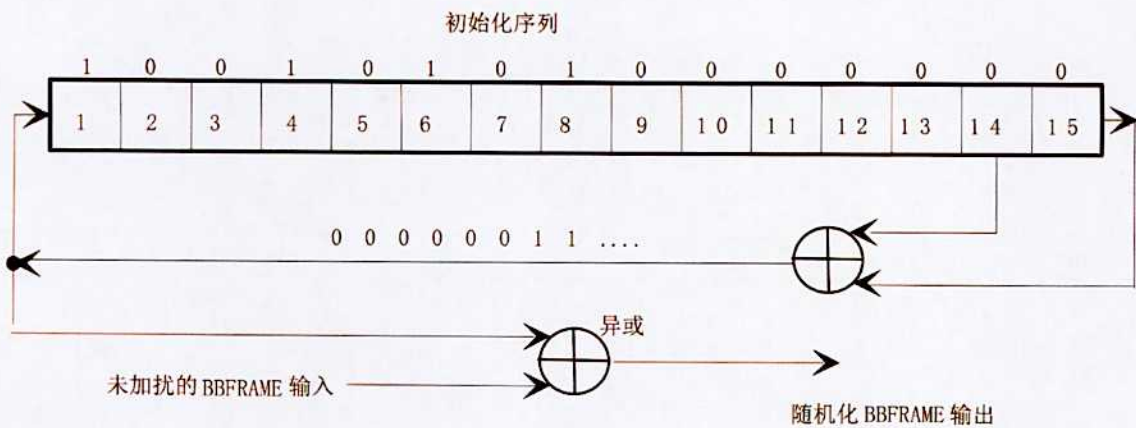


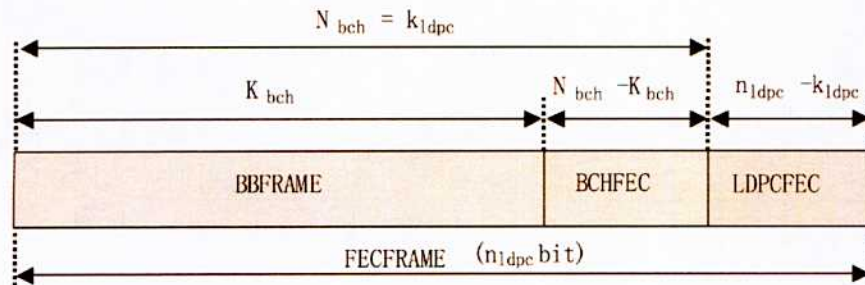
图 5 PRBS 实现框图

6.3 FEC 编码

6.3.1 概述

该子系统完成外编码 (BCH), 内编码 (LDPC) 和比特交织。FEC 编码模块的输入为 BBFRAME, 输出为 FECFRAME。每个 BBFRAME (K_{bch} bit) 由 FEC 编码子系统处理, 以生成 FECFRAME (n_{ldpc} bit)。如图 6 所示,

BCH 外码的奇偶校验位 (BCHFEC) 应附加在 BBFRAME 后面, 而 LDPC 内码的奇偶校验位 (LDPCFEC) 将附加在 BCHFEC 字段后面。



注: 标准长度 FECFRAME 的 $n_{ldpc}=64800$ bit, 短 FECFRAME 的 $n_{ldpc}=16200$ bit。

图 6 比特交织前的数据格式

表 5 和表 6 分别给出了标准长度 FECFRAME ($n_{ldpc}=64800$ bit) 和短 FECFRAME ($n_{ldpc}=16200$ bit) 的 FEC 编码参数。

表 5 标准长度 FECFRAME 编码参数 ($n_{ldpc}=64800$)

LDPC 码率	BCH 未编码块 K_{bch}	BCH 编码块 N_{bch} LDPC 未编码 k_{ldpc}	BCH 纠错能力 t 个错误	LDPC 编码块 n_{ldpc}
1/4	16008	16200	12	64800
1/3	21408	21600	12	64800
2/5	25728	25920	12	64800
1/2	32208	32400	12	64800
3/5	38688	38880	12	64800
2/3	43040	43200	10	64800
3/4	48408	48600	12	64800
4/5	51648	51840	12	64800
5/6	53840	54000	10	64800
8/9	57472	57600	8	64800
9/10	58192	58320	8	64800

表 6 短 FECFRAME 编码参数 ($n_{ldpc}=16200$)

LDPC 编码标识	BCH 未编码块 K_{bch}	BCH 编码块 N_{bch} LDPC 未编码 k_{ldpc}	BCH 纠错能力 t 个错误	有效 LDPC 码率	LDPC 编码块 n_{ldpc}
1/4	3072	3240	12	1/5	16200
1/3	5232	5400	12	1/3	16200
2/5	6312	6480	12	2/5	16200
1/2	7032	7200	12	4/9	16200
3/5	9552	9720	12	3/5	16200
2/3	10632	10800	12	2/3	16200

表 6 (续)

LDPC 编码标识	BCH 未编码块 K _{bch}	BCH 编码块 N _{bch} LDPC 未编码 k _{ldpc}	BCH 纠错能力 t 个错误	有效 LDPC 码率	LDPC 编码块 n _{ldpc}
3/4	11712	11880	12	11/15	16200
4/5	12432	12600	12	7/9	16200
5/6	13152	13320	12	37/45	16200
8/9	14232	14400	12	8/9	16200
9/10	NA	NA	NA	NA	NA

6.3.2 外码 (BCH 编码)

对每个 BBFRAME (K_{bch}) 应用纠 t 个错误的 BCH (N_{bch}, K_{bch}) 码, 以生成可纠错的数据包。表 5 给出了 n_{ldpc}=64800 的 BCH 编码参数, 表 6 给出了 n_{ldpc}=16200 的 BCH 编码参数。

将表 7 和表 8 中前 t 个多项式相乘可得到纠错个数 t 的 BCH 编码器的生成多项式。

表 7 标准长度 FECFRAME 的 BCH 多项式 (n_{ldpc}=64800)

$g_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$g_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$g_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$g_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_6(x)$	$1+x^2+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$g_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

表 8 短 FECFRAME 的 BCH 多项式 (n_{ldpc}=16200)

$g_1(x)$	$1+x+x^3+x^5+x^{14}$
$g_2(x)$	$1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}$
$g_3(x)$	$1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_4(x)$	$1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}$
$g_5(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_6(x)$	$1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_8(x)$	$1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}$
$g_9(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_{10}(x)$	$1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{11}(x)$	$1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^7+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}$

BCH 信息位 $m=(m_{k_{\text{bch}}-1}, m_{k_{\text{bch}}-2}, \dots, m_1, m_0)$ 编码到码字: $c=(m_{k_{\text{bch}}-1}, m_{k_{\text{bch}}-2}, \dots, m_1, m_0, d_{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}-1}, d_{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}-2}, \dots, d_1, d_0)$ 的实现如下:

- 用 $x^{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}}$ 乘以消息多项式 $m(x)=m_{k_{\text{bch}}-1}x^{k_{\text{bch}}-1}+m_{k_{\text{bch}}-2}x^{k_{\text{bch}}-2}+\dots+m_1x+m_0$;
- 用 $x^{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}}m(x)$ 除以生成多项式 $g(x)$, 余式为 $d(x)=d_{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}-1}x^{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}-1}+\dots+d_1x+d_0$;
- 码字多项式 $c(x)=x^{n_{\text{bch}}-k_{\text{bch}}}m(x)+d(x)$ 。

6.3.3 内码 (LDPC 编码)

6.3.3.1 概述

LDPC 编码器将大小为 $k_{\text{ldpc}}, i=(i_0, i_1, \dots, i_{k_{\text{ldpc}}-1})$ 信息码组进行编码得到大小为 $n_{\text{ldpc}}, c=(i_0, i_1, \dots, i_{k_{\text{ldpc}}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}}-1})$ 的码字。码字传输从 i_0 开始, 到 $p_{n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}}-1}$ 结束。

表 5 和表 6 给出了 LDPC 编码参数 $(n_{\text{ldpc}}, k_{\text{ldpc}})$ 。

6.3.3.2 标准长度 FECFRAME 的 LDPC 编码

通过编码过程, 由 k_{ldpc} 个信息位 $(i_0, i_1, \dots, i_{k_{\text{ldpc}}-1})$ 得到 $n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}}$ 个校验位 $(p_0, p_1, \dots, p_{n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}}-1})$, 其实现过程如下:

- 初始化 $p_0=p_1=p_2=\dots=p_{n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}}-1}=0$ 。
- 根据附录 D 中表 D.1 至表 D.11 所规定的地址索引的第一行, 对第一个信息比特 i_0 进行累加。以码率为 2/3 为例 (见表 D.6), 运算过程如下 (所有加运算在 GF(2) 域中进行):

$$\begin{aligned} p_0 &= p_0 \oplus i_0 & p_{2767} &= p_{2767} \oplus i_0 \\ p_{10491} &= p_{10491} \oplus i_0 & p_{240} &= p_{240} \oplus i_0 \\ p_{16043} &= p_{16043} \oplus i_0 & p_{18673} &= p_{18673} \oplus i_0 \\ p_{506} &= p_{506} \oplus i_0 & p_{9279} &= p_{9279} \oplus i_0 \\ p_{12826} &= p_{12826} \oplus i_0 & p_{10579} &= p_{10579} \oplus i_0 \\ p_{8065} &= p_{8065} \oplus i_0 & p_{20928} &= p_{20928} \oplus i_0 \\ p_{8226} &= p_{8226} \oplus i_0 & & \end{aligned}$$

- 对于接下来的 359 个信息比特, $i_m, m=1, 2, \dots, 359$, 根据对应的校验位地址索引累加 i_m , 校验位的地址索引为 $\{x+m\%360 \times q\} \% (n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}})$, 其中 x 代表和第一个信息比特 i_0 相对应的奇偶比特地址, q 为表 9 中指定的一个由码率决定的常量, $\%$ 为取模运算。继续上面的例子, 码率 2/3, 所以 $q=60$ 。那么对于比特信息 i_1 , 将执行下面的操作。

$$\begin{aligned} p_{60} &= p_{60} \oplus i_1 & p_{2827} &= p_{2827} \oplus i_1 \\ p_{10551} &= p_{10551} \oplus i_1 & p_{300} &= p_{300} \oplus i_1 \\ p_{16103} &= p_{16103} \oplus i_1 & p_{18733} &= p_{18733} \oplus i_1 \\ p_{566} &= p_{566} \oplus i_1 & p_{9339} &= p_{9339} \oplus i_1 \\ p_{12886} &= p_{12886} \oplus i_1 & p_{10639} &= p_{10639} \oplus i_1 \\ p_{8125} &= p_{8125} \oplus i_1 & p_{20988} &= p_{20988} \oplus i_1 \\ p_{8286} &= p_{8286} \oplus i_1 & & \end{aligned}$$

- 对于第 361 个信息比特 i_{360} , 被累加的校验比特的地址由表 D.1 至表 D.11 所规定的地址索引的第二行指定。用和上一步相同的方式可以得到接下来的 359 个信息比特 $i_m, m=361, 362, \dots, 719$ 所对应的校验比特的地址, 即由公式 $\{x+(m\%360 \times q)\} \% (n_{\text{ldpc}}-k_{\text{ldpc}})$ 获得, 其中 $\%$ 为取模运算, x 表示和信息比特 i_{360} 相对应的奇偶比特的地址, 即表 D.1 至表 D.11 所规定的地址索引第二行的第一个值。
- 用相似的方法, 对每一组 360 个新信息比特, 利用表 D.1 至表 D.11 所规定的地址索引的新的

一行来找到对应的校验比特地址。

- f) 当所有的信息比特均被使用之后，最终的比特节点通过以下方式得到：
从 $i=1$ 开始顺序执行如下操作：

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, i=1, 2, \dots, n_{ldpc} - k_{ldpc} - 1$$

- g) 至此，可以得到最后的 $p_i, i=0, 1, \dots, n_{ldpc} - k_{ldpc} - 1$ 。

表 9 标准长度帧的 q 值

码率	q
1/4	135
1/3	120
2/5	108
1/2	90
3/5	72
2/3	60
3/4	45
4/5	36
5/6	30
8/9	20
9/10	18

6.3.3.3 短 FECFRAME 的 LDPC 编码

通过编码过程，可以由 k_{ldpc} 个 BCH 编码后的信息位得到 n_{ldpc} 个 LDPC 编码比特，其实现过程见 5.3.3.2，只需要将计算所需的表 9 替换为表 10，将地址索引所需查询的表 D.1 至表 D.11 替换为附录 E 中的表 E.1 至表 E.10。

表 10 短帧的 q 值

码率	q
1/4	36
1/3	30
2/5	27
1/2	25
3/5	18
2/3	15
3/4	12
4/5	10
5/6	8
8/9	5

6.3.4 比特交织（仅用于 8PSK, 16APSK 和 32APSK）

对于 8PSK, 16APSK 和 32APSK 调制模式，应使用块交织器对 LDPC 编码器的输出进行比特交织。如图 7 和图 8 所示，数据按列方向串行写入交织器，然后按行方向串行读出（BBHEADER 的 MSB 首先读出，

仅有 8PSK 3/5 码率时例外，此时 MSB 第三个读出）。
 每种调制模式的块交织器的配置见表 11。

表 11 比特交织器结构

调制模式	行 ($n_{1dpc}=64800$)	行 ($n_{1dpc}=16200$)	列
8PSK	21600	5400	3
16APSK	16200	4050	4
32APSK	12960	3240	5

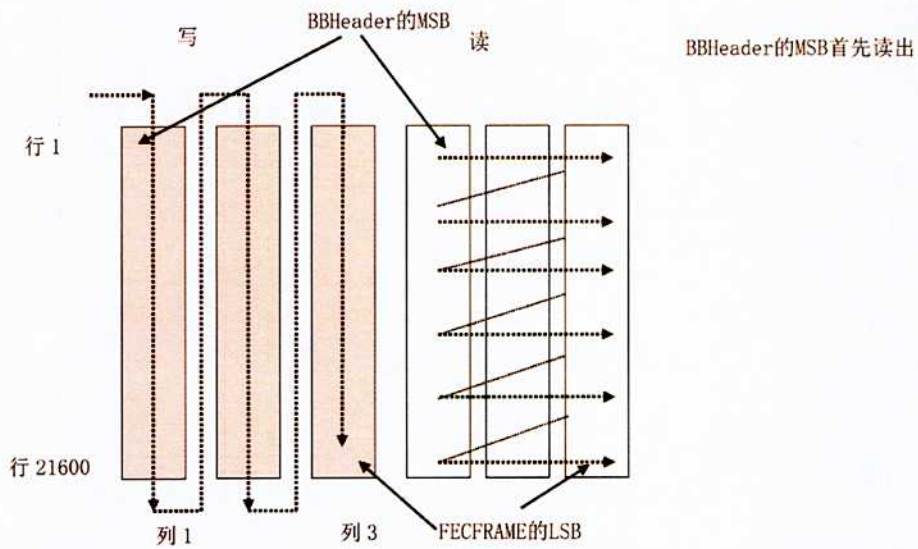


图 7 8PSK 和标准长度 FECFRAME 的比特交织方案（除 3/5 码率外的所有码率）

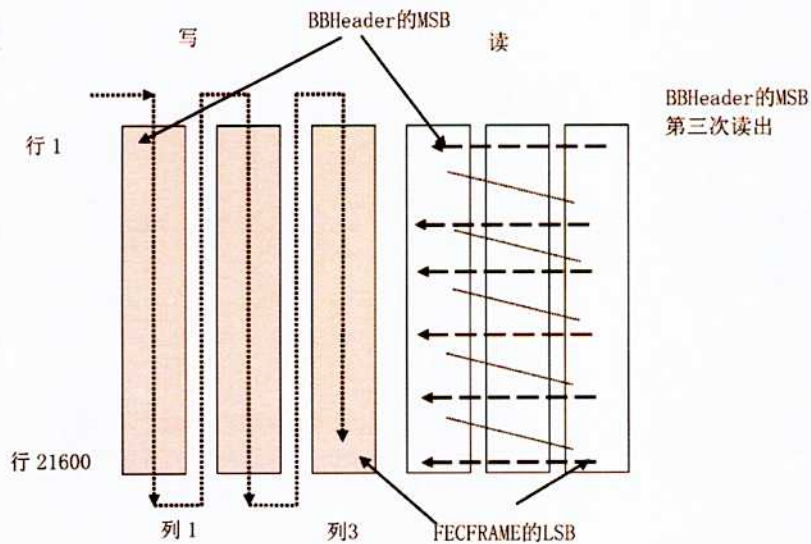


图 8 8PSK 和标准长度 FECFRAME 的比特交织方案（仅限 3/5 码率）

6.4 星座映射

6.4.1 概述

每个 FECFRAME (标准长度 FECFRAME 为 64800bit 的序列, 短 FECFRAME 为 16200bit 的序列), 应进行串并转换(并行级别= η_{MOD} , QPSK 为 2, 8PSK 为 3, 16APSK 为 4, 32APSK 为 5)。在图 9 至图 12 中, FECFRAME 的 MSB 映射为第一个并行序列的 MSB。每个并行序列映射为星座图, 根据所选调制效率 η_{MOD} 生成可变长度的 (I, Q) 序列。

星座映射模块的输入为 FECFRAME, 输出为 XFECFRAME (复数向量的 FECFRAME), 由 $64800/\eta_{MOD}$ (标准长度 XFECFRAME) 或 $16200/\eta_{MOD}$ (短 XFECFRAME) 个调制符号构成。每个调制符号是格式为 (I, Q) 的复数向量 (I 是同相分量, Q 是正交分量), 其等价形式为 $\rho \exp(j\phi)$ (ρ 是矢量的模, ϕ 是相位)。

6.4.2 QPSK 映射

对于 QPSK, 系统应采用传统的格雷码 QPSK 绝对映射 (不进行差分编码), 比特映射到 QPSK 星座图应遵循图 9。每个符号的归一化平均功率为 $\rho^2=1$ 。

两个 FECFRAME 比特映射为一个 QPSK 符号, 即第 $2i$ 和 $2i+1$ 个比特映射为第 i 个 QPSK 符号, 其中 $i=0, 1, 2, \dots, (N/2)-1$, N 为 LDPC 编码分组长度。

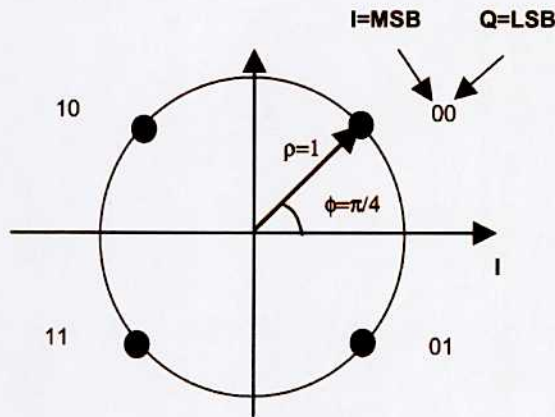


图 9 QPSK 星座图

6.4.3 8PSK 映射

对于 8PSK, 系统应采用传统的 Gray 码 8PSK 绝对映射 (不进行差分编码)。比特映射为 8PSK 星座图应遵循图 10。每个符号的归一化平均功率应等于 $\rho^2=1$ 。交织器的输出中第 $3i, 3i+1, 3i+2$ 个比特映射为第 i 个 8PSK 符号, 其中 $i=0, 1, 2, \dots, (N/3)-1$, N 为 LDPC 编码分组长度。

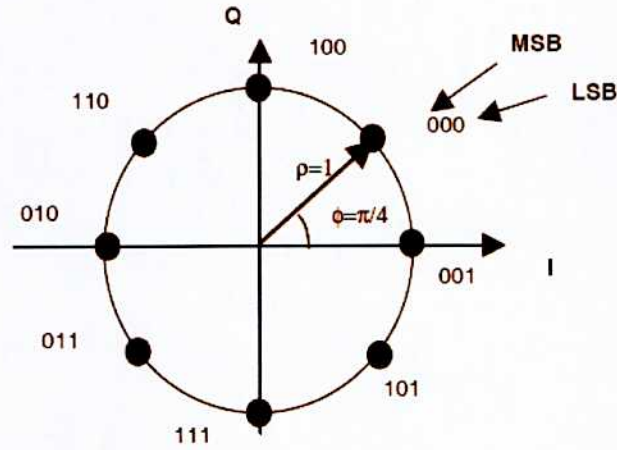


图 10 8PSK 星座图

6.4.4 16APSK 映射

16APSK 星座图 (如图 11 所示) 由两个同心圆构成, 圆上星座点等间隔分布, 分别位于半径为 R_1 的内环和半径为 R_2 的外环上, 内外圆上各有 4 和 12 个 PSK 调制点。

外圆半径与内圆半径的比值 $\gamma = R_2/R_1$, 见表 12。

以下两种值是公认的决定星座点幅度的值, 可以根据信道特性 (例如考虑每个转发器的载波数量, 是否使用非线性预失真) 进行性能优化:

- a) $E=1$ (E 表示平均信号功率), 相当于 $[R_1]^2 + 3[R_2]^2 = 4$;
- b) $R_2=1$ 。

交织器的输出中第 $4i, 4i+1, 4i+2, 4i+3$ 个比特映射为第 i 个 16APSK 符号, 其中 $i=0, 1, 2, \dots, N/4-1$, N 为 LDPC 编码的分组长度。

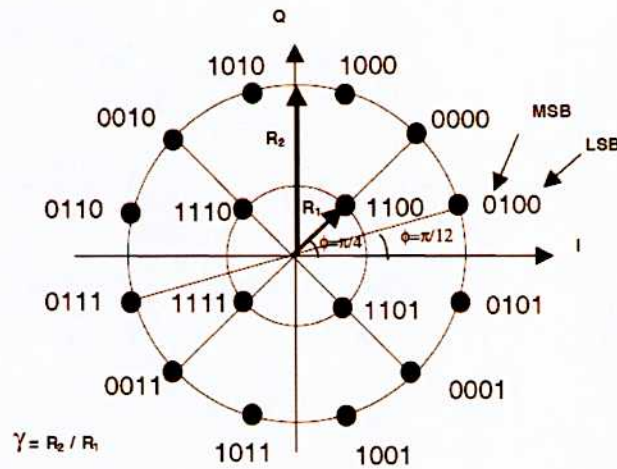


图 11 16APSK 星座图

表 12 16APSK 最佳星座图半径比 γ (线性信道)

编码速率	调制/编码频谱效率	γ
2/3	2.66	3.15
3/4	2.99	2.85
4/5	3.19	2.75
5/6	3.32	2.70
8/9	3.55	2.60
9/10	3.59	2.57

6.4.5 32APSK 映射

32APSK 星座图 (如图 12 所示) 由三个同心圆构成, 圆上星座点等间隔分布, 分别位于半径为 R_1 的内圆, 半径为 R_2 的中间圆和半径为 R_3 的外圆上, 三个圆环上各有 4 个、12 个和 16 个 PSK 调制点。表 13 定义了 $\gamma_1=R_2/R_1$ 和 $\gamma_2=R_3/R_1$ 的值。

以下两种值是公认的决定星座点幅度的值, 可以根据信道特性 (例如考虑每个转发器的载波数量, 是否使用非线性预失真) 进行性能优化:

- a) $E=1$ (E 表示平均信号功率), 相当于 $[R_1]^2+3[R_2]^2+4[R_3]^2=8$ 。
- b) $R_3=1$ 。

交织器的输出中第 $5i, 5i+1, 5i+2, 5i+3, 5i+4$ 个比特映射为第 i 个 32APSK 符号, 其中 $i=0, 1, 2, \dots, N/5-1, N$ 为 LDPC 编码的分组长度。

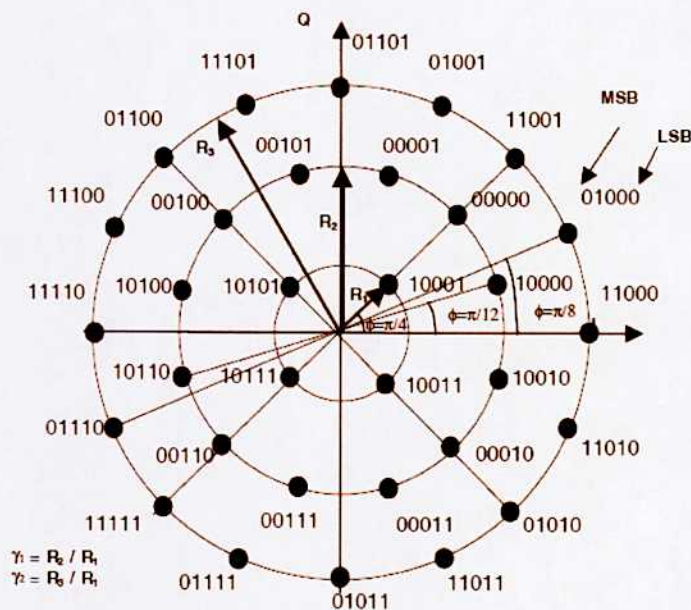


图 12 32APSK 星座图

表 13 32APSK 最佳星座图半径比 γ_1 和 γ_2 (线性信道)

码率	调制/编码频谱效率	γ_1	γ_2
3/4	3.74	2.84	5.27
4/5	3.99	2.72	4.87
5/6	4.15	2.64	4.64
8/9	4.43	2.54	4.33
9/10	4.49	2.53	4.30

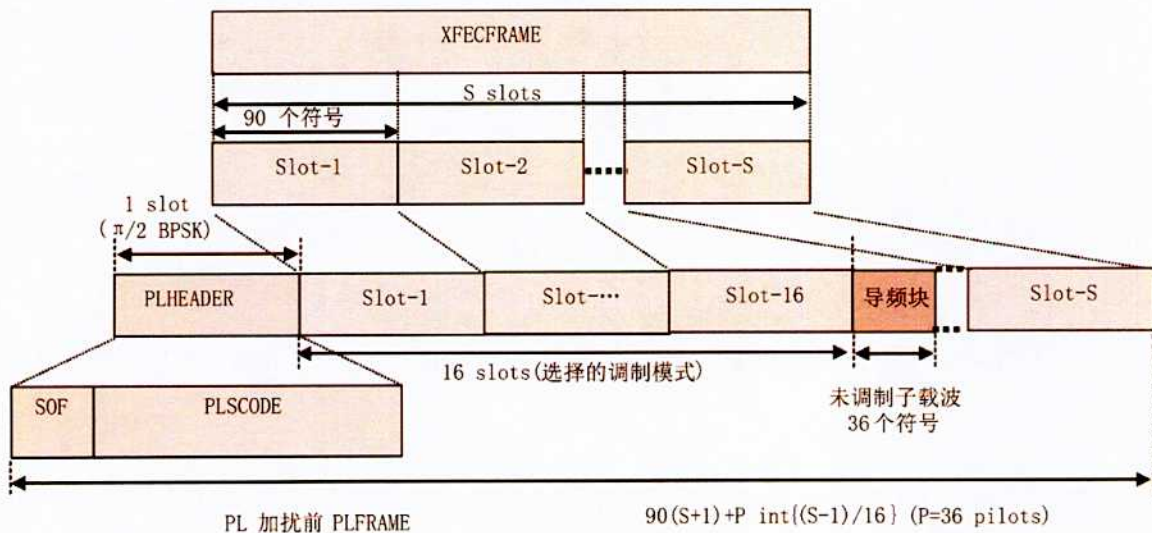
6.5 PL 成帧

6.5.1 概述

PL 成帧子系统 (如图 1 和图 13 所示) 用于生成物理层帧 (命名为 PLFRAME), 其过程如下:

- 当没有就绪的 XFECFRAME 被处理和传输时, 产生虚拟 PLFRAME。
- 将 XFECFRAME 分割为整数 S 个固定长度的时隙 (每个切片长度: M=90 个符号); S 的数值遵循表 14。
- 生成 PLHEADER, 将其插入 XFECFRAME 之前, 用于接收配置。PLHEADER 要严格占据一个时隙 (命名为 SLOT, 长度为 M=90 个符号)。
- 每 16 个片段插入一次导频块 (对于需要导频的模式), 以帮助接收机同步。导频块由 P=36 个导频符号组成。
- 在物理层扰码器中对 (I, Q) 调制符号进行随机化处理。

PL 成帧子系统的输入流是 XFECFRAME, 输出是加扰后的 PLFRAME。



注: 导频块只存在于有导频的模式, 对于无导频的模式则无导频块。

图 13 PLFRAME 格式

表 14 每个 XFECFRAME 中的 SLOT 数量 (M=90 个符号)

η_{MOD} bit/s/Hz	$n_{\text{LDC}}=64800$ (标准长度帧)		$n_{\text{LDC}}=16200$ (短帧)	
	S	η (无导频)	S	η (无导频)
2	360	99.72%	90	98.90%
3	240	99.59%	60	98.36%
4	180	99.45%	45	97.83%
5	144	99.31%	36	97.30%

PLFRAME 成帧效率是 $\eta=90 \times S / [90 \times (S+1) + P \times \text{int}\{(S-1)/16\}]$, 其中 $P=36$, $\text{int}\{\}$ 表示取整操作。

6.5.2 虚拟 PLFRAME 插入

一个虚拟 PLFRAME 应该由一个 PLHEADER (见 5.5.3) 和 36 个 SLOT 组成, 每个 SLOT 中是未调制载波 ($I=(1/\sqrt{2})$, $Q=(1/\sqrt{2})$)。

6.5.3 PLS

6.5.3.1 概述

PLHEADER 用于接收机同步和 PLS (PLHEADER 解码之后, 接收器得到 PLFRAME 长度和结构, XFECFRAME 的编码和调制方案, 导频符号存在与否等信息)。

PLHEADER (90 个符号的一个 SLOT) 由下列字段组成:

SOF (26 符号): 指示帧开始。

PLS 码 (64 符号): PLS 码是一个非系统的二进制纠错码 (64, 7), 最小距离 $D_{\text{min}}=32$ 。它等效于经过变换的一阶 Reed-Muller 码, 它的作用是发送 7bit 的 PLS。传输的 7bit 由两个字段构成: MODCOD 和 TYPE, 如下所述:

——MODCOD (5bit): 指示 XFECFRAME 调制和 FEC 码率;

——TYPE (2bit): 指示 FECFRAME 长度 (64800 或 16200bit) 和导频是否存在。

PLHEADER 可以用二进制序列表示为 $(y_1, y_2, \dots, y_{90})$, 根据如下规则调制为 90 个 $\pi/2$ BPSK 符号:

$$I_{2i-1}=Q_{2i-1}=(1/\sqrt{2})(1-2y_{2i-1}), I_{2i}=-Q_{2i}=(1/\sqrt{2})(1-2y_{2i}) \text{ for } i=1, 2, \dots, 45$$

6.5.3.2 SOF 字段

SOF 对应序列 18D2E82_{HEX} (用二进制表示为 01-1000-...-0010, 左边的比特是 PLHEADER 的 MSB)。

6.5.3.3 MODCOD 字段

MODCOD 由 5bit 构成, 编码码率集合表示为 $\eta^c=[1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10]$, 调制频谱效率表示为集合 $\eta^{\text{MOD}}=[2, 3, 4, 5]$, 见表 15。

表 15 MODCOD 编码

模式	MODCOD	模式	MODCOD	模式	MODCOD	模式	MODCOD
QPSK 1/4	1 _b	QPSK 5/6	9 _b	8PSK 9/10	17 _b	32APSK 4/5	25 _b
QPSK 1/3	2 _b	QPSK 8/9	10 _b	16APSK 2/3	18 _b	32APSK 5/6	26 _b

表 15 (续)

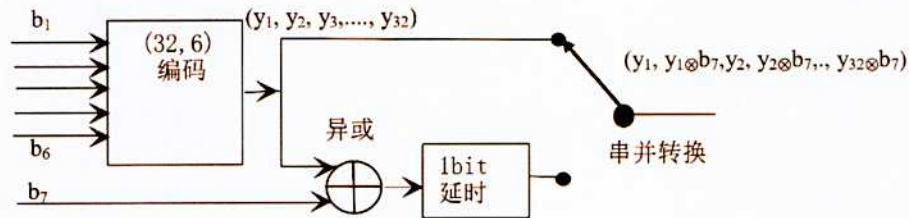
模式	MODCOD	模式	MODCOD	模式	MODCOD	模式	MODCOD
QPSK 2/5	3 _b	QPSK 9/10	11 _b	16APSK 3/4	19 _b	32APSK 8/9	27 _b
QPSK 1/2	4 _b	8PSK 3/5	12 _b	16APSK 4/5	20 _b	32APSK 9/10	28 _b
QPSK 3/5	5 _b	8PSK 2/3	13 _b	16APSK 5/6	21 _b	保留	29 _b
QPSK 2/3	6 _b	8PSK 3/4	14 _b	16APSK 8/9	22 _b	保留	30 _b
QPSK 3/4	7 _b	8PSK 5/6	15 _b	16APSK 9/10	23 _b	保留	31 _b
QPSK 4/5	8 _b	8PSK 8/9	16 _b	32APSK 3/4	24 _b	虚拟 PLFRAME	0 _b

6.5.3.4 TYPE 字段

TYPE 字段的 MSB 应标识 FECFRAME 的大小 (0 表示标准长度: 64800; 1 表示短帧: 16200)。TYPE 字段的 LSB 标识导频配置 (见 5.5.4) (0 表示无导频, 1 表示有导频)。

6.5.3.5 PLS 码

MODCODE 和 TYPE 字段采用了 (64, 7) 双正交码。其基于双正交 (32, 6) 码, 结构如图 14 所示。



注: ⊗ 符号表示二进制异或。

图 14 双正交 (32, 6) 码结构图

特殊的结构保证了 (64, 7) 码的每个奇数比特要么总是与前一个一样, 要么总是与前一个相反, 这取决于比特 b₇。接收机差分相干检测时可以利用此信息。

MODCOD 字段和 TYPE 字段的 MSB 被长度 32 的线性分组码编码, 其生成矩阵为:

$$G = \begin{bmatrix} 01010101010101010101010101010101 \\ 00110011001100110011001100110011 \\ 00001111000011110000111100001111 \\ 00000000111111110000000011111111 \\ 00000000000000001111111111111111 \\ 11111111111111111111111111111111 \end{bmatrix}$$

MODCOD 的 MSB 与矩阵的第一行相乘, 随后的比特与第二行相乘, 一直进行下去。32bit 编码表示为 (y₁, y₂, ..., y₃₂)。当 TYPE 域的 LSB 为 0 时, 最终的 PLS 码输出为 (y₁y₁y₂y₂...y₃₂y₃₂), 即每个输出符号重复出现。当 TYPE 域的 LSB 为 1 时, 最终 PLS 码输出为 y₁ y₁⊗ b₇ y₂ y₂⊗ b₇...y₃₂ y₃₂⊗ b₇, 即每个重复的输出符号是上一个符号的二进制补码。PLS 码输出的 64 比特进一步用下述二进制序列进行扰乱:

0111000110011101100000111100100101010011010000100010110111111010

6.5.4 导频插入

PLFRAME 的导频配置有以下两种：

- 无导频；
- 有导频。

如果有导频，一个导频块应由 $P=36$ 个导频符号构成。每个导频应为未调制符号， $I=(1/\sqrt{2})$, $Q=(1/\sqrt{2})$ 。如图 12 所示，第一个导频块应在 PLHEADER 的第 16 个 SLOT 之后插入，第二个在第 32 个 SLOT 之后插入，依次进行下去。如果导频块的位置和下一个 SOF 一致，则不传输导频块。VCM 和 ACM 中每一帧导频存在与否可以改变。

6.5.5 PL 加扰

在调制前，除了 PLHEADER，每个 PLFRAME 将进行随机化处理，即将 $(I+jQ)$ 样值乘以复数随机序列 (C_i+jC_q) ：

$$I_{\text{SCRAMBLED}}=[IC_i-QC_q]; \quad Q_{\text{SCRAMBLED}}=[IC_q-QC_i]$$

注 1：随机序列码率与 I-Q PLFRAME 符号率一致，因此，扰码处理对信道带宽没有影响。随机序列的周期大约为 70000 个符号，大于所需要的最大间隔。

随机序列在每个 PLHEADER 结束时复位（见图 15）。PLFRAME 的长度取决于调制模式的选择，因此随机序列长度将截断为当前帧长度。

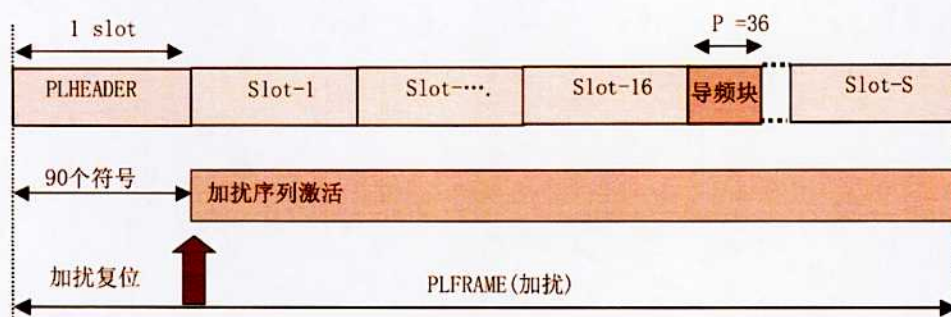


图 15 PL 加扰

加扰序列由两个实数 m 序列（通过长度为 18 的两个生成多项式生成）构成一个复数序列。得到的两个序列组成一个 Gold 序列的一段。

令两个序列分别是 x 和 y 。 x 序列的本原多项式为： $1+x^7+x^{18}$ (GF(2)域)。 y 序列的本原多项式为： $1+y^5+y^7+y^{10}+y^{18}$ (GF(2)域)。

使用上述序列生成的后续序列表示为 z_n ， n 表示扰码序号。此外，令 $x(i)$ ， $y(i)$ 和 $z_n(i)$ 分别表示序列 x ， y 和 z_n 的第 i 个符号。 m 序列 x 和 y 按如下方法构造：

——初始条件：

x 的构造为 $x(0)=1, x(1)=x(2)=\dots=x(16)=x(17)=0$,

y 的构造为

$y(0)=y(1)=\dots=y(16)=y(17)=1$;

——子序列的循环定义：

$x(i+18)=x(i+7)+x(i)\%2, i=0, \dots, 2^{18}-20$, %为取模运算；

$y(i+18)=y(i+10)+y(i+7)+y(i+5)+y(i)\%2, i=0, \dots, 2^{18}-20$, %为取模运算；

——第 n 个 Gold 码序列 $z_n, n=0, 1, 2, \dots, 2^{18}-2$ ，定义如下：

$z_n(i)=[x((i+n)\%2^{18}-1)+y(i)]\%2, i=0, \dots, 2^{18}-2$, %为取模运算；

——通过如下转换，上述二进制序列转换为整数数值序列 R_n (R_n 值为 0, 1, 2, 3)：

$R_n(i) = 2z_n((i+131072\%(2^{18}-1)) + z_n(i))$, %为取模运算。

——最后，第 n 个复数随机扰码序列定义为：

$$C_i(i) + jC_q(i) = \exp(jR_n(i)\pi/2)$$

R_n 值与加扰后的 I 和 Q ($I_{scrambled}$ 与 $Q_{scrambled}$) 的对应关系见表 16。

表 16 R_n 值与加扰后的 I、Q 值对应关系

R_n	$\exp(j R_n \pi/2)$	$I_{scrambled}$	$Q_{scrambled}$
0	1	I	Q
1	j	-Q	I
2	-1	-I	-Q
3	-j	Q	-I

图 16 给出了 $n=0$ 的 PL 加扰序列生成的框图。

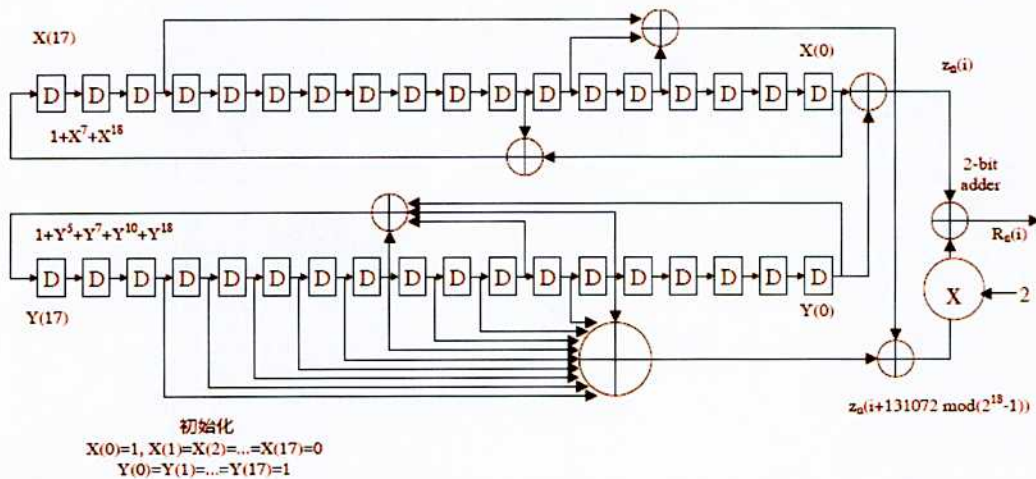


图 16 $n=0$ 时 PL 扰码生成器的配置框图

对于广播业务，应使用 $n=0$ 的缺省配置，以避免接收机手动设置或同步的延时。

注 2: n 的取值范围为 $0 \sim 262141$ ，表示扩频序列数目。使用不同的 PL 加扰序列将减少不同业务之间的相关干扰。

同样的目的，在不同的卫星波束中可能对相同序列的偏移版本进行再用。更进一步，对每个卫星运营商、卫星或转发器直接赋予 n 值，那么就可以通过 PL 加扰“标志”检测而获得干扰信号的辨认。没有信令把 n 明确地传递给接收机。

6.6 基带成形和正交调制

随机化后，采用平方根升余滤波器进行基带脉冲成形，滚降系数为 $\alpha=0.35, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10$ 和 0.05 ，具体值取决于业务要求。基带平方根升余滚降滤波器具有公式 (1) ~ 公式 (3) 定义的理论函数。

$$H(f) = 1 \quad \text{当 } |f| < f_N(1-\alpha) \dots\dots\dots (1)$$

$$H(f) = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2f_N} \left[\frac{f_N - |f|}{\alpha} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{当 } f_N(1-\alpha) \leq |f| \leq f_N(1+\alpha) \dots\dots\dots (2)$$

$$H(f) = 0 \quad \text{当 } |f| > f_N(1+\alpha) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$f_N = \frac{1}{2T_s} = \frac{R_s}{2}$ ——奈奎斯特频率；

α ——滚降系数。

附录 F 给出了调制器输出端的信号频谱举例。

正交调制应通过 $\sin(2\pi f_0 t)$ 和 $\cos(2\pi f_0 t)$ （其中 f_0 是载波频率）分别乘以同相和正交采样（基带滤波之后），将两个所得信号相加得到调制输出信号。

7 误码性能

表 17 总结了 AWGN 信道中 QEF 下的性能指标（ E_s =每个符号平均能量数据）。理想 E_s/N_0 （dB）是计算机仿真结果，50 次 LDPC 定点解码迭代（见 ETSI TR 102 376 V1.1.1），理想载波和同步恢复，无相位噪声，AWGN 信道。对于短 FECFRAME 需考虑 0.2dB~0.3dB 的额外损耗。

对于链路运算，需考虑相应的卫星信道损伤。

PER 是前向纠错后正确接收的有用的 TS 包（188B）和有错误的 TS 包之比。

表 17 在 QEF 条件下 ($PER=10^{-7}$) E_s/N_0 性能(高斯信道)

模式	频谱效率	理想 E_s/N_0 (dB) 值 长度=64800 的 FECFRAME
QPSK 1/4	0.490243	-2.35
QPSK 1/3	0.656448	-1.24
QPSK 2/5	0.789412	-0.30
QPSK 1/2	0.988858	1.00
QPSK 3/5	1.188304	2.23
QPSK 2/3	1.322253	3.10
QPSK 3/4	1.487473	4.03
QPSK 4/5	1.587196	4.68
QPSK 5/6	1.654663	5.18
QPSK 8/9	1.766451	6.20
QPSK 9/10	1.788612	6.42
8PSK 3/5	1.779991	5.50
8PSK 2/3	1.980636	6.62
8PSK 3/4	2.228124	7.91
8PSK 5/6	2.478562	9.35
8PSK 8/9	2.646012	10.69
8PSK 9/10	2.679207	10.98
16APSK 2/3	2.637201	8.97
16APSK 3/4	2.966728	10.21
16APSK 4/5	3.165623	11.03
16APSK 5/6	3.300184	11.61
16APSK 8/9	3.523143	12.89
16APSK 9/10	3.567342	13.13
32APSK 3/4	3.703295	12.73

表 17 (续)

模式	频谱效率	理想 E_s/N_0 (dB) 值 长度=64800 的 FECFRAME
32APSK 4/5	3.951571	13.64
32APSK 5/6	4.119540	14.28
32APSK 8/9	4.397854	15.69
32APSK 9/10	4.453027	16.05

注：给定系统频谱效率为 η_{tot} ，则比特信息能量与单边噪声功率谱密度之比为 $E_b/N_0 = E_s/N_0 - 10 \lg(\eta_{\text{tot}})$ 。

频谱效率是标准长度 FECFRAME 和无导频的情况下计算所得。

附录 A
(规范性)
模式适配和 ACM 工具

A.1 “ACM指令” 信令接口

对于输入数据的特定部分，“ACM 指令”（见图 A.1）信令输入可以通过外部的“传输模式控制单元”设置调制器所采用的传输参数。

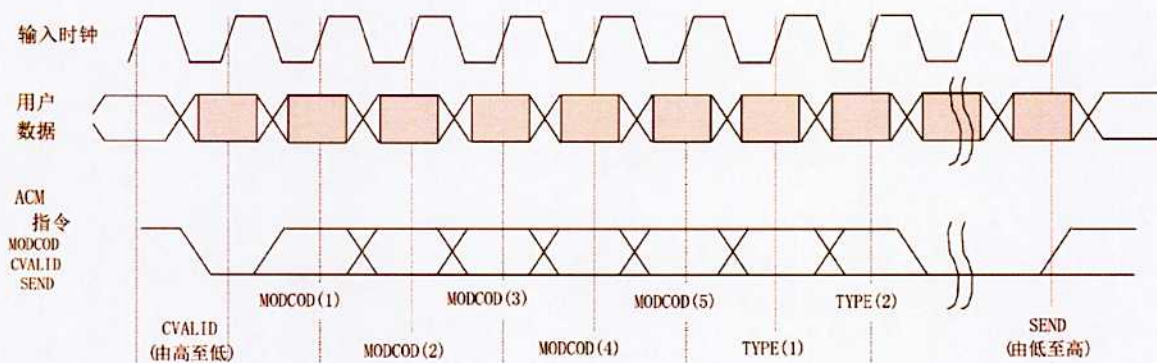
“ACM 指令”应携带以下信息：

- MODCOD（5bit，见表 15）；
- TYPE（2bit，见 5.5.3.4）；
- CVALID（命令有效性）；
- SEND（分发数据）。

由 MODCOD 和 TYPE 指定的传输格式应适用于 CVALID=激活之后 SEND=激活之前接收的用户数据。当 SEND=激活时，即使 FECFRAME 未完成，调制器也应通过插入填充字段立即传送用户数据（见 5.2.2）。包含在 CVALID=激活和 SEND=激活之间的用户数据不得超过 $(K_{bch}-80)$ bit， K_{bch} 是与指定 MODCOD 和 TYPE 相关的可传输比特数。

对于输入 TS 流，ACM 通过空包删除功能实现，因此输入的用户数据不直接对应于传输的数据。此时，SEND 函数与此功能无关，但 CVALID，MODCOD 和 TYPE 应每秒至少激活 10 次。在 CVALID=激活后，ACM 调制器应将指定的 MODCOD 和 TYPE 应用于用户数据。

图 A.1 给出了 ACM 指令的示例，使用单个串行接口传送 MODCOD，TYPE，CVALID（激活=从高到低的转换）和 SEND（激活=从低到高的转换）。



图A.1 ACM指令示例（串行格式）

A.2 输入流同步器

DVB-S2 调制解调器引起的时延和抖动可能取决于传输的比特率，且可能随 ACM 速率变换而变。“输入流同步器”（见图 A.1 和图 A.2）提供一种机制，用于在接收端重新生成调制器模式适配模块输入的 TS 流（或通用打包流）的时钟，以保证端到端的比特率和时延一致（见 ETSI TR 102 376 V1.1.1）。表 A.1 规定了输入流同步器在应用中是规范性模块还是可选性模块。

当 MATYPE 字段的 ISSYI=1 时（见表 3），以调制器符号率（频率 R_s ）为时钟的计数器（22 位）将

被激活。输入流同步字段 (ISSY, 2B 或 3B) 将附加在每个输入数据包之后 (当输入是 TS 流时, 发生在空包删除之前), 如图 A. 2 所示。ISSY 将根据表 A. 1 进行编码, 发送以下变量:

- ISCR (短: 15bit; 长: 22bit) (ISCR=Input Stream Time Reference, 输入流时间参考), 当相关输入数据包被处理时 (恒定速率 R_{IN}), 具体来说是在相关数据包的 MSB 到达调制器输入接口时, ISCR 将加载计数器的 LSBs。
- BUFS (2+10bit) (BUFS=接收机缓冲器请求补偿时延变化量的最大值)。假定接收机 FIFO 缓冲器 (见 ETSI TR 102 376 V1. 1. 1) 工作在单 TS 流输入上 (即对应于 MATYPE-1 中 SIS/MIS=0 时的 MATYPE-2 配置); FIFO 缓冲器的输入是 FEC 纠错后恢复的码流, 速率是数据通过信道达到接收机时的速率, 空包重新插入后, 缓冲器的输出是调制器的输出流 (TS 模式下将被送到 TS 解复用器), 用恢复后的码流 (TS 流) 时钟读取。若 ISSYI=1 且使用可选的 BUFS, 则该变量应每秒至少发送 5 次, 以取代 ISCR。接收器所需的最大缓冲器大小为 20Mbit。
- BUFSTAT (2+10bit) (BUFSTAT=用于重置接收缓冲器的实际状态=填充比特数)。若 ISSYI=1 且使用可选的 BUFSTAT, 则该变量应每秒至少发送 5 次, 以取代 ISCR。该变量可用于接收机启动过程中设置接收缓冲器的状态, 并在稳定状态时检验功能的正常性。

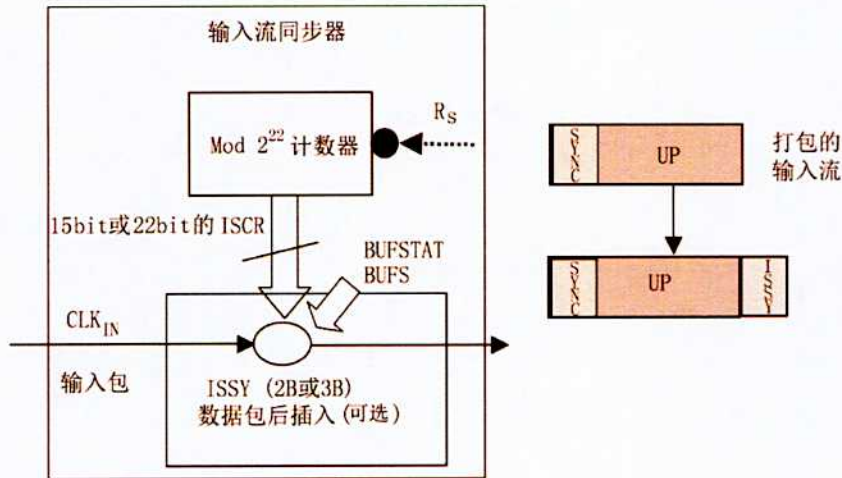


图 A. 2 输入流同步器模块框图

表 A. 1 ISSY 字段编码 (2B 或 3B)

首字节					第二字节	第三字节
bit-7 (MSB)	bit-6	bit-5 和 bit-4	bit-3 和 bit-2	bit-1 和 bit-0	bit-7 至 bit-0	bit-7 至 bit-0
0=ISCR _{short}	ISCR _{short} 的 MSB	ISCR _{short} 的后续 6bit			ISCR _{short} 的后续 8bit	不出现
1	0=ISCR _{long}	ISCR _{long} 的高 6bit			ISCR _{long} 的后续 8bit	ISCR _{long} 的后续 8bit
1	1	00=BUFS	BUFS 单位 00=bit 01=kbit 10=Mbit 11=reserved	BUFS 的高 2bit	BUFS 的后续 8bit	使用 ISCR _{short} 时不出现, 否则保留

表 A.1 (续)

首字节					第二字节	第三字节
bit-7(MSB)	bit-6	bit-5和bit-4	bit-3和bit-2	bit-1和bit-0	bit-7至bit-0	bit-7至bit-0
1	1	10=BUFSTAT	BUFSTAT 单位 00=bit 01=kbit 10=Mbit 11=保留	BUFSTAT 的高 2bit	BUFSTAT 的后续 8bit	使用 ISCRshort 时 不出现, 否则保留
1	1	其他值=保留	保留	保留	保留	使用 ISCRshort 时 不出现, 否则保留

对于一般打包流, 可选的 ISCR 应限制为“短”形式。

ETSI TR 102 376 V1.1.1 中给出了重新产生输出数据包流和相关时钟的接收机方案示例。

A.3 空包删除

本章所描述的内容在输入流为 TS 流或者在 ACM 模式下为规范性要求。

TS 流的规则要求复用输出和解复用输入的比特率在时间上保持一致, 且端到端的时延也保持一致。为了在 ACM 环境中满足以上要求, 应激活空包删除功能 (具体实例见 ETSI TR 102 376 V1.1.1)。

如图 A.3 所示, 应传输有用数据包 (即 $PID \neq 8191_{10}$ 的包) (包括 ISSY 可选附加字段), 删除空包 ($PID = 8191_{10}$) (包括 ISSY 可选的附加字段)。

发送 UP 之后, 用于统计 DNP 的计数器 (1B) 将首先被重置, 随后每删除一个空包就递增。计数器的计数内容应附在接下来传输的有用数据包的最低有效字节后, 然后复位 DNP。当 DNP 达到最大值 $DNP=255_{10}$ 时, 若下一个数据包仍为空数据包, 则将这个空数据包保存为有用数据包并发送。

由于 TS 包扩展了 DNP 和 ISSY (可选) 字段, 因此得到计算式 $UPL=(188+1) \times 8bit$ (ISSYI=0 时) 或 $UPL=(188+2+1) \times 8bit$ (ISSYI=1 且 $ISCR_{short}$ 时), 或 $UPL=(188+3+1) \times 8bit$ (ISSYI=1 且 $ISCR_{long}$ 时)。

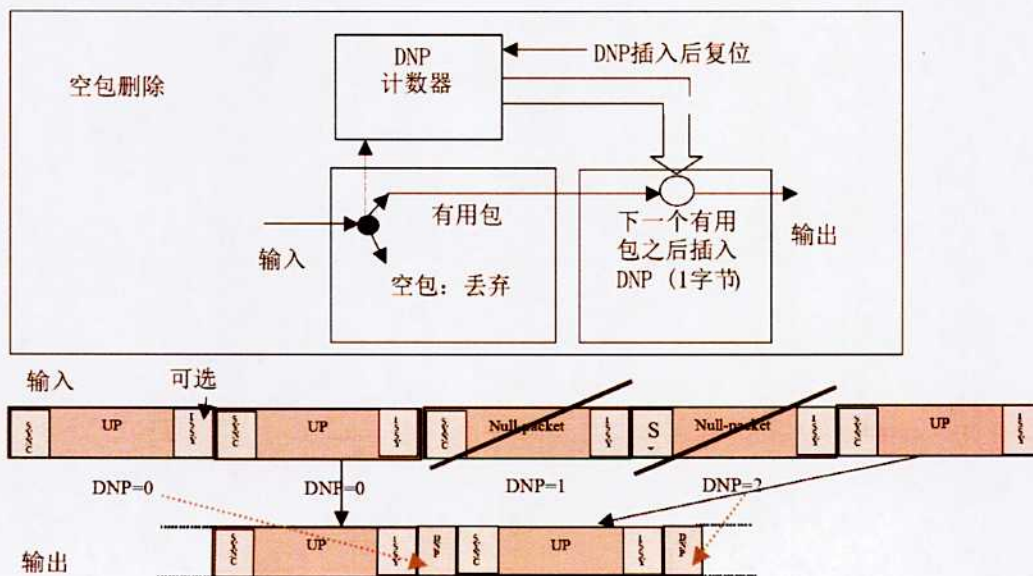


图 A.3 空包删除及 DNP 字段 (1B) 的插入

A.4 不同应用领域下的BBHEADER及合并/切片策略

根据不同的应用领域，BBHEADER 编码及合并/切片策略应遵循表 A.2。

表 A.2 不同应用领域下的 BBHEADER 编码及合并/切片策略

应用领域/配置	MATYPE-1	MATYPE-2	UPL	DFL	SYNC	SYNCD	CRC-8	合并/切片策略
广播/CCM, 单 TS 流	111100Y	X	188 _b x8	$K_{bch}-80_b$	47 _{hex}	Y	Y	拆分 无超时 无填充 非虚拟
广播, 每个码流/VCM 的保护级别不同, 每 TS 流的保护级别恒定, 多 TS 流	1100Y0Y	Y	188 _b x8(16 或 24, 当 ISSYI=1 时)	$K_{bch}-80_b$	47 _{hex}	Y	Y	拆分 Read(1) 无超时 无填充 有虚拟
交互式业务, TS 流, ACM 开展的, 每个码流/ACM 不同的保护级别, 每个 TS 流内恒定的保护级别, 多 TS 流, 有空包删除	1100Y1Y	Y	189 _b x8(16 或 24, 当 ISSYI=1 时)	$Y \leq K_{bch}-80_b$	47 _{hex}	Y	Y	Read(1)或(2) 有填充 有虚拟 短帧
交互式业务, GS 流, ACM, 每个码流/ACM 不同级别的保护级别, 每个输入流内恒定的保护级别, 多 GS	010000Y	Y	0	$Y \leq K_{bch}-80_b$	X	X	Y	Read(1)或(2) 有填充 有虚拟 短帧
交互式业务, GS 流, ACM, ACM 的保护级别随时间变化, 单 GS 流, ACM 指令激活	011000Y	X	0	$Y \leq K_{bch}-80_b$	X	X	Y	依据 ACM 指令 有填充 有虚拟 短帧
<p>注 1: X 表示未定义; Y 表示由配置/计算的结果确定; 拆分表示把数据包拆分到一连串的 DF 中。</p> <p>注 2: 超时门限是合并/切片缓存的最大时延。</p> <p>注 3: Read(0): 在数据可用时读取 $[K_{bch}(\text{标准长度 FECFRAME})-80]$ bit, 否则读取虚拟帧。</p> <p>注 4: Read(1): 端口轮询, 在数据可用时从端口 i 读取 $[K_{bch}(\text{标准长度 FECFRAME})-80]$ bit, 否则查询下一个端口。</p> <p>注 5: Read(2): 超时, 从端口 i 读 DFL bit, 并选择包含 DFL 的最短的 FECFRAME。</p> <p>注 6: 制造商在实施过程中可选择另外的合并规则。</p>								

A.5 通过回传信道的发送的接收质量信令

本章所描述的内容在 ACM 模式下为规范性要求。

在 ACM 模式下，根据不同的 DVB 交互系统，例如 DVB-RCS (ETSI EN 301 790)，DVB-RCP (ETSI ETS 300 801)，DVB-RCG (ETSI EN 301 195)，DVB-RCC (ETSI ES 200 800)，接收机应通过可用的回传信道发送接收质量信号。

可以采用 DVB “用于 DVB 交互式业务的独立网络协议” (ETSI ETS 300 802) 来实现网络互通性的最大化。可以采用其他更简或更优的方法 (例如，保证最小的信号时延) 来直接与前面所提的 DVB 交互系统接口相接。

接收机应评估接收质量参数，特别是载波与噪声干扰比 (单位为分贝 (dB))，用 CNI 表示。

CNI 可以表示为：

$CNI = 20 + 10 \{10 \lg [C / (N+I)]\}$ (正整数，8bit，范围为 0~255)。

实际上对于 DVB-S2 系统， $10 \lg [C / (N+I)]$ 的范围可能在 -2dB~23.5dB。

$10 \lg [C / (N+I)]$ 的量化精度应高于 1dB (量化精度是平均误差和 3σ 之和，此处 σ 为标准方差)。由于 DVB-S2 的调制和编码模式通常间隔为 1dB~1.5dB，因此为了充分利用系统性能，建议量化精度高于 0.3dB。假定测试过程连续。评估 CNI 的一种可行方法是使用接收机中的先验符号，如 PLFRAME 首部的 SOF 字段中的符号，以及可用的导频符号。

CNI 和其他可选的接收质量参数 (例如利用计数 LDPC 解码器纠正的误差，评估信道的 BER；由 CRC-8 检测到的 PER；以及距离 QEF 阈值的 CNI 值) 可以由接收端用来判定 QEF 中 DVB-S2 传输模式下可能解码的最大吞吐量，由 MODCOD_RQ (7bit，b6，…，b0) 表示为：

—— (b4，…，b0) 依据表 15 中的 MODCOD 进行编码；

—— b5 表示存在/不存在导频信号：(b5=0 不存在，b5=1 存在)；

—— b6=1 表示 (b5，…，b0) 有效；b6=0 表示 (b5，…，b0) 信息对于终端无效。

每当 DVB-S2 信道上的保护级别需要改变时，至少应将 CNI 和 MODCOD_RQ 参数发送到卫星网络运营商网关。当保护级别不需要修改时，从终端到网关的可选消息应指示 MODCOD_RQ=实际 MODCOD，同时指示终端接收到的帧的导频配置。在具体应用中，通过在 MSB 位置填充零，CNI 和 MODCOD_RQ 字段可以扩展为整数个字节。

CNI 和 MODCOD 通过双向信道计算和分发数据到网关最大时延要求为 300ms，但在快速衰落条件下 (即在 Ka 波段可能会出现 C/N+I 变化速度高达 0.5dB/s 至 1dB/s 的情况) 为避免服务中断，应尽量减少该时延。依据表 15 的编码，网关能够通过包含 MODCOD 的消息来确认消息的接收和命令的执行。分配的信道保护级别要等于或高于终端要求的级别。

使用 ETSI ETS 300 802 传输协议的示例：

每当需要改变对 DVB-S2 信道的保护级别时，DVBS2_Change_Modcod 消息应从接收终端发送到卫星网络运营商网关，

DVBS2_Change_Modcod() 长度单位为比特 (大端模式，big-endian)

```
{
    CNI;      8
    MODCOD_RQ; 8
}
```

DVBS2_Ack_Modcod 消息应选择性的从网关发送到接收终端以确认 DVB-S2 的保护级别被修改。

MODCOD_ACK 将按照 MODCOD_RQ 约定进行编码。

DVBS2_Ack_Modcod() 长度单位为比特 (大端模式，big-endian)

```
{
    MODCOD_ACK; 8
}
```

附 录 B
(规范性)
模式适配输入接口(可选)

B.1 分离的信令电路的模式适配输入接口

模式适配可选输入接口(见图1)遵循DVB-S2的所有规定,可以由外部“模式适配单元”合并多个输入数据流。为能够改变传输参数以满足DVB-S2调制器需求,该接口还应传输与每个特定数据字段相关联的ACM指令。

依据图3,模式适配应是以BBHEADER和模式适配指令(SA指令)开头的DF(见5.1.6)序列,用来传输被DVB-S2采用且与BBHEADER相对应的指定数据字段的传输参数。

“SA指令”(与ACM指令形式相似,见A.1)将携带以下信息:

- MODCOD(5bit,见表15);
- TYPE(2bit,见5.5.3.4);
- CVALID(指令有效性);
- SEND(MA包结束)。

CVALID:数据使能位,指示了MA数据包的开始(BBHEADER的MSB)。

由MODCOD和TYPE指定的传输格式应应用于CVALID为激活之后且SEND为激活之前接收到的MA数据包。当SEND为激活时,即使FECFRAME未完成,调制器也应通过插入填充字段(见5.2.2)的方法立即传送用户数据。包含在CVALID为激活和SEND为激活之间的用户数据不得超过 $(K_{\text{tch}}-80)$ 位, K_{tch} 是与MODCOD和TYPE相关的特定可传输字节数。图B.1给出了SA指令的示例,使用单个串行接口传送MODCOD,TYPE,CVALID(从高到低的转换即表示激活)和SEND(从低到高的转换即表示激活)。

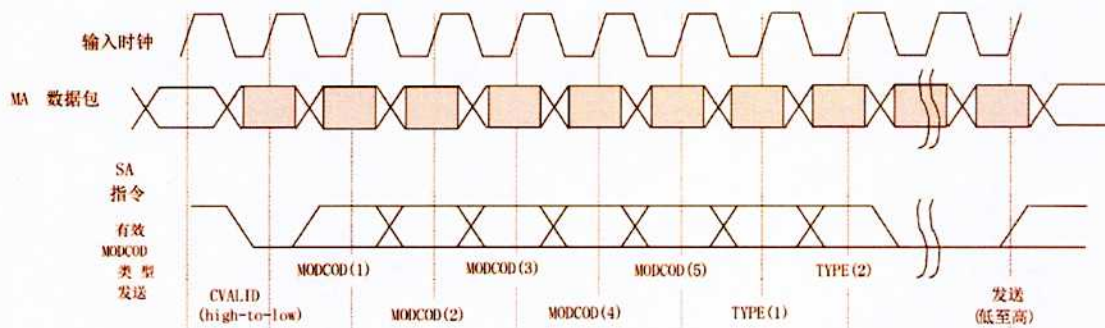


图 B.1 SA 指令演示示例(串行形式)

B.2 带内信令的模式适配输入接口

B.1的另一种情况,SA命令可以被映射到一个“传输头”字段,以对外部模式适配单元生成的数据进行预处理。依据图B.1,模式适配应是一个DF序列(见5.1.6),其中每个DF是以BBHEADER(见5.1.7和图3)和传输头开头的。

如图B.2所示,传输头由表B.1中定义的两个字节组成。第一个字节表示模式适配数据包的开始,值是0xB8。第二个字节应指示ACM指令,依据表B.2定义BBFRAME的动态传输参数(MODCOD,TYPE)。

BBFRAME 应由一个有效的 BBHEADER 和随后的负载组成，负载的长度为 DFL（不包含填充字节）。
流适配应与 BBFRAME 同步（使用 0xB8 同步字节和 BBHEADER 的 DFL 字段）。

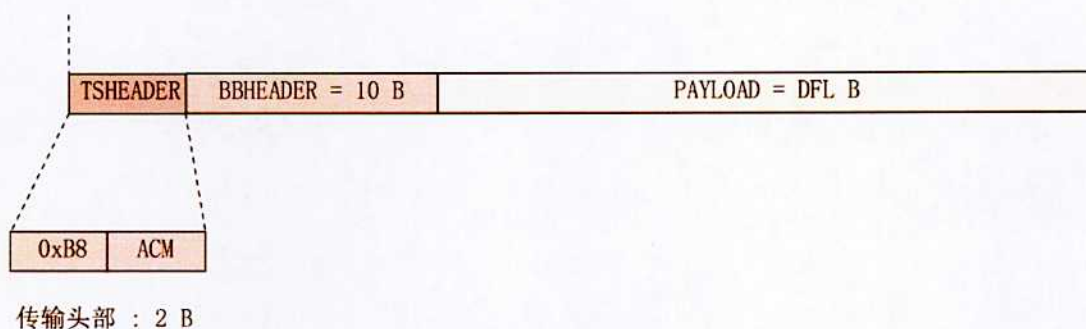


图 B.2 模式适配输入接口的模式适配格式

表 B.1 传输头字段格式

字节	内容	用途
Byte0	0xB8 同步字节	BBFRAME 的同步
Byte1	ACM 指令字节	定义 MODCOD, 帧类型和导频插入模式

表 B.2 ACM 指令字节定义 (acm[0]是最低有效位)

字段	描述
acm[4:0]	MODCOD(如表 15 中的定义)
acm[5]	导频配置(0=无导频, 1=有导频)
acm[6]	FECFRAME 大小(0=标准长度: 64800bit; 1=短: 16200bit)
acm[7]	预留位(置 0)

附录 C

(规范性)

使用时间切片的宽带卫星转发器传输格式(可选)

C.1 概述

本附录规定了用于广播、专业交互式服务的高符号率卫星转发器的可选传输格式。当宽带卫星转发器(如 200MHz~500MHz)使用单个或几个宽带载波的传输相比于多个窄带载波的传输更适合时,可以选用该格式以满足功率及效率优化和其他需要。该格式旨在针对具备实时高速相干解调和 PL-Header 处理能力的,但同种情况下 FEC 解码速度明显低于宽带载波的时间切片接收机。为了使这些接收器能够在其性能能力范围内选择并解码特定的数据流,并丢弃宽带载波的其他数据流和服务,发射机应将输入的业务映射到数据流中(由特定的时间切片编号指示,TSN)。这种数据流应以适当的时间间隔在时间切片(即突发模式)中传输。一个时间切片突发(由特定的 TSN 确定)应对应一个 PL-Frame。

时间片编号 TSN (8bit) 可选择与 BBHEADER 中的 MATYPE-2 ISI 字段相对应(见 5.1.7)。

图 C.1 给出了时间切片传输示例。



图 C.1 时间切片传输示例

接收器可以选择 TSN=1 并解码服务 1 或服务 2,同时丢弃其他 TSN 及其相关服务。

根据不同应用的服务/流量需求,可以在传输端“动态”地决定时间切片序列的传输是周期性的(例如 TSN=1, TSN=2, …, TSN=20, TSN=1, TSN=2, …, TSN=20, …)还是非周期性的(例如 TSN=1, TSN=22, TSN=4, …)。

本附录规定了应在传输波形中引入的物理层信令,以保证时间切片模式下接收器配置。根据使用情况,用于生成在发射机站点的切片序列的算法保持开放状态以待进行优化。该算法应满足 C.2 中定义的接收机性能。例如,在广播应用中,可以通过虚拟载波 CCM 将总宽带码元速率不断分配给(静态模式下)相同或不同容量的“虚拟载波”。在单播 ACM 应用中,切片结构应遵循流量需求,这样“动态”分配资源(动态模式下)能够带来最大效率和灵活性。

上层信令应符合 ETSI EN 300 468。

C.2 时间切片接收机的定义

时间切片接收机的特点有:

- a) 实时高速相干解调及 PL-Header 处理能力,包括连续的 PL 帧同步。
- b) 在 FECFRAME 层具有最大的平均解码速度 R_{FEC} (例如 $R_{FEC}=100\text{Mbit/s}$)。
注: R_{FEC} 明显低于宽带载波比特率。
- c) 以微秒为精度的最小保护时间(Guard Time, T_G)可以将解码接收到的两个相邻时间片分开(可以是时间变量,在不同类的接收器中可能有更好的定义)。

C.3 时间片模式编码

C.3.1 概述

该模式除应符合 5.5.2~5.5.4 的 PL-Header 结构外，还应符合第 4 章和第 5 章的规定进行编码。

C.3.2 PL信令

PLHEADER 用于接收机同步和物理层信令。

注 1: PLHEADER 解码之后，接收器得到 PLFRAME 长度和结构，XFECFRAME 的编码和调制方案，导频符号存在与否等信息。

PLHEADER (90 个符号的一个 SLOT) 由下列字段组成:

- SOF (26 符号): 指示帧开始。
- PLS 码 (154 符号): PLS 码应是限定长度为 $k=5$ ，速率为 $1/5$ 的卷积码(77, 16)，其输出比特 $(C_0, C_1, C_2, \dots, C_{76})$ 重复两次以产生码字 $(C_0, C_0, C_1, C_1, C_2, C_2, \dots, C_{76}, C_{76})$ ，该码由以下多项式表示:

$$g_i = (g_{i,0}, g_{i,1}, g_{i,2}, g_{i,3}, g_{i,4})$$

$$g_0 = (10101); g_1 = (10111); g_2 = (11011); g_3 = (11111); g_4 = (11001)$$

图 C.2 给出了上述卷积码的编码框图。

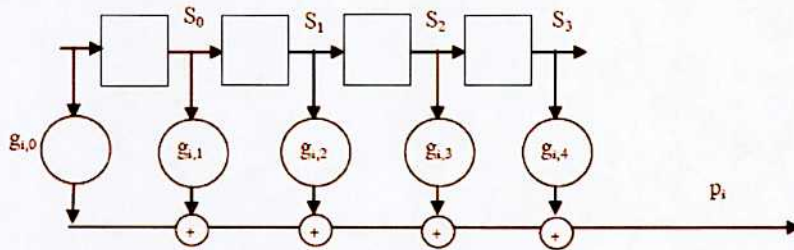


图 C.2 卷积码编码框图

为了输出 77bit 而不是 80bit，下面的比特将被打孔:

$(u_0, u_1, u_2, u_3, \dots, u_{15})$ 是信息位，则每个信息位应产生 5 个奇偶校验位 $(p_0, p_1, p_2, \dots, p_4)$ 。然后，对于信息位 u_3, u_8 ，及 u_{13} ，奇偶校验位 p_4 将被丢弃。

应用“咬尾”卷积码来完成编码过程：根据输入位选择初始状态，以使得初始状态和末尾状态相同。因此编码器初始状态应设置为:

$$S_0 = u_{15}; S_1 = u_{14}; S_2 = u_{13}; S_3 = u_{12}$$

尾部的比特将不会被发送。

注 2: 存在频率和相位误差的情况下，接收机中 PLS 码的重复结构可通过微分检测同步。

所产生的 154 编码比特应按下列序列进行加扰:

```

1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1
1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0
1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1
1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1
    
```

由二进制序列 $(y_1, y_2, \dots, y_{180})$ 表示的 PLHEADER 应根据以下规则调制成 180 个 $\pi/2$ BPSK 符号:

$$I_{2i-1} = Q_{2i-1} = (1/\sqrt{2}) (1-2y_{2i-1}) \quad I_{2i} = -Q_{2i} = -(1/\sqrt{2}) (1-2y_{2i}) \quad i=1, 2, \dots, 90$$

C.3.3 SOF字段

SOF 的编码规定见 5.5.3.2。

C.3.4 MODCOD字段

$$(u_0, u_1, u_2, u_3, \dots, u_5) = \text{MODCOD}$$

为满足其他调制及编码配置, MODCOD 应根据 5.5.3.3 进行扩展。两个最高位 u_0 和 u_1 应按如下编码:

- 若 $u_0=0$, 则根据表 12 的模式进行编码;
- 若 $u_0=1$, 则 (u_1, \dots, u_5) 应按照 ETSI EN 302 307-2 V1.1.1 中的 5.5.2.2 及表 17a 至 17c 定义扩展 MODCODE 的配置进行编码。

C.3.5 TYPE字段

TYPE = (u_6, u_7) (见 5.5.3.4)。

C.3.6 TSN码

$(u_8, \dots, u_{15}) = \text{TSN}$ (可与 MATYPE-2 的 ISI 字段一致)。

C.3.7 相位噪声

接收端应考虑表 C.1 与表 C.2 所描述的典型的相位噪声。

表 C.1 "Ku-Non DTH"配置, 单边带

频率	值 dBc/Hz
10Hz	-33
100Hz	-62
1kHz	-79
10kHz	-89
100kHz	-99
1MHz	-109
10MHz	-119
>50MHz	-120

表 C.2 "Ka-Non DTH"配置, 单边带

频率	值 dBc/Hz
10Hz	-33
100Hz	-62
1kHz	-79
10kHz	-89
100kHz	-95
1MHz	-106
10MHz	-116
>50MHz	-118

附录 D

(规范性)

标准长度 FEC 的 LDPC 校验位累加器地址

表 D. 1~表 D. 11 规定了 $n_{ldpc}=64800$ 时, 不同码率下校验位累加器的地址索引, 以表 D. 4 为例:

$p_{54} \oplus i_0$	$p_{9318} = p_{9318} \oplus i_0$	$p_{14392} = p_{14392} \oplus i_0$	$p_{27561} = p_{27561} \oplus i_0$
$p_{25909} = p_{25909} \oplus i_0$	$p_{10219} = p_{10219} \oplus i_0$	$p_{2534} = p_{2534} \oplus i_0$	$p_{8597} = p_{8597} \oplus i_0$
$p_{144} = p_{144} \oplus i_0$	$p_{9408} = p_{9408} \oplus i_0$	$p_{14482} = p_{14482} \oplus i_0$	$p_{27651} = p_{27651} \oplus i_0$
$p_{26999} = p_{26999} \oplus i_0$	$p_{10309} = p_{10309} \oplus i_0$	$p_{2624} = p_{2624} \oplus i_0$	$p_{8687} = p_{8687} \oplus i_0$
.....			
$p_{32364} = p_{32364} \oplus i_{359}$	$p_{9228} = p_{9228} \oplus i_{359}$	$p_{14302} = p_{14302} \oplus i_{359}$	$p_{27471} = p_{27471} \oplus i_{359}$
$p_{26819} = p_{26819} \oplus i_{359}$	$p_{10129} = p_{10129} \oplus i_{359}$	$p_{2444} = p_{2444} \oplus i_{359}$	$p_{8507} = p_{8507} \oplus i_{359}$
.....			
$p_{55} = p_{55} \oplus i_{360}$	$p_{7263} = p_{7263} \oplus i_{360}$	$p_{4635} = p_{4635} \oplus i_{360}$	$p_{2530} = p_{2530} \oplus i_{360}$
$p_{28130} = p_{28130} \oplus i_{360}$	$p_{3033} = p_{3033} \oplus i_{360}$	$p_{23830} = p_{23830} \oplus i_{360}$	$p_{3651} = p_{3651} \oplus i_{360}$
.....			

表 D.1 码率 1/4 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验位累加器地址索引											
23606	36098	1140	28859	18148	18510	6226	540	42014	20879	23802	47088
16419	24928	16609	17248	7693	24997	42587	16858	34921	21042	37024	20692
1874	40094	18704	14474	14004	11519	13106	28826	38669	22363	30255	31105
22254	40564	22645	22532	6134	9176	39998	23892	8937	15608	16854	31009
8037	40401	13550	19526	41902	28782	13304	32796	24679	27140	45980	10021
40540	44498	13911	22435	32701	18405	39929	25521	12497	9851	39223	34823
15233	45333	5041	44979	45710	42150	19416	1892	23121	15860	8832	10308
10468	44296	3611	1480	37581	32254	13817	6883	32892	40258	46538	11940
6705	21634	28150	43757	895	6547	20970	28914	30117	25736	41734	11392
22002	5739	27210	27828	34192	37992	10915	6998	3824	42130	4494	35739
8515	1191	13642	30950	25943	12673	16726	34261	31828	3340	8747	39225
18979	17058	43130	4246	4793	44030	19454	29511	47929	15174	24333	19354
16694	8381	29642	46516	32224	26344	9405	18292	12437	27316	35466	41992
15642	5871	46489	26723	23396	7257	8974	3156	37420	44823	35423	13541
42858	32008	41282	38773	26570	2702	27260	46974	1469	20887	27426	38553
22152	24261	8297									
19347	9978	27802									
34991	6354	33561									
29782	30875	29523									
9278	48512	14349									
38061	4165	43878									
8548	33172	34410									
22535	28811	23950									
20439	4027	24186									
38618	8187	30947									
35538	43880	21459									
7091	45616	15063									
5505	9315	21908									
36046	32914	11836									
7304	39782	33721									
16905	29962	12980									
11171	23709	22460									
34541	9937	44500									
14035	47316	8815									
15057	45482	24461									
30518	36877	879									
7583	13364	24332									
448	27056	4682									
12083	31378	21670									
1159	18031	2221									
17028	38715	9350									
17343	24530	29574									
46128	31039	32818									
20373	36967	18345									
46685	20622	32806									

表 D.2 码率 1/3 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引
34903 20927 32093 1052 25611 16093 16454 5520 506 37399 18518 21120	41229 6082 43114
11636 14594 22158 14763 15333 6838 22222 37856 14985 31041 18704	13957 4979 40654
32910 17449 1665 35639 16624 12867 12449 10241 11650 25622 34372	3093 3438 34992
19878 26894	34082 6172 28760
29235 19780 36056 20129 20029 5457 8157 35554 21237 7943 13873	42210 34141 41021
14980	14705 17783 10134
9912 7143 35911 12043 17360 37253 25588 11827 29152 21936 24125	41755 39884 22773
40870 40701 36035 39556 12366 19946 29072 16365 35495 22686 11106	14615 15593 1642
8756 34863	29111 37061 39860
19165 15702 13536 40238 4465 40034 40590 37540 17162 1712 20577	9579 33552 633
14138	12951 21137 39608
31338 19342 9301 39375 3211 1316 33409 28670 12282 6118 29236 35787	38244 27361 29417
11504 30506 19558 5100 24188 24738 30397 33775 9699 6215 3397 37451	2939 10172 36479
34689 23126 7571 1058 12127 27518 23064 11265 14867 30451 28289	29094 5357 19224
2966	9562 24436 28637
11660 15334 16867 15160 38343 3778 4265 39139 17293 26229 42604	40177 2326 13504
13486	6834 21583 42516
31497 1365 14828 7453 26350 41346 28643 23421 8354 16255 11055	40651 42810 25709
24279	31557 32138 38142
15687 12467 13906 5215 41328 23755 20800 6447 7970 2803 33262 39843	18624 41867 39296
5363 22469 38091 28457 36696 34471 23619 2404 24229 41754 1297	37560 14295 16245
18563	6821 21679 31570
3673 39070 14480 30279 37483 7580 29519 30519 39831 20252 18132	25339 25083 22081
20010	8047 697 35268
34386 7252 27526 12950 6875 43020 31566 39069 18985 15541 40020	9884 17073 19995
16715	26848 35245 8390
1721 37332 39953 17430 32134 29162 10490 12971 28581 29331 6489	18658 16134 14807
35383	12201 32944 5035
736 7022 42349 8783 6767 11871 21675 10325 11548 25978 431 24085	25236 1216 38986
1925 10602 28585 12170 15156 34404 8351 13273 20208 5800 15367	42994 24782 8681
21764	28321 4932 34249
16279 37832 34792 21250 34192 7406 41488 18346 29227 26127 25493	4107 29382 32124
7048	22157 2624 14468
39948 28229 24899	38788 27081 7936
17408 14274 38993	4368 26148 10578
38774 15968 28459	25353 4122 39751
41404 27249 27425	

表 D.3 码率 2/5 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引
31413 18834 28884 947 23050 14484 14809 4968 455 33659 16666 19008	7824 215 1248
13172 19939 13354 13719 6132 20086 34040 13442 27958 16813 29619 16553	30848 5362 17291
1499 32075 14962 11578 11204 9217 10485 23062 30936 17892 24204 24885	28932 30249 27073
32490 18086 18007 4957 7285 32073 19038 7152 12486 13483 24808 21759	13062 2103 16206
32321 10839 15620 33521 23030 10646 26236 19744 21713 36784 8016 12869	7129 32062 19612
35597 11129 17948 26160 14729 31943 20416 10000 7882 31380 27858 33356	9512 21936 38833
14125 12131 36199 4058 35992 36594 33698 15475 1566 18498 12725 7067	35849 33754 23450
17406 8372 35437 2888 1184 30068 25802 11056 5507 26313 32205 37232	18705 28656 18111
15254 5365 17308 22519 35009 718 5240 16778 23131 24092 20587 33385	22749 27456 32187
27455 17602 4590 21767 22266 27357 30400 8732 5596 3060 33703 3596	28229 31684 30160
6882 873 10997 24738 20770 10067 13379 27409 25463 2673 6998 31378	15293 8483 28002
15181 13645 34501 3393 3840 35227 15562 23615 38342 12139 19471 15483	14880 13334 12584
13350 6707 23709 37204 25778 21082 7511 14588 10010 21854 28375 33591	28646 2558 19687
12514 4695 37190 21379 18723 5802 7182 2529 29936 35860 28338 10835	6259 4499 26336
34283 25610 33026 31017 21259 2165 21807 37578 1175 16710 21939 30841	11952 28386 8405
27292 33730 6836 26476 27539 35784 18245 16394 17939 23094 19216 17432	10609 961 7582
11655 6183 38708 28408 35157 17089 13998 36029 15052 16617 5638 36464	10423 13191 26818
15693 28923 26245 9432 11675 25720 26405 5838 31851 26898 8090 37037	15922 36654 21450
24418 27583 7959 35562 37771 17784 11382 11156 37855 7073 21685 34515	10492 1532 1205
10977 13633 30969 7516 11943 18199 5231 13825 19589 23661 11150 35602	30551 36482 22153
19124 30774 6670 37344 16510 26317 23518 22957 6348 34069 8845 20175	5156 11330 34243
34985 14441 25668 4116 3019 21049 37308 24551 24727 20104 24850 12114	28616 35369 13322
38187 28527 13108 13985 1425 21477 30807 8613 26241 33368 35913 32477	8962 1485 21186
5903 34390 24641 26556 23007 27305 38247 2621 9122 32806 21554 18685	23541 17445 35561
17287 27292 19033	33133 11593 19895
25796 31795 12152	33917 7863 33651
12184 35088 31226	20063 28331 10702
38263 33386 24892	13195 21107 21859
23114 37995 29796	4364 31137 4804
34336 10551 36245	5585 2037 4830
35407 175 7203	30672 16927 14800
14654 38201 22605	
28404 6595 1018	
19932 3524 29305	
31749 20247 8128	
18026 36357 26735	
7543 29767 13588	
13333 25965 8463	
14504 36796 19710	
4528 25299 7318	
35091 25550 14798	

表 D.4 码率 1/2 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
54 9318 14392 27561 26909 10219 2534 8597	81 29773 23310 263 4877 28622 20545 22092	32 31683 17783
55 7263 4635 2530 28130 3033 23830 3651	82 15605 5651 21864 3967 14419 22757 15896	33 29694 9345
56 24731 23583 26036 17299 5750 792 9169	83 30145 1759 10139 29223 26086 10556 5098	34 12280 26611
57 5811 26154 18653 11551 15447 13685 16264	84 18815 16575 2936 24457 26738 6030 505	35 6526 26122
58 12610 11347 28768 2792 3174 29371 12997	85 30326 22298 27562 20131 26390 6247 24791	36 26165 11241
59 16789 16018 21449 6165 21202 15850 3186	86 928 29246 21246 12400 15311 32309 18608	37 7666 26962
60 31016 21449 17618 6213 12166 8334 18212	87 20314 6025 26689 16302 2296 3244 19613	38 16290 8480
61 22836 14213 11327 5896 718 11727 9308	88 6237 11943 22851 15642 23857 15112 20947	39 11774 10120
62 2091 24941 29966 23634 9013 15587 5444	89 26403 25168 19038 18384 8882 12719 7093	40 30051 30426
63 22207 3983 16904 28534 21415 27524 25912	0 14567 24965 1 3908 100	41 1335 15424
64 25687 4501 22193 14665 14798 16158 5491	2 10279 240 3 24102 764	42 6865 17742
65 4520 17094 23397 4264 22370 16941 21526	4 12383 4173 5 13861 15918	43 31779 12489
66 10490 6182 32370 9597 30841 25954 2762	6 21327 1046 7 5288 14579	44 32120 21001
67 22120 22865 29870 15147 13668 14955 19235	8 28158 8069 9 16583 11098	45 14508 6996
68 6689 18408 18346 9918 25746 5443 20645	10 16681 28363 11 13980 24725	46 979 25024
69 29982 12529 13858 4746 30370 10023 24828	12 32169 17989 13 10907 2767	47 4554 21896
70 1262 28032 29888 13063 24033 21951 7863	14 21557 3818 15 26676 12422	48 7989 21777
71 6594 29642 31451 14831 9509 9335 31552	16 7676 8754 17 14905 20232	49 4972 20661
72 1358 6454 16633 20354 24598 624 5265	18 15719 24646 19 31942 8589	50 6612 2730
73 19529 295 18011 3080 13364 8032 15323	20 19978 27197 21 27060 15071	51 12742 4418
74 11981 1510 7960 21462 9129 11370 25741	22 6071 26649 23 10393 11176	52 29194 595
75 9276 29656 4543 30699 20646 21921 28050	24 9597 13370 25 7081 17677	53 19267 20113
76 15975 25634 5520 31119 13715 21949 19605	26 1433 19513 27 26925 9014	
77 18688 4608 31755 30165 13103 10706 29224	28 19202 8900 29 18152 30647	
78 21514 23117 12245 26035 31656 25631 30699	30 20803 1737 31 11804 25221	
79 9674 24966 31285 29908 17042 24588 31857		
80 21856 27777 29919 27000 14897 11409 7122		

表 D.5 码率 3/5 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
22422 10282 11626 19997 11161 2922 3122 99 5625 17064 8270 179	0 18539 18661	36 25012 13944
25087 16218 17015 828 20041 25656 4186 11629 22599 17305 22515 6463	1 10502 3002	37 22513 6687
11049 22853 25706 14388 5500 19245 8732 2177 13555 11346 17265 3069	2 9368 10761	38 4934 12587
16581 22225 12563 19717 23577 11555 25496 6853 25403 5218 15925 21766	3 12299 7828	39 21197 5133
16529 14487 7643 10715 17442 11119 5679 14155 24213 21000 1116 15620	4 15048 13362	40 22705 6938
5340 8636 16693 1434 5635 6516 9482 20189 1066 15013 25361 14243	5 18444 24640	41 7534 24633
18506 22236 20912 8952 5421 15691 6126 21595 500 6904 13059 6802	6 20775 19175	42 24400 12797
8433 4694 5524 14216 3685 19721 25420 9937 23813 9047 25651 16826	7 18970 10971	43 21911 25712
21500 24814 6344 17382 7064 13929 4004 16552 12818 8720 5286 2206	8 5329 19982	44 12039 1140
22517 2429 19065 2921 21611 1873 7507 5661 23006 23128 20543 19777	9 11296 18655	45 24306 1021
1770 4636 20900 14931 9247 12340 11008 12966 4471 2731 16445 791	10 15046 20659	46 14012 20747
6635 14556 18865 22421 22124 12697 9803 25485 7744 18254 11313 9004	11 7300 22140	47 11265 15219
19982 23963 18912 7206 12500 4382 20067 6177 21007 1195 23547 24837	12 22029 14477	48 4670 15531
756 11158 14646 20534 3647 17728 11676 11843 12937 4402 8261 22944	13 11129 742	49 9417 14359
9306 24009 10012 11081 3746 24325 8060 19826 842 8836 2898 5019	14 13254 13813	50 2415 6504
7575 7455 25244 4736 14400 22981 5543 8006 24203 13053 1120 5128	15 19234 13273	51 24964 24690
3482 9270 13059 15825 7453 23747 3656 24585 16542 17507 22462 14670	16 6079 21122	52 14443 8816
15627 15290 4198 22748 5842 13395 23918 16985 14929 3726 25350 24157	17 22782 5828	53 6926 1291
24896 16365 16423 13461 16615 8107 24741 3604 25904 8716 9604 20365	18 19775 4247	54 6209 20806
3729 17245 18448 9862 20831 25326 20517 24618 13282 5099 14183 8804	19 1660 19413	55 13915 4079
16455 17646 15376 18194 25528 1777 6066 21855 14372 12517 4488 17490	20 4403 3649	56 24410 13196
1400 8135 23375 20879 8476 4084 12936 25536 22309 16582 6402 24360	21 13371 25851	57 13505 6117
25119 23586 128 4761 10443 22536 8607 9752 25446 15053 1856 4040	22 22770 21784	58 9869 8220
377 21160 13474 5451 17170 5938 10256 11972 24210 17833 22047 16108	23 10757 14131	59 1570 6044
13075 9648 24546 13150 23867 7309 19798 2988 16858 4825 23950 15125	24 16071 21617	60 25780 17387
20526 3553 11525 23366 2452 17626 19265 20172 18060 24593 13255 1552	25 6393 3725	61 20671 24913
18839 21132 20119 15214 14705 7096 10174 5663 18651 19700 12524 14033	26 597 19968	62 24558 20591
4127 2971 17499 16287 22368 21463 7943 18880 5567 8047 23363 6797	27 5743 8084	63 12402 3702
10651 24471 14325 4081 7258 4949 7044 1078 797 22910 20474 4318	28 6770 9548	64 8314 1357
21374 13231 22985 5056 3821 23718 14178 9978 19030 23594 8895 25358	29 4285 17542	65 20071 14616
6199 22056 7749 13310 3999 23697 16445 22636 5225 22437 24153 9442	30 13568 22599	66 17014 3688
7978 12177 2893 20778 3175 8645 11863 24623 10311 25767 17057 3691	31 1786 4617	67 19837 946
20473 11294 9914 22815 2574 8439 3699 5431 24840 21908 16088 18244	32 23238 11648	68 15195 12136
8208 5755 19059 8541 24924 6454 11234 10492 16406 10831 11436 9649	33 19627 2030	69 7758 22808
16264 11275 24953 2347 12667 19190 7257 7174 24819 2938 2522 11749	34 13601 13458	70 3564 2925
3627 5969 13862 1538 23176 6353 2855 17720 2472 7428 573 15036	35 13740 17328	71 3434 7769

表 D.6 码率 2/3 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
0 10491 16043 506 12826 8065 8226 2767 240 18673 9279 10579 20928	47 11779 21062	34 7510 1569
1 17819 8313 6433 6224 5120 5824 12812 17187 9940 13447 13825 18483	48 13062 9682	35 16000 11692
2 17957 6024 8681 18628 12794 5915 14576 10970 12064 20437 4455 7151	49 8934 5217	36 9147 10303
3 19777 6183 9972 14536 8182 17749 11341 5556 4379 17434 15477 18532	50 11087 3319	37 16650 191
4 4651 19689 1608 659 16707 14335 6143 3058 14618 17894 20684 5306	51 18892 4356	38 15577 18685
5 9778 2552 12096 12369 15198 16890 4851 3109 1700 18725 1997 15882	52 7894 3898	39 17167 20917
6 486 6111 13743 11537 5591 7433 15227 14145 1483 3887 17431 12430	53 5963 4360	40 4256 3391
7 20647 14311 11734 4180 8110 5525 12141 15761 18661 18441 10569 8192	54 7346 11726	41 20092 17219
8 3791 14759 15264 19918 10132 9062 10010 12786 10675 9682 19246 5454	55 5182 5609	42 9218 5056
9 19525 9485 7777 19999 8378 9209 3163 20232 6690 16518 716 7353	56 2412 17295	43 18429 8472
10 4588 6709 20202 10905 915 4317 11073 13576 16433 368 3508 21171	57 9845 20494	44 12093 20753
11 14072 4033 19959 12608 631 19494 14160 8249 10223 21504 12395 4322	58 6687 1864	45 16345 12748
12 13800 14161	59 20564 5216	46 16023 11095
13 2948 9647	0 18226 17207	47 5048 17595
14 14693 16027	1 9380 8266	48 18995 4817
15 20506 11082	2 7073 3065	49 16483 3536
16 1143 9020	3 18252 13437	50 1439 16148
17 13501 4014	4 9161 15642	51 3661 3039
18 1548 2190	5 10714 10153	52 19010 18121
19 12216 21556	6 11585 9078	53 8968 11793
20 2095 19897	7 5359 9418	54 13427 18003
21 4189 7958	8 9024 9515	55 5303 3083
22 15940 10048	9 1206 16354	56 531 16668
23 515 12614	10 14994 1102	57 4771 6722
24 8501 8450	11 9375 20796	58 5695 7960
25 17595 16784	12 15964 6027	59 3589 14630
26 5913 8495	13 14789 6452	
27 16394 10423	14 8002 18591	
28 7409 6981	15 14742 14089	
29 6678 15939	16 253 3045	
30 20344 12987	17 1274 19286	
31 2510 14588	18 14777 2044	
32 17918 6655	19 13920 9900	
33 6703 19451	20 452 7374	
34 496 4217	21 18206 9921	
35 7290 5766	22 6131 5414	
36 10521 8925	23 10077 9726	
37 20379 11905	24 12045 5479	
38 4090 5838	25 4322 7990	
39 19082 17040	26 15616 5550	
40 20233 12352	27 15561 10661	
41 19365 19546	28 20718 7387	
42 6249 19030	29 2518 18804	
43 11037 19193	30 8984 2600	
44 19760 11772	31 6516 17909	
45 19644 7428	32 11148 98	
46 16076 3521	33 20559 3704	

表 D.7 码率 3/4 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
0 6385 7901 14611 13389 11200 3252 5243 2504 2722 821 7374	2 8217 2707	4 7785 1400
1 11359 2698 357 13824 12772 7244 6752 15310 852 2001 11417	3 3156 11793	5 9213 5891
2 7862 7977 6321 13612 12197 14449 15137 13860 1708 6399 13444	4 354 1514	6 2494 7703
3 1560 11804 6975 13292 3646 3812 8772 7306 5795 14327 7866	5 6978 14058	7 2576 7902
4 7626 11407 14599 9689 1628 2113 10809 9283 1230 15241 4870	6 7922 16079	8 4821 15682
5 1610 5699 15876 9446 12515 1400 6303 5411 14181 13925 7358	7 15087 12138	9 10426 11935
6 4059 8836 3405 7853 7992 15336 5970 10368 10278 9675 4651	8 5053 6470	10 1810 904
7 4441 3963 9153 2109 12683 7459 12030 12221 629 15212 406	9 12687 14932	11 11332 9264
8 6007 8411 5771 3497 543 14202 875 9186 6235 13908 3563	10 15458 1763	12 11312 3570
9 3232 6625 4795 546 9781 2071 7312 3399 7250 4932 12652	11 8121 1721	13 14916 2650
10 8820 10088 11090 7069 6585 13134 10158 7183 488 7455 9238	12 12431 549	14 7679 7842
11 1903 10818 119 215 7558 11046 10615 11545 14784 7961 15619	13 4129 7091	15 6089 13084
12 3655 8736 4917 15874 5129 2134 15944 14768 7150 2692 1469	14 1426 8415	16 3938 2751
13 8316 3820 505 8923 6757 806 7957 4216 15589 13244 2622	15 9783 7604	17 8509 4648
14 14463 4852 15733 3041 11193 12860 13673 8152 6551 15108 8758	16 6295 11329	18 12204 8917
15 3149 11981	17 1409 12061	19 5749 12443
16 13416 6906	18 8065 9087	20 12613 4431
17 13098 13352	19 2918 8438	21 1344 4014
18 2009 14460	20 1293 14115	22 8488 13850
19 7207 4314	21 3922 13851	23 1730 14896
20 3312 3945	22 3851 4000	24 14942 7126
21 4418 6248	23 5865 1768	25 14983 8863
22 2669 13975	24 2655 14957	26 6578 8564
23 7571 9023	25 5565 6332	27 4947 396
24 14172 2967	26 4303 12631	28 297 12805
25 7271 7138	27 11653 12236	29 13878 6692
26 6135 13670	28 16025 7632	30 11857 11186
27 7490 14559	29 4655 14128	31 14395 11493
28 8657 2466	30 9584 13123	32 16145 12251
29 8599 12834	31 13987 9597	33 13462 7428
30 3470 3152	32 15409 12110	34 14526 13119
31 13917 4365	33 8754 15490	35 2535 11243
32 6024 13730	34 7416 15325	36 6465 12690
33 10973 14182	35 2909 15549	37 6872 9334
34 2464 13167	36 2995 8257	38 15371 14023
35 5281 15049	37 9406 4791	39 8101 10187
36 1103 1849	38 11111 4854	40 11963 4848
37 2058 1069	39 2812 8521	41 15125 6119
38 9654 6095	40 8476 14717	42 8051 14465
39 14311 7667	41 7820 15360	43 11139 5167
40 15617 8146	42 1179 7939	44 2883 14521
41 4588 11218	43 2357 8678	
42 13660 6243	44 7703 6216	
43 8578 7874	0 3477 7067	
44 11741 2686	1 3931 13845	
0 1022 1264	2 7675 12899	
1 12604 9965	3 1754 8187	

表 D.8 码率 4/5 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
0 149 11212 5575 6360 12559 8108 8505 408 10026 12828	12 11954 7592	24 829 9701
1 5237 490 10677 4998 3869 3734 3092 3509 7703 10305	13 7420 2592	25 2201 1819
2 8742 5553 2820 7085 12116 10485 564 7795 2972 2157	14 8810 9636	26 6689 12925
3 2699 4304 8350 712 2841 3250 4731 10105 517 7516	15 689 5430	27 2139 8757
4 12067 1351 11992 12191 11267 5161 537 6166 4246 2363	16 920 1304	28 12004 5948
5 6828 7107 2127 3724 5743 11040 10756 4073 1011 3422	17 1253 11934	29 8704 3191
6 11259 1216 9526 1466 10816 940 3744 2815 11506 11573	18 9559 6016	30 8171 10933
7 4549 11507 1118 1274 11751 5207 7854 12803 4047 6484	19 312 7589	31 6297 7116
8 8430 4115 9440 413 4455 2262 7915 12402 8579 7052	20 4439 4197	32 616 7146
9 3885 9126 5665 4505 2343 253 4707 3742 4166 1556	21 4002 9555	33 5142 9761
10 1704 8936 6775 8639 8179 7954 8234 7850 8883 8713	22 12232 7779	34 10377 8138
11 11716 4344 9087 11264 2274 8832 9147 11930 6054 5455	23 1494 8782	35 7616 5811
12 7323 3970 10329 2170 8262 3854 2087 12899 9497 11700	24 10749 3969	0 7285 9863
13 4418 1467 2490 5841 817 11453 533 11217 11962 5251	25 4368 3479	1 7764 10867
14 1541 4525 7976 3457 9536 7725 3788 2982 6307 5997	26 6316 5342	2 12343 9019
15 11484 2739 4023 12107 6516 551 2572 6628 8150 9852	27 2455 3493	3 4414 8331
16 6070 1761 4627 6534 7913 3730 11866 1813 12306 8249	28 12157 7405	4 3464 642
17 12441 5489 8748 7837 7660 2102 11341 2936 6712 11977	29 6598 11495	5 6960 2039
18 10155 4210	30 11805 4455	6 786 3021
19 1010 10483	31 9625 2090	7 710 2086
20 8900 10250	32 4731 2321	8 7423 5601
21 10243 12278	33 3578 2608	9 8120 4885
22 7070 4397	34 8504 1849	10 12385 11990
23 12271 3887	35 4027 1151	11 9739 10034
24 11980 6836	0 5647 4935	12 424 10162
25 9514 4356	1 4219 1870	13 1347 7597
26 7137 10281	2 10968 8054	14 1450 112
27 11881 2526	3 6970 5447	15 7965 8478
28 1969 11477	4 3217 5638	16 8945 7397
29 3044 10921	5 8972 669	17 6590 8316
30 2236 8724	6 5618 12472	18 6838 9011
31 9104 6340	7 1457 1280	19 6174 9410
32 7342 8582	8 8868 3883	20 255 113
33 11675 10405	9 8866 1224	21 6197 5835
34 6467 12775	10 8371 5972	22 12902 3844
35 3186 12198	11 266 4405	23 4377 3505
0 9621 11445	12 3706 3244	24 5478 8672
1 7486 5611	13 6039 5844	25 4453 2132
2 4319 4879	14 7200 3283	26 9724 1380
3 2196 344	15 1502 11282	27 12131 11526
4 7527 6650	16 12318 2202	28 12323 9511
5 10693 2440	17 4523 965	29 8231 1752
6 6755 2706	18 9587 7011	30 497 9022
7 5144 5998	19 2552 2051	31 9288 3080
8 11043 8033	20 12045 10306	32 2481 7515
9 4846 4435	21 11070 5104	33 2696 268
10 4157 9228	22 6627 6906	34 4023 12341
11 12270 6562	23 9889 2121	35 7108 5553

表 D.9 码率 5/6 ($n_{\text{dpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
0 4362 416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723	20 4766 2697	10 7868 5731
1 2479 1786 8978 3011 4339 9313 6397 2957 7288 5484 6031 10217	21 4069 6675	11 6121 10732
2 10175 9009 9889 3091 4985 7267 4092 8874 5671 2777 2189 8716	22 1117 1016	12 4843 9132
3 9052 4795 3924 3370 10058 1128 9996 10165 9360 4297 434 5138	23 5619 3085	13 580 9591
4 2379 7834 4835 2327 9843 804 329 8353 7167 3070 1528 7311	24 8483 8400	14 6267 9290
5 3435 7871 348 3693 1876 6585 10340 7144 5870 2084 4052 2780	25 8255 394	15 3009 2268
6 3917 3111 3476 1304 10331 5939 5199 1611 1991 699 8316 9960	26 6338 5042	16 195 2419
7 6883 3237 1717 10752 7891 9764 4745 3888 10009 4176 4614 1567	27 6174 5119	17 8016 1557
8 10587 2195 1689 2968 5420 2580 2883 6496 111 6023 1024 4449	28 7203 1989	18 1516 9195
9 3786 8593 2074 3321 5057 1450 3840 5444 6572 3094 9892 1512	29 1781 5174	19 8062 9064
10 8548 1848 10372 4585 7313 6536 6379 1766 9462 2456 5606 9975	0 1464 3559	20 2095 8968
11 8204 10593 7935 3636 3882 394 5968 8561 2395 7289 9267 9978	1 3376 4214	21 753 7326
12 7795 74 1633 9542 6867 7352 6417 7568 10623 725 2531 9115	2 7238 67	22 6291 3833
13 7151 2482 4260 5003 10105 7419 9203 6691 8798 2092 8263 3755	3 10595 8831	23 2614 7844
14 3600 570 4527 200 9718 6771 1995 8902 5446 768 1103 6520	4 1221 6513	24 2303 646
15 6304 7621	5 5300 4652	25 2075 611
16 6498 9209	6 1429 9749	26 4687 362
17 7293 6786	7 7878 5131	27 8684 9940
18 5950 1708	8 4435 10284	28 4830 2065
19 8521 1793	9 6331 5507	29 7038 1363
20 6174 7854	10 6662 4941	0 1769 7837
21 9773 1190	11 9614 10238	1 3801 1689
22 9517 10268	12 8400 8025	2 10070 2359
23 2181 9349	13 9156 5630	3 3667 9918
24 1949 5560	14 7067 8878	4 1914 6920
25 1556 555	15 9027 3415	5 4244 5669
26 8600 3827	16 1690 3866	6 10245 7821
27 5072 1057	17 2854 8469	7 7648 3944
28 7928 3542	18 6206 630	8 3310 5488
29 3226 3762	19 363 5453	9 6346 9666
0 7045 2420	20 4125 7008	10 7088 6122
1 9645 2641	21 1612 6702	11 1291 7827
2 2774 2452	22 9069 9226	12 10592 8945
3 5331 2031	23 5767 4060	13 3609 7120
4 9400 7503	24 3743 9237	14 9168 9112
5 1850 2338	25 7018 5572	15 6203 8052
6 10456 9774	26 8892 4536	16 3330 2895
7 1692 9276	27 853 6064	17 4264 10563
8 10037 4038	28 8069 5893	18 10556 6496
9 3964 338	29 2051 2885	19 8807 7645
10 2640 5087	0 10691 3153	20 1999 4530
11 858 3473	1 3602 4055	21 9202 6818
12 5582 5683	2 328 1717	22 3403 1734
13 9523 916	3 2219 9299	23 2106 9023
14 4107 1559	4 1939 7898	24 6881 3883
15 4506 3491	5 617 206	25 3895 2171
16 8191 4182	6 8544 1374	26 4062 6424
17 10192 6157	7 10676 3240	27 3755 9536
18 5668 3305	8 6672 9489	28 4683 2131
19 3449 1540	9 3170 7457	29 7347 8027

表 D.10 码率 8/9 ($n_{\text{doc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
0 6235 2848	10 6561 535	19 1260 4903	8 2462 4806
3222	11 4765 2054	0 3369 3031	9 4216 214
1 5800 3492	12 5966 6892	1 3557 3224	10 5348 5619
5348	13 1969 3869	2 3028 583	11 6627 6243
2 2757 927 90	14 3571 2420	3 3258 440	12 2644 5073
3 6961 4516	15 4632 981	4 6226 6655	13 4212 5088
4739	16 3215 4163	5 4895 1094	14 3463 3889
4 1172 3237	17 973 3117	6 1481 6847	15 5306 478
6264	18 3802 6198	7 4433 1932	16 4320 6121
5 1927 2425	19 3794 3948	8 2107 1649	17 3961 1125
3683	0 3196 6126	9 2119 2065	18 5699 1195
6 3714 6309	1 573 1909	10 4003 6388	19 6511 792
2495	2 850 4034	11 6720 3622	0 3934 2778
7 3070 6342	3 5622 1601	12 3694 4521	1 3238 6587
7154	4 6005 524	13 1164 7050	2 1111 6596
8 2428 613	5 5251 5783	14 1965 3613	3 1457 6226
3761	6 172 2032	15 4331 66	4 1446 3885
9 2906 264	7 1875 2475	16 2970 1796	5 3907 4043
5927	8 497 1291	17 4652 3218	6 6839 2873
10 1716 1950	9 2566 3430	18 1762 4777	7 1733 5615
4273	10 1249 740	19 5736 1399	8 5202 4269
11 4613 6179	11 2944 1948	0 970 2572	9 3024 4722
3491	12 6528 2899	1 2062 6599	10 5445 6372
12 4865 3286	13 2243 3616	2 4597 4870	11 370 1828
6005	14 867 3733	3 1228 6913	12 4695 1600
13 1343 5923	15 1374 4702	4 4159 1037	13 680 2074
3529	16 4698 2285	5 2916 2362	14 1801 6690
14 4589 4035	17 4760 3917	6 395 1226	15 2669 1377
2132	18 1859 4058	7 6911 4548	16 2463 1681
15 1579 3920	19 6141 3527	8 4618 2241	17 5972 5171
6737	0 2148 5066	9 4120 4280	18 5728 4284
16 1644 1191	1 1306 145	10 5825 474	19 1696 1459
5998	2 2319 871	11 2154 5558	
17 1482 2381	3 3463 1061	12 3793 5471	
4620	4 5554 6647	13 5707 1595	
18 6791 6014	5 5837 339	14 1403 325	
6596	6 5821 4932	15 6601 5183	
19 2738 5918	7 6356 4756	16 6369 4569	
3786	8 3930 418	17 4846 896	
0 5156 6166	9 211 3094	18 7092 6184	
1 1504 4356	10 1007 4928	19 6764 7127	
2 130 1904	11 3584 1235	0 6358 1951	
3 6027 3187	12 6982 2869	1 3117 6960	
4 6718 759	13 1612 1013	2 2710 7062	
5 6240 2870	14 953 4964	3 1133 3604	
6 2343 1311	15 4555 4410	4 3694 657	
7 1039 5465	16 4925 4842	5 1355 110	
8 6617 2513	17 5778 600	6 3329 6736	
9 1588 5222	18 6509 2417	7 2505 3407	

表 D.11 码率 9/10 ($n_{\text{ldpc}}=64800$)

校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引	校验比特地址索引
0 5611 2563 2900	11 4724 5210	4 1855 5939	15 6236 593
1 5220 3143 4813	12 155 1832	5 4820 2706	16 646 2948
2 2481 834 81	13 1689 2229	6 1475 3360	17 4213 1442
3 6265 4064 4265	14 449 1164	7 4266 693	0 5779 1596
4 1055 2914 5638	15 2308 3088	8 4156 2018	1 2403 1237
5 1734 2182 3315	16 1122 669	9 2103 752	2 2217 1514
6 3342 5678 2246	17 2268 5758	10 3710 3853	3 5609 716
7 2185 552 3385	0 5878 2609	11 5123 931	4 5155 3858
8 2615 236 5334	1 782 3359	12 6146 3323	5 1517 1312
9 1546 1755 3846	2 1231 4231	13 1939 5002	6 2554 3158
10 4154 5561 3142	3 4225 2052	14 5140 1437	7 5280 2643
11 4382 2957 5400	4 4286 3517	15 1263 293	8 4990 1353
12 1209 5329 3179	5 5531 3184	16 5949 4665	9 5648 1170
13 1421 3528 6063	6 1935 4560	17 4548 6380	10 1152 4366
14 1480 1072 5398	7 1174 131	0 3171 4690	11 3561 5368
15 3843 1777 4369	8 3115 956	1 5204 2114	12 3581 1411
16 1334 2145 4163	9 3129 1088	2 6384 5565	13 5647 4661
17 2368 5055 260	10 5238 4440	3 5722 1757	14 1542 5401
0 6118 5405	11 5722 4280	4 2805 6264	15 5078 2687
1 2994 4370	12 3540 375	5 1202 2616	16 316 1755
2 3405 1669	13 191 2782	6 1018 3244	17 3392 1991
3 4640 5550	14 906 4432	7 4018 5289	
4 1354 3921	15 3225 1111	8 2257 3067	
5 117 1713	16 6296 2583	9 2483 3073	
6 5425 2866	17 1457 903	10 1196 5329	
7 6047 683	0 855 4475	11 649 3918	
8 5616 2582	1 4097 3970	12 3791 4581	
9 2108 1179	2 4433 4361	13 5028 3803	
10 933 4921	3 5198 541	14 3119 3506	
11 5953 2261	4 1146 4426	15 4779 431	
12 1430 4699	5 3202 2902	16 3888 5510	
13 5905 480	6 2724 525	17 4387 4084	
14 4289 1846	7 1083 4124	0 5836 1692	
15 5374 6208	8 2326 6003	1 5126 1078	
16 1775 3476	9 5605 5990	2 5721 6165	
17 3216 2178	10 4376 1579	3 3540 2499	
0 4165 884	11 4407 984	4 2225 6348	
1 2896 3744	12 1332 6163	5 1044 1484	
2 874 2801	13 5359 3975	6 6323 4042	
3 3423 5579	14 1907 1854	7 1313 5603	
4 3404 3552	15 3601 5748	8 1303 3496	
5 2876 5515	16 6056 3266	9 3516 3639	
6 516 1719	17 3322 4085	10 5161 2293	
7 765 3631	0 1768 3244	11 4682 3845	
8 5059 1441	1 2149 144	12 3045 643	
9 5629 598	2 1589 4291	13 2818 2616	
10 5405 473	3 5154 1252	14 3267 649	

附 录 E
(规范性)
短 FEC 的 LDPC 校验位累加器地址

表 E.1~表 E.10 规定了 $n_{ldpc}=16200$ 时, 不同码率下校验位累加器的地址索引。

表 E.1 码率 1/4 ($n_{ldpc}=16200$)

校验比特地址索引											
6295	9626	304	7695	4839	4936	1660	144	11203	5567	6347	12557
10691	4988	3859	3734	3071	3494	7687	10313	5964	8069	8296	11090
10774	3613	5208	11177	7676	3549	8746	6583	7239	12265	2674	4292
11869	3708	5981	8718	4908	10650	6805	3334	2627	10461	9285	11120
7844	3079	10773									
3385	10854	5747									
1360	12010	12202									
6189	4241	2343									
9840	12726	4977									

表 E.2 码率 1/3 ($n_{ldpc}=16200$)

校验比特地址索引											
416	8909	4156	3216	3112	2560	2912	6405	8593	4969	6723	6912
8978	3011	4339	9312	6396	2957	7288	5485	6031	10218	2226	3575
3383	10059	1114	10008	10147	9384	4290	434	5139	3536	1965	2291
2797	3693	7615	7077	743	1941	8716	6215	3840	5140	4582	5420
6110	8551	1515	7404	4879	4946	5383	1831	3441	9569	10472	4306
1505	5682	7778									
7172	6830	6623									
7281	3941	3505									
10270	8669	914									
3622	7563	9388									
9930	5058	4554									
4844	9609	2707									
6883	3237	1714									
4768	3878	10017									
10127	3334	8267									

表 E.3 码率 2/5 ($n_{\text{dpc}}=16200$)

校验比特地址索引											
5650	4143	8750	583	6720	8071	635	1767	1344	6922	738	6658
5696	1685	3207	415	7019	5023	5608	2605	857	6915	1770	8016
3992	771	2190	7258	8970	7792	1802	1866	6137	8841	886	1931
4108	3781	7577	6810	9322	8226	5396	5867	4428	8827	7766	2254
4247	888	4367	8821	9660	324	5864	4774	227	7889	6405	8963
9693	500	2520	2227	1811	9330	1928	5140	4030	4824	806	3134
1652	8171	1435									
3366	6543	3745									
9286	8509	4645									
7397	5790	8972									
6597	4422	1799									
9276	4041	3847									
8683	7378	4946									
5348	1993	9186									
6724	9015	5646									
4502	4439	8474									
5107	7342	9442									
1387	8910	2660									

表 E.4 码率 1/2 ($n_{\text{dpc}}=16200$)

校验比特地址索引											
20	712	2386	6354	4061	1062	5045	5158				
21	2543	5748	4822	2348	3089	6328	5876				
22	926	5701	269	3693	2438	3190	3507				
23	2802	4520	3577	5324	1091	4667	4449				
24	5140	2003	1263	4742	6497	1185	6202				
0	4046	6934									
1	2855	66									
2	6694	212									
3	3439	1158									
4	3850	4422									
5	5924	290									
6	1467	4049									
7	7820	2242									
8	4606	3080									
9	4633	7877									
10	3884	6868									
11	8935	4996									
12	3028	764									
13	5988	1057									
14	7411	3450									

表 E.5 码率 3/5 ($n_{ldpc}=16200$)

校验比特地址索引												
2765	5713	6426	3596	1374	4811	2182	544	3394	2840	4310	771	
4951	211	2208	723	1246	2928	398	5739	265	5601	5993	2615	
210	4730	5777	3096	4282	6238	4939	1119	6463	5298	6320	4016	
4167	2063	4757	3157	5664	3956	6045	563	4284	2441	3412	6334	
4201	2428	4474	59	1721	736	2997	428	3807	1513	4732	6195	
2670	3081	5139	3736	1999	5889	4362	3806	4534	5409	6384	5809	
5516	1622	2906	3285	1257	5797	3816	817	875	2311	3543	1205	
4244	2184	5415	1705	5642	4886	2333	287	1848	1121	3595	6022	
2142	2830	4069	5654	1295	2951	3919	1356	884	1786	396	4738	
0	2161	2653										
1	1380	1461										
2	2502	3707										
3	3971	1057										
4	5985	6062										
5	1733	6028										
6	3786	1936										
7	4292	956										
8	5692	3417										
9	266	4878										
10	4913	3247										
11	4763	3937										
12	3590	2903										
13	2566	4215										
14	5208	4707										
15	3940	3388										
16	5109	4556										
17	4908	4177										

表 E.6 码率 2/3 ($n_{ldpc}=16200$)

校验比特地址索引													
0	2084	1613	1548	1286	1460	3196	4297	2481	3369	3451	4620	2622	
1	122	1516	3448	2880	1407	1847	3799	3529	373	971	4358	3108	
2	259	3399	929	2650	864	3996	3833	107	5287	164	3125	2350	
3	342	3529											
4	4198	2147											
5	1880	4836											
6	3864	4910											
7	243	1542											
8	3011	1436											
9	2167	2512											
10	4606	1003											
11	2835	705											
12	3426	2365											
13	3848	2474											
14	1360	1743											
0	163	2536											
1	2583	1180											
2	1542	509											
3	4418	1005											
4	5212	5117											
5	2155	2922											
6	347	2696											
7	226	4296											
8	1560	487											
9	3926	1640											
10	149	2928											
11	2364	563											
12	635	688											
13	231	1684											
14	1129	3894											

表 E.7 码率 3/4 ($n_{\text{ldpc}}=16200$)

校验比特地址索引	
3	3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801
4	2681 2135
5	3107 4027
6	2637 3373
7	3830 3449
8	4129 2060
9	4184 2742
10	3946 1070
11	2239 984
0	1458 3031
1	3003 1328
2	1137 1716
3	132 3725
4	1817 638
5	1774 3447
6	3632 1257
7	542 3694
8	1015 1945
9	1948 412
10	995 2238
11	4141 1907
0	2480 3079
1	3021 1088
2	713 1379
3	997 3903
4	2323 3361
5	1110 986
6	2532 142
7	1690 2405
8	1298 1881
9	615 174
10	1648 3112
11	1415 2808

表 E.8 码率 4/5 ($n_{\text{dpc}}=16200$)

校验比特地址索引	
5	896 1565
6	2493 184
7	212 3210
8	727 1339
9	3428 612
0	2663 1947
1	230 2695
2	2025 2794
3	3039 283
4	862 2889
5	376 2110
6	2034 2286
7	951 2068
8	3108 3542
9	307 1421
0	2272 1197
1	1800 3280
2	331 2308
3	465 2552
4	1038 2479
5	1383 343
6	94 236
7	2619 121
8	1497 2774
9	2116 1855
0	722 1584
1	2767 1881
2	2701 1610
3	3283 1732
4	168 1099
5	3074 243
6	3460 945
7	2049 1746
8	566 1427
9	3545 1168

表 E.9 码率 5/6 ($n_{ldpc}=16200$)

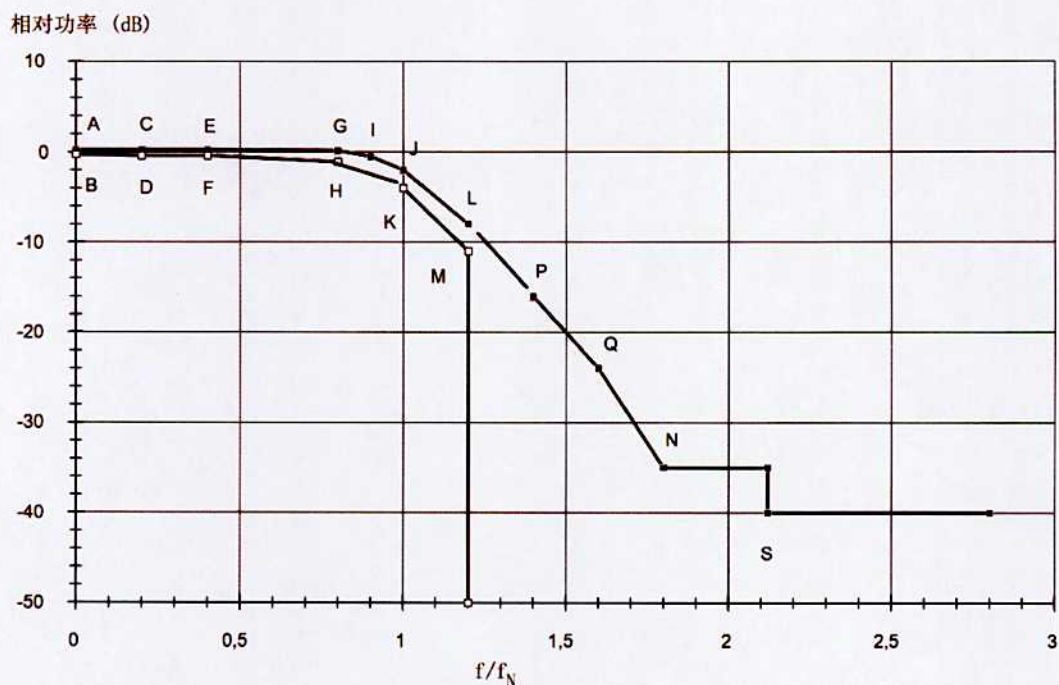
校验比特地址索引												
3	2409	499	1481	908	559	716	1270	333	2508	2264	1702	2805
4	2447	1926										
5	414	1224										
6	2114	842										
7	212	573										
0	2383	2112										
1	2286	2348										
2	545	819										
3	1264	143										
4	1701	2258										
5	964	166										
6	114	2413										
7	2243	81										
0	1245	1581										
1	775	169										
2	1696	1104										
3	1914	2831										
4	532	1450										
5	91	974										
6	497	2228										
7	2326	1579										
0	2482	256										
1	1117	1261										
2	1257	1658										
3	1478	1225										
4	2511	980										
5	2320	2675										
6	435	1278										
7	228	503										
0	1885	2369										
1	57	483										
2	838	1050										
3	1231	1990										
4	1738	68										
5	2392	951										
6	163	645										
7	2644	1704										

表 E.10 码率 8/9 ($n_{ldpc}=16200$)

校验比特地址索引	
0	1558 712 805
1	1450 873 1337
2	1741 1129 1184
3	294 806 1566
4	482 605 923
0	926 1578
1	777 1374
2	608 151
3	1195 210
4	1484 692
0	427 488
1	828 1124
2	874 1366
3	1500 835
4	1496 502
0	1006 1701
1	1155 97
2	657 1403
3	1453 624
4	429 1495
0	809 385
1	367 151
2	1323 202
3	960 318
4	1451 1039
0	1098 1722
1	1015 1428
2	1261 1564
3	544 1190
4	1472 1246
0	508 630
1	421 1704
2	284 898
3	392 577
4	1155 556
0	631 1000
1	732 1368
2	1328 329
3	1515 506
4	1104 1172

附录 F
(规范性)
调制器输出信号频谱

滚降系数 $\alpha=0.35$ ，调制器输出信号频谱应和 GB/T 17700—1999 中的一致。
作为选项，该信号的频谱可以对应于更窄的滚降系数 $\alpha=0.25$ 或 $\alpha=0.20$ 。
图 F.1 给出了基带频域表示的调制器输出信号频谱模板。



注：频率轴已校准，滚降系数 $\alpha=0.35$ 。

图 F.1 基带频域表示的调制器输出信号频谱模板

图 F.2 给出了奈奎斯特调制器滤波器的群时延模板。

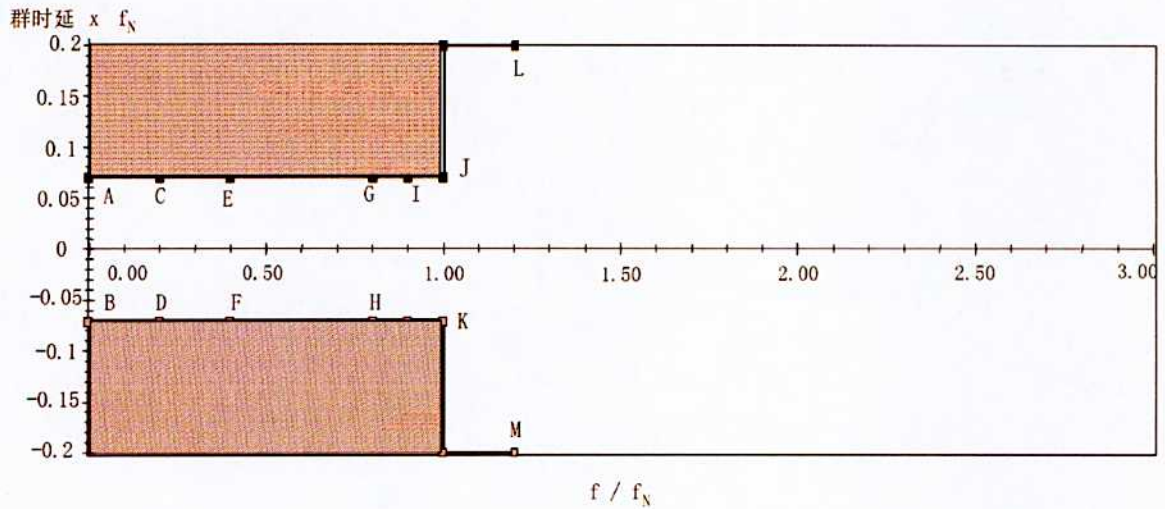


图 F.2 调制器滤波器群时延模板

表 F.1 定义了图 F.1 与图 F.2 中的点 A~S。该滤波器频率响应是基于理想狄拉克 δ 函数输入，符号间隔为 $TS=1/R_s=1/2f_N$ ，当为矩形输入信号时，应加以合适的 $x/\sin(x)$ 对滤波相应进行校正。

表 F.1 图 F.1 和图 F.2 中的点的定义

点	频率 ($\alpha=0.35$)	频率 ($\alpha=0.25$)	频率 ($\alpha=0.20$)	相对功率 dB	群时延
A	$0.0f_N$	$0.0f_N$	$0.0f_N$	0.25	$0.07/f_N$
B	$0.0f_N$	$0.0f_N$	$0.0f_N$	-0.25	$-0.07/f_N$
C	$0.2f_N$	$0.2f_N$	$0.2f_N$	0.25	$0.07/f_N$
D	$0.2f_N$	$0.2f_N$	$0.2f_N$	-0.40	$-0.07/f_N$
E	$0.4f_N$	$0.4f_N$	$0.4f_N$	0.25	$0.07/f_N$
F	$0.4f_N$	$0.4f_N$	$0.4f_N$	-0.40	$-0.07/f_N$
G	$0.8f_N$	$0.86f_N$	$0.89f_N$	0.15	$0.07/f_N$
H	$0.8f_N$	$0.86f_N$	$0.89f_N$	-1.10	$-0.07/f_N$
I	$0.9f_N$	$0.93f_N$	$0.94f_N$	-0.50	$0.07/f_N$
J	$1.0f_N$	$1.0f_N$	$1.0f_N$	-2.00	$0.07/f_N$
K	$1.0f_N$	$1.0f_N$	$1.0f_N$	-4.00	$-0.07/f_N$
L	$1.2f_N$	$1.13f_N$	$1.11f_N$	-8.00	—
M	$1.2f_N$	$1.13f_N$	$1.11f_N$	-11.00	—
N	$1.8f_N$	$1.60f_N$	$1.5f_N$	-35.00	—
P	$1.4f_N$	$1.30f_N$	$1.23f_N$	-16.00	—
Q	$1.6f_N$	$1.45f_N$	$1.4f_N$	-24.00	—
S	$2.12f_N$	$1.83f_N$	$1.7f_N$	-40.00	—

参 考 文 献

- [1] R. De Gaudenzi, A. Guillen i Fabregas, A. Martinez Vicente, B. Ponticelli. APSK Coded Modulation Schemes for Nonlinear Satellite Channels with High Power and Spectral Efficiency, May 2002 [C]. Montreal, Canada: AIAA Satellite Communication Systems Conference 2002.
- [2] U. Reimers, A. Morello. DVB-S2, the second generation standard for satellite broadcasting and unicasting [J]. International Journal on Satellite Communication Networks, 2004, 22.
- [3] M. Eroz, F.-W. Sun and L.-N. Lee. DVB-S2 Low Density Parity Check Codes with near Shannon Limit Performance [J]. International Journal on Satellite Communication Networks, 2004, 22.
- [4] E. Casini, R. De Gaudenzi, A. Ginesi. DVB-S2 modem algorithms design and performance over typical satellite channels [J]. International Journal on Satellite Communication Networks, 2004, 22.
- [5] F.-W. Sun Y. Jiang and L.-N. Lee. Frame synchronization and pilot structure for DVB-S2 [J]. International Journal on Satellite Communication Networks, 2004, 22.
- [6] A. Morello, R. Rinaldo, M. Vazquez-Castro. DVB-S2 ACM modes for IP and MPEG unicast applications [J]. International Journal on Satellite Communication Networks, 2004, 22.
- [7] E. Chen, J. L. Koslov, V. Mignone, J. Santoru. DVB-S2 Backward-Compatible modes: a bridge between the present and the future [J]. International Journal on Satellite Communication Networks, 2004, 22.
- [8] CENELEC EN 50083-9 Cable networks for television signals, sound signals and interactive services-Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams.
- [9] ETSI TBR 30 (1997) Satellite Earth Stations and Systems (SES); Satellite News Gathering Transportable Earth Stations (SNG TES) operating in the 11-12/13-14 GHz frequency bands.
- [10] ETSI ETS 300 327 Satellite Earth Stations and Systems (SES); Satellite News Gathering (SNG) Transportable Earth Stations (TES) (13-14/11-12 GHz).
- [11] ETSI EN 300 673 Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for Very Small Aperture Terminal (VSAT), Satellite News Gathering (SNG), Satellite Interactive Terminals (SIT) and Satellite User Terminals (SUT) Earth Stations operated in the frequency ranges between 4 GHz and 30 GHz in the Fixed Satellite Service (FSS).
-