

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R BO.2098-0 建议书
(12/2016)

UHDTV卫星广播的传输系统

BO 系列
卫星传送



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

（也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2017年，日内瓦

© 国际电联 2017

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R BO.2098-0 建议书
UHDTV卫星广播的传输系统
(ITU-R第292/4号课题)

(2016)

范围

UHDTV广播需要超出常规HDTV广播的传输能力。

本建议书定义了UHDTV卫星广播的传输系统。

关键词

UHDTV、卫星广播、传输容量、ISDB-S3

缩略语/词汇

APSK	振幅和相移键控
AWGN	加性白色高斯噪声
BPSK	双字节相位移键
BCH编码	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem编码
C/N	载波噪声比
EWS	应急告警系统
FEC	前向纠错
GF	伽罗瓦域
IF-loopback	频率间环回
IP	互联网协议
IPv4	互联网协议版本4
IPv6	互联网协议版本6
ISDB-S	卫星综合业务数字广播
ISDB-S3	第3代卫星综合业务数字广播
LDPC编码	低密度校验码
LSB	最低有效位
MPEG	活动图像专家组
MMT	MPEG媒体传送
MSB	最高有效位
OBO	输出补偿
PSK	相移键控
PRBS	伪随机双字节序列

QPSK	四相移相键控
TDM	时分复用
TLV	类型长度值
TMCC	传输和复用配置控制
TS	传送流
TS_ID	传送流标识符
TWTA	行波管放大器
UHDTV	超高清电视

相关国际电联建议书、报告

ITU-R BO.1408-1建议书	用于卫星广播频道综合业务数字广播提供的高级多媒体业务的传输系统
ITU-R BO.1516-1建议书	在11/12 GHz频率范围内运行的卫星所用的数字多节目电视系统
ITU-R BO/BT.1774-2建议书	卫星和地面广播设施在公共预警、减灾和救灾中的使用
ITU-R BO.1784-0建议书	可灵活配置的数字卫星广播系统（电视、声音和数据）
ITU-R BT.2020-2建议书	超高清电视系统节目制作和国际交换的参数数值
ITU-R BT.2073-0建议书	将高效视频编码（HEVC）标准用于UHDTV和HDTV广播
ITU-R BT.2100-0建议书	用于制作和国际节目的高动态范围电视的图像参数数值
ITU-R BO.2397-0报告	UHDTV卫星广播的卫星传输

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 超高清电视（UHDTV）¹广播将在近期成为主要媒体服务；
- b) 要在一个卫星转发器内实现超高清电视（UHDTV）的卫星广播需要提高传输容量；
- c) 数字技术最近取得的进展可实现较低滚降因数，高带宽高效前转纠错（FEC）和诸如低密度校验（LDPC）编码以及振幅和相移键控（APSK）等调制方案；
- d) 当遇到不同气候区的不同雨衰时，卫星广播系统需要考虑哪些实用方法；
- e) 系统应能抵御卫星转发器非线性；

¹ UHDTV定义见ITU-R BT.2020建议书。

- f) 系统最好能够同时承载活动图像专家组（MPEG）传送流包和IP包；
 - g) 希望系统能够允许灵活的传输和复用配置；
 - h) 广播系统最好能够支持应急告警系统（EWS），尤其用于多地震区域，
- 认识到
- a) ITU-R BO.1408和ITU-R BO.1516建议书描述了卫星所采用的数字多节目电视系统；
 - b) ITU-R BO.1784建议书阐述了可灵活配置（电视、声音和数据）的数字卫星广播系统；
 - c) ITU-R BT.2073建议书阐述了使用高效视频编码（HEVC）标准的UHDTV和HDTV广播发射的比特速率；
 - d) ITU-R BO/BT.1774建议书阐述了卫星和地面广播基础设施在公共告警、减灾和赈灾中的使用，

建议

ARIB STD-B44²规定的ISDB-S3系统应用于UHDTV卫星广播（见注1和注2）。

注1 – 所建议的系统（系统F）概况描述见附件1，附件2提供了有关UHDTV卫星广播传输系统的比较表。

注2 – ARIB STD-B44规定的符号率仅用于举例。ISDB-S3的符号率可根据各种卫星转发器带宽灵活确定。

² ARIB STD-B44 (http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B44v2_0-E1.pdf)。

附件1

UHDTV卫星广播ISDB-S3系统（简称系统F）的技术特性

目录

页码

附件1 – UHDTV卫星广播ISDB-S3系统（简称系统F）的技术特性.....	4
1 UHDTV卫星广播ISDB-S3系统摘要.....	4
2 UHDTV卫星广播ISDB-S3系统的技术规范.....	6
2.1 块定义	6
2.2 成帧	7
2.3 调制信号帧配置	8
2.4 前向纠错	10
2.5 TMCC的纠错方法.....	11
2.6 能量扩散	11
2.7 比特交织	11
2.8 调制方案	11
2.9 导频信号	13
2.10 滚降因数	14
2.11 TMCC信号.....	14
附件2 – UHDTV卫星广播传输系统对照表.....	20

1 UHDTV卫星广播ISDB-S3系统摘要

ISDB-S3系统是日本为UHDTV卫星广播开发的。该系统的技术特性如下：

- UHDTV家庭接收：考虑到日本广泛使用45-cm抛物面天线，该系统利用16-APSK通过34.5 MHz卫星转发器提供100 Mbit/s以及内码率7/9，服务可用性达到99.5%；
- 大传输容量：使用0.03的滚降因数，LDPC编码和APSK调制加大传输容量；
- 抗雨衰能力：具有不同调制方案和内码率的多重信号以TDM方式发射的分层传输确保信号在强降雨条件下得到接收；
- 在低C/N的情况下保持稳定接收：定期发射一个 $\pi/2$ 移动双字节相移键控（BPSK）相位参考突溢信号在C/N为0.0 dB的情况下提供载波相位恢复稳健性。此外，将相位参考突溢信号作为TMCC载荷有助于增加传输容量；

- 对卫星转发器非线性的抵御：使用导频信号，即使在出现非线性效应时亦能实现优化的LDPC解码；
- 可变长度包的传输：使用类型长度值（TLV）作为输入信号格式，使诸如IPv4或IPv6这样的IP包得以通过卫星信道传送；
- 功能传输控制：使用9422比特传输和复用配置控制（TMCC）指配可提供全面的传输控制。传输和复用配置控制可发送不同的传输控制信号，包括用于控制和调制方案的信号、码率和输入信号格式（MPEG-2 TS或TLV），以及用于确认和管理多输入的信号，启动应急告警系统（EWS）并通报卫星转发器操作点。

ISDB-S3技术特性列于表1。该系统将LDPC编码作为内码使用，因为该编码具有出色的纠错能力。 $\pi/2$ -shift BPSK、QPSK和8PSK主要用于卫星转发器中的饱和行波管放大器（TWTA）。为扩大容量，对16-APSK和32-APSK提供支持。此外，导频信号的使用旨在优化LDPC解码，即使在出现非线性效应的情况下，特别考虑到TWTA的非线性特性很容易导致APSK。此外，滚降因数0.03的使用旨在实现陡过滤器特性并使更高符号率的使用成为可能。该系统支持调制的多时分复用（TDM）组合和内码率，可提供广泛的传输容量和服务可用性。此外，TMCC可传送信号，用于确定TLV包的边界，用来发送可变长度IP包。

表1

ISDB-S3系统的技术规范

项目		描述
输入信号格式		MPEG-2 TS、TLV
调制方案		$\pi/2$ -shift BPSK、QPSK、8-PSK、16-APSK和32-APSK
传输控制		TMCC
前向纠错	内码	LDPC编码（编码长度：44880）
	码率	1/3 (41/120)、2/5 (49/120)、1/2 (61/120)、3/5 (73/120)、2/3 (81/120)、3/4 (89/120)、7/9 (93/120)、4/5 (97/120)、5/6 (101/120)、7/8 (105/120)、9/10 (109/120)（标称值（真值））
	外码	BCH (65535, 65343, $T = 12$)短码
TMCC	调制方案	$\pi/2$ -shift BPSK
	内码	LDPC (31680,9614) LDPC (44880, 22184)短码
	外码	BCH (9614,9422), BCH (65535,65343)短码
	控制单元	隙槽单元的传输控制
TDM帧结构		每帧120槽
符号率		未规定。 ISDB-S3符号率可根据卫星转发器带宽的不同情况灵活确定。
滚降因数		0.03
非线性补偿信号		导频信号，使用与输入信号相同的调制方案发射独一无二的词序。接收侧使用的平均导频信号用于LDPC解码的参考点。

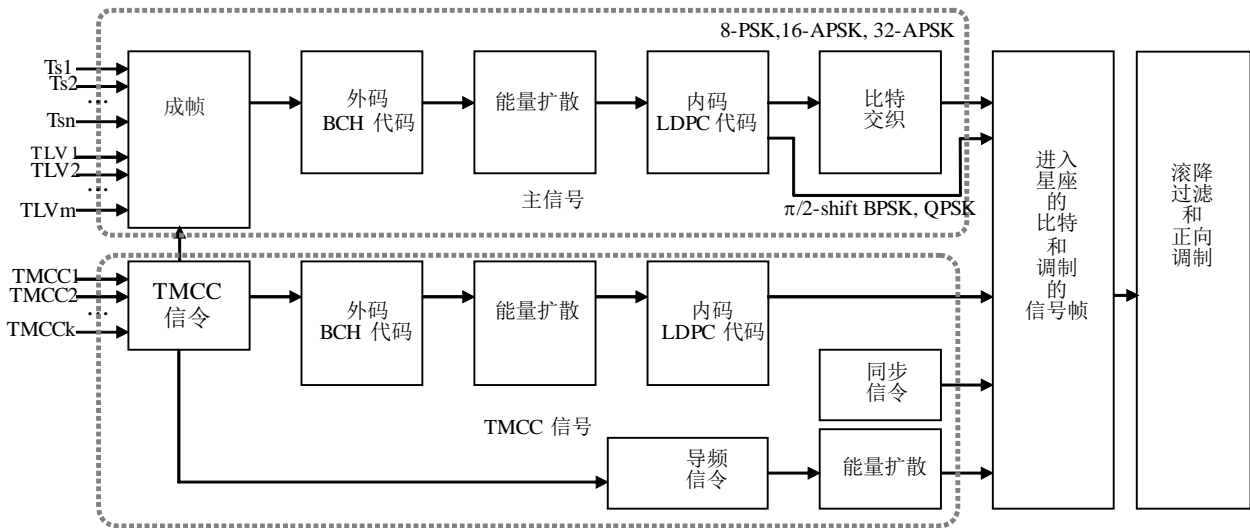
2 UHDTV卫星广播ISDB-S3系统的技术规范

2.1 块定义

ISDB-S3的一般性配置见图1。该系统处理作为主要信号（图1上半部分）的MPEG-2传送流（TS）和类型长度值（TLV）流（TS1、TS2、…、TSn、TLV1、TLV2、…、TLVm）以及用于发射各流（TMCC1、TMCC2、…、TMCCk）的传输参数，它在这些传输参数（图1下半部分）的基础上生成TMCC信号。帧的配置基于TMCC信号，主要信号和TMCC信号在帧单元内处理。各帧有120槽，每槽长度与LDPC编码相同。在帧配置后，主要信号分步处理，包括外码编码、能量分散和内码编码以及在8-PSK、16-APSK或32-APSK调制方案中的比特交织。除在比特交织例外情况下，TMCC信号亦以同样方式得到处理。除这些信号外，同步信号（用于帧同步和槽同步）以及能量扩散导频信号生成，这些信号的调制方案与主信号相同。上述信号之后映射到指定星座，调制帧以TDM方式得到处理。

图1

ISDB-S3系统的一般性配置



BO.2098-01

2.2 成帧

2.2.1 主信号帧配置

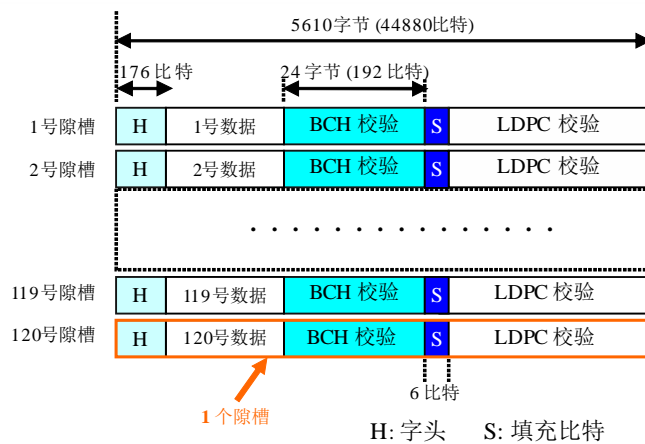
主信号帧配置见图2。该复用帧包含120个隙槽，各包含一个字头、数据、BCH校验比特、填充比特和LDPC校验比特。

此处，MPEG-2 TS或TLV包安排在数据区，对于MPEG-2 TS包，187字节包，不包括每个包前端的同步字节（0x47），顺序安排在各隙槽的数据区中。

计算得出字头和数据的BCH校验比特并将其放在数据区后。BCH校验区后为六个填充比特（0x3F），在字头、数据、BCH校验比特和填充比特的能量扩散后，计算得出LDPC校验比特并将其置于校验比特后。

图2

主信号的帧配置

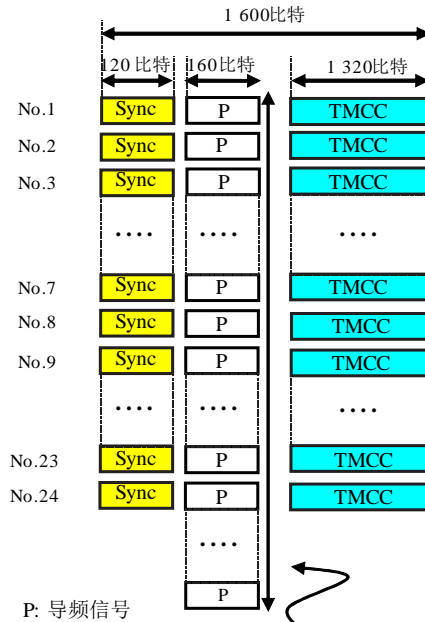


BO.2098-02

2.2.2 控制信号帧配置

控制信号帧配置见图3。该复用帧包括同步信号的2 880比特、导频信号的3 840~19 200比特和TMCC信号的31 680比特。

图3
控制信号的帧配置



P: 导频信号
P的最大隙槽数根据调制方案的不同在24号和120号之间存在差异

BO.2098-03

2.3 调制信号帧配置

从上述帧配置复用信号中产生的调制信号框图见图4，调制信号的帧配置见图5。

图4
调制信号的生成

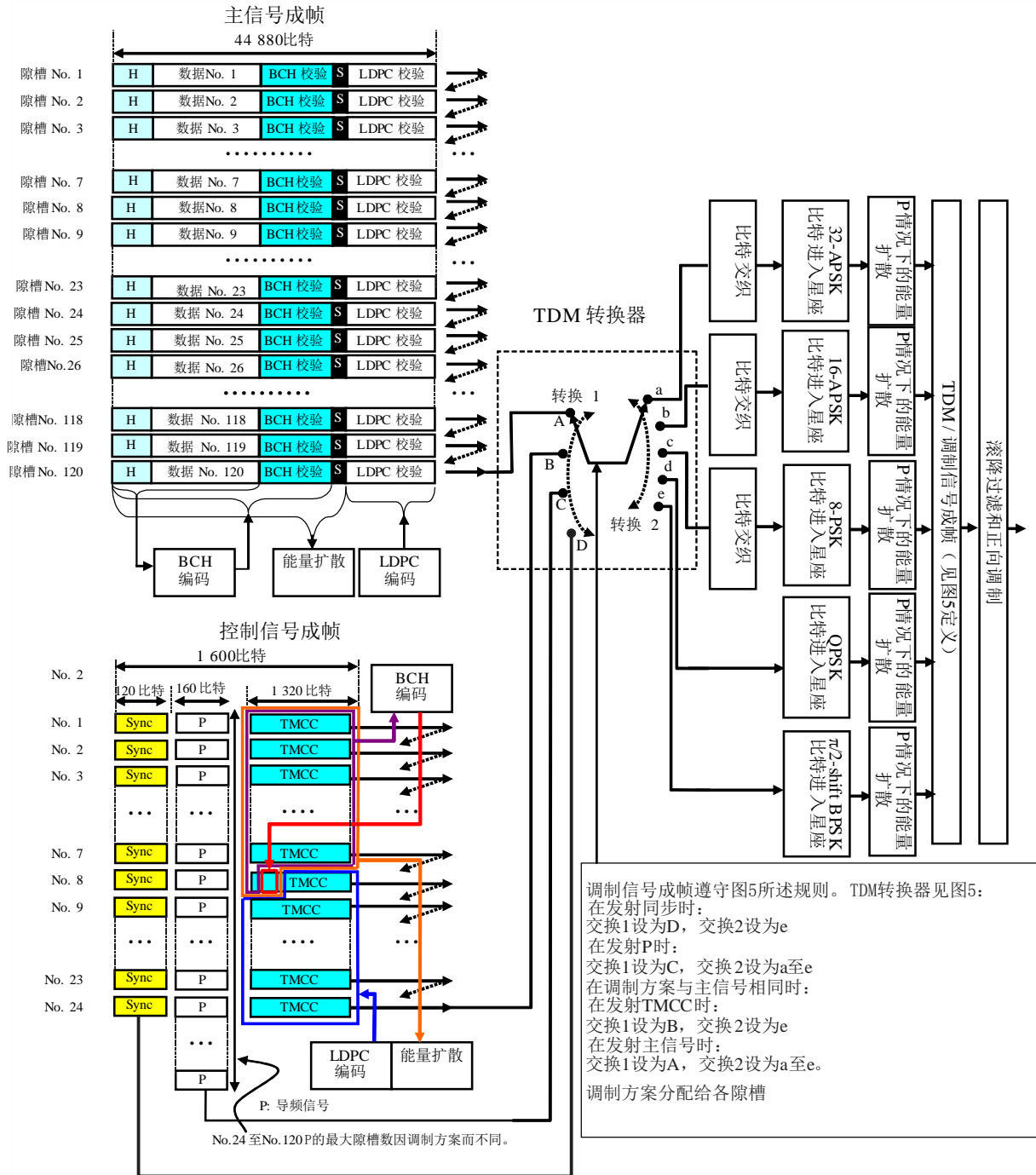
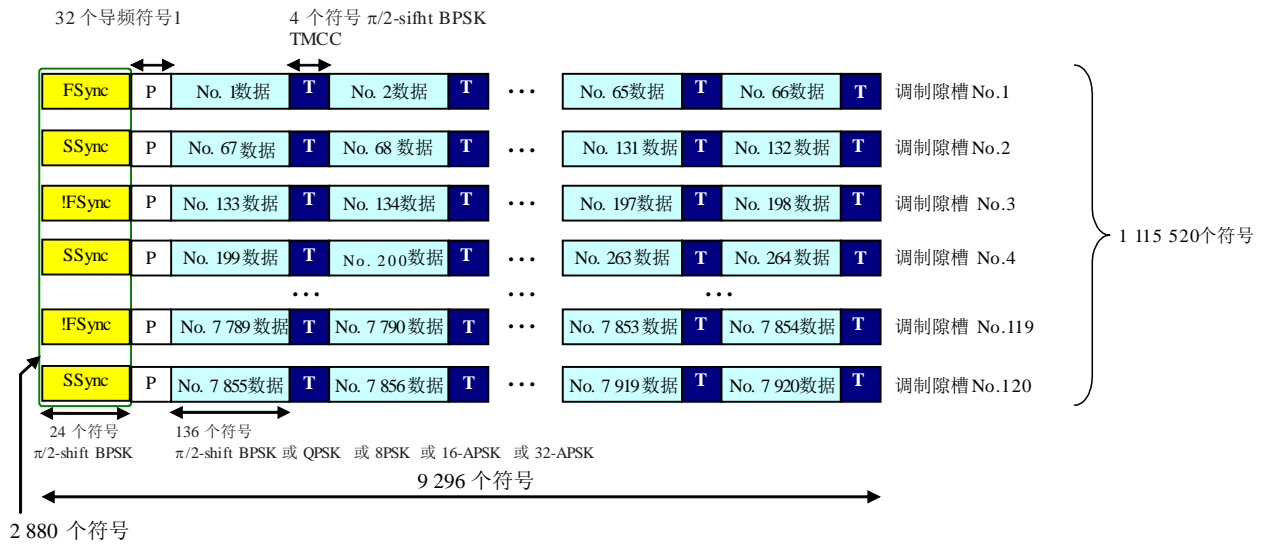


图5
调制信号帧配置



BO.2098-05

2.4 前向纠错

2.4.1 外码编码方法

外码编码方法为BCH (65535, 65343) 短码，纠正能力 $T = 12$ 。

2.4.2 内码编码方法

内码编码方法为LDPC编码，长度为44 880比特，11个速率，见表2。

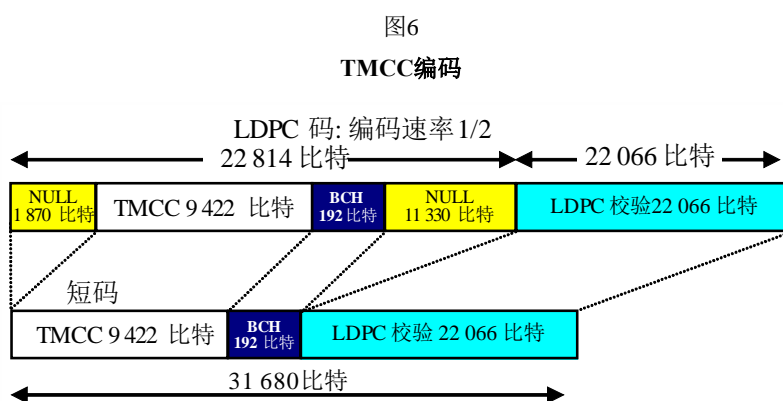
表2
内码码率

内码码率 (标称值)	真值
1/3	41/120
2/5	49/120
1/2	61/120
3/5	73/120
2/3	81/120
3/4	89/120
7/9	93/120
4/5	97/120
5/6	101/120
7/8	105/120
9/10	109/120

在此，上表中的“真值”是实际码率，而“标称值”是通过简分数得到的近似真值的数值。

2.5 TMCC的纠错方法

用于主信号的外码方法用于外码。主信号的LDPC编码（速率1/2）的短码用于内码，（见图6）。LDPC编码数据包括NULL数据（1 870比特，全零），TMCC数据（9 422比特）、Bose-Chaudhuri-Hocquenghem编码（BCH）校验（192比特），另一个NULL数据序列（11 330比特，全零）和LDPC校验（22 066比特）。在LDPC编码和NULL数据删除后，TMCC数据，BCH校验和LDPC校验作为TMCC符号发送。在接收机一端，NULL数据对应于零的理想符号插入NULL数据段，LDPC解码以1/2码率进行。



BO.2098-06

2.6 能量扩散

对于字头、数据、BCH数据和填充比特进行能量扩散。
亦对TMCC和导频信号进行能量扩散。

2.7 比特交织

对于8-PSK、16-APSK和32-APSK，LDPC编码段的输出为交织比特。

2.8 调制方案

适用的调制方案列于表3，每个调制方案的星座图见图7。使用 $\pi/2$ -shift BPSK的调制利用以下星座，对于包括帧前端第1个符号的奇数符号，符号0和符号1分别占有四方图中第1和第3图的信号点，对于第2个符号和之后的偶数符号，上述各点以反时针方向 90° 旋转。16-APSK的半径比为 $\gamma_1 (=R_2/R_1)$ ，32-APSK的半径比为 $\gamma_2 (=R_3/R_1)$ 。依据内码率，见表4和表5。此外，调制方案(a)至(c)中半径取1，幂规定为1，我们分别使用 $4R_1^2+12R_2^2=16$ 和 $4R_1^2+12R_2^2+16R_3^2=32$ 用于调制方案(d)和(e)，幂规定为1。

图3
调制方案

调制方案	应用
$\pi/2$ -shift BPSK	帧同步 隙槽同步 TMCC信号 主信号（包括导频信号）
QPSK	主信号（包括导频信号）
8-PSK	主信号（包括导频信号）
16-APSK	主信号（包括导频信号）
32-APSK	主信号（包括导频信号）

图7
各调制方案的星座图

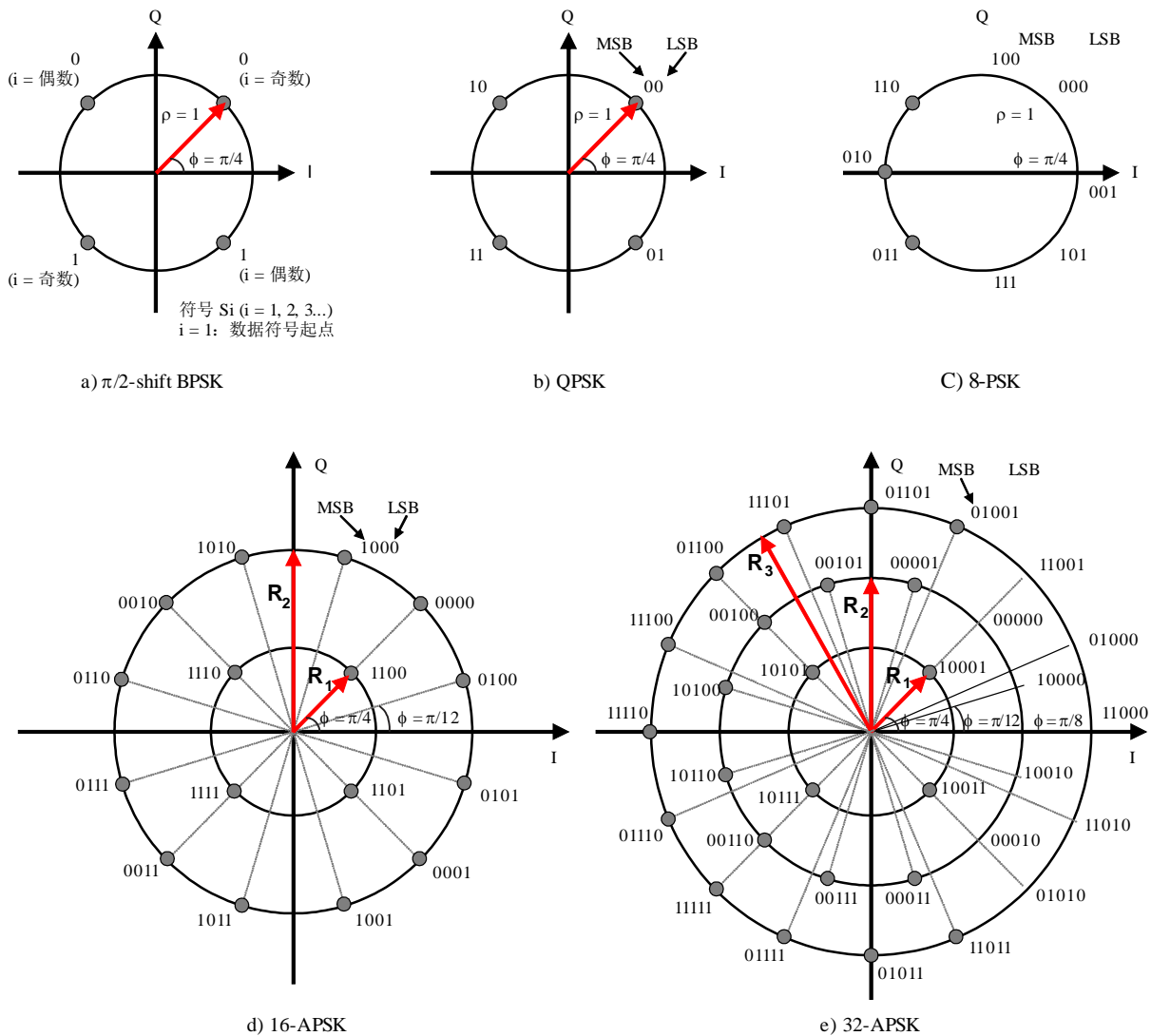


表4

16-APSK半径比

内码率	半径比 γ
1/3	3.09
2/5	2.97
1/2	3.93
3/5	2.87
2/3	2.92
3/4	2.97
7/9	2.87
4/5	2.73
5/6	2.67
7/8	2.76
9/10	2.69

表5

32-APSK半径比

内码率	半径比 γ_1	半径比 γ_2
1/3	3.09	6.53
2/5	2.97	7.17
1/2	3.93	8.03
3/5	2.87	5.61
2/3	2.92	5.68
3/4	2.97	5.57
7/9	2.87	5.33
4/5	2.73	5.05
5/6	2.67	4.80
7/8	2.76	4.82
9/10	2.69	4.66

2.9 导频信号

导频信号按顺序为调制方案规定的TMCC隙槽发射信号点。举例而言，导频信号将为32-APSK按顺序发送信号点00000、00001、00010、00011、...11111，为16-APSK按顺序两次发送信号点0000、0001、0010、0011、...1111，为8PSK按顺序四次发送信号点000、001、010、011、...111，并为QPSK按顺序八次发送信号点00、01、10和11，为 $\pi/2$ -shift BPSK按顺序十六次发送信号点0和1。

2.10 滚降因数

用于限制载波频段的过滤特性设置为升余弦特性，由以下频率发送函数确定：

其中：

$$\begin{cases} 1 & |F| \leq F_n \times (1 - \alpha) \\ \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2F_n} \left[\frac{F_n - |F|}{\alpha} \right]} & F_n(1 - \alpha) \leq |F| \leq F_n(1 + \alpha) \\ 0 & |F| \geq F_n(1 + \alpha) \end{cases}$$

F_n : 尼奎斯特频率

α : 滚降因数 = 0.03

2.11 TMCC信号

TMCC信号为每个隙槽的发射流分配、流与调制方案之间的关系发送与发射相关的控制信息。可用来发射TMCC的区域尺寸为每帧9 244比特。在调制方案之间交换时，TMCC信号在实际交换前发送两帧的交换信息。TMCC信号的最小更新间隔为一帧。接收机必须持续监测TMCC信号信息以确保收到这类控制信息。TMCC信号中控制信息的比特配置见图8。

图8

TMCC信号的比特配置

变化顺序	传输模式/ 隙槽信息	流类型/ 相关数量 信息	流类型/ 相关数量 信息	包格式/ 相关流数量 信息	相关流数量/ 隙槽信息	相关流 ID 和 发射流 ID之间的对应表	发射/ 接收控制 信息	扩展信息
8 比特	192 比特	128 比特	896 比特	3 840 比特	480 比特	256 比特	8 比特	3 614 比特

BO.2098-08

2.11.1 变化顺序

变化顺序为8比特数字并在TMCC信号信息每次变更时加一。该值在“11111111”之后重新设置为“00000000”。

2.11.2 传输模式/隙槽信息

该信息表明，该主信号（4比特）的调制方案，内码率（4比特）、分配隙槽数（8比特）和卫星输出补偿（OBO）值（8比特），这些参数定义为传输模式。传输模式最大数量为8。该信息的比特配置见图9，现场值和传输参数的对应见表6-8。

传输模式1-8是按照调制方案的顺序以及传输帧中出现的内码率分配的，从隙槽1（首先出现的星座点最多的调制方案，而且，相同调制方案下更高码率首先出现）。

如所使用的调制方案数量少于8，则对于任何未使用的传输模式，调制方案和码率的设定值为“1111”，所分配的隙槽数量和补偿值设为“00000000”。

所分配的隙槽数量表明隙槽数，包括等效隙槽，在之前的字段中划分给调制方案/内码率组合。每发射模式所分配的隙槽数必须是5的倍数，分配给所有发射模式的隙槽总数必须等于120，即一个传输帧的隙槽数。

图9

传输模式比特配置/隙槽信息



BO.2098-09

表6

传输模式的调制方案

值	调制方案
0000	预留
0001	$\pi/2$ shift BPSK
0010	QPSK
0011	8-PSK
0100	16-APSK
0101	32-APSK
0110 – 1110	预留
1111	未分配方案

表7

传输模式的内码率

值	内码率
0000	预留
0001	1/3
0010	2/5
0011	1/2
0100	3/5
0101	2/3
0110	3/4
0111	7/9
1000	4/5
1001	5/6
1010	7/8
1011	9/10
1100 – 1110	预留
1111	未分配方案

表8

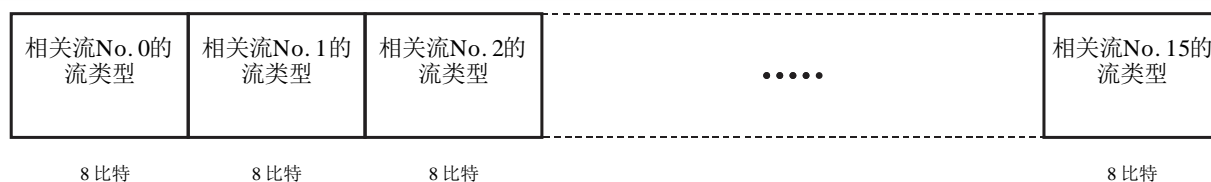
传输模式的卫星OBO值

值	卫星OBO
00000000	0.0 dB
00000001	0.1 dB
00000010	0.2 dB
00000011	0.3 dB
00000100	0.4 dB
00000101	0.5 dB
00000110	0.6 dB
00000111	0.7 dB
....
11111010	25.0 dB
11111011	25.1 dB
11111100	25.2 dB
11111101	25.3 dB
11111110	25.4 dB
11111111	25.5 dB

2.11.3 流类型/相关流数量信息

流类型/相关流数量信息（8比特）表明按照以下第2.11.6段所述方式分配给隙槽的相关流号码（#0至#15）的包流类型。流类型/相关流配置信息见图10，数值和流类型之间的对应见表9。

图10
流类型/相关流信息的比特配置



BO.2098-10

表9
流类型

值	流类型
00000000	预留
00000001	MPEG-2 TS
00000010	TLV
00000011 – 11111110	预留
11111111	未分配类型

2.11.4 包格式/相关流数量信息

包格式/相关流信息表明按照以下第2.11.6段所述方式分配给隙槽的各相关流（#0至#15）的包格式。包格式配置/相关流信息见图11。

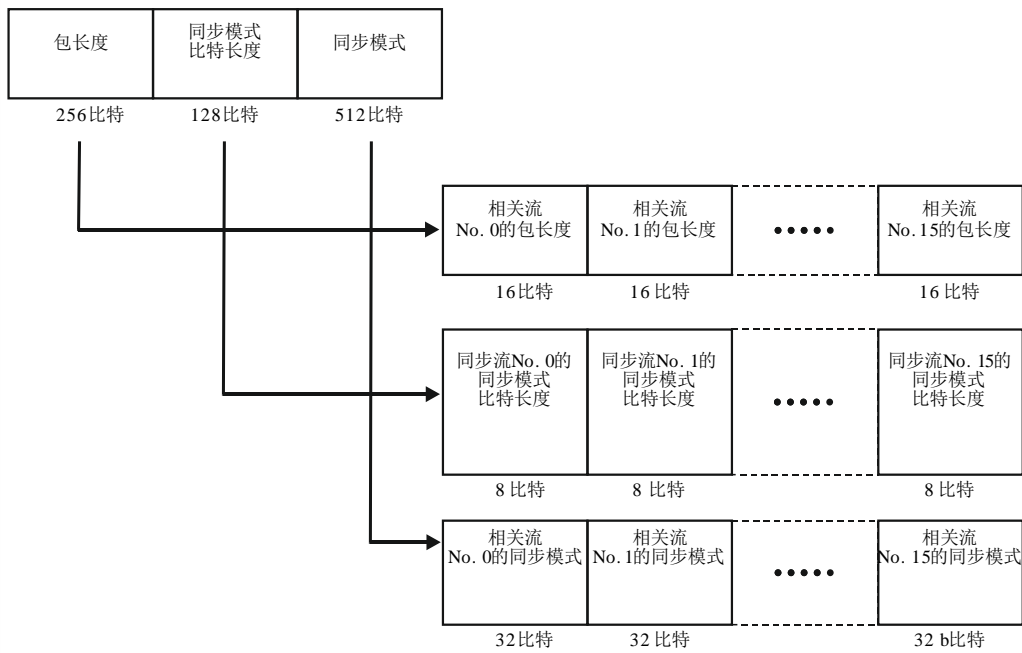
“包长度”（16比特）指每个包的字节长度，从#0至#15的每个相关流均有说明。

“同步方式比特长度”（8比特）指包前端固定的同步方式比特长度，从#0至#15的各相关流均有说明。

“同步模式”（32比特）指固定在包前端的同步模式，从#0至#15的各相关流均有说明。

如同步模式比特长度少于32比特，传输包的同步模式将从该字段前端写起加用零填充的比特。

图11
包格式比特配置/相关流数量信息



BO.2098-11

2.11.5 点/隙槽信息

点/隙槽信息指第一个包前端（点头）和最后一个包尾端（最后一点）的信息（从#1至#120的每个隙槽。点/隙槽信息配置见图12。

点头（16比特）指隙槽内第一个包的领先字节，在此，0xFFFF值表明无领先字节存在。

最后一点（16比特）指隙槽内最后包的最后字节加1。在此，0xFFFF值指无最后字节存在。

图12
点比特配置/隙槽信息

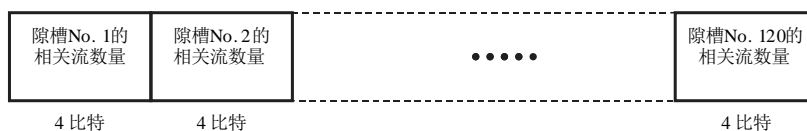


BO.2098-12

2.11.6 相关流数量/隙槽信息

相关流数量/隙槽信息（4比特）指从隙槽#1按顺序在各隙槽中发射的相关流数量。在一个帧内最大可发射16流，这意味着，相关流数量可用4比特表示。同样数量亦可分配给等效隙槽。相关流数量配置/隙槽信息见图13。

图13
相关流比特配置/隙槽信息

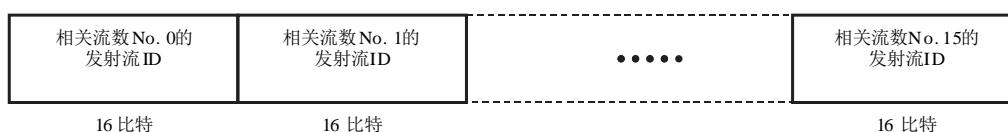


BO.2098-13

2.11.7 相关流数量和发射流ID之间的对应表

图14显示出相关流数量和“发射ID（16比特）”之间的对应，对于MPEG-2 TS流，对应为传送流ID（TS_ID），TLV流对应为TLV流ID。

图14
相关流数量和发射流ID对应表比特配置

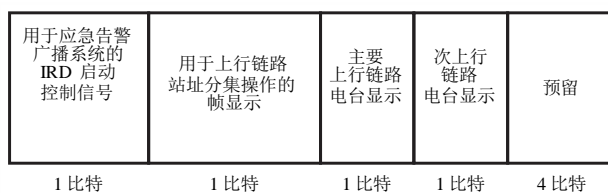


BO.2098-14

2.11.8 发射/接收控制信息

发射/接收控制信息发射各种控制信号，例如控制应急告警广播系统（EWS）启动的信号以及在上行链路信号因雨衰造成衰减时出现的上行链路电台转换的控制信号。发射/接收控制信息配置见图15。

图15
发射/接收控制比特配置信息



BO.2098-15

2.11.9 扩展信息

扩展信息（3 614比特）为用于TMCC信号未来扩展的预留字段。扩展信息的配置见图16。在对TMCC信号进行扩展时，扩展标识（16比特）采用的数值不同于最初规定的“0000000000000000”，该值表明扩展字段（3 598比特）自此之后有效。

图16
扩展比特配置信息



BO.2098-16

附件2

UHDTV卫星广播传输系统对照表

表10和11比较了UHDTV卫星广播的各种传输系统。DVB-S2X（广播部分建成为系统E2）在[ITU-R BO.1784]建议书中的描述被选为ITU-R的参照系统。这些表格对系统E2与附件1所述第3代（ISDB-S3）系统 – 卫星综合服务数字广播系统（系统F）进行比较。

表10

ITU-R BO.1784建议书中系统E2和本建议书附件1系统（系统F）传输系统的技术参数比较

a) 功能

	系统E2	系统F
提供的服务	SDTV、HDTV和UHDTV、声音、数据和互动数据应用 ⁽¹⁾	SDTV、HDTV和UHDTV以及声音、数据和互动数据应用
输入信号格式	MPEG-TS/一般流（如IP）	MPEG-TS、TLV
多输入信号能力	是：最大255	是：最大16
雨衰生存能力	对广播：除发射机功率和内部码率外还有可变编码和调制。	除发射机功率和内部码率外，还可使用分级发射。TMCC提供站址分集操作上行链路电台指示。
信道粘结	最多三信道	是 MMT/TLV实现最多256个信道发射数据的粘结
移动接收	VL-SNR模式适用于移动应用以及SNR低至-10 dB区域的其他服务	不可用，供将来考虑
服务比特率的灵活分配	可用	可用
带其它接收机系统的通用接收机设计	系统A、B、C、D、E1和E2都有可能	系统A、B、C、D、E1、E2和F都有可能
与其它媒体的通用性（即地面、有线电视等）	MPEG-TS基础 GSE、GSE-Lite基础	MPEG-TS和IP基础
广播站设备	可在市场上买到	可在市场上买到
EWS	—	是

表10 (续)

b) 性能

	系统E2	系统F
净数据率实例 (无奇偶校验的可发射速率)	未规定符号率。以下净数据率源于27.776 MBd的符号率举例, 正常FEC帧长, 无导频: QPSK 1/2: 27.467 Mbit/s QPSK 3/4: 41.316 Mbit/s 8-PSK 2/3: 55.014 Mbit/s 16-APSK 3/4: 82.404 Mbit/s. ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ 8-PSK 25/36: 57.278 32-APSK 2/3 L: 91.437 64-APSK 5/6: 137.120 ⁽⁷⁾	未规定符号率。以下净数据率源于33.7561 MBd的符号率实例。 MPEG-TS TLV $\pi/2$ -shift BPSK 1/2: 16.3842 Mbit/s 16.2971 Mbit/s QPSK 1/2: 32.7684 Mbit/s 32.5941 Mbit/s 8-PSK 3/4: 72.0905 Mbit/s 71.7070 Mbit/s 16-APSK 7/9: 100.4898 Mbit/s 99.9552 Mbit/s 32-APSK 4/5: 131.0736 Mbit/s 130.3764 Mbit/s
向上扩展性	是	是
HDTV能力	是	是
UHDTV能力	是	是
可选择的有条件接入	是	是

c) 技术特性 (发射)

	系统E2	系统F
广播的调制方案	QPSK/8-PSK/8-APSK-L/16-APSK/16-APSK-L/32-APSK/32-APSK-L/64-APSK/64-APSK-L/ ⁽⁷⁾	$\pi/2$ -shift BPSK/QPSK/8-PSK/16-APSK/32-APSK
符号率	未规定	未规定
必备带宽(-3 dB)	未规定	未规定
滚降因数	0.35, 0.25, 0.2, 0.15, 0.10, 0.05 (升余弦)	0.03
外部码	根据内部编码和帧长度配置, 带有不同参数的BCH (N , K , T)	BCH (65535, 65343, $T = 12$) 短编码 T 表示各编码词中的可纠正比特。
外部码产生器	根据内部编码和帧长度配置, 带有不同参数的BCH (N , K , T)	BCH (65535, 65343, $T = 12$) 短编码 T 表示各编码词中的可纠正比特。

表10 (续)

c) 技术特性 (发射) (续)

	系统E2	系统F
外部码产生器多项式	根据内部编码和帧长度配置而不同	<p>BCH编码多项式如下:</p> $g_1(x)=1+x+x^3+x^{12}+x^{16}$ $g_2(x)=1+x^2+x^3+x^4+x^8+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$ $g_3(x)=1+x^2+x^3+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{16}$ $g_4(x)=1+x+x^3+x^6+x^7+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$ $g_5(x)=1+x+x^2+x^3+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{16}$ $g_6(x)=1+x+x^6+x^7+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$ $g_7(x)=1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$ $g_8(x)=1+x+x^3+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{15}+x^{16}$ $g_9(x)=1+x+x^4+x^6+x^8+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$ $g_{10}(x)=1+x+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$ $g_{11}(x)=1+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$ $g_{12}(x)=1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$
字段产生器多项式	根据内部编码和帧长度配置而不同	$1+x+x^3+x^{12}+x^{16}$
能源扩散的随机选择	<p>由使用本原 (GF(2)之上) 多项式 $1+x^7+x^{18}$ and $1+y^5+y^7+y^{10}+y^{18}$</p> <p>建立的两个序列组合得出的PRBS n金序列 $n \in [0, 262\ 141]$</p> <p>次金编码序列 $z_n, n = 0, 1, 2, \dots, 2^{18}-2$, 则定义为:</p> <p>- $z_n(i) = [x((i+n) \text{ modulo } (2^{18}-1)) + y(i)] \text{ modulo } 2, i = 0, \dots, 2^{18} - 2.$</p>	<p>用于隙槽数据的PRBS: $1+x^{22}+x^{25}$</p> <p>用于TMCC信号的PRBS: $1+x^{14}+x^{15}$</p> <p>用于导频信号的PRBS: $1+x^{14}+x^{15}$</p>
装填序列到伪随机二进序列 (PRBS) 寄存器中	$n = i \times 10\ 949$, 其中 $i \in [0, 6]$ 用于广播服务以减轻干扰	<p>隙槽数据: 1010000000000000000011010</p> <p>TMCC信号: 100000000001110</p> <p>导频信号: 100000000101100</p>

ITU-R BO.2098-0 建议书

表10 (续)

c) 技术特性 (发射) (续)

	系统E2 ⁽⁴⁾	系统F
随机选择点	调制前/比特应设置物理层帧和可选导频插入后	BCH编码器后
内部码与外部码之间的交织	(2)	(3)
内部编码	LDPC编码	LDPC编码
内部码块长度	标准的 FEC帧 = 64 800比特 短的FEC帧 = 16 200比特 中FEC帧 = 32 400比特	44 880比特
内码率	QPSK: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 13/45, 9/20, 11/20, 11/45, 4/15, 14/45, 7/15, 8/15, 32/45 8-PSK: 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10, 23/36, 25/36, 13/18, 7/15, 8/15, 26/45, 32/45 8-APSK-L: 5/9, 26/45 16-APSK: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 26/45, 3/5, 28/45, 23/36, 25/36, 13/18, 7/9, 77/90, 7/15, 8/15, 26/45, 3/5, 32/45 16-APSK-L: 5/9, 8/15, 1/2, 3/5, 2/3 32-APSK: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 2/3, 32/45 64-APSK: 11/15, 7/9, 4/5, 5/6 64-APSK-L: 32/45	1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 7/9, 4/5, 5/6, 7/8, 9/10
发射控制	基带和物理层帧结构; 可选的控制	TMCC
帧结构	标准的FEC帧 = 64 800比特 短的FEC帧 = 16 200比特 中FEC帧 = 32 400比特	120隙槽/帧
超帧机构	是	否
分组大小 (字节)	对 MPEG-TS, 为 188 对 GS, 未规定	对 MPEG-TS, 为 188 对 TLV, 未规定
传输层	未规定	未规定
卫星下行频率范围 (GHz)	设计为11/12和17/21, 不排除其它卫星频率范围	设计为11/12和17/21, 不排除其它卫星频率范围

表10 (续)

d) 技术特性 (源编码)

		系统E2	系统F
视频源编码	语法	MPEG-4 AVC MPEG-2 一般性 HEVC (5) 无限制	HEVC(5)
	等级	3级和4级 无限制, 适用于各级	4.1、5.1、5.2、6.1和6.2级
	剖面图	主截面 无限制, 所有截面可用	主截面用于4.1级, 主要的10个截面用于各级
高宽比		4:3 16:9 (可选地2.12:1) 无限制	16:9
图像支持的格式		建议用于MPEG-2: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288 建议用于MPEG-4 AVC: 720 × 480 640 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 1 080 960 × 1 080 1 280 × 720 960 × 720 640 × 720 建议用于HEVC (5) 无限制	6.2级: 7 680 × 4 320/120/P 7 680 × 4 320/100/P 6.1级: 7 680 × 4 320/60/P 7 680 × 4 320/50/P 5.2级: 3 840 × 2 160/120/P 3 840 × 2 160/100/P 5.1级: 3 840 × 2 160/60/P 3 840 × 2 160/50/P 4.1级: 1 920 × 1 080/60/P 1 920 × 1 080/50/P 1 920 × 1 080/60/I 1 920 × 1 080/50/I
监视器上的帧速率 (每秒)		25, 50或100, 24, 30, 60或120	30 (交织)、60、120以及其他除以1.001 25 (交织) 50、100

表10 (结束)

d) 技术特性 (源编码)

	系统E2	系统F
音频源解码	MPEG-1 I层, MPEG-1 II层或MPEG-2 II层反向兼容音频 MPEG-4 AAC, MPEG-4 ALS	MEPG-4 AAC, MPEG-4 ALS
业务信息	支持	支持
EPG	支持	支持
图文电视	支持	支持
字幕	支持	支持
隐藏式字幕	尚未规定	尚未规定

- (1) 也适用于新闻采集、交互式业务和其它卫星应用。
- (2) 尽管系统E并未使用内部码与外部码之间的交织器,但在符号映射器之前仍存在一个比特交织器(QPSK除外)。
- (3) 尽管系统F并未使用内部码与外部码之间的交织器,但在符号映射器之前仍存在一个比特交织器($\pi/2$ -shift BPSK和QPSK除外)。
- (4) 并非所有内部码率适用于FEC帧尺寸。
- (5) ITU-T H.265建议书(2013年)|ISO/IEC 23008-2:2013: 高效视频编码。
- (6) QPSK和8-PSK在规定内,16-APSK和32-APSK在DVB-S2广播应用中可选。
- (7) QPSK、8-PSK、8-APSK-L、16-APSK、16-APSK-L、32-APSK和32-APSK-L对于广播而言在规定范围内,64-APSK和64-APSK-L对于DVB-S2X广播而言可选。此外,128-APSK、256-APSK和256-APSK-L提供在DVB-S2X中,但不适用于广播。L表示为线性信道优化模式。

表11
特性比较表

调制与编码		系统E2 ⁽⁵⁾		系统F	
逐一提供支持且在相同载波上的调制模式		QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ , 8-APSK-L, 16-APSK-L, 32-APSK-L 64-APSK, 64-APSK-L ⁽⁷⁾		$\pi/2$ -shift BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK	
性能（定义准无误码（QEF）要求的C/N（bit/s/Hz））		频谱效率 ⁽¹⁾	用于 QEF的C/N ⁽²⁾	频谱效率 ⁽³⁾	用于 QEF的C/N ⁽⁴⁾
模式	内部码				
$\pi/2$ shift BPSK	1/3	未使用		0.32	-4.0
	2/5	未使用		0.39	-3.0
	1/2	未使用		0.48	-1.8
	3/5	未使用		0.58	-0.5
	2/3	未使用		0.64	0.3
	3/4	未使用		0.71	1.0
	7/9	未使用		0.74	1.5
	4/5	未使用		0.77	2.0
	5/6	未使用		0.80	2.5
	7/8	未使用		0.84	2.9
9/10	未使用		0.86	3.8	

表11 (续)

调制与编码		系统E2		系统F	
QPSK	1/4	0.49	-2.3	未使用	
	13/45	0.57	-2.03	未使用	
	1/3	0.66	-1.2	0.64	-1.0
	2/5	0.79	-0.3	0.77	0.0
	9/20	0.89	0.22	未使用	
	1/2	0.99	1.0	0.97	1.2
	11/20	1.09	1.45	未使用	
	3/5	1.19	2.2	1.16	2.5
	2/3	1.32	3.1	1.29	3.3
	3/4	1.49	4.0	1.42	4.0
	7/9	未使用		1.48	4.5
	4/5	1.59	4.7	1.54	5.0
	5/6	1.65	5.2	1.61	5.5
	7/8	未使用		1.67	5.9
	8/9	1.77	6.2	未使用	
	9/10	1.79	6.4	1.73	6.8
8-APSK-L	5/9	1.65	4.73	未使用	
	26/45	1.71	5.13	未使用	
8-PSK	1/3	未使用		0.97	2.2
	2/5	未使用		1.16	3.1
	1/2	未使用		1.45	4.4
	3/5	1.78	5.5	1.74	5.7
	23/36	1.90	6.12	未使用	
	2/3	1.98	6.6	1.93	6.7
	25/36	2.06	7.02	未使用	

表11 (续)

调制与编码		系统E2		系统F	
8-PSK	13/18	2.15	7.49	未使用	
	3/4	2.23	7.9	2.12	7.9
	7/9	未使用		2.22	8.6
	4/5	未使用		2.32	9.1
	5/6	2.48	9.3	2.41	9.7
	7/8	未使用		2.51	10.4
	8/9	2.65	10.7	未使用	
	9/10	2.68	11.0	2.59	11.4
16-APSK-L	1/2	1.97	5.97	未使用	
	8/15	2.10	6.55	未使用	
	5/9	2.19	6.84	未使用	
	3/5	2.37	7.41	未使用	
	2/3	2.64	8.43	未使用	
16-APSK	1/3	未使用		1.29	4.1
	2/5	未使用		1.54	5.1
	1/2	未使用		1.93	6.6
	26/45	2.28	7.51	未使用	
	3/5	2.37	7.80	2.32	8.0
	28/45	2.46	8.10	未使用	
	23/36	2.52	8.38	未使用	
	2/3	2.64	9.0	2.57	9.1
	25/36	2.75	9.27	未使用	

表11 (续)

调制与编码		系统E2		系统F	
16-APSK	13/18	2.86	9.71	未使用	
	3/4	2.97	10.2	2.83	10.2
	7/9	3.08	10.65	2.96	10.8
	4/5	3.17	11.0	3.09	11.3
	5/6	3.30	11.6	3.22	11.9
	77/90	3.39	11.99	未使用	
	7/8	未使用		3.35	12.5
	8/9	3.52	12.9	未使用	
	9/10	3.57	13.1	3.46	13.5
32-APSK-L	2/3	3.29	11.10	未使用	
32-APSK	1/3	未使用		1.61	6.4
	2/5	未使用		1.93	7.2
	1/2	未使用		2.41	9.2
	3/5	未使用		2.90	10.6
	2/3	未使用		3.22	11.7
	32/45	3.51	11.75	未使用	
	11/15	3.62	12.17	未使用	
	3/4	3.70	12.7	3.54	12.8
	7/9	3.84	13.05	3.70	13.4
	4/5	3.95	13.6	3.86	14.0
	5/6	4.12	14.3	4.02	14.5
	7/8	未使用		4.18	15.3
	8/9	4.40	15.7	未使用	
	9/10	4.46	16.0	4.32	16.3

表11 (续)

调制与编码		系统E2		系统F
64-APSK-L	32/45	4.21	13.98	未使用
64-APSK	11/15	4.34	14.81	未使用
	7/9	4.60	15.47	未使用
	4/5	4.74	15.87	未使用
	5/6	4.93	16.55	未使用
能否实现分层调制控制?		能		能
符号率特性		不断变化的		不断变化的

表11 (结束)

传输与多路复用	系统E2	系统F
分组长度 (字节)	对TS, 为188; 对GS, 用户可定义高达至64K。可变的长度分组流、未分组的流或者超过64K的分组长度是可能的, 将视为连续流。	对TS, 为188, 对TLV, 用户可定义至64K。可变长度包, 如IPv4, IPv6包含在TLV包内。信令信息亦包含在TLV包内。
支持的传输流	MPEG-2和一般流(GS), 全IP	MPEG-2和TLV
与卫星信道对应的传输流	1至255个流/信道	1至16个流/信道
支持视频流的统计多路复用	在传输流中没有限制 对普通流没有限制	在传输流中没有限制 对TLV流没有限制。

- (1) 定义为不带控制的、每个单位符号率的有用比特率。
- (2) 这些值源自计算机仿真, 50 LDPC固定点解码重复、完美载波和同步恢复、无相位噪声、AWGN信道。FEC帧长度为64 800比特。这些值应用于 $PER = 10^{-5}$, 其中PER为比率, 在接收机上的前向纠错之后, 在受错误影响的有用传输流分组 (188字节) 与总的接收的分组之间。不包括硬件实现边际或卫星转发器损耗边际。
- (3) 定义为TLV输入, 每信号率的有用比特率为33.7561 MBd。
- (4) 这些值源自计算机仿真, 50 LDPC固定点解码重复、完美载波和同步恢复、无相位噪声、AWGN信道。FEC帧长度为44 880比特。这些值应用于 $BER = 10^{-11}$, 其中BER为比率, 在接收机上的前向纠错之后, 在受错误影响的有用传输流分组 (188字节) 与总的接收的分组之间。接收机在前向纠错 (FEC) 发射PRBS of $1+x^{22}+x^{25}$ 和FEC解码流之间, 不包括硬件实现边际或卫星转发器损耗边际。
- (5) 所列调制和编码配置指正常FEC帧。
- (6) QPSK和8-PSK对于DVB-S2广播应用在规定范围内, 16-APSK和32-APSK为可选。
- (7) QPSK、8-PSK、8-APSK-L、16-APSK、16-APSK-L、32-APSK和32-APSK-L对于广播而言在规定范围内, 64-APSK和64-APSK-L对于DVB-S2X广播而言可选。此外, 128-APSK、256-APSK和256-APSK-L提供在DVB-S2X中, 但不适用于广播。L表示为线性信道优化模式。