



中华人民共和国国家标准

GB 20600—2006

数字电视地面广播传输系统帧结构、 信道编码和调制

Framing structure, channel coding and modulation
for digital television terrestrial broadcasting system



2006-08-18 发布

2007-08-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
数字电视地面广播传输系统帧结构、
信道编码和调制

GB 20600—2006

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.bzchs.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 8 字数 254 千字
2006年9月第一版 2006年11月第三次印刷

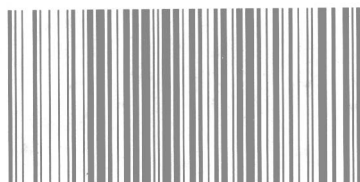
*

书号: 155066·1-28082 定价 43.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB 20600-2006

前 言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 均为规范性附录。

本标准提出单位：国家标准化管理委员会。

本标准由全国广播电视标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：数字电视地面传输国家标准特别工作组。

本标准主要起草人：杨知行、杨林、张文军、管云峰、张晓林、王匡、葛建华、朱维乐、张平、任品毅、陈江、唐朝京。

引 言

电视产业和事业的发展一直以收视质量与服务能力的提高为中心而进行,数字电视作为新一代的电视技术,其收视质量大幅度提高;同时,数字化技术的采用为更多的其他服务创造了发展空间。数字电视的发展将对整个电子信息行业的发展有重大意义。

数字电视地面广播系统是广播电视体系中的重要组成部分。它与卫星数字电视广播系统和有线数字电视广播系统以及其他辅助系统一起相互协同提供全面的受众覆盖,是我国广播电视综合覆盖网中重要的部分。

本标准规定了数字电视地面广播传输系统信号的帧结构、信道编码和调制方式。体现本标准具有自主创新特点、并能提高系统性能的主要关键技术有:能实现快速同步和高效信道估计与均衡的 PN 序列帧头设计和符号保护间隔填充方法、低密度校验纠错码(LDPC)、系统信息的扩频传输方法等。本标准支持 4.813 Mbit/s~32.486 Mbit/s 的系统净荷传输数据率,支持标准清晰度电视业务和高清晰度电视业务,支持固定接收和移动接收,支持多频组网和单频组网。

本标准的发布机构提请注意如下事实,使用者声明符合本标准时,可能使用涉及本标准第 4 章中有关内容的相关授权的和正在申请的专利。

本标准的发布机构对于专利的范围、有效性和验证资料不提出任何看法。

专利持有人已向本标准的发布机构保证,愿意同任何申请人在合理和无歧视的条款和条件下,就使用授权许可进行协商。该专利持有人的声明已向本标准的发布机构提交。

下表列出有关专利权利人的信息:

专利持有人	联系地址
清华大学	北京海淀区清华园 1 号 清华大学
上海奇普科技有限公司	上海市虹漕路 461 号软件大厦 4 层
上海交通大学	上海市东川路 800 号
西安电子科技大学	陕西省西安市太白南路 2 号
浙江大学	浙江省杭州市浙大路 38 号
电子科技大学	四川省成都市建设北路二段五号电子科技大学科研处

联系人:安耀辉

通讯地址:北京市复兴路 3 号中国科技会堂 622 室

邮政编码:100038

电子邮件:ayh@cae.cn

电 话:010-68522669

传 真:010-68525379

网 址:<http://www.cae.cn>

请注意除标准专利许可声明中已经识别出的专利外,本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号、约定和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号和约定	2
3.3 缩略语	3
4 系统描述	3
4.1 综述	3
4.2 系统框图	3
4.3 接口	4
4.4 编码和调制	4
4.4.1 加扰	4
4.4.2 前向纠错	4
4.4.3 符号星座映射	5
4.4.4 符号交织	8
4.4.5 频域交织	8
4.5 复帧	9
4.5.1 复帧结构	9
4.5.2 信号帧	9
4.5.3 超帧	10
4.5.4 分帧	10
4.5.5 日帧	10
4.6 信号帧	10
4.6.1 信号帧结构	10
4.6.2 帧头	10
4.6.3 系统信息	15
4.6.4 数据符号	17
4.7 帧体数据处理	17
4.8 基带后处理	17
4.9 射频信号	17
4.10 基带信号频谱特性和谱模板	17
4.10.1 频谱特性	17
4.10.2 带外谱模板	18
4.11 系统净荷数据率	20
附录 A(规范性附录) LDPC 码循环矩阵 $G_{i,j}$ 定义	21
附录 B(规范性附录) LDPC 码校验矩阵定义	75
	I

附录 C(规范性附录) NR 映射	81
附录 D(规范性附录) PN420 定义	83
附录 E(规范性附录) PN945 定义	94
附录 F(规范性附录) 频域交织图样	113
附录 G(规范性附录) 系统信息映射表	122
参考文献	124
图 1 发送端原理框图	3
图 2 扰码器组成框图	4
图 3 64QAM 映射	5
图 4 32QAM 映射	6
图 5 16QAM 映射	6
图 6 4QAM 映射	7
图 7 卷积式数据块间交织	8
图 8 复帧的四层结构	9
图 9 信号帧结构	10
图 10 PN420 结构	10
图 11 8 阶 m 序列生成结构	11
图 12 10 阶 m 序列生成结构	13
图 13 PN945 结构	13
图 14 9 阶 m 序列生成结构	13
图 15 5 阶 m 序列生成结构	16
图 16 帧体信息结构	16
图 17 成形滤波后基带信号频谱特性	18
图 18 同一个发射台的数字电视发射机位于模拟电视发射机的上邻频或下邻频时的频谱模板	18
图 19 严格条件下的频谱模板	19
表 1 FEC 码参数	4
表 2 PN420 初始相位	11
表 3 PN945 初始相位	14
表 4 系统信息第 3~0 比特定义	15
表 5 系统信息第 4 比特定义	16
表 6 谱模板的转折点	19
表 7 严格条件下谱模板的转折点	20
表 8 系统净荷数据率(Mbit/s)	20

数字电视地面广播传输系统帧结构、 信道编码和调制

1 范围

本标准规定了在 UHF 和 VHF 频段中,每 8MHz 数字电视频带内,数字电视地面广播传输系统信号的帧结构、信道编码和调制方式。

本标准适用于地面传输的数字多路电视/高清晰度电视固定和移动广播业务的帧结构、信道编码和调制系统。

2 规范性引用文件

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

GB/T 1583 彩色电视图像传输标准

GB/T 7400.2 广播电视名词术语 无线电广播

GB/T 7400.11 数字电视术语

GB/T 7402 利用电视信号传送标准时间频率

GB/T 7615 共用天线电视系统 天线部分

GB/T 14857 演播室数字电视编码参数规范(GB/T 14857—1993,eqv CCIR 601-3)

GB/T 17975.1 信息技术 运动图像及其伴音信息的通用编码 第 1 部分:系统(GB/T 17975.1—2000,idt ISO/IEC 13818-1:1996)

GB/T 17700 卫星数字电视广播信道编码和调制标准(GB/T 17700—1999,eqv ITU/R BO.1211)

SJ/T 10351 电视发射设备通用技术条件

EN 300 744 V1.4.1 (2001-01), European Standard (Telecommunications series), Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television

3 术语、定义、符号、约定和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

加扰 scrambling

用二进制伪随机序列与信息数据逐位模二相加的技术,籍此使数据呈现更强的随机性。

3.1.2

前向纠错码 forward error correction coding

在发送端引入数据冗余性的信道编码技术,籍此在接收端获得一定的纠错能力。

3.1.3

符号星座映射 symbol constellation mapping

将待传输符号对应成星座图上的信号矢量的过程。

3.1.4

交织 interleaving

改变数据或数据块的发送顺序的技术,籍此使原本相邻的数据或数据块经受相对独立的信道畸变。

3.1.5

基本数据块 data block

待传输的信源码流经过加扰码、前向纠错编码、映射与交织后形成的特定长度(3 744 个符号)数据块。

3.1.6

系统信息 system information

系统信息为每个信号帧提供必要的解调和解码信息,包括符号星座映射模式、LDPC 编码码率模式、交织模式、帧体数据处理模式等的指示。

3.1.7

帧体 frame body

基本数据块和系统信息组合后经帧体数据处理形成的 3 780 个符号长度的数据块。

3.1.8

帧头 frame header

一段已知的伪随机序列,可用于系统同步、信道估计与均衡。

3.1.9

信号帧 signal frame

帧头和帧体的组合后形成的数据块。

3.2 符号和约定

以下符号适用于本标准。

B	卷积符号交织的交织宽度
$b_5, b_4, b_3, b_2, b_1, b_0$	星座映射比特数据
C	系统子载波数
$FBody(k)$	经帧体数据处理后的数据块
F_c	射频载波中心频率
$Frame(t)$	组帧后的基带信号
$G_{xxx}(x)$	不同长度的最大长度伪随机二进制序列生成多项式
$G_{BCH}(x)$	BCH 编码生成多项式
G_{qc}	LDPC 编码生成矩阵
H	Walsh 矩阵的子矩阵
I	星座映射同相分量(实部)
M	卷积符号交织的交织深度
$H(f)$	成形滤波器频率响应
$h(t)$	成形滤波器冲激响应
Q	星座映射正交分量(虚部)
$S(t)$	射频信号表达式
$s_5, s_4, s_3, s_2, s_1, s_0$	系统信息比特数据
W_{2n}	Walsh 矩阵
$X(k)$	待进行帧体数据处理的数据符号,包括系统信息和星座映射后数据符号
x_i	NR 映射前信息比特
y_i	NR 映射衍生比特

- ⊕ 异或运算
- ⊗ 卷积运算

3.3 缩略语

以下缩略语适用于本标准。

BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code	BCH 纠错码
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
LDPC	Low Density Parity Check	低密度奇偶校验码
LFSR	Linear Feedback Shift Register	线性反馈移位寄存器
LSB	Least Significant Bit	最低有效位
MSB	Most Significant Bit	最高有效位
NR	Nordstrom Robinson	Nordstrom Robinson 准正交编码映射
PN	Pseudo-random Noise	伪随机序列
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交幅度调制
SFN	Single Frequency Network	单频网

4 系统描述

4.1 综述

数字电视地面广播传输系统是广播电视系统的重要组成部分,不但必须具有支持传统电视广播服务的基本功能,而且还要具有适应广播电视服务的可扩展功能。数字电视地面广播传输系统支持固定(含室内、外)接收和移动接收两种模式。在固定接收模式下,可以提供标准清晰度数字电视业务、高清晰度电视业务、数字声音广播业务、多媒体广播和数据服务业务;在移动接收模式下,可以提供标准清晰度数字电视业务、数字声音广播业务、多媒体广播和数据服务业务。

数字电视地面广播传输系统支持多频网和单频网两种组网模式,可根据应用业务的特性和组网环境选择不同的传输模式和参数,并支持多业务的混合模式,以达到业务特性与传输模式的匹配,实现业务运营的灵活性和经济性。

4.2 系统框图

数字电视地面广播传输系统发送端完成从输入数据码流到地面电视信道传输信号的转换。输入数据码流经过扰码器(随机化)、前向纠错编码(FEC),然后进行从比特流到符号流的星座映射,再进行交织后形成基本数据块。基本数据块与系统信息组合(复用)后,经过帧体数据处理形成帧体。而帧体与相应的帧头(PN 序列)复接为信号帧(组帧),经过基带后处理转换为基带输出信号(8MHz 带宽内)。该信号经正交上变频转换为射频信号(UHF 和 VHF 频段范围内)。

本系统的发送端原理如图 1 所示。

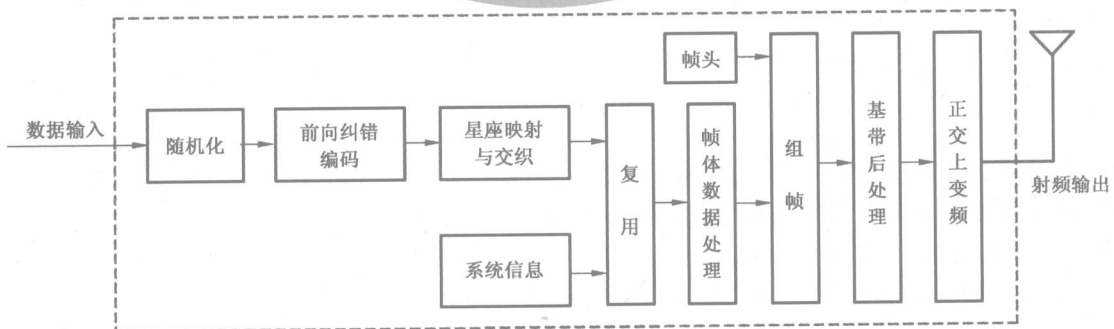


图 1 发送端原理框图

4.3 接口

数据输入接口支持标准 GB/T 17975.1。

射频输出接口符合标准 SJ/T 10351。

4.4 编码和调制

4.4.1 加扰

为了保证传输数据的随机性以便于传输信号处理,输入的数据码流数据需要用扰码进行加扰。

扰码是一个最大长度二进制伪随机序列。该序列由图 2 所示的线性反馈移位寄存器生成。其生成多项式定义为:

$$G(x) = 1 + x^{14} + x^{15} \dots\dots\dots(1)$$

该 LFSR 的初始相位定义为 100101010000000。

输入的比特码流(来自输入接口的数据字节的 MSB 在前)与 PN 序列进行逐位模二加后产生数据扰乱码。扰码器的移位寄存器在信号帧开始时复位到初始相位。



图 2 扰码器组成框图

4.4.2 前向纠错

扰码后的比特流接着进行前向纠错编码。前向纠错编码由外码(BCH 码)和内码(LDPC)级联实现。

FEC 码的具体参数见表 1。

表 1 FEC 码参数

编号	块长/比特	信息比特	对应的编码效率
码率 1	7 488	3 008	0.4
码率 2	7 488	4 512	0.6
码率 3	7 488	6 016	0.8

BCH(762,752)码由 BCH(1 023,1 013)系统码缩短而成。在 752 比特数据扰乱码前添加 261 比特 0 成为 1 013 比特,编码成 1 023 比特(信息位在前)。然后去除前 261 比特 0,形成 762 比特 BCH 码字。该 BCH 码的生成多项式为:

$$G_{BCH}(x) = 1 + x^3 + x^{10} \dots\dots\dots(2)$$

三种码率的前向纠错码使用同样的 BCH 码。

LDPC 码的生成矩阵 G_{qc} 的结构如式(3)所示:

$$G_{qc} = \begin{bmatrix} G_{0,0} & G_{0,1} & \dots & G_{0,c-1} & I & O & \dots & O \\ G_{1,0} & G_{1,1} & \dots & G_{1,c-1} & O & I & \dots & O \\ \vdots & \vdots & G_{i,j} & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{k-1,0} & G_{k-1,1} & \dots & G_{k-1,c-1} & O & O & \dots & I \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

其中: I 是 $b \times b$ 阶单位矩阵, O 是 $b \times b$ 阶零阵,而 $G_{i,j}$ 是 $b \times b$ 循环矩阵,取 $0 \leq i \leq k-1, 0 \leq j \leq c-1$ 。

BCH 码字按顺序输入 LDPC 编码器时,最前面的比特是信息序列矢量的第一个元素。LDPC 编码器输出的码字信息位在后,校验位在前。

LDPC 码由循环矩阵 $G_{i,j}$ 生成。 $G_{i,j}$ 的定义详见附录 A。

LDPC 码的校验矩阵定义详见附录 B。

三种不同内码码率的 FEC 码的结构分别为:

a) 码率为 0.4 的 FEC(7488, 3008)码:

先由 4 个 BCH(762, 752)码和 LDPC(7493, 3048)码级联构成, 然后将 LDPC(7493, 3048)码前面的 5 个校验位删除。LDPC(7493, 3048)码的生成矩阵 G_{qc} 具有(3)式所示的矩阵形式, 其中参数 $k=24$, $c=35$ 和 $b=127$ 。

b) 码率为 0.6 的 FEC(7488, 4512)码:

先由 6 个 BCH(762, 752)码和 LDPC(7493, 4572)码级联构成, 然后将 LDPC(7493, 4572)码前面的 5 个校验位删除。LDPC(7493, 4572)码的生成矩阵 G_{qc} 具有(3)式所示的矩阵形式, 其中参数 $k=36$, $c=23$ 和 $b=127$ 。

c) 码率为 0.8 的 FEC(7488, 6016)码:

先由 8 个 BCH(762, 752)码和 LDPC(7493, 6096)码级联构成, 然后将 LDPC(7493, 6096)码前面的 5 个校验位删除。LDPC(7493, 6096)码的生成矩阵 G_{qc} 具有(3)式所示的矩阵形式, 其中参数 $k=48$, $c=11$ 和 $b=127$ 。

4.4.3 符号星座映射

4.4.3.1 概述

前向纠错编码产生的比特流要转换成均匀的 n QAM(n :星座点数)符号流(最先进入的 FEC 编码比特作为符号码字的 LSB)。本标准包含以下几种符号映射关系: 64QAM、32QAM、16QAM、4QAM、4QAM-NR。各种符号映射加入相应的功率归一化因子, 使各种符号映射的平均功率趋同。

以下星座图已经考虑功率归一化要求。

4.4.3.2 64QAM 映射

对于 64QAM, 每 6 比特对应于 1 个星座符号。FEC 编码输出的比特数据被拆分成 6 比特为一组的符号($b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$), 该符号的星座映射是同相分量 $I = b_2 b_1 b_0$; 正交分量 $Q = b_5 b_4 b_3$, 星座点坐标对应的 I 和 Q 的取值为 $-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5$ 和 7 。其星座映射见图 3。

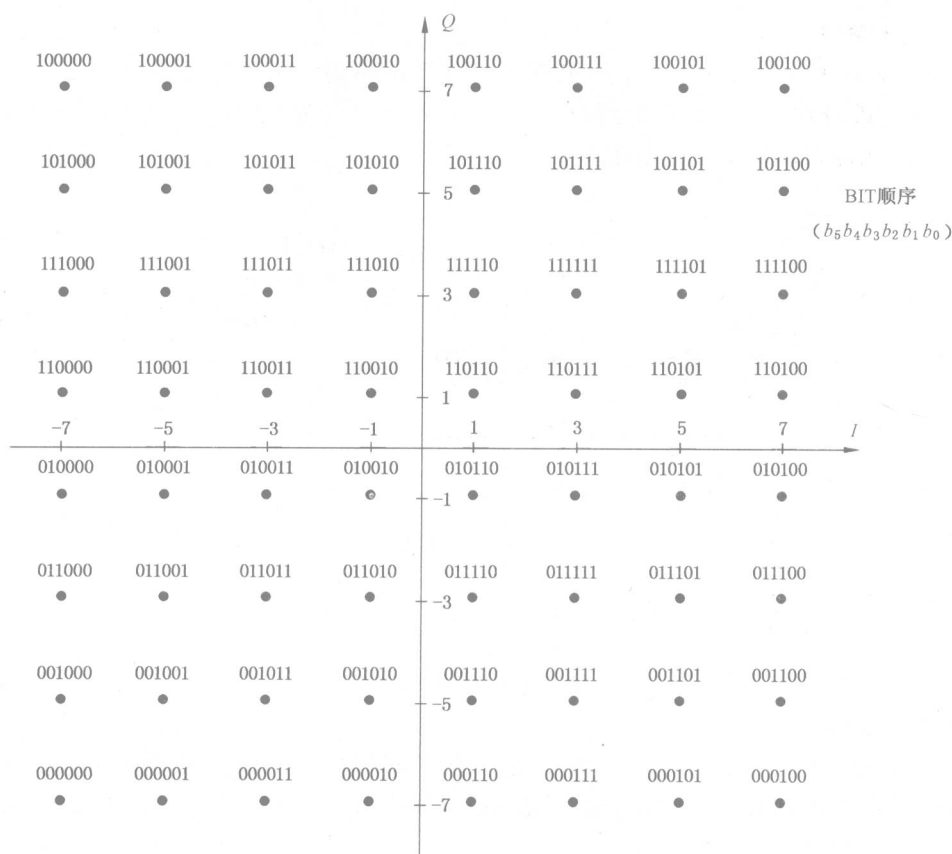


图 3 64QAM 映射

4.4.3.3 32QAM 映射

对于 32QAM,每 5 比特对应于 1 个星座符号。FEC 编码输出的比特数据被拆分成 5 比特为一组的符号($b_4b_3b_2b_1b_0$)。星座点坐标对应的同相分量 I 和正交分量 Q 的取值为 $-7.5, -4.5, -1.5, 1.5, 4.5, 7.5$ 。其星座映射见图 4。

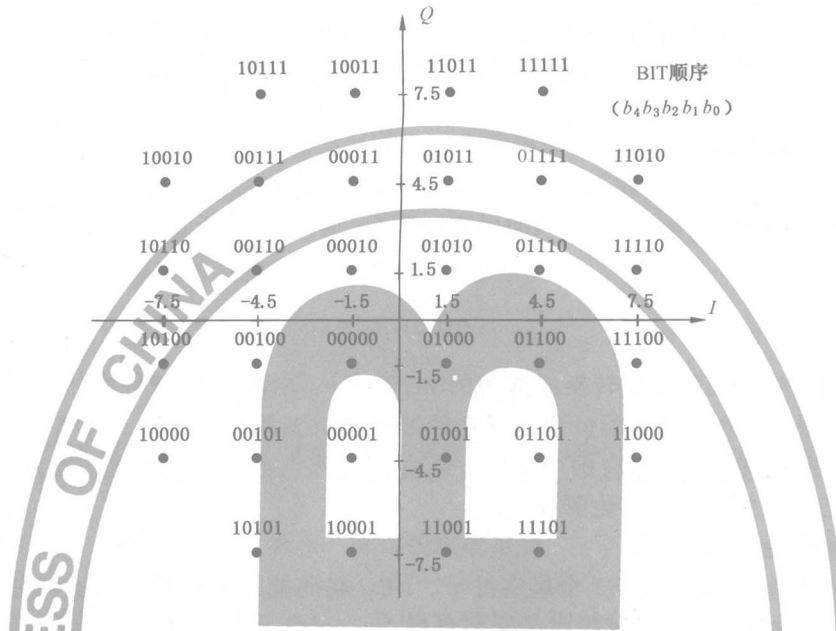


图 4 32QAM 映射

4.4.3.4 16QAM 映射

对于 16QAM,每 4 比特对应于 1 个星座符号。FEC 编码输出的比特数据被拆分成 4 比特为一组的符号($b_3b_2b_1b_0$)。该符号的星座映射是同相分量 $I=b_1b_0$;正交分量 $Q=b_3b_2$,星座点坐标对应的 I 和 Q 的取值为 $-6, -2, 2, 6$ 。其星座映射见图 5。

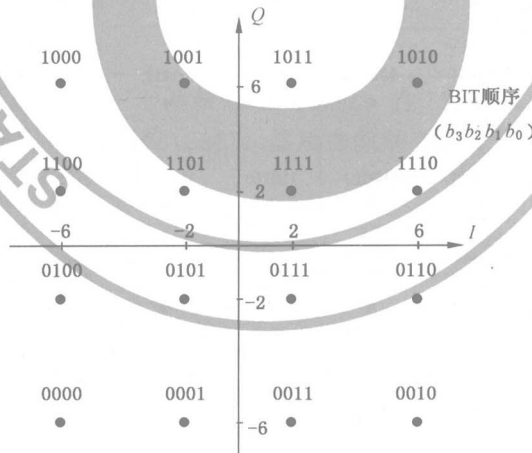


图 5 16QAM 映射

4.4.3.5 4QAM 映射

对于 4QAM,每 2 比特对应于 1 个星座符号。FEC 编码输出的比特数据被拆分成 2 比特为一组的符号(b_1b_0)。该符号的星座映射是同相分量 $I=b_0$;正交分量 $Q=b_1$,星座点坐标对应的 I 和 Q 的取值为 $-4.5, 4.5$ 。其映射见图 6。

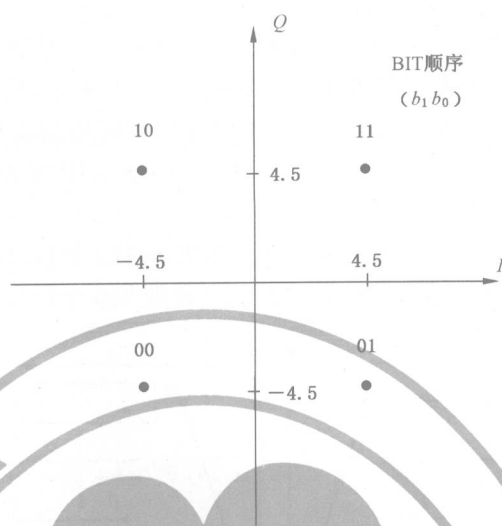


图 6 4QAM 映射

4.4.3.6 4QAM-NR 映射

4QAM-NR 映射方式是在 4QAM 符号映射之前增加 NR 准正交编码映射。按照 4.4.4 描述的交织方法对 FEC 编码后的数据信号进行基于比特的卷积交织,然后进行一个 8 比特到 16 比特的 NR 准正交预映射(具体映射关系见附录 C),再把预映射后每 2 个比特按照 4.4.3.5 4QAM 调制方式映射到星座符号,直接与系统信息复接。

NR 映射关系如下描述:

NR 映射将输入的每 8 个比特映射为 16 个比特,将这 16 个比特表示为:

$$x_0 x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7 y_0 y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7$$

其中: $x_0 x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7$ 为信息比特, $y_0 y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7$ 为衍生比特,取值均为 0 或者 1,其约束关系满足下式:

$$y_0 = x_7 + x_6 + x_0 + x_1 + x_3 + (x_0 + x_4)(x_1 + x_2 + x_3 + x_5) + (x_1 + x_2)(x_3 + x_5) \dots\dots\dots (4-1)$$

$$y_1 = x_7 + x_0 + x_1 + x_2 + x_4 + (x_1 + x_5)(x_2 + x_3 + x_4 + x_6) + (x_2 + x_3)(x_4 + x_6) \dots\dots\dots (4-2)$$

$$y_2 = x_7 + x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + (x_2 + x_6)(x_3 + x_4 + x_5 + x_0) + (x_3 + x_4)(x_5 + x_0) \dots\dots\dots (4-3)$$

$$y_3 = x_7 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + (x_3 + x_0)(x_4 + x_5 + x_6 + x_1) + (x_4 + x_5)(x_6 + x_1) \dots\dots\dots (4-4)$$

$$y_4 = x_7 + x_3 + x_4 + x_5 + x_0 + (x_4 + x_1)(x_5 + x_6 + x_0 + x_2) + (x_5 + x_6)(x_0 + x_2) \dots\dots\dots (4-5)$$

$$y_5 = x_7 + x_4 + x_5 + x_6 + x_1 + (x_5 + x_2)(x_6 + x_0 + x_1 + x_3) + (x_6 + x_0)(x_1 + x_3) \dots\dots\dots (4-6)$$

$$y_6 = x_7 + x_5 + x_6 + x_0 + x_2 + (x_6 + x_3)(x_0 + x_1 + x_2 + x_4) + (x_0 + x_1)(x_2 + x_4) \dots\dots\dots (4-7)$$

$$y_7 = x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 \dots\dots\dots (4-8)$$

其中,加法为模二加运算,乘法为模二乘运算。

4.4.4 符号交织

时域符号交织编码是在多个信号帧的基本数据块之间进行的。数据信号(即星座映射输出的符号)的基本数据块间交织采用基于星座符号的卷积交织编码,如图7所示,其中变量 B 表示交织宽度(支路数目),变量 M 表示交织深度(延迟缓存器尺寸)。进行符号交织的基本数据块的第一个符号与支路0同步。交织/去交织对的总时延为 $M \times (B-1) \times B$ 符号。取决于应用情况,基本数据块间交织的编码器有2种工作模式:

- a) 模式1: $B=52, M=240$ 符号,交织/解交织总延迟为170个信号帧;
- b) 模式2: $B=52, M=720$ 符号,交织/解交织总延迟为510个信号帧。

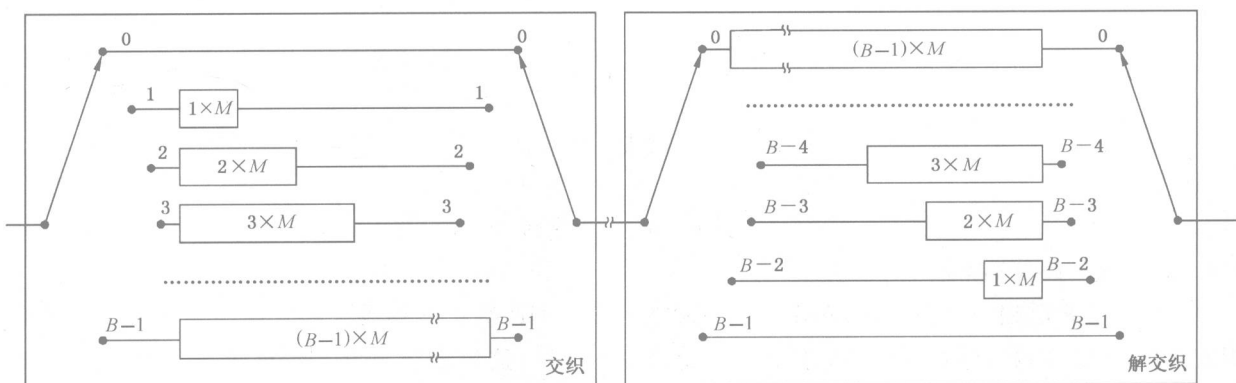


图7 卷积式数据块间交织

4.4.5 频域交织

频域交织仅适用于 $C=3780$ 模式,目的是将调制星座点符号映射到帧体包含的3780个有效子载波上。3780个有效子载波的定义参见4.7。频域交织为帧体内的符号块交织,交织大小等于子载波数3780。具体交织运算过程如下。

- a) 数组 $X[3780]$ 的前36个元素为系统信息符号,后3744个元素为数据符号。为了使交织输出时36个系统信息符号集中放置,首先将这36个系统信息符号插入到3744个数据符号中,其插入位置构成的集合为:

{ 0, 140, 279, 419, 420, 560, 699, 839, 840, 980, 1119, 1259, 1260, 1400, 1539, 1679, 1680, 1820, 1959, 2099, 2100, 2240, 2379, 2519, 2520, 2660, 2799, 2939, 2940, 3080, 3219, 3359, 3360, 3500, 3639, 3779 }。

插入后得到的序列由数组 $Z[3780]$ 表示。该插入过程可以通过以下程序完成:

```

j=0;
k=36;
for(i=0; i<3780; i=i+1)
{
    if (i 为插入位置构成集合中的元素)
    {
        Z[i]=X[j];
        j=j+1;
    }
    else
    {
        Z[i]=X[k];
    }
}
    
```

```

        k=k+1;
    }
}

```

b) 将数组 $Z[3780]$ 通过以下程序进行位置调换得到最终交织输出序列 $Y[3780]$:

```

for(i=0; i<3; i=i+1)
for(j=0; j<3; j=j+1)
for(k=0; k<3; k=k+1)
for(l=0; l<2; l=l+1)
for(m=0; m<2; m=m+1)
for(n=0; n<5; n=n+1)
for(o=0; o<7; o=o+1)

```

$$Y[o * 540 + n * 108 + m * 54 + l * 27 + k * 9 + j * 3 + i] = Z[i * 1260 + j * 420 + k * 140 + l * 70 + m * 35 + n * 7 + o];$$

具体交织图样参见附录 F。

4.5 复帧

4.5.1 复帧结构

本系统的数据帧结构如图 8 所示,是一种四层结构。其中,数据帧结构的基本单元为信号帧,信号帧由帧头和帧体两部分组成。超帧定义为—组信号帧。分帧定义为—组超帧。帧结构的顶层称为日帧 (Calendar Day Frame, CDF)。信号结构是周期的,并与自然时间保持同步。

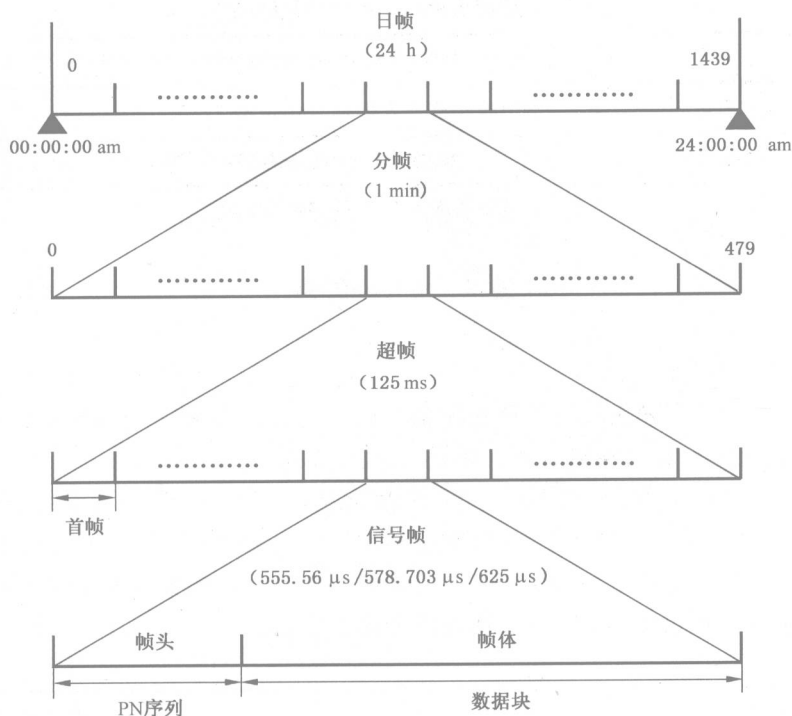


图 8 复帧的四层结构

4.5.2 信号帧

信号帧是系统帧结构的基本单元,一个信号帧由帧头和帧体两部分时域信号组成。帧头和帧体信号的基带符号率相同(7.56 Msps)。

帧头部分由 PN 序列构成,帧头长度有三种选项。帧头信号采用 I 路和 Q 路相同的 4QAM 调制。帧体部分包含 36 个符号的系统信息和 3 744 个符号的数据,共 3 780 个符号。帧体长度是 500 μs

($3\ 780 \times 1/7.56\ \mu\text{s}$)。

4.5.3 超帧

超帧的时间长度定义为 125 ms,8 个超帧为 1 s,这样便于与定时系统(例如 GPS)校准时间。超帧中的第一个信号帧定义为帧头,由系统信息(4.6.3)的相关信息指示。

4.5.4 分帧

一个分帧的时间长度为 1 min,包含 480 个超帧。

4.5.5 日帧

日帧以一个公历自然日为周期进行周期性重复,由 1 440 个分帧构成,时间为 24 h。在北京时间 00:00:00 AM 或其他选定的参考时间,日帧被复位,开始一个新的日帧。

4.6 信号帧

4.6.1 信号帧结构

数据帧结构的基本单元为信号帧,信号帧由帧头和帧体两部分组成,为适应不同应用,定义了三种可选帧头模式以及相应的信号帧结构,见图 9 中 a),b),c)。三种帧头模式所对应的信号帧的帧体长度和超帧的长度都保持不变。对于图 9 中 a)的帧结构,每 225 个信号帧组成一个超帧($225 \times 4\ 200 \times 1/7.56\ \mu\text{s} = 125\ \text{ms}$);对于图 9 的 b),每 216 个信号帧组成一个超帧($216 \times 4\ 375 \times 1/7.56\ \mu\text{s} = 125\ \text{ms}$);对于图 9 c),每 200 个信号帧组成一个超帧($200 \times 4\ 725 \times 1/7.56\ \mu\text{s} = 125\ \text{ms}$)。

信号帧包含帧头和帧体两个部分,根据帧头的不同,有三种结构。

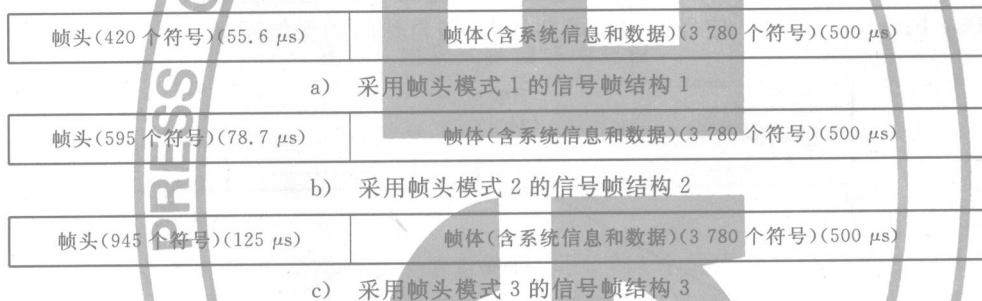


图 9 信号帧结构

4.6.2 帧头

4.6.2.1 帧头模式 1

帧头模式 1 采用的 PN 序列定义为循环扩展的 8 阶 m 序列,可由一个 LFSR 实现,经“0”到+1 值及“1”到-1 值的映射变换为非归零的二进制符号。

长度为 420 个符号的帧头信号(PN420),由一个前同步、一个 PN255 序列和一个后同步构成,前同步和后同步定义为 PN255 序列的循环扩展,其中前同步长度为 82 个符号,后同步长度为 83 个符号,见图 10。LFSR 的初始条件确定所产生的 PN 序列的相位。在一个超帧中共有 225 个信号帧。每个超帧中各信号帧的帧头采用不同相位的 PN 信号作为信号帧识别符。

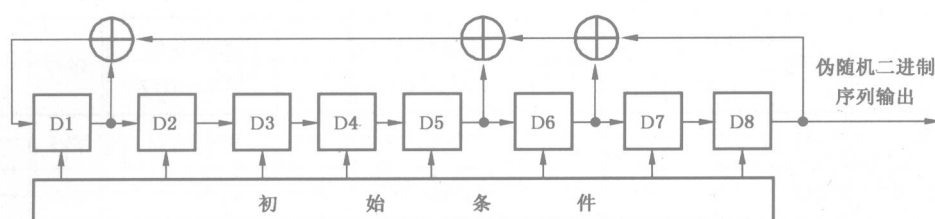


图 10 PN420 结构

产生序列 PN255 的 LFSR 的生成多项式定义为:

$$G_{255}(x) = 1 + x + x^5 + x^6 + x^8 \dots\dots\dots (5)$$

PN420 序列可以用图 11 所示的 LFSR 产生。

图 11 8 阶 m 序列生成结构

基于该 LFSR 的初始状态,可产生 255 个不同相位的 PN420 序列,从序号 0 到序号 254。本标准选用其中的 225 个 PN420 序列,从序号 0 到序号 224。为了尽量减小相邻序号的相关性,经过计算机优化选择,形成的信号帧序号序列和 LFSR 的初始状态如表 2 所示。在每个超帧开始时 LFSR 复位到序号 0 的初始相位。

表 2 PN420 初始相位

序号	初始相位 (D8~D1)	序号	初始相位 (D8~D1)	序号	初始相位 (D8~D1)	序号	初始相位 (D8~D1)	序号	初始相位 (D8~D1)
0	10110000	24	01111101	48	00000101	72	01010101	96	00011010
1	01100001	25	10111101	49	11111101	73	00111001	97	00011011
2	11011000	26	10111110	50	10000010	74	00101010	98	10001101
3	11000010	27	01111010	51	11111010	75	01110011	99	00110110
4	11101100	28	01011111	52	11000001	76	00010101	100	11000110
5	10000101	29	11110100	53	11110101	77	11100111	101	01101100
6	01110110	30	10101111	54	01100000	78	10001010	102	01100011
7	00001010	31	11101001	55	11101010	79	11001111	103	11011001
8	10111011	32	11010111	56	00110000	80	11000101	104	00110001
9	00010100	33	11010011	57	11010100	81	10011110	105	10110011
10	11011101	34	11101011	58	10011000	82	01100010	106	00011000
11	00101001	35	10100111	59	10101000	83	00111100	107	01100110
12	01101110	36	01110101	60	01001100	84	10110001	108	00001100
13	01010010	37	01001111	61	01010000	85	01111000	109	11001101
14	10110111	38	10111010	62	10100110	86	01011000	110	00000110
15	10100101	39	10011111	63	10100001	87	11110000	111	10011010
16	11011011	40	01011101	64	01010011	88	10101100	112	10000011
17	01001011	41	00111111	65	01000011	89	11100001	113	10011010
18	11101101	42	00101110	66	10101001	90	11010110	114	00000110
19	10010111	43	01111111	67	10000111	91	11000011	115	11001101
20	11110110	44	00010111	68	01010100	92	01101011	116	00001100
21	00101111	45	11111111	69	00001110	93	10000110	117	01100110
22	11111011	46	00001011	70	10101010	94	00110101	118	00011000
23	01011110	47	11111110	71	00011100	95	00001101	119	10110011