

ITU-R BT.1306-2 建议书

数字地面电视广播的纠错、数据成帧、
调制和发射方法

(ITU-R 31/6号研究课题)

(1997-2000-2005年)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 自1997年开始，有若干主管部门在VHF/UHF波段引入了数字地面电视广播（DTTB）；
- b) DTTB应安排在目前用于模拟电视传输的6、7、8 MHz频道；
- c) 宜应在单一频道内支持分级的嵌套式质量水平的同时传输（包括高清晰度电视（HDTV）、增强清晰度电视（EDTV）和标准清晰度电视（SDTV））；
- d) DTTB业务可能需要在一段过渡期内与现有的模拟电视传输共存；
- e) 在VHF/UHF波段存在多种干扰，包括同频道和邻频道干扰、点火噪声、多径和其他信号失真；
- f) 与其他媒介，如电缆线路和卫星之间存在的共性，在外码编码层面是一个优势；
- g) 对于存在传输错误的频道而言，帧同步具备健壮性是必要的；
- h) 帧结构最好能适应不同比特率的频道；
- j) 单载波调制和多载波调制两种方法都有可能使用；
- k) 各系统的特性之间最好能具备最大的共性；
- l) 需要和不需要与现有模拟电视传输共存的数字地面电视传输之间最好具备最大的共性；
- m) 随着数字技术的迅速发展，在不同时间出现的数字地面电视系统提供了新的诱人前景和业务；
- n) 选择调制方式需要根据具体条件，如频谱资源、政策、覆盖要求、现有的网络结构、接收条件、所需的业务类型、消费者和广播机构的开销，

建议

- 1 打算引入DTTB的主管部门应采用附件1说明的一系列纠错、成帧、调制和发射方法中的一种。

附件 1

表1a)给出了单载波系统的数据, 表1b)给出了多载波系统的数据, 表1c)给出了采用射频频带细分的多载波系统的数据。系统A、B和C的具体规定见附录1、2和3。

附录4说明了挑选系统A、B和C的指导原则。

表 1

DTTB传输系统的参数

a) 单载波系统

	参数	6 MHz	7 MHz	8 MHz
1	所用带宽	5.38 MHz (-3 dB)	6.00 MHz (-3 dB)	7.00 MHz (-3 dB)
2	辐射的载波数目	1	1	1
3	调制方法	8-VSB	8-VSB	8-VSB
4	频谱成形函数	根升余弦滚降 $R = 5.8\%$	根升余弦滚降 $R = 8.3\%$	根升余弦滚降 $R = 7.1\%$
5	频道占用率	见ITU-R BT.1206 建议书	-	-
6	有效符号时长	92.9 ns	83.3 ns	71.4 ns
7	总的符号时长或分段时长	77.3 μ s (分段)	69.3 μ s (分段)	59.4 μ s (分段)
8	传输帧时长	48.4 ms	43.4 ms	37.2 ms
9	频道均衡			
10	内部交织	12 (时间交织的 独立编码流)	24 (时间交织的 独立编码流)	28 (时间交织的 独立编码流)
11	外频道RS编码	RS (207,187, $T = 10$)	RS (207,187, $T = 10$)	RS (207,187, $T = 10$)
12	外部交织	52个分段的常规 字节交织	52个分段的常规 字节交织	52个分段的常规 字节交织
13	数据随机化/能量扩散	16比特PRBS	16比特PRBS	16比特PRBS
14	时间/频率同步	分段同步, 导频	分段同步, 导频	分段同步, 导频
15	帧同步	帧同步	帧同步	帧同步
16	数据均衡	帧同步, PN.511和 $3 \times$ PN.63	帧同步, PN.511和 $3 \times$ PN.63	帧同步, PN.511和 $3 \times$ PN.63

表 1 (续)

a) 单载波系统(完)

	参数	6 MHz	7 MHz	8 MHz
17	传输模式的标识	帧同步内的模式符号	帧同步内的模式符号	帧同步内的模式符号
18	净数据速率	19.39 Mbit/s	21.62 Mbit/s	27.48 Mbit/s
19	加性高斯白噪声 (AWGN)频道的载噪比	15.19 dB ⁽¹⁾	15.19 dB	15.19 dB

b) 多载波系统

	参数	6 MHz多载波 (OFDM)	7 MHz多载波 (OFDM)	8 MHz多载波 (OFDM)
1	所用带宽	5.71 MHz	6.66 MHz	7.61 MHz
2	辐射的载波数目	1 705 (2k模式) ⁽²⁾ 3 409 (4k模式) 6 817 (8k模式)	1 705 (2k模式) ⁽²⁾ 3 409 (4k模式) 6 817 (8k模式)	1 705 (2k模式) ⁽²⁾ 3 409 (4k模式) 6 817 (8k模式)
3	调制方法	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MR-16-QAM, MR-64-QAM ⁽³⁾	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MR-16-QAM, MR-64-QAM ⁽³⁾	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MR-16-QAM, MR-64-QAM ⁽³⁾
4	频道占用率		见ITU-R BT.1206建议书	见ITU-R BT.1206建议书
5	有效符号时长	298.67 μs (2k模式) 597.33 μs (4k模式) 1 194.67 μs (8k模式)	256 μs (2k模式) 512 μs (4k模式) 1 024 μs (8k模式)	224 μs (2k模式) 448 μs (4k模式) 896 μs (8k模式)
6	载波间隔	3 348.21 Hz (2k模式) 1 674.11 Hz (4k模式) 837.05 Hz (8k模式)	3 906 Hz (2k模式) 1 953 Hz (4k模式) 976 Hz (8k模式)	4 464 Hz (2k模式) 2 232 Hz (4k模式) 1 116 Hz (8k模式)
7	保护间隔时长	有效符号时长 9.33, 18.67, 37.33, 74.67 μs (2k模式) 18.67, 37.33, 74.67, 149.33 (4k模式) 37.33, 74.67, 149.33, 298.67 μs (8k模式) 的1/32, 1/16, 1/8, 1/4	有效符号时长 8, 16, 32, 64 μs (2k模式) 16, 32, 64, 128 μs (4k模式) 32, 64, 128, 256 μs (8k模式) 的1/32, 1/16, 1/8, 1/4	有效符号时长 7, 14, 28, 56 μs (2k模式) 14, 28, 56, 112 μs (4k模式) 28, 56, 112, 224 μs (8k模式) 的1/32, 1/16, 1/8, 1/4
8	总的符号时长	308.00, 317.33, 336.00, 373.33 μs (2k模式) 616.00, 634.67, 672.00, 746.67 μs (4k模式) 1 232.00, 1 269.33, 1 344.00, 1 493.33 μs (8k模式)	264, 272, 288, 320 μs (2k模式) 528, 544, 576, 640 μs (4k模式) 1 048, 1 088, 1 152, 1 280 μs (8k模式)	231, 238, 252, 280 μs (2k模式) 462, 476, 504, 560 μs (4k 模式) 924, 952, 1 008, 1 120 μs (8k模式)
9	传输帧时长	68个OFDM符号。 每个超帧由4帧组成	68个OFDM符号。 每个超帧由4帧组成	68个OFDM符号。 每个超帧由4帧组成

表1 (续)

b) 多载波系统 (完)

	参数	6 MHz多载波 (OFDM)	7 MHz多载波 (OFDM)	8 MHz多载波 (OFDM)
10	内频道编码	常规编码, 64态1/2母编码率。缩为2/3、3/4、5/6、7/8编码率	常规编码, 64态1/2母编码率。缩为2/3、3/4、5/6、7/8编码率	常规编码, 64态1/2母编码率。缩为2/3、3/4、5/6、7/8编码率
11	内部交织	比特交织, 加上自然或深度 ⁽⁴⁾ 符号交织	比特交织, 加上自然或深度 ⁽⁴⁾ 符号交织	比特交织, 加上自然或深度 ⁽⁴⁾ 符号交织
12	外频道RS编码	RS (204,188, $T=8$)	RS (204,188, $T=8$)	RS (204,188, $T=8$)
13	外部交织	字节级常规交织, $I=12$	字节级常规交织, $I=12$	字节级常规交织, $I=12$
14	数据随机化/ 能量扩散	PRBS	PRBS	PRBS
15	时间/频率同步	导频	导频	导频
16	IP外频道编码RS编码	MPE-FEC RS (255,191) ⁽⁶⁾	MPE-FEC RS (255,191) ⁽⁶⁾	MPE-FEC RS (255,191) ⁽⁶⁾
17	接收机消耗功率的降低	时间分割 ⁽⁷⁾	时间分割 ⁽⁷⁾	时间分割 ⁽⁷⁾
18	发射参数信令(TPS) ⁽⁸⁾	由TPS 导频载送	由TPS 导频载送	由TPS 导频载送
19	净数据速率	取决于调制、编码率和保护间隔 (对于非分级模式为3.69-23.5 Mbit/s) ⁽⁹⁾	取决于调制、编码率和保护间隔 (对于非分级模式为4.35-27.71 Mbit/s) ⁽⁹⁾	取决于调制、编码率和保护间隔 (对于非分级模式为4.98-31.67 Mbit/s) ⁽⁹⁾
20	加性高斯白噪声(AWGN)频道的载噪比	取决于调制和频道编码。 3.1-20.1 dB ⁽¹⁰⁾	取决于调制和频道编码。 3.1-20.1 dB ⁽¹⁰⁾	取决于调制和频道编码。 3.1-20.1 dB ⁽¹⁰⁾

表1 (续)

c) 采用射频频带细分的多载波系统⁽¹¹⁾

	参数	6 MHz多载波 (分段OFDM)	7 MHz多载波 (分段 OFDM)	8 MHz多载波 (分段OFDM)
1	分段的数目 (Ns)	13 ⁽¹²⁾	13 ⁽¹²⁾	13 ⁽¹²⁾
2	分段带宽 (Bws)	6 000/14 = 428.57 kHz	7 000/14 = 500 kHz	8 000/14 = 571.428 kHz
3	所用带宽 (Bw)	Bw × Ns + Cs 5.575 MHz (模式1) 5.573 MHz (模式2) 5.572 MHz (模式3)	Bw × Ns + Cs 6.504 MHz (模式1) 6.502 MHz (模式2) 6.501 MHz (模式3)	Bw × Ns + Cs 7.434 MHz (模式1) 7.431 MHz (模式2) 7.430 MHz (模式3)
4	辐射的载波数目	1 405 (模式1) 2 809 (模式2) 5 617 (模式3)	1 405 (模式1) 2 809 (模式2) 5 617 (模式3)	1 405 (模式1) 2 809 (模式2) 5 617 (模式3)
5	调制方法	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6	频道占用率		See Rec. ITU-R BT.1206	See Rec. ITU-R BT.1206
7	有效符号时长	252 μs (模式1) 502 μs (模式2) 1 008 μs (模式3)	216 μs (模式1) 432 μs (模式2) 864 μs (模式3)	189 μs (模式1) 378 μs (模式2) 756 μs (模式3)
8	载波间隔 (Cs)	Bws/108 = 3.968 kHz (模式1) Bws/216 = 1.948 kHz (模式2) Bws/432 = 0.992 kHz (模式3)	Bws/108 = 4.629 kHz (模式1) Bws/216 = 2.361 kHz (模式2) Bws/432 = 1.157 kHz (模式3)	Bws/108 = 5.271 kHz (模式1) Bws/216 = 2.645 kHz (模式2) Bws/432 = 1.322 kHz (模式3)
9	保护间隔时长	有效符号时长 63, 31.5, 15.75, 7.875 μs (模式1) 126, 63, 31.5, 15.75 μs (模式2) 252, 126, 63, 31.5 μs (模式3) 的1/4, 1/8, 1/16, 1/32	有效符号时长 54, 27, 13.5, 6.75 μs (模式1) 108, 54, 27, 13.5 μs (模式2) 216, 108, 54, 27 μs (模式3) 的1/4, 1/8, 1/16, 1/32	有效符号时长 47.25, 23.625, 11.8125, 5.90625 μs (模式1) 94.5, 47.25, 23.625, 11.8125 μs (模式2) 189, 94.5, 47.25, 23.625 μs (模式3) 的1/4, 1/8, 1/16, 1/32
10	总的符号时长	315, 283.5, 267.75, 259.875 μs (模式1) 628, 565, 533.5, 517.75 μs (模式2) 1 260, 1 134, 1 071, 1 039.5 μs (模式3)	270, 243, 229.5, 222.75 μs (模式1) 540, 486, 459, 445.5 μs (模式2) 1 080, 972, 918, 891 μs (模式3)	237.25, 212.625, 200.8125, 194.90625 μs (模式1) 472.5, 425.25, 401.625, 389.8125 μs (模式2) 945, 850.5, 803.25, 779.625 μs (模式3)
11	传输帧时长	204个OFDM符号	204个OFDM符号	204个OFDM符号

表1 (续)

c) 采用射频频带细分的多载波系统⁽¹¹⁾ (完)

	参数	6 MHz多载波 (分段OFDM)	7 MHz多载波 (分段OFDM)	8 MHz多载波 (分段OFDM)
12	内频道编码	常规编码, 64态1/2母编码率。缩为2/3, 3/4, 5/6, 7/8编码率	常规编码, 64态1/2母编码率。缩为2/3, 3/4, 5/6, 7/8编码率	常规编码, 64态1/2母编码率。缩为2/3, 3/4, 5/6, 7/8编码率
13	内部交织	分段内和分段间交织(频率交织)。0、380、760、1520个符号的符号级常规交织(时间交织)	分段内和分段间交织(频率交织)。0、190、380、760个符号的符号级常规交织(时间交织)	分段内和分段间交织(频率交织)。0、95、190、380个符号的符号级常规交织(时间交织)
14	外频道编码	RS (204,188, $T=8$)	RS (204,188, $T=8$)	RS (204,188, $T=8$)
15	外部交织	字节级常规交织, $I=12$	字节级常规交织, $I=12$	字节级常规交织, $I=12$
16	数据随机化/ 能量扩散	PRBS	PRBS	PRBS
17	时间/频率同步	导频	导频	导频
18	传输和复用安排	由TMCC 导频载送	由TMCC 导频载送频	由TMCC 导频载送
19	净数据速率	取决于分段数目、调制、编码率、分级结构和保护间隔 3.65-23.2 Mbit/s	取决于分段数目、调制、编码率、分级结构和保护间隔 4.26-27.1 Mbit/s	取决于分段数目、调制、编码率、分级结构和保护间隔 4.87-31.0 Mbit/s
20	加性高斯白噪声(AWGN)频道的载噪比	取决于调制和频道编码 5.0-23 dB ⁽¹³⁾	取决于调制和频道编码 5.0-23 dB ⁽¹³⁾	取决于调制和频道编码 5.0-23 dB ⁽¹³⁾

OFDM: 正交频分复用

PRBS: 伪随机二进制序列

TMCC: 传输和复用安排控制

VSB: 残留边带

MPE-FEC: 多协议封装—前向纠错

表I的注(续)

- (1) 测得的值。经过RS解码后，差错率为 3×10^{-6} 。
- (2) 2K模式可用于单发射机操作、用于单频填充发射机和用于小型单频网络。8K模式可用于同样的网络结构，还可用于大型单频网络。4K模式在发射小区的大小和移动接收能力之间做了更大的折中，为手持式覆盖和移动覆盖的网络规划提供了更大的灵活性。
- (3) 16-QAM、64-QAM、MR-16-QAM和MR-64-QAM（MR-QAM：不均匀QAM群）可用于分级的传送方案。在本例中，两层调制分别载送两路不同的MPEG-2传送流。这两层调制可采用不同的编码率，并可分别解码。
- (4) 2K和4K模式的深度符号交织器用于进一步提高这两种模式在移动环境中脉冲噪声条件下的健壮性。
- (5) 导频指连续导频和分散导频，连续导频由45个（2K模式）或177个（8K模式）载波载送所有OFDM符号，而分散导频则在时间和频率上是扩散的。
- (6) 用于提高移动频道的C/N性能和多普勒性能。
- (7) 用于降低终端的平均功率消耗，实现无缝的越区频率转换。
- (8) TPS导频载送有关调制、编码率的信息和其他传输参数。
- (9) 调制、编码率和保护间隔的选择取决于业务要求和规划环境。
- (10) 模拟的是理想频道、无分级模式情况下的估计值。RS解码前差错率为 2×10^{-4} ，RS解码后差错率为 1×10^{-11} 。
- (11) 射频频带的细分允许逐段采用适当的调制和纠错方案，并采用窄带接收机接收中心分段。
- (12) 采用射频频带细分的多载波系统在电视业务中使用13个分段，而其他业务，如声音业务，可以使用任意数目的分段。
- (13) 采用原型接收机测得的值。RS解码前差错率为 2×10^{-4} ，RS解码后差错率为 1×10^{-11} 。

附件 1 的 附录 1

系统 A 标准

参考资料

- ATSC [September, 1995] Standard A/53. Digital television standard. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [December, 1995] Standard A/52. Digital audio compression standard (AC-3). Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [December, 1997] Standard A/65. Program and system information protocol for terrestrial broadcasting and cable. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [August, 1996] Standard A/57. Program/episode/version identification. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [September, 1996] Standard A/58. Recommended practice; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard. Advanced Television Systems Committee.

附件 1 的 附录 2

系统 B 标准

参考资料

- ETSI ETS 300 472. Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bit streams.
- ETSI ETR 162. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Allocation of Service Information (SI) codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems.
- ETSI ETR 154. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 systems, video and audio in satellite and cable broadcasting applications.
- ETSI ETR 211. Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines on implementation and usage of DVB service information.
- ETSI ETR 289. Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of scrambling and Conditional Access (CA) within digital broadcasting systems.
- ETSI ETS 300 468. Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems.
- ETSI EN 300 744. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
- ETSI ETS 300 743. Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems.
- ETSI EN 301 192. Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting.

- ETSI TS 101 191. Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization.
- ETSI EN 302 304. Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld terminals (DVB H).

附件 1 的 附录 3

系统 C 标准

参考资料

- ARIB [May, 1999] ARIB B-10. Service information for digital broadcasting system. Association of Radio Industries and Businesses.
- TTC [May, 1999] Digital terrestrial television broadcasting standard. Telecommunication Technical Council.

附件 1 的 附录 4

挑选系统的指导原则

挑选适当的系统可以被认为是一个迭代过程，分为三个步骤：

- 步骤一：在考虑到普遍存在的技术/管制环境的同时，初步评估哪种系统最适合广播机构的主要要求。
- 步骤二：进一步详细评估“加权的”性能差别。
- 步骤三：全面评估影响系统选择的商业和运营因素。

下面对这三个步骤做更为全面的说明。

步骤一：初步评估

可以把表2作为一个起点，评估哪种系统最能满足某项特定的广播要求。

表2
初步选择的指导原则

要求		适当的系统
给定C/N 门限的情况下高斯频道的最高数据速率	要求	A
	不要求	A、B或C
最高的抗多径干扰性能 ⁽¹⁾	要求	B或C
	不要求	A、B或C
单频网络 (SFN)	要求	B或C
	不要求	A、B或C
移动接收 ^{(1),(2)}	要求	B或C
	不要求	A、B或C
同时传输不同的质量水平 (分级传输)	极为重要	C
	要求	B或C
	不要求	A、B或C
子数据块独立解码 (例如, 为了便于进行声音广播)	要求	C
	不要求	A、B或C
在高斯环境中给定功率的情况下由中心发射机形成最大覆盖 ⁽³⁾	要求	A
	不要求	A、B或C
最高的抗脉冲干扰性能	要求 ⁽⁴⁾	A
	不要求 ⁽⁵⁾	A、B或C

(1) 可与带宽效率和其他系统参数进行协调。

(2) 以该模式提供HDTV接收不一定行。

(3) 对于存在覆盖盲区的所有系统, 均需要填充发射机。

(4) 这种对比适用于2K模式的B和C系统。

(5) 澳大利亚进行的8K模式测试的初步结果, 显示8K模式的B和C系统的性能比2K模式有显著提高, 并表明8K模式的B和C系统的性能与A系统的性能类似。不过还需要对系统A、B和C进行进一步的对比测试, 以验证其相对性能。

步骤二: 加权性能差别的评估

在根据表2进行的初步评估之后要完成更全面的挑选过程, 还需要对备选系统的性能做一个对比评价。这一步之所以需要, 是因为挑选参数的选择本身不是简单的“非黑即白”挑选。在任何给定的情况下, 任何特定的准则对所研究的广播环境来说其重要性或大或小, 这意味着必须找到一种方法, 以便在不大的性能差别与更为重要的挑选参数之间或与较不重要的挑选参数之间取得平衡。换句话说, 采用某个关键参数得出的系统之间的某种不大的差别比采用较不重要的挑选准则得出的较大差别更可能影响所做的选择, 这一点很明显。

对系统评估的这一步骤推荐以下方法论:

第1步要求识别出与希望选择某种DTTB系统的主管部门或广播机构的环境相关的性能参数。这些参数可能包括数字系统本身固有的性能能力、该系统与现有模拟业务的兼容性以及对与其他图像通信或广播业务的互操作性的需求。

第2步要求按照对引入数字电视业务的环境的重要性或关键程度的顺序评估参数的“权”。这种加权可能就是一个简单的乘数，如“正常”为1，“重要”为2。

第3步涉及从实验室和现场试验（最好是二者）获得的测试数据的累积。这些数据可由参与评价的各方直接搜集，也可从承担试验或评价的其他各方获取。预计无线电通信第6研究组（原第11研究组）将在不久的将来拟定一份报告，给出不同DTTB系统的全面技术数据，供无法从其他可靠来源获得足够的测试数据时使用。

第4步则要求对测试数据与性能参数加以比较，并确定每一参数的“评分”。总评分用于选择最能满足要求的某个系统。某些主管部门发现采用简单的数字评分和加权尺度构成的表型结构很有用。所做的“假设”为所有的备选系统都能提供某种可靠的DTTB业务。因此，各系统间的差别会相对较小。最好能避免不必要地夸大系统间的差别，但同时也要注意确保挑选过程适应拟选业务的需求。采用简洁的数字评分尺度是完成这些目标的一种方法。

下面的例子是一些可能有用的尺度：

性能	评分
合格	1
良好	2
优秀	3

上述尺度中的0（或零）值指的是用某一给定参数衡量时某个系统未能给出满意的性能，或者指某一参数无法评价。

重要性	加权
正常	1
重要	2
关键	3

下面是表型结构的一个例子，可用于各种系统的对比评估。

编号	准则	系统性能			加权	系统评分		
		A	B	C		A	B	C
1	发射信号的特性							
A	信号的健壮性							
	抗电气干扰性能							
	发射信号的效率							
	有效覆盖							
	采用室内天线接收							
	邻频道性能							
	同频道性能							
B	失真后的复原能力							
	多径失真后的复原能力							
	移动接收							
	搬移式接收							

步骤三：商业和运营性能的评估

最后一个步骤是进行商业和运营性能的评估，以认定从总体上看哪个系统确实是最佳选择。这种评估要考虑开办业务所需的时间长度，设备的成本及可用性，在不断变化的广播环境中的互操作性等。

可兼容接收机

如果有必要接收一种以上的调制方式，就需要可兼容接收机。考虑到数字技术的进步，这种接收机的价格不应比单一调制方式的接收机高太多，但这种接收机的优势可能是很重要的。对消费者和广播机构而言，其优势会提供别的诱人前景和业务，如表2所示。关于这一问题的研究仍在继续。