

ITU-R BO.1784 建议书

可灵活配置（电视、声音和数据）的数字卫星广播系统

（ITU-R 3/6 号研究课题）

（2007 年）

范围

本建议书针对的是数字卫星广播业务（BSS），此时系统配置的高度灵活性和广播交互性显得非常重要，以便在最小 C/N 级别或最大传输容量条件下，在很宽范围内实现操作之间的平衡。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 在 ITU-R BO.1408 建议书和 ITU-R BO.1516 建议书中已开发出了由卫星使用的数字多节目电视系统，指的就是当前系统；
- b) 在信道编码与调制领域的最新进展已产生了具有接近香农极限值性能的新技术；
- c) 这些新的数字技术将提供比当前系统更好的频谱与/或电源效率，同时保留了可以灵活配置的可能，以适应特定的卫星带宽和电源；
- d) 推荐的系统使用了这些技术，因此允许在最小 C/N 级别或最大传输容量条件下，在很宽范围内实现操作之间平衡，依据选定的 DVB-S2 模式，获得超过 DVB-S（在 ITU-R BO.1516 建议书系统中的系统 A）的可度量的增益；
- e) 开发的推荐系统不仅涉及广播，也涉及交互性和节目馈给应用，例如节目馈给电视链路和数字卫星新闻采集（DSNG）；
- f) 在合理的复杂度上保留单芯片解码器的同时，涵盖所有这些应用领域的系统将能够重新将有关大量市场产品的开发成果应用于节目馈给或特殊用途；
- g) 推荐的系统提供了新的自适应编码与调制（ACM）技术，它将为与返回路径有关的单播应用提供更有效的频谱利用，取决于路径条件，这将通过为各个单个用户优化发射参数（即调制与编码）来实现；
- h) 推荐的系统适应任何输入流格式，包括单个或多个活动图像专家组（MPEG）传输流（以 188-字节分组为特征）、IP 以及异步传输模式（ATM）分组和连续比特流；
- j) 推荐的系统将能处理当前可用的以及经过定义的各种各样高级视听格式，

进一步考虑到

- a) 基于标准化系统，国际电联的系统建议书有助于市场确立业务，从而避免专利开发的增加，总体上，这将使最终用户和行业受益；
- b) 尽管当前系统是成功的，但在特定的转发器带宽下，新的规范比当前系统更能提供显著增大的数据率，这受到全世界众多卫星广播公司、运营商和制造商的青睐；
- c) 提供高清晰度电视（HDTV）业务的要求将迫使广播公司寻求在现有转发器中传送这些业务的更高效方法；
- d) 推荐的系统固有的灵活性将提供在更高卫星广播业务（BSS）波段（例如 17 GHz 和 21GHz 的 BSS 波段）上减轻大气衰减影响的方法，计划将它们用于 HDTV 业务；
- e) 推荐的系统包括后向兼容模式，允许现有 BSS 接收机继续工作，

建议

1 在 ETSI EN 302 307 V 1.1.2 中规定的 DVB-S2 系统：

<http://www.itu.int/ITU-R/study-groups/docs/rsg6-etsi/index.html>（参见附文 1）可被认为是一个合适的系统，可用于开发可灵活配置的卫星广播系统¹。

注 1—附件 1 对所推荐的系统（系统 E）进行了描述，附件 2 包含一些对照表，这些表格列出了所推荐的系统（系统 E）以及 ITU-R BO.1516 建议书中所含的各系统（系统 A、系统 B、系统 C、系统 D）。

附 录 1

DVB-S2 系统（又名系统 E）的主要特性

DVB-S2 是由 DVB（数据视频广播）项目于 2003 年开发的、针对卫星宽带应用的第二代规范，并于 2004 年成为 ETSI 标准 EN 302 307。

EN 302 307 为不同类型的卫星应用规定了帧结构、信道编码和调制：

- 标准清晰度和高清晰度电视（SDTV 和 HDTV）的广播；
- 卫星广播应用（针对集成接收机—解码器(IRD)）的交互性（包括互联网接入）；
- 节目馈给应用，如数字电视节目馈给、分配和新闻采集；
- 数据内容分配和互联网中继。

¹ 在本 ETSI 标准中的“shall（务必）”一词应视为本 ITU-R 建议书中的“should（应该）”一词。

为了在合理的复杂度上仍保留单芯片解码器的同时能够覆盖所有的应用领域，将 DVB-S2 构造成一个工具箱，从而使得对节目馈给或特殊用途也能够使用大量市场产品。

DVB-S2 系统围绕三个概念加以规定：最佳发射性能、接近香农极限值、总的灵活性和合理的接收机复杂度。

为获得最佳的性能—复杂度平衡，在传统广播应用的 DVB-S 上获得可感知的容量增加，DVB-S2 从信道编码与调制的最新发展中获益：与正交相移键控（QPSK）、8-PSK、16-APSK（幅移键控与相移键控）以及 32-APSK 调制相结合，采用了低密度奇偶校验（LDPC）码，以使系统能够在非线性的卫星信道上正确运转。

帧结构允许针对通用系统的最大灵活性以及在最坏情况配置（低信噪比，SNR）下的同步。

对交互式点对点应用，例如与返回路径相关的 IP 单播，ACM 功能性的采用允许逐帧地为各个单个用户优化发射参数，这取决于路径条件，并在经由返回信道（通过陆地或卫星链路将接收机与 DVB-S2 上行链路站点相连，告知接收机接收条件）的闭环控制下。与 DVB-S 相比，这使得 DVB-S2 的频谱利用率得以进一步提高，实现空间部分设计的最优化，从而有可能大幅降低基于卫星的 IP 业务的成本。

DVB-S2 非常灵活，以至于能够利用其众多的频谱效率及相关的 SNR 要求来应对任何现有的卫星转发器特性。此外，其设计目的是为了处理各种各样的高级视听格式，这些格式目前由国际机构进行定义。DVB-S2 适应任何输入流格式，包括单个或多个 MPEG 传输流（以 188 字节分组为特征）、IP 以及 ATM 分组和连续比特流。

后向兼容模式也是可用的，它允许现有的传统 IRD 继续运转。

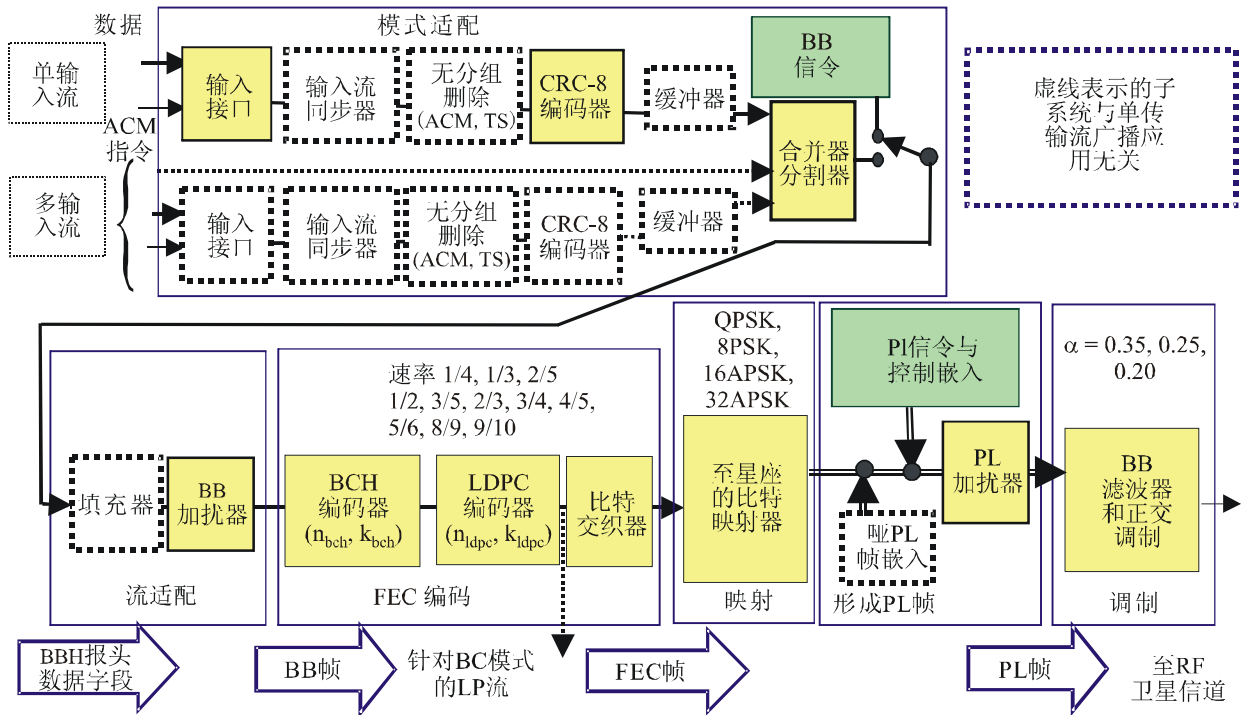
DVB-S2 系统的结构

如图 1 所示，DVB-S2 系统包括一系列的功能块。信号的产生基于两个级别的帧结构：

- 在基带（BB）层面上的 BBFRAME，传送各种各样的信令比特，以便灵活地根据应用情形来配置接收机；
- 在物理层（PL）上的 PLFRAME，传送少数受到高度保护的信令比特，以便在物理层上提供稳健的同步和信令。

图 1

DVB-S2 系统的功能块图



1784-01

取决于应用，DVB-S2 输入序列可以是单个或多个 MPEG 传输流 (TS)、单个或多个普通流，要么是分组的，要么是连续的。标识为模式适配的功能块提供了输入流接口²、输入流同步³（可选的）、无分组删除⁴（仅针对 ACM 和传输流输入格式）、针对接收机中分组层面上错误检测的 CRC-8 编码（仅针对分组的输入流）、输入流的合并（仅针对多个输入流模式）以及划分为数据字段。而后，基带报头添加在数据字段的前面，以告知接收机有关输入流格式和模式适配类型：单个或多个输入流、普通流或传输流、固定编码与调制 (CCM) 或 ACM，以及许多其它配置详情。由于前向纠错 (FEC) 保护（既包括报头，也包括数据有效载荷）以及 FEC 帧的长度，事实上，基带报头可包含许多信令比特，而不会损失发射效率或对噪音的抵御能力。应注意到，MPEG 多路复用传输分组可以异步映射至基带帧上。

于是，在可用于传输的用户数据不足以完全充满一个 BBFRAME 以及基带加扰的情况下，应用流适配来提供填充。

² 输入序列可以是单个或多个 TS、单个或多个普通流（分组的或连续的）。

³ 在 DVB-S2 系统中的数据处理可能产生可变的传输时延。该功能块允许保证恒定比特率，并为分组的输入流保证恒定的端对端传输时延。

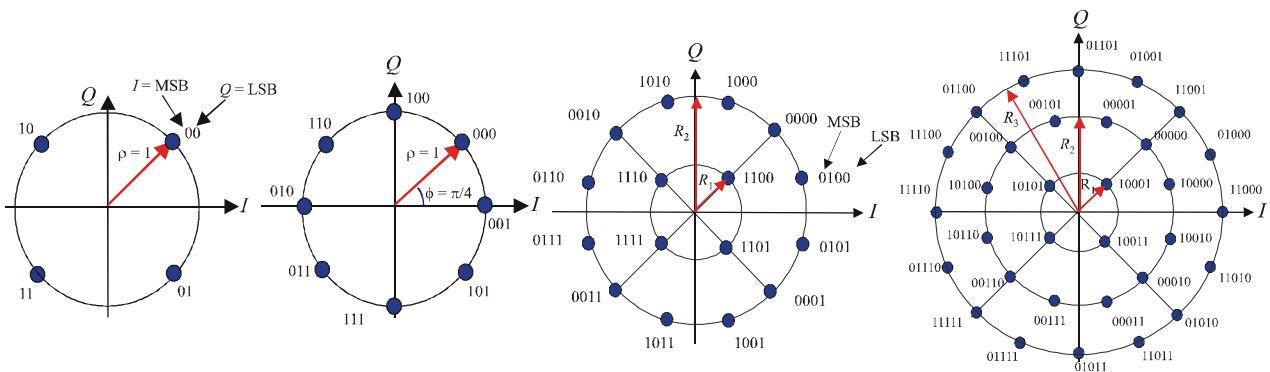
⁴ 为了降低调制器的信息速率并增加对错误的保护。该过程允许无分组重新嵌入它们最初在接收机中的准确位置。

前向纠错(FEC)编码实现了 BCH(Bose—Chaudhuri—Hochquenghem)外部码与低密度奇偶校验(LDPC)内部码(速率包括: 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10)的串联。根据应用领域, FEC 编码的块(FEC 帧)可具有 64 800 或 16 200 比特的长度。当使用可变的编码与调制(VCM)或 ACM 时, 在一帧中的 FEC 与调制模式是固定的, 但可以在不同的帧之间改变; 此外, 发射的信号可包含标准代码与短代码块的混合。对后向兼容模式, 在 FEC 解码器输出中的比特流, 与 DVB-S 信号一起, 依据特定的程序做进一步处理。然后, 为 8-PSK、16-APSK 和 32-APSK 对各 FEC 编码比特应用比特交织, 以便分开映射至相同发射信号上的比特。

根据应用领域, 可以在 QPSK、8-PSK、16-APSK 和 32-APSK 星座(参见图 2)当中选择映射。典型地, 对广播应用建议使用 QPSK 和 8-PSK, 原因是, 它们事实上是固定的封装调制, 可以在接近饱和驱动的非线性卫星转发器中使用。16-APSK 和 32-APSK 模式主要面向节目馈给应用, 也可以用于广播, 但这些要求更高级别的可用 C/N , 并在上行链路站点中采用高级的预失真方法, 以便尽可能减小转发器的非线性效应。虽然这些模式在电源效率上不如其它模式, 但其频谱效率却大得多。已经对 16-APSK 和 32-APSK 星座进行了优化, 以便通过在圆圈上标出各点的方法来在非线形转发器上进行操作。不过, 在线性信道上, 它们的性能比得上 16-QAM 和 32-QAM 各自的性能。

通过选择调制星座和码率, 频谱效率从 0.5 比特/符号至 4.5 比特/符号都是可用的, 并可依据所用的卫星转发器能力与限制来选择。

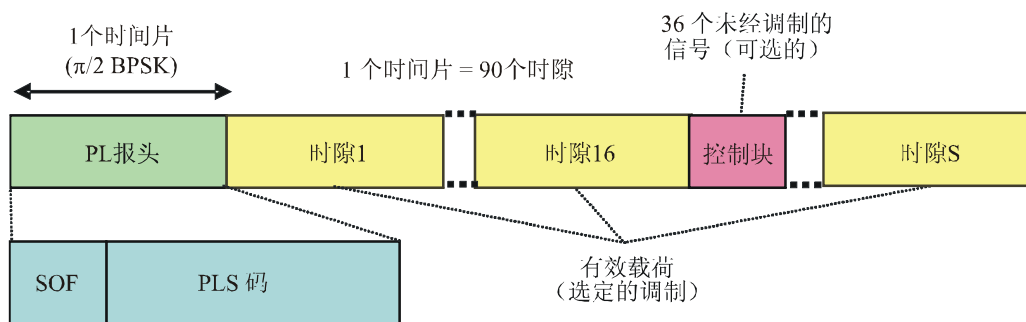
图 2
在物理层加扰之前四种可能的 DVB-S2 星座



1784-02

物理层成帧设计目的是为了在物理层上提供稳健的同步和信令。因此, 接收机可以在解调和 FEC 解码之前进行同步(载波和相位恢复、帧同步)和检测调制与编码参数。DVB-S2 物理层信号由规则的帧序列组成(参见图 3): 在一帧中, 调制与解码方案是相似的, 但在相邻的帧中可能产生变化(在自适应编码与调制配置中)。在“标准帧”配置中, 每一帧包括 64 800 比特有效载荷, 而在“短帧”中, 每一帧包括 16 200 比特有效载荷, 对应 FEC 代码块。一个由 90 个二进制调制符号组成的报头位于有效载荷之前, 包含同步和信令信息, 以允许接收机在解调和 FEC 解码之前进行同步(载波和相位恢复、帧同步)和检测调制与编码参数。

图 3
PL 帧方案



1784-03

PL 报头的第一个 26 个二进制符号（18D2E82_{HEX} 序列）标识 PL 帧的开始（SOF，帧开始），余下的 64 个符号用于告知系统配置。由于 PL 报头是由接收机解码的第一个实体，因此它可能不会受到 FEC 方案（即 BCH 和 LDPC）的保护。另一方面，在最差链接的条件下，它必须是能够被正确解码的（约为 -2.5 dB 的 SNR）。因此，为了尽可能减小对全球频谱效率的影响，在该层面上的信令信息已被减为 7 比特，其中的 5 比特用于指明调制与编码配置（MODCOD 字段），1 比特用于指明帧长度（64 800 或 16 200 比特），1 比特用于指明存在/不存在控制，以便于接收机同步（如下所述）。然后，这些比特受到交织的、带有参数速率（64、7、 $t = 32$ ）的一阶 Reed-Muller 块码的高度保护，它适于软判决相关解码。

独立于 PLFRAME 有效载荷（FEC 码块）的调制方案，组成 PL 报头的 90 个二进制符号是 $\pi/2$ -BPSK 调制的；这一经典的 BPSK 星座的变化，将在偶数符号上引入一个 $\pi/4$ 旋转，在奇数符号上引入一个 $-\pi/4$ 旋转，从而减小无线电频率信号封装的波动。

PL 帧有效载荷由许多不同的调制符号组成，这些符号取决于 FEC 长度（64 800 或 16 200 比特）以及调制星座，但（不包括可选的控制）有效载荷长度总为 90 个符号时隙的倍数（参见图 3），从而体现周期性，这可供接收机中的帧同步器利用：一旦解码当前的 PL 报头，那么解码器就可准确知晓 PL 的帧长度，从而知道之后 SOF 的位置。

PL 帧还提供给：

- 可选哑 PL 帧嵌入，当不准备在信道上发送任何有用数据时，以及
- 可选控制嵌入，以促进接收机同步。

事实上，DVB-S2 FEC 码非常强大，以至于在卫星广播低噪块（LNB）转换器和调谐器中，在高相位噪声面前，对工作于低 SNR 的高阶调制，载波恢复可能变成一个严重的问题：对 DVS-S2 的某些低速率 8-PSK、16-APSK 和 32-APSK 模式，这尤其是个问题。控制信号是未经调制的符号，由 $I = Q = 1/\sqrt{2}$ 来确定，在 36 个符号的块中进行分组，并嵌入每一个 16 个有效载荷时隙中，因此在使用时提供大约 2.4% 的最大容量损失。

最后，对能量扩散进行加扰，以便遵循有关频谱占用的无线电规则，并传送一种服务运营商“签名”，以便在上行链路程序中出现错误时，能够快速识别。

然后应用基带滤波和正交调制，以形成信号频谱，并产生 RF 信号。在发射侧，使用平方根引起的余弦滤波，有三个滚降系数选择：0.35、0.25 和 0.20，这取决于带宽限制。

后向兼容模式

已经安装了大量当前的 BSS 接收机（ITU-R BO.1516 建议书），这使得许多已成立的广播公司在考虑支持 DVB-S2 技术的突然变革方面显得十分困难，尤其是在那些存在接收机补贴以及免费播送公共业务的地方。在这些情形中，在转换期间可能需要具备后向兼容性，以便允许传统接收机继续运转，同时向新的、高级的接收机提供额外的性能与服务。当转换过程结束，完整的接收机群体已转换为 DVB-S2 时，发射的信号可修改为非后向兼容模式，这样就可充分挖掘 DVB-S2 的全部潜力。

因此，在 DVB-S2 中定义了可选的后向兼容（BC）模式，旨在单一的卫星信道上发送两个传输流。第一个传输流（高优先级，HP）与 DVB-S 接收机（依照 ITU-R BO.1211 建议书）及 DVB-S2 接收机兼容，而第二个传输流（低优先级，LP）只与 DVB-S2 接收机兼容。

根据两种方法，可以随意地实现后向兼容性：

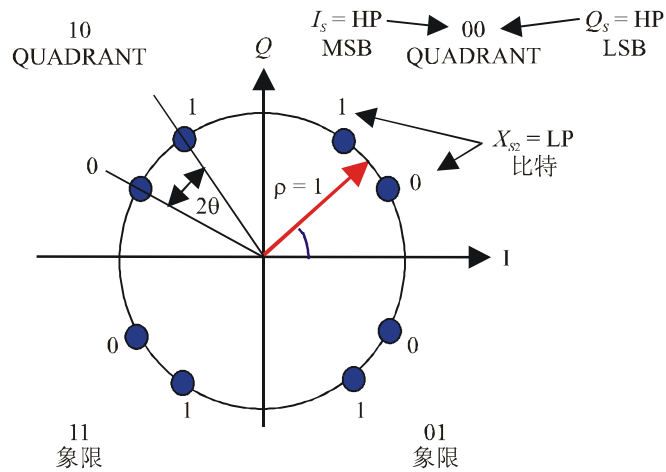
- 分层调制，其中，一个 DVB-S2 信号和一个 DVB-S 信号在无线电频率信道上实现异步结合（因此，该操作模式并不要求在 DVB-S2 规范中规定任何特定的工具）；
- 分级调制，其中，两个 HP 和 LP 传输流在一个非统一的 8-PSK 星座的调制符号层面上实现同步结合（参见图 4）。

注 1 — 其它基于 QPSK 的非 DVB 广播系统（即在 ITU-R BO.1516 建议书中定义的系统）也可发射 DVB-S2 LP 流，方法是使用前面所述的分级与分层调制方案。

根据图 5，在分级调制方法中，遵循 LP DVB-S2 的信号是用 BCH 和 LDPC 编码的，其 LDPC 码率为 1/4、1/3、1/2 或 3/5。而后，分级映射器产生非统一的 8-PSK 星座：两个 HP DVB-S 比特定义一个 QPSK 星座点（可由任何传统的 DVB-S IRD 接收），同时，来自 DVB-S2 LDPC 解码器的单个比特在发射之前设置一个额外的旋转 $\pm\theta$ （取决于 θ 幅度，将在 DVB-S IRD 性能上产生微小下降）。

图 4

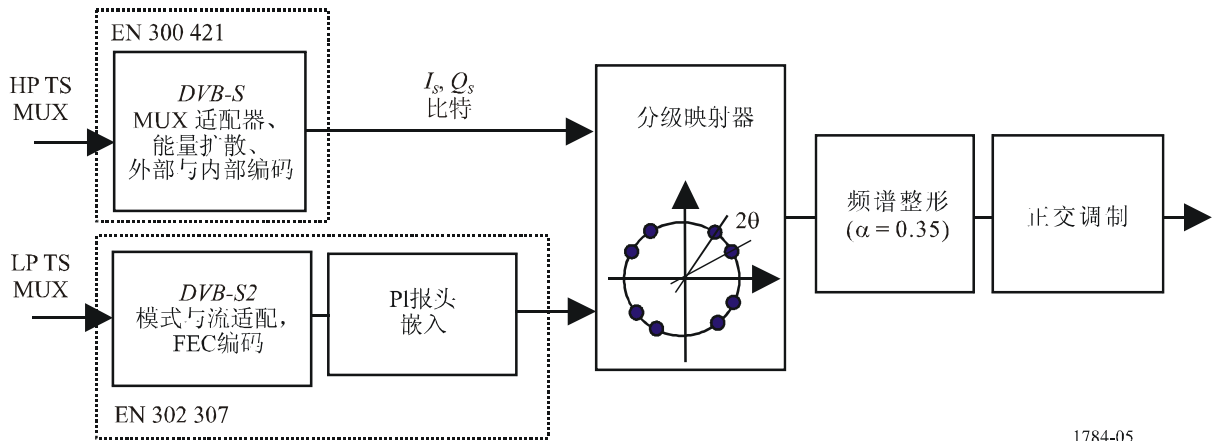
非统一 8-PSK 星座



1784-04

图 5

分级后向兼容的 DVB-S2 系统的功能块图



1784-05

在分析上，分级调制器输出处的信号可以写为：

$$v_{HM} = \sum_k A e^{j\Phi_k} s(t - kT)$$

其中，离散相 Φ_k 在 $\left\{ \frac{\pi}{2}l + \frac{\pi}{4} + (-1)^{l+k+1}\theta \right\}$ 范围内为 $l = 3Q_s - 2I_sQ_s + I_s$ 取值（有四个可能的值：0、1、2、

3），图 4 中定义了 Q_s 和 I_s ，且 $k = X_{S2}$ （有两个可能的值：0、1）。图 4 定义了 Q_s 、 I_s 和 X_{S2} 。

由于结果信号具有拟常封装，因此它可以在接近饱和驱动的单级转发器中进行发射。

本附件的附录 1 包含了一些实际的测试结果，供参考。

附件 1 的附录 1

在 DVB-S2 设备上的实验室测试结果

为了检验 DVB-S2 的性能，2006 年 6 月，Rai-CRIT 在七家不同制造商提供的 DVB-S2 设备上进行了扩展的实验室测试。测试包括 AWGN 性能、非线性信道和相位噪声下降。结果清楚地表明，设备性能与在 DVB-S2 标准中所述的模拟结果是一致的。

已实现单载波和多载波配置，并将之比 DVB-S 等同配置进行了比较，结果表明，DVB-S2 既能显著增强容量或性能，也能大大提高灵活性。此外，已实现 VCM 和 ACM 配置，并对设备性能进行了检验。

最后，需指出，接受测试的设备显示了卓越的互操作性能。

1 主要测试结果

AWGN 测试

在 AWGN 信道上，已分别为 QPSK、8-PSK、16-APSK 和 32-APSK 进行了测量，以评估标准和短 FECFRAME 配置的系统性能。除了 32-APSK 的符号率为 20 MBd⁵外，其它的符号率为 27.5 MBd，而滚降系数为 35%。在测量中获得的平均结果表明，采用 $\Delta E_s/N_0@PER=10^{-7}$ 计算的、关于 EN 302 307 表 13 中所示模拟结果的执行损失，对 QPSK，在 0.2~0.6 dB 范围内，对 8-PSK，在 0.2~0.9 dB 范围内，对 16-APSK，在 0.3~1.3 dB 范围内，对 32-APSK，在 1.3~1.7 dB 范围内。

SAT 测试

在非线性的卫星信道上，实验室测试结果确认了 EN 302 307 表 H.1 中报告的模拟结果。对 QPSK1/2，理想的操作点为 0 dB 的输入补偿 (IBO)，这对应 0.3 dB 的输出补偿 (OBO)，对 AWGN 信道，有大约 0.5 dB 的性能下降。对 8-PSK，理想的操作点为 1 dB 的 IBO，这对应 0.4 dB 的 OBO，有大约 0.6 dB 的性能下降。对 16-PSK，理想的操作点为 4 dB IBO，对应 1.6 dB 的 OBO，有大约 3.0 dB 的性能下降。对 32-APSK，理想的操作点为 7 dB IBO，对应 3.2 dB 的 OBO，有大约 5.4 dB 的性能下降。如果在发射的信号中嵌入控制，那么对 8-PSK，有大约 0.3 dB 的性能提升，对 16-APSK，有大约 1.0 dB 的性能提升。

在调制器中使用信号预修正，还进行了额外的测试，以减少对解调信号的非线性影响，并允许系统工作更接近饱和点，也是为了更高阶的调制，即 16-APSK 和 32-APSK。对 16-APSK 速率 3/4，在调制器中使用预修正，允许系统理想地工作于饱和点，大约减少了 1.3 dB 的卫星 OBO，AWGN 信道的性能损耗约为 1.5 dB，也就是说，对非预修正的信号允许有大约 1.5 dB 的性能增益。

⁵ 32-APSK 配置可用的最大符号率。超过 20 MBd，设备性能暂时不能得到保证，原因是时钟速度与/或 FPGA 密度不允许执行要求的 LDPC 解码器反复次数。FPGA 技术有望在不久的将来得到改进，以便覆盖全性能极端波特率。

根据以下配置，对 DVB-S 和 DVB-S2 广播应用的比较实例进行了研究：

表 1
用于广播应用的可比 DVB-S/DVB-S2 情形

系统	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
信道带宽 BW (MHz)	36	36	36	36
调制与编码	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8-PSK 2/3
滚降 α	0.35	0.20	0.35	0.25
符号率 (MBd) = $1.03 \cdot BW / (1 + \alpha)$	27.5	30.9	27.5	29.7
C/N (在 27.5 MHz 处) (dB)	4.7	4.9	7.6	7.6
有用比特率 (Mbit/s)	33.8	46 (增益=34%)	44.4	58.8 (增益=32%)

卫星信道包括行波管放大器 (TWTA) 和输出多路复用 (OMUX) 滤波器。

表 1 中的结果表明，以 C/N 要求的边际增长 (0~0.2 dB) 为代价，DVB-S2 系统允许增加传输容量，这取决于模式，可增至并超过 30%。

相位噪声测试

为相位噪声测试考虑了两种不同的配置：

- 节目馈给情形，其发射信号的符号率为 5 MBd，且卫星放大器工作于线性方式。
- 卫星广播情形，其发射信号的符号率为 27.5 MBd，且卫星放大器工作于理想的补偿方式。

为节目馈给情形获得的结果表明，由 LNB 相位噪声带来的下降，对 QPSK 和 8-PSK 为 0.3 dB 的阶，对 16-APSK 和 32-APSK 为 1.2 dB 的阶。此外，对 QPSK，不需要控制，同时它们开始对 8-PSK 有益；16-APSK 和 32-APSK 需要控制，以便提供良好的结果。

对卫星广播情形，由于符号率更大，对相位噪声反而并不十分关键。这些结果表明，由 LNB 相位噪声带来的下降，即使没有控制，对 QPSK 也是可以忽略不计的，对使用控制的 8-PSK 为 0.1 dB 的阶，对 16-APSK 为 0.3 dB 的阶。

VCM 和 ACM 测试

已进行 VCM 测试，表明接收机具备适应发射配置变化的能力。产生了一系列 FECFRAME，并保存在任意波形产生器上。而后嵌入噪声，以提供不同的信噪比值。假如信噪比大于特定调制与编码要求的最小值，那么接收机能够解码相应的 FEC 帧。

最后对 ACM 功能性进行了测试，以研究接收机评估经历过的信噪比的能力，以及调制器对调制与编码变化的适应性。结果表明，在点对点连接中，设备能够跟上信噪比的变化，并能适应其变化。

2 结论

在 Rai-CRIT 实验室中进行的测试表明，DVB-S2 设备符合由计算机仿真预测出的性能，可实现对 DVB-S2 系统复杂调制、信道编码、帧和同步技术特性的深入观察。尽管存在以下事实，即被测试设备代表的是第一代设备，并因此肯定希望对接收机算法做某些改进，以便进一步提高性能，但一般而言，测试结果表明，DVB-S2 是一个卓越的系统，不仅体现在书面上，而且体现在实际的硬件上。

此外，在操作配置上与 DVB-S 的性能相比较表明，DVB-S2 在 CCM 配置容量上获得了明显提高，这既体现在每种转发器配置的单个载波上，也体现在多个载波上。

最后，通过耦合不同制造商的调制器与解调器，进行了测试，结果显示设备具备卓越的互操作性。

附 件 2

DVB-S2 系统（系统 E）与 ITU-R BO.1516 建议书中定义的 数字多节目电视卫星发射系统的比较

表 2 包括了 ITU-R BO.1516 建议书中四个系统（系统 A、系统 B、系统 C 和系统 D）的核心功能（公共元素）和额外必备功能的信息，并将这些信息与关于 DVB-S2 即系统 E 的信息进行了比较。

在 ITU-R 第 1 号决议第 6.1.2 节中，无线电通信全会声明：“当各建议书提供了关于各种系统的、与某个特殊无线电应用相关的信息时，它们应基于与应用相关的准则，并且只要可能，应包括使用这些准则对所推荐系统进行的评估”。表 3 提供了这种评估结果。选定了与这些系统相关的性能准则，并提供了与这些系统中各个系统相关的参数值或性能。

表 2

卫星数字宽带系统的特性概述

a) 功能

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
提供的服务	SDTV 和 HDTV、声音、数据和交互式数据应用	SDTV 和 HDTV, 声音、数据和交互式数据应用	SDTV 和 HDTV、声音、数据和交互式数据应用	SDTV 和 HDTV、声音、数据和交互式数据应用	SDTV 和 HDTV、声音、数据和交互式数据应用 ⁽¹⁾
输入信号格式	MPEG-TS	经修改的 MPEG-TS	MPEG-TS	MPEG-TS	MPEG-TS/普通流 (如 IP)
多输入信号能力	无	无	无	有, 最多 8 路	有, 最多 255 路
雨衰生存能力	由发射机功率和内部码率决定	由发射机功率和内部码率决定	由发射机功率和内部码率决定	除了发射机功率和内部码率之外, 还可使用分级发射。	对广播: 由发射机功率和内部码率决定。 对点对点 and 交互式业务: 除了发射机功率和内部码率之外, 还可使用自适应编码与调制。
移动接收	不可用, 供将来考虑	不可用, 供将来考虑	不可用, 供将来考虑	不可用, 供将来考虑	不可用, 供将来考虑
服务比特率的灵活分配	可用	可用	可用	可用	可用

表 2 (续)

a) 功能 (结束)

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
带其它接收机系统的通用接收机设计	系统 A、系统 B、系统 C 和系统 D 都有可能	系统 A、系统 B、系统 C 和系统 D 都有可能	系统 A、系统 B、系统 C 和系统 D 都有可能	系统 A、系统 B、系统 C 和系统 D 都有可能	针对系统 A、系统 B、系统 C 和系统 D 的后向兼容选项都有可能
与其它媒体的通用性 (即地面、有线电视等)	MPEG-TS 基础	MPEG-TS (基本流) 基础	MPEG-TS 基础	MPEG-TS 基础	MPEG-TS 基础
在用吗?	是	是	是	是	是
广播站设备	可在市场上买到	可在市场上买到	可在市场上买到	可在市场上买到	可在市场上买到

b) 性能

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
净数据率 (无奇偶校验的可发射速率)	符号率 (R_s) 不是固定的。以下净数据率来自一个 27.776 MBaud 的 R_s 实例: 1/2 : 23.754 Mbit/s 2/3 : 31.672 Mbit/s 3/4 : 35.631 Mbit/s 5/6 : 39.590 Mbit/s 7/8: 41.570 Mbit/s	1/2 : 17.69 Mbit/s 2/3 : 23.58 Mbit/s 6/7: 30.32 Mbit/s	19.5 MBd 29.3 MBd 5/11: 16.4 Mbit/s 24.5 Mbit/s 1/2: 18.0 Mbit/s 27.0 Mbit/s 3/5: 21.6 Mbit/s 32.4 Mbit/s 2/3: 24.0 Mbit/s 36.0 Mbit/s 3/4: 27.0 Mbit/s 40.5 Mbit/s 4/5: 28.8 Mbit/s 43.2 Mbit/s 5/6: 30.0 Mbit/s 45.0 Mbit/s 7/8: 31.5 Mbit/s 47.2 Mbit/s	高达 52.2 Mbit/s (在 28.86 MBd 的符号率时)	符号率 (R_s) 不是固定的。以下净数据率来自一个 27.776 MBaud 的 R_s 实例, 标准的 FEC 帧长度, 且不存在控制: 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
向上扩展性	具备	具备	具备	具备	具备
HDTV 能力	具备	具备	具备	具备	具备
可选择的有条件接入	可以	可以	可以	可以	可以

表 2 (续)

c) 技术特性 (发射)

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
调制方案	QPSK	QPSK	QPSK	TC8-PSK/QPSK/BPSK	QPSK/8-PSK/16-APSK/ 32-APSK
符号率	未规定	固定为 20 MBd	可变的 19.5 MBd 和 29.3 MBd	未规定 (如 28.86 MBd)	未规定
必备带宽 (-3 dB)	未规定	24 MHz	19.5 MHz 和 29.3 MHz	未规定 (如 28.86 MHz)	未规定
滚降率	0.35 (提升的余弦)	0.2 (提升的余弦)	0.55 和 0.33 (第 4 阶巴特沃兹滤波器)	0.35 (提升的余弦)	0.35、0.25、0.2 (提升的余弦)
外部码	里德—所罗门 (204, 188, T=8)	里德—所罗门 (146, 130, T=8)	里德—所罗门 (204, 188, T=8)	里德—所罗门 (204, 188, T=8)	根据内部编码和帧长度配置, 带有不同参数的 BCH (N, K, T)
外部码产生器	里德—所罗门 (255, 239, T=8)	里德—所罗门 (255, 239, T=8)	里德—所罗门 (255, 239, T=8)	里德—所罗门 (255, 239, T=8)	根据内部编码和帧长度配置, 带有不同参数的 BCH (N, K, T)
外部码产生器多项式	$(x + \alpha^0) (x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ 其中 $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0) (x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ 其中 $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^1) (x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$ 其中 $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0) (x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ 其中 $\alpha = 02_h$	根据内部编码和帧长度配置而不同
字段产生器多项式	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	根据内部编码和帧长度配置而不同
能源扩散的随机选择	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	无	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$, 对 4 894 字节周期进行删减	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$

表 2 (续)

c) 技术特性 (发射) (续)

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
装填序列到伪随机二进序列 (PRBS) 寄存器中	100101010000000	不适用	0001_h	100101010000000	100101010000000
随机选择点	在 RS 编码器之前	不适用	在 RS 编码器之后	在 RS 编码器之后	在 BCH 编码器之前/在比特映射和可选控制嵌入之后
内部码与外部码之间的交织	卷积的, $I = 12, M = 17$ (Forney)	卷积的, $N1 = 13, N2 = 146$ (Ramsey II)	卷积的, $I = 12, M = 19$ (Forney)	块 (深度 = 8)	⁽²⁾
内部编码	卷积的	卷积的	卷积的	卷积的, 格架 (8-PSK: TCM 2/3)	LDPC
限制长度	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	不适用
基本码	1/2	1/2	1/3	1/2	不适用
产生器多项式	171, 133 (八进制的)	171, 133 (八进制的)	171, 135, 161 (八进制的)	171, 133 (八进制的)	不适用
内部码块长度	不适用	不适用	不适用	不适用	标准的 FEC 帧 = 64 800 比特 短的 FEC 帧 = 16 200 比特

表 2 (续)

c) 技术特性 (发射) (结束)

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
内部编码速率	1/2、2/3、3/4、5/6、7/8	1/2、2/3、6/7	1/2、2/3、3/4、3/5、4/5、5/6、5/11、7/8	1/2、3/4、2/3、5/6、7/8	QPSK: 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10 8-PSK: 3/5、2/3、3/4、5/6、8/9、9/10 16-APSK: 2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10 32-APSK: 3/4、4/5、5/6、8/9、9/10
发射控制	无	无	无	TMCC	基带和物理层帧结构; 可选的控制
帧结构	无	无	无	48 时隙/帧 8 帧/超级帧	标准的 FEC 帧 = 64 800 比特 短的 FEC 帧 = 16 200 比特
分组大小 (字节)	188	130	188	188	对 MPEG-TS, 为 188 对 GS, 未规定
传输层	MPEG-2	非 MPEG	MPEG-2	MPEG-2	未规定
卫星下行频率范围 (GHz)	最初设计为 11/12, 不排除其它卫星频率范围	最初设计为 11/12, 不排除其它卫星频率范围	最初设计为 11/12 和 4 个卫星频率范围	最初设计为 11/12, 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 2 (续)

d) 技术特性 (源编码)

		系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
视频源编码	语法	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-4 AVC MPEG-2 普通
	等级	至少为主要等级	至少为主要等级	至少为主要等级	主要等级和高等级	等级-3 和等级-4
	剖面图	至少为主要剖面图	至少为主要剖面图	至少为主要剖面图	主要剖面图	主要剖面图
高宽比		4: 3 16: 9 (可选地 2.12: 1)	4: 3 16: 9	4: 3 16: 9	4: 3 16: 9	4: 3 16: 9 (可选地 2.12: 1)
图像支持的格式		未限制, 建议: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288	720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 720 × 1 280 1 280 × 1 024 1 920 × 1 080	720 (704) × 576 720 (704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288	1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 720 720 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 240 (1) .* 176 × 120 (1) .* (* 对分级发射)	对 MPEG-2, 建议: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288 对 MPEG-4 AVC, 建议: 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
监视器上的帧速率 (每秒)		25	29.97	25 或 29.97	29.97 或 59.94	25 或 50、24、30 或 60

表 2 (续)

d) 技术特性 (源编码) (结束)

	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
音频源解码	MPEG-2、I层和 II层	MPEG-1、II层; ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 或 MPEG-2 I层和 II层	MPEG-2 AAC	MPEG-1 I 层、MPEG-1 II 层或 MPEG-2 II层, 后向兼容的音频
业务信息	ETS 300 468	系统 B	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468	支持
EPG	ETS 300 707	系统 B	可由用户选择	可由用户选择	支持
图文电视	支持	尚未规定	尚未规定	可由用户选择	支持
字幕	支持	支持	支持	支持	支持
滚动字幕	尚未规定	是	是	支持	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)。

表 3
特性比较表

调制与编码		系统 A		系统 B		系统 C		系统 D		系统 E	
单个支持且在相同载波上的调制模式		QPSK		QPSK		QPSK		8-PSK、QPSK 和 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⁾	QEF 的 C/N ⁽¹⁾	频谱效率	QEF 的 C/N ⁽²⁾	频谱效率 ⁽³⁾	QEF 的 C/N ⁽⁴⁾	频谱效率	C/N for QEF ⁽⁵⁾	频谱效率 ⁽⁷⁾	QEF 的 C/N ⁽⁶⁾
模式 内部码											
BPSK 正交	1/2	未使用		未使用		未使用		0.35	0.2	未使用	
QPSK	1/4	未使用		未使用		未使用		未使用		0.49	-2.3
	1/3	未使用		未使用		未使用		未使用		0.66	-1.2
	2/5	未使用		未使用		未使用		未使用		0.79	-0.3
	5/11	未使用		未使用		0.54/0.63	2.8/3.0	未使用		未使用	
	1/2	0.72	4.1	0.74	3.8	0.59/0.69	3.3/3.5	0.7	3.2	0.99	1.0
	3/5	未使用		未使用		0.71/0.83	4.5/4.7	未使用		1.19	2.2
	2/3	0.96	5.8	0.98	5	0.79/0.92	5.1/5.3	0.94	4.9	1.32	3.1
	3/4	1.08	6.8	未使用		0.89/1.04	6.0/6.2	1.06	5.9	1.49	4.0
	4/5	未使用		未使用		0.95/1.11	6.6/6.8	未使用		1.59	4.7
	5/6	1.2	7.8	未使用		0.99/1.15	7.0/7.2	1.18	6.8	1.65	5.2
	6/7	未使用		1.26	7.6	未使用		未使用		未使用	
	7/8	1.26	8.4	未使用		1.04/1.21	7.7/7.9	1.24	7.4	未使用	
	8/9	未使用		未使用		未使用		未使用		1.77	6.2
9/10	未使用		未使用		未使用		未使用		1.79	6.4	

表3 (续)

调制与编码		系统 A	系统 B	系统 C	系统 D		系统 E	
8-PSK 格架		未使用	未使用	未使用	1.4	8.4	未使用	
8-PSK	3/5	未使用	未使用	未使用	未使用		1.78	5.5
	2/3	未使用	未使用	未使用	未使用		1.98	6.6
	3/4	未使用	未使用	未使用	未使用		2.23	7.9
	5/6	未使用	未使用	未使用	未使用		2.48	9.3
	8/9	未使用	未使用	未使用	未使用		2.65	10.7
	9/10	未使用	未使用	未使用	未使用		2.68	11.0
16-APSK	2/3	未使用	未使用	未使用	未使用		2.64	9.0
	3/4	未使用	未使用	未使用	未使用		2.97	10.2
	4/5	未使用	未使用	未使用	未使用		3.17	11.0
	5/6	未使用	未使用	未使用	未使用		3.30	11.6
	8/9	未使用	未使用	未使用	未使用		3.52	12.9
	9/10	未使用	未使用	未使用	未使用		3.57	13.1
32-APSK	3/4	未使用	未使用	未使用	未使用		3.70	12.7
	4/5	未使用	未使用	未使用	未使用		3.95	13.6
	5/6	未使用	未使用	未使用	未使用		4.12	14.3
	8/9	未使用	未使用	未使用	未使用		4.40	15.7
	9/10	未使用	未使用	未使用	未使用		4.46	16.0
能否实现分级调制控制?	不能	不能	不能	能	能, 在后向兼容的选项中			
符号率特性	不断变化的	固定的, 20 MBd	变化的, 19.5 或 29.3 MBd	不断变化的		不断变化的		

表3 (续)

传输与多路复用	系统 A	系统 B	系统 C	系统 D	系统 E
分组长度 (字节)	188	130	188	188	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。
支持的传输流	MPEG-2	系统 B	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2 和普通流 (GS)
与卫星信道对应的传输流	1 个流/信道	1 个流/信道	1 个流/信道	1~8 个流/信道	1~255 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	在传输流中没有限制	在传输流中没有限制	在传输流中没有限制。另外, 在一个卫星信道中的各传输流之间是可能的。	在传输流中没有限制。对普通流没有限制。

TWTA: 行波管放大器

IMUX: 输入多路复用

OMUX: 输出多路复用

⁽¹⁾ 在 $BER < 10^{-10}$ 处。系统 A 的 C/N 值表示在假定的卫星信道上获得的计算机仿真结果, 包括 IMUX、TWTA 和 OMUX, 其调制滚降系数为 0.35。它们基于接收机中有关软判决维特比解码的假设。采用了 1.28 的带宽与符号率之比。 C/N 的数字包括因 IMUX 和 OMUX 滤波器上带宽限制而导致的 0.2 dB 的计算退化, 在饱和状态下 TWTA 上 0.8 dB 的非线性失真, 以及 0.8 dB 的调制解调器退化。在 RS (204, 188) 之前将这些数字应用于 $BER = 2 \times 10^{-4}$, 它们对应于 RS 编码器输出处的 QEF。因干扰而导致的退化未予考虑。

⁽²⁾ 在 $BER = 1 \times 10^{-12}$ 处。

- ⁽³⁾ 对系统 C 标准的和删减的发射频谱整形，分别用 $2(R_c)(188/204)/1.55$ 或 $2(R_c)(188/204)/1.33$ 进行计算，其中， R_c 为卷积码率。
- ⁽⁴⁾ 理论上的 QPSK（每个符号 2 位） E_s/N_0 ，即分别为标准的和删减的频谱整形、以波特率带宽测量得到的 C/N 。不包括硬件实现边际或卫星转发器损耗边际。
- ⁽⁵⁾ 这些值源自计算机仿真，并被视为理论值。在 RS（204，188）之前将这些值应用于 $BER = 2 \times 10^{-4}$ ，带有波特率带宽（奈奎斯特带宽）。不包括硬件实现边际或卫星转发器损耗边际。
- ⁽⁶⁾ 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 $PER = 10^{-7}$ ，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。
- ⁽⁷⁾ 定义为不带控制的、每个单位符号率的有用比特率。

附文 1

[EN 302 307 V1.1.2](#)
