



DIGITAL radio mondiale

digital radio for all

DRM 手册

www.drm.org

版本 5.1
2024年2月

重要信息

DRM数字广播系统

DRM手册 – DRM简介和应用指南

版权:

DRM Consortium, Postal Box 360, CH – 1218 Grand-Saconnex, Geneva, Switzerland

All rights reserved.

未经许可，不得以任何形式或手段复制或传播本出版物的任何部分。

出版和印刷

DRM论坛 (DRM Consortium)

英文版编辑

Nigel Laflin, Lindsay Comell, Alexander Zink

中文版翻译

王翺，任怀君，傅珊珊

出版时间

第5.1版, 2024年2月

版面设计

Matthew Ward

索取请联系

projectoffice@drm.org

www.drm.org

项目办公室

Chiswick High Road, London, W4 5RU, United Kingdom.

注册地址

DRM Consortium, PO BOX 360, CH – 1218, Grand-Saconnex,

日内瓦, 瑞士



@drmdigitalradio

DRM 数字广播系统

DRM 手册 – DRM简介和应用指南

前言

本指南的编写旨在为广播机构制定政策、节目制作和技术规划提供帮助。指南详细介绍了 DRM® Digital Radio Mondiale™的技术优势，以及广播机构在制定战略和技术规划时需要考虑的一些技术和商业因素。

该指南是对以前的“广播用户指南”文件的改版，加入了 DRM 系统标准更新的情况以及最新的系统和监管方面信息。指南中还包括了大量成功的实际试验报告和链接。

数字全球广播（Digital Radio Mondiale, DRM）是一种通用、公开的标准化数字广播系统，适用于 300 兆赫以下的所有广播频率，包括调幅波段（低频、中频、高频）和甚高频波段 I、II（调频波段）和 III。

与模拟广播相比，DRM 更加环保、更清晰、覆盖范围更广、音质和音频内容更好、更经济；作为一种数字广播，DRM 能够提供数字音质和便捷地接收，同时还带来了大量增强功能，如环绕声、Journaline 文本信息、幻灯片、电子节目指南和其他数据业务。

DRM 可以在调幅波段（短波、中波和长波，即 30 兆赫以下的广播波段）进行覆盖范围广和低功耗的数字广播传输，还可以在 30 兆赫以上至约 300 兆赫的甚高频波段（包括调频波段）进行本地和区域数字广播服务。不同传输频率下，DRM 都使用相同的音频编码、数据服务、多路复用和信令方案；只有传输模式参数（即调制或基带参数）针对不同工作频率进行了优化。ETSI 标准 ES 201 980 [1]定义了 DRM 系统部分规范。有关 DRM 标准和规范的完整清单，请访问 www.drm.org。附件 1 也给出了这些标准和规范的一个清单。

读者如需了解更多技术细节，可参考一系列已发布的信息，这些信息涵盖 DRM 系统的各个专业方面，并对其技术细节进行了详细解释。第 12 节中罗列了其中部分重要信息，相关内容也可以在 DRM 论坛的网站 www.drm.org 上找到。



DRM 论坛（Digital Radio Mondiale）是一个**非营利性国际组织**，由广播公司、广播网络商、发射机和接收机制造商、大学、广播联盟和研究机构组成，其宗旨是为决策者和用户提供培训和技术支持，帮助他们发展 VHF III 波段及以下的各频段数字无线电广播。论坛还负责制订和维护技术规范。DRM 论坛目前有来自 40 个国家的约 90 名成员和 100 名支持者加入。随时欢迎更多成员加入论坛。

目录

重要信息	2
前言	3
2 系统简介	8
2.1 DRM 是什么？	8
2.2 为什么转换为数字广播？	9
2.3 系统关键特征	9
3 简介	11
3.1 本指南的目标	11
3.2 指南包含的内容	11
4 推出数字广播业务	12
4.1 简介	12
4.2 数字广播成功的关键因素	12
4.2.1 合作促进成功	12
4.2.2 消费者需要一个购买的理由	13
4.2.3 技术方案应随时可用	13
4.2.4 采用正确营销策略	13
4.3 数字化迁移	13
4.4 迁移政策和技术选择	13
4.5 迁移策略	14
4.5.1 市场播种	14
4.5.2 木马迁移	14
5 DRM系统	15
5.1 主要功能	15
5.2 系统组成	16
5.2.1 DRM 中的编码和复用	16
5.2.2 DRM 中的信息分发	17
5.2.3 DRM 中的编码和调制	17
5.2.4 广播信号帧结构	18
5.3 配置 DRM 系统	19
5.3.1 调制和编码参数	19
5.3.2 业务复用和有效载荷容量	20

5.3.3 单频和多频网络	22
5.3.4 模数同播	23
5.3.5 替代频率切换（检查和切换）	24
5.3.6 音频节目内容传输	25
5.4 AM 信令系统（AMSS）	25

6 DRM 内容 26

6.1 广播元数据	26
6.1.1 业务标识 {M}	26
6.1.2 业务标签 {M}	26
6.1.3 节目类型	27
6.1.4 业务语言	27
6.1.5 来源国	27
6.1.6 电台标识	27
6.2 音频内容	28
6.2.1 音频编码	28
6.2.2 优化音质	28
6.3 增值服务	29
6.3.1 概述	29
6.3.2 DRM 文本信息	29
6.3.3 Journaline 文本信息服务	30
6.3.4 业务和节目信息（SPI）	31
6.3.5 SlideShow	32
6.3.6 TPEG	33
6.4 DRM 应急广播功能（EWF）	33
6.4.1 概述	33
6.4.2 任务	33
6.4.3 DRM EWF 工作原理	33
6.4.4 DRM EWF 应用	34

7 DRM 接收机 35

7.1 DRM 接收机规范	35
7.2 接收机开发	35
7.3 软件无线电	36
7.4 人机界面（MMI）	36

8 规范和标准化 37

8.1 监管	37
8.2 DRM 标准	39

9	广播网络基础设施	41
9.1	节目分发	41
9.1.1	复用分发	41
9.1.2	网络同步	42
9.2	在 30 MHz 以下传输 DRM	43
9.2.1	概述	43
9.2.2	放大 DRM 信号	43
9.2.3	使用非线性放大器	43
9.2.4	DRM 信号	44
9.2.5	改造调幅发射机	44
9.2.6	DRM 发射机的性能	45
9.2.7	带外辐射功率(OOB)	47
9.2.8	使用老式发射机进行DRM 测试	48
9.3	在 30 MHz 以上传输 DRM	48
9.3.1	网络系统结构	49
9.3.2	基本配置	49
9.3.3	数模同播（或组合）模式	50
9.3.4	DRM 合成模式（信号电平混合）	52
9.3.5	多频道 DRM —— 从一个发射机传输多个 DRM 信号	53
9.4	30 MHz 以上 DRM 发射的频谱模板	53
9.4.1	VHF 波段 I 和 II	53
9.4.2	VHF 波段 III	54
9.5	DRM 监测	55
9.5.1	内容监测	55
9.5.2	发射机监控	55
9.5.3	接收端监测	57
9.6	测试设备	58
9.7	天线系统	58
9.7.1	调频天线	58
9.7.2	低频天线	60
9.7.3	匹配和合成网络	61
9.7.4	在现有天线系统上广播 DRM	61

10	业务规划	62
10.1	概述	62
10.2	网络拓扑结构	62
10.2.1	单频网 (SFN)	63
10.2.2	多频网络	63
10.3	可用频段	64
10.3.1	低频/中频/高频	64
10.3.2	26 MHz 频段	64

10.3.3 VHF 波段 I (47 – 68 MHz)	65
10.3.4 VHF 波段 II (87.5 – 108 MHz)	65
10.3.5 VHF 波段 III (174 – 230 MHz)	65
10.3.6 其他 VHF 波段	65
10.4 规划工具	65
10.5 30 MHz 以下 DRM 发射的规划数据	66
10.5.1 DRM 理论信噪比	66
10.5.2 DRM 最小场强 (MFS)	67
10.5.3 相对保护和功率降低	70
10.6 30 MHz 以上 DRM 发射的规划数据	70
10.6.1 接收模式	70
10.6.2 场强预测的修正系数	70
10.6.3 用于场强预测的系统参数--模式 E	71
10.6.4 单频网运行能力	72
10.6.5 最小期望信号场强	72
10.6.6 DRM 频点选择	72

11 DRM 知识产权 73

11.1 概述	73
11.2 知识产权与 DRM 论坛	73
11.3 DRM 专利许可	74
11.3.1 DRM 设备制造	74
11.3.2 DRM 产品的营销	74
11.3.3 在产品上使用 DRM 徽标	74

12 参考文献 75

13 缩略语词汇表 77

14 附录 78

附录 1 – 主要 DRM 标准列表	78
附录 2 – COFDM 基础知识	79
附录 3 – DRM 外场测试信息	80

2

系统简介

2.1 DRM 是什么？

DRM 广播是在广播业者，发射机和接收机制造商以及其他相关组织（如监管机构）的积极协助和参与下，为广播公司设计的技术系统。该系统是为取代 AM 和 FM/VHF 频段上现有的模拟无线电广播而设计的高质量数字广播，因此可以使用与目前相同的频道和频谱分配。DRM 工作频段如图 2.1 所示。

在物理传输方面，DRM 标准提供了多种不同的工作模式（即调制参数集），大致可分为以下两组：

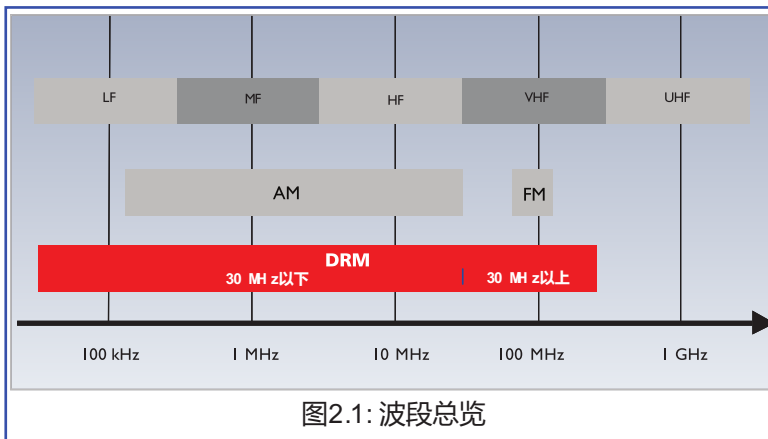


图2.1: 波段总览

传输频率低于 30 MHz：提供 4 种不同的稳健模式，使 DRM 信号可以在多种传播特性的调幅广播频段传输，实现区域乃至国际广播覆盖。

传输频率高于 30MHz：针对 VHF 波段的传输提供专门的稳健模式，以 FM 广播波段为主，提供本地到区域广播覆盖。

这些优化的稳健性参数集提供了不同的音频和数据内容的传输容量，但除此以外，**DRM 业务层选项和功能**对于所有传输模式

都是相同的，与传输频率无关¹。

DRM 已成为国际电信联盟 (ITU) 的**必要性建议**，这为 DRM 广播的推广提供了国际标准体系支持。DRM 的主要标准 [1] 已由 ETSI 发布。此外，ETSI 还发布了当前所有 DRM 技术标准，是这些标准的资料库。

DRM 系统除了能够符合现有的频谱要求外，还得益于它是一种**开放标准**²。所有制造商和有关各方都可以自由获取到完整的技术规范，并能在公平的基础上设计和制造设备。事实证明，这是确保及时向市场推出新系统和促进设备价格下降的重要机制。因此，投资建设 DRM 基础设施的广播公司，接收机开发和生产的制造商，以及需要购买新的 DRM 接收机的听众都会从中获益。

¹ 过去，“DRM30”和“DRM+”是用于描述 30MHz 以下频段和 30MHz 以上频段 DRM 广播系统的术语。为避免混淆，现在这两个术语都已经停止使用了。

² **开放标准**是指公开发布完整的系统描述，并提供足够的技术细节，使制造商能够实施整个或部分广播链的标准。

2.2 为什么转换为数字广播？

在无线电和通信领域，特别是在分发和传输方面，采用数字技术已成为全球趋势。数字化为国内广播、国际广播和“信息广播”提供了许多实质性的优势。

在调幅（AM）和调频（FM）频段上采用数字广播技术，可以使广播公司在当前和未来提供高质量服务，媲美其他形式的广播服务。数字广播与我们现在使用的传统模拟广播相比，有许多优势。

DRM 服务的引入使广播公司能够显著提高业务可靠性及音频质量，最重要的是，明显地提高可用性。我们所说的可用性是指那些能增强听众体验的功能，如下所述。

DRM 标准提供了许多模拟广播中无法实现的功能。未来的广播公司必须了解该系统的潜力和灵活性，以便根据其特定的市场条件优化和配置 DRM 网络。

从技术上讲，DRM 广播具有一个关键和革命性特点，系统可以提供一系列传输容量供选择。这使广播公司能够在音频编码质量（比特率）、差错控制（信号稳健性）、传输功率和覆盖范围之中实现选择和折衷。更重要的是，可以在不干扰听众的情况下，根据当地环境的任何变化动态地完成调整。例如，这一功能可以用于降低调幅波段的夜间天波干扰这一典型问题。

此外，DRM 是唯一一种涵盖目前使用的所有广播频段的数字广播系统；它是现有模拟广播的理想替代品，也为 DAB 等其他基于开放标准的数字广播提供补充。

从商业角度看，受众自身并没有意愿花钱“消费”数字广播。因此，必须向受众提供具有吸引力的一系列好处：

- 提供更广泛的服务；
- 更方便地调谐和选择节目——如不同发射机之间的自动切换或电子节目指南；
- 改进的声音服务，如 AM 频段提供立体声和汽车中提供环绕声；
- 提供稳定且高质量的声音；
- 提供节目联系数据、节目内容文字描述和其他独立服务，如交通信息。

优质内容的重要性虽然不在本指南的讨论范围之内，但无论如何强调都不为过。

本指南的后续章节将就这些改进提供更详细的信息。

2.3 系统关键特征

该系统通过专门设计保证新的**数字传输与现有的模拟广播并存**，并通过大量工作来确定一些运行参数，从而确保模拟和数字广播相互兼容。因此，从模拟广播到数字广播的转换可以在一段时间内分阶段进行，这样使现有的广播公司可以分段投资，以满足预算限制。此外，与其他一些数字系统不同，DRM 系统的设计允许对合适的模拟发射机进行改装，以便在数字和模拟广播之间轻松切换。这可以大大降低广播公司的初始投资成本。另外一个预算上的优势是 DRM 广播降低了传输能源消耗。

对于 **30 MHz 以下的传输**，DRM 贴合**调幅波段**的独特传播特性，在引入 DRM 广播后，广播公司可为听众提供**显著改善的音频质量**和可靠的服务。因此，国际广播公司可以在 HF（短波）和 MF（中波）上提供与本地调频服务相媲美的服务，同时简化调谐过程和附加数据服务**改善了听众体验**。国家和地方 LF（长波）和 MF 广播公司也可以获得类似的好处。

对于 **30MHz 以上的传输**，DRM 可以比目前的模拟立体声 FM 广播使用**更少的频谱**，同时还可以获得**稳健性提升、传输功率下降、覆盖范围增大以及增加附加业务的优势**。

上述论述无法概括全部优势。图 2.3 总结了 DRM 为听众、制造商、广播公司和管理机构带来的主要好处。



DRM 的独特之处在于，它提供了一系列广泛且功能极其强大的“工具包”，使广播公司能够定制系统，以最大限度地满足其特定市场的需求。例如，DRM 允许独立选择调制参数（编码率、星座、保护间隔等），以便在传输容量和信号稳健性之间权衡。DRM 还支持多频和单频网络运行（MFN/SFN），以及切换到其他频率甚至其他网络（AFS - 自动频率检查和切换）。后一种功能允许在多个不同平台上运行的广播公司将听众从 DRM 转到 AM、FM 或 DAB，然后再转回来。DRM 和 DAB 以及模拟 AM 和 FM 的数据载波（分别为 AMSS 和 RDS）都支持相应的信令。

在各种数据服务中，特别值得注意的是幻灯片和服务与节目信息（SPI），它允许听众利用合适的接收机接收图像和广播节目表，并相应地设置录制时间。作为免费广播服务一部分，交互式文本应用，Journaline，提供了一种方便的点播服务。

DRM 通过其内置的应急警报功能（EWF），可在发生灾害时向尽可能多的受众发出警报，如果当地基础设施全部瘫痪，EWF 也可以作为最后的手段，在灾区外通过广播覆盖受影响地区。在紧急情况下，DRM 接收机会接收命令切换并播放应急节目，甚至可以从待机模式自动开启。应急节目包含有音频内容、DRM 文本信息和带有多种语言详细查询信息的 Journaline 文本。这些应急内容可以伴有视觉警报指示器，接收机会自动提高音量。

DRM 的运行功率从 26 MHz 本地服务的几瓦到长波的几百千瓦，甚至中波波段的兆瓦不等。利用这种技术标准可以提供不同的覆盖范围，实现国际、国内（约 1000 公里）到地方社区广播（如半径 1 公里或更小）。

3

简介

3.1 本指南的目标

本文件主要是为考虑在调幅和 VHF 广播频段从模拟广播向数字广播过渡的广播公司编写的指南。它对广播领域中的设备商、业务规划者、管理机构和标准管理机构也很有价值。本文件旨在

- 从技术和商业角度解释广播公司如何以及为何采用数字技术。
- 描述 DRM 系统的基本操作及其各项功能。
- 提供关键技术标准的权威参考来源，包括 DRM 广播的监管、协调和规划信息。
- 为各种现有文件提供补充。
- 提供信息，帮助查找到 DRM 成员、广播公司和支持者从若干系统试验中获得的实际经验和专门技能。

3.2 指南包含的内容

本指南提供了有关上述技术和其他有用功能的更多详细信息，例如在 DRM 平台上提供定制商业应用。这些技术通常适用于国际、国内和本地服务。

本文件特别涉及 DRM 系统和数字广播的以下方面：

- 启动数字广播：包括已迁移和推出数字广播服务的广播公司的关键成功因素和经验教训总结。
- DRM 技术：描述 DRM 系统的组成和主要功能，介绍根据广播公司的要求定制 DRM 系统的选项。DRM 系统部分还介绍了多频和单频网络、AFS 和模数同播选项。
- DRM 传输内容：该部分涵盖 DRM 传输内容的各个方面，从与接收机调谐有关的基本元数据到音频编码和质量问题，最后是增值业务概述。
- 广播网络基础设施：介绍从演播室输出到发射信号的广播网络。这部分包括 DRM 发射机规范、天线系统、节目分发、网络同步以及发射机测量和监控设备相关的大量实用知识。
- DRM 接收机：概述最新的 DRM 接收机技术和相关规范。
- 监管和业务规划：有关将 DRM 服务引入到 AM 和 VHF 频段的信息。包括 HF 波段的 HFCC 规划流程，以及涵盖 LF、MF 和 VHF 频段的地区性和国家级广播规划。这里还解释了 NVIS（近垂直入射天波）和 SFN（单频网）等特殊应用。还包括如何监测传输以验证覆盖范围的信息。
- IPR 知识产权：DRM 品牌和徽标说明，以及 DRM 技术许可流程说明。

附件：有关 DRM 系统和相关技术的进一步技术说明，以及已发表文章和系统试验的参考资料。

4

推出数字广播业务

4.1 简介

建立数字广播网络相对容易，从零开始迁移听众和/或建立听众群体则是一项重大挑战。过去十年里，在公共和商业广播联盟的推动下，这一点在不同的市场上得到了充分的证明。研究造成这种局面的根本原因很有启发，事实上，人们对那些数字广播取得了一定成功的市场进行了大量分析，以了解所犯的错误的和关键的成功因素。现总结如下。

4.2 数字广播成功的关键因素

有几个因素被认为是决定数字广播能否成功吸引听众的关键因素。让数字接收机大量进入市场是主要的挑战。对于一项新技术来说，我们不可避免地要从零开始。首先需要让消费者知道令人兴奋的新业务正在播出，然后告诉他们如何接收这些业务。这些都是营销问题。

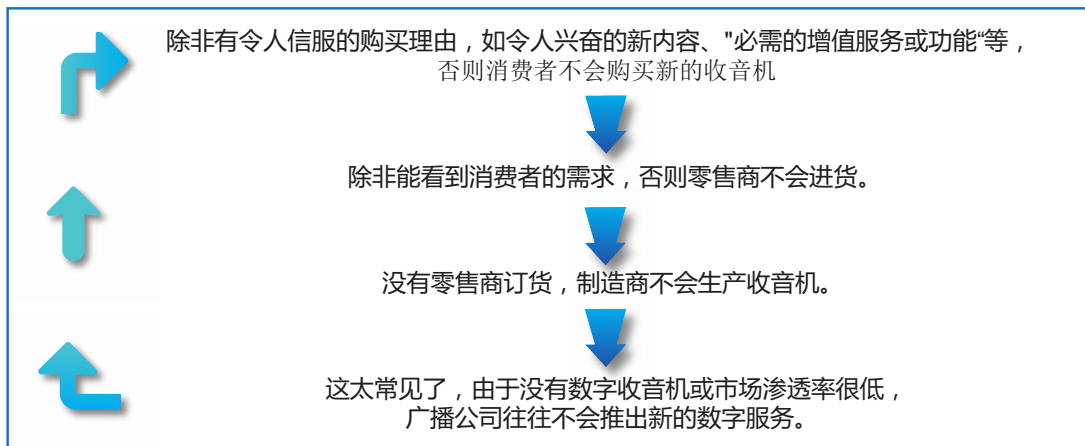
各个广播公司所采取的方法显然取决于多种因素，尤其是可用的预算、广播频谱的使用、当地广播市场的性质、竞争力和成熟度，以及目标受众的人口统计学特征。

4.2.1 合作促进成功

所有利益相关者都必须协调一致，致力于推出数字广播服务，以降低总体风险。确保成功的关键因素包括

- 监管激励措施和地方行政部门的支持；
- 最佳情况是，在同一地区运营的所有广播公司（包括商业和公共服务）都要参与推出数字广播服务，或者至少要有有一个拥有足够资源的集团来推出足够数量的新服务；
- 同样，传输提供商以及至关重要的零售商和接收机制造商也要充分参与。

启动整个过程需要满足一系列合乎逻辑的条件。这些条件在循环中“积极”反馈，从根本上要求广播公司采取主动：



在一些国家，通过建立一个或多个国家平台来制定和协调计划以及商定资金，并“启动”这一循环。

4.2.2 消费者需要一个购买的理由

迄今发现的最强大的驱动力是获取新内容。还有其他一些驱动因素，例如使用方便，以及在一个大部分受众认为广告具有侵扰性的市场中推出没有广告的服务。此外还有

- 收益必须与进入市场的价格相匹配；
- 提高业务质量的吸引力微乎其微：可能有一些例子表明，这确实有助于服务的使用，但这在很大程度上只是次要因素

4.2.3 技术方案应随时可用

- 不言而喻，接收机行业必须发挥自己的作用，确保在适当的时候以适当的价位提供产品。通过适当的市场营销，创造强劲的初始需求，有助于提高产量和降低成本。

4.2.3 采取正确营销策略

- 对新服务进行持续和高调的营销至关重要。现有的广播公司可以利用自己的媒体进行交叉宣传：电视、广播和互联网。可以举办竞赛活动并以数字收音机作为奖品。利用创意性的时间安排，可以吸引人们使用数字服务，例如，在模拟服务之前先在数字服务上播放黄金时段的节目，或者反之亦然，利用数字服务重复播放第一次错过的节目。

重要的是，所有利益相关者都要为更大的利益发挥自己的作用。每一方都可能认为风险很高（尽管不是同时）；合作模式可以尽可能地降低这些风险，更快地取得成功。

4.3 数字化迁移

DRM 系统是专门为配合和利用当前模拟频谱分配而设计的，可与当前的模拟广播并存³。这样，广播公司就可以在符合其预算需求的时间范围内进行所需的投资。这将确保花费巨资购置的完全令人满意的传输设备和基础设施不会突然过时。可以对合适的模拟发射机进行改装，以便在数字和模拟广播之间进行切换，从而进一步减少希望转用 DRM 的广播公司所需的初期投资。这反过来又允许广播公司将资金资源集中用于新的内容和服务。此外，传输能耗的降低还能提高更多的收入，这些资金可以重新投入到节目制作中。

DRM 系统除了能够适应现有的频谱要求外，还得益于它是一个“开放”的系统，允许任何制造商在公平的基础上设计和制造设备。最近的实践证明，这是确保新系统及时投放市场和加快设备降价速度的重要机制。这对广播公司来说是一个重要的考虑因素，对数百万需要投资购买新的 DRM 接收机的听众来说更是如此。

4.4 迁移政策和技术选择

显然，广播管理部门在广播和电视传输中确定选择某个数字系统是非常重要的，这可以避免消费者迷茫和标准泛滥，也可以避免广播公司仓促的核销在“错误”技术上的投资。

21 世纪可能变得更加重要的因素包括

- **能源限制**：选择系统时应尽量减少发射机和用户接收机的耗电量。高效的网络规划和稳健的传输参数可

³ 国际电信联盟（ITU）的建议书为 DRM 提供了在全球调幅和调频波段使用的必要授权，也为 DRM 广播国际监管提供了基础。

以优化覆盖范围和避免发射机功率过大。

- **经济和社会效益**，例如提供广泛的实时交通信息，或在本地设计和制造数字接收机。
- **控制长期成本**，充分了解专利使用费和在当地设计和制造的能力，避免经营许可、商业秘密和类似的障碍，实现完全竞争的开放市场。
- **规范市场**，以实现共同利益，避免剥夺某些听众和/或广播机构的权利。例如，这可能包括要求发射台共同选址，以避免在其他广播电台的服务区出现本地“漏洞”，以及规定接收机应符合境内无线电使用的所有相关标准。

4.5 迁移策略

针对在听众中没有接收机的情况下如何在初期推出新的数字服务这一问题，人们提出了许多有创意的解决方案。

4.5.1 市场播种

这种方法最激进的例子是要求对接收机进行前期投资：广播公司订购大量数字接收机，然后将这些接收机赠送给消费者或以大幅折扣出售。一家广播公司建议购买 50 万台接收机，免费发放给出租车、零售店和国内消费者。这种策略不仅能降低初始接收机成本，还能保证潜在广告商从第一天起就能获得大量受众。

4.5.2 木马迁移

数字化迁移中的“特洛伊木马”方法是在正式的数字广播服务推出之前向市场投放数字广播种子。这将成为启动过程的催化剂，并启动前文所述的正反馈循环。这种方法就是简单地推出和销售新的“模拟”接收机，其中包括一些新的或独特的功能，这些功能或者是收音机本身固有的（如录音功能、激进外观），或者是现有广播可以随时支持的（例如 RDS 或 AMSS 数据服务等）。

这些新收音机还支持 DRM，**但最初这并不是用于营销的关键功能**；DRM 功能是“隐藏”的，因此被称为“木马”。在这种情况下，与接收机制造商商定和协调中期战略显然至关重要。一旦销售达到一定的目标，就可以向那些已经准备好接收机的受众推出数字服务。

5

DRM 系统

本节简要介绍 DRM 系统的一些重要功能和提供的服务，然后概述系统中的主要组件。

5.1 主要功能

对于 30MHz 以下的传输，DRM 使用现有的调幅广播频段，支持 9kHz 或 10kHz 带宽，符合现有的调幅广播频段频率规划。它还支持 4.5kHz 或 5kHz 带宽的半信道，以及可利用更宽带宽（18kHz 或 20kHz）的双信道安排。多种稳健性模式（**模式 A 至 D**）使信号能够适应不同的传播条件。

对于 30MHz 以上的传输，DRM 采用**稳健性模式 E**，它的带宽固定为 96kHz（即模拟调频服务带宽的一半），符合频点间隔为 100kHz 的调频广播频率规划。即使在现有空间不允许增加模拟调频服务的情况下，DRM 较窄的频谱要求使其也能在拥挤的频段中使用。DRM 提供 37kbps 至 186kbps 的传输速率，与 AM 频段一样，最多可允许三个音频业务加数据业务。因此，它是一种灵活的解决方案，允许同时广播一个或几个音频业务，从而实现高效的频谱使用。

上述特点使 DRM 能够在全球各个市场与现有的模拟系统同时开展广播。

DRM 系统采用 COFDM（编码正交频分复用）技术。这意味着由数字编码音频和相关数据业务产生的所有信息在大量紧密排列的载波上传输。所有这些载波都存在于规定传输信道带宽内。采用时间交织技术降低衰落的影响。不同的 OFDM 调制和编码参数选择，使 DRM 能够在各种不同传播环境中良好传输——参数的选择使我们能够找到发射功率、稳健性和传输容量的最佳组合。

DRM 系统采用 MPEG xHE-AAC 音频编解码器，并向后兼容，支持 AAC SBR 和 PS (HE-AACv2)，以极低的传输速率提供高质量的音频。

从广播公司的视角看，DRM 提供了丰富的功能和一系列强大的选项。例如，DRM 支持

- 可以在所有广播频段工作（LF/MF/HF 和 VHF 频段 I、II、III）；
- 从模拟广播过渡为数字广播，并与模拟广播共存：符合现有的频谱模板模拟频率间隔；
- 每次传输多达三个音频业务和一个数据业务，数据业务可以是独立的一个业务或作为音频业务的 PAD（节目相关数据）的多媒体数据；
- 单频和多频网络，以及相关信令和接收机自动调谐；
- 最先进的音频编码器 xHE-AAC；
- 文本信息、天气、体育和新闻的高级文本信息（Journaline）、SlideShow、SPI 以及各种类似的增值服务。

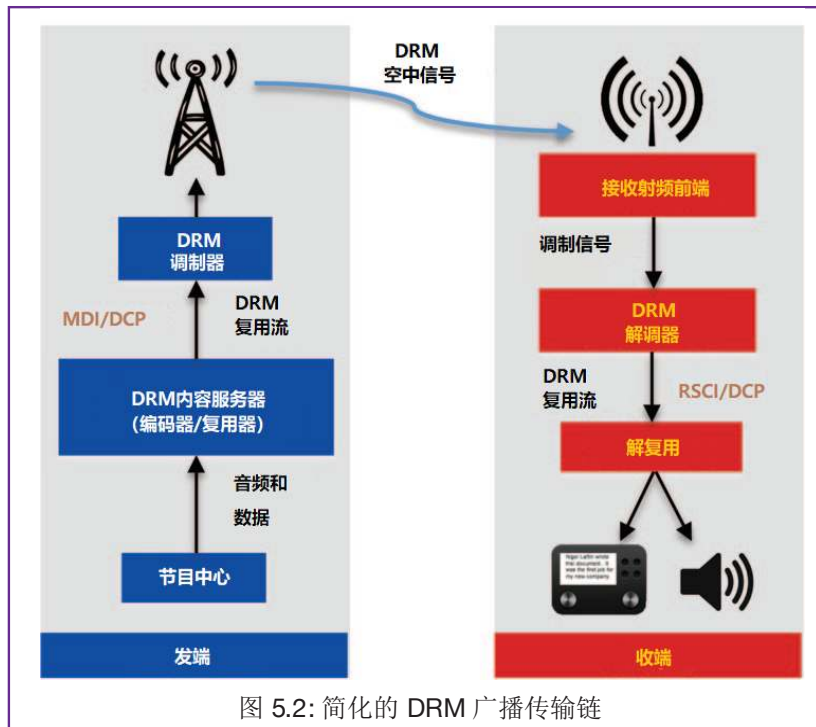
DRM 还通过发布广泛的开放标准⁴为广播公司和制造商提供帮助，其中包括主要的系统标准[1]。

最重要的是，DRM 旨在通过改善可用性、提高音频质量和音频辅助数据来改善听众的体验。

⁴ 参考附录 1

5.2 系统组成

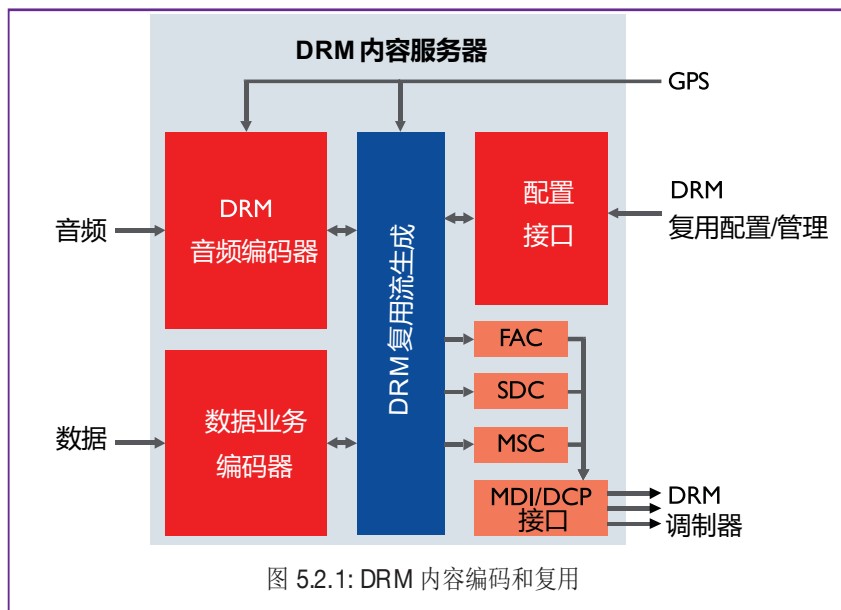
图 5.2 显示了一个非常简单的“单一业务、单一发射机”广播系统，描述了不同类别的信息（音频、数据等）从左侧的演播室或控制中心到右侧的 DRM 接收机的一般流程。



后续章节中，我们将详细解释图中的两个主要功能模块：内容服务器和调制器。在大多数（但不是全部）安装中，这些功能模块都与市售产品相对应。它们通过分发通信协议（DCP）和复用分发接口（MDI）进行通信，参考标准[2]、[3]。

5.2.1 DRM 中的编码和复用

这些功能可以在内容服务器这个产品中实现（图 5.2.1）。



抛开本地控制和指令接口不谈，内容服务器输入信息有两个基本类别：

- i. 构成主服务信道 (MSC) 的编码音频和广播数据服务；
- ii. 通过快速接入信道 (FAC) 和业务描述信道 (SDC) 传输的信息。在这些信道中传输业务标识和信道参数，以及供接收机解码用的业务参数。
 - FAC 信道中包含一组核心参数，使接收机可以快速查看复用业务情况，实现 DRM 信号解调。
 - SDC 信道中包含音频和数据编码参数、服务标签、当前时间和日期、AFS 表（替代频率信令）等高级信息。

音频编码器和数据编码器将输入数据流转换成适当的数字格式。这些编码器的输出可以选择包括一个较高保护部分和一个较低保护部分，每个保护部分将在随后的信道编码器分别按照不同保护等级编码。

复用器以规定的格式将不同保护级别的数据和音频业务组合在一起，以一定的帧结构组成比特流。

如果音频编码和复用是在发射站点以外的地方进行的（通常是这样），则使用下面所述的复用分发接口 (MDI) 传输信号。

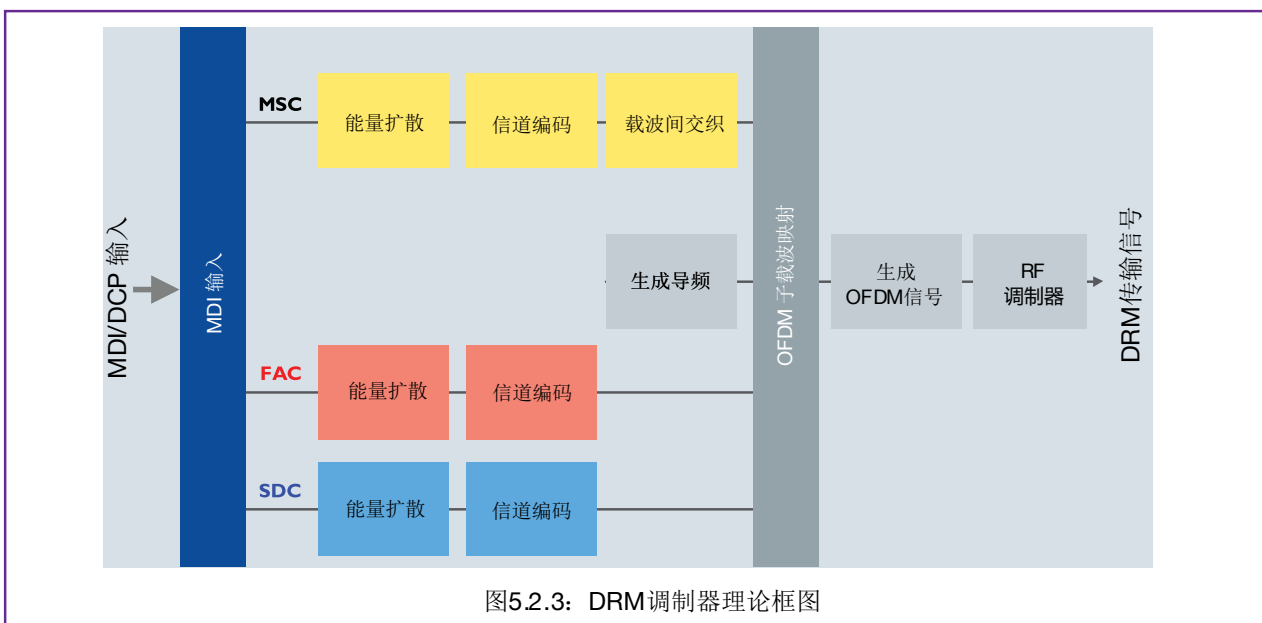
5.2.2 DRM 中的信息分发

为了将音频和数据服务（以及相关传输参数）合并为一个信息输入，DRM 规定了一种将所有这些数据合并为一个复用的标准化高效方法，即

- MDI（复用分发接口[2]）标准化协议；
- DCP（分发通信协议 [3]）。

尽管建议广播公司将音频编码器和/或 DRM 内容服务器设在演播中心（原因见 6.2.2 优化音质部分），仍可选择利用现有音频分发系统，将音频传输给发射站点的 DRM 复用器。不同于模拟 AM 业务，复用器的运行需要额外的信息，包括音频编码方案、数据率、AFS 列表、传输模式（A、B、C、D 和 E）、调制（如 4、16 或 64QAM）和传输带宽等的选择。这些信息必须提供给多路复用器和编码器，以确保特定传输使用正确的参数。对于 HF 广播来说尤其重要，但与 VHF 广播中的“固定”业务关系不大。

5.2.3 DRM 中的编码和调制



- 能量扩散将比特 "随机化", 从而降低传输信号中出现不必要的规律性码流的概率。
- 信道编码器以规定的方式将冗余比特添加到数据中, 实现差错保护, 并将数字编码信息映射到 QAM 单元中。这些单元是提供给发射机进行调制的信息的基本载体。
- 单元交织 (时间交织) 以系统的方式重新排列信号比特的时间序列, 作为 "扰乱" 信号的一种手段。与按原始连续顺序传输语音或音乐数据的相比, 单元交织可以降低快衰落对接收机恢复的信号的影响。
- 导频发生器加入规定幅度和相位的非数据载波, 方便接收机获得信道均衡信息, 从而实现相干解调。
- OFDM 单元映射器汇总不同类别的单元, 将他们安排在时频网格上, 从而将信息分配到不同子载波上。

调制过程的输出有几种形式 :

- 代表广播信号的复数波形, 已调制到中频或射频频率上 ;
- 模拟或数字形式的同相和正交基带信号 ("I-Q") : I-Q 信号可用于调制中频或射频载波 ;
- 模拟或数字形式的相位和幅度信号 (可从 I-Q 信号的变换中得出) : 这种信号格式称为 "A-RFP" 。

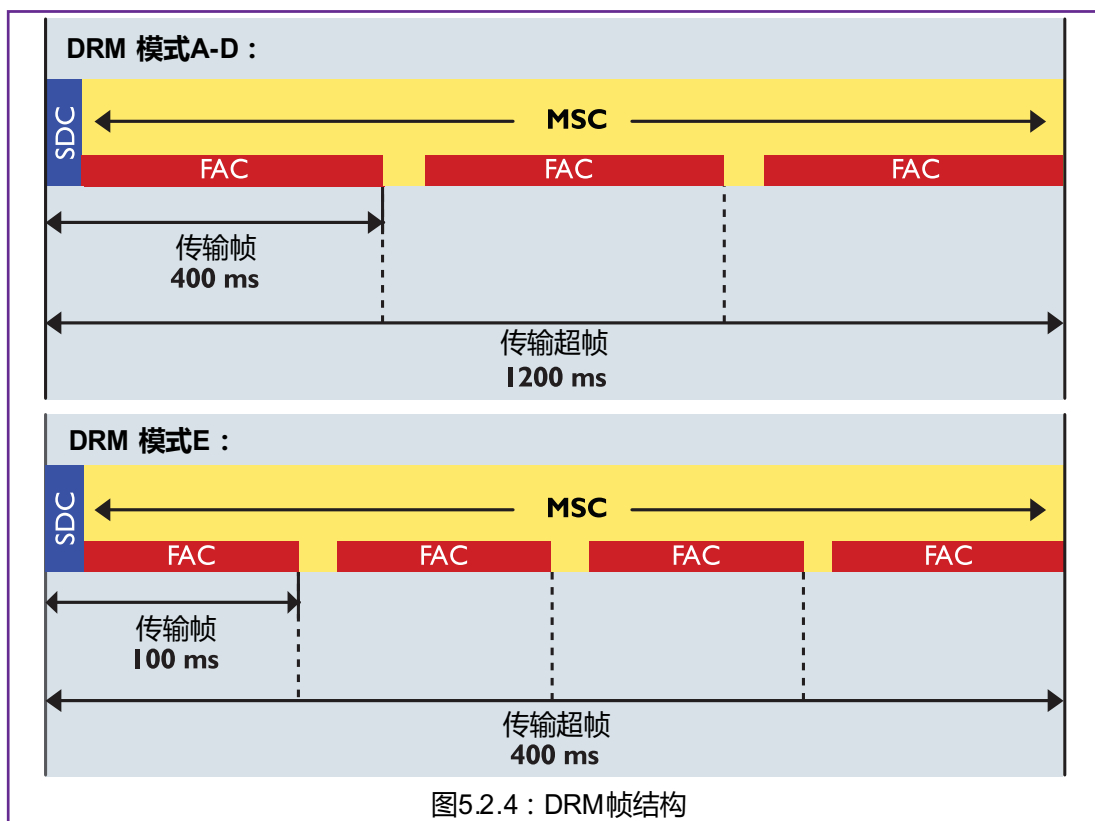
A-RFP 信号对于使用高效调幅发射机采用的传统发射机拓扑结构进行 DRM 放大尤为重要。第 9 节将对此进行详细介绍。

5.2.4 广播信号帧结构

图 5.2.4 显示了三类基本传输数据之间的帧结构和时间关系。该方案主要取决于接收机对调谐、再调谐和内容处理的要求。

FAC 中传输的数据不进行时间交织, 只限于频域中的一组特定载波。这样, 接收机就能快速实现同步, 并得到用于 MSC 的调制参数。

SDC 在所有子载波中的每个超帧开头的两个符号中传输。该数据通常是固定的, 因此是重复传输的 ; 这使得完全同步的接收机可以利用这段时间进行替代频率切换 (见第 5.3.5 节)。



5.2.4.1 快速接入信道结构

FAC 信道的结构是围绕 400 或 100ms 帧建立的（图 5.2.4）。FAC 提供了解调所需的信道参数信息以及选取业务时所需的快速扫描业务信息。

信道参数（如频谱占用和交织深度）可使接收机快速解码多路复用。它还包含多路复用中的服务信息，使接收机能够决定对该多路复用进行解码，或者在没有所需业务的情况下，改变频率并重新搜索。

每个传输帧都包含一个 FAC 块。FAC 块包含描述信道的参数、描述一个或两个业务的参数以及 CRC（循环冗余校验）。

对于稳健性模式 A、B、C 和 D，一个 FAC 块包含信道参数和一组业务参数以及 CRC。

对于稳健性模式 E，FAC 块的配置类似，但包括两套业务参数。当多路传输的业务多于一个 FAC 块所能描述的业务时，就需要多个 FAC 块来描述所有业务。

有关 FAC 结构和内容的全部细节和说明，请参见 DRM 规范[1]第 6.3 节。

5.2.4.2 业务描述信道结构

SDC 包含有关解码 MSC、相同数据的替代来源的信息，并给出多路复用中的业务属性。

SDC 的帧周期与 DRM 模式定义的超帧长度（1200 或 400 毫秒）相对应。SDC 的数据容量随复用频谱占用率和其他参数的变化而变化。利用 AFS 索引也可增加 SDC 容量。

可通过维持 SDC 中的数据准静态来实现不丢失业务的情况下检查替换频率。因此，应谨慎管理 SDC 帧中的数据[1]。

SDC 中传输的关键数据和信息，包括

- 复用描述
- 替代频率信令
- 通知支持和切换
- 时间和日期信息，包括时区偏移（用于本地/区域服务）
- 音频信息
- FAC 信道参数
- 语言和国家数据
- 重新配置信令

关于 SDC 结构和各种组件的全面说明，见 DRM 标准[1]第 6.4 条。

5.3 配置 DRM 系统

以下各节介绍 DRM 系统中设备间如何协同组成一个系统，实现广播公司对特定数量的音频业务、数据业务稳健性和传输质量的要求。

5.3.1 调制和编码参数

本小节说明了 DRM 信号参数在典型应用中的几种组合。详细介绍如何选择一个最优的参数值，以满足广播公司的特定覆盖要求。

i. 稳健性模式

OFDM 调制的一些参数（子载波间隔、保护间隔、导频密度等）需要与 RF 信道的特性相匹配，从而优化系统性能。DRM 信号可在电离和非电离介质中传输，频率范围极广，跨越约 3 个十倍频程。调幅波段的传播方式包括地波，主要干扰机制是电噪声，和天波，不利因素包括信道特性变化复杂，延迟和多普勒效应多样。在某些情况下，信号也可能同时通过这两种传播方式到达覆盖区域的某些地点。无论哪种情况下，接收到的信号都可能被加入传输路径造成的失真或噪声。

因此，系统定义了五种预设“模式”，分别标为 A 至 E，见下表 5.1。

表5.3.1：DRM传输模式

稳健模式	MSC QAM 选项	带宽选项 (kHz)	典型应用环境	频率范围
A	16, 64	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	LF/MF地波传输, 26MHz视距传播	30MHz以下
B	16, 64	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	MF、HF天波传输	
C	16, 64	10, 20	HF波段传输困难的天波信道	
D	16, 64	10, 20	NVIS天波（最高的多普勒扩展和时延扩展）	
E	4, 16	100	VHF频段的本地/区域传输，包括FM	30MHz以上

- 模式 A 用于地波或视距传播，提供最高的传输率；
- 模式 B 通常是天波传输的首选；
- 在传播条件比较恶劣的情况下，例如远距离多跳传输，或接近垂直入射，可能会发生几次非常强的反射，则可能需要采用模式 C 或模式 D；
- 最后，模式 E 用于 30MHz 至 300MHz 甚高频频段传输。

ii. 调制参数

除基本传输模式选择外，主业务信道还可设置调制的 QAM 星座安排和 Viterbi 编码码率。通常情况下，只要正确设置了传输参数，服务区大小将主要由接收信噪比来确定。因此可以使用简单的模拟广播规划工具（见第 10 节）。

对于 DRM 模式 A 至 D（即低于 30MHz 的传输），主业务信道可选择 64-QAM 或 16-QAM，主要根据信干比（信号与噪声加干扰的比）SNR 的大小做出选择。如果 SNR 太低，无法支持 64-QAM，通常会选择更稳健的 16-QAM 方案。对于 DRM 模式 E（即高于 30 MHz 的传输），主业务信道可采用 16-QAM 或 4-QAM。

5.3.2 业务复用和有效载荷容量

在目标覆盖范围内，服务质量限定了调制参数，但广播公司可以灵活地使用 MSC 信道容量。可以在传输音频业务的同时分配部分容量给数据业务，或将容量拆分提供多个的音频业务。例如，一部分是包含音乐和语音的高质量业务，另一部分为低比特率语音服务，用来传送新闻标题或类似的纯语音的信息服务，如交通信息。

表 5.3.2 "DRM 系统比特率表"列出了不同稳健模式和信道带宽下可用的比特率范围。在模式 A 至 D 中，最小比特率增量为 20bps，在模式 E 中为 80bps。

表5.3.2 : DRM系统比特率

			信号名义带宽 (kHz)						
模式	MSC调制 (nQAM)	稳健性	4.5	5	9	10	18	20	100
			大概可得到的数据率kb/s (等差错保护, 标准映射)						
A	64	Min.	14.7	16.7	30.9	34.8	64.3	72.0	
		Max.	9.4	10.6	19.7	22.1	40.9	45.8	
	16	Min.	7.8	8.8	16.4	18.4	34.1	38.2	
		Max.	6.3	7.1	13.1	14.8	27.3	30.5	
B	64	Min.	11.3	13.0	24.1	27.4	49.9	56.1	
		Max.	7.2	8.3	15.3	17.5	31.8	35.8	
	16	Min.	6.0	6.9	12.8	14.6	26.5	29.8	
		Max.	4.8	5.5	10.2	11.6	21.2	23.8	
C	64	Min.				21.6		45.5	
		Max.				13.8		28.9	
	16	Min.				11.5		24.1	
		Max.				9.2		19.3	
D	64	Min.				14.4		30.6	
		Max.				9.1		19.5	
	16	Min.				7.6		16.2	
		Max.				6.1		13.0	
E	16	Min.							186.3
		Max.							99.4
	4	Min.							74.5
		Max.							37.2

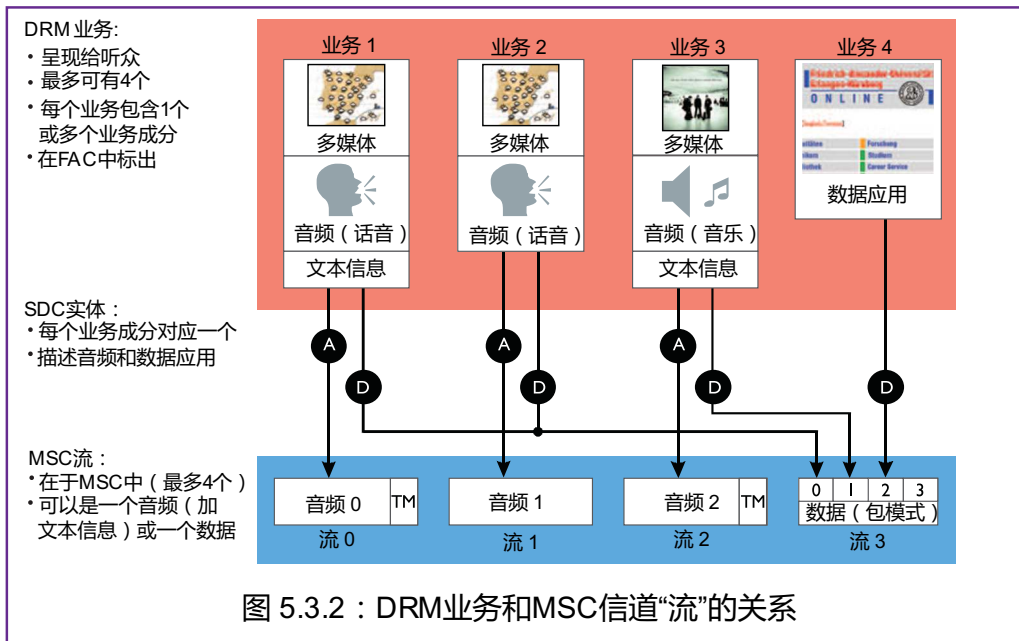
在 DRM 中, “业务” 可以是音频或数据 :

- **DRM 音频业务**由一个音频成分和最多四个相关数据, 称为 PAD 节目相关数据, 组成 ;
- **DRM 数据业务**由一个数据成分组成。

DRM 传输提供一到四个业务, 最多可以同时有 3 个音频业务。

听众通过 SDC 中提供的标签选择业务, 接收机则使用 SDC 中的配置信息从 MSC 主业务信道中选择正确的数据流。MSC 最多可容纳四个 **MSC 数据流**。一个 MSC 数据流可包含一个音频成分, 包括可选的 DRM 文本信息, 或在同步数据流模式下包含一个数据成分, 或在包模式下最多包含四个数据成分。调制参数决定了可用的 MSC 容量, 这个容量可灵活分配给多个 MSC 流, 并可通过动态重新配置过程更改。

MSC 流中携带的音频或数据成分可同时引用和链接到多个 DRM 业务, 但每个成分必须至少属于一个 DRM 业务。这样就可以在多个音频业务之间共享一个 PAD 成分, 从而避免多次传输相同的数据。图 5.3.2 显示了从 DRM 业务到 MSC 流的可能链接方案。DRM 系统规范[1]中提供更多的例子来展示这个灵活性。



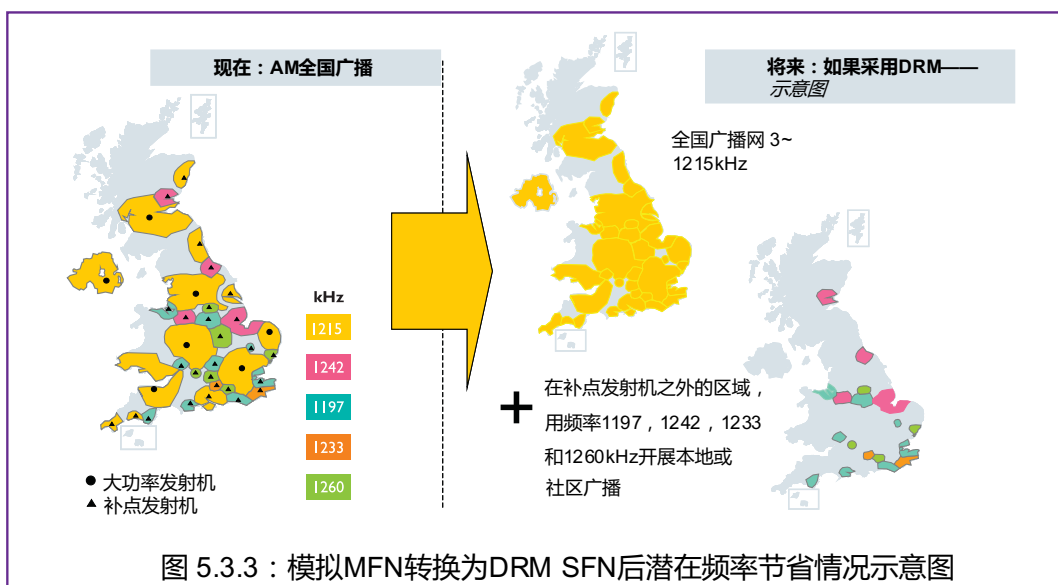
该系统的灵活性还表现为广播公司可以选择信号占用的带宽，在不同频段和世界不同地区中找到可用频谱。此外，在规划条件允许的情况下，还可以在调幅波段传输双带宽信号，18kHz 或 20kHz，提供更高质量的音频业务。

5.3.3 单频和多频网络

DRM 系统能够支持**单频网 SFN**。在这种情况下，多个发射机在同一频率上发射相同的 DRM 信号。一般情况下，这些发射机都有重叠的覆盖区域，在这些区域内，收音机可接收到多个发射机的信号。只要这些信号到达接收机的时间差小于保护间隔，它们就会提供正向信号增强。因此，与只有一个发射机提供服务的情况相比，该地点的覆盖情况得到了改善。

通过精心设计在 SFN 中使用多个发射机，一个地区或国家可能只需使用一个频率而不是多个不同频率就能完全覆盖，从而显著提高频谱效率。

图 5.3.3 说明了如何将目前使用五个模拟中波频率的英国现有全国网络迁移到 DRM 单频网，从而腾出四个信道用于其他服务。



由于某种原因无法应用 SFN 时，则可使用**多频网络 MFN**。在这种情况下，传输的 DRM 信号是相同的，但每个发射机使用的频率不同。DRM 信号中存在不传输 MSC 数据的短暂时间。听众感觉不到这个中断的存在，因为接收机会重新定时确保连续的数据到达音频解码器。这个时间间隔很短，接收机可在此期间调谐到传输同一节目的另一个频率，判断其信号质量。

如果替代频率的信号质量较好，接收机就可以保持使用该频率，否则就会返回原来的频率。不过，只有当替代频率上的信号在接收机上准确同步时，这一无缝跳转才能顺利实现。多频网络依赖于 AFS 信令，详见下文第 5.3.5 节。如果接收机配备了双信号解码链，就可以连续比较两个或多个信号，甚至通过频率和传播路径分集合并信号，显著提高接收可靠性。

5.3.4 模数同播

模数同播是广播机构特别感兴趣的一种选择，因为它们必须在未来几年内继续满足现有模拟听众的需求，但又希望尽快推出 DRM 服务。这些广播公司可能在引入数字广播的方式上受到限制。例如，公司只拥有一个中波频点，不太可能获得额外的频率来启动纯数字服务。也可能希望避免在短期内投资额外的发射机和/或天线和场地，从而无法在一个新频率上开始数字服务。在使用现有发射机和天线的情况下，既能传输现有的模拟调幅广播，又能传输新的 DRM 广播，提供相同或不同的内容是这些公司的一个较好的选择。在调幅波段，由于很难申请到新频率，这一方案可能最适用于 LF 或 MF 频段工作的广播公司，即便是他们可以选择类似 HF 应用提供相同覆盖服务，例如家庭广播中使用的 NVIS 覆盖。目前欧洲的广播公司仍然正在关闭或考虑关闭 LF 和 MF 服务，这将为引入新的数字广播服务提供了一个理想的机会。VHF 波段 II 还支持与模拟 FM 同播。

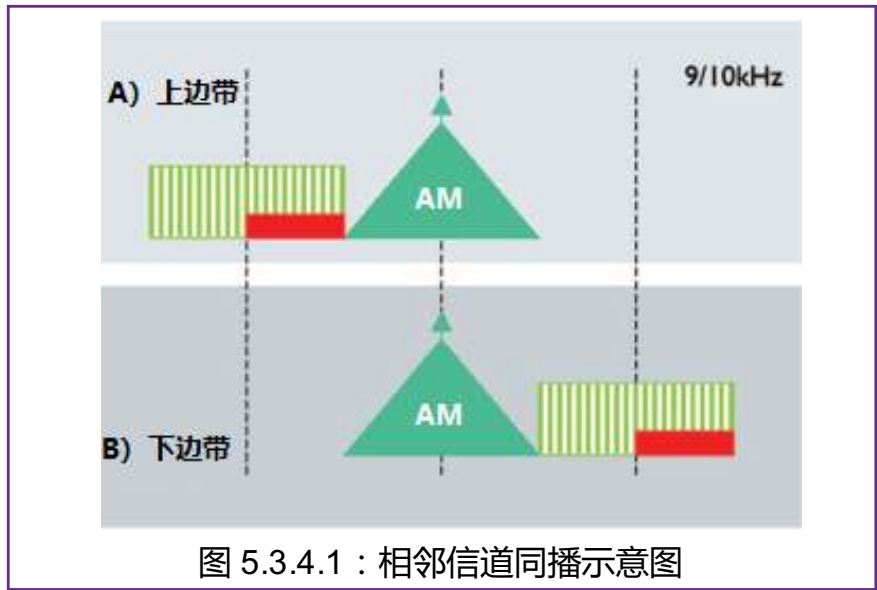
在一天的不同时段以模拟和数字两种格式播发相同的节目，既能提供数字广播，又能为仅使用模拟接收机的听众提供服务。广播公司可以根据听众的情况选择合适的时间比例，随着越来越多的听众转用数字格式，数字和模拟服务的比例也可以因此改变。

严格说来，同播这个概念可以用来描述同时传输一个以上载有相同节目内容的信号。在这种情况下，它可以指从同一发射台，也就是从同一地点同时传输同一节目的模拟和数字版本。在某些情况下，可以增加一个新的低功率发射机提供 DRM 服务，通过同一部天线发射，可能比对目前传输模拟服务的旧发射机进行大规模改装更经济。在这种情况下，数字信号可以调制到任何可用频谱，接收机能够利用 DRM 的 AFS 功能自动在模拟和数字服务之间切换。

5.3.4.1 低于 30MHz DRM 传输

对于调幅波段，单个发射机有吸引力的同播模式是使用 18/20kHz 带宽，或者在 9kHz 或 10kHz 信道之外采用另外一个频谱传输形成多信道或多频点同播 (MCS)。DRM 信号可放置在相邻的上方或下方信道 (见图 5.3.4.1)。我们在实验室和外场进行了大量测试，用来确定 DRM 广播的信号电平，在提供高质量 DRM 服务的同时避免对模拟服务造成明显影响。

我们得到的结论是，当 DRM 信号电平比相邻的模拟载波电平低 14-16dB 左右时，可以获得令人满意的结果。



如果 AM/DRM 同播信号在白天与完整的双信道 DRM 信号交替播放，建议使用图 5.3.4.1 中的选项 A，因为它可以切换成完整的数字信号（取代模拟 AM 部分），不用改变 DRM 的调谐频率。

5.3.4.2 30MHz 以上的 DRM 传输

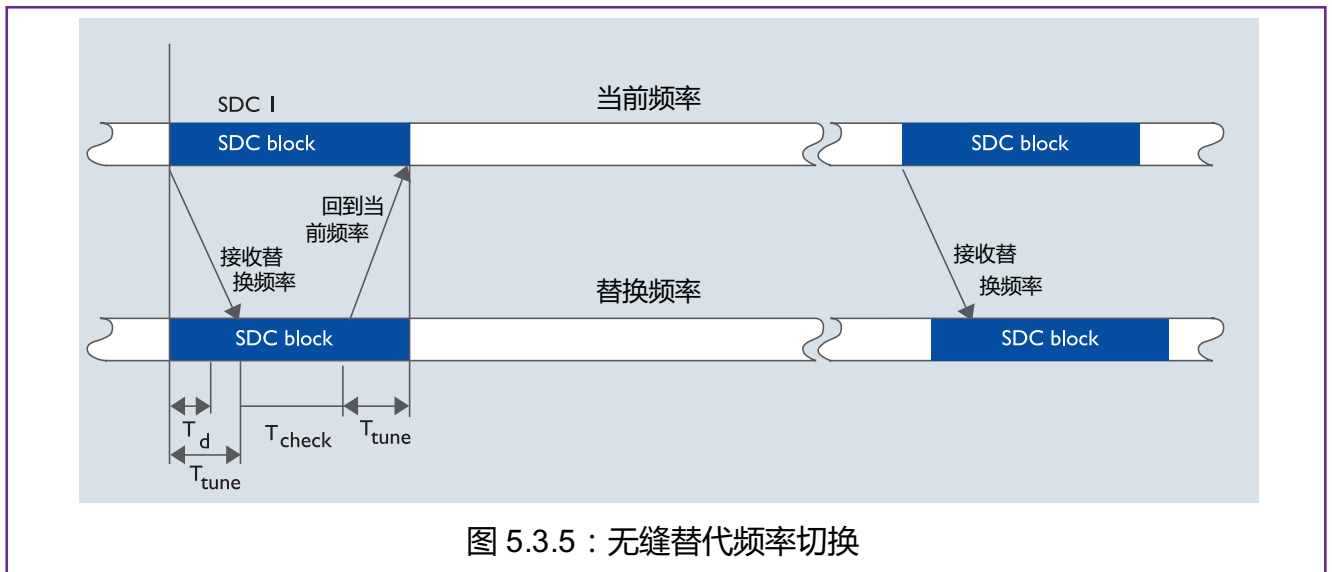
DRM 和模拟调频同播见第 9.3.3 节。

5.3.5 替代频率切换（检查和切换）

替代频率切换是 MFN 的一个核心组成部分。AF（替代频率）列表在 DRM 多路复用的 SDC 部分传输，为接收机提供传输相同节目或相关节目的频率列表。AF 列表还可提供非 DRM 服务的信息，如传输相同或相关节目的模拟 AM、FM 和 DAB 广播。因此，根据接收机的接收情况，它可以在这些其他类型的传输和 DRM 服务之间来回切换。

替代频率切换有以下两种不同模式：

- 无缝 AFS：接收机重新调谐时，音频几乎不会中断。如图 5.3.5 所示。注意，这种模式需要类似于 SNF 的网络同步，而且只支持 DRM 传输之间的无缝切换；



- 普通 AFS：允许接收机转到另一个相同服务的传输，该传输可以不是 DRM 广播，也不用时间同步。

一个普通 AFS 的例子可能是都市调频服务，带有 RDS，指向一个 DRM 频率。在都会区以外，可以通过一个或多个 DRM 发射机来扩大覆盖范围，这样汽车接收机就可以从调频服务切换到 DRM 服务。返回都会区时，则采用相反的过程。另一种类似的应用可能是从一个国家之外发射的国际短波广播，但在该国首都使用波段 II 的调频服务提供本地中继。

在 AFS 功能中，不仅可以传输当前节目的其他频率信息，还可以传输一天中的其他时间或世界其他地区播放相同的节目的其他频率信息。这对 HF 广播特别有用。由于昼夜传播特性的变化，在一天的不同时间需要不同的频率为一个地区提供 HF 广播。或者由于不同的传播路径，需要不同的频率为不同的地区提供 HF 广播。此时，接收机可通过存储数据确保收听者可按名称选择节目服务，允许接收机根据地区在一天中的不同时间选择最佳频率。

DRM 系统规范[1]附件 G 中提供了有关于接收机处理 AFS 的一些详细信息和指南。

5.3.6 音频节目内容传输

DRM 服务将以低于 30kb/s 的比特率传输音频，因此，必须确保在进行音频编码之前，在内容获取、编辑、存储和播放过程中最大限度地保留音频保真度，并尽可能避免多次编码-解码。更多信息，请参见第 6.2 节。

5.4 AM 信令系统 (AMSS)

DRM 开发了一种通过模拟 AM 广播传输数字信号的系统。这样模拟/DRM 混合接收机（甚至纯模拟接收机）可以识别、选择和调谐到 AMSS 的模拟传输信号，就像是一个纯数字广播一样。这大大简化了收听者的调谐和业务选择过程，为模拟向数字迁移的过程中提供了一个功能强大、经济高效的工具。此外，该系统还支持替代频率信号，这样，准备了 AMSS 的电台就能方便听众的接收机自动切换到数字、AM 或 FM 同播传输中。

该系统传输极为稳健，与现有的调幅接收机良好兼容。总比特率约为 47b/s，该系统已成功部署，在 MF 和 HF 传输中进行了测试。

AMSS 已作为 ETSI 标准 TS 102 386 [4]发布，并已配备在第一代 DRM 接收模组中。欧洲广播联盟 (EBU) 在文献[5]中发布了关于该系统及其功能和实施的说明。

6

DRM 内容

本节介绍 DRM 信号中的各元素。大致可称为“内容”。其中包括以下主要元素：

1. 强制性元数据，是 DRM 信号中的必要组成部分。包括快速接入和业务描述信道（FAC/SDC）中的大部分数据；
2. 非强制性信息，广播公司可选择广播这些信息，接收机自动支持这些信息（如文本信息）；
3. 音频内容（广播业务）：主要考虑编码和音频质量；
4. 广播机构可能选择广播的任何增值和/或数据业务。

需要注意的是，符合相关 DRM 规范（附件 3 和[6]）的接收机将自动支持上述“1”、“2”和“3”。广播机构应与接收机行业密切合作，以确保消费者收音机加入各种附加功能（上述“4.”）。欲了解更多信息，请参阅第 7 节 DRM 接收机。

6.1 广播元数据

在本节中，小标题后加“{M}”表示必须广播的数据。

6.1.1 业务标识 {M}

DRM 业务标识（DRM Service Id）是分配给每个 DRM 节目的全球唯一标识符。通过 AFS 机制（替代频率指令），使接收机根据业务标识能够找到并识别所选节目，即使其频率已发生变化。听众不需要用它来选择业务或节目，消费者的接收机显示屏上也不会显示它。

广播公司有责任为其 DRM 服务分配一个唯一的标识符。DRM 服务标识值通常由国家分配。有关服务标识符格式的更多信息，请访问 DRM 网站和 DRM 系统规范[1]附件 T “业务标识符的分配”。

6.1.2 业务标签 {M}



图 6.1.2 : DRM业务标签

听众通过节目名称（DRM 业务标签）了解已调谐的业务。DRM 业务标签是听众识别和选择节目的主要标识。现代数字广播接收机可能根本不显示有关当前广播频率甚至广播标准的信息。

DRM 业务标签可以是任何自由文本，长度不超过 16 个字

符。广播支持全球所有文字（最多 64 字节的 UTF-8 编码文本），但接收机显示的字符取决于制造商的具体设计。如果听众通过调幅或调频主频率了解到某个电台，则可将此信息作为 DRM 业务标签的一部分发送。

6.1.3. 节目类型



图 6.1.3 : 节目类型

描述节目种类，如新闻、摇滚音乐或戏剧，有些接收机使用该类型创建相同类型的服务列表以供选择。DRM 支持传输 29 种常见音频服务节目类型。

6.1.4. 业务语言

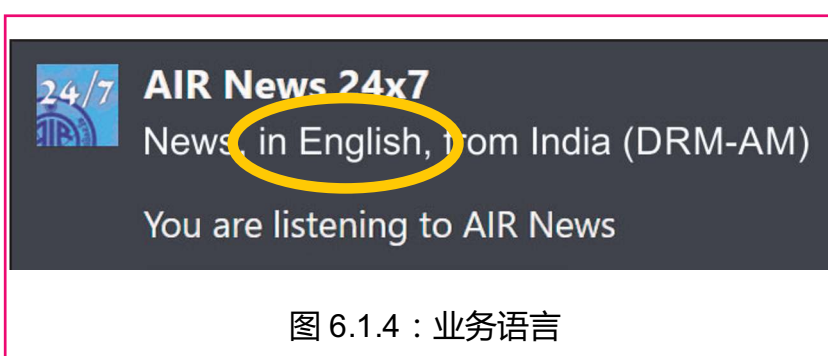


图 6.1.4 : 业务语言

听众可以选择他希望接收节目的语言。在语言众多的地区，这可能有助于避免收听到听不懂的业务。DRM 通过使用各自的 ISO 语言代码，支持传输全球所有语言标识。

6.1.5. 来源国



图 6.1.5 : 来源国家

可以有选择传输 DRM 业务的来源国信息。该信息指的是演播室所在地，而不是发射台所在地。这样，接收机就可以帮助听众在国外度假时搜索国家新闻节目。全球所有国家都可以通过各自的 ISO 国家代码进行标示。

6.1.6. 电台标识



图 6.1.6 : 电台标识

现在许多汽车接收机都有彩色屏幕，广播公司可以选择使用 SPI 的服务信息部分来显示台标。这使得广播电台与其他数字媒体服务呈现效果更加一致。有四种徽标尺寸可在不同情况下使用，它们使用的数据容量非常小。

6.2 音频内容

6.2.1 音频编码

DRM 系统采用了 MPEG 最新的音频编码技术 xHE-AAC (扩展高效率高级音频编码)。xHE-AAC 对单声道节目编码可低至 6 kbps, 对于立体声可低至 12kbps, 可同时处理语音和常规音频内容。此外, DRM 继续提供 AAC 音频编码, 以支持现有的广播服务。使用 AAC 的现有 DRM 广播可通过升级内容服务器的音频编码库过渡到 xHE-AAC。

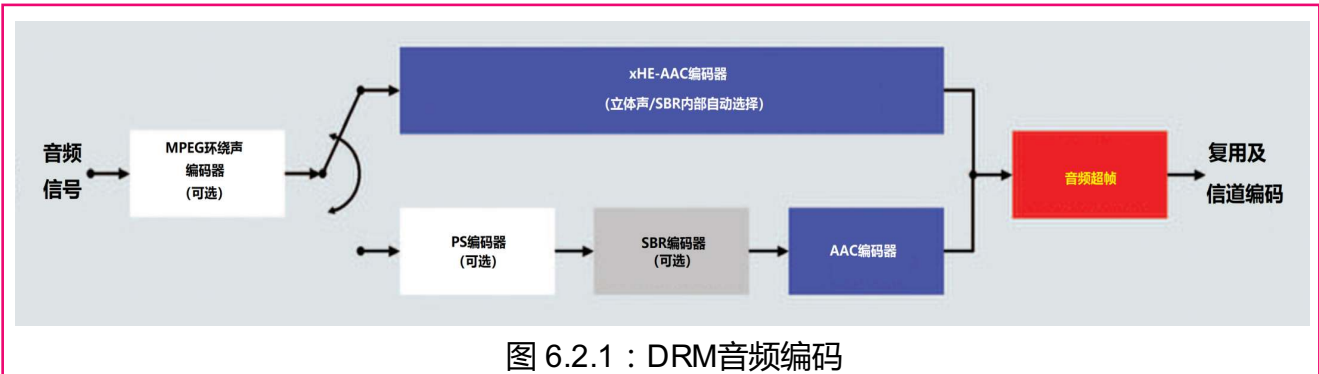


图 6.2.1 : DRM音频编码

这两种编码器都支持多种比特率, 可以编码各种类型的节目。对于提供更高传输容量的 DRM 配置, 可以采用 MPEG 环绕声技术实现 5.1 环绕声广播, 并向后兼容单声道和立体声接收机。

6.2.2 优化音质

广播机构使用数字音频编码已有多年。大多数广播公司都有遇到过多次串联编码, 经过这一过程后音频整体质量下降。数字音频压缩系统的主要工作原理是努力去除人类听觉机制无法听到的信息。这些“丢失”的信息通常被相邻或频率相近的高频声音所掩盖。这本身就是一个产生有损过程。每次对音频进行编码和解码时, 都会出现引入虚假的音频成分的风险, 在前一个编解码器中出现的这个人产生的音频成分被后续编解码器视为“想要”的音频成分。可能会导致人为音频成分被优先编码或与“真实”音频信息一样被编码。随着音频在编解码链中的传输, 质量逐渐下降。解决这种“串联”问题的理想方法是应完全避免级联编码。在无法避免级联编解码时, 可在内容采集和编辑过程中保持尽可能高的比特率, 然后以合理的比特率进行一次性编码, 分发和传输给 DRM 广播系统。

广播公司经常在节目传输(通过卫星、互联网等)过程中使用音频编码, 后续在数字编辑系统中又使用音频编码, 最后再次重新编码, 将节目分发到一个或多个发射机以节省数据带宽。每个编码过程都可能使用不同的数据传输速率, 并且往往使用不同的音频编码算法。当前这种音频信号一般会通过调幅或调频发射机以模拟形式传送给听众。然而, 当在这一链条的末端是 DRM 传输时, 就会出现额外的音频编码。

为应对串联问题, MDI 规范鼓励广播公司在这一链条中最初, 质量最高的地方对 DRM 传输进行编码, 例如在演播室中心, 而不是在发射站点。从而确保音频到达接收机之前没有再次编码情况。MDI 规范还可以将 DRM 传输所需的所有数据与音频有效地打包在一起。

这样做的好处是, DRM 音频来自于最高质量信号源, 避免了任何中间编码, 例如, 演播室到发射机链路中常常使用 MPEG2 第二层压缩技术。对于 9 或 10kHz 带宽的 DRM 传输(即 MSC 数据传输速率~30kb/s 或更低), 所有 MSC、SDC 和 FAC 以及传输控制参数都可包含在小于 64kb/s 的数据容量内。传输控制数据允许远程控制发射机上的 DRM 激励器参数, 这样就可以在演播中心设置稳健模式、调制等, 而无需在发射机现场进行干预。

必须清楚，对于数字广播系统而言，所有接收机产生的音频质量是在 DRM 内容服务器中编码时决定的。因此，广播公司应非常谨慎地优化音频源和输入到 DRM 内容服务器的路径。

6.3 增值服务

6.3.1 概述

DRM 系统提供许多标准化的多媒体和数据应用。这些应用包括简单的低比特率文本服务（DRM 文本信息）用于传输与节目相关的信息（如当前歌曲名），以及使用整个 MSC 容量提供多媒体类型的数据服务。交互式文本点播应用 Journaline 可用于传输与节目相关的信息以及与节目无关的信息，如新闻、体育或天气信息服务。

更复杂的多媒体服务类型可包括元数据（如 EPG 电子节目指南）和图片（SlideShow 应用），但对于低比特率 DRM 传输，如 AM 频段的 DRM 业务，相对有限的 MSC 容量将限制这些图形多媒体应用或数据业务的数量。实际上，对于这些传输方案，MSC 容量可能加起来不会超过 2 至 4kb/s，因为未来一段时间内，大部分 MSC 容量可能会继续用于音频服务。

除普通音频外，提供数据和多媒体服务使数字广播不断发展，在听众和广播公司之间建立更紧密的联系，并为商业广播公司创造全新的盈利模式。

面向用户的多媒体业务通常会在接收机显示屏上呈现。虽然大多数业务仅需要一个简单的纯文字屏，但有些业务需要图形显示。因此，应鼓励制造商在特定的接收机价格范围内提供尽可能大的屏幕，以支持这些高级应用。但即使是纯文本显示屏也应支持与目标市场相关的 Unicode 文本。

一些数据服务特别关注车载收音机，为集成导航系统提供道路交通更新。提供此类服务对本地、区域或国家广播公司最有帮助。TPEG（如下所述）是导航系统（机器对机器）使用的重要交通服务，而用户按需获取的相关旅行信息可使用 Journaline 文本应用程序。

除了本小节介绍的多媒体服务外，其他功能也可以向听众展示数字广播的优势。例如，消费者可能会对接收机暂停和返回功能非常感兴趣。只需按一下按钮，就可以暂停接收喜爱的电台。随后，用户可以从离开节目的位置继续收听。受内部存储器容量和业务的传输速率的影响，接收机可录制几个小时的内容。如果使用额外的闪存卡存储器，录制的节目还可以在其他支持该功能的收音机上重放。在这种情况下，最好录制包含音频和所有信令及多媒体成分的 MDI 或 RSCI 格式的信号用于以后回放。

6.3.2 DRM 文本消息⁵



图 6.3.2：文本消息

DRM 带有允许广播机构发送一连串消息的功能，每条短消息最多可由 128 个字符组成。DRM 文本信息通常与音频服务相关（当前歌曲名和歌手、节目名、电台新闻等）。接收机显示屏上的更新时间由广播公司管理；因此，应遵守连续信息之间至少 10 至 20 秒的延迟时间，以减少听众的注意力分散，尤其是在车内场景下。

如果接收机无法在屏幕上显示整条信息，通常的做法是在屏幕上平滑滚动文字。

DRM 文本信息通过 UTF-8 编码支持全球所有文本，使用 1 至 4 个字节对一个字符进行编码（每个信息可用

⁵ 参考 ETSI ES 201 980[1]第 6.5 节。

128 个字节)。因此，在拉丁语系语言中，单条信息可能有 100 多个字符，中文文字约 40 个字符。

6.3.3 Journaline 文本信息服务



图 6.3.3a : Journaline——
伴随音频节目传输的文本信息页面

Journaline 是以文本为主的信息服务[见附件 1]。它可以作为音频节目（PAD 节目相关数据）的信号，也可以作为一项独立业务。

用户可以选择信息主题和子主题，从中交互式地选择自己目前感兴趣的内容。

广播公司定义好向用户展示的业务结构和信息元素。信息以纯文本页面、列表/表格页面或滚动信息的形式提供。纯文本页面由标题和详细的正文组成；通常包含新闻条目、节目背景信息、电台联系信息等。列表/表格页面通常用于体育比赛比分、金融表格和股票市场更新或机场到达/出发时间。滚动信息（如新闻标题、金融信息、广播字幕等）每次只显示一条信息，这些信息应完全显示在屏幕上，并自动更新。

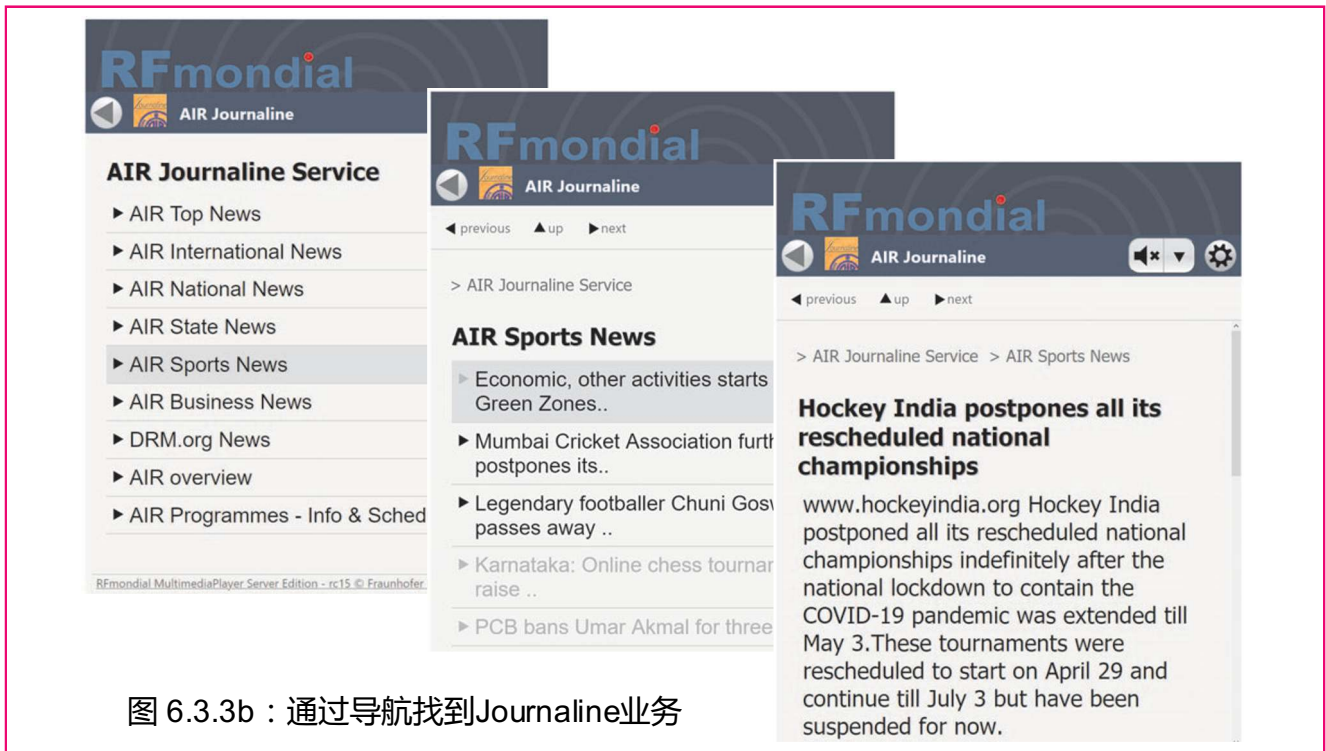


图 6.3.3b : 通过导航找到Journaline业务

Journaline 业务可由多达 65000 个独立页面组成，每个页面最多可承载 4k 字节的文本内容。所有文本信息均采用 UTF-8 编码，因此可以使用全球任何文字。多语言的信息可作为单一 Journaline 业务并行提供，为那些当前音频节目不是其母语的混合语言受众提供服务。

某些接收机支持“热键”功能，广播公司可以选择触发用户的节目外互动；这些链接可以指向网址或电话号

码、发送短信或电子邮件、跳转到其他 Journaline 页面等。广播公司还可以选择用地理参考增强 Journaline 页面。这样，接收机就可以向用户提供与本地相关的信息选择，比如将餐厅广告等的位置信息转发给导航系统。



图 6.3.3c : 重复利用已有数据源实现 Journaline 业务的自我更新

广播公司可以重复使用现有的数据源，如 RSS 源、XML 接口或 UECF 实时信息，为听众提供有用的服务，而无需手动更新内容。在空中，Journaline 可以在较低的比特率下工作；在传输容量低至 200bps 的情况下进行 Journaline 广播。因此，即使在短波广播中添加 Journaline 业务，也不会影响音频质量。在接收机方面，Journaline 对解码、缓存内存和用户界面展示能力的要求非常有限，因此可以在所有有文字屏幕的接收机上实现。



图 6.3.3d : UniWave®Di-Wave100接收机展示的 Journaline 业务

Journaline 是 ITU-R 推荐的应用程序，用于为残疾人提供 DRM 字幕广播服务[13]。

6.3.4 业务和节目信息 (SPI)

业务和节目信息 (SPI)⁶是预定广播节目的数字指南。内容通常显示在屏幕上，用户可通过遥控器、键盘或接收机上的其他输入设备，按时间、标题、频道、类型等浏览、选择和发现内容。SPI 结构和传输协议均已由 ETSI 标准化[见附件 1]。

通过 SPI，还可以方便地选择广播内容，以便 DRM 收音机或数字录音机定时录制。它也是一种传送电台标识的机制，可通过图形屏幕显示在接收机上。这不仅提高了广播公司的品牌知名度，也方便了用户选择业务。SPI 可以传输未来几天的全部节目表，提供有关节目的详细信息，甚至包括子节目元素（如单个新闻报道）、电台和节目徽标等。此外，还可提供简化和缩小的当前和下一条信息，即使在内存容量有限的接收机上也能

⁶ 或称为电子节目指南 (EPG)，互动节目指南 (IPG) 或电子服务指南 (ESG)

轻松解码，并在纯文本屏幕上显示。

在 DRM 中，一个 SPI 通常包含同一频率上所有节目（DRM 音频业务）的综合信息，也可包含同一广播网络提供的所有其他节目的综合信息，以及各自的电台徽标。因此，DRM 广播中包含一个以上音频节目的情况下，SPI 通常会作为独立的 DRM 业务而不是 PAD 业务（节目相关数据）。

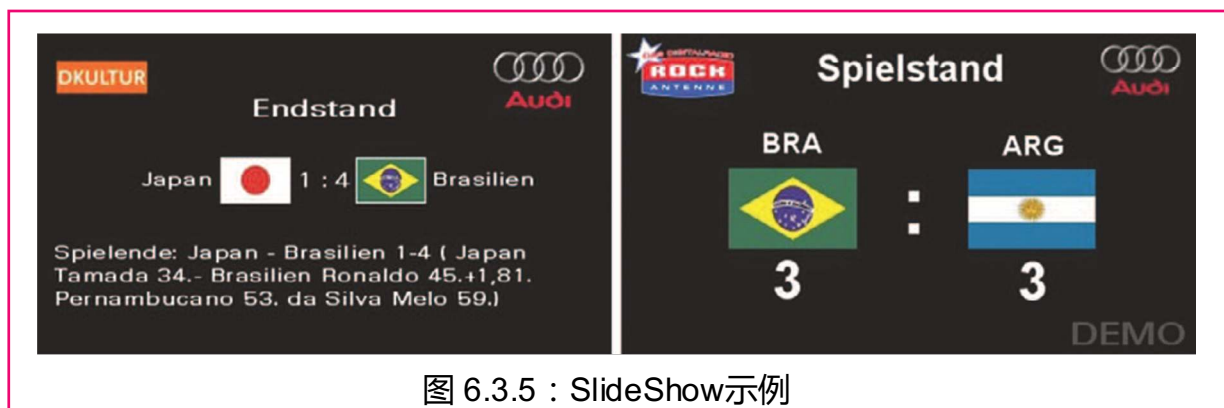


6.3.5 SlideShow

SlideShow 是一系列图像[ETSI 标准，见附件 1]。由于对比特率的要求相对较高，这种应用特别适用于较高比特率的 DRM 传输，例如在 VHF 波段本地广播。DRM 终端根据广播公司设置的触发信号显示图像，通常在成功接收图像后立即显示。幻灯片放映的内容应保证用户在瞥一眼屏幕时就能了解到有用信息；这些信息通常与节目关联（当前专辑封面、节目徽标、主持人肖像、演播室视图、新闻期间的地图和名人肖像等），但也可能包含与节目无关的元素（如图形化天气预报或广告）。不过，SlideShow 并不适合用于展示详细文字信息，因为这会造成很大的干扰，尤其是在汽车内。

广播公司决定接收机屏幕上幻灯片更新时间。因此，广播公司应确保幻灯片以可接受的速度变化，允许多次重复以应对接收条件变化造成的少量数据中断。与 DRM 文本信息一样，广播公司应为每张幻灯片至少留出 10 至 20 秒的演示时间，例如在车内收听广播的情况下，由此减少驾驶员的注意力分散。传输图像所需的比特率通常不应低于 4kbps，一般在 16 kbps 或更高。DRM 双频道或本地 VHF 频段广播是广播节目中添加幻灯片业务的最佳场景。

幻灯片服务中的图像文件采用 PNG 或 JPG 格式。PNG 特别适用于徽标和图形，JPG 主要用于照片。支持 SlideShow 应用的接收机应能解码和显示最小分辨率为 320x240 像素的图像。除静态图像外，SlideShow 规范还支持基于 PNG 格式的简单动画序列（APNG 动画 PNG）；这些图像文件是以向后兼容的方式编码的，因此每个传统的 PNG 解码器至少能显示动画序列的第一张幻灯片。

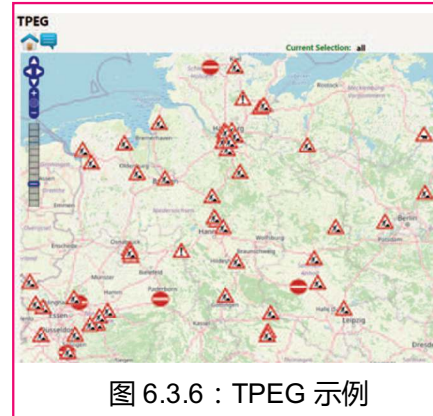


6.3.6 TPEG

TPEG 是一种以分层方式向终端用户设备传输流媒体信息的框架。它主要用于广播实时交通信息。数据信息由装有 TPEG 的车载收音机或导航系统（机器对机器服务）无声接收和解码。这些信息可以通过多种方式传送给驾驶员；其中最常见的是支持 TPEG 的导航系统，它可以提供动态路线指引，提醒驾驶员计划路线上出现的问题，并计算出避开事故地点的替代路线。

用户可从中可获的收益包括：

- 实时更新交通信息
- 即时了解事故、道路施工和交通堵塞情况
- 过滤后的信息只适用于当前路线
- 用用户自己的语言提供信息
- 高质量数字传输
- 全球兼容的接收机
- 相邻国家的免费或低成本服务
- 途中即时信息



TPEG 交通信息有几个优点。首先，它是通过安静地接收数据，这意味着用户可以在收听音乐或新闻广播的同时，不受 TPEG 数据传输的干扰。其次，信息会立即到达并显示，因此您无需等待预定的交通新闻公告或收听特定节目。此外，TPEG 服务是持续更新的，驾驶员可以随时获得其信息，这与可变信息标志等偶尔提供的路边信息服务不同。

得益于 TPEG 接收技术，用户可以用自己的语言接收交通信息。TPEG 设备（通常是车载导航系统）会对接收到的交通信息进行解码，并将其呈现给用户。无论用户在哪个国家驾驶，都能立即了解当地的交通状况。

TPEG 数据流可附带 Journaline 文本服务组件，以携带相关旅行信息，供用户按需获取。

6.4 DRM 应急广播功能（EWF）



6.4.1 概述

DRM 支持并提供灾难预警业务，即应急广播功能（EWF）[36]。

DRM 技术为提供应急广播消息提供了一个理想的平台。根据 DRM 最低接收机要求和二级接收机要求文件所述，对 EWF 支持是强制性的，无需为 EWF 安装特殊的芯片组或进行额外的调整。EWF 所需的一切都已包含在根据 DRM 论坛发布的上述规范制造的接收机中。

因此，DRM 技术应成为国家应急广播政策的主要组成部分，从远程发射点提供业务作为最后手段提供全面、持续的服务。

6.4.2 任务

任何预警系统的任务都是以最快的速度、最大的覆盖范围向公众（和有关部门）通报即将发生的灾难，并向尽可能多的受众（包括外语游客和残障人士）提供所有相关信息。

6.4.3 DRM EWF 工作原理

EWF 采用警报广播与替代频率信号（AFS）相结合的方式，将接收机转到应急广播频率（即使接收机调到不同

的业务或不同的频率)。任何 DRM 服务在需要播放应急广播时，都会持续发出信号。

即使在待机模式下，接收机也能在后台定期、高效地检查警报通知是否处于激活状态，然后自动唤醒，因为通知信息在信令信道中传输（检查时无需解码完整的 DRM 信号；对于电池供电的接收机，需要采用适当的解决方案来保证此功能有效）。如果应急广播处于激活状态，DRM 接收机会自动切换到应急广播。应急广播内容以音频和文本信息的形式自动提供（详见下文）。

听众收到的应急广播包括

- 音频节目（每次以一种语言提供）；
- DRM 文字信息（显示在屏幕上的简短文字，每隔几秒钟自动更新一次）；
- Journaline 高级文本服务（同时以多种语言提供详细说明，并为听力受损的用户提供服务）。

当应急部门触发报警信号时，所有正在运行的 DRM 接收机都会从当前调谐的 DRM 业务接收警报信号，并切换到应急广播。所有 DRM 接收机都会播放应急广播的音频内容。带有文字屏幕的 DRM 接收机除显示文字标题（DRM 文字信息）外，还会自动显示详细的多语言信息和说明（Journaline），供用户即时交互式查询。处于待机状态的接收机可自动开启。这是监管机构对国内销售的 DRM 接收机提出的要求。

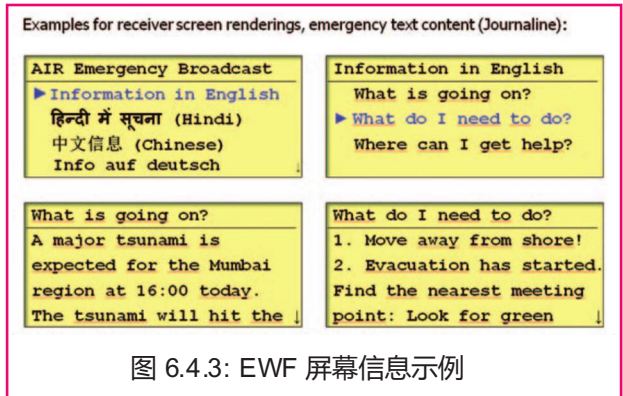


图 6.4.3: EWF 屏幕信息示例

6.4.4 DRM EWF 应用

DRM 广播链包括：

演播室（内容） → DRM 内容服务器 → DRM 调制器/发射机

如果应急机构触发了应急信息，信息自动提供给电台节目中心，然后在 DRM 内容服务器上激活该信号（或允许当局直接访问适当的接口）。所有 DRM 广播业务都必须激活应急广播（即使它们本身并不播放应急信息，而只是将接收机转向应急广播业务，例如公共广播）。由 OASIS⁷维护的“通用警报协议” CAP (Common Alerting Protocol) 是当局激活 DRM 传输警报功能并全自动向 DRM 内容服务器提供所需内容的典型接口。DRM 内容服务器原生支持 CAP。

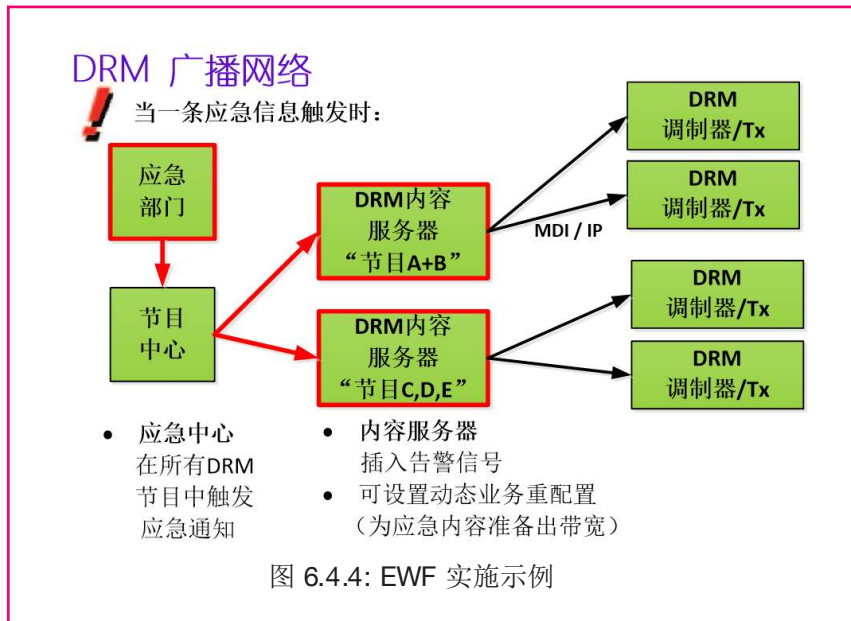


图 6.4.4: EWF 实施示例

⁷ 参考 <http://docs.oasis-open.org/emergency/cap/v1.2/CAP-v1.2-os.html>

7

DRM 接收机

DRM 论坛支持建立一个充满活力的国际数字接收机市场的愿景。DRM 系统的开发目标是促进低成本、大众化接收机的发展，这是市场长期成功的先决条件。在未来几年里，DRM 将与其他数字和模拟广播系统一起集成到多标准接收机中。对消费者来说，这样做的好处是可以在一个设备上接收所有广播服务。为了支持这一进程，许多 DRM 接收机功能都选择与其他数字系统兼容，从而降低了接收机成本。此外，一些数据服务与 DAB+、RDS 和 AMSS 兼容，进一步减少了接收机的开发工作量，提高了可用性。

7.1 DRM 接收机规范

DRM 论坛致力于创建一个重要的行业规范，提供 DRM 最低接收机要求[6]，可从 DRM 网站下载。

DRM 最低接收机要求文件详细描述了接收机的特性。它包含基本的特征和功能性要求。音频解码器、信道解码器的重要功能作为必备特征写入文件，保证接收机可以接收全球范围内的广播。此外，文献中还提供了最低性能水平及测量方法。技术性能参数包括灵敏度、选择性和线性度。

7.2 接收机开发

典型的无线电接收机由几个基本模块组成：

- i. 天线
- ii. 射频前端
- iii. 解调器/解复用器
- iv. 音频/数据服务解码器
- v. 放大器/扬声器
- vi. 微处理器控制器/显示驱动器

天线、放大器和扬声器是模拟和数字接收的共用设备，可同时用于模拟和数字接收。一些专业公司将上述所有模块 ii、iii、iv 和 vi 组合到一个“组件”中，使制造商能够非常迅速地将数字接收机集成到现有产品或新产品中。此外，还有能够同时支持模拟和数字接收的模块化解决方案。这些解决方案可以采用数字信号处理器 (DSP) 或专用集成电路 (IC)。接收机设计方案可以在灵活性、功耗和成本之间做出权衡。

目前市场上有几种在 DSP 上运行的 DRM 接收机方案：请访问 DRM 网站了解最新情况。

DRM 标准与 DAB 数字广播系统有一些共性，特别是在音频编码和辅助数据方面，这简化了多标准接收机的设计。

目前，市场上有多种独立接收机可供选择。产品范围包括带有彩色屏幕、支持 DRM 系统提供的新型广播功能的设备，以及带有 DRM 功能的家庭娱乐系统。汽车收音机制造商也开发了 DRM 接收设备和模块。市场在不断发展，读者应访问 DRM 网站了解最新信息。

7.3 软件接收机

为了满足 DRM 系统开发人员的测试和测量要求，可以利用模拟接收机配合在个人电脑平台上运行的解调软件开发实现一个 DRM 接收机。现代消费类个人电脑的处理能力足以提供 DRM 接收机的所有功能。DRM 最初使用这种技术开发了一个简化版的专业 DRM 接收机。这样，爱好者就可以通过对自己的模拟接收机进行必要的改装连接到家用电脑上实现接收。后续又推出了名为 Dream⁸ 的开源计划 [7]。图 7.3 显示了 Dream 接收机（左）和 弗劳恩霍夫 DRM 多媒体播放器（右）的运行截图。后一种接收机实现了所有 DRM 功能，可在包括移动平台在内的所有操作系统上运行。

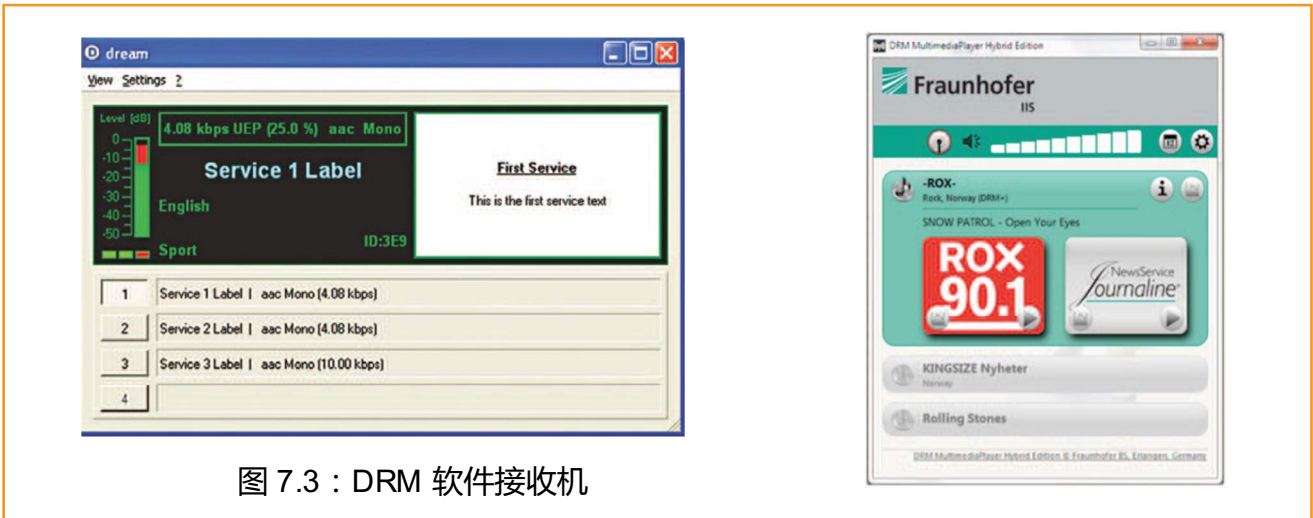


图 7.3 : DRM 软件接收机

7.4 人机界面 (MMI)

方便用户操作是市场成功的一个重要因素。DRM 提供了实现这一目标的工具。

事实证明，从接收机自动建立的列表中按电台名称而不是频率选择服务是调谐数字收音机的常用方法。制造商可根据市场需要自由选择编制电台列表的方式，例如解码 AFS 和 EPG 信息、提供频率扫描或获取其他广播系统提供的业务列表等。

因此，理想情况下，数字广播用户不需要按广播标准和/或频率选择电台（至少不应作为主要选项）。一旦用户从系统的当前可用服务列表中按服务标签选择了某个业务，接收机应根据所选择的业务确定最合适的接收方式，并在频率临时改变或跨越覆盖区域边界时自动跟踪业务。

⁸ Dream 是 DRM 接收机的软件实现。有了 Dream，只需一台经过改装的模拟接收机（LF、MF、HF）和一台配有声卡的电脑，就能接收 DRM 广播。

8

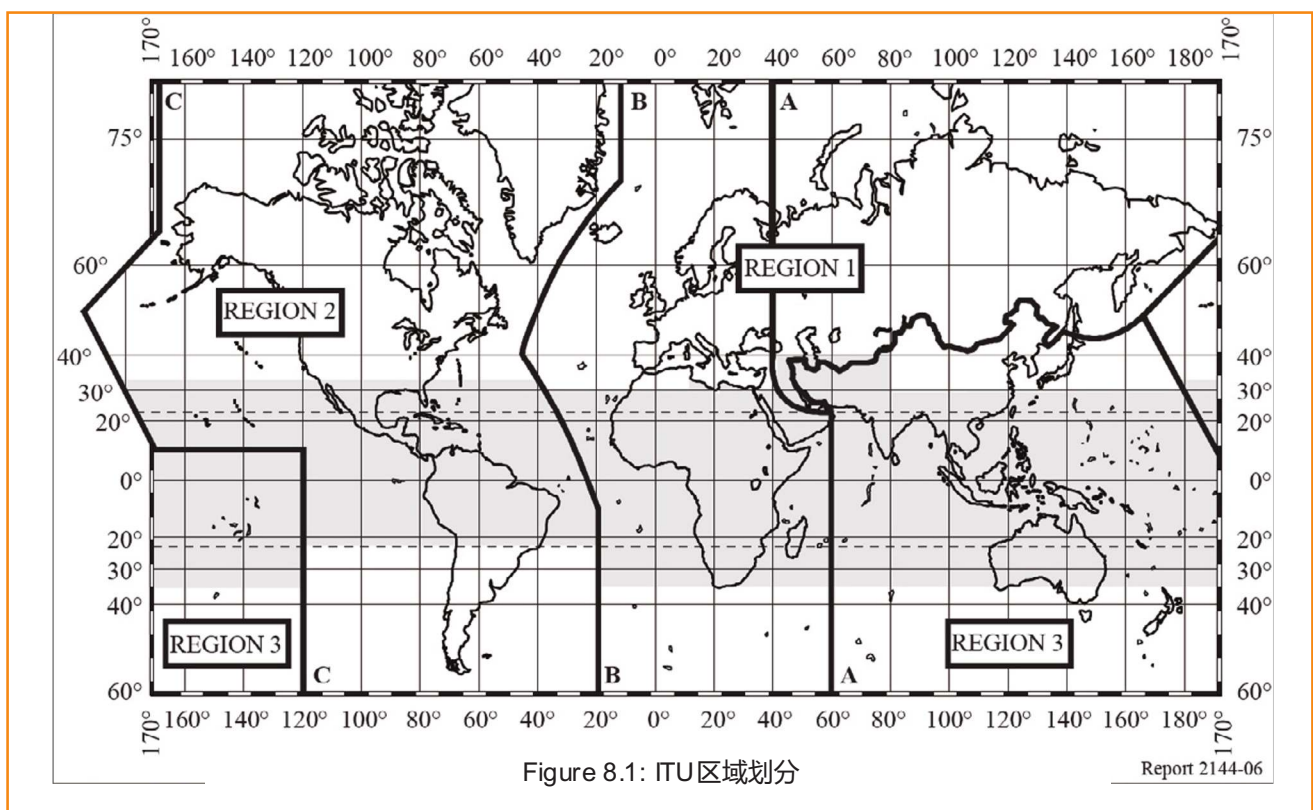
规范和标准化

8.1 监管

国际上广播频谱由国际电信联盟（ITU）监管。对该频谱使用中的任何改变，如在广播频段中引入新的数字广播系统，都需要得到成员国政府的批准。

国际电信联盟无线电通信部门（ITU-R）在其建议 ITU-R Rec. BS.1514 [8]，“30 兆赫以下广播波段数字声音广播系统”中批准了 DRM 广播发射。

ITU-R Rec. BS.1615 [9]中，在现有的模拟调幅业务规划协议下给出了 30 MHz 以下的数字声音广播规划参数，例如日内瓦 1975 LF 和 MF 频段划分方案用于 1 区和 3 区（欧洲、非洲、亚洲）规划以及里约热内卢 1988 方案用于 2 区（美洲）规划。图 8.1 显示了国际电联三个区域的全球分布情况，阴影部分称为热带区。



对于 5900kHz 以上的 HF 频段，所有 DRM 广播均按照《国际电信联盟无线电规则》[10]第 12 条中 6 个月的时间安排程序进行协调，与模拟广播的方式相同。在热带 HF 频段（频率低于 5900kHz 的波段，用于低纬度国家的国家覆盖），协调程序是双边安排，而不是全球协调。希望使用 DRM 的热带地区国家应像现在一样使用近垂直入射传播，并适当考虑平均功率因数。

对于 30MHz 以上的广播频段，国际电联发布了三项关于 DRM 的建议，在文件中被称为数字系统 G。

ITU-R Rec. BS.1114 [11] 用于30-3000MHz频率范围内车载的、便携式的和固定接收机的地面数字声音广播系统

ITU-R Rec. BS.1660 [12] Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band

ITU-R Rec. BS.1894 [13] 数字无线电广播业务，带字幕的无线电广播

此外，国际电信联盟（ITU）的一些地区性协议和欧洲电子通信委员会（CEPT）的一些特别安排也涵盖了广播波段，如下表 8.1 所示。

表 8.1: ITU 地面广播业务相关规范⁹

频段	LF/MF/HF 波段 (148.5 - 283.5 kHz)/ (526.5 - 1606.5 kHz)/ (3 - 30 MHz)	VHF 波段 I (47 - 68 MHz)	VHF 波段 II (87 - 108 MHz)	VHF 波段 III (174 - 230 MHz)
覆盖区域:	GE75 [14]: (仅LF/MF) ITU 区域 1和 3 RJ81 & RJ88 (仅MF) : ITU区域 2 [15, 16] ITU-R RR §12 HF [10]: 全球	RRC-06-Rev.ST61 [17]: 部分区域1 和 3	GE84*[18]: 区域1, 阿富汗和伊朗	GE06 [19]: 部分区域 1 和 3 WI95revCO07 [20]: 欧洲

*根据日内瓦 1984 (GE84) 计划，波段 II 的调频频率分配可用于数字广播服务，条件是

- 传输特性覆盖 GE84 计划[18]条目或 GE84 规定的总条目要求；
- 受影响的管理部门同意，在相关的双边协议下，任何此类使用造成的干扰场强满足他们根据自己的频率规划得到的保护率要求。

这意味着任何替代使用波段 II 频率的行为都不得产生比相应的 GE84 频率分配更多的干扰，也不得要求更多的保护。这种方法也适用于世界其他地区。

有关数字 DRM 的规划假设和保护率的参考资料，详见第 10 节“服务规划”。

CEPT-ECC 的一系列报告¹⁰阐述了在欧洲引入数字广播业务的监管和技术问题。尽管这些报告主要针对欧洲的情况，但其中许多信息可能与世界其他地区相关。这些报告包括

ECC 第 117 号报告：管理 80MHz 以下频段向数字音频广播的过渡[21] - 该报告探讨了 LF、MF、26 MHz (HF) 频段和 VHF 波段 I 用于向国家、地方和社区受众进行数字广播的情况。预计 DRM 最初将与 AM 同时使用，然后逐渐取代 AM。所有必要的管理规定，特别是与 GE75 协议相关的议事规则已经到位，允许在现有的 GE75 规划内部署 DRM，并允许 LF 和 MF 频段声音广播从模拟逐步过渡到数字。除了提供有关在上述频段引入 DRM 的监管方面的综合信息外，此报告还提供了欧洲各行政部门有关其当前和未来使用频段（2010 年）的信息。

鼓励 CEPT 内的所有相关广播公司和管理机构考虑从模拟传输过渡到 DRM 数字传输，以便从改善的服务

⁹ 详细的 ITU 区域规划可以访问 <https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/Pages/Bands.aspx>

¹⁰ ECC 报告可以在网页 <http://www.cept.org/ecc> 的“Deliverables”中找到。

质量中获益。

ECC 第 141 号报告：波段 II (87.5-108MHz) 未来数字化的可能性[22]和相关的技术补编[23]——波段 II 被视为调频广播音频节目的基本频谱。鉴于广播对波段 II 频谱的需求日益增长，有必要考虑采取一些措施，使波段 II 服务能够满足未来的需求。实现这一目标的最佳途径是利用新兴的数字声音广播系统。技术补编介绍了规划和共享标准，包括技术特点、保护率和保护其他广播的标准。

ECC 第 177 号报告：未来地面传送音频广播业务的可能性[24]——考虑了未来继续广播的可能性。该报告侧重于地面传播平台，特别是现有的和正在开发的相关数字技术。展望未来，可用的频谱显然是有限的。传统的模拟广播虽然能够为听众提供高质量的信号，但却无法轻易扩大服务。

特别强调以下几点：

- 地面音频广播在覆盖大量听众方面非常有效；
- 地面音频广播的优势在于音频节目通常是免费提供的。这构成了广播成功的主要支柱；
- 音频广播可能是紧急状况下唯一可持续的信息来源；
- 从模拟广播技术转向数字广播技术，可以提供更多和更高质量的业务。因此，与模拟技术相比，数字广播为更有效地利用频谱铺平了道路；
- 波段 III (欧洲)，引入数字音频广播所需的监管框架已经完全到位。可能需要在国际电信联盟 (ITU) 一级制定议事规则，以便在波段 II 引入数字业务；
- 在目前已分配的频段中引入数字地面音频广播，可以利用现有的广播网络基础设施。

最后，尽管有上述国际规定，开始 DRM 广播还必须考虑到广播公司所属国家行政部门制定的各项政策。

8.2 DRM 标准

主要的 DRM 标准由位于欧洲的全球标准机构——欧洲电信标准协会 (ETSI) 发布，编号为 ES 201 980 [1]，可从 ETSI 网站免费下载¹¹。分发接口、数据应用等所有支持标准也由 ETSI 发布，并可通过相同方式在关键词 DRM 中搜索到。附件 1 列出了这些标准的完整清单。

表 8.2 列出了各频段与 DRM 的相关性以及相关的 ETSI 和 ITU 标准。

¹¹ ETSI 网址是 <http://pda.etsi.org/pda>

表 8.2: DRM标准应用的频带

传输频率	复用带宽	适用频段	频道间隔	标准化 / 规范
30 MHz以下 (DRM 模式 A-D)	4.5 – 20 kHz	LF, MF HF	9 kHz or 10 kHz ² 5 kHz	ETSI ES 201 980 [1] ITU-R Rec. BS.1514 [8] ITU-R Rec. BS.1615 [9]
30 MHz以上 (DRM 模式 E)	100 kHz	VHF I VHF II VHF III	参见 ³ 100 kHz 参见 ³	ETSI ES 201 980 [1] ITU-R Rec. BS.1114 [11] ITU-R Rec. BS.1660 [12]

表中注释：

1. 频道间隔设定的依据是国际电信联盟无线电通信会议 (ITU-R) 关于各广播频段的最终文件 (例如, 地区 1 : 1975 年日内瓦最后文件关于 LF/MF, 1984 年日内瓦最后文件关于 VHF 波段 II, 2006 年日内瓦最后文件关于 VHF 波段 III)。频道划分是为不同业务分配频率的基本“网格”。例如, 在欧洲 VHF 波段 II 中, 传输频率 (目前用于模拟调频) 通常以 100 kHz 的间隔分配。鉴于一个模拟 FM 频道占用频带为±100kHz (总带宽为 200kHz), 同一区域内的两个业务如果间隔为 100kHz, 显然会相互干扰。必须注意通过地理分隔和使用定向发射天线将干扰控制在可接受的范围内。在引入不同的调制格式时, 必须特别小心, 因为频带占用情况或频带内的能量分布可能不同。
2. 对于国际电信联盟 1 区和 3 区, 频道间隔为 9kHz; 对于国际电信联盟 2 区, 频道间隔为 10kHz。
3. DRM 系统可在 VHF 波段 I、II 和 III 中的任何一个波段运行, 每个波段都有自己的频道划分。目前, 波段 II 的频道划分为 100kHz, 波段 III 为 1.7MHz。ITU-R 报告 BS.2214 建议在 VHF 波段 III 的 DRM 中应用 100kHz 的频道划分。

关于欧洲数字广播的未来发展, 欧盟 (EU) 无线电频谱政策小组 (RSPG)¹² 在“欧洲无线电广播的未来——确定的需求、机遇和可能的前进方向” [24, 25] 的报告中承认 DAB 和 DRM, 但对采用单一标准对地方和社区广播的影响保持中立。他们强调, 目前没有关于无线电广播的统一的政策。

然而, 欧盟看到了一种共识, 即未来的广播传播将是多平台的, 地面广播仍然是唯一面对真正移动接收的平台, 特别是在汽车中的接收。欧盟承认, 目前有用国家地区业务传输的地面广播标准, 即 DAB 系列标准和 DRM 系列标准, 它们被视为单独但互补的发展。“我们注意到, 在收音机芯片中内置多种标准正在成为现实, 软件化接收机标准的实施正在演变成一种大众市场现象。公共政策既要在技术解决方案方面保持中立, 又要有足够的灵活性, 以适应未来的发展”。

¹² 无线电频谱政策小组 (RSPG) 是一个高级别咨询小组, 协助欧盟委员会制定无线电频谱政策。

9

广播网络基础设施

本节首先详细介绍了向发射机分发 DRM 信号的方式。本章还概述了改造现有模拟调幅发射机和调频发射设施以提供 DRM 广播的方法，介绍了对附属天线和匹配网络的性能要求。最后，概述了 DRM 信号的监测和测量，以确保其达到预期的服务质量。

下一节（10）将讨论信号离开发射天线后直至到达接收天线前的传播和服务规划问题。

9.1 节目分发

本节详细介绍了前面所述的各种协议和接口的连接方式。这使得 DRM 接收机所需的音频和控制信号能够在演播室或控制中心以有效的方式打包，并发送到 DRM 发射机。

9.1.1 复用分发

MDI 数据流，“DRM 复用分发接口”，是一种数据格式，用于将演播室内的 DRM 内容服务器编码生成的 DRM 复用信息发送到 DRM 调制器，调制器是每套 DRM 发射系统的组成部分。

MDI 包括以下信息：

- DRM 复用信息，包括 MSC、FAC 和 SDC；
- 正确配置 DRM 调制器所需的所有信息（稳健模式、SFN 时间戳等）；
- 可选的专有信息。

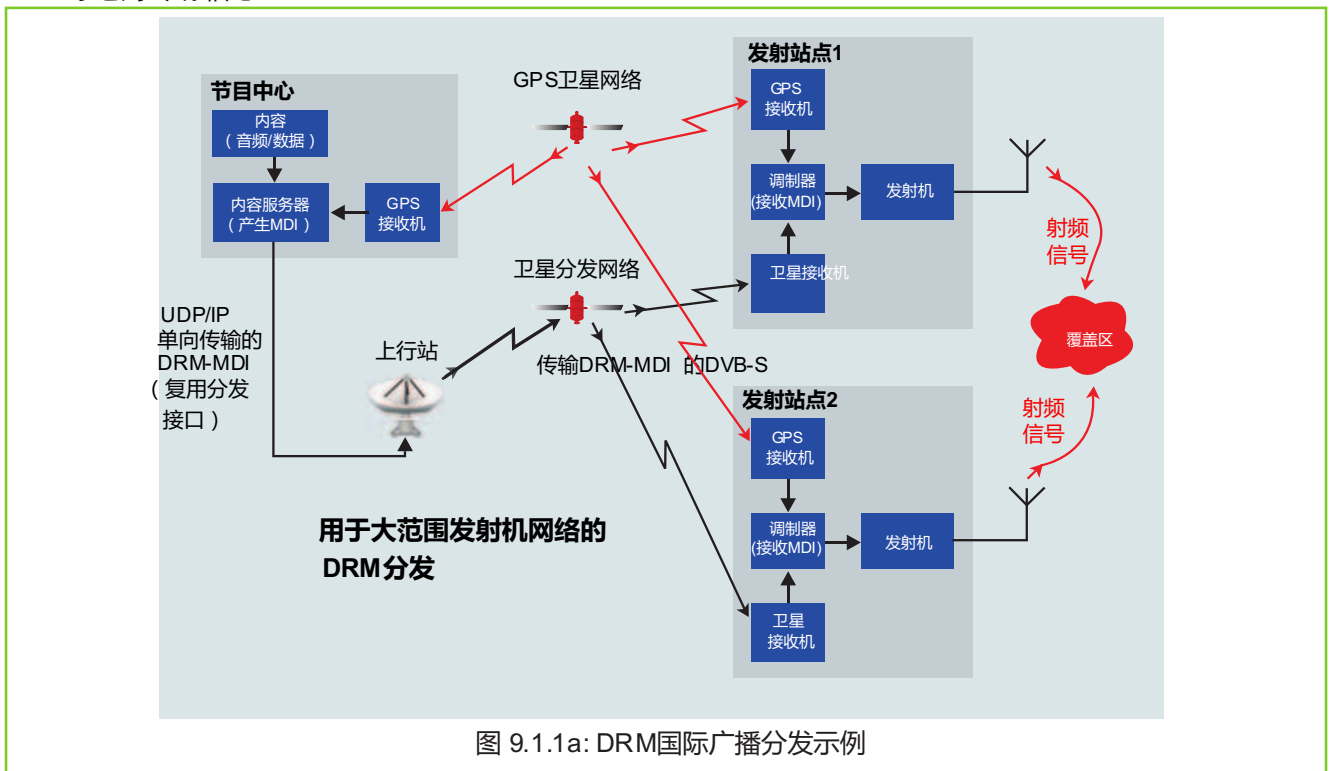
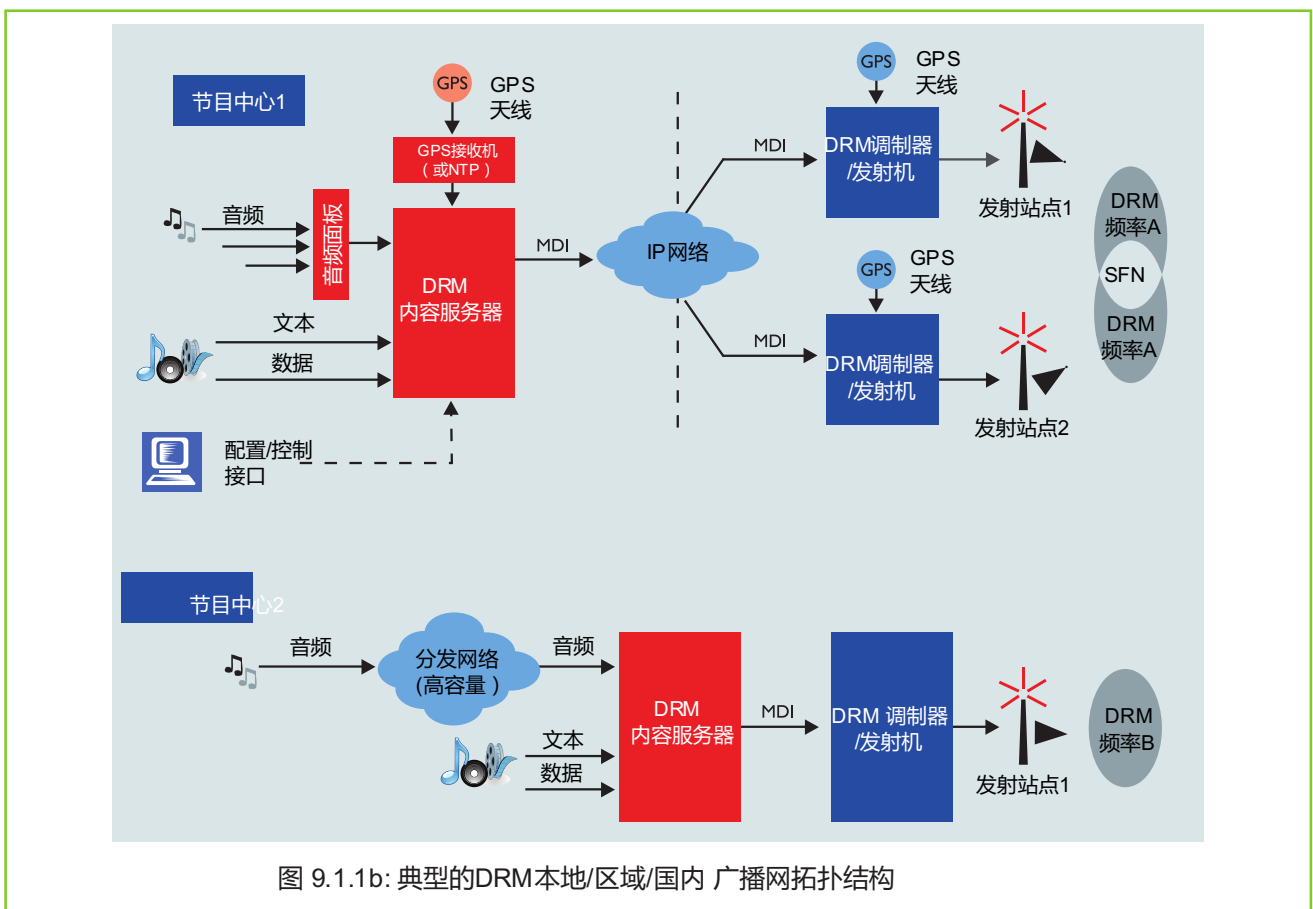


图 9.1.1a: DRM国际广播分发示例

MDI 以数据包的方式异步发送。因此，可以使用多种基本传输机制，如 UDP/IP、串行线路、卫星、广域网、局域网和 ISDN。由于复用流基于 100 毫秒或 400 毫秒的 DRM 帧生成，而且数据传输是异步进行的，因此 DRM 复用器和调制器都必须拥有自己的时间同步源（GPS 或网络时间协议 NTP），以确保帧时钟的长期稳定性。

MDI 流从带宽上看是一种高效的传输编码音频、多媒体数据和信号的方式，同时还能保持节目的原始质量。通过在演播室安装编码器和复用器，可以使用高效的 MPEG 编码系统直接对音频进行编码，消除了转码带来的质量下降。加上额外的保护和控制信息，MDI 比特率只比编码内容的比特率高出约 20-25%，因此标准 HF 广播的典型 MDI 流约为 27kb/s，典型 MF 广播约为 35kb/s。因此，一个 64kb/s 的分发信道足以满足大多数 30MHz 以下 DRM 传输的需要，而一个 128 kb/s 的数据链路足以满足 VHF 频段中相当稳健的 DRM 传输，这比分发多个原始音频服务和数据流节省了昂贵的分发带宽。不过，如果使用多路复用系统向一个或多个共用站点发送多个独立的 DRM 服务，则最好使用比 64kb/s 递增幅度更小的分发信道，以达到最高的容量效率。使用这种分发格式，可以向任意数量的 DRM 调制器发送相同的 MDI 数据流。这样做的好处是只需要一个 DRM 内容服务器，但也限制每个调制器必须使用相同的 DRM 配置传输相同的音频节目/内容。



对于希望保留现有音频节目分发网络且不打算使用任何 DRM 高级增值业务的广播公司来说，将内容服务器放置在发射站也是可以接受的。然而，为了保留 DRM 系统的卓越音频质量，节目必须以尽可能高的比特率进行分发，以最大限度地减少串联编码带来的音质损失影响。

9.1.2 网络同步

DRM 系统的一个主要优点是支持单频和多频网络（SFN/MFN），可提供可靠的连续覆盖，在计划的服务区域内实现无缝接收。第 5.3.3 节和第 10.2.1 节阐述了此类网络对广播公司的好处。

SFN 中，仅需要在广播公司的演播室使用一台 DRM 内容服务器；可以利用卫星或地面线路将 MDI 流分配到发射机网络。每个发射机都需要一个 DRM 调制器，该调制器可分配一个用于调整时延的单独标识符。对网络

进行配置后，可在目标区域特定位置精确地同时接收到多个发射机输出的 DRM 信号。这是通过在 MDI 协议中嵌入时间戳来实现的，每个调制器都能缓冲至少 10 秒的 MDI 数据流。

DRM 内容服务器和每个 DRM 调制器都需要 GPS 时间戳信息或类似的时间参考。如果没有这种同步，接收到的信号在时间上就会不够一致。这可能导致延迟扩展超过保护间隔，造成符号间干扰，并导致音频中断。此外，DRM 调制器需要 1 脉冲/秒 (1 PPS) 和 10MHz 的输入，以提供长期的射频稳定性。

9.2 在 30 MHz 以下传输 DRM

9.2.1 概述

所有 DRM 模式的基本要求是发射机具有线性放大器的性能，本节将介绍如何利用现有的调幅广播发射机实现线性放大。

9.2.2 放大 DRM 信号

虽然可以构建一个线性放大器来提供广播传输所需的功率水平，但能量转换效率非常低，通常在 20%到 30%之间。因此需要较强的冷却能力，运营成本很高。需要指出的是，有些 HF 发射机通过改变末级的工作条件来实现 SSB 广播，使其表现为线性放大器。这种发射机可以用于 DRM 广播。不过，由于冷却系统通常是高效非线性工作而设计的，因此在“线性”模式下可用功率输出会降低。举例来说，500 千瓦 PDM 发射机在作为线性放大器运行时，其峰值功率能力会降低到约 300 千瓦。因此，可用的最大平均 DRM 信号功率约为 30kW。相关数字必须与发射机制造商核实。

目前的一些 DRM 服务使用作为线性放大器工作的发射机。发射机的射频输入为 DRM 调制器输出的 I/Q 信号或是完全调制到所需中心频率 DRM 射频信号。有必要加入非线性校正，人们已经成功地将非线性校正用于 SSB 工作发射机。

虽然早期的一些低功率发射机配置为线性放大器，但大功率调幅发射机总是使用非线性射频放大器来实现高转换效率。在电子管发射机中，末级射频放大器的电子管阳极相连了一个谐振电路。选择栅极偏置电压使电子管在射频周期的有限时段导通，以一系列脉冲（B 类或 C 类状态）的形式高效地向阳极电路输送能量。这将在阳极谐振电路中产生振荡电流，射频功率从该电路耦合到天线。

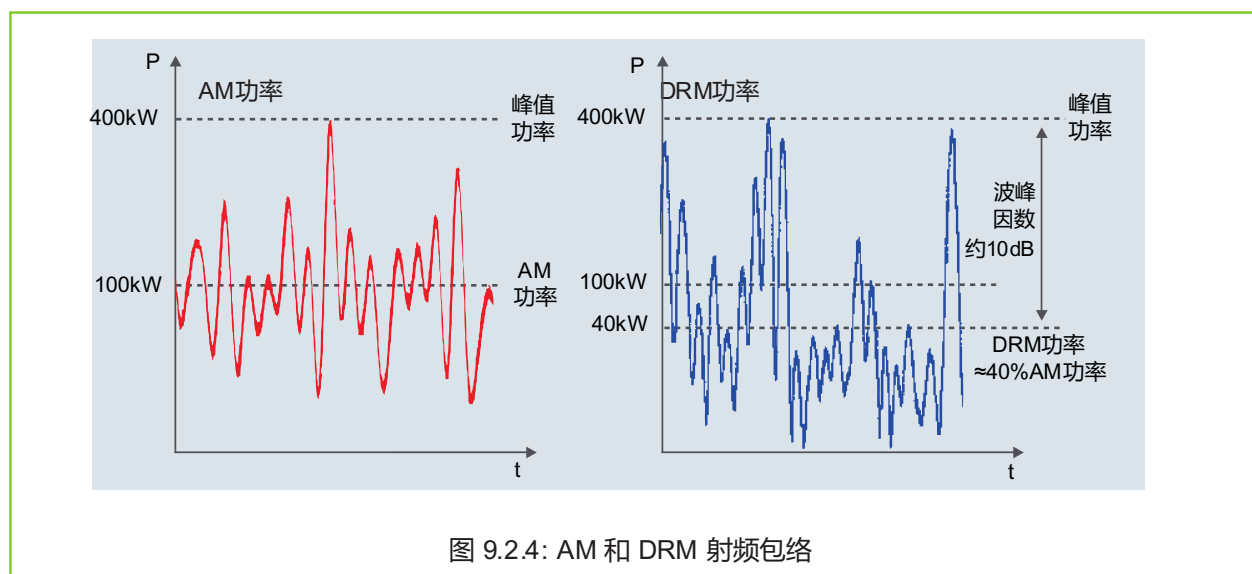
利用现代大功率电子管技术和高效冷却系统，可以在相对较低的驱动功率下实现非常高的输出功率，同时具有很高的转换效率。固态模块化 MF/HF 发射机使用开关技术实现高转换效率，通常可以达到 70%到 80%。每个功率放大器模块的输出级使用 MOSFET 晶体管作为开关，以 H 桥方式连接。射频功率从连接在每个臂中点之间的变压器输出。工作时，对角相对的晶体管以载波频率依次开关，从而在输出变压器中产生反向的交变电流。这样就能以较高的转换效率产生较大的射频功率。

9.2.3 使用非线性放大器

非线性放大器不能直接用于 DRM 信号放大，同样地，AM 信号也不适合非线性放大。调幅信号和 DRM 信号都由多个射频载波组成，通过非线性电路时会产生互调和交调产物。不过，有一种技术从最初的基带 IQ 信号产生出射频和基带包络，并将各分量信号在末级调制放大器中结合起来，将原始信号放大成电平信号。尽管放大器本身仍以非线性方式工作，但调制放大器总体上表现为一个线性放大器。下文第 9.2.4 节将介绍这种技术。虽然模块化固态 MF/LF 发射机没有单独的调制放大器，但其功能是相同的。

9.2.4 DRM 信号

如前所述，来自 COFDM 调制器的 DRM 信号可以采用 I/Q 信号的形式，分别代表同相和正交分量的两个信号组合成一个复数信号来描述。在将信号电平放大到广播传输所需的功率时，必须保持“I”和“Q”分量的正确相位和振幅关系¹³。信号失真时，MER¹⁴很可能劣化到不可接受的水平（增加带外互调产物），最终 DRM 信号将无法解调。



DRM 信号与带宽受限的噪声信号非常相似。在计算 DRM 干扰模拟系统的保护率时，这是一个优势，但在放大时就不是了。理论上，包络电压的统计变化遵循瑞利分布，实际峰均比在 10 到 11dB 之间¹⁵。幸运的是，经过改进的调幅发射机拓扑结构可以高效地放大 DRM 信号。

9.2.5 改造调幅发射机

传统的 AM 大功率发射机（见图 9.2.5）首先将 DRM 信号转换为幅度（A）和相位（RFP）格式，分别输入发射机调制器的音频输入端和载频驱动电路。A 信号和 RFP 信号的相对时延经过调整，以确保调制器的同步性，并通过这种混合调制方案有效地重新组合出 DRM 信号。

¹³ 对于输出 A/RFP 的调制器也有同样的要求

¹⁴ 也见 9.5.1 节

¹⁵ 该数值是正常观测到未削波的 DRM 信号的峰均比。(9.5.1)

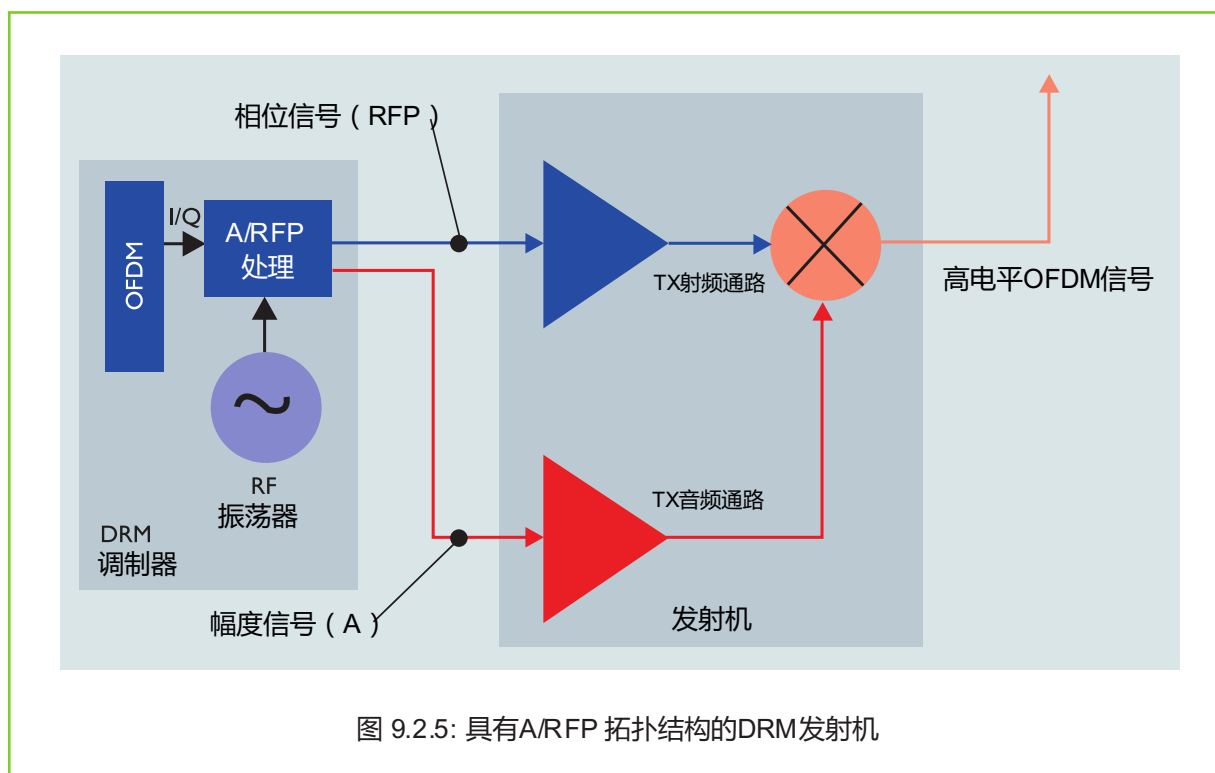


图 9.2.5: 具有A/RFP 拓扑结构的DRM发射机

要使这一技术正常工作，发射机必须满足一些要求。

1. 调制器和最终放大器之间必须有直流连接。这意味着 A/RFP 技术不能用于具有 B 类变压器耦合调制器的发射机。直流偏移必须与发射机精确匹配，以避免不必要的辐射。
2. 需要调整 RFP 和 A 信号的相对时延，以确保最佳调制性能。
3. 发射机中音频路径的带宽必须远远大于正常调幅工作所需的带宽。通常情况下，音频路径带宽至少应是传输的 DRM 信号带宽的 3.5 倍。固态脉冲阶梯调制器或脉冲宽度调制器 (PSM/PDM) 的采样频率必须是这一频率限制的两倍以上，以满足奈奎斯特标准。移除音频路径中的任何带宽限制滤波器，并对调制器输出滤波器进行修改，以达到所需的带宽。在修改滤波器响应时，必须确保在通带内保持基本平坦的群延迟特性。

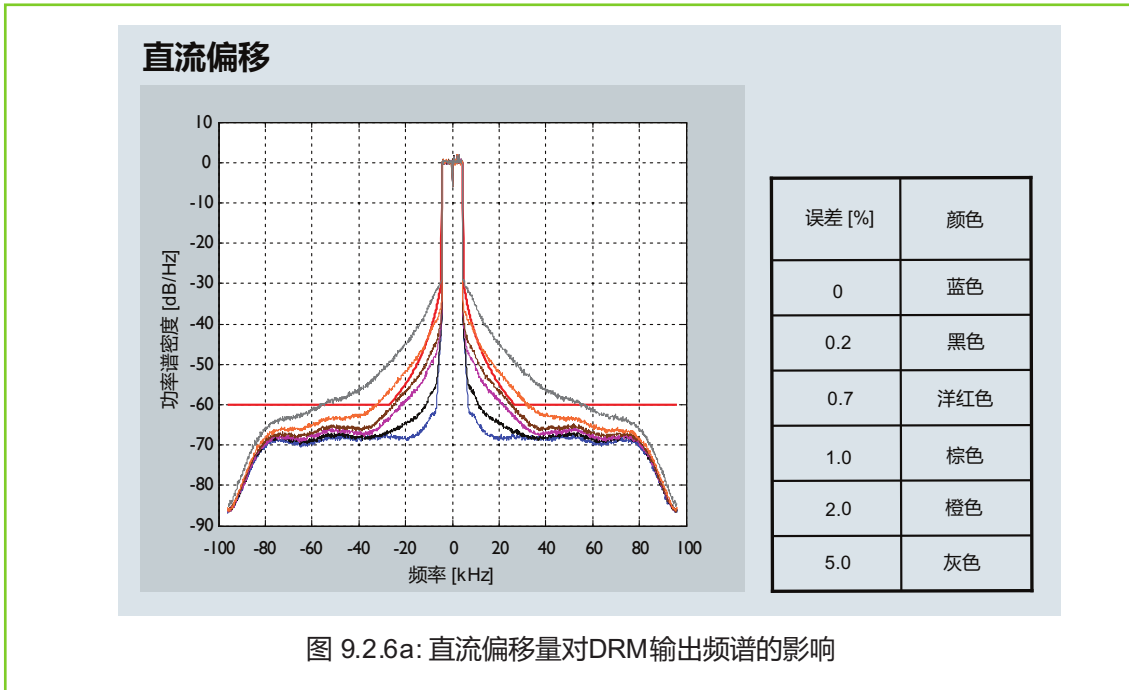
目前，发射机制造商积累了丰富的经验，保证他们提供的发射机可以 AM 和 DRM 模式之间快速切换。他们还可以就现有 AM 发射机（包括 LF、MF 和 HF）的改造提供建议，其中许多发射机在过去几年中已经进行了现场改造。

9.2.6 DRM 发射机的性能

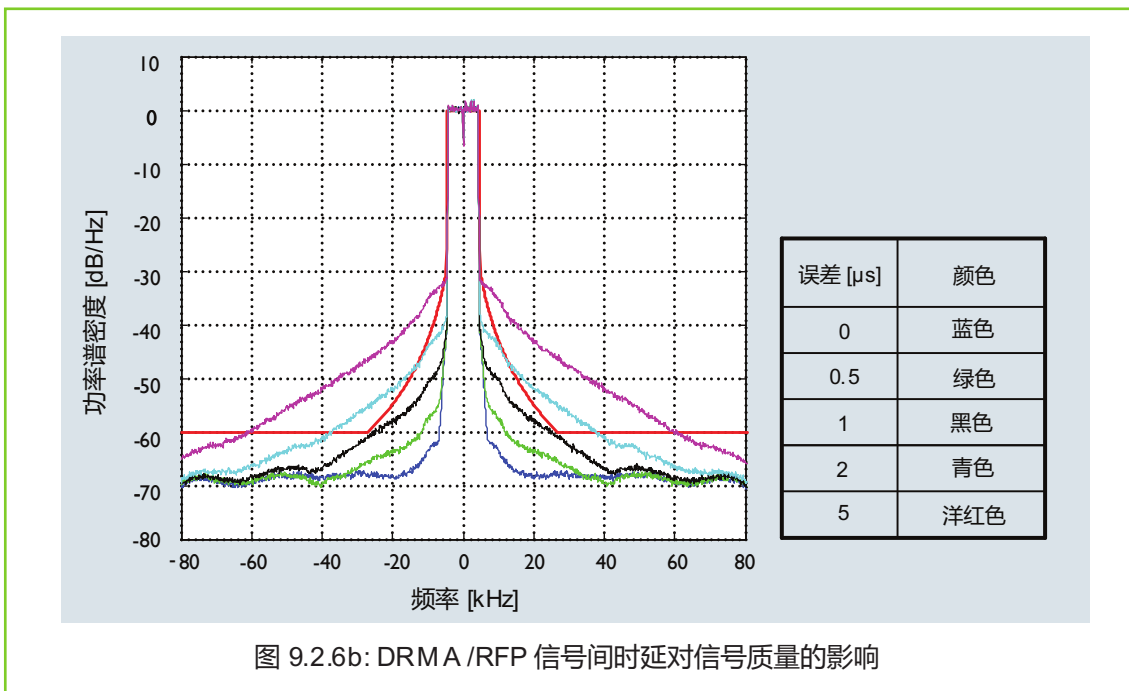
利用 AM 功放改造后，采用 A/RFP 调制的 DRM 发射机，只要满足前面概述的技术要求，就能提供卓越的性能。现代 DRM 发射机，10 至 250 千瓦功率范围内的典型效率在 70%至 85%之间（整机效率，市电输入至射频输出）。

下列图表说明了两路信号时延差、直流偏移和振幅（包络）通道带宽对发射机输出频谱的相对影响（注：红色曲线为 DRM 频谱模板）。

- a. 直流偏移误差必须小于 1%（相对于 DRM 平均包络电平）。

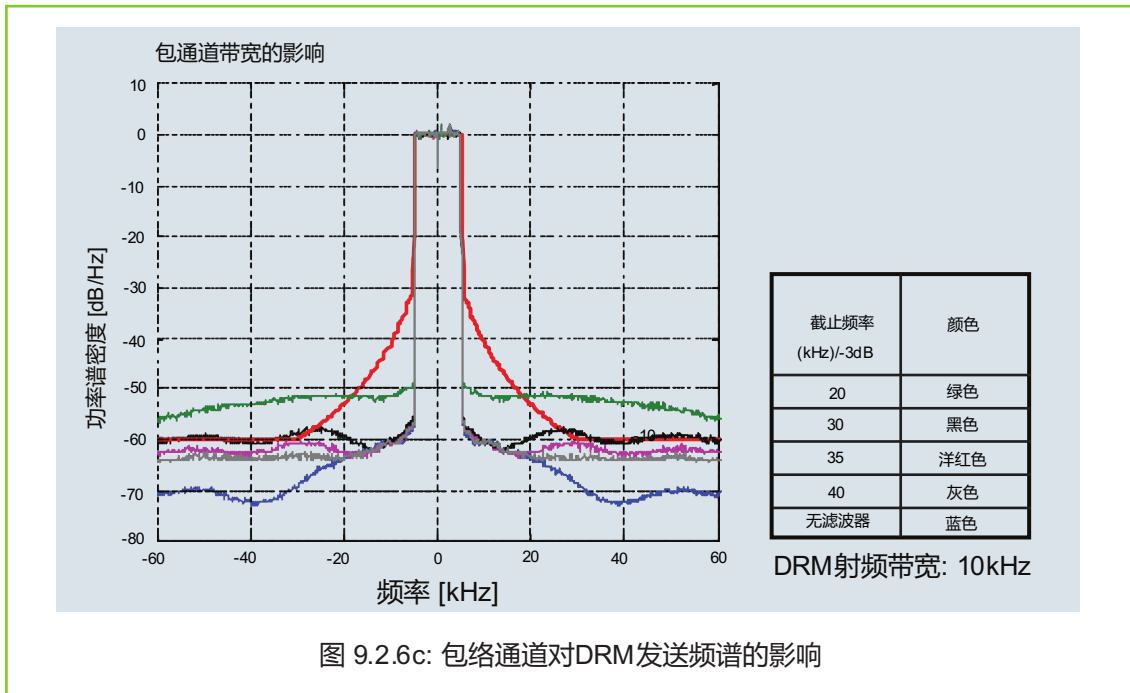


- b. A/RFP 信号延迟。包络信号和相位信号之间的时间延迟必须低于 $1\mu\text{s}$ ，以满足 DRM 频谱模板的要求



- c. A /RFP 路径的带宽。图 9.2.6c 展示了包络信号路径的带宽限制对 DRM 频谱的影响。在该图中，影响 DRM 频谱的所有其他参数都完全符合技术要求。

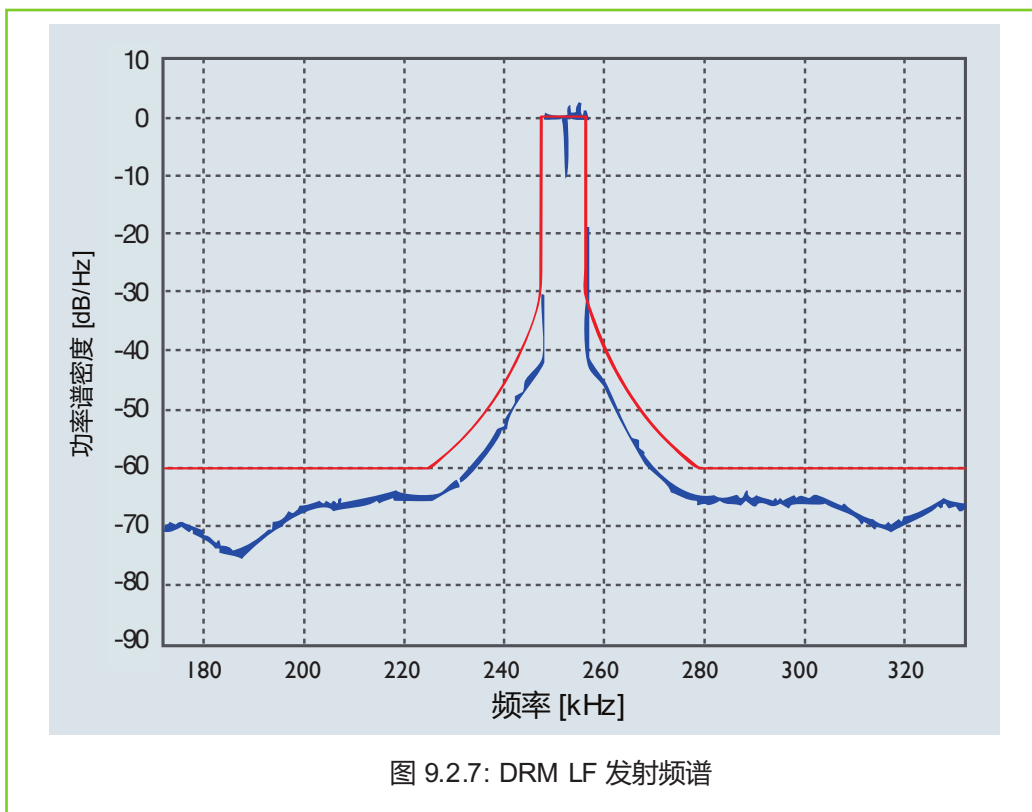
包络 (A) 带宽至少应为 DRM 信号带宽的 3.5 倍，以满足 DRM 频谱模板的要求。如果带宽小于最佳值，在滚降不太陡的情况下，则仍有可能通过调制器中的预校正来满足屏蔽要求。



9.2.7 带外辐射功率 (OOB)

所有发射机，无论是 AM 还是 DRM，都会在传输所需信号的带宽之外产生一些功率。为了避免对相邻信道造成不必要的干扰，国际电联以频谱模板的形式提出了建议 (ITU-R SM.328)，调幅发射机的带外功率频谱必须限制在该模板范围内。DRM 传输也将采用类似的频谱模板。

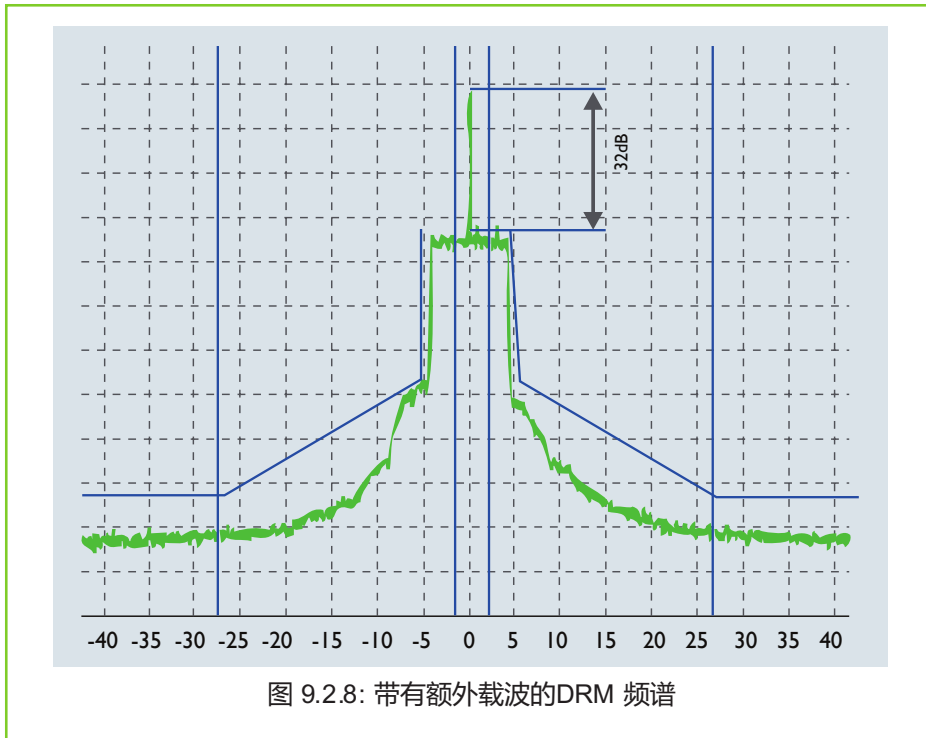
图 9.2.7 所示为某 LF 发射机采用 A/RFP 方案时，传输 9kHz DRM 信号获得的频谱实例。



9.2.8 使用老式发射机进行 DRM 测试

在一些老式发射机¹⁶中，经常会发现一个或多个上述参数无法满足要求。这通常会导致过高的 OOB，超出频谱模板。为了进行演示或试验，可以采取临时措施，例如重新引入通常被抑制的中心频率载波，一些 DRM 调制器就提供了这种功能。重新引入这一 CW 信号会改变复基带信号的幅度分布，从而使幅度通道信号带宽减小。这样可以提高线性度，确保带外辐射降低（图 9.2.8 带有附加载波的 DRM 频谱）。

通过观察发射机与天线系统连接后的射频输出频谱，仔细调整重新加入的载波电平可以获得最佳效果。这种技术虽然有效，但并不理想，因为载波信号会浪费能量，而且载波会影响 DRM 接收机的性能。因此，不建议将此技术用于长期 DRM 广播。



9.3 在 30 MHz 以上的 DRM 传输

采用现有或新安装的设备组成多种配置方案，可以在甚高频波段为本地和区域服务提供 DRM 服务。所有这些配置都基于 DRM 的稳健模式 E。

表 9.3: DRM 模式 E 参数

DRM 模式 E 参数		比特率 (kbits/s) @		
		编码率	4- QAM	16-QAM
占用带宽	95 kHz	0.25	37.3	
子载波数	213	0.333	49.7	99.4
子载波间隔	444.44 Hz	0.4	59.6	
符号长度 T_u	2.25 ms	0.411		122.4
保护间隔 T_g	0.25 ms	0.5	74.5	149.1
符号总长度 $T_u + T_g$	2.50 ms	0.625		186.4

¹⁶ 使用相位和振幅 (A/RFP) 拓扑结构的老式发射机

9.3.1 网络系统结构

在所有非恒定幅度的数字传输系统中，放大器需要尽可能线性，以获得系统的最佳性能。一种方案是使用线性 A 类放大器，或者更倾向于使用推挽式 A-B 类放大器。未来可能会在 VHF 放大器中采用类似于 A/RFP 布局的拓扑结构，这种结构在 AM 发射机中已普遍采用。

9.3.2 基本配置

对于纯 DRM 发射机而言，典型的结构非常简单，如图 9.3.2a 所示。音频节目、多媒体数据和附加数据信息在内容服务器中组合在一起，并通过 MDI 数据流（通过任何可用的可靠 IP 连接）传输到 DRM 调制器。DRM 调制器提供调制到最终中心频率的射频输出信号，该信号直接连接到功率放大器。

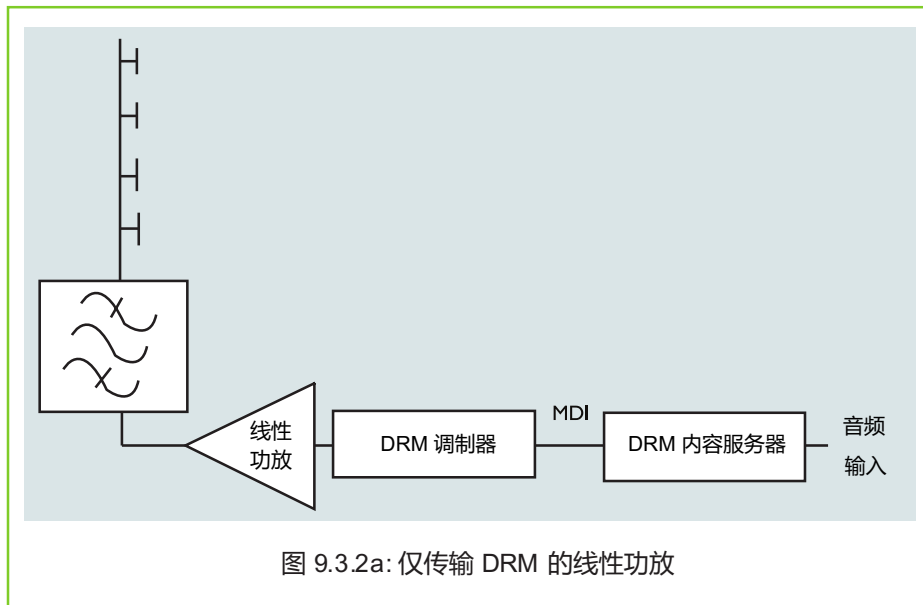
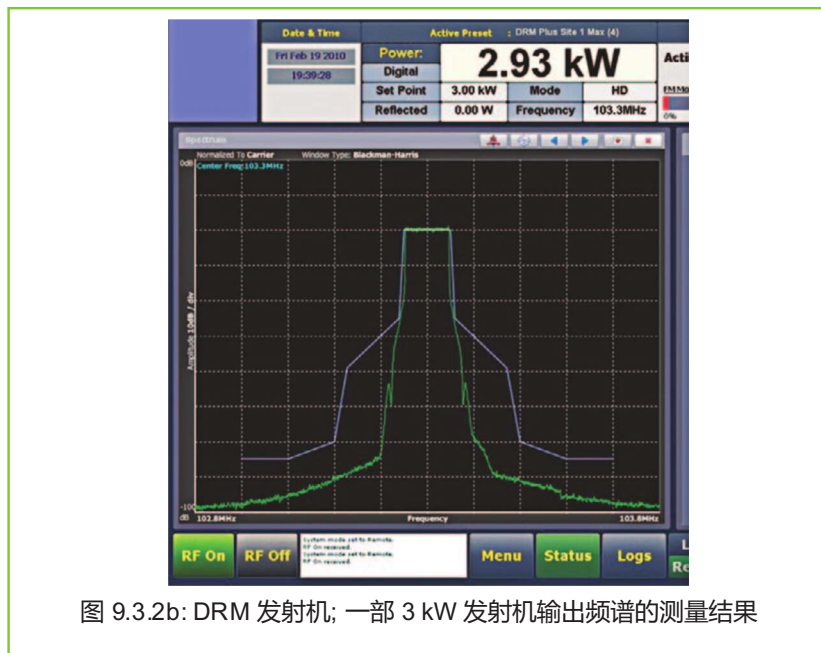


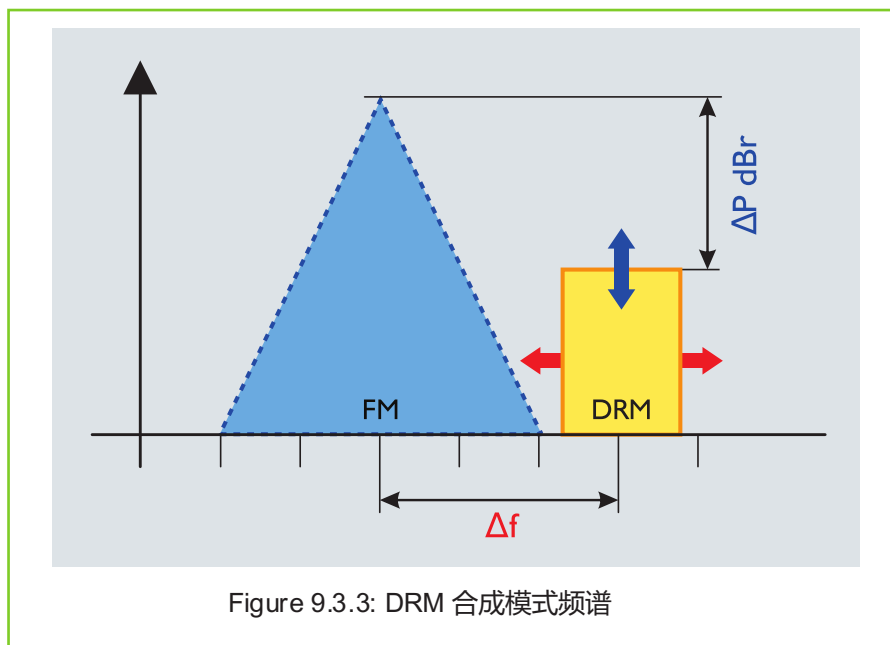
图 9.3.2b 给出了一个输出频谱与 DRM 频谱模板叠加显示的例子。有关 DRM 频谱模板的更多信息，请参见第 9.4 节。



9.3.3 数模同播（或组合）模式

可以将 DRM 信号输入到现有的调频广播系统进行混合播出。在组合模式下，将 DRM 信号输入到现有的模拟发射机中，频谱排列和两个主要变量（频率偏移和相对振幅）如图 9.3.3 所示。

将图中所示的信号安排发到空中，最常见的一种方法是将两个功率放大器输出（FM 和 DRM）在一个高电平合成系统合并在一起。下文给出了几种合并方法。

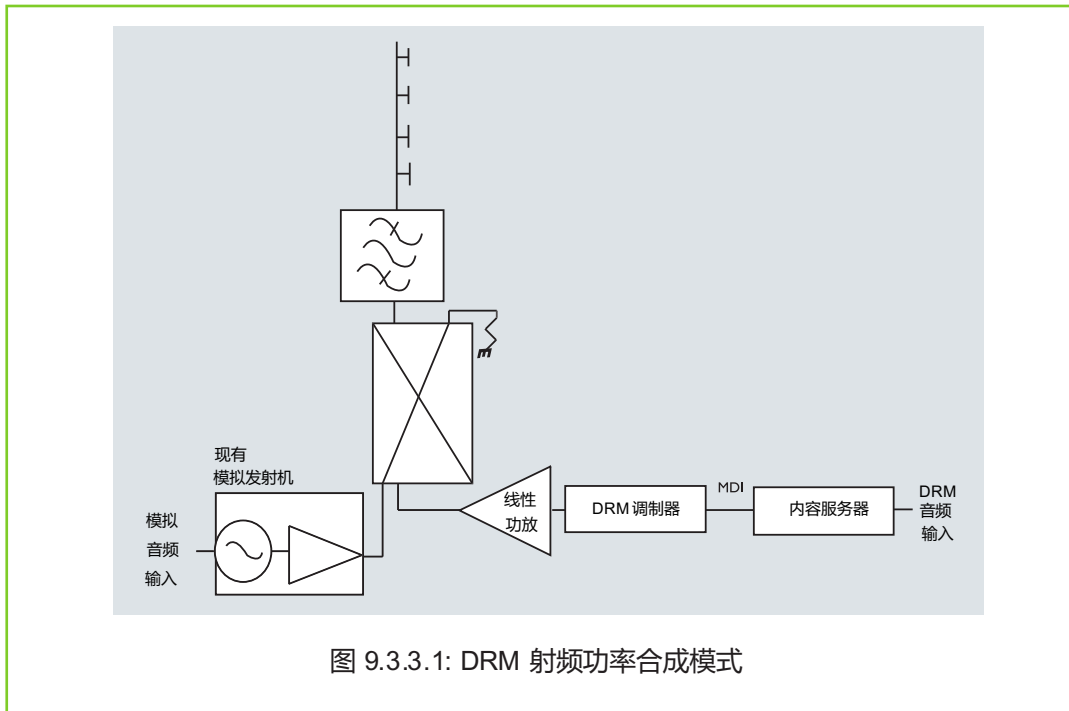


9.3.3.1 定向耦合器合成

用混合耦合器将两个功率放大器输出的 DRM 和 FM 信号合并，见图 9.3.3.1。选择合适的耦合系数使 FM 通道的功率损耗和 DRM 放大器的尺寸（功率等级）之间取得最佳折衷。选择的耦合系数通常在 6-10dB 之间（见表 9.3.3.1）。

表 9.3.3.1: DRM 合成器选择

模式	FM 射频功率 (kW)	DRM 发射机额定功率 (比FM低10dB) (kW)	FM 功率下降	总体效率 (电源到射频, 指标性的)
1. 仅有FM (参考)	10	-	0%	64
2.a) 6dB 耦合-合成器	7.5	3.0	25%	44
2. b) 10dB 耦合-合成器	9.0	9.0	10%	36
3. “空中”合成 (天线)	10	1.0	0%	56

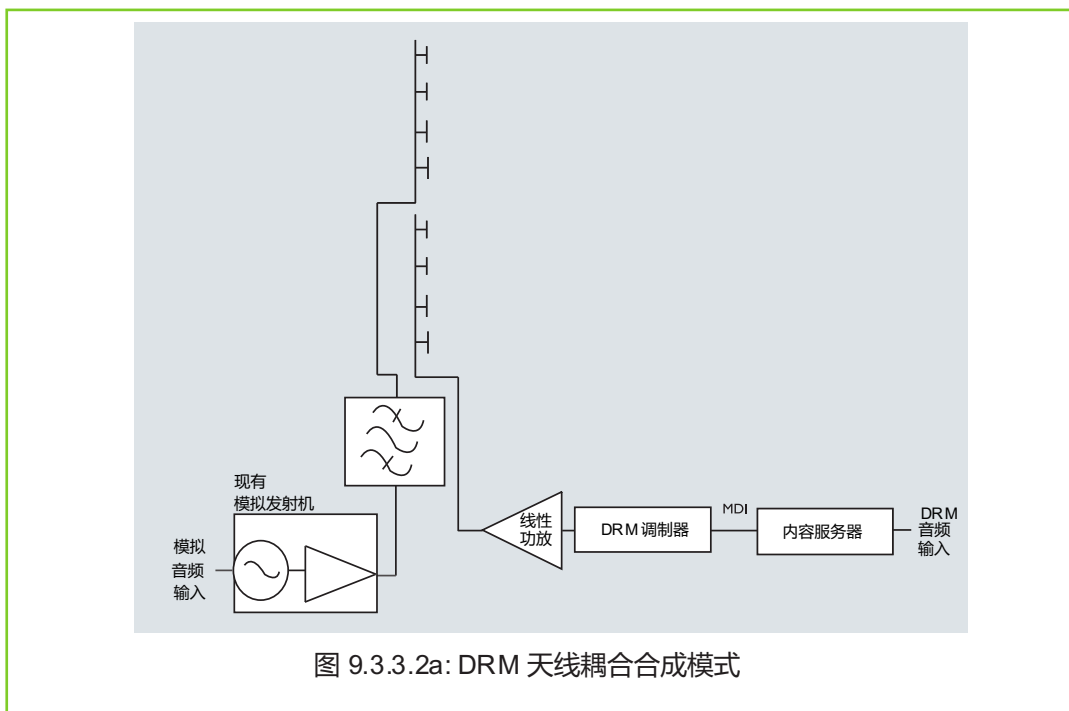


混合耦合器相连的假负载会损耗部分传输功率，但其优点是模拟通道和数字通道在运行中完全独立。

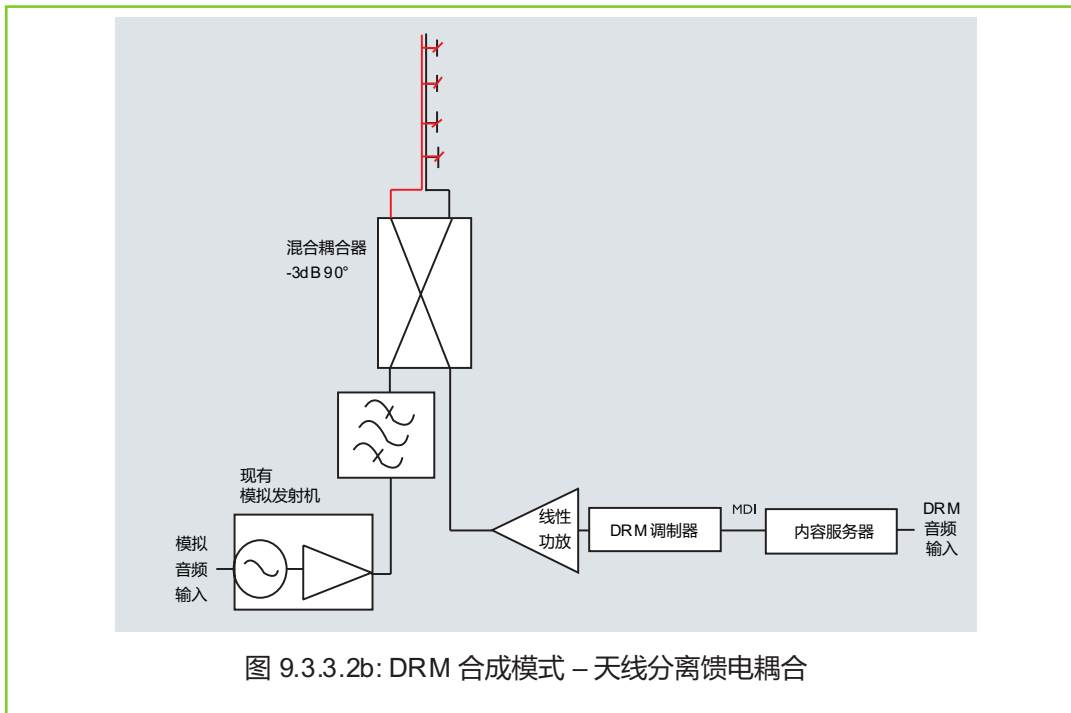
9.3.3.2 使用两个天线的“空中混合”模式

可以用两副天线发送信号：一副用于 DRM 信号，另一副用于 FM 信号。两根天线最好位于同一个天线塔上，并具有相似的辐射模式，以保持模拟信号和数字信号之间的幅度比。从能量的角度来看，这是组合模式最有效操作方法（见表 9.3.3.1）。

这种模式无法保证多径接收条件下模拟和数字传输之间的功率电平比保持绝对恒定。



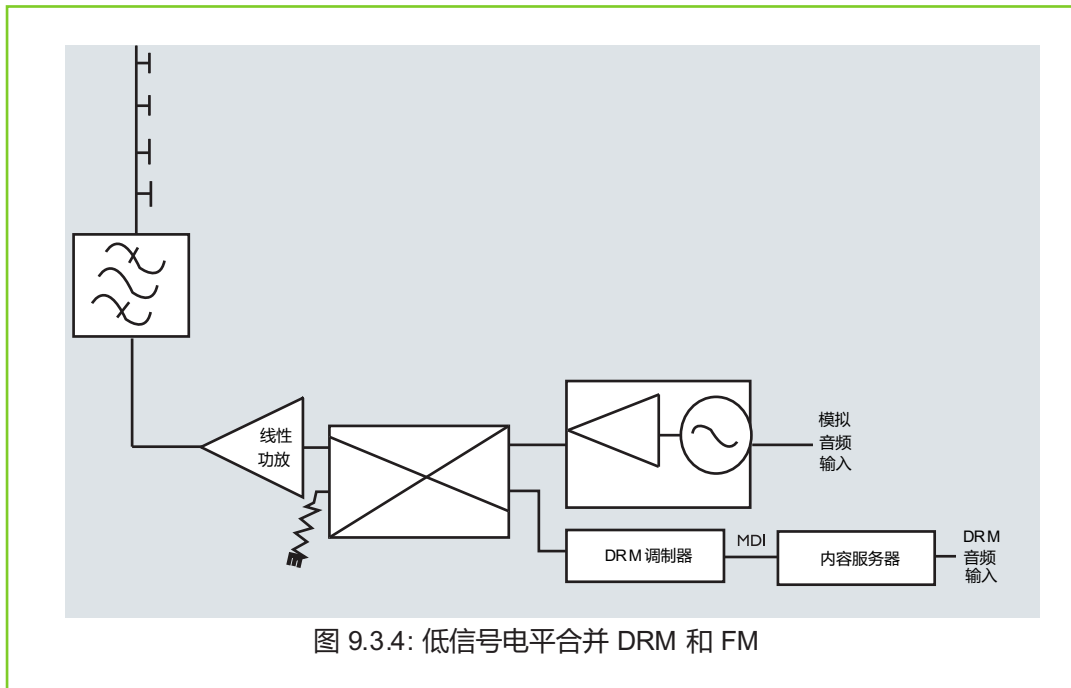
如图 9.3.2.2b 所示，一个比较优秀的方案是使用倾斜线极化或圆极化天线混合，天线具有独立的水平极化和垂直极化单元馈电输入，即分离馈电天线。



需要注意，在多径条件下，上述两种方案都不能保证模拟和数字传输之间的功率比保持绝对恒定。

9.3.4 DRM 合成模式（信号电平混合）

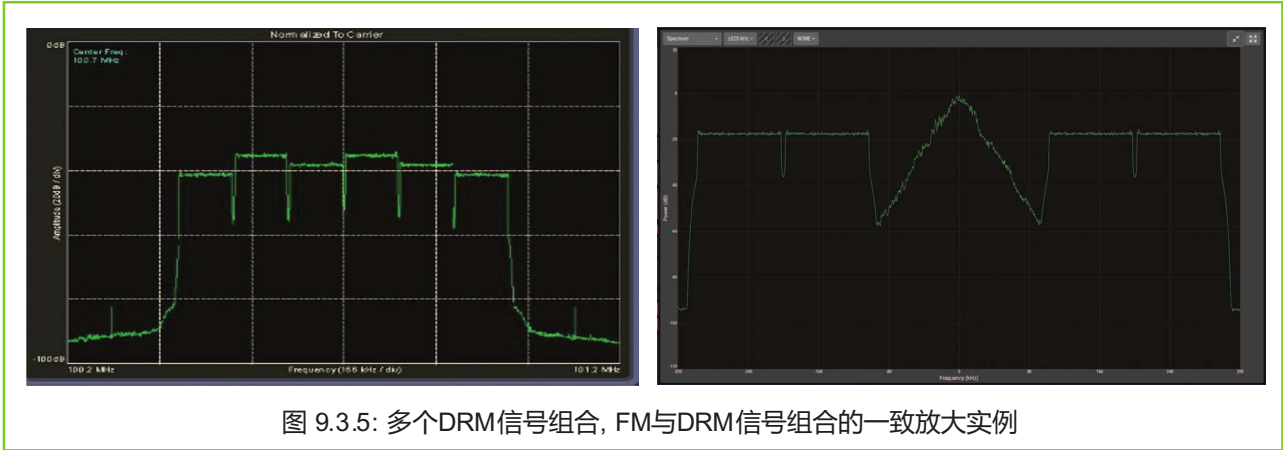
也可以在主功率放大器之前合并 FM 和 DRM 信号。对于这种模式，需要对功率放大器仔细调整或专门设计，避免产生多余的互调产物的情况下传输这两个信号。



这种方案中，DRM 信号和 FM 信号在功率放大器前合成。在低信号电平下耦合时，与混合耦合器相连的假负载电阻上的能量损耗很小。

9.3.5 多频道 DRM——从一个发射机传输多个 DRM 信号

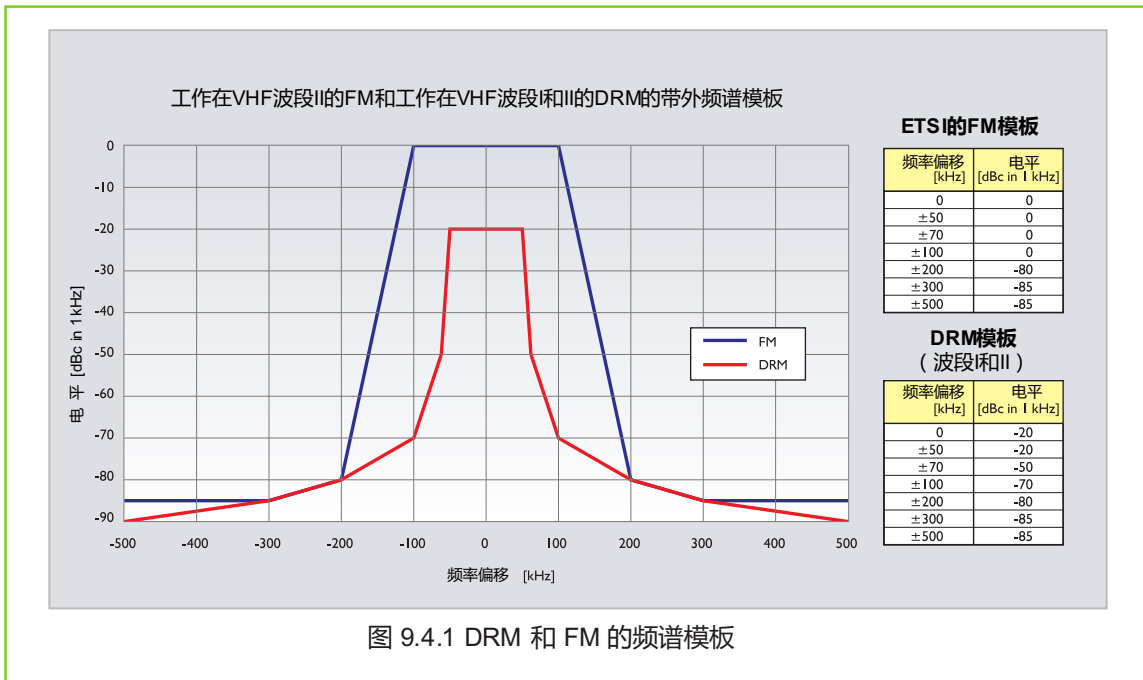
由于发射机设计的进步，现在可以用一部发射机放大大多个 DRM 信号以节省设备成本。这种方法允许多家广播公司分担发射台的内容分发成本，同时每个广播公司仍可完全控制各自的 DRM 内容、信号和调制方案。以 100kHz 间隔放置广播信号，其数量仅受限于 DRM 调制器的能力和发射机的带宽。目前的产品线允许多达 6 个紧密排列的 DRM 信号，每个信号的功率级别可单独配置。也可以将 DRM 信号和模拟调频信号组合在一起。以这种方式组合 DRM 信号可以简化天线连接，并有助于减少或消除多个模拟调频信号组合所需的合成器。



9.4 30MHz 以上 DRM 发射的频谱模板

9.4.1 VHF 波段 I 和 II

为了在现有的 VHF 频段中与其他无线传输一起进行 DRM 广播，我们定义了一个发射机频谱模板，如图 9.4.1 所示。广播者的目标是调整所有参数到最佳，使其输出频谱保持在模板的范围内，避免干扰其他传输，并最大限度地扩大这个新的广播的覆盖范围。



在组合模式下，调频信号和 DRM 信号的功率比可根据图 9.3.3 进行设置。这样可以在不降低模拟调频信号接收能力的情况下，最大限度地提高 DRM 功率。发射机制造商可以优化峰均功率比和混合信号预校正的方案。表 9.4.1 提供了在各种试验中效果良好的功率比示例作为外场测试经验。

表 9.4.1: 合成模式中的功率比示例，参考图 9.3.3

Δf (kHz)	150	200	250	300	400
ΔP (dBr)	-10	8	15	20	25

在规划覆盖区域时，应使用国际电信联盟推荐的数值。

9.4.2 VHF 波段 III

图 9.4.2 和表 9.4.2 给出了 VHF 波段 III 中 DRM 的带外频谱模板作为发射机的最低要求。图中还包含有 DAB 发射机对称带外频谱模板的顶点¹⁷。图中分辨率带宽 (RBW) 为 4kHz。因此，DRM 的值为 -14dB_r。

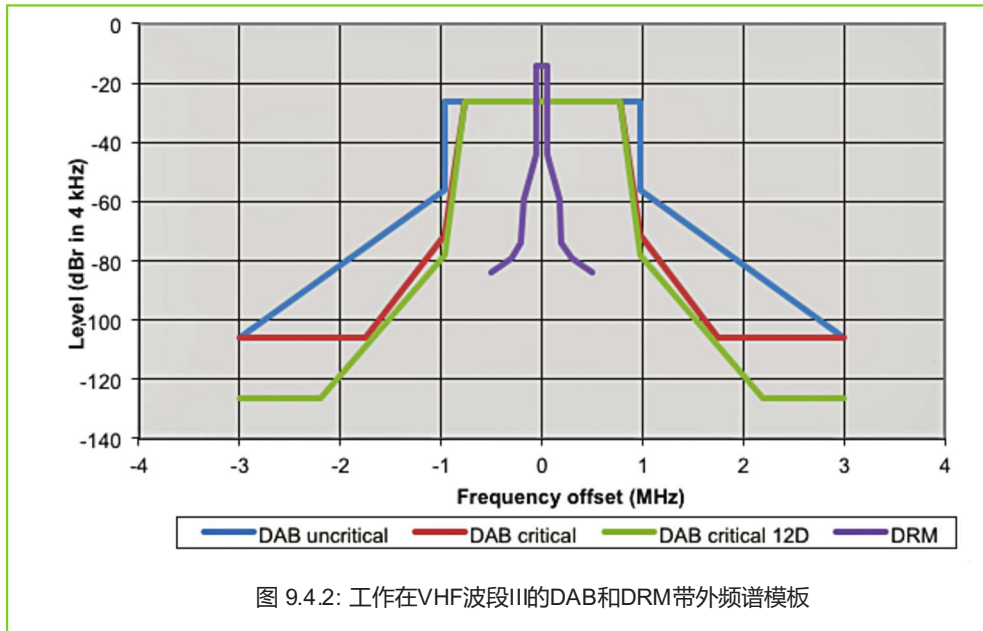


图 9.4.2: 工作在VHF波段III的DAB和DRM带外频谱模板

表 9.4.2: 工作在VHF波段III的DAB和DRM带外频谱模板

频谱模板 (1.54 MHz 信道) / 相对于DAB (单位 4 kHz)				频谱模板 (100 kHz 信道) 相对于 DRM (单位 4 kHz)	
频率偏移 (MHz)	电平 (dBc) (非重要场合)	电平 (dBc) (重要场合)	电平 (dBc) (重要场合/12D)	频率偏移 (kHz)	电平 (dBc)
±0.77	---	-26	-26	0	-14
< ±0.97	-26	---	---	±50	-14
±0.97	-56	-71	-78	±60	-44
±1.75	---	-106	---	±181.25	-59
±2.2	---	---	-126	±200	-74
±3.0	-106	-106	-126	±300	-79
				±500	-84

¹⁷ ITU-R BS.1660-3 建议书” Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band.”

9.5 DRM 监测

9.5.1 内容监测

为监测 DRM 内容的配置和质量，DRM 内容服务器生成的 MDI 信号可由 DRM 软件接收机在本地解码。它解码得到的音频和多媒体业务，在体验上与任何符合 DRM 标准的接收机接收实际 DRM 传输时的情况一致。DRM 论坛成员，可以使用在线 DRM 监测服务¹⁸，只需使用兼容 HTML5 的网络浏览器，就可以从任何个人电脑、平板电脑或手机上访问世界各地许多 DRM 广播的实时内容。



图 9.5.1: DRM 线上实时监测服务

9.5.2 发射机监控

DRM 需要采用不同于模拟广播的监测方法。

在示波器上观察 DRM 射频包络几乎不会发现有用的信息，以伪随机二进制测试序列 (PRBS)产生的 DRM 射频频谱与包含节目或数据信号的 DRM 频谱基本相同。简单的 AM 或 FM 解调器当然不能再用来监测发射机。

一种快速便捷的监测解决方案是使用软件接收机，它将模拟接收机作为射频前端与 PC 解码器一起接收信号。

解码器可以很容易地安装在笔记本电脑上，与 DRM 发射机安装在一起，并将音频输出传输到电台监控系统中，或者将该系统作为维护工程师的工具包的一部分，用于访问无人值守的发射台。这种简单的系统可以对发射机进行基本的监控和节目监测。

市场上有些 DRM 激励器使用内置监测接收机来监控输出信号。

¹⁸ 参见 <https://monitor.drm.radio>，通过 DRM 计划办公室以 DRM 论坛成员身份登录。

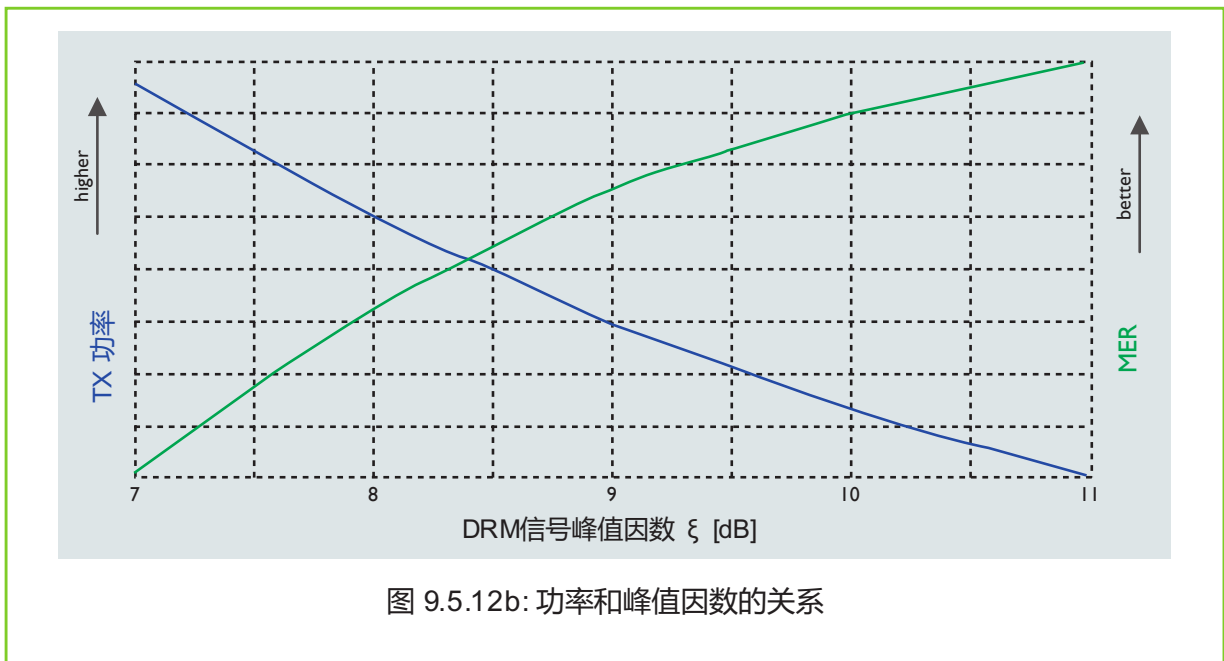
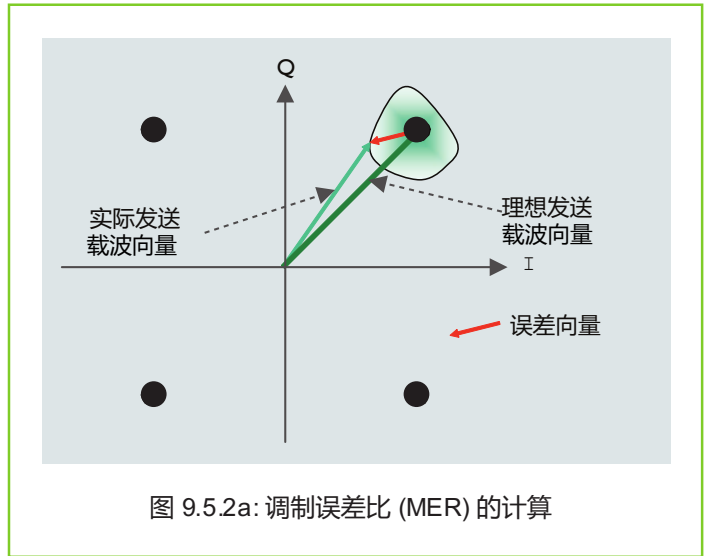
9.5.2.1 衡量发射机性能：MER

除了需要符合 OOB 功率谱模板要求外，衡量 DRM 发射机性能的一个有用方法是测量调制误差比 (MER)。每个 DRM 发射机都必须同时符合 DRM 频谱模板和 MER 要求。如前文所述，DRM 信号由一组等间隔的离散载波组成。

每个载波进行幅度和相位调制，可以用一个矢量表示。调制过程中的误差、射频驱动合成器中的相位噪声以及发射机幅度和相位通道中不理想的响应都可视为增加了一个误差矢量，当与射频信道和接收机引入的失真相加时，可能会导致接收机解码过程中的整体误差。误码率表示未失真“想要的”矢量与系统引入的误码矢量之间的比值，在多个载波上平均得出，通常用 dB 表示。因此，高 MER 表示误差矢量与想要的矢量相比很小，此时容易正确解码子载波相位和幅值所代表的的数据。

对于工作频率低于 30 MHz 符合 DRM 标准的发射机，MER 应在 30dB 以上，而工作频率高于 30 MHz 时，MER 应在 21dB 以上。MER 值是在发射机额定功率下，带外发射满足标准要求时测量。

如前所述，AM 发射机工作在 DRM 状态时功率通常低于额定 AM 功率。这是因为 DRM 信号的峰均比要比 100%AM 调制的峰均比高出约 4dB。因此，广播公司希望通过有效削波包络峰值以降低 DRM 信号的传输波峰因数，从而提升 DRM 发送功率。提高功率的代价是 MER 下降。图 9.5.2b 说明了发射功率、MER 和 DRM 信号波峰因数之间的关系。



9.5.3 接收端监测

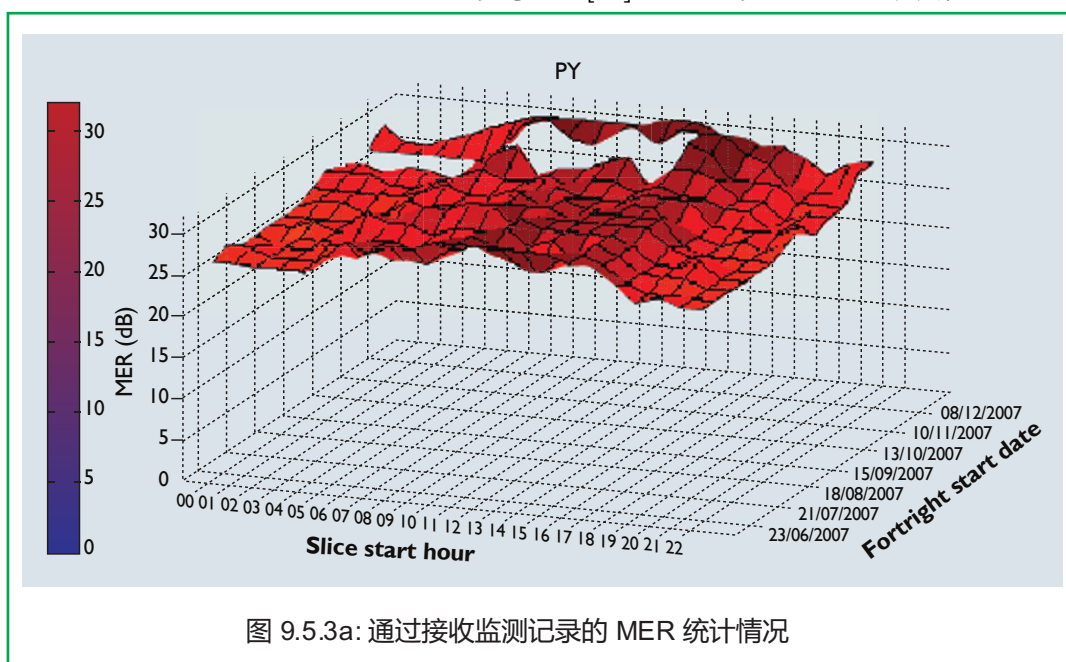
确保无线电传输质量的一个重要环节是监测目标覆盖区内的传输信号。模拟广播时，通常是使用高质量的接收机来接收信号。然后通过校准的仪表读取信号强度，同时对音频质量进行主观评估。过去在目标区域的某人将接收机调谐到所需的广播，实时收听，就能做出这样的评估。

最近，这种人工方法得到了补充，使用无人遥控或带有时间计划的接收机接收信号并记录各种信号参数（如 MER），有时还记录音频样本。这些信息不仅包括可通过音频误码率评估的信号强度和音频质量，还包括传输信道质量和参数的连续记录数据。随着时间的推移，这些信息的积累将有助于加深对传播信道特性的了解。

监测接收机获取的数据可以存储在本地，定期从接收站下载，以提供特定传输性能的证据，也可以近乎实时地访问，实现接收监测完全自动化。

为实现这一目标，DRM 制定了控制接口(RSCI)的规范和协议（ETSI TS 102 349）。如果专业接收机制造商使用该规范，将确保运营商可以使用多个制造商的监测接收机来构建监测网络，同时使用同一个软件来控制 and 下载所有这些接收机的数据。此外，这也为多个运营商或广播公司共享相同的接收机提供了可能。

一些 DRM 广播公司已经开发了监控基础设施：参考文献[33]中 BBC 的 MF 监控系统实例。



从 2004 年开始，匈牙利通信管理局与布达佩斯科技大学合作，在布达佩斯运营一个 DRM 监测站，该监测站后来由 SZOMEL 公司开发和运营。该监测站通常每小时调谐到一个新的频率，测量并记录接收信号的质量，还可以解调出音频供在线收听。目的是确定 DRM 远程传输的稳定性和质量。过去七天的数据可在图表中查看。例如，图 9.5.3b 显示的是 12 小时内的测量结果。

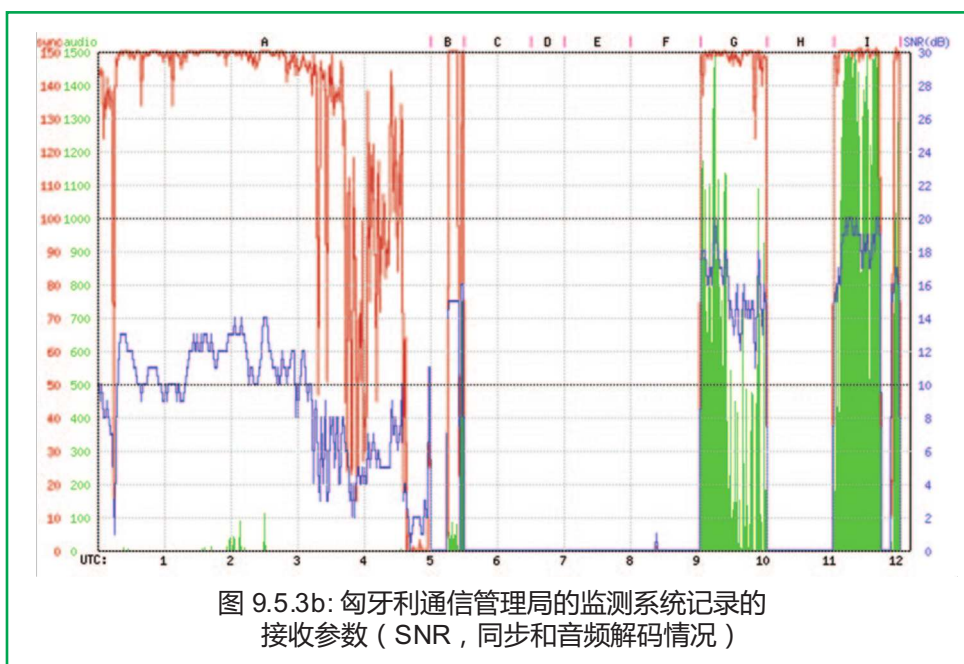


图 9.5.3b: 匈牙利通信管理局的监测系统记录的接收参数 (SNR, 同步和音频解码情况)

匈牙利 DRM 监测站的网址：http://nmhh.hu/drm/index_en.php，任何人都可以下载从 2012 年开始的接收存档数据。

9.6 测试设备

调试和维护 DRM 系统至少需要一台具有足够动态范围的频谱分析仪测量 OOB 是否符合频谱模板要求；还需要一台 DRM 参考接收机，以确定 MER、误码率和对传输信号进行音频质量检查。有关制造商和供应商的链接，请参见 DRM 网站。

9.7 天线系统

概括地说，HF 和 FM 波段模拟广播使用的天线系统可用于在同一波段运行的 DRM 广播。

对于 LF 和 MF 广播来说，首要问题是带宽是否足够，这可以由发射机的回波损耗判断。如果要发射 18 或 20kHz 的 DRM 信号，或者模拟的 9/10kHz DSB 和 9/10kHz DRM 信号要以同播模式在相邻信道上发射时，天线带宽尤为重要。在后一种情况下，如果不能对现有天线进行小投入改造以提供足够的带宽，那么可能无法使用现有天线。

天线系统带宽受限的直接后果是衰减外部载波的振幅并改变其相位关系。这对 DRM 来说实际上不是问题，因为接收机能够纠正这种失真。此外，带宽受限还可能会对相关发射机产生影响，增加 OOB 功率。同样，受限的天线响应也可能会衰减一些 OOB 功率。在极端情况下，过高的反射功率会导致发射机降低输出功率，甚至跳闸。

如果天线带宽与 DRM 信号带宽相等，发射机以天线为负载时观察到的射频频谱可能与电阻负载时观察到的射频频谱会有所不同。在确定预校正方案时，很可能需要考虑天线特性。

9.7.1 调频天线

MF 天线通常调谐到业务频率，但在某些天线系统中，可能有两个或多个频率共用一副天线发射。MF 天线有多种类型。天线方案取决于覆盖区域，以及是仅使用地波传播，还是同时使用地波和天波传播。

MF 天线通常调整为在服务频率上呈现电阻性负载。在该频率两侧，发射机的负载阻抗会变得复杂，虚部不断增加。对于 DRM，建议天线阻抗特性是对称的，也就是说，阻抗在中心频率的两侧虚部的符号相反，并且两侧天线阻抗的上升（或下降）速率相等。因此，如果虚分量在中心频率以下为 $-j$ ，则在中心频率以上必须为 $+j$ ，反之亦然。天线带宽也可以用驻波比 VSWR 来表示。多家公司的试验表明，对于 DRM，距离中心频率 $\pm 10\text{kHz}$ 时，驻波比不应大于 1.1:1，距离中心频率 $\pm 5\text{kHz}$ 时，驻波比不应大于 1.05:1。要使 DRM18/20kHz 宽带信号的辐射令人满意，可能需要比这更好的性能参数。

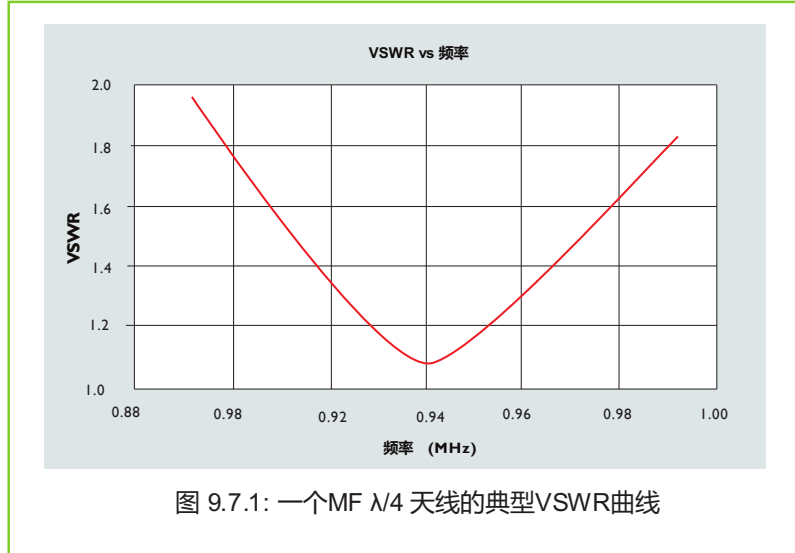


图 9.7.1: 一个 MF $\lambda/4$ 天线的典型 VSWR 曲线

为了说明这一点，图 9.7.1 显示了典型 $\lambda/4$ 谐振单桅天线的基本电压驻波比 (VSWR) 特性。该特性指的是直径为 0.5 米的基座馈电 75 米天线，由 NEC 仿真获得。谐振频率约为 939kHz。

并联馈电和折叠单极子谐振天线具有类似的性能，驻波比特性符合 DRM 的要求。在电参数方面，天线的 Q 值，或者说带宽与天线的物理尺寸和形状有很大关系。因此，雪茄形桅杆的 Q 值较低，VSWR 特性平坦，带宽较宽，而“细”天线的 Q 值较高，VSWR 特性陡峭，带宽较窄。

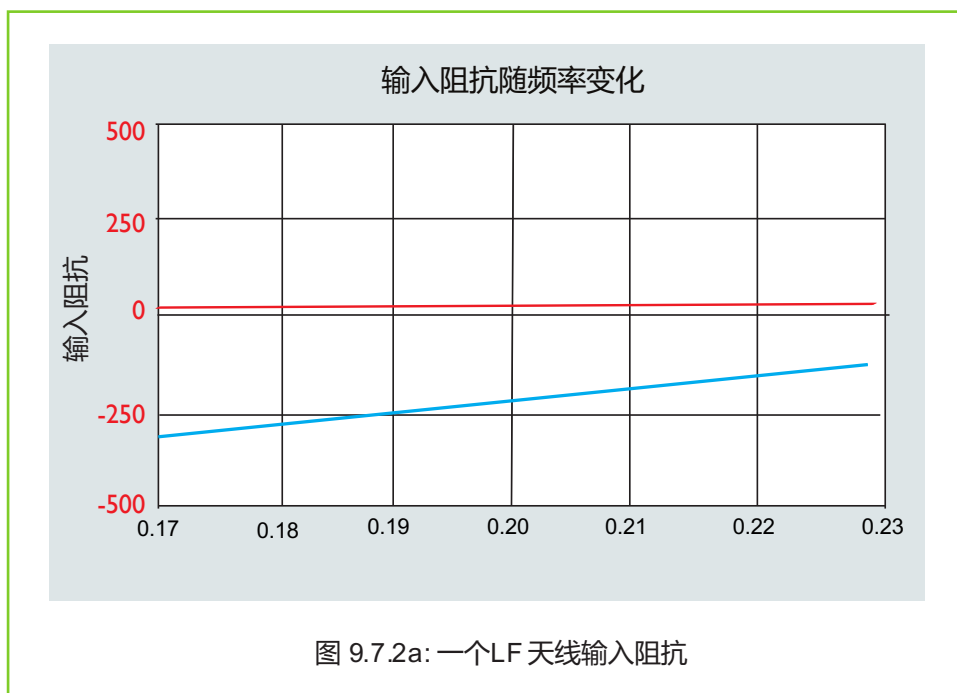
一般来说，在谐振频率下工作的实用单桅天线辐射器不太可能出现对 DRM 广播产生带宽问题。不过，在非常极端的情况下，可能需要对桅杆的物理结构进行修改，以达到所需的带宽。

在八木天线阵列和“四柱”等多桅杆天线配置中，辐射器和反射器之间的耦合会对有源振子的带宽产生影响，通常会增大 Q 值，减小带宽。对于这些情况，可能需要做一些进一步的工作改进天线。

如上所述，基本实用 HF 谐振天线的带宽和驻波比特性不太可能给 DRM 带来什么严重问题。但是必须研究发射机和天线之间的匹配网络、陷波滤波器、合成网络和馈电系统对带宽的影响。

9.7.2 低频天线

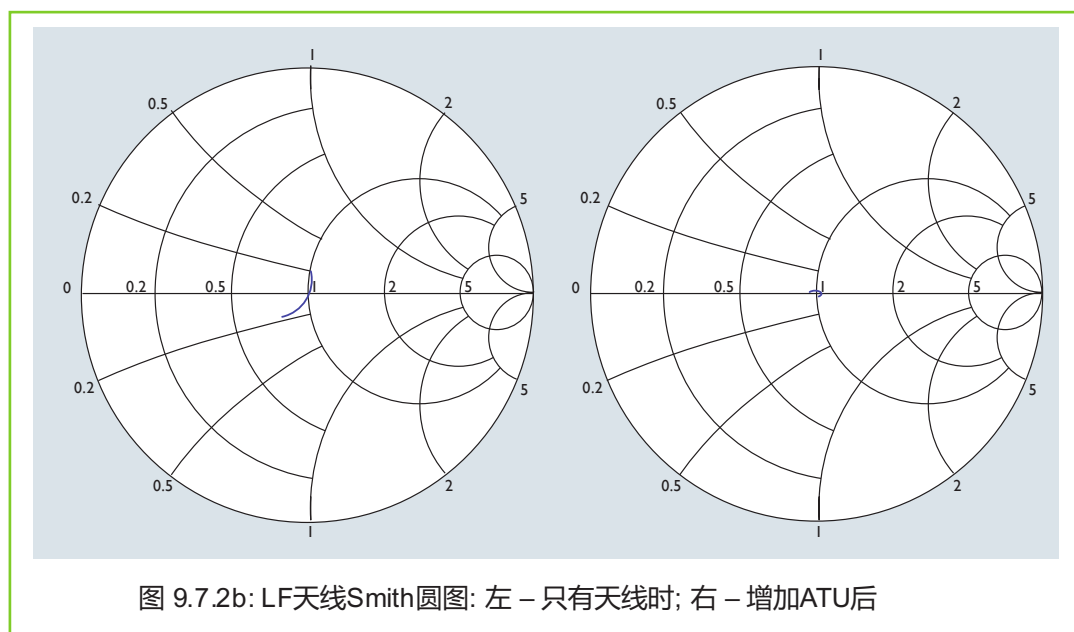
图 9.7.2a 显示了 220 米基座馈电桅杆的输入阻抗特性。



红色曲线表示电阻分量，蓝色表示电抗分量。可以看出，天线主要是电容性的，只有很小的电阻性分量，通常为 5~10Ω。

使用非谐振天线可能会减小带宽，但此处不考虑这个影响。

图 9.7.2b 给出了一个工作在 $198 \pm 10\text{kHz}$ 范围内的折叠单极子 LF 天线在优化宽带匹配 ATU 网络 Smith 圆图的结果。



9.7.3 匹配和合成网络

为了确保发射机具有对称的阻抗特性，天线和发射机之间的匹配网络和馈电系统必须与信道中心频率的四分之一波长的整数倍相对应。在不符合这一标准的情况下，可以通过增加相移或相位旋转网络来恢复对称性。这通常能改善带宽。非谐振天线的匹配网络，或多桅杆天线的陷波滤波器和合路器，其带宽可能会受到限制。下一节将讨论改善带宽的方法。

9.7.4 在现有天线系统上广播 DRM

如前所述，HF 和 FM 天线的固有带宽对 DRM 信号来说绰绰有余，通常无需改动即可使用此类天线系统。但 LF 和 MF 的情况有所不同。第一步，确定天线阻抗特性。使用网络分析仪最容易获得这一信息，如果以史密斯圆图的形式显示时，可以从图中直接得到纠正不对称特性所需的相位旋转量。所需的相位旋转可以通过增加移相网络或修改现有的匹配电路来实现。

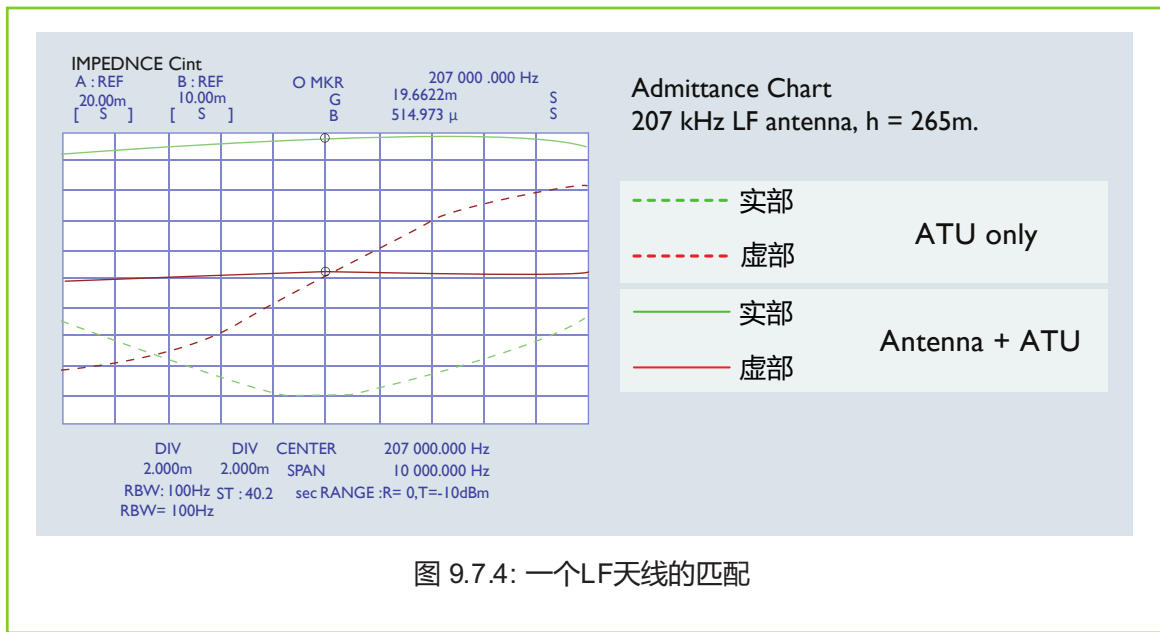


图 9.7.4: 一个LF天线的匹配

当系统带宽（以 VSWR 形式给出，通常也可从网络分析仪中获得）低于最佳值时，第一种方法是将发射机和天线系统作为一个整体来考虑。测量这个整体响应，确定 DRM 调制器所需的预校正，以补偿受限的天线带宽。更好的解决方案是与供应商协商，研究天线系统的设计，因为他们可能会提供带宽更宽的匹配和合成网络配置。

10

业务规划

10.1 概述

本节提供了一些说明性背景信息（和一些重要参考文献），这些文件详细介绍了如何制定 DRM 传输所需的保护率和规划标准制订过程。业务规划是一个复杂的课题，在本手册中复制所有相关信息既不合适也不可行，尤其是国际电信联盟和其他机构已经在其他地方公开发布了这些信息[9, 27, 28]。不过，本节概述了从数年 DRM 广播和类似数字业务运行和监测中总结出的一些比较重要的技术和诀窍。

最后，对接收监测进行了简要总结。

10.2 网络拓扑结构

通常情况下，业务规划人员的任务是设计一个传输系统，以便在给定的目标区域（本地、区域、全国等）实现预定的业务质量。在大多数情况下，目标服务区的编辑或地理边界不会与传播理论预测的服务区相吻合。换句话说，通常需要对发射功率、站点位置和天线配置进行精心规划和优化，才能达到接近预期的覆盖范围。整个过程还受到（特别是）预算、站点选择、频率分配和频率协调问题的限制。

DRM 为规划者提供了一个强大的技术工具包，可以在设计广播网络时大大缓解这些问题。

i. 频带的选择

由于 DRM 支持所有 LF、MF 和 HF 频段，以及 VHF 波段 I、II 和 III 的广播，因此，寻找合适的频率指配应更加容易。

ii. 带外广播和跨网络信令

目前广播公司业务被限制在某一波段（如 LF 或 FM），在迁移到数字广播时经常会假定为在同一波段进行数字传输。利用 AFS 功能，接收机可以在 AM、FM 和 DRM 广播之间跳转，从而使广播公司有可能在任何波段开展数字业务。听众将根据频率扫描得到电台名称列表来调谐收音机，而无需知道（也不关心）实际收听的电台的频率。

iii. 多波段数字广播网络

虽然单频网和多频网可以提供灵活的覆盖范围选择，但在规划服务时也可以利用各种 DRM 模式的优势。例如，MF 用于大面积的农村覆盖，而在人为噪音水平和钢结构建筑造成接收困难的城市，则可辅以 26MHz 广播或模式 E 调频频段广播。

iv. 动态模式转换

根据传播条件改变广播信号参数的能力是一个非常强大的工具，只有在数字模式中才可以实现。

使用这种技术的一个例子是解决夜间（天波）对中波频段服务的干扰问题。除了改变发射机功率外，通过将 64QAM 改为 16QAM 并采用更强的编码，还可额外获得 6 到 10 分贝的保护，有助于平衡白天和夜间的覆盖范围。

10.2.1 单频网 (SFN)

尽管模拟同步网络有时用于 MF 和 LF 频段，以扩大覆盖范围，但在重叠区域（有时称为“糊状区域”）总会出现相互干扰的问题。这通常需要使用额外的频率来补充这些区域的覆盖。模拟调频传输特别容易受到多径影响，尤其是立体声传输，因此单频网很少使用，即使使用也是在非常严格的条件下¹⁹。

通过精心设计，使用 DRM 单频网几乎可以消除这些问题。只要接收到的信号都在保护间隔内到达，它们就会相互加强，接收效果就会比单发射机的情况有所改善。有两种不同的机制可以改善接收效果：

- i. 信号强度提升——各传输路径的功率叠加形成的“功率总和”（见图 10.2.1）；
- ii. 在 VHF 频率下，来自不相关路径上接收到两个或更多传输信号，导致场强中位数值下降，这种现象被称为“网络增益”。

网络增益在 VHF 频率上的影响可能表现得很明显²⁰；本质上，它定量地反映了分集技术降低瑞利信道平坦衰落概率的能力。

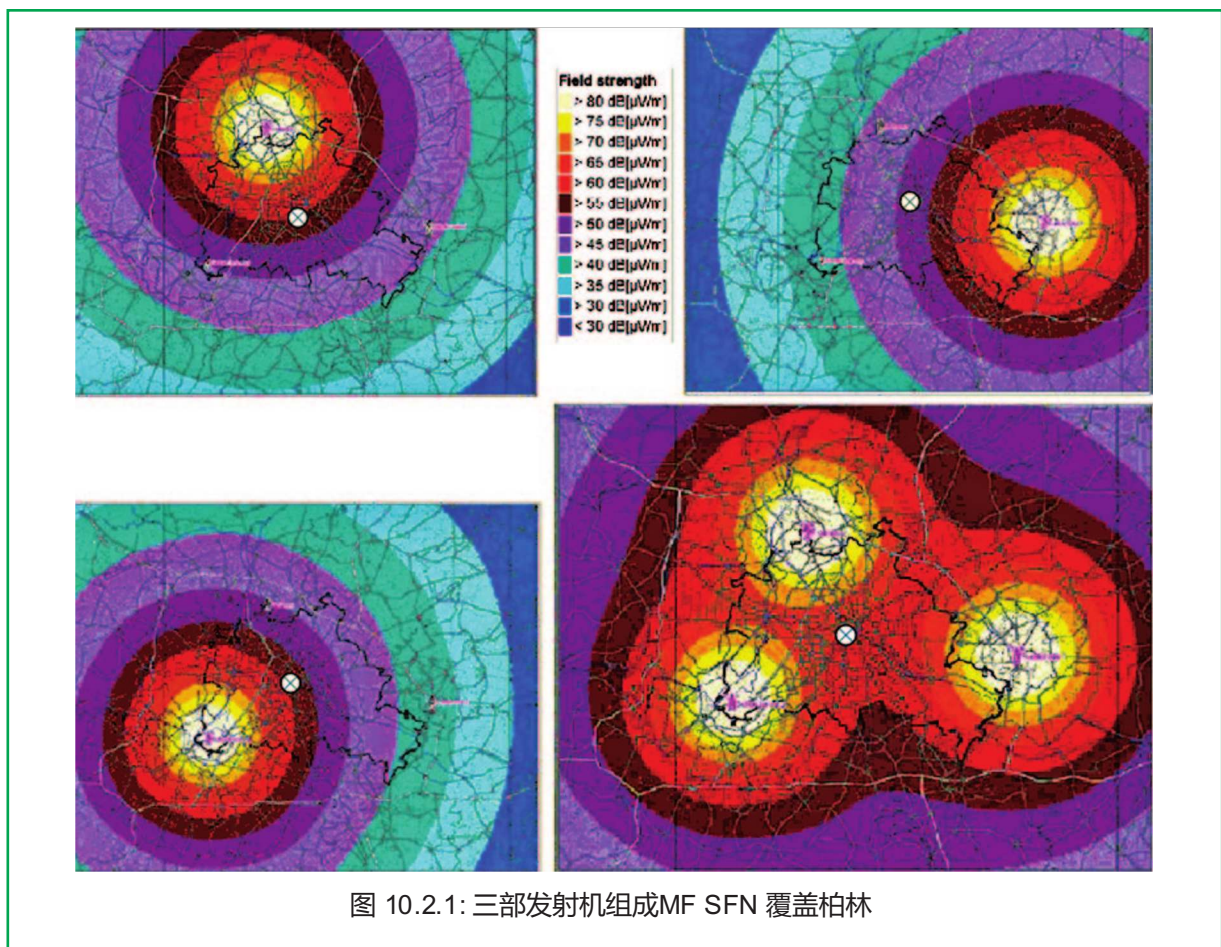


图 10.2.1: 三部发射机组成MF SFN 覆盖柏林

10.2.2 多频网络

如果所有频率没有区域内协调的问题或无需授权即可使用，那么多频网络是实现广域覆盖的一个极具吸引力的解决方案。如前文第 5.3.5 节所述，如果所有传输都使用相同的 DRM 模式，那么 DRM 接收机就可以在频率间切换而不会出现音频中断（与 FM RDS 的 AFS 功能类似）。网络同步要求与 SFN 的要求几乎完全相同。普遍情况下，接收机可能会从 DRM 转到 DRM，但在不同的频段（因此可能是不同的广播模式）转换或转到

¹⁹ 例如，使用线状排列的发射机网络沿高速公路提供覆盖，每个发射机连接一个定向天线

²⁰ 对波段 III DAB 单频网的研究证明，网络增益大约为 4dB。

模拟广播时，采用双射频前端的接收机通过以下任一方法可以将音频中断降至最低：

- 利用接收机存储器缓存，或
- 使用延迟匹配传输网络。

DRM 标准[1]附录 R 列出了各种广播模式下切换造成的典型延迟。

10.3 可用频段

无线声音广播使用多个频段。这些频段具有不同的特性，适合不同类型的音频广播。一般来说，低频段更容易实现广域覆盖，但这些频段的容量有限。较高频段的容量更大，但要实现大面积覆盖则更加困难，成本也更高。

不同频段的传播特性不同，人们设计了不同的广播系统适应不同频段的特征。一般来说，较低频率的单个发射机能更好地覆盖大片区域（几个国家甚至大陆），而较高频段则更适合区域和本地服务。

10.3.1 低频/中频/高频

148.5 kHz 至 30MHz 的 LF、MF 和 HF²¹传统上用于模拟调幅广播。然而，正如本指南前面所解释的，数字 DRM 的设计目的是在这些频段上以优质的数字广播替代模拟广播。LF 和 MF 波段主要用于国内广播，HF 波段用于国际广播。由于白天传播条件的变化，这些波段的覆盖范围是不固定的。模拟广播的听众可以忍受这种情况，但在规划数字业务时需要格外小心，以确保听众正常接收。

国际电信联盟（ITU）规定了 LF/MF/HF 频段 DRM 广播的协调规则 - 见第 8.1 节。

10.3.2 26MHz 频段

DRM 是唯一设计用于短波频段（3-30 MHz 用于广播划分）的数字广播系统。26MHz 频段（25.67 至 26.1MHz）是 HF 频段的高处，约 430kHz 频宽的广播业务分配，提供了 42 个 10 kHz（或 21 x 20kHz）频道。国际广播公司倾向于较低的广播频段（21MHz 以下），部分原因是低廉的 HF 接收机接收不到 26MHz 频段，部分原因是在 11 年太阳黑子周期中，该频段支持远距离传播的时间很少。因此，部分波段可用于本地广播。

26MHz 波段用于低功率视距传输时，其覆盖范围与波段 I 传输非常相似。该频段的另一个好处是，人为噪音水平通常比 MW 频段低得多。

在本地覆盖方面，该频段具有以下特点：

- 可以覆盖整个都市区，或小部分特定社区；
- 使用 10kHz 频道带宽提供与 FM 单声道或参数立体声音频质量。使用 20kHz 频道带宽可获得更大的容量，从而在传输模式和音频配置方面具有更大的灵活性；
- 与使用单个发射机相比，使用 SFN 或 MFN 以较低的发射机功率可覆盖更广的区域；
- 当同一节目在多个频率上播出时，通过替代频率切换（AFS），使接收机可以动态选择最佳信号；
- 与 MF 广播相比，达到类似的覆盖范围所需的功率明显降低。

²¹ LF 波段: 148.5 - 283.5 kHz ; MF 波段: 526.5 - 1606.5 kHz ; HF 波段: 3 - 30 MHz.

10.3.3 VHF 波段 I (47 - 68 MHz)

47 - 68 MHz 之间的频率范围主要用于模拟电视，没有规划用于数字电视²²。因此，原则上可以在波段 I 开展 DRM 广播。目前，还没有机构和组织在这个波段引入 DRM，应当注意的是，在一些国家还有其他业务在运行。

该波段的业务在一年中的某些时候特别容易受到长距离干扰 (Sporadic E)，因此波段 I 更适合提供本地服务，因为本地服务采用的信号电平较高。

10.3.4 VHF 波段 II (87.5 - 108 MHz)

87.5 至 108MHz 的频率范围用于调频广播。DRM 是适用于波段 II²³的理想数字广播系统。

尽管如此，在波段 II 中引入数字 DRM 还需视具体情况而定，因为该频段在全球范围内被大量用于模拟调频广播服务。数字广播频点最初应插在现有的模拟调频频点分配之间，最终再考虑自由分配频道。在该波段引入数字广播，可能需要制定一些与现有国际协议（如《日内瓦 84 协议》[18]）有关的“协调机制”。

10.3.5 VHF 波段 III (174 - 230 MHz)

波段 III (174-230 MHz 之间的频率范围) 已广泛用于模拟电视，但目前正计划用于数字电视和数字广播业务。在欧洲和其他一些国家，它是引入 DAB 系列标准的数字广播占用的主要波段。DAB 将多个节目打包成一个复用，在 1.75MHz 的带宽内传输。显然，广播公司如果没有足够多的节目将整个复用带宽占满，就需要与其他广播公司共享传输。DRM 则提供了另一种解决方案，可以实现单一业务覆盖。

如果将不同的数字广播系统引入波段 III，则必须定义适当的信道划分以及必要的共存标准。

10.3.6 其他 VHF 波段

其他分配给广播服务的 VHF 波段尚未完全覆盖，例如，在国际电联 1 区，1995 年《威斯巴登 T-DAB 协议》的分配仍在使用的 (230 - 240 MHz)。在一些南部非洲国家，VHF 波段 III 分配给广播业务的频点最高可达 254MHz，国际电联 2 区和 3 区的广播频段，有些是 OIRT 调频频段 (65.8 - 74 MHz) 或日本调频频段 (76-90 MHz)，这些频段以后可以调整。对于 254MHz 这个 VHF 广播频谱的国际最高边界和其他一些特殊情况，规划参数可从已有的参数值中推导或提取出来。

10.4 规划工具

在撰写本指南时，还没有专门用于计算 DRM 传输覆盖率和可用性的规划工具。

不过，只要广播公司选择合适的**传输模式**，数字信号传输和接收过程中（时延扩展、信道脉冲响应等）的影响通过选择各种 DRM 传输参数自动解决。这样，就只需利用规划工具计算接收场强（以及预测其他广播引入的干扰），规划过程与规划模拟业务时完全相同。换句话说，在确定了接收机性能和本地底部噪声后，就可以按照正常方法计算出整体接收的载噪比 C/N。

因此，利用模拟广播规划工具预测的场强平均值和标准偏差可用于规划数字 DRM 服务，此时目标信噪比 s/n 需要通过选择合适的 DRM 传输模式来达到。

²² 在少数欧洲国家，该频段也用于调频业务（即所谓的 OIRT 调频频段 66 - 73 MHz）。不过，这些国家大多已停止将频段 I 用于调频广播业务。

²³ 欧洲协调委员会第 141 号报告[22]和相关技术附件全面论述了在欧洲将数字广播引入该波段的可能性。

26 MHz 频带传播的具体情况，已经开展了一些研究工作，根据经验测量结果对不同的预测算法进行了评估。测试的算法包括 ITU-R P.1546、Longley-Rice、衍射效应（Deygout 和 ITU-R P.526）以及用于移动接收的经验算法，如 Okumura-Hata。结果表明，在计算发射机近距离覆盖时，应考虑地波传播。至于整体覆盖区域，没有任何模型适合所有情况。不过，ITU-R P.1546 中的算法精度最高，而且可以通过考虑间隙角、仰角和衍射来改进。

10.5 30MHz 以下 DRM 发射的规划数据

DRM 广播网的规划数据通过理论分析和仿真建模综合得到，辅以实验室和现场试验测量修正。这项工作的出发点是一系列 DRM 系统的理论最小载噪比：这些数字假定接收机完美，没有人为噪声等。然后就可以利用 ITU-R BS.2144 [27]中描述的 ITU 规划假设和方法，得出真实世界的性能数据。下文将简要介绍。

10.5.1 DRM 理论信噪比

将各种模式的 DRM 信号通过六种预定义信道模型可以得到这些理论值。这些信道模型是以现实世界的信道测量实验为基础，给出了多普勒和时延扩展以及多径情况（路径数、相对振幅等）的影响。这六个信道模型标记为 1 到 6：表 10.5.1a 概述了这六个信道模型的基本范围和预期用途。它们的详细定义见 ITU-R BS.1615 [9]。

表 10.5.1a: DRM RF 信道模型汇总

信号模型		信道状况：		
		好	典型/中等	差
1	加性高斯白噪声	LF MF HF	LF 非恒定 S/N	
2	地波+ 天波		MF, HF	
3	时延扩展2.2 ms的四径模型		HF	MF
4	时延扩展为 2 ms的两相同路径模型			HF
5	时延扩展为 4 ms的两相同路径模型			HF
6	热带区域的近垂直入射			HF (NVIS)

表 10.5.1b 显示了在信道模型 1 中传输四种 DRM 模式所需的信噪比(S/N)。误码率为 10^{-4} 时，主观音频质量开始下降，达到业务极限。EBU Tech 3330 [28] 和 ITU-R Recommendation BS.1514 [8]都列出了所有六个信道下的类似表格。

表 10.5.1b: DRM不同模式下BER为 1×10^{-4} 所需S/N (dB)：信道模型 1

调制方案	保护级别	平均 编码率	稳健模式/频谱占用类型			
			A/2	B/3	C/3	D/3
			(9 kHz)	(10 kHz)	(10 kHz)	(10 kHz)
16-QAM	0	0.5	8.6	9.3	9.6	10.2
	1	0.62	10.7	11.3	11.6	12.1
64-QAM	0	0.5	14.1	14.7	15.1	15.9
	1	0.6	15.3	15.9	16.3	17.2
	2	0.71	17.1	17.7	18.1	19.1
	3	0.78	18.7	19.3	19.7	21.4

10.5.2 DRM 最小场强(MFS)

人们开展了大量工作来确定各种 DRM 模式的保护率和最小场强。

对于 DRM, ITU-R Rec. BS.1615 [9]给出了这些参数。此外, EBU 出版了一份关于 DRM 规划和协调过程的出色摘要 (EBU Tech 3330 [28]), 其中包含 ITU 文件中的许多关键数据, 可免费下载 pdf 格式的文件。请需要 DRM 规划详细信息的技术人员阅读该文件。

10.5.2.1 DRM 模式的 MFS 推算过程

由于 DRM 将在相当长的时间内与 AM 广播并行工作, 因此所使用的规划流程采用了与 AM 广播相同的基本原则和假设。就调幅规划而言, 最低场强根据以下条件计算

- 音频信噪比为 26 分贝, 调制率为 30%, 以及
- 接收机接收的整体名义噪声功率, 以等效场强表示。该噪声场强与频带有关。

下表 10.5.2.1a 列出了国际电信联盟用于计算接收噪声场强的程序, 将表 10.5.1b 中的 DRM 信噪比数据加入后, 即可计算出 DRM 的最小场强。

表 10.5.2.1a: 最小可用场强估算过程

参量		DSB (AM)		数字	
1) 所需接收质量		音频信噪比: 26 dB 调幅度30% (-10.5 dB)		BER: 1.0E-04	
2) 达到上面定义质量的 C/N		mod. (Rec. ITU R BS.703) (26 + 10.5 ⇒) 36.5 dB		x dB (如表 10.5.1b所示) (10 kHz)	
3) 接收机 (IF) 带宽		(8 kHz)		(接收机本征噪声 比 DSB 高 1 dB)	
4) 前面的C/N时, 接收机灵敏度 dB(V/m)	LF	66	Rec. ITU-R BS.703 要求的	30.5 + x	比接收机本征噪声 高 x dB
	MF	60		24.5 + x	
	HF	40		4.5 + x	
5) 接收机本征噪声	LF	29.5	比灵敏度低 36.5 dB(C/N)	30.5	比 DSB 高 1 dB
超过以场强定义的 灵敏度数值	MF	23.5		24.5	
dB(μV/m)	HF	3.5*		4.5	

(*) 该值, 3.5dB (μV/m), 在 Rec. ITU-RBS.560[29]附录 4 中也有注明。

注 1 数字接收机应使用 S/N 表示, 而不是模拟 DSB 接收机使用的 C/N。

注 2 基准 DSB 接收机的固有噪声可按低于灵敏度 36.5 dB 计算。

注 3 由于中频带宽不同, 参考数字接收机的固有噪声估计比 DSB 高约 1dB。在 xdB 信噪比条件下, 参考数字接收机的灵敏度按高于 xdB 计算。

注 4 对于使用小型内置天线的接收机, 天线损耗的增加会直接增加最小场强计算中的接收机固有噪声。这一点应予考虑。

10.5.2.2 最小可用场强值

表 10.5.2.2a 至表 10.5.2.2c 列出了 LF 和 MF 波段 DRM 稳健模式 A 的结果。需要注意的是，这些结果对应的最小噪声条件，通常只出现在安静的农村地区。如果要在这些频段中使用其他稳健性模式之一，则可借助 ITU R BS.1615 [9] 中给出的这些模式的对应的信噪比计算相应的场强值。

表 10.5.2.2a
LF 波段 (地波传播) 模式A在不同保护级别和调制方案下
BER为 1×10^{-4} 对应的最小可用场强 (dB(μ V/m))

调制方案	保护级别	平均 编码率	稳健模式 / 频道带宽	
			A/0 (4.5 kHz)	A/2 (9 kHz)
16-QAM	0	0.5	39.3	39.1
	1	0.62	41.4	41.2
64-QAM	0	0.5	44.8	44.6
	1	0.6	46.3	45.8
	2	0.71	48.0	47.6
	3	0.78	49.7	49.2

表 10.5.2.2b
MF 波段 (地波传播) 模式A在不同保护级别和调制方案下
BER为 1×10^{-4} 对应的最小可用场强 (dB(μ V/m))

调制方案	保护级别	平均 编码率	稳健模式 / 频道带宽	
			A/0 (4.5 kHz) A/1 (5 kHz)	A/2 (9 kHz) A/3 *(10 kHz)
16-QAM	0	0.5	33.3	33.1
	1	0.62	35.4	35.2
64-QAM	0	0.5	38.8	38.6
	1	0.6	40.3	39.8
	2	0.71	42.0	41.6
	3	0.78	43.7	43.2

*A3 (10kHz) 不适用于 GE75

表 10.5.2.2c
MF 波段 (地波加天波传播) 模式A在不同保护级别和调制方案下
BER为 1×10^{-4} 对应的最小可用场强 (dB(μ V/m))

调制方案	保护级别	平均 编码率	稳健模式 / 频道带宽	
			A/0 (4.5 kHz) A/1 (5 kHz)	A/2 (9 kHz) A/3* (10 kHz)
16-QAM	0	0.5	34.3	33.9
	1	0.62	37.2	37.0
64-QAM	0	0.5	39.7	39.4
	1	0.6	41.1	40.8
	2	0.71	44.2	43.7
	3	0.78	47.4	46.5

*A3 (10kHz) 不适用于 GE75

表 10.5.2.2d 给出了 HF 信道使用稳健模式 B 时, 满足误码率目标所需的最小可用场强。这个范围取决于传输信道不同的传播条件。模式 A 不适用于 HF 传输, 因为其对应的 OFDM 参数 (保护间隔长度和子载波的频率间隔) 达不到稳健性要求。

表 10.5.2.2d 未列出 HF 频段 64-QAM 对应的保护等级 2 和 3 的结果, 原因是即使在较高的信噪比下也会出现误码平底, 这是由误码保护较弱引起的。在时间或频率选择性较强的 HF 信道上传输时, 不建议使用这些保护级别。

表 10.5.2.2d
HF 波段 DRM模式B, 频谱占用类型1或3(5或10kHz)在不同保护级别和调制方案下
BER为 1×10^{-4} 对应的最小可用场强范围 (dB(μ V/m))

调制方案	保护级别	平均 编码率	稳健模式 / 频道带宽	
			B/1 (5 kHz)	B/3 (10 kHz)
16-QAM	0	0.5	19.2 - 22.8	19.1 - 22.5
	1	0.62	22.5 - 25.6	22.2 - 25.3
64-QAM	0	0.5	25.1 - 28.3	24.6 - 27.8
	1	0.6	27.7 - 30.4	27.2 - 29.9

10.5.2.3 其他因素

为了评估 DRM 系统在 MF 波段的性能并验证相关 ITU 建议摘要中规定的规划参数, 已进行了多次测量 (见附录 4)。测量结果表明, 接收环境 (城市、郊区或农村) 对最小场强有相当大的影响。

在城市环境中, 影响 MF 波段接收的主要因素是人为噪音, 不同地点的噪音水平可能相差很大。根据城市化密度和工业活动水平的不同, 测量结果显示, MF 波段的中值比 ITU-R 参考值高 10 到 40 分贝。

因此, 在对 LF 和 MF 波段进行任何详细规划之前, 应在当地进行调查, 以确定这些环境因素的范围和影响程度。

此外，需要指出，接收机的性能可能是确定规划所需的最小场强和由此产生的接收质量的决定性因素。这种性能取决于以下接收机特性：

- 灵敏度（包括接收天线性能）
- 选择性
- 过载条件下的表现。

10.5.3 相对保护和功率降低

保护率的数值见 ITU-R BS 1615 [9]。这些数值也可在 EBU Tech 3330 [28]中免费获取。此外，在现有环境中引入数字调制信号时，必须确保这个新的数字信号不会比原来的 AM 信号对其他 AM 电台造成更大的干扰。如果知道 AM 被 AM 干扰和 AM 被数字信号干扰的射频保护率，就可以找到满足这一要求所需的功率下降值。

射频保护率是确保既定质量（模拟音频或数字信噪比）的想要信号和 unwanted 信号之间的所需功率差。如果受 AM 干扰的 AM 质量与受数字干扰的 AM 质量相当时，射频保护率的差就是所需的功率减小值。

建议 ITU-R BS.560 [29] 包含了 AM 干扰 AM 时的相对 RF 保护率。

为了 HF 协调，第 543 号决议（WRC03）[30] 提供了 HF 广播服务中模拟和数字调制发射的暂行的 RF 保护率。

10.6 30 MHz 以上 DRM 发射的规划数据

有关 DRM 广播网络规划的系统参数和网络概念的详细说明，参考《ITU-R Rec.BS.1660（VHF 波段地面数字声音广播系统 G（DRM）规划的技术基础）》附录 3[12]。10.6 节的以下部分概述了关键的规划要素。

10.6.1 接收模式

考虑了六种接收模式：

- **固定接收（FX）** ——使用安装在屋顶高度的接收天线进行接收（假定距离地面 10 米）。
- **便携式室外接收（PO）** ——在室外，距地面不低于 1.5 米处使用带电池的便捷式接收机接收，采用外接或内置天线。
- **便携式室内接收（PI）** ——在室内，使用配有固定电源的便携式接收机进行接收，采用内置（折叠）天线，或通过插头连接外置天线，在有窗户通向户外的房间内，接收机距离地面高度不低于 1.5 米。
- **便携式室外手持接收（PO-H）** ——接收条件恶劣的城市地区的接收情况，接收机配有外置天线（例如，伸缩天线或有线耳机线）
- **便携式室内手持接收（PI-H）** ——与上述 PO-H 相同，但增加了建筑物穿透损耗。
- **移动接收（MO）** ——在有山丘地形的农村地区，通过高速移动中的接收机接收，匹配的天线距离地面或楼层不低于 1.5 米。

10.6.2 场强预测的修正系数

为了在网络规划中考虑到给定的不同接收模式和环境因素，必须加上修正系数，以便将最小场强转换为最小场强中值进行预测（如 ITU-R P.1546 建议）。

其中包括

- 天线增益
- 馈线损耗
- 高度损失修正系数
- 建筑物穿透损耗
- 人为噪声修正
- 实施损耗系数
- 地点变化修正系数
- 分布系数
- 极化偏转

这些校正系数是根据表 10.6.2 中给出的参考频率计算得出的。

表 10.6.2: 用于计算的参考频率

VHF 频段 (频率范围)	I (47-68 MHz)	II (87.5-108 MHz)	III (174-230 MHz)
参考频率 (MHz)	65	100	200

10.6.3 用于场强预测的系统参数——模式 E

一些推导出的规划参数取决于传输的 DRM 信号的特性。我们选择了两个典型的模式和码率参数作为基本参数集——见表 15：

- **4QAM DRM** 数据率低，保护度较高，适用于音频信号传输稳健，数据业务数据率低的场景应用。
- **16QAM DRM** 数据率高，保护度低，适用于多个音频信号或一个音频加一个高数据率数据业务情况。

表 10.6.3a: 用于计算的MSC 编码率

MSC 方案	11 – 4 QAM	00 – 16 QAM
MSC 保护级别	1	2
MSC 编码率 R	1/3	1/2
SDC 方案	1	1
SDC 编码率 R	0.25	0.25
比特率约为	49.7 kbit/s	149.1 kbit/s

传播相关的 DRM OFDM 参数见表 10.6.3b。

表 10.6.3b: OFDM 参数

单位时间 T	83 1/3 μs
有效 (正交) 部分时长 $T_u = 27 \cdot T$	2.25 ms
保护间隔时长 $T_g = 3 \cdot T$	0.25 ms
符号持续期 $T_s = T_u + T_g$	2.5 ms
T_g/T_u	1/9
传输帧续期 T_f	100 ms
每帧的符号数 N_s	40
频道带宽 B	96 kHz
子载波间隔 $1/T_u$	444 4/9 Hz
子载波序号范围	$K_{\min} = -106; K_{\max} = 106$
未使用的子载波	无

10.6.4 单频网运行能力

DRM 发射机可在单频网 (SFN) 中运行。为防止同频干扰, 发射机最大距离不得超过一个限定数, 该最大值取决于 OFDM 保护间隔的长度。由于 DRM 保护间隔的长度 T_g 为 0.25 毫秒, 因此最大回波延迟和由此得到的最大发射机距离为 75 千米。

10.6.5 最小期望信号场强

ITU-R Rec. BS.1660 [12] 附录 3 给出了用于规划的最小期望信号场强。

10.6.6 DRM 频点选择

DRM 系统可在符合信道划分限制和符合传播条件变化的任何频率上使用; 在 VHF 频段, 频率信号的分辨率为 10kHz。对于 VHF 波段 II, DRM 中心频率通常位于 100 kHz 间隔的调频频点。DRM 系统就是为使用这种频率栅格而设计的。对于 VHF 波段 I 和 VHF 波段 III, DRM 中心频率应定位在 100kHz 网络上, VHF 波段 I 从 47.05MHz 开始, VHF 波段 III 从 174.05 MHz 开始。

11

DRM 知识产权

11.1 概述

DRM 是一种开放标准：与该技术有关的所有信息都公布在 ETSI 管理的一系列标准中（见附录 1）。

- DRM 论坛不拥有任何 DRM 专利，与整个技术授权过程完全无关；
- 不向运营 DRM 广播的广播公司或听众收取运行授权费或其他费用；
- 制造 DRM 设备（发射机、接收机等）时，重要专利的使用费支付给相关专利权人（可直接支付，或 xHE-AAC/AAC 可通过 Via Licensing 公司支付，Journaline 可通过 Fraunhofer IIS/AME 公司支付）；
- DRM 论坛**确定**拥有 DRM 商标，如下文 11.3 所述，该商标由 DRM 管理。

11.2 知识产权与 DRM 论坛

从实践角度来看，有两类重要的知识产权对 DRM 具有长期影响：

- 与 DRM 标准有关的基本专利，即在实施系统（生成 DRM 信号的硬件或软件：发射机、接收机等）时必然会涉及到的专利；
- DRM 商标（图 11.2），已在瑞士和其他一些主要地区注册，包括欧盟、美国、台湾、加拿大、韩国、俄罗斯联邦、中国和新加坡。



11.3 DRM 专利许可

11.3.1 DRM 设备制造

应用 DRM 的编码和调制部分的设备需要使用某些重要专利，为此，制造商需要与专利持有者达成协议。DRM 的音频部分完全属于 xHE-AAC/AAC 的许可范围，由 Via Licensing 公司负责，Via Licensing 公司是代表专利持有人运营 AAC 许可专利池的许可管理人，参见 www.vialicensing.com。DRM 协会和 DRM 论坛不对 DRM 技术的使用收取任何费用。

DRM 协会代表其成员拥有 DRM 商标（徽标）。该商标在目标地区受到商标注册程序的保护。此外，它还受到版权法的保护，在某些地区还受到禁止不正当竞争法律的保护。

徽标有许多变体，由基本徽标和一个单词组成：例如

- **成员**——由 DRM 成员使用，表示其成员身份，并与在 DRM 业务（或代表论坛）中使用“基本”徽标区分开来。
- **支持者**——由 DRM 支持者使用，表示其参与 DRM 支持者计划。

DRM 商标的使用需要签署正式的许可协议，该协议可向 DRM 项目办公室索取。

11.3.2 DRM 产品的营销

DRM 协会作为 DRM 商标的所有者，负责制定在 DRM 产品上使用该徽标的条款和条件。

在许多市场上，DRM 很可能只是捆绑在一起的几种技术之一，与消费设备一起构成一个有吸引力的“整体”。例如，支持 AM、FM、RDS、DAB+ 和 DRM 的收音机将以“数字收音机”的名义在市场上销售：任何涉及 DRM 的地方都将被保留下来，以表示其功能（如“Intel Inside”）或符合 DRM 规定的最低性能要求。因此，尽管徽标有可能发挥重要的简记或质量保证作用，但通常会与其它品牌一起显示

11.3.3 在产品上使用 DRM 徽标

DRM 设备制造商可申请许可，在其产品上使用 DRM 徽标。使用标准见 DRM 网站，但可归纳如下：

- 对于消费类接收机，制造商必须根据 DRM 接收机最低要求规范[6]中规定的标准，对设计的性能和功能进行自我认证；
- 对于专业设备，制造商必须对其产品是否符合相应的 DRM 标准进行自我认证。

- [1] ETSI ES 201 980: Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification (www.etsi.org)
- [2] ETSI TS 102 820: Multiplex Distribution Interface (MDI)
- [3] ETSI TS 102 821: Distribution and Communications Protocol (DCP)
- [4] ETSI TS 102 386: Digital Radio Mondiale (DRM); AM Signalling System (AMSS)
- [5] Ranulph POOLE & Andrew Murphy, 'The AM Signalling Systems, AMSS – does your radio know what it is listening to?' EBU Technical Review No 5. January 2006
- [6] 'DRM Minimum Receiver Requirements' see www.drm.org
- [7] DReaM receiver download page on Sourceforge: <http://sourceforge.net/projects/drm/>
- [8] ITU-R Rec. BS 1514: System for digital sound broadcasting in the broadcasting bands below 30 MHz
- [9] ITU-R Rec. BS 1615: Planning parameters for digital sound broadcasting at frequencies below 30 MHz
- [10] Article 12 of the ITU Radio Regulations: Seasonal planning of the HF bands allocated to the broadcasting service between 5900 kHz and 26100 kHz
- [11] ITU-R Rec. BS.1114: Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz
- [12] ITU-R Rec. BS.1660: Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band
- [13] ITU-R Rec. BS.1894: Digital radio broadcast service, captioned radio
- [14] GE75: Final Acts of the Regional Administrative LF/MF Broadcasting Conference (Regions 1 and 3) Geneva, 1975 (www.itu.int)
- [15] RJ81: Final Acts of the Regional Administrative MF Broadcasting Conference (Region 2), Rio de Janeiro, 1981 (www.itu.int)
- [16] RJ88: Final Acts of the Regional Administrative Radio Conference to Establish a Plan for the Broadcasting Service in the Band 1 605 - 1 705 kHz in Region 2, Rio de Janeiro, 1988 (www.itu.int)
- [17] RRC-06-Rev.ST61: Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for the revision of the Stockholm 1961 Agreement, Geneva 2006 (www.itu.int).
- [18] GE84: Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting (Region 1 and Part of Region 3); Geneva 1984 (www.itu.int)
- [19] GE06: Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06) (www.itu.int)
- [20] WI95revCO07: The Wiesbaden, 1995, Special Arrangement, as revised in Constanța, 2007 for the VHF the frequency bands 47-68 MHz, 87.5 - 108 MHz and 230-240 MHz (www.cept.org)
- [21] ECC Report 117: Digital Sound Broadcasting in the bands below 80 MHz (www.cept.org)
- [22] ECC Report 141: Future possibilities for the digitalisation of band II (87.5-108 MHz) (www.cept.org)
- [23] Technical Supplement To ECC Report 141 Future Possibilities For The Digitalisation of Band II (87.5 – 108 MHz) (www.cept.org).
- [24] ECC Report 177: Possibilities for Future Terrestrial Delivery of Audio Broadcasting Services. (www.cept.org)
- [25] RSPG10-349: The Future of Radio Broadcasting in Europe - identified needs, opportunities and possible ways forward (http://rspg.groups.eu.int/consultations/consultation_futradio/rspg10_349_report_future_radio_broadcasting.pdf)

} (注: 附录1列出了完整ETSI 标准)

- [26] RSPG10-349 bis: The Future of Radio Broadcasting in Europe - replies to questionnaires (http://rspg.groups.eu.int/consultations/consultation_futradio/rspg10_349_annex.pdf)
- [27] ITU-R Report BS.2144: Planning parameters and coverage for Digital Radio Mondiale (DRM) broadcasting at frequencies below 30 MHz
- [28] EBU Report Tech 3330: Technical Bases for DRM Services Coverage Planning (<http://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3330.pdf>)
- [29] ITU-R Rec. BS.560: Radio-frequency protection ratios in LF, MF and HF broadcasting
- [30] Resolution 543 (WRC-03): Provisional RF protection ratio values for analogue and digitally modulated emissions in the HF broadcasting service.
- [31] ITU-R Rec. SM.1009: Compatibility between the sound-broadcasting service in the band of about 87-108 MHz and the aeronautical services in the band 108-137 MHz
- [32] ITU-R Rec. BS.412: Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF
- [33] Andrew Murphy 'The Plymouth Digital Radio Mondiale (DRM) Trial: Long-term Reception Results' BBC Research White Paper WHP 174 [<http://www.bbc.co.uk/rd/pubs/whp/whp174.shtml>]
- [34] Jonathan Stott: The How and Why of COFDM, EBU Technical Review No. 278, Winter 1998. http://www.ebu.ch/trev_278-stott.pdf
- [35] James Briggs: DRM, a summary of the field tests, EBU Technical Review No. 296, October 2003. http://www.ebu.ch/trev_296-briggs.pdf
- [36] 'DRM EWF – Emergency Warning Functionality' see www.drm.org

其他有用的参考文献

- I. DRM main web site: <http://www.drm.org>
- II. DRM software receiver project web site: <http://www.drmrx.org>
- III. ETSI web site: <http://www.etsi.org>
- IV. Frank Hofmann, Christian Hansen and Wolfgang Schäfer: IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 49, No. 3, September 2003, P. 319, Digital Radio Mondiale (DRM), Digital Sound Broadcasting in the AM Bands.
- V. IPR: World Intellectual Property Organisation (WIPO): 'About intellectual Property' (<http://www.wipo.int/about-ip/en/>)
- VI. Jonathan Stott: DRM, Key Technical Features, EBU Technical Review No. 286, March 2001. http://www.ebu.ch/trev_286-stott.pdf
- VII. Jonathan Stott: DRM: Key Technical Features, IEE Electronics and Communication Engineering Journal, Vol. 14 No.1, Feb. 2002, Pp 4-14
- VIII. M.J. Bradley: Wideband receivers for DRM, IEE Electronics and Communication Engineering Journal, Vol. 14 No.1, Feb. 2002, Pp 15-20
- IX. Martin Dietz and Stefan Meltzer: CT-aacPlus, A state-of-the-art audio coding scheme, EBU Technical Review No. 291, July 2002. http://www.ebu.ch/trev_291-dietz.pdf
- X. UserManual_DRM-CS_R4_THOMSON.pdf August 2009
- XI. DRM online live monitoring service (<https://monitor.drm.radio>) – for members of the DRM Consortium only

13

缩略语词汇表

AFS	替换频率切换	LF	低频
AM	幅度调制	MCI	调制器控制接口
AMSS	AM 信令系统	MCS	多频道同播
BER	比特误码率	MDI	复用分发接口
CEPT	欧洲邮政和电信管理局会议	MER	调制误差比
COFDM	编码正交频分复用	MF	中频
CRC	循环冗余校验	MFN	多频网
DAB	数字声音广播	MLC	多等级编码
DC	直流	MMI	人机接口
DCP	分发通信协议	MPEG	活动图像专家组
DRM	数字全球广播	MSC	主营业务信道
DRM+	过去用于 30MHz 以上频率的 DRM 的术语	NTP	网络授时协议
DRM30	过去用于 30MHz 以下频率的 DRM 的术语	NVIS	近垂直入射天波
DSB	双边带调制	OOB	带外辐射
DSP	数字信号处理器	PFT	保护、分组和传输
DVB	数字视频广播	QAM	正交幅度调制
EBU	欧洲广播联盟	RDS	广播数据系统
ECC	CEPT 的电子通信委员会	RF	射频
ETSI	欧洲电信标准协会	RFP	射频相位
FAC	快速接入信道	RRB	ITU 无线电管理委员会
FM	频率调制	RSCI	接收机状态和控制接口
GPS	全球定位系统	SBR	频带复制
HF	高频	SCE	业务成分编码器
IBOC	带内同频广播	SDC	业务描述信道
ICs	集成电路	SDI	业务分发接口
IEC	国际电工技术委员会	SFN	单频网
IP	互联网协议	SNR	信噪比
IPR	知识产权	TAG	标签
ISDN	综合服务数字网络	UDP	用户报文协议
ITU-R	国际电信联盟 - 无线电通信部门	VSAT	甚小孔径终端
LAN	局域网	VSWR	电压驻波比
		WAN	广域网
		WRC	世界无线电大会

14 附录

附录 1

主要 DRM 标准列表

所有文档的 PDF 版本都可以免费从 ETSI (www.etsi.org/deliver) 下载。

DRM 系统部分标准

- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| 1) DRM System Specification | ETSI ES 201 980 |
| 2) Data Applications Directory | ETSI TS 101 968 |
| 3) AMSS – AM Signalling System | ETSI TS 102 386 |

复用分发/接收机数据接口

- | | |
|---|-----------------|
| 4) DCP – Distribution & Communication Protocol | ETSI TS 102 821 |
| 5) DCP/DRM – DRM specific restrictions for the use of DCP | ETSI TS 102 358 |
| 6) MDI – Multiplex Distribution Interface | ETSI TS 102 820 |
| 7) RSCI – Receiver Status & Control Interface | ETSI TS 102 349 |
| 8) ASDI – AMSS Distribution Interface | ETSI TS 102 759 |

数据协议和应用

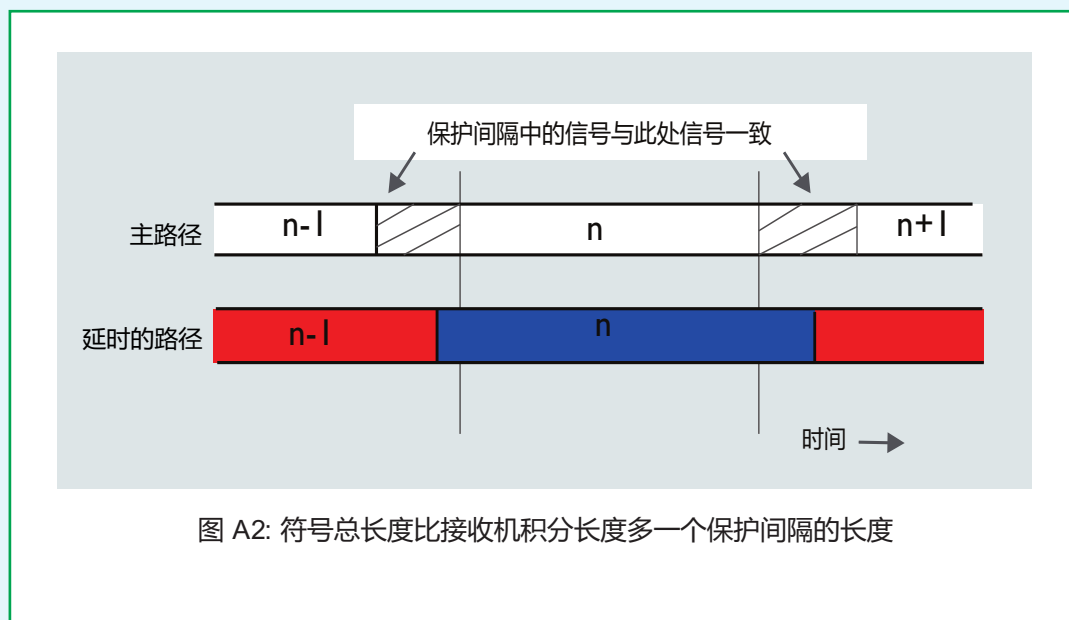
- | | |
|---|----------------------|
| 9) MOT – Multimedia Object Transfer Protocol | ETSI EN 301 234 |
| 10) SPI – Service and Programme Information | (结构) ETSI TS 102 818 |
| | (传输) ETSI TS 102 371 |
| 11) SlideShow | ETSI TS 101 499 |
| 12) TPEG – Traveller information protocol | ETSI TS 103 551 |
| 13) Journaline – Text based information service | ETSI TS 102 979 |

附录 2

COFDM 基础知识²⁴

DRM 是基于 COFDM (编码正交频复用) 调制技术。“C”是指为支持接收机纠错而采用的信道编码, 详见 5.3。

编码输出的信息进入 OFDM (正交频复用) 调制, 将编码数据分配到许多子载波上进行传输。在传输符号的持续时间内, 每个子载波都以特定的振幅和相位组合 (QAM 星座点) 进行调制。由于每个子载波只携带总数据的一小部分, 因此这些传输符号可以相对较长 (= 时间长度), 再加上应用保护间隔, 使得 DRM 能够抵抗多径传播的影响。这对于应对电离层传播或单频网运行尤为必要。



子载波间的正交性——“O”，即无相互串扰，是通过选择子载波间隔为“有用符号时长”的倒数来实现的。这是接收机观测每个接收符号的时间窗口长度。不过，每个符号的传输时间稍长，即增加“保护间隔”时间。只要不同传播路径之间的延迟差不超过“保护间隔”，这种方法就能抵御多径传播。

将编码信息分布在多个子载波上会有利于对抗选择性衰落。通常情况下，只有少数子载波会受到严重影响（接收机可以确定是哪些子载波），这样接收机中的纠错功能就可以利用编码引入的冗余恢复传输信息。

子载波的数量及其间距取决于 DRM 的稳健性模式，每种模式的设计都是为了适应特定的运行条件。

²⁴ 关于 COFDM 更全面的概述，参考文献[34]

附录 3

DRM 外场测试信息

DRM 系统已在世界各地进行了广泛的测试和外场试验。测试结果证实， DRM 系统在所有支持频段的性能均符合规范要求，而且可以在所有类型的环境中满足广泛的需求。这些结果数量庞大，无法在本指南中充分介绍；本文件提供了相关报告的参考，其中许多报告已提交给当时的 ITU-R 工作组，以协助编制系统和规划标准。本清单并非详尽无遗，从所列资料来源中可以找到更多参考资料。

表 A4: DRM外场试验

时间	外场测试	来源	频段
2004	马德里开展的MF波段DRM 测试*	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6E/175	MF
2005	墨西哥城开展的26MHz广播频段 DRM 本地覆盖测试*	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6E/274	26 MHz
2006	墨西哥城开展的DRM MF波段测试*	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6E/403	MF
2006	墨西哥开展的DRM/AM MW同播测试*	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6E/403	MF
2006	意大利DRM MF波段测试*	DRM Web Site: ITU-R Contribution SG6/353	MF
2007	印度的DRM 测试：MW同播，热带频段 NVIS 和 26 MHz 本地广播*	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/10	MF, HF, 26MHz
2007	在巴西利亚开展的26MHz Digital Radio Mondiale 本地覆盖测试	Peña et al., "Digital Radio Mondiale field trials in Brasilia for local radio coverage using the 26 MHz band". IEEE Broadband Multimedia Systems and Broadcasting 2007. Las Vegas (USA)	26 MHz
2007	西班牙 DRM 测试: MF波段多信道同播，市内和室内接收*	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/73	MF
2008	在德国开展的26 MHz频段Digital Radio Mondiale(DRM) 本地覆盖测试	Lauterbach et al., "LocalRadio using Digital Radio Mondiale(DRM) in the 26 MHz Band –A Résuméat the end of the Nuremberg/Dillbergfield trial" September 18 –19, 2008, FraunhoferInstitute for Integrated Circuits IIS Erlangen, Germany.	26 MHz
2008/9	在凯泽斯劳滕开展的VHF 波段II DRM外场试验	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/347 Annex 1 & 2	波段 II

时间	外场测试	来源	频段
		DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/537 Attachment 1 & 2	
2009	Project Mayflower: DRM测试, 英国	http://downloads.bbc.co.uk/devon/pdfs/project-mayflower-summary-report.pdf	MF
2009	巴黎DRM外场测试	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/347 Annex 3 DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/537 Attachment 4	Band I
2010	凯泽斯劳滕DRM在VHF波段III的外场测试	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/537 Attachment 3	Band III
2010	斯里兰卡DRM在FM 频段的外场测试结果	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/503	Band II
2011	汉诺威 DRM 单频网测试结果	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/504	Band II
2011	在意大利都灵开展的DRM波段I外场测试结果	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/512	Band I
2011	在英国开展的大功率 DRM 外场测试结果	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/532 BBC Research White Paper WHP 199 http://www.bbc.co.uk/rd/publications/wHITEpaper199.shtml	Band II
2013	在罗马开展的外场测试, 研究VHF波段II利用DRM系统实现FM声音广播业务过渡到数字广播的可能性	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/220	Band II
2014/ 2015	Radio Pulpit / Broadcom / Sentech 联合进行的DRM MF波段测试结果	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/299	MF
2017	印度尼西亚共和国广播电台与DRM论坛合作开展的DRM应用测试报告	DRM Web Site: ITU-R Contribution WP6A/306	Band II
2017	南非DRM 模式E测试中期报告	DRM Web Site	Band II

* 报告 ITU-R BS.2144 [27] 中的 Annex 3 中总结了这些外场测试结果, 也可以参考文献[35]。