

数字地面电视广播 网络及系统 实现手册

2021年版



数字地面电视广播 网络及系统 实现手册

2021年版
ITU-R



© ITU 2021（修订版）

版权所有。未经国际电联的书面许可，不得以任何形式将本出版物的任何部分进行复制或利用。

编者的话

2002年，国际电信联盟首次出版了数字地面电视广播手册《VHF/UHF频段的数字地面电视广播》¹，为负责实施数字地面电视广播的工程师提供了指南（DTTB）。上述手册详细阐述了新型数字广播技术，比如详细解释了作为电视压缩系统基础的离散余弦变换（DCT）编码技术，以及单独用一章节就信号功率需求和做出详细指导。

上述手册的大部分内容与本版《数字地面电视广播与系统实现》的内容并不重复。因此，国际电信联盟在2002年出版的1.01版手册仍具有使用价值，可供参考使用。

自2002年起，数字地面电视广播飞速发展，相关技术日新月异，法律法规日益健全。例如，在世纪之交，运动图像专家组（MPEG）刚刚开始开发MPEG-4压缩方案，且当时无人知晓高效视频编码（HEVC）。在2004年及2006年的两次会议期，ITU区域性无线电通信大会在日内瓦举办，会议同意在区域1（蒙古国除外）和伊朗实施新数字广播频率计划。对于超高频（UHF）电台而言，大会决定，模拟广播将于2015年6月15日向数字广播过渡。现如今，大部分发达国家已经采用了数字电视广播并关闭了模拟电视业务。但是，许多发展中国家才刚刚起步。

多次世界无线电通信大会接连确定传统超高频广播频段中移动业务的新频谱。因此，地面电视广播及节目制作或广播辅助服务（SAP/SAB）所需的频谱在现有超高频广播频段中变得愈发稀有。由于人们对解析度的要求越来越高（如高清晰度电视（HDTV）和超高清晰度电视（UHDTV）），对数据速率的要求骤增，提高传输和压缩方案的频谱效率只能部分弥补上述损失。此外，新型多声道格式可能需要大量传输数据。数量不断增加的元数据和访问服务也需要大量传输数据。

现如今，随着有线和无线宽带IP网络的出现，交互性已经变得司空见惯。大多数现代电视设备除配备传统的数字地面、卫星和/或有线电视天线输入外，还配备了数字用户线路（DSL）或Wi-Fi网络接口。

本篇由ITU编制的《数字地面电视广播网络与系统实现手册》主要阐述了上述技术在过去15年来新发展。就此而言，本手册对ITU-D《模拟广播向数字广播的过渡手册》²进行了补充，后者利用国际电信联盟无线电通信部门提供的技术、操作和程序信息，主要为发展中国家模拟向数字过渡提供指导。

本手册由ITU-R第6A工作组（地面广播传输）和ITU-R第6主管研究组（广播服务）的诸多专家参与编制。该等专家姓名参见致谢部分。

¹ ITU-R, DTTB指南 – VHF/UHF频段的数字电视V 1.01, 参考网址: <https://www.itu.int/pub/R-HDB-39>

² ITU-D, 《模拟广播向数字广播的过渡指南》参考网址: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf>

然而，这里还要提及一位做出杰出贡献的人士：特别感谢本手册的主要撰写人 – 乌克兰教授 Oleg Gofaizen，他牵头编写本手册，并不辞劳苦地组织完成了本手册的编制工作。

第6研究组在2016年10月28日召开的内部会议上对本手册予以批准。

核心编写小组成员 Christoph Dosch、David Hemingway 和 Walid Sami
日内瓦, 2021年3月

献词

本版《地面数字电视广播网络和系统实现手册》旨在纪念Oleg Gofaizen教授，他对手册的创建和编写做出的贡献无人比拟。

致谢

为编写本手册，第6A工作组组建了特别报告人组，该报告人组由乌克兰教授Oleg Gofaizen任主席，他近年来通过尽职调查，搜集大量文稿写入手册草案。第6A工作组在2016年1月至2月的会议上就该草案展开讨论。随后组建信函组，旨在赶在第6A工作组于2016年10月召开会议前对手册进行定稿。本信函组由Christoph Dosch（第6研究组前任主席和现任副主席）和David Hemingway（BBC员工暨第6A工作组副主席）担任联合主席，由Walid Sami（欧洲广播联盟成员暨第6研究组和第6A工作组副主席）担任助理。此外，还有诸多其他人员参与了本手册的编写工作。

在此对下列参与本手册编写工作的专家学者表示感谢：

姓名	组织/机构
Abdullah Saleh ALARAIMI博士	阿曼
Pablo ANGUEIRA BUCETA博士	西班牙
Vladimir BALYAR博士	乌克兰
Vittorio BARONCINI先生	意大利
Istvan BOZSOKI先生	ITU-D
Roger BUNCH先生	澳大利亚
José Ramón CAMBLOR先生	西班牙工业、能源与旅游部
Aldo G. CUGNINI先生	美国
Perez DE LEMA先生	西班牙
Christoph DOSCH先生	德国广播技术研究所
Charles EINOLF博士	哥伦比亚广播公司
Luke FAY先生	美国
Joseph FLAHERTY博士	美国
Oleg GOFAIZEN教授	乌克兰
David GUERRA PEREDA博士	巴斯克大学
Jean-Jacques GUITOT先生	法国
Pham HAI先生	ITU-R
David HEMINGWAY先生	BBC
Brandon HINTON先生	美国
Shuji HIRAKAWA博士	日本
Klaus HUBER先生	LS Telcom
Mark JORDAN先生	Arqiva
Alina KARWOWSKA-LAMPARSKA博士	波兰
Alexandre KHOLOD博士	瑞典
Kyung-Mee KIM女士	韩国

姓名	组织/机构
Lucia Luisa LA FRANCESCHINA女士	意大利广播公司Rai旗下分公司Way SpA
Jae-Young Lee博士	韩国
Louis Libin先生	美国
Stephane MEBALEY EKOME先生	法国
Alberto MORELLO博士	意大利国家电视台
Amir Hassan NAFEZ先生	伊朗
Akira NEGISHI先生	日本广播协会
Yukihiro NISHIDA先生	日本
Kyoungseok OH先生	韩国电信技术协会
Larry OLSON先生	美国
PAN Changyong教授	中国清华大学
Sung-Ik Park博士	韩国
Rolly PURNOMO先生	印度尼西亚
Ari REFIK先生	法国TDF
Walid SAMI博士	欧洲广播联盟
Eli SOFER先生	以色列
Supatrasit SUANSOOK先生	泰国NBTC
Sato TELEMI女士	德国广播技术研究所
Anne-Lise THIEBLEMONT女士	高通公司
Kengo TSUDA先生	日本广播协会
Aljo VAN DIJKEN先生	荷兰
Manuel María VELEZ ELORD博士	西班牙
Tobias VIERACKER先生	德国广播技术研究所
David WOOD博士	欧洲广播联盟
Norafidah YOSUF女士	马来西亚
Juan ZAPATA先生	哥伦比亚

此外，还要感谢第6研究组的所有其他成员，包括离任和现任成员，他们直接或间接地为本手册的编制工作提供了帮助。

还要特别感谢第6研究组荣誉主席、俄罗斯教授Marc Krivocheev，感谢他为整个手册起草工作提供的悉心指导。

免责声明

本出版物所载观点为编者和作者之观点，并不代表国际电信联盟之观点。本出版物仅用于传递信息。国际电信联盟和本手册编制者虽尽全力提供清晰及准确的信息，但二者对根据本手册做出的任何决定或投资概不负责。

前言 – 本手册内容提要

本手册旨在协助解决与网络系统、视频质量、传输质量等有关的技术和服务问题，以及协助解决在不同国家采用数字地面电视广播（从多媒体系统到超高清电视）时出现的其他相关问题。本手册涉及技术进步和融合、不同生产环境、广播节目的主要传送和二次传送以及为数字地面电视广播提供高质量服务的业务经历。

本手册具体内容如下所示：

- 1) 与采用数字地面和多媒体广播有关的技术问题。
- 2) 与标准化数字地面广播系统、多媒体广播网络和相关使用手册有关的信息。
- 3) 为涉及基带（音频、视频数据）、传输质量以及数字地面电视广播业务（包括交互式电视和无障碍服务）的重要规范性文件（标准、技术规范、报告、建议书和其他文件）提供的参考资料。
- 4) 使用数字地面电视广播业务系统采集电子新闻和提供视听内容。

本手册结构如下所示：

第一部分 – 数字电视广播的网络问题

第1章“**数字电视广播总论**”，本章概括性地阐述了数字电视广播技术及其相关概念和趋势。本章旨在明确开发和实施数字地面电视和多媒体系统及技术的一般策略。

第2章“**数字地面电视广播策略**”，本章提供了关于采用数字地面电视的具体策略，包括关于分配方案（如有线电视或卫星广播）、地面广播网络实施成本、与其他无线业务共享频谱等信息。

第3章“**数字地面电视广播网络实施要求**”，本章阐述了对地面广播网络的用户、服务和频谱要求（用户功能、与用户要求有关的参数、成套服务、经验质量要素、使用频率等）。

第4章“**广播网络规划**”，界定了广播网络体系结构和地面广播网络的基本方面（网络模式、对数字地面电视广播系统进行参数筛选对网络体系结构的影响、不同使用频率的网络结构及其他方面）。

第5章“**共享和保护**”，本章主要讨论其他业务和系统对数字地面电视广播的干扰，以及数字地面电视广播可能对某频段或相邻频段中的其他业务造成的干扰。

第6章“**跨境协调**”，提供用于规划广播网络频率的频率分配信息，以及地面网络协调过程信息，并且介绍了用于规划地面广播网络的基本参数、程序和方式。

第7章“**广播电视的服务质量**”，本章为无线电和中频水平的端到端质量考量提供相关手册。欲了解对基带质量的考量，请参阅第12章，欲了解对视频数据速率的要求，请参阅第3章。

第8章“**卫星辅助**”，本章指出，卫星可以用来为提供电视和广播多媒体服务的地面网络提供支持和帮助。

第二部分 – 数字电视广播网络的系统视角

第9章 **“数字地面电视广播系统”**，本章涵盖了关于数字地面电视广播系统（ATSC、ISDB-T、DTMB、DVB-T、DVB-T2）的结构模型、关键技术、物理和链路层、系统性能和链路预算的结构化信息，以及所谓的多媒体广播系统（如T-DMB、ISDB-T、DVB-H、ATSC-M/H或DVB-T2 Lite）的结构化信息。此外，本章还从系统层面介绍了数字广播系统的若干要素（业务复用方法、服务信息、协议栈、数字地面多媒体系统的数据传输技术和业务、传输接口等）。

第10章 **“数字地面电视广播和非广播系统之间的交互性和协作”**，本章介绍了与交互性、系统模型、综合广播宽带系统（HbbTV、Hybridcast和其他服务）以及地面交互渠道的实施有关的信息，讲解了地面环境中的交互性电视技术，从应用、网络和业务层面介绍了广播和非广播（尤其是宽带）技术互联的一般趋势和方法。

第11章 **“数字电视广播的条件接收和内容保护”**，本章介绍了数字电视广播的条件接收和内容保护的通用定义及实施方法。

第12章 **“基带信号的质量”**，本章对广播电视应用的服务质量进行了界定，特别是以多种电视系统为例，介绍了该等电视系统在信号压缩和传输时的质量定义、质量要求、质量评价/评估。

第13章 **“数字电视接收机”**，本章研究了消费者型数字地面电视广播接收机的相关要求，包括对中间件对综合广播-宽带功能的考量。

第14章 **“可接收性”**，介绍了数字地面电视广播中专为残障人士和特殊群体设计的接收系统。

第三部分 – 为数字节目制作传送和采集电子新闻

第15章 **“馈送与新闻采集系统”**，本章探讨了标清电视、高清电视或超高清电视的外部制作和新闻采集的分类、概念、频率和用户要求等问题，并且介绍了该等电视的传送链路的若干传输标准。

目录

	页码
第一部分 – 网络问题	1
第1章 – 数字电视广播总论	3
1.1 数字地面电视网络的认识趋势	3
1.2 基于互操作性的广播	3
1.3 媒体环境中的数字地面电视广播	4
1.4 数字地面电视广播的持续发展	4
1.5 ITU数字地面电视广播模式	5
第2章 – 数字地面电视广播的使用策略	7
2.1 采用DTTB时需考虑的因素	7
2.2 网络成本和配置	10
2.3 不同网络配置配合实施DTTB	11
2.4 广播和非广播业务的频谱共享	11
2.5 总结	11
第3章 – 数字地面电视广播网络的实施要求	13
3.1 引言	13
3.2 用户和业务要求	13
3.3 频谱要求	19
3.4 接收机相关要求	20
第4章 – 广播网络规划	23
4.1 数字地面电视网	23
4.2 基本术语及定义	23
4.3 DTTB网络考虑：物理层和参数	28
4.4 广播网络规划	29
4.5 广播网络覆盖	31
4.6 MFN中的网络规划	41
4.7 单频网中的网络规划	45
第4章附件1 – GE06协议中的参考规划配置和参考网络	52
第4章附件2 – 实例实施场景	60

第5章 – 共享与保护	77
5.1 引言	77
5.2 干扰类型	77
5.3 一般技术特点来源和分享标准	78
5.4 DTTB与移动服务间兼容性的参考资料	79
5.5 有关涉及DTTB的其他兼容性问题相关的参考资料	80
5.6 DTTB和SAB / SAP之间实际共享的指示	80
第6章 – 跨境协调	81
6.1 协调程序	81
6.2 协调实例	83
第7章 – 广播电视服务质量	91
7.1 概述：DTTB链	91
7.2 提供服务质量规范示例	92
7.4 数字电视传输质量的示例	94
7.5 作为维护服务质量手段的冗余度	94
第8章 – 卫星辅助	97
8.1 引言	97
8.2 作为地面电视广播网络的卫星反馈连接	97
8.3 使用卫星作为互动电视的IP返回信道	98
8.4 联合使用地面和卫星广播	98
第二部分 – 系统方面	101
第9章 – 数字地面电视广播系统	103
9.1 广播系统技术	103
9.2 数字地面电视与多媒体传输系统	132
9.3 ATSC	134
9.4 DVB-T和DVB-T2	151
9.5 ISDB-T	195
9.6 DTMB和DTMB-A	211
9.7 地面数字多媒体广播（T-DMB）	225
9.8 RAVIS	229
9.9 MediaFLO	235

第10章 – 数字地面电视广播与非广播系统之间的交互性与协作关系	245
10.1 一般情况与协作机会	245
10.2 业务层协作	245
10.3 技术共性	247
10.4 网络层上的协作	247
10.5 有关交互式电视机的详细讨论	249
第11章 – 数字电视广播中的条件接收与内容保护	253
11.1 总体情况	253
11.2 实现条件接收系统的方法	254
11.3 内容保护与拷贝管理	257
第12章 – 基带信号的质量	259
12.1 引言	259
12.2 数字电视中用于压缩系统的客观质量估计	260
12.3 数字电视压缩系统的主观质量估计	262
第13章 – 数字电视接收机	265
13.1 在数字地面电视广播中的总体应用情况	265
13.2 数字地面电视广播相关要求	265
13.3 数字电视接收机中间件	267
13.4 综合广播-宽带功能	268
第14章 – 可接受性	271
14.1 ITU及接受服务需求	271
14.2 与电视广播有关的接入服务	272
14.3 接收机处理的接收服务于基于广播的接收服务的对比	273
14.4 字幕的使用	273
14.5 IBB（综合广播-宽带）系统的特殊重要性	273
14.6 接收服务产品的其他方面	276
14.7 结论	276

	页 码
第三部分 – 数字节目产品的播出与电子新闻采集	279
第15章 – 馈送与新闻采集系统	281
15.1 引言	281
15.2 地面新闻采集与馈送	284
缩写表	303

第一部分

网络问题

第一部分引言

最具活力且技术上最复杂的电视内容传送环境非数字地面电视广播（DTTB）莫属。传统的电视广播需要在用户家中安装固定接收机。当今用户需要在任何地点、任何时间通过交互功能从任何设备中获取信息和娱乐资讯，同时享受最优质的服务（如可能）。上述要求只能通过数字技术予以达成，而现代广播概念正试图满足这些要求。数字地面广播不仅可以搭配屋顶天线使用，还可以搭配便携式设备内置小型天线使用，此外还可以用于移动接收。若出现灾害，与依赖抛物面碟形天线的卫星电视等设备相比，不依赖大型天线装置的设备更能避免灾害维持正常运转。

地面广播计划的业务区通常是干扰受限。相同和相邻信道的相邻广播发射机以及其他业务中的发射机会发出干扰。地面广播需要对频率做出详细规划，从而以最佳的方式使用可用频谱。

在设计及搭建地面电视广播网络时，需要对上述要素予以考虑。第一部分给出的信息，将促使管理单位和广播单位根据其各自的要求，以最有效的方式实现模拟广播向数字地面广播转变并采用数字地面电视广播，并且尽可能多地利用数字技术在频谱资源、信号质量和使用成本等方面的优势。本手册第一部分将就上述问题展开探究。

第1章

数字电视广播总论

数字广播是指通过比特流传输视听媒体信息的广播技术。广播信号由视频和音频组成，同时还包括图文电视、字幕（隐藏式字幕）或电子节目指南（EPG）等数据服务。此外，还就节目识别和接收机配置传输描述和技术元数据（例如涉及有关广播站、应用视频及音频压缩系统、声频信道安排或交互性、屏幕宽高比及其他控制数据的信息）。此外，口述影像或手语等无障碍服务可以纳入广播多路复用信号。现代广播在一系列技术的共同协助下，创建了广播信号，并将其提供给最终用户。³

1.1 数字地面电视网络的认识趋势

媒体技术借助研发正在不断更新，以便满足消费者不断变化的需要和欲求。如果我们意欲服务大众，就务必尊重和满足消费者的所需所求[1.1]。

一系列因素决定着哪些消费品对消费者具有吸引力，能让其产生购买欲望。首先包括可以获取的内容类别，还包括绝对成本、用户收入、用户对设备和服务的体验（让最终用户获得简易使用体验！）以及对电视广播的补充—即使用及支持电视广播设备的其他传输方式。

1.2 基于互操作性的广播

广播的重要概念之一是互操作性。如果不同的系统或系统元件是可互操作的，即使用协议接口，则该等系统或系统元件能够相互连接。数字电视系统因而有两个基本组件：

- 通用组件：即适用各类发送系统的组件（地面系统、有线系统、卫星系统等）。该等系统能够受益于公用硬件和软件，并且降低复合发送式系统接收机的建造难度和成本。视频和音频压缩系统是该等通用技术的典例；
- 应用相关组件：这些组件必然存在差异，例如卫星电视和地面电视的调制器和解调器是不同的。

另一个广播要求是向客户发送不同质量的媒体信息的能力。其中一个例子是从标清电视向高清电视过渡。该等高清信号可能使用更新、频谱效率更高但更不兼容的编码方案。他们能够同时通过节目的常规质量版本进行播放，以便同时适用于传统和高清电视接收机。

这不是未来高清电视广播的唯一发展方向，只是合理猜想之一，毕竟编码技术仍在不断更新换代。

³ ITU-R一贯将关于电视和多媒体广播的建议书区分开来。这是因为，便携式和移动设备具有数据速率低的特点，因而其播放的视频和音频质量低于用于固定接收的电视。现如今，电信网络的数据传输量已经上升，所有手机均能够播放高质量的视听内容。因此越来越不需要对电视和多媒体广播进行区分了。

1.3 媒体环境中的数字地面电视广播

数字地面电视广播业务是和卫星电视、有线电视或网络电视（托管宽带网络上的在线电视）和开放网络流媒体业务（通常称为云上电视或在线电视）同时采用的业务。与数字地面电视广播相比，卫星电视和有线电视通常有更大的信道带宽（卫星电视）和更大的频谱（有线电视），因此能够提供更多的电视频道。理论上，就开放网络的网络电视或流媒体而言，其可接收的电视节目是无穷尽的。虽然数字地面电视广播的性能较低，但它通常被视为是未来电视广播最重要的一部分。

全球未来广播电视高峰论坛（FOBTV）发布的《地面电视倡议谅解备忘录》声明如下：

“地面广播有着不可替代的重要地位，它无需接线（支持移动接收机）、具有无限的可扩展性（点到多点和一到多架构）、本地相关性（能够发送关于某地理区域的内容）、时效性（提供实时和非实时内容发送）和灵活性（支持非加密和签约业务）。地面广播具有向潜在海量接收机无线发送媒体内容的特性，这让其成为世界范围内的一大关键技术。事实上，就用于向公众发送实时和基于文件的媒体内容的无线发送方式而言，广播具有最高的频谱效率”。

在适当的地方（例如就交互性业务而言），本手册还将提到IP连接。

1.4 数字地面电视广播的持续发展

监管机构、频谱管理机构和广播机构正面临如下问题：如何继续实施并扩大对其现有广播业务的发送以及如何以高频谱效率和高性价比的方式采用新广播业务，所需考虑的问题如下：

- 当地市场和需求；
- 现有传输网络和接收机；
- 内容发送的替代方式（移动、固定和卫星网络），包括IP带宽；
- 有关频谱的使用的地区和国际规范要求，尤其有关WRC-07、WRC-12和WRC-15规定800 MHz和700 MHz频段向移动业务并置，以及针对国际移动通信识别该等频段所产生的影响的要求；
- 现有广播传输标准和未来发展；
- 对非广播业务频谱的要求（例如PMSE）。

地面广播发展后，可以生产出更高质量的内容以及提供新的、额外的信息和交互性业务，提高了数据传输速率。

数据广播网络务必持续应对不断变化的媒体环境和新要求，原因在于：

- 对高技术含量、大覆盖范围的业务的要求不断增加；
- 出现促使频谱使用效率提高的新技术；
- 频谱使用规定不断变化；
- 从大屏幕多信道音频设备到手持设备，用户设备种类在不断增多。

此外，下列进程促进了电视广播的发展：

- a) 越来越多的国家将采用全套高清电视业务。
- b) 超高清电视和3D电视、配对屏幕、交互性电视（例如综合广播宽带平台）和其他格式有望于近期在地面环境中予以采用。

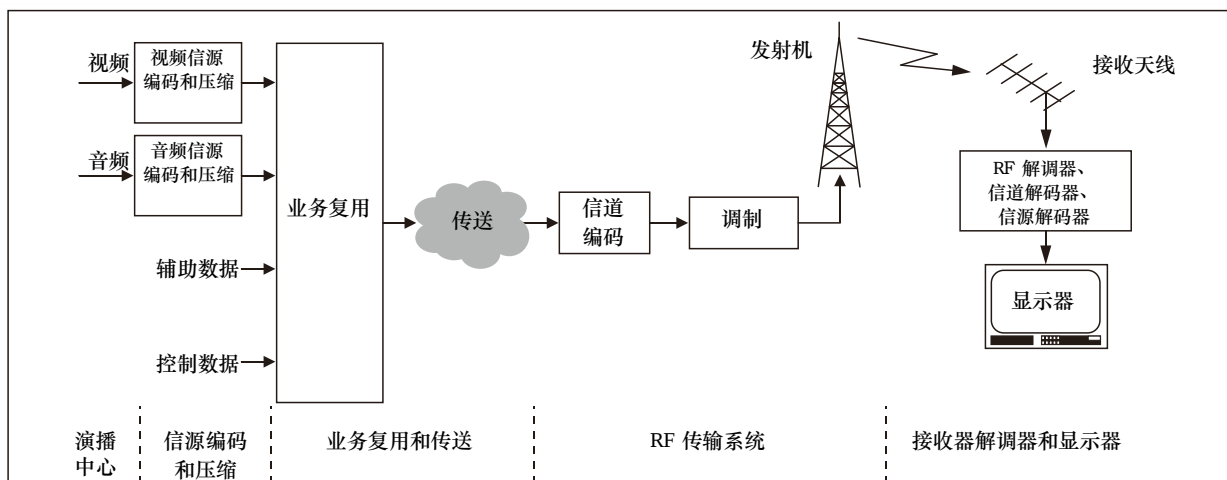
- c) 家用屏幕尺寸将有所增加（直径50英寸以上的屏幕已经十分常见），1080p/50或1080p/60格式已经开始用于各类数字地面电视广播网路。另一方面，向更小尺寸屏幕的移动及便携式接收发展的趋势十分明显。
- d) 超高清电视将在一些国家予以采用，如使用高效率视频编码（HEVC）⁴等高级压缩系统。
- e) 名为HEVC的新压缩系统效率翻倍，该系统于2015年投入使用。本系统的编码效率比MPEG-4/AVC高两倍。最初它可能用于新超高清电视业务，但在将来，数字地面电视广播的高清电视业务也可能使用该视频压缩系统。
- f) 越来越多的国家将采用第二代传输系统来为数字地面电视广播提供足够的传输容量，以便：
 - 提供具吸引力的高清电视服务包；
 - 弥补超高频电视频段因在部分广播频谱使用国际移动通信而出现的减缩。
- g) 移动电视（MTV）市场前景多变。不论是专用MTV系统，还是作为数字地面电视广播传输标准的组成部分，众多系统同时存在。此外，通过移动通信网络（3G和4G）进行传输的多媒体业务展现了很高的增长指标。

1.5 ITU数字地面电视广播模式

1995年，ITU-R第11/3任务组开始出版《VHF/UHF频段的数字地面电视广播手册》。1996年1月出版的《文件11-3/3》系该文件的更新版[1.4]。该文件确立了数字地面电视广播系统模式的最初设计模型（如图1.1所示）。

图1.1

数字电视系统模型⁵



DTTB-01-01

⁴ 在本指南中，HEVC和MPEG-H以及ITU-T H.265作为同义词予以使用。

⁵ 要注意，随着第二代高级传输和调制系统的问世，业务复用和传送之间增加了所谓网关。（详见第7章）

图中模型分为四个次级系统：

- 信源编码和压缩；
- 业务复用与传输；
- 在物理层，有a) 射频信道编码、调制和传播，和b) 接收装置，包括解调器、信道解码器和内容解压。

同时，需要考虑计划因素（包括传输和接收机的计划因素）和实施策略。

“信源编码”指比特率减缩方法，也称数据压缩和错误保护，适用于视频、音频和辅助数字数据流。“辅助数据”包括控制数据（含条件接收控制）以及与音频节目和视频业务（如隐藏式字幕）有关的数据。辅助数据也可指独立节目和数据业务。

“业务复用频道和传送”指将数字数据流分为信息数据包的各类方法、确定各数据包或数据包类型的独特方法，以及将复用频道传输的视频数据流数据包、音频数据流数据包和辅助数据流数据包合并成单一数据流的方法。开发相关传送机制时，务必首先考虑地面广播、电缆配线、卫星分配、记录媒体和电脑接口等数字媒体间的互操作性或协调性。

“物理层”指使用数字数据流信息来调制传输信号的方法，并包括所谓的信道编码，即前向错误保护，来保护广播信号不受错误解码码元影响。

“计划因素和实施策略”包括讨论关于采用及实施数字地面电视广播业务的各项策略。关于任何该等策略的计划必须承认空中媒体的干扰特征，以及对接受器施加的实际限制。

第4章详细说明了物理层、计划因素及详述了策略计划方面和业务复用及传送。

第1章参考资料

- [1.1] **Wood D**，欧洲的新媒体战略、方法和项目/David Wood//SP: IC (20)，2005年10-11月第9-10期，789-800页
- [1.2] **ITU-D**，广播趋势 - 最新发展概述，2013年2月，参考网址：<https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Broadcasting/TrendsInBroadcasting.pdf>
- [1.3] **FOBTv**，地面广播电视的未来举措谅解备忘录：参见www.fobtv.org
- [1.4] **ITU-R Doc. 11-3/3** - VHF/UHF频段的数字地面电视广播手册，1996年1月版，参考网址：<http://happy.emu.id.au/lab/tut/dttb/dttbtuti.htm>随后发布的文件（1996年4月发布），11/4-1，参见<http://www.itu.int/itudoc/itu-r/archives/rsg/1996-97/rsg11/33390.html>，该文件仅TIES用户可见。

第2章

数字地面电视广播的使用策略

提供电视业务以及采用数字地面电视广播是一个高度的政治问题，且很可能被严格监管。包括制定为满足利益攸关方和公共利益而必须实施的管控措施在内的全面准备，以及其各自的影响评价，是实施数字地面电视广播的必要前提条件。

本部分简要概述了针对数字地面电视广播（DTTB）业务实施的政治、行政上的监管方式。详细信息参见本ITU-D手册的第2和第3部分[2.1]。

2.1 采用DTTB时需考虑的因素

2.1.1 模拟地面电视现有份额的影响

若地面（模拟）电视是市面上占主导地位的电视平台，一个合理的猜想是：如果DTTB想要复制模拟电视的业务，它将基于屋顶接收。为了让用户二次利用现有接收天线，最好对现有发射站进行最大程度的再利用。

但是，由于DTTB的技术要求和模拟电视的技术要求不同，因此上述布置会造成DTTB出现非优化规划。一般而言，人们需要在优化高效网络和为此额外发生的费用之间寻找平衡。在许多采用DTTB的国家，大部分网络在很大程度上依赖于再利用已经用于播放模拟电视的现有基础设施。

2.1.2 选择DTTB的理由

一般而言，虽然在一定程度上，采用数字地面电视广播是为了应对商业压力，但也存在政治动机。商业压力包括提供大量电视节目（包括新节目供应商提供的节目）以及释放频谱以供他用（如移动宽带业务）。

选择DTTB的策略动机可能包括以下几点：

- 与“超越国家控制”的卫星馈送相比，DTTB由国家控制，其国家安全性高，能确保国家媒体监管规定能够予以落实，而非遭到规避。
- DTTB易于使用、安装简便，特别是相关电视设备安有内置调谐器并使用室内或室外小型天线。
- DTTB能够以非常低的安装成本提供非加密（以及收费）内容，对市民而言性价比高，让各传送平台间保持竞争。接收机（不论机顶盒内置或电视机内置）的成本很低。
- DTTB允许广播公司向全国或地方的广大受众提供内容，并收取固定费用。与大面积卫星覆盖相比，DTTB的覆盖面有限，传送权所需成本可能下降。地面广播是常规及紧急情况下向所有人提供信息的有效方式，同时也是提供教育及娱乐信息的有效方式。
- DTTB是业务促源，它将重心更多放在地面网络而非卫星网络，能够推动商业发展，为进行地方及全国性广告宣传提供机会。DTTB还能够借助地方及全国性内容生产的发展来增加潜在就业。

- 由于其对高级视频压缩及调制技术的使用，以及考虑到潜在单频网络（SFN），DTTB具有创新性且通常有很高的频谱效率。高清电视甚至超高清电视内容均可在地面发送。交互性广播宽带系统（如HbbTV或Hybridcast等）能够提供新的用户体验。借助现有及性价比高的各项技术，人们可通过Wi-Fi在室内传送DTTB。
- DTTB已成功投入使用：在2015年，1.18亿个欧洲家庭接收并观看DTTB内容。DTTB提供的电视频道超过2000个。

2.1.3 基础设施共享

在一些国家，人们发现，共享发射机站具有巨大好处。在该模式下，运营商可以选择汇集其现有场地，创建基于全部或部分发射场地的发射网络，降低运营商收购及创建新发射场地所需的高投资成本。德国已经采用了这一方式。可进行基础设施共享的复用层的数量，对总的部署成本有着巨大影响。

此外，基础设施共享将降低网络规划的复杂性，在多个网络共享相同天线系统时尤为如此。

过去，在一些国家，技术设施共享不适用于模拟电视系统。各广播公司会在同一个服务区内设置多个模拟电视发射机。在这种情况下，一些观众需要架设不止一条接收天线，让天线指向不同方向，以便接收所有节目。因此，用于DTTB的基础设施共享很可能让观众受益。

最终，必须从国家的角度出发来做出有关基础设施共享的决策。

2.1.4 作为竞争促源的DTTB

若有线和卫星平台已经投入市场，服务观众，则DTTB将和前者发生竞争。竞争法规将为建立和促进不同平台之间的竞争发挥重要作用。

若地面网络在市场上起到的作用不大，则监管机构必须意识到，其他平台可能会对考虑启动DTTB业务的节目服务供应商带来压力。在这种情况下，可能难以完全以市场为基础来创建新的DTTB平台。一些规定可能是成功部署DTTB所需的先决条件。

对于观众和广播业务供应商而言，节目广播在许多国家几乎处于被完全垄断的状态。这带来了人为抬高价格等市场乱象。

应当注意的是，一般而言，将卫星传输的覆盖面限制在政治边界内是不可能的。在大多数情况下，对于权利相关问题的解决方式如下：对信号进行加密，限制所有不利影响，或者在目标市场的范围外就节目权利进行协商。就第一种解决方式而言，观众必须购买配备集成条件接收功能的机顶盒，并获得相关智能卡。这意味着观众和服务供应商一方或双方需支出额外开销。例如，在法国，用于卫星接收的机顶盒比用于DTTB的机顶盒贵五倍。

由于在大多数情况下专用机顶盒需经购买才能获得，且可看频道处于加密状态，因此，一般而言，有线传输会带来或多或少有利于用户的垂直专有市场。

2.1.5 为成功采用DTTB而开展产业合作的益处

通常就功能性而言，绝大部分接收机能够轻易接收DTTB广播信号。但是，就符合DTTB标准的具体功能而言（该等功能需以额外的开发费用来实施），尚不清楚这些功能能否正确用于市场上的所有设备，尤其不清楚机顶盒是否是在市场的推动下投入使用的。人们可以通过搭建囊括所有利益相关方（广播公司、基础设施提供商、消费者电气制造商、监管机构等）的强大品牌平台，来促进发展互操作性，同时向接收机设备授予商标许可，英国广播公司Freeview将DTTB品牌化便是其中一个例子。若对技术规范的要求十分迫切，则应转移技术规范相关责任及确保利益相关方及产业协作理事会的互操作性。本手册强烈建议创建包含监管机构、媒体管理局、产业、广播网络运营商、天线安装者和节目提供商在内的任务组。

2.1.6 许可方面-复用权授予或节目许可证授予

确定DTTB平台进展的另一个重要方面是业务复用的构成。在一些国家，复用是直接分配给节目提供商的。由于运营商可以同时优化内容和数据速率，因此，上述方式可以简化监管制度并改善统计复用。

该方式的缺陷在于，只有成熟完备的重点节目供应商能够便捷地使用复用功能，这反过来会降低新业务及新运营商出现的可能性。相反，节目许可授予后，管控难度提高：数据速率、信令及相关数据务必以公平的方式进行分配。

第三种模式是将许可证授予专门负责复用业务的企业使用复用功能。这些企业充当节目提供商和广播网络运营商的“中间人”。他们联系网络运营商来搭建传输基础设施，并向相关节目供应商出售容量。有必要规范复用频道运营商进行容量分配及运营统计复用频道的方式，以确保公平对待所有节目供应商。

模拟到数字的过渡过程能够为广播业带来好处，但是，由于各国的现行市场条件不同，因此所带来的优势也各有不同。例如，法国仅能停播模拟电视广播，在采用DTTB及过渡结束时许可传输额外节目。相比之下，英国的过渡时期允许使用更强传输能力及传输模式，提高容量并允许复用运营商提供更多节目业务。

2.1.7 过渡过程

从模拟向数字广播过渡是采用DTTB的关键一步。一般而言，该过渡可遵循两大趋势：

- 考虑广大用户，可以选择较长同步广播以实现平稳过渡。
- 较短的同步广播可以提高频谱资源的使用效率及时效性。

就一些案例而言，在人口密度高的地区开启数字地面业务后，生活设施迅速升级，DTTB业务实施取得显著成效。同时，由于缺少频谱资源，要想增强网络（考虑节目和覆盖区域），则可能少不了释放模拟电视业务占用的频谱。因此，可能迫切需要提前停播模拟电视广播。

较长的同步广播的缺陷是，双波发送会产生额外费用，且需要保护模拟电视在转型期不受干扰。一般而言，模拟接收可以依赖于许多可能要改为免费DTTB频谱的同频转发器，且需要高额工程改造费用。例如，在法国，对新入市方征缴的税费是同频转发器工程改造的资金来源。

ITU-R BT.2140报告[2.2]包含全球多国实施过渡过程的大量信息，且包括为涉及过渡过程的主要问题及潜在解决方案提供手册。

关于模拟向数字广播过渡的其他信息参见本ITU-D手册[2.1]。

2.1.8 无障碍接收服务和辅助服务

DTTB与模拟电视广播相比的一大优势是，它能增强无障碍接收服务提供能力，具体如下所示：

- 第二（及更多）语言音轨；
- 完善字幕，包括提供多语言字幕；
- 音频描述；
- 手语翻译。

上述每一项均属为无法正常享受电视观看体验的观众提供的重要服务，但需要额外的数据容量，且该等额外数据容量需要在创建复用数据预算时进行规划。人们需要考虑这些服务的获取方式（例如通过遥控器简单选择所需服务），不过，该功能需要在确定机顶盒后再予以考虑。

除这些无障碍接收服务外，广播公司可能还希望提供同样需要额外数据容量的其他（辅助）服务，如体育事项的无解说音轨，或者提供数据业务。

请参见本手册第14章获取关于DTTB无障碍服务的更多信息。

2.1.9 其他考方面的问题

为成功实施DTTB，需要能够刺激商业电视部署的适当监管环境。若数字地面电视主要应用于二级或三级电视，则会带来麻烦。商业电视的资金通常来自广告，广告水平与市场份额直接关联。但是，许多国家仅测算了一级电视的观众市场份额。这需要考虑卫星及有线平台占主导地位的市场（如德国）采用数字地面电视的时间。

总之，政府仍需做出决策鼓励各传送平台间的竞争或部署DTTB。但是应当注意的是，就已经采用DTTB的国家而言，大部分都是依行政命令启动DTTB的。

2.2 网络成本和配置

削减网络成本是现有广播向DTTB过渡的潜在助推力之一。

对于模拟电视而言，两台发射机无法在相同频率实现同步。每台大功率发射机必须配合其他频率的小功率发射机（同频转发器）进行使用。

可以使用单频网（SFN）运行DTTB。单频网可以在不使用额外发射机和频谱资源的情况下扩大独立运行的发射机所获取的覆盖面。例如，在德国，过渡完成后所有的同频转发器均被关闭。但是，在主要采用固定屋顶接收的地区，同频转发器的用户可能需要更换现有天线或改变天线指向。

单频网可覆盖的区域范围主要取决于所选DTTB的类型。一般而言，DTTB的某一类型越稳健，可传输的数据就越少，但单频网络就会越大。保护间隔的大小也是一个重要因素。在德国，人们选择实施非常稳健的DTTB类型和大的保护间隔（16-QAM 2/3保护间隔1/4），以扩大单频网络覆盖范围。在法国，人们选择实施高容量的DTTB变体和小的保护间隔（64-QAM 2/3保护间隔1/32）。这让单频网络较难实现大面积覆盖。

单频网的最大期望覆盖面积也是由期望覆盖的编辑面积决定的。单频网内的所有接收机必须接收相同数据流，的范围不能超过所接收的节目的最小编辑面积。

然而，考虑到所选DTTB变体的稳健性及保护间隔，如果单频网的网络密度足够大，则理论上该SFN可在任意大的区域进行部署。但是，如果广播网络运营商试图降低其网络部署成本，则需谨慎考虑高密度网络的成本问题。

拟提供的层数是造成高额网络费用的又一因素，在层数超出最初网络规划（如RRC-06做出的规划）的情况下尤为如此。人们当然可以对相关规划进行更新，但要想增加层数，就难免增加蜂窝网络（因为需要保护相邻区域的业务），从而提高了成本。

2.3 不同网络配置配合实施DTTB

在许多国家，DTTB是主要的免费收视方式，但相关基础设施的部署费用十分昂贵。虽然公共广播公司有义务向全国覆盖广播业务，但是就商业频道而言，市场决定着相关设施的部署程度（监管机构可能规定最小需求覆盖面积）。

单纯从商业的角度来看，对全国所有人口进行100%覆盖的费用太过昂贵。监管措施可以推进全国覆盖：即在达成最小覆盖的条件下继续授予相关许可，或在某地区的有线传送网络业务应由DTTB接收的条件下对其进行优先处理。

例如，法国有5%的人口未使用DTTB，他们使用的是卫星平台，这增加了农村人口的开支，原因在于，卫星接收设备的费用至少比DTTB高5倍。

2.4 广播和非广播业务的频谱共享

对DTTB部署进行规划时，必须要考虑到非广播业务和广播业务的潜在共存局面。欧洲的情况与美国不同，数字红利仅在采用DTTB且处理相关不利影响后予以解决。

- 若未采用充分措施（即所谓的“干扰抑制技术”），则现有接收机会受到严重干扰。这些干扰抑制技术存在自身缺陷，这些缺陷盖过使用较低频段所带来的优势。动态范围和相邻信道保护比等相关接收机规范必须予以确定（重新确定），以处理接收机经确定的频率范围内的非广播业务。
- 需要尽巨大努力及付出巨大成本来重新规划现有网络（包括潜在的国际合作要求），以及重新设计现有网络基础设施。
- 减少其他“交错”频谱用户的机会。在许多国家，广播辅助业务（如无线电麦克风）已经使用了DTTB传输间的频谱。一些主管部门还在调查用于“空白频谱”设备的交错频谱。若减少可供DTTB使用的频谱，这将大幅减少可供上述业务使用的频谱，并且还可能导致承接节目制作或负责空白频谱产业的企业无法设立。

因此，在采用DTTB前，对拟议的数字红利做出决策是大有裨益的。

2.5 总结

总之，如何采用DTTB主要取决于政治决策。人们需要明确评估不同情况对DTTB实施的影响，以及明确DTTB在特定市场预计发挥的作用。

如可能，应当在采用DTTB前确定是否存在和其他业务共享频谱或为其他业务释放频谱的现象。

第2章参考资料

- [2.1] ITU-D, 模拟广播向数字广播的过渡手册, 2014年1月, <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf>
- [2.2] ITU-R, ITU-R BT.2140报告, 模拟地面广播向数字地面广播的过渡。

第3章

数字地面电视广播网络的实施要求

3.1 引言

一般而言，数字地面广播网络实施要求可以分为三类：

用户和业务要求，包括所需的：

- 画面质量（标清、高清、超高清等）
- 音频质量（音频通道数量等）
- 额外业务的类型和数量（EPG、无障碍接收服务等）
- 接收模式（固定、便携、移动）
- 节目数量（视频+音频和相关数据）
- 目标区域/人口覆盖率（国家面积或人口、公共服务任务或国家安全百分比）
- 业务可用性（目标接收地点和时间概率）

频谱要求，包括所需的：

- 频谱使用模式（MFN或SFN）
- 目标频段（频段III、IV、V）和实施满足上述全部要求的DTTB网络所需要的频谱范围

对接收机的要求包括所需的：

- 能够接收DTTB节目的最低技术规范（敏感性、选择性、运作频率范围等）。
- 连通特征和通过馈线对有源天线合理供电。
- 适用于人们已经采用的混合广播宽带系统的中间件。
- 条件接收能力。

3.2 用户和业务要求

3.2.1 图像和声音质量

用于DTTB的电视图像分辨率从标清（SD）到超高清（UHD）不等。人们早期使用的DTTB主要提供标清图像，可与良好的PAL和SECAM模拟图像相媲美。大尺寸平面显示器广泛普及且其价格大幅降低后，高清电视（HDTV）开始流行。甚至尺寸更大的4k平面显示器（超过55英寸）也在逐渐普及开来，且其价格也在持续降低。

就音频而言，音质范围包括立体声（2声道）及环绕声（5.1声道）等。

就已确定画面和声音质量的单一视听节目而言，需要根据所使用的压缩技术决定比特率。

下图3.1到3.4中提供的数据基于EBU TR036 [3.1]和EBU TR015 [3.2]提供的详细信息。该等数据与基带视听内容的压缩技术有关，因此独立于DTTB传输系统。

对于各节目而言，本手册认为800 kbit/s为音频和关联数据比特率，且包含在下列数据之中。各表分别单独用一行列出视频画面（视频比特率）和包含音频及关联数据比特率的视频数据。

人们估计，平均而言，4个（或更多）频道的统计多路复用增益通常为20%。⁶这用于从无统计多路复用的比特率（如下图所示）中导出统计多路复用比特率。

注 – 下图3.1到3.4的值为典型值但非指示性值。这些值和实际网络中使用的或将在实际网络中使用的值不同。各广播公司实际使用的数据速率将取决于某复用多路中可用容量经济因素间的权衡调整，包括可以观看的节目数量以及期望画面质量。由于实施时采用的视频解码器性能不同，这也会让数据速率出现差异。此外，音频和关联数据的额外数据速率可能因预期音频质量和关联数据不同而出现差异。

表3.1

每个标清（SD）格式节目的预估数据速率表

所有值的单位均为 Mbps/s	SD, H.264 无统计多路 复用器	SD, H.264有统计多路 复用器（4个或更多 节目/复用分组）	SD, HEVC 无统计多路 复用器	SD, HEVC有统计多 路复用器（4个或更多 节目/复用分组）
视频比特率	1.875 ¹	1.5 ²	无 ³	无
视频比特率 +0.8 Mbps/s 音频和数据	2.675	2.3	无	无

注1 – EBU TR036 [3.1]，第2.1节：

SD MPEG2有统计多路复用视频：3 Mbps/s

SD MPEG2无统计多路复用视频（删除20%减少量）： $3/(1-0.2) = 3.75$ Mbps/s

SD H.264无统计多路复用视频（50%相对于MPEG2）：1.875 Mbps/s

SD H.264无统计多路复用的节目（0.8）= 2.675 Mbps/s

注2 – 在此前有统计多路复用数值的基础上有20%增益。

注3 – 是否让HEVC基于SDTV业务是无法预计的。参见ETSI TS 101 154 V2.2.1 (06/2015) [3.6]第5.14条“全部HEVC IRDs和比特流通用规格”。

⁶ 20%的增益是15%（4个节目）和25%（10个节目）（如表3.5所示）的平均增益。

表3.2

每个HD 720p/50或1080i/25格式节目的预估比特率

所有值的单位均为 Mbits/s	HD 720p/50或 1080i/25, H.264 无统计多路 复用器	HD 720p/50或 1080i/25, H.264有统计 多路 复用器（4个或更多 节目/复用分组）	HD 720p/50或 1080i/25, HEVC 无统计多路 复用器	HD 720p/50或 1080i/25, HEVC 有统计多路复用 （4个或更多 节目/复用分组）
视频比特率	6 ¹	4.8 ²	2.8-3.5 ³	2.3-2.8
视频比特率 +0.8 Mbits/s 音频和 数据	6.8	5.6	3.6-4.3	2.9-3.5

注1 – EBU TR036 [3.1]表1第一单元格。应当注意，2012年发布的EBU TR015 [3.2]指出，几年内比特率预计达到7 Mbits/s。这表明2012年以来H.264/AVC编码设备的性能改良情况超出预期。

注2 – 较先前统计多路复用数据有20%的增益。

注3 – 从EBU TR036 [3.1]表1第二单元格（方法1）可见，HD 720p/50视频的比特率为3.5 Mbits/s，而表3（方法2）下的解释指出，HD 1080i/25格式的视频比特率为2.8 Mbits/s（需要720p/50同类比特率）。一代代编码人员通过各自方法解释了为何出现明显不同。作为比较，ITU-RBT.2073-0建议书[3.3]在其表1.1a中指出了临界序列的最大需求持续性比特率为10-15 Mbits/s。

表3.3

每个HD 1080p/50格式节目的预估比特率

所有值的单位 均为 Mbits/s	HD 1080p/50, H.264无统计 多路复用器	HD 1080p/50, H.264 有统计多路复用器 （4个或更多 节目/复用分组）	HD 1080p/50, HEVC无统计 多路复用器	HD 1080p/50, HEVC 有统计多路复用器 （4个或更多 节目/复用分组）
视频比特率	6-8 ¹	4.8-6.4 ²	3.5-3.6 ³	2.8-3.0 ³
视频比特率 +0.8 Mbits/s 音 频和数据	6.8-8.8	5.6-7.2	4.3-4.4 ⁴	3.6-3.8 ⁵

注1 – 2012年发布的EBU TR015 [3.2]指出几年内数据速率预计达10 Mbits/s。但是，如表3.2中HD 720p/50栏所示，自2012年起，H.264/AVC编码设备的性能改进超出预期，因此指出区间为6-8Mbits/s的数据速率。

注2 – 较先前统计多路复用数据有20%的增益。

注3 – 较低单元格数据-0.8 Mbits/s。

注4 – EBU TR036 [3.1]表5第二单元格。作为比较，ITU-RBT.2073-0建议书[3.3]在其表1.1a中指出了临界序列的最大需求持续性比特率为10-15 Mbits/s。

注5 – EBU TR036 [3.1]表5第二单元格。

表3.4

每个UHD 2160p/50格式节目预估比特率的上界和下界

所有值的单位均为 Mb/s ¹	UHD 2160p/50、HEVC 无统计多路复用器	UHD 2160p/50, HEVC 统计多路复用器
下界	10.4-14.8	9.25-12.0
上界	22.5 ²	20.7 ³

注1 – 所有数值均出自EBU TR036 [3.1]表8。

注2 – 作为比较，ITU-R BT.2073-0建议书[3.3]在其表1.1a中指出了临界序列的最大需求持续性比特率为30-40 Mb/s。

注3 – 多路复用中两个节目8%的统计多路增益。

3.2.2 关联音频和数据

音频：0.2到0.5Mb/s（在上表中使用的0.25 Mb/s）– 依赖于音频通道的数量（立体/环绕/多语种）；

业务信息和EPG：（SI）0.1到0.3Mb/s（在上表中用到的0.15 Mb/s）；

交互性/图文电视：0.1到1.0Mb/s（在上表中用到的0.2 Mbit/s）；

无障碍接收服务（字幕/音频说明/声音字幕）：0.2 Mb/s。

综合广播宽带业务：

ITU-R BT.2075建议书[3.7]考虑了三类综合广播宽带（IBB）系统：HbbTV、Hybridcast和HTML5基/智能电视平台。

考虑到IBB业务在DTT多路中所需的比特率，该比特率取决于通过DTT以及宽带（网络）连接传输IBB内容的广播机构所采用的划分方法。

在网络连接速度快且可靠的情况下，大部分IBB传输内容可能通过互联网提供。在这种情况下，所需要做的唯一一件事是连接IBB内容和相应的业务（例如在HbbTV中，各电视节目中会出现“红色按钮”）。DTT多路所需的数据速率取决于传输内容中IBB应用的数量。以HbbTV为例，仅一个应用就需要2 kbits/s。由于在一个DTT多路中有着多个电视业务且各个业务中又有多个应用运行，因此仅一个DTT多路就可能需要数十kbits/s。

在互联网连接缓慢且有空闲多路容量的情况下，可以通过DTT广播频道自身传输IBB应用。在HbbTV一例中，这项工作是通过使用DSM-CC数据轮播来完成的（详见HbbTV 2.0规范[3.8]）。在这种情况下，数兆比特/秒的传输速率方可保证颇具新引力的传输内容（例如包括图片，以及在可以接受的时间范围内进行加载）。通常，该等使用情况下的数据速率范围如下：500 kbits/s至2 Mb/s。

关于综合广播宽带系统的更多详细信息，请参见第10章。

3.2.3 独立声音广播节目（通过DTTB进行的声音广播）

作为复用多路业务的组成部分，DTTB系统可被用来传输独立声音广播节目。除需要分配到该等节目音频部分的数据外，还需要一些数据速率来（例如）生成字幕，调准字幕和音频资料的时间线。其所需的数据速率很少，可低至5-10 kbit/s。

音频部分所需的数据速率取决于所使用的编码系统以及所选用的音频格式。例如，AC3编码中的单声道节目可能需要最高64 kbit/s的数据速率，而多声道节目可能需要最少300 kbits/s的数据速率。

传统的DTTB系统使用MPEG 第2层编码，且需要稳定的高数据速率来保障音频服务：通常，160 kbits/s的数据速率可能已经用于立体声道节目了。

3.2.4 接收模式

DTTB可以使用的四种接收模式：

- 屋顶固定天线接收
- 便携式/室外接收⁷
- 手持式接收
- 移动接收

对上述接收形式的要求与各国的实际情况息息相关。在广泛采用屋顶固定天线接收的国家中，通常根据该接收模式实施DTTB。在在卫星和电线渗透率高的国家中，人们通常选择便携式和移动接收模式。

第4章提供了上述接收模式下DTTB的各项技术参数。

3.2.5 视听节目数量

适用于6、7或8 MHz频道的试听节目数量取决于单个节目（见第3.2.1节）所需的比特率和该频道的容量（频道容量取决于所使用的调制系统以及是否使用了统计多路复用）。

第4章附件2描述了多个基于不同DTTB系统的DTTB方案。通过使用这些方案，可以计算出可能适用于多路复用的SD、HD和UHD节目的数量。

为清晰起见，本报告使用了[3.1]中提到的统计多路复用增益数据（见表3.5）。每个多路复用中各节目数量均对应特定值。这些数值比第3.2.1节中使用的代表值更加详细。应当注意的是，这些数值是过去收集到的数值的平均值，可能与个案数值稍微有些出入。

表3.5
统计复用增益随各多路复用中节目数量的变化
（以下数值取自文献[3.1]）

各复用分组中节目数量	统计复用增益 (%)
1	0
2	8
3	12
4	15
5	17.5
6	19

⁷ 注意“固定室内接收”：在实施“移动室外”计划原则的国家中（在ITU GE06频率规划中，该计划被称为RPC2），在电视发射机周围的较大区域内，人们可在室内收到电视信号。因此，固定机顶盒和电视机可装配连接DTTB接收器的小型室内天线。德国是这方面的一个典型，在德国，几乎所有家庭均使用（或能够使用）室内天线接收DTTB，他们将室内天线和固定机顶盒或电视机（通常是大屏电视）相连接，从而实现DTTB接收。

表3.5（结束）

各复用分组中节目数量	统计复用增益 (%)
7	21
8	23
9	24
10	25

表3.6通过单个6、7或8 MHz频道中DTTB系统提供的数据速率，对了几个情景案例的结果进行说明。欲获取不同DTTB系统的数据速率的具体数值，请参见第4章附件2。

应注意，在该表中节目数字保留一位小数，实际应用中节目数字需要保留整数即可。此外，该表还根据表3.5汇总了统计复用增益。

注意，该表假设720p/50的结果和1080p/50的结果一致。

表3.6

单个6、7或8 MHz频道的节目数量
取决于DTTB实施方案案例提供的数据速率

方案	1	2	3	4
	（DVB-T2使用案例：使用8MHz频道和MFN规划的固定屋顶接收见第4章附件2第A4.2.1.1条）	（ISDB-T使用案例：使用部分（某层）6 MHz频道的固定屋顶接收见第4章附件2第A4.2.2条）	（DTMB使用案例：使用8MHz频道和MFN规划的固定屋顶接收见第4章附件2第A4.2.3.1条）	（ATSC方案：使用6 MHz频道的固定屋顶接收见第4章附件2第A4.2.4条）
数据速率	40.2 Mbit/s	16.85 Mbit/s	32.486 Mbit/s	19.39 Mbit/s
SDTV H.264 统计多路复用	18.2	7.4	14.7	8.6
HDTV 720p/50或1080i/25 H.264统计多路复用	7.3	2.7	5.6	3.2
HDTV 1080p/50 H.264统计多路复用	5.4-7.3	2.1-2.7	4.3-5.6	2.4-3.2
HDTV 720p/50 或1080i/25 HEVC统计多路复用	11.7-13.9	4.5-5.4	9.4-11.2	5.3-6.3
HDTV 1080p/50 HEVC统计多路复用	11.5-11.7	4.4-4.5	9.2-9.4	5.1-5.3
UHDTV 2160p/50 HEVC统计多路复用最大值	2.9-4.2	1.1-1.5	2.3-3.3	1.2-1.7

表3.6（结束）

方案	1	2	3	4
UHDTV 2160p/50 HEVC统计多路复用 最小值	1.7	0.7	1.4	0.8

注 – 上表仅用于显示如何推导特定数据速率能够提供的节目数量。所选的传输数据速率涉及不同的带宽，且更为重要的是，其涉及不同水平的鲁棒性（如不同的错误保护方案）。因此，不应用该表比对DTTB系统的数据速率性能。更多内容参见第4章附件2。

3.2.6 目标覆盖

如第2章所述，对于正在实施DTTB网络的国家而言，目标覆盖既是一个监管问题，也是一个经济问题。在一些国家中，公共服务义务对当地实施全方位覆盖，几乎100%覆盖各个地区及所有人口。其他国家中或就商业广播可能明确了较低目标。经明确的目标覆盖与目标广播业务的服务区域一致。第4章对服务区域的保护进行了探讨。

3.2.7 可接收性

必要的接收地点和接收时间影响着规划信号水平。目标可用性越高，对网络传输能力和频谱的要求就越严（这是为了降低远处广播发射机的短期干扰水平）。可接受性的值在通常情况下是95%（固定屋顶接收、便携式室内/室外接收和手持式接收）及99%（移动接收）。广播公司或监管方自身有其他要求的，可选择其他值。

更多信息请参见第4章第4.5.7节。

3.3 频谱要求

DTTB网络的频谱要求就是实施该网络所需的频谱范围（即便人们并未在地区内各个地点均使用全部频谱）。其原因如下，当发射机的相同频谱无法在MFN（多频网络）频谱使用模式中进行回用时，需要在该发射机周围制造缓冲区。就SFN（单频网络）模式提供的更高频谱效率而言，SFN（单频网络）模式自然具有一定的新引力，但是在许多情况下MFN模式是最好的或唯一实用的选择。这是因为在大面积区域内会出现内容不一致（不论因为当地内容变化或仅仅是边界两侧内容不一致）。同时，还要考虑到，高效实施SFN所需成本过高（需要额外的专门设备及详细规划），且由于需要延长保护间隔来实施大型SFN，因此数据容量还会遭到削减。

越来越多的国家选择将MFN和SFN结合起来进行使用。这包括实施单频网络“群岛”的多频网络连接。这有效处理了使用大保护间隔和使用普通MFN设施时出现的问题，在容量降低和频谱效率降低问题之间实现权衡。

第4章全方位地解释了MFN和SFN模式。

所需的频谱范围包括VHF区间（如在美国为47-68 MHz和174-216 MHz，在第1区为174-230 MHz），以及全部或部分UHF区间（470-862 MHz）。上述两个区间的主要区别是传播特征（VHF的传播距离比UHF更远）和所需的天线尺寸（VHF要求的天线尺寸比UHF要求的更大）。

虽然本手册讨论的是低于1 GHz的频段（符合DTTB系统设计和DTTB网络规划），但是应该注意的是，其他频段也分配给无线广播，如为实施欧洲T-DAB（地面数字音频广播）而规划的L段（1 452-1 492 MHz）。

实施DTTB所需的频谱范围需要相互协调，只有这样才能创造大规模生产传输和接收设备的必要市场条件，从而在保证设备性能提高的情况下降低设备价格。

ITU-R针对广播的频谱要求开展了两次调查：

- 1) ITU-R BT.2302 [3.4]报告记载了对2012年5月和2014年3月间第1区和伊朗伊斯兰共和国的相应调查结果。根据该报告，在470-694/698 MHz的区间内，8 MHz带宽的28个频道需要满足大部分做出回应的主管部门的广播业务频谱要求。在WRC-15之前于非洲广播区完成的重新规划工作已对上述要求进行确认。
- 2) 第ITU-R BT.2387 [3.5]报告根据对所有ITU成员国和会员在2014年12月至2015年7月间的工作进行的调查，记述了调查结果。从对该调查的反响来看，有以下几点需要注意：
 - a) 就实施DTTB而言，有一种从VHF波段I、II和III向UHF转移的趋势，大量国家将减少DTTB在UHF段中占用的频谱。这致使最初由DTTB在ASO（模拟停播）后使用的频段和频道重整范围不超过470-694/698 MHz；
 - b) 几乎所有运营DTTB或计划采用DTTB的国家都表现出对更新、更完善的广播业务的兴趣。人们最多提到的新业务是大部分国家正在运行或计划运行的HDTV业务。在许多国家中，UHDTV也颇受欢迎，这些国家正在试行UHDTV系统，研究相关要求。许多国家对3DTV和音频及视频增强也表现出了浓厚兴趣；
 - c) 虽然在DTTB最低及最大操作频率内分配主要业务频段的国家数量极少（特别是将频道重整纳入考虑后），但是大部分国家正和其他主要或次要业务共享其电视广播波段；
 - d) 虽然有许多国家才刚刚实施或尚未实施ASO，但很有意思的一点是，一些国家已经开始考虑进一步发展DTTB了（即HDTV、UHDTV）；
 - e) 一些国家广泛提供本地DTTB业务。

3.4 接收机相关要求

DTTB接收机（包括机顶盒、电视机和接收天线）的操作和技术特征是提供充分接收业务的必要特征。

关于DTTB接收机灵敏度的技术规范应基于最佳DTTB实施方案。

DTTB接收机的选择性和操作频率应基于对DTTB和相邻频段其他业务的国家频谱分配。

在一些设计规划了便携式和移动接收的国家，对有源天线的使用需要提供接收机通过天线电缆直接对其供电的额外天线。

DTTB平台上的混合广播宽带业务的可用性，除了需要DTTB接收机与广播平台有连接能力外，还明确要求DTTB接收机与宽带平台具备适当的连接能力。

此外，接收机运行混合广播宽带系统关联软件的能力，需要在接收机规范要求中予以指明。

第13章“数字电视接收机”对DTTB接收机要求进行了详细综述。

在使用条件接收提供DTT平台上的付费电视时，需要DTTB接收机的其他技术和运行特征。第11章“数字电视广播的条件接收和内容保护”对条件接收问题进行了详细说明。

参考资料

- [3.1] **EBU** Tr036, DVB-T2多路复用中的电视节目容纳，用于采用HEVC视频编码的（U）HDTV，技术报告，1.0版，日内瓦，2016年3月。
- [3.2] **EBU** Tr015, 界定UHF广播的频谱需求，2012年7月。
- [3.3] **ITU-R** BT.2073-0建议书 – 将高效视频编码（HEVC）标准用于UHDTV和HDTV广播，2015年2月。
- [3.4] **ITU-R** BT.2302-0报告 – 与1区和伊朗伊斯兰共和国UHF频段内地面电视广播频谱需求，2014年4月。
- [3.5] **ITU-R** BT.2387-0报告 – 得到主要业务划分的广播业务频段的频谱/频率需求，2015年7月。
- [3.6] **ETSI**基于MPEG-2传输流的广播应用中视频和音频编码的使用规范，TS 101 154, V2.2.1, 2015年6月
- [3.7] **ITU-R** BT.2075建议书 – 集成广播宽带系统。
- [3.8] **HbbTV**协会HbbTV 2.0 规范, 2015年5月1日。

第4章

广播网络规划

4.1 数字地面电视网

编码后的数字地面电视广播（DTTB）信号需要在演播室与编码/复用中心之间进行传输，并且向前连接到发射机站（“初次配送”网络）。通常情况下，这些信号是以MPEG-2或MPEG-4传输流的形式配送的，将来这些传输流会演化为ITU-T H.265（高效视频编码）传输流或IP连接。这些配送电路可能由广播公司或电信运营商（该等提供商提供远程连接）来提供。至于由何种单位来提供配送电路，我们要考虑经济和/或监管方面的因素。

我们可以通过使用准同步数字序列（PDH）或SDH ATM、DVB或IP技术，选择将光纤、同轴电缆、人造卫星、微波和双绞线技术用于配送网；当然，一个真实的网络可能把这些技术结合起来使用。我们必须控制频率分配的时机，以确保解码器中不会产生抖动，并确保多路复用器与调制器的稳定同步。DVB已经准备了用于初级配送网中的MPEG-2或MPEG-4信号传输的标准。ETSI TR 101 200 [4.1]中有进一步的指导说明。

第7章中介绍了有关这些初级配送网的质量要求方面的情况。

“二次配送”网将数字信号从一次配送网传至电视机。该类网络由发射机和中继器（同频转发设备），运行的功率范围为几瓦至几十千瓦。总的来说，一个以地面广播基础设施为基础的覆盖全国的配送网可以惠及更多的人口。本章的其他部分是关于该种网络的原则以及为实施该原则所需的计划、考虑。

4.2 基本术语及定义

4.2.1 数字地面电视广播（DTTB）

以下的ITU-R建议书中对很多不同的数字地面电视系统进行了标准化：

- BT.1306 – 数字地面电视广播的纠错、数据组帧、调制和发射方法[4.2]，包含四个系统（ATSC、DVB-T、ISDB-T和DTMB）的详细信息。
- BT.1877 – 第二代数字地面广播的纠错、数据组帧、调制和发射方法[4.3]，包含DVB-T2的详细信息。
- BT.2016 – 利用VHF/UHF频段手持接收机进行地面多媒体广播移动接收的纠错、数据组帧、调制和发射方法[4.4]，包含六个系统（T-DMB、AT-DMB、ISDB-T（用于移动接收）、DVB-SH、DVB-H、DVB-T2 Lite）的详细信息。

第9章中对这些系统有更加详细的讨论。

4.2.2 频段

在本手册中，我们考虑以下三个被划分到广播服务并用于广播电视的频段：

- **频段III：**第1区中的频率范围为174-230 MHz，2区中的频率范围为174-216 MHz，3区中的频率范围为174-223 MHz，有一些固定与移动业务是同为主要业务而被划分。在1区中，该频段也用于数字音频广播。

- **频段IV**：频率范围为470-582 MHz。2015年世界无线电通信大会（WRC-15）[4.5]也将这些频率范围的全部或部分分配到了2区和3区中的一小部分国家的移动业务。
- **频段V**：频率范围为582-862 MHz（第1区）、582-890 MHz（第2区和第3区）。在第1区中，2007年[4.6]、2012年[4.7]和2015年[4.5]的世界无线电通信大会（WRC）也分三步将频段V（694-862 MHz）的上行频段作为主要业务划分给移动业务。698-890 MHz的频率额外划分给第2区中的移动业务，在第3区中，整个UHF TV范围内的移动业务的频率最大可达890 MHz。关于第1区中划分的额外业务，详见《2015年世界无线电通信大会[4.5]最终法案》。

关于所有这些频段中的移动与固定频段划分，详见《ITU无线电规则》2015年版[4.8]第五条。

频段III是VHF（甚高频）范围中的一部分，频段IV和频段V是UHF（超高频）范围中的一部分。

4.2.3 覆盖区

一个广播站或一组广播站的覆盖区指一个区域，在该等区域中，所需场强等于或大于可用场强（该等可用场强是为指定的接收条件和一定比例（设想比例）的覆盖范围内的接收位置而定义的）。

在为每个接收位置定义覆盖区的时候，我们采用一个三层次方法：

- **层次1**：接收位置—最小的单位是一个接收位置；通过将天线向任意方向移动最多0.5米，便可发现最佳接收条件。如果所需的信号的等级很高，足以在给定的时间之内克服噪音和干扰，那么我们将该接收位置视为被覆盖的区域。
- **层次2**：小区域覆盖—第二个层次为“小区域”（通常100米×100米）。我们已在这个小区域中指明了所覆盖的比例。
- **层次3**：覆盖区—一个广播站或一组广播站的覆盖区指单个小区域（在该等小区域中，能够达到给定比率（通常为70%至99%）的覆盖范围）的总合。

第4.5节中详述了计算覆盖区的方法以及覆盖区评估信息。

4.2.4 业务区

业务区指覆盖区的一部分，在该部分的区域中，主管部门有权要求获取经一致认可的保护条件。

4.2.5 接收模式

我们可以将地面广播网络设计为不同的主要接收模式：固定屋顶天线接收、便携接收（用于静态接收或用于手持便携式行人接收装置或车载移动接收）。

4.2.5.1 固定屋顶天线接收

固定接收指使用屋顶的定向接收天线进行接收。

据推测，安装天线之后，会发现近似最佳接收条件（在屋顶相对较小的容量之内）。

在计算固定天线接收的场强时，我们通常将距离地面高度10米以上的接收天线用于广播业务。

在规划网络时，要考虑接收天线增益和天线鉴别。ITU-R BT.417建议书[4.9]提供了该种计算所需的参数。

注 – 在安装窄带（且通常为高增益）接收天线时，不应将窄带天线用于接收DTTB信号（该种DTTB信号使用天线指定的带以外的频率）。

4.2.5.2 便携接收

便携接收是静止接收（固定接收）或接收速度很慢（行走速度），便携接收使用距离地面高度1.5米以上的便携式接收机，该等接收机带有外置天线（例如伸缩天线或有线耳机）或集成天线。便携接收可用于各式各样的情况（室外、室内、一楼和更高层）：

- A级（室外），指一种接收情况，即在室外使用至少距离地面1.5米的便携式接收机，该接收机带有附加或机内天线。
- B级（一楼、室内），指一种接收情况，即在室内使用至少距离地面1.5米的便携式接收机，该接收机带有附加或机内天线。室内具有如下特征：
 - a) 在一楼；以及
 - b) 在外墙上有一扇窗户。

更高层的便携式室内接收称为B级接收（该接收使用信号电平修正）。

据推测，在A级和B级中，会有如下情况：

- 通过将天线（或接收机，有机内天线即可）向任意方向移动最多0.5米，便可发现最佳接收条件；
- 在接收过程中，便携式接收机不会移动，且接收机附近的体积大的物体也不会移动；
- 极端情况，例如屏蔽室的接收被忽视。

4.2.5.3 手持接收

手持式便携接收是静止接收（固定接收）或接收速度很慢（行走速度），便携接收使用距离地面高度1.5米以上的便携式接收机，该等接收机带有外置天线（例如伸缩天线或有线耳机）或集成天线。手持式接收机也可能在一定情况（例如装在口袋里时）下遭受人体吸收/反射减损。手持式便携接收可用于各式各样的情况（室外、室内、一楼和更高层）。此外，当我们看手持式接收机时，我们可能（以走路的速度）对其进行移动。因此，与相似的便携接收情况相比，手持式接收会用到不同的规划参数。

针对手持接收模式，可以通过移动接收机和/或天线位置和/或使一个天线具有更高的效率的方式来改进接收效果。人们期望室内便携接收的接收条件会有重大变化，这也许还取决于地面高度对接收的要求。从一座楼房到另一座楼房、以及从一个房屋到另一个房屋的建筑物穿透损耗会有重大变化。人们希望能仅在市內和郊区实现“便携式覆盖”。

4.2.5.4 移动接收

移动接收指由一个处在运动状态的、距离地面高度1.5米以上的接收机来接收信号，该接收机带有一条天线。该种移动接收的设备可以是车载接收机或手持设备。

术语“移动”所涵盖的速度范围可从人步行的速度到汽车在高速公路上行驶的速度。也可以考虑高速列车、公共汽车或其他车辆。

至于局部接收效果的主导因素，是瑞利衰落信道。衰落余量会抵消这些效果。衰落余量取决于频率和速度。

对于移动接收而言，主要的限制因素是无法在移动的时候对接收天线进行调整。结果是，场强要求相应地高于对便携和固定接收的要求（也可见第A4.1.2节）。

4.2.6 指定性分配规划

在指定性分配规划中，我们将一个特定的信道指定性分配到一个带有固定传输特征（例如辐射功率、天线高度等）的单个发射机位置。在第4.4.2.1节中有更多的详细信息。

4.2.7 分配规划

在分配规划中，我们将一个特定的信道“给”一个主管部门，以便在固定区域（称作分配区）领土范围之内提供覆盖区。发射场地及其特征在规划阶段不得而知，在将分配转化为一个或多个指定性分配的时候才能确定。在第4.4.2.2节中有更多的详细信息。

4.2.8 测试点

测试点是一个固定的地理位置，在该等地理位置可以进行具体的计算。

4.2.9 有害场强

有害场强（ E_n ）即一种场强，用dB（ $\mu\text{V/m}$ ）表示，是来自任何潜在干扰源的无用信号（该种无用信号来自50%的位置、按一定的时间比例出现），我们以 dB的形式对有害场强添加了相关的保护比。

注1 – 当出现相关的情况时，必须考虑接收天线的方向性或极化鉴别的 dB中的合适的值。

注2 – 当出现几个无用信号时，应当使用将单个有害场强结合的方法（例如功率和方法或一些其他用于信号总合的方法），以便获取总有害场强结果。

4.2.10 最小可用场强/需保护的最小场强

最小可用场强/需保护的最小场强指场强的最小值，该场强必须能够在指定的接收条件（即存在自然与人造噪音、但没有来自其他发射机的干扰）下达到理想的接收质量。

注1 – 术语“最小可用场强”相当于许多ITU文件中出现的术语“需保护的最小场强”，也相当于本章中作为 E_{med} 出现的术语“最小中值场强”（用于表示只由一个发射机覆盖的范围）。

4.2.11 可用场强

可用场强指有用场强的最小值，该场强必须能够在指定的接收条件（即存在自然与人造噪音、以及现有条件中的干扰或由协议或频率规划规定的条件）下达到理想的接收质量。

注1 – 术语“可用场强”相当于许多ITU文件中出现的术语“必要场强”。

注2 – 可用场强的计算方法是，将单个有害场强（ E_n ）与组合位置校正因子相结合。单个有害场强的贡献之一是最小中值场强（ E_{med} ）（表示噪音等级）。

4.2.12 参考场强

参考场强指达成一致的场强值，该等场强值能够作为频率规划的参考或基础。

注1 – 受接收条件和所需的的质量的影响，同样的服务可能有几个参考场强值（用于不同的接收方案）。

4.2.13 最小中值场强 E_{med} (dB (μV/m))

最小中值场强 E_{med} (dB (μV/m)) 指最小可用场强的适当值（用于表示仅由一个发射机覆盖的范围），即在距离地面10米的高度的情况下，50%的位置和50%的时间的值。

注1 – E_{med} 取决于接收地点的最小场强 (E_{min}) 的中值，需要位置的给定百分比和时间的百分比，以确保达到能够让接收机成功对信号进行解码的最低信号水平。

注2 – 计算 E_{med} ，是从最小场强 (E_{min}) 开始，（在相关的情况下）添加适当校正因子（例如失重、建筑物入口损失等），该等校正因子在GE06协议[4.10]附件2的第三章中的附件3.4中有所描述。

注3 – 就宽带信号而言，当光谱功率密度不是持续穿过占用带宽时，通常会用术语“等效场强”来代替术语“场强”。等效场强是单个未调制射频载波的场强，该载波受到的辐射的功率与宽带信号受到的辐射的总功率相同。

4.2.14 协调触发场强

协调触发场强即当场强水平超出了限值时，确定需要协调（亦称做“门限值场强”）。

4.2.15 网络配置：MFN、SFN或MFN-SFN混合

传输基础设施的架构可选择：MFN、SFN或MFN-SFN混合（见后）。

网络的类型将取决于频率的可用性、所需的覆盖类型以及将要提供的复用频道的数量。

4.2.15.1 多频网（MFN）

GE06协议[4.10]中将MFN定义为：“使用多个射频信道的发射台站的网络”。

在一个多频网中，每个发射机使用一个不同的信道，独自运行并拥有其自己的覆盖区。如果覆盖区之间有足够的地域分隔，信道复用是可以的。

4.2.15.2 单频网（SFN）

GE06协议[4.10]中将SFN定义为：“在相同的射频信道中发射相同信号的同步发射台站的网络”。

多载波正交频分复用（OFDM）调制技术促进了SFN的使用，在一定的情况下实现了一个以上有用的射频信号的接收和建设性总合。

4.2.15.3 MFN-SFN混合

也可以设想一个MFN-SFN混合的环境。MFN-SFN混合可能发生于以下情况：

- 在一个使用大功率主台站的MFN中，如果一个台站不能提供完整的覆盖面，较小功率的中继站（雷达辅助天线或中继器）可能会使用与相关的主台站相同的频率来完善覆盖面。该种配置有时称作混合MFN-SFN；
- 另一种情况，比如说，可能包括使用一个MFN结构（用于发射国家多路复用）和一系列的SFN结构（用于发射区域多路复用）；
- 在其他情况下，该种类型的混合网络方案可以在不同的国家、以不同的方式产生（例如，在一个国家是一种MFN方案，在另一个国家是一种SFN方案）。

4.2.16 参考规划配置（RPC）

参考规划配置指规划准则与参数结合的主要形式，用于频率规划。

4.2.17 参考网（RN）

参考网指一种代表真实网络（真实网络的性质未知）的通用网络结构，适用于相容性分析。参考网的主要用途是确定受典型数字广播网络干扰的可能性和对该种干扰的灵敏度。

4.2.18 数字规划条目

数字规划条目指一项定分指定性分配或一项随机分配，或指定性分配的组合（该等组合会或不会与分配连接），用途是实施计划（例如GE06 [4.10]），我们将数字规划条目视为一个单一实体。

4.3 DTTB网络考虑：物理层和参数

我们必须承认，数字广播频率规划是一项需要很多技术投入的多维主体：

- 标准，例如最低信号电平、保护比以及
- 参数，例如发射机之间的距离、发射天线高度以及接收类型。

没有单独和通用的解决办法。在规划初始阶段的第一步，可能需要将规划研究限制在准则和参数的一个常见子集。

此外，当设计数字地面网络时，我们必须考虑的事实是，数字电视业务覆盖的特性是从近乎完美的接收到毫无接收的过渡速度非常之快，因此，必须确定将需要对哪些区域进行覆盖以及哪些区域将无需覆盖。

由于数字系统具有灵活性，网络配置和接收方式可以从一种配置发展为另一种配置。网络具备灵活性，以便应对未来需求（例如，从固定天线接收转换为便携式和移动接收可能需要将大功率、高塔的MFN发展为一个更趋向同类的SFN配置）。第四章的附件2给出了不同的、可能的部署方案。

DTTB标准详述了一个分级方法和一个非分级方法。当条件可行时，分级方法根据 C/N 将信道分割成两部分，这两部分信道带有不同的（以及可调整的）要求。这允许将不同的接收条件用于相同的或不同的项目内容。

4.3.1 DTTB变体

DTTB标准允许网络具有灵活性，这使得广播规划者可以通过在不同的、可能的运营方式中实施最合适的措施，以便对他们的网络进行量体裁衣。

DTTB应当适合现有的6、7、8 MHz电视信道，且应当根据具体条件（例如频谱可用性、覆盖要求、现有网络的结构、接收条件）选择广播系统。

在ITU-R BT.2295报告[4.11]中，可以找到可能用于不同的频段的各种DTTB系统、以及一个提纲描述。

下面我们对当前可用于DTTB网络的系统进行了简要描述。

ATSC。ATSC标准是由先进电视制式委员会制定的一套标准，该标准是关于地面、电缆以及卫星网络上的数字电视传输。ATSC移动数字电视，是ATSC系统的增强型，在固定、手持或车载环境中向小型（省电）接收机提供视频、音频和互动数据业务等多媒体业务。最新的ATSC标准，ATSC 3.0，使用COFDM提高强健性和灵活性。多路复用是基于IP，而非使用MPEG传输流。ATSC最终确定并批准的ATSC标准可在ATSC网站www.atsc.org上找到。

DTMB。DTMB（数字地面多媒体广播）是关于移动和固定终端的电视标准。DTMB系统能够兼容（室内和室外）固定接收和移动数字地面电视。移动接收能够兼容标清数字电视广播、数字音频广播、多媒体广播和数字广播服务。固定接收除了支持上述服务，还支持高清数字电视广播。

DVB-T。DVB-T是关于数字地面电视的广播传输的标准。系统使用COFDM调制，在MPEG-2传输流中传输压缩的数字音频、数字视频和其他数据。

多媒体系统“H”（DVB-H）和多媒体系统“I”（DVB-SH）。多媒体系统“H”和多媒体系统“I”是一种端到端广播系统，传送任何类型的采用基于IP的设备优化机制（限制计算资源和电池）的数字内容和业务。它们由单向广播通道组成，可以与双向移动蜂窝（2G/3G）交互性通道相结合。多媒体系统“I”的广播路径采用综合或集成的卫星和地面网络。

DVB-T2。DVB-T2是第二代地面广播传输系统，其主要用途是使DVB-T系统的容量增大、坚固程度和灵活性增强。DVB-T2 Lite是DVB-T2概况，用于有效地向移动设备（例如手机和平板电脑）传递电视信息和无线电。

ISDB-T。ISDB-T家族（ISDB-T、ISDB-TSB、ISDB-T多媒体系统）的设计是基于OFDM频段分割传输方案。一个OFDM分割相当于一个电视信道的带宽的1/13。该系统的分段数量可根据应用和可用带宽进行选择。

4.4 广播网络规划

4.4.1 频率规划的基本原则

广而言之，多频网或单频网组网模式中DTTB系统的规划与协调通常遵循与模拟广播服务协调步骤相同的指南和规则。然而，DTTB系统的一些新特征会对新数字服务的协调方式产生影响。

由于对于一个单频网而言，覆盖面是唯一且不可分割的（在分配方式中，该覆盖面相当于设想的业务区），所以人们通常认为用分配方式来描述协调步骤中的SFN业务区更合适。

4.4.2 规划方式

4.4.2.1 指定性分配规划

以前，欧洲的地面电视规划（以及大部分其他广播）是通过指定性分配会议实施的。在指定性分配规划中，需要用很多单个台站规划来准备规划会议。

在指定性分配规划中，我们将一个具体的信道指定性地分配到一个单个发射机站位置，该发射机站的位置具有传输特性（例如辐射功率、天线高度等）。在指定性分配规划完成时，我们会知道所有发射机的位置和特征，并且不需要进行进一步协调而将发射机用于业务。

指定性分配规划是基于一种网格结构，当我们假定所有的发射场地具有相同的特征时，该指定性分配规划适用于地面数字电视。这并不意味着台站特征是一成不变的。例如，ST-61协议[4.12]允许出现一些变化，因此我们对规划做出过很多修改和增补。

指定性分配规划为每个台站提供了一个频率，并且在指定性分配规划进程完成的时候，我们会得知规划区域中的发射机的位置和特征。可以不需要进行进一步协调而将发射机用于业务。

出于实践方面的原因，在区域性规划进程（例如在2006年的区域性无线电通信大会上）中，通常规定台站的辐射功率下限。接下来，规划中包含了辐射功率位于限值以下的台站。例如，在GE06中，将甚高频台站的下限设定为50W，将超高频台站的下限设定为250W。

4.4.2.2 随机分配规划

近年来，人们已开始重视在地面广播大会获取随机分配的可能性，特别是因为由单频网提供的机会。当一个国家没有关于使用具体发射机站的计划且希望在未来做出一些灵活改变时，随机分配可能也适用于多频网规划。

在随机分配规划中，我们将一个特定的信道“交给”一个主管部门在一个确定的区域（称作分配区）中提供覆盖区。规划所需的参数有分配区、分配的信道与干扰可能性。在规划的过程中，我们无法得知发射机站及其特征，当把分配转换成一个或多个指定性分配时，才应当确定发射机站及其特征。

因此，为贯彻落实该规划，必须确定一些合理、现实的参考传输条件（该等条件表示可能产生的潜在干扰），以便计算必要的兼容性。这称作参考网络，附件A1.3提供更多有关参考网络的详细考虑。

随后的分配规划展现了特殊区域中使用的频率，但未具体说明将该频率指定性分配到哪些台站。

4.4.2.3 随机分配规划与指定性分配规划之间的关联

一个指定性分配规划包含自其建立之日起的详细发送数据，因此，该规划可在其生效之后立即得以执行。然而，接下来针对网络做出改变需要与相关的邻国共同协调。

可以通过将其覆盖区域做简单近似可以将一个指定性分配的覆盖区映射到一个随机分配。然而，指定性分配规划方法隐含定义了一些覆盖形式。

要实施一项随机分配，有必要将随机分配转换成单个发射的指定性分配。我们通常是在规划大会之后对发射机的详细技术特征进行规划，但如果有必要，我们也可在大会期间对该等特征进行规划。每个随机分配可能包含几个发射机（形成一个单频网），也可能，在最简单的情况下，仅包含一个发射机。如果外来干扰没有超出方案所规定的随机分配的范围，那么，由随机分配的定义可知，我们可能不经协调而对多个发射机或单个发射机进行修改。

我们有必要在此强调，随机分配不是必须作为与“国家覆盖”或单频网相关联的唯一的、可能的网络结构。最近有关T-DAB的规划已经显示，随机分配可作为规划小的或甚至很小的区域的可行方法。

4.5 广播网络覆盖

当计算广播网络的覆盖面时，我们需要考虑不同的因素。本章节介绍了其中的主要因素，并考虑了这些因素对网络覆盖面产生的影响。

本章描述的方法可用于计算无干扰情况下DTTB业务的覆盖区域以及由于受到干扰而减少的覆盖区域。在计算保护容限而非有用场强时，须考虑干扰产生的影响。

与传播有关的术语定义可在ITU-R P.310建议书[4.13]中查找。

然而，在模拟系统中，当接近覆盖区的边缘时，会出现性能下降，数字系统的“悬崖边缘”失效特征是指，即使预测和测量之间存在很小的错配，也会导致预测的和实际的覆盖面之间出现巨大差异。

针对预测方法与规划软件的改进，ITU-R BT.2137报告“数字地面电视广播（DTTB）网路覆盖的预测方法和规划软件”[4.14]也提供了关于预测的和测量的信号电平之间的对比结果的简要概述（如主管部门的报告所述）。

4.5.1 传播模型

对DTTB覆盖面进行评估，需要使用无线电波传播模型。选择何种方法，取决于业务区的地面高度数据的可用性、以及干扰发射机与覆盖面之间的传播路径的地面高度数据的可用性。

ITU-R P.1546建议书[4.15]中可找到当前推荐的用于DTTB的传播预测方法。该方法提供地面点对区域场强预测值，该等预测值是基于实验数据的统计分析。本建议书的附件6提供了用于本建议书中的应用程序的详细的分步工作程序，该程序总结如下：

- 首先，对于1 kW的有效发射功率和包含冷海与暖海⁸的温带来说，我们以图形格式和基于计算机的表格形式提供了50%、10%和1%时间内和50%位置上，500米×500米的任何区域中的一系列超限场强值。这些值适用于一定的标称频率、一系列的发射天线高度和一定的接收天线高度，并用于陆地和海洋路径方案。
- 第二，用于插值、外推法和校正的一般程序允许沿着混合的了陆地/海洋路径、以其他频率进行场强预测计算；一般程序也可用于其他天线高度、时间百分比、位置百分比和区域大小、以及其他气候区。[4.15]中的附件6的表4列举了能有效地用于该方法的输入参数及其限值，因此可以针对以下参数范围进行预测：
 - 频率范围30-3 000 MHz；
 - 路径距离1-1 000 km；
 - 时间百分比1-50%；
 - 位置百分比1-99%；
 - 有效发射高度达3000 m。

位置变异性指局部地面覆盖变化，而非指整个路径变化或多路径变化。可以在有或无地面高度数据库的情况下使用该种方法。如果该种数据可用，便可以计算对流层散射的校正以及接收位置（包括短城区/郊区路径）周围的不同类型局部杂波的校正，并且可提升预测的精确度。

- 最后，[4.15]的第17节的附件5呈现了一种方法，该方法用于将已计算出的1 kW有效辐射功率的场强转化为同等的基本传输损耗。

⁸ 有关冷海/暖海分类的信息可见ITU-R P.620建议书[4.16]。

为提升预测精确度，在地面高度数据可用的情况下，可以使用ITU-R P.1812建议书[4.17]中的方法而非[4.15]中的方法。相关内容总结如下：

- 首先，通常在500米×500米的区域范围内，如果基本传输损耗不超过所要求的年度时间百分比 $p\%$ 以及位置百分比50%，可以使用[4.17]的第4.2-4.6节的附件1中的方法（即由视距传播引起的基本传输损耗、通过衍射和对流层散射进行的传输、管道/层面反射以及将这些传输机制结合使用）来求基本传输损耗。
- 第二，[4.17]的第4.7-4.10节的附件1描述了有关程序，对（在城乡区域的）终端杂波影响、位置变化影响以及建筑物入口损失影响做出了解释。这些程序比[4.15]中的更加精确，且这些程序是基于地形高度数据。为获取[4.17]中的附件1 表4中表示的参数，我们需要进行路径剖面分析。路径剖面是根据[4.17]的附件1附件1中说明的程序、以地形高度数据为基础建立的。传播方法具体至路径，所以使用该种方法的点对区域预测是由一系列的点对点预测组成的，在该等预测中，接收位置一致分布在国家覆盖面上。点的数量应当大到足以确保业务区的路径变化的准确定性。对该方法在点对面覆盖范围和干扰预测中的最实际应用，该假设意味着可以使用数字化地形高度数据库，涉及有关一致测地数据的纬度和经度，从中可通过自动方法提取出地形剖面。ITU-R P.1058建议书附件1[4.18]针对应当包含在地形数据库（地形高度与建筑配置）中的信息的类型提供了指导。[4.17]的附件1表1中列举了能够使该种方法有效运行的其他输入参数及其限值。我们以从ITU-R P.452建议书[4.19]中的Deygout建造基础上的方法来计算衍射损耗。我们发现该方法有一定局限性。更多关于衍射的信息详见ITU-R P.526建议书[4.20]。
- 最后，第4.11节的附件1提供了表达式，将基本传输损耗与1 kW有效辐射功率的场强（dB $\mu\text{V/m}$ ）联系起来。

这两种方法都提供了位置变异性校正，该等校正指接近于正态分布的局部地面覆盖变化的空间统计[4.15]、[4.17]。由于局部反射和折射，它们不需要考虑多径变化，我们应在移动和便携接收中考虑这些方法。这些效应的影响将随系统不同而不同，取决于带宽、调制和编码方案。在ITU-R P.1406建议书[4.21]第3节的附件1中提供了有关这些效应建模的指南。此外，对于由影子培训变化引起的接收机较慢衰落，这里比[4.15]和[4.17]中的研究更加精确。针对农村和城市地区以及小面积范围（即局部地面覆盖），我们提出了一种由于影子培训引发的路径损耗的统计估计方法（该方法是基于测量）。在这两种情况下，估计都服从对数正态分布。在[4.21]的附件1第4节，根据信道脉冲响应（CIR）分析，给出了由短距离和长距离散射体引起的延迟扩散的计算程序。在第5.1节的附件1中，给出了去极化效应值和时间与频率变化的指导。在第5.2节的附件1中，描述了由于天线位置引起的负高度增益效应。在第5.4节的附件1中，描述了理论移动天线增益与测量天线增益之间的不匹配。

可以通过植被（特别是树）引起的衰减而引发的附加修正方法（如ITU-R P.833建议书[4.22]中所述的可用的方法）而更加精确地计算土地覆盖衰减。

对于由不同的建筑材料引发的建筑入口损失变化以及由建筑引起的多径效应，见ITU-R P.1238建议书[4.23]。

先前版本的ITU-R P.370建议书[4.24]现在未得到启用，且该建议书必须被本节中的经检验的传播研究方法所替代。请注意，GE-89 协议[4.25]在一些国家的一些频段中仍然有效。⁹除了在这些国家和频段（协议中给出的传播曲线仍然适用），其他国家和频段应当使用本节中的传播方法。

综上所述，所推荐的DTTB场强预测方法是由三个互为补充的ITU-R建议书构成：[4.15]、[4.17]和[4.21]。然而，在特定情况下，还可以使用其他方法：

- [4.15]的附件8中描述了在城市的環境使用的**Okumura-Hata**方法，与所推荐的方法进行了比较。虽然该方法的使用范围已延伸至郊区和农村地区，但该方法最适合在移动无线电通信的应用程序中计算城市小区域覆盖率。可以在以下参数范围内进行预测：频率范围100-1 500 MHz；路径距离达20 km，延伸至100 km；发射天线高度30-200 米；接收天线高度1-10米。该方法不使用地形数据，它只考虑发射天线的有效高度和地面接收天线高度。
- **COST-231（或Cost-Hata）**方法是Okumura-Hata方法的扩展版，用于高达2 000 MHz的频率。此外，该模型仅适用于发射天线高于附近建筑物屋顶的情况，它也允许低于Okumura Hata的移动天线高度。
- **COST-231 Walfish Ikegami**方法是最适合计算城市小区域覆盖率，在该种方法中，可以用到建筑高度和布局数据，以便更精准地计算“街道峡谷”传播。
- **Longley-Rice分布不规则地形模型（ITM）**是用来预测在20 MHz至20 GHz频率范围内的一个链接的无线电信号的衰减。该方法是20世纪60年代为满足美国的电视广播中的频率规划的需要而设立，现今联邦通信委员会仍将其用于电视广播频率规划。其利用地形剖面图作为一个功能的范围开发相对自由空间的衰减，明确地解释了三个主要传播机制：视距（可能带有弥漫、地面反射）、地形衍射和对流层散射。异常传播，由于管道/层面反射和其他很少发生的现象，是间接占通过无线电气候和时间变异性规范而产生的。由于Longley莱斯分布不规则地形模型（ITM）是一个实证模型，考虑到（用户）指定的时间的分位数、位置和情况（即可信赖程度），实际路径长度所需的衰减是通过拟合法获取的，该方法是基于从预测中值参考衰减中得到的经验观察的标准偏差。更多细节详见[4.26]。

大多数方法都可以通过软件来实现。有些主管部门已经提供了这些软件，因此有些软件是免费的。

ITU-R BT.2137报告[4.14]呈现了各国的经验，包括为使规划模型误差最小化而引进的国家规划工具。

为完成覆盖率计算，在进行场强预测时应考虑到一些实际问题：

- **天线：**ITU-R BS.1195建议书[4.27]定义了甚高频（VHF）和超高频（UHF）频率的发射天线特性。有关VHF频段的ITU-R BT.419建议书[4.28]和ITU-R BS.599建议书[4.29]中定义了假设的固定接收天线图。对于便携式和移动接收机，ITU-R BT.1368建议书[4.30]第4节的附件5中提供了天线增益典型值。

⁹ GE-89在47-68 MHz的频段（该规划限于以下使用54-68 MHz频段的国家：博兹瓦纳、布隆迪、莱索托、马拉维、纳米比亚、卢旺达、南非、斯威士兰、刚果、赞比亚和津巴布韦）仍有效；且对于无线电规则中的No. 5.252中列出的国家（该等国家使用230-238 MHz和246-254 MHz频段）来说也有效。

— **要求：**（在ITU-R BT.1368建议书[4.30]和ITU-R BT.2033建议书[4.31]中有详细介绍。）

- 最小可用场强（MUFS）和C/N。ATSC DTV、DVB-T、DTMB以及ISDB-T固定接收系统的MUFS值可在[4.30]中查看，DVB-T2的MUFS值可在[4.31]中查看。[4.30]中也呈现了室外和室内便携接收和移动接收的DVB-H和ISDB-T手持系统的C/N值。ITU-R BS.1114建议书[4.32]提供的S/N值可用于T-DMB¹⁰系统。
- 受到数字或模拟的无用信号干扰的数字或模拟的有用信号的保护比可在[4.30]（关于ATSC DTV、DVB-T、DTMB与ISDB-T系统）和[4.31]（关于DVB-T2系统）中查看。因此，结果“覆盖可能性”结合了两种可能性：某一（组合）有用信号的场强可能超出正常范围、以及某个所需的载干比（考虑到所有干扰）超出正常范围。由于场强时间变化，在某些情况下，必须在不同的预期接收位置以规定时间百分比接受干扰的风险。
- 多径。数字系统实现延迟扩展的机制。然而，如果延迟扩展值超过符号持续时间，则会发生符号间干扰，从而导致更高的比特误编码速率。另一方面，局部反射也能在一定程度上具备填充深影的有益效果，并且系统是为容忍短延时反射而设计。
- 多普勒频散阈值可以导致覆盖范围内的移动接收机的速度限制，以便有更好的接收效果。

4.5.2 发射场地与系统变体之间的相互依赖性

数字地面广播部署可以使用现有的站点、新站点或将两者组合使用。这在某种程度上取决于数字地面广播变体的选择和要使用的频段。在一些国家，它打算使用类似于数字的模拟站点，这将对能够成功部署的系统变体产生一些影响。与之相反，在其他国家，运营商可能会选择充分利用OFDM作为新型服务，如便携式室内覆盖，但这也可能对必要的站点基础设施产生影响。

因此，发射场地之间的间隔距离，以及所需地点的数量，将因国家而异，并将取决于系统变体、接收模式（固定、便携式或移动）、国家规模和边界状况。对于地面数字广播，发射场地之间的间隔距离可能从30 km到125 km不等。

在一个使用适当的数字地面广播标准的单频网（见第4.7节）中，发射机之间的分离距离影响保护间隔的选择，从而限制了网络的最大规模。间隔距离和有效高度影响有效辐射功率（e.r.p.）。相反，如果需要一定的最大保护间隔（例如，为了数据容量最大化），这极有可能影响最大的发射机间隔距离。

在单频网中，使用“密集网络”可以提供基于间隔距离远（例如，60 km以上）的大功率发射机的网络的一些优点。特别是在区域单频网中（也有的在国家单频网中），可以考虑各种形式的密集网络，在密集网络中，所有发射机使用同一信道，但与单一的发射机服务一个区域所需的有效辐射功率相比，这些发射机所需的有效辐射功率较低。对于数字地面广播来说，“分布式发射”可以通过使用位于相对规则的网络上的小功率的、同步的单频网发射器，在整个业务区提供所需的场强，或使用信道中继器从主发射机接收广播之外的信号，来改进主发射机的覆盖率。在后者的情况下，中继器不需要任何进一步的时间同步，并且不需要并行的主传送基础设施来将信号带到信道中继器上。

¹⁰ T-DMB是T-DAB的视频变体。

此外，可能由于地形或建筑杂波或，可以在覆盖率不够的区域使用局部高密度单频网来实现大规模单频网。最后，他们通过引入一个更明显的场强滚降，在业务区的边界减轻同信道干扰的影响。这可以通过对发射天线方向性进行适度开发来实现。

例如，可以设想发射机拓扑，在发射机拓扑中，业务区的中央部分被一个大规模的单频网覆盖（带有大间距的大功率发射机），但在边界附近安装了一个更密集的发射网络（该网络的有效辐射功率低、带有低高度定向天线）。这允许根据业务区的轮廓对有效辐射功率进行“剪裁”，减少对相邻区域的干扰且保持有用区域内的高服务可用性。该技术可以用于国家单频网的边界之间。

4.5.3 发射天线辐射方向图

发射天线将具有全向或定向模式。对于位于国家边界的发射站或海岸线上的发射站、或邻近国家边界或海岸线的发射站，最好使用定向天线在预期业务区外部减少干扰。这将减少相关频段的复用距离，并保护其他电视台的覆盖范围。这对大中型发电站尤其适用，一般而言，它会更有效地利用频谱。

波束倾斜是一种有效的工具，适用于有效高度超过100米的天线，能够以大功率站的辐射功率覆盖区域的外部为目标，同时减少大距离范围内干扰的可能性并适用于航空服务。

4.5.4 影响频率间隔距离的因素

频率间隔距离对建立包含几个国家或地区的较大区域所需的频率块或信道的数量有重要影响，每个频率间隔距离都有自己的方案在一个频率块或信道中传输。

由沿着边缘地带分布的发射机（该发射机使用指向向内（即在一个封闭的网络中）的定向天线）服务的覆盖区，与由使用非定向天线（即在一个开放的网络中）达到的相等的覆盖区相比，会导致较短的频率间隔距离。在具有大量海的传播路径的情况下，间隔距离将大于仅有陆地路径的间隔距离。

4.5.5 信道模型

电磁波通过介质来传播，该等介质显示其物理性质的随机变化，而且信号可能经历多径衰落现象，从而使在业务区接收到的场强具有时间和空间的波动，这可以通过不同的统计分布来描述。

高斯：在该信道模型中，只有白高斯噪声（AWGN）被添加至信号中，并且只有一个路径。ITU-R P.1057建议书[4.33]中描述了该种类型的信道的统计特性。

对数正态分布：此分布为对数存在高斯分布的正数变量分布。对数正态极为不均匀。对数正态分布经常与传播相连，主要是针对与功率、场强电平或时间相关的参量。功率或场强电平通常仅用 dB 表示，这样有时对对数正态分布的参考不过是正态分布参考。不建议如此使用。对时间而言（例如衰减时长），由于自然变量为秒或分而不是其对数，所以可永远明确地使用对数正态分布。该种传送在[4.33]中有所描述。

瑞利分布：当信号是多径引起的多个独立衰落分量之和时，可以用瑞利分布[4.33]来表示。该种信道对于在嘈杂的城市环境中运行的移动服务来说很普遍，在该种环境中，没有非视距发射机可用于便携式室内或室外接收条件。在前一种情况中，接收信号是众多独立衰落分量之和，并可用瑞利分布表示。此种信道对在城市杂波环境中工作的窄带蜂窝移动业务而言，是一种典型的频段，它与发射机间不存在视距传播。

莱斯分布：莱斯信道是用来描述嘈杂的城市环境中的固定、室外屋顶天线接收的条件。莱斯信道的情况是，接收信号的分量之一，例如与发射机视距路径相关的分量，在多径衰落的时间范围内功率保持恒定。换句话说，该模型适用于具有确定部分和多个随机部分的信号。一个典型的情况可能是点对点的连接，在该种情况中，整体信号衰落可以通过Nakagami-Rice分布分布[4.33]来模拟。

我们已经创建行人室内（PI）和行人户外（PO）来描述手持式接收，并在[4.30]中对PI和PO进行了定义。

分集信道模型：MISO信道、MISO瑞利信道和莱斯MISO信道是用于第二代DTTB系统（该等系统在发射机中实施分集技术）。

我们可以通过接收端的到达信号的振幅和时间延迟对某一信道模型的信道冲激响应（CIR）进行统计定义。可从CIR中提取出一些描述传播信道的参数，见ITU-R P.1407建议书[4.34]。对于高数据速率系统，可能需要更详细地了解CIR，将光线追踪或光线发射技术与高分辨率建筑数据的应用相结合。

4.5.6 最小C/N和保护比

4.5.6.1 概述

用于一个新的广播服务的推出的频率规划是基于传输系统的两个主要参数：达到给定的交付服务质量目标所需的 $C/N_{\min}$ 以及保护比PR。 $C/N_{\min}$ 表示一个量，在这个量中，有用信号电平 C 必须超过噪声电平 N ，以便达到预期的接收质量。PR描述了一个量，在这个量中，有用信号电平 C 必须超过干扰信号 I ，以便达到预期的接收质量。 $(C/N)_{\min}$ 也称作术语‘所需C/N’或有时直接称作‘C/N’。在后者的情况中，必须从上下文中得出确切的含义。

引进数字广播电视系统意味着重新考虑规划程序，以便考虑到这些系统的不同举措，并需要更加清晰地解释这两个相关参数。

4.5.6.2 对传输信道的依赖性

地面传输信道的特征取决于接收位置、接收天线和时间上的随机变量。事实上，回声的数量、它们的振幅、延迟和相位因地点而异（也因时间而异）。因此，在每个位置，信道的频率响应是不同的。即使回声延迟在保护间隔内，系统所需的输入 C/N 也取决于信道的特征。回声的存在会在信号带宽内产生频率选择性衰减（缺口），其深度取决于回波幅度。系统对信道特征敏感的原因是，槽口使一些OFDM载波（在噪声电平不变的情况下）严重衰减，增加了它们的未编码误编码速率。使用强大的内码（例如，编编码速率1/2、2/3或3/4）可以通过其他载波携带的信息恢复衰减载波的信息。因此，使用这些编码速率降低了系统对信道特征的敏感度。高斯信道和瑞利信道之间的噪声余量损失可以在2到9 dB之间，这取决于回波特征和内部编码速率。

OFDM可以利用多个回波的功率，即由于 C 贡献的功率总合，在接收端输入的可用 C/N 增加，但同时接收机性能会降低（所需的 C/N 增加）。这两种效应的结果是，可以有一个网络的性能增益或损耗（带有多径接收和单频网的贡献）。除了低编码速率模式（例如编编码速率1/2）外，单视距贡献（高斯信道）可以提供比两个0 dB回波（瑞利信道）更好的全局性能。相反，当0-dB回波数目大于2，所需的 C/N 不进一步增加，且全局性能根据可用的 C/N 的增长而改进。可将类似的考虑用于无用信号发出的干扰（即用于保护比PR）。

4.5.7 覆盖范围定义

4.5.7.1 概述

建造新的数字地面网络的主要问题是，对业务区面积和所覆盖的人口进行评估。这些评估是通过估计有用信号电平和干扰信号电平来进行的。在该种情况下，相关规划参数有所需的载波-噪声比和保护比，该等参数会在噪声和干扰方面对系统的敏感度进行考虑。

据了解，一旦信号电平下降，载波噪声比（ C/N ）或载波干扰比（ C/I ）会降到一个给定的最小值，图像就会完全消失，信号电平进一步降低至小于1 dB。这种情况通常被称为“数字系统的快速失效特性”，且场强的极限值被指定为所需的最小场强。如果在数字电视中使用与模拟电视相同的覆盖定义，这将意味着50%的地点将不在业务区边缘¹¹或任何由局部障碍引起的信号减少的区域附近。因此，由于只有50%的接收到图片的位置是明显不可接受的，因此必须选择较高百分比的位置，以便允许在满意的数量的位置接收，并配有标准接收装置。数字电视传输通常引用从70到99%的值。

所选择的确切值取决于目标服务质量水平，所以从一个国家到另一个国家，甚至从一个给定的国家中的一个广播电台到另一个广播电台，这个值都会有所不同。然而，在建议的覆盖定义中，选择的位置百分比的值为70%、95%和99%。

在这种考虑下，用于模拟电视覆盖评价的一些简单工具并不完全尽如人意，需要我们进行更复杂的计算。

总的来说，数字服务接收面临多信号环境、多个干扰信号以及SFN中的多个有用信号。为了评估有用和无用的场强度，必须结合每个信号。由于信号强度是用统计量来描述的，所以必须结合统计。

基本上，位置和时间统计都属实。然而，我们通常以不同的方式对它们进行处理。我们在适当的时间百分比中，使用表列场强传播曲线来考虑时间统计。利用场强分布来处理位置统计信息。

4.5.7.2 位置统计

4.5.7.2.1 单个接收位的置覆盖范围

对于一个被数字广播服务覆盖的接收位置，我们知道，在一个值 $C/N_{\min}$ 中，有用信号电平 C （用dB表示）要高于噪声电平 N 。可以用以下条件表示（用dB表示）：

$$C > C/N_{\min} + N$$

以同样的方式，要克服干扰带来的影响，在一个值（该值是保护比 PR ，用于该种特殊类型的干扰信号）有用信号的电平必须高于干扰信号的电平 I 。也可以用以下条件表示（用dB表示）：

$$C > PR + I$$

¹¹ 术语“边缘”意思是覆盖区域和未覆盖区域之间的过渡。这些“边缘”可能出现在于覆盖区域的外边界，也可能出现于未覆盖区域（该种未覆盖区域存在于整个区域中）的边界，“边缘”通常是有用信号路径上的局部障碍物导致的。

$PR + I$ （保护比+干扰信号场强）之和通常称为有害场。在实际应用中，也可能需要考虑接收天线对于干扰信号的鉴别：

$$C > PR + I - Ad$$

Ad 是干扰信号方位角中的接收天线鉴别。

在实践中，有用信号必须满足两个条件，可以表示为：

$$C > C/N_{\min} + N + PR + I - Ad$$

对于超过一个有用的和多于一个无用的信号的情况，接收条件可以表示为：

$$\Sigma PC > P(N + C/N_{\min}) + \Sigma P(PR + I - Ad)$$

其中：

ΣPC : 有用信号功率和

$P(N + C/N_{\min})$: 噪声等效功率+所需 C/N

$\Sigma P(PR + I - Ad)$: 有害场功率和。

4.5.7.2.2 小区域覆盖

在实际情况中，为应用前面的公式并精确地确定覆盖区域，不可能知道每个接收位置的实际场强值。唯一可以衡量的数字是小区域（通常为 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ ）中的场强平均值。这样一个小区域中的变化通常称为长期衰落或阴影衰落。

然后，问题是知道一个给定的小区域是在一个覆盖区之内还是覆盖区之外，并计算在这些区域中接收效果良好的概率。这个概率表示在小区域内能够接收到令人满意的信号（即，所需功率大于或等于噪声和有害功率之和）的接收位置的百分比。我们将一个小的区域视为被覆盖的区域，因此属于覆盖区域—如果概率高于某个给定的阈值，例如70%，90%或95%。下面将更详细地讨论这一问题。

我们正在使用每种类型的干扰信号的噪声电平和保护比的适当值（该值是用于场强，是随机变量）计算概率。场强预测使用ITU-R P.1546建议书[4.15]中给出的预测模型或使用地形数据银行的预测模型，给出了有用信号和无用信号的场强的平均电平。

但是，由于有用的和有害的功率是随机变量，只有通过它们的平均值和标准偏差才能知道，前一节给出的公式不能仅适用于有用的和有害的功率的手段。我们需要参考场强分布的数学模型，利用数学方法获得多个随机分布信号的组合结果。下面将对此进行更详细的讨论。

在此上下文中必须提及的另一个问题是，每个传播模型都受到预测误差的影响，该预测误差进一步增加了统计成分。预测误差从单个传播模型到下一个传播模型。通常我们将阴影衰减和预测误差一起处理，并且假定场强的应用标准偏差包含这两种效应。

4.5.7.2.3 传播预测及其统计背景

地面广播信号通过发射机和接收机之间的大气传播。传播信道的特征引起了统计时间的变化和场强的统计位置变化。与位置变化相比，有用场的时间变化通常非常小。我们将这些统计数据的变化纳入知名传播模型如ITU-R P.1546建议书[4.15]。

在讨论接收场强的统计数据时，有用信号的变化是在一个小区域内确定的，其中信号具有一个平均值和围绕该中值的对数正态变化类型，具有已知的标准偏差。标准偏差的这个值通常在3到6 dB之间变化。对于数字广播服务的规划，通常使用5.5 dB的值。此值中具有有效性的区域必须具有合适的大小。换句话说，这个区域不能“太大”或“太小”。通常，它的大小是100米×100米。一个大小合适的区域将被称为一个“试验区”或“像素大小”。

作为一个说明性的反例，对场强的区域从发射机站点向外同心圆100 km一定有一个标准的偏差超过5.5 dB的测量。这将不是一个试验区。同样地，如果该区域仅包含几个紧密相邻的点，则位置标准变化将小于5.5 dB。

必须牢记的是，统计传播模型提供的场强值不能给出特定点的信息，仅限于测试区域。例如，一个场强电平，X，在50%的位置可以达到（或超过）一个给定的天线有效高度和有效辐射功率发射机给定的距离；另一个（低）场强电平，Y，可以达到（或超过），例如，对于相同的传输条件相同的位置的99%。这个差异，X-Y，与标准偏差成比例，并且代表了在测试区域内测量时，大多数场强值都会分布的范围。没有任何信息，即测试区域内的个别位置/点接收的场强等于指定的场强电平，或个别位置/点接收场强超过指定场强的场强。

如果发射机功率现在以固定的量（例如，3 dB）增加，那么接收到的场强将在每个位置/点上增加（3 dB），并且在更多位置/点之前的场强将等于或超过指定的场强水平（X或Y）。但是仍然没有关于这些具体地点/地点的信息。然而说场强已经在所有的考虑的位置/点提高3 dB，或指定的场强电平（X或Y）达到或超过在更高比例的位置/点（分别高于50%或99%），这样的说法是有一定道理的。

4.5.7.3 时间统计

干扰场的时间统计是根据1%的时间传播曲线¹²的计算值而定的，而有用场计算则基于50%（或99%）时间传播曲线。通常情况下，对数字广播服务的覆盖计算处理不执行更详细的时间统计。实际上，甚至没有方法达到该种目的。在某种程度上，至少对于有用信号，这种方法是合理的一事实上，距离较短（小于100 km）的时间变化要比位置变化小得多。

关于信号总和，自干扰场被视为“正常”无用的信号。使用的1%传播时间曲线，并且这些传播时间曲线被添加至SFN外部的可能干扰源。

4.5.8 最低接收条件

4.5.8.1 单个信号情况

单个（对数分布）的场强（该等场强是从一个发射器发出）的位置统计是通过一个正态分布来描述的，其特征在于由两个参数：均值和标准差。相应地，信号的功率通常是按对数常态分配的。

前面讨论了覆盖概率目标作为数字系统的规划参数的关键作用。这些目标图形与场强分布参数有关。50%覆盖概率由分布的平均值决定，对于较高（和较低）覆盖概率的计算，需要信号分布的平均值和标准偏差。

¹² 即干扰场强，超过1% 的观测时间。

在一个单一信号的情况下，从传播预测中知道分布参数，可以很容易地计算出满足更高覆盖概率的概率边缘，并且可以确定规划的最小中值场强。当涉及到一个有用场和一个无用场时，该方法可以适用于保护比的概率边缘。本章后面给出保护裕度的确切定义。

第4.5.7.2节中给出了最低接收条件的通用公式。在一个单一的有用信号和一个无用信号的情况下，这是（简化、忽略接收天线鉴别）：

$$C>C/N_{\min} + N + PR + I$$

在无干扰的情况下，我们将最小场强 $F_{\min}$ 定义为：

$$F_{\min} = C/N_{\min} + N$$

为保证接收质量，有用信号 C 必须超过 $F_{\min}$ ——一个正态分布的统计变量，由平均值 C_{mean} 和标准偏差 σC 来描述：

$$C>F_{\min}$$

或者，更精确地说：

$$P(C>F_{\min}) >p$$

在公式中， $P(A)$ 表示事件 A 和 p 的概率，即预期位置覆盖概率。根据给定的分布参数 C 和预期覆盖概率 p ，可以计算规划的最小中值等效场强（ $FMME$ ）：

$$FMME = F_{\min} + (\mu p * \sigma C)$$

$FMME$ 是规划参数，有用信号 C 的平均值 C_{mean} 必须超过 $FMME$ ，以便保证以预期的覆盖概率适当地接收信号。在数值 $\mu p * \sigma C$ 中， $FMME$ 大于 $F_{\min}$ 的情况叫做概率边缘。这是标准差和百分比因素 μp 的函数。下表4.1中给出了典型覆盖概率 p 的 μp 值。通常，概率裕度也称为传播裕度。

表 4.1
典型概率 p 的百分比因素

p	μp
0.50	0.00
0.70	0.52
0.95	1.64
0.99	2.33

当检测由一个无用信号（带有电平 I ）对有用信号（带有电平 C ）带来的干扰时，便存在类似的考虑。对于恰当接收，有用信号必须满足条件：

$$C>PR + I$$

或者，在统计形式中：

$$P(C>PR + I) >p$$

此表达式的评估为有用场的平均值 C_{mean} 提供条件：

$$C_{\text{mean}}>I_{\text{mean}} + PR + \mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}$$

由于两种信号都是统计变量，概率裕度 $\mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}$ 现包含有用信号与无用信号的两种标准偏差。当为有用信号和无用信号假设同样的标准偏差时（即当 $\sigma_C = \sigma_I = \sigma$ 时），概率裕度减至 $\sqrt{2} * \mu p * \sigma$ 形式。

由于已知有用场和无用场的标准偏差（它们是场强预测模型的输出参数），在单个信号情况下，可以计算概率裕度，并将其用作一般的有效规划参数。

如第4.5.7.2.1节中表明，噪声和干扰的联合处理包含统计求和元素，因此我们在下一章中对其进行讨论。

4.5.8.2 多个信号情况

原则上，上一章所描述的相同的最低接收条件也适用于多信号环境。然而，目前有用信号和无用信号的统计总和使得对覆盖率的评估更加复杂。多个干扰信号的配置在许多广播情况下都是众所周知的，而多个有用信号是单频网络的一个特定方面。

当遇到多信号情况时，就不能经过推理知道所得到的信号分布的参数。平均值，特别是标准偏差，很大程度上取决于所考虑信号的特定组合。因此，最小场强和概率裕度不再具有固定值，而是根据单个单场强的数量、强度和传播而变为变量。然而，可以确定两个总趋势。首先，合成信号的平均值大于单个均值的算术和，其次，合成信号的标准偏差小于单个信号的标准差。在有用信号的情况下，这两个事实产生了所谓的“网络增益”效应。

下面的例子可能会让人们认识到场强总和效应的重要性。如果在接收位置的贡献场的强度相等，则可以获得最大的统计网络增益。在例如，三个单一信号的情况下，它大约等于6 dB，并降低了在该位置按此量进行规划的最小中值场强。如果三个信号强度不相等，网络增益会在0到6 dB之间变化。以类似的方式，保护比的概率裕度被信号总和效应降低。实例表明，在单频网信号累加效应可能很大程度上影响数字服务的覆盖范围。

文中已指出，信号总和效应增加了平均值，并且与非统计处理的结果相比，降低了所得信号分布之和的标准偏差。这是一个重要的发现，因为它提供了将非统计处理的结果作为初始规划估计上界的可能性。考虑到一些额外的实现裕度，当没有关于网络发射机特性的详细信息时，它们就构成了规划的适当基础（例如在制定分配计划时）。

另一方面，详细的计划（例如真正实施发射机网络）必须考虑信号总和效应。最小场强度和保护比的概率裕度不再形成合适的规划参数。它们必须被更基本的覆盖概率目标所取代。

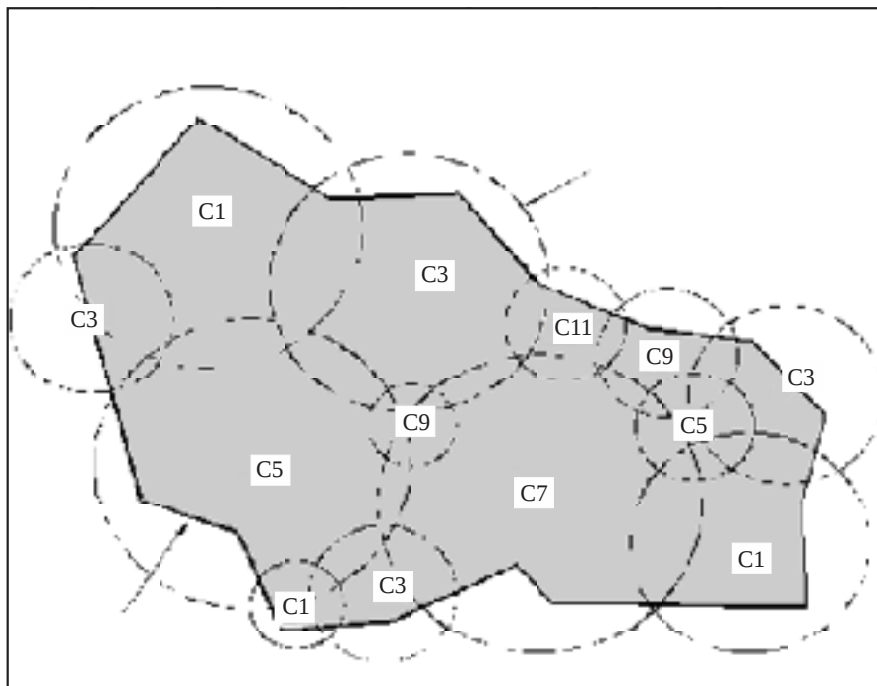
由于网络的增益是单频网络的一个基本的特征，第4.7节对该方面进行了更详细的讨论。

4.6 MFN中的网络规划

多频网络（MFN）是一个网络，该网络为每个发射机分配一个不同的频率，即N个发射机使用N个频率信道。多频率的使用避免了发射机之间不可接受的同信道干扰，虽然在大多数实际网络中，频率通道不够用的情况只有一次，所以总的来说，频率的重复使用有足够的距离不会造成不可接受的干扰（见图4.1）。

图4.1

多频网 (MFN)



DTTB-04-01

已在美国、加拿大、大韩民国和墨西哥得以采用的ATSC系统，是ITU-R BT.1306建议书[4.2]中描述的唯一单载波系统，且人们将该系统作为MFN来实施。ATSC v3.0采用多载波技术，所以这个限制被取消。

MFN概念也可用于多载波数字电视地面广播系统，如DVB或ISDB。在从模拟到数字广播过渡过程中，它可能特别有用，因为现有模拟网络基础设施的大部分也可以重新使用，特别是用于固定接收，允许观众重用现有的接收天线和馈线系统。在模拟和数字服务共存的过渡时期，特别是在首次引入数字服务时，重要的是不要把不必要的实施负担放在观众身上。

MFN计划在这种情况下有用，因为固有的假设是，现有的模拟服务，可能在一个国家的人口占很大比例，将继续使用数年，而模拟站将在这段时间内发生相对较少的变化。特别是，在模拟网络中很可能不会出现广泛的信道或站点变化。因此，新的数字电视地面广播网络需要交织在模拟通道的过渡时期。然而，在一些模拟站可能引入有限数量的信道变化，甚至站点更改，这可能会对数字站和服务的实现机会产生重大负面影响。

一些单频网，包括大功率的主要台站，可能无法提供完整的覆盖。小功率的中继器站（间隙填充）可以使用与相同的频率相关的主站完成覆盖（如部分单频网，SFN）或在多频网中单独作业。单频网是一个选项，可以帮助在模拟网络结构中完成复制。

MFN的一个优势是网络的施工方便，因为不需要数字发射机之间的同步（在SFN中需要），可能因此降低设备和建设性预算。另一个好处是，它可能更容易找到一些可用的频率为MFN模拟与数字电视同播期比找到一个适合广域SFN的使用频率。

4.6.1 规划程序

第1步：识别有用业务区

为DTTB系统确定有用的业务区非常重要。DTTB业务区将与被模拟电视广播系统覆盖的区域相同，这是很常见的现象。数字技术的一个优点是，在实现相同的覆盖区时，与模拟发射机相比，可能降低发射机的功率高达16 dB（取决于选择的数字电视地面广播传输模式）。

第2步：接收模式

地面数字电视广播系统是用于通过固定的（屋顶）天线或便携式接收机，甚至手持设备接收信号。所需的接收方式可能是地面数字电视广播服务的频率规划的最重要的驱动程序，所以必须在早期阶段考虑。

第3步：规划参数

由于地面数字电视广播系统的“悬崖边”的失败（即，它们在接收阈值上表现出接收质量的迅速恶化），通常，我们有必要确保它们能够适用于高百分比的时间和位置概率。例如，GE06协议[4.10]认为，服务必须能够用于99%以上的时间。位置（在该位置可以使用服务）的百分比取决于选择的接收模式。

应根据所需时间和地点概率、接收天线的高度和接收系统特征来确定最小可用场强。

因此，可以计算适当的发射功率，以使用给定的发射机天线增益覆盖有用的业务区。

在一个单一的频道（可能是6、7或8 MHz宽），地面数字电视广播系统所能提供的数据速率从4到40兆位/秒，这取决于选择的接收方式以及其他参数。一般来说，更宽的带宽提供更高的数据速率。

第4.8节在选择传输参数方面做了扩展。

这些内容在ITU-R BT.1306建议书[4.2]（用于第一代系统）和ITU-R BT.1877 建议书[4.3]（用于第二代系统）中有所介绍。

第4步：频率指定性分配

如果选择接收模式和所需的数据速率，则可以建立接收机所需的保护比。

然后，可以对候选频率进行测试，以确保在业务区的任何点上，接收机的保护比超过有用信号和无用信号之间的比率（ C/I ），并且确保新发射机不会对其他发射机造成不可接受的服务损失。如果满足这些条件，则候选频率可能适用于该站点。

如果没有，则应使用替代频率或修改后的发射机参数来重复计算，直到满足保护比标准为止。

请注意，不可能在业务区的每个点提供所需的覆盖范围，或者完全消除对其他的现有发射机的干扰。在这种情况下，在检查替代频率和传输参数之后，可能需要考虑使用次优频率分配。

第5步：协调

一旦知道了新的发射机产生了干扰，可能需要地面数字电视广播发射机之间的协调来减弱不可接受的干扰。这可能导致发射机的发射功率、天线增益、辐射模式和/或可能的重新定位发生变化。

有时可能需要两个或两个以上国家之间的协调。本手册第6章进一步描述了国际协调进程。

第6步：缝隙填充

虽然发射机建在高海拔地区，覆盖范围很广，但仍存在尚未发现的区域。此外，主发射机可能没有足够的场强用于室内或地下DTTB信号接收。这些阴影区域可以用低功率间隙填充物覆盖。在MFN系统中可能找到适当的频率来覆盖较小的阴影区域，因为如果使用低功率和低高度发射机，间隙填充物不太可能受到有害干扰。

4.6.2 规划参数

4.6.2.1 频率规划的参考接收系统

此建议书定义了作为VHF/UHF频段数字地面电视系统频率规划基础的各种数字地面电视系统的参考接收系统特性。ITU-R BT.2036建议书[4.35]中定义了第一代和第二代DTTB系统的特征。

频率规划的所有接收机特征分为两类：

- 适用于任何数字地面电视系统的接收机共同特性；
- 适用于特殊数字地面电视系统的接收机特征。

普遍的接收机特征包含以下几点：

- 接收机天线距离地面的高度（例如便携式接收的天线距离地面1.5米、固定屋顶接收的天线距离地面10米）；
- 接收天线的方向性（见ITU-R BT.419建议书[4.28]）；
- 接收机噪声数字（取决于频率 -6至10 dB，见ITU-R BT.2036建议书[4.35]）；
- 天线增益（取决于频率 -4至12 dB，见ITU-R BT.2036建议书[4.35]）；
- 馈线损耗（取决于频率 -1至5 dB，见ITU-R BT.2036建议书[4.35]）。

我们对第一代DTTB系统（DVB-T、ATSC、ISDB-T）和第二代DTTB系统（ITU-R BT.2036建议书[4.35]中的DVB-T2）的特征进行了定义。请注意，本建议书不包含DTMB系统接收机的特征。

4.6.2.2 最小场强与保护比

ITU-R BT.1368建议书[4.30]中描述了第一代系统的规划标准和保护比，ITU-R BT.2033建议书[4.31]中描述了第二代系统的规划标准和保护比。ITU-R BT.2052建议书[4.36]中对保护标准进行了定义，该标准是关于在VHF/UHF频段中使用手持式接收机的移动接收的地面多媒体广播系统。

在第4章的附件2中，我们对各种实施方案进行了探讨，从而考虑典型的接收装置，得出最小可用场强。

定义保护比，需要考虑干扰的性质。ITU-R BT.2382号报告[4.37]提供了该种综合信息。

4.7 单频网中的网络规划

4.7.1 概述

单频网（SFN）通过使用多个运行在同一频率、携带相同内容的发射机提供所需的覆盖范围。我们通过使用多载波正交频分复用（OFDM）调制技术，在单一的频率配置中运行DTTB网络¹³，使得一个以上有用的射频信号（多径免疫）的接收（和建设性的组合）成为可能。

在一个单频网中，覆盖区内的多个接收位置可以由一个以上的发射机来服务。在这种情况下，它引入了一定程度的冗余信号接收，并可以提高服务可用性。由于传播路径上存在障碍物而引起统计变化，来自单个发射机的场强在统计上存在波动，特别是在便携式和移动接收中。这种场强的变化可以通过从接收机看到的不同方向的几个发射机来减少，因为当一个源被遮蔽时，另一些源很容易被接收。这方面的一个单频网产生了“网络增益”，我们在接下来的章节中对其进行了详细探讨。SFN可以在其覆盖面提供一个更同类的场强分布，该种场强分布比单个发射机覆盖的同样的区域中的场强更加同类化。

在单频网络中，网络的所有发射机都使用同一频率。它们具有共同的覆盖面，不能独立运行。我们在图4.2中对其进行了描绘，描述了信道C1上运行的带有10个发射机的单频网。图片显示了发射机的业务区和共同覆盖面。

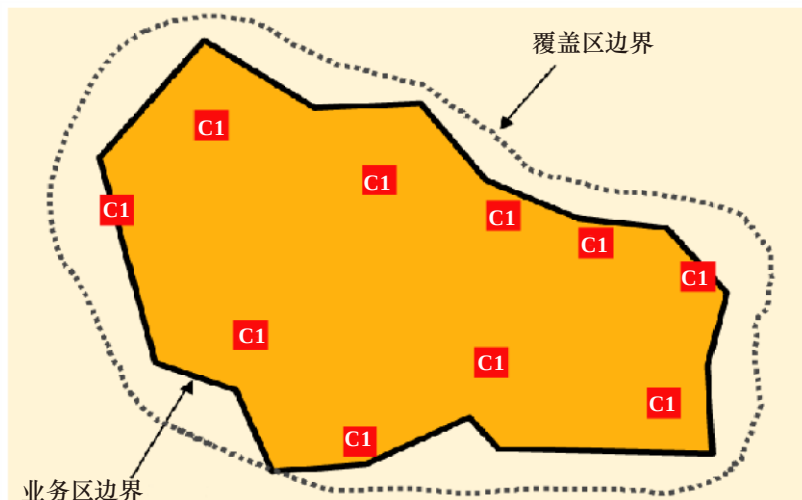
在一个单频网中运行时，从单个发射机发射出的信号应当满足以下几点：

- 在时间上同步（或有精确控制的延迟）；
- 表面上从频率上是连贯的（在几个Hz之内）；
- 经相同的比特流调制的。

网络应当用于尽力减少自干扰和利用单频网中的其他发射机产生的有用信号。到达接收机的信号之间的延迟取决于单频网中的接收机和不同的发射机之间的传播路径长度的不同；延迟时间可从几十至几百微妙，这取决于发射机间隔距离和单频网的每个发射机上设置的单个延迟的实际实施情况。

¹³ 除了ATSC。见第4.6节。

图4.2
单频网 (SFN)



DTTB-04-02

单频网络可以通过两种理论结构之一来实现。一个称为“开放”网络，另一个称为“封闭”网络。假定这两种类型的网络在覆盖区域边界提供最小期望场强：

- 在开放网络中，我们没有办法采取措施来减少对覆盖区外部区域的辐射电平。在极限的情况下，一个开放的网络只能由一个全向发射机组成。
- 在封闭网络中，覆盖区以外的区域的辐射电平被故意减少而不会减少预期区域的覆盖范围。这可以通过在覆盖区外围附近的发射站使用定向天线来实现。

在一个真实的网络中，要实现大面积覆盖，发射机之间可能有相当长的距离。如果将这样一个网络设计成一个封闭的网络，那么它在覆盖区域以外的某个距离上所产生的干扰就小于将它设计成一个开放的网络产生的干扰。这样做的原因是，干扰的程度主要取决于距离所考虑的方向中的覆盖面的边界最近的发射机产生的辐射功率。

然而，在覆盖一个小区域的封闭网络中，与所考虑的方向相反的覆盖区域一侧的发射机的辐射功率相对于在大面积的封闭网络中向外发射干扰电平的贡献更大。因此，在小覆盖区域边界附近的发射机上使用定向发射天线，比覆盖较大区域的网络带来的好处要小一些。这至少可以通过使用诸如光束倾斜等技术来减轻。

据此，对于覆盖范围较大的区域，封闭网络的间隔距离一般小于开放式网络区域之间的间隔距离。对于较小的覆盖区域，封闭网络的间隔距离可以接近于开放网络。

现实中存在提供大面积覆盖的几种单频网的变体，虽然这几种变体在外观上有更多不同之处。主要的区别在于发射场地之间的间距。一个极端情况是，一个基于现有的场地的网络可能已经或仍被用于模拟服务，场地可能相距80 km或以上。另一种极端情况是，在一个密集网络中，发射机之间的间隔只有10或20 km。实际上，任何真实的网络都可能由这两种情况的一些元素组成。即使是以现有的或以前的模拟站站点为基础的网络，也可能需要一些中继站，而相邻站点之间可能有相对较小的间隔。相反，密集网络很可能存在一些“鸿沟”，因为人口密度太低，建造发射站不合算。

4.7.2 频谱使用的灵活性

SFN配置允许灵活地使用频谱。例如，网络最初可以用来为固定屋顶天线提供覆盖，但后来可以在不需要附加频率的情况下得到开发，通过增加辅助发射站来提供移动或便携式服务。

单频网的另一个灵活之处在于，广播运营商可以自由地使用新台站来改进现有的网络中的覆盖面，而无需使用额外的频谱。

4.7.3 DTTB系统参数对单频网性能的影响

一方面，单频网的一个好处是，提高频谱的利用率并且使频谱规划不再那么复杂；但另一方面，必须仔细确定系统和规划参数。

首先要选择适当的网络拓扑。有两种方法在原则上是可能的：高塔高功率（HTHP）或低塔低功率（LTLP），它们之间有一定的范围。通常，对广播内容的分布来说，HTHP方法比较实用，该方法允许重新使用现有的发射场地基础设施。其次，需要定义预期覆盖目标和接收模式。

这些决定了系统参数的选择，这些系统参数在DTTB系统之间有所不同（详细信息见第9章）。

作为一个例子，在一个DVB-T2单频网的情况下，第一步是根据单频网的物理尺寸或单频网的发射机内部间隔距离选择保护间隔的长度，没有其他的设备拥有比保护间隔更大的发射机间隔距离，这取决于实际考虑的因素例如地形、传播和系统的鲁棒性等。除了选择保护间隔的长度，还需要确定保护间隔的分数。关于保护间隔的分数，需要考虑FFT尺寸（FFT尺寸与接收方案（固定屋顶接收、便携式接收或移动接收）相关）。在固定屋顶接收的情况下，使用较大的FFT似乎是可取的，因为这将减少保护间隔分数并增加可用容量。在便携和移动接收的情况下，需要考虑较小的FFT尺寸（如16k、8k或甚至是4k），特别是当多普勒是一个限制时，在移动接收方面要考虑较小FFT尺寸。调制方式的选择决定了比特率（容量），但它对系统的鲁棒性也有很大的影响；提供更多容量的高阶调制方案更为脆弱。此外，在DVB-T2中还有几个可用的离散导频模式（PP），PP1至PP8。如尼奎斯特极限给出的情况，导频模式的选择会决定到达保护间隔外部的延迟信号的性能。超过此奈奎斯特限制意味着信道均衡是不正确的，即使符号间干扰（ISI）的比例很小（更多详情见附件2）。

ITU-R BT.2386报告—数字地面广播：单频网络（SFN）的设计和实施[4.38]中可以找到关于SFN的更完整的信息，此报告中描述了很多实例，目的是为想要部署该种网络的单位提供设计和实施方面的经验和指导。

4.7.4 网络增益

在一个单频网中，多个接收位置可以由一个以上的发射机覆盖，从而在信号源中引入一定的冗余电平并提高服务的可用性。这种改进在便携式接收中尤其重要，即来自单个发射机的场强因为在传输路径中出现故障而显示统计变量。这种场强变化可以通过处在不同方向的几个发射机来减弱，因为当一个源被屏蔽时，另一个可能很容易被接收。这就是所谓的“网络增益”。由于定向接收天线的使用，固定接收的网络增益的好处可能是有限的，但对于其无用的接收站点和较复杂的接收天线而言，对于便携式接收更为重要。

由于网络增益，SFN可以以较低的功率来运行，且与MFN的场强分布相比，SFN的场强分布更加均匀。尤其是当设想便携式接收时，SFN方法似乎是为更大的区域提供满意覆盖范围的最佳选择。

ITU-R SM.1875建议书[4.39]包含下列网络增益描述：

“如在保护间隔内能接收到SFN内多个有用发射机发射的信号，就可提高接收质量，并降低每个发射机的最小有用场强。但网络增益并不是所有可接收到的发射机有用场强的叠加。而只是增加了从其它方向接收到比只从单个发射机接收到的更好的信号的概率。

网络增益是SFN和MFN内同一位置概率所需的接收场强的差异。

在SFN内，发射机数量的增加能使覆盖区内场强的分布更均匀。场强值的标准偏差 σ 更低。”

示例：根据国际协议，某系统类型的最低中值场强 E_{med} 为61.3 dB(μ V/m)。根据定义，这适用于50%的位置概率。在SFN中，位置概率为95%的最小有用场强 E_{min} 为66.7 dB(μ V/m)，而在MFN中为70.3 dB(μ V/m)。那么网络增益为3.6 dB。

4.7.5 自干扰

我们将在保护间隔的时间宽度内接收到的SFN中的所有信号的功率视为有用功率，并且这些功率对总可用信号功率而言是有用的。在保护间隔之外，只有一部分回波功率与主信号的同一OFDM符号（作为初始信号）相关联，因此对总有用信号功率有积极作用。

回波功率的另一部分与先前或以后的OFDM符号与程序相关联，并产生符号间干扰。因此，当信号延迟逐渐超出保护间隔时，有用的贡献减少，符号间的干扰增加。

这就在单频网上强加了两种限制。首先，对于一个给定的接收位置，主要的贡献信号通常来自附近的发射机。为了保证这些贡献的建设性，它们之间的时间间隔不能超过保护间隔，这意味着相邻的发射机必须在它们之间的距离上保持一定的上限。

其次，即使附近的发射机保持了最大距离，在网络上更遥远的发射机可能具有破坏性。为使相关的自干扰发射机的数量保持在较小的状态，可能存在单频网的最大延伸区域（该延伸区域不可超越）。

自干扰的重要性、由此产生的相邻发射机之间的最大间隔距离以及是否具有单频网业务区的整体最大延伸，这取决于所选择的保护间隔、系统对自干扰的敏感程度（由网络中的相关的C/N值以及发射机密度来决定）。

在一个较大的单频网中，可能很难对网络进行规划，因此，与附近的发射机发出的信号相比，距离接收机很远的发射机发出的信号通常电平较低。这种困难在加剧，原因是：

- 必须以很小的百分比（通常为1%）的观测时间计算遥远的发射机发出的信号电平，以确保该接收受高百分比（通常为99%）的观测时间的保护，并且
- 便携式和移动接收机的接收天线是非定向的。

在一个大的单频网中，可能遥远的发射机发出的信号的传播延迟可以将发射机置于更多局部的保护间隔之外。这种效果可以通过在某些固定的参考点上推动或延迟某些发射机的传输时间来减弱。对于大型、复杂的单频网，对相关的发射机定时进行详细计算是一个工具，可以用来减少自我干扰，从而优化网络覆盖。

4.7.6 发射机同步

为了一个单频网的正常运行，网络中所有发射机需要彼此同步。这个要求在频率和时间域都是正确的。

4.7.6.1 频率同步

数字发射机的频率精度需要非常稳定。为了尽量减少任何偏移，所有发射机都应锁定到参考源，例如GPS的时间信号。

4.7.6.2 时间同步

为了减少符号间干扰，可以调整从网络的每个发射机（特定发射机定时）发射特定信号帧的时间。这种延迟的优化允许附近的和遥远的发射机发出的信号到达保护间隔内的接收机，因此该种优化具有积极作用而非消极作用。可以将相关的发射机定时调至参考点之前或之后。

然而，在任何情况下，网络的每个发射机的信号传输时间都需要引用到时间基准。还需要考虑服务内容的分布，以便在同一时间段内，无论是否需要延迟，都发送相同的数据帧。在一个大的（例如国家的）网络，内容信息到达发射机的情况可能会有很大的变化。一种选择是使用卫星分发将内容信号直接传送到网络站点。另一种方法是对每个发射机输入提供可变的缓冲，并将其连接到定时基准。

在一个小的单频网（即不大于信号可在保护间隔中穿行的距离的直径），没有必要该网络归还的因素。

当最初设计网络配置时，规划人员需要预测每个发射机的有用覆盖率和干扰电位。这些预测应在有用服务的观测时间为1%和干扰信号的观测时间为50%的情况下进行。随着相对定时延迟设置为零，可以导出整个网络的覆盖范围。在这一点上，可以计算每个发射机对单频网造成的整体干扰。

一般来说，这将是最高功率分配（将造成最大的干扰），并且应当首先注意该种分配。然而，调整低有效辐射功率的场地定时会在它们的业务区周围产生极大的覆盖增益。

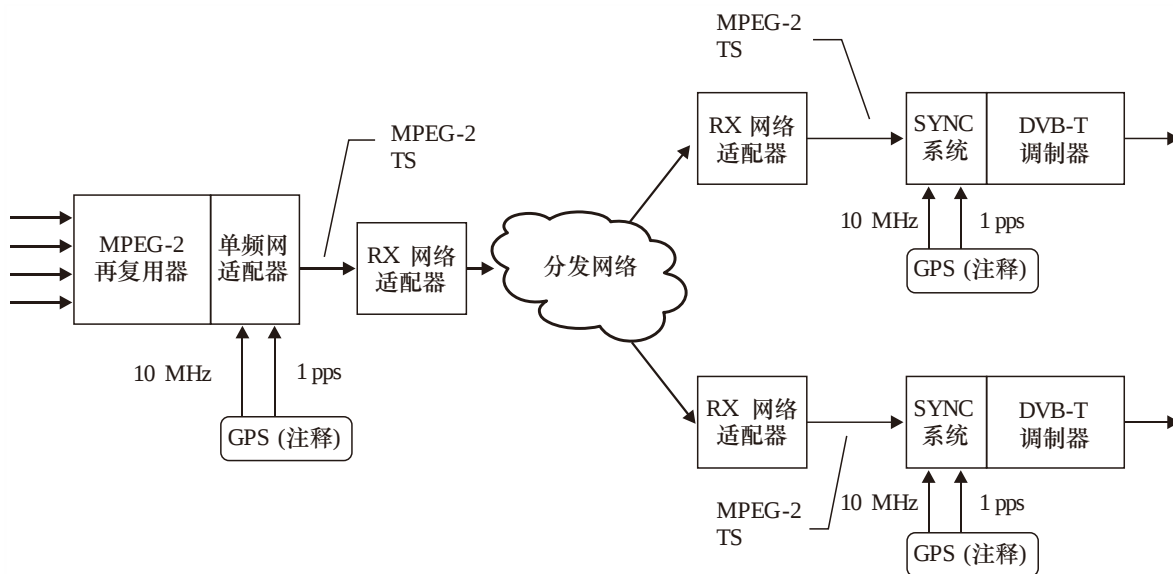
一旦识别出具有破坏性的发射机，便可调节网络定时并重新计算干扰。应当注意，不能调节造成最大干扰的发射机，原因是该种变化可能在网络中的不同部分产生问题。调节较小的场地可能是更好的办法，以便在远处的大功率场地的保护间隔中接收信号。

还应该考虑接收机FFT窗口如何影响预测覆盖率。然而，由于制造商不愿透露他们的接收机操作细节，所以很难给出一般性指导。常见的同步策略在[4.40]中有讨论。

当一个MPEG-2传输流被分发到网络的发射器，可以使用一个单频网的网络适配器调整传输延迟。如图4.3中所示的例子（选自ETSI技术规格TS 101 191数字视频广播（DVB）[4.41]），Tx网络适配器的目标是产生一个MPEG-2巨帧，并在上一个GPS脉冲和巨帧开始时间之间插入MIP（传送时间偏移量的巨帧识别包）。Rx网络适配器搜索MIP，并在将MPEG-2传递至OFDM调制器和二级分配网络之前引入所需的延迟。

图4.3

带有网络适配器的DVB-T单频网传送



DTTB-04-03

4.7.6.3 同步损耗效应

如果允许发射机因漂移而与网络其余部分不同步，它将成为网络其余部分覆盖区域的干扰源。这对于非同步发射机业务区边缘来说，相当一个没有覆盖的区域，也成为“模糊区”。当发射机频率进一步漂离网络其余部分时，模糊区将逐渐增大。值得注意的是，在接收场强高且距离漂移发射机较近处接收信息时，不太可能受到影响。当基于中断接收的观众报告时，这会导致故障探测困难。

4.7.7 信道上的中继器

一个信道上的中继器（也称作同频转发设备）是一种装置，该装置以一个特定的VHF/UHF频率接收地面数字电视广播传输，放大接收的信号，并以相同的频率再次传输。该中继器是用来通过单频传输的方式来扩展现有网络的覆盖范围，而不需要额外的发射机。与普通发射机相比，中继器的主要优点是更易于部署、成本更低。

由接收、放大和传输这个全过程引发的延迟明显短于使用数字电视模式的保护间隔（也就是说，典型延迟为 $5\mu\text{s}$ ），以便接收机可以从一个发射机和一个信道上的中继器接收信号且不受干扰，但需要处理推定的信号增量。

但是，在部署此类中继器方面存在障碍。所发送的信号可以反馈到中继器的输入端，从而产生反馈环路，该环路产生两种问题：设备的传输函数中产生纹波，以及设备不稳定性（这是最差的情况）。为了克服这些问题，必须在接收天线和发射天线之间进行足够的隔离，或者在中继器中使用一些回波消除技术（这会增加复杂性，从而增加成本）。

4.7.8 系统参数的选择

实现数字电视地面广播网络的方法不是唯一的，且系统参数的选择基本上取决于网络要求。第4章附件2包含用于不同方案（该方案用于DVB、ISDB、DTMB和ATSC网络）实施的参数的例子。

有关DTTB网络实施的例子也可在下列文件中查找：

- ITU-R BT.2140报告 – 模拟地面广播向数字地面广播的过渡[4.42]
- ITU-R BT.2254报告 – DVB-T2的频率和网络规划方面问题T2 [4.43]
- ITU-R BT.2294报告 – ISDB-T DTTB接力台站网络构建技术[4.44]
- ITU-R BT.2343报告 – 在DTT网络上进行的超清晰电视现场试验大全[4.45]
- ITU-R BT.2385报告 – 减少地面广播系统的环境影响 [4.46]
- ITU-R BT.2386报告 – 数字地面广播：单频网络（SFN）的设计和实施[4.38]

第4章附件1

GE06协议中的参考规划配置和参考网络

A4.1.1 概述

DTT技术考虑到各种各样的实施配置。为了对这些配置进行分类，在GE06计划会议上定义了所谓的参考规划配置¹⁴。这些在A4.1.2节中有描述。

GE06协议[4.10]预计在分配计划条目和任务计划条目的基础上规划DTT实施。分配和任务在4.2.6和4.2.7节以及第4.4.2节中有更详细的描述。

对于分配计划条目，给出发射机特性，而分配计划条目由所谓的参考网络表征。参考网络在第A4.1.3节中讨论。

在GE06“最终法案”附件1 [4.10]中可以找到任务和分配计划条目特征所需的详细数据。

A4.1.2 参考规划配置示例（适用于DVB-T）

DTTB网络计划用于不同的主要接收方式。因此，规划配置（RPC）可以根据接收方式和频段进行分组。

接收方式分组如下：

- 固定接收；
- 便携式户外接收，移动接收和低覆盖质量便携式室内接收；
- 更高覆盖质量便携式室内接收。

由于接收天线高度的差异，适用于固定屋顶天线接收的最小有用场强不适用于移动和手持便携式接收。因此，专用于固定屋顶，便携式，移动或手持便携式的广播网络需要不同的架构。

参考频率：

- 200 MHz (VHF)；
- 650 MHz (UHF)。

DVB-T的参考规划配置总结在表A4.1.1中。

¹⁴ GE06会议同意在其规划范围内仅考虑DVB-T，因此本文给出的参考规划配置和参考网络是针对DVB-T设计的。非常相似的概念可以用于其他DTTB系统，只需稍作修改即可。

表A4.1.1
DVB-T参考规划配置

RPC	RPC 1	RPC 2	RPC 3
参考位置概率	95%	95%	95%
参考C/N (dB)	21	19	17
在 $f_r = 200$ MHz时参考 $(E_{med})_{ref}$ (dB(μ V/m))	50	67	76
在 $f_r = 650$ MHz参考 $(E_{med})_{ref}$ (dB(μ V/m))	56	78	88

$(E_{med})_{ref}$: 最小中值场强参考值

RPC1: 固定接收的RPC

RPC2: 用于便携式户外接收或低覆盖质量的便携式室内接收或移动接收的RPC

RPC3: 用于便携式室内接收的更高覆盖质量的RPC

对于其它频率，表A4.1.1中参考场强值可按下列规则添加定义的校正系数调整：

- $(E_{med})_{ref}(f) = (E_{med})_{ref}(f_r) + \text{Corr}$;
- 对于固定接收， $\text{Corr} = 20 \log_{10}(f/f_r)$ ，其中 f 是实际频率， f_r 引用表A4.1.1相关频段参考频率；
- 便携接收和移动接收， $\text{Corr} = 30 \log_{10}(f/f_r)$ ， f 是实际频率， f_r 引用表A4.1.1相关频段参考频率。

表A4.1.1给出的RPC的参考参数（位置概率，C/N，最小中值场强）与特定的DVB-T系统变体或真正的DVB-T网络实施无关；相反，它们代表了大量不同的实际实施。例如，一个用于移动接收的DVB-T服务可能使用一个位置概率为99%的真实实施参数和一个C/N为14 dB的加固的DVB-T变体。然而，该服务将由具有95%的参考位置概率和19dB的参考C/N的RPC 2表示，而不限用于移动DVB-T接收的“真实”服务设施的可能性。

注 – 对于DTT的固定的屋顶和便携式（室内或室外）接收模式，通常将目标接收可用性或位置概率设置为95%。这个水平被认为足以（相比之下，历史上用于模拟电视规划的50%目标水平）提供高于场强的最低要求水平的足够空间，以便用于规划的小型接收区域（见第4.5.7.2.3节）中大部分（正好95%）的位置达到超过最小值的水平。与模拟电视相比，数字电视这个更高的目标是由于数字信号质量下降到最低水平时的悬而未决的影响，而模拟电视经历逐渐退化，并且仍然会提供可辨识的图像和声音，甚至接收到低于最低值水平。

其余5%的位置将接收到低于最小值的DTT场强，并且原则上不会有任何接收（悬崖效应）。然而，通过在接收设备中进行一些调整，可以恢复这些位置的接收。这包括例如稍微移动接收天线以获得场强的局部峰值或安装较高增益天线。这只有在室内或室外接收固定（屋顶）或便携式（固定式）时才有可能。

对于移动接收，考虑到在接收机可以移动的几乎所有位置都需要确保接收，所以不可能在移动中操作上述调整。因此，为位置概率设置初始较高目标数据是明智的。通常，将位置概率的99%的等级设置为用于移动接收的DTT网络规划中的目标。

用于每个RPC的位置校正系数计算的标准偏差如下：

- 对于RPC1和RPC 2: VHF和UHF中为5.5 dB；
- 对于RPC3: 在VHF中为6.3 dB，UHF中为7.8 dB。

A4.1.3 参考网络示例（适用于DVB-T）

A4.1.3.1 一般考虑

已经设计了四个参考网络（RN），以覆盖DVB-T网络的不同实施要求。

为了确定参考网络的功率预算，天线高度和功率被调整为使得在服务区域的每个位置处实现期望的覆盖概率。

调整网络功率预算的方法是使用噪声限制的基础，已知这种频率效率不是很高。为了克服这个缺点，参考网络中的发射机的功率增加了3dB的值。（见表A4.1.2至表A4.1.5。）

对于参考网络中发射机的有效天线高度，使用150 m作为平均值。

已经为参考网络选择了开放的网络结构，因为假设真正的网络实施通常将类似于该网络类型。服务区域被定义为比由外围发射器形成的六边形大15%的六边形。然而，为了顾虑到具有非常低的干扰电位的网络实施，还引入了具有半封闭网络结构的参考网络。（参见第4.1.1.3.5节中的参考网络4）

在某些情况下，参考网络的干扰电位明显高估了实际网络实施的干扰电位，例如，参考网络的标准几何形状与实际服务区域的特定形状有很大不同。在这些情况下，主管部门可采用双边协议的适当方法，更好地建模参考网络的干扰潜力。

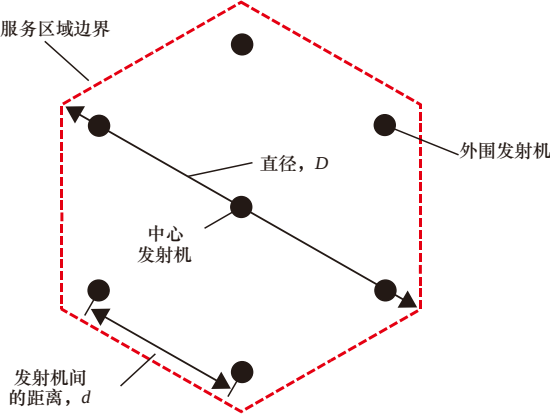
A4.1.3.2 参考网络1（大型服务区域SFN）

该网络由位于六角形点格的中心和顶点处的七个发射器组成。已经选择开放网络类型，即，发射机具有非定向天线模式，并且服务区域假定超过发射机六边形约15%。网络的几何形状如图A4.1.1所示。

该参考网络（RN 1）应用于不同情况：固定（RPC 1），室外/移动（RPC2）和室内（RPC 3）接收，频段III和频段IV/V。

RN1用于大型服务区SFN覆盖。假定具有适当有效天线高度的主发射机站被用作这种类型的网络的主干网。对于便携式和移动接收，由于自干扰降低，此SFN覆盖类型的实际服务区域的大小限制在150至200 km，除非使用非常坚固的DVB-T系统变体或密集网络概念。

图A4.1.1
RN 1（大型服务区域SFN）



DTTB-04-01-01

表A4.1.2
RN1的参数（大型服务区域SFN）

RPC和接收类型		RPC 1 固定天线	RPC 2 便携式户外和移动	RPC 3 便携式室内
网络类型		开放	开放	开放
服务区域的几何结构		六边形	六边形	六边形
发射机数量		7	7	7
发射机格子几何结构		六边形	六边形	六边形
发射机间的距离d（km）		70	50	40
服务区域直径D（km）		161	115	92
Tx有效天线高度（m）		150	150	150
Tx天线类型		无定向	无定向	无定向
e.r.p. (dBW)	频段III	34.1	36.2	40.0
	频段IV/V	42.8	49.7	52.4

注 – e.r.p.在频段III中为200MHz，在频段IV/V中给出650MHz；对于其他频率（MHz中f），要添加的频率校正参数为RPC 1为 $20 \log_{10} (f/200 \text{ 或 } f/650)$ ，对于RPC 2和RPC 3为 $30 \log_{10} (f/200 \text{ 或 } f/650)$ 。erp该表中所示的值包含3 dB的附加功率裕度。

对于保护间隔长度，假定8k FFT模式的最大值 $1/4 T_u$ 。SFN中发射机之间的距离不应严重超过等于保护间隔持续时间的距离。在这种情况下，保护间隔持续时间为224 μ s，相当于67 km的距离。RPC1发射机之间的距离为70 km。对于RPC 2和RPC 3，70 km从视角功率预算点的距离太大。因此，选择发射机之间距离较小的值，RPC2为50 km，RPC3为40 km。

A4.1.3.3 参考网络2（小型服务区域SFN，密集SFN）

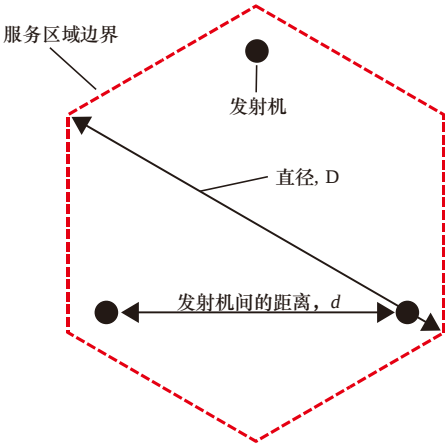
网络由位于等边三角形顶点的三个发射机组成。已经选择开放网络类型，即发射机具有非定向天线方向模式。服务区域假设为六边形，如图A4.1.2所示。

该参考网络（RN2）用于不同情况：固定（RPC1），室外/移动（RPC2）和室内（RPC3）接收，用于频段III和频段IV/V。

RN2用于小型服务区域SFN覆盖。假定具有适当有效天线高度的发射机站可用于这种类型的网络，并且预期自我干扰限制很小。典型的服务区域直径可以是30到50 km。

也可以用这种密集的SFN覆盖大型服务区域。然而，需要大量的发射机。因此，尽管设想了一个密集的网络结构，但由RN1代表大的服务区域似乎是合理的。

图A4.1.2
RN 2（小型服务区域SFN）



DTTB-04-01-02

在RN2中，在RPC2和3的情况下，发射机间距离为25 km。因此，可以使用 $1/8T_u$ （8k FFT）的值作为保护间隔，这将增加可用的数据容量，相对于使用 $1/4T_u$ 保护间隔。自从固定屋顶级接收由于接收天线的方向特性而对自身干扰不太敏感，所以相同的保护间隔值对于RPC1也是可行的，其距离在40km的发射机之间更大。

参数和RN2功率预算在表A4.1.3中给定。

表A4.1.3
RN 2参数（小型服务区域SFN）

	RPC 1 固定天线	RPC 2 便携式户外和移动	RPC 3 便携式室内
网络类型	开放	开放	开放
服务区域的几何图形	六边形	六边形	六边形
发射机的数量	3	3	3
发射机格子的几何图形	三角形	三角形	三角形
发射机间的距离 <i>d</i> (km)	40	25	25

表A4.1.3（结束）

		RPC 1 固定天线	RPC 2 便携式户外和移动	RPC 3 便携式室内
服务区域直径 D (km)		53	33	33
有效发射天线高度 T_x (m)		150	150	150
发射天线类型 T_x		无方向性	无方向性	无方向性
有效发射功率 (dBW)	频段III	24.1	26.6	34.1
	频段IV/V	31.8	39.0	46.3

注 – 有效发射功率分别针对频段III中的200 MHz，频段IV/V中的650 MHz；对于其他频率（ f ，单位为MHz），要添加的频率校正参数对于RPC1为 $20 \log_{10} (f/200 \text{ 或 } f/650)$ ，对于RPC2和RPC3为 $30 \log_{10} (f/200 \text{ 或 } f/650)$ 。该表中所示的有效发射功率值包含3 dB的附加功率余量。

A4.1.3.4 参考网络3（针对城市环境的小型服务区域SFN）

参考网络3发射机格子几何图形（RN3）和服务区内的RN2的发射机格子相同。（见图A4.1.2。）

RN3是适用于不同的情况：固定（RPC1），户外/移动（RPC2）和室内（RPC3）接收，频段III和频段IV/V。

RN3是用于城市环境小型服务区域SFN覆盖。这与RN2相同，除了用于城市型高度亏损的数字的事实。这为RPC2和RPC3增加了SFN发射机所需的功率约5 dB。

RN3的参数和功率预算见表A4.1.4。

表A4.1.4

RN3参数（针对城市环境小型服务区域SFN）

RPC和接收类型		RPC 1 固定天线	RPC 2 便携式户外和移动	RPC 3 便携式室内
网络类型		开放	开放	开放
服务区域几何图形		六边形	六边形	六边形
发射机数量		3	3	3
发射机格子几何图形		三角形	三角形	三角形
距离 d (km)		40	25	25
服务区域直径 D (km)		53	33	33
有效发射天线高度 T_x (m)		150	150	150
发射天线类型 T_x		无方向性	无方向性	无方向性
有效发射功率 (dBW)	频段III	24.1	32.5	40.1
	频段IV/V	31.8	44.9	52.2

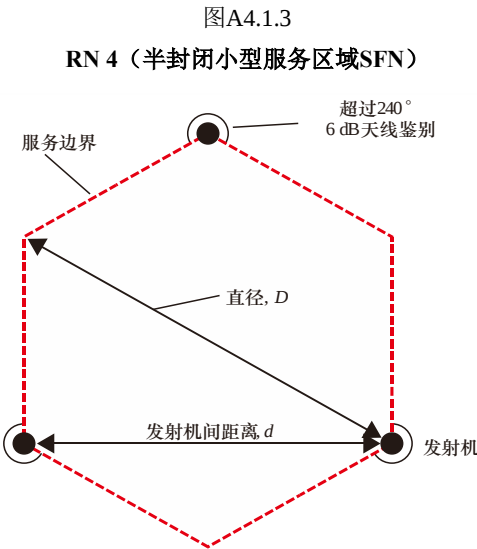
注 – 有效发射功率分别针对频段III中的200 MHz，频段IV/V中的650 MHz；对于其他频率（ f ，单位为MHz），要添加的频率校正参数对于RPC 1为 $20 \log_{10} (f/200 \text{ 或 } f/650)$ ，对于RPC 2和RPC 3为 $30 \log_{10} (f/200 \text{ 或 } f/650)$ 。该表中所示的有效发射功率值包含3 dB的附加功率裕度。

A4.1.3.5 参考网络4（半封闭小型服务区域SFN）

该参考网络（RN 4）适用于为了减少网络的传出干扰而进行关于发射机位置和天线模式的增加的
实施努力的情况。

除了发射机的天线方向图外，RN4的几何形状与RN2的几何相同，它们的出射场强度在240°以上
（即它是半封闭的RN）减小了6 dB。该RN的服务区如图A4.1.3所示。在指示的轴承处假设从0 dB到6
dB急剧转变。

RN 4适用于不同情况：固定（RPC 1），户外/移动（RPC 2）和室内（RPC 3）接收，用于频段
III和频段V/V。



DTTB-04-01-03

表A4.1.5

RN 4参数（半封闭小型服务区域SFN）

RPC	RPC 1	RPC 2	RPC 3
网络和接收类型	半封闭 固定天线	半封闭 便携式户外和移动	半封闭 便携式室内
服务区域几何图形	六边形	六边形	六边形
发射机数量	3	3	3
发射机格子几何图形	三角形	三角形	三角形
发射机间距离 d (km)	40	25	25
服务区域直径 D (km)	46	29	29
有效发射天线高度Tx (m)	150	150	150

表A4.1.5（结束）

RPC		RPC 1	RPC 2	RPC 3
天线模式Tx		定向型 超过240°减少6dB	定向型 超过240°减少6dB	定向型 超过240°减少6dB
有效发射功率 (dBW)	频段III	22.0	24.0	32.5
	频段IV/V	29.4	37.2	44.8

注 – 有效发射功率分别针对频段III中的200 MHz，频段IV/V中的650 MHz；对于其他频率（ f ，单位为MHz），要添加的频率校正参数对于RPC 1为 $20 \log_{10}(f/200)$ 或 $f/650$ ），对于RPC 2和RPC 3为 $30 \log_{10}(f/200)$ 或 $f/650$ ）。该表中所示的有效发射功率值包含3 dB的附加功率余量。

RN 4和RN 2之间的差异是输出干扰（干扰电位）。RN 4与RN 2相比具有较低的干扰电位。因此，当两个分配都使用RN 4进行计划时，相同频率可重复使用的距离较小。

这种较低的干扰电位与实现定向天线的实施成本增加之间存在权衡。当选择RN进行规划时，应该记住这一点。与RN 2相比，服务区的直径也有所减少。

RN4的参数和功率预算见表A4.1.5。

第4章附件2

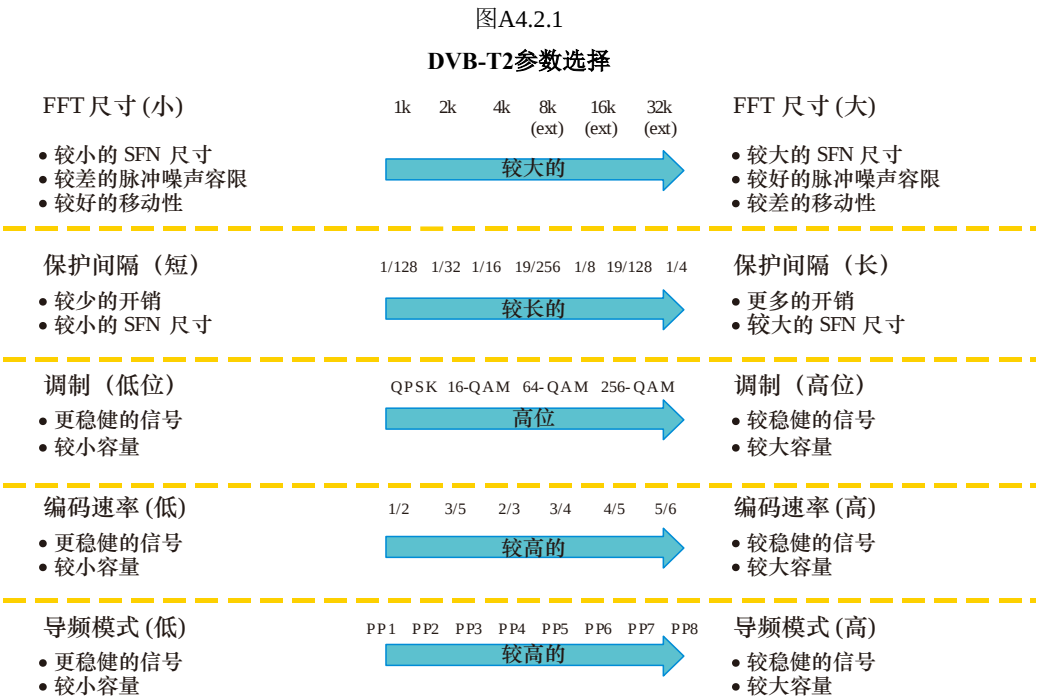
实例实施场景

实施DTTB网络没有唯一方式，系统参数的选择基本上取决于网络要求。本附件包含DVB-T2、ISDB、DTMB和ATSC系统的不同实施方案的示例。

A4.2.1 DVB-T2实施场景

DVB-T2提供了广泛的参数选择，不可能考虑所有可能的组合。本节考虑了DVB-T2的一些常见应用，并讨论了可能适用于每种情况的一些可能的参数集（更多信息请参见报告ITU-R BT.2254 [4.43]）。

图A4.2.1重点介绍了DVB-T2中可能设置的一些参数，并总结了这种选择对DVB-T2网络的影响。



DTTB -04-02-01

首先，描述了适用于固定屋顶级接收的若干场景。它们包括多频网以及单频网方法。

其次，描述了特别适用于便携式和移动式DTT接收的五种场景。五种情况都基于SFN方法，并且包括相对较大的保护间隔以最小化SFN内干扰并允许更大的发射机分离。由于预期这种模式特别容易受到多普勒退化的影响，所以32k FFT模式并不适用，因此可能不适用于移动和便携式网络。

参数基于ETSI规范和实施准则 – TS 102 831 [4.47], EN 302 755 [4.48]中给出的信息。 C/N 数字和各自的数据速率是根据ITU-R BT.2254报告[4.43]（第2.5段和附件2）所述的方法得出的。

在情景1和4中，还给出了用于比较的对应的DVB-T模式的参数。DVB-T的 C/N 值取自相应的ETSI规范，EN 300 744[4.49]，包括3 dB的实施余量。

A4.2.1.1 场景1：MFN屋顶接收和转变实例

这种情况可能适用于希望实施适合屋顶接收的大容量网络的国家。它还涵盖了一个国家希望从已建立的DVB-T网络转变到使用DVB-T2的情况。这种情况提供了一个例子，说明如何实现这种转变，同时纳入一些常见的实际考虑。

当然，在后一种情况下，最终用户必须获取一个新机顶盒或能够解调DVB-T2信号的电视机，因为DVB-T2不能向后兼容DVB-T。因此，在DVB-T和DVB-T2同播电视节目足够长的时间段是可取的。关于从DVB-T到DVB-T2转换的更多信息可以在ITU-R BT.2254报告[4.43]第6章中找到，其中除其他外，列出了与GE06直接兼容的DVB-T2变体[4.10]。

虽然DVB-T2可以改善或优化现有网络的覆盖范围，在许多情况下，认为现有网络的覆盖范围是足够的，因此，期望保持覆盖率不变，同时增加其容量，从而允许引入新的服务。在这种情况下，希望重新使用现有的基础设施，例如传输站，发射机，组合器和天线系统。以下示例将允许这种类型的转换具有最小的更改- 基本上是调制器升级的唯一要求。网络的传输端，否则不变，将保持基本上不变的覆盖范围。¹⁵

为了比较，提供了两组参数，一组用于DVB-T网络，另一组用于DVB-T2。重要的是，两组参数都产生类似的 C/N ，这意味着如果DVB-T网络的发射天线和功率保持在DVB-T2，则网络的覆盖范围基本保持不变。尽管对于DVB-T2情况，保护间隔分数大幅减少，但两组参数也表现出相同的保护间隔持续时间。再次，如果发射天线和辐射功率在两个网络中保持不变，则DVB-T网络的SFN定时将直接转换到DVB-T2网络，覆盖范围几乎没有变化。

表A4.2.1
MFN屋顶接收和转换案例

	DVB-T	DVB-T2
带宽:	8 MHz	8 MHz
FFT大小:	2k	32k
载波方式:	不适用	扩展
分散导频模式:	不适用	PP7
保护间隔:	1/32 (7 μ s)	1/128 (28 μ s)
调制:	64-QAM	256-QAM
编码速率:	2/3	2/3
C/N (莱斯信道):	20.1 dB	19.7 dB
产生的数据速率:	24.1 Mbit/s	40.2 Mbit/s

¹⁵ 配送网和其他相似细节变化尚未考虑。

A4.2.1.2 场景2：SFN屋顶接收，最大覆盖

这种情况旨在最大化SFN的覆盖范围，同时提供屋顶接收。在这种情况下，需要使用相对稳健的DVB-T2模式。取决于要使用的网络结构，发射机距离，辐射功率和地形，保护间隔的几个可能的长度是可能的。由于模式的相对较高的稳健性，对于非常大的SFN，可能会将保护间隔减小到1/16（224 μs） – 这将会增加容量。

表A4.2.2
DVB-T2 SFN屋顶接收、最大覆盖

带宽：	8 MHz
FFT大小：	32k
载波方式：	扩展
分散导频模式：	PP2
保护间隔：	1/8 (448 μs)
调制：	16-QAM
编码速率：	2/3
C/N（莱斯信道）：	11.6 dB
产生的数据速率：	16.7 Mbit/s

A4.2.1.3 场景3：SFN屋顶接收，中覆盖度

通常，可以识别DVB-T2参数集的两种不同选择：

- 其中DVB-T2要取代现有的，服务于中等大小区域DVB-T SFN，比如直径为100 km。这也是GE06计划中典型规模分配地区。
- 需要创建一个“无限”尺寸的大面积DVB-T2 SFN。在这种情况下，由于SFN自身干扰，将难以使用DVB-T。

由于DVB-T2现场测试的结果限制，为SFN案例明确选择编码速率还为时过早。有两个主要候选：代编码速率3/5和2/3。这里提出的场景是在2/3代编码速率的使用基础上，这提供了更高的容量。

在这些情况下，建议使用32k FFT尺寸。应该指出，32k主要针对固定屋顶接收，由于它对多普勒的敏感性。32k模式也适用于便携式室内接收还有待确认。这意味着在需要提供屋顶和室内接收的情况下，16k模式可能更合适。这将导致更高的GI部分使用，并因此降低容量以实现所需的保护间隔持续时间。

A4.2.1.4 场景3a：有限区域SFN的屋顶接收

在这种情况下，保护间隔的选择将与使用8k FFT的现有最长DVB-T模式（224 μs）相同。然而，在这种情况下，由于32k FFT的可用性，DVB-T2将允许使用较低的GI部分（1/16），以便实现容量最大化。在某些情况下，“新”GI部分19/256（266 μs）的使用也可以是一种选择，以便在使用1/16时改善SFN自身干扰的情况。

应该指出的是，对于屋顶接收的情况，SFN自干扰效应可能不如使用全向接收天线的移动或便携式情况那么大。在某些情况下，这可能允许将GI部分进一步降低至例如1/32（112 μs）。

对于大面积SFN，原则上也可以使用19/128（532 μs）GI部分，但初步结果表明，为避免“无限”大SFN中的自干扰，448 μs的GI是足够的。

表A4.2.3

DVB-T2有限的SFN屋顶接收

带宽:	8 MHz
FFT大小:	32k
载波方式:	扩展
分散导频模式:	PP4
保护间隔:	1/16 (224 μs)
调制:	256-QAM
编码速率:	2/3
C/N（莱斯信道）:	20.5 dB
产生的数据速率:	37.0 Mbit/s

A4.2.1.5 场景3b：大面积SFN的屋顶接收

在“全国覆盖”可以创建大面积SFN的情况下，将使用该参数集。为了避免SFN自身干扰，GI部分需要比以前的情况要高。

表A4.2.4

DVB-T2大SFN屋顶接收

带宽:	8 MHz
FFT大小:	32k
载波方式:	扩展
分散导频模式:	PP2
保护间隔:	1/8 (448 μs)
调制:	256-QAM
编码速率:	2/3
C/N（莱斯信道）:	21.2 dB
产生的数据速率:	33.4 Mbit/s

A4.2.1.6 场景4：便携式接收（最大数据率）

情景4描述了便携式接收的参数集。这些参数适用于德国基于DVB-T的当前DTT实施。它们被设计用于便携式接收，并以SFN方法为基础。选择16k模式，保护间隔长度为224 μs。这考虑到直径约150 km的SFN。

表A4.2.5

DVB-T2便携式接收（最大数据率） - FFT模式16k

	DVB-T	DVB-T2
带宽：	8 MHz	8 MHz
FFT模式：	8k	16k
载波方式：	不适用	扩展
分散导频模式：	不适用	PP3
保护间隔：	1/4 (224 μs)	1/8 (224 μs)
调制：	16-QAM	64-QAM
编码速率：	2/3	2/3
C/N（瑞利信道）：	17.2 dB	17.8 dB
产生的数据速率：	13.3 Mbit/s	26.2 Mbit/s

由于相应的DVB-T设施（8k，16-QAM-2/3，GI1/4）考虑到数据速率为13.3 Mbit/s，因此该DVB-T2场景大致提供了两倍的数据速率。

如果事实证明即使32k模式适用于便携式接收，则可以使用以下参数集：

表A4.2.6

DVB-T2便携式接收（最大数据率） - FFT模式32k

带宽：	8 MHz
FFT模式：	32k
载波方式：	扩展
分散导频模式：	PP4
保护间隔：	1/16 (224 μs)
调制：	64-QAM
编码速率：	2/3
C/N（瑞利信道）：	17.8 dB
产生的数据速率：	27.7 Mbit/s

然而，32k模式的便携式接收的可行性在现场试验中仍有待验证，而现场试验显示，这种模式不适合移动接收。

A4.2.1.7 场景5：便携式接收（最大覆盖范围扩展）

另一方面，DVB-T2可以用于扩展现有（DVB-T）覆盖，同时保持（DVB-T）数据速率。这可以通过应用更坚固的DVB-T2系统变体来实现。一个示例场景可能是：

表A4.2.7

DVB-T2便携式接收（最大化覆盖）

带宽:	8 MHz
FFT模式:	16k
载波方式:	扩展
分散导频模式:	PP3
保护间隔:	1/8 (224 μ s)
调制:	16-QAM
编码速率:	1/2
C/N（瑞利信道）:	9.6 dB
产生的数据速率:	13.1 Mbit/s

与相应的DVB-T实施相比，实现了大约7-8 dB的增益。这可能足够为以前只能进行固定接收的便携式接收提供大部分区域，或者提供便携式室内接收，其中仅可携带室外接收是可能的。

A4.2.1.8 场景6：便携式接收（最优频谱使用）

这种情况的目的在于在具有相同MUX内容的DTTB服务区域被一个（可能非常大的）SFN覆盖的意义上的最佳频谱使用。为此，必须选择非常大的保护间隔。这种方法最适合国家服务领域：但是，必须牢记的是，目前的GE06计划[4.10]没有提供这样大的分配区域。因此，需要额外的协调来实现这种情况。

表A4.2.8

DVB-T2便携式接收（最优频谱使用）

带宽:	8 MHz
FFT模式:	16k
载波方式:	扩展
分散导频模式:	PP1
保护间隔:	1/4 (448 μ s)
调制:	64-QAM
编码速率:	2/3
C/N（瑞利信道）:	18.2 dB
产生的数据速率:	22.6 Mbit/s

与情景4相比，更高的预期频谱效率由较小的数据速率约为22.6Mbit/s来支付。

A4.2.1.9 场景7：移动接收（频段III中1.7 MHz带宽）

DVB-T2另外提供了1.7 MHz带宽的操作模式。这顾及到符合GE06计划的DAB频率块结构的实施。以这种方式，也可以支持音频和移动电视（低编码速率）服务。

在所呈现的情况下，选择4k模式，其考虑相对较高的数据速率。然而，如在先前的情况中已经遇到的那样，具有这种小载波分离的FFT模式的可行性在现场试验中仍然被证明。

表A4.2.9
DVB-T2移动接收 - PP2

带宽：	1.7 MHz
FFT模式：	4k
载波方式：	普通
分散导频模式：	PP2
保护间隔：	1/8 (278 μs)
调制：	16-QAM
编码速率：	1/2
C/N（瑞利信道）：	10.0 dB
产生的数据速率：	2.5 Mbit/s

在这种情况下，选择与T-DAB类似的保护间隔长度。尽管如此，由于DVB-T2的降级特性比T-DAB更关键，所以可以预期，DVB-T2的SFN性能更差。因此，可能需要为DVB-T2情景选择较大的保护间隔，以便考虑到大的SFN区域。可能的情况可能是：

图A4.2.10
DVB-T2移动接收 - PP1

带宽：	1.7 MHz
FFT模式：	4k
载波方式：	普通
分散导频模式：	PP1
保护间隔：	1/4 (555 μs)
调制：	16-QAM
编码速率：	1/2
C/N（瑞利信道）：	10.0 dB
产生的数据速率：	2.2 Mbit/s

最后，需要进行模拟和现场试验来评估此场景的适合保护间隔。

A4.2.1.10 场景8：便携式和移动接收（不同服务的常见MUX使用） – 多样的PLP

这种情况描述了通过不同服务（高/低数据速率，坚固/较不坚固等）的DVB-T2多路传输的联合使用。另一方面，典型的例子可能是音频/手机电视和SD/HDTV。在DVB-T2中这是可能的，因为它对于每个服务的调制，编码速率或时间交错的单独选择具有高度的灵活性。必须遵守关于FFT模式和分散导频模式的选择的限制。这些都是所有服务的共同之处，因此必须适当选择。

表A4.2.11
DVB-T2便携式和移动接收 - 多样的PLP

带宽:	8 MHz
FFT模式:	8k
载波方式:	扩展
分散导频模式:	PP1
保护间隔:	1/4 (224 μ s)
高数据速率服务 (TV)	
调制:	64-QAM
编码速率:	2/3
C/N (瑞利信道):	18.2 dB
最大数据速率:	22.4 Mbit/s (100%高数据速率、0%低数据速率服务)
低数据速率服务 (音频/移动TV)	
调制:	16-QAM
编码速率:	1/2
C/N (瑞利信道):	10.0 dB
最大数据速率:	11.2 Mbit/s (0%高数据速率、100% 低数据速率)

可能的MUX分区也许是:

- 1.5 Mbit/s对于低数据速率服务 (MUX容量的13%)
- 19.4 Mbit/s对于高数据速率服务 (MUX容量的87%)

DVB-T2精简版配置文件表示在不同服务的常用MUX概念应用的特定实现。这在ITU-R BT.2254报告 “DVB-T2的频率和网络规划方面问题” [4.43]的附件5中有更详细的描述。

A4.2.2 ISDB-T实施场景

ISDB-T采用OFDM (正交频分多路复用) 传输技术, 提供了多径干扰的鲁棒性。ITU-R BT.1368建议书[4.30]中描述了每个参数所需的C/N和保护比的规划标准。为了构建SFN (单频网络), ITU-R BT.2294报告[4.44]给出了一个准则。

ISDB-T的特点之一是分段OFDM传输系统, 可在同一频道中实现固定接收和移动接收。表A4.2.12给出了在单个频道中提供固定和便携式服务的传输参数的示例。

在同一6 MHz频道中便携式和固定服务的ISDB-T参数的一个例子。

表A4.2.12

ISDB-T便携式和固定接收

	层次A	层次B
接收类型:	移动接收	固定接收
分段号:	1	12
FFT模式:	8k	
保护间隔:	1/8	
调制:	QPSK	64-QAM
编码速率:	2/3	3/4
数据速率:	416 kbit/s	16.85 Mbit/s
内容:	LDTV +数据	HDTV +数据

A4.2.3 DTMB实施场景

DTMB提供广泛的参数取决于FEC星座，保护间隔，时间交织，导频，PN相位旋转，DTMB中共有330种模式。不可能考虑所有可能的组合。本节考虑了DTMB的一些常见应用，并强调了可能适用于每个场景的一些可能的参数集。

首先，描述了适用于固定屋顶接收的若干场景。它们包括MFN以及SFN方法。这些情况因覆盖面和强大的需求而异。

其次，描述了特别适合于移动接收的三种场景。这三种模式可以在SFN或MFN下使用。这些情况因覆盖面和强大的需求而异。

参数基于DTMB规范GB20600-2006 [4.50]和实施手册GB/T26666-2011[4.51]中给出的信息。C/N数字和相应的数据速率是根据ITU-R BT.1368 [4.30]中描述的方法得出的。

A4.2.3.1 场景1：具有最高比特率的MFN屋顶接收

这种情况是为了覆盖一个小镇或城市的屋顶接待。在这种情况下，高稳健的DTMB模式可能不那么重要，但比特率非常重要。可以使用最短的保护间隔（1/9、56秒），最高效率的FEC 0.8编码速率和64-QAM星座。通过这种组合，可以实现最高的比特率。

表A4.2.13

DTMB MFN屋顶接收（最高比特率）

带宽:	8 MHz
子载波:	3780
PN识别:	开
导频:	关
时间交织:	720
保护间隔:	1/9 (56 μs)
调制:	64-QAM
编码速率:	0.8
C/N（莱斯信道）:	19.8 dB
产生的数据速率:	32.486 Mbit/s

A4.2.3.2 场景2: SFN屋顶接收、最大覆盖

这种情况旨在最大化SFN的覆盖范围，同时支持高强度的屋顶接收。在这种情况下，需要使用相对稳健的DTMB模式。可以根据要使用的网络结构，发射机距离，辐射功率和地形因素来考虑几个可能的保护间隔长度。为了处理最大覆盖的长回波，将使用最长的保护间隔1/4（125 μs）。为了保持高有效载荷数据速率，在这种情况下选择64-QAM。

表A4.2.14

DTMB SFN屋顶接收（最大覆盖64-QAM）

带宽:	8 MHz
子载波:	3780
PN识别:	开
导频:	关
时间交织:	720
保护间隔:	1/4 (125 μs)
调制:	64-QAM
编码速率:	0.6
C/N（莱斯信道）:	16.6 dB
产生的数据速率:	21.658 Mbit/s

A4.2.3.3 场景2: SFN屋顶接收、最大化覆盖、高稳健性

这种情况旨在最大限度地提高SFN的覆盖范围，同时支持非常高的稳健的屋顶接收。在这种情况下，需要使用相对稳健的DTMB模式。可以根据要使用的网络结构，发射机距离，辐射功率和地形因素来考虑几个可能的保护间隔长度。为了处理最大覆盖的长回波，将使用最长的保护间隔1/4（125 μs）。为了实现非常高稳健的接收，在这种情况下选择16-QAM。

表A4.2.15

DTMB SFN屋顶接收（最大化覆盖 - 16-QAM）

带宽:	8 MHz
子载波:	3780
PN识别:	开
导频:	关
时间交织:	720
保护间隔:	1/4 (125 μs)
调制:	16-QAM
编码速率:	0.8
C/N（莱斯信道）:	14.3 dB
产生的数据速率:	19.251 Mbit/s

A4.2.3.4 场景3: MFN屋顶接收、度覆盖

由于DTMB现场试验的结果，对于中等覆盖率和屋顶接收，有两个操作参数选择。这两种模式的参数与子载波数，编码速率，星座和保护间隔有很大差异。这两种模式具有类似的有效载荷比特率。

A4.2.3.5 场景3a：有限区域最高收入的屋顶接收、高数据率

在这种情况下，保护间隔的选择将是1/9（55.6 μs），使用3780个子载波和编码速率0.6，星座是64-QAM。

由于使用多载波，这种模式是用于大城市或者频道多路径效应根据时间快速变化的地方。

表A4.2.16

DTMB MFN屋顶接收（64-QAM）

带宽：	8 MHz
子载波：	3780
PN识别：	开
导频：	关
时间交织：	720
保护间隔：	1/9 (55.6 μs)
调制：	64-QAM
编码速率：	0.6
C/N（莱斯信道）：	16.6 dB
产生的数据速率：	24.365 Mbit/s

A4.2.3.6 场景3b：受限区域MFN的屋顶接收、高数据速率

在这种情景下，保护间隔的选择将是1/6（78.7 μs），使用单载波调制和编码速率0.8，星座是32-QAM。

由于使用单一，这种模式是用于广阔的开放区域或频道多路径效应随时间缓慢变化的地方。

表A4.2.17

DTMB MFN屋顶（32-QAM）

带宽：	8 MHz
子载波：	1
PN识别：	关
导频：	关
时间交织：	720
保护间隔：	1/6(78.7 μs)
调制：	32-QAM
编码速率：	0.8
C/N（莱斯信道）：	16.6 dB
产生的数据速率：	25.989 Mbit/s

A4.2.3.7 场景4：MFN/SFN屋顶接收、中等数据速率、高稳健

由于DTMB现场试验的结果，对于中等覆盖率和高强度屋顶接收，有两个操作参数选择。这两种模式的参数与子载波，编码速率，星座和保护间隔有很大差异。这两种模式具有类似的有效载荷比特率。

A4.2.3.8 场景4a: 受限区域MFN/SFN的屋顶接收

在这种情况下，保护间隔的选择将是1/9（55.6 μs ），使用3780个子载波和编码速率0.8，星座是16-QAM。

由于使用多载波，这种模式是用于大城市或者频道多路径效应根据时间快速变化的地方。

表A4.2.18

DTMB MFN/SFN屋顶接收（GI 55.6 μs ）

带宽:	8 MHz
子载波:	3780
PN识别:	开
导频:	关
时间交织:	720
保护间隔:	1/9 (55.6 μs)
调制:	16-QAM
编码速率:	0.8
C/N（莱斯信道）:	14.0 dB
产生的数据速率:	21.658 Mbit/s

A4.2.3.9 场景4b: 受限区域MFN/SFN屋顶接收

在这种情况下，保护间隔的选择将是1/6（78.7 μs ），使用单载波调制和编码速率0.8，星座是16-QAM。

由于使用单一，这种模式是用于广阔的开放区域或频道多路径效应随时间缓慢变化的地方。

表A4.2.19

DTMB MFN/SFN屋顶接收（GI 78.7 μs ）

带宽:	8 MHz
子载波:	1
PN识别:	关
导频:	关
时间交织:	720
保护间隔:	1/6(78.7 μs)
调制:	16-QAM
编码速率:	0.8
C/N（莱斯信道）:	13.3 dB
产生的数据速率:	20.791 Mbit/s

A4.2.3.10 场景5：移动接收（最大化覆盖区域）

DTMB可以支持移动接收。为了在大面积，长保护间隔和低阶星座中支持该功能，将需要稳健的编码速率。可以使用以下参数。

表A4.2.20

DTMB移动接收（最大化覆盖）

带宽：	8 MHz
子载波：	3780
PN识别：	开
导频：	关
时间交织：	720
保护间隔：	1/4 (125 μs)
调制：	16-QAM
编码速率：	0.6
C/N（莱斯信道）：	11.2 dB
产生的数据速率：	14.438 Mbit/s

A4.2.3.11 场景6：移动接收（最大化覆盖区域、高稳健）

为了支持最大覆盖和高强度的移动接收，将考虑非常稳健的编码速率。在这种情况下，保护间隔的选择将是1/4（125 μs），使用3780个子载波，编码速率0.4，星座是16-QAM。

由于使用多载波，该模式旨在用于大城市或频道多径效应随时间的变化非常快速的地方。

表A4.2.21

DTMB移动接收（最大化覆盖、高稳健）

带宽：	8 MHz
子载波：	3780
PN识别：	开
导频：	关
时间交织：	720
保护间隔：	1/4 (125 μs)
调制：	16-QAM
编码速率：	0.4
C/N（莱斯信道）：	8.7 dB
产生的数据速率：	9.626 Mbit/s

A4.2.3.12 场景7：移动接收（中覆盖区域、高稳健）

在这种情况下，保护间隔的选择将是1/6（78.7 μs），使用单载波调制和编码速率0.8，星座是4-QAM。由于使用了4-QAM星座，这种模式也可以支持移动接收。

表A4.2.22

DTMB移动接收（中覆盖、高稳健）

带宽：	8 MHz
子载波：	1
PN识别：	关
导频：	关
时间交织：	720
保护间隔：	1/6(78.7 μs)
调制：	4-QAM
编码速率：	0.8
C/N（莱斯信道）：	6.5 dB
产生的数据速率：	10.396 Mbit/s

A4.2.4 ATSC实施场景

ATSC利用8-VSB传输技术（8级单载波高数据速率调幅抑制载波残留边带信号）。地面广播模式在单个6MHz频道中支持一个DTV信号。8-VSB地面传输模式的参数如表A4.2.23所示。

表A4.2.23

8-VSB地面传输模式的参数

参数	地面模式
频道带宽：	6 MHz
保护带宽：	11.5%
符号率：	10.76M符号/s
每个符号比特率：	3
网格前向纠错：	2/3
RS码前向纠错：	T = 10 (207,187)
段长：	832 符号
段同步：	每段4符号
帧同步：	每313段1
模拟同频抑制：	接收机中的模拟抑制滤波器
导频功率贡献：	0.3 dB
C/N阈值：	~ 14.9 dB
有效载荷数据速率：	19.39 Mbit/s

ITU-R BT.1368建议书[4.30]中描述了包括ATSC系统所需的C/N和保护比的规划标准。ATSC接收系统特性在ITU-R BT.2036建议书[4.35]中有描述。

对于数字电视台，使用由DTV规划因素确定的噪声限制轮廓和50%的位置和90%的时间导出的场强曲线组合来评估服务。表A4.2.24列出了用于ATSC接收的规划因素。

表A4.2.24
使用系统A（ATSC）的ATSC接收规划因素

参数	符号	低VHF	高VHF	UHF
频率（MHz）	F	47-68	174-216	470-806
偶极子因素（dBm至dBμV/m）	Kd	-111.8	-120.8	-130.8
偶极子因素调整	Ka	0.0	0.0	见注
热噪声（dBm）	Nt	-106.2	-106.2	-106.2
天线增益（dBd）	G	4	6	10
下载电缆损耗（dB）	L	1	2	4
接收机噪声数字（dB）	Ns	10	10	7
所需信噪比（dB）	S/N	15.19	15.19	15.19

注 - $K_a = 20 \log (615 / (\text{信道中频}))$ 的调整数被增加至 K_d ，以计入高UHF频率所要求的更高场强和较低UHF频率上要求的较低场强。

可从表A4.2.24中的数值和下列等式中确定ATSC覆盖的最低场强：

$$\text{Field Strength (dB}\mu\text{V/m)} = S/N + N_t + N_s + L - G - K_d - K_a \tag{1}$$

DTV服务的定义场强如表A4.2.25所示。首先利用场强曲线来确定要进行计算的区域，然后使用Longley-Rice分布地形依赖性预测确定服务是否存在于该区域内的特定点处。经过计算的区域从发射机站点延伸到场强预测的场强下降到表A4.2.25中确定的值的距离。

表A4.2.25
确定受数字电视台计算的噪声限制服务区的场强

频道	频率（MHz）	定义场强 (dBμV/m), (预计50%的位置, 90%的时间)
2 – 6	47-68	28
7 – 13	174-216	36
14 – 69	470-806	$41 - 20 \log \{615 / (\text{MHz中频道中频})\}$

第4章参考资料

[4.1] ETSI TR 101 200 – Digital Video Broadcasting (DVB); A guideline for the use of DVB specifications and standards

[4.2] ITU-R BT.1306建议书，数字地面电视广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法

- [4.3] **ITU-R BT.1877建议书**, 第二代数字地面广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法
- [4.4] **ITU-R BT.2016建议书**, 利用VHF/UHF频段手持接收机进行地面多媒体广播移动接收的纠错、数据成帧、调制和发射方法
- [4.5] **WRC-15最后法案**, 世界无线电通信大会
- [4.6] **WRC-07最后法案**, 世界无线电通信大会
- [4.7] **WRC-12最后法案**, 世界无线电通信大会
- [4.8] **ITU无线电规则**, 2015年版本
- [4.9] **ITU-R BT.417建议书**, 在规划模拟地面电视业务时可能寻求的对最低场强的保护
- [4.10] **日内瓦2006**关于174-230 MHz和470-862 MHz频段内1区和3区部分地区的数字广播业务规划的区域性无线电通信大会的最后法案 (RRC-GE06)
- [4.11] **ITU-R BT.2295报告**, 数字地面广播系统
- [4.12] **斯德哥尔摩1961** – 欧洲广播会议在VHF和UHF频段的最后法案 (RRC ST61)
- [4.13] **ITU-R P.310建议书**, 有关非电离媒介传播的术语定义
- [4.14] **ITU-R BT.2137报告**, 数字地面电视广播 (DTTB) 网路覆盖的预测方法和规划软件
- [4.15] **ITU-R P.1546建议书**, 30 MHz-3 000 MHz频率范围内地面业务点到区的预测方法
- [4.16] **ITU-R P.620建议书**, 评估100 MHz-105 GHz频率范围内协调距离所需的传播数据
- [4.17] **ITU-R P.1812建议书**, VHF和UHF波段中有关点对点地面业务的一种路径特定的传播预测方法
- [4.18] **ITU-R P.1058建议书**, 传播研究的数字化地形数据库
- [4.19] **ITU-R P.452建议书**, 评估大约在0.1 GHz频段地面上电台之间干扰评估的预测程序
- [4.20] **ITU-R P.526建议书**, 衍射传播
- [4.21] **ITU-R P.1406建议书**, 在VHF和UHF频段中的地面陆地移动和广播业务的传播效应
- [4.22] **ITU-R P.833建议书**, 植被产生的衰减
- [4.23] **ITU-R P.1238建议书**, 300 MHz-100 GHz频率范围内室内无线电通信系统和无线电本地网规划的传播数据和预测方法
- [4.24] **ITU-R P.370建议书**, 频率范围为30 MHz至1 000 MHz广播业务的VHF和UHF传播曲线 (注: 22/10/01被禁止)
- [4.25] **日内瓦1989** – 包括有关非洲广播地区和邻国 (RRC-GE89)、红海、东地中海等的VHF/UHF电视广播规划的区域性行政大会最后法案
- [4.26] **OET Bulletin No. 69** – *Federal Communications Commission Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference*
- [4.27] **ITU-R BS.1195建议书**, 甚高频 (VHF) 和超高频 (UHF) 的发射天线特性

- [4.28] **ITU-R BT.419建议书**, 在接收电视广播时天线的方向性和极化鉴别
- [4.29] **ITU-R BS.599建议书**, 在8频段(甚高频)接收声音广播的天线方向性
- [4.30] **ITU-R BT.1368建议书**, 甚高频/超高频(VHF/UHF)频段内数字地面电视业务的规划标准
- [4.31] **ITU-R BT.2033建议书**, VHF和UHF频段第二代数字地面电视广播系统的包括保护比的规划标准
- [4.32] **ITU-R BS.1114建议书**, 向30-3 000 MHz频率范围的车载、便携和固定接收机进行地面数字声音广播的系统
- [4.33] **ITU-R P.1057建议书**, 无线电波传播建模相关的概率分布
- [4.34] **ITU-R P.1407建议书**, 多径传播及其特性的参数化
- [4.35] **ITU-R BT.2036建议书**, 用于数字地面电视系统频率规划的参考接收系统特性
- [4.36] **ITU-R BT.2052建议书**, VHF/UHF频段手持接收机用于移动接收的地面多媒体广播规划标准
- [4.37] **ITU-R BT.2382报告**, 对数字地面电视接收机干扰的描述
- [4.38] **ITU-R BT.2386报告**, 数字地面广播: 单频网络(SFN)的设计和实施
- [4.39] **ITU-R SM.1875建议书**, DVB-T覆盖测量和规划标准的验证
- [4.40] **EBU Technical Review OFDM Receivers – Impact on Coverage of Inter-Symbol Interference and FFT window positioning**
- [4.41] **ETSI TS 101 191 – Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization**
- [4.42] **ITU-R BT.2140报告**, 模拟地面广播向数字地面广播的过渡
- [4.43] **ITU-R BT.2254报告**, DVB-T2的频率和网络规划方面问题
- [4.44] **ITU-R BT.2294报告**, ISDB-T DTTB接力台站网络构建技术
- [4.45] **ITU-R BT.2343报告**, 在DTT网络上进行的超清晰电视现场试验大全
- [4.46] **ITU-R BT.2385报告**, 减少地面广播系统的环境影响
- [4.47] **ETSI TS 102 831 – Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)**
- [4.48] **ETSI EN 302 755 – Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)**
- [4.49] **ETSI EN 300 744 – Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television**
- [4.50] **GB 20600-2006 – Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system**
- [4.51] **GB/T 26666-2011 – Implementation guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting**

第5章

共享与保护

5.1 引言

与任何无线电通信系统相同，DTTB容易受到设计或其他方式发射无线电信号的其他电子系统的干扰。这些干扰信号的理解和管理是广播网络运营商和频谱监管机构工作的关键部分。当然，DTTB也有可能对其他无线电系统造成干扰。

第5.2节介绍了不同类型的干扰。

5.3节提供了分析DTTB的系统间或系统内兼容性所需的技术特性和参数的来源。

第5.4节提供了与DTTB和IMT之间的共享和兼容性问题相关的标准，方法，研究和实地报告的参考资料。本节还涉及DTTB与其他无线通信系统之间的兼容性，这些无线通信系统可能在一些国家的UHF频段中次要引入，例如，“古典”宽带双向WSD和可能的未来的从470 MHz向上不定向WSD。这种用法与窄带PMSE不同（见5.6节）。

第5.5节提供了有关DTTB的各种兼容性问题的指示：DTTB上的GSO广播卫星系统，风力发电机，电力线通信（PLC）系统和超宽带（UWB）系统的影响。

第5.6节提供了广播频段中DTTB与SAB / SAP之间实际共享的指示。

5.2 干扰类型

广泛地，对DTTB的干扰可能来自设计用于发射无线电信号的其他系统（系统间兼容性）（例如，移动宽带网络）或来自不被设计为发射无线电信号的系统，还有（例如电力线传输网络）。第三种情况涉及来自位于发射机和接收机之间的信号路径（例如，风力涡轮发电机）中的物理对象的DTTB信号的干扰。

干扰也可能是必要带宽之外出现在“带外”¹⁶域或“假频”¹⁷域内的干扰源无用发射（带宽与有效DTTB信道重叠）造成的，有可能源于接收机内部因过载、交叉调制或互调造成的扰动，这些扰动包含来自工作在相同频段或相近频段的其他无线电通信系统的强信号。

在带内干扰的情况下（起源于与所需DTTB信号相同的频段或信道中的发射），通常通过利用诸如地理间隔或天线鉴别的网络设计元素来实现缓解。

对于带外和假频干扰（起源于其他频段或信道，通常是相邻频段），通常在设备进入市场之前规定可接受的带外和假频发射水平。

对于不涉及发射无线电信号的设备的不必要发射，通常在设备上市前规定可接受的发射水平。

另外，提高DTTB接收设备的选择性以及地理间隔和天线鉴别也可用于克服可能出现的各种干扰机制。

¹⁶ 必要带宽的250%以内。

¹⁷ 通常在带外域之外。

基本上，在给定网络内部或不同网络之间（内部或跨国界）的DTTB系统（系统内兼容性）也可能发生相同的干扰机制。与其他无线电通信业务或应用系统的干扰情况的区别在于干扰的管理：

- 在国内
 - 为了DTTB传输本身的兼容性，通常是广播网络运营商，持有DTTB发射台的许可证，通过适当的网络设计来确保兼容性。有关广播网络规划的详细说明，请参见第4章。
 - 为了DTTB传输与其他无线电通信业务或应用的传输之间的兼容性，国家监管机构有责任确保兼容性或解决发生干扰的情况。
- 跨越国界，DTTB传输本身之间或DTTB传输与其他无线电通信业务之间的兼容性通常由相关监管机构和周边国家网络运营商（用于广播和其他服务）确保。它们协调详细的频率使用和传输特性，以避免跨界干扰。ITU-R局可以在协调过程中提供帮助和解决可能的干扰情况。第7章提供了有关协调程序的进一步信息。

5.3 一般技术特点来源和分享标准

为了进行分享研究，必须确定数字地面电视广播（DTTB）系统的特点。相关信息可以在以下ITU-R建议书和报告中找到：

- ITU-R BT.419建议书 – 在接收电视广播时天线的方向性和极化鉴别。
- ITU-R BT.500建议书 – 电视图像质量的主观评估方法。
- ITU-R BT.1195建议书 – VHF和UHF频段的发射天线特性。
- ITU-R BT.1206建议书 – 数字地面电视广播的频谱限制掩码。
- ITU-R BT.1306建议书 – 数字地面电视广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法。
- ITU-R BT.1877建议书 – 第二代数字地面广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法。
- ITU-R BT.2138报告 – UHF电视接收天线的辐射特征。
- ITU-R BT.2383报告 – 用于频率共享/干扰分析的频段为470-862 MHz的DTTB系统的特性。

防止受到其他服务干扰的一个重要参数是保护比。对于第一代DTTB系统，保护比的相关数字在以下建议书中提出：

- ITU-R BT.1368建议书 – VHF / UHF频段数字地面电视业务的规划标准，包括保护比。

对于第二代DTTB系统，保护比的相关数字在以下建议书中给出：

- VHF和UHF频段第二代数字地面电视广播系统的包括保护比的规划标准

对于用于使用手持式接收机进行移动接收的地面多媒体广播，相关的保护比数字列于以下建议书中：

- ITU-R BT.2052建议书 – VHF/UHF频段手持接收机用于移动接收的地面多媒体广播规划标准。

电视设备的非线性也需要考虑，因为它可能导致中间干扰。因此，有关研究报告如下：

- ITU-R BT.2298报告 – 评估电视广播业务受干扰情况的参考模型，以考虑到电视射频接收系统的非线性特性。

以下报告中提供了DTTB接收机中的干扰机制的描述：

- ITU-R BT.2382报告 – 对DTT接收机干扰的描述。

涉及地面广播系统保护标准的一般而重要的来源在以下建议书中：

- ITU-R BT.1895建议书 – 地面广播系统的保护标准。

关于评估干扰对广播覆盖的影响的方法，以下报告中描述了一种概念性方法：

- ITU-R BT.2248报告 – 表示广播覆盖损耗的概念方法。

5.4 DTTB与移动服务间兼容性的参考资料

对于数字地面电视广播与移动业务的共享，有关研究报告如下：

- ITU-R BT.2247报告 – DTTB与国际移动通信（IMT）兼容性的现场测量和分析。
- ITU-R BT.2337报告 – 数字地面电视广播与用于广播业务的地面移动宽带应用（含IMT）在470-694/698 MHz频段的共用和兼容性研究。
- ITU-R BT.2339报告 – GE06的规划区中694-790 MHz频段内数字地面电视广播与国际移动通信之间的同信道共用和兼容性研究。

为了评估移动业务对广播业务的干扰，有关研究报告如下：

- ITU-R BT.2265报告 – 评估对广播业务干扰的指南。
- ITU-R BT.2296报告 – 应用ITU-R BT.1895建议书和ITU-R BT.2265报告评估国际移动通信系统对广播业务干扰示例 – 对集体电视传送系统现有前端放大器的影响。

一些国家最近推出了新的移动业务，特别是利用部分UHF频段的国际移动通信（IMT），其中广播业务和移动业务有共同主要分配。对于与IMT一起的DTTB服务保护，相关研究报告如下：

- ITU-R BT.2301报告 – 各国有关在广播和移动业务频段内引入国际移动通信系统（三者同为主要业务）的现场报告。

5.5 有关涉及DTTB的其他兼容性问题相关的参考资料

风力涡轮机在DTTB发射机的覆盖范围内的存在可能会对该区域某些部分的接收造成干扰。以下ITU-R文件提供了所需的干扰描述和评估方法：

- ITU-R BT.2142报告 – 风力涡轮机造成的数字电视信号散射影响。
- ITU-R BT.1893建议书 – 风力涡轮机对数字电视接收造成损害的评定方法。

以下文献介绍了超宽带设备对广播业务的可能影响研究：

- ITU-R SM.2057建议书 – 采用超宽带技术的设备对无线电电信业务所产生影响的相关研究。

以下文献介绍了地球静止卫星（GSO）和非地球静止卫星（非GSO）广播卫星对广播业务[目前没有已经使用第三，第四和第五频段的GSO或非GSO广播卫星系统]的可能影响研究：¹⁸

- ITU-R BT.2075报告 – 620-790 MHz频段内的GSO和非GSO BSS卫星网络/系统不应对该频段内的地面电视广播系统造成有害干扰，并不得要求后者对其给予保护。

关于电力线通信系统对DTTB的潜在影响，注意到ITU-T G.9964建议书中关于统一高速线路的家庭网络收发信机-频谱相关组件规范中规定的现有PLC系统具有快速功率大概在80 MHz左右。然而，ITU-T之外的PLC开发打算继续坚定地使用越来越高的频率，特别是在家庭内HD和UHD电视信号的分配。这样的装置将不可避免地必须以更高的频率运行，并且通过例如使用电源地线以及带电和中性线来增加辐射。在VHF和UHF频段以及其他在VHF和低UHF频段工作的无线电通信系统，这种系统的部署也将成为DTTB的一个问题。

5.6 DTTB和SAB/SAP之间实际共享的指示

SAB/SAP系统在二次分配的基础上有效地共享DTTB使用的频谱。有关这些系统的信息可以在以下报告中找到：

- ITU-R BT.2238报告 – 第1区旨在辅助节目制作的广播/业务辅助业务的频谱使用以及694-790 MHz频段内同样被划分为主要业务的移动业务的影响。
- ITU-R BT.2244报告 – 有关在广播节目制作中使用的SAB/SAP的技术参数、操作特性和部署场景信息。

在VHF/UHF中容纳SAB/SAP的通常方式是具有可用频率的地理数据库指示来使用，或者使计算机软件计算给定位置处的可用频率。操作员（调节器或其他人）可能会进行干预来协调此用途。

¹⁸ 目前在频段III、IV和V中没有使用地球同步卫星和非地球同步卫星的先例。

第6章

跨境协调

6.1 协调程序

由于无线电频率资源有限，无线电技术的使用日益增加，有必要执行一些频率协调程序，以便尽量减少一个无线电业务对共享相同频率范围的现有主要无线电业务的影响。

频率协调是两个或多个主管部门之间的协商，以协商其工作站的工作条件（频率，有效辐射功率，天线高度，辐射方向等）。这个谈判的目的是为了防止站点在开始服务时造成有害干扰（或至少将这种干扰降至可接受的程度）。

基本上有两个（非排他性）协调程序：

- 区域协定规划区内的协调
- 区域协定规划区外的协调

6.1.1 区域协定规划区内的协调

当存在区域协议时，例如1区GE06¹⁹，有必要应用协议中规定的程序获得国际认可以及保护服务免受有害干扰的权利，而不妨碍其他协调程序可以提前执行，例如通过双边或多边讨论进行协调（见第6.1.3节）。在这种情况下，无线电通信局（BR）向国际频率登记机构（MIFR）通知任务时，进行两次合格检查：

- 频率分配表符度检查；
- 与“区域协议”及其相关计划的一致性检查。

以下文字是根据“GE06协议”的具体情况。GE06附件4第1节提供了确定协调领域的商定方法。那些领土完全或部分在协调区内的主管部门将需要进行协调。

根据GE06第4条规定的计划修改程序，对新电台计划或电台登记参数包含的内容进行修改。

该程序包括根据无线电通信局（BRIFIC）国际频率信息通报特殊章节A部分所列出的技术规格发布电台。A部分的出版物被视为与其他主管部门的正式频率协调磋商。BRIFIC包括需要协调的主管部门清单，因此必须达成协议。行政部门可以在75天内要求更多信息或者直接向通知主管部门或通过BR提交意见，条件或异议。在此期限之后，如果需要协议的行政机关没有答复，则该请求被视为不同意。但是，如果有通知行政部门的要求，无线电通信局将向受影响的行政机关发出提醒，并再次给予40天的意见期限。在这个新的期限内没有答复意味着咨询的行政当局没有异议。

一旦相关行政管理机构间达成协议后，通知机关可以根据BRIFIC GE06特殊部分B部分的技术规定要求电台发布。B部分的出版物标志着电台正式进入GE06计划。

¹⁹ “GE06协议”涵盖蒙古以外的所有第1区以及伊朗伊斯兰共和国。

GE06允许一些灵活性，被称为“包络概念”。操作站不需要按照预先登记的所有参数进行操作。但是，实际运行参数不应比计划中记录的电台造成更多的干扰，也不要求更多的保护。例如，注册电台可以以比注册值低的有效辐射功率或较低的天线高度开始其服务。

也可以取消（或“抑制”）GE06中的注册电台。在这种情况下，现任行政机关将要求在BRIFIC的GE06专用章节C部分中公布此类电台。

6.1.2 区域协定规划区域之外的协调

当没有区域协议时，对于向MIFR分配作业的通知，无线电通信局将只检查作业与频率分配表的一致性。邻国之间的任何协调都由有关主管部门负责，而在这方面，无线电通信局也没有强制性的责任。

6.1.3 双边或多边讨论

在上述任何一种情况下，主管部门可以通过双边或多边讨论来选择相互磋商。讨论可以通过信函（邮件，电子邮件等）和/或会议来完成。当他们希望在正式提交给无线电通信局之前“预先协调”时，或提交之后，BR确定了协调需要时，这可以适用于非区域协议缔约方的主管部门或区域规划协议区域内的主管部门。

如果在协调区域内可能受到影响的主管部门在无线电通信领域保持良好的关系，则以通信方式进行讨论是一般程序。讨论是通过提供要协调的电台的计划技术特征来进行的。在这种情况下，可以直接或通过BR完成协调查询。原则上，除非相关主管部门同意设定截止日期，否则，更多所需信息或评论、条件或异议的提交并没有截止日期。例如，1区的一些主管部门的适用期限与“GE06协议”相同。

如果通过信函进行讨论，有关主管部门可以通过提供书面文件向无线电通信局通报各主管部门达成的协议。

如果通信的讨论不成功，可以举行协商会议，以便进行谈判。

这些会议可以是双边的，只有两个主管部门出席会议，或者在两个以上的行政部门参与协调进程时，这些会议就是多边的。

协调会议通常在有关主管部门的领域上的一个城市举行，但也可以在其他地方举行，例如在日内瓦，方便有关主管部门。

这些会议的与会者是主管部门或其他监管机构。广播机构，视听委员会，运营商或其他被主管部门邀请的机构。

为了在会议期间允许对兼容性情况进行评估，在会议中有计算兼容性的方法是有用的。另据通知，各有关部门提前准备会议的主要目标，因为这有助于会议的进展。该类会议的会议记录通常由其中一个主管部门来准备，会议记录以该主管部门和其他主管部门达成的协议来呈现，所有这些主管部门在会议结束时或会议结束后对会议记录进行批准。会议的一部分可能致力于审查会议结束前的会议记录（如果及时准备），以便各方可以通过。或者，会议记录可以在会议后传阅，并通过信函或随后的会议通过。

谈判结束后，达成的协议通常反映在协调会议记录或各方商定的单独文件中。有关主管部门可能会通过提交会议记录的副本，同意向无线电通信局通报结果。

协调程序的优缺点见表6.1。

表6.1
协调程序的优缺点

	通过信函	通过会议
优点	技术特征可以在国际电联协调程序的应用之前确定。	解决未解决案例的能力，在更短的时间框架内获得协议。 可以促进主管部门之间的工作关系。
缺点	它可能会无限期地延长，特别是当商议的主管部门没有动机去回应战略原因或其他请求的时候。	需要提前准备交换必要文件以确保会议需要的有效性。

我们在此强调，本章中所使用的材料仅具有资料性，不构成、取代或替代ITU已经达成或正在达成的任何强制性规定/程序（该等规定/程序包含在相关区域性协议以及“无线电规则”的第6条下的协议中）。

6.2 协调实例

6.2.1 第1区

在第1区，除蒙古之外包括伊朗在内的所有国家都位于GE06规划区域。GE06规划区内的国家应参考GE06协议[6.1]内的协调程序。GE06规划区以外的邻国的国家应根据需要与邻近国家进行协调。

第1区中的一些协调和规划示例如下所示。

6.2.1.1 西班牙和邻国

西班牙是欧洲边缘的国家，需要与CEPT国家和非CEPT国家的主管部门进行协调，往往具有不同的利益。

靠近陆地边界的电台需要与安道尔，法国和葡萄牙进行协调，而靠近海岸的电台需要与阿尔及利亚和摩洛哥进行协调，有时与爱尔兰，意大利，马耳他，毛里塔尼亚，摩纳哥，英国和突尼斯进行协调。

在大多数情况下，传播路径仅仅是陆地路径，但在某些情况下，有一些比例的冷海（西班牙北部）或温暖的海洋（地中海和加那利群岛周围）的混合陆地/海路，有时会出现超折射现象，特别是在夏天。

西班牙是GE06区域协议的一部分，以及其所有邻近的主管部门。如果主管部门同意，用于协调的技术标准可能与GE06标准不同，以适应协调国家的拓扑结构。

由于其协调的主管部门的多样性和传播路径的不同条件，西班牙根据有关行政部门使用不同的技术标准进行协调。然而，西班牙并不总是能够与其一些邻国政府达成协议，使用与GE06不同的技术标准。

对于一些主管部门来说，协调一直比较频繁，西班牙已经获得了同意，按照下表所示的格式使用某些技术标准协调：

表6.2
协调标准示例

在DTT站之间评估兼容性	国际标准 (西班牙)	国际标准 (邻国)	双边协调标准
保护区域	服务区域		
所需信号估计场强	ITU-R P.526建议书 (Fresnel-Deygout 模型)		
干扰信号估计场强 (陆地路径)	ITU-R P.526建议书 (Fresnel-Deygout 模型)		
干扰信号估计场强 (海上路径)	ITU-R P.1546建议书		
混合海陆通道内插法 (ITU-R P.1546建议书)	抛物线型		
地形间隙角的考虑 (ITU-R P.1546建议书)	是		
干扰的时间比例	1%		
地形类型* (杂乱)	否		
保护比	ITU-R BT.1368建议书		
接收天线鉴别	否		
交叉极化鉴别	否		
保护余裕C/I	0 dB		
接收天线高度	10 m		
最小磁场强度固定天线接收	55 dBμV/m+20log[f(MHz)/650]		
地形/分辨率的数字模型	1:200 m/200 m × 200 m		

* 假设在非居民区和山顶上没有干扰。

当需要与邻近的CEPT国家和非CEPT国家进行协调时，西班牙将开始与这些主管部门直接协商；并在必要时也将举行双边协调会议。当协议达成时，西班牙会使用GE06区域性协议的特别章节中的发布程序。

当仅与非CEPT的主管部门进行协调时，西班牙开始使用GE06区域性协议的特别章节中的发布程序进行协调，如有必要，他们会开展双边协调会议，继续GE06区域性协议中发布进程（见第6.1.1节）。

6.1.1.2 撒哈拉以南非洲地区

非洲电信联盟（ATU）在国际电联的协助下，在2011年至2013年间进行了为期18个月的谈判和协调过程，以完成对GE06规划中470-694 MHz频段的修改，以释放高于694 MHz频率频段（700 MHz和800 MHz频段）。

这种重新规划和协调过程的主要特点和结果可概括如下：

- 47个国家（如图6.1所示）参加了这一进程（毛里求斯除外）。

图6.1

撒哈拉以南非洲GE06地区



DTTB-06-01

- 该进程的启动是通过两次非洲首脑会议正式进行的。（2011年在内罗毕举办，2012年则是阿克拉）。
- 在这一过程中，在巴马科、坎帕拉和内罗毕举行了三次规划和协调会议。此外，几个子区域组会议（EACO，西非国家经济共同体、南部非洲发展共同体等）伴随着ITU BR的参与举行。
- 每个站点覆盖层的目标数（复用）设置为四。
- 基于主管部门提出的要求，需要重复进行33次兼容性分析。无线电通信局根据ATU的要求，为缺席国家提出了要求。
- 提交了470-694 MHz的7107频率要求（对于整个470-862 MHz频段，RRC-06的频率要求为11406）。
- 在过程结束时，满足要求的平均百分比达到97.37%。
- 该过程需要18个月才能完成。

更多详细信息可以在以下网站找到：

- 国际电联无线电通信局广播业务司司长Ilham Ghazi表示：“国际电联向撒哈拉以南非洲地区（ATU）和阿拉伯地区（ASMG）GE06频率协调会议提供援助。”国际电联国际数字切换研讨会于2015年6月17日发布。见 <http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx>
- “撒哈拉以南非洲地区GE06频率协调”国际电联网页见 <http://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/broadcast/ATU/>

6.1.1.3 阿拉伯国家（北非和中东）

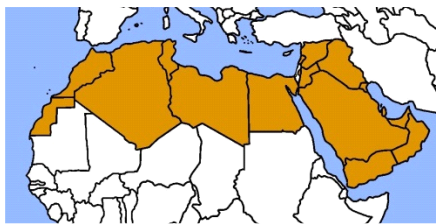
阿拉伯频谱管理组织（ASMG）在无线电通信局的协助下，于2014年3月开始协调进程，目的是确保在470-694 MHz频段内广播足够频谱，并能够释放700 MHz和800 MHz频段。

此次重新规划和协调进程的主要特点和轮廓可概括如下：

- 17个国家参与了次进程（图6.2所示）

图6.2

GE06区域阿拉伯国家



DTTB-06-02

- 这一进程由阿拉伯通信和信息常委会（2014年3月4日至5日，开罗）和阿拉伯通信和信息部长委员会技术秘书处的贡献正式启动。
- 进程期间，迪拜，哈马马特，马拉喀什举办了规划和协调会议。
- 设置了每个主管部门的四层目标，根据GE06第4条程序且根据阿拉伯国家的需要，意识到今后可以单独增加这个数量。
- 根据主管部门提出的要求，需要重复进行27次兼容性分析。根据ASMG的要求，BR对缺席国家提出了要求。
- 提交了470-694 MHz的4346次频率要求（比照9151在RRC-06处，整个频段为470-862 MHz）。
- 在进程结束时，满足要求的平均百分比达到76.87%。
- 此过程需要历时11个月完成。

更多详细信息可以在以下网站中找到：

- 国际电联无线电通信局广播业务司司长Ilham Ghazi表示：“国际电联向撒哈拉以南非洲地区（ATU）和阿拉伯地区（ASMG）GE06频率协调会议提供援助。”国际电联国际数字切换研讨会于2015年6月17日发布。见<http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx>
- “撒哈拉以南非洲地区GE06频率协调”国际电联网页见<http://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/ASMG/Pages/default.aspx>

6.1.1.4 西欧

在完成了第一项CEPT数字红利研究后，一些主管部门决定从战略角度讨论实施数字红利的影响。2009年共同组建了西欧数字红利实施平台（WEDDIP）。

这些主管部门（包括8个国家：比利时、德国、法国、爱尔兰、卢森堡、荷兰、瑞士和英国）就成员国之间的频率协调活动达成职责范围以便用于落实数字红利，从而：

- A) 在实施数字红利后，广播和/或移动业务所使用的VHF和UHF频段将实现频谱资源的相互兼容；
- B) 简化对GE-06规划的后续修改；
- C) 本着GE-06的精神，在考虑到相关未来发展的情况下，继续遵守公平获取频谱资源的原则。

小组成员承诺在协商一致的基础上开展工作。

6.1.1.4.1 800 MHz情况

WEDDIP为其成员提供了一个释放800 MHz频段问题的平台，为磋商活动提供了便利条件，并让其成员在会议上分享磋商成果。由于有些成员决定了从数字地面电视广播释放的800 MHz频段，而另一些主管部门只参与理论技术方面的讨论，因此该平台讨论采取自愿原则。

在11场会议（始于2009年9月）中，WEDDIP成员在上述的达成一致的工作原则的基础上对800 MHz频段的释放结果展开了讨论。由于这是首次尝试讨论复杂频率重整问题，成员须找出适合解决所有的问题的办法。2012年12月，WEDDIP举行了第11次会议，会议讨论决定，可接受大部分要求。一个明显的问题无法通过WEDDIP的会议程序解决。

6.1.1.4.2 700 MHz的情况

当WRC-2012决定将数字红利的一部分，即所谓700 MHz频段（694-790 MHz）亦提供给作为共同主要业务的移动操作。WEDDIP将DTT作为思考如何释放700 MHz频段的切入点。

对于一些主管部门而言，释放700 MHz频段的确是个难题，因为在政府层面上，使用该频段的决定仅面向移动业务，其它主管部门则考虑继续在此频段上进行DTT传播。

然而，WEDDIP认识到，释放700 MHz频段的问题仅是一个时间问题。

尽管WEDDIP小组是在自愿基础上开展工作的，该组做出决定，释放700 MHz频段的进程需要更加正规的协议。时间压力是造成一些成员不得不在得到通知后短暂的时间内释放700 MHz的原因之一。

WEDDIP成员一致认为，各国应得到合理的电视传送保障。举例而言，如每个国家的6个多路器用来传送25个节目，在新的情形下，可用的多路器亦应能够传送一样的节目量。虽然各国许可条件不同，这一点必须得到遵守。传送基础设施应尽可能保持不变。尽管频率或覆盖区域不同，发射站点应尽力保持不变。DVB-T2将作为唯一的规划原则，因为这将使成员得益于DVB-T2与作为GE06频率规划制定基础的DVB-T规划原则相比更多的优势。

WEDDIP成员商定了需要重视的协调区。此外，该小组同意使用正在重新规划的所有700 MHz信道和所有剩余和DTT频段（470 - 694 MHz）中所有剩余信道的数据库。这些信道应被确定为：

- 使用中；
- 正在颁发许可（但尚未使用）；
- 正在审议的信道和未使用的信道，未颁发许可但已同意作为双边谈判的结果。

在释放700 MHz频段的过程中，各成员同意披露各国规划（因为这些国家处于协调区内）。在讨论各种方案时，成员考虑到各个国家的经济情况和目标。

有关干扰方式，在所要求的覆盖区内的可用有用信号强度、相关测试点的最大场强（如服务区边界或国家边界一定距离内）、所定义的服务区、C/T计算方法以及计算余度均已达成一致。一致同意的数值可根据两个或多个成员之间的协议有所不同。

由于这些活动需要在双边或多边的基础上举办多次技术规划会议，这些会议亦在WEDDIP主要审核会议之间召开。

尽管各主管部门为相关责任方，WEDDIP还用来就过渡安排达成一致。

为最终成功制定新的频率规划，该组已就时间和路线图达成一致。时间安排/路线图涉及470-694 MHz频段内DTT的需求/需要、提交要求类别（修改、删除或补充）以及对提交要求的兼容性分析。

时间安排亦确定了成员就最终频率规划达成一致的会议安排。人们就“截止日期/最终日期”亦达成一致。

协议的签订标志着700 MHz频段释放进程的结束。该协议概括了一致通过的频率安排以及截至此刻未达成协议的问题。

总而言之，2013年至2016年期间，WEDDIP举办了13次与700 MHz释放有关的会议。

在成功确定了释放700 MHz频段的问题后，WEDDIP停止了各项活动。如有成员要求，则将发出会议通知。

总结

WEDDIP是个处理数字红利实施结果的独立国家团体；WEDDIP以前和现在正在促进800 MHz和700 MHz频段释放，以及其对694 MHz以下DTTB重新分配的间接影响；虽然WEDDIP在这个进程中发挥了关键作用，但其整体责任是和其个体成员保持一致；由于800 MHz频段的释放需要三年多的时间，而700 MHz频段的释放需要大约两年的时间，WEDDIP认为自己就是一个例子，即与频率谈判活动相关的敏感问题的（次）区域方法可以使有关国家受益。由于欧洲其他地区已得到承认，另有两个区域团体开始了活动。在欧洲东北部，是东北数字红利实施平台（NEDDIF），东南部是东南数字红利实施平台（SEDDIF）。

6.2.2 第2区

在第2区，没有GE06之类的区域协议。然而，协调程序应用于南美共同市场等次区域块²⁰。第2区中的一些协调示例如下所示。

6.2.2.1 北美

通过双边协议处理北美的协调。这些协议是在美国的各种管理机构（联邦通信委员会（FCC）和国家电信和信息管理局（NTIA）），加拿大（加拿大创新，科学与经济发展（ISED））和墨西哥（秘书处交通运输（SCT）和联邦电信联盟（IFT））发展的。

6.2.2.2 南方共同市场国家

阿根廷、巴西、巴拉圭、乌拉圭和委内瑞拉已经就南美共同市场分区域技术委员会建立的FM和TV频段的协调程序达成一致。各国之间建立了协调区和技术标准，自20世纪90年代以来成功应用。定期召开技术会议，讨论协调事项，协调跨界地区的频谱使用。到2016年，数字电视协调程序正处于审批的最后阶段，这将是区域数字切换的重要一步。对于那些未列入区域协定的国家，需要双边或多边协调。

²⁰ 南方共同市场的全体成员包括：阿根廷、巴西、巴拉圭、乌拉圭和委内瑞拉。相关国家还包括玻利维亚、智利、秘鲁、哥伦比亚、厄瓜多尔和苏里南。

6.2.3 第3区

在第3区，虽然没有GE06²¹之类的区域协议，但东盟国家²²有自己的规定。这些国家的DTTB实施基于相互协商之上。在协议区以外的跨界邻国的国家通过双边或多边协调，根据需要与邻国进行谈判。

第3区中的一些协调示例如下所示。

6.2.3.1 东盟

东盟国家同意采用DVB系统。在其中一些国家（例如在马来西亚 - 泰国边境，或马来西亚 - 文莱边界），通过双边会议平均分配VHF和UHF频段的广播业务信道数量。同样的原则也用于马来西亚与新加坡和印度尼西亚的边界三边会议。这里的信道平均分为三个。这些国家在VHF中使用7 MHz带宽，在UHF频段使用8 MHz带宽。

此外，马来西亚和泰国还商定了一个协调区域，在这个协调区域内，DTTB站需要协调，并在双边协商的数据库中进行登记。

6.2.3.2 中国和邻国

近年来，中俄两国在边防地区数字地面电视广播频率规划与协调会议上进行了双边会议。在中国运营的DTTB系统是DTMB，俄罗斯使用DVB-T2。对于这两个国家，每个DTTB系统信道在VHF/UHF频段中占用8 MHz带宽。

为了解决DTTB频率分配之间的不兼容性，提出了一种方法如下。干扰级分为三类：轻微干扰，中度干扰和重度干扰。对于轻微的干扰，需要双方同意是否可以接受。如果无法达成协议，DTTB的任务是需要采取技术措施来消除干扰。对于中度干扰，应采取可能的技术措施，以消除干扰或将中度干扰减至最小程度。对于重度干扰，双方需要看看是否可以通过可行的技术措施消除干扰。如果是这样，DTTB分配需要采取技术措施来消除或最小化干扰。如果没有，需要进一步协调。上述方法和详细资料，请参见中俄两国会议纪要。

第六章参考资料

- [6.1] ITU-R, 2006年5月15日-6月16日, 日内瓦, 在频段174-230 MHz和470-862 MHz频段 (RRC-06), 第1区和第3区部分对于数字地面广播业务规划的区域无线电通信大会的最终决议。

²¹ 不包括已经处于GE06规划区域的伊朗伊斯兰共和国。

²² 东盟成员国包括：文莱·达鲁萨兰国、柬埔寨、印度尼西亚、老挝共和国、马来西亚、缅甸、菲律宾、新加坡、泰国、越南。

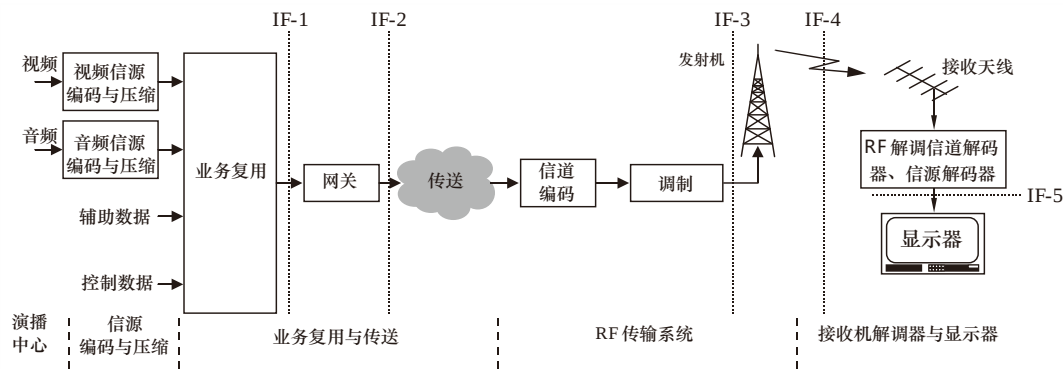
第7章
广播电视服务质量

7.1 概述：DTTB链

图7.1中所示的DTV系统模型改自于第1章所示的数字电视系统模型，其中添加了系统组件之间的接口标签。²³

接收质量包括像素和音质，取决于多种因素。请注意，整体服务规划包括整个IF-4链，并包括接收系统性能的一些假设，如接收机实施边界。然而，接收系统的实际性能不受服务规划的影响，不受广播组织或广播网络运营商的控制。

图7.1
DTTB系统模型



DTTB-07-01

接口IF-1，IF-2和IF-3可以定义服务质量要求。这可以通过对传播信道和标准接收系统的详细规划作出假设来扩展。为了避免接收机无法按计划接收信号的问题，应建立最小的接收机规范。

图片和音频质量设置（音频和视频源编码和压缩）在上面的图7.1的左边模块，在IF-1前。在地面数字电视广播系统，接收到的画面质量不随接收信号质量的逐渐变化。如果信号可以被解码，或者根本没有图片，那么它将是全质量的。3章对选择不同的视频格式所要求的比特率给出指示。

为了提高小型发射机的覆盖率，可以使用所谓的同频转发器。这些是从DTT站接收信号的发射机。它们以非常短的延迟（通道中继器或转换到不同的频率）或者RF信号的再生来重传信号，这引入了进一步的延迟。这些同频转发器应满足一定的最低要求，以确保服务质量。在某些情况下，同频转发的质量要求较低，以提高小型设备的成本/效益比可能是可以接受的。

²³ “网关”为发射机提供所有必要的信息，所以，它可以正确地产生射频信号来确保单频网、物理层协议等的正常运行。在DVB-T中，网关是可选的。在DVB-T2中，网关是必选的。

7.2 提供服务质量规范示例

作为嵌入在DVB-T数据流中的必要信息的一个例子，有一个关于北欧国家的运行规则（RoO）的规范（NorDig）²⁴，该规范也用于爱尔兰。

RoO包含一组最小传输规则，除了其他适用的标准之外，这些规则必须支持在一级和二级网络中符合NorDig标准的接收机的基本功能。假设针对这种NorDig数字接收机的传输符合NorDig统一规范。

对于DVB-T2 H.264 SD和HD网络的操作，还有一个NorDig接收机规范，可以作为开发特定最低规范的基础。

集成接收机解码器（地面部分）的NorDig统一要求规定了一组用于接收基于DVB的服务的设备要求。规格涵盖接收机作为单独的单元（机顶盒）或集成数字电视机的一部分。为了简化检查接收机是否满足要求，也已经公布了详细的测试计划。

DVB-T2, H.265 HD在德国²⁵也有接收机规范。应当注意，RF相关部分与NorDig规范相同。

在制定超出刚刚参考的最低要求时，下列ITU-R材料提供了进一步的指导。

ITU-R BT.1868建议书[7.1]提供了可应用于电视信号传输系统的规范，设计，测试的用户要求。此外，ITU-R BT.1122-2建议书[7.2]还提供了用于SDTV和HDTV发射编解码器的用户要求。

如果要部署诸如HbbTV的综合广播宽带（IBB）系统，ITU-R BT.2053建议书[7.3]ITU-T J.205建议书（2012）修订1（01/2013）“使用综合广播和宽带数字电视的应用程序控制框架的要求”[7.4]，在指定IBB系统时应予以考虑。本建议书的附件1显示了ITU-T J.2020建议书中列出的要求与面向广播的情景相关。

以下建议书提供了与传输声元件有关的指导：

- ITU-R BS.775-3建议书[7.5]ITU-R BS.775建议书建议使用一个通用的多声道立体声系统，该系统带有三个前端声道和两个后端/旁侧声道以及一个选择性的低频效果（LFE）声道。
- ITU-R BS.1548建议书[7.6]规定了在包括电视在内的声音广播中使用音频源编码系统的要求。
- ITU-R BS.1909建议书[7.7]规定了“对带有或不带伴音的先进多声道立体声系统的性能要求。这样的系统或由此派生的系统可用作扩展型LSDI²⁶和UHDTV节目的声音组件。”

²⁴ 这些规范可以在<http://nordig.org/specifications/>上看到。

²⁵ 这些规范可以在http://www.tv-plattform.de/images/stories/pdf/MinimumRequirements_DVB-T2_Germany.zip上看到。

²⁶ 大屏幕数字显示格式的扩展层次结构。参阅ITU-R BT.1769建议书。

7.3 服务质量监控的度量

有许多参数需要被监控以确保服务的正确传送。

对于DVB-T2, ETSI TR 101 290[7.8]定义了可用于监测信号传输和识别可能故障的参数。它列出了可以进行测量的链中的多个点。所有这些要求被定义,例如。应在ETSI TR 101 290[7.8]中进行监测,以确保服务质量得到满足。

7.3.1 接口IF-1测量

在图7.1中的接口IF-1,数据流是封装在IP(互联网协议)中的TS(传输流)或TS。它包含视频和音频数据,以及要发送的服务数据。

这些测量应在传输发射前和操作期间进行。这里发生的错误可能会影响每个接收机的接收质量。

对于DVB-T2, IF-1与[7.8]的接口A相同。要进行的测量详见ETSI TR 101 290[7.8]第5节。

7.3.2 接口IF-2测量

在图7.1中的接口IF-2处,数据流是封装在IP(互联网协议)中的TS(传输流)或TS。网关添加了发射机必要的信息,以建设所需信号。

这些测量应在发射前和操作期间进行。这里发生的错误可能会影响每个接收机的接收质量。

对于DVB-T2, IF-2与ETSI TR 101 290[7.8]的接口B相同。要进行的测量详见[7.8]第11.2节。

7.3.3 接口IF-3测量

图7.1将接口IF-3定义为使用定向耦合器直接测量的接口,或者在实验室中使用信号发生器。信号格式是完全创建的RF信号。

这些测量应在发射之前进行,以确保传输的信号满足要求。

对于DVB-T2, IF-3与ETSI TR 101 290[7.8]的接口C相同。要进行发射机输出的测量结果详见ETSI TR 101 290 [7.8]第11.3节。

如果ITU-R BT.2033建议书[7.9]不提供规划所需的保护比率,则可以使用DTT信号发生器在IF-3上进行实验室测量。然后将结果用于规划预期覆盖范围。

7.3.4 接口IF-4测量

接口IF-4被定义为在现场进行测量的接口。信号格式与从DTT站发射的RF信号相同,但是它将被RF传播通道的影响所改变。

然而,与接口IF-3相比,在现场并不是所有的测量都是必需的。重点应放在接收到的场强和信号质量参数上。这些可以用于验证或改进覆盖建模,从而提高服务质量。

对于DVB-T2, IF-4与ETSI TR 101 290[7.8]的接口C相同。要进行的测量详见[7.8]第11.3节。

7.3.5 接口IF-5测量

在图7.1中的IF-5接口处，数据流是封装在IP（互联网协议）中的TS（传输流）或TS。它包含视频和音频数据，以及服务数据。

有两种情况可以应用这种测量来确保服务质量。在任一情况下，需要测量接收机来分析TS数据。

一种情况是远程网络监控的操作，其中在该领域的测量不仅监视针对接口IF-4所规定的RF信号强度和质量，而且在TS级进行测量。

另一种情况可以是接收机的实验室测试，以检查国内接收机是否使用指定信号正常工作。这可能涉及一个测量接收机，用于检查信号是否正确，然后进一步检查被测接收机，以确定接收机是否正常工作。例如，可以检查发送的信息是否可以被访问，或者图像是否被正确解码。

对于DVB-T2，IF-5与ETSI TR 101 290[7.8]的接口D相同。要进行的测量详见ETSI TR 101 290[7.8]第5节。

7.4 数字电视传输质量的示例

在ITU-R BT.2389报告[7.18]中给出了在调制信号电平和MPEG传输流级别传输质量估计的示例。有关覆盖面估算的例子，请参见[7.10]至[7.17]。

7.5 作为维护服务质量手段的冗余度

完成上述各项要求并对其进行监控将不能保证服务质量，除非DTT发射站的基础设施也符合某些要求。

为了确保非常高的可用性，有必要考虑至少三个方面：

- 电源：“标准”供电电网可能不会持续使用，因此可能需要操作额外的现场发电机，以将停电保持在最低限度。
- 主要分布：通过接口IF-1和IF-2馈送信号的主要分布也应满足所需的最小可用性。通过将设备在接口的两侧进行共同定位，可以最大限度地提高两个接口的可靠性，缩短信号传输距离。然而，在IF-2的情况下，信号通常需要被发送到一个或多个远程发射机位置。将单个分配电路改进到所需的水平可能是非常昂贵的。因此，提供第二个配电电路可确保非常高的可用性更为有效。
- 系统组件故障：可以通过提供预留设备来提高可用性。这可以在设备故障的情况下可以启动操作的附加发射机或发射机部件。在极端情况下，可能会提供一个靠近主机的单独的设备齐全的传输站点。

实际的冗余概念取决于一些经济和运营方面。它由一个特定的DTTB站（通常由人口覆盖决定）的重要性决定。

确定可用性目标时，风险分析可能是一个有用的起点。

第七章参考资料

- [7.1] **ITU-R**, ITU-R BT.1868建议书, 对用于通过节目收集、一次分配和SNG网络传输电视信号的编解码器的用户要求
- [7.2] **ITU-R**, ITU-R BT.1122-2建议书, SDTV和HDTV发射和二级分发系统的编解码用户要求
- [7.3] **ITU-R**, ITU-R BT.2053建议书, 集成广播宽带系统的技术需求
- [7.4] **ITU-T**, ITU-T J.205 (2012)建议书, 勘误表1 (01/2013), 对使用综合广播和宽带数字电视的应用控制框架的要求
- [7.5] **ITU-R**, ITU-R BS.775-3建议书, 伴同或不伴同图像的多声道立体声声音系统
- [7.6] **ITU-R**, ITU-R BS.1548建议书, 用户对数字广播音频编码系统的要求
- [7.7] **ITU-R**, ITU-R BS.1909建议书, 对带有或不带伴图的先进多声道立体声系统的性能要求
- [7.8] **ETSITR** 101 290: *Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems*http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101200_101299/101290/01.03.01_60/tr_101290v010301p.pdf
- [7.9] **ITU-R**, ITU-R BT.2033建议书, VHF和UHF频段第二代数字地面电视广播系统的包括保护比的规划标准
- [7.10] **ITU-R**, ITU-R BT.1125建议书, 规划和实施数字地面电视广播系统的基本目的
- [7.11] **ITU-R**, ITU-R BT.1735-1建议书, ITU-R BT.1306建议书中规范的B系统数字地面电视广播信号的客观接收质量评定方法
- [7.12] **ITU-R**, ITU-R SM.1875建议书, DVB-T覆盖测量和规划标准的验证
- [7.13] **ITU-R**, ITU-R BT.2035报告, 评价数字地面电视广播系统的指南和技术, 包括其覆盖区的评估
- [7.14] **ITU-R**, ITU-R BT.2137报告, 数字地面电视广播 (DTTB) 网路覆盖的预测方法和规划软件
- [7.15] **ITU-R**, ITU-R BT.2143报告, 数字地面电视广播信号的边界覆盖评估
- [7.16] **ITU-R**, ITU-R BT.2248报告, 表现广播覆盖损耗的概念方法
- [7.17] **ITU-R**, ITU-R BT.2252报告, A和B系统数字地面电视广播信号客观质量覆盖评估
- [7.18] **ITU-R**, ITU-R BT.2389报告, 数字地面电视广播系统测量手册

第8章

卫星辅助

8.1 引言

本章介绍卫星如何协助提供数字地面电视广播业务。

对于大面积覆盖（国内和国际），通常使用通过卫星电视广播。这种广播卫星服务（BSS）不是本手册的主题，有关BSS的具体信息可在ITU-R第4研究组的文件中找到。

卫星，特别是在固定卫星业务（FSS）和移动卫星业务（MSS）中，对地面电视广播业务来说是非常重要的。例如，卫星可用于馈送DTTB传输网络；在没有其他电信网络可用于此目的的情况下，在交互式电视中，作为返回信道也是有帮助的。广播卫星和地面电视广播原则上可以合作，以优化广播覆盖。这样的概念通常被称为混合广播，尽管术语本身在“国际电联无线电规则”中没有定义，但是目前这种方案的应用仅用于数字声音和数据广播。

注 – 制作电视的非常有用的应用是卫星新闻采集（SNG），一种特殊形式的电子新闻采集，在第15章中有更详细的介绍。

8.2 作为地面电视广播网络的卫星反馈连接

集中产生的广播多路传输可以通过FSS卫星分发，以便馈送地面广播网络。这对于大型广播服务区域和当光纤或无线中继链接等地面馈线链接不可用时特别有用。

根据所使用的卫星频率，可能会在强降水期间或在广播发射台的抛物面接收天线中积累冰雪时出现掉落。在高于约10 GHz的频率下，雨致衰减可能导致下行线路中断。Ku或Ka频段的上行线路更稳定，因为在信号衰减²⁷的情况下应用功率控制和空间分集传输。通过卫星馈送，可以实现高百分比的可靠性。然而，不能保证100%的可行性。

在馈送地面SFN的情况下，必须适当小心以补偿各种接收站点的传播时间差异。卫星和每个地面广播发射机之间的路径长度变化并且不同的卫星信号传播时间也变化。典型的时间差是微秒级。对于SFN，必须确保在每个地面传输站点的排放时间在名义上相等（请注意，如第4章所述，特定时间间隔可用于最佳SFN操作）。因此，所接收的卫星信号应被缓存以用于同步发射。为此，经常使用导航卫星提供的时间参考。如果没有观察到时间同步，则保护间隔的一部分丢失，因此广播COFDM的适应能力是针对多路径干扰的。

²⁷ 根据阵雨期间测量得到的信号衰减量，功率控制增加了卫星地面站的上行链路功率。主站处降雨严重致使功率控制不足以克服衰减时，与主站保持有效距离的第二地面站可以用作一个备用站。当然，备用站需要通过一条不受降雨干扰的可靠链路与本站连接，例如，通过光纤或低于10 GHz的无线电路。

8.3 使用卫星作为互动电视的IP返回信道

在现代地面电视中，互动需要电视机或电视机顶盒的附加连接到电信网络，通常是允许接入互联网（WLAN，DSL，移动网络等）的基于宽带网络的IP。在地面网络不可用的情况下，通常可以通过VSAT站实现接入，该站在用户端通过卫星提供IP访问。抛物面天线配有一个频率双工器，允许卫星上下链接去耦。由于上行链接通常被限制在低数据速率（例如内容请求）下，这种VSAT站的发射功率（几瓦）以及抛物面天线的直径（Ku波段的一米级）可以相对较低。

有关交互性的更多信息和用于综合广播-宽带应用的系统可以在第10章中找到。

8.4 联合使用地面和卫星广播

电视内容通过地面基础设施或者通过卫星分配提供给终端。随着电视移动接收和更普遍的多媒体应用的引入，用户对服务的连续性有一个要求，它可以通过卫星广播和地面广播的混合系统提供，这些系统使用普通射频芯片集，并且基于SDR技术，接收卫星或地面传输。

有两种类型的系统结构：混合卫星/地面系统和集成MSS系统，如下面的定义所解释的那样。这些文本作为示例提供，并说明这种系统的原理，因为它们目前仅用于无线电/数据广播。

8.4.1 混合卫星/地面系统的定义

根据ETSI，混合卫星/地面系统是“使用卫星和地面部件的系统，卫星和地面部件相互连接，但彼此独立运行。在这样的系统中，卫星和地面部件具有独立的网络管理系统，并不一定使用相同的调制”[8.1]。另外，应该注意的是，两个部件通常不在相同的频段内运行。

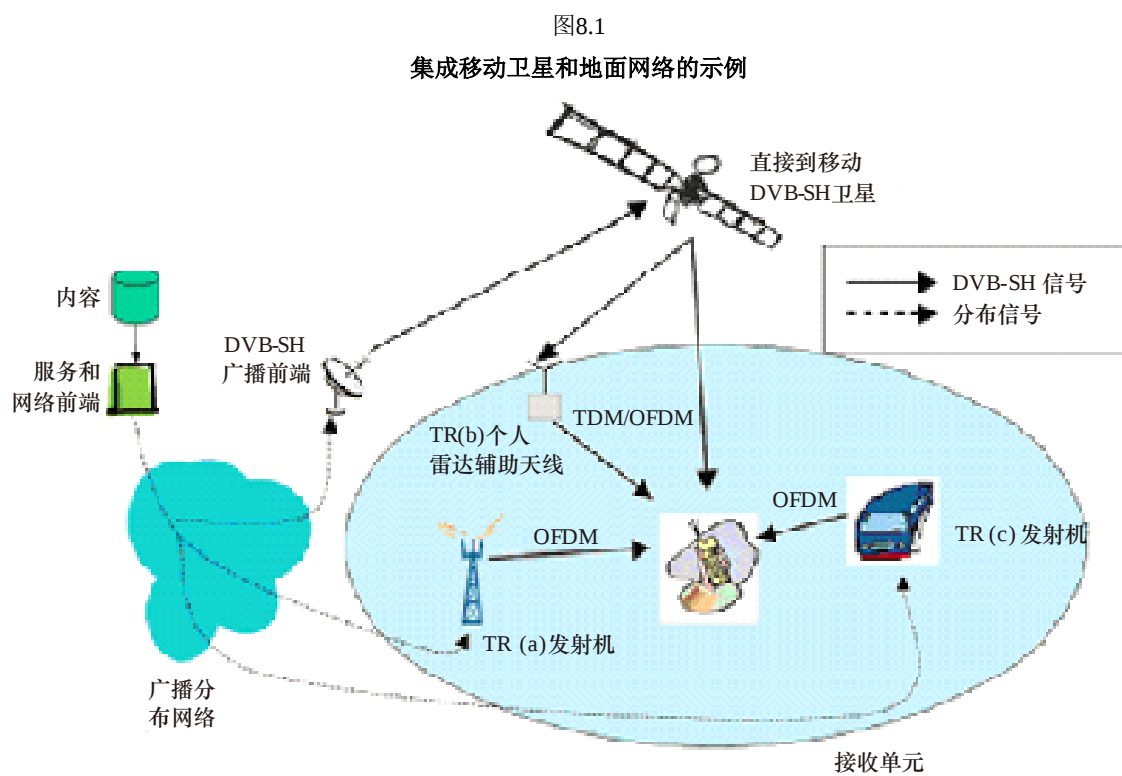
例如，卫星和地面基础设施组合通过在人烟稀少的地区提供信号来优化投资成本，而在人口密集的地区，卫星信号更难接收，地面基础设施用于在相同的频段提供相同的内容。这种地面基础设施可除了播放卫星广播的节目外，还可能会播放地方节目。

8.4.2 集成MSS系统的定义

根据ETSI和ITU-R，集成MSS系统是“采用卫星组件和地面部件的系统，其中地面部件与卫星部件互补，并作为MSS系统的组成部分运行。在这样的系统中，地面部件由卫星资源和网络管理系统控制。此外，地面部件使用与相关的操作移动卫星系统相同的MSS频段部分。”[8.1]、[8.2]、[8.3]

这种系统在美国和加拿大被称为MSS-ATC（MSS辅助地面部件），在欧洲被称为MSS-CGC（MSS-互补地面部件），并且在1-3 GHz频段中实施。

如图8.1所示，集成系统的地面组件不是独立的独立网络，它使用分配给卫星组件的相同频率，尽管两个组件不一定在同一地理区域同时使用相同的频率。该频谱共享通过允许更大的频率再用以及提高总体频谱效率来提供更有用的服务。这反过来又允许了降低网络成本至关重要规模经济。



DTTB-08-01

第八章参考资料

- [8.1] ETSI TR 103 124 卫星地面站和系统 (SES) ; 卫星和地面网络的组合方案
- [8.2] ITU-R 词汇:
<http://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=en&rlink={FB87FE16-E1BC-42E6-92BC-567849F31903}>
- [8.3] ITU-R, ITU-R BS.2173 报告, 卫星系统的多载波传输技术

第二部分

系统方面

第二部分介绍

虽然第1部分总体上处理数字地面电视广播（DTTB）的网络方面内容，主要是系统独立的形式，第2部分则集中在系统方面。这部分从各种地面数字广播系统的细节和全面的描述着手，然后处理广播和宽带技术之间的交互和协作，并提供有关条件接收的信息，包括内容保护。

在数字信号中，与模拟电视服务相比，视听质量的决定方式不同。尽管后者受到传输噪声和干扰的高度控制，但是只要不超过一定程度的噪声和干扰，数字信号就不会受到这种干扰的影响。相比之下，没有功能衰减。由于前向误差纠正，完美接收和完全故障之间的余量小于1 dB。可见的伪像（如抖动）是由于广播公司的播出和编码系统中应用的压缩系统造成的。

当然，接收机需要充分运行。接收机的功能将在专门的章节中描述。一个重要问题是为残疾人或特殊需要提供服务。数字电视为这些服务提供了更多的可能性和更容易的实现，这些服务不仅对残疾人，对我们所有人都有帮助。

第9章

数字地面电视广播系统

9.1 广播系统技术

9.1.1 传送方法和业务复用方法

9.1.1.1 引言

与模拟电视广播相比，如果电视节目组成部分（如图片或伴音等）分开传输，则数字广播系统是以视频、声音、数据和控制信号同时组合传输原理为基础的。

在模拟广播系统中，任何节目的视频和声音都以频率信号单独传输，原则是一个节目信号占据整个信道带宽（图9.1）。

在数字广播系统中，一个信道内的同步传输模式在是用来提供包含从音频和视频从一个或多个项目的信息生成（Pr. 1, Pr. 2 ... Pr. n）数据包的数据流，和额外的数据流，虚拟的时间和频率带宽分割（图9.2）。

图9.1

模拟广播系统中多节目传输的原理

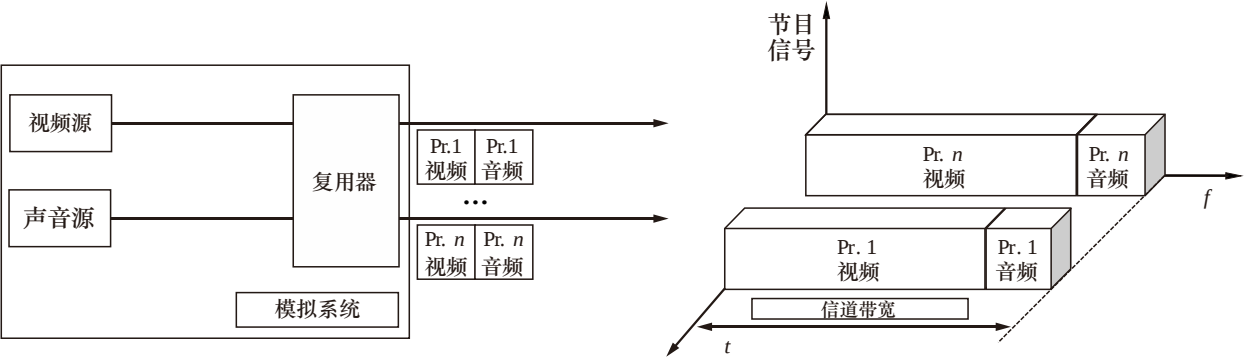
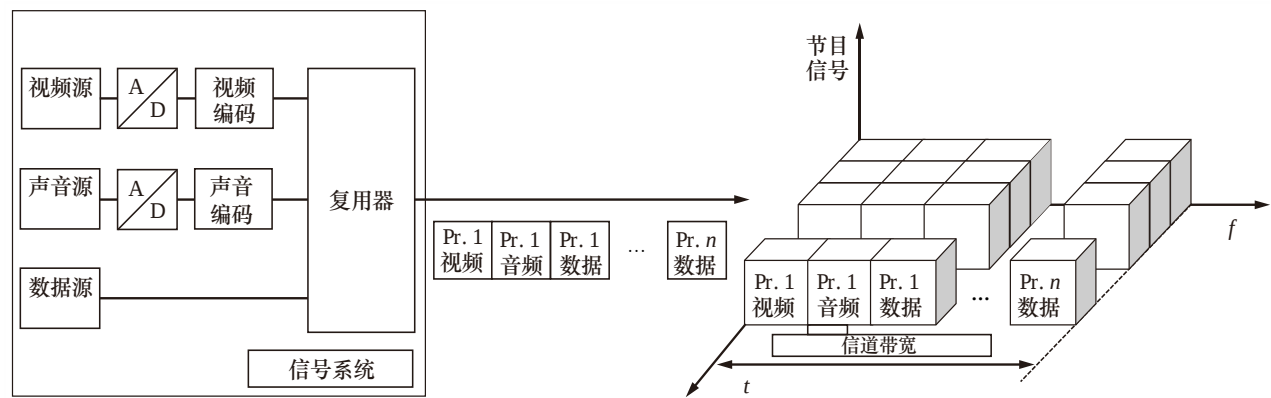


图9.2

数字广播系统中多节目传输的原理



DTTB-09-02

通过使用数字信号处理技术，数字电信技术，特别是基于特定类型的媒体冗余（例如视觉冗余，心理声学冗余和统计冗余）的数据简化方法，可以提供多个节目组件的同时传输。综合使用所有这些技术使无线电频谱越来越有效地使用，从而显着降低信息传输所需的信道容量。

9.1.1.2 服务复用方法

DTTB中，一个数字复用器可携带几套电视服务，每套业务包含一个或多个视频成分、一个或多个音频成分以及可选的其他成分，包括附属数据。必需有标准化的方法使接收设备能找到感兴趣的服务以及该服务内感兴趣的成分，并使接收设备能为用户产生合适的导航环境，用于友好地访问可得到的数字服务。

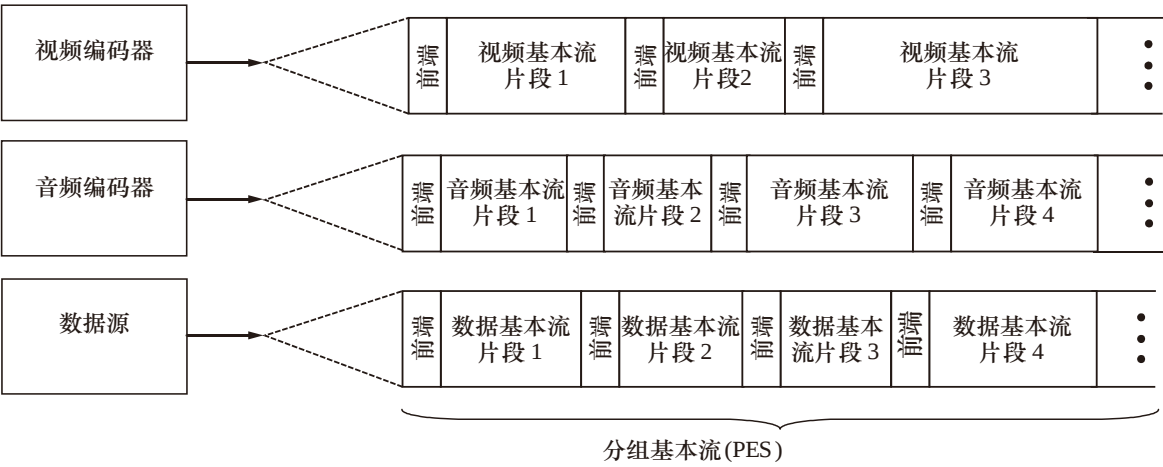
服务复用可以使用结构化传输（固定分配方法），分组传输（可变分配方法）或两者的组合来实现。这种方法对于各种服务实现具有显着的优点。

固定和可变长度分组复用。整个系统复用方法可以被认为是两个不同层复用的组合。在第一层（节目层）中，通过来自一个或多个基本位流的复用分组（图9.3）形成单个节目位流，在第二层（传输层）中，将多个单个节目位流组合形成一个或多个传输流。

在源编码器输出（视频和音频编码器）信息被组织为一系列分离的流，称为基本流（ES）（图9.3）。

图9.3

分组化基本流的原理



DTTB-09-03

这些基本流中的每一个都被分组化，因为它由一系列可变长度分组形成，每个分组包含关于传输图像，声音序列或数据的某一部分信息。在数字电视广播系统中，数据流可以像在PES流有效载荷中一样传输，也可以通过使用第9.1.4节中定义的其他机制传输。

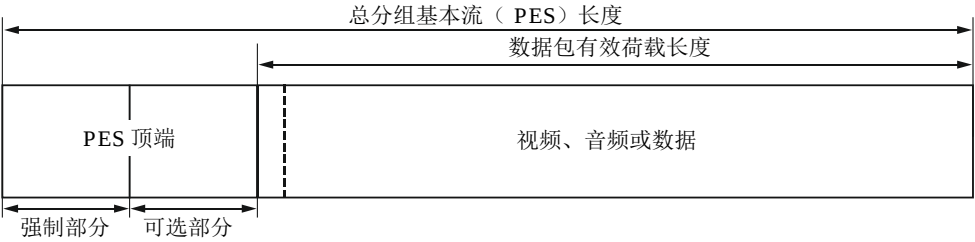
基本流分组长度取决于许多因素，如压缩的内容关键度，源编码器缓冲重叠等。最大分组容量限制为64 kByte。

具有基本元素指示的PES数据包的结构如图9.4所示。PES分组由顶端和运动图像专家组（MPEG）标准化的视频或音频信号的基本流或用于数据服务的基本流组成，并且其长度是可变的（两者的头部和内容数据包是可变的）。

PES数据包顶端由强制和可选部分组成。在长度为6字节的PES分组顶端的强制部分中，关于分组开始（3字节）（指示PES分组的开始）的信息，流标识符，流定义类型的信息，该片段给出PES分组（1字节）和分组PES长度值（2字节）。

图9.4

PES-数据包结构

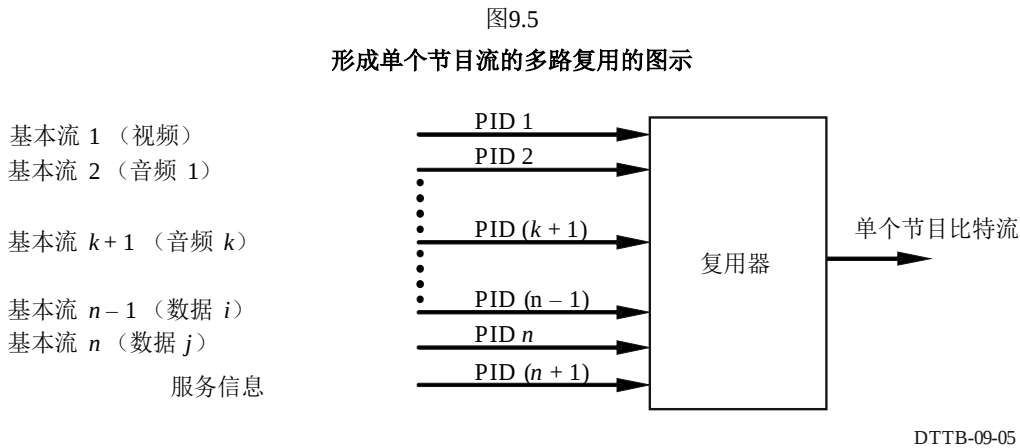


DTTB-09-04

PES顶端可选部分的可用性取决于应用程序的要求。如果应用，顶端的可变长度部分包含关于在基本流中使用加扰的信息，关联的PES分组有效载荷的材料是否受版权保护，PES分组有效载荷的内容是否为原始或副本，该PES数据包顶端中包含的可选字段和填充字节的总字节数。此外，可以应用不同的可选字段，特别是包含音频和视频同步所必需的关于呈现时间戳（PTS）和解码时间戳（DTS）的信息的字段。

具体来说，在ITU-R BT.1209-1建议书[9.1]中定义了PES分组格式，以及不同类型的流（视频PES流，音频PES流）的限制。

对于单个节目流，形成多路复用比特流要求各个分组化的基本比特流（PES）与共享公共时基的各个分组标识符（PID）和描述节目的分组化控制比特流（服务信息子信道）联合。



对于数字多媒体广播系统，特殊可变长度数据包—称为类型长度值 (TLV) 多路复用。说明了通过广播信道传送IP数据包的要求：封装格式、头压缩IP数据包格式和传输控制信号。有关详细信息，请参见ITU-R BT.1869建议书[9.2]和[9.98、9.106]。

统计复用具有可变比特率（VBR）编码的视听信息压缩编解码器已被广泛使用。在这种编解码压缩中，使用一种算法为对压缩质量至关重要的图像场景分配一定的数据容量。否则，使用较少的比特率。

这导致音频或视频编码器输出的比特率变化的可能性取决于正在处理的场景或声音序列的性质，或者取决于特定节目的要求。然而，为了在广播系统中进一步处理，通常需要获得与时间无关的比特率。为了提供这一点，填充信息被添加到数据中。然而，在这种条件下，频谱利用效率降低。

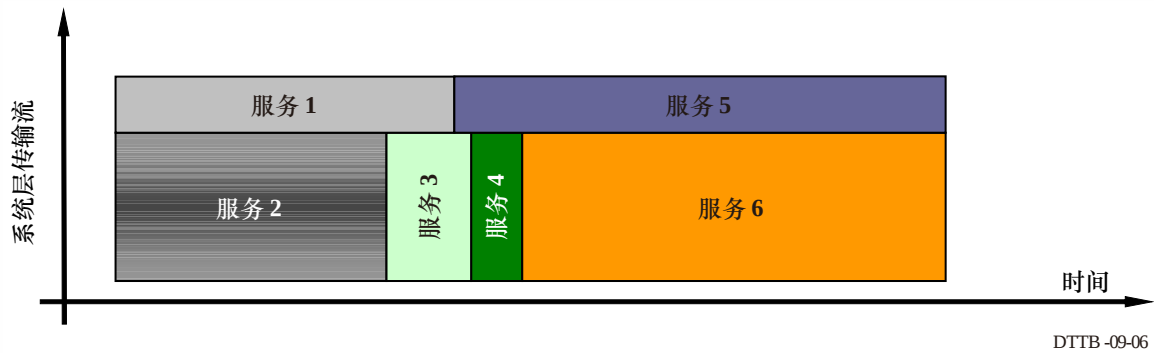
在数字广播中，以有效和高效的方式使用可用信道容量是非常可取的。由于获得期望的图像质量所需的比特率取决于图像内容，所以使用恒定的比特率编码导致图像质量的大变化以及信道容量的低效使用。这表明允许在节目之间动态分配信道容量的可变比特率压缩方案的结果是总体图像质量提高和/或节省带宽。为了在节目之间执行位分配，必须引入称为联合编码控制的控制机制。这种技术被称为统计复用（尽管在传统的统计复用中没有全局控制机制）。

目前市场上可用的MPEG编码器旨在支持可变输出数据速率。在多程序环境中，可以以这样的方式联合控制多个多路复用程序的数据速率，即通过使用可变比特率编码方案来实现每个节目的期望图像质量，同时在频道率保持聚合比特率恒定。

ITU-R BT.1437建议书[9.3]和ITU-T J.180建议书[9.4]中定义了统计复用的基本原则和要求。

因此，可以通过使用统计复用在一定程度上提高信道使用效率（图9.6）。

图9.6
统计多路复用示例

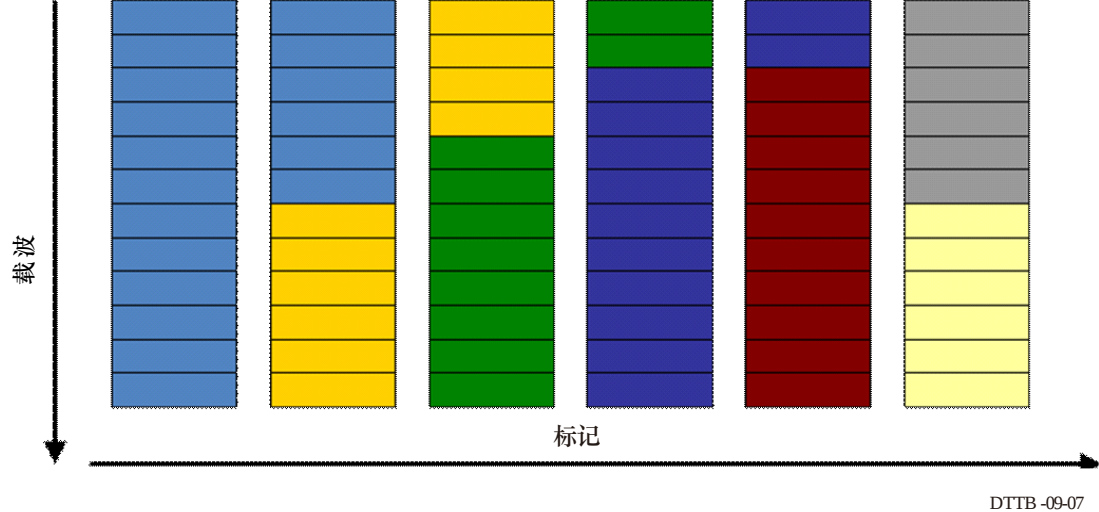


在统计复用的情况下，在系统层流（图9.6中的服务1至服务6）携带的服务的公共信道资源分配，取决于每个时间段中的所需比特率。既然这样，当为每个服务分配固定信道容量时，与固定多路复用相比，信道资源用于更有效的方式中。与普通的固定复用方法相比，统计复用的一个缺点是，控制系统的复杂性以及需要额外调度的信道资源分配，同时仍然确保所有业务对信道资源的访问。此外，当分配给一个广播公司节目的资源的意外减少导致共享相同多路复用资源的其他广播机构的质量降低或其他不便时，可能发生这种情况。

在第二代DTTB系统的情况下，使用称为物理层管道（PLP）的特殊统计复用方案。PLP可以是组织在特定物理信道内的逻辑或虚拟子信道。PLP用于支持其他层的业务数据和信令数据，而不是L1（物理层）。

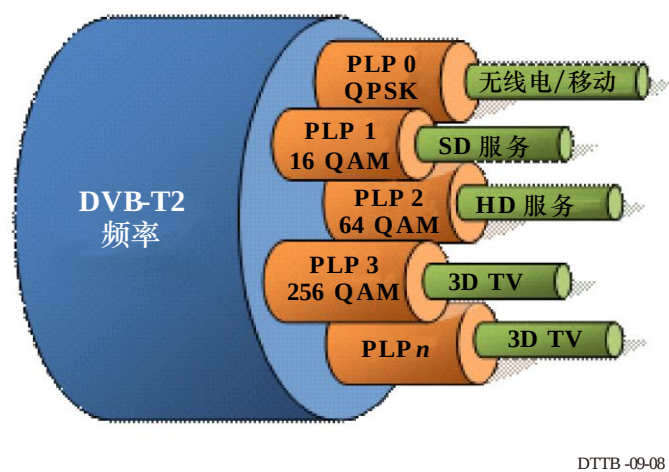
每个服务PLP可以独立于其结构传输数据，具有特定于所使用的PLP的物理参数的自由选择 and 特定的稳健性（见图9.7）[9.107]。这种方法提供了基于所需的典型服务保护级别和调制格式（见图9.8）来实现特定于服务的保护和更有效地信道资源使用的可能性（见图9.8）[9.91]。

图9.7
完全透明的物理层管第二代DTTB系统概念



第二代DTTB系统允许一个星座，编码速率和时间交织深度被单独分配到每个单一的PLP。根据接收机的类型和要解决的使用环境，分配的容量和稳健性都可以调整到内容/服务提供商的特定需求。

图9.8
基于PLPs的特定服务概念



DTTB -09-08

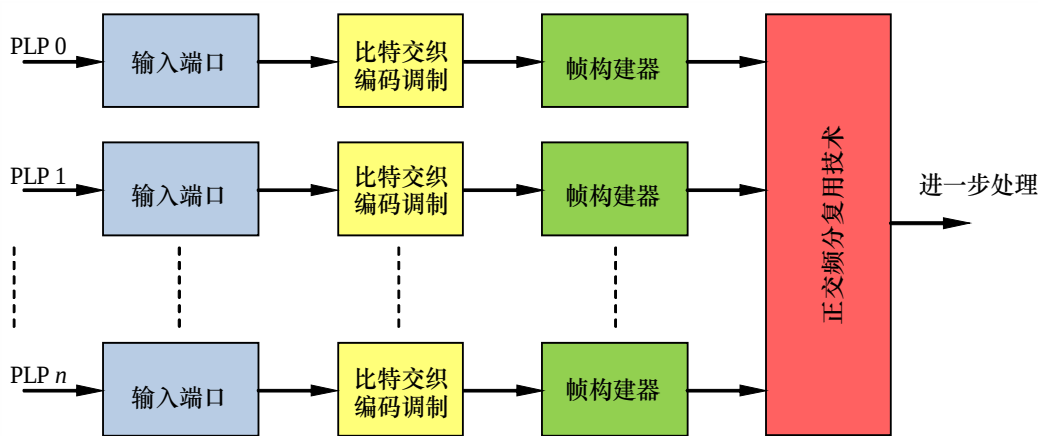
9.1.1.2.1 PLP多路复用

对于DVB-T2，有两种类型的PLP：普通PLP（其中包含多个PLP（也称为PLP组）的公共信息，例如服务或其他信息）和类型1及类型2的数据PLP。数据PLP旨在携带实际T2服务。两种数据PLP之间的区别在于分切片和省电的可能性。

因此，接收机需要在接收单个服务的同时解码多达两个PLP：数据PLP及其相关联的公共PLP。对于ATSC-3.0，任何PLP可承载任意类型的数据。

定义了两种一般输入模式：输入模式A使用单个PLP（这种情况是第一代数字广播系统的典型），而输入模式B使用多个PLP（图9.9）。

图9.9
具有多个PLP的输入模式B



DTTB -09-09

对于常见的一组PLP，使用不同于数据PLP的调制编码是非常可取的，以弥补相对于2类型PLP与多个分片常见的PLP减少时间的多样性。如果公共数据被安排成固定的数据速率，则可以适用这种情况。

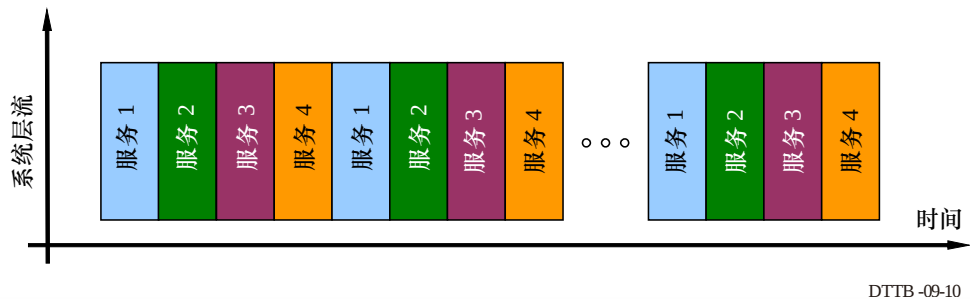
DTTB系统可以包含不同的PLP组，每组具有不同的编码和调制，每组提供的总比特率是恒定的。

原则上可以在具有不同编码速率或调制的PLP之间执行更先进的统计复用。在不同代编码速率的情况下，统计复用器将按照相关PLP的编码速率为每个服务分配比特，使总比特率保持不变。使用“一大传输流”模式，大TS将具有对应于最高编码速率的PLP的整个容量的速率。

切片复用。（也称为切片复用，在时间，频率或时频域分配系统流）时间片的目的是降低终端的平均功耗，实现平滑无缝的业务切换。

使用时间分片时，如图9.10所示进行组播。

图9.10
时间切片原理



在这种多路传输的情况下，每个服务的原始数字流被划分成片，其大小足以将连续信息呈现给用户。这些片中的每一个在特定的短时间间隔期间被传送。不同服务的流是逐层传输的，并且在片段承载的信息的接收，解码和呈现所需的时间内不超过一个服务的连续片段之间的间隔。时间分片使得接收机仅在一小部分时间内保持活动，即当接收到所请求的服务的突发时。

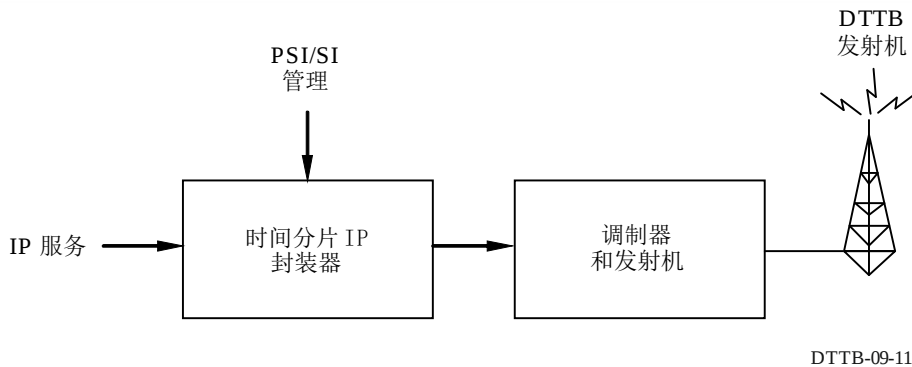
数字地面广播中时间分片实现的几种变型存在：使用专用复用，混合多路复用或分层传输。

图9.11显示了仅针对IP业务传输的情况下，基于专用复用多协议封装（MPE）的时间分片实施方案。

假设IP封装器负责从传入的IP数据报生成MPE部分，以及添加所需的PSI / SI数据。IP封装器的输出流由MPEG-2传输数据包组成。

图9.11

专用多路传输时间分片实施示例

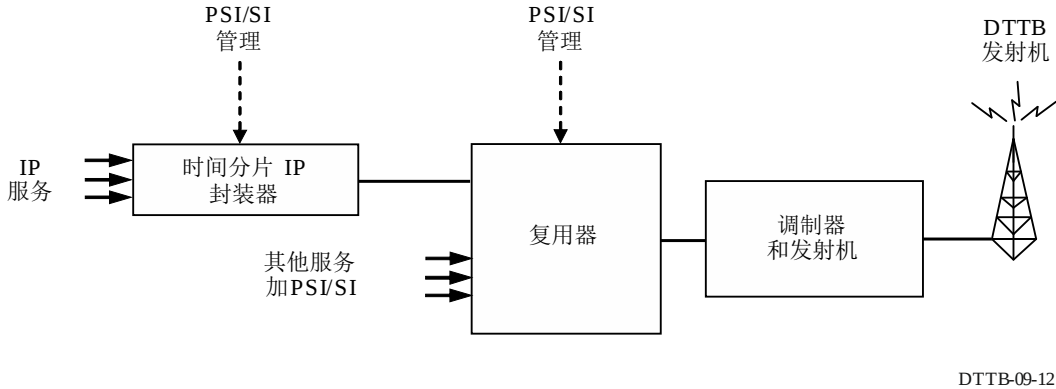


由于没有其他服务（即没有非时间片服务），功能仍然很简单。时间片突产生在IP封装器中。突发可能使用最大比特率。任何“关闭时段”（即，没有发送任何基本流的数据突发的时间）可以用空分组填充。PSI/SI部分可以通过分配一个恒定的比特率来分布在传输流上。

图9.12说明了包含IP服务和其他（数字电视）服务的传输多路复用的前端的构造。与专用多路复用器的情况的主要区别是多路复用器的要求。

图9.12

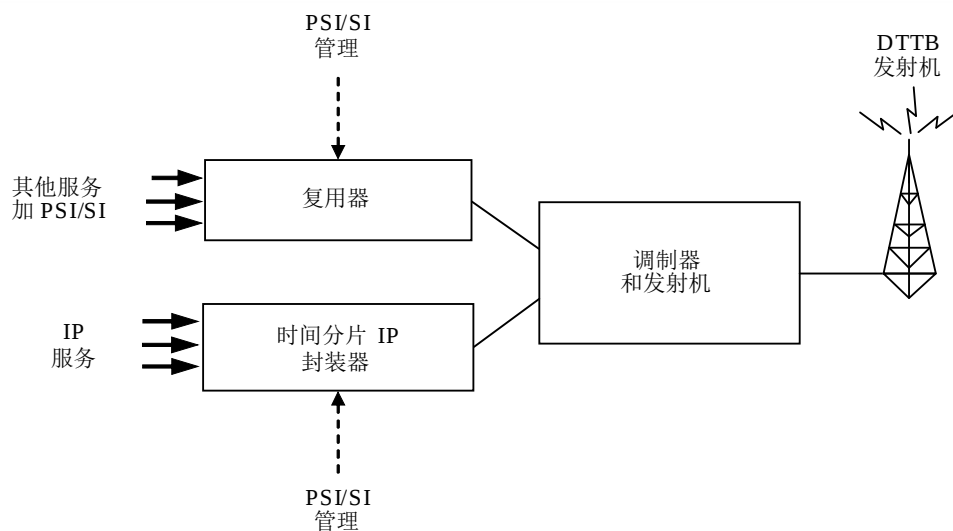
使用混合多路复用实现时间分片的示例



避免在公共多路复用中混合时间分片和非时间分片流（因此避免使用多路复用器）的一种可能的方法是使用分层传输模式。在这种情况下，包含时间分片服务的多路复用以高优先级被传输 - 确保在移动环境中更好的稳健性—而非时间分片服务的多路传输以低优先级被传输—为固定接收服务给出更高的比特率。这有效地支持单个传输中的两个多路复用。图9.13描述了显示对分级传输的支持的简化框图。

图9.13

使用分层传输的时间切片实现的变体



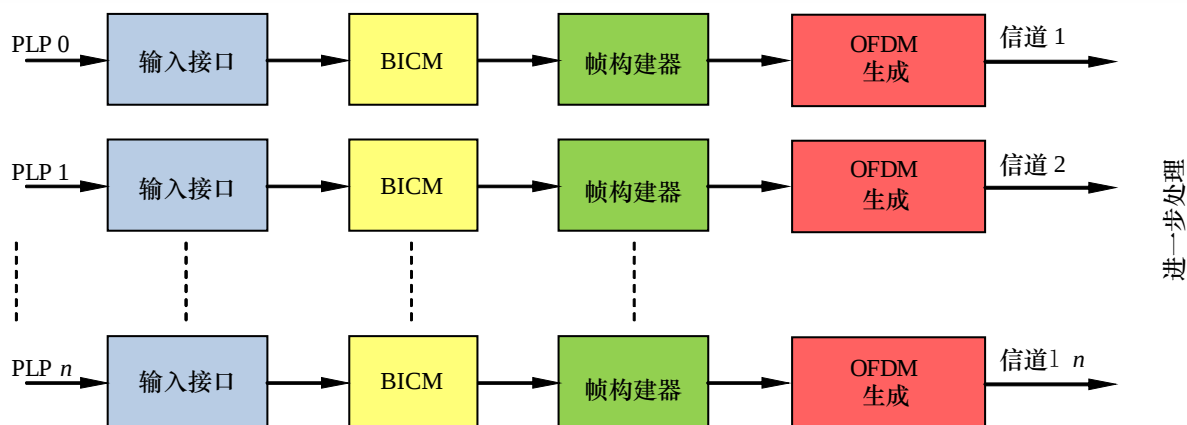
DTTB-09-13

第二代DTTB的时频切片（TFS）在[9.8]中定义。TFS是一种方法，其中PLP的子切片在系统帧期间通过多个RF频率发送。这引入了双域统计复用—无论是在时间或频率上。

当使用TFS时，图9.14给出的基本框图适用，但是框架构建器和OFDM生成模块被修改为包括附加链，以便TFS系统的每个N个RF通道都有一个分支。

图9.14

高水平DVB-T2 TFS模式框图



DTTB-09-14

在TFS的情况下，最大比特率对应于正常操作模式。然而，如果应用，在接收机侧，按照链路预算，TFS提供更灵活的统计复用和改进的接收机性能，并且在MIMO / SIMO模式下提供更有效的信号处理。

有关TFS的更多信息，请参见EBU技术报告35[9.5]。

9.1.1.3 降低峰均功率比

为了降低输出OFDM信号的峰均功率比（PAPR），可以使用ATSC标准A/322-2018中定义的对传输OFDM信号的修改。如其中所述，可以使用音调保留和/或主动星座扩展（ACE）技术。在降低PAPR之后，采用插入防护间隔的方式。

9.1.1.4 业务传送方法

复用第二层是复用节目流，以形成单个流，称为传输流（TS）或IP流。

ITU-T H.222.0建议书[9.6]，标准ISO/IEC 13818-1[9.7]中定义的地面数字电视和多媒体广播系统，用于不同数据类型的同时传输，独立于信道带宽，主要使用MPEG-2传输流。ATSC标准A/331:2019 附件A[9.76]定义了单向传输的实时对象交付（ROUTE）。ETSI EN 302 755 [9.8]中定义了MPEG媒体传输（MMT）[9.95]或基带（BB）流（另见ITU-R BO.1784建议书[9.9]和ETSI EN 302 307[9.161]）。

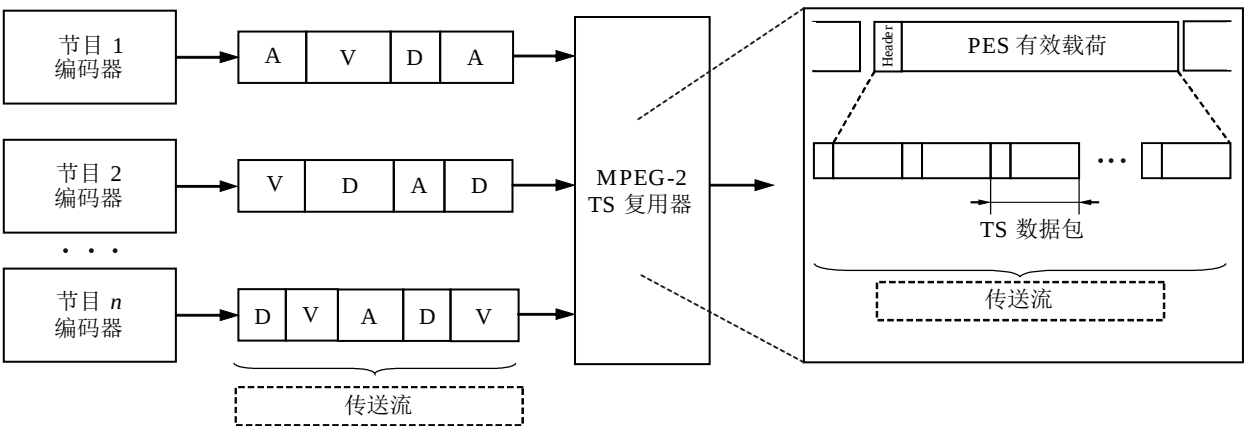
MPEG-2传输流复用。开发传送机制中，需要考虑的是在诸如地面广播、有线分配、卫星分配、记录媒体和计算机接口等数字媒体之间具有互操作性。ITU-R建议，对于数字广播系统，其中的数字电视系统在视频、音频和数据信号的打包和复用中采用MPEG-2 TS流句法。在MPEG-2 TS流语法的开发上（见ITU-R BT.1207建议书[9.10]、ITU-R BT.1209-1建议书[9.1]和ITU-R BT.1299建议书[9.25]），极为重要的是能用于通道带宽或记录媒体容量受限和需求高效率的传送机制上。

ITU-R BT.1300-3建议书[9.11]中定义了基于MPEG-2 TS的数字地面电视广播系统中的多节目流内的帧，传输和数据识别方法。它涵盖了将数字数据流划分为信息“数据包”的手段，唯一识别每个数据包或数据包类型的方法以及多路视频数据流数据包，音频数据流数据包和辅助数据流数据包到一个单独数据流组成的一个188字节序列TS数据包的合适方法。

在单一传输流模式的情况下，多路复用系统层如图9.15所示。

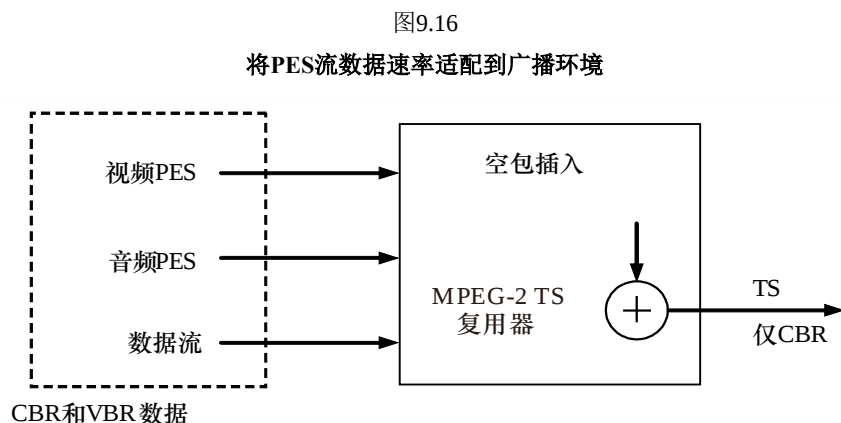
包含在先前系统级上形成的关于视频（V），音频（A）或数据（D）的信息的分组化节目流（PS）被提供给MPEG-2传输流多路复用器，其中PS可变长度分组映射到执行具有固定分组长度的分组传输流格式。

图9.15
MPEG-2传输流形成



一个PES分组分布在几个传输流分组上。考虑到PES分组长度（以字节为单位）并不总是184的倍数，一些传输分组（其中包含PES分组剩余部分）将仅被部分填充。这些传输分组的其余部分被适配字段填充，该适配字段的长度等于184字节与PES余数之间的差值。这种适配字段（在某些情况下）被用作某些服务信息（例如，程序时钟参考标记）的内置传送信道。

传输流被优化用于在广播环境中的传输，因为它在传输多路复用器的输出端提供恒定的比特率。考虑到传输多路复用器输入端的流可能是可变比特率（VBR），为了转换到恒定比特率（CBR），执行空数据包的插入（见图9.16）。

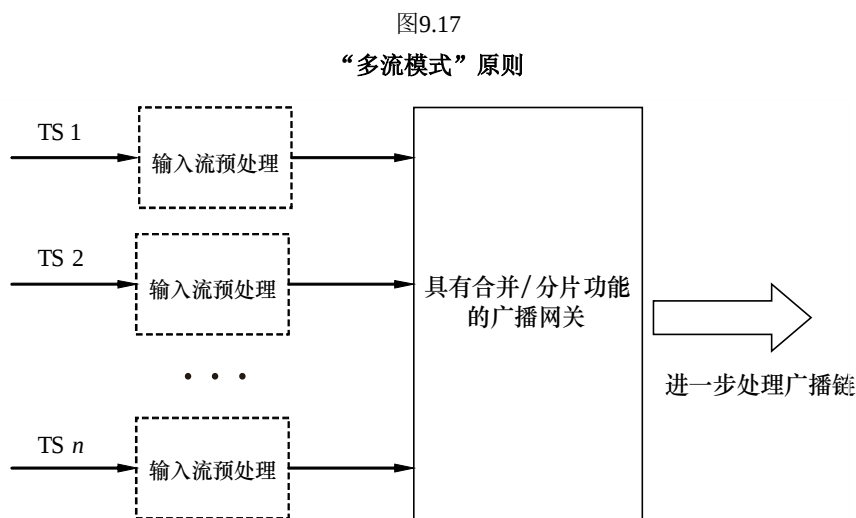


DTTB -09-16

在一些应用中，空包被用作传输测试信号或诊断信息的嵌入式测量信道。

目前电信和广播技术方面的进展，不仅可以在数字电视广播系统内传输一种传输流，而且还可以在几种传输流中进行传输，数量仅受系统帧容量的限制。因此，根据系统实施，可以从“单流模式”迁移到“多流模式”，提供扩展的可能性范围，例如形成单个流，其包含来自任何传输流的信息，用于进一步的重新传输。

“多流模式”的原理如图9.17所示。



DTTB -09-17

在预处理之后，多个输入传输流进入广播网关，在其中进行合并以创建单个连续流，并进一步划分为链路层块（分组，帧等）。此外，可以使用广播网关中的调度，应用所需的一组参数和性能，例如虚拟数据块或填充的使用。因此，信道被组织成单独的逻辑管道集合，每个逻辑管道可以提供来自分离的传输流的信息传输。

第二代广播需要广播网关，DVB-T2网关示例在后。

迁移到DVB-T2架构意味着在DTTB前端插入T2网关，将DVB-T调制器更新为DVB-T2调制器，以及用DVB-T2前端替换STB或集成电视。单PLP或多PLP（M-PLP）模式的架构保持不变[9.91]。

T2网关旨在将输入的MPEG-2 TS封装成基带帧，插入用于SFN广播的同步信息，控制调制器配置，调度M-PLP配置以及TFS分配。

T2调制器从T2网关接收配置，通过添加前向纠错信息，构建T2帧，并在通过空中发送信号之前调制信号来执行信道编码。通过将DVB-T调制器升级为DVB-T2，可以使用DVB-T放大器来广播DVB-T2。

DVB-T2标准已经定义了T2网关和调制器之间通信的T2-MI（T2调制器接口）的新协议接口。T2-MI分组将数据封装到基带fFrames中，在通过SFN广播时提供同步信息，并包括传输所需的所有信令信息。所有的PLP，TFS和SFN功能都由T2网关进行调度，并在特定的T2-MI数据包[9.91]和[9.160]内描述。

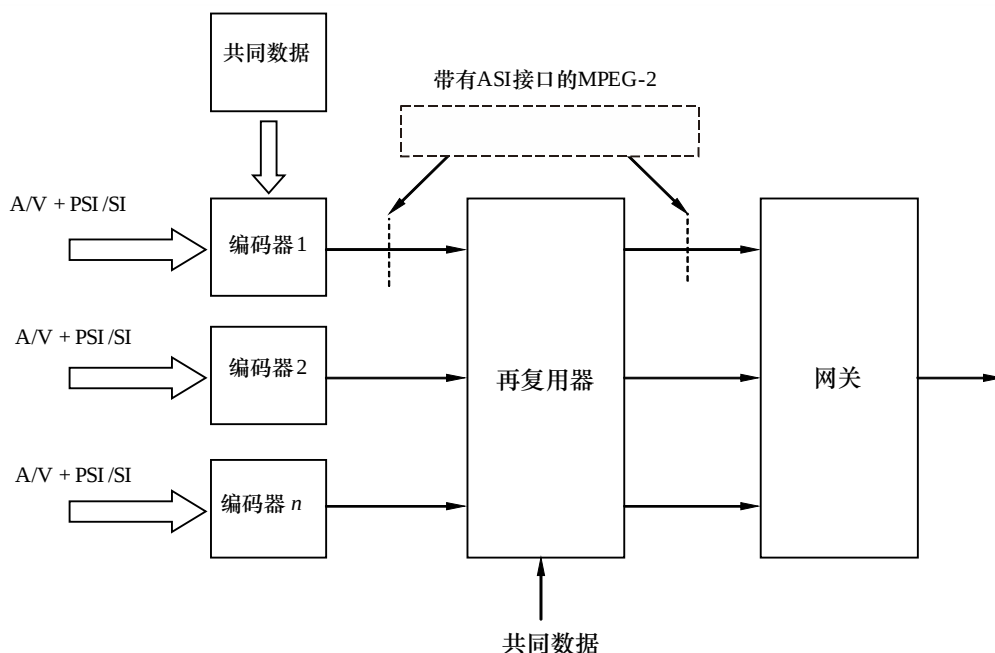
“多流模式”实施原理有几种方法：具有共同控制的单独TS和一个高比特率TS。

在具有共同控制的单独的TS的情况下（参见图9.18），使用N个可变比特率编码器。它们中的每一个都生成包含一个服务（视频，加音频和其他可能的组件）的恒定比特率TS，其中空分组的比例根据瞬时比特率而变化。中央控制单元确保数据的总量（即不考虑空分组）不超过总容量限制。

为了允许将公共数据插入到TS中，N个TS必须具有相同的比特率，并且应该包括具有至少与公共数据的比特率一样高的同步的空分组。该公共数据将在链中稍后插入，替代同时的空数据包，并将在公共PLP中传送。每个TS的比特率应至少等于服务比特率和公共数据的比特率之和的峰值。

应该优选与编码器共享的再复用器，然后根据数据PLP和公共PLP的TS分离规则来接收这些TS并且用公共数据替换一些同时的空分组。然后，再多路复用器将以所需的特性将N个TS输出到网关。使用该方法，PCR值不必在链中的任何地方进行修饰。应当注意，在实际实施中，再复用器和网关可以是单个设备。

图9.18
单独TS共同控制示例



DTTB-09-18

在一个高比特率TS的情况下，可能的实施是使用正常的统计型多路复用器，然后将其分解成N个TS。首先按照上述方式生成N个TS，但不需要相同的比特率和同步的公共数据，然后馈送到多路复用器。然后，多路复用器组装一个包含所有基本TS服务的大TS，并根据分裂规则，包括所有PSI / SI和其他公共数据。大TS的比特率（再次不考虑空分组）不能超过N个PLP的容量限制。使用传统的TS分配意味着大的TS可以被传送到另一个发生分裂的站点。

大TS最终通过两个概念性步骤分为N个TS：

- 1) 将大TS克隆成N个相同的TS；
- 2) 对于这些TS中的每一个，通过用空包替换所有其他TS分组，仅保留TS中的一个PLP的分组。

这种分裂操作的结果是N个TS，每个TS保持大TS的比特率，包括一个服务，并且包括与其他TS同时的公共数据。另外，原始TS的PSI / SI将必须被修改，输入TS的单个SDT（实际）被分成N个新的SDT（实际），每个输出TS一个。可以使用用于多路复用器和网关的单独设备或作为单个设备来执行在“另一个站点”执行的操作。

在第一种情况下，总体复杂度较低，而第二种情况的优点是传统的统计型多路复用器可用于生成单个大型TS。

第二种安排的另一个可能的益处在于，通过对所有PLP进行解码和合并，专业接收机可以重新生成和输出原始大的输入TS，因为空分组将处于互补位置。这可能对于重新广播，前端或归档应用程序很有用。

基带帧。在第二代数字电视广播系统中使用基带（BB）帧作为主要数据容器，允许以MPEG-2格式（向后兼容模式）和/或以连续或分组化的通用流的格式运送输入流数据GS）。在分组流被携带的情况下，分组可以被同步或异步地映射到BB帧，即每个BB帧可以包含整个分组，或者分组可以跨两个BB帧分段。

在系统预处理之后，基带框架直接将输入用户数据包（UP）分组流映射至带有DFL长度的帧数据字段（数据字段）。在该种情况下，可能将MPEG-2传输流和可以支持的其他数据流类型作为输入流。在出现连续流时，可在数据块上进行分片操作。在MPEG-2传输流传输过程中，带有用户数据包长度的传输包的每个同步字节均由CRC-8检查和所取代，以防止分组级出现错误。

MPEG媒体传输（MMT）。ITU-R BT.2074-0建议书[9.95]和ISO/IEC 23008-1[9.12]规定了媒体传送复用协议的封装格式。其还明确了媒体组件封装格式、传输协议以及包括广播应用在内的各种应用的信令信息。

ISO/IEC 23008-1已支持在包括广播信道和宽带网络的异构网络上传送的媒体数据。在MMT-based系统中，诸如视频、音频和隐藏字幕（CC）等媒体组件，构成了电视节目中的封装媒体片段单元（MFUs）或媒体处理单元（MPUs）。由这些单元根据MMT协议（MMTP）进行MMTP数据包装载和IP数据包的传送。电视节目相关数据的应用也封装成媒体片段单元（MFUs）或媒体处理单元（MPUs），并进行MMTP数据包装载和IP数据包传送。

在广播信道的多路复用IP数据包根据IP多路复用方案生成，亦被称作第2层（L2）协议。例如，ITU-R BT.1869建议书[9.2]中就描述了TLV的多路复用方案。

在广播信道中，由于所有的传输信息被传送到所有接收端，因此三个组件被多路复用成一个IP数据流并在一层第2流中传送。另一方面，在宽带网络中，由于每个组件将传送到其请求接收端，因此每个组件由一个单独的数据流来传送。

在基于MMT的广播系统中，不同频道中传输的媒体组件可轻易地整合至一个MMT封装。基于MMT的广播系统支持多媒体内容的混合传输。

因此，基于MMT的协议实现了混合广播宽带电视（HbbTV），此外该协议还用于其他应用。

单向传输的实时对象交付（ROUTE）：ATSC标准A/331（2019年）定义了ROUTE传输协议，信令、传输、同步和错误保护见附件A。ROUTE协议定义了多媒体文件以及非实时数据流的封装、传输和信令协议。ROUTE协议与RFC 6726中定义的FLUTE以及MBMS中定义的扩展保持一致。该传输机制用于传输DASH-IF中定义的DASH片段。该协议还包括一个修复机制，其中包含FEC的修复流可用于在传输过程中保护交付对象。

9.1.2 数字电视系统中的业务信息

在DTTB中，一个或多个数字多路复用可以承载多项电视业务，每项电视业务均由至少一个视频组件、至少一个音频组件及其他任选组件（如辅助数据）组成。而且务必传输能够让用户设备定位相关业务（以及该相关业务中的相关组件）、创建有利导航环境让用户便于获取数字业务的其他数据。

为了在节目和系统层面实施数字地面广播系统，需要插入信息，此信息可以分成两类：专门用于节目的服务信息（PSI）以及在系统级插入的信息（SI）。

ITU-T H.222.0建议书[9.6]、ISO/IEC 13818-1[9.7]和ATSC A/331（2019年）[9.76]定义了业务信息的基本要素。所有业务信息均以表格编录，且包含可能用于不同层面的信息处理和同步接收机，如网络、运输、应用层等。

MPEG-2专用于节目的信息。在一般情况下，根据[9.6]和[9.7]，PSI由6个表格构成：

- 网络信息表（NIT）：NIT表定义了载波频率、信道带宽、信道编码参数等，参考了承载特别由数字广播系统界定了定义和结构的数据的网络PID。
- 节目关联表（PAT）：PAT表给出节目编号与携带该节目定义（PMT表）的传输流数据包PID值之间的对应关系。
- 节目映射表（PMT）：PMT表对构成业务的基本成分类型以及对携带这些基本成分的传输流PID值给出规范。
- 条件接收表（CAT）：为了支持对接收进行控制的需求，CAT表使一个或多个专用授权管理信息（EMM）流的每一个与一个独特的PID值相关联。
- 传输流说明表（TSDT）：TSDT包含的数据可能指出吸收TS私有数据的方法，TSDT还携带囊括TS承载的所有业务的描述符。
- IPMP控制信息表（ICIT）：ICIT用于实现基于数字权利管理（DRM）的、根据MPEG-4 IPMP扩展规范调整的知识产权管理和保护（定义见ISO/IEC 13818-11:2004 [9.96]）。[9.6]和[9.7]界定了MPEG-2内ICIT传输的实施。

基于MPEG-2的业务信息。除PSI之外，数字地面电视系统的业务（或系统）信息（SI）还允许系统传输流中的用户识别/选择业务或事件，又可提供由不同多路复用、甚至其他网络携带的业务方面信息。借助于给出的数据，SI数据可补全[9.6]和[9.7]内规定的PSI表，以帮助接收机自动调谐，以及为用户提供预定供显示用的信息。系统SI的定义如下：

- ATSC SI的相关规定参见[9.108-9.112]。技术规范规定了主手册表和虚拟频道表数据库。从这些表中可以查询在其他PID流内携带的事件信息和扩展文本信息，或者可包括出现于其他传送复用器或模拟频道内一些事件的信息。
- DVB-T SI的相关规定参见[9.113-9.116]。业务信息规范规定了多个表格，该等表格包含多个预分配PID值。这些表包括NIT表、业务描述表（SDT）、事件信息表（EIT）、时间偏置表（TOT）、运行状态表（RST）、时间日期表（TDT）和节目组相关表（BAT）等。
- 关于ISDB-T SI及其使用规范的相关规定参见[9.117-9.119]。该SI标准对众多包含多个预分配值的表格进行了规定。这些表包括NIT表、业务描述表（SDT）、事件信息表（EIT）、时间偏置表（TOT）、运行状态表（RST）、时间日期表（TDT）、节目组相关表（BAT）、本地事件信息表（LIT）、事件关联表（ERT）、索引传输表（ITT）、部分内容通告表（PCAT）、码速调整表（ST）、广播商信息表（BIT）、网络交换台信息表（NBIT）和链接描述表（LDT）等。

MMT业务信息。MMT传输协议使用其自身的业务信息类型并且对MPEG-2 SI的某些项进行回用。

目前有三种MMT信令信息，分别是：消息、表格和描述符。这类信息不仅可以作为普通类信息广泛用于各类系统，也可以专门用于特定系统。

广播系统的普通类MMT消息可用来表示启动MMT信令信息、媒体演示信息（MPI）消息、传送时钟相关信息、内容消费所需设备功能的相关信息及其他信息。下文列举了一些常见的MMT信令信息表：

- 数据包访问（PA）表：向其他所有信令表格提供信息。（类似MPEG-2系统中的PAT）

- MMT演示信息（MPI）表：提供演示信息文档。
- MP表：提供了对MMT封装的配置信息，如资产的列表和位置。
- CRI表：提供CRI描述符。
- DCI表：提供所需设备性能的封装消费信息。
- 封装清单表：作为广播服务的MMT封装提供IP数据流和PA消息的数据包id。

普通类的MMT信令信息描述符显示了MMT时间戳及MPEG-2系统定时器在同步化、MMT数据块演示时间等方面的关系。

ATSC 3.0服务信息：ATSC 3.0系统基于IP传输机制，服务信息包含在具有已知地址的IP数据包中，该数据包按照参考资料[9.77]中的规定生成。服务信令提供服务发现和描述信息，包括两个功能部分。通过服务列表表（SLT）的引导信令和服务层信令（SLS）。这些代表了发现和获取ATSC 3.0服务的必要信息。SLT使接收器能够建立一个基本的服务列表，并为每个ATSC 3.0服务引导发现SLS。

SLT可以实现对基本服务信息的快速获取。SLS使接收器能够发现和访问ATSC 3.0服务及其内容组件。对于通过广播提供的ROUTE/DASH服务，SLS由ROUTE/UDP/IP在构成ROUTE会话的一个分层编码传输（LCT）信道中传输，以适当的旋转速率支持快速信道连接和切换。对于通过广播传输的MMTP/MPU流媒体，SLS由MMTP信令信息携带，以适当的旋转速率支持快速的频道连接和切换。

ATSC 3.0信令中的其他类型的SI包括为所提供的内容提供评级信息的区域评级表（RRT）和包含紧急公告相关信息的高级紧急警报表（AEAT）。

9.1.3 数字电视广播系统协议栈

9.1.3.1 综述

ITU-R BT.1223报告[9.13]对数字广播系统的分层模型进行了界定。根据该报告，OSI模型由于能够进行7层信号处理（包括物理、链接、网络、传输、分期、演示和应用层），因此该模型被选为基准系统模型。

广播业务在各个层面均有特定功能。各系统已经明确了提供这些功能的协议栈。

各协议与相邻层面连接，并且界定了数据转换的顺序和原则，以便将数据传送到协议栈的上层和下层。

考虑到数字广播和传统通信系统的不同特征，数字广播系统中的协议栈被界定到OSI模型的第四层面。而其他层面并未在大多数系统规范中得到界定，相反，这些层面是直接由系统所载的应用界定的。

考虑到信息传输不仅应用于传统广播环境（如地面、电缆和卫星传输），还应用于其他通信网络（如互联网），协议栈可以根据不同的实施方式进行变更。

9.1.3.2 广播系统分层模型

除上述各项外，还要考虑到，在使用交互系统的情况下，回程信道可能通过其他电信网络进行组建，因此要由数字广播系统自身规定达OSI模型第四层的协议。其他独立于该系统的协议也得到了界定。

此外，考虑到系统实施在某种程度上会有差异，协议栈可能也会各有不同。因此我们需要一个未表明特殊实施的协议栈、且由本手册第9.2条规定的通用数字电视广播系统协议模型，下文阐明了该通用协议的相关信息。该通用模型是根据关于电视盒多媒体广播、IP业务和非IP数据广播等应用的现行建议书和规范而创建的（见表9.19）。

图9.19
广播系统的通用协议栈

电视业务	数据业务	多媒体音频/视频业务	IP 业务
视频和音频	数据和控制	视频和音频	数据
MPEG-2 PES	MPEG-2 节	IP 或其他信号协议	
MPEG-2 TS		基于GSE的BB 或其他系统流	
传输层（地面电视和多媒体广播空中界面，诸如 DVB-T, ATSC, ISDB-T FLO, T-DMB）			
物理层（地面信道）			

DTTB-09-19

9.1.3.3 交互系统和新应用中的分层模型

考虑到广播应用既可以以对称也可以以不对称的方式予以实施，因此需要考虑两类协议栈— 单向广播应用协议栈和双向广播应用协议栈。每个协议栈应用于使用广播机构到用户传输信道的典型广播系统，或应用于使用广播机构到用户及用户到广播机构传输信道的广播业务内的交互业务。

因此，本手册根据协议是否独立于网络而将协议分为两类 – 一类依赖网络、一类独立于网络。

网络依赖协议位于达至OSI模型第4层面的协议栈 – 即位于物理层、数据链路层、传输层和网络层。电视和多媒体广播的网络依赖协议由ATSC、ISDB、DVB等组织开发。交互信道已经采用了来自电信网络（GSM、DECT、3G等）的一些协议。交互信道组织对电信网络的使用允许对现有电信基础设施的使用，且在一定程度上降低了实施广播系统交互性所需要的投资额。

独立于网络的协议位于OSI模型第四层以上的协议栈，且在大多数情况下并不是由广播系统标准界定的。中波软件标准（MHP、GEM、Ginga、ARIB、DASE、IMP、MHEG等）中存在某些特例，即该等中波软件是独立于网络的。对中波环境的运用并非强制，并且受市场控制。

根据对独立于网络的协议的定义，该协议用于交互应用以及用来以任何方式将数据传送给用户，或从用户处传出数据。所有这些协议可以分为两类：交互和广播业务（音频、视频和/或数据）数据传输协议和通过广播或交互信道实施的数据下载/上传和交互组织协议。

独立于网络的协议应用并非广播系统的新兴事物，但也非创新性的交互业务。MPEG和非MPEG界定了编码内容数字流的结构和参数，因此在演示层面是无法考虑MPEG和非MPEG协议的。以独立于网络的协议为例，在数字电视和多媒体广播系统内使用MPEG-2、MPEG-4/AVC/SVC、MPEG-HEVC/SHVC、VC-1等压缩方法是可行的。

当传输的是信息而非音频和视频时，则可以使用DSM-CC（数字储存媒体 – 命令和控制）、MMT或ROUTE等独立于网络的协议[9.22]、[9.76]。

此外，就潜在的交互业务数据传输而言，独立于网络的协议应用广泛，可以使用的协议如下所示：用户数据包协议（UDP）、互联网协议（IP）、实时传输协议（RTP）等。具体信息详见ITU-R BT.1434 [9.14]建议书以及现行广播系统的相应规范。

9.1.4 DTTB系统的数据传输技术

9.1.4.1 综述

除传输音频、视频和电视节目的补充数据（如字幕、图文电视等）外，数字电视系统允许传输其他类型的非广播业务数据。多亏对新视听信息压缩方法和减少高质量音频及视频传输必备带宽的其他技术的运用，人们可以传输上述非广播业务数据，这样就节省了一些信道容量，可用以携带额外的数据流。这种灵活性带来了一个概念：把系统当成“容器”使用，但是用来携带数据的容量区域不能用来携带音频/视频节目内容。

ITU-R BT.956报告[9.32]、ITU-R BT.1210报告[9.147]和ITU-R BT.1225报告[9.148]解释了数据广播的基本原则。这些都是最近更新的，在几个文件中都有说明。ISO/IEC 23008-1-MPEG媒体传输（MMT），规定了媒体处理单元（MPU）的广播；ISO/IEC 23009-1:2014和MPEG DASH-IF-实施指南，规定了媒体展示和片段的广播。

一般而言，数字电视广播系统内的数据广播要以ITU-R BT.807建议书[9.15]规定的特定原则为基础。

该建议书旨在提供和其他电信系统的互操作性，根据该建议书，数据广播系统的构架应该基于ISO 7498[9.16]描述的基本参考项的SO开放系统互连（OSI）分层法。

表9.1列出了广播背景下的ISO OSI基本参考模型。

各层级列出的功能项并非指特定的实施方案，而是指被认为足以描述任何典型数据广播系统业务和性能特征的整体逻辑特征。

广播网络保持基本单向性。甚至在采用新交互业务时，多数情况下的返回路径使用的是不同类别的网络（如IP网络）。“无连接”操作概念将该情况纳入OSI第7层。在典型电信中，传输的无连接级通常指虚拟单向协议，其中存在物理双向数据路径，但仅用于单一方向。然而，该概念同样包括物理单向情形。两种情况均需要关于数据传输目的和功能的事前协议。在数据广播一例中，该事前协议必须通过其他通信方式创建，虽然该协议经常保持默示（以便将设备卖给用户）。

表9.1

广播背景下的ISO OSI基本参考模型

层面	主要功能	类别
7应用层	在应用层面使用信息	业务信息协议 内容交付协议
6表示层	转换及表示信息	
5会话层	选择及访问信息	
4传输层	识别数据群	
3网络层	识别逻辑信道	数据广播系统
2数据链路层	连接逻辑传输单元	
1物理层	物理传输	地面广播系统

ETSI、ARIB和ATSC等机构编制相关标准规定了数据广播系统的数据广播机制（参见DVB[9.29]、[9.30]标准、ATSC[9.120]标准、ISDB[9.121]和ATSC3.0[9.71]标准等）。流内容的交付亦见ATSC标准A/331（2019年）。

根据上述文件，以下机制应予考虑：

- 数据管道；
- 数据流；
- 封装；
- 数据轮播；
- 对象轮播；
- ROUTE和ROUTE/DASH内容流、数据流和对象交付；
- MMTP/MPU包交付；
- 基于非同步数据流的其他更高协议。

上述机制针对特定应用而进行相应优化，且允许对频段、数据传输时间和系统开销的使用出现某种互补。因此，所选用的传输机制是由相关应用要求确定的。

MPEG-2标准系列是许多DTTB系统数据传输机制的定义基础。在众多标准中，可以区分出[9.6、9.7]及[9.22]等标准，包括DSM-CC补充标准。在当前和未来数字广播系统的研发过程中，已经实施了相比于基本系统标准更可以提高系统能力的改进方案。

MPEG-2传输流和基带流作为数据业务的基本载体而予以使用，所需信息通过上文提到的机制插入MPEG-2传输流和基带流并通过广播系统向用户传输。在这种情况下，可以按具体要求使用任何系统部件和传输等级，包括插入或适配域。

其他基于IP的数据传输方法也在使用，如ATSC 3.0 ROUTE文件传输协议。

数据管道。当前，“数据管道”原则被用于第一代数字地面电视盒多媒体系统数字广播应用，并且作为第二代系统的基本原则而为人所接收。第二代系统采用了PLP，可传输各种结构的任选、但专门围绕PLP物理参数的数据。

就需要通过广播网络的简单、非同步、端到端数据传输的数据广播业务而言，人们使用了数据管道传输机制。

表9.2列出了数据管道供应的一般模式。

表9.2
数据管道一般模式

应用
特定业务
数据管道
传输流

在数据管道机制的传输过程中，对数据块的直接插入是在传输网包载荷中分解相应业务信息后进行的，以便提供识别可能性及提取用户终端中的数据。

数据流。该传输机制在互联网视频流等低数据速率应用中十分普遍，原因在于运行了预处理当前资料块及随后缓冲视频数据演示所需数据块的共享视频。表9.3列出了数据流供应的一般模型。

表9.3
一般数据流模型

应用
特定业务
数据流
节目基本流
传输/IP流

在数据流期间，基于应用要求，可能需要（或不需要）同步数据传输。

同步数据流被定义为携带有时序要求数据的数据流，意思是接收机可以将数据和时钟处理成同步数据流。

同步数据流被定义为携带有时序要求的数据流，即数据流中的数据可以和其他类型的数据流同步回放（即音频、视频）。

非同步数据流被定义为携带无任何时序要求数据的数据流。

可以通过同步方法在广播系统中提供这些要求，直接在MPEG-2系统标准中定义嵌入式同步或使用其他分配时间的同步方法。

9.1.4.2 对话字幕和隐藏式字幕

HTML5将对话字幕定义为观看者“可以听到声音但不理解内容时....的对话文字或翻译”（如外语对话），将隐藏式字幕定义为“无声音或声音不清晰时的对话、音响效果、相关音乐信号和其他相关音频信息的文字或翻译”（例如无声音或观看者耳聋或者有听力障碍）。隐藏式字幕是“关闭”的，通常不可见，需要由观看者将其开启后才能显示。

在广播中，可以使用相同技术来提供对话字幕和隐藏式字幕，因此这两个术语可以互换使用。

不论使用哪种术语，对话字幕或隐藏式字幕可以让存在听力障碍的观众或外国观众更好地理解广播节目中的故事、场景和情境。

广播业长期使用这类系统，这些系统在模拟电视中十分普遍。随着数字电视的面市，多语种字幕传输也成为了可能：例如在多语种国家中，可以将字幕设为多语种显示。多语种字幕不仅可以用来显示口头对话，还可以用来显示其他音效，大大提高了观众对节目内容的理解。

字幕类型多种多样。例如，ETSI EN 300 743 [9.99]规定了DVB传输流可能使用的字幕编码和承载方法。编码图形元素是基于[9.6]和[9.7]规定的MPEG-2系统进行传输的。

其他用于提供字幕的格式（见[9.17]）有：

- 基于改进后字符编码方案的ARIB隐藏式字幕标准；
- SMPTE格式时控文本；
- EBU格式时控文本（EBU-TT）；
- ARIB时控文本补充语言（ARIB-TTML）；
- 用于互联网媒体字幕1.0的TTML文本和图像（IMSC-1）；
- HbbTV字幕。

ATSC标准A/343。标题和字幕[9.88]描述了通过ROUTE-DASH和MMT传输字幕轨道的所需技术。

关于字幕的更多信息参见本手册第14章。

ETSI TS 102 823[9.97]定义了特定业务的两种或多种基本流的编码方法，以便遵守计时模型规则以及确保该等基本流可以在接收机中实现同步。虽然主要围绕视频和音频对该计时模型进行说明，但该说明也适用于任何类别的数据流。关于在DVB比特流中传输ITU-R系统B图文电视及字幕系统的现行DVB规范已经利用了这一点。但是这些字幕系统无法即时拓展，因此无法承载需要实现同步的其他类型的“辅助”数据。

9.1.4.3 基于非同步数据流的更高协议

使用基于非同步数据流的更高协议来进行数据传输，可以支持需要非同步数据通过广播网络进行流导向型传输的传输协议。这些协议的数据框架由MPEG-2系统中定义的PES封包进行承载。

9.1.4.3.1 数据轮播

数据轮播用于需要在广播数据网循环传送数据的各个应用，可实现定期回播或随时更新。图文电视便是该应用的一个运行实例，图文电视允许在信息页群中进行导航，可能查找到任何所需信息页。

表9.4列出了一般数据轮播模型。

表9.4

MPEG-2 TS环境中的一般化数据轮播模型

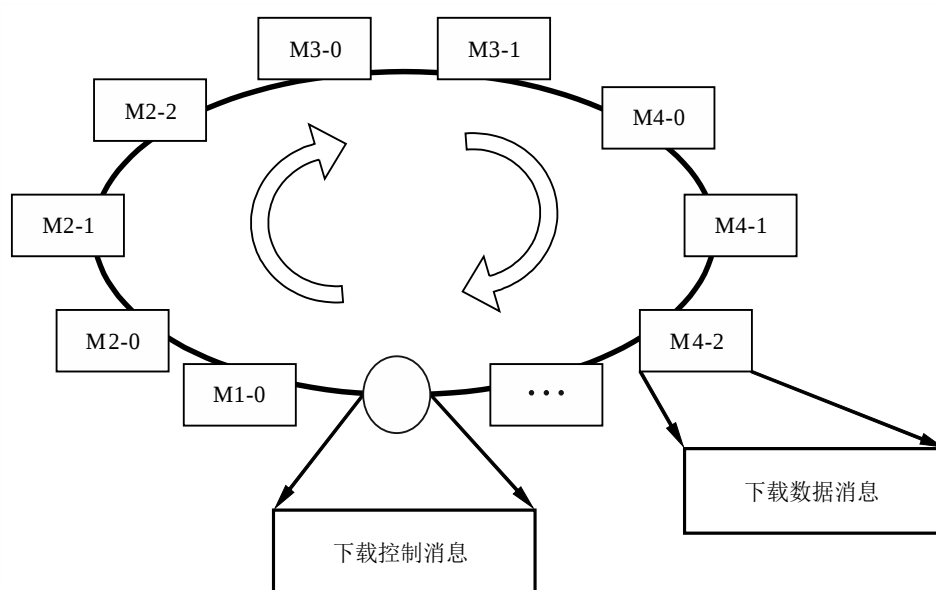
应用
特定业务
数据轮播
DSM-CC数据
分节
传输流MPEG-2

作为不同数据轮播的实施基础，ISO/IEC 13818-6标准（包括DSM-CC轮播的主要原则）由人们选择实施。对不同广播系统中基本数据轮播规范的实施，已经扩展到允许采用额外业务信息，延长轮播单元序列等。

数据轮播的基本数据块是“模块化的”，可以所谓单一单元进行传输，如合并到群组和/或超级群组（图9.20）。为允许更新、更正或替换数据轮播中的信息，可以在运行时插入、删除或更新模块。

各模块是循环传输的，并包含下载数据消息，DSM-CC规范分别对其进行了定义。该等消息的数量取决于模块的大小以及各下载数据消息的最大负载量。下载控制消息提供了描述各模块和任何逻辑群组的信息。

图9.20
数据轮播原则



DTTB-09-20

ITU-R BT.653建议书[9.18]界定了电视系统图文电视传输的基本原则。该建议书提供了关于图文电视系统的信息，开发该等信息的主要目的是实现ITU-R BT.470建议书[9.19]及电视系统的配合使用。图文电视业务主要旨在通过将妥善安装的电视接收机上显示屏中数据处理成二维形式，以便显示文本或图像材料。

ITU-R BT.1301建议书[9.20]和ETSI EN 300 472[9.21]规定了不同数字视频广播比特流根据[9.18]携带图文电视信息的方法。这种传输机制旨在满足以下要求：

- 视需要支持将图文电视数据编码转换为模拟视频的垂直消隐期间（VBI）；
- 编码转换的信号应与配有图文电视解码器的现有电视接收机相兼容；
- 传输机制应根据与视频有关的精确定时（在帧精度内或接近帧精度）传送字幕。

PES封包由传输流封包携带（定义见[9.6]和[9.7]），图文电视数据由PES封包传输。与一种业务有关的图文电视流的PID定义在该业务PSI的PMT中。

系统软件更新。接收机软件日益复杂。为了保证接收机的性能以及提高接收机在场地部署后的性能，软件更新业务不可或缺。ETSI TS 102 006[9.98]规定了软件更新业务信号标准机制和软件更新业务数据携带方法。该信号标准机制以ISO/IEC 13818-6、ETR 162和ETSI EN 300 468标准为准，而软件更新业务数据携带依据的是ETSI EN 301 192。传输协议基于DSM-CC数据轮播标准(ISO/IEC 13818-6)和DVB数据轮播标准。关于ISDB系统的使用请参考文献[9.31]。

多个制造商的多系统软件更新按群组在两层数据轮播中传输。下载服务器启动消息（DSI）被用作轮播登陆点，并由多个制造商共享。一个制造商可以有多项更新，每个群组有一项更新。人们认为所有群组和模块可以在共享基础流上传输。

9.1.4.3.2 对象轮播

对象轮播用于应用程序，需要通过广播网络进行DSM-CC用户对用户（U-U）的定期广播。在这种情况下，数据广播是根据MPEG-2 DSM-CC（参阅ISO/IEC 13818-6 [9.22]）中定义的DSM-CC对象轮播和DSM-CC数据轮播规范来实现的。

对象可以按照列入目录的DSM-CC规范、文件、数据流或提供访问的网关来分类的。

DSM-CC对象轮播有利于结构化对象组利用列入目录对象、文件对象和流对象从广播服务器传输到广播接收机（客户端）。目录和内容（对象实现）位于服务器上。服务器利用对象轮播协议将上述对象插入到MPEG-2传输流中。传送过程中，传送的目录和文件对象包含对象的内容，而传送的流对象是其他流的参考对象。流对象还可以包含有关特定流中广播的DSM-CC事件的信息。DSM-CC时间可以按照规则流数据的方式广播，并可以用于触发DSM-CC应用程序。

9.1.4.3.3 ROUTE和ROUTE/DASH内容流、数据流和对象交付

ATSC推荐做法A/351（2021年）[9.185]中为广播公司提供了关于使用ROUTE和MMTP协议及其相关技术能力以支持不同服务交付方案的建议。

9.1.4.3.4 MMTP/MPU数据包交付

ATSC推荐做法A/351（2021年）[9.185]给出了广播机构交付MMTP/MPU数据包的建议。

9.1.4.4 封装

封装用于利用其他网络协议为数字广播系统提供与电信系统的互操作性。封装操作使得广播系统不仅成为为用户传送图像和声音的传统平台，而且成为传递更大范围的服务的平台，例如，传送多媒体数据和接入互联网或其他交互性应用程序。

如今，广播环境中定义了主要基于ISO/IEC 13818-6 [9.22]的一系列封装方法。

多协议封装（MPE）。根据大多数第一代数字电视地面广播系统中采用的多协议封装规范实施的数据报文传输是通过将数据报文封装到DSM-CC片段（见[9.22]来实现的，这种做法符合MPEG-2专用段格式（见[9.6]和[9.7]）。

表9.5给出了多协议封装的一般模型。

表9.5
多协议封装一般模型

应用层
基于服务层
基于数据报文层
多协议封装（MPE）层
DSM-CC专用数据层
数据段层
传输流MPEG-2

在封装过程中，利用针对系统流格式的专用工具将所需数据映射到系统流中。这样，以MPEG-2为例，就要使用插入数据的传输流片段。

多协议封装为在MPEG-2传输流顶层传输数据网络协议提供了一种机制。这种机制虽然在IP数据包传输中已经得到了优化，但也可以用于传输任何其他网络协议。这种机制包含了单播（传送给单个接收机的数据报文）、多播（传送给一组接收机的数据报文）和广播（传送给所有用户的数据报文）。

由于电视传送网络的广播性质，所以数据安全性很重要。封装过程通过支持数据包加密和动态改变物理地址（MAC地址）实现了数据的安全传输。

多协议封装定义了IP/MAC通知表（INT）。该表提供了一种携带有关IP/MAC流的位置信息的机制。

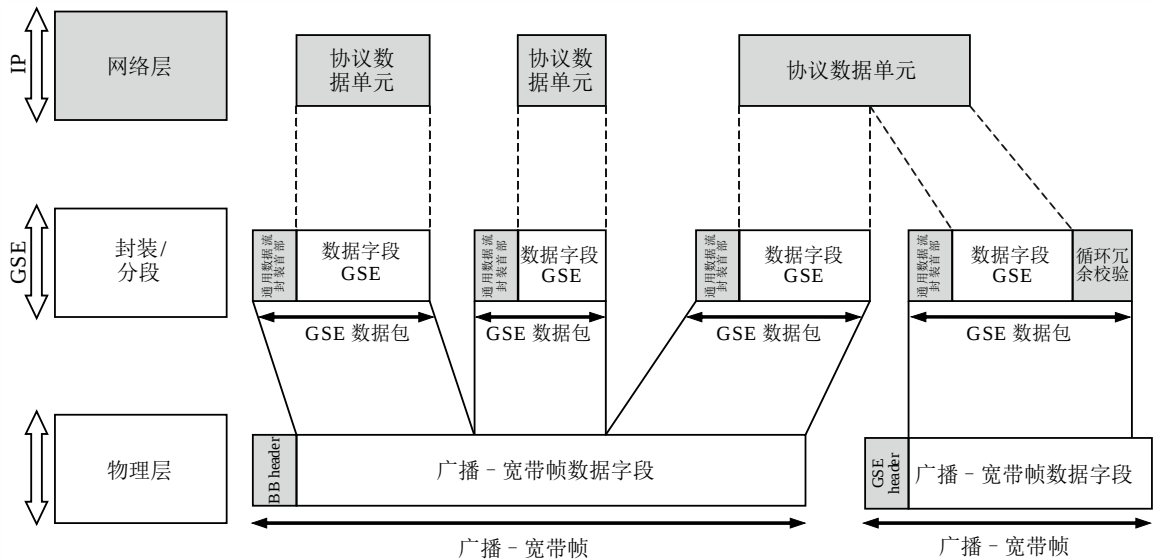
通用数据流封装（GSE）。在第二代系统标准中，将广播宽带数据流选定为系统数据流。这种封装方式实现了与第一代系统数据流格式兼容，并且另外规定了如何使用具有变长数据包的数据流－通用数据流（如图9.21所示）。因此，这类数据流通常被认为具有两种类型－分组数据流和连续数据流（从其本质上看，这是相同的分组数据流，但数据包的长度超过了一个系统帧的长度）。此外还定义了通过多通用数据流封装将其他数据插入到数据流中的机制（[9.9]、[9.98]、[9.106]、[9.149]）。

GSE协议允许IP数据包和其他网络层数据包通过“通用”物理层进行有效封装。这样一个“通用”物理层旨在建立一种承载数据比特序列或数据包的传输模式，数据序列或数据包可以按照帧的形式组织，但没有专门的定时限制。

GSE为利用高级物理层技术（例如，自适应编码调制）的交互系统提供了一种更为有效的系统运行方式。自适应编码调制系统所经历的固有信道速率变化使得通用数据流格式比传输流格式更适用。GSE提供了一种更为灵活的分段和封装方法，该协议允许通过增加总输入输出量和/或通过改善数据包平均端到端延迟的方式来使用智能调度器对系统性能进行优化。此外，GSE灵活性可以在衰减变化的条件下降低丢包率，允许发射机一侧的调度器为特殊的网络层数据包动态改变传输参数（例如，调制方式、编码速率）。

图9.21

数字视频广播协议栈内的GSE封装



DTTB-09-21

另外，使用GSE还提供了下列可能性：

- 支持多协议封装（如IPv4、IPv6、MPEG、ATM、以太网和虚拟局域网（VLAN））。
- 网络层功能的透明度，包括IP加密和IP报头压缩。
- 支持若干种寻址模式：除6字节MAC地址（包括组播和单播）外，还支持MAC无地址模式，以及一个可选的3字节地址方式。
- 通过基带帧进行IP包或其它网络层数据包分片的机制，以支持ACM/VCM。
- 支持硬件过滤。
- 可扩展性：通过特定的协议类型值（如第2层安全、IP报头压缩等）增加链接协议。
- 低复杂性。
- 其他开销低。

在数字广播系统中，为了同时传输GSE数据流和MPEG数据流（混合模式），规定了一个或几个GSE数据流（“仅有通用数据流”）。

ATSC 3.0链路层协议（ALP）：在ATSC 3.0系统中，封装系统定义见ATSC标准A/330（2016年）链接层协议中。该协议提供IP、链路层信号和MPEG-2传输流（TS）数据包的有效封装，以及减少开销的机制和可扩展性。

9.1.5 通过地面多媒体广播网传输数据

通常，数据在多媒体广播系统中传输的基本机制是封装。[9.122]中所列为移动接收的多媒体广播系统内容元素的相应媒体类型。

根据ITU-R BT.2054建议书[9.23]，移动接收所使用的多媒体广播系统可以与固定接收所使用的多媒体广播系统相同的多路复用和传输体制。如果移动通信系统所使用的某些技术也应用于移动接收多媒体广播系统，则广播和电讯可以相互协调。

音频、视频或任何其他类型的数据等多媒体信号被传送到接收机，然后，在合适的时候以合适的方式将这些信号展示出来。为了传输和展示内容，需要有下列功能：

封装：多媒体信号连同展示所用的定时信息以适当的格式进行被封装。

格式化：对多媒体信号进行适当的格式化，以便进行传输。这类格式化包括汇聚、多路复用和封装后多媒体数据的分片。

对封装、格式化和展示的控制：为接收机提供有关多媒体内容的封装、格式化和展示方面的信息。

这些功能都要由传输机制来提供。表9.6列出了适合于移动接收多媒体广播系统的传输机制。

表9.6
传输机制

机制	描述
MPEG-2 TS（传输流）	广泛应用于固定接收广播系统中。该机制在分组了的基本流中提供用于同步的定时信息，还提供一个用于格式化的固定长度的数据报。
MPEG-4 SL（同步层）	用于同步层，在时间上和空间上同步音视频内容。可以包含在MPEG-2 TS数据包或实时传输协议（RTP）数据包中。
IP（参阅[9.24]）	用于多媒体传输的中间协议。该协议与上层协议一起完成多媒体传输，可以包含在MPEG-2 TS数据包中。
GSE（参阅[9.2]）	包括IP数据包在内的各类数据包的封装技术。需要有基于IP的多媒体传输协议。
ALP	各种数据包的封装技术，包括IP数据包，以及MPEG-2 TS数据包。

表9.7所列为移动接收的多媒体广播系统内内容元素的相应媒体类型。

表9.7
基于IP的多媒体传输协议

协议	描述
实时传输协议（RTP）	一项用于传送任何类型的文件的互联网工程任务组（IETF）协议
单向传送的文件交付（FLUTE）	一项用于传送任何类型的文件的互联网工程任务组（IETF）协议
ROUTE/DASH（单向传输的实时对象交付/HTTP的动态自适应流）	一个基于IETF的IP协议，用于通过广播、宽带和混合网络提供流媒体服务
MMT（MPEG媒体传送）	用于在异构分组交换网络上传输和交付多媒体数据的MPEG协议

由于接收机移动过程中接收条件有可能发生变化，所以固定接收和移动接收的信道误差特性是不同的。这样的条件下，需要通过传送其他数据来保证可靠接收。

表9.8列出了适合于确保移动接收多媒体广播系统可靠传送的机制。

表9.8
可靠传送机制

机制	描述
数据轮播	重复传输数据，丢失的部分可以在后续的传输周期中被正确接收
应用层前向纠错（AL-FEC）	从信源数据中产生冗余数据的方法。在前向纠错机制运行过程中，丢失的数据可以从冗余数据中重构出来。
物理层	可以选择一个ModCod组合和适当地挑选LDM和PLP传输，以优化接收。

9.1.6 数字电视地面广播系统的传输接口

9.1.6.1 概述

接口被定义为相同或不同类型的一个或多个功能设备模块之间单向或双向连接。这样的连接可以被认为是物理层面上的连接或是逻辑层面上的链接。由于接收实现由制造商来完成，本文需要进一步考虑的是逻辑层面上的实现原理。

所有接口可以分为以下几个主要类型：

- 按应用分为：专业接口、半专业接口和非专业接口；
- 按物理传输方法分为：串行接口和并行接口；
- 按信道传输方法分为：同步接口和异步接口；
- 按方向性分为：单向接口和双向接口。

考虑到音视频信息和/或数据传送给用户的过程，或者广播链路各部分之间数据分配的过程中，有可能会用到不同的电讯/广播网络或任何其他类型的网络，需要定义一系列在数字电视广播往中以不同组合形式使用的接口。

9.1.6.2 同步接口

在需要同步传送音视频信息的应用中，可以使用串行接口或并行接口。开发这些接口的目的是与演播室接口兼容，这些接口能够简化演播室和传输功能设备模块之间的交互。这些接口广泛应用于初级配送或演播室功能模块之间的数字流交换。

对于同步接口而言，传输流数据包的长度为188字节。数据传输与数据流（MPEG传输流）的字节时钟同步。同步并行接口专门用于中、短距离传输，例如彼此间隔较近的设备之间传输。

9.1.6.3 异步接口

异步传输接口在广播系统设备中被广泛应用，主要用于270 Mbit/s比特率的MPEG传输流传送。

标准EN 50083-9 [9.26]和ETSI TR 101 891 [9.152]中描述了关于物理路径接口的原理和要求。异步串行接口（ASI）是专业数字视频设备之间传输数据的单向传输链路。

注意，第10章的图10.3给出了一个类似的框图，但仅限于交互式电视业务，即仅限于广播传送和交互网络之间的协作。

如今，IP网络已经普及到家用，因此，现成的IP解决方案成为市场主流。第10章（图10.2）介绍了如何实现IP网络。

基于IEEE 1394的解决方案看起来似乎有些过时。如今，通常利用数字直播网络联盟（DLNA）规范就可以建立家庭局域网。²⁸

IEEE 1394主要用于有线家庭网络，需要使用专用的电缆和连接器，与之相比，DLNA基于标准IP技术。该规范支持用于以太网、无线局域网和MoCA（多媒体电缆传输协会[9.105]）设施的硬件和协议。DLNA最广泛的用途是和家庭无线局域网组合使用，即构成一个专用的、可管理的无线IP网络。这样的网络还可以简单地将卫星-IP或DTTB-IP转换器包含进来。

DLNA使用通用即插即用（UPnP）规范[9.100]、[9.101]、[9.102]，但DLNA将UPnP的应用限制音视频媒体。文献[9.103]对DLNA和UPnP进行了详细的描述。

DLNA高级网络设备与DLNA认证的用户租用设备（CPE）一样简单，只关心自动设施及其相互连接。借助于UPnP的特性，可以随时以标准化的或简单的形式添加或移除用户设备。用户设备利用从DHCP或AutoIP获取的IP地址来工作。UPnP利用简单服务发现协议（SSDP）功能来自动检测用户设备[9.104]。图9.23给出了UPnP协议栈。

图9.23
UPnP协议栈

UPnP 供应商							
UPnP 论坛							
UPnP 设备架构							
HTTP MU （多播）		GENA SSDP		HTTP U （单播） SSDP		HTTP SOAP GENA	
UDP					TCP		
IP							
注：SOAP：简单对象访问协议 GENA：通用事件通知架构 GENA是在发布者和用户之间划分的。为了得知配置的任何变化，用户（UPnP客户端）向发布者（UPnP服务器，通常是家庭局域网中的UPnP路由器）订阅信息。							

DTTB-09-23

²⁸ 数字直播网络联盟（DLNA）是一个行业组织，有来自电信联盟和娱乐行业的150个成员。DLNA的主要任务是开发和维护DLNA指南以及验证设备是否符合标准。这些指南可以通过访问<http://www.dlna.org/guidelines>获得。

9.1.7 数字地面电视广播系统的分集接收

数字地面电视广播系统的另一发展趋势是分集接收技术的应用。数字地面电视广播信号的多样性接收扩大了电视业务的覆盖范围。频率选择性衰减信道对地面广播系统中的移动接收有着显著的影响，而传播特性会迅速改变。因此，移动接收过程中因遮蔽与反射引起的场强波动要比固定接收中的场强波动大。提高接收性能的有效途径是使用空间分集接收技术，该项技术利用多根接收天线，并对接收信号进行选择或组合。

ITU-R BT.2139报告[9.94]和本手册的9.4.1节和9.5.2节强调了分集接收测试的基本方面。文献[9.94]中还可以看到在意大利和日本开展的数字地面电视移动接收测试结果。ITU-R BT.1368建议书[9.42]中还可以看到不同数字地面电视广播标准下的移动接收的计划参数。

9.2 数字地面电视与多媒体传输系统

目前已经提出了很多标准化的数字地面电视和多媒体广播系统。这些系统中，每个系统都有特殊的性能、特点和可能的实现方式。本节将对可能存在的系统进行说明，以便对目前的广播系统及其实现给出指导性意见。

数字地面电视系统和多媒体广播系统之间的差别正在消失。这主要基于以下三个原因：

- 固定接收与移动接收之间的差别正在消失，因为第二代系统都是针对两种接收模式设计的。
- 早期的多媒体广播系统大多数都是基于IP的。由于后续各代数字地面电视广播接收机也有用于连接无线网络的IP接口，所以，这一差别也正在消失中。
- 早期的多媒体接收机的屏幕分辨率有限，分辨率要与针对该接收机设计的网络专用射频相匹配。数字地面电视和多媒体广播接收机之间的差别也在消失 – 即使低成本的便携设备目前也配备有高清屏幕。

表9.9列出了ITU-R标准化后的数字广播和多媒体系统。本章的后续部分以及ITU-R建议书相关部分将介绍有关每个标准的信息。

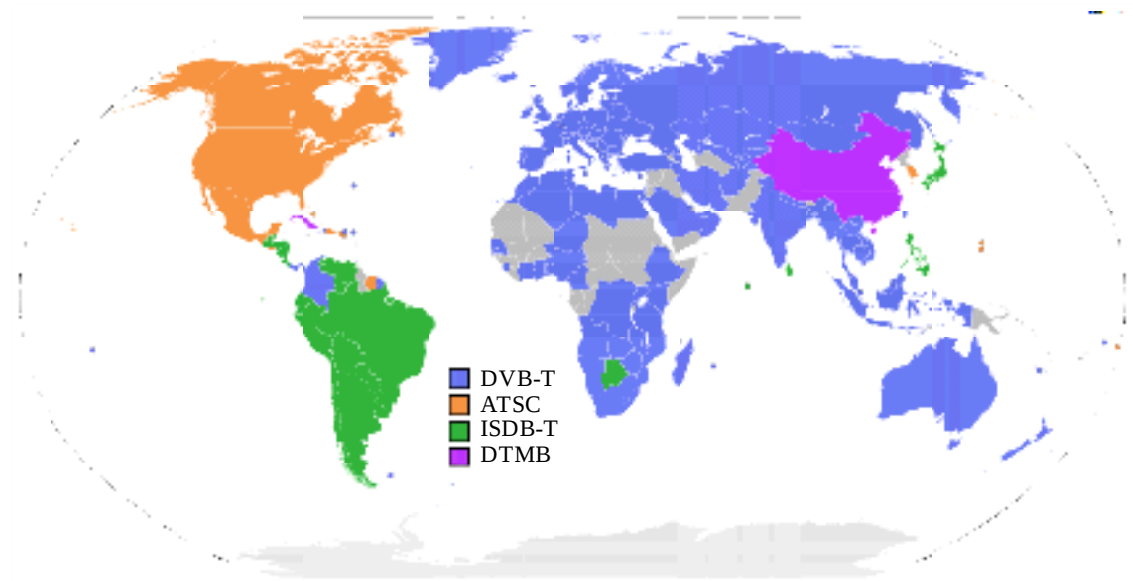
ITU-R BT.1306建议书[9.33]规范了第一代数字地面电视系统，ITU-R BT.1877建议书[9.34]规范了第二代数字地面电视系统。

ITU-R BT.1833建议书[9.35]规范了数字地面多媒体系统。

ITU-R BT.1206建议书[9.153]定义了数字地面电视广播系统所用的频谱整形极限。

图9.24显示的是目前世界上使用数字地面电视广播标准的现状。

图9.24
数字电视标准使用状态（2016年9月）



DTTB-09-24

图9.24中，“DVB-T” 引用数据包括DVB-T2，“ATSC” 引用数据包括ATSC 3.0且ISDB-T引用数据包括SBTVTD。

表9.9
ITU-R广播标准

国家/国际系统	ITU-R系统	手册章节
数字地面电视（DTT）系统		
ATSC（1.0, 2.0, 3.0版）	数字地面电视系统A	9.3
DVB-T	数字地面电视系统B	9.4.1
ISDB-T	数字地面电视系统C	9.5
DTMB	数字地面电视系统 D	9.6
DTMB-A	数字地面电视系统E	9.6
DVB-T2	第二数字地面电视系统	9.4.2
T-DMB/AT-DMB	数字地面多媒体系统A	9.7.8
ATSC-M/H	数字地面多媒体系统B	9.3
ATSC-3.0（注1）	DTT系统A	9.3

表9.9（结束）

国家/国际系统	ITU-R系统	手册章节
数字地面多媒体（DTM）系统		
用于移动接收的ISDB-T多媒体广播	数字地面多媒体系统F	9.5.2
DVB-SH（已废弃）	数字地面多媒体系统I	9.4.1
DVB-H（已废弃）（注2）	数字地面多媒体系统H	9.4.1
MEDIA FLO（已废弃）	数字地面多媒体系统M	9.9
DVB-T2简化系统（注2）	数字地面多媒体系统T2	9.4.2

注1 – 如前所述，在第1.2节中，地面电视和多媒体广播之间的区别正变得微不足道。为了完整起见，这里包括ATSC-3.0。

注2 – 对于下一代DVB-H标准（DVB-NGH）的研究已经开始，因此颁布此技术规范草案ETSI EN 303 105（DVB蓝皮书A160,2012年11月）[9.93]。DVB-NGH标准所使用的技术实际上与DVB-T2简化系统所使用的技术相同，目的是将DVB-T2的性能扩展到可以实现手持接收。针对这类系统的下一个ETSI草案定稿预计将于2016年10月出版。

9.3 ATSC

先进电视系统委员会（ATSC）标准描述了设计用于通过单个6MHz信道传输高质量视频和音频及附带数据的系统。最初的ATSC系统（也称ATSC 1.0）可以在6MHz的地面广播信道（ITU-R数字地面电视系统A）中以19.39Mbit/s的传输速率传输MPEG-2传输流。虽然ATSC传输子系统专门设计用于地面和有线应用，但其目的是视频、音频和服务复用/传输子系统可以用于其他应用。为了将数字电视内容传输给移动设备或便携设备，ATSC使用移动/手持（M/H）扩展，也称ATSC M/H（ITU-R数字地面多媒体系统B）。

ATSC标准的进一步扩展（称为ATSC 2.0）提供了向固定位置和移动数字电视接收机“非实时（NRT）”传送文件形式的内容，包括节目和节目片段。ATSC 2.0还提供了交互服务，允许广播公司将广播节目与有关该节目的其他服务进行连接。

最新的ATSC标准被称为ATSC 3.0。该系统使用COFDM以提高稳健性和灵活性，多路复用是基于IP而不是使用MPEG传输流。已被ATSC确定和批准的ATSC标准可以查阅ATSC网站：www.atsc.org。9.3.3节中给出了ATSC 3.0系统和性能的总结。

9.3.1 ATSC 1.0

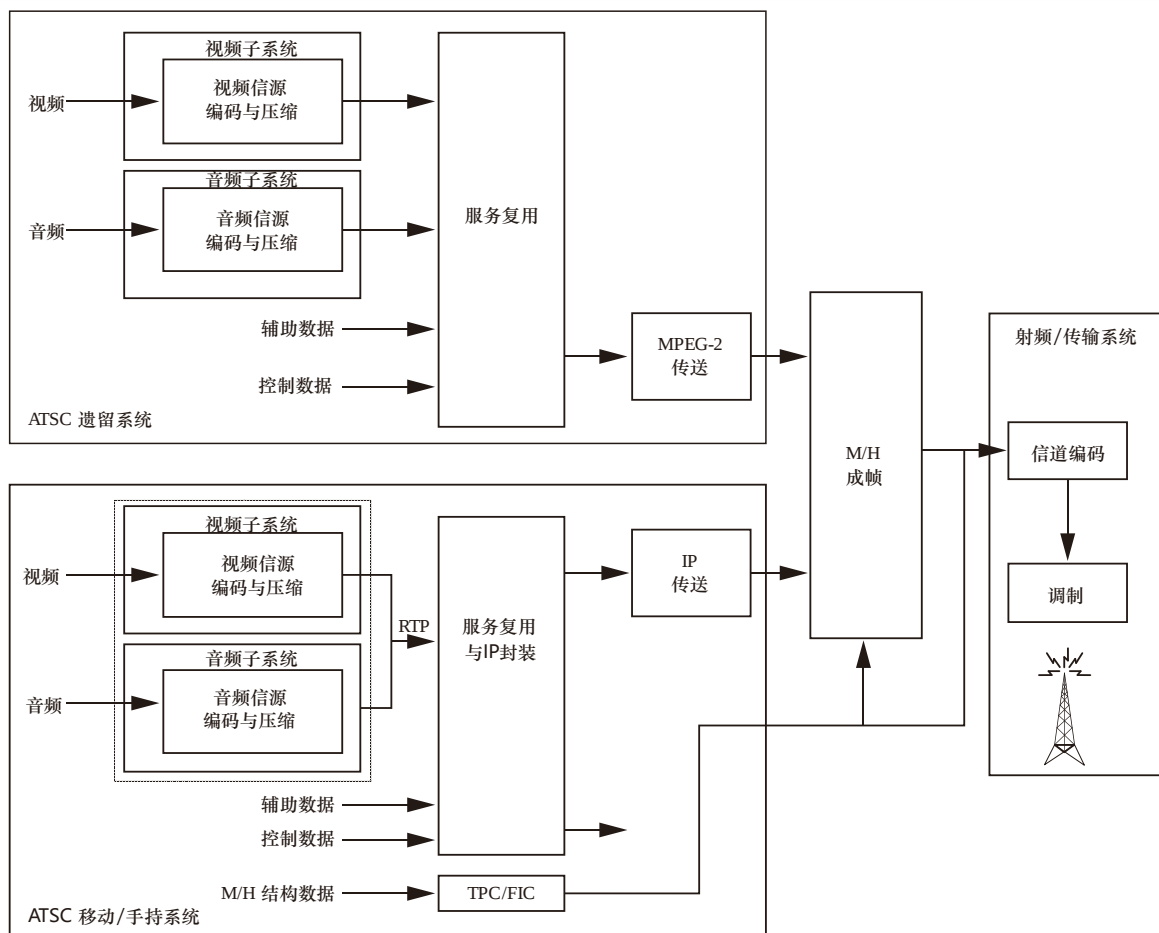
9.3.1.1 ATSC 1.0架构模型

ATSC广播系统包括用于主要业务的标准（[9.48]-[9.53]）以及移动/手持（M/H）扩展（[9.54]-[9.63]）。图9.25显示的是ATSC 1.0系统的框图。ATSC数字电视系统由三个子系统组成。

- 信源编码与压缩子系统；
- 服务复用与传输子系统；
- 视频传输子系统。

图9.25

包括TS主要业务和M/H业务的ATSC广播系统



DTTB -09-25

ATSC M/H业务与ATSC A/53中所描述的标准ATSC广播业务（也称为“主要业务”或更准确地称为TS-M）共享相同的射频信道。通过使用部分或全部19.39Mbit/s的可用比特率容量以及基于IP的传输来实现移动/手持业务。

移动/手持扩展的核心是在易于在高多普勒速率条件下解码的ATSC传输系统物理层增加一些功能。附加训练序列和前向纠错码有助于增强流的接收。

9.3.1.2 ATSC 1.0的关键技术

ATSC 1.0中所使用的关键技术主要包括：

主要ATSC业务

- **系统流格式：**修改后的MPEG-2传输流，可以传送传统电视应用信息（字幕、图文、电子节目指南等）和有关电视节目（有可能来自互联网）的附加信息之类的应用、交互应用等；
- **前向纠错算法：**将RS（207，187，10）分组码与四状态卷积/差分编码器级联，编码速率2/3作为十二网格编码器的一部分。也可以级联 $R = 1/2$ 网格或 $1/4$ 网格；

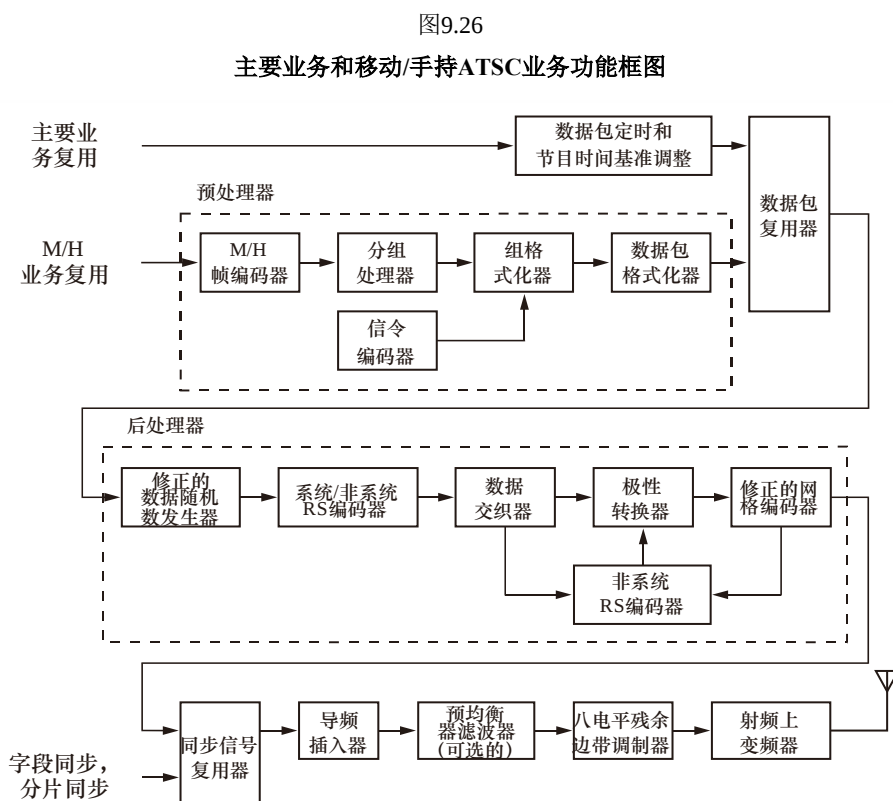
- **交织：**以4ms的交织深度约进行交织。所使用的交织器是一个卷积型字节交织器，交织度 $B = 52$ ，每行字节增量 $M = 4$ ；
- **八电平残余边带调制：**用八电平信号连同同步信号对单一载波进行抑制载波调制。将下边带移除，只保留一小部分过渡区。发射机中采用一个线性相位根余弦奈奎斯特滤波器响应进行频谱整形。残余边带调制器使用10.76M符号/s、八电平网格编码的符合数据信号（添加了导频和同步信号）。名义上，发射机中的滚降具有线性相位跟余弦滤波器响应，滚降系数=0.1152；
- **信道补偿与同步：**信号中抑制载波频率（到下边带边缘的公称距离为309kHz）处插入了一个与被抑制的载波同相的小导频；
- **信道带宽：**ATSC使用6MHz的信道带宽；
- **单频网络（SFN）：**利用ATSC标准[9.64]中定义的帧同步并对ATSC接收机均衡器增加一些要求，就有可能构建单频网络。

ATSC移动/手持扩展

- **信源编码：**视频MPEG-4 AVC/SVC编码（ITU-T H.264建议书|ISO/IEC 14496-10）和立体声/单声道模式音频MPEG-4 HE-AAC v2（ISO/IEC 14496-3及补遗2）；
- **业务/内容保护：**ATSC-M/H业务保护系统基于OMA BCAST DRM概要。在OMA BCAST DRM概要中，有两种业务保护模式 – 交互式 and 广播专用模式。在交互模式中，接收机支持一个交互信道与业务提供商进行通信，以便接收业务和/或内容保护权利。在广播专用模式中，接收机不采用交互信道与业务提供商进行通信。用户通过一些带外机制向业务提供商提出要求，比如呼叫一个业务提供商的电话号码或访问业务提供商的网页等。
- **改进的前向纠错子系统：**对于移动/手持设备上的鲁棒接收来说，需要另外使用RS/CRC编码。将卷积编码器与TCM编码器级联可以产生一个对应于串行级联卷积码（SCCC）的Turbo码。利用符号交织器在时变无线信道中提供了更多的鲁棒性。对于信令传递信道而言，为了保护内容，采用了一个编码效率为1/4的并行级联卷积码（PCCC）。
- **改进的信道补偿：**移动/手持传输系统插入长且间隔距离有规律的训练序列，这样可以在高多普勒速率的条件下，给定数量的训练符号能够带来最高效率。训练序列的长度应能保证接收机在解调器突发节能操作期间快速捕获信道；
- **高级信令通道：**移动/手持系统的数据结构是由移动/手持信令通道中的信息建立的。所使用的信令通道由两种（传输参数通道（TPC）和快速信息通道（FIC））。快速信息通道携带跨层信息，以便快速获取移动/手持服务。传输参数通道定义了有关从移动/手持数据帧中恢复所需数据方面的信息。

9.3.1.3 ATSC 1.0的物理层和链路层

图9.26给出了处理主要ATSC业务途径的功能框图。



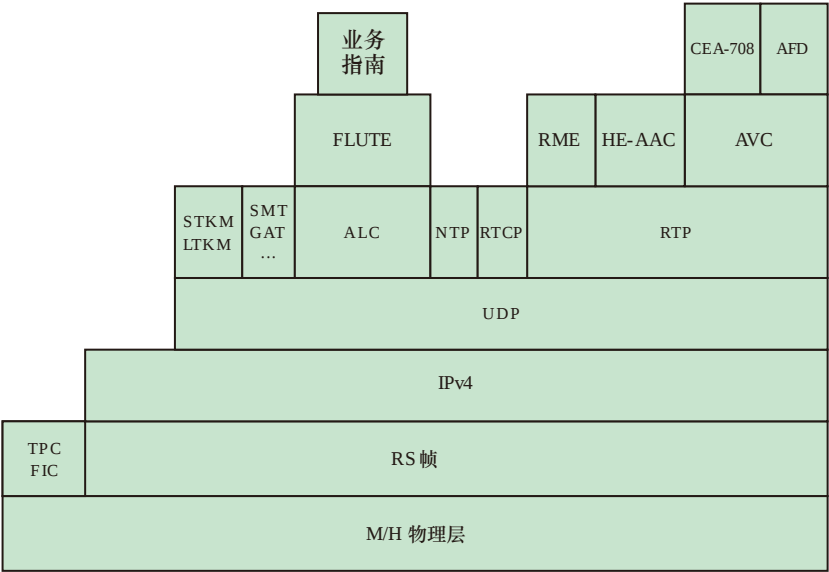
DTTB-09-26

主要业务信道中的输入数据经随机处理后，利用里德·索洛蒙编码器进行编码，实现前向纠错、六分之一数据字段交织和三分之二速率的网格编码调制。随机处理和前向纠错过程不适用于传输数据包的同步字节，该同步字节在传输中用数据段同步信号表示。随机处理和前向纠错处理结束后，数据包被格式化数据帧，以便进行传输，然后添加数据段同步信号和数据字段同步信号。信号经调制后，在射频上变频之前插入小的导频。

扩展到传输系统的M/H业务接收两组输入数据流：一组由主要业务数据的MPEG传输流（TS）数据包组成，另一组由M/H业务数据组成。在更高协议层上，M/H传输系统的功能是将这两种类型的数据流组合成一个MPEG传输流数据包的数据流，并将二组数据流处理、调制成正常的ATSC网格编码八电平残余边带信号。

图9.27给出的是ATSC-M/H系统组成与协议栈相对应的逻辑功能单元。系统使用基于IP的多媒体传输，以便传输AVC/ HE-AAC视频和音频，并实现内容的个性化传送。IP协议需要用UDP/ RTP协议栈来传输视频业务，用ALC来实现FLUTE/业务指南。

图9.27
ATSC-M/H系统协议栈



DTTB-09-27

链路层的M/H数据被分成若干子集，每个子集包含一个或多个业务。不同的应用下，每个子集可以被编码成不同层次的出错保护。M/H编码包括数据包和网格层面上的前向纠错编码，然后是在M/H数据中插入长且间隔规则的训练序列。也插入强健和可靠的控制数据，供M/H接收机使用。M/H系统提供M/H数据的突发传输，允许M/H接收机在调谐器和省电解调器中循环操作。

在八电平残余边带信号中，在时分的基础上传输M/H数据，这有助于M/H接收机在突发模式下接收M/H数据的选定部分。每个M/H帧时间间隔分为长度相等的5个副间隔，称为M/H副帧。每个M/H副帧再分为长度为48.4毫秒（其传输一个残余边带帧的时间）的4个子部分。这些残余边带帧时间间隔每个再分为4个M/H档（每个M/H副帧中16个M/H档）。

为了与现有的八电平残余边带接收机兼容，M/H业务数据被封装到专门的MPEG-2传输流数据包中，取名为M/H封装（MHE）数据包。M/H传输系统可以适应任何所需格式的封装业务数据。例如，MPEG-2视频/音频、MPEG-4视频/音频等MPEG传输流中承载的业务以及由IP数据包装载的其他数据或业务。

与没有M/H流的定时情况相比，主要业务和M/H业务的时分复用会改变主要业务流数据包的发射时间。这些变化有必要完全补偿组合点上的时移，这样，发射信号就符合MPEG和ATSC标准，以保护已有的接收机。这些功能由图9.26中的“数据包定时与节目时间基准调整”模块来完成。

M/H传输系统对M/H数据的操作被分为两个阶段：预处理器阶段和后处理器阶段。

预处理器的功能是将M/H业务数据重新组织到一个M/H数据结构中，通过增加前向纠错过程来增强M/H业务数据的鲁棒性，插入训练序列，随后将处理后的加强数据封装到MHE传输流数据包中。预处理器操作包括M/H帧编码、块处理、组格式化、数据包格式化以及M/H信令编码。

后处理器的功能是用正常的八电平残余边带编码来处理主要业务数据，并将预处理后的M/H数据编入组合流，以确保与ATSC八电平残余边带接收机兼容。组合流中的主要业务数据按照与常规八电平残余边带传输一样的处理方式进行处理：随机化、RS编码、交织和网格编码。组合流中M/H业务数据的处理与主要业务数据的处理方式不同，预处理后的M/H业务数据没有通过随机数发生器。

预处理后的M/H业务数据是通过非系统RS编码器进行处理的。针对M/H业务数据的其他操作用来在每个训练序列的开始阶段对网格编码器内存进行初始化，训练序列已经包含在预处理后的M/H业务数据中。非系统RS编码允许插入固定间隔的长训练序列而不扰乱已有接收机的正常接收。

快速信息通道（FIC）是有别于通过RS帧传送的数据信道的一个单独数据信道。FIC的主要目的是有效地传送用于M/H快速业务获取的重要信息。此信息主要包括M/H业务与承载其的M/H集之间的汇集信息以及用于每个M/H集M/H业务信令信道的版本信息。

9.3.1.4 ATSC 1.0的性能

对于2/3速率的网格编码来说，加性白噪声（AWGN）信道的载波-噪声比（C/N）是15.19dB。1/2速率的级联网格编码的C/N为9.2 dB，1/4速率的级联网格编码的C/N为6.2 dB。ATSC建议规范A/74 [9.65]中给出了更多ATSC接收机性能方面的信息。

ATSC建议规范A/174 [9.66]针对ATSC-M/H的C/N强调了对移动接收机性能的要求。另外，以下对称为“总各向同性灵敏度”（TIS）的最大灵敏度进行了估计。表9.10和9.11给出了具有内置天线的设备的灵敏度要求。

表9.10

带有内置天线系统的超高频设备的典型总各向同性灵敏度

设备类型	实现边界	噪声图样	天线效率	编码速率 1/4时的AWGN C/N	584 MHz时的TIS
移动式手持设备	3 dB	6 dB	-8.6 dB	3 dB	46.5 dB μ V/m
个人播放器	3 dB	6 dB	-5.6 dB	3 dB	43.5 dB μ V/m

表9.11

带有内置天线系统的甚高频设备的典型总各向同性灵敏度

设备类型	实现边界	噪声图样	天线效率	编码速率 1/4时的AWGN C/N	584 MHz时的TIS
移动式手持设备	3 dB	6 dB	-25 dB	3 dB	53.4 dB μ V/m
个人播放器	3 dB	6 dB	-22 dB	3 dB	50.4 dB μ V/m

9.3.1.5 ATSC 1.0系统参数汇总

表9.12汇总了ATSC 1.0系统的特性（参阅ITU-R BT.2295-1报告[9.43]）。

表9.12

ATSC系统的关键特征

特性	ATSC
接收模式： – 固定式 – 便携式 – 便携带式 – 移动式	+ + + +
信道带宽	a) 6 MHz; b) 7 MHz; c) 8 MHz
净数据率	取决于调制和编码速率： a) 4.23-19.39 Mbit/s b) 4.72-21.62 Mbit/s c) 5.99-27.48 Mbit/s
频谱效率（bit/s/Hz）	0.55-1.48
单频网络	
广播类型： – 声音 – 多媒体 – 电视	+ +
传输数据/服务类型	视频、音频、数据
频段	甚高频、超高频
所用带宽	At –3 dB: a) 5.38 MHz; b) 6.00 MHz; c) 7.00 MHz
分段数	1
每分段子载波数	1
子载波间隔	–
动态符号时长	a) 92.9 ns; b) 83.3 ns; c) 71.4 ns
保护间隔时长/保护比	–
帧持续时间	a) 48.4 ms; b) 43.4 ms; a) 37.2 ms
时间/频率同步	分片同步、导频、帧同步
调制方法	8-VSB
内部前向纠错	2/3格构，级联1/2或1/4格构
内部交织	时间交织的独立编码流： a) 12; b) 24; c) 28
外部前向纠错	RS (207,187, T = 10), 级联RS (184,164, T = 10)
外部交织	52个分段的卷积字节交织，级联的46个分段字节交织
数据随机化/能量扩散	16比特PRBS
分层传输	–
传输模式标识	帧同步内的模式符号

9.3.1.6 ATSC 1.0链路预算

ITU-R BT.1368建议书[9.42]从最小场强的角度给出了ATSC 1.0地面数字电视（主要业务）的链路预算，具体内容如表9.13所列。

表9.13
ATSC 6 MHz系统品质因数法的推导

规划参数 ⁽¹⁾	低VHF 54-88 MHz	高VHF 174-216 MHz	UHF 470-806 MHz
频率 (MHz)	69	194	615
C/N (dB)	19.5 ⁽²⁾	19.5 ⁽²⁾	19.5 ⁽²⁾
k (dB)	-228.6	-228.6	-228.6
B (dB(Hz)) (6 MHz)	67.8	67.8	67.8
G_{1m^2} (dB)	-1.8	7.3	17.2
G_D (dB)	6	8	10
G_I (dB)	8.2	10.2	12.2
传输线损耗(dB) α_{line}	1.1	1.9	3.3
天线300/75 Ω 平衡 - 不平衡损耗(dB) α_{balun}	0.5	0.5	0.5
接收机噪声指数(dB)	5	5	10
T_{rx} (K)	627.1	627.1	2610
T_{line} (K)	65.0	102.9	154.4
LNA噪声指数(dB)	5	5	5
LNA增益(dB)	20	20	20
T_{LNA} (dB)	627.1	627.1	627.1
T_{balun} (K)	31.6	31.6	31.6
T_a (K)	9972.1	569.1	可忽略
$T_a\alpha_{balun}$ (K)	8885.1	507.1	可忽略
$T_{line}/\alpha G$ (K)	0.8	1.6	3.3
$T_{rx}/\alpha G$ (K)	8.1	9.7	55.8
T_e (K)	9552.6	1176.8	717.8
$10 \log(T_e)$ (dB(K))	39.8	30.7	28.6
G_A (dB)	7.7	9.7	11.7
E_{rx} (dB($\mu V/m$)) ^{(2), (3)} (TBC)	35	33	39

注 - 表中各数值的计算中，假定 C/N 内包括典型的多径接收损伤以及噪声与干扰有等量分配。接收系统模型指靠近覆盖区边缘处的典型接收装置，并有外部安装的天线和安装于天线上的低噪声放大器（LNA）以及与LNA连接的引下电缆和ATSC接收机。

⁽¹⁾ 见ITU-R BT.1368 [9.42]建议书的附件1中附件1内的定义。

⁽²⁾ 对于1/2速率链接的网络编码应向下调整6 dB（提高性能），对于1/4速率链接的网络编码应向下调整9 dB。

⁽³⁾ 见ITU-R BT.1368 [9.42]建议书的附件1中附件1内的公式。

表9.14给出了外部移动（车载）接收机（使用天线增益）和内置天线设备的ATSC M/H链路预算估计。

表9.14

具有外部车载天线的设备链路预算示例

项目	个人手持设备 584 MHz	个人手持设备 195 MHz
系统参考温度, K	298.0	298.0
系统参考温度噪声功率, dBm	-106.5	-106.5
设备噪声温度(6 dB NF), K	1192.0	1192.0
实现损耗(自辐射)(0 dB), K	0.0	0.0
环境噪声温度, K	372.5	2384.0
总系统输入噪声温度, K	1564.5	3576.0
有效输入噪声功率, dBm	-99.3	-95.7
混合速率和TU-6测试组合下的C/N, dB	17.0	17.0
所需接收机输入功率, dBm	-82.3	-78.7
天线增益, dBi	0.0	-3.0
运行场强, dBμV/m	50.2	47.3
系统参考温度, K	298.0	298.0
系统参考温度噪声功率, dBm	-106.5	-106.5
设备噪声温度(6 dB NF), K	1192.0	1192.0
实现损耗(自辐射)(3 dB), K	1192.0	1192.0
环境噪声温度, K	372.5	2384.0
总系统输入噪声温度, K	2756.5	4768.0
有效输入噪声功率, dBm	-96.9	-94.5
混合速率和TU-6测试组合下的C/N, dB	17.0	17.0
所需接收机输入功率, dBm	-79.9	-77.5
天线增益, dBi	-8.6	-25.0
运行场强, dBμV/m	61.3	80.0

9.3.2 ATSC 2.0

ATSC 2.0的设计是通过使用一系列以新开发的标准为基础的增强特性,同时注重现有标准的应用,使固定接收机上接收的电视节目进入下一个层次。

在物理层,ATSC 2.0与ATSC 1.0向下兼容。主要的新特点体现在该数字地面电视广播系统的顶层。

与互联网连接的用户设备为电视娱乐节目和信息提供了新的馈送和消费模型。

视频游戏控制器、蓝光光碟播放器和个人计算机等许多消费性电子产品都可以连接到互联网,这就使这些电子产品能够接收来自以互联网为基础的服务提供商的内容和服务。电视机也可以与互联网连接。

ATSC 2.0中整合了的其他更为基础的视频技术新成果显著提高了电视系统的操作性能。自从广泛使用的压缩技术MPEG-2在数十年前首次开始使用以来,目前AVC(H.264)视频编解码器广泛用于高质量高频率视频放送;这种情况也出现在互联网流媒体服务和ATSC移动数字电视标准中。新的高频音频编解码器也出现在最先进的视频服务中。

ATSC 2.0被设计为带内向下兼容,这意味着虽然并不希望ATSC 2.0服务可以在目前的ATSC接收机上运行,但在传输过程中将ATSC 2.0包含进来的目的是与现有的ATSC接收机能力相兼容,以便接收在该传输过程中接收现有的ATSC服务。ATSC A/107 [9.67]提供了ATSC 2.0固定式广播数字电视服务的顶层规范,这样就扩大了ATSC标准A/53 [9.48]~[9.53]所定义的数字电视服务的范围。

9.3.2.1 非实时服务

ATSC A/103非实时(NRT)标准[9.68]描述了非实时性质的标准化信令、通知和传输。用于固定式广播的非实时服务是在IP子网中传送的;与某一虚拟信道相关的特殊IP子网是通过地面虚拟频道表(TVCT)和相关的PAT/PMT表中的索引来识别的。非实时标准能够识别七个消费模型。

9.3.2.2 交互服务

ATSC A/105交互服务标准[9.69]允许广播公司将广播节目制作与其他与该节目制作有关的服务连接起来。本系统的核心是能够为用户提供交互体验的声明对象(DO)功能。声明对象生命周期状态的变化(例如启动或终止声明对象)可以由广播公司和观众来发起或改变。这样的系统将这样的服务扩展提供给第二屏幕,并通过互联网路径来发送所需的资源。

除了传统的地面广播电视已有的那一部分服务以外,交互服务标准中所描述的服务包括:

- 个性化
- 业务使用报告
- 接收机接入基于web的服务器
- 支持自动内容识别。

适用于交互性的三种环境交互服务标准和相关ATSC标准中,支持三种适用于交互性的环境:

- 触发式附带数据交互服务;
- 其他非实时交互服务;
- 不限于服务的交互式应用。

在每一种环境中,交互性都是由符合交互服务标准规范的声明对象提供的。

9.3.3 ATSC 3.0

ATSC 3.0是第二代DTTB系统,提供一整套标准和推荐做法([9.71]-[9.90])。它与ATSC 1.0系统不同,不能向后兼容。ATSC 3.0系统在物理层提供了灵活性,以涵盖大量的服务选项。这包括更高的有效载荷容量以及更强的稳健性的选项,可以针对广泛的接收设备。传输核心是基于IP的,以促进与在演播室和家庭网络中更广泛使用IP网络的新兴趋势的整合。对ATSC 1.0系统的改进包括纳入最新的音频和视频压缩系统,以及能够原生传输与内容相关的基于W3C的应用。

9.3.3.1 ATSC 3.0架构模型

ATSC 3.0系统是以“分层”架构设计的,因为这样的系统有很多优点,特别是在可升级性和可扩展性方面。ATSC 3.0的通用分层模型如下图9.28所示。请注意,中间的两个系统层被归入一个组织层,即“管理和协议”层。

图9.28
ATSC 3.0 分层架构



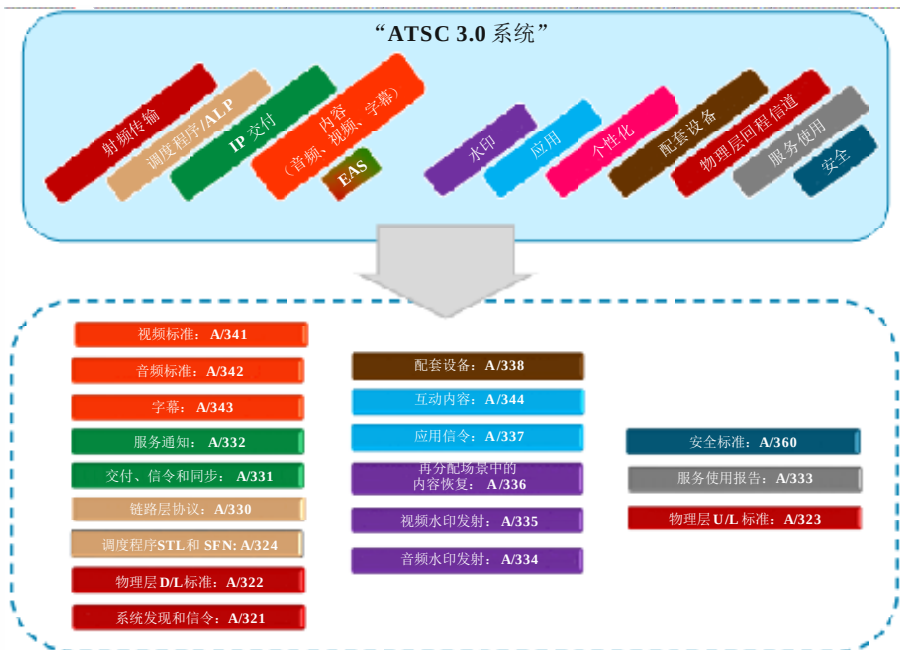
DTTB-09-28

ATSC 3.0支持传统的线性节目、增强型线性节目和基于应用的服务。增强型线性节目可以包括各种不同的内容组件，如多个视频、音频和字幕流，可以选择并同步组合在接收器上呈现。线性节目服务可以通过应用来加强，如互动游戏或有针对性的广告插入。基于应用的服务也是可能的，其中一个应用作为服务的启动点，服务从应用中被消费。基于应用的服务的一个例子是按需服务，允许观众访问和管理按需内容库，并播放选定的标题。

ATSC 3.0系统在一些单独的文件中进行了描述，这些文件共同构成了完整的标准。这些文件以这种方式划分，以支持标准的不同方面的独立演进。

下面的图9.29显示了各种文件和它们所涉及的主题。应该注意的是，有些主题跨越了不止一个文件，例如，可及性和紧急警报。在这些情况下，下面的章节提供了指导，以帮助读者识别标准中适用于该主题的各个部分，以及如何将这些部分一起使用。

图9.29
ATSC 3.0标准



DTTB-09-29

9.3.3.2 ATSC 3.0的关键技术

ATSC 3.0中使用的关键技术如下：

系统流格式：采用基于IP的传输，有两种方法可用于内容分发。MMT和ROUTE。系统和服务信号是通过一系列的表提供的，如SLT和SLS表，提供有关封装的服务信息。

引导信号（Bootstrap signal）：引导信号是ATSC 3.0物理层的一部分，为ATSC 3.0的波形提供一个通用的入口。引导信号提供有关正在广播的物理层波形的信息，并允许不同版本的波形共存。这提供了扩展和修改ATSC 3.0物理层能力的的能力，同时保持与现有版本的兼容性。物理层管道（PLP）：ATSC 3.0允许物理层有效载荷被细分为目标管道。PLP的每个稳健性都可以单独调整，以匹配其目标服务。这包括调制和纠错参数

FEC算法：FEC是通过LDPC实现的，其码率从2/15到13/15。使用BCH的外部编码是可选的。

交织：ATSC 3.0包括几个交织选项。对于一个单一的PLP系统，可以利用一个块状交织器。当配置了多个PLP时，可使用混合块和卷积交织方案。交织深度是可以编程的，是基于内存的使用而不是时间。交织器由219个交织单元组成。

OFDM调制：调制系统是基于OFDM的，可选择8K、16K或32K的FFT大小。支持从QPSK到4096QAM的QAM调制，有统一和非统一的星座。

通道补偿和同步：OFDM信号包含许多可编程的功能，包括各种先导音的配置以及可配置的保护间隔。这使得系统可以针对其目标接收设备（如移动、屋顶等）以及特定市场的具体需求进行定制。

通道带宽：通道带宽可以是6、7或8 MHz。

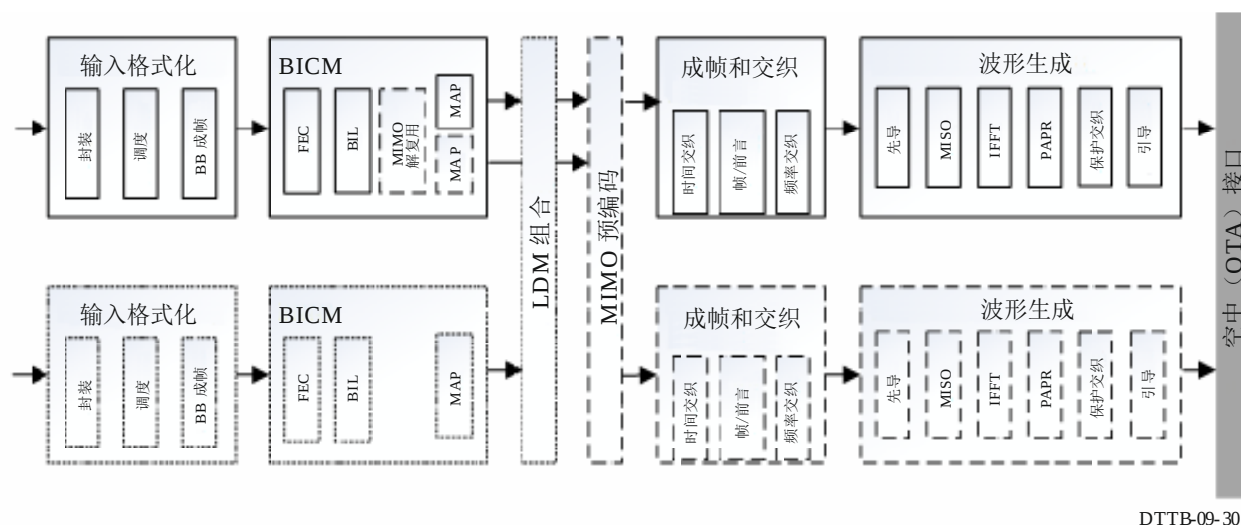
先进的功能：该系统包含一些功能，以增加其对某些应用的可用性。这些功能包括分层复用、MISO/MIMO、灵活的子帧定义和信道绑定等选项。

9.3.3.3 ATSC 3.0的物理层

处理ATSC 3.0主要物理层（ATSC物理层协议A/322标准）的功能框图见图9.30。该系统结构包括四个主要部分。输入格式化、比特交错和编码调制（BICM）、成帧和交错、以及波形生成。

图9.30

ATSC 3.0物理层功能块框图



输入格式化由三个部分组成：封装、基带成帧和调度器。封装包括将输入数据格式化为ALP数据包。调度器的任务是以最有效的方法将ALP数据包分配给物理层帧。当ALP数据包准备好在物理层帧中发送时，它们被封装成基带帧，准备进行纠错编码。

BICM块负责对基带帧进行纠错编码和位交织。基础纠错是一个LDPC码，有两种可能的长度：64800或16200比特。编码率范围为2/15至13/15。如果需要的话，可以添加BCH码或CRC的可选外部编码。一旦应用了FEC和比特交织，然后根据具体的PLP参数将数据映射到星座点上。

根据调度器的指示，一系列BICM编码的基带数据包被组合在一起，形成一个数据帧。这组数据是时间和频率交织的，以增加稳健性。有几个时间和频率交织选项可供选择，以更好地根据目标应用定制框架。

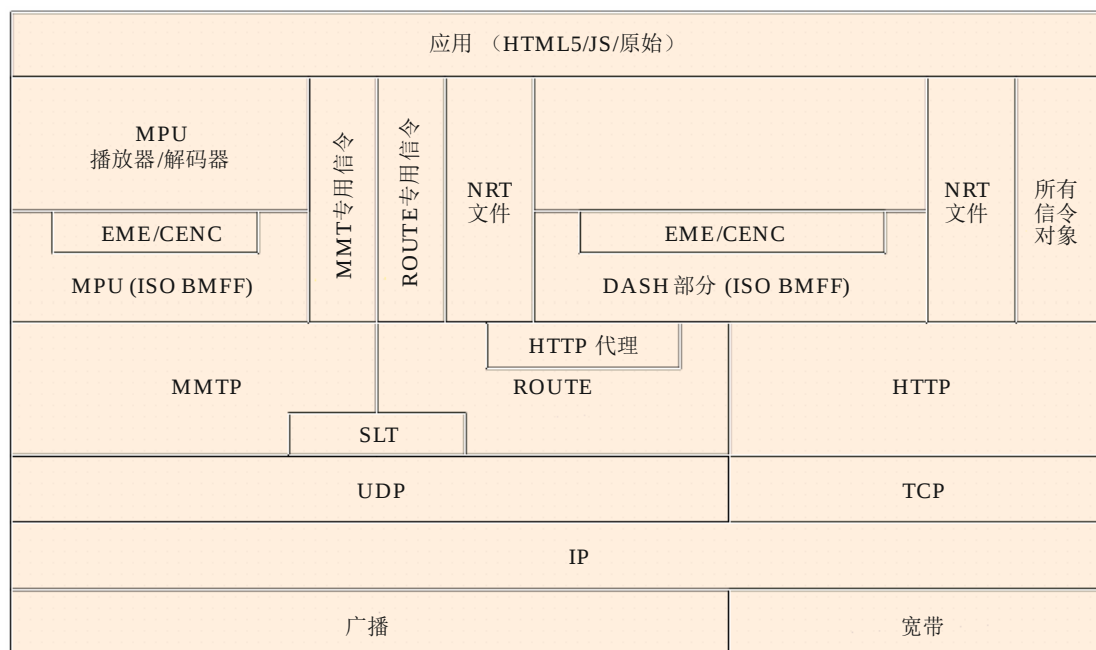
一旦数据帧被交织，就会产生一个波形。波形由一个自举和一个序言组成，然后是一个或多个子帧。子帧的使用允许另一个层次的定制，其中波形参数可以在子帧的基础上进行调整。每个子帧由一系列的OFDM符号组成。这些符号是由交织的数据、先导信号和保护间隔组合而成的。如果需要，可以添加PAPR。

9.3.3.4 ATSC 3.0的传输层

ATSC 3.0传输层的概念模型见图9.31。其中规定了两种广播服务交付的方法。图9.31左侧描述的方法是基于MPEG媒体传输（MMT），ISO/IEC 23008-1，并使用MMT协议（MMTP）交付媒体处理单元（MPU）。中心所示的方法是基于DASH-IF配置文件，它是基于MPEG DASH。它使用单向传输的实时对象交付（ROUTE）协议交付DASH片段。不打算在收到时实时渲染的内容，例如：a) 下载的应用程序，b) 由连续或离散媒体组成并属于基于应用程序的增强的文件，或c) 包含ESG或EA信息的文件，也由ROUTE交付。信令可以通过MMTP和/或ROUTE传递，而自举信令信息则通过服务列表表格（SLT）的方式提供。

图9.31

ATSC 3.0 概念协议栈



DTTB-09-31

为了支持混合服务交付，其中一个或多个节目元素通过宽带路径交付，在宽带方面使用 HTTP/TCP/IP 的 DASH-IF 配置文件。基于 ISO 基础媒体文件格式 (ISO BMFF) 的 DASH-IF 配置文件中的媒体文件被用作广播和宽带交付的传送、媒体封装和同步格式。

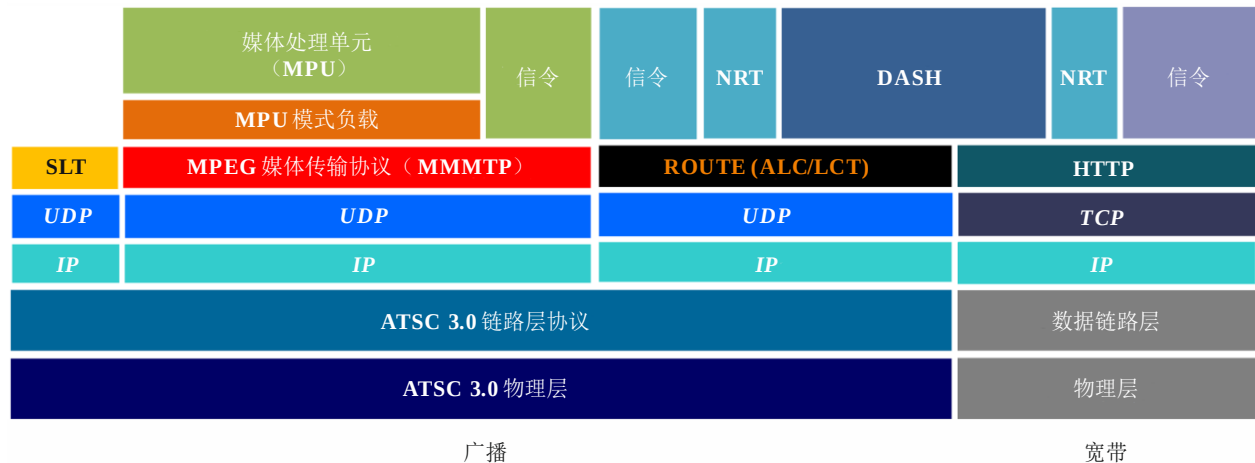
功能

协议为包括以下各方面的系统功能提供支持：

- 广播媒体实时流。
- 高效和稳健地交付基于文件的对象。
- 支持接收机快速获取服务（快速换信道）。
- 支持混合（广播/宽带）服务。
- 高效的前向纠错（FEC）。
- 在广播基础设施内的兼容性。为互联网开发的格式和传输方法（并在互联网内普遍使用）。
- 支持 DRM、内容加密和安全性。
- 支持服务定义，其中服务的所有组成部分都通过宽带路径交付（注意，获得这种服务仍然需要访问广播中交付的信号）。
- 支持最先进的音频和视频编解码的信令。
- 媒体内容的非实时交付。
- 服务组件的非复用交付（例如，视频和音频的单独流）。
- 支持宽带传输的流媒体内容的自适应流。
- 与应用层功能的适当联系，如 ESG 和互动内容。

ATSC 3.0服务是通过三个功能层提供的。它们是物理层、交付层和服务管理层。物理层提供信号、服务公告和IP数据包流在广播物理层和/或宽带物理层上传输的机制。交付层提供对象和对象流传输功能。它由MPEG媒体传输协议（MMTP）或单向传输的实时对象传输（ROUTE）协议启用，在广播物理层的UDP/IP组播上运行，并由宽带物理层的TCP/IP单播的HTTP协议启用。服务管理层主要支持服务发现和获取的手段，以使不同类型的服务，如线性电视和/或HTML5应用服务，由底层交付和物理层承载。图9.32显示了ATSC 3.0接收器的协议栈。

图9.32
ATSC 3.0 接收机协议栈



DTTB-09-32

服务信令提供服务发现和描述信息，包括两个功能组件。通过服务列表表格（SLT）的引导信令和服务层信令（SLS）。这些代表了发现和获取ATSC 3.0服务的必要信息。SLT使接收器能够建立一个基本的服务列表，并为每个ATSC 3.0服务引导发现SLS。

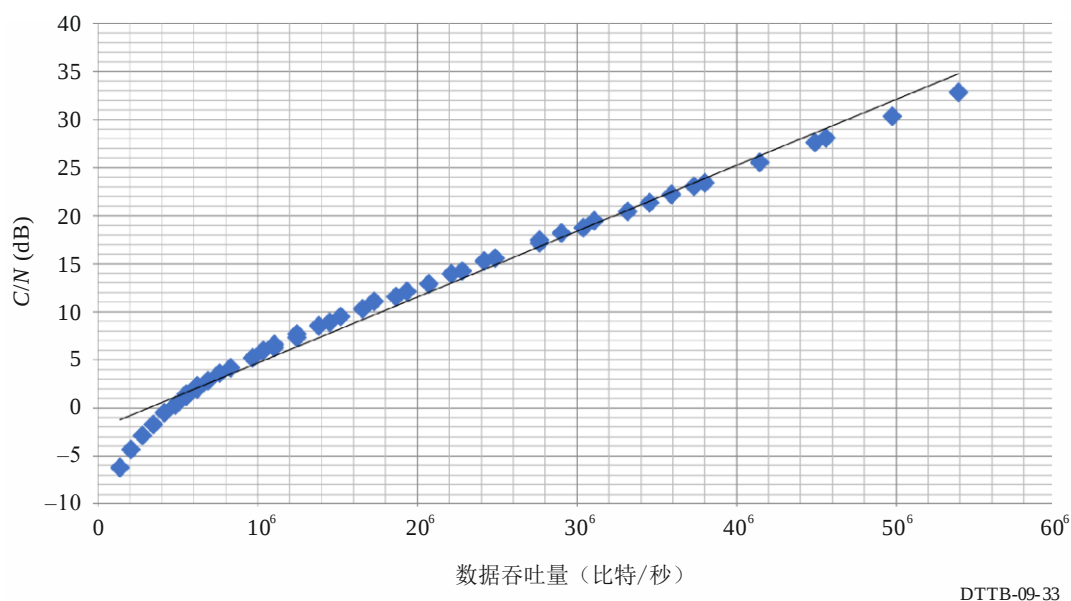
SLT可以实现对基本服务信息的快速获取。SLS使接收器能够发现和访问ATSC 3.0服务及其内容组件。对于通过广播提供的ROUTE/DASH服务，SLS由ROUTE/UDP/IP在构成ROUTE会话的LCT传输通道之一进行传输，以适当的旋转速率支持快速的通道连接和切换。对于通过广播传输的MMTP/MPU流媒体，SLS由MMTP信令信息承载，以适当的旋转速率支持快速的信道连接和切换。在宽带传输中，SLS通过HTTP(S)/TCP/IP进行传输。

9.3.3.5 ATSC 3.0的性能

上面第9.3.3.3节中描述的调制格式和纠错编码方案的组合支持从-6.23 dB到32.84 dB的宽广的AWGN C/N范围。虽然使用较低的调制格式和较低的码率，LDPC码提高了信号的可接收性，但其代价是在信道的信息吞吐量。从最低的C/N到最高的C/N所对应的数据率吞吐量约为1.5Mbits/s到57Mbits/s。相比之下，ATSC 1.0系统在AWGN C/N约为14.9 dB时，固定吞吐量约为19.4 Mbits/s。图9.33显示了可用的调制和编码格式在C/N性能和BICM数据吞吐量方面的散点图。该图是近似的，因为确切的数据吞吐量和C/N性能将根据ATSC 3.0的许多参数选择而略有不同，如防护间隔长度和先导模式。如下图所示，ATSC 3.0提供了一组密集的操作点，跨越了很大的C/N操作点范围。

图9.33

ATSC 3.0 调制和编码选择 (6 MHz信道的近似值)



选择使用哪种调制和纠错水平主要是由目标应用的需求所驱动。通常情况下，只能拥有低增益天线的移动设备将需要较低的C/N操作。固定设备的接收，如电视接收机，可能有机会使用更高的增益天线，因此可能在一个更高的C/N水平上运行。

随着PLP的引入，ATSC 3.0系统可以同时传输几种不同的调制和编码格式。每个PLP可以被认为是一个单独的编码流。每个PLP的参数在一个强大的ATSC 3.0前言中传输，以便接收器可以在PLP的基础上将自己配置为正确的设置。

9.3.3.6 ATSC 3.0的链路预算

外部天线示例

下面是一个使用外部户外天线的链路预算方案的例子。在此链路预算中，天线被安装在10米高的地方。

这个链路预算有几个相关的特点。由于天线具有一定的指向性，本案例中使用的信道模型是Rice模型。使用为该用例选择的参数，最小C/N值为16.9 dB。这个C/N阈值包括信道模型的影响，以及其他现实世界的影响，如信道估计误差的余量。ATSC 3.0的参数如下：64 QAM，11/15 LDPC码，32K FFT，散点先导模式SP8_4。下引线假定为75英尺的RG-59同轴电缆。

链路预算可以根据本案例中列出的已知因素进行计算，以确定天线上所需的最低信号电平。然而，在现实世界中，有许多因素会影响接收器是否能够成功接收信号。为了考虑到这一点，通常会在最低信号电平上增加一些余量，以确保很大一部分地点能够接收到信号。随着余量的增加，能够接收信号的地点的百分比也会增加。选择使用的余量将取决于正在接收的服务类型。就本例而言，在确定覆盖区域时使用了两个质量等级。第一个是“可接受”水平，它被描述为至少有70%的接收地点能够接收传输。第二个级别被定义为“良好”，代表有至少95%的接收地点能够接收到传输的信号。根据这些因素，可以估计出所述服务水平在天线上所需的信号水平，如表9.15所示。

CEB32.2表5.1中显示的敏感度水平假设如下：

- 调谐器噪声系数为6 dB；
- 热噪声为-106.17 dBm ($kTB = 1.38E-23 \text{ J/K} \times 300^\circ \text{ Kelvin室温} \times 5.832844 \text{ MHz信号带宽}$)；
- 配置参数Cred=0, bsr_coeff=2, SPboost=1；
- 8k, 16k 和 32k FFT；
- CEB32.2附件A各表中的防护间隔、DxDy和Px值。

表9.15

户外天线链路预算 – 示例

信道中心频率 (MHz)	69	195	605
信道带宽 (MHz)	6	6	6
天线增益 (dB)	4.0	6.0	10.0
下线损耗 (dB)	1.4	2.0	4.0
接收机噪声值 (dB)	7.0	7.0	7.0
接收机生成噪音 (dB)	-99.2	-99.2	-99.2
天空噪声 (dBm)	-90.0	-102.4	-106.2
天线输入端的等效噪声 (dBm)	-89.7	-99.8	-102.6
信道模型	Rice	Rice	Rice
最小 C/N (dB)	16.9	16.9	16.9
最小天线输入功率 (dBm)	-72.8	-82.9	-85.7
偶极子因数 (dB)	111.8	120.8	130.7
天线的最小必要场强 (dBuV/m)	39.0	38.0	44.9
所需地区覆盖 (百分比)	70.0	70.0	70.0
分布因数	0.5	0.5	0.5
标准偏差 (dB)	5.5	5.5	5.5
位置校正因数 (dB)	2.9	2.9	2.9
包含余量的天线最小必要场强 (dBuV/m)	41.9	40.8	47.8
所需地区覆盖 (百分比)	95.0	95.0	95.0
分布因数	1.6	1.6	1.6
标准偏差 (dB)	5.5	5.5	5.5
位置校正因数 (dB)	9.0	9.0	9.0
包含余量的天线最小必要场强 (dBuV/m)	48.0	47.0	54.0

汽车接收示例

这个例子的链路预算有几个相关的特点。天线没有指向性，所以使用了Rayleigh信道模型。使用该信道模型以及为该用例选择的参数，最小的C/N值估计为7.8dB。这包括信道的影响以及其他一些现实世界的影响。ATSC 3.0的参数如下：16QAM，5/15 LDPC码，16K FFT，分散的先导模式SP4_2。下线损耗被假定为10英尺的RG-59同轴电缆。

可以根据本例所列的已知因素计算链路预算，以确定天线上所需的最低信号电平。对于这个汽车服务的例子，在确定覆盖区域时使用了两个质量等级。第一个是“可接受”水平，它被描述为至少有90%的接收地点能够接收到传输。第二个级别被定义为“良好”，表示至少有99%的接收地点能够接收到传输的信号。根据这些因素，可以估计出所述服务水平在天线上所需的信号水平，如表9.16所示。

图9.16

汽车接收链路预算 – 示例

信道中心频率 (MHz)	69	195	605
信道带宽 (MHz)	6	6	6
天线增益 (dB)	-4.0	-2.0	0.0
下线损耗 (dB)	0.2	0.3	0.6
接收机噪声值 (dB)	7.0	7.0	7.0
接收机生成噪声 (dB)	-99.2	-99.2	-99.2
天空噪声 (dBm)	-90.0	-102.4	-106.2
天线输入端的等效噪声 (dBm)	-88.8	-95.8	-97.9
信道模型	Rayleigh	Rayleigh	Rayleigh
最小 C/N (dB)	7.8	7.8	7.8
最小天线输入功率 (dBm)	-81.0	-88.0	-90.1
偶极子因数 (dB)	111.8	120.8	130.7
天线的最小必要场强 (dBuV/m)	30.8	32.8	40.6
所需地区覆盖 (百分比)	90.0	90.0	90.0
分布因数	1.3	1.3	1.3
标准偏差 (dB)	5.9	5.9	5.9
位置校正因数 (dB)	7.7	7.7	7.7
包含余量的天线最小必要场强 (dBuV/m)	38.5	40.5	48.2
所需地区覆盖 (百分比)	99.0	99.0	99.0
分布因数	2.3	2.3	2.3
标准偏差 (dB)	5.9	5.9	5.9
位置校正因数 (dB)	13.6	13.6	13.6
包含余量的天线最小必要场强 (dBuV/m)	44.4	46.4	54.1

9.4 DVB-T和DVB-T2

根据ETSI EN 300 744 [9.36]和ETSI EN 302 755 [9.8]，DVB-T/DVB-T2系统被定义为执行基带电视信号从传送复用器的输出到地面信道特征适配的功能块。对于电视广播信号的传输，174-230 MHz频段使用1.7 MHz和7 MHz信道带宽，470-862 MHz频段使用8 MHz信道带宽。

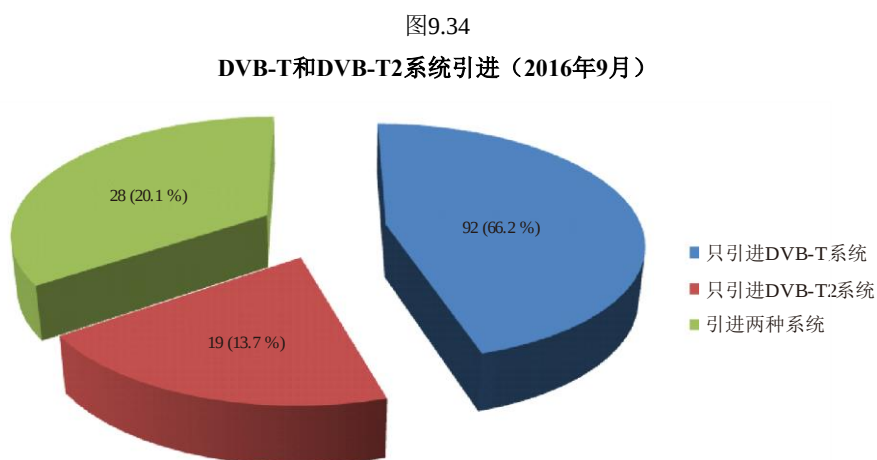
此外，对于多路径条件下的数字信号传送，DVB-T和DVB-T2系统是有效的方法，因此，可用于其他诸如电子新闻采集或者微波分配系统（见用于DVB-T的ETSI EN 301 701 [9.37]）的应用。第15章包括DVB系统在ENG应用中的使用。

因为对于信息传输而言，有着广泛认可的输入格式，因此，选择参数需要具备高度灵活性，以在信道能力和接收机输入信号功率之间进行折衷；为保证在不同的广播网络类型（多频或单频网）和接收条件（固定，便携或移动接收）下稳健运行的可能性，许多国家的数字地面电视广播都采用DVB-T和DVB-T2系统作为主要标准（见图9.24的地图）。关于这些标准引进情况的更详细介绍，请参见DVB项目网站（www.dvb.org）。

由DVB计划提供的，DVB-T和DVB-T2系统采用的统计数据，见图34至9.36。

图9.34提供了使用DVB-T或DVB-T2系统的国家数量的分析，可以按下述方式分组：

- 正在进行或完成DVB-T引进的国家；
- 正在进行或完成DVB-T2引进的国家；
- 正在进行或完成DVB-T和DVB-T2引进的国家；



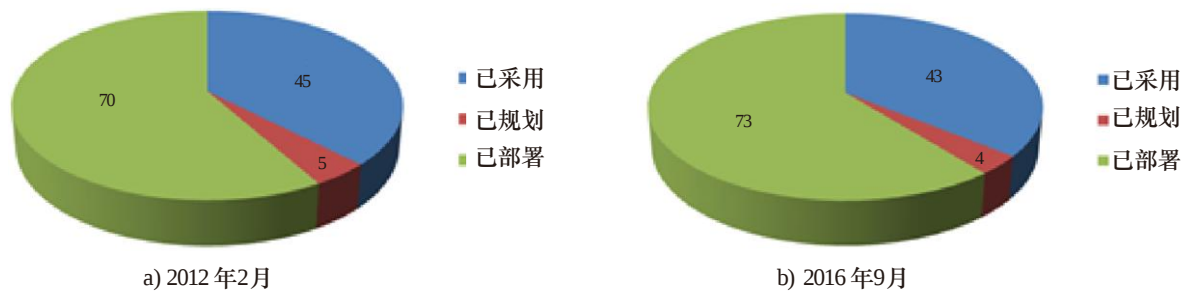
DTTB-09-34

分析显示，在2015年8月，有139个国家选择了DVB系统；其中，92个（66.2%）国家使用或正在引进DVB-T广播网络，19个（13.7%）国家使用或正在引进DVB-T2广播网络，28个（20.1%）国家使用或正在引进两种标准。

到2016年9月，有150个国家的数据可用。66个（44%）国家仅使用DVB-T，30个国家仅使用DVB-T2，而54个国家使用两种系统。

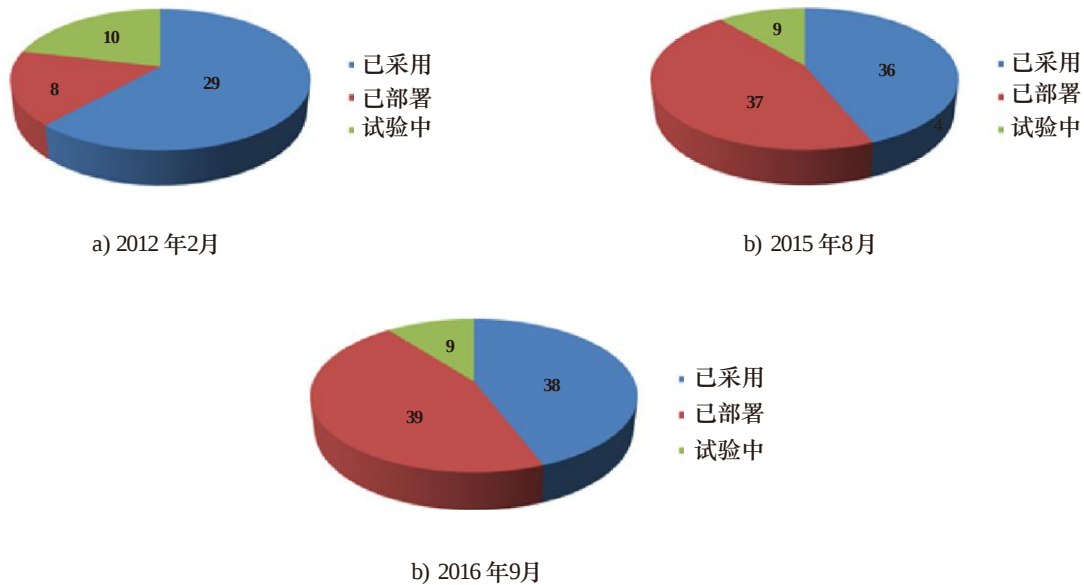
图9.35和9.36显示了两种标准（DVB-T和DVB-T2）的引进状态。

图9.35
DVB-T标准的引进



DTTB-09-35

图9.36
DVB-T2标准的引进



DTTB-09-36

相反地，DVB-T2正在加速部署。统计显示：从2012年至2016年的三年内，已部署的网络从8个增加到39个。此外，采用DVB-T2标准的国家也从29个增加到38个。

9.4.1 DVB-T及其移动电视扩展

很多早期的DVB系统使用DVB-T，因此为了完整性，提供了关于该系统的信息。新的操作中预计将会使用DVB-T2（见9.4.2节）。

9.4.1.1 DVB-T/H的架构模型和协议栈

表9.17提供了DVB-T系统的协议栈示例。通过物理媒介传输的视听信息的基本协议是MPEG-2传送流。

表9.17

数字电视广播的DVB-T传输协议栈示例

应用程序（再制作、录制等）							
MPEG-4 AVC/HEVC	MPEG-2视频	MPEG音频	AC-3, DTS	字幕、图文	EPG、ESG		
				PSI	SI		
PES MPEG-2				MPEG-2部分			
MPEG-2传送流							
DVB-T（RS、M-QAM等）的物理层							

MPEG-2、MPEG-4 AVC或HEVC可被用作视频组件的压缩方法；AC-3、DTS、MPEG-1、MPEG-2或MPEG-4可被用于音频压缩。此外，辅助基本流（字幕、图文等）在MPEG-2的私有部分作为数据基本流传送。

DVB-T的移动电视扩展。尽管DVB-T传输系统具有服务固定、便携和移动终端的性能，手持终端（被定义为重量轻、具有相对较小的屏幕和嵌入式天线的电池供电设备）对于传输系统的具体特征有要求。出于此原因，DVB为手持终端开发了一种传输系统（DVB-H）。该系统基于DVB-T标准，并且带有额外的DVB H特定功能块。因此，与DVB-T相比，DVB-H系统能提供相同的地理覆盖，以及相似的网络结构（可以在DVB-H数据元条件下实现无缝切换）。DVB-H系统的这种变量被指定为DVB-T/H。专用DVB-H网络也可能实现。

表9.18阐明了DVB-H系统协议栈的一个示例。

表9.18

DVB-T/H系统协议栈

应用层	实时视频应用		基于文件的应用		ESG
呈现层	H.264/MPEG-4 AVC（视频）HE-AACv1/v2（音频）				XML、HTML
会话层	RTP		FLUTE/ALC		
传送层	UDP				
网络层	IP (IPv4/IPv6)				
链路层	MPE	时间切分			MPE-FEC
	传送流MPEG-2 TS				
物理层	物理层DVB-T/H (M-QAM、OFDM、RS、CC)				

带有IP数据以及相应RS数据段的MPE和MPE-FEC从MPEG-2 TS传送流中恢复。基于IP网络的典型IP/UDP/RTP栈用于DVB-H系统的统一以及接入交互式服务。在呈现层，用于音频压缩的视频信息解码仅基于MPEG-4（例：H.264/MPEG-4 AVC）、MPEG-1和MPEG-2 AAC（高级音频编码）。

在基于文件的应用传输中，不需要立即消费服务，在DVB-H系统中使用FLUTE / ALC协议栈。该协议用于基于IP协议（IPDC）到DVB-H的组播和单播数据广播。电子服务指南（ESG）用于可能基于XML/HTML呈现的服务发现和购买操作。

在DVB-T/H框架下用于移动电视的卫星协助。DVB-SH，数字视频广播 – 卫星业务至手持设备，是一种为（通过混合卫星和在低于3 GHz频率下运行的地面基础设施的）广播业务提供基于IP的媒介内容和数据到（具有非常有限或无方向性紧凑天线的）各种便携和移动终端的系统。目标终端包括重量轻和以电池供电的手持设备（例：PDA、移动电话），车载的、移动的（例：笔记本电脑、掌上电脑等）设备以及固定终端。DVB-SH使用内容传送的DVB IP数据广播（IPDC）集、电子服务指南、服务购买和保护标准。它包括一些特征，诸如用于前向纠错的turbo编码、用于处理混合卫星/地面网络拓扑的高级系统中高度灵活的交织器。

DVB-SH系统覆盖通过必要时将卫星组件（SC）与地面互补组件（CGC）组合获得，以便在卫星独自无法提供所需的服务质量时确保服务的连续性。SC确保了广区域覆盖，而CGC提供了广播类型或单元型覆盖。通过此方法可以服务所有类型的环境（室外、室内、城市、郊区和乡村）。值得注意的是，目前规划的多光束卫星光束所服务的区域面积达到600 000 km²。DVB-SH系统的混合性质作用于多个服务方面：实现切换、服务发现和接入、电子服务指南（ESG）。值得一提的是，许多国家的监管允许在预计卫星发射时部署CDC。DVB计划于2007年2月发布了DVB-SH标准，经过公众意见征询程序，其被允许作为一种ETSI标准，名称为：ETSI EN 302 583 – 数字视频广播（DVB）；成帧结构，用于低于3 GHz的卫星业务至手持设备（SH）的信道编码和调制。包括实施指南（ETSI TS 102 584）的补充标准清单在相关文件[9.123-9.130]的清单中给出。

9.4.1.2 DVB-T的关键技术

用于DVB-T的关键技术如下所述：

- 系统流格式：修正的MPEG-2传送流，用电视节目、交互式应用程序等的额外信息来传送传统电视应用（字幕、图文、电子节目指南等）的信息；
- 前向纠错编码算法：用于提供准无误码（QEF）模式的交织/调制子系统的级联RS（204、188、8）块编码和速率兼容删余卷积码（RCPC）（可能的编码速率：1/2、2/3、3/4、5/6、7/8），其中，内部信道解码器输出的误比特率（BER）约为 2×10^{-4} ，外部信道解码器输出的误比特率（BER）约为 $10^{-11} - 10^{-12}$ ；
- 交织：用于影响频率选择性衰减和脉冲干扰降低的时域（外部交织）和位/符号频率交织器（内部交织）的卷积交织器中的两级交织；
- 数字调制：格雷码QPSK、16-QAM、64-QAM信号星座图提供抗噪声和频谱效率之间的不同权衡；
- 调制模式：均匀（常规）信号星座图和不均匀（分层）信号星座图，其中，业务可用不同的鲁棒性传输；
- 多路径影响衰减：用COFDM的三种基本模式（2K、8K和4K，将其作为DVB-H的扩展）和四个保护间隔（保护分数：1/4、1/8、1/16、1/32），为不同条件下的接收（固定、便携和移动接收）提供业务可靠传输的可能；
- 信道补偿和自动配置：分散和连续的导频信道估测和补偿、频率和时间同步；用于自动接收机配置的TPS导频（设置为OFDM模式、调制、编码等）；
- 为改善接收机性能的分集接收 – 可选（不包括在基线标准中）；
- 信道带宽：带宽的值为：5 MHz、6 MHz、7 MHz和8 MHz，在不同频率规划下提供系统使用的可能性；

- 支持的网络模式：不同大小及配置的单频和多频网；
- 在单频网中的特殊同步方法：巨型帧初始包（MIP）。

考虑到DVB-H系统基于DVB-T物理层，用于此多媒体广播系统的专用技术在下文中提供。其他技术与DVB-T技术基本相似。

DVB-H技术解决方案如下所述：

- 接收机功耗衰减：通过仅解码部分包含所需业务的数据共享流而进行功率节省的时间分割。通过特定DVB-H链路层参数（裂解量、裂解持续时间、停止时间等）进行的功耗衰减大约达到90%。
- 多协议封装（MPE）：DVB-H与DVB-T的主要差异是基于IP数据报的任何业务信息的传输。IP数据报通过MPE程序封装在MPEG-2 TS中。
- 多协议封装的前向纠错编码（MPE-FEC）数据：可选的MPE-FEC技术允许在准无误码（QEF）模式下运行的接收机上改善C/N阈值，并且降低多路径接收期间的多普勒效应。这可通过使用里德所罗门码（块编码速率1/1（无编码），1/2、2/3、3/4、5/6、7/8）在MPE级上包含附加的纠错获得。因此这提供了不同信道编码速率的可能性选择，从而可以在抗噪声和信息数据速率之间获得所需的权衡。
- OFDM模式的扩展集：在物理层的DVB-H系统使用的附加传输模式是4k模式。其为提高网络规划（通过接收机终端移动性和单频网单元大小之间的权衡来获取）的灵活性而定义。
- 交织方案的扩展集：除了在DVB-T中使用的交织方案，DVB-H系统使用深度符号交织器（固有的和深度交织器之间的选择—DVB-T的内部交织器）。此外，DVB-H成帧期间，实施了具有取决于帧长的交织深度的MPE和MPE-FEC部分的虚拟块交织。
- 增强的TPS系统：为了在DVB-H复用中使用基本流参数的信令，使用DVB-T定义的TPS信道。带有DVB-H时间分割的基本流的可用信息的存储数据信道共享复用并使用MPE-FEC。

DVB-SH系统的关键技术如下所述（除了被认为是地面段的DVB-T/H性能之外）：

- 到广播信道的扩展接入方法：在全网络的不同段使用TDM和FDM模式；
- 改善的纠错：在卫星网络段，DVB-SH使用编码速率为1/5、2/9、1/4、2/7、1/3、2/5、1/2、2/3的3GPP turbo码纠错；
- 扩展带宽和调制：DVB-SH 定义了1.7 MHz带宽及QPSK、8-PSK、16-APSK的使用。

9.4.1.3 DVB-T和移动电视扩展的物理层

DVB-T规范提供了一系列可交付的净比特速率，从4.98 Mbit/s至31.67 Mbit/s（参见ETSI EN 300 744 [9.36]）。

下述程序被应用在DVB-T物理层的数据串：

- 为能量扩散传送复用适配性和随机性；
- 外部编码（即：里德所罗门码）；
- 外部交织（即：卷积交织）；
- 内部编码（即：删余卷积码）；

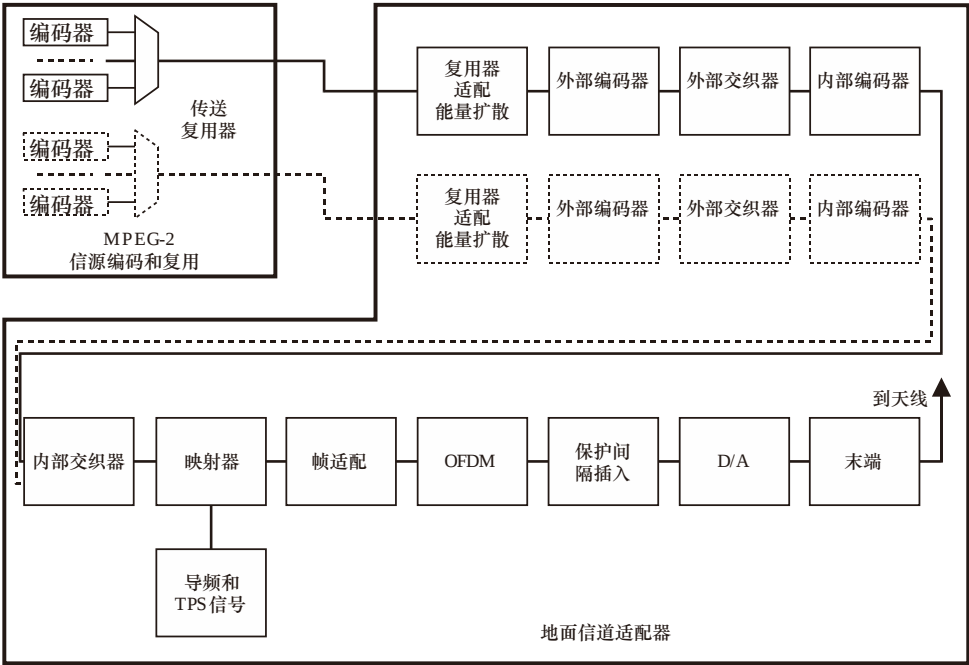
- 内部交织（固有的或者深度的）；
- 映射和调制；
- 正交频分复用（OFDM）传输。

图9.37阐述了DVB-T系统的适配路径。考虑到地面信道的特征是高噪声，相比其他节目分配环境下（电缆和卫星）的数字广播系统，该干扰适配路径更加复杂。方框图包括用于分层传输模式（在图中用虚线突出表示）的第二平行路径。

由于该系统正在为数字地面电视业务而设计，以在现有的VHF和UHF频谱分配中进行模拟传输，因此要求系统提供足够的保护，防止从现有的PAL/SECAM/NTSC业务发射的高级别的同频信道干扰（CCI）和相邻信道干扰（ACI）。同时还要求在VHF和UHF频段中使用时，系统允许最大频谱效率；该要求可通过使用单频网（SFN）操作实现。

图9.37

DVB-T数字地面电视广播系统的适配路径



DTTB-09-37

为了实现这些要求，指定了含有级联纠错编码的OFDM系统。为了最大程度地与卫星基准规范（参见EN 300 421）和电缆基准规范（参见EN 300 429）保持一致，外部编码和外部交织是通用的，内部编码与卫星基准规范是通用的。为了实现网络拓扑和频率效率之间的最佳权衡，规定了灵活的保护间隔。这将使得系统能够支持诸如广域单频网和单发射器的不同网络配置，同时还能保持最大化的频效率。

为DVB-T和DVB-H传输定义了两种操作模式，“2k模式”和“8k模式”。“2k模式”适用于单发射器操作和具有优先发射器距离的小型SFN网络。“8k模式”可用于单发射器操作以及小型和大型SFN网络。

附件F中定义了专用于DVB-H系统的第三种传输模式 – “4k模式”，说明了手持终端的特殊要求。“4k模式”旨在提供传输元件大小和移动接收性能间的额外权衡，从而为DVB-H网络规划提供额外的灵活度。

该系统允许使用不同级别的QAM调制和不同的内部编码速率来平衡比特率与鲁棒性。该系统还允许两种级别的分层信道编码和调制，包括均匀和多分辨率星座图。在此情况下，该系统的功能块图示将扩展至包括图9.37中用虚线表示的模块。两种独立的MPEG传送流，分别为高优先级流和低优先级流，通过映射器和调制器映射到单星座图，因此有对应于输入的数量。

为了保障由这样的分层系统发射的信号可以由简单的接收机接收，分层性质被限制在分层信道编码和调制上，而不使用分层的信源编码。

节目业务因此可以被“同时联播”至一个低比特率、坚固版本和另一个较高比特率、较低坚固性的版本。或者，完全不同的节目可以用不同的坚固性在独立的流上传输。在这两种情况下，接收机仅要求一组逆元素：内部解交织器、内部解码器、外部解交织器、外部解码器和复用适配。因此对接收机的唯一附加要求是解调器/解映射器生成从映射到发送端的流中选出一个流的能力。

该接收机的经济代价是当持续解码和图像及声音呈现时接收不能从一层转换到另一层（例：当接收开始衰落时选择更坚固的层）。当内部解码器和不同的信源解码器适当地重新配置以及重新获取锁时，暂停是必要的（例：视频冻结帧大约为0.5秒，音频中断约为0.2秒）。

在DVB-T适配路径中处理MPEG-2的详细信息在ETSI EN 300 744 [9.36]和ETSI TR 101 190中给出。其他关于DVB-T操作的有用信息在[9.176]、[9.177]中提供。

基于分集技术的DVB-T移动接收。在其最简单的形式中，天线分集在接收机中实现，该接收机并行地解调多于一个（通常为2到4个）接收天线的信号，之后处理接受的这些信号（通常带有最低的BER）中最好的输出。技术上迈出的显著一步是使用相干载波求和（CCS）的原理，其中各种接收天线的COFDM信号在解调之前以相关形式组合。其在意大利被证明，并在[9.94]中做了更详细的汇报。加权求和法也可以像日本所展示的那样在基带级完成（见第9.5.2节）。两种组合方法在克服C/N的选择性衰落和衰减方面都实现了显著的改善。

测试结果显示，对比“典型的”单天线接收²⁹，分集显著改善了接收性能。分集接收的不同变体是可能的（最大比例组合、相干载波求和等）。表9.19展示了一些DVB-T接收测试的结果（包括含有CCS分集和不含的），结果既通过视频故障的数量，也通过每个测量路径中成功接收占总时间的百分比来表示。

²⁹ 据预测，其他使用分集接收的DTTB系统也将有相似的性能改善。

表9.19

DVB-T标准的分集接收测试结果

路径	总故障		百分比 T_{on}/T_{total}	
	单天线	CCS	单天线	CCS
Agrate – Dalmine	5	1	13%	100%
Dalmine – Monza的RaiWay控制中心	18	3	15%	98%
Monza的RaiWay控制中心 – Sesto Calende（A4、A8、A26）	22	15	25%	90%
Sesto Calende – Monza 的RaiWay控制中心（A26、A8、Tang。北部）	46	6	43%	95%
米兰 – 城市外部道路（“Terzo anello”）	114	10	51%	99%
米兰 – 城市内部道路（历史中心）	75	34	36%	91%

专用于DVB-H系统的链路层所具备的基本要素是时间分割和对于多协议封装数据（MPE-FEC）的前向纠错编码。DVB-T系统定义的物理层的基本要素是传输参数信令（TPS）、4k传输模式和深度符号交织器。

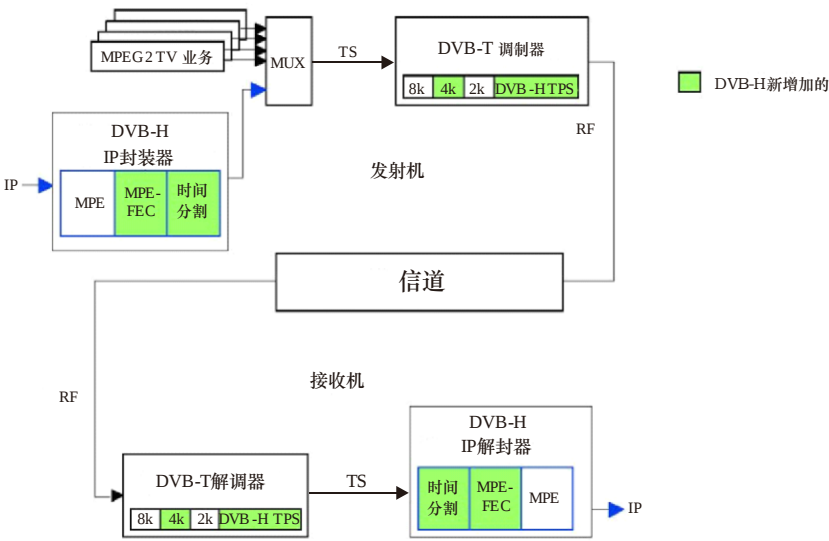
DVB-T物理层的传输通过多个载波的OFDM实施。对比DVB-T，仅为DVB-H定义了一个新的物理层元素：在共享复用中用于DVB-H基本流的扩展TPS信号系统。DVB-H数据串也与DVB传送流兼容。

除了地面广播网络中的多媒体广播传输之外，DVB-H也被用作DVB-SH混合多媒体广播系统的地面段。

除了由IP数据报组成的输入IP流，DVB-H的物理层基于DVB-T系统的物理层。图9.38给出了DVB-H物理层的参考架构。

图9.38

DVB-H物理层的参考架构



在此情况下，传统的MPEG-2电视业务和DVB-H时间分割业务可能在一个共享复用中传输。DVB-H业务可以通过全复用能力（即，专用DVB-H网络）传输。如图9.38所示，手持终端只解码和处理基于IP协议的业务。DVB-T解调器支持2k、4k和8k模式及相关的DVB-H TPS从射频信号中恢复MPEG-2传送流的数据包。时间分割模块被用来降低功耗及DVB-H系统中的平滑/无缝业务切换。由DVB-H提供的MPE-FEC模块在物理层传输上提供了额外的鲁棒性。

随着时间分割和MPE-FEC构成应用于链路层（OSI第2层）进程的发展，它们不会引起任何不兼容问题，并且与现有的DVB物理层完全兼容（OSI第1层）（即：DVB-T、DVB-S和DVB-C）。

基于卫星辅助系统的物理层。DVB-SH系统为低于3 GHz的频率而设计，其支持UHF频段、L频段或者S频段。其补充并且改善了ETSI EN 302 304[9.131]中描述的现存DVB-H物理层标准。

DVB-SH标准阐明了两种操作模式：

- **SH-A：**明确了在卫星和地面链路的COFDM调制的使用，以及在SFN配置下运行两种链路的可能性。该种模式可以用于直接和间接路径；在SFN配置下，两种信号在接收机中组合来增强接收。
- **SH-B：**在卫星链路使用时分复用（TDM），在地面链路使用COFDM。该种模式仅在直接路径中使用。该系统支持在卫星TDM和地面OFDM模式的代码分集重组，以增强相关地区（主要是郊区）的传输鲁棒性。

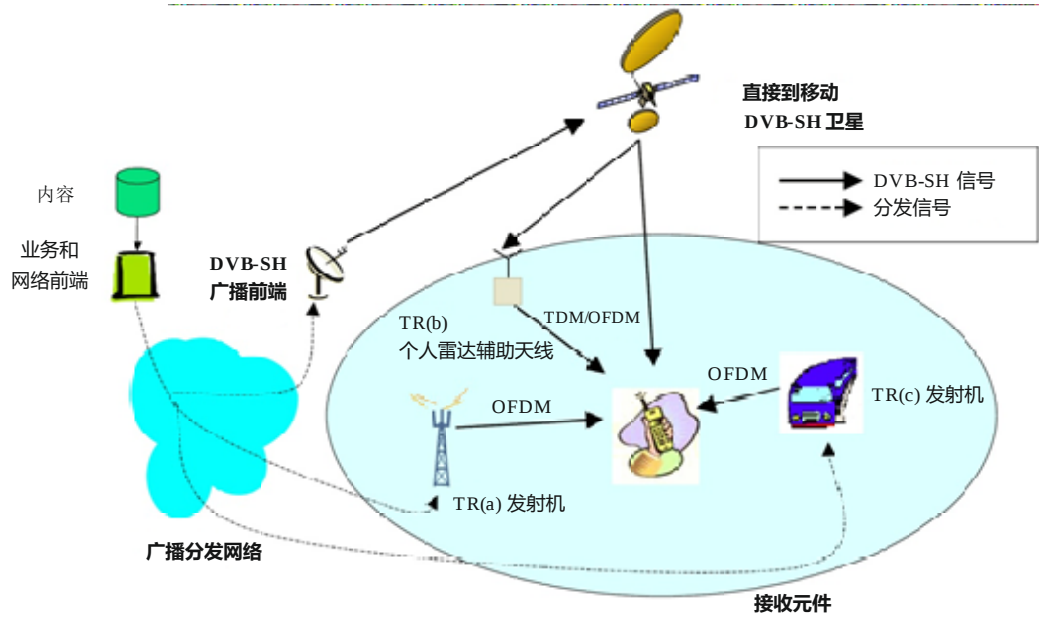
图9.39展示了DVB-SH系统的典型操作概览。

在第一个使用案例中，SH-B利用了在全饱和度下运行的卫星转发器，而SH-A要求卫星转发器在准线性模式下运行。在第二个使用案例中，SH-B对比SH-A有很少或者没有性能优势。除了这些纯粹的性能考虑之外，SH-A和SH-B之间的选择可能主要由如下所述的频率规划限制驱动，或者通过在将卫星传输参数与地面传输参数去耦时获得的灵活性驱动。

根据上述内容，两种不同的接收机架构可以根据DVB-SH波形选择进行区分，其分别是OFDM/OFDM（SH-A）及TDM/OFDM（SH-B）系统架构。

图9.39

DVB-SH系统的典型操作概览



图摘自ETSI TS 102 584.

DVB-SH 物理层的主要特征概括见表9.20。

表9.20

DVB-SH物理层和网络层的主要特征

频段	UHF、L和S频段
带宽	1.7、5、6、8 MHz
同步	导频载波（像DVB-H）或者TDM
波形	TDM或OFDM (1k、2k、4k、8k)
OFDM映射	QPSK; 16 QAM
TDM映射	QPSK; 8PSK; 16APSK
内部编码	turbo 编码
内部交织	小
时间交织	150 ms至10 s (PHY + iFEC)
帧结构	业务/时间分割/OFDM符号

DVB-SH拓扑配置。这包括将子频段指配给拓扑元素，即：卫星波束和地面单元。出于避免干扰的原因，相邻波束不能有共同的频率。对于相邻单元来说也如此。然而，可以重新利用这些频率：

- 用在一个波束/单元的频率可以再用于另一个波束/单元，如果该波束/单元与之前的波束/单元充分分离；
- 地面单元可以重新利用相邻波束频率，如果这些单元距离这些波束足够远。

实际给予频段的频率指配可能非常复杂，由于卫星相邻点波束可能产生的干绕。事实上，为了重新利用相邻点波束频率，应在点中心（远离边界）寻求地面再利用，但这通常不可行。

配置发射机的互补地面组件（CGC）有两种主要方法：

- “高密度” “低功率” 方法试图再利用所有或者部分现存的3G/2G发射站点，或者重新构建等效的低至中等高度的发射机网络类型。这些网络的特点是：发射塔通常高30米，在0.5km（室内深度）至2 km（室外）的密集城市覆盖范围传输200 W至1 kW ERP；
- “低密度” “高功率” 方法旨在再利用现存的数字地面电视发射点，或者构建等效的高空发射机网络。这些网络的特点是：发射塔通常高100至300米，为5 km至7 km的典型覆盖范围传输1 kW至4 kW ERP。

更详细的信息请参见ETSI标准，特别是ETSI TS 102 584 – 低于3 GHz[9.126]的手持设备（SH）卫星业务的操作指南。

9.4.1.4 DVB-T系统和移动电视扩展的性能

总而言之，DVB-T系统可以选择下述参数：

- 内部保护错误编码速率（1/2、2/3、3/4、5/6、7/8）；
- 载波调制（QPSK：每载波2 位；16-QAM：4位；64-QAM：6位）；
- 保护间隔长度（1/4、1/8、1/16、1/32）；
- 调制参数 α （1：不分层；2、4：分层）；
- FFT 长度；载波数量（2k：1 705个载波；4k：3 409个载波；8k：6 817个载波）。

该参数的集合形成了配置空间，在广播网络中提供抗噪声和净比特率之间的特定权衡。在图9.40中，为AWGN信道中三种调制方法中的每一种都阐明了这种权衡。曲线由与ETSI EN 300 744 v.1.6.1 [9.36]对应的模拟[9.163]和 C/N （在QEF模式下）的阈值得出。

此外，表9.21中定义了 C/N 比的阈值和MPEG-2 TS速率。分层模式下DVB-T性能的附加信息参见ETSI EN 300 744 [9.36]。

图9.40

用于QPSK (a)、16-QAM (b)和64-QAM (c)模式的
 C/N 比与经过维特比内部解码器解码之后的BER的依附关系

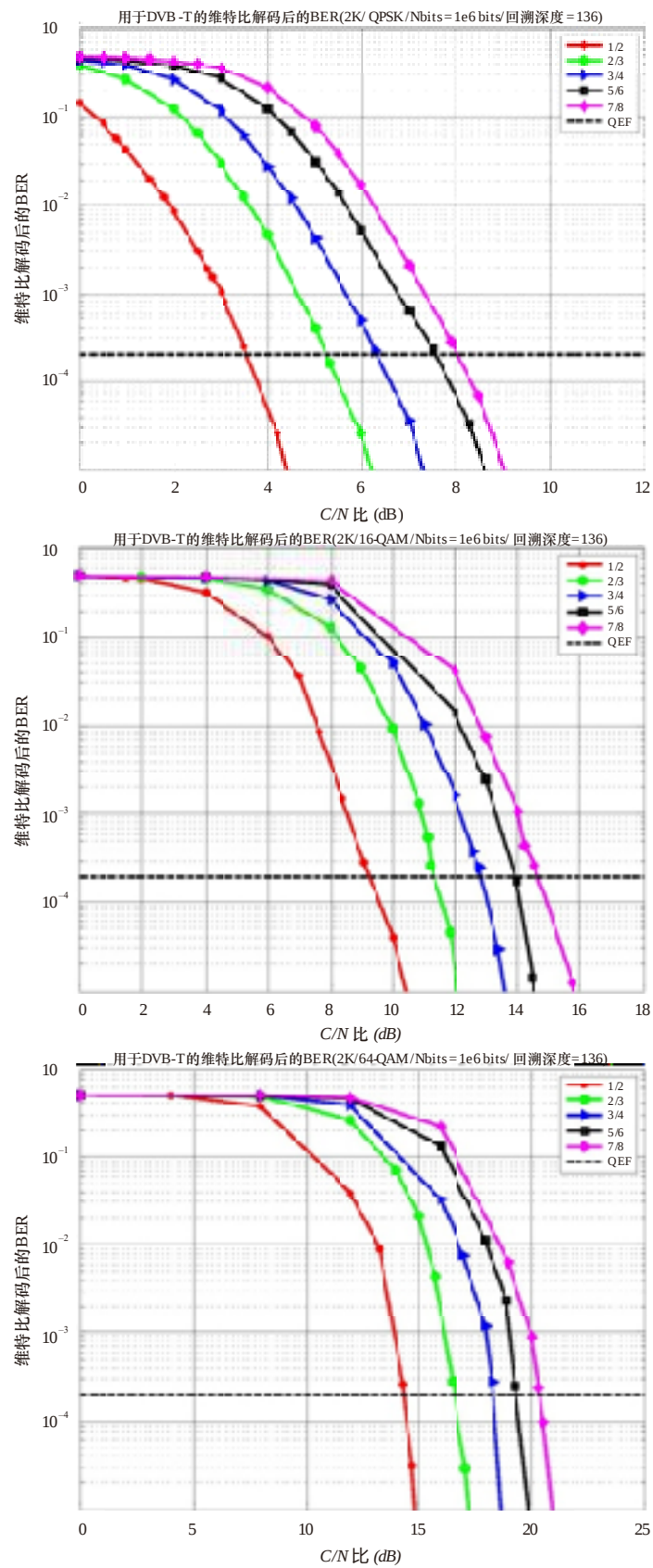


表9.21

维特比解码器后为了实现 $BER = 2 \times 10^{-4}$ 非分层传输所需的 C/N

调制	编码速率	维特比之后, $BER = 2 \times 10^{-4}$ 所需的 C/N (dB) 里德所罗门码之后的QEF			比特率 (Mbit/s) (见注2)			
		高斯信道	莱斯信道	瑞利信道	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3.1	3.6	5.4	4.98	5.53	5.85	6.03
QPSK	2/3	4.9	5.7	8.4	6.64	7.37	7.81	8.04
QPSK	3/4	5.9	6.8	10.7	7.46	8.29	8.78	9.05
QPSK	5/6	6.9	8.0	13.1	8.29	9.22	9.76	10.05
QPSK	7/8	7.7	8.7	16.3	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	1/2	8.8	9.6	11.2	9.95	11.06	11.71	12.06
16-QAM	2/3	11.1	11.6	14.2	13.27	14.75	15.61	16.09
16-QAM	3/4	12.5	13.0	16.7	14.93	16.59	17.56	18.10
16-QAM	5/6	13.5	14.4	19.3	16.59	18.43	19.52	20.11
16-QAM	7/8	13.9	15.0	22.8	17.42	19.35	20.49	21.11
64-QAM	1/2	14.4	14.7	16.0	14.93	16.59	17.56	18.10
64-QAM	2/3	16.5	17.1	19.3	19.91	22.12	23.42	24.13
64-QAM	3/4	18.0	18.6	21.7	22.39	24.88	26.35	27.14
64-QAM	5/6	19.3	20.0	25.3	24.88	27.65	29.27	30.16
64-QAM	7/8	20.1	21.0	27.9	26.13	29.03	30.74	31.67

注 1 – 准无误码 (QEF) 意味着每小时少于1个未纠错事件, 等同于在解复用器的输入端, $BER = 10^{-11}$ 。

注 2 – 净比特速率在里德所罗门解码器之后给出。

DVB-H性能取决于链路层参数和DVB-T配置。为了提供足够的 C/N 增益和终端的移动性, 数字调制顺序的典型选择不超过16-QAM, DVB-T卷积编码速率不超过1/2、2/3或3/4。使用其他DVB-T系统配置也是可能的– 选择取决于部署DVB-T/H网络的机构– 但也有些限制。链路层和物理层配置的指南在主要DVB-H标准中提供。

DVB-T/H的净数据速率通过相对应的DVB-T净数据速率缩放比例定义, 缩放比例因素取决于相关的MPE-FEC编码速率。带有MPE-FEC 1/2编码速率的净数据速率示例以及用于DVB-H业务的全8 MHz带宽示例见表9.22。

表9.22

DVB-T/H（带MPE-FEC 1/2编码速率）的净数据速率

调制	编码速率	保护间隔			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	2.48	2.76	2.92	3.01
	2/3	3.31	3.68	3.89	4.01
	3/4	3.72	4.14	4.38	4.51
	5/6	4.14	4.6	4.87	5.02
	7/8	4.34	4.83	5.11	5.27
16-QAM	1/2	4.97	5.52	5.84	6.02
	2/3	6.62	7.36	7.79	8.03
	3/4	7.45	8.28	8.76	9.03
	5/6	8.28	9.2	9.74	10.03
	7/8	8.69	9.66	10.23	10.54
64-QAM	1/2	7.45	8.28	8.76	9.03
	2/3	9.93	11.04	11.69	12.04
	3/4	11.18	12.42	13.15	13.55
	5/6	12.42	13.8	14.61	15.05
	7/8	13.04	14.49	15.34	15.80

表9.23给出了DVB-H接收机的预期性能，其中噪声（N）与有用载波（C）在7.61 MHz信号带宽中一起应用。退化点标准是5%MPE帧误码率（MFER）。该值根据EN 300 744 [9.36]中给出的理论C/N值加上QPSK模式1.1 dB执行容限、16-QAM模式1.3 dB执行容限和64-QAM模式1.5 dB执行容限，以及接收机过量噪声信源值Px为-33 dBc计算得出。假设一台理想的发射机，该值对于所有MPE-FEC编码速率有效。假设DVB-T QEF C/N和MFER %之间有1 dB差异。

表9.23

高斯信道中5%MFER的C/N (dB)

调制	编码速率	所需的C/N(dB)			比特率(Mbit/s)			
		高斯信道	莱斯信道	瑞利信道	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3.6	3.6	6.5	2.48	2.76	2.92	3.01
QPSK	2/3	5.4	5.7	10.5	3.31	3.68	3.89	4.01
16-QAM	1/2	9.6	9.6	12.8	4.97	5.52	5.84	6.02
16-QAM	2/3	11.7	11.6	16.7	6.62	7.36	7.79	8.03
64-QAM	1/2	14.4	14.7	17.9	7.45	8.28	8.76	9.03
64-QAM	2/3	17.3	17.1	22.4	9.93	11.04	11.69	12.04

9.4.1.5 系数参数概况

表9.24定义了DVB-T和DVB-H系统的特征（也可参见ITU-R BT.2295-1 [9.43]报告）。

表9.24

DVB-T、DVB-H和DVB-SH系统的关键特征

特征	DVB-T、DVB-H、DVB-SH
接收模式： – 固定 – 便携 – 便携式手持 – 移动	+ + + +
净数据速率	a) 0.42至3.447 Mbit/s ⁽¹⁾ b) 1.332至10.772 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 2.33至14.89 Mbit/s ⁽²⁾ c) 1.60至12.95 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 2.80至23.5 Mbit/s ⁽²⁾ d) 1.868至15.103 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 3.27至27.71 Mbit/s ⁽²⁾ e) 2.135至17.257 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 3.74至31.67 Mbit/s
频谱效率 (bit/s/Hz)	0.28-2.44 ⁽¹⁾ 0.46-1.86 ⁽²⁾
单频网	支持
广播类型： – 声音 – 多媒体 – 电视	+ +
数据传输/业务类型	视频、音频、数据
频段	VHF、UHF
信道带宽	a) 1.7 MHz ⁽¹⁾ b) 5 MHz c) 6 MHz d) 7 MHz e) 8 MHz
所用带宽	a) 1.52 MHz ⁽¹⁾ b) 4.75 MHz c) 5.71 MHz d) 6.66 MHz e) 7.61 MHz TDM ⁽¹⁾ : a) 1.368 MHz b) 4.27 MHz c) 5.13 MHz d) 5.18 MHz e) 6.838 MHz
分段数	每带宽可配置的时间分割数 ⁽¹⁾
每段的子载波数	853（1k 模式） ⁽¹⁾ ； 1 705（2k 模式）； 3 409（4k 模式）； 6 817（8k 模式）
子载波间距	a) 1 786 kHz (1k) ⁽¹⁾ b) 5 580.322 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 2 790.179 Hz (2k), 1 395.089 Hz (4k), 697.545 Hz (8k) c) 6 696.42 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 3 348.21 Hz (2k), 1 674.11 Hz (4k), 837.05 Hz (8k) d) 7 812 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 3 906 Hz (2k), 1 953 Hz (4k), 976 Hz (8k) e) 8 929 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 4 464 Hz (2k), 2 232 Hz (4k), 1 116 Hz (8k)
活跃符号持续时间	a) 560 μs (1k) ⁽¹⁾ b) 179.2 μs (1k) ⁽¹⁾ , 358.40 μs (2k), 716.80 μs (4k), 1 433.60 μs (8k) c) 149.33 μs (1k) ⁽¹⁾ , 298.67 μs (2k), 597.33 μs (4k), 1 194.67 μs (8k) d) 2 128 μs (1k) ⁽¹⁾ , 256 μs (2k), 512 μs (4k), 1 024 μs (8k) e) 112 μs (1k) ⁽¹⁾ , 224 μs (2k), 448 μs (4k), 896 μs (8k)
保护间隔持续时间/比	1/32、1/16、1/8、1/4

表9.24（结束）

特征	DVB-T、DVB-H、DVB-SH
帧持续时间	68 OFDM 符号。一个超帧包括四个帧。 TDM ⁽¹⁾ : 476 物理层插槽，每一个包括2 176 个符号
时间/频率同步	保护间隔/导频载波 TDM ⁽¹⁾ : 导频符号
调制方法	QPSK、16-QAM、64-QAM、MR-16-QAM、MR-64-QAM ² TDM ⁽¹⁾ : QPSK、8-PSK、16-APSK
内部前向纠错	a) 卷积编码、64态1/2母编码率。删余率2/3、3/4、5/6、7/8 b) 来自3GPP2的Turbo码，母信息块大小为12 282位。速率通过删余获得：1/5、2/9、1/4、2/7、1/3、2/5、1/2、2/3
内部交织	a) 位交织，与固有或深度符号交织结合 ⁽²⁾ b) 频率交织；时间交织（具有48个分支的Forney） QPSK: 320/ 9 600 ms 16-QAM:160/ 4 800 ms) ¹⁾
外部前向纠错	外部编码：RS (204、188、T = 8) ⁽²⁾ IP外部信道编码：MPE-FEC RS (255、191) ¹⁾
外部交织	以字节为单位的卷积交织，I = 12 ¹⁾
数据随机化/能量扩散	16位PRBS
分层传输	+
传输参数信令	TPS导频载波

⁽¹⁾ 可用于DVB-SH。
⁽²⁾ 可用于DVB-T、DVB-H。

9.4.1.6 链路预算

ETSI TR 102 377 [9.134]提供了一些用于DVB-T/H的链路预算示例。为了阐明终端类别3（手持便携式聚合终端）的链路预算最小中值功率通量密度和等效最小中值场强值，从[9.134]（见表9.25和9.26）中引入了不同的接收模式。其他接收模式的链路预算信息见[9.134]。

表9.25

在频段IV和70%与95%位置概率的最小中值
功率通量密度和最小等效中值场强

接收条件：便携式室外（A级）、城市、频段IV、终端类别3

频率	<i>f</i> (MHz)	500				
系统所需的最小C/N	C/N (dB)	2	8	14	20	26
最小接收机信号输入功率	P _{s min} (dBW)	-127.2	-121.2	-115.2	-109.2	-103.2
最小等效接收机输入电压75 Ω	U _{s min} (dBμV)	12	18	24	30	36
相对于半偶极子的天线增益	G (dBd)	-12				
有效的天线孔径	Aa(dBm2)	-25.3				

表9.25 (结束)

频率	f (MHz)	500				
系统所需的最小 C/N	C/N (dB)	2	8	14	20	26
接收位置的最小功率通量密度	$\Phi_{\min}$ (dBW/m ²)	-101.9	-95.9	-89.9	-83.9	-77.9
接收位置的最小等效场强	$E_{\min}$ (dBμV/m)	44	50	56	61	68
人造噪声容限	P_{mmn} (dB)	0				
高度损耗	L_{h} (dB)	22				
位置概率：70%						
位置修正因子	C_{I} (dB)	3				
10m a.g.l.50%时间和50%位置的最小中值功率通量密度	Φ_{med} (dBW/m ²)	-76.9	-70.9	-64.9	-58.9	-52.9
10m a.g.l. 50%时间和50%位置的最小等效中值场强	E_{med} (dBμV/m)	69	75	81	87	93
位置概率：95%						
位置修正因子	C_{I} (dB)	9				
10m a.g.l.50%时间和50%位置的最小中值功率通量密度	Φ_{med} (dBW/m ²)	-70.9	-64.9	-58.9	-52.9	-46.9
10m a.g.l. 50%时间和50%位置的最小等效中值场强	E_{med} (dBμV/m)	75	81	87	93	99

表9.26

在频段V和70%与95%位置概率的最小中值
功率通量密度和最小等效中值场强

接收条件: 便携式室外(A级)、城市、频段V、终端类别3

频率	f (MHz)	800				
系统所需的最小C/N	(dB)	2	8	14	20	26
接收机最小信号输入功率	P_{smin} (dBW)	-127.2	-121.2	-115.2	-109.2	-103.2
最小等效接收机输入电压75 Ω	U_{smin} (dBW)	12	18	24	30	36
与半偶极子相关的天线增益	U_{a} (dB)	-7				
有效的天线孔径	A_{a} (dBm ²)	-24、4				
接收位置的最小功率通量密度	ϕ_{min} (dBW/m ²)	-102.8	-96.8	-90.8	-84.8	-78.8
接收位置的最小等效场强	E_{min} (dB μ V/m)	43	49	55	61	67
人造噪声容限	P_{mmn} (dB)	0				
高度损耗	L_{h} (dB)	24				
位置概率：70%						
位置修正因子	C_1 (dB)	3				
10m a.g.l.50%时间和50%位置的最小中值功率通量密度	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-75.8	-69.8	-63.8	-57.8	-51.8
10m a.g.l. 50%时间和50%位置的最小等效中值场强	E_{med} (dB μ V/m)	70	76	82	88	94

表9.26（结束）

频率	$f(\text{MHz})$	800				
位置概率：95%						
位置修正因子	$C_1(\text{dB})$	9				
10m a.g.l.50%时间和50%位置的最小中值功率通量密度	$\phi_{\text{med}}(\text{dBW}/\text{m}^2)$	-69.8	-63.8	-57.8	-51.8	-45.8
10m a.g.l. 50%时间和50%位置的最小等效中值场强	$E_{\text{med}}(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$	76	82	88	94	100

ETSI TR 102 584用于3GHz以下的手持设备（DVB-SH）卫星业务的操作指南详细描述了在网络操作的不同场景下构建链路预算的方法。

9.4.1.7 DVB-T系统可能的使用示例

有许多不同的网站（见，例如，[9.183]）发布DTTB复用的实际构成。通过TS分析，可以推导所有相关的参数。典型的测量特别提供了下述参数（斯洛文尼亚的复用A示例，截至2016年10月5日）：

- 复用A：6项广播业务（4 SD和2 HD业务）：
 - 中心频率：562 MHz；
 - 星座图：64-QAM；
 - 编码速率：2/3；
 - FFT模式：8k；
 - 保护间隔：1/4；
 - 计算的总有用比特率：19.9053 Mbit/s。

压缩系统：MPEG-4第10部分(AVC/H.264)和MPEG-4第3部分(AAC)；来应对传统设备，也提供了音频编码MPEG-1II层。

据预测，DVB-T广播业务将逐渐被DVB-T2与视频压缩方案HEVC（H.265）的组合所代替，因为其具有更高的频谱效率。这样数字到数字的转换可以在同时联播配置提供的DVB-T和DVB-T2的特定转换周期实现，或者其可能在某一给定区域已经开始DVB-T2业务后，DVT发射机每一次关闭时逐步发生。任何一种情况，都应在关闭之前的合适时间公开给出最终公告，因为需要安装新的机顶盒或电视机。

例如，从2016年6月开始，在德国，DVB-T2/HEVC（仅高清电视）在20多个城市和城市群中试播出。2017年3月29日，该业务将被宣布运行。到2019年中旬，DVB-T2/HEVC至少能实现全国覆盖。开始运行DVB-T2/HEVC业务后，任何已经开始DVB-T2的位置将关闭DVB-T/MPEG-2。由于具有相同的鲁棒性，每个复用（64-QAM）将至少包含5个高清电视（1080p50）节目（附加额外的业务并支持HbbTV）。与目前DVB-T/MPEG-2（16-QAM）业务中每个复用的4个标准清晰度电视节目相比，可以看出这一点。德国DVB-T2/HEVC业务的有用数据速率与斯洛文尼亚的相似（约20 Mbit/s）。

9.4.2 DVB-T2及其移动电视扩展

数字视频广播 – 第二代地面（DVB-T2）是用于数字电视广播的第二代地面传输系统。它建立在作为第一代系统DVB-T的一部分的技术基础之上。

DVB-T2技术提供了在系统参数选择（诸如COFDM参数（FFT大小、保护间隔持续时间、载波数量（标准的和扩展的））、新的前向纠错编码方案和编码速率、用于数字地面广播的调制、信道带宽等）时增强的灵活性。该灵活性为网络规划、信息速率和数字地面电视接收的鲁棒性之间的权衡提供了更多选择。

此外，DVB-T2显著地降低了构建一个吞吐量接近理论信道容量、同时具有最佳鲁棒性的传输系统的费用（与DVB-T相比）。该标准背后的主要动机是在许多欧洲国家尽可能高效和有效地提供高清电视（HDTV）业务的意愿。到高清电视的转变不可避免地带来信源编码的转变，因此引入新的本地接收设备（机顶盒与电视机）成为必须，其也为同时更新传输系统提供了理想的机会。

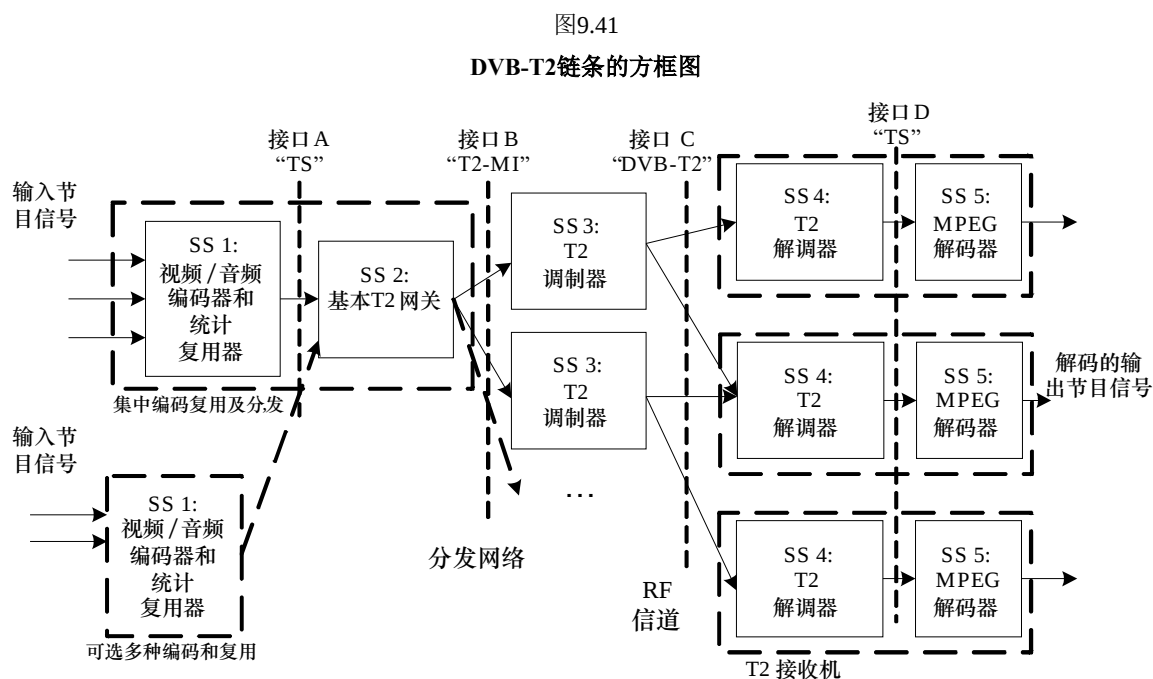
DVB-T2系统也提供了基于特定系统参数集的移动电视的操作可行性。这种模式（系统）称为DVB-T2 Lite。根据ITU-R BT.1833 [9.35]建议书，DVB-T2 Lite（也被称为ITU-R多媒体系统T2）的定义如下：

一种在物理层管道（PLP）概念基础上通过T2时间分割技术向手持设备传送多媒体广播信号的端到端广播系统。此系统旨在与诸如载噪（C/N）性能、比特率、接收机复杂程度等系统参数权衡时，优化及大大提高多媒体广播系统的效率，实现同一业务但比特率和保护等级有别的两个不同版本的同时联播，如此将在边缘区域实现更佳接收效果。

引入T2-Lite可以使具有更强大的FFT规模和导频模式的车辆进行更高速地接收，还可以通过使用低于1/2的编码速率来扩大手持式接收机的覆盖范围。这将带来一种部署场景，即移动业务通过T2-Lite进行质量较低的同步联播。

9.4.2.1 架构模型

用于传送流示例的参考DVB-T2端到端链条的顶层方框图如图9.41所示。



完整的DVB-T2系统可在网络侧（SS1、SS2、SS3）被分为3个基本子系统，在接收机侧（SS4、SS5）被分为2个子系统。关于接口，在网络侧（A和B）有2个对应的接口，在接收机内部接口（D）有1个对应接口。RF接口（C）对于网络和接收机来说是通用的。

在网络侧的3个子系统为：

- **SS1：编码和复用子系统。**这包括一代MPEG-2传送流和/或基本流，例如GSE。对于视频业务，这包括视频/音频编码，相关的PSI/SI或其他第2层信令。通常，视频编码（或者音频编码）以具有共同控制的可变比特率执行，以确保一起采用的所有流的总恒定比特率（排除NULL数据包）。该子系统大部分与其他DVB标准相同，但是有一些专门用于T2方面的编码和复用。如[9.8]所明确的，编码和复用子系统通过A接口（通常是ASI上的一个或多个MPEG-2 TS）连接到T2网关。
- **SS2：基本T2网关子系统。**到该子系统的输入接口与[9.8]中明确的完全相同，同时可应用于基本DVB-T2物理层和[9.8]的附件D中描述的扩展。这包括用于DVB-T2的模式适配和流适配功能，以及调度和性能配置：
 - 基本T2网关在其输出接口（B）上传输“T2-MI”流：一系列T2-MI数据包，每一个包含用于辅助流的基带帧、IQ矢量数据，或者包含信令信息（L1或SFN）。T2-MI流包括描述T2帧内容和发射时间所需的全部信息，单T2-MI流在一个网络中被馈送到一个或者多个调制器。[9.160]中定义了T2-MI接口格式在。
 - 基本T2网关执行的操作包括物理层规范[9.8]中所有不完全规定的部分，如调度和配置。这需要在SFN的中心完成，以确保所有的调制器都能生成相同的信号。
- **SS3：DVB-T2调制器子系统。**DVB-T2调制器使用基带帧和进入T2-MI流中携带的T2帧集合指令，以创建DVB-T2帧，并在适当的时间发射它们以进行正确的SFN同步。调制器通过C接口（发射的DVB-T2信号）接入接收机。

在接收机的2个子系统为：

- **SS4：DVB-T2解调器子系统。**该子系统从网络中（在传送流示例中）的一个或多个发射机接收RF信号，并输出一个传送流。SS4通过D接口接入SS5，一个语法正确的传送流通常携带一个或多个业务以及任何来自公共PLP的通用信令数据。通过B接口的流与通过D接口的流相同。
- **SS5：流解码器子系统。**该子系统接收传送流并输出解码的视频和音频。由于D接口是一个语法正确的传送流，该子系统本质上与用于其他DVB标准的系统完全相同，除了已经为DVB-T2定义的一些新的L2信令元素³⁰。

³⁰ 第2层（L2）信令是通过子流来传输传送流业务信息的信令。L2业务信息基本集通过DVB-T2专用描述信息（T2传输系统描述符）进行扩展。该描述符为在相同的复用里共存的多个传送流提供信令。此外，其描述了用于在特定复用里传输特定T2系统的地理单元和中心频率。信令还包括并行的每个单元的多个射频信道；这是为了将来的使用，单独配置接收机不期望能够接收这样的信号。T2传输系统描述符停靠在对应的DVB-T描述符所停靠的位置。

除了DVB-T2协议的基本元素之外，未来扩展帧（FEF）也用来完成DVB-T2协议栈。这种类型的T2帧旨在允许DVB-T2更新至大量未来应用（例如，见10.4节）。这种应用的一个例子是多媒体广播（DVB-T2 Lite）。

9.4.2.2 DVB-T2的关键技术

DVB-T2系统规范包括下列关键特征：

- 与DVB-T相同的基本调制技术：带有保护间隔（GI）的编码正交频分复用（COFDM），为地面信道提供基础的弹性传输系统。
- 为了使DVB-T2也能适用于专业用途，例：在无线电摄像机和移动演播室间的传输包括了10 MHz选项；消费者接收机不能支持10 MHz模式。为了让DVB-T2能在更窄的射频信道配置（例：频段III和L频段）中使用，也包括了1.712 MHz带宽。1.712 MHz带宽旨在用于移动业务。
- OFDM的快速傅里叶变换（FFT）规模的扩展范围，以提高单频网（SFN）的性能（例：提高SFN规模）以及，与扩大的GI范围一起提供显著改善的带宽效率（由于FFT越大保护间隔越小）。而要付出的代价是，在时变多径信道的广播信号接收方面降低的鲁棒性。
- DVB-S2 [9.161]包括相同的基带成帧和前向纠错编码（FEC）机制，加之256正交幅度调制（QAM）星座图，来充分利用纠错技术的效率，以及引入一个称为旋转星座图的概念，其能够显著改善频率选择性地面信道的系统性能。
- 在独立的逻辑信道中传送个人数据业务的方法称为物理层管道（PLP），在物理层，纠错编码和交织分别被应用到每个PLP。这允许服务特定的鲁棒性的实施。
- 用于高数据速率业务的至少70 ms的时间交织器，以提供增强的脉冲干扰免疫力。
- 非常灵活的帧结构，其中数据可以在整个帧上均匀地扩展以实现最大时间分集或集中爆发，以允许在接收机中使用省电技术；帧结构包括有效的物理层信令机制（称为L1信令），其将传输系统的重要参数发送到接收机。注意：特殊前缀符号（P1符号）需要先被解码才能得出，例如，FFT大小。
- 用于新系统应用的帧构建的灵活性要归功于未来扩展帧（FEF）。用这种方法，DVB-T2 Lite的数据传输得以实现。
- 参考信号的扩展范围— 离散导频（SP）和连续导频（CP）— 使得任何给定信道都能进行最优选择。
- 对于分集发射的可选机制，基于Alamouti方案，来改善来自两个发射机重叠区域的接收。
- 减少发射信号的峰值与平均功率比（PAPR）的两个分离机制。
- 在频段、接收机路径的首次和第二次快速配置时，用于在其他信号中识别T2信号的前导码。对于DVB-T2 Lite扩展识别，定义了特殊的前导码。

- 包含信令以允许未来的后向兼容标准使用部分T2帧结构：时间频率分割（TFS）以允许多种无线电频率（RF）信道能联合使用以提高性能和频率分集；未来将定义帧的可选部分内容（即，用于DVB-NGH帧传输），作为未来扩展帧（FEF）的部分。

DVB-NGH的特征如下：

- 多重天线接收技术（基本配置（SISO模式））、MIMO配置、混合配置（像在DVB-SH中具有卫星和地面组件）、混合MIMO配置（带有地面和卫星传输组合的MIMO模式）。
- 修正的前向纠错编码保护：特定LDPC编码速率（3/15、4/15、5/15、6/15、7/15、8/15、9/15、10/15）及缩短的LDPC帧（16 200位）。
- 修正的调制方式：使用具有非均匀星座图的QPSK、16-QAM、64-QAM和256-QAM映射、4D旋转星座图和本地服务插入的分层调制。
- 修正的OFDM参数：有限的FFT规模和特定导频模式。
- SFN变体：具有eSFN（增强型SFN）的地面SFN，用于在多个发射机之间处理发射信号的去相关；具有MIMO和非MIMO处理的混合模式SFN。
- 扩展的带宽（对于混合MIMO模式）：从1.7 MHz至20 MHz。

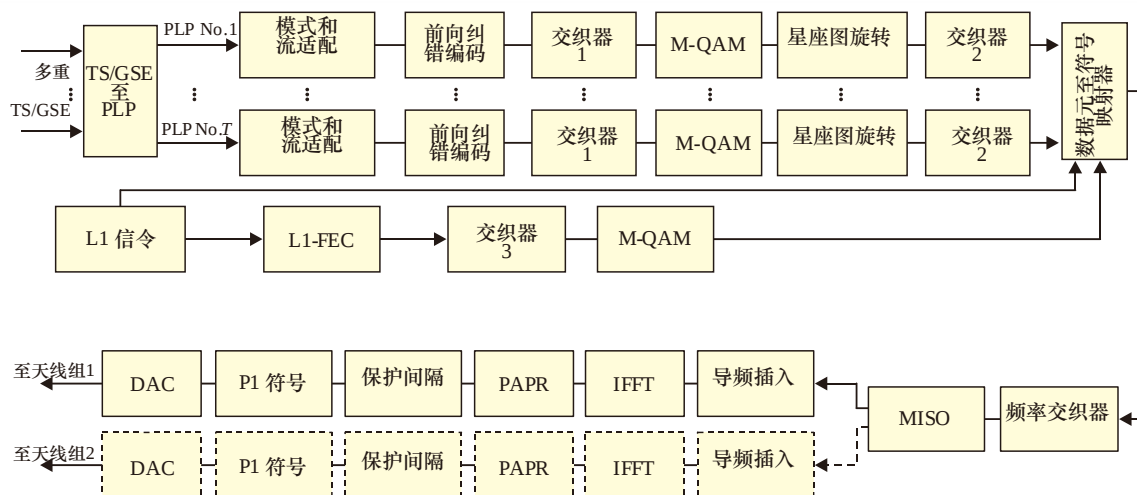
9.4.2.3 DVB-T2基础物理层和T2 Lite配置

至PLP映射的传送流。图9.43展示了DVB-T2发射机的方框图。DVB-T2发射机具有处理多重PLP的能力，来提供多重服务。而DVB-T2接收机只被要求解码单数据PLP及其相关的公共PLP（如果有）。DVB-T2允许每个PLP携带其独立的业务传送流（TS）或者通用封装流（GSE）。

然而，DVB-T2标准也定义了一种可行的方法以避免在处理多重传送流时多次传输相同的信息：如果多重传送流共享公共的数据包（例如，事件信息表[EIT]），这些能被从传送流中移除，并映射至公共PLP。接收机之后能够合并公共PLP的内容和用户选择的数据PLP来重新构建有效传送流。图9.43的TS/GSE到PLP块实现了分离和合并功能，确保用户选择的数据PLP和公共PLP之间的同步，并提供提高带宽效率的全面端到端TS透明度。后续的模式和流适配块通过MPEG-2空数据包的压缩和循环冗余校验（CRC）位的插入，将输入流映射至DVB-T2块。

图9.43

DVB-T2方框图



DTTB-09-43

误码保护编码。遵循DVB标准体系的原则，DVB-T2的前向纠错包括BCH和带有新的位交织的DVB-S2低密度奇偶校验（LDPC）码的子集。DVB系统（QEF）的目标性能被定义为“每一次传输时间每个节目少于一个未纠正的错误事件”，这对于5 Mbit/s的业务来说意味着比误码率（BER）为 10^{-10} 。LDPC码单独不能保证达到此目标性能，因此BCH码已经级联到LDPC，以在低BER时避免未检测到的错误，同时仍保证高编码速率。

两个块长度可用：64 800位或者16 200位。短编码的性能比正常代码差十分之几dB，但允许具有更短时延的低比特率应用。DVB-T2中可用的LDPC编码速率是DVB-S2编码的编码速率选择：1/2、3/5、2/3、3/4、4/5和5/6用于PLP保护；1/4（仅用于短代码长度），用于L1信令保护。

对于编码率2/3，引入了一种新的奇偶校验矩阵来代替DVB-S2编码，以在此编码速率上改善LDPC编码的性能。

在DVB-T2的LDPC编码是不规律的，并且每个编码位的误码保护级别不均匀，但是其取决于奇偶校验矩阵的列权重。因此，通过编码器和映射器之间的交织器和多路分用器的级联，位交织码调制（BICM）已被用来将编码位映射至星座图符号，如图9.43所示。

调制技术。DVB-T2使用DVB-T、数字音频广播（DAB）、地面整合业务数字广播（ISDB-T）以及数字无线电短波（DRM）广播标准使用的已编码的OFDM（COFDM）[9.178]。通过其他诸如IEEE 802.11a/n和3GPP长期演进技术（LTE）的无线电系统，为DVB-T2提供比DVB-T范围更广的OFDM参数，同时编码也发生了改变（如上文所述）。

FFT大小有1k、2k、4k、8k、16k和32k，在每个符号的每个子载波，通过QAM星座图调制。有效载荷数据有一系列选项：4、16、64和256-QAM。256-QAM与新LDPC纠错的组合提供了增加的吞吐，以及与DVB-T中的64-QAM大致相当的性能。

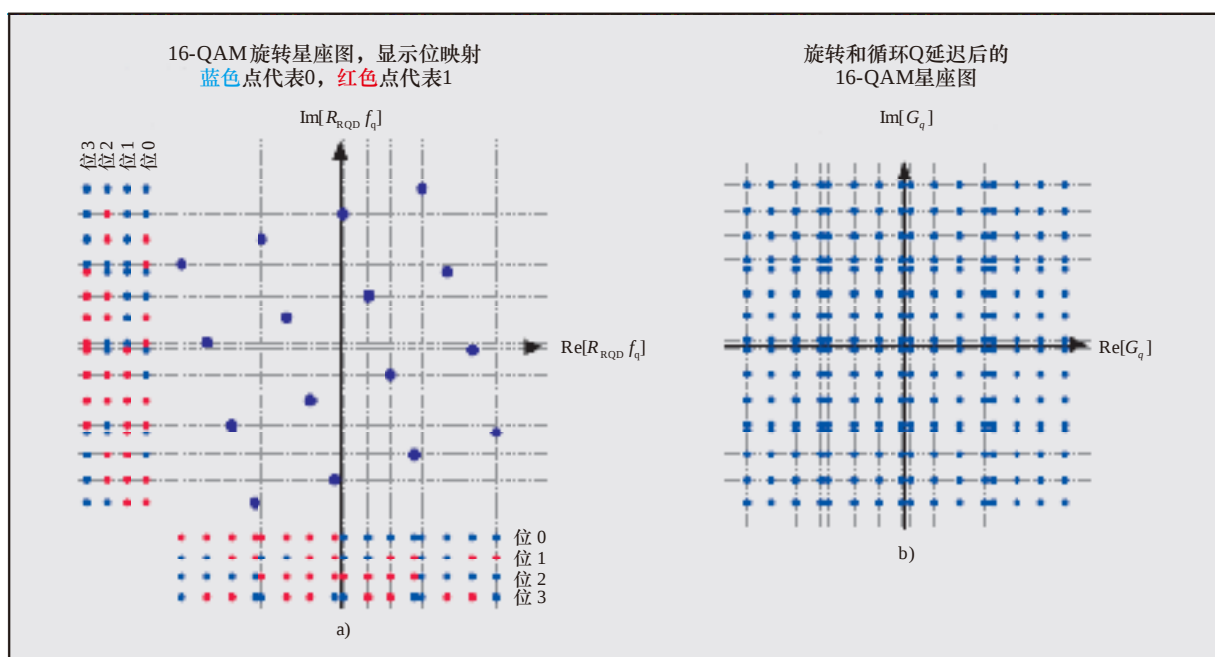
旋转星座图。DVB-T2的LDPC码在非选择性信道使用比DVB-T高的编码速率，从而提供了良好的性能表现—因此提供了更大的吞吐量。然而，频率选择性信道需要先前由较低编码速率给出的额外冗余。即使对于特殊的频率选择性信道，DVB-T2也需要将旋转星座图作为一项可选特征来改善性能。通过合适的角度来旋转星座图意味着每个星座图点在每个I轴和Q轴映射不同的点。因此，16-QAM星座图在I轴和Q轴有16个不同的值（图9.44）。

凭借其自身，这不能改变任何情况。然而，我们假定从旋转星座图导出的I和Q值在时间和频率交织前通过循环地延迟Q分离。

交织之后实际发射的星座图包括从不同的原始旋转星座图导出的不相关的I和Q值（图9.44）。当I和Q值在接收机解交织后重新聚合时，它们将受到任何频率选择性衰落的不同影响。假设一种极端的示例，另一个已经完全丢失。留存的轴仍然包含所有可能点的信息—其可靠性更低，但不是完全消除。

图9.44

带有循环Q延迟的旋转星座图。a) 在循环Q延迟前旋转的16-QAM；
b) 在循环Q延迟后旋转的16-QAM；显示现在有 $162 = 256$ 种可能的状态

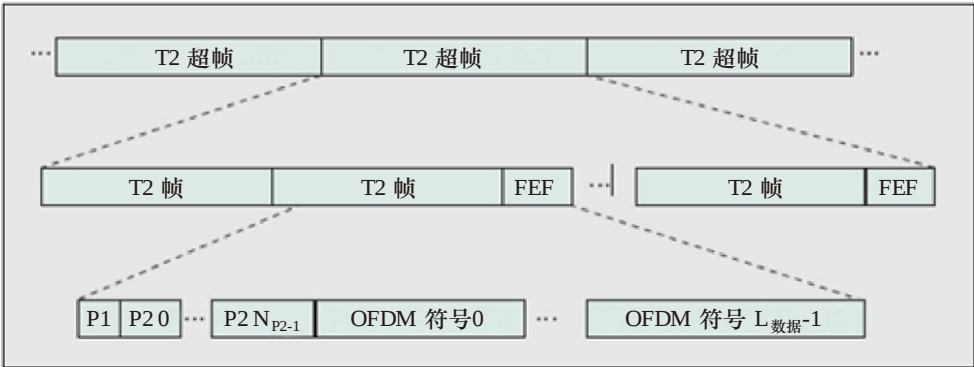


DTTB-09-44

旋转星座图引入更多的分集，因为相同的位在多个子载波中同时被映射，从而实现了更高的分集度。通过密度更高的星座图和更低的编码速率，这有可能实现，因为单数据位能在数量较少的子载波（由于较低的编码速率）中被映射。模拟[9.179]展示了旋转星座图以小幅增加的操作成本，提供了比无线信道中的传统QAM高达0.75 dB的优势。

调度。为了提供特定服务的鲁棒性和优化的时间交织内存要求，DVB-T2系统可以被描述为一组全透明的PLP，每个都执行独立模式适配、前向纠错编码、位映射到星座图点（单元）和时间交织。调度器/帧构建器是将时间交织器输出端的数据单元映射到OFDM符号的功能元件，同时为了构建DVB-T2帧和超帧增加了信令信息（图9.45）。

图9.45
DVB-T2帧结构



DTTB-09-45

图9.46展示了来自不同PLP单元的简化示例，每个由不同的颜色标明，其可能从时间交织（TI）内存中读取，并映射到OFDM符号（垂直块）；在频率交织器应用之前，其被显示。时间和频率的单元映射策略可以用一种非常灵活的方法选择。一个可能的目标可以是实现最大时间分集，从而将来自PLP的数据元在所有OFDM符号上扩展到帧，甚至到多个帧：为了实现此目标，给定的PLP时间交织内存可分裂为多个子片段，其被映射在与其他PLP子片段交替的OFDM符号中；这揭示了，为了接收选择性服务，接收机必须对在一个帧的所有OFDM信号进行连续操作。第二个目标是通过将接收机的开机时间缩短来（例，对于电池供电的便携式设备）获得最大功率节省：这可以通过在有限数量的相邻OFDM符号上集中PLP的单元而不进行子分割来实现，如图9.46所示。注意，图展示了两种PLP数据速率不变的DVB-T2帧。如果数据速率发生改变，片段的大小也会根据不同的帧而改变。

图9.46
展示了两种帧的不同PLP占据独立调制的不同片段、编码速率和时间交织



DTTB-09-46

DVB-T2帧结构如图9.45所示。在顶部，帧结构包括分成DVB-T2帧的超帧（不使用FEF时的最大间隔是63.75 s，即：间隔等同于250 ms255 帧），这些帧之后继续被分成OFDM符号。每超帧的DVB-T2帧数量即为：每个数据PLP的每超帧有整数交织帧。反过来，超帧可以选择性地携带FEF部分，其是DVB-T2信号未使用的时间周期，允许其他尚未定义的未来业务。帧从一个名为P1的参考符号和一个或更多名为P2的参考符号（在同步和信道估测一节详细讨论）开始，其后是可配置数量的数据符号。帧持续时间大约为100到250 ms。

在单个DVB-T2帧内，一个数据PLP没有必要完全交织，但是可能在多个帧之间扩展。

P2符号的主要目的是携带信令数据。如前文所述，PLP吞吐量是随时间而变化的；因此，与PLP相关的单元的时间和频率位置根据不同的帧而改变。由于接收机至少要提出用户选择的数据PLP和共同的PLP（如果出现），其必须能追踪数据单元的位置。DVB-T2系统（即使静态接收）可能受脉冲噪声的影响。因此，在DVB-T2中，通过加入基于纠错和检测、接收的不同传输机制给予了单元位置信令（称为动态L1信息）特殊的设计保护。L1信令实际上在P2符号内的每个帧发射，但是与下一帧相关的信息可能被嵌入PLP数据。因此，L1信令可以重复当前帧和下一帧的信息。

PAPR衰减。OFDM有以下缺点，随着子载波数量的增多，峰值与功率平均比很高，这是由峰值因子的增加而造成的，反过来，通过QAM振幅的变化增加，OFDM信号本身的导频数和性能增加（OFDM的一个缺点是：即使没有导频，PAPR也较高）。这对发射机的功率放大器提出了很高的要求，尤其对其线性度。为了缓解这种情况，DVB-T2包括了两种可选特征以降低PAPR。

活跃星座图扩展（ACE）通过选择性地移动其外部点至有更大振幅[9.180]的位置来修正一些发射的星座图。ACE降低PAPR而不会产生吞吐量损耗，但不与旋转星座图一起使用。

保留载波PAPR衰减³¹通过保留一些子载波来提供小规模吞吐量，这些子载波不携带数据[9.180]。他们被用来携带任意值，以允许合成峰值抵消波形。

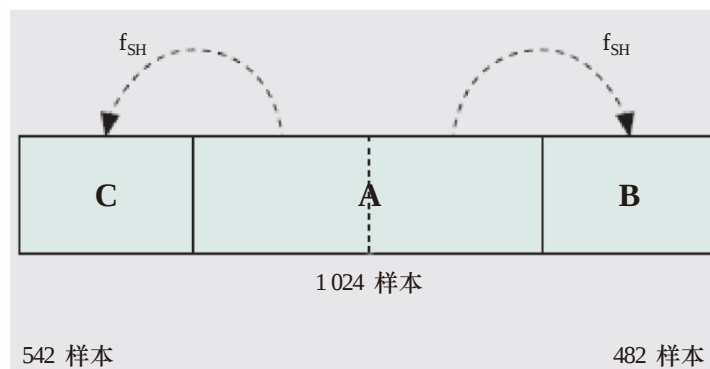
同步和信道估测。DVB-T2标准包括特定的设计解决方案，以方便接收机的时间和频率同步。最明显的是由前缀和有效载荷构成的帧的使用，如图9.47所示。

前缀包括一个P1符号和一些P2符号，其数量取决于选定的FFT大小。32k和16k的FFT规模，只包含一个单独的P2符号。对于8k、4k、2k和1k的FFT规模，分别包括2、4、8和16个P2符号。有效载荷在P2符号之后，尽管P2符号内已经携带了某些数据，并且包括子波可被数据或者已知导频调制的OFDM符号，使用前缀显著地改善了一些同步步骤，并进一步在不增加总体同步时间的情况下允许更大范围的发射机参数选择。

P1符号由一个带有1k子载波的OFDM符号和一个特殊时域重复结构（如图9.47所示）构成。C部分是形成A部分的OFDM符号的第一个542样本的频移版本。B部分是A部分最后482个样本的频移版本。频移等同于OFDM符号的子载波间距。在OFDM符号内，1k个子载波中只有384个是差分BPSK（DBPSK）调制的，用于传输7位信息。固定的P1结构，与有限的和高度保护的信令段一起，使得广播频率的快速扫描成为可能。接收机能够识别DVB-T2传输的出现，并且存储关键参数（例如：FFT大小或者FEF帧的出现）。特殊的C→A→B结构被设计用来在最具挑战的信道（诸如具有相反相位的零dB回波）出现时，改善P1检测的鲁棒性。P1符号的检测同样用来得出初始的时间和频率参考。

³¹ “保留载波”在DVB-T2标准中被称为“子载波保留”。

图9.47
P1符号格式



DITB-09-47

P2符号的主要作用是携带L1信令，其可能很大，主要因为每个PLP都有各自的传输参数。L1信令被组织在L1预信令部分（其中，例如表示帧长度）和L1后信令部分。L1预信令的位保护基于一个BCH码，随后是一个删余的LDPC码。由于码字长度较短，LDPC码的选择可能显得有些奇怪。

然而，与带有相同编码速率的卷积码相比，其保障了无损耗，并且不需要维特比解码器（其仅用来解码L1信令）。P2符号的另一个重要作用是启动信道估测过程。

DVB-T2接收机需要估测发射波形所经历的信道，以正确地检索传输的信息。为此，DVB-T2标准定义了传统分散导频序列来调制一组等间隔子载波。DVB-T2引入的主要创新之处在于它支持八种不同的SP模式。设计中的指导原则是将导频距离与GI长度的倒数相匹配。SP主要设计用来提供可靠的信道估测，与FFT大小相匹配的连续导频为精细频率同步和通用相位纠错提供了一种方法。P2符号中的导频是固定的，并且用来支持最大可能的GI规模，其假设可以通过常规的相关方法来获得。导频和数据子载波在P2符号中的位置是与其他传输参数（诸如带宽扩展和PAPR方法）独立的。一些SP模式要求从几种符号中形成信道估测，P2导频帮助启动此过程。这是一种非常有效的模式，主要用于固定的屋顶接收。DVB-T2标准定义了一种选择一极少数导频在有效载荷下传输，同时，信道估测基于P2符号提供的初始估测，随后是数据辅助信道估测，其中解码的位被反馈并用于细化信道估测[9.181]。这种方法仅在初始完整估测可用时有效，因此没有P2，这是不可行的。不同的导频距离也要求导频升压因素（即与数据相比，为导频分配了多少功率）适配。DVB-T2标准为SP和CP分别定义了三种升压因素。

导频值取决于与DVB-T相同的子载波索引。然而，在DVB-T2中，所有导频（CP、SP和P2）在每个OFDM符号中根据帧级伪噪声（PN）序列乘以加或减1，因此其也取决于OFDM符号索引。虽然DVB-SH采用续流技术进行符号计数，导频的这种信号提供了另一种更加健全的帧同步方法，如果前导码丢失，其可以指示帧内当前OFDM的位置，例如，在强脉冲噪声情况下。此外，同步算法能利用帧级序列来估测和追踪时钟、符号、频率和帧同步。这可以在不影响信道估测质量的情况下实现。

多天线技术。DVB-T标准也允许通过多发射机在相同信号的相同频率下进行同步传输，以实现单频网（SFN）。通过保障精确的同步限制，单频网允许简单网络部署，其中接收机能发现通过与多个发射机相关的信道的叠加而获得的等效信道。然而，当接收机从两个发射机中接收到相同的功率水平时，由于破坏性干扰，信道频率响应将包含深空。对于具有单天线广播站的单频网，通过使用修正的Alamouti[9.182]编码形式，新的DVB-T2标准提供了发现多个发射机存在的有效手段。换言之，获得了分布式多输入单输出（MISO）系统。在此配置中，两个发射机的数据不相同但紧密相关，因此避免了破坏性干扰。因此，单频网覆盖得到了改善³²。

在本案例中（被描述为2×1 MISO），导频需要提供两种单独的信道估测。因此，导频的数量需要翻倍。在此场景中，DVB-T2标准使用与单发射机案例（SISO）相同的导频结构，但是GI为相应尺寸的一半。充当天线1的发射机，使用与SISO完全相同的导频结构，而充当天线2的发射机倒置导频，调制替代导频子载波。

DVB-T2 Lite物理层。DVB T2-Lite基本上重新使用了具有一些限制的DVB-T2物理层和链路层，即最小化了现有设备的任何变化。考虑到它可以被解释为DVB-T2基本规范的概括并且类似用于多媒体广播的独立系统，发射机/接收机侧的技术参数和处理的详细信息见ITU-R BT.1877 [9.34]和ETSI EN 302 755 [9.8]。物理层和链路层的基本参数见表9.28。

表9.28

多媒体系统的传输参数（T2 Lite）

参数	多媒体系统T2
参考	ITU-R BT.1877建议书和ETSI EN 302 755
信道组成	物理层管道（PLP）/基带帧/FEF帧
信道带宽	1.7 MHz、5 MHz、6 MHz、7 MHz、8 MHz
OFDM活跃子载波数	1 705（2k模式）、3 409（4k模式）、6 817（8k模式）、13 633（16k模式）
保护间隔持续时间	活跃符号持续时间的1/128、1/32、1/16、19/256、1/8、19/128、1/4
传输单元（帧）持续时间	灵活、可以逐帧改变。最大250 ms
时间/频率同步	P1符号/保护间隔/导频载波
调制方法	QPSK、16-QAM、64-QAM，具有或不具有针对每个物理层管道的星座图旋转
编码和纠错方法	BCH码和LDPC码的组合（码1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4），具有编码的帧长度，最大为16 200位。修正能力10-12个错误
净数据速率	传送流的最大可用输入比特率为4 Mbit/s
频谱效率（bit/s/Hz）	从0.655 bit/s/Hz (QPSK 1/2)至4.170 bit/s/Hz (64-QAM 7/8)
稳定和可靠的接受，以及在不同类型接收环境下的服务质量控制	– 可变的 service 质量和鲁棒性 – 在2k/4k/8k模式（QPSK 1/2）下高达300 km/h的高流动性

³² 作为MISO的单频网应该与MISO的更加典型的案例区分开来，其传输产生于单个发射塔且天线仅被隔开几米。

9.4.2.4 DVB-T2系统的性能

DVB-T2标准提供了大量的传输配置。一些参数的选择也取决于网络部署，作为GI持续时间和SP（分散导频）模式配置的示例，表示为PP_x（导频模式_x，其中_x是ETSI EN 302755 [9.8]中模式的序列号），其与最大可容忍延迟信道扩展相关，包括可能的单频网传输³³。对于其他诸如编码速率和星座图规模的参数，选择依据噪声级别和信道统计做出选择。

表9.29展示了一些典型参数配置，可由DVB-T2实现的最大吞吐量（用Mbit/s表示）。

表9.29

对于一些DVB-T2配置可实现的数据速率（用Mbit/s表示）

FFT规模 GI规模 导频类型	LDPC 编码速率	16-QAM	64-QAM	256-QAM
16k 1/128 PP7	3/5 2/3 3/4	18.07 20.11 22.62	27.11 30.17 33.93	36.14 40.21 45.24
32k 1/16 PP8	3/5 2/3 3/4	17.05 18.97 21.34	25.63 28.52 32.08	34.23 38.08 42.85
32k 1/128 PP7	3/5 2/3 3/4	18.07 20.11 22.62	27.02 30.06 33.82	36.14 40.21 45.24

表9.30和表9.31（选自ETSI TS 102 831 [9.107]）给出了模拟的性能，假设信道编码和调制的组合有完美的信道估测、完美的同步并没有相位噪声。

这些结果用于高斯信道、莱斯信道（F1）、瑞利信道（P1）和0dB单回波信道。

结果在LDPC之后以 10^{-7} 的BER给出，对应于BCH之后约 10^{-11} 。

为了保证可靠的结果，该模拟运行直到下述两种情况实现：

- 最少100个错误的前向纠错块；以及
- 检测到最少1000个错误位。

用于这些模拟的DVB-T2 OFDM参数尽可能类似于DVB-T的参数。这些参数如下：FFT大小为8k，具有1/32的保护间隔，带宽为8 MHz且具有正常载波模式。使用旋转星座图，不采用PAPR技术。模拟假设了理想的环境，即理想的同步和信道估测。在此模拟中，发射的信号不包括导频，且在帧头（即P1、P2）和尾（即帧结束符号）都不包括特殊的符号。C/N₀的值应根据使用的FFT大小和导频模式修正。

³³ 注意PP能够很灵活地使用。例如，对于PP2或PP4的案例，他们拥有较少的导频，但是也能得到提升。

表9.30

LDPC解码后为了实现BER = 1×10⁻⁷所需的初始(C/N)₀
LDPC块长度: 64 800位

			LDPC解码后为使BER = 1 × 10 ⁻⁷ 所需的(C/N) ₀ (dB)			
星座图	编码速率	频谱效率 (见注2)	高斯信道 (AWGN)	莱斯信道(F ₁)	瑞利信道(P ₁)	0dB回波信道 @ 90% GI
QPSK	1/2	0.99	1.0	1.2	2.0	1.7
QPSK	3/5	1.19	2.3	2.5	3.6	3.2
QPSK	2/3	1.33	3.1	3.4	4.9	4.5
QPSK	3/4	1.49	4.1	4.4	6.2	5.7
QPSK	4/5	1.59	4.7	5.1	7.1	6.6
QPSK	5/6	1.66	5.2	5.6	7.9	7.5
16-QAM	1/2	1.99	6.0	6.2	7.5	7.2
16-QAM	3/5	2.39	7.6	7.8	9.3	9.0
16-QAM	2/3	2.66	8.9	9.1	10.8	10.4
16-QAM	3/4	2.99	10.0	10.4	12.4	12.1
16-QAM	4/5	3.19	10.8	11.2	13.6	13.4
16-QAM	5/6	3.32	11.4	11.8	14.5	14.4
64-QAM	1/2	2.98	9.9	10.2	11.9	11.8
64-QAM	3/5	3.58	12.0	12.3	14.0	13.9
64-QAM	2/3	3.99	13.5	13.8	15.6	15.5
64-QAM	3/4	4.48	15.1	15.4	17.7	17.6
64-QAM	4/5	4.78	16.1	16.6	19.2	19.2
64-QAM	5/6	4.99	16.8	17.2	20.2	20.4
256-QAM	1/2	3.98	13.2	13.6	15.6	15.7
256-QAM	3/5	4.78	16.1	16.3	18.3	18.4
256-QAM	2/3	5.31	17.8	18.1	20.1	20.3
256-QAM	3/4	5.98	20.0	20.3	22.6	22.7
256-QAM	4/5	6.38	21.3	21.7	24.3	24.5
256-QAM	5/6	6.65	22.0	22.4	25.4	25.8

注1 – 斜体值为近似值。

注2 – 频谱效率不考虑由于信令/同步/声音和保护间隔产生的损耗。

注3 – BER目标在上文中已讨论。

注4 – 由于真实信道估测导致的预期实施损耗需要加入至上面的数字。在某些情况下，该值将显着小于DVB-T的相应数字，这是由于对DVB-T2的升压和模式密度进行了更好的优化。

注5 – 蓝色阴影的条目是单个实施的结果。所有其他结果通过多重实施确认。

表31

BCH解码前为了实现 $BER = 1 \times 10^{-7}$ 所需的初始 C/N_0
LDPC块长度: 16 200位

			LDPC解码后为使 $BER = 1 \times 10^{-7}$ 所需的 C/N_0 (dB)				
星座图	编码速率	有效编码速率	频谱效率 (见注2)	高斯信道 (AWGN)	莱斯信道 (F ₁)	瑞利信道 (P ₁)	0dB回波 信道@ 90% GI
QPSK	1/2	4/9	0.87	0.7	0.9	2.0	1.6
QPSK	3/5	3/5	1.18	2.5	2.7	4.1	3.7
QPSK	2/3	2/3	1.31	3.4	3.6	5.3	4.8
QPSK	3/4	11/15	1.45	4.3	4.6	6.6	6.2
QPSK	4/5	7/9	1.53	4.9	5.3	7.4	7.0
QPSK	5/6	37/45	1.62	5.5	5.9	8.3	7.9
16-QAM	1/2	4/9	1.74	5.5	5.7	6.9	6.6
16-QAM	3/5	3/5	2.36	7.9	8.2	9.6	9.3
16-QAM	2/3	2/3	2.63	9.1	9.4	11.1	10.8
16-QAM	3/4	11/15	2.89	10.3	10.7	12.8	12.5
16-QAM	4/5	7/9	3.07	11.1	11.5	13.9	13.8
16-QAM	5/6	37/45	3.25	11.7	12.2	15.0	15.0
64-QAM	1/2	4/9	2.60	9.2	9.5	11.0	10.8
64-QAM	3/5	3/5	3.54	12.3	12.6	14.4	14.3
64-QAM	2/3	2/3	3.94	13.8	14.1	16.1	15.9
64-QAM	3/4	11/15	4.34	15.5	15.8	18.2	18.0
64-QAM	4/5	7/9	4.60	16.4	16.8	19.5	19.5
64-QAM	5/6	37/45	4.87	17.1	17.6	20.6	20.9
256-QAM	1/2	4/9	3.47	12.6	12.9	14.6	14.6
256-QAM	3/5	3/5	4.72	16.9	17.2	19.0	19.3
256-QAM	2/3	2/3	5.25	18.1	18.4	20.5	20.9
256-QAM	3/4	11/15	5.78	20.3	20.6	22.9	23.3
256-QAM	4/5	7/9	6.14	21.6	22.0	24.5	25.1
256-QAM	5/6	37/45	6.49	22.4	22.9	25.8	26.6

注1 – 斜体值为近似值。

注2 – 频谱效率不考虑由于信令/同步/声音和保护间隔产生的损耗。

注3 – BER目标在上文中已讨论。

注4 – 由于真实信道估测导致的预期实施损耗需要加入至上面的数字。在某些情况下, 该值将显著小于DVB-T的相应数字, 这是由于对DVB-T2的升压和模式密度进行了更好的优化。

注5 – 表中的所有结果来自单个实施, 因此用蓝色阴影表示。

表9.28和表9.29给出的要求 C/N 值是原始值，未考虑由于升压导频的出现所带来的 C/N 数据衰减，因为其取决于使用的导频模式。通过计算修正因子 Δ_{BP} ， C/N 的净值可从 $(C/N)_0$ 的原始值中导出：

$$\frac{C}{N} = \left(\frac{C}{N} \right)_0 + \Delta_{BP}$$

该修正因子可通过下述公式计算：

$$\Delta_{BP} = 10 \log_{10} \frac{(N_{data} + N_{NBP} + N_{BP} \cdot B_{BP} + N_{CP} B_{CP})}{N_{data} + N_{NBP} + N_{BP} + N_{CP}}$$

其中：

- N_{data} 每个OFDM符号的数据单元数
- N_{NBP} 每个OFDM符号的非升压导频数
- N_{BP} 每个OFDM符号的升压导频（即：分散和边缘导频）数
- B_{BP} 与数据单元相关的升压导频功率提升，等于 A_{SP}^2
- N_{CP} 每个OFDM符号的连续导频数
- B_{CP} 相对于数据单元的连续导频功率提升，等于 A_{CP}^2

注意，上述公式为正常数据符号导出，但是P1、P2和帧结束符号被设计为具有与正常符号基本相同的功率（到0.1dB以内），因此公式能被应用到整个T2帧。

修正因子 Δ_{BP} 从0.29 dB变化至0.53 dB；表9.32中给出FFT大小和分散导频模式PP1-PP8的每个组合的值。

表9.32
用于导频（dB）的修正因子 Δ_{BP}

	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8
1K	0.34	0.32	0.44	0.42	0.48		0.29	
2K	0.35	0.33	0.43	0.42	0.47		0.29	
4K	0.39	0.37	0.47	0.45	0.51		0.34	
8K	0.41	0.39	0.49	0.48	0.53		0.37	0.37
8K Ext	0.41	0.41	0.50	0.48	0.52		0.39	0.38
16K	0.41	0.38	0.49	0.47	0.52	0.49	0.33	0.35
16K Ext	0.42	0.38	0.49	0.47	0.52	0.49	0.34	0.35
32K		0.37	0.48	0.45		0.48	0.33	0.35
32K Ext		0.37	0.48	0.45		0.48	0.33	0.35

前一部分介绍的模拟在接收机拥有完美的、无噪声的信道信息的假设下做出。这是一种无法实现的理想环境，但至少确定了一个清晰的单一系统性能标准。接收机可能使用不同的实际操作，这种选择是在两种或多种性能表现方面之间的折衷，因此接收机的结果将不能确定明确的性能标准。

然而，考虑实际的接收机能多大程度上接近理想结果以及在什么情况下接近理想结果是令人感兴趣的[9.107]。因此，定义进一步的修正项 Δ_{RCE} 是有用的，其使得可以从列表的模拟结果中推导出使用实际噪声信道估计所需的 C/N 净值：

$$\frac{C}{N} = \left[\frac{C}{N} \right]_0 + \Delta_{BP} + \Delta_{RCE}$$

其中：

$$\begin{aligned} \Delta_{RCE} &= 10 \log_{10} \frac{SNR_{Data}}{SNR_{EQ-data}} \\ &\approx 10 \log_{10} \left(1 + \frac{f_{INT}}{B_{BP}} \right) \end{aligned}$$

作为 $SNR_{EQ-data}$ ，信噪比超过均衡数据。 B_{BP} 由导频模式的选择决定，分别为模式{PP1和2、PP3和4、PP5至8}采用值{16/9、49/16、49/9}。 f_{INT} 是一个取决于用于信道估测插值器的因子。实际上，严格来说，根据它们在二维分散导频模式内的位置，它们随单元而变化，因为每个对应于一个频率和时间插值器的特定相位的组合。考虑到频率和时间插值，需要一些形式的平均值来给出具有代表性的单一值。

ITU-R BT.2254报告[9.135]中提供了DVB-T2 Lite配置的性能示例。假设DVB-T2 Lite模式表现出与对应的DVB-T2基本模式相同的灵敏度，这意味着DVB-T2基本配置的 C/N 值和保护比可用于DVB-T2 Lite配置中的频率和网络规划。

迄今为止，没有公开提供给额外编码速率1/3和2/5的模拟或测量结果。然而，这些编码速率在DVB-S2中可用。表9.33给出了在高斯信道中对比用DVB-T2的原始 C/N ，DVB-S2的模拟结果。

对于更高的编码速率， C/N 值是相同的。因此，可以预期，对于DVB-T2 Lite中的较低编码速率，表9.33中的数字适用。

表9.33
QPSK模式下用于DVB-T2和DVB-S2的原始 C/N
(选自[EN 302 755-V1.3.1]和[EN 302 307])

模式	原始 C/N (dB) DVB-T2	原始 C/N (dB) DVB-S2
QPSK 1/4	不适用	-2.4
QPSK 1/3	不适用	-1.2
QPSK 2/5	不适用	-0.3
QPSK 1/2	1.0	1.0
QPSK 3/5	2.2	2.2
QPSK 2/3	3.1	3.1
QPSK 3/4	4.1	4.0
QPSK 4/5	4.7	4.7
QPSK 5/6	5.2	5.2
QPSK 8/9	不适用	6.2
QPSK 9/10	不适用	6.4

9.4.2.5 系统参数概括

表9.34定义了DVB-T2和DVB-T2 Lite系统（也可参见ITU-R BT.2295-1 [9.43]报告）的特征。

表9.34

DVB-T2和DVB-T2 Lite系统的关键特征

特征	DVB-T2
接收模式： – 固定 – 便携 – 便携式手持 – 移动	+ + + +
净数据速率	7.5-50.5 Mbit/s
频谱效率 (bit/s/Hz)	0.98-6.50
单频网	支持
广播类型： – 声音 – 多媒体 – 电视	+ +
数据传输/业务类型	视频、音频、数据
频段	VHF、UHF
信道带宽	a) 1.7 MHz b) 5 MHz c) 6 MHz d) 7 MHz e) 8 MHz f) 10 MHz 1
所用带宽（注2）	a) 1.52 MHz b) 4.75 MHz c) 5.71 MHz d) 6.66 MHz e) 7.61 MHz f) 9.51 MHz 1、2
分段数	可配置
每分段子载波数（注2）	853 (1k 模式) 1 705 (2k 模式) 3 409 (4k 模式) 6 817 (8k 模式) 13 633 (16k 模式) 27 265 (32k 模式) 2、3
子载波间距（注2）	a) 1 802 Hz (1k 模式) 901 Hz (2k 模式) 450 Hz (4k 模式) 225 Hz (8k 模式) 113 Hz (16k 模式) 56 Hz (32k 模式) b) 5 580 Hz (1k 模式) 2 790 Hz (2k 模式) 1 395 Hz (4k 模式) 698 Hz (8k 模式) 349 Hz (16k 模式) 174 Hz (32k 模式) c) 6 696 Hz (1k 模式) 3 348 Hz (2k 模式)、1 674 Hz (4k 模式) 837 Hz (8k 模式) 419 Hz (16k 模式) 209 Hz (32k 模式) d) 7 812 Hz (1k 模式) 3 906 Hz (2k 模式) 1 953 Hz (4k 模式) 977 Hz (8k 模式) 488 Hz (16k 模式) 244 Hz (32k 模式) e) 8 929 Hz (1k 模式) 4 464 Hz (2k 模式) 2 232 Hz (4k 模式) 1 116 Hz (8k 模式) 558 Hz (16k 模式) 279 Hz (32k 模式) f) 11 161 Hz (1k 模式) 5 580 Hz (2k 模式) 2 790 Hz (4k 模式) 1 395 Hz (8k 模式) 698 Hz (16k 模式) 349 Hz (32k 模式) 1、3

表34（结束）

特征	DVB-T2
活跃符号持续时间（注2）	a) 554.99 μ s (1k)、1 109.98 μ s (2k)、2 219.97 μ s (4k)、4 439.94 μ s (8k) 8 879.87 μ s (16k) 17 759.75 μ s (32k) b) 179.2 μ s (1k)、358.4 μ s (2k)、716.8 μ s (4k)、1 433.6 μ s (8k)、2 867.2 μ s (16k)、5 734.4 μ s (32k) c) 149.3 μ s (1k)、298.67 μ s (2k)、597.33 μ s (4k)、1 194.67 μ s (8k)、2 389.33 μ s (16k)、4 778.67 μ s (32k) d) 128 μ s (1k)、256 μ s (2k)、512 μ s (4k)、1 024 μ s (8k)、2 048 μ s (16k)、4 096 μ s (32k) e) 112 μ s (1k)、224 μ s (2k)、448 μ s (4k)、896 μ s (8k)、1 792 μ s (16k)、3 584 μ s (32k) f) 89.6 μ s (1k)、179.2 μ s (2k)、358.4 μ s (4k)、716.8 μ s (8k)、1 433.6 μ s (16k)、2 867.2 μ s (32k) 1、3
保护间隔持续时间/ 比	1/128、1/32、1/16、19/256、1/8、19/128、1/4
T2-帧持续时间	灵活、可以逐帧改变。最大250 ms
时间/频率同步	P1符号/保护间隔/导频载波
调制方法	QPSK、16-QAM、64-QAM、256-QAM，具有或不具有针对每个物理层管道的星座图旋转
内部前向纠错	编码速率为1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4的LDPC码
内部交织	单元、时间和频率交织
外部前向纠错	BCH (16 200、x、t)，x – 取决于LDPC编码速率。纠错能力t = 12 错误
外部交织	位（奇偶和列扭）交织
数据随机化/能量扩散	16位PRBS
分层传输	—
传输参数信令	前缀符号P1

注1 – DVB-T2的10 MHz配置只用于专业应用，预计家庭接收机不支持。

注2 – DVB-T2表中的值适用于正常载波模式。扩展载波模式可用于8k、16k和32k模式。

注3 – DVB-T2 Lite采用有限的模式子集。模式限制适用于FFT大小、导频模式以及这些参数和保护间隔允许的组合。DVB-T2 Lite允许的FFT大小限制在2k、4k、8k和16k。

9.4.2.6 链路预算

ITU-R BT.2254 [9.135]报告提供了用附加因子估测的用于高斯、莱斯、瑞利信道的C/N值，因此定义了“实际应用”比。详细信息参见 [9.135]。

表9.35提供了用于8 MHz的[9.135]定义的接收机最小输入信号电平的一些示例以及不同的C/N值。

表9.35

用于8 MHz版本要求的输入信号电平最小值与不同的C/N值

频段 III、IV、V – 8 MHz信道 正常载波模式：1k、2k、4k、8k、16k、32k模式					
等效噪声带宽B (MHz)	7.61	7.61	7.61	7.61	7.61
接收机噪声值F (dB)	6	6	6	6	6
接收机噪声输入功率Pn (dBW)	-129.2	-129.2	-129.2	-129.2	-129.2
射频信号/噪声比C/N (dB)	8.0	11.0	16.0	20.0	24.0
接收机信号输入功率最小值Ps min (dBW)	-121.7	-117.7	-113.7	-111.2	-108.2
接收机等效输入电压最小值， Us min (dBμV) 75 Ω	17.5	21.5	25.5	29.5	33.5

在定义覆盖范围时，由于从接近完美到不接收的过渡非常快，所以必须在高百分比的位置实现最小的所需信号电平。对于“良好的”便携式接收，这些百分比被设置为95%；对于“可接受的”便携式接收，这些百分比被设置为70%。对于移动接收，百分比分别被定义为99%和90%。考虑到本节涉及DVB-T2 Lite模式，只分析了三种接收模式（见表9.36）。其他变量在ITU-R BT.2254 [9.135]报告中提供。

表9.36

接收模式、DVB-T2变量示例、C/N值

接收模式	DVB-T2变量示例	C/N (dB)
移动接收/农村	16-QAM、前向纠错 1/2、8k、PP1	10.2
手持便携式室外接收（H-A级别）	16-QAM、前向纠错 1/2、16k、PP3	9.8
手持移动式接收（H-D级别） （即：在移动的车辆内使用终端）	16-QAM、前向纠错 1/2、8k、PP2	10.2

为代表频段III（200MHz）、频段IV和V（650MHz）、频段III中的7MHz带宽及频段IV和V中的8MHz的两个频率执行计算。对于频段III，“移动/农村”接收模式计算为1.7 MHz带宽；“手持式H-D级别”接收模式计算为1.7 MHz和7 MHz带宽。

为接收模式选择合适的DVB-T2变量。因为大量DVB-T2系统变量经常允许在多个可能的变量外做出选择，因此将其作为不同接收模式的示例去理解。

表9.37所阐明的DVB-T2变量是一种变量可能的选择示例。对于每个接收模式，具有各自不同比特率的不同DVB-T2变量可用。此外，对于保护间隔的选择影响比特率但不改变所需的C/N。因此，表中给出了可用净比特率的范围。不是所有的保护间隔长度都适用于已选择的导频模式。如果后者改变，C/N也可能发生轻微变化。频段IV/V中移动和手持式场景的相关信息在表中提供。关于其他频段的信息，请参见ITU-R BT.2254 [9.135]报告。

表9.37显示了每个链接预算的两种可能的变量，用于不同的所需位置可用性百分比。这些都是通过颜色来区分的。

表9.37

频段IV/V中移动和手持式场景的DVB-T2链路预算

参数	移动/农村	手持/便携式 室外	手持移动式 (H-D级别) / 集成天线
频率(MHz)	650	50	650
系统所需的最小C/N(dB)	10.2	9.8	10.2
系统变量 (示例)	16-QAM 前向纠错 1/2、8k、 扩展的PP1	16-QAM 前向纠错 1/2、 16k、 扩展的PP3	16-QAM 前向纠错 1/2、8k、 扩展的PP2
比特率 (指示值) (Mbit/s)	11-14	12-15	11-14
接收机噪声值(dB)	6	6	6
等效噪声带宽(MHz)	7.71	7.77	7.71
接收机噪声输入功率(dBW)	-128.3	-131.6	-127.9
接收机信号输入功率最小值(dBW)	-118.9	-119.3	-118.9
接收机等效输入电压最小值, 75 Ω (dB μ V)	19.8	19.5	19.8
馈线损耗(dB)	0	0	0
相对于半偶极子的天线增益(dB)	0	-9.5	-9.5
有效天线孔径(dBm ²)	-15.6	-25.1	-25.1
接收位置的最小功率通量密度(dB(W/m ²))	-103.3	-94.2	-93.8
接收位置的最小等效场强(dB(μ V/m))	42.5	51.6	52.0
人为噪声容限(dB)	0	0	0
渗透损耗 (建筑或车辆) (dB)	0	0	8
渗透损耗的标准偏差(dB)	0	0	2
分集增益(dB)	0	0	0
位置概率(%)	90	70	90
分布因子	1.28	0.5244	1.28
位置偏差(dB)	5.5	5.5	5.9
位置纠正因子(dB)	7.04	2.8842	7.552
接收高度的最小中值功率通量密度: 50%的时间和50%的位置(dB(W/m ²))	-96.3	-91.3	-78.3
接收高度的最小中值等效场强: 50%的时间和50%的位置(dB(μ V/m))	49.5	54.2	67.5
位置概率(%)	99	95	99
分布因子	2.3263	1.6449	2.3263
位置偏差(dB)	5.5	5.5	5.9
位置纠正因子(dB)	12.79465	9.04695	13.72517
接收高度的最小中值功率通量密度: 50%的时间和50%的位置(dB(W/m ²))	-90.6	-85.2	-72.1
接收高度的最小中值等效场强: 50%的时间和50%的位置(dB(μ V/m))	55.2	60.6	73.7

9.4.2.7 DVB-T2系统可行性使用示例

DVB-T2系统被设计为具有高度灵活性, 并允许在能力、耐用性、灵活性和开销方面做出不同的权衡。例如, 可能在非常简单的配置下使用该系统以在单个PLP内携带少量HDTV服务, 用于固定屋顶接收。在此示例中, 典型的参数选择可能是:

- 32K FFT，具有1/128保护间隔，用于多频网配置，从而最大限度地提高可用容量；
- 32K FFT，具有19/128保护间隔，用于国家单频网配置（提供532 μs保护间隔）；或
- 256-QAM，有旋转星座图，编码速率为3/5或2/3；256-QAM提供最大可能的数据容量，适合于固定屋顶接收，同时，旋转星座图提供额外的鲁棒性从而可用于较差的接收条件。

这些配置能为多频网提供大约36 Mbit/s至40 Mbit/s，为单频网提供29 Mbit/s至32 Mbit/s。

只有当传输信道相对静态时才能使用32 K FFT，对于一个针对便携和/或移动接收的网络，可能使用更小的FFT规模以及更健壮的星座图。例如，8K FFT，具有64-QAM和1/2或3/5编码速率，能够在更加动态化的信道中提供良好的接收，并且有更低的载波噪声比要求。根据其他的参数选择，需要付出的代价可能是较低的可用比特率，大约16 Mbit/s至26 Mbit/s。

为了理解在何种信道条件下，可以用准无误接收实现这些速率，我们模拟了两种相关的示例，并比较了具有准无误接收（或等效地在卷积/LDPC解码器输出端为 10^{-4} 的BER）的固定莱斯信道[9.36]中DVB-T和DVB-T2的性能。第一个示例是一个DVB-T标准（已采用，例如：在意大利）的典型单频网部署，其包括8K FFT、1/4 GI、64-QAM星座图和2/3卷积编码速率。。

表9.38显示了在较长保护间隔（单频网）模式下DVB-T2和DVB-T的对比，两种示例都拥有同样的绝对保护间隔。相比DVB-T，DVB-T2的性能提升了67%。更长的保护间隔模式也是可用的（接近20%的增长），其可以以很少的性能损耗（约3%）带来扩大的单频网覆盖范围。

表9.38
单频网模式67%潜在性能增长示例

	DVB-T模式	DVB-T2模式
调制	64-QAM	256-QAM
FFT大小	8K	32K
保护间隔	1/4	1/16
前向纠错	2/3CC + RS	3/5LDPC + BCH
分散导频	8.3%	4.2%
卷积导频（见注1）	2.0%	0.39%
L1开销（见注2）	1.0%	0.65%
载波模式	标准	扩展
性能	19.9 Mbit/s	33.2 Mbit/s

注1 – 只包括不也是分散导频的持续导频单元。

注2 – 用于DVB-T的TPS；L1信令，P1和P2的额外开销以及用于DVB-T2的帧结束符号。

第二个示例（表9.39）展示了英国多频网使用的参数，包括2K FFT、1/32 GI、64-QAM和2/3编码速率，准无误条件下，在固定莱斯信道中，18.9 dB的信噪比产生24.1 Mbit/s。相应地，具有扩展带宽的DVB-T2配置，32K FFT、1/128 GI、256 QAM和3/5LDPC编码速率提供36.1 Mbit/s数据速率，高出约50%。

表9.39
与英国使用的DVB-T模式相比，性能增长超过66%

	英国DVB-T 模式	英国DVB-T2 模式
调制	64-QAM	256-QAM
FFT大小	2K	32K
保护间隔	1/32	1/128
前向纠错	2/3CC + RS	2/3LDPC + BCH
分散导频	8.3%	1.0%
卷积导频（见注1）	2.0%	0.53%
L1开销（见注2）	1.0%	0.53%
载波模式	标准	扩展
性能	24.1 Mbit/s	40.2 Mbit/s

注1 –只包括不也是分散导频的持续导频单元。
注2 – 用于DVB-T的TPS； L1信令，用于DVB-T2的P1和P2的额外开销。

在两个示例中，可以看出DVB-T2允许HDTV MPEG-4 AVC传输。随着视频压缩方法的进一步发展，不同的国家现在正在试验UHDTV地面广播的可能性。关于这些试验最新的信息在ITU-R BT.2343 [9.136]报告中提供，在表9.40中被概括。

表9.40

地面电视网络的UHDTV试验概述（截至2015年）

附件	国家	发射机位置	覆盖范围	有效辐射功率	DTT系统	信道带宽	传输模式	复用能力	信号比特率	视频编码标准	图片标准	音频编码标准	使用的频率
A1.1	日本	人吉市	人吉市	140W(H) 135W(V)	ISDB-T ³⁴	6 MHz	32k $GI = 1/32$ 4096QAM、 前向纠错3/4 双极化多进多出	91.8 Mbit/s	91Mbit/s	MPEG-4 AVC/H.264	7 680×4 320p 59.94帧/s 8 位/像素	MPEG-4 AAC 384 kbit/s	671 MHz (在日本为 Ch 46)
A1.2	韩国 ³⁵	Kwan-Ak山	首尔南部 大都市区	36.7 kW	DVB-T2	6 MHz	32k、扩展模式、 $GI = 1/16$ 、 PP4、 256 QAM、前向 纠错3/4、4/5、 5/6	< 35.0 Mbit/s	可变 (一些试验为 25~34 Mbit/s)	HEVCMaIn10 5.1级， 最大28 Mbit/s	3 840×2 160p 60帧/s、 8 位或 10位/像素	MPEG-4 AAC-LC 或 杜比 AC-3、 最大5.1Ch、 最大 600 kbit/s	713 MHz (在韩国为 Ch 54)
				12.9 kW									701 MHz (在韩国为 Ch 52)
				40.0 kW									707 MHz (在韩国为 Ch 53)
		Nam 山	首尔中心区	2.2 kW									713 MHz (在韩国为 Ch 54)
		Yong-Moon山	首尔西部 大都市区	8.3 kW									707 MHz (在韩国为 Ch 53)
A1.3	法国	埃菲尔铁塔	巴黎市	1kW	DVB-T2	8 MHz	32k、扩展模式、 $GI = 1/128$ 、 256QAM、前向 纠错2/3、PP7	40.2 Mbit/s	试行两种方案： 一种为 22.5 Mbit/s。一 种为17.5 Mbit/s	HEVC	3 840×2 160p 50帧/s 8位/像素	HE-AAC 192 kbit/s	514 MHz (在区域1为 Ch26)
A1.4	西班牙	ETSI电信	马德里大学城	125W	DVB-T2	8 MHz	32k、扩展模式、 $GI = 1/128$ 、 64QAM、前向纠 错5/6、PP7	36.72 Mbit/s	35 Mbit/s (也测试了其他 比特率)	HEVC	3 840×2 160p 50帧/s 8位/像素	E-AC-3 5.1	754 MHz (在区域1为 Ch56)

³⁴ 一些参数由传统ISDB-T系统扩展而来（ITU-R BT.1306建议书系统C）。

³⁵ 表中韩国的细节对应于试验的阶段3。更多关于阶段1和2的信息参见ITU-R BT.2343报告。

表9.40（结束）

附件	国家	发射机位置	覆盖范围	有效辐射功率	DTT系统	信道带宽	传输模式	复用能力	信号比特率	视频编码标准	图片标准	音频编码标准	使用的频率
A1.5	瑞典	斯德哥尔摩纳卡	斯德哥尔摩市	35 kW	DVB-T2	8 MHz	32k、扩展模式、 $GI = 19/256$ 、 256QAM、前向 纠错 3/5、PP4	31.7 Mbit/s	24 Mbit/s	HEVC	3 840×2 160p 29.97帧/s 8位/像素		618 MHz (在区域1为 Ch39)
A1.6	英国	水晶宫	伦敦 (服务超过450万 户家庭)	40 kW	DVB-T2	8 MHz	32k、扩展模式、 $GI = 1/128$ 、 256QAM、前向 纠错2/3、PP7	40.2 Mbit/s	可变（一些试验 为35 Mbit/s）	HEVC	3 840×2 160p 50帧/s和 3 840×2 160p 59.94帧/s的混合 大多数试验为 8位/像素，一些 为10位/像素		586 MHz (在区域1为 Ch35)
		冬山	英格兰西北部， 包括曼彻斯特和 利物浦（服务超 过270万户家庭）	22.5 kW		8 MHz							602 MHz (在区域1为 Ch37)
		黑山	苏格兰中心，包 括格拉斯哥和爱 丁堡（服务100万 户家庭）	39 kW		8 MHz							586 MHz (在区域1为 Ch35)
A1.7	巴西	Mt. Sumaré	里约热内卢大都 市区的一部分	660 W(H) 660 W(V)	ISDB-T ¹	6 MHz	32k $GI = 1/32$ 4096QAM、 前向纠错3/4 双极化多进多出	91.8 Mb/s	85 Mb/s	HEVC	7 680×4 320p 59.94帧/s 10位/像素	MPEG-4 AAC 1.48 Mb/s	569 MHz (在区域1为 Ch30)

 GI = 保护间隔

在同一个DVB-T2 Lite复用中提供固定和移动业务受到以下事实的限制：FFT模式和导频模式不能在相同的T2 Lite信号中进行调整。固定业务一般传输大规模的FFT和稀疏导频模式，以在固定信道实现高频谱效率。另一方面，移动场景的接收要求利用规模较小的FFT和更密集的导频模式来遵循时域和频域的快速变化，也为了解决多普勒扩展所造成的载波间干扰。

为了解决此问题，T2-Lite信号能够在T2复用的FEF部分发射。用这种方式，T2-Lite信号能够根据移动场景（例如：8k FFT和PP1）中高鲁棒性的FFT模式和导频模式而进行优化，而其他的复用能够为固定信道的高吞吐量而配置（例如：32k和PP7）。例如，通过交替50 ms的T2-Lite帧与200 ms的T2帧，将20%的传输时间专用于T2-Lite是可能的。假设T2-Lite信号用8K FFT模式（具有扩展的载波模式）、QPSK 1/2和导频模式PP1发射，T2-Lite业务的总容量为每信道1.5 Mbit/s（8 MHz带宽）。这将允许T2-Lite信号携带多达4个375 kbit/s的业务。

应指出的是，T2-Lite信号也能作为占据整个频率信道的独立信号而发射。对于与前边相同的示例，T2-Lite业务的总容量为7.5 Mbit/s，其能允许在相同的频率信道中，传输多达20个375 kbit/s的业务。T2-Lite也很适合提供数字无线电业务。低于1/2的编码速率能够在有限的网络基础设施情况下提供良好的覆盖范围，同时仅针对便携式和移动接收的T2-Lite专用接收机可以通过较简单的方式实现。例如，通过在结合的T2/T2-Lite复用中为T2-Lite使用10%的传输时间，可以使HE-AAC v2容纳大约18个64 kbit/s的无线电业务。

9.4.2.8 DVB-T2 Lite试验示例

2011年7月，BBC研究与开发部展示了DVB-T2 Lite系统可能的使用示例。试验结果在Keren Greene [9.137]的“获得通过的DVB-T2 Lite配置技术标准：可以进行传输”中被强调。试验实施的情况如下所述。

2011年7月7日，BBC的工程师在伦敦西部的BBC研究与开发部南方实验室的屋顶开始传输DVB-T2-Lite。

目前在Ofcom许可的测试和开发传输许可证下对超高频信道53（730 MHz）开展估测。这与BBC的数字电视地面广播业务完全分开。为了T2-Lite的该技术试验，工程师将用于固定接收机接收的高清复用与鲁棒性更强的移动业务（可能是电视、广播或数据或任何这三种业务的组合）相结合。英国目前使用DVB-T2模式（见表9.39）来在8 MHz信道中给出40.21 Mbit/s的比特率。在此技术试验中，也使用了用于复用的高清部分的相同模式，但具有包含移动业务的额外未来扩展帧（FEF）。复用的高清部分包括持续周期为216.9 ms的DVB-T2帧，后跟44.6 ms的未来扩展帧。

业务的移动部分通过更小规模的FFT（8k 1/32 QPSK 1/2）在更强的鲁棒性模式中传输，L_DATA = 46。这为移动业务提供了1.02 Mbit/s比特率。

9.4.2.9 DVB-T2 Lite实施示例

2016年2月25日，印度公共广播公司Doordarshan在16个城市推出了免费DVB-T2 Lite移动电视业务，旨在提高智能手机在印度的普及度。该业务正式在德里、孟买、加尔各答、金奈、瓜瓦奇、帕特纳、兰契、切塔克、勒克瑙、贾朗达尔、赖布尔、印多尔、奥郎加巴德、博帕尔、班加罗尔和艾哈迈达巴德启动。该业务可以通过使用个人电脑中的DVB-T2/Wi-Fi加密狗、笔记本电脑、支持OTG³⁶的智能手机、平板电脑以及具有DVB-T2调谐器的集成数字电视在城市内部和周围被接收。虽然可以从传统的电视制造商处获得iDTV，但还可以在Flipkart, Ebay, Snapdeal等在线购物网站上使用这些加密狗，Doordarshan的声明中加入了这一点。目前DD国家、DD新闻、DD Bharati、DD体育、DD区域/DD Kisan正在转播[9.92]。

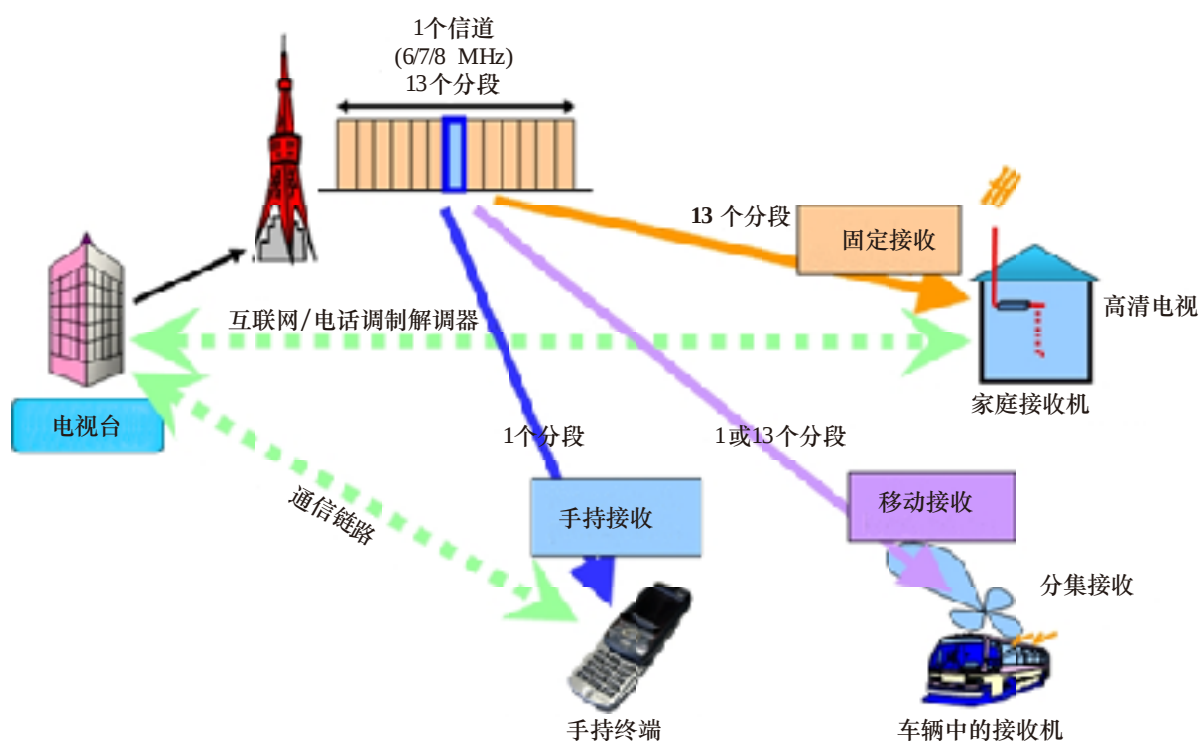
³⁶ “On The Go”与USB一起用于智能手机和平板电脑。

9.5 ISDB-T

用于地面电视广播系统的ISDB-T（综合业务数字广播-地面）于2000年被开发，并被纳入[9.33]系统C。它是具有射频频段分割的多载波系统。

ISDB-T系统被设计来提供可靠的高品质视频、声音和数据广播，它不仅用于固定接收机还用于移动接收机（见图9.48）。该系统是坚固的，因为它使用OFDM调制、二维（时域和频域）交织和级联的纠错编码。其频段分割传输OFDM（BST-OFDM）包括13个OFDM分段。该系统用于选择载波调制方案、内部纠错码编码速率和时间交织长度等的传输参数很多。一些被分配用来控制载波的载波称为传输和复用配置控制（TMCC）载波，其传输关于传输参数的信息。ISDB-T支持最多三个层的分层传输。用于这些层的传输参数可以单独设置，每个包括几个分段。该系统专门设计来为多媒体广播提供灵活性、可扩展性和通用性/互操作性。

图9.48
ISDB-T业务

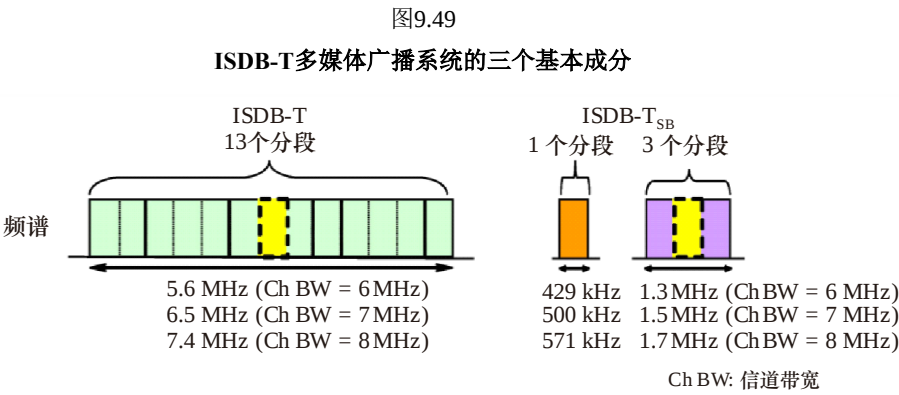


DTTB-09-48

用于地面多媒体广播的ISDB扩展，被设计来提供诸如声音或视频节目及不同的相关数据、互动广播和文件广播等实时广播业务，其被定义为ITU-R多媒体系统F。事实上，该多媒体系统是一个增强的基于ISDB-T/T_{SB}³⁷的多媒体广播系统。系统的物理层规范在[9.33]中被描述为系统C，在ITU-R BS.1114 [9.38]建议书被描述为数字系统F（也被称为ISDB-T_{SB}）。[9.35]描述了系统概述、多媒体和数据应用。其他关于ISDBO系统的有用参考见[9.154]至 [9.159]。

³⁷ ISDB-T_{SB}是一个声音广播系统。

ISDB-T多媒体广播系统的物理层与ISDB-T系列的存在相似处，即：ISDB-T单分段变量、ISDB-TSB和ISDB-T。ISDB-T多媒体广播系统能利用不同的ISDB-T分段数和配置。ISDB-T多媒体广播系统的基本构成如图9.49所示。



DTTB-09-49

该系统使用MPEG-2来封装数据串，这意味着不同的数字内容（诸如视频、声音、文本、静态图片和其他数据）能够同时传输。它与其他使用MPEG-2的ISDB系统（诸如ISDB-S、ISDB-C、ISDB-Tsb和ISDB-Tmm）具有通用性和互操作性。

9.5.1 架构模型和协议栈模型

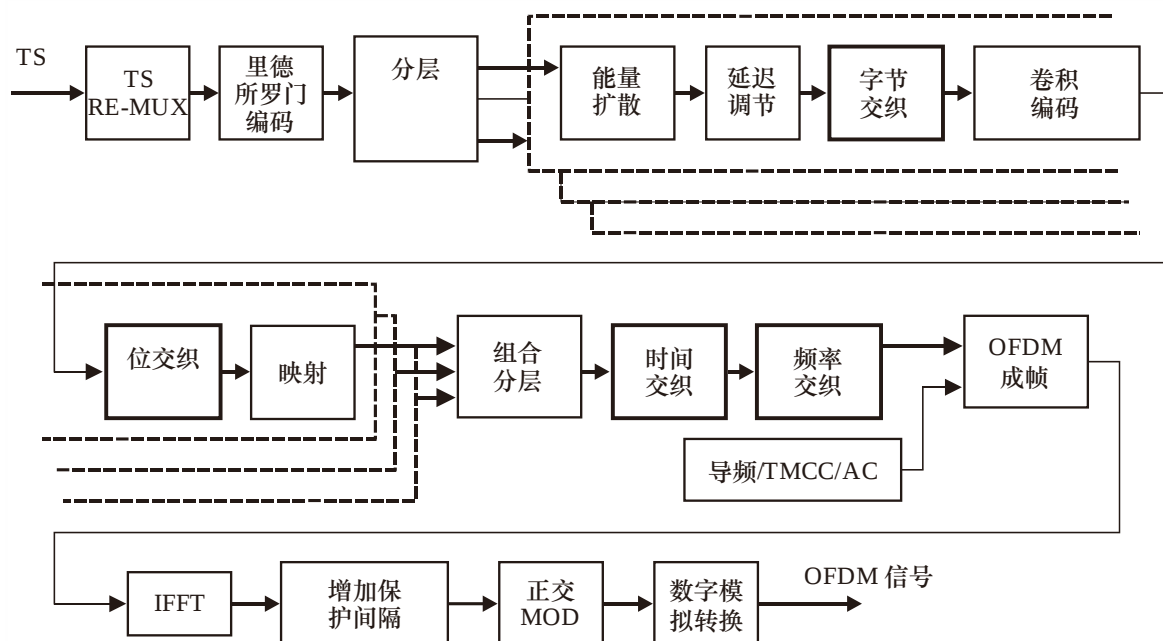
ISDB-T功能块图示如图9.50。ISDB-T有大量传输参数。TS Re-Mux通过添加独立于TS数据包输入数量的空TS数据包来控制发送到RS编码器的TS数据包的数量。

通过改变每一层的调制方法，例如卷积码编码速率等，该系统最多可以有不同级别鲁棒性的三个传输层。该系统使用一种强有力的纠错编码，被称为卷积编码/维特比解码和里德所罗门（RS）编码/解码的级联代码。

ISDB-T使用四种类型的交织：字节、位、频率和时间交织。9.5.3节将介绍这些交织技术。

图9.50

ISDB-T功能块图示

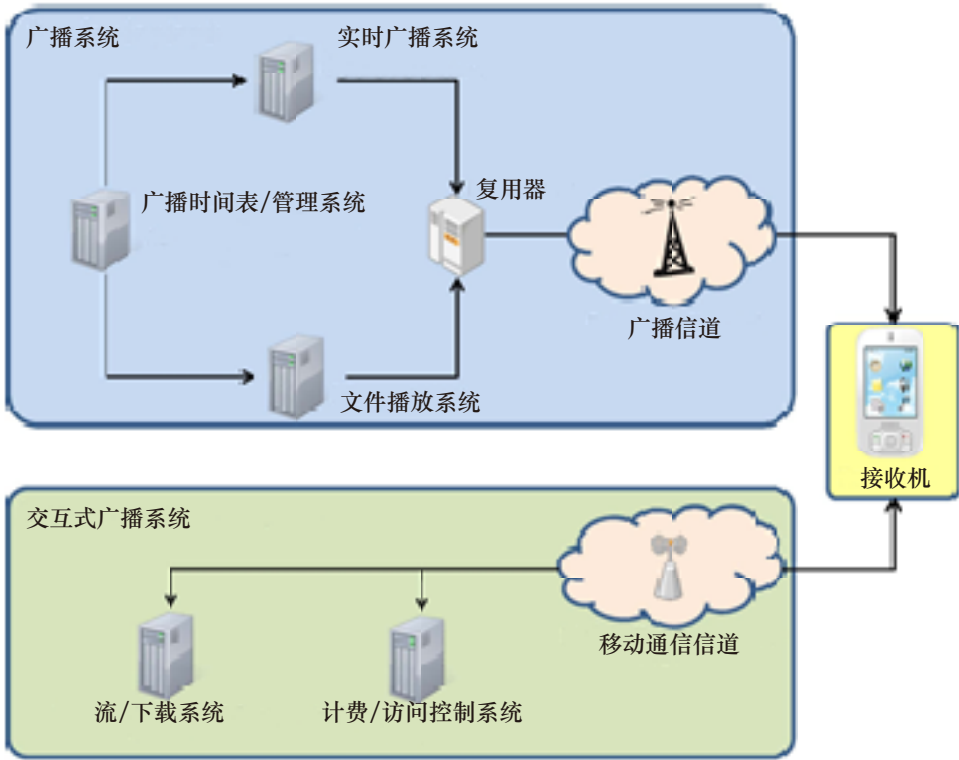


DTTB-09-50

该系统有三种传输模式（模式1、2和3）来促进不同发射频率的使用，对于保护间隔其有四种选择来促进单频网的更好设计。

典型的ISDB-T多媒体广播系统包括三个子系统：广播系统、交互式广播系统和接收机（图9.51）。广播系统具有广播时间表/管理系统、实时广播系统和文件播放系统。实时广播信号和文件播放信号同时复用并发射。典型的接收机类型有：手机、音乐播放器、汽车导航系统、数码相框等。交互式广播系统具有计费/访问控制系统和流/下载系统。流/下载系统能补充移动通信信道上无法通过广播信道接收而缺失的数据。

图9.51
典型的ISDB-T多媒体系统架构



DTTB-09-51

ISDB-T多媒体广播系统使用基本与剩余ISDB-T系列相同的复用架构，即：MPEG-2系统（参见[9.6]、[9.7]）。实时广播内容和/或文件播放内容在此层复用并传输。

图9.52展示了ISDB-T多媒体广播系统的协议栈。实时广播内容在与现存ISDB-T系列相同的协议下传送。文件播放内容通过基于MPEG-2 TS的互联网协议或MPEG-2 TS的DSM-CC部分传送。

图9.52
ISDB-T多媒体广播系统的协议栈

基于IP的应用	文件播放 (1)		实时广播	
	FLUTE / AL-FEC	部分（包括DSM-CC）	PES	
UDP/IP				
ROHC 或ITU-R BT.1869 建议书				
ULE				
MPEG-2 TS				
物理层				

注 1: 文件播放由多媒体系统F支持（参见[9.35]）

DTTB-09-52

图9.53展示了通过IP传送的文件播放内容的传输序列。任何一种文件播放内容（诸如视听剪辑、电子书和报纸）被分为具有额外前向纠错（FEC）数据包的固定长度数据包，用于在RFC 3926（3GPP和3GPP2IP的多播计划）[9.39]中规定的单向传送（FLUTE）协议下进行的文件交付。在使用ROHC U模式（RFC 3095，[9.40]）或ITU-R BT.1869建议书[9.2]中描述的报头压缩方案除去IP报头冗余后，MPEG-2 TS数据包使用如RFC 4326 [9.41]中所规定的单向轻量化封装（ULE）。。

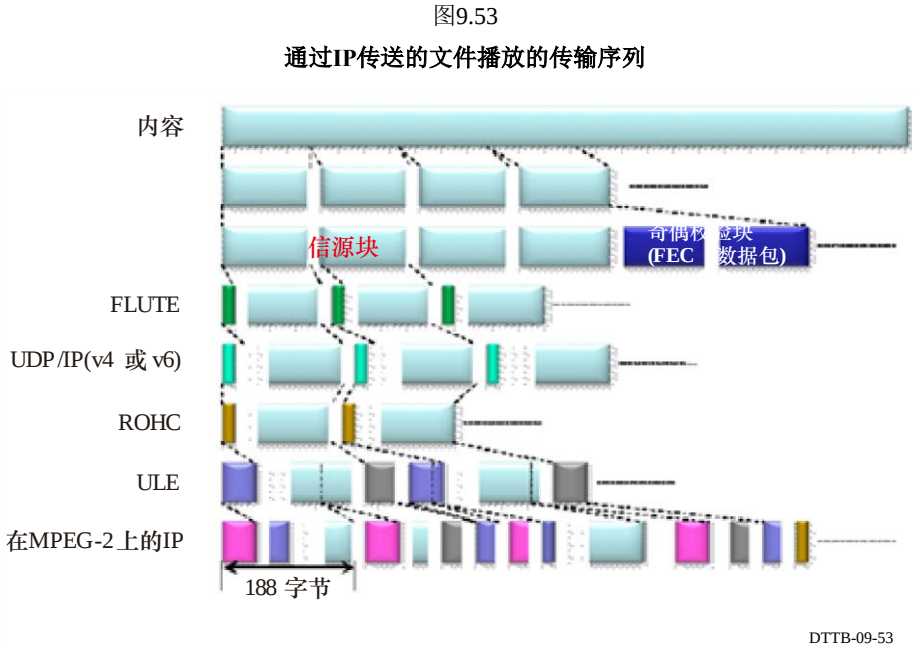
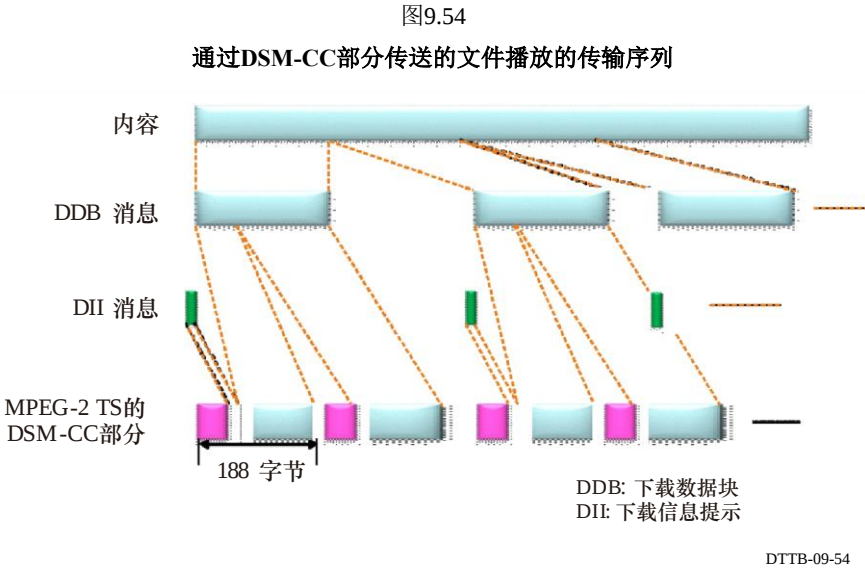


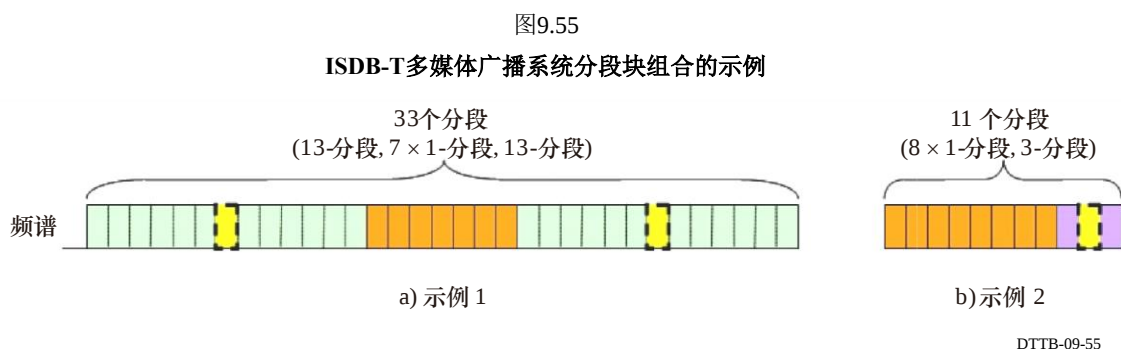
图9.54展示了通过MPEG-2 TS的DSM-CC部分传送的文件播放内容的传输序列。下载来自所需内容的数据块消息以DSM-CC部分的形式传送。



9.5.2 ISDB-T的关键技术及其多媒体广播扩展

频段分割传输。ISDB-T系统采用OFDM调制与射频频段分割BST-OFDM。ISDB-T系统包括13个OFDM分段，每一个都有 $B/14$ MHz的带宽（ B 是地面电视频道的带宽，即6、或8 MHz，取决于区域），因此每个分段占据 $6/14$ MHz（428.57 kHz）、 $7/14$ MHz（500 kHz）或 $8/14$ MHz（71.29 kHz）的带宽。一个或多个分段组成一个分段组。每个分段组OFDM载波调制方案的传输参数、内部纠错码的编码速率和时间交织的长度可以单独规定。一个分段组是一个传送广播业务的基本单元。

分段块的组合。ISDB-T多媒体广播系统的分段数可以根据应用和可用带宽来选择。频谱通过组合1-分段、3-分段和/或13-分段的基本部分而不包括保护频段而形成。图9.55展示了组合不同分段块的传输频谱的示例。



分层级传输和部分接收。该系统最多支持3个层（A、B和C）的分层级传输，并可为这些层的每一层设置传输参数。ISDB-T 13个分段，这些分段被划分并指派给每个层。每层有1至13个分段，但是所有层的总分段数总是为13。例如，当广播公司想为手持式接收机提供单分段业务时，中心分段可以被指派给A层，其他12个分段可被指派给B层或B层和C层。与此相同，手持式接收机只能部分接收中心分段。这被称为部分接收，意味着接收机能选出传输带宽的一部分。部分接收减少了手持式接收机的功率消耗，因为其使用低系统时钟频率。

交织技术。使用以下四种交织技术：

- 字节交织器位于外部和内部编码器之间。其随机化维特比解码器输出的突发错误。
- 位交织器位于卷积编码和映射之间。其在维特比解码之前随机化星座图的符号错误。
- 时间交织器位于映射的输出端。其随机化时间域的突发错误，该错误主要由移动/便携式接收期间的脉冲噪声和衰落造成。
- 频率交织器位于时间交织器的输出端。其随机化频率域的突发错误，该错误主要由多路径干扰、载波干扰等造成。

MPEG-2系统。该系统使用MPEG-2系统来封装数据串，使得同时传输不同类型的数字内容（包括声音、文本和静态图片）成为可能。它与其他使用MPEG-2系统的系统（诸如ISDB-S、ISDB-C、ISDB-T_{SB}和ISDB-T_{mm}）具有通用性和互操作性。在日本，系统为主要电视节目使用MPEG-2视频编码和MPEG-2高级音频编码（AAC），为单分段业务使用MPEG-4高级视频编码（MPEG-4 AVC）。在南美，系统为主要电视节目使用MPEG-4 AVC和MPEG-4 AAC。

ISDB-T的分集接收。为了测试，日本广播公司（NHK）已经开发了一种基于每个载波的最大比组合（MRC）的原型4分支分集接收机。在名古屋地区进行的现场实验以将移动和固定接收的数字地面HDTV广播的覆盖范围与分集接收机的进行比较。以95%的接收率进行估测，对于4分支接收，固定接收轮廓为75dB μ V/m以上的HDTV移动接收确实可行，对于2分支接收，情况为80 dB μ V/m以上。与使用固定接收的那些相比，使用移动车辆获得的结果显示接收的信号呈现显著衰减。这是因为移动接收天线高出地面3米，而固定接收天线10米高；到移动接收天线的直接波更有可能被阻塞。与计算的固定接收场强相比，移动接收的接收场强减少多达15 dB。更多细节请参见ITU-R BT.2139报告[9.94]。

9.5.3 ISDB-T的物理层和链路层

ISDB族使用MPEG-2系统进行复用作为链路层，这意味着它有一个通用的框架传输流接口。对于物理层，取决于传输媒介的调制和纠错是不同的。ISDB-T采用分割的OFDM、卷积码的级联纠错码和里德所罗门码。对于信源编码而言，ISDB族采纳相同的信源编码。

ISDB-T多媒体广播系统的物理层与ISDB-T系列的具有相似性，即：ISDB-T单分段、ISDB-T_{SB}和ISDB-T。系统在分段的使用上具有灵活性。如图9.49所示，通过组合一些不具有保护间隔的13-分段、3-分段和1-分段块，多媒体广播系统的频谱能够效率最大化。因为这些特征，接收机能够解调1-分段块或只解调3-分段或13-分段的中心块，因此用于ISDB-T系列接收机的硬件和软件资源能够被用来使ISDB-T多媒体广播系统的接收机进行移动接收。

9.5.4 ISDB-T的性能

ITU-R BT.1306 [9.33]和ITU-R BT.1368 [9.42]建议书描述了诸如调制、性能、传输参数和最小场强等系统特征。

ITU-R BT.1833 [9.35]建议书描述了单分段业务。

本地和广泛的覆盖区域。ISDB-T多媒体广播系统能通过使用一个发射机覆盖本地区域，或通过使用多个发射机覆盖具有单频网（SFN）的广泛区域。这避免了复杂的频率切换需要。

低功耗。ISDB-T多媒体广播的手持终端能够接收和解码ISDB-T_{SB}信号以及ISDB-T信号的中心分段。这些都为窄带宽，因此手持终端能够使用低时钟频率和低功耗。

灵活的带宽。ISDB-T多媒体广播系统能通过组合多个与指派射频信道一致的基本分段块来调试其带宽。

一个分段的多个节目。多个节目可在一个分段上传输。例如，当传输参数为QPSK调制、纠错（FEC）编码速率为2/3、保护间隔比率为1/8，10个音频节目（32 kbit/s/节目）或2个5.1环绕音频节目（160 kbit/s/节目）能够在一个分段上传输。此外，多个广播供应商能够同时在一个分段传输节目。

9.5.5 系统参数概述

表9.41概括了ISDB系统的特征（参见ITU-R BT.2295-1 [9.43]报告）。

表9.41

ISDB系统的关键特征

特征	ISDB-T系列
接收模式： — 固定 — 便携 — 便携式手持 — 移动	+ + + +
净数据速率	n × a) 0.281 至 1.787 Mbit/s b) 0.328至2.085 Mbit/s c) 0.374至2.383 Mbit/s
频谱效率 (bit/s/Hz)	0.66-4.17
单频网	支持
广播类型： — 声音 — 多媒体 — 电视	+ + +
数据传输/业务类型	视频、音频、数据
频段	VHF、UHF
信道带宽	$1/14 \times n$ 的 a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz $n \geq 1$ ¹
所用带宽	子载波间距 + $1/14 \times n \times$ a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz $n \geq 1$ ¹
分段数	$n \geq 1$ ¹
每分段子载波数	108 (模式1) 216 (模式2) 432 (模式 3)
子载波间距	a) 3.968 kHz (模式1) ² 、1.984 kHz (模式2)、0.992 kHz (模式3) b) 4.629 kHz (模式1)、2.314 kHz (模式 2)、1.157 kHz (模式 3) c) 5.291 kHz (模式 1)、2.645 kHz (模式 2)、1.322 kHz (模式 3)
活跃符号持续时间	a) 252 μs (模式 1) ² 、504 μs (模式 2)、1 008 μs (模式 3) b) 216 μs (模式 1)、432 μs (模式 2)、864 μs (模式 3) c) 189 μs (模式 1)、378 μs (模式 2)、756 μs (模式 3)
保护间隔持续时间/比率	1/32、1/16、1/8、1/4
帧持续时间	204 OFDM符号
时间/频率同步	导频载波
调制方法	DQPSK、QPSK、16-QAM、64-QAM
内部前向纠错	卷积码、64态1/2母编码速率。删余率 2/3、3/4、5/6、7/8

表9.42（结束）

条目	移动接收			手持式接收（室外）			固定接收		
接收机噪声带宽（单分段）（kHz）	429	429	429	429	429	429	429	429	429
接收机热噪声功率（dBm）	-112.7	-112.7	-112.7	-112.7	-112.7	-112.7	-112.7	-112.7	-112.7
外部噪声功率（dBm）	-98.1	-98.1	-98.1	-115.1	-115.1	-115.1	-99.1	-99.1	-99.1
接收机总噪声功率（dBm）	-97.9	-97.9	-97.9	-110.7	-110.7	-110.7	-98.9	-98.9	-98.9
接收机内部终端电压（dBμV）	29.2	30.9	34.5	16.4	18.1	21.7	19.8	21.5	26.4
接收天线增益（dBi）	-3	-3	-3	-20	-20	-20	-3	-3	-3
有效天线长度（dB）	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
馈线损耗、设备插入损耗（dB）	1	1	1	1	1	1	2	2	2
最小场强（dBμV/m）	39.5	41.2	44.8	43.7	45.4	49.0	31.1	32.8	37.7
时间可用性改变的纠正因子（dB）	0	0	0	0	0	0	6	6	6
覆盖纠正因子（中值变量纠正）（dB）	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	0	0	0
所需的场强（h2=1.5m）（dBμV/m）	44.3	46.0	49.6	48.5	50.2	53.8			
接收高度纠正因子（从1.5 m 至 4m）（dB）	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3			
所需的场强（h2=4 m）（dBμV/m）	46.6	48.3	51.9	50.8	52.5	56.1	37.1	38.8	43.7
从单分段信号变为三分段信号的转换因子（dB）	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
三分段信号（h2=4 m）要求的场强（dBμV/m）	51.4	53.1	56.7	55.6	57.3	60.9	41.9	43.6	48.5

9.5.7 ISDB系统的可行性使用示例

下述为ISDB-T应用的典型示例（也可参见图9.56）：

- **高清电视节目：**观众能享受16×9纵横比的高品质图像以及CD音质声音。ISDB-T也支持5.1多信道环绕音频。
- **多个标准分辨率电视节目：**最多能在一个单一信道内传输8个标准分辨率电视节目。
- **EPG（电子节目指南）：**电子节目指南使观众能指定电视节目，并进行电视目录制注册。
- **数据广播：**数据广播通过远程控制的观众互动式操作提供所需的信息。其提供新闻、交通状况、天气预报、食谱、观光指南和教育类游戏的接入。
- **互联网接入：**所有的ISDB-T电视接收机能够被连接至互联网以接入额外的信息。最新的接收机还支持IPTV。
- **高清电视移动接收：**通过ISDB-T，能在移动接收机上观看高清电视节目广播。现在市场上还有几种类型的车辆接收机。

— **单分段业务：用于手持式/便携式接收机的电视业务：**用于手机或便携式电视接收机的单分段电视业务是可用的。具有单分段业务的手机还能通过其通信功能接收数据。对于这种接收，正在研究通过通信网络获得的组合数据广播和信息的新型网络连接数据。单分段业务还能够通过配置自动开机功能，来从早期预警广播系统（EWBS）中接收灾难预警。

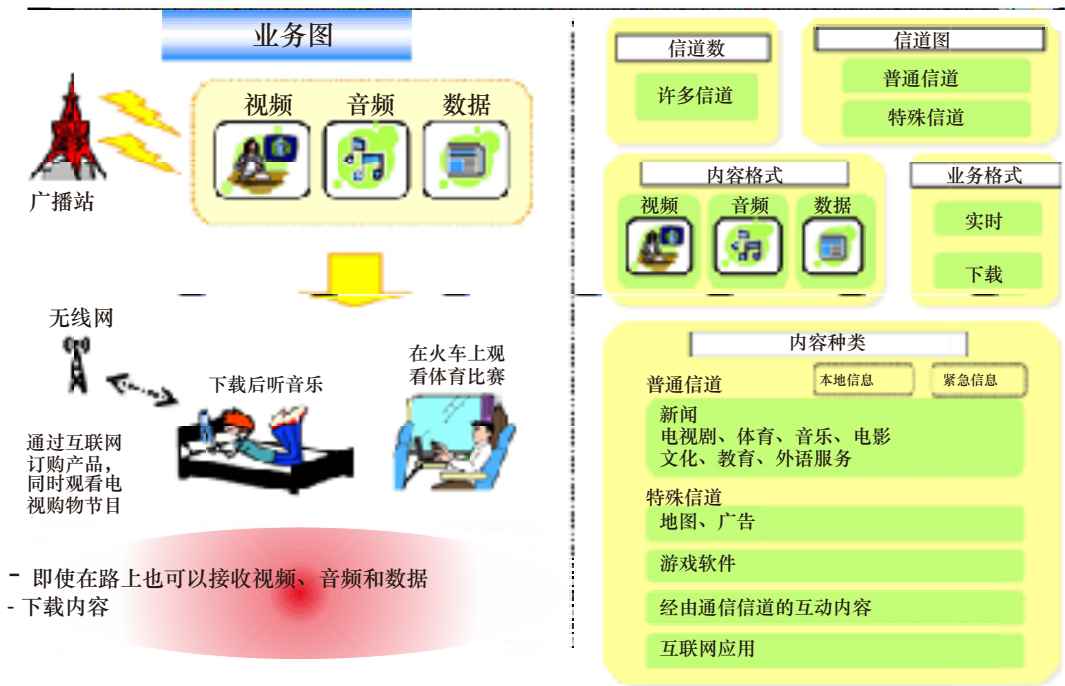
图9.56
典型的ISDB-T应用



DTTB-09-56

图9.51展示了ISDB-T多媒体广播的业务图。不同的视频、音频和数据能够被传输至移动/手持终端。人们能够随时随地在线听音乐或下载。此外，人们能够通过系统的无线通信能力接入互联网。

图9.57
ISDB-T多媒体广播的业务图



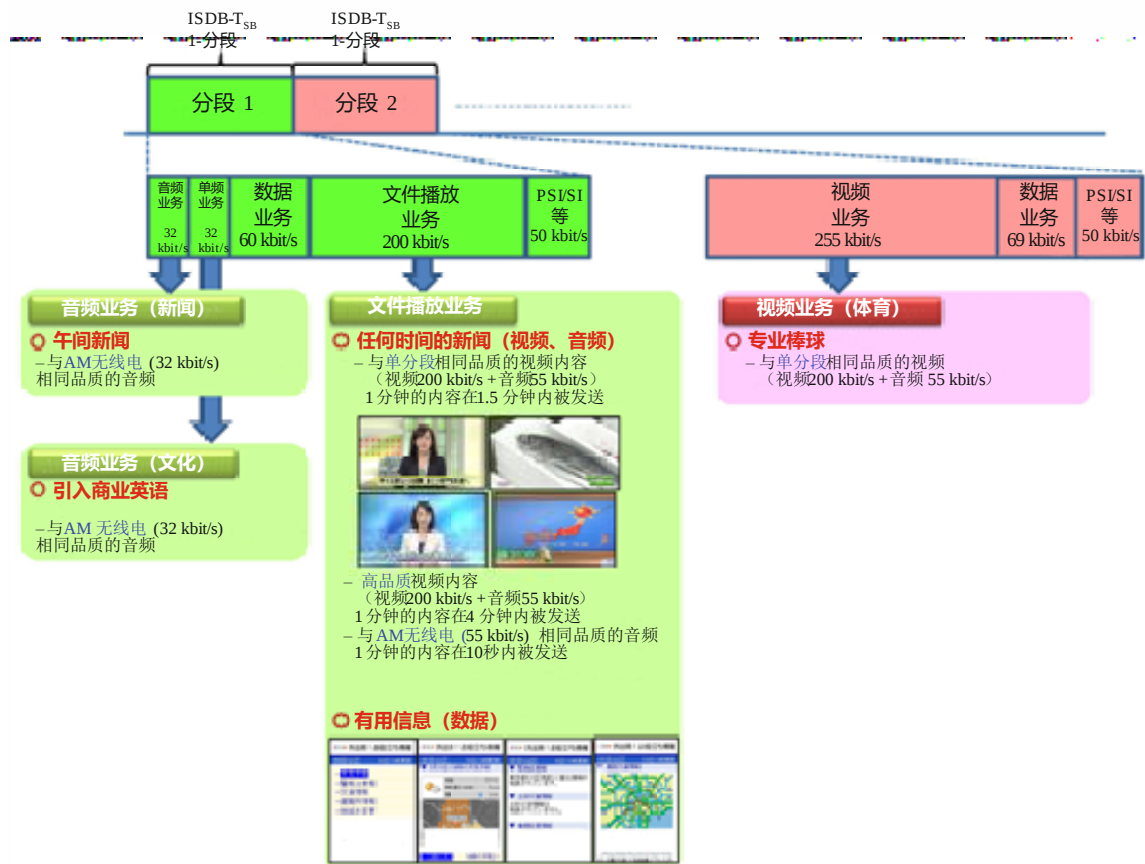
DTTB-09-57

在多媒体广播系统中由ISDB-T分段所提供的独特优势使得下列用于手持终端的业务成为可能。

9.5.8 1-分段或3-分段业务示例

业务示例。图9.58展示了1-分段业务示例。具有数据、文件播放和PSI/SI的不同音频业务在分段1中复用。PSI/SI包括两种电子节目指南（EPG），用于音频业务的EPG和用于文件播放业务的EPG。音频业务与AM无线电节目（32 kbit/s）具有相同的品质。最新的新闻、天气预报等通过文件播放业务传输。另一方面，分段2可被用来传输与单分段业务品质相同的视频业务。

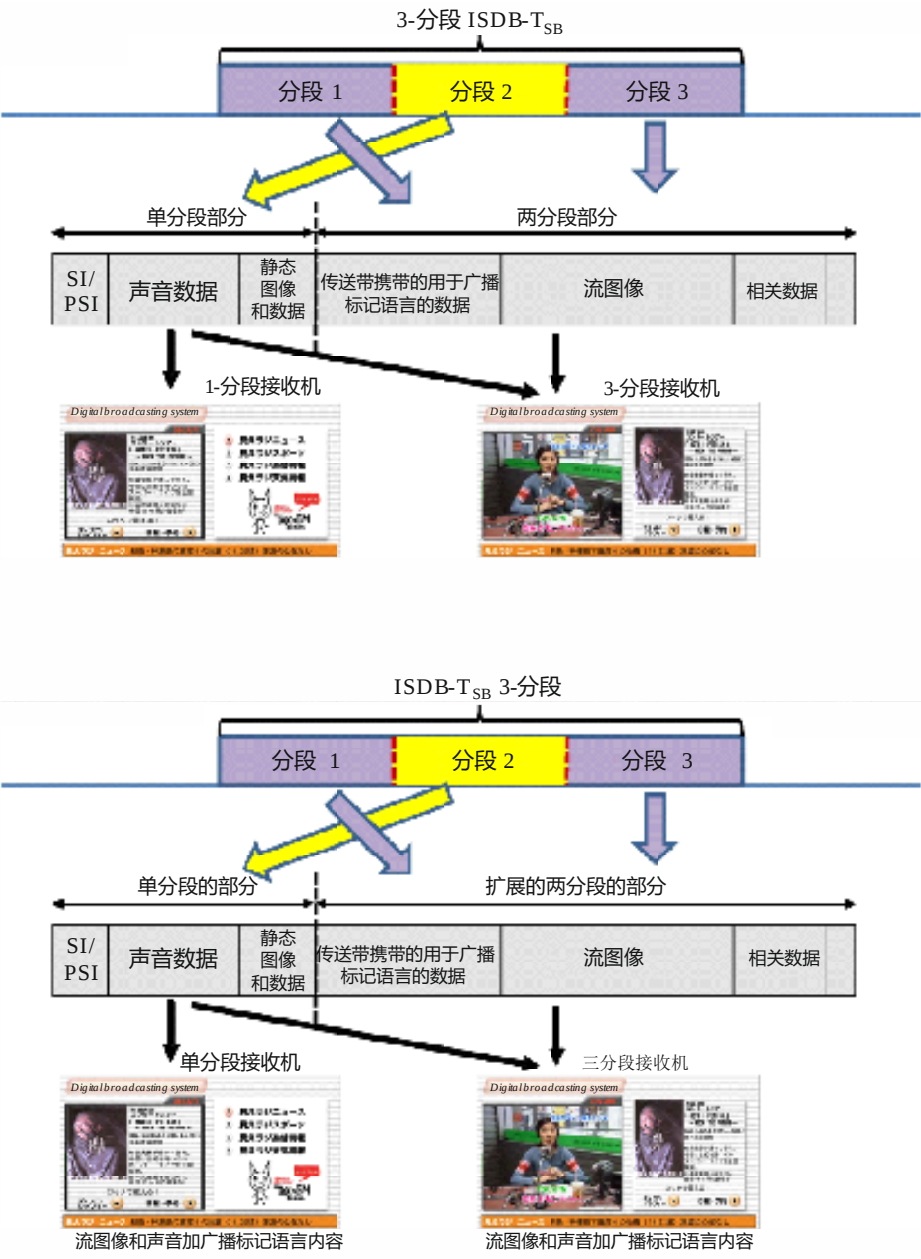
图9.58
1-分段业务示例



DTTB-09-58

1-分段接收机和3-分段接收机。图9.59展示了1-分段接收机和3-分段接收机显示的视觉内容差异的示例。在此示例中，ISDB-T_{SB} (3-分段) 的节目由声音数据、流图像、PSI/SI和其他数据构成。声音数据、静态图像和PSI/SI在分段2中传输。传送带、流图像和相关数据携带的广播标记语言 (BML) 中与内容相关的数据在分段1和分段3中传输。一个1-分段接收机能接收声音和静态图片/数据 (图9.59的上半部分显示)，而一个3-分段接收机能接收流图像、声音和广播标记语言内容 (图9.59的下半部分显示)。

图9.59
3-分段接收机和1-分段接收机之间的关系



DTTB-09-59

用于连接至通信网络的手持式接收机的互动式广播业务。互动式应用对于手持式接收机也很重要。图9.60展示了使用由电信网络提供的互动式功能的示例。在本例中，事件菜单、电影信息和电影演出的时间表通过使用传送带传输发送的广播标记语言内容来展示。此外，票务预订通过通信网络完成。

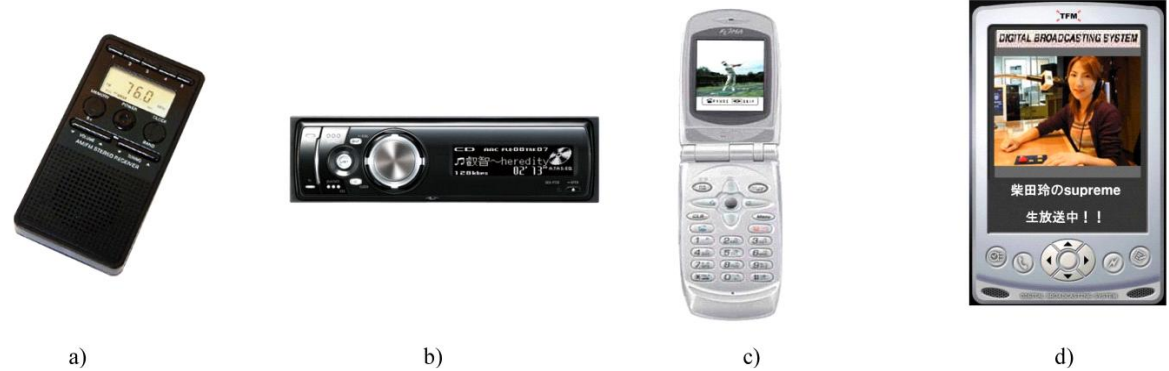
图9.60
使用通信网络的交互式广播应用示例



DTTB-09-60

便携和移动式接收机的几种类型。图9.61展示了典型的接收机的图像及关于他们的简要解释。

图9.61
一些接收机的类型



DTTB-09-61

- a) 简单的口袋收音机：只接收声音。
- b) 具有简化的显示几行字符性能的袖珍收音机/车载收音机。
- c) 手机。
- d) 个人数字助手（PDA）。

本手册还考虑了三种其他类型的接收机。

- a) 用于车辆音频系统的5.1-信道环绕立体声接收机。
- b) 用于高保真立体环绕系统的固定数字声音接收机。
- c) PCMCIA（PC机内存卡国际联合会）卡接收机，用于开放式设备，如PDA和笔记本电脑。

9.5.9 1-分段或3-分段业务示例

文件播放和实时广播的组合是一种典型业务。图9.62和9.63展示了文件播放和实时广播的示例。

图9.62
文件播放示例



DTTB-09-62

图9.63
多信道实时广播示例



DTTB-09-63

如果掌上接收机能够接收ISDB-T多媒体广播，其用户友好型导航可以帮助用户访问实时广播业务并存储文件播放提供的的数据。图9.64展示了文件播放业务的示例。该图左边和右边的图片分别指出用户接入数据的下载百分比和导航说明。

图9.64

掌上接收机的文件播放业务示例



DTTB-09-64

图9.65展示了一个节目的排列示例。ISDB-T多媒体广播能提供丰富的内容，从新闻、体育、电影到音乐、小说、股票价格和游戏。

图9.65

节目排列示例



DTTB-09-65

9.6 DTMB和DTMB-A

DTMB（数字电视地面多媒体广播）由中华人民共和国国家标准化管理委员会制定和批准，成为GB20600-2006“数字电视地面广播系统的成帧结构、信道编码和调制”[9.45]。

DTMB系统被设计来提供用于所有固定、便携、移动和手持式接收机的可靠和高性能的视频、声音及数据广播业务。由于采用了时域同步OFDM（TDS-OFDM）、组合低密度奇偶校验（LDPC）码和BCH码的级联纠错码等技术，DTMB系统具有高频谱效率、广覆盖、高移动性和强抗多径接口等优点。

DTMB系统有很多传输参数，诸如星座图模式、保护间隔持续时间、内部信道编码等的组合。由于DTMB支持的数据接口具有灵活性，因此能传输所有带有TS结构的数据串（包括MPEG-2、MPEG-4/H.264、AVS和DRA等），转换之后也能支持其他数据结构。DTMB标准能支持用于高清电视（HDTV）、标准分辨率电视（SDTV）或多媒体数据广播业务的固定或者移动以及室内/室外接收。中国使用的DTMB系统带宽为8 MHz。DTMB还能支持6 MHz和7 MHz带宽，因此DTMB可在不同国家的不同带宽模式下使用。本节的数据和图都展示8 MHz信道带宽的系统。

最近，DTMB更新了一种有效的变体 – DTMB-Advanced（DTMB-A），它是[9.33]中的系统E。相应的国家标准是中国标准GD/J068-2015 “高级数字电视/地面多媒体广播（DTMB-A）的帧结构、信道编码和调制” [9.46]。由于具有高级的纠错、交织和星座图映射方法，该变体在噪声和抗干扰性方面相较于DTMB系统更高效。这些增强将系统的可能性扩展至高清电视和数据广播，使其能在单频和多频网中运行。

[9.162]中提供了中国的DTTB介绍的额外信息。

9.6.1 架构模型

图9.66提供了DTMB系统使用的协议栈示例。在物理媒介中用于视听信息传输的基本协议为MPEG-2传送流。

图9.66
DTMB协议栈示例

应用 (再制作、录制等)					
MPEG-4 AVC	MPEG-2 视频	MPEG 音频	AC-3, DTS	字幕、图文	EPG, ESG
				PSI	SI
PES MPEG-2				MPEG-2 部分	
传送流					
DTMB 的物理层 (LPDC, M-QAM 等.)					

DTTB-09-66

DTMB标准支持的比特率范围（即：系统有效载荷数据速率）从4.813 Mbit/s至32.486 Mbit/s。了解用于频率/网络规划的不同业务所需的比特率是很重要的，因为视频质量取决于压缩算法、压缩率、压缩级级联数和数据速率，而数据速率的选择应基于对整个捕捉、录制、编辑和调制链的综合考虑。

第3章中描述了不同图像质量标准和视频、音频编码标准的典型比特率。

DTMB-A支持每广播信道更高的比特率（在8 MHz信道中可达49.31 Mbit/s），同时，每个信道具有一个或多个管道用于可变编码和调制（VCM）模式的实施。对于业务的区分化保护为不同类型的业务（从固定接收到移动电视）提供了更好的信道利用效率。其还改善了每信道的电视或多媒体节目数量的系统性能，以及传输内容（取决于所需的系统权衡）的视听质量。

9.6.2 DTMB/DTMB-A的关键技术

与其他数字地面广播标准相比，DTMB采纳了下述关键技术来改善系统性能：

伪随机噪声码帧头。为了实现系统同步、信道估测和均衡，特别设计了伪随机噪声码（PN）序列作为保护间隔插入DTMB系统。通过使用PN序列，接收机能够实现快速和高鲁棒性的同步以及高效的信道估测。频域均衡也很简单。PN帧头也可以用作时域均衡器中的训练序列。由于数据帧体中没有导频，DTMB系统的频谱效率也有所提高。

使用PN序列的具体优势及特征如下所述：

- 作为保护间隔插入的PN序列能被用来实现系统同步和信道估测/均衡。因此不需要导频且频谱效率会提高。
- PN序列用扩频技术传输：完美的自相关和扩频增益可以使同步更加健壮。另一方面，在时域中体现相关，可以使同步更快。
- 受益于已知的PN序列的自相关和随机性，DTMB系统的信道估测只与当前帧相关。因此满足高速移动接收的要求将会变得容易。
- PN序列在接收机处是已知的，所以在理论上可以通过在同步和信道估测之后的相关操作来消除从PN序列到帧体的干扰。此过程后，能够获得具有零填充的OFDM信号的相同帧体信号。理论上已证明，零填充的保护间隔的系统性能与相同信道条件下循环延长保护间隔的系统性能是相同的。

DTMB-A超帧包括用于快速信号采集、粗糙时间同步和载波频率偏移估测的特定同步信道。导频信息通过DBPSK方法在具有两个循环前缀的一个OFDM符号中传输。

高级信道编码：用于DTMB标准的外部码和内部码分别为BCH码和LDPC码。LDPC码的码字长度为7488位。系统有三种前向纠错编码速率（BCH+LDPC），即：0.4（7488、3008）、0.6（7488、4512）和0.8（7488、6016）。0.4编码速率具有最高的冗余及最可靠的传输。该模式应被应用于强干扰信道。另一方面，0.8编码速率有低冗余和低误码保护性能。0.6编码速率为折衷之选。

外部BCH码可以促进编码速率适配并降低系统的误差。实验测试发现，DTMB系统的误差小于 1×10^{-12} 。

DTMB-A误码保护也基于LDPC/BCH，但是其具有不同的编码帧长度（短帧编码的帧长度为15 360位，长的为61 440位）。编码速率的可能变量为1/2（30 720、30 512）、2/3（40 960、40 752）和5/6（51 200、50 992），最多纠错13个错误位。

系统信息保护：系统信息是信号帧的重要部分，其在帧体符号中发射。每个信号帧包括36个系统信息符号，用来提供必要的解调和解码信息，这些信息包括星座图映射模式、LDPC速率和子载波选项（单载波或多载波）。通过自动使用系统信息，接收机能识别系统模式。

在DTMB系统中，使用沃尔什编码扩频技术传输系统信息，以确保在恶劣的信道条件下能可靠地恢复系统信息。

DTMB-A系统使用2/3LDPC编码速率来保护特殊系统帧描述信道，用QPSK映射来改善鲁棒性。

9.6.3 DTMB的物理层

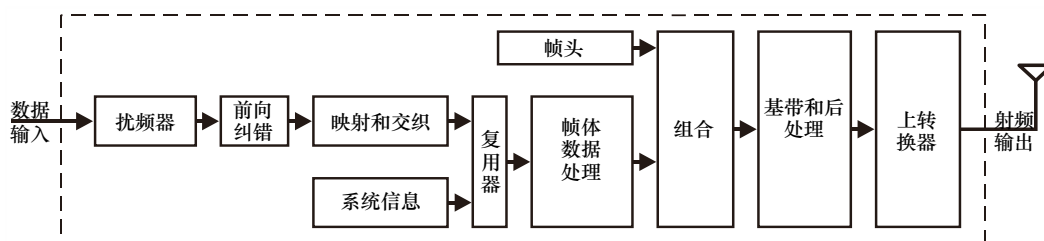
在DTMB中，下述基带处理将被用来连续输入数据串：

- 干扰
- 前向纠错
- 星座图映射
- 交织
- 基本数据块和系统信息的复用
- 组合帧体和帧头来构建信号帧
- 利用基带后处理生成基带信号。

经过这些处理，基带信号将被上变频成UHF或VHF频段中的射频信号。DTMB传输系统的方框图如图9.67。

图9.67

DTMB传输系统的方框图



DTTB-09-67

由于该系统被设计用于数字地面电视业务，以在现有的VHF和UHF频谱分配中进行模拟传输，所以要求系统提供足够的保护，应对来自现有的模拟电视业务的高水平同频信道干扰（CCI）和相邻信道干扰（ACI）。

9.6.4 DTMB的性能

总而言之，DTMB系统可选择下述参数：

- 辐射载波数量：
 - DTMB：1个载波或3 780个载波；
 - DTMB-A：4 096、8 192或32 768个载波。
- DTMB-A峰值平均功率比（PAPR）减少：作为选项的APSK星座图的特殊活动星座图扩展（ACE）。
- 内部信道编码前向纠错编码速率：
 - DTMB：0.4: 3009/7488、0.6: 4512/7488、0.8: 6016/7488；
 - DTMB-A：1/2、2/3和5/6。
- 星座图模式：
 - DTMB：64QAM：6 bits/Hz，32QAM：5 bits/Hz，16QAM：4 bits/Hz，4QAM：2 bits/Hz和4QAM-NR：1 bit/Hz；
 - DTMB-A（针对每个业务信道）：QPSK：2 bits/Hz，16APSK：4 bits/Hz，64APSK：6 bits/Hz，256APSK：8 bits/Hz。
- DTMB-A调制符号滚降因子：0.05和0.025。

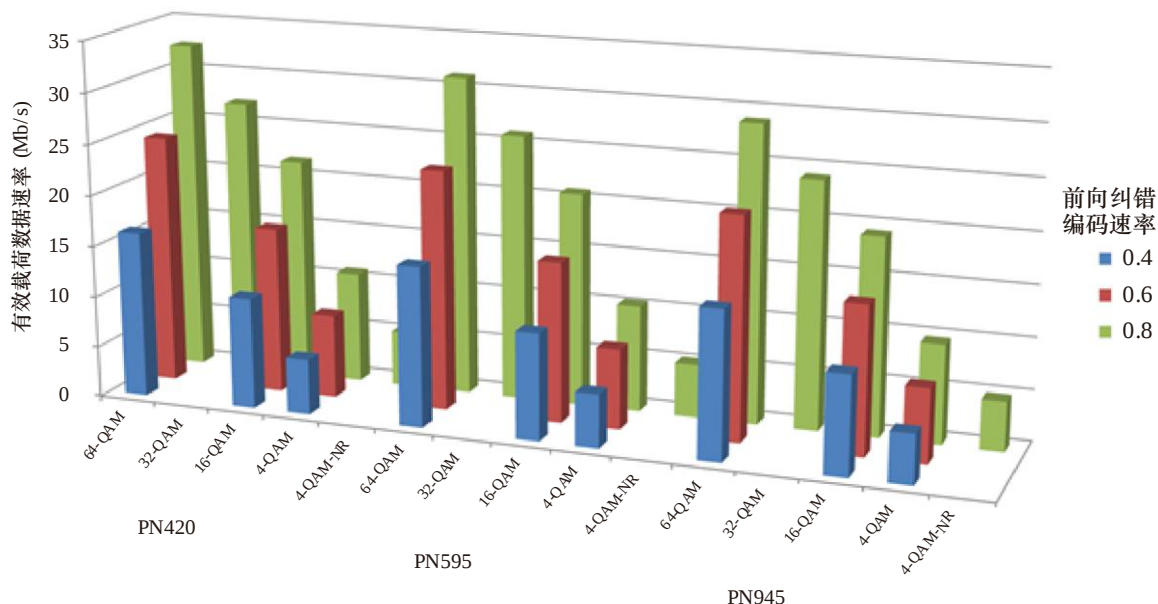
- 保护间隔持续时间：
 - DTMB: 1/9: 55.6 μ s, 1/6: 78.7 μ s, 1/4: 125 μ s;
 - DTMB-A: 1/128、1/64、1/32、1/16、1/8和1/4（取决于OFDM模式和滚降因子，更多详情请参见[9.33]）。
- 整体符号（信号帧）持续时间：
 - DTMB: 555.6 μ s、578.7 μ s、625 μ s;
 - DTMB-A: 610-4467 μ s（更多详情请参见[9.33]）。
- DTMB系统帧头：420、595、945 μ s。
- DTMB时域交织深度：240、720。
- DTMB-A特定交织：位交织和位置换、调制符号交织、用于特定服务信道的时域交织。
- DTMB-A灵活性：DTMB-A使用扩展帧概念。扩展帧可以用作空信号或用于上行链路业务。
- DTMB-A发射分集：单或双天线模式可能进一步改善接收机性能。DTMB-A在空频域中使用带有Alamouti编码的可选2 $\times$ 1 MISO配置。

这些参数可能会根据要求组合以在TDMB网络中的抗干扰性和净比特率之间实现所需的折衷。

DTMB标准中使用5种不同的星座图模式以应对不同的传输要求，即：64-QAM、32-QAM、16-QAM、4-QAM和4-QAM-NR，每个星座图符号分别为6位、5位、4位、2位和1位。对于4-QAM-NR映射（等效于4-QAM模式），在4-QAM映射之前采用NR编码。与给定帧头模式和前向纠错编码速率的4-QAM星座图模式相比，4-QAM-NR的有效载荷数据速率是其一半，16-QAM是其两倍，64-QAM为其三倍。对于给定的前向纠错编码速率和相同的信道条件，4-QAM的抗干扰性能最优，而64-QAM的最差。图9.68给出了用于所有模式的DTMB系统的有效载荷速率。

图9.68

DTMB系统的有效载荷数据速率



用于DTMB-A的星座图基于QPSK和M-PSK映射 ($M = 16, 64, 256$)，具有针对每个单独子信道（管道）选择不同M值的可能性。这种操作被称为变量编码（VCM）和调制，被用于不同业务的差异化传输。用于调制的标准模式（没有差异化传输）在常规编码和调制（CCM）中是可能的。

0.4前向纠错编码速率具有最大的冗余和最佳的传输可靠性。该模式适合强烈干扰信道。另一方面，0.8前向纠错编码速率具有最小的冗余和最低的误码保护性能。相同的概念也适用于DTMB-A中的LDPC率。总体来说，DTMB-A提供比DTMB更好的错误性能，但是系统算法和硬件所需的复杂性也提高了。

在DTMB系统中，帧头使用PN序列，因此可被用于快速同步和高效信道估测/均衡。用于多路径信道的帧头长度有三种选择。更长的系统帧头可以帮助处理更长的回波，但会降低系统的有效载荷数据速率。较长的系统帧头适合于大范围的单频网操作。

DTMB-A系统的超帧因为有特定的帧头（称为同步信道）而比DTMB的结构更复杂。这种复杂性的目的是增加接收机同步准确性并为在射频信道内识别和发现DTMB-A信道提供额外的方法。在同步信道中，DBPSK调制之后的两种特定PN序列在时域转换。这种方法增加了接收机的可靠性。

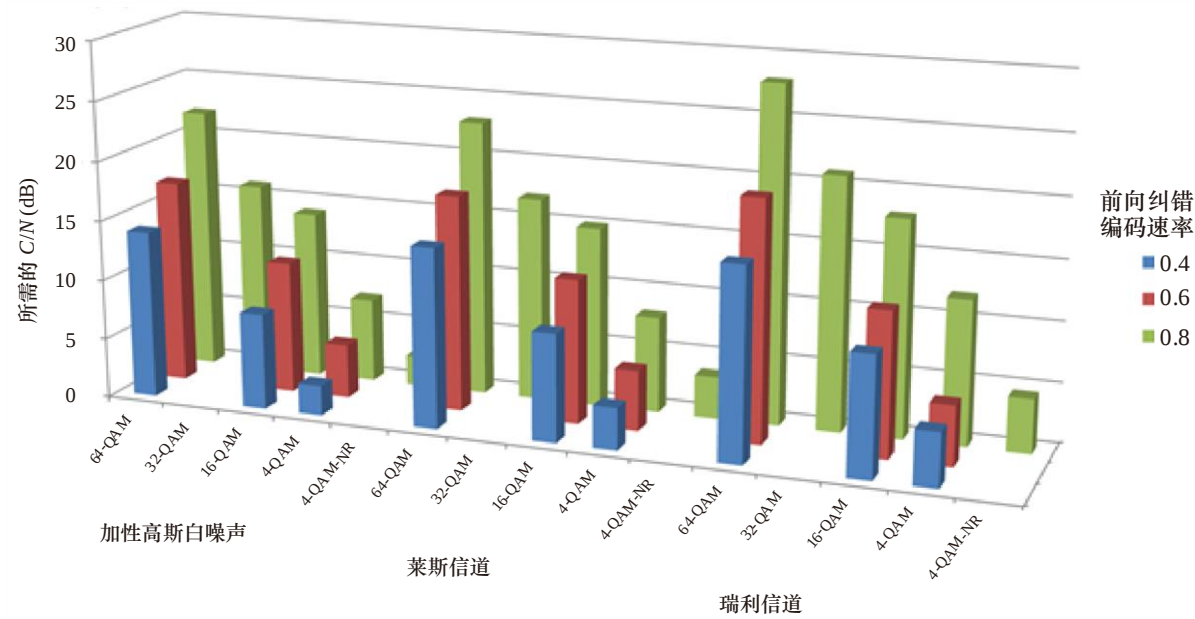
时域交织旨在改善抗冲击干扰能力。时域符号交织跨越多重数据符号块。基于星座图符号的卷积交织用于时域交织。对于具有不同交织深度参数M（基本延迟模块的缓冲器大小）的时域交织有两种模式，相同的交织分支B的数量为52。M=720的模式用于长交织，而M=240用于短交织。长交织模式适用于大规模突发性传输错误。而严重的脉冲干扰或多路径衰减将造成大规模突发性传输错误。

由于长数据块和频率/时变信道条件下可靠数据传输的必要性，DTMB-A中的交织级更复杂。有三种交织级 – 前向纠错编码后的位交织和置换、调制的QPSK或M-APSK符号的符号内和符号间交织以及单业务和多业务模式下用于管道生成的时间交织。

DTMB和DTMB-A系统在加性高斯白噪声（AWGN）信道和多路径衰减信道中都有较好的接收性能，这在复杂的多路径情况和单频网中可以发现。

图9.69和表9.43阐明了在加性高斯白噪声、莱斯和瑞利信道下DTMB的C/N阈值。表9.44展示了在相同的三个信道中DTMB-A的C/N阈值。用于推导出这些数字的莱斯信道在表9.45中给出，瑞利信道在表9.46中给出。

图9.69
DTMB系统的C/N阈值



DTTB-09-69

表9.43
DTMB系统的C/N阈值

星座图	前向纠错编码速率	C/N阈值(dB)		
		加性高斯白噪声	莱斯信道	瑞利信道
4QAM	0.4	2.5	3.5	4.5
16QAM	0.4	8.0	9.0	10.0
64QAM	0.4	14.0	15.0	16.0
4QAM	0.6	4.5	5.0	7.0
16QAM	0.6	11.0	12.0	14.0
64QAM	0.6	17.0	18.0	20.0
4QAM-NR	0.8	2.5	3.5	4.5
4QAM	0.8	7.0	8.0	12.0
16QAM	0.8	14.0	15.0	18.0
32QAM	0.8	16.0	17.0	21.0
64QAM	0.8	22.0	23.0	28.0

表9.44

DTMB-A系统的C/N阈值

星座图	前向纠错 线速率	载波数	LDPC 长度	吞吐量(Mbit/s)	载波噪声阈值(dB)		
					加性高斯 白噪声	莱斯信道	瑞利信道
QPSK	1/2	4K	61440	6.66	1.2	1.6	3.7
64APSK	2/3	4K	61440	26.69	13.3	14.1	16.8
64APSK	2/3	4K	15360	26.69	13.7	14.4	17.1
256APSK	2/3	32K	61440	39.41	17.9	18.2	21.2
256APSK	5/6	32K	61440	49.31	22.4	22.8	27.4

表9.45

用于DTMB系统的莱斯信道模型

路径	相对振幅 (dB)	延迟 (μs)	相位 (度)
主要路径	0	0	0
回波1	-19.2	0.518650	336.0
回波2	-36.2	1.003019	278.2
回波3	-26.4	5.422091	195.9
回波4	-21.8	2.751772	127.0
回波5	-23.1	0.602895	215.3
回波6	-35.6	1.016585	311.1
回波7	-27.9	0.143556	226.4
回波8	-26.1	3.324886	330.9
回波9	-19.3	1.935570	8.8
回波10	-22.0	0.429948	339.7
回波11	-20.5	3.228872	174.9
回波12	-23.0	0.848831	36.0
回波13	-24.3	0.073883	122.0
回波14	-26.7	0.203952	63.0
回波15	-27.9	0.194207	198.4
回波16	-23.8	0.924450	210.0
回波17	-30.1	1.381320	162.4
回波18	-24.5	0.640512	191.0
回波19	-23.1	1.368671	22.6

表9.46

用于DTMB系统的瑞利信道模型

路径	相对振幅 (dB)	延迟 (μ s)	相位 (度)
1	-7.8	0.518650	336.0
2	-24.8	1.003019	278.2
3	-15.0	5.422091	195.9
4	-10.4	2.751772	127.0
5	-11.7	0.602895	215.3
6	-24.2	1.016585	311.1
7	-16.5	0.143556	226.4
8	-25.8	0.153832	62.7
9	-14.7	3.324886	330.9
10	-7.9	1.935570	8.8
11	-10.6	0.429948	339.7
12	-9.1	3.228872	174.9
13	-11.6	0.848831	36.0
14	-12.9	0.073883	122.0
15	-15.3	0.203952	63.0
16	-16.5	0.194207	198.4
17	-12.4	0.924450	210.0
18	-18.7	1.381320	162.4
19	-13.1	0.640512	191.0
20	-11.7	1.368671	22.6

对于移动接收，在映射模式和前向纠错编码速率之间的选择取决于具有多普勒频移的动态多路径信道的系统性能。表9.47展示了用于DTMB系统的星座图映射模式和前向纠错编码速率的组合所需的，在动态信道中的C/N和对应的多普勒频移，其中当多普勒频率为70 Hz时， $(C/N)_{\min}$ 是用于正常接收的最小C/N，当C/N比 $(C/N)_{\min}$ 高3 dB时，对应的多普勒频率是用于正常接收的最大多普勒频率。动态信道模型在表9.48中给出。

表9.47

动态信道中DTMB系统的性能

星座图	前向纠错编码速率	$f_d = 70$ Hz $(C/N)_{\min}$ (dB)	$(C/N)_{\min} + 3$ dB的 f_d (Hz)	$(C/N)_{\min} + 3$ dB的速度 (km/h)			
				65 MHz	200 MHz	500 MHz	700 MHz
4-QAM	0.4	6	62	2692	875	350	250
16-QAM	0.4	12	134	2226	724	290	207
4-QAM	0.6	10	148	2459	799	320	228
16-QAM	0.6	17	116	1927	626	251	179
4-QAM-NR	0.8	6	162	2692	875	350	250
4-QAM	0.8	14	123	2044	664	266	190

表9.48

用于DTMB系统的动态信道模型

Taps	增益(dB)	延迟 (μs)	多普勒类型
1	-3	0	莱斯
2	0	0.2	莱斯
3	-2	0.5	莱斯
4	-6	1.6	莱斯
5	-8	2.3	莱斯
6	-10	5.0	莱斯

DTMB-A性能：对于不同调制（QPSK、M-APSK）和信道编码（1/2、2/3、5/6）之间的组合，DTMB-A的加性高斯白噪声信道所需的C/N比在0.62-21.08 dB的范围内。这些值用于BER=1×10⁻⁵和7.56 MHz系统带宽。关于DTMB-A性能的额外信息在“DTMB演进系统现场测试报告”[9.47]中给出。

9.6.5 系统参数概述

表9.49概括了DTMB系统的特征（也可参见[9.43]）。表9.50概括了DTMB-A系统的特征。

表9.49

DTMB系统的关键特征

特征	DTMB
接收模式： - 固定 - 便携 - 便携式手持 - 移动	+ + + +
净数据速率	取决于调制、编码和帧头： a) 3.610-24.436 Mbit/s b) 4.211-28.426 Mbit/s c) 4.813-32.486 Mbit/s
频谱效率（bit/s/Hz）	0.64-4.30
单频网	支持
广播类型： - 声音 - 多媒体 - 电视	+ +
数据传输/业务类型	视频、音频、数据
频段	VHF、UHF
信道带宽	a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz
所用带宽	a) 5.67 MHz b) 6.62 MHz c) 7.56 MHz
分段数	1
每分段子载波数	1（单载波模式），3 780（多载波模式）

表9.49（结束）

特征	DTMB
子载波间距	多载波模式： a) 1.5 kHz b) 1.75 kHz c) 2.0 kHz
活跃符号持续时间	a) 0.176 μ s（单载波模式） 666.67 μ s（多载波模式） b) 0.151 μ s（单载波模式） 571.43 μ s（多载波模式） c) 0.132 μ s（单载波模式） 500 μ s（多载波模式）
保护间隔持续时间/比	帧体的1/9、1/6、1/4帧头： a) 74.07、104.94、166.67 μ s b) 63.49、89.95、142.86 μ s c) 55.56、78.70、125.00 μ s
帧持续时间	a) 740.74、771.60、833.33 μ s b) 634.92、661.38、714.29 μ s c) 555.56、578.70、625.00 μ s
时间/频率同步	作为信号帧帧头的PN序列
调制方法	4-QAM-NR、4-QAM、16-QAM、32-QAM、64-QAM
内部前向纠错	LDPC码0.4 (7 488、3 008)、0.6 (7 488、4 512)、0.8 (7 488、6 016)
内部交织	在一个信号帧（多载波模式）内部的频域内
外部前向纠错	从BCH (1 023、1 013)中推导出BCH (762、752)
外部交织	时域内的卷积交织、交织分支数B = 52、交织深度M = 240、720
数据随机化/能量扩散	PRBS
分层传输	—
传输参数信令	每信号帧由36系统信息符号承载

表9.50

DTMB-A系统的关键特征

特征	DTMB-A
接收模式： — 固定 — 便携 — 便携式手持 — 移动	+ + + +
净数据速率	取决于调制、编码和帧头： a) 3.75-37 Mbit/s b) 4.38-43.1 Mbit/s c) 5.0-49.31 Mbit/s
频谱效率（bit/s/Hz）	2-8（不具有前向纠错编码）
单频网	支持
广播类型： — 声音 — 多媒体 — 电视	+ +
数据传输/业务类型	视频、音频、数据
频段	VHF、UHF

表9.50（结束）

特征	DTMB-A
信道带宽	a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz
所用带宽	a) 5.67 MHz（滚降 0.05）、5.83 MHz（滚降0.025） b) 6.62 MHz（滚降0.05）、6.81 MHz（滚降0.025） c) 7.56 MHz（滚降0.05）、7.78 MHz（滚降0.025）
分段数	可配置
每分段子载波数	4096 (4k模式)、8192 (8k模式)、32678 (32K模式)
子载波间距（见注1）	a) 1 846 Hz、滚降因子0.05, 1 899 Hz、滚降因子0.025 b) 923 Hz、滚降因子0.05, 949 Hz、滚降因子0.025 c) 231 Hz、滚降因子0.05, 237 Hz、滚降因子0.025
活跃符号持续时间（见注1）	a) 541.80 μ s、滚降因子0.05, 526.63 μ s、滚降因子0.025 b) 1444.80 μ s、滚降因子0.05, 1404.34 μ s、滚降因子0.025 c) 5779.19 μ s、滚降因子0.05, 5617.37 μ s、滚降因子0.025
保护间隔比/持续时间（见注1）	a) 1/8、1/4、1/2: 67.7、135、271 μ s、滚降因子0.05。 65.8 μ s、132 μ s、263 μ s、滚降因子0.025。 b) 1/16、1/8、1/4: 67.7、135、271 μ s、滚降因子0.05, 65.8 μ s、132 μ s、 263 μ s、滚降因子0.025。 c) 1/64、1/32、1/16: 67.7、135、271 μ s、滚降因子0.05。 65.8 μ s、132 μ s、263 μ s、滚降因子0.025。
超帧持续时间	超帧开始于超帧同步信道和业务信道信令的控制信道。每个超帧具有可配置数量的数据信号帧，最大持续时间为250 μ s
时间/频率同步	超帧同步信道和每信道帧的双PN-MC符号
调制方法	每个业务信道特定的QPSK、16-APSK、64-APSK、256-APSK
内部前向纠错	LDPC码1/2 (30720、30512)、2/3 (40960、40752)和5/6 (51200、50992)
内部交织	每个业务信道的位交织、位置换
外部前向纠错	具有61 440或15 360位块大小的BCH码
外部交织	对每个业务信道分别进行时间交织
数据随机化/能量扩散	PRBS
分层传输	—
传输参数信令	业务信道信令由超帧中的控制信道承载。用于控制信道的信号帧长为4096，PM-MC符号长度为1024，用QPSK调制，并通过用于OFDM的删余2/3 15360 LDPC码进行编码。

注1 – 值适用于8 MHz带宽。其他带宽数值请参见[9.33]。

9.6.6 链路预算

DTMB和DTMB-A的规划标准在[9.42]中被描述为系统D和系统E。

表9.51和表9.52展示了用于DTMB和DTMB-A系统的典型链路预算。

表9.51

在频段IV和70%及90%的位置概率下
最小中值功率通量密度和等效中值场强最小值
(接收条件：室外固定、城市、频段IV)

频率	f (MHz)	500				
系统所需的最小 C/N	C/N (dB)	2	8	14	20	26
接收机信号输入功率最小值	$P_{s\min}$ (dBW)	-126.2	-120.2	-114.2	-108.2	-102.2
等效接收机输入电压（75 Ω ）最小值	$U_{s\min}$ (dB μ V)	13	19	25	31	37
电缆损耗	L_f (dB)	3				
相对于半偶极子的天线增益	G (dBd)	10				
有效天线孔径	A_a (dBm ²)	-3.3				
接收位置的最小功率通量密度	$\Phi_{\min}$ (dBW/m ²)	-119.9	-113.9	-107.9	-101.9	-95.9
接收位置的最小等效场强	$E_{\min}$ (dB μ V/m)	26	32	38	44	50
人为噪声容差	P_{mmn} (dB)	0				
高度损耗	L_h (dB)	0				
位置概率：70%						
位置纠正因子	C_I (dB)	2.9				
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小中值功率通量密度	Φ_{med} (dBW/m ²)	-117.0	-111.0	-105.0	-99.0	-93.0
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小等效场强	E_{med} (dB μ V/m)	29	35	41	47	53
位置概率：95%						
位置纠正因子	C_I (dB)	9				
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小中值功率通量密度	Φ_{med} (dBW/m ²)	-110.9	-104.9	-98.9	-92.9	-86.9
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小等效场强	E_{med} (dB μ V/m)	35	41	47	53	59

表9.52

在频段V和70%及90%的位置概率下最小中值
功率通量密度和等效中值场强最小值
(接收条件：室外固定、城市、频段V)

频率	f (MHz)	700				
系统所需的最小C/N	C/N (dB)	2	8	14	20	26
接收机信号输入功率最小值	P _{s min} (dBW)	−126.2	−120.2	−114.2	−108.2	−102.2
等效接收机输入电压（75 Ω）最小值	U _{s min} (dBμV)	13	19	25	31	37
电缆损耗	L _f (dB)	5				
相对于半偶极子的天线增益	G (dBd)	12				
有效天线孔径	A _a (dBm²)	−4.2				
接收位置的最小功率通量密度	Φ _{min} (dBW/m²)	−117.0	−111.0	−105.0	−99.0	−93.0
接收位置的最小等效场强	E _{min} (dBμV/m)	29	35	41	47	53
人为噪声容差	P _{mmn} (dB)	0				
高度损耗	L _h (dB)	0				
位置概率：70%						
位置纠正因子	C _I (dB)	2.9				
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小中值功率通量密度	Φ _{med} (dBW/m²)	−114.1	−108.1	−102.1	−96.1	−90.1
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小等效场强	E _{med} (dBμV/m)	32	38	44	50	56
位置概率：95%						
位置纠正因子	C _I (dB)	9				
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小中值功率通量密度	Φ _{med} (dBW/m²)	−108.0	−102.0	−96.0	−90.0	−84.0
在10ma.g.1.50%时间与50%位置下的最小等效场强	E _{med} (dBμV/m)	38	44	50	56	62

GB/T2666-2011 “数字地面电视广播传输系统的实施指南” [9.184]详细描述了在不同的网络实施场景下建立链路预算的方法。

9.6.7 使用DTMB的示例

中国内地的许多城市（包括北京和上海）已经部署了DTMB广播网络。DTMB也在中国内地以外的国家和地区使用，例如古巴、老挝、柬埔寨、中国香港和中国澳门。不同的广播机构根据其要求选择不同的传输参数和模式。

北京的DTMB网络：北京有4个射频信道广播。6个标准分辨率节目在中心频率666 MHz、总比特率为21.658 Mbit/s的信道中广播。中心频率为674 MHz和482 MHz的信道每个可广播一个高清节目，总比特率为20.791 Mbit/s。这三种信道使用16-QAM和0.8前向纠错编码速率，但其系统帧头不同。所有的节目在MPEG2内编码。其他中心频率为546 MHz的信道聚焦于移动接收；其可以广播5个用音频视频编码标准（AVS）压缩进行编码的标准分辨率节目。

香港的DTMB网络：香港的DTMB网络使用64-QAM星座图、0.6前向纠错编码速率与PN 945作为系统帧头，所有信道的数据速率为21.658 Mbit/s。

高清和标清节目的灵活组合在单个信道中传输以适应不同的用户要求并保存无线频段资源。例如，586 MHz信道传输1个高清节目和2个标清节目，而602 MHz信道传输1个高清节目和3个标清节目。单频网模式也可在提到的这两种信道中实施，所有的节目都在H.264编码。

香港也采用多频网模式，并且在这些频道中通过H.264编码广播若干节目。

上海的DTMB网络：在上海，中心频率为802 MHz的信道使用32-QAM、0.8前向纠错编码速率和PN595系统帧头，比特率为25.989 Mbit/s，实施AVS视频编码技术；同时可传输最多16个标清节目。

706 MHz信道，使用16-QAM、0.6前向纠错编码速率、PN945帧头以及14.438 Mbit/s比特率的参数组合。这些信道主要用于商业应用，诸如移动电视、建筑及地铁内的电视、电子公交板以及数据广播业务。部分节目使用CA进行广播。该信道使用不同的视频编码方案，包括MPEG-2和AVS。

9.7 地面数字多媒体广播（T-DMB）

地面数字多媒体广播（T-DMB）系统是与数字声音广播系统A兼容的扩展系统，其使得用于手持接收机的使用T-DAB网络的视频业务能在移动环境中进行。在[9.35]中，T-DAB系统被定义为多媒体系统A。

T-DMB能通过一个单独的发射机覆盖很广的范围，因为它通常在要求较低可用场强的VHF频段中实施。低场强因此要求更低的发射机功率并减少了维护费用。如果已经安装了用于音频业务的T-DAB网络，则可以直接引入T-DMB网络，而无需更换T-DAB发射机。只有安装包括视频编码器的集成复用器，视频、数据应用以及数字音频才可用。用T-DAB发射机提供T-DMB业务是经济节约的，T-DMB系统还能提供除了音频业务以外的多媒体业务。

9.7.1 架构和协议栈模型

表9.53展示了T-DMB协议栈。

表9.53

T-DMB协议栈

显示和用户交互				
构成与渲染				
压缩层 (MPEG-4 AVC、MPEG-4 ER-BSAC 或MPEG-4 HE AAC)	对象描述符	场景描述信息	音频/视频对象到数据	上游信息
封装（MPEG-4同步层）				
传送层		MPEG-2 TS (PES)		
外部编码（RS码和交织器）				
T-DAB流模式（ETSI EN 300 401）				

多媒体业务由三层组成：内容压缩层、同步层和传送层。视频压缩使用MPEG-4 AVC；音频数据可能使用MPEG-4 ER-BSAC、MPEG-4 HE-AAC或MUSICAM编码进行压缩。

MPEG-4内容被封装在MPEG-2 TS上，见表9.53。为了在时间和空间上同步视听内容，在同步层上采用ISO/IEC 14496-1 SL（同步层）。ETSI TS 102 428 [9.138]中定义的传送层对压缩视听数据的复用进行了一些适当的限制。关于系统规范，参见ITU-R BT.1833 [9.35]建议书、ITU-R BT.2016 [9.139]建议书、ITU-R BT.2054 [9.23]建议书、ITU-R BT.2055 [9.122]建议书和ITU-R BT.2049 [9.132]报告。

这些试听业务的信息被复用至MPEG-2 TS，而里德所罗门码的外部信道编码适用于视频接收的良好性能（关于误码保护机制，参见ETSI TS 102 427 [9.140]）。其他关于T-DMB系统的有用信息参见[9.164-9.175]。

9.7.2 关键技术

T-DMB的关键技术是通过T-DAB发射机实现视频服务，以及用于可靠接收的额外纠错。

与DAB系统（EN 300 401）[9.141]的兼容性

- T-DMB与DAB系统完全后向兼容。因此，可以通过使用现有的DAB传输基础设施来部署T-DMB，而无需任何修改。
- 在同一个集合中，T-DMB视频业务可以与使用MUSICAM、MPEG-4 ER-BSAC或MPEG-4 HE AAC的DAB无线电业务同时存在。

在高速移动环境下用于健壮接收的强前向误码保护

- T-DMB采用额外的前向纠错方法来保证视频信号的高速移动接收。
- 通过使用两种众所周知的数字电视系统误码保护机制—RS码和卷积交织器，在速度为300 km/h的高速行驶火车上，也能平稳地接收T-DMB业务。

具有有效使用位的多媒体系统

- T-DMB基于诸如ISO/IEC 14496-10 AVC和ISO/IEC 14496-3 ER-BSAC或ISO/IEC 14496-3 HE AAC的有效多媒体压缩技术，来在一个集合中使视频业务的数量最大化。[9.142-9.143]
- 基于ISO/IEC 14496-1 [9.144] SL打包流和ISO/IEC 13818-1 [9.7] MPEG-2 TS的精细设计的封装和复用机制使得打包和复用开销最小。

9.7.3 物理层和链路层

T-DMB提供包括视频、音频、辅助数据和交互式业务的多媒体业务，这些业务通过ITU-R BS.1114 [9.145]建议书中明确的T-DAB系统进行传送。T-DMB是T-DAB系统的扩展，并使用与T-DAB系统相同的物理层和链路层。T-DMB可以使用基于IP的协议（如MOT、IPDC等）提供与移动网络相关的交互式业务。

9.7.4 系统性能

性能和能力之间存在折衷。系统的性能取决于前向纠错、FFT大小和使用的频段。在VHF频段运行T-DMB系统比在UHF频段运行更可靠，因为VHF频段较UHF而言，要求更低的场强。

视频业务的准无误（QEF）接收要求在解码器之后 1×10^{-8} 的误码率特性。通过应用里德所罗门（188、204）的外部编码和卷积交织，T-DMB系统可以获得稳定的视频接收。大韩民国实施了场地测试以估测用于运动中视频接收的T-DMB系统的性能。在场地测试之前，先在实验室进行了主观质量评估测试，以找到物体质量不足的质量阈值。实验室测试的结果被解释为：在解码器之前，当误码率低于 2×10^{-4} BER时，可以进行良好的视频接收。场地测试检验了测量的BER是否符合实验室测试得出的阈值误差率，并得出结论，T-DMB展示出良好的视频接收性能。

9.7.5 系统参数概述

表9.54定义了T-DMB/AT-DMB系统的特征（也可参见ITU-R BT.2295-1 [9.43]报告）。

表9.54

T-DMB/AT-DMB系统的关键特征

特征	T-DMB、AT-DMB
接收模式： – 固定 – 便携 – 便携式手持 – 移动	 + + + +
净数据速率	T-DMB: 0.576至1.728 Mbit/s AT-DMB: 通过DQPSK在BPSK的0.864至2.304 Mbit/s AT-DMB: 通过DQPSK在QPSK的1.152至2.88 Mbit/s
频谱效率（bit/s/Hz）	T-DMB: 0.38-1.13 AT-DMB: 0.56-1.88
单频网	支持
广播类型： – 声音 – 多媒体 – 电视	 + + +
数据传输/业务类型	视频、音频、数据
频段	VHF、UHF
信道带宽	1.712 MHz
所用带宽	1.536 MHz
分段数	1
每分段子载波数	192; 384; 768; 1 536

表9.54（结束）

特征	T-DMB、AT-DMB
子载波间距	a) 8 kHz b) 4 kHz c) 2 kHz d) 1 kHz
活跃符号持续时间	a) 156 μ s b) 312 μ s c) 623 μ s d) 1 246 μ s
保护间隔比/持续时间	a) 31 μ s b) 62 μ s c) 123 μ s d) 246 μ s
帧持续时间	96 ms; 48 ms; 24 ms
时间/频率同步	空符号、中心频率和相位参考符号
调制方法	T-DMB: DQPSK AT-DMB: DQPSK; 通过DQPSK的BPSK; 通过DQPSK的QPSK
内部前向纠错	T-DMB: 卷积码 (1/4至3/4) AT-DMB: 卷积码+Turbo码 (1/4至1/2)
内部交织	时间交织和频率交织
外部前向纠错	用于视频业务和可扩展视频业务的RS码(204、188、T=8)
外部交织	用于视频业务和可扩展视频业务的卷积交织
数据随机化/能量扩散	16位PRBS
分层传输	—
传输参数信令	相位参考符号

9.7.6 链路预算

T-DMB通过ITU-R BS.1660建议书明确的规划参数在T-DAB传输系统实施。传输模式I支持在VHF频段的区域单频网和T-DMB业务。T-DMB支持在1.536 MHz集合中1.729 Mbit/s的净数据速率，因此包括辅助数据应用在内的三或四个视频信道可用。

频段III中T-DMB的可用场强与ITU-R BS.1660建议书中描述的T-DAB值相当。该文件表明，在1.5 m的接收机天线高度下，以99%的时间为基础，提供具有基于1/2前向纠错的59 dB (μ V/m)场强的良好视频接收是合适的。在人口稠密的地方，可能需要填充发射机以弥补诸如城市地区地下或室内等阴影区域。T-DMB网络用一个主要的高功率发射机和几个低功率填充发射机来为移动多媒体提供更高效的方法，其不是只有许多低功率发射机的密集传输网络。

9.7.7 系统的可能性使用示例

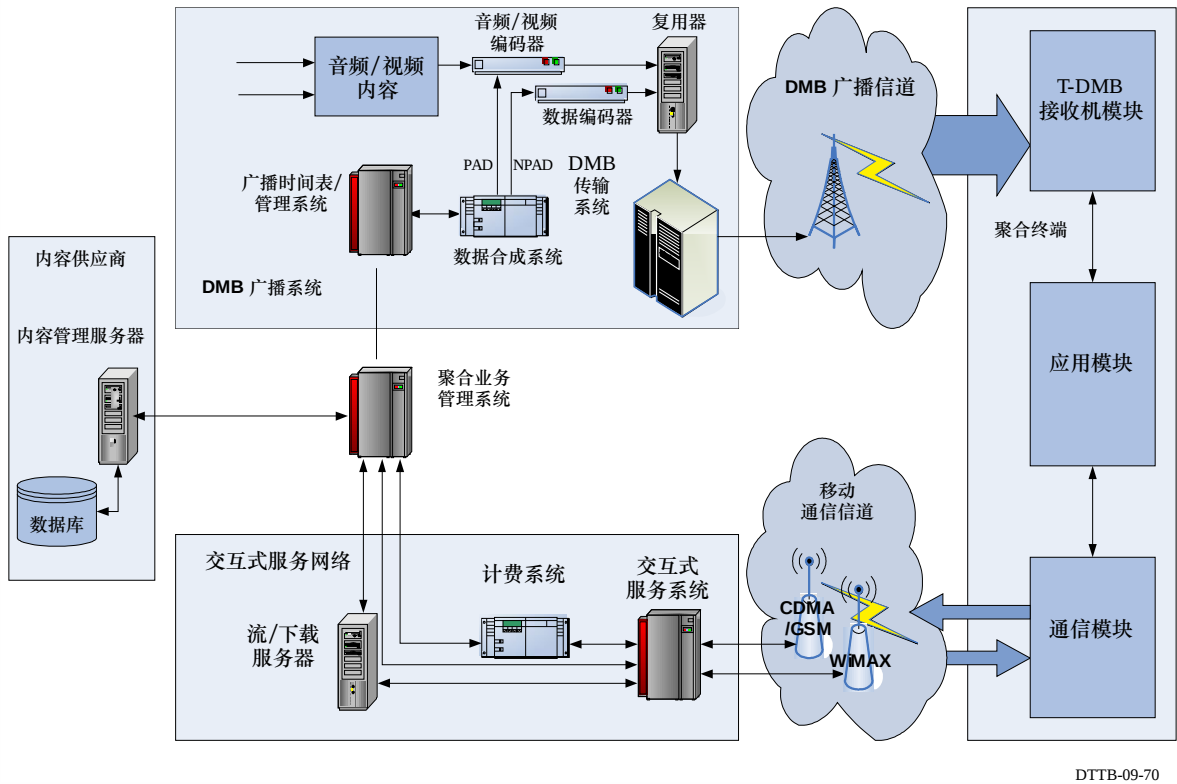
T-DMB提供了诸如电子节目指南(EPG)、广播网站(BWS)和传送协议专家组(TPEG)信息业务等一系列辅助数据业务，以及音频/视频业务。T-DMB最早来源于基于广播的业务的概念，因为其可在VHF频段用低功率覆盖广域。然而，其也能提供与移动网络相关的交互式服务。在韩国，音频/视频接收是免费的；然而，包括互动交互应用在内的辅助数据业务是允许收费的。支付可以在观众获取每一个应用的时候发生，或者发生在观众购买接收机时，对接收机的成本进行初始付费。

手持设备的实时新闻。T-DMB能够通过使用T-DAB定义的MOT协议传送诸如新闻、股市、节目信息、交通、天气、体育等不同的内容。信息每15至30分钟更新。BWS还使得用户可以通过MOT协议访问类似互联网的网络服务，而无需返回频道。T-DMB接收机应支持HTML 4.0兼容的网络浏览器。MOT幻灯片演示主要使用X-PAD音频帧来提供诸如静止节目信息、专辑封面、简单地图、广告等数据。

车辆内部的实时交通信息。TPEG应用提供了交通拥堵、路况信息、加油站位置等通过GPS信号与地图导航相连的实时信息，因此帮助用户找到更快的路线。TPEG数据包括道路交通信息（RTM）、兴趣点信息（POI）、交通拥堵和出行时间信息（CTT）以及CTT概述信息（CTT-SUM）。

交互式服务。T-DMB能够通过组合通过广播信道传送的音频/视频业务以及移动通信信道传送的数据业务来提供交互式服务，如图9.70所示。

图9.70
T-DMB的交互式服务模型



9.7.8 高级T-DMB

为了增加T-DMB的频谱效率，部署了高级T-DMB，其也被叫作AT-DMB。AT-DMB保证了与使用分层调制机制的T-DMB的后向兼容。考虑到各种业务模式，AT-DMB定义了两种模式：模式B在DQPK上使用BPSK符号映射，模式Q在DQPSK上使用QPSK符号映射。模式B分层调制在移动环境下表现更好的性能，但是只能将有效数据速率提高到T-DMB的1倍或1/2倍。另一方面，模式Q分层调制最大能将有效数据速率提高到T-DMB的2倍，但是其无法在移动环境下保证高性能。因此，模式Q分层调制在固定接收环境和低速环境下更有利。

9.8 RAVIS

数字地面多媒体广播系统RAVIS（实时视听信息系统）被设计用于地面VHF广播频段。RAVIS使用的频率范围能帮助部署当地广播。同时，发射机的覆盖半径足够大，可以在偏远的地方提供接收。

RAVIS系统为具有多个伴音信道的高品质多节目声音、视频和其他数据广播业务（与声音和视频节目相关或不相关的）而设计。这些业务应在多种条件下被提供，包括在高密度的城市环境中驾驶、在树林和山地及在水域等，即在运动中、在没有发射机天线的直接视线和多路径信号传播的情况下必须提供一种可靠的接收。

RAVIS系统在ITU-R BT.2049 [9.132]报告、BS.2214 [9.133]报告和BT.2295-1 [9.43]报告中均有介绍。

9.8.1 架构和协议栈模型

RAVIS的基本业务要求如下所示：

- 系统的高频谱效率；
- 在高达200 km/h的速度下对视频、音频和其他业务的可靠性移动接收；
- 复杂条件下中断后接收开始或接收恢复的短暂延迟（例如，在离开信号接收被中断的隧道之后）；
- 提供具有高达 720×576 的帧长、高达25 fps的帧速率和多伴音信道条件下的高品质音频广播；
- 提供高品质音频广播，包括具有CD音质的立体声和多声道5.1；
- 提供与视频或音频节目相关或不相关的额外数据业务，诸如：
 - 文本消息；
 - 静态图像；
 - 幻灯片放映；
 - 交通信息、天气信息、本地新闻等；
 - 电子节目指南。
- 提供业务的有条件接入；
- 提供可靠的紧急预警业务；
- 单频网操作，包括沿高速公路和铁路的单频网操作。

系统接收器应能够从模拟FM广播电台接收新的数字节目和节目，并自动检测节目类型。

当前，RAVIS中最具代表性的使用是音频编解码器HE-AAC（包括SBR、PS、MPEG环绕技术）和视频编解码器H.264/AVC、H.265/HEVC。音频编解码器HE-AAC提供32 kbit/s的高品质立体声，视频编解码器H.264/AVC、H.265/HEVC提供高品质的具有标准电视清晰度的视频以及在大约500 kbit/s比特率的25 fps帧速率。

RAVIS传输系统定义了开放系统互连（OSI）的物理层和较低协议层使用的其他元素。

应用层的主要部分为实时音频和视听应用以及诸如电子节目指南等的补充业务。呈现层包括信源编码。音频、视频和补充数据的复用在链路层通过使用MPEG-2传送流或RAVIS传送容器执行。

图9.71阐明了RAVIS系统的协议栈示例。

图9.71
RAVIS协议栈

应用层	实时音频和视频应用	电子节目指南
呈现层	H.264/MPEG-4 AVC, H.265/MPEG-H HEVC (视频) HE-AAC (音频)	XML, HTML, JSON
链路层	传送流 MPEG-2 TS, 传送容器 RAVIS TC	
物理层	物理层 RAVIS (BCH, LDPC, M-QAM, OFDM)	

DTTB-09-71

9.8.2 关键技术

系统提供了三种逻辑数据传输信道。除了主要业务信道，RAVIS提供了带有增强的传输可靠性的数据信道—低比特率信道（~12 kbit/s）和可靠数据信道（~5 kbit/s）。这些额外的信道可能用于例如紧急预警等情况。

RAVIS系统支持不同级别的QAM调制和主要业务信道的不同信道编码速率，以实现比特率和可靠性（干扰保护）之间的最佳平衡。

主要业务信道为视频和音频数据传输而设计。逻辑信道的最大比特率约为900 kbit/s。低比特率信道为高可靠性（例如：紧急声音预警）的信息传输而设计，例如用于紧急声音预警，比特率约为12 kbit/s。可靠数据信道为具有高可靠性的辅助数据而设计，比特率约为5 kbit/s。低比特率信道和可靠数据信道提供更强的干扰保护，因此与主要业务信道相比，能提供更广的覆盖范围和更高的接收稳定性。

表9.55给出了单个无线电信道中用于调制参数和前向纠错速率的所有组合的数字数据比特率。

表9.55
RAVIS系统中的数字数据比特率

星座图	前向纠错速率	数据串比特率 (kbit/s)		
		100 kHz信道	200 kHz信道	250 kHz信道
QPSK	1/2	80	160	200
	2/3	100	210	270
	3/4	120	240	300
16-QAM	1/2	150	320	400
	2/3	210	420	530
	3/4	230	470	600
64-QAM	1/2	230	470	600
	2/3	310	630	800
	3/4	350	710	900

主要业务信道可能使用QPSK、16-QAM或64-QAM调制，以及 $R = 1/2$ 、 $2/3$ 或 $3/4$ 的前向纠错编码速率。低比特率信道使用QPSK调制，以及 $R = 1/2$ 的前向纠错编码速率。可靠数据信道使用BPSK调制，以及 $R = 1/2$ 的前向纠错编码速率。

具有信道传输参数（业务载波）的导频载波和载波被插入OFDM符号的复用流。这些载波提供同步、信道失真纠正和接收侧的额外信息（包括调制参数和信道编码、逻辑数据信道可用性等）传输。

峰值平均功率比的降低不是强制性的，而是建议的。

图9.72展示了RAVIS传输部分的功能块，图9.73展示了RAVIS接收机的功能块。

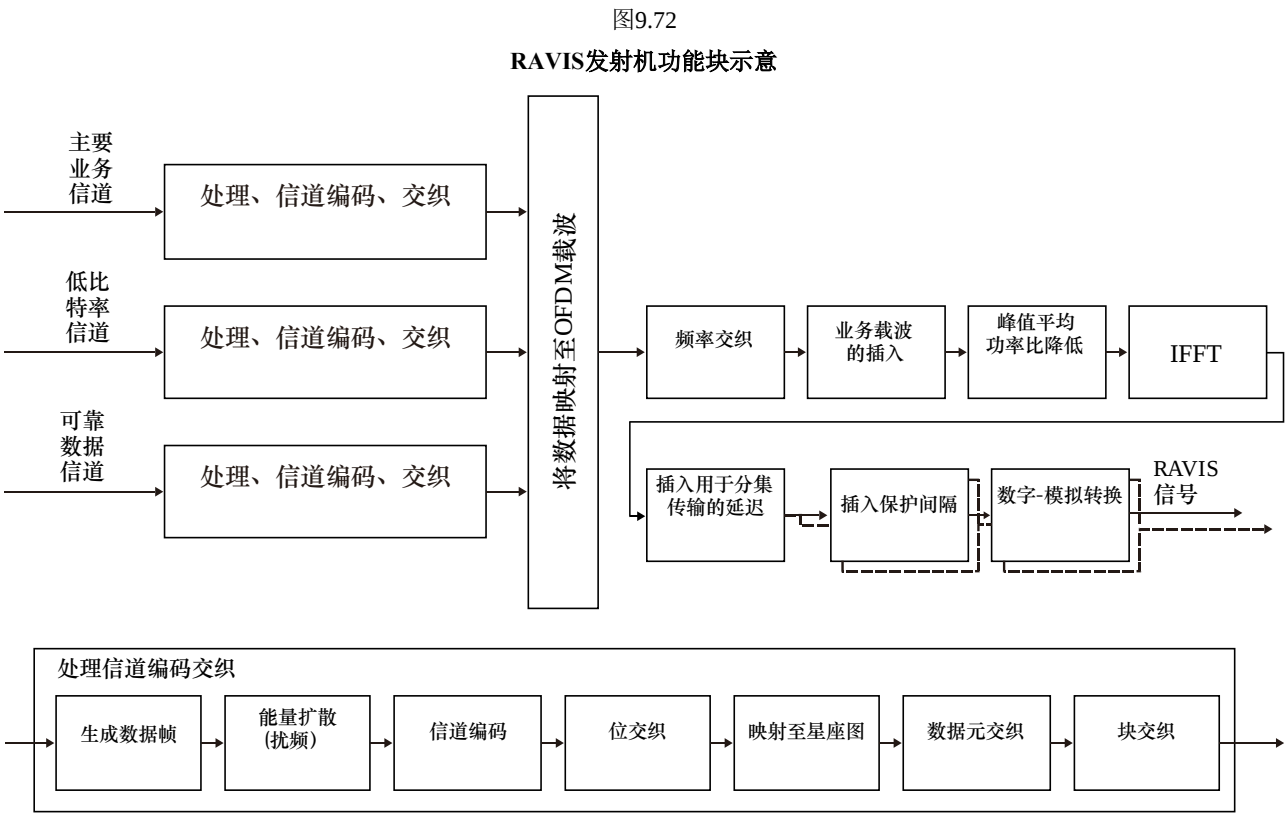
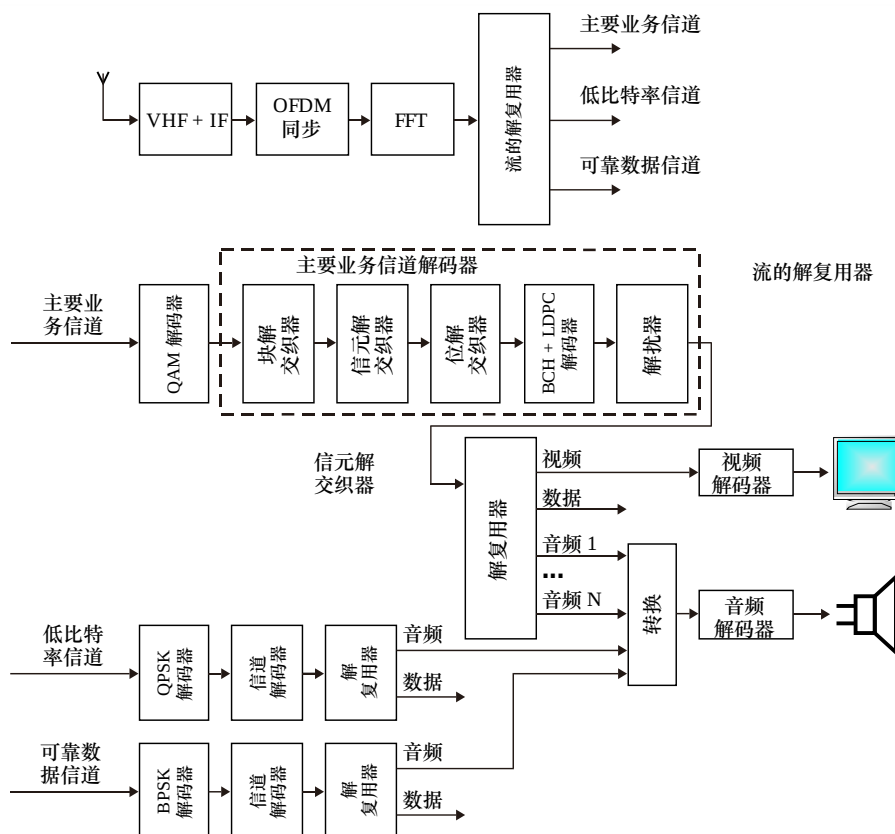


图9.73

RAVIS接收机功能块示意



DTTB-09-73

选定的频段和选定的广播概念有以下优点：

- 使用单频网和多频网的可能性；
- 多个高品质立体声节目的广播或城市中使用仅一个发射机的具有立体声伴奏的视频流；
- 本地化单节目广播的能力，即相同的频率用于在各个城市广播不同的节目。

9.8.3 物理层和链路层

RAVIS物理层的信道编码和OFDM调制方案被定义为将来自信源编码器的数据与传输信道特征适配的功能块。来自所有逻辑信道的数据串是下列转换的主体：

- 数据帧生成；
- 数据帧能量扩散；
- 外部编码（BCH块编码）；
- 内部编码（LDPC块编码）；
- 位交织；
- 位映射至调制星座图数据元；
- 数据元交织；
- 块交织；
- 逻辑信道数据映射至OFDM数据元；
- 频率交织与业务载波插入；

- 峰值平均功率比降低；
- IFFT；
- 保护间隔插入，全OFDM信号生成。

在链路层编码的信源数据可能使用不同的格式（包括固定长度数据包（尤其是MPEG-2 TS）和可变长度数据包（尤其是GSE或RAVIS传送容器），或非结构化数据串）进行复用。

9.8.4 系统性能

RAVIS信号的固定、便携和移动接收模式通过使用取自ETSI ES 201 980（附件B.2）[9.146]的信道模型来模拟，以估测用于业务信道的不同调制类型和主要编码速率的最小所需载波噪声比 $(C/N)_{min}$ （在信道解码器之后 $BER = 10^{-4}$ ）。信道7（AWGN）模型固定接收模式、信道8（城市）模型便携接收模式、信道11（丘陵地区）模型移动接收模式。表9.56展示了用于250 kHz信道带宽的这些结果。

表9.56

具有250 kHz信道带宽的RAVIS的 $(C/N)_{min}$ 值，主要业务信道

信道模型/ 接收模式	$(C/N)_{min}$ (dB)								
	QPSK			16-QAM			64-QAM		
	R = 1/2	R = 2/3	R = 3/4	R = 1/2	R = 2/3	R = 3/4	R = 1/2	R = 2/3	R = 3/4
信道7 (AWGN)/固定接收	1.1	3.3	4.2	6.4	9.1	10.2	10.8	14.0	15.4
信道8 (城市) / 便携接收	6.4	9.4	11.5	12.5	14.9	17.0	16.2	19.4	22.0
信道11 (丘陵地区) /移 动接收	5.5	8.6	9.8	10.4	13.2	15.6	14.7	17.9	20.5

9.8.5 系统参数概述

表9.57定义了RAVIS系统的特征（也可参见ITU-R BT.2295-1 [9.43]报告）。

表9.57

RAVIS系统的关键特征

特征	RAVIS
接收模式： - 固定 - 便携 - 便携式手持 - 移动	+ + + +
净数据速率	取决于不同信道带宽的调制和编码速率： a) 100 kHz-75-341 kbit/s b) 200 kHz-155-703 kbit/s c) 250 kHz-196-888 kbit/s
频谱效率（bit/s/Hz）	0.77-3.64

表9.57（结束）

特征	RAVIS
单频网	支持
广播类型： – 声音 – 多媒体 – 电视	+ +
数据传输/业务类型	视频、音频、静态图像、演示文稿、交通数据等
频段	VHF频段I、II
信道带宽	a) 100 kHz b) 200 kHz c) 250 kHz
所用带宽	a) 96.0 kHz b) 185.6 kHz c) 246.2 kHz
分段数	1
每分段子载波数	a) 215 b) 439 c) 553
子载波间距	4000/9 Hz
活跃符号持续时间	2.25 ms
保护间隔持续时间/比	1/8
帧持续时间	103.78125 ms (41 OFDM 符号)
时间/频率同步	保护间隔/导频载波
调制方法	QPSK、16-QAM、64-QAM
内部前向纠错	具有近似编码速率1/2、2/3、3/4的LDPC码
内部交织	位、数据元、时间和频率交织
外部前向纠错	BCH (n、k、t); n、k 取决于信道带宽、LDPC编码速率、纠错能力t = 10个错误（对于主要业务信道）
外部交织	–
数据随机化/能量扩散	16 位 PRBS
分层传输	–
传输参数信令	每个OFDM符号4个子载波，每个OFDM帧41位

9.8.6 链路预算

ITU-R BS.2214 [9.133]报告提供了用于RAVIS系统的链路预算示例。报告包括计算方法和用于RAVIS传输（广播频段、信道带宽、调制类型、编码速率）不同模式及不同接收类型（固定、便携式室内和室外、便携式手持室内和室外、移动）的中值场强最小值的计算结果。

9.9 MediaFLO

这些详细内容只为历史完整性而提供。

前向链路（FLO）多媒体广播移动技术为传送高品质娱乐和信息（包括流视频和音频、“剪辑”媒体、IP数据广播和交互式服务）而设计。

FLO技术包含在ITU-R BT.1833 [9.35]建议书中，被命名为ITU-R多媒体系统M。

MediaFLO系统由其倡议者撤回，所有服务于2011年3月停止。

第九章的参考资料

- [9.1] **ITU-R**, ITU-R BT.1209-1建议书, 数字地面电视广播的业务复用方法
- [9.2] **ITU-R**, ITU-R BT.1869建议书, 数字多媒体广播系统中可变长度数据包的复用方案
- [9.3] **ITU-R**, ITU-R BT.1437建议书, 用户对多节目电视传输的数字编码的要求
- [9.4] **ITU-T**, ITU-T J.180建议书, 在一个传输信道对多个节目进行统计复用的用户要求
- [9.5] **EBU** Technical Report 35、An Introduction to Time Frequency Slicing
- [9.6] **ITU-T**, ITU-T H.222.0建议书, 信息技术 – 移动图像和相关音频信息的通用编码: 系统
- [9.7] **ISO/IEC** 13818-1 – *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*
- [9.8] **ETSI** EN 302 755 v.1.3.1 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [9.9] **ITU-R**, ITU-R BO.1784建议书, 可灵活配置的数字卫星广播系统 (电视、声音和数据)
- [9.10] **ITU-R**, ITU-R BT.1207建议书, 数字地面电视广播的数据接入方法
- [9.11] **ITU-R**, ITU-R BT.1300-3建议书, 数字地面电视广播的业务复用、传送和识别方式
- [9.12] **ISO/IEC** 23008-1 – *High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 1: MPEG media transport (MMT)*
- [9.13] **ITU-R**, ITU-R BT.1223报告, 数字电视的分层模型方式
- [9.14] **ITU-R**, ITU-R BT.1434建议书, 交互式系统的网络独立协议
- [9.15] **ITU-R**, ITU-R BT.807建议书, 数据广播的参考模式
- [9.16] **ISO** 7498-1 Information technology – *Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*
- [9.17] **ITU-R**, ITU-R BT.2342报告, 世界范围内各种语言字符集 (拉丁和非拉丁) 闭路字幕的制作、发射和交换
- [9.18] **ITU-R**, ITU-R BT.653建议书, 图文系统
- [9.19] **ITU-R**, ITU-R BT.470建议书, 传统模拟电视系统
- [9.20] **ITU-R**, ITU-R BT.1301建议书, 数字电视广播的数据业务
- [9.21] **ETSI** EN 300 472 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*
- [9.22] **ISO/IEC** 13818-6: Information technology – *Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 6: Extensions for DSM-CC*
- [9.23] **ITU-R**, ITU-R BT.2054建议书, 用于移动接收的多媒体广播系统中的复用和传输机制
- [9.24] **ITU-R**, ITU-R BT.1887建议书, 多媒体广播中MPEG 2传输流中IP包的承载

- [9.25] **ITU-R**, ITU-R BT.1299建议书, 数字地面电视广播的全球通用系统系列的基本要素
- [9.26] **CENELEC** EN 50083-9 Cabled distribution systems for television、sound and interactive multimedia signals Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 传送 streams
- [9.27] **ITU-R**, ITU-R BT.1436建议书, 交互式有线电视业务的传输系统
- [9.28] **ITU-T**, ITU-T J.112建议书, 交互式有线电视业务的传输系统
- [9.29] **ETSI** EN 301 192 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting*
- [9.30] **ETSI** TR 101 202 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for Data Broadcasting*
- [9.31] **ARIB** STD-B24 – *Data coding and transmission specification for digital broadcasting. Association of Radio Industries and Businesses*
- [9.32] **ITU-R**, ITU-R BT.956建议书, 数据广播系统: 信号和业务质量的现场试验及理论研究
- [9.33] **ITU-R**, ITU-R BT.1306建议书, 数字地面电视广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法
- [9.34] **ITU-R**, ITU-R BT.1877建议书, 第二代数字地面广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法
- [9.35] **ITU-R**, ITU-R BT.1833建议书, 通过手持接收机移动接收多媒体和数据应用广播
- [9.36] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*
- [9.37] **ETSI** EN 301 701 – *Digital Video Broadcasting (DVB); OFDM modulation for microwave digital terrestrial television*
- [9.38] **ITU-R**, ITU-R BS.1114建议书, 向30-3 000 MHz频率范围的车载、便携和固定接收器进行地面数字声音广播的系统
- [9.39] **IETF** RFC 3926 FLUTE – *File Delivery over Unidirectional Transport*
- [9.40] **IETF** RFC 3095 – *RObust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed*
- [9.41] **IETF** RFC 4326 – *Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) FOFor transmission of IP datagrams over an MPEG-2 Transport Stream (TS)*
- [9.42] **ITU-R**, ITU-R BT.1368建议书, 甚高频/超高频 (VHF/UHF) 频段内数字地面电视业务的规划标准
- [9.43] **ITU-R**, ITU-R BT.2295-1报告, 数字地面广播系统
- [9.44] **ITU-R**, ITU-R BS.1660建议书, 用于规划甚高频 (VHF) 频段地面数字声音广播的技术基础
- [9.45] **Chinese National Standard** GB20600-2006 – *Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system*
- [9.46] **Chinese National Standard** GD/J 068-2015 – *Frame Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television/Terrestrial Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A)*
- [9.47] **Radio Television Hong Kong et al.** – *Field test report of Evolution System for DTMB* – Available at http://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_669/tr201307_01.pdf
- [9.48] **ATSC** Standard A/53, Part 1:2013, *Digital Television System*

- [9.49] *ATSC Standard A/53, Part 2:2011, RF/Transmission System Characteristics*
- [9.50] *ATSC Standard A/53, Part 3:2013, Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*
- [9.51] *ATSC Standard A/53, Part 4:2009, MPEG-2 Video System Characteristics*
- [9.52] *ATSC Standard A/53, Part 5:2014, AC-3 Audio System Characteristics*
- [9.53] *ATSC Standard A/53, Part 6:2013, Enhanced AC-3 Audio System Characteristics*
- [9.54] *ATSC Standard A/153 Part 1:2013, ATSC Mobile DTV System*
- [9.55] *ATSC Standard A/153 Part 2:2011, RF/Transmission System Characteristics*
- [9.56] *ATSC Standard A/153 Part 3:2013, Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*
- [9.57] *ATSC Standard A/153 Part 4:2009, Announcement*
- [9.58] *ATSC Standard A/153 Part 5:2009, Application Framework*
- [9.59] *ATSC Standard A/153 Part 6:2011, Service Protection*
- [9.60] *ATSC Standard A/153 Part 7:2012, AVC and SVC Video System Characteristics*
- [9.61] *ATSC Standard A/153 Part 8:2012, HE AAC Audio System Characteristics*
- [9.62] *ATSC Standard A/153 Part 9:2013, Scalable Full Channel Mobile Mode*
- [9.63] *ATSC Standard A/153 Part 10:2013, Mobile Emergency Alert System*
- [9.64] *ATSC Standard A/110:2011, ATSC Standard for Transmitter Synchronization*
- [9.65] *ATSC Recommended Practice A/74:2010, Receiver Performance Guidelines*
- [9.66] *ATSC Recommended Practice A/174:2011, Mobile Receiver Performance Guidelines*
- [9.67] *ATSC Standard A/107:2015, ATSC 2.0 Standard*
- [9.68] *ATSC Standard A/103:2014, Non-Real-Time Delivery*
- [9.69] *ATSC Standard A/105:2015, Interactive Services*
- [9.70] **Richer, Mark S.** Next Generation DTV: ATSC 3.0., 2015, *ITU International Symposium on the Digital Switchover*. –Available at https://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Session4/402%20%20Richer_ATSC%203_ITU%20Symp.pdf
- [9.71] *ATSC Standard A/300:2017, ATSC 3.0 System*
- [9.72] *ATSC Standard A/321:2016, System Discovery and Signaling*
- [9.73] *ATSC Standard A/322:2017, Physical Layer Protocol*
- [9.74] *ATSC Standard A/324:2018, Scheduler/Studio to Transmitter Link*
- [9.75] *ATSC Standard A/330:2016, Link-Layer Protocol*
- [9.76] *ATSC Standard A/331:2019, Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection*
- [9.77] *ATSC Standard A/332:2017, Service Announcement*
- [9.78] *ATSC Standard A/333:2017, Service Usage Reporting*
- [9.79] *ATSC Standard A/334:2016, Audio Watermark Emission*
- [9.80] *ATSC Standard A/335:2016, Video Watermark Emission*
- [9.81] *ATSC Standard A/336:2017, Content Recovery in Redistribution Scenarios*
- [9.82] *ATSC Standard A/337:2018, Application Signaling*
- [9.83] *ATSC Standard A/338:2017, Companion Device*
- [9.84] *ATSC Standard A/341:2018, Video – HEVC*

- [9.85] **ATSC** Standard A/342 Part 1:2017, *Audio Common Elements*
- [9.86] **ATSC** Standard A/342 Part 2:2017, *AC-4 System*
- [9.87] **ATSC** Standard A/342 Part 3:2017, *MPEG-H System*
- [9.88] **ATSC** Standard A/343:2017, *ATSC Standard: Captions and Subtitles*
- [9.89] **ATSC** Standard A/344:2017, *ATSC 3.0 Interactive Content*
- [9.90] **ATSC** Standard A/360:2018, *ATSC 3.0 Security and Service Protection*
- [9.91] **ENENSYS** *Benefits of using multiple PLP in DVB-T2* – Available at <http://www.enensys.com/documents/whitePapers/ENENSYS%20Technologies%20-%20Benefits%20of%20using%20multiple%20PLP%20in%20DVB-T2.pdf>
- [9.92] **DVB** India – *Launches Free DVB-T2 Mobile TV Service* – Available at <https://www.dvb.org/news/india-launches-free-dvb-t2-mobile-tv-service/country/india>
- [9.93] **DVB** Digital Video Broadcasting (DVB), *Next Generation broadcasting system to Handheld, physical layer specification (DVB-NGH) DVB Document A160*
- [9.94] **ITU-R**, ITU-R BT.2139报告, 数字地面电视广播信号的分集接收
- [9.95] **ITU-R**, ITU-R BT.2074-0建议书, 用于基于MMT广播系统的业务配置、媒体传输协议和信令信息
- [9.96] **ISO/IEC** 13818-11:2004 – *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 11: IPMP on MPEG-2 systems*
- [9.97] **ETSI** TS 102 823 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the carriage of synchronized auxiliary data in DVB transport streams*
- [9.98] **ETSI** TS 102 006 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for System Software Update in DVB Systems.*
- [9.99] **ETSI** EN 300 743 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems*
- [9.100] **UPnP Forum** UPnP Device Architecture v1.1, October 2008.
- [9.101] **UPnP Forum** <http://www.upnp.org/> As of January 1, 2016 the UPnP Forum is now included in the Open Connectivity Foundation (OCF). See: <http://openconnectivity.org/upnp>
- [9.102] **ISO/IEC** 29341-1 – UPnP Device Architecture Version 1.0, November 2008.
- [9.103] **Sattler, Fabian** *Interoperabilitätstests vernetzter Multimedialkomponenten auf Basis von UPnP A/V/DLNA zur Übertragung von Rundfunkinhalten im Heimnetzwerk*, Diplomarbeit Hochschule Deggendorf für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektro- und Medientechnik, June 2010 – available in German only.
- [9.104] **IETF** Simple Service Discovery Protocol/1.0. October 1999, ftp://ftp.pwg.org/pub/pwg/ipp/new_SSDP/draft-cai-ssdp-v1-03.txt
- [9.105] **Multimedia over Coax Alliance** *The Standard for Home Entertainment Networks over Coax*, November 2009 – Available at http://www.mocalliance.org/industry/brochure/MoCA_Brochure.pdf
- [9.106] **ETSI** TS 102 771 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) implementation guidelines*
- [9.107] **ETSI** TR 102 831 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [9.108] **ATSC** A/58 – *Recommended practice; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard*

- [9.109] **ATSC** Standard A/65B – *Program and system information protocol for terrestrial broadcast and cable Revision B*
- [9.110] **ATSC** Standard A/53C – *Digital television standard Revision C*, including Amendment No. 1 (July 2004) and Corrigendum No. 1 (March 2005)
- [9.111] **ATSC** Recommended practice A/58 – *Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard*
- [9.112] **ATSC** Recommended Practice A/54A – *Guide to the use of the ATSC digital television standard*
- [9.113] **ETSI** TS 101 162 – *Digital video broadcasting (dvb); allocation of service information (si) codes for digital video broadcasting (dvb) systems*
- [9.114] **ETSI** ETS 300 468 – *Digital video broadcasting (dvb); specification for Service Information (SI) in dvb systems*
- [9.115] **ETSI** TR 101 211 – *Digital video broadcasting (dvb); guidelines on implementation and usage of dvb service information*
- [9.116] **ETSI** TS 101 154 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*
- [9.117] **ARIB** STD-B10 – *Service information for digital broadcasting system*
- [9.118] **ARIB** STD-B32 – *Video coding, audio coding and multiplexing specifications for digital broadcasting*
- [9.119] **ARIB** TR-B14 – *Operational guidelines for digital terrestrial television broadcasting*
- [9.120] **ATSC** – *Standard A/90 ATSC data broadcast standard*
- [9.121] **ARIB** B24 – *Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting*
- [9.122] **ITU-R**, ITU-R BT.2055建议书, 移动接收所用多媒体广播系统的内容元素
- [9.123] **ETSI** EN 302 583 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*
- [9.124] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*
- [9.125] **ETSI** TS 102 470-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Program Specific Information (PSI)/Service Information (SI); Part 2: IP Datacast over DVB-SH*
- [9.126] **ETSI** TS 102 584 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for Implementation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz*
- [9.127] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*
- [9.128] **ETSI** TS 102 592-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Electronic Service Guide (ESG); Implementation Guidelines; Part 2: IP Datacast over DVB-SH*
- [9.129] **ETSI** TS 102 611-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Implementation Guidelines for Mobility; Part 2: IP Datacast over DVB-SH (see part 1 in DVB-H references)*
- [9.130] **ETSI** TS 102 772 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification of Multi-Protocol Encapsulation – inter-burst Forward Error Correction*
- [9.131] **ETSI** EN 302 304 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)*
- [9.132] **ITU-R**, ITU-R BT.2049报告, 多媒体和数据应用广播的移动接收

- [9.133] **ITU-R**, ITU-R BS.2214报告, VHF频段地面数字声音广播系统的规划参数
- [9.134] **ETSI** TR 102 377 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB handheld services*
- [9.135] **ITU-R**, ITU-R BT.2254报告, DVB-T2的频率和网络规划方面的问题
- [9.136] **ITU-R**, ITU-R BT.2343报告, 在DTT网络上进行的超高清电视现场试验大全
- [9.137] **Greene, K.** *DVB-T2-Lite profile tech standard approved: Transmissions are go!* Available at <http://www.bbc.co.uk/blogs/researchanddevelopment/2011/07/dvb-t2-lite-profile-tech-stand.shtml>
- [9.138] **ETSI** TS 102 428 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification*
- [9.139] **ITU-R**, ITU-R BT.2016建议书, 利用VHF/UHF频段手持接收机进行地面多媒体广播移动接收的纠错、数据成帧、调制和发射方法
- [9.140] **ETSI** TS 102 427 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – MPEG-2 TS Streaming*
- [9.141] **ETSI** EN 300 401 – *Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers*
- [9.142] **ISO/IEC** 14496-3 – *Information Technology – Coding of audio-visual objects: Part 3: Audio*
- [9.143] **ITU-T**, Recommendation ITU-T H.264, *ISO/IEC 14496-10: Information Technology – Coding audio-visual objects: Part 10: Advanced Audio Coding*
- [9.143] **ITU-T**, ITU-T H.264建议书, *ISO/IEC 14496-10: 信息技术 – 编码视听对象: 第10部分: 高级音频编码*
- [9.144] **ISO/IEC** 14496-1 – *Information technology Coding of audio-visual objects Part 1: Systems*
- [9.145] **ITU-R**, ITU-R BS.1114建议书, 向30-3 000 MHz频率范围的车载、便携和固定接收机进行地面数字声音广播的系统A
- [9.146] **ETSI** ES 201 980 – *Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification*
- [9.147] **ITU-R**, ITU-R BT.1210报告, 数据广播业务的误码保护战略
- [9.148] **ITU-R**, ITU-R BT.1225报告, 高清电视环境中的数据广播系统和业务
- [9.149] **ETSI** TS 102 606 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol*
- [9.150] **CENELEC** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications*
- [9.151] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification*
- [9.152] **ETSI** TR 101 891 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Professional Interfaces: Guidelines for the implementation and usage of the DVB Asynchronous Serial Interface (ASI)*
- [9.153] **ITU-R**, ITU-R BT.1206建议书, 数字地面电视广播的频谱整形限值
- [9.154] **ITU-R**, ITU-R BT.1208建议书, 数字地面电视广播的视频编码
- [9.155] **ITU-R**, ITU-R BS.1115建议书, 低比特率音频编码
- [9.156] **ITU-R**, ITU-R BT.1699建议书, 交互式电视应用的说明性内容格式的协调
- [9.157] **ITU-R**, ITU-R BT.1774建议书, 用于公共报警、减灾救灾的卫星和地面广播基础设施

- [9.158] **ITU-R**, ITU-R BT.2035报告, 评价数字地面电视广播系统的导则和技术, 包括其覆盖区的评估
- [9.159] **ITU-R**, ITU-R BT.2075报告, 620-790 MHz频段内的GSO和非GSOBSS卫星网络/系统不应对该频段内的地面电视广播系统造成有害干扰, 并不得要求后者对其给予保护
- [9.160] **ETSI TS 102 773** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [9.161] **ETSI EN 302 307** – *Second Generation Framing Structure, Channel Coding and Modulation Systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other Broadband Satellite Applications*
- [9.162] **ITU-R**, ITU-R BT.2140报告 – 模拟地面广播向数字地面广播的过渡
- [9.163] **Balyar, V., Gofaizen, O.** Performance comparison of digital terrestrial television systems in DVB-T/DVB-T2 standards – *Digital Technologies* – 17 p. – 2012.
- [9.164] **ETSI TR 101 497** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Rules of Operation for the Multimedia Object Transfer Protocol
- [9.165] **ETSI TS 101 759** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – Transparent Data Channel (TDC)
- [9.166] **ETSI ES 201 735** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Internet Protocol (IP) Datagram Tunnelling
- [9.167] **ETSI TS 101 499** – Digital Audio Broadcasting (DAB); MOT Slide Show; User Application Specification
- [9.168] **ETSI TS 101 498-1** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 1: User Application Specification
- [9.169] **ETSI TS 101 498-2** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 2: Basic Profile Specification
- [9.170] **ETSI EN 301 234** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Multimedia Object Transfer (MOT) Protocol
- [9.171] **ETSI TS 102 371** – Digital Audio Broadcasting (DAB); Transportation and Binary Encoding Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG)
- [9.172] **ETSI TS 102 818** – Digital Audio Broadcasting (DAB); XML Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG)
- [9.173] **Telecommunications Technology Association of Korea** TTA.KO-07.0070 – Specification of the Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (AT-DMB) to mobile, portable and fixed reception
- [9.174] **Kim, K.-Y., Lee, G.S., Lim, J.S., Lee, S.I., and Kim, D.G.** Efficient Generation of Scalable Transport Stream for High Quality in T-DMB Service ETRI Journal, vol.31, no.1: Feb. 2009, pp. 65-67
- [9.175] **IEEE Transactions on Broadcasting**: Field Trials for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System (T-DMB) Jan. 2007
- [9.176] **ETSI TS 101 190** – Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects
- [9.177] **ETSI TS 101 191** – Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization
- [9.178] **Le Floch, B., Alard, M., and Berrou, C.** Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex Proc. IEEE, vol. 83, no. 6, June 1986, pp. 587–592
- [9.179] **Abdel Nour, C. and Douillard, C.** Rotated QAM Constellations to Improve BICM Performance for DVB-T2 Proc. ISSSTA, Aug. 2008, pp. 354–59

- [9.180] **Han, S.H. and Lee, J.H.** An Overview of Peak-to-Average Power Ratio Reduction Techniques for Multicarrier Transmission *IEEE Wireless Commun.*, vol. 12, no. 2, Apr. 2005, pp. 56–65
- [9.181] **Mignone, V. and Morello, A.** CD3-OFDM: A Novel Demodulation Scheme for Fixed and Mobile Receivers *IEEE Trans. Commun.*, vol. 44, no. 9, Sept. 1996, pp. 1144–51
- [9.182] **Alamouti, S.M.** – A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications *IEEE JSAC*, vol. 16, no. 8, Oct. 1998, pp. 1451–58
- [9.183] www.igorfun.com/dvb-t/
- [9.184] **Chinese National Standard GB/T2666-2011** – *Implementation Guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting*
- [9.185] **ATSC** Recommended practice A/351 – *Techniques for Signaling, Delivery and Synchronization*

第10章

数字地面电视广播与非广播系统之间的交互性与协作关系

10.1 一般情况与协作机会

过去,电视仅用于接收信号,电视机用于显示电视图像和声音,有些电视机(20世纪80年代后)开始能够接收其他数据,例如图文电视。随着数字与计算技术的出现,电视接收机的能力得到了扩展,在内容的选择和恢复方面,电视机逐步成为更为通用的用户界面。

电视广播和双向通信网等不同媒体之间已经协作了很多年。这样的协作并不意味着一种网络取代另一种网络,相反,这种协作开创了一种新的环境,在这样的环境下,两种系统可以独立共存或协作共存。

在ITU-R词条中,广播被定义为是一种向公众传递图像、声音和数据的媒介(无线电广播规程1.38)。另一方面,电信业务是根据用户(或用户的媒体系统)的请求提供个性化的信息传递服务。

电信业务和广播业务的协作使得交互作用与个性化成为可能。目前,用户希望得到这种个性化服务,不论其在何位置(“任何地方”)以及任何时刻(“任何时间”)。因此,为了实现交互性,现代电视机除了与广播网连接外,还可以与电信网络(通常是IP网络)连接。

10.2 业务层协作

当广播与IP数据互联时,就出现了业务层的协作,例如广播信号的外加信息通过国际互联网以数据流的形式传送。这类协作的一个典型应用是10.2.1节介绍的综合广播宽带(IBB)系统。

在电信和广播业务的发展过程中,业务层协作已经成为一个常见的现象。在某种程度上,这种现象与很多用户希望有一种应用能够提供多种不同服务(例如,电视广播与多媒体应用)这一事实有关。

10.2.1 综合广播宽带

有一种业务协作是广播宽带技术,这种技术通过非定向广播网来传递广播信息,而其他信息(通常是多媒体信息)则是通过双向宽带网络接收。这种技术通过提供高质量的、灵活的、交互的和个性化的服务,例如有关电视节目的其他信息(比如,电子节目指南)或为少数人和有特殊需求的人提供的其他服务等来使用户体验最大化。一个引人注目的方面是非线性广播,即观看一些错过时间的节目(“电视回放”)。

目前大多数电视机都为多种类型的广播配送方式(电缆、卫星和地面)配备电视调谐器,并提供IP网络接口(无线局域网、以太网等)。

目前公布了两份关于宽带广播系统的ITU-R文件:

- ITU-R BT.2075-0建议书[10.1]: “综合广播宽带系统”;
- ITU-R BT.2267-5报告[10.2]: “综合广播宽带系统”。

在这些文件中,描述了下列综合广播宽带系统:

- 混合广播宽带电视(HbbTV);
- 混合广播;
- 基于HTML5的智能电视平台;

- 基于Ginga中间件的综合广播宽带系统;
- 基于数据增强的综合广播宽带系统。

混合宽带广播电视是一种行业标准，它可提供将电视服务无缝组合的开放性业务中立型技术平台，在通过宽带提供综合服务的同时亦可利用互联电视和机顶盒提供纯上网服务。**HbbTV**规范是基于现有标准和OIPF（开放IPTV论坛）、CEA、DVB和W3C的网络技术。该标准为交付功能丰富的广播和互联网服务提供了相应的特性与功能。该技术利用标准互联网技术，实现了应用的快速开发。规范定义了服务的最低要求，简化了设备并为差异化预留空间，限制了CE制造商生产合规设备所需投资的规模。

除其它新功能外，自适应流（依据MPEG-DASH）功能得到了支持。目前基于HTML5的2.0版已经发布。

使用HTML5的**综合广播宽带系统Hybridcast**分别于2013年3月和2014年6月在日本对版本1.0和2.0进行了标准化。该系统推动将广播与宽带通信资源和功能相结合，以此提供服务。最新规范考虑了包括以广播为中心的方案在内的ITU-R BT.2053建议书和ITU T J.205建议书提出的大多数要求。为实现规定的功能，这些规范定义了系统模型、应用模型、应用控制信号、接收机的行为、补充API等。这些规范还定义了协同设备协作、非广播方向的受控应用、应用程序接口（API）方面的机制和功能，以实现视频或图像与广播视频、应用启用的VOD或录像播放精确同步，并支持MPEG DASH。Hybridcast支持HTML-5、MPEG DASH、MMT协议和其他协议。

“**基于HTML5的智能电视平台**”是一种开放的智能电视平台标准，规定了在最先进的HTML5技术上开发的智能电视应用的网络运行时间环境。利用HTML5的功能和接口，可开发并部署符合此规范的应用，并通过智能电视接收机提供与地面、有线、卫星和IPTV等广播系统类似的用户体验。

Ginga通过使用广播与IP包分发路径来支持协作业务。**Ginga**是一种支持不同交互电视协议的动态环境。

基于数据广播增强的宽带广播系统是一种典型的交互系统。为了实现数据传递的交互型，使用了广播信道。由于广播信道是非定向的，所以所有交互的或非交互的电视信息都只能同时传送。接收机根据终端用户展示的指令从传送的数据中选择所需的元素。有时，可以传送的信息元素会受到可用广播传输带宽的限制。因此，这类信息元素需要通过类似于国际互联网那样的宽带信道来传输。

ATSC标准A/331中规定了**通过混合广播/宽带网络进行的基于IP的服务和内容传输**。混合模式服务交付涉及通过宽带（互联网）路径传输一个或多个节目元素。规定了两种混合模式的操作模式：一种是在广播路径中采用ROUTE/DASH，在宽带路径中采用DASH over HTTP(S)；另一种是在广播路径中采用MMTP/MPU，在宽带路径中采用DASH over HTTP(S)。

10.2.2 中间件

中间件是一种连接到电视机“操作系统”的软件。它能够为用户创建一种使用广播信号（多数情况下是通过IP连接）提供了应用环境。它通过广播环境和非广播环境之间的简单交互实现回放、播放、存储、编辑和创建其他电视内容等功能，还能够实现社交联网。

早期使用中间件的某些系统包括MHP/GEM和MHEG-5。以上所介绍的是最近使用中间件支持综合广播宽带系统的系统。当前，这类中间件已经成为所有联网电视机的组成部分。

第13章将进一步介绍有关中间件实现方面的信息。

10.3 技术共性

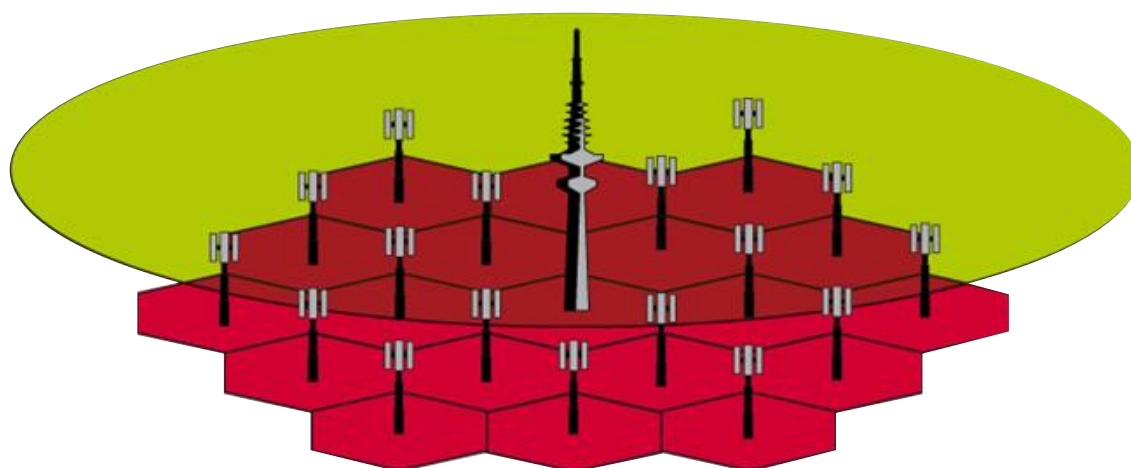
有关电信和广播的公用技术可以实现这些系统之间的互连互通，例如通过使用公用视频编码方案。这样就可以实现不同系统（例如长期演进系统和数字地面广播系统）之间在物理层、链路层、应用层等不同协议层上的有效交互。

10.4 网络层上的协作

通过广播网（数字地面电视广播）和通过非广播网（例如多媒体广播多播业务MBMS）可以在相同的实体控制之下，也可以不在同一实体控制之下。根据承载所需广播内容的载体（广播信号或IP信号），用户所使用的终端可以切换到各自的网络（如图10.1所示）。此外，广播内容可以通过数字地面电视广播系统和IP网络（例如，长期演进系统）同时广播，这样就可以在广播或IP信号不能充分接受的区域实现稳定接收。

在立法、经济和/或技术层面上，网络控制流程也许会很复杂，尤其是当广播网和非广播网具有不同的业务和网络运营商时更是如此。

图10.1
组合网络概念模型



DTTB-10-01

（图来源为布伦瑞克工业大学）

将来，广播和移动业务之间更为紧密的协作方式将占很大的比重。但目前这类概念模型尚处于开发阶段。

德国布伦瑞克工业大学专门对这一领域进行了实质性的研究。他们提出的两个概念是：

- 使用MPEG-2传输流未来扩展帧（FEF）。在所谓的私有部分，MPEG-2传输流规范允许MPEG-2传输流为特殊用途使用尚未标识的数据包。这样图的数据包将被现有的电视接收机所忽略。这些未用的数据包留作将来扩展所用（这就是所谓的未来扩展帧）。在长期演进模式下，这类未来扩展帧数据包可以用来携带广播内容。这样一来，MPEG复合数据包就会两次携带广播信号（时分复用）：一次是传统的电视节目元素，另一次是基于IP的信号。稍作修改的移动设备（例如桌面计算机）有可能触发这些重复出现的未来扩展帧，从而提取广播内容。整体传输能力将被传统广播和长期演进型信号所共享。但从原理上讲，还可以直接通过手持式设备接收广播内容。这类系统已经在实验室和不同的商业事务中得到证实。
- “塔式叠加”：其基本理念是让广播业务传送动态共享如图10.1所示的基础设施。本质上讲，这样的理念表示的是广播配置大蜂窝覆盖直径50~70km的大区域）中的高功率发射机与移动网络配置（小蜂窝覆盖直径几千米以内的区域）中相对低功率基站。收视率高的节目通过高功率广播网传送，而收视率低的节目使用小蜂窝配置。二者之间的切换是随着观众数量的变化自动完成的。这样做的好处是节约了频谱带宽，或者说增加了广播能力[10.5]。

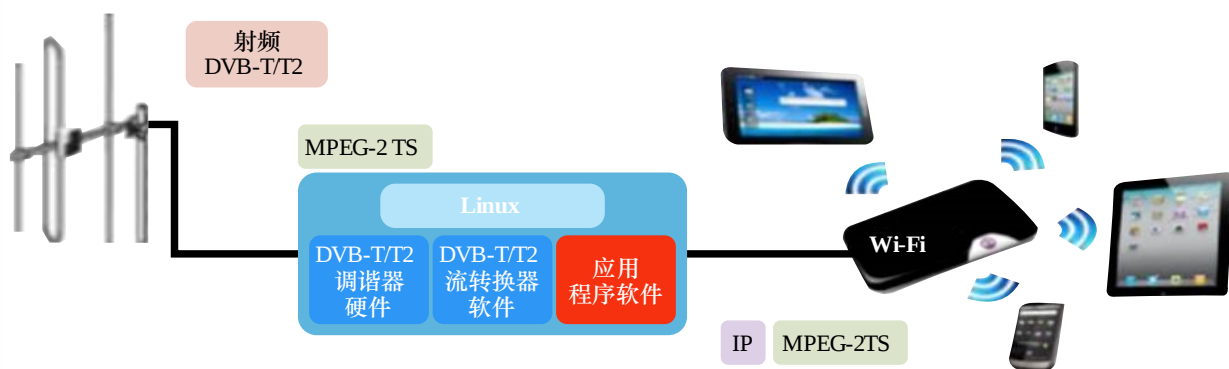
通过在连接到Wi-Fi路由器的IP转换设备上使用数字地面电视广播功能可以在技术上实现智能手机和桌面计算机上接收数字地面电视广播。

目前已经有一些基于SAT/IP协议的商业产品可供使用。SAT/IP协议利用室内Wi-Fi路由器或以太网接口为IP连接的设备传送DVB-S32服务。这些设备中的一部分还支持DVB-T/T2协议。

这项技术基于开源软件（不同于的实现SAT/IP³⁸）的一个具体实现已经在WRC-15上得到了欧洲广播联盟的证实。使用UPnP协议使很多类型的媒体设备实现互联，与这些设备的操作系统无关。一般原理如图10.2所示。有关家用联网的进一步信息参阅第9章。

图10.2

用于无线室内数据传送的数字地面电视转换为IP的原理图



DTTB-10-02

³⁸ SAT/IP也使用UPnP，但是私人设备类型信息。

10.5 有关交互式电视机的详细讨论

10.5.1 交互性方面的问题

随着现代数字电信和电视技术的发展，现代电视机交互性的作用越来越突出。交互性可以有各种不同的程度，从最简单到最大的交互性实现。

模拟电视中已经实现的典型交互应用是图文电视、短信投票等。电视机交互性的进一步发展是将数字电视功能与集成了互联网功能的广播-宽带系统（参阅10.2节）组合起来。

但是，这样的交互性实现只是“真实”交互性的一个中间阶段—用户的交互仅限于与交互服务提供商之间的交互，用户所能交互的内容是固定的。将来，我们可以考虑一种扩展了的交互性实现，它将允许末端用户访问已有的内容，或者创建自己的内容。但在本文撰稿之时，还很少有这类扩展了的交互性。

能否有所谓回馈信道或交互信道的技术实现是一个单独的问题。尽管相关技术（例如DVB-RCT已经在20年前得到了发展，但还没有得到广泛应用，其主要原因是通过宽带网络（有线网和无线网）连接的国际互联网的普适性。此外，地面环境中的返回式交互信道需要分配其他无线电频率资源，由于存在数量庞大的无线电通信业务（模拟和数字电视广播、雷达等），所以，分配无线电频率资源是一个复杂的问题。不同国家在DVB、ATSC和ISDB系统中使用交互电视技术（包括返回式交互信道）的经验和测试结果在10.3节进行了介绍。

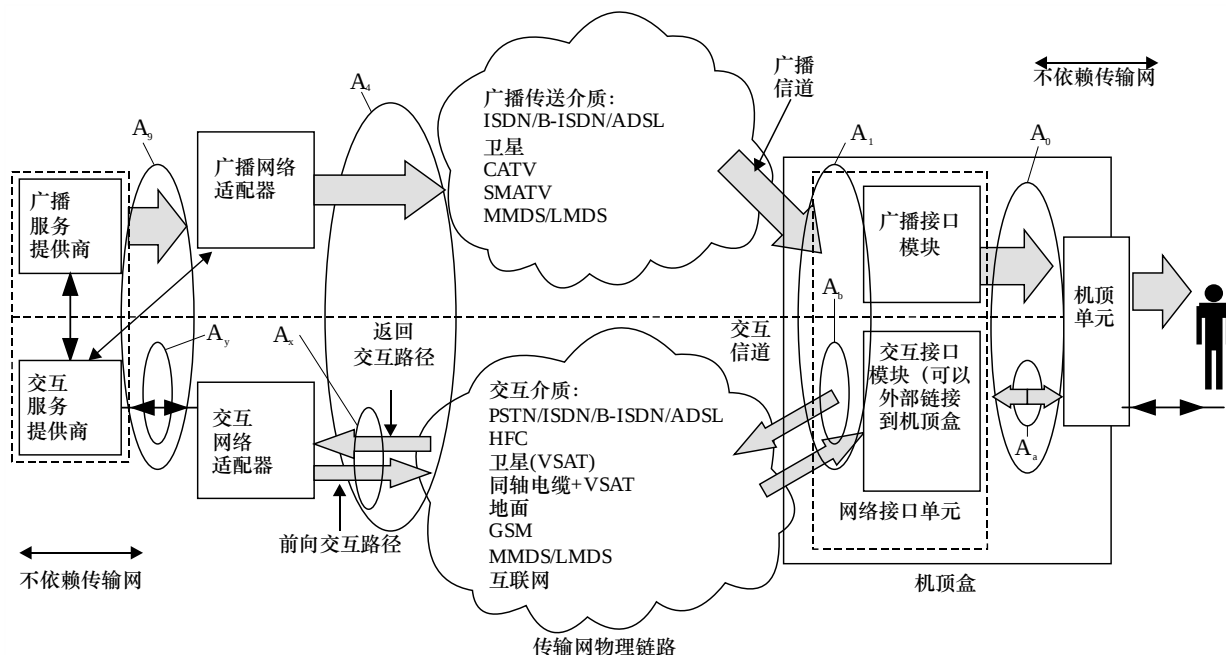
10.5.2 交互系统模型

ITU-RBT.1369建议书[10.6]针对世界范围内为公众提供电视交互服务的系统簇给出了一般指南，它还专门为交互电视定义了一个参考模型。图10.3给出了该模型的示意图。

该模型预测到存在两种类型的信道：可以基于广播信道来实现的前向交互信道和一个可以通过其他网络（通常是电信网）来实现的返回交互信道（或在广播网范围内通过确定/分配特定的资源实现10.5.1节所述的交互性）。

图10.3

交互式电视业务的功能性参考模型



DTTB-10-03

（该模型建立于1998年，但其原理始终是有效的。如今，交互信道的物理连接主要通过接入基于IP的宽带（有线或无线）网络来实现的。

因此，该模型允许按照不同的传送环境（地面、电缆和卫星）来组织用户与交互服务提供者之间实现交互的交互环境。[10.6]节给出了一个灵活的模型。本文撰写之时，对于数字电视广播而言ITU-R在PSTN/ISDN（ITU-R BT.1435建议书[10.7]）网络、DECT（ITU-R BT.1507建议书[10.8]）、GSM（ITU-R BT.1508建议书[10.9]）和LMDS（ITU-R BT.1564建议书[10.10]）网络的基础上针对返回交互信道定义了特定的可能性。并借助于网络独立传送协议实现了模型的通用性。ITU-R BT.1434建议书[10.11]确定了使用这些协议的基本原则。

对于现代综合广播-宽带系统而言，返回交互信道的作用得到了加强，同时作为前向交互信道使用。例如，一个交互应用和点播内容可以通过返回交互信道从服务提供商那里被传送到终端用户。这样的使用方式可以由用户发起，也可以是应用程序与用户之间的交互。这是一种更为复杂的信道使用方式。对于这样的复杂使用方式，ITU-R BT.2037建议书[10.12]定义了什么是广播-宽带系统以及广播-宽带系统如何工作。ITU-R BT.2037建议书[10.3]定义了广播-宽带系统的技术要求，该技术要求强调了以广播为中心，同时也基于返回交互信道的增强功能。

10.5.3 交互系统的内容格式

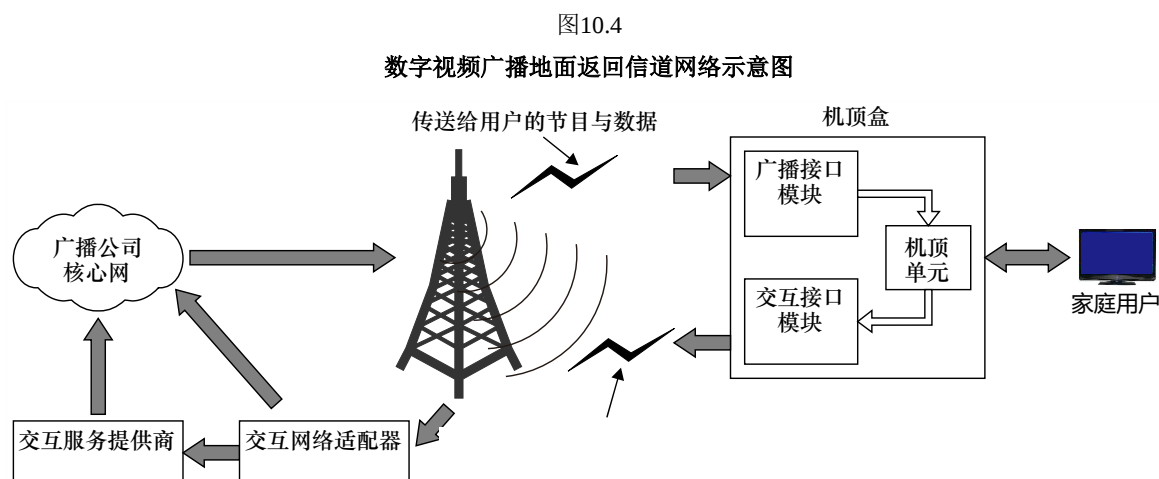
为了形成并在国际上交换多媒体内容，最好采用共同的内容格式。这样的格式允许通过确定ACAP-X、BML和DVB-HTML等交互电视应用规范所规定的应用环境中的功能共性为交互系统应用的不同实现创建内容管理和交换组织的共享基础。这三种标准的共同要素被称为“共同核心”。共用核的价值在于帮助节目制作者采用这些标准在国际上交换说明性内容。本建议还指出了所述标准中共用核之外的特性。本建议的目的是指出这些差别，以鼓励尽量增加各标准间的共性，进一步加强功能性和提高规模效益。

ITU-R BT.1699-2建议书[10.13]给出了共同核心的定义。为了能够实现不同交互平台之间的交互，另外还为数字交互电视业务定义了一个共用指令集（参阅ITU-R BT.1722-2建议书[10.14]）和一个共用应用环境，包括环境的基本体系架构、执行引擎的结构和展示引擎的结构（参阅ITU-R BT.1889建议书[10.15]）。

对于现代广播-宽带系统而言，ITU-R BT.2075建议书[10.1]还为选择合适的广播-宽带系统提供了指南和技术信息。另外还提出了单媒体、应用格式和应用类型等广播-宽带系统各个方面的相似点和不同点。

10.5.4 地面环境所用的交互信道

出于完整性起见，在此给出了通过地面返回信道的交互性实现的参考模型。对于数字视频广播区域，按照ITU-R BT.2025建议书[10.16]所述的规定确定了数字视频广播地面返回信道DVB-RCT。其理念是广播接收机利用其接收天线将反向交互信息连接到广播发射机。数字视频广播地面返回信道频率同步信息是从地面数字视频广播信号中提取出来的，而时间同步信息是通过使用广播信道传递的介质访问控制管理数据包来实现的。其原理如图10.4所示。



DTTB-10-04

文献[10.16]中给出了通过地面环境实现交互的交互系统。引入这样的系统预测了相应的频率，同时对ITU-R BT.1832建议书和ITU-R BT.2025报告[10.17]、[10.16]中强调的问题给出了解决方案。

第10章参考资料

- [10.1] ITU-R BT.2075建议书 – 综合广播 - 宽带系统
- [10.2] ITU-R BT.2267报告 – 综合广播 - 宽带系统
- [10.3] ITU-R BT.2053建议书 – 综合广播 - 宽带系统的技术要求
- [10.4] ITU-T J.205建议书 – 综合广播与宽带数字电视应用控制框架要求
- [10.5] Ulrich Reimers Dynamic Broadcasting, EBU Forecast 2012, ref.
<https://tech.ebu.ch/events/forecast12>
- [10.6] ITU-R BT.1369建议书 – 交互式电视业务的全球通用系统系列的基本原则

- [10.7] **ITU-R BT.1435**建议书 – 公用交换电话网/综合业务数字网 (PSTN/ISDN) 的数字声音和电视广播交互频道
- [10.8] **ITU-R BT.1507**建议书 – 使用数字增强型无绳电信 (DECT) 系统的交互频道
- [10.9] **ITU-R BT.1508**建议书 – 使用全球移动通信系统 (GSM) 的交互频道
- [10.10] **ITU-R BT.1564**建议书 – 使用本地多点分配系统的交互频道
- [10.11] **ITU-R BT.1434**建议书 – 交互式系统的网络独立协议
- [10.12] **ITU-R BT.2037**建议书 – 对综合广播宽带系统广播应用的一般性要求及其设想应用
- [10.13] **ITU-R BT.1699**建议书 – 交互式电视应用的说明性内容格式的协调
- [10.14] **ITU-R BT.1722**建议书 – 交互式电视应用执行引擎 (程序) 指令集的统一
- [10.15] **ITU-R BT.1889**建议书 – 交互式数字广播业务的通用应用环境
- [10.16] **ITU-R BT.2025**报告 – 交互式广播系统和业务的开发和实施进展
- [10.17] **ITU-R BT.1832**建议书 – 地面数字视频广播返回信道 (DVB-RCT) 部署情形和规划时需考虑的因素

第11章

数字电视广播中的条件接收与内容保护

11.1 总体情况

很多广播公司看到了对其全部或部分电视节目进行加密的必要性。加密是一种机制，该机制允许授权用户接收电视节目。本章将介绍条件接收（CA）的基本原理以及使用中的不同条件接收系统（CAS），包括数字版权管理（DRM）。

对节目进行加密主要源于两个原因：

- 为电视服务付费；
- 将电视信号接收限制在预先设定好的地理区域。

电视用户付费通常以年、月计，有时甚至以小时计。尤其在自组织接入的情况下（例如，观看特殊影片或体育赛事），用户通常通过国际互联网连接智能电视才能观看。另外一种情形是采用基于软件和硬件的条件接收机制。卫星广播是众所周知的按照不同地理区域进行加密的情形，但在数字地面电视广播中也有节目加密的情形，以防止特殊的电视节目在预定的播放区域之外被使用。地面地理区域划分有可能需要向国家管理机构提出申请，其原因有可能是邻国之间的协议不全面，或者当播放节目的广播公司没有或不能为预定服务区域以外的观众取得播放权时，多数情况下电视节目的知识产权所有者要求对节目进行加密。在这种情况下，解密的关键通常在于为预定地理区域内的用户免费。

可以对电视信道中传送的一个或几个电视节目进行加密，或者对整个电视节目组合进行加密（如图11.1所示）条件接收可以按照时钟（“用户频道”）或者只按照特定的时间间隙来启动。电视节目的技术性加密取决于所使用的条件接收系统，包括基于软件和基于硬件加密方式。基于软件的加密方式是将加密软件嵌入到机顶盒或电视机中，而基于硬件的加密方式通常依赖于条件接收模块（CAM）的特殊接口。这类接口最常用的类型是接口中有CI或CI+模块（详细内容见下一节）。

国际电信联盟有关数字电视广播系统中使用的条件接收系统（CAS）的技术要求、操作要求和其他要求的研究都是依照ITU-R49-1/6号课题[11.1]展开的。

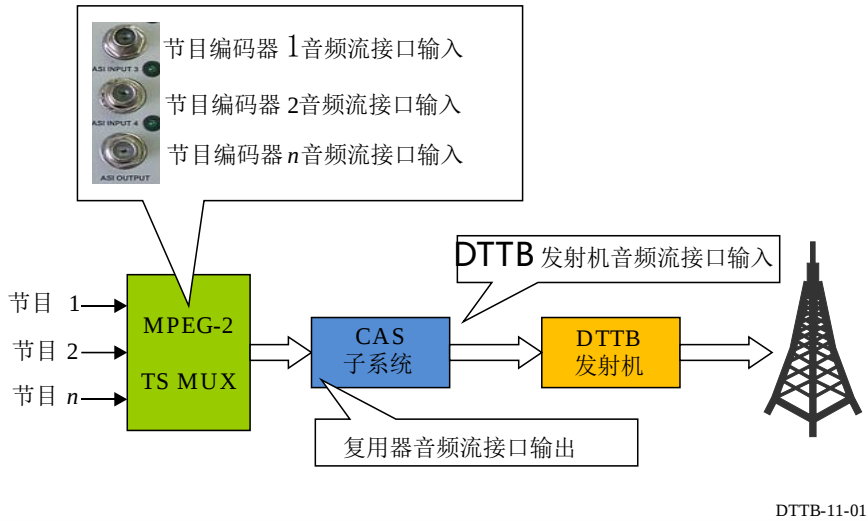
ITU-RBT.1852建议书[11.2]和ITU-RBT.1079报告[11.3]中定义了条件接收系统数字广播的条件接收系统设计的基本原则。

ITU-RBT.1852建议书[11.2]所描述的原则应有利于ITU-T建议H.222.0MPEG-2传输流（MPEG-2 TS）中有效条件接收系统的开发。³⁹

³⁹ 未来，预计本建议书也会覆盖ITU-R BT.2074建议书（已用于8k超高清电视）中所定义的MPEG媒体传送系统。

图11.1

数字地面电视广播中使用条件接收的原理框图
(示例中的情形是将整个MPEG-2传输流全部加密)



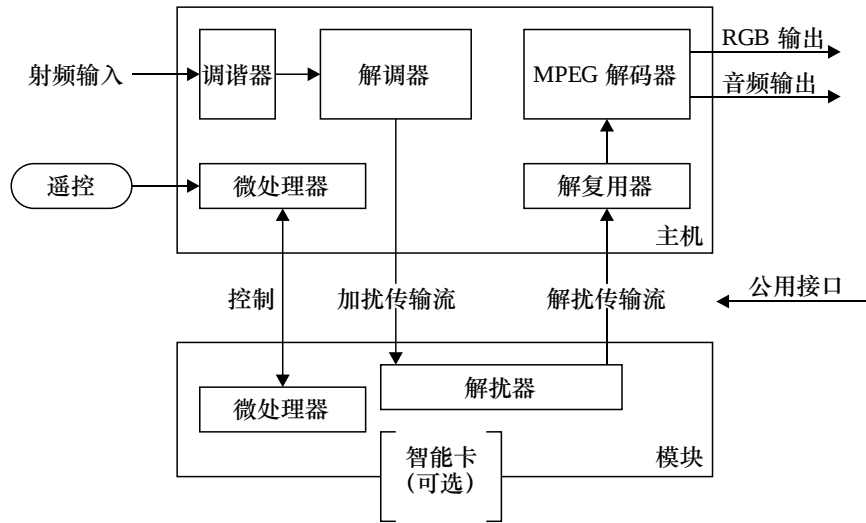
条件接收系统既可以是复用器之后的一个分立装置（如图11.1所示），也可以是数字电视发射端（例如，在视频/音频编码器上或在有线电视前端站上)的某个特定模块的一部分。

在接收端，条件接收系统可以以硬件模块的形式实现，或者以嵌入式系统的形式实现。目前，由于嵌入式系统实现越来越复杂并能实现大量用户的管理，所以卡系统广泛用于数字地面电视广播。在嵌入式系统中，解密算法已经存储在接收机中。这样就方便了用户，但增加新算法（例如出现新的服务提供商）需要将其下载到存储容量有限的末端用户设备。

11.2 实现条件接收系统的方法

为了提供支持条件接收系统方面的共有特性，数字电视接收机通常配备有一个称作公用接口（CI）的接口，最近使用的是CI+（详细情况见11.2.3）。使用公用接口的目的是使交换的条件接收系统消息以及公共加扰算法具有标准的格式。图11.2给出了数字电视接收机中使用公用接口的总体框图。

图11.2
与端机连接过程中的单模块实例（参阅标准EN 50221）



DTTB-11-02

图中，主机是一个典型的数字电视接收机，具有调谐器、解调器、MPEG解码器、信号分离器和其他用于恢复电视广播节目的功能。模块含一个微处理器，用于与主机模块、解扰器和可选智能卡子模块进行互操作。这类就交互将采用公用接口来实现。为了提供必要的功能性，这一接口的几个协议层上定义了若干通信协议。这一功能包括支持主机上多个模块的能力，支持模块与主机之间复杂交互组合的能力以及允许主机为模块提供资源的可扩展功能原语（目标）集。

11.2.1 综合业务数字广播中的条件接收系统

ARIB STD-B25 [11.6]中定义了适用于综合业务数字广播的条件接收规范。

该标准适用于所有综合业务数字广播数字标准电视广播、地面广播以及卫星广播，包括高清晰度电视广播。

ARIB STD-B25定义了用于接收（条件接收）的控制系统以及用于综合业务数字广播回放的系统（条件回放系统）。该标准为条件接收定义了一种可能的解决方案，但ARIB STD-B25被看成是主系统。

ITU-RBT.1852建议书[11.2]中定义了ARIB STD-B25系统的主要参数。综合业务数字广播中的条件接收被称作CAS-R系统。该系统根据MULTI2 (ISO/IEC 9979)使用密码进行加扰和解扰。

ARIB STD-B61 [11.7]中还定义了第二代条件接收系统，ITU-RBT.1852建议书[11.2]中对此进行了详细的描述。

11.2.2 高级电视系统委员会（ATSC）所使用的条件接收系统

ATSC标准A/70第一部分[11.8]定义了用于ATSC地面广播的条件接收系统。该标准制定了确保互操作性（即，任何CAST条件接收模块都可以与设计支持CAST条件接收的任何兼容主机进行互操作）所必需的构件（同密、加扰、主机条件接收软件、返回信道和条件接收模块接口）。由于ATSC条件接收模块被设计为可以更换，所以，应防止ATSC主机随着机密性提升而性能降低，人们希望该标准的沿用时间与ATSC标准本身沿用的时间一样长。

ATSC标准A/70第二部分[11.8]定义了如何利用同密概念同时用不同的业务保护系统加密（提供业务保护）业务而不需要传输多个不同的业务加密版本[11.10]。该标准描述了一种适用于依托IP传送框架实现的地面广播系统，该标准还可用于ATSC移动数字的电视信号和业务的广播以及其他通过IP传送的业务的广播，还标准还允许广播公司利用可替换的业务保护系统现场支付业务费。

ATSC标准A/360（2019年）规定了ATSC 3.0系统中安全和服务保护的机制。该标准定义了一套方法，旨在确保其他ATSC 3.0规范中描述的以下内容和数据流的安全：

- 1) 为MPEG-DASH内容传输提供内容保护；
- 2) ATSC 3.0应用的认证；
- 3) ATSC 3.0广播信令的认证；
- 4) ATSC 3.0应用和网络内容服务器之间通过互联网连接交换的互动数据，包括使用DNS安全；
- 5) ATSC 3.0主设备和配套设备之间的数据流。

11.2.3 数字视频广播所使用的条件接收系统

ITU-RBT.1852建议书[11.2]规定了数字地面广播电视所使用的条件接收系统的主要参数。在该建议中，系统被称作“IEC 62455数字视频广播系统”。该建议使用数字视频广播公用加扰算法（DVB-CSA）或AES-128（设备强制使用）进行加密，另外还可以使用DES、3DES和MULTI2（设备选择使用）。为了控制接收广播业务，IEC62455以数字视频广播的MPEG-2传输流为基础规定了一个标准化系统。IEC62455还规定了如何使用相同的系统来根据网际协议（IP）来控制广播业务的接收。这样，该规范就可以广泛适用于不同的广播系统，包括那些没法对MPEG-2传输流数据包实施加密保护的系统（例如，在非MPEG-2网络上传送基于IP的业务）。

数字视频广播所使用的条件接收系统按照同密和多密两种方式实现。

数字视频广播单密系统能够通过同时向每个条件接收系统传送授权数据来同时使用多个具有不同条件接收系统的接收机。对于数字视频广播单密架构对于使用共享加扰和解扰方法是否可能存在制约，目前还没有带线什么问题[11.16]、[11.17]、[11.18]。

数字视频广播多密系统通过使用公用接口，能够让一个接收机使用多个条件接收系统。EN 50221[11.11]和R206-001 [11.12]相应介绍了数字视频广播所使用的公用接口的处理原理和基本参数以及实现指南。作为首次扩展，对公用接口2.0版也做了标准化[11.12]。标准化后的接口允许使用其他功能，例如，支持状态/查询功能、电源与事件管理、应用程序人机界面、拷贝保护、软件下载和条件接收管道资源。随后，公用接口规范更新为3.0版[11.14]。

目前，公用接口规范已经扩展为CI+规范[11.15]，该规范为公用接口条件接收模块（CICAM）与主机之间的互相认证提供了一种通用的方法（即，独立于上游条件接收系统的方法），并且通过返回接口从公用接口条件接收模块加密连接到主机。

以下是CI+™规范1.3版所规定的具体功能：

- 多视频流处理；
- 广播内容通过IP传送；
- CI+™浏览器扩展；
- 公用接口条件接收模块应用程序启动；
- 使用规则信息扩展；

— 水印和代码转换能力。

11.3 内容保护与拷贝管理

除了电视和其他广播环境中的接收控制外，一项更为重要的技术任务是对末端用户所消费的程序内容的不同方面进行管理。尤其是，在数字版权管理（DRM）方面，这样做与内容保护管理有关。

为了解决上述提到的技术问题，需要传送特殊的信息，该信息应包含在数字广播流中进行内容消费控制的数据。这一问题在ITU-R BT.2070-1报告[11.5]中强调了这一问题。这份报告介绍了用于广播电视和相关业务数字内容保护的最新技术。这份报告中提供的信息与涉及技术进步给广播和内容提供者带来的商业威胁的描述，合法使用广播内容的潜在挑战，架构模型的定义以及广播环境下进行内容保护的概念，并且给出了在韩国已实施的一种内容保护解决方案。

数字版权管理系统各有不同，但它们都是基于利用设备专用密钥或用户专用密钥来加密部分或全部内容的理念，并且只允许针对那些符合所授版权的内容来使用这些密钥。

例如，ARIB STD B25第三部分给出了综合业务数字广播系统中的内容保护系统（CPS）。本标准的第三部分规定了一种数字广播中使用的访问控制系统，这是一种接收控制系统，而且是一种专门用于免费节目接收的内容保护系统，该标准还定义了加扰，相关信息规范以及相关接收规范[11.6]。

数字视频广播环境下的内容保护又被称作DVB-CPCM[11.18]。DVB-CPCM是一种用于对传送给消费者的商用数字内容进行内容保护和拷贝管理的系统。从获取到数字内容开始直至最终被消费或者从CPCM系统导出这一过程中，CPCM系统始终按照特定的该内容的使用规则来管理这些内容的使用。商用数字内容的可能来源包括广播（例如，电缆、卫星和地面）、基于互联网的业务、封装媒体以及移动业务。内容保护与拷贝管理的使用旨在保护所有类型的商用数字内容——音频、视频及相关应用和数据。为了便于这些内容通过家庭网络或远程接入而互相联网的用户设备进行互操作，内容保护与拷贝管理提供了专门的规范⁴⁰。

ATSC环境下的内容保护和内容管理由标准A/98“系统自我更新消息传输”[11.9]给出。该标准定义了传输系统自我更新消息的方法。系统自我更新消息（SRM）是由内容保护系统的管理员发出的，当这条消息发送给使用该内容保护系统的设备时，该消息可以收回某些设备或设备组获取由内容保护系统保护的内容的权限。不同的内容保护系统各自有不同的系统自我更新消息来保护系统的完整性；例如，当系统的设备密钥被盗并且被复制时。此外，ATSC标准A/65“用于地面广播和电缆广播的节目与系统信息协议”[11.20]包括一个访问控制标志来指示与广播信道是否实施访问控制有关的事件。

ATSC 3.0使用DASH-IF ATSC Profile作为媒体容器，它将通过广播发射发送到接收器进行消费。MPEG通用加密（CENC）已被指定为适合与ISO BMFF一起使用的数字权利管理系统。任何需要通过ATSC-3.0系统进行DRM加密的媒体将使用MPEG通用加密（CENC）。

ATSC 3.0服务和内容可使用通用加密和一个或多个DRM系统进行保护。一个服务或内容的多个许可证可以通过多个DRM系统同时提供。受DRM保护的ATSC 3.0服务或内容是根据通用加密标准，使用AES-128算法在CTR或CBC模式下进行加密的。

⁴⁰ DVB-CPCM情况说明书：https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-CPCM_Factsheet.pdf。

第11章参考资料

- [11.1] **ITU-R** 49-1/6号课题, 条件接收广播宽带系统
- [11.2] **ITU-R** BT.1852建议书, 用于数字广播的有条件接收系统
- [11.3] **ITU-R** BT.1079-1报告, 有条件接收广播系统的一般特性
- [11.4] **ITU-R** BT.2052报告, 在交互式广播系统中保护最终用户隐私
- [11.5] **ITU-R** BT.2070-1报告, 电视内容广播的保护信令
- [11.6] **ARIB** STD-B25 – *Conditional access system specifications for digital broadcasting*
- [11.7] **ARIB** STD-B61 – *Conditional access systems (second generation) and CAS program download system specifications for digital broadcasting*
- [11.8] **ATSC** Standard A/70 Part 1:2010 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast*
- [11.9] **ATSC** Standard A/70 Part 2: 2011 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast Service Protection using Simulcrypt for Internet Protocol-Delivered Services*
- [11.10] **DVB** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications*
- [11.11] **CENELEC** R206-001 – *Guidelines for Implementation and Use of the Common Interface for DVB Decoder Applications*
- [11.12] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification*
- [11.13] **ETSI** TS 100 289 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of the DVB Scrambling Algorithm version 3 within digital broadcasting systems*
- [11.14] **ETSI** TS 103 205 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the CI Plus™ Specification*
- [11.15] **ETSI** TS 101 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB SimulCrypt; Head-end architecture and synchronization*
- [11.16] **ETSI** TS 103 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Head-end implementation of DVB SimulCrypt*
- [11.17] **ETSI** TR 102 035 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines of the DVB Simulcrypt Standard*
- [11.18] **ETSI** TS 102 825 (Parts 1-14) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Content Protection and Copy Management (DVB-CPCM)*
- [11.19] **ATSC** Standard A/98: 2007 – *System Renewability Message Transport*
- [11.20] **ATSC** Standard A/65: 2013 – *Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable*
- [11.21] **ATSC** Standard A/360:2019 – *ATSC 3.0 Security and Service Protection*

第12章

基带信号的质量

12.1 引言

我们建议使用第3章提供的信息（数字地面电视广播要求）来选择视频和音频以及平均比特率。

如果关于不使用推荐方法究竟会造成多大的质量变化有必要进行进一步的探讨，那么，这一部分内容可以作为指南。

电视系统中音频/视频质量的估计很多时候取决于评估下列潜在受损源的影响：

- 音频/视频压缩体系：这里，视频质量估计与视频压缩算法在比特率与主体/目标质量之间折中的有效性。
- 传输信道：在这种情况下，我们估计的是通过整个端到端广播链路后恢复的视频的准确性但是，在数字广播中，后者不会影响画面质量，也不会两个视频之间很小的过渡时间内产生完整的画面失效。

音频/视频源的质量等级可以用两个变量来量化：

- 客观度量（客观估计），使用数学测度根据视频输出的像素值（或输出音频信号）来计算质量等级。
- 主观度量（主观估计），是根据预先定义的方法选择人类观众/听众来进行的评估。

主观质量度量方法是更早和更快的质量评估工具。这些方法主要用于更大范围的应用，这些应用在给定视频序列集合的条件下产生相同的结果。选择使用的视频序列以及对得到客观度量结果的解释应适用于目标应用。客观度量可以用于可靠评估相同压缩协议族的压缩系统（例如，基于块编码的MPEG-4、MPEG-2等），因为这些系统可以提供类似的视觉效果。12.2节介绍了现有客观度量方法的基本情况。

主观质量评估法是一种规定的程序，用于确定人类观众对给定应用下的特定视频序列集合的平均意见。因此，这些方法建立起来更为复杂，但更能代表观众对质量等级的反应。

在基本系统设计和基准评估中这些结果是有价值的。不同应用在不同测试条件下所使用的主观质量评价还会提供有意义的结果；但是，对相同视频序列集合的意见评分有不同的值[12.1]。12.3节介绍了主观测量方法的基本情况。

客观测量和主观质量评估是互补的，不是可以互换的。主观评估对于确定保持某一质量等级所需的比特率以及传输所需的比特率是必要的。客观测量主要用于设备规范以及日常系统性能测量和监控。

最常用的质量控制过程类型有：

- 人工质量控制
- 自动质量控制
- 文件结构合规性（检查是否符合文件标准，例如AS11 DPP）。
- 文件结构分析（如果某些文件的结构出现了错误，要对其进行深入分析）。

在复杂的集成化IP产品和多平台分布场景下，当递进式固件和编解码器更新过程中出现扰动风险时，对整个链路进行定期的“黄金眼/黄金耳”客观评估也许是最切合实际的。

欧洲广播联盟拥有一项专门用于解决音视频质量评估问题的质量控制计划⁴¹。

12.2 数字电视中用于压缩系统的客观质量估计

客观估计法利用测量设备，根据测试信号参数进行测量的一种方法。客观测试结果不能给出有关观众对所观看节目的印象的全部信息。特别是在数字电视中，有可能忽略画面扰动和观众视觉印象之间的准确关系[12.1]。

规范性文件[12.2]和[12.13]描述了MPEG视频和音频流技术参数在数字地面广播客观质量估计中的使用方法。

12.2.1 视频压缩质量估计的客观测度

这类测度被称为是客观感知测度。这是一类测量节目链性能侧方法，该测量方法通过使用类似于节目的画面和客观（依靠仪器）的测量方法得到一个指示量来近似主观评估测试中得到的质量等级。实施客观测量有三种基本方法：

- 完全参考（FR）：完全参考信号可用情况下可使用的方法—双端法。
- 简化参考（RR）：只有简化参考信号可用的情况下才可以使用的双端法。
- 无参考（NR）：没有参考信号或信息可用的情况下使用的方法—单端法

根据VQEG⁴²的工作，为用于有完全参考信号的广播应用的客观感知视频质量测量技术编制了ITU-R建议：[12.3]用于标清电视。[12.4]用于缩减清晰度电视。文献[12.5]和[12.6]是用于标清电视有关缩减带宽广播应用客观感知视频质量测量技术的信息文献，其中前者用于缩减清晰度电视，后者用于标清电视。

12.2.2 视频传输质量估计值的客观测度

这些测度包括：

- 节目流同步的准确性（同步信号的抖动和误差）；
- 结构失真的程度；
- 视频序列的临时测度（VFLR⁴³、VFDR⁴⁴、TER⁴⁵）；

可以用于确定结构失真程度的测度包括：

- 像素误差比率（PxER）；
- MPEG块误差率（BLER）；
- MPEG宏块误差率（MBLER）；
- MPEG片误差率（SLER）。

⁴¹ 更多信息请参见<https://tech.ebu.ch/groups/btf>。

⁴² VQEG视频质量专家组。

⁴³ VFLR：视频帧损耗比。

⁴⁴ VFDR：视频帧解码比。

⁴⁵ TER：定时误差比。

为了估计广播信道在视频序列层产生的失真的影响，可以使用下列技术质量测度：

- 视频帧损失率（VFLR）；
- 视频帧解码率（VFDR）；
- 定时错误率（TER）；
- 视频峰值信噪比（PSNR）；
- 视频质量测度（VQM）；
- 运动画面质量测量（MPQM）；
- 结构相似性指数（SSIM）；
- 噪声质量测度（NQM）。

12.2.3 音频质量估计值的客观测度

对音频质量进行评价时，应考虑下列参数：

- 响度；
- 最大真实峰值；
- 响度范围；
- 频率响应；
- 信噪比；
- 单一兼容性（信道之间的相位差）/相关性。

音频内容传输信道的测量应考虑下列参数：

- 标称带宽；
- 噪声等级；
- 数据率；
- 抖动；
- 比特误差率；
- 群延迟变化；
- 振幅响应；
- 非线性失真（THD）；
- 互调失真。

对于数字电视系统的音频信号，ITU-R BS.1387建议书[12.14]给出了用于压缩音频感知质量估计的客观方法。

ITU-R BS.1387建议书[12.14]是以缩减编码速率音频信号客观测量为主题的文献，文献始终保持严格的相关性。不过，文献指出，当某一设备或某一电路投入使用前，即启动了感知质量排列程序，同时检查其功能性和质量是否符合要求（适用于末端用户）。在广播术语中，这种情况指的是对于音视频信号有贡献的所有元素（节目音频、视频、字幕、旁白、语音描述、签名视频/音频等）都是按照适合于消费的质量制作的。如果将个人选择也考虑进来的话，末端用户获得的实际（客观）体验质量可以远超于各部分的总和。

综合方法对于音视频内容的生产和多平台传播（尤其是通过IP基础设施传播）存在的危险在于操作系统（固件）和编解码参数的改变。整个音视频链路中某个元素的固件发生任何微小的变化都会对末端用户的体验质量产生巨大的影响（例如吗明显的对口型错误）；因此，ITU-R BS.1387建议书[12.14]中提出的感知质量排序这一概念很少在实践中使用。

12.2.4 未来发展前景评述

电视中的音频技术的发展已经远超传统的立体声音响，5.1声道配置也已经朝着沉浸式多通道（可达22.2个扬声器通道）重放（包括音高的表示）方向发展，同时还朝着基于场景的音频和基于对象的音频方向发展。

基于场景和基于对象的音频非常便于广播公司的音频业务，例如针对感知受损用户的个性化和可达性。这类业务的优势在于人们希望广播公司音频制作简化到仅仅包含一个单一的程序，因为面向对象的音频元素被按照用户的喜好和实际的扬声器配置固定在接收机上。

还有一点需要谨记的是，目前电视消费的趋势已经趋向于非线性和在移动/便携设备上使用，尤其是很多音频内容事通过耳机收听的。高级业务将需要类似于双耳技术的技术来将音频传输到这类平台。

为了进行评估，拥有一个标准化的渲染器是至关重要的，该渲染器可以将高级音响系统ITU-R BS.2051建议书[12.15]、ITU-R BS.2076建议书[12.16]和ITU-R BS.2388报告[12.17]中提到的所有技术和内容类型都展示出来。这项工作正在由ITU-R 6C工作小组实施。渲染器应用于整体质量评估，也可以用于响度测量和产品。

此外，开发和商定高级音响系统的客观评估和主观评估方法也是很重要的。

有关传输质量参数的详细信息见第7章。

12.3 数字电视压缩系统的主观质量估计

主观评价的依据是一组观测人员对待评价节目进行观测后的结果，这些观测人员对节目的质量给出充分的意见，并按照统计方法对这些结果进行处理[12.1]。

ITU-R BT.500-13建议书[12.8]中介绍用于在电视系统视频压缩过程中测试新的/现有的编解码器的主观估计基本方法。我们在此介绍两种基本方法：

- DSCQS（双激励连续品质量表），使用连续品质量表。如果品质受损对于质量有积极影响或不利影响，这种方法可以专门提供每个质量差别的准确结果。这种方法用于测量某个压缩系统实现相对于参考系统的质量。
- DSIS评估法（双激励受损量表），根据双方商定的受损量表进行电视节目的心理物理测试该量表主要用于控制和定义；得到的评测结果是有效的、可靠的，并且多次评测的结果是一致的。这种方法用于测量系统的鲁棒性（即，失效特征）。

下列方法是DSIS和DSCQS的替代方法：

- 单激励（SS）法：展示单一图像或单一序列的方法 – 是完整展示的指数。包含：数值范畴判断法、非范畴判断法和性能法。
- 激励比较法：展示两幅图像或两个序列 – 是两次展示之间的相关指数。包含：形容词范畴判断、非范畴判断法和性能法。
- 单激励连续质量评价（SSCQE）：连续测量数字编码视频（场景相关且时变），受试者观看一次，没有来源参考。
- 连续评估法的同时双激励（SSCQE），将参考条件引入其中。

[12.8]介绍了主观评估的一般方法，下列相关建议给出了有关在被测系统中应用主观评估方法的详细信息：

- ITU-R关于传统电视系统主观评估方法的ITU-R BT.1128建议书。
- ITU-R关于标清数字电视系统（SDTV）主观评估方法的ITU-R BT.1129建议书。
- ITU-R关于高清电视图像质量主观评估的ITU-R BT.710建议书。
- ITU-R关于图文电视和类似业务中字符画面和图形画面质量的主观评估方法的ITU-R BT.812建议书。
- ITU-R关于画面质量主观评估中所使用的评测材料的ITU-R BT.1210建议书。
- ITU-R关于评估立体声三维电视系统的主观方法的ITU-R BT.2021建议书。
- ITU-R关于平板显示器上显示的标清电视和高清电视质量主观评估一般收看条件的ITU-R BT.2022建议书。
- ITU-R关于评估高清节目材料或完整节目参考收看环境的ITU-R BT.2035建议书。
- ITU-R关于视频质量主观评估方法的ITU-R BT.1788建议书。

对于电视系统而言，可以利用下列主观方法对音频进行评估：

- ITU-R BS.1116建议书：音频系统小损伤主观评估方法。
- ITU-R BS.1284建议书：音频质量主观评估一般方法。
- ITU-R BS.1285建议书：音频系统小损伤主观评估预选方法。
- ITU-R BS.1286建议书：画面伴音音频主观评估方法。
- ITU-R BS.1534建议书：编码系统中间质量等级的主观评估方法。
- ITU-R BS.1679建议书：为展示影院环境的大屏幕数字影像应用中的音频质量主观评估。

第12章参考资料

- [12.1] Karwowska-Lamparska, Alina World progress in video and audio quality evaluation and control in broadcasting systems *Technology of digital broadcasting: strategy of introduction in Ukraine (DBT-2011)*. Proceedings of international scientific-technical conference, Odessa, ONAT n.a. A.S. Popov, 20–22 June 2011.
- [12.2] ITU-R BT.1683建议书，存在完整基准时标准清晰度数字广播电视的客观感知视频质量测量技巧
- [12.3] ITU-R BT.1721建议书，供剧院显像的大屏幕数字映像应用程序的感知图像质量的客观测量
- [12.4] ITU-R BT.1866建议书，在具有全参考型信号情况下用于采用普通清晰度电视广播应用的客观感知视频质量测量技术
- [12.5] ITU-R BT.1867建议书，在具有部分带宽参考型情况下用于采用低清电视的广播应用的客观感知视觉质量测量技术

- [12.6] ITU-R BT.1885建议书, 在减少带宽参考的情况下标清数字广播电视的客观感知视频质量测量
- [12.7] ITU-R BT.1907建议书, 全参考信号情况下使用HDTV的广播应用的客观感知视频质量测量技术
- [12.8] ITU-R BT.500-13建议书, 电视图像质量的主观评估方法
- [12.9] ITU-R BT.813建议书, 与电视信号的数字编码减损相关的客观图像质量评估方法
- [12.10] ITU-R BT.1676建议书, 视频质量测量指定精度和校准的方法框架
- [12.11] ITU-R BT.1790建议书, 在运行中监测广播链的要求
- [12.12] ITU-R BT.1908建议书, 部分参考信号情况下使用HDTV的广播应用的客观视频质量测量技术
- [12.13] ITU-R BT.2020建议书, 数字环境下的客观质量评估技术
- [12.14] ITU-R BS.1387建议书, 感知音频质量的客观测量方法
- [12.15] ITU-R BS.2051建议书, 用于节目制作的高级音响系统
- [12.16] ITU-R BS.2076建议书, 音频定义模型
- [12.17] ITU-R BS.2388报告, 音频定义模型和多信道音频文件使用导则

第13章

数字电视接收机

13.1 在数字地面电视广播中的总体应用情况

目前，有很多数字电视接收机的具体形式，但与特殊广播系统标准（例如ATSC、ISDB、DTMB、DVB等）的兼容性是强制性的。这一要求将相同算法的使用假设为第9章介绍的对应于基线标准的那些情况，以确保数字电视业务信号的接收（属于符合成功接收的条件的一种情形）。对于不同的制造商而言，接收机的其他功能可以有所不同，并且这些功能主要由接收机的成本和其他用户要求决定的。未经基准系统标准化（信道估计和补偿环节）的那一部分接收机也需要是用不同的方法实现的。

在数字广播的过渡时期，为人们提供合适的接收机成为一个新的问题。在这种情况下，有必要告知人们有关过渡时期的优势，为数字信号接收定义一个最小设备要求集合。成功过渡的重要组成部分是广播质量—包括技术质量和非技术质量。对于用户来说，质量通常是决定性的因素。另外，过渡成本也很重要：价格太高有可能降低用户的吸引力，因此，质量与功能之间的折中也是很重要的。

13.2 数字地面电视广播相关要求

总体上，数字地面广播电视接收机是用一组要求定义的，这些要求涉及下列组件：

- 射频调谐器；
- 解调器；
- 音频解码器；
- 视频解码器；
- 接口；
- 硬件；
- 软件
- 其他组件。

有关数字电视广播接收机的要求需要考虑特殊要求与现有及将来技术标准和规范的国家规范性文件依据。这样的考虑将能检查接收设备的分立模块是否与颁布的国家标准和国际标准兼容。

为了为不同人口分布提供不同的数字广播业务，可以为几种（例如为标清电视和高清电视）信号分布曲线定义接收机要求最小集合。

一台数字电视广播接收机可以包含一个或几个射频模块，这几个模块可以分别接收来自卫星、电缆或地面传输媒介的节目。一代电视机到下一代电视机的过渡时期（例如从模拟电视到数字电视，或者从数字电视到数字电视，从DVB-T1到DVB-T2），接收机常用的做法是能够接收几代电视信号。

传输流加扰是按次计费接收数字电视广播业务的管理程序。加扰方法也可以用于免费接收服务，但严格限制未授权用户接入广播网络，以便在使用录像机或摄像机等设备进行分发时控制版权。每个特定的广播组织都定义了加扰方法（如果可用），并且利用广泛采用的条件接收模块（CAM）实现加扰。第11章详细讨论了条件接收的相关信息。

可选的要求可能就是全球广播漫游。广播漫游对那些在世界范围内旅行的用户来说是很有用的。实现广播漫游可能还需要以下功能：

- 便携性；
- 与各类不同广播系统的兼容性；
- 节目信息支持。

ITU-R BT.2072建议书[13.1]给出了更多有关广播漫游要求的信息。

目前，世界上有各种各样的数字广播标准。ITU-R BT.1368建议书[13.2]和ITU-R BT.2033建议书[13.3]分别给出了用于第一代和第二代数字地面电视系统的规划标准，包括保护比。另外，ITU-R BT.2036建议书[13.4]给出了有关成功接收电视节目的详细接收机特性。ITU-R BT.2215报告[13.5]给出了针对不同数字电视接收机进行的实验室性能测试结果。

下一节将介绍VHF和UHF频段数字接收机的可用标准。13.2.5节对总体要求进行了总结。

13.2.1 ATSC接收机

对于ATSC系统而言，接收机要求由下列内容确定⁴⁶：

- 推荐做法A/74:2010“接收机性能指南”[13.6]。该文件描述了固定式数字地面电视广播接收机的前端部分。本文件中所列举的推荐性能指南旨在确保能够实现可靠接收。有关干扰抑制的指南主要基于分析初始数字电视信道分配的覆盖率和干扰情况所使用的前向纠错计划因素。有关灵敏度和多径处理的指南反映了由ATTC、MSTV、NAB和接收机制造商所开展的测试积累的现场经验。
- 推荐做法A/174:2010“移动接收机性能指南”[13.7]。该文件描述了对基于A/153的移动数字电视广播（ATSC-M/H）接收机前端部分的潜在影响进行评估过程中遇到的信号条件。该文件旨在实现最佳接收的推荐性能指南。总的来说，本文件给出的建议是在A/74（应用于固定地面接收机）的推荐做法基础上提出的，另外还有一些与移动接收有关的新的指南。新的建议或不同的建议所涉及的领域包括：动态多径、移动接收机的天线配置结构、有限电源的影响、干扰信号的近似以及电视频段内辐射电磁波的未授权设备。
- ATSC标准A/53第1~6部分“ATSC数字电视标准”[13.8]。数字电视标准描述了高级电势系统（ATV）的系统特性。该文件及其规范性附件给出了有关系统参数的详细规范，包括视频编码输入扫描格式和视频编码器预处理及压缩参数、音频编码输入扫描格式和音频编码器预处理及压缩参数、服务复用、传输层特性和规范性标准以及VSB RF/传输子系统。

⁴⁶ 值得注意的是，ATSC正在制订一系列新的标准—用于数字电视的ATSC 3.0。与这些标准相关的当前信息（最终的和正在制订的）都可在ATSC网站上找到，www.atsc.org。

13.2.2 ATSC-3.0接收机

对于ATSC-3.0系统来说，接收机要求由下列内容确定：

- CTA-CEB32.2，“ATSC 3.0电视机物理层的推荐做法” [13.30]。该文件向电视接收器制造商提出了关于如何捕获和处理整体信号的建议

13.2.3 总体要求

表13.1列出了针对数字地面电视广播接收机的总体要求。表中确定了由对应标准提供的特殊参数的可能取值，但不是所有的接收机都要遵从这些要求。本表没有列出专门针对某一特殊数字地面电视广播系统的参数和每一传输系统的射频参数。有关特殊数字地面电视广播系统的详细信息包含在本章参考文献中所列的相关文件以及本手册第9章相关小节中。

表13.1
数字地面电视广播接收机的可能要求概括

参数	值	备注
屏幕高宽比	4:3、16:9	可以在显示器支持的高宽比范围内重新调节画面
视频分辨率	高清电视、标清电视、4k和8k超高清电视	
帧率/扫描	25P、50I、50P、30P、59.94I、60I、60P、120P	
视频业务	传统电视、三维电视	
视频压缩	MPEG-2、MPEG-4 AVC/ H.264、SVC、HEVC/ H.265、AVS	
比色法	ITU-R. BT.601、BT.709、BT.2020建议书	
其他视频功能	过扫描、超高清、高清和标清之间可调节，活动格式描述符（AFD）、宽屏信号、个人视频录影机（PVR）、时移、更高动态范围、更高帧速率	以实例形式给出
音频模式	单声道、立体声、多声道	
音频压缩	MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4、HEVC、AC3、DTS	
中间件	MHP、GEM、Ginga、MHEG-5	（或任何其他中间件实现）
业务功能	EPG、字幕和图文（“正常”模式和“耳背”模式）、清洁音频、闭合字幕、软件更新、局域网接入（快速局域网、无线局域网或电力线）、混合广播/宽带（如HbbTV）	以实例形式给出
接口	传统接口（CI）和CI+、以太网、S/PDIF（光接口或电接口）、HDMI、YPbPr、视频依次通过、SCART	以实例形式给出

13.3 数字电视接收机中间件

中间件是一个软件层，位于应用编码和运行时间基础设施（硬件平台和操作系统）之间。数字电视应用中间件通常由语言引擎和功能库组成。中间件的存在是电视应用简单、快速开发的必备条件。

数字地面电视广播接收机中间件是一个用户与接收机硬件交互的基本元件。中间件的要求包括灵活性、功能范围大以及节目界面的简易性。如果满足某一要求而使另一要求复杂化时，通常就会使用中间件。因此，在大多数情况下，特定的中间件是一种折中。人们希望在引入新业务的过程中接收机能够具备软件更新的能力，尤其是要求中间件来补充某些其他功能的那些软件更新或中间件设计过程中已经具备的纠错能力。软件更新可以直接由服务提供商通过非直播信道直接完成，也可以由机顶盒或带有集成接收机解码器的设备用户直接通过制造商官方网站来完成。

第一代中间件变体包括MHP/GEM和MHEG-5 [13.21]、[13.22]。这些变体已经被第10章所描述的系统代替，如HbbTV、混合广播、HTML5、基于HTML5的智能电视平台和Ginga. [13.26]、[13.27]、[13.23]。

13.4 综合广播 – 宽带功能

集成广播-宽带技术与交互电视技术的实现有关。这类技术是基于不仅能处理广播业务而且能处理经由宽带电信业务传送的应用的综合性电视接收机。这就让接收机有机会推动用户观看视频并且有机会通过提供更大范围的新型服务使末端用户得到最大的满意度。

ITU-RBT.2037建议书 – 综合广播-宽带系统的面向广播的应用及其预期应用总体要求[13.24]和ITU-R建议BT.2053 – 综合广播-宽带系统的技术要求[13.25]定义了IBB应用的全部主要功能和要求。

为了能使综合广播-宽带业务得到应用，需要特殊的接收机模块、接口和中间件。接收机模块包括广播信号（需要卫星、电缆和/或地面集成接收机）接收机模块和宽带信号处理模块（多数情况下是基于IP协议）。这些接收机将配备广播和宽带用户界面。

传统的中间件或相关的中间件功能需要特殊的软件。这类中间件将在广播和宽带环境、相关用户交互应用和其他有用功能之间提供共享处理和关联协调。根据标准文件[13.24]中对应用功能的要求，综合广播-宽带系统应：

- 确保广播内容和业务的完整性，不受非法叠加的影响；
- 明确标识内容来源以及免费和收费服务；
- 确保用户可轻易、原封不动地获取其所提供的内容和服务；
- 保护版权；
- 确保他们了解收集了何种数据，由谁收集及为何收集，包括但不限于观看、使用或搜索数据和用户信息并尊重用户隐私；
- 避免病毒、流氓软件等恶意行为引发的无意识行为。

综合广播宽带系统应：

- 可同时利用广播和互联网的功能为用户带来新业务；
- 可支持线性和非线性业务和内容；
- 可正确显示紧急广播内容；
- 可支持整合第二显示屏通信及其与主要声音和图像显示上所示的业务相同步；
- 残疾人可以无障碍方式获取内容；
- 可提供机制，提供针对特定对象的业务和内容。

所以，这类功能将相关要求应用于中间件和软件接收机元素。在接收机的实现过程中必须考虑这些方面的因素。

第13章参考资料

- [13.1] ITU-R BT.2072建议书，可实现全球广播漫游的消费者接收机的主要功能。
- [13.2] ITU-R BT.1368建议书，甚高频/超高频（VHF/UHF）频段内数字地面电视业务的规划标准。
- [13.3] ITU-R BT.2033建议书，VHF和UHF频段第二代数字地面电视广播系统的包括保护比的规划标准。
- [13.4] ITU-R BT.2036建议书，用于数字地面电视系统频率规划的参考接收系统特性。
- [13.5] ITU-R BT.2215报告，广播电视接收机保护比和过载阈值的检测。
- [13.6] ATSC Recommended Practice A/74:2010 – *Receiver Performance Guidelines*.
- [13.7] ATSC Recommended Practice A/174:2010 – *Mobile Receiver Performance Guidelines*.
- [13.8] ATSC Standard A/53、Parts 1 through 6: ATSC – *Digital Television Standard*.
- [13.9] ARIB STD-B21:2007 – *Receiver for digital broadcasting*.
- [13.10] Harmonized documents ARIB STD-B21 and ABNT NBR 15604.
- [13.11] ETSI EN 303 340 (2016) – *Digital Terrestrial TV Broadcast Receivers; Harmonized Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU*
- [13.12] ETSI TR 103 288 (2016) – *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Report of the CENELEC/ETSI Joint Working Group in response to the EC letter ENTRP/F5/DP/MM/entr.f5.(2013)43164 to the ESOs*.
- [13.13] IEC 62216 – *Digital terrestrial television receivers for the DVB-T system*
- [13.14] ETSI TS 101 154:2009 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*.
- [13.15] EBU Tech 3307 – *Service Requirements for Free-to-Air High Definition Television Receivers*.
- [13.16] EBU Tech 3333 EBU HDTV – *Receiver Requirements*.
- [13.17] ETSI TS 102 201 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Interfaces for DVB Integrated Receiver Decoder (DVB-IRD)*.
- [13.18] Chinese National Standard GB/T 26686-2011 – *General specification for digital terrestrial television receiver*.
- [13.19] Chinese National Standard GB/T 26685-2011 – *Methods of measurement for digital terrestrial television receiver*.
- [13.20] DTMBGB20600-2006 – *Framing Structure、Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB)*.
- [13.21] MHP/GEM official web-site: www.mhp.org.
- [13.22] MHEG-5 official web-site: www.mheg.org.
- [13.23] Ginga official web-site <http://www.ginga.org.br>.
- [13.24] ITU-R BT.2037建议书，综合广播-宽带系统的面向广播的应用及其预期应用总体要求。

- [13.25] ITU-R BT.2053建议书, 综合广播-宽带系统的技术要求。
- [13.26] ITU-R BT.2075-0建议书, 综合广播-宽带系统。
- [13.27] ITU-R BT.2267-5报告, 综合广播-宽带系统。
- [13.28] ETSI ES 202 184 MHEG-5 – *Broadcast Profile*.
- [13.29] European Union Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of The Council, 16 April 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC, ref. <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/53/oj>.

第14章

可接受性

14.1 ITU及接受服务需求

全球大约有超过一百万的人存在身体上和精神上的残疾[14.1]。世界上大约15%的人口或多或少存在残疾，妨碍其接收广播业务。欧洲大约有16%的成年人存在健康问题，使他们很难或不可能接收或是用广播节目。

从自然的角度看，随着年龄的增长，越来越多的人存在听力和/或视力方面的问题，并且身体的运动能力下降使其很难控制电视接收设备，例如难以进行电视遥控。到2020年，50%的欧洲人都将超过50岁。年龄超过80岁的人几乎很难有很好的听力。为了能让老年人和未成年人接收电视业务，国际组织已经开展了多年的研究来提供其他接收服务和技术方式。

在很多国家，为了能让能力减退的人员（失去能力的人，包括老年人）通过无线或有线的方式接收广播业务员，电视广播公司被强制（或自我强制）为这些人提供特殊的接收服务。

作为联合国组织，国际电信联盟自然会受到联合国残疾人人权宪章（UNCRPD）的约束⁴⁷。国际电信联盟发布了一系列相关决议：世界电信标准化大会（约翰内斯堡，2008年）70号决议、世界电信发展会议（海德拉巴，2010年）58号决议和国际电信联盟全权代表大会（瓜达拉哈拉，2010年）75号决议。最后一个决议的标题为“残疾人（包括与年龄有关的残疾）电信/信息和通信技术可接收性”，并且告知所有三个部门“在其从事的国际电信联盟工作中应充分考虑残疾人员的需求”。

国际电信联盟在开发适用于残疾人员（消费或是用电子媒体有个数需求）的标准的过程中与其他组织协作。协作的一个具体例子是与G3ict联合发布了“使电视可接收”⁴⁸。更为通用的一个例子是国际电信联盟作为宽带委员会参与开发的所谓粉红色报告“为残疾人开发框架的ICT机遇”⁴⁹。

⁴⁷ 联合国，“联合国残疾人人权宪章”，2006，访问网站<http://www.un.org/disabilities/>

⁴⁸ 国际电信联盟和G3ict联合报告，“使电视可接收”，国际电信联盟电信发展局，2011年11月，国际电信联盟出版社，日内瓦，2011年12月，访问网址：
http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2011/51.aspx和
http://www.itu.int/ITU-D/sis/PwDs/Documents/Making_TV_Accessible-E-BAT.pdf

注 – 该报告由ITU-T视听媒体可接入性焦点组主席Peter Olaf Looms提供
（<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ava/Pages/default.aspx>）。

⁴⁹ 访问网址：<https://www.itu.int/en/action/accessibility/Pages/hlmdd2013.aspx>

在新欧洲媒体计划NEM⁵⁰最近的报告中，为音频-视频媒体业务编制了一份社会和政策方面的扩展名录（对欧洲有特殊的认识）[14.2]。

14.2 与电视广播有关的接入服务

与传统模拟电视相比，数字电视在提供接收服务方面的能力更强，不论是数据容量还是在个性化展示（消费者可调节）等特征方面都是如此。典型的接收服务包括：

- 为听力下降的人员和未成年人提供字幕。
- 为视觉受损人员提供声音描述。
- 为老年人和听觉不灵敏的人提供清洁音频（提高了对话的智能性）。
- 为依赖手语的聋哑人提供手语解释。
- 为未成年人提供附加音轨。

在现代数字电视系统中，所有接收服务都被视作可以按照末端用户的兴趣点播。从接收服务中受益的人应能够按照便捷和用户友好的方式选择自己感兴趣的节目。对于那些不希望使用特殊接收服务的人，这些功能可以忽略。换句话说，接收服务应可以被关闭，并且只有在被选定后才可以被看见或听见。

在声音和电视广播方面，国际电信联盟第六研究小组（SG6）的工作团队已经开始编制提高可接收性方面的技术报告和建议。在2010年，国际电信联盟第六研究小组发布了ITU-R BT.2207报告-残疾人广播业务可接收性，这份报告分别于2011年和2012年进行了更新⁵¹。这份报告专门针对下列消费音视频媒体有障碍的残疾人：

- 听力残疾
- 视觉残疾
- 老年人
- 认知能力低下的人
- 对人机接口缺乏控制能力和难于使用接收机或终端的人。

随后，这份报告为听力有残疾的人提供字幕、手语和文本转语音功能，为视力受损的人提供音频描述，为老年人提供特殊的接收方式。该报告专门有一部分用于针对接收机用户友好性的问题。目前，人们逐渐对于任何人都易于使用的“通用设计产品”产生了兴趣。该报告在第六部分以附录的形式进行了补充，提出了不同的技术来改善广播业务的可接收性，尤其是在日本。第一部分介绍的是如何为老年人提供语音速率转换功能，而第二部分则介绍了如何利用语音识别功能提供实时闭合字幕，第三部分介绍了如何为视力受损的人提供多媒体浏览系统。附录的第四部分介绍了利用计算机图形动画将语音翻译成手语的具体例子，而第五部分提供了关于为老年听众评价广播背景声音平衡的信息（通过将背景声音（噪音或/和音乐）响度调整到合适的水平来提高可理解性）。最后在第六部分介绍了有关易读语言广播服务和理解复杂日文时的语言转换支持技术研究方面的信息。

⁵⁰ NEM的全称是联网电子媒体，属于EC框架第七计划下的欧洲技术平台之一，旨在家用电子产品、宽带和电信之间找到结合点。该计划被重新命名为新欧洲媒体，将其范围扩展到连接、汇聚和交互媒体与创新行业（参考网址：<http://nem-initiative.org/>）

⁵¹ ITU-R第6研究组所有报告可以通过<https://www.itu.int/pub/R-REP-BT/en>下载

在容量规划过程中，需要考虑数字地面电视广播接收服务的类型和数量。建议管理机构应为将来使用接收服务功能保留足够的比特率，尤其是音频描述和闭合字幕。

14.3 接收机处理的接收服务于基于广播的接收服务的对比

大多数接收服务（字幕、音频描述、人类手语翻译视频）只能由广播公司制作、提供。其他类似于清洁音频或语音朗读字幕可以由广播公司的其他节目流实现，也可以在接收机中利用合适的软件实现。在研究过程中，研究人员正在开发一种能够利用计算机充当翻译员（所谓的替身）从文本生成手语的算法。但测试结果显示，大多数以手语为母语的人还不太满意电视中由计算机生成的手语，尤其是缺乏面部表情仍是一个首要问题。目前欧洲R&D项目HBB4ALL⁵²所从事的研究就是最新技术的一个例子。

对于那些有识别能力和运动能力限制的人来说，电视设备的运动控制或语音控制是非常有用的功能，但这一功能只能由接收机制造商来实现。通常，为了最大程度地为那些有特殊需求的人提供便利，广播公司和用户设备制造商必须在开发接收服务和功能方面开展协作。

14.4 字幕的使用

尽管外加声音或视频另外增加节目元素流，但字幕还有很多其他模式。以数字视频广播为例，目前使用的有两个字幕标准：EN 300 472 [14.8]（1994年首次颁布）规定模拟ITU-R电视系统B在MPEG-2传输流中如何传输图文字幕。

接收机按照其存储的字体展示文本。EN 300 743 [14.9]（1997年颁布）规定了一种位图法。字符和图形以位图的形式逐行的显示。接收机无需存储字体。但在文本和所谓数字视频广播字幕两种情况下，用户不可能定制（例如，字幕位置、大小、颜色、字体或背景框透明度的个人设置）。

为了解决上述问题，欧洲广播联盟开发了一种基于时序文本标记语言（TTML）的格式：用于广播的EBU时序文本（EBU-TT）和用于在线传送的EBU-TT-D，这两种格式都可以根据用户的喜好利用可扩展标记语言来逐行显示字幕[14.3]。EBU-TT-D字幕可以以附加流的形式通过MPEG-DASH来传送。IMSC1 [14.4]的文本轮廓是由W3C提出的基于时序文本标记语言的替代方法，也被认为是未来数字视频广播的备选方法，尤其适用于超高清数字电视[14.5]。需要主要的是，为了形成世界范围内唯一的数字电视字幕规范，国际电信联盟第6研究组正在研究这两种方法的有效协同，这对于电视节目的国际交换尤为重要。

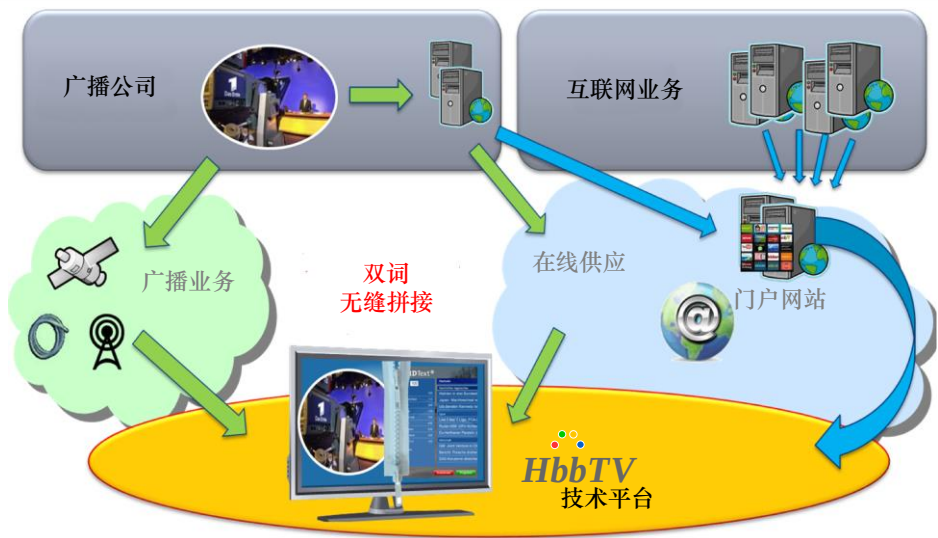
14.5 IBB（综合广播-宽带）系统的特殊重要性

接收服务可以（但不一定）与广播信号一起使用，即作为数字广播复用的一部分。原理上，在所有情况下都可以使用混合方法，前提是电视机或机顶盒能够另外与互联网连接：综合广播-宽带系统允许通过智能（联网）电视机或机顶盒在线接口提供接收服务（如图14.1所示）。有关综合广播-宽带系统的详细信息请参阅第10章。

⁵² HBB4ALL – 新的头像签名应用，第6篇新闻通讯，<http://www.hbb4all.eu/hbb4all-newsletters/>

图14.1

综合广播-宽带系统原理：广播公司将广播节目和便携业务互联
(此处以HbbTV为例)



DTTB-14-01

综合广播-宽带系统对于回放和传送接收服务是非常重要的。ITU-R BT.2075建议书[14.10]推荐欧洲系统“1.5版和2.0版HbbTV”，日本系统“混合广播”以及韩国系统“基于HTML5的智能电视平台”。在该建议中，专门提到了基于综合广播宽带传输的接收服务。在ITU-R BT.2075建议书获得批准之前，发布了一份关于“综合广播宽带系统技术要求”的建议书（BT.2053建议书）[14.11]以及关于“综合广播宽带系统面向广播的应用总体要求及其全球应用的建议（BT.2037建议书）[14.12]。另外，ITU-R BT.2267报告“综合广播宽带系统”[14.13]给出了具体例子来说明综合广播宽带是如何实现手语、音频描述或个性化（用户可调整）字幕的（如图14.2所示）。有关HbbTV的专门信息可参阅文献[14.6]。

图14.2

通过综合广播宽带传输的字幕测试结果

截屏图片中，菜单是用来选择通过互联网传送的字幕的大小、背景和位置的。
(本例中将字幕放置于电视图像的底部，中号字体和85%透明度的黑色背景)



DTTB-14-02

14.5.1 广播复用与综合广播宽带服务的比较

通过综合广播宽带传送的接收服务要通过广播复用（由所使用的网页技术决定）传送的接收服务更为便捷。但也存在需要连接互联网这样一个不足之处。在现实中，采用的是一种相对平衡的混合技术。目标听众的主体语言中的字幕或音频描述通常和广播信号一起传送。但手语解释视频则因为对数据率的要求高而通常通过综合广播宽带来传送。如果末端用户的接收机还有第二个视频播放器可用，则通过综合广播宽带来传送的手语视频则可以与正在播放的电视节目混合在一起，如图14.3所示。

图14.3

手语视频使用综合广播宽带的实例



DITB-14-03

新闻通过电视广播传送，手语视频通过互联网传送 – 手语视频窗口的大小和位置可以调整，两个视频在时间上是同步的。

14.5.2 不能使用综合广播宽带时（没有宽带连接）如何处理

类似于HbbTV或混合广播这样的综合广播宽带系统对于接收服务来说是非常关键的。不过，ITU-R和ITU-T在ITU-D联系之后，又不得不考虑针对那些人们还没有接入宽带连接的国家或情形提出解决方案。其中一个解决方案是使用一大部分数据传送带（DSM-CC）来处传输在该配置下本该由广播网络推送的附加内容（“按需推送视频”）。当然，这样的复用情况减少了电视节目的数量，但却提供了很多附加服务和信息。

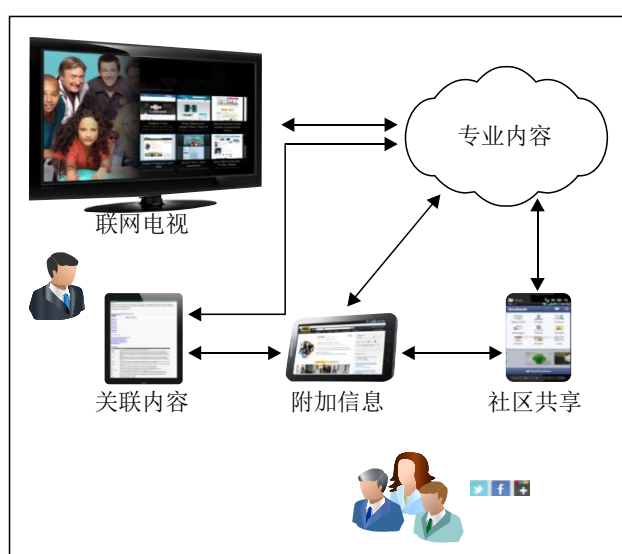
提供综合广播宽带（例如HbbTV）字幕比较好的一个方案是将字幕插入到DSM-CC中。这样做数据速率不会超过10~20kbit/s，但却能使具有综合广播宽带功能的接收机在不连接互联网的情况下也能显示这些字幕。此外，在这种情况下，宽带信号和广播信号之间不再需要时间同步，因为所有信息都包含在广播复用中。

为传输大体量数据可选择的另一个方案是利用“文件传送协议”（FDP），这一方案已经在HbbTV 2.0上得以实现。文件传送协议允许在电视节目不需要全部广播复用期间（如夜间）将内容推送到TV SSD或硬盘存储器。这样的文件可以包含有特殊需求的人所用的专门信息，例如，即将播放的广播节目的音频描述。如果机顶盒或电视机上有第二个播放器可用使用，甚至一段手语视频也可以在电视广播之前存储起来，并且与随后几天内传送过来的广播信号一起播放。HbbTV 2.0需要注意必要的同步问题。

如果用户电视设备上没有安装第二个播放器，广播公司可以在工作室将手语解说员的视频插入电视信号流中，并将这一组合流以广播复用的形式进行传送（电视节目同播没有手语解说员），或在综合广播宽带配置下将其作为一个视频流来使用。在这两种情况下，都不需要安装第二个播放器，也不需要广播和宽带流同步。当然，末端用户定制（例如，在手语视频的屏幕上选择大小和位置）也不再可行。

有时，还有一种选择是在桌面计算机或智能手机之类的第二块显示屏上显示在线接收服务，然后再将广播与宽带流进行同步（如图14.4所示）。举例来说，当需要音频描述服务的人收听含有音频描述的音轨而其他家庭成员或小组成员收听不包含音频描述的正常电视声音时，这样做是很有用的。这样，就可以尝试使用真实的“电子包容”。

图14.4

第二显示屏框架原理⁵³

DTTB-14-04

14.6 接收服务产品的其他方面

另一方面需要考虑的是接收服务的产品和质量评估。使之成为主流也意味着使之成本有效并且对所有的人都可以使用。成本有效只能通过标准化的产品和流程来实现。应将接收服务纳入日常音视频生产计划中，并且只有在例外的情况下才能进行特殊且高成本的后期制作。另外，对于节目的国际交换，标准化的解决方案不仅是急需的，而且是一个必要的先决条件。

14.7 结论

接收服务公认的标准是一个确保公众访问的可担负和互操作音视频设备的必要经济尺度的要素。其他要素这些解决方案在用户设备中的整体集成。只有这样，接收服务才能广泛得到应用，并且才能使广大市民受益。

⁵³ 图片来源：欧洲委员会项目FI-CONTENT [14.7]。

也许除手语之外，广播公司为残疾人提供的所有接收服务都可以使我们受益。儿童、未成年人和外国人会受益于字幕（不仅有利于这些人理解内容，还有利于他们学习阅读和外语）；音频描述有助于在观看电视屏幕有困难的时候（例如开车或做家务的时候）了解电视节目；清洁音频和降低了的音频速率可以在不适宜收听或记录的情况下提高音频的智能性。

广播公司、用户设备制造商和标准化实体必须协作。有些功能可以交由制造商来实现（例如通过手势或声音控制电视机）；为了确保不断开发接收服务和有助于残疾人和我们所有人的系统，那些具有服务性的其他功能需要标准化。作为联合国的专门机构，国际电信联盟是将用永久性的标准和规范来帮助世界各国。

帮助那些有特殊需求的人的开发工作还将继续，尤其是在个性化方面（例如，针对有色盲的用户调整文本颜色，按照听力不灵敏者的听觉特征来播出音频对象）。我们希望虚拟现实、增强现实或混合现实等未来的视频技术或者在3D（全景）系统中使用深度信息将进一步帮助残疾人消费媒体产品。最重要的要求是使接收系统成为主流（这样每个人都可以受益于这些系统）并且开发针对接收服务的质量标准。

第14章参考资料

- [14.1] **World Health Organisation (WHO)** – *World report on disability*, 2011, ref. http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/en/
- [14.2] **NEM** Position Paper on Access Policy Suggestions – *Opening doors to Universal Access to the Media*, February 2016, ref. <http://nem-initiative.org/wp-content/uploads/2016/03/NEM-ACCESS-Policy-suggestions.pdf>
- [14.3] **EBU** TT, ref. <https://tech.ebu.ch/ebu-tt> and https://tech.ebu.ch/docs/factsheets/ebu_tech_fs_ebu-tt.pdf
- [14.4] **W3C** Recommendation – *TTML Profiles for Internet Media Subtitles and Captions 1.0 (IMSC1)*, 21 April 2016, ref. <https://www.w3.org/TR/ttml-imsc1/>
- [14.5] **Peter Cherriman** *Subtitling for UHDTV*, DVB Scene No. 48 (Sept. 2016), ref. <https://www.dvb.org/resources/public/scene/dvb-scene48.pdf>
- [14.6] **Christoph Dosch** *Convergence of Broadcasting and Broadband Internet – A Benefit for People with Disabilities (and for us all)*, ITU Academic Conference Kaleidoscope 2014, St. Petersburg, Conference proceedings, pp. 89-95, ref. <https://www.itu.int/en/ITU-T/academia/kaleidoscope/2014/Documents/Kaleidoscope2014Proceedings.pdf>
- [14.7] <http://www.fi-content.eu/> and <http://mediafi.org/>
- [14.8] **ETSI** EN 300 472 V1.3.1 (2003-05) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*
- [14.9] **ETSI** EN 300 743 V1.5.1 (2014-01) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems*
- [14.10] **ITU-R**, ITU-R BT.2075建议书，综合广播-宽带系统
- [14.11] **ITU-R**, ITU-R BT.2053建议书，综合广播-宽带系统技术要求
- [14.12] **ITU-R**, ITU-R BT.2037建议书，综合广播-宽带系统面向广播的应用总体要求及其全球应用
- [14.13] **ITU-R**, ITU-R BT.2267报告，综合广播宽-带系统

第三部分

数字节目产品的播出与电子新闻采集

第三部分引言

就像广播系统那样，电视产品所使用的系统也在不断发展。对于广播服务而言，在传输和音视频编码和处理技术以及数据和元数据相关处理方面都取得了很大的进步。

随着数字技术在信号捕获、成型和连接到演播室这一过程中的应用，这类系统效率也得到了提高。实况制作、实况广播和电子新闻采集需要与高清电视、超高清电视或立体电视（三维电视）技术在用户群体中的应用同步。类似与DVB-T2等现代有效通信技术和音视频有效压缩方案（例如MPEG HEVC和HE-AAC v2）允许以最高质量的格式通过地面信道传输电视节目素材。因此，全数字解决方案将是今后广播电视的发展方向。

电视产品和后期制作系统的特性在本质上影响着端到端广播电视信号的特性。但是，针对播出和新闻采集系统的要求通常不同于针对广播服务的要求。广播内容生成和传送之间的信号鲁棒性和延迟时间对于参数的选择具有很大的影响。另一方面考虑的是节目播出和新闻采集的移动性需求。

节目制作和广播附属业务（例如，无线话筒）通常对质量有很高的要求。很多PMSE系统在传输过程中共享超高频广播频段。其他业务使用移动业务频段或使用地面或卫星固定传输。

但是第三部分只包含一章，这一章中的信息对于电视产品和广播内容和节目的国际交换具有很重要的意义。第三部分提供了有关室外制作、电子新闻采集以及各种形式的信号馈送的信息。其中有专门的一部分内容介绍了采集和处理4k和8k超高清电视信号的过程。

第15章

馈送与新闻采集系统

15.1 引言

节目制作与现场广播并向演播室和/或地面发射机二级分送网络提供和分送节目素材是电视技术的一个重要组成部分。这些系统与电视节目供应链的其他部分以及传输和处理技术一起不断动态发展。

如今，在电视应用中，信息采集和处理既使用模拟系统，也使用数字系统。音视频信息格式的选择由节目制作和现场广播的发展阶段决定。在分送系统和电视链的其他部分过渡到数字化的过程中，将会出现向数字技术的完整过渡。

为了采集新闻并向演播室馈送节目素材，可以使用一切已有环境（地面系统、电缆和卫星）。也可以使用上述环境的组合。特定类型环境或环境组合的应用取决于对所传输的应用的要求（所要求的信道容量、传送时间的临界性、音视频信息采集设备之间的距离、所涉及事件的位置等）。

这些应用要求的重要组成部分是移动性和节目制作和现场广播可以使用的有效频率资源。在这方面，适用于节目制作和现场广播的应用可以在广播（BS）、移动业务（MS）或固定业务（FS）范围内来组织。

根据节目制作、现场广播和其他相关应用等电视应用的范围的不同，可以将服务分为以下类型：

- 节目制作附属业务（SAP）
- 广播附属业务（SAB）

这些业务的定义如下（依照ITU-R BT.2069报告[15.1]）：

节目制作附属业务（SAP）支持节目制作过程中的活动，例如，不打算向一般公众广播的影片制作、广告、公司视频、音乐会、影院和类似活动。

广播附属业务（SAB）支持广播业务公司在制作节目内容过程中开展的活动。

广播附属业务最初只是那些公共广播公司要求在编制节目内容的过程中开展的业务，而节目制作附属业务涉及独立公司开展的节目制作业务以及商业活动、影院放映、音乐会和体育赛事等。尽管这两种业务之间存在某些不同之处，但其总体要求几乎是一样的。

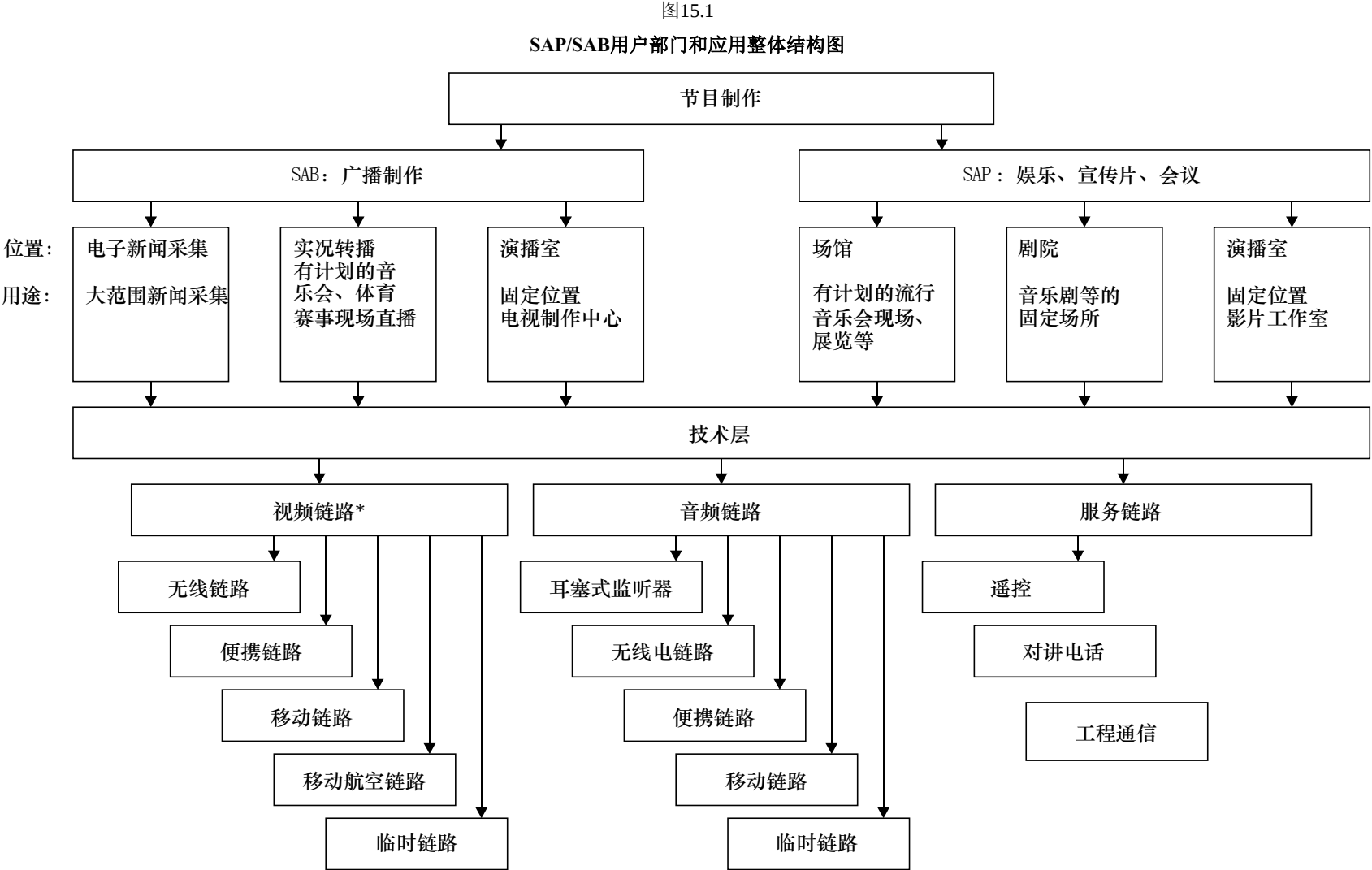
节目制作附属业务/广播附属业务的定义属于更为面向业务的节目制作活动分类。由于很多节目制作附属业务和广播附属业务的用户在其业务应用中使用的是相同的技术，所以这两项业务在技术层面上的定义则需要添加其他要素。因此，图15.1所给出的图片描述了节目制作附属业务和广播附属业务的两层结构，包括ENG/OP应用。

在描述不同SAP/SAB应用的技术层时，给出了下列定义。

表15.1

SAP/SAB应用的定义

术语	定义
无线话筒	手持或身戴一体式或身着发射机的克风
耳塞式监听器（IEM）	用于个人监听的具有单声道或双声道的身戴式耳机接收器
便携式音频链路	工作范围大于无线话筒配有一个或多个话筒的身戴式发射器
移动音频链路	安装在摩托车、自行车、汽车、赛车、小型船舶上/内的利用无线电发射器的音频传输系统。一个或两个链路终端可在移动使用。
临时点对点音频链路	两点间建立的临时链路（如实况转播地点和演播室之间的连路），用以承载广播质量音频或业务（语音）信号。链路终端安装在三脚架、临时舞台、专用车辆或液压吊架。通常需要双向链路。
无线摄像机	手持或固定安装的带有一体式发射机、电源组和天线的摄像机，用以短距离传输广播质量的视频和声音信号。
便携式视频链路	身戴式独立发射机、电源组和天线的手持摄像机
空中移动视频链路	利用安装在直升飞机或其它飞艇的无线电发射机的视频传输系统
车载移动视频链路	利用安装在摩托车、自行车、汽车、赛车或小型船舶上/内的无线电发射机的视频传输系统
临时点对点视频链路	两点间建立的临时链路（如实况转播地点和演播室之间的连路），用以传输广播质量视频/音频信号。链路终端安装在三脚架、临时舞台、专用车辆或液压吊架。通常需要双向链路
对讲机	导演在节目制作过程中及时向所有相关人员传达指示，其中包括播音员、主持人、摄像师、音响师、灯光师和工程师。需要同时使用多个通话信道指挥各种活动。对讲机使用不间断传输。
远程指令或遥控	用以遥控摄像机和其它节目制作设备和信号传输的无线电链路。



*注: 为了便于音频节目传输, 视频链路通常有音频电路

15.2 地面新闻采集与馈送

15.2.1 一般概念

电子新闻采集（ENG）是使用通过无线电连接到新闻编辑室的小型（通常是手持式的）电子摄像机和/或麦克风收集视频和/或声音素材，不使用胶片和/或便携式录像机或录音机。

随着数字技术的应用及其提供的更为有效的压缩方法，宽带电视信号传输所需的比特率也许可以下降，这样，新闻采集系统的范围不仅覆盖标清电视和高清电视，而且还将扩展到超高清电视。

15.2.2 地面新闻采集与馈送的用户要求

地面新闻采集和馈送的要求包括信源编码、图像和声音质量、比特率和频率要求等不同的方面。这类要求的定义在实施过程中应考虑信源编码、传输等数字电视技术的不断进步。数字地面新闻采集和馈送系统的使用环境是非常多样化的，目前，模拟和数字SAP/SAB系统是并存的。与此同时，数字地面电视广播的应用也在不断进步。在某些时期内，这一因素以及其他因素都会对地面新闻采集和馈送系统的要求产生一些限制。国际电联建议、报告书和其他文件包含这些对于地面新闻你采集和馈送系统的要求和限制（见参考文献）。下一小节给出的是一些基本要求。

15.2.2.1 高清电视/标清电视地面新闻采集的用户要求

ITU-RBT.1868建议书[15.2]描述了用户对通过馈送、一次分配和ENG/SNG网络传输电视信号的系统的规格、设计和测试的要求。

表15.2包括在广播链上通过馈送、一次分配和ENG/SNG网络传输电视信号的系统的规格、设计和测试应遵循下列用户要求。

表15.2
传输电视信号编解码器的用户要求

传输网类型	馈送	一次分配	SNG/ENG
输入视频信号格式	采样：4:2:2 (Y, CB, CR) 对于每个分量，每个样品8或10比特		
输入音频信号格式	采样：48 kHz 20比特或以上	采样：48 kHz 18比特或以上	采样：48 kHz 16比特或以上
声道	八声道（典型）	六声道（典型）	两声道（最少）
辅助数据	比特率：约100 kbit/s		
最大相对声音/视觉延迟	每编解码器± 2 ms(1)		

表15.2（结束）

传输网类型	馈送	一次分配	SNG/ENG
基本图像质量（对无误码情况下给定数量的串联编解码器）(2)	三个编解码器串联	两个编解码器串联	一个编解码器
	质量差异：≤ 12%，应用DSCQS方法，其中至少使用了四个从ITU-R BT.1210建议中选出的序列，且至少半数为高活性序列。应至少使用所选序列的75%来满足给定的质量等级；其余的须达到≤ 20%		
可选图像质量要求（对无误码情况下给定数量的串联编解码器）	不适用	不适用	两个编解码器串联
			质量差异≤ 18%，应用DSCQS方法或至少四个从ITU-R BT.1210建议中选择的序列，且至少半数为高活性序列。应至少使用所选序列的75%来满足给定的质量等级；其余的须达到≤ 36%
亚光处理、修改图像几何或慢动作处理后的图像质量(2)	两个编解码器之间的质量差异≤ 18%，应用DSCQS方法，其中使用了ITU-R BT.1210建议书中的两个前景序列和适当的背景素材	不适用	不适用
基本音质	见ITU-R BS.1548建议书附件1		
故障特性/误码性能	正常条件下解码器输入准无误码，解码器应具备误码隐藏功能。提供误码通知功能。		
视觉破坏/音频故障特性	视觉首先遭到破坏		
恢复时间	中断50 ms后≤ 500 ms(6)		中断50 ms后< 1 s (6)
信号中断/严重干扰后总延迟的变化	小于20 s		

详细信息见文献[15.2]。

在图像和声音分辨率方面，ITU-R BT.1203建议书[15.4]确定了数字地面新闻采集信源编码的要求。表15.3包含适用于H.262/H.264/H.265编解码器的地面新闻采集与馈送方面的要求。

表15.3

H.262/H.264/H.265编解码器的功能和操作要求

项目	SNG/ENG			馈送		
	模式1 ⁽¹⁾	模式2 ⁽²⁾				
每行样本数及每帧行数	SDTV：720×576，50/60 Hz环境，逐行扫描或各行扫描 HDTV：1280×720，50/60 Hz 环境，逐行扫描或各行扫描 HDTV：1920×1080，50/60 Hz环境，逐行扫描或各行扫描					
色度格式	4:2:2或4:4:4应用于数字接口					
音频信道数 BT.709/HDTV BT.1543/BT.1847 BT.601和 BT.1358/SDTV	最少2 最少2 最少2			最多8 最多8 最多6		
比特率范围	ITU-T H.262 建议书	ITU-T H.264 建议书	ITU-T H.265 建议书	ITU-T H.262 建议书	ITU-T H.264 建议书	ITU-T H.265 建议书
BT.709/HDTV	≤140 Mbit/s	≤14或 21Mbit/s	≤7或 12 Mbit/s	≤140 Mbit/s	≤35或 48 Mbit/s	≤17或 24 Mbit/s
BT.1543/ BT.1847	≤140 Mbit/s	≤14或 21Mbit/s	≤7或12 Mbit/s	≤140 Mbit/s	≤35或48 Mbit/s	≤17或24 Mbit/s
BT.601和 BT.1358/SDTV	≤34或 45 Mbit/s	≤12 Mbit/s	≤6 Mbit/s	≤34或 45 Mbit/s	≤12 Mbit/s	≤6 Mbit/s
预测模式	I,P（ITU-T H.262建议书）；I, P, B, 内部（ITU-T H.264建议书）					
图像质量（DSCQS）	12%(3)	36%(3)		12%(4)		
兼容性	不要求					
分级编码	不要求					
可伸缩性	不要求，如需要，空间内插器可降低图像质量					
互操作性	不要求					

(1) 模式1: 良好的传输条件。

(2) 模式2: 较差的传输条件。

表15.3使用下列定义:

- 通用编码: 基于一组相关的编码方法的图像数字编码。
- 每行样本数: 每有效行亮度采样数量。
- 每帧行数: 每有效帧垂直扫描的行数。
- 色度格式: 亮度像素值和同点色差像素值之间的比率或彩色像素R、G和B值之间的比率。
- 音频频道数: 每个节目声音频道的总数, 以及对这些频道在不同应用中如何组合的描述。
- 比特率范围: 对几类输入格式, 编码器输出比特率的最小和最大值。
- 预测模式: 编码器内使用的预测类型。这对后继编解码器可实现的图像质量将产生重大的影响。

- 图像质量：无差错信道上编解码操作的主观评价结果。
- 兼容性：说明比特流语法是否支持对部分比特流进行单独的信号处理。
- 分级编码：在解码器实现不同的清晰度层次的方法。
- 可伸缩性：在单个比特流可得到几种图像质量。
- 互操作性：描述在广播环节中不同比特流的共性程度。
- 可编辑性：在考虑到编码器输出数据结构的情况下编辑节目的能力。
- 比特率灵活性：编码算法可支持CBR（恒定比特率）– 或VBR（可变比特率）– 编码。
- 编解码器延迟：编码/解码算法产生的延迟。
- 恢复时间：广播环节中的物理间断和完成全部功能之间的时间段。
- 采集时间：从解码进程开始到图像显示的可接受的最长等待时间。这可能影响通用编码方案的选择。
- 差错掩盖：解码器以特定方式对解码器FEC（前项纠错）部分的报警信号作出响应的可能性。
- 平稳退化：为避免图像质量在解码器的突然退化，可分级编码器的输出数据可得到不同FEC方案或非均匀调制方案的保护。也可能实现两种方法的结合。
- 信道跳频时延：在不同电视频道间切换产生的等待时间。

表15.4提供了使用ENG系统的数字高清电视/标清电视传输的基本视频和音频质量的用户要求和技术参数。

表15.4

数字高清电视/标清电视信号传输基本视频和音频质量的用户需求和技术参数

项目	用户需求	技术参数
基本的视频信号质量	如[15.2]所规定的那样，采用DSCQS方法，图像质量的降级 $\leq 12\%$ 。 (还可参见[15.4])。	高清电视 (HDTV) [15.19]:
		针对串联的3个编码译码器的视频比特率: – 52 Mbit/s (使用 ISO/IEC 13818-2 ITU-T H.262建议书, 4:2:2P@HL) – 35 Mbit/s (使用ISO/IEC 14496-10 ITU-T H.264建议书, 级别4/高4:2:2) – 75 Mbit/s (使用ISO/IEC 23008-2 MPEG-H、H.265建议书, 级别5/高4:4:4、12 比特, 参见ITU-T H.265建议书[15.5]) (见注1)
		针对单台编码译码器的视频比特率: 21 Mbit/s (使用ISO/IEC 14496-10, H.264建议书, 级别4/高4:2:2)
		标清电视 (SDTV) [15.18]:
		视频比特率: 15 Mbit/s (使用 ISO/IEC 13818-2、H.262建议书, 4:2:2P@ML, 带长GOP)
		视频比特率: 10 Mbit/s (使用 ISO/IEC 14496-10、H.264建议书, 级别3/高4:2:2)
		视频比特率: 18 Mbit/s (使用ISO/IEC 23008-2 MPEG-H、H.265建议书, 级别3/高4:4:4、12 比特) (见注1)
基本的音频信号质量	如ITU-RBS.1548建议所规定的那样，在损害为5的范围内，音频质量 ≥ 4.5 。比得上非压缩的线状PCM (48 kHz, 16 bit/ch)。	非压缩的、每信道768 kbit/s MPEG-1层II, 每信道250 kbit/s MPEG-4 HE-AAC v2、每信道96 kbit/s

注1 – 我们知道，MPEG HEVC比之前的MPEG编解码器更有效。但是，从中我们也看出，HEVC的比特率比MPEG-4 AVC高。这是因为数字编码参数不同。所给实例中，高质量HEVC的比特率比MPEG-4 AVC的比特率高（4:4:4的情况下，每个像素12比特）。我们希望相同条件（例如4:2:2）下，MPEG HEVC输出的比特率约为MPEG-4 AVC编码输出比特率的一半。

15.2.2.2 UHDTV地面新闻采集的用户要求

新型压缩方法与高效数字地面电视传输系统的组合可以使超高清电视得到更为广泛的应用。目前，超高清电视支持技术已经包含在MPEG 4 AVC（对应于Hi422P或Hi444P与L5.1的超高清电视组合）和HEVC压缩技术中。

表15.5给出了用于超高清电视信号传输的基本视频质量用户要求和技术参数。

表15.5
超高清电视信号传输基本视频质量的用户要求和技术参数

项目	用户需求	技术参数
基本的视频信号质量	图像质量的降级[15.25]: 对于75%的所选序列: DSCQS ≤ 12% 其他: DSCQS ≤ 30%。	超高清电视:
		编码译码器的视频比特率 (实例): 960 Mbit/s (采用ISO/IEC 14496-10、 H.264建议书, 级别5.1/高4:2:2 或高4:4:4) 480 Mbit/s (采用ISO/IEC 23008-2 MPEG H、H.265建议书, 级别5.1/高 层4:4:4 12比特)

最近几年, 很多广播公司和节目制作人已经开始按照超高清电视的要求制作节目。本节专门强调了意大利早在2009年开始首先尝试的一些4K超高清电视馈送经验以及目前在日本开始尝试制作的8K节目。

15.2.2.2.1 意大利2009年的节目制作过程

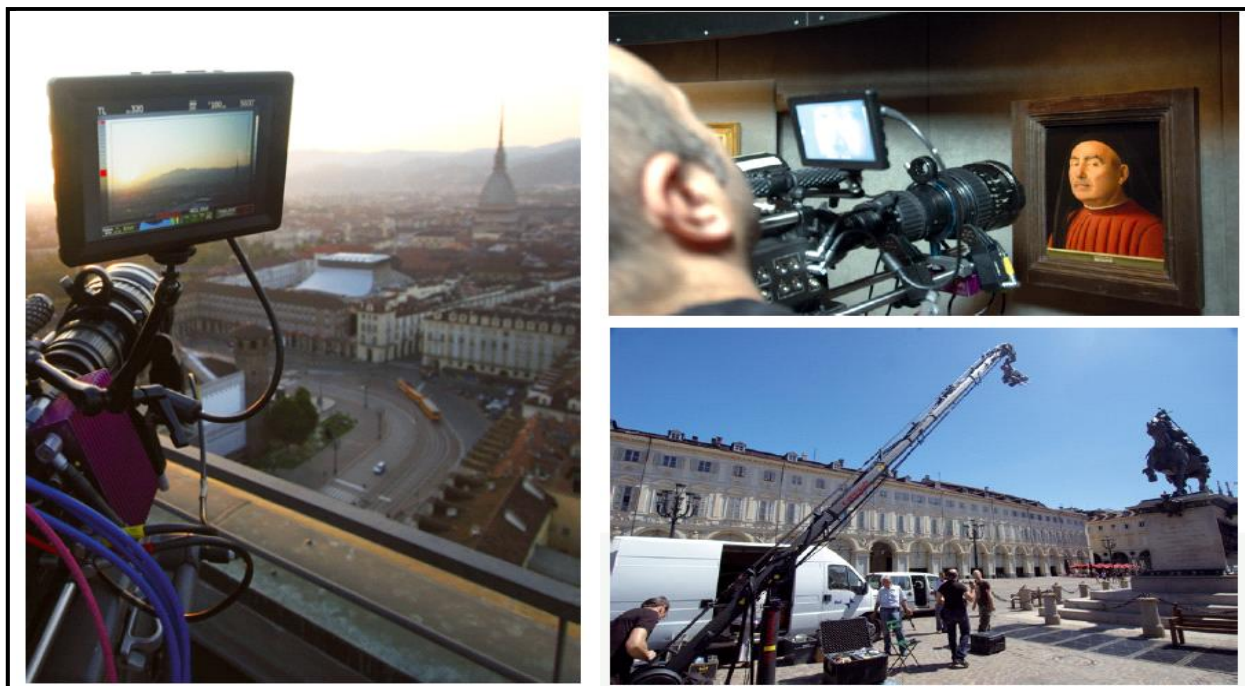
2009年12月, 意大利广播电视公司研究中心证明了在都灵地区通过数字地面信道传输4K视频[15.24]。这是目前最先进的MPEG-4图像编码和DVB-T2传输格式技术条件下数字地面信道中所能承载的最高分辨率。为此, 位于都灵地区的意大利广播电视公司制作中心利用都灵拍摄的艺术照片和写实照片的组合制作了12分钟的4K视频片段。意大利广播电视公司雇佣专业电视制作人员在很短的制作时间内制作4K视频的的目的是在最不受控的典型实况场景下探索现场电视制作的一般条件。

红色视频采用装有(HR 25-250 T3.5型和17-102 T2.9型)爱琴变焦镜头的4K格式摄像机(4096×2304像素, 25帧/秒逐行扫描)进行拍摄。红色视频配有一个1200万像素拜耳传感器(尺寸与超级35mm格式相同), 视频信号采用JPEG2000技术以288 Mbit/s的速率压缩, 视频存储在嵌入式硬盘驱动器中。出于监测的目的, 摄影师和艺术助理只能使用一个高清版本的直播信号(1280 × 720p50)。

为了传送拍摄内容, 编码、传输、解码和显示都要求有最先进的技术。因此, 选用的标准为DVB-T2, 该标准在地面超高频信道内有足够的容量来传输4路高清电视(1920 × 1080)信号。这相当于传输分辨率为3840 × 2160的视频信号, 该分辨率实际上与拍摄红色视频的4K摄像机有相似的分辨率。于是, 在利用25Hz逐行扫描将视频从4096×2304像素缩放至3840 × 2160像素后, 将得到的视频片段分割成四个全高清电视(1920 × 1080)流, 每个视频流采用H.264(高姿态4级)技术进行软件编码。对编码后得到的四个1920 × 1080视频流进行多路复用产生多节目传输流, 从而产生了不同配置下的有用比特率 – 36Mbit/s和45 Mbit/s。

图15.2

意大利广播电视公司超高清电视地面传输



DTTB-15-02

为了使图像的四象限分隔不在屏幕上被察觉，在整个端到端链路上专门考虑了视频流的同步问题。在不久的将来，使用目前尚在测试阶段的H.264高姿态5.1级将有能力处理完整的4K帧，所以也就不存在任何同步的问题。

利用DVB T2系统从都灵-埃里莫传输站通过29号超高频信道进行了一次真实传输，DVB T2系统具有以下参数：256QAM星座调制，32K正交频分复用模式，保护间隔为1/128。为了检测36 Mbit/s（前向纠错率3/5）~45 Mbit/s（前向纠错率3/4）这两个有用比特率的不同配置，采用了两个前向纠错值，因此使得四路高清电视流的平均容量变为9~11 Mbit/s。使用了一个阿斯特罗设计、DM-3400、4K×2K（3840×2160）56英寸显示器和一个能在200英寸的屏幕上展示很强真实感画面的高性能索尼4K数字电影投影仪来重组和显示四个高清分量。

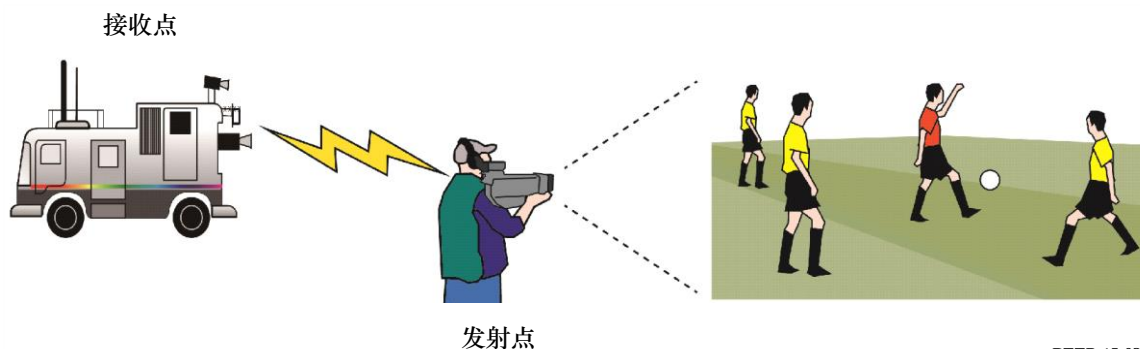
15.2.2.2.2 日本8K视频制作过程

文献[15.9]提供了一个在日本进行的地面超高清新闻采集传输实例。从摄像机传输未经压缩的视频和音频信号（基带信号）是现场视频制作的基本要求，超高清电视信号也不例外。考虑到未经压缩的超高清电视信号具有很高的比特率，所以需要更大的容量。临时高清电视视频链路所使用的频段已经被现有的服务所占用，因此没有扩展的余地。

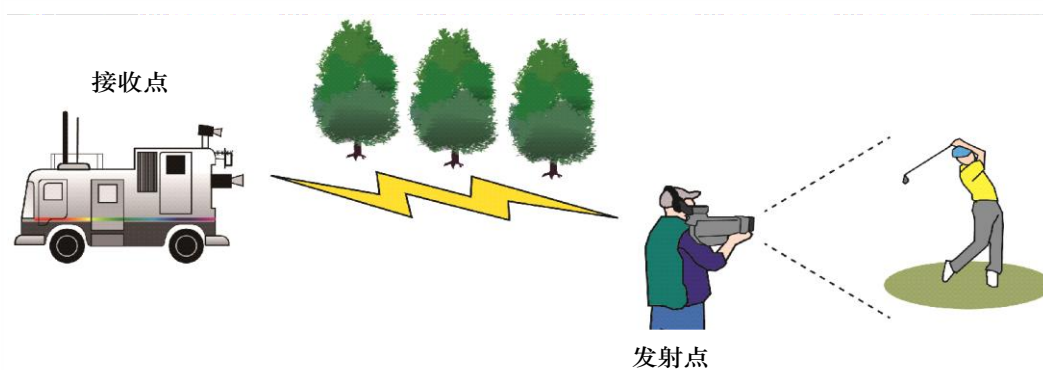
因此，日本利用120GHz频段建立了一条超高清电视临时视频链路，以便使用毫米频段更宽的带宽和更高的容量。该120GHz视频链路将采用24 Gbit/s数据率来加载无压缩双绿色8K信号（采用拜耳滤色片阵列进行格式化，其质量与完全8K信号相似）。

当难以使用或不能使用电缆（例如在体育场、高尔夫球场或存在某些打的障碍物）时，可以使用临时视频链路。

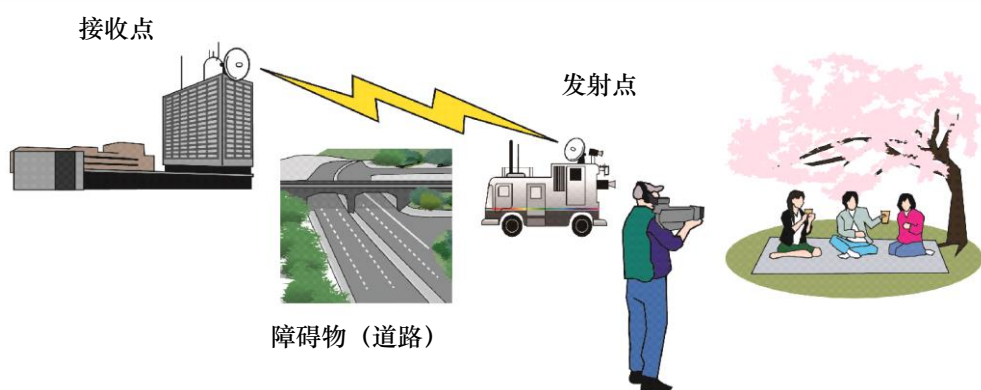
图15.3至15.5分别显示了在体育场（传输距离250m）、高尔夫球场（传输距离1km）和跨越障碍物传输（传输距离4km）时的具体例子。

图15.3
体育场

DTTB-15-03

图15.4
高尔夫球场

DTTB-15-04

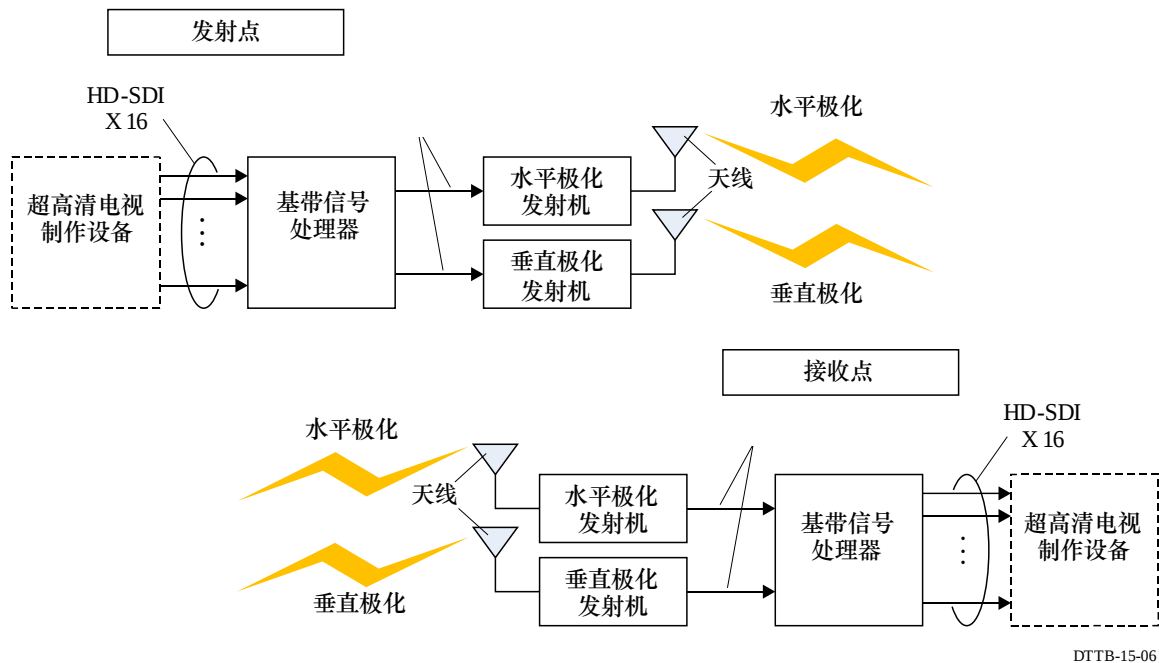
图15.5
跨越障碍传输

DTTB-15-05

如图15.6所示，由双绿色8K信号组成的16路高清晰度串行数字接口信号按照两组进行多路复用。包含8路高清晰度串行数字接口信号的各组信号通过120 GHz频段视频链路垂直极化和水平极化进行传输。

120 GHz频段视频链路的最大好处是其传输容量高。无压缩8K信号都包含在17Hz的带宽中。使用无压缩传输保持了8K信号的完整视频和音频质量，同时也使传输延迟最小。

图15.6
120GHz临时视频链路传输8K信号的总体框图



基带处理器将8路高清晰度串行数字接口信号复用到一个单独的串行数据流（在接收端，该串行数据流解复用成8路高清晰度串行数字接口信号，传输过程中产生的差错被纠正后控制在BER = 1×10^{-4} ）时，采用了里德·索洛蒙码（986、966）进行纠错。与不加纠错码相比，纠错后将所需的C/N提高了约4dB。

表15.6列出了临时视频链路的技术参数。

表15.6
120 GHz频段临时视频链路技术参数

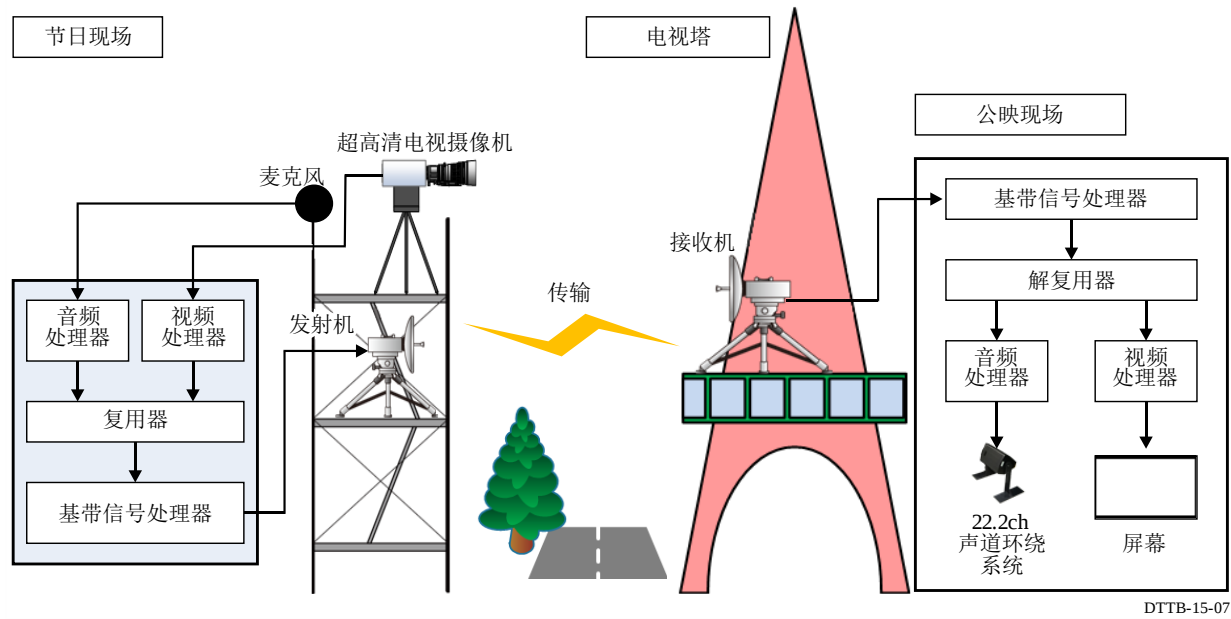
中心频率(GHz)	125		
带宽(GHz)	18 (116 – 134)		
极化	水平、垂直、圆形		
最大发射功率 (W)	1.0		
调制	ASK	BPSK	QPSK
最大比特率 (Gbit/s)	12.0	12.0	24.0
所需接收机功率等级 (dBm)	-30.4	-36.4	-31.5
所需C/N* (dB)（注1）	25.0	19.0	23.9

注1 – 没有进行纠错编码时的情形。

第66届札幌冰雪节8K视频公映活动于2015年2月举行。现场勘查显示，在冰雪节现场与公映场地之间没有光缆可用，且由于场地周围的道路交通拥挤，难以临时敷设光缆。

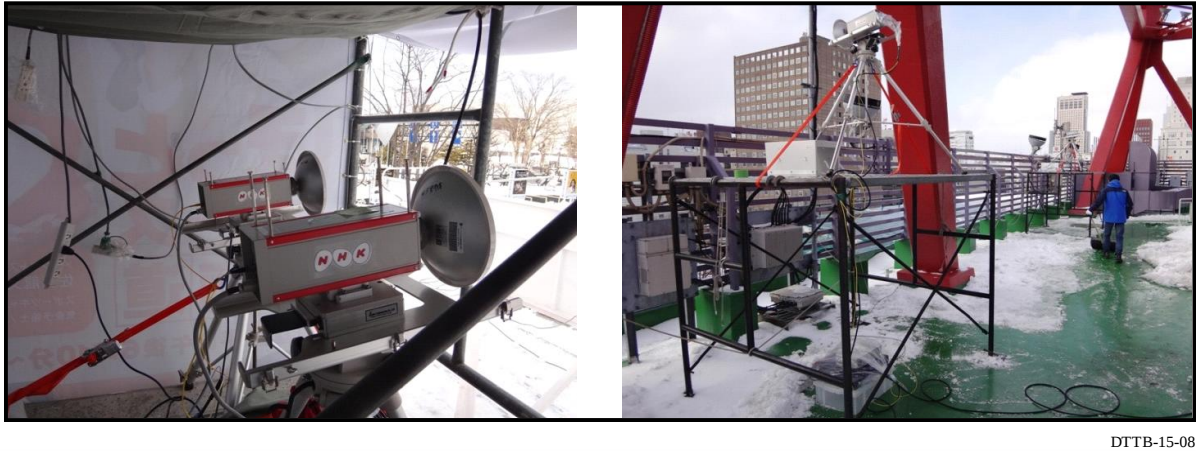
因此，在这次公映活动选用120GHz频段视频链路，系统配置方式与现场直播相同。系统图如图15.7所示。

图15.7
用于8K视频公映的系统图



在冰雪节现场附近的制作展位上，对8K超高清数字电视信号进行了多路复用，并利用光纤将其传送给发射机。然后用120GHz频段临时视频链路将信号传输到约160m外的路对面。电视塔上收到信号后，同构已有的光纤链路将其发送到公映现场（如图15.8所示）。

图15.8
发射机与接收机



在这次120GHz频段视频链路测试过程中，出现了阴雨天气。毫米波由于波长短，所以很容易受到降雨的影响，并且记录了两种极化条件下的衰减量约为4dB。但本次测试的设计C/N容限为17dB，这一容限足以发射8K信号而不会产生不可纠正的错码。此外，在公映过程中还遇到了大量降雪天气，但这对接收功率没有明显的影响。此次测试证实，120GHz频段视频链路可以用来传输8K超高清数字电视信号，即使在困难的天气条件下也可行。

ITU-R BT.2246报告 – 超高清电视现状 [15.26] – 中还提供了其他有用的实例。

15.2.3 地面新闻采集的频率要求

地面电子新闻采集（ENG）在划分给广播、固定和移动业务的频段内运行。

竞争环境中的ENG的固有特性意味着若干家广播机构/组织/网络竞相报道同一地区的同一事件，常常需要在同一无线电路径上有若干无线频道同时工作，同时还需要在同一地点满足报道一个事件的多条电子新闻采集链路的要求。

电子新闻采集使用的特定频段具有若干十分有益的内在技术特性，然而可能也存在抵消上述益处的情和频谱管理问题，对电子新闻采集的部署带来危害。例如，在低于3 GHz无线电频段内运行的电子新闻采集往往能在存在障碍的路径上提供更好的传播特性，因此提高了从特定事件现场进行成功传输的可能性。此外，可以在这些较低频段内使用高度更高的移动应用（利用新的数字设备实现）。在考虑区域性协调时应顾及这些方面。但是，随着几种无线电电信业务对500 MHz到10 GHz之间频段的使用日益增长，可能会使拥塞恶化，并加大同一地区其它业务带来的干扰，这些均可能妨碍在这些较低频段内使用电子新闻采集设备。另一方面而言，使用较高频段可能会在恶劣天气条件下受到严重限制。必须考虑当前和将来的应用需要更多频率资源。

用于电子新闻采集的“调谐范围”一词系指设想无线电设备将可能在其间运行的频率范围；在该调谐范围内，其他国家无线电设备在任何一个国家的使用均将限于这个国家为电子新闻采集确定的频率范围，并将按照相关现实国情和国家要求运行。确定电子新闻采集的调谐范围并不排除同一频率范围内其它应用的使用，也不意味着在这些频段内确定了对任何其它使用的优先地位。然后，调谐范围可作为起草详细说明为电子新闻采集在全球/区域基础上统一用户设备和频谱使用的WRC决议/建议的基础。管理部门提供了一些有关频率/频段的信息，并且首选电子新闻采集应用中所使用的调谐范围这一概念。文献[15.1]提供给了这方面的信息。

频率要求的定义基于两种方法：和谐化和合理化。术语“和谐化”和“合理化”有如下定义：

合理化：利用现有技术实现频率的最大效率和最高灵活性。这意味着在部署设备时，应使用设备标准和先进技术，来确保以最有效的方式在管理规则范围内使用频率。

和谐化：通过全球或区域性协议在具体频段内统一频谱使用。

为评估统一频段的可行性，可将电子新闻采集应用大体分为：

- 视频应用
- 音频应用

由于各国之间不存在具有实际意义的频率统一情况，因此制造商提供使用多种频段的诸多不同电子新闻采集设备。有鉴于此，广播组织必须拥有这些多种频段的多样化设备来在不同国家加以使用。通过采用先进技术可以潜在地缓解这一问题，因为先进技术有助于降低广播机构的成本、实现设备运营商的规模经济并减少干扰可能性。

一些主管部门认为，根据电子新闻采集的具体应用，频谱合理化可能更有利于外国广播机构和/或电子新闻采集运营商（视情况而定）了解和获得特定国家/区域的所需频谱。该信息将有助于广播机构和/或电子新闻采集运营商在预计会出现具有新闻价值的事件之前寻求许可，从而使他们在需要时获得频谱。这将亦有助于广播机构和/或电子新闻采集运营商在报道具有新闻价值的应急事件时寻求许可。这两种措施将确保事件得到报道。研究侧重于已用于电子新闻采集的应用。为满足其他主管部门的跨境电子新闻采集需求而规定的频谱调谐范围，可能远低于受影响主管部门的国内要求。

频谱协调可能带来诸多益处，如降低广播机构的成本、实现设备制造商的规模经济并减少干扰可能性。这并不意味着在各主管部门能随时获得频谱，只能通过主管部门的相关政策和监管规则获得所需频谱。此类统一的可行性研究应考虑到许多国家在频谱使用方面的差异以及主管部门采用的不同电子新闻采集特性。

15.2.4 适应地面环境

适用于电子新闻采集和馈送的地面环境本质上可以用以下几个要素来描述：多径信号的影响、多普勒频移带来的显著频率误差下运行、使用低成本全向天线、不同信号强度和非常低的信噪比和环境噪声及其他因素下运行。由于通过上述环境传送音视频信息非常关键，所以所使用的传输系统必须能够提供足够的性能，使得环境对无线电传播信道的影响最小。考虑到目前的地面广播传输系统可以提供这样的性能，对于地面电子新闻采集和馈送而言，首选的方案是重新使用地面广播系统的处理阶段。数字BAS在工具包中放了编码器和解码器，使得广播公司能够修改频谱利用，以适应事件的情况。编码正交频分复用（COFDM）调制已被数字电子新闻采集系统的设计师所选用。

地面编码正交频分复用调制器是根据ETSI标准EN 300 744 (DVB-T) [15.12]和EN 302 755 [15.13] (DVB-T2)设计的。本手册的9.4节以及参考文献[15.12、15.13]中提供了有关DVB-T系统和DVB-T2系统性能方面的信息。将编码正交频分复用调制器设计或在6、7或8 MHz带宽内提供不同电平的QAM调制和不同的内码速率，以便在（电视编码器的）可用比特率与链路的稳定性之间作权衡。因为数字BAS系统是在广播系统的输入侧或“投稿”侧，为了将整个广播环节引起的多次电视编码/解码过程的串联效应减至最小，最好选择最高的比特率。根据选择的带宽、保护带宽度、前向纠错（FEC）和调制的类型不同，在8 MHz带宽的信道上的编码参数提供的可用比特率范围在4.976 Mbit/s到31.668 Mbit/s以内。在可变的带宽上，QPSK、8-PSK和16-QAM调制提供了FEC、调制类型和信道带宽的选择的可能性和可以用于在链路的稳定性与可用比特率之间进行权衡。在24 MHz宽的信道中，可以传输高达64.51 Mbit/s的比特率，或者在32 MHz宽的信道中，比特率可以达到85 Mbit/s以上。利用MPEG-2的高清晰度电视编码系统是可以广泛应用的，它们以这些比特率产生满意的电视质量。然而，正在开发的先进编码技术有可能降低高清晰度链路所需要的比特率。

DVB-T2标准还适合于专业使用，例如，无线摄像机和移动制作室之间的信号传输。为此，需要包括一个10MHz的选项；不希望用户接收机能够支持10MHz模式。

表15.7和15.8提供了固定业务和移动业务条件下利用电子新闻采集系统传输数字高清电视/标清电视信号时的技术参数的用户要求和具体实例[15.6]、[15.7]、[15.8]。然而，在实际应用中，可以采用一系列的运行参数，这些例子给目前的系统参数提供了指南。

对于来自直升机的固定操作和传输而言，可以使用单载波QAM系统（ARIB STD-B11 [15.14]）。对于移动传输和无线摄像机系统，可以使用正交频分复用系统（ARIB STD-B11 [15.14]）。每个系统中都有一个明信片大小的压缩编码器和解码器。表15.9列出了高清电视/标清电视数字微波链路所使用的系统参数。

文献[15.15]中为现场转播单元（FPU）定义了一种正交频分复用数字传输系统，这是一种用于固定和移动传输模式下进行电视节目馈送的便携式无线传输设备。该标准仅限于在同时使用模拟现场转播单元和数字现场转播单元期间使用。因此，将来单独使用数字系统时，还可以再制定另外一个标准。文献[15.15]定义了用OFDM-PSK或OFDM-QAM调制进行级联编码的方法，这样就使最大传输比特率达到105Mbit/s（在完全模式下游18MHz的带宽）。

表15.7

在固定业务中传输数字高清电视/标清电视信号的用户需求和技术参数示例

项目		用户需求	技术参数示例
延迟时间		尽可能短的延时	< 500 ms
传输带宽		8 MHz、9 MHz、18 MHz 和 24 MHz	请参见ITU-R F.1777建议书 [15.16]
传输功率		1.76-7 dBW	
频率		6-7 GHz、10 GHz 和13 GHz频段	
天线	发射天线	0.6 m 碟形天线	传输距离： 6-7 GHz: 50-100 km （取决于必要的裕量） 10 GHz: 7 km （包含必要的雨衰容限） 13 GHz: 5 km （包含必要的雨衰容限）
	接收天线	0.6 m 碟形天线	
调制		多QAM（16，32，64）， QPSK-OFDM	请参见[15.16]
传输容量		支持所有上述传输参数	高达66 Mbit/s（取决于带宽和调制，请参见[15.16]）。
环境可靠性		在所有可能的环境条件下（温度、湿度等），系统都应可靠的。	温度：0°-50° C（室外单元） 5°-45° C（室内单元） 相对湿度：95%非凝结的
易于调整		系统应拥有可产生某些测试信号的内置设备。	带有16个字符身份的彩条生成器
大小和重量		体积小，重量轻，易于迅速操作。	
录制介质		应当拥有能够使用所有认可之媒介类型的设备	磁带；DVD；蓝光盘和硬盘

表15.8

在移动业务中传输数字高清电视/标清电视信号的
用户需求和技术参数示例

项目		用户需求	技术参数示例
延迟时间		尽可能短的延时	< 500 ms
传输带宽		9 MHz、18 MHz、27 MHz 和 80 MHz	参见ITU-RM.1824建议书[15.17]
UHF	传输功率	7 dBW	传输距离：4 km
	频率	800 MHz频段	
	发射天线	共线天线	
	接收天线	八木天线	
微波	传输功率	4 dBW、7 dBW	传输距离：4 km
	频率	6-7 GHz、10 GHz和13 GHz频段	
	发射天线	喇叭形、抛物线形、螺旋形	
	接收天线	0.3 m碟形天线	
空中传播	发射天线	0.2 m碟形天线	传输距离： 6-7 GHz：50-65 km （取决于必要的容限） 10 GHz：7 km （包含必要的雨衰容限） 13 GHz：5 km （包含必要的雨衰容限）
	接收天线	1.2 m 碟形天线	
调制		多路QAM（16、32、64）， QPSK-OFDM	请参见[15.17]
传输容量		支持所有上述传输参数	高达60Mbit/s（取决于带宽和调制，请参见[15.17]）。
环境可靠性		在所有可能的环境条件下（温度、湿度等），系统都应可靠的	温度：0°-50° C（室外单元） 5° - 45° C（室内单元） 相对湿度：95%非凝结的
易于调整		系统应拥有可产生某些测试信号的内置设备，以便于调整	带有16个字符身份的彩条生成器
大小和重量		体积小，重量轻，易于迅速操作	

表15.9

**高清/标清电视数字地面电子新闻采集
系统参数（ARIB STD-B11和B33）**

频段	800 MHz	5、6、7、10和13 GHz		
ARIB标准	STD-B33	STD-B33	STD-B33	STD-B11
信道间隔(MHz)	9（标清电视）	9（标清电视）	18（高清电视）	18（高清电视）
容量（有效负载）(Mbit/s)	≤16	≤30	≤60	≤66
调制(数字)	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM 64-QAM-OFDM		QPSK 16-QAM 32-QAM 64-QAM
典型发射天线增益(dBi)	5-10	29-35	29-35	29-35
发射馈线损耗（最小）(dB)	1	1	1	1
发射天线类型	共线/八木天线	抛物线天线	抛物线天线	抛物线天线
发射功率（最大）(dBW)	7	4	7	1.76
等效各向同性传输功率（最大）(dBW)	11-16	32-38	35-41	30-36
典型接收天线增益(dBi)	10-15	29-35	29-35	29-35
接收天线类型	八木天线	抛物线天线	抛物线天线	抛物线天线
接收馈线损耗（最大）(dB)	1	1	1	1
接收机中频段宽(MHz)	9	9	18	18
接收噪声系数(dB)	4	4	4	4
接收机热噪声(dBW)	-130.5	-130.5	-127.4	-127.4

自从文献[15.1]出版以来，广播附属业务/节目制作附属业务所使用的技术取得了显著的技术进步。这就导致在广播附属业务/节目制作附属业务中要使用如下新技术：

- 为点对点连接和移动连接提供数字视频链路；
- 使用数字无线麦克风；
- 有可能用于TETRA、GSM、UMTS等节目馈送公共网。

ITU-RBT.2344-1报告 – 有关广播中已使用的广播附属业务/节目制作附属业务的技术参数、运行特性和部署场景的信息[15.9] – 中提供了地面环境中的这类广播附属业务/节目制作附属业务的技术参数和其他问题。ITU-RBT.2338-0报告 – 第1区所使用的广播附属业务/节目制作附属业务的范围以及694-790 MHz频段中的移动业务初次分配的意义[15.10] – 针对提供了广播附属业务/节目制作附属业务链路的其他扩展信息。文献[15.1]和[15.11]中提供了有关国际电信联盟研究中心不同管理部门使用的频率和调谐范围的信息。

15.2.5 电子新闻采集应用中卫星辅助馈送与节目制作

作为电子新闻采集系统的一部分，卫星转发器可以从事发点，以地区广播、国家广播和国际广播的形式传送广播质量的信号（可以达到超高清电视的质量）。通过这类系统进行的信号传输被称作卫星新闻采集（SNG），通常被组织为一个“点对点”系统或“点对多点”系统（通常情况下，链接是在演播室和实况过转播车之间利用移动卫星地面站建立的）以及广播内容和控制/协调信号的传送。

卫星新闻采集传输采用广播系统（例如，DVB-S系统[15.20]），这是一个专门用于卫星新闻采集的专用系统（例如，DVB-DSNG [15.21]）或广播系统的特殊配置（例如，DVB-S2 系统及其DSNG (S2) 配置[15.22]）。当前的趋势是向用于广播和专业应用传输、互联网接入等的通用解决方案转变。这种通用方案利用系统各变体之间存在相互作用（例如，交互式电视）的可能性来建立共享的生态系统。但是，其他两个解决方案（DVB-S、ISDB-S等第一代广播标准和专业卫星新闻采集系统）仍在被广泛使用。

卫星新闻采集系统需要有特殊的要求，包括以下要求：

- 为了传输标清、高清或超高清电视节目内容以及伴音，需要在任何时间、任何地点建立可靠的“点到点”或“点到多点”链路；
- 需要为协调和控制数据组织双向信道；
- 设备需要有便携性和移动性，且部件最少。

表15.10

卫星新闻采集标准DVB-DSNG、DVB-DSNG (S2)
和DVB-DSNG (S2X) 的技术性能对比分析

参数	数字新闻采集		
	DVB-DSNG	DVB-DSNG (S2)	DVB-DSNG (S2X)
信道编码与调制			
输入流格式	传输流	传输流、通用封装流	
调制	QPSK、8PSK、16QAM	QPSK、8PSK、16APSK、32APSK	QPSK、8PSK、16APSK、32APSK、64APSK、128APSK、256APSK
信道编码/调制方式	恒定编码调制	恒定编码调制、可变编码调制、自适应编码调制	
处理后数据块长度	188字节数据包，包括1个同步字节、3字节首部和184字节有效荷载	数据帧由64800或16200比特有效荷载和首部（80比特）组成	
外部编码	外部里德·索洛蒙RS (204、188、8)、原始码RS (255、239、8)的截短码	能纠正8~12个错误符号的BCH码	BCH码
内部编码	卷积码	低密度奇偶校验码	
编码速率	1/2、2/3、3/4、5/6、7/8	低密度奇偶校验码率： 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10	低密度奇偶校验码率： 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10、5/9、7/9、9/20、13/45、11/20、23/36、25/36、13/18、26/45、28/45、77/90、8/15、32/45、11/15、29/45、31/45
信道纠错	均衡器	导频	
信道带宽、MHz	1.5-72		
转发器频段利用	具有频分复用和时分复用信道的转发器		

表15.10（结束）

参数	数字新闻采集		
	DVB-DSNG	DVB-DSNG (S2)	DVB-DSNG (S2X)
内部解码器输出所需的误码率	误码率 $\approx 2 \times 10^{-4}$	误码率 $\approx 1 \times 10^{-7}$	
衰减系数	$\alpha = 0、.25; \alpha = 0.35$	$\alpha = 0.2; \alpha = 0.25; \alpha = 0.35$	$\alpha = 0.05、\alpha = 0.15、\alpha = 0.1$
信噪比 dB	4.5~10.7	-2.35~16.05	-2.85~19.57
视频/音频压缩（收集后的具体例子）			
分辨率等级	SDTV	HDTV	
分辨率	720×576、704×576、640×576、576×576、544×576、576×528、576×352、352×288、320×288、352×240、320×240	1920×1080i/25、1440×1080i/25、1280×1080i/25、960×1080i/25、1280×720p/50、960×720p/50、720×640p/50	
MPEG压缩配置	MPEG-2 MP @ ML; MPEG-4/AVC MP@L3	MPEG-2 422P @ ML MPEG-4 AVC HP@L4	
视频比特率，Mbit/s	1..15 (MPEG-2 MP @ ML) 1..10 (MPEG-4/AVC MP@L3)	1.5...30 (50 for 4:2:2) (MPEG-2 422P @ ML) 1..25 Mbit/s (MPEG-4 AVC HP@L4)	
色度取样	4:2:2	4:2:0/4:2:2	
音频模式	单音/立体声		
音频信道数	≤8个信道		
音频压缩	MPEG-1 II层；杜比数码® (AC-3) 2.0；杜比数码® (AC-3) 1 – 5.1； MPEG-2 AAC-LC；MPEG-4 HE-AAC		
音频比特率	64~256 kbit/s		

文献[15.20]、[15.21]和[15.22]中定义了有关卫星新闻采集的其他参数。

第15章参考资料

- [15.1] ITU-R, ITU-R BT.2069报告, 地面电子新闻采集 (ENG)、电视实况转播 (TVOB) 和电子现场节目制作 (EFP) 系统的调谐范围和操作特性
- [15.2] ITU-R, ITU-R BT.1868建议书, 对用于通过节目收集、一次分配和SNG网络传输电视信号的编解码器的用户要求
- [15.3] ITU-R, ITU-R BS.1548建议书, 用户对数字广播音频编码系统的要求
- [15.4] ITU-R, ITU-R BT.1203建议书, 用户对用于端到端电视系统的数字电视信号的通用视频比特率减缩编码的要求
- [15.5] ITU-T, ITU-T H.265建议书, 高效率视频编码标准
- [15.6] ITU-R, ITU-R BT.1872建议书, 数字电子新闻采集的用户需求

- [15.7] **ITU-R**, ITU-R BT.800-2建议书, 用户对由ITU-R BT.601建议书 (A部分) 4:2:2标准定义的数字电视信号馈送和一次分配网络传输的要求
- [15.8] **ITU-R**, ITU-R BT.1121-1建议书, 用户对数字高清晰度电视 (HDTV) 信号的馈送和一次分配网络传输的要求
- [15.9] **ITU-R**, ITU-R BT.2344-1报告, 有关广播中已使用的广播附属业务/节目制作附属业务的技术参数、运行特性和部署场景的信息
- [15.10] **ITU-R**, ITU-R BT.2338-0报告, 1区所使用的广播附属业务/节目制作附属业务的范围以及694-790 MHz频段中的移动业务初次分配的意义
- [15.11] **ERC Recommendation 25-10 – Frequency ranges for the use of temporary terrestrial audio and video SAP/SAB links (incl. ENG/OB)**
- [15.12] **ETSI EN 300 744 – Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television**
- [15.13] **ETSI EN 302 755 – Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)**
- [15.14] **ARIBSTD-B11 Version 2.1 – Portable microwave digital transmission system for television programme contribution**
- [15.15] **ARIB STD-B33 Version 1.0 – Portable OFDM digital transmission system for television programme contribution**
- [15.16] **ITU-R**, ITU-R F.1777建议书, 用于频率共用研究的固定业务中的电视实况广播、电子新闻采访和电子现场摄制的系统特性
- [15.17] **ITU-R**, ITU-R M.1824建议书, 用于移动业务的电视实况转播、电子新闻采集和电子现场制作共用研究的系统特性
- [15.18] **ITU-R**, ITU-R BT.1380-1建议书, 标准清晰度电视 (SDTV) 的比特率减缩编码系统标准
- [15.19] **ITU-R**, ITU-R BT.1737建议书, 使用ITU-T H.264建议书 (MPEG-4/AVC) 视频信源编码方法传送HDTV节目资料
- [15.20] **ETSI EN 300 421 – Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services**
- [15.21] **ETSI EN 301 210 – Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for Digital Satellite News Gathering (DSNG) and other contribution applications by satellite**
- [15.22] **ETSI EN 302 307 – Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)**
- [15.23] **ITU-R**, ITU-R BT.1871建议书, 无线麦克风的用户需求
- [15.24] **Alberico, Gino and Airola Gnota, Daniele – RAI-Radiotelevisione Italiana, R&D Department – 4K vision. – DVB SCENE Edition No.33 March 2010.**
- [15.25] **ITU-R**, ITU-R BT.2246-5报告, 超高清电视现状

缩写表

3DTV	三维电视
3G	第三代移动系统
4G	第四代移动系统
A/V	音频/视频
ABNT	巴西技术标准协会
AC3	音频编码3
ACAP-X	由XHTML标记、格式规则、脚本和嵌入图形、视频和音频组成的高级公共应用平台
ACM	自适应编码调制
AFD	动态格式描述符
AL-FEC	应用层前向纠错
APSK	振幅相移键控
ARIB	日本电波产业协会
AS11-DPP	数字化生产伙伴关系（DPP）应用规范AS-11
ASEAN	东南亚国家联盟
ASI	异步串行接口
ASK	幅移键控
ASMG	阿拉伯频谱管理小组
ASO	模拟切换
ATSC	高级电视系统委员会
ATSC-M/H	高级电视系统委员会-移动设备/手持设备分委员会
ATTC	高级电视测试中心
ATU	非洲电信联盟
ATV	高级电视
AVC	高级视频编码
AVS	音频编码标准
AWGN	加性白噪声
BB	基带
BBC	英国广播公司
BCH	Bose、Chaudhuri、Hocquenghem编码
BER	比特误码率
BLER	MPEG块误码率
BMFF	基础媒体文件格式
BML	广播标记语言
BPSK	二进制相移键控
BR	国际电信联盟无线电通信局
BRIFIC	无线电通信局国际频率信息流通
BS	广播业务
BSS	广播卫星业务

BST-OFD	频段分割传输正交频分复用
C/N	载噪比
CA	条件接收
CAM	控制接入模块
CAS	条件接收系统
CTA	消费者技术协会
CAT	条件接收表
CBR	恒定比特率
CCM	固定编码调制
CEA	消费者电子协会，现名为消费者技术协会（CTA）
CENELEC	欧洲电子技术标准化委员会
CEPT	欧洲邮电管理委员会
CI	公用接口
CICAM	条件接收模块公用接口
CIR	信道冲激响应
COFDM	编码正交频分复用
CPCM	内容保护与拷贝管理
CRC	循环冗余校验
CSA	数字视频广播公用加扰算法
DASH	HTTP加载的动态自适应流
DBPSK	差分二进制相移键控
DECT	数字增强无线电通讯系统
DFL	数字字段长度
DRM	数字权利管理
DSCQS	双激励连续质量标度
DSI	下载服务器初始信息
DSIS	双激励减损标度
DSL	数字用户线
DSM-CC	数字存储介质命令与控制
DSNG	数字卫星新闻采访
DTMB	数字地面多媒体广播
DTMB-A	数字地面多媒体广播 – 高级
DTS	解码时间戳
DTS	DTS是DTS公司的音频格式（只用于声音）
DTTB	数字地面电视广播
DTV	数字电视
DVB	数字视频广播
DVB-H	手持式数字视频广播
DVB-RCT	数字视频广播 – 地面返回信道
DVB-S	数字视频广播 – 卫星

DVB-S2	数字视频广播 – 第二代卫星
DVB-SH	数字视频广播 – 卫星业务至手持设备
DVB-T	数字视频广播 – 地面信道
DVB-T2	数字视频广播 – 第二代地面信道
DVB-T2 Lite	数字视频广播 – 第二代简化地面信道
DVD	数字通用光盘或数字视频光盘
EACO	东非通信组织
EBU	欧洲广播联盟
EC	欧洲委员会
ECOWAS	西非国家经济共同体
EICTA	欧洲电子信息产业协会，后变为“数字欧洲”
eMBMS	演进多媒体广播多播业务
ENG	电子新闻采访
EPG	电子节目之南
ERM	电磁兼容性和无线电频谱事务（也称ETSI）
ES	基本流
ESO	欧洲标准化组织
ETSI	欧洲电信标准协会
FCC	联邦通信委员会
FDM	频分复用
FDP	文件传输协议
FEC	前向纠错
FEF	未来扩展帧
FFT	快速傅里叶变换
FLUTE	传送单向传输方式传递文件
FOBTv	广播电视的未来
FPU	实况转播单元
FR	全参考
FS	固定业务
FSS	固定卫星业务
GE06	日内瓦地区协议2006
GEM	全球可执行多媒体家庭平台
GI	保护间隔
GS	通用流
GSE	通用流封装
GSM	全球移动通信系统
GSO	地球静止轨道
HBB4ALL	所有混合广播-宽带电视
HbbTV	混合广播-宽带电视
HDR	更高动态范围

HD-SDI	高清晰度串行数字接口
HDTV	高清电视
HE-AAC	高效高级音频编码
HEVC	高效视频编码
HFR	更高帧速率
Hi422P	高4:2:2画面
Hi444P	高4:4:4画面
HL	高层
HP	高姿态
HTML	超文本标记语言
IBB	综合广播宽带
ICIT	知识产权保护与管理控制信息表
iDTV	集成数字电视
IEC	国际电工技术委员会
IF	中频
IF-x	广播链路中的x号接口
IHDN	室内数字网
IMSC1	网络媒体字幕与标题1.0
IMT	国家移动通信
INT	IP/MAC通知表
IP	网际协议
IPMP	知识产权管理与保护
IPTV	网际协议电视
IRD	集成接收机-解码器
ISDB-S	综合业务数字广播 – 卫星
ISDB	综合业务数字广播
ISDB-T	综合业务数字广播 – 地面
ISDN	综合业务数字网
ISED	加拿大创新、科学与经济发展协会
ISO	国际标准化组织
ITU	国际电信联盟
ITU-D	国际电信联盟 – 发展部门
ITU-R	国际电信联盟 – 无线电通信部门
ITU-T	国际电信联盟 – 电信标准化部门
LAN	局域网
LCD	液晶显示器
LDPC	低密度奇偶校验码
LFE	低频效果
LMDS	本地多点分配业务
LPDC	低密度奇偶校验检查

LSDI	大屏幕数字成像
LTE	长期演进
M/H	移动式/手持式
MAC	介质访问控制
MBLER	MPEG宏模块错误率
MERCOSUR	南方共同市场
MFN	多频网络
MFU	媒体片段单元
MHP	多媒体家用平台
MIFR	国际频率登记总表
MIMO	多输入，多输出
MISO	多输入，单输出
ML	主要层
MMT	MPEG媒体传输
MMTP	MMT 协议
MP	信噪比可分级类
MPE	多协议封装
MPEG	运动图像专家组
MPQM	运动图像质量标准
MPU	媒体处理单元
MS	移动业务
MSS	移动卫星业务
MSS-ATC	MSS – 辅助地面组件
MSTV	最大服务电视协会
MUFS	最低可用场强
NAB	美国国家广播公司协会
NEDDIF	东北数字红利实现平台
NIT	网络信息表
Nordig	北欧地区和爱尔兰数字电视平台
NQM	噪声质量度量
NR	诺德斯特姆-罗宾逊
NR	无参考
NRT	非实时
NTIA	美国国家电信和信息管理局
OB	室外广播
OFDM	正交频分复用
OIPF	开放网络电视论坛
OSI	开放系统互联
OTT	超限（电视节目流通过国际互联网传送）
PAL	相位交替线（模拟电视）

PAT	节目关联表
PCM	脉冲编码调制
PCR	节目时间基准
PDH	准同步数字体系
PES	封装基础流
PID	数据包标识符
PLC	电力线通信
PLP	物理层管道
PMSE	节目制定与特殊事件
PMT	节目映射表
PN	伪随机噪声
PP	导频图案
PS	节目流
PSI	有关节目的信息
PSNR	峰值信噪比
PSTN	公共交换电话网
PTS	显示时间戳
PVR	个人录像机
PxER	像素错误率
QAM	正交幅度调制
QC	质量控制
QoS	服务质量
QPSK	正交相移键控
RAI	意大利无线电视台
RAVIS	实时音视频信息系统
RF	视频
RF	部分参考
RN	参考网络
ROHC	鲁棒头压缩
ROO	操作规则
ROUTE	通过单向传输进行实时对象交付
RPC	参考规划配置
RRC	地区性无线电通信会议
RS	里德·索洛蒙码
RTP	实时传输协议
Rx	接收机
S/PDIF	索尼/飞利浦数字接口格式
SAB	广播附属业务
SADC	南部非洲发展共同体
SAP	节目附属业务

SAT/IP	IP卫星通信
SBTV D	巴西数字电视系统
SCART	无线电接收机和电视机制造商联盟 – 视频连接器
SDH ATM	同步数字分级体系 – 异步转移模式
SDR	软件无线电
SDSCQE	连续评估方法所用同步双激励
SDT	服务描述表
SDTV	标清电视
SECAM	顺序存储彩电制式（模拟电视系统）
SEDDIF	东南数字红利实现平台
SES	卫星地面站与系统
SFN	单频网络
SI	服务信息
SIMO	单输入多输出
SLER	MPEG 片段错误率
SNG	卫星新闻采访
SRD	短距离设备
SRM	系统自我更新信息
SS	单激励
SSCQE	单激励连续质量评价
SSD	固态驱动器/固态磁盘
SSIM	结构相似性索引
STB	机顶盒
STD	标准
SVC	可伸缩视频编码
TDM	时分复用
T-DMB	地面数字多媒体广播
TDS-OFDM	时域同步OFDM
TER	定时错误率
TETRA	地面集群无线电
TFS	时-频切片
THD	总谐波失真
TIES	电信信息交换服务
TLV	类型长度值
TMCC	传输与复用配置控制
TS	传输流
TSDT	传输流描述表
TTML	时序文本标记语言
Tx	发射机
UHDTV	超高清电视

UHF	超高频
ULE	非定向轻质封装
UMTS	通用移动通信系统
UNCRPD	联合国残疾人人权宪章
UP	用户数据包
UPL	用户数据包长度
UPnP	通用即插即用
URI	使用规则信息
U-U	用户对用户
UWB	超宽带
VBR	可变比特率
VCN	可变编码调制
VCR	录像机
VFDR	视频帧解码速率
VFLR	视频帧损失率
VHF	甚高频
VQEG	视频质量专家组
VQM	视频质量测量
VSAT	甚小口径天线地面站
VSF	残留边带
W3C	万维网论坛
WEDDIP	西欧数字红利实现平台
WLAN	无线局域网
WRC	世界无线电通信会议
WSD	白色空间设备
WSS	宽屏信令
XML	可扩展标记语言
YPbPr	亮度(Y)与色差编码视频(Y减去红色, Y减去蓝色)

国际电信联盟
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN: 978-92-61-33765-0 SAP id



瑞士出版
2021年, 日内瓦

图片鸣谢: Shutterstock