

手机电视传输系统性能仿真

李学俊¹, 帅 炜², 王尊亮²

(1.西南科技大学 计算机科学与技术学院, 四川 绵阳 621010;

2.北京邮电大学 信息与通信工程学院, 北京 100876)

摘要: 对国际主流的 3 种手机电视标准 DVB-H、ISDB-T 和 T-DMB 的传输系统进行了研究, 分析了在实现细节上的差异, 并通过整体建模与仿真, 定量比较了 3 种手机电视传输系统的性能。

关键词: 手机电视; 传输系统; DVB-H; ISDB-T; T-DMB

中图分类号: TN949.299

文献标识码: A

Simulation for the transmission systems of mobile TV standards

LI Xue Jun¹, SHUAI Wei², WANG Zun Liang²

(1.School of Computer Science and Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

2.School of Information and Telecommunications Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: Three popular international mobile TV standards DVB-H, ISDB-T and T-DMB are discussed, implementation differences among them are analyzed in more detail. In order to compare their performance quantitatively, modeling and simulation for these three transmission system are undertaken.

Key words: mobile TV; transmission system; DVB-H; ISDB-T; T-DMB

目前,世界上支持移动数字电视的标准主要有 3 大阵营:(1)在欧洲标准基础上发展起来的数字视频广播-手持(DVB-H);(2)日本的 ISDB-T;(3)基于 Eureka 147 数字无线电广播标准的由韩国开发的数字多媒体广播(T-DMB)。DVB-H^[1]是 DVB 组织为通过地面数字广播网络向便携/手持终端提供多媒体业务所制定的传输标准。该标准被认为是 DVB-T 标准的扩展应用,但是 DVB-H^[2]终端具有更低的功耗,移动接收和抗干扰性能更为优越,因此该标准适用于移动电话、手持计算机等小型便携设备通过地面数字广播网络接收信号。ISDB-T^[3](Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting)综合业务数字广播是日本的数字广播专家组 DiBEG (Digital Broadcasting Experts Group)制定的数字广播系统标准,可以灵活地集成和发送多节目的电视和其他数据业务。T-DMB 是韩国推出的地面数字多媒体

广播系统,从严格意义上讲,仍算是欧洲的国际标准。该标准在 DAB 的基础上,增加了新的音视频编码方案和附加信道保护,以便向手机、PDA 和便携电视等手持设备播送空中数字电视节目。在 DVB-H、ISDB-T 和 T-DMB 3 种手机电视的传输系统中都有一个共同特点,都可以划分为如下子模块:RS 编解码、外交织解交织、卷积编码维特比译码、内交织解交织、OFDM 调制/解调,如图 1 所示。

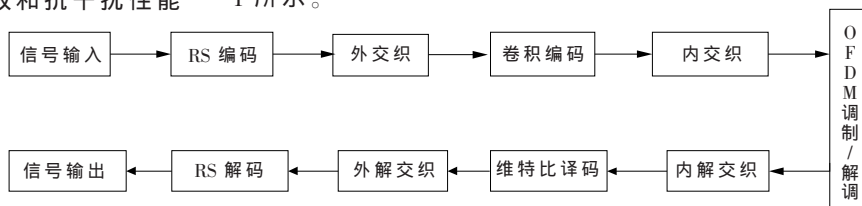


图 1 手机电视传输系统基本框图

1 DVB-H 传输系统

1.1 DVB-H 传输系统原理

DVB-H 采用分级调制和多级编码来实现高、低优

先级数据的分层广播^[4]。在发送端,分离器将复用器输出的码流分为2个独立的MPEG传输流。然后通过各自的扰码器,将数据进行随机化,再经过RS编码器、外交织器、卷积编码器、比特交织器和符号交织器完成信道编码;通过映射将编码后的数据映射到信号的星座点上^[5];经过OFDM帧完成、插入导频和TPS;再通过IFFT,最后插入保护间隔,实现正交频分复用。整个系统框图如图2所示。

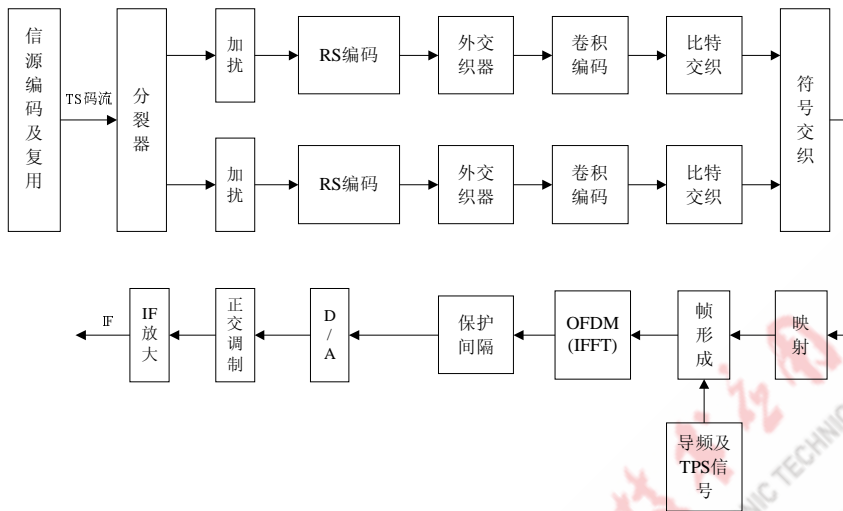


图2 DVB-H系统框图

DVB-H采用的信道编码及调制技术:

(1) 外纠错码

DVB-H中采用Reed Solomon码(简称RS码)。RS编码能够达到在误码保护包204个字节中纠正8个随机误码字节的纠错能力。

DVB标准的RS码的生成多项式和本原多项式分别为:

$$\text{生成多项式: } g(x) = (x+1)(x+a)(x+a^2) \cdots (x+a^{15})$$

$$\text{本原多项式: } p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

(2) 外交织

外交织纠错也叫Forney卷积交织,其功能是将连续的错误打散,让它们平均分布在多个188传输包码流当中,以提高上面的外纠错码的纠错效率。外交织采用的是基于字节的交织方式,交织深度 $I=12$ 字节。交织数据字节由误码保护包组成,并应由倒相或未倒相的MPEG-2同步字节区分界限,这样可以保持204字节的周期。

(3) 内纠错码

DVB-H系统的内码采用(2,1,6)卷积码实现,系统可通过1/2码率的主卷积码删除之后获得2/3、3/4、5/6、7/8各种码率的输出。编码器共有64个状态。生成多项式为:

$$X \text{ 输出: } G_1 = 171_{ocr}$$

$$Y \text{ 输出: } G_2 = 133_{ocr}$$

RS码是面向188长度的传输包进行纠错的,而卷积码是面向比特的纠错码。根据加入的冗余码长度,可以分为1/2、2/3、3/4、5/6、7/8 5种。1/2具有最强的纠错能力,但是其保护码与有用码比例为1:1,带宽比较浪费,7/8的保护码只占有用的1/8,但是纠错能力弱。

(4) 内交织

内交织包括比特交织及符号交织两部分。由于卷积码的交织深度在无线信道中抗突发干扰的作用是不够的,所以进一步加入比特交织和符号交织,实质还是将突发误码分散为随机误码,其作用是为了提高OFDM信号接收解调时维特比(Viterbi)解码器对突发误码的纠错能力。

(5) OFDM帧形成

传输信号每帧由68个OFDM符号组成,持续期为 T_f ^[6]。每4帧组成1个超帧,每个符号由1组持续期为 T_s 的载波组成。2K模式的载波数 $K=1705$ 。 T_s 由持续期为 T_U 的有用部分和持续期为 Δ 的保护间隔两部分组成。保护间隔与有用部分构成周期性的连续段,在插入有用部分 T_U 之前,1个OFDM帧的符号数为0~67。所有的符号均含有数据和参考信息。

OFDM帧结构允许在1个OFDM超帧内传输1个整数的204字节长的RS码字节包,因此,无论星座类型、保护间隔长度或码率如何,可避免任何填充的需要。每个OFDM超帧内保护间隔为1/16、码率为2/3、2K模式和16QAM映射方式时非分层系统的有用比特率为15.61 Mb/s。

由于OFDM信号包括了许多分别被调制的载波^[7],可依次将每个符号分解为单元(cell),每个单元对应于1个符号持续期内对某一载波的调制。

(6) OFDM调制

OFDM调制(反向快速傅里叶变换IFFT),实现了将I、Q信号向2K模式1512个载波或8K模式的6048个载波的转换。

1.2 DVB-H的主要参数

DVB-H系统中可调节的参数有:内码码率(1/2、2/3、3/4、5/6、7/8);子载波调制方式(QPSK, 16QAM, 64QAM);保护间隔(1/4、1/8、1/16、1/32);等级调制参数($\alpha=1$,非等级; $\alpha=2$,等级);载波数量(2K=1705个载波,4K=3409个载波,8K=6817个载波)。

2 ISDB-T传输系统

2.1 ISDB-T传输系统原理

ISDB-T传输系统可以灵活地集成和发送多节目的电视和其他数据业务^[8],其关键部分就是调制和信道编码部分,信道编码电路接收在复用帧内配置的数据包,

经它处理而形成编码的信道数据包传输到 OFDM 调制部分,其功能方框图如图 3 所示。

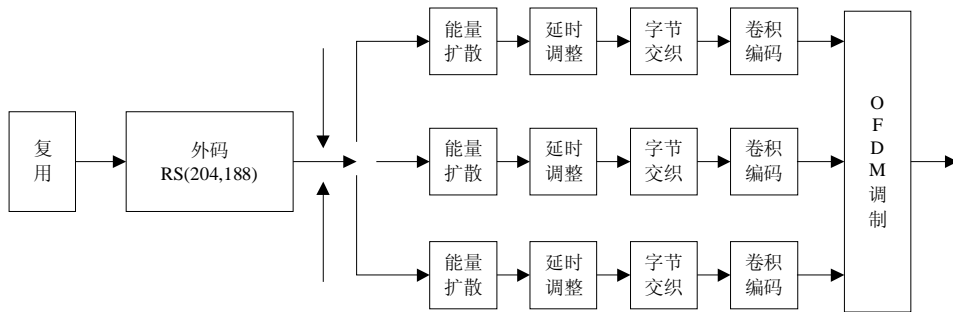


图 3 ISDB-T 信道编码框图

ISDB-T 采用的是 OFDM 调制,在 6 MHz 射频带宽内载波总数可选为 1 405 个、2 809 个或 5 617 个,即有 3 种模式,相应的载波间隔分别约为 4 kHz、2 kHz 或 1 kHz。在 ISDB-T 中与 DVB-H 不同的是,它不是以 6 MHz 作为一个整体,所有载波都受到同一的 QPSK 或 16QAM、64QAM 调制,而是在形成 OFDM 帧之前将传输流再复用且安排成 13 个 OFDM 数据段,有效的 13 段约占 5.6 MHz 带宽。每个 OFDM 段内还附加有导频信号,组成带导频的 OFDM 段,每段可分别对其内部包含的载波(108 个、216 个或 432 个)作不同方式的调制(QPSK、DQPSK、16QAM、64QAM)。宽带 ISDB-T 由 13 个 OFDM 段组成,可以分层传输。使各个 OFDM 段可以具有不同的参数,这样就能够满足综合业务接收机的需要。窄带 ISDB-T 仅由 1 个 OFDM 段构成,适合语音和数据广播。宽带接收机可以接收窄带信号,窄带接收机可以接收宽带信号的中心频率带。与 DVB-H 的传输系统相比,ISDB-T 在 IFFT 后多了 1 个时间交织的模块。

2.2 ISDB-T 的主要参数

ISDB-T 系统中可调节的参数如下:内码码率(1/2、2/3、3/4、5/6、7/8);子载波调制方式(QPSK,16QAM,64QAM,DQPSK);保护间隔(1/4、1/8、1/16、1/32);载波数量(2 K=1 705 个载波,4 K=3 409 个载波,8 K=6 817 个载波)。

为使网络的拓扑和频谱效率之间有一最佳折衷,ISDB-T 规定了一个灵活的保护间隔, Δ/T_u (Δ , T_u 分别为保护间隔和有效符号持续期)有 1/32、1/16、1/8 和 1/4 4 种取值。宽带 ISDB-T 的载波数分别为 1 405、2 809 和 5 617,有效符号持续期为 252 μ s、504 μ s 和 1 008 μ s。ISDB-T 在整个信号频带内使用不同的内码率和不同的调制方式来实现不同码率与抗扰能力间的折衷。在宽带 ISDB-T(信道带宽为 6 MHz,信号带宽为 5.6 MHz)中,整个信号频带分为 13 个 OFDM 分段,每个 OFDM 分段有相干调制和差分调制 2 种类型,每个

OFDM 帧由 204 个 OFDM 分段组成。由于 ISDB-T 是针对每个 OFDM 分段帧选择调制方式和内码率的,因此,IS-

DB-T 可以通过以下 3 种方式来实现分级传输:

- (1)各 OFDM 分段帧采用相同的调制方式、不同的内码率。
- (2)各 OFDM 帧采用不同的调制方式、相同的内码率。
- (3)各 OFDM 分段采用不同的调制方式和不同的内码率。

ISDB-T 同时可以提供多优先级数目的地面广播,且能够非常方便地实现 HDTV 广播、多节

目地面广播等;它的频谱使用更为灵活,支持的业务也更为多样,每个 OFDM 分段可以灵活地选择调制方式和内码率,数据速率将有更多的取值。

3 T-DMB 传输系统

3.1 T-DMB 传输系统原理

T-DMB 标准使用了在 DVB-T 标准中也使用的前向纠错技术(FEC)。即使用 RS(204,188)对 MPEG-2 TS 打包流进行编码然后再进行卷积交织。每 188 字节的 TS 包经过 RS 编码变成 204 字节的包,其中有 16 字节是纠错编码。经过编码之后,每隔 11 个 RS 编码的数据包作 1 次卷积循环,这样就可以把在时间域中突发的错误分散在各个部分,减少了连续出现错误的概率。通过使用前向纠错技术,可以有效地保证视频流的 BER。T-DMB 采用如下的关键技术:OFDM 调制、频率/时间交织、卷积编码、里德-所罗门(Reed-Solomon)编码、卷积交织、单频网络(SFN)等。如图 4 所示。

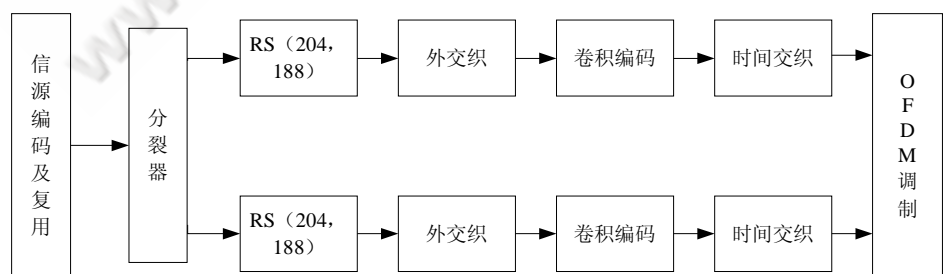


图 4 T-DMB 传输系统框图

由于需要采用高速的移动通信终端,在 DAB 系统基础上,T-DMB 在信源编码和信道编码进行了改动^[9]。在 DMB 视频编码器中,使用了 MPEG-4 system 部分的标准对分别采用 H.264 编码的视频、BSAC 编码的伴音以及 BIFS 编码的交互数据内容进行同步。首先使用 MPEG-4 SL(同步层)数据包格式对视频、伴音以及交互数据进行封装,进而把同步包复用到 MPEG-2 TS 传输流中;然后再进行前向纠错;最后以流模式方式复用到 DAB 系统中。

与 DVB-H 标准相比, T-DMB 传输系统中的 OFDM 模块采用的是 DQPSK 调制, 在 OFDM 的 IFFT 之后增加了时间交织模块。

3.2 T-DMB 的主要参数

T-DMB 系统的参数如表 1 所示。

表 1 T-DMB 系统 OFDM 参数

| 参数 | 模式 1 | 模式 2 | 模式 3 | 模式 4 |
|---------------|-------|-------|-------|------|
| 子载波个数 | 1 536 | 384 | 192 | 768 |
| 子载波间隔/kHz | 1 | 4 | 8 | 2 |
| 符号时间长度/ms | 1.246 | 311.5 | 155.8 | 623 |
| 保护间隔/ μ s | 246 | 61.5 | 30.8 | 123 |
| 载波频率/MHz | <375 | <1.5 | <3 | <1.5 |
| 发射机距离/km | <96 | <24 | <12 | <48 |

T-DMB 系统中可调节的参数如下:

内码码率(1/2、2/3、3/4、5/6、7/8);子载波调制方式(DQPSK);保护间隔(1/4、1/8、1/16、1/32);载波数量(1 536、384、192、768);T-DMB 的载波数分别为 1 536、384、192 和 768。

4 仿真结果

为定量比较 DVB-H、ISDB-T、T-DMB 3 种手机电视标准的传输系统的性能, 采用 Mathworks 公司的 Matlab 7.4.0 对 3 种传输系统进行了仿真。在仿真过程中, 信道设定为高斯白噪声信道, 交织采用 $I=12$ 的块交织, 调制均为采用 2 K 模式。

图 5 给出了在 3/4 码率时 DVB-H、ISDB-T 和 T-DMB 3 种手机电视传输系统维特比译码性能的曲线, 在这 3 种手机电视传输系统中, 信噪比相同的情况下, ISDB-T 和 DVB-H 性能曲线相当接近, 但 ISDB-T 误比特率稍低, T-DMB 误比特率稍高。当信噪比达到 19 dB 时, 三者的误比特率都接近于零点。

图 6 给出了在 7/8 码率时 DVB-H、ISDB-T 和 T-

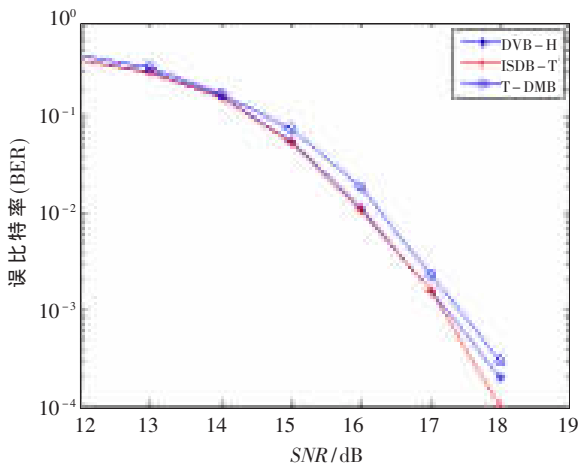


图 5 3/4 码率时 3 种手机电视传输系统维特比译码性能曲线

DMB 3 种手机电视传输系统维特比译码性能的曲线, 其结果与 3/4 码率的结果非常相似, 也是 ISDB-T 性能略微优于 DVB-H, T-DMB 稍差一些。

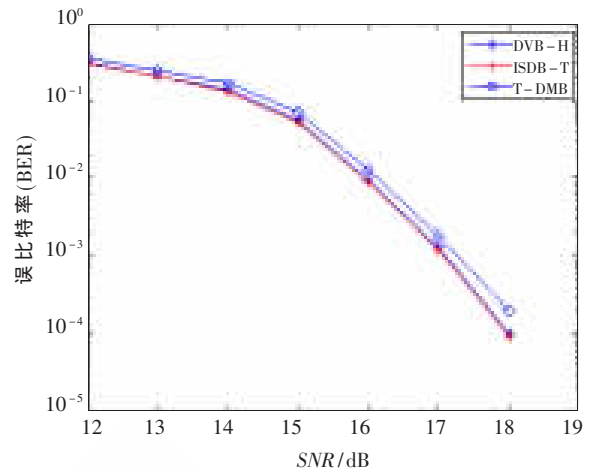


图 6 7/8 码率时 3 种手机电视传输系统维特比译码性能曲线

相对于 DVB-H 而言, ISDB-T 由于在 IFFT 之后增加了时间交织模块, 因而在相同条件下它的误比特性能比 DVB-H 系统更好。T-DMB 系统相比较 DVB-H 和 ISDB-T 系统的误比特性能稍差。

参考文献

- [1] ETSI 300 744. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television[S]. ETSI, 1999.
- [2] ETSI TR 101 190. Digital video broadcasting(DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects[S]. ETSI, 2004.
- [3] ITU-R WP 11A/59. Channel coding, frame structure and modulation scheme for terrestrial integrated service digital broadcasting (ISDB-T)[S]. ITU-R WP 11A/59-E, May, 1999.
- [4] ETSI EN 302 304 V1.1.1. Digital video broadcasting (DVB); transmission system for handheld terminals(DVB-H) [S]. ETSI, 2004.
- [5] ETSI EN 302 304 V1.1.1. Digital video broadcasting (DVB). DVB specification for data broadcasting[S]. ETSI, 2004.
- [6] 尹长川, 罗涛, 乐光新. 多载波宽带无线通信技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004.
- [7] 彭丹丹, 邹志永, 王匡. ISDB-T 系统传输方案及其与 DVB-T 系统的比较[J]. 无线电工程, 2003(8).
- [8] 张拥军. 地面数字电视传输系统中信道调制的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2005.
- [9] 余兆明. 移动数字电视技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

(收稿日期: 2009-04-14)