

# 高速移动 DVB-T 系统帧同步算法

罗仁泽<sup>1</sup>, 王汝言<sup>2</sup>, 朱维乐<sup>3</sup>

(1. 电子科技大学中山学院, 广东中山 528402 2. 重庆邮电大学通信与信息工程学院, 重庆 400065 3. 电子科技大学电子工程学院, 四川成都 610054)

**摘要:** 在 DVB-T 2K 系统中常规同步算法均采用保护间隔和导频实现, 其移动速度不能超过 100km/h。本文提出一种低复杂度的利用叠加的、极弱能量的复巴克码和保护间隔进行帧同步算法。仿真表明: 对于 150km/h 的高速移动 DVB-T 系统, 该算法能极快地获得良好的帧同步性能; 同时, 该叠加的复巴克码对系统性能的影响可以忽略不计。

**关键词:** DVB-T 系统; 帧同步; 叠加巴克码; 弱能量; 高速

**中图分类号:** TN92 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2006) 05-0928-02

## Frame Synchronization Algorithm for the DVB-T Systems with High Mobile Speed

LUO Ren-ze<sup>1</sup>, WANG Ru-yan<sup>2</sup>, ZHU Wei-le<sup>3</sup>

(1. Zhongshan Institute University of Electronic Science and Technology of China (UESTC), Zhongshan, Guangdong 528402, China;  
2. The Division of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China;  
3. Department of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China (UESTC), Chengdu, Sichuan 610054, China)

**Abstract** In the European DVB-T systems the conventional synchronization algorithms used to adopting pilot and the guard interval. The mobile speed of the DVB-T receiver is within 100 km/h. The novel frame algorithm, which employs the superimposed Barker code with much lower power and the guard interval is proposed for DVB-T receiver. Simulation shows that the algorithm can attain frame synchronization for DVB-T systems with mobile speed 150 km/h. Furthermore, the effect from the superimposed Barker code can be ignored.

**Key words** DVB-T systems, frame synchronization, the superimposed Barker code, lower power, high speed

### 1 引言

欧洲数字地面广播电视标准 (DVB-T) 因其采用抗多径衰落能力强、具有高频谱利用率和大大系统容量的正交频分复用 (OFDM) 调制技术而在欧洲、我国等许多国家广泛使用。然而, 实践证明, 欧洲 DVB-T 系统采用导频和保护间隔进行同步, 其移动速度只能保证在 100km/h 左右, 无法满足目前日益增长的对移动接收的需求。而现有的众多同步算法也没有涉及高速移动环境的 DVB-T 系统同步方案。

为了保证原来的数字电视接收机能继续使用, 而且接收机的移动性能又得到改善, 研究高速移动环境 DVB-T 系统同步新算法显得既非常重要也很难。

本文介绍了一种改进欧洲 DVB-T 系统性能的帧同步算法, 该算法使用叠加在信号上的所分配能量仅为总能量的 1.41% 的复巴克码的自相关性和保护间隔的循环特性来产生同步信号, 利用融合相关检测方法获得帧同步。与常规算法特别不同的是: 该算法中使用的复巴克码是叠加在信号上的; 而且该序列能量仅占发射总能量的 1.41%, 对系统性能的影响可以忽略。与作者最近在文献 [1] 中所

提出的方法相比较而言, 本文算法性能更优, 而且计算更简。

### 2 融合相关同步算法

对于 DVB-T 系统基于导频的同步算法而言, 导频可以是块状导频、连续导频、梳状导频等多种形式, 在插入 OFDM 数据符号时都要占用一定的时隙或带宽; 而对于训练序列 (如: 巴克码) 应用于 DVB-T 系统进行同步则是 DVB-T 标准所不曾考虑的。由于 DVB-T 系统没有专门的同步符号, 所以, 采用巴克码进行 DVB-T 系统同步只能采用将该码叠加于信息符号之上的方法。同时, 为了减少叠加的复巴克码对系统传输信息以及系统性能的影响, 仅能对该复巴克码分配较弱的能量。

现引入概念: 能量分配因子  $\rho$ 。该因子反映出该符号中分配与复巴克码的能量与符号总能量的比值。在同步过程中, 能量因子可以调整。在本文建议算法中,  $\rho=1.41\%$ 。

假设传输的信息序列为  $d[k]$ , 叠加的复巴克码可以表示为  $c[k]$ , 当这些信号经过高斯白噪声信道时, 在接收端, 接收信号  $r[k]$  可以表示为:

$$r[k] = (\sqrt{\rho}c[k] + \sqrt{1-\rho}l[k]) + n[k] \quad (1)$$

收稿日期: 2004-03-12 修回日期: 2006-01-26

对于长度为  $K$  的复巴克码, 利用其与接收信号的相关关系, 可以获得如下信号:

$$Cor_1[k, \theta] = \sum_{n=0}^{L-1} [ ( \sum_{n=0}^{K-1} c^* [k-n-K-\theta] r[k-n-K] ) \cdot ( \sum_{n=0}^{K-1} c[k-n-(l+P)K-\theta] r[k-n-(l+P)K] )^* ] \quad (2)$$

式中,  $L$  为与同步信号长度相关的倍数,  $P$  为计算同步信号的延迟,  $K$  为相关长度,  $c^* [ \cdot ]$  表示为序列  $c [ \cdot ]$  的共轭。

为了进一步改善式 (2) 中的信号, 再融合保护间隔的循环特性, 于是, 帧同步信号可以表示为:

$$\theta = \arg \{ \max_{\theta} [ Cor_1[k, \theta] + \sum_{m=0}^{\theta+N_p-1} r^* [m-\theta] r[m-\theta-N] ] \} \quad (3)$$

### 3 仿真分析

本部分通过计算机仿真来评估建议的同步算法性能, 并同时将在文献 [1] 中所建议的帧同步算法 (以下简称“方法一”) 与本文建议算法 (以下简称“方法二”) 进行比较。由于在现有的其他同步算法中, 没有采用如此弱能量的训练序列来实现 DVB-T 系统同步的方法, 所以本文仅就这两种方法进行比较。

仿真主要参数包括: 归一化频率偏移 3.6 移动台移动速度 150km/h 复巴克码长度 32 子载波数为 2048 PN 序列长度 2047, 保护间隔长度 64 信道模型为欧洲 DVB-T 标准中的 20 条瑞利多径模型 [2]。

#### 3.1 同步性能比较

如图 1 所示, 方法二采用复巴克码产生帧同步信号, 由于其优良的自相关特性, 获得了比方法一更优的同步信号。因此, 由图 2 可以理解, 本文建议的帧同步方法性能比文献 [1] 算法性能更优。

产生这两种方法性能差异的原因有二: 一是方法二利用了其自相关特性中除 0 时延为最大值, 而其他时延自相关值为 0 的复巴克码, 该码其自相关性自然远优于

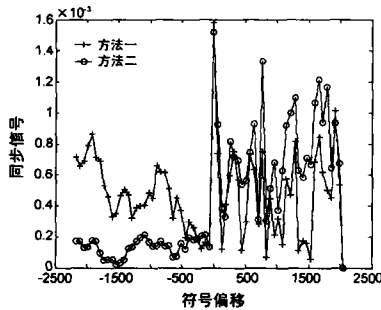


图 1 建议算法 (方法二) 与文献 [1] 算法 (方法一) 同步信号比较

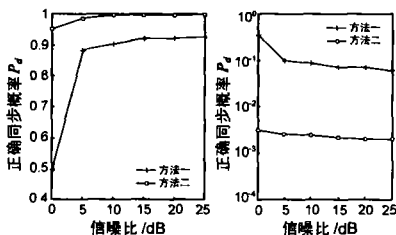


图 2 建议算法 (方法二) 与文献 [1] 算法 (方法一) 同步性能比较

方法二所采用的  $m$  序列。二是方法二中同步算法具有峰值累加的功效, 并在运算过程中巧妙地消除了频偏对同步信号的影响, 而方法一主要采用的是二次相关的思想以避免定位不准, 该思想是基于高斯白噪声信道的, 对于高速移动的瑞利多径信道其性能自然不够理想。当然, 由极弱能量累积产生所需要的强信号难度很大, 方法一能获得如此同步效果, 实属不易。

#### 3.2 帧同步算法计算复杂度比较

由于方法一采用的是几乎与子载波数目相近的长度为 2047 的  $m$  序列来产生同步信号, 而方法二采用的是长度为 32 的复巴克码, 对于获得同步信号时最占用计算量的相关乘法运算而言, 方法一自然比方法二复杂得多。

#### 3.3 巴克码长度

对于方法二, 当采用的巴克码的长度大于 32 时, 其获得的同步性能稍优。但是, 考虑到算法的计算复杂度, 选择巴克码长度为 32 是比较妥当的。

### 4 结论

本文提供了一种利用长度为 32 的复巴克码叠加于信息符号上并获得高速移动的 DVB-T 2K 系统的帧同步算法。该算法中叠加的复巴克码所分配的能量仅占总能量的 1.41%, 其对信号和 DVB-T 系统性能的影响均可以忽略不计, 其实现的接收机移动速度可以达到 150km/h 该算法对于实现下一代移动通信目标将起到重要作用。

致谢 感谢匿名的审稿老师和编辑部的老师给本文提出的宝贵意见以及所做的许多工作。

#### 参考文献:

[1] 罗仁泽, 等, 叠加弱能量 PN 序列 DVB-T 帧同步算法 [J]. 电子学报, 2005, 33(7): 1311-1313  
Luo Renze, et al Novel frame synchronization algorithm for improving the performance of the european DVB-T system using superimposed PN sequences with low power [J]. Acta Electronica Sinica 2005 33(7): 1311-1313 (in Chinese)

[2] European Telecommunications Standards Institute Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television [S]. Standard ETSI EN 300 744 v1.2.1, ETSI Geneva, 1999

#### 作者简介:

罗仁泽 男, 1973 年 9 月出生于四川省内江市, 副教授, 2005 年 3 月获电子科技大学信号与信息处理专业博士学位。主要从事 3G、4G、DVB-T 及无线网络规划研究。已在国内核心期刊以第一作者发表学术论文 15 篇, 以第一发明人申报国家发明专利 16 项。

E-mail: lrzsm@163.com

王汝言 男, 1968 年 12 月出生于湖北省浠水县, 教授, 主要从事通信网络、多媒体通信技术研究及相关产品的开发。