

# AltBOC 调制信号及其捕获跟踪方法研究

王 佳

(武汉晴川学院,湖北 武汉 430204)

**摘 要:**恒包络 AltBOC 调制信号在全球卫星导航系统中保持了 BOC 类信号频谱分裂特点,克服有限的频带资源,增加跟踪性能,提高定位精度。且与传统 BOC 相比其具有码跟踪误差小,跟踪性能高和抗多径性能强的特点,AltBOC 信号分裂频谱两边可调制不同的信号,因此,此信号被应用于北斗导航系统中。但其自相关函数的主峰附近有许多副峰,即模糊问题,特别是其调制系数增大时,副峰和主峰越接近。在接收机中码跟踪环就极易捕获到副峰,带来非常大的测量精度误差。此课题通过对恒包络 AltBOC 调制信号调制分析,通过 MATLAB 仿真提出适用的无模糊捕捉跟踪算法,并对各种无模糊跟踪算法进行比较,减轻信号接收过程中遇到的模糊度问题。

**关键词:**AltBOC;频谱;自相关函数;无模糊

**[DOI]**10.12231/j.issn.1000-8772.2021.08.212

## 1 研究意义

自 GNSS 建立以来,为全世界海陆空各种类型的军用民用载体上提供全方位,高精度的时间、位置及速度的信息。卫星上发射的调制信号直接决定了是否能够用卫星系统实现定位和测距。接收机能否准确无误的对卫星所发射的导航信号进行捕获和跟踪,从接收信号中解调出导航电文,并解算出定位信息,是否有效利用导航信号的一个重要的决定因素。因此,在现在的对导航系统的研究一个重要领域就是设计出高性能的调制信号,并在接收机端对信号进行准确的捕获跟踪。

## 2 国内外研究现状

1999 年,对 GPS 现代化改造的过程中,美国提出了二进制偏移载波调制(BOC)这一概念,与传统 BPSK 调制相比对信号进行载波调制之前加入了一个副载波调制,其特有的分裂功率谱特性,可以同时实现频谱分类和不同信号的频段共用,BOC 调制在卫星导航信号领域应用广泛。

2001 年法国空间研究中心在 BOC 调制基础上提出 AltBOC,即交替二进制偏移载波调制信号,经此方法调制后的信号的频谱不像以往一样分裂成两个部分,而是整体单侧搬移的形式,这种调制形式可以把两个不同的基带信号经过 AltBOC 调制后,实现搬移到左右两个不同的边带上,各自提供一个信号服务。这样处理以后,信号接收更灵活。在接收端,可以选择将整频段信号作为一个整体接收,再采用相应的 AltBOC 接受技术处理,也可以选择上下两个频段信号分别接收处理。通过这种方法既可以改善码跟踪、抗码噪声、码多径、载波多径的性能、又可以降低电离层的影响。

目前,AltBOC 主要运用于 Galileo 系统中的 E5 频段和 Compass 系统中的 B2 频段。BOC 调制信号相关函数的峰值模糊度问题研究已比较成熟,目前最常用的几种方式是:(1)双重估计环路法;(2)基于相关重构的方法;(3)副载波相位消除(SCPC)法;(4)bump and jump 法;(5)远滞后(远超前)加即时法;(6)BPSK-like 法。

## 3 思路、方法与仿真

收集卫星导航信号的相关资料,对恒包络 AltBOC 调制信号进行仿真分析其性能及特点。比较其与普通 BOC 调制信号的区别,主要包括自相关函数和功率谱密度,码跟踪误差以及抗多径性能。针对 AltBOC 调制信号的捕获模糊问题,采用不同方法对其进行处理,以减轻模糊度,提高该信号跟踪精度。

仿真完成两种去模糊的方法:

(1)在跟踪环路中增加滤波器,滤除一边的信号并对保留下的信号与本地参考信号进行相关运算和积分等处理后实现对 AltBOC 信号实现 BPSK-like 算法。

BPSK-like 算法原理就是将信号看作类似 BPSK 调制信号的处理算法。而 AltBOC 信号就具有这种特征,E5a(I 和 Q 通道)与 E5b

(I 和 Q 通道)两个边带信号可以当做 BPSK 信号单独进行处理。

(2)在环路中增加远超前相关器与原来的即时相关器结合可以实现远超前加即时(IVE2+P2I)算法。

远超前加即时算法原理是如果 BOC 类信号的相关函数延迟一定相位后与原来的自相关函数的平方和相加结合可以得到一个类似于 BPSK 的自相关函数波形。这种算法需要在传统的码环的超前相关器,即时相关器和滞后相关器的基础上增加相关器,远超前相关器或远滞后相关器。将两个相位相差四分之一副载波周期的信号各自的相关函数相加,一个是及时码信号的自相关函数,一个是远超前码信号的自相关函数。

导航信号质量评估:

- (1)载噪比测量精度:  $\leq 0.3\text{dB}$ 。
- (2)载波相位测量精度:  $\leq 0.01$  周。
- (3)功率监测精度:  $\leq 0.1\text{dB}$ 。
- (4)频率跟踪精度:  $1\text{Hz}$ 。

信号频率跟踪仿真中,直接读取载波的频率控制字,因为存在噪声干扰,需要统计平均值再进行精度分析。过程中发现,  $-10\text{dB}$  信噪比可以满足精度要求,但是当信噪比降低到  $-20\text{dB}$  的时候,大多数技术指标都不能达到,需要调整信号质量评估方案,取多点平均值得到符合要求的结果。

## 4 结束语

本文对 AltBOC 信号的捕获跟踪算法进行了深入的研究分析,不仅完成了硬件复杂度分析,重新设计出适合的算法。同时完成了对 AltBOC 信号源及捕获跟踪算法的仿真,得出的 MATLAB 跟踪精度基本满足设计需求。整体算法具有资源消耗低、可移植性高的优点。降低系统的功耗,给其它通道保留更多资源。将来需要更换硬件平台时开销更低。同时提供了相应的千兆以太网接口,方便后续高速、实时数据分析任务的实现。

## 参考文献

- [1]任嘉伟,贾维敏,陈辉华,等.AltBOC 无模糊双重估计跟踪环路设计[J].华中科技大学学报(自然科学版),2013,41(7):47-51.
- [2]赵亮,翟建勇.一种新颖的 GNSS BOC 信号无模糊相关技术研究[J].现代导航,2014(3):167-170.
- [3]张中英,张立新,蒙艳松,等.AltBOC 信号捕获技术研究[J].现代电子技术,2012,35(5):55-59.
- [4]张媛.TDDM 调制的卫星导航信号捕获跟踪方法研究[D].中国科学院研究生院(国家授时中心),2014.