

基于载波频率解重扩的GNSS抗干扰误差分析

杨玲玲

(河南工业贸易职业学院,信息工程学院,河南省郑州市,450064)

摘要 为了提高全球卫星导航系统(GNSS)干扰下对载波相位精度,在分析解重扩(DR)基础上设计了一种基于载波频率解重扩的GNSS抗干扰方法。载波相位误差在卫星信号抑制干扰过程中需要充分消除,实现在卫星信号干扰方向产生零陷并在来向产生波束增益。研究表明:重扩频处理后频率精估法计算得到的载波频率已经能满足系统控制目标,保证了解重扩算法能够在多个天线实现较小载波相位差。

关键词 全球卫星导航系统;解重扩算法;抗干扰;测量误差

中图分类号:TN973 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)04-0006-02

在卫星通讯领域,到达地面的卫星信号强度通常都很微弱,因此,环境中的射频信号较易对它造成明显影响,使接收机采集获得的数据产生较大偏差。在上述条件下,很可能会严重影响样本数据接收与分析过程^[1-2]。现阶段,全球导航卫星导航系统的研究工作主要集中于如何提高卫星导航系统的抗干扰能力和运行稳定性^[3]。

解扩重扩算法是一种时域自适应滤波算法,将解扩并经过低通滤波器滤波后的信号重新扩频效果,其适合于处理抗干扰信号。相关方面吸引了许多学者开展了大量研究,吴仁彪等^[4]提出基于解重扩算法的GPS抗干扰实时接收机方法,实现了资源的合理配置,该系统能够抑制干扰信号,实现多波束抗干扰。本研究是在前期工作基础上,针对GNSS干扰作用下的载波相位误差情况,提出了一种基于载波频谱去重扩频技术的抗干扰新技术。

1 解重扩算法原理

采用去重加密方法对环路载波进行信号跟踪时,会产生一定的偏差,从而导致载波相位也发生改变。针对无阵列结构的盲光束去重扩方法开展了相关研究,在求解期间增加了一个频率精细估算的步骤,由此降低了空间干扰因素对载波相位产生的作用^[7]。从图1中可以看到此算法的具体处理过

程。

建立了如下的算法表达式:

$$y_i = \eta_i s_i(f) + e_w(f) \quad (1)$$

为了避免C/a码对频率产生影响,本文建立了平方算法,得到如下表达式:

$$y_i^2(f) = \eta_i^2 s_i^2(f) + \bar{e}_w(f) \quad (2)$$

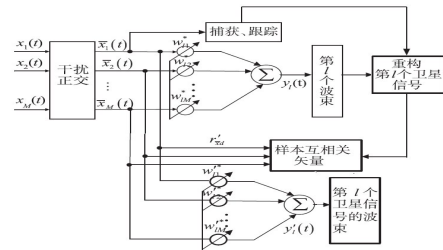


图1 算法原理图

具体处理步骤如下:针对干扰信号设置有效限制条件,再对观测获得的x(t)进行数据投影,同时对其进行实时数据采集。从而精确追踪和捕捉处理后的样本参数,从而确定单元的首个参量。经过重建之后,需对其进一步处理,得到的波束赋形权重向量W_j与第j颗卫星信号相对应。对x(t)进行了权重化处理,y(t)的处理则是对y(t)进行平方计算,并对载波频率进行了估算。

多普勒频移在±10KHz范围内,并且已知GNSS接收机的频率,相比于多普勒频移,模糊频率与真实频率产生的误差更大,所以为保证模糊频率被充分去除,需要判断与多普勒频移范围之间的差距。

2 仿真实验

本文构建了由八个单元构成的单一线性阵列,同时设定了4.303MHz的参照频率,控制采样频率为

作者简介:杨玲玲(1985~),女,汉族,河南焦作温县人,硕士,讲师,研究方向:电子信息工程。

5.714MHZ。根据以上条件,将1个干扰源和4个卫星源进行合成,从而获得包含 -30° 的控制向量与 -50 dB信噪比。

以功率反向(PI)和航位推(DR)算法作为参考对象,验证本文载波频率解重扩(DRNEW)的正确性。

采用功率反向PI方式调控时,根据图2所述的方法进行分析,以传统GPS载波跟踪回路及本研究提出的双解重扩方法来获取载波估计误差。所有阵列误差都设定为平均值为0的高斯类型随机分布状态,在水平方向上给出了电池振幅及相位误差的改变情况,竖直方向则是载波频率均方差值。重扩频处理后频率精估法得到的载波频率已经能满足系统控制目标。

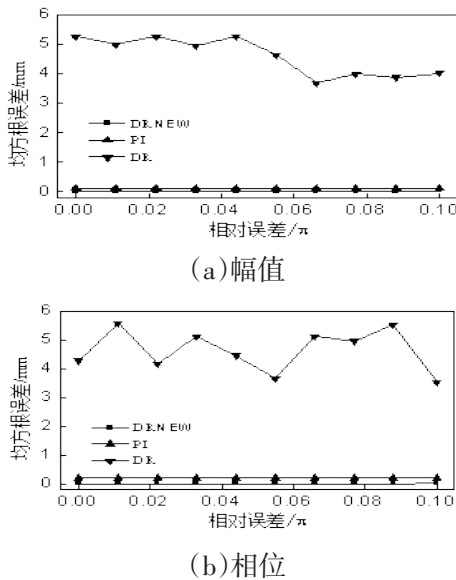


图2 载波频率估计结果分析

图3所示是以功率反转(Power Reverse, PI)与最小方差无失真响应(MVDR)两种方式进行对比的结果。根据图3可以发现,通过频率数据求解方法有效减小再扩频信号与卫星接收机载频间差异性,因此,采用解重扩算法对每一阵列误差所产生的载波相位误差非常小。

对比了PI和最小方差非失真响应测试结果,由此确定载波相位的偏移情况。从图3可以看出,准确频率估计有助于减少重扩频后的载波差,保证了解重扩算法能够在多个天线实现较小载波相位差。

GNSS卫星运行轨道具有周期变化特征,从多个

场景下获取载波相位所需要的信息,并利用载波频率解重扩方法进行精度提高处理,在应用中实现基于已知载体的波束定向控制。本文有助于提高卫星信号定位效率,提供通信质量,但在面对突发情况的时候存在收敛效率过低问题,期待后续引入深度学习方法进行加强。

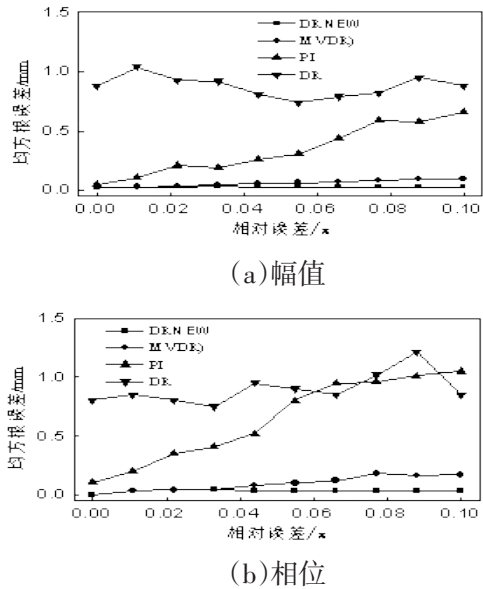


图3 载波相位误差对比

3 结论

本文方案的阵列误差都设定为平均值为0的高斯类型随机分布状态,重扩频处理后频率精估法计算得到的载波频率已经能满足系统控制目标。采用解重扩算法对每一阵列误差所产生的载波相位误差非常小,保证了解重扩算法能够在多个天线下实现较小载波相位差。

参考文献

- [1] 韩勇强,于潇颖,纪泽源,等.面向城市复杂环境的GNSS/INS高精度图优化算法[J].中国惯性技术学报,2022,30(05):582-588.
- [2] 李鹏勃,王西泉,马方远,等.高动态GPS/BD在不同姿态下的精度标定方法[J].探测与控制学报,2022,44(03):61-67.
- [3] 陈潇扬,邱乐德,李帅,等.卫星时分多址信号高精度快速时频差联合估计方法[J].航天器工程,2022,31(01):107-115.
- [4] 吴仁彪,李晓,胡铁乔,等.基于解重扩算法的GPS抗干扰实时接收机研究[J].中国民航大学学报,2011,29(02):27-31.
- [5] 贾琼琼,吴仁彪,王文益,等.满足高精度测量的GNSS自适应干扰抑制算法[J].电子学报,2018,46(11):2753-2760.