



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 119716914 B

(45) 授权公告日 2025. 11. 25

(21) 申请号 202311258724.1

G01S 19/37 (2010.01)

(22) 申请日 2023.09.26

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 119716914 A

丁梦羽 等."Adaptive Jamming Mitigation in Single-Antenna Receivers With Spectral Analysis and Switchable Filtering".《Transactions on Aerospace and Electronic Systems》.2024,第60卷(第5期), pp. 5891-5905.

(43) 申请公布日 2025.03.28

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街道高新技术产业园南区粤兴一道18号
香港理工大学产学研大楼205室

审查员 刘榕锰

(72) 发明人 丁梦羽 陈武 翁多杰

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事

务所(普通合伙) 44268

专利代理师 王永文

(51) Int. Cl.

G01S 19/21 (2010.01)

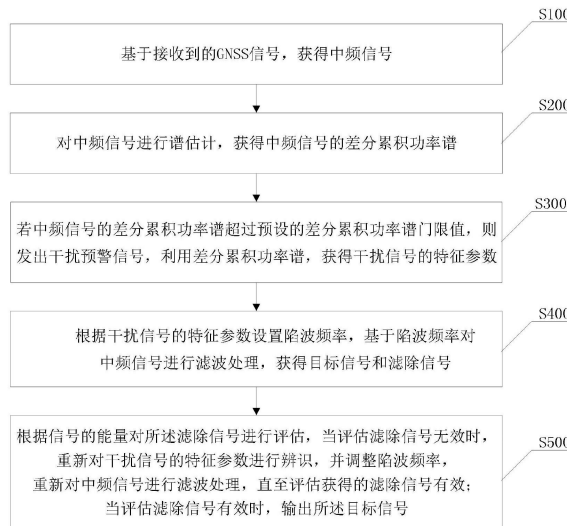
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

(54) 发明名称

GNSS信号的干扰监测与抑制方法、系统、接收机和介质

(57) 摘要

本发明提供的GNSS信号的干扰监测与抑制方法、系统、接收机和介质,具体涉及卫星导航通信技术领域,方案包括:基于接收到的GNSS信号,获得中频信号;基于中频信号的差分累积功率谱,对中频信号进行干扰检测,并根据干扰信号的特征参数辨识干扰信号的类型以及设置陷波频率,对中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;根据信号的能量对滤除信号进行评估,并在评估滤除信号无效时,重新进行干扰信号的特征参数的辨识,调整陷波频率进行滤波处理,直至评估有效。本方案能够对环境中的干扰信号进行动态检测、辨识以及对陷波频率的调整,以保障干扰信号被有效检测和自适应抑制,从而提高单天线GNSS接收机对各种干扰环境的抗干扰性能。



1. GNSS信号的干扰监测与抑制方法,其特征在于,包括以下步骤:

基于接收到的GNSS信号,获得中频信号;

对所述中频信号进行谱估计,获得所述中频信号的差分累积功率谱;

若所述中频信号的所述差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号,并利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数;

根据所述干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于所述陷波频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;

根据信号的能量对所述滤除信号进行评估,当评估所述滤除信号无效时,重新对所述干扰信号的特征参数进行辨识,并调整所述陷波频率,重新对所述中频信号进行滤波处理,直至评估获得的滤除信号有效;当评估所述滤除信号有效时,输出所述目标信号;

所述利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数,包括:

预先采集若干种现有干扰信号的参数和类型,并基于各个所述现有干扰信号的所述参数和所述类型,分别建立现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得模型数据库;

提取所述差分累积功率谱的特征参数,并利用所述差分累积功率谱的特征参数和各个所述现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得干扰信号的特征参数;

若预先建立的各个所述现有干扰信号的差分累积功率谱模型和所述干扰信号的类型均不匹配,则在获得所述干扰信号的特征参数之后,还包括:

基于所述干扰信号的特征参数,判定干扰信号的类型;

基于所述干扰信号的特征参数和所述干扰信号的类型,构建所述干扰信号的差分累积功率谱模型,更新所述模型数据库。

2. 根据权利要求1所述的GNSS信号的干扰监测与抑制方法,其特征在于,所述对所述中频信号进行谱估计,获得所述中频信号的差分累积功率谱,包括:

获取所述中频信号的功率谱密度,对所述功率谱密度进行积分和归一化处理,得到归一化的累积谱密度;

基于所述归一化的累积谱密度和预设的累积谱密度参考值,获得所述中频信号的差分累积功率谱。

3. 根据权利要求1所述的GNSS信号的干扰监测与抑制方法,其特征在于,确定所述差分累积功率谱门限值的步骤,包括:

获取GNSS信号的历史数据,并基于所述GNSS信号的历史数据,获得所述中频信号的差分累积功率谱的波动范围;

基于所述中频信号的所述差分累积功率谱的波动范围,获得所述差分累积功率谱的均值和方差,并基于所述均值和所述方差,确定差分累积功率谱的门限值。

4. 根据权利要求1所述的GNSS信号的干扰监测与抑制方法,其特征在于,所述干扰信号的特征参数至少包括干扰信号频率、干扰信号数量,并采用自适应陷波器对所述中频信号进行滤波处理,所述根据所述干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于所述陷波频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号,包括:

基于所述干扰信号数量,设置所述自适应陷波器的数量;

基于所述干扰信号频率,调整所述自适应陷波器的陷波初始频率;

基于各个所述自适应陷波器的所述陷波初始频率对所述中频信号进行滤波处理,获得

目标信号和滤除信号。

5. 根据权利要求1所述的GNSS信号的干扰监测与抑制方法,其特征在于,评估所述滤除信号是否有效,包括:

若所述滤除信号的能量和标准GNSS信号能量的差值小于或等于预设的能量阈值,则判定所述滤除信号无效;否则,判定所述滤除信号有效。

6. GNSS信号的干扰监测与抑制系统,其特征在于,所述系统包括:

接收机前端预处理单元,用于基于接收到的GNSS信号,获得中频信号;

DCSP干扰预警单元,用于对所述中频信号进行谱估计,获得所述中频信号的差分累积功率谱;若所述中频信号的所述差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号;

DCSP干扰辨识单元,用于根据所述DCSP干扰预警单元的预警信息,利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数;

参数匹配陷波器单元,用于根据所述干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于所述陷波频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;

滤波评估与优化单元,用于根据信号的能量对所述滤除信号进行评估,当评估所述滤除信号无效时,重新对所述干扰信号的特征参数进行辨识,并调整所述陷波频率,重新对所述中频信号进行滤波处理,直至评估获得的滤除信号有效;当评估所述滤除信号有效时,输出所述目标信号;

所述利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数,包括:

预先采集若干种现有干扰信号的参数和类型,并基于各个所述现有干扰信号的所述参数和所述类型,分别建立现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得模型数据库;

提取所述差分累积功率谱的特征参数,并利用所述差分累积功率谱的特征参数和各个所述现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得干扰信号的特征参数;

若预先建立的各个所述现有干扰信号的差分累积功率谱模型和所述干扰信号的类型均不匹配,则在获得所述干扰信号的特征参数之后,还包括:

基于所述干扰信号的特征参数,判定干扰信号的类型;

基于所述干扰信号的特征参数和所述干扰信号的类型,构建所述干扰信号的差分累积功率谱模型,更新所述模型数据库。

7. 一种单天线抗干扰接收机,其特征在于,所述单天线抗干扰接收机上存储有GNSS信号的干扰监测与抑制程序,所述GNSS信号的干扰监测与抑制程序被处理器执行时,实现如权利要求1-5任意一项上述GNSS信号的干扰监测与抑制方法的步骤。

8. 计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有GNSS信号的干扰监测与抑制程序,所述GNSS信号的干扰监测与抑制程序被处理器执行时实现如权利要求1-5任意一项所述GNSS信号的干扰监测与抑制方法的步骤。

GNSS信号的干扰监测与抑制方法、系统、接收机和介质

技术领域

[0001] 本发明涉及卫星导航通信技术领域,尤其涉及的是一种GNSS信号的干扰监测与抑制方法、系统、接收机和介质。

背景技术

[0002] 定位导航授时PNT(Position,Navigation and Time)技术广泛应用于民用导航、金融贸易、物联网、自动驾驶、智慧城市等多种领域,目前,全球卫星导航系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)是PNT信息的重要来源之一。然而GNSS信号本身的脆弱性导致其很容易受到各种射频信号的干扰,例如VHF/UHF电视天线播发的无线电信号、便携式干扰器发射的大功率连续波干扰、扫频干扰和多重连续波干扰等大功率电磁信号,都会严重影响GNSS的使用,甚至会对社会和用户的财产和生命安全产生威胁。

[0003] 由于GNSS接收机本身不具备抑制干扰影响的能力,因此提高GNSS接收机的抗干扰能力是亟待解决的问题。现有技术中,主要存在两种针对GNSS接收机抗干扰的技术手段,一种是多天线技术,其能够通过波束技术消减干扰来源方向的信号,同时放大其他方向的有用信号实现对GNSS干扰信号的抑制,但是存在硬件成本高和计算复杂性高及计算量大的缺点。另一种是单一天线技术,广泛应用于手机、智能穿戴、导航仪等民用领域,具有体积小、硬件成本低、计算复杂性低及计算量小等优点。目前,学者们对单天线接收机的抗干扰技术的研究主要是针对特定干扰类型的环境,然而在实际环境中干扰信号的类型往往未知且会随机变化,使得适用于特定干扰类型环境下的单天线GNSS接收机的抗干扰能力较差。

发明内容

[0004] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种GNSS信号的干扰监测与抑制方法、系统、接收机和介质,旨在解决现有技术中存在的单天线GNSS接收机的抗干扰能力较差的问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明第一方面提供一种GNSS信号的干扰监测与抑制方法,包括以下步骤:

[0006] 基于接收到的GNSS信号,获得中频信号;

[0007] 对所述中频信号进行谱估计,获得所述中频信号的差分累积功率谱;

[0008] 若所述中频信号的所述差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号,并利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数;

[0009] 根据所述干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于所述陷波频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;

[0010] 根据信号的能量对所述滤除信号进行评估,当评估所述滤除信号无效时,重新对所述干扰信号的特征参数进行评估,并调整所述陷波频率,重新对所述中频信号进行滤波处理,直至评估获得的滤除信号有效;当评估所述滤除信号有效时,输出所述目标信号。

[0011] 可选的,所述对所述中频信号进行谱估计,获得所述中频信号的差分累积功率谱,

包括：

[0012] 获取所述中频信号的功率谱密度,对所述功率谱密度进行积分和归一化处理,得到归一化的累积谱密度;

[0013] 基于所述归一化的累积谱密度和预设的累积谱密度参考值,获得所述中频信号的差分累积功率谱。

[0014] 可选的,确定所述差分累积功率谱门限值的步骤,包括:

[0015] 获取GNSS信号的历史数据,并基于所述GNSS信号的历史数据,获得所述中频信号的差分累积功率谱的波动范围;

[0016] 基于所述中频信号的所述差分累积功率谱的波动范围,获得所述差分累积功率谱的均值和方差,并基于所述均值和所述方差,确定差分累积功率谱的门限值。

[0017] 可选的,所述利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数,包括:

[0018] 预先采集若干种现有干扰信号的参数和类型,并基于各个所述现有干扰信号的所述参数和所述类型,分别建立现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得模型数据库;

[0019] 提取所述差分累积功率谱的特征参数,并利用所述差分累积功率谱的特征参数和各个所述现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得干扰信号的特征参数。

[0020] 可选的,若预先建立的各个所述现有干扰信号的差分累积功率谱模型和所述干扰信号的类型均不匹配,则在获得所述干扰信号的特征参数之后,还包括:

[0021] 基于所述干扰信号的特征参数,判定干扰信号的类型;

[0022] 基于所述干扰信号的特征参数和所述干扰信号的类型,构建所述干扰信号的差分累积功率谱模型,更新所述模型数据库。

[0023] 可选的,所述干扰信号的特征参数至少包括干扰信号频率、干扰信号数量,并采用自适应陷波器对所述中频信号进行滤波处理,所述根据所述干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于所述陷波频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号,包括:

[0024] 基于所述干扰信号数量,设置所述自适应陷波器的数量;

[0025] 基于所述干扰信号频率,调整所述自适应陷波器的陷波初始频率;

[0026] 基于各个所述自适应陷波器的所述陷波初始频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号。

[0027] 可选的,评估所述滤除信号是否有效,包括:

[0028] 若所述滤除信号的能量和标准GNSS信号能量的差值小于或等于预设的能量阈值,则判定所述滤除信号无效;否则,判定所述滤除信号有效。

[0029] 本发明第二方面提供一种GNSS信号的干扰监测与抑制系统,所述系统包括:

[0030] 接收机前端预处理单元,用于基于接收到的GNSS信号,获得中频信号;

[0031] DCSP干扰预警单元,用于对所述中频信号进行谱估计,获得所述中频信号的差分累积功率谱;若所述中频信号的所述差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号;

[0032] DCSP干扰辨识单元,用于根据所述DCSP干扰预警模的预警信息,利用所述差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数;

[0033] 参数匹配陷波器单元,用于根据所述干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于所述陷波频率对所述中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;

[0034] 滤波评估与优化单元,用于根据信号的能量对所述滤除信号进行评估,当评估所述滤除信号无效时,重新对干扰信号的特征参数进行估计,并调整所述陷波频率,重新对所述中频信号进行滤波处理,直至评估获得的滤除信号有效;当评估所述滤除信号有效时,输出所述目标信号。

[0035] 本发明第三方面提供一种单天线抗干扰接收机,所述单天线抗干扰接收机上存储有GNSS信号的干扰监测与抑制程序,所述GNSS信号的干扰监测与抑制程序被处理器执行时,实现任意一项上述GNSS信号的干扰监测与抑制方法的步骤。

[0036] 本发明第四方面提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有GNSS信号的干扰监测与抑制程序,所述GNSS信号的干扰监测与抑制程序被处理器执行时实现任意一项上述GNSS信号的干扰监测与抑制方法的步骤。

[0037] 与现有技术相比,本方案的有益效果如下:

[0038] 本发明通过基于接收到的GNSS信号,获得中频信号,从而经过谱估计获得中频信号的差分累积功率谱;基于中频信号的差分累积功率谱,对中频信号进行干扰检测,并根据干扰信号的特征参数辨识干扰信号的类型以及设置陷波频率,以对中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;然后根据信号的能量对滤除信号进行评估,并在评估滤除信号无效时,及时调整陷波频率之后,再次进行滤波处理,从而获得有效滤除的目标信号。

[0039] 可见,本发明不仅能够检测到干扰信号时发出预警提示,而且能够自动辨识干扰类型,还能够在检测到滤波效果无效时,判断干扰信号的类型发生的变化,从而及时调整滤波频率,实现对环境中的干扰信号进行动态检测、辨识以及对陷波频率的调整,以保障干扰信号被有效检测和抑制,从而提高单天线GNSS接收机对各种干扰环境的抗干扰性能。

附图说明

[0040] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0041] 图1为本发明的GNSS信号的干扰监测与抑制系统结构示意图;

[0042] 图2为本发明的GNSS信号的干扰监测与抑制方法流程图;

[0043] 图3为本发明的不同干扰环境下的差分功率谱示意图;

[0044] 图4为本发明平滑因子和遗忘因子对连续波滤除效果影响示意图。

具体实施方式

[0045] 以下描述中,为了说明而不是为了限定,提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节,以便透彻理解本发明实施例。然而,本领域的技术人员应当清楚,在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况下,省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明,以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0046] 应当理解,当在本说明书和所附权利要求书中使用时,术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

[0047] 还应当理解,在本发明说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本发明。如在本发明说明书和所附权利要求书中所使用的那样,除非上下文清楚地指明其它情况,否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

[0048] 还应当进一步理解,在本发明说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合,并且包括这些组合。

[0049] 如在本说明书和所附权利要求书中所使用的那样,术语“如果”可以依据上下文被解释为“当...时”或“一旦”或“响应于确定”或“响应于检测到”。类似的,短语“如果确定”或“如果检测到[所描述条件或事件]”可以依据上下文被解释为意指“一旦确定”或“响应于确定”或“一旦检测到[所描述的条件或事件]”或“响应于检测到[所描述条件或事件]”。

[0050] 下面结合本发明实施例的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0051] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其它不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0052] 目前,在单天线GNSS接收机抗干扰方面,包括时域复信号处理、频域复信号处理、时域脉冲消隐及频域脉冲消隐在内的抗差抑制干扰(Robust interference mitigation, RIM)等方法,可以实现对GNSS干扰信号的有效压制,其性能通常受到接收机前端硬件参数的影响,对ADC和采样器的精度要求较高。然而,陷波器能够在指定频点上迅速衰减输入信号,对于频率波动范围较小的窄带干扰,能够依据前一时刻的跟踪结果辅助当前跟踪频率,减小陷波频率与真实干扰频率的误差,从而提高滤除干扰信号的精度,并减少有用信号的损耗;而对于频率波动范围较大的窄带干扰,陷波器需要快速调整跟踪步长,保证对干扰信号的稳定跟踪。同时,干扰信号的数量也决定了陷波器的数目。可见,针对不同干扰信号的不同特征,达到满意干扰滤除性能的陷波器的性能参数设置也有所区别。然而陷波器通常采用固定性能参数,这类陷波技术往往仅适用于特定类型的干扰信号。

[0053] 然而,实际环境中干扰信号的类型往往未知且会随机变化,对如何让单天线接收机在未知干扰环境中自主监测干扰环境,并抑制干扰的影响方面的研究还较为不足。

[0054] 本发明针对现有技术中存在的单天线GNSS接收机的抗干扰能力较差的问题,提出了一种基于联合谱值差分与陷波技术的GNSS信号的干扰监测与抑制方法和系统,以对GNSS抗干扰领域的应用进行探索性研究。主要以GNSS接收机前端采集的中频信号为对象,根据中频信号的差分功率谱值(Differential Cumulative energy Spectrum Power, DCSP)检测干扰信号并对干扰类型进行辨识,融合辨识信息动态调整陷波滤波器参数,对中频信号中的干扰信号进行滤波,从而抑制干扰信号,并通过评估陷波效果,动态监测干扰环境变化,实现了一套集GNSS干扰检测、辨识和自适应抑制于一体的完备独立的抗干扰方案,在不改变接收机内部结构的前提下,通过简单的模块和较小的运算量实现单天线接收机对干扰信号的动态感知和抑制,能够极大地提高单天线GNSS接收机的抗干扰能力。另外,经过滤波的信号输入到接收机相关器进行后续的信号处理过程,确保了接收机前端、干扰检测模块和接收机相关器的功能独立性,以避免各个功能模块之间相互干扰,保障了系统的精度和

稳定性。

[0055] 示例性方法

[0056] 本发明实施例提供一种GNSS信号的干扰监测与抑制方法,部署于单天线的接收机上,但并不限于此,还可以是其他的能够接收GNSS信号的手机、智能穿戴产品、导航仪、电脑、服务器、单片机和微控制器等电子设备上,针对的是对单天线GNSS接收机抗干扰检测、辨识和抑制的情况。

[0057] 本实施例的单天线接收机的结构如图1所示,包括天线模块、GNSS信号的干扰监测与抑制系统和电源,且GNSS信号的干扰监测与抑制系统包括接收机前端预处理单元、开关模块、DCSP干扰预警单元、DCSP干扰辨识单元、参数匹配陷波器单元、滤波评估与优化单元及接收机相关器,其中,接收机前端预处理单元具有一个输入端和一个输出端,开关模块具有三个输入端和两个输出端,DCSP干扰预警模块具有一个输入端和两个输出端,DCSP干扰辨识单元具有一个输入端和一个输出端,参数匹配陷波器单元具有两个输入端和两个输出端,滤波评估与优化单元模块具有一个输入端和两个输出端,接收机相关器具有两个输入端。导航卫星和干扰器发出的信号由接收机前端预处理单元接收,接收机前端预处理单元对接收到的信号处理后得到中频信号,中频信号数据输入到开关模块的第一输入端,开关模块的第一输出端连接DCSP干扰预警单元的输入端,DCSP干扰预警单元的第一输出端输出无干扰警报和原始中频数据,并输入到接收机相关器的第一输入端;DCSP干扰预警单元的第二输出端输出干扰预警信息,并输入到DCSP干扰辨识单元的输入端,DCSP干扰预警单元的第三输出端输出干扰类型和干扰信号的特征参数,并输入到参数匹配陷波器单元的第一输入端,参数匹配陷波器单元的第一输出端输出滤波数据,并输入到接收机相关器的第二输入端,参数匹配陷波器单元的第二输出端输出陷波频率处信号,即滤除的信号,并输入滤波评估与优化单元的输入端,滤波评估与优化单元的第一输出端输出无效滤波,并输入到开关模块的第二输入端,滤波评估与优化单元的第二输出端输出有效滤波,并输入到开关模块的第三输入端,同时开关模块的第三输入端连接参数匹配陷波器单元的第二输入端。

[0058] 其中,接收机前端预处理单元,用于基于接收到的GNSS信号,获得中频信号;

[0059] DCSP干扰预警单元,用于对中频信号进行谱估计,获得中频信号的差分累积功率谱;若中频信号的差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号;

[0060] DCSP干扰辨识单元,用于根据DCSP干扰预警模的预警信息,利用差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数;

[0061] 参数匹配陷波器单元,用于根据辨识出的干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于陷波频率对中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号;

[0062] 滤波评估与优化单元,用于根据信号的能量对滤除信号进行评估,当评估滤除信号无效时,重新调整陷波频率之后,重复执行滤波处理的步骤,获得更新后的目标信号并输出更新后的目标信号;当评估滤除信号有效时,输出目标信号。

[0063] 本实施例的单天线接收机能够有效检测干扰信号并对干扰类型进行辨识,融合辨识信息动态调整陷波滤波器参数,对中频信号中的干扰信号进行滤波,从而抑制干扰信号,并通过评估陷波效果,动态监测干扰环境变化。可见,该单天线接收机在不改变接收机内部结构的前提下,通过简单的模块和较小的运算量实现单天线接收机对干扰信号的动态感知

和抑制,能够极大地提高单天线GNSS接收机的抗干扰能力。

[0064] 上述单天线接收机中的GNSS信号的干扰监测与抑制系统用于实现GNSS信号的干扰监测与抑制方法,该方法的流程图如图2所示,主要包括以下步骤:

[0065] 步骤S100:基于接收到的GNSS信号,获得中频信号。

[0066] 具体地,导航卫星发射的GNSS信号和干扰器发射的干扰信号由天线接收并经由接收机前端处理后得到中频数据。中频数据输入到开关模块,开关模块初始设置为无效开关闭合,有效开关断开状态。

[0067] 开关模块的无效开关闭合,有效开关断开时,开关模块输入空值到参数匹配陷波器单元,同时输入中频信号到DCSP干扰预警模块。

[0068] 步骤S200:对中频信号进行谱估计,获得中频信号的差分累积功率谱。

[0069] 步骤S300:若中频信号的差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号,并利用差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数。

[0070] 具体地,DCSP干扰预警模块对比中频信号的DCSP数组与预设门限。若DCSP低于门限水平,不触发干扰警报,中频信号直接输入到接收机相关器模块中进行相关处理。若DCSP值超过预设门限,即检测到干扰信号,则触发干扰警报,中频信号及DCSP数组输入到DCSP干扰辨识模块处理。也就是基于中频信号的差分累积功率谱与预设的差分累积功率谱门限值,判定是否存在干扰,若中频信号的差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则判定为存在干扰并发出干扰预警信号,然后利用差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数。

[0071] 步骤S400:根据干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于陷波频率对中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号。

[0072] 具体地,根据干扰信号的特征参数设置陷波初始频率和干扰信号的频率相同,以将干扰信号对应的频率分量滤除,获得滤波后的中频信号(即目标信号),以及所设置的陷波频率对应的信号(即滤除信号)。需要声明的是,在实际使用接收机过程中,当前的陷波频率有可能是本次使用更新后的,也有可能是上次滤波对应的有效陷波频率,对本次滤波处理可能无效,具体需要在滤波效果评估阶段进行评估,必要的情况下需要更新陷波频率。

[0073] 步骤S500:根据信号的能量对滤除信号进行评估,当评估滤除信号无效时,重新由步骤S200和S300进行干扰信号特征参数的辨识,根据更新的干扰信号特征参数调整陷波频率,重新对中频信号进行滤波处理,直至评估获得的滤除信号有效;当评估滤除信号有效时,输出目标信号。

[0074] 本实施例不仅能够检测到干扰信号时发出预警提示,而且能够自动辨识干扰类型,还能够检测到滤波效果无效时,判断干扰信号的类型发生的变化,从而及时调整滤波频率,实现对环境中的干扰信号的动态检测、辨识以及对陷波频率的调整,以保障干扰信号被有效检测和自适应抑制,从而提高单天线GNSS接收机对各种干扰环境的抗干扰性能。

[0075] 在一种实施方式中,对步骤S200的中频信号进行谱估计,获得中频信号的差分累积功率谱,具体包括:

[0076] 步骤S210:获取中频信号的功率谱密度,对功率谱密度进行积分和归一化处理,得到归一化的累积谱密度;

[0077] 具体地,DCSP干扰预警模块对中频数据通过谱值估计,归一化和差分处理后得到

中频数据的DCSP值。DCSP值的估计过程如下：

[0078] 接收机天线在t时刻接收到的信号r(t)实际为卫星信号 $s^i(t)$,热噪声 $\eta(t)$ 和潜在干扰信号J(t)的叠加效果,可用公式(1)表示,即:

$$[0079] \quad r(t) = \sum_{i=1}^L s^i(t) + \eta(t) + \delta(t)J(t) \quad (1)$$

[0080] 其中L为可见卫星总数, $\delta(t)$ 为干扰标志。 $\delta(t)=0$,即系统不受干扰影响, $\delta(t)=1$ 意味系统受到干扰信号影响。天线和前端接收机对接收到的信号处理得到中频数据的过程近似为一个线性系统,其传递函数表示为h(t)。

[0081] 对接收信号的功率谱密度进行估计,可采用自相关估计、自协方差法及周期图法等线性估计,或最大似然法、最大熵法等非线性估计方法。以周期图法为例,信号 $\sum_{i=1}^L s^i(t)$ 的功率谱密度S(f)用公式(2)表示,即:

$$[0082] \quad S(f) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} \left(\sum_{i=1}^L s^i(n) \right) e^{-j\omega n} \right|^2 \quad (2)$$

[0083] 其中 $\sum_{n=0}^{N-1} (*) e^{-j\omega n}$ 指傅里叶变换,N为功率谱估计所采用的数据序列总长度,L为接收信号中的可见卫星总数,n代表时间序列。

[0084] 类似的,估计出干扰信号的功率谱密度J(f),传递函数H(f)。噪声信号为平稳信号,功率谱可由常数 N_0 表示,因此中频数据的功率谱密度PSD(f),用公式(3)表示,即:

$$[0085] \quad \text{PSD}(f) = S(f) |H(f)|^2 + N_0 |H(f)|^2 + \delta J(f) |H(f)|^2 \quad (3)$$

[0086] 对信号PSD进行积分和归一化处理,得到归一化的累积谱密度 $\text{CSP}_{\text{norm}}(f)$,用公式(4)表示,即:

$$[0087] \quad \text{CSP}_{\text{norm}}(f) = \frac{\text{CSP}(f)}{\max[\text{CSP}(f)]} = \frac{\int_0^f \text{PSD}(f) df}{\int_{-\infty}^{f_s/2} \text{PSD}(f) df} \quad (4)$$

[0088] 其中, f_s 指接收机前端的采样频率。

[0089] 步骤S220:基于归一化的累积谱密度和预设的累积谱密度参考值,获得中频信号的差分累积功率谱。

[0090] 具体地,基于正常的中频信号的累积谱密度,定义参考值 $\text{CSP}_{\text{ref}}(f)$ 用公式(5)表示,即:

$$[0091] \quad \text{CSP}_{\text{ref}}(f) = \frac{\int_0^f |H(f)|^2 df}{\int_0^{f_s/2} |H(f)|^2 df} \quad (5)$$

[0092] 由于所定义的参考值 $\text{CSP}_{\text{ref}}(f)$ 仅与接收机前端特性H(f)有关,不受信号大小影响,因此差分累积功率谱DCSP(f)用公式(6)表示,即:

$$[0093] \quad \text{DCSP}(f) = \text{CSP}_{\text{norm}}(f) - \text{CSP}_{\text{ref}}(f) \quad (6)$$

[0094] 在一种实施方式中,在步骤S300中确定差分累积功率谱门限值的步骤,包括:

[0095] 步骤S310:获取GNSS信号的历史数据,并基于GNSS信号的历史数据,获得中频信号的差分累积功率谱的波动范围;

[0096] 具体地,统计接收机在不同日期、不同时刻的正常历史GNSS信号数据,确保获得的

中频信号的差分累积功率谱的波动范围能够更全面、合理地表示历史正常GNSS信号数据的规律和特点,以为后续准确检测干扰信号打下良好的基础。

[0097] 步骤S320:基于中频信号的差分累积功率谱的波动范围,获得差分累积功率谱的均值和方差,并基于均值和方差,确定差分累积功率谱的门限值。

[0098] 具体地,若中频信号的差分累积功率谱超过预设的差分累积功率谱门限值,则发出干扰预警信号。其中,干扰判决算法具体如下:

[0099] 由于卫星信号功率远小于基底噪声,因此忽略卫星信号功率谱的影响。那么,将正常信号的差分功率谱DCSP(f)表达式,用公式(7)表示,即:

$$[0100] \quad \text{DCSP}(f) \approx \frac{\int_0^f (N_0 |H(f)|^2) f}{\int_0^{f_s/2} (N_0 |H(f)|^2) df} - \text{CSP}_{\text{ref}}(f) = 0 \quad (7)$$

[0101] 可见,在无干扰环境下,正常信号的差分功率谱DCSP(f)在0附近波动;干扰环境下,干扰信号的功率水平与噪声水平相当甚至更高,不可忽略不计,因此,在考虑干扰信号的功率的情况下,受干扰的中频信号的差分功率谱DCSP(f)表达式,则用公式(8)表示,即:

$$[0102] \quad \text{DCSP}(f) \approx \frac{\int_0^f J(f) |H(f)|^2 + N_0 |H(f)|^2 df}{\int_0^{f_s/2} N_0 |H(f)|^2 + J(f) |H(f)|^2 df} - \text{CSP}_{\text{ref}}(f) \gg 0 \quad (8)$$

[0103] 可见,受干扰的中频信号的差分功率谱DCSP(f)远大于0。

[0104] 综合考虑有干扰和无干扰情况下的中频信号的差分功率谱DCSP(f)的特点,本实施例利用假设检验,得到基于DCSP的干扰预警准则,用公式(9)表示,即:

$$[0105] \quad \begin{cases} \text{DCSP}(f) \approx 0, & H_0 \\ \text{DCSP}(f) \gg 0, & H_1 \end{cases} \quad (9)$$

[0106] 其中, H_0 代表原假设,表示接收到的信号未受干扰信号影响,DCSP干扰预警模块不发出干扰警报; H_1 代表对立假设,表示接收到的信号中存在干扰信号,DCSP干扰预警模块发出干扰警报。

[0107] 根据单天线接收机的接收到的正常历史GNSS数据,统计得到正常信号的中频信号的差分功率谱DCSP(f)的波动范围,并根据差分功率谱DCSP(f)的均值和方差确定差分累积功率谱的门限值 $\lambda_{\text{th}}(f)$,通过将获取到的当前环境下的中频信号的差分功率谱DCSP(f)和门限值 $\lambda_{\text{th}}(f)$ 进行比较,做出干扰判决,判决规则用公式(10)表示,即:

$$[0108] \quad \begin{cases} \text{DCSP}(f) \leq \lambda_{\text{th}}(f), & H_0 \\ \text{DCSP}(f) > \lambda_{\text{th}}(f), & H_1 \end{cases} \quad (10)$$

[0109] 可见,若当前环境下的中频信号的差分功率谱DCSP(f)小于或等于门限值 $\lambda_{\text{th}}(f)$,则表示接收到的信号未受干扰信号影响,DCSP干扰预警模块不发出干扰警报;若当前环境下的中频信号的差分功率谱DCSP(f)大于门限值 $\lambda_{\text{th}}(f)$,则表示接收到的信号中存在干扰信号,DCSP干扰预警模块发出干扰警报,提示工作人员当前环境存在干扰,并进一步判断干扰信号的类型和对参数匹配陷波器单元的显波频率进行调整。

[0110] 在一种实施方式中,在步骤S300中利用差分累积功率谱,获得干扰信号的特征参数,具体包括:

[0111] 步骤S330:预先采集若干种现有干扰信号的参数和类型,并基于各个现有干扰信号的特征参数和类型,分别建立现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得模型数据库;

[0112] 具体地,预先采集已知的干扰信号,需要声明的是这里已知的干扰信号指的是若干种常见的干扰信号,例如连续波,多频连续波和扫频波干扰等,利用不同类型的现有干扰信号的特征参数,分别根据干扰信号的参数和类型在干扰辨识模块中建立各类干扰信号的差分累积功率谱模型,获得模型数据库。

[0113] 步骤S340:提取差分累积功率谱的特征参数,并利用差分累积功率谱的特征参数和各个现有干扰信号的差分累积功率谱模型,获得干扰信号的特征参数。

[0114] 具体地,由于不同干扰信号的差分功率谱DCSP(f)在固定频点的特征各有区别,因此可以根据输入DCSP干扰辨识单元的中频信号的差分功率谱DCSP(f)的特征参数,与各个现有干扰信号的差分累积功率谱模型进行比较,获得当前环境下干扰信号的类型和特征参数。

[0115] 需要声明的是,在构建现有干扰信号的差分累积功率谱模型时用到的特征参数,指的是根据历史数据获取的常见类型的干扰信号的特征参数,是该类型的干扰信号普遍存在的,往往代表由一些连续或不连续的点值构成的区间;而通过将中频信号的差分功率谱DCSP(f)的特征参数和已构建的模型进行比较,获得的当前环境下干扰信号的类型和特征参数,指的是当前环境下中频信号中包括的干扰信号的特征参数,属于该种类型干扰信号的特征参数的一个取值,被包含于上述区间内。

[0116] 例如,图3所示为几种常见干扰信号的DCSP模型, B 表示接收机前端单边带宽, B_j 表示干扰带宽, f_j 表示干扰功率,横坐标表示频率,纵坐标表示各种干扰信号的差分功率谱。

[0117] 首先,采用如下准则分别识别连续波干扰、多频连续波干扰和扫频波干扰,具体准则如下:

[0118] 当干扰信号为连续波干扰时,满足 $f_{mx} - f_{mn} = \Delta f$, $\Delta f = \frac{f_s/2}{N/2+1}$,其中, Δf 为频率间隔, f_{mx} 为其DCSP取最大值对应的干扰频率; f_{mn} 为其DCSP取最小值对应的干扰频率, f_s 为采样频率, N 为采样点数;

[0119] 当干扰信号为扫频波干扰时,满足 $f_{mx} - f_{mn} > \Delta f$, $DCSP(f) > 0$,且 $B_j = (f_{mx} - f_{mn})/2 < B$,其中, $DCSP(f)$ 为DCSP(f)在 $[f_{mx}, f_{mn}]$ 频段内一阶微分, B 表示接收机前端单边带宽, B_j 表示干扰带宽。

[0120] 当干扰信号为扫频波干扰时,满足 $f_{mx} - f_{mn} > 2B > \Delta f$, $DCSP(f) > 0$,且 $B_j \geq (f_{mx} - f_{mn})/2 > B$ 。

[0121] 当干扰信号为多频连续波干扰时,满足 $f_{mx} - f_{mn} > \Delta f$, $f_{mx,i} - f_{mn,i} = \Delta f$,其中, $f_{mx,i}$ 为 $[f_{mn}, f_{mx}]$ (或者 $[f_{mx}, f_{mn}]$)频段内DCSP极大值对应的干扰频率, $f_{mn,i}$ 为 $[f_{mn}, f_{mx}]$ (或者 $[f_{mx}, f_{mn}]$)频段内DCSP极小值对应的干扰频率。

[0122] 然后,通过将提取的GNSS信号的DCSP的特征参数与DCSP干扰辨识单元的数据库中的干扰信号DCSP模型进行对比,实现干扰类型识别。可见,本实施中涉及的特征参数包括 f_{mx} 、 f_{mn} ; $f_{mx,i}$ 、 $f_{mn,i}$ 和 $DCSP(f)$ 等。

[0123] 从图3中可以看出,扫频波、连续波和多频连续波的差分功率谱在 $2B$ 带宽内的差分功率谱具有明显差别,比较容易辨识。

[0124] 在一种实施方式中,若预先建立的各个现有干扰信号的差分累积功率谱模型和干扰信号的类型均不匹配,则在获得干扰信号的特征参数之后,还包括:

[0125] 基于干扰信号的特征参数,判定干扰信号的类型;基于干扰信号的特征参数和干扰信号的类型,构建干扰信号的差分累积功率谱模型,更新模型数据库。

[0126] 可见,如果没有预先建立当前环境下的干扰信号类型对应的差分累积功率谱模型,那么就先利用当前环境下的干扰信号的特征参数辨识出所属的类型,再利用类型和特征参数,构建该干扰信号的差分累积功率谱模型,以实现预先建立的由若干个现有干扰信号的差分累积功率谱模型构建的模型数据库的更新和扩充,有利于提高今后对干扰信号进行辨识的效率。因此,本发明采用DCSP模型对干扰信号进行辨识,通过扩充模型数据库,可适用于更多种复杂的干扰环境,可扩展性强。

[0127] 在一种实施方式中,在步骤S400中干扰信号的特征参数至少包括干扰信号频率、干扰信号数量,并采用自适应陷波器对中频信号进行滤波处理,根据干扰信号的特征参数设置陷波频率,基于陷波频率对中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号,具体包括:

[0128] 步骤S410:基于干扰信号数量,设置自适应陷波器的数量;

[0129] 步骤S420:基于干扰信号频率,调整自适应陷波器的陷波初始频率;

[0130] 步骤S430:基于各个自适应陷波器的陷波初始频率对中频信号进行滤波处理,获得目标信号和滤除信号。

[0131] 具体地,参数匹配陷波器单元根据辨识出的干扰类型和干扰信号的特征参数设定对应的陷波器的处理参数和数量,并对原始中频信号数据进行处理得到滤波后的目标信号,同时将滤波处理得到的滤除信号输入到滤波评估与优化单元。其中,参数匹配陷波器单元包括自适应限波器,并采用自适应陷波器对干扰信号进行滤波处理,自适应陷波器的传递函数如公式(11)所示,即:

$$[0132] \quad H_{ANF}(z) = \frac{N(z)}{D(z)} = \frac{1 - 2\alpha z^{-1} + z^{-2}}{1 - \alpha(1+r)z^{-1} + rz^{-2}} \quad (11)$$

[0133] 其中, z 为 Z 变换算子, r 决定了陷波器带宽,一般取值范围为 $0.95 \sim 1$ 。系数 α 为陷波频率的余弦值,且陷波频率的单位为弧度。当采样频率为 f_s 时,陷波频率 $f_{stop} = f_s \arccos(\alpha) / 2\pi$,单位为Hz。因此,可通过更新陷波器的传递函数中的 α 自适应跟踪干扰信号的频率。假设将时间序列 n 时刻得到的 α 的更新值记作 $\hat{\alpha}[n]$, α 的更新过程具体如公式(12)所示,即:

$$\hat{\alpha}[n] = (1 - \gamma)(c[n]/d[n]) + \gamma\hat{\alpha}[n - 1]$$

$$[0134] \quad c[n] = \lambda c[n - 1] + (1 - \lambda)x[n] + x[n - 2] \quad (12)$$

$$d[n] = \lambda d[n - 1] + (1 - \lambda)2x[n - 1]^2$$

[0135] 其中, $x[n] = r[n]/D(z)$ 为陷波器中间参数,即陷波频率处对应的信号分量; $c[n]$ 为平滑后的陷波频率 f_{stop} 处的信号分量; $d[n]$ 表示陷波频率 f_{stop} 处的信号分量的能量,即被陷波器滤除的滤除信号的能量; n 为时间序列。 γ 为遗忘因子, λ 为平滑因子。由于不同的遗忘因子和平滑因子选择对干扰信号的跟踪滤波效果不同,也将影响最终的干扰抑制效果。

[0136] 例如,如图4所示为在连续波干扰环境下,在滤波处理过程中为参数 γ 和 λ 设置不同的取值得到的对应的目标信号的信噪比,从图4可见,参数 γ 和 λ 越接近于1,滤除连续波后得到的目标信号的信噪比越高,即陷波器的滤波效果越好。同理,也可对其他类型干扰类似进行建模分析,通过调整参数 γ 和 λ 的取值,能够获取最优滤波效果对应的参数范围。

[0137] 因此,根据识别的干扰类型和参数,对自适应滤波器设置匹配干扰类型的对应参数:根据干扰信号的频率,设置陷波器的陷波频率初值;根据干扰信号的数量,设定陷波器的个数;根据遗忘因子和平滑因子大小对滤波后的信号质量影响,选择最优滤波效果的遗忘因子和平滑因子参数。本实施例中利用信噪比评价滤波效果,作为其他优选实施方式,还可以选择其他指标进行评价。

[0138] 在一种实施方式中,在步骤S500中,当评估滤除信号无效时,重新通过步骤S300进行干扰信号特征参数的辨识,并调整陷波频率,重新对中频信号进行滤波处理,直至评估获得的滤除信号有效;当评估滤除信号有效时,输出目标信号,具体包括:

[0139] 若滤除信号的能量和标准GNSS信号能量的差值小于或等于预设的能量阈值,则实时调整陷波频率之后,重复执行对首次滤波之前的中频信号进行滤波处理,获得更新后的目标信号,然后基于更新后的目标信号评估滤波是否有效,若无效,则重复调整陷波频率并执行滤波处理,直至评估有效,然后输出更新后的目标信号;若滤除信号的能量和标准GNSS信号能量的差值大于预设的能量阈值,则输出目标信号。

[0140] 具体地,利用滤除信号的频率检验滤波处理是否有效,评估算法如下:

[0141] 首先,提取公式(12)中的陷波器的中间参数 $d[n]$,其代表了陷波频率 f_{stop} 处的信号能量,即被陷波器滤除的信号的能量。

[0142] 当 f_{stop} 处存在干扰信号时,被滤除的信号为干扰信号,陷波器成功滤除干扰信号,被滤波处理后的信号输入到相关器中处理,同时陷波器持续跟踪和滤除干扰信号;

[0143] 当 f_{stop} 处无干扰信号时,被滤除的信号为正常信号,此时陷波器的滤波效果无效,有用信号被滤除,原始中频信号输入到相关器进行处理解算,意味着此时干扰环境发生变化,干扰预警和辨识模块重新对中频信号进行干扰检测和识别,重新设定陷波器参数;

[0144] 然后,根据经验数据获取正常信号在 f_{stop} 处的标准能量 E_{ref} ,利用假设检验评估滤波效果,相应的评价准则如公式(13)所示,即:

$$[0145] \quad \begin{cases} d[n] \approx E_{ref}, & H_0: \text{无效滤波} \\ d[n] \gg E_{ref}, & H_1: \text{有效滤波} \end{cases} \quad (13)$$

[0146] 可见,陷波器有效滤除干扰时,由于干扰信号的功率远大于导航信号,因此 $d[n] > E_{ref}$ 。陷波器无效滤波时,滤除的正常信号能量水平与能量标准相当,即 $d[n] \approx E_{ref}$ 。

[0147] 当滤波评估与优化单元判定滤波有效时,开关模块保持无效开关断开,有效开关闭合状态,陷波器滤波后的数据输入到接收机相关器中进行后续处理,同时,下一时刻的中频数据直接由开关模块输入到参数匹配陷波器单元;当滤波评估与优化单元判定滤波无效时,表明干扰环境发生了改变,开关模块切换为无效开关闭合,有效开关断开状态,参数匹配陷波器单元将原始中频数据输入到接收机相关器中进行处理。同时下一时刻中频数据重新调整陷波频率之后,重复执行滤波处理的步骤,获得更新后的目标信号并输出更新后的目标信号,以重新进行干扰监测和识别,保障对接收机内干扰信号的有效抑制。通过干扰类型动态针对性调整陷波器的参数,减少了对正常信号的损耗,避免了传统滤波器只能应对单一干扰的问题,提高了陷波器的抗干扰性能;同时,通过评估与优化单元对滤波效果进行评估反馈,实现了对GNSS干扰环境的动态监测和陷波干扰调整,更具有实际意义。

[0148] 综上所述,本发明不仅能够检测到干扰信号时发出预警提示,而且能够自动辨识干扰类型,还能够在检测到滤波效果无效时,判断干扰信号的类型发生的变化,从而及时

调整滤波频率,实现对环境中的干扰信号的动态检测、辨识以及对陷波频率的调整,以保障干扰信号被有效检测和抑制,从而提高单天线GNSS接收机对各种干扰环境的抗干扰性能。可见,本发明采用简单的差分谱值结合陷波器件结合,能以较低的运算量和低硬件成本的优势实现对多种干扰环境的检测、辨识和自适应抑制,具有重要的工程意义和应用价值。

[0149] 另外,本发明对应的系统仅需要在前端对接收到的GNSS信号进行模数转换之后,在中频和基带之间即可实现各种处理功能,无需改变接收机信号处理内部结构,工程实现简单,而且不受导航卫星信号结构和参数的影响,可适用于GPS、北斗等多种卫星导航系统,通用性强。

[0150] 对应于上述GNSS信号的干扰监测与抑制方法,本发明实施例还提供一种单天线抗干扰接收机,该单天线抗干扰接收机上存储有GNSS信号的干扰监测与抑制程序,所述GNSS信号的干扰监测与抑制程序被处理器执行时,实现上述GNSS信号的干扰监测与抑制方法的步骤。

[0151] 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,上述计算机可读存储介质上存储有GNSS信号的干扰监测与抑制程序,上述GNSS信号的干扰监测与抑制程序被处理器执行时实现本发明实施例提供的任意一种上述GNSS信号的干扰监测与抑制方法的步骤。

[0152] 应理解,上述实施例中各步骤的序号大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0153] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将上述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本发明的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0154] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0155] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各实例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟是以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0156] 在本发明所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置/终端设备和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置/终端设备实施例仅仅是示意性的,例如,上述模块或单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以由另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。

[0157] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解;其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改

或者替换,并不是相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本发明的保护范围之内。

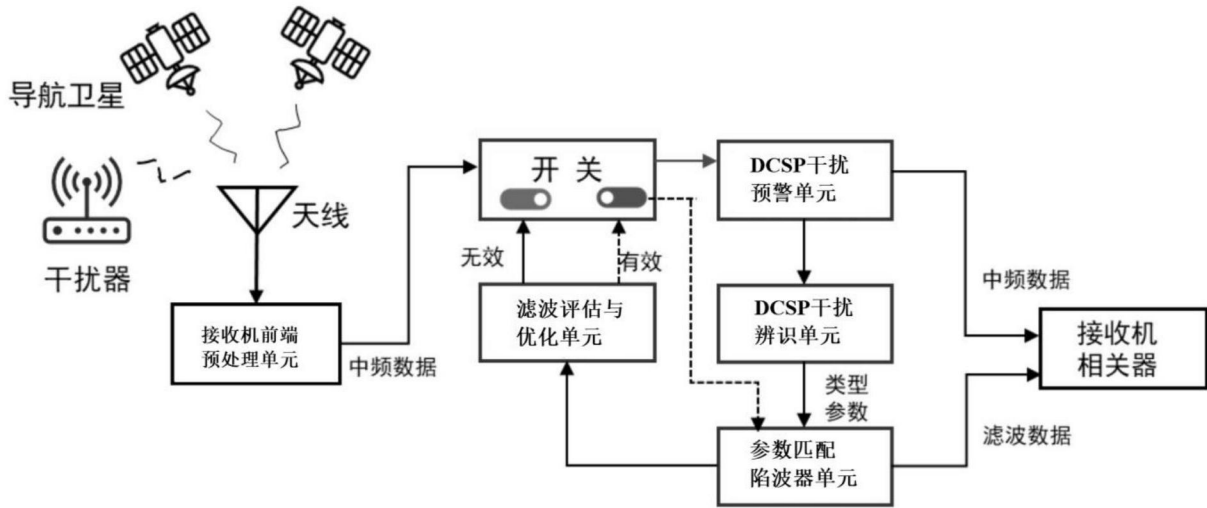


图1

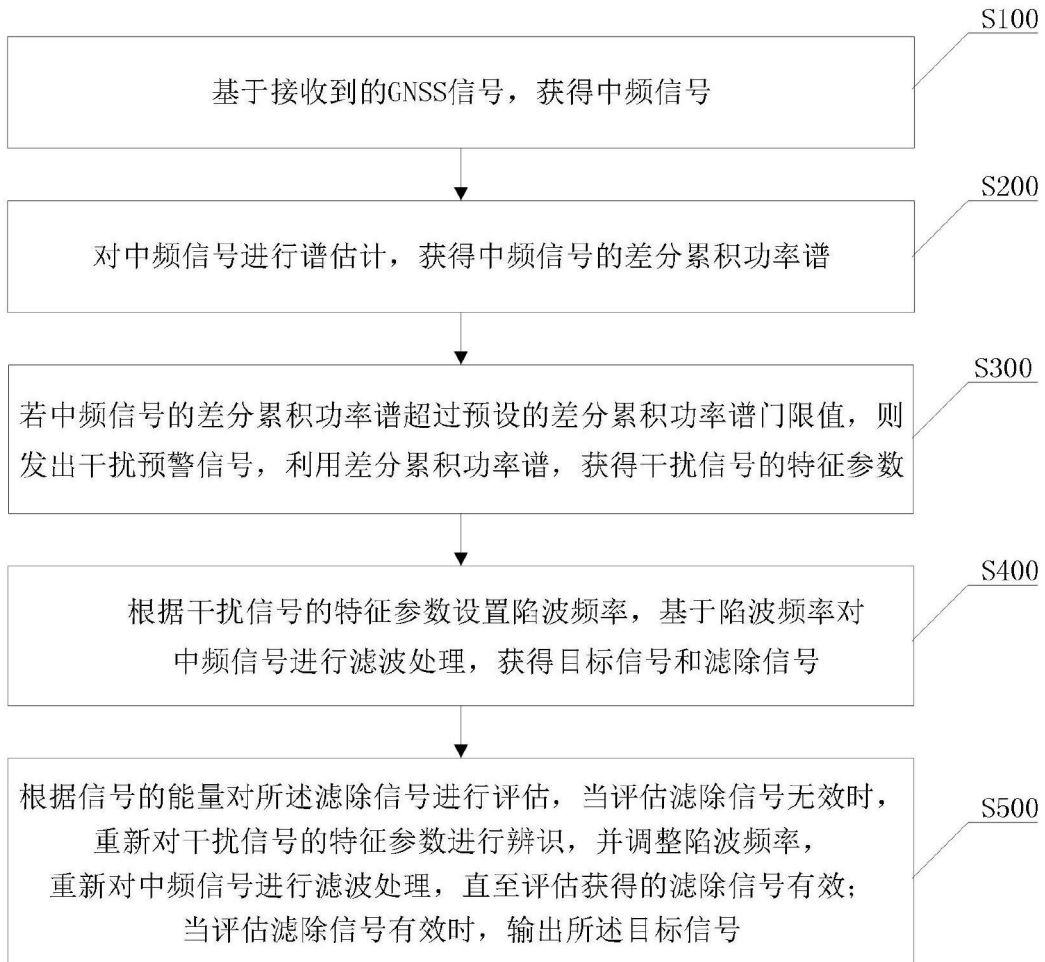


图2

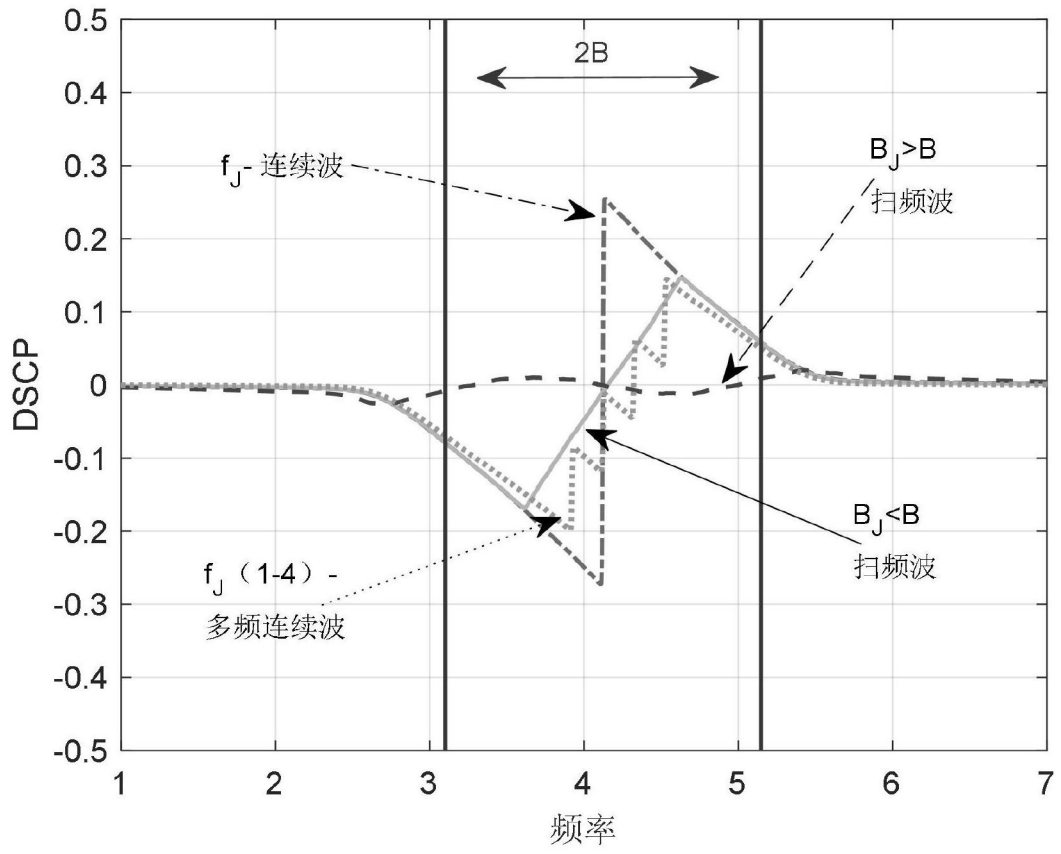


图3

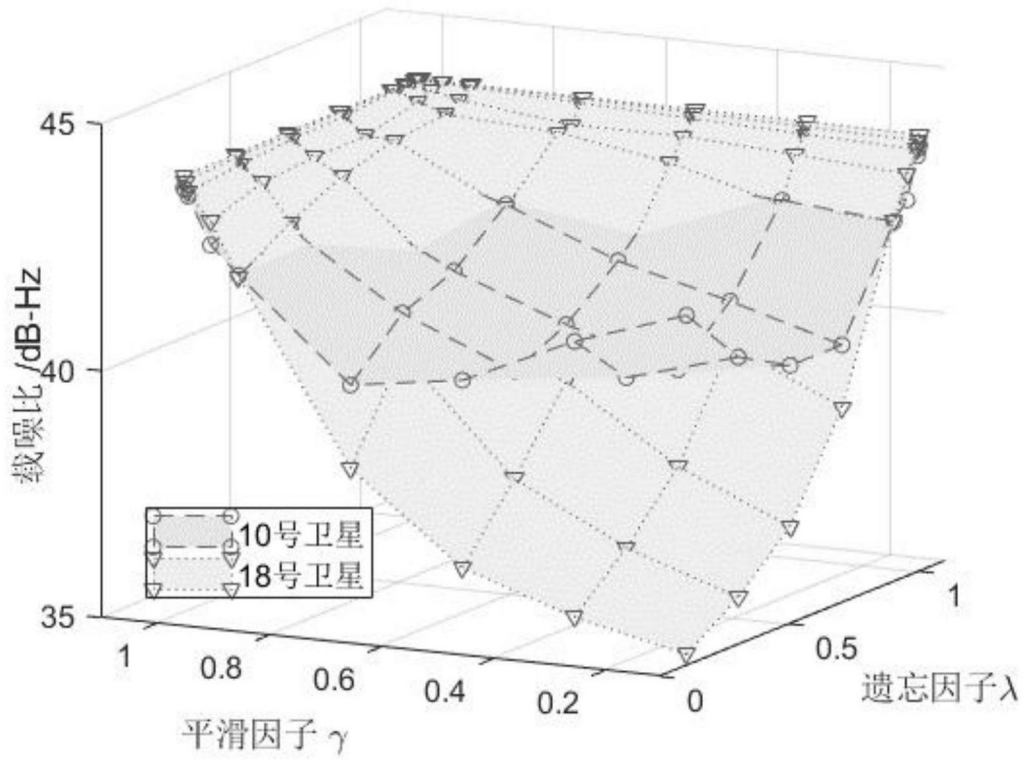


图4