



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113721270 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 30

(21) 申请号 202110854860.1

(22) 申请日 2021.07.28

(71) 申请人 江苏师范大学

地址 221116 江苏省徐州市铜山新区上海路101号

(72) 发明人 徐劲松 李延龄 王贝贝 邹文萱 冯子涵

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

(51) Int. Cl.

G01S 19/29 (2010.01)

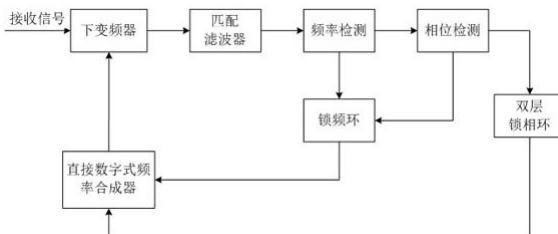
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种卫星信号载波同步方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种卫星信号载波同步方法及系统,所述方法包括如下步骤:对接收到的载波信号进行混频滤波,得到采样信号;基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量;基于所述两个分量捕获载波频偏并补偿,实现载波第一次同步;利用双层锁相环对载波信号混频滤波,第一次提取载波频率和相位信息,通过上述信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,得到第一次补偿后的载波信号;利用双层锁相环对载波信号混频滤波,第二次提取载波频率和相位信息,通过上述信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,得到第二次补偿后的载波信号,完成对载波信号的相位跟踪,实现载波第二次同步。



1. 一种卫星信号载波同步方法,其特征在于,包括如下步骤:

对接收到的载波信号进行混频滤波,得到采样信号;

基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量;

基于同相分量和正交分量捕获采样信号中载波频偏并补偿,实现载波第一次同步;

利用预设计的双层锁相环对第一次同步后的载波信号混频滤波,第一次提取混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,得到第一次补偿后的载波信号;

利用预设计的双层锁相环对第一次补偿后的载波信号混频滤波,第二次提取第一次补偿且混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,得到第二次补偿后的载波信号;

根据第一次补偿和第二次补偿后的载波信号,完成对载波信号的相位跟踪,实现载波第二次同步。

2. 根据权利要求1所述的一种卫星信号载波同步方法,其特征在于,采样信号的同相分量和正交分量通过如下方法计算得到:

$$I(k) = r(k) \cos(\varphi(k)) + n_I(k)$$

$$Q(k) = r(k) \sin(\varphi(k)) + n_Q(k)$$

其中, $I(k)$ 是同相分量, $Q(k)$ 是正交分量, $r(k)$ 是采样信号, $n_I(k)$ 是噪声的同相分量, $n_Q(k)$ 是噪声的正交分量, $\varphi(k) = \Delta f(k) * 2\pi t_{k-1} + \varphi_0$ 是本地振荡器和接收的载波信号混频后的相位, $\Delta f(k)$ 是频率估计残差, $t_{k-1}$ 是起始时刻, $\varphi_0$ 是接收的载波信号的初始相位。

3. 根据权利要求1所述的一种卫星信号载波同步方法,其特征在于,采样信号中载波频偏通过如下方法捕获:

$$f(k) = \frac{I(k-1)Q(k) - I(k)Q(k-1)}{I(k)I(k-1) + Q(k)Q(k-1)} \approx \tan(\varphi(k) - \varphi(k-1)) = \tan(\Delta\varphi)$$

其中, $f(k)$ 是载波频偏, $I(k)$ 是同相分量, $Q(k)$ 是正交分量, $\varphi(k) = \Delta f(k) * 2\pi t_{k-1} + \varphi_0$ 是本地振荡器和接收的载波信号混频后的相位, $\Delta f(k)$ 是频率估计残差, $t_{k-1}$ 是起始时刻, $\varphi_0$ 是接收的载波信号的初始相位, $\Delta\varphi$ 是载波信号混频后相位和初始相位的相位差;

采样信号中载波频偏通过DDS进行补偿。

4. 根据权利要求1所述的一种卫星信号载波同步方法,其特征在于,双层锁相环对载波信号的两次混频滤波均通过下变频器和匹配滤波器进行。

5. 根据权利要求1所述的一种卫星信号载波同步方法,其特征在于,滤波后载波信号的载波频率和相位信息通过如下方法第一次提取和第二次提取:

利用已知的码序列进行逆调制获得载波信号先验信息,通过对先验信息进行积分累加、清零获得载波信号的载波频率和相位信息。

6. 根据权利要求1所述的一种卫星信号载波同步方法,其特征在于,对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿和第二次补偿通过如下方法实现:

利用载波信号的载波频率和相位信息通过DDS、滤波实现对载波频差和相位偏差的第一次补偿和第二次补偿。

7. 一种卫星信号载波同步系统,其特征在于,包括下变频器 and 匹配滤波器、锁频环、双层锁相环;

下变频器和匹配滤波器:用于对接收到的载波信号进行混频滤波,得到采样信号;

锁频环:用于基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量,基于同相分量和正交分量捕获采样信号中载波频偏并补偿,实现载波第一次同步;

双层锁相环:用于对第一次同步后的载波信号混频滤波,第一次提取混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,得到第一次补偿后的载波信号;

对第一次补偿后的载波信号混频滤波,第二次提取第一次补偿且混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,得到第二次补偿后的载波信号;

根据第一次补偿和第二次补偿后的载波信号,完成对载波信号的相位跟踪,实现载波第二次同步。

## 一种卫星信号载波同步方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种卫星信号载波同步方法及系统,涉及卫星导航、卫星通信以及无线通信应用等领域。

### 背景技术

[0002] 近年来,高动态在卫星通信、航天测控及导航系统中都普遍存在。在卫星通信系统中,随着卫星通信技术迅速发展,空间飞行器(通信卫星、导航卫星、深空探测器等)组成的星座之间、星地之间的移动通信越来越受到人们的关注;由于卫星星座相对于地面高速运动以及星座之间的高速运动,使收发双方处在高动态的通信条件下,在时域表现为严重的时间选择性衰落,在频域表现为信号存在大的多普勒频偏及高阶多普勒频偏变化率。

[0003] 在卫星导航领域,中低动态接收机在民用领域的应用已经相当广泛,如车辆船舶导航;但高动态接收机国内研究还比较少,而高动态导航系统对于提高军事能力起着举足轻重的作用;因此,研究低信噪比、高动态环境中的信号接收技术已经日趋紧迫。

[0004] 在高动态应用环境中,通信双方之间的高速相对运动往往会在接收机接收信号的载频上引入较大的多普勒频偏及其高阶变化率;为了适应高动态环境,中低动态接收机的载波跟踪环路的环路带宽必须被加宽来捕获和跟踪上接收信号的多普勒频偏及其变化率,然而环路带宽的加大又势必导致载波跟踪精度的降低,尤其当跟踪环路处于低信噪比通信环境中时,噪声的引入甚至会导致载波跟踪环失锁。

[0005] 高动态环境下的载波同步主要存在两大技术难点;其一为绝对频偏较大,在高动态环境中,由于通信载体往往具有极高的运动速度,导致在通信接收端有很大的多普勒频偏,给接收机的设计带来了严重挑战。大频偏的出现迫使接收机不得不放宽前端带宽,以便使有用信号能完全进入后级信号处理模块;然而带宽放大的同时不可避免地会引入大量的带外噪声,使得接收机的输入信噪比显著下降,给后续同步、解调模块带来巨大挑战;同时,在捕获模块中,较大的频偏范围也意味着较大的频率搜索区间,而搜索区间过大可能导致接收机硬件资源紧缺等实际工程问题。

[0006] 高动态环境下的另一技术难点是存在较大的频率变化率;在实际空间中,通信载体的相对运动速度往往是剧烈变化的,这就使得其对应的多普勒频偏也会产生剧烈的波动,即存在较大的频率变化率;相比于频偏而言,较高的频率变化率对通信系统的影响更为强烈;它不仅需要接收机同步模块在捕获时给出相对准确的估计值,更要求载波跟踪系统具有极高的动态跟踪能力,能够在载波频率、相位快速变化的条件下实时给出精确估计值,这就给载波同步中的捕获和跟踪模块都带来了严峻的考验。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种卫星信号载波同步方法及系统,在高动态、大频偏的环境下,实现对卫星信号的载波精确捕获和跟踪,完成对载波信号的第二次同步。

[0008] 本发明是通过下述技术方案实现的:

[0009] 第一方面,提供了一种卫星信号载波同步方法,包括如下步骤:

[0010] 对接收到的载波信号进行混频滤波,得到采样信号;

[0011] 基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量;

[0012] 基于同相分量和正交分量捕获采样信号中载波频偏并补偿,实现载波第一次同步;

[0013] 利用预设计的双层锁相环对第一次同步后的载波信号混频滤波,第一次提取混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,得到第一次补偿后的载波信号;

[0014] 利用预设计的双层锁相环对第一次补偿后的载波信号混频滤波,第二次提取第一次补偿且混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,得到第二次补偿后的载波信号;

[0015] 根据第一次补偿和第二次补偿后的载波信号,完成对载波信号的相位跟踪,实现载波第二次同步。

[0016] 结合第一方面,进一步的,采样信号的同相分量和正交分量通过如下方法计算得到:

$$[0017] \quad I(k) = r(k) \cos(\varphi(k)) + n_I(k)$$

$$[0018] \quad Q(k) = r(k) \sin(\varphi(k)) + n_Q(k)$$

[0019] 其中,I(k)是同相分量,Q(k)是正交分量,r(k)是采样信号, $n_I(k)$ 是噪声的同相分量, $n_Q(k)$ 是噪声的正交分量, $\varphi(k) = \Delta f(k) * 2\pi t_{k-1} + \varphi_0$ 是本地振荡器和接收的载波信号混频后的相位, $\Delta f(k)$ 是频率估计残差, $t_{k-1}$ 是起始时刻, $\varphi_0$ 是接收的载波信号的初始相位。

[0020] 结合第一方面,进一步的,采样信号中载波频偏通过如下方法捕获:

$$[0021] \quad f(k) = \frac{I(k-1)Q(k) - I(k)Q(k-1)}{I(k)I(k-1) + Q(k)Q(k-1)} \approx \tan(\varphi(k) - \varphi(k-1)) = \tan(\Delta\varphi)$$

[0022] 其中,f(k)是载波频偏,I(k)是同相分量,Q(k)是正交分量, $\varphi(k) = \Delta f(k) * 2\pi t_{k-1} + \varphi_0$ 是本地振荡器和接收的载波信号混频后的相位, $\Delta f(k)$ 是频率估计残差, $t_{k-1}$ 是起始时刻, $\varphi_0$ 是接收的载波信号的初始相位, $\Delta\varphi$ 是载波信号混频后相位和初始相位的相位差;

[0023] 采样信号中载波频偏通过DDS进行补偿。

[0024] 结合第一方面,进一步的,双层锁相环对载波信号的两次混频滤波均通过下变频器和匹配滤波器进行。

[0025] 结合第一方面,进一步的,滤波后载波信号的载波频率和相位信息通过如下方法第一次提取和第二次提取:

[0026] 利用已知的码序列进行逆调制获得载波信号先验信息,通过对先验信息进行积分累加、清零获得载波信号的载波频率和相位信息。

[0027] 结合第一方面,进一步的,对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿和第二次补偿通过如下方法实现:

[0028] 利用载波信号的载波频率和相位信息通过DDS、滤波实现对载波频差和相位偏差的第一次补偿和第二次补偿。

[0029] 第二方面,本发明还提供了一种卫星信号载波同步系统,包括下变频器和匹配滤

波器、锁频环、双层锁相环；

[0030] 下变频器和匹配滤波器：用于对接收到的载波信号进行混频滤波，得到采样信号；

[0031] 锁频环：用于基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量，基于同相分量和正交分量捕获采样信号中载波频偏并补偿，实现载波第一次同步；

[0032] 双层锁相环：用于对第一次同步后的载波信号混频滤波，第一次提取混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息，通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿，得到第一次补偿后的载波信号；

[0033] 对第一次补偿后的载波信号混频滤波，第二次提取第一次补偿且混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息，通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿，得到第二次补偿后的载波信号；

[0034] 根据第一次补偿和第二次补偿后的载波信号，完成对载波信号的相位跟踪，实现载波第二次同步。

[0035] 与现有技术相比，本发明所达到的有益效果是：

[0036] 本发明提供了一种卫星信号载波同步方法及系统，对接收到的载波信号进行混频滤波，得到采样信号，预设计的锁频环捕获采样信号中载波频偏并补偿，实现载波第一次同步；经过预设计的双层锁相环对载波信号初步滤波，第一次提取载波信号的载波频率和相位信息，据此对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿，得到第一次补偿后的载波信号，对载波信号再次滤波，精确载波信号的载波频率和相位信息，据此对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿，得到第二次补偿后的载波信号，完成对载波信号的相位跟踪，实现载波第二次同步；

[0037] 本发明提供了一种卫星信号载波同步方法及系统，提出一种锁频环与双层锁相环相结合的载波同步算法，利用改进的锁频环捕获较大的载波频偏并补偿实现载波第一次同步，在此基础上，利用双层锁相环进行相位跟踪，在高动态、大频偏的环境下，增加载波跟踪捕获范围，提升了跟踪环路的收敛速度，实现对卫星信号的载波精确捕获和跟踪，快速实现载波第二次同步。

## 附图说明

[0038] 为了更清楚地说明本方实施例的技术方案，下面将对本发明实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面所描述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的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0039] 图1是本发明实施例提供的一种卫星信号载波同步系统的结构图；

[0040] 图2是本发明实施例提供的一种卫星信号载波同步方法中载波第一次同步处理流程图；

[0041] 图3是本发明实施例提供的一种卫星信号载波同步方法中载波第二次同步处理流程图；

[0042] 图4是本发明实施例提供的一种卫星信号载波同步方法中锁频环的开环测试数据图；

[0043] 图5是本发明实施例提供的一种卫星信号载波同步方法中锁相环在捕获状态的性

能图。

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0045] 实施例一

[0046] 结合图1、图2、图3,本发明提供一种卫星信号载波同步方法,包括如下步骤:

[0047] 对接收到的载波信号进行混频滤波,得到采样信号:

[0048] 本发明提供一种卫星信号载波同步方法,采用下变频器和匹配滤波器对接收到的载波信号进行混频滤波;载波信号通过下变频器后,混频后的信号比原始信号低,降低了载波信号中的载波频率,载波信号再通过匹配滤波器后,拥有最大的信噪比,降低了载波信号中的噪声,得到采样信号。

[0049] 基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量:

[0050] 本发明提供一种卫星信号载波同步方法,得到采样信号后,对采样信号进行计算,得到采样信号的同相分量和正交分量。

[0051] 采样信号的同相分量和正交分量通过如下方法计算得到:

$$[0052] \quad I(k) = r(k) \cos(\varphi(k)) + n_I(k)$$

$$[0053] \quad Q(k) = r(k) \sin(\varphi(k)) + n_Q(k)$$

[0054] 其中,I(k)是同相分量,Q(k)是正交分量,r(k)是采样信号, $n_I(k)$ 是噪声的同相分量, $n_Q(k)$ 是噪声的正交分量, $\varphi(k) = \Delta f(k) * 2\pi t_{k-1} + \varphi_0$ 是本地振荡器和接收的载波信号混频后的相位, $\Delta f(k)$ 是频率估计残差, $t_{k-1}$ 是起始时刻, $\varphi_0$ 是接收的载波信号的初始相位。

[0055] 基于同相分量和正交分量捕获采样信号中载波频偏并补偿,实现载波第一次同步:

[0056] 本发明提供一种卫星信号载波同步方法,计算得到采样信号的同相分量和正交分量后,基于采样信号的同相分量和正交分量,通过鉴频器捕获采样信号中的载波频偏。

[0057] 载波频偏通过如下方法捕获:

$$[0058] \quad f(k) = \frac{I(k-1)Q(k) - I(k)Q(k-1)}{I(k)I(k-1) + Q(k)Q(k-1)} \approx \tan(\varphi(k) - \varphi(k-1)) = \tan(\Delta\varphi)$$

[0059] 其中,f(k)是载波频偏,I(k)是同相分量,Q(k)是正交分量, $\varphi(k) = \Delta f(k) * 2\pi t_{k-1} + \varphi_0$ 是本地振荡器和接收的载波信号混频后的相位, $\Delta f(k)$ 是频率估计残差, $t_{k-1}$ 是起始时刻, $\varphi_0$ 是接收的载波信号的初始相位, $\Delta\varphi$ 是载波信号混频后相位和初始相位的相位差;且式中各符号与数据符号变化无关,只随频偏变化,图2中x(k)是上式中的分母,y(k)是上式中的分子。

[0060] 计算得到采样信号中的载波频偏后,通过DDS对采样信号中载波频偏进行补偿;本发明提供一种卫星信号载波同步方法,利用改进的锁频环捕获较大的载波频偏并补偿实现载波第一次同步。

[0061] 利用预设计的双层锁相环对第一次同步后的载波信号滤波,第一次提取滤波后载

波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,得到第一次补偿后的载波信号:

[0062] 本发明提供的一种卫星信号载波同步方法,采用了双层锁相环的结构,锁相环1(PLL1)用来对载波信号进行锁相,从而获取载波信号的频率信息,利用PLL1已获取的频率信息对载波信号进行反旋转,这样新获取的载波信号将只存在一个很小的频差,实现对载波信号的第一次补偿。

[0063] PLL1对载波信号的第一次补偿具体处理流程如下:

[0064] 对载波信号进行混频滤波,减少载波信号中的噪声,获得信噪比最大的载波信号;

[0065] 在PLL1中,利用已知的码序列(UW)进行逆调制获取载波信号的先验信息;

[0066] 通过低通滤波器对载波信号的先验信息积分累加、清零以获取载波信号的载波频率和相位信息;

[0067] 利用PLL1中获取的载波频率和相位信息通过DDS、环路滤波器实现对载波信号的载波频偏和相位偏差的第一次补偿。

[0068] 利用预设计的双层锁相环对第一次补偿后的载波信号混频滤波,第二次提取第一次补偿且混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,得到第二次补偿后的载波信号:

[0069] 本发明提供的一种卫星信号载波同步方法,采用了双层锁相环的结构,经PLL1对载波信号第一次补偿后,再利用锁相环2(PLL2)对载波信号进行低延时滤波,对载波信号进行第二次补偿,直至环路锁定。

[0070] PLL2对载波信号的第二次补偿具体处理流程如下:

[0071] 对第一次补偿后的载波信号进行混频滤波,减少载波信号中的噪声,获得信噪比最大的载波信号;

[0072] 在PLL2中,利用已知的码序列(UW)进行逆调制获取第一次补偿且混频滤波后载波信号的先验信息;

[0073] 通过低通滤波器对载波信号的先验信息积分累加、清零以获取载波信号的载波频率和相位信息;

[0074] 利用PLL2中获取的载波频率和相位信息通过DDS、环路滤波器实现对载波信号的载波频偏和相位偏差的第二次补偿。

[0075] 根据第一次补偿和第二次补偿后的载波信号,完成对载波信号的相位跟踪,实现载波第二次同步:

[0076] 经PLL1对载波信号第一次补偿和PLL2对载波信号第二次补偿后,根据第一次补偿和第二次补偿后的载波信号,完成对载波信号的相位跟踪,实现载波第二次同步。

[0077] 本发明提供的一种卫星信号载波同步方法,提出一种锁频环与双层锁相环相结合的载波同步算法,利用改进的锁频环捕获较大的载波频偏并补偿实现载波第一次同步,在此基础上,利用双层锁相环进行相位跟踪,在高动态、大频偏的环境下,增加载波跟踪捕获范围,提升了跟踪环路的收敛速度,实现对卫星信号的载波精确捕获和跟踪,快速实现载波第二次同步。

[0078] 实施例二

[0079] 为验证本发明中所设计的载波同步方法的可行性,分析在不影响自身通信性能的



前提下授时信号链路可行性,以某一卫星通信系统中的高速飞行器通信接收为例,结合图4、图5对本发明提供的一种卫星信号载波同步方法进行阐述说明。

[0080] 接收到的载波信号的多普勒频率 $f_d(t)$ 可以表示为:

$$[0081] \quad f_d(t) = f_d(t_0) + f'_d(t_0)(t - t_0) + \frac{f''_d(t_0) \times (t - t_0)^2}{2}$$

[0082] 上式中,等式右边第一项 $f_d(t_0)$ 表示接收到载波信号的常数多普勒频率,它对应着卫星和接收机之间的相对径向运动速度,等式右边其余两项的系数 $f'_d(t_0)$ 和 $f''_d(t_0)$ 分别表示接收到载波信号的多普勒频率的一阶和二阶变化率,分别对应着卫星和接收机之间相对径向运动的加速度和加加速度。

[0083] 假定多普勒频偏为4.4kHz (GPS的多普勒频偏约929Hz),多普勒频率变化率为40Hz/s。

[0084] 首先设置锁频环环路参数,设置初始频差: $f_d(t_0) = 4.4\text{KHz}$ , $f'_d(t_0) = 40\text{Hz/s}$ , $f''_d(t_0) = 0$ , $E_b/n_0 = -3\text{dB}$ 。

[0085] 进行锁频环(FLL)的开环测试,在50000个测量样本(50000/16=3125个符号=0.35ms)之后即可以检测锁定检测指示信号。如图4所示。

[0086] 进行锁相环(PLL)的设计与验证,PLL中环路滤波器拟采用二阶环路,环路滤波器的传递函数 $F(s)$ 可表示为:

$$[0087] \quad F(s) = \frac{(b\xi\omega_n + 2\xi\omega_n)s^2 + (\omega_n^2 + 2b\xi^2\omega_n^2) + b\xi\omega_n^3}{Ks^2}$$

[0088] 为了方便表示,令 $F(s) = G_1 + \frac{G_2}{s} + \frac{G_3}{s^2}$ ,可以得到环路滤波器三条支路的参数值为:

$$[0089] \quad G_1 = \frac{(2 + b)\xi\omega_n}{K}$$

$$[0090] \quad G_2 = \frac{(1 + 2b\xi^2)\omega_n^2}{K}, \quad b > 0$$

$$[0091] \quad G_3 = \frac{b\xi\omega_n^3}{K}, \quad b > 0$$

[0092] 上式中,b为实数极点的实值系数,这里b取1;K为PLL的增益, $K=1$ ;ξ为阻尼系数,

取0.707; $\omega_n$ 为无阻尼振荡频率, $\omega_n = \frac{8B_L(3\xi^3 + \xi)}{22\xi^4 + 10\xi^2 + 1}$ , $B_L$ 为环路带宽。

[0093] 根据上述设计参数,进行仿真实验验证,图5为捕获状态下环路跟踪性能(具有较大相位偏差)。

[0094] 实施例三

[0095] 本发明提供的一种卫星信号载波同步系统,采用实施例一所述的一种卫星信号载波同步方法。

[0096] 本发明提供的一种卫星信号载波同步系统,包括下变频器和匹配滤波器,用于对

接收到的载波信号进行混频滤波,得到采样信号;载波信号通过下变频器后,混频后的信号比原始信号低,降低了载波信号中的载波频率,载波信号再通过匹配滤波器后,拥有最大的信噪比,降低了载波信号中的噪声,得到采样信号。

[0097] 本发明提供一种卫星信号载波同步系统,还包括锁频环,用于基于采样信号计算得到其同相分量和正交分量,基于同相分量和正交分量捕获采样信号中载波频偏并补偿,实现载波第一次同步;用于对混频滤波后的采样信号进行第一次同步,第一次同步是利用改进的锁频环捕获较大的载波频偏并补偿实现的。

[0098] 本发明提供一种卫星信号载波同步系统,还包括双层锁相环,用于对第一次同步后的载波信号滤波,第一次提取滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,得到第一次补偿后的载波信号;对第一次补偿后的载波信号混频滤波,第二次提取第一次补偿且混频滤波后载波信号的载波频率和相位信息,通过载波频率和相位信息对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,得到第二次补偿后的载波信号。

[0099] 双层锁相环用于对第一次同步后的采样信号进行第二次同步,双层锁相环包括锁相环1 (PLL1) 和锁相环2 (PLL2),锁相环1 (PLL1) 用于第一次提取载波信号的载波频率和相位信息,对载波频偏和相位偏差进行第一次补偿,锁相环2 (PLL2) 用于第二次提取载波信号的载波频率和相位信息,对载波频偏和相位偏差进行第二次补偿,利用双层锁相环进行相位跟踪,在高动态、大频偏的环境下,增加载波跟踪捕获范围,提升了跟踪环路的收敛速度,实现对卫星信号的载波精确捕获和跟踪,快速实现载波第二次同步。

[0100] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

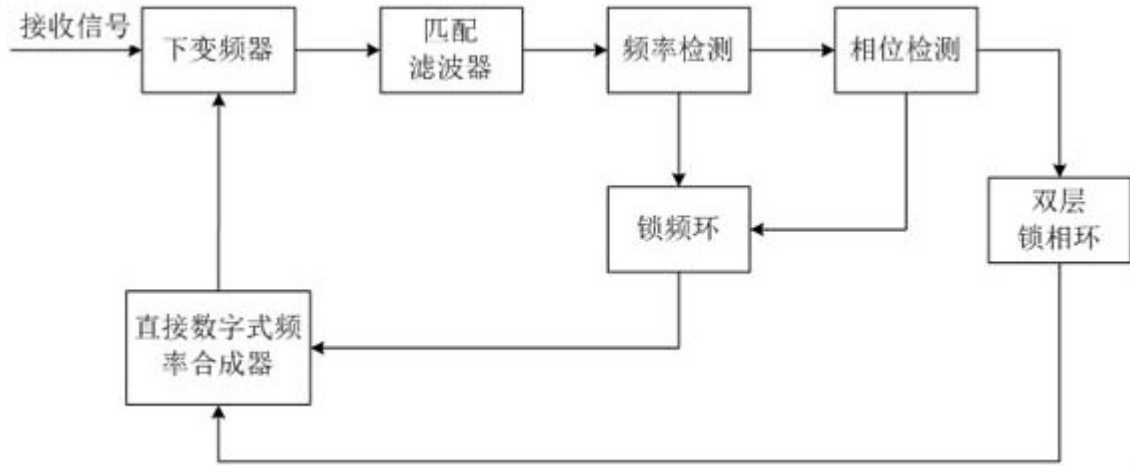


图1

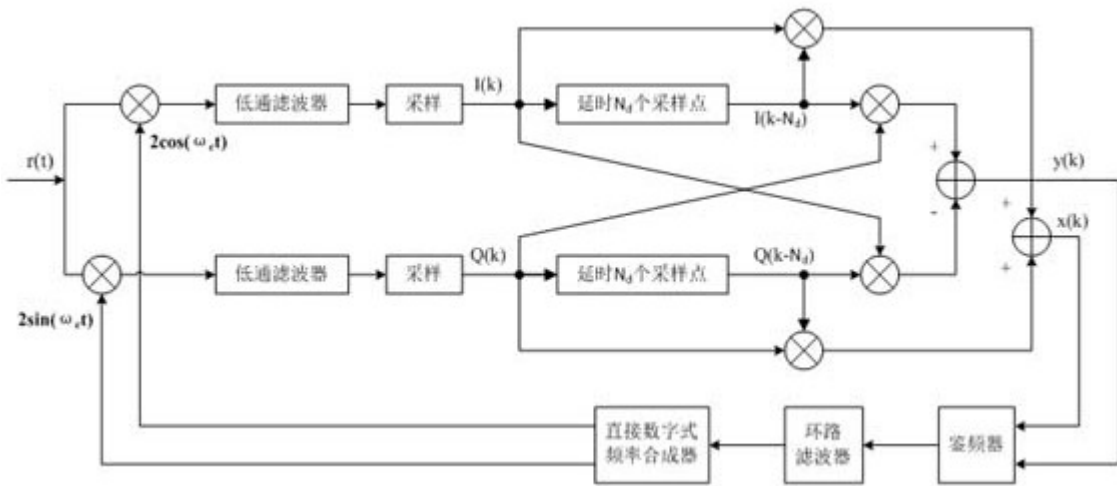


图2

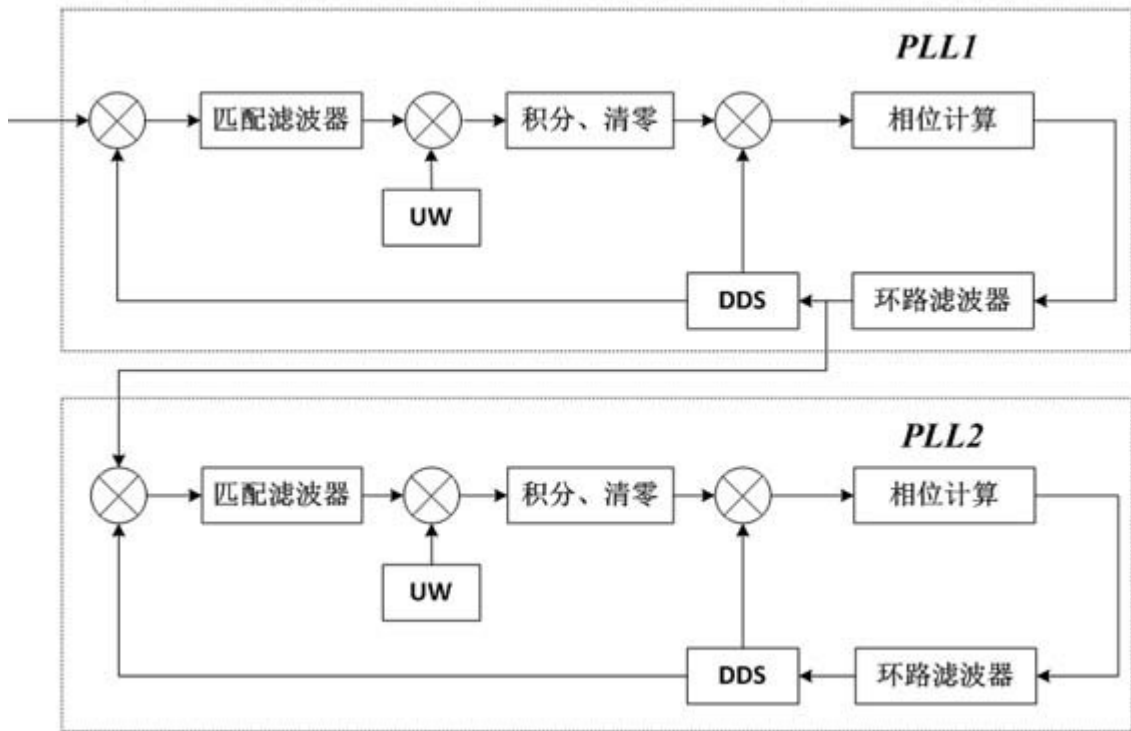


图3

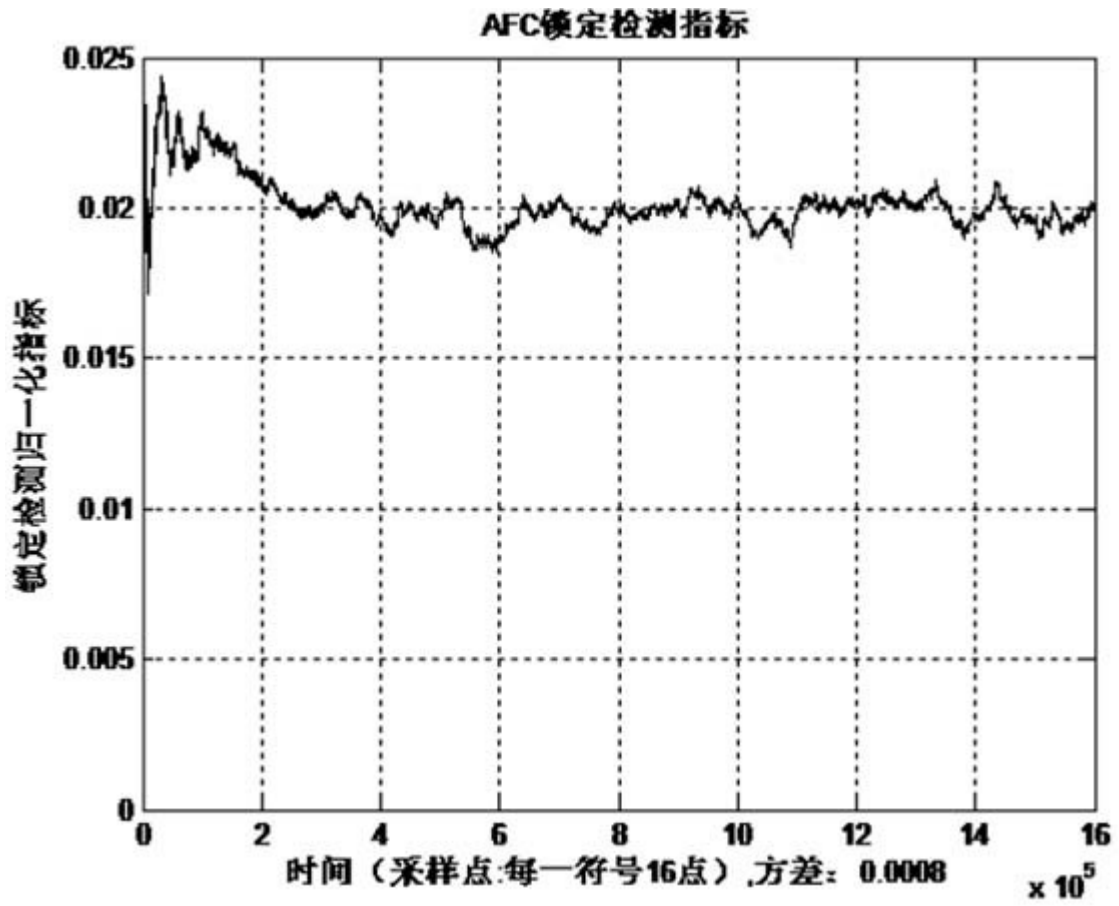


图4

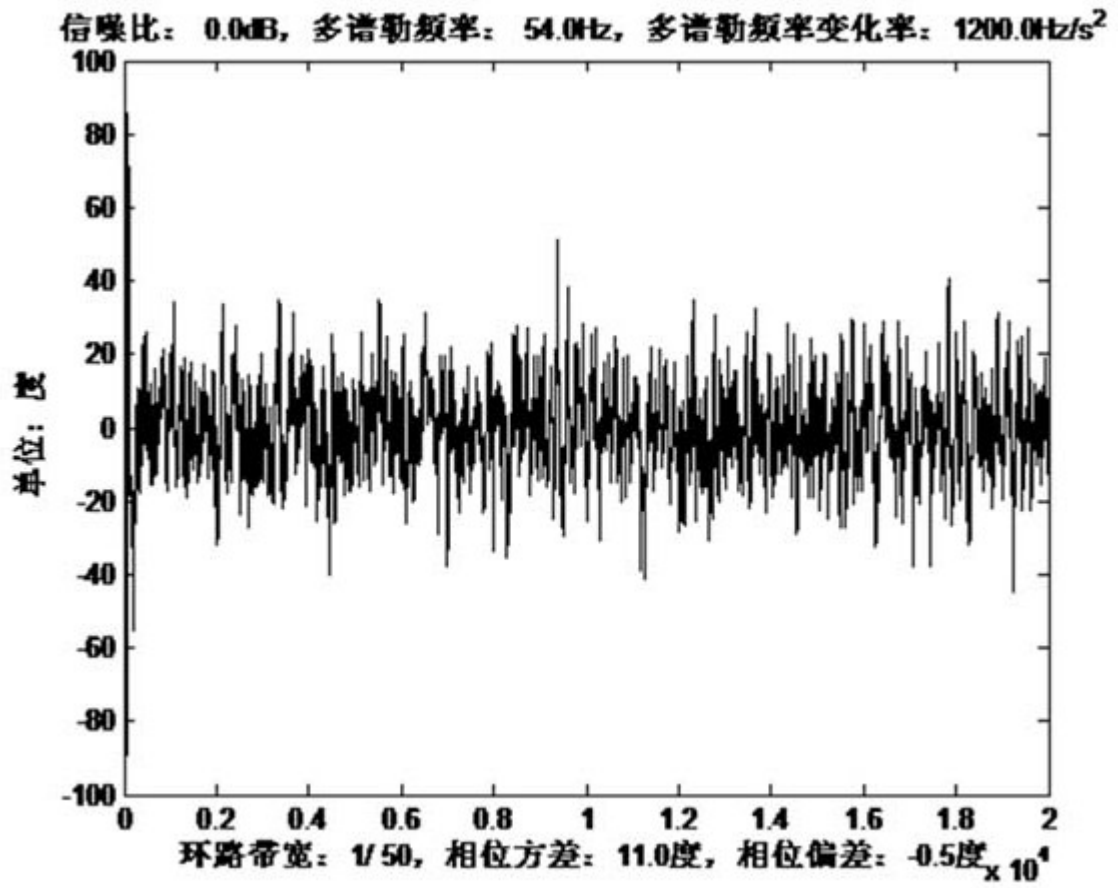


图5