



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113115436 A

(43) 申请公布日 2021.07.13

(21) 申请号 202110258993.2

(22) 申请日 2021.03.10

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园

(72) 发明人 王力军 赵琴 陈一婷

(74) 专利代理机构 北京华进京联知识产权代理

有限公司 11606

代理人 赵文静

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009.01)

H04W 56/00 (2009.01)

G01S 5/06 (2006.01)

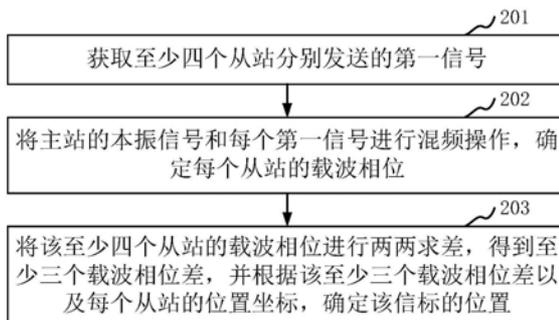
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

信标的定位方法、装置、主站、定位系统和存储介质

(57) 摘要

本申请涉及一种信标的定位方法、装置、主站、定位系统和存储介质。主站通过获取至少四个从站分别发送的第一信号，并将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作，确定每个从站的载波相位；接着，主站将该至少四个从站的载波相位进行两两求差，得到至少三个载波相位差，并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标，确定该信标的位置；其中，该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号，该主站和每个从站保持时频同步；本实施例避免了现有LoRa定位技术，在定位过程中，需要融合前向纠错编码、扩频以及自适应数据传输等多种技术，简化了现有LoRa定位技术的复杂的定位过程和定位算法，提高了信标的定位精度。



1. 一种信标的定位方法,其特征在于,应用于主站,所述方法包括:

获取至少四个从站分别发送的第一信号;所述第一信号为每个从站根据信标发送给所述从站的初始信号所生成的混频信号;所述主站和每个所述从站保持时频同步;

将所述主站的本振信号和每个所述第一信号进行混频操作,确定每个所述从站的载波相位;

将所述至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据所述至少三个载波相位差以及每个所述从站的位置坐标,确定所述信标的位置。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述信标发送的初始信号的相位为 φ_1 ,所述从站的本振信号的相位为 φ_1' ,所述主站的本振信号的相位为 φ_1'' ,所述第一信号的相位 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,所述M为已知数;

所述将所述主站的本振信号和每个所述第一信号进行混频操作,确定每个所述从站的载波相位,包括:

将所述主站的本振信号和每个所述第一信号进行混频操作,生成每个所述第一信号对应的第二信号;所述第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,所述N为已知数;

根据所述主站和每个所述从站的时频同步特性以及所述第二信号的相位,确定每个所述从站的载波相位。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述至少三个载波相位差以及每个所述从站的位置坐标,确定所述信标的位置,包括:

根据每个载波相位差和所述初始信号的频率,计算所述初始信号分别到达所述载波相位差对应的两个从站之间的距离差;

根据所述距离差和所述载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定所述信标的位置。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述至少四个从站包括M1从站、M2从站、M3从站和M4从站;所述M1从站的位置坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,所述M2从站的位置坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ,所述M3从站的位置坐标为 (X_3, Y_3, Z_3) ,所述M4从站的位置坐标为 (X_4, Y_4, Z_4) ;所述距离差包括 ΔD_{12} 、 ΔD_{13} 、 ΔD_{14} ;

所述根据所述距离差和所述载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定所述信标的位置,包括:

将 ΔD_{12} 带入公式1,将 ΔD_{13} 带入公式2,将 ΔD_{14} 带入公式3,确定所述信标的位置 (x_i, y_i, z_i) ;

其中,所述公式1为

$$\sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_2 - x_i)^2 + (Y_2 - y_i)^2 + (Z_2 - z_i)^2} = \Delta D_{12};$$

所述公式2为

$$\sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_3 - x_i)^2 + (Y_3 - y_i)^2 + (Z_3 - z_i)^2} = \Delta D_{13};$$

所述公式3

$$\sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_4 - x_i)^2 + (Y_4 - y_i)^2 + (Z_4 - z_i)^2} = \Delta D_{14}。$$

5. 根据权利要求1至4任意一项所述的方法,其特征在于,所述从站与所述主站之间建立时频同步链路。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述主站在获取所述至少四个从站分别发送的第一信号之后,所述方法还包括:

对每个第一信号进行滤波放大处理;

相应的,所述将所述主站的本振信号和每个所述第一信号进行混频操作,确定每个所述从站的载波相位,包括:

将所述主站的本振信号和每个滤波放大后的第一信号进行混频操作,确定每个所述从站的载波相位。

7. 一种信标的定位装置,其特征在于,所述装置包括:

获取模块,用于获取至少四个从站分别发送的第一信号;所述第一信号为每个从站根据信标发送给所述从站的初始信号所生成的混频信号;所述主站和每个所述从站保持时频同步;

第一确定模块,用于将所述主站的本振信号和每个所述第一信号进行混频操作,确定每个所述从站的载波相位;

第二确定模块,用于将所述至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据所述至少三个载波相位差以及每个所述从站的位置坐标,确定所述信标的位置。

8. 一种主站,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至6中任一项所述的方法的步骤。

9. 一种定位系统,其特征在于,包括:信标、至少四个从站以及上述权利要求8中所述的主站。

10. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至6中任一项所述的方法的步骤。

信标的定位方法、装置、主站、定位系统和存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及无线电定位技术领域,特别是涉及一种信标的定位方法、装置、主站、定位系统和存储介质。

背景技术

[0002] 随着定位技术的发展,出现了多种不同的定位方案,例如:光学定位、无线电定位、声学定位和其他的(如地磁场)定位等;这些定位方案在定位精度、覆盖范围和布设成本方面各有优劣。

[0003] 传统技术中,常见的无线电定位技术包括基于蜂窝数据、WIFI、超宽带、射频信号、以及蓝牙等定位技术。近年来,出现了一种新的无线电定位技术,即远距离无线电(Long Range Radio,简称LoRa)定位技术,该LoRa定位技术采取了“倒置GPS”结构,同时融合了前向纠错编码、扩频、自适应数据传输等多种技术,在433MHz频带上实现了-148dBm的接收灵敏度,覆盖范围达到15Km,定位精度约为0.1m,且该LoRa定位的布设成本低。

[0004] 然而,传统技术中的LoRa定位技术,由于其在定位过程中,融合了多种技术,导致该LoRa定位技术的定位过程和定位算法较复杂,且该LoRa定位技术的定位精度也较低。

发明内容

[0005] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种能够简化定位过程和定位算法,并提高定位精度的信标的定位方法、装置、主站、定位系统和存储介质。

[0006] 第一方面,提供了一种信标的定位方法,应用于主站,该方法包括:

[0007] 获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步,且每个从站与主站之间具有对应的主从相位差;

[0008] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;

[0009] 将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0010] 在其中一个实施例中,信标发送的初始信号的相位为 φ_1 ,从站的本振信号的相位为 φ_1' ,主站的本振信号的相位为 φ_1'' ,该第一信号的相位 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,M为已知数;

[0011] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位,包括:

[0012] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,生成每个第一信号对应的第二信号;该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,N为已知数;

[0013] 根据主站和每个从站的时频同步特性以及该第二信号的相位,确定每个从站的载波相位。

[0014] 在其中一个实施例中,根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确

定该信标的位置,包括:

[0015] 根据每个载波相位差和初始信号的频率,计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差;

[0016] 根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0017] 在其中一个实施例中,上述至少四个从站包括M1从站、M2从站、M3从站和M4从站;M1从站的位置坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,M2从站的位置坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ,M3从站的位置坐标为 (X_3, Y_3, Z_3) ,M4从站的位置坐标为 (X_4, Y_4, Z_4) ;距离差包括 ΔD_{12} 、 ΔD_{13} 、 ΔD_{14} ;

[0018] 根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定该信标的位置,包括:

[0019] 将 ΔD_{12} 带入公式1,将 ΔD_{13} 带入公式2,将 ΔD_{14} 带入公式3,确定该信标的位置 (x_i, y_i, z_i) ;

[0020] 其中,该公式1为

$$[0021] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_2 - x_i)^2 + (Y_2 - y_i)^2 + (Z_2 - z_i)^2} = \Delta D_{12};$$

[0022] 该公式2为

$$[0023] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_3 - x_i)^2 + (Y_3 - y_i)^2 + (Z_3 - z_i)^2} = \Delta D_{13};$$

[0024] 该公式3为

$$[0025] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_4 - x_i)^2 + (Y_4 - y_i)^2 + (Z_4 - z_i)^2} = \Delta D_{14}。$$

[0026] 在其中一个实施例中,该从站与主站之间建立时频同步链路。

[0027] 在其中一个实施例中,主站在获取该至少四个从站分别发送的第一信号之后,对每个第一信号进行滤波放大处理,相应的,将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位,包括:

[0028] 将主站的本振信号和每个滤波放大后的第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0029] 第二方面,提供了一种信标的定位装置,应用于主站,该装置包括:

[0030] 获取模块,用于获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步。

[0031] 第一确定模块,用于将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0032] 第二确定模块,用于将至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0033] 第三方面,提供了一种主站,包括存储器和处理器,该存储器存储有计算机程序,该处理器执行该计算机程序时实现以下步骤:

[0034] 获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步;

[0035] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;

[0036] 将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0037] 第四方面,提供了一种定位系统,包括:信标、至少四个从站以及上述第三方面中的主站。

[0038] 第五方面,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现以下步骤:

[0039] 获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步;

[0040] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;

[0041] 将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0042] 上述信标的定位方法、装置、主站、定位系统和存储介质,主站通过获取至少四个从站分别发送的第一信号,并将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;接着,主站将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置;其中,该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号,该主站和每个从站保持时频同步;也就是说,本实施例中的信标只需要向从站发送一个初始信号,从站在接收到该初始信号之后,对该初始信号进行混频处理后发送至主站,主站根据接收到的各个从站发送的第一信号、主站的本振信号、以及各个从站的位置坐标,即可确定出信标的位置;避免了现有LoRa定位技术,在定位过程中,需要融合前向纠错编码、扩频以及自适应数据传输等多种技术,本实施例不仅能够简化现有LoRa定位技术的复杂的定位过程和定位算法,也能够简化信标与从站的功能,而且,通过本实施例中的定位方法,还能够大大提高信标的定位精度,达到微米量级的定位精度。

附图说明

[0043] 图1为一个实施例中信标的定位方法的应用环境图;

[0044] 图2为一个实施例中信标的定位方法的流程示意图;

[0045] 图3为另一个实施例中信标的定位方法的流程示意图;

[0046] 图4为另一个实施例中信标的定位方法的流程示意图;

[0047] 图5为一个实施例中信标的定位装置的结构框图;

[0048] 图6为一个实施例中主站的内部结构图。

具体实施方式

[0049] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0050] 本申请提供的信标的定位方法,可以应用于如图1所示的应用环境中。其中,信标101分别向至少四个从站102发送初始信号,每个从站102在接收到该初始信号之后,对该初始信号进行混频处理,得到第一信号,并将该第一信号发送至主站103,主站103根据每个从站发送的第一信号,确定信标101的位置,实现对信标101的定位。可选地,该信标101可以安放在任一待定位的物体上,且信标101向每个从站发送的初始信号可以为433MHz附近的单

频信号;每个从站对该初始信号进行混频处理后,得到的第一信号可以为一个2.4GHz附近的信号;主站与每个从站之间实现时频同步,以使主站与每个从站之间的相位锁定。

[0051] 在一个实施例中,如图2所示,提供了一种信标的定位方法,以该方法应用于图1中的主站为例进行说明,包括以下步骤:

[0052] 步骤201,获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步。

[0053] 在本实施例的一种可选的实现方式中,在对信标进行定位,以获取信标的准确位置坐标时,可以采用“倒置GPS”结构,即通过信标向布设在周围的已知位置坐标的至少四个从站发送初始信号,每个从站在接收到该初始信号之后,均可以对该初始信号进行混频处理,得到处理后的混频信号,也就是本实施例中的第一信号,每个从站分别将该第一信号发送至主站;可选地,每个从站在对该初始信号进行混频处理时,可以将该初始信号与每个从站的本振信号进行混频处理,得到对应的混频信号,其中,该混频处理可以是对初始信号的上变频处理;可选地,在布设每个从站时,可以预先设置好每个从站的本振信号,该至少四个从站之间的本振信号可以不同;例如:该信标发出的初始信号为 f_1 ,从站1至从站4的本振信号分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 ,那么,主站接收到的第一信号分别为 F_1+f_1 、 F_2+f_1 、 F_3+f_1 、 F_4+f_1 。

[0054] 可选地,本实施例中,信标发出的初始信号可以设置为433MHz附近的单频信号,主站接收到的第一信号可以设置为2.4GHz附近的信号,因此,对于每个从站的本振信号可以设置为1967MHz附近的信号,且每个从站的本振信号之间可以两两相差10MHz;例如:信标发出的初始信号为438MHz,从站1至从站4的本振信号分别为2040MHz、2050MHz、2060MHz、2070MHz,那么,从站1至从站4在将该初始信号与各自的本振信号进行混频处理之后,得到的第一信号分别为2478MHz、2488MHz、2498MHz、2508MHz。

[0055] 可选地,每个从站在接收到信标发送的初始信号之后,均可以对该初始信号进行滤波放大处理,以提高该初始信号的质量,解决该初始信号在传播过程中产生的信号衰减问题;接着,对该滤波放大处理后的初始信号进行混频处理,得到对应的混频信号,即得到对应的第一信号,并发送至主站。

[0056] 可选地,该主站和每个从站之间可以保持时频同步,以确保主站和每个从站之间的相位锁定。

[0057] 步骤202,将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0058] 可选地,主站在接收到每个从站发送的第一信号之后,可以生成一个与该第一信号同频率的本振信号,并将该本振信号和该第一信号进行混频操作,得到混频结果,此时,该混频结果为一个直流信号;接着,将该直流信号进行低通滤波处理,得到该第一信号对应的从站的载波相位。相应地,主站可以得到每个从站的载波相位。基于上述步骤201中的举例,主站接收到的第一信号分别为 F_1+f_1 、 F_2+f_1 、 F_3+f_1 、 F_4+f_1 ,则主站根据每个第一信号,在本地生成的同频率的本振信号分别为 F_1+f_1 、 F_2+f_1 、 F_3+f_1 、 F_4+f_1 。

[0059] 步骤203,将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0060] 可选地,可以将该至少四个从站的载波相位进行依次两两求差,得到至少三个载波相位差;也可以,从该至少四个从站的载波相位中随机选择两个从站的载波相位进行求

差,得到至少三个载波相位差,这种情况下,所得到的三个载波相位差中需涉及到四个不同的从站,例如:从站1的载波相位和从站2的载波相位求差、从站2的载波相位和从站3的载波相位求差、以及从站1的载波相位和从站4的载波相位求差。接着,可以根据该至少三个载波相位差和每个从站的位置坐标,确定该信标的位置;可选地,可以将该至少三个载波相位差,以及每个从站的位置坐标,输入至定位算法中,来确定该信标的位置。

[0061] 上述信标的定位方法中,主站通过获取至少四个从站分别发送的第一信号,并将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;接着,主站将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置;其中,该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号,该主站和每个从站保持时频同步;也就是说,本实施例中的信标只需要向从站发送一个初始信号,从站在接收到该初始信号之后,对该初始信号进行混频处理后发送至主站,主站根据接收到的各个从站发送的第一信号、主站的本振信号、以及各个从站的位置坐标,即可确定出信标的位置;避免了现有LoRa定位技术,在定位过程中,需要融合前向纠错编码、扩频以及自适应数据传输等多种技术,本实施例不仅能够简化现有LoRa定位技术的复杂的定位过程和定位算法,也能够简化信标与从站的功能,而且,通过本实施例中的定位方法,还能够大大提高信标的定位精度,达到微米量级的定位精度。

[0062] 在本申请的一个可选的实施例中,信标发送的初始信号的相位可以为 φ_1 ,从站的本振信号的相位可以为 φ_1' ,主站的本振信号的相位可以为 φ_1'' ,从站在将该初始信号与该从站的本振信号进行混频后,得到的第一信号的相位 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,M为已知数,即主站在获取到该第一信号后,可以确定出该第一信号的相位。

[0063] 图3为另一个实施例中信标的定位方法的流程示意图。本实施例涉及的是主站确定每个从站的载波相位的一种可选的实现过程。如图3所示,在上述实施例的基础上,上述步骤202包括:

[0064] 步骤301,将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,生成每个第一信号对应的第二信号;该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,N为已知数。

[0065] 步骤302,根据主站和每个从站的时频同步特性以及该第二信号的相位,确定每个从站的载波相位。

[0066] 具体地,主站接收到的第一信号的相位为 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,主站生成的本振信号的相位为 φ_1'' ,主站将该第一信号与该本振信号进行混频操作后,可以生成与该第一信号对应的第二信号,则该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,N为已知数,也就是说,主站在进行混频操作后,能够得到混频处理后的第二信号的相位;进而,可以根据主站与该从站的时频同步特征,即主站和从站的相位保持锁定,可选地,该主站的相位与该从站的相位相同,即 $\varphi_1' = \varphi_1''$,那么该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1'' = \varphi_1$,该 φ_1 即为该从站的载波相位。相应地,主站可以将与每个第一信号同频率的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0067] 本实施例中,主站在接收到每个从站发送的第一信号之后,将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,生成每个第一信号对应的第二信号,并根据主站和每个从站的时频同步特性以及该第二信号的相位,确定每个从站的载波相位;也就是说,本实施例中主站只需要将第一信号与主站的本振信号进行混频操作,根据混频操作后的结果和主站与每个从站之间的时频同步特性,就可以确定出每个从站的载波相位;即本实施例中主站通过简单的混频操作,就能确定出从站的载波相位,极大地提高了主站获取从站的载波相位的效率,较少了主站的数据处理量;另外,根据主站与从站的时频同步特性,能够提高主站获取从站的载波相位的准确性。

[0068] 图4为另一个实施例中信标的定位方法的流程示意图。本实施例涉及的是主站根据从站之间的载波相位差确定信标的位置的一种可选的实现过程。如图4所示,在上述实施例的基础上,上述步骤203包括:

[0069] 步骤401,根据每个载波相位差和初始信号的频率,计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差。

[0070] 在本实施例的一种可选的实现方式中,由于信标与各个从站之间的距离不同,因此,信标发出的初始信号到达每个从站的时间也不同,即表现为每个从站的载波相位不同;信标的初始信号分别到达两个从站的距离差,可以通过光速与该信标的初始信号分别到达两个从站的时间差的乘积来确定,即通过公式 $\Delta D = c \cdot \Delta T$ 来确定,其中, ΔD 为信标的初始信号分别到达两个从站的距离差, c 为光速, ΔT 为信标的初始信号分别到达两个从站的时间差;信标的初始信号分别到达两个从站的时间差,可以通过这两个从站的载波相位差和该初始信号的频率来确定,即通过公式 $\Delta T = \frac{\Delta \varphi}{2\pi f}$ 来确定,其中, $\Delta \varphi$ 为信标的初始信号到达

的两个从站之间的载波相位差, f 为信标的初始信号的频率;也就是说,信标的初始信号分别到达两个从站的距离差,可以通过公式 $\Delta D = \frac{c \cdot \Delta \varphi}{2\pi f}$ 来确定;那么,主站在得到至少三个载波相位差之后,可以通过每个载波相位差和初始信号的频率,即可以通过公式 $\Delta D = \frac{c \cdot \Delta \varphi}{2\pi f}$,

计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差。例如:根据从站1和从站2之间的载波相位差 $\Delta \varphi_{12}$,可以得到信标的初始信号到达从站1与到达从站2的距离差 ΔD_{12} 。

[0071] 步骤402,根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0072] 在本实施例的一种可选的实现方式中,上述至少四个从站可以包括M1从站、M2从站、M3从站和M4从站,该M1从站的位置坐标可以为 (X_1, Y_1, Z_1) ,该M2从站的位置坐标可以为 (X_2, Y_2, Z_2) ,该M3从站的位置坐标可以为 (X_3, Y_3, Z_3) ,该M4从站的位置坐标可以为 (X_4, Y_4, Z_4) ;上述距离差可以包括 ΔD_{12} 、 ΔD_{13} 、 ΔD_{14} ,也就是,M1从站和M2从站之间的距离差为 ΔD_{12} 、M1从站和M3从站之间的距离差为 ΔD_{13} 、M1从站和M4从站之间的距离差为 ΔD_{14} 。

[0073] 可选地,可以将该M1从站的位置坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 、M2从站的位置坐标 (X_2, Y_2, Z_2) 、以及M1从站和M2从站之间的距离差 ΔD_{12} 带入公式1中,将该M1从站的位置坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 、M3

从站的位置坐标 (X_3, Y_3, Z_3) 、M1从站和M3从站之间的距离差 ΔD_{13} 带入公式2中, 以及将该M1从站的位置坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 、M4从站的位置坐标为 (X_4, Y_4, Z_4) 、以及M1从站和M4从站之间的距离差 ΔD_{14} 带入公式3中, 得到三元二次方程组, 通过解该三元二次方程组, 即可以得到信标的位置 (x_i, y_i, z_i) 。

[0074] 其中, 该公式1为

$$[0075] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_2 - x_i)^2 + (Y_2 - y_i)^2 + (Z_2 - z_i)^2} = \Delta D_{12};$$

[0076] 该公式2为

$$[0077] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_3 - x_i)^2 + (Y_3 - y_i)^2 + (Z_3 - z_i)^2} = \Delta D_{13};$$

[0078] 该公式3为

$$[0079] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_4 - x_i)^2 + (Y_4 - y_i)^2 + (Z_4 - z_i)^2} = \Delta D_{14}。$$

[0080] 本实施例中, 通过每个载波相位差和该信标发出的初始信号的频率, 计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差, 并根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标, 确定该信标的位置; 也就是说, 通过信标发送的初始信号分别到两个从站的距离差、以及从站的位置坐标, 即可确定出信标的位置; 即本实施例中通过简单的数学计算公式, 就可以确定出信标的位置, 不仅能够简化定位算法的复杂度, 还能够提高定位算法的准确性。

[0081] 在本申请的一个可选的实施例中, 该从站与主站之间建立时频同步链路, 也就是, 本实施例中的主站和各个从站中均设置有时频同步结构, 即在主站和从站中均设置有时频同步信号的收发模块, 使得主站与从站之间能够发送时频同步信号, 建立高精度的时频同步链路, 以实现主站与从站的时间和频率的同步, 确保主站与从站的参考相位的锁定; 可选地, 该时频同步结构可采用自由空间时频同步系统, 该自由空间时频同步系统基于特殊设计的空间传播锁相链路, 可实现长距离 ($>100\text{m}$)、高精度 ($1\text{E}-14@1\text{s}$) 的频率同步; 其中, 该主站可以包括信号处理模块, 该信号处理模块可以由数字信号处理器及软件组成; 该数字信号处理器可以由通用处理器 (GPP), 图形处理器 (GPU), 可编程逻辑电路 (FPGA) 或数字信号处理器 (DSP) 中的一个或多个组合而成; 软件运行于数字信号处理器上, 可以包括载波相位解算模块和三维坐标计算模块, 该软件能够针对不同的数字信号处理器采用相应的开发语言加以实现; 另外, 该软件还可以选择性的包含信息解调模块, 用于解调其他传感器单元的测量数据; 采用该自由空间时频同步系统, 可以实现皮秒量级的时频同步精度。

[0082] 本实施例中, 通过在从站与主站之间建立时频同步链路, 能够实现主站与各个从站之间的高精度的频率同步, 以及实现信标的微米量级的定位精度, 且在同等定位精度的定位技术中, 能够实现更广的定位覆盖范围, 即达到5公里的定位覆盖范围。

[0083] 在本申请的一个可选的实施例中, 主站在获取该至少四个从站分别发送的第一信号之后, 可以对每个第一信号进行滤波放大处理, 并将主站的本振信号和每个滤波放大后的第一信号进行混频操作, 来确定每个从站的载波相位。

[0084] 本实施例中, 主站通过对接收到的第一信号进行滤波放大处理, 能够提高该第一信号的质量, 即提高主站接收到的各从站发送的信号的质量, 解决信号在传播过程中容易产生的信号衰减问题, 以增加主站接收到的第一信号的强度。

[0085] 应该理解的是,虽然图2-4的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,图2-4中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段,这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0086] 在一个实施例中,如图5所示,提供了一种信标的定位装置,包括:获取模块501、第一确定模块502和第二确定模块503,其中:

[0087] 获取模块501,用于获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步。

[0088] 第一确定模块502,用于将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0089] 第二确定模块503,用于将至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0090] 在其中一个实施例中,信标发送的初始信号的相位为 φ_1 ,从站的本振信号的相位为 φ_1' ,主站的本振信号的相位为 φ_1'' ,该第一信号的相位 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,M为已知数;第一确定模块502,具体用于将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,生成每个第一信号对应的第二信号;该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,N为已知数;并根据主站和每个从站的时频同步特性以及该第二信号的相位,确定每个从站的载波相位。

[0091] 在其中一个实施例中,第二确定模块503,具体用于根据每个载波相位差和初始信号的频率,计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差;并根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0092] 在其中一个实施例中,上的书至少四个从站包括M1从站、M2从站、M3从站和M4从站;该M1从站的位置坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,该M2从站的位置坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ,该M3从站的位置坐标为 (X_3, Y_3, Z_3) ,该M4从站的位置坐标为 (X_4, Y_4, Z_4) ;距离差包括 ΔD_{12} 、 ΔD_{13} 、 ΔD_{14} ;

[0093] 第二确定模块503,具体用于将 ΔD_{12} 带入公式1,将 ΔD_{13} 带入公式2,将 ΔD_{14} 带入公式3,确定该信标的位置 (x_i, y_i, z_i) ;

[0094] 其中,该公式1为

$$[0095] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_2 - x_i)^2 + (Y_2 - y_i)^2 + (Z_2 - z_i)^2} = \Delta D_{12};$$

[0096] 该公式2为

$$[0097] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_3 - x_i)^2 + (Y_3 - y_i)^2 + (Z_3 - z_i)^2} = \Delta D_{13};$$

[0098] 该公式3为

$$[0099] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_4 - x_i)^2 + (Y_4 - y_i)^2 + (Z_4 - z_i)^2} = \Delta D_{14}。$$

[0100] 在其中一个实施例中,该从站与主站之间建立时频同步链路。

[0101] 在其中一个实施例中,主站在获取该至少四个从站分别发送的第一信号之后,对

每个第一信号进行滤波放大处理,并将主站的本振信号和每个滤波放大后的第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0102] 关于信标的定位装置的具体限定可以参见上文中对于信标的定位方法的限定,在此不再赘述。上述信标的定位装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中,也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中,以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

[0103] 在一个实施例中,提供了一种主站,该主站可以是服务器,也可以是终端,其内部结构图可以如图6所示。该主站包括通过系统总线连接的处理器、存储器和网络接口。其中,该主站的处理器用于提供计算和控制能力。该主站的存储器包括非易失性存储介质、内存存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统、计算机程序和数据库。该内存存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该主站的数据库用于存储各个信标发出的初始信号的频率、以及各个从站的位置坐标数据。该主站的网络接口用于与外部的从站通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种信标的定位方法。

[0104] 本领域技术人员可以理解,图6中示出的结构,仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图,并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定,具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0105] 在一个实施例中,提供了一种主站,包括存储器和处理器,存储器中存储有计算机程序,该处理器执行计算机程序时实现以下步骤:

[0106] 获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步;

[0107] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;

[0108] 将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0109] 在一个实施例中,处理器执行计算机程序时还实现以下步骤:信标发送的初始信号的相位为 φ_1 ,从站的本振信号的相位为 φ_1' ,主站的本振信号的相位为 φ_1'' ,该第一信号的相位 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,M为已知数;将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,生成每个第一信号对应的第二信号;该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,N为已知数;以及根据主站和每个从站的时频同步特性以及该第二信号的相位,确定每个从站的载波相位。

[0110] 在一个实施例中,处理器执行计算机程序时还实现以下步骤:根据每个载波相位差和初始信号的频率,计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差;并根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0111] 在一个实施例中,处理器执行计算机程序时还实现以下步骤:上述至少四个从站包括M1从站、M2从站、M3从站和M4从站;M1从站的位置坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,M2从站的位置坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ,M3从站的位置坐标为 (X_3, Y_3, Z_3) ,M4从站的位置坐标为 (X_4, Y_4, Z_4) ;距离差包括 ΔD_{12} 、 ΔD_{13} 、 ΔD_{14} ;将 ΔD_{12} 带入公式1,将 ΔD_{13} 带入公式2,将 ΔD_{14} 带入公式3,确定该信标的位置 (x_i, y_i, z_i) ;

[0112] 其中,该公式1为

$$[0113] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_2 - x_i)^2 + (Y_2 - y_i)^2 + (Z_2 - z_i)^2} = \Delta D_{12};$$

[0114] 该公式2为

$$[0115] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_3 - x_i)^2 + (Y_3 - y_i)^2 + (Z_3 - z_i)^2} = \Delta D_{13};$$

[0116] 该公式3为

$$[0117] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_4 - x_i)^2 + (Y_4 - y_i)^2 + (Z_4 - z_i)^2} = \Delta D_{14}。$$

[0118] 在一个实施例中,处理器执行计算机程序时还实现以下步骤:该从站与主站之间建立时频同步链路。

[0119] 在一个实施例中,处理器执行计算机程序时还实现以下步骤:主站在获取该至少四个从站分别发送的第一信号之后,对每个第一信号进行滤波放大处理,并将主站的本振信号和每个滤波放大后的第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位。

[0120] 在一个实施例中,提供了一种定位系统,如上述图1所示,包括:信标、至少四个从站以及上述实施例中的主站。

[0121] 在一个实施例中,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现以下步骤:

[0122] 获取至少四个从站分别发送的第一信号;该第一信号为每个从站根据信标发送给该从站的初始信号所生成的混频信号;该主站和每个从站保持时频同步;

[0123] 将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,确定每个从站的载波相位;

[0124] 将该至少四个从站的载波相位进行两两求差,得到至少三个载波相位差,并根据该至少三个载波相位差以及每个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0125] 在一个实施例中,计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤:信标发送的初始信号的相位为 φ_1 ,从站的本振信号的相位为 φ_1' ,主站的本振信号的相位为 φ_1'' ,该第一信号的相位 $M = \varphi_1 + \varphi_1'$,M为已知数;将主站的本振信号和每个第一信号进行混频操作,生成每个第一信号对应的第二信号;该第二信号的相位 $N = \varphi_1 + \varphi_1' - \varphi_1''$,N为已知数;以及根据主站和每个从站的时频同步特性以及该第二信号的相位,确定每个从站的载波相位。

[0126] 在一个实施例中,计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤:根据每个载波相位差和初始信号的频率,计算该初始信号分别到达该载波相位差对应的两个从站之间的距离差;并根据该距离差和该载波相位差对应的两个从站的位置坐标,确定该信标的位置。

[0127] 在一个实施例中,计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤:上述至少四个从站包括M1从站、M2从站、M3从站和M4从站;M1从站的位置坐标为 (X_1, Y_1, Z_1) ,M2从站的位置坐标为 (X_2, Y_2, Z_2) ,M3从站的位置坐标为 (X_3, Y_3, Z_3) ,M4从站的位置坐标为 (X_4, Y_4, Z_4) ;距离差包括 ΔD_{12} 、 ΔD_{13} 、 ΔD_{14} ;将 ΔD_{12} 带入公式1,将 ΔD_{13} 带入公式2,将 ΔD_{14} 带入公式3,确定该信标的位置 (x_i, y_i, z_i) ;

[0128] 其中,该公式1为

$$[0129] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_2 - x_i)^2 + (Y_2 - y_i)^2 + (Z_2 - z_i)^2} = \Delta D_{12};$$

[0130] 该公式2为

$$[0131] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_3 - x_i)^2 + (Y_3 - y_i)^2 + (Z_3 - z_i)^2} = \Delta D_{13};$$

[0132] 该公式3为

$$[0133] \quad \sqrt{(X_1 - x_i)^2 + (Y_1 - y_i)^2 + (Z_1 - z_i)^2} - \sqrt{(X_4 - x_i)^2 + (Y_4 - y_i)^2 + (Z_4 - z_i)^2} = \Delta D_{14}。$$

[0134] 在一个实施例中, 计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤: 该从站与主站之间建立时频同步链路。

[0135] 在一个实施例中, 计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤: 主站在获取该至少四个从站分别发送的第一信号之后, 对每个第一信号进行滤波放大处理, 并将主站的本振信号和每个滤波放大后的第一信号进行混频操作, 确定每个从站的载波相位。

[0136] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程, 是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成, 所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中, 该计算机程序在执行时, 可包括如上述各方法的实施例的流程。其中, 本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用, 均可包括非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、磁带、软盘、闪存或光存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM) 或外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限, RAM可以是多种形式, 比如静态随机存取存储器 (Static Random Access Memory, SRAM) 或动态随机存取存储器 (Dynamic Random Access Memory, DRAM) 等。

[0137] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

[0138] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本申请构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本申请的保护范围。因此, 本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

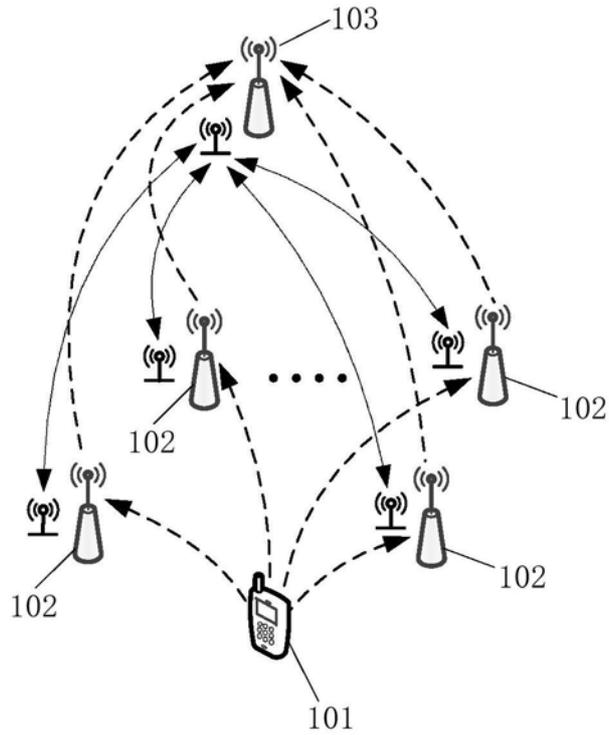


图1

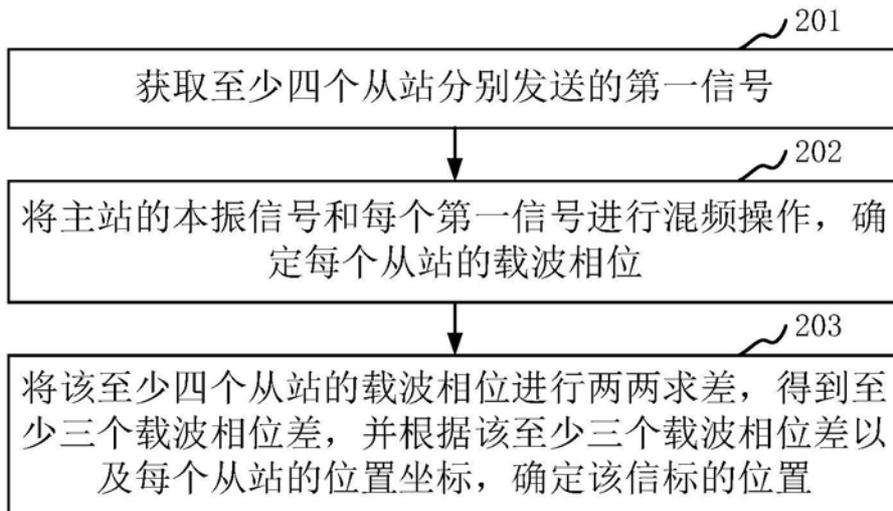


图2

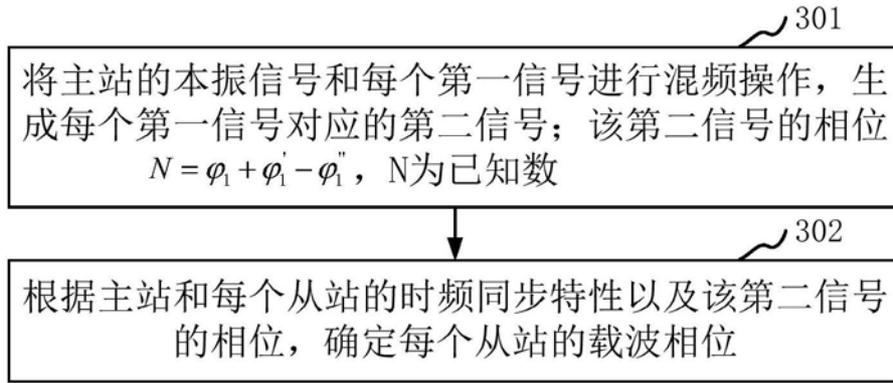


图3

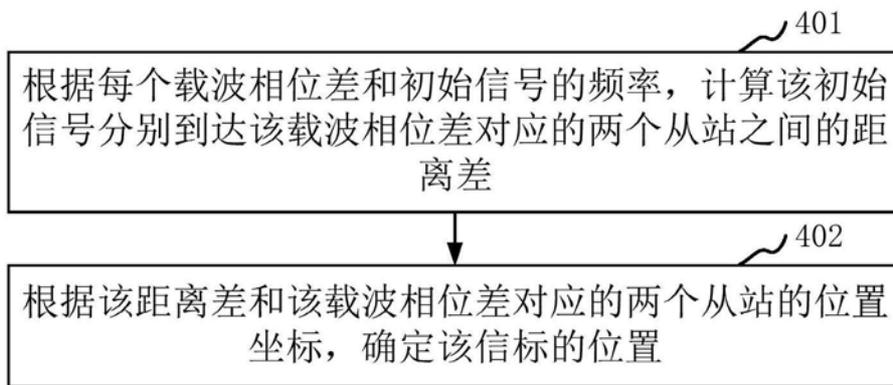


图4

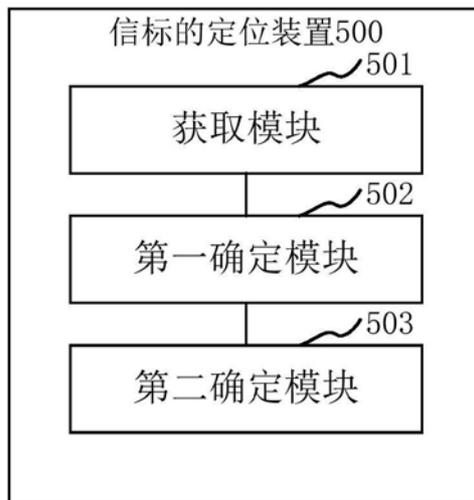


图5

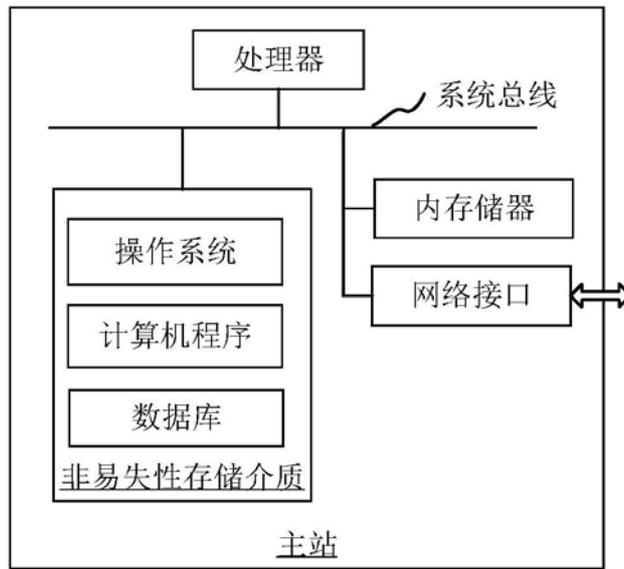


图6