



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103235317 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201310153306. 6

(22) 申请日 2013. 04. 28

(73) 专利权人 深圳市中冀联合技术股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市宝安区西乡街道  
桃花源科技创新园主楼 515、517、519、  
520、522、524

(72) 发明人 李银虎 纪元法 孙希延

(51) Int. Cl.

G01S 19/01(2010. 01)

G01S 19/42(2010. 01)

(56) 对比文件

CN 102944883 A, 2013. 02. 27,

US 5202829 A, 1993. 04. 13,

审查员 张洁

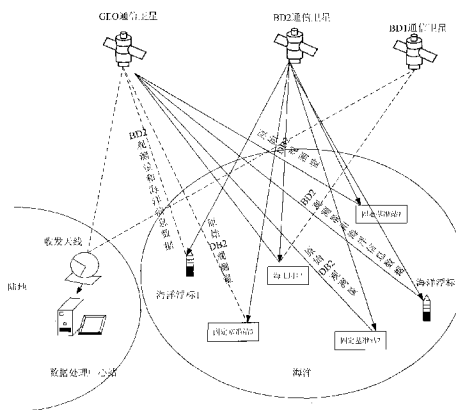
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法

(57) 摘要

一种海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法，该方法通过海上固定基准站 GNSS 观测数据采集、移动浮标的 GNSS 观测数据和海洋观测数据的采集、GNSS 观测数据的 GEO 通信卫星回传、地面数据处理中心站的数据处理、GNSS 差分改正数和环境数据的分发、用户的高精度定位等步骤，从而向海洋用户提供高精度定位和环境监测预报服务的海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法。



1. 一种海上 GNSS 高精度定位服务方法,其特征在于:

步骤 a、海上固定基准站、移动浮标的 GNSS 观测数据的采集:固定基准站采集 GNSS 的观测量以及海洋浮标也动态采集 GNSS 的观测量和海洋环境信息通过 GEO 通信卫星发给地面数据处理中心站;

步骤 b、GNSS 观测数据的 GEO 通信卫星回传:地面数据处理中心站的天线接收固定基准站和浮标的发的信号,经下变频器变频后,基带信号实现解扩和解码,获得固定基准站和浮标的 GNSS 观测量和海洋环境观测数据;

步骤 c、地面数据处理中心站对数据的处理以及 GNSS 差分改正数和环境数据的分发:地面数据处理中心站联合收到的基准站和浮标的观测量后,采用一定的数学模型,在用户附近虚拟一个基准站,并把虚拟基准站的 GNSS 改正数通过 BD1 通信卫星发给用户;

步骤 d、用户的高精度定位:用户收到这些信息后改正本地的 GNSS 接收机观测量,从而实现用户的高精度定位,同时,地面数据处理中心站根据用户的类型和级别,判断是否分发给用户海洋环境信息。

2. 如权利要求 1 所述海上 GNSS 高精度定位服务方法,其特征在于:所述步骤 a 包括步骤 a1 和步骤 a2 同时进行,其中,步骤 a1 为:海上固定基准站的位置事先精确测得,GNSS 接收机采集 GNSS 的伪距信息、载波相位信息、导航电文信息和时间信息;数据处理模块把 GNSS 观测量整理,按照一定的格式打包、编码和调制,经上变频模块变频到 C 波段后,经天线发送出去,并经 GEO 通信卫星转发给地面数据处理中心站;步骤 a2 为:海洋浮标上配置有 GNSS 接收机,该接收机可以采集 GNSS 信号强度信息、伪距信息、载波相位信息、导航电文信息和时间信息;海洋环境传感器采集气象和水文数据;数据处理模块把 GNSS 和海洋环境观测量整理,按照一定的格式打包、编码和调制,经上变频模块变频到 C 波段后,经天线发送出去,并经 GEO 通信卫星转发给地面数据处理中心站。

3. 如权利要求 1 所述海上 GNSS 高精度定位服务方法,其特征在于:步骤 c、利用其概略坐标  $(x_u, y_u, z_u)$ ,为了简化电离层数学模型,去除高度的影响,研究同一水平面上的电离层数学模型,先把用户坐标转化为大地坐标,即  $(\varphi_u, \lambda_u, h_u)$ ,同时把三个基准站的位置也转换为大地坐标  $(\varphi_1, \lambda_1, h_1)$ ,  $(\varphi_2, \lambda_2, h_2)$  和  $(\varphi_3, \lambda_3, h_3)$ ,从上面的计算得知,这三点的电离层已经得到,采用平面方程对电离层建模:

$$d_i^{ion}(\varphi, \lambda) = a\varphi + b\lambda + c \quad (5)$$

式中,  $d_i^{ion}$  是第 i 个基准站电离层误差,  $\varphi$  和  $\lambda$  是大地坐标的坐标点;

把三个基准点的电离层数值带入上面方程,可以确定常数 (a, b, c),即确定了电离层数学模型,对于任意用户  $(\varphi_u, \lambda_u, h_u)$ ,带入方程 (5),可以得到电离层误差。

4. 如权利要求 1 所述海上 GNSS 高精度定位服务方法,其特征在于:先用 GNSS 接收机得到用户的概略坐标,并用 BD1 通信模块发给地面数据处理中心站,地面数据处理中心站计算得到用户的 GNSS 误差改正数和海洋环境信息,并通过 BD1 通信模块发给用户,用户得到这些误差改正数  $(\Delta\bar{\rho}_u^i, \bar{d}_u^i, \bar{d}_u^{ion}, \bar{d}_u^{trop})$ ,修正本身的 GNSS 接收机定位结果,

$$\begin{aligned}
\rho_u^j &= \sqrt{(x^j - x_u)^2 + (y^j - y_u)^2 + (z^j - z_u)^2} + (\Delta p_u^j - cdt_u^j + d_u^{ion} + d_u^{trop}) \\
&\quad - (\Delta \bar{p}_u^j - c\bar{d}t_u^j + \bar{d}_u^{ion} + \bar{d}_u^{trop}) + cdt_u \\
&= \sqrt{(x^j - x_u)^2 + (y^j - y_u)^2 + (z^j - z_u)^2} + cdt_u
\end{aligned} \tag{6}$$

式中,  $x_u$ 、 $y_u$ 和  $z_u$ 为概略坐标的坐标点;  $x^j$ 、 $y^j$ 和  $z^j$ 为第  $j$  颗卫星的真实位置坐标点;  $\Delta p_u^j$  是第  $j$  颗卫星位置误差在用户  $u$  位置引起的伪距误差;  $dt_u$  是用户的 GNSS 接收机的时钟误差;  $d_u^{ion}$  是用户  $u$  位置电离层误差;  $d_u^{trop}$  是用户  $u$  位置对流层误差;  $\Delta \bar{p}_u^j$  是对用户的 GNSS 接收机的伪距改正数;  $\bar{d}t_u^j$  是对用户的 GNSS 接收机的时钟改正数;  $\bar{d}_u^{ion}$  是对用户的 GNSS 接收机的电离层误差改正数;  $\bar{d}_u^{trop}$  是对用户的 GNSS 接收机的对流层误差改正数,  $c$  为常数;

当同时观测到 4 颗及以上卫星时, 就可以达到用户的精确位置。

## 一种海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及到海上定位领域,尤其涉及一种基于海洋浮标和虚拟基准站的海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法。

### 技术背景

[0002] 随着全球卫星定位系统 (GNSS) 的发展,GNSS 的定位精度和完备性也越来越备受关注,虽然,如 GPS、GLONASS、BD2 等民用定位精度已经达到 10 米左右,能很好满足大多数用户的需求。但是,对高精度和特殊要求用户,如地图的绘制、地理信息的采集、板块的运动、飞机的精密进场等,都不能达到其分米级甚至厘米级的定位要求。为此,目前在陆地上出现了很多如 DGPS、RTK、CORS 站等这样的差分系统,可以为用户提供高精度定位服务。但是,对于广阔的海洋,由于受到各种环境和地理因素,目前还没有这样的差分系统,这使得海洋高精度定位受到了很大的限制,如海洋电子地图的高精度绘制、舰载飞机的精密登陆等。再加上海洋环境复杂,如各种 GNSS 干扰源、大风大浪等,在很多情况下造成了 GNSS 无法正常定位。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种向海洋用户提供高精度定位和环境监测预报服务的海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法。

[0004] 为了实现上述目的,本发明包括一种海上 GNSS 高精度定位服务方法,其特征在于:步骤 a、海上固定基准站、移动浮标的 GNSS 观测数据的采集;步骤 b、GNSS 观测数据的 GEO 通信卫星回传;步骤 c、地面数据处理中心对数据的处理以及 GNSS 差分改正数和环境数据的分发,步骤 d、用户的高精度定位。

[0005] 本发明的优点在于:通过海上固定基准站 GNSS 观测数据采集、移动浮标的 GNSS 观测数据和海洋观测数据的采集、GNSS 观测数据的 GEO 通信卫星回传、地面数据处理中心的数据处理、GNSS 差分改正数和环境数据的分发、用户的高精度定位等向海洋用户提供高精度定位和环境监测预报服务的海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法。

### 附图说明

[0006] 图 1 为本发明海上 GNSS 高精度定位服务系统的结构示意图。

### 具体实施方式

[0007] 以下结合附图详细描述本发明的具体实施方式。

[0008] 图 1 为本发明一种海上 GNSS 高精度定位服务系统,其特征在于:包括至少三个海上固定基准站设置在海洋岛屿上的固定 GNSS 观测量采集站、接收到的每颗卫星的伪距观测量、载波相位观测量、电文、时间等信息,按照一定的编码和信号调制,通过天线发射出去,信号经过 GEO 通信卫星转发给地面数据处理中心站;若干流动海洋浮标装载 GNSS 接收

机和海洋环境传感器,所述 GNSS 接收机接收 GNSS 一些观测数据,海洋环境传感器可以采集海洋的海水盐度、温度、湿度、海流等气象和水文数据,所述数据按照与基准站相似的格式进行编码、信号调制后经天线发射出去,信号经 GEO 通信卫星转发给地面数据处理中心站;数据通信链路,固定基准站和浮标通信链路、用户的通信链路,其中,固定站和海洋浮标的通信链路负责把基准站和浮标的数据借由 GEO 通信卫星传送到地面数据处理中心站,用户借由 BD1 通信卫星的通信链路是双向通信的;地面数据处理中心站主要配置大型收发天线、数据控制和处理中心,收发天线接收海洋上用户的概略坐标、海上固定基准站 GNSS 的观察量以及海上浮标的 GNSS 的观测量、气象、水温数据,数据控制和处理中心将所述天线接收的信息数据处理结果借由 BD1 通信卫星发给用户;用户模块包括 GNSS 接收机和 BD1 通信模块,BD1 通信模块将的概略坐标发给地面数据处理中心站,地面数据处理中心站根据用户的等级和类别,在用户附件虚拟一个基准站,并把差分改正数和其他信息通过 BD1 通信卫星下发给用户借由 GNSS 接收机接收。

[0009] 其中,所述流动海洋浮标的观测数据包括接收到的每颗卫星信号强度、伪距测量值、载波相位测量值、导航电文、时间等信息。

[0010] 其中,所述双向通信包括:用户首先需要把自己的概略坐标,传送到地面数据处理中心站;地面数据处理中心站需要把差分改正、信号可用性、完备性等信息下发给用户。

[0011] 其中,所述大型收发天线一般为 8~15 米抛物面天线,海洋上的用户、基准站和浮标天线就可以采用小型的天线。

[0012] 本发明一种基于海洋浮标和虚拟基准站的海上 GNSS 高精度定位服务方法,步骤 a、事先精密测量固定基准站的精确位置,固定基准站采集 GNSS 的观测量,并把这些观测量打包后通过 GEO 通信卫星发给地面数据处理中心站;海洋浮标也动态采集 GNSS 的观测量和海洋环境信息,也通过 GEO 卫星发给地面数据处理中心;步骤 b、在工作过程中,用户首先利用本身携带的 GNSS 接收机计算一个概略坐标,并把这个概略坐标用 BD1 通信模块传到地面数据处理中心;步骤 c、地面数据处理中心站联合收到的基准站和浮标的观测量后,采用一定的数学模型,在用户附近虚拟一个基准站,并把虚拟基准站的 GNSS 改正数通过 BD1 通信卫星发给用户;步骤 d、用户收到这些信息后改正本地的 GNSS 接收机观测量,从而实现用户的高精度定位。同时,地面数据处理中心站也或根据用户的类型和级别,判断是否分发给用户海洋环境信息。

[0013] 其中,步骤 a 中包括步骤 a1、海洋固定基准站 GNSS 观测量的获得和分发的过程:海洋固定基准站选址在固定的岛屿上,至少选取 3 个站,固定基准站的位置事先精确测得。基准站上配备有 GNSS 接收机,该接收机可以采集 GNSS 的伪距、载波相位、导航电文、时间等信息;数据处理基带模块,该模块把 GNSS 观测量整理,按照一定的格式打包、编码和调制(可以采用 BPSK 调制),经上变频模块变频到 C 波段(因 GEO 转发器为 C 频段)后,经天线发送出去,并经 GEO 通信卫星转发给地面数据处理中心站;同时,基准站还需配置一定的持续供电设备,如太阳能电池等。

[0014] 步骤 a2、海洋浮标的 GNSS 观测量获得和分发的过程:海洋浮标上配置有 GNSS 接收机,该接收机可以采集 GNSS 信号强度、伪距、载波相位、导航电文、时间等信息;海洋环境传感器,采集如海水盐度、温度、湿度、海流等气象和水文等数据;数据处理基带模块,该模块把 GNSS 和海洋环境观测量整理,按照一定的格式打包、编码和调制(调制方式与基准站

相同),经上变频模块变频到C波段后,经天线发送出去,并经GEO通信卫星转发给地面数据处理中心站;同时,浮标还配备有电池、控制系统等。

[0015] 步骤b、地面数据处理中心站的数据处理的过程:地面数据处理中线配备有大型抛物面收发天线、下变频器、基带信号处理模块、大型计算机数据处理模块、BD1通信模块、持续供电设备,天线接收固定基准站和浮标的发的信号,经下变频器变频后,基带信号实现解扩和解码,获得固定基准站和浮标的GNSS观测量和海洋环境观测数据。

[0016] 步骤c、在用户工作过程中,用户先通过BD1通信模块发自己的概略坐标给地面数据处理中心站。数据处理中心在用户附件模拟出一个虚拟基准站,并把GNSS差分该证数通过BD1通信模块传给用户。

[0017] 其计算过程如下:

[0018] 三个固定基准站的伪距和载波相位观测方程为:

$$[0019] \quad \rho_i^j = \sqrt{(x^j - x_i^g)^2 + (y^j - y_i^g)^2 + (z^j - z_i^g)^2} + \Delta\rho_i^j - cdt^j + d_i^{ion} + d_i^{trop} \quad (1)$$

$$[0020] \quad \Phi_i^j = \sqrt{(x^j - x_i^g)^2 + (y^j - y_i^g)^2 + (z^j - z_i^g)^2} + \Delta\rho_i^j - cdt^j - d_i^{ion} + d_i^{trop} \quad (2)$$

[0021] 式中,  $(x_i^g, y_i^g, z_i^g)$  是第  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) 个基准站的三维位置;  $\rho_i^j$ 、 $\Phi_i^j$  分别是第  $i$  站观测第  $j$  颗卫星的伪距测量值和载波相位测量值;  $\Delta\rho_i^j$  是第  $j$  颗卫星位置误差在第  $i$  站引起的伪距误差;  $dt^j$  是卫星时钟误差;  $d_i^{ion}$  是第  $i$  个基准站电离层误差;  $d_i^{trop}$  是第  $i$  个基准站对流层误差;  $(x^j, y^j, z^j)$  是第  $j$  颗卫星的真实位置。

[0022] 由方程 (1) 和 (2) 得:

$$[0023] \quad d_i^{ion} = (\rho_i^j - \Phi_i^j) / 2 \quad (3)$$

[0024] 所以,可以得到三个基准站的电离层误差。

[0025] 由于,三个基准站的位置距离不是很远,可以把三个基准站  $\Delta\rho_i^j$ 、 $dt^j$  和  $d_i^{trop}$  看作是相同的误差。即,  $\Delta\rho_1^j = \Delta\rho_2^j = \Delta\rho_3^j = \Delta\rho^j$ ,  $d_1^{trop} = d_2^{trop} = d_3^{trop} = d^{trop}$ 。

$$[0026] \quad \begin{cases} \rho_1^j = \sqrt{(x^j - x_1^g)^2 + (y^j - y_1^g)^2 + (z^j - z_1^g)^2} + \Delta\rho^j - cdt^j + d_1^{ion} + d^{trop} \\ \rho_2^j = \sqrt{(x^j - x_2^g)^2 + (y^j - y_2^g)^2 + (z^j - z_2^g)^2} + \Delta\rho^j - cdt^j + d_2^{ion} + d^{trop} \\ \rho_3^j = \sqrt{(x^j - x_3^g)^2 + (y^j - y_3^g)^2 + (z^j - z_3^g)^2} + \Delta\rho^j - cdt^j + d_3^{ion} + d^{trop} \end{cases} \quad (4)$$

[0027] 上式 3 个方程中仅有 3 个未知数,所以可以求得  $\Delta\rho^j$ 、 $dt^j$  和  $d^{trop}$ 。

[0028] 当用户工作时候,先要给出其概略坐标  $(x_u, y_u, z_u)$ ,为了简化电离层数学模型,去除高度的影响,研究同一水平面上的电离层数学模型,先把用户坐标转化为大地坐标,即  $(\varphi_u, \lambda_u, h_u)$ ,同时把三个基准站的位置也转换为大地坐标  $(\varphi_1, \lambda_1, h_1)$ ,  $(\varphi_2, \lambda_2, h_2)$  和  $(\varphi_3, \lambda_3, h_3)$ ,从上面的计算得知,这三点的电离层已经得到,采用平面方程对电离层建模:

[0029]

$$d_i^{ion}(\varphi, \lambda) = a\varphi + b\lambda + c \quad (5)$$

[0030] 把三个基准点的电离层数值带入上面方程,可以确定常数 (a, b, c),即确定了电离层数学模型。对于任意用户 $(\phi_u, \lambda_u, h_u)$ ,带入方程 (5),可以得到电离层误差。

[0031] 因此,数据处理中心站把这些误差改正数,连同海洋环境信息,如干扰源、海水盐度、海水温度、风向等一起采用 BD1 通信模块传给用户。

[0032] 步骤 d、用户站的精密定位

[0033] 用户站配备有 GNSS 接收机和 BD1 通信模块,用户工作时,先用 GNSS 接收机得到用户的概略坐标,并用 BD1 通信模块发给地面数据处理中心站,地面数据处理中心站计算得到用户的 GNSS 误差改正数和海洋环境信息,并通过 BD1 通信模块发给用户,用户得到这些误差改正数 $(\Delta\bar{p}_u^j, \bar{d}t_u^j, \bar{d}_u^{ion}, \bar{d}_u^{trop})$ ,修正本身的 GNSS 接收机定位结果,

$$\begin{aligned} \rho_u^j &= \sqrt{(x^j - x_u)^2 + (y^j - y_u)^2 + (z^j - z_u)^2} + (\Delta\bar{p}_u^j - cdt_u^j + \bar{d}_u^{ion} + \bar{d}_u^{trop}) \\ &\quad - (\Delta\bar{p}_u^j - cdt_u^j + \bar{d}_u^{ion} + \bar{d}_u^{trop}) + cdt_u \\ [0034] \quad &= \sqrt{(x^j - x_u)^2 + (y^j - y_u)^2 + (z^j - z_u)^2} + cdt_u \end{aligned}$$

(6)

[0035] 当同时观测到 4 颗及以上卫星时,就可以达到用户的精确位置。

[0036] 本发明的优点在于:通过海上固定基准站 GNSS 观测数据采集、移动浮标的 GNSS 观测数据和海洋观测数据的采集、GNSS 观测数据的 GEO 通信卫星回传、地面数据处理中心的数据处理、GNSS 差分改正数和环境数据的分发、用户的高精度定位等向海洋用户提供高精度定位和环境监测预报服务的海上 GNSS 高精度定位服务系统和方法。

[0037] 以上所述者,仅为本发明最佳实施例而已,并非用于限制本发明的范围,凡依本发明申请专利范围所作的等效变化或修饰,皆为本发明所涵盖。

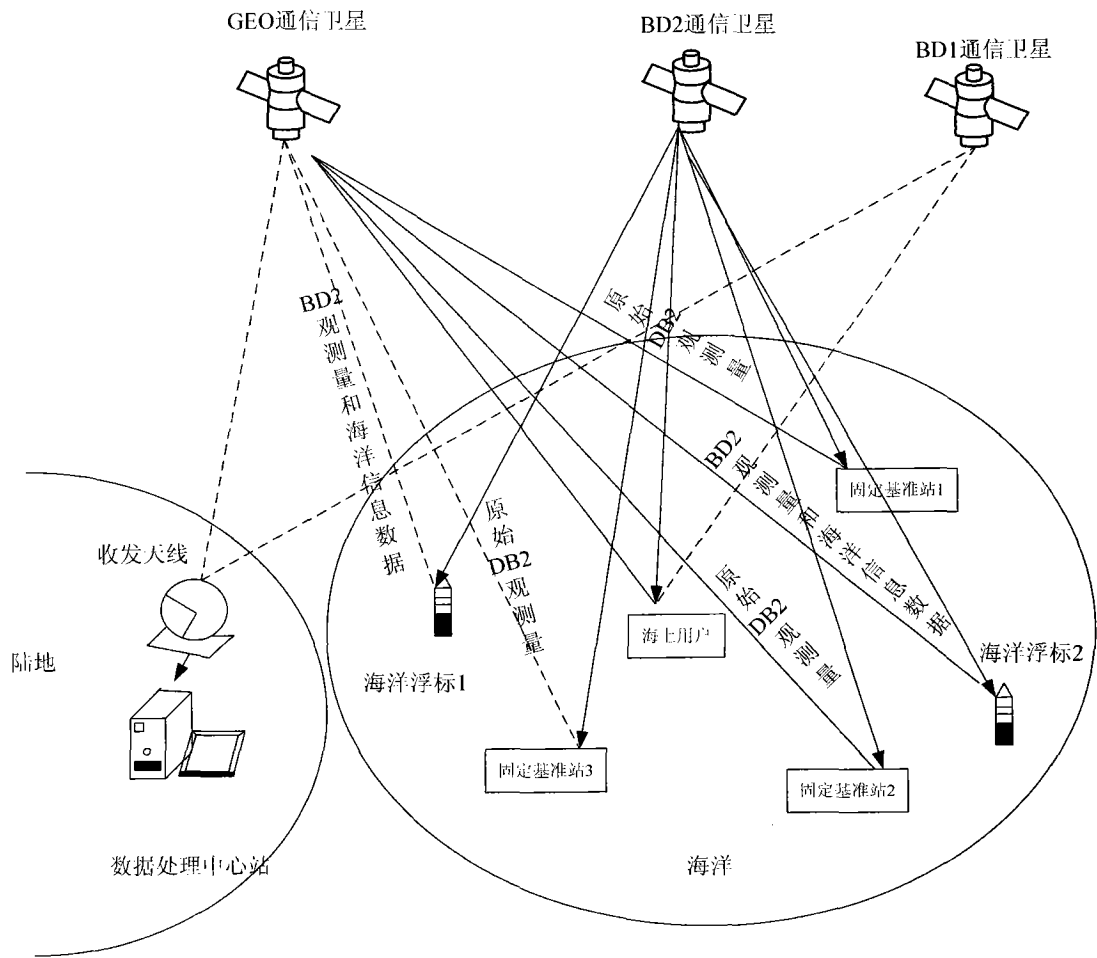


图 1