

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01S 5/02 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03135844.6

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1332214C

[22] 申请日 2003.9.18 [21] 申请号 03135844.6

[73] 专利权人 电子科技大学

地址 610054 四川省成都市建设北路二段  
四号

[72] 发明人 唐友喜 赵宏志 潘文生

[56] 参考文献

JP2003-185728 A 2003.7.3

CN1403833 A 2003.3.19

US6052082 A 2000.4.18

差分 GPS 载波相位测量整周模糊度的快速求解 胡国辉, 孟浩, 袁信, 航空学报, 第 20 卷第 2 期 1999

单频 GPS 动态相位定位的模糊度逼近/搜索解法 俞文伯, 高国江, 赵剡, 北京航空航天大学学报, 第 28 卷第 2 期 2002

一种 GPS 动态解相位模糊的搜索算法 廖向前, 黄顺吉, 电子科技大学学报, 第 26 卷第 4 期 1997

一种检验 GPS 整周模糊度解算有效性的方法 陈永奇, 武汉测绘科技大学学报, 第 22 卷第 4 期 1997

审查员 张亚玲

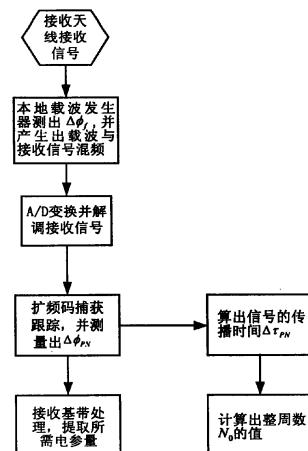
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种无线导航系统整周数模糊度的确定方法

[57] 摘要

本发明公开了一种新的消除整载波相位变化的整周数模糊度的方法, 它是在一定的距离范围内, 利用本地接收机扩频码的相位捕获和跟踪的结果与接收机获得的不满一周的载波相位变化的值, 根据扩频码传播距离和载波传播距离的关系, 得到载波相位变化的整周数模糊度。本发明的方法不需要增加额外的辅助信号, 也不需增加系统的复杂度, 利用本发明能快速、方便、可靠地实现载波测量高精度定位, 可用于进行高精度导航定位的系统。



1. 一种无线导航系统整周数模糊度的确定方法，它采用下面的步骤：

第一步：接收信号经过接收天线（9）接收后，经过与本地载波发生器（10）产生的载波信号混频，同时利用载波跟踪技术测量出载波相位变化不足一周的小数部分  $\Delta\phi_f$ ；

第二步：再由 A/D 转换模块（11）采样，然后经过解调模块（12）解调，再经过扩频码捕获和跟踪模块（13），在扩频码捕获和跟踪模块（13）中利用扩频码捕获跟踪技术测量出扩频码的相位差  $\Delta\phi_{PN}$ （chip）；

第三步：然后经过接收基带处理模块（14）将电参量提取出来；

其特征技术还包括以下步骤：

第四步：根据在扩频码捕获和跟踪模块（13）中测量出来的本地扩频码与收到的信号的扩频码的相位差  $\Delta\phi_{PN}$ （chip），扩频码时间测量模块（15）根据式（3）：

$$\Delta\tau_{PN} = \frac{\Delta\phi_{PN}}{K} \text{ 算出信号的传播时间 } \Delta\tau_{PN}, \text{ 其中 } K \text{ 为扩频码的码率 (chip/s);}$$

第五步：在整周数计算模块（16）中利用扩频码时间测量模块（15）算出的信号传播时间  $\Delta\tau_{PN}$  和接收机中本地载波发生器（10）获得的载波相位变化不满一周的

相位差  $\Delta\phi_f$ ，在满足条件式（4）： $\frac{\Delta\phi_f}{K} < \frac{1}{f}$  时，根据式（5）：

$$\left\{ \begin{array}{l} N_0 = [\Delta\tau_{PN}f] + i \quad i = -1, 0, 1 \\ \frac{\Delta\phi_{PN} - \Delta\phi_f}{K} \leq \frac{N_0 + \Delta\phi_f}{f} \leq \frac{\Delta\phi_{PN} + \Delta\phi_f}{K} \end{array} \right. \text{ 计算出整周数 } N_0 \text{ 的值，其中 } f \text{ 为载波频率 (Hz), } \Delta\phi_f \text{ 为接收机扩频码捕获跟踪的精度 (chip).}$$

2、根据权利要求 1 所述的一种无线导航系统整周数模糊度的确定方法，其特征是所述的扩频码时间测量模块（15）和整周数计算模块（16）都可用 DSP 编程实现。

## 一种无线导航系统整周数模糊度的确定方法

### 技术领域

本发明属于使用电磁波技术进行导航和定位的领域，如在无线导航系统，它特别涉及使用载波相位测量进行高精度导航定位的系统。

### 背景技术

众所周知，在现有的导航和定位系统中，广泛采用多个发射台发射导航定位信号，接收机接收；接收机根据收到的各个发射台的导航定位信号的电参量来计算出自己的位置这一原理来定位和导航的。为了让接收机能判断出接收的信号是来自哪个发射台，发射台通常采用 CDMA 扩频技术。又由于载波频率高，波长短，为了提高导航定位的精度，常常使用载波相位测量来进行高精度导航定位。

导航定位系统是利用收到的导航定位信号的电参量（幅度、频率、相位等）与导航参量的关系来导航定位的。根据利用不同的电参量来确定导航参量，导航定位系统一般分为振幅无线电导航系统、频率无线电导航系统、时间无线电导航系统、相位无线电导航系统、复合无线电导航系统等，详细内容见：《无线电导航原理》，魏光顺、张欲敏等著，东南大学出版社，1989 年出版。

载波相位测量原理：载波相位测量是测量发射台发射的载波信号在传播路程上的相位变化值，以确定信号传播的距离。发射台  $s$  发出一个载波信号，在时刻  $t$  时其在发射台  $s$  处的相位为  $\varphi_s$ ，而此时经过距离  $r$  传播到接收机  $k$  处的信号，其相位为  $\varphi_k$ ，则由发射台  $s$  到接收机  $k$  的相位变化为  $(\varphi_k - \varphi_s)$ 。 $(\varphi_k - \varphi_s)$  包括了整周期数和不足一周的小数部分。一般为了方便计算，载波相位均以周期为单位。如果能测定  $(\varphi_k - \varphi_s)$ ，则发射台到接收机的距离  $r$  即为：

$$r = \lambda(\varphi_k - \varphi_s) = \lambda(N_0 + \Delta\varphi) \quad (1)$$

式中， $N_0$  为载波相位  $(\varphi_k - \varphi_s)$  整周期部分； $\Delta\varphi$  为不足一周的小数部分； $\lambda$  为载波的波长，为已知值。但是，实际相位测量只能测定不足一周的小数部分，而整周数  $N_0$  是不清楚的。因此存在整周数  $N_0$  模糊度的问题。

因此，只有精确的确定整周数  $N_0$  才能获得高精度的定位结果，否则，即使相位测量的观测值  $\Delta\varphi$  精度很高，也是没有意义的。因此，快速求解整周数  $N_0$  是载波相位测量的关键。常见的整周数  $N_0$  的确定方法有：

- (1) 一种简单的方法是接收机初始化后连续不断地计算完整相位循环数。这时应将所收到的信息同时进行完整相位循环计数和相位计数，完整相位循环计数计算出每隔  $2\pi$  的相位整数倍变化。这样就确定了整周数  $N_0$ 。这种方法的缺点是可靠性差，一旦丢失信号或设备临时掉电等，都将破坏完整相位循环计数的准确性，此时就不能完全消除整周数的模糊性。
- (2) 另一种方法是发射台发射辅助信号，接收机初始化后，接收导航定位信号的同时，还接收辅助信号，接收机利用辅助信号和导航信号来联合计算出整周数  $N_0$ 。这种方法增加了发射机和接收机的复杂度。

上述各种计算整周数  $N_0$  的方法详细内容见：《无线电导航原理》，魏光顺、张欲敏等著，东南大学出版社，1989年出版。这些方法各有各的缺点，方法 1 的可靠性不高，一旦丢失信号或设备临时掉电等，都将破坏完整相位循环计数的准确性，此时就不能完全消除整周数的模糊性。使用方法 2，增加了发射台和接收机的复杂度，从而增加了实现难度和系统成本。

传统的无线导航定位系统由发射台图 1 和接收机图 2 组成。发射台由编码模块 3、扩频码生成器 4、调制模块 5、D/A 转换模块 6、载波发生器 7、发射天线 8 组成，其接收机由接收天线 9、本地载波发生器 10、A/D 转换模块 11、解调模块 12、扩频码捕获和跟踪模块 13、接收基带处理模块 14 组成。其工作过程为：

发射台将需要发送的测距信息经过编码模块 3，再经过扩频码生成器 4 扩频后和调制模块 5 调制，经过 D/A 转换模块 6 后与载波发生器 7 产生的载波混频，然后经过发射天线 8 发射出去。经过在空中的传播后，接收机经过接收天线 9，将信号接收下来，经过与本地载波发生器 10 产生的载波信号混频后，再由 A/D 转换模块 11 采样，然后经过解调模块 12 解调，再经过扩频码捕获和跟踪模块 13 后，最后经过接收基带处理模块 14 将参量提取出来。

其导航定位原理是：一般一个系统内有多个位置已知的发射台，各发射台的结构都

样，不同的是各发射台的扩频码不一样。接收机将收到的信号经接收信号处理后，提取出各导航信号的电参量，然后根据这些电参量，建立导航参量方程，从而进行导航定位。详细内容见：《无线电导航原理》，魏光顺、张欲敏等著，东南大学出版社，1989年出版以及《GPS 卫星导航与精密定位》，许其凤著，解放军出版社，1989年出版。

## 发明内容

本发明的目的是提供一种无线导航系统整周数模糊度的确定方法，即采用本发明的消除整周数模糊度的方法，在一定的距离范围内，不需要增加额外的辅助信号，也不需增加系统的复杂度，根据本地接收机收到的导航定位电参量就可以可靠的消除载波相位变化的整周数模糊度。

本发明主要用在利用载波相位测量来导航定位的导航定位接收系统中消除载波相位变化的整周数模糊度。其原理框图见图 3，其组成为：具有扩频码捕获跟踪功能的传统接收机 2、扩频码时间测量模块 15、整周数计算模块 16。

本发明的工作原理：假设扩频码的码长为  $N_c(\text{chip})$ ，扩频码的码率为  $K(\text{chip/s})$ ，载波频率为  $f(\text{Hz})$ ，电磁波传播速度为  $C$ ，接收机扩频码捕获跟踪的精度为  $\Delta\phi(\text{chip})$ ，本地接收机捕获跟踪到的扩频码相位差为  $\Delta\phi_{PN}(\text{chip})$ ， $\Delta\phi_f$  为接收机测量出来的不足一周的载波相位。那么传播一个完整的扩频码所需的距离为  $R$ ：

$$R = \frac{N_c C}{K} \quad (2)$$

如果所测距离  $r$  小于  $R$ ，那么根据捕获跟踪到的扩频相位计算出的信号传播时间为  $\Delta\tau_{PN}$ ：

$$\Delta\tau_{PN} = \frac{\Delta\phi_{PN}}{K} \quad (3)$$

当

$$\frac{\Delta\phi_f}{K} < \frac{1}{f} \quad (4)$$

载波相位变化的整周数  $N_0$  为：

$$\begin{cases} N_0 = [\Delta\tau_{PN} f] + i & i = -1, 0, 1 \\ \frac{\Delta\phi_{PN} - \Delta\phi_f}{K} \leq \frac{N_0 + \Delta\phi_f}{f} \leq \frac{\Delta\phi_{PN} + \Delta\phi_f}{K} \end{cases} \quad (5)$$

其中 $[•]$ 表示取不大于该数的最大整数。

当用差分法定位时，所测距离 $r$ 表示两个发射台到接收台的距离差， $\Delta\phi_{PN}$ 表示接收台测得的两个发射台的扩频信号到达接收台的扩频码相位变化的差， $N_0$ 表示两个发射台到接收机的载波相位变化的整周数的差。

本发明提供的一种无线导航系统整周数模糊度的确定方法，它采用下面的步骤：

第一步：接收信号经过接收天线9接收后，经过与本地载波发生器10产生的载波信号混频，同时利用载波跟踪技术测量出载波相位变化不足一周的小数部分 $\Delta\phi_f$ ；

第二步：再由A/D转换模块11采样，然后经过解调模块12解调，再经过扩频码捕获和跟踪模块13，在扩频码捕获和跟踪模块13中利用扩频码捕获跟踪技术测量出扩频码的相位差 $\Delta\phi_{PN}(chip)$ ；

第三步：然后经过接收基带处理模块14将电参量提取出来；

其特征技术还包括以下步骤：

第四步：根据在扩频码捕获和跟踪模块13中测量出来的本地扩频码与收到的信号的扩频码的相位差 $\Delta\phi_{PN}(chip)$ ，扩频码时间测量模块15根据式(3)： $\Delta\tau_{PN} = \frac{\Delta\phi_{PN}}{K}$ 算出信号的传播时间 $\Delta\tau_{PN}$ ；

第五步：在整周数计算模块16中利用扩频码时间测量模块15算出的信号传播时间 $\Delta\tau_{PN}$ 和接收机中本地载波发生器10获得的载波相位变化不满一周的相位差 $\Delta\phi_f$ ，在满足条件式(4)： $\frac{\Delta\phi_f}{K} < \frac{1}{f}$ 时，根据式(5)：

$$\left\{ \begin{array}{l} N_0 = [\Delta\tau_{PN}f] + i \quad i = -1, 0, 1 \\ \frac{\Delta\phi_{PN} - \Delta\phi_f}{K} \leq \frac{N_0 + \Delta\phi_f}{f} \leq \frac{\Delta\phi_{PN} + \Delta\phi_f}{K} \end{array} \right. \text{计算出整周数 } N_0 \text{ 的值。}$$

经过以上步骤，就可以得到载波相位变化的整周数 $N_0$ 。

需要说明的是，公式(5)可以通过编程求解。

本发明的创新为：与传统的消除整周数模糊度的方法比，本发明提供了一种新的消除整载波相位变化的整周数模糊度的方法。在一定的距离范围内，不需要增加额外的辅助信号，也不需增加系统的复杂度，利用本地接收机扩频码的相位捕获和跟踪的结果与接收机

获得的不满一周的载波相位变化的值，根据扩频码传播距离和载波传播距离的关系，就能得到可靠的载波相位变化的整周数模糊度。

综上所述，利用本发明的方法，不需要增加额外的辅助信号，也不需增加系统的复杂度，根据本地接收机扩频码的相位捕获跟踪的结果和接收机获得的不满一周的载波相位变化，在扩频码跟踪精度满足式(4)的条件下，根据扩频码传播距离和载波传播距离的关系，就能消除载波相位变化的整周数模糊度。利用本发明能快速、方便、可靠地实现载波测量高精度定位，可用于进行高精度导航定位的系统。

#### 附图说明

图1是传统的导航定位系统的发射机

其中3是编码模块；4是扩频码发生器；5是调制模块；6是D/A转换模块；7是载波发生器；8是发送天线；

图2是传统的导航定位系统的接收机

其中9是接收天线；10是本地载波发生器；11是A/D转换模块；12是解调模块；13是扩频码捕获和跟踪模块；14是接收基带处理模块；

图3是本发明方法的工作原理框图

图中的接收机2就是图2所示的接收机；15是扩频码时间测量模块；16是整周数计算模块；

图4是本发明方法的流程图。

#### 具体实施方式

假设扩频码的码长为 $N_c(chip) = 8191$ ，扩频码的码率为 $K = 25(kchip/s)$ ，载波频率为 $f = 2(MHz)$ ，电磁波传播速度为 $C = 3 \times 10^8(m/s)$ ，接收机捕获跟踪扩频码的精度为 $\Delta\phi_i = 0.01(chip)$ ，此时式(4)成立。则传播一个完整的扩频码所需的距离为 $R = \frac{N_c C}{K} = 98292(km)$ ，现在假设所测量的距离 $r$ 小于98292(km)。发射台经过扩频调制后，将测量所需要的信号发射出来，经过一定距离的传播后，确定整周数 $N_0$ 的步骤如下：

第一步：接收信号经过接收天线9接收后，经过与本地载波发生器10产生的载波信号混频，同时利用载波跟踪技术测量出载波相位变化不足一周的小数部分

$$\Delta\phi_f = 0.1;$$

第二步：再由 A/D 转换模块 11 采样，然后经过解调 12 解调，再经过扩频码捕获和跟踪 13，在扩频码捕获和跟踪 13 中利用扩频码捕获跟踪技术测量出扩频码的相位差  $\Delta\phi_{PN} = 100(chip)$ ；

第三步：然后经过接收基带处理 14 将电参量提取出来；

第四步：根据在扩频码捕获和跟踪 13 中测量出来的本地扩频码与收到的信号的扩频码的相位差  $\Delta\phi_{PN} = 100(chip)$ ，扩频码时间测量模块 15 根据式（3）算出信号的传播时间  $\Delta\tau_{PN} = 4(ms)$ ；

第五步：在整周数计算 16 中根据扩频码时间测量 15 算出的信号传播时间  $\Delta\tau_{PN}$  和接收机获得的载波相位变化不满一周的相位差  $\Delta\phi_f$ ，根据式（5）计算出整周数  $N_0 = 8000$ 。

以上的发射台和接收机都是传统的，扩频码时间测量模块 15 和整周数计算模块 16 都可用 DSP(Digital Signal Processing)编程实现。

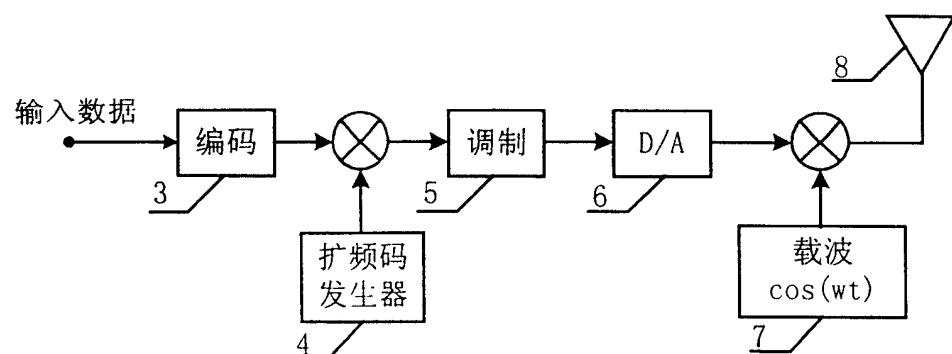


图 1

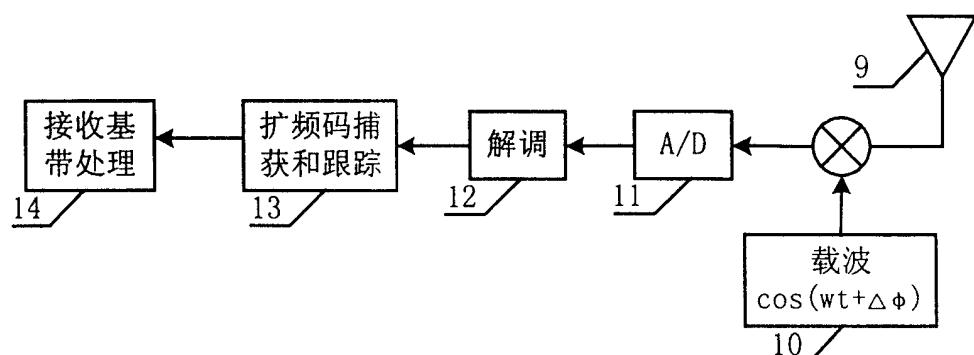


图 2

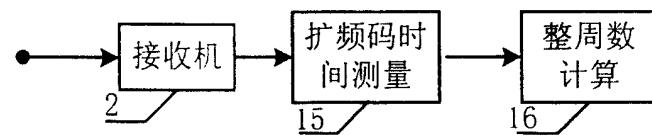


图 3

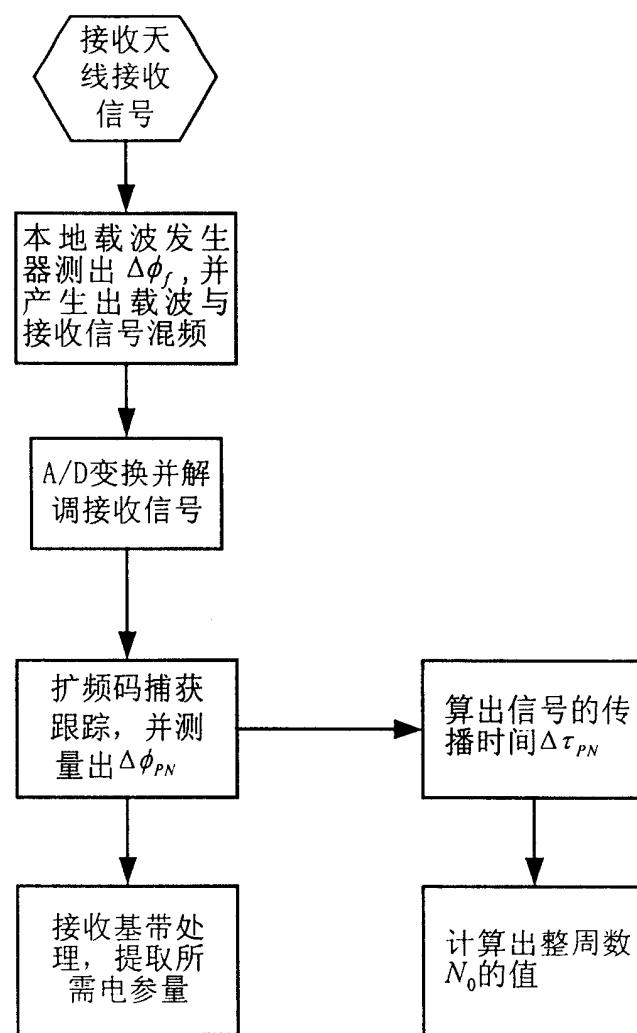


图 4