



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104793227 B

(45)授权公告日 2019.06.28

(21)申请号 201410027297.0

审查员 白璇

(22)申请日 2014.01.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104793227 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(73)专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72)发明人 陈武

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(51)Int.Cl.

G01S 19/46(2010.01)

G01S 19/40(2010.01)

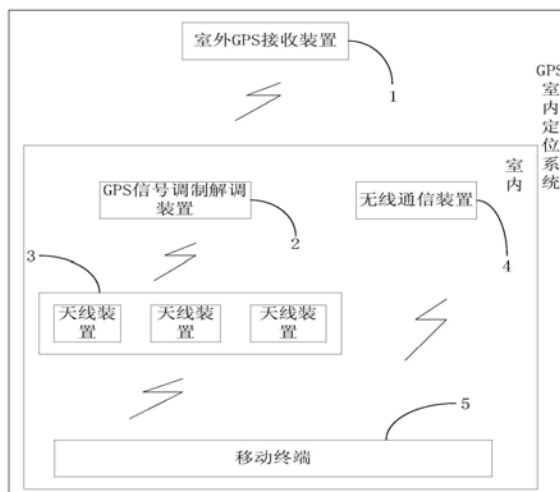
权利要求书4页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

GPS室内定位系统和基于GPS室内定位系统的室内定位方法

(57)摘要

本发明公开了一种GPS室内定位系统和基于GPS室内定位系统的室内定位方法。所述系统包括室外GPS接收装置(1)、GPS信号调制解调装置(2)、无线通信装置(4)、多个天线装置(3)、移动终端(5)。所述室外GPS接收装置(1)用于接收室外GPS信号,测量室外伪距观测量d、卫星位置数据S。所述GPS信号调制解调装置(2)用于对该GPS信号进行解调及调制,得到多个GPS射频信号。所述多个天线装置(3)分别用于接收及转发与之对应的GPS射频信号。所述移动终端(5)用于接收GPS射频信号以测量室内伪距观测量D,以及用于接收室外伪距观测量d、卫星的位置数据S、多个天线装置(3)的位置数据K,并结合上述室内伪距观测量D计算定位数据,以实现室内定位。



1. 一种基于GPS室内定位系统的室内定位方法,其特征在于,包括如下步骤:

S0) 设置用于接收、及发送指定的GPS射频信号的多个天线装置(3);

S1) 接收室外GPS信号,将该室外GPS信号经解调及调制所得到的GPS射频信号通过室内的多个天线装置(3)转发到室内的移动终端(5);

S2) 将由室外GPS信号得到的室外伪距观测量 $d$ 、卫星位置数据 $S$ ,以及室内天线装置(3)的位置数据 $K$ 通过无线通信装置(4)发送至移动终端(5),移动终端(5)根据所述GPS射频信号、并结合所述室外伪距观测量 $d$ 、卫星位置数据 $S$ 、以及所述室内天线装置(3)的位置数据 $K$ 计算定位数据;

所述步骤S1具体包括如下步骤:

S11') 通过室外GPS接收装置(1)接收来自多颗卫星的室外GPS信号,并将所述室外GPS信号发送到室内的GPS信号调制解调装置(2);

S12') 通过所述GPS信号调制解调装置(2)将所述多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个用于对上述GPS信号进行识别的PRN码、以及与该多个PRN码一一对应的多组导航电文的数字信号;

S13') 通过所述GPS信号调制解调装置(2)对所述数字信号进行调制,得到多个包含PRN码以及与该PRN码对应的导航电文的GPS射频信号;

S14') 通过室内的多个天线装置(3)分别接收与之对应的GPS射频信号,并将接收到的GPS射频信号转发到室内的移动终端(5);

所述步骤S11'还包括:将接收到的多个GPS信号进行解调处理,得到与所述多个GPS信号一一对应的多组导航电文,根据所述多组导航电文计算室外伪距观测量 $d$ 、以及与所述多个GPS信号对应的多颗卫星在太空的位置坐标 $S$ ,将所述室外伪距观测量 $d$ 、以及卫星的位置坐标 $S$ 发送到室内的无线通信装置(4),以进一步通过所述无线通信装置(4)将所述室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置坐标 $S$ 、及其存储的多个天线装置(3)的位置数据 $K$ 转发到室内的移动终端(5);

所述步骤S2具体包括如下步骤:

S21') 通过所述移动终端(5)接收由所述多个天线装置(3)转发的GPS射频信号、对所述GPS射频信号进行解调处理以测量室内伪距观测量 $D$ ;

S22') 由移动终端(5)根据所述室内伪距观测量 $D$ 、以及接收由所述室外GPS接收装置(1)经所述无线通信装置(4)转发的室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置数据 $S$ 、多个天线装置(3)的位置数据 $K$ ,计算移动终端(5)的定位数据,并显示所述定位数据;

所述步骤S21'还包括:通过所述移动终端(5)对所述多个GPS射频信号进行解调处理,得到多组导航电文,根据所述多组导航电文来计算所述室内伪距观测量 $D$ ;

所述步骤S22'中所述移动终端(5)通过定位公式计算所述定位数据,所述定位数据可根据移动终端(5)的GPS模块(8)的不同输出方式进行计算;

如移动终端(5)的GPS模块(8)的输出方式为室内伪距观测量 $D$ 输出,则所述定位公式如下所示:

$$X = (B^T B)^{-1} B^T L;$$

其中, $X$ 为移动终端(5)的定位数据;

$$L = (D - d);$$

$$D=(D_1,D_2,\dots,D_n)^T;$$

$$d=(d_1,d_2,\dots,d_n)^T;$$

B为由室内的多个天线装置(3)的位置数据K决定的系数矩阵;

D表示每一颗卫星与移动终端(5)之间的室内伪距观测量;

d表示每一颗卫星与室外GPS接收装置(1)之间的室外伪距观测量;

T表示矩阵转置, $^{-1}$ 表示矩阵求逆;

或者,移动终端(5)GPS模块输出基于室内伪距观测量D计算的位置结果 $X_r$ ;

则所述定位公式如下所示:

$$X_r=(A^T A)^{-1} A^T D;$$

室外位置的影响改正如下:

$$X_m=X_r-(A^T A)^{-1} A^T d;$$

移动终端(5)的定位数据为:

$$X=(C^T C)^{-1} C^T L;$$

其中,X为移动终端(5)的定位数据;

$$L=(A^T A) X_m;$$

$$C=A^T B;$$

$$D=(D_1,D_2,\dots,D_n)^T;$$

$$d=(d_1,d_2,\dots,d_n)^T;$$

A为由GPS卫星位置数据S决定的系数矩阵;

B为由室内的多个天线装置(3)的位置数据K决定的系数矩阵;

D表示每一颗卫星与移动终端(5)之间的室内伪距观测量;

d表示每一颗卫星与室外GPS接收装置(1)之间的室外伪距观测量;

T表示矩阵转置, $^{-1}$ 表示矩阵求逆。

2.一种GPS室内定位系统,其特征在于,包括室外GPS接收装置(1)、GPS信号调制解调装置(2)、多个天线装置(3)、无线通信装置(4)以及移动终端(5);

所述室外GPS接收装置(1)用于接收来自多颗卫星的室外GPS信号,并将所述室外GPS信号发送到所述GPS信号调制解调装置(2);

所述GPS信号调制解调装置(2)用于将所述多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个用于对上述GPS信号进行识别的PRN码、以及与该多个PRN码一一对应的多组导航电文的数字信号;

所述GPS信号调制解调装置(2)还用于对所述数字信号进行调制,得到多个包含PRN码以及与该PRN码对应的导航电文的GPS射频信号;

所述多个天线装置(3)用于分别接收与之对应的GPS射频信号,并将接收到的GPS射频信号转发到所述移动终端(5);

所述无线通信装置(4)用于存储所述多个天线装置(3)的位置数据K,以及接收所述室外GPS接收装置(1)的室外伪距观测量d、卫星位置数据S,并将所述室外伪距观测量d、所述卫星位置数据S、以及所述多个天线装置(3)的位置数据K转发到所述移动终端(5);

所述移动终端(5)用于根据接收到的GPS射频信号,以及室外伪距观测量d、卫星位置数据S和多个天线装置(3)的位置数据K计算定位数据,并显示所述定位数据;

所述室外GPS信号接收装置(1)还用于将接收到的多个室外GPS信号进行解调处理,得到与所述多个室外GPS信号一一对应的多组导航电文,根据所述多组导航电文计算室外伪距观测量 $d$ 、以及与所述多个室外GPS信号对应的多颗卫星在太空的位置坐标 $S$ ,将所述室外伪距观测量 $d$ 、以及卫星的位置坐标 $S$ 发送到所述无线通信装置(4);

所述移动终端(5)还用于对所述多个GPS射频信号进行解调处理,得到多组导航电文,根据所述多组导航电文计算室内伪距观测量 $D$ ;

所述移动终端(5)还包括用于接收由所述多个天线装置(3)转发的多个GPS射频信号的GPS模块(8)、用于接收所述室外伪距观测量 $d$ 、所述卫星位置数据 $S$ 、所述多个天线装置(3)的位置数据 $K$ 的无线信号接收模块(11)、与所述GPS模块(8)电连接,用于将所述GPS模块(8)接收到的GPS射频信号转换为数字信号的模数转换模块(9)、用于根据所述模数转换模块(9)转换的数字信号中的多组导航电文计算室内伪距观测量 $D$ ,并结合所述无线信号接收模块(11)接收到的室外伪距观测量 $d$ 、卫星位置坐标 $S$ 、及所述多个天线装置(3)的位置数据 $K$ ,通过预设的定位公式计算定位数据的CPU(10);

所述定位公式由移动终端(5)的GPS模块(8)的输出方式决定:

如移动终端(5)GPS模块的输出方式为室内伪距观测量 $D$ 输出,则所述定位公式如下所示:

$$X = (B^T B)^{-1} B^T L$$

其中, $X$ 为移动终端(5)的定位数据;

$$L = (D - d);$$

$$D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T;$$

$$d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T;$$

$B$ 为由室内的多个天线装置(3)的位置数据 $K$ 决定的系数矩阵;

$D$ 表示每一颗卫星与移动终端(5)之间的室内伪距观测量;

$d$ 表示每一颗卫星与室外GPS接收装置(1)之间的室外伪距观测量;

$T$ 表示矩阵转置, $^{-1}$ 表示矩阵求逆;

或者,移动终端(5)GPS模块输出基于室内伪距观测量 $D$ 计算的位置结果 $X_r$ ;

则所述定位公式如下所示:

$$X_r = (A^T A)^{-1} A^T D;$$

室外位置的影响改正如下:

$$X_m = X_r - (A^T A)^{-1} A^T d;$$

移动终端(5)的定位数据为:

$$X = (C^T C)^{-1} C^T L;$$

其中, $X$ 为移动终端(5)的定位数据;

$$L = (A^T A) X_m;$$

$$C = A^T B;$$

$$D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T;$$

$$d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T;$$

$A$ 为由GPS卫星位置数据 $S$ 决定的系数矩阵;

$B$ 为由室内的多个天线装置(3)的位置数据 $K$ 决定的系数矩阵;

D表示每一颗卫星与移动终端(5)之间的室内伪距观测量；  
d表示每一颗卫星与室外GPS接收装置(1)之间的室外伪距观测量；  
T表示矩阵转置， $^{-1}$ 表示矩阵求逆。

## GPS室内定位系统和基于GPS室内定位系统的室内定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及定位技术领域,更具体地说,涉及一种GPS室内定位系统以及基于该GPS室内定位系统的室内定位方法。

### 背景技术

[0002] 目前,GPS室内定位技术主要包括以下三种技术方案。一、GPS信号转发方案。该技术方案是通过室外的GPS模块接收GPS信号,并直接将接收到的GPS信号转发到室内GPS模块,以通过室内的GPS模块获取定位数据。上述GPS信号转发方案的缺陷在于:室内的GPS模块通过转发的GPS信号计算出的定位数据与室外GPS模块的位置数据相同,该方案的定位精度差,不能满足用户的高定位精度的要求。二、在室内应用高灵敏度GPS模块的技术方案。该技术方案是通过室内的高灵敏度GPS模块接收低信噪比的GPS反射信号,通过该GPS反射信号计算位置数据以实现定位。该方案的缺陷在于:由于高灵敏度GPS模块接收到的GPS信号为低信噪比的GPS反射信号,该高灵敏度GPS模块的定位精度远低于室外GPS模块的定位精度,无法满足用户的高定位精度的需求。三、伪卫星技术方案。该技术方案是通过多个伪卫星信号发生源在地面发射与GPS信号相似的无线电信号,并通过GPS模块接收该无线电信号,以实现定位。该方案的缺陷在于:所有伪卫星信号源必保持高精度时间同步;部分GPS模块不能接收到伪卫星信号发生源发射的无线电信号;该方案不适用于手机。

[0003] 因此,如何开发一款可实现室内定位,并可达到较高的定位精度的方法和系统已成为亟待解决的问题。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种可实现室内定位,并可达到较高的定位精度的GPS室内定位系统以及基于该GPS室内定位系统的室内定位方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种基于GPS室内定位系统的室内定位方法,包括如下步骤:

[0006] S1)接收室外GPS信号,将该室外GPS信号经解调及调制所得到的GPS射频信号通过室内的多个天线装置转发到室内的移动终端;

[0007] S2)将由室外GPS信号得到的室外伪距观测量D、卫星位置数据S,以及室内天线装置的位置数据K通过无线通信装置发送至移动终端,移动终端根据所述GPS射频信号、并结合所述室外伪距观测量D、卫星位置数据S、以及所述室内天线装置的位置数据K计算定位数据。

[0008] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,所述方法还包括如下步骤:

[0009] S0)设置用于接收、及发送指定的GPS射频信号的多个天线装置。

[0010] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,所述步骤S1具体包括如

下步骤：

[0011] S11')通过室外GPS接收装置接收来自多颗卫星的室外GPS信号,并将所述室外GPS信号发送到室内的GPS信号调制解调装置；

[0012] S12')通过所述GPS信号调制解调装置将所述多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个用于对上述GPS信号进行识别的PRN码、以及与该多个PRN码一一对应的多组导航电文的数字信号；

[0013] S13')通过所述GPS信号调制解调装置对所述数字信号进行调制,得到多个包含PRN码以及与该PRN码对应的导航电文的GPS射频信号；

[0014] S14')通过室内的多个天线装置分别接收与之对应的GPS射频信号,并将接收到的GPS射频信号转发到室内的移动终端。

[0015] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,所述步骤S2具体包括如下步骤：

[0016] S21')通过所述移动终端接收由所述多个天线装置转发的GPS射频信号、以及接收由所述室外GPS接收装置经所述无线通信装置转发的室外伪距观测量d、卫星的位置数据S、多个天线装置的位置数据K,对所述GPS射频信号进行解调处理以计算室内伪距观测量D；

[0017] S22')由移动终端根据所述室内伪距观测量D、所述室外伪距观测量d、卫星的位置数据S、以及所述多个天线装置的位置数据K计算定位数据,并显示所述定位数据。

[0018] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,所述步骤S11'还包括:将接收到的多个GPS信号进行解调处理,得到与所述多个GPS信号一一对应的多组导航电文,根据所述多组导航电文计算室外伪距观测量d、以及与所述多个GPS信号对应的多颗卫星在太空的位置坐标S,将所述室外伪距观测量d、以及卫星的位置坐标S发送到室内的无线通信装置,以进一步通过所述无线通信装置将所述室外伪距观测量d、卫星的位置坐标S、及其存储的多个天线装置的位置数据K转发到室内的移动终端。

[0019] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,所述步骤S21'还包括:通过所述移动终端对所述多个GPS射频信号进行解调处理,得到多组导航电文,根据所述多组导航电文来计算所述室内伪距观测量D。

[0020] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,所述步骤S22'中所述移动终端通过定位公式计算所述定位数据,移动终端位置定位数据可根据移动终端GPS模块的不同输出方式进行计算；

[0021] 如移动终端GPS模块的输出方式为室内伪距观测量d输出,则所述定位公式如下所示：

$$[0022] \quad X = (B^T B)^{-1} B^T L;$$

[0023] 其中,X为移动终端的定位数据；

$$[0024] \quad L = (D - d);$$

$$[0025] \quad D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T;$$

$$[0026] \quad d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T;$$

[0027] B为由室内的多个天线装置的位置数据K决定的系数矩阵；

[0028] D表示每一颗卫星与移动终端之间的室内伪距观测量；

[0029] d表示每一颗卫星与室外GPS接收装置之间的室外伪距观测量；

- [0030] T表示矩阵转置,<sup>-1</sup>表示矩阵求逆;
- [0031] 或者,移动终端GPS模块输出基于伪距观测量D计算的位置结果 $X_r$ ;
- [0032] 则所述定位公式如下所示:
- [0033]  $X_r = (A^T A)^{-1} A^T D$ ;
- [0034] 室外位置的影响改正如下:
- [0035]  $X_m = X_r - (A^T A)^{-1} A^T d$ ;
- [0036] 移动终端的定位数据为;
- [0037]  $X = (C^T C)^{-1} C^T L$ ;
- [0038] 其中,X为移动终端的定位数据;
- [0039]  $L = (A^T A) X_m$ ;
- [0040]  $C = A^T B$ ;
- [0041]  $D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T$ ;
- [0042]  $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T$ ;
- [0043] A为由GPS卫星位置数据S决定的系数矩阵;
- [0044] B为由室内的多个天线装置的位置数据K决定的系数矩阵;
- [0045] D表示每一颗卫星与移动终端之间的室内伪距观测量;
- [0046] d表示每一颗卫星与室外GPS接收装置之间的室外伪距观测量;
- [0047] T表示矩阵转置,<sup>-1</sup>表示矩阵求逆。
- [0048] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,在所述步骤S0之前还包括对GPS室内定位系统进行校正的步骤,所述校正步骤分为如下两种校正方法:
- [0049] 校正方法一:安装校正
- [0050] S001)将多个天线装置放置于室内的同一位置;
- [0051] S002)通过室外GPS接收装置接收来自多颗卫星的多个GPS信号,并测量与所述多个GPS信号对应的室外伪距观测量d,将所述室外伪距观测量d发送到无线通信装置;
- [0052] S003)通过指定的室内GPS接收装置接收由所述GPS信号调制解调装置进行调制,且由室内的多个天线装置转发的多个GPS射频信号,测量与所述多个GPS射频信号对应的室内伪距观测量D;
- [0053] S004)通过所述第一GPS接收装置接收由所述无线通信装置提供的室外伪距观测量d,计算所述室内伪距观测量D与所述室外伪距观测量d之间的差值 $\Delta d_1$ ,将该 $\Delta d_1$ 作为上述多个GPS信号中的每一个GPS信号通过GPS信号传输通道到达室外GPS接收装置及该GPS信号通过GPS信号传输通道达到指定的天线装置的通道时延的校正值,并通过所述无线通信装置将该校正值 $\Delta d_1$ 发送到室内的移动终端;
- [0054] 校正方法二:实时校正
- [0055] S001')将一GPS模块放置在室内一已知点(位置坐标已知,P),通过GPS模块测量该已知点的伪距观测量 $D_0$ ,该已知点的伪距观测量 $D_0 = (D_{01}, D_{02}, \dots, D_{0n})^T$ ;
- [0056] S002')根据室内天线坐标位置数据K与已知点坐标P,计算该已知点到各个室内天线的距离R,该已知点到各个室内天线的距离 $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)^T$ ;
- [0057] S003')计算伪距观测量 $D_0$ 与距离R的平均值M:



[0058] 
$$M = \left( \sum_{i=1}^n (D_{0i} - r_i) \right) / n ;$$

[0059] 每个通道的校正值为：

[0060]  $\Delta d_2 = D_0 - R - M;$

[0061] S004') 将该 $\Delta d_2$ 作为上述多个GPS信号中的每一个GPS信号通过GPS信号传输通道到达室外GPS接收装置及该GPS信号通过GPS信号传输通道达到指定的天线装置的通道时延的校正值,并通过所述无线通信装置将该校正值 $\Delta d_2$ 发送到室内的移动终端。

[0062] 在本发明上述基于GPS室内定位系统的室内定位方法中,在所述步骤S22'之后还包括如下步骤:

[0063] S23') 移动终端根据所述校正值 $\Delta d_1$ 对定位数据进行校正,并将该校正的定位数据进行显示。

[0064] 本发明还构造一种GPS室内定位系统,包括室外GPS接收装置、GPS信号调制解调装置、多个天线装置、无线通信装置以及移动终端;

[0065] 所述室外GPS接收装置用于接收来自多颗卫星的室外GPS信号,并将所述室外GPS信号发送到所述GPS信号调制解调装置;

[0066] 所述GPS信号调制解调装置用于将所述多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个用于对上述GPS信号进行识别的PRN码、以及与该多个PRN码一一对应的多组导航电文的数字信号;

[0067] 所述GPS信号调制解调装置还用于对所述数字信号进行调制,得到多个包含PRN码以及与该PRN码对应的导航电文的GPS射频信号;

[0068] 所述多个天线装置用于分别接收与之对应的GPS射频信号,并将接收到的GPS射频信号转发到所述移动终端;

[0069] 所述无线通信装置用于存储所述多个天线装置的位置数据K,以及接收所述室外GPS接收装置的室外伪距观测量D、卫星位置数据S,并将所述室外伪距观测量D、所述卫星位置数据S、以及所述多个天线装置的位置数据K转发到所述移动终端;

[0070] 所述移动终端用于根据接收到的GPS射频信号,以及室外伪距观测量D、卫星位置数据S和多个天线装置的位置数据K计算定位数据,并显示所述定位数据。

[0071] 在本发明上述GPS定位系统中,所述室外GPS信号接收装置还用于将接收到的多个室外GPS信号进行解调处理,得到与所述多个室外GPS信号一一对应的多组导航电文,根据所述多组导航电文计算室外伪距观测量d、以及与所述多个室外GPS信号对应的多颗卫星在太空的位置坐标S,将所述室外伪距观测量d、以及卫星的位置坐标S发送到所述无线通信装置;

[0072] 所述移动终端还用于对所述多个GPS射频信号进行解调处理,得到多组导航电文,根据所述多组导航电文计算所述室内伪距观测量D。

[0073] 在本发明上述GPS定位系统中,所述移动终端还包括用于接收由所述多个天线装置转发的多个GPS射频信号的GPS模块、用于接收所述室外伪距观测量d、所述卫星位置数据S、所述多个天线装置的位置数据K的无线信号接收模块、与所述GPS模块电连接,用于将所述GPS模块接收到的GPS射频信号转换为数字信号的模数转换模块、用于根据所述模数转换模块转换的数字信号中的多组导航电文计算室内伪距观测量D,并结合所述无线信号接收

模块接收到的室外伪距观测量 $d$ 、卫星位置坐标 $S$ 、及所述多个天线装置的位置数据 $K$ ，通过预设的定位公式计算定位数据的CPU；

[0074] 所述定位公式由移动终端GPS模块的输出方式决定；

[0075] 如移动终端GPS模块的输出方式为室内伪距观测量 $d$ 输出，则所述定位公式如下所示：

$$[0076] \quad X = (B^T B)^{-1} B^T L$$

[0077] 其中， $X$ 为移动终端的定位数据；

$$[0078] \quad L = (D - d) ;$$

$$[0079] \quad D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T ;$$

$$[0080] \quad d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T ;$$

[0081]  $B$ 为由室内的多个天线装置的位置数据 $K$ 决定的系数矩阵；

[0082]  $D$ 表示每一颗卫星与移动终端之间的室内伪距观测量；

[0083]  $d$ 表示每一颗卫星与室外GPS接收装置之间的室外伪距观测量；

[0084]  $T$ 表示矩阵转置， $^{-1}$ 表示矩阵求逆；

[0085] 或者，移动终端GPS模块输出基于伪距观测量 $D$ 计算的位置结果 $X_r$ ；

[0086] 则所述定位公式如下所示：

$$[0087] \quad X_r = (A^T A)^{-1} A^T D ;$$

[0088] 室外位置的影响改正如下：

$$[0089] \quad X_m = X_r - (A^T A)^{-1} A^T d ;$$

[0090] 移动终端的定位数据为；

$$[0091] \quad X = (C^T C)^{-1} C^T L ;$$

[0092] 其中， $X$ 为移动终端的定位数据；

$$[0093] \quad L = (A^T A) X_m ;$$

$$[0094] \quad C = A^T B ;$$

$$[0095] \quad D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T ;$$

$$[0096] \quad d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T ;$$

[0097]  $A$ 为由GPS卫星位置数据 $S$ 决定的系数矩阵；

[0098]  $B$ 为由室内的多个天线装置的位置数据 $K$ 决定的系数矩阵；

[0099]  $D$ 表示每一颗卫星与移动终端之间的室内伪距观测量；

[0100]  $d$ 表示每一颗卫星与室外GPS接收装置之间的室外伪距观测量；

[0101]  $T$ 表示矩阵转置， $^{-1}$ 表示矩阵求逆。

[0102] 在本发明上述GPS定位系统中，所述移动终端还包括显示模块，所述移动终端还用于通过所述信号接收模块接收用于对GPS定位系统进行校正的校正值 $\Delta d_1$ ，使所述CPU依该校正值 $\Delta d_1$ 对定位数据进行校正，并通过所述显示模块来显示该校正的定位数据。

[0103] 实施本发明GPS室内定位系统和基于GPS室内定位系统的室内定位方法，具有以下有益效果：

[0104] (1) 当用户处于无GPS信号或GPS信号较弱的室内环境时，用户仍可在移动终端上运行各种地图应用程序。移动终端运行地图程序时，可通过GPS模块实时接收由室内的多个天线装置转发的GPS射频信号，将该GPS射频信号转换为数字信号，根据该数字信号中的导

航电文计算位置数据,并在电子地图上显示该位置数据,以此来为用户提供定位服务及导航服务。故在本发明系统的辅助下,即使用户身处无GPS信号的室内环境,用户也能通过移动终端获取到定位服务及导航服务;

[0105] (2)在本发明GPS室内定位系统中,用户可预先将室内的多个天线装置放置于同一位置,并设置一个用于接收GPS射频信号的室内GPS信号接收装置。本发明系统可通过室外的GPS信号接收装置接收多个GPS信号并计算室外伪距观测量 $d$ ,通过该指定的室内GPS信号接收装置接收由多个天线装置转发的GPS射频信号,计算室内伪距观测量 $D$ ,得到室内伪距观测量 $D$ 与室外伪距观测量 $d$ 的差值 $\Delta d1$ (即 $\Delta d1=D-d$ ),并将该 $\Delta d1$ 作为上述多个GPS信号中的每一个GPS信号通过GPS信号传输通道到达室外GPS信号接收装置及该GPS信号通过GPS信号传输通道到达指定的天线装置的通道时延的校正值,通过无线通信装置将该校正值 $\Delta d1$ 发送到室内的移动终端。移动终端根据该校正值 $\Delta d1$ 对定位数据进行校正得到校正后的位置数据,并显示该修正的位置数据。本发明通过GPS室内定位系统的校正操作,提高了GPS室内定位系统的室内定位精度,使得本发明GPS室内定位系统可为室内用户提供精准的定位服务及地图导航服务。

### 附图说明

[0106] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0107] 图1是本发明较佳实施例提供的GPS室内定位系统的结构框图;

[0108] 图2是图1所示的GPS室内定位系统的GPS信号调制解调装置的结构框图;

[0109] 图3是图1所示的GPS室内定位系统的移动终端的结构框图;

[0110] 图4是本发明较佳实施方式提供的基于GPS室内定位系统的室内定位方法的流程图;

[0111] 图5是本发明较佳实施方式提供的用于对GPS室内定位系统进行校正的方法流程图。

### 具体实施方式

[0112] 为了解决现有技术中存在的GPS信号转发方案导致室内定位数据与实际位置发生偏离、高灵敏度GPS模块方案导致室内定位精度低、伪卫星技术方案带来的高标准的操作要求及硬件支持不足的缺陷,本发明的创新点在于:a、在室内设置用于对室外GPS信号的接收位置信号进行解调及调制的GPS信号调制解调装置2;b、在室内设置多个用于将指定的GPS射频信号转发到移动终端5的天线装置3;c、在室内设置用于接收室外GPS接收装置1的各种计算数据,并将该计算数据转发到移动终端5的无线通信装置4。

[0113] 由于本发明采用了在室内设置GPS信号调制解调装置2、多个天线装置3以及无线通信装置4的设计,所以解决了现有技术中室内的GPS接收装置无法通过获取稳定的GPS信号为用户提供定位服务的技术问题,实现了通过室外GPS接收装置1获取室外GPS信号,计算室外伪距观测量 $d$ 、及卫星的位置数据 $S$ ,通过室内的移动终端5接收由GPS信号调制解调装置2进行调制,并由多个天线装置3转发的GPS射频信号,以及接收室外伪距观测量 $d$ 、及卫星的位置数据 $S$ ,根据该GPS射频信号计算室内伪距观测量 $D$ ,以通过获取到的上述数据来实现室内定位的目的。

[0114] 为了使本发明的目的更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0115] 如图1所示,本发明GPS室内定位系统包括室外GPS接收装置1、以及位于室内的GPS信号调制解调装置2、多个天线装置3、无线通信装置4、以及移动终端5。该室内GPS接收装置与GPS信号调制解调装置2及无线通信装置4建立无线通信,该GPS信号调制解调装置2与多个天线装置3建立无线通信,且该多个天线装置3以及无线通信装置4分别与移动终端5建立无线通信。

[0116] 室外GPS接收装置1用于接收来自多颗卫星的多个GPS信号,根据接收到的GPS信号计算室外伪距观测量 $d$ 、及上述多颗卫星在太空中的位置数据 $S$ ,将所得室外伪距观测量 $d$ ,以及卫星在太空中的位置坐标 $S$ 发送到无线通信装置4。该室外GPS接收装置1还用于将该多个GPS信号发送到室内的GPS调制解调装置。

[0117] 该GPS调制解调装置用于接收上述多个GPS信号,将该多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个用于对GPS信号进行识别的PRN码以及与该多个PRN码一一对应的多组导航电文的数字信号。该GPS调制解调装置还用于对该数字信号进行调制,得到多个GPS射频信号。每一个GPS射频信号均包含一个PRN码以及与该PRN码对应的一组导航电文。

[0118] 天线装置3与卫星一一对应。每一个天线装置3仅用于接收由指定的卫星发射的GPS信号,即与该卫星发射的GPS信号对应的GPS射频信号。该多个天线装置3分别用于接收与之对应的GPS射频信号,并将接收到的GPS射频信号转发到室内的移动终端5。

[0119] 移动终端5用于接收上述的多个GPS射频信号,并根据该多个GPS射频信号来计算室内伪距观测量 $D$ ,以及用于接收由无线通信装置4转发的室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置数据 $S$ 、多个天线装置3的位置数据 $K$ ,通过预设的定位公式计算定位数据,以实现室内定位。

[0120] 其中,该室外GPS接收装置1可以是现有的GPS接收器,该GPS信号调制解调装置2可以是现有的调制解调器,该无线通信装置4可以是现有的无线路由器或其它具备无线信号传输功能的设备。该移动终端5可以是现有的智能手机或平板电脑。

[0121] 如图2所示,GPS信号调制解调装置2包括用于对多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个PRN码以及与该多个PRN码对应的多组导航电文的数字信号的GPS信号解调单元6、用于对该数字信号进行调制,得到包含PRN码以及与该PRN码对应的导航电文的多个GPS射频信号的GPS信号调制单元7。

[0122] 如图3所示,移动终端5包括用于接收由多个天线装置3转发的多个GPS射频信号的GPS模块8、用于接收室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置坐标 $S$ 、以及多个天线装置3的位置数据 $K$ 的无线信号接收模块11、与该GPS模块8电连接,用于将该GPS射频信号转换为数字信号的模数转换模块9、与该模数转换模块9及该无线信号接收模块11电连接,用于根据该模数转换模块9转换的数字信号中的导航电文计算室内伪距观测量 $D$ ,并结合该无线信号接收模块11接收到的室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置坐标 $S$ 、及所述多个天线装置3的位置数据 $K$ ,通过预设的定位公式计算定位数据的CPU10、与该CPU10电连接,用于显示该定位数据的显示模块12。其中,该无线信号接收模块11可以是现有的wifi芯片或无线网卡,该显示模块12可以是现有的液晶显示屏。该GPS模块8可以是现有的GPS接收机。

[0123] 下面将以本发明的较佳实施方式为例,对本发明基于GPS室内定位系统的室内定

位方法进行说明：

[0124] 如图4所示,在步骤S101中,室外GPS接收装置1对卫星信号进行搜索,以及接收来自多颗卫星的多个GPS信号。该室外GPS接收装置1将接收到的GPS信号进行解调处理,得到包含多个PRN码以及与该多组PRN码一一对应的多组导航电文。室外GPS接收装置1通过该多组导航电文来计算室外伪距观测量 $d$ ,以及上述多颗卫星在太空中的位置数据 $S$ 。其中, $d=(d_1, d_2, \dots, d_n)^T$ ;  $S=(M_i, N_i)$ , ( $i=1, 2, \dots, n$ )。该室外GPS接收装置1还用于将上述多个GPS信号发送到室内的GPS信号调制解调装置2。

[0125] 在步骤S102中,室外GPS接收装置1将接收到的多个GPS信号通过无线网络发送到室内的GPS信号调制解调装置2,以及将室外伪距观测量 $d$ 和卫星的位置坐标 $S$ 通过无线网络发送到室内的无线通信装置4。

[0126] 在步骤S103中,室内的GPS信号调制解调装置2接收多个GPS信号,并对该多个GPS信号进行解调处理,得到包含多个PRN码以及与该多个PRN码一一对应的多组导航电文的数字信号。

[0127] 在步骤S104中,GPS信号调制解调装置2对上述的数字信号进行调制,得到多个包含PRN码以及与该PRN码对应的导航电文的GPS射频信号,并将该多个GPS射频信号发送到室内的多个天线装置3。

[0128] 在步骤S105中,上述多个天线装置3分别接收与之对应的GPS射频信号,并将接收到的GPS射频信号转发到室内的移动终端5。

[0129] 在步骤S106中,移动终端5先通过GPS模块8接收上述的多个GPS射频信号,再通过模数转换模块9将该GPS射频信号转换为包含多个PRN码以及与该多个PRN码对应的多组导航电文的数字信号。移动终端5的CPU10通过上述多组导航电文计算室内伪距观测量 $D$ 。该移动终端5还通过无线信号接收装置接收由无线通信模块提供的室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置数据 $S$ 、以及多个天线装置3的位置数据 $K$ 。

[0130] 在步骤S107中,移动终端5通过CPU10运行地图应用程序,以及通过显示装置显示电子地图。CPU10根据获取到的室内伪距观测量 $D$ 、室外伪距观测量 $d$ 、卫星的位置数据 $S$ 、以及多个天线装置3的位置数据 $K$ ,通过预设的定位公式计算移动终端5的当前位置的位置数据 $X$ 。该定位数据 $X$ 可根据移动终端5的GPS模块8的不同输出方式进行计算。

[0131] 如移动终端5的GPS模块8的输出方式为室内伪距观测量 $d$ 输出,则所述定位公式如下所示:

$$[0132] \quad X=(B^T B)^{-1} B^T L$$

[0133] 其中, $X$ 为移动终端5的定位数据;

$$[0134] \quad L=(D-d);$$

$$[0135] \quad D=(D_1, D_2, \dots, D_n)^T;$$

$$[0136] \quad d=(d_1, d_2, \dots, d_n)^T;$$

[0137]  $B$ 为由室内的多个天线装置3的位置数据 $K$ 决定的系数矩阵;

[0138]  $D$ 表示每一颗卫星与移动终端5之间的室内伪距观测量;

[0139]  $d$ 表示每一颗卫星与室外GPS接收装置1之间的室外伪距观测量;

[0140]  $T$ 表示矩阵转置, $^{-1}$ 表示矩阵求逆;

[0141] 或者,移动终端5的GPS模块8输出基于伪距观测量 $D$ 计算的位置结果 $X_r$ ;

[0142] 则所述定位公式如下所示：

$$[0143] \quad X_r = (A^T A)^{-1} A^T D;$$

[0144] 室外位置的影响改正如下：

$$[0145] \quad X_m = X_r - (A^T A)^{-1} A^T d;$$

[0146] 移动终端5的定位数据为：

$$[0147] \quad X = (C^T C)^{-1} C^T L;$$

[0148] 其中，X为移动终端5的定位数据；

$$[0149] \quad L = (A^T A) X_m;$$

$$[0150] \quad C = A^T B;$$

$$[0151] \quad D = (D_1, D_2, \dots, D_n)^T;$$

$$[0152] \quad d = (d_1, d_2, \dots, d_n)^T;$$

[0153] A为由GPS卫星位置数据S决定的系数矩阵；

[0154] B为由室内的多个天线装置3的位置数据K决定的系数矩阵；

[0155] D表示每一颗卫星与移动终端5之间的室内伪距观测量；

[0156] d表示每一颗卫星与室外GPS接收装置1之间的室外伪距观测量；

[0157] T表示矩阵转置，<sup>-1</sup>表示矩阵求逆。

[0158] 移动终端5通过CPU10得到位置坐标后，通过显示模块12在电子地图上显示该位置坐标，为用户提供定位服务。当用户在显示模块12显示的电子地图上进行导航操作时，移动终端5通过GPS模块8实时接收由室内的多个天线装置3转发的GPS射频信号，将该GPS射频信号转换为数字信号，根据该数字信号包含的导航电文计算位置数据，并在电子地图上显示该位置数据，以此来为用户提供各种导航服务。即在本发明系统的辅助下，即使用户身处无GPS信号的室内环境，用户也能通过移动终端5的各种地图应用程序进行定位及导航。

[0159] 即本发明基于GPS室内定位系统的室内定位方法的流程可简化为：S1)通过室外GPS模块获取到室外的GPS信号，并根据该室外GPS信号计算室外伪距观测量d、卫星的位置数据S，将该室外伪距观测量d、卫星的位置数据S发送到无线通信装置4；S2)通过室内的GPS信号调制解调装置2对该GPS信号进行解调及调制，以及通过室内的多个天线装置3将该GPS信号调制解调装置2调制的GPS射频信号转发到移动终端5；S3)通过移动终端5接收GPS射频信号、以及由无线通信装置4转发的室外伪距观测量d、卫星的位置数据S、天线装置3的位置数据K，并根据接收到的GPS射频信号计算室内伪距观测量D；S4)移动终端5根据获取到的上述数据，通过预设的定位公式计算位置数据，并通过显示装置在打开的电子地图上显示该位置数据，以此来为用户提供定位服务及导航服务。

[0160] 下面将以本发明的第二个较佳实施方式为例，对本发明用于对GPS室内定位系统进行校正的方法进行说明：

[0161] 如图5所示，在步骤S101中，用户将室内的多个天线装置3均放置于室内的同一个位置。

[0162] 在步骤S102中，室外GPS接收装置1接收来自多颗卫星的多个室外GPS信号，根据该接收到的多个室外GPS信号计算室外伪距观测量d(本发明第二实施例的室外伪距观测量的计算方法与本发明第一实施例的室外伪距观测量计算方法相同，故不再赘述)，将该室外伪距观测量d通过无线网络发送到室内的无线通信装置4。该室外GPS接收装置1还将接收到的

多个GPS信号发送到室内的GPS信号调制解调装置2。

[0163] 在步骤S103中,室内的GPS信号调制解调装置2接收上述多个GPS信号,对该GPS信号进行解调及调制,最终得到多个包含PRN码以及与PRN码对应的导航电文的GPS射频信号,将该多个GPS射频信号发送到室内的多个天线装置3。

[0164] 在步骤S104中,室内的多个天线装置3接收上述多个GPS射频信号,并将该多个GPS射频信号转发到指定的室内GPS接收装置。

[0165] 在步骤S105中,该室内GPS接收装置接收上述多个GPS射频信号,根据接收到的GPS射频信号计算室内伪距观测量D(本发明第二实施例的室内伪距观测量的计算方法与本发明第一实施例的室内伪距观测量计算方法相同,故不再赘述)。

[0166] 在步骤S106中,该室内GPS接收装置接收由无线通信装置4发送的室外伪距观测量d,计算室内伪距观测量D与室外伪距观测量d的差值 $\Delta d_1$ (即 $\Delta d_1=D-d$ ),并将该 $\Delta d_1$ 作为上述多个GPS信号中的每一个GPS信号通过GPS信号传输通道到达室外GPS模块及该GPS信号通过GPS信号传输通道达到指定的天线装置3的通道时延的校正值,并通过该无线通信装置4将该校正值 $\Delta d_1$ 发送到室内的移动终端5,以对GPS室内定位系统进行校正,以提高本发明GPS室内定位系统的室内定位精度。

[0167] 此外,本发明GPS室内定位系统还具有通过参考点对移动终端5的位置数据进行校正的功能。用户可将一个GPS信号接收装置设置于已知参考点。本发明系统可通过该参考点的GPS信号接收装置测量伪距观测量 $d_{ref}$ ,以及通过移动终端5测量室内伪距观测量D,并将该伪距观测量 $d_{ref}$ 与室内伪距观测量D进行比较,以判断系统是否存在通道时延。如判断系统存在通道时延,则进一步计算该室内伪距观测量D与该伪距观测量 $d_{ref}$ 的差值 $\Delta d_2$ ,将该差值 $\Delta d_2$ 作为校正值并通过无线通信装置4发送到移动终端5,以对本发明GPS室内定位系统进行校正。

[0168] 综上所述,实施本发明GPS室内定位系统和基于GPS室内定位系统的室内定位方法,可以达到以下有益效果:

[0169] 当用户处于无GPS信号或GPS信号较弱的室内环境时,用户仍可在移动终端5上运行各种地图应用程序。移动终端5运行地图程序时,可通过GPS模块8实时接收由室内的多个天线装置3转发的GPS射频信号,将该GPS射频信号转换为数字信号,根据该数字信号中的导航电文计算位置数据,并在电子地图上显示该位置数据,以此来为用户提供定位服务及导航服务。故在本发明系统的辅助下,即使用户身处无GPS信号的室内环境,用户也能通过移动终端5获取到定位服务及导航服务。

[0170] 在本发明GPS室内定位系统中,用户可预先将室内的多个天线装置3放置于同一位置,并设置一个用于接收GPS射频信号的室内GPS信号接收装置。本发明系统可通过室外的GPS信号接收装置接收多个GPS信号并计算室外伪距观测量d,通过该指定的室内GPS信号接收装置接收由多个天线装置3转发的GPS射频信号,计算室内伪距观测量D,得到室内伪距观测量D与室外伪距观测量d的差值 $\Delta d_1$ (即 $\Delta d_1=D-d$ ),并将该 $\Delta d_1$ 作为上述多个GPS信号中的每一个GPS信号通过GPS信号传输通道到达室外GPS信号接收装置及该GPS信号通过GPS信号传输通道到达指定的天线装置3的通道时延的校正值,通过无线通信装置4将该校正值 $\Delta d_1$ 发送到室内的移动终端5。移动终端5根据该校正值 $\Delta d_1$ 对定位数据进行校正得到校正后的位置数据,并显示该修正的位置数据。本发明通过GPS室内定位系统的校正操作,提高了

GPS室内定位系统的室内定位精度,使得本发明GPS室内定位系统可为室内用户提供精准的定位服务及地图导航服务。

[0171] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



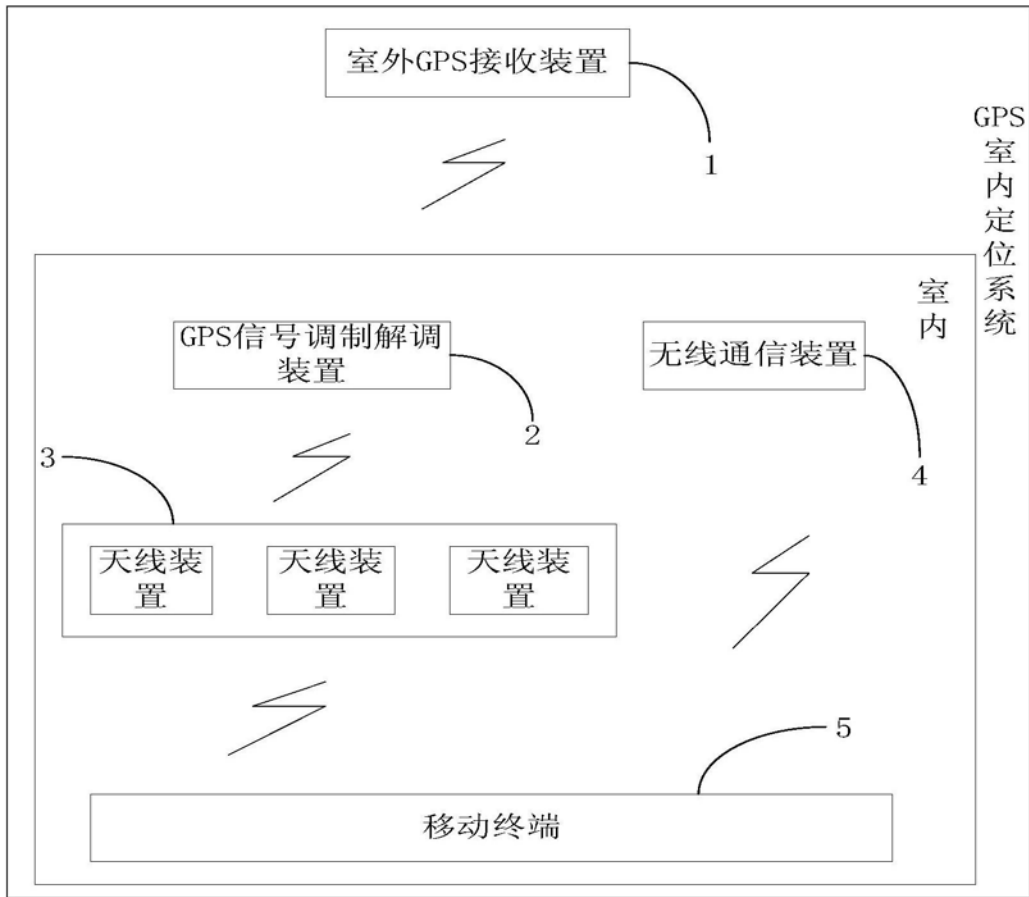


图1

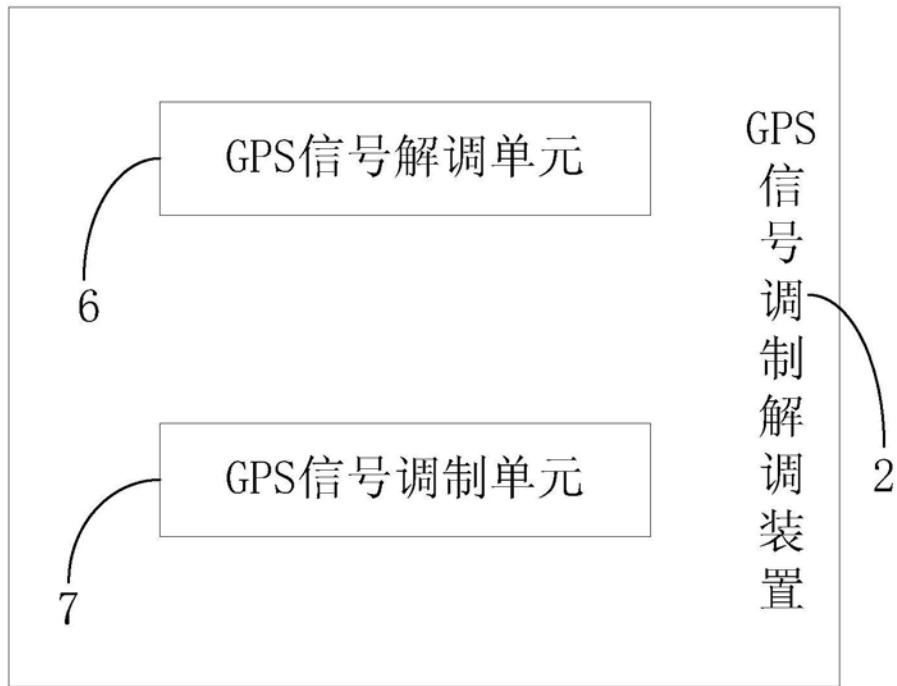


图2

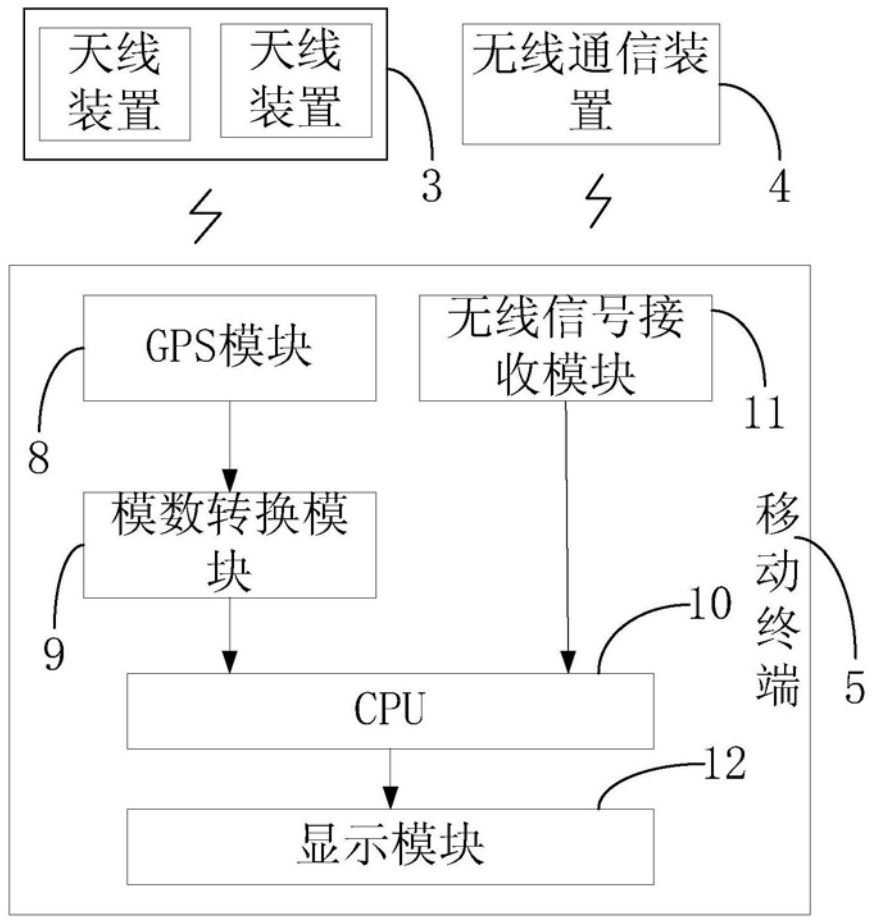


图3

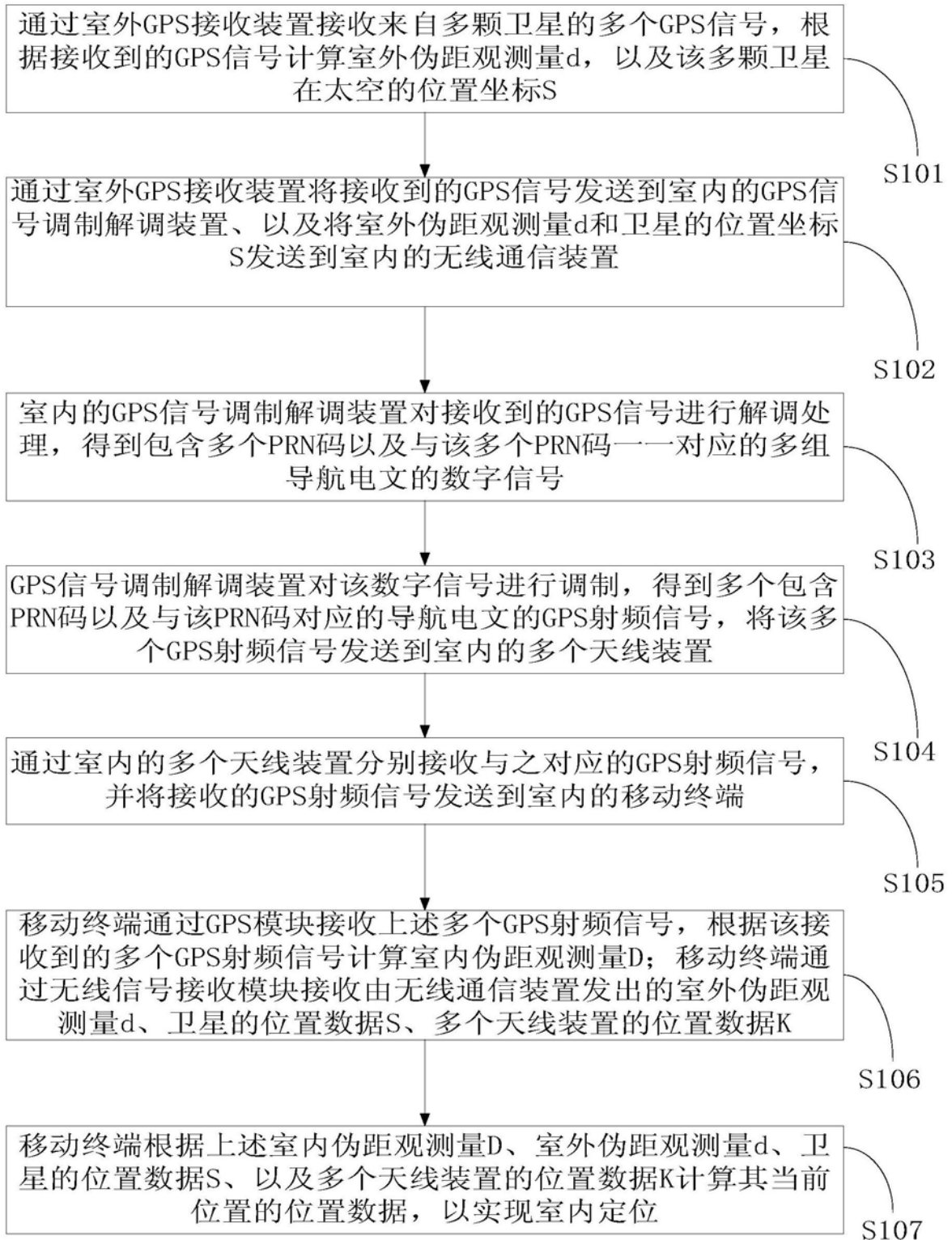


图4

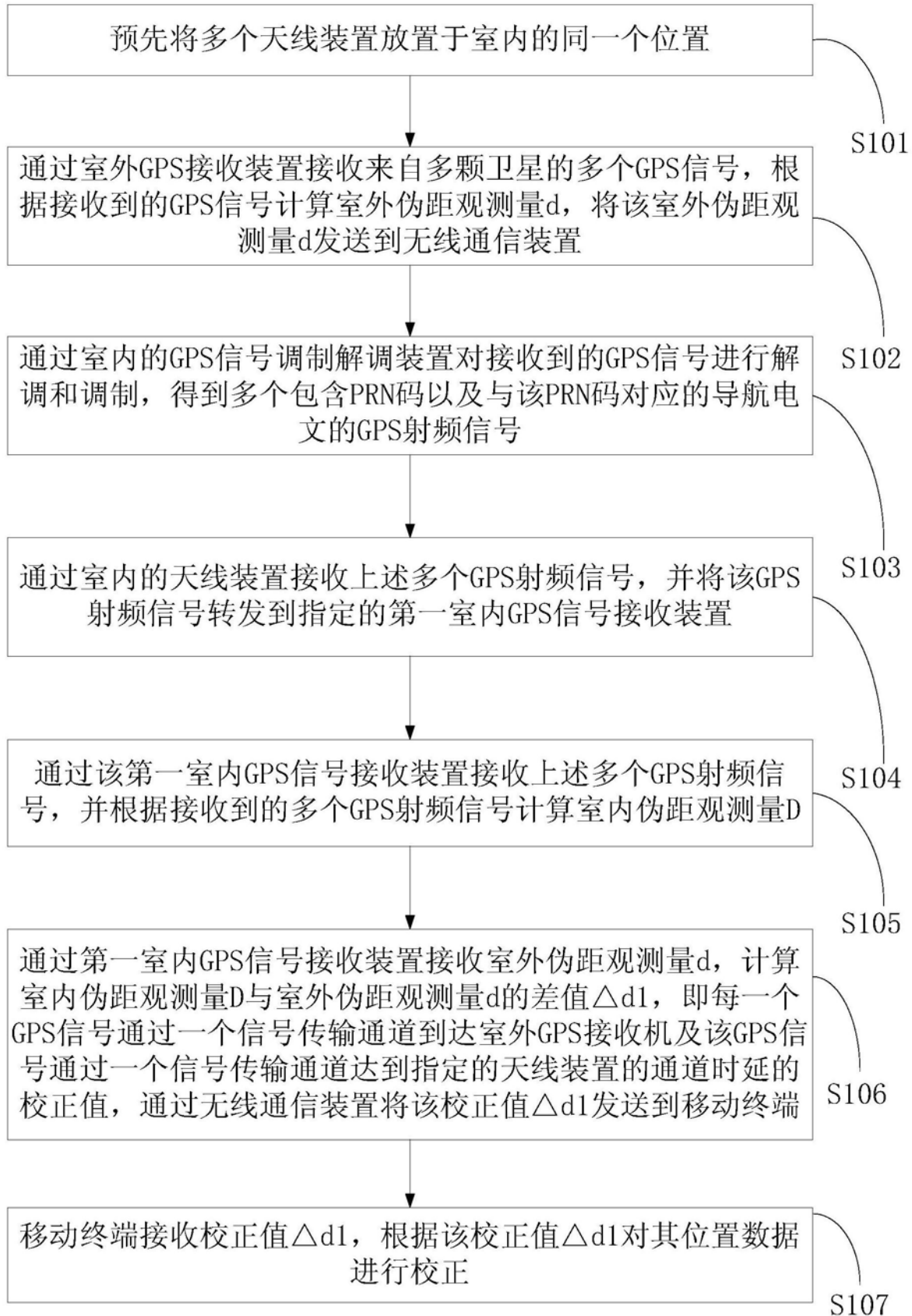


图5