



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102124362 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 01

(21) 申请号 200880019123. 2  
 (22) 申请日 2008. 06. 04  
 (30) 优先权数据  
 60/942, 920 2007. 06. 08 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2009. 12. 07  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/EP2008/056906 2008. 06. 04  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02008/148794 EN 2008. 12. 11  
 (73) 专利权人 高通股份有限公司  
 地址 美国加利福尼亚州  
 (72) 发明人 L·盖林  
 (74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
 司 31100  
 代理人 陈炜 袁逸  
 (51) Int. Cl.  
 G01S 1/00(2006. 01)  
 G01S 5/14(2006. 01)  
 (56) 对比文件  
 US 5646857 A, 1997. 07. 08, 说明书第 7 栏第  
 50-59 行、第 8 栏第 46-55 行、第 9 栏第 53-55 行,

图 1.  
 US 5646857 A, 1997. 07. 08, 说明书第 7 栏第  
 50-59 行、第 8 栏第 46-55 行、第 9 栏第 53-55 行,  
 图 1.  
 US 6216064 B1, 2001. 04. 10, 说明书摘要、说  
 明书第 17 栏第 60 行 - 第 18 栏第 10 行 .  
 CN 1677059 A, 2005. 10. 05, 说明书摘要 .  
 DE 10044393 A1, 2002. 04. 04, 全文 .  
 US 5210540 A, 1993. 05. 11, 说明书第 4 栏第  
 57 行 - 第 6 栏第 41 行, 图 3-4.  
 US 2004/0054470 A1, 2004. 03. 18, 说明书第  
 [0012]、[0037]、[0043]-[0046]、[0053]-[0058]  
 段, 图 1-2.

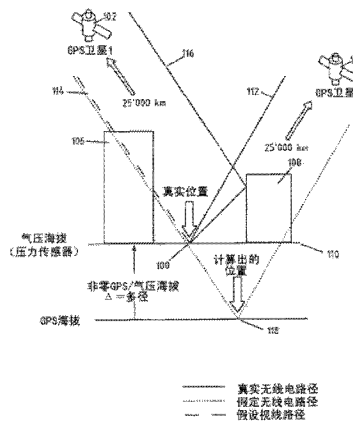
审查员 周璐璐

权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称  
 使用压力传感器的 GNSS 定位

(57) 摘要

提供了用于提高 GNSS 数据的准确度的系统、方法和设备。具体地, 本发明的实施例可有利地使用传感器输入来提高位置锁定的准确度。在导航系统中使用物理上 5 个传感器被认为是特别有利的, 其中在用 GNSS 海拔数据来校准从压力传感器推导出的海拔数据和 / 或将它们混合的场合尤其如此。



CN 102124362 B

1. 一种导航接收机,包括:
  - GNSS 接收机,用于接收 GNSS 测量;
  - 压力传感器,用于提供压力测量,其中所述压力传感器的相对测量比所述压力传感器的绝对测量更加准确;以及
  - 耦合到所述压力传感器的电路,
  - 其中所述电路被配置成:
    - 从所述 GNSS 测量推导第一海拔;
    - 从所述压力测量推导第二海拔;
    - 校准所述第二海拔以形成经校准的第二海拔;
  - 执行用于将所述第一海拔与所述经校准的第二海拔相混合的互补滤波操作以改进位置锁定,其中所述互补滤波操作包括:
    - 低通滤波器,用于对所述第一海拔进行低通滤波;
    - 高通滤波器,用于对所述经校准的第二海拔进行高通滤波;
    - 加法器,用于对来自所述低通滤波器和所述高通滤波器的结果进行相加,
  - 其中所述第二海拔是通过卡尔曼滤波器来校准的,所述卡尔曼滤波器将所述第一海拔与所述第二海拔之间的差异用作一个输入并且将所述第一海拔的变化与第二海拔差异之间的双重差异用作另一个输入,所述卡尔曼滤波器估计用于推导所述第二海拔的参数,其中所述第二海拔差异是通过将所述第二海拔与所述第二海拔本身的级延版本进行求差来产生的。
2. 如权利要求 1 所述的导航接收机,其特征在于,配置成校准所述第二海拔的所述电路包括配置成使用从所述 GNSS 接收机推导出的海拔来校准所述第二海拔。
3. 如权利要求 2 所述的导航接收机,其特征在于,所述从所述 GNSS 接收机推导出的海拔未经卡尔曼滤波。
4. 如权利要求 2 所述的导航接收机,其特征在于,所述电路还包括执行位置求解部分、速率求解部分、卡尔曼滤波器和大气模型部分的中央处理单元。
5. 一种用于改进 GNSS 定位的方法,包括:
  - 在 GNSS 接收机处接收 GNSS 测量;
  - 从所述 GNSS 测量推导第一海拔;
  - 从在时间上与所述 GNSS 测量相对应的压力传感器推导第二海拔;以及
  - 组合所述第一海拔和所述第二海拔以获得混合海拔,其中所述组合包括:
    - 对所述第一海拔进行低通滤波;
    - 对所述第二海拔进行高通滤波;
    - 对来自所述低通滤波和所述高通滤波的结果进行相加,
  - 其中所述第二海拔是通过卡尔曼滤波器来校准的,所述卡尔曼滤波器将所述第一海拔与所述第二海拔之间的差异用作一个输入并且将所述第一海拔的变化与第二海拔差异之间的双重差异用作另一个输入,所述卡尔曼滤波器估计用于推导所述第二海拔的参数,其中所述第二海拔差异是通过将所述第二海拔与所述第二海拔本身的级延版本进行求差来产生的。
6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述第二海拔是使用大气模型推导出来的。

7. 一种便携式导航系统,包括:

GNSS 传感器;

压力传感器;以及

微处理器,其被配置成:

使用从所述 GNSS 传感器和所述压力传感器推导出的输入在不使用地图匹配的情况下提供地图位置;

计算 GNSS 海拔;

基于从所述压力传感器推导出的测量计算压力传感器海拔;

使用对所述 GNSS 海拔进行低通滤波的低通滤波器、对所述压力传感器海拔进行高通滤波的高通滤波器、和对来自所述低通滤波器和高通滤波器的结果进行相加的加法器来组合所述 GNSS 海拔和所述压力传感器海拔以产生混合海拔,

其中所述压力传感器海拔是通过卡尔曼滤波器来校准的,所述卡尔曼滤波器将所述 GNSS 海拔与所述压力传感器海拔之间的差异用作一个输入并且将所述 GNSS 海拔的变化与压力传感器海拔差异之间的双重差异用作另一个输入,所述卡尔曼滤波器估计用于推导所述压力传感器海拔的参数,其中所述压力传感器海拔差异是通过将所述压力传感器海拔与所述压力传感器海拔本身的级延版本进行求差来产生的。

8. 如权利要求 7 所述的便携式导航系统,其特征在于,所述导航系统在市区峡谷环境中提供 5 米或更近的水平准确度。

9. 如权利要求 7 所述的便携式导航系统,其特征在于,所述将所述 GNSS 海拔与所述压力传感器海拔进行组合包括使用互补滤波器,其中所述互补滤波器包括用于对所述 GNSS 海拔进行低通滤波的低通滤波器、用于对所述压力传感器海拔进行高通滤波的高通滤波器、和用于对来自所述低通滤波器和高通滤波器的结果进行相加的加法器。

10. 如权利要求 8 所述的便携式导航系统,其特征在于,所述便携式导航系统可区分层叠道路状况下的两条道路。

## 使用压力传感器的 GNSS 定位

[0001] 发明背景

[0002] 本发明的实施例一般涉及使用从压力传感器推导出的海拔数据来改进 GNSS 数据。某些实施例使用如通过 GNSS 数据校准和 / 或如与 GNSS 数据混合的从压力传感器推导出的数据来提供改进的海拔确定。

[0003] 本发明的进一步实施例一般涉及检测、使用和 / 或缓解通信尤其是导航系统中的多径信号。某些实施例还涉及检测、使用和 / 或缓解 GNSS 系统中的多径信号。

[0004] 目前需要尤其针对向用户提供测绘服务的便携式导航设备提高 GNSS 定位的准确度。目前, GNSS 水平准确度在不使用“地图匹配”技术的情况下——即, 不在用户被限制于道路上的位置的假定下基于地图中道路和其他地标的位置来猜测用户位置——不足以提供准确的用户地图位置。此外, 目前技术区分紧邻的道路或层叠道路情况还不够准确, 例如地下立交桥或在两条道路处于上下车道配置的场合。因此需要提高 GNSS 定位系统的准确度以克服这些困难。

[0005] 此外, 无线通信系统一般会经历被称为“多径”的效应。“多径”是指接收来自信号源的非视线信号。多径信号例如可源自于信号从诸如地面、建筑物面或水体表面等附近反射体的反射。多径信号还可能在信号被显著折射时产生。一般而言, 非反射或折射(直线)信号被简称为“信号”、“真实信号”或“视线信号”, 而反射或折射信号被称为多径信号。由于多径信号并非沿视线行进, 因此其总是比真实信号更晚到达接收机。

[0006] 多径信号尽管有时是有用的, 但往往有害于信号质量。作为示例, 如果测距信号的码片化(chipping)频率为大约 1MHz, 则沿着具有附加 300m 长度的反射路径行进的多径信号将晚一个码片到达。当叠加于真实信号上时, 多径信号使收到信号质量畸变并且在一些情形中会导致信号完全丢失。

[0007] 多径问题也有害于导航系统, 尤其是依赖于收到信号的接收时间的那些, 诸如在比方全球定位系统(GPS)或 Galileo 等全球导航卫星系统(GNSS)中使用的导航系统。为本发明各实施例的图解而非现有技术的图 1 可帮助解说在依赖于信号的接收时间的导航方案中多径信号的有害效应。

[0008] 图 1 图解二维卫星导航情形。接收机 100 位于地球表面 110 上的点 100 处, 其在此情形中用指示接收机 100 的“真实位置”的箭头标记。接收机 100 接收来自卫星 102 和 104 的信号。在其中相对于卫星系统时间的接收机时间被准确知晓的二维情形中, 两个卫星信号的接收时间就足以计算二维位置锁定。接收机 100 处于被建筑物 106 和 108 围绕的“市区峡谷”环境中。

[0009] 如图 1 中所示, 接收机 100 能够接收来自卫星 104 的视线信号 112, 但来自卫星 102 的视线信号 114 被建筑物 106 阻挡。接收机 100 替代地接收多径信号, 其在此被示为来自卫星 102 的单个信号 116。由于多径信号 116 至接收机 100 行进了比视线信号本应行进的更长的距离, 因此接收机 100 对应该信号的到达时间记录较晚时间。

[0010] 基于卫星 102 和 104 的信号的到达时间计算出的接收机位置 118 出现在以卫星为圆心以及等于所测得的接收机 100 距该卫星的距离的相应半径来定义的两个圆的交点之

一处。由于接收机 100 测得的距卫星 102 的距离大于距卫星 102 的实际距离,因此相关交点被计算成低于接收机 100 的真实位置且在其右侧。

[0011] 在过去,多径缓解策略集中于信号处理技术,诸如拒绝晚到信号或分析信号形状。遗憾的是,这些处理技术在从由导航接收机提供的定位解准确地移除多径效应的能力上受到限制。此外,传统技术尚不能确定是否存在视线信号或者是否仅存在多径信号。因此,亟需改进的方法、系统和设备。

## 发明内容

[0012] 本发明的某些实施例涉及一种导航接收机,包括:压力传感器输入;耦合到压力传感器输入的电路;其中该电路被配置成使用来自压力传感器输入的信息来改进位置锁定。导航接收机还可包括连接到压力传感器输入的压力传感器;其中压力传感器的相对测量比压力传感器的绝对测量更加准确。任选地,该导航接收机可包括 GNSS 接收机,其中该电路被配置成使用从 GNSS 接收机推导出的海拔来校准从压力传感器推导出的海拔。此外,导航接收机还可被如此配置以使得用于校准从压力传感器推导出的海拔的从 GNSS 接收机推导出的海拔未经卡尔曼滤波。优选地,该电路包括执行位置求解部分、速率求解部分、卡尔曼滤波器和大气模型部分的中央处理单元。此外,耦合到压力传感器输入的电路可被配置成从压力传感器输入推导第一海拔;并且耦合到压力传感器的电路可被配置成将第一海拔与从 GNSS 传感器接收到的第二海拔混合。优选地,耦合到压力传感器输入的电路被配置成执行互补滤波操作。

[0013] 本发明的进一步实施例涉及一种用于改进 GNSS 定位的方法,包括:从主要 GNSS 系统接收 GNSS 测量;从 GNSS 测量推导第一海拔;从在时间上与 GNSS 测量大致相对应的压力传感器输入推导第二海拔;以及组合第一和第二海拔测量以获得混合海拔测量。任选地,组合第一和第二海拔测量的步骤包括执行互补滤波操作。优选地,执行互补滤波操作的步骤包括使用低通滤波器对与第一海拔相关的数据进行滤波,并使用高通滤波器对与第二海拔相关的数据进行滤波。此外,第二海拔可使用大气模型来推导。

[0014] 本发明的进一步实施例涉及一种便携式导航系统,包括:GNSS 传感器;压力传感器;以及微处理器,其被配置成使用从 GNSS 传感器和压力传感器推导出的输入在不使用地图匹配的情况下提供地图位置。此外,该便携式导航系统在市区峡谷环境下可提供 10 米或更近的水平准确度。

[0015] 任选地,该便携式导航系统还包括具有软件指令的机器可读介质,这些软件指令在由微处理器执行时将执行包括以下步骤的方法:计算 GNSS 海拔;基于从压力传感器推导出的测量计算海拔;以及将 GNSS 海拔与基于从压力传感器推导出的测量的海拔进行组合以产生混合海拔。将 GNSS 海拔与基于从压力传感器推导出的测量的海拔进行组合的步骤优选地包括使用互补滤波器。

[0016] 本发明的又其他实施例涉及一种便携式车载导航系统,包括:GNSS 传感器;压力传感器;以及微处理器,其被配置成使用从 GNSS 传感器和压力传感器推导出的输入来提供地图位置;以及其中该便携式导航系统可区分层叠道路状况下的两条道路。此外,该车载导航系统在层叠道路状况下任选地提供 10 米或更近的垂直准确度。

[0017] 此外,该车载导航系统还包括具有软件指令的机器可读介质,这些软件指令在由

微处理器执行时将执行包括以下步骤的方法：计算 GNSS 海拔；基于从压力传感器推导出的测量计算海拔；以及将 GNSS 海拔与基于从压力传感器推导出的测量的海拔进行组合以产生混合海拔。优选地，将 GNSS 海拔与基于从压力传感器推导出的测量的海拔进行组合的步骤包括使用互补滤波器。

[0018] 本发明的某些进一步实施例涉及导航接收机，包括：物理传感器输入；耦合到物理传感器输入的电路；以及其中该电路被配置成使用来自物理传感器输入的信息进行多径缓解。此类导航接收机可被进一步配置成使得物理传感器输入适于被连接到物理传感器，其中物理传感器的相对测量比该物理传感器的绝对测量更加准确；其中该物理传感器是压力传感器；和/或其中该物理传感器输入适于被连接到惯性传感器。

[0019] 在某些实施例中，该电路包括执行位置求解部分、速率求解部分、卡尔曼滤波器和大气模型部分的中央处理单元。此外，该导航接收机可被配置成使得耦合到物理传感器输入的电路被配置成从传感器输入推导第一位置相关数据；并且其中耦合到物理传感器的电路被配置成将第一位置相关数据与从 GNSS 传感器接收到的第二位置相关数据混合。该导航接收机可被配置成使得耦合到物理传感器输入的电路被配置成执行互补滤波操作。

[0020] 本发明的实施例还涉及一种用于多径缓解的方法，包括：接收 GNSS 测量；基于 GNSS 测量计算位置；接收从物理传感器输入推导出的并在时间上与 GNSS 测量大致相对应的第一位置相关数据；通过使用第一位置相关数据来确定基于 GNSS 测量的位置是否显著受到多径影响。该方法可被扩展到包括以下情景：其中确定基于 GNSS 测量的位置是否显著受到多径影响的步骤还包括使用从物理传感器输入推导出的并与该 GNSS 测量的时间之前的时间相对应的第二位置相关数据。此外，该方法可被执行以使得确定基于 GNSS 测量的位置是否显著受到多径影响的步骤还包括计算第一位置相关数据与第二位置相关数据之间的差异。优选地，第一位置相关数据是海拔或加速度，并且任选地该海拔是使用大气模型计算出来的。

[0021] 在某些实施例中，该方法还包括用互补滤波器对第一位置相关数据与第二位置相关数据之间的差异进行滤波的步骤，其中该互补滤波器将从 GNSS 信号推导出的相应位置相关数据作为输入。任选地，互补滤波器包括高通滤波器和低通滤波器。

[0022] 其他实施例涉及一种便携式导航系统，包括 GNSS 传感器；物理传感器；以及微处理器，其被配置成使用从 GNSS 传感器和物理传感器推导出的输入来执行多径缓解。该便携式导航系统可被配置成使得物理传感器是压力传感器，并且该系统包括具有软件指令的机器可读介质，这些软件指令在由微处理器执行时执行包括以下步骤的方法：计算 GNSS 位置；基于从物理传感器推导出的测量计算位置改变；以及将位置改变与阈值进行比较以确定该 GNSS 位置是否很可能显著受到多径影响。位置改变优选地包括海拔改变；并且该方法有利地还包括：通过使用互补滤波器用从物理传感器推导出的海拔信息来扩增该 GNSS 位置。

[0023] 附图简述

[0024] 图 1 图解二维 GNSS 多径问题和优选实施例的各方面。

[0025] 图 2 是指示根据某些实施例的 GPS 系统架构的 GPS 框图。

[0026] 图 3 是示出在层叠道路情况下传统 GPS 接收机的性能的图表。

[0027] 图 4 是示出在层叠道路情况下本发明一实施例的性能的图表。

[0028] 图 5 是图解在层叠道路情况下本发明一实施例的性能的另一个图表。

[0029] 图 6 是示出双卡尔曼滤波器实施例的系统图。

[0030] 优选实施例详细描述

[0031] 本发明的众多实施例涉及提高位置锁定的准确度以及导航系统中的“多径缓解”概念。如本文中所使用的，“多径缓解”意味着减少多径信号的有害效应。

[0032] 一般而言，本发明的实施例通过使用从传感器推导出的信息——其可以是任何种类的信息，通常被编码为数字或模拟信号——来完成提高的准确度和多径缓解，该传感器提供来自除正被用于位置锁定的主要 GNSS 系统之外的源的信息。例如，如果传感器被设置成补充 Galileo 接收机，则传感器可基于 GPS 接收机。在此，术语“从... 推导出的”意味着“作为其直接输出检索得到”或“对其输出进行修改得到”。传感器也可以是“物理传感器”。物理传感器是感测接收机的更直接物理环境的设备，这与检测由诸如导航卫星或远程伪卫星等远处发射机广播的无线信号的传感器形成对比。物理传感器的示例可包括惯性传感器、高度计、速度计等。

[0033] 数种发明性概念在参照采用压力传感器来监视海拔并使用关于海拔的信息来改进其位置锁定运算的接收机实施例来解释的情况下将变得清楚。由传感器中继的压力信息提供关于接收机在各次 GPS 锁定之间的位置和移位的物理信息。如果接收机的 GPS 部分经历多径，则计算出的位置在不同锁定之间将显著变化。锁定将在垂直和水平方向上显著漂移。瞬态漂移（表示在时间上毗邻的两次锁定之间的漂移，在此假定为间隔 1 秒）在水平和垂直上可以是数米的量级。逐秒间位置的突然跳跃表示与使用该接收机的用户的实际加速度能力不相称的加速度。计算出的 GPS 垂直位置与如由压力传感器测得的海拔之间的差异被用作多径检测机制。在其他实施例中，使用传感器数据对 GNSS 位置锁定进行滤波，以提高其准确度以及缓解多径效应和其他误差。

[0034] 此概念在图 1 中图解，图 1 示出如背景节中描述的二维导航系统问题。如果接收机 100 处于运动中，如对于徒步者或车辆可能就是这种情形，则其将经历基于视线信号阻挡的多径信号突然加重。例如，如果接收机 100 正从建筑物 108 往建筑物 106 的方向上移动，则其在某个点将经历视线信号 114 被阻挡以及多径信号 116 被接收。这可导致计算出的接收机位置的突然漂移，例如，从接收机 100 的真实位置漂移到计算出的位置 118。

[0035] 物理传感器可被用于检测这些类别的多径效应。如果用户在 1 秒内物理地从静态位置移动至 40 米远的位置，并且如果假定在该 1 秒区间的前半秒中有恒定的正加速度，而在该 1 秒区间的后半秒中有恒定的负加速度，则为了在 1 秒后停止移动，恒定加速度应为  $160\text{m/s}^2$ ，或者在 0.5s 中为  $+16\text{G}$  而在剩余 0.5s 中为  $-16\text{G}$ ，其中最大速率为 0.5 秒处的  $288\text{km/h}$ 。这种加速度对于与人类的位置相关联的任何接收机而言是极其不可能的。因此，对于任何特定应用可恰适地选取阈值改变，其可被用于确定特定 GNSS 位置锁定是否有可能显著受多径影响。当然，对阈值的选取可取决于如以上示例中解说的接收机的预期速率。优选实施例会将计算出的 GNSS 移位与例如借助于压力传感器测得的垂直移位进行比较。

[0036] 目前可用的使用例如 MEMS（微机电系统）技术的压力传感器具有的分辨率水平等效于大约 0.2 米的海拔。此类传感器的一个示例是 BOSCH Sensortec 制造的 SMD-500。此类传感器具有例如足以跟踪爬楼的相对良好的动态响应。一般可以使用 MEMS 技术来确定用户的当前楼层。

[0037] 虽然压力信息因天气情况而持续变化,但此变化的时间常数是数十分钟。压力传感器信息因此可通过 GNSS 信息来校准。这是绝对准确信息的一种情形,但具有高噪声水平(GNSS 信息)-相对信息,然而却仍具有相当准确的相对移位(从压力推导出的海拔信息)。即,GNSS 定位具有较低准确度,但产生相对于已知的地心地固坐标的位置。压力传感器产生相对于缓慢变化的标准的压力,但该标准可被假定为在任何两次 GNSS 锁定之间是相同的。例如可以通过互补滤波器或通过卡尔曼滤波器来进行两种类型的混合。这将产生更准确的位置海拔分量,其可被用于改进整个锁定。

[0038] 在优选实施例中,压力传感器将使用直接从单个位置锁定计算出的海拔而非经卡尔曼滤波的海拔来校准。经卡尔曼滤波的海拔具有较低噪声,但具有一些因许多测量上的平滑效应而造成的偏倚。另一方面,压力传感器固有地具有低样本间噪声,但只提供相对准确度。因此,为了在校准标准中得到较好的噪声特性而牺牲绝对准确度是不利的。

[0039] 相同技术——即检测短区间上 GNSS 报告的位置与传感器报告的信息之间的差别以进行多径缓解——可与其他传感器联用,这些其他传感器中最自然的就加速计。因此造成了某些附加困难,包括加速计在一些实施例中需要额外海拔信息。在其他实施例中,加速计可用于确定不管方向的平均加速度是否与如由 GNSS 系统确定的加速度相一致。

[0040] 相比之下,压力传感器具有自然假定的移位测量方向(垂直)。加速计可被用于检测虚假加速度,但将加速度转换成移位等效是困难的。还可能存在一些虚假例外情况,例如当加速计检测到撞击时。另外,垂直加速度将比水平加速度小得多,因此要检测出真假加速度更加困难。

[0041] 在某些实施例中,压力传感器可使用 GPS 信息来校准,以推导准确的海拔。此压力传感器校准对于多径缓解不是必要的,因为在这种情形中感兴趣的是在海拔上的突然相对变化或缺乏变化,而校准可在需要绝对海拔测量的情形中进行。为了避免压力传感器校准被多径效应“污染”,校准具有很长的时间常数(最小 30 到 100 秒的量级)。即,校准(或对测量相对其的移位的基线压力的设置)在多个 GNSS 锁定周期上进行。如果例如通过确定伪距残差过高或者垂直残差过高认识到 GPS 位置有较低质量,则使用压力传感器系统的接收机还可被配置成禁用或挂起校准操作。在这种情形中,操作可被配置成使用先前的校准值进行惯性跟踪(coast)。

[0042] 实际上,通常每次只有一颗卫星将受到短暂多径的困扰。上述技术可简单地通过测量每颗卫星与距惯性/压力传感器的传播位置相比的残差来检测哪颗卫星出故障。这允许接收机通过拒绝来自受多径困扰的卫星的测量或通过惯性跟踪先前值来作出更准确的位置锁定。

[0043] 替换地,可以物理传感器的准确度对照从该物理传感器推导出的数据来测量一颗卫星的额外伪距误差。这允许对照此参考来检查每颗卫星的准确度,而不取决于诸如 RAIM(接收机自主完好性监视)等基于地面的技术。

[0044] 图 2 使用框图示出根据本发明一实施例的接收机架构 200。图 2 具有 GNSS 传感器 202,其在此被示为 GPS 传感器,其捕获和跟踪卫星并产生与测距测量相关的信息。接收机架构 200 还包括传感器 218,其在此被示为压力传感器。用双态卡尔曼滤波器 234 和互补滤波器 244 按以下描述的方式对从 GPS 传感器和压力传感器推导出的数据进行滤波。将明显的是,本文描述的滤波器实施例可被显著地重新安排,但仍执行将达成本公开预计的结果

的功能。

[0045] GPS 传感器 202 在 204 处生成 GPS 伪距测量并在 206 处生成 GPS  $\Delta$  伪距测量。GPS 伪距测量被传递至位置求解部分 208, 后者可以是如图所示的最小平方类型的位置求解算法。与伪距测量相类似的,  $\Delta$  伪距测量在 206 处被传递至速率求解部分 214, 后者可以是如图所示的最小平方速率求解部分。在此, 术语“部分”一般是指被配置成执行通常可标识为方法、对象或软件指令逻辑编组的特定功能的代码、电路或这两者。如果被实现为代码, 则一个部分一般将由具有中央处理单元的集成电路来执行, 诸如微处理器、微控制器、或具有嵌入式 CPU 核的专用集成电路。用于此类部分的软件指令被嵌入机器可读介质中, 该机器可读介质可包括例如诸如闪存的非易失性存储器作为集成电路芯片或芯片的一部分。

[0046] 位置求解部分 208 在 210 处输出伪距垂直残差, 并在 212 处输出 GPS 计算出的海拔 (如点 A 所示)。输出 210 被连接到阈值部分 242。阈值部分 242 确定垂直伪距残差是否落在可接受极限内, 若否, 则使用开关 238 和 236 停止向卡尔曼滤波器 234 输入数据, 这优选为计算出的纵向软件功能。如果伪距差超过如由阈值部分 242 计算出的某个阈值, 即如果多径很可能已在显著程度上降低了特定测量的准确度, 则输入可被挂起。这允许卡尔曼滤波器进行惯性跟踪并阻止该滤波器——并且最终阻止大气模型部分 226——受到经多径畸变的位置锁定的过分严重影响。还在 232 处将 GPS 海拔输出 212 与来自大气模型部分 226 的气压海拔输出 227 求差。

[0047] 所得差值通过开关 238 被馈送到在此被示为双态卡尔曼滤波器的卡尔曼滤波器部分 234 的输入。在此, 术语“输入”在被用作名称时表示适于传达信息的连接, 诸如软件功能、或者等效硬件, 诸如连线或互连、或例如被安排成总线的一组连线或互连。为了提高系统的准确度, 卡尔曼滤波器部分 234 被用于估计  $P_0$  和  $T_{grad}$  ( $T_{梯度}$ ), 这些是可由大气模型部分 226 使用的参数。卡尔曼滤波器可观测量是例如: (1) 压力传感器与 GPS 之间的海拔差异; 以及 (2) 两次锁定之间压力传感器与垂直速率之间的海拔变化差异 ( $\Delta$  距离)。内部状态为: (1)  $P_0$ , 平均海平面处的压力, (2)  $T_{grad}$ , 以摄氏度 /km 计的下降。  $P_0$  和  $T_{grad}$  的过程模型是随机游动的, 其时间常数基于天气状况来调整。当然, 具有更多或更少状态的卡尔曼滤波器也是可能的, 如没有卡尔曼滤波器的实施例。

[0048] 在 216 处从速率求解部分 214 输出 GPS 海拔变化, 并在 230 处将其与气压海拔差异 229 求差。所得双重差异在 236 处被输入卡尔曼滤波器部分 234。海拔差异是如下生成的: 通过在 220 处将压力传感器 218 的输出传递给抽取滤波器 222, 后者的输出又在 224 处被传递, 得到用单模型部分 226 求差的大气部分 227。其本身的级延版本的连续输出 228 用以产生气压海拔差异。

[0049] 由文献美国标准大气 1976 (NOAA/NASA) “NOAA SIT 76-1562” 定义的标准大气可被用作大气模型部分 226 的起始点。其定义了流体静力学公式, 该公式将大气压力与海拔相关, 从而引入了 2 个参数: 海平面处的压力 ( $P_0 = 1013\text{hPa}$ )、以及下降或随海拔的温度变化 ( $T_{grad} = 6.5$  摄氏度 /km)。GPS 海拔可被用于校准气压海拔的这两个参数。其最终应当显著提高所讨论的准确度, 从而气压海拔和 GPS 海拔不使用相同参考。气压海拔以平均海平面为中心, 而 GPS 海拔被定义为高于如 WGS84 参考系统中定义的大地水准面椭球。

[0050] 以上提及的标准模型具有以下形式:

[0051]

$$P = P_0 \left[ \frac{T_0}{T_0 + T_{grad} (h - h_0)} \right]^{\frac{g_0 M}{R^{\hat{a}} T_{grad}}}$$

[0052] 其中

[0053]  $P_0$  = 静态参考压力 (帕斯卡)

[0054]  $T_0$  = 标准温度 (开氏度)

[0055]  $T_{grad}$  = 标准温度下降率 (开氏度每米)\*\*

[0056]  $h_0$  = 参考海拔 (米)

[0057]

$R^{\hat{a}}$  = 空气的通用气体常数

[0058]  $g_0$  = 重力常数  $M$  = 地球空气的摩尔质量

[0059] 大气模型部分 226 例如将海平面处的压力  $P_0$  以及温度梯度  $T_{grad}$  作为输入 240。它们是如通过 GPS 海拔和垂直速率解校准的卡尔曼滤波器状态,并且是从卡尔曼滤波器部分 234 接收到的。

[0060] 气压海拔具有准确的相对信息,具有米级或更少的海拔噪声,但没有特别准确的绝对海拔。然而,其对快速的海拔变化具有相当好的响应。相比之下,GPS 海拔在标称接收条件下具有良好的无偏准确度,但具有相当高的海拔噪声,其可大到 20 米。

[0061] 用互补滤波器架构实现的混合滤波器被用于图 2 中所示的实施例中以组合这两种类型的信息。来自大气模型部分 226 的气压海拔输出 227 被输入互补滤波器 244 并被传递至高通滤波器 246。GPS 海拔 212 也被输入互补滤波器 244 但被传递至低通滤波器 248。这两个滤波器的输出在 250 处被求和,并在 252 处输出作为组合 GPS/ 气压海拔信息。

[0062] 互补滤波器可被定义为接收两种类型的信息并执行滤波操作的滤波器,该滤波操作有利地使用两种信息类型的互补特性来产生具有改进特性的单个输出。互补滤波器有利地如这里在可通过不同传感器获得相同信息时使用,这些传感器中的每一个具有相当不同的噪声特性。绝对低频的准确信息 (GPS 信息) 用低通滤波器来滤波,而相对快速、准确的从压力传感器推导出海拔被高通滤波。优选地,这两个滤波器的响应被精心控制,诸如举例而言通过确保低通和高通滤波器的振幅响应之和在整个频率范围上严格等于 1,从而有效地保证对感兴趣参数 (海拔) 的“全通”特性,但具有不同的噪声处理。如图 2 中所示的此技术实际上是工作良好的维纳滤波技术,因为很好地强加了信号的所需类噪声行为 (要优化的“信号”实际上是两个传感器上的噪声)。值得注意的是,此结构并未要求接收机有静态位置;数据混合即使在存在显著的垂直运动分量的情况下仍要进行。互补滤波器的阶数或者为一阶,或者在需要进一步分离噪声源的情况下可以为更高阶。

[0063] 互补滤波器应获取滤波器两侧的海拔。来自压力传感器的自然信息显然是压力,并且可使用标准大气压力公式。其可被原封不动地使用,其原因在于该模型的海拔 / 压力梯度对  $P_0$  和  $T_{grad}$  不是太敏感。 $P_0$  由互补滤波器有效地消除。

[0064] 使用某些实施例,可在 5 米或更少——尤其是大约 2-3 米——的准确度下测量绝对海拔,这好到足以分辨层叠道路。典型示例是海湾地区的海湾大桥,其车道间垂直距离为 10 米。绝对准确度好到足以清楚地区别各层。

[0065] 层叠道路包括彼此重叠的通常在相同方向上延伸的两条道路或高速公路（例如，芝加哥城区的上下 Wacker）。上层道路几乎是空旷状况，因此 GNSS 锁定的质量相当好。然而，搭载在下层道路上的车辆上的 GNSS 接收机将因紧邻环境中的金属结构而经历相当大的多径畸变，从而显著削减了锁定的质量。通常这些重叠道路不具有相同出口，并且缺乏关于该车辆实际上位于哪条道路上的知识对选路指令造成重大误差（通常，将要求用户在仅于另一层上能进出的出口处退出）。

[0066] 其他类似场景包括桥上的高速公路，其具有在地下或苜蓿叶式结构上延伸的并行道路，与直接的直线相比具有在海拔上向上或向下的出口。准确的海拔允许较早地警告驾驶员他或她位于错误的出口，即使错误的道路与合需道路并行延伸，但它们靠得太近而仅用 GPS 水平准确度是不能安全地区分的。

[0067] 使用现有技术中无论是地面的（使用 DGPS、INS、以及 360 度相机进行立体远程地理围栏）还是空中的（使用 DGSP、INS、和 LIDAR）移动测绘技术的道路勘测的垂直准确度有大约 0.1 米到 0.3 米的绝对准确度。由于在最终个人导航设备（PND）中的不可用性，此信息不必如 PND 中那样被插入递送给最终客户的测绘数据库。所描述的绝对海拔确定技术使得尤其是在层叠道路的情形中有价值的准确的垂直测绘信息变得可用。

[0068] 为了使得海拔测绘对这些情景有用，本发明的实施例提供准确的绝对海拔，用于确定汽车实际上正沿着层叠道路的哪一层移动。所报告的绝对海拔准确度需要始终好于层叠道路之间的最小距离（约为 9-10m）的一半。

[0069] 参照图 3-5 解释对适用于此类情景的实施例的测试。在目前描述的测试中，SMD-500 压力传感器通过 DevASys I2C-USB 转换器以 10 赫兹被轮询，并由 Nemerix® GHS 主机软件收集。GPS 接收机被搭载在测试车辆的车顶上，并且其输出也由 Nemerix® GHS 软件收集。该软件将包含传感器读数和 GPS 读数的日志消息输出到日志文件，在实验室中使用 Matlab® 来分析该文件。

[0070] 该测试是在旧金山与阿拉米达各县之间的州际公路 80 上的海湾大桥上执行的。该桥的长度为 23,000 英尺（4.5 英里）。该桥包括西行和东行部分。西海湾吊桥的长度为 9260 英尺（2822 米），且垂直净空为 220 英尺（67 米）。东海湾悬臂桥的长度为 10,176 英尺（3101 米），且垂直净空为 191 英尺（67 米）。上（西行）车道与下（东行）车道之间的间距对于该桥长中的绝大多数大约恒为 10 米。由于低层没有空旷的天空视觉，向东行进的接收机经历显著的多径干扰。

[0071] 图 3 示出标准 GPS 接收机在不使用压力传感器数据的情况下的性能图表 300。图表 300 示出沿桥长（x 轴）测得的 GPS 海拔（y 轴）。示出西行（302）和东行（304）车道两者的 GPS 海拔读数。

[0072] 朝西行的 GPS 接收机具有空旷的天空视觉，因此平滑地跟踪到海拔，其得到曲线 302。由于多径，对应东行车道的卡尔曼滤波器海拔即曲线 304 显示出严重的过冲，导致东行海拔看起来比其实际海拔高出 10 米以上。这使得很难区分这两层。在点 306，这两条曲线实际上交叉，并且东行车道看起来高于西行车道。

[0073] 图 4 示出在使用本发明的实施例时的进步。图 4 示出在使用压力传感器数据的情况下沿海湾大桥的 GPS 读数的图表 400。图表 400 再次示出对照沿桥的水平距离（x 轴）的海拔读数（y 轴）。曲线 402 反映了西行（上车道）读数，而曲线 404 反映了东行（下

道) 读数。这些读数是根据参照图 1 和 2 所公开的技术设计的互补滤波器的输出。如图 4 中可见的, 下车道读数始终低于上车道, 从而允许区别这两者。还值得注意的是, 通过将压力传感器数据与 GPS 数据混合不仅提高了上车道与下车道之间的相对准确度, 还提高了绝对准确度。

[0074] 对于如图 4 中记录的测量, 使用最小平方位置求解的输出而非经卡尔曼滤波的位置求解的输出来校准海拔读数。未经滤波的最小平方解具有高噪声但无偏倚。另一方面, 卡尔曼滤波器平滑得多(较少噪声), 但具有由其平滑效应生成的偏倚。

[0075] 图 5 示出根据图 4 用压力传感器辅助 GPS 接收机沿桥长(x 轴) 对上下车道(y 轴) 作出的测量间的差异 502 的图表 500。图 5 示出该差异相当恒定地在 10 米左右, 其在桥中间具有骤降 504, 反映出在财富岛处这两层之间的海拔差异。

[0076] 可以想象, 本发明的这些实施例对于狭窄和蜿蜒街道中的徒步者导航也将是有用的。这包括所谓的“最后一英里”导航(从汽车到建筑物的导航)以及城市中的徒步旅行者(在非常狭窄的道路中有可靠的转弯导航)。此类导航不能依赖于地图匹配技术, 因为徒步者不被限制于道路。因此, 水平准确度必需好于狭窄市区环境中两条街道之间典型距离的一半。

[0077] 通过基于物理世界(压力传感器)与 GPS 测量之间的差异使用如本文描述的每卫星多径检测、标记、以及补偿, 可以实现有效的徒步者导航。通过 GPS 和压力传感器测量混合生成无多径的海拔卡尔曼滤波器。这消除了现有技术中基于 DTM(数字地形模型)的海拔辅助。

[0078] 通过使用概率数据关联技术可以对每卫星/每伪距基础的 MP 检测实现多径缓解。可使用压力传感器数据和时间知识来执行 1-D 位置锁定。卡尔曼滤波器用于估计每颗卫星的垂直多径偏移量。第二水平卡尔曼滤波器用于生成经校正/去加权的伪距。这等效于具有位于地心处的有良好测量间噪声特性的额外卫星, 并且用额外的虚拟卫星更常得到更好位置(3-D 位置只需要 3 颗卫星)。海拔辅助信息可被插入卡尔曼滤波器的海拔辅助端口中。

[0079] 使用由压力传感器提供的虚拟卫星, 就能够个别地确定每颗卫星的伪距变化而不仅仅是像全球定位误差。例如在市区峡谷环境中, 通常将存在至少两颗不受多径影响的卫星。因此如果已知大致的用户水平位置, 就能够用这两颗卫星在垂直维度上进行 1-D 位置锁定。位置解得到海拔和本地时钟偏倚。给定卫星的预测位置与实际位置之间的差异随后被用作加权函数的输入变量, 该加权函数被用于在卡尔曼滤波器中加权实际测得的伪距。可针对所有可用的卫星组合重复 1-D 位置锁定。具有多径的卫星将因为加权函数而被自动拒绝。

[0080] 一旦已知海拔, 就可计算出水平伪距误差, 因为经由星历数据已知卫星仰角。水平伪距误差被传递到分开的水平卡尔曼滤波器。随后可使用压力传感器来预测时间  $t+1$  时的位置和时钟。

[0081] 图 6 示出可用于生成导航解的本发明的双卡尔曼滤波器实施例 600。卡尔曼滤波器 602 是海拔卡尔曼滤波器, 其使用压力传感器值来产生更准确的 GNSS 海拔并估计水平伪距误差。卡尔曼滤波器 604 是水平卡尔曼滤波器, 其产生纬度和经度。

[0082] 海拔卡尔曼滤波器 602 在输入 606 处接收压力传感器信息并在输入 608 处接收每

颗可用卫星的伪距值,并在输出 610 处输出如使用以上描述的 1-D 垂直位置锁定计算出的海拔信息、在输出 612 处输出本地时钟,以及在输出 614 处输出水平伪距偏移量估计。水平卡尔曼滤波器 604 接收这些作为输入,并结合实际伪距(未示出)使用该数据来计算最后纬度和经度,最后纬度和经度连同经滤波海拔信息一起被呈现给用户。

[0083] 在另一个实施例中,压力传感器单单被用于检测特定卫星何时发生了垂直位置的突然改变,并且相应卫星可被阻断或去加权。

[0084] 还预想了本发明的各实施例对于室内导航有用,其中压力传感器辅助导航解决方案的分辨率足以确定用户位于建筑物的哪一楼层上。这比仅 GNSS 解决方案准确得多,其对于垂直定位甚至还要更好。

[0085] 如对于本领域技术人员将明显的是,上述实施例可用各种各样的方式中的任一种进行修改而不脱离本发明的核心教导。上述实施例并非旨在以任何方式限制或放弃本主题,而是旨在提供所附权利要求的信息。

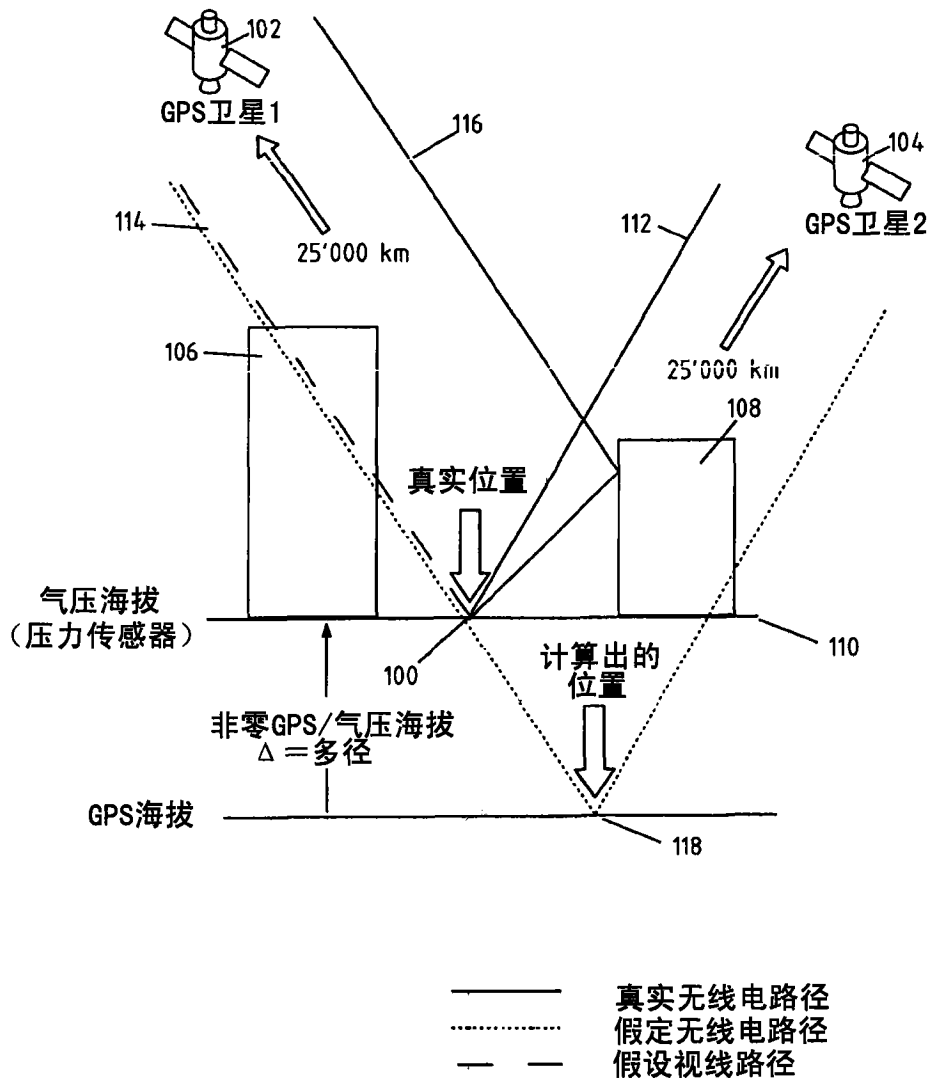


图 1

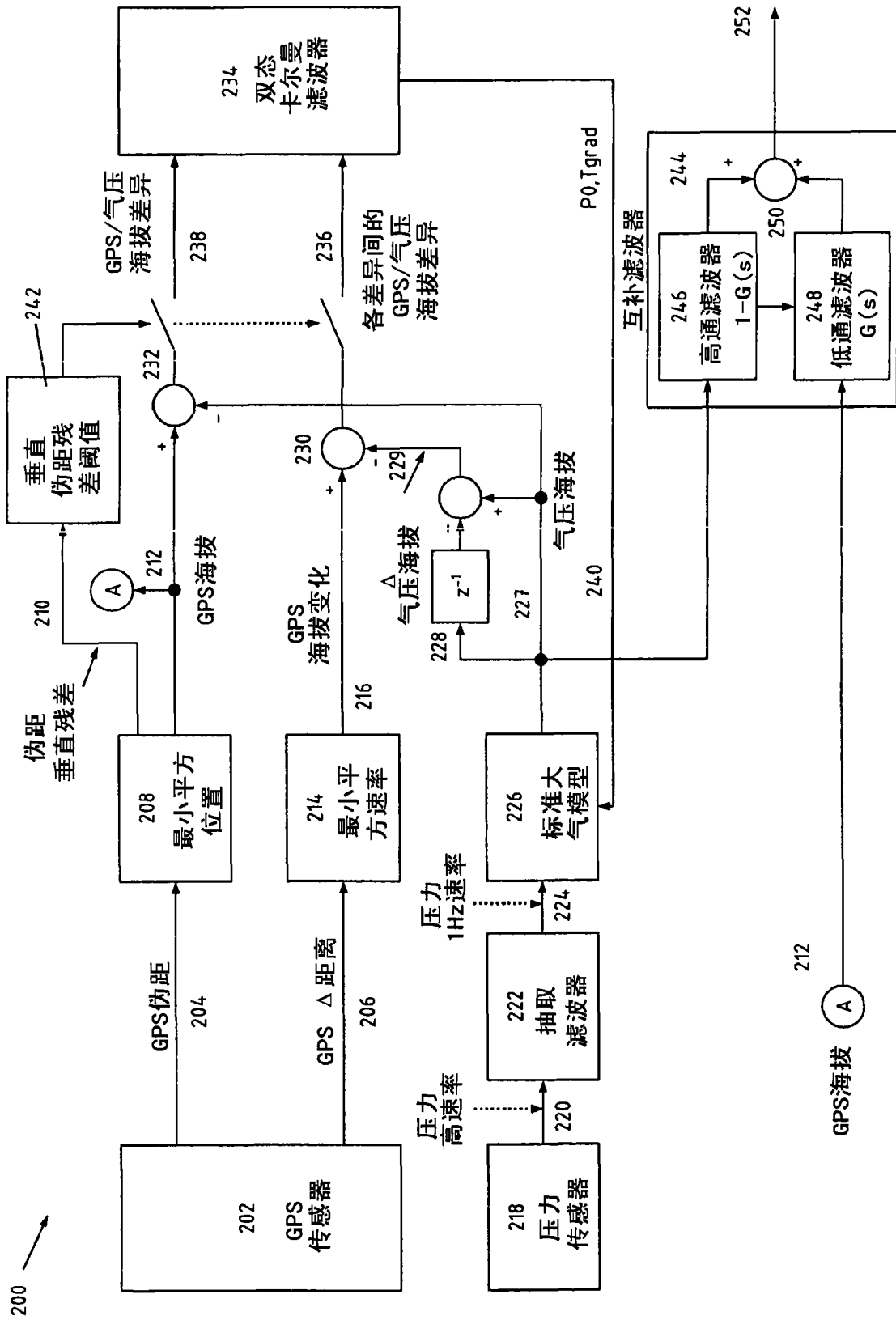


图 2

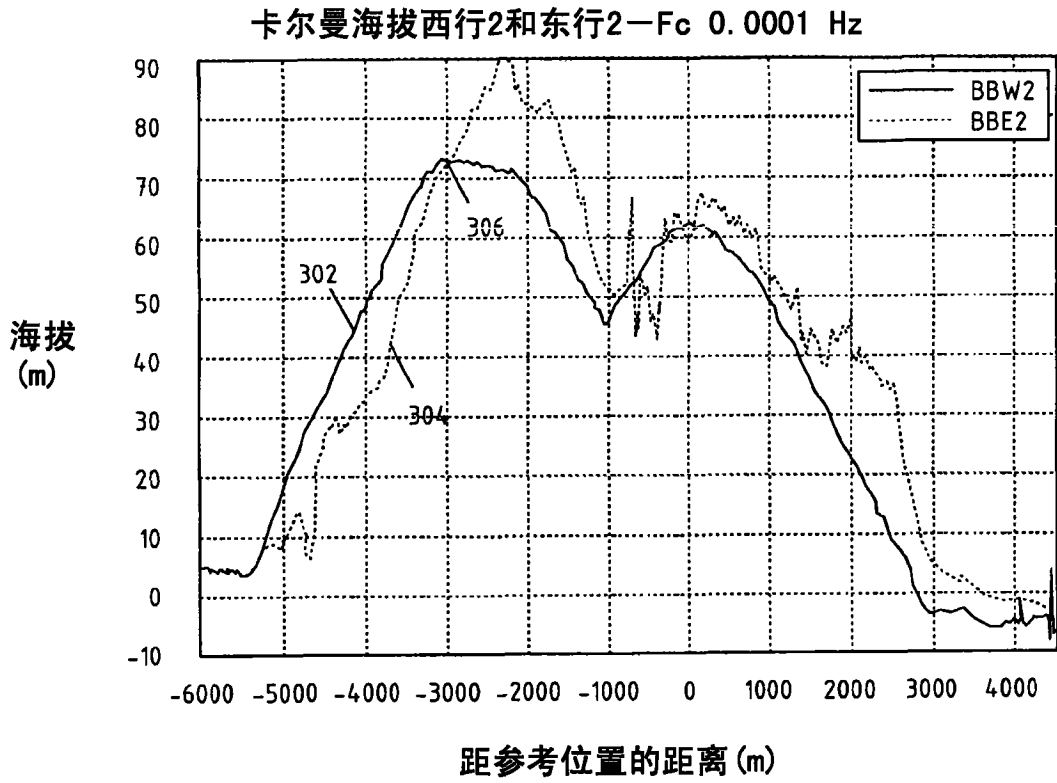


图 3

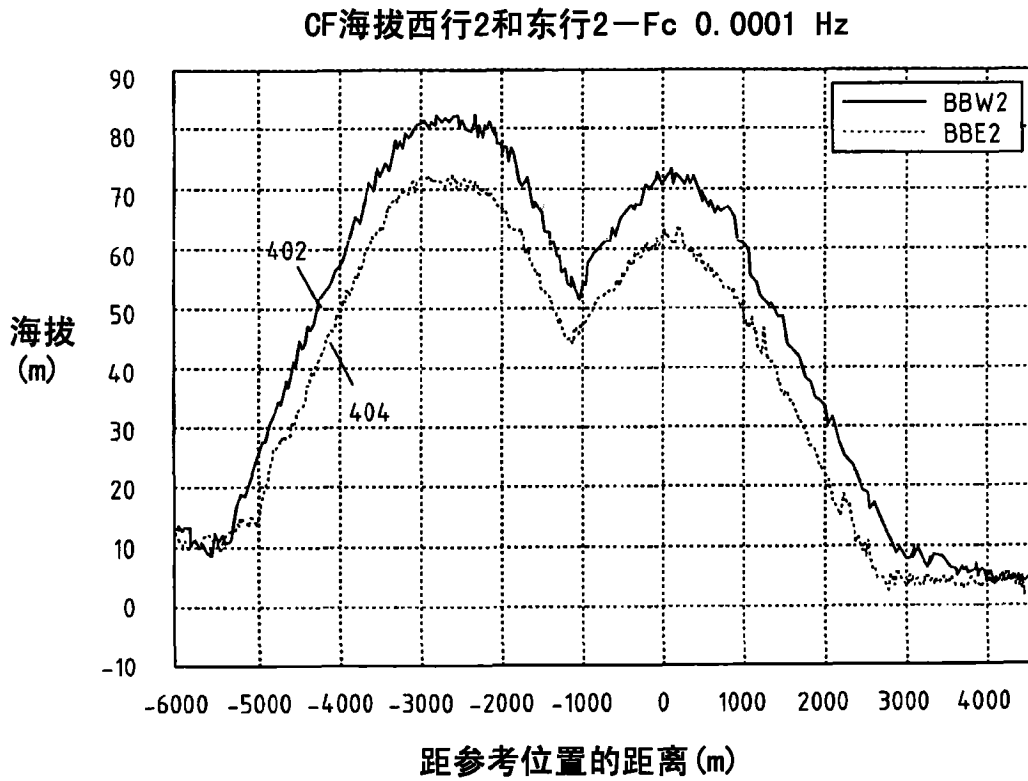


图 4

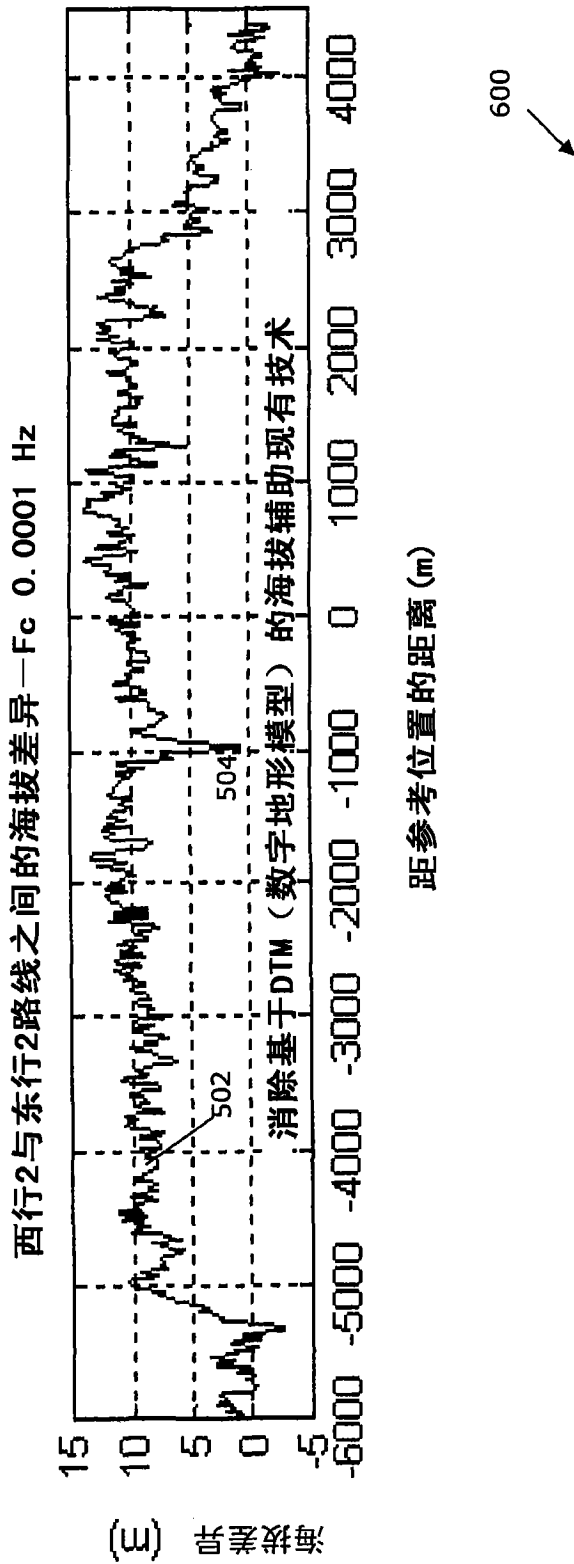


图 5

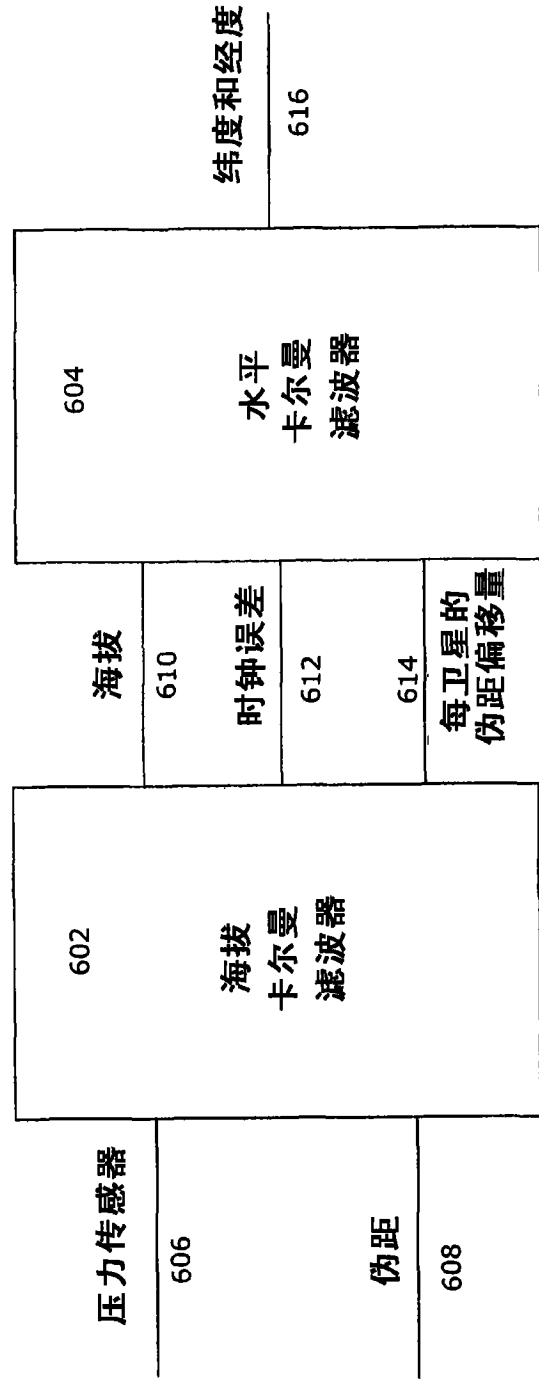


图 6