(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103514316 B
(45)授权公告日 2018.12.11

(21)申请号 201310237374.0

(22)申请日 2013.06.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103514316 A

(43)申请公布日 2014.01.15

(30)优先权数据
13/524,084 2012.06.15 US

(73)专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 S·B·克罗赫

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 赵蓉民

(51)Int.Cl.
G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件
US 2007/0118286 A1,2007.05.24,
US 2005/0251328 A1,2005.11.10,
US 2010/0109945 A1,2010.05.06,
WO 2010/062176 A1,2010.06.03,
CN 102449436 A,2012.05.09,
CN 101258394 A,2008.09.03,

审查员 吉利

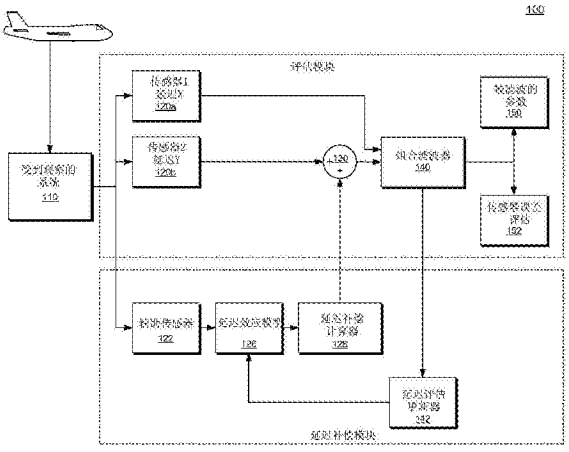
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

用于动态系统中延迟补偿的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种延迟补偿的系统和方法。在一个实施例中，用于动态系统(100)中延迟补偿的基于计算机的系统包含处理器，和被存储在耦合至处理器(222)的有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中当通过处理器(222)执行逻辑指令时，配置处理器(222)接收来自第一传感器(120a)的至少第一参数数据和来自第二传感器(120b)的第二参数数据、将至少第一参数数据和第二参数数据引导至组合滤波器(140)、从至少一个辅助传感器(122)中接收有关动态系统(100)的辅助的参数数据，在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型(126)，以及使用延迟效应模型(126)补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异。



CN 103514316 B

1.一种用于动态系统(100)中延迟补偿的方法,包含:

在计算机处从第一传感器(120a)接收第一参数数据;

在所述计算机处从第二传感器(120b)接收第二参数数据,其中所述第一传感器(120a)包含惯性测量系统,以及所述第二传感器(120b)包含基于全球定位系统GPS的测量系统;

从至少一个辅助传感器(122)接收关于所述动态系统的辅助的参数数据,其中所述辅助的参数数据包括交叉跑道速度;

使用关于所述动态系统的所述辅助的参数数据,在所述第一参数数据和所述第二参数数据上构建延迟效应模型(126);

通过以下步骤,使用所述延迟效应模型(126)补偿在所述第一参数数据和所述第二参数数据中的基于延迟的差异:

通过计算所述第一参数数据或所述第二参数数据中的至少一个的延迟补偿调整参数,基于从所述辅助传感器接收的辅助的参数数据并基于所述延迟效应模型,在所述计算机处生成延迟补偿调整参数,其中所述延迟补偿调整参数用于交叉跑道速度;以及

将所述延迟补偿调整参数应用至所述第一参数数据或所述第二参数数据中的至少一个;

通过将所述第一参数数据和所述第二参数数据引导进入组合滤波器(140),用于在所述组合滤波器(140)中根据所述第一参数数据和所述第二参数数据确定组合的参数数据,基于所述第一参数数据和所述第二参数数据,在所述计算机处生成滤波后的参数,以及

基于所述滤波后的参数生成输出,其中所述输出被提供给飞行器的自动驾驶系统。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助的参数数据包括地面速度和/或取向。

3.根据权利要求1或2中任一项所述的方法,还包含:

在组合滤波器(140)中,确定所述延迟补偿调整参数的评估;以及

将所述延迟补偿调整参数的评估作为反馈提供至所述延迟效应模型(126)。

4.根据权利要求1或2中任一项所述的方法,还包含生成所述第二传感器的传感器误差评估。

5.根据权利要求1或2中任一项所述的方法,还包含在所述组合滤波器(140)中,产生对应于所述组合的参数数据的输出。

6.根据权利要求1或2中任一项所述的方法,其中所述延迟效应模型(126)用于补偿在所述第一传感器(120a)和所述第二传感器(120b)之间随时间的基于位置的移动差异。

7.根据权利要求1或2中任一项所述的方法,其中:

构建所述延迟效应模型(126)用于补偿在所述第一传感器(120a)和所述第二传感器(120b)之间随时间的基于时间的移动差异。

8.一种用于动态系统(100)中延迟补偿的基于计算机的系统(200),包括:

处理器(222);以及

被存储在耦合至所述处理器(222)的有形计算机可读介质中的逻辑指令,其中当通过所述处理器(222)执行所述逻辑指令时,配置所述处理器(222):

接收来自第一传感器(120a)的第一参数数据;

接收来自第二传感器(120b)的第二参数数据,其中所述第一传感器(120a)包含惯性测量系统,以及所述第二传感器(120b)包含基于全球定位系统GPS的测量系统;

从至少一个辅助传感器(122)接收关于所述动态系统的辅助的参数数据，其中所述辅助的参数数据包括交叉跑道速度；

使用关于所述动态系统的所述辅助的参数数据，在所述第一参数数据和所述第二参数数据上构建延迟效应模型(126)；

通过以下步骤，使用所述延迟效应模型(126)补偿在所述第一参数数据和所述第二参数数据中的基于延迟的差异：

通过计算所述第一参数数据或所述第二参数数据中的至少一个的延迟补偿调整参数，基于从所述辅助传感器接收的辅助的参数数据并基于所述延迟效应模型，生成延迟补偿调整参数，其中所述延迟补偿调整参数用于交叉跑道速度；以及

将所述延迟补偿调整参数应用至所述第一参数数据或所述第二参数数据中的至少一个；以及

通过将所述第一参数数据和所述第二参数数据引导进入组合滤波器(140)，用于在所述组合滤波器(140)中根据所述第一参数数据和所述第二参数数据确定组合的参数数据，基于所述第一参数数据和所述第二参数数据，生成滤波后的参数。

9.根据权利要求8所述的基于计算机的系统，其中所述辅助的参数数据包括地面速度和/或取向。

10.根据权利要求8或9中任一项所述的基于计算机的系统，还包含被存储在耦合至所述处理器(222)的有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中当通过所述处理器(222)执行该逻辑指令时，配置所述处理器(222)：

在组合滤波器(140)中，确定延迟补偿调整参数的评估；以及

将所述延迟补偿调整参数的评估作为反馈提供至所述延迟效应模型(126)。

11.根据权利要求10所述的基于计算机的系统，还包含被存储在耦合至所述处理器(222)的有形计算机可读介质中的逻辑指令，当通过所述处理器(222)执行该逻辑指令时，配置所述处理器(222)，从而在所述组合滤波器(140)中，产生对应于组合的参数数据的输出。

12.根据权利要求8或9中任一项所述的基于计算机的系统，还包含被存储在耦合至所述处理器(222)的有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中当通过所述处理器(222)执行该逻辑指令时，配置所述处理器(222)生成所述第二传感器的传感器误差评估。

13.根据权利要求8或9中任一项所述的基于计算机的系统(200)，其中所述延迟效应模型(126)补偿在所述第一传感器(120a)和所述第二传感器(120b)之间随时间的基于位置的移动差异。

14.根据权利要求8或9中任一项所述的基于计算机的系统(200)，其中：

还包含被存储在耦合至所述处理器(222)的有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中当通过所述处理器(222)执行该逻辑指令时，配置所述处理器(222)补偿在所述第一传感器(120a)和所述第二传感器(120b)之间随时间的基于时间的移动差异。

15.一种计算机可读介质，其包含指令，当通过处理器执行该指令时，致使所述处理器执行根据权利要求1-7中任一项所述的方法。

用于动态系统中延迟补偿的方法和系统

技术领域

[0001] 本文描述的主题事项涉及电子计算和基于计算机的真实世界事件建模，更具体地涉及基于计算机的系统中的用于延迟补偿的技术，其中该系统使用来自多个数据源的输入来测量真实世界系统动态。

背景技术

[0002] 使用来自遍布系统的多个传感器的输入，可以模仿复杂的，动态系统。举例来说，飞行器制造业已研制出使用不同的全球定位系统(GPS)的自动着陆功能。这种功能被称为全球导航卫星系统着陆系统(GLS)。GLS已通过商业空中交通(CAT)操作的认证。一些自动着陆系统可合并来自多个不同传感器的输出，从而确定飞行器的位置和取向信息。不同传感器的输出可能会遭受延迟效应，尤其是在机动过程中，这能够使模型的结果发生偏差。

[0003] 因此，可以发现延迟补偿的系统和方法的实用性。

发明内容

[0004] 公开了延迟补偿的系统和方法。在一个实施例中，用于动态系统中延迟补偿的基于计算机的方法包含：从第一传感器接收至少第一参数数据，以及从第二传感器接收第二参数数据，将至少第一参数数据和第二参数数据引导至组合滤波器(combining filter)，从至少一个辅助传感器中接收有关动态系统的辅助的参数数据，在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型，以及使用延迟效应模型补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异。

[0005] 在一个实施例中，一种用于动态系统中延迟补偿的基于计算机的系统，包括：处理器；以及被存储在耦合至处理器的有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中当通过所述处理器执行逻辑指令时，配置所述处理器：接收来自第一传感器的至少第一参数数据，和来自第二传感器的第二参数数据；将所述至少第一参数数据和所述第二参数数据引导至组合滤波器；从至少一个辅助传感器接收有关所述动态系统的辅助的参数数据；在所述第一参数数据和所述第二参数数据上构建延迟效应模型；以及使用所述延迟效应模型补偿所述第一参数数据和所述第二参数数据中的基于延迟的差异。

[0006] 在另一个实施例中，用于动态系统中延迟补偿的计算机程序产品，其包含逻辑指令，逻辑指令被存储在耦合至处理器的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器执行逻辑指令时，配置处理器：接收来自第一传感器的至少第一参数数据和来自第二传感器的第二参数数据，将至少第一参数数据和第二参数数据引导至组合滤波器，从至少一个辅助传感器接收有关动态系统的辅助的参数数据，在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型，以及使用延迟效应模型补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异。

[0007] 在附图和正文中，一方面，公开用于动态系统100中的延迟补偿的方法，包括：从第一传感器120a接收至少第一参数数据，以及从第二传感器120b接收第二参数数据，将至少第一参数数据和第二参数数据引导至组合滤波器，从至少一个辅助传感器122接收有关动

态系统的辅助的参数数据，在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126，以及使用延迟效应模型126补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异。

[0008] 可选地，本发明可还包括其中使用延迟效应模型126补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异包括：计算第一参数数据或第二参数数据中的至少一个的延迟补偿调整参数，以及将延迟补偿调整参数应用至第一参数数据或第二参数数据中的至少一个。

[0009] 可选地，本方法可还包括在组合滤波器中，根据来自第一参数数据和第二参数数据确定组合的参数数据。

[0010] 可选地，本方法还包括在组合滤波器140中，确定延迟补偿调整参数的评估，以及将延迟补偿调整参数的评估作为反馈提供至延迟效应模型126。

[0011] 可选地，本方法可还包括在组合滤波器140中，产生相应于组合的参数数据的输出。

[0012] 可选地，本方法可包括其中在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126包括补偿在第一传感器120a和第二传感器120b之间随时间移动的基于位置的差异。

[0013] 可选地，本方法可包括其中第一传感器120a包含惯性测量系统、第二传感器120b包含基于全球定位系统GPS的测量系统，以及在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126包含补偿在第一传感器120a和第二传感器120b之间随时间移动的基于时间的差异。

[0014] 在一个方面，公开了用于动态系统100中延迟补偿的基于计算机的系统200，包括：处理器222，和被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222：接收来自第一传感器120a的至少第一参数数据和来自第二传感器120b的第二参数数据，将至少第一参数数据和第二参数数据引导至组合滤波器140，从至少一个辅助传感器122接收有关动态系统100的辅助的参数数据，在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126，以及使用延迟效应模型126补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异。

[0015] 可选地，本系统可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222计算第一参数数据或第二参数数据中的至少一个的延迟补偿调整参数，以及将延迟补偿调整参数应用至第一参数数据或第二参数数据中的至少一个。

[0016] 可选地，基于计算机的系统可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222，从而在组合滤波器140中，根据第一参数数据和第二参数数据确定组合的参数数据。

[0017] 可选地，基于计算机的系统可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222，从而在组合滤波器140中，确定延迟补偿调整参数的评估，以及将延迟补偿调整参数的评估作为反馈提供至延迟效应模型126。

[0018] 可选地，基于计算机的系统可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222，从而在组合滤波器140中，产生相应于组合的参数数据的输出。

[0019] 可选地，基于计算机的系统200可包括其中在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126包含补偿在第一传感器120a和第二传感器120b之间随时间移动的基于位置的差异。

[0020] 可选地，基于计算机的系统200可包括：其中第一传感器120a包含惯性测量系统，第二传感器120b包含基于全球定位系统GPS的测量系统，以及还包含逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222补偿在第一传感器120a和第二传感器120b之间随时间移动的基于时间的差异。

[0021] 在一方面，公开用于动态系统100中延迟补偿的计算机程序产品，其包含逻辑指令，逻辑指令被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222：接收来自第一传感器120a的至少第一参数数据和来自第二传感器120b的第二参数数据，将至少第一参数数据和第二参数数据引导至组合滤波器140，从至少一个辅助传感器122接收有关动态系统100的辅助的参数数据，在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126，以及使用延迟效应模型126补偿第一参数数据和第二参数数据中的基于延迟的差异。

[0022] 可选地，计算机程序产品还包括逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222计算第一参数数据或第二参数数据中的至少一个的延迟补偿调整参数，以及将延迟补偿调整参数应用至第一参数数据或第二参数数据中的至少一个。

[0023] 可选地，计算机程序产品可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至接收机内的处理器222的有形计算机可读介质中，其中接收机接收目录流，当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222，从而在组合滤波器140中，根据第一参数数据和第二参数数据确定组合的参数数据。

[0024] 可选地，计算机程序产品可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222，从而在组合滤波器140中，确定延迟补偿调整参数的评估，以及将延迟补偿调整参数的评估作为反馈提供至延迟效应模型126。

[0025] 可选地，计算机程序产品可还包括逻辑指令，其被存储在耦合至接收机内的处理器222的有形计算机可读介质中，其中接收机接收目录流，当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222，从而在组合滤波器140中，产生相应于组合的参数数据的输出。

[0026] 可选地，计算机程序产品可还包括其中在第一参数数据和第二参数数据上构建延迟效应模型126包括补偿在第一传感器120a和第二传感器120b之间随时间移动的基于位置的差异。

[0027] 可选地，计算机程序产品包括其中第一传感器120a包含惯性测量系统，第二传感器120b包含基于全球定位系统GPS的测量系统，以及还包含逻辑指令，其被存储在耦合至处理器222的有形计算机可读介质中，其中当通过处理器222执行逻辑指令时，配置处理器222补偿在第一传感器120a和第二传感器120b之间随时间移动的基于时间的差异。

[0028] 根据本文所提供的描述将明白其他适用范围。应理解地是描述和具体例子仅要用于说明，不是要限制本公开的范围。

附图说明

[0029] 如下参考下列附图，将详细描述根据本公开教导的方法、系统、和计算机程序产品的实施例。

[0030] 图1为根据一实施例的用于实施延迟补偿的系统示意图。

[0031] 图2为根据一些实施例的可适于实施延迟补偿的系统和方法的计算装置示意图。

[0032] 图3为示出根据实施例的延迟补偿的方法中的操作的流程图。

具体实施方式

[0033] 本文公开了延迟补偿的系统和方法。在下列描述和附图中提出确定实施例的具体细节，从而提供该实施例的透彻理解。然而，本领域技术人员将明白在下列描述中，在没有若干细节的情况下可实行替代实施例。

[0034] 通常，本文所描述的主题涉及用于补偿系统延迟的技术，其通过组合来自多个传感器的输入，模仿真实世界事件，其中传感器测量不同的参数。在一些实施例中，在滤波器中传感器参数可被组合，例如互补滤波器或卡尔曼滤波器(Kalman filter)。在许多应用中，这样的滤波器被设计用于形成测量误差的评估，数据源中的一个上的相对偏置评估，其可被用作测量误差的修正，例如偏置。各种事件可引入由不同传感器感测的参数之间的延迟。相对于这种滤波器的输入数据源的延迟差异会造成不希望的滤波器输出的扰动，其将恶化由滤波器产生的相对偏置评估。

[0035] 如本文所述，通过在各种传感器上构建延迟效应模型，以及使用模型计算至少一个参数的延迟补偿值，可以补偿延迟。然后，延迟补偿值可被应用至(多于一个)参数，从而补偿多个传感器之间的延迟差异。在一些实施例中，延迟补偿系统可接收延迟评估形式的反馈，其被可用于更新模型，以便模型在真实世界中使用一段时间后可被改进。

[0036] 可在飞行器的自动着陆系统的背景下实施各种实施例。举例来说，一些飞行器包括自动驾驶系统，其包括互补滤波器，互补滤波器混合了位于飞行器内的基于GPS的传感器和基于陀螺仪或惯性传感器的位置输入。当飞行器以直线飞行时，这些传感器的输出大体上相一致。然而，当飞行器机动延迟可被引入一个或更多传感器的输出，例如，由于空中飞行器上的传感器中的位置差异，或由于采样速率的时间差异。本文描述的系统和方法能够使自驾系统补偿由传感器中的延迟所引入的误差。在其他实施例中，可在将GPS位置数据和惯性数据混合的惯性导航单元或多模式接收机中，实施本文所描述的系统和方法。

[0037] 图1为根据实施例的延迟补偿(latency compensation)的系统100示意图。参考图1，在一个实施例的简要概述，受到观察的系统110可包括多个传感器，此类传感器包括第一传感器120a和第二传感器120b，其检测与相同特性有关的不同参数。此外，受到观察的系统110可包括辅助传感器122，其检测与不同特性有关的不同参数。

[0038] 举例来说，在一些实施例中，受到观察的系统110可以是飞行器。在该实施例中，第一传感器120a可以是基于GPS的传感器，第二传感器120b可以是基于惯性的传感器。传感器120a和120b可以是自动飞行系统的组件，例如基于GPS的着陆系统，其通过Krogh等人的U.S.专利No.7,962,255所描述的惯性参考装置增强，其公开内容在此通过引用以其整体并入。辅助传感器122可包括检测飞行器其他参数，例如地面速度、取向、交叉跑道速度等等的

传感器。

[0039] 系统100还包括延迟效应模型126，延迟补偿计算器128、组合滤波器140、和延迟评估更新器142。组合滤波器140可被实施为互补滤波器、卡尔曼滤波器、维纳滤波器(Wiener filter)、最大似然评估器(maximum likelihood estimator)或其他数据融合或评估算法；组合滤波器产生被滤波的参数输出150和传感器误差评估152。在一些实施例中，组合滤波器可被实施为离散逻辑组件，如Anderson等人的U.S.专利No.6,549,829中所描述的，其公开内容在此通过引用以其整体并入。在其他实施例中，延迟补偿计算器128和加法器130可被并入卡尔曼滤波器，其中延迟量并入作为卡尔曼状态。

[0040] 在替代的实施例中，系统100的一个或更多组件可被实施为逻辑指令，其被存储在可在计算机系统环境中实施的有形计算机可读介质中。图2为计算装置的示意图，其中计算装置可适于实施根据一些实施例的延迟补偿的系统和方法。在一个实施例中，系统200可包括一个或更多伴随的输入/输出装置，其包括具有屏幕204的显示器202、一个或更多扬声器206、键盘210、一个或更多其他I/O装置212、以及鼠标214。其他I/O装置212可包括触摸屏、声控输入装置、跟踪球、以及允许系统200自用户接收输入的任何其他装置。

[0041] 计算系统200包括系统硬件200和存储器230，其可被实施为随机存取存储器和/或只读存储器。文件存储280可通信地耦合至系统200。文件存储280可以在计算系统200的内部，例如一个或更多硬盘驱动器、CD-ROM驱动器、DVD-ROM驱动器、或存储装置的其他类型。文件存储280还可以在计算机系统200的外部，例如一个或更多外部硬盘驱动器、网络附加存储器、或单独的存储网络。

[0042] 系统硬件220可包括一个或更多处理器222、一个或更多图形处理器224、网络接口226、以及总线结构228。如本文所使用的，术语“处理器”意为计算单元的任何类型，例如但不限于微处理器、微控制器、复杂指令集计算(CISC)微处理器、简化指令集(RISC)微处理器、超长指令字(VLIW)微处理器、或处理器或处理电路的任何其他类型。

[0043] 图形处理器224可起到副处理器的功能，其中副处理器用来管理图形和/或视频操作。图形处理器224可被集成到计算系统200的母板或可经母板上的扩展槽被耦合。

[0044] 在一个实施例中，网络接口226能够是有线接口，例如以太接口(参看，例如电气和电子工程师协会/IEEE802.3-2002(Institute of Electrical and Electronics Engineers/IEEE 802.3-2002))或无线接口，例如IEEE802.11a、b或g-兼容接口(参看，例如LAN/MAN系统之间的IT-通信和信息交流的IEEE标准-第二部分：无线LAN介质访问控制(MAC)和物理层(PHY)规范修订4：2.4GHz频带的进一步较高数据速率扩展，802.11G-2003(IEEE Standard for IT-Telecommunications and information exchange between systems LAN/MAN--Part II:Wireless LAN Medium Access Control(MAC)and Physical Layer(PHY)specifications Amendment 4:Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band,802.11G-2003))。无线接口的另一个例子是通用分组无线业务(GPRS)接口(参看，例如GPRS听筒需求的指南、移动通信/GSM全球系统协会，版本3.0.1，2002年12月(Guidelines on GPRS Handset Requirements,Global System for Mobile Communications/GSM Association,Ver.3.0.1,December 2002)。

[0045] 总线结构228连接系统硬件228的各种组件。在一个实施例中，总线结构228可以是一个或更多若干类型的总线结构，其包括存储器总线、外围总线或外部总线和/或局部总

线，其使用任何各种的可用总线架构，其包括，但不限于11-位总线、工业标准结构(ISA)、微通道架构(MSA)、扩展的ISA(EISA)、智能驱动电子设备(IDE)、VESA局部总线(VLB)、外围组件互连(PCI)、通用串行总线(USB)、高级图形端口(AGP)、个人计算机存储卡国际协会总线(PCMCIA)、以及小型计算机系统接口(SCSI)。

[0046] 存储器230可包括用于管理计算装置208操作的操作系统240。在一个实施例中，操作系统240包括将接口提供至系统硬件220的硬件接口模块254。另外，操作系统240可包括文件系统250，其管理在计算装置208操作中使用的文件，以及过程控制子系统252，其管理在计算装置208上执行的过程。

[0047] 操作系统240可包括(或管理)一个或更多通信接口，其可与系统硬件220一起操作，从而自远程源收发数据包和/或数据流。操作系统240可还包括系统调用接口模块242，其提供了操作系统240和在存储器230内的一个或更多应用模块之间的接口。操作系统240可被体现为Windows®品牌操作系统或UNIX操作系统或其中任何衍生物(例如，Linux、Solaris等等)，或其他操作系统。

[0048] 在一个实施例中，存储器230包括评估模块260，其可包括被编码在有形计算机可读介质中的逻辑指令，其中在由处理器222执行逻辑指令时，处理器222实施评估操作。类似地，延迟补偿模块262可包括逻辑指令，其被编码在有形计算机可读介质中，其中在由处理器222执行逻辑指令时，使得处理器222实施延迟补偿操作。返回参考图1，在一些实施例中，评估模块260相应于被指示为评估模块的虚线框中的组件，而延迟补偿模块262可相应于被指示为延迟补偿模块的虚线框内的组件。实际中，两模块可以是独立的或可被合并为单个、集成的软件块。

[0049] 图3为流程图，其示出根据实施例的延迟补偿的方法中的操作。参考图3，在操作310处，自传感器120a、120b、和辅助传感器122接收输入。在一些实施例中，来自传感器120a的输入可相应于基于GPS的位置信号，同时来自传感器120b的输入可相应于来自惯性参考单元的输入。在操作315处，自辅助传感器122接收辅助的系统状态输入。如上所述，在一些实施例中，辅助的输入可包括飞行器的其他参数，例如地面速度、取向、交叉跑道速度(cross-runway velocity)等等。

[0050] 在操作320处，延迟模型被用于为来自传感器120a或120b的至少一个输出计算延迟补偿值。简略地参考图1，在一些实施例中，来自辅助传感器122的输出被输入延迟效应模型126中，其进而输入给延迟补偿计算器128。在一个实施例中，延迟效应模型126和延迟补偿计算器128可实施这样的操作，即，其确定用于交叉跑道速度的延迟补偿因素。可以通过方程(1)EQ[1]为交叉跑道速度建模：

[0051] EQ[1]Vel_xrwy＝Vgnd*sin(psi_int)

[0052] 其中，Vel_xrwy＝交叉跑道速度，Vgnd＝地面速度，以及其中psi_int为截获角度(intercept angle)；也就是，飞行器地面轨迹角和跑道方向之间的差异。

[0053] 如果飞行器以恒定的地面速度按照直线飞行，vel_xrwy不会随着时间变化。如果在GPS的延迟和惯性信息之间仅存在小的差异，组合滤波器140还能够执行其预定功能。湍流中的vel_xrwy的值将会波动，但是该波动将会随时间最终平衡。

[0054] 然而，情况在捕获机动(capture maneuver)的过程中发生变化，在捕获机动中，飞行器自截获航向转至沿着跑道中心线的扩展。在转动过程中，交叉跑道速度在较长时间内

趋向于零。例如，如果GPS数据具有比惯性信息要大的延迟，在从两个来源获得的交叉跑道速度之间将存在明显差异。组合滤波器140错误地将该差异翻译成速度偏置或偏移(bias)。

[0055] 在转弯过程中，该明显的偏置随着截获角度的变化而变化。明显偏置随着转弯完成和捕获中心线而消失，其要求滤波器140在转弯早期时取消其明显的速度偏置的评估。

[0056] 在捕获机动过程中，能够通过方程【2】EQ[2]评估明显的速度偏置的大小，如下：

[0057] EQ[2]vel_xrwy_bias＝delay_kt*vel_xrwy_dot

[0058] 其中delay_kt＝相对延迟大小，vel_xrwy_dot为交叉跑道速度变化的速率。微分方程【1】产生方程【3】，如下：

[0059] EQ[3]vel_xrwy_dot＝Vgnd_dot*sin(psi_int)+Vgnd*psi_int_dot*cos(psi_int)

[0060] 将vel_xrwy_dot从[3]代入[2]产生方程[4]EQ[4]，如下：

[0061] EQ[4]vel_xrwy_bias＝delay_kt*[Vgnd_dot*sin(psi_int)

[0062] +Vgnd*psi_int_dot*cos(psi_int)]

[0063] 在一些实施例中，延迟补偿计算器计算方程【4】的结果，并且通过加法器130，将作为延迟补偿的结果应用(操作325)至组合滤波器140上游的惯性交叉跑道速度。在操作330处，来自传感器120a、120b的输入被应用至组合滤波器140。延迟补偿因素允许组合滤波器140通过飞行器的转弯，执行其预定功能，而没有对其输出的干扰或恶化其速度偏置评估。

[0064] 在操作335处，延迟评估被更新并且作为反馈被提供至延迟效应模型126。因此，在延迟补偿模块将组合滤波器140的当前状态合并至模型126中的意义上，延迟补偿模块是自适应的。

[0065] 在操作340处，组合滤波器140产生来自组合参数的输出。输出可被提供至控制系统，例如，飞行器的自动驾驶系统，其可实施基于输出的一个或更多控制程序。在操作345处，组合滤波器140产生一个或更多传感器误差特性的评估。

[0066] 因此，图1-2所示的结构和图3所示的操作使得能够在控制系统内实施延迟补偿，其中控制系统使用组合滤波器组合来自不同传感器的输入。例如，飞行器的自动控制系统中，可发现该结构和方法的实用性。

[0067] 在上述描述中，已描述了示例性程序的特定实施，然而，应理解地是在可选实施中，某些动作无需按上述顺序执行。在可选实施例中，可以按不同顺序执行来更改，或可以完全省略一些动作，这视情况而定。此外，在各种可选实施中，所描述的动作可通过计算机、控制器、处理器、可编程装置、固件、或任何其他合适的装置实施，并且可基于被存储在一个或更多计算机可读介质或以其他方式被存储的指令或被编程进这些装置(例如，包括将计算机可读指令传输至这些装置)中。在软件的上下文中，上述动作可代表在被一个或更多处理器执行时，执行所例举操作的计算机指令。在使用计算机可读介质的情况中，计算机可读介质能够是任何能够被装置访问的可用介质，以便实施被存储在其上的指令。

[0068] 尽管已描述了各种实施例，但本领域技术人员应认识到在不背离本公开的情况下，可做出修正或变更。例子用于说明各种实施例，并非要限制本公开。因此，应当按照文意地解释本描述和权利要求，该限制仅在考虑有关的现有技术时是必要的。

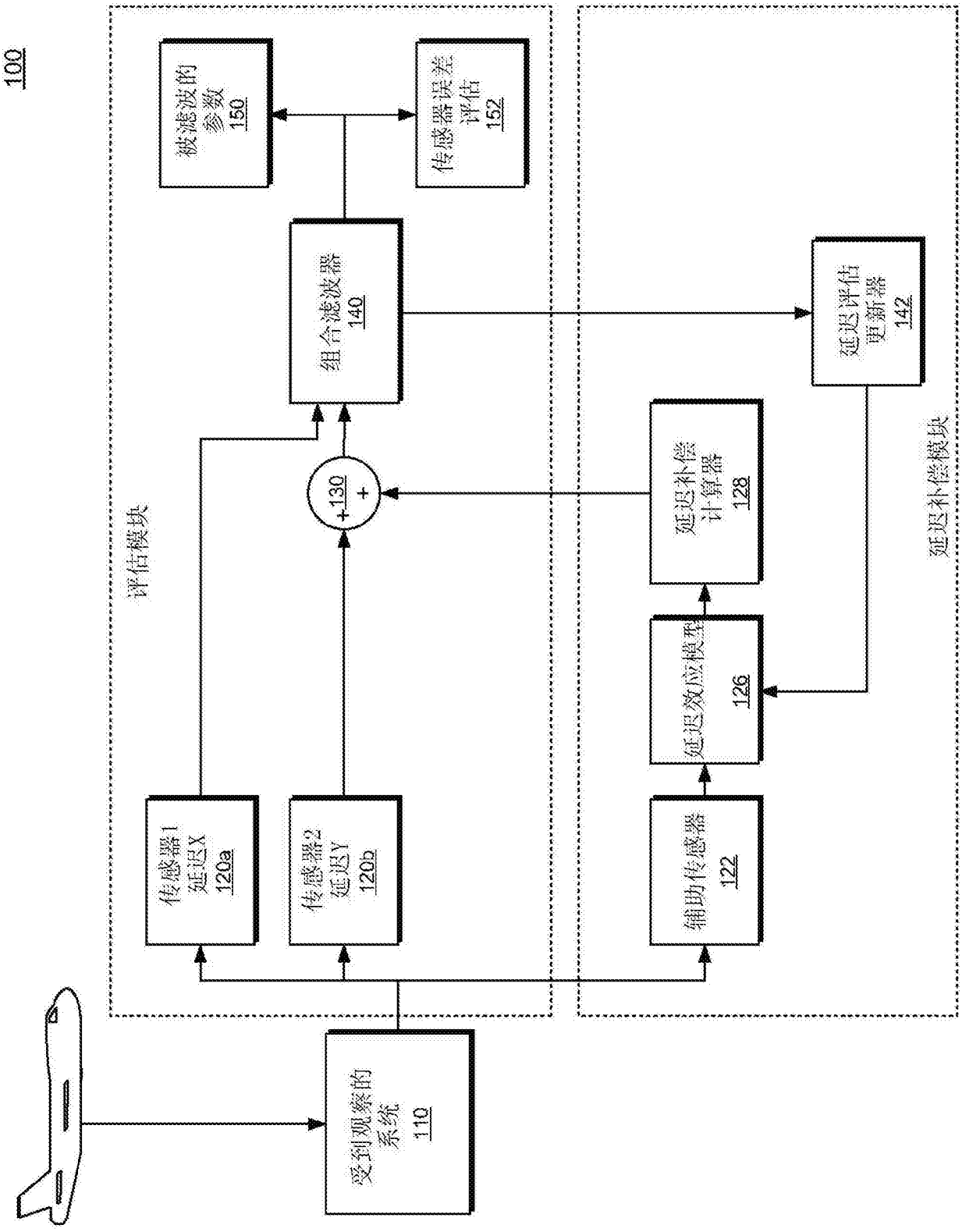

100
被滤波的参数 150
传感器误差评估 152
组合滤波器 140
延迟评估更新器 142
评估模块
延迟补偿模块
+130
+
延迟补偿计算器 128
延迟效应模型 126
传感器1延迟X 120a
传感器2延迟Y 120b
辅助传感器 122
受到观察的系统 110

图1

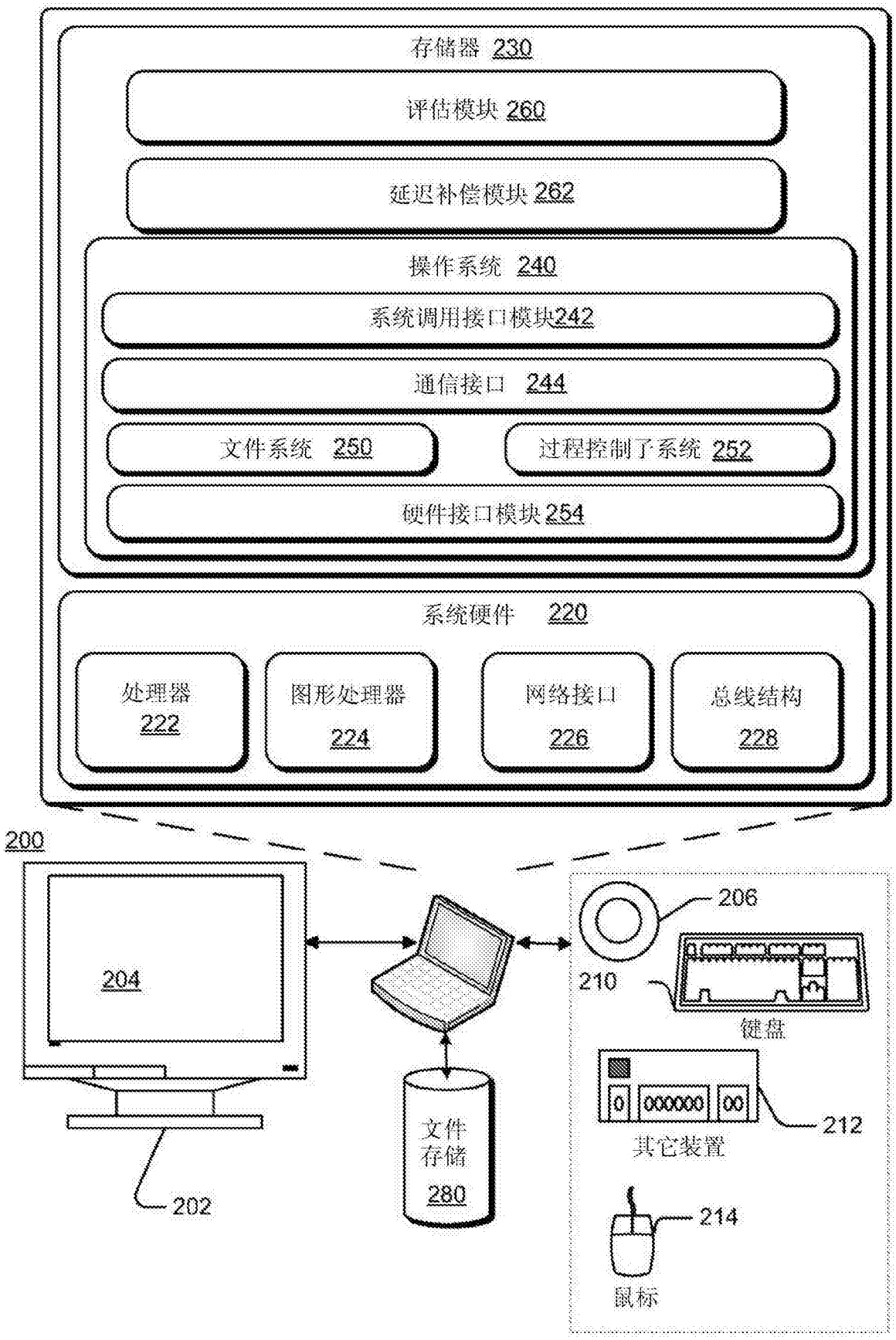

存储器 230
评估模块 260
延迟补偿模块 262
操作系统 240
系统调用接口模块242
通信接口 244
文件系统 250
过程控制子系统 252
硬件接口模块 254
系统硬件 220
处理器 222
图形处理器 224
网络接口 226
总线结构 228
200
204
202
文件存储 280
206
210
键盘
0
00000
00
212
其它装置
214
鼠标

图2

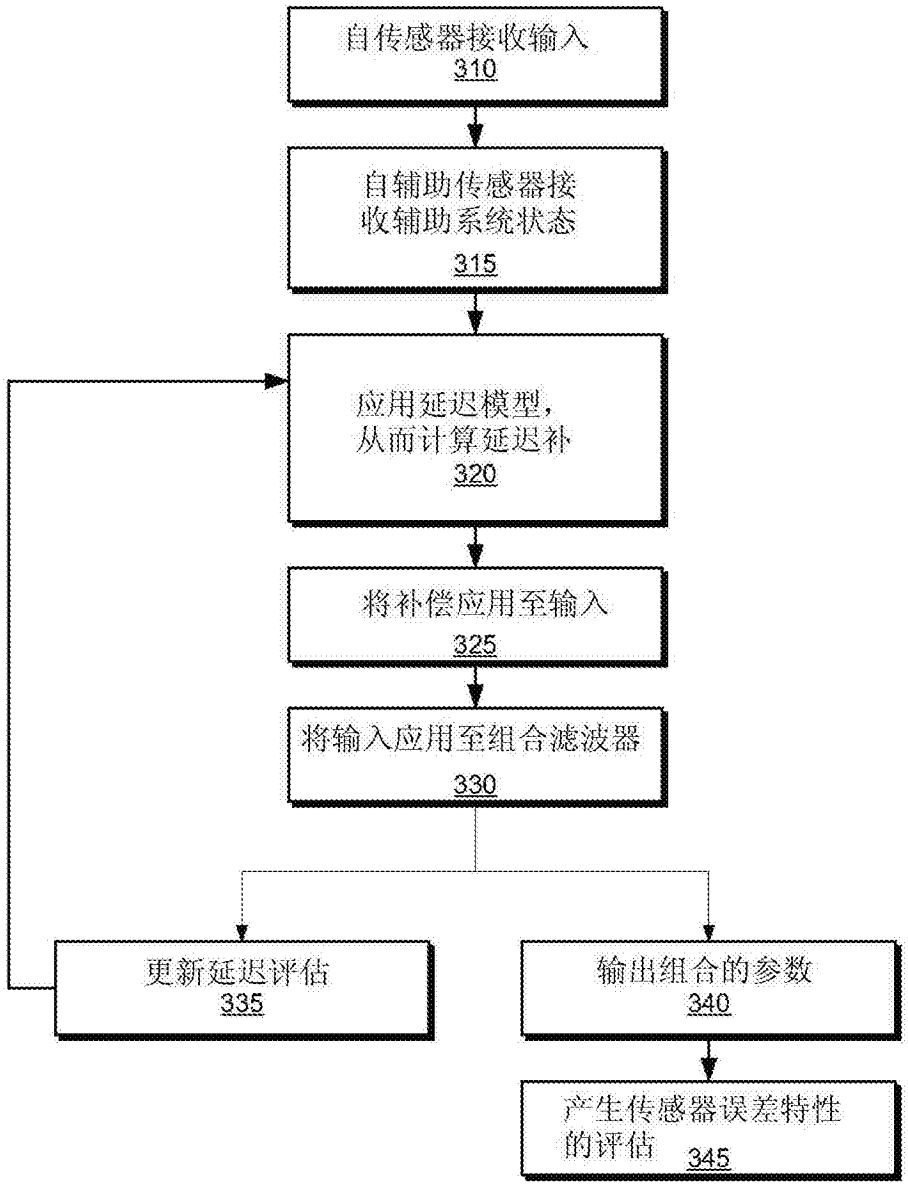

自传感器接收输入
310
自辅助传感器接收辅助系统状态
315
应用延迟模型，从而计算延迟补
320
将补偿应用至输入
325
将输入应用至组合滤波器
330
更新延迟评估
335
输出组合的参数
340
产生传感器误差特性的评估
345

图3