

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101965527 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 04

(21) 申请号 200980108897. 7

代理人 张政权

(22) 申请日 2009. 01. 15

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G05D 1/10 (2006. 01)

0850007-6 2008. 01. 17 SE

G01W 1/10 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 韩冰

2010. 09. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/SE2009/050027 2009. 01. 15

(87) PCT申请的公布数据

W02009/091329 EN 2009. 07. 23

(73) 专利权人 阿弗泰克瑞典股份公司

地址 瑞典奥克什贝里亚

(72) 发明人 S·阿卡林尼 C·福斯伯格

L·G·林德伯格 A·帕姆

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

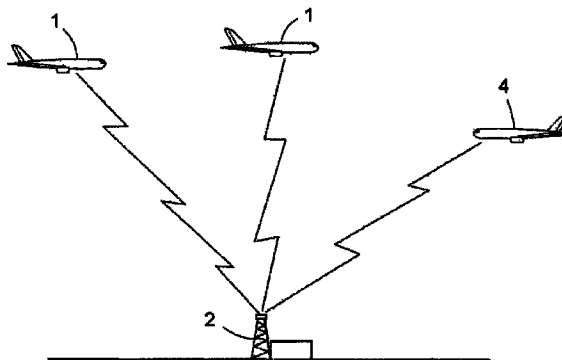
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

飞行控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种方法包括以下步骤:提供 (S3) 包括多个位置的风力数据的风力数据集合 (3), 接收 (S4) 预计飞机轨迹 (311) 的数据, 基于风力数据集合 (3) 提供 (S5) 风力数据要素集合 (302), 每个风力数据要素集合包括沿预计飞机轨迹 (311) 的位置处的风力相关数据, 重复选择风力数据要素子集 (302S)、创建风廓线 (303)、将风廓线 (303) 与风力数据要素集合 (302) 作比较的步骤, 选择 (S10) 至少部分地作为创建最大程度对应风力数据要素集合 (302) 的风廓线 (303) 的基础的风力数据要素子集 (302S) 为要向订户 (2, 4) 发送的风力数据要素子集 (302S)。



1. 一种飞行控制方法,包括以下步骤:
提供风力相关数据,并向订户(2,4)发送风力相关数据,
其特征在于,所述提供风力相关数据的步骤包括提供(S3)包含多个位置的风力数据的风力数据集合(3),以及所述方法还包括以下步骤:
接收(S4)预计飞机轨迹(311)的数据,
基于所述风力数据集合(3)提供(S5)风力数据要素集合(302),每个风力数据要素集合(302)包括沿所述预计飞机轨迹(311)的位置处的风力相关数据,
从所述风力数据要素集合(302)中选择(S6)风力数据要素子集(302S),
至少部分地通过插值所选风力数据要素子集(302S)创建(S7)沿所述预计飞机轨迹(311)的风廓线(303),
将所述风廓线(303)与所述风力数据要素集合(302)作比较(S8),
重复选择风力数据要素子集(302S)、创建风廓线(303)、将所述风廓线(303)与所述风力数据要素集合(302)作比较的步骤,直至风力数据要素的所有可能的组合均已被选择,以及
选择(S10)至少部分地作为创建最大程度对应所述风力数据要素集合(302)的风廓线(303)的基础的风力数据要素子集(302S)为要向所述订户(2,4)发送的风力数据要素子集(302S),
其中向所述订户(2,4)发送风力相关数据的所述步骤包括向所述订户(2,4)发送所选(S10)要发送的风力数据要素子集(302S),
其中所述飞行控制方法还包括至少部分地基于所选(S10)要发送的所述风力数据要素子集(302S)调整所述预计飞机轨迹。
2. 如权利要求1所述的飞行控制方法,其特征在于,所述预计飞机轨迹(311)包括飞机(4)向机场下降的至少一部分。
3. 如权利要求2所述的飞行控制方法,其特征在于,至少部分地基于向所述订户(2,4)发送的所述风力数据要素子集(302S)确定或调整下降开始的位置和/或时间。
4. 如权利要求2或3所述的飞行控制方法,其特征在于,至少部分地基于向所述订户(2,4)发送的风力数据要素子集(302S)确定或调整所述飞机(4)的下降速度。
5. 如权利要求1所述的飞行控制方法,其特征在于,基于所述风力数据集合(3)提供(S5)风力数据要素集合(302)的所述步骤包括:从所述风力数据集合(3)选择所述风力数据子集(301),使得所述风力数据子集(301)包括所述预计飞机轨迹(311)附近位置的风力数据;以及基于所述风力数据子集(301)提供所述风力数据要素集合(302)。
6. 如权利要求5所述的飞行控制方法,其特征在于,基于所述风力数据子集(301)提供风力数据要素集合(302)的所述步骤包括在所述预计飞机轨迹(311)中插值所述风力数据子集(301)的风力数据。
7. 如权利要求1所述的飞行控制方法,其特征在于,所述风廓线(303)包括逆和/或顺风力分量。
8. 如权利要求1所述的飞行控制方法,其特征在于,除所述预计飞机轨迹(311)的数据之外,还接收与所述预计飞机轨迹(311)数据相关联的时间数据。
9. 一种用于飞行控制的设备,包括:

用于基于包括多个位置的风力数据的风力数据集合 (3) 提供 (S5) 风力数据要素集合 (302) 的装置, 每个风力数据要素集合 (302) 包括沿预计飞机轨迹 (311) 的位置处的风力相关数据,

用于从风力数据要素集合 (302) 中选择 (S6) 风力数据要素子集 (302S) 的装置,

用于通过插值所选风力数据要素子集 (302S) 创建 (S7) 沿所述预计飞机轨迹 (311) 的风廓线 (303) 的装置,

用于将所述风廓线 (303) 与所述风力数据要素集合 (302) 作比较 (S8) 的装置,

用于重复选择风力数据要素子集 (302S)、创建风廓线 (303)、将风廓线 (303) 与风力数据要素集合 (302) 作比较的步骤直至风力数据要素的所有可能的组合均已被选择的装置,

用于选择 (S10) 少部分地作为创建最大程度对应所述风力数据要素集合 (302) 的风廓线 (303) 的基础的风力数据要素子集 (302S) 为要向订户 (2,4) 发送的风力数据要素子集 (302S) 的装置,

用于向所述订户 (2,4) 发送所选 (S10) 要发送的风力数据要素子集 (302S) 的装置, 以及

用于至少部分地基于所选 (S10) 要发送的所述风力数据要素子集 (302S) 调整所述预计飞机轨迹的装置。

10. 如权利要求 11 所述的设备, 其特征在于, 所述预计飞机轨迹 (311) 包括飞机 (4) 向机场的下降的至少一部分。

11. 如权利要求 9 或 10 所述的设备, 其特征在于, 所述用于基于所述风力数据集合 (3) 提供 (S5) 风力数据要素集合 (302) 的装置包括: 用于从所述风力数据集合 (3) 选择风力数据子集 (301), 使得所述风力数据子集 (301) 包括所述预计飞机轨迹 (311) 附近位置处的风力数据的装置; 以及用于基于所述风力数据子集 (301) 提供风力数据要素集合 (302) 的装置。

12. 如权利要求 11 所述的设备, 其特征在于, 所述用于基于所述风力数据子集 (301) 提供风力数据要素集合 (302) 的装置包括用于在所述预计飞机轨迹 (311) 中插值所述风力数据子集 (301) 的风力数据的装置。

13. 如权利要求 9 所述的设备, 其特征在于, 所述风廓线 (303) 包括逆和 / 或顺风力分量。

14. 如权利要求 9 所述的设备, 其特征在于, 除所述预计飞机轨迹 (311) 的数据之外, 还接收与所述预计飞机轨迹 (311) 数据相关联的时间数据。

飞行控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及飞行控制。更具体地,本发明涉及一种方法,该方法包括提供风力相关数据和将风力相关数据发送给签约飞机等订户的步骤。本发明还涉及用于实现所述方法的步骤的计算机程序、和包括计算机可读介质的计算机程序产品。

背景技术

[0002] 已知在飞机操作应用中,为了改善飞行操作,在飞机和地面站之间交换与大气状况有关的数据。

[0003] US6937937 描述了在多个监测飞机上的用于记录当地大气状况的测量法。所记录的数据实时地传输到能够收集数据以生成实时三维高空天气状况图的地面监测站。而且,能为签约飞机创建一组预计标记。当请求预计标记时,签约飞机可指示其当前位置、高度、航向以及飞行路径等信息,使得能够针对签约飞机的需要量身定制预计标记。

[0004] 因为上传给签约用户的数据批的大小预期要比从请求用户或从监测飞机下载的大,US6937937 建议为上传提供高带宽而为下载提供较低带宽。然而,考虑到大量涉及飞行控制和机场的无线传输,需要保持任何附加带宽要求低。此外,尤其在下降着陆时,US6937937 没有涉及减少燃料消耗和飞机排放的需要。

[0005] 2006 年 1 月 20 日,来自瑞典民航总局(The Swedish Civil Aviation Administration)的新闻信息《通过使用“绿色进场”获得较少噪声和废气(Less noise and exhaust by using “green approach”)》(http://www.lfv.se/templates/LFV_ListArticle_39601.aspx)揭示通过提供更精确的到达预期时间来创建准确的飞机时间导航的系统。飞机的飞行管理系统刚起飞不久就会收到来自目的地地面控制中心的指定应当在目的地使用的进场路线的消息。飞行管理系统基于进场路线和当前飞行状况计算到达时间。飞行管理系统还计算飞机应当开始向目的地下降的时间点和位置。这是为了提供使用最小的引擎推力和飞机在降落过程中基本滑翔或滑行的进场轨迹,从而减少噪声、废气和燃料消耗。这种进场轨迹称为“绿色进场”或 CDA(连续下降进场)。由飞行管理系统计算的到达时间被传送到将其插入到多个飞机的预期到达列表里的地面控制中心。如果两个或更多到达时间一致,则传送附加消息到该飞机告知经调整的到达时间。飞行管理系统则重新计算并调整飞机的速度和 / 或轨迹,从而使着陆能够在指定时间进行。这种速度调整可在飞行开始时进行。应当提及,传统飞机的着陆通常需要逐步下降,其中引擎推动力间歇地增加并且飞机常被引导至“等待航线”,等待其着陆时间,导致大量过度的燃料消耗、排放以及噪声。

[0006] 飞机下降开始时间的计算部分地基于可从飞行计划中心接收的可能落后几个小时的风力信息。然而,为了提供有效信息以减少下降飞机的燃料消耗和排放,尤其因为“绿色进场”对下降期间遇到的风型特别敏感,所以需要改善所述风力信息。

发明内容

[0007] 本发明的一个目的是减少飞机的燃料消耗和排放,尤其是下降着陆时的燃料消耗和排放。

[0008] 本发明的另一个目的是优选在不大量增加无线传输带宽要求的情况下改善飞行控制。

[0009] 本发明还有一个目的是在不大量增加无线传输带宽要求的情况下改善飞行控制以减少飞机的燃料消耗和排放。

[0010] 达到这些目的的方法包括如下步骤:

[0011] - 提供风力相关数据,并向订户发送风力相关数据,

[0012] - 其中提供风力相关数据的步骤包括提供包含多个位置的风力数据的风力数据集,此方法还包括如下步骤:

[0013] - 接收预计飞机轨迹的数据,

[0014] - 基于风力数据集提供风力数据要素集合,每个风力数据要素集合包括沿预计飞机轨迹的位置的风力相关数据,

[0015] - 从风力数据要素集合中选择风力数据要素子集,

[0016] - 至少部分地基于所选的风力数据要素子集创建沿着预计飞机轨迹的风廓线,

[0017] - 将风廓线与风力数据要素集合作比较,

[0018] - 重复选择风力数据要素子集、创建风廓线、将风廓线与风力数据要素集合作比较的步骤,以及

[0019] - 选择至少部分地作为创建最大程度对应风力数据要素集合的风廓线的基础的风力数据要素子集为要向订户发送的风力数据要素子集,

[0020] - 其中向订户发送风力相关数据的步骤包括向订户发送所选要发送的风力数据要素子集。

[0021] 根据发明的实施例,订户可以是大量不同的可选实体,如签约飞机或,如下所述的用于飞行交通控制的地面站。

[0022] 要注意这里又称作风力和位置数据的多个位置的风力数据是将风力信息、尤其是风向和风速映射到位置的数据。所述位置优选是以例如利用地面基准坐标和高度等适当方式给出的三维位置。风力数据集可至少部分地基于中心单元收到的风力和位置数据来创建。可用多种不同的方法获得风力和位置数据。例如,它可以记录在多个监测飞机中,它可以记录在如气象气球等其他类型的飞行器中,和/或它可以由不同于飞行器中所提供的设备的计量测量和观测设备来记录。

[0023] 对于这个陈述,预计飞机轨迹这一表达既包含地面基准位置又包含高度,即预计飞机轨迹是三维的。还应当提及,预计飞机轨迹的数据指的是代表或相应于本领域已知方式的预计飞机轨迹的数据。另外,预计飞机轨迹的数据可从如签约飞机等订户或下述地面站接收。

[0024] 优选地,从风力数据要素集合中选择的风力数据要素子集包括预定数目的风力数据要素。可任意地或通过适当的选择方案从风力数据要素集合中选择风力数据要素子集。

[0025] 如下例示,至少部分地作为能够创建最大程度对应风力数据要素集合的风廓线的风力数据要素子集在相应风廓线与风力数据要素集合的比较中呈现最小差别的意义上可以是最优的风力数据要素子集。

[0026] 本发明使得选择最优风力数据要素以传输给签约飞机成为可能。最优风力数据要素将为下降飞机的飞行计划提供有效信息,从而减少它们的燃料消耗和排放。更具体地,在穿过若干高度层下降期间,飞机经常遭遇各种风力变化。本发明减小在“绿色进场”期间导致需要用到引擎推力的意料之外的风力变化的风险。

[0027] 此外,本发明可有利地用于市场上可获得的适于接收例如三个的有限数目的风力数据要素的许多飞行管理系统。更具体地,本发明保证此类风力数据要素被最优地选择,以供在飞行管理系统中重新创建最大程度对应实际风力状况的风廓线。此外,本发明保证在传输中利用少量的数据来传输一些最优选择的风力数据要素。因此,这些无线传输的带宽要求低。

[0028] 优选地,预计飞机轨迹包括飞机下降到机场的至少一部分,其中飞机可以是订户。因此,在签约飞机飞行阶段期间使用该飞机接收到的风力数据要素将是可能的,其中飞机轨迹的调整可显著地增加时间准确度和减小燃料消耗。优选地,至少部分地基于向订户发送的风力数据要素子集确定或调整下降开始的位置和/或时间。优选地,至少部分地基于向订户发送的风力数据要素子集确定或调整飞机的下降速度。

[0029] 优选地,基于风力数据集合提供风力数据要素集合的步骤包括:从风力数据集合选择风力数据子集,使得风力数据子集包括预计飞机轨迹附近位置的风力数据;且基于风力数据子集提供风力数据要素集合。在此,预计飞机轨迹的附近被认为是离预计飞机轨迹在 100km 以内、优选离预计飞机轨迹在 50km 以内的任何位置。

[0030] 优选地,基于风力数据子集提供风力数据要素集合的步骤包括在预计飞机轨迹中插值风力数据子集的风力数据。

[0031] 优选地,根据所选的风力数据要素子集创建沿预计飞机轨迹的风廓线包括所选风力数据要素子集的插值。

[0032] 优选地,风廓线包括逆风和/或顺风力分量。这将使传输到签约飞机的风力数据要素适合有效飞行控制的需要,因为在下降期间以节省燃料为目的的飞行计划中主要感兴趣的是逆风和/或顺风力分量。

[0033] 优选地,除预计飞机轨迹数据之外,还例如从订户接收与预计飞机轨迹数据相关的时间数据。因此,从签约飞机接收的飞行数据可包括预计飞机轨迹数据以及将预计飞机轨迹数据映射到时间信息的数据,从而在预计位置和时间之间提供四维相关性,以下称为 4DT(4 维轨迹)。

[0034] 时间数据将允许调整飞机轨迹,这不仅由于最优燃料经济性能,还由于要求到达指定位置的时间。例如对于着陆前的下降,时间数据将允许调整飞机轨迹,这不仅由于由空气动力学给出的最优滑行角度,还由于飞机要到达例如着陆位置等特定位置的时间。因此,时间数据与最优风力数据要素结合将提供提高下降飞机的时间准确度和预测性的可能性,从而改善到达时间的准确度以便有效的时间导航。提高的时间准确度将改善目的地机场的空中交通管理。

[0035] 这些目的也可通过根据权利要求 11-17 中的任一项所述的计算机程序和根据权利要求 18 所述的计算机程序产品来实现。

[0036] 附图描述

[0037] 下面,本发明将参考附图来具体地描述,其中

- [0038] - 图 1 是其中实现根据本发明的实施例的方法的环境的示意图,
- [0039] - 图 2 示出该方法的步骤的框图,
- [0040] - 图 3 示出具有示意性预计飞机轨迹的 3 维风力模型,
- [0041] - 图 4 示出风力数据要素和基于所选风力数据要素子集的风廓线的示例,
- [0042] - 图 5 示出标有差异的风力数据要素和风廓线,
- [0043] - 图 6 示出图 4 的风力数据要素和基于另一所选风力数据要素子集的风廓线,
- [0044] - 图 7 示出风力数据要素和基于所选风力数据要素子集的可选风廓线的示例。
- [0045] 详细描述

[0046] 参考图 1 和图 2, 分别示出其中实现根据本发明的实施例的方法的环境的示意图和方法的步骤图。图 1 示出多个监测飞机 1, 每个监测飞机适用于记录大气状况和位置数据 (图 2 中的步骤 S1)。大气状况包括温度和风力数据等, 而风力数据进而包括风速、风向。温度、风速、风向和其他大气状况利用大气数据惯性参照系统 (“ADIRS”) 或其他当地空气数据系统等装置来测量。大气压力读数可通过大气数据模块 (ADM_s) 利用大气探针测量总压力、静压力以及风速来实现。ADM 作为压力传感器, 用于测量静和总的压力并将那些读数转换成数字格式。以预定的间隔触发测量操作。

[0047] 当地大气状况的每个记录与有关测量时间、测量时飞机的位置以及测量时飞机的高度的数据相关联。如本领域中已知, 全球定位系统 GPS 接收器可用于提供包括其高度的飞机的位置, 且静态大气压力可用于确定海拔高度。

[0048] 在此飞行交通控制的示例中 (图 2, S2), 在地面站 2 形式的中央单元 2 处接收来自监测飞机 1 的风力和位置数据。诸如航空通信寻址和报告系统 (ACARS) 或 SATCOM 通信系统的机载数据通信装置可用于从飞机向地面站传达数据。

[0049] 参考图 3, 至少部分地基于从监测飞机 1 接收到的风力和位置数据创建风力数据集 3 (图 2, S3)。在此实施例中, 风力数据集 3 是 3 维的风力模型 3。如图 3 所示, 风力模型 3 包括在图 3 中通过 x 形状的符号标记的多个风力和位置数据片 31, 其中每个数据片指示位置。每个风力和位置数据片 31 又分别用图 3 所示的从各自的 x 符号延伸且以 ▽ 形状的符号封端的直线的方向和长度来指示风向和风速。

[0050] 参考图 1 和图 3, 地面站 2 从签约飞机 4 接收所谓 4DT (4 维轨迹) (图 2, S4)。图 3 示出飞机轨迹 311。4DT 包括指示地面基准坐标 (纬度和经度) 和高度的 3 维预计飞机轨迹 311, 还包括与预计飞机轨迹 311 相关联的时间数据。

[0051] 从风力数据集 3 中选择风力数据子集 301, 使得风力数据子集 301 包括预计飞机轨迹 311 附近位置的风力数据。即通过将风力数据集 3 映射到预计飞行轨迹 311 来提供风力数据子集 301。更具体地, 图 3 中用圆圈标出的预计飞机轨迹 311 附近的风力和位置数据片 31 被选为风力数据子集 301。在此, 预计飞机轨迹 311 的附近可被认为是离预计飞机轨迹 311 在 100km 以内、优选离预计飞机轨迹 311 在 50km 以内的任意位置。

[0052] 图 4 示出基于风力数据子集提供或确定的风力数据要素集合 302 (图 2, S5)。风力数据要素 302 对应实际风向的分量, 其分量平行于投影到地面上的预计飞机轨迹 311, 即风力数据要素 302 对应逆或顺的风力分量。每个风力数据要素 302 包括沿预计飞机轨迹 311 的包括高度的独立、个别的位置处的风力相关数据。更具体地, 通过把风力数据子集 301 插值到预计飞机轨迹 311 得到风力数据要素 302。又更具体地, 在此实施例中, 风力数据要素

302 的数目和位置是预定的。在图 4 中, 示出 8 个风力数据要素, 但可使用任意数目, 具体而言可使用更多数目。此外, 在此实施例中, 每个风力数据要素 302 的风速和风向由多达 4 个最接近风力数据要素 302 的风力和位置数据片 31 的双线性插值导出 (图 3)。

[0053] 应当提及, 每个风力数据要素 302 的风速和风向可通过任意适当的插值方案导出, 并且可涉及少于或多于 4 个风力和位置数据片 31 的插值。具体地, 如果只有一个风力和位置数据片 31 可用于确定风力数据要素 302, 则可认为风力数据要素 302 等于该风力和位置数据片断 31。

[0054] 从风力数据要素 302 中任意地选择预定数目的 (在此实施例中为三个) 子集风力数据要素子集 302S (图 3, S6)。基于所选的风力数据要素子集 302S 创建沿 4DT 的风廓线 303 (图 2, S7)。这通过在所选风力数据要素子集 302S 中插值风力数据要素 302S 的适当插值方案来实现。在此实施例中, 通过所选风力数据要素子集 302S 的非线性插值创建风廓线 303。然而, 任意适当的数学曲线拟合方案可用于该插值。

[0055] 参考图 5, 将风廓线 303 与风力数据要素集合 302 进行比较 (图 2, S8)。在此实施例中, 该比较包括确定风廓线 303 与每个风力数据要素 302 之间的差异 D1-D8。应当注意, 在此示例中, 一些差异 D1、D4、D7 当然将为零。此外, 该比较包括提供风廓线 303 与每个风力数据要素 302 之间的每个此类差异 D1-D8 的平方和 SD_i 。因此, 该和可表示成 $SD_i = \sum_{i=1}^n D_i^2$,

其中 n 是风力要素 302 的数目。平方和 SD_i 与所讨论的风力数据要素的选择相关联。

[0056] 参考图 6。直到选择完预定数目的风力数据要素 302S 的所有可能的组合 (图 2, S9), 就进行与任一在前选择 302S 不同的风力数据要素子集 302S 的新的任意选择。因此, 对 3 个风力数据要素 302S 的每个组合重复进行从风力数据要素集合任意地选择具有预定数目的风力数据要素的子集、根据所选的风力数据要素子集创建沿预计飞机轨迹 311 的风廓线、以及将风廓线与风力数据要素集合作比较的步骤。图 6 示出不同于图 4 所示选择的 3 个风力数据要素 302S 的选择, 以及基于所选的“另外”的风力数据要素子集 302S 创建的风廓线 303。

[0057] 在此实施例中, 应当注意, 在每个风廓线中, 沿预计飞机轨迹 311 的最大高度处的风力被建模成与关于其他所选风力要素 302S 在最大高度处的所选风力要素 302S 的风力一样。并且, 在此实施例中, 地面处的风力被建模成与关于其他所选风力要素 302S 在最低高度处的所选风力要素 302S 的风力一样。

[0058] 提供最大程度对应风力数据要素集合 302 的风廓线 303 的风力数据要素 302S 被选择要发送即要传输至签约飞机 4 (图 2, S10)。更具体地, 与最小平方和 SD_i 即最小平方和相关联的所选风力数据要素 302S 被选定传输给签约飞机 4。

[0059] 基于收到的风力数据要素 302S, 签约飞机上的例如飞行管理系统等适当的设备可进行调整预计飞机轨迹的计算, 以抵消会扰乱下降的风力, 这种对下降的扰乱使得从燃料消耗的观点而言不如最优, 或者使得要求的签约飞机到达时间将无法实现。作为示例, 最初的飞机轨迹 311 会给出减少引擎推力以便开始下降的第一位置和时间 PT1。然而, 基于风力数据要素 302S, 经调整的飞机轨迹 311 会给出不同于第一位置和时间 PT1 的减少引擎推力以便开始下降的第二位置和时间 PT2。接收到的风力数据要素 302S 将允许优化燃料消耗和改善飞行可预测性。风力数据要素 302S 将会将这些最优选择的有效的信息提供给签约飞

机 4, 而与此同时保持传输风力数据要素 302S 的带宽要求低。

[0060] 上述实施例的替换方案可落在权利要求的范围里。例如, 风力数据要素 302 可包括实际风向。因此, 沿预计飞机轨迹 311 创建风廓线 303、将风廓线 303 与风力数据要素集合 302 作比较的步骤可包括提取平行于预计飞机轨迹 311 的风力数据要素 302 的分量。

[0061] 可选地或附加地, 沿 4DT 的风廓线 303 可基于所选的风力数据要素子集 302S 通过不同于上述方案的插值方案创建。作为示例, 图 7 示出通过设置在包括各个所选风力要素 302S 的整个相应高度间隔中的各个所选风力要素 302S 的值而创建的风廓线 303。

[0062] 如所提及, 订户可以是用于飞行交通控制的地面站。因此, 本发明可用于调整和改善预计飞机轨迹。例如, 地面上的特定单元 (图中未示出) 可从地面站 2 接收预计飞机轨迹 311 的数据。飞机轨迹可以是例如飞机起飞至到达的飞行的主要部分的轨迹。该特定单元可适于提供包括飞行区域中多个位置的风力数据的风力数据集合 3。该特定单元还可适于基于风力数据集合 3 提供风力数据要素集合 302, 每个风力数据要素集合包括沿预计飞机轨迹 311 的位置处的风力相关数据。按照与上述方式相似的方式, 该特定单元可重复进行选择具有预定数目的风力数据要素的子集 302S、创建风廓线 303、比较风廓线 303 以及将风廓线 303 与风力数据要素集合 302 作比较的步骤, 并选择要发送给地面站 2 的最优风力数据要素子集 302S。

[0063] 还应当提及, 在一些实施例中, 预计飞机轨迹 311 数据的接收器和风力数据要素子集 302S 的接收器可以是在同一个单元中物理地或逻辑地分离的项目。

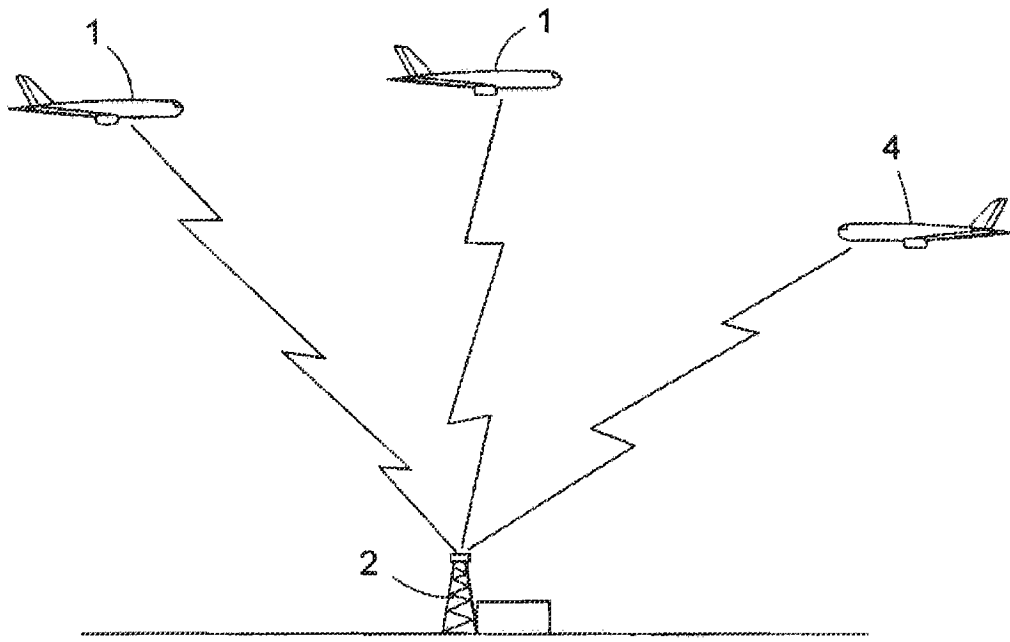


图 1

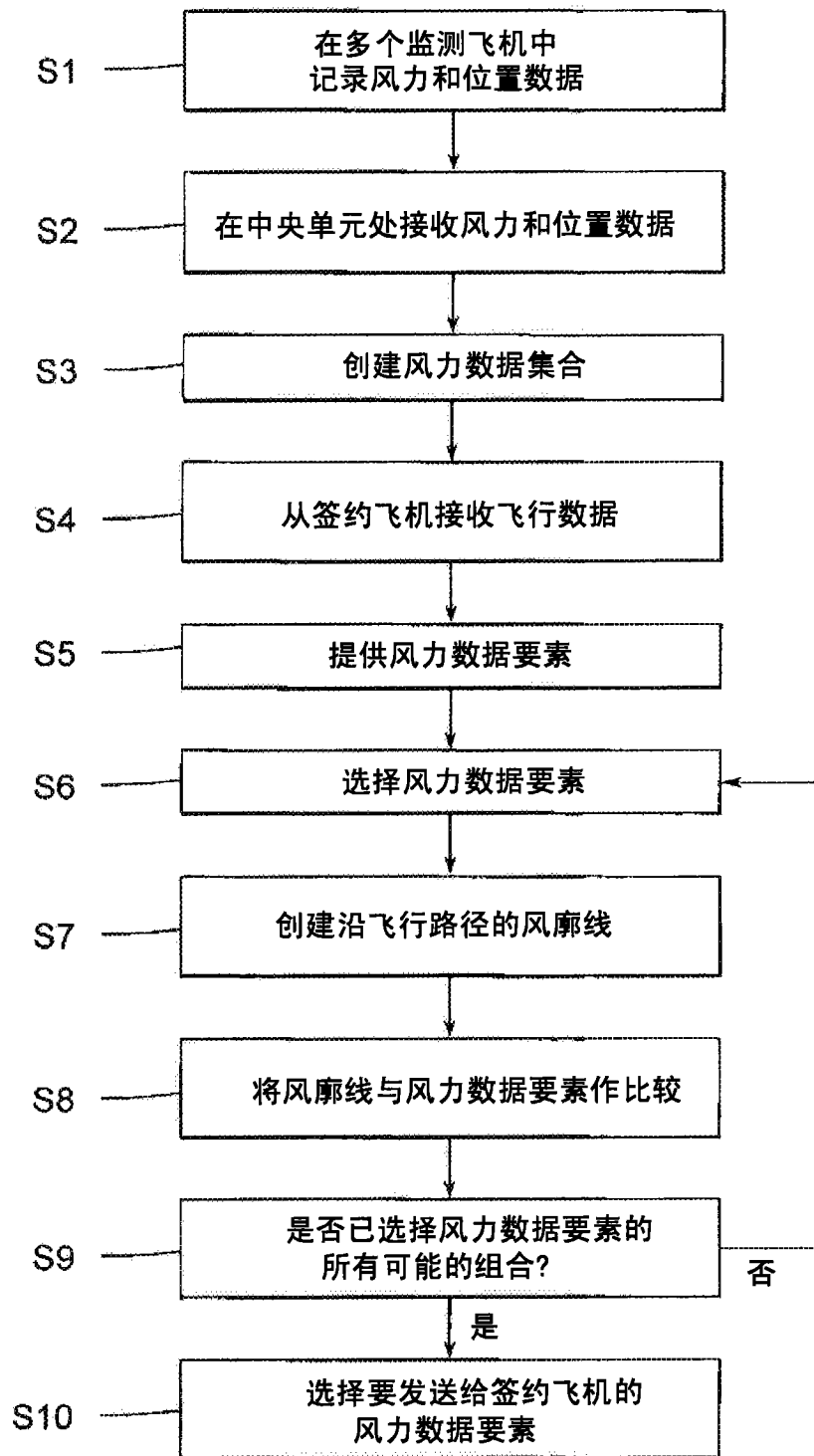


图 2

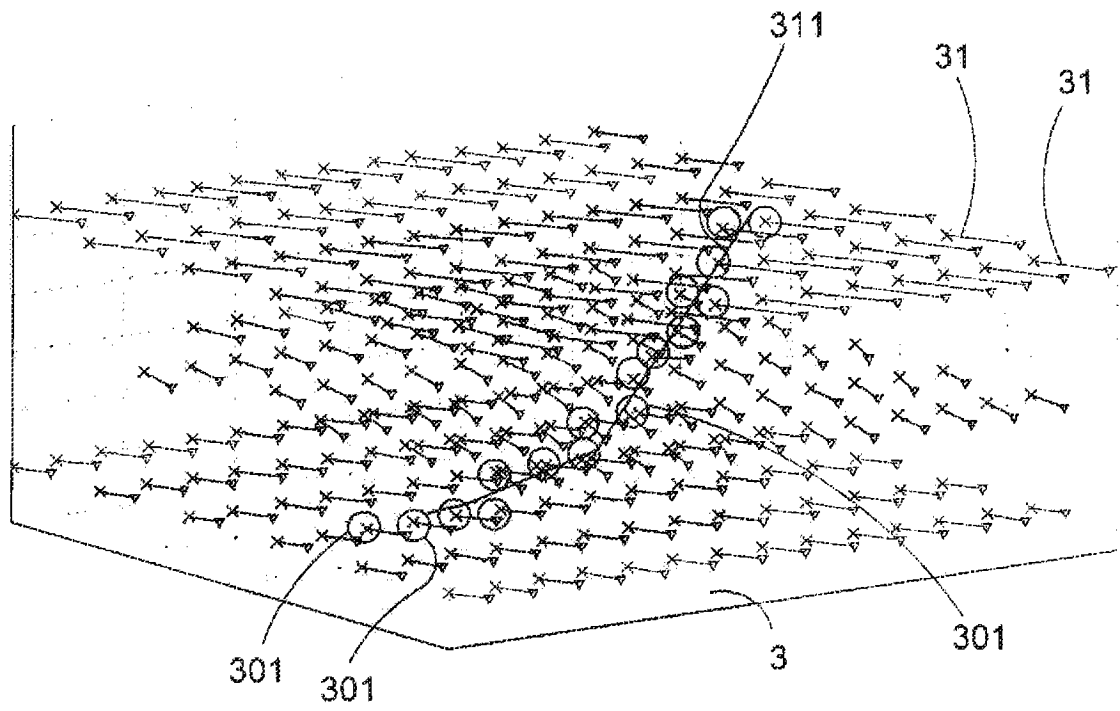


图 3

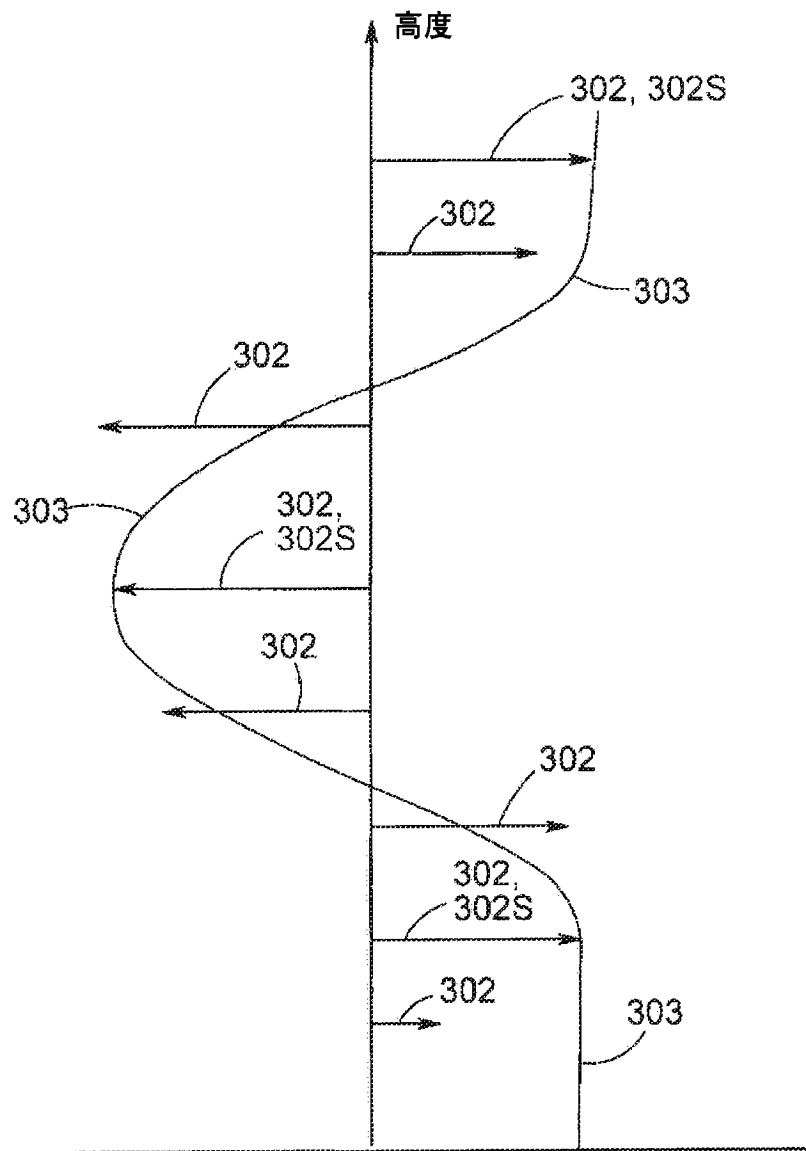


图 4

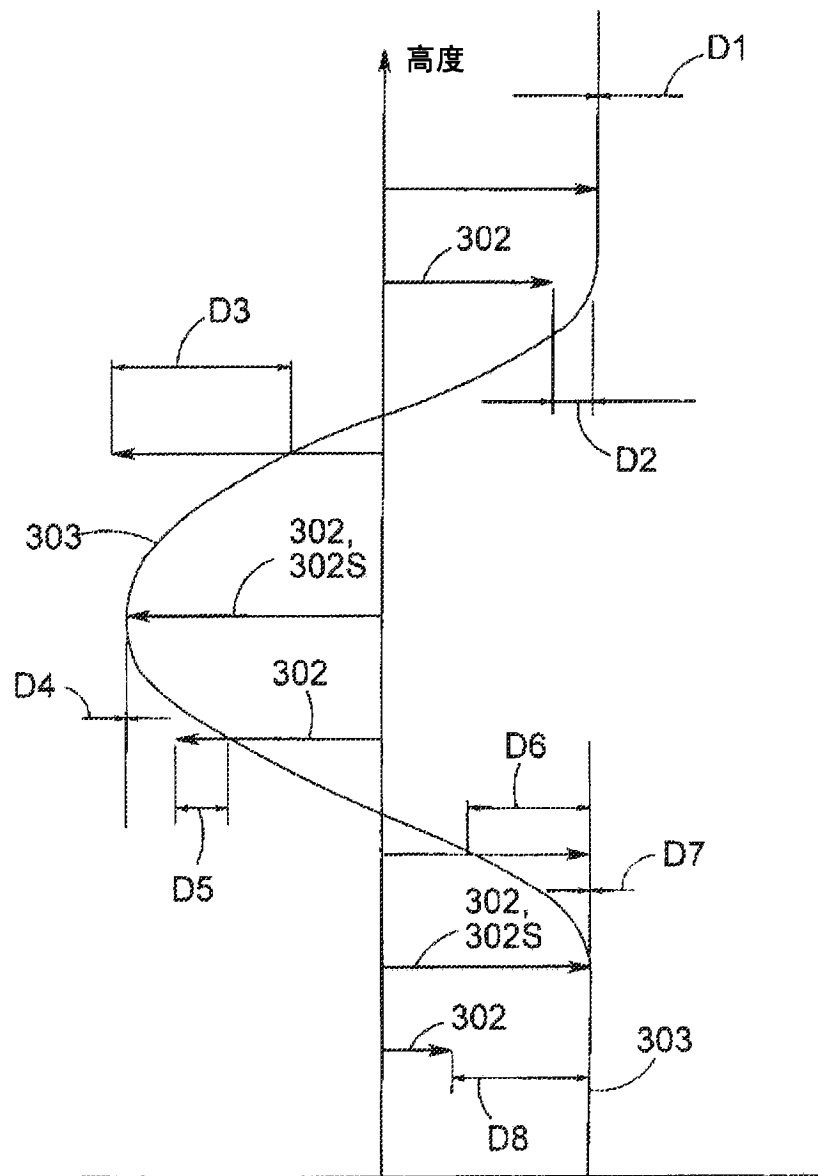


图 5

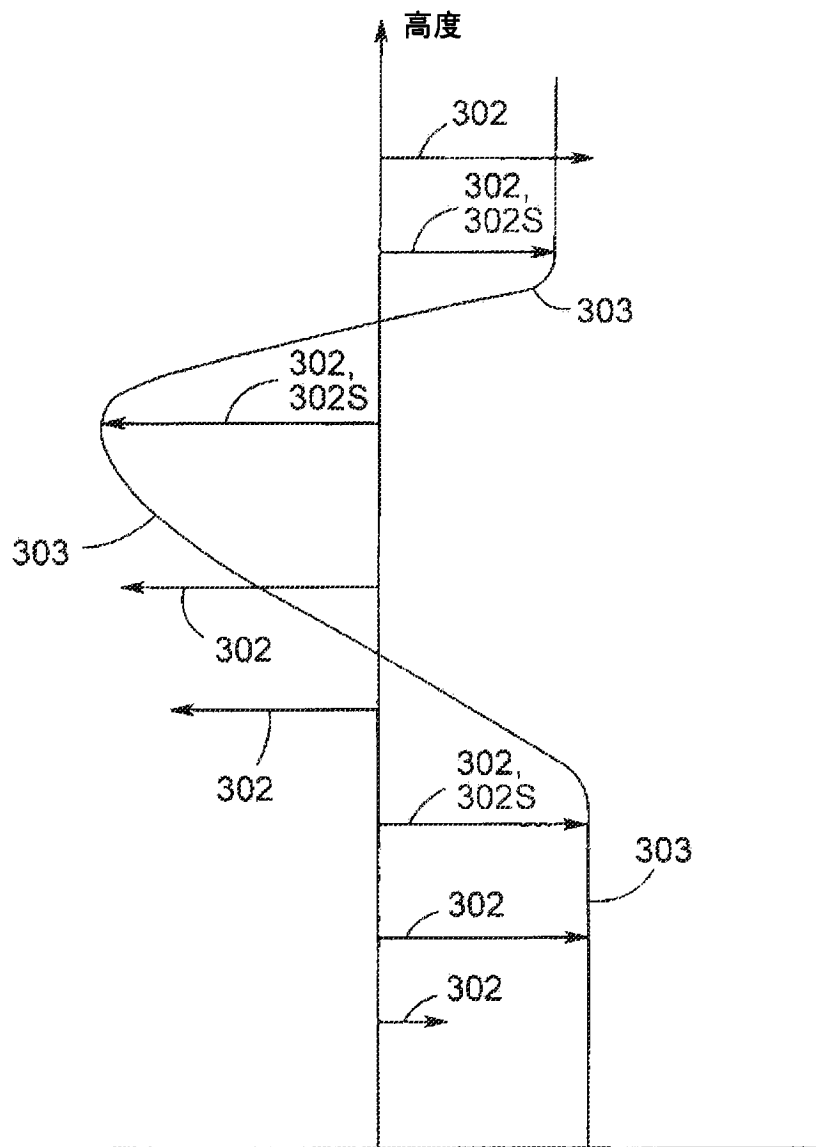


图 6

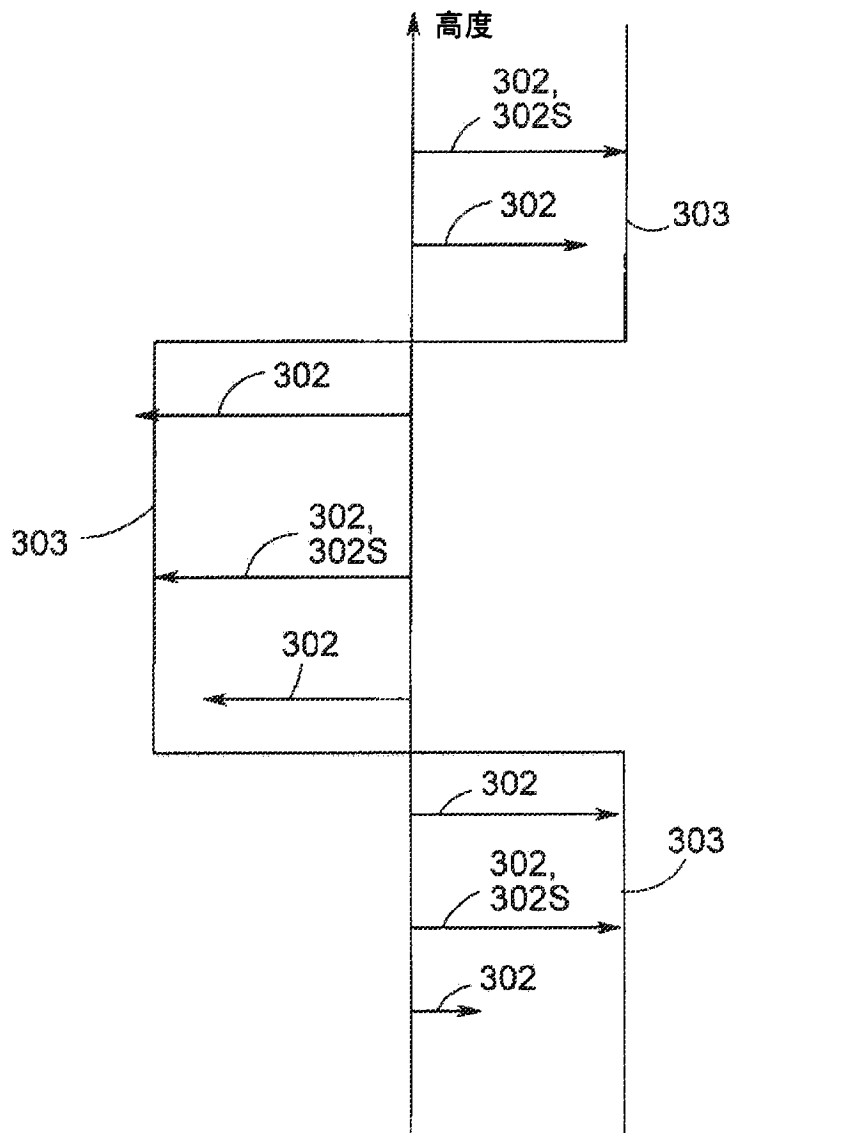


图 7