



(21) 申请号 202111580542.7

(22) 申请日 2021.12.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115097860 A

(43) 申请公布日 2022.09.23

(73) 专利权人 复旦大学

地址 200433 上海市杨浦区邯郸路220号

(72) 发明人 卢文联 张新杰 黄耀庭

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限

公司 31225

专利代理人 杨元焱

(51) Int. Cl.

G05D 1/46 (2024.01)

G05D 109/20 (2024.01)

(56) 对比文件

US 8862287 B1, 2014.10.14

CN 110276993 A, 2019.09.24

审查员 刘承奇

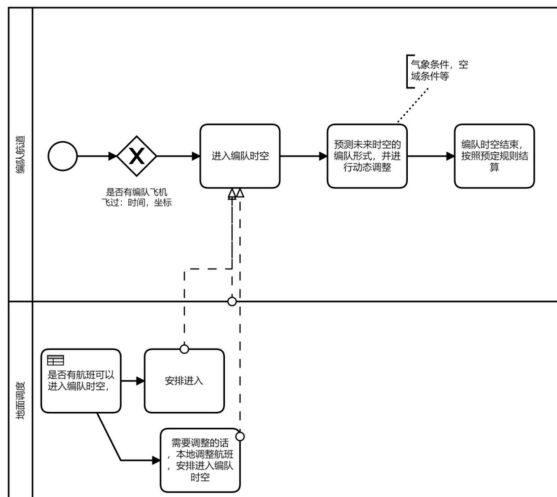
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于四维航迹的编队飞行控制方法、装置及介质

(57) 摘要

本发明涉及一种基于四维航迹的编队飞行控制方法、装置及介质,方法包括编队计划步骤、编队控制步骤和编队交易步骤;编队计划步骤包括:编队飞行前,生成包含四维航迹信息的编队飞行计划,并发送至所有飞行编队成员;编队控制步骤包括:编队飞行时,根据航线环境信息实时判断是否需要调整编队阵型,需要调整编队阵型时根据航线环境信息生成用于调整编队阵型参数的编队阵型调整计划,并发送至所有飞行编队成员;编队交易步骤包括:根据所有飞行编队成员的总节省成本生成交易价格;飞行结束后通过分布式账本技术完成收益交易。与现有技术相比,本发明具有节能环保、飞行效率高、适应性强、安全性高等优点。



1. 一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,包括编队计划步骤、编队控制步骤和编队交易步骤;

所述的编队计划步骤包括:

编队飞行前,生成包含四维航迹信息的编队飞行计划,并发送至所有飞行编队成员,所述的四维航迹信息包括编队航道、编队阵型参数以及编队时刻表;

所述的编队控制步骤包括:

编队飞行时,根据航线环境信息实时判断是否需要调整编队阵型,需要调整编队阵型时根据航线环境信息生成用于调整编队阵型参数的编队阵型调整计划,并发送至所有飞行编队成员;

所述的编队交易步骤包括:

根据所有飞行编队成员的总节省成本的收益,生成交易价格;

编队飞行结束后,通过分布式账本技术完成收益交易。

2. 根据权利要求1所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的编队航道的生成过程包括:

通过聚类算法对若干个机场进行聚类,获得若干个聚类;

对于每个聚类,通过路径规划算法获取编队航道。

3. 根据权利要求2所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的聚类算法为社团聚类算法。

4. 根据权利要求2所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的路径规划算法为深度优先树搜索算法。

5. 根据权利要求1所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的编队时刻表的生成过程包括:

根据编队航道,通过模拟退火算法获取编队时刻表。

6. 根据权利要求1所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的航线环境信息包括天气、空中交通流量、气压、温度、风力和飞行高度。

7. 根据权利要求1所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的编队阵型参数包括飞行编队成员的机尾间高度差、前后距离以及左右距离。

8. 根据权利要求1所述的一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,其特征在于,所述的交易价格的生成过程包括:

根据所有飞行编队成员的总节省成本的收益,通过GS匹配机制生成交易价格。

9. 一种基于四维航迹的编队飞行控制装置,其特征在于,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器调用程序指令能够执行如权利要求1至8任一所述的控制方法。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,包括计算机程序,所述计算机程序能够被处理器执行以实现如权利要求1-8任一所述的控制方法。

一种基于四维航迹的编队飞行控制方法、装置及介质

技术领域

[0001] 本发明涉及编队飞行控制技术领域,尤其是涉及一种基于四维航迹的编队飞行控制系统。

背景技术

[0002] 随着我国社会经济的高速增长,交通运输环境的不断改善,信息技术的显著提高,空中交通发展迅速,碳排放过高、航路拥挤以及航行效率不高等问题亟待解决。

[0003] 飞机编队中,跟随的飞机能够利用领飞的飞机产生的尾流,减少飞行阻力,从而降低燃油消耗,提升飞行效率。当前国内的空域安排、激励机制以及技术标准的设定都缺乏对编队飞行的支持。

[0004] 现有技术针对飞机编队的控制过程提出了一些技术方案,中国专利CN110377057A提出了一种无人机的编队飞行组织方法及控制终端,该专利主要是无人机操控员根据需要组织编队,中国专利CN162279528B提出了一种用于编队飞行的控制方法,该专利只是在仿真技术领域中对编队飞行进行控制模拟,中国专利CN108897340B提出了一种通信和计算约束下航天器编队飞行相对位置控制方法,主要针对飞行中的位置控制设计计算约束和通讯控制。上述专利均未结合四维航迹控制飞机编队按照预设的编队航道飞行,各航班之间无法在四维航迹上组成飞机编队并协同运营,进而无法提高飞行效率。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种基于四维航迹的编队飞行控制方法、装置及介质,节能环保,飞行效率高,适应性强,安全性高。

[0006] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,包括编队计划步骤、编队控制步骤和编队交易步骤;

[0008] 所述的编队计划步骤包括:

[0009] 编队飞行前,生成包含四维航迹信息的编队飞行计划,并发送至所有飞行编队成员,所述的四维航迹信息包括编队航道、编队阵型参数以及编队时刻表;

[0010] 所述的编队控制步骤包括:

[0011] 编队飞行时,根据航线环境信息实时判断是否需要调整编队阵型,需要调整编队阵型时根据航线环境信息生成用于调整编队阵型参数的编队阵型调整计划,并发送至所有飞行编队成员;

[0012] 所述的编队交易步骤包括:

[0013] 根据所有飞行编队成员的总节省成本的收益,生成交易价格;

[0014] 编队飞行结束后,通过分布式账本技术完成收益交易。

[0015] 进一步地,所述的编队航道的生成过程包括:

[0016] 通过聚类算法对若干个机场进行聚类,获得若干个聚类;

- [0017] 对于每个聚类,通过路径规划算法获取编队航道。
- [0018] 进一步地,所述的聚类算法为社团聚类算法。
- [0019] 进一步地,所述的路径规划算法为深度优先树搜索算法。
- [0020] 进一步地,所述的编队时刻表的生成过程包括:
- [0021] 根据编队航道,通过模拟退火算法获取编队时刻表。
- [0022] 进一步地,所述的航线环境信息包括天气、空中交通流量、气压、温度、风力和飞行高度。
- [0023] 进一步地,所述的编队阵型参数包括飞行编队成员的机尾间高度差、前后距离以及左右距离。
- [0024] 进一步地,所述的交易价格的生成过程包括:
- [0025] 根据所有飞行编队成员的总节省成本的收益,通过GS匹配机制生成交易价格。
- [0026] 一种基于四维航迹的编队飞行控制装置,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器调用所述程序指令能够执行所述的控制方法。
- [0027] 一种计算机可读存储介质,包括计算机程序,所述计算机程序能够被处理器执行以实现所述的控制方法。
- [0028] 与现有技术相比,本发明具有以如下有益效果:
- [0029] (1) 本发明在编队飞行前,基于编队飞机方式降低燃油消耗的原理,通过编队计划步骤预测的包含四维航迹信息的编队飞行计划,基于四维航迹的优化调度和管理,最大程度提高飞行效率,节省燃料,减少碳排放;
- [0030] (2) 本发明在编队飞行时,通过编队控制步骤,根据飞行计划以及环境条件生成用于调整队形的编队阵型调整计划,实现飞行编队的动态调整,使得编队保持最优队形或者紧急避让,适应性强,安全性高;
- [0031] (3) 本发明在编队飞行后,根据所有飞行编队成员的总节省成本的收益,通过GS匹配机制生成交易价格,生成交易价格,实现编队时空的最优利用和价值的自动流转。

附图说明

- [0032] 图1为编队飞行控制流程示意图;
- [0033] 图2为关于安全避让的飞行规则流程示意图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0035] 实施例1

[0036] 一种基于四维航迹的编队飞行控制方法,包括编队计划步骤、编队控制步骤和编队交易步骤;

[0037] 编队计划步骤包括:

[0038] 编队飞行前,地面调度后台生成预测的包含四维航迹信息的编队飞行计划,并通过5G或者北斗电文等通讯链路发送至所有飞行编队成员,四维航迹信息包括编队航道、编

队阵型参数以及编队时刻表；

[0039] 编队计划步骤中,编队航道的生成过程包括:

[0040] 通过聚类算法对若干个机场进行聚类,获得若干个聚类;

[0041] 对于每个聚类,通过路径规划算法获取编队航道。

[0042] 聚类算法为社团聚类算法,路径规划算法为深度优先树搜索算法。

[0043] 编队计划步骤中,编队时刻表的生成过程包括:

[0044] 根据编队航道,通过模拟退火算法获取一体化的编队时刻表,即从机场起飞到编队飞行,再到离开编队降落。

[0045] 编队控制步骤包括:

[0046] 编队飞行时,地面调度后台根据航线环境信息实时判断是否需要调整编队阵型,需要调整编队阵型时根据航线环境信息生成用于调整编队阵型参数的编队阵型调整计划,并发送至所有飞行编队成员;

[0047] 地面调度后台通过卫星采集航线环境信息,航线环境信息包括天气、空中交通流量、气压、温度、风力和飞行高度,进行不同时空下(时间分段和空间分片)的天气预报,动态发布给所有飞行编队成员。

[0048] 编队阵型参数包括飞行编队成员的机尾间高度差、前后距离以及左右距离,通过调整编队阵型参数使得飞行编队在不同风力和飞行高度的条件下的按照最优队形(V字的夹角)分布。

[0049] 编队飞行时,地面调度后台通过GNSS定位信息和飞机间ADS-B(基于5G)的交互信息获取每位飞行编队成员的位置和速度信息。

[0050] 飞行编队成员通过机载控制系统和通讯系统保持通讯和编队,飞行编队成员通过执行队飞行计划和编队阵型调整计划,实现编队飞行队形的协调和控制,飞行编队成员为无人机时,通过飞行编队成员上的分布式控制系统来执行编队飞行计划和编队阵型调整计划;

[0051] 编队阵型调整计划具体包括:

[0052] 1) 在安全风险出现时,及时处理安全风险,包括临时解散编队、重组编队等情况的处理,飞行编队成员在编队飞行时空区域组成编队时;

[0053] 2) 因为机场流量、机场放飞时间等原因,产生与原编队飞行计划不匹配的时空差距时,根据飞行规则,飞行编队成员调整进入编队时空的飞行速度或起飞时间。

[0054] 3) 如果出现飞机编队和其他单独飞行的飞机可能在该空域可能出现时空相交时,单独飞行的飞机应该按照安全避让的飞行规则,避让编队飞机,并且在编队飞行的航线上下一段距离设置安全距离,以保证在出现风险时,有足够的时空可以排除风险。

[0055] 地面调度后台按时间和空间间隔,根据天气预报的情况动态生成编队阵型调整计划,比如风和日丽的情况下,时间间隔每小时更新一次,而在极端情况下间隔可以缩短到分钟,根据时空的变化率结构做一个时空的剖分,变化率大的地方剖分细密。

[0056] 编队交易步骤包括:

[0057] 地面调度后台根据所有飞行编队成员的总节省成本的收益,通过GS匹配机制生成交易价格,生成交易价格;

[0058] 编队飞行结束后,通过分布式账本技术提前设计好分配的机制和交易的规则,形

成智能合约,计算此次编队飞行中总量节省的燃料,和其他可以参考的数据,并且在编队飞机中进行补偿交易,并将节省的燃料和碳与外部的碳排放交易所进行交易,实现编队时空的最优利用和价值的自动流转。

[0059] 综上,本实施例提出的基于四维航迹的编队飞行控制方法的控制流程图如图1所示,根据空客的计算,采用本实施例提出的基于四维航迹的编队飞行控制方法,最高可以节省12%的燃料,而根据中国民航报报导,航油消耗每减少1个百分点,中国民航每年可节约10万吨航油,约合5亿元,如果能通过编队飞行节省1-5%左右的油耗,则每年节省的费用就会在5-25亿元人民币之间,而且会节省10万吨到 50万吨左右的航油消耗,大大减少碳排放。

[0060] 实施例2

[0061] 一种基于四维航迹的编队飞行控制装置,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器调用所述程序指令能够执行实施例1所述的控制方法。

[0062] 实施例3

[0063] 一种计算机可读存储介质,包括计算机程序,所述计算机程序能够被处理器执行以实现实施例1所述的控制方法,根据飞机的飞行技术参数和飞行计划,调整空中飞行的编队,从而实现确保安全的基础上,节省燃油消耗,并在编队飞行结束后通过分布式账本技术进行收益分配。

[0064] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

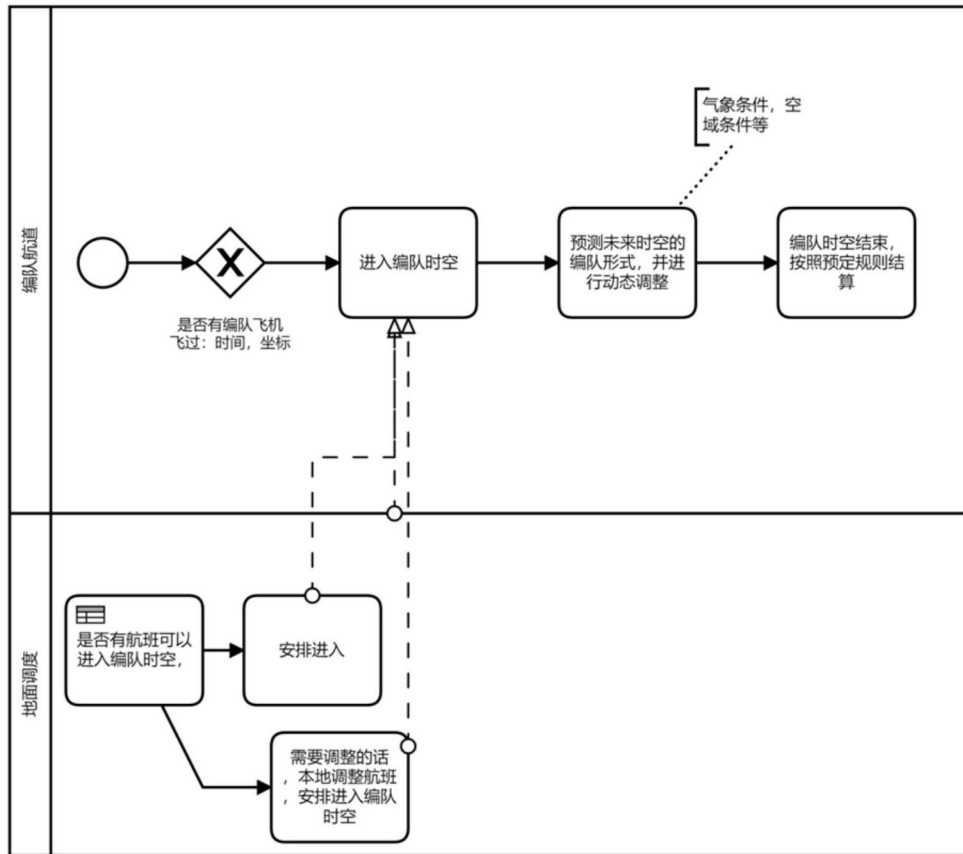


图1

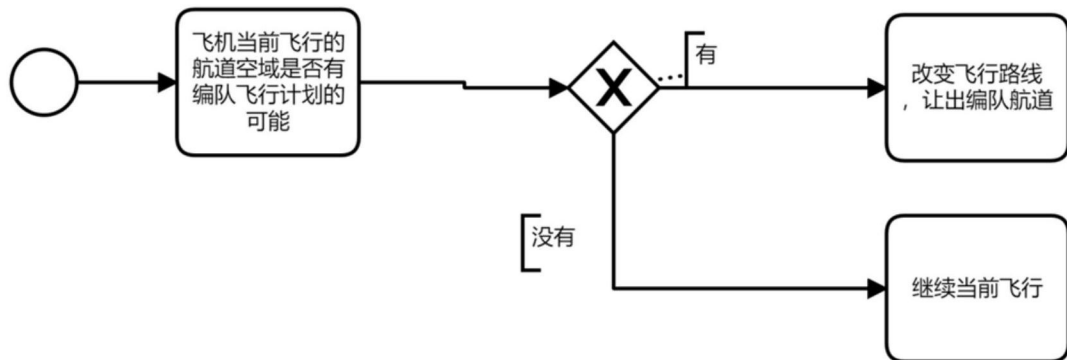


图2