



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105960652 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 20

(21) 申请号 201480064453.9

(22) 申请日 2014.11.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105960652 A

(43) 申请公布日 2016.09.21

(30) 优先权数据
13194503.2 2013.11.26 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2016.05.25

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/075661 2014.11.26

(87) PCT国际申请的公布数据
W02015/078910 DE 2015.06.04

(73) 专利权人 德国汉莎航空公司
地址 德国科隆

(72) 发明人 K.埃希特迈尔 W.克嫩

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 王丽辉 司昆明

(51) Int.Cl.
G06F 30/15 (2020.01)
G06Q 10/04 (2012.01)
G05B 17/02 (2006.01)
B64F 5/00 (2017.01)

(56) 对比文件
CN 102110177 A,2011.06.29
CN 101986318 A,2011.03.16
Geoffrey C. Bower et al..MULTI-OBJECTIVE AIRCRAFT OPTIMIZATION FOR MINIMUM COST AND EMISSIONS OVER SPECIFIC ROUTE NETWORKS.《26th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE AERONAUTICAL SCIENCES》.2008,

审查员 曹春晓

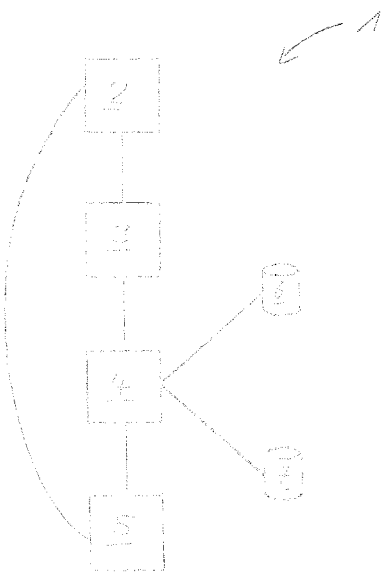
权利要求书2页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

用于设计飞机的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于设计飞机的系统(1)和方法(10),特别是在民用领域中的客运飞机和货运飞机。根据本发明的方法包括以下步骤:a.限定对于至少一个飞机设计的初始要求目录(步骤11);b.基于要求目录实施在预期的运营成本方面优化的至少一个飞机设计(步骤13);c.仿真具有所述至少一个飞机设计的预定的总飞行网络且确定总飞行网络效率(步骤18);d.检查所确定的总飞行网络效率是否构成最优(步骤19);如果不是:e.调整要求目录(步骤19和步骤12)以及从步骤(b)开始执行迭代。根据本发明的系统(1)设计来实施所述方法(10)。



1. 一种用于设计飞机的方法(10), 包括以下步骤:

a. 限定对于至少一个飞机设计的初始的要求目录(步骤11), 其中, 所述要求目录包括与对于至少一个飞机设计有关的要求: 最小有效载荷、最小航程、起飞及着陆要求、最小巡航高度、最小巡航速度和/或翼展最大值、机身长度最大值和/或起落架的每个轮的表面压力的最大值;

b. 基于要求目录实施所述至少一个飞机设计在预期的运营成本方面的优化(步骤13), 其中, 根据飞机设计的技术配置确定所述运营成本;

c. 仿真具有所述至少一个飞机设计的预定的总飞行网络且确定总飞行网络效率(步骤18), 其中, 总飞行网络是将服务的一个或多个航空公司的所有飞行航线或一部分飞行航线的集合, 且用作仿真的基础的总飞行网络能够是所述一个或多个航空公司的实际总飞行网络或计划总飞行网络, 其中, 总飞行网络效率是所述总飞行网络的每个飞行航线的单独的飞行航线效率的和, 其中, 所述飞行航线效率是从在特定飞行航线上的特定飞机设计所预期的收入减去在这条航线上使用所述飞机设计的成本所计算的, 其中, 根据飞机设计的所述技术配置确定所述运营成本;

d. 检查所确定的总飞行网络效率是否构成最优(步骤19); 如果不是:

e. 调整所述要求目录(步骤19和步骤12) 并且从步骤(b) 开始执行迭代。

2. 如权利要求1所述的方法,

其中,

对于在步骤(c) 中(步骤18) 的仿真, 关于飞行航线的长度和/或对于单个飞行航线上任一机场的起飞和着陆条件, 关于翼展最大值、机身长度最大值和/或起落架的每个轮的表面压力的最大值的信息对于所述总飞行网络的每个飞行航线是可用的。

3. 如权利要求2所述的方法,

其中,

对于在步骤(c) 中(步骤18) 的仿真, 关于飞行航线上有效载荷容量和/或机场的航班起降时段的信息对于所述总飞行网络的每个飞行航线是可用的。

4. 如权利要求3所述的方法,

其中,

有效载荷容量分成标准运费有效载荷容量和特殊运费有效载荷容量。

5. 如权利要求1-4中一项所述的方法,

其中,

在步骤(c) 中的仿真中考虑到了已经可用的飞机型号(步骤18)。

6. 如权利要求1-4中一项所述的方法,

其中,

在步骤(e) 中(步骤19和12) 的要求目录的调整产生了所述要求目录中飞机设计的数量的变化。

7. 如权利要求1-4中一项所述的方法,

其中,

预先限定关于飞机设计的最大数量和/或对于所有的飞机设计的最大研发成本的约束。

8. 如权利要求1-4中一项所述的方法，

其中，

在步骤(b) (步骤13)中的优化借助于综合方法(步骤14到17)实施。

9. 一种用于设计飞机的系统(1)，包括：

- 要求目录存储器(2)，其用于存储对于至少一个飞机设计的要求目录，其中，所述要求目录包括与对于至少一个飞机设计有关的要求：最小有效载荷、最小航程、起飞及着陆要求、最小巡航高度、最小巡航速度和/或翼展最大值、机身长度最大值和/或起落架的每个轮的表面压力的最大值；

- 综合模块(3)，其用于基于来自所述要求目录存储器(2)的要求目录确定在成本方面优化的飞机设计，其中，根据飞机设计的技术配置确定运营成本；

- 仿真模块(4)，其用于实施具有由所述综合模块(3)所确定的飞机设计的总飞行网络的仿真，以及用于确定总飞行网络效率，其中，总飞行网络是将服务的一个或多个航空公司的所有飞行航线或一部分飞行航线的集合，且用作仿真的基础的总飞行网络能够是所述一个或多个航空公司的实际总飞行网络或计划总飞行网络，其中，总飞行网络效率是所述总飞行网络的每个飞行航线的单独的飞行航线效率的和，其中，所述飞行航线效率是从在特定飞行航线上的特定飞机设计所预期的收入减去在这条航线上使用所述飞机设计的成本所计算的，其中，根据飞机设计的所述技术配置确定所述运营成本；以及

- 优化模块(5)，其用于检查由所述仿真模块(4)所确定的总飞行网络效率是否是最优，并且如果不存在最优的总飞行网络效率，则其用于改变所述要求目录存储器(2)中的所述要求目录。

10. 如权利要求9所述的系统，

其中，

提供了第一数据库(6)，其连接到所述仿真模块(4)且包括关于所述总飞行网络的所有飞行航线的信息。

11. 如权利要求9或10中所述的系统，

其中，

提供了第二数据库(7)，其连接到所述仿真模块(4)且包括关于可用的飞机型号的信息，且所述仿真模块(4)设计成将这些信息考虑在内同时实施所述总飞行网络的仿真。

12. 如权利要求9或10中一项所述的系统，

其中，

所述系统设计来实施如权利要求1至8中任一项所述的方法。

用于设计飞机的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于设计飞机的方法和系统,尤其是涉及在民用领域中的客用飞机和货运飞机。

背景技术

[0002] 新飞机的设计和建造是非常复杂且极其昂贵的过程。因此,计划新飞机型号的飞机制造商往往在实际设计和研发阶段开始之前确定(特别地)所预期的新飞机型号应该具有的技术运营和经济特征,以便成功商业化,且因此证明高研发成本是有道理的。

[0003] 到现在为止,惯用的是通过邀请航空公司的代表以及因此潜在客户的代表来进行这些,这些客户称为客户焦点组或航空公司咨询委员会活动。在这些活动中,要求航空公司的代表明确关于新飞机型号的配置参数的要求。所询问的配置参数包括(例如)所需的有效载荷(例如这主要涉及相对于载客加上待携带的货运的最大数量的机身尺寸)、航程要求、起飞和着陆要求、所需的巡航高度,以及如果合适,包括另外的配置参数例如:所需的巡航速度、用于翼展、机身长度和/或起落架的每个轮的表面压力的最大值。

[0004] 随后遵照且统计地估算关于由航空公司的代表提出的配置参数的估价。然后飞机制造商将基于统计估算以及根据进一步的专家询问限定所确定的配置参数作为用于新飞机型号的配置点。

[0005] 基于以此方式所确定的配置点,然后应用综合方法,其允许满足配置点的飞机设计关于成本以迭代的方式进行优化。根据现有技术的相应的综合方法,特别是在由代夫特大学出版社(Delft University Press)1982年出版,1999年第9次再版的Egbert Torenbeek的“Synthesis of Subsonic Airplane design: An introduction to the preliminary design of subsonic general aviation and transport aircraft, with emphasis on layout, aerodynamic design, propulsion and performance(亚音速飞机设计综述:强调布局、空气动力学设计、推进和性能的亚音速通用航空和运输飞机的初步设计介绍)”和由John Wiley & Sons于2013年出版的Egbert Torenbeek的“Advanced Aircraft Design: Conceptual Design, Technology and Optimization of Subsonic Civil Airplanes(高级飞机设计:亚音速民用飞机的概念设计、技术和优化)”中所描述的。

[0006] 在综合方法中,首先,与配置点参数一起获得的推进系统、机翼和尾翼的尺寸、质量估算和飞行性能的初步估算以此方式迭代地优化,使得根据配置点最大起飞重量收敛且满足航程要求以及起飞和着陆要求。随后,做出相应优化设计的成本估算,其中尤其估算以后的运营成本。然后,检查设计是否是在成本方面最优的。如果不是这种情况,则上述的迭代以其它输出变量(例如推进系统的尺寸)频繁地反复进行,直到实现成本最优。

[0007] 所描述的方法产生了依据预定配置点进行优化的飞机设计。然而,从现有技术已知的方法中,不保证优化飞机设计所优化至的配置点也以优化方式被选择。例如现有技术中,最终配置点基于客户咨询和主观的专家意见所限定,这无疑会引起选择“不正确的配置点”的风险。因此,飞机会具有“超出市场要求”的尺寸且然后只能找到几个客户(如果存在

的话)。由于对于飞机制造商而言的高研发成本,后果可能是“致命”的。

发明内容

[0008] 本发明基于提供一种用于设计飞机的方法和系统的目的,它不再具有现有技术中的缺点,或仅具有降低程度的这些缺点。

[0009] 此目的是借助于根据主权利要求的方法和借助于根据独立权利要求1的系统所实现的。从属权利要求的主题是有利的改进。

[0010] 因此,本发明涉及一种用于设计飞机的方法,包括以下步骤:

[0011] a. 限定对于至少一个飞机设计的初始要求目录;

[0012] b. 根据预期的运营成本基于要求目录实施至少一个飞机设计的优化;

[0013] c. 仿真具有所述至少一个飞机设计的预定的总飞行网络且确定总飞行网络效率;

[0014] d. 检查所确定的总飞行网络效率是否构成最优;如果不是:

[0015] e. 调整要求目录以及从步骤(b)开始执行迭代。

[0016] 本发明还涉及一种系统,包括:

[0017] - 用于存储对于至少一个飞机设计的要求目录的要求目录存储器;

[0018] - 综合模块,其用于基于来自要求目录存储器的要求目录依据成本确定优化的飞机设计;

[0019] - 仿真模块,其用于实施采用由综合模块(3)所确定的飞行设计的总飞行网络的仿真以及用于确定总飞行网络效率;以及

[0020] - 优化模块,其用于检查由仿真模块所确定的总飞行网络效率是否是最优的,并且如果不存在总飞行网络效率的最优值,则其用于改变在要求目录存储器中的要求目录。

[0021] 根据本发明的用于设计飞机的方法如此限定,使得不仅飞机设计优化至特定的、预定的要求目录,而且另外目录要求以此方式优化,使得最终的飞机设计尽可能地匹配预定的总飞行网络。与现有技术不同,其不仅是基于预定的配置点在成本方面最优的单个飞行设计,而且也确保了用于飞机设计的配置点是相对于预定的总飞行网络所优化的。

[0022] 在本发明及其优点的进一步描述之前,首先将更详细地说明用于本发明的多个术语。

[0023] “要求目录”包含与至少一个飞机设计有关的单个技术要求的汇编。这些要求可包括,例如,有效载荷、航程以及起飞和着陆要求,例如,对于在热区域中处于高海拔的机场(热和高的机场),或特别短的跑道。最小巡航高度、最小巡航速度和/或对于翼展、机身长度和/或起落架的每个轮的表面压力的最大值也可被预先限定。可替代地或附加到最小有效载荷,也可提供与乘客座椅的数量有关的要求。

[0024] 要求目录能够包括用于单个飞机设计的技术要求。然而,要求目录也有可能包括用于多个不同的飞机设计的相应要求。因此,例如,要求目录有可能一方面包括用于短程飞机的要求以及另一方面包括用于远程飞机的要求。用于多个不同的飞机设计的要求之间的某些环节也能够要求在要求目录中进行预先限定。因此,例如,有可能限定两个飞机设计具有相同的翼以减少对于两个飞机设计的总研发成本。

[0025] “总飞行网络”是由这些航空公司服务的或将服务的一个或多个航空公司的所有飞行航线的集合。因此,总飞行网络不仅限于根据专家意见可能由新飞机设计来服务的

那些飞行航线。形成根据本发明的方法或系统的基础的总飞行网络也可能仅构成实际存在的飞行网络的一部分网络。例如,为了简化总飞行网络的仿真,已经专门研发的现有的飞机类型(例如极端远程)的单个航线能够从仿真的总飞行网络中被排除。然而,在此情况下,总飞行网络也仍然不仅限于根据专家意见可能由新的飞机设计服务的那些航线。

[0026] 对于总飞行网络的仿真,对于每个单独的飞行航线,不仅关于相应的飞行航线的长度的信息,而且优选地关于在相应的飞行航线的各个机场处的起飞及着陆的信息也是可用的。此外,例如,对于翼展、机身长度和/或起落架的轮的表面压力的最大值在总飞行网络中能够对于单个机场被预先限定。另外,关于在飞行航线上的有效载荷容量的信息和/或关于在机场处允许起降的特定航空公司的时间窗的数量(航班起降时段)的信息也能够是可用的。可替代地或除了有效载荷容量之外,飞行航线的载客容量也能够是可用的。

[0027] 用作根据本发明的方法的仿真的基础的总飞行网络能够是一个或更多个航空公司的实际总飞行网络。然而,理论上的总飞行网络用作仿真的基础也是可能的。因此,例如,能够基于实际的总飞行网络规划未来总飞行网络,其构成(例如)在不久的将来或在十年或二十年中所预期或计划的总飞行网络。

[0028] 在根据本发明的方法中,首先,限定用于至少一个新飞机设计的初始要求目录。此初始要求目录能够包含用于仅一个飞机设计的技术要求。然而,初始要求目录也能够包含用于例如一个或更多个短程飞机和一个或更多个远程飞机的多个飞机设计的技术要求。

[0029] 随后,相应的飞机设计的优化对于每个飞机设计的要求目录所包含的技术要求分别实施。优化此处主要依据飞机设计的运营成本所实施,其中,运营成本能够根据技术变量或飞机设计配置来进行计算。因此,例如,有可能从(例如)特别是推力/质量比和/或飞机设计的空气动力品质的技术参数计算相关的燃料消耗和相关成本;维护成本能够根据与飞机质量或发动机数量来确定;机场税取决于飞机的质量等。用于飞机设计的预期成本的相应计算从现有技术是已知的。

[0030] 为了优化运营成本或根本的技术变量,能够依靠从现有技术已经公知的综合方法。在此方法中,首先迭代各个设计变量直到最大起飞重量收敛,例如推进系统、机翼和尾翼的尺寸以及至少一定程度基于其的所产生的变量(例如机翼的升力分布、质量、重心、阻力和飞行性能),同时遵循例如航程要求、起飞及着陆要求等的其它约束。随后,实施运营成本的估算且重复如上所述的迭代方法,直到获得最优的运营成本。能够如上所述地基于飞机设计的技术变量确定预期的运营成本。

[0031] 以此方式优化的飞机设计或多个飞机设计,随后对总飞行网络进行仿真,并且确定总飞行网络效率。在此背景下,确定对于总飞行网络的每个飞行航线的飞行航线效率,并且对单独的飞行航线效率求和以形成总飞行网络效率。飞行航线效率是从在特定飞行航线上的特定飞机设计所预期的收入,减去在这条航线上使用飞机设计的成本所计算的。用于特定航线的飞行航线效率值此处仅对满足服务飞行航线的技术要求的飞机设计能够被确定,例如,即具有足够的航程。

[0032] 在总飞行网络的仿真期间,能够使两个或多个飞机设计适合于使用在一个特定的飞行航线上。在此情况下,优选地计算适于用在相应的飞行航线上的每个单个飞机设计的潜在效率。随后,在此仿真步骤期间选择对于此飞行航线其效率值有助于最大的总飞行网络效率值的飞机设计。

[0033] 在仿真期间,单个飞行航线无法由任何仿真的飞机设计所服务也是有可能的。在此情况下,不能被服务的航线会与高成本有关,这最终导致这样的情形:仿真期间单个飞行航线不能被服务的总飞行网路效率无法构成最优。可替代地,如果飞行航线不能由任何仿真的飞机设计提供服务,则也能够中止总飞行网络的仿真。

[0034] 提供用于单个飞行航线的与飞机设计的选择有关的约束能够被预先限定用于总飞行网络的仿真和总飞行网络效率的确定。因此,例如,有可能预先限定:在总飞行网络或在总飞行网络的特定部分中只是待使用的不同的飞机设计的最大数量;和/或使用在总飞行网络中的任何飞机设计待使用或必须能够使用在总飞行网络中最小数量的单个飞行航线上。不同飞机设计的最大数量此处优选地大于或等于二。通过相应的约束,在此方法步骤中已经能够排除过于异常且因此不能经济地运营的总飞行网络上的不同飞机设计的机群。

[0035] 飞行航线效率计算所必需的预期收入能够从(例如)飞行航线上的有效载荷容量或客运容量、可用航班起降时段以及也能够转换成在飞机中的座位数的飞机的有效载荷来进行计算。在此背景下,例如也能够将飞行航线上的客运容量或有效载荷容量中的平均载荷和季节性波动的经验值考虑在内。

[0036] 如果仿真飞行航线是客运航线,且如果飞行航线上的客运容量分成标准票价乘客和特殊票价乘客,则其是优选的。标准票价乘客是那些为了指定的外部原因(例如不可改变的最后期限)(必须)搭乘在飞行航线上的乘客,且因此准备购买机票,甚至以正常的价格。具体地,标准票价乘客组包括商务旅客。特殊票价乘客是不一定依赖于一个飞行航线但也准备选择不同的旅程(例如绕道)以到达目的地的乘客。对于此类型乘客,如果他们能够买到便宜的机票,其往往会使用专用的飞行航线。照例,此类对于价格敏感的乘客通常出于个人原因进行旅行,例如为了度假。

[0037] 如果客运容量分成标准票价乘客和特殊票价乘客,则可能进行预期收入的详细计算。具体地,在仿真期间,因此,有可能在标准票价乘客相对于特殊票价乘客的客运容量的比例变化的情况下对其效果进行建模,飞行航线上的票的平均票价变化,且由此飞行航线效率也变化。例如,如果标准票价乘客的客运容量增加并且特殊票价乘客的客运容量保持不变,则飞行航线上的特殊票价乘客的比例且由此票的平均票价下降,且飞行航线效率由此下降。

[0038] 当然,一种可比较的情况也适用于也能够分成“标准运费”有效载荷和“特殊运费”有效载荷的不同有效载荷。因此,标准运费有效载荷能够由此涉及在特定时间点必须迅速运输的有效载荷,例如紧急备件,而特殊运费有效载荷也能够容易地通过其它运输方式进行运输而不浪费时间(如果其它运输方式是更成本有效的)。

[0039] 计算飞行航线效率所需的成本是对于飞行航线上的特定飞机所预期的运营成本。这些预期的运营成本能够借助于飞机设计的技术变量以已知的方式确定或者估算。运营成本能够包括燃料成本、维护成本、人力成本、机场费用等。对于飞行航线的成本来按比例地包括新飞机的研发成本也是可能的。本文中研发成本能够按比例转移至(例如)那些待在其上根据总飞行网络的仿真使用新研发飞机的飞行航线。

[0040] 如果对总飞行网络的每个飞行航线计算飞行航线效率且使其相加以形成总飞行网络效率,则随后检查借助于仿真所确定的总飞行网络效率是否是最优。如果是最优,则所优化的飞机设计或多个所优化的飞机设计是可行的。如果尚未达到最优,则改变要求目录

并且通过迭代运行所述方法直到达到最优。

[0041] 由于根据本发明的方法是迭代方法,在第一遍检查最优是否存在通常是不太可能的。在此情况下,对于最优的检查具有否定的结果,且根据本发明的各个方法步骤采用改变的要求目录进行相应地迭代,直到实际上能够实施对于最优的检查以及最优的存在变得清楚明显的。在此背景下,在第一次迭代步骤期间确定的总飞行网络效率证明是最优的基本上是可能的,但在其确定的时间点处不可能如此将其识别出。

[0042] 也能够预先限定迭代步骤的最小数量,其中,分别采用改变的要求目录实施迭代步骤。如果对应于迭代的最小数量的总飞行网络效率的数量基于不同的要求目录是可行的,则检查关于根据本发明的方法计算的进一步的总飞行网络效率是否构成最优基本上是不可能的。然而,此处也实施迭代直到已经找到实际的最优。

[0043] 根据设定的目标,根据本发明的方法能够确定在总飞行网络效率中的局部或绝对的最优。局部最优能够是期望的,例如,如果已经存在的特定飞机型号将被替换且根据本发明进行优化的飞机设计的有限数量将结束所产生的差距。绝对优化能够是期望的,特别是当根据本发明进行优化的多个不同的飞机设计需要覆盖尽可能宽的要求范围。

[0044] 除了至少一个优化的飞机设计外,总飞行网络的仿真结果也能够视为本方法的另外的结果。从仿真的结果,有可能推断出哪些飞机设计应该用在总飞行网络的哪个飞行航线上,以便于实现最优的总飞行网络效率。

[0045] 与现有技术不同,在根据本发明的方法中,因此,飞机设计不仅关于预定配置点被优化,而且替代地该配置点也能够以可变的要求目录的形式被优化。结果,获得一个或多个飞机设计,其以此方式使适合于预先限定的总飞行网络使得能够实现最优的总飞行网络效率。

[0046] 在要求目录的修改期间,对于要求目录包含要求的飞机设计的数量改变是可能的。因此,有可能在根据本发明的方法中确定,例如如果不是单个新飞机设计,而是提供两个新飞机设计,而由此会增加研发成本并不增加,则能够提高总飞行网络效率,其中两个飞机设计中的一个对于总飞行网络的第一部分航线得到优化,而另一个飞机设计对于总飞行网络的第二部分航线得到优化。

[0047] 在根据本发明的方法中,也能够预先限定与可能的飞机设计的最大数量有关的边界条件。因此,有可能(例如)限制新飞机设计的数量或对于所有的新飞机设计的总研发成本的水平。这允许考虑到飞机制造商的研发能力。

[0048] 特别地,在新的飞机设计的数量是有限的情况下,而且在所有其它情况下,如果在总飞行网络的仿真期间,不仅考虑到基于要求目录的飞机设计而且考虑到已经可用的飞机型号,则其是优选的。在此背景下,能够考虑到已经可用的所有的飞机型号或仅考虑到其一部分。然后,总飞行网络的仿真因此不再限于采用根据要求目录的综合方法所确定的新飞机设计,而是还考虑到已经可商购的飞机型号。因此,通常能够服务飞行网络的所有飞行航线并且以最优方式使一个或多个新的飞机设计适于飞行网络中的一些航线,使得通过考虑到已经可用的飞机型号来实现总飞行网络效率的最优。

[0049] 如果根据本发明的方法将主要用于由新的飞机设计来替换已经可用的特定飞机型号,则在本方法期间能够采用其它可用飞机型号的飞机设计来实施仿真。然后,优选地从仿真中排除特定的可用飞机型号,并且以此方式优化飞机设计,使得它以可能的最佳方式

代替特定的可用飞机型号。此文中能够使对于新飞机设计的初始要求目录适应于特定飞机型号的技术特征,但是在如上所述的根据本发明的方法的过程中进行优化。

[0050] 参照示例将更清楚在仿真中考虑到已知的飞机型号的根据本发明的方法。如果,例如,远程飞机是可用的且如果在仿真中考虑到所述飞机,则在包括远程和短程航线的总飞行网络的情况下并且在规定仅优化单个飞机设计的情况下,根据本发明的方法将倾向于产生适于短程航线的飞机设计。在此背景下,根据本发明的方法将自动确定哪些航线将采用哪些飞机进行服务,以便于实现最优的总飞行网络效率。因此可以设想,例如,如果大多数短程航线由新飞机设计覆盖,但具有特定的起飞及着陆要求的少量的短程连接仍然由已经可用的远程飞机进行服务,则总飞行网络效率是最大值。根据本发明的方法明确地考虑到下列事实:如果新飞机设计也适合于指定的少量的短程航线,则飞机设计的运营成本将基本上以此方式增加,使得其它短程航线上的效率将会下降。总而言之,总飞行网络效率能够因此不再处于最大值。与根据现有技术的研发方法不同,根据本发明的方法在所指定的示例中能够由此产生用于短程飞机的飞机设计,虽然不能满足总飞行网络的所有的短程航线,氮气总体上是有利的,即使在特定的短程航线由已经存在的远程飞机进行服务的情况下。

[0051] 总之,需要注意到,根据本发明的方法的特征在于以下事实:基于带有对于一个或多个飞机的技术要求的要求目录,在考虑到能够从一个或多个飞机设计以及总飞行网络的技术配置推导出的变量的情况下,以迭代的方式确定一个或多个优化的飞机设计。以此方式获得的飞机设计的特征在于以相对于总飞行网络进行优化的配置,其结果是,一方面,能够提高总飞行网络效率,并且在另一方面,例如,还能够降低用在总飞行网络上的飞机的总燃料消耗,因为提供用于单个飞行航线的飞机尽可能地适于这些飞行航线。

[0052] 根据本发明的系统设计来实施根据本发明的方法。对于系统的说明因此可参考上面的陈述。

[0053] 优选地提供第一数据库,其连接到仿真模块且包括在总飞行网络的所有飞行航线上的信息。然后通过仿真模块将要实施的仿真能够基于来自第一数据库中的数据发生。

[0054] 进一步优选地提供第二数据库,其连接到仿真模块且包括关于可用飞机型号的信息。然后,仿真模块优选地设计成考虑这些信息,同时实施总飞行网络的仿真。

[0055] 所述系统还能够优选地设计来实施根据本发明的方法和方法的有利改进。对于这些改进的说明,可参考上面的陈述。

附图说明

[0056] 借助于示例性实施例并且参考所附附图,现在将更加详细地描述本发明,其中:

[0057] 图1示出了根据本发明的系统,其设计来实施根据本发明的方法;以及

[0058] 图2示出了根据本发明的方法的整体流程图,其中所述方法以在根据图1的系统上运行的方式。

具体实施方式

[0059] 图1示出了根据本发明的系统1,其设计来实施根据本发明的方法。系统1包括要求目录存储器2、综合模块3、仿真模块4和优化模块5。所列举的部件彼此串联连接。此外,优化

模块5也连接到要求目录存储器2。

[0060] 此外,提供第一数据库6和第二数据库7且其分别连接到仿真模块4。在第一数据库6中,对总飞行网络建模,即总飞行网络的所有飞行航线上的信息存储在数据库6中。关于所有飞机的信息,或关于一些市售的飞机的信息存储在第二数据库7中。

[0061] 包括对于新飞机设计的技术要求的要求目录存储在要求目录存储器2中。这些技术要求能够包括对于一个或多个飞机设计的最小有效载荷、最小航程以及起飞和着陆要求。此外,还能够包括与巡航高度和/或巡航速度以及对于翼展、机身长度和/或起落架的每个轮的表面压力的最大值有关的要求。在开始时,手动地预先限定要求目录,但是,正如下面所解释的,它通过根据本发明的方法10迭代地进行改变(参见图2)。

[0062] 来自要求目录存储器2的要求目录发送到综合模块3,基于这些技术要求,综合模块3根据技术要求实施用于优化一个或多个飞机设计的综合方法。此综合方法的结果是一个或多个飞机设计,其是基于要求目录且尽可能地具有最优和具有尽可能最佳(即,低)的运营成本。将所迭代确定的这些一个或多个飞机设计传输到仿真模块4。

[0063] 仿真模块4设计成实施在第一数据库6中建模的总飞行网络的仿真。为此目的,仿真模块4计算对于总飞行网络的每个飞行航线的飞行航线效率,其中,计算在飞行航线上对于通过综合模块3所传输的所有可用的飞机设计和对于存储在第二数据库7中的在技术规范方面基本上适合于服务该飞行航线的所有可用的飞机型号的潜在效率。然后,在此仿真步骤中有助于最高总飞行网络效率值的各个潜在效率被选择为最终的飞行航线效率。

[0064] 随后,总飞行网络效率由通过仿真模块4的单独的飞行航线效率之和所形成且将其传输到优化模块5。

[0065] 优化模块5检查总飞行网络效率是否是最优的。如果是最优的,则将由综合模块3所确定的一个或多个飞机设计输出为优化的飞机设计。如果不存在可行的最优的总飞行网络效率,则在要求目录存储器2中的要求目录由优化模块5进行改变,并且该方法重复迭代,直至存在最优的总飞行网络效率。

[0066] 现在将参照来自图2的流程图更加详细地解释由根据图1的系统1所实施的方法。例如如何能够构造根据图1的系统1的各个部件的细节也能够从下面的说明中获得。

[0067] 在根据本发明的方法10的开始处,限定初始要求目录。此限定能够通过手动输入来完成(步骤11)。此要求目录包含对于一个或多个飞机设计的技术要求。技术要求包括最小有效载荷、最小航程以及起飞和着陆要求。此外,还能够包括与巡航高度和/或巡航速度有关的要求。能够使要求目录适合于单独的飞机设计,即,仅包含一组技术要求。然而,要求目录也能够包含对于多个飞机设计的要求,其中,然后其包括对应于多个飞机设计的多组技术要求。

[0068] 以此方式存储初始要求目录使得如稍后所解释的,在根据本发明的方法期间能够改变(步骤12)该初始要求目录。

[0069] 基于要求目录,首先实施从现有技术已知的综合方法13。在综合方法13中,对于放置在要求目录中的每个飞机设计确定在预期成本方面(特别是预期的运营成本方面)优化的飞机设计。

[0070] 在综合方法13中,对于飞机设计,首先,实施初始的机身尺寸和推进系统、机翼和尾翼的初始尺寸的确定。基于这些变量,然后能够实施质量的估算且能够确定机翼的升力

分布和重心,能够确定所估算的飞行设计的阻力和尤其是确定具有假定尺寸的飞机设计的飞行性能(步骤14)。

[0071] 然后,检查飞机设计的最大起飞重量是否收敛,以及来自对于此飞机设计的要求目录的技术要求是否满足,特别是航程要求,起飞及着陆要求以及如果合适,对于巡航高度、巡航速度和/或起落架的每个轮的表面压力的要求(步骤15)。如果不是这种情况,则改变机身尺寸和推进系统、机翼和尾翼的尺寸且再次实施步骤14。迭代过程发生被实施直到飞机设计的最大起飞重量收敛并且满足来自对于此飞机设计的要求目录的技术要求。

[0072] 如果在步骤15中的相应的检查是肯定的,则在随后的步骤中计算对于此飞机设计的预期成本(步骤16)。此处能够根据飞机设计的技术变量或配置确定运营成本。因此,例如能够从飞机设计的推力/质量比计算出燃料消耗和相关的成本,以及能够根据飞机质量和发动机的数量确定维护成本;机场税取决于飞机的质量等。

[0073] 然后,在步骤17中检查在步骤16中计算出的成本是否实现最优。如果不是这种情况,则再次改变机身尺寸和推进系统、机翼和尾翼的尺寸,且该过程继续进行步骤14。重复此过程直到到达成本最优。如果是这种情况,则将借助于此迭代方法所确定的飞机设计发送至下面的步骤18。

[0074] 对于技术要求存在于要求目录中的每个飞机设计,单独实施综合方法13,使得在用于一个以上的飞机设计的技术要求的情况下,相应地,较大数量的飞机设计也被发送到步骤18。

[0075] 在步骤18中,对总飞行网络进行仿真。为此目的,在每种情况下,对于总飞行网络的每个航线,确定飞行航线效率。为此目的,对于采用特定飞机设计或例如存储在(例如)第一数据库6中的已经可用的飞行型号(参照图1)的飞行航线的所期望的收入和运营成本能够彼此抵消。除了实际的运营成本,新飞机的研发成本也能够成比例地包括在飞行航线效率的计算中。如果一个以上的飞机设计或可用的飞机是合适的,从技术的角度来看,对于服务总飞行网络的特定的飞行航线,对于每个飞机设计或每个可用的飞机计算飞行航线上的潜在效率。在此仿真步骤中对于特定航线有助于最高总飞行网络效率值的潜在效率被选择为对于所述飞行航线的最终的飞行航线效率。在对于总飞行网络中的单独的飞行航线的飞机设计或可用飞机的选择期间,能够考虑到(例如)对总的网络中的不同的飞机类型的最大数量或特定飞机类型的飞机的最小数量的限制。随后,对单独的飞行航线效率求和以形成总飞行网络效率。

[0076] 在步骤19中,检查是否存在总飞行网络效率方面的最优。如果不是这种情况,则改变要求目录,且方法10在步骤12处再次开始。要求目录此处进行迭代直到存在总飞行网络效率的最优。在此背景下,也能够改变要求目录至这样的程度使得最终的飞机设计数量改变。

[0077] 如果总飞行网络效率达到最优,则方法10以步骤20结束,其中,存在一个或更多个优化的飞机设计。除了至少一个飞机设计,来自步骤18中的仿真结果由此也存在,从该仿真结果清楚的是,在所检查的总飞行网络中的哪些飞行航线应由至少一个飞行设计或其它可用飞机来进行服务,以便达到最优的总飞行网络效率。

[0078] 现在将参照本发明的数值实施例更加详细地说明本发明。在此示例中,待设计包括适合于远程航线的两架飞机的飞机系列。

[0079] 在要求目录中,此处预先限定初始的两组技术要求,其分别对飞机设计要求进行建模。对于第一飞机设计,初始要求是在6750 NM(海里)的最小航程的情况下考虑有效载荷60吨,而第二飞机设计在7750 NM的最小航程的情况下初始具有50吨有效载荷。对于两种飞机设计的初始起飞及着陆要求适合于总飞行网络的最不利的机场,即根据初始要求两种飞机设计应该能够启动并降落在假定具有30℃机场参考温度和海平面以上2500米高度(平均海平面)的3000米的跑道长度的机场。根据要求目录的两种飞行设计的初始要求整理在以下表格中:

[0080]		有效载荷	航程	起飞/着陆条件
[0081]	A	60 吨	6750海里	在 30℃、海平面以上2500米,3000 米
[0082]	B	50 吨	7750海里	在 30℃、海平面以上2500米,3000米

[0083] 为了限制用于飞机系列的研发成本,同样限定了待确定的两个飞机设计需要配备相同机翼和相同的发动机。此外,限定了根据本发明的方法的结果保持限于两个飞行设计的最大值。

[0084] 在第一步骤中,在对于两个飞机设计的综合方法中,在每种情况下,依据所述设计的运营成本确定最优配置。为此目的,改变各种设计变量,例如机身长度和推进系统、机翼和尾翼的尺寸,直到在每种情况下最大起飞重量收敛,而且满足其它的约束,例如各个飞机设计的航程要求以及起飞和着陆要求。飞机设计的最大起飞重量和航程特征或起飞及着陆特征能够从设计变量和所产生的中间结果变量来确定,例如机翼升力分布、质量、重心、阻力和飞行性能。在此背景下,需要注意的是,根据本示例中的说明,推进系统、机翼和尾翼的尺寸在两个飞行设计中是相同的。

[0085] 随后,对于每个设计做出运营成本估算且重复指定的迭代方法,直到存在运营成本最优。如上所述,能够基于飞机设计的技术变量分别确定预期的运营成本。

[0086] 作为综合方法的结果,获得具有相同的机翼、尾翼和发动机但具有不同的机身长度的两个飞行设计。

[0087] 随后,实施总飞行网络的仿真。在此示例中,总飞行网络包括总共五个飞行航线:

[0088]		里程	有效载荷容量/天	航班起降时段/天
[0089]	1	5500海里	55吨	2
[0090]	2	4500海里	130吨	3
[0091]	3	7000海里	40吨	2
[0092]	4*	5000海里	40吨	1
[0093]	5	1200海里	120吨	6

[0094] 标记“*”的航线包括总飞行网络的最不利机场,其具有30℃的机场参考温度和海平面以上2500米高度的3000米的跑道长度。其它航线分别能够称作标准条件下2500米的跑道长度的起飞和着陆条件。

[0095] 除了两架飞机设计A和B,在仿真中也可考虑已知的、市售的飞机型号C。飞机型号C是具有以下特征的短程飞机:

[0096]		载荷	航程	起飞/着陆条件
[0097]	C	20吨	1500 海里	标准条件下1600米

[0098] 在总飞行网络的仿真中,然后对于每个单独的飞行航线计算飞行航线效率,其中,

首先,计算航线上对于每个飞机设计或者基本上能够用在飞行航线上的每个可用的飞机型号在每种情况下的潜在效率。例如,在飞行航线1、2和4上,基本上使用飞机设计A和B,而飞行航线3上只能使用飞机设计B,因为飞机设计A不具备必需的最大航程。飞机设计A和B以及已经可用的飞机型号C能够用在飞行航线5上。

[0099] 在仿真期间,确定哪个飞机设计或飞机型号使得能够实现飞行航线上的最大效率。为此目的,确定对于每个航线预期的利润和所引起的运营成本并且彼此抵消。然后从单个飞行航线效率的总和中获得总飞行网络效率X。

[0100] 再按基于飞机设计A和B以及可用飞机型号C的总飞行网络的仿真期间,能够得到以下分解,例如:

[0101]	航线	飞机设计/型号	航班数 /天
[0102]	1	A	1
[0103]	2	A	3
[0104]	3	B	1
[0105]	4	B	1
[0106]	5	C	6

[0107] 因为在此时间点,不可能确定总飞行网络效率X是否是最优的,再次实施如上所述的方法步骤,但改变对于飞机设计的要求目录。根据要求目录的对于两架飞机设计的改变的要求是:

[0108]		载荷	范围	起飞/着陆条件
[0109]	A'	65吨	5500 海里	标准条件下2500米
[0110]	B'	40吨	7000 海里	在30℃、海平面以上2500米,3000米

[0111] 基于对于飞机设计A'和B'的要求目录的改变,首先借助于综合方法确定运营成本优化的飞机设计,然后将该设计与已经已知的飞机型号C一起发送到总飞行网络的仿真。

[0112] 在基于飞机设计A'和B'以及可用飞机型号C的总飞行网络的仿真期间,能够得到以下分解,例如:

[0113]	航线	飞机设计/型号	航班/天
[0114]	1	A	1
[0115]	2	A	2
[0116]	3	B	1
[0117]	4	B	1
[0118]	5	C	6

[0119] 在此仿真期间产生的总飞行网络效率X'高于来自前一次仿真的总飞行网络效率X。这是由于这样的事实,飞机设计A'现在很适合于航线1和2,且例如,不再必须满足任何特定的起飞和着陆条件,同时飞机设计B'适合于航线3和4。已经可用的(短程)飞行型号C继续适合服务于短程航线5。

[0120] 能够以使得达到总飞行网络效率的最优的此类频率重复指定的步骤。在示出的示例性实施例中,假定飞机设计A'和B'依据待检查的总飞行网络是最优的飞机设计。除了有关最优飞机设计A'和B'的信息,根据本发明的方法另外还提供关于飞机设计或待在飞行航线上使用的已经可用的飞机型号的信息,以便于实现最优的总飞行网络效率。

[0121] 当然,仅在一个示例中示出改进根据本发明的方法也是可能的。因此,有可能例如,基于关于客运容量的季节性分布而不是每天的有效载荷容量的仿真,其中,客运容量优选地分成标准票价乘客和特殊票价乘客以便能够更好地估算飞行航线上的预期效率。当然,也有可能在仿真中考虑到多个飞行航线和/或飞行设计或飞机型号。也能够对单个飞行航线之间的复杂关系进行建模,例如具有中转站的飞行航线。借助于仿真,能够确定飞机设计或飞机型号的多少机器必须服务于所检查的总飞行网络。

[0122] 所检查的总飞行网络能够是一家或更多家航空公司的实际的当前飞行网络。然而,也有可能是使用实际的总飞行网络来规划未来总飞行网络,其构成例如在十年或二十年中的预期的总飞行网络。这样提供的优点在于,借助于根据本发明的方法所确定的至少一个飞机设计适于朝其研发时间结束时的要求。

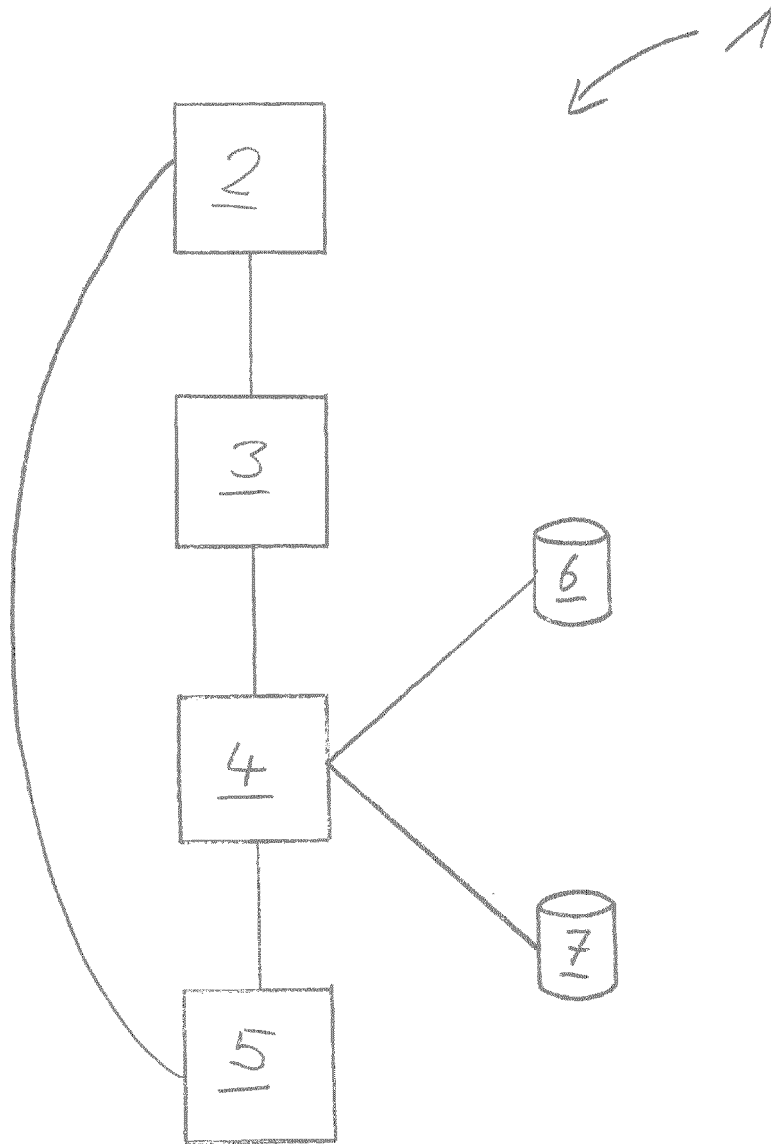


图 1

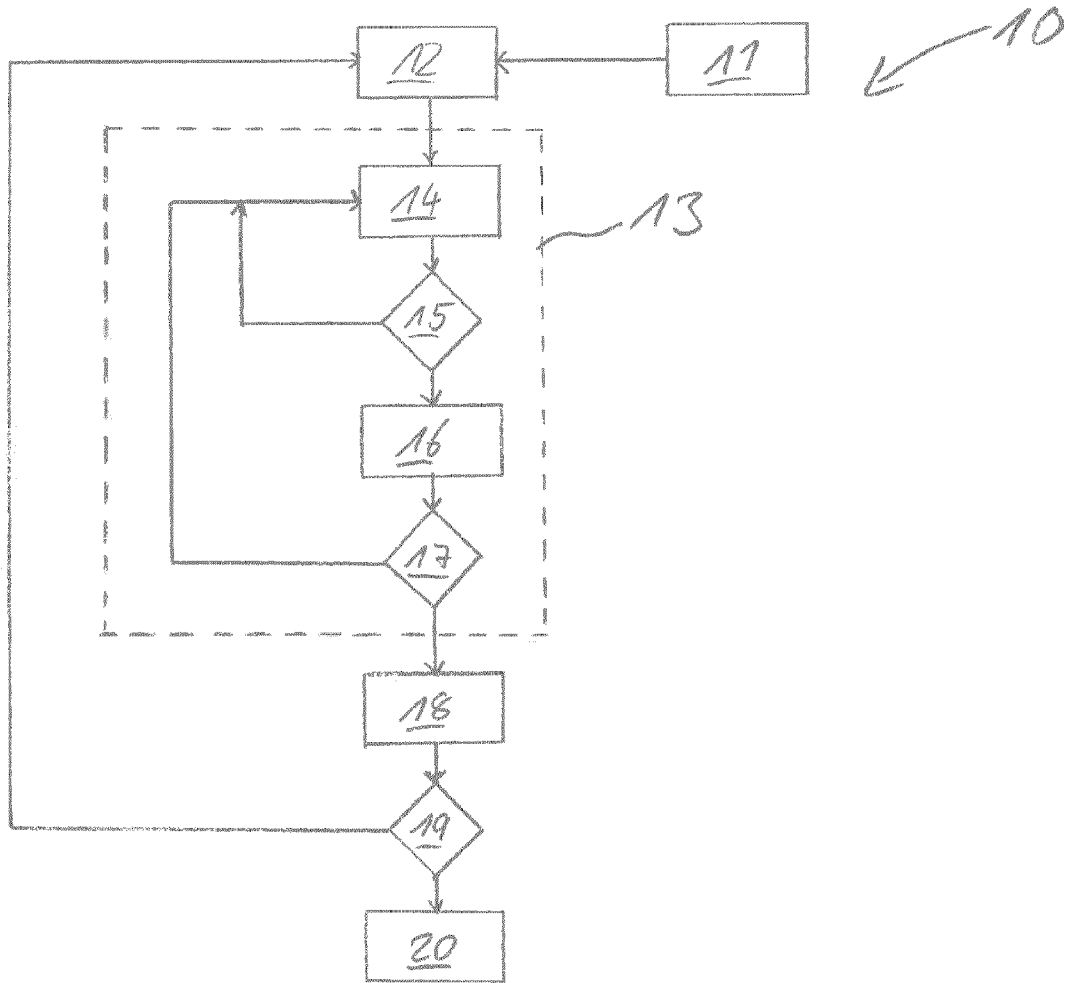


图 2