



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114154352 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 08

(21) 申请号 202210053295.3

(22) 申请日 2022.01.18

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路3888号

(72) 发明人 王昱棠 田大鹏

(74) 专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事务所(普通合伙) 44316

代理人 孟洁

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 17/16 (2006.01)

G06F 111/04 (2020.01)

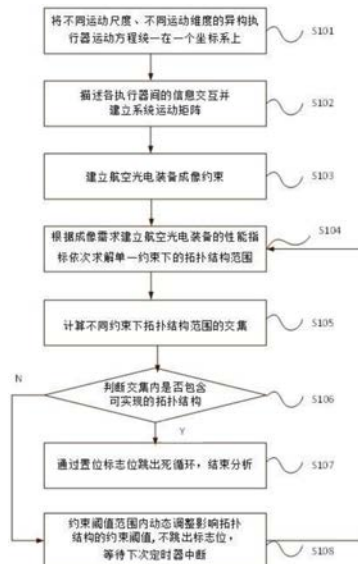
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法与装置

(57) 摘要

本发明公开了一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法与装置,通过对航空成像装备内驱动原理、运动尺度不同的多个异构执行器坐标统一并建立系统运动矩阵,根据成像需求建立多个成像约束,求解不同约束下的拓扑结构范围,并可动态调整约束阈值和控制器参数以获得满足所有约束的拓扑结构。



1. 一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - S101,将多个异构执行器运动方程统一在一个坐标系上;
 - S102,描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵;
 - S103,建立至少两个航空光电装备成像约束;
 - S104,在预设的死循环程序内建立航空光电装备的性能指标,针对各单一约束,分别在约束值动态调整范围内选择一个约束阈值,基于该约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围;
 - S105,在预设的死循环程序内计算各单一约束下的拓扑结构范围的交集 Ω_* ;
 - S106,在 Ω_* 中包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,跳转至S107;
 - S107,结束死循环,并将S106中获得的可在航空光电装备中实现的拓扑结构作为最终设计的拓扑结构输出。
2. 如权利要求1所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法,其特征在于,所述步骤S106中还包括:在 Ω_* 中不包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,跳转至S108;
 - S108,跳转至S104,且跳转后执行的S104中选取的约束阈值被调整。
3. 如权利要求2所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法,其特征在于,所述步骤S106中,若遍历所有约束阈值的组合后,不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,则将拓扑结构中的所有参数置零,并通过置位标志位的方式跳出死循环。
4. 如权利要求2所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法,其特征在于,所述步骤S106中,若遍历所有约束阈值的组合后,不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,则在预设的执行器控制器参数范围内调整执行器控制器参数,跳转至S102。
5. 一种航空成像多执行器协同控制方法,其特征在于,包括:
 - 根据权利要求1~4任一项所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法确定航空成像多执行器协同控制的拓扑结构;
 - 根据确定的拓扑结构生成多执行器间通信链路的使能逻辑并根据该使能逻辑控制不同执行器间的信息交互。
6. 如权利要求5所述的航空成像多执行器协同控制方法,其特征在于,还包括:
 - 根据多执行器反馈的运动信息及系统控制指令生成多执行器控制信号,控制多执行器运动。
7. 一种利用如权利要求1~4任一项所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法确定的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构。
8. 一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置,其特征在于,包括主控单元和至少两个约束处理单元,其中各约束处理单元包括预置单元、计算单元和分析单元,主控单元包括判断单元和输出单元;
 - 预置单元:用于存储各执行器相关参数、各约束阈值对应的约束值动态调整范围;
 - 计算单元:用于将多个异构执行器运动方程统一在一个坐标系上后,基于各执行器相关参数描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵,并建立航空光电装备成像约束;

分析单元:用于在预设的死循环程序内建立航空光电装备的性能指标,针对各单一约束,分别在约束值动态调整范围内选择一个约束阈值,基于该约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围;

判断单元:用于在预设的死循环程序内计算各单一约束下的拓扑结构范围的交集 Ω_* ;在 Ω_* 中包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,结束死循环;

输出单元:用于将获得的可在航空光电装备中实现的拓扑结构作为最终设计的拓扑结构输出。

9.如权利要求8所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置,其特征在于,预置单元:还用于存储各约束阈值对应的初值及动态调整单位值;

分析单元:还用于在判断单元判断 Ω_* 中不包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,在当前的约束阈值基础上加上或减去动态调整单位值后获得调整后的约束阈值,并基于该调整后的约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围。

10.如权利要求9所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置,其特征在于,

预置单元:还用于存储各执行器相关参数的初值及参数范围;

分析单元:还用于在遍历所有约束阈值的组合后,若不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,在预设的执行器控制器参数范围内调整执行器控制器参数;

计算单元:还用于基于调整后的执行器控制器参数描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵,并建立至少两个航空光电装备成像约束。

11.如权利要求8~10任一项所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置,其特征在于,

所述约束处理单元包括第一微处理器和子信息交互接口,所述预置单元、计算单元和分析单元设于第一微处理器中;第一微处理器与子信息交互接口相连;

所述主控单元包括多路信息交互接口和第二微处理器,所述判断单元和输出单元设于第二微处理器中;第一微处理器与多路信息交互接口相连;

各约束处理单元的子信息交互接口均与多路信息交互接口相连。

12.一种航空成像多执行器协同控制装置,其特征在于,

包括如权利要求8~10任一项所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置;

还包括:

通信链路使能逻辑单元:用于根据确定的拓扑结构生成多执行器间通信链路的使能逻辑并根据该使能逻辑控制不同执行器间的信息交互。

13.如权利要求12所述的航空成像多执行器协同控制装置,其特征在于,还包括:

反馈AD单元:用于获取多执行器反馈的运动信息;

控制DA单元:用于根据多执行器反馈的运动信息及系统控制指令生成多执行器控制信号,控制多执行器运动。

航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法与装置

技术领域

[0001] 本发明属于自动控制领域,特别涉及一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法与装置。

背景技术

[0002] 航空成像装备搭载在各类动基座载体上,可以机动灵活地获取直观的图像信息,广泛应用于灾情防救、地理测绘、精准农业等重要的领域。扫描成像系统中,由于存在扫描镜的主动扫描产生像旋、像移等物像运动,必须通过控制成像装备内的各类执行器折转光束提升成像质量。

[0003] 当成像系统中引入多个执行器时,不仅要考虑他们之间的配合,由于各执行器分布在光路中不同位置且承担不同功能,还要考虑执行器间驱动原理、运动尺度存在的异构性。

[0004] 现有的研究更多的关注控制器本身的设计,缺乏对表征多执行器间信息交互的拓扑结构的考量。现有的多智能体拓扑优化方法一般是通过设定与收敛速度、控制能量等相关的控制性能指标直接求解拓扑结构的数学表达,一方面没有考虑航空成像装备执行器间驱动原理、运动尺度等复杂异构性,另一方面没有建立成像性能对航空成像装备执行器拓扑结构的约束,无法直接应用在航空成像装备中的拓扑结构设计中。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于,针对上述现有技术的不足,提供一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法与装置,针对驱动原理、运动尺度不同的多个异构执行器,可以在多个成像约束下设计出符合成像要求的拓扑结构。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0007] 一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法,其特点是包括以下步骤:

[0008] S101,将多个异构执行器运动方程统一在一个坐标系上;

[0009] S102,描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵;

[0010] S103,建立至少两个航空光电装备成像约束;

[0011] S104,在预设的死循环程序内建立航空光电装备的性能指标,针对各单一约束,分别在约束值动态调整范围内选择一个约束阈值,基于该约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围;

[0012] S105,在预设的死循环程序内计算各单一约束下的拓扑结构范围的交集 Ω_* ;

[0013] S106,在 Ω_* 中包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,跳转至S107;

[0014] S107,结束死循环,并将S106中获得的可在航空光电装备中实现的拓扑结构作为最终设计的拓扑结构输出。

[0015] 进一步地,所述步骤S106中还包括:在 Ω_* 中不包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,跳转至S108;

[0016] S108,跳转至S104,且跳转后执行的S104中选取的约束阈值被调整。

[0017] 进一步地,所述步骤S106中,若遍历所有约束阈值的组合后,不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,则将拓扑结构中的所有参数置零,并通过置位标志位的方式跳出死循环。

[0018] 进一步地,所述步骤S106中,若遍历所有约束阈值的组合后,不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,则在预设的执行器控制器参数范围内调整执行器控制器参数,跳转至S102。

[0019] 基于同一个发明构思,本发明还提供了一种航空成像多执行器协同控制方法,其特点是包括:

[0020] 根据所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法确定航空成像多执行器协同控制的拓扑结构;

[0021] 根据确定的拓扑结构生成多执行器间通信链路的使能逻辑并根据该使能逻辑控制不同执行器间的信息交互。

[0022] 进一步地,还包括:

[0023] 根据多执行器反馈的运动信息及系统控制指令生成多执行器控制信号,控制多执行器运动。

[0024] 基于同一个发明构思,本发明还提供了一种利用所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法确定的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构。

[0025] 基于同一个发明构思,本发明还提供了一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置,其特点是包括主控单元和至少两个约束处理单元,其中各约束处理单元包括预置单元、计算单元和分析单元,主控单元包括判断单元和输出单元;

[0026] 预置单元:用于存储各执行器相关参数、各约束阈值对应的约束值动态调整范围;

[0027] 计算单元:用于将多个异构执行器运动方程统一在一个坐标系上后,基于各执行器相关参数描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵,并建立航空光电装备成像约束;

[0028] 分析单元:用于在预设的死循环程序内建立航空光电装备的性能指标,针对各单一约束,分别在约束值动态调整范围内选择一个约束阈值,基于该约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围;

[0029] 判断单元:用于在预设的死循环程序内计算各单一约束下的拓扑结构范围的交集 Ω_* ;在 Ω_* 中包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,结束死循环;

[0030] 输出单元:用于将获得的可在航空光电装备中实现的拓扑结构作为最终设计的拓扑结构输出。

[0031] 进一步地,预置单元:还用于存储各约束阈值对应的初值及动态调整单位值;分析单元:还用于在判断单元判断 Ω_* 中不包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,在当前的约束阈值基础上加上或减去动态调整单位值后获得调整后的约束阈值,并基于该调整后的约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围。

[0032] 进一步地,预置单元:还用于存储各执行器相关参数的初值及参数范围;分析单元:还用于在遍历所有约束阈值的组合后,若不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,在预设的执行器控制器参数范围内调整执行器控制器参数;计算单元:还用于基于调整后

的执行器控制器参数描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵,并建立至少两个航空光电装备成像约束。

[0033] 进一步地,所述约束处理单元包括第一微处理器和子信息交互接口,所述预置单元、计算单元和分析单元设于第一微处理器中;第一微处理器与子信息交互接口相连;所述主控单元包括多路信息交互接口和第二微处理器,所述判断单元和输出单元设于第二微处理器中;第一微处理器与多路信息交互接口相连;各约束处理单元的子信息交互接口均与多路信息交互接口相连。

[0034] 基于同一个发明构思,本发明还提供了一种航空成像多执行器协同控制装置,其特点是包括所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置;还包括:

[0035] 通信链路使能逻辑单元:用于根据确定的拓扑结构生成多执行器间通信链路的使能逻辑并根据该使能逻辑控制不同执行器间的信息交互。

[0036] 进一步地,还包括:

[0037] 反馈AD单元:用于获取多执行器反馈的运动信息;

[0038] 控制DA单元:用于根据多执行器反馈的运动信息及系统控制指令生成多执行器控制信号,控制多执行器运动。

[0039] 与现有技术相比,本发明通过对航空成像装备内驱动原理、运动尺度不同的多个异构执行器坐标统一并建立系统运动矩阵,根据成像需求建立多个成像约束,求解不同约束下的拓扑结构范围,并可动态调整约束阈值和控制器参数以获得满足所有约束的拓扑结构。

附图说明

[0040] 图1为本发明所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法的一种实施例的流程图。

[0041] 图2为本发明所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法的另一种实施例的流程图。

[0042] 图3为本发明所述的一个实施例的多约束调整策略示意图。

[0043] 图4为本发明所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置的一种实施例的结构图。

[0044] 图5为本发明所述的航空成像多执行器协同控制装置的一种实施例的硬件结构图。

[0045] 图6为本发明所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置的一种实施例的多执行器(以执行器1, i, j, n为例)信息交互示意图。

[0046] 其中,1为执行器,2为主控单元,201为多路信息交互接口,202为第二微处理器,2021为判断单元,2022为输出单元,203为通信链路使能逻辑单元,204为控制DA单元,205为反馈AD单元,3为约束处理单元,301为第一微处理器,3011为预置单元,3012为计算单元,3013为分析单元,302为子信息交互接口。

具体实施方式

[0047] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面结合实施例中的附图,对

本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0048] 本发明的说明书及权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解,这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。此外,本发明说明书及权利要求书中“包含”和“具有”等术语以及它们的任何变形,意图在于覆盖不排除他的包含。例如,包含了一二系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备,不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可以包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

[0049] 令航空成像装备中存在 n 个执行器,其中包括 p 个转动角度为 $\theta_i, i=1,2,\dots,p$ 的转动执行器, $n-p$ 个运动位移为 $l_i, i=p+1,p+2,\dots,n$ 的平动执行器,并且同类的转动执行器或平移执行器之间的运动尺度不一定完全相同。

[0050] 结合图1和图3所示,本发明提供一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法,所述方法包括:

[0051] S101,将不同运动尺度、不同运动维度的异构执行器1运动方程统一在一个坐标系上,令变换方程为:

$$[0052] \quad x_i = \begin{cases} \Gamma_{L_i} \Gamma_{R_i}(\theta_i) & i=1,2,\dots,p \\ \Gamma_{L_i}(l_i) & i=p+1,p+2,\dots,n \end{cases}, \quad (1)$$

[0053] 其中 x_i 为统一后执行器1的位置状态, $\Gamma_{L_i}(\bullet), \Gamma_{R_i}(\bullet)$ 分别为尺度变换矩阵和形态变换矩阵,其具体形式与执行器1在成像系统光路中的位置和功能有关。

[0054] S102,描述各执行器1间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵。

[0055] 令 $G_n = (V_n, E_n, A_n)$ 表示由 n 个执行器1组成的成像装备物像运动补偿网络, $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ 和 $E \subseteq V \times V$ 分别为 G_n 的顶点集和边集, $A = [a_{ij}] \subset \mathbf{R}^{n \times n}$ 表示图 G_n 的加权邻接矩阵。图 G_n 的拉普拉斯矩阵 $L = [l_{ij}] \subset \mathbf{R}^{n \times n}$ 定义为 $l_{ii} = \sum_{i \neq j} a_{ij}, l_{ij} = -a_{ij} (i \neq j)$,则通过拉普拉斯矩阵 L 描述信息交互关系的多执行器1之间的运动矩阵可以描述为:

$$[0056] \quad \dot{y} = H_1 y, \quad (2)$$

[0057] 其中 y 为由根据公式(1)进行坐标统一后的执行器位置、速度、加速度等运动信息中的一种或几种组成的执行器状态矩阵, \dot{y} 为 y 的微分, H_1 为与表示执行器间拓扑结构的拉普拉斯矩阵 L 、执行器控制器、执行器自身惯量、阻尼相关的控制矩阵,执行器自身惯量和阻尼在执行器确定后固定,执行器控制器参数在分析拓扑结构时事先确定一组固定的数值,并给出可以微调的范围。

[0058] S103,建立至少两个航空光电装备成像约束。

[0059] 本实施例中,根据成像需求建立与成像性能时间约束、空间约束、通信能量、控制能量相关的多个约束。

[0060] 影响成像效率的物像运动补偿系统收敛时间约束和影响成像清晰度的物像运动

补偿系统协同运动精度的空间约束描述为:

$$[0061] \quad g_1(x, u, L) = |x_p(t_f) - x_q(t_f)| < \sigma_1, \quad (3)$$

[0062] 其中 t_f 为时间约束阈值, σ_1 为空间约束阈值, x_p 和 x_q 分别为物像运动补偿系统中成像光路的第一个和最后一个执行器的状态。

[0063] 对多执行器拓扑结构连边数的约束,对应为系统通信能量的限制,其数学描述表示为:

$$[0064] \quad g_2(x, u, L) = ||L|| < \sigma_2; \quad (4)$$

[0065] 实际系统对控制能量的约束描述为:

$$[0066] \quad g_3(x, u, L) = \int_0^\infty u(t)^T R u(t) dt < \sigma_3; \quad (5)$$

[0067] 其中 σ_1 到 σ_3 为各约束阈值,且每个约束值存在一个如下式所示的可以动态调整的范围,可以根据成像系统实际需求进行动态调整

$$[0068] \quad \sigma_{i_{\min}} < \sigma_i < \sigma_{i_{\max}} \quad (i=1, 2, 3) \quad (6)$$

[0069] S104,预先在主函数中定义一个死循环来寻找最优的拓扑结构,所述死循环利用一个变量作为标志判断是否退出循环,利用定时器每隔固定时间运行一次循环。根据成像需求建立航空光电装备的性能指标

$$\min J_i(L), i = 1, \dots, 3$$

$$[0070] \quad \text{s.t. } \dot{y} = H_1 y \quad (7)$$

$$g_i(x, u, L) - \sigma_i < 0$$

[0071] 分别选择在公式(6)范围内选择一个约束阈值,然后依次计算单一约束下($i=1, 2, 3$)的拓扑结构范围 Ω_* ($i=1, 2, 3$)。

[0072] S105,在死循环程序内计算不同约束下拓扑结构范围 Ω_i 的交集 Ω_* 。

[0073] S106,判断 Ω_* 中是否包含可以在航空光电装备中实现的拓扑结构。在 Ω_* 中包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,跳转至S107;在 Ω_* 中不包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,跳转至S108。

[0074] S107,结束死循环,并将S106中获得的可在航空光电装备中实现的拓扑结构作为最终设计的拓扑结构输出。

[0075] S108,依次在公式(6)的约束阈值范围内动态调整影响拓扑结构的约束阈值,重新进行S104步。

[0076] 在一种优选实施例中,还包括:

[0077] 判断是否结束拓扑结构分析求解,如果通过S105找出满足要求的拓扑结构,记录当前拓扑结构参数,通过置位标志位的方式跳出死循环;若遍历所有约束阈值的组合后没有找到符合要求的拓扑结构,将拓扑结构所有参数置零,通过置位标志位的方式跳出死循环。若否,则不置位标志位,等待下次定时器中断。

[0078] 结合图2所示,本发明所提供一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法的另一种实施例中,若通过遍历所有约束阈值后仍然没有找到符合要求的拓扑结构,则可以在设定的执行器控制器参数范围内通过调整所述公式(2)中执行器控制器参数,然后重复S102-S108步骤。

[0079] 优选地,在约束阈值范围内修改约束阈值时,可以事先设定一个动态调整单位,在当前约束阈值不满足要求后,在当前约束阈值基础上加上/减去动态调整单位数值,得到下一次循环时的约束阈值。

[0080] 在本实施例中,仅示出三个航空光电装备成像约束,但是,事实上,在其它实施例中,还可以任意减少到两个约束,或者根据新的成像需要增加约束,或者修改了某一个约束的表达方式。

[0081] 本发明还提供了一种航空成像多执行器协同控制方法,包括:

[0082] 根据所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法确定航空成像多执行器协同控制的拓扑结构;

[0083] 根据确定的拓扑结构生成多执行器间通信链路的使能逻辑并根据该使能逻辑控制不同执行器间的信息交互。

[0084] 优选地,还包括,根据多执行器反馈的运动信息及系统控制指令生成多执行器控制信号,控制多执行器1运动。

[0085] 本发明还提供了一种利用所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计方法确定的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构。

[0086] 结合图4所示,本发明提供的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置一实施例中,包括主控单元2和至少两个约束处理单元3,其中各约束处理单元3包括预置单元3011、计算单元3012和分析单元3013,主控单元2包括判断单元2021和输出单元2022。

[0087] 预置单元3011:用于存储各执行器1相关参数、各约束阈值对应的约束值动态调整范围;

[0088] 计算单元3012:用于将多个异构执行器1运动方程统一在一个坐标系上后,基于各执行器1相关参数描述各执行器1间的信息交互并建立多执行器1之间的运动矩阵,并建立航空光电装备成像约束;

[0089] 分析单元3013:用于在预设的死循环程序内建立航空光电装备的性能指标,针对各单一约束,分别在约束值动态调整范围内选择一个约束阈值,基于该约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围;

[0090] 判断单元2021:用于在预设的死循环程序内计算各单一约束下的拓扑结构范围的交集 Ω_* ;在 Ω_* 中包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,结束死循环;

[0091] 输出单元2022:用于将获得的可在航空光电装备中实现的拓扑结构作为最终设计的拓扑结构输出。

[0092] 在一种优选实施例中,预置单元3011:还用于存储各约束阈值对应的初值及动态调整单位值;分析单元3013:还用于在判断单元2021判断 Ω_* 中不包含可在航空光电装备中实现的拓扑结构时,在当前的约束阈值基础上加上或减去动态调整单位值后获得调整后的约束阈值,并基于该调整后的约束阈值计算单一约束下的拓扑结构范围。

[0093] 在一种优选实施例中,预置单元3011:还用于存储各执行器1相关参数的初值及参数范围;分析单元3013:还用于在遍历所有约束阈值的组合后,若不存在可在航空光电装备中实现的拓扑结构,在预设的执行器控制器参数范围内调整执行器控制器参数;计算单元3012:还用于基于调整后的执行器控制器参数描述各执行器间的信息交互并建立多执行器之间的运动矩阵,并建立至少两个航空光电装备成像约束。

[0094] 结合图4、图5、图6所示,本发明提供一种航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置的一种实施例中:

[0095] 所述约束处理单元3包括第一微处理器301和子信息交互接口302,所述预置单元3011、计算单元3012和分析单元3013三个子计算单元3012设于第一微处理器301中,可以完成对某一约束限制下多执行器拓扑结构范围的计算和分析;第一微处理器301与子信息交互接口302相连。不同约束的约束处理单元3相互独立,彼此之间没有信息的交互。

[0096] 所述主控单元2包括多路信息交互接口201和第二微处理器202,所述判断单元2021和输出单元2022设于第二微处理器202中;第一微处理器301与多路信息交互接口201相连。所述多路信息交互接口201可以与所述多个约束处理单元3的子信息交互接口302进行信息交互,且可根据实际约束需求随时更换不同的约束处理单元3。

[0097] 各约束处理单元3的子信息交互接口302均与多路信息交互接口201相连。所述的子信息交互接口302可以与主控单元2的多路信息交互接口201进行信息的交互。

[0098] 所述第二微处理单元根据多个约束处理单元3计算的拓扑结构范围求解多约束下的拓扑结构。

[0099] 所述预置单元3011内预先在主函数中存储相应执行器惯量、阻尼等物理参数、对应约束阈值的动态调整范围和初值、对应约束阈值的动态调整单位值、各执行器控制参数范围和初值等拓扑结构设计方法所需参数初值和范围。

[0100] 所述计算单元3012用于根据对应约束的预置单元3011内存储的数值计算多执行器的运动矩阵(如公式(2))和约束。空间约束下所述计算单元3012计算约束如公式(3),通信能量下所述约束计算单元3012计算约束如公式(4),控制能量约束下所述计算单元3012计算约束如公式(5),所述的计算单元3012内的约束阈值范围取值如公式(6)所示。

$$[0101] \quad \dot{y} = H_1 y, \quad (2)$$

$$[0102] \quad g_1(x, u, L) = |x_p(t_f) - x_q(t_f)| < \sigma_1, \quad (3)$$

$$[0103] \quad g_2(x, u, L) = ||L|| < \sigma_2. \quad (4)$$

$$[0104] \quad g_3(x, u, L) = \int_0^\infty u(t)^T R u(t) dt < \sigma_3. \quad (5)$$

$$[0105] \quad \sigma_{i_min} < \sigma_i < \sigma_{i_max} \quad (i=1, 2, 3) \quad (6)$$

[0106] 其中, y 为由根据公式(1)进行坐标统一后的执行器位置、速度、加速度等运动信息中的一种或几种组成的执行器状态矩阵, \dot{y} 为 y 的微分, H_1 为与表示执行器间拓扑结构的拉普拉斯矩阵 L 、执行器控制器、执行器自身惯量、阻尼相关的控制矩阵,执行器自身惯量和阻尼在执行器确定后固定,执行器控制器参数在分析拓扑结构时事先确定一组固定的数值,并给出可以微调的范围。

[0107] t_f 为时间约束阈值, σ_1 为空间约束阈值, x_p 和 x_q 分别为物像运动补偿系统中成像光路的第一个和最后一个执行器的状态。

[0108] σ_1 到 σ_3 为各约束阈值,且每个约束值存在一个如下式所示的可以动态调整的范围,可以如公式(6)根据成像系统实际需求进行动态调整。

[0109] 所述分析单元3013用于在主函数中定义一个死循环,所述死循环利用一个变量作为标志位判断是否退出循环,利用定时器每隔固定时间中断一次循环。在循环内根据成像需求建立航空光电装备的性能指标

$$\begin{aligned}
 & \min \mathbf{J}_i(L), i = 1, \dots, 3 \\
 [0110] \quad & \mathbf{s.t.} \quad \dot{y} = H_1 y \\
 & \mathbf{g}_i(x, u, L) - \sigma_i < 0
 \end{aligned} \tag{7}$$

[0111] 分别选择在公式(6)范围内选择一个约束阈值,然后依次计算分析得到单一约束下($i=1,2,3$)的拓扑结构范围 Ω_i ($i=1,2,3$)。

[0112] 优选地,所述约束处理单元3内的分析计算程序事先根据具体约束对应的计算过程烧写,实际计算时无需修改程序,只需要根据所述主控单元2内发送的预置参数在线完成计算。

[0113] 优选地,当多执行器拓扑约束增加或减少时,系统可以通过直接增加或减少与所述多路信息交互接口201COM连接的约束处理单元3数量进行约束下拓扑结构范围的计算和分析。不同约束处理单元3得到的拓扑结构范围结果都通过所述多路信息交互接口201COM输出给第二微处理单元进行拓扑结构的计算。

[0114] 优选地,当改变多执行器拓扑约束时,无需重新烧写计算程序,可以通过直接修改与多路信息交互接口201COM连接的约束处理单元3调整拓扑结构的计算约束,进而得到不同约束下的拓扑结构范围。

[0115] 所述第二微处理单元接收不同约束处理单元3得到的拓扑结构范围,并在死循环程序内计算不同约束下拓扑结构范围 Ω_i 的交集 Ω_* ,判断 Ω_* 中是否包含可以在航空光电装备中实现的拓扑结构。

[0116] 结合图5和图6所示,本发明还提供了一种航空成像多执行器协同控制装置,包括所述的航空成像多执行器协同控制的拓扑结构设计装置;所述主控单元2内还包括通信链路使能逻辑单元203、反馈AD单元205、控制DA单元204。

[0117] 通信链路使能逻辑单元203根据拓扑结构生成多执行器间通信链路的使能逻辑,控制不同执行器1间的信息交互。控制DA单元204根据反馈AD单元205反馈的多执行器1运动信息及系统控制指令生成多个执行器1控制信号,控制执行器1运动。

[0118] 本领域普通技术人员可以理解上述实施例的各种方法中的全部或部分步骤是可以通程序生成指令在相关硬件上完成的。该程序可以存储于计算机可读存储介质中,存储介质可以包括:只读存储器、随机存取存储器、硬盘等。

[0119] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是局限性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护范围之内。

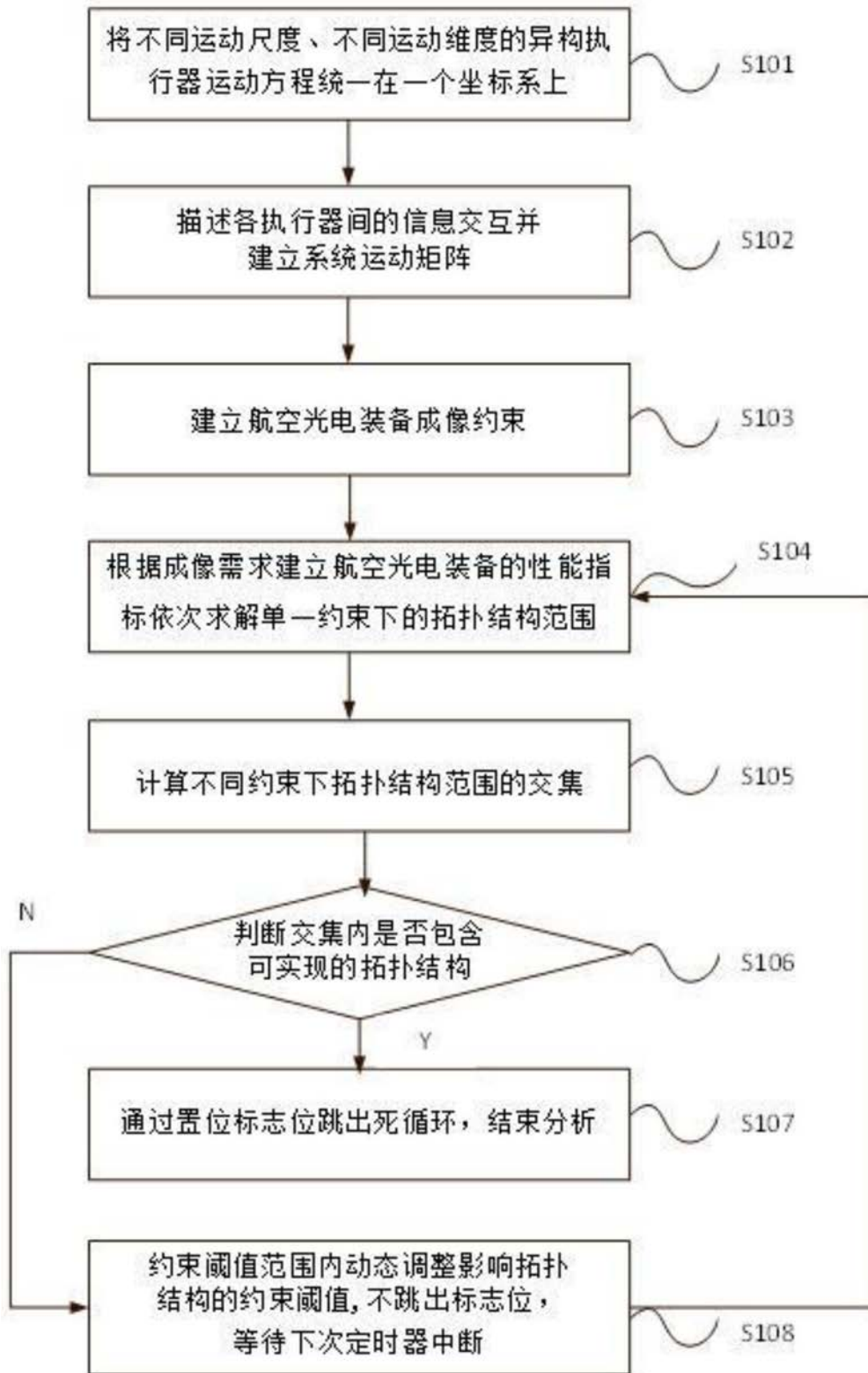


图1

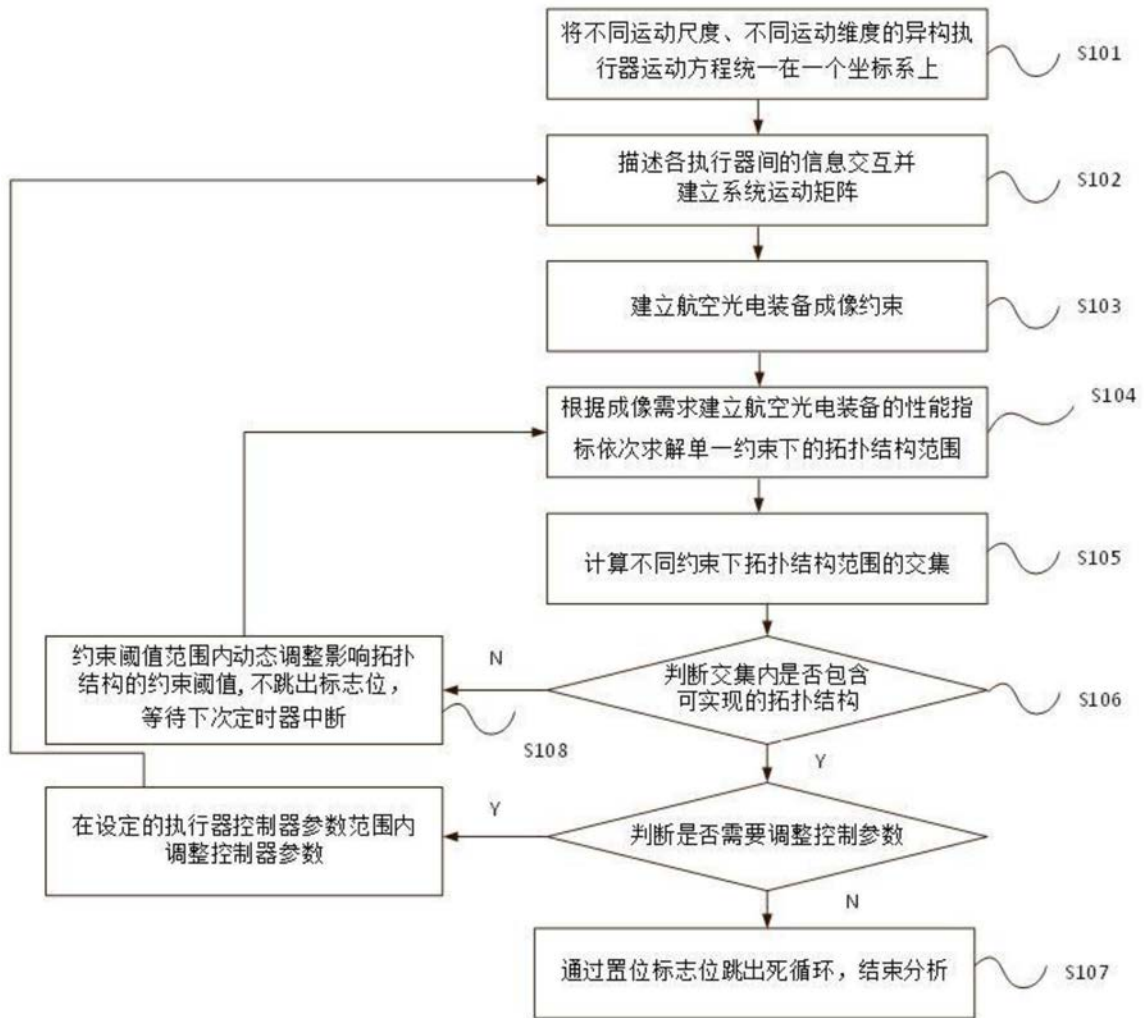


图2

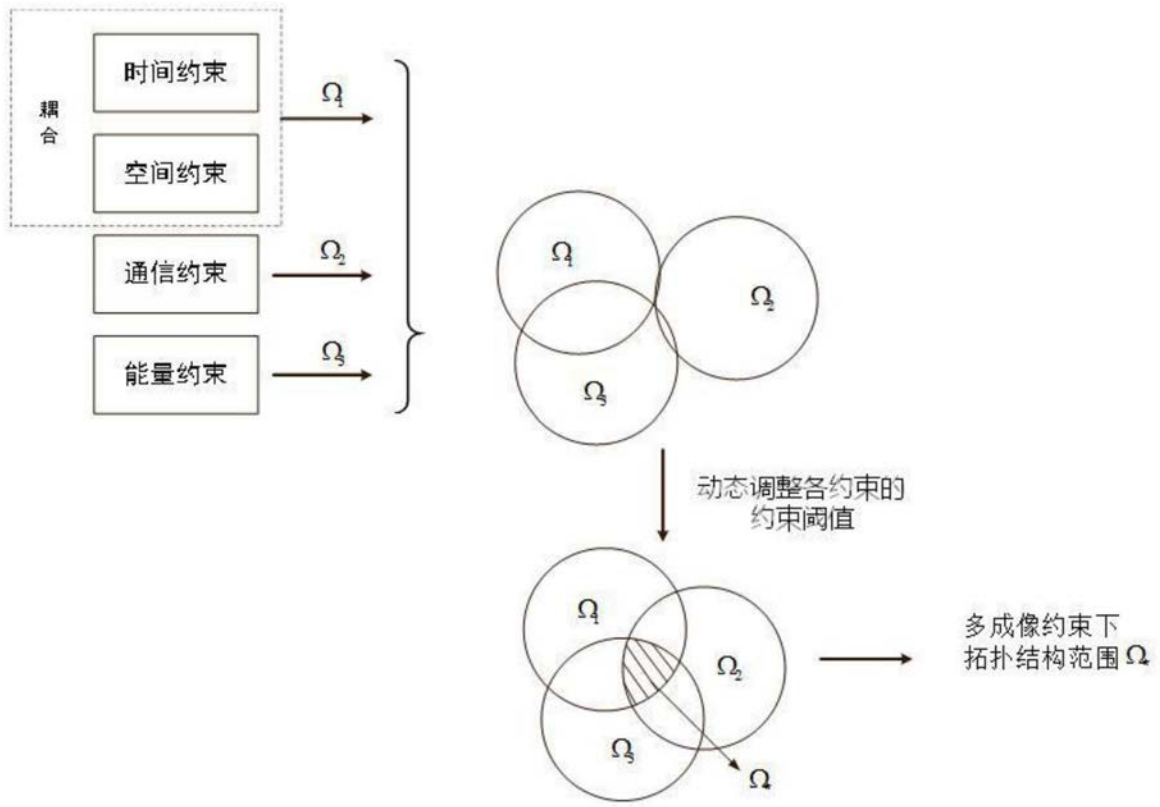


图3

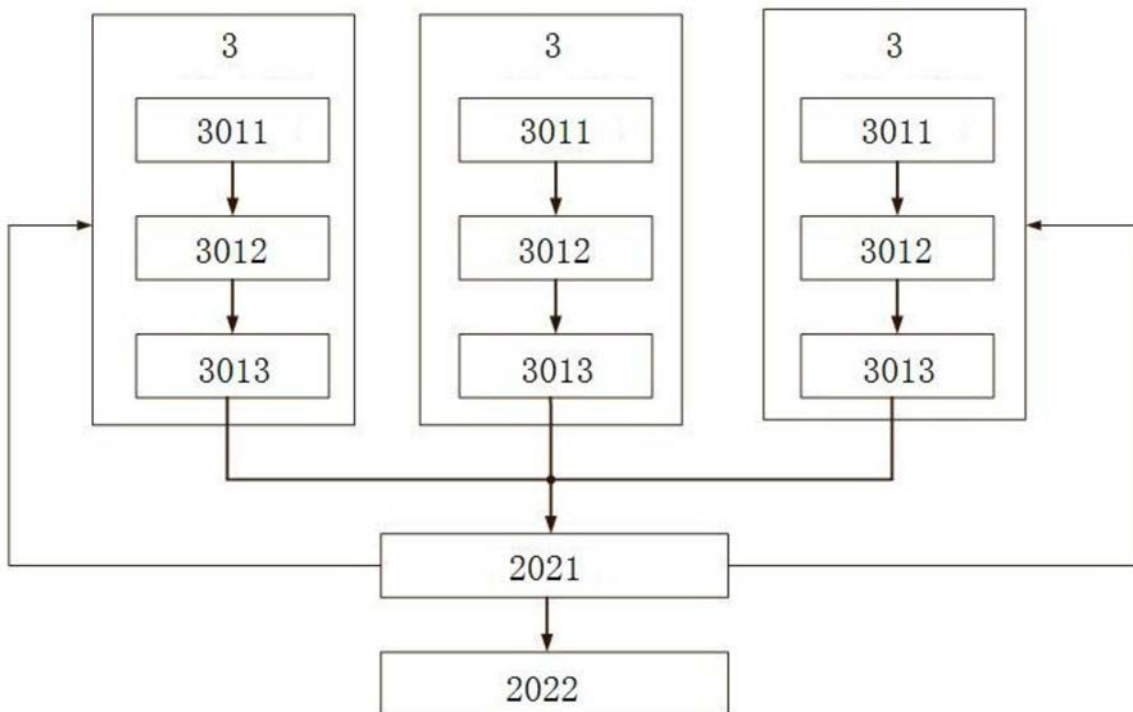


图4

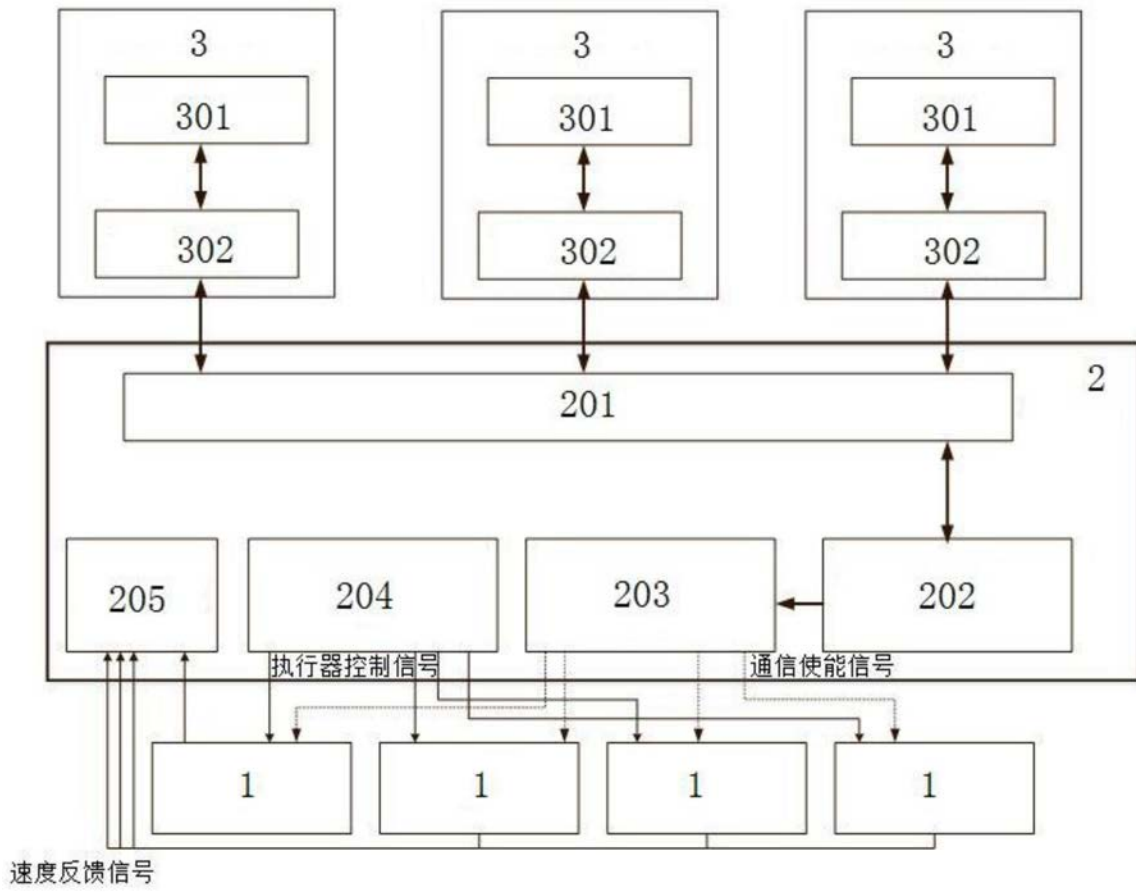


图5

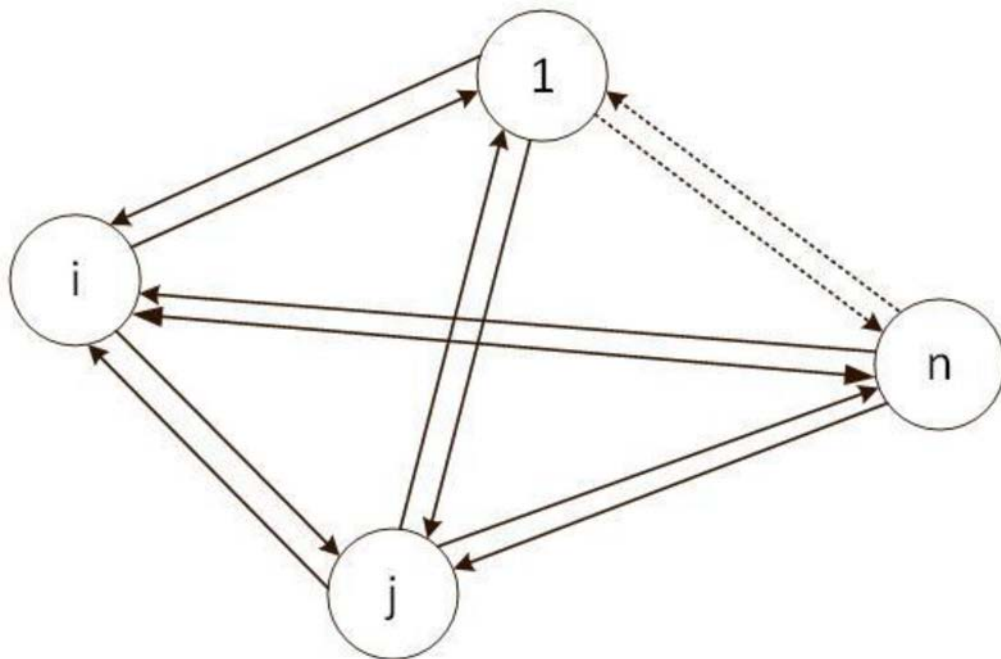


图6