



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111684378 B

(45) 授权公告日 2024.03.19

(21) 申请号 201880086365.7

(22) 申请日 2018.12.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111684378 A

(43) 申请公布日 2020.09.18

(30) 优先权数据
15/871,332 2018.01.15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.07.13

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/066010 2018.12.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/139737 EN 2019.07.18

(73) 专利权人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 W·H·冯诺瓦克三世 V·凯勒
C·维尔兰德 L·托马斯

C·库利 D·B·赫特森
M·卡斯基

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

专利代理师 陈炜 唐杰敏

(51) Int.Cl.
G05D 1/226 (2024.01)

(56) 对比文件
US 2016264150 A1, 2016.09.15
US 9828107 B1, 2017.11.28
US 2013067259 A1, 2013.03.14
US 2017084181 A1, 2017.03.23
CN 104635715 A, 2015.05.20
CN 106249702 A, 2016.12.21
US 2011248121 A1, 2011.10.13
US 9625894 B2, 2017.04.18

审查员 肖薇

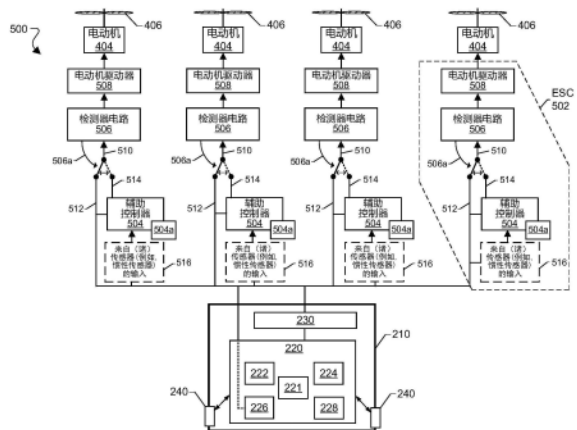
权利要求书4页 说明书17页 附图9页

(54) 发明名称

管理机器人交通工具的有限安全模式操作

(57) 摘要

实施例包括当来自控制器的控制信号丢失时用于维持对机器人交通工具的控制的设备和方法。检测器电路可监视从主控制器到电子速度控制器(ESC)的信号,以检测有效控制信号的丢失。检测器电路可响应于检测到有效控制信号的丢失而使辅助控制器开始向ESC发出电动机控制信号。辅助控制器可根据预加载的电动机控制指令集来向ESC发出电动机控制信号。预加载的电动机控制指令集可以从主控制器接收和/或可被配置成使辅助控制器向ESC发出电动机控制信号,该电动机控制信号以使机器人交通工具进入安全操作模式或执行特定操纵的方式来控制电动机。



1. 一种用于当来自主控制器的控制信号丢失时维持对机器人交通工具的控制的方法, 包括:

通过检测器电路来监视从所述机器人交通工具的主控制器到电子速度控制器 (ESC) 的控制信号, 以检测去往所述ESC的有效控制信号的丢失; 以及

响应于检测到去往所述ESC的有效控制信号的丢失, 使辅助控制器开始向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以维持对所述机器人交通工具的控制, 其中由所述辅助控制器向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以维持对所述机器人交通工具的控制包括:

执行电动机控制指令集以向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以使所述机器人交通工具执行操纵;

确定所述电动机控制指令集是否已完成; 以及

响应于确定所述电动机控制指令集已完成, 向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

2. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 响应于检测到从所述主控制器到所述ESC的有效控制信号的丢失, 使辅助控制器开始向所述ESC发出电动机控制信号包括: 断开将所述主控制器耦合至所述ESC的第一信号路径以及连接将所述辅助控制器耦合至所述ESC的第二信号路径。

3. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 进一步包括:

确定所述主控制器是否能够恢复向所述ESC发送有效控制信号; 以及

响应于确定所述主控制器能够恢复向所述ESC发送有效控制信号, 使所述辅助控制器停止向所述ESC发送电动机控制信号。

4. 如权利要求3所述的方法, 其特征在于, 确定所述主控制器是否能够恢复向所述ESC发送有效控制信号包括: 检测所述主控制器已完成重引导过程。

5. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述辅助控制器由存储在存储器中的电动机控制指令配置成向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以维持对所述机器人交通工具的控制。

6. 如权利要求5所述的方法, 其特征在于, 存储在所述存储器中的所述电动机控制指令将所述辅助控制器配置成向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

7. 如权利要求5所述的方法, 其特征在于, 进一步包括:

在有效控制信号的所述丢失之前, 由所述辅助控制器从所述主控制器接收电动机控制指令; 以及

由所述辅助控制器将所接收到的电动机控制指令存储在所述存储器中。

8. 如权利要求7所述的方法, 其特征在于, 从所述主控制器接收到的所述电动机控制指令将所述辅助控制器配置成向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号, 以使所述机器人交通工具维持所述机器人交通工具在有效控制信号的所述丢失之前的姿态、方向或速度。

9. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 进一步包括:

在检测到去往所述ESC的有效控制信号的丢失之际初始化定时器;

响应于确定所述电动机控制指令集尚未完成,确定所述定时器是否已流逝;以及
响应于确定所述定时器已流逝,向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括:

执行对所述辅助控制器的测试;

确定是否检测到所述辅助控制器中的故障;以及

响应于检测到所述辅助控制器中的故障而采取保护所述机器人交通工具的动作。

11. 一种机器人交通工具,包括:

电动机;

耦合至电动机的电子速度控制器(ESC);

耦合至所述ESC的主控制器;

检测器电路,其被配置成监视从所述主控制器到所述ESC的控制信号,以检测去往所述ESC的有效控制信号的丢失;以及

辅助控制器,其被配置成响应于所述检测器电路检测到从所述主控制器到所述ESC的有效控制信号的丢失,向所述ESC发出用于控制所述电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制,所述辅助控制器被进一步配置成:

执行电动机控制指令集以向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具执行操纵;

确定所述电动机控制指令集是否已完成;以及

响应于确定所述电动机控制指令集已完成,向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

12. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,进一步包括开关,其连接至所述检测器电路和所述辅助控制器,并且被配置成:响应于所述检测器电路检测到从所述主控制器到所述ESC的有效控制信号的丢失,断开将所述主控制器耦合至所述ESC的第一信号路径,以及连接将所述辅助控制器耦合至所述ESC的第二信号路径,以使所述辅助控制器开始向所述ESC发送所述电动机控制信号。

13. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,所述检测器电路被进一步配置成确定所述主控制器是否能够恢复向所述ESC发送有效控制信号。

14. 如权利要求13所述的机器人交通工具,其特征在于,进一步包括开关,其连接至所述检测器电路和所述辅助控制器,并且被配置成:响应于所述检测器电路确定所述主控制器能够恢复向所述ESC发送有效控制信号,断开将所述辅助控制器耦合至所述ESC的信号路径,以使所述辅助控制器停止向所述ESC发送电动机控制信号,以及连接将所述主控制器耦合至所述ESC的信号路径。

15. 如权利要求13所述的机器人交通工具,其特征在于,所述检测器电路被进一步配置成响应于检测到所述主控制器已完成重引导过程而确定所述主控制器能够恢复向所述ESC发送有效控制信号。

16. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,所述辅助控制器由存储在存储器中的电动机控制指令配置成向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制。

17. 如权利要求16所述的机器人交通工具,其特征在于,存储在所述存储器中的所述电动机控制指令将所述辅助控制器配置成向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

18. 如权利要求16所述的机器人交通工具,其特征在于,所述辅助控制器被配置成:在有效控制信号的所述丢失之前,从所述主控制器接收电动机控制指令;以及将所接收到的电动机控制指令存储在所述存储器中。

19. 如权利要求18所述的机器人交通工具,其特征在于,从所述主控制器接收到的所述电动机控制指令将所述辅助控制器配置成:向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具维持所述机器人交通工具在有效控制信号的所述丢失之前的姿态、方向或速度。

20. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,所述辅助控制器被进一步配置成:

在检测到从所述主控制器到所述ESC的有效控制信号的丢失之际初始化定时器;响应于确定所述电动机控制指令集尚未完成,确定所述定时器是否已流逝;以及响应于确定所述定时器已流逝,向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

21. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,所述主控制器被配置有处理器可执行指令以:

执行对所述辅助控制器的测试;
确定是否检测到所述辅助控制器中的故障;以及
响应于检测到所述辅助控制器中的故障而采取保护所述机器人交通工具的动作。

22. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,所述检测器电路是所述辅助控制器内的组件。

23. 如权利要求11所述的机器人交通工具,其特征在于,所述辅助控制器是所述ESC内的组件。

24. 一种供在机器人交通工具中使用的辅助控制器,其被配置成:

响应于检测器电路检测到从主控制器到电子速度控制器(ESC)的有效控制信号的丢失,向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制,其中由所述辅助控制器向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制包括:

执行电动机控制指令集以向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具执行操纵;

确定所述电动机控制指令集是否已完成;以及

响应于确定所述电动机控制指令集已完成,向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具取得安全操作模式。

25. 如权利要求24所述的辅助控制器,其特征在于,所述辅助控制器被进一步配置成:响应于所述检测器电路控制开关以断开将所述主控制器耦合至所述ESC的第一信号路径并且连接将所述辅助控制器耦合至所述ESC的第二信号路径,向所述ESC发出电动机控制信号。

26. 如权利要求24所述的辅助控制器,其特征在于,所述辅助控制器被进一步配置成:
确定所述主控制器是否能够恢复控制所述ESC;以及
响应于所述检测器电路确定所述主控制器能够恢复对所述ESC的控制,停止向所述ESC发送电动机控制信号。

27. 如权利要求24所述的辅助控制器,其特征在于,所述辅助控制器由存储在存储器中的电动机控制指令配置成向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制。

28. 一种机器人交通工具,包括:

用于监视从所述机器人交通工具的主控制器到电子速度控制器(ESC)的有效控制信号的丢失的装置;以及

用于响应于检测到从所述主控制器到所述ESC的有效控制信号的丢失而向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制的装置,其中用于向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对所述机器人交通工具的控制的装置包括:

用于执行电动机控制指令集以向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具执行操纵的装置;

用于确定所述电动机控制指令集是否已完成的装置;以及

用于响应于确定所述电动机控制指令集已完成,向所述ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使所述机器人交通工具取得安全操作模式的装置。

管理机器人交通工具的有限安全模式操作

[0001] 优先权要求

[0002] 本申请要求于2018年1月15日提交的题为“Managing Limited Safe Mode Operations Of A Robotic Vehicle (管理机器人交通工具的有限安全模式操作)”的美国非临时申请No.15/871,332的优先权,该申请被转让给本申请受让人并由此通过援引明确纳入于此。

背景技术

[0003] 机器人交通工具(例如“UAV”或“无人机”)被配置有越来越复杂的硬件和软件。机器人交通工具由主控制器来控制,该主控制器处置机器人交通工具的多种功能,诸如,飞行控制和导航、处理传感器数据(例如,来自相机、声纳、陀螺仪、加速计等的输入)、接收和处理GPS信号、控制无线电以供通信等。随着这些组件和任务功能性的复杂性增加,硬件或软件故障导致主控制器“崩溃”和重引导的机会也增加。

[0004] 在主控制器软件崩溃的情况下,主控制器将执行硬重启。在执行硬重启时,主控制器停止向电子速度控制器(ESC)发送信号,该电子速度控制器(ESC)控制用于交通工具推进的电动机(诸如驱动交通工具的旋翼、车轮、螺旋桨等的电动机)。因此,在硬重启期间,主控制器无法控制交通工具推进,这可导致ESC停止为旋翼、车轮、螺旋桨等提供动力,从而导致机器人交通工具暂时失控。

[0005] 概述

[0006] 各个实施例包括可在机器人交通工具的处理器上实现的方法,该方法用于在来自主控制器的信号丢失时维持对机器人交通工具的控制。各个实施例可包括:通过检测器电路监视从机器人交通工具的主控制器到电子速度控制器(ESC)的控制信号,以检测去往ESC的有效控制信号的丢失;以及响应于检测到去往ESC的有效控制信号的丢失,使辅助控制器开始向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对机器人交通工具的控制。

[0007] 在一些实施例中,响应于检测到从主控制器到ESC的有效控制信号的丢失而使辅助控制器开始向ESC发出电动机控制信号可包括:断开将主控制器耦合至ESC的第一信号路径,以及连接将辅助控制器耦合至ESC的第二信号路径。

[0008] 一些实施例可进一步包括:确定主控制器是否能够恢复向ESC发送有效控制信号;以及响应于确定主控制器能够恢复向ESC发送有效控制信号,使辅助控制器停止向ESC发送电动机控制信号。在此类实施例中,确定主控制器是否能够恢复向ESC发送有效控制信号可包括:检测到主控制器已完成重引导过程。

[0009] 在一些实施例中,辅助控制器可由存储在存储器中的电动机控制指令配置成向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以维持对机器人交通工具的控制。在此类实施例中,存储在存储器中的电动机控制指令可将辅助控制器配置成向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使机器人交通工具取得安全操作模式。

[0010] 一些实施例可进一步包括:在有效控制信号的丢失之前,由辅助控制器从主控制

器接收电动机控制指令;以及由辅助控制器将所接收到的电动机控制指令存储在存储器中。在此类实施例中,从主控制器接收到的电动机控制指令可将辅助控制器配置成向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使机器人交通工具维持机器人交通工具在有效控制信号的丢失之前的姿态、方向或速度。

[0011] 在一些实施例中,由辅助控制器向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号以维持对机器人交通工具的控制可包括:执行电动机控制指令集以向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使机器人交通工具执行操纵;确定电动机控制指令集是否已完成;以及响应于确定电动机控制指令集已完成,向ESC发送用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使机器人交通工具取得安全操作模式。此类实施例可进一步包括在检测到去往ESC的有效控制信号的丢失之际初始化定时器;响应于确定电动机控制指令集尚未完成,确定定时器是否已流逝;以及响应于确定该定时器已流逝,向ESC发出用于控制一个或多个电动机的电动机控制信号,以使机器人交通工具取得安全操作模式。

[0012] 一些实施例可进一步包括:执行对辅助控制器的测试;确定是否检测到辅助控制器中的故障;以及响应于在辅助控制器中检测到故障而采取保护机器人交通工具的动作。

[0013] 进一步的实施例可包括具有至少一个电动机、耦合至电动机的ESC、主控制器、检测器电路和辅助控制器的机器人交通工具,其中检测器电路和辅助控制器被配置成执行以上所描述的各方法的操作。在一些实施例中,检测器电路可被包括在辅助控制器中。在一些实施例中,辅助控制器可被包括在ESC中。进一步的实施例包括一种供在机器人交通工具中使用的辅助控制器,该辅助控制器被配置成执行以上所描述的各方法的操作。进一步的实施例包括一种机器人交通工具,该机器人交通工具包括用于执行以上所描述的各方法的功能的装置。

[0014] 附图简述

[0015] 纳入于此且构成本说明书一部分的附图解说了各示例实施例,并与以上给出的概括描述和下面给出的详细描述一起来解释各个实施例的特征。

[0016] 图1是适用于各个实施例的机器人交通工具在通信系统内操作的系统框图。

[0017] 图2是解说适用于各个实施例的机器人交通工具的各组件的组件框图。

[0018] 图3是解说适用于机器人交通工具的控制器的各组件的组件框图。

[0019] 图4是解说常规机器人交通工具的各组件的组件框图。

[0020] 图5是解说适用于各个实施例的机器人交通工具的各组件的组件框图。

[0021] 图6是解说适用于各个实施例的机器人交通工具的各组件的组件框图。

[0022] 图7是解说根据各个实施例的管理机器人交通工具的操作的方法的过程流程图。

[0023] 图8是解说根据各个实施例的管理机器人交通工具的操作的方法的过程流程图。

[0024] 图9是解说根据各个实施例的管理机器人交通工具的操作的方法的过程流程图。

[0025] 详细描述

[0026] 将参照附图详细描述各个实施例。在可能之处,相同附图标记将贯穿附图用于指代相同或类似部分。对特定示例和实施例作出的引述用于解说性目的,而无意限定权利要求的范围。

[0027] 各个实施例通过提供一种分布式的、功能有限的辅助控制器来改进机器人交通工

具的功能和可靠性,该辅助控制器被配置成在机器人交通工具的主控制器停止向ESC发送控制信号的情况下,通过在有限时间量内向ESC发出电动机控制信号来维持机器人交通工具的稳定操作。通过向ESC发出被配置成使机器人交通工具取得安全或稳定操作配置的电动机控制信号,可保护机器人交通工具免受损坏或损失,同时主控制器完成完全重启并重新获对ESC的控制。

[0028] 机器人交通工具的主控制器通常是稳健处理设备,其能够控制机器人交通工具的多种功能,诸如,飞行控制和导航、处理传感器数据(例如,来自相机、声纳、陀螺仪、加速计等的输入)、接收和处理GPS信号、控制无线电以供通信等。主控制器可包括具有存储器的稳健处理器、数据接口、航空电子传感器和处理器以及被配置成监视和控制机器人交通工具的各种组件和功能性的其他组件。主控制器可被实现为“片上系统”(SOC),其通常但不排他地是单个封装或组装件内的互连电子电路集合,包括一个或多个处理器、存储器、通信接口和存储内存接口。机器人交通工具通过包括越来越复杂的硬件组件和基于软件的功能性来利用此类主控制器的能力。随着机器人交通工具组件和功能性的复杂性增加,硬件或软件故障需要主控制器的重引导的可能性也增加。

[0029] 在处理器执行主处理器和其他组件的硬重启时,因为去往各个组件的控制信号被中断,所以在操作期间未经调度的主控制器重启的后果可能对机器人交通工具造成灾难性的后果。具体而言,主控制器的硬重启中断去往ESC的控制信号,该控制信号控制电动机驱动交通工具的旋翼、车轮或螺旋桨以供交通工具推进和操纵(例如,飞行控制)。当去往ESC的控制信号中断时,电动机停止,这可能导致机器人交通工具丢失控制,从而潜在地使机器人交通工具与附近物体冲突或碰撞。因此,即使主控制器在完成重引导之后仍保持功能,机器人交通工具也可被禁用或丢失。

[0030] 各个实施例提供了在丢失来自主控制器的有效控制信号的情况下控制机器人交通工具的一个或多个电动机的组件、方法和系统。各个实施例适用于各种机器人交通工具,包括自动驾驶公路交通工具、潜水车和飞行交通工具(固定翼和旋翼飞机)。在一些实施例中,机器人交通工具可被提供有一个或多个小型辅助控制器,其耦合至每个ESC或与每个ESC相关联,并且被配置成在主控制器停止发送控制信号的情况下(例如,在主控制器硬重启或故障的情况下)接管对ESC的控制。(诸)辅助控制器不比主控制器更强大,并且可被配置成对相关联的ESC提供有限的“安全模式”控制,其足以维持对机器人交通工具的有限操纵控制。

[0031] 在一些实施例中,与ESC相关联的检测器电路可检测主控制器何时停止向ESC发送控制信号。在一些实施例中,检测器电路可被配置成检测来自主控制器的有效控制信号的丢失。在一些实施例中,检测器电路可被配置成检测主控制器何时向ESC发送无效控制信号,诸如包括超出范围的值的控制信号(例如,损坏或乱码的信号)。在一些实施例中,检测器电路可被配置成检测来自主控制器的心跳信号的丢失,其中该心跳信号指示主控制器正在正常操作。在各个实施例中,检测器电路可在硬件、软件或硬件和软件的组合中实现。

[0032] 在各个实施例中,响应于检测到主控制器已停止向ESC发送控制信号,检测器电路可控制辅助控制器对其相关联的ESC进行控制(即,向其相关联的ESC发送控制信号)。在一些实施例中,检测器电路可将信号路径从将主控制器与每个ESC相连接切换到将每个相应的ESC与其辅助控制器相连接。

[0033] 在一些实施例中,辅助控制器可向其相关联的ESC提供控制信号以维持机器人交通工具的“安全操作模式”。在一些实施例中,辅助控制器可被配置成在主控制器重引导(例如,执行硬重启)的同时在短时间内取得对其ESC的控制。在一些实施例中,安全操作模式可包括辅助控制器控制其相关联的ESC以执行有限的安全模式操作。有限的安全模式操作的示例可包括:使空中机器人交通工具悬停、使潜水机器人交通工具缓慢上升、以及维持自动道路机器人交通工具的最后已知转向角。

[0034] 在一些实施例中,辅助控制器可发出控制信号,该控制信号复制先前从主控制器接收到的有限的电动机控制指令集。例如,在正常操作期间,辅助控制器可周期性地监视和存储来自主控制器的较小的电动机控制指令集(例如,接下来的10-15秒的指令),以使得辅助控制器可向ESC发出控制信号,这将导致机器人交通工具继续沿先前的路线。

[0035] 在一些实施例中,辅助控制器可发出控制信号,该控制信号复制有限的预加载电动机控制指令集,该指令集可以是工厂预加载的(例如,用于维持稳定悬停的指令)或周期性地从主控制器接收的电动机控制指令集(例如,以某种方式飞行的指令)。在一些实施例中,有限的预加载电动机控制指令集可超出单个指令或单个操作模式,并且可包括包含两个或更多个电动机控制指令的集合。在一些实施例中,有限的预加载电动机控制指令集可包括可任选的操纵,诸如响应于确定特定环境状况和/或机器人交通工具的状况而要被执行的操纵。

[0036] 在一些实施例中,辅助控制器可单独或以某个组合的形式发出电动机控制指令以执行有限的安全模式操作和/或执行有限的预加载电动机控制指令集。例如,辅助控制器可在一段时间(例如,诸如指令的10-15秒)内执行有限的预加载电动机控制指令集的一个或多个方面,并且随后辅助控制器可切换(例如,“回退”)到执行有限的安全模式操作。

[0037] 在一些实施例中,检测器电路可检测到主控制器能够恢复对ESC的控制。在一些实施例中,检测器电路可监视主控制器的重引导过程,并且可检测主控制器何时完成其重引导过程(例如,主控制器已恢复在线)。在一些实施例中,检测器电路可检测来自主控制器的控制信号(例如,来自主控制器的控制信号的恢复)。在一些实施例中,响应于检测到主控制器能够恢复对ESC的控制,检测器电路可控制辅助控制器放弃对每个ESC的控制。在一些实施例中,响应于检测到主控制器能够恢复对ESC的控制,检测器电路可重新连接主控制器与每个ESC之间的信号路径。

[0038] 各个实施例可在各种各样的通信系统100内操作的机器人交通工具内实现,其中的一示例在图1中解说。参照图1,通信系统100可包括机器人交通工具102、基站104、接入点106、通信网络108、以及网络元件110。

[0039] 基站104和接入点106可提供无线通信以分别在有线和/或无线通信回程116和118上接入通信网络108。基站104可包括被配置成在广域(例如,宏蜂窝小区)上提供无线通信的基站以及可包括微蜂窝小区、毫微微蜂窝小区、微微蜂窝小区以及其他类似网络接入点的小型蜂窝小区。接入点106可被配置成在相对较小的区域上提供无线通信。基站和接入点的其他示例也是有可能的。

[0040] 机器人交通工具102可包括多种机器人交通工具(诸如,空中机器人交通工具102a、地面机器人交通工具102b和水上机器人交通工具102c)中的任何一者。其他示例也是可能的。机器人交通工具102可在无线通信链路112上与基站104进行通信,并且在无线通信

链路114上与接入点106进行通信。无线通信链路112和114可包括多个载波信号、频率、或频带,其中每一者可包括多个逻辑信道。无线通信链路112和114可以利用一种或多种无线电接入技术(RAT)。可以在无线通信链路中使用的RAT的示例包括:3GPP长期演进(LTE)、3G、4G、5G、全球移动系统(GSM)、码分多址(CDMA)、宽带码分多址(WCDMA)、微波接入全球互通(WiMAX)、时分多址(TDMA)和其他移动电话通信技术蜂窝RAT。可在通信系统100内的各种无线通信链路中的一者或多者中使用的RAT的其他示例包括中等距离协议(诸如Wi-Fi、LTE-U、LTE-直连、LAA、MuLTEfire)和相对短距离RAT(诸如ZigBee、蓝牙和蓝牙低能量(LE))。

[0041] 网络元件110可包括网络服务器或另一类似的网络元件。网络元件110可以在通信链路122上与通信网络108进行通信。机器人交通工具102和网络元件110可以经由通信网络108来通信。网络元件110可向机器人交通工具102提供各种各样的信息,诸如导航信息、天气信息、关于环境状况的信息、移动控制指令、以及与机器人交通工具102的操作相关的其他信息、指令、或命令。

[0042] 在各种实施例中,机器人交通工具可包括有翼或旋翼机种类的空中机器人交通工具。图2解说了空中机器人交通工具200的示例,其利用由对应的电动机驱动的多个旋翼202来提供升空(或起飞)以及其他空中运动(例如,向前前进、上升、下降、横向运动、倾斜、旋转等)。机器人交通工具200被解说为可以利用各种实施例的机器人交通工具的示例,但其并不旨在暗示或要求各种实施例限于空中机器人交通工具或旋翼机机器人交通工具。各个实施例可以与有翼机器人交通工具、基于陆地的自主交通工具、以及水上自主交通工具联用。

[0043] 参照图1和2,机器人交通工具200可类似于机器人交通工具102。机器人交通工具200可包括数个旋翼202、框架204、以及着陆柱206或着陆橇。框架204可为与旋翼202相关联的电动机提供结构支撑。着陆柱206可支撑机器人交通工具200的各组件的组的最大负载重量,并且在一些情形中支撑有效载荷。为了便于描述和解说,省略了机器人交通工具200的一些细节方面,诸如布线、框架结构互连、或本领域技术人员已知的其他特征。例如,虽然机器人交通工具200被示为或描述为具有具备数个支撑构件或框架结构的框架204,但该机器人交通工具200可使用其中通过模制结构获得支撑的模制框架来构造。虽然所解说的机器人交通工具200具有4个旋翼202,但是这仅仅是示例性的,并且各个实施例可包括多于或少于4个旋翼202。

[0044] 机器人交通工具200可进一步包括控制单元210,其可容纳用来为该机器人交通工具200供电和控制其操作的各种电路和设备。控制单元210可包括主控制器220、功率模块230、传感器240、一个或多个相机244、输出模块250、输入模块260和无线电模块270。

[0045] 主控制器220可包括被配置有处理器可执行指令以控制机器人交通工具200的操纵和其他操作的稳健处理器221。稳健处理器221可以是多核处理器或多处理器组装件。主控制器220还可包括(例如,作为SOC)或耦合至导航单元222、存储器224、惯性传感器/陀螺仪/加速计单元226(其可包括加速度计、陀螺仪、磁力计、惯性测量单元和其他类似组件)以及航空电子模块228,它们都耦合至稳健处理器221。主控制器220和/或导航单元222可被配置成通过无线连接(例如,蜂窝数据网络)来与服务器进行通信,以接收在导航中有用的数据、提供实时位置报告、以及评估数据。

[0046] 航空电子模块228可被耦合至稳健处理器221和/或导航单元222,并且可被配置成提供操纵控制相关的信息,诸如导航单元222可用于导航目的(诸如全球导航卫星系统

(GNSS) 位置更新之间的航位推算) 的海拔、姿态、空速、航向和类似信息。陀螺/加速计单元 226 可包括加速计、陀螺仪、惯性传感器、或其他类似的传感器。航空电子模块 228 可包括或接收来自陀螺/加速计单元 226 的数据, 该陀螺/加速计单元 226 提供关于机器人交通工具 200 的可在导航和定位计算中使用的定向和加速度的数据、以及提供在各个实施例中用于处理图像的数据。

[0047] 主控制器 220 可进一步从传感器 240 (诸如图像传感器或光学传感器 (例如, 能够感测可见光、红外线、紫外线、和/或其他波长的光的传感器)) 接收附加信息。传感器 240 还可包括射频 (RF) 传感器、气压计、湿度传感器、声纳发射器/探测器、雷达发射器/探测器、话筒、或另一声学传感器、激光雷达传感器、飞行时间 (TOF) 3D 相机、或者可提供可由主控制器 220 用于移动操作、导航和定位计算、以及确定环境状况的信息的另一传感器。传感器 240 还可包括被配置成检测由机器人交通工具的一个或多个组件 (诸如, 温度计、热敏电阻、热电偶、正温度系数传感器和其他传感器组件) 生成的温度的一个或多个传感器。

[0048] 功率模块 230 可向各个组件 (包括主控制器 220、传感器 240、一个或多个相机 244、输出模块 250、输入模块 260 和无线电 270) 提供功率。此外, 功率模块 230 可包括能量存储组件, 诸如可充电电池。主控制器 220 可被配置有处理器可执行指令以控制功率模块 230 的充电 (即, 对所收集能量的存储), 诸如通过使用充电控制电路来执行充电控制算法。替换地或附加地, 功率模块 230 可被配置成管理其自己的充电。主控制器 220 可被耦合至输出模块 250, 该输出模块 250 可输出用于管理驱动旋翼 202 和其他组件的电动机的控制信号。

[0049] 当机器人交通工具 200 朝目的地前进时, 该机器人交通工具 200 可通过控制旋翼 202 的个体电动机来被控制。主控制器 220 可从导航单元 222 接收数据并使用此类数据以便确定机器人交通工具 200 的当前位置和定向, 以及朝目的地或中间站点的恰当路线。在各种实施例中, 导航单元 222 可包括: 使机器人交通工具 200 能够使用 GNSS 信号来导航的 GNSS 接收机系统 (例如, 一个或多个全球定位系统 (GPS) 接收机)。替换地或附加地, 导航单元 222 可装备有用于接收来自无线电节点 (诸如导航信标 (例如, 甚高频 (VHF) 全向射程 (VOR) 信标)、Wi-Fi 接入点、蜂窝网络站点、无线电站、远程计算设备、其他机器人交通工具等) 的导航信标或者其他信号的无线电导航接收机。

[0050] 无线电 270 可被配置成接收导航信号 (诸如来自航空导航设施的信号等), 并且将此类信号提供给稳健处理器 221 和/或导航单元 222 以辅助机器人交通工具导航。在各种实施例中, 导航单元 222 可以使用从地面上的可识别 RF 发射器 (例如, AM/FM 无线电站、Wi-Fi 接入点、以及蜂窝网络基站) 接收到的信号。

[0051] 导航单元 222 可包括规划应用, 该规划应用可以执行计算以规划机器人交通工具在体积空间内的行进路径 (“路径规划”)。在一些实施例中, 规划应用可使用信息来执行路径规划, 该信息包括关于机器人交通工具要执行的任务的各个方面的信息、关于环境状况的信息、可由机器人交通工具的一个或多个组件在执行任务中生成的热量、以及一个或多个热限制。

[0052] 无线电 270 可包括调制解调器 274 和发射/接收天线 272。无线电 270 可被配置成与各种各样的无线通信设备 (例如, 无线通信设备 (WCD) 290) 进行无线通信, 该无线通信设备的各示例包括无线电话基站或蜂窝塔台 (例如, 基站 104)、网络接入点 (例如, 接入点 106)、信标、智能手机、平板设备、或机器人交通工具 200 可与其进行通信的另一计算设备 (诸如网

络元件110)。主控制器220可经由无线电270的调制解调器274和天线272并且无线通信设备290经由发射/接收天线292来建立双向无线通信链路294。在一些实施例中,无线电270可被配置成支持与使用不同无线电接入技术的不同无线通信设备的多个连接。

[0053] 在各个实施例中,无线通信设备290可通过中间接入点来连接到服务器。在一示例中,无线通信设备290可以是机器人交通工具运营商、第三方服务(例如,包裹递送、记账等)、或站点通信接入点的服务器。机器人交通工具200可以通过一个或多个中间通信链路(诸如耦合至广域网(例如,因特网)或其他通信设备的无线电话网络)来与服务器进行通信。在一些实施例中,机器人交通工具200可包括并且采用其他形式的无线电通信,诸如与其他机器人交通工具的网状连接或至其他信息来源(例如,用于收集和/或散布天气或采集信息的气球或其他站)的连接。

[0054] 在各个实施例中,控制单元210可被装备有可被用于各种各样的应用的输入模块260。例如,输入模块260可接收来自机载相机244或传感器的图像或数据,或者可接收来自其它组件(例如,有效载荷)的电子信号。

[0055] 虽然控制单元210的各种组件被解说为分开的组件,但是这些组件(例如,主控制器220、输出模块250、无线电270、和其它单元)中的一些或全部可被一起集成在单个设备、电路板或模块(诸如SOC)中。

[0056] 图3解说了集成为SOC的机器人交通工具主控制器220内的进一步组件。参照图1-3,主控制器220内的稳健处理器221可包括一个或多个处理器或处理器核314、工作存储器316、通信接口318、以及储存存储器接口320。储存存储器接口320可被配置成使处理器314能够将数据存储在储存存储器224中并从储存存储器224中检索数据,该储存存储器224可以如所解说的那样集成在主控制器220SOC中或作为单独的组件来连接。被配置为SOC的主控制器220可包括通信组件322,该通信组件322可将无线电270与无线调制解调器274集成,该无线调制解调器274被配置成连接到天线272以建立无线通信链路等。

[0057] 集成为SOC的主控制器220可进一步包括硬件接口328,该硬件接口328被配置成使稳健处理器221与导航模块222、惯性传感器/陀螺仪/加速计模块226和航空电子模块228对接,以及与机器人交通工具的各个组件进行通信并控制其各个组件。在一些实施例中,硬件接口328还可将来自导航模块222、惯性传感器/陀螺仪/加速计模块226和/或航空电子模块228的输出330提供给辅助控制器,如以下进一步描述的。从导航模块222、惯性传感器/陀螺仪/加速计模块226和/或航空电子模块228到辅助控制器的输出330可独立于稳健处理器221,以使得即使稳健处理器221停止发送控制信号,辅助控制器也可从导航模块222、惯性传感器/陀螺仪/加速计模块226和/或航空电子模块228接收到数据。在一些实施例中,稳健处理器221可经由输出330将有限的电动机控制指令集的周期性更新发送到(诸)辅助控制器,如以下进一步描述的。

[0058] 稳健处理器221可包括各种不同类型的处理器314和处理器核,诸如通用处理器、中央处理单元(CPU)、数字信号处理器(DSP)、图形处理单元(GPU)、加速处理单元(APU)、处理设备的特定组件的子系统处理器(诸如相机子系统的图像处理或显示器的显示处理器)、辅助处理器、单核处理器、以及多核处理器。稳健处理器221可进一步实施其他硬件和硬件组合,诸如现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、其他可编程逻辑器件、分立的门逻辑、晶体管逻辑、性能监视硬件、看门狗硬件、以及时间参考。集成电路可被配置成

使得该集成电路的组件驻留在单片半导体材料(诸如硅)上。

[0059] 主控制器220可包括不止一个稳健处理器221,由此增加主控制器220内的处理器314和处理器核的数目。主控制器220还可包括不在稳健处理器221内的其他处理器(未示出)。一个或多个处理器314可各自被配置成用于可与稳健处理器221的其他处理器314或主控制器220SOC相同或不同的特定目的。相同或不同配置的处理器314和处理器核中的一个或多个处理器和处理器核可被编组在一起。

[0060] 稳健处理器221的工作存储器316可以是配置成用于存储供处理器314访问的数据和处理器可执行指令的易失性或非易失性存储器。主控制器220和/或稳健处理器221可包括一个或多个储存存储器224,其被配置成出于各种目的而存储数据,包括与任务有关的数据(例如,视频数据、导航图、任务规划等)。工作存储器316可包括易失性存储器,诸如随机存取存储器(RAM)或主存储器,以及高速缓存存储器。

[0061] 主控制器220和稳健处理器221的一些或全部组件可以被不同地布置和/或组合而仍然服务各个方面的功能。主控制器220和稳健处理器221可以不限于每个组件中的一者,并且每个组件的多个实例可被包括在各种配置中。

[0062] 图4是解说常规机器人交通工具400的各组件的组件框图。参照图1-4,机器人交通工具400可类似于机器人交通工具102、200。机器人交通工具400被解说为机器人交通工具的示例,但其并不旨在暗示或要求各种实施例限于空中机器人交通工具或旋翼机机器人交通工具。各个实施例可以与有翼机器人交通工具、基于陆地的自主交通工具、以及水上自主交通工具联用。

[0063] 常规机器人交通工具400可包括耦合至控制单元210的常规电子速度控制器(ESC)402。ESC 402可以处置包括通过对应电动机404来控制旋翼406中的每一者的操作的各方面的功能。ESC 402可耦合至功率模块230。功率模块230(例如,机载电池)可(例如,经由ESC 402)耦合至电动机404和主控制器220。每个电动机404可与相应的电动机驱动器402b和解码器402a相关联。每个解码器402a可以解码来自主控制器220的指向对应电动机驱动器402b的信号(诸如,控制信号)。

[0064] 主控制器220经由ESC 402可控制对电动机404的供电以驱动旋翼406中的每一者。主控制器220经由ESC 402可被用于控制电动机404的个体速度。ESC 402可驱动电动机404以不同的旋转速度“向前”以生成变化的辅助推力,或“向后”以产生变化的混合空气动力量。通过控制与旋翼406中的每一者相对应的个体电动机404,可在机器人交通工具400向目的地前进和/或在各种飞行模式中操作时在飞行中控制机器人交通工具400。

[0065] 主控制器220通常是稳健处理设备,其能够控制机器人交通工具的各种功能,诸如经由ESC 402对电动机404的控制,以及包括飞行控制、处理传感器数据、接收和处理GPS信号、控制无线电以供通信等的其他操作。如上所述,在空中机器人交通工具的飞行操作期间,主控制器故障或重引导的结果可以是灾难性的,因为主控制器220将停止向ESC 402发送信号,从而导致ESC停止为电动机404供电。

[0066] 图5是解说根据各个实施例的机器人交通工具500的各组件的组件框图。参照图1-5,机器人交通工具500可类似于机器人交通工具102、200。机器人交通工具500被解说为可以利用各种实施例的机器人交通工具的示例,但其并不旨在暗示或要求各种实施例限于空中机器人交通工具或旋翼机机器人交通工具。各个实施例可以与有翼机器人交通工具、基

于陆地的自主交通工具、以及水上自主交通工具联用。

[0067] 在各个实施例中,机器人交通工具500可包括耦合至主控制器220的ESC502。ESC 502还可通过独立于主控制器220的路径来耦合至功率模块230。ESC502可包括一个或多个辅助控制器504、一个或多个检测器电路506以及一个或多个电动机驱动器508。辅助控制器504可耦合至存储器504a。在各个实施例中,检测器电路506可在作为专用电路的硬件中、在处理器(其可以是专用处理器)内执行的软件中、或在硬件和软件的组合(例如,触发软件实现的过程的检测电路)中实现。例如,检测器电路506可在处理器可执行或控制器可执行指令中实现,该处理器可执行或控制器可执行指令可被存储在存储器504a中并由辅助控制器504执行。作为另一示例,检测器电路506可在ESC 502的一个或多个硬件组件中实现。作为另一示例,检测器电路506可在ESC 502的独立硬件组件上存储和执行的处理器可执行指令中实现。检测器电路506的其他实现也是可能的,包括上述各项的变体和/或组合。

[0068] 在正常操作期间,主控制器220可沿着第一信号路径512经由电动机驱动器508向电动机404提供控制信号流。在一些实施例中,第一信号路径512可经由开关510(并且,在一些实施例中,经由检测器电路506)将主控制器220耦合至每个电动机驱动器508。

[0069] 在各个实施例中,检测器电路506可监视第一信号路径512以检测主控制器220何时停止控制ESC 502(例如,作为主控制器220的重引导或故障的结果)。在一些实施例中,检测器电路506可被配置成检测来自主控制器220的控制信号的丢失。在一些实施例中,检测器电路506可被配置成检测来自主控制器220的控制信号何时降级或无效(例如,超过差错率的阈值水平)。在此类实施例中,检测器电路506可被配置成检测主控制器220已停止发送有效控制信号。在一些实施例中,检测器电路506可被配置成检测来自主控制器220的控制信号何时包括超出范围的值(例如,是损坏或乱码的信号)。在一些实施例中,检测器电路506可被配置成检测来自主控制器220的控制信号的丢失。在一些实施例中,检测器电路506可被配置成检测来自主控制器220的心跳信号或类似信号的丢失。在一些实施例中,主控制器220可发送心跳信号以指示主控制器正在正常操作。在各个实施例中,主控制器220可持续地、周期性地或以一个或其他时间间隔发送此类心跳信号。在一些实施例中,可与ESC控制信号分开地提供心跳信号。

[0070] 在各个实施例中,响应于检测到主控制器220已停止向ESC 502发送有效控制信号,检测器电路506可被配置成使辅助控制器504取得对ESC 502的控制(即,开始向ESC 502发出电动机控制信号)。在一些实施例中,响应于检测到主控制器220已停止向ESC 502发送控制信号,检测器电路506可被配置成(例如,经由控制信号506a)控制开关510,该开关510使得将主控制器与每个ESC相连接的第一信号路径512改变成将每个相应的辅助控制器504与其相应的电动机驱动器508相连接(在一些实施例中,经由检测器电路506)的第二信号路径514。在一些实施例中,从第一信号路径512切换到第二信号路径514可包括断开第一信号路径512并且连接第二信号路径514,该第二信号路径514将辅助控制器504耦合至其相应的电动机驱动器508。

[0071] 在一些实施例中,当第二信号路径514由开关510连接时,辅助控制器504可对其ESC 502取得有限的“安全模式”控制。在此类实施例中,辅助控制器504可将电动机控制信号提供给电动机驱动器508以实现有限的安全模式操作。在一些实施例中,安全操作模式可包括辅助控制器504向其相应的电动机驱动器508提供电动机控制信号,以实现有限的安全

模式操作。在各个实施例中,有限的安全模式控制包括在机器人交通工具上的操纵控制显著少于由主控制器提供的操纵控制。有限的安全模式操作的示例可包括:使空中机器人交通工具悬停、使潜水机器人交通工具缓慢上升、或维持自动道路机器人交通工具的最后已知转向角。在一些实施例中,辅助控制器504可被配置成在短时间段内向其电动机驱动器508提供电动机控制信号,该短时间段足够长以使主控制器能够完成重引导过程(例如,执行硬重启)。

[0072] 在一些实施例中,检测器电路506可被配置成从开关510接收信号。在一些实施例中,检测器电路506可被定位在每个开关510与其相应的电动机驱动器508之间,并且被配置成执行对来自控制单元210的信号路径512和来自辅助控制器504的信号路径514的故障监视。例如,检测器电路506可沿着信号路径布置在开关510和电动机驱动器508之间。在一些实施例中,检测器电路506可监视每个开关510与其相应的电动机驱动器508之间的信号路径,但是不必沿着该信号路径布置。在此类实施例中,当开关510被控制以连接第二信号路径514时,检测器电路506可验证辅助控制器504正在提供正确的电动机控制信号。

[0073] 在一些实施例中,辅助控制器504可执行先前从主控制器220接收的有限的电动机控制指令集,以继续在来自主控制器220的有效控制信号的丢失之前存在的机器人交通工具的轨迹和定向。在一些实施例中,辅助控制器504可执行在存储器中预加载或从主控制器220接收的有限的预加载电动机控制指令集。有限的电动机控制指令集可被存储在辅助控制器504的存储器504a中。在一些实施例中,在正常操作期间,辅助控制器504可接收和存储来自主控制器220的有限的电动机控制指令集(例如,大约10-15秒的指令)的定期更新。在一些实施例中,有限的预加载电动机控制指令集可超出单个指令或单个操作模式,并且可包括包含两个或更多个电动机控制指令的集合。在一些实施例中,有限的预加载电动机控制指令集可包括电动机控制信号,该电动机控制信号将使机器人交通工具执行可任选的操纵,诸如响应于确定特定环境状况和/或机器人交通工具的状况而要被执行的操纵。

[0074] 在一些实施例中,辅助控制器504可单独或以任何组合的形式向其电动机驱动器508发出电动机控制指令,以实现有限的安全模式操作和/或发出有限的预加载电动机控制指令集。例如,辅助控制器可在一段时间(例如,诸如指令的10-15秒)内发出有限的预加载电动机控制指令集的一个或多个方面,并且随后辅助控制器504可切换(例如,“回退”)到向电动机驱动器508发出电动机控制信号以使机器人交通工具进入安全模式操作。

[0075] 在各个实施例中,每个辅助控制器504可从机器人交通工具500的一个或多个传感器(例如,传感器240、226)接收输入516。例如,每个辅助控制器504可从惯性传感器、陀螺仪和加速计(例如,从惯性/陀螺/加速计模块226)或者机器人交通工具500的另一传感器接收输入516。辅助控制器504中的每一者可使用来自传感器的输入516来确定适当的电动机控制信号,以经由其相应电动机驱动器508来控制其相应电动机404。例如,辅助控制器504中的每一者可独立地操作以基于从传感器接收到的输入516来生成控制信号,并且辅助控制器504中的每一者可向其相应的电动机驱动器508传送所生成的控制信号。在一些实施例中,辅助控制器504中的每一者可独立地操作以控制相应的电动机驱动器508和电动机404以实现安全操作模式和/或执行有限的预加载电动机控制信号集。在一些实施例中,即使从主控制器220丢失了控制信号,辅助控制器504中的每一者也可接收输入516。在一些实施例中,每个ESC 502可包括一个或多个独立传感器(例如,惯性传感器、陀螺仪、加速计等),该

独立传感器可向辅助控制器504提供辅助控制器504可用以向其相应的电动机驱动器508生成控制信号的信息。

[0076] 在一些实施例中,检测器电路506可检测到主控制器220能够恢复对ESC502的控制。在一些实施例中,检测器电路506可监视主控制器220重引导过程,并且可检测主控制器220何时完成其重引导过程(例如,主控制器已恢复在线)。在一些实施例中,响应于检测到主控制器220能够恢复对ESC 502的控制,检测器电路506可重新连接主控制器220与每个ESC 502之间的第一信号路径512。

[0077] 图6是解说根据各个实施例的机器人交通工具600的各组件的组件框图。参照图1-6,机器人交通工具600可类似于机器人交通工具102、200。机器人交通工具600被解说为可以利用各种实施例的机器人交通工具的示例,但其并不旨在暗示或要求各种实施例限于空中机器人交通工具或旋翼机机器人交通工具。各个实施例可以与有翼机器人交通工具、基于陆地的自主交通工具、以及水上自主交通工具联用。

[0078] 在各个实施例中,机器人交通工具600可包括耦合至主控制器220的ESC602。ESC 602还可通过独立于主控制器220的路径耦合至功率模块230。ESC602可包括辅助控制器604、检测器电路606、耦合至相应的一个或多个电动机驱动器608的一个或多个解码器616。辅助控制器604可耦合至存储器604a。在各个实施例中,检测器电路606可在硬件、软件或硬件和软件的组合中实现。例如,检测器电路606可在处理器可执行或控制器可执行指令中实现,该处理器可执行或控制器可执行指令可被存储在存储器604a中并由辅助控制器604执行。作为另一示例,检测器电路606可在ESC 602的一个或多个硬件组件中实现。作为另一示例,检测器电路606可被实现为在ESC 602的独立硬件组件上存储和执行的处理器可执行指令。检测器电路606的其他实现也是可能的,包括上述各项的变体和/或组合。

[0079] 在正常操作期间,主控制器220可沿着第一信号路径612经由解码器616向电动机驱动器608提供一系列控制信号。在一些实施例中,第一信号路径612可经由开关610将主控制器220耦合至每个解码器616和每个电动机驱动器608。每个解码器616可对来自主控制器220(或辅助控制器604)的控制信号进行解码,并将经解码的控制信号提供给她相应电动机驱动器608。在一些实施例中,每个解码器616可确定从主控制器220或辅助控制器604接收到的控制信号是否旨在给她相应电动机驱动器608。

[0080] 在各个实施例中,检测器电路606可被配置成监视第一信号路径612以检测主控制器220何时停止向ESC 602发送控制信号(例如,作为主控制器220的处理器重引导或故障的结果)。在一些实施例中,检测器电路606可被配置成检测来自主控制器220的控制信号的丢失。在一些实施例中,检测器电路606可被配置成检测来自主控制器220的控制信号何时降级或无效(例如,超过差错率的阈值水平)。在此类实施例中,检测器电路606可被配置成检测主控制器220已停止发送有效控制信号。在一些实施例中,检测器电路606可被配置成检测来自主控制器220的控制信号何时包括超出范围的值(例如,是损坏或乱码的信号)。在一些实施例中,检测器电路606可被配置成检测来自主控制器220的控制信号的丢失。在一些实施例中,检测器电路606可被配置成检测来自主控制器的心跳信号或另一类似信号的丢失。在一些实施例中,主控制器220可提供心跳信号以指示主控制器正在正常操作。在各个实施例中,主控制器220可持续地、周期性地或以一个或其他时间间隔提供心跳信号。在一些实施例中,可与一个或多个其他控制信号分开地提供心跳信号。

[0081] 在各个实施例中,响应于检测到主控制器220已停止向ESC 602发送有效控制信号,检测器电路606可被配置成控制辅助控制器604以取得对ESC 602的控制。在一些实施例中,响应于检测到主控制器220已停止向ESC 602发送控制信号,检测器电路606可被配置成(例如,经由控制信号606a)控制开关614,以从将主控制器220与ESC 602相连接的第一信号路径610切换到将ESC602与其辅助控制器604相连接的第二信号路径612。在一些实施例中,从第一信号路径612切换到第二信号路径614包括断开第一信号路径612并且连接第二信号路径614,该第二信号路径614将辅助控制器604耦合至解码器616。

[0082] 在一些实施例中,当第二信号路径614由开关610连接时,辅助控制器604可(例如,经由每个相应解码器616)向电动机驱动器608发出电动机控制信号,该电动机控制信号使每个电动机404以使机器人交通工具进入“安全模式”的方式进行操作。在一些实施例中,辅助控制器604可被配置成在短时间段内取得对ESC 602的控制,该短时间段足够长以使主控制器能够完成重引导(例如,执行硬重启)。在一些实施例中,辅助控制器604可向相应解码器616发出电动机控制信号以控制电动机驱动器608中的每一者,从而使得电动机按照有限的安全模式操作进行操作。如所描述的,有限的安全模式操作可包括:使空中机器人交通工具悬停、使潜水机器人交通工具缓慢上升、或维持自动道路机器人交通工具的最后已知转向角。在一些实施例中,辅助控制器604可独立地为电动机驱动器608中的每一者生成电动机控制信号,从而经由相应解码器616和电动机驱动器608来实现对每个电动机404的独立控制。在一些实施例中,即使从主控制器220丢失了控制信号,辅助控制器604也可接收输入618。在一些实施例中,602可包括一个或多个独立传感器(例如,惯性传感器、陀螺仪、加速计等),该独立传感器可向辅助控制器604提供辅助控制器604可用以向一个或多个电动机驱动器608生成控制信号的信息。

[0083] 在一些实施例中,检测器电路606可被配置成从开关610接收信号。在一些实施例中,检测器电路606可被定位在开关610与(诸)电动机驱动器608之间,并且被配置成执行对来自控制单元210的信号路径612和来自辅助控制器604的信号路径614的故障监视。例如,检测器电路606可沿着信号路径布置在开关610和(诸)解码器616之间。在一些实施例中,检测器电路606可监视开关610与检测器电路606之间的信号路径,但是不必沿着该信号路径布置。在此类实施例中,当开关610被控制以连接第二信号路径614时,检测器电路606可验证辅助控制器604正在向(诸)解码器616提供电动机控制信号。

[0084] 在一些实施例中,辅助控制器604可执行在工厂处预加载或从主控制器220接收到的有限的预加载电动机控制指令集。有限的电动机控制指令集可被存储在辅助控制器604的存储器604a中。在一些实施例中,在正常操作期间,辅助控制器604可接收和存储来自主控制器220的有限的电动机控制指令集(例如,大约10-15秒的指令)的定期更新。在一些实施例中,有限的预加载电动机控制指令集可超出单个指令或单个操作模式,并且可包括包含两个或更多个电动机控制指令的集合。在一些实施例中,有限的预加载指令集可包括电动机控制信号,该电动机控制信号将使机器人交通工具继续由机器人交通工具在来自主控制器的有效控制信号的丢失之前执行的操纵。例如,辅助控制器604可发出电动机控制信号,该电动机控制信号使得机器人交通工具继续沿着在来自主控制器的有效控制信号的丢失之前所遵循的行驶路线行驶。作为另一示例,辅助控制器604可发出重复或模仿在来自主控制器的有效控制信号的丢失之前发送给ESC的电动机控制信号的电动机控制信号,这可

在主控制器完成重引导时导致机器人交通工具维持姿态、航向和/或速度。在一些实施例中,有限的预加载电动机控制指令集可支持可任选的操纵,诸如响应于确定特定环境状况和/或机器人交通工具的状况而执行的操纵(例如,基于从机器人交通工具的一个或多个传感器接收到的输入,如下所述)。

[0085] 在一些实施例中,辅助控制器604可单独或以任何组合的形式经由相应解码器616向一个或多个电动机驱动器608发出电动机控制信号,以实现有限的安全模式操作和/或发出有限的预加载电动机控制信号集。例如,辅助控制器可在一段时间(例如,诸如指令的10-15秒)内发出有限的预加载电动机控制指令集的一个或多个方面,并且随后辅助控制器可切换(例如,“回退”)到经由相应解码器616向(诸)电动机驱动器608发出电动机控制信号以使机器人交通工具进入安全模式操作。

[0086] 在各个实施例中,辅助控制器604可从机器人交通工具600的一个或多个传感器(例如,传感器240、226)接收输入618,例如,来自惯性传感器、陀螺仪和加速计(例如,来自惯性/陀螺仪/加速计模块226)或机器人交通工具600的另一传感器的输入。辅助控制器604可使用来自传感器的输入618来确定适当的电动机控制信号,以经由其相应电动机驱动器608来控制电动机404中的每一者。例如,辅助控制器604可基于输入618来为电动机驱动器608中的每一者生成不同电动机控制信号,并且辅助控制器604可经由相应解码器616向其相应电动机驱动器608传送所生成的控制信号。在一些实施例中,辅助控制器604可经由相应解码器616和电动机驱动器608独立地控制电动机404中的每一者以实现安全操作模式和/或执行有限的预加载电机控制指令集。

[0087] 在一些实施例中,检测器电路606可检测到主控制器220能够恢复对ESC602的控制。在一些实施例中,检测器电路606可监视主控制器220重引导过程,并且可检测主控制器220何时完成其重引导过程(例如,主控制器已恢复在线)。在一些实施例中,响应于检测到主控制器220能够恢复对ESC 602的控制,检测器电路606可重新连接主控制器220与ESC 602之间的第一信号路径612。

[0088] 图7是解说根据各个实施例的管理机器人交通工具的操作的方法700。参照图1-7,方法700可在机器人交通工具(例如,102、200)的硬件组件和/或软件组件中实现,其操作可由机器人交通工具的一个或多个检测器电路(例如506、606等)和辅助控制器(例如504、604等)控制。

[0089] 在框702中,检测器电路可监视第一信号路径(例如512、612),通过该信号路径,机器人交通工具的主控制器(例如,220)可经由电动机驱动器(例如,508、608)将一个或多个控制信号提供给电动机(例如,404)。

[0090] 在判定框704中,检测器电路可确定主控制器是否已停止向机器人交通工具的ESC(例如,502,602)发送控制信号。在一些实施例中,检测器电路可例如作为主控制器的重引导或故障的结果而检测主控制器何时停止控制ESC。

[0091] 响应于确定主控制器尚未停止向ESC发送控制信号(即,判定框704=“否”),检测器电路可在框702中继续监视第一信号路径。

[0092] 响应于确定主控制器已停止向ESC发送控制信号(即,判定框704=“否”),检测器电路可在框706中控制辅助控制器以控制相关联的ESC。在一些实施例中,检测器电路可在框706中控制开关(例如,510,610)以从将主控制器与一个或多个ESC相连接的第一信号路

径切换到将一个或多个ESC与一个或多个辅助控制器相连接的第二信号路径。

[0093] 在框708中,一个或多个辅助控制器可向被配置成控制电动机的ESC发出电动机控制信号,以使机器人交通工具进入安全操作模式。有限的安全模式操作的示例包括:使空中机器人交通工具悬停、使潜水机器人交通工具缓慢上升或维持自动道路机器人交通工具的最后已知转向角。

[0094] 在框710中,检测器电路可确定主控制器是否能够恢复对ESC的控制。在一些实施例中,检测器电路可确定主控制器是否能够恢复向ESC发送有效控制信号。例如,检测器电路可确定主控制器何时完成重引导的过程,或者主控制器何时恢复在线。在一些实施例中,检测器电路可检测来自主控制器的电动机控制信号。

[0095] 响应于确定主控制器不能够恢复对ESC的控制(即,判定框710=“否”),一个或多个辅助控制器可在框708中继续向ESC发出电动机控制信号。在一些实施例中,响应于确定主控制器不能够恢复对ESC的控制,检测器电路可维持第二信号路径的连接。

[0096] 响应于确定主控制器能够恢复对ESC的控制(即,判定框710=“是”),检测器电路可控制一个或多个辅助控制器以向主控制器让出对每个相关联的ESC的控制。在一些实施例中,响应于确定主控制器能够恢复对ESC的控制,检测器电路可断开第二信号路径并且重新连接主控制器与每个ESC之间的第一信号路径。

[0097] 在框702中,处理器可继续监视第一信号路径。

[0098] 图8是解说根据各个实施例的管理机器人交通工具的操作的方法800。参照图1-8,方法800可在机器人交通工具(例如,102、200)的硬件组件和/或软件组件中实现,其操作可由该机器人交通工具的一个或多个处理器(例如,控制器220、504、604等)控制。在框702-712,机器人交通工具的处理器可执行如所描述的方法700的相同编号的框的操作。

[0099] 在框802中,辅助控制器(例如,504、604)可接收和存储来自主控制器(例如,220)的有限的电动机控制指令集的周期性更新。在一些实施例中,有限的电动机控制指令集可以是相对短时间段的指令(例如,大约10-15秒的指令)。在一些实施例中,有限的电动机控制指令集可包括包含两个或更多个电动机控制指令的集合。在一些实施例中,有限的电动机控制指令集可包括电动机控制,该电动机控制将使机器人交通工具执行可任选的操纵,诸如响应于确定特定环境状况和/或机器人交通工具的状况而要被执行的操纵。有限的电动机控制指令集可被存储在与辅助控制器相关联的存储器中。

[0100] 在可任选框804中,在框706中一个或多个辅助控制器开始向ESC发出电动机控制信号之后,处理器可初始化定时器,该定时器可以如以下进一步描述的那样来使用。

[0101] 在框806中,(诸)辅助控制器可执行小的电动机控制指令集,以生成并向ESC发出电动机控制信号。

[0102] 在判定框808中,检测器电路可确定主控制器是否能够恢复对ESC的控制。

[0103] 响应于确定主控制器能够恢复对ESC的控制(即,判定框808=“是”),检测器电路可在框712中控制辅助控制器以让出对相关联的ESC的控制。

[0104] 响应于确定主控制器不能够恢复对ESC的控制(即,判定框808=“否”),辅助控制器可在判定框810中确定是否已完成有限的电动机控制指令集。

[0105] 响应于确定小的电动机控制指令集尚未完成(即,判定框810=“否”),辅助控制器可在框812中确定定时器是否已流逝。

[0106] 响应于确定定时器尚未流逝(即,可任选判定框812=“否”),辅助控制器可在框806中继续执行有限的电动机控制指令集。

[0107] 响应于确定已完成有限的电动机控制指令集(即,判定框810=“是”),或者响应于在可任选判定框812中确定定时器已流逝(即,可任选判定框812=“是”),在框708中,辅助控制器可开始向ESC发出电动机控制信号,该电动机控制信号使机器人交通工具执行有限的安全操作模式。

[0108] 图9是解说根据各个实施例的管理机器人交通工具的操作的方法900。参照图1-9,方法900可在机器人交通工具(例如,102、200)的硬件组件和/或软件组件中实现,其操作可由该机器人交通工具的一个或多个处理器(例如,控制器220、504、604等)控制。在框702-712和802-812中,机器人交通工具的处理器可执行如所描述的方法700和800的相同编号的框的操作。

[0109] 在各个实施例中,机器人交通工具的处理器可以时不时地测试各种辅助控制器(例如,504、604)的操作,并且可采取动作或执行操纵以在检测到辅助控制器故障的情况下保护机器人交通工具。在主控制器发生故障或发起重引导的情况下,检测到辅助控制器中的故障可指示该机器人交通工具易受攻击(例如,可能撞车)。因此,测试辅助控制器的功能性可作为飞行前测试的一部分和/或在操作期间周期性地作为确保机器人交通工具的安全操作的一部分来执行。

[0110] 在框902中,(诸)辅助控制器和/或主控制器(例如,220)可执行对(诸)辅助控制器的测试,该测试被配置成确定每个辅助控制器是否正常工作或者能够正常工作。例如,此类测试可涉及响应的信令和/或分析,以确定辅助控制器的一个或多个参数是否满足性能的阈值水平和/或指示正常工作的标准。例如,辅助控制器可向主控制器发送测试信号,并且基于来自辅助控制器的测试信号,主控制器可确定辅助控制器是否正常工作。在一些实施例中,响应于来自辅助控制器的测试信号,主控制器可发送响应信号,并且基于该响应信号,辅助控制器可确定其是否正常工作。作为另一示例,主控制器可向辅助控制器发送测试信号。在一些实施例中,基于来自主控制器的测试信号,辅助控制器可确定其是否正常工作或者能够正常工作。在一些实施例中,响应于来自主控制器的测试信号,辅助控制器可发送响应信号,并且基于该响应信号,主控制器可确定辅助控制器是否正常工作或者能够正常工作。

[0111] 在判定框904中,机器人交通工具的处理器(例如,主控制器和/或辅助控制器)可确定是否检测到辅助控制器故障。

[0112] 响应于确定辅助控制器故障未被检测到(即,判定框904=“否”),可如所描述地执行方法700的判定框704的操作。

[0113] 响应于检测到辅助控制器故障(即,判定框904=“是”),处理器可在框906中使机器人交通工具采取动作或执行安全操纵以保护机器人交通工具。作为安全操纵的示例,如果在飞行中检测到故障,则空中机器人交通工具可以着陆,潜水机器人交通工具可以浮出水面,而陆地机器人交通工具可以操纵至安全位置(例如,在路边)。作为安全操纵的另一示例,任何类型的机器人交通工具都可以返回基地。作为另一示例,如果在预操作测试期间检测到故障,则可以禁止机器人交通工具的操作。

[0114] 所解说和描述的各个实施例是仅作为解说权利要求的各种特征的示例来提供的。

然而,相对于任何给定实施例所示出和描述的特征不必限于相关联的实施例,并且可以与所示出和描述的其他实施例联用或组合。此外,权利要求书不旨在限于任何一个示例实施例。例如,方法700和800的一个或多个操作可以代替方法700和800的一个或多个操作或与之组合,反之亦然。

[0115] 上述方法描述和过程流程图仅作为解说性示例而提供,且并非旨在要求或暗示各个实施例的操作必须按所给出的次序来执行。如本领域技术人员将领会的,前述各实施例中的操作次序可按任何次序来执行。诸如“此后”、“然后”、“接着”等措辞并非旨在限定操作次序;这些措辞被用来指引读者遍历方法的描述。进一步,对单数形式的权利要求元素的任何引述(例如使用冠词“一”、“某”或“该”的引述)不应解释为将该元素限定为单数。

[0116] 结合本文中公开的实施例来描述的各种解说性逻辑框、模块、电路、和算法操作可实现为电子硬件、计算机软件、或这两者的组合。为清楚地解说硬件与软件的这一可互换性,各种解说性组件、框、模块、电路和操作在上面是以其功能性的形式作一般化描述的。此类功能性是被实现为硬件还是软件取决于具体应用和施加于整体系统的设计约束。技术人员可针对每种特定应用以不同方式来实现所描述的功能性,但此类实施例决策不应被解读为致使脱离权利要求的范围。

[0117] 用于实现结合本文中公开的方面描述的各种解说性逻辑、逻辑框、模块、以及电路的硬件可利用设计成执行本文中描述的功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑器件、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或其任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器,但在替换方案中,处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以被实现为接收机智能对象的组合,例如,DSP与微处理器的组合、多个微处理器、与DSP核心协同的一个或多个微处理器、或任何其他此类配置。替换地,一些操作或方法可由专用于给定功能的电路系统来执行。

[0118] 在一个或多个方面,所描述的功能可在硬件、软件、固件或其任何组合中实现。如果在软件中实现,则这些功能可作为一个或多个指令或代码存储在非瞬态计算机可读存储介质或非瞬态处理器可读存储介质上。本文中公开的方法或算法的操作可在处理器可执行软件模块或处理器可执行指令中实施,该处理器可执行软件模块或处理器可执行指令可驻留在非瞬态计算机可读或处理器可读存储介质上。非瞬态计算机可读或处理器可读存储介质可以是能被计算机或处理器访问的任何存储介质。作为示例而非限定,此类非瞬态计算机可读或处理器可读存储介质可包括RAM、ROM、EEPROM、闪存、CD-ROM或其他光盘存储、磁盘存储或其他磁存储智能对象、或能被用来存储指令或数据结构形式的期望程序代码且能被计算机访问的任何其他介质。如本文中所使用的盘(disk)和碟(disc)包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字多用碟(DVD)、软盘和蓝光碟,其中盘(disk)往往以磁的方式再现数据而碟(disc)用激光以光学方式再现数据。以上的组合也被包括在非瞬态计算机可读和处理器可读介质的范围内。另外,方法或算法的操作可作为一个代码和/或指令或者代码和/或指令的任何组合或集合而驻留在可被纳入计算机程序产品中的非瞬态处理器可读存储介质和/或计算机可读存储介质上。

[0119] 提供所公开的实施例的先前描述是为了使本领域任何技术人员皆能制作或使用本权利要求。对这些实施例的各种修改对本领域技术人员来说将是显而易见的,且本文所

定义的一般原理可被应用于其他实施例而不背离权利要求的精神或范围。由此,本公开并非旨在限定于本文中示出的实施例,而是应被授予与所附权利要求和本文中公开的原理和新颖性特征一致的最广义的范围。

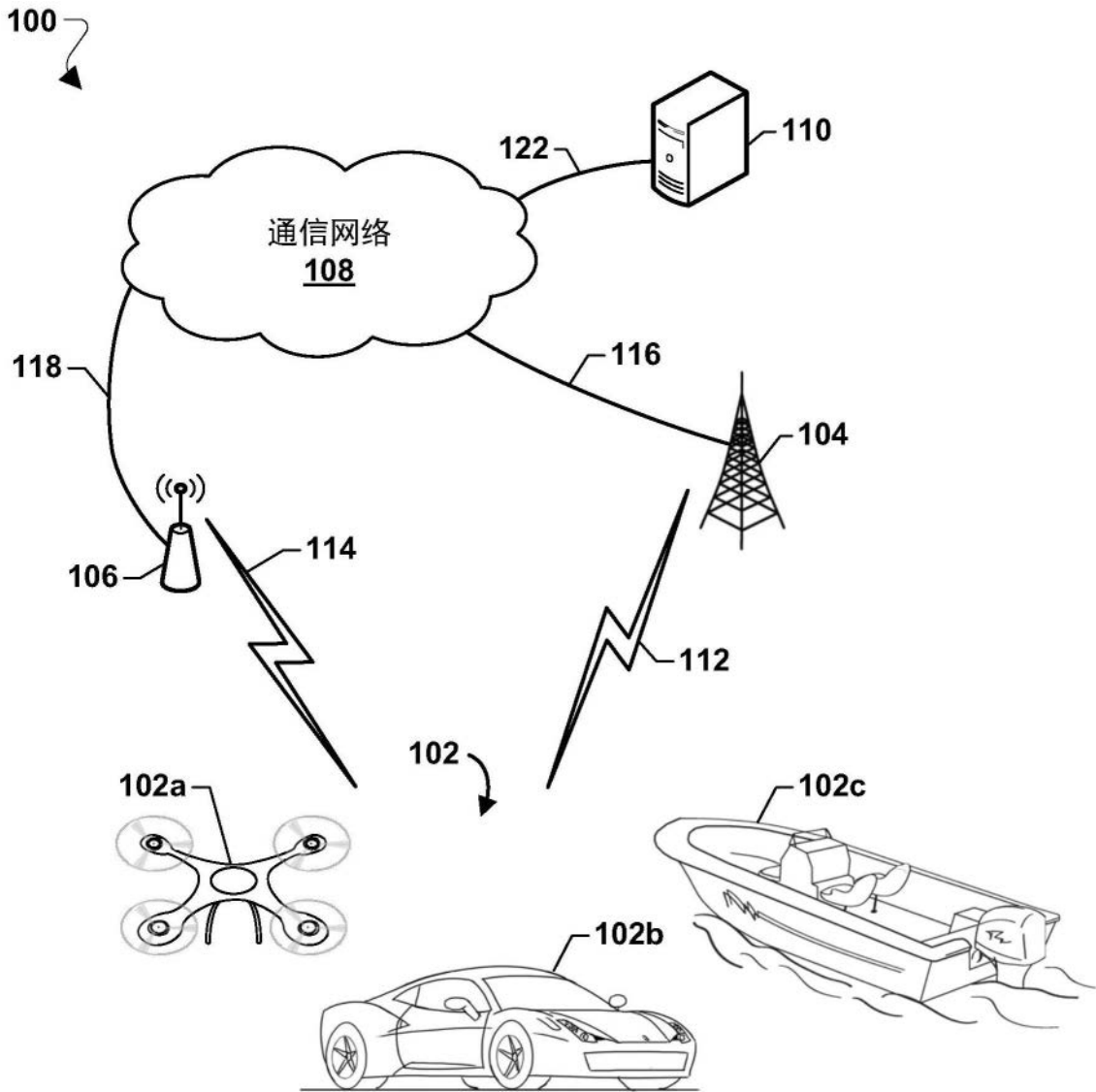


图1

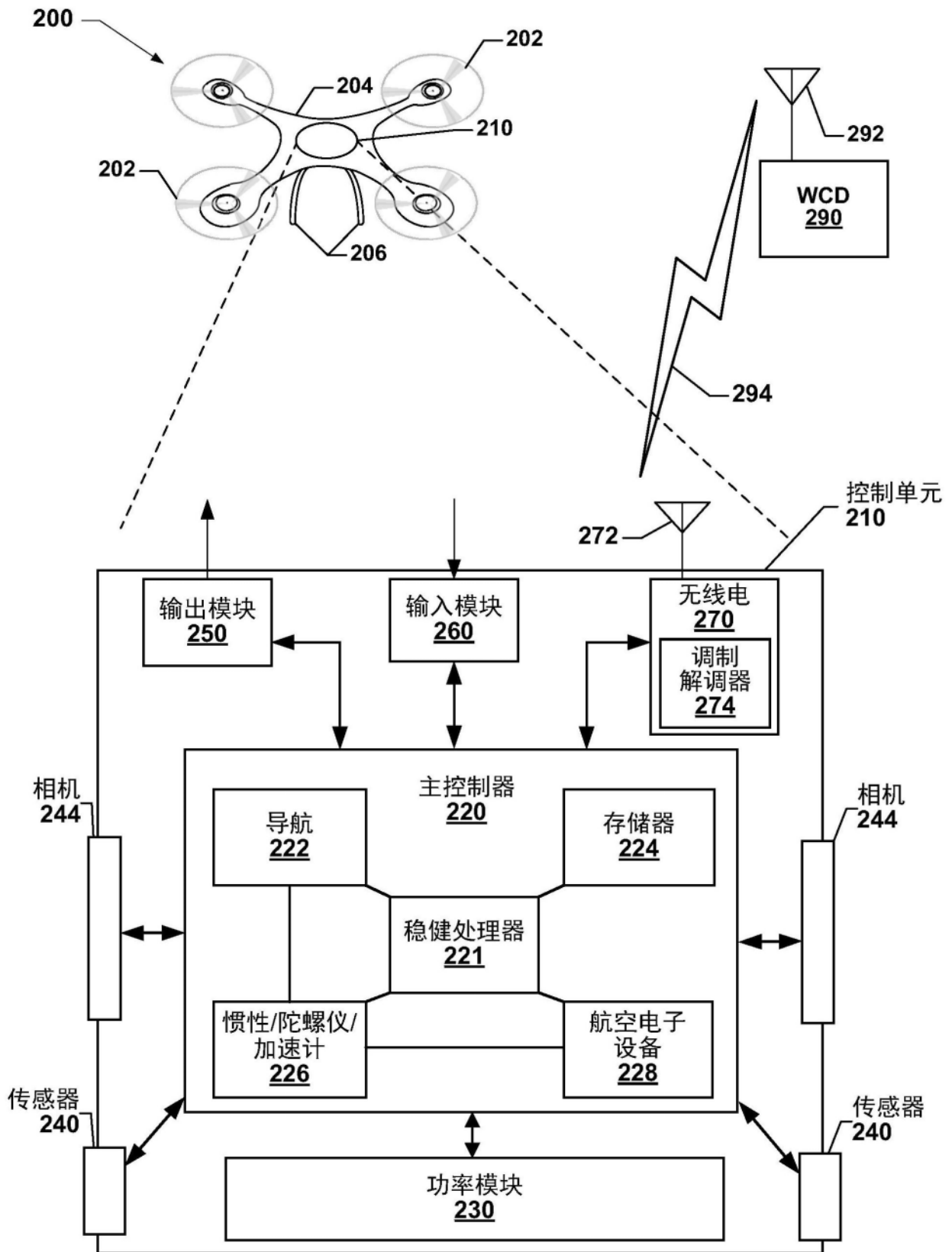


图2

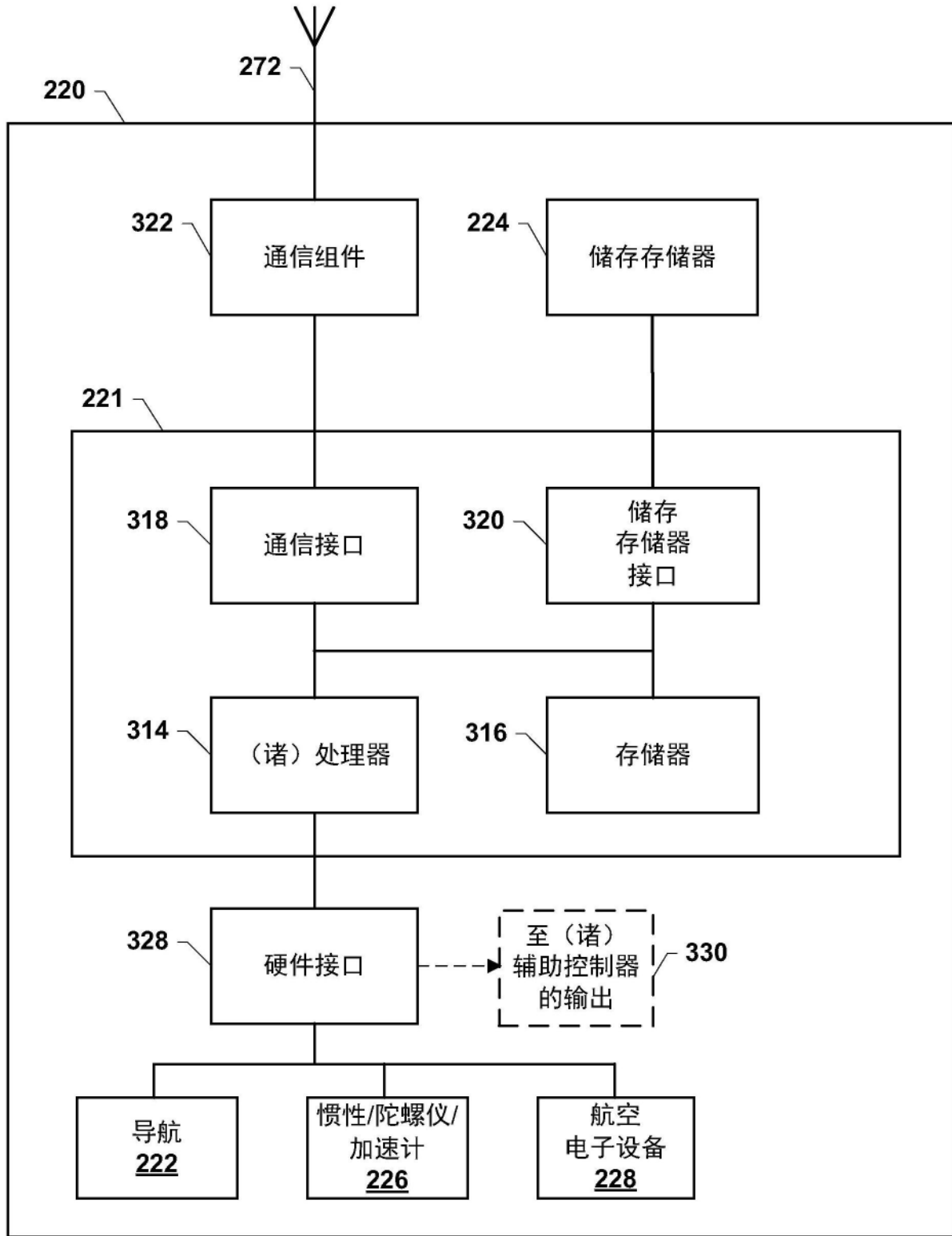


图3

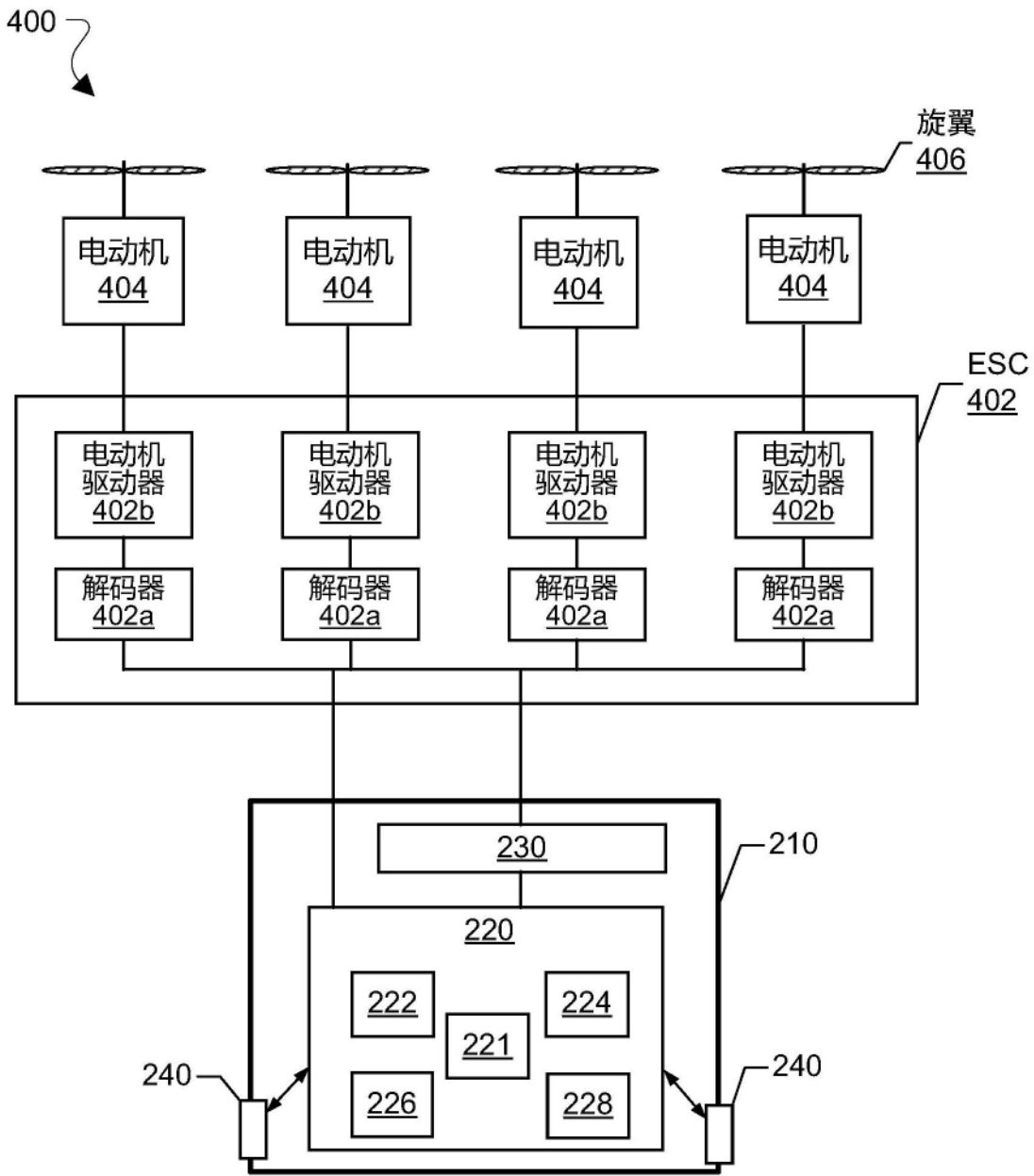


图4 (现有技术)

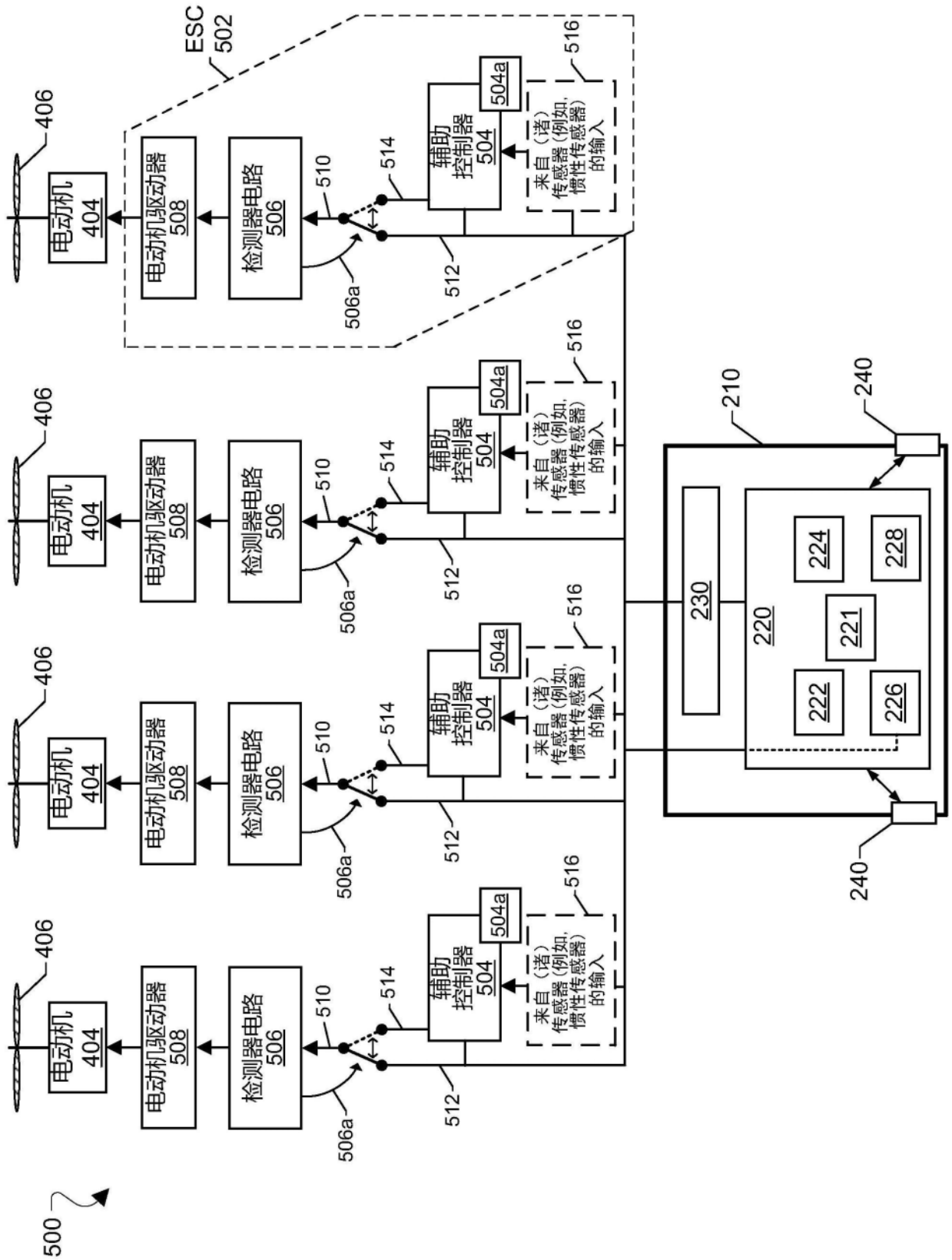


图5

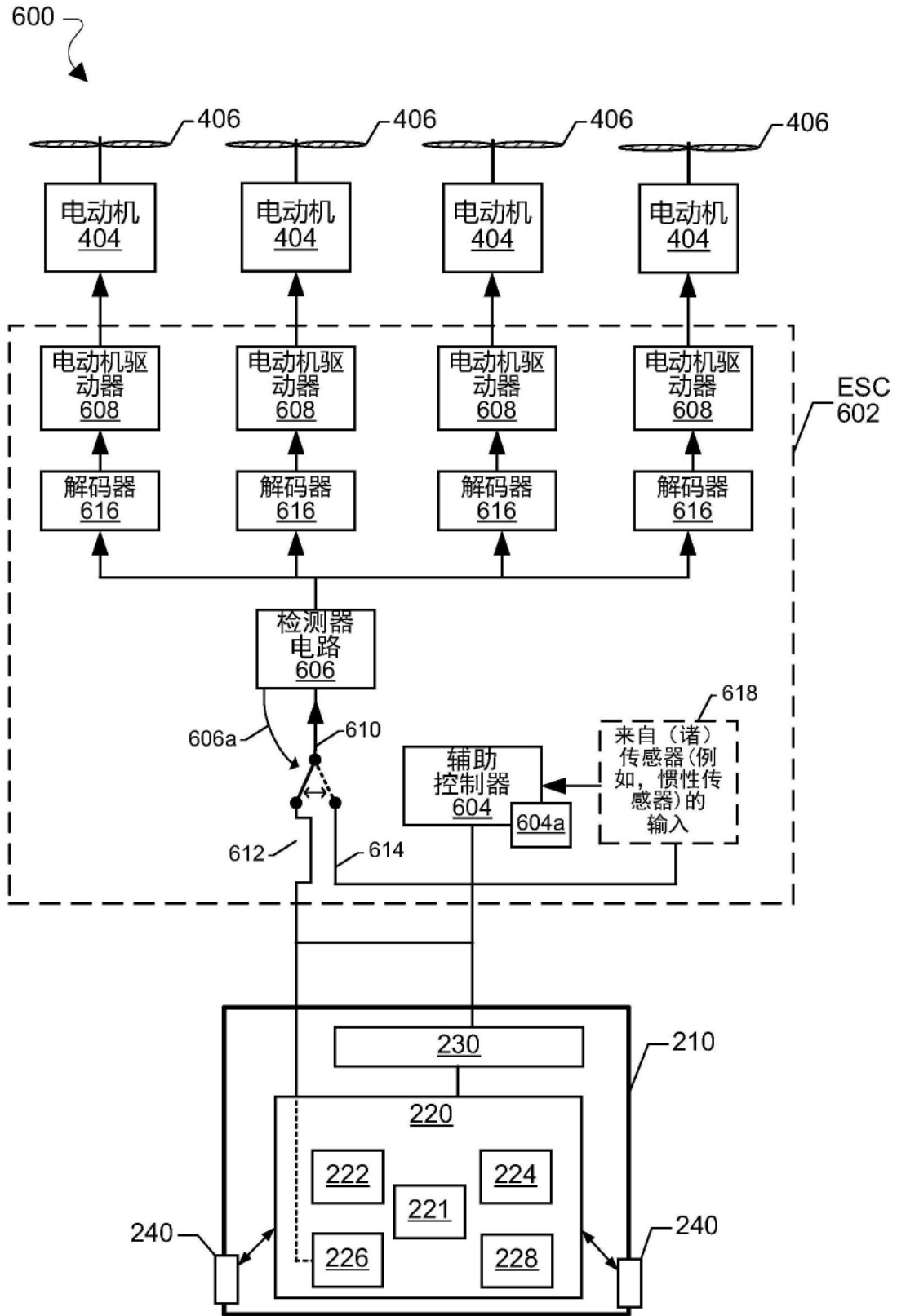


图6

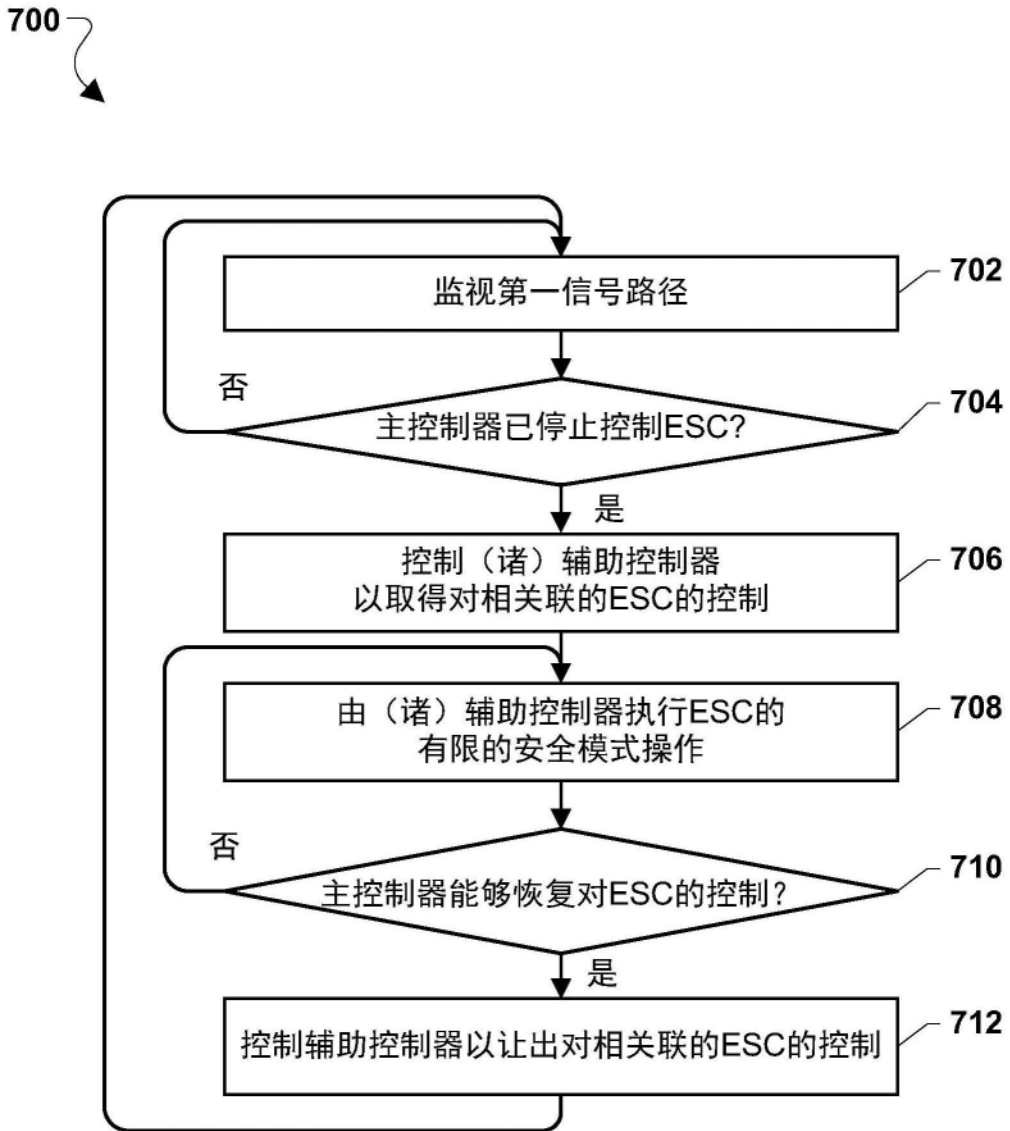


图7

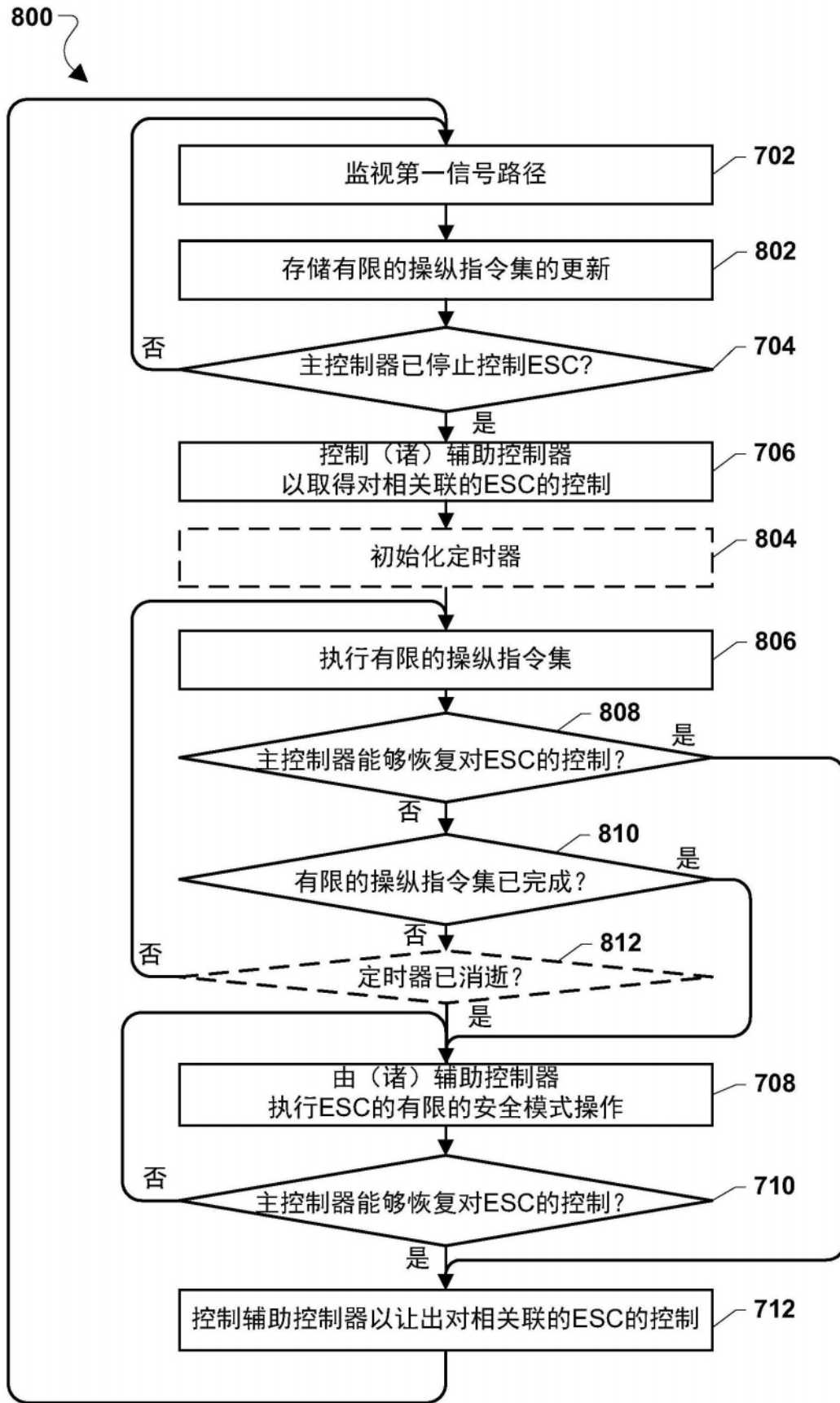


图8

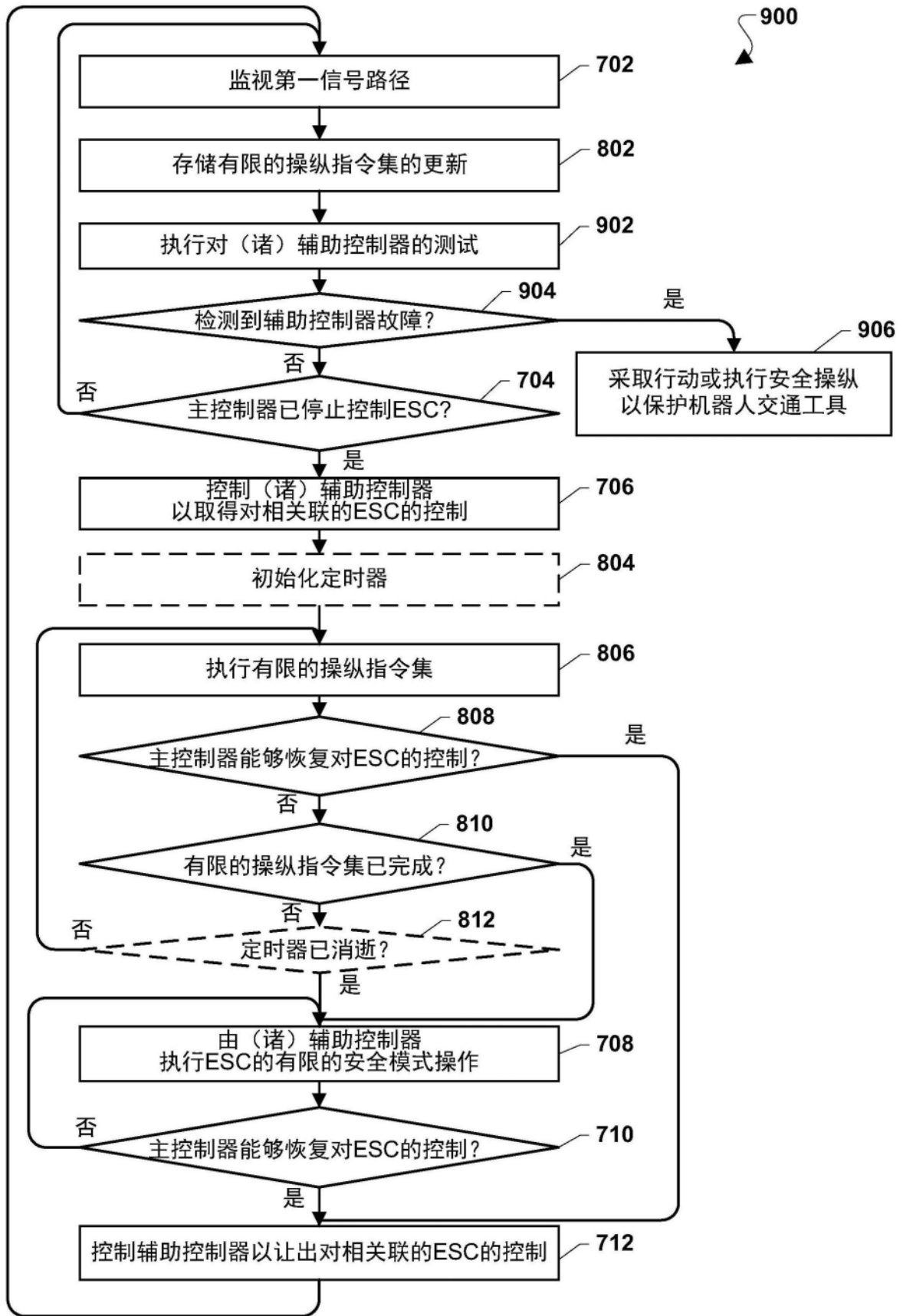


图9