



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106625683 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(21)申请号 201710108986.8

(22)申请日 2017.02.27

(71)申请人 哈尔滨工业大学深圳研究生院
地址 518000 广东省深圳市南山区西丽镇
深圳大学城哈工大校区

(72)发明人 徐文福 韩亮 檀国灯 梁斌

(74)专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 唐致明

(51)Int.Cl.
B25J 9/16(2006.01)

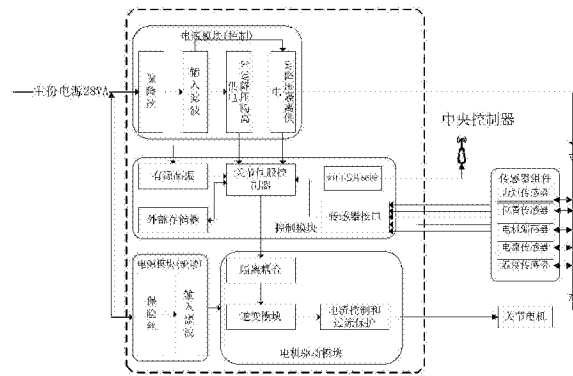
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,包括关节、可重构接口和臂杆,所述关节与可重构接口之间通过可重构接口主动端的止口配合,臂杆与可重构接口之间配合;所述系统还包括智能终端、WIFI通信模块、关节伺服控制器、传感器信号采集模块、电机驱动模块和关节电机,所述智能终端通过WIFI通信模块与关节伺服控制器连接;所述关节伺服控制器的输出端与所述电机驱动模块连接,所述电机驱动模块的输出端与关节电机连接;所述传感器信号采集模块的输出端与所述关节伺服控制器的输入端连接。本发明采用无线通信,有利于控制系统的快速重构,采用WIFI作为机械臂内无线通信的方式,可以实现数据稳定的发送。广泛应用于机器人领域。



CN 106625683 A

1. 一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于,包括关节、可重构接口和臂杆,所述关节与可重构接口之间通过可重构接口主动端的止口固定连接,所述臂杆与可重构接口之间通过可重构接口被动端的止口固定连接;所述系统还包括智能终端、WIFI通信模块、关节伺服控制器、传感器信号采集模块、电机驱动模块和关节电机,所述智能终端通过WIFI通信模块与关节伺服控制器连接;所述关节伺服控制器的输出端与所述电机驱动模块连接,所述电机驱动模块的输出端与关节电机连接;所述传感器信号采集模块的输出端与所述关节伺服控制器的输入端连接。

2. 根据权利要求1所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述系统还包括外部存储器,所述关节伺服控制器的输出端与外部存储器的输入端连接。

3. 根据权利要求1或2所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述系统还包括电源模块,所述电源模块的输出端与外部存储器的输入端连接。

4. 根据权利要求3所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述传感器信号采集模块包括电流采样、编码器信号采样。

5. 根据权利要求4所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述传感器信号采集模块还包括六维力传感器、关节力矩传感器、温度传感器。

6. 根据权利要求5所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述关节伺服控制器采用 ARM 作为处理器。

7. 根据权利要求6所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述智能终端包括PC。

8. 根据权利要求7所述的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其特征在于:所述机械臂通过所述六维力传感器和关节力矩传感器做柔顺控制。

一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人领域,具体涉及一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统。

背景技术

[0002] 纵观空间机械臂国内外的的发展现状,关节作为机械臂的核心,一般均采用模块化设计理念,中空走线的方式,实现机械、控制、电气的高度集成。此外,由于空间在轨服务任务的多样性和复杂性,促进了可重构机械臂的发展,传统的机械臂都是基于某一功能研制,模块与模块之间无法更换,只能完成单一的在轨任务,成本较高,周期长,采用可重构的机械臂通过变换构型来完成不同的工作是一种现实的方法。可重构机械臂在模块化机械臂的基础上发展而来,通过模块与模块之间的重新组合,来完成不同的工作任务。可重构机械臂各关节之间,机械臂之间可以根据实际环境和操作要求实现快速重构。成本较高,周期长;且传统的空间机械臂内部电缆线繁多,各部件之间的接口关系复杂不易更换,导致空间机械臂的可靠性、安全性和可维护性极差。再一方面,采用zigbee、蓝牙等技术进行机械臂通信控制,其带宽低,传输速率较慢。

[0003] 综上,因此该技术有必要进行改进。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明的目的是提供一种能解决传统空间机械臂功能单一、模块与模块之间无法更换、内部繁杂冗余的电缆走线的无线通信可重构人机协作机械臂。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:

本发明提供一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,包括关节、可重构接口和臂杆,所述关节与可重构接口之间通过可重构接口主动端的止口固定连接,所述臂杆与可重构接口之间通过可重构接口被动端的止口固定连接;所述系统还包括智能终端、WIFI通信模块、关节伺服控制器、传感器信号采集模块、电机驱动模块和关节电机,所述智能终端通过WIFI通信模块与关节伺服控制器连接;所述关节伺服控制器的输出端与所述电机驱动模块连接,所述电机驱动模块的输出端与关节电机连接;所述传感器信号采集模块的输出端与所述关节伺服控制器的输入端连接。

[0006] 作为该技术方案改进,所述系统还包括外部存储器,所述关节伺服控制器的输出端与外部存储器的输入端连接。

[0007] 作为该技术方案改进,所述系统还包括电源模块,所述电源模块的输出端与外部存储器的输入端连接。

[0008] 作为该技术方案改进,所述传感器信号采集模块包括电流采样、编码器信号采样。

[0009] 进一步地,所述传感器信号采集模块还包括六维力传感器、关节力矩传感器、温度传感器。

[0010] 进一步地,所述关节伺服控制器采用 ARM 作为处理器。

[0011] 进一步地,所述智能终端包括PC。

[0012] 进一步地,所述机械臂通过所述六维力传感器和关节力矩传感器做柔顺控制。

[0013] 本发明的有益效果是:本发明提供的基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,其通过机械臂模块之间的重构和无线通信的应用,从而丰富机械臂的功能以及布局布线的简洁。采用可重构的机械臂通过变换构型来完成不同的工作;本发明采用无线通信,有利于控制系统的快速重构,采用WIFI作为机械臂内无线通信的方式,可以实现数据稳定的发送。使用WIFI输出图像和数据速率均能满足要求,WIFI的安全机制通过加以改造可以获得很高的安全级别;且采用可重构空间机械臂的快换接口,用于实现模块之间的快速更换,用于重组构型。机械臂的可重构接口不仅能够实现模块之间的机械连接,通过可重构接口中心的航空插头,可实现模块之间的电连接。

附图说明

[0014] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明:

图1是本发明的无线通信可重构人机协作机械臂的第一实施例的机械臂无线控制系统示意图;

图2是本发明的无线通信可重构人机协作机械臂的第二实施例的机械臂结构示意图;

图3是本发明的无线通信可重构人机协作机械臂的第三实施例的关节控制原理图;

图4是本发明的机械臂关节的第四实施例的控制软件流程图;

图5是本发明的第五实施例的刚性臂控制器系统框图;

图6是本发明的第六实施例的机械臂无线控制系统示意图;

图7是本发明的第七实施例的电机控制示意图。

具体实施方式

[0015] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0016] 本发明提供一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,包括关节、可重构接口和臂杆,所述关节与可重构接口之间通过可重构接口主动端的止口固定连接,所述臂杆与可重构接口之间通过可重构接口被动端的止口固定连接;所述系统还包括智能终端、WIFI通信模块、关节伺服控制器、传感器信号采集模块、电机驱动模块和关节电机,所述智能终端通过WIFI通信模块与关节伺服控制器连接;所述关节伺服控制器的输出端与所述电机驱动模块连接,所述电机驱动模块的输出端与关节电机连接;所述传感器信号采集模块的输出端与所述关节伺服控制器的输入端连接。

[0017] 作为该技术方案改进,所述系统还包括外部存储器,所述关节伺服控制器的输出端与外部存储器的输入端连接。

[0018] 作为该技术方案改进,所述系统还包括电源模块,所述电源模块的输出端与外部存储器的输入端连接。

[0019] 作为该技术方案改进,所述传感器信号采集模块包括电流采样、编码器信号采样。

[0020] 进一步地,所述传感器信号采集模块还包括六维力传感器、关节力矩传感器、温度传感器。

[0021] 进一步地,所述关节伺服控制器采用 ARM 作为处理器。

[0022] 进一步地,所述智能终端包括PC。

[0023] 进一步地,所述机械臂通过所述六维力传感器和关节力矩传感器做柔顺控制。

[0024] 参照图1、图3,是本发明的无线通信可重构人机协作机械臂的机械臂无线控制系统示意图。一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,所述系统包括中央控制器、WIFI通信模块、关节伺服控制器、传感器信号采集模块、电机驱动模块和关节电机,所述中央控制器通过WIFI通信模块与关节伺服控制器连接;所述关节伺服控制器的输出端与所述电机驱动模块连接,所述电机驱动模块的输出端与关节电机连接;所述传感器信号采集模块的输出端与所述关节伺服控制器的输入端连接。所述系统还包括外部存储器,所述关节伺服控制器的输出端与外部存储器的输入端连接。所述系统还包括电源模块,所述电源模块的输出端与外部存储器的输入端连接。所述传感器信号采集模块包括电流采样、编码器信号采样。所述传感器信号采集模块还包括六维力传感器、关节力矩传感器、温度传感器。所述关节伺服控制器采用 ARM 作为处理器。

[0025] 上层为中央控制器,下层为关节伺服控制器。关节控制系统集成在关节内部,基于ARM3 开发的电机矢量控制器,用于控制每个关节的位置、速度和力矩。机械臂中央控制器也是基于 ARM3 开发,包含机械臂轨迹规划算法、轨迹生成等,接收末端位置和姿态传感器发送的位置和姿态数据,不断地进行关节角度结算,换算成响应的位置指令发送给关节伺服控制器。机械臂通过末端六维力传感器和关节力矩传感器做柔顺控制。PC 机上的 WIFI 调试界面用于和关节伺服控制器通信。电气系统包含采样电路、电源系统等。电源系统将基座提供的 28V 电压转换为关节、末段工具需要的不同的额定电压。传感器信号采集电路包括电流采样、编码器信号采样等,用来采集传感器数据。机械臂关节控制器位置环采用三闭环控制,使用关节端编码器作为位置环的反馈信号。控制板尺寸适合关节机械尺寸,通过螺柱固定在关节内部,实现单关节的高度集成。中央控制器和关节伺服控制器之间采用 WIFI 进行通信。

[0026] 关节伺服控制器按照上层的控制指令驱动关节。这些控制指令主要有位置、速度、力矩和制动信号。电机采用全闭环矢量控制,关节在三环控制的基础上级联一个力矩环。

[0027] 关节伺服控制器采用 ARM 作为处理器,与 PC 通过 WiFi 进行通信。WIFI 芯片与 ARM 的接口为 SDIO 接口,PC 有 WIFI 的可编辑调试界面,可向 ARM 发送控制指令。

[0028] 机械臂的可重构快换接口根据套筒在接口上的位置不同,可重构接口对应两种状态,分别为自锁状态和解锁状态。自锁状态下,主动端和被动端通过钢珠锁紧,承受轴向力,键的配合承受周向力,实现可靠的连接;在解锁状态下,被动端可从主动端拔出,实现分离。主动接口和被动接口的航空插头通过预紧的弹簧连接在一起,实现可靠的电能和信号传递。

[0029] 电气系统包含采样电路、电源系统等。电源系统将基座提供的28V电压转换为关节、末段工具需要的不同的额定电压。传感器信号采集电路包括电流采样、编码器信号采样等,用来采集传感器数据。机械臂关节控制器位置环采用三闭环控制,使用关节端编码器作为位置环的反馈信号。控制板尺寸适合关节机械尺寸,通过螺柱固定在关节内部,实现单关

节的高度集成。中央控制器和关节伺服控制器之间采用WIFI 进行通信。

[0030] 无线通信可重构人机协作机械臂包括:关节1、可重构化接口2、臂杆3。关节1与可重构化接口2之间通过可重构接口主动端的止口配合,并通过螺钉拧紧。臂杆3与可重构化接口2之间通过可重构接口被动端的止口配合,并通过螺钉拧紧。可重构化接口2中装有航空插头,在完成机械连接的同时完成电连接。

[0031] 所述的无线化通信方式采用WIFI作为机械臂内无线通信的方式,关节控制板使用WIFI8686无线通信模块与上位机进行通信,该模块传输协议为802.11b/g,芯片,支持SPI和SDIO通信,使用SDIO时,数据传输速率达到54Mbps。可重构空间机械臂的上层与下层控制器之间采用无线通信传输数据,关节伺服控制器采集的位置信息、电流信息等、机械臂视觉场采集的图片信息均通过无线通信传输到中央控制器中。中央控制器监测机械臂的运行状态,通过估计规划程序给伺服控制器发送指令。

[0032] 所述的一种可重构空间机械臂的快换接口,包括航空插头、半圆头内六角螺钉、主动连接件、轴用挡圈、定位套筒、平面涡卷弹簧、被动连接件、钢珠、半圆头内六角螺钉、拉伸弹簧和航空插座组成。所述可重构机械臂的快换接口,采用钢珠锁紧的方案,轴向的拉力和压力均由钢珠承受。扭矩由连接杆上的键承受。通过控制套筒的转动位置,可重构接口对应两种状态,分别为自锁状态和解锁状态。自锁状态下,主动端和被动端通过钢珠锁紧,实现可靠的连接;在解锁状态下,被动端可从主动端拔出,实现分离。

[0033] 所述的模块化设计是将机械臂的关节进行模块化,关节是由动块部件、静块部件、驱动部件组成,其内部集成了丰富的传感器,有电机矢量控制的增量式编码器、位置环控制的绝对式编码器、力矩控制的电流传感器。位置环用于实现关节的位置控制,给定关节位置指令,关节就会到达指定位置。关节采用中空直流无刷电机串联谐波减速器的方式作为主要驱动和传动部分,电机带动转轴输入经谐波减速器经动块部件进行输出,关节与可重构化接口之间通过可重构接口主动端的止口配合,并通过螺钉拧紧。

[0034] 所述的机械臂具有7个自由度,两端分别为两两垂直的关节,可沿肘部折叠,中间三个关节平行,肩部采用roll-yaw-pitch配置,肘部为pitch轴,腕部采用Pitch-Yaw-Roll配置。

[0035] 所述的重构是关节与臂杆之间的重构,此外该重构还可以用于关节与关节之间以及臂杆与臂杆之间的重构。

[0036] 关节伺服控制器按照上层的控制指令驱动关节。这些控制指令主要有位置、速度、力矩和制动信号。电机采用全闭环矢量控制,关节在三环控制的基础上级联一个力矩环。关节伺服控制器用 ARM 作为处理器,与 PC 通过 WiFi 进行通信。WIFI 芯片与 ARM 的接口为 SDIO 接口,PC 有 WIFI 的可编辑调试界面,可向 ARM 发送控制指令。使用PC机的WIFI 调试界面,通过 WIFI 给关节伺服控制器发送指令。通过配置HTML 文件,可以开发出关节调试的简单界面。WIFI 人机包括 WIFI 参数配置、关节选择,关节不同模式选择和指令下达控制器复位等状态栏。在位置模式下输入相应的脉冲个数指令,点击发送就会将数据传给对应的关节控制器,关节控制器控制电机做出相应运动。通过配上位机软件方便了对机械臂关节的调试。

[0037] 参照图2,是本发明的无线通信可重构人机协作机械臂的第二实施例的机械臂结构示意图。一种基于WIFI的可重构人机协作机械臂系统,包括关节1、可重构接口2和臂杆3,

所述关节1与可重构接口2之间通过可重构接口主动端的止口配合,并通过螺钉拧紧。所述臂杆3与可重构接口2之间通过可重构接口被动端的止口配合,并通过螺钉拧紧。可重构化接口2中装有航空插头,在完成机械连接的同时完成电连接,其内部采用钢珠进行锁紧,轴向的拉力和压力均由钢珠承受。

[0038] 所述机械臂具有7个自由度,两端分别为两两垂直的关节,可沿肘部折叠,中间三个关节相互平行,肩部采用roll-yaw-pitch(横滚-偏航-俯仰)配置,肘部为pitch轴,腕部采用Pitch-Yaw-Roll(俯仰-偏航-横滚)配置。本方案肩部、肘部散的关节两两正交,可以实现机械臂全方位无奇异的运动和遥控操作下机械臂姿态的独立控制;中间三个关节相互平行,运动学存在解析解。

[0039] 参照图4,是本发明的机械臂关节的第四实施例的控制软件流程图。根据无线化可重构关节的控制要求和控制方法,设计了关节的控制软件总体架构。在进入主函数之前,先将所用到的串口、IO、中断、AD 等进行初始化操作,然后等待定时器中断;在中断子程序中读取编码器的位置、编码器计数清零、读取力矩信号、力矩环 PID 计算、读取位置信号、位置环 PID 计算、速度信号采样、速度环 PID 计算、电流信号采样、电流环 PID 计算。此时判断是否检测到 3 次 Z相脉冲,如果计数器未计数到 3,则执行霍尔换向程序,进行方波控制;如果计数器大于3 时,开始执行 SVPWM 程序,进行矢量控制。方波控制和矢量控制产生PWM 波控制开关管通断驱动关节转动。其中,速度环和电流环使用电机输入端增量式编码器和电流采样 AD 实现,位置环和力矩环使用关节输出端绝对值编码器和力矩传感器实现。

[0040] 参照图5,是本发明的第五实施例的刚性臂控制器系统框图。刚性臂控制系统是由中央控制器和底层伺服控制器组成,中央控制器与底层伺服器通过WiFi通信,中央控制器使用PC机或是STM32ZET6,内部集成了刚性臂的轨迹规划、柔顺控制、干扰角动量计算等算法。底层控制器包含关节伺服控制器、末端工具控制器、手眼视觉处理器等,它们通过航空插头进行电源连接。

[0041] 参照图6,是本发明的第六实施例的机械臂无线控制系统示意图。多个机械臂协同操作时,每个机械臂都可以随时加入WiFi网络,并将机械臂的D—H参数发送给协调控制器,通过向协调控制器发送请求,协调控制器收到请求,做出应答。另一方面,多臂协同控制器和单臂中央控制器均采用冗余备份设计方案,主份和备份使用相同的电路,主份CPU-微控制器A和备份CPU-微控制器B都有自己的最小系统,共用一片双端口RAM,主份CPU-微控制器A在运行过程中,将控制器运行的关键数据及运行状态信息存储在双端口RAM中,当系统仲裁模块检测到主份CPU-微控制器A出故障,从而让备份CPU-微控制器B启动的时候,备份CPU-微控制器B将先读取双端口RAM中存储的系统关键信息,接着系统的状态继续运行,保证整个多臂控制柜系统的正常工作。

[0042] 参照图7,是本发明的第七实施例的电机控制示意图。电机转子初始定位方法:电机初始使用方波启动,检测编码器Z相脉冲。当检测到脉冲信号时,转子角度赋初值: $\theta=0^\circ$ 。切换到矢量控制,观察电机是否转动。若电机没有转动,让 θ 均匀的增加角度 α 。当电机开始旋转时,输出当前转子角度 θ 对应的的速度 V_θ 和下一个速度 $V(\theta+\alpha)$ 。判断 $V_\theta < V(\theta+\alpha)$,是否成立,若条件成立,将继续增大角度。当 $V_\theta < V(\theta+\alpha)$ 时,判断 $|V_\theta - V(\theta+\alpha)|$ 是否小于给定误差 ε ,若条件不成立,则通过二分法进一步缩小 θ 的值,直到条件成立。此时的角度 θ 即为转子的

初始角度。

[0043] 本发明提供的无线通信可重构人机协作机械臂的工作原理为：机械臂的可重构与模块化密不可分，可重构首先要模块化，在此基础上设计可重构接口来实现机械臂的重构。关节是机械臂的核心模块，是机械系统、控制系统和电气系统高度集成的驱动和传动单元。采用中空直流无刷电机串联谐波减速器的方式作为主要驱动和传动部分；绝对值编码器用于关节的位置检测，关节内部还包括力矩传感器，用于关节的柔顺控制；制动器，用于关节的紧急制动。

[0044] 根据无线化可重构关节的控制要求和控制方法，设计了关节的控制软件总体架构。在进入主函数之前，先将所用到的串口、IO、中断、AD 等进行初始化操作。然后等待定时器中断。在中断子程序中读取编码器的位置、编码器计数清零、读取力矩信号、力矩环 PID 计算、读取位置信号、位置环 PID 计算、速度信号采样、速度环 PID 计算、电流信号采样、电流环 PID 计算。此时判断是否检测到 3 次 Z 相脉冲，如果计数器未计数到 3，则执行霍尔换向程序，进行方波控制；如果计数器大于 3 时，开始执行 SVPWM 程序，进行矢量控制。方波控制和矢量控制产生 PWM 波控制开关管通断驱动关节转动。其中，速度环和电流环使用电机输入端增量式编码器和电流采样 AD 实现，位置环和力矩环使用关节输出端绝对值编码器和力矩传感器实现。

[0045] 多个机械臂协同操作时，每个机械臂都可以随时加入 WiFi 网络，并将机械臂的 D—H 参数发送给协调控制器。通过向协调控制器发送请求，协调控制器收到请求，做出应答。即插即用技术，有利于机械臂快速投入使用和多机械臂之间协调操作。

[0046] 多臂协同控制器和单臂中央控制器均采用冗余备份设计方案，主份和备份使用相同的电路，主份 CPU—微控制器 A 和备份 CPU—微控制器 B 都有自己的最小系统，共用一片双端口 RAM，主份 CPU—微控制器 A 在运行过程中，将控制器运行的关键数据及运行状态信息存储在双端口 RAM 中，当系统仲裁模块检测到主份 CPU—微控制器 A 出故障，从而让备份 CPU—微控制器 B 启动的时候，备份 CPU—微控制器 B 将先读取双端口 RAM 中存储的系统关键信息，接着系统的状态继续运行，保证整个多臂控制柜系统的正常工作。

[0047] 本发明提供的基于 WIFI 的可重构人机协作机械臂系统，其通过机械臂模块之间的重构和无线通信的应用，从而丰富机械臂的功能以及布局布线的简洁。采用可重构的机械臂通过变换构型来完成不同的工作；本发明采用无线通信，有利于控制系统的快速重构，采用 WIFI 作为机械臂内无线通信的方式，可以实现数据稳定的发送。使用 WIFI 输出图像和数据速率均能满足要求，WIFI 的安全机制通过加以改造可以获得很高的安全级别；且采用可重构空间机械臂的快换接口，用于实现模块之间的快速更换，用于重组构型。机械臂的可重构接口不仅能够实现模块之间的机械连接，通过可重构接口中心的航空插头，可实现模块之间的电连接。

[0048] 以上是对本发明的较佳实施进行了具体说明，但本发明创造并不限于所述实施例，熟悉本领域的技术人员在不违背本发明精神的前提下还可做出种种的等同变形或替换，这些等同的变形或替换均包含在本申请权利要求所限定的范围内。

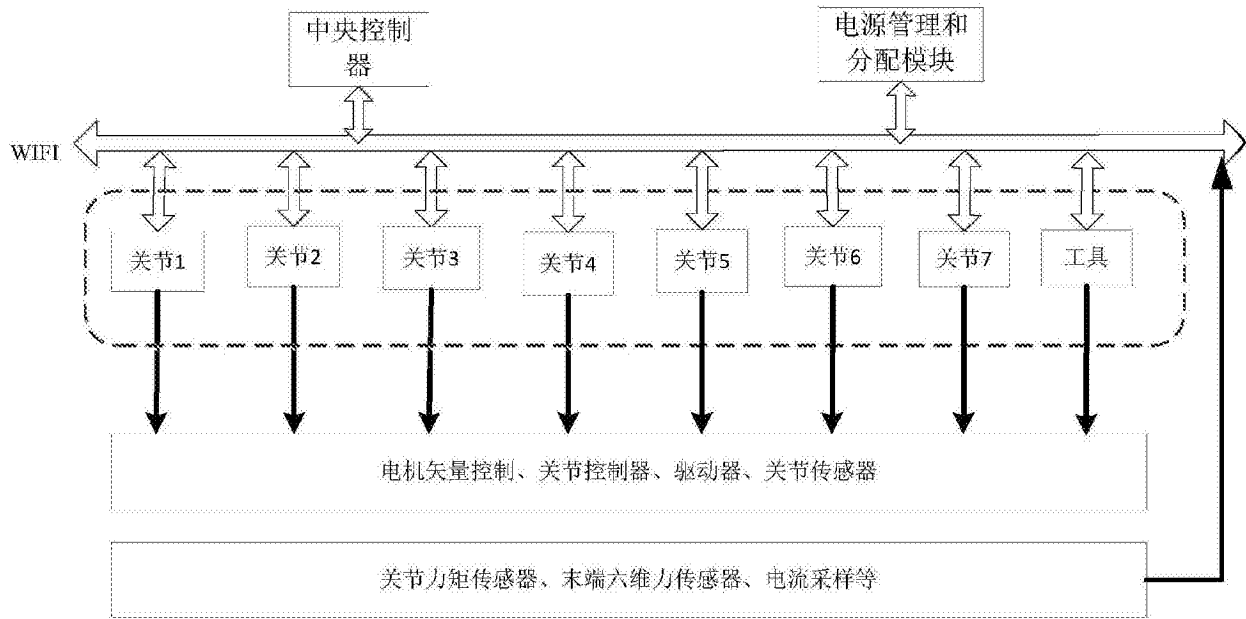


图1

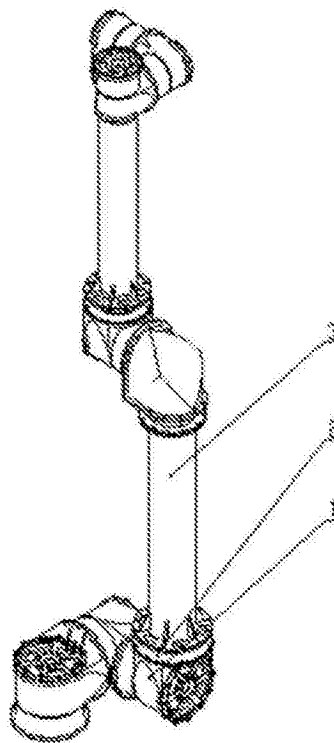


图2

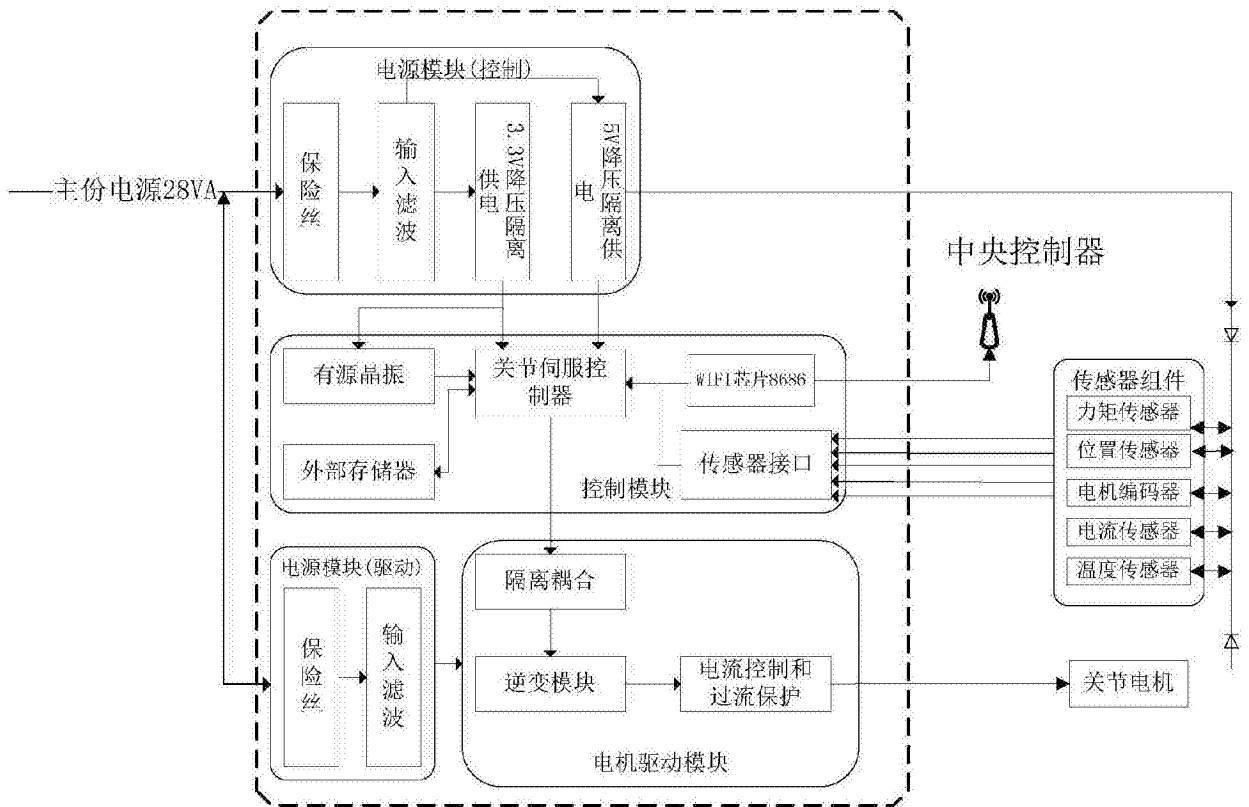


图3

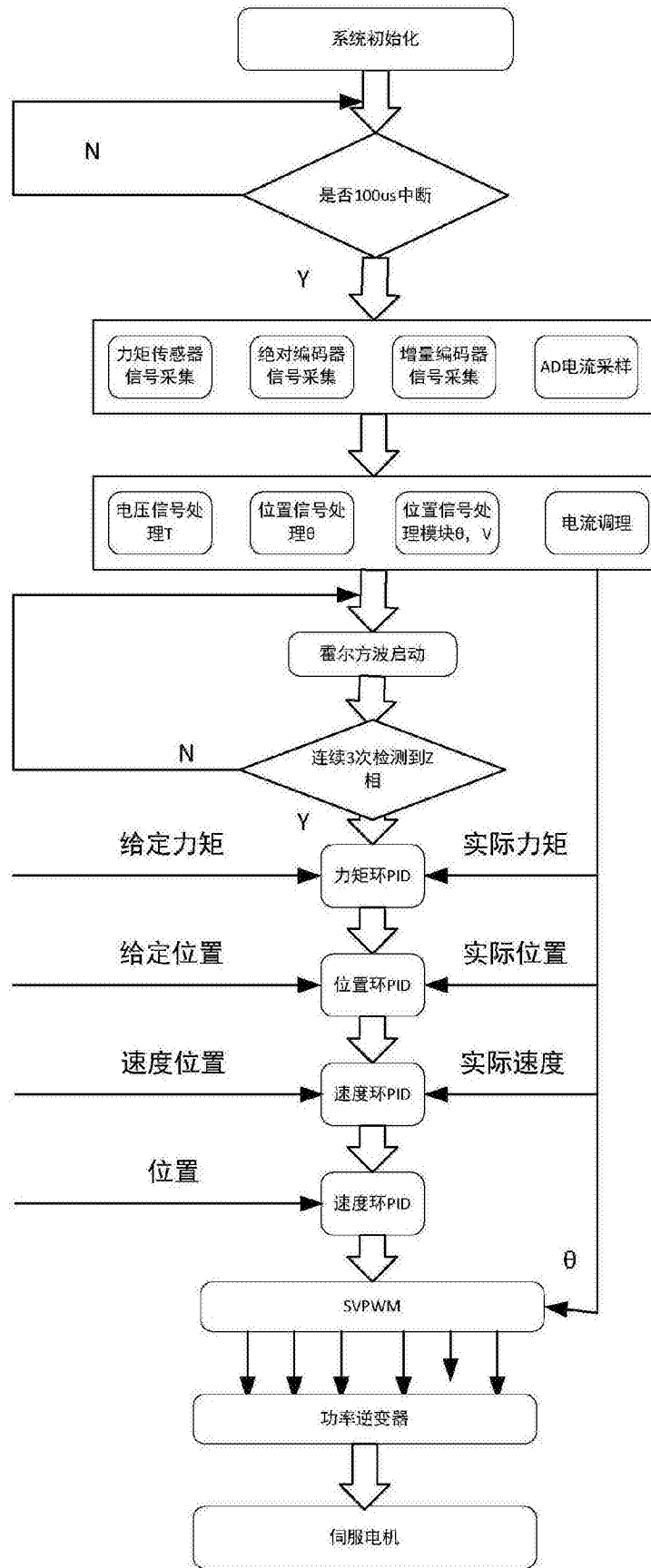


图4

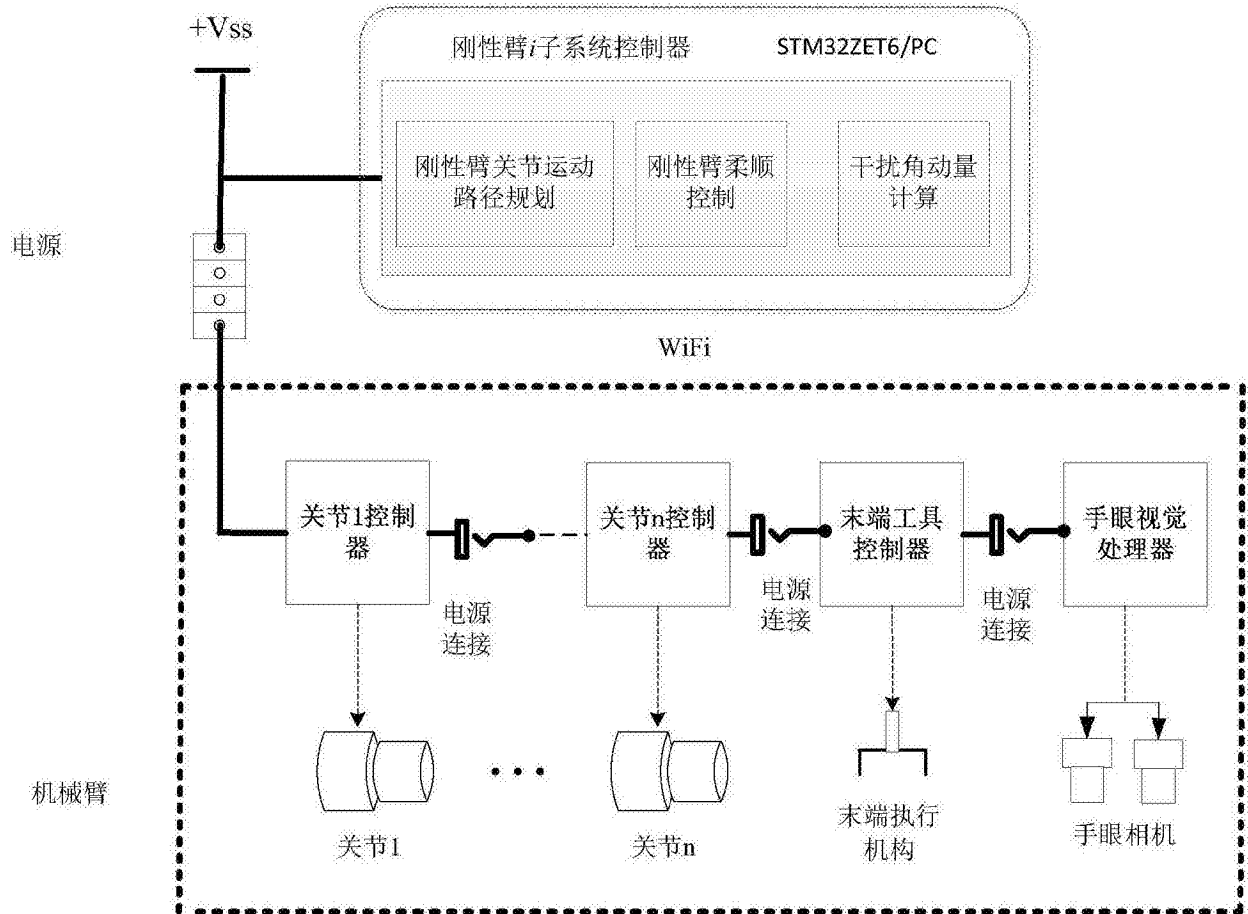


图5

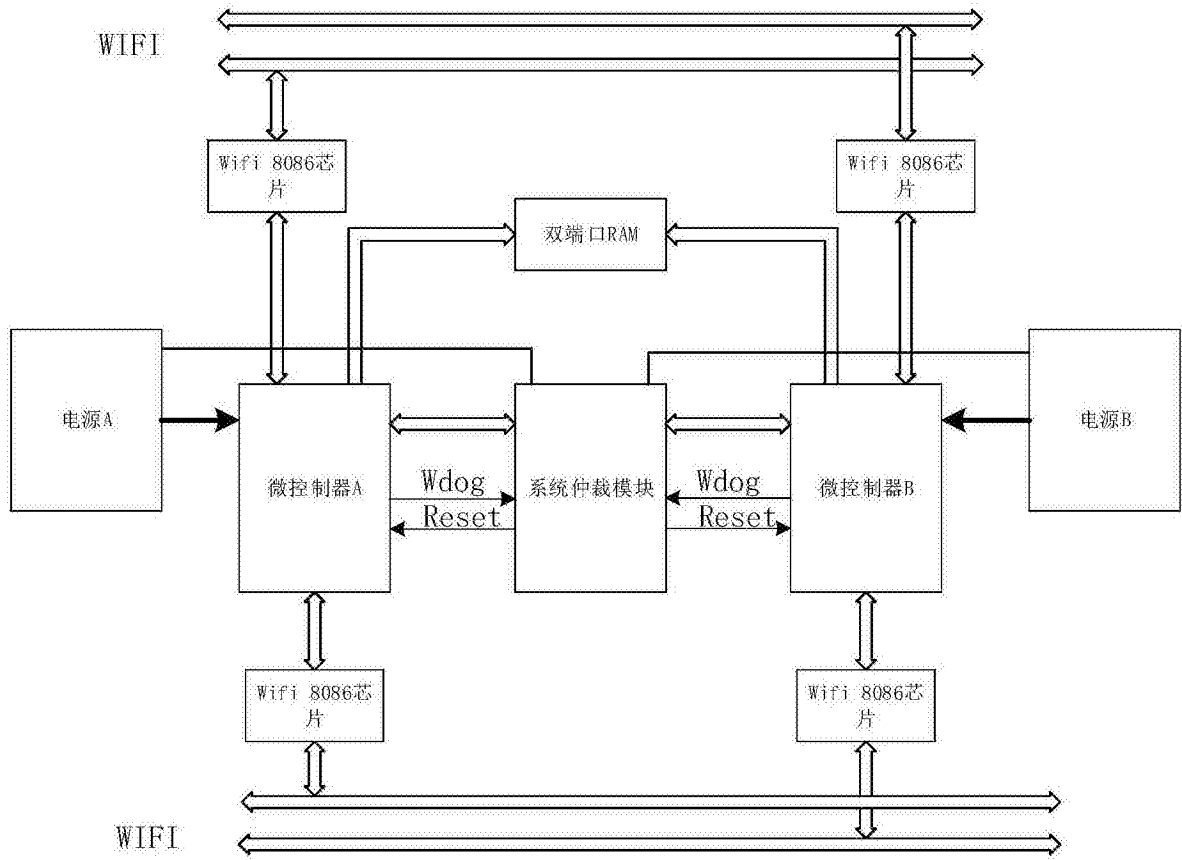


图6

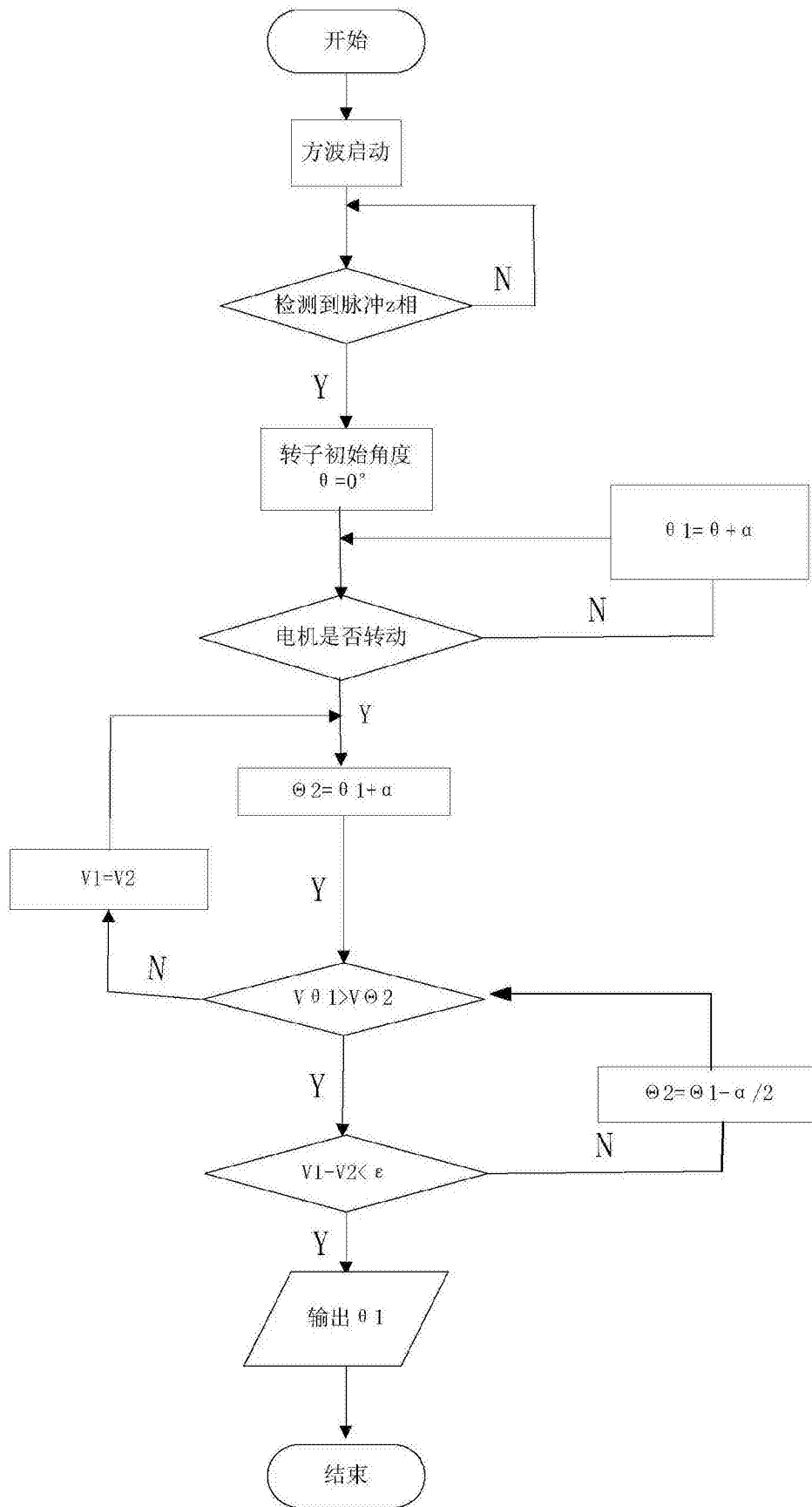


图7