

一种电力巡检机器人控制系统设计

金 坤 杨文隆 刘敦昱 王天昊
黑龙江哈尔滨市 哈尔滨华德学院 150025

【摘要】项目主要设计了一种电力巡检机器人的运动控制系统，对电力巡检机器人的运动控制系统做整体的研究，采用了STM32单片机作为主控制器，步进电机作为执行电机，同时结合通信模块与校准电路实现开关柜巡检环境下机器人水平轨道前后方向水平移动、垂直方向升降移动、检测传感器的伸缩移动，并采用了反射式红外光电开关进行前进方向的障碍判断，可有效保证机器人的安全。然后对运动控制系统硬件电路的设计和实现，和运动控制系统的软件设计，完成设计后对整个系统进行调试和功能优化，最终通过测试判断是否达到设计要求。

【关键词】STM32 单片机；步进电机；通信模块；红外光电开关

1. 引言

我国的机器人技术具有起步晚，发展迅猛，特种行业需求量大等特点。机器人技术本身是一系列技术的结晶，包括计算机科学技术，虚拟现实技术，传感器技术，机械结构模块化，定位导航技术等。随着计算机技术的发展，高性能处理器的出现，使得机器人具有应付大规模现场事件消息的能力。在变电站设备巡检机器人的研究过程中，机器人整体的自主化程度是决定机器人自主巡检能力的关键，其自主化程度取决于机器人整体的性能，包括自主导航定位系统，智能控制系统，通信系统等。只有在机器人系统之间相互无间歇配合的前提下，机器人才能实现自主化设备巡检，保证变电站的无人值守化的安全性和可靠性。本设计是在市场上现有的电力巡检机器人基础上展开的，主要研究电力巡检机器人控制系统的设计与实现方式，使巡检机器人具有自主完成巡检任务的能力，实现无人值守化。

2. 硬件设计

巡检机器人的设计采用面向对象的方式，在设计过程中需要能够抽象的模型。本设计包含了模式系统、地图系统、任务管理、运动系统、传感器系统、电源系统、通信系统，上述系统由响应的硬件和控制软件共同组成机器人本体，机器人提供三种功能接口，手动控制接口、自动任务接口和自动充电接口，三种功能接口保证巡检机器人能够完整可持续的完成变电站巡检的任务。

2.1 模式系统

由巡检机器人整体定义可知，机器人在变电站服役期间，其工作状态有四种，空闲模式，手控模式，任务模式和充电模式。模式的切换是一种内部数据描述的瞬间变换，但并实际过程可能需要时间，比如进入充电模式需要机器人返回充电房，但返回的过程需要时间，因此在返回的过程中就定义为充电模式，但实际上并未开始充电，这样的定义是为了内部控制的明确，而外部给使用者提示的指示灯则按照

另外一种信息系统给予提示，模式之间转换条件示意图，如图1所示：

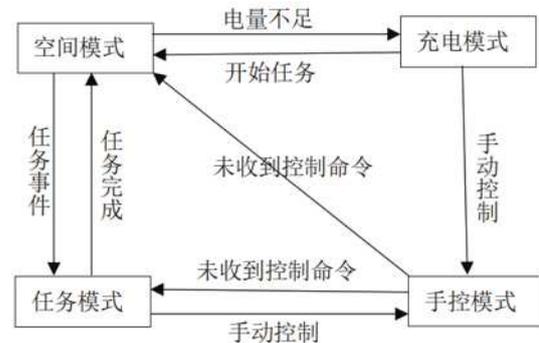


图1 转换条件示意图

2.2 通讯模型设计

机器人本体作为服务器端，远程操控系统作为客户端，服务器端负责监听与管理客户端的连接请求。

客户端/服务器模型主要有迭代式服务器和并发型服务器两种。迭代式服务器模型的一个缺点是在同一个时刻只能处理一个客户的请求，不能支持多任务请求的处理，实时性差。并发型服务器的工作流程如下：（1）创建主服务器，等待未知客户端请求的到来；（2）为客户端创建一个新的服务器并与其建立连接。这个新生成的服务器被称之为从服务器，创建的从服务器常用的方法是建立一个新的进程或线程。从服务器处理客户端的请求，并对其做出相应。当任务结束后，会自动销毁这个从服务器；（3）返回步骤（1）等待下一个客户端的请求。并发型服务器可以同时与多个客户端建立连接，实时性强，缺点是在高并发的情况下，对计算机的资源消耗大。

2.3 地图系统

GPS系统的功能在此不适用，因此根据实际需求，选择独立定位系统，即在机器人本体上安装计程器，统计其里程。再根据其行进过程中转向等信息判断出机器人的位置。由于独立定位系统通常具有积累误差，这样的积累误差可能是因为轮打滑，外轮的摩擦导致轮子外径大小变化或者人为

的一些因素。因而进行一系列的测试，通过模拟测试发现采用计程器计数的统计方式会随着行进的时间出现较大误差，因此需要在变电站路面铺设校正传感器，使机器人本体能够修正累积误差且综合计成器信息，能够得到其在变电站巡检轨道上的具体位置。因而使用以连续的外部传感器作为导向的依据。设计以磁轨传感器为路径控制模型，采用闭环正反馈控制算法控制机器人前进方向，闭环控制流程图如图 2 所示：

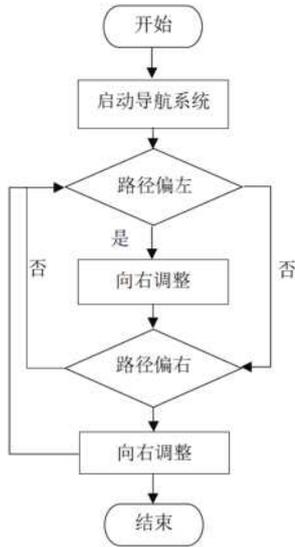


图 2 闭环控制流程图

2.4 任务模板设计

巡检机器人核心的价值即是自主巡检，而要完成自主巡检的功能则需要一种能描述其自主巡检过程的数据结构，这边是任务模块产生的原因。任务模块是对实现自主巡检这一功能所有子数据结构的包含，其中囊括的数据结构由任务，任务节点，执行节点，任务管理。机器人巡检的过程以任务节点为单位，将任务节点转化为多个动作对象，如巡检目标点 X，那么将此任务节点转化为基本动作如前进，转弯，云台调整，相机或热成像仪调整，识别分析等过程，整套动作的完成被定义为此任务节点的完成，如中途被打断，删除所有动作。

由任务模块定义可知，整个任务执行的过程被描述为初始化，状态检查，设备巡检，数据上传，返回充电，其中设备巡检是任务的核心步骤。机器人巡检任务的基本单位是任务节点，具体到实现则是某个待巡检的设备仪表，通过分析可知，在任意初始状态下，机器人欲巡检某待巡检设备仪表的步骤固定，都是按照预置位，搜索行走路径，启动行走并移动至目标位置，巡检等等动作，并判断是否还有下一个节点，如果有则重复上述步骤，如果没有，则启动返回充电流程并在模式设置中结束任务模式，回到空闲模式或者充电模式。其过程的描述示意图如图 3 所示：

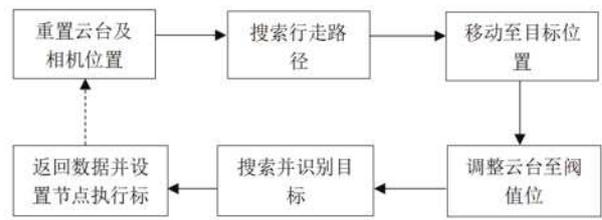


图 3 任务执行流程

虚线表示如果任务未完成则继续图中步骤巡检下一任务节点，而完成后的过程在此不做详述，巡检机器人内部将完成后返回充电的过程定义为空闲模式，但实际内部调用的却是任务模块的内容实现的。以上步骤中，云台初始位置，云台相机阈值位，目标识别算法则分别固定于云台本体，任务节点描述信息，和 DVS 视觉服务器中，因此在任务节点的描述信息中，只需加入该待巡检设备在地图数据结构中描述的位置、云台三维位置、识别完成标志和待巡检设备的视觉分析 ID。

2.5 传感器系统

红外光电开关非破坏性检查红外调制光电传感器的一种。具有同轴反射型和反反射型的工作模式，交流和直流电源。带反射器的红外线反射型红外光电开关，将使用和安装非常方便的收发合并起来。这个采用继电器输出，有各种各样的动作电压。生成什么样的光电开关是开关信号，并且需要处理以由计算机接收。反射式红外光电开关进行前进方向的障碍判断，可有效保证机器人的安全。

3. 控制系统的软件设计

运动控制模块会改变机器人在水平轨道上前后方向水平移动、垂直方向升降移动。当系统开始工作是，按照系统发出的命令改变运动状态。在运动状态系统中会优先进行停止状态，然后进行其他状态。在系统收到停止信号后，就不再进行所有当前行为，保持在原来的位置等候新的命令，系统流程图如图 4 所示。

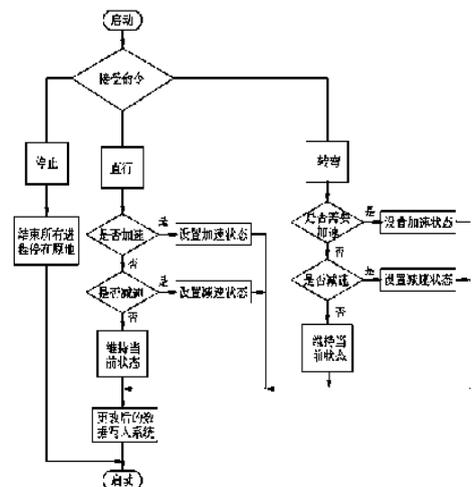


图 4 系统流程图

4. 结论

本设计首先分析变电站无人值守情况下要求巡检机器人具备什么样的功能,根据这些功能提出经济适用,合理的机器人整体设计。根据整体设计方案细化各个子模块的硬件软件模块设计,包括实现方式,提供的接口,软件模型,执行流程等。在对四轮驱动式机器人运动模型进行研究,建立巡检机器人运动学模型,在数学模型的基础上设计了巡检机器人行走以及转弯的方式。

本课题所做的上述工作中,仍然存在不足有待改进之处。定位导航模块附加设施过多,且随着机械磨损,外胎磨损,导致一些随时间积累而产生的误差使机器人在实际使用中维护成本偏高。良好的散热机械体和合理的定位导航系统都是今后该巡检机器人需要继续研究的方向。

【参考文献】

- [1] 孙国凯,韩刚. 变电站巡检方式对比及其智能巡检机器人的研究与设计 [J] 电器时代, 2008
- [2] 赫国华,谭民. 移动机器人的发展现状及其趋势叨. 机器人技术与应用, 2001
- [3] 百度百科. 机器人, <http://baike.baidu.com/view/2788.hun>
- [4] 基于嵌入式 Linux 变电站巡检机器人控制系统的应用 [J]. 传感器与微系统, 2009
- [5] 基于嵌入式系统的智能巡检机器人研制 [D]. 中国石油大学, 2010
- [6] 百度百科. 数传电台, <http://baike.baidu.com/view/668427.hma>

基金项目:《2020年黑龙江省大学生创新创业训练计划项目》——一种电力巡检机器人控制系统设计,项目编号为 202013307026