



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105425791 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201510750371. 6

(22) 申请日 2015. 11. 06

(71) 申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122 号

(72) 发明人 李文锋 胡心韵 杨世锋 窦军
韩洋

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 王丹

(51) Int. Cl.

G05D 1/02(2006. 01)

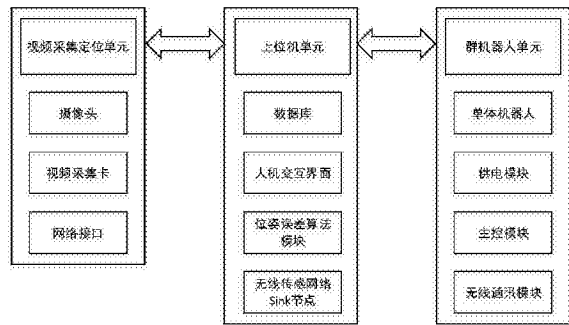
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于视觉定位的群机器人控制系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于视觉定位的群机器人控制系统及方法,该系统包括视频采集定位单元、上位机单元和群机器人单元;视频采集定位单元用于采集群机器人单元运动范围内的图像,建立坐标系,识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息并发送上位机单元;上位机单元实时生成修正机器人运动姿态的控制信息,并将该控制信息通过无线传感网络发送给机器人;群机器人单元,由多个单体机器人组成,接收并解析控制信息,并调整行走策略,完成路径轨迹的跟随控制及群体调度任务。本发明能够通过视觉定位技术对群机器人的运动状态进行准确的协调控制,能够简便、快速的完成个体任务和群体任务的执行。



1. 一种基于视觉定位的群机器人控制系统,其特征在於,包括视频采集定位单元、上位机单元和群机器人单元;

所述视频采集定位单元,用于采集群机器人单元运动范围内的图像,根据该运动范围建立坐标系,识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息,包括机器人的坐标信息和姿态角信息,并通过网络接口将该位姿信息发送给所述上位机单元;

所述上位机单元,根据接收到的机器人的位姿信息,实时计算机器人当前坐标信息与目标点坐标的误差,根据误差生成修正机器人运动姿态的控制信息,并将该控制信息通过无线传感网络发送给机器人;

所述群机器人单元,由多个单体机器人组成,每个单体机器人接收并解析来自所述上位机单元的控制信息,并调整行走策略,完成路径轨迹的跟随控制及群体调度任务。

2. 根据权利要求 1 所述的基于视觉定位的群机器人控制系统,其特征在於,所述视频采集定位单元包括:

多个摄像头;

对采集到的图像进行处理的视频采集卡;

将处理后的图像发送给上位机单元的网络接口。

3. 根据权利要求 1 所述的基于视觉定位的群机器人控制系统,其特征在於,所述上位机单元包括:

存储机器人位姿信息和路径文件的数据库;

对机器人编队信息、路径信息进行输入,并显示机器人移动控制信息的人机交互界面;

对机器人行进中的位姿信息进行计算得到位姿误差的位姿误差算法模块;

向机器人发送控制信息的无线传感网络 Sink 节点。

4. 根据权利要求 1 所述的基于视觉定位的群机器人控制系统,其特征在於,所述群机器人单元中的单体机器人包括:

为机器人提供动力的供电模块;

解析控制信息并控制机器人行进的主控模块;

与所述上位机单元进行通信的无线通讯模块。

5. 根据权利要求 4 所述的基于视觉定位的群机器人控制系统,其特征在於,所述主控模块采用 AVR Atmega32 芯片。

6. 根据权利要求 4 所述的基于视觉定位的群机器人控制系统,其特征在於,所述无线通讯模块采用 Zigbee 的通讯方式。

7. 一种基于视觉定位的群机器人控制方法,其特征在於,包括以下步骤:

S1、视频采集定位单元采集群机器人单元的运动范围内的图像,根据该运动范围建立坐标系,识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息,包括机器人的坐标信息和姿态角信息,并通过网络接口将该位姿信息发送给上位机单元;

S2、上位机单元根据位姿误差算法生成控制信息,具体步骤为:

S21、上位机单元读取路径文件,按照机器人编号将每个机器人的路径轨迹存入链表数据结构中,该路径文件包括机器人的路径轨迹、目标点坐标和路径阶段信息;

S22、根据每个机器人当前的位姿信息和 S21 中的路径轨迹,实时计算机器人姿态角与

路径轨迹方向的偏差,记为姿态误差;并实时计算当前坐标信息与目标点坐标的距离,记作位置误差;

S23、将姿态误差和位置误差作为模糊控制算法的输入,生成每个机器人运动状态调整的控制信息;

S24、判断每个机器人是否完成当前路径阶段,若未完成,则持续进行反馈修正;若已完成,则进入下一路径阶段;

S3、对群机器人中的所有编号机器人的参数设置和目标点坐标进行遍历引导,完成对群机器人的控制协作。

8. 根据权利要求7所述的基于视觉定位的群机器人控制方法,其特征在于,步骤S1中获取机器人位姿信息的具体方法为:

S11、对视频采集定位模块覆盖的区域进行坐标标定,通过灰度检测算法对机器人的标签进行识别,以此确定每个机器人的坐标信息;

S12、对机器人的轮廓进行标定,通过ICP匹配算法对移动的机器人目标进行匹配,通过动态匹配轮廓算法计算机器人的姿态角信息。

9. 根据权利要求7所述的基于视觉定位的群机器人控制方法,其特征在于,步骤S23中对机器人的模糊控制方法具体为:

控制机器人两轮速度差进行控制,在调整大角度误差时采取大速率调整,在调整小角度误差时采取小速率调整;

角度误差调整进入缓冲区域时,进一步的减小调整速率,对速率较大的车轮施加轻微刹车;

角度误差调整接近零时,将两轮的速率调整至同一数值。

10. 根据权利要求9所述的基于视觉定位的群机器人控制方法,其特征在于,步骤S23中对机器人运动状态进行控制的控制方程为:

$$\begin{bmatrix} x_p(k+1) \\ y_p(k+1) \\ \theta_p(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_p(k) \\ y_p(k) \\ \theta_p(k) \end{bmatrix} + \Delta T \begin{bmatrix} \cos \theta_p(k) & 0 \\ \sin \theta_p(k) & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} v_p(k) \\ w_p(k) \end{bmatrix}$$

其中, $[x_p(k+1) \ y_p(k+1) \ \theta_p(k+1)]$ 为反馈调整状态变化, $[x_p(k) \ y_p(k) \ \theta_p(k)]$ 为调整前移动机器人位姿状态, $[v_p(k) \ w_p(k)]$ 为移动机器人的速度变化向量, ΔT 为时间间隔。

一种基于视觉定位的群机器人控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人智能控制领域,尤其涉及一种基于视觉定位的群机器人控制系统及方法。

背景技术

[0002] 随着电子信息技术的飞速发展,机器人在社会生产和科学研究中得到了十分广泛的应用。工业生产和军事应用也对机器人提出了更高的要求。传统的单机器人在面对复杂任务,动态变化环境下的信息处理控制方面能力尤显不足。因此,考虑用多个结构相同的单一机器人组成群机器人系统,提升机器人在信息处理,协同作业方面的能力,并通过协同控制来提升机器人运行的效率,完成单个机器人无法或者难以完成的任务。

[0003] 群机器人控制需要解决两个关键问题,首先是群机器人在个体协助执行整体任务的过程中需要实时的获取自身的位姿信息以及周围一定范围内的机器人状态信息,其次是群体机器人在已知位姿信息的情况下通过控制器的协同控制策略完成控制任务的执行。传统机器人定位主要是通过传感器对周围环境的感知,对多种传感器进行数据去噪融合,并通过算法解算出机器人的实时位姿。这种方法在群机器人控制中存在着实时性较差、鲁棒性弱、应用难度大等缺点。因此,设计一种基于视觉定位的群机器人控制系统有重要的意义。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于针对现有技术中采用传感器对机器人进行定位及位姿判断的实时性较差、准确度不高且应用难度较大的缺陷,提供一种通过视觉定位技术对机器人的位姿信息进行判断,并控制群机器人协调工作的基于视觉定位的群机器人控制系统及方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0006] 本发明提供一种基于视觉定位的群机器人控制系统,包括视频采集定位单元、上位机单元和群机器人单元;

[0007] 所述视频采集定位单元,用于采集群机器人单元运动范围内的图像,根据该运动范围建立坐标系,识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息,包括机器人的坐标信息和姿态角信息,并通过网络接口将该位姿信息发送给所述上位机单元;

[0008] 所述上位机单元,根据接收到的机器人的位姿信息,实时计算机器人当前坐标信息与目标点坐标的误差,根据误差生成修正机器人运动姿态的控制信息,并将该控制信息通过无线传感网络发送给机器人;

[0009] 所述群机器人单元,由多个单体机器人组成,每个单体机器人接收并解析来自所述上位机单元的控制信息,并调整行走策略,完成路径轨迹的跟随控制及群体调度任务。

[0010] 所述视频采集定位单元包括:

[0011] 多个摄像头;

[0012] 对采集到的图像进行处理的视频采集卡;

- [0013] 将处理后的图像发送给上位机单元的网络接口。
- [0014] 所述上位机单元包括：
- [0015] 存储机器人位姿信息和路径文件的数据库；
- [0016] 对机器人编队信息、路径信息进行输入，并显示机器人移动控制信息的人机交互界面；
- [0017] 对机器人行进中的位姿信息进行计算得到位姿误差的位姿误差算法模块；
- [0018] 向机器人发送控制信息的无线传感网络 Sink 节点。
- [0019] 所述群机器人单元中的单体机器人包括：
- [0020] 为机器人提供动力的供电模块；
- [0021] 解析控制信息并控制机器人行进的主控模块；
- [0022] 与所述上位机单元进行通信的无线通讯模块。
- [0023] 所述主控模块采用 AVR Atmega32 芯片。
- [0024] 所述无线通讯模块采用 Zigbee 的通讯方式。
- [0025] 本发明提供一种基于视觉定位的群机器人控制方法，包括以下步骤：
- [0026] S1、视频采集定位单元采集群机器人单元的运动范围内的图像，根据该运动范围建立坐标系，识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息，包括机器人的坐标信息和姿态角信息，并通过网络接口将该位姿信息发送给上位机单元；
- [0027] S2、上位机单元根据位姿误差算法生成控制信息，具体步骤为：
- [0028] S21、上位机单元读取路径文件，按照机器人编号将每个机器人的路径轨迹存入链表数据结构中，该路径文件包括机器人的路径轨迹、目标点坐标和路径阶段信息；
- [0029] S22、根据每个机器人当前的位姿信息和 S21 中的路径轨迹，实时计算机器人姿态角与路径轨迹方向的偏差，记为姿态误差；并实时计算当前坐标信息与目标点坐标的距离，记作位置误差；
- [0030] S23、将姿态误差和位置误差作为模糊控制算法的输入，生成每个机器人运动状态调整的控制信息；
- [0031] S24、判断每个机器人是否完成当前路径阶段，若未完成，则持续进行反馈修正；若已完成，则进入下一路径阶段；
- [0032] S3、对群机器人中的所有编号机器人的参数设置和目标点坐标进行遍历引导，完成对群机器人的控制协作。
- [0033] 步骤 S1 中获取机器人位姿信息的具体方法为：
- [0034] S11、对视频采集定位模块覆盖的区域进行坐标标定，通过灰度检测算法对机器人的标签进行识别，以此确定每个机器人的坐标信息；
- [0035] S12、对机器人的轮廓进行标定，通过 ICP 匹配算法对移动的机器人目标进行匹配，通过动态匹配轮廓算法计算机器人的姿态角信息。
- [0036] 步骤 S23 中对机器人的模糊控制方法具体为：
- [0037] 控制机器人两轮速度差进行控制，在调整大角度误差时采取大速率调整，在调整小角度误差时采取小速率调整；
- [0038] 角度误差调整进入缓冲区域时，进一步的减小调整速率，对速率较大的车轮施加轻微刹车；

[0039] 角度误差调整接近零时,将两轮的速率调整至同一数值。

[0040] 步骤 S23 中对机器人运动状态进行控制的控制方程为:

$$[0041] \begin{bmatrix} x_p(k+1) \\ y_p(k+1) \\ \theta_p(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_p(k) \\ y_p(k) \\ \theta_p(k) \end{bmatrix} + \Delta T \begin{bmatrix} \cos \theta_p(k) & 0 \\ \sin \theta_p(k) & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} v_p(k) \\ w_p(k) \end{bmatrix}$$

[0042] 其中, $[x_p(k+1) \ y_p(k+1) \ \theta_p(k+1)]$ 为反馈调整状态变化, $[x_p(k) \ y_p(k) \ \theta_p(k)]$ 为调整前移动机器人位姿状态, $[v_p(k) \ w_p(k)]$ 为移动机器人的速度变化向量, ΔT 为时间间隔。

[0043] 本发明产生的有益效果是:本发明的基于视觉定位的群机器人控制系统,通过视觉定位技术对群机器人的位姿信息进行判断,并控制机器人的运动状态,降低了个体机器人对自身传感器设备的依赖程度,且由主控计算机通过链表完成任务分配和指令操作,保证了多个机器人协同控制运行同时也提高了单个机器人个体作业能力;

[0044] 通过高频率反馈控制与模糊控制策略提高了系统的运行精度,降低了执行复杂度,保证在视觉数据持续有效的情况下简便、快速的完成个体任务和群体任务的执行;

[0045] 使用快速有效的无线组网方式,在机器人群体中添加新个体能迅速完成群体匹配与任务分配,便于提高系统整体运行效率。

附图说明

[0046] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0047] 图 1 是本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制系统的结构框图;

[0048] 图 2 是本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制方法的流程图;

[0049] 图 3 是本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制方法的详细流程框图;

[0050] 图 4 是本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制方法的视觉定位模块识别定位流程图;

[0051] 图 5 是本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制系统的机器人的结构框图;

[0052] 图 6 是本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制系统的无线通讯模块的结构示意图。

具体实施方式

[0053] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0054] 如图 1 所示,本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制系统,包括视频采集定位单元、上位机单元和群机器人单元;

[0055] 视频采集定位单元,用于采集群机器人单元运动范围内的图像,根据该运动范围建立坐标系,识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息,包括机器人的坐标信息和姿态角信息,并通过网络接口将该位姿信息发送给上位机单元;

[0056] 视频采集定位单元包括:多个摄像头;对采集到的图像进行处理的视频采集卡;将处理后的图像发送给上位机单元的网络接口。

[0057] 上位机单元,根据接收到的机器人的位姿信息,实时计算机器人当前坐标信息与目标点坐标的误差,根据误差生成修正机器人运动姿态的控制信息,并将该控制信息通过无线传感网络发送给机器人;

[0058] 上位机单元包括:存储机器人位姿信息和路径文件的数据库;对机器人编队信息、路径信息进行输入,并显示机器人移动控制信息的人机交互界面;对机器人行进中的位姿信息进行计算得到位姿误差的位姿误差算法模块;向机器人发送控制信息的无线传感网络 Sink 节点。

[0059] 群机器人单元,由多个单体机器人组成,每个单体机器人接收并解析来自所述上位机单元的控制信息,并调整行走策略,完成路径轨迹的跟随控制及群体调度任务。

[0060] 群机器人单元中的单体机器人包括:为机器人提供动力的供电模块;解析控制信息并控制机器人行进的主控模块,该主控模块采用 AVR Atmega32 芯片;与上位机单元进行通信的无线通讯模块,该无线通讯模块采用 Zigbee 的通讯方式。

[0061] 如图 2 所示,本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制方法用于实现本发明实施例的基于视觉定位的群机器人控制系统,包括以下步骤:

[0062] S1、视频采集定位单元采集群机器人单元的运动范围内的图像,根据该运动范围建立坐标系,识别群机器人单元中每个机器人的位姿信息,包括机器人的坐标信息和姿态角信息,并通过网络接口将该位姿信息发送给上位机单元;

[0063] S11、对视频采集定位模块覆盖的区域进行坐标标定,通过灰度检测算法对机器人的标签进行识别,以此确定每个机器人的坐标信息;

[0064] S12、对机器人的轮廓进行标定,通过 ICP 匹配算法对移动的机器人目标进行匹配,通过动态匹配轮廓算法计算机器人的姿态角信息;

[0065] S2、上位机单元根据位姿误差算法生成控制信息,具体步骤为:

[0066] S21、上位机单元读取路径文件,按照机器人编号将每个机器人的路径轨迹存入链表数据结构中,该路径文件包括机器人的路径轨迹、目标点坐标和路径阶段信息;

[0067] S22、根据每个机器人当前的位姿信息和 S21 中的路径轨迹,实时计算机器人姿态角与路径轨迹方向的偏差,记为姿态误差;并实时计算当前坐标信息与目标点坐标的距离,记作位置误差;

[0068] S23、将姿态误差和位置误差作为模糊控制算法的输入,生成每个机器人运动状态调整的控制信息;对机器人的模糊控制方法具体为:

[0069] 控制机器人两轮速度差进行控制,在调整大角度误差时采取大速率调整,在调整小角度误差时采取小速率调整;

[0070] 角度误差调整进入缓冲区域时,进一步的减小调整速率,对速率较大的车轮施加轻微刹车;

[0071] 角度误差调整接近零时,将两轮的速率调整至同一数值;

[0072] 对机器人运动状态进行控制的控制方程为:

$$[0073] \begin{bmatrix} x_p(k+1) \\ y_p(k+1) \\ \theta_p(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_p(k) \\ y_p(k) \\ \theta_p(k) \end{bmatrix} + \Delta T \begin{bmatrix} \cos \theta_p(k) & 0 \\ \sin \theta_p(k) & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} v_p(k) \\ w_p(k) \end{bmatrix}$$

[0074] 其中, $[x_p(k+1) \ y_p(k+1) \ \theta_p(k+1)]$ 为反馈调整状态变化, $[x_p(k) \ y_p(k) \ \theta_p(k)]$

为调整前移动机器人位姿状态, $[v_p(k) \quad w_p(k)]$ 为移动机器人的速度变化向量, ΔT 为时间间隔。

[0075] S24、判断每个机器人是否完成当前路径阶段,若未完成,则持续进行反馈修正;若已完成,则进入下一路径阶段;

[0076] S3、对群机器人中的所有编号机器人的参数设置和目标点坐标进行遍历引导,完成对群机器人的控制协作。

[0077] 在本发明的另一个实施例中,如图3所示,摄像头首先采集实时视频信息,通过识别个体机器人标签进行位姿定位,上位机获取个体机器人实时位姿信息以及个体机器人的路径编队信息后,根据位姿误差算法生成决策指令。通讯模块使多个机器人组成无线传感网络,接收上位机点对点传输的指令信息,通过微控制器解析实现个体机器人实时控制。系统采用集中式计算布局,实现单个机器人的启动、停止、加减速以及路径跟随可靠性较好,在执行多个机器人路径规划控制精确度高。

[0078] 进一步的,视频识别定位模块可采用若干高清摄像头覆盖群机器人运动范围,通过摄像头标定机器人运动范围坐标系。摄像头模块通过识别机器人标签确定其位姿参数,具体通过摄像头感知标签及环境灰度值差异以及个体机器人本身轮廓进行识别定位,得到相应移动机器人的位姿信息并通过网口输入控制计算机数据库中。

[0079] 如图4所示,视频模块感知个体机器人位姿具体流程为:对摄像头覆盖的区域进行坐标标定,以确定实际区域与摄像头图像映射关系,处理视频数据流,通过灰度检测算法对机器人个体标签进行识别以此确定单个机器人的坐标位置。识别个体机器人姿态角需要对个体机器人轮廓进行标定,并通过ICP匹配算法对移动的机器人目标进行匹配,通过动态匹配轮廓计算个体机器人姿态角,最终将位姿信息 x 、 y 、 θ 写入上位机数据库中。

[0080] 上位机用于读取群机器人路径文件,并按照个体机器人编号将分解路径存入链表数据结构,通过摄像头模块数据库接口获取相应机器人的位姿信息。依据控制计算机位姿误差算法,实时姿态与行进方位角偏差为姿态误差;目标点与当前坐标距离为位置误差。依据移动机器人模糊控制策略,采取不同角度偏差调整策略,主要通过控制移动机器人两轮速度差进行控制,为了避免角度偏差过大,在调整大角度误差时应采取大速率调整;当角度偏差减小到一个较小数值时,在调整小角度误差时应采取小速率调整;角度偏差调整进入缓冲区域时,调整速率应当进一步减小,对差速中较大的驱动轮施加轻微刹车;角度偏差几乎要调整到极小值时,此时应当调整两轮速度至同一值,依靠惯性进行调整。同时在机器人逼近目标点过程中适当减速。其串口与无线传感网络Sink节点连接,以点对点的传输方式将指令发送至个体移动机器人。

[0081] 如图5所示,移动机器人包括外壳、供电模块、主控模块、无线通讯模块、驱动模块以及LED指示灯。供电模块由一组可重复充电锂电池组以及稳压电路构成。由个体移动机器人主控芯片采用AVR Atmega32芯片。ATmega32拥有先进的RISC架构,可执行多达131条工作指令,提供8路10位ADC,四通道PWM与32个可编程I/O接口,在保证低功耗的同时,具有强大的运算性能,在执行行进策略过程中,主控器控制I/O口高低电平输出控制LED指示灯点亮或者熄灭,表明此时个体移动机器人的行进状态。

[0082] 如图6所示,本发明实施例的无线通信模块采用Zigbee通信方式,所选型号为DRF1607H。ZigBee技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通

信技术,主要适合于自动控制和远程控制领域,可以嵌入各种设备中,同时支持地理定位功能。相对于现有的各种无线通信技术,ZigBee 技术最低功耗和成本的技术,这些特点决定了在本专利中采用 ZigBee 组网是非常合适的。ZigBee 在室内通常能达到 30-50 米的作用距离,完全满足要求,Zigbee 模块与主控芯片的串口针脚相连。

[0083] 驱动电机采用步进电机,型号为 35BY48L061B-03。步进电机作为一种专门用于位置和速度精确控制的特种电机,最大特点是其“数字性”,对于控制器发过来的每一个脉冲信号,步进电机在其驱动器的推动下运转一个固定角度。如接收到一串脉冲步进电机将连续运转一段相应距离。同时可通过控制脉冲频率,直接对电机转速进行控制。由于步进电机工作原理易学易用,成本低(相对于伺服)、电机和驱动器不易损坏,适合于本实施例的个体机器人驱动器控制。

[0084] 本实施例中的步进电机采用 BA6845FS 驱动芯片进行驱动。BA6845FS 驱动芯片最大输出电流达到 1A,拥有三种输出模式:前进,后退,节能。该集成电路拥有低的饱和电压,能以较低电压驱动电机。

[0085] 本实施例的控制方法具体步骤为:视觉定位通过标签识别获取个体机器人位姿;对视觉定位坐标系与机器人运动坐标系进行修正;将个体机器人路径轨迹按照个体机器人编号存储路径链表中;依据当前个体机器人位姿与路径轨迹计算机器人偏角误差及位置变化;以位姿误差作为模糊控制器输入,模糊控制规则解模糊输出个体机器人运动调整策略;判断个体机器人是否完成指定段路径跟随,是则进入下一段路径轨迹,否则持续进行反馈修正;通过持续的模糊控制策略反馈,使得个体机器人逐渐逼近既定路径轨迹,从而使得机器人运动轨迹与所给目标轨迹趋于一致,最终达到路径跟随的效果;通过主控计算机对路径列表编号机器人的参数设置以及目标节点遍历引导,完成对多个机器人的控制协作。

[0086] 其中,位置连续变化状态方程为:

$$[0087] \begin{bmatrix} x_p(k+1) \\ y_p(k+1) \\ \theta_p(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_p(k) \\ y_p(k) \\ \theta_p(k) \end{bmatrix} + \Delta T \begin{bmatrix} \cos \theta_p(k) & 0 \\ \sin \theta_p(k) & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} v_p(k) \\ w_p(k) \end{bmatrix}$$

[0088] 其中, $[x_p(k+1) \ y_p(k+1) \ \theta_p(k+1)]$ 为反馈调整状态变化, $[x_p(k) \ y_p(k) \ \theta_p(k)]$ 为调整前移动机器人位姿状态, $[v_p(k) \ w_p(k)]$ 为移动机器人的速度变化向量, ΔT 为时间间隔。

[0089] 得到的位姿误差输入模糊控制器,并得到相应的控制策略输出:

[0090] 模糊控制器首先判断朝向偏差是否过大,若是,则需要按照偏差角调整变向,否则直行,以距离偏差的 1/2 为单次行程向目标点逼近。角度偏差调整根据输入偏差隶属度去模糊化执行相应参数设置。

[0091] 取模糊控制器的输入量为机器人的角度偏差 $\Delta \theta$ 和偏角敏感度 Θ 。并取论域 U (决策方案)上的模糊子集: x_1 (大速率调整), x_2 (小速率调整), x_3 (施加轻微刹车), x_4 (惯性调整), x_5 (直行)构成标准决策模型库。输入角度偏差 $\Delta \theta$ 将其离散等级划分为 5 个模糊子集 {NB, NS, Z, PS, PB}, 偏角敏感度论域同样划分为 5 个离散模糊状态 {NB, NS, Z, PS, PB}。输出决策根据调整角度方向与标准决策模型划分为 9 个离散状态 {NB, NM, NS, NZ, Z, PZ, PS, PM, PB}。输入计算机器人偏角误差及速度误差,通过判断偏差所在论域执行模糊控制策略,基于专家经验法,确定实际调整策略相对应移动机器人左右轮步

数比。

[0092] 位置误差跟踪式为 $D = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$ ，其中 (x_0, y_0) 为移动机器人当前位置二维坐标， (x, y) 为路径链表当前目标节点二维坐标。

[0093] 角度误差计算为通过判断理想偏角与实际偏角的象限属性后按规则进行相减得到带方向属性的角度误差。

[0094] 具体实施方式为：首先用反三角函数计算出目标偏角 targetDirection，然后获取定位坐标系下实际偏角 CurrentDirection，最后通过如下伪代码获取角度误差属性值。

```
[0095]  if(目标角与实际偏角之积 >= 0) {
[0096]  误差角 = CurrentDirection - targetDirection ;
[0097]  }else {
[0098]  if(实际偏角大于 0 且 (两偏角绝对值和) <= 180) {
[0099]  误差角 = CurrentDirection - targetDirection ;
[0100]  }else if(实际偏角大于 0 且 (两偏角绝对值和) > 180) {
[0101]  误差角 = 两偏角绝对值之和 - 360 ;
[0102]  }else if(实际偏角小于 0 且 (两偏角绝对值之和) <= 180) {
[0103]  误差角 = CurrentDirection - targetDirection ;
[0104]  }else if(实际偏角小于 0 且 (两偏角绝对值之和) > 180) {
[0105]  误差角 = 360 - 两偏角绝对值之和 ;
[0106]  }
[0107]  群机器人控制路径链表将个体机器人属性值存储在属性类 StepLink 中 :
[0108]
```

```
public class StepLink {
    int RobotID;
    double X;
    double Y;
    date time;
    int turnSign;
    double speed;
```

```
[0109]
    int lightSign;
    int MoveSign;
}
```

[0110] 创建多个属性链表分别对个体机器人进行编队，按 RobotID 编号进行路径目标点分配与任务分配，对于某个机器人编队的任务由上位计算机按链表属性计算，由个体机器人控制器进行任务执行。

[0111] 本发明能够解决当前群机器人控制中存在的实时性较差,协同控制精度不高等问题。该系统综合运用摄像头定位技术,无线传感网络及模糊控制技术共同完成对群体机器人的协同控制,首先对单个机器人进行位姿定位,将多个机器人组成无线传感网络,通过上位机模块实时计算当前位姿与目标位置的误差参数,并实时发送至个体机器人实现控制。系统采用集中式计算布局,实现单个机器人的启动、停止、加减速以及路径跟随可靠性较好,在执行多个机器人路径规划控制精确度高。

[0112] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

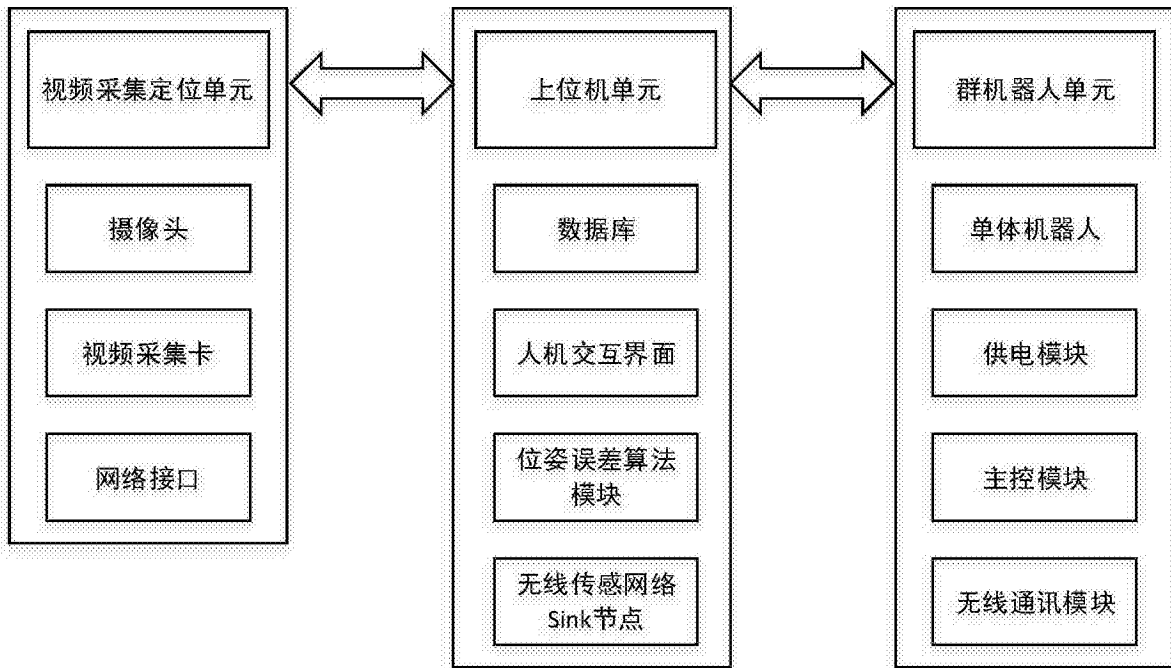


图 1

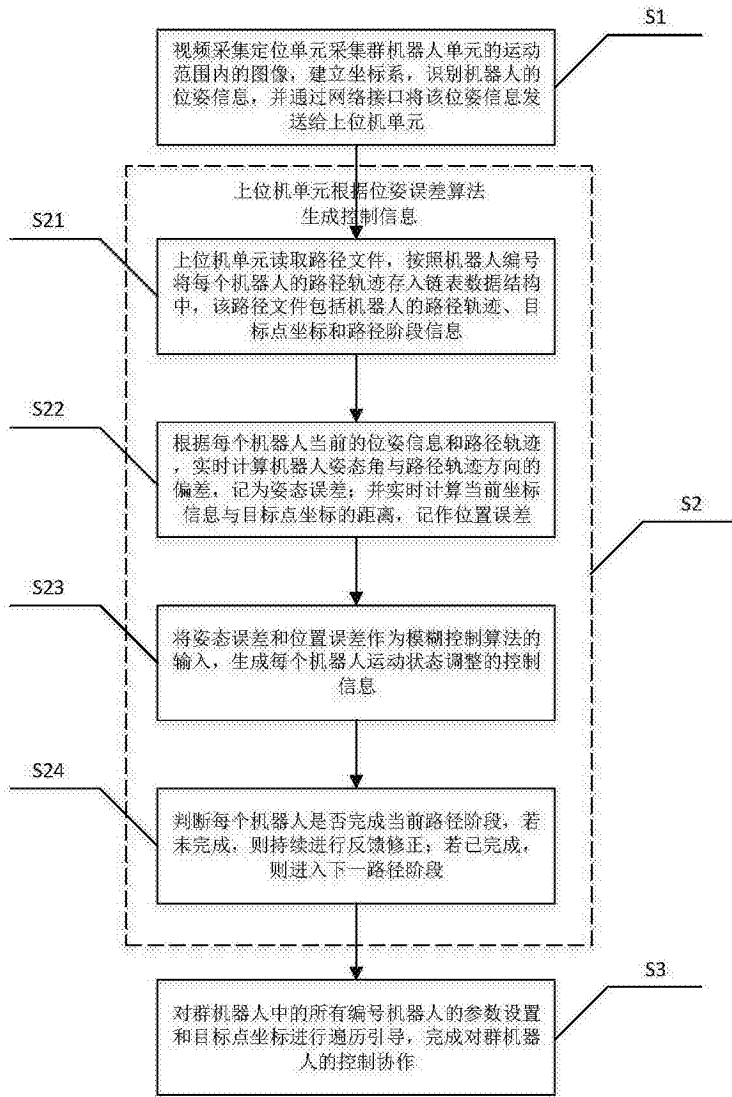


图 2

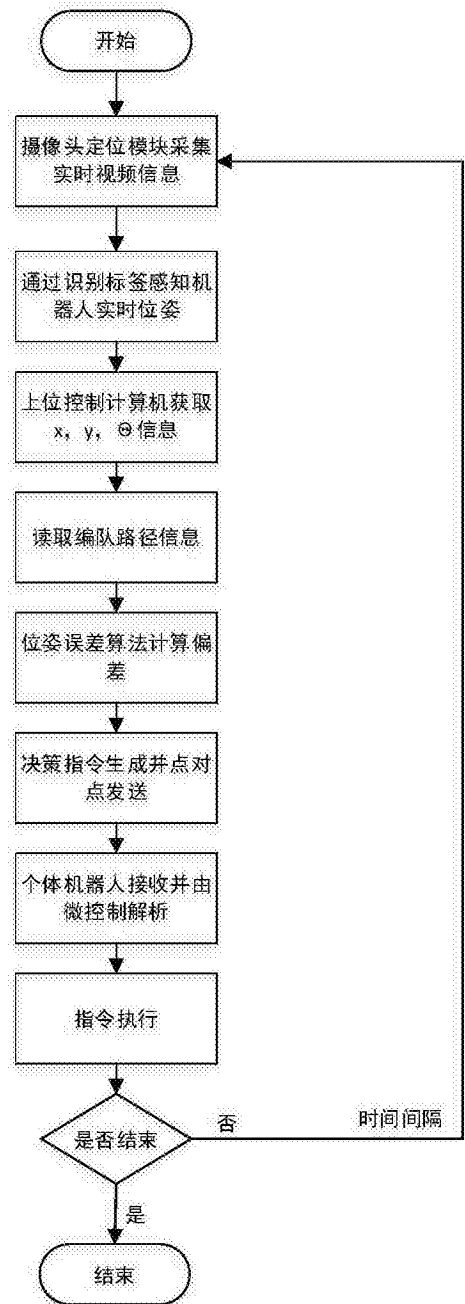


图 3



图 4

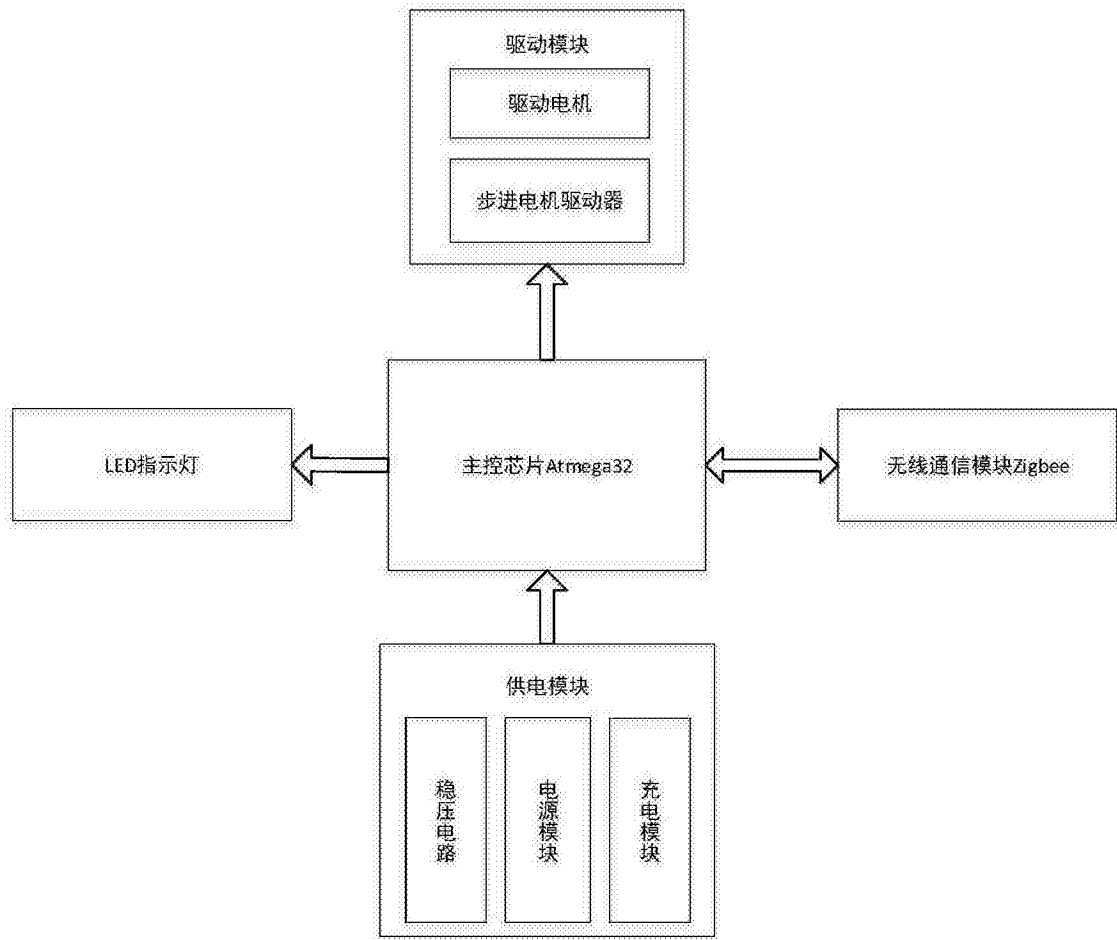


图 5

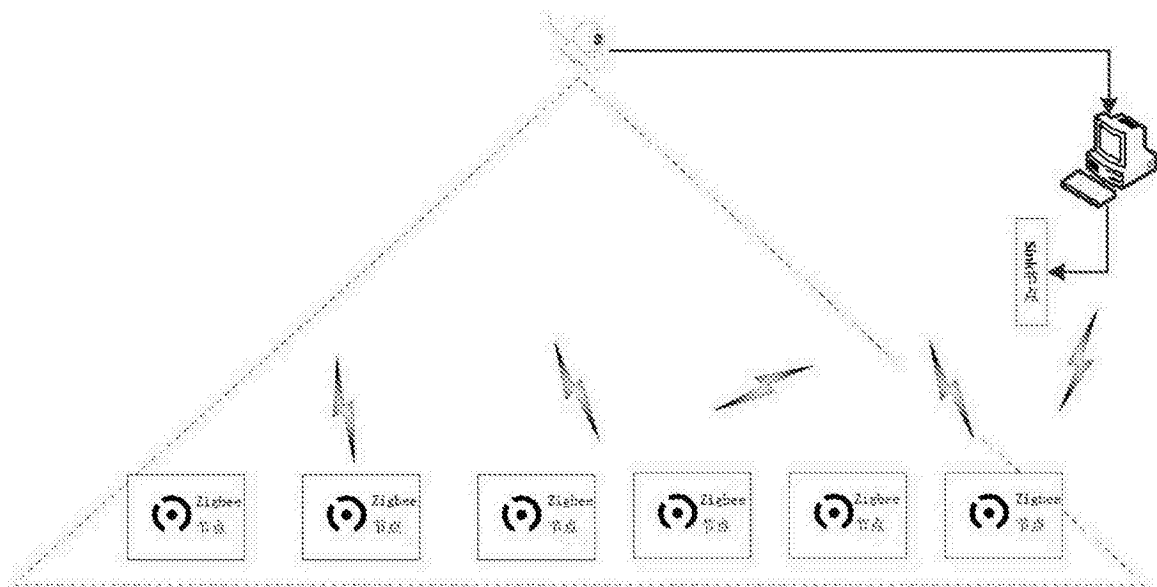


图 6