

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101561680 B

(45) 授权公告日 2011.06.15

(21) 申请号 200910026524.7

G01C 21/34(2006.01)

(22) 申请日 2009.05.11

H04N 7/18(2006.01)

(73) 专利权人 南京航空航天大学

审查员 魏子翔

地址 210016 江苏省南京市白下区御道街
29号

专利权人 江苏天奇物流系统工程股份有限
公司

(72) 发明人 楼佩煌 武星 钱晓明 喻俊
张炯 胡武茹 肖海宁

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 许方

(51) Int. Cl.

G05D 1/02(2006.01)

G05B 19/418(2006.01)

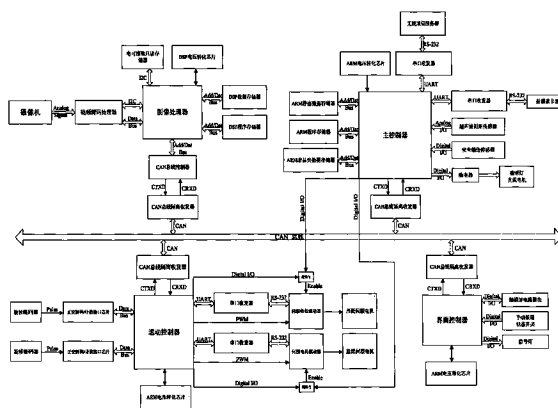
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 9 页

(54) 发明名称

一种自主车辆的嵌入式导引装置及其智能复合
导引方法

(57) 摘要

本发明公开了自动化输送中的一种自主车辆的
嵌入式导引装置及其智能复合导引方法,属于
自主车辆导引领域。本发明装置中图像处理
、主控制器、运动控制器、界面控制器均通过
隔离收发器接入 CAN 总线,还包括摄像系统
、编码器、存储器、驱动系统及人机界面等
、其复合导引方法分为基于射频识别的网络
路径行驶导向和基于视觉识别的单一路径
跟踪导引,前者完成车辆在多标线交叉点
的路径选择和路口转向,后者完成车辆沿
导引标线的精确移动及其在停车标志的精
确定位。本发明丰富了导引信息的获取途
径、提高了导引信息的处理速度、提升了
自主车辆的智能运行能力。



1. 一种自主车辆的嵌入式导引装置,其特征在于:包括图像处理器、主控制器、运动控制器、界面控制器、摄像机、视频解码处理器、电可擦除只读存储器、DSP 电压转化芯片、DSP 数据存储单元、DSP 程序存储器、CAN 总线控制器、四个 CAN 总线隔离收发器、ARM 静态数据存储单元、ARM 程序存储器、ARM 非易失数据存储单元、三片 ARM 电压转化芯片、无线通信服务器、四个串口收发器、射频读卡器、超声波测距传感器、安全触边传感器、继电器、两个旋转编码器、两个正交解码 / 计数接口芯片、两个伺服电机驱动器、两个直流伺服电机、两个逻辑与、直流电机、触摸屏电路模块、手动按钮、状态开关以及指示灯和信号灯,其中:摄像机通过视频解码处理器连接到图像处理器,电可擦除只读存储器、DSP 电压转化芯片、DSP 数据存储单元、DSP 程序存储器均连接图像处理器,图像处理器串接 CAN 总线控制器后通过第一 CAN 总线隔离收发器连入 CAN 总线;第一 ARM 电压转化芯片、ARM 静态数据存储单元、ARM 程序存储器、ARM 非易失数据存储单元、超声波测距传感器、安全触边传感器均连接主控制器,主控制器通过第一串口收发器连接无线通信服务器,通过第二串口收发器连接射频读卡器,通过继电器连接指示灯和直流电机,通过第二 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线;第一旋转编码器通过第一正交解码 / 计数接口芯片连接运动控制器,第二旋转编码器通过第二正交解码 / 计数接口芯片连接运动控制器,第二 ARM 电压转化芯片直接连接运动控制器,运动控制器串接第三串口收发器后通过第一伺服电机驱动器连接第一直流伺服电机,运动控制器串接第四串口收发器后通过第二伺服电机驱动器连接第二直流伺服电机,运动控制器的 PWM 输出端分别连接第一和第二伺服电机驱动器,运动控制器通过第三 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线;触摸屏电路模块、手动按钮、状态开关、信号灯、第三 ARM 电压转化芯片均连接界面控制器,界面控制器通过第四 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线,主控制器和运动控制器均通过第一逻辑与连接第一伺服电机驱动器的使能端,主控制器和运动控制器均通过第二逻辑与连接第二伺服电机驱动器的使能端。

2. 一种基于权利要求 1 所述的自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,其特征在于包括如下步骤:

(1) 在网络路径上基于射频识别的行驶导向

A. 通过车载射频读卡器识别当前导引标线的路径编号信息,根据行驶任务在电子地图上自主选择未来运行路径,完成车辆的自主路径选择;

B. 通过车载射频读卡器读取多标线交叉点的岔路分支信息,根据当前路径和未来路径的编号,确定车辆在多标线交叉点的目标转向角;

C. 根据视觉识别的目标距离和编码器反馈的行驶距离,当多标线交叉点进入视野预定区域时完成定点停车;

D. 控制车辆在多标线交叉点的定点旋转,当编码器反馈的实际转向角达到步骤 B 确定的目标转向角时停车,完成从原导引标线向新导引标线的智能路口转向;

(2) 在单一路径上基于视觉识别的跟踪导引

E. 根据视觉识别的路径偏差和编码器反馈的运行速度,通过路径跟踪算法控制车辆沿导引标线的精确移动;

F. 根据视觉识别的目标距离和编码器反馈的行驶距离,通过定点停车算法控制车辆在停车标志的精确定位。

3. 根据权利要求 2 所述的自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,其特征在

于:所述射频识别是通过字符方式描述抽象导引信息,根据射频标签的信息用途,将其分为路号射频标签、岔路射频标签、工位射频标签和运控射频标签,其中:路号射频标签记录地面上导引标线的路径编号信息,将其映射为电子地图中的运行路径;岔路射频标签描述地面上多标线交叉点的岔路分支信息,将其映射为电子地图中的转向路口;工位射频标签中存储工位地址编码和设备信息描述,使自主车辆自动识别操作对象,规划作业流程;运控射频标签用于改变车辆行驶到目标位置时的运行状态,包括加速、减速、转弯、倒车和停车。

4. 根据权利要求2所述的自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,其特征在于:所述自主路径选择中行驶任务可描述为电子地图中一系列首尾相连路径的编号序列,通过路号射频标签可获取当前导引标线在电子地图中的路径编号,根据此编号在编号序列中的位置选择下一个编号的路径为未来运行路径,该路径对应的导引标线为路径跟踪的下一个目标。

5. 根据权利要求2所述的自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,其特征在于:所述智能路口转向是通过岔路射频标签存储以多标线交叉点为顶点的各条导引标线的路径编号,并以每条导引标线的前进方向为参考直线,记录该导引标线相对于其它导引标线的夹角,该夹角即为自主车辆在不同运行路径之间切换的目标转向角,当车辆到达多目标交叉点时,先根据当前路径和未来路径的编号,从岔路射频标签中选取其在该点的目标转向角,然后开始定点旋转,通过旋转编码器的脉冲计数比较实际转向角与目标转向角的差异,当两者相符时停止旋转,完成智能路口转向,此时车辆的前进方向转向到新导引标线上。

6. 根据权利要求2所述的自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,其特征在于:所述视觉识别是通过图形方式表达几何导引信息,根据摄像机视野中不同几何元素的形状与大小,可分为直线或曲线的导引标线,方形的停车标志和圆形的多标线交叉点:根据线形标线在视野中的位置和方向,确定自主车辆相对于其的角度偏差和距离偏差;根据线形标线的连接形式与曲率变化,计算导引标线的路径复杂度与自主车辆的转弯半径;根据停车标记和多标线交叉点在视野中的位置,测量自主车辆相对于其的目标距离。

7. 根据权利要求2所述的自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,其特征在于:所述路径跟踪算法是根据视觉识别的路径偏差和编码器反馈的实时速度,对小偏差状态采用线性运动学模型计算一个控制量绝对值积分最小的多步控制量序列,将角度偏差和距离偏差同步和精确地消除到零;对大偏差状态采用非线性运动学模型计算一个具有智能偏差状态转化过程的单步控制量,使其快速和平稳地向小偏差状态过渡,实现车辆沿导引标线的精确路径跟踪;所述定点停车算法是在路径跟踪控制的基础上,根据视觉识别的目标距离和编码器反馈的行驶距离,利用速度自适应的智能预测控制,保证两种路径偏差消除到零时,车辆在局部视觉坐标系下的行驶距离等于目标距离,实现其在停车标记的精确定点停车。

一种自主车辆的嵌入式导引装置及其智能复合导引方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种导引装置,尤其涉及一种自主车辆的嵌入式导引装置及其智能复合导引方法,属于自动化输送中的自主车辆导引领域。

背景技术

[0002] 自动化输送技术领域的自主车辆用来实现物料的自动输送,其导引方式是自主车辆实现自动输送的核心技术之一,不仅决定了由其组成的自动化输送系统的柔性,也影响到系统运行的可靠性和组态费用。目前,已经被研究开发和应用的导引技术主要包含:埋线电磁感应式、激光反射式、航迹推断式、光学反射式和视觉识别式等,这些导引技术在路径设置方法和成本、环境空间条件和尺寸、导引识别精度和速度及信息采集容量和内容等方面都有很大的差别。其中,埋线电磁感应式的环境空间适应性强,但导引路径设置复杂、成本高、柔性低;激光反射式的路径变更柔性好,但对空间的无障碍性要求较高;航迹推断式的环境空间适应性强、路径变更柔性好、导引处理速度快,但导引识别精度低;视觉识别式的环境空间适应性强、路径变更柔性好、导引识别精度高,但在导引识别速度和信息采集内容等方面具有一定的局限性。可见,上述导引技术都有各自的优势和不足,综合地看,基于图像识别的视觉导引具有无可比拟的优点,如果能辅以其他技术和方法,将会是未来导引技术发展的主流方向。

[0003] 目前,已申请的视觉导引方面的专利主要有专利 [03111168.8] 和 [200710156863.8],他们首先将视觉识别应用于自主车辆的自动导引。在导引信息使用上,专利 [03111168.8] 完全通过视觉方式识别运行路径标线、工位地址编码标识符和运行状态控制标识符,根据设定的路径、工位地址及加速、减速、停车的状态标识,对自主车辆进行相应的控制。专利 [200710156863.8] 采用黑、白两色平行导引带为导引路径,红色字符为工位字符,自适应调节光源亮度,虽然引入了射频识别技术,但并没有真正用于自动导引,导引路径和工位信息都是采用视觉识别的方式获取的,所以说专利 [200710156863.8] 本质上还是一种单一的视觉导引方式。在导引控制方法上,专利 [03111168.8] 和 [200710156863.8] 中所述的自动导引,主要是指自主车辆对无分支单一路径的跟踪导引,即车辆沿路径标线的简单移动,没有考虑车辆在复杂网络路径上的自主运行,包括在多路径分支点对下一条运行路径的选择,从当前运行路径向下一条运行路径的转向等。对于自主车辆在单一路径上的转向,专利 [03111168.8] 通过视觉方式识别直角转弯标识符(运行状态控制标识符的一种),通过两轮差速驱动实现在直角转弯点的原地转向;而专利 [200710156863.8] 采用舵轮式驱动,无法实现专利 [03111168.8] 中所述的在直角转弯点的原地转向,也没有给出其它转向类型的导引方法和实现方式。并且,专利 [03111168.8] 中的基于直角转弯标识符的原地转向,必须通过人工方式事先设定转向的目标路径,无法实现自主车辆的多路径分支点对转向目标路径的自主选择。在导引实现装置上,专利 [03111168.8] 和 [200710156863.8] 都是通过工业控制计算机加图像采集卡的方式实现视觉处理的。前者采用 D/A 转换卡的模拟量输出控制伺服驱动器及伺服电机,后者采用单片

机作为步进电机和驱动电机的电机控制器,但是核心的视觉导引算法,即获取路径偏差的图像识别算法和计算纠偏控制量的路径跟踪算法,都是在工业控制计算机中完成的。虽然工业控制计算机能够提供通用的开发平台和良好的人机界面,但是其毕竟不是专门为图像识别和运动控制应用设计的,多个计算量大且实时性要求高的识别和控制算法对工业控制计算机及其操作系统的性能带来了很大挑战,尤其是在专利 [03111168.8] 中要对运行路径标线、工位地址编码标识符和运行状态控制标识符进行串行图像处理,工业控制计算机的计算负担更重。

发明内容

[0004] 本发明为解决背景技术中单纯视觉导引存在的问题而提出一种自主车辆的嵌入式导引装置及其智能复合导引方法。

[0005] 本发明自主车辆的嵌入式导引装置,其结构包括:图像处理器、主控制器、运动控制器、界面控制器、摄像机、视频解码处理器、电可擦除只读存储器、DSP 电压转化芯片、DSP 数据存储器、DSP 程序存储器、CAN 总线控制器、四个 CAN 总线隔离收发器、ARM 静态数据存储器、ARM 程序存储器、ARM 非易失数据存储器、三片 ARM 电压转化芯片、无线通信服务器、四个串口收发器、射频读卡器、超声波测距传感器、安全触边传感器、继电器、两个旋转编码器、两个正交解码/计数接口芯片、两个伺服电机驱动器、两个直流伺服电机、两个逻辑与、直流电机、触摸屏电路模块、手动按钮、状态开关以及报警灯、指示灯和信号灯,其中:摄像机通过视频解码处理器连接到图像处理器,电可擦除只读存储器、DSP 电压转化芯片、DSP 数据存储器、DSP 程序存储器均连接图像处理器,图像处理器串接 CAN 总线控制器后通过第一 CAN 总线隔离收发器连入 CAN 总线;第一 ARM 电压转化芯片、ARM 静态数据存储器、ARM 程序存储器、ARM 非易失数据存储器、超声波测距传感器、安全触边传感器均连接主控制器,主控制器通过第一串口收发器连接无线通信服务器,通过第二串口收发器连接射频读卡器,通过继电器连接报警灯、指示灯和直流电机,通过第二 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线;第一旋转编码器通过第一正交解码/计数接口芯片连接运动控制器,第二旋转编码器通过第二正交解码/计数接口芯片连接运动控制器,第二 ARM 电压转化芯片直接连接运动控制器,运动控制器串接第三串口收发器后通过第一伺服电机驱动器连接第一直流伺服电机,运动控制器串接第四串口收发器后通过第二伺服电机驱动器连接第二直流伺服电机,运动控制器的 PWM 输出端分别连接第一和第二伺服电机驱动器,运动控制器通过第三 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线;触摸屏电路模块、手动按钮、状态开关、信号灯、第三 ARM 电压转化芯片均连接界面控制器,界面控制器通过第四 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线,主控制器和运动控制器均通过第一逻辑与连接第一伺服电机驱动器的使能端,主控制器和运动控制器均通过第二逻辑与连接第二伺服电机驱动器的使能端。

[0006] 一种基于上述自主车辆嵌入式导引装置的智能复合导引方法,包括如下步骤:

[0007] (1) 在网络路径上基于射频识别的行驶导向

[0008] A. 通过车载射频读卡器识别当前导引标线的路径编号信息,根据行驶任务在电子地图上自主选择未来运行路径,完成车辆的自主路径选择;

[0009] B. 通过车载射频读卡器读取多标线交叉点的岔路分支信息,根据当前路径和未来路径的编号,确定车辆在多标线交叉点的目标转向角;

[0010] C. 根据视觉识别的目标距离和编码器反馈的行驶距离,当多标线交叉点进入视野预定区域时完成定点停车;

[0011] D. 控制车辆在多标线交叉点的定点旋转,当编码器反馈的实际转向角达到步骤 B 确定的目标转向角时停车,完成从原导引标线向新导引标线的智能路口转向;

[0012] (2) 在单一路径上基于视觉识别的跟踪导引

[0013] E. 根据视觉识别的路径偏差和编码器反馈的运行速度,通过路径跟踪算法控制车辆沿导引标线的精确移动;

[0014] F. 根据视觉识别的目标距离和编码器反馈的行驶距离,通过定点停车算法控制车辆在停车标志的精确定位。

[0015] 本发明有机融合了基于视觉识别的跟踪导引、基于射频识别的行驶导向和基于编码器的运动估计这三种导引技术的优势,既继承了视觉识别在获取几何导引信息(导引标线的轨迹,停车标记和多标线交叉点的位置)的图形化优势,又发挥了射频识别在获取抽象导引信息(路径编号,运行状态和工位地址的编码,岔路分支和工位设备的描述)的字符化优势,还具有编码器在获取运动位移和速度信息的快速性优势。与背景技术中的原有视觉导引专利相比,本发明通过数字信号处理器(图像处理器)DSP 和嵌入式控制器 ARM 并行处理视觉、射频和编码器信息,解决了原有专利中单纯依靠图像识别对运行路径标线、工位地址编码标识符和运行状态控制标识符等串行处理所带来的信息处理速度瓶颈;通过射频识别轻松获取难以用图形化方法表达的编码类和描述类抽象导引信息,避免了原有专利中识别文字和图形符号等编码类信息的复杂图像处理算法及无法识别描述类信息的弱点。更重要的是,通过视觉、射频和编码器的信息融合,本发明将自主车辆在无分支单一路径上的跟踪导引扩展到在多分支网络路径上的行驶导向,提升了自主车辆在复杂路径上的智能运行能力。综上所述,本发明具有如下优点:1、丰富了导引信息的获取途径;2、提高了导引信息的处理速度;3、扩展了自动导引适用的路径类型;4、提升了自主车辆的智能运行能力;5、提高了控制系统的实时性和易扩展性。

附图说明

[0016] 图 1 是本发明应用的自主车辆俯视结构示意图。

[0017] 图 2 是本发明应用的自主车辆正视结构示意图。

[0018] 图 1 和图 2 中标号名称:1、安全触边传感器;2、车体;3、驱动系统电源开关;4、驱动系统蓄电池组;5、手动按钮;6、左驱动轮;7、左同步齿型带;8、左减速箱;9、左伺服电机驱动器;10、左直流伺服电机;11、左编码器;12、左急停按钮;13、左转向灯;14、光电开关;15、左超声波传感器;16、摄像机视野;17、射频读卡器;18、前万向轮;19、右超声波传感器;20、光电开关;21、摄像机;22、右转向灯;23、右急停按钮;24、右编码器;25、右直流伺服电机;26、右伺服电机驱动器;27、右减速箱;28、右同步齿型带;29、右驱动轮;30、触摸屏;31、控制系统蓄电池组;32、控制系统电源开关;33、右状态指示灯;34、光电开关;35、嵌入式控制器;36、后万向轮;37、无线联网服务器;38、报警灯;39、光电开关;40、左状态指示灯。

[0019] 图 3 是本发明嵌入式导引装置结构示意图。

[0020] 图 4 是本发明的智能复合导引方法的信息流程图。

- [0021] 图 5 是本发明的智能复合导引方法的功能示意图。
- [0022] 图 6 是本发明网络路径及其导引标识的布局示意图。
- [0023] 图 7 是本发明自主车辆自主路径选择的实例示意图。
- [0024] 图 8 是本发明自主车辆智能路口转向的实例示意图。
- [0025] 图 9 是本发明路径跟踪控制的程序流程图。
- [0026] 图 10 是本发明定点停车控制的程序流程图。

具体实施方式

[0027] 在导引信息使用上,本发明采用视觉、射频和编码器多种方式获取导引信息,通过摄像机摄取导引标线、停车标记及多标线交叉点的视觉信息,经过图像处理获取路径跟踪的偏差信息、定点停车的距离信息、原地转向的位置信息;通过射频读卡器读取路号射频标签、岔路射频标签、工位射频标签和运控射频标签的相关信息,获取导引标线的路径编号、多标线交叉点的岔路分支、工位编号和设备信息、运行状态控制命令等;通过编码器的脉冲计数反馈驱动轮的行驶距离与运行速度。在导引控制方法上,本发明将无分支单一路径的跟踪导引与多分支网络路径的行驶导向相结合。根据导引标线的视觉偏差信息和编码器反馈的运行速度完成车辆沿路径标线的移动,根据停车标记的视觉距离信息和编码器反馈的行驶距离完成车辆在停车标记的停止,从而在无分支单一路径上实现车辆基于视觉识别的跟踪导引。在此基础上,根据路号射频标签的路径编号和在电子地图上的行驶任务,自主选择车辆的未来运行路径,即自主路径选择;根据多标线交叉点的视觉距离信息控制车辆在该位置的定点停车,再根据岔路射频标签描述的岔路分支信息,通过定点旋转车辆从当前路径转向到未来路径,即智能路口转向,从而在多分支网络路径上实现车辆基于射频识别的行驶导向。在导引实现装置上,本发明注重发挥数字信号处理器(图像处理)DSP的并行计算能力与嵌入式控制器 ARM 的实时控制性能,为智能复合导引的图像处理和运动控制提供一个多处理器分布式控制体系。TMS320DM642 是专门为视觉处理应用设计的高性能数字信号处理器,能够高效运行杂点滤波、边缘检测和 Hough 变换等一系列图像处理算法,LPC2220 是专门面向工业实时控制应用的 ARM 微控制器,在嵌入式实时操作系统 uC/OS-II 的支持下,一个主控制器 ARM 1 用于视觉、射频和编码器的信息融合,执行路径选择、路口转向、路径跟踪、定点停车、避障检测、无线通信等多个任务,一个运动控制器 ARM 2 用于驱动轮的速度和位置检测及其伺服控制,一个界面控制器 ARM 3 用于操作面板控制及触摸屏显示与输入,图像处理器 DSP、主控制器 ARM 1、运动控制器 ARM 2 和界面控制器 ARM 3 之间通过 CAN 总线互连。

[0028] 下面根据附图详细对本发明进行介绍:

[0029] 图 1 和图 2 所示是本发明应用的自主车辆结构示意图,其中:车体 2 是由铝型材搭建而成的矩形框架,用于承载自主车辆的各种设备和装置;在车体 2 的前、后端底部包裹安全触边传感器 1,用于检测碰撞,并附加光电开关 14、光电开关 20、光电开关 34 和光电开关 39,用于检测近距离障碍物,在前端中部还有左超声波传感器 15 和右超声波传感器 19,用于测量障碍物的距离,射频读卡器 17 和摄像机 21 位于车体 2 的横向对称面内,前者在车体 2 前端安全触边的上方,用于读取导引标线旁的射频标签,后者在车体 2 中前部上方,且其视野的底部位于纵向对称面内,用于拍摄地面上的导引标线;在车体 2 前端的两侧装有

左转向灯 13 和右转向灯 22, 在车体 2 中前部顶端的两侧设置有左急停按钮 12 和右急停按钮 23, 在车体 2 中后部顶端的左侧有手动按钮 5, 中间有报警灯 38, 右侧有触摸屏 30, 在车体 2 后端的两侧装有左状态指示灯 40 和右状态指示灯 33; 左驱动轮 6 和右驱动轮 29 处于车体 2 的纵向对称面内, 左驱动轮 6 通过左同步齿型带 7 与左减速箱 8 相连, 带有左编码器 11 的左直流伺服电机 10 由左伺服电机驱动器 9 控制, 右驱动轮 29 通过右同步齿型带 28 与右减速箱 27 相连, 带有右编码器 24 的右直流伺服电机 25 由右伺服电机驱动器 26 控制, 当左驱动轮 6 和右驱动轮 29 速度方向相同, 大小也相同时, 车辆沿直线运行, 大小不相同, 车辆沿弧线运行, 当左驱动轮 6 和右驱动轮 29 速度方向相反, 大小相同时, 车辆绕中心点定点旋转, 前万向轮 18 和后万向轮 36 位于车体 2 横向对称面内的前端和后端, 仅起支撑车体 2 的作用, 随驱动轮速度的改变而改变; 嵌入式控制器 35 位于车体 2 的后端上方, 一方面连接安全触边传感器、光电开关、超声波传感器、射频读卡器、摄像机、急停按钮、手动按钮和触摸屏的输入, 另一方面控制转向灯、报警灯、状态指示灯和伺服电机驱动器的输出; 在车体 2 的后端底部左侧携带驱动系统蓄电池组 4, 用于给电机及其驱动器、报警灯和状态指示灯等执行装置供电, 右侧携带控制系统蓄电池组 31, 用于给控制系统、传感器和触摸屏等装置供电。

[0030] 如图 3 所示, 本发明的自主车辆的嵌入式导引装置, 其结构包括: 图像处理器 DSP(TMS320DM642)、主控制器 ARM1(LPC2220)、运动控制器 ARM2(LPC2103)、界面控制器 ARM3(LPC2103)、摄像机、视频解码处理器(TVP5150)、电可擦除只读存储器(CAT24WC04)、DSP 电压转化芯片(TPS54310)、DSP 数据存储器(MT48LC4M32)、DSP 程序存储器(AM29LV008)、CAN 总线控制器(SJA1000)、四个 CAN 总线隔离收发器(CTM1050T)、ARM 静态数据存储器(IS61LV25616AL)、ARM 程序存储器(SST39VF160)、ARM 非易失数据存储器(K9F2808U0C)、三片 ARM 电压转化芯片(SPX117)、无线通信服务器、四个串口收发器(SP3223)、射频读卡器、超声波测距传感器、安全触边传感器、继电器、两个旋转编码器、两个正交解码/计数接口芯片(HCTL-2106)、两个伺服电机驱动器、两个直流伺服电机、两个逻辑与、直流电机、触摸屏电路模块、手动按钮、状态开关以及报警灯、指示灯和信号灯, 其中: DSP 电压转化芯片和 ARM 电压转化芯片提供 DSP 和 ARM 所需的 3.3V 和 1.8V 电压, 摄像机的模拟视频信号通过视频解码处理器的数字化后由地址线提供给图像处理器, 电可擦除只读存储器、DSP 电压转化芯片、DSP 数据存储器、DSP 程序存储器均连接图像处理器, 图像处理器用地址/数据线扩展一个 CAN 总线控制器后通过第一 CAN 总线隔离收发器连入 CAN 总线; 第一 ARM 电压转化芯片、ARM 静态数据存储器、ARM 程序存储器、ARM 非易失数据存储器均连接主控制器, 第一串口收发器将串口 UART 转化为串口 RS-232 连接无线通信服务器, 第二串口收发器同样将串口 UART 转化为串口 RS-232 连接射频读卡器, 主控制器通过 I/O 引脚输出到继电器以控制报警灯、指示灯和直流电机, 主控制器通过 A/D 转换接口读取超声波测距传感器的模拟量输出, 主控制器通过 I/O 引脚以扫描方式读取光电接近传感器的开关量信号, 以中断方式响应安全触边传感器的开关量信号, 主控制器通过第二 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线; 第一旋转编码器的脉冲信号通过第一正交解码/计数接口芯片的处理后由数据线反馈到运动控制器, 第二旋转编码器同样通过第二正交解码/计数接口芯片连接运动控制器, 第二 ARM 电压转化芯片直接连接运动控制器, 运动控制器分别通过第三和第四串口收发器及 PWM 输出端控制第一和第二伺服电机驱动器, 第一和第二伺服电

机驱动器分别控制第一和第二直流伺服电机,运动控制器通过第三 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线;界面控制器通过 I/O 引脚模拟地址/数据线连接触摸屏电路模块,界面控制器通过 I/O 引脚以扫描方式读取手动按钮和状态开关的输入信号并控制信号灯的输出电路,界面控制器通过第四 CAN 总线隔离收发器接入 CAN 总线;主控制器和运动控制器均通过第一逻辑与连接第一伺服电机驱动器的使能端,并均通过第二逻辑与连接第二伺服电机驱动器的使能端。

[0031] 如附图 4 所示的智能复合导引方法的信息流程图:车载摄像机摄取地面上的导引标线、停车标记和多标线交叉点的图像,经过图像信息的数字化后提供给图像处理器 DSP,对象素矩阵信息进行杂点滤波、边缘检测和 Hough 变换等图像处理,获取车辆相对于导引标线的路径偏差及从当前位置到停车标记或多标线交叉点的目标距离。车载射频读卡器非接触地读取路号射频标签、岔路射频标签、工位射频标签和运控射频标签,以字符信息形式输出给主控制器 ARM1,得到导引标线的路径编号、多标线交叉点的岔路分支、工位编号和设备信息、运行状态的控制命令等。编码器脉冲通过解码鉴向电路累加脉冲总数和判别计数方向,据此运动控制器 ARM2 计算车辆实时的运行速度和行驶距离。

[0032] 如附图 5 所示的智能复合导引方法的功能示意图:对多分支网络路径,基于射频识别的行驶导向通过自主路径选择和智能路口转向,实现了自主车辆在不同运行路径之间的切换,将问题转化为车辆在无分支单一路径上的运行。通过路号射频标签将电子地图中的运行路径映射为地面上的导引标线,再将车辆在单一路径上的运行转化为对导引标线的跟踪。基于射频识别的行驶导向根据行驶任务的路径编号序列和导引标线的当前路径编号,自主选择车辆在电子地图上的未来运行路径;根据多标线交叉点的目标距离,控制自主车辆的行驶距离,当交叉点进入视野预定区域时停止移动,完成自主车辆的定点停车;根据导引标线的当前路径编号和自主选择的未来路径编号,在岔路分支信息中获取从当前路径到未来路径的目标转向角,控制自主车辆在多标线交叉点的定点旋转,通过旋转编码器的脉冲计数比较实际转向角与目标转向角的差异,当两者相符时车辆停止旋转,完成智能路口转向,实现自主车辆在不同运行路径之间的切换。基于视觉识别的跟踪导引根据路径偏差和运行速度,通过路径跟踪控制完成车辆沿导引标线的精确移动;根据目标距离和行驶距离,通过定点停车控制完成车辆在停车标记的精确定位。

[0033] 如附图 6 所示的网络路径及其导引标识的布局示意图:在多路径分支点(包括两条路径的分支点)布置岔路射频标签,在其周围的各条路径上布置路号射频标签和运控射频标签(附图 6 中此类情况的路号和运控信息集成于同一射频标签)。自主车辆在到达多路径分支点前,先读取运控射频标签获知前方有多路径分支点而减速运行;再读取路号射频标签确认引导标线的当前路径编号,根据行驶任务选择未来路径编号;在多路径分支点读取岔路射频标签中的岔路分支信息,获取当前路径到未来路径的目标转向角并控制车辆的定点旋转;当车辆的前进方向旋转到未来路径的导引标线上时,停止旋转并沿新导引标线继续运行;当遇到新导引标线上的路号射频标签时记录新的路径编号;当遇到新导引标线上的运控射频标签时,自主车辆已通过该多路径分支点并加速运行。在预定工作位置(设备和仓库等)布置工位射频标签,存储工位编号和设备信息等;在其两侧布置运控射频标签,控制自主车辆到达工位前的减速和离开工位后的加速。在引导标识安装时,我们选用具有一定厚度的金属型射频标签以承受载重车辆的碾压,采用埋于地面表层的安装方式以

保证地面的平整性和对轮式车辆通过的无障碍性。在镶嵌有射频标签的地面上铺设有色胶带作为导引标线,方形色块为停车标志,圆形色块为多标线交叉点。在安装实施过程中,这些视觉导引标记(导引标线、停车标志和多标线交叉点)位于射频标签的上层,而在附图6中为了显示清晰,将其放于射频标签的下层,但不代表安装时的实际位置。

[0034] 如附图7所示的自主车辆自主路径选择的实例示意图:假设自主车辆需要从A点到达B点,经过路径规划得到一个可能的行驶任务,其在电子地图上可表示为:1-2-19-22-5-25。当自主车辆运行在路径19还未到达C点前,根据上述行驶任务可知,其未来路径为路径22,从而实现自主车辆的自主路径选择。

[0035] 如附图8所示的自主车辆智能路口转向的实例示意图:对多路径分支点C,其周围各条相邻路径的夹角如附图8所示。规定沿车辆前进方向到其他运行路径的夹角逆时针为正,顺时针为负,岔路分支信息可表示为车辆前进方向到各条运行路径的目标转向角,即(路径编号,目标转向角)的形式。若以路径19为当前路径,则岔路分支信息为{19:(21, -90°);(23, -60°);(20, 0°);(22, 90°);(24, 120°)},该信息存储于多路径分支点C的岔路射频标签中。根据附图7中的行驶任务,当自主车辆在路径19上运行时,其未来路径为路径22。据此读取C点的岔路射频标签,可知自主车辆在C点停车后,逆时针定点旋转 90° ,即可从当前路径19转向到未来路径22,实现自主车辆的智能路口转向。

[0036] 如附图9所示的路径跟踪控制的程序流程图:根据视觉识别的路径偏差大小分为两类:对小偏差状态根据线性运动学模型,通过多步运动预测为当前运行速度设计一个纠偏控制量序列,使其具有最优的纠偏协调性(即控制量的绝对值积分最小,算法的快速性由控制步数的最小化保证),将角度偏差和距离偏差同步和精确地消除到零。对大偏差状态根据非线性运动学模型,通过单步运动预测为当前运行速度设计一个纠偏控制量,使其具有智能化的偏差状态转化过程,将大偏差状态快速和平稳地向小偏差状态过渡,当转化为小偏差状态后再同步和精确地消除两种路径偏差,实现车辆沿导引标线的精确路径跟踪。

[0037] 如附图10所示的定点停车控制的程序流程图:在路径跟踪控制的基础上,根据视觉识别的路径偏差和编码器反馈的运行速度,计算可同步消除两种偏差的多步控制量序列,并基于运动学模型预测两种偏差同步消除到零时自主车辆的理论行驶距离。结合视觉识别的目标距离和编码器反馈的行驶距离,自适应调节车辆的运行速度,保证两种路径偏差消除到零时,车辆在局部视觉坐标系下的行驶距离等于目标距离。自适应调节的运行速度和路径跟踪的纠偏控制量共同决定两驱动轮的期望转速,并由电机伺服控制完成该期望转速,实现车辆在停车标记的精确定点停车。

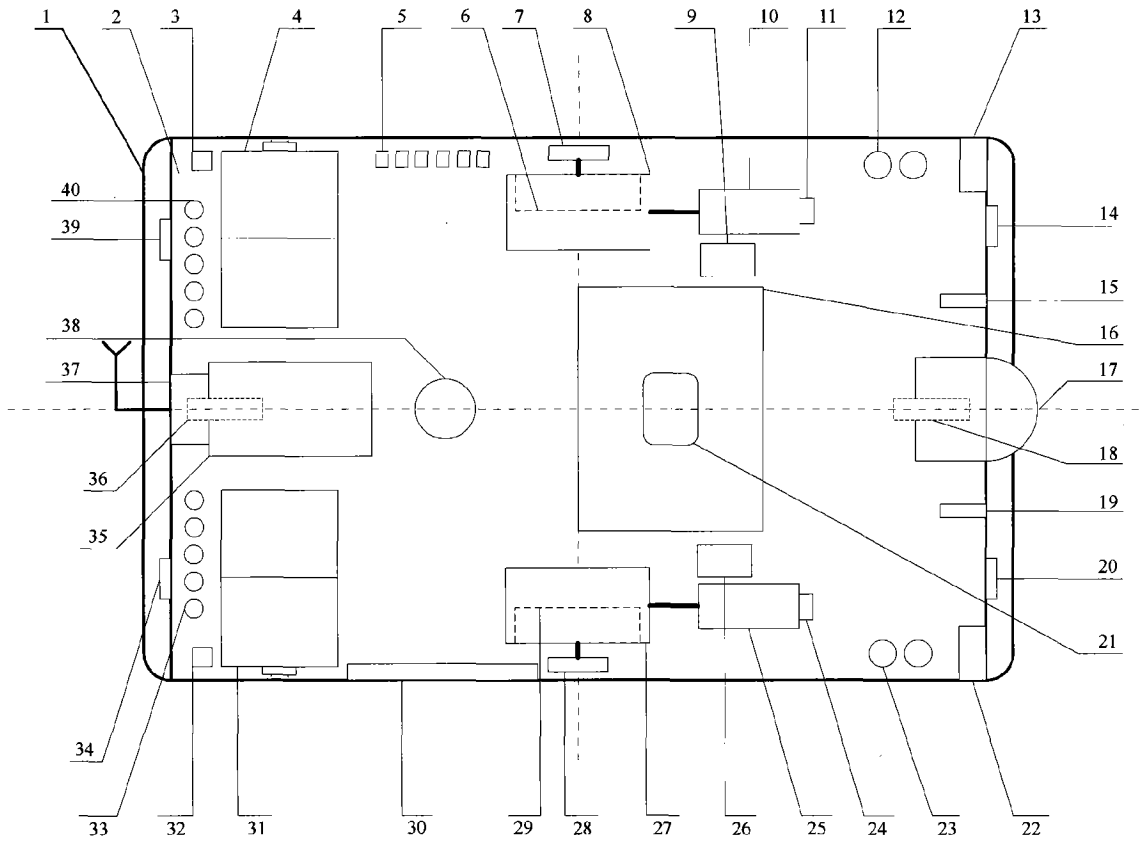


图 1

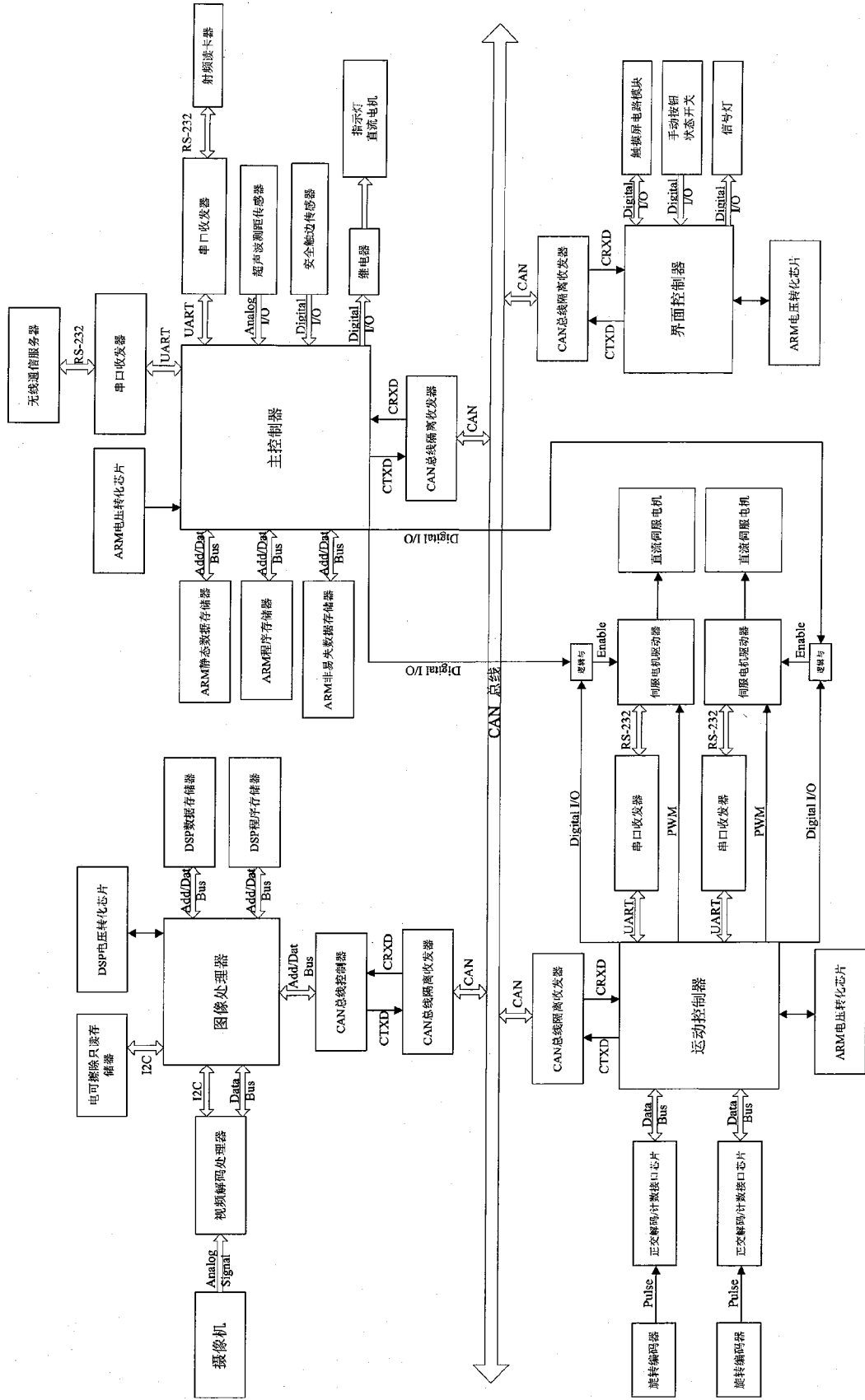


图 3

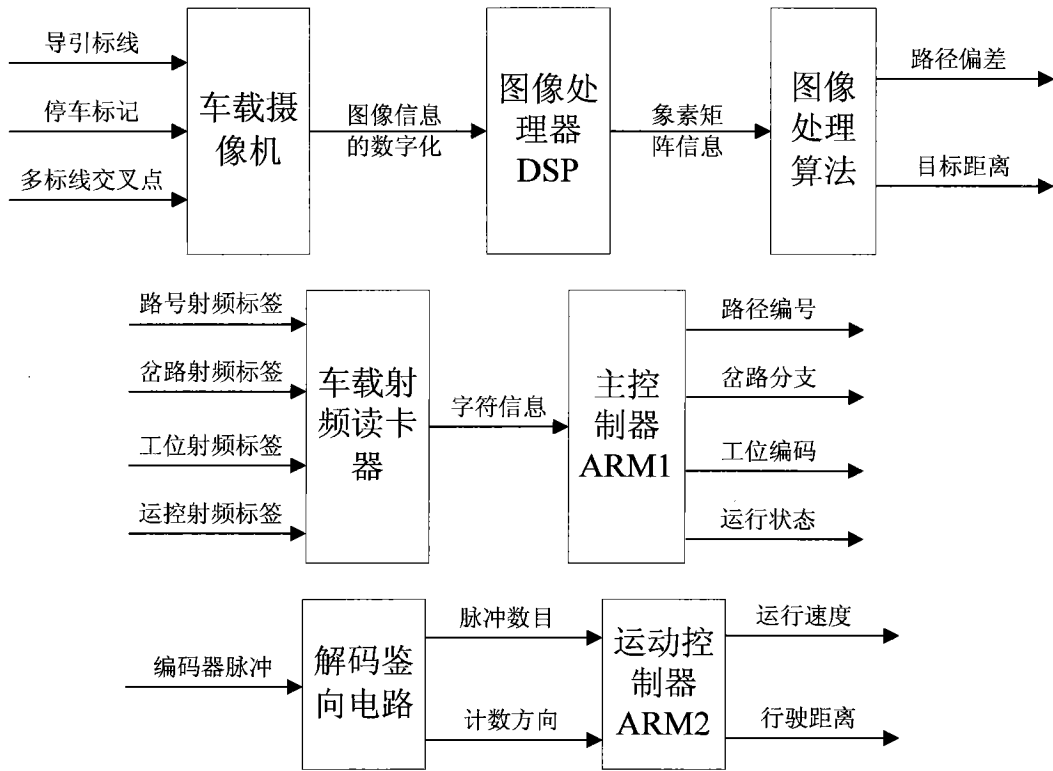


图 4

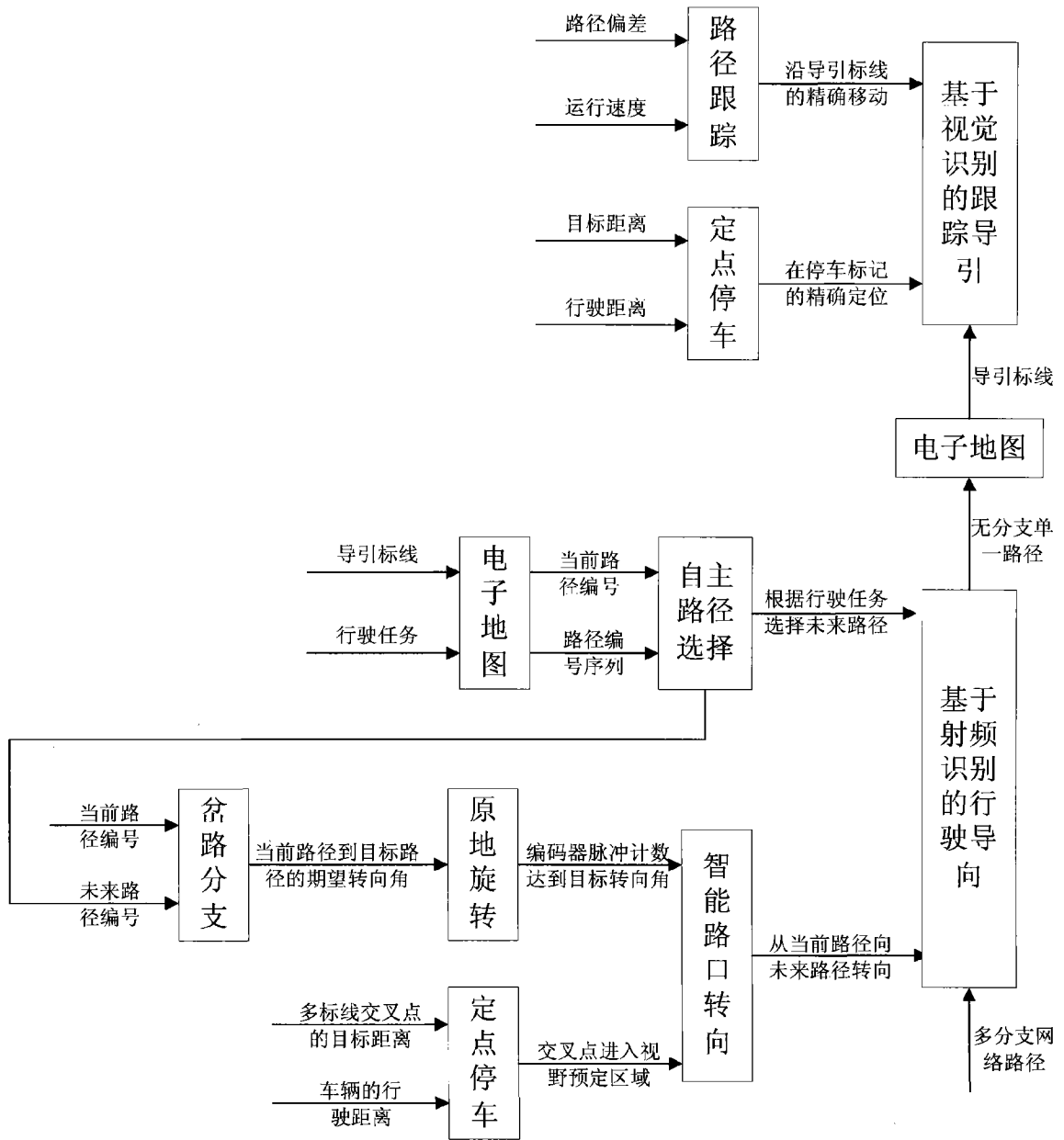


图 5

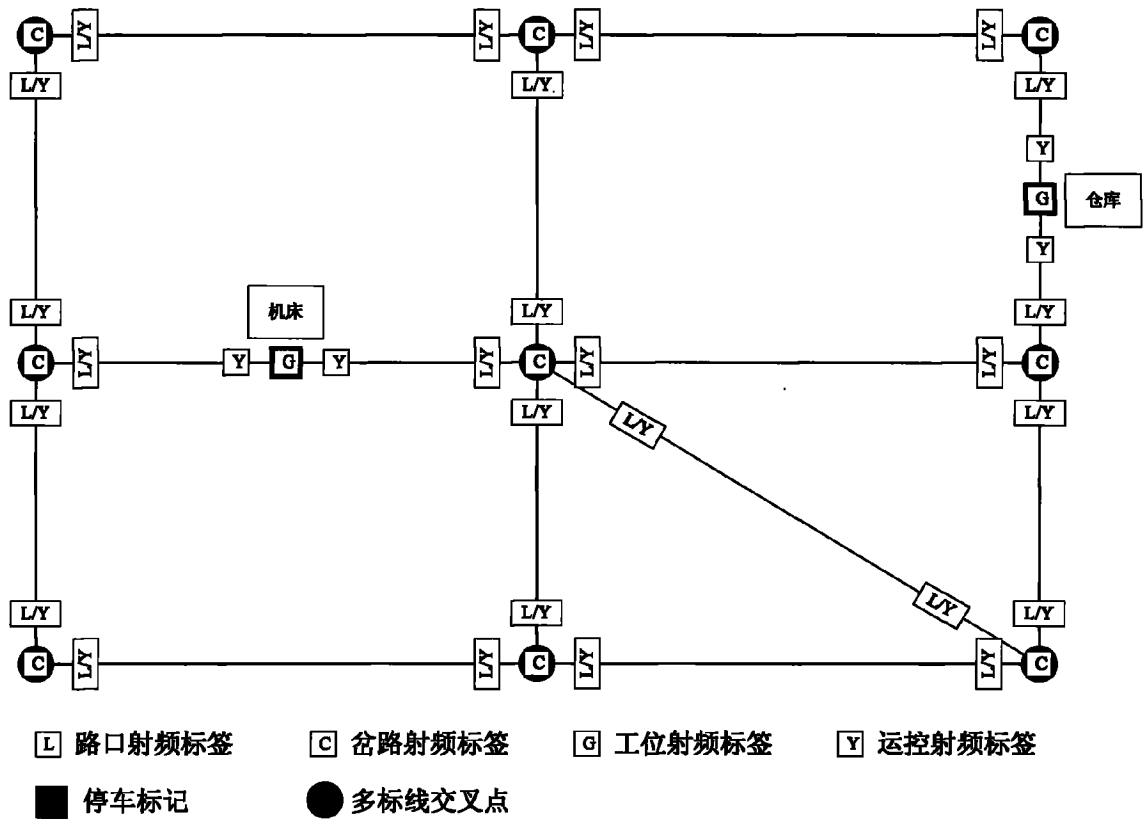


图 6

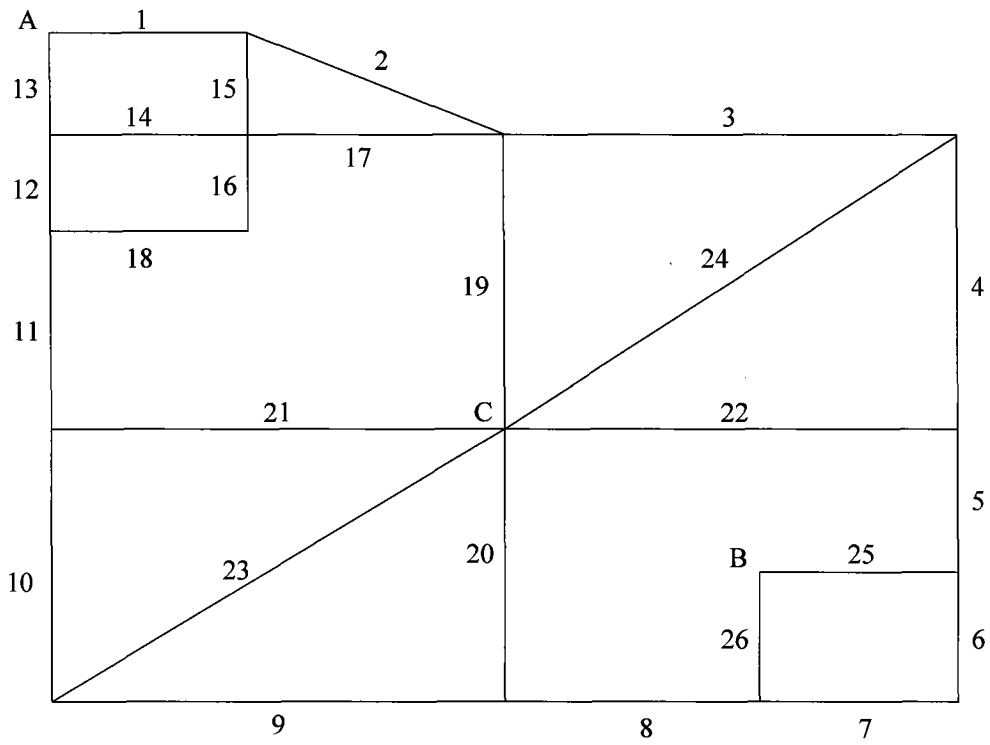


图 7

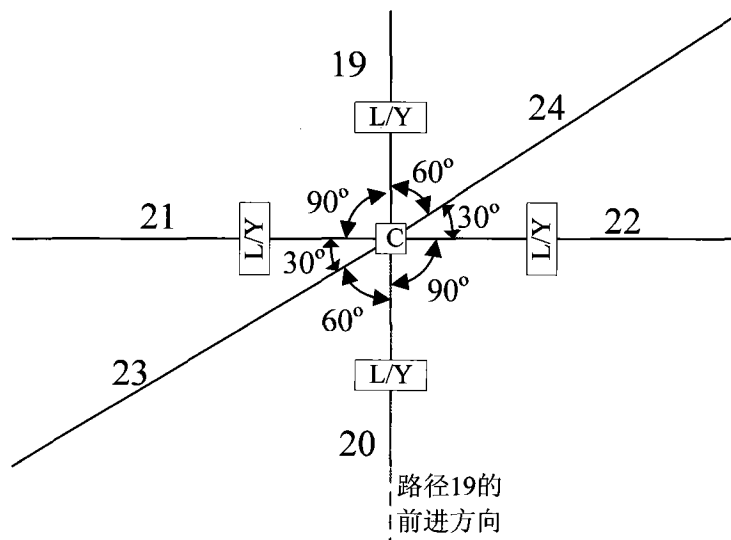


图 8

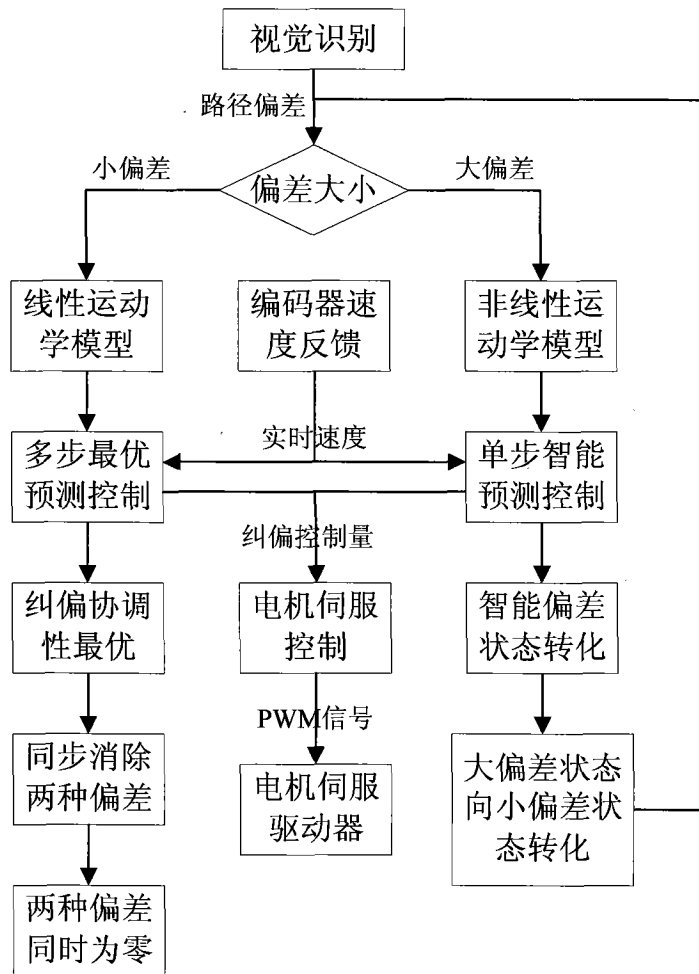


图 9

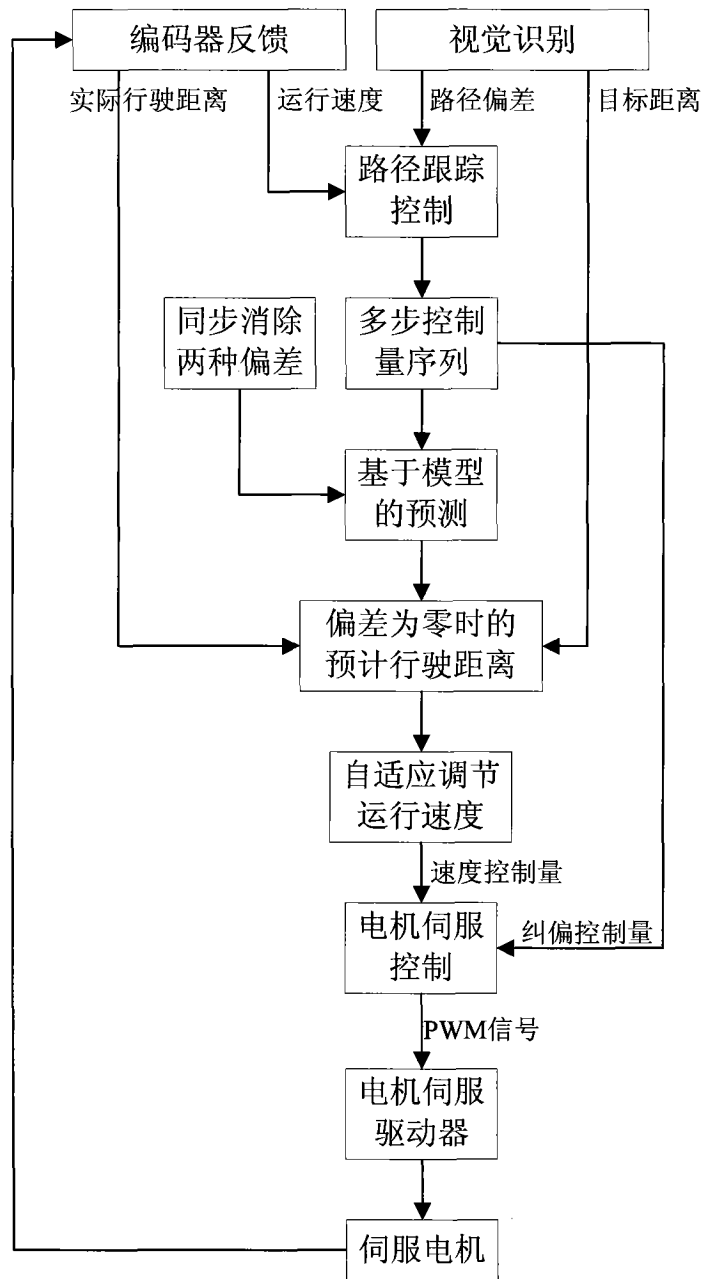


图 10