

文章编号:1000-582X(2004)09-0045-04

智能小车目标识别跟踪系统的实现*

蒙建波,虞建静,管金库

(重庆大学工业自动化仪表研究所,重庆400030)

摘要:对目标识别与跟踪技术进行了分析,在此基础上结合智能小车目标跟踪系统的开发,详细讨论了特定目标跟踪系统的具体实现方法、数字图像处理在目标识别中的应用以及小车智能控制的软、硬件设计。该系统通过配置在智能小车上的摄像头,采用数字图像处理技术对特定目标进行识别,在目标运动过程中,通过单片机接收计算机发出的命令控制智能小车跟踪目标,在没有人干预的情况下,能够自主运行,稳定地跟踪目标。该设计为生长机器智能系统提供了一个研究平台。

关键词:目标识别与跟踪;智能控制;数字图像处理

中图分类号:TP 23

文献标识码:A

在智能控制领域,对目标的识别和跟踪是集数字图像处理、无线通信、自动控制、模式识别等技术的综合学科。无论在民用还是在军事上,目标识别和跟踪都有着重要的应用,例如:用于门禁系统的人脸识别、用于特定物体的目标识别与跟踪、用于军事上的地形匹配搜索打击目标以及用于 Internet 图像检索的图像数据挖掘技术和数码相机系统中按图像特定内容在数字相册检索照片等。所有的这些应用都基于一个核心技术:复杂背景下的目标识别。

当前,国内外学者和科技人员已经研究出了很多针对具体目标的识别和跟踪算法。笔者针对国家自然科学基金项目“生长机器智能理论架构及其应用研究”工作需要,利用数字图像处理技术对目标进行识别,并通过控制遥控小车实现对运动目标跟踪。为进一步研究提供一个研究平台。

1 智能小车功能简介

整个系统以遥控小车装置为基础,通过配置在上面的摄像头实现对目标的识别和跟踪,具有一定的智能,称之为智能小车系统。

对于目标识别系统,国内外比较普遍采用的方法

是利用数字图像处理技术。通过数字图像处理技术可以对原始图像进行各种运算,例如二值化、图像格式转化、轮廓跟踪、边缘提取、数字滤波等。这些成熟的技术为目标识别提供了理论和实践基础,因此,图像识别技术在目标识别系统中应用最为广泛,也最具有发展前景。

目标识别出来后就要不断地对目标的运动状态进行分析,通过由单片机和无线收、发芯片组成的通信与控制模块就能对智能小车进行灵活的控制。

本课题是在实验室环境下实现智能小车对目标小车进行识别与跟踪,保证目标不丢失。目标小车在前面可以前后左右随便运动,后面的智能小车通过配置在其上的摄像头采集图像,并由计算机对采集到的图像进行处理,识别目标并判断目标的运动方向,然后发出指令控制智能小车随目标移动,达到目标跟踪的目的。

2 智能小车系统组成结构^[1]

系统主要由遥控小车、图像采集模块、控制模块和计算机等4部分组成(图1)。

* 收稿日期:2004-03-20

基金项目:国家自然科学基金资助(60275035)

作者简介:蒙建波(1964-),男,重庆市人,重庆大学副教授,工学博士,主要从事控制科学与工程领域的教学、研究、开发工作。

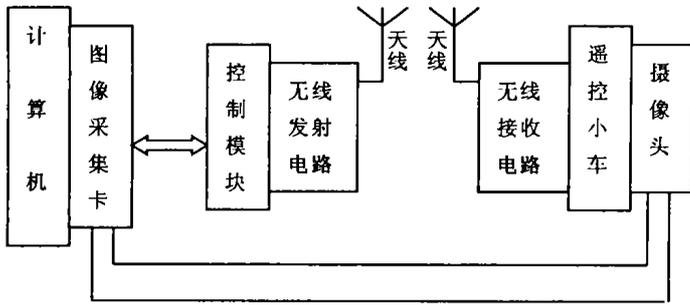


图1 智能小车系统组成结构示意图

2.1 遥控小车、通信与控制模块

遥控小车是智能小车的重要组成部分,相当于人的身体和双脚。由两个直流电机、无线收发芯片及其外围电路和机械装置组成。其中,位于小车前端的电机负责小车的左右转向,后端的电机负责小车的前进后退。通信和控制模块由单片机和无线收、发芯片以及外围电路组成,单片机通过接收计算机串口发出的指令,来控制发射芯片与小车通信。

2.2 图像采集模块

图像采集模块相当于人的视觉系统,通过它来获得目标运动信息。本系统选用天敏公司的 10 Moons 摄像头和与其配套的图像采集卡(PCI 插槽),通过图像采集开发软件包,用户可以进行二次开发,将采集到的图像在计算机上显示,并且可以随时保存图像以便处理。

2.3 计算机

计算机相当于人的大脑,是智能小车的关键部分。主要用于数字图像采集和处理,对目标监视,识别目标以及向控制模块发运动指令跟踪目标。处理过程用 VC++6.0 编程实现^[2]。

3 目标识别

本系统主要研究对单一目标的识别,即针对特定的物体进行识别处理,实验过程中目标物根据项目安排,使用的是一个可以自由运动的玩具小车,小车内有一戴红色头盔的驾驶员。为了简化识别算法,提高识别的准确性和实时性,以小车中驾驶员的红头盔为特征来识别目标。

软件流程如图 2 所示。

具体步骤为:

1) 利用摄像头采集图像,监视目标的运动,定时保存图像,格式为 24 位真彩色位图。在 VC 中调用控件,在显示器上中监视小车的运行情况,每隔一段时间

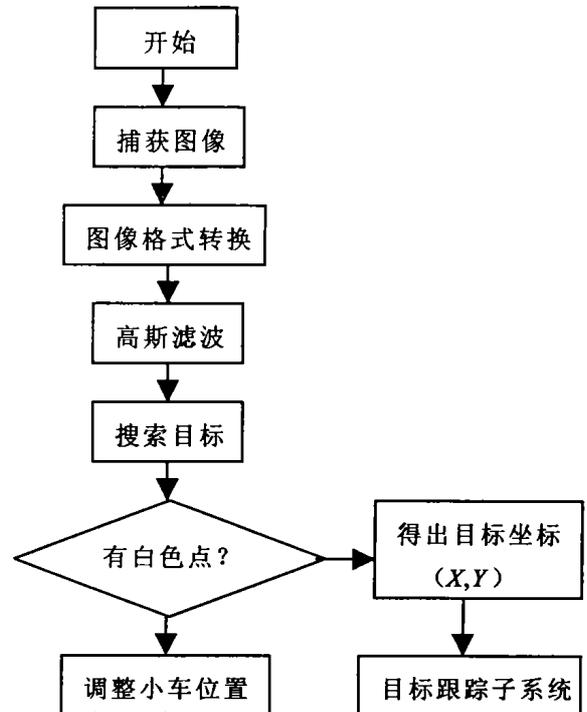


图2 目标识别软件流程图

保存一幅图像(如图 3 所示)用于后续处理。

2) 设定阈值,将 24 位真彩色图像二值化^[3]。24 位真彩色图像由 R、G、B 3 个分量组成,在实验室环境下,不同的光照条件、对比度设置、颜色饱和度都会影响采集到的图像。设定阈值的目的是将红色转化为白色,其它颜色转化为黑色。这就要根据采集的图像反复调整 R、G、B 值的范围,直到能将头盔部分转化为白色,其他部分全部为黑色。

3) 将二值化以后的图像转化为 256 色位图^[3]。如果对 24 位真彩色进行滤波处理,将大大增加算法的复杂程度,不便于实时跟踪。为此,特别将二值化后的图像转化为 256 色位图。具体算法是:新建一个长度为 4 096 的数组,代表 4 096 种颜色。对图中的每一个象素,取 R、G、B 的最高 4 位,拼成一个 12 位的整数,对应的数组元素加 1。对一幅图像的每个像素颜色进行统计,就得到了这 4 096 种颜色的使用频率。其中,可能有一些颜色一次也没用到,即对应的数组元素为零。将这些为零的数组元素清除出去,使得前 $N(N \leq 4 096)$ 个元素都不为零。将这 N 个数按从大到小的顺序排列(这里我们使用冒泡排序)。这样,前 256 种颜色就是用得最多的颜色,将作为调色板上的 256 种颜色。对于剩下的 $N - 256$ 种颜色并不是简单地丢弃,而是用前 256 种颜色中的一种来代替,代替的原则是找有最小平方误差的那个。再次对图中的每一个象

素,取 $R、G、B$ 的最高 4 位,拼成一个 12 位的整数,如果对应值在前 256 种颜色中,则直接将该索引值填入位图数据中,如果是在后 $N - 256$ 种颜色中,则用代替色的索引值填入位图数据中。

4) 对 256 色位图滤波去噪声^[4]。彩色的图像本来就容易加入噪声,不作滤波处理很容易造成误判。对数字图像而言,离某点越近的点对该点的影响应该越大,为此,引入了加权系数,也就是常用的高斯模板:

$$\frac{1}{16} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \text{。例如,对图像} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 2 & 3 & 3 \\ 4 & 6 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 6 & 6 \end{bmatrix}$$

$$\text{作高斯滤波处理后为} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3.06 & 3 \\ 4 & 4.56 & 4.56 & 5 \\ 5 & 6 & 6 & 6 \end{bmatrix} \text{。}$$

经过高斯滤波,噪声被有效地去除了,同时,有用信号也被削弱了。对比图 4 和图 5 可以看出,这并不影响对目标的识别。

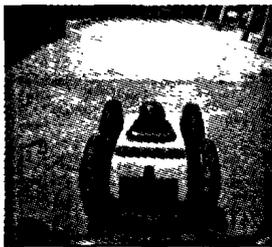


图 3 原始图像

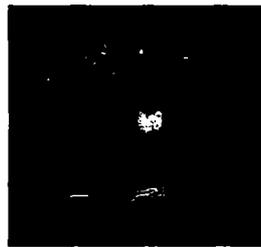


图 4 二值化后的图像

5) 搜索目标。选取头盔的顶端为特征点,判断图像中是否有白色的像素,第 1 个白点的位置(如图 6 所示),即为头盔顶部的坐标。具体做法是对上述图像进行行扫描,对每个像素进行判断。若有白色点则停止扫描,并将该点所在的列与行保存下来,对应得到该点的坐标 (X, Y) , 否则,说明目标不在视野范围内,调整小车的位置继续搜索。



图 5 高斯滤波后的图像



图 6 识别特征点

4 目标跟踪^[5]

目标跟踪是在目标识别的基础上,对目标的运动情况进行正确判别,并根据判别结果控制智能小车的运行,使其达到跟踪目标的目的,软件流程如图 7 所示。要使目标不丢失,控制智能小车使它与目标始终保持约 25 厘米的距离。其算法是:当目标在智能小车前方约 25 cm 时,得出目标的坐标 (X_0, Y_0) , 考虑小车行进过程中的抖动等因素,当目标在 $(X_0 \pm \Delta X, Y_0 \pm \Delta Y)$ 范围内时,认为目标没动,一旦目标超出这个范围,就要判断目标的运动方向,并且通过串口向单片机发命令^[6],控制智能小车的运动,使其与目标保持在设定的距离范围内(这里是 25 cm 左右),目标坐标与控制命令的对应关系如表 1 所示。

表 1 目标坐标与控制命令关系

目标坐标	运动指令	运动方向
$X < (X_0 - \Delta X)$ $Y < (Y_0 - \Delta Y)$	1	左上
$X > (X_0 + \Delta X)$ $Y < (Y_0 - \Delta Y)$	2	右上
$X < (X_0 - \Delta X)$ $Y > (Y_0 + \Delta Y)$	3	左后
$X > (X_0 + \Delta X)$ $Y > (Y_0 + \Delta Y)$	4	右后
$X \in (X_0 \pm \Delta X)$ $Y < (Y_0 - \Delta Y)$	5	前进
$X \in (X_0 \pm \Delta X)$ $Y > (Y_0 + \Delta Y)$	6	后退
$X \in (X_0 \pm \Delta X)$ $Y \in (Y_0 \pm \Delta Y)$	7	停止

图 8 中的白框表示特征点在此范围内时,智能小车停止动作,图 9 显示了目标向左上方移动时的情况,这时特征点在左上方,因此,智能小车向左上方移动,跟踪目标。

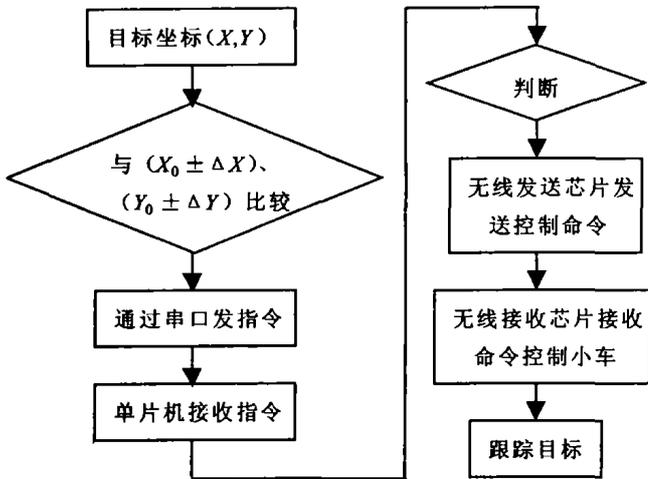


图7 目标跟踪软件流程图

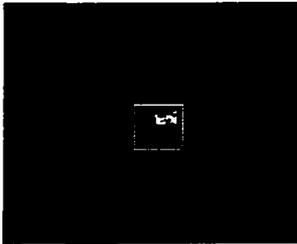


图8 特征点在规定范围内

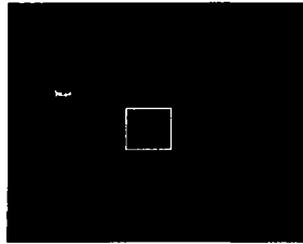


图9 特征点在左上方

5 结束语

对目标识别和跟踪进行了理论上的分析和研究,

在此基础上开发了一套完整的目标跟踪装置,在实验室环境下能够很好地跟踪特定目标,达到了预期的效果。但是,目标跟踪是综合多门学科的前沿课题,要达到人们设想的高度智能化还有很长的距离,它的发展与图像处理、模式识别技术的进一步提高密切相关,需要在以后的工作中坚持不懈地探索。

参考文献:

- [1] 蒙建波, 梁锡昌. 机械智能学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1997.
- [2] 齐舒创作室. Visual C++ 6.0 开发技巧及实例分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] 林福宗. 图像文件格式大全[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [4] 黎洪松. 数字图像压缩编码技术及其 C 语言程序范例[M]. 北京: 学苑出版社, 1998.
- [5] 姜延, 高庆吉. 全自主型足球机器人目标识别与定位方法研究[EB/OL]. <http://www.lodestar.com.cn/files/wx%5Cdbdlxyxb%5C2002-3%5C4.htm>. 2003.
- [6] 阮帮秋. VC 实现串口通信例程[EB/OL]. <http://www.gjwtech.com/scomm/sc2vc6serialprogexamle.htm>. 2002.

Realization of Intelligent Vehicle System for Target Recognition and Tracking

MENG Jian-bo, YU Jian-jing, GUAN Jin-ku

(Institute of Process Automation and Instrument, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: After analyzing target recognition and tracking technique, a method of developing specifically target tracking system is proposed, which uses digital image manipulation to target recognition. Software and hardware design of intelligent vehicle are presented in detail. The system uses digital image manipulation technology to cognize the certain target through a pickup camera installed on the front of the intelligent vehicle. When the target is moving, singlechip receives the commands from the computer and then control the vehicle to trace target. The system can run by itself, regardless of artificial control. This design provides a platform for the research of Growing Machine Intelligence system.

Key words: target recognition and tracking; intelligent control; digital image manipulation

(编辑 吕赛英)