

# 基于嵌入式机器视觉的测控系统设计

王 洋, 许四祥, 翟健健, 李天甲

(安徽工业大学 机械工程学院, 安徽 马鞍山 243002)

**摘要:** 针对传统基于 PC 的机器视觉系统因其结构没有模块化, 可移植性差, 与工业现场设备通信比较困难等缺点, 设计了基于嵌入式机器视觉的测控系统, 该系统以 DM642 芯片为视觉图像处理单元, 其控制单元为 GTS-400 系列运动控制器, 硬件电路为基于 RS232 通信的 DSP 与运动控制器组成, 并通过编程完成目标的识别、通讯、控制等功能; 从实验结果中可以看出, 该系统的图像处理单元成功检测到目标后, 图像处理单元输出的信号能够被运动控制器快速捕捉并控制伺服电机实现点位运动; 该测控系统的设计对嵌入式机器视觉应用于运动控制系统具有现实意义。

**关键词:** 嵌入式机器视觉; DM642; 运动控制器; 通信

## Design of Measurement and Control System Based on Embedded Machine Vision

Wang Yang, Xu Sixiang, Zhai Jianjian, Li Tianjia

(Anhui University of Technology School of Mechanical Engineering, Maanshan 243002, China)

**Abstract:** Aiming at the shortcomings of traditional PC-based machine vision system because of its lack of modularity, poor portability, and difficulty in communication with industrial field devices, a measurement and control system based on embedded machine vision is designed. The system took the DM642 chip as the machine vision image processing unit, the GTS-400 series motion controller as its control unit, DSP and motion controller was designed based on RS232 communication hardware circuit, except that, the target recognition, communication and control function was completed through the computer programming. The experiment proves that after the DSP of the system successfully detects the target, motion controller can quickly respond to the signal output of DSP and control servo motor to complete point to point motion, it has practical significance to the application of embedded machine vision in motion control system.

**Keywords:** embedded machine vision; DM642; motion controller; communication

## 0 引言

机器视觉是人工智能领域内正在快速发展的一个分支, 它是利用计算机模拟生物视觉的技术。机器视觉因具有观察范围广, 观察时间长, 环境适应能力强等优点, 被广泛应用于汽车, 电子等行业<sup>[1-3]</sup>, 但传统基于 PC 的机器视觉系统具有可移植性差, 安装不便等缺点<sup>[4]</sup>, 因此迫切需要可用于自动化生产领域的便携式机器视觉组件。随着嵌入式系统性能的进一步发展, 许多过去主要凭借 PC 处理的各种应用开始逐渐的倾向于嵌入式平台, 尤其是低端领域的智能相机和结构功能更为全面的嵌入式视觉主机, 文献<sup>[5]</sup>将嵌入式系统与机器视觉控制结合起来, 设计了基于嵌入式系统的机器视觉测控系统; 邵华等<sup>[6]</sup>设计基于机器视觉的嵌入式定位冲孔系统, 并利用快速 Hough 变换算法进行图像圆心定位, 实现印制电路板的定位冲孔; 基于嵌入式的机器视觉系统继承了基于 PC 的机器视觉系统的优势, 并且解决了基于 PC 的机器视觉系统在实际应用方面存在的不足之处, 使机器视觉系统的性能方面有了一定程度的提升。在运动控制技术与机器视觉技术不断发展的当今, 机器视觉技术、嵌入式技术及控制技术组成的基于嵌入式机器视觉的控制系统, 成为机器视觉发展与研究的一个新的趋势。因而, 本研究设计了基于 DSP 与运动控制器的测控系

统, 尝试将嵌入式机器视觉技术应用于运动控制系统, 并取得了良好的效果。

## 1 机器视觉与运动控制系统平台设计

机器视觉与运动控制系统平台分别由图像处理模块, 控制模块与通信模块三个部分组成。该系统平台采用 TI 公司的 DM642 芯片作为本次实验的图像处理模块, 其工作主频更是高达 720 MHz, 不仅信息处理能力十分强大, 而且开发周期短、产品稳定性较高, 是专用于数字媒体应用方面的一款高性能 32 位定点 DSP<sup>[7]</sup>。通信模块主要是由 PC 机的 COM1 口以及 DSP 的 RS232 接口构成, 它们分别完成信号的采集和输出。系统控制模块分别由固高科技运动控制器, 伺服电机以及和其相匹配的台达伺服驱动器等三部分组成, 用于控制伺服电机实现点位运动, 进而验证运动控制器与 DSP 是否能够实现正常通信, 系统平台如图 1。

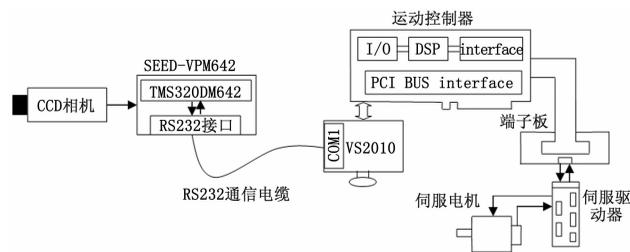


图 1 系统平台

收稿日期: 2018-04-26; 修回日期: 2018-05-12。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51374007); 安徽省自然科学基金(11040606M104)。

作者简介: 王 洋(1991-), 男, 安徽亳州人, 硕士研究生, 主要从事机器人视觉与控制方向的研究。

系统上电后, 初始化伺服驱动器与运动控制器的参数; 其次运行 PC 机端的 C# 程序不断判断 PC 机的 COM1 口接收到的数据; 然后将图像处理 C 程序下载到 DSP 中; 接着运行图

像处理程序对 CCD 相机采集到的图像进行处理, 当检测到目标后, DSP 通过 RS232 接口发送数据到 PC 的 COM1 口。

## 2 测控系统功能实现

### 2.1 图像处理算法设计

图像处理硬件环境为 TI 的 DM642 芯片, 软件环境为 CCS3.3 (Code Composer Studio 3.3), 编程语言为 C 语言, 本研究将文献[8]中提出的 MATLAB 图像处理算法移植到 DSP 上, 算法流程如图 2。

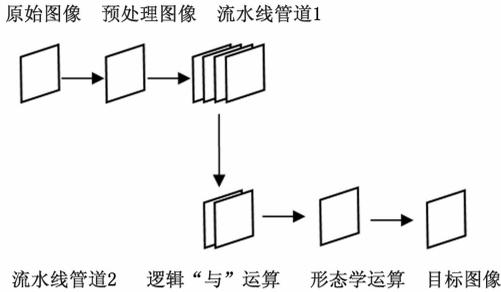


图 2 图像处理算法流程

该算法共分为 4 个步骤进行, 分别如下:

第一步: 开始时, 需要先进行初始化操作, 使用改进型的半因果支持域联合改进型最大化背景预测对连续 4 帧的原始图像实现预处理操作, 然后把得到的 4 帧残差图像传送到流水线管道 1 中;

第二步: 其次, 对经过初始化操作得到的 4 帧残差图像在流水线管道 1 中作交叉差分运算<sup>[9]</sup>, 随后将得到的交叉差分后的图像进行自适应阈值分割处理, 且将得到的两帧二值图像传送到流水线管道 2 中。

第三步: 接着对流水线管道 2 中的两帧二值图像进行逻辑“与”运算<sup>[10]</sup>, 使用逻辑“与”运算的目的是为了增强算法的稳定性, 消除一些仅在单帧图像中随机出现的干扰噪声点;

第四步: 形态学开运算<sup>[11]</sup>去除一些比弱小目标小的噪声点, 同时保留结构元素所不能腐蚀的且保持像素点灰度级和目标特性相对不变的点。本研究根据弱小目标的大小选择 1×3 的垂直结构元素, 并依次对逻辑“与”操作后的图像进行腐蚀和膨胀运算, 并得到弱小目标的检测结果。

其中, 公式 (1) 和公式 (2) 所示的为自适应阈值分割算法的表达式:

$$S(m, n) = \begin{cases} 255 & f(m, n) \geq T \\ 0 & f(m, n) < T \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $f(m, n)$  为图像像素点  $(m, n)$  经过预处理后的灰度值,  $s(m, n)$  为图像像素点  $(m, n)$  经过自适应阈值分割后的灰度值, 其中  $T$  表示使用自适应阈值法确定的阈值:

$$T = mean + \lambda\sigma \quad (2)$$

式 (2) 中,  $mean$  为图像的灰度均值,  $\sigma$  为图像预处理后的灰度均方差,  $\lambda$  为阈值分割加权系数, 一般可以取 2~15, 本次实验  $\lambda$  取 12。

### 2.2 通信电路设计

测控系统的通信主要指图像处理模块 DSP 与控制模块运动控制器之间的通信, 数据发送的功能的实现主要依靠图像处理模块 DSP 中的 RS232 通信, 检测到目标的 DSP, 可以把信号传送给 PC 机, 该项功能也可以通过把数据预先放到 DSP

中加以实现, 在利用算法检测到目标后, 预先安置在 DSP 串口中的数据即被发送给 PC 机, 运动控制器接收到的数据是通过 PC 机串口进行读取获得的, 从而完成控制伺服电机进行点位运动, DSP 发送数据流程如图 3 所示。

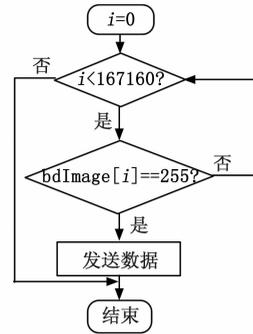


图 3 数据发送流程

1) 像素点的灰度值判断。经过算法处理后得到的图像是一帧灰度值为 0 和 255 的二值图像, 其中 0 表示为黑色, 255 表示为白色, 如果经过图像处理后的图像中含灰度值为 255 的像素点, 则可以判断出检测结果中含有弱小目标。本文处理的图像共 167160 个像素点, 其图像大小为 420 pixel×398 pixel;

2) 数据发送。对图像像素点的处理采用遍历的方式, 体现到程序中即为循环扫描的方式, 当像素点灰度值为 0 时, 程序会继续判断下一个像素点的灰度值, 如果像素点的灰度值为 255, 则向串口发送数据, 当 DSP 发送的数据被 PC 机接收后, 则控制电机完成点位运动, 本文发送的数据为 16 进制的 02。

### 2.3 运动控制系统设计

运动控制系统硬件采用的是固高科技公司 GTS-400 系列运动控制器, 其主要控制单元由 DSP 与 FPGA 两部分构成, 能够实现高速、高精度的点位运动控制<sup>[12]</sup>。运动控制硬件系统主要是由运动控制器、台达 ASDA-AB 伺服驱动器及伺服电机组成。运动控制器使用 PCI 总线及多轴端子板与台达 ASDA-AB 伺服驱动器进行连接, 再经由伺服驱动器连接伺服电机共同构成了运动控制硬件系统。软件通过 Visual Studio 2010 编程, 编程语言为 C# 语言。控制系统主要实现的功能是响应 PC 机接收到的数据 16#02, 并控制伺服电机完成点位运动, 控制系统对 PC 机接收数据的响应方式为查询方式, 即运动控制器轮询 PC 机 COM1 口的数据, 软件控制界面如图 4 所示。



图 4 C# 控制界面

1) 初始化。程序开始运行后, 先对运动控制器进行复位, 然后对运动控制器进行初始化, 载入配置文件到运动控制器, 对轴的报警和限位进行清除, 最后对轴的位置信息进行清零操作。

2) 点位运动参数设置。先对轴号进行选择, 文中试验选择的是轴 1, 速度设置为 100 pulse/ms, 步长设置为 200000 pulse, 减速度设置为 0.5 pulse/ms<sup>2</sup>, 加速度设置为 0.5 pulse/ms<sup>2</sup>, 平滑时间设置为 0 ms;

3) 伺服使能及启动运动。此时程序不停轮询接收数据区发送过来的数据, 当数据是 02 时, 系统启动点位运动, 否则, 程序对数据区接收的数据进行查询操作;

4) 运动状态的监测。位置和速度两个参数均为运动监测的对象, 在启动运动之前, 先完成点位运动位置和速度参数的规划, 启动运动开始之后, 再通过程序界面显示的实际速度与位置来对控制系统执行情况进行判断。

### 3 实验结果与分析

#### 3.1 图像处理结果

DM642 芯片为本次实验图像处理部分的主处理器, 利用 C 语言编写检测弱小目标的算法程序, 通过 DSP 集成开发软件 Code Composer Studio 3.3 进行移植、编译、调试及优化, 将调试无误的算法程序下载到 DSP 中, 对目标出现前、出现后的两帧原始图像进行处理, 利用嵌入式机器视觉单元检测复杂背景下的弱小目标, 原始图像的来源同文献[13]。图 5、图 6 分别为目标出现前、出现后的原始图像。

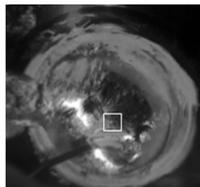
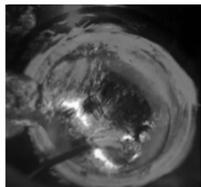


图 5 目标出现前图像 A      图 6 目标出现出后图像 B

图 7 为本文算法检测结果的三维灰度图, 灰度较高的部分即对应图 7 白色方框中的弱小目标, 原始图像的背景和噪声会对目标的检测产生一定的干扰, 目标经过预处理、帧差、自适应阈值分割、逻辑“与”、形态学运算等处理操作后, 会使其干扰得到有效的抑制, 且能够成功检测出目标。

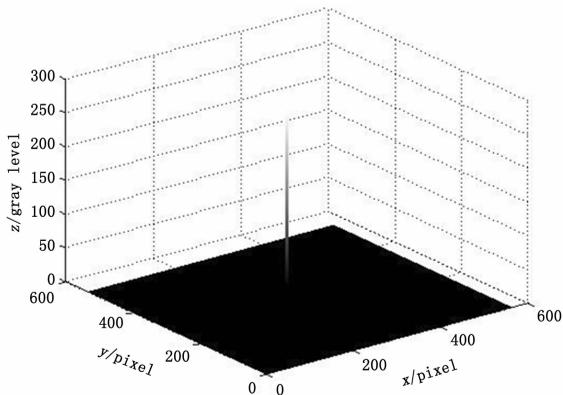


图 7 检测结果的三维灰度图

#### 3.2 通信实验结果与分析

RS232 通信结果如图 8 所示, 规划速度和实际速度由状态

监测的速度和位置参数得知并且均是 100 pulse/ms; 规划位置和实际位置基本保持一致, 分别为 200000 pulse 和 200001 pulse, 伺服电机在预先设定的参数下实现了点位运动, 且接收数据区的 PC 机端接收的数据为 16#02, 与 DSP 中发送的数据相同, 成功在 DSP 与 PC 机之间实现了 RS232 通信。



(a) 速度执行结果      (b) 位置执行结果

图 8 RS232 通信结果

### 4 结论

基于 RS232 通信的嵌入式机器视觉测控系统, 能够准确、快速的检测目标; 并能对图像处理模块的信号输出做出快速响应, 进而精确控制伺服电机实现点位运动, 顺利完成对目标的检测、通信、控制一体功能。对嵌入式机器视觉技术应用于运动控制系统具有实际意义。

#### 参考文献:

- [1] 章 炜. 机器视觉技术发展及其工业应用 [J]. 红外, 2006, 27 (2): 11-17.
- [2] 颜发根, 刘建群, 陈 新, 等. 机器视觉及其在制造业中的应用 [J]. 机械制造, 2004, 42 (483): 28-30.
- [3] 张五一, 赵强松, 王东云. 机器视觉的现状与发展趋势 [J]. 中原工学院学报, 2008, 19 (1): 9-12.
- [4] 唐向阳, 张 勇, 李江有, 等. 机器视觉关键技术的现状及应用展望 [J]. 昆明理工大学学报 (自然科学版), 2004, 29 (2): 36-39.
- [5] 周 煜. 嵌入式机器视觉测控系统设计研究 [J]. 电脑知识与技术, 2010, 6 (8): 1987-1988.
- [6] 邵 华, 邱元芳. 基于机器视觉的嵌入式定位冲孔系统设计 [J]. 光学仪器, 2013, 35 (6): 36-42.
- [7] 合众达电子. SEED-VPM642 用户指南 [Z]. 2008.
- [8] 翟健健, 许四祥, 王忍宝, 等. 基于改进半因果支持域的镁熔液第一气泡检测 [J]. 材料科学与工艺, 2016, 24 (6).
- [9] 许四祥, 孙 杰, 郭宏晨. 基于改进背景预测和流水线的弱小目标检测 [J]. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2012, 40 (8): 129-132.
- [10] 郭宏晨, 许四祥, 孙 杰, 等. 基于序列图像的镁熔液第一气泡检测 [J]. 铸造, 2013, 62 (11): 1093-1095.
- [11] 何东健. 数字图像处理 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003, 175-193.
- [12] GTS 四轴运动控制器用户手册\_RB. A\_20151231. pdf [EB/OL]. <http://www.googletech.com.cn/d/file/Manual-ual/GTS-VB/GTS-VB%20%20axis%20user%20manual.pdf>, 2015-12-31.
- [13] 侍海东, 许四祥, 王忍宝, 等. 基于 DM642 图像处理的镁熔液第一气泡检测 [J]. 铸造, 2015, 64 (5): 437-439.