

一种新型机器视觉系统及其图像校正算法探索

俞东宝, 苏真伟, 晏开华

(四川大学制造科学与工程学院, 四川 成都 610065)

摘 要: 数字成像和图像传输技术的新发展, 为研制新一代机器视觉系统提供了基础条件。基于此, 提出了一种由多个像素少、成本低的摄像头构成的机器视觉系统的结构模型, 并重点探讨了它的成像方法和图像校正算法。这种新型的机器视觉系统可应用于模式识别, 能获取并处理不规则的图像, 有利于解决传统机器视觉系统的成本高和图像冗余数据量大的问题。

关键词: 机器视觉系统; 图像校正; 图像拼接; 不规则图像; 模式识别

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

A New Type of Machine Vision Systems with Algorithm for Image Correction

YU Dong-bao, SU Zhen-wei, YAN Kai-hua

(College of Manufacturing Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: A machine vision system consisting of a low cost CMOS camera array is presented in this paper, based on the development of the new techniques of digital imaging and data transmission. Also, the imaging system and algorithms for image correction are suggested. The machine vision system can obtain and process irregular images for pattern recognitions, which is helpful for reducing the cost and redundancy data of the existing machine vision systems.

Key words: machine vision; imaging system; algorithm; image rectification; pattern recognition

1 引言

成像设备是机器视觉系统的核心构件。为了实现高精度和高速度的实时监控, 现有的机器视觉系统普遍采用高精度、高分辨率和高采样频率的成像设备, 并用高速度的计算机处理数据。成像系统是目前机器视觉系统价格昂贵的主要原因之一^[1]。例如, 世界著名的机器视觉公司 Coreco 生产的 Dalsa Trillium34 color line-scan 自动相机, 每台价格近人民币 10 万元(6500 英镑), 每线 2048 像素、每秒可扫描红、绿、蓝各 11000 线, 每秒钟产生的图像数据达 6758 万个($3 \times 2048 \times 11000$); 必须采用高配置的计算机, 否则二维 DFT 变换、颜色空间 RGB 到

HIS 变换等都会因实时性问题而难以在实时检测中使用^[2]。成像设备昂贵的价格和由此产生的巨大图像冗余数据量, 成为了当前机器视觉系统在中国应用、推广的瓶颈问题。

另一方面, 现实生产中大量的检测只要求对目标定性识别。他们属于模式识别问题, 不需要高精度的几何测量。例如棉花中的异性纤维、食品中的异物、带钢表面的裂纹、机械零件 X 射线胶片中的气孔、夹渣等等, 他们的检测原本就由并不善于高精

作者简介: 俞东宝(1983 -), 男, 研究生, 研究方向为数字图像处理。E-mail: xd-bell@163.com

收稿日期: 2008-05-20

度量测定的人眼完成。这类模式识别检测不需要在图像全局范围内进行高精度的几何测量。从性价比的角度看,高精度、高分辨率和高采样频率的成像设备其实并不适合这一类检测^[1]。

近年来,与机器视觉系统密切相关的基础技术取得了一系列重要的突破。其中最引人注目的是:①CMOS 成像技术的最新进展使新一代低成本、高速度的 CMOS 图像传感器的精度显著提高,市场占有率迅速扩大。②半导体工业的进步已能将初级图像处理(滤波、二值化)和中级图像处理(分割、特征计算)等集成到一块小硅片上,使带有简单图像处理功能的 CMOS 图像传感器进入商品化阶段,并可能影响机器视觉系统的格局。③IEEE1394 和 USB2.0 传输数据与图像的速度达到了 480M/s 以上。目前,受到可视化网络通讯和摄像监控需求的刺激,大批量生产的低像素的彩色可编程集成 CMOS 数字图像传感器,每个仅十几美元。集 IEEE1394、USB2.0 和 100M LAN 为一体的日本产 PC 机 SUGOI 扩展卡,仅人民币几百元一个。上述基础技术的进步,为新一代低成本的机器视觉系统的研制和大规模推广应用提供了条件^[2]。

基于上述考虑,本文提出了一种新的机器视觉系统的实验模型和相应的图像算法。它的成像部分由多个相对独立、像素少、成本低的 CMOS 数码摄像头构成。目标信息经这些小摄像头捕获后,经拼接和校正处理,然后由系统进行模式识别和反馈控制。其中,图像拼接的算法已在文献[3]中介绍,本文着重介绍新型机器视觉系统的成像方法和图像校正算法。

2 不规则成像机器视觉系统

成像系统采用若干低像素的相机组合而成,结构如图 1 所示。主相机位于传送带较远的上方,用以拍摄全局图像。子相机成一横排位于传送带较近的上方,以便近距离地拍摄详细的局部图像。计算机通过全局图像判断出目标区域,然后驱动相应区域的子相机拍摄局部图像;而与背景对应的子相机则处于“休眠”状态。这样,目标对应的局部图像在时间上和空间上都是不规则的,具有较高的空间分辨率;而背景区域则仅存在于全局图像中,空间分辨率低而且不进入后续的图像处理。与传统机器视觉

系统相比较,图像数据总量大幅度减少,而目标区域的空间分辨率大幅度提高。

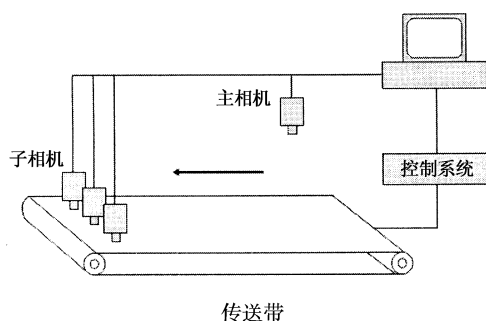


图1 具有不规则成像功能的机器视觉系统

实验采用了 4 个德国 Balser A601f 相机,通过 1394 接口与计算机连接。采用易于升降旋转的调节装置,以便相机的调整与装卸。相机的个数以及相机与传送带之间的距离可以根据不同的检测任务而改变。

图像获取之后,计算机记录下可疑的区域,并将相应的局部图像编号存储。之后根据记录的信息调出包含目标的局部图像进行校正、拼接,然后再由主机进行后续处理、特征提取和模式识别。

3 图像的畸变校正快速算法

低成本摄像头往往存在光学畸变。镜头的光学畸变可分为径向畸变和切向畸变,径向畸变主要由于镜头的径向曲率的不同而造成^[4],分为桶型和枕型(如图 2 和图 3 所示);而切向畸变由镜头中的各组透镜的光学中心不共线而引起^[5]。目前,在图像畸变校正方面,国内外已发表的主要文章有:基于摄像头的畸变系数标定法,代表人物有 Wonpil Yu 和 Yunkoo Chung,主要思想是采用某种畸变模型(比如二次径向模型,Tsai 模型等),通过试验得到图像畸变校正系数,然后再通过对畸变图像的反向映射达到校正目的^[6]。另一种较有代表性的方法是基于线性的标定法,其基本思想是:图像在视界坐标系中的坐标等于其在图像坐标系中的坐标加上一个与其坐标值有关的值^[7-8]。这两种方法都需要经过复杂的多项式计算或迭代,求解非线性方程组,最终得到畸变系数;计算量大,有时还会得到不理想的收敛值。为了避免复杂计算及提高图像矫正速度,针对大背景小目标的定性检测,本文提出一种基于坐标插值的查表法,直接建立畸变前后图像坐标位置的

近似对应关系。它的目标区域小,对应的摄像头像素少,实时计算时矫正速度快,效果较好。

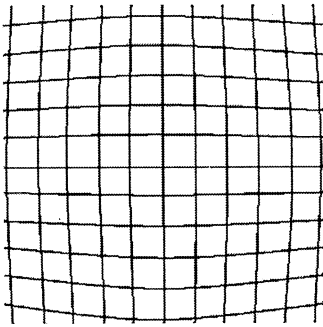


图2 桶型

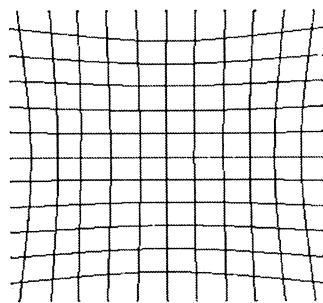


图3 枕型

3.1 建立基对应点

基对应点是查找表的基本框架,首先固定摄像头,然后将标准的栅格图形的栅格按行编号(或按列编号),如图4所示。设 x 坐标矩阵为:

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \cdots & x_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m,1} & \cdots & x_{m,n} \end{pmatrix}$$

y 坐标矩阵为:

$$Y = \begin{pmatrix} y_{1,1} & \cdots & y_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m,1} & \cdots & y_{m,n} \end{pmatrix}$$

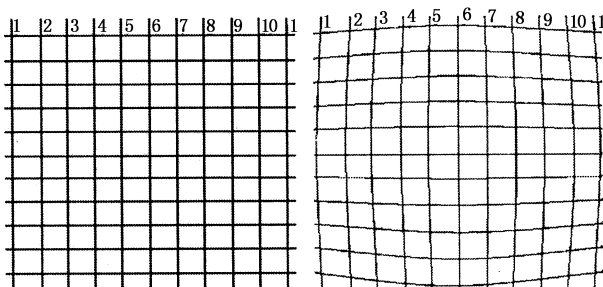


图4 标准图形的栅格编号

图5 畸变图的栅格编号

摄像头拍得的畸变图像如图5所示,与未畸变图对应栅格点坐标为:

$$X' = \begin{pmatrix} x'_{1,1} & \cdots & x'_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_{m,1} & \cdots & x'_{m,n} \end{pmatrix}$$

$$Y' = \begin{pmatrix} y'_{1,1} & \cdots & y'_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y'_{m,1} & \cdots & y'_{m,n} \end{pmatrix}$$

3.2 坐标插值

利用标准图形的坐标值,分别对 X, Y, X', Y' 进行插值。线性插值,二次插值,三次样条插值等算法相似,为简单说明问题,以线性插值为例,分别求出所有的点的坐标。

行插值:设 $k = [x_{i,j+1} - x_{i,j}]$ (取整), k 为两点间需要插值的最小点数。则坐标插值程序为:

```

For i = 1:m
    For j = 1:n
        Temp = X(i,j):(X(i,j+1) - X(i,j))/k:X(i,j+1)
        For u = 1:k
            Xnew(i, (j-1)*k + u) = Temp(u);
        End
    End
End

```

列插值:设 $t = [x_{i+1,j} - x_{i,j}]$ (同样取整), t 的要求同 k 一样。

得到新的矩阵:

$$X_{\text{new}} = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \cdots & x_{1(n-1)k+n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{(m-1)t+m,1} & \cdots & x_{(m-1)t+m,(n-1)k+n} \end{pmatrix}$$

同理可得 $Y_{\text{new}}, X'_{\text{new}}, Y'_{\text{new}}$ 。即畸变后的图像各点对应的畸变前坐标。

3.3 实验

实验采用 MATLAB 开发软件。

1) 建立对照表

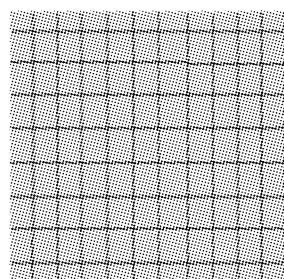


图6 未畸变的图

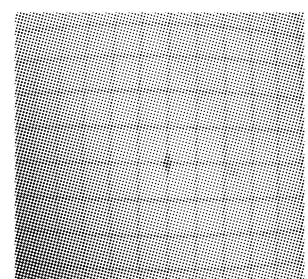


图7 畸变图

$$X = \begin{bmatrix} 27 & 54 & 82 & 111 & 140 & 171 & 202 & 231 & 260 & 288 & 313 \\ 25 & 51 & 78 & 108 & 139 & 170 & 201 & 232 & 262 & 289 & 316 \\ 22 & 49 & 76 & 106 & 137 & 169 & 201 & 232 & 263 & 290 & 316 \\ 19 & 46 & 75 & 105 & 136 & 169 & 200 & 232 & 262 & 290 & 317 \\ 19 & 46 & 74 & 104 & 137 & 168 & 200 & 232 & 262 & 291 & 317 \\ 19 & 46 & 75 & 105 & 135 & 168 & 200 & 231 & 262 & 291 & 317 \\ 20 & 47 & 75 & 105 & 137 & 169 & 199 & 231 & 261 & 290 & 316 \\ 21 & 48 & 77 & 106 & 137 & 168 & 200 & 230 & 260 & 288 & 315 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} 16 & 14 & 12 & 11 & 10 & 10 & 12 & 13 & 16 & 19 & 21 \\ 43 & 41 & 40 & 40 & 39 & 39 & 40 & 42 & 44 & 46 & 48 \\ 71 & 71 & 70 & 69 & 69 & 70 & 70 & 71 & 72 & 75 & 76 \\ 102 & 102 & 102 & 102 & 102 & 102 & 102 & 103 & 103 & 105 & 105 \\ 133 & 133 & 133 & 133 & 133 & 135 & 134 & 134 & 134 & 134 & 134 \\ 163 & 164 & 165 & 165 & 166 & 167 & 167 & 166 & 165 & 165 & 164 \\ 193 & 195 & 196 & 197 & 199 & 198 & 198 & 197 & 196 & 195 & 193 \\ 211 & 224 & 226 & 228 & 229 & 229 & 229 & 227 & 225 & 224 & 221 \end{bmatrix}$$

插值后的对照表:(片断)

$$X_{\text{new}} = \begin{bmatrix} 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 & 40 \\ 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 & 40 \\ 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 38 & 39 & 40 \\ 27 & 28 & 29 & 30 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 38 & 39 & 40 \\ 27 & 28 & 29 & 30 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 37 & 38 & 39 & 40 \dots \\ 27 & 28 & 29 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 37 & 38 & 39 & 40 \\ 27 & 28 & 29 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 \\ 27 & 28 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 \\ 27 & 28 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 \\ 27 & 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 \\ & & & & & & & & & & & & & & & \vdots \\ 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 & 18 \\ 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 & 19 \\ 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 \\ 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 & 21 \\ 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 & 22 \\ & & & & & & & & & & & & & & & \dots \\ 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 \\ 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 & 24 \\ 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 \\ 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 & 26 \\ 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 & 27 \\ & & & & & & & & & & & & & & & \vdots \end{bmatrix}$$

示例1如图8和图9所示。

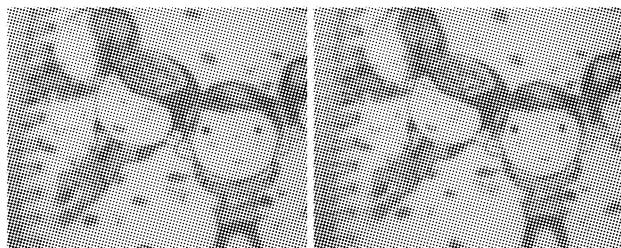


图8 畸变图像

示例2如图10和图11所示。

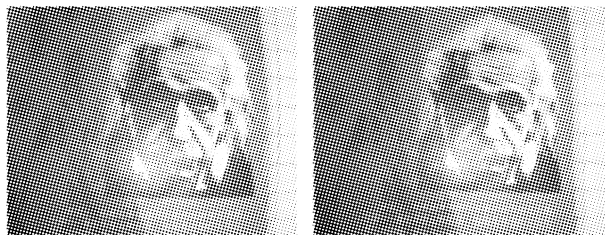


图10 畸变图像

图11 矫正好的图像

4 结 论

针对大背景小目标的定性检测,本文提出了一种低成本、小数据量的新型机器视觉成像系统以及基于坐标插值的摄像头畸变软件矫正算法。这种系统成本低、目标区域精度高而总体数据量少。它的图像矫正算法简单可行,没有复杂的计算式,提高了目标图像的质量,可以用于目标的定性识别;存在的问题是运算速度有待于进一步提高。

下一步的研究工作主要集中在机器视觉系统的整体协调性和高速、高精度图像算法的探索。

参考文献:

- [1] Elias N Malamas, et al. A survey on industrial vision systems, applications and tools[J]. image vision computing, 2003, (21):172-188.
- [2] Zhenwei Su, Guiyun Tian, Chunhua Gao. A machine vision system for on-line removal of contaminants in wool[J]. Mechatronics, 2006, 16(5):243-247.
- [3] Zhenwei Su, Jinwei Wang, Mingfei Huang, et al. A machine vision system with an irregular imaging function[J]. The 5th International Conference on Image and Signal Processing and Analysis[J]. ISPA 2007 IEEE, 2007, 458-463. (<http://www.isispa.org/ispa07/schedule.pdf>)
- [4] 万峰,杜明辉. 数码相机设计中图像几何畸变校正的实现[J]. 计算机工程, 2005, 31(17):191-192.
- [5] 朝广良,宁建中. 一种基于畸变等效曲面的图像畸变校正[J]. 光学技术, 2005, 31(1):122-124.
- [6] 崔洪州,孔渊,周起勃,等. 基于畸变率的图像几何矫正[J]. 应用光学, 2006, 27(3):183-185.
- [7] 廖士中,高培焕,廖艺,等. 一种光学镜头摄像机图像几何畸变的修正方法[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(7):593-596.