

基于计算机视觉的屏板精密定位系统研究

张金龙¹ 刘阳¹ 潘世丽¹ 刘京南² 内田敬久³

(¹南京师范大学电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042; ²东南大学自动化学院, 江苏 南京 210096;
³日本爱知工业大学智能机械工学科, 丰田 470-0392, 日本)

摘要 针对荫罩式等离子显示器屏板定位的特点, 研制开发了一套基于计算机视觉的荫罩式等离子显示器屏板精密定位系统, 系统以工业控制计算机为核心, 取 CCD 信号为控制信号, 由微机控制实现高精度位置检测及全自动精密定位, 从而实现等离子显示器前基板、荫罩和后基板三者之间的全自动精密定位。采用的快速图像边缘检测技术、特征图形标识识别技术和精密驱动控制技术, 可有效提高位置检测信号的灵敏度及定位速度。系统在软、硬件方面采取的一系列抗干扰措施, 确保了较高的定位精度及工作可靠性。实验结果表明, 基于计算机视觉的精密定位系统可获得 $\pm 5\mu\text{m}$ 的精密定位, 对荫罩式等离子体显示器的产业化具有重要的实用价值。

关键词 荫罩式等离子显示器; 计算机视觉; 图像检测; 特征提取; 精密定位

中图分类号 TP274+.5 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS200828s2.0121

Research on Display Panel Precise Positioning System Based on Computer Vision Technology

Zhang Jinlong¹ Liu Yang¹ Pan Shili¹ Liu Jingnan² Yoshihisa Uchida³

(¹ College of Electrical and Automatic Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210042, China
² Automation College, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096, China
³ Department of Intelligent Machinery Engineering, Aichi Institute of Technology, Toyota 470-0392, Japan)

Abstract In view of the features of display panel position of SMPDP, a precise positioning device was established using computer vision technology. This device based on industrial control computer can achieve high-accuracy position detection and full automatic precision plane alignment using CCD signals, so that it could achieve automatic precision positioning of front substratum, shadow mask and rear substratum. The algorithms such as fast image edge detection, character extraction and positioning control strategy are proposed to reduce the time of image processing and improve the detection accuracy. A series of anti-interference step in the hardware and software of the device effectively improve positioning accuracy and reliability of the device. The experimental result shows the device can perform positioning accuracy of $\pm 5\mu\text{m}$. The approaches are of high value for accelerating the industrialization of SMPDP.

Key words shadow mask plasma display panel; computer vision; image recognition; character extraction; precise positioning

1 引 言

荫罩式等离子显示器(SMPDP)是我国研制开发的具有自主知识产权的新一代显示器, 与传统的等离子显示器相比, 它改进了显示器障壁的材料和制作工艺, 大幅度降低了生产成本, 具有成本低、亮度高、对比度高等特点, 在 HDTV、数字显示、台式

计算机显示终端等领域具有极其广泛的应用和市场前景^[1, 2]。但目前荫罩式等离子显示器的制作过程, 主要是借助显微镜的观察, 通过手工调节来进行人工定位, 这种方法不仅生产效率低, 而且定位精度也难以保证, 严重制约着 SMPDP 生产线的自动化水准。本文针对 SMPDP 屏板精密定位要求, 研制

基金项目: 国家 863 计划(2005AA303610)资助项目。

作者简介: 张金龙(1965—), 男, 博士, 副教授, 主要从事精密测量与控制技术等方面的研究。

E-mail: zjl0310@163.com

开发了一套基于计算机视觉的屏板精密定位装置,装置以工业控制计算机为核心,采用图像检测与识别技术,可实现前基板、荫罩和后基板三者之间的全自动精密平面定位,定位精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ 。

2 SMPDP 屏板精密定位系统

SMPDP 由前基板、荫罩和后基板三部分组成,如图 1 所示。前基板上布有水平的电极线,电极线宽 $60 \mu\text{m}$,用于逐行扫描和维持放电显示。后基板上布有垂直的电极线,电极线宽 $120 \mu\text{m}$,荫罩处于前、后基板之间,荫罩上布满了等间隔的碗状网孔。显示屏的生产工艺要求前基板的水平电极线和后基板的垂直电极线两两垂直交叉于荫罩板的相应网孔上,定位精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ 。荫罩每相邻三个网孔为一组,代表 RGB 三色,构成显示屏的一个发光像素,当电极线通电时,激活 RGB 呈现彩色,控制电极线间的电压大小即可改变色彩。

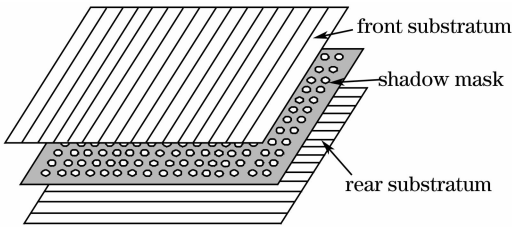


图 1 SMPDP 屏板结构

Fig. 1 Display panel structure of SMPDP

基于 SMPDP 屏板精密定位的特点,设计的屏板全自动精密定位装置如图 2 所示,精密定位装置由计算机视觉检测系统、精密定位机构、机械升降机构、磁性吸附机构、电机驱动系统及微机控制系统等组成。计算机视觉检测系统用于检测基板与荫罩的位置偏差,计算机根据检测到的 CCD 信号,进行图像处理与模式识别,发出驱动信号,驱动基板作相应移动,完成基板与荫罩的定位。装置的机械驱动采用脉冲细分式驱动步进电机,并通过精密滚珠丝杠

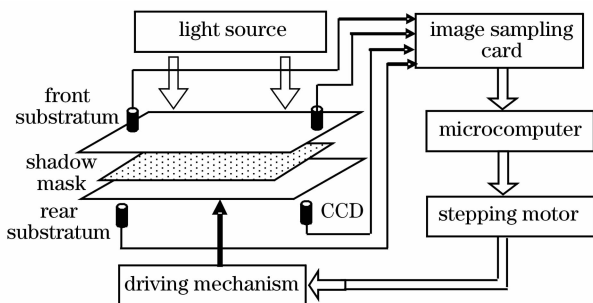


图 2 SMPDP 精密定位装置

Fig. 2 Precise alignment apparatus of SMPDP

机构将细分后步进电机的微小角度转化为微米级的线性位移,以满足定位控制的需要,最终的定位误差通过计算机闭环控制作用来消除。

3 基于计算机视觉的屏板定位

3.1 图像预处理

图像预处理是图像识别与理解的重要步骤之一,预处理算法的好坏直接决定了图像识别的精度与速度。由于视觉装置中存在加性噪声、量化噪声以及随机干扰噪声,为了减少上述噪声对后续检测与识别的影响,先采用多帧平均空间域方法进行平滑滤波^[3,4]。设多帧的同一幅图像为 $f(x_i, y_i)$, 则平滑后图像为

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f(x_i, y_i) \quad (1)$$

式中 N 为多帧平均的帧数量。

图像平滑滤波后,采用 Canny 算子进行边缘检测。取高斯滤波尺度参数 $\delta = 1.9$, 滤波器长度区间为 $[\mu - 3\delta, \mu + 3\delta]$, 其中 μ 为多帧平滑中心值。为了提高边缘检测的稳定性,采用双阈值法,设边缘点在图像中的比例因子为 k_h , 从直方图低值开始累加,当对应累加值达到图像总像素数乘以比例因子时,对应的直方图值即为图像的高阈值,其关系式为

$$N_t \times k_h = \sum_{i=0}^{N_h} g_i \quad (2)$$

式中, N_t 为图像像素总数, k_h 为边缘点在图像像素中所占比例, N_h 为所求灰度值, g_i 为对应灰度值为 i 的像素数量。满足式(2)的最小 N_h 即为最优高阈值。

高阈值确定后,选取适当比例的高阈值,即可得到低阈值。设比例系数为 k_l , 则低阈值为: $N_t \times k_l$ 。本文选择 $k_h = 0.87$, $k_l = 0.4$ 。

3.2 图形识别

屏板图像的主要标识图形为十字线与荫罩网孔。智能识别的目的就是从图像预处理后所获得的边缘二值图像中获取对应标识图形的位置信息。

针对十字线,采用 Freeman 编码进行图像识别^[5,6]。令起始点 P 的对应图像坐标为 $p(x_0, y_0)$, 则链码第 i 点的坐标为

$$p(x_i, y_i) = p(x_0, y_0) + \sum_{j=1}^i V_{l_j} \quad (3)$$

由于直线上的点可以表示成初始点与链码对应向量的累积和,因此,链码可以反映曲线的曲率变化及边缘形状特征。为了有效消除图像中的噪声干扰,采

用求和方式求解 Freeman 码,关系式如下

$$s_n = \sum_{i=0}^{n-1} d_i, \quad (4)$$

式中, s_n 为前 n 个码之和, d_i 为第 i 个 Freeman 码的值。

图像处理时,如果计算的点个数超过链码长度的一半,则将直线方程和点个数保存,继续处理下一条链码,直至处理完成,得 Freeman 链码集 $U\{u_{(i,j)} \in \mathbf{R}\}$ 。令 $U_k\{u_{(i,j)} \in \mathbf{R}\}$ 为十字线模板 Freeman 码集,则以 U_k 各元素为标准,对 U 进行聚类分析,获得与标准十字线模板 Freeman 码最小二乘集,则该子集中 Freeman 链码首像素即为图像中十字线的位置。十字线识别结果见图 3(a),由图可知,识别出的十字线与实际十字线位置相符。

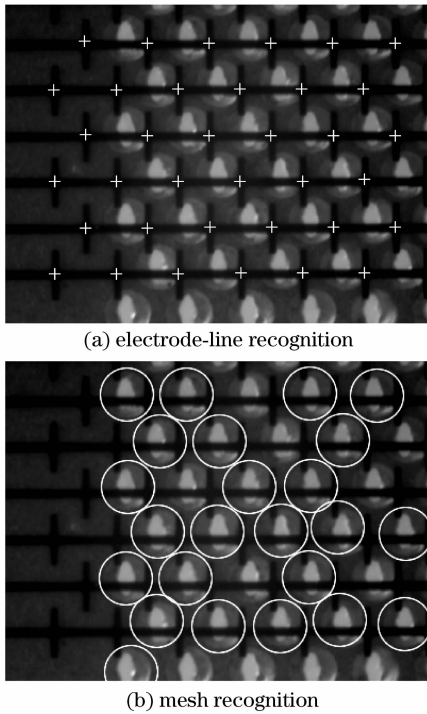


图 3 屏板图像特征识别

Fig. 3 Image recognition of screen plane

针对网孔特征图形的识别,目前多采用 Hough 变换法。但传统 Hough 变换将图像空间的二维计算映射到参数空间的三维计算,计算量大且对干扰敏感,所以本文基于 SMPDP 荫罩网孔特征,采用如下快速检测算法:(1)将十字线检测点与相关 Freeman 链从预处理边缘点集中删除,以减少 Hough 变换数量;(2)在边缘检测时辅以模板匹配,大致确定网孔矩形位置,从而将三维累加器降为二维。设模板匹配矩形中心为 (x_f, y_f) ,则将 Hough 变换的圆心累加范围限制在 (x_f, y_f) 的一个邻域 ξ

中,减少了计算量;(3)采用随机 Hough 变换,在图像空间随机取不共线的三点映射成参数空间的一个点,从而避免了多映射。在确定了圆心搜索范围后,先采用较大的量化间隔进行粗累加,进一步缩小圆心范围。然后再进行细累加,最终完成精确检测。图 3(b)为荫罩网孔识别结果,由图可知,识别出荫罩网孔图形位置与实际位置相符。

3.3 屏板定位

通过图像预处理与识别,确定出十字线和网孔中心的位置关系,可计算十字线和网孔线对应的斜率。设十字线的斜率为 k_1 ,网孔斜率为 k_2 ,则对应角度分别为 $\alpha = \arctan k_1, \beta = \arctan k_2$,于是十字线与网孔线的角度偏差 $\Delta\theta$ 为

$$\Delta\theta = \beta - \alpha = \arctan k_2 - \arctan k_1. \quad (5)$$

角度定位时,计算机依据角度偏差的大小和极性驱动下基板进行调节。如 $\Delta\theta > 0$,则驱动下基板逆时针旋转;反之 $\Delta\theta < 0$,驱动下基板顺时针旋转。整个定位过程由计算机实时检测控制,直至角度偏差处于设置的误差范围内。

角度定位完成后,消除了两屏板的角度偏差,即可进行水平和垂直方向的直线定位,水平定位用于对准电极线与网孔直线,垂直定位用于使电极线上

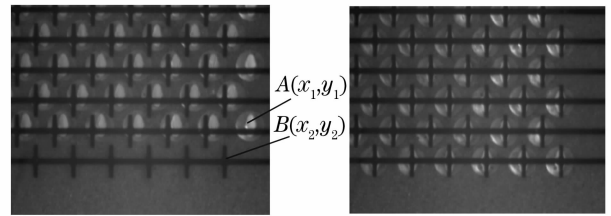


图 4 屏板的精密定位

Fig. 4 Precise position of screen panel

的十字标记与相应网孔对准,如图 4 所示。依据上述检测方法,可识别出右下角网孔的坐标 $A(x_1, y_1)$ 和右下角十字标记的坐标 $B(x_2, y_2)$,则两屏板水平、垂直方向的位置偏差分别为

$$\Delta x = x_2 - x_1, \Delta y = y_2 - y_1. \quad (6)$$

工控机根据检测的位移偏差的大小和正负,发出相应的驱动脉冲信号,使步进电机驱动下基板直线移动,当 $\Delta x > 0$ 时,驱动下基板左移;反之,驱动下基板右移。当 $\Delta y > 0$ 时,驱动下基板下移;反之,驱动下基板上移。整个定位过程由计算机实时检测控制完成。

4 屏板精密定位实验

实验在研制的 SMPDP 精密定位装置上进行。

主要参数为: CCD分辨率为 $752(H) \times 582(V)$, 采集视频制式 PAL-D, 放大镜头物方数值孔径为 0.12, 物方工作距离为 17 mm, 视频分辨率 400×300 , 采集处理 8 位灰度位图, 控制计算机采用研华 IPC-610(CPU P4 1.8G, 内存 512 M), 图像检测与控制软件采用 VC++ 语言编制。

图像定位时, 计算机根据检测到的 CCD 信号, 进行图像处理与模式识别, 检测出基板与荫罩的位置偏差, 再发出相应驱动信号, 驱动基板作转动或移动, 通过角度定位和直线定位, 最终完成基板与荫罩的定位。图 4 为图像定位的实验结果, 其中图 4(a) 为屏板定位前的初始位置状态, 图 4(b) 为经过图像定位后的对准位置状态。由图 4 可知, 定位装置能准确检测提取 SMPDP 设备的特征图形, 并能根据特征图形信息进行精密定位, 经图像检测表明, 其定位精度为 $\pm 5 \mu\text{m}$ 。

5 结 论

研制开发的 SMPDP 屏板精密定位装置, 应用计算机视觉检测技术, 可实现前基板、荫罩和后基板三者之间的全自动精密平面定位。系统采用快速图

像边缘检测技术、特征图形标识识别技术和精密驱动控制技术, 确保了较高的检测与定位精度。实验结果表明, 基于计算机视觉的精密定位装置可实现 $\pm 5 \mu\text{m}$ 的定位精度, 对 SMPDP 的产业化具有重要的实用价值。

参 考 文 献

- 1 Tu Yan, Zhang Xiong, Wang Baoping *et al.*. Investigation of breakdown characteristic of a novel plasma display panel discharge cell with rotationally symmetric structure[J]. *Journal of Vacuum Science and Technology*, 2002, **20**(1): 321~325
- 2 R. T. McGrath, R. Veerasingam, J. A. Hunter *et al.*. Measurements and simulations of VUV missions from plasma flat panel display pixel micro discharges[J]. *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 1998, **26**(5): 1532~1542
- 3 S. Mallat, S. Zhong. Characterization of signals from multi-scale edges [J]. *IEEE Trans. PAMI* - 14, 1992, **14**(7): 710~732
- 4 S. Mallat, H. Wang. Singularity detection and processing with wavelets [J]. *IEEE Trans. Info. Theory*, 1992, **38**(2): 617~643
- 5 J. Canny. A computational approach to edge detection [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, **8**(6): 679~698
- 6 Lei Huang, Wan Genxun, Liu Changping. An improved parallel thinning algorithm [C]. In: Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR'03), 2003, 780~783