

·信号与信息处理·

多光学传感器的图像拼接系统的设计

何苗, 李鸿鹏

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要:当要求的场景尺寸超出一个光学传感器的范围时,同时取得一个完整的场景就成为难点。针对这一问题,提出一套小型的视场拼接系统。采用多个光学传感器同时对场景进行采集,得到几幅互相有一定重叠的图像。然后进行图像配准和图像融合,实现无缝大视场的拼接。

关键词:图像拼接;图像配准;图像融合

中图分类号:TP391.413

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2013)-01-0047-04

Image Mosaic System Design of Multi-optical Sensors

HE Miao, LI Hong-peng

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: It is difficult to acquire the whole scene simultaneously when the size of a needing scene is beyond the scope of an optical sensor. According to this problem, a minitype field of view mosaic system is developed. Several optical sensors are adopted to capture the scene simultaneously and several overlapped images are acquired. The overlapped images are registered and fused to realize image mosaic with seamless and wide field of view.

Key words: image mosaic; image registration; image fusion

数字图像拼接技术是指将具有重叠区的多幅数字图像通过配准和融合,获得单幅宽视场图像。当需要的场景超出一个光学传感器的范围时,同时取得需要的场景就成为一个难点。在这种情况下,用几个光学传感器同时采集需要的场景,得到几幅重叠的图像,就可以再现原场景。以下提出了一个小型的实时图像拼接系统,叙述该图像拼接系统的硬件和软件设计原理。实验结果表明,该系统可以实时准确地获得两幅重叠图像的无缝拼接。

1 系统的硬件平台

1.1 系统结构

图像拼接系统的总体结构如图1所示,包括光学

系统、图像传感器接收系统、图像处理系统和显示系统。视场拼接系统是采用TMS320DM642作为主处理器^[1],并设计系统的硬件和软件,可以实时完成视场拼接,同时输出拼接后的视场。

1.2 系统的光学结构

两个子成像系统视场的关系如图2所示。其中,充满白色的视场为两个成像子系统的重合视场。系统可以获得两个重叠的图像,进而可以获得一个有限距离内场景的大视场拼接图像。成像系统包括两个相同的成像子系统。两个子系统的结构和位置关系如图3所示。每个成像子系统的视场是 θ ,重叠区的视场为 ω ,子系统的光轴 L_1 、 L_2 和系统中心线 L 平行。光轴 L_1 、 L_2 之间的宽度为 h 。

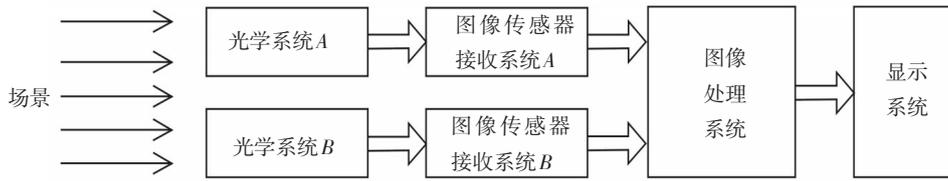


图1 图像拼接系统的总体结构

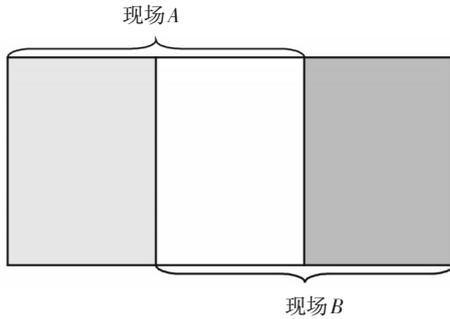


图2 两个成像子系统的视场重叠示意图

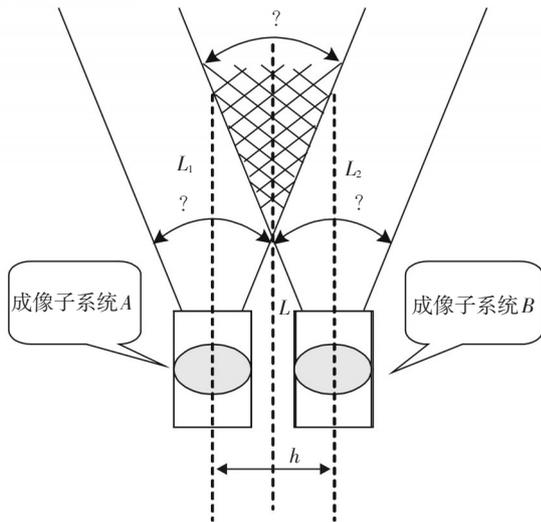


图3 两个成像子系统的结构图

1.3 图像处理组成

图像处理系统如图4所示。从图像传感器输入的视频信号经采集、A/D转换为数字信号后送入DSP。DSP对采集的视频数据进行缓存,并进行图像配准和图像融合,拼接成一幅大视场图像后送入显示系统。

2 系统算法

2.1 配准算法

使用两帧图片来表示图片之间的拼接关系,假设单帧图片的大小为 $m \times n$,即 n 行 m 列,第一帧图片用

A 表示,并将图片用矩阵表示

$$A = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} \dots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}, \begin{cases} 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m, 0 \leq X_{ij} \leq 255, \\ i, j, X_{ij} \in \text{自然数}N, \text{其中} X_{ij} \text{表示} \\ \text{图像像素的灰度值} \end{cases} \quad (1)$$

假设第一帧图片与第二帧图片有60%的重叠率,则可以取第一帧图片的50%到最后一列的部分来找最有特征的一列^[2-3],第一帧图片的50%所对应列的位置为

$$s = m \cdot 50\% \quad (2)$$

首先对第一帧图片的 $s \sim m$ 列的每一列的像素灰度值求和,每列像素的和值用 $W_i (s \leq i \leq m)$ 表示,其表示式如下所示

$$W_s = \sum_{i=1}^n X_{is}, W_{s+1} = \sum_{i=1}^n X_{i,s+1}, \dots, W_m = \sum_{i=1}^n X_{im} \quad (3)$$

然后用第 s 列像素的和值依次减去第 $s+1$ 列直到 m 列的和值,其差值分别用 $T_{hs} (1 \leq h \leq m-s)$ 表示^[4],其表达式如下所示

$$T_{1,s} = W_s - W_{s+1}, T_{2,s} = W_s - W_{s+2}, \dots, T_{m-s,s} = W_s - W_m \quad (4)$$

同理,用第 $s+1$ 列直到 m 列的像素的和值依次减去第 s 列(除去它本身所在和值外)直到 m 列的和值,其差值分别用 $T_{h,s+1} (1 \leq h \leq m-s), \dots, T_{h,m} (1 \leq h \leq m-s)$ 表示^[5],其表达式如下

$$\begin{aligned} T_{1,s+1} &= W_{s+1} - W_s, T_{2,s+1} = W_{s+1} - W_{s+2}, \dots, T_{m-s,s+1} = W_{s+1} - W_m; \\ &\dots; \\ T_{1,m} &= W_m - W_s, T_{2,m} = W_m - W_{s+1}, \dots, T_{m-s,m} = W_m - W_{m-1} \end{aligned} \quad (5)$$

找出 $T_{h,s} (1 \leq h \leq m-s)$ 的最小值 P_1 ,同理,找出 $T_{h,s+1} (1 \leq h \leq m-s), \dots, T_{h,m} (1 \leq h \leq m-s)$ 的最小值 P_2, \dots, P_{m-s} 。然后找出 P_1, P_2, \dots, P_{m-s} 的最大值 K , K 即是第一帧图像最有特征的一列像素^[6-7]。

在第一帧图片中找到最有特征的一列像素 K 后,

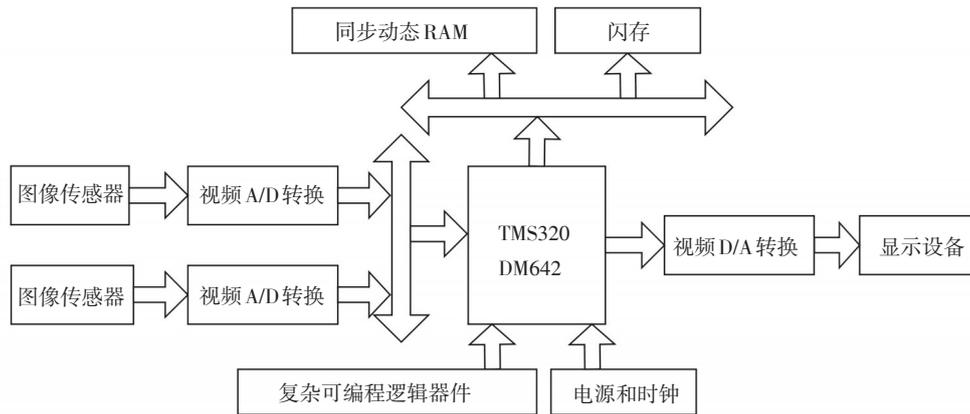


图4 图像处理系统

用第 K 列像素分别与第二帧的每一列进行相关性计算。相关性计算可以使用皮尔森相关系数^[8-9], 计算公式如下

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{S_y} \right) \quad (6)$$

皮尔森相关系数是用来反映两个变量线性相关程度的统计量, 相关系数用 r 表示, 其中, n 为样本量, 分别为两个变量的观测值和均值^[10]。 r 描述的是两个变量间线性相关强弱的程度, r 的绝对值越大表明相关性越强。通过第一帧图像的第 K 列与第二帧图像的每一列求相关性, 可以在第二帧图像中找到与第一帧第 K 列相关性最强的一列像素记为第 R 列, 完成图像的配准。

2.2 图像融合

配准后的两幅图像, 由于相机拍摄时采样时间和采样角度的不同, 重叠部分会出现明暗强度及变形程度的差异, 为了使融合后的图像没有接缝, 采用加权平均的融合方法进行图像渐入渐出的过渡。假设 f_1, f_2 是两幅待拼接的图像, 将图像 f_1 和 f_2 在空间叠加, 则融合后的图像像素 f 可表示为

$$f(x, y) = \begin{cases} f_1(x, y) & (x, y) \in f_1 \\ d_1 f_1(x, y) + d_2 f_2(x, y) & (x, y) \in (f_1 \cap f_2) \\ f_2(x, y) & (x, y) \in f_2 \end{cases} \quad (7)$$

式中, d_1, d_2 表示权重值, 且 $d_1 + d_2 = 1, 0 \leq d_1, d_2 \leq 1$ 。在重叠区域中, d_1 由 1 渐变到 0, d_2 由 0 渐变到 1, 由此实现了在重叠区域中由 f_1 到 f_2 的平滑过渡^[11-12]。

3 实 验

为了验证设计系统的能力和使用算法的有效

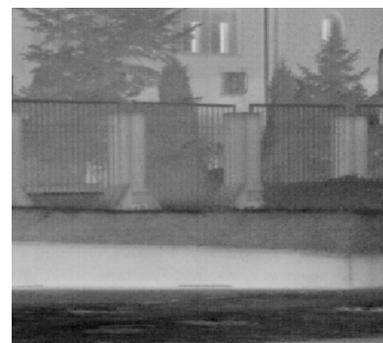
性, 下面给出实验。如图 5 所示, 图 5a 和图 5b 分别为成像子系统 I、II 拍摄图像中的一帧。图片大小为 400×361 像素。

分析该组图片的拼接结果, 找到第一幅图片的第 150 列与第二幅图片的第 19 列是匹配列。取第一幅图片第 150 列的左右 10 列和第二幅图片第 19 列的左右 10 列求灰度值差的绝对值, 其差的绝对值为 96 280, 而该值相对于未能匹配成功的情况是最小的, 证明该组图片匹配成功。

经过配准, 采用渐入渐出的融合方法, 得到一幅大场景图像, 拼接后的图片如图 5c 所示。



(a) 成像子系统 I 拍摄图像



(b) 成像子系统 II 拍摄图像



(c) 拼接后的图像

图5 原始图像和实验的处理结果

4 结 论

图像拼接技术具有广阔的应用前景,图像拼接方法的研究受到国内外的广泛关注。近年来,其研究成果不断取得新的进展。以上实验结果表明,该系统可以自动地对存在一定重叠的两幅视频图像进行实时拼接,获得无缝、清晰的大视场视频图像。由于在寻找上一帧图像的特征列时,代码主要是加法和减法运算,大大节省了CPU的开销,相对于其他需要乘法、除法或根号等复杂运算的算法,提高了图像拼接的效率,适合于工程中需要实时拼接的环境。今后还将对更深层次的应用开发进行研究。

参考文献

- [1] Texas Instruments Incorporated. TMS320DM642 Video Imaging Fixed-Point Digital Signal Processor Data Manual [Z]. Dallas, USA: Taxes Instruments Incorporated, 2003:120-122
 - [2] M.IRANI, S.PELEG. Improving resolution by image registration [J]. Graphical Models and Image Processing, 1991, 53: 231-239.
 - [3] A.AVERBUCH, Y.KELLER. FFT Based Image registration [A]. IEEE international conference-ICASSP// [C]. Orlando, USA: IEEE, 2002. IV: 3608-3611.
 - [4] Stein G. Accurate internal camera calibration using rotation with analysis of sources of error [J]. Proceedings of the 5th International Conference on Computer Vision, Cambridge MA, 1995: 230-236.
 - [5] Richard S. Video mosaics for virtual environments [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1996, 16(2): 230.
 - [6] S Negahdaripour, X Xu, A Khamene. A vision system for real-time positioning, navigation, and video mosaicing of sea floor imagery in the application of ROVs/AUVs// [C]. Applications of Computer Vision, Fourth IEEE Workshop on Proceedings, 1998, (8): 248-249.
 - [7] Maria G Almeida, Bernardo F T Rudorff, Yosio E. Shimabukuro. NOAAVHRR Image mosaics applied to vegetation identification// [C]. Geo-Spatial Image and Data exploitation II, Proceedings of SPIE, 2001, 4383: 31-35.
 - [8] B Kaya, A Berkay, F Erzincanli. Robot assisted tiling of glass mosaics with image processing [J]. Industrial Robot, 2005, 32 (5): 388-392.
 - [9] Shen Chang Eric CHEN. QuickTime VR: an image-based approach to virtual environment navigation [A]. Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques// [C]. New York, USA: ACM Press, 1995: 29-38.
 - [10] REDD B S, CHATTERJI B N. An FFT-based technique for translation, rotation, and scale-invariant image registration [J]. IEEE Trans on Image Process, 1996, 5(8): 1266-1271.
 - [11] 钟力, 胡晓峰. 重叠图像拼接算法 [J]. 中国图像图形学报, 1998, 5(5): 367-370.
 - [12] 孙华燕, 周道炳, 李生良. 一种序列图像的拼接方法 [J]. 光学精密工程, 2000, 8(2): 35-37.
-
- (上接第41页)
- ing with kernel histogram filtering and hypothesis testing [J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26: 605-614.
 - [3] 江淑红, 王沁. 基于目标中心距离加权和图像特征识别的跟踪算法 [J]. 电子学报, 2006, 34(7): 1175-1180.
 - [4] 杨小冈, 付光远. 基于图像 NMI 特征的目标识别新方法 [J]. 计算机工程, 2002, 28(6): 149-151.
 - [5] Jan Flusser. On the inverse problem of rotation moment invariants [J]. Pattern Recognition, 2002, 35: 3015-3017.
 - [6] Kudo, M, Sklansky, J. Comparison of Algorithms that Select Features for Pattern Classifiers [J]. Pattern Recognition, 2000, 33(1): 25-41.
 - [7] 安玮. 透视变换不变性研究及三维空间目标的识别 [D]. 长沙: 国防科技大学, 1995, 1.
 - [8] Gonzalo N, Mathieu R. Flexible pattern matching in strings: 柔性字符串匹配 [M]. 中科院计算所网络信息安全研究组, 译. 北京: 电子工业出版社, 2007: 135-136.
 - [9] Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘 [M]. 2版. 范明, 孟小峰, 译. 北京: 机械工业出版社, 2007: 200-204.
 - [10] 张问银, 唐建国, 曾振柄. 基于 NMI 不变特征的图像检索方法 [J]. 计算机应用, 2003 (9).