

文章编号 1004-924X(2003)04-0407-05

光电跟踪仪自主搜索用的图像处理器

刘 洵

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要:为动态显示扇形搜索空域的全景图像,必须设计专用的图像处理器,以解决快速搜索与人眼观察之间的矛盾。某舰载小型光电跟踪仪,搜索区域为沿水平和垂直方向分别扫过 20 倍瞬时视场的空域,搜索视场从 $1.7^\circ \times 1.3^\circ$ 扩大为 $34^\circ \times 26^\circ$ 。图像处理器以 TMS32010 DSP 为核心,外加直方图、分类表存储器等辅助电路,完成实时图像采集、存储、拼接、显示、更新等功能,适应 42.5 帧/s 的扫描速率,获得比光学系统本身大 20 倍的搜索视场。

关键词:自主搜索;光电跟踪;图像处理器

中图分类号:O438 文献标识码:A

Image processor for autonomous searching of an opto-electronic tracker

Liu Xun

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract: A special image processor has been designed to display the image of all searched space, resolving the discrepancy of quick searching and visual observing. For a warship-bound mini opto-electronic tracker, the dimension of searched area is 20 times of the instantaneous FOV vertically and horizontally. Thus, the searching FOV can be magnified from $1.7^\circ \times 1.3^\circ$ to $34^\circ \times 26^\circ$. The image processor based on DSP TMS32010, sets up an additional memory of histogram and classification, realizing image sampling, memory, mosaic, display and alternating, suiting for the searching velocity of 42.5 帧/s, and obtain a search field of view 20 times larger than that of the optical system itself.

Key words: image processor; autonomous searching; opto-electronic tracking

1 引言

光电跟踪测量或火控设备搜索截获目标的能力,受到作用距离要远和搜索视场要大这一对矛盾的制约。当目标和系统其它参数选定后,作用距离要远,光学系统焦距就相应加长,视场就减小。这种“管中窥豹”的窘境,可以用扫描搜索技术来弥补。

由于光电跟踪仪光学系统的焦距和 CCD 摄像机靶面尺寸的约束,以及作用距离的要求,光学系统的视场不能过大,这给目标搜索带来了一定的困难。要用较小的光学视场得到较大的搜索空间,可由扇形扫描方法来解决。搜索区域的大小为沿水平和垂直方向分别扫过 20 倍瞬时视场的空域。这样,光电跟踪仪的搜索视场就可从 $1.7^\circ \times 1.3^\circ$ 的光学系统瞬时视场,扩大为 $34^\circ \times 26^\circ$ 。

为了将快速搜索中的景物实时的在监视器上

显示出来,采用将视频信号直接送给监视器的方法是不可取的。因为,随着搜索速度的加快,监视器上的景物也将迅速变化。如果每场图像的滞留时间只为几十 ms,人眼观察很难发现感兴趣的目标。为了不失真的再现实际景物,又要解决快速扫描与人眼观察所需要的慢显示更新之间的矛盾,必须专门设计与扫描方式相配合的图像处理器。图像处理器采用全搜索视场图象实时抽样存储,即经过等间隔采样(发现目标时除外),浓缩在监视器上凝视显示,这样可给操作人员留有充足的目标确认时间。为了防止因采样间隙偏大而丢失目标,图像处理器应使图像采样具有一定的智能。它能在目标出现时,无论该目标像素是否处于采样点上,都能将其强制写入帧存储器,避免遗失采样间隙中的目标信号。同时,此目标也被编号送入图像特写存储器中,以便局部图像放大时用。当操作人员在监视屏幕上发现感兴趣的目标时,只要用光笔指定目标所在的部位,即可将该局部图像在监视屏幕的右上角进行放大显示,进一步观察其细节。经确认为目标后,可将该目标所在处的屏幕坐标送给中心计算机,将其变换为搜索视场内的方位和俯仰角,使用“数学引导”方式,将光电跟踪仪引向期望的位置,进行电视跟踪。

扫描搜索技术,最早用于警戒雷达,后来逐渐被光电成像监视和测量设备采用。德国康斯堡信息控制公司研制的处理红外传感器全景扫描图像的图像处理器,其搜索区域为传感器视场的 11×11 和 21×21 倍^[1]。华中光电技术研究所研制用于周视全景扫描海空目标的全景成像系统,扫描一周后将 24 幅图像拼接^[2]。针对连续扫描过程中由于像移产生的分辨率下降,该所还提出了将“阶跃扫描”技术用于潜望镜搜索的“周视扫描”,可将现行 30 s 的扫描速度提高 4 倍,图像分辨从 450 电视行下降为 300 电视行^[3]。美国机载激光武器(ABL)中的中波红外警戒视野,也是用周视扫描达到 $360^\circ \times XX$ 的^[4]。用凝视传感器的红外搜索与跟踪系统的一般方案可参见文献^[5]。

2 自主搜索的工作原理与性能

搜索用传感器视轴扫描来完成,原理示意图如图 1。

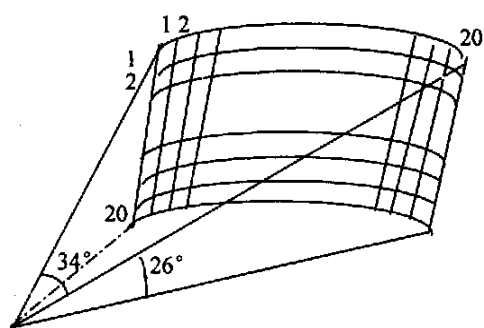
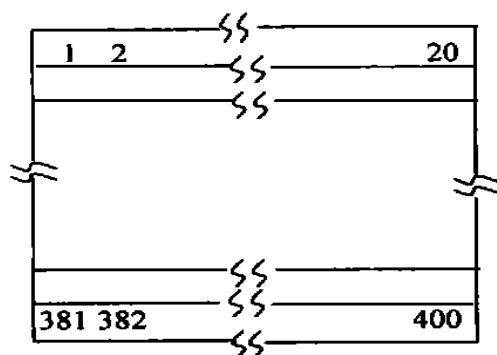
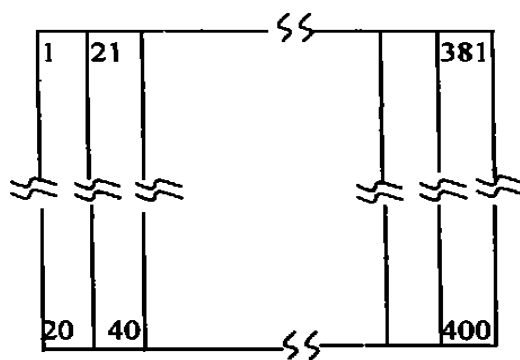


图 1 扫描搜索示意图

Fig. 1 Scann search pattern



水平搜索方式



垂直搜索方式

图 2 两种搜索方式时的图像拼接示意图

Fig. 2 Mosaic diagram of two search patterns

搜索功能的技术性能如下:

- 搜索视场: $34^\circ \times 26^\circ$
- 搜索方式: 水平/垂直两种
- 扫描速率: 42.5 s
- 搜索一次视场时间: 约 40 s (含光电跟踪仪调转时间)
- 显示方式: 凝视并辅以局部图像放大显示

- 显示分辨率:512 ×512 ×4 bit
- 具有目标分离能力,不因采样频率的限制而丢失目标
- 具有局部图像放大功能

光电跟踪仪在没有外来引导信息时,主要依靠自主搜索,搜索的空域由操作人员指定。中心计算机接收该角度信息后,采用“数学引导”方式将光电跟踪仪引向预定的空域。为了尽快发现目标,光电跟踪仪具有水平和垂直两种搜索方式,两种搜索方式示意图如图 2 所示。

对于水平运动的目标,采用垂直搜索方式,可提高目标的截获概率。

3 图像处理器

图像处理器用于图像实时采集、存贮、拼接、显示更新等工作。由于采用全视场图像凝视显示方式。因此,整个搜索视场中含 400 个瞬时视场,每个瞬时视场为 256 ×256 共有 5 120 ×5 120 个

像素,如此众多的像素不可能在屏幕上全部显示出来,必须进行数据抽取。考虑已配有局部图像放大的显示方式,因而整个搜索视场的信息处理,采用等间距采样法(发现目标时除外)进行数据抽取。为了尽可能地减少图像信息的损失,光电跟踪仪处在搜索状态时的显示分辨率为 512 ×512 ×4 bit。相当于对每个瞬时视场中的 1/10 信息进行采样。瞬时视场信息随着光电跟踪仪在空域中的扫描,实时地进行更新显示,在大约 40 s 的搜索周期内全部更新一次。操作人员观察显示器上整个视场内的全景图像,判断有无感兴趣的目標。也可借助于局部放大图像来进一步确认目标。一旦确认目标后,即由中心计算机控制,将光电跟踪仪引导到目标所在的角位置,使电视跟踪器锁定目标。

图像处理器由视频信号预处理器、A/D 变换器(6bit)、同步器、全局和特写存储器、读/写控制器、DSP 图像处理单元、目标预估器和 D/A 变换器等组成,其结构框图如图 3 所示:

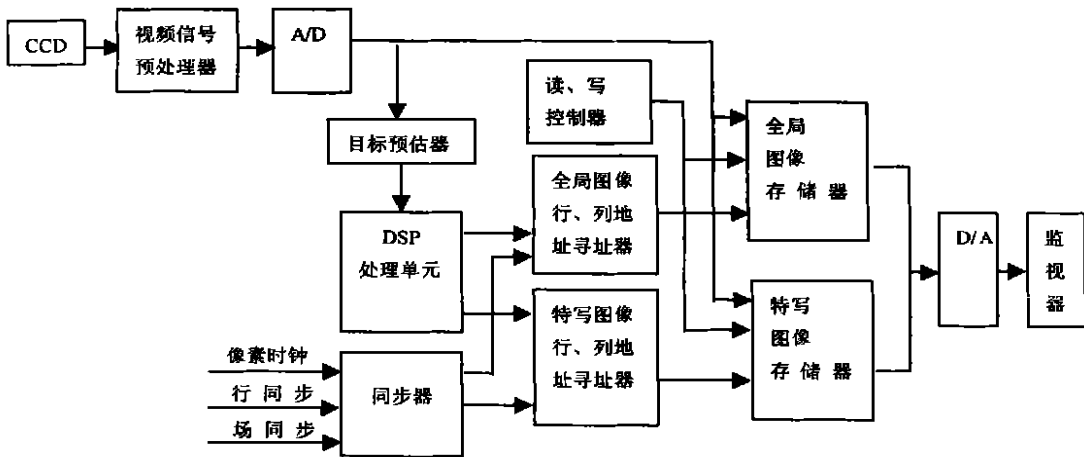


图 3 图像处理器框图

Fig. 3 Block diagram of image processor

存储器由两片 VRAM(TC524256,512 ×512 ×4 bit)组成,一片为全局图像存储,另一片为特写图像存储,是为解决快速扫描与人工观察图像显示上的不相适应而设置的。它在图像处理单元对每个瞬时视场图像实时分析的基础上,激活读/写控制电路,在没有目标时,以瞬时视场 1/10 的采样率将图像写入全局存储器。目标出现时,无

论是否处于采样点上,读/写控制电路都能将它强制性写入全局存储器,避免因采样率的限制造成目标遗漏。同时,含有目标的这一瞬时视场图像还被编号写入特写图像存储器中,以备需要局部图像放大观察时用。

读/写控制器用于对帧存储器的寻址及读/写控制。

图像处理单元以 TMS32010 数字信号处理器 (DSP) 为核心,外加直方图存储器、分类表存储器等辅助电路组成。该单元的任务是实时地对每一个瞬时视场的图像进行像素灰度的统计分析,并用巴叶斯判据建立分类表,以将目标从背景中分离出来。激活读/写控制电路,将不在采样点上的目标信号强制写入帧存储器。应用基于直方图和巴叶斯判据的实时目标分离技术的相应研究成果,已用于多种电视自动跟踪系统^[6-8]。

直方图存储器用来统计瞬时视场中的灰级分布情况,为 DSP 进行逐个像元的统计运算与分类提供依据。在视场拼接这种特定的应用场合下,目标有可能出现在瞬时视场的边缘,因而不能用以往利用波门进行空间滤波的方法来限定处理区域。这里,直方图的工作范围为整个 256×256 的瞬时视场。

分类表存储器为 64×1 bit 的存储器,用来存放灰度统计处理后得到目标与背景像素分离用的分类表。DSP 对直方图存储器提供的信息进行处理,判定某一灰度等级为目标所代表的灰级时,就以该灰级值作为地址的分类表存储单元中写入“1”(目标),反之若写入“0”则表明该灰级像素为背景。

图像处理单元的工作原理是,首先由直方图存储器统计整个 $256 \times 256 \times 6$ bit 的瞬时视场中的图像灰级,DSP 对统计信息进行分析,选出目标与背景分离用的阈值,并根据此阈值将目标分类规则写入分类表。下一场将经 A/D 变换后的像素灰级信号作为地址寻址分类表,可得到该像素的灰级属性。若为目标,则激活读/写控制电路将该点强制写入帧存储器;若为背景,读/写电路仍按 $1/10$ 分辨率正常采样。

目标预估器由 X 、 Y 计数器和数据锁存器组成。当操作人员对监视器上显示的某部分图像感兴趣时,需要作局部放大观察,只要用光笔在监视屏幕感兴趣的部位指定一下,光笔信号即可将此部位的 X 、 Y 计数值锁存到数据锁存器中。一路

送给 DSP,将其变换成特写图像的画幅号,根据此号去寻址图像特写存储器;另一路送给中心计算机,用来将屏幕坐标变换为搜索视场内的方位和俯仰角位置,用“数学引导”方式,将光电跟踪仪引导至目标所在空域的角位置。

4 试验结果与结论

根据上述原理研制的图像处理器等设备,已于 1996 年参加了试验,搜索区域图像拼接过程与结果见图 4。试验结果表明,在基本不损失作用距离 ($7 \sim 10$ km) 的前提下,获得比光学系统本身大 20 倍的搜索视场。

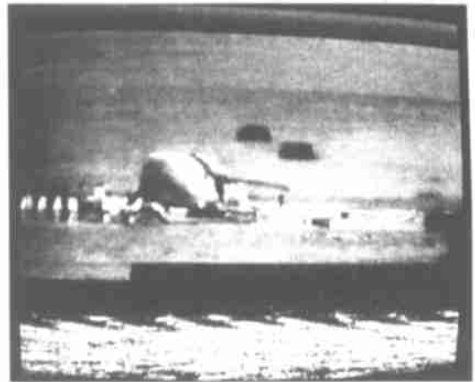


图 4 搜索视场的现场图像

Fig. 4 Field image of searching FOV

为解决光电跟踪作用距离与搜索空域这一对矛盾,采用扇形扫描来获得较大的搜索空域。所研制的图像处理器,既可显示全搜索空域的图像;又可对目标进行特写显示,并可使光电跟踪仪转入手动或自动跟踪状态。本文提出的方法可作为光电跟踪设备自主搜索用的图像处理器的参考。

受伺服控制系统扫描速度及调转时间的影响,搜索一次全视场的时间约 40 s,对某些快速反应显得过长,“阶跃扫描”或许是提高扫描速率,减小搜索时间的一种方法。

参考文献:

- [1] ARNE JAN ROD LAND. Image registration of naval IR images[J]. *SPIE*, 1996, 2739: 341-350.
- [2] 张惠. 一种全景成像系统的控制方法[J]. *舰船光学*, 2001, 37(1): 25-27.
ZHANG H. The control method of one panoramic imaging system[J]. *Marine Optics*, 2001, 37(1): 25-27 (in Chinese).
- [3] 李树山. 阶跃扫描技术及其在潜望镜中的应用[J]. *舰船光学*, 2001, 37(3): 13-19.
LI SH SH. A research on stepped-scan technique and its application in submarine periscopes[J]. *Marine Optics*, 2001, 37(3): 13-19 (in Chinese).
- [4] C J JOHNSON, *et al.* Design and development of an acquisition, tracking, pointing & fire control system[J]. *SPIE*, 1999, 3706: 288-295.
- [5] STEPHEN B CAMPANA. *The infrared and electro-optical systems handbook* [M]. Washington USA: Erim and Spie Press, 1993, 5: 214-219, 292-294.
- [6] 刘洵. 实时图像分类在光学工程上的应用[J]. *光学机械*, 1990, (4): 62-66.
LIU X. Real-time image classification and applications in optical engineering[J]. *Optical Mechanics*, 1990, (4): 62-66 (in Chinese).
- [7] 张涛. 用修正的直方图法进行实时视频图像分割[J]. *光学机械*, 1992, (2): 93-97.
ZHANG T. Video image segmentation using a modified histogram[J]. *Optical Mechanics*, 1992, (2): 93-97 (in Chinese).
- [8] 于前洋, 黄廉卿, 刘洵, 等. 形心测量跟踪电视系统[J]. *光学机械*, 1995, (3): 38-43.
YU Q Y, HUANG L Q, LIU X, *et al.* Centroid measurement and tracking TV system[J]. *Optical Mechanics*, 1995, (3): 38-43 (in Chinese).

作者简介:刘 洵(1954 -),女,吉林长春人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所高级工程师,主要从事光电跟踪及机载测量设备的研究。

欢迎订阅《中国光学与应用光学文摘》

《中国光学与应用光学文摘》是经国家科委批准,由中科院文献情报中心、中科院光学情报网和中科院长春光学精密机械与物理研究所联合主办的国家级检索刊物,该刊主要收录我国科研人员在国内外期刊和有关会议上发表的科技论文和会议论文,年收录量5 000篇左右。《中国光学与应用光学文摘》以文摘形式报道国内光学、光电子学领域的理论研究动态、最新科研成果和相关创新技术,是国内该领域惟一的检索刊物,是了解光电子行业相关科技信息的最新窗口,以报道时差短、检索途径多、信息量充实为特色。

《中国光学与应用光学文摘》为双月刊,大16开本,110页,国内公开发行。邮发代号:12-140,定价:15元/期。为满足不同订户的要求,编辑部亦随时办理破年、破季订阅。

单 位:中科院长春光学精密机械与物理研究所《中国光学与应用光学文摘》编辑部

联系人:杨妹清

地 址:长春市人民大街140号

邮 编:130022

电 话:(0431)5261590

账 户:中科院长春光学精密机械与物理研究所

http: // www. ciom. ac. cn

账 号:01471908091001

E-mail: yan h @ciomp. ac. cn

银 行:中行吉林省分行营业部