

①①

61-65

基于联合变换/匹配滤波光学 相关器的自动目标识别*

TP391.4
O235

秦伟芳 王汝笠 陈高峰 严义坝

(中国科学院上海技术物理研究所光电工程研究中心, 上海, 200083)

摘要 研制一种新型超高速智能信息处理系统. 该系统采用联合变换光学相关器和匹配滤波光学相关器组合结构, 并在一套光路上用联合变换光学相关器来进行目标跟踪, 用匹配滤波光学相关器进行目标识别. 实验表明这种方法效果良好.

关键词 光学相关器 目标跟踪 模式识别

匹配滤波 VLC

简介

Vander Lugt 匹配滤波相关器 (Vander Lugt Correlator (VLC)) 和联合变换相关器 (Joint Transform Correlator (JTC)) 是两种重要的光学相关器. 前者原理简单, 有很高的信噪比, 但因其中的匹配滤波器制作麻烦, 不适于实时目标识别, 使其应用范围受到了很大的限制. 后者近几年发展很快, 出现了不少可行的算法和结构. 与 VLC 不同是, 在 JTC 中目标图像和参考图像同时从输入平面输入, 因而不需要预先制作匹配滤波器, 也不存在滤波器精确定位问题, 而且结构灵活, 易于实现相关运算, 很适合以实时模式工作. 但 JTC 系统结构复杂, 主相关峰信号常常不如干扰信号强, 容易出现误判输出.

利用 VLC 和 JTC 作目标跟踪识别的工作已有文献报道^[1~3], 但都存在上述的缺点. 我们利用这两种光学相关器各自的优点, 用联合变换相关器进行目标跟踪, 用匹配滤波光学相关器进行目标识别, 整个过程在一个组合系统中完成. 该系统利用铁电体液晶空间光调制器 (Ferroelectric Liquid Crystal Spatial Light Modulator (FLCSLM)) 作为图像输入器件, 具有小型、高速、自适应的特点.

1 原理

1.1 技术路线

我们以飞行目标的识别作为研究对象, 整个识别过程分为获取、预处理、跟踪、识别和结果显示 5 大部分.

飞行目标通过录像带或 CCD 摄像机输入到计算机, 由图像采集卡采集, 经过二值化后提取目标特征, 使用实时联合变换相关器对目标进行跟踪, 得到的可能目标再经过多通道

* 国防科工委预研基金(编号 85A-1-128)资助项目
稿件收到日期 1997-05-12, 修改稿收到日期 1997-10-09

VLC 进行最终识别,识别结果及其数据库显示在监视器上.

1.2 基于实时联合变换相关器的目标跟踪

JTC 的原理如图 1 所示,参考图像和被跟踪的景物同时输入到输入平面,用 JTC 进行目标跟踪.由于被跟踪目标的尺寸、形状和方向都可能变化,因此参考图像模型一定要连续更新,以保持良好的跟踪.每次目标在被搜索的景物中被提取出来,用作下一次相关的参考图像模型,这一参考图像模型与下一景物的相关决定下一景物中目标的位置.这一过程不断循环以提取新目标作为下一连续变换的景物所使用,直至得到可能的识别目标.

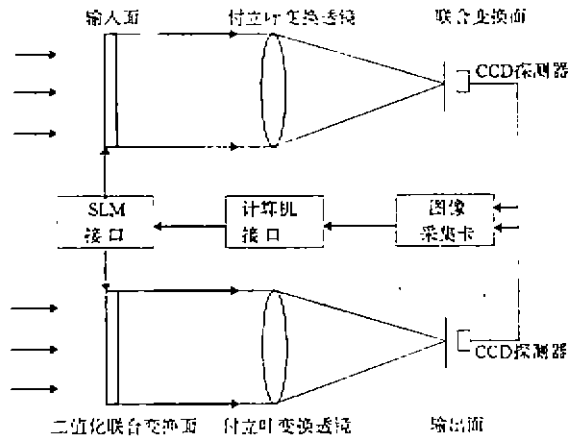


图 1 联合变换相关器示意图
Fig. 1 Schematic diagram of joint transform correlator

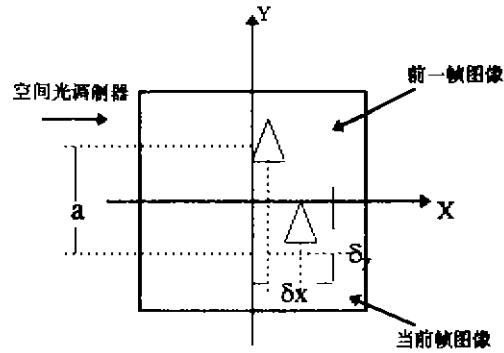


图 2 空间光调制器上的连续两帧图像的分布 ($2a$ 为显示面的高度)
Fig. 2 Arrangement of the two frames on the SLM ($2a$ is the height of the display unit)

假设运动目标的连续两帧图像通过图像采集卡显示在 FLCSLM 上,前一帧和当前帧分别显示在 FLCSLM 的上下两部分,如图 2 所示.假设 $f_{t-1}(x-x_{t-1}, y-y_{t-1}-\frac{a}{2})$ 和 $f_t(x-x_{t-1}-\delta x, y-y_{t-1}-\delta y+\frac{a}{2})$ 是显示在 FLCSLM 上的连续两帧图像函数,其中 $2a$ 是显示面的高度, t 和 $t-1$ 是前一帧和当前帧, $(\delta x, \delta y)$ 是第 $t-1$ 帧和第 t 帧目标的相对位置.这样,在傅里叶透镜的频谱面上的复光场分布为

$$T(u, v) = F_{t-1}(u, v) \exp\{-i2\pi[\mu x_{t-1} + v(y_{t-1} + \frac{a}{2})]\} + F_t(u, v) \exp\{-i2\pi[\mu(x_{t-1} + \delta x) + v(y_{t-1} + \delta y - \frac{a}{2})]\}. \quad (1)$$

其中变量 u, v 分别是基元函数沿 x 方向和 y 方向的空间频率.

由 CCD 探测器接受到的功率谱 $|T(\mu, v)|^2$ 经计算机进行适当的二值化后再显示在 FLCSLM 上进行傅里叶反变换,这样,在输出平面上的复光场为

$$C(x, y) = F^{-1}\{|T(u, v)|^2\} = R_{t,t}(x, y) + R_{t-1}R_{t-1}(x, y) + R_{t,t-1}(x - \delta x, y + \delta y - a) + R_{t-1,t}(x - \delta x, y - \delta y + a). \quad (2)$$

其中:

$$R_{m,n}(x,y) = F^{-1}\{F_m(u,v)F_n^*(u,v)\} \\ = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_m(u,v)f_n^*(u-x,v-y)d\mu dv \quad (3)$$

是 f_m 和 f_n 的相关函数,衍射位置分别为 $x_{\text{peak}1} = \delta x, y_{\text{peak}1} = \delta y - a, x_{\text{peak}2} = -\delta x, y_{\text{peak}2} = -\delta y + a$,这样,在输出平面上就得到两个相关峰:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{i-1} + x_{\text{peak}1}, \\ y_i &= y_{i-1} + y_{\text{peak}1} + a. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

1.3 Vander-Lugt 匹配滤波相关器

图像 $F(x,y)$ 对应的匹配滤波器为 $F^*(\mu,\nu)$,把 $F(x,y)$ 放在 $4f$ 系统的输入面上,并且在频谱面上放置匹配滤波器 $F^*(\mu,\nu)$, $F(x,y)$ 经过傅里叶变换,在频谱面上得到 $F(\mu,\nu)$,它经过匹配滤波器 $F^*(\mu,\nu)$ 以后,光波分布变为实函数 $F(\mu,\nu)F^*(\mu,\nu)$,即等相面为与频谱面平行的平面.当然,它不是一个标准的平面波,因为等相面上各点的振幅大小不是常数,而是按 $F(\mu,\nu)F^*(\mu,\nu)$ 分布的.但是通过傅里叶反变换透镜后,这个不严格的平面波仍将汇聚于透镜的后焦面,得到一亮点.如果输入函数不是 $F(x,y)$,而是 $F_1(x,y)$,则通过 $F(x,y)$ 的匹配滤波器后的复振幅为 $F_1(x,y)F^*(\mu,\nu)$,在透镜的后焦面上得到的是一个弥散的亮斑,于是可以根据输出面上光场是不是一个亮点来确定输入函数是否匹配滤波器所对应的物函数.

2 结构

采用美国 Boulder Nonlinear System 公司生产的二值铁电液晶空间光调制器作为实时图像输入器件,该器件具有较高的开关速度和优良的分辨率.有效面积为 $3.84\text{mm} \times 3.84\text{mm}$,象元数为 128×128 ,光学响应为 $(10\% \sim 90\%)50 \sim 150\mu\text{s}$,可对光学图像的振幅和位相进行二值化调制.该器件可以直接与 CCD 或计算机连接,便于实现光、电、计算机混合处理.图 3 为整个系统的光学结构简图.输入物体及联合变换功率谱由 FLCSLM1 输入,匹配滤波器由 FLCSLM2 输入,CCD1 探测到的是联合功率谱和联合变换相关峰,CCD2 探测到的是匹配滤波相关结果.计算机完成 FLCSLM 的控制软件操作、相关平面的差别及结果调用显示工作.

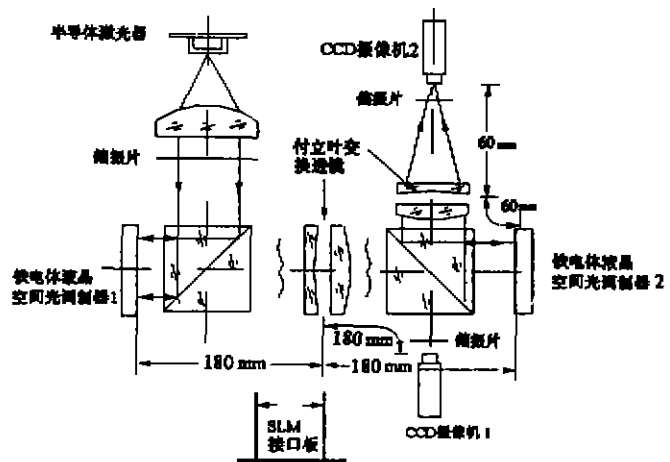


图 3 系统的光学结构示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the optical architecture for the system

3 初步结果

假设飞行目标的飞行轨迹如图4,图5为计算机模拟和相关器上得到的相关实验结果,通过相关峰的位置可以推算出飞行轨迹,见图6,图中3条线基本一致,图7为识别结果.



图4 飞行目标的飞行轨迹
Fig. 4 The track of the plane

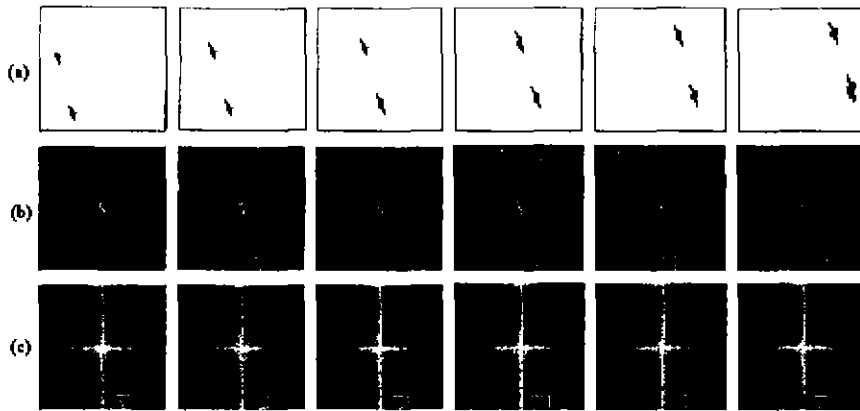


图5 计算机模拟和实验相关结果 (a) 空间光调制器上依次输入图像, (b) 计算机模拟结果, (c) 从光学相关器得到的实验结果
Fig. 5 Computer simulation and experimental correlation results (a) the sequent images displayed on the SLM, (b) computer simulation results, (c) experimental results obtained from optical correlator

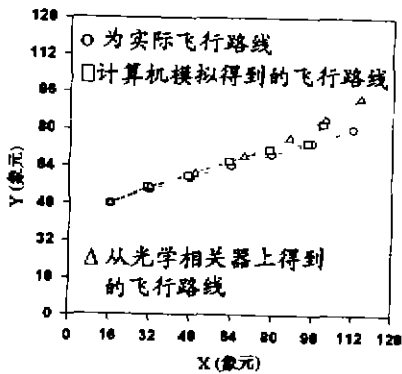


图6 飞行轨迹
Fig. 6 Tracked position of the plane

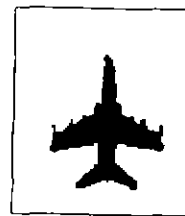


图7 识别结果
Fig. 7 Result of recognition

4 结论

我们实现了把联合变换光学相关器和匹配滤波光学相关器集于同一光路的组合结构,并利用它成功地进行了飞行器的跟踪和识别,大大提高了识别速度,该系统具有小型、高速、自适应的特点,适用于实时目标的跟踪和识别。

REFERENCES

- 1 Eddy C Tam, *et al.* *Opt. Eng.*, 1990, **29**(4):314320
- 2 WANG Ru-Li, *et al.* *SPIE.*, 1996, **84**(5):173
- 3 Francis T S *et al.* *Proc. of IEEE*, 1996, **84**(5):733

AUTOMATIC TARGET RECOGNITION BASED ON JOINT-TRANSFORM CORRELATOR/VANDER-LUGT OPTICAL CORRELATOR*

QIN Wei-Fang WANG Ru-Li CHEN Gao-Feng YAN Yi-Xun

(*Optoelectronic Engineering Research Center, Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China*)

Abstract A new type of information processing system was developed. The system was implemented by using a hybrid architecture of joint-transform and Vander-Lugt optical correlators. With the same optical architecture, object tracking can be carried out by joint-transform correlator and object recognition can be carried out by Vander-Lugt optical correlator. The experiments show that the method has good results.

Key words optical correlator, object tracking, pattern recognition.

* The project supported by the Foundation of Preliminary Research in National Defence of China
Received 1997-05-12, revised 1997-10-09