

文章编号: 1001-3806(2002)01-0044-03

利用液晶电视实现光学图像的实时边缘提取

安 波 陈怀新 陈祯培
(四川大学光电科学技术系, 成都, 610064)

摘要: 通过对扭曲向列型液晶电视的光学调制特性研究, 利用其位相调制模式下灰度图像与位相调制的映射关系和光学干涉效应, 实现了实时光学图像边缘提取。该方法不仅实时处理效果好, 而且系统紧凑、操作简单。

关键词: 液晶电视; 位相调制特性; 干涉; 实时边缘提取

中图分类号: TN249 **文献标识码:** A

Real-time edge enhancement of optical image with liquid crystal TV

An Bo, Chen Huaixin, Chen Zhenpei

(Department of Optoelectronics, Sichuan University, Chengdu, 610064)

Abstract: After studying the optical modulation characteristics of twisted-nematic liquid crystal television (LCTV), the edge enhancement of optical image is realized based on optical interference effect and correspondence between gray image and phase modulation. The result is excellent. The system is compact and easy to operate.

Key words: liquid crystal television (LCTV); phase modulation characteristics; interference; real-time edge enhancement

引 言

目标特征提取是实现光学模式识别的最基本条件, 边缘是图像的重要特征。图像边缘特征的提取作为快速光学相关识别的预处理过程, 其实时化的程度高低将会影响到识别系统的时效性。目前, 在图像边缘提取方面, 大多采用计算机数字图像处理的方法^[1, 2], 如最常用的 Sobel 算子、拉普拉斯算子和小波变换等。但是, 由于计算量大, 常规的计算机无法实现实时处理。光学信息处理具有二维并行处理特性, 故不失为提高信息处理速度的一个重要途径。传统的光学边缘提取方法较多, 如利用高通滤波器、复合光栅等在频谱上进行滤波实现边缘提取, 但这些方法所构造的光学系统相对复杂, 而且操作不方便。

目前, 一般商用液晶电视主要设计用于投影显示系统, 但在对液晶电视的振幅和位相调制特性的研究中, 我们发现, 空间光调制器的电寻址液晶电视不仅可以用于实时图像输入显示, 而且还可以利用其光学调制特性, 实现图像边缘的实时增强与提取。

在图像处理方面, 液晶电视是用电信号来调制的, 较之用光信号来调制的液晶光阀^[3, 4], 其光学系统相对更简单、也更加便于操作。我们正是利用液晶电视的光学调制特性, 结合光学干涉的方法, 将光学信息与计算机技术结合起来, 构成光-电混合处理系统, 来实现图像边缘的实时提取。

1 基本原理

1.1 液晶电视(LCTV)的光学调制特性

液晶电视通常是用扭曲向列型液晶材料制作而成, 主要用于投影显示设备。在相干光学传递系统中, 它经常被当作空间光调制器来使用。空间光调制器可以看成是一个透过率受到写入信号控制的滤光片。写入信号(即信源信号)把信息传递到空间光调制器上相应位置, 以改变其透过率分布, 这一过程称为“寻址”。信源信号既可能是光学信号, 也可能是电信号, 由此分为光寻址和电寻址两种方式。液晶电视就是一种电寻址空间光调制器。

一个包含 LCTV 的空间光调制器(如图 1)由起偏器、检偏器以及液晶基片构成。我们利用偏振矩阵来讨论这个系统对复振幅光场的光学调制特性, Ψ_1 表示起偏器的透过方向与 LCTV 前表面分子方向的夹角, Ψ_2 表示检偏器的透过方向与 LCTV 前表

作者简介: 安 波, 男, 1977 年 10 月出生。硕士。现在深圳华为公司工作。

收稿日期: 2000-08-09; **收到修改稿日期:** 2000-10-08

面分子方向的夹角。

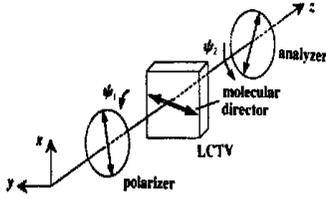


Fig. 1 Diagram of the LG-SLM model used

这一系统作为空间光调制器对光场进行调制的过程, 可以用(1)式表示:

$$E_{out} = LP \cdot R(\Psi_2) \cdot R(-\alpha) \cdot LCTV(\alpha, \beta) \cdot R(\Psi_1) \cdot E_{in} \quad (1)$$

式中, α 表示液晶分子方向的旋转角度, β 表示由电信号引起的 LCTV 当前的双折射率。

旋转矩阵 $R(\cdot)$ 可由(2)式表示:

$$R(\cdot) = \begin{bmatrix} \cos(\cdot) & \sin(\cdot) \\ -\sin(\cdot) & \cos(\cdot) \end{bmatrix} \quad (2)$$

旋转矩阵用来变换从起偏器或检偏器的坐标系到 LCTV 的坐标系传输过程中的光矢量。描述扭曲向列型液晶电视的矩阵可由(3)式表示^[5]:

$$LCTV(\alpha, \beta) = \begin{bmatrix} \cos \gamma - i(\beta/\gamma) \sin \gamma & (\alpha/\gamma) \sin \gamma \\ -(\alpha/\gamma) \sin \gamma & \cos \gamma + i(\beta/\gamma) \sin \gamma \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中, $\gamma = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ 。(1)式中, $LP = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, 是用来描述检偏器作用的琼斯矩阵。这里, 设 $E_{in} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$, 则(1)式中的复振幅输出 E_{out} 可以通过矩阵相乘得到。扭曲向列型 LCTV 对复振幅光场的调制可分为两个可测的量, 即强度透过率和相对相移。利

用这个复振幅输出, 我们可以得到这两个量的具体表达式。其中, 系统的强度透过率(即振幅调制)表示为:

$$T = [(\alpha/\gamma) \sin \gamma \sin(\Psi_1 - \Psi_2 + \alpha) + \cos \gamma \cos(\Psi_1 - \Psi_2 + \alpha)]^2 + [(\beta/\gamma) \sin \gamma \cos(\Psi_1 + \Psi_2 - \alpha)]^2 \quad (4)$$

相对相移(即位相调制)表示为:

$$\varphi = \beta - \alpha \tan \left[\frac{(\beta/\gamma) \sin \gamma \cos(\Psi_1 + \Psi_2 - \alpha)}{(\alpha/\gamma) \sin \gamma \sin(\Psi_1 - \Psi_2 + \alpha) + \cos \gamma \cos(\Psi_1 - \Psi_2 + \alpha)} \right] \quad (5)$$

$$\beta = (\pi d/\lambda)[n_e(V) - n_o] \quad (6)$$

式中, d 是液晶层的厚度, λ 是波长。

从(4)~(6)式可以看出, 通过设置 LCTV 的参数(如 Ψ_1, Ψ_2, α 等)能够得到不同的调制模式, 在这些参数确定的调制模式下, 扭曲向列型 LCTV 对复振幅光场的复调制可表示为 β 的函数, 即双折射率 β 的变化将影响 LCTV 对透射光场的调制。

根据 LCTV 的图像驱动原理, 输入的灰度图像作为信源信号。当灰度图像通过计算机写入 LCTV 时, 灰度信号转变为电信号, 这将导致液晶层的双折射率 β 发生变化, 从而影响 LCTV 对透射光场的调制, 故强度透过率 T 和相对相移 φ 也可以表示为灰度的函数。

1.2 利用液晶电视提取图像边缘特征

当液晶电视处于纯位相调制模式时^[6,7], 其振幅调制很小, 强度透过率 T 对于各级灰度差别不大, 整个液晶片的透过率基本相同, 但其位相调制对于各级灰度相差较大。

一般, 图像边缘处的灰度变化较快, 即边缘两侧邻近区域的灰度级相差较大。我们将实际图像“映

射”到液晶片上, 由于 LCTV 的位相和振幅调制均与灰度有关, 故图像边缘两侧邻近区域的透射光场的复振幅可分别用灰度表示为:

$$\left. \begin{aligned} f(g_1) &= \sqrt{T(g_1)} e^{j\varphi(g_1)} \\ f(g_2) &= \sqrt{T(g_2)} e^{j\varphi(g_2)} \quad (\text{设 } g_1 > g_2) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中, g_1, g_2 分别表示边缘两侧的图像灰度。相干光通过液晶电视的相应区域后, 离边缘较远的光场相互之间光程差太大以致无法干涉, 这些区域的透射光强与 T 成正比, 而边缘附近的光场干涉效应较为明显(如图 2 所示), 这使得 CCD 上接收的图像边缘实际上是这些光场的干涉结果, 它可以表示为:

$$I_e = T(g_1) + T(g_2) + 2\sqrt{T(g_1)T(g_2)} \cos[\varphi(g_1) - \varphi(g_2)] \quad (8)$$

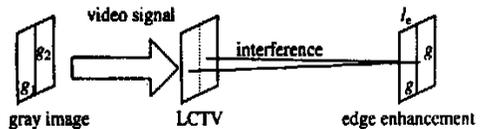


Fig. 2 Diagram of edge enhancement principle by LCTV

由于 $T(g_1) \approx T(g_2)$, 故 I_e 可表示为:

$$I_e = 4 \sqrt{T(g_1)} \cos^2 \left[\frac{\varphi(g_1) - \varphi(g_2)}{2} \right] \quad (9)$$

对于灰度级相差较大的边缘两侧, LCTV 的位相调制使得它们各自的位相延迟有所差异。当调整 LCTV 的参数使得位相延迟之差, 即 $|\varphi(g_1) - \varphi(g_2)|$ 接近 π 时, 从(9)式可以看出, I_e 将会变为极小, 这实际上就是边缘附近的透射光场干涉相消的结果。所以, 从整幅输出图像来看, 图像边缘呈现暗色, 图像其它区域呈现亮色, 从而将图像的边缘特征提取出来。

2 利用液晶电视实现光学图像边缘实时提取的实验研究

我们采用的液晶空间光调制器是 Sony LCX016AL07, 其分辨率为 800×600 像素。如图 3 所示, 光源采用 He-Ne 激光器, 从激光器出来的光经扩束准直后均匀的入射到 LCTV 上, L_2 和 L_3 构成像传递缩束系统, 其作用是将 LCTV 输出的图像缩束后成像于 CCD1 摄像机。待处理的图像(即信号源)由计算机输出(计算机中的图像可以由另外的 CCD2 实时采集而得)写入液晶片, 图像经 LCTV 调制后输出。

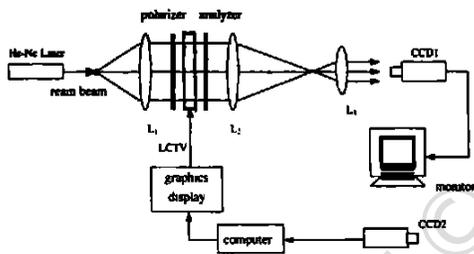


Fig. 3 Experimental system for real-time edge enhancement

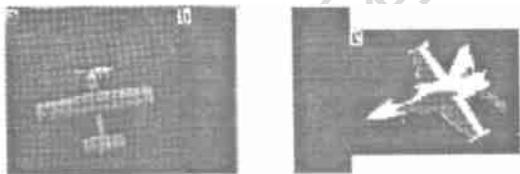


Fig. 4 Original gray image



Fig. 5 Edge enhanced image

调节 ψ_1, ψ_2 到某一角度, 得到 LCTV 的位相状态。将实时采集的灰度图像写入 LCTV, 在系统的输

出面略偏离其像面处用 CCD 接收输出图像, 并将其显示在监视器上。这一过程耗费时间极短, 满足了我们实时提取边缘的要求。为了验证系统的有效性, 我们采用 3 幅灰度图像进行了实验, 图 4 是原始灰度图像, 图 5 是图像边缘提取的实验结果。

图 4a 是通过 CCD2 实时采集的, 图 4b, 图 4c 是由计算机产生的。从图 5b 可以很明显地看出, 原图中边缘两侧各灰度区域显示了基本相同地亮色, 然而灰度跳跃处却以暗色显示出来, 图 5a, 图 5c 也显示出这种现象, 这正是由 LCTV 的纯位相状态引起的。在 LCTV 纯位相调制模式下灰度图像的位相调制与灰度级关系紧密, 不同灰度对应的位相调制不同, 图像中灰度跳跃处由于位相调制的较大差别, 导致该处的透射光场干涉相消从而得到暗色的光场。一般, 图像的边缘都是灰度跳跃较大的地方, 因此, 利用上述机理可以实现灰度图像的边缘提取。该方法通过 LCTV 结合光电处理, 不仅得到了较为理想的边缘提取效果, 而且还有很高的实时性。此外, 该系统排列紧凑、操作简单。

3 结论

通过对由扭转向列型液晶分子构成的 LCTV 的光学调制特性的研究, 发现在 LCTV 对光场振幅调制最小时(即纯位相状态), 液晶片上对应于图像边缘两侧的区域(原灰度图像灰度变化较大的地方), LCTV 的位相调制差别较大(接近 π), 这使得从此区域透射的光场干涉相消从而得到暗色的图像边缘, 由此可实现图像边缘的实时提取。为此, 我们构造了一个系统, 并且验证了系统的有效性。将此系统作为光学相关识别系统的前端预处理系统, 其实时性将大大提高识别系统的整体处理速度。

参 考 文 献

- [1] 冈萨雷斯 R C, 温茨 P 著. 数字图像处理, 北京: 科学出版社, 1982.
- [2] Mallat S, Hwang L. IEEE Trans Inform Theory, 1992, 38(2): 617~643.
- [3] 王 滨, 余飞鸿, 郭茂田 *et al.* 光子学报, 1999, 28(3): 276~280.
- [4] Amitage D, Thackara J Appl Opt, 1989, 28(2): 219~225.
- [5] Neto L G, Roberge D, Sheng Y. Appl Opt, 1996, 35: 4567~4576.
- [6] Pezzaniti J L, Chipman R A. Opt Lett, 1993, 18(18): 1567~1569.
- [7] Bames T H, Eiju T, Matsuda K. Appl Opt, 1989, 28(22): 4845~4852.