

基于结构光投影的光电混合系统

黄黎红

(莆田学院 电子信息工程系, 福建 莆田 351100)

摘要:提出一种基于结构光的光电混合系统。为提高相关识别率,把结构光和基于 SDF 的相移功率谱相减的联合变换相关器结合起来,完成相关识别。该系统兼有物体的灰度信息和形廓信息,是一种具有广阔应用前景的图像识别系统。

关键词:结构光场; 光电混合实现; 功率谱; 联合变换相关器

中图分类号:O438 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2005)01-0051-03

Opto-electric hybrid system based on structured light

HUANG Li-hong

(Department of Electronic & Information Engineering, Putian University, Putian 351100, China)

Abstract: A system of opto-electric implementation based on structured light is presented. To improve correlation discrimination, the method joints structure light and union transform correlator based on SDF and phase-shift power subtracting to realize correlation recognition. This system has the gray level information and the height distribution information of the objects. It is a good image recognition system with wide application prospect.

Key words: Structure light; Optic-electric hybrid implement; Power spectrum; Union transform correlator

0 引言

三维物体识别中有两类经常使用的传感器:一类是灰度传感器,其获取图像的每个像素点对应于一个亮度测量;另一类是深度传感器,其像素点对应于从传感器到可视的物体表面的距离。由于灰度图像像素值的大小受环境光照强度、物体表面反射特性和纹理特征等多种因素的影响,而深度图像是直接反映物体的深度(距离)信息,则不受这些因素的影响,且三维的灰度图像的识别实际上是 3D 转换成 2D 的识别,

在识别过程中丢失了物体的有关形体的大部分信息,因此灰度和深度图像的互补性使得二者的结合成为一个有希望的研究方向,同时使机器人视觉更具有通用性。

由于光电混合自动识别技术是把光学处理和数字处理有机地结合起来,用光学处理完成成像变换和相关等运算、用计算机控制分析和判断任务,既具有光学的高速、实时、并行处理、大容量和抗电磁干扰等特点,又具有计算机的灵活性、精确性、可编程等特点,是一种较为理想的灰度图像识别系统,但光电混

收稿日期:2004-05-12; 修订日期:2004-07-09

作者简介:黄黎红(1971-),女,福建莆田人,讲师,主要研究方向为光机电一体化。

合系统摄取的物体的灰度像总是受气候、太阳光的照射角度的影响,使得自动模式识别效率受限于外照明条件,甚至失效。基于结构光投影的三维物体的识别是将一正弦光场投影到物体表面,光场对被测三维物体的面形进行光学调制,使变形结构光场中携带三维面形的形廓(高度)分布的信息,是一种深度传感器,具有大量程、高精度、结构简单、实时性强及主动受控等优点。因此本文提出将基于结构光投影的三维物体识别方法与光电混合处理系统结合起来,利用结构光取代光电混合系统中的自然光,其频谱经滤波后得到含有物体形廓(高度)信息的基频分量,为增强相关识别效果,采用基于综合鉴别函数(SDF)的相移功率谱相减的联合变换相关器^[1],摄取相减后的功率谱,经傅里叶逆变换完成图像的相关运算。这种光电混合识别系统兼有联合变换相关器和结构光识别的优点,是一种典型的灰度和深度图像结合的识别系统。

1 系统的结构

系统进行图像识别的基本过程如图 1 所示。目标图像由 CCD1 采集并输入计算机,经计算机预处理后,和计算机存储的参考图像并排显示在液晶电视(LCTV1)上,平行的激光光束载着 LCTV1 上的图像信息,经半波位相板 HP、滤波片、偏振器后,由 CCD2 摄取相减后的功率谱,即 LCTV2 的输出,最后经傅里叶逆变换(FTL2)后得到相关输出,由 CCD3 接收,通过图像卡采集到计算机中,进行归一化和取阈值处理后,再送到显示器上显示。

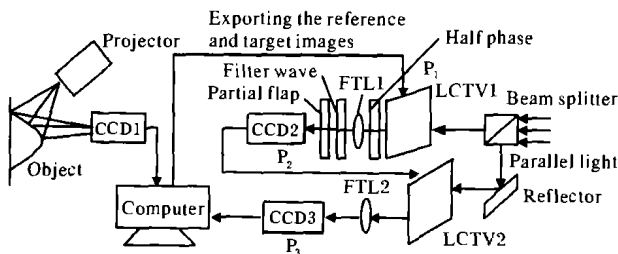


图 1 识别系统的结构

Fig.1 Structure of recognition system

2 原理

2.1 结构光光场的分析

将一正弦光栅投影到物体表面,由于受到物体高

度(形廓)的调制,正弦光场发生变形,变形光场可表示为^[2]:

$$r(x,y) = a(x,y) + b(x,y)\cos[2\pi f_0 x + h(x,y)] \quad (1)$$

式中 $a(x,y)$ 为背景光强分布; $b(x,y)$ 为由背景光强和物体表面反射率的不均匀性所引起的光场分布; f_0 为投影光栅的基频; $h(x,y)$ 为由物体的高度分布引起的附加位相调制,在某些条件下(如远心光路投影),它与物体的实际高度分布成正比,正是这种分布产生的位相调制使正弦光场发生变形。

公式(1)可改为:

$$r(x,y) = a(x,y) + b(x,y) \times$$

$$\frac{\exp[i[2\pi f_0 x + h(x,y)]] + \exp[-i[2\pi f_0 x + h(x,y)]]}{2} = a(x,y) + q(x,y)\exp(i2\pi f_0 x) + q^*(x,y)\exp(-i2\pi f_0 x) \quad (2)$$

式中 $q(x,y) = \frac{1}{2} b(x,y)\exp[ih(x,y)]$; * 代表取复共轭。

公式(2)经傅里叶变换为:

$$R(f_x, f_y) = A(f_x, f_y) + Q(f_x - f_0, f_y) + Q^*(f_x + f_0, f_y) \quad (3)$$

式中 $A(f_x, f_y)$ 代表零频部分; $Q(f_x - f_0, f_y)$ 为基频部分,含有物体的高度(形廓)信息。由于背景光场和物体反射率的变化相对正弦光场的变化要缓慢得多,在傅里叶频谱面上公式(3)右边的三项可以被基频分开,通过选择合适的滤波片,可以将其中一个基频分量(第二项)滤出来^[3],再对其进行傅里叶逆变换,得:

$$r(x', y') = q(x', y') \exp(i2\pi f_0 x') = \frac{1}{2} b(x', y') \exp[i\{2\pi f_0 x' + h(x', y')\}] \quad (4)$$

2.2 基于结构光投影的联合变换相关器

结构光照射到参考物体上,由摄像机 CCD1 拍摄得到参考图像,预先存入计算机内存。一束 He-Ne 激光经扩束、准直镜后照射到液晶显示屏 LCTV1 上。同样的结构光照射到目标物体上,由计算机控制 CCD1 实时采样获得目标图像;使参考图像一直显示在空间光调制器的右半部分,而使目标图像显示于左半部分,共同构成联合变换图像。设参考图像函数为 $r(x-c, y)$, 输入目标图像为 $t(x+c, y)$, 沿 x 轴分开 $2c$ 距离,则输入联合变换图像可表示为^[4]:

$$f(x,y)=r(x-c,y)+t(x+c,y) \quad (5)$$

由公式(2)得:

$$r(x-c,y)=a(x-c,y)+q_r(x-c,y)\exp[i2\pi f_0(x-c)]+$$

$$q_r^*(x-c,y)\exp[-i2\pi f_0(x-c)]$$

$$t(x+c,y)=a(x+c,y)+q_t(x+c,y)\exp[i2\pi f_0(x+c)]+$$

$$q_t^*(x+c,y)\exp[-i2\pi f_0(x+c)]$$

公式(5)的合成参考图像是目标样本 $r_{ij}(x-c,y)$ (其中 $i=1,2,\dots,I$, I 为待分类的目标数, $j=1,2,\dots,J$, J 为每一目标,取 J 个不同的样本投影图)的线性组合:

$$r(x-c,y)=\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_{ij}^{(n)} r_{ij}(x-c,y) \quad (6)$$

式中 $a_{ij}^{(n)}$ 为权重系数。

输入联合图像经焦距为 f 的傅里叶透镜 (FTL1) 进行傅里叶变换后,为:

$$F(f_x,f_y)=R(f_x,f_y)\exp\left(-i\frac{2\pi}{\lambda f}cf_x\right)+T(f_x,f_y)\exp\left(i\frac{2\pi}{\lambda f}cf_x\right) \quad (7)$$

式中 $R(f_x,f_y)=A(f_x,f_y)+Q_r(f_x-f_0,f_y)+Q_r^*(f_x+f_0,f_y)$;

$$T(f_x,f_y)=A(f_x,f_y)+Q_t(f_x-f_0,f_y)+Q_t^*(f_x+f_0,f_y)。$$

根据公式(3)、(4)的原理,经频谱滤波后,把得到的基频分量显示在平方探测器 CCD2 的后焦平面上,得到联合功率谱:

$$\begin{aligned} |F(f_x,f_y)|^2 &= |Q_r(f_x-f_0,f_y)|^2 + Q_r(f_x-f_0,f_y) \times \\ & Q_r^*(f_x-f_0,f_y)\exp\left(-i\frac{4\pi}{\lambda f}cf_x\right) + \\ & Q_r^*(f_x-f_0,f_y)Q_r(f_x-f_0,f_y) \times \\ & \exp\left(i\frac{4\pi}{\lambda f}cf_x\right) + |Q_t(f_x-f_0,f_y)|^2 \end{aligned} \quad (8)$$

此功率谱又经 FTL2 进行傅里叶逆变换,在 P_3 处得:

$$\begin{aligned} f(x',y') &= q_r(x',y') \otimes q_r(x',y') + \\ & q_r(x',y') \otimes q_r(x'-2c,y') + \\ & q_r(x',y') \otimes q_r(x'+2c,y') + \\ & q_t(x',y') \otimes q_t(x',y') \end{aligned} \quad (9)$$

式中 \otimes 为相关运算符号,其中第二项和第三项为参

考图像和目标图像的互相关项,正是识别所需要的信号,它们分别在 f_x 轴上平移了 $-2c$ 和 $+2c$ 。由于公式(9)的第一项和第四项为自相关峰项,它们的存在使得互相关性能变差,故采用基于 SDF 和相移功率谱相减的联合变换相关器 (SPJTC)^[1] 以提高目标的相关识别效果。采用相移功率谱相减后的功率谱为:

$$\begin{aligned} DJ(f_x,f_y) &= Q_r(f_x-f_0,f_y)Q_t^*(f_x-f_0,f_y) \times \\ & \exp\left(i\frac{4\pi}{\lambda f}cf_x\right) + Q_r^*(f_x-f_0,f_y) \times \\ & Q_t(f_x-f_0,f_y)\exp\left(i\frac{4\pi}{\lambda f}cf_x\right) \end{aligned} \quad (10)$$

公式(10)经傅里叶逆变换得:

$$\begin{aligned} f(x',y') &= q_r(x',y') \otimes q_t(x'-2c,y') + \\ & q_r(x',y') \otimes q_t(x'+2c,y') \end{aligned} \quad (11)$$

由此可见,消除了自相关峰的影响。如果把 q_i ($i=r,t$) 中的幅值和位相分开进行相关识别,还可并行地进行仅与灰度或形廓有关的识别。

3 结束语

提出了基于结构光的光电混合系统,结合基于 SDF 的相移功率谱相减的联合变换相关器,来实现三维物体的识别。此识别图像具有灰度图像和物体形廓信息的双重特征,尤其适用于复杂三维物体之间有遮挡和重叠的情况。对此技术的进一步研究必将为三维物体识别提供一个有意义的识别系统。

参考文献:

- [1] 刘馨,陈怀新,陈祯培.具有旋转不变的联合变换相关识别[J].四川大学学报(自然科学版),1999,36(2):253-256.
- [2] 宋万忠,苏显渝.基于结构光投影的三维物体识别[J].光电子·激光,1999,10(1):59-62.
- [3] 苏显渝,谭松新,向立群,等.基于傅里叶变换轮廓术方法的复杂物体三维面形处理[J].光学学报,1998,18(9):1228-1233.
- [4] 陈鹤鸣,陈雄.旋转、平移不变光电混合指纹识别系统的研究[J].南京邮电学院学报(自然科学版),1999,19(4):15-18.