

# 基于线阵 CCD 的目标跟踪

Object - tracking Base on linear CCD

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所图像室; 2. 中国科学院研究生院) 李冬梅<sup>1,2</sup> 王延杰<sup>1</sup>

LI Dong-mei WANG Yang-jie

摘要: 图像序列运动目标跟踪是计算机视觉领域的核心课题之一。本文采用线阵 CCD 相机获取图像序列, 并提出了一种改进的相关跟踪算法对运动目标进行匹配和跟踪的算法, 实现了目标的快速匹配与实时跟踪的目的。

关键词: 图像序列; 线阵 CCD; 图像匹配; 相关跟踪

中图分类号: TP751

文献标识码: A

Abstract: Image sequence object-tracking is kernel of image study by using linear CCD. An proved correlation tracking algorithm is proposed, it is used to match and track targets. The purpose quick-matching and real-time tracking are gained.

Key words: Images Sequence; Linear CCD; Image matching Correlation tracking

## 1 引言

运动信息包含于视频图像中, 具体而言, 视频序列被分成系列镜头、场景和对象的集合。对于目标跟踪系统来说, 实时性的要求较高。随着 CCD 的飞速发展, 传统的驱动电路实现方法已经不能够很好地满足 CCD 应用向高速、小型化、智能化发展的需要。线阵 CCD (Linear Charge Coupled Device) 是一种高精度的一维图像传感器, 在图像信息的摄取、记录方面独具特色, 同时具有体积小、功耗低、抗烧毁、分辨率高、灵敏度高等诸多优点而在高精度非接触测控领域中得到广泛应用。

本文采用线阵 CCD 传感器进行图像采集, 并提出了一种改进的实时跟踪算法, 实现了既降低成本又达到了目标的实时跟踪的目的。

## 2 本文系统简介

本系统中采用的是德国 BALSER 公司线阵 CCD—L101 相机。在自由扫描状态下, L101 先设定的线扫频率自动重复扫描。L101 直接输出数字信号, 输出数据为 8 位或 10 位, 输出信号采用 LVDS 模式, L101b 采用 Channel Link 标准, L101k 采用 Camera Link 标准, 也可以利用 BALSER 公司提供的接口转换器 BIC 转换成 RS644 LVDS 格式。

Camera Link 技术的核心是美国 NS (National semiconductor) 提出的一种高速数据传输方法——Channel Link 技术, 该技术主要用于数字图像数据的高速传输。两者均采用 LVDS 信号模式, 但比先前的传输方法——RS644 (RS422 的 LVDS 模式) 具有明显的优点。LVDS (Low Voltage Differential Signaling) 是最近发展起来的一种利用低电压差分信号模式传输技术, LVDS 信号为以 +1.2 为基准 300 mV 差分形式, LVDS 低电压摆幅差分模式具有高速传输数据时交叉干扰小、EMI 干扰小等优点。Channel Link 采用 LVDS 方式传输数据, 但是将 28 位数据转换成串行方式在 4 对线路上传输, 再用另外一对线路传输时钟信号,

最高传输率达 2.38 Gb/s, 传输距离可达 10m。NS 的 LVDS 发送器 DS90CR287 完成并行 TTL/CMOS 信号到 LVDS 信号的转换, LVDS 线路接收器 DS90CR288 将 LVDS 信号还原成并行 TTL/CMOS 信号。

## 3 图像序列采集

线阵 CCD 输出图像数据经 Camera Link 连线以串行方式接口连到图像采集板, 由 LVDS 线路接收器 DS90CR288 将其恢复成并行 TTL/CMOS 信号, 并分离出 8 位图像数据和像素时钟信号 Pix-Clk 及行有效信号 Line Valid。每 512 行构成一幅图像保存在由 512k × 8 位 SRAM (CY7C1049) 构成的输入图像缓冲存储器 BRAM 当中, 图像的写入控制信号和地址由 ISP 根据 Pix-Clk 和 Line Valid 信号产生。应用线阵 CCD 相机将采集来的图像输入到计算机的缓存中, 经过计算机处理对图像序列中的运动目标进行检测和跟踪。

## 4 目标匹配与跟踪算法实现

现有的目标跟踪方法各有不同, 基本上可分为两种: 波门跟踪算法和相关跟踪算法。波门跟踪算法比较简单, 有边缘跟踪、双边缘跟踪和形心跟踪等。但是, 目标的剧烈运动往往会造成目标从波门中快速移出, 造成目标丢失。相关跟踪是基于图像相似性度量, 在现场获取的实时图像中寻找最接近目标模板图像区域的一种跟踪方式。它无需对图像进行分割和特征提取处理而只在原始图像数据上进行运算, 从而保留了图像的全部信息。但是, 由于在动态跟踪中, 目标的大小、形状经常发生变化, 当目标在模板中所占比例很小时, 相关匹配的结果将受背景的影响较大。因此容易造成误匹配。本文提出了一种新的区域模板相关算法, 能较好地解决以上两种算法的问题。

区域模板相关是一种较新颖的相关跟踪技术, 主要包括以下两个步骤: 灰度图像的区域分割、灰度图像的区域匹配。

### 4.1 熵阈值分割图像

灰度图像的区域匹配依赖于图像分割的效果, 而图像区域匹配的结果将直接影响到相关算法的成败。熵阈值分割对于直

李冬梅: 博士 研究生

基金项目: 国家“863”基金 (2006AA703405F)

方图较平坦的,对比度较小的灰度图像处理效果比较好。本文采用以最大熵原则作多阈值选择的条件迭代算法。先考虑单阈值选择,即把图像用一个灰度阈值分成背景和物体两个区域的情况。用  $P_0, P_1, \dots, P_n$  表示灰度级的概率分布,如果把阈值设置在灰度级  $s$ , 将获得两个概率分布,一个包含  $1 \sim s$  的灰度级,另一个包含  $s+1 \sim n$  间的灰度级,这两个分布如下:

$$A = \frac{P_0}{P_0 + \dots + P_s}, \frac{P_1}{P_0 + \dots + P_s}, \dots, \frac{P_s}{P_0 + \dots + P_s}, \quad B = \frac{P_{s+1}}{1 - P_0 - \dots - P_s}, \frac{P_{s+2}}{1 - P_0 - \dots - P_s}, \dots, \frac{P_n}{1 - P_0 - \dots - P_s}, \quad \text{其中} \quad P_s = \sum_{i=0}^s P_i;$$

与每一个分布相关的熵为:

$$H(A) = - \sum_{i=0}^s \frac{P_i}{P_0 + \dots + P_s} \log \frac{P_i}{P_0 + \dots + P_s} = \log P_s + \frac{H_s}{P_s} \quad (1)$$

$$H(B) = - \sum_{i=s+1}^n \frac{P_i}{1 - P_0 - \dots - P_s} \log \frac{P_i}{1 - P_0 - \dots - P_s} = \log(1 - P_s) + \frac{H_n - H_s}{1 - P_s} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{令} \quad \varphi(s) &= H(A) + H(B) = - \left( \sum_{i=0}^s \frac{P_i}{P_0 + \dots + P_s} \log \frac{P_i}{P_0 + \dots + P_s} + \sum_{i=s+1}^n \frac{P_i}{1 - P_0 - \dots - P_s} \log \frac{P_i}{1 - P_0 - \dots - P_s} \right) \\ &= \log P_s(1 - P_s) + \frac{H_s}{P_s} + \frac{H_n - H_s}{1 - P_s} \end{aligned} \quad (3)$$

使(3)式达到最大值时的  $s$  的值即为阈值。

上述单阈值选择原则能直接推广到多阈值选择情况,此时,式(3)变为

$$\begin{aligned} \varphi(s_1, s_2, \dots, s_k) &= \log \left( \sum_{i=0}^{s_1} P_i \right) + \log \left( \sum_{i=s_1+1}^{s_2} P_i \right) + \dots + \log \left( \sum_{i=s_{k-1}+1}^n P_i \right) \\ &= \frac{\sum_{i=0}^{s_1} P_i \log P_i}{\sum_{i=0}^{s_1} P_i} + \dots + \frac{\sum_{i=s_{k-1}+1}^n P_i \log P_i}{\sum_{i=s_{k-1}+1}^n P_i} \end{aligned} \quad (4)$$

#### 4.2. 利用形态学滤除噪声

数学形态学是一种数字图像处理的新方法,其研究的主要目的在于描述图像的基本结构和特征。它的基本思想是用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形态以达到对图像分析和识别的目的。形态学的应用可以简化图像数据,保持它们基本的形状特性,并除去不相干的结构。形态学有4种基本运算:膨胀、腐蚀、开运算和闭运算。灰度图像的腐蚀和膨胀过程可直接从图像和结构元素的灰度级函数计算出来。对图像中的某一点  $f(x, y)$ , 腐蚀运算过程则是以结构元素  $g(x, y)$  为模板, 搜寻图像在结构基元大小范围内灰度的极小值。灰度形态学腐蚀运算的定义为:

$$(f - g)(x, y) = \min_{i, j} \{ f(x - i, y - j) - g(-i, -j) \} \quad (5)$$

膨胀即以结构元素  $g(x, y)$  为模板, 搜寻图像在结构基元大小范围内灰度的极大值。

灰度形态学膨胀运算的定义为:

$$(f \oplus g)(x, y) = \max_{i, j} \{ f(x - i, y - j) + g(i, j) \} \quad (6)$$

灰度形态学开运算的定义为

$$f \bullet g = (f - g) \oplus g \quad (7)$$

灰度形态学闭运算的定义为

$$f \blacklozenge g = (f \oplus g) - g \quad (8)$$

从区域的观点来看形态学操作,膨胀与腐蚀会引起区域的扩大与缩小,开运算具有消除细小物体、在纤细点处分离物体和平滑较大的边界时又不明显改变其面积的作用。闭运算具有填充物体内部细小空洞、连接邻近物体、在不明显改变面积的情况下平滑其边界的作用。分割后二值化图像,会存在许多小的孤立点。因此可以运用开运算来滤掉这些孤立的小范围噪声点。

#### 4.3 匹配算法

目标跟踪过程中拍摄到的图像序列中,连续两帧图像之间

的平移、旋转和伸缩都比较小,因此图像具有很强的相似性,可采用相关系数作为相似性度量。由于相关系数得到的值为归一化值,这个值反映了两者的相似程度,可作为判断跟踪是否成功的判定依据。通过计算模板图像和待匹配图像的相关系数来确定匹配的程度。相关系数最大时的搜索窗口位置决定了模板图像在待匹配图像中的位置。相关系数定义如下:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S(m+i, n+j) \times T(m, n)]}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^2(m+i, n+j)} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T^2(m, n)}} \quad (9)$$

在对目标进行跟踪的过程中,目标模板维系了整个跟踪的动态过程。在目标跟踪过程中,实时拍摄到的目标在不断地变化,因此实际图像必然存在着变形、噪声、遮挡等等变化。对模板合理地进行更新是相关跟踪的关键。选择合适的模板更新策略,可以在一定程度上克服这些变化对跟踪效果的影响。

本文采用的相似度量准则——相关系数,直接反映了目标跟踪的质量,可以作为度量目标模板和当前帧目标图像最佳匹配位置的匹配度。这个值用于决定当前帧是否进行目标模板更新。因为,如果当前帧跟踪质量很差或者跟踪失败的话,再用当前帧的信息来产生新的模板,没有任何意义,只会给后续的跟踪带来不良影响,甚至导致后续的跟踪失败。为了解决这一问题,设定一个阈值,只有当匹配度大于这个阈值时,模板才进行更新,算法中阈值取为 0.8。用这种目标模板更新策略,不仅有效地抑制了跟踪误差的累积,以及跟踪目标的漂移,而且即使跟踪过程中有些帧跟踪得不好,下一帧往往又能回到正确的跟踪位置。在实时跟踪系统中,采样时间很短,因此目标在下一帧的位置距离上一帧的位置应该在一定范围之内。为了减少运算量,不必对整幅图像进行匹配,而只需在目标周围的范围内进行匹配即可,这样可以满足系统实时性的要求。

## 5 算法仿真及实验结果分析

本算法在 PC 机上编程实现,在 WindowsXP 和 VC++ 环境下,使用采集到的图像序列进行编程实验。为了减少计算量,选择匹配模板为图 1 所示,试验结果如图 2 所示。



图1 模板

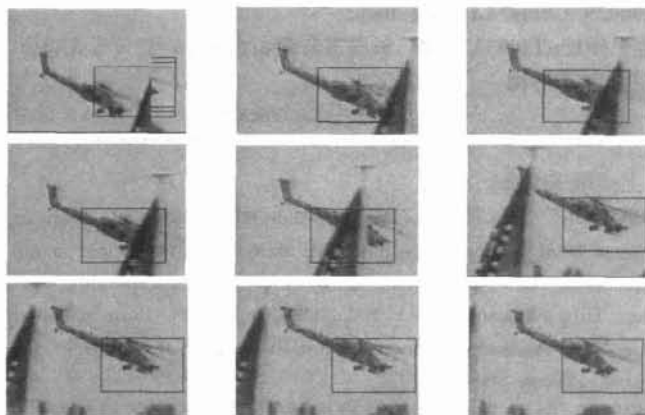


图2 序列图像跟踪结果

本算法在目标飞过障碍物的过程中都能够较准确的跟踪目的,而且能够达到较满意的实时效果。从图中可以看出,目

标定位较准确,跟踪的鲁棒性较好。在图像灰度产生变化,目标变形时也可以很好地跟踪目标。

## 6 结论

利用线阵 CCD 摄像设备每次扫描只对一条扫描线成像,利用被摄物体与 CCD 之间的相对运动通过连续扫描形成二维图像。因此,只要线扫描率足够高,可以消除运动模糊。结合本文算法后,目标的跟踪很精确,跟踪的效率有很大的提高,可以满足实时性的要求。

本文创新点:采用线阵 CCD 相机进行图像序列的跟踪,并提出了一种改进的实时相关跟踪算法,通过仿真试验得出的跟踪结果比较理想。在实际应用中既节省了成本,又达到了比较满意的实时跟踪的效果。

### 参考文献

- [1]李卓,郭立红.快速图像处理阈值选取方法的比较研究.微计算机信息 2006,7:224-226.
  - [2]赵霞.光学计量用高速线阵 CCD 数据采集系统设计[J].光电工程 2004,31(6):60-62.
  - Zhao Xia. Design of a data acquisition system for high speed linear CCD used for optical metrology [J]. Opto- Electronic Engineering, 2004,31(6):60-62. (in Chinese).
  - [3]Parry H S,Marshall A D,Markham K C.TrackingTargets in FLIR Image by Region Template Correlation.SPIE Vol.3086:221~232.
  - [4]王庆有. CCD 应用技术[EM]. 天津:天津大学出版社 2000.
  - [5]崔屹.数学形态学方法及应用.北京:科学出版社 2000.
- 作者简介:李冬梅(1977-),女,吉林人,博士研究生,研究方向:信号与图像处理,模式识别;王延杰(1963-):男,吉林人,主任研究员,博士生导师,研究方向:实时图像处理,目标识别与跟踪。Biography:Li Dong-mei(1977-), female,from Jilin. Doctor Degree Candidate. He is interesting in signal processing, image processing, and pattern recognition.
- (130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所图像室)李冬梅 王延杰
- (100039 北京 中国科学院研究生院)李冬梅
- (Image Lab, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China)Li Dong-mei Wang Yang-jie
- (Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China) Li Dong-mei
- 通讯地址:(130033 长春 长春市东南湖大路 16 号 长春光机所图像室)李冬梅

(收稿日期:2008.2.20) (修稿日期:2008.4.05)

(上接第 105 页)

Biography: Xiao Huijun (1972-), Male, Han Nationality, Born in Hunan Dong'an, Experimental Staff, Main Research Fields: Image Processing, GIS Application, Image Sensors. Corresponding author: Ding Shuwen(1965-), Male, Han Nationality, Born in Hubei Xiao'gan, Associate Professor, Main Research Fields: Image Processing, Image Sensors.

(425100 湖南 永州 湖南科技学院 计算机与信息科学系)肖辉军 丁树文

(430070 湖北 武汉 华中农业大学 资源与环境学院) 杜丹蕾

通讯地址:(425100 湖南 湖南省永州市零陵区杨梓塘路 130 号 湖南科技学院计算机与信息科学系) 肖辉军

(收稿日期:2008.2.20)(修稿日期:2008.4.05)

(上接第 140 页)

一个合理的折衷是对于高优先权听觉报警信号,应该比中优先权听觉报警信号大致高 6dB,其可接受的变化范围是 0dB-12dB。中、低优先权听觉报警信号应有相同的音量。如果有区别的话,中优先权听觉报警信号的音量不能比低优先权听觉报警信号的音量高出 6dB。

应该可以单独调节听觉信息信号和听觉报警信号的音量水平,这样他们都可以设置到一个合适的音量水平。如果听觉报警信号和听觉信息信号的音量水平不能单独调整,则信息信号的音量水平不能高于低优先权听觉报警信号,并且他们的音量水平都要低于中、高优先权听觉报警信号。听觉信息信号原则上不能有增音,也不能是连续的。

在报警系统中,要将听觉报警信号的音量(以及音量的调整范围)指示给操作者,这样操作者就能够确定听觉报警信号的音量在预期的使用环境下是否是合适的。

## 5 结束语

综上所述,生产医疗电气设备的制造商按照新标准对听觉报警系统进行重新设计或改进,其智能化程度会不断提高,报警误差率必将进一步减少。

本文作者创新点是:通过与国际上最新的医疗器械听觉报警标准的比较,指出我国目前医疗电气设备听觉报警信号标准的不足以及报警信号存在的问题,对医疗电气设备中报警系统的安全要求提出更合理的建议,并为其制造和应用提供一定的指导,为我国的医疗器械听觉报警系统标准的修订提供了基础。

### 参考文献

- [1]张恒,孟庆春.多功能智能报警仪[J].微计算机信息 2004,20
  - [2]International Electrotechnical Commission. INTERNATIONAL STANDARD IEC 60601-1-8.
  - [3]国家食品药品监督管理局.麻醉和呼吸护理报警信号第 2 部分:听觉报警信号,YY0574.2-2005.北京,中国标准出版社,2006.
  - [4]International Standard Organization. Anaesthesia and respiratory care alarm signals- Part 2: Auditory alarm signal, ISO 9703-2: 1992.
- 作者简介:严红剑(1950-),女,汉族、高级工程师、上海理工大学医疗器械学院、主要研究方向为医疗器械质量与安全、有源医疗器械检测技术。
- Biography: Yan hong-jian (1950), female (the Han nationality) High-level engineer, Institute of Medical Device, University of Shanghai for Science and Technology, Research field: Medical device quality and safety; Detecting technology of the medical device power source.
- (200093 上海 上海理工大学 医疗器械学院)严红剑 崔海坡 徐秀林
- 通讯地址:(200093 上海市营口路 101 号 上海理工大学医疗器械学院) 严红剑

(收稿日期:2008.2.20) (修稿日期:2008.4.05)