

# 嵌入式运动目标提取实时图像处理系统

Design of a moving object real time image processing based on embedded system

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 李岩<sup>1,2</sup> 何昕<sup>1</sup> 魏仲慧<sup>1</sup> 王军<sup>1</sup>

LI Yan HE Xin WEI Zhong-hui WANG Jun

**摘要:** 针对大数据量、高速传输复杂的图像处理算法,以 Matrox Odyssey 图像处理卡为基础,设计了多目标实时图像处理系统。提出了一种结合帧间减法与背景自适应更新的算法,完成实时交会处理任务,满足靶场弹道试验任务的实时性要求。自适应背景更新是一种有效的用于视频序列图像运动目标检测的算法,该领域中很多方法被提出来,但是很少提及用于实时处理系统。我们着眼于算法的高速性并提出一种足够快的方法用于弹道测量系统。用高斯分布建立每个像素的灰度模型,这个分布用来区分前景和背景像素以便用来更新背景模型。

**关键词:** 实时图像处理; 目标探测; 多目标自适应背景更新

中图分类号: TH74

文献标识码: B

**Abstract:** Aiming at the needs of large data, high transport and complex arithmetic, a real time and multi-target imaging processing system is designed. A algorithm base on two consecutive frames and adaptive background updating is presented to do the real time intersection processing. It is satisfied real time demand of ballistic trajectory examination in shooting range. Adaptive background updating is one of the methods used to detect moving objects in video sequences. Many techniques have been presented in this field there are few of these methods is used in real-time application. We concentrated in the speed of algorithm and present a method that fast enough to be used in ballistic measuring system. We model the history of each pixel using Gaussian distribution. The distribution are used to classify the pixel to foreground and background pixel and thus to update the background model.

**Key words:** real time imaging processing; multi-target; adaptive background updating

## 1 引言

弹道测量设备属于常规武器实验靶场的重要光电测量试验设备,其特点是视场大、测试精度高,但同时带来了需要处理的数据量非常大的特点,现有的 CCD 弹道测量实现了实时显示、实时存储,但由于处理计算量大,只能时候进行事后处理。

背景减法在计算机视觉系统中经常用于运动区域的检测,它意味着把当前图像分割成背景和运动目标。最简单的背景减法的实现是选取一个固定模型作为背景,这个模型用来从背景中区分运动区域。然而这种方法对于光照的改变、物体从背景中闯入或消失、像树叶摆动等这样的重复运动不能处理。这就需要更加智能的背景更新算法,来防止假目标的产生。

## 2 基于统计的背景模型

常用的描述背景点灰度分布的概率分布是高斯分布,分为单模态和多模态。一般固定光照情况下在估计图像捕获噪声时单模态高斯模型足够表示背景图像的特性了,实际上多表面或光照的改变也经常出现,这就需要用多个多模态高斯模型。由于我们的背景变化相对缓慢,且主要为天空背景,光照在帧间变化相对较小,所以我们用一个自适应单高斯模型来逼近这个过程。假设在一段时间  $t$  内,同一像素点的像素值服从高斯分布,均值为  $\mu(i, j)$ , 标准方差为  $\sigma(i, j)$ ,  $i$  和  $j$  为像素点在图像中的横坐标和纵坐标:

$$P(X_{(i,j,t)}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(i,j)} e^{-\frac{(x_{(i,j,t)} - \mu(i,j))^2}{2\sigma(i,j)^2}} \quad (1)$$

刚开始建模时,每一个像素点的分布是未知的,初始化时,用第一帧的像素值作为  $\mu(i, j)$ , 标准方差  $\sigma(i, j)$  为 0。由于背景信息是由不断学习更新得到的,兼顾了过去的背景信息,因此该方法对图像中偶然出现的假目标有一定的抑制作用。

## 3 背景抑制

对于运动目标的检测以及背景的抑制有两种方法:(1)固定背景差分法;(2)时间间隔图像差分法。

将前后两帧的图像  $f_k(i, j)$ ,  $f_{k+1}(i, j)$  进行差分处理,背景抑制过程如下:

$$\text{if } |f_k(i, j) - f_{k+1}(i, j)| > T \quad B_k(i, j) = f_{k+1}(i, j) \quad (2)$$

$$\text{if } |f_k(i, j) - f_{k+1}(i, j)| < T \quad M_k(i, j) = f_{k+1}(i, j)$$

$T$  为灰度阈值,  $B_k(i, j)$  为差分后的背景图像,  $M_k(i, j)$  为差分后的运动变化区域。

由于  $M_k(i, j)$  中包括实际运动物体和拖影区,所以需要拖影区进行处理。将运动变化区域的像素点与其各自的高斯模型拟合,若  $P(X(i, j, t)) \leq T_p$ , 其中  $T_p$  为概率阈值,实际应用中用等价阈值代替概率阈值,记做  $d(i, j, t) = x(i, j, t) - \mu(i, j)$ , 设置相应的前景检验阈值为  $\sigma(i, j)$ :

if  $d(i, j, t) \leq \sigma(i, j)$  为拖影区,记做  $B_2(i, j)$

else 为运动物体,记做  $M(i, j)$ 。

## 4 背景更新

将背景区域  $B_k(i, j)$  用如下规则更新:

李岩: 博士研究生

$$\mu_{t+1} = (1 - \alpha_1) * \mu_t + \alpha_1 * x \quad (3)$$

$$\sigma^2 = (1 - \alpha) * \sigma^2 + \alpha_1 * d(i, j, t)^2$$

将拖影区域  $B_2(i, j)$  用如下规则更新:

$$\mu_{t+1} = (1 - \alpha) * \mu_t + \alpha_2 * x \quad (4)$$

$$\sigma^2 = (1 - \alpha_2) * \sigma^2 + \alpha_2 * d(i, j, t)^2$$

式中  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  为学习因子, 控制更新速度,  $x$  表示新帧中的像素点的灰度值。

## 5 系统硬件结构

系统硬件结构如图 1。系统分三个部分组成, 前端为 2K×2K 的大面阵相机, 通过 CameraLink 接口连接到 Odyssey 视频图像处理卡上, Odyssey 通过工控机的高速 64 位 PCI-X 总线与计算机连接, 实现和板卡的高速数据通信与对相机和板卡的控制。

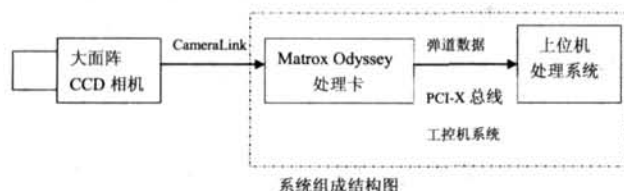


图 1

本系统是一个完全嵌入式系统, 可脱离主机编程独立完成图像序列的计算任务而无需主机的干预, 根据编程或者和主机通信完成与主机的通信, 传输处理结果与参数。

## 6 软件设计

编程模式: Odyssey 的应用程序可以工作在宿主驱动模式下和完全嵌入式模式下。在宿主模式下工作时, 应用程序运行在主机 PC 上, 并且远程发送命令给 Odyssey 完成任务, 但这种模式容易受主机资源的限制, 当主机工作忙时受限与主机资源的缺乏, 不易实现实时操作; 在完全嵌入式模式下, 应用程序完全运行在 PowerPC 上, 应用程序与主机有很少或没有关联性。

处理卡的主要运算单元包括 PowerPC 和 PA, 其结构和运算特点各不相同, 如何高效地实现自定义图像处理函数必须根据硬件结构和算法的特点综合考虑。结合两个硬件的特点分配运算任务, 一旦其运行在不需要相互数据调用时可分别独立工作, 大大提高了运算效率。

PowerPC 集成了通用 CPU 和 DSP 的特性, 通用 CPU 可执行任何任务, 可以在内存中随机访问数据, 它适合于计算算术运算和逻辑运算, 所以一般的算术逻辑运算可以交给 PowerPC 来完成。

PA: 像素加速器用来提高图像处理的像素计算能力, 它可加速像素邻域计算、点对点运算和查找表映射计算。

## 7 实验结果

本课题的要求是帧频为 25Frame/Sec 的 2K×2K 的面阵相机实现实时处理要求, 这就需要在每帧的间隔时间即 40ms 内实现背景抑制、弹道提取以及交会处理任务。前期需要快速提取目标, 留给交会计算足够的时间来完成计算任务, 因为交会计算由软件算法完成, 方法相对固定, 计算时间相对稳定, 所以前期目标提取工作是实时性要求的关键。笔者在主频为 2.8G 的奔腾 4 处理器、内存为 512M、采用 PCI-X 系统总线的工控机, 取得以下数据。如表 1:

帧数	1	2	3	...	30	40
处理时间(ms)	20.050	20.157	20.023	...	20.198	20.517
处理目标数	1	2	3	...	13	14

表 1 不同帧目标处理时间

图像中不同弹丸数处理时间基本比较稳定, 而且留给了后续交会处理充足的时间, 能够完成弹道实时交会的任务。其中比较主要的处理时间有相邻帧相减、阈值化、背景更新、质心坐标计算, 其典型的计算时间为:

算法	相邻帧相减	阈值化	背景更新	质心坐标计算
典型计算时间(ms)	2.890	0.086	9.153	8.388

表 2 主要算法典型运算时间

由表中可见, 其中背景更新和质心坐标计算是算法中较为复杂的算法, 占用大部分处理时间。

## 8 结论

本文设计了大面阵运动目标实时处理系统, 借助 Matrox Odyssey 高端图像处理卡, 应用基于高斯背景模型的自适应背景更新算法, 完成了对大面阵运动小目标的提取。详细阐述了图像自适应背景更新的思想, 该系统的优点在于: 系统组成简单, 改进了原来需要大规模存储阵列的设备需要, 直接从相机采集图像并实时处理, 对于满足靶场实现弹道试验任务的实时性做出了总体的设想。

本文作者创新点: 针对大面阵 CCD 弹道测量系统的实时处理任务要求, 构建了高速采集及处理平台, 采用背景更新算法有效地提取了运动目标, 实现了系统的实时性要求。

### 参考文献

- [1] Stauffer C, Grimson WEL. Learning patterns of activity using real-time tracking [J]. IEEE trans PAMI, 2000, 22(8): 747-757.
- [2] 刘辉, 周锦松, 胡柄樑, 张文喜. 星空运动背景中目标识别算法研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23-3-1: 285-287.

作者简介: 李岩(1977-), 男, 博士研究生, 河北秦皇岛人, 从事数字图像处理方面的研究。何昕(1966-), 男, 博士生导师, 吉林省长春人, 从事数字图像处理研究。

Biography: LI Yan(1977-), Male, postgraduate student, born in Qinhuangdao, He Bei, research area: in image processing.

(130033 吉林 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 李岩 何昕 魏仲慧 王军

(100039 北京 中国科学院研究生院) 李岩

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Changchun, Jilin 130033, China) LI Yan HE Xin WEI Zhong-hui WANG Jun

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) LI Yan

通讯地址: (130033 东南湖大路 16 号中科院长春光机所测控部 1032 室) 李岩

(收稿日期: 2008.4.05)(修稿日期: 2008.6.25)

您的才能 + 阅读本刊 = 您的财富