

红外跟踪系统中的自适应阈值分割

薛丰廷, 彭鼎祥

(中科院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘要:在红外跟踪系统中,由于目标太小,常产生阈值设定太高而漏警,阈值设定太低而虚警的问题。文章描述了以FPGA和DSP为核心的信号处理平台,结合多假设跟踪算法提出了一种自适应的阈值选取方法。最后分析了算法在系统中的运行结果,结果表明该算法能快速、可靠地检测出小目标。

关键词:红外目标;自适应阈值;多假设跟踪

中图分类号:TP751.1;TN219

文献标识码:A

Adaptive Threshold Algorithm in IR Tracking System

XUE Feng-ting, PENG Ding-xiang

(Shanghai Institute of Technical Physics, CAS, Shanghai 200083, China)

Abstract: In IR tracking system, a higher or lower threshold value will result in detecting a point target failed. In the paper, it constructs a signal processing platform using Field Programmable Gate Array (FPGA) and Digital Signal Processor (DSP), and a new adaptive threshold algorithm based on Multiple hypothesis tracking algorithm is proposed. It also analyses the effect in IR tracking system based on this algorithm, and it shows that the algorithm can detect the point target quickly, effectively.

Key words: IR target; adaptive threshold; multiple hypothesis tracking (MHT)

1 引言

远距离摄取的红外图像,目标成像面积一般很小,信号强度弱,对其进行检测跟踪存在诸多难点。如果能有效地区分目标与背景,将极大地提高跟踪的稳定性。

本文的红外跟踪系统使用的是多假设跟踪算法,在此基础上提出了可靠分割目标与背景的自适应阈值选取方法,由此以实现红外小目标的高效检测。具体方案是在硬件和软件平台上都进行阈值运算,将软件平台上的阈值反馈到硬件中,以实现阈值的自适应修正。

2 系统信号处理流程

红外跟踪系统采用 320×256 元红外焦平面凝

视成像技术,成像帧频为 50 帧/s,其信号处理流程如图 1 所示。

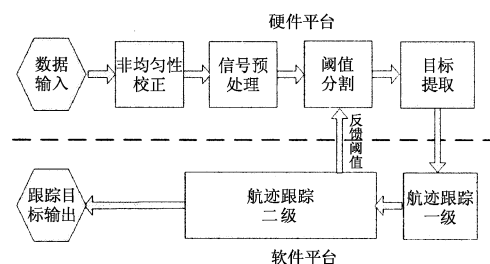


图1 红外跟踪信号处理流程

基金项目:中科院知识创新支持项目。

作者简介:薛丰廷(1982-),男,博士研究生,主要研究领域为信息与信号处理。E-mail: xft2006@ustc.edu

收稿日期:2007-09-23; **修订日期:**2007-11-13

信号处理板采用典型的 FPGA + DSP 的信号处理构架。选用芯片 Virtex II Pro FPGA 和 DSP64X。由于 FPGA 适合做并行处理,难以实现复杂的算法,因此非均匀性校正、空域数字滤波、阈值分割、目标检测以及与 DSP 的接口时序控制等处理在 FPGA 中完成。轨迹处理在 DSP 中实现。信号处理平台设计架构如图 2 所示。

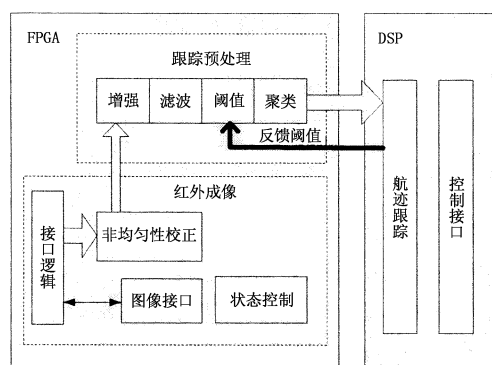


图 2 信号处理设计架构

3 航迹跟踪

目标跟踪采用多假设跟踪算法,包括 Kalman 滤波预测、门限关联和多假设跟踪与轨迹管理^[1-3]。

3.1 门限关联

门限关联算法将新接收到的潜目标信息与原有的轨迹关联,通过读取轨迹的关联门限属性,比较判断新目标是否为该轨迹的新观测点,同时更新轨迹属性和修正轨迹,并将没有关联产生的目标点作为新轨迹形成列表,提交给轨迹分析和管理模块。

3.2 Kalman 滤波

Kalman 滤波模块的输入数据是:轨迹新增的观测点与上一帧的预测值。经过对两者的计算,得出该轨迹当前新的预测值,以便用于对下一帧数据的关联。

3.3 轨迹跟踪与管理

轨迹跟踪与管理主要完成以下几个功能:利用新目标点列表初始化生成新轨迹;对所有轨迹进行评价,凭借轨迹置信度属性,删除轨迹或者确认轨迹;对所有确认的轨迹进行管理,生成轨迹簇;将确认轨迹组织成列表,通过软硬件协议,输出给硬件平

台告警或者远程传输。

本设计将轨迹跟踪分为两级跟踪模块,在一级跟踪的基础上,再进行二级跟踪。二级跟踪仅仅面对少量已经确认的真实轨迹,根据一级跟踪得到的轨迹特性,可以作小范围高精度的特定跟踪,提高了跟踪的稳定性。方法是在候选轨迹的当前潜目标周围 16×16 的区域重新阈值分割、聚类,将得到的目标信息与候选轨迹提供的潜目标信息比较,再次对轨迹进行评价。

4 自适应阈值

阈值的选择对目标检测有重要的影响。阈值选择过低,输出潜目标过多,加大后级处理难度;选择过高,则可能漏掉真实的目标。所以本文采用了自适应修正阈值的方法。算法的基本思路是:首先将图像分解成一系列子图像,在这里子图像大小的选择是根据目标大小来确定的,如果子图像太大,就不能有效去除对比度变化造成的影响;如果子图像太小,潜目标充满子图像大部分地区,将导致阈值不正确。一般,子图像选择最大目标大小的两倍,在本设计中,子图像的大小为 16×16 ,对于 320×256 的红外图像,整个图像就分为 $20 \times 16 = 320$ 个子图像。然后对各个子图像进行分别统计,计算其阈值^[4-5]:

$$TH = (1 + \alpha) \bar{X} + \beta \delta(X) + \gamma \quad (1)$$

式中, X 是像素灰度值; $\bar{X}$ 是像素灰度平均值; $\delta(X)$ 是像素灰度均方差; α , β 和 γ 为加权系数。在二级跟踪中,将当前潜目标周围 16×16 的区域重新计算阈值,并将阈值与潜目标形心处的灰度进行比较,由于每一个像素点用 8 位二进制数表示,经过实验观察,目标形心处灰度与目标边界灰度的差值在 15 左右,而形心灰度与背景的灰度差值在 60 左右,所以当阈值与灰度的比小于 0.6,就增大 α , β 和 γ ;如果阈值与灰度的比大于 0.9,就减小 α , β 和 γ ;否则不变。将调整后的系数反馈到硬件平台的阈值分割中,实现自适应阈值。操作过程如图 3 所示。在第一帧里,阈值与潜目标形心处灰度的比小于 0.6,说明阈值设得太低,应增大 α , β 和 γ ;在第二帧里,阈

值与潜目标形心处灰度的比大于0.6,小于0.9,说明阈值选取合适,于是不调整 α 、 β 和 γ ,进入第三帧。

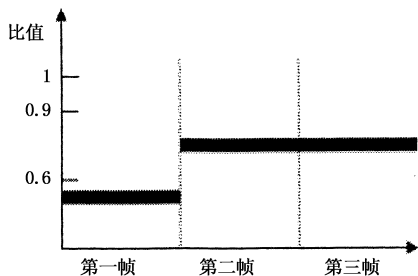


图3 阈值调整过程

5 实验结果

5.1 性能分析

本算法已经运用在工程项目当中,测试性能指标如表1所示。

表1 脱靶量输出精度

测试次数	目标位置坐标	方位目标脱靶量坐标输出精度均方值(100帧)	俯仰目标脱靶量输出精度均方值(100帧)
1	(160,128)	10.3"	3"
2	(250,200)	6"	7.8"
3	(15,200)	11"	14.3"
4	(250,15)	16.1"	12.3"
5	(250,200)	5.2"	4.9"

系统的视场为 $2^\circ \times 1.6^\circ$,从表1中可以看到脱靶量的输出精度小于 $20''$,证实了红外跟踪系统算法的稳定性。

5.2 跟踪效果

图4(a)为非均匀性处理后的红外图像,图4(b)为空间滤波后的红外图像,图4(c)为自适应阈值分割后的二值图像,图4(d)目标跟踪图像。图5是目标以每帧4个像素点进行左右移动时跟踪脱靶量输出轨迹。图5(a)为水平方向的脱靶量输出,图5(b)为俯仰方向的脱靶量输出。其中脱靶量输出为0的时候,是由于目标离开视场造成。由图中可以看出,目标在视场中时,每一帧都没有丢失目标。结果表明算法完全适应 320×256 像素、50帧/s的红外信号数据处理,能够实时、稳定的跟踪目标。

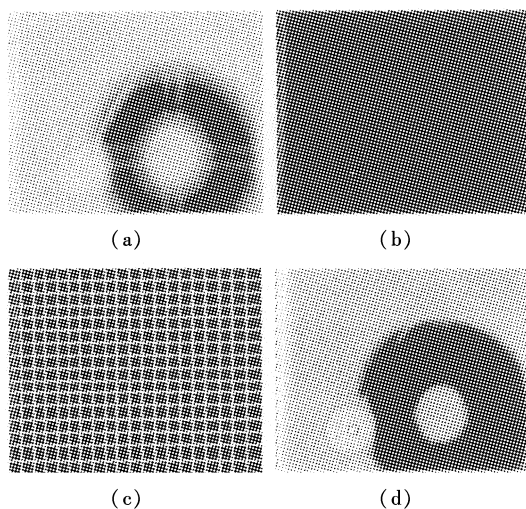


图4 跟踪效果

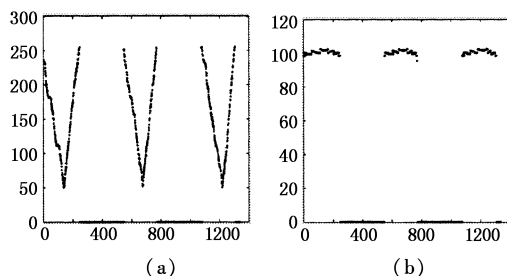


图5 目标每一帧的坐标位置

6 结 语

本文在FPGA+DSP的信号处理平台上,结合多假设跟踪算法,使用了一种自动修正阈值权值的自适应阈值算法。在跟踪算法中,分为两级跟踪,通过二级跟踪过程的阈值计算反馈调整硬件平台的阈值,很好实现了对目标的检测,保证了目标跟踪的实时性、稳定性。

参考文献:

- [1] 周铭,许少辉.一种红外小目标的图像检测方法[J].半导体光电,2004,25(3):224-227.
- [2] J R Werthmann. A step-by-step description of a computationally efficient version of multiple hypothesis tracking [J]. SPIE Signal and Data Processing of Small Targets, 1992,1698:288-300.
- [3] 崔春明,王天冠,周起勃.用COTS多处理机实现红外成像跟踪设备[J].红外与毫米波学报,2002,21(4):261-265.
- [4] 高颖慧,李吉成,沈振康.红外小目标检测的预处理技术研究[J].红外与激光工程,2004,33(2):154-158.
- [5] 彭鼎祥,汤心溢,王世勇.复杂背景下红外小目标检测流水线快速预处理算法[J].半导体光电,2006,27(1):75-79.