

一种基于运动搜索的运动检测和边缘检测算法

刘振宇, 周 莉, 陈 杰

(中国科学院微电子研究所 通信与多媒体 SOC 研究室, 北京 100029)

摘 要: 提出了一种基于运动搜索的运动检测和边缘检测算法并估计了其硬件消耗. 该算法利用视频编码器在编码过程中的中间过程计算数据, 相对传统的视频编码器, 以很少的电路结构消耗实现了运动检测和边缘检测两项功能. 试验结果表明, 提出的算法可快速、有效地获得满意的运动检测和边缘检测结果, 并具有较强的鲁棒性.

关键词: 运动搜索; 运动检测; 边缘检测

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)11-0010-04

A Novel Algorithm of Motion-detection and Edge-detection Based on Motion-Estimation

LIU Zhen-yu, ZHOU Li, CHEN Jie

(Communication and Multi-Media SOC Research Office,

Microelectronics Institute of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: This paper propose a novel algorithm of motion-detection and edge-detection arithmetic based on motion-estimation and estimated its hardware cost, the method fully use the data generated by video encoder in encoding processing, and add motion-detection and edge-detection function by adding very little hardware cost compared with traditional video encoder. The experiment result shows that a satisfying result of motion-detection and edge-detection can be gotten quickly, effectively and robustly by using the proposed algorithm.

Key words: motion search; motion detection; edge detection

1 引言

视频监控就是计算机视觉领域一个重要的前沿课题. 其中, 运动检测和边缘检测是监控系统中两项非常重要的功能^[1].

当前比较流行的运动检测和边缘检测算法, 大都需要配置单独的逻辑电路和存储器, 如果能够将运动检测和边缘检测整合进编码电路, 将极大地减少电路面积和调试工程量, 本文提出了一种基于视频编码电路的运动检测和边缘检测算法. 这种算法对各种视频编码适应性好, 而且具有逻辑电路面积小, 易于调试的优点.

2 运动检测算法和边缘检测算法

2.1 运动检测算法

运动检测是指从序列图像中将变化区域从背景中分割出来, 它是图像处理和分析的关键技术^[1]. 目前常用的目标检测方法主要有三种: 光流法、相邻帧差法和背景差法^[1].

(1) 光流法

光流是空间运动物体在观测面上的像素点运动产生的瞬时速度场, 包含了物体表面结构地和动态行为的重要信息, 光流法最初由 Horn 和 Schunck 提出^[2-4].

光流法的优点是能够检测独立运动, 不需要预

先知道场景信息,并且可用于传感器非静止的情况,但光流场分布并不十分可靠和精确,而在三种常用的运动检测计算中,多数光流法计算电路比较复杂^[4],耗时比较多。

(2) 相邻帧差法

相邻帧差法的原理是将图像序列中相邻的 2-3 帧相减,随后判断所得到的图像灰度差的绝对值是否大于阈值以确定监控场景有无运动物体。优点是运算简单,检测速度快,对光线变化不敏感,适用于实时性较高的监控环境。

(3) 背景差法

背景差法需要先设定一个背景模型,通过灰度差或直方图算法判定灰度等特征的变化,背景差法在背景已知的情况下,可以有效地提取完整的目标图像。但它受光线、天气等外界条件影响较大。

2.2 边缘检测算法

视频序列的边缘检测算法基于形态学图像处理,实质是对图像进行分割。可以通过对数字图像的一阶倒数和二阶导数进行计算。采用双滤波的方法对噪音有一定的抑制。

对于一阶函数算法,将图像 $f(x, y)$ 在位置 (x, y) 的梯度定义为下列向量:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix},$$

梯度向量指向在坐标 (x, y) 的 f 的最大变化率方向。在边缘检测中,一个重要的量是这个向量的大小:

$$|\nabla f| = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$

这个量给出了每增加单位距离后值增大的最大变化率。通过设定阈值并判定 $|\nabla f|$ 是否大于阈值来判定其是否为图像边缘。

上述算法对有噪音污染的边缘很难起到作用,可以通过高斯型拉普拉斯算子(Laplacian of a Gaussian, LoG),并且对 LoG 设置门限寻找边缘。高斯型拉普拉斯算子被定义为

$$\nabla^2 h(r) = - \left[\frac{r^2 - \sigma^2}{\sigma^4} \right] e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}},$$

式中,二维函数 $f(x, y)$ 的拉普拉斯算子是如下定义的二阶导数: $\nabla f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$, 可以利用它的零交叉性质进行边缘定位,而其中的高斯算子为 $h(r) = -e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$, 在这里, σ 为标准差,图像与该函数卷积可

以模糊该图像,图像模糊程度是由 σ 值决定的。

3 视频编码算法

当前主流的视频编码算法,如 MPEG2, H. 263, H264, AVS 在运动搜索算法中都比较相似,本文以最通用的 16×16 宏块搜索为例。

定义坐标为 (x, y) 的宏块(Macro Block, MB)为最左上角坐标为 (x, y) 的 16×16 像素矩阵,这里只讨论亮度(Y)矩阵和全搜索算法,宏块的像素范围自 (x, y) 到 $(x+15, y+15)$ 。设定一个 $M \times N$ 的搜索窗,对于全部坐标位于参考帧 $(x - \frac{M}{2}, y - \frac{N}{2}), (x + \frac{M}{2}, y + \frac{N}{2})$ 之间的宏块(参考帧选择因不同编码标准而异),设其坐标为 (x', y') , 其运动矢量为 $(x' - x, y' - y)$, 其编码长度依不同标准而异(如 MPEG2 编码的为运动矢量, H. 264 和 AVS 编码的为运动矢量和预测运动向量之差),设定为 m 比特。这里以 SAD(误差绝对值和, Sum of Absolute Difference) 计算其预测误差为例,

$$\text{SAD} = \sum_{i=0}^{15} \sum_{j=0}^{15} |Y((x' + i), (y' + j)) - Y((x + i), (y + j))|$$

设定参数 λ 用于权衡编码长度和预测误差,计算

$$\text{Total_SAD}_{\text{INTER}} = \text{SAD} + \lambda \times m \quad (1)$$

并以 Total_SAD 值决定最后选用的预测运动向量。同时,部分编码标准还将进行帧内预测(Intra Prediction),同时计算帧内预测的 $\text{Total_SAD}_{\text{INTRA}}$, 若 $\text{Total_SAD}_{\text{INTRA}}$ 小于 $\text{Total_SAD}_{\text{INTER}}$, 则选择帧内编码,这种情况一般发生运动比较剧烈的物体和运动物体进出前景障碍物。

4 基于运动搜索的视频运动检测和边缘检测方法

4.1 基于运动搜索的视频运动检测算法

在编码过程之前设定一个 SAD 阈值 SAD_T , 一个 MV 阈值 MV_T 和一个被激活宏块计数阈值 ActivatedMB_T 。以上三个阈值为初始化阈值,如果环境较为固定,可以不进行更新以减少运算,若环境在监测过程中有较大变化,则可以使用第 4.4 节中所述的算法进行自适应更新。

运动矢量(MV),若当前 MB 最后被选择为帧内编码且选择模式的 SAD 大于 SAD_T , 则当前 MB 标记为 Activated, 反之则标记为;若当前 MB 最后被选择为

帧间编码且最终运动矢量绝对值之和($|MV_x| + |MV_y|$)大于 MV_T , 则标记当前 MB 为 Activated, 反之则标记为 UnActivated. 当一整帧图像完成全部帧内预测和帧间预测后, 若被标记为 Activated 的宏块总数大于 $ActivatedMB_T$, 则标记当前帧为 Activated, 也即检测到当前帧中存在运动物体, 编码器可以根据当前帧是否为 Activated 而决定是否对其进行编码.

本文提出的算法需要根据主观实验效果设定初始阈值, 环境为室外一般光线, 视频编码标准为 H. 264(实验环境版本为 JM10. 0), 画面尺幅为 CIF (352×288 像素), 被观察目标约为 50m 左右的条件下, 效果最好的设定初始阈值为 $SAD_T: 512$, $MV_T: 4$ (以 1/4 像素为单位), $ActivatedMB_T: 5$ (画质比较好, 如晴天), 10 (雪天, 雨天等). 本文在第 4.4 节中提出了简化的自适应阈值算法.

考虑到观察物体的远近或检测画面中只有部分区域为有用信息, 本文所述算法还加入了感兴趣区域 (Region Of Interest, ROI) 设定, 即用户可以设定若干 ROI, 并且单独设定该 ROI 的 MV_T 和 $ActivatedMB_T$, 用户通过输入左上和右下点坐标 (以 MB 为单位) 设定 ROI 范围. 图 1 为本文提出的运动检测流程. 图 2 和图 3 为运动检测实例 (ROI 范围使用窄框表示, 高亮显示), 使用了两个 ROI, 图 2 为近景 ROI 检测到运动 (左上角), 图 3 为远景 ROI 检测到运动 (右下角). 使用的预设阈值为 $SAD_T = 2\ 048$, 远景 = 1 (1/4 像素), 近景 = 12 (3 像素), 实验使用 H. 264 标准编码.

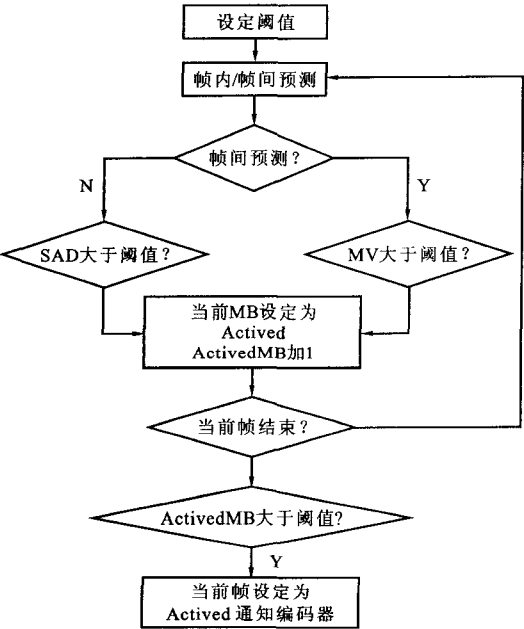


图 1 本文提出的运动检测流程

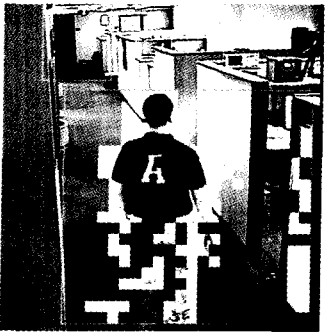


图 2 在实际向量中检测到近景有运动

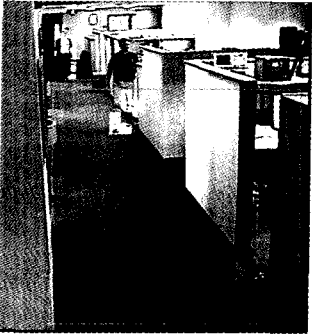


图 3 在实际向量中检测到远景有运动(左上)

4.2 基于运动搜索的视频边缘检测算法

在编码过程之前设定两个 SAD 阈值, 下限 SAD_{T_LOW} 和上限 SAD_{T_HIGH} , 若当前编码的 SAD_{NOW} 满足:

$$SAD_{T_LOW} < SAD_{NOW} < SAD_{T_HIGH}$$

则可以确认当前 MB 处于运动物体边缘. 考虑到运动物体边缘的 MB 一般也是运动矢量比较大的 MB, 可以同时使用 MV_T 进行修正. 图 4 为本文提出的视频边缘检测算法的计算流程, 图 5 为边缘检测实例结果 (ROI 以窄框显示, $Activated_{MB}$ 高亮显示), 初始阈值为 $SAD_{T_LOW} = 2\ 048$, $SAD_{T_HIGH} = 4\ 096$, 修正 $MV_T = 1$. 从图 5 中可以看到, 运动物体 (人物) 包括衣服上的字母边缘均已被准确地检测出来, 实测结果还将使用第 4.3 节所述的方法进一步处理 (主要是对边缘进行连接).

4.3 运动检测和边缘检测结果的后续处理

本文提出的运动检测和边缘检测均基于视频编码的宏块预测, 由于各种编码标准不同, 对运动检测和边缘检测的后续处理也有所不同, 但总体处理思路相似.

本文提出的运动检测和边缘检测算法后续处理主要基于图像的形态学处理^[5], 主要方法是将 MB 视为一个像素单位, 将当前 MB 被标记为 Activated 或 UnActivated 视为二值图像的布尔值并进行处理.

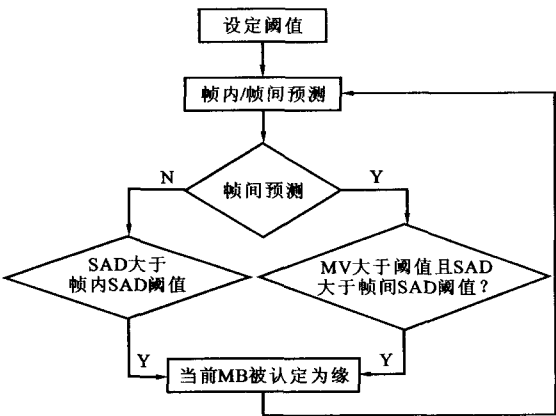


图4 本文提出的边缘检测算法流程



图5 边缘检测实例

对于运动检测的处理主要着眼于噪音的消除与内部填充,很多编码标准将运动物体内部 MB 视为 SKIP(跳过)模式,从而使实际具有较大运动矢量的宏块在编码中没有运动矢量;同样,背景上的宏块本身没有运动矢量的 MB 也可能被误赋予较大的 MB (取决于式(1)中 λ 的取值).本文通过图像形态学的腐蚀去除噪音,同时对运动物体内部进行填充获得完整的运动物体范围^[5].

对于边缘检测的主要处理是将破碎的边缘进行连接,可以使用文献[5]中提及的霍夫变换或简单图论方法.图6给出了完成边缘连接和原始边缘检测结果的对比(ActivatedMB 高亮显示),可以看出:上述方法很好地连接并完成了完整的边缘检测结果.



图6 边缘连接结果(右)与原始结果对比

4.4 阈值的自适应算法

当前算法可以使用阈值自适应或固定阈值,取决于实际视频编码系统计算能力.传统的阈值自适应方法包括使用直方图进行迭代估计^[5]等,本文提出一种比较简化的算法:首先完成边缘连接,记录边缘连接后的边缘 MB 的个数与其各自的和 SADT,并将其累加取平均值即可.在实际实践中,这种算法起到了很好的效果.

5 硬件消耗预计与传统算法的比较

下面以 D1 尺寸为例与传统的运动检测算法做一比较,见表1.

表1 本文算法和传统算法硬件消耗比较

文献	本文	光流法 ^[3]	帧差法 ^[1]	背景差法 ^[6]
存储器	0	720 * 480 * 8bit * 2	720 * 480 * 8bit * 3	720 * 480 * 8bit * 2
加法器	1	6	0	0
乘法器	0	2(误差的平方计算)	0	0
比较器	3	3	1(单像素比较)	1(单像素比较)
其他逻辑电路	很简单	6个微分器,其他运算也比较复杂	较简单	较简单

由上述表格可以看出,由于传统的运动检测^[7]算法都需要独立的存储器,然后通知编码器是否进行编码,所以需要配置比较大的存储器,而本文提出的方法创新地将运动检测(Motion Detection)和编码器中的运动预测(Motion Estimation)整合为一体,节省了存储器的使用.边缘检测的硬件估计与运动检测类似.

6 结束语

本文提出了一种新的运动检测和边缘检测算法,将两种算法和视频编码器的运动预测有机地结合,极大地节省了应用于两种算法的存储器和电路规模.在实际使用中,由于本文提出的算法要求视频编码部分,尤其是运动预测部分,始终处于工作状态;而传统的运动检测和边缘检测算法在计算过程中,可以将视频编码部分置于休眠状态,导致本文提出的算法电路功耗明显增大,下一阶段,将在减少能耗方面做出更大努力.

参考文献:

[1] 杨国亮.一种改进的光流算法[J].计算机工程,2006,32(15):187-188.

消息 m 的密文时,多个接收者在不泄露其私钥的前提下,能向仲裁者提交必要信息,仲裁者根据这些信息可明确判定签密者是否曾向多个接收者发送过关于消息 m 的密文.

接收者恢复出消息 m 后,只需要提交 (r, m, ω) 给任何仲裁者,那么第三方仲裁者检查等式 $r\omega = h_1(m, r)y_A^{h_2(y_A)} \bmod p$ 是否成立即可.如果成立,则多接收者签密有效的,否则认为是无效的.此过程不需要签密者和多个接收者的私钥,因而公开验证是可行的.再者,由于只有签密者才能声称有效的密文 $(r, c_1, \dots, c_n, \omega)$,任何仲裁者均可通过 $r\omega = h_1(m, r)y_A^{h_2(y_A)} \bmod p$ 验证签密的有效性,所以多名接收者只需要公开 (r, m, ω) ,无需泄露其私钥,便可以实现其不可否认性.

5 结束语

本文提出的基于 DLP 的自认证多接收者签密方案,不存在用户公钥存储、管理、传输问题和 CA 不能冒充用户等优点,而且有利于保护多个密文接收者的隐私,适合于在实际中应用.

参考文献:

- [1] Duan S S, Cao Z F. Efficient and provably secure multi-receiver identity-based signcryption[C]// ACISP 2006, LNCS 4058. Berlin: Springer-Verlag, 2006:195-206.
- [2] 李梅,李大兴. 基于 Tate 对的指定多接收者签密方案[J]. 山东大学学报:工学版, 2006, 36(3):43-45.
- [3] 朱珍超,张玉清,王凤娇. 一个具有强安全性的多接收者签密方案[J]. 中国科学院研究生院学报, 2008, 25(3):395-402.
- [4] 娄建军,王尚平. 可认证安全的多接收者签密方案[J]. 微计算机信息, 2008, 24(2/3):76-78.
- [5] 俞惠芳,王彩芬. 一个高效的自认证签密方案[J]. 计算机工程, 2009, 35(16):138-139.
- [6] 宋文敏,杨广林. 一个扩展的基于身份的签密方案[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(10):138-140.

作者简介:

王之仓 男,(1974-),硕士,副教授.研究方向为信息安全、神经网络.

俞惠芳 女,(1972-),硕士,副教授.研究方向为信息安全、现代密码学.

乔小妮 女,(1980-),硕士.研究方向为数据挖掘.

(上接第 13 页)

- [2] Horn B K P, Rhunck B G. Determining optical flow [J]. Artificial Intelligence, 1981, 17(1/3):185-203.
- [3] Gonzalez R C. Digital image processing[M]. 2nd ed. 北京:电子工业出版社, 2006.
- [4] 高康林. 红外序列图像的双滤波侧抑制边缘检测算法[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(4):156-158.
- [5] 杨敬安. 基于光流计算的三维并行运动检测的研究[J]. 微电子学与计算机, 1994, 11(2):21-24.
- [6] Hu W M, Tan T N, Wang L, et al. A survey on visual

surveillance of object motion and behaviors [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 2004, 34(3):334-352.

- [7] 张睿萍. 基于运动检测的视频监控系统[J]. 计算机与现代化, 2008(10):27-29.

作者简介:

刘振宇 男,(1982-),博士研究生.