

A Novel Temporal Video Denoising Method Based on Double Detection

Ma Liang, Sun Weizhen, Xi Guiquan

Capital Normal University, Beijing, China

maliangemail@163.com

Abstract: In this article, a novel temporal video denoising method based on double detection has been proposed, which adopts different noise reduction algorithms to the motion type and noise type pixels in the image. To a certain extent, the method in this article solves the tail shade problem and gets a better SNR in the temporal domain. Compared with the traditional temporal-space method, it also realizes simply and takes a smaller memory.

Keywords: Video image; Moving and noise detection; Frame difference

一种基于双重检测的时域视频降噪新方法

马良, 孙卫真, 西桂全

首都师范大学, 北京, 中国, 100048

Email:maliangemail@163.com

【摘要】本文提出了一种自适应时域降噪方法, 该方法分别讨论了运动与噪声对于图像的影响, 并进行了相应的区分, 从而对不同类型的像素点运用不同类型的降噪算法, 在一定程度上解决了时域降噪方法中容易产生尾影与模糊的问题。并且与某些时空域结合方法相比, 本文算法可使信噪比有较大提高, 且有方法简单、占用内存更小等优点。

【关键词】视频图像; 运动与噪声控制; 帧差

1 引言

目前, 视频图像序列被越来越多的用在电话会议、医疗诊断、监视系统、目标跟踪等领域。但是在获取和传输这些序列的过程当中, 不可避免的都会引入噪声。如果这些噪声不加以有效的去除, 将会严重的影响视频图像的质量。与此对应, 越来越多的视频降噪算法也开始纷纷涌现^[1-7]。目前降噪算法一般分为: 空域、时域、时空结合三大类方法。空域算法因为只考虑到空间域信息, 所以当图像噪声级别很高时容易产生空域模糊; 时域方法由于利用到了视频图像本身固有的特点(图像帧间相关性强), 且实现简单, 计算量小, 因此通常具有更好的效果。但是传统的时域降噪方法只适用于静止或运动较小的目标, 否则也会对目标产生伪影等时域模糊现象; 时空方法则有效的结合了图像的空域与时域信息, 应用前景日益广泛。但一般存在计算量大, 时实处理性差等缺点。

本文提出了一种自适应时域视频降噪的新方法, 该算法首先区分了视频中缓慢变化与变化部分。继而, 对变化部分进行进一步检测, 智能的区分运动与噪声,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60773130)

并针对性地使用不同的滤波算法, 以得到最佳效果。实验结果表明, 与传统的时域自适应降噪算法相比, 本文方法更有效的保留了图像的边缘与细节部分, 并能够更好的去除噪声, 克服拖尾现象。并且实现简单, 计算量小, 更易与其他空域降噪算法结合使用, 具有一定的应用价值。

2 基于运动与噪声检测的自适应滤波降噪算法

在数字视频当中, 噪声具有随机性(本文采用加性高斯噪声模型来模拟噪声), 而在一个极小区域内的像素点不论是在空间还是时间上都存在着很强的相关性, 所以如果能够以一种简单并有效的方法来利用这种随机性与相关性就会取得很好的降噪效果。视频的时域降噪通常都是采用一系列对于时域上相邻像素点的线性或非线性变换操作来完成的。这种操作一般分为两个方面: 一种是对图像进行运动估计与补偿, 一种则是对图像进行运动检测, 然后再进行相应处理。文献^[9]中对这两种主要的方法进行了比较, 本文选择采用运动检测方法来进行处理。

本文提出算法的总体流程图如下图一：

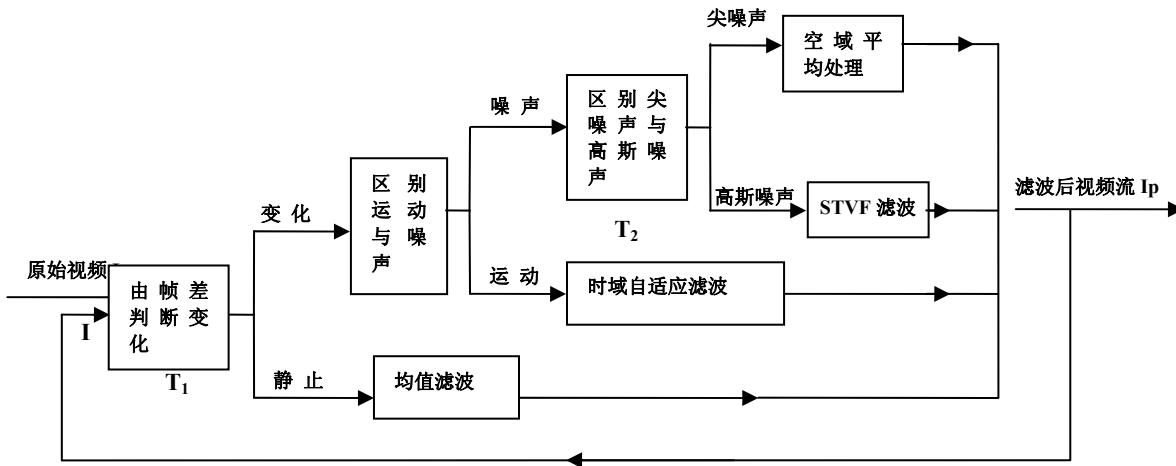


Figure 1 Schema of the proposed algorithm

图一 时域自适应算法流程

2.1 运动的检测与滤波

传统的运动检测是根据两帧之间的帧差来判断的，通常忽略图像中噪声的影响。当帧差大于某域值 T 时，认为是运动，否则认为是静止。但是由于实际情况中噪声的存在，有时帧差的大小并不能完全反映场景的运动情况。例如：如果静止的场景但配有很大的噪声，则可能会被判断为运动；而某些有极强相似性的场景，如皮肤的大面积运动，则又可能会被判为静止。所以怎样区分哪些帧差是由噪声引起的，哪些是运动引起的就显得至关重要。

下图是本算法使用的时空域模型：

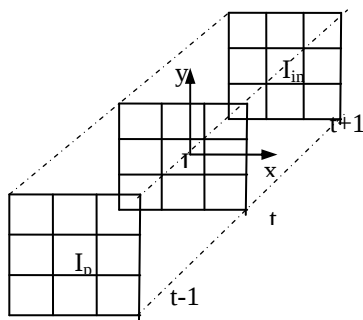


Figure 2. The space-temporal model used in the proposed algorithm

图二 相邻帧间关系示意图

如上图所示，以某一个像素为基点，在一个非常小的邻域内（通常是8个像素点），我们用 $I(x, y, t)$ 表示图像像素值， (x, y) 与 t 分别表示空域与时域信息。为了检测相邻两帧图像之间的变化，我们引入帧差如下：

$$\Delta(x, y, t) = |I_{in}(x, y, t) - I_p(x, y, t-1)| \quad (1)$$

这里下标 in 和 p 分别表示当前待处理图像与已经滤波处理过的图像。并且我们定义：

$$\delta_{11} = \Delta(x-1, y-1, t)$$

$$\delta_{12} = \Delta(x-1, y+1, t)$$

$$\delta_{13} = \Delta(x+1, y-1, t)$$

$$\delta_{14} = \Delta(x+1, y+1, t)$$

$$\delta_{21} = \Delta(x-1, y, t)$$

$$\delta_{22} = \Delta(x, y-1, t)$$

$$\delta_{23} = \Delta(x, y+1, t)$$

$$\delta_{24} = \Delta(x+1, y, t)$$

并且运动检测基于以下法则：

C	D	C
D	I_{in}	D
C	D	C

Figure 3. The frame difference model

图三 帧差判断示意图

通过判断，如果 $\Delta(x, y, t)$ 小于域值 T_1 ，说明当前像素值与前一帧相比既没有噪声也没有运动，我们对此像素点采用时域均值滤波处理。否则判定图像产生变化，令 $C=0, D=0$ ，继而逐个判断 δ_{1i} ，如果大于 T_1 ，则

令 $C=C+1$ ；同样判断 δ_2 ，计算 D 的值。如果此时 $(D>1 \text{ or } (D=1 \& C>=3))$ ，则判断此像素点帧差是由于运动产生，则根据递归系数 K 与帧差的关系^[10]自动确定系数 K 的值(其中 K 是递归平均中系数)，从而进行递归平均。否则此像素点对应帧差是由噪声污染产生，进入下一步处理。

2.2 噪声的检测、滤波与调整

2.2.1 噪声的检测与滤波

噪声检测基于下图四检测模型^[8]，在判断该像素点为噪声污染后，首先判断该噪声是否受冲击噪声污染。将当前像素点的值 I_{in} 分别与 $I_{in}(x-1, y)$ 、 $I_{in}(x, y+1)$ 、 $I_{in}(x+1, y)$ 、 $I_{in}(x, y-1)$ 、 I_p 进行比较，如果所有的差值都大于域值 T_2 ，则说明当前像素点与所有它的邻域值(包括时域与空域)有较大区别，该像素点被冲击噪声污染。与此相应，该像素点的值 I_{in} 与其原始像素值关联较小，所以在设计滤波器时，我们给每个相邻像素值以相等权重来计算滤波后的像素值，如下式(2)所示：

$$I_p = \frac{I_{in}(x-1, y) + I_{in}(x, y+1) + I_{in}(x+1, y) + I_{in}(x, y-1)}{4} \quad (2)$$

	I_p	

滤波后帧(t-1)

	$I_{x-1, y}$	
$I_{x, y-1}$	I_{in}	$I_{x, y+1}$
	$I_{x+1, y}$	

当前帧(t)

Figure 4. denoising model layout

图四 噪声检测模型

如果经判断后当前像素点没有被尖噪声污染，属于正常高斯噪声则该像素点的值 I_{in} 与其原始像素值关联较大，所以滤波后产生的新值应该尽量与当前值接近。我们采用以下(3)、(4)式来计算滤波后的值。

$$I_p = \frac{\sum_{I_{in} \in S} f(|I_{in} - I|) * I}{\sum_{I_{in} \in S} f(|I_{in} - I|)} \quad (3)$$

其中：

$$S = \{I_p(x, y, t-1), I_{in}, I_{in}(x-1, y), I_{in}(x, y+1), I_{in}(x+1, y), I_{in}(x, y-1)\}$$

$$f(x) = \begin{cases} 2^{(\lfloor T_2/8 \rfloor - \lfloor x/8 \rfloor)} & x < T_2 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

为了使滤波产生的重构像素值最大限度的接近当前值，我们定义滤波后的值为一系列与其相邻值的加权平均。其中每一个值的权重由式子(4)给出。这些权重依赖于当前含噪像素点与其相邻像素点的差值。并且由于假定当前含噪像素点的值与原始值高度相关，所以含噪像素点与其邻域像素点的差值应该反映原始值与其邻域像素点值之间的关系。这个差值越小，说明原始值与其邻域像素点的值越接近。所以为了计算滤波后的像素值，我们要令含噪像素点的值与其邻域像素点的差值最小，也就是要使得滤波后的值与 I_{in} 、 $I_{in}(x-1, y)$ 、 $I_{in}(x, y+1)$ 、 $I_{in}(x+1, y)$ 、 $I_{in}(x, y-1)$ 、 $I_p(x, y, t-1)$ 之间的最小均方误差(WLSE)即式子(5)最小，通过计算我们可以得到滤波后的最优解(6)。

$$\text{最小 WLSE} = \sum w_i (I_{in(i)} - I_p)^2 \quad (5)$$

$$\text{最佳滤波值 } I_p = \frac{\sum w_i I_{in(i)}}{\sum w_i} \quad (6)$$

由此我们可以看出，通过当前像素值与其相邻像素值之间的关联程度以及为它们选取最优的权重值，我们可以获得滤波后的最佳原始值 I_p ，并用 I_p 来代替被噪声污染的当前值。

2.2.2 像素值调整

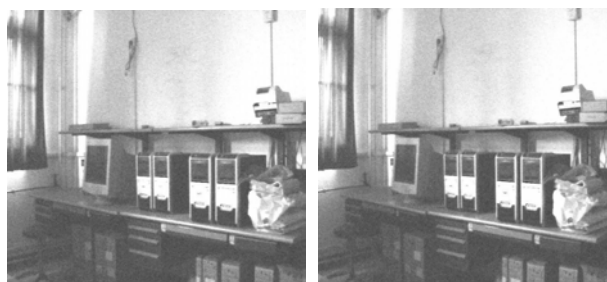
滤除噪声的最后一步是从滤波后的值 I_p 获得最终重构像素值 I_z ，如果当前像素值没有被尖噪声所污染，则原始像素值 I_z 应该与当前像素值 I_{in} 高度相关，所以我们运用式子(7)，使得重构值与被噪声污染的当前值更加的接近。如果当前像素值被标记为尖噪声污染，则当前像素值与原始像素值之间关联较小，我们使重构原始像素值就等于滤波后的像素值，即 $I_z = I_p$ 。

最后，通过对每个像素点由重构值对其当前值进行替代，从而获得降噪后的视频图像。

$$I_x = \begin{cases} I_p & |I_p - I_{in}| \leq T_3 \\ I_{in} - T_3 & I_p < I_{in} - T_3 \\ I_{in} + T_3 & I_p > I_{in} + T_3 \end{cases} \quad (7)$$

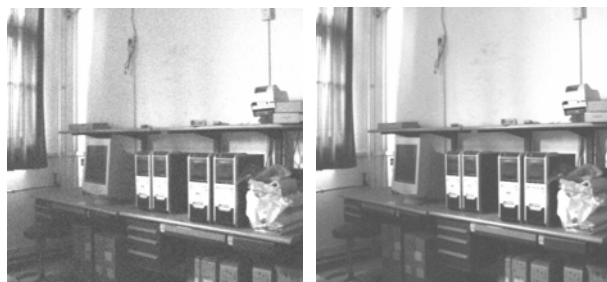
3 仿真结果分析

为了验证本文算法的有效性，我们采用经 CCD 摄像机实际采样的含有噪声的视频序列进行测试，用 MATLAB 分别进行了空域自适应滤波、时域自适应滤波与本文算法的仿真，并计算了平均峰值信噪比。处理结果如下图五所示：



(a) 原视频图像

(b) 空域消噪



(c) 时域自适应消噪

(d) 本文方法消噪

Figure 5. The simulation result

图五 仿真结果

Table 1. Signal-to-noise ratio of different denoising methods

表 1 视频序列在不同方法滤波后的信噪比

视频序列	空域自适应滤波	时域自适应滤波	本文方法滤波
第 36 帧	26.8	28.7	31.7
第 98 帧	26.7	28.3	31.4
第 197 帧	24.5	27.3	29.3
第 245 帧	25.4	27.6	30.2

4、结论

经过对结果分析,我们发现使用空域滤波器的降噪效果最差,时域滤波器取得了比较好的效果,但在图像运动较快部分(第 197、245 帧)效果一般。用本文提出的基于运动与噪声检测的算法处理时,得到的效果最好,其信噪比有较大提高。这是因为与传统的自适应时域降噪方法相比,本文提出的算法能够更大程度的保留边缘与细节信息。

References (参考文献)

- [1] Zlokolica, V., Pizurica, A., Philips, W.: Wavelet-domain video denoising based on reliability measures. IEEE Transactions on circuits and systems for video technology [J] 16 (8), 993-1007 (2006).
- [2] Balster, E.J., Zheng, Y. F., Ewing, R. L.: Combined spatial and temporal domain wavelet shrinkage algorithm for video denoising. IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology [J]16(2), 220-230 (2006).
- [3] Cheong, H., Tourapis, A., Llach, J., Boyce, J: Adaptive spatio-temporal filtering for video de-noising. In: IEEE International Conference on Image Processing [J], pp.965-968. IEEE Computer Society Press, Singapore (2004).
- [4] Zlokolica, V.: Advanced nonlinear methods for video denoising[D], PhD thesis, ch. 5,Ghent University, Ghent, Belgium (2006).
- [5] Zlokolica, V., Philips, W., Van De Ville, D.: A new non-linear filter for video processing [J], In: IEEE Benelux Signal Processing Symposium, pp. 221-224 (2002).
- [6] Van De Ville, D., Nachtegaal, M., Van der Weken, D., Kerre, E.E., Philips, W.: Noise reduction by fuzzy image filtering [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems (2001) 429-436.
- [7] Kerre, E.E.: Fuzzy Sets and Approximate Reasoning [D]. Xian Jiaotong University Press (1998).
- [8] ai-Wai Chan, Oscar C. Au, Tak-Song Chong, Wing-San Chau.:A Noval Content-adaptive video denoising filter [J]: IEEE International Conference on Image Processing (2005).
- [9] Brailean, J. C., Kleihorst, R.P. and Efstratidis, S., Katsaggeleos, K. A., Lagendijk, R. L.: Noise reduction filters for dynamic image sequences [J]: A Review. Proceedings of the IEEE 83 no. 9 (1995) 1272-1292.