
영상 시퀀스의 플리커 제거

이임건

동의대학교

Flicker Reduction in Image Sequences

Imgeun Lee

Donggeui University

E-mail : iglee@deu.ac.kr

요 약

본 논문은 영상 시퀀스에 존재하는 플리커(flicker) 제거에 관한 것이다. 플리커는 영상에 존재하는 원치 않는 밝기 변화로 정의되며 시각적으로 성가신 훼손 형태로 표현된다. 플리커가 존재하는 영상은 움직임 벡터의 계산이나 물체의 추출과 같은 후처리를 방해하는 요인으로 미리 제거하는 것이 바람직하다. 본 논문은 플리커의 원인을 선형모델로 모델링하고 이를 분석하여 제거하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 플리커를 유발하는 계인과 오프셋 파라미터를 분리하여 추정하고 이를 훼손된 영상에 보정하여 영상 시퀀스를 안정화 시킨다. 제안하는 방법을 장면에서 움직임이 없는 인위적인 테스트 영상 시퀀스와 움직임이 있는 실제 영상 시퀀스에 적용하여 알고리즘의 성능을 보였다.

ABSTRACT

This paper proposes a new algorithm for flicker reduction. Flicker is defined as unwanted luminance fluctuation in the image sequences. As the flicker degrades the performance of motion estimation or segmentation of the objects, it should be corrected before further processing. In this paper, we model the flicker effects as a linear system with gain and offset parameter and propose the new algorithm for flicker reduction. The proposed algorithm considers gain and offset parameter separately, and stabilizes the luminance fluctuation based on these parameters. We show the performance of the proposed method by testing on the sequence with artificially added luminance flicker and real sequence with object motion.

키워드

명암도 변화, 플리커, 영상복원, 영상 안정화, 밝기 보정

1. 서 론

플리커는 원치 않는 영상의 밝기변화를 의미하며 시각적으로 성가신 훼손으로 나타난다[1]. 전형적인 플리커는 오래된 영화 필름에서 자주 발생하며 시각적으로 전체 명암도가 출렁이는 형태로 눈에 쉽게 인지된다. 오래된 영화 필름에서의 명암도 변화는 촬영 당시 기자재의 부정확한 정밀도에 의해 촬영 당시부터 존재하는 경우와 오랜 시간동안 필름의 보관 부주의로 인한 화학적 열화 및 반복적인 복사로 인한 것이다. 오래된 필

름뿐만 아니라 최신 캠코더에 의해 촬영된 동영상에서도 플리커는 발생하며 이는 촬영 시점의 주변 환경의 변화나 카메라가 그림자 영역을 들고 나는 경우 종종 발생한다. 이러한 상황은 운전자 지원 시스템을 위해 장착된 카메라에서 주로 발생하며 자동차가 도로를 주행하는 동안 카메라가 다양한 주변 명암 환경에 처하는 경우 발생하여 후처리를 방해하는 주요인이 되기도 한다. 또한 대부분의 운전자 지원 시스템은 원근 정보를 얻기 위해 스테레오 카메라를 장착하게 되지만 얻어진 좌우 화면에서 명암차가 발생하는 경우

광흐름 필드(optical flow)의 계산에 오류를 발생 시키기도 한다.

플리커의 제거를 위해 기존의 연구가 많이 수행되었으며 대부분의 알고리즘은 영상 프레임 간의 밝기 변화를 예측하고 이를 보정하는 것으로 구성된다. 이를 위해서는 영상 프레임들 간에 장면이 불변인 대응 영역을 찾을 수 있다는 가정을 필요로 한다. 그러므로 플리커 제거를 위한 알고리즘은 일반적으로 정밀한 움직임 보정 알고리즘을 이용하여 대응 영역을 찾고 이 두 영역의 명암도 변화를 유발하는 적절한 수학적 플리커 모델을 확립한 뒤 이를 보정하게 된다[2].

본 논문에서는 명암도 변화를 일으키는 플리커를 계인 요소와 오프셋 요소를 이용하여 선형적으로 모델링한다. 제안하는 알고리즘은 프레임 간의 움직임 추정을 통해 대응 영역을 구하고 그라디언트를 이용하여 계인과 오프셋 파라미터를 개별적으로 추정하여 프레임 간의 밝기 차이를 보정한다.

II. 명암도 변화의 선형적 모델

불필요한 그림자 효과를 줄이거나 없애는 전통적인 방법은 커널의 크기가 큰 저주파통과 필터를 통과시키거나 통계적인 방법으로 평균밝기를 예측한 다음 이를 원영상에서 차감하는 것이다 [3]. 이러한 방법은 그림자나 배경 조명에 의한 서서히 변화하는 밝기 변화를 제거한다. 그렇지만 영상에서의 조명변화는 오프셋을 적용하는 단순 부가 효과로 잘 모델링되지 않는다. 실제로 영상에서 암부에서 명부로 바뀌는 영역은 카메라의 계인을 키우는 것처럼 조명이 증가할수록 증폭되는 현상이 발생한다. 이러한 현상은 오프셋에 의한 추가적인 효과와는 다른 다중적인 효과이다. 또한 이러한 변화는 전역적인 것이 아니라 지역적으로 제한된 변화이므로 전체적인 계인 조작은 조명변화를 교정하는 방법이 될 수 없다. 영상 시퀀스에서 밝기를 안정시키기 위해서는 이러한 두 가지 영향을 다룰 수 있어야 한다.

수학적으로 조명변화는 장면의 움직임이 없는 경우 아래의 식처럼 화소값에 대한 지역적 아핀 변환으로 정의된다. 여기서 $f(x, y, t)$ 는 원영상, $h(x, y, t)$ 는 지역적 조명에 의해 변형된 결과 영상이며 $\alpha(x, y, t)$ 와 $\beta(x, y, t)$ 는 각각 플리커의 계인과 오프셋 파라미터이다. 각 요소는 공간적 및 시간적으로 변화하는 양이다.

$$h(x, y, t) = \alpha(x, y, t) \cdot f(x, y, t) + \beta(x, y, t) \quad (1)$$

플리커 효과를 선형적으로 표현하는 위 식은 조명변화가 결과에 부가적(additive)이고 다중적(multiplicative)인 효과를 동시에 주는 것을 의미하고 있다. 두 개의 파라미터 α 와 β 를 제한된 공간영역에서 상수로 취급하면 두 영상의 밝기값

의 평균과 분산을 이용하여 이들 파라미터를 예측할 수 있다[4]. 두 파라미터를 상수로 취급하지 않고 공간 및 시간에 대한 변량으로 둔 다음 반복적인 방법을 이용하여 계인과 오프셋을 점진적으로 구하는 방법도 제안되었다[2]. 이와는 달리 플리커가 비선형적인 과정에서 발생한다고 가정하고 임의의 비선형 함수를 이용하여 모델링하는 연구도 있다[5]. 이 경우 영상의 복원은 참조영상에 대해 비선형 히스토그램 정규화를 이용하여 이루어진다.

III. 제안하는 알고리즘

선형적인 영상 플리커 모델에서 계인은 장면 내의 명도대비(contrast)를 변화시키며 오프셋 요소는 명도(brightness) 변화에 관계한다. 영상에서의 플리커는 명도대비와 명도를 조절하는 작용으로 볼 수 있으며 선형 플리커 모델에서는 이들 두 요소를 분리하여 추정할 수 있다.

제안하는 모델에서는 이들 파라미터가 공간 및 시간 영역에 대해 전역적으로는 평탄한 함수임을 가정한다. 또한 실제 적용을 위해 영상에서 임의의 작은 영역 Ω 에 대해 두 파라미터는 지역적으로는 상수임을 가정한다. 그러므로 움직임이 없는 장면에서의 플리커 모델은 지역적으로 다음과 같이 표현된다.

$$h_{\Omega}(x, y, t) = \alpha_{\Omega}(t) \cdot f_{\Omega}(x, y, t) + \beta_{\Omega}(t) \quad (2)$$

따라서 두 플리커 파라미터는 작은 영상영역에 대해서는 공간적으로 상수이므로 공간영역에 대한 그라디언트를 취하여 오프셋 요소를 분리한다.

$$\nabla h_{\Omega}(x, y, t) = \alpha_{\Omega}(t) \cdot \nabla f_{\Omega}(x, y, t) \quad (3)$$

참조영역과 현재 관찰된 영역이 지역적으로 디테일을 포함하지 않는 균등한 분포이면 그라디언트 정보의 단순 오차에도 계인 파라미터의 추정에 대한 신뢰도가 떨어지므로 해당 영역의 그라디언트 에너지가 일정 임계치 이상인 경우만을 고려하도록 한다. 임계치에 미달하는 영역에 대한 보정은 주변 영역에서 얻은 계인 파라미터들로부터 추정한다. 식 (3)로부터 계인 파라미터는 다음의 식 (4)과 같이 얻어진다.

$$\alpha_{\Omega}(t) = \begin{cases} \frac{E[\nabla h_{\Omega}(x, y, t)]}{E[\nabla f_{\Omega}(x, y, t)] + \epsilon_0}, & E[\nabla h_{\Omega}] \geq T_n \\ 1, & elsewhere \end{cases} \quad (4)$$

위에서 ϵ_0 는 충분히 작은 임의의 값이다. 오프셋 파라미터는 위에서 구한 계인 파라미터를 이용하여 얻는다.

$$\beta_{\Omega}(t) = E[h_{\Omega}(x,y,t)] - \alpha_{\Omega}(t) \cdot E[f_{\Omega}(x,y,t)] \quad (5)$$

보정된 영상 \hat{h}_{Ω} 은 식 (4)과 (5)에서 구한 파라미터를 이용하여 다음 식으로부터 얻어진다.

$$\hat{h}_{\Omega}(x,y,t) = (h_{\Omega}(x,y,t) - \beta_{\Omega}(t)) / \alpha_{\Omega}(t) \quad (6)$$

식 (4)에서 참조 프레임의 그라디언트에 대한 기댓값은 이전 영상 프레임으로부터 추정할 수 있다. 만약 영상의 전후 프레임 사이에 장면의 움직임이 존재하는 경우는 적절한 움직임 예측 알고리즘을 이용하여 이를 보상하여야 한다. 움직임 예측은 다양한 알고리즘이 나와 있으나 본 실험에서는 단순한 블록 정합을 이용하였다. 따라서 이전 프레임에서 추정된 참조영상 f 는 각 방향에 대한 움직임 벡터를 이용하여 아래의 식으로 표현되면 이를 이용하여 참조영상의 통계적 정보를 얻는다.

$$\begin{aligned} f(x,y,t) &\approx f(x+d_x, y+d_y, t-1) \\ E[f_{\Omega}(x,y,t)] &\approx E[f_{\Omega}(x+d_x, y+d_y, t-1)] \end{aligned} \quad (7)$$

영상 안정화의 효율을 높이기 위해서는 정밀한 움직임 예측 알고리즘이 필요하며 더욱이 영상복원의 관점에서는 블록킹 효과가 발생하지 않는 움직임 추정 방법이 더욱 효과적일 것으로 보인다. 제안하는 알고리즘과 같이 블록별로 플리커 파라미터를 구하는 경우 결과 영상에 블록킹 효과가 발생할 수 있다. 복원 과정에서 발생하는 이러한 블록킹 현상은 식 (4), (5)에서 얻어진 계수와 오프셋 파라미터에 3x3의 평균필터를 취하여 완화시키도록 한다.

IV. 실험 결과

제안하는 알고리즘을 움직임이 없는 영상과 움직임이 있는 자연영상에 대해 적용하여 각 시퀀스의 밝기값의 평균과 분산을 비교하였다. 움직임이 없는 시퀀스에 대한 실험을 위해 식 (1)의 플리커 모델에 따라 표준 정지영상인 LENA에 랜덤한 계수와 오프셋을 발생시켜 인위적인 시퀀스를 생성한다. 그림 1은 인위적으로 훼손된 LENA 정지영상 시퀀스와 밝기 보정된 실제 영상을 보인 것이다. 훼손 영상에서 보이는 심한 밝기변화는 시각적으로 안정화된 것을 알 수 있다.



(b) n=6 n=8 n=56
그림 1. LENA a) 훼손 영상 (b) 복원 영상

그림 2와 3은 훼손 영상과 복원 영상의 프레임 평균과 분산을 비교한 것이다. 명암 플리커를 부가하여 훼손된 영상은 평균과 분산이 편차가 심하게 변하는 것을 알 수 있으나 교정된 영상의 평균과 분산은 편차가 많이 줄어 있음을 알 수 있다.

움직임이 있는 시퀀스에 대한 실험을 위해 61장의 GARDEN 시퀀스를 앞서와 같은 방법으로 훼손시켰다. 그림 4의 좌측 열은 훼손된 14, 15, 16번째 프레임을 보인 것이며 우측 열은 해당 프레임을 보정한 것이다. GARDEN 시퀀스의 각 프레임에 대한 평균과 분산의 비교는 각각 그림 5와 6에 나타내었다.

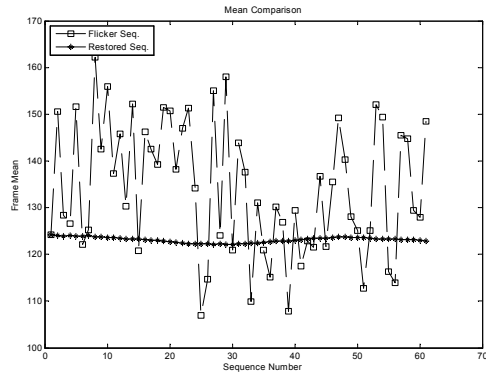


그림 2. 평균 밝기값의 비교(LENA)

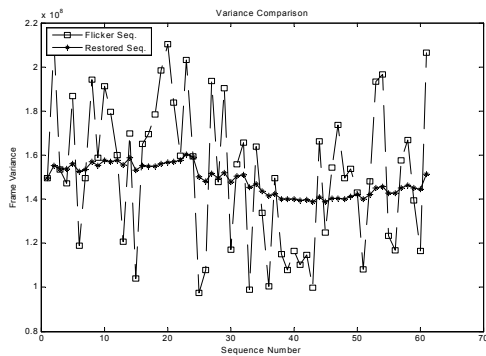
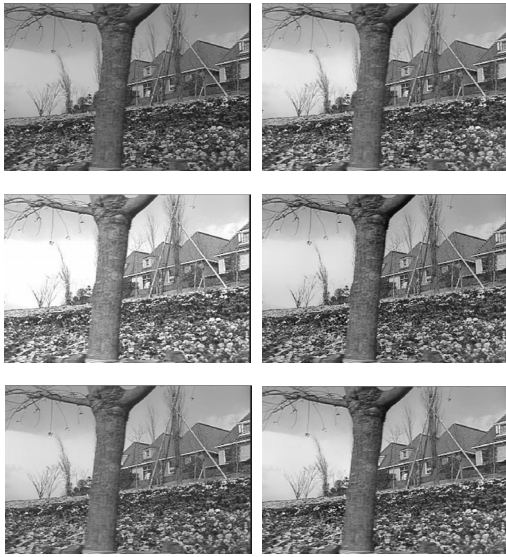


그림 3. 밝기값 분산의 비교(LENA)



(a) n=14, 15, 16 프레임 (b) n=14, 15, 16 프레임
그림 4. GARDEN (a) 훼손 영상 (b) 복원 영상

그림 5와 6에서 비교를 위해 훼손시키기 전의 원영상에 대한 결과를 함께 보였다. 훼손된 영상은 원영상에 비해 평균과 분산의 변화가 매우 심하지만 복원된 영상은 많이 안정화 되어 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 프레임 사이의 명암차가 심한 시퀀스로부터 게인과 오프셋 파라미터를 추정하여 안정화 시키는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 플리커 모델로부터 게인과 오프셋 파라미터를 개별적으로 추정한다. 실험을 통하여 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하였으며 실험 결과 제안하는 알고리즘은 플리커가 심하게 발생한 시퀀스를 안정적으로 복원하였다.

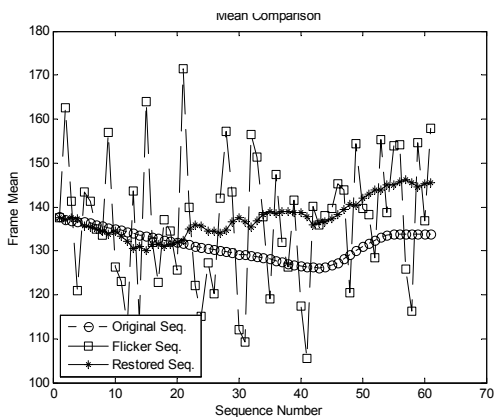


그림 5. 평균 밝기값의 비교(GARDEN)

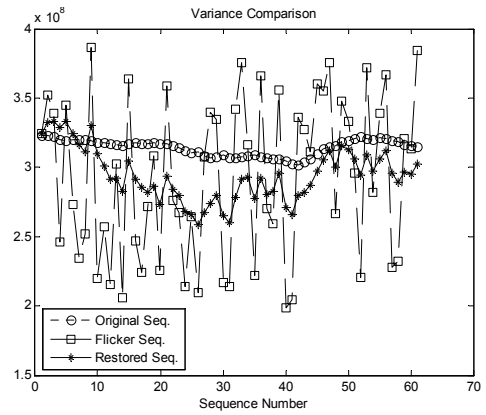


그림 6. 밝기값 분산의 비교(GARDEN)

참고문헌

- [1] Anil C. Kokaram, Rozenn Dahyot, Francois Pitie, Hough Denman, "Simultaneous Luminance and Position Stabilization for Film and Video," *Proc. of VCIP'06*, pp. 688-699, 2003.
- [2] Toshiaki Ohuchi, Takemasa Seto, Takashi Komatsu, Takahiro Saito, "A Robust Method of Image Flicker Correction for Heavily Corrupted Old Film Sequences," *Proc. of ICIP*, 2000.
- [3] Juhua Zhu, Bede Liu, Stuart C. Schwartz, "General Illumination Correction and its Application to Face Normalization," *Proc. of ICASSP'03*, pp.133-136, 2003.
- [4] P.M.B. van Roosmalen, R.L. Legendijk, J. Biemond, "Correction of Intensity Flicker in Old Film Sequences," *IEEE T.S. on Circuit and Systems*, pp.10133-1019, 1999.
- [5] Valery Naranjo and Antonio Albiol, "Flicker Reduction in Old Films," *Proc. of ICIP'00*, pp.657-659, 2003.