

히스토그램 매칭과 프레임 차영상을 이용한 고전 영화의 플리커 제거

*황인성 *유수정 *조남익
*서울대학교 전기컴퓨터공학부
*coee5@ispl.snu.ac.kr

Flicker Removal in Old Films Using Histogram Matching and Difference Images

*Hwang, Insung *You, Sujeong *Cho, Nam Ik
*Department of EECS, Seoul National University

요약

본 논문에서는 히스토그램 매칭(Histogram Matching)을 이용하여 고전 영화에서 화면이 깜빡거리는 현상(Flicker)을 제거하는 방법을 제안한다. 기존의 히스토그램 매칭 기반 방법은 프레임 간 물체의 움직임이 작다는 가정 하에 단순히 시공간 히스토그램 매칭을 수행하는 것이므로 움직임이 있는 부분에 존재하는 플리커는 잘 제거되지 않는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 프레임 간의 차영상을 이용하여 물체의 움직임에 따른 히스토그램 매칭의 문제점을 개선할 수 있는 방법을 제안한다. 인위적으로 합성된 플리커 영상과 실제 고전 영상을 실험에 사용하였으며, 기존의 알고리즘과 비교하여 향상된 결과를 보여준다.

1. 서론

플리커는 고전 영화 상영시 자주 발생하는 현상으로서 프레임 간의 밝기 차이로 인하여 영상이 깜빡거리는 현상이다. 그 원인은 주로 초기 영화 제작에 사용된 초보적인 카메라 기술의 한계와 오랜 시간을 거치며 생긴 물리적, 화학적 변화 등이다. 따라서 고전영화의 디지털 복원 작업을 위한 요소로서 최근까지 플리커 현상 제거에 관한 연구들이 진행되어 왔는데, 이들을 크게 보아 선형 모델링을 이용한 연구[1, 2], 히스토그램 매칭을 이용한 연구[3, 4]로 분류할 수 있다.

선형 모델링 방법의 대표적인 연구로서 Roosmalen[1]은 프레임 간의 밝기 변화 정도를 선형식으로 나타내었고, 선형식의 계수는 각 프레임을 블록단위로 나누고 각 블록에 대하여 MMSE (Minimum Mean-Square Error)를 이용하여 추정한다. 블록 단위로 움직임을 찾고 이에 따라 블록간의 불일치를 해결하고 있다. 또한 블록마다 추정된 선형 계수들의 값은 보간법을 이용하여 블록의 경계가 생기는 현상을 완화한다. Wong[2]은 여기에서 더 나아가 움직임을 찾는 과정에서 이전 프레임과 현재 프레임의 평균 밝기 값의 변화를 고려함으로써 플리커 제거에서 더 좋은 성능을 보여주고 있다.

히스토그램 매칭을 이용한 방법들 중, Naranjo[3]은 두 프레임의 히스토그램을 각각 구하여 참조 프레임의 히스토그램을 기준으로 목적 프레임의 히스토그램이 이

에 매칭될 수 있도록 밝기 변화 맵을 만들고, 목적 프레임의 각 화소들에 대하여 밝기 변환 맵을 이용하여 밝기를 변환시킨다. Zeng[4]은 국부적으로 발생하는 플리커를 보정하기 위해서, Naranjo[3]의 방법에서 글로벌 히스토그램 매칭이외에 로컬 히스토그램 매칭을 이용하고 있다. 그러나 이러한 방법들은 영상내의 움직임이 거의 없다고 가정하고 개발된 것이므로 움직임이 존재하는 영상 시퀀스에서 부정확한 플리커 제거를 초래한다.

따라서 본 논문에서는 국부적인 플리커를 잘 제거할 수 있도록 움직임을 고려한 히스토그램 매칭 방법을 제시한다. 구체적으로, 제안된 방법에서는 영상 시퀀스에서 각 프레임 간의 차영상을 이용하여 움직임 존재 여부를 알아내고, 이를 고려한 글로벌-로컬 히스토그램 변환을 이용하여 플리커를 제거한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 글로벌-로컬 히스토그램 변환 방법에 대하여 구체적으로 기술한다. 3장에서는 제안된 방법을 기술하며, 4장에서는 Zeng[4]의 방법과 제안된 방법의 결과를 비교하고, 5장에서 결론으로 마무리한다.

2. 기존의 글로벌-로컬 히스토그램 변환

Zeng[4]는 플리커를 제거하기 위해서 글로벌-로컬 히스토그램 변환 방법을 제안하였다. 우선 주어진 영역 내에서 히스토그램 매칭 식은 다음과 같다.

$$\langle m, n \rangle = \operatorname{argmin} \left| \sum_{i=0}^m g_r(i) - \sum_{j=0}^n g_t(i) \right| \quad (1)$$

여기서 $g_r(\cdot)$, $g_t(\cdot)$ 는 각각 참조 프레임과 목적 프레임의 히스토그램을 나타낸다. 위의 식을 통하여 그레이스케일 n ($0 \sim 255$)에 대하여 두 누적히스토그램의 차이가 최소가 되는 $\langle m, n \rangle$ 쌍을 찾고, 목적 프레임의 모든 화소값을 위에서 구한 $\langle m, n \rangle$ 을 기반으로 맵핑해 줌으로써 히스토그램 매칭이 이루어진다.

글로벌 플리커 보정은 프레임 전체에 대하여 히스토그램을 구하여 식 (1)을 이용하여 프레임 전체의 화소값을 맵핑하는 것을 말하며, 로컬 히스토그램 보정은 그림 1에서 보는 바와 같이 프레임을 $L_1 \times L_1$ 블록들로 나누어 이 각각의 블록들을 보정하는 것을 말한다. 즉 그림의 예에서, $\Omega_{i,j}$ (i 번째 프레임의 j 번째 검색 윈도우)의 히스토그램을 이용하여 $b_{i,j}$ (i 번째 프레임의 j 번째 블록)의 플리커를 제거한다.

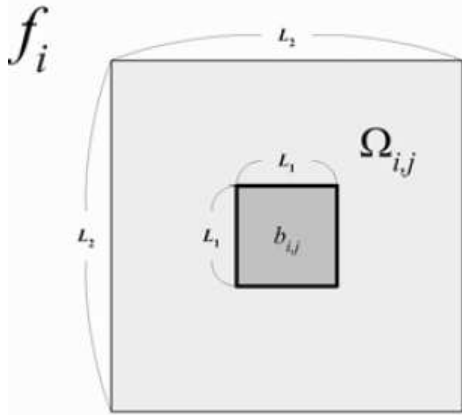


그림 1 로컬 플리커 블록

전체적인 글로벌-로컬 플리커 보정은 다음과 같이 진행된다. 먼저 영상 시퀀스에 대하여, T 개의 프레임들을 주기로 글로벌 플리커를 보정을 한다. 보정된 프레임 $T, 2T \dots$ 사이의 $T-1$ 개의 프레임들에 대해서는 바로 이전 프레임을 참조하여 로컬 플리커 보정을 한다.

3. 제안된 방법

위에서 언급한 방법은 참조 프레임과 목적 프레임 사이에 움직임 큰 경우에는 $\Omega_{i,j}$ 영역의 히스토그램이 서로 다른 형태를 가지므로 플리커 제거 성능이 저하될 수 있다. 그림 2와 3이 각각 참조 프레임과 목적 프레임을 나타낸다고 가정하면, “O”로 표시한 물체가 위로 움직이고 있다고 할 수 있다. 이 때 그림 2 (참조 프레임)에서는 물체가 반 정도 걸쳐있는데 비해 그림 3 (목적 프레임)에서는 물체가 윈도우 안으로 들어와 있다. 즉 프레임 사이의 히스토그램 분포가 서로 다르게 된 원인이 플리커보다는 물체의 움직임에 있다고 할 수 있다. 따라서 이

러한 히스토그램 분포를 고려하여 히스토그램 매칭을 수행할 경우에는 오히려 플리커를 심화시키는 결과가 발생한다.

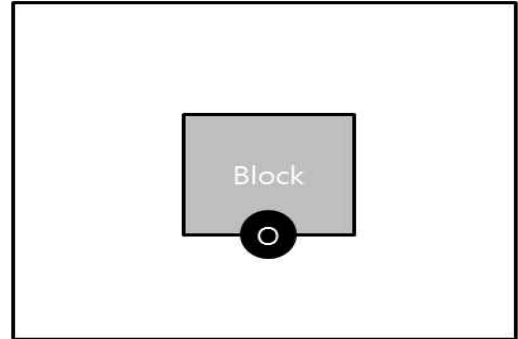


그림 2 블록 안에 물체가 걸쳐 있을 때

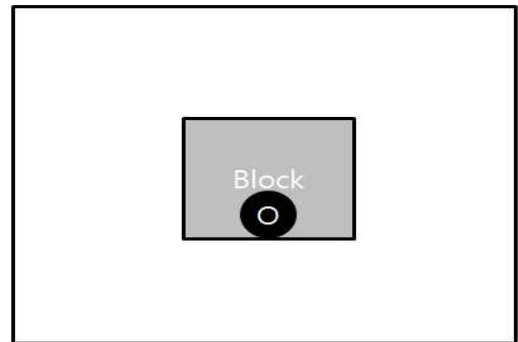


그림 3 블록 안에 물체가 포함되어 있을 때

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 두 프레임의 차(difference)영상을 이용하여 움직임을 고려한 히스토그램 매칭을 수행한다. 이는 [5]에서 차영상을 이용하여 움직임을 검출할 수 있음에 기반한 것으로써 차영상의 각 화소값은 다음과 같이 정의된다.

$$d(x, y) = |p_r(x, y) - p_t(x, y)| \quad (2)$$

$$L(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{for } d(x, y) \geq Th \\ 0 & \text{for } d(x, y) < Th \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $p_r(x, y)$ 와 $p_t(x, y)$ 는 각각 참조프레임과 목적프레임 (x, y) 에 위치한 화소의 밝기값을 나타내며 Th 는 임계값을 나타낸다. $d(\cdot, \cdot)$ 는 차영상이고, $L(\cdot, \cdot)$ 은 영역구분이다. 차영상은 움직임에 의한 차이뿐만 아니라 노이즈나 플리커에 의한 차이 등을 나타낼 수 있는데, 노이즈나 플리커에 의한 차이는 움직임에 의한 차이보다 일반적으로 작기 때문에 특정 임계값 이상의 차영상을 추출함으로써 이들을 분리할 수 있다. 즉, (3)과 같이 영상을 움직임이 있는 영역과 없는 영역을 구분한 후, 움직임이 없는 영역에 대해서만 히스토그램을 구한다. 히스토그램을 구할 때 참조와 목적 프레임에서 움직임이 있는 부분은 공통적으로 히스토그램 누적값을 구하는 과정에서 제외함으로써 움직임에 의한 히스토그램의 변형을 막을 수 있다.

3. 실험 결과

가. 고전 영화 샘플

실험에는 한국 영상 자료원에서 제공한 1956년에 제작된 영화, '시집가는 날'의 일부를 사용하였다. 그림 4, 5에서는 이 영화의 20장의 샘플 중 각각 7번째, 8번째에 해당하는 프레임의 일부를 보여주고 그림 6은 두 영상의 차 영상을 나타내며, 그림 7은 식 (3)에서 $Th = 40$ 로 하여 그 이상이 되는 차이값 만을 나타낸 영상이다. 이 그림에서 노이즈나 플리커 때문에 생기는 영역은 제외되고 움직이는 영역 (팔 부분) 만이 검출된 것을 볼 수 있다.

그림 8은 [4]에서 제안된 방법으로 플리커 제거를 수행한 결과로서 밝기 비교를 위하여 7번 프레임의 왼쪽 부분과 8번 프레임의 오른쪽 부분을 연결하여 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 이 때 7번째 프레임과 8번째 프레임 경계에서 블록이 생기는 것을 확인할 수 있으며 이는 두 프레임 사이의 밝기가 잘 매칭이 되지 않았음을 나타낸다. 그 원인은 앞에서 설명한 바와 같이 밝은 색인 사람의 팔 부분이 해당 블록에 들어가면서 히스토그램 내의 밝은색 비율이 높아져서 히스토그램 매칭 결과 7번째 프레임보다 8번째 프레임이 밝게 나타나는 것이다.

그림 9는 제안된 방법으로 실험을 한 결과 영상을 보여준다. 이 경우에는 히스토그램에서 8번째 프레임의 사람 팔의 흰색부분에 해당하는 영역이 모두 참조되지 않아 기존의 방법[4]에 비해 시각적으로 향상된 결과가 나온다.



그림 4 참조 프레임



그림 5 목적프레임



그림 6 차영상

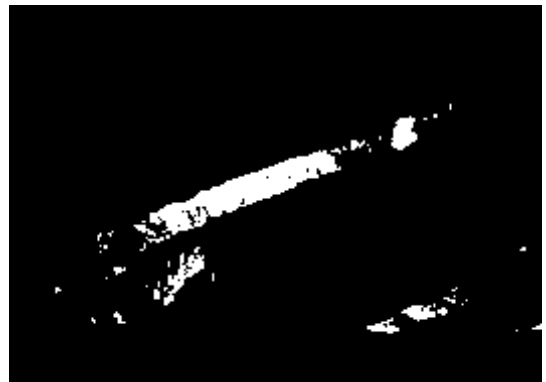


그림 7 영역구분 영상, $Th=40$



그림 8 [4]에서 제안된 방법



그림 9 본 논문에서 제안된 방법

나. 플리커 합성 영상에 대한 실험

여러 가지 고전영화에 대하여 제안된 방법을 실험한 결과 플리커가 현저하게 보정되었음을 알 수 있었지만, 플리커 제거 효과를 객관적인 수치로 비교하기 위해 [6]에서와 같이 플리커를 합성한 영상에 대해서도 실험을 수행하였다.



그림 10 foreman 영상

이 실험을 위하여 Foreman 영상의 2~20번 프레임에 [6]에서의 방법을 이용하여 임의의 플리커를 합성하고, [4]에서 제안하는 방법($T=5$, $L_1=35$, $L_2=135$)과 본 논문에서 제안하는 방법으로 플리커를 제거하여 비교하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 객관적 평가를 위해 원영상과의 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)을 각각 구한 후 이를 표 1에 나타내었다.

표 1 PSNR 비교

frame	PSNR(dB)	
	[4]	Proposed
1	-	-
2	39.10	39.68
3	35.12	35.12
4	33.82	35.34
5	33.82	36.67
6	39.68	39.68
7	39.10	40.35
8	36.09	37.34
9	35.58	36.67
10	34.71	36.09
11	33.51	33.51
12	33.36	33.82
13	34.33	34.91

14	32.22	31.80
15	32.57	34.33
16	35.58	35.58
17	34.91	35.34
18	34.51	36.37
19	33.98	35.34
20	32.82	34.51
avg.	34.99	35.92

4. 결론

프레임 간의 차 영상을 이용하여 영상을 움직이는 영역과 움직이지 않는 영역으로 구분하였고, 이를 이용하여 히스토그램에서 신뢰도가 높은 부분만을 취하였다. 이 히스토그램 분포를 기반으로 히스토그램을 매칭시킴으로써 움직임이 있는 영상에 대해 보다 강인한 플리커 보정 방법을 제안하였다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2009년도 문화 콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] P.M.B Van Roosmalen, R.L. Lagendijk, and J. Biemond, "Correction of intensity flicker in old film sequences", IEEE Trans. Circuits and System for Video Technology, vol. 9, no. 7, pp.1013-1019, 1999.
- [2] K.K. Wong, A. Das and M.N. Chong, "Improved flicker removal through motion vectors compensation", Proc. of the Third ICIG(International Conference on Image and Graphics), 2004.
- [3] V. Naranjo, A. Abidol, "Flicker reduction in old films", IEEE International Conference on Image Processing, vol. 2, pp.647-669, Vancouver BC, Canada, 2000.
- [4] Y.C. Zeng, S.Y. Lin, Y.P. Shih, and H.Y.M. Liao, "Intensity flicker removal in digitized old films using global-local histogram transform", Proc. of the 10th Pacific Rim Conference on Multimedia, pp.45-54, Bangkok, Thailand, 2009.
- [5] P.L. Robin, T. Ellis, "Image difference threshold strategies and shadow detection", Proc. of the 1995 British conference on Machine vision(vol. 1), pp.347-356, 1995.
- [6] J. Delon, A. Desolneux, "Stabilization of flicker-like effects in image sequences through local contrast correction", <http://en.scientificcommons.org/52956904>, 2010.05.30.