

# 조명 변화에 강인한 스테레오 정합 방법의 가중치 값에 대한 분석

장용준, 호요성  
광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부  
e-mail : {yjchang, hoyo}@gist.ac.kr

## Analysis of Weight Value for Illumination Invariant Stereo Matching Method

Yong-Jun Chang, Yo-Sung Ho  
School of Electrical Engineering and Computer Science, GIST

### 요 약

이상적인 조명 조건에서 촬영된 스테레오 영상은 두 시점 영상 사이의 밝기차이가 없다. 하지만 실제로 스테레오 영상을 획득하는 과정에서는 여러 환경적인 요인에 의해 촬영된 스테레오 영상의 밝기차이가 발생하며, 두 영상의 밝기 차이는 스테레오 정합 과정에서 많은 변위값 오류를 생성한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 스테레오 영상 속 조명 변화에 강인한 스테레오 정합 방법이 제안되었다. 기존의 조명 변화에 강인한 스테레오 정합 방법은 색상 모델 속 조명 변화에 영향을 받는 인자들을 제거한 정보와 영상의 기울기 정보 사이의 가중치 합으로 변위값을 예측한다. 이때, 기존 방법에서 사용하는 가중치는 항상 일정한 값을 갖는 상수값을 나타낸다. 제안하는 방법은 다양한 조명 조건에서 촬영된 영상으로 스테레오 정합을 수행한 후, 각 조명 조건에 적합한 최적의 가중치 값을 분석하여 스테레오 영상의 밝기값 차이에 따라 적응적으로 가중치 값을 계산한다.

### 1. 서론

3차원 영상 콘텐츠를 제작하기 위해서는 3차원 영상으로 복원하려는 객체의 깊이 정보가 필요하다. 깊이 정보를 획득하는 방법으로는 카메라와 객체 사이의 거리를 직접 측정하는 깊이 카메라를 사용하는 방법과 기존의 촬영된 영상으로부터 깊이 정보를 예측하는 스테레오 정합 방법이 있다. 스테레오 정합을 위한 전처리 작업으로 서로 다른 위치에서 촬영된 영상들 사이의 에피폴라 선 정렬이 필요하다. 또한, 여러 환경적 요인으로 인해 두 시점 영상 사이의 밝기차가 존재하게 되는데 이러한 문제를 해결하기 위해 히스토그램 매칭과 같은 색상 보정 작업이 필요하다. 조명 변화에 대응하는 스테레오 정합 방법 중 하나로, 색상 모델 속에 있는 조명의 영향을 받는 인자를 제거해 스테레오 정합을 수행하는 방법이 있다 [1, 2]. 본 논문은 기존 방법의 고정된 가중치 값 사용 문제를 개선한다.

### 2. 관련연구

조명 변화에 강인한 스테레오 정합 방법으로 색상 모델 속에 있는 조명에 영향을 받는 인자를 제거하는 방법이 있다 [1]. 식 (1)은 색상 모델 수식을 나타낸다.

식 (1)에서  $\tilde{R}_L$ ,  $\tilde{G}_L$ ,  $\tilde{B}_L$ 는 각각 좌측 시점 영상에 저장

되는 화소값을 나타내며  $\rho$ ,  $\gamma$ ,  $a$ ,  $b$ , 그리고  $c$ 는 조명 변화의 영향을 받는 인자들을 뜻한다. [1]의 방법에서는 이러한 인자들로부터 독립적인 스테레오 정합을 수행하기 위해서 대수변환과 양방향 필터를 사용해 조명 변화의 영향을 받는 인자들을 제거한다. 하지만 이 방법은 영상 속 모든 화소에 대해 양방향 필터를 적용하기 때문에 연산 복잡도가 높아 속도가 매우 느리다는 단점이 있다. 높은 연산 복잡도 문제를 해결하기 위해 [2]는 양방향 필터 대신 전역 평균값을 사용해 조명의 영향을 받는 인자를 제거했다.

$$\begin{pmatrix} \tilde{R}_L(p) \\ \tilde{G}_L(p) \\ \tilde{B}_L(p) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_L(p)a_L R_L^{\gamma_L}(p) \\ \rho_L(p)b_L G_L^{\gamma_L}(p) \\ \rho_L(p)c_L B_L^{\gamma_L}(p) \end{pmatrix} \quad (1)$$

식 (2)는 [2]에서 제안한 조명 변화에 강인한 고속 스테레오 정합의 정합 비용 계산 수식을 나타낸다.

$$C(f_p) = \alpha \cdot (\nabla_x I_L(p) - \nabla_x I_R(p + f_p)) + (1 - \alpha) \cdot |\theta_L(p) - \theta_R(p + f_p)| \quad (2)$$

식 (2)에서  $\theta$ 는 전역 평균값에 의해 조명 변화의 영향을 받는 인자가 제거된 화소값을 나타낸다. 따라서 [2] 방법의 정합 비용을 계산하는 수식은 원본 색상 영상의 기울기 정보로 얻은 정합 비용과 조명 변화에 영향을 받는 인자를 제거한 영상으로 얻은 정합 비용 사이의 가중치 합으로 나타낸다.

### 3. 조명 변화에 따른 적응적 가중치 값 적용 방법

기존 방법인 [2]에서 사용한 정합 비용 수식은 블록 단위가 아닌 화소 단위의 정합이기 때문에 블록 단위의 정합 수식을 사용하는 [1]의 방법보다 더 빠르게 정합 비용을 계산할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 식 (2)의 가중치 값  $\alpha$ 는 고정된 상수값으로 영상의 특성에 따라 사용자가 수동으로 입력해야 한다는 불편함이 있다. 본 논문에서는 스테레오 영상의 조명 차이에 따라 최적의 가중치 값을 실험적으로 확인한 뒤, 이를 분석하여 조명 변화에 따라 자동적으로 가중치 값이 결정되는 방법을 제안한다.

조명 변화에 따른 최적의 가중치 값을 계산하기 위해서 4종류의 Middlebury stereo 영상을 사용해 실험을 했다 [3]. 조명 변화는 카메라의 노출 정도와 조명 밝기 정도로 나누어 실험을 했으며 표 1에 각 정도별 최적의 가중치 값을 정리했다.

표 1. 조명 및 노출 변화 정도에 따른 최적의 가중치 값

노출		조명 밝기	
Level	$\alpha$	Level	$\alpha$
0-0	0.9	1-1	0.8
0-1	0.7	1-2	0.8
0-2	0.6	1-3	0.7
1-1	0.8	2-2	0.7
1-2	0.7	2-3	0.7
2-2	0.7	3-3	0.7

표 1을 보면 스테레오 영상의 노출과 조명 밝기 정도가 동일한 경우에는 대체로 높은 가중치 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 반대로 두 영상의 노출 및 조명 밝기 차이가 클 경우에는 상대적으로 작은 가중치 값을 갖는다. 조명 변화에 따른 적응적 가중치 값을 계산하기 위해 스테레오 영상의 노출 및 조명 밝기가 동일한 경우와 다른 경우의 평균 최적 가중치 값을 계산한다. 그 후, 식 (3)과 같이 스테레오 영상의 화소값 차이에 따라 적응적으로 가중치 값을 결정하도록 한다. 식 (3)에서  $\alpha'$ 는 스테레오 영상 사이의 전체 화소값 차이로 계산한 임시 가중치 값으로 식 (4)와 같이 정의된다.

$$\alpha = \max(\min(\alpha', 0.77), 0.7) \quad (3)$$

$$\alpha' = e^{-\frac{|\mu_L - \mu_R|}{\sigma_c}} \quad (4)$$

식 (3)에서 정의된 가중치 값은 식 (2)에 적용되어 조명 변화에 따라서 적응적으로 결정된다.

### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법을 평가하기 위해서 Middlebury stereo에서 제공하는 Aloe 영상을 사용했다 [3]. 실험 조건은 표 1과 동일하게 조명과 노출 변화 정도를 각각 6가지로 나누어 설정했다. 표 2는 결과 영상의 정량적 평가 결과를 나타낸다.

표 2. 정량적 평가 결과

노출			조명 밝기		
Level	오차율 (%)		Level	오차율 (%)	
	기존 방법[2]	제안한 방법		기존 방법[2]	제안한 방법
0-0	21.79	21.48	1-1	20.73	20.73
0-1	36.28	36.28	1-2	25	25
0-2	41.01	41.01	1-3	32.36	32.36
1-1	20.73	20.73	2-2	18.47	18.44
1-2	24.15	24.15	2-3	27.64	27.64
2-2	20.74	20.74	3-3	18.92	18.92
평균	27.45	27.4	평균	23.85	23.85

표 2의 수치는 변위값 오류 화소의 수를 확인한 후 전체 화소 대비 백분율 (%)로 나타낸 값이다. 표 2에서 기존 방법의 가중치 값은 4종류의 실험 영상에 0.0부터 1.0까지 적용해 얻은 평균 오차율 중에서 가장 낮은 평균 오차율을 갖는 가중치 값을 선택해 얻은 결과다.

### 5. 결론

본 논문에서는 스테레오 정합 알고리즘 속 정합 비용을 계산하는데 사용되는 가중치 값을 조명 변화에 따라 적응적으로 적용하는 방법에 대해 제안했다. 기존의 조명 변화에 강인한 스테레오 정합 알고리즘은 고정된 가중치 값을 사용했다. 반면에 제안하는 방법은 노출 및 조명 밝기 정도에 따른 최적의 가중치 값을 분석한 뒤 스테레오 영상의 밝기값 차이에 따라 적응적으로 가중치 값을 적용하는 방법을 사용했다. 그 결과, 고정된 가중치 값을 사용하는 기존 방법과 거의 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

### 감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2011-0030079)

### 참고문헌

- [1] Y. S. Heo, K. M. Lee, and S. U. Lee, "Illumination and Camera Invariant Stereo Matching," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-8, 2008.
- [2] Y. J. Chang and Y. S. Ho, "Pixel-Based Adaptive Normalized Cross Correlation for Illumination Invariant Stereo Matching," Electronic Imaging, pp. 1-6, 2017.
- [3] <http://vision.middlebury.edu/stereo/data>.