

Census 변환의 이진 정보를 이용한 조명 변화에 강인한 스테레오 정합

*장용준 **호요성

광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

*yjchang@gist.ac.kr

**hojo@gist.ac.kr

Robust Stereo Matching to Radiometric Variation Using Binary Information of Census Transformation

*Chang, Yong-Jun **Ho, Yo-Sung

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

스테레오 정합은 서로 다른 두 시점을 갖는 스테레오 영상으로부터 객체의 깊이값을 예측한다. 이 방법은 객체가 카메라로부터 멀리 떨어질수록 두 시점 사이에 큰 변위차를 갖는 양안시차 특성을 이용해 깊이값을 구한다. 일반적으로 스테레오 정합은 촬영한 두 영상의 조명 변화 및 노출 정도가 같다는 조건으로 수행된다. 하지만 실내 또는 실외에서 실제로 영상을 촬영하면 조명 및 햇빛의 위치 그리고 카메라의 특성에 따라 촬영된 스테레오 영상의 밝기가 서로 달라지는 경우가 발생하게 된다. 이처럼 두 영상의 밝기차를 고려하지 않고 스테레오 정합을 하게 되면 정확한 깊이값을 예측하기 어렵다. 이러한 문제를 개선하기 위해 조명 변화에 강인한 ANCC (Adaptive Normalized Cross Correlation)가 제안되었다. 이 방법은 영상 속 화소들의 색상 모델을 이용해 조명변화의 영향을 받는 요소들을 제거함으로써 다양한 밝기변화 속에서도 안정적으로 스테레오 정합을 수행할 수 있도록 한다. 하지만 ANCC는 수행과정에서 각 화소마다 양방향 필터 (Bilateral Filter)가 적용되는 등 높은 복잡도를 갖는다는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존의 ANCC 보다 복잡도가 낮으면서 밝기변화에도 안정적인 정합 결과를 갖기 위해 Census 변환의 이진 정보를 이용한 스테레오 정합 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 3차원 콘텐츠 제작에는 사람들에게 더욱 실감나는 영상을 제공하기 위해 많은 영상정보들이 사용된다. 그 중 깊이정보는 대부분의 3차원 실감 콘텐츠 제작에 사용되는 중요한 정보다. 깊이정보를 얻기 위한 방법은 크게 두 가지로 나눌 수가 있다. 첫 번째는 깊이 카메라를 이용해 객체의 깊이를 직접 측정하는 방법, 그리고 두 번째 방법은 촬영한 색상영상으로부터 깊이값을 예측하는 방법이다.

두 번째 방법의 대표적인 알고리즘으로 스테레오 정합을 예로 들 수가 있다 [1]. 일반적으로 스테레오 정합은 촬영한 스테레오 영상이 동일한 조명 조건과 카메라 노출 조건을 갖는다는 가정 하에 수행된다. 하지만 실제 영상을 촬영하면 조명의 위치, 카메라의 특성에 따라 스테레오 영상이 서로 다른 밝기 조건을 갖는 경우가 발생하기도 한다. 본 논문에서는 조명 변화에 따른 스테레오 정합의 부정확성을 개선하기 위해 사용된 기존의 방법에 대해 소개하고, 기존 방법이 가지고 있는 문제점을 분석하여 Census 변환을 이용한 정합 방법을 제안한다.

2. ANCC를 이용한 스테레오 정합

ANCC (Adaptive Normalized Cross Correlation)는 디지털 영상의 색상 모델에 있는 조명 변화에 민감한 특정 요소들을 제거하여 밝

기 변화에 독립적인 스테레오 정합이 가능하도록 한다 [2].

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

$$\begin{aligned} R_L''(p) &= R_L'(p) - \frac{R_L'(p) + G_L'(p) + B_L'(p)}{3} \\ &= \log \frac{a_L}{\sqrt[3]{a_L b_L c_L}} + \gamma_L \log \frac{R_L(p)}{\sqrt[3]{R_L(p) G_L(p) B_L(p)}} \\ &= \alpha_L + \gamma_L K_L(p) \end{aligned} \quad (2)$$

식 (1)은 좌영상에 저장된 화소값의 색상 모델이다. \tilde{R} , \tilde{G} , \tilde{B} 는 각각 좌영상 속 화소들이 갖고있는 색상 값을 뜻하며 ρ , a , b , c , γ 는 각각 조명 변화에 영향을 받는 색상 모델 요소들을 나타낸다. 이때, p 는 현재 화소의 위치를 뜻한다. 기존의 ANCC 방법은 위 다섯 가지 요소들로부터 독립적인 색상 모델을 정의하기 위해 식 (1)의 각 색상 요소에 로그 변환을 적용한다. 이때, 로그 변환된 \tilde{R} , \tilde{G} , \tilde{B} 값의 평균을 이용하면 ρ 요소를 식 (2)와 같이 제거할 수 있다. 식 (2)에서 α 로 제

정의된 a, b, c 는 양방향 필터 w 를 이용해 식 (3)과 같이 제거된다 [3]. 식 (4)의 $Z(p)$ 는 양방향 필터 가중치 값의 합이다.

$$R_L'''(p) = R_L''(p) - \frac{\sum_{t \in W(p)} w(t)R_L''(t)}{Z(p)} \quad (3)$$

$$= \gamma_L \left(K_L(t) - \frac{\sum_{t \in W(p)} w(t)K_L(t)}{Z(p)} \right)$$

마지막으로, 아직 제거되지 않은 γ 요소는 [2]에 나온 NCC (Normalized Cross Correlation) 수식을 이용해 제거한다.

3. Census 변환의 이진정보를 이용한 스테레오 정합

기존의 ANCC 방법은 색상 모델에서 조명 변화에 영향을 받는 요소들을 제거하는 과정에서 영상 속 모든 화소에 양방향 필터를 적용해 연산 복잡도가 높아진다는 단점이 있다. 따라서 연산의 복잡도를 낮추기 위해 양방향 필터와 NCC 수식 대신 영상 전체 화소의 평균값과 Census 변환을 활용하는 정합 방법을 제안한다.

먼저 식 (2)의 α 요소를 없애는 과정에서 양방향 필터 대신 식 (4)와 같이 영상 속 전체 화소의 평균값을 이용한다. 식 (4)에서 M 과 N 은 영상의 가로와 세로 크기다. 이 과정을 통해 영상 속 각 화소의 모든 α 요소가 한 번에 제거될 수 있다. 그 후, Census 변환의 이진정보를 이용해 γ 요소로부터 독립적인 스테레오 정합을 수행할 수 있다 [4].

$$R_L'''(p) = R_L''(p) - \frac{\sum_{p \in W} R_L''(p)}{MN} \quad (6)$$

$$= \gamma_L \left(K_L(p) - \frac{\sum_{p \in W} K_L(p)}{MN} \right)$$

$$Cost(d_p) = (1 - \alpha) \cdot \nabla_x I(d_p) + \alpha \cdot Census(d_p) \quad (5)$$

Census 변환은 블록 안에 있는 모든 화소에 절대값을 적용한 후, 현재 화소를 나타내는 가운데 화소와 그 주변 화소의 밝기값 차를 이용해 블록 안에 있는 모든 화소값을 이진정보로 변환한다. 우영상도 같은 방법으로 이진정보 변환 후 좌블록과 우블록의 Hamming 거리측정을 이용해 정합비용을 계산한다.

최종 정합비용 수식은 식 (5)와 같이 정의된다. 식 (5)에서 Census는 Hamming 거리측정을 통해 구한 정합 비용이며 $\nabla_x I$ 는 원본 영상의 기울기 정보를 뜻한다.

4. 실험 결과

조명 변화에 따른 스테레오 정합 결과를 분석하기 위해 총 6가지 경우의 조명 변화 실험을 하였다. 그림 1은 조명 변화에 따른 변위지도의 정합 오차율을 나타낸다. 그 결과, 제안한 방법이 기존의 ANCC 보다 조명 변화에 더 안정적인 정합 결과를 보인다.

또한 알고리즘의 복잡도를 비교하기 위해 정합비용을 계산하는데 걸리는 시간을 측정해 표 1에 정리하였다. 시간측정 결과 제안한 방법

이 기존방법보다 빠르다는 것을 확인할 수 있다.

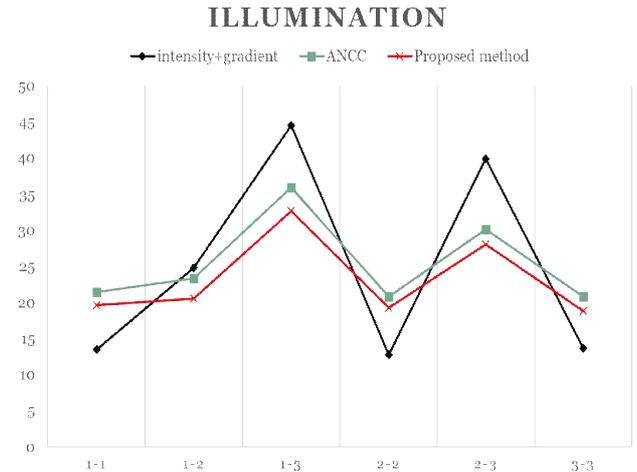


그림 1. 조명 변화에 따른 오차율

Algorithm	Time (sec.)
Intensity + gradient	0.4
ANCC	121.34
Proposed method	40.83

표 1. 정합비용에 걸리는 시간 비교

5. 결론

제안한 방법은 기존의 ANCC가 갖는 연산 복잡도 단점을 개선하기 위해 조명 변화에 영향을 받는 요소를 없애는 과정에서 양방향 필터가 아닌 영상 속 전체 화소값의 평균을 이용했으며 Census 변환을 이용해 정합비용을 계산했다. 그 결과, 기존 ANCC 보다 빠르고 조명 변화에 더 안정적인 정합결과를 얻는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 민·군기술협력사업(Civil-Military Technology Cooperation Program)으로부터 지원을 받아 수행된 연구임

참고 문헌

- [1] 장용준, 호요성, "SAD 정합 알고리즘 수정을 통한 지역기반 스테레오 정합의 복잡도 감소기법," 한국방송공학회 추계학술대회, pp. 33-36, 2014.
- [2] Y.S. Heo and 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.
- [3] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images," IEEE Sixth International Conference on Computer Vision, pp. 839-846, 2008.
- [4] R. Zabih and J. Woodfill, "Non-parametric Local Transforms for Computing Visual Correspondence," European Conference on Computer Vision, pp. 151-158, 1994.