

## 밝기 차이에 강인한 스테레오 정합 기법

정일룡, 김창수

고려대학교 전기전자전파공학부

illyong@korea.ac.kr, changsukim@korea.ac.kr

### Robust stereo matching under illumination differences

Il-Lyong Jung and Chang-Su Kim

School of Electrical Engineering

Korea University

#### 요 약

본 논문에서는 보다 정밀한 깊이 정보를 추출하기 위하여, 밝기 차이에 강인한 스테레오 정합 기법을 개발한다. 우선 촬영된 환경에 따라 발생하는 스테레오 영상의 노출 차이를 보상하기 위하여, 전체 영상에 대하여 전역적으로 히스토그램 기반의 3 차원 누적 분포 함수를 계산한다. 계산된 3 차원 누적 분포 함수를 기반으로 순위 영상을 생성하고, 밝기 기반의 강인한 초기 정합을 수행한다. 다음으로 지역적인 밝기 변화에 강인하도록, 초기 깊이 정보를 바탕으로 EM 알고리즘을 수행하여 객체와 배경에 해당되는 깊이 정보를 분리한다. 분리된 영역 정보를 기반으로 각각의 영역의 대하여 다시 히스토그램 기반의 3 차원 누적 분포 함수를 계산한다. 이를 기반으로 최종적으로 전경과 배경의 차등적인 정합을 수행하여 지역적인 밝기 차이에 강인한 스테레오 정합 기법을 개발한다. 다양한 실험을 통하여 본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 확인한다.

#### 1. 서론

최근 3 차원 영상 기술에 대한 관심이 증대됨에 따라 3D TV, 3D 시네마 등 다양한 제품과 서비스가 보급되고 있다. 이를 위하여 다양한 3 차원 영상 생성 기술이 연구되고 있는데, 스테레오 정합 기법, 즉, 깊이 정보 추출 기법은 두 대 이상의 카메라부터 취득된 영상 정보를 기반으로 객체와 배경의 깊이를 추출한다. 스테레오 정합 기법을 통하여 추출된 깊이 정보를 활용한다면 기존의 2 차원 영상을 3 차원으로 확장이 가능하다.

스테레오 정합 기법은 동일한 장면을 촬영하는 두 대의 카메라로부터 촬영된 영상 간의 시차(disparity)를 예측함으로써 깊이 정보를 추출하게 되는데, 이 때 일반적으로 두 영상의 밝기 차이가 동일하다는 가정하에 정합이 수행된다. 그러나 동일한 객체가 촬영 환경에 따라서 다른 화소값을 가지게 된다면, 심각한 정합 오류를 발생시키므로 스테레오 정합의 성능을 저하시킨다. 따라서 영상의 밝기 차이를 보상하기 위하여 다양한 알고리즘이 제안되었다[1, 2]. 회색계 가정 (grey-world assumption) [1]은 영상의 평균값이 일종의 광원의 색상에 해당된다는 가정을 바탕으로 광원의 영향을 최소화 하여 영상의 차이를 보상한다. Comprehensive color

normalization[2]에서는 회색계 가정과 함께 영상의 기하학 구조의 영향을 최소화 하는 알고리즘을 제안하였다. 하지만 위의 알고리즘은 스테레오 영상 간의 상관 관계를 고려하지 않기 때문에, 영상의 밝기 차이를 보상하기에는 제한적이다.

본 논문에서는 보다 정밀한 깊이 정보를 추출하기 위하여, 영상 간의 노출 환경 차이에 강인한 스테레오 정합 기법을 제안한다. 각각의 스테레오 영상의 누적 분포 함수는 영상 전체 내의 화소값 순위 정보를 내포한다. 따라서 본 논문에서는 3 차원 누적 분포 함수[3, 4]를 기반으로 전역적으로 스테레오 영상의 순위 영상을 생성한다. 이를 기반으로 스테레오 정합을 수행함으로써 초기 깊이 정보를 추출한다. 이 때 추출된 초기 깊이 정보는 전역적으로 계산됨으로써 지역적인 밝기 변화에 취약하다. 따라서 본 논문에서는 초기 깊이 정보에 대하여 EM 알고리즘[5]을 수행하여 객체 영역과 배경 영역으로 분리하고, 각각의 영역에 대하여 3 차원 누적 분포 함수를 다시 계산한다. 이를 기반으로 개선된 깊이 정보를 추출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 본 논문에서 제안하는 스테레오 정합 기법에 대하여 기술한다. 3 절에서는 제안하는 기법의 성능을 다양한 실험을 통하여 확인한다. 4 절에서는 최종적으로 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

#### 2. 밝기 차이에 강인한 스테레오 정합 기법

그림 1과 같이 다양한 촬영 환경에 따라서 동일한 장면을

\* 이 논문은 2011년 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 <실감 교류 인체감응술루션> 글로벌프린티어사업 (한국연구재단-M1AXA003-2011-0031648)과 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012-0000916).



그림 1. 밝기 차이가 존재하는 스테레오 영상

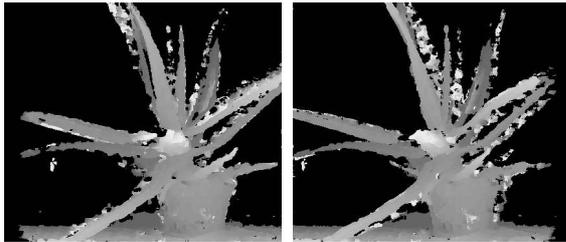


그림 2. EM 알고리즘으로 추출된 전경 영역

촬영하는 스테레오 영상에 밝기 변화가 존재한다. 히스토그램은 영상 처리에서 자주 활용되는 특성 중에 하나로, 화소값의 확률 분포를 나타낸다. 히스토그램의 누적 분포 함수(cumulative distribution function)은 영상 내의 분포한 화소의 순위 정보를 내포하므로, 영상의 밝기나 노출 등의 변화에 민감하지 않다. 따라서 누적 분포 함수를 기반으로 두 스테레오 영상의 정합을 수행한다면 영상의 밝기 변화나 노출 등의 변화에 강한 깊이 정보를 획득할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 R, G, B 색상 정보를 활용하여 3 차원 히스토그램을 생성한다[3, 4]. 3 차원 히스토그램을 생성하기 위하여, R, G, B 값은 상호 독립적인 요소로 가정한다. R, G, B 색상의 확률 분포 함수(probability distribution function)를 각각  $h_R(r)$ ,  $h_G(g)$ ,  $h_B(b)$ 라고 했을 때, 3 차원 확률 분포는 다음과 같이 정의 된다[3, 4].

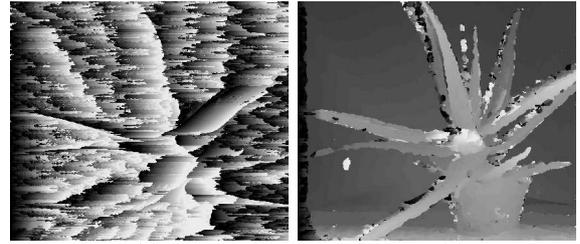
$$h_{RGB}(r, g, b) = h_R(r)h_G(g)h_B(b)$$

이 때, 3 차원 누적 분포함수는  $H_{RGB}(r, g, b)$ 로 정의된다. 이와 같이 전역적으로 스테레오 영상의 3 차원 누적 분포 함수를 각각 계산하고, 이를 바탕으로 영상 간의 정합을 수행하여 화소  $p$ 에서 초기 깊이 정보  $D(p)$ 를 예측한다.

그러나 전역적으로 계산된 3 차원 누적 분포함수는 폐색 영역(occlusion)이나 지역적인 환경 변화에는 취약한 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 앞서 예측된 초기 깊이 정보를 활용하여 그림 2와 같이 EM 알고리즘[5]을 수행하여, 객체가 존재하는 전경 영역과 배경 영역으로 분리한다. 각 영역에 대하여 새롭게 3 차원 누적 분포 함수를 수행하여, 5x5 윈도우에 대하여 다음과 같이 정합을 수행한다.

$$D'(p, d) = \begin{cases} \min\{|K_L(p) - K_R(p-d)|, \tau\}, S_L(p) = S_R(p-d) \\ \lambda \min\{|K_L(p) - K_R(p-d)|, \tau\}, S_L(p) \neq S_R(p-d) \end{cases}$$

이 때, 전경 영역과 배경 영역의 정합의 경우, 중요도를 낮추기 위하여 가중치  $\lambda$ 는 0.2로 설정하였다. 이렇게 추출된 왼쪽 영상의 깊이 정보와 오른쪽 영상의 깊이 정보를 통하여 폐색 영역을 추출하고 주변의 비 폐색 영역의 깊이 정보를 이용하여 후 처리를 수행, 최종적으로 깊이 정보를 추출한다.



(a) (b)

그림 3. 스테레오 정합 결과: (a) 기존 스테레오 정합[7], (b) 제안하는 기법

### 3. 결과

본 실험에서는 깊이 정보 추출에 사용되는 Middlebury datasets 중 하나인 ‘Aloe’ 영상[6]을 사용하여 성능을 확인하였다. 그림 3의 (a)는 밝기 보상을 하지 않은 지역적 스테레오 정합의 결과이다. 그림 3의 결과에서 확인할 수 있듯이 밝기 변화에 의해서 스테레오 정합의 오류가 발생함을 알 수 있다. 이와 반대로 제안하는 기법은 밝기 변화에 강인하여, 깊이 정보를 정밀히 예측하고 있음을 확인할 수 있다.

### 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 3 차원 히스토그램 기반으로 밝기 변화에 강한 스테레오 정합 기법을 제안하였다. 제안하는 스테레오 정합 기법은 3 차원 히스토그램을 기반으로 순위 영상을 생성하기 때문에 밝기 변화에 민감하지 않는 장점이 있을 뿐만 아니라, EM 알고리즘을 기반으로 전경과 배경을 분리하여 수행하여 보다 지역적인 밝기 변화에 강한 성능을 보여준다. 다양한 실험을 통하여 본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 확인하였다.

### 5. 참고 문헌

[1] G. Buchsbaum, “A spatial processor model for object colour perception,” *Journal of the Franklin Institute*, vol. 310, pp. 1- 26, July 1980.

[2] G. D. Finlayson, B. Schiele, and J. L. Crowley, “Comprehensive colour image normalization,” in *Proc. ECCV*, June 1998, pp. 475- 490.

[3] P. E. Trahanias and A. N. Venetsanopoulos, “Color image enhancement through 3-d histogram equalization,” in *Proc. ICPR*, Aug. 1992, pp. 545- 548.

[4] I.-L. Jung, T.-Y. Chung, J.-Y. Sim, and C.-S. Kim, “Consistent stereo matching under varying radiometric conditions,” to appear in *IEEE Trans. Multimedia*, 2012.

[5] K. Y. Wong and M. E. Spetsakis, “Motion segmentation by EM clustering of good features,” in *Proc. IEEE CVPR*, Jun. 2004, pp. 166- 173.

[6] H. Hirschmuller and D. Scharstein, “Evaluation of stereo matching costs on images with radiometric differences,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 31, no. 9, pp. 1582- 1599, Sept. 2009.

[7] D. Scharstein and R. Szeliski, “A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms,” *Int. J. Comput. Vision*, vol. 47, pp. 7- 42, Apr. 2002.