

# 라이트필드 영상으로부터의 깊이지도 생성과 포인트 클라우드 기반 깊이지도 시각화

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

## Depth Estimation from Light-Field Image and Point Cloud-based Depth Map Visualization

Ji-Hun Mun, Yo-Sung Ho  
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)  
Electrical Engineering and Computer Science (EECS)

### 요 약

최근 많은 수의 라이트필드 카메라가 개인 또는 기관에서 연구를 위해 사용되고 있다. 특히, 라이트필드 영상으로부터 깊이지도 생성하는 방법에 대한 연구가 가장 활발하게 진행되고 있다. 하지만, 라이트필드 영상의 매우 좁은 기준선 거리 문제는 여전히 라이트필드 영상으로부터 깊이 지도를 생성하는데 있어 가장 큰 제약으로 남아있다. 본 논문에서는 스테레오 정합 비용을 정확하게 계산하기 위해 라이트필드 영상에 전단 이동기법을 적용하였다. 스테레오 정합 과정을 통해 생성된 정합 비용 볼륨의 값들을 합산하기 위해 가이드 영상 필터링 방법을 적용한다. 가이드 필터 수행 후 획득한 깊이지도에 남아있는 작은 홀 또는 오류 영역을 제거하기 위해 가중치가 적용된 중간 값 필터를 적용한다. 마지막으로, 최종적으로 획득된 깊이지도를 점군 정보를 이용하여 시각화 한다. 실험 결과를 통해 점군 정보를 이용하여 나타낸 깊이지도가 3차원 공간상에서 깊이 값에 따라 잘 표현되는 것을 확인하였다.

### 1. 서 론

컴퓨터 비전 분야에서 라이트필드 영상이 제공하는 가장 큰 장점은 라이트필드에 있는 마이크로 렌즈로부터 얻어지는 영상들을 사용할 수 있다는 것이다. 마이크로 렌즈 영상은 라이트필드 카메라의 주 렌즈가 다양한 각도로 받아들이는 광원 정보를 마이크로 렌즈가 분할하여 카메라 센서에 전달함으로써 얻게 되는 영상을 의미한다.

마이크로 렌즈 영상으로부터 깊이지도 생성하는 방법은 컴퓨터비전의 적용개발 분야에서 활발히 연구되고 있는 주제이다. Tao et al.은 흐려진 초점 영상과 일치점 정보를 이용하여 라이트필드 영상으로부터 깊이지도 생성하는 방법을 제안했다 [1]. 스테레오 정합을 수행하는데 있어 폐색영역은 양안시 영상과 라이트필드 영상을 사용할 때 항상 발생하는 문제이다. Wang et al.은 이러한 문제를 해결하기 위해 폐색영역 모델링 기반 라이트필드 영상 정합 방법을 제안했다 [2].

기존에 사용되었던 스테레오 정합 알고리즘을 라이트필드 영상에 적용할 경우 좁은 기준선 거리로 인해 문제가 발생한다. 좁은 기준선 거리는 라이트필드 카메라에 사용되는 마이크로 렌즈의 배열 때문에 발생한다.

본 논문에서는 마이크로 렌즈 영상에 전단 이동 방법을 적용하여 스테레오 정합 알고리즘을 적용한다. 비용 계산 함수를 거쳐 생성된 비용 볼륨은 가이드 영상 필터링을 통해 경계영역을 잘 보존하며 비용 값이 정제된다. 초기 깊이지도에 남아있는 홀 영역은 가중치를 이용한 중간 값

필터를 적용하여 제거한다. 생성된 깊이지도를 기하학적으로 분석하기 위해 점군 정보를 이용하여 3차원 공간상에서 나타낸다. 점군 정보를 통해 깊이지도를 관찰하면 생성된 깊이지도의 정확도를 심도 깊이에 따라 판단할 수 있다.

### 2. 라이트필드 영상의 깊이지도 생성 방법

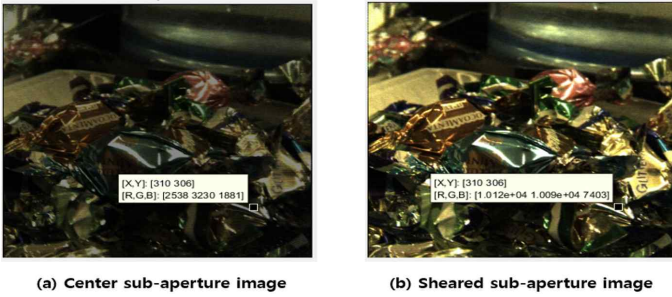
마이크로 렌즈 영상으로부터 깊이 지도를 생성하는 방법은 두 단계로 구성된다. 먼저, 기존의 스테레오 정합 알고리즘을 적용하기 위해 마이크로 렌즈 영상에 전단 이동 방법을 적용한다. 전단 이동된 마이크로 렌즈 영상을 입력 영상으로 사용하여 스테레오 정합 비용을 계산한다. 이로부터 획득한 비용 값 볼륨에 후처리 과정을 적용하여 최종 깊이지도 획득한다.

#### 2.1 마이크로렌즈 영상 전단 이동

마이크로렌즈 영상의 좁은 기준선거리 문제를 해결하기 위해 식 1과같이 전단 이동을 수행한다.

$$L_{\alpha}(x, y, u, v) = L(x + u(1 - \frac{1}{\alpha}), y + v(1 - \frac{1}{\alpha}), u, v) \quad (1)$$

식 1에서  $L$ 은 입력 라이트필드 영상을,  $L_{\alpha}$ 는 이동된 결과 영상을 나타낸다.  $\alpha$ 는 현재 초점이 맞춰진 마이크로 렌즈 영상과 재조정된 초점의 깊이 정보와의 비율을 의미한다.  $x$ 와  $y$ 는 공간좌표계를,  $u$ 와  $v$ 는 각좌표계를 나타낸다. 그림 1로부터 전단 이동된 영상과 입력 영상의 좌표가 같더라도 화소 값이 다른 것을 확인할 수 있다.



(그림 1) 마이크로렌즈 영상 전단 이동 전(a)과 후(b)



(그림 2) 마이크로렌즈 영상과 깊이 지도

2.2 스테레오 정합 비용 계산

마이크로렌즈 영상의 정합 비용을 계산하기 위해 SAD (sum of absolute differences)와 영상의 기울기 정보를 동시에 사용한다. 식 2는 최종 정합 비용 함수와 각 비용 값 계산 함수를 나타낸다.

$$C(x) = \alpha C_{SAD}(x) + (1 - \alpha) C_{Grad}(x)$$

$$C_{SAD}(x) = \sum_{u \in V} \sum_{v \in W} \operatorname{argmin}(|L(x, u) - L_\alpha(x, v)|)$$

$$C_{Grad}(x) = \sum_{u \in V} \sum_{v \in W} [\operatorname{argmin}(\Delta_x(L, L_\alpha, x, u)) + \operatorname{argmin}(\Delta_y(L, L_\alpha, x, u))]$$

식 2에서  $V$ 는 각 좌표계의 집합  $(u, v)$ 를 의미하며  $W$ 는 비용 계산에 사용되는 윈도우 크기를 나타낸다.  $\Delta_x$ 와  $\Delta_y$ 는 영상의  $x$ 와  $y$ 방향 기울기를 계산하여 얻을 수 있다.

식 2로부터 계산된 비용 값 볼륨에 가이드 영상 필터링을 적용하여 비용 값 합산을 수행한다. 가이드 영상 필터링은 객체의 경계영역을 잘 보존하며 비용 값 합산을 수행한다. 합산 후, WTA(winner-takes-all)알고리즘을 사용하여 최적의 비용 값을 선택한다. 최종 깊이 지도에 남아 있는 오류 정보는 가중치가 적용된 중간 값 필터를 적용하여 제거한다.

3. 깊이 지도 시각화

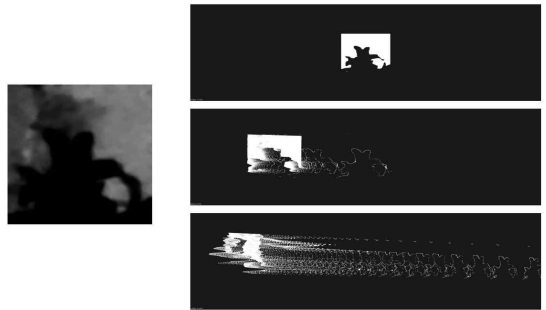
라이트필드 카메라를 이용하여 야외에서 촬영할 경우 비교를 위한 원본 깊이 지도를 얻을 수 없다는 문제점이 발생한다. 라이트필드 영상으로부터 생성된 깊이 지도의 정확성을 주관적으로 판단하기 위해 점군 데이터를 이용하여 깊이 지도를 3차원 공간상에 나타낸다.

점군 데이터를 통한 시각화 정보는 생성된 깊이 값들이 카메라 중심으로부터 어느 정도 떨어져있는지를 나타낸다. 또한 심도 깊이에 따라 점군 데이터로 표현되는 깊이 지도의 정확도가 변하게 된다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법의 결과를 증명하기 위해 Lytro 라이트필드 카메라(ver.1)로 촬영한 4개의 실험 영상을 사용하였다. 그림 2는 실험에 사용된 입력 영상과 그 깊이 지도들을 나타낸다. 기존의 스테레오 정합 알고리즘이 아직까지 라이트필드 영상의 스테레오 정합 과정에 완전히 부합되지 못하기 때문에 모든 객체의 깊이 값이 정밀하게 얻어지지 않았다.

생성된 깊이 지도를 바탕으로 점군 데이터를 이용하여 깊이 값을 3차원 공간상에 나타내었다. 그림 3은 점군 데이터의 시점을 조금씩 바꿔가며 관찰한 깊이 점군 데이터 결과를 보이고 있다. 실험 결과로부터 비록 깊이 지도가 2차원 평면으로 나타나지만 점군 데이터로 표현할 경우 서로 다른 깊이 값을 갖고 있음을 확인할 수 있었다.



(그림 3) 점군 데이터를 이용한 깊이 지도 시각화 결과

5. 결론

기존의 스테레오 정합 알고리즘을 라이트필드 영상에 적용하기 위해서는 마이크로렌즈 영상 이동 과정이 필요하다. 본 논문에서는 전단 이동기법을 사용하여 영상 이동을 수행하였고, 스테레오 정합 결과를 가이드 영상 필터를 통해 정제하였다. 또한 가중치를 이용한 중간 값 필터를 통해 잡음을 제거하였다. 마지막으로 점군 데이터를 이용하여 생성된 깊이 정보를 3차원 공간상에 시각화 하였다.

감사의 글

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

참고 문헌

[1] M.W. Tao, P. P. Srinivasan, J. Malik, S. Rusinikiewicz, and R. Ramamoorthi, "Depth from Shading, Defocus, and Correspondence using Light-field Angular Coherence," in *Proc. IEEE CVPR*, pp. 1940-1948, June 2015.

[2] T.C. Wang, A.A. Efros, and R. Ramamoorthi, "Depth Estimation with Occlusion Modeling using Light-field Cameras," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 38, no. 11, Nov. 2016.