

기울기 후보군 축소를 통한 라이트필드 EPI 기반 깊이 지도 획득 방법

문지훈, 호요성

광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

e-mail : {jhm, hoyo}@gist.ac.kr

Light Field EPI Depth Estimation Method via Slant Candidate Reduction

Ji-Hun Mun, Yo-Sung Ho

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

Electrical Engineering and Computer Science (EECS)

요약

3차원 객체 복원 또는 AR/VR 영상 콘텐츠를 생성하기 위해 텍스처 영상은 주로 깊이 지도와 함께 사용된다. 최근에는 스테레오 카메라나 다시점 카메라를 대신하여 라이트필드 카메라를 통해 획득한 영상을 다양한 어플리케이션에 적용하려는 시도가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 라이트필드 카메라로 촬영한 영상으로부터 생성된 EPI(Epipolar plane image)로부터 기울기 후보군을 축소하여 기존의 방법보다 빠르게 깊이 지도를 획득하는 방법을 제안한다. 라이트필드 영상으로부터 생성된 EPI는 일정한 기울기 패턴을 갖고 있다. 이러한 특성을 이용하여 각 EPI영상에 대해 경계 영역을 검출한 뒤 기울기 값에 대한 분포에 대한 정규화를 수행한다. 이 과정을 통해 EPI영상에서 탐색해야 할 기울기 범위를 효율적으로 줄일 수 있다. 감소된 탐색 영역으로부터 획득한 기울기 값으로부터 깊이 값을 계산하여 초기 깊이 지도를 생성한다. 생성한 깊이 지도에 나타나는 잡음영역과 작은 홀 영역을 제거하기 위해 양방향 필터를 적용하여 최종 깊이 지도를 생성한다.

1. 서론

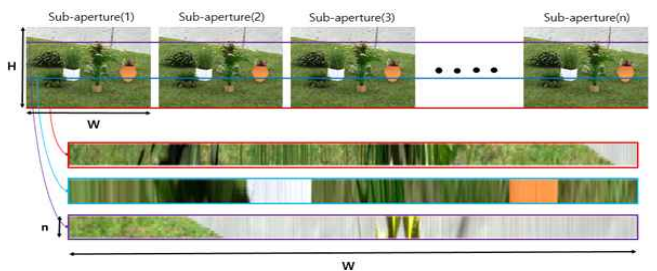
2000년도 초반 3D TV에 대한 관심이 증가하고 시장 확장됨에 따라 다양한 3차원 영상 생성 및 복원 기술들이 개발되었다. 하지만 3D TV가 갖는 시각적 한계와 물리적 제약으로 인해 3D TV의 관심이 급격히 감소하게 되었다. 최근에는 현실의 상황에 적용하여 만든 영상 콘텐츠인 증강현실 (Augmented reality, AR)과 가상의 현실에서 만들어진 영상인 가상현실 (Virtual reality VR)에 대한 관심이 높아지고 있다. 기존의 3차원 영상이나 AR/VR기술 모두 색상 영상과 깊이 정보를 동시에 사용하여 콘텐츠를 제작한다는 특징을 가지고 있다. 촬영된 영상으로부터 깊이 지도를 생성하기 위해 일반적으로 스테레오 정합[1] 알고리즘을 사용한다. 하지만 이 방법은 초다시점 영상이나 카메라 배열구조를 통해 획득한 영상으로부터 깊이 값을 얻기 위해 많은 시간을 필요로 한다는 단점이 있다.

라이트필드 카메라는 초다시점 및 다시점 카메라 배열을 사용하여 촬영하는 대신, 단일 카메라에 포함된 마이크로 렌즈를 통해 다시점 카메라로 촬영한 것과 동일한 영상을 얻을 수 있다. 기존 카메라 시스템에서 수행된 것과 마찬가지로 깊이 지도를 획득하는 방법은 가장 중요하고 많은 관심을 받고 있는 분야 중 하나이다.

2. 라이트필드 EPI로부터의 깊이 지도 획득

라이트필드 영상은 마이크로렌즈 배열로 인해 이웃한 시점 간 영상의 거리가 매우 가깝다. 이러한 이유로 인해 기존의 스테레오 정합 알고리즘을 사용할 경우 부정확한

깊이 값을 갖게 되는 단점을 가지고 있다. 기존의 스테레오 정합 알고리즘을 사용하는 대신 라이트필드 영상의 특성을 이용하기 위해 라이트필드 EPI 데이터를 생성한다. 라이트필드 EPI는 그림 1과 같이 라이트필드 sub-aperture영상들의 행에 대한 좌표를 고정 시킨 뒤 화소들을 쌓아 올린 영상을 의미한다.



(그림 1) 라이트필드 EPI

라이트필드 EPI로부터 깊이 값을 획득하는 방법은 그림 2에 나타나 있다. Sub-aperture시점의 변화량(Δx)과 시점의 변화에 따른 화소의 변화량(Δs)에 대한 비율로부터 깊이 값(Z)을 알 수 있다. 즉, 라이트필드 EPI에서 깊이 값은 영상이 갖는 기울기 값과 동일함을 알 수 있다.



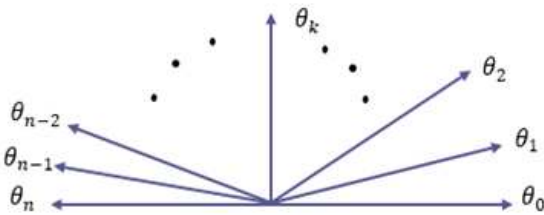
(그림 2) 라이트필드 EPI로부터의 깊이 값 획득 방법

$$Z = -f \frac{\Delta s}{\Delta x} \quad (1)$$

식 (1)에서 f 는 카메라 초점 거리를 나타내며 라이트필드 EPI로부터 깊이 값을 찾기 위해서는 EPI가 갖는 정확한 기울기 값을 알아야 한다.

3. 기울기 탐색 후보군 축소

라이트필드 EPI영상이 갖는 기울기 값들을 찾기 위해 그림 3과 같이 $0^\circ \sim 180^\circ$ 범위 내에서 최적의 기울기를 탐색하며 식 (2)를 이용하여 최소의 비용 값을 갖는 기울기를 찾는다.

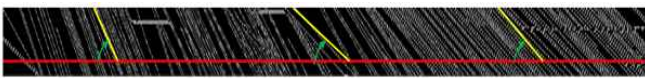


(그림 3) EPI기울기 탐색 범위

식 (2)에서 E 는 EPI영상을, $E_{x,y}$ 는 x 와 y 방향의 기울기를 의미하며 P 는 현재 화소 값을 나타낸다.

$$C(E, P) = \sum_{P_n \in N(\theta)} (1 - \alpha) |E(P_n) - E(P)| + \alpha |E_{x,y}(P_n) - E_{x,y}(P)| \quad (2)$$

모든 기울기 후보들에 대해 비용 값을 계산할 경우 높은 시간복잡도문제가 발생하기 때문에 후보군을 줄이는 방법을 통해 빠르게 깊이 지도를 생성한다. 그림 1에 나타나 있듯이 각 라이트필드 EPI는 유사한 기울기 패턴을 가지고 있다. 이러한 특성에 착안하여 제안하는 방법은 후보군을 줄이기 위해 그림 4와 같이 EPI의 경계영역 정보로부터 기울기 패턴의 분포를 찾아낸다. 각 EPI는 유사한 기울기 값들의 분포를 갖기 때문에 정규화를 통해 기울기 탐색 범위의 신뢰성을 높인다.



(그림 4) 라이트필드 EPI 경계영역으로부터 기울기 패턴 검출

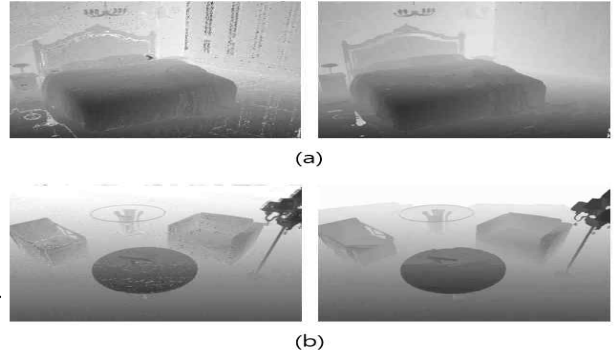
줄어든 기울기 탐색 범위로부터 초기 깊이 지도를 생성하면 그림 5와 같이 잡음이 포함된 결과를 얻게 된다. 이러한 잡음 영역을 제거하기 위해 양방향 필터를 적용하여 최종 깊이 지도를 생성하게 된다.



(그림 5) 초기 깊이 지도 및 잡음 영역

4. 실험 결과

제안하는 방법의 성능을 검증하기 위해 CG로 만들어진 라이트필드 영상을 사용했다. 이 영상들은 ground truth 정보도 제공하기 때문에 제안한 방법과 기존의 방법에 대한 정량적 성능은 BPR(bad pixel rate)값을 통해 얻을 수 있었다.



(그림 6) 제안한 방법(좌)과 기존의 방법[3](좌)의 깊이 지도

그림 6은 제안한 방법과 기존의 방법을 통해 획득한 깊이 지도를 나타내고 있으며 두 가지 방법 모두 잡음과 홀영역을 제거하기 위해 양방향 필터를 적용하였다. 실험 결과로부터 제안한 방법의 깊이 지도 정확성이 기존의 방법에 비해 낮은 것을 확인할 수 있다. 표 1은 제안한 방법과 기존 방법의 BPR과 수행 시간을 비교한 결과를 나타낸다. 표 1로부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 빠른 수행 속도를 가짐을 확인할 수 있다.

		제안한 방법	기존의 방법
Sequence (a)	BPR	13.8(%)	13.2(%)
	Time	281(sec)	687(sec)
Sequence (b)	BPR	12.2(%)	11.9(%)
	Time	310(sec)	782(sec)

5. 결론

본 논문에서는 라이트필드 EPI 영상으로부터 빠르게 깊이 지도를 획득하기 위해 축소된 기울기 후보군에서 EPI의 기울기를 찾는 방법을 제안하였다. 실험 결과로부터 제안한 방법이 기존의 방법보다 빠르게 깊이 지도를 생성하는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

[1] Q. Yang, P. Ji, D. Li, S. Yao, and M. Zhang, "Fast Stereo Matching using Adaptive Guided Filtering," *Image and Vision Computing*, vol. 32, no. 3, pp. 202-211, March 2014.

[2] Y. Zhang, H. Lv, Y. Liu, H. Wang, X. Wang, Q. Huang, X. Xiang, and Q. Dai, "Light-Field Depth Estimation via Epipolar Plane Image Analysis and Locally Linear Embedding," *TCSVT*, vol. 27, no. 4, April 2017.