

4D Light-Field에서 고해상도 합성 조리개 영상 취득 기법

손기원, 박인규
 인하대학교 정보통신공학과
 kiwonshon86@gmail.com, pik@inha.ac.kr

초록: 본 논문에서는 보급형 light-field 카메라인 LYTRO 에서 취득한 light-field 영상을 이용한 합성 조리개 영상의 해상도 향상 기법을 제안한다. 기존의 light-field 영상의 합성 조리개 영상 취득 기법을 분석하여 해상도 저하 원인을 제시하고, 이를 극복하기 위한 해상도 향상기법을 제안한다. 실험결과, 제안하는 기법을 이용하여 기존 합성 조리개 영상의 3 배의 해상도를 가지는 고해상도의 합성 조리개 영상이 취득됨을 보였다.

주제어: Light-field, Super-resolution, Lenslet array, Synthetic aperture image

I. 서론

Light-field 영상 기술은 여러 방향의 빛을 기록하는 기술로서 기존의 한 방향의 빛의 세기만을 기록하는 사진 기술의 한계를 극복할 새로운 기술로 주목 받아왔다. 초기 Light-field 기술은 수많은 카메라를 사용하는 카메라 배열을 사용해야만 하는 light-field 취득 방식의 단점으로 인해 접근이 어려운 기술이었다. 그러나 Ng[1]이 고안한 소형렌즈 배열(lenslet-array)방식의 등장으로 한 대의 카메라로 light-field 영상을 취득할 수 있게 되었다. 이는 휴대성과 편리성이 증대된 보급형 light-field 카메라인 LYTRO[2]의 출시와 light-field 영상에 대한 활발한 연구로 이어지게 되었다. 소형렌즈 배열 기반의 Light-field 카메라는 합성 조리개(synthetic aperture) 영상을 통해 사진을 촬영한 후에도 얼마든지 초점을 바꿀 수 있지만, 기존의 카메라에 비해 해상도가 낮다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 소형렌즈 배열 기반의 light-field 영상이 해상도가 낮은 원인을 분석하고 이를 극복하여 향상된 해상도를 가진 합성 조리개 영상 취득 기법을 제안한다.

II. 기존의 Light-Field 렌더링 기법

기존의 소형렌즈 배열 기반의 light-field 렌더링 기법[1]은 소형렌즈 배열을 카메라 센서에 설치하는 방식으로 light-field 영상 $L(x,y,u,v)$ 을 촬영한다. 여기서 x, y 는 각 소형렌즈에 의해 기록된 화소의 좌표이며, u, v 는 각 소형렌즈의 좌표이다. 기존의 기법으로 특정 초점거리 aF 에 대한 합성조리개 영상을 취득하기 위한 식은 다음과 같다.

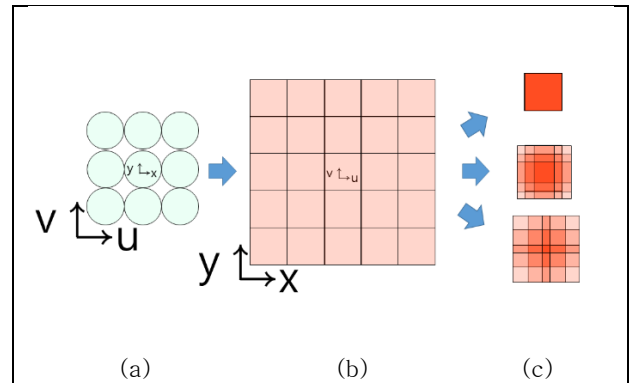


그림 1. 기존의 합성 조리개 영상 취득 기법 (a) light-field 영상 (b) 보조 조리개 영상 (c) 합성 조리개 영상

$$E_{(aF)}(x', y') = \frac{1}{a^2 F^2} \iint L_F(u(1 - \frac{1}{a}) + \frac{x'}{a}, v(1 - \frac{1}{a}) + \frac{y'}{a}, u, v) dudv \quad (1)$$

위 식에서 light-field 함수 L_F 의 앞의 두 성분은 각 소형렌즈가 기록한 각해상도(angular resolution)만큼의 여러 위치에서 기록된 빛이므로 초점거리에 따라 이동 및 합성을 통해 새로운 초점거리에 대한 합성 조리개 영상을 생성하게 된다. 또한 나머지 두 성분은 합성조리개 영상의 공간해상도(spatial resolution)가 되며, 이는 합성조리개 영상의 공간해상도는 각 소형렌즈의 개수와 동일하다는 것을 의미한다. 즉 기존의 light-field 렌더링 기법은 그림 1과 같이 light-field로부터 각 해상도 xy 개수만큼의 해상도 uv 인 보조 조리개 영상을 취득하고 각 보조 조리개 영상을 이동 및 합성하여 합성 조리개 영상을 생성하는 기법이다. 그러므로 기존의 light-field 렌더링 기법에서 합성 조리개 영상의 해상도를 높이는 유일한 방법은 소형렌즈의 개수를 증가시켜 공간해상도를 늘리는 것이다.

III. 고해상도 Light-Field 렌더링 기법

본 절에서는 소형렌즈 개수에 의해 공간해상도가 결정되는 기존 light-field 렌더링 기법의 한계를 극복하기 위해 각해상도와 공간해상도를 교환하는 기법과 좌표계 문제점에 대한 해결방법을 제시한다.

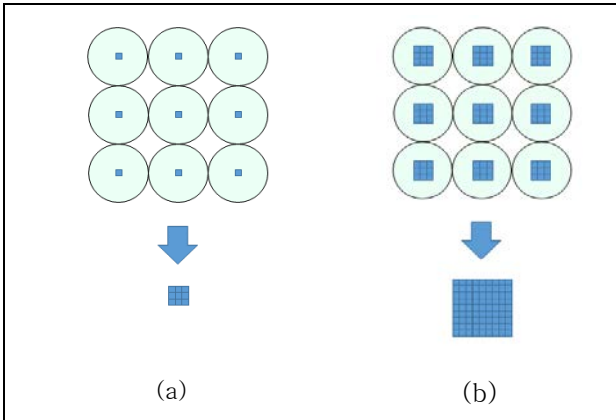


그림 2. 공간해상도 향상을 위한 보조 조리개 영상 취득 기법 (a) 기존 기법 (b) Full resolution lightfield rendering

1. 공간해상도 향상

본 논문에서는 light-field 합성 조리개 영상의 해상도 향상을 위해 Full resolution lightfield rendering[3] 기법을 사용하였다. 이 기법은 보조 조리개 영상을 취득하기 위해 각 소형렌즈 영상에서 한 화소씩 취득하는 기존의 기법과 달리, 하나의 소형렌즈 영상에서 정사각형 모양의 화소묶음을 취득하여 공간해상도가 향상되는 기법이다. 이 기법을 통해 보조 조리개 영상 및 합성 조리개 영상의 각해상도를 희생하여 향상된 공간해상도를 취득할 수 있다.

2. 좌표계 보정

식(1)의 좌표계가 서로 직교하는 반면 LYTRO의 소형렌즈는 육각 격자모양으로 배열되어 있기 때문에 각해상도와 공간해상도를 교환한 보조 조리개 영상 및 합성 조리개 영상은 그림3과 같은 결함이 발생한다.

이를 해결하기 위해 그림4와 같이 각 소형렌즈에서 취득한 화소묶음을 정사각형 모양이 아닌 원형 모양의 묶음으로 취득하고, 이를 서로 합칠 때 직교 좌표계에서 육각 격자 좌표계로 변환하는 방식으로 보조 조리개 영상을 취득한다.

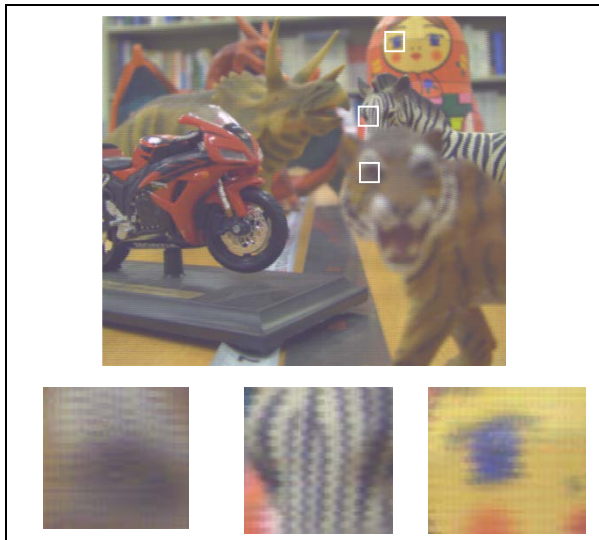


그림 3. 좌표계 불일치로 인한 결함

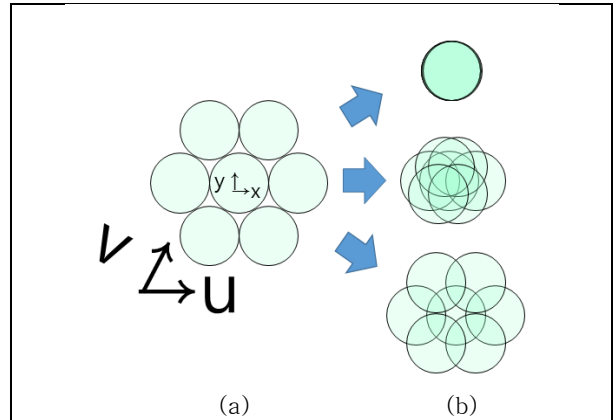


그림 4. 좌표계 보정을 위한 합성 조리개 영상 취득 기법 (a) light-field 영상 (b) 합성 조리개 영상

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 확인하기 위해 LYTRO카메라로 취득한 light-field 영상을 이용하여 각각 기존의 light-field 렌더링 기법과 제안하는 기법을 사용하여 합성 조리개 영상을 취득하였다. 그 결과 그림 5와 같이 가로, 세로축을 기준으로 각각 3배씩 향상된 합성 조리개 영상을 생성하였다.

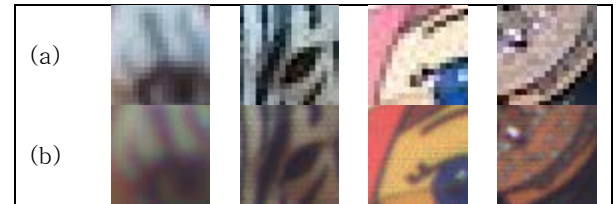


그림 5. 결과 영상 (a) 기존 light-field 렌더링 기법 (b) 제안하는 기법

V. 결론

본 논문에서는 light-field카메라로 취득한 합성조리개 영상의 해상도 향상 기법을 제시하였다. 각해상도와 공간해상도의 교환을 통해 기존의 합성 조리개 취득 기법과 비교하여 합성조리개 영상의 해상도가 3배 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2013R1A2A2A01069181).

참고문헌

[1] R. Ng *et al.*, "Light field photography with a hand-help plenoptic camera," Stanford Univ. Computer Science Technical Report, Feb. 2005.
 [2] <http://www.lytro.com>
 [3] A. Lumsdaine and T. Georgiev, "Full resolution lightfield rendering," Indiana Univ. and Adobe Systems Technical Report, 2008.