



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0022736
(43) 공개일자 2017년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04N 13/00 (2016.01)

(52) CPC특허분류

H04N 13/0003 (2013.01)

H04N 13/0007 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0118114

(22) 출원일자 2015년08월21일

심사청구일자 2015년08월21일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

박인규

인천광역시 연수구 원인재로 180, 216동 605호 (연수동, 연수우성2차아파트)

이승재

인천광역시 서구 청라커널로 232, 409동 105호 (경서동, 청라LH휴먼시아)

(74) 대리인

특허법인 무한

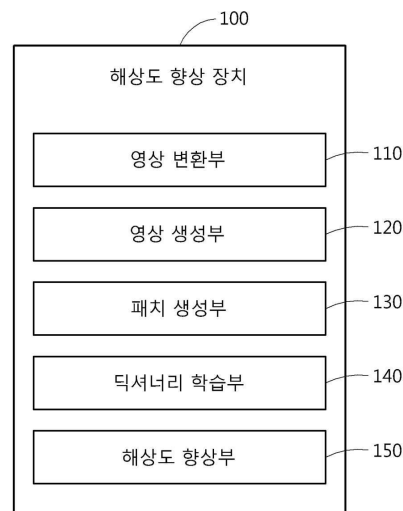
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 딥서너리 학습 기반 해상도 향상 장치 및 방법

(57) 요약

딥서너리 학습 기반 해상도 향상 장치 및 방법이 개시된다. 해상도 향상 방법은 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의하고, 상기 초기 고해상도 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드(light field) 영상으로 변환하는 단계; 상기 변환된 고해상도 4차원 라이트 필드 영상보다 낮은 해상도를 가지는 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성하는 단계; 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 이용하여 각각 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 단계; 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딥서너리(dictionary)를 학습하는 단계; 및 상기 학습된 딥서너리를 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04N 13/0018 (2013.01)

H04N 13/0029 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF- 2013R1A2A2A01069181

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 계산광학 기반의 초(超)영상 취득/처리/이해 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2014.12.01 ~ 2015.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의하고,
 상기 초기 고해상도 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드(light field) 영상으로 변환하는 단계;
 상기 변환된 고해상도 4차원 라이트 필드 영상보다 낮은 해상도를 가지는 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성하는 단계;
 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 이용하여 각각 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 단계;
 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딕셔너리(dictionary)를 학습하는 단계; 및
 상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계를 포함하는 해상도 향상 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 단계는,
 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 구성하는 부조리개 영상들에 대해 공간 도메인(spatial domain)에서 동일한 위치에 존재하는 패치들의 집합을 생성하는 단계; 및
 상기 생성된 패치들의 집합을 열 벡터의 형태로 저장하여 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 추출하는 단계를 포함하는 해상도 향상 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 학습하는 단계는,
 상기 생성된 4차원의 저해상도 패치에 군집화 연산을 적용하는 단계;
 상기 군집화 연산을 적용하여 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터를 추출하는 단계;
 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수(regression coefficient)를 확인하는 단계; 및
 상기 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터 및 회귀 계수를 딕셔너리의 구성 요소로 저장하는 단계를 포함하는 해상도 향상 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계는,
 상기 타겟 영상의 4차원 패치 벡터를 추출하는 단계;
 상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 상기 추출된 4차원 패치 벡터에 대응하는 4차원 중심 벡터를 가진 군집을 결

정하는 단계; 및

상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수를 이용하여 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계를 포함하는 해상도 향상 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계는,

상기 타겟 영상을 복수의 영역으로 균등 분할하는 단계;

상기 균등 분할된 복수의 영역에 대하여 각각 해상도를 향상시키는 단계; 및

상기 해상도가 향상된 복수의 영역을 병합하여 고해상도의 타겟 영상을 복원하는 단계

를 포함하는 해상도 향상 방법.

청구항 6

마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의하고,

상기 초기 고해상도 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드(light field) 영상으로 변환하는 영상 변환부;

상기 변환된 고해상도 4차원 라이트 필드 영상보다 낮은 해상도를 가지는 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성하는 영상 생성부;

상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 라이트 필드 영상을 이용하여 각각 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 패치 생성부;

상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딕셔너리(dictionary)를 학습하는 딕셔너리 학습부; 및

상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 해상도 향상부

를 포함하는 해상도 향상 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 패치 생성부는,

상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 구성하는 부조리개 영상들에 대해 공간 도메인(spatial domain)에서 동일한 위치에 존재하는 패치들의 집합을 생성하고, 상기 생성된 패치들의 집합을 열 벡터의 형태로 저장하여 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 추출하는 해상도 향상 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 딕셔너리 학습부는,

상기 생성된 4차원의 저해상도 패치에 군집화 연산을 적용하고, 상기 군집화 연산을 적용하여 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터를 추출하며, 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수(regression coefficient)를 확인하고, 상기 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터 및 회귀 계수를 딕셔너리의 구성 요소로 저장하는 해상도 향상 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 해상도 향상부는,

상기 타겟 영상의 4차원 패치 벡터를 추출하고, 상기 학습된 딥서너리를 이용하여 상기 추출된 4차원 패치 벡터에 대응하는 4차원 중심 벡터를 가진 군집을 결정하며, 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수를 이용하여 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 해상도 향상 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 해상도 향상부는,

상기 타겟 영상을 복수의 영역으로 균등 분할하고, 상기 균등 분할된 복수의 영역에 대하여 각각 해상도를 향상시키며, 상기 해상도가 향상된 복수의 영역을 병합하여 고해상도의 타겟 영상을 복원하는 해상도 향상 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 딥서너리 학습 기반 해상도 향상 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 4차원 라이트 필드(Light field) 영상에 적합한 딥서너리 학습 기반의 초해상도(Superresolution) 알고리즘을 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 공간상에서 여러 방향으로 진행하는 빛의 양을 취득하여 생성한 4차원 라이트 필드 영상은 기존의 2차원 영상에 비해 광선의 방향 정보를 추가로 포함하고 있다. 그러므로 4차원 라이트 필드 영상은 이러한 정보들을 활용하여 재초점 영상, 3차원 깊이 정보 추정 등 다양한 영상처리를 수행할 수 있다. 라이트 필드 영상의 정보는 기존 2차원 영상이 가지는 공간 도메인(spatial domain)의 해상도를 가지는 동시에 방향의 정보를 가지는 각 도메인(angular domain)의 해상도를 가진다. 그러나 이러한 특성 때문에 라이트 필드 영상의 가장 큰 단점이 발생한다. 즉, 영상 취득 단계에서 4차원의 정보를 2차원의 센서로 취득하므로 라이트 필드 영상은 공간 도메인의 해상도와 각 도메인의 해상도 사이의 상호 관계(trade-off)로 인한 해상도의 제약이 존재한다. 이러한 상호관계는 렌즈 개수 및 렌즈 크기가 제한적인 상용 라이트 필드 취득 장비에서 해상도의 감소를 유발하게 된다. 즉, 제한된 정보량에서 각 도메인의 해상도가 증가하면 필연적으로 공간 도메인의 해상도가 감소하게 되는 것이다. 이는 재초점 영상, 3차원 깊이 정보 추정 등 다양한 응용 프로그램에서의 사용자 만족도를 낮추는 원인이 된다.

[0003] 이러한 문제를 해결하기 위한 해상도 향상 알고리즘 중 초해상도 알고리즘은 일반적인 선형 보간 기법에 비해 수행 시간은 좀 더 오래 소요되지만 정확도 및 정밀도가 높다는 장점을 가진다. 이러한 2차원 영상에서의 초해상도 알고리즘은 크게 두 가지 형태로 나뉜다. 첫 번째는 복수의 영상을 이용하여 한 장의 영상에서 해상도를 향상시키는 복수 영상 기반의 초해상도 알고리즘이고, 두 번째는 단일 입력 영상과 딥서너리에 학습을 통해 저장되어 있는 정보를 이용하여 입력 영상의 해상도를 향상시키는 단일 영상 기반의 초해상도 알고리즘이다.

[0004] 본 발명에서는 다수의 영상을 이용하여 한 장의 해상도 향상을 수행하지 않고, 라이트 필드 영상의 각 보조 영상들 각각의 해상도를 향상 시켜 향후 다양한 분야에 응용하기 위해 단일영상 기반 초해상도 알고리즘을 제안하고자 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 4차원 라이트 필드 영상에 적합한 딥서너리 학습 기반의 초해상도 알고리즘을 이용함으로써 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 방법은 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의하고, 상기 초기 고해상도 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드(light field)

영상으로 변환하는 단계; 상기 변환된 고해상도 4차원 라이트 필드 영상보다 낮은 해상도를 가지는 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성하는 단계; 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 이용하여 각각 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 단계; 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딕셔너리(dictionary)를 학습하는 단계; 및 상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 단계는 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 구성하는 부조리개 영상들에 대해 공간 도메인(spatial domain)에서 동일한 위치에 존재하는 패치들의 집합을 생성하는 단계; 및 상기 생성된 패치들의 집합을 열 벡터의 형태로 저장하여 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 학습하는 단계는 상기 생성된 4차원의 저해상도 패치에 군집화 연산을 적용하는 단계; 상기 군집화 연산을 적용하여 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터를 추출하는 단계; 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수(regression coefficient)를 확인하는 단계; 및 상기 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터 및 회귀 계수를 딕셔너리의 구성 요소로 저장하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계는 상기 타겟 영상의 4차원 패치 벡터를 추출하는 단계; 상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 상기 추출된 4차원 패치 벡터에 대응하는 4차원 중심 벡터를 가진 군집을 결정하는 단계; 및 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수를 이용하여 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 단계는 상기 타겟 영상을 복수의 영역으로 균등 분할하는 단계; 상기 균등 분할된 복수의 영역에 대하여 각각 해상도를 향상시키는 단계; 및 상기 해상도가 향상된 복수의 영역을 병합하여 고해상도의 타겟 영상을 복원하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 장치는 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의하고, 상기 초기 고해상도 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드(light field) 영상으로 변환하는 영상 변환부; 상기 변환된 고해상도 4차원 라이트 필드 영상보다 낮은 해상도를 가지는 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성하는 영상 생성부; 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 이용하여 각각 4차원의 고해상도 패치(HR patch) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)를 생성하는 패치 생성부; 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딕셔너리(dictionary)를 학습하는 딕셔너리 학습부; 및 상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 해상도 향상부를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 패치 생성부는 상기 고해상도 4차원 라이트 필드 영상 및 상기 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 구성하는 부조리개 영상들에 대해 공간 도메인(spatial domain)에서 동일한 위치에 존재하는 패치들의 집합을 생성하고, 상기 생성된 패치들의 집합을 열 벡터의 형태로 저장하여 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 추출할 수 있다.

[0013] 상기 딕셔너리 학습부는 상기 생성된 4차원의 저해상도 패치에 군집화 연산을 적용하고, 상기 군집화 연산을 적용하여 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터를 추출하며, 상기 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수(regression coefficient)를 확인하고, 상기 결정된 군집에 대응하는 4차원 중심 벡터 및 회귀 계수를 딕셔너리의 구성 요소로 저장할 수 있다.

[0014] 상기 해상도 향상부는 상기 타겟 영상의 4차원 패치 벡터를 추출하고, 상기 학습된 딕셔너리를 이용하여 상기 추출된 4차원 패치 벡터에 대응하는 4차원 중심 벡터를 가진 군집을 결정하며, 상기 결정된 군집에 대응하는 회귀 계수를 이용하여 상기 타겟 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다.

[0015] 상기 해상도 향상부는 상기 타겟 영상을 복수의 영역으로 균등 분할하고, 상기 균등 분할된 복수의 영역에 대하여 각각 해상도를 향상시키며, 상기 해상도가 향상된 복수의 영역을 병합하여 고해상도의 타겟 영상을 복원할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 일실시예에 의하면, 4차원 라이트 필드 영상에 적합한 딕셔너리 학습 기반의 초해상도 알고리즘을 이

용함으로써 타겟 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 장치를 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 상용 라이트 필드 카메라를 통해 취득한 원 데이터를 4차원 라이트 필드 영상으로 변환한 결과를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 생성하는 흐름도를 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 딥서너리 학습 과정을 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 딥서너리의 해상도와 타겟 영상의 해상도를 통일하기 위하여 타겟 영상을 분할하는 방법을 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 타겟 영상에 후처리 알고리즘을 적용하여 해상도를 향상시킨 예를 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 타겟 영상에 적용된 후처리 알고리즘의 방법을 도시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 공간 도메인에서의 해상도 향상 결과를 도시한 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 다양한 환경에서 촬영된 4차원 라이트 필드 영상을 도시한 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 결과의 정성적 예를 도시한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 방법을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 장치를 도시한 도면이다.
- [0020] 해상도 향상 장치(100)는 영상 변환부(110), 영상 생성부(120), 패치 생성부(130), 딥서너리 학습부(140), 및 해상도 향상부(150)으로 구성될 수 있다. 영상 변환부(110)는 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 실세계의 다양한 입력 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드 영상으로 변환할 수 있다. 이 때, 영상 변환부(110)가 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 실세계의 다양한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의할 수 있다.
- [0021] 마이크로 렌즈 배열 방식의 상용 라이트 필드 카메라는 메인 렌즈를 통해 들어오는 광선들을 소형 렌즈 배열에 통과시켜 빛의 방향 별로 센서의 서로 다른 위치에 기록할 수 있다. 이를 통해 상용 라이트 필드 카메라는 도 2의 (a)와 같이 직접 사용할 수 없는 초기 데이터 형태로 영상을 저장할 수 있다. 도 2의 (a)를 확대하여 보면 작은 마이크로 영상의 집합으로 구성된 것을 확인할 수 있다. 따라서 도 2의 (a)와 같은 원 데이터를 실험에 적합하도록 좌표계를 변환해주는 과정이 필요할 수 있다.
- [0022] 이를 위하여 영상 변환부(110)는 도 2의 (a)와 같은 원 데이터의 색 정보를 보정하고, 빛을 방향 별로 분류하여 직접적으로 사용이 가능한 부조리개 영상(sub-aperture image)들을 생성할 수 있다. 이후, 영상 변환부(110)는 4차원 영상의 표현을 위하여 도 2의 (b)와 같이 각각의 부조리개 영상들을 각 도메인(angular domain) 별로 정리된 하나의 영상으로 합쳐 4차원의 라이트 필드 영상을 만들고 이를 이용하여 초해상도 알고리즘을 개발할 수 있다. 본 발명에서는 각 도메인(angular domain)의 좌표계는 u, v 로, 공간영역의 좌표계는 x, y 로 표기하기로 한다.
- [0023] 영상 생성부(120)는 영상 변환부(110)를 통해 획득한 고해상도 4차원 라이트 필드 영상을 공간 도메인(spatial domain)과 각 도메인(angular domain)으로 모두 절반씩 해상도를 낮춰 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성할 수 있다.
- [0024] 패치 생성부(130)는 도 3과 같이 4차원 라이트 필드 영상(330, 340)을 이용하여 4차원의 고해상도 패치(HR patch)(350) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)(360)를 각각 생성할 수 있다. 본 발명에서는 4차원의 라이트 필드 영상을 구성하는 공간 도메인의 해상도와 각 도메인의 해상도를 모두 향상시키는 것이 목적이므로 패치

(patch)는 공간 도메인의 정보와 각 도메인의 정보가 모두 포함된 4차원 구조로 생성될 수 있다.

[0025] 패치 생성부(130)는 4차원 라이트 필드 영상(330, 340)을 구성하는 복수의 부조리개 영상에 대해 공간 도메인에서 동일한 위치에 존재하는 2차원 패치들의 집합을 생성할 수 있다. 또한, 패치 생성부(130)는 생성된 패치들의 집합을 향후 복원단계에서 수학적인 연산이 용이하도록 열 벡터의 형태로 저장하여 4차원의 고해상도 패치(350) 및 4차원의 저해상도 패치(360)를 추출할 수 있다.

[0026] 딕셔너리 학습부(140)는 패치 생성부(130)에서 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딕셔너리(dictionary)를 학습할 수 있다.

[0027] 상용 라이트 필드 카메라로 취득한 실세계의 다양한 입력 영상을 바탕으로 생성된 4차원의 고해상도 패치와 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 두 패치간의 관련성을 정의하고 이를 초해상도 복원 단계에 적용시키기 위하여 효율적인 딕셔너리의 구성 및 학습 알고리즘이 필요할 수 있다. 이 때 실세계의 다양한 입력 영상들에 대해 다양한 영상 좌표에서 패치를 생성하므로 매우 방대한 양의 패치가 존재할 수 있다. 그러나 이를 모두 이용하면 반복적인 패치와 의미 없는 패치 등으로 인하여 처리 속도 및 메모리 사용량에 있어서 비효율적이 될 수 있다.

[0028] 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 딕셔너리의 구성 및 학습 단계에서 K-평균 군집화(K-means clustering) 알고리즘을 이용하여 유사한 패치들을 하나의 군집으로 묶어 처리하는 방법을 제공한다. K-평균 군집화 알고리즘은 군집할 데이터의 양이 작거나 데이터의 종류가 한정적이라면 좋은 결과를 기대하기 어려우므로 다양한 환경에서 취득된 다수의 영상으로 딕셔너리의 구성 및 학습을 수행한다.

[0029] 딕셔너리 학습 단계는 도 4와 같이 구성될 수 있다. 딕셔너리 학습부(140)는 패치 생성부(130)에서 생성된 4차원의 저해상도 패치들을 K-평균 군집화 알고리즘(410)의 입력 벡터로 사용하고 반복적인 군집화 연산을 통하여 K개의 군집과 이에 해당하는 중심 벡터(cluster center)(420)들을 추출할 수 있다. 또한 각 군집에 속해있는

l_i 개의 4차원의 저해상도 패치 벡터들을 이용하여 행렬 $L_i (\in \mathbb{R}^{m \times l_i})$ 을 구성하고, 마찬가지로 4차원의 고해상도 패치 벡터들을 이용하여 행렬 $H_i (\in \mathbb{R}^{n \times l_i})$ 을 구성할 수 있다. 여기서 i 는 군집의 색인을 의미하며 n 과 m 은 각각 4차원의 고해상도 패치 벡터와 4차원의 저해상도 패치 벡터의 차원을 의미한다. 마지막으로 저해상도 패치 행렬과 고해상도 패치 행렬의 선형 근사를 아래와 같은 식 1과 같이 최소 자승법으로 수행하여 회귀 계수(regression coefficient)(430) 행렬 $C^*_i (\in \mathbb{R}^{n \times m})$ 을 구할 수 있다.

[0030] 식 1

$$C^*_i = \underset{C}{\operatorname{argmin}} \| H - CL \|^2$$

[0031]

[0032] 이후, 딕셔너리 학습부(140)는 각각의 군집에 대한 중심 벡터(420)와 해당 군집의 회귀 계수(430)를 함께 딕셔너리(440)의 구성 요소로 저장할 수 있다. 이때, 저장되는 각각의 군집에 대한 중심 벡터(420)는 향후 타겟 영상에 대한 4차원의 저해상도 패치와 비교되고, 회귀 계수(430)는 비교 후 타겟 영상의 해상도를 향상시키기 위하여 사용될 수 있다.

[0033] 해상도 향상부(150)는 딕셔너리 학습부(140)를 통해 학습된 딕셔너리(440)를 이용하여 타겟 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다. 본 발명의 해상도 향상 장치(100)는 상용 라이트 필드 카메라로 취득한 고해상도 4차원 라이트 필드 영상을 공간 도메인 및 각 도메인에 대하여 각각 해상도를 절반씩 감소시켜 저해상도 4차원 라이트 필드 영상으로 변환하고, 이를 이용하여 4차원의 저해상도 패치를 생성하였다. 그러나 본 발명에서는 상용 라이트 필드 카메라로 취득한 타겟 영상의 해상도를 향상시키는 것을 목표로 하므로, 딕셔너리 학습부(140)에서 사용된 해상도와 해상도 향상부(150)에서 사용하는 해상도가 상이한 문제가 발생한다. 따라서, 본 발명에서는 하나의 영상에는 같은 특징이라도 다양한 스케일의 특징이 존재하고 특정 스케일에 대해 4차원의 저해상도 패치와 4차원의 고해상도 패치를 학습하더라도 다른 스케일에 대해 이 학습이 여전히 유효한 경우가 많다는 추론에 근거하여 알고리즘을 설계하였다.

[0034] 이를 위하여 해상도 향상부(150)는 타겟 영상을 복수의 영역으로 균등 분할할 수 있다. 즉, 딕셔너리 학습 결과를 타겟 영상의 해상도 향상에 이용하기 위하여 영상 분할을 통해 타겟 영상의 해상도가 딕셔너리의 저해상도 영상의 해상도와 일치하도록 할 수 있다. 이때, 타겟 영상은 4차원에 적합한 분할 과정이 필요하며, 도 5와 같

이 공간 도메인의 각 부조리개 영상에서 가로 방향과 세로 방향으로 절반씩 분할 할 수 있다. 또한, 해상도 향상부(150)는 분할된 부조리개 영상의 조각에 대해서도 각 도메인에 대해 절반씩 분할하여 딥서너리의 저해상도 영상의 크기와 일치하는 16개의 저해상도 영상으로 타겟 영상을 균등 분할할 수 있다.

[0035] 해상도 향상부(150)는 균등 분할된 각각의 타겟 영상에서 4차원 패치 벡터를 추출하고, 이를 기준으로 딥서너리 내에 저장되어 있는 4차원 중심 벡터를 비교하여 상기 4차원 중심 벡터에 대응하는 최소 거리를 가지는 군집을 결정할 수 있다.

[0036] 이때 결정된 군집의 색인을 j 라고 하면, 아래의 식 2와 같이 4차원 중심 벡터와 함께 저장 되어있는 회귀 계수인 C^*_j 와 타겟 영상의 4차원 패치 벡터인 1의 곱셈 연산을 통하여 결정된 4차원의 고해상도 패치인 h 로 해상도를 향상시킬 수 있다.

[0037] 식 2

$$h = C^*_j \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0038]

[0039] 이를 기반으로 타겟 영상의 모든 4차원 패치 벡터들을 이용하여 반복적으로 식 2를 적용함으로써 전체적인 타겟 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다.

[0040] 본 발명에서는 16장으로 분할된 타겟 영상의 해상도를 향상시키고, 이를 다시 분할과정의 역순으로 합성하여 최종적으로 공간 도메인과 각 도메인에 대해 향상된 해상도를 가지는 고해상도의 타겟 영상을 생성할 수 있다. 이때, 일정 크기의 패치를 기반으로 하는 초해상도 알고리즘의 특성상 도 6(a)와 같이 영상의 가장자리 부분에서 화소 값의 부재로 인하여 올바르게 못한 결과가 생성될 수 있다. 2차원 영상을 기본으로 하는 초해상도 알고리즘들은 이러한 문제를 선형 보간 기법으로 처리하거나 가장자리 부분을 제거할 있으나, 본 발명에서는 분할 후 합성 과정을 수행하므로 영상의 가장자리 부분을 제거하는 알고리즘을 적용할 수 없다. 그러므로 4차원 영상에 적합하게 가장자리 부분을 보완하는 새로운 후처리 알고리즘이 필요하다. 단순한 선형 보간 기법은 공간 도메인에서는 적용이 가능하지만 각 도메인에서는 적용이 불가능한 문제가 있다.

[0041] 해상도 향상부(150)는 상기 문제를 해결하기 위하여 도 7과 같이 타겟 영상을 공액면 이미지(Epipolar Plane Image, EPI) 영상으로 변환하여 선형 보간을 수행할 수 있다. 구체적으로 해상도 향상부(150)는 분할된 타겟 영상을 u - x 면(plane)의 공액면 이미지(Epipolar Plane Image, EPI) 영상으로 변환한 후 해당 EPI 영상에서 선형 보간 기법인 고등차수보간(Bicubic) 기법을 적용함으로써 u - x 면 EPI 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다. 이후 해상도 향상부(150)는 EPI 영상을 다시 일반적인 영상인 분할된 타겟 영상으로 변환할 수 있다.

[0042] 해상도 향상부(150)는 u - x 면 EPI 영상의 해상도를 향상시키는 방법과 동일하게 분할된 타겟 영상을 v - y 면의 EPI 영상으로 변환할 수 있다. 후 해당 EPI 영상에서 선형 보간 기법인 고등차수보간(Bicubic) 기법을 적용함으로써 v - y 면 EPI 영상의 해상도를 향상시키고, EPI 영상을 다시 일반적인 영상인 분할된 타겟 영상으로 변환할 수 있다.

[0043] 해상도 향상부(150)는 이와 같이 선형 보간 기법을 이용하여 생성된 고해상도 영상을 도 6의 (a)에서와 같이 화소 값이 부족한 가장자리 부분을 보완하여 주는 후처리 알고리즘으로 사용할 수 있다. 도 6의 (b)는 EPI 영상에서 고등차수보간 기법을 적용한 결과를 나타내며, 결과적으로 해상도 향상부(150)는 분할된 타겟 영상에 후처리 알고리즘을 적용하여 보다 가장자리 부분이 보완된 도 6의 (c)를 획득할 수 있다.

[0044] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 공간 도메인에서의 해상도 향상 결과를 도시한 도면이다.

[0045] 본 발명의 해상도 향상 장치(100)가 수행한 해상도 향상 실험의 결과는 아래와 같다. 본 발명의 해상도 향상 실험은 Intel i7-3770K 3.5GHz CPU와 16G RAM을 장착한 컴퓨터에서 수행되었고, 실험 영상은 마이크로 렌즈배열 기반의 상용 라이트 필드 카메라인 Lytro에서 취득하였다. 해상도를 향상하기 위한 입력 영상 및 딥서너리의 고

해상도 영상으로 사용하는 4차원 라이트 필드 영상의 해상도는 $360 \times 360 \times 8 \times 8$ 이다. 또한 입력 영상의 해상도를

절반으로 줄인 저해상도 영상의 해상도는 $180 \times 180 \times 4 \times 4$ 이다. 이는 딥서너리의 저해상도 영상 및 타겟 영상에서

분할 단계를 거친 후 초해상도 알고리즘을 적용할 때의 분할된 타겟 영상의 해상도이다. 최종 결과 영상은 타겟 영상의 공간 도메인 및 각 도메인으로 해상도가 두 배씩 향상된 $720 \times 720 \times 16 \times 16$ 이다.

[0046] 또한 4차원 라이트 필드 영상에서 추출하는 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치의 크기는 각각 $8 \times 8 \times 8 \times 8$, $4 \times 4 \times 4 \times 4$ 이며, 이들은 각각 4096×1 , 256×1 의 열 벡터 형태로 표현된다. 또한 본 발명의 실험에서는 도 9에 보인 바와 같이 다양한 환경에서 촬영한 40장의 4차원 라이트 필드 영상에서 200,000개의 패치를 무작위로 선정하여 딥서너리 학습을 수행하였다. K-평균 군집화 알고리즘에 적용하는 K의 값은 결과 영상의 완성도와 수행시간에 영향을 주게 되는데, 본 실험에서는 K의 값을 512로 정하였다.

[0047] 본 발명은 기존의 공간 도메인에서의 해상도 향상만을 수행하는 일반적인 해상도 향상 알고리즘들과 달리 공간 도메인의 해상도 향상뿐만 아니라 각 도메인의 해상도 향상을 수행할 수 있다. 그러므로 기존의 2차원 영상에 대한 해상도 향상 알고리즘들과의 직접적인 비교는 불가능하다. 또한 상용 카메라인 Lytro를 이용하여 입력 영상을 취득하므로 정량적인 평가의 기준이 되는 참값이 존재하지 않는다. 따라서 알고리즘의 정량적 평가는

Lytro로 취득한 입력영상($360 \times 360 \times 8 \times 8$)을 참값으로 설정하고 공간 도메인과 각 도메인 방향으로 해상도를 낮

춘 영상($180 \times 180 \times 4 \times 4$)을 입력 영상으로 하여 공간 도메인에서만 기존 해상도 향상 알고리즘과의 비교를 수행하

였다. 한편, 정성적인 평가는 Lytro로 취득한 영상($360 \times 360 \times 8 \times 8$)을 타겟 영상으로 해상도를 향상시킨 결과 영

상($720 \times 720 \times 16 \times 16$)을 기존 해상도 향상 알고리즘과 공간 도메인에서 비교하며 각 도메인의 해상도에 적절한 값이 생성되어 있는지 검증하는 방식으로 성능 평가를 수행하였다. 도 8의 (b)에서는 제안하는 기법이 기존의 고등차수보간(bicubic) 기법(a)에 비해 보다 선명한 고해상도 영상을 생성하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 도 8의 (c)에 표시된 표 1은 도 8의 (a), (b)에서 제시한 실험 결과에 대해 PSNR(peak signal to noise ratio)을 측정한 결과이며, 고등차수보간(bicubic) 기법에 비해 제안하는 알고리즘이 최대 2dB정도 더 향상된 결과를 생성해 내는 것을 확인할 수 있다.

[0048] 본 발명에서 제안하는 알고리즘의 정성적인 평가를 위하여, 취득한 라이트 필드 영상($360 \times 360 \times 8 \times 8$)을 타겟 영상으로 하여 기존 해상도 향상 기법 중 선형 보간 기법인 고등차수보간(bicubic) 기법과 단일 영상 기반의 초해상도 알고리즘을 이용한 기법에 대하여 공간 도메인에서 정성적 비교를 수행하였다. 그 결과 모서리, 텍스처, 문자 영역 등에서 본 발명에서 제안하는 알고리즘이 더 선명한 결과를 생성하는 것을 확인할 수 있었다. 기존 해상도 향상 기법에서 수행할 수 없는 각 도메인 방향으로의 해상도 향상은 도 10에서 정성적으로 평가하였다. 실제 취득한 영상들에서 제안하는 알고리즘 적용 후 복원된 각 도메인의 여러 위치((1,2), (3,12), (10,10), (14,6), (16,16))에서 부조리개 영상이 올바르게 생성된 것을 확인할 수 있다.

[0049] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 해상도 향상 방법을 도시한 도면이다.

[0050] 단계(1110)에서, 해상도 향상 장치(100)는 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 실세계의 다양한 입력 영상을 고해상도 4차원 라이트 필드 영상으로 변환할 수 있다. 이 때, 해상도 향상 장치(100)가 마이크로 렌즈 배열과 2차원 영상 센서를 통해 획득한 실세계의 다양한 입력 영상을 초기 고해상도 영상으로 정의할 수 있다.

[0051] 마이크로 렌즈 배열 방식의 상용 라이트 필드 카메라에서는 메인 렌즈를 통해 들어오는 광선들을 소형 렌즈 배열에 통과시켜 빛의 방향 별로 센서의 서로 다른 위치에 기록할 수 있다. 이를 통해 상용 라이트 필드 카메라는 도 2의 (a)와 같이 직접 사용할 수 없는 초기 데이터 형태로 영상을 저장할 수 있다. 도 2의 (a)를 확대하여 보면 작은 마이크로 영상의 집합으로 구성된 것을 확인할 수 있다. 따라서 도 2의 (a)와 같은 원 데이터를 실험에 적합하도록 좌표계를 변환해주는 과정이 필요할 수 있다.

[0052] 이를 위하여 해상도 향상 장치(100)는 도 2의 (a)와 같은 원 데이터의 색 정보를 보정하고, 빛을 방향 별로 분

류하여 직접적으로 사용이 가능하도록 부조리개 영상(sub-aperture image)들을 생성할 수 있다. 이후, 해상도 향상 장치(100)는 4차원 영상의 표현을 위하여 도 2의 (b)와 같이 각각의 부조리개 영상들을 각 도메인(angular domain) 별로 정리된 한 영상으로 합쳐 4차원의 라이트 필드 영상을 만들고 이를 이용하여 초해상도 알고리즘을 개발할 수 있다. 본 발명에서는 각 도메인(angular domain)의 좌표계는 u, v로, 공간영역의 좌표계는 x, y로 표기하기로 한다.

[0053] 단계(1120)에서, 해상도 향상 장치(100)는 획득한 고해상도 4차원 라이트 필드 영상을 공간 도메인(spatial domain)과 각 도메인(angular domain)으로 모두 절반씩 해상도를 낮춰 저해상도 4차원 라이트 필드 영상을 생성할 수 있다.

[0054] 단계(1130)에서, 해상도 향상 장치(100)는 4차원 라이트 필드 영상(330, 340)을 이용하여 4차원의 고해상도 패치(HR patch)(350) 및 4차원의 저해상도 패치(LR patch)(360)를 생성할 수 있다. 본 발명에서는 4차원의 라이트 필드 영상을 구성하는 공간 도메인의 해상도와 각 도메인의 해상도를 모두 향상시키는 것이 목적이므로 패치(patch)는 공간 도메인의 정보와 각 도메인의 정보가 모두 포함된 4차원 구조로 생성될 수 있다.

[0055] 해상도 향상 장치(100)는 4차원 라이트 필드 영상(330, 340)을 구성하는 복수의 부조리개 영상에 대해 공간 도메인에서 동일한 위치에 존재하는 2차원 패치들의 집합을 생성할 수 있다. 또한, 해상도 향상 장치(100)는 생성된 패치들의 집합을 향후 복원단계에서 수학적 연산이 용이하도록 열 벡터의 형태로 저장하여 4차원의 고해상도 패치(350) 및 4차원의 저해상도 패치(360)를 추출할 수 있다.

[0056] 단계(1140)에서, 해상도 향상 장치(100)는 단계(1130)에서 생성된 4차원의 고해상도 패치 및 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 딕셔너리(dictionary)를 학습할 수 있다. 상용 라이트 필드 카메라로 취득한 실세계의 다양한 입력 영상을 바탕으로 생성된 4차원의 고해상도 패치와 4차원의 저해상도 패치를 이용하여 두 패치간의 관련성을 정의하고 이를 초해상도 복원 단계에 적용시키기 위하여 효율적인 딕셔너리의 구성 및 학습 알고리즘이 필요할 수 있다. 이 때 실세계의 다양한 입력 영상들에 대해 다양한 영상 좌표에서 패치를 생성하므로 매우 방대한 양의 패치가 존재할 수 있다. 그러나 이를 모두 이용하면 반복적인 패치와 의미 없는 패치 등으로 인하여 처리 속도 및 메모리 사용량에 있어서 비효율적이 될 수 있다.

[0057] 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 딕셔너리의 구성 및 학습 단계에서 K-평균 군집화(K-means clustering) 알고리즘을 이용하여 유사한 패치들을 하나의 군집으로 묶어 처리하는 방법을 제공한다. K-평균 군집화 알고리즘은 군집할 데이터의 양이 작거나 데이터의 종류가 한정적이라면 좋은 결과를 기대하기 어려우므로 다양한 환경에서 취득된 다수의 영상으로 딕셔너리의 구성 및 학습을 수행한다.

[0058] 딕셔너리 학습 단계는 도 4와 같이 구성될 수 있다. 해상도 향상 장치(100)는 해상도 향상 장치(100)에서 생성된 4차원의 저해상도 패치들을 K-평균 군집화 알고리즘(410)의 입력 벡터로 사용하고 반복적인 군집화 연산을 통하여 K개의 군집과 이에 해당하는 중심 벡터(cluster center)(420)들을 추출할 수 있다. 또한 각 군집에 속해

있는 l_i 개의 4차원의 저해상도 패치 벡터들을 이용하여 행렬 $L_i (\in \mathbb{R}^{m \times l_i})$ 을 구성하고, 마찬가지로 4차원의

고해상도 패치 벡터들을 이용하여 행렬 $H_i (\in \mathbb{R}^{n \times l_i})$ 을 구성할 수 있다. 여기서 i 는 군집의 색인을 의미하며 n 과 m 은 각각 4차원의 고해상도 패치 벡터와 4차원의 저해상도 패치 벡터의 차원을 의미한다. 마지막으로 저해상도 패치 행렬과 고해상도 패치 행렬의 선형 근사를 아래와 같은 식 1과 같이 최소 자승법으로 수행하여

회귀 계수(regression coefficient)(430) 행렬 $C^*_i (\in \mathbb{R}^{n \times m})$ 을 구할 수 있다.

[0059] 식 1

$$C^*_i = \underset{c}{\operatorname{argmin}} \| H - CL \|^2$$

[0060]

[0061] 이후, 해상도 향상 장치(100)는 각각의 군집에 대한 중심 벡터(420)와 해당 군집의 회귀 계수(430)를 함께 딕셔너리(440)의 구성 요소로 저장할 수 있다. 이때, 저장되는 각각의 군집에 대한 중심 벡터(420)는 향후 타겟 영상에 대한 4차원의 저해상도 패치와 비교되고, 회귀 계수(430)는 비교 후 타겟 영상의 해상도를 향상시키기 위하여 사용될 수 있다.

[0062] 단계(1150)에서, 해상도 향상 장치(100)는 단계(1140)에서 학습된 딕셔너리(440)를 이용하여 타겟 영상의 해상

도를 향상시킬 수 있다. 본 발명의 해상도 향상 장치(100)는 상용 라이트 필드 카메라로 취득한 고해상도 4차원 라이트 필드 영상을 공간 도메인 및 각 도메인에 대하여 각각 해상도를 절반씩 감소시켜 저해상도 4차원 라이트 필드 영상으로 변환하고, 이를 이용하여 4차원의 저해상도 패치를 생성하였다. 그러나 본 발명에서는 상용 라이트 필드 카메라로 취득한 입력 영상의 해상도를 향상시키는 것을 목표로 하므로, 딥서너리 학습 단계에서 사용된 해상도와 해상도 향상 단계에서 사용하는 해상도가 상이한 문제가 발생한다. 따라서, 본 발명에서는 한 영상에는 같은 특징이라도 다양한 스케일의 특징이 존재하고 특정 스케일에 대해 4차원의 저해상도 패치와 4차원의 고해상도 패치를 학습하더라도 다른 스케일에 대해 이 학습이 여전히 유효한 경우가 많다는 추론에 근거하여 알고리즘을 설계하였다.

[0063] 이를 위하여 해상도 향상 장치(100)는 타겟 영상을 복수의 영역으로 균등 분할할 수 있다. 즉, 딥서너리 학습 결과를 타겟 영상의 해상도 향상에 이용하기 위하여 영상 분할을 통해 타겟 영상의 해상도가 딥서너리의 저해상도 영상의 해상도와 일치하도록 할 수 있다. 이때, 타겟 영상은 4차원에 적합한 분할 과정이 필요하며, 도 5와 같이 공간 도메인의 각 부조리개 영상에서 가로 방향과 세로 방향으로 절반씩 분할 할 수 있다. 또한, 해상도 향상 장치(100)는 분할된 부조리개 영상의 조각에 대해서도 각 도메인에 대해 절반씩 분할하여 딥서너리의 저해상도 영상의 크기와 일치하는 16개의 저해상도 영상으로 타겟 영상을 분할할 수 있다.

[0064] 해상도 향상 장치(100)는 균등 분할된 각각의 타겟 영상에서 4차원 패치 벡터를 추출하고, 이를 기준으로 딥서너리 내에 저장되어 있는 4차원 중심 벡터를 비교하여 상기 4차원 중심 벡터에 대응하는 최소 거리를 가지는 군집을 결정할 수 있다.

[0065] 이때 결정된 군집의 색인을 j 라고 하면, 아래의 식 2와 같이 4차원 중심 벡터와 함께 저장 되어있는 회귀 계수인 C^*_j 와 타겟 영상의 4차원 패치 벡터인 1의 곱셈 연산을 통하여 결정된 4차원의 고해상도 패치인 h 로 해상도를 향상시킬 수 있다.

[0066] 식 2

$$h = C^*_j \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0067]

[0068] 이를 기반으로 타겟 영상의 모든 4차원 패치 벡터들을 이용하여 반복적으로 식 2를 적용함으로써 전체적인 타겟 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다.

[0069] 본 발명에서는 16장으로 분할된 타겟 영상의 해상도를 향상시키고, 이를 다시 분할과정의 역순으로 합성하여 최종적으로 공간 도메인과 각 도메인에 대해 향상된 해상도를 가지는 고해상도의 타겟 영상을 생성할 수 있다. 이때, 일정 크기의 패치를 기반으로 하는 초해상도 알고리즘의 특성상 도 6(a)와 같이 영상의 가장자리 부분에서 화소 값의 부재로 인하여 올바르게 못한 결과가 생성될 수 있다. 2차원 영상을 기본으로 하는 초해상도 알고리즘들은 이러한 문제를 선형 보간 기법으로 처리하거나 가장자리 부분을 제거할 있으나, 본 발명에서는 분할 후 합성 과정을 수행하므로 영상의 가장자리 부분을 제거하는 알고리즘을 적용할 수 없다. 그러므로 4차원 영상에 적합하게 가장자리 부분을 보완하는 새로운 후처리 알고리즘이 필요하다. 단순한 선형 보간 기법은 공간 도메인에서는 적용이 가능하지만 각 도메인에서는 적용이 불가능한 문제가 있다.

[0070] 해상도 향상 장치(100)는 상기 문제를 해결하기 위하여 도 7과 같이 타겟 영상을 공액 면 이미지(Epipolar Plane Image, EPI) 영상으로 변환하여 선형 보간을 수행할 수 있다. 구체적으로 해상도 향상 장치(100)는 분할된 타겟 영상을 u-x 면(plane)의 공액 면 이미지(Epipolar Plane Image, EPI) 영상으로 변환한 후 해당 EPI 영상에서 선형 보간 기법인 고등차수보간(Bicubic) 기법을 적용함으로써 u-x 면 EPI 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다. 이후 해상도 향상 장치(100)는 EPI 영상을 다시 일반적인 영상인 분할된 타겟 영상으로 변환할 수 있다.

[0071] 해상도 향상 장치(100)는 u-x 면 EPI 영상의 해상도를 향상시키는 방법과 동일하게 분할된 타겟 영상을 v-y 면의 EPI 영상으로 변환할 수 있다. 후 해당 EPI 영상에서 선형 보간 기법인 고등차수보간(Bicubic) 기법을 적용함으로써 v-y 면 EPI 영상의 해상도를 향상시키고, EPI 영상을 다시 일반적인 영상인 분할된 타겟 영상으로 변환할 수 있다.

[0072] 해상도 향상 장치(100)는 이와 같이 선형 보간 기법을 이용하여 생성된 고해상도 영상을 도 6의 (a)에서와 같이 화소 값이 부족한 가장자리 부분을 보완하여 주는 후처리 알고리즘으로 사용할 수 있다. 도 6의 (b)는 EPI 영상

에서 고등차수보간 기법을 적용한 결과를 나타내며, 결과적으로 해상도 향상 장치(100)는 분할된 타겟 영상에 후처리 알고리즘을 적용하여 보다 가장자리 부분이 보완된 도 6의 (c)를 획득할 수 있다.

[0073] 본 발명의 실시 예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0074] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

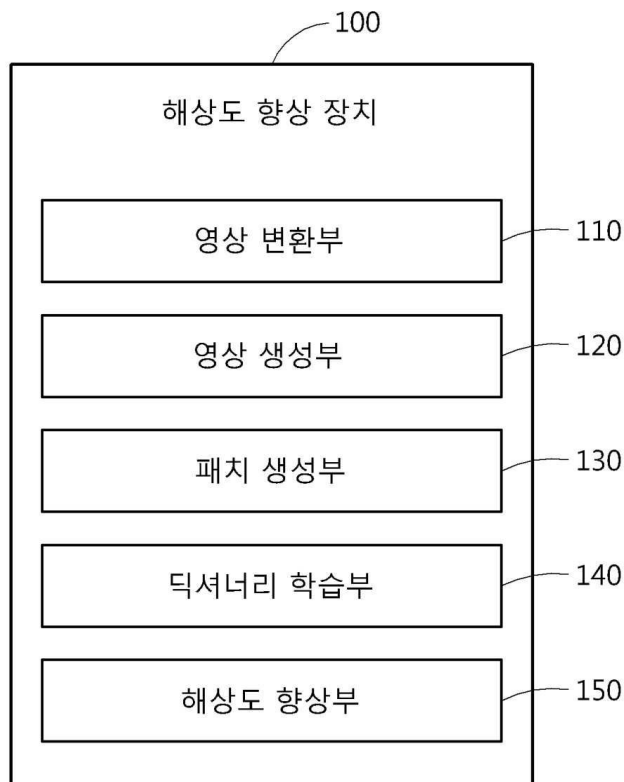
[0075] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0076] 100: 해상도 향상 장치
110: 영상 변환부
120: 영상 생성부
130: 패치 생성부
140: 딥서너리 학습부
150: 해상도 향상부

도면

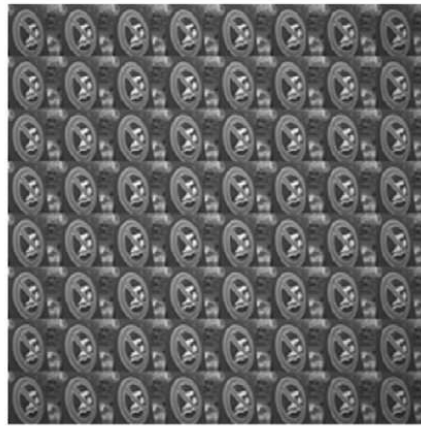
도면1



도면2

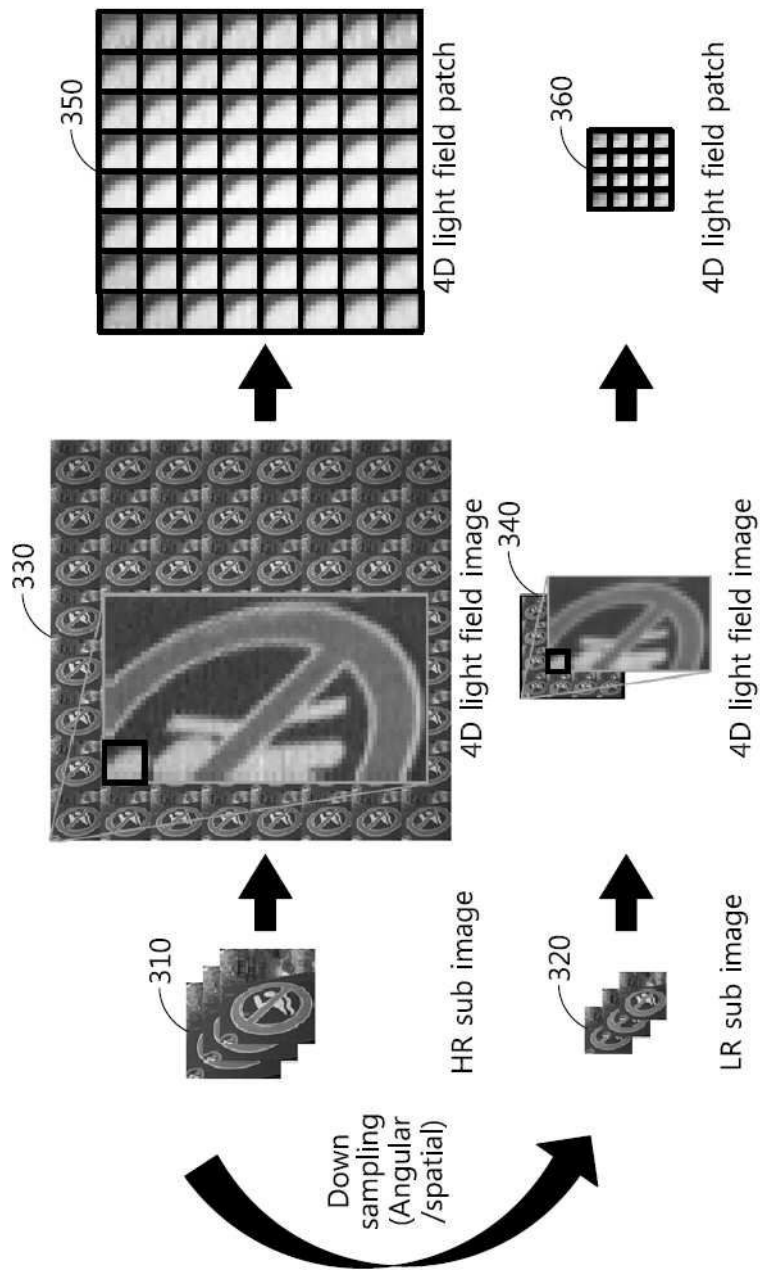


(a)

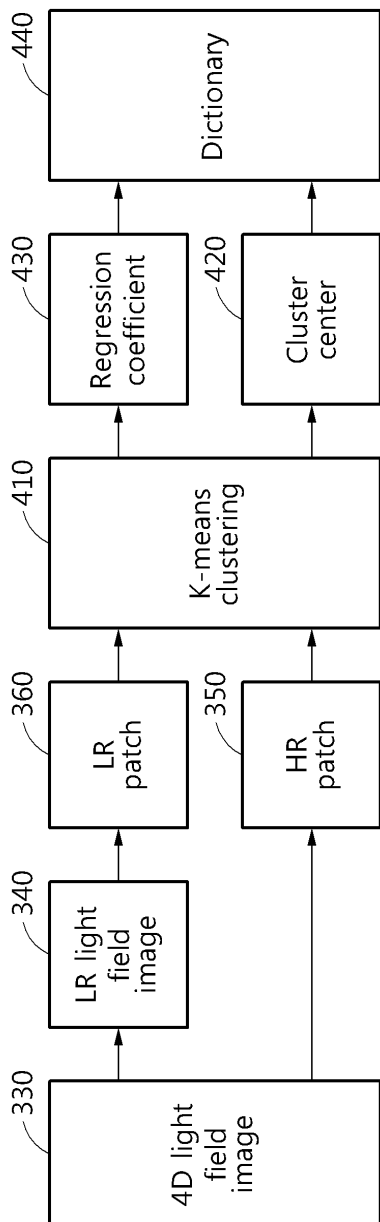


(b)

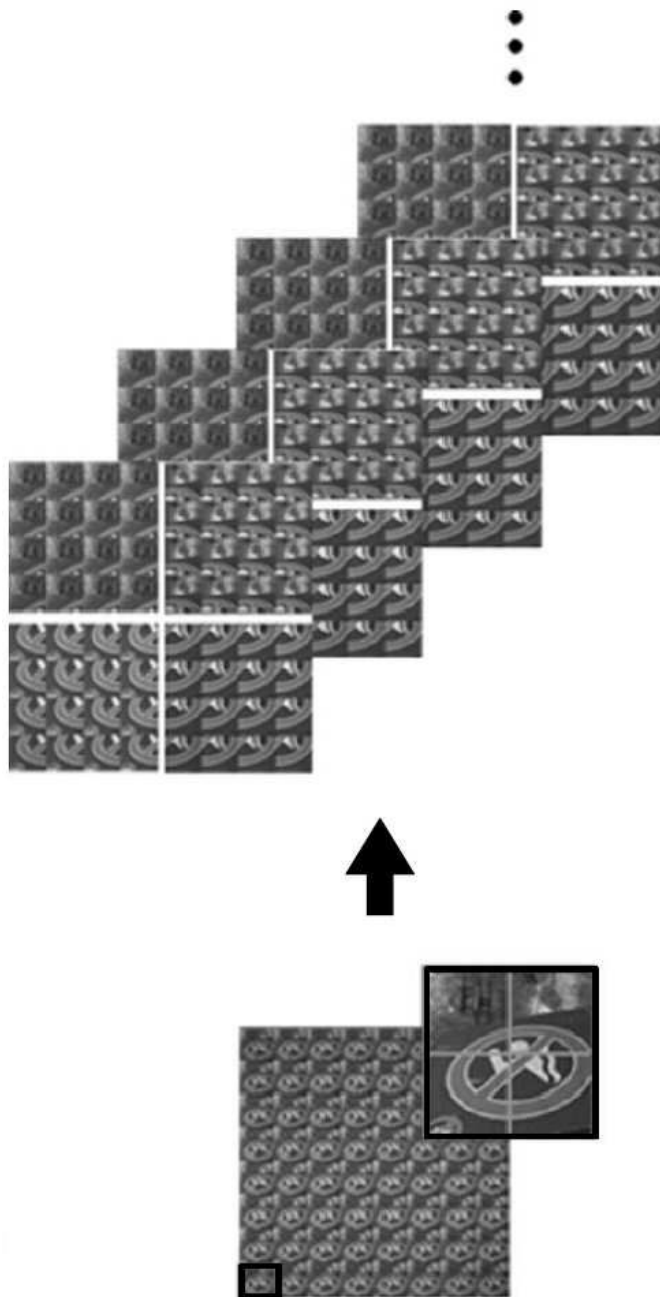
도면3



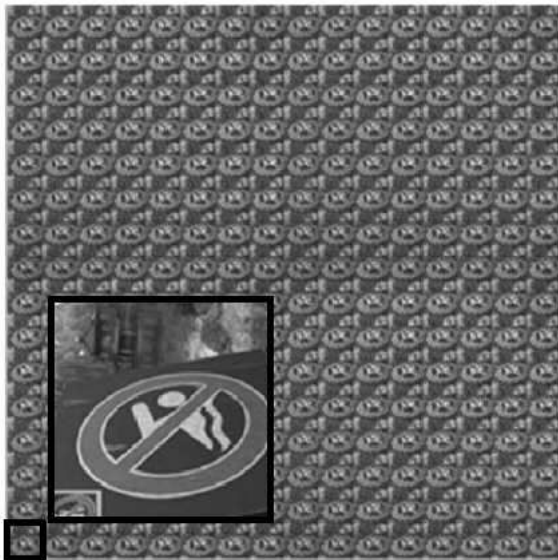
도면4



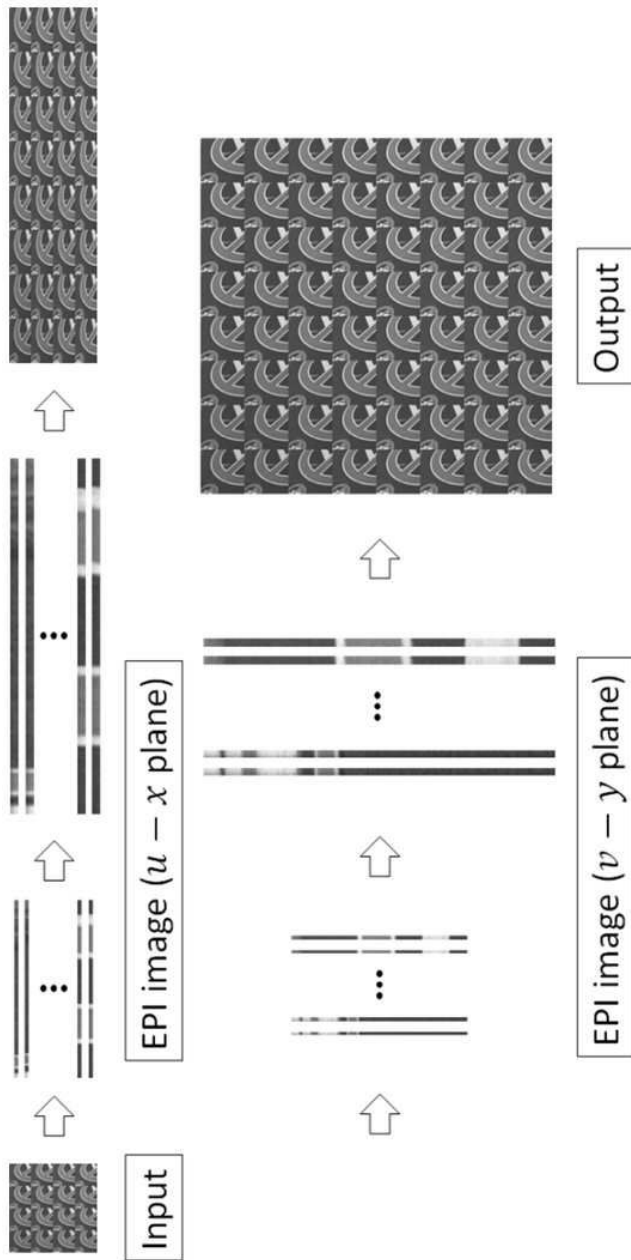
도면5



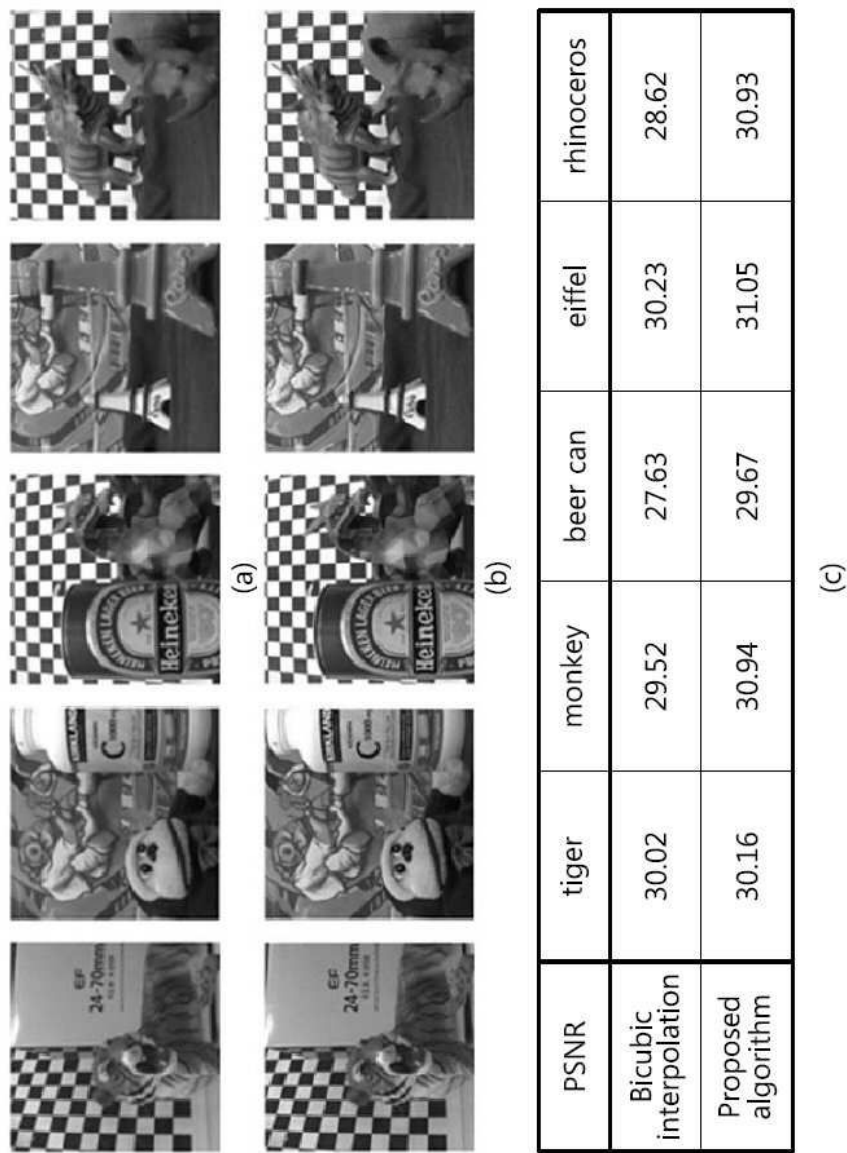
도면6



도면7



도면8



도면9



도면10



도면11

