



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월09일

(11) 등록번호 10-2498617

(24) 등록일자 2023년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 3/40 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
G06T 3/60 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G06T 3/4053 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)

(21) 출원번호 10-2021-0076426

(22) 출원일자 2021년06월14일

심사청구일자 2021년06월14일

(65) 공개번호 10-2022-0167454

(43) 공개일자 2022년12월21일

(56) 선행기술조사문헌

Xiaozhong Ji et al., "Real-World Super-Resolution via Kernel Estimation and Noise Injection", 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), (2020.08.06.)

Hui Zeng et al., "Learning Image-adaptive 3D Lookup Tables for High Performance Photo Enhancement in Real-time", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, (2020.09.30.)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김선주

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교

조영현

서울특별시 서대문구

(74) 대리인

권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

전체 청구항 수 : 총 13 항

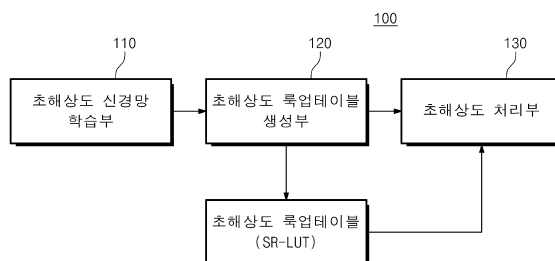
심사관 : 이정은

(54) 발명의 명칭 **특업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치 및 그 방법**

(57) 요약

고성능 병렬 컴퓨팅 모듈을 구비하지 않더라도 초해상도 처리를 효율적, 실용적으로 수행할 수 있는 특업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치 및 그 방법이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 특업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법은: 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하는 단계; 상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 특업테이블을 생성하는 단계; 및 입력 영상의 화소들의 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 특업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 초해상도 영상을 생성하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06T 3/60 (2013.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711103312
과제번호	2014-3-00123-007
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	혁신성장동력프로젝트(R&D)(과기정통부)
연구과제명	(답류-1세부) 실시간 대규모 영상 데이터 이해·예측을 위한 고성능 비주얼 디스커
버리 플랫폼 개발	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국전자통신연구원
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126082
과제번호	2020-0-01361-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	인공지능대학원지원(연세대학교)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

입력 영상을 초해상도 처리하여 상기 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 생성하는 초해상도 영상 처리 방법에 있어서,

초해상도 신경망 학습부에 의해, 저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드를 가지는 커널을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써, 상기 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하는 단계;

초해상도 록업테이블 생성부에 의해, 상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 상기 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소들 - 상기 고해상도 영상의 제2 화소들은 상기 저해상도 학습 영상의 제1 화소에 대응됨 -의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계; 및

초해상도 처리부에 의해, 상기 입력 영상의 화소들의 상기 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 록업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 상기 초해상도 영상을 생성하는 단계;를 포함하고,

상기 커널은 상기 저해상도 학습 영상의 상기 제1 화소를 기준으로 소정 각도로 회전하는 앙상블 커널을 포함하는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 초해상도 신경망을 학습하는 단계는:

상기 앙상블 커널을 이용하여 상기 제1 화소에 대해 상기 커널의 각도 별로 상기 저해상도 학습 영상을 합성곱 처리하는 단계; 및

상기 커널의 각도 별로 상기 초해상도 신경망에 의해 산출되는 상기 고해상도 영상의 화소값들을 합산하여 상기 제2 화소값들을 산출하는 단계;를 포함하는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 커널은 1×2 , 1×3 , 1×4 또는 2×2 의 커널 형상을 가지도록 설정되고, 상기 앙상블 커널은 상기 제1 화소를 중심으로 90° 또는 180° 간격으로 회전하도록 설정되는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계는 상기 입력 화소들의 상기 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 상기 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계를 포함하는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 초해상도 록업테이블에서 상기 제1 화소값들이 샘플링되는 균등 간격은 4 비트 ~ 6 비트 범위 내에서 설정되는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법.

청구항 7

입력 영상을 초해상도 처리하여 상기 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 생성하는 초해상도 영상 처리 방법에 있어서,

초해상도 신경망 학습부에 의해, 저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드를 가지는 커널을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써, 상기 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하는 단계;

초해상도 록업테이블 생성부에 의해, 상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 상기 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소들 - 상기 고해상도 영상의 제2 화소들은 상기 저해상도 학습 영상의 제1 화소에 대응됨 -의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계; 및

초해상도 처리부에 의해, 상기 입력 영상의 화소들의 상기 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 록업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 상기 초해상도 영상을 생성하는 단계;를 포함하고,

상기 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계는 상기 입력 화소들의 상기 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 상기 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계를 포함하고,

상기 초해상도 영상을 생성하는 단계는:

상기 입력 영상의 상기 입력 화소값들에서 각각 상위 화소값과 하위 화소값을 추출하는 단계;

상기 입력 화소값들에서 추출된 상위 화소값들을 기초로, 상기 상위 화소값들과 대응되는 상기 복수의 제1 화소값들의 조합을 선택하는 단계;

상기 입력 화소값들에서 추출된 하위 화소값들의 대소 관계를 비교하는 단계;

상기 대소 관계를 기초로 상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중의 일부를 선택하고, 상기 하위 화소값들을 기반으로 가중치들을 결정하는 단계; 및

상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중에서 선택된 일부에 상기 가중치들을 적용하는 보간 처리에 의해 상기 초해상도 영상을 생성하는 단계;를 포함하는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법.

청구항 8

제1항, 제3항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법을 실행시키도록 록 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터 프로그램.

청구항 9

입력 영상을 초해상도 처리하여 상기 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 생성하는 초해상도 영상 처리 장치에 있어서,

저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드를 가지는 커널을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써, 상기 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하도록 구성되는 초해상도 신경망 학습부;

상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 상기 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소들 - 상기 고해상도 영상의 제2 화소들은 상기 저해상도 학습 영상의 제1 화소에 대응됨 -의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 록업테이블을 생성하도록 구성되는 초해상도 록업테이블 생성부; 및

상기 입력 영상의 화소들의 상기 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 록업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 상기 초해상도 영상을 생성하도록 구성되는 초해상도 처리부;를 포함하고,

상기 커널은 상기 저해상도 학습 영상의 상기 제1 화소를 기준으로 소정 각도로 회전하는 앙상블 커널을 포함하는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 초해상도 신경망 학습부는:

상기 앙상블 커널을 이용하여 상기 제1 화소에 대해 상기 커널의 각도 별로 상기 저해상도 학습 영상을 합성곱 처리하고;

상기 커널의 각도 별로 상기 초해상도 신경망에 의해 산출되는 상기 고해상도 영상의 화소값들을 합산하여 상기 제2 화소값들을 산출하도록 구성되는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 커널은 1×2 , 1×3 , 1×4 또는 2×2 의 커널 형상을 가지도록 설정되고, 상기 앙상블 커널은 상기 제1 화소를 중심으로 90° 또는 180° 간격으로 회전하도록 설정되는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 초해상도 룩업테이블 생성부는 상기 입력 화소들의 상기 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 상기 초해상도 룩업테이블을 생성하도록 구성되는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 초해상도 룩업테이블에서 상기 제1 화소값들이 샘플링되는 균등 간격은 4 비트 ~ 6 비트 범위 내에서 설정되는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치.

청구항 15

입력 영상을 초해상도 처리하여 상기 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 생성하는 초해상도 영상 처리 장치에 있어서,

저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드를 가지는 커널을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써, 상기 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하도록 구성되는 초해상도 신경망 학습부;

상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 상기 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소들 - 상기 고해상도 영상의 제2 화소들은 상기 저해상도 학습 영상의 제1 화소에 대응됨 -의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 룩업테이블을 생성하도록 구성되는 초해상도 룩업테이블 생성부; 및

상기 입력 영상의 화소들의 상기 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 룩업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 상기 초해상도 영상을 생성하도록 구성되는 초해상도 처리부;를 포함하고,

상기 초해상도 룩업테이블 생성부는 상기 입력 화소들의 상기 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 상기 초해상도 룩업테이블을 생성하도록 구성되고,

상기 초해상도 처리부는:

상기 입력 영상의 상기 입력 화소값들에서 각각 상위 화소값과 하위 화소값을 추출하고;

상기 입력 화소값들에서 추출된 상위 화소값들을 기초로, 상기 상위 화소값들과 대응되는 상기 복수의 제1 화소값들의 조합을 선택하고;

상기 입력 화소값들에서 추출된 하위 화소값들의 대소 관계를 비교하여, 상기 대소 관계를 기초로 상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중의 일부를 선택하고, 상기 하위 화소값들을 기반으로 가중치들을 결정하고;

상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중에서 선택된 일부에 상기 가중치들을 적용하는 보간 처리에 의해 상기 초해상도 영상을 생성하도록 구성되는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초해상도 영상 처리 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 초해상도 룩업테이블(super-resolution look-up table)을 이용한 초해상도 영상 처리 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초해상도(super-resolution) 처리는 입력 영상의 영상 크기(해상도)를 증가시키기 위한 기술로, 저해상도 입력 영상의 누락된 세부 정보를 복원하거나 생성하기 위해 보간(interpolation)에서 심층 신경망(deep neural networks)에 이르는 다양한 초해상도 알고리즘이 연구되었다. 모바일 장치 및 디스플레이 하드웨어가 발전함에 따라 실용적인 초해상도 기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 현재의 최첨단 초해상도 방법은 더 나은 품질을 위해 심층 신경망을 기반으로 한다. 그러나 이들은 예컨대 GPU 등의 고성능 병렬 컴퓨팅 모듈을 사용하여 실행할 때 실현 가능하며, 이러한 고성능 병렬 컴퓨팅 모듈을 구비하지 않은 사용자 소프트웨어, 스마트폰, 또는 TV와 같은 일반적인 용도에 적용하기 어려운 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 고성능 병렬 컴퓨팅 모듈을 구비하지 않더라도 초해상도 처리를 효율적, 실용적으로 수행할 수 있는 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법은: 입력 영상을 초해상도 처리하여 상기 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 생성하는 초해상도 영상 처리 방법에 있어서, 초해상도 신경망 학습부에 의해, 저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드를 가지는 커널을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써, 상기 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하는 단계; 초해상도 룩업테이블 생성부에 의해, 상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 상기 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 상기 제1 화소와 대응되는 값으로 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소들의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 룩업테이블을 생성하는 단계; 및 초해상도 처리부에 의해, 상기 입력 영상의 화소들의 상기 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 룩업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 상기 초해상도 영상을 생성하는 단계;를 포함한다.

[0005] 상기 커널은 상기 저해상도 학습 영상의 상기 제1 화소를 기준으로 소정 각도로 회전하는 앙상블 커널을 포함할 수 있다.

[0006] 상기 초해상도 신경망을 학습하는 단계는: 상기 앙상블 커널을 이용하여 상기 제1 화소에 대해 상기 커널의 각도 별로 상기 저해상도 학습 영상을 합성곱 처리하는 단계; 및 상기 커널의 각도 별로 상기 초해상도 신경망에 의해 산출되는 상기 고해상도 영상의 화소값들을 합산하여 상기 제2 화소값들을 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 커널은 1×2 , 1×3 , 1×4 또는 2×2 의 커널 형상을 가지도록 설정되고, 상기 앙상블 커널은 상기 제1 화소

를 중심으로 90° 또는 180° 간격으로 회전하도록 설정될 수 있다.

- [0008] 상기 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계는 상기 입력 화소들의 상기 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 상기 초해상도 록업테이블을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 초해상도 록업테이블에서 상기 제1 화소값들이 샘플링되는 균등 간격은 16 ~ 64 범위 내에서 설정될 수 있다.
- [0010] 상기 초해상도 영상을 생성하는 단계는: 상기 입력 영상의 상기 입력 화소값들에서 각각 상위 화소값과 하위 화소값을 추출하는 단계; 상기 입력 화소값들에서 추출된 상위 화소값들을 기초로, 상기 상위 화소값들과 대응되는 상기 복수의 제1 화소값들의 조합을 선택하는 단계; 상기 입력 화소값들에서 추출된 하위 화소값들의 대소 관계를 비교하는 단계; 상기 대소 관계를 기초로 상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중의 일부를 선택하고, 상기 하위 화소값들을 기반으로 가중치들을 결정하는 단계; 및 상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중에서 선택된 일부에 상기 가중치들을 적용하는 보간 처리에 의해 상기 초해상도 영상을 생성하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법을 실행시키도록 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.
- [0012] 본 발명의 실시예에 따른 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치는: 입력 영상을 초해상도 처리하여 상기 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 생성하는 초해상도 영상 처리 장치에 있어서, 저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드를 가지는 커널을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써, 상기 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하도록 구성되는 초해상도 신경망 학습부; 상기 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 상기 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 상기 제1 화소값들에 따라 상기 제1 화소와 대응되는 값으로 출력되는 상기 고해상도 영상의 제2 화소들의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 록업테이블을 생성하도록 구성되는 초해상도 록업테이블 생성부; 및 상기 입력 영상의 화소들의 상기 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 상기 초해상도 록업테이블에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 상기 입력 화소값들과 상기 복수의 제1 화소값들을 기반으로 상기 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 상기 초해상도 영상을 생성하도록 구성되는 초해상도 처리부;를 포함한다.
- [0013] 상기 초해상도 신경망 학습부는: 상기 양상블 커널을 이용하여 상기 제1 화소에 대해 상기 커널의 각도 별로 상기 저해상도 학습 영상을 합성곱 처리하고; 상기 커널의 각도 별로 상기 초해상도 신경망에 의해 산출되는 상기 고해상도 영상의 화소값들을 합산하여 상기 제2 화소값들을 산출하도록 구성될 수 있다.
- [0014] 상기 초해상도 록업테이블 생성부는 상기 입력 화소들의 상기 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 상기 초해상도 록업테이블을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0015] 상기 초해상도 처리부는: 상기 입력 영상의 상기 입력 화소값들에서 각각 상위 화소값과 하위 화소값을 추출하고; 상기 입력 화소값들에서 추출된 상위 화소값들을 기초로, 상기 상위 화소값들과 대응되는 상기 복수의 제1 화소값들의 조합을 선택하고; 상기 입력 화소값들에서 추출된 하위 화소값들의 대소 관계를 비교하여, 상기 대소 관계를 기초로 상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중의 일부를 선택하고, 상기 하위 화소값들을 기반으로 가중치들을 결정하고; 상기 복수의 제1 화소값들의 조합 중에서 선택된 일부에 상기 가중치들을 적용하는 보간 처리에 의해 상기 초해상도 영상을 생성하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 실시예에 의하면, 고성능 병렬 컴퓨팅 모듈을 구비하지 않더라도 초해상도 처리를 효율적, 실용적으로 수행할 수 있는 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치 및 그 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 신경망 학습부의 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 록업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 신경망 학습부의 양상블 커널을 이용한 초해상도 신경망 학습 과정을 설명하기 위한 예시도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 룩업테이블 생성부의 개념도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 룩업테이블 생성부에 의해 수행되는 균등 간격 샘플링 과정을 설명하기 위한 예시도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 처리부의 개념도이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 처리부의 보간 처리 과정을 설명하기 위한 예시도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 다양한 수용 필드 크기 및 커널 형상을 가지는 커널의 예시도이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법의 순서도이다.

도 10 및 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 초해상도 영상 처리 방법의 성능을 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따라 초해상도 룩업테이블의 샘플링 간격에 따른 변화되는 초해상도 영상을 나타낸 것이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 초해상도 영상 처리 방법의 성능을 종래 방식과 비교하여 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0019] 본 명세서에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함'한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본 명세서에서 사용되는 '~부'는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위로써, 예를 들어 소프트웨어, FPGA 또는 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다. '~부'에서 제공하는 기능은 복수의 구성요소에 의해 분리되어 수행되거나, 다른 추가적인 구성요소와 통합될 수도 있다. 본 명세서의 '~부'는 반드시 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되지 않으며, 어느 레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고, 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해서 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치(100)는 입력 영상을 초해상도 처리하여 입력 영상보다 높은 해상도를 가지는 초해상도 영상을 효율적으로 생성하기 위한 것으로, 초해상도 신경망 학습부(110), 초해상도 룩업테이블 생성부(120), 및 초해상도 처리부(130)를 포함할 수 있다.
- [0021] 초해상도 신경망 학습부(110)는 저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드(receptive field)를 가지는 커널(kernel)을 설정하여 합성곱(convolution) 처리를 수행함으로써 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망(super resolution network)을 학습하도록 구성될 수 있다. 실시예에서, 효율적, 실용적인 초해상도 처리를 위하여 커널은 1×2 , 1×3 , 1×4 또는 2×2 의 커널 형상을 가지도록 설정될 수 있다.
- [0022] 고효율 및 실용적 초해상도 처리와 함께 초해상도 영상의 정확도 향상을 위하여, 커널은 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소(저해상도 학습 영상의 각 화소)를 기준으로 소정 각도로 회전하는 앙상블 커널(ensemble kernel)로 구현될 수 있다. 앙상블 커널은 회전의 기준이 되는 중심 화소인 제1 화소를 중심으로 90° 또는 180° 간격으로 회전하도록 설정될 수 있다.
- [0023] 초해상도 신경망 학습부(110)는 앙상블 커널을 이용하여 제1 화소에 대해 커널의 각도(예를 들어, 0° , 90° , 180° , 270°) 별로 저해상도 학습 영상을 합성곱 처리하고, 커널의 각도 별로 초해상도 신경망에 의해 산출되는 고해상도 영상의 화소값들을 합산하여 저해상도 학습 영상의 제1 화소에 대응되는 고해상도 영상의 제2 화소값들을 산출하도록 구성될 수 있다. 실시예에서, 초해상도 신경망 학습부(110)는 하기 수식에 따라 출력 화소값들(제2 화소값들)을 산출할 수 있다.

$$\hat{y}_i = \frac{1}{4} \sum_{j=0}^3 R_j^{-1} \left(f(R_j(x_i)) \right)$$

[0024]

[0025]

상기 수식에서 $f(R_j(x_i))$ 는 커널 각도별 초해상도 신경망의 출력 화소값들, x_i 는 저해상도 학습 영상의 입력 패치에 해당하는 제1 화소값들, R_j 는 $j \times 90^\circ$ 영상 회전 오퍼레이션(image rotation operation), R_j^{-1} 은 역회전 변환(reverse rotation operation)을 의미한다. 초해상도 신경망은 화소 재구성 손실 함수 $\sum_i \ell(\hat{y}_i, y_i)$ (\hat{y}_i 는 초해상도 신경망의 출력, y_i 는 고해상도 정답 영상)가 최소화되도록 훈련된다.

[0026]

초해상도 룩업테이블 생성부(120)는 저해상도 학습 영상의 커널에 포함되는 제1 화소 및 제1 화소의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 제1 화소값들에 따라 제1 화소와 대응되는 값으로 출력되는 고해상도 영상의 제2 화소들의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 룩업테이블로 전이(transferring) 처리하여 초해상도 룩업테이블(SR-LUT; super resolution look-up table)을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0027]

초해상도 룩업테이블(SR-LUT)의 제1 화소값들은 커널(14)의 수용 필드 크기에 해당하는 화소들의 화소값들이고, 제2 화소값들은 제1 화소값들 중 제1 화소의 화소값에 대응되는 초해상도 영상의 화소들의 화소값들일 수 있다. 효율적, 실용적 초해상도 처리를 위하여, 초해상도 룩업테이블 생성부(120)는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 초해상도 룩업테이블을 생성하도록 구성될 수 있다. 초해상도 룩업테이블에서 제1 화소값들이 샘플링되는 균등 간격은 16 ~ 64(4비트 ~ 6비트) 범위 내에서 설정될 수 있다.

[0028]

초해상도 처리부(130)는 입력 영상의 화소들의 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 초해상도 룩업테이블(SR-LUT)에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 입력 화소값들과 복수의 제1 화소값들을 기반으로 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 초해상도 영상을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0029]

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 신경망 학습부의 개념도이다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 신경망 학습부의 앙상블 커널을 이용한 초해상도 신경망 학습 과정을 설명하기 위한 예시도이다.

[0030]

도 1 내지 도 3을 참조하면, 초해상도 신경망 학습부(110)는 저해상도 학습 영상(10)에 소정의 수용 필드를 가지는 커널(14)을 설정하여 합성곱 처리를 수행함으로써 저해상도 학습 영상(10)을 고해상도 영상(20)으로 변환하는 초해상도 신경망을 학습하도록 구성될 수 있다. 도시된 예에서, 효율적, 실용적인 초해상도 처리를 위하여 커널(14)은 2×2 의 커널 형상을 가지도록 설정되어 있다.

[0031]

고효율 및 실용적 초해상도 처리와 함께 초해상도 영상의 정확도 향상을 위하여, 커널(14)은 저해상도 학습 영상의 커널(14)에 대응되는 패치 영역 내에 포함되는 제1 화소(16)를 기준으로 소정 각도로 회전하는 앙상블 커널(14a, 14b, 14c, 14d)로 구현될 수 있다. 앙상블 커널(14a, 14b, 14c, 14d)은 제1 화소(16)를 중심으로 90° 또는 180° 간격으로 회전하도록 설정될 수 있다. 도시된 예에서, 앙상블 커널(14a, 14b, 14c, 14d)에 의해, 커널(14)은 제1 화소(16)를 포함하여 수용 필드 크기 보다 큰 3×3 화소들을 포함하는 커널 영역(12)을 커버하게 되며, 이로써 적은 연산량으로 보다 높은 초해상도 정확도를 얻을 수 있게 된다.

[0032]

초해상도 신경망 학습부(110)는 앙상블 커널(14a, 14b, 14c, 14d)을 이용하여 제1 화소(16)에 대해 커널(14)의 각도(예를 들어, 0° , 90° , 180° , 270°) 별로 저해상도 학습 영상(10)을 합성곱 처리한 후, 커널(14)의 각도 별로 초해상도 신경망에 의해 산출되는 고해상도 영상(20)의 화소값들을 합산하여 저해상도 학습 영상의 제1 화소(16)에 대응되는 고해상도 영상의 제2 화소값들(22)을 산출할 수 있다.

[0033]

초해상도 신경망 학습부(110)는 다수의 합성곱 처리부(112, 114, 116)와, 깊이-공간 처리부(118)를 포함할 수 있다. 초해상도 신경망 학습부(110)는 합성곱 연산, ReLU 연산, 깊이-공간(depth to space) 처리 등을 실행하여 저해상도 학습 영상(10)을 고해상도 영상(20)으로 변환하는 초해상도 처리를 수행하도록 구성될 수 있다.

[0034]

초해상도 신경망 학습부(110)는 심층 신경망 기반의 초해상도 처리를 수행하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 합성곱 처리부(112, 114, 116) 중 첫번째 계층의 합성곱 처리부(112)는 2×2 크기의 커널 크기를 적용하여 합성곱 처리를 수행하고, 6개의 합성곱 처리 계층들 중 나머지 합성곱 처리부(114, 116)는 1×1 크기의 커널 크

기를 적용하여 합성곱 처리를 수행할 수 있다. 마지막 6번째 계층의 합성곱 처리부(116)는 r^2 채널 크기(r : 업스케일 인자(upsampling factor))를 가지며, 나머지 합성곱 처리부(112, 114)는 64 등의 채널 크기를 가지도록 설계될 수 있다. 도 2에 도시된 예에서, 초해상도 신경망 학습부(110)는 $\times 2$ ($r=2$) 초해상도 처리를 수행하도록 구현되어 있으나, 저해상도 학습 영상의 크기(해상도)를 3배 혹은 그 이상으로 증가시키는 초해상도 처리를 수행하도록 구현될 수도 있다.

[0035] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 룩업테이블 생성부의 개념도이다. 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 룩업테이블 생성부에 의해 수행되는 균등 간격 샘플링 과정을 설명하기 위한 예시도이다.

[0036] 초해상도 룩업테이블 생성부(120)는 저해상도 학습 영상(10)의 커널(14)에 포함되는 제1 화소(16) 및 제1 화소(16)의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)의 조합과, 제1 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)에 따라 초해상도 신경망(30)에 의해 제1 화소(16)와 대응되는 값으로 출력되는 고해상도 영상(20)의 제2 화소들의 제2 화소값들(V_0, V_1, V_2, V_3)의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 룩업테이블(SR-LUT)(40)을 생성할 수 있다.

[0037] 도시된 예에서, 제1 화소(16)의 화소값(I_0)은 초해상도 처리($r=2$)에 의해 4개의 제2 화소들의 화소값들(V_0, V_1, V_2, V_3)로 변환되어 있다. 초해상도 룩업테이블(40)에서 출력 좌표(output coordinate)는 제1 화소(16)의 화소값(I_0)에 대응되는 고해상도 영상의 제2 화소값들(V_0, V_1, V_2, V_3)의 좌표 위치이다. 초해상도 룩업테이블(40)에서 입력값(Input value)은 저해상도 학습 영상(10)의 제1 화소(16)를 포함하는 주변 화소들의 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)이다.

[0038] 초해상도 룩업테이블(SR-LUT)의 제1 화소값들은 커널(14)의 수용 필드 크기에 해당하는 화소들의 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)이고, 제2 화소값들은 제1 화소값들 중 제1 화소(16)의 화소값(I_0)에 대응되는 초해상도 영상의 화소들의 화소값들(V_0, V_1, V_2, V_3)일 수 있다. 효율적, 실용적 초해상도 처리를 위하여, 초해상도 룩업테이블 생성부(120)는 입력 화소들의 제1 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 초해상도 룩업테이블(40)을 생성하도록 구성될 수 있다. 초해상도 룩업테이블에서 제1 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)이 샘플링되는 균등 간격은 16 ~ 64 범위(4비트 내지 6비트) 내에서 설정될 수 있다.

[0039] 도 5의 (a)는 균등 간격 샘플링을 하지 않고 전체 대응 관계를 저장한 초해상도 룩업테이블을 나타낸 것이고, 도 5의 (b)는 4비트의 균등 간격으로 샘플링된 초해상도 룩업테이블을 나타낸 것이다. 도 5의 (a)에 도시된 초해상도 룩업테이블의 경우, $(2^8)^{RF} \times r^2 \times 8$ (bit)에 해당하는 크기를 필요로 한다(RF: 수용 필드 크기). 이 경우, $r = 2$, $RF = 4$ 일 때, 16 GB 크기의 초해상도 룩업테이블을 필요로 하며, 고성능의 병렬 연산 장치가 구비되지 않은 경우 초해상도 처리의 실용적인 적용이 어렵게 된다.

[0040] 이에 반해, 도 5의 (b)에 도시된 4비트 균등 간격 샘플링된 초해상도 룩업테이블(40)의 경우, 초해상도 룩업테이블의 크기가 $(2^4 + 1)^{RF} \times r^2 \times 8$ (bit)로 감소된다. $r = 2$, $RF = 4$ 인 경우, 초해상도 룩업테이블의 크기는 326 KB로 크게 감소되며, 고성능의 병렬 연산 장치가 구비되지 않더라도 초해상도 처리의 실용적인 적용이 가능해진다. 이때, 초해상도 룩업테이블에 샘플링되지 않은 입력값들은 입력값들과 가까운 주변의 샘플링 값들을 이용하여 보간에 의해 산출될 수 있다.

[0041] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 처리부의 개념도이다. 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 장치를 구성하는 초해상도 처리부의 보간 처리 과정을 설명하기 위한 예시도이다. 초해상도 처리부(130)는 입력 영상(10')의 화소들의 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들(I_0, I_1, I_2, I_3)을 기초로 초해상도 룩업테이블(SR-LUT)(40)에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 입력 화소값들과 복수의 제1 화소값들을 기반으로 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 초해상도 영상(20')을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0042] 이하에서 도 6 및 도 7을 참조하여 수용 필드 크기가 2인 경우에 있어서의 초해상도 처리부(130)의 보간 처리 과정을 설명한다. 초해상도 처리부(130)는 입력 영상(10')의 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들에서 각각 상위 화소값과 하위 화소값을 추출할 수 있다. 예를 들어, 입력 영상(10')의 수용 필드에 해당하는 2개의 입력 화

소값들(I_0, I_1)이 각각 24(00011000(2)), 60(00111100(2))인 경우, 입력 화소값들에서 추출되는 상위 화소값들은 1(0001(2)), 3(0011(2))이고, 입력 화소값들에서 추출되는 하위 화소값들(L_x, L_y)은 각각 8(1000(2)), 12(1100(2))이다.

[0043] 초해상도 처리부(130)는 입력 화소값들에서 추출된 상위 화소값들을 기초로, 균등 간격으로 샘플링된 초해상도 록업테이블(40)에서 상위 화소값들과 대응되는 복수의 제1 화소값들의 조합을 선택한다. 위의 예에서, 초해상도 처리부(130)는 초해상도 록업테이블(40)에서 상위 화소값 1, 3에 대응되는 LUT[1][3]과, LUT[1+1][3+1]을 선택한다.

[0044] 초해상도 처리부(130)는 입력 화소값들(I_0, I_1)에서 추출된 하위 화소값들(L_x, L_y)의 대소 관계를 비교하고, 하위 화소값들(L_x, L_y)의 대소 관계를 통해 록업테이블(40)에서 상위 화소값 1, 3에 대응되는 LUT[1][3+1]과, LUT[1+1][3] 중 어느 하나를 추가로 선택한다. 도시된 예에서는 $L_y(=12)$ 가 $L_x(=8)$ 보다 크기 때문에, LUT[1][4]과, LUT[2][3] 중 Y축에 해당하는 값이 큰 LUT[1][4]가 선택된다. 이와 달리, L_x 가 L_y 보다 크다면, LUT[1][4]과, LUT[2][3] 중 X축에 해당하는 값이 큰 LUT[2][3]이 선택될 수 있다.

[0045] 이와 같이, 초해상도 처리부(130)는 입력 화소값들(I_0, I_1)에서 추출된 하위 화소값들(L_x, L_y)의 대소 관계를 기초로 복수의 제1 화소값들의 조합 중의 일부를 선택하고, 하위 화소값들을 기반으로 가중치들(w_0, w_1, w_2)을 결정하여, 복수의 제1 화소값들의 조합 중에서 선택된 일부에 가중치들(w_0, w_1, w_2)을 적용하는 보간 처리에 의해 초해상도 영상(20')을 생성할 수 있다. 도 7의 예에서, 가중치들(w_0, w_1, w_2)은 하위 화소값들(L_x, L_y)의 대소 관계에 따라 아래의 표 1과 같이 설정될 수 있으며, 이에 따라 초해상도 영상(20')의 출력 화소값들(\hat{V})이 산출될 수 있다.

표 1

[0046]

$P_{00} = \text{LUT}[1][3]$	
$P_{11} = \text{LUT}[1+1][3+1]$	
if $L_x < L_y$	else if $L_y \leq L_x$
Select $P_{01} = \text{LUT}[1][3+1]$	Select $P_{10} = \text{LUT}[1+1][3]$
$w_0 = W - L_y$ ($W = 2^4$ (sampling interval))	$w_0 = W - L_x$
$w_1 = L_y - L_x$	$w_1 = L_x - L_y$
$w_2 = L_x$	$w_2 = L_y$
Output value $\hat{V} = (w_0 P_{00} + w_1 P_{01} + w_2 P_{11}) / W$	

[0047] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 다양한 수용 필드 크기 및 커널 형상을 가지는 커널의 예시도이다. 도 8의 (a) 내지 (e)에 도시된 커널은 각각 1×2 , 1×3 , 1×3 , 1×4 , 2×2 의 수용 필드 크기를 가지고, 수용 필드 크기에 따라 초해상도 록업테이블의 차원은 각각 2차원, 3차원, 3차원, 4차원, 4차원으로 설정되며, 앙상블 커널의 화소 커버 개수는 각각 5개, 5개, 9개, 13개, 9개이다. 도 8의 (b)에 도시된 앙상블 커널은 180° 회전 간격으로 2개의 앙상블 개수를 가지며, 도 8의 (a), (c) 내지 (e)에 도시된 앙상블 커널은 90° 회전 간격으로 4개의 앙상블 개수를 가진다.

[0048] 도 7 및 도 1의 예에서는 수용 필드 크기가 2인 2차원 초해상도 록업테이블을 이용하여 보간 처리에 의해 초해상도 영상을 생성하는 과정을 설명하였으나, 수용 필드 크기가 N(N은 2, 3, 4 또는 5)인 경우, N+1개의 샘플들을 추출하여 입력 영상의 화소값을 초해상도 록업테이블의 샘플링된 출력값으로 변환한 후 이를 보간 처리함으로써 입력 영상으로부터 초해상도 영상을 생성할 수 있다. 아래의 표 2는 4차원 초해상도 록업테이블에서 5개의 출력값 조합들(O_0, O_1, O_2, O_3, O_4)을 추출한 후, 입력 영상의 하위 화소값들에 따라 3개의 출력값 조합들 및 그 가중치들을 결정하는 알고리즘을 정리한 것이다.

표 2

Condition	w_0	w_1	w_2	w_3	w_4	O_1	O_2	O_3
$L_x > L_y > L_z > L_t$	$W-L_x$	L_x-L_y	L_y-L_z	L_z-L_t	L_t	P_{1000}	P_{1100}	P_{1110}
$L_x > L_y > L_t > L_z$	$W-L_x$	L_x-L_y	L_y-L_t	L_t-L_z	L_z	P_{1000}	P_{1100}	P_{1101}
$L_x > L_t > L_y > L_z$	$W-L_x$	L_x-L_t	L_t-L_y	L_y-L_z	L_z	P_{1000}	P_{1001}	P_{1101}
$L_t > L_x > L_y > L_z$	$W-L_t$	L_t-L_x	L_x-L_y	L_y-L_z	L_z	P_{0001}	P_{1001}	P_{1101}
$L_x > L_z > L_y > L_t$	$W-L_x$	L_x-L_z	L_z-L_y	L_y-L_t	L_t	P_{1000}	P_{1010}	P_{1110}
$L_x > L_z > L_t > L_y$	$W-L_x$	L_x-L_z	L_z-L_t	L_t-L_y	L_y	P_{1000}	P_{1010}	P_{1011}
$L_x > L_t > L_z > L_y$	$W-L_x$	L_x-L_t	L_t-L_z	L_z-L_y	L_y	P_{1000}	P_{1001}	P_{1011}
$L_t > L_x > L_z > L_y$	$W-L_t$	L_t-L_x	L_x-L_z	L_z-L_y	L_y	P_{0001}	P_{1001}	P_{1011}
$L_z > L_x > L_y > L_t$	$W-L_z$	L_z-L_x	L_x-L_y	L_y-L_t	L_t	P_{0010}	P_{1010}	P_{1110}
$L_z > L_x > L_t > L_y$	$W-L_z$	L_z-L_x	L_x-L_t	L_t-L_y	L_y	P_{0010}	P_{1010}	P_{1011}
$L_z > L_t > L_x > L_y$	$W-L_z$	L_z-L_t	L_t-L_x	L_x-L_y	L_y	P_{0010}	P_{0011}	P_{1011}
$L_t > L_z > L_x > L_y$	$W-L_t$	L_t-L_z	L_z-L_x	L_x-L_y	L_y	P_{0001}	P_{0011}	P_{1011}
$L_y > L_x > L_z > L_t$	$W-L_y$	L_y-L_x	L_x-L_z	L_z-L_t	L_t	P_{0100}	P_{1100}	P_{1110}
$L_y > L_x > L_t > L_z$	$W-L_y$	L_y-L_x	L_x-L_t	L_t-L_z	L_z	P_{0100}	P_{1100}	P_{1101}
$L_y > L_t > L_x > L_z$	$W-L_y$	L_y-L_t	L_t-L_x	L_x-L_z	L_z	P_{0100}	P_{0101}	P_{1101}
$L_t > L_y > L_x > L_z$	$W-L_t$	L_t-L_y	L_y-L_x	L_x-L_z	L_z	P_{0001}	P_{0101}	P_{1101}
$L_y > L_z > L_x > L_t$	$W-L_y$	L_y-L_z	L_z-L_x	L_x-L_t	L_t	P_{0100}	P_{0110}	P_{1110}
$L_y > L_z > L_t > L_x$	$W-L_y$	L_y-L_z	L_z-L_t	L_t-L_x	L_x	P_{0100}	P_{0110}	P_{0111}
$L_y > L_t > L_z > L_x$	$W-L_y$	L_y-L_t	L_t-L_z	L_z-L_x	L_x	P_{0100}	P_{0101}	P_{0111}
$L_t > L_y > L_z > L_x$	$W-L_t$	L_t-L_y	L_y-L_z	L_z-L_x	L_x	P_{0001}	P_{0101}	P_{0111}
$L_z > L_y > L_x > L_t$	$W-L_z$	L_z-L_y	L_y-L_x	L_x-L_t	L_t	P_{0010}	P_{0110}	P_{1110}
$L_z > L_y > L_t > L_x$	$W-L_z$	L_z-L_y	L_y-L_t	L_t-L_x	L_x	P_{0010}	P_{0110}	P_{0111}
$L_z > L_t > L_y > L_x$	$W-L_z$	L_z-L_t	L_t-L_y	L_y-L_x	L_x	P_{0010}	P_{0011}	P_{0111}
else	$W-L_t$	L_t-L_z	L_z-L_y	L_y-L_x	L_x	P_{0001}	P_{0011}	P_{0111}

[0049]

[0050]

이 경우, 초해상도 영상의 화소값은 아래의 수식에 따라 산출될 수 있다.

[0051]

$$\hat{V} = \frac{1}{W} \sum_{i=0}^4 w_i O_i \quad (O_0 = P_{0000}, O_4 = P_{1111})$$

[0052]

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 룩업테이블을 이용한 초해상도 영상 처리 방법의 순서도이다. 도 1 및 도 9를 참조하면, 초해상도 신경망 학습부(110)는 저해상도 학습 영상에 소정의 수용 필드(receptive field)를 가지는 커널(kernel)을 설정하여 합성곱(convolution) 처리를 수행함으로써 저해상도 학습 영상을 고해상도 영상으로 변환하는 초해상도 신경망(super resolution network)을 학습할 수 있다(S10).

[0053]

고효율 및 실용적 초해상도 처리와 함께 초해상도 영상의 정확도 향상을 위하여, 커널(14)은 저해상도 학습 영상의 커널(14)에 포함되는 제1 화소(저해상도 학습 영상의 각 화소)를 기준으로 소정 각도로 회전하는 앙상블 커널(ensemble kernel)로 구현될 수 있다. 앙상블 커널은 제1 화소(16)를 중심으로 90° 또는 180° 간격으로 회전하도록 설정될 수 있다.

[0054]

초해상도 신경망 학습부(110)는 앙상블 커널을 이용하여 제1 화소(16)에 대해 커널의 각도(예를 들어, 0°, 90°, 180°, 270°) 별로 저해상도 학습 영상을 합성곱 처리하고, 커널(14)의 각도 별로 초해상도 신경망에 의해 산출되는 고해상도 영상의 화소값들을 합산하여 저해상도 학습 영상의 제1 화소(16)에 대응되는 고해상도 영상의 제2 화소값들을 산출하도록 구성될 수 있다.

[0055]

초해상도 룩업테이블 생성부(120)는 저해상도 학습 영상의 커널(14)에 포함되는 제1 화소(16) 및 제1 화소(16)의 인접 화소를 포함하는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합과, 제1 화소값들에 따라 제1 화소(16)와 대응되는 값으로 출력되는 고해상도 영상의 제2 화소들의 제2 화소값들의 조합의 대응 관계를 나타내는 초해상도 룩업테이블(SR-LUT; super resolution look-up table)을 생성할 수 있다(S20).

[0056]

초해상도 룩업테이블(SR-LUT)의 제1 화소값들은 커널(14)의 수용 필드 크기에 해당하는 화소들의 화소값들이고, 제2 화소값들은 제1 화소값들 중 제1 화소(16)의 화소값에 대응되는 초해상도 영상의 화소들의 화소값들일 수

있다. 효율적, 실용적 초해상도 처리를 위하여, 초해상도 록업테이블 생성부(120)는 입력 화소들의 제1 화소값들의 조합을 균등 간격으로 샘플링하여 초해상도 록업테이블을 생성하도록 구성될 수 있다. 초해상도 록업테이블에서 제1 화소값들이 샘플링되는 균등 간격은 16 ~ 64 범위 내에서 설정될 수 있다.

[0057]

초해상도 처리부(130)는 입력 영상의 화소들의 수용 필드에 해당하는 입력 화소값들을 기초로 초해상도 록업테이블(SR-LUT)에서 복수의 제1 화소값들의 조합 및 복수의 제2 화소값들의 조합을 추출하고, 입력 화소값들과 복수의 제1 화소값들을 기반으로 복수의 제2 화소값들의 조합을 보간 처리하여 초해상도 영상을 생성할 수 있다(S30). 도 10 및 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 초해상도 영상 처리 방법의 성능을 나타낸 도면이다. 아래 표 3 및 표 4는 본 발명의 실시예에 따른 초해상도 영상 처리 방법의 성능을 종래 방식과 비교하여 나타낸 것이다. 이하에서 업스케일 인자(upsampling factor) $r = 4$ 에 대한 결과를 통해 본 발명의 실시예에 따른 성능에 대해 설명한다.

표 3

	Method	Runtime	Size	Set5		Set14		BSDS100		Urban100		Manga109	
				PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
Interpolation	Nearest	4ms	-	26.25	0.7372	24.65	0.6529	25.03	0.6293	22.17	0.6154	23.45	0.7414
	Bilinear	16ms	-	27.55	0.7884	25.42	0.6792	25.54	0.6460	22.69	0.6346	24.21	0.7666
	Bicubic	60ms	-	28.42	0.8101	26.00	0.7023	25.96	0.6672	23.14	0.6574	24.91	0.7871
SR-LUT	Ours-V	15ms	1MB	29.22	0.8304	26.65	0.7258	26.33	0.6880	23.68	0.6852	26.30	0.8246
	Ours-F	34ms	77KB	29.77	0.8429	26.99	0.7372	26.57	0.6990	23.94	0.6971	26.87	0.8367
	Ours-S	91ms	1.274MB	29.82	0.8478	27.01	0.7355	26.53	0.6953	24.02	0.6990	26.80	0.8380
Sparse coding	NE + LLE [6]	7016ms*	1.434MB	29.62	0.8404	26.82	0.7346	26.49	0.6970	23.84	0.6942	26.10	0.8195
	Zeyde <i>et al.</i> [45]	8797ms*	1.434MB	26.69	0.8429	26.90	0.7354	26.53	0.6968	23.90	0.6962	26.24	0.8241
	ANR [38]	1715ms*	1.434MB	29.70	0.8422	26.86	0.7368	26.52	0.6992	23.89	0.6964	26.18	0.8214
	A+ [39]	1748ms*	15.171MB	30.27	0.8602	27.30	0.7498	26.73	0.7088	24.33	0.7189	26.91	0.8480
DNN	FSRCNN [8]	371ms	12K [†]	30.71	0.8656	27.60	0.7543	26.96	0.7129	24.61	0.7263	27.91	0.8587
	CARN-M [2]	4955ms	412K [†]	31.82	0.8898	28.29	0.7747	27.42	0.7305	25.62	0.7694	29.85	0.8993
	RRDB [40]	31717ms	16698K [†]	32.68	0.8999	28.88	0.7891	27.82	0.7444	27.02	0.8146	31.57	0.9185

[0058]

표 4

	Configuration	Runtime	Size	PSNR	SSIM
Ours-V	1 × 2 / 4 / 5	15ms	1MB	29.22	0.8304
A	1 × 3 / 2 / 5	22ms	77KB	27.75	0.7892
Ours-F	1 × 3 / 4 / 9	34ms	77KB	29.77	0.8429
B	1 × 4 / 4 / 13	91ms	1.274MB	29.88	0.8463
Ours-S	2 × 2 / 4 / 9	91ms	1.274MB	29.82	0.8478

[0059]

표 3의 Set5, Set14, BSDS100, Urban100, Manga109는 성능 검증에 활용된 테스트셋으로, "David Martin, Charless Fowlkes, Doron Tal, and Jitendra Malik. A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics. In ICCV, volume 2, pages 416-423. IEEE, 2001.", "Jia-Bin Huang, Abhishek Singh, and Narendra Ahuja. Single image super-resolution from transformed self-exemplars. In CVPR, pages 5197-5206, 2015.", "Yusuke Matsui, Kota Ito, Yuji Aramaki, Azuma Fujimoto, Toru Ogawa, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa. Sketch-based manga retrieval using manga109 dataset. Multimedia Tools and Applications, 76(20):21811-21838, 2017." 등에 개시된 테스트셋이 성능 검증에 사용되었다.

[0061]

표 4의 "Configuration"은 커널 형태(kernel shape) / 회전 앙상블(rotational ensembles) / 전체 커버 화소들(total covering pixels)을 나타낸다. 표 3의 'NE+LLE'는 "Hong Chang, Dit-Yan Yeung, and Yimin Xiong. Superresolution through neighbor embedding. In CVPR, 2004."에 개시된 기술, 'Zeyde et al.'은 "Roman Zeyde, Michael Elad, and Matan Protter. On single image scale-up using sparse-representations. In International conference on curves and surfaces, pages 711-730. Springer, 2010."에 개시된 기술, 'ANR'은 "Radu Timofte, Vincent De Smet, and Luc Van Gool. Anchored neighborhood regression for fast example-based super-resolution. In ICCV, pages 1920-1927, 2013."에 개시된 기술, 'A+'는 "Radu Timofte, Vincent De Smet, and Luc Van Gool. A+: Adjusted anchored neighborhood regression for fast

superresolution. In ACCV, pages 111-126. Springer, 2014."에 개시된 기술이다.

[0062] 표 3의 'FSRCNN'은 "Chao Dong, Chen Change Loy, and Xiaoou Tang. Accelerating the super-resolution convolutional neural network. In ECCV, pages 391-407. Springer, 2016."에 개시된 기술, 'CARN-M'은 "Namhyuk Ahn, Byungkon Kang, and Kyung-Ah Sohn. Fast, accurate, and lightweight super-resolution with cascading residual network. In ECCV, pages 252-268, 2018."에 개시된 기술이다.

[0063] 표 3의 'RRDB'는 "Xintao Wang, Ke Yu, Shixiang Wu, Jinjin Gu, Yihao Liu, Chao Dong, Yu Qiao, and Chen Change Loy. Esrgan: Enhanced super-resolution generative adversarial networks. In ECCV Workshops, September 2018."에 개시된 기술이다. 도 10의 'Bicubic'은 "Robert Keys. Cubic convolution interpolation for digital image processing. IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing, 29(6):1153-1160, 1981."에 개시된 기술, 'GT'는 고해상도 정답 영상이다.

[0064] 본 발명의 실시예에 따른 초해상도 영상 처리 방법(SR-LUT; 도 8의 Ours-V, A, Ours-F, B, Ours-S)은 바이큐빅 보간(Bicubic interpolation) 방식보다 향상된 선명도(PSNR(peak signal-to-noise ratio), SSIM(structural similarity index))를 나타낸다. 특히 2X2 크기의 커널을 형성하여 4차원 룩업 테이블(4개의 입력 픽셀들에 대응되는 출력 픽셀값들의 대응 관계를 저장)로 구현되는 Ours-S의 경우 높은 해상도를 가지면서 룩업테이블 사이스를 64 GB에서 1.274 MB로 크게 감소시키는 효과를 나타내는 것으로 확인된다.

표 5

Sampling	Size	PSNR	SSIM
2 ⁰ (Original model)	64GB	29.90	0.8504
2 ²	272MB	29.90	0.8505
2 ³	18MB	29.89	0.8500
2 ⁴ (Ours-S)	1.274MB	29.82	0.8478
2 ⁵	102KB	29.62	0.8419
2 ⁶	9.891KB	29.18	0.8293
2 ⁷	1.392KB	28.50	0.8097
2 ⁸	384B	26.64	0.7495

[0065]

[0066] 표 5는 샘플링 간격에 따른 룩업 테이블 크기와, PSNR, SSIM을 정리한 것이다. 도 12는 본 발명의 실시예에 따라 초해상도 룩업테이블의 샘플링 간격에 따른 변화되는 초해상도 영상을 나타낸 것이다. 샘플링 간격을 4 비트 내지 5 비트로 설정하였을 때 초해상도 룩업테이블의 크기를 감소시키면서 영상 품질의 성능 저하를 최소화할 수 있음을 알 수 있다. 샘플링 간격을 6 비트 이상으로 설정한 경우, 영상 결함이 점차 커지는 것을 알 수 있다.

[0067] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 초해상도 영상 처리 방법의 성능을 종래 방식과 비교하여 나타낸 도면이다. 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 의하면, 심층 신경망을 이용한 방법과 달리, 초해상도 처리 과정에서 많은 부동 소수점 연산이 필요하지 않기 때문에 초해상도 처리를 매우 빠르게 수행할 수 있으며, 부동 소수점 연산량을 줄여 실행 시간을 단축할 수 있을 뿐 아니라, 적정 수준 이상의 고품질의 해상도를 가지는 영상을 획득할 수 있다.

[0068] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

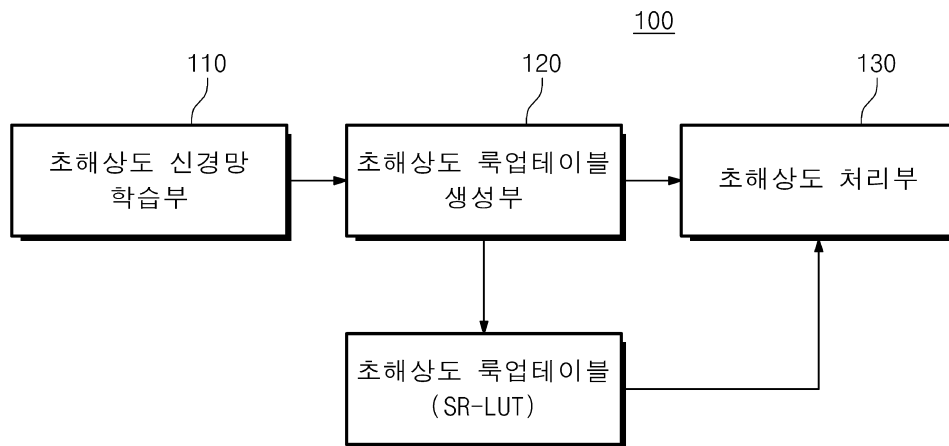
부호의 설명

[0069]

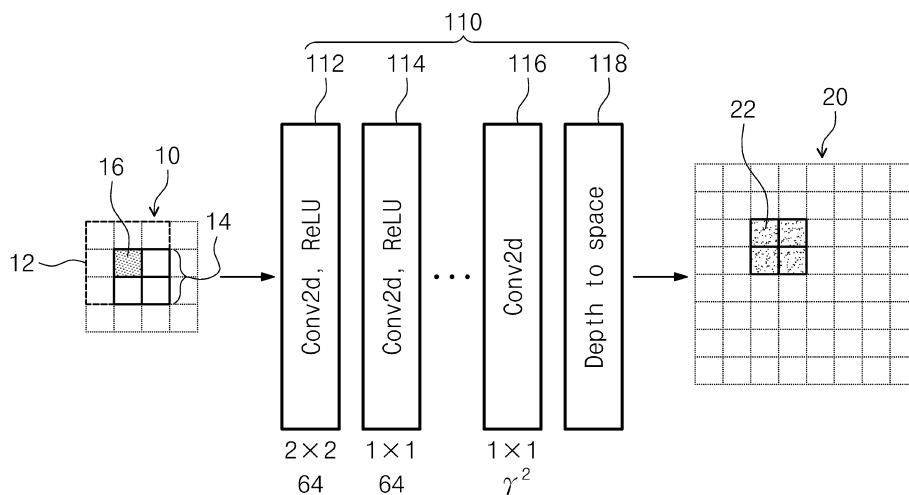
10: 저해상도 학습 영상	10': 입력 영상
12: 커널 영역	14: 커널
14a, 14b, 14c, 14d: 앙상블 커널	16: 제1 화소
20: 고해상도 영상	20': 초해상도 영상
30: 초해상도 신경망	40: 초해상도 룩업테이블
100: 초해상도 영상 처리 장치	110: 초해상도 신경망 학습부
112, 114, 116: 합성곱 처리부	118: 깊이-공간 처리부
120: 초해상도 룩업테이블 생성부	130: 초해상도 처리부
I_0, I_1, I_2, I_3 : 제1 화소값	V_0, V_1, V_2, V_3 : 제2 화소값

도면

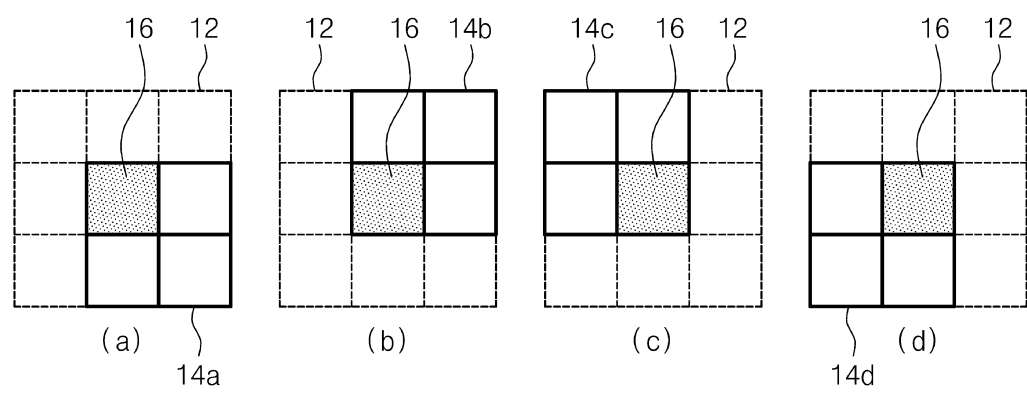
도면1



도면2

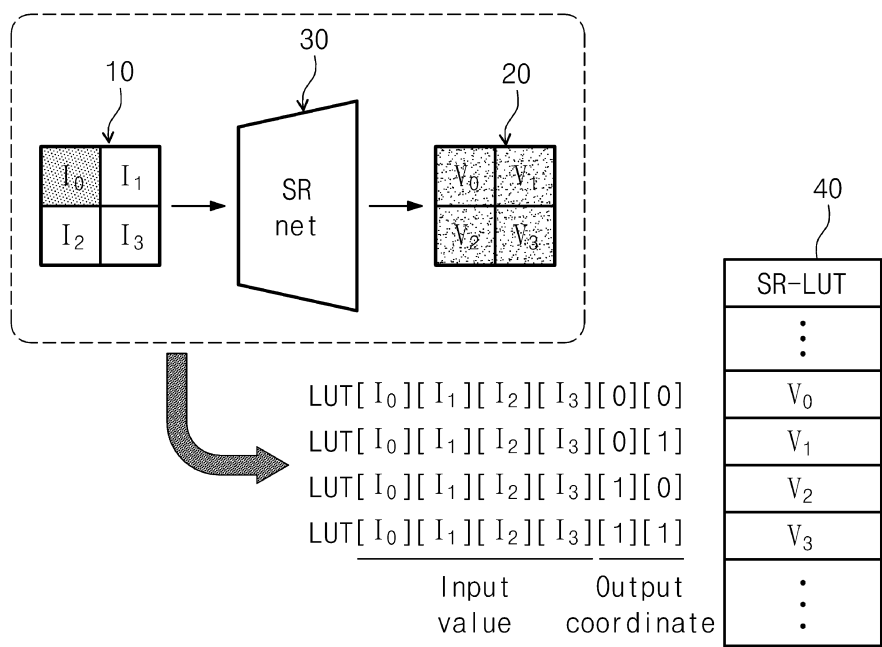


도면3



도면4

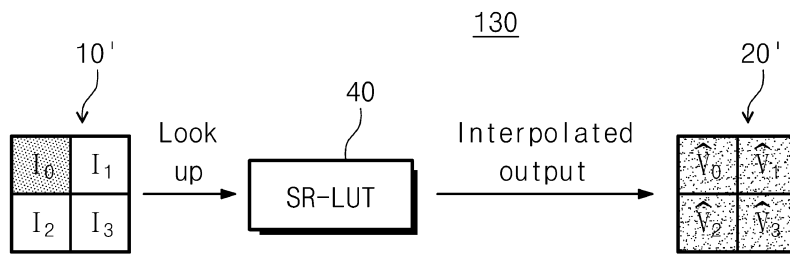
120



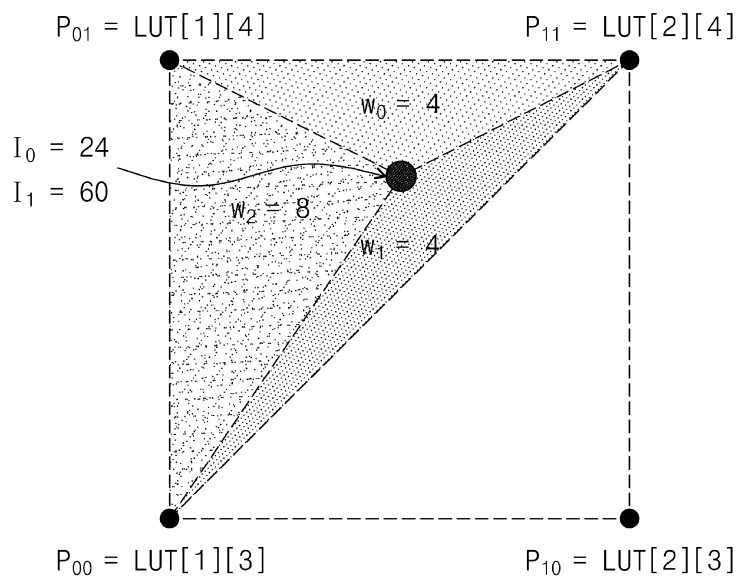
도면5

Full 1D LUT	Input	0	1	...	254	255	256 entries
	Output	5	6		252	253	
(a)							
4bit uniformly sampled 1D LUT	Input	0	16	...	240	255	17 entries
	Output	5	23		230	253	
<div><div></div>40</div> (b)							

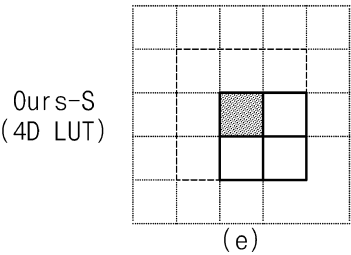
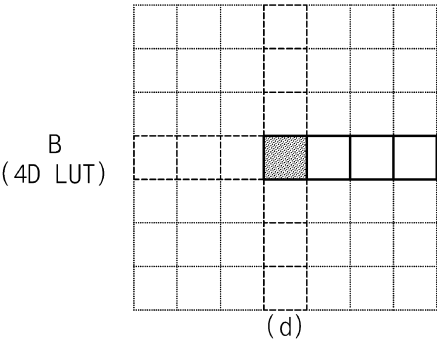
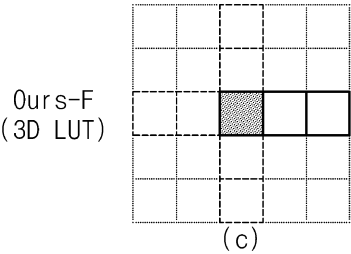
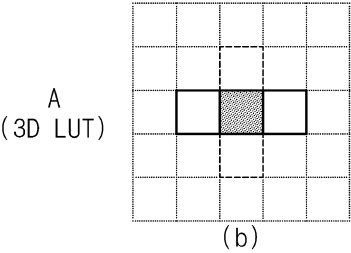
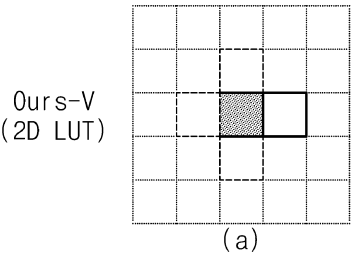
도면6



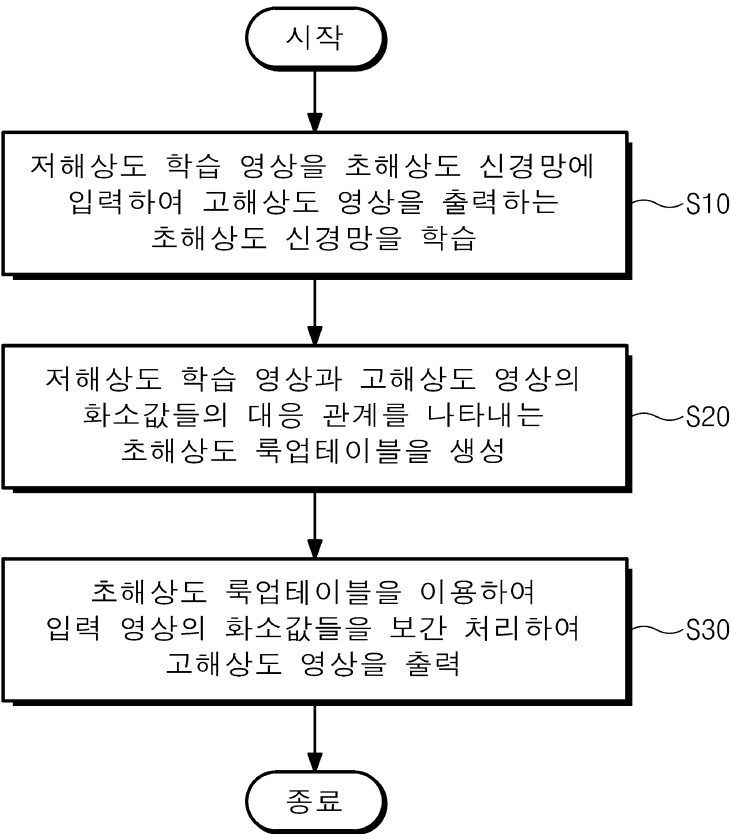
도면7



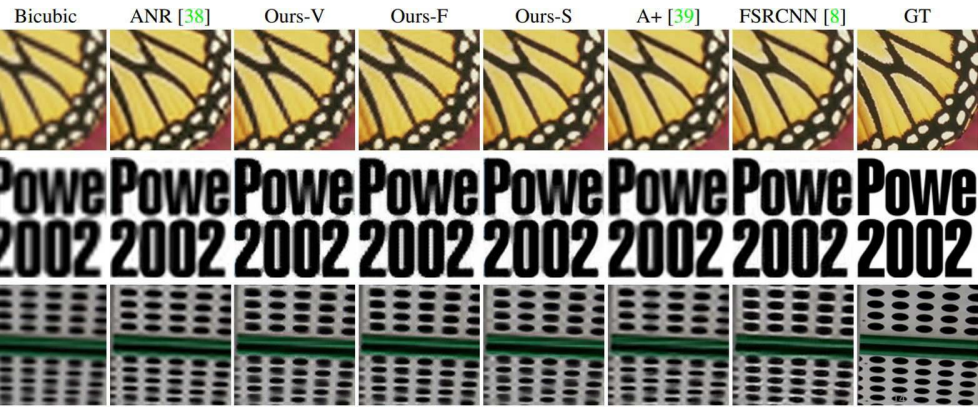
도면8



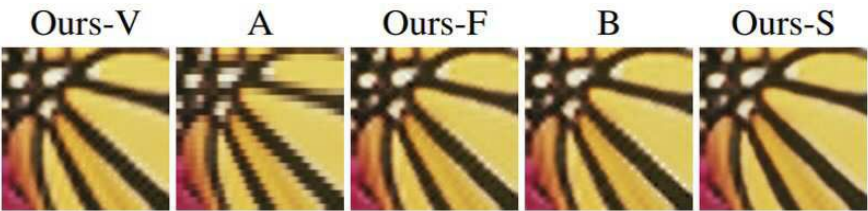
도면9



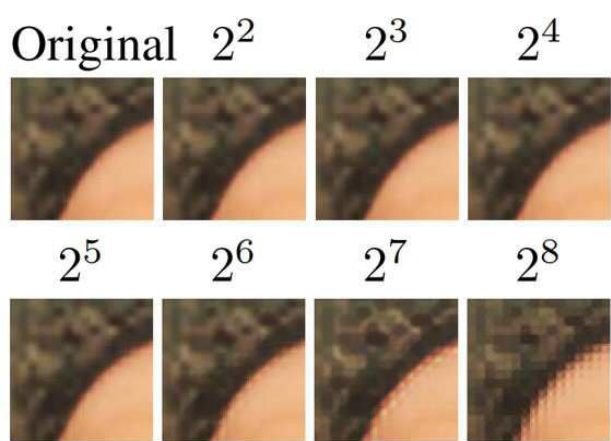
도면10



도면11



도면12



도면13

