(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0096673
(43) 공개일자 2023년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/593 (2017.01) *G06N 3/08* (2023.01)
G06T 3/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/593 (2017.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2021-0186394
(22) 출원일자 2021년12월23일
심사청구일자 2021년12월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
고성제
서울특별시 서초구 방배로 270, 나-304호 (방배동, 삼호아파트)
김준연
경기도 고양시 덕양구 화중로 219, 109동 1005호 (화정동, 달빛마을1단지아파트)
(74) 대리인
윤귀상

전체 청구항 수 : 총 11 항

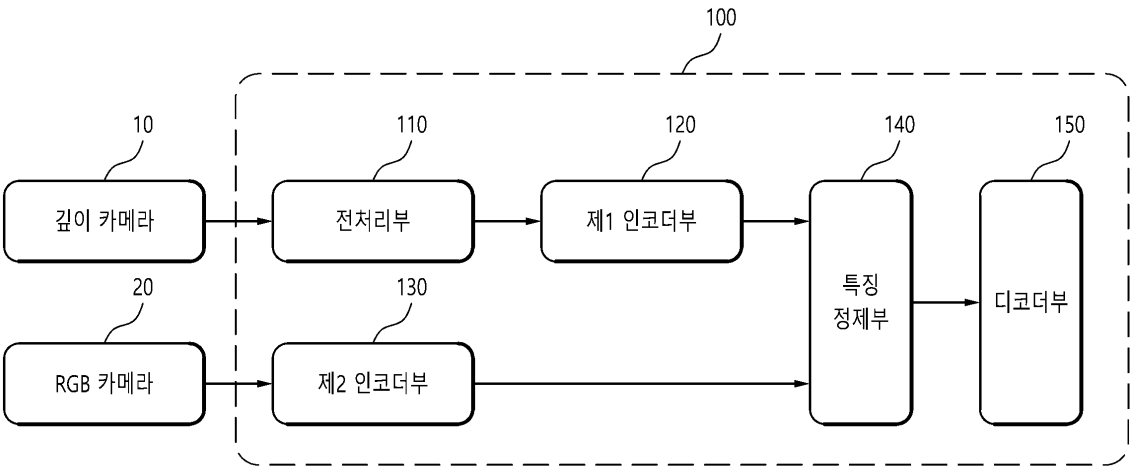
(54) 발명의 명칭 **깊이지도의 해상도 향상 장치, 방법 및 이를 위한 컴퓨터 판독가능 프로그램**

(57) 요 약

깊이지도의 해상도 향상 장치, 방법 및 이를 위한 컴퓨터 판독가능 프로그램이 개시된다. 본 발명에 따른 깊이지도의 해상도 향상 장치는 해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성하는 제 1 인코더부, 상기 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance)

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



특징정보를 생성하는 제 2 인코더부, 상기 가이던스 특징정보로부터 오프셋(offset)을 추출하고, 상기 추출된 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성하는 특징정제부 및 상기 출력 특징정보를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력하는 디코더부를 포함한다. 상술한 본 발명에 따르면, 컬러 영상으로부터 추출한 특징으로부터 오프셋을 생성하고, 이를 기초로 깊이지도의 특징을 개선하여 깊이지도의 해상도를 향상시킬 수 있다. 따라서, 본 발명은 컬러영상으로부터 추출된 특징을 직접 깊이지도의 특징에 결합시키지 않고 간접적으로 참조하는 방식으로 사용하여 깊이지도의 해상도를 향상시키는 바, 컬러영상의 특징을 과도하게 참조할 경우 컬러현상에 포함된 텍스쳐들이 깊이지도에 포함되는 텍스쳐 전이 현상을 방지할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G06T 3/4046 (2013.01)
G06T 3/4053 (2013.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126255
과제번호	2017-0-00250-005
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	ICT융합산업혁신기술개발(R&D)
연구과제명	엣지카메라 임베디드 시스템과 영상분석 시스템의 협업 강화학습기반 지능형 국방경계 감시 시스템 핵심 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	중앙대학교산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성하는 제 1 인코더부;

상기 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance) 특징정보를 생성하는 제 2 인코더부;

상기 가이던스 특징정보로부터 오프셋(offset)을 추출하고, 상기 추출된 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성하는 특징정제부; 및

상기 출력 특징정보를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력하는 디코더부를 포함하는, 깊이지도의 해상도 향상 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 타겟 깊이지도를 업샘플링(upsampling) 하는 전처리부를 더 포함하고,

상기 제 1 인코더부는 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도로부터 상기 입력 특징정보를 생성하는 것인, 깊이지도의 해상도 향상 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 디코더부는,

상기 출력 특징정보를 디코딩하고 이를 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도에 합산하여 상기 고해상도-깊이지도를 출력하는 것인, 깊이지도의 해상도 향상 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 특징정제부는,

상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보에 대해 디포머블 컨볼루션(deformable convolution) 연산을 수행하는 것인, 깊이지도의 해상도 향상 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 특징정제부는,

상기 가이던스 특징정보를 기설정된 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 적용하여 오프셋을 추출하고,

상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보 중 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택하여 변형된 특징정보를 생성하고,

상기 변형된 특징정보와 커널(Kernel) 가중치 간의 컨볼루션 연산을 통해 상기 출력 특징정보를 생성하는, 깊이지도의 해상도 향상 장치.

청구항 6

해상도 향상 장치에서 수행되는 깊이지도의 해상도 향상 방법으로서,

해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성하는 단계;

상기 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance) 특징정보를 생성하는 단계;

상기 가이던스 특징정보로부터 오프셋(offset)을 추출하고, 상기 추출된 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성하는 단계; 및

상기 출력 특징정보를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력하는 단계를 포함하는, 깊이지도의 해상도 향상 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 입력 특징정보를 생성하는 단계 이전에, 상기 타겟 깊이지도를 업샘플링(upsampling) 하는 단계를 더 포함하고,

상기 입력 특징정보를 생성하는 단계는, 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도로부터 상기 입력 특징정보를 생성하는 것인, 깊이지도의 해상도 향상 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 고해상도-깊이지도를 출력하는 단계는,

상기 출력 특징정보를 디코딩하고 이를 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도에 합산하여 상기 고해상도-깊이지도를 출력하는 것인, 깊이지도의 해상도 향상 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 출력 특징정보를 생성하는 단계는,

상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보에 대해 디포머블 컨볼루션(deformable convolution) 연산을 수행하는 것인, 깊이지도의 해상도 향상 방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 출력 특징정보를 생성하는 단계는,

상기 가이던스 특징정보를 기설정된 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 적용하여 오프셋을 추출하고,

상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보 중 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택하여 변형된 특징정보를 생성하고,

상기 변형된 특징정보와 커널(Kernel) 가중치 간의 컨볼루션 연산을 통해 상기 출력 특징정보를 생성하는, 깊이지도의 해상도 향상 방법.

청구항 11

제 6 항 내지 제 10 항에 기재된, 깊이지도의 해상도 향상 방법을 실행하도록 구성된, 컴퓨터로 판독가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 판독가능한 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 깊이지도의 해상도 향상 장치, 방법 및 이를 위한 컴퓨터 판독가능 프로그램에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 컨볼루션 신경망 기반으로 깊이지도의 해상도를 향상시키는, 깊이지도의 해상도 향상 장치, 방법

및 이를 위한 컴퓨터 판독가능 프로그램이다.

배 경 기 술

[0002] 깊이지도는 3 D 재구성, VR(Virtual Reality), 자율주행과 같은 다양한 비전 응용분야에서 필수적인 기술이다. 일반적으로, 일 장면의 깊이지도는 수동적 또는 능동적 방법으로 획득될 수 있다.

[0003] 먼저, 수동적 방법은, 서로 다른 뷰포인트(viewpoint) 로부터의 두 개 이상의 이미지 사이의 대응관계를 추정함으로써 깊이지도를 획득하는 것이다. 그러나, 텍스쳐가 없고 폐쇄된 영역에서의 점들의 대응관계를 정확하게 식별하는 것은 근본적으로 어려운 바, 깊이지도 획득에 대한 더 강인한 솔루션이 요구된다.

[0004] 깊이지도 획득의 능동적 방법은 ToF(time-of-flight) 또는 구조용 조명 카메라와 같은 센서들로부터 깊이지도를 강인하게 획득할 수 있는 솔루션을 제공한다. 그러나, 깊이지도가 이러한 깊이센서들에 의해 실시간으로 캡쳐될 수 있다 하더라도, 다양한 비전 태스크에 응용하기에는 깊이지도의 낮은 공간 해상도가 제한을 줄 수 있다. 그러므로, 깊이지도의 공간 해상도를 높일 수 있는 방안이 필요한 실정이다.

[0005] 저해상도(LR:low-resolution) 깊이지도로부터 고해상도(HR: high-resolution) 깊이지도를 생성하는 가장 간단한 접근 방법은, bilinear 또는 bicubic 보간과 같은 보간을 깊이지도에 적용하는 것이다. 그러나, 이러한 접근 방법은 간단하지만, 정확한 객체 바운더리를 렌더링할 수 없다는 문제점을 갖는다.

[0006] 따라서, 상술한 방법 이외에 깊이지도의 활용을 위한 깊이지도의 해상도를 향상시킬 수 있는 기술개발이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-1745493호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 일 측면에 따르면, 타겟 깊이지도로부터 입력 특징정보를 추출하고, 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 가이던스(guidance) 특징정보를 추출하고, 상기 가이던스 특징정보로부터의 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성한 뒤 이를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도의 해상도를 향상시키는 깊이지도의 해상도 향상 장치, 방법 및 이를 위한 컴퓨터 판독가능 프로그램을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 장치는, 해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성하는 제 1 인코더부, 상기 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance) 특징정보를 생성하는 제 2 인코더부, 상기 가이던스 특징정보로부터 오프셋(offset)을 추출하고, 상기 추출된 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성하는 특징정제부 및 상기 출력 특징정보를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력하는 디코더부를 포함한다.

[0010] 한편, 타겟 깊이지도를 업샘플링(upsampling) 하는 전처리부를 더 포함하고, 상기 제 1 인코더부는 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도로부터 상기 입력 특징정보를 생성하는 것일 수 있다.

[0011] 또한, 디코더부는, 상기 출력 특징정보를 디코딩하고 이를 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도에 합산하여 상기 고해상도-깊이지도를 출력하는 것일 수 있다.

[0012] 또한, 특징정제부는, 상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보에 대해 디포머블 컨볼루션(deformable convolution) 연산을 수행하는 것일 수 있다.

[0013] 또한, 특징정제부는, 상기 가이던스 특징정보를 기설정된 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 적용하여 오프

셋을 추출하고, 상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보 중 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택하여 변형된 특징정보를 생성하고, 상기 변형된 특징정보와 커널(Kernel) 가중치 간의 컨볼루션 연산을 통해 상기 출력 특징정보를 생성할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법은 해상도 향상 장치에서 수행되는 깊이지도의 해상도 향상 방법이고, 해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성하는 단계, 상기 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance) 특징정보를 생성하는 단계, 상기 가이던스 특징정보로부터 오프셋(offset)을 추출하고, 상기 추출된 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성하는 단계 및 상기 출력 특징정보를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력하는 단계를 포함한다.

[0015] 한편, 입력 특징정보를 생성하는 단계 이전에, 상기 타겟 깊이지도를 업샘플링(upsampling) 하는 단계를 더 포함하고, 상기 입력 특징정보를 생성하는 단계는, 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도로부터 상기 입력 특징정보를 생성하는 것일 수 있다.

[0016] 또한, 고해상도-깊이지도를 출력하는 단계는, 상기 출력 특징정보를 디코딩하고 이를 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도에 합산하여 상기 고해상도-깊이지도를 출력하는 것일 수 있다.

[0017] 또한, 출력 특징정보를 생성하는 단계는, 상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보에 대해 디포머블 컨볼루션(deformable convolution) 연산을 수행하는 것일 수 있다.

[0018] 또한, 출력 특징정보를 생성하는 단계는, 상기 가이던스 특징정보를 기설정된 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 적용하여 오프셋을 추출하고, 상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보 중 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택하여 변형된 특징정보를 생성하고, 상기 변형된 특징정보와 커널(Kernel) 가중치 간의 컨볼루션 연산을 통해 상기 출력 특징정보를 생성할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예는 깊이지도의 해상도 향상 방법을 실행하도록 구성된, 컴퓨터로 판독가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 판독가능한 프로그램을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 상술한 본 발명에 따르면, 컬러 영상으로부터 추출한 특징으로부터 오프셋을 생성하고, 이를 기초로 깊이지도의 특징을 개선하여 깊이지도의 해상도를 향상시킬 수 있다. 따라서, 컬러영상으로부터 추출된 특징을 직접 깊이지도의 특징에 결합시키지 않고 간접적으로 참조하는 방식으로 사용하여 깊이지도의 해상도를 향상시키는 바, 컬러영상의 특징을 과도하게 참조할 경우 컬러현상에 포함된 텍스쳐들이 깊이지도에 포함되는 텍스쳐 전이 현상을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1 은 본 발명의 일 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 장치가 적용된 시스템의 일 예이다.

도 2 는 도 1 에 도시된 깊이지도의 해상도 향상 장치에서의 전반적인 해상도 향상 과정을 도시한 도면이다.

도 3 은 도 1 에 도시된 특징정제부에서의 출력 특징정보를 생성하는 과정을 상세히 도시한 도면이다.

도 4 는 본 발명의 다른 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법을 도시한 순서도이다.

도 5 는 도 4 에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법이 적용되었을 때의 실험결과와 종래의 방법이 적용되었을 때의 실험결과를 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든

범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0023] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0024] 도 1 은 본 발명의 일 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 장치가 적용된 시스템의 일 예이고, 도 2 는 도 1 에 도시된 깊이지도의 해상도 향상 장치에서의 전반적인 해상도 향상 과정을 도시한 도면이며, 도 3 은 도 1 에 도시된 특징정제부에서의 출력 특징정보를 생성하는 과정을 상세히 도시한 도면이다.

[0025] 도 1 을 참조하면, 본 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 장치(100)는 깊이 카메라(10) 및 RGB 카메라(20)와 연결된다.

[0026] 깊이 카메라(10)는 깊이지도를 생성하여 해상도 향상 장치(100) 측으로 전송한다. 여기서, 깊이 카메라(10)는 깊이영상을 촬영하는 센서로서, 예컨대, ToF(time-of-flight) 또는 구조용 조명 카메라일 수 있다.

[0027] RGB 카메라(20)는 컬러영상을 생성하여 해상도 향상 장치(100) 측으로 전송한다. 여기서, RGB 카메라(20)는 단일 RGB 영상을 촬영할 수 있는 영상센서로서, 예컨대, CMS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 영상센서, CCD(Charge-Coupled Device) 영상센서, 또는 스테레오 카메라 영상센서 중 하나일 수 있다.

[0028] 본 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 장치(100)는 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Network) 기반의 초해상도(Super Resolution:SR) 기법을 이용하여 저해상도인 타겟 깊이지도를 고해상도-깊이지도로 변환한다.

[0029] 보다 구체적으로 해상도 향상 장치(100)는 해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도와 동일한 장면을 촬영한 고해상도의 컬러영상을 이용하여 고해상도-깊이지도를 생성한다. 즉, 해상도 향상 장치(100)는 고해상도의 컬러영상을 참조하여 고해상도-깊이지도를 생성하는데, 보다 상세하게는, 아래 수학식 1 과 같이, 타겟 깊이지도와 고해상도의 컬러영상 간의 레지듀얼 연산을 수행하고, 이를 타겟 깊이지도에 합산하는 방식으로 고해상도- 깊이지도를 산출할 수 있다.

[0030] [수학식 1]

[0031] $$D_h = F(D_l{}^{up}, I_h; \theta) + D_l{}^{up}$$

[0032] 여기서, D_h는 고해상도-깊이지도이고, D_l^{up}은 업샘플링된 타겟 깊이지도이고, I_h는 고해상도 컬러영상이고, Θ는 네트워크 파라미터(network parameter)이고, F 는 비선형 레지듀얼 맵핑 함수(nonlinear residual mapping function)이다.

[0033] 이를 위해, 본 실시예에 따른 해상도 향상 장치(100)는 전처리부(110), 제 1 인코더부(120), 제 2 인코더부(130), 특징정제부(140) 및 디코더부(150)를 포함한다.

[0034] 전처리부(110)는 해상도 향상이 요구되는 타겟 깊이지도를 업샘플링(upsampling) 한다.

[0035] 제 1 인코더부(120)는 업샘플링된 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성한다. 보다 구체적으로, 도 2 를 참조하면, 제 1 인코더부(120)는 CNN 네트워크로 구성되며, 컨볼루션 연산을 통해 타겟 깊이지도(D_l^{up})로부터 특징을 추출하여 적어도 하나 이상의 입력 특징정보(도 2 의 각 파란색 박스)를 생성한다. 이때, 각 입력 특징정보는 대응하는 디코더 측의 출력(D_h)과 연관될 수 있다.

[0036] 제 2 인코더부(130)는 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance) 특징정보를 생성한다. 보다 구체적으로, 도 2 를 참조하면, 제 2 인코더부(130)는 CNN 네트워크로 구성되며, 컨볼루션 연산을 통해 컬러영상(I_h)으로부터 특징을 추출하여 적어도 하나 이상의 가이던스 특징정보(도 2 의 각 붉은색 박스)를 생성한다.

[0037] 한편, 이러한 가이던스 특징정보와 입력 특징정보를 직접적으로 결합하면 컬러영상의 특징이 과도하게 참조되어 컬러영상에 포함된 텍스쳐(texture)들이 깊이지도에 나타나는 텍스쳐 전이 부작용이 발생될 수 있다.

[0038] 이를 해결하기 위해, 본 실시예에 따른 해상도 향상 장치(100)는 특징정제부(140)를 더 포함하여 도 2 에서와 같이, 가이던스 특징정보(붉은색 박스)로부터 오프셋(offset, 회색박스)을 추출하고 이를 입력 특징정보(파란색

박스)에 적용하여 정제된 출력 특징정보(초록색 박스)를 생성하며, 이를 디코더부에 인가한다.

[0039] 즉, 본 실시예에 따른 해상도 향상 장치(100)는 가이던스 특징정보와 입력 특징정보를 직접적으로 연관시킨 결과를 디코딩하지 않고, 가이던스 특징정보를 간접적으로 참조하는 방식으로 입력 특징정보를 개선 및 정제하여 이를 디코딩하는 것이다. 이로써, 컬러 영상을 직접 결합하지 않고 간접적으로 참조만 하므로, 텍스쳐 전이 부작용을 방지할 수 있다.

[0040] 특징정제부(140)는 도 3 에서와 같이, 디포머블 컨볼루션(deformable convolution) 연산을 수행하여, 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성한다.

[0041] 기존의 컨볼루션 연산은 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀로서, 중심픽셀과 해당 중심픽셀과 이웃한 8개의 픽셀을 선택하지만, 디포머블 컨볼루션 연산은 오프셋(offset)을 기초로 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택할 수 있다.

[0042] 보다 구체적으로, 특징정제부(140)는 가이던스 특징정보(f^G)를 기설정된 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 적용하여 오프셋(f^{OG})을 추출한다. 이러한 특징정제부(140)에서의 오프셋을 추출하는 과정은 아래 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

[0043] [수학식 2]

[0044] $$f^{OG} = M\left(f^G\right)$$

[0045] 여기서, f^{OG} 는 오프셋이고, M 은 컨볼루션 레이어이며, f^G는 가이던스 특징정보이다. 한편, 오프셋은 모든 위치에 대한 2D 커널 오프셋일 수 있고, 컨볼루션 레이어는 바람직하게는 3×3 컨볼루션 레이어으로서, 18 개의 채널을 갖을 수 있다.

[0046] 특징정제부(140)는 이렇게 추출된 오프셋을 이용해 입력 특징정보(f^I)로부터 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택하여 변형된 특징정보(Deformed feature)를 생성하고, 상기 변형된 특징정보(Deformed feature)와 커널 가중치(Kernel Weight) 간의 컨볼루션 연산을 통해 출력 특징정보(f^O)를 생성할 수 있다. 이러한 특징정제부(140)에서의 출력 특징정보(f^O)를 생성하는 과정은 아래 수학식 3 과 같이 정의될 수 있다.

[0047] [수학식 3]

[0048] $$f^O(x) = \delta\left(\sum_{r\in\Omega_R} W(r)\cdot f^I\left(x + r + f^{OG}(x,r)\right)\right)$$

[0049] 여기서, Ω_R은 컨볼루션 커널(convolution kernel)에 대한 레귤러 그리드(regular grid) 이고, δ 는 활성함수인 ReLU(Rectified Linear Unit) 이고, $f^{OG}(x,r)$는 포지션 x 에서의 Ω_R의 r 성분에 대한 2D 오프셋을 의미한다.

[0050] 디코더부(150)는 특징정제부(140)로부터의 출력 특징정보를 디코딩하여 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력한다. 보다 구체적으로, 디코더부(150)는, 도 2 에서와 같이, 출력 특징정보(초록색 박스)를 디코딩하고 이를 업샘플링된 타겟 깊이지도(D_l^{up})에 합산하여 고해상도-깊이지도(D_h)를 출력한다.

[0051] 도 4 는 본 발명의 다른 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법을 도시한 순서도이다.

[0052] 본 실시예에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법은 해상도 향상 장치에서 수행되는 깊이지도의 해상도 향상 방법으로서, 제 1 인코더부에서 타겟 깊이지도로부터 특징을 추출하여 입력 특징정보를 생성하는 단계(S10), 제 2 인코더부에서 상기 타겟 깊이지도와 동일한 장면의 컬러영상으로부터 특징을 추출하여 가이던스(guidance) 특징정보를 생성하는 단계(S20), 특징정제부에서 상기 가이던스 특징정보로부터 오프셋(offset)을 추출하고, 상기 추출된 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보를 정제한 출력 특징정보를 생성하는 단계(S30) 및 디코더부에서 상기 출력 특징정보를 디코딩하여 상기 타겟 깊이지도보다 해상도가 향상된 고해상도-깊이지도를 출력하는 단계(S40)를 포함한다.

[0053] 한편, 입력 특징정보를 생성하는 단계(S10) 이전에, 전처리부에서 상기 타겟 깊이지도를 업샘플링(upsampling)하는 단계를 더 포함하고, 상기 입력 특징정보를 생성하는 단계(S10)는, 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도로부터

상기 입력 특징정보를 생성하는 것일 수 있다.

[0054] 또한, 고해상도-깊이지도를 출력하는 단계(S40)는, 상기 출력 특징정보를 디코딩하고 이를 상기 업샘플링된 타겟 깊이지도에 합산하여 상기 고해상도-깊이지도를 출력하는 것일 수 있다.

[0055] 또한, 출력 특징정보를 생성하는 단계(S30)는, 상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보에 대해 디포머블 컨볼루션(deformable convolution) 연산을 수행하는 것일 수 있다. 또한, 출력 특징정보를 생성하는 단계(S30)는, 상기 가이던스 특징정보를 기설정된 컨볼루션 레이어(convolution layer)에 적용하여 오프셋을 추출하고, 상기 오프셋에 기초하여 상기 입력 특징정보 중 컨볼루션 연산에 사용될 픽셀을 선택하여 변형된 특징정보를 생성하고, 상기 변형된 특징정보와 커널(Kernel) 가중치 간의 컨볼루션 연산을 통해 상기 출력 특징정보를 생성할 수 있다.

[0056] 상술한 본 발명에 따르면, 컬러 영상으로부터 추출한 특징으로부터 오프셋을 생성하고, 이를 기초로 깊이지도의 특징을 개선하여 깊이지도의 해상도를 향상시킬 수 있다.

[0057] 도 5 는 본 발명에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법이 적용되었을 때의 실험결과와 종래의 방법이 적용되었을 때의 실험결과를 비교한 도면이다. 보다 구체적으로, 도 5 의 (a) 는 고해상도 컬러영상, 도 5 의 (b) 는 ground truth 이고, 도 5 의 (c) 내지 (f) 는 종래의 기법들을 통해 해상도를 향상시킨 깊이지도의 모습이고, 도 5 의 (g) 는 본 발명에 따라 해상도를 향상시킨 깊이지도의 모습을 도시한다. 이러한 도 5 에 따르면, 종래의 기법들에 따른 깊이지도(도 5 의 (c) 내지 (f))는 붉은색 박스에서와 같이, 텍스쳐 전이 현상으로 인해 해상도가 향상된 깊이지도 내에 컬러 영상과 같은 형태의 텍스쳐가 전이된 모습을 확인할 수 있으나, 본 발명에 따른 깊이지도(도 5 의 (g)) 는 텍스쳐 전이현상 없이 ground truth(도 5 의 (b)) 와 같은 형태인 점을 확인할 수 있다.

[0058] 따라서, 본 발명은 컬러영상으로부터 추출된 특징을 직접 깊이지도의 특징에 결합시키지 않고 간접적으로 참조하는 방식으로 사용하여 깊이지도의 해상도를 향상시키는 바, 컬러영상의 특징을 과도하게 참조할 경우 컬러현상에 포함된 텍스쳐들이 깊이지도에 포함되는 텍스쳐 전이 현상을 방지할 수 있는 것이다.

[0059] 이상에서 설명한 실시예들에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법에 의한 동작은 적어도 부분적으로 컴퓨터 프로그램으로 구현되고 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있다. 실시예들에 따른 깊이지도의 해상도 향상 방법에 의한 동작을 구현하기 위한 프로그램이 기록되고 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 또한, 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트(segment)들은 본 실시예가 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 용이하게 이해될 수 있을 것이다.

[0060] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0061] 110: 전처리부

120: 제 1 인코더부

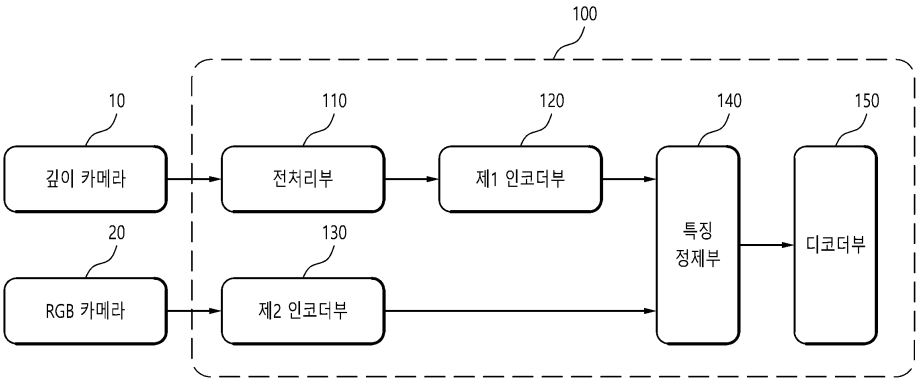
130: 제 2 인코더부

140: 특징정제부

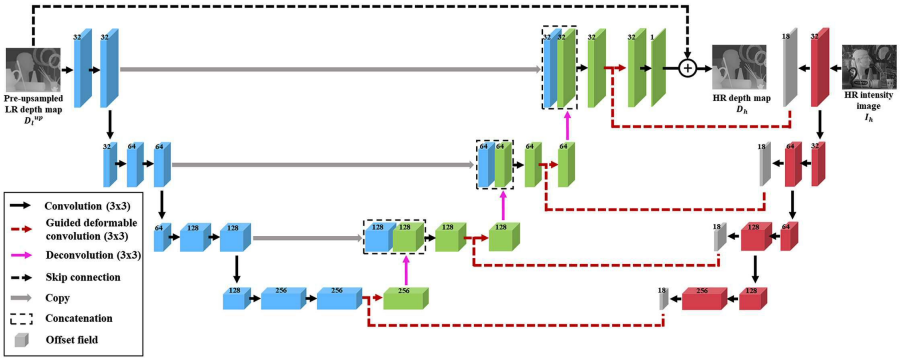
150: 디코더부

도면

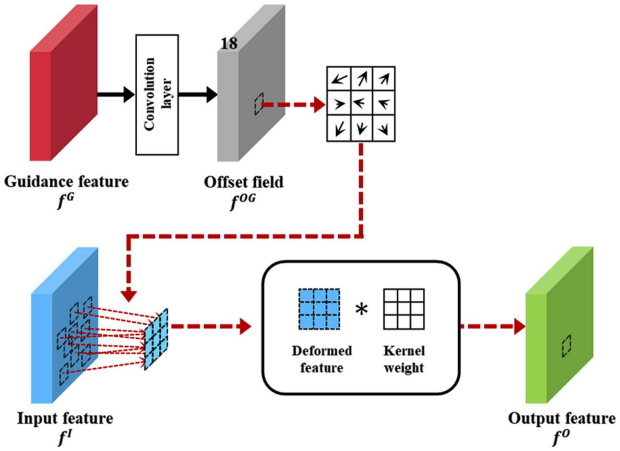
도면1



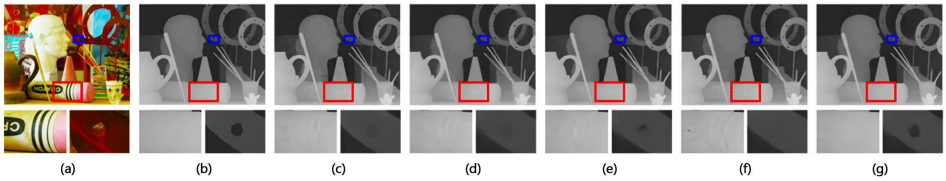
도면2



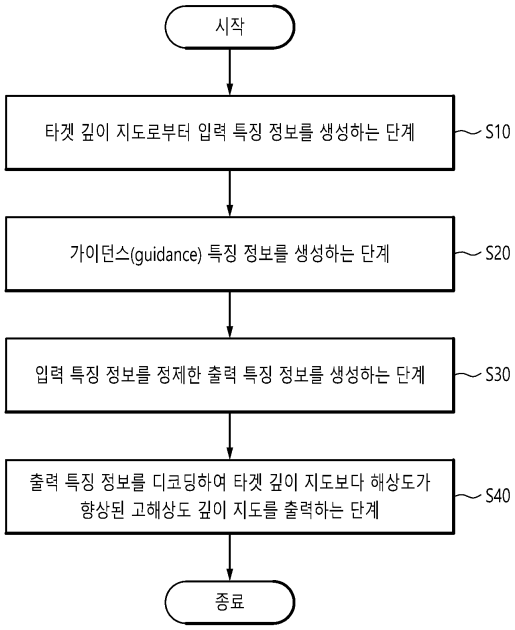
도면3



도면4


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)

도면5


시작
타겟 깊이 지도로부터 입력 특징 정보를 생성하는 단계
S10
가이던스(guidance) 특징 정보를 생성하는 단계
S20
입력 특징 정보를 정제한 출력 특징 정보를 생성하는 단계
S30
출력 특징 정보를 디코딩하여 타겟 깊이 지도보다 해상도가 향상된 고해상도 깊이 지도를 출력하는 단계
S40
종료