



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월15일
(11) 등록번호 10-1612315
(24) 등록일자 2016년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 9/07 (2006.01) H04N 9/04 (2006.01)
H04N 9/64 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H04N 9/07 (2013.01)
H04N 9/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0040794

(22) 출원일자 2015년03월24일

심사청구일자 2015년03월24일

(56) 선행기술조사문헌

Chung et al. Enhanced integrated gradient and its applications to color demosaicing. IEEE International Conference on SPCC, 2012. pp. 378-383.*

Chung et al. Demosaicing of color filter array captured images using gradient edge detection masks and adaptive heterogeneity-projection. IEEE Trans. on Image Processing, 2008, Vol. 17, No. 12, pp. 23*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)

(72) 발명자

전광길

인천광역시 연수구 경원대로119번길 21, 113동 804호 (동춘동, 풍림2차아파트)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 8 항

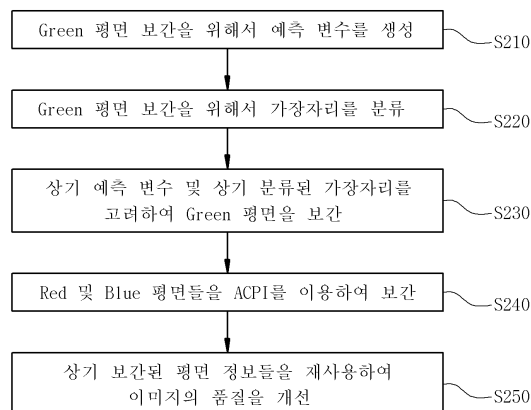
심사관 : 김창원

(54) 발명의 명칭 이미지 보간 방법

(57) 요약

본 발명은 이미지 보간 장치의 제어부에서는 녹색(Green) 평면 보간을 위해서 예측 변수를 생성하는 1단계, 상기 제어부에서 녹색(Green) 평면 보간을 위해서 에지를 분류하는 2단계, 상기 제어부에서 상기 예측 변수 및 상기 분류된 에지를 고려하여 녹색(Green) 평면을 보간하는 3단계, 상기 제어부에서 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들을 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation : ACPI)을 이용하여 보간하는 4단계 및 상기 제어부에서 상기 보간된 평면 정보들을 재사용하여 이미지의 품질을 개선하는 5단계를 포함하는 이미지 보간 방법을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
H04N 9/64 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

이미지 보간 장치의 제어부에서는 녹색(Green) 평면 보간을 위해서 예측 변수를 생성하는 1단계;

상기 제어부에서 녹색(Green) 평면 보간을 위해서 에지를 분류하는 2단계;

상기 제어부에서 상기 예측 변수 및 상기 분류된 에지를 고려하여 녹색(Green) 평면을 보간하는 3단계;

상기 제어부에서 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들을 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation : ACPI)을 이용하여 보간하는 4단계; 및

상기 제어부에서 상기 보간된 평면 정보들을 재사용하여 이미지의 품질을 개선하는 5단계를 포함하며,

상기 에지를 분류하는 단계는 기하학적 이중성에 기반한 보간예러들 및 넓혀진 방향 차별성을 코스트 텀(Cost term)으로 하고, 상기 방향차별성의 계산이 전체 이미지에서 행하여진 후 상기 방향차별성 각각이 확장(dilated)되며,

상기 방향차별성이 확장(dilated)된 후 실시되는 보간의 방향이 갱신된(updated) 방향에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 예측 변수는 테일러 시리즈에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 테일러 시리즈에 의해 생성된 예측 변수는 수평(horizontal), 수직(vertical) 및 무지향성(omnidirectional)인 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기하학적 이중성에 기반한 보간예러들은 보간된 값과 이미지의 원래 값의 차의 절대 값인 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기하학적 이중성에 기반한 보간예러들을 계산하기 위한 상기 보간은 바이 리니어 보간(Bilinear interpolation)인 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기하학적 이중성에 기반한 보간에러들은 0도, 45도, 90도 및 135도의 4개 방향으로 계산되는 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 방향차별성의 계산을 위해서 소벨(Sobel) 필터를 사용하는 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 보간의 방향이 수평 또는 수직 방향인지 결정하기 위하여 투표(voting) 전략을 사용하는 것을 특징으로 하는 이미지 보간 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이미지 보간 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기하학적인 이중성과 넓혀진 방향 차별화를 사용한 이미지 보간 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 디지털 카메라(Digital camera), 캠코더(Camcorder), 카메라 폰 등은 CCD(Charge Coupled Device, 이하 CCD) 또는 CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor, 이하 CMOS) 등의 이미지 센서(Image Sensor)를 사용하여 영상을 생성한다. 이러한 이미지 센서는, 포토 다이오드(Photodiode) 혹은 포토 트랜지스터(Photo Transistor)를 통하여 빛을 수광하고 수광된 빛에 따른 전기 신호를 생성한 후 아날로그/디지털 변환기(Analog/Digital Converter)를 이용하여 전기적인 디지털 영상 신호로 변환하여 출력하는 소자를 지칭하는 것이다.

[0003] 컬러 영상은 적어도 각 화소(Pixel)마다 색의 3요소인 녹색(Green), 적색(Red), 청색(Blue)의 총 3 가지 색(색의 3요소)이 있어야 표현 가능하다. 따라서 컬러 영상을 표현하기 위해서는 3개의 이미지 센서와 각 센서마다 각각의 색상을 수광하기 위한 컬러 필터 및 각각의 센서를 구동하기 위한 구동회로가 필요하다. 일례로 방송 장비나 고성능 카메라 등은 3개의 이미지 센서를 사용하여 컬러 영상을 표현한다. 그러나 대부분의 디지털 카메라와 카메라 폰 등에서는 크기와 가격 줄이기 위하여 하나의 단일 이미지 센서를 사용하여 컬러 영상을 표현한다.

[0004] 이미지 센서는 빛의 신호를 전기적 신호로 변환하는 기능을 가진 것으로 이미지 센서로부터 들어오는 신호는 컬러 영상이 아닌 피사체의 밝기 정보만을 가진 흑백 영상이다. 따라서 싱글 이미지 센서를 이용하여 컬러 영상을

표현하기 위해서는 이미지 센서에 컬러 필터 어레이(Color Filter Array, 이하 CFA)라는 특수한 필터 배열이 필요하다. 이러한 컬러 필터 어레이 중에서 가장 널리 사용되는 것이 베이어 패턴(Bayer Pattern)의 컬러 필터 어레이이다.

[0005] 베이어 패턴의 컬러 필터 어레이는 하나의 화소가 하나의 색 정보만을 얻을 수 있으며, 그 패턴은 적색-녹색의 반복으로 이루어진 한 행과 녹색-청색의 반복으로 이루어진 한 행이 서로 번갈아 반복되도록 행 배치된다. 이러한 베이어 패턴의 컬러 필터 어레이를 사용한 경우 영상의 각 화소는 적색, 녹색 및 청색의 세 가지 색 중 하나의 색 정보만을 갖는 베이어 패턴 영상이 이미지 센서로부터 출력된다. 따라서 완전한 컬러 영상을 얻기 위해서, 베이어 패턴 영상의 각 화소에 대해 해당 화소가 가지고 있는 색 정보와 그 주변 화소들의 색 정보를 이용하여, 해당 화소가 갖지 않는 나머지 두 가지 색 정보를 복원하는 과정이 필요하다. 이와 같이, 이미지 센서로부터 출력되는 베이어 패턴 영상에서 각 화소에 대한 3 가지 색 정보를 복원하여 컬러 영상을 생성하는 과정을 보간(Interpolation) 또는 디모자이킹(Demosaicking)이라 한다.

[0006] 현재까지 이러한 보간 방법에 대한 다양한 연구가 이루어져 왔으며, 단순하게는 주위 화소의 컬러값의 평균값으로 컬러를 보간하는 방법에서부터 에지의 유무 및 에지의 방향성에 따라 다양한 연산법을 적용하는 보간 방법까지 여러가지 보간방법이 공지되어 있다.

[0007] 이러한 보간 방법은 보간의 대상이 되는 이미지에 존재하는 에지의 방향성, 이미지의 휘도, 이미지 센서의 종류 등의 여러가지 요소에 따라 다양한 방식으로 적용될 수 있으므로, 보간 방법에 대한 지속적인 연구 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0054143호(2011.05.25.공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 예측 변수 및 가장자리 분류를 이용하여 더욱 정확하고 신속한 보간을 가능하게 하고, 상기 보간된 정보를 재사용하여 이미지의 품질을 더욱 개선하는 이미지 보간 방법을 제공하는 것을 해결하고자 하는 기술적 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명은 이미지 보간 장치의 제어부에서는 녹색(Green) 평면 보간을 위해서 예측 변수를 생성하는 1단계, 상기 제어부에서 녹색(Green) 평면 보간을 위해서 가장자리를 분류하는 2단계, 상기 제어부에서 상기 예측 변수 및 상기 분류된 가장자리를 고려하여 녹색(Green) 평면을 보간하는 3단계, 상기 제어부에서 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들을 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation : ACPI)을 이용하여 보간하는 4단계 및 상기 제어부에서 상기 보간된 평면 정보들을 재사용하여 이미지의 품질을 개선하는 5단계를 포함하는 이미지 보간 방법을 제공한다.

[0011] 또한, 상기 예측 변수는 테일러 시리즈에 의해 생성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 테일러 시리즈에 의해 생성된 예측 변수는 수평(horizontal), 수직(vertical) 및 무지향성(omnidirectional)인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 가장자리를 분류하는 단계는 기하학적 이중성에 기반한 보간에러들 및 넓혀진 방향 차별성을 코스트 텀(Cost term)으로 하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 기하학적 이중성에 기반한 보간에러들은 보간된 값과 이미지의 원래 값의 차의 절대 값인 것은 특징

으로 할 수 있다.

- [0015] 또한, 상기 기하학적 이중성에 기반한 보간에러들을 계산하기 위한 상기 보간은 바이 리니어 보간(Bilinear interpolation)인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 기하학적 이중성에 기반한 보간에러들은 0도, 45도, 90도 및 135도의 4개 방향으로 계산되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 방향차별성의 계산을 위해서 소벨(Sobel) 필터를 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 방향차별성의 계산이 전체 이미지에서 행하여진 후 상기 방향차별성 각각이 확장(dilated)되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 방향차별성이 확장(dilated)된 후 실시되는 보간의 방향이 갱신된 방향에 의해 결정되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 보간의 방향이 수평 또는 수직 방향인지 결정하기 위하여 투표(voting) 전략을 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명에 의하면, 수평(horizontal), 수직(vertical) 및 무지향성(omnidirectional)의 예측 변수를 생성하고, 상기 생성된 예측변수를 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation:ACPI)의 예측 변수들로 사용하여 보간이 수행될 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명에 의하면, 저해상도 이미지에서의 보간에러들 및 넓혀진 방향 차별화를 두 개의 코스트 텀(Cost term)들로 하여 더욱 정확하게 에지 영역을 판단하는 것이 가능하다.
- [0023] 또한, 본 발명에 의하면, 상기 보간된 정보를 재사용하여 이미지의 품질을 더욱 개선하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 i와 j가 각각 열과 행의 숫자를 표시하고 있는 베이어 CFA 패턴(Bayer CFA pattern)이다.
도 2는 이미지 보간 방법의 일 실시예를 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명을 충분히 이해하기 위해서 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명의 실시예는 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상세히 설명하는 실시예로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공 되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어 표현될 수 있다. 각 도면에서 동일한 부재는 동일한 참조부호로 도시한 경우가 있음을 유의하여야 한다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 기술은 생략된다.
- [0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명의 이미지 보간 방법을 상세히 설명한다.
- [0027] 아직도 대부분의 디지털 카메라는 CFA로 덮혀진 CMOS나 CCD 같은 하나의 전자 센서를 이용하여 칼라 이미지를 획득한다. 최근 가장 일반적으로 쓰이는 CFA는 베이어(Bayer) CFA 패턴인데, 여기서 녹색(Green)은 5점형 격자로 배치고도, 적색(Red)와 청색(Blue)는 도1에서 보여지는 것과 같이 다른 페이즈(phases)의 사각형 격자로 배치된다. 이것에서 각각의 픽셀(pixel)의 위치는 단지 하나의 색 요소를 갖는다. 이런 이유로 두 개의 잃어버린 구성요소들을 위한 색 보간(color interpolation) 또는 디모자이킹(demosaicking) 이라고 알려진 평가 과정이 요구된다.
- [0028] 베이어(Bayer) CFA 패턴에서 녹색(Green) 구성요소들은 적색(Red) 또는 청색(Blue) 구성요소들 보다 두 배만큼

백색하고, 녹색(Green) 구성요소들은 그들의 스펙트럼 응답을 사람의 시각 시스템의 스펙트럼 응답으로 볼 수 있기 때문에 휘도 채널(luminance channel)로서 고려된다. 이런 이유로, 대부분의 디모자이킹(demosaicking) 알고리즘은 우선 녹색(Green)구성요소(component)들을 이주(populate)시키고, 이후 이주된 녹색(Green) 구성요소들을 이용하여 다른 구성요소들을 보간했다.

[0029] 잃어버린(missing) 구성요소들을 정확하고 효과적으로 추정하기 위하여 디모자이킹(demosaicking) 알고리즘은 녹색(Green)면 과 적색(Red)/청색(Blue) 면들 사이의 색 차(color difference)들을 이용한다. 이런 방법들은 작은 지역(small region)의 색 차이들은 일정(constant)하다는 추정(assumption)하에서 잃어버린 픽셀들을 보간한다. 그러나 이런 가정들은 가장자리가 존재하는 지역에서는 유지될 수 없다. 왜냐하면 색 차이들이 급격하게 변하기 때문이다. 그에 부응하여 많은 알고리즘들이 우선 가장자리 감지를 수행한다. 그리고 가장자리 방향을 가로지르지 않고, 가장자리 방향으로 감지된 방향을 따라 잃어버린 픽셀들을 보간한다. 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation:ACPI, 이하 ACPI)는 초창기 디모자이킹(demosaicking) 알고리즘이고, 이것은 가장자리-감지 보간 전략을 제공한다. ACPI는 세 가지 예측 변수를 만들고, 적색(Red)와 청색(Blue) 평면을 위해 2차 라플라시안 텀(Laplacian term)으로 구성되었고, 녹색(Green)을 위한 그라디언트 텀(gradient term)이 있는 가장자리 분류기를 통하여 그들 중 하나를 선택한다. 디 이펙티브 컬러 보간(The Effective Color Interpolation:ECI, 이하 ECI)방법은 녹색(Green)과 적색(Red)/청색(Blue) 평면들 사이의 잃어버린 픽셀들을 이주시키기 위해서 색 차이들을 사용한다. 제안된 인헨스드 ECI(Enhanced Effective Color Interpolation:EECI, 이하 EECI)는 픽셀의 차이들을 가중치로 이용한다. 가중치를 이용한 처음의 보간 후에, 초기의 보간된 값들을 개선시키기 위하여 개선이 적용된다. 어댑티브 호모제너티-다이렉티드(Adaptive Homogeneity-Directed:AHD, 이하 AHD) 보간은 CIELAB공간 안에서 색 균질에 기반한다. 믿을 수 있는 가장자리를 감지하기 위하여, 색 차이들(The Variance of Differences:VCD, 이하 VCD)의 변화를 이용하는 디모자이킹 알고리즘이 제안된다. VCD에서, 잃어버린 녹색(Green) 픽셀은 날카로운 가장자리(sharp edge)와 날카롭지 않은 가장자리(non-sharp edge)의 두 개의 경우로 분류된다. 픽셀이 날카로운 가장자리 상에 있는지 아닌지를 결정하기 위하여 5×5 테스트 윈도우 안에 있는 그라디언트의 변화가 계산된다. 지향적인 필터링과 귀납적인 결정(Directional Filtering and Posteriori Decision:DFPD, 이하 DFPD)은 수평과 수직방향들의 안에는 5×5 윈도우 안에 있는 그라디언트들의 합을 사용한다. 지향적인 필터링을 가지는 색 모자이크와 가중치(Color Demosaicking with Directional Filtering and Weighting:CDDFW, 이하 CDDFW)는 결합하여 DFPD와 EECI를 개선한다. 중간값 필터가 가중된 고차원 보간(High-Order Interpolation:HOI, 이하 HOI)은 보간을 위해 테일러 시리즈를 사용하고 더 나은 예측변수를 선택하기 위해 가중된 중간값 필터를 사용한다. 부분대역 연관성을 이용한 효과적인 디모자이킹(Effective Demosaicking Using Subband Correlation:EDUSC, 이하 EDUSC)은 별개의 잔물결을 가장자리 픽셀들을 분류하는 것으로 변형시키는 것을 소개한다. 최근에 제안된 가장자리 특성에 기반한 효과적인 디모자이킹 알고리즘은 ECI 보간에 수정된 가중치를 더한다.

[0030] 몇몇 방법들은 CFA 이미지의 주파수 특성을 이용한다. 디모자이킹을 위한 규칙화 접근(Regularization Approaches to Demosaicking:RAD, 이하 RAD)은 휘도(밝기) 요소들의 추정을 위해 주파수 특성을 이용하고, 공간적으로 적응 할 수 있는 규칙화를 제공한다. Dubois 가 소개한 루마-크로마 디멀티플렉싱(luam-chroma Demultiplexing) 알고리즘은, 최적의 필터를 설계하기 위하여 최소-정사각형들 전략을 이용한다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 보간 방법은 재구성된 이미지의 품질 개선을 위하여 새로운 디모자이킹 알고리즘을 제안한다. 상기 제안된 알고리즘은 예측변수(predictor) 생성, 가장자리 분류(edge classification) 및 개선(refinement)의 세 가지 단계를 포함한다. 상기 제안된 알고리즘은 테일러 시리즈에 기반한 세 가지 예측 변수들을 사용한다. 가장자리방향을 결정하기 위한 더 정확하고 만족스러운 방법을 제공하기 위하여, 기하학적인 이중성(geometric duality)에 기반한 보간 에러들(interpolation errors)과 넓혀진 방향 차별화(dilated directional differentiation)는 코스트(Costs)로서 고려된다. 개선을 위해서, 본 발명은 색 차이 면에서의 가중된 합 전략(weighted sum strategy)을 사용하고, 색 차이 면에서 예측변수 생성을 위해 사용된 가중치들이 재사용된다.

[0032] 디모자이킹 적용에서의 테일러 근사

[0033] 실수 또는 허수로 평가된 함수 $f(x)$, 실수 또는 허수 a 를 포함하는 무한번 미분 가능한 함수 $f(x)$ 는 테일러 시리즈로 표현될 수 있다.

[0034] [수학식 1]

$$f(x) = f(a) + f'(a) \cdot (x-a) + \frac{f''(a)}{2!} \cdot (x-a)^2 + \frac{f^{(3)}(a)}{3!} \cdot (x-a)^3 + \dots,$$

[0035]

[0036] 여기에서 첫 번째 도함수는 색 보간(color interpolation)을 위해 다음과 같이 이산 형태(discrete form), 중심차분(central difference) 근사로 표현되어야 한다. :

[0037] [수학식 2]

$$f'_i = \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{(i+1) - (i-1)}.$$

[0038]

[0039] 도 1에 보여진 베이어(Bayer) CFA를 고려하면, 만일 녹색(Green)과 적색(Red) 또는 청색(Blue) 평면들 사이의 색차(KR=G-R, 이하 KR, KB=K-B, 이하 KB)가 작은 지역들에서 정수(constant)라면, 적색(Red) 픽셀 위치에 있는 녹색(Green) 픽셀 값은 서쪽으로부터 중앙으로 하기 [수학식3]에 의해 추정된다.

[0040] [수학식 3]

$$\tilde{G}_{ij}^W = G_{ij-1} + \frac{R_{ij} - R_{ij-2}}{2} + \frac{G_{ij+1} - 2G_{ij-1} + G_{ij-3}}{8}.$$

[0041]

[0042] 동, 북 및 남쪽의 추정치들은 유사한 방법으로 얻을 수 있다. HOI는 이러한 네 가지 추정 값들을 예측 변수로서 사용하고, 가중된 중앙 필터(median filter)를 적용한다.

[0043] 가장자리 확장(Edge dilation)

[0044] 가장자리 정보는 인접하는 두 물체들 사이에서 픽셀 강도 차이가 충분히 큰 경우 사람의 시각 시스템에서 인지된다. 이러한 특성을 고려하여, Prewitt와 Sobel 가장자리 감지기들 같은 대부분의 가장자리 감지 알고리즘들은 다음과 같은 1차 또는 2차 미분 값들을 이용하여 픽셀이 가장자리인지 아닌지를 결정한다.

[0045] [수학식 4]

$$I'_{ij}^H = |\nabla^H I_{ij}|,$$

$$I'_{ij}^V = |\nabla^V I_{ij}|,$$

[0046]

[0047] [수학식4]에서 ∇^H 와 ∇^V 는 수평선 방향과 수직방향들 각각을 따라 지향적인 미분 값들을 계산하기 위한 연산자들이다.

[0048] [수학식 5]

$$I^H = \left| I * \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \right|, \quad I^V = \left| I * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \right|$$

[0049]

[0050] [수학식5]에서 $*$ 는 컨벌루션 연산자이고 범위는 시각적 표현을 위해 [0,255]로 재설정된다.

[0051] [수학식 6]

$$\begin{aligned} map_{ij}^H &= \begin{cases} 1 & \text{if } I'_{ij} + T < I'_{ij}^V \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ map_{ij}^V &= \begin{cases} 1 & \text{if } I'_{ij}^V + T < I'_{ij}^H \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

[0052]

[0053] [수학식6]에서 문턱 값(threshold) T는 미리 정해진 값이고, 이것은 픽셀이 수직 또는 수평의 가장자리에 속하지 않는 공간인 중간 구역(Middle zone)을 제공한다. 본 발명에서는 미리 설정된 T 값을 15로 설정했다. Sobel 가장자리 감지기에 의해 생성된 가장자리 지도들은 물체들의 경계선들에 위치한 매우 얇은 선들로 구성되는 것을 관찰할 수 있다. 이 경우, 경계선 상이 아닌 경계선 근방에 있는 픽셀들은 가장자리가 아니라고 판단되고, 그러므로 부적절한 추정들에 의해 보간된다.

[0054] 이 문제에 관하여 솔직하게 따지기 위하여, 가장자리 확장 스키마(scheme)가 상기 제안된 알고리즘에서 적용된다.

[0055] 확장 필터(dilation filter)를 Fd 라고 한다. 확장된 미분된 이미지 I^D 는 Fd와 미분된 이미지를 컨벌빙(convolving)하는 것에 의해 얻어진다.

[0056] [수학식 7]

$$I^D = I'_{ij} * Fd = I'_{ij} * \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[0057]

[0058] 확장의 빠른 이행(implementation)을 위해서, 3×3 다이아몬드 필터가 확장 필터로 사용된다. 경계선 근방에 있는 픽셀들의 미분된 값들은 빠른 확장 스키마에 의해 증가되고, 증가는 가장자리 강화와 비례하고, 경계선의 거리와는 반비례한다.

[0059] 확장 필터의 사용으로 많은 근처의 픽셀들이 가장자리 픽셀로 재분류되고, 가장자리 방향을 따라 보간되고 이러한 것들이 보간의 품질을 개선한다.

[0060] 본 발명의 이미지 보간 방법은 이미지 보간 장치의 제어부에 의해 제어된다. 상기 제어부는 이미지 보간 장치의

일부로서 이미지 보간 장치의 내부에 존재할 수 있고, 이미지 보간 장치의 일부로서 이미지 보간 장치의 내부가 아닌 이미지 보간 장치의 외부에 구비되어 본 발명의 이미지 보간 방법을 실시하기 위하여 이미지 보간 장치를 제어하는 이미지 보간 장치와는 독립된 부분일 수 있다.

[0061] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 보간 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0062] 도2를 참조하면, 녹색(Green) 평면의 보간을 위해서 예측 변수를 생성한다(S210).

[0063] 상기 예측 변수의 생성에 관하여 좀 더 상세하게 살펴보면, 베이어(Bayer) CFA에서, 잃어버린 녹색(Green) 요소는 도 1에서 보듯 수직, 수평으로 원래의 녹색(Green) 픽셀들에 의해 둘러싸여 있다. 보편성(generality)의 손실 없이, 설명은 적색(Red)픽셀의 위치에 초점이 맞춰진다. 청색(Blue) 픽셀 위치를 위한 녹색(Green) 요소들은 R이 B로 교환된다는 것을 제외하고는 비슷하게 보간된다. 상기 제안된 알고리즘은 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation:ACPI)으로서의 수평(horizontal), 수직(vertical) 및 무지향성(omnidirectional)의 세 가지 예측 변수를 가지고 그것들은 다음과 같이 계산된다.

[0064] [수학식 8]

$$\begin{aligned}\bar{G}_{ij}^H &= \omega^H \cdot \tilde{G}_{ij}^W + (1 - \omega^H) \cdot \tilde{G}_{ij}^E, \\ \bar{G}_{ij}^V &= \omega^V \cdot \tilde{G}_{ij}^N + (1 - \omega^V) \cdot \tilde{G}_{ij}^S, \\ \bar{G}_{ij}^A &= \omega^A \cdot \tilde{G}_{ij}^H + (1 - \omega^A) \cdot \tilde{G}_{ij}^V,\end{aligned}$$

[0065]

[0066] [수학식8]에서 추정치들 $\tilde{G}_{ij}^W, \tilde{G}_{ij}^E, \tilde{G}_{ij}^S$ 및 $\tilde{G}_{ij}^N$ 는 [수학식3]을 이용하여 계산된다. 본 발명은 3개의 예측 변수를 만들기 위해 4개의 테일러 추정(Taylor approximations)들이 결합한다. 가중치인 ω^H 와 ω^V 는 두 개의 같은 색 요소들 사이의 차들의 합에 의해 계산된다.

[0067] [수학식 9]

$$\omega^H = \frac{\Delta^E}{\Delta^W + \Delta^E}, \quad \omega^V = \frac{\Delta^S}{\Delta^N + \Delta^S}, \quad \omega^A = \frac{\Delta^W + \Delta^E}{\Delta^W + \Delta^E + \Delta^N + \Delta^S},$$

[0068]

[0069] 여기에서 $\Delta^N, \Delta^E, \Delta^W$ 및 Δ^S 는 [수학식10]에 의해 계산된다.

[0070] [수학식 10]

$$\begin{aligned}\Delta^W &= \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-2}^0 |I_{i-mj-n+1}^{CFA} - I_{i-mj-n-1}^{CFA}| + \eta, \\ \Delta^E &= \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=0}^2 |I_{i-mj-n+1}^{CFA} - I_{i-mj-n-1}^{CFA}| + \eta, \\ \Delta^N &= \sum_{m=-2}^0 \sum_{n=-1}^1 |I_{i-m+1j-n}^{CFA} - I_{i-m-1j-n}^{CFA}| + \eta, \\ \Delta^S &= \sum_{m=0}^2 \sum_{n=-1}^1 |I_{i-m+1j-n}^{CFA} - I_{i-m-1j-n}^{CFA}| + \eta,\end{aligned}$$

[0071]

[0072] [수학식10]에서 η 은 작은 양의 요소로서 그래디언트가 0으로 되는 것을 방지하고, I^{CFA} 는 CFA이미지로부터

주어진다.

[0073] 상기 설명된 설명된 테일러 추정(approximation)은 불연속 함수로서 행동을 하는 가장자리 지역을 가지고 있지 않고, 본 발명은 가중치 합 전략을 사용하는데 이것이 서쪽과 동쪽 양쪽으로부터, 또는 북쪽과 남쪽 양쪽으로부터 가장자리가 보존되는 동안 픽셀들을 사용하는 것을 가능하게 한다.

[0074] 녹색(Green) 평면의 보간을 위해서 가장자리를 분류(edge classification)한다(S220).

[0075] 상기 가장자리를 분류하는 것에 관하여 좀 더 상세하게 살펴보면, 녹색(Green) 면을 이주시키기 위하여, [수학식8] 안에 있는 예측 변수 중에 하나가 상기 제안된 가장자리 분류기(edge classifier)를 통하여 선택되고, 검토될 것이다.

[0076] 상기 제안된 가장자리 분류기는 보간 방향을 결정하기 위하여 저해상도(Low Resolution:LR, 이하 LR) 이미지에서의 보간 에러들과 넓혀진 방향차별화들 두 개의 코스트(Costs)를 사용한다. 보간 에러 코스트(Cost)는 기하학적인 이중성에 기반한다. 가장자리 특성은 이미지 크기와 무관하게 기하학적인 이중성에 의해 일반적으로 보존된다. 기하학적인 이중성 특성의 사용과 함께, 저해상도(Low Resolution : LR) 이미지 안에 있는 오리지널 구성 요소들 사이의 4개의 방향들(0도, 45도, 90도, 135도)을 위한 보간 에러들은 다음과 같이 계산된다.

[0077] [수학식 11]

$$\epsilon^{dir} = |I^{CFA} * Fe^{dir}| * Fb$$

[0078]

[0079] [수학식11]에서 Fb는 상자필터(box filter)이고, Fe^{dir} 은 각 방향들을 위한 LR이미지에서의 보간 에러를 계산하기 위한 필터이다.

[0080] [수학식 12]

$$Fe^0 = [1 \ 0 \ -2 \ 0 \ 1], \quad Fe^{90} = [1 \ 0 \ -2 \ 0 \ 1]^T,$$

$$Fe^{45} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad Fe^{135} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0081]

[0082] [수학식 13]

$$Fb = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

[0083]

[0084] 3×3 테스트 윈도우안에 있는 모든 픽셀들을 위하여, 추정치들(estimate)은 각 방향을 따라 두 개의 가장 가까운 이웃하는 것들(the two nearest neighbors)과 함께 바이 리니어 보간(Bilinear interpolation)에 의해 계산된다. 추정치와 그들의 원래 값 사이의 절대 차의 합은 방향을 위한 코스트(Cost)로서 사용된다. 원래의 값들을 이용할 수 있다. 왜냐하면 저해상도 이미지 안에 있는 추정치들은 고해상도 이미지 안에 있는 원래의 값들이기 때문이다. 기하학적 이중성에 기반한 보간 에러들은 CFA이미지 안에서 방향은 가장 작은 에러를 만든다는 것을 나타낸다. 다른 코스트(Cost)는 색 차 값들의 방향적 차별화이다. 대부분의 디모자이킹 알고리즘은 KR 및 KB 같은 색차(color differences)의 차이들(contrasts)은 작은 지역에서는 정수(constant)라고 가정한다. 그러나 KR 및 KB의 차이들(contrasts)은 가장자리들 부근(around edge)에서 급격한 이행(drastic transitions)을 가진다. 이 현상을 반영하기 위하여, 상기 제안된 알고리즘은 색차들의 방향 차별화를 이용한다. 또한, 상기 제안된

알고리즘에서 Sobel 필터는 차이를 계산하는데 사용된다. 각각의 방향을 위한 색차의 방향 차별화 δ 는 다음과 같이 계산된다.

[수학식 14]

$$\begin{aligned}\delta^0 &= ||I^{CFA} - \overline{G}^H| * Fs^0|, \\ \delta^{45} &= ||I^{CFA} - \overline{G}^A| * Fs^{45}|, \\ \delta^{90} &= ||I^{CFA} - \overline{G}^V| * Fs^{90}|, \\ \delta^{135} &= ||I^{CFA} - \overline{G}^A| * Fs^{135}| \end{aligned}$$

[수학식14]에서 $\overline{G}^H, \overline{G}^V$ 및 $\overline{G}^A$ 는 방정식으로부터 추정되며, Fs^0, Fs^{45}, Fs^{90} 및 Fs^{135} 는 회전된 (rotated) Sobel 필터들을 나타낸다.

[수학식 15]

$$\begin{aligned}Fs^0 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, & Fs^{90} &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}, \\ Fs^{45} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix}, & Fs^{135} &= \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

이미지 전체의 방향 차별화가 계산된 후에 그들 각각은 확장된다(dilated).

[수학식 16]

$$\nabla^{dir} = \delta^{dir} * Fd = (|I^{CFA} - \overline{G}^{dir}| * Fs^{dir}) * Fd$$

[수학식16]에서 Fd는 [수학식7]에서 설명된 확장 필터이다.

(i, j)에서 보간의 방향 θ 는 [수학식17]에 의해 결정된다.

[수학식 17]

$$\theta_{ij} = \begin{cases} 1 & \arg \min_{dir} \{\epsilon_{ij}^{dir} + \nabla_{ij}^{dir}\} = 0^\circ, \\ 0 & \arg \min_{dir} \{\epsilon_{ij}^{dir} + \nabla_{ij}^{dir}\} = 45^\circ \text{ or } 135^\circ, \\ -1 & \arg \min_{dir} \{\epsilon_{ij}^{dir} + \nabla_{ij}^{dir}\} = 90^\circ. \end{cases}$$

θ_{ij} 는 픽셀 관점으로부터의 최소 코스트(cost) 방향이기 때문에, 이웃 픽셀들의 보간 방향은 고려되지 않는다. 뿐만 아니라 픽셀의 보간 방향은 이웃하는 것들의 그것들과 매우 연관되어 있다. 이런 이유로, [수학식17]에 의해 결정된 보간 방향은 갱신되어야하고(updated), 잃어버린 녹색(Green) 요소 G_{ij} 는 다음과 같이 이웃들의 방

향들의 관점으로 평가된다.

[0098] [수학식 18]

$$\hat{G}_{ij} = \begin{cases} \overline{G}_{ij}^H & \text{if } \sum_{-1 \leq m, n \leq 1} \theta_{i+m, j+n} > 5, \\ \overline{G}_{ij}^V & \text{if } \sum_{-1 \leq m, n \leq 1} \theta_{i+m, j+n} < -5, \\ \overline{G}_{ij}^A & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0099]

[0100] [수학식18]은 투표전략(voting strategy)을 이용한다. 다시 말해서, 만일 윈도우 안에 있는 픽셀들의 방향의 3분의 2 이상이 수평(또는 수직) 방향이라면, 본 발명은 목표 픽셀이 수평(또는 수직) 방향이라고 결정한다. 이

경우, $\overline{G}_{ij}^H$ (or $\overline{G}_{ij}^V$) 는 예측 변수로서 선택된다. 그렇지 않다면, 본 발명은 목표 픽셀이 가장자리 지역에 존재하지 않는다고 결정하고, $\overline{G}_{ij}^A$ 를 예측 변수로 사용한다.

[0101] 상기 수식들에 의해 계산된 상기 예측 변수 및 상기 분류된 가장자리를 고려하여 녹색(Green) 평면(plane)을 보간한다(S230).

[0102] 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면(planes)들을 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation : ACPI)을 이용하여 보간한다(S240).

[0103] 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들을 ACPI를 이용하여 보간하는 것을 좀 더 상세하게 살펴보면, 모든 잃어버린 녹색(Green) 요소들이 이주된 후에, 적색(Red) 및 청색(Blue) 요소들이 보간된다. 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들의 보간을 위해서, 상기 제안된 알고리즘은 ACPI 전략을 쓴다. 왜냐하면 상기 제안된 알고리즘의 목적이 보간 방향의 결정을 위하여 빠르고 효과적인 방법을 개발하는 것이기 때문이다. 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들의 보간은 필터인 Fc와 컨벌빙(convolving) 하는 것에 의해 간결하게 표현될 수 있다.

[0104] [수학식 19]

$$\hat{R} = \hat{G} + (R - \hat{G}) * Fc,$$

$$\hat{B} = \hat{G} + (B - \hat{G}) * Fc,$$

[0105]

[0106] [수학식19]에서 Fc는 [수학식20]으로 정의된다.

[0107] [수학식 20]

$$Fc = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

[0108]

[0109] 보간된 평면 정보들을 재사용(re-use)하여 이미지의 품질을 개선(refinement)한다(S250).

[0110] 보간된 평면 정보들을 재사용하여 이미지의 품질을 개선하는 것에 관하여 좀 더 상세하게 살펴보면, 디모자이킹은 표본화된(sampled) 색 채널들과 함께 수행된다; 이런 이유로, 보간을 위해 이용 가능한 정보, 특히 녹색(Green) 평면 보간에서, 는 불충분하다. 그러나 상기 제안된 디모자이킹 방법에 의해 모든 색의 이미지가 만들어졌기 때문에, 충분한 정보와 함께 추정치들이 갱신되는 것이 가능하다. 상기 제안된 알고리즘은 [수학식10]에서

정의된 $\Delta^N, \Delta^E, \Delta^W$ 및 Δ^S 코스트(Cost) 값들을 재사용한다. 도 1에서 보여진 적색(Red) 색 위치의 갱신된 녹색(Green) 표본은 [수학식21]로 얻어진다.

[수학식 21]

$$\hat{G}_{ij}^U = R_{ij} + \frac{\omega^W \cdot KR_{ij-1} + \omega^E \cdot KR_{ij+1} + \omega^N \cdot KR_{i-1j} + \omega^S \cdot KR_{i+1j}}{\omega^W + \omega^E + \omega^N + \omega^S},$$

[수학식21]에서 가중치들(weights)은 [수학식22]로 계산된다.

[수학식 22]

$$\omega^N = \frac{1}{\Delta^N}, \quad \omega^E = \frac{1}{\Delta^E}, \quad \omega^W = \frac{1}{\Delta^W}, \quad \omega^S = \frac{1}{\Delta^S}.$$

청색(Blue) 색 위치의 녹색(Green) 표본은 비슷하게(analogously) 갱신된다. 청색(Blue) 및 적색(Red) 요소들의 개선은 갱신된 녹색(Green) 요소들과 [수학식 19] 및 [수학식20]을 이용하여 수행된다.

상기 살펴본 것들을 정리하면, 본 발명의 일 실시예에서, 예측 변수 생산 방법, 가장자리 분류기 및 개성 방법을 포함하는 새로운 디모자이킹 알고리즘이 제시되었다. 수평(horizontal), 수직(vertical) 및 무지향성(omnidirectional)의 예측 변수들은 동, 서, 남 및 북 네 개의 방향을 따라 연산된 테일러 추정(Taylor approximations)을 결합함(combining)으로써 만들어진다. 상기 추정들을 결합할 때, 상기 제안된 알고리즘은 가중치로서 방향의 차이가 활용된 가중된 합 전략을 사용한다. 이 전략은 상기 테일러 추정을 보강한다. 예를 들어 테일러 추정은 가장자리 구역을 잡아내지 못한다. 왜냐하면 그것은 불연속 함수인 것 같기 때문이다. 이 경우, 가중된 합 전략은 가장자리를 보존하는 동안에 수평 또는 수직을 따라 픽셀들의 사용을 가능하게 한다.

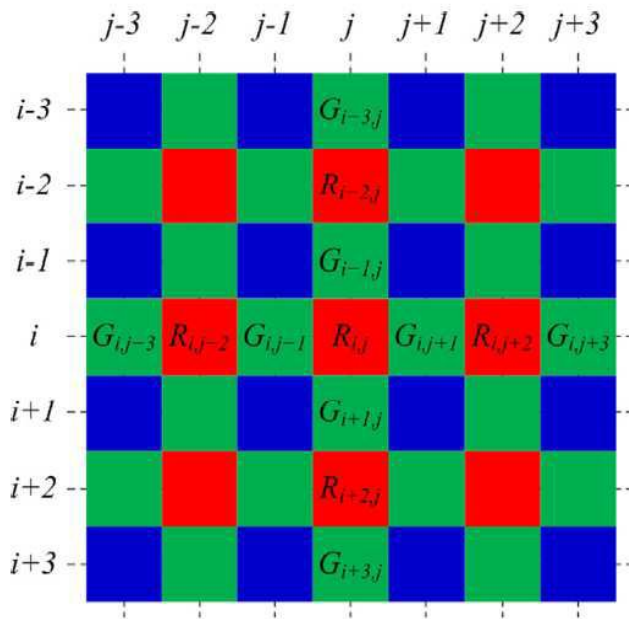
상기 예측 변수들 중에 하나를 고르기 위하여, 가장자리 분류기는 두 개의 코스트 텀즈(cost terms)로 이용된다. 첫 번째 텀(term)은 기하학적 이중성에 근거한 보간 에러이다. 저 해상도 이미지의 보간 에러는 주어진 방향에 대한 정확도로서 검사된다. 두 번째 텀(term)은 색 차이 값들의 넓혀진 방향 차별화이다. 넓혀진 방향 차별화는 가장자리 방향에서 발견된다. 방향적 차별화를 위한 확장을 적용함으로써, 가장자리 근처의 픽셀들은 가장자리(vicinity of the edge) 픽셀들로 재분류된다(reclassified).

상기 예측 변수 및 상기 분류된 가장자리를 고려하여 녹색(Green) 평면을 보간하고, 적색(Red) 및 청색(Blue) 평면들을 어댑티브 컬러 플레인 보간(Adaptive Color Plane Interpolation : ACPI)을 이용하여 보간한 후, 보간된 평면 정보를 재사용하여 이미지의 품질을 개선할 수 있다.

이상에서 설명된 본 발명의 일 실시예는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 잘 알 수 있을 것이다. 그러므로 본 발명은 상기의 상세한 설명에서 언급되는 형태로만 한정되는 것은 아님을 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다. 또한, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 정신과 그 범위 내에 있는 모든 변형물과 균등물 및 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면

도면1



도면2

