(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월21일
(11) 등록번호 10-1780726
(24) 등록일자 2017년09월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 3/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 3/4007 (2013.01)
G06T 3/4015 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0117165
(22) 출원일자 2016년09월12일
심사청구일자 2016년09월12일
(56) 선행기술조사문헌
논문1:College of Computer Science & Technology*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : **기술양도**

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
전광길
인천광역시 연수구 경원대로119번길 21, 114동 904호(동춘동, 풍림2차아파트)
(74) 대리인
특허법인충정

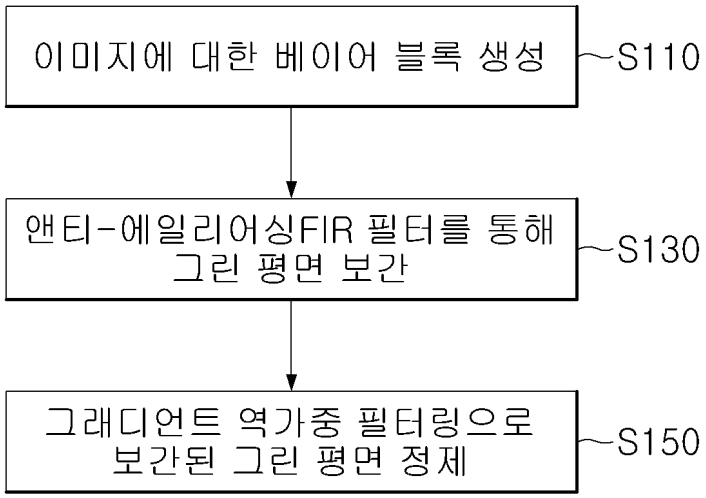
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 박상철

(54) 발명의 명칭 **앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법**

(57) 요 약

본 발명은 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법으로서, 단일 센서 카메라 이미징을 위한 방향성 가중 보간 방법에서 효과적인 앤티앨리어싱 유한 임펄스 응답(FIR) 필터를 적용하여 중심 누락 칼라의 방향성 추정을 정제하고 그래디언트 역가중 필터링 방법(GIWF: gradient inverse weighted filtering method)을 적용하여 보간 결과를 개선하는 방안을 제시한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06T 2200/12 (2013.01)
G06T 2200/32 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

이미지에 대한 베이어(Bayer) 블록을 생성하는 베이어 블록 생성 단계;

상기 베이어(Bayer) 블록에 대하여 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 이용하여 그린 평면을 보간하는 그린 평면 보간 단계; 및

그래디언트 역가중 필터링 방법(gradient inverse-weighted filtering method)으로 보간된 상기 그린 평면을 정제(Refinement)하는 그린 평면 정제 단계를 포함하며,

상기 그린 평면 보간 단계는,

앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 블루와 그린 평면 간의 스펙트럼 칼라 상관 관계를 이용하여 선택된 픽셀을 기준으로 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향을 따라 누락 그린 요소를 보간하고,

상기 그린 평면 보간 단계는,

(i,j) 번째 픽셀의 블루 칼라 $B_{i,j}$ 위치에서 누락 중심 그린 요소 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향으로 하기 [식 1]을 이용하여 산정하며,

$$\tilde{G}^{X}_{B_{i,j}} = G_{i-1,j} + 0.5 * \Psi^{X}_{B_{i,j}} \quad [식\ 1]$$

여기서, 상기 $\tilde{G}^{X}_{B_{i,j}}$는 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 X 방향 정보가 붙은 값이며, 상기 $G_{i,j}$는 베이어 블록 상의 (i,j)번째 픽셀의 그린 값이고, 상기 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$는 칼라 조정된(color-adjusted) 그린 값 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 나타내며, 상기 X는 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 중 어느 하나를 나타내고,

상기 그린 평면 보간 단계는,

앤티-에일리어싱(anti-aliasing) 필터로서 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터를 이용하여, 상기 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$는 하기 [식 2]로 산출되며,

$$\Psi^{X}_{B_{i,j}} = \sum_{n=1}^{5} h_5(n) d_X(n) \quad [식\ 2]$$

여기서, 상기 $h_5(n)$는 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터의 n번째 차수의 임펄스 응답을 나타내며, $d_X(n)$은 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터의 n번째 차수의 방향성 색차(color difference)를 나타내고,

상기 그린 평면 보간 단계는,

북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 그래디언트(gradients) ∇^{X}를 하기 [식 3]을 통해 산출하며,

$$\nabla^{X} = |G_{i-2,j-1} - G_{i,j-1}| + |G_{i-3,j} - G_{i-1,j}| + |G_{i-2,j+1} - G_{i,j+1}| + |R_{i-3,j-1} - R_{i-1,j-1}| + |B_{i-2,j} - B_{i,j}| + |R_{i-3,j+1} - R_{i-1,j+1}| + \varepsilon_0 \quad [식\ 3]$$

여기서, ε_0는 그래디언트(gradients)가 제로(zero)가 되는 것을 피하기 위한 포지티브 팩터(positive factor)이고,

상기 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 방향성 산정을 위해 가중 팩터(weighting factors) w^x를 할당하되 상기 가중 팩터 w^x는 하기 [식 4]에 따라 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향으로 산출되며,

$$w^x = (\nabla^x)\hat{}(-\alpha) \quad \text{[식 4]}$$

여기서, 상기 α는 임의의 수치를 나타내고, ^는 거듭제곱(power)을 나타내며,

$$\tilde{G}_{B_{i,j}} = \frac{\tilde{G}^N_{B_{i,j}} * w^N + \tilde{G}^W_{B_{i,j}} * w^W + \tilde{G}^E_{B_{i,j}} * w^E + \tilde{G}^S_{B_{i,j}} * w^S}{w^N + w^W + w^E + w^S} \quad \text{[식 5]}$$

북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 산정된 상기 $\tilde{G}^x_{B_{i,j}}$의 강도를 적용하여 상기 [식 5]에 따라 누락 그린 칼라의 정규화된 보간 결과를 산출하는 것을 특징으로 하는 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 그린 평면 정제 단계는,

상기 그린 평면 보간 단계를 거쳐 (i,j) 번째 픽셀의 블루 칼라 $B_{i,j}$ 위치에서 보간된 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 기준으로 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 이웃한 픽셀들 간의 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$에 영향을 미치는 역 그래디언트(inverse gradients)를 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 산출하여 선-보간된(pre-interpolated) $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 정제하기 위한 GIWF에 가중 팩터로 적용하여 정제된 $\overline{G}_{B_{i,j}}$ 를 획득하는 것을 특징으로 하는 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 그린 평면 정제 단계는,

5 포인트 그래디언트 역가중 필터링 방법(five-point gradient inverse-weighted filtering method)을 이용하는 것을 특징으로 하는 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

보간된 $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$를 기준으로 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 이웃한 픽셀 간에 그래디언트 ∇_G^X를 하기 [식 6]에 따라 산출하며,

$$\begin{cases} \nabla_G^N = \left| G_{i-1,j} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^S = \left| G_{i+1,j} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^W = \left| G_{i,j-1} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^E = \left| G_{i,j+1} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \end{cases} \quad [식\ 6]$$

여기서, 상기 $G_{i,j}$는 베이어 블록 상의 (i,j)번째 픽셀의 그린 값이고, 상기 ε_2는 그래디언트(gradient)가 제로가 되는 것을 피하기 위한 포지티브 팩터(positive factor)를 나타내고,

상기 그래디언트 ∇_G^X에 대한 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향의 역 그래디언트(inverse gradients)를 하기 [식 7]에 따라 산출하며,

$$w_G^N = \frac{1}{\nabla_G^N} \quad w_G^S = \frac{1}{\nabla_G^S}$$

$$w_G^W = \frac{1}{\nabla_G^W} \quad w_G^E = \frac{1}{\nabla_G^E} \quad [식\ 7]$$

선-보간된(pre-interpolated) 그린 픽셀 $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$를 하기 [식 8]에 적용하여,

$$\overline{G}_{B_{i,j}} = \frac{1}{2}\widetilde{G}_{B_{i,j}} + \frac{1}{2}\frac{G_{i-1,j} * w_G^N + G_{i+1,j} * w_G^S + G_{i,j-1} * w_G^W + G_{i,j+1} * w_G^E}{w_G^N + w_G^S + w_G^W + w_G^E} \quad [식\ 8]$$

정제된 상기 $\overline{G}_{B_{i,i}}$를 획득하는 것을 특징으로 하는 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법.

청구항 9

제 1 항 및 제6항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 그린 평면 보간 단계를 누락 블루 또는 레드 요소에 적용하여, 상기 베이어(Bayer) 블록에 대하여 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 블루 평면 또는 레드 평면을 보간하는 단계;

상기 그린 평면 정제 단계를 상기 블루 평면 또는 레드 평면에 적용하여, 그래디언트 역가중 필터링 방법(gradient inverse-weighted filtering method)으로 보간된 상기 블루 평면 또는 레드 평면을 정제(Refinement)하는 단계; 및

모든 누락 칼라 요소들의 보간 및 정제를 통해 풀-칼라 이미지를 재건하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법으로서, 보다 상세하게는 단일 센서 카메라 이미징을 위한 방향성 가중 보간 방법에서 효과적인 앤티앨리어싱 유한 임펄스 응답(FIR) 필터를 적용하여 중심 누락 칼라의 방향성 추정을 정제하고 그래디언트 역가중 필터링 방법(GIWF: gradient inverse weighted filtering method)을 적용하여 보간 결과를 개선하는 방안에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 단일 센서 디지털(SSD) 카메라 이미징 시스템에서는 비용을 줄이기 위해 이미지를 등록할 때 레드(R), 그린(G), 블루(B)의 삼원색 중 단 하나의 값이 각 센서에 의해 등록되도록 카메라 렌즈가 컬러 필터 어레이(CFA: color filter array)에 덮힌다.

[0003] 일반적으로 R, G, 또는 B의 양을 정량화한 단지 하나의 고정 비트 수(8 비트, 12 비트, 16 비트 등)가 하나의 픽셀에 저장된다.

[0004] 풀-칼라(full-color) 이미지를 복원하기 위해, CFA 보간 처리가 각 픽셀 위치에서 다른 두 칼라 값을 산정하기 위해 적용되는데, 이 과정을 칼라 이미지 디모자이킹(demosaicking)이라 칭한다.

[0005] 각 필셀 위치에서 단지 하나의 칼라 채널을 사용할 수 있기 때문에, 나머지 두 개의 누락되는 칼라 채널들은 이웃하여 존재하는 칼라 성분들의 스펙트럼 상관 관계를 이용하여 보간되어야만 한다.

[0006] 도 1은 가장 널리 이용되는 CFA인 베이어 패턴(Bayer pattern)의 예로서 5*5 베이어(Bayer) CFA 블록을 나타낸다.

[0007] 칼라 재현 품질은 CFA 템플릿과 디모자이킹 알고리즘에 의존한다. 베이어 패턴에 기반한 다양한 디모자이킹(demosaicking) 방법들은 풀-칼라 이미지를 출력하기 위해 지난 수십년 동안 제안되어 왔다.

[0008] 대다수의 디모자이킹(demosaicking) 방법들이 방향성 가중 보간(DWI: directional weighted interpolation) 방식을 사용하는데, 여기서 중심 누락 칼라 성분의 네 방향 추정이 이미지의 오브젝트, 즉 스펙트럼 칼라 또는 색조가 지역적으로 고정치 이내에서 높은 채널 간 상관 관계가 있다는 디모자이킹에서의 일반적 가정에 기반한다.

[0009] 그러나, 이러한 가정은 단지 오브젝트의 경계에서만 견고하고 엣지(edge)에 걸쳐서는 위반될 수 있다. 그 결과, 이러한 방법의 수행으로는 그 추정 알고리즘의 정확도가 제한되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) KR 10-1634548 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로서, 종래 방향성 가중 보간 방법들은 스펙트럼 상관 관계를 이용하는 신뢰할 수 없는 추정에 기반하기에 보간의 정확도가 떨어져 신뢰할 수 없는 결과가 나타나는 문제를 해결하고자 한다.

[0012] 특히, 불규칙적인 엣지(edge)와 텍스쳐 디테일(texture details)이 존재하는 영역에서 이웃 픽셀들간에 낮은 스펙트럼 상관 관계로 인한 보간 오차가 발생되는 문제를 해소하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 기술적 과제를 달성하고자 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법은, 이미지에 대한 베이어(Bayer) 블록을 생성하는 베이어 블록 생성 단계; 상기 베이어(Bayer) 블록에 대하여 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 이용하여 그린 평면을 보간하는 그린 평면 보간 단계; 및 그래디언트 역가중 필터링 방법(gradient inverse-weighted filtering method)으로 보간된 상기 그린 평면을 정제(Refinement)하

는 그린 평면 정제 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 바람직하게는 상기 그린 평면 보간 단계는, 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 블루와 그린 평면 간의 스펙트럼 칼라 상관 관계를 이용하여 선택된 픽셀을 기준으로 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향을 따라 누락 그린 요소를 보간할 수 있다.

[0015] 여기서 상기 그린 평면 보간 단계는, (i,j) 번째 픽셀의 블루 칼라 $B_{i,j}$ 위치에서 누락 중심 그린 요소 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향으로 하기 [식 1]을 이용하여 산정하며,

[0016] $$\tilde{G}^{X}_{B_{i,j}} = G_{i-1,j} + 0.5 * \Psi^{X}_{B_{i,j}} \quad [식\ 1]$$

[0017] 여기서, 상기 $\tilde{G}^{X}_{B_{i,j}}$는 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 X 방향 정보가 붙은 값이며, 상기 $G_{i,j}$는 베이어 블록 상의 (i,j)번째 픽셀의 그린 값이고, 상기 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$는 칼라 조정된(color-adjusted) 그린 값 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 나타내며, 상기 X는 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 중 어느 하나를 나타낸다.

[0018] 나아가서 상기 그린 평면 보간 단계는, 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) 필터로서 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터를 이용하여, 상기 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$는 하기 [식 2]로 산출되며,

[0019] $$\Psi^{X}_{B_{i,j}} = \sum_{n=1}^{5} h_5(n) d_X(n) \quad [식\ 2]$$

[0020] 여기서, 상기 $h_5(n)$는 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터의 n번째 차수의 임펄스 응답을 나타내며, $d_X(n)$은 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터의 n번째 차수의 방향성 색차(color difference)를 나타낸다.

[0021] 바람직하게는 상기 그린 평면 보간 단계는, 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 그래디언트(gradients) ∇^{X}를 하기 [식 3]을 통해 산출하며,

[0022] $$\nabla^{X} = |G_{i-2,j-1} - G_{i,j-1}| + |G_{i-3,j} - G_{i-1,j}| + |G_{i-2,j+1} - G_{i,j+1}| + |R_{i-3,j-1} - R_{i-1,j-1}| + |B_{i-2,j} - B_{i,j}| + |R_{i-3,j+1} - R_{i-1,j+1}| + \varepsilon_0 \quad [식\ 3]$$

[0023] 여기서, ε_0는 그래디언트(gradients)가 제로(zero)가 되는 것을 피하기 위한 포지티브 팩터(positive factor)이고, 상기 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 방향성 산정을 위해 가중 팩터(weighting factors) w^{X}를 할당하되 상기 가중 팩터 w^{X}는 하기 [식 4]에 따라 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향으로 산출되며,

[0024] $$w^{X} = (\nabla^{X})\hat{}(-\alpha) \quad [식\ 4]$$

[0025] 여기서, 상기 α는 임의의 수치를 나타내고, ^는 거듭제곱(power)을 나타내며,

[0026] $$\tilde{G}_{B_{i,j}} = \frac{\tilde{G}^{N}_{B_{i,j}} * w^{N} + \tilde{G}^{W}_{B_{i,j}} * w^{W} + \tilde{G}^{E}_{B_{i,j}} * w^{E} + \tilde{G}^{S}_{B_{i,j}} * w^{S}}{w^{N} + w^{W} + w^{E} + w^{S}} \quad [식\ 5]$$

[0027] 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 산정된 상기 $\tilde{G}^{X}_{B_{i,j}}$의 강도를 적용하여 상기 [식 5]에 따라 누락 그린 칼라의 정규화된 보간 결과를 산출한다.

[0028] 나아가서, 상기 그린 평면 정제 단계는, 상기 그린 평면 보간 단계를 거쳐 (i,j) 번째 픽셀의 블루 칼라 Bi,j

위치에서 보간된 $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$를 기준으로 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 이웃한 픽셀들 간의 $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$에 영향을 미치는 역 그래디언트(inverse gradients)를 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 산출하여 선-보간된(pre-interpolated) $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$를 정제하기 위한 GIWF에 가중 팩터로 적용하여 정제된 $\overline{G}_{B_{i,j}}$를 획득할 수 있다.

[0029] 바람직하게는 상기 그린 평면 정제 단계는, 5 포인트 그래디언트 역가중 필터링 방법(five-point gradient inverse-weighted filtering method)을 이용할 수 있다.

[0030] 보다 바람직하게는, 보간된 $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$를 기준으로 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향을 따라 이웃한 픽셀 간에 그래디언트 ∇_G^X를 하기 [식 6]에 따라 산출하며,

[0031]
$$\begin{cases} \nabla_G^N = \left| G_{i-1,j} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^S = \left| G_{i+1,j} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^W = \left| G_{i,j-1} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^E = \left| G_{i,j+1} - \widetilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \end{cases} \quad [식\ 6]$$

[0032] 여기서, 상기 $G_{i,j}$는 베이어 블록 상의 (i,j)번째 픽셀의 그린 값이고, 상기 ε_2는 그래디언트(gradient)가 제로가 되는 것을 피하기 위한 포지티브 팩터(positive factor)를 나타내고, 상기 그래디언트 ∇_G^X에 대한 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각 방향의 역 그래디언트(inverse gradients)를 하기 [식 7]에 따라 산출하며,

[0033]
$$w_G^N = \frac{1}{\nabla_G^N} \qquad w_G^S = \frac{1}{\nabla_G^S}$$
$$w_G^W = \frac{1}{\nabla_G^W} \qquad w_G^E = \frac{1}{\nabla_G^E} \quad [식\ 7]$$

[0034] 선-보간된(pre-interpolated) 그린 픽셀 $\widetilde{G}_{B_{i,j}}$를 하기 [식 8]에 적용하여,

[0035]
$$\overline{G}_{B_{i,j}} = \frac{1}{2}\widetilde{G}_{B_{i,j}} + \frac{1}{2}\frac{G_{i-1,j} * w_G^N + G_{i+1,j} * w_G^S + G_{i,j-1} * w_G^W + G_{i,j+1} * w_G^E}{w_G^N + w_G^S + w_G^W + w_G^E} \quad [식\ 8]$$

[0036] 정제된 상기 $\overline{G}_{B_{i,j}}$를 획득할 수 있다.

[0037] 나아가서, 상기 그린 평면 보간 단계를 누락 블루 또는 레드 요소에 적용하여, 상기 베이어(Bayer) 블록에 대하여 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 블루 평면 또는 레드 평면을 보간하는 단계; 상기 그린 평면 정제 단계를 상기 블루 평면 또는 레드 평면에 적용하여, 그래디언트 역가중 필터링 방법(gradient inverse-weighted filtering method)으로 보간된 상기 블루 평면 또는 레드 평면을 정제(Refinement)하는 단계; 및 모든 누락 칼라 요소들의 보간 및 정제를 통해 풀-칼라 이미지를 재건하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 이와 같은 본 발명에 의하면, 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통한 DWI 방법을 사용함으로써, 관계된 픽셀들의 보간 방향을 따라 칼라 산정의 공동 기여가 이루어짐으로써, 보다 정확한 보간 결과를 얻을 수 있

다.

[0039] 특히, 본 발명은 부드러운 엣지들과 디테일들이 보존된 보간 방법을 제시하며, 특히 지퍼 효과(zipper effect)를 잘 처리할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 가장 널리 이용되는 CFA인 베이어 패턴(Bayer pattern)의 예로서 5*5 베이어 CFA 블록을 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법의 일실시예에 대한 흐름도를 도시한다.

도 3은 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법을 구현하기 위한 이미지 보간 장치의 일실시예를 도시한다.

도 4은 FIR 필터의 주파수 응답에 대한 일례를 나타낸다.

도 5는 본 발명에서 방향성 스펙트럼 상관 관계를 산정하는 일례를 나타낸다.

도 6은 상기 도 1에서 CFA의 서로 다른 G 샘플링 위치들에서 누락 R 및 B 요소를 보간하기 위한 조각 서브-이미지를 나타낸다.

도 7은 본 발명의 성능 평가 수행을 위해 McMaster 데이터셋으로부터의 추출한 조각 서브-이미지를 나타낸다.

도 8은 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋 중 5번째 이미지에 대하여 본 발명 및 종래 방법을 시뮬레이션하여 이미지를 재건한 결과를 나타낸다.

도 9는 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋 중 13번째 이미지에 대하여 본 발명 및 종래 방법을 시뮬레이션하여 이미지를 재건한 결과를 나타낸다.

도 10은 임의의 수치(α)에 따른 가중치와 그래디언트의 관계를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 설명하기 위하여 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하고 이를 참조하여 살펴본다.

[0042] 먼저, 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니며, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 또한 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0043] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0045] 본 발명은, 보간 정밀도를 더욱 향상시키기 위해서 효과적인 앤티-앨리어싱(anti-aliasing) 유한 임펄스 응답(FIR: finite impulse response) 필터를 통해 중심 누락 칼라의 방향성 추정을 개선하며, 또한 그래디언트 역가중 필터링 방법(GIWF: gradient inverse weighted filtering method)을 적용하여 보간 결과를 개선하는 방안을 제시한다.

[0046] 비록 본 발명에서 제안하는 방법이 전술한 DWI 방식의 가정에 기반할지라도, 고주파 스펙트럼 응답에 따른 보간 방향을 따라 적용된 고정-탭(fixed-tap) 앤티앨리어싱(anti-aliasing) FIR 필터의 조정을 통해 방향성 추정 오차를 줄일 수 있다. 이는 중앙 누락 칼라 성분과 강한 스펙트럼 상관 관계를 갖는 더 많은 이웃 칼라 성분들을 이용함으로써 성취될 수 있다.

[0047] 그 다음으로 정제(refinement) 절차가 수행되는데, 정제 절차는 동일 채널 내에서 가장 이웃한 픽셀들이 중심 누락 픽셀과 가장 강한 상관 관계를 갖는다는 점을 이용한다.

[0048] 동일한 칼라 채널 내의 선-보간된(pre-interpolated) 칼라의 가장 인접한 이웃 칼라를 이용함으로써, 이전 보간 결과의 정확도는 그래디언트 역 가중 필터링(GIWF: gradient inverse weighted filtering) 방법을 이용하여 개

선될 수 있다

[0049] GIWF는 우수한 잡음제거를 수행하고 훌륭한 엣지 보존(edge-preserving) 능력을 갖는다. 본 발명의 디모자이킹 적용에 있어서, 동일 칼라 평면 내에서 칼라 성분 강도의 유사성에 따라 정제(refinement)가 성취될 수 있다.

[0050] 또한, 정제되어 보간된 픽셀 값들은 상호 채널들(inter-channels) 간의 상관 관계에 따라 다른 누락 칼라들을 연속적으로 추정하기 위해 사용될 수 있다.

[0051] 따라서, 본 발명에서 제안하는 방법은 보간 아티팩트(artifacts)를 감소시키는 이점을 가지면서, 종래의 보간 강화 접근(interpolation-enhancing approaches)에 비해 복잡도의 증가가 미미하다.

[0053] 이하에서는, 본 발명과 관련된 작업에 대하여 설명하고, 그 후 본 발명에 따라 개선된 방향성 가중 보간 방법(IDWI: improved directional weighted interpolation algorithm)을 소개하며, 본 발명에서 제안하는 방법과 기존 보간 관련 방법들의 디모자이킹 수행에 대한 평가와 그에 따른 결론을 도출한다.

[0055] 일반적으로 디모자이킹 방법은 두 가지 방식으로 분류될 수 있다.

[0056] AFD와 같은 주파수 도메인 보간 방법(frequency domain interpolation methods)은 적응 필터링에 의해 추정되는 보간 방향을 따라 누락 칼라 성분들의 보간을 위해 레드, 그린 및 블루 칼라 성분의 주파수 분포를 이용한다. 그리고 LPA-ICI와 같은 공간 도메인 보간 방법(spatial domain interpolation methods)은 누락 칼라 성분을 채우기 위해 이웃 칼라 성분들의 스펙트럼 상관 관계를 이용한다.

[0057] 강력한 보간 수행을 위해 디모자이킹 방법들의 대부분은 공간 도메인 상에서 적용되는데, 본 발명에서는 공간 도메인 보간 방법인 종래 DWI 방법들을 개선하는 방안을 제시한다.

[0058] 종래 DWI 방법들에서는, 중앙 누락 칼라가 다른 방향을 따라 서로 다른 칼라 평면 간에 다르게 변화하는 것에 따라 중앙 누락 칼라의 이웃한 픽셀들과의 스펙트럼 상관 관계가 변화되는 추정에 기초하여 중앙 누락 칼라를 산정한다. 즉, 보간 방향을 따라 픽셀들 중에서 스펙트럼 상관 관계가 더 근접해질수록 그 방향에서 누락 칼라 값의 산정이 더 정확해진다.

[0059] 그러나 불규칙적인 엣지(edge)와 텍스쳐 디테일(texture details)이 존재하기 때문에, 이웃 픽셀들간에 낮은 스펙트럼 상관 관계로 인한 보간 오차를 피할 수 없다.

[0060] 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각 위치에서 가장 인접한 네 개 그린 픽셀들 $G_{i-1,j}$, $G_{i,j-1}$, $G_{i,j+1}$, 및 $G_{i+1,j}$와 관련된 네 개 보간 방향들로부터 $B_{i,j}$ 위치에 있는 누락 그린 칼라 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 추정하기 위해 상기 도 1에서 $B_{i,j}$의 일례를 이용하여 설명하기로 한다.

[0061] 누락 그린 값 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$은 하기 [식 9]에 의해 산정된다

$$\tilde{G}_{B_{i,j}} = \frac{\alpha_N \tilde{G}_N + \alpha_W \tilde{G}_W + \alpha_E \tilde{G}_E + \alpha_S \tilde{G}_S}{\alpha_N + \alpha_W + \alpha_E + \alpha_S}$$

[0062] [식 9]

[0063] 여기서, $\tilde{G}_X$ (X는 N, S, W 또는 E의 방향 심볼 중 하나를 나타낸다.)는 픽셀에서 누락 그린 칼라의 방향성 산정이고 α_X는 연관된 가중치이다.

[0064] 스펙트럼 상관 관계를 활용하기 위해, 네 개 이웃 그린 칼라 값들 $G_{i-1,j}$, $G_{i,j-1}$, $G_{i,j+1}$, 및 $G_{i+1,j}$가 각 보간 방향들을 따라 인접 블루 픽셀의 도움으로 조정된다. $\tilde{G}_X$는 하기 [식 10]에 의해 얻어진다.

$$\tilde{G}_N = G_{i-1,j} + \frac{1}{2}(B_{i,j} - B_{i-2,j})$$

[0065] [식 10]

[0066] 이들 칼라 값들은 두 가지 추정에 근거하여 규정될 수 있다.

[0067] 1) 그린과 블루/레드 픽셀 강도는 상수 오프셋과 관계가 있다.

[0068] 2) 보간 방향을 따라 인접 픽셀 강도의 변화율 또한 상수이다.

[0069] 보간 방향이 엣지(edge)을 따를 때, 상기 두 가지 추정은 매끄럽고 규칙적인 오브젝트와 같은 가장 이미지 디테일들에 대하여 유효하다. 그러나 이들 두 가지 추정은 불규칙적인 엣지 및 텍스쳐 디테일을 갖는 이미지들에 항상 적용될 수 있는 것은 아니다.

[0070] 결론적으로, 복잡한 영역에서 누락 칼라들을 보간할 때, 이들 추정에 기반한 종래 DWI 방법들은 보간 아티팩트(artifacts)를 갖는다.

[0071] DWI의 제한으로 인해, 보간 수행을 향상시기 위한 더욱 개선된 방법이 제안되었다. 2차 DWI에서, 중심 누락 칼라의 네 개 방향성 산정은 하기 [식 11]로 얻어진다.

[0072] $$\tilde{G}_N = G_{i-1,j} + \frac{3}{4}\left(B_{i,j} - B_{i-2,j}\right) - \frac{1}{4}\left(G_{i-1,j} - G_{i-3,j}\right) \quad [식\ 11]$$

[0073] 고차 DWI에서, 하기 [식 12]에 의해 더욱 개선이 이루어진다.

[0074] $$\tilde{G}_N = G_{i-1,j} + \frac{1}{2}\left(B_{i,j} - B_{i-2,j}\right) + \frac{1}{8}\left(G_{i-3,j} - 2G_{i-1,j} + G_{i+1,j}\right) \quad [식\ 12]$$

[0075] 상기 추정에 기반한 또 다른 방법인 큐빅 스플라인 보간(CSI: cubic spline interpolation)이 상당히 복잡한 도출 방법으로 제안되었다.

[0076] 비록 이러한 보간 방법들이 원래의 DWI 보간 수행을 더 또는 덜 향상시킬지라도, 이들 모두 스펙트럼 상수 추정에 기반하는 점으로 인해, 보간 아티팩트(artifacts)가 여전히 존재한다.

[0078] 이와 같은 기존 DWI 보간 수행의 문제를 해결하기 위해 본 발명이 도출되었는데, 도 2는 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법의 일실시예에 대한 흐름도를 도시하는데, 이를 참조하여 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법의 과정을 개략적으로 살펴본다.

[0079] 이미지에 대한 베이어(Bayer) 블록을 생성(S110)하고, 상기 베이어(Bayer) 블록에 대하여 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 이용하여 그린 평면을 보간(S130)하여 보간된 그린 평면을 획득한다. 그리고 보간된 그린 평면에 대하여 그래디언트 역가중 필터링 방법(gradient inverse-weighted filtering method)으로 보간된 상기 그린 평면을 정제(Refinement)(S150)한다.

[0080] 나아가서 상기 도 2의 각 과정은 누락 블루 요소와 누락 레드 요소에도 적용하여 전체 풀-칼라 이미지를 재건할 수 있는데, 가령 상기 그린 평면을 보간 하는 과정을 누락 블루 또는 레드 요소에 적용하여, 상기 베이어(Bayer) 블록에 대하여 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 블루 평면 또는 레드 평면을 보간하고, 상기 그린 평면을 정제하는 과정을 상기 블루 평면 또는 레드 평면에 적용하여, 그래디언트 역가중 필터링 방법(gradient inverse-weighted filtering method)으로 보간된 상기 블루 평면 또는 레드 평면을 정제(Refinement)함으로써, 모든 누락 칼라 요소들의 보간 및 정제를 통해 풀-칼라 이미지를 재건할 수도 있다.

[0082] 도 3은 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법을 구현하기 위한 이미지 보간 장치의 일실시예를 도시한다.

[0083] 본 발명에서 제시하는 이미지 보간 장치(100)는 개략적으로 베이어 영상 획득부(110), 누락 칼라 평면 보간부(130), 보간된 칼라 평면 정제부(150)를 포함할 수 있다.

[0084] 베이어 영상 획득부(110)는 이미지에 대한 베이어(Bayer) 블록을 생성하며, 누락 칼라 평면 보간부(130)는 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 이용하여 누락 칼라 요소에 대한 칼라 평면을 보간한다.

[0085] 그리고 보간된 칼라 평면 정제부(150)는 그래디언트 역가중 필터링(GIWF: gradient inverse weighted filtering)을 통해 누락 칼라 평면 보간부(130)에서 보간한 칼라 평면을 정제하여 정제된 칼라 요소들을 획득한다.

[0086] 이미지 보간 장치(100)의 각 구성에 대한 동작 관계는 이후에서 살펴볼 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필

터에 기반한 디모자이킹 방법을 통해 자세히 설명하기로 한다.

[0088] 이하에서는 본 발명에 따른 앤티-에일리어싱 FIR 필터에 기반한 디모자이킹 방법의 각 과정에 대하여 실시예를 통해 세부적으로 살펴본다.

[0089] 먼저 본 발명에서는 그린 평면의 보간(Interpolation of the Green Plane)을 수행하는데, 이에 대하여 살펴보기로 한다.

[0090] 상기 도 1에 도시된 베이어(Bayer) CFA 샘플의 5*5 윈도우를 참조하면, $B_{i,j}$ 위치에서 누락 중심 그린 요소 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$는 방향성 산정을 수행하는 효과적인 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 이웃 픽셀들 중 스펙트럼 상관 관계를 이용하여 네 개 방향을 따라 산정될 수 있다.

[0091] 5-탭 FIR 필터는 고정 계수(fixed coefficients)를 갖는 중심 누락 G 요소에 근사치를 산정하는데 적용되는데, 하기 [식 13]에서 h는 5-탭 FIR 필터의 임펄스 응답에 대한 일례를 나타낸다.

[0092] $$h_5 = [-5, 15, 44, 15, -5]/64 \quad \text{[식 13]}$$

[0093] 5-탭 고정 계수(fixed coefficients) FIR 필터는 이상적인 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) 필터로 알려져 있는데, 도 4에 도시된 주파수 응답을 살펴보면, 도 4의 (b)에서 보는 바와 같이 5-탭 고정 계수 FIR 필터는 주파수 응답 형태가 사각형이다. 이는 심한 에일리어싱(aliasing)이 없으며 상기 도 4의 (a)에 도시된 종래 2-탭 수단의 필터보다 더욱 정확하게 보간할 수 있는 이점이 있다. 특히, 불규칙적인 엣지들 및 텍스쳐 디테일과 같은 고주파 영역들에서 5-탭 고정 계수 FIR 필터를 통해 누락 픽셀들이 더욱 정확하게 재건될 수 있다.

[0094] 블루와 그린 평면 간에 스펙트럼 칼라 상관 관계를 이용하여, 본 발명에서 제안하는 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통해 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$는 네 방향을 따라 산정될 수 있다.

[0095] 여기서, $\tilde{G}_{B_{i,j}}$에는 방향성 정보가 붙어 $\tilde{G}^{N}_{B_{i,j}}$, $\tilde{G}^{W}_{B_{i,j}}$, $\tilde{G}^{E}_{B_{i,j}}$ 및 $\tilde{G}^{S}_{B_{i,j}}$로 표시될 수 있으며, 일례로 $\tilde{G}^{N}_{B_{i,j}}$는 하기 [식 14]에 따라 산출될 수 있다.

[0096] $$\tilde{G}^{N}_{B_{i,j}} = G_{i-1,j} + 0.5 * \Psi^{N}_{B_{i,j}} \quad \text{[식 14]}$$

[0097] 상기 [식 14]를 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향에 대하여 표현하면 [식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

[0098] $$\tilde{G}^{X}_{B_{i,j}} = G_{i-1,j} + 0.5 * \Psi^{X}_{B_{i,j}} \quad \text{[식 1]}$$

[0099] 여기서 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$는 칼라 조정된(color-adjusted) 그린 값 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$을 나타내고, X는 N, W, E 또는 S 중 어느 하나가 되며, 이후 설명에서도 X는 방향 정보를 나타낸다. 상기 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$는 본 발명에서 제안하는 5-탭 FIR 필터로 계산될 수 있는데, 상기 [식 14]에 대하여 북(N) 방향은 하기 [식 15]로 산출될 수 있다.

[0100] $$\Psi^{N}_{B_{i,j}} = \sum_{n=1}^{5} h_5(n) d_n(n) \quad \text{[식 15]}$$

[0101] 여기서 $d_n(n)$은 북쪽 방향에서 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$를 계산하기 위해 도 5에 도시된 방향성 색차(color difference)이다.

[0102] 유사하게, 다른 세 개의 $\Psi^{X}_{B_{i,j}}$ 또한 상기 도 5에서 스펙트럼 상관 관계를 이용하여 얻어질 수 있는데, 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향에 대하여 표현하면 [식 2]와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Psi_{B_{i,j}}^{X} = \sum_{n=1}^{5} h_5(n) d_X(n)$$

[0103] [식 2]

[0104] 더 정확한 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 재건을 위해, 적절한 가중치를 각각 산정하고, 네 개의 엣지 방향을 따라 $B_{i,j}$의 방향성 그래디언트(gradients)는 각 칼라 채널에서 방향성 칼라 전이(transition)의 상관 관계에 기초한 각 엣지 방향에서 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 기여를 적응한 가중 팩터로서 사용된다.

[0105] N, S, W 및 E 방향을 따라 그래디언트(gradients)를 얻을 수 있는데, 북(N) 방향의 경우 하기 [식 16]을 통해 얻을 수 있다.

$$\nabla^{N} = |G_{i-2,j-1} - G_{i,j-1}| + |G_{i-3,j} - G_{i-1,j}| + |G_{i-2,j+1} - G_{i,j+1}| + |R_{i-3,j-1} - R_{i-1,j-1}| + |B_{i-2,j} - B_{i,j}| + |R_{i-3,j+1} - R_{i-1,j+1}| + \varepsilon_0$$

[0106] [식 16]

[0107] 여기서, ε_0 는 그래디언트(gradients)가 제로(zero)가 되는 것을 피하기 위한 작은 포지티브 팩터(positive factor)이다.

[0108] 이를 북(N), 서(W), 동(E) 및 남(S) 각각의 방향에 대하여 일반화하면 [식 3]으로 표현될 수 있다.

$$\nabla^{X} = |G_{i-2,j-1} - G_{i,j-1}| + |G_{i-3,j} - G_{i-1,j}| + |G_{i-2,j+1} - G_{i,j+1}| + |R_{i-3,j-1} - R_{i-1,j-1}| + |B_{i-2,j} - B_{i,j}| + |R_{i-3,j+1} - R_{i-1,j+1}| + \varepsilon_0$$

[0109] [식 3]

[0110] $\tilde{G}_{B_{i,j}}$의 방향성 산정에 할당된 가중 비율(가중치)은 북(N) 방향의 경우 하기 [식 17]로 정의 될 수 있고, 이를 네 개 방향으로 정의하면 [식 4]로 표현될 수 있다.

$$w^{N} = (\nabla^{N})\hat{}(-\alpha)$$

[0111] [식 17]

$$w^{X} = (\nabla^{X})\hat{}(-\alpha)$$

[0112] [식 4]

[0113] 여기서 상기 α는 임의의 수치를 나타내고, ^는 거듭제곱(power)을 나타낸다. 도 10에 도시된 바와 같이, α에 따라 가중치(w)는 그래디언트(▽)에 반비례한다고 가정한다. 도 10에 도시된 바와 같이 α값이 크면 그래디언트(▽)값이 커짐에 따라 급격히 가중치(w)가 감소하고, α값이 작으면 그래디언트(▽)값이 커짐에 따라 완만하게 가중치(w)가 감소한다.

[0114] 그리고, 칼라 보간 오차를 피하기 위해, 누락 칼라 채널들은 W^{N}, W^{S}, W^{W} 및 W^{E}의 가중 팩터(weighting factors)를 통한 보간의 정확도를 위해 기산정된 $\tilde{G}^{N}{}_{B_{i,j}}$, $\tilde{G}^{W}{}_{B_{i,j}}$, $\tilde{G}^{E}{}_{B_{i,j}}$ 및 $\tilde{G}^{S}{}_{B_{i,j}}$ 강도를 이용하여 네 방향을 따라 산정된다.

[0115] 정규화된 보간 결과는 [식 5]에 따라 얻어진다.

$$\tilde{G}_{B_{i,j}} = \frac{\tilde{G}^{N}_{B_{i,j}} * w^{N} + \tilde{G}^{W}_{B_{i,j}} * w^{W} + \tilde{G}^{E}_{B_{i,j}} * w^{E} + \tilde{G}^{S}_{B_{i,j}} * w^{S}}{w^{N} + w^{W} + w^{E} + w^{S}}$$

[0116] [식 5]

[0117] 그리고 상기의 과정을 모든 레드 및 블루 위치에 적용함으로써 그린 평면이 재건될 수 있다

[0119] 다음으로 본 발명에서는 그린 평면의 정제(Refinement of the Green Plane)를 수행하는데, 이에 대하여 살펴보기로 한다.

[0120] 보간 아티팩트(interpolation artifacts)를 줄이기 위해 5*5 메디안(median) 필터를 사용하는 후처리 방법과는 다르게, 본 발명에서는 3*3 슬라이딩 윈도우(sliding window) 내에서 GIWF를 이용하는 낮은 복잡도의 정제(refinement) 방법을 적용한다.

[0121] 상기 도 1을 참조하면, $B_{i,j}$의 N, S, W 및 E 방향에서 가장 근접한 네 개 이웃 그린 픽셀들 $G_{i-1,j}$, $G_{i+1,j}$, $G_{i,j-1}$ 및 $G_{i,j+1}$이 각각 중앙의 선-보간된(pre-interpolated) 그린 픽셀 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$와 가장 높은 상관 관계를 갖는다. 그러므로 보간 수행 조절에 이들이 이용될 수 있다. 이를 위해 5 포인트 그래디언트 역가중 필터링 방법(five-point gradient inverse-weighted filtering method)을 이용한다.

[0122] 이들 네 이웃 픽셀들 간의 1차 그래디언트(gradients)와 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$는 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$에 다른 영향을 주며, [식 6]으로 정의된다.

$$\begin{cases} \nabla_G^N = \left| G_{i-1,j} - \tilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^S = \left| G_{i+1,j} - \tilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^W = \left| G_{i,j-1} - \tilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \\ \nabla_G^E = \left| G_{i,j+1} - \tilde{G}_{B_{i,j}} \right| + \varepsilon_2 \end{cases}$$

[0123] [식 6]

[0124] 여기서 ε_2는 그래디언트(gradient)가 제로가 되는 것을 피하기 위한 작은 포지티브 팩터(positive factor)이다. 역 그래디언트(inverse gradients)는 [식 7]에 따라 네 방향에서 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 정제하기 위해 GIWF에서 가중 팩터로 사용된다.

$$w_G^N = \frac{1}{\nabla_G^N} \qquad w_G^S = \frac{1}{\nabla_G^S}$$

$$w_G^W = \frac{1}{\nabla_G^W} \qquad w_G^E = \frac{1}{\nabla_G^E}$$

[0125] [식 7]

[0126] 마지막으로 GIWF는 [식 8]에 의해 선-보간된(pre-interpolated) 그린 픽셀 $\tilde{G}_{B_{i,j}}$를 정제함으로써 $\bar{G}_{B_{i,j}}$를 얻기 위해 적용될 수 있다.

$$\bar{G}_{B_{i,j}} = \frac{1}{2}\tilde{G}_{B_{i,j}} + \frac{1}{2}\frac{G_{i-1,j} * w_G^N + G_{i+1,j} * w_G^S + G_{i,j-1} * w_G^W + G_{i,j+1} * w_G^E}{w_G^N + w_G^S + w_G^W + w_G^E}$$

[0127] [식 8]

[0128] ∇_G^X 가 작으면, 가중 팩터 w_G^X는 커지는 것을 상기 [식 7]을 통해 알 수 있다. 반대로 ∇_G^X 가 크면, w_G^X가 감소한다. 그러므로, $\tilde{G}_{B_{i,j}}$는 이웃 픽셀들에 할당된 다른 가중치에 따라 정제될 수 있다.

[0130] 다음으로 본 발명에서는 누락 레드 및 블루 요소들의 보간(Interpolating the Missing Red and Blue Components)을 수행하는데, 이에 대하여 살펴보기로 한다.

[0131] R, G 및 B 채널들은 상당히 연관되는 것으로 알려져 있다. 여기서 DWI 방법은 누락 R과 B 채널들을 계산하기 위한 정제 과정으로 강화된다.

[0132] 도 6은 상기 도 1에서 CFA의 서로 다른 G 샘플링 위치들에서 누락 R 및 B 요소를 보간하기 위한 조각 서브-이미

지를 나타내는데, 이를 참조하여 두 가지 시나리오가 있다.

[0133] 1) 상기 도 6의 (a) 및 (b)에서 CFA의 R 샘플링 위치에서 누락 B 요소

[0134] 2) 상기 도 6의 (c) 및 (d)에서 CFA의 G 샘플링 위치에서 누락 R과 B 요소

[0135] 네 개 존재하는 픽셀이 동일 칼라 평면 내에 있기 때문에 유사하게 부수 수정(minor modification)을 통한 보간 결과를 정제하는데 GIWF가 적용될 수 있다.

[0136] CFA의 레드(또는 블루) 샘플링 위치들에서 누락 블루(또는 레드) 요소들을 복구한 후 도 6의 (c) 및 도 6의 (d)에 나타난 그린 샘플링 위치들에서 누락 레드/블루 요소를 보간하기 위해, 동일한 보간 및 정제 방법이 N, S, W 및 E 네 방향을 따라 누락 그린 요소들을 산출하기 위해 상기에서 전술한 바와 같이 적용된다.

[0137] CFA의 레드(또는 블루) 샘플링 위치들에서 누락 블루(또는 레드) 요소들이 정제됨으로써, GIWF를 사용하는 정제 방법은 또한 누락 레드/블루 요소들을 정제하는데 적절하다.

[0138] 모든 누락 칼라 요소들이 보간되고 정제된 후, 전체 풀 칼라 이미지는 완전하게 재건된다

[0140] 도 7과 같은 McMaster 데이터셋으로부터의 18개 조각 서브-이미지들을 사용하여, 본 발명의 디모자이킹 방식에 대한 성능을 평가를 수행하였다.

[0141] 이들 이미지들은 더 낮은 스펙트럼 상관 관계를 가지며 칼라 센서에 의해 캡쳐된 이미지에 더 가깝다.

[0142] 다양한 디모자이킹 방법을 사용하여 객관적 및 주관적으로 본 발명에서 제시하는 IDWI 방법을 평가하였다.

[0143] 평가 수행을 위해, 먼저 테스트 이미지를 베이어(Bayer) CFA를 이용하여 모자이킹(mosaicking) 과정을 수행하고, 그런 다음 모자이크된 이미지에서 모든 세 개 칼라 채널들을 재건하기 위해 서로 다른 디모자이킹(demosaicking) 방법을 적용하였다.

[0144] 마지막으로 종래 DWI 방법의 수행 결과와 본 발명에 따른 IDWI의 수행 결과를 비교하였다. 추가적으로 비교를 위해 주파수 도메인 디모자이킹 방법과 LPA-ICI인 필터 기반 디모자이킹 방법을 추가하였다.

[0145] 제안하는 방법의 유효성 확인을 위해, 인텔 Core(TM) i5 CPU M460 @2.53GHz 프로세서에서 MATLAB을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

[0146] 원본 이미지와 재건된 이미지 간의 차이점을 측정하기 위해 데시벨(dB) PSNR을 사용하였다. 하기 [표 1]은 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋에 대한 평균 PSNR 평가 수행에 따라 산출된 오브젝트 이미지 품질의 비교 결과를 나타낸다.

[0147] [표 1]

[0148]

Image	DWI	SDWI	HDWI	CSI	AFD	LPA-ICI	LDI-NAT	IDWI
1	29.023	28.131	28.955	28.256	27.818	27.254	**29.802**	29.605
2	34.958	34.192	35.013	34.663	34.442	34.390	**35.706**	35.223
3	33.557	32.924	33.831	33.711	33.450	32.797	**33.109**	33.094
4	37.776	37.045	38.653	38.224	36.427	35.455	36.802	**38.557**
5	33.617	32.462	33.642	32.819	32.245	31.895	34.988	**35.289**
6	37.080	35.536	37.033	35.696	34.889	35.095	**39.073**	39.037
7	36.535	36.895	36.884	37.302	38.159	**39.466**	36.126	36.145
8	37.568	37.305	37.860	37.772	38.376	**38.454**	37.798	36.707
9	36.700	35.682	36.772	36.094	35.950	35.646	37.739	**37.803**
10	38.157	37.189	38.238	37.519	37.256	37.473	**39.384**	39.039
11	38.915	38.088	38.956	38.313	37.772	38.061	**39.952**	39.690
12	38.112	37.381	38.008	37.392	37.456	37.325	**39.194**	38.745
13	40.906	39.877	41.005	40.724	39.811	39.855	41.577	**41.888**
14	38.768	37.724	38.892	38.515	37.931	38.241	**39.542**	39.453
15	38.756	37.778	38.827	38.375	37.979	38.115	39.502	**39.722**
16	33.027	32.032	32.941	31.828	30.912	29.851	34.116	**34.537**
17	32.374	31.157	32.181	31.295	31.002	29.648	33.677	**34.013**
18	35.259	34.983	35.329	35.057	34.600	34.225	35.248	**35.819**
Avg	36.171	35.354	36.279	35.753	35.360	35.180	36.852	**36.909**

[0149] 더 나아가서 다양한 디모자이킹 방법의 성능을 비교하기 위해 PSNR의 평균값을 계산하였다.

[0150] 상기의 평가 결과를 살펴보면, IDWI 및 LDI-NAT 방법을 사용하여 획득된 PSNR 값은 시험 이미지에 대한 다른 방

법보다 상대적으로 성능이 더 좋았다.

[0151] 평균 값을 살펴보면, LPA-ICI와 비교하여 IDWI를 사용하여 얻어진 개선이 1.729dB였으며, 평가를 수행한 방법들 중 LDI-NAT가 두번째로 좋은 PSNR 결과를 얻었다.

[0152] 주관적 이미지 품질 평가를 위해 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋에서 두 이미지를 선택하여 시각적 비교를 수행하였는데, 도 8 및 도 9는 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋에서 선택된 이미지로서, 상기 도 8의 (a)는 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋 중 5번째 원본 이미지를 나타내고, 상기 도 9의 (a)는 상기 도 7의 McM 이미지 데이터셋 중 13번째 원본 이미지를 나타낸다.

[0153] 상기 도 8의 (a)와 상기 도 9의 (a)에 대하여 먼저 디모자이킹 시뮬레이션을 위해, 먼저 베이어 패턴을 이용하는 모자이킹 과정을 수행하고, 본 발명에서 제안하는 방법과 종래 방법을 적용하여 풀 칼라 이미지를 재건하는 디모자이킹을 수행하다.

[0154] 상기 도 8 및 도 9에서 (b)는 DWI 방식, (c)는 SDWI 방식, (d)는 HDWI 방식, (e)는 CSI 방식, (f)는 AFD 방식, (g)는 LPA-ICI 방식, (h)는 LAD-NAT 방식을 적용하여 칼라 이미지를 재건한 결과이고, 상기 도 8의 (i)와 상기 도 9의 (i)는 본 발명에 따른 IDWI 방식을 적용하여 칼라 이미지를 재건한 결과를 나타낸다.

[0155] 상기 도 8을 살펴보면, 상기 도 7의 5번째 이미지에서 T셔츠 조각 이미지의 부분 확대된 이미지가 정규 세부 보존 능력을 결정하는데 적용될 수 있는데, 상기 도 8의 (i)에서 보는 바와 같이 IDWI는 좁은 엣지와 불규칙 선에 대하여 최상의 시각적 효과를 얻을 수 있는 것을 볼 수 있다. 예로써 상기 도 8의 (i)에서 엣지 부분은 IDWI를 적용한 디모자이킹 후 더 부드럽게 나타나는 것을 알 수 있다.

[0156] 이와 대조적으로, 다른 방법의 경우에는 도 8의 (b) 내지 (h)에서 보는 바와 같이 엣지 및 복잡 영역을 따라 소금 입자와 같은 노이즈(salt-like noise)의 아티팩트들(artifacts)이 생성된 것을 볼 수 있다.

[0157] 상기 도 9는 상기 도 7의 13번째 이미지에 대한 디모자이킹 방법의 세부 보존 능력을 비교하기 위해 적용하였는데, 빛 번짐(scrawls of sunshin)을 포함하는 이미지의 부분을 시각적 비교를 위해 상기 도 9의 (a)와 같이 확대하였다

[0158] 그 결과, 본 발명에 따른 IDWI는 도 9의 (i)에서 보이는 바와 같이 미세 엣지들과 약한 디테일들이 잘 재건된 결과를 얻어 보존이 잘 되었음을 알 수 있다. 이는 거의 원본 이미지와 동일 수준으로 나타났다.

[0159] 이와 대조적으로 다른 방법들은 도 9의 (b) 내지 (h)에서 보는 바와 같이 급작스런 칼라 변경의 약한 엣지들을 따라 수많은 시각적 칼라 아티팩트들(artifacts)이 생성되었다.

[0160] 더 나아가서, 본 발명과 대비되는 종래 디모자이킹 방법들의 경우, 재건된 이미지 상에 소금 입자와 같은 노이즈(salt-like noise)들이 심하게 나타난 것을 볼 수 있다.

[0161] 강력한 CPU 프로세싱 타임을 기록하기 위해 반복적인 시뮬레이션 과정을 수행하여 하기 [표 2]의 결과를 얻었으며, 이를 기초로 단일 이미지를 처리할 때 각 비교 방법의 평균 CPU 프로세싱 타임을 비교했다.

[0162] [표 2]

[0163]

Method	DWI	SDWI	HDWI	CSI	AFD	LPA-ICI	LDI-NAT	IDWI
Avg.	0.462	0.564	0.668	0.942	0.266	4.648	>10	0.764

[0164] 상기 [표 2]의 결과를 통해 본 발명에 따른 IDWI 방법이 중간 계산의 다소 복잡성을 갖는 것을 볼 수 있으나, 평가 실험을 전체적으로 볼 때 복잡성의 미미한 증가로 실시간 적용이 가능하면서 다른 방법들과 대비하여 현저한 성능 향상이 이루어지는 것을 알 수 있다.

[0165] 이와 같이 본 발명에서는 종래 디모자이킹 방법보다 더욱 객관적이고 주관적인 디모자이킹 결과를 생성하는 것을 평가 실험을 통해 확인하였다.

[0167] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에서는 IDWI 방법과 GIWF 방법을 결합한 효과적인 디모자이킹 방법을 제안한다.

[0168] 특히 본 발명에서는 앤티-에일리어싱(anti-aliasing) FIR 필터를 통한 DWI 방법을 사용함으로써, 관계된 픽셀들의 보간 방향을 따라 칼라 산정의 공동 기여가 이루어짐으로써, 보다 정확한 보간 결과를 얻을 수 있다.

[0169] 또한, 동일 칼라 평면 내에서 가장 인접한 이웃 픽셀들이 중심 픽셀과 가장 높은 상관 관계를 갖는 점에 기초하여 보간 수행을 하기 위한 로컬 적응형(local adaptive) GIWF 방법을 채용한다.

[0170] 따라서, 본 발명은 부드러운 엣지들과 디테일들이 보존된 보간 방법을 제시하며, 특히 지퍼 효과(zipper effect)를 잘 처리할 수 있다.

[0172] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0173] 100 : 이미지 보간 장치,

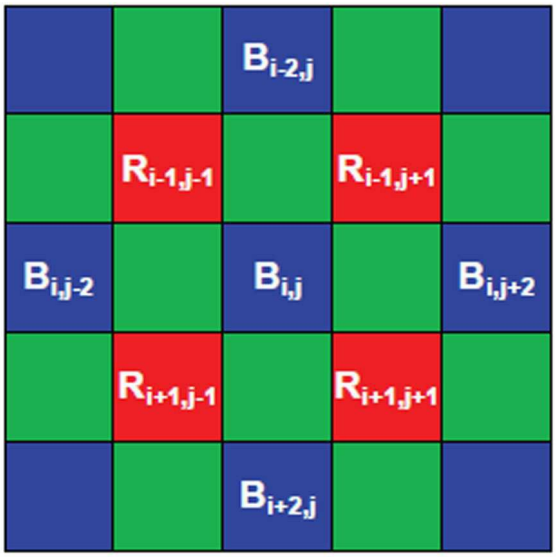
110 : 베이어 영상 획득부,

130 : 누락 칼라 평면 보간부,

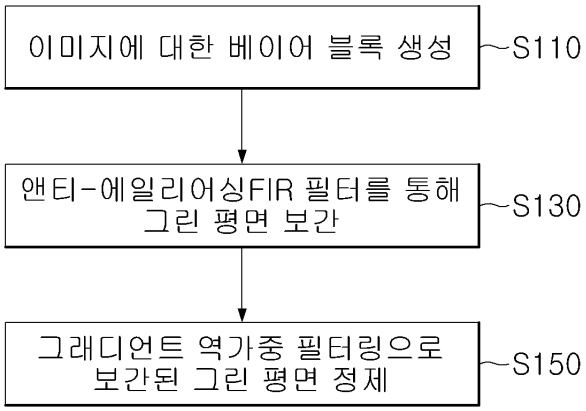
150 : 보간된 칼라 평면 정제부

도면

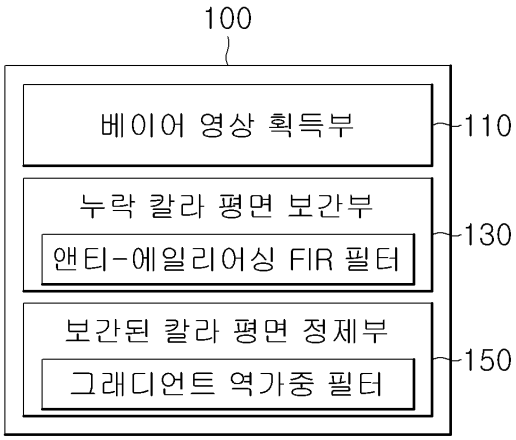
도면1



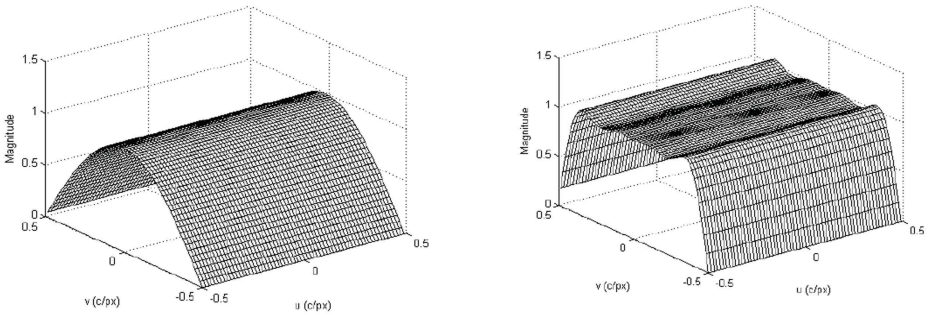
도면2


이미지에 대한 베이어 블록 생성
S110
앤티-에일리어싱FIR 필터를 통해 그린 평면 보간
S130
그래디언트 역가중 필터링으로 보간된 그린 평면 정제
S150

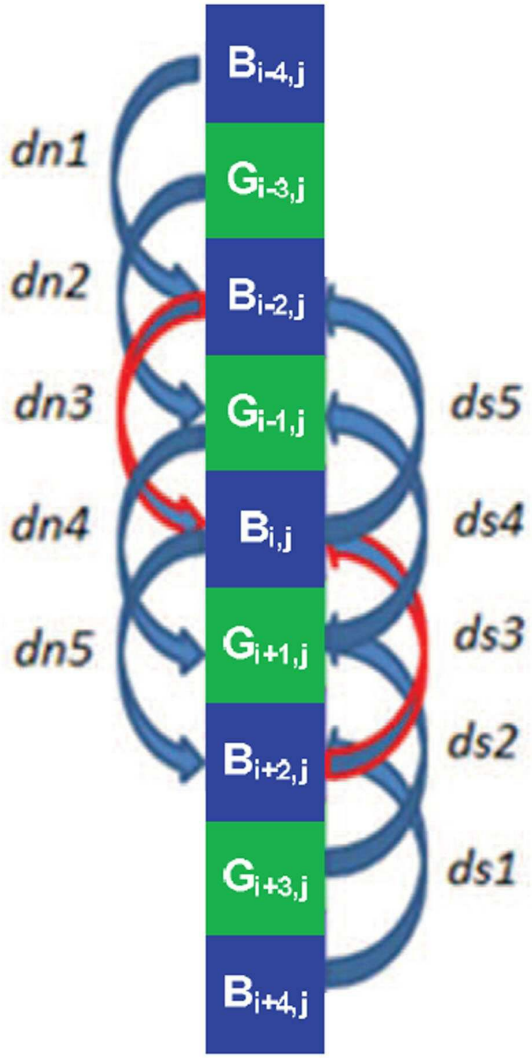
도면3


100
베이어 영상 획득부
110
누락 칼라 평면 보간부
앤티-에일리어싱 FIR 필터
130
보간된 칼라 평면 정제부
그래디언트 역가중 필터
150

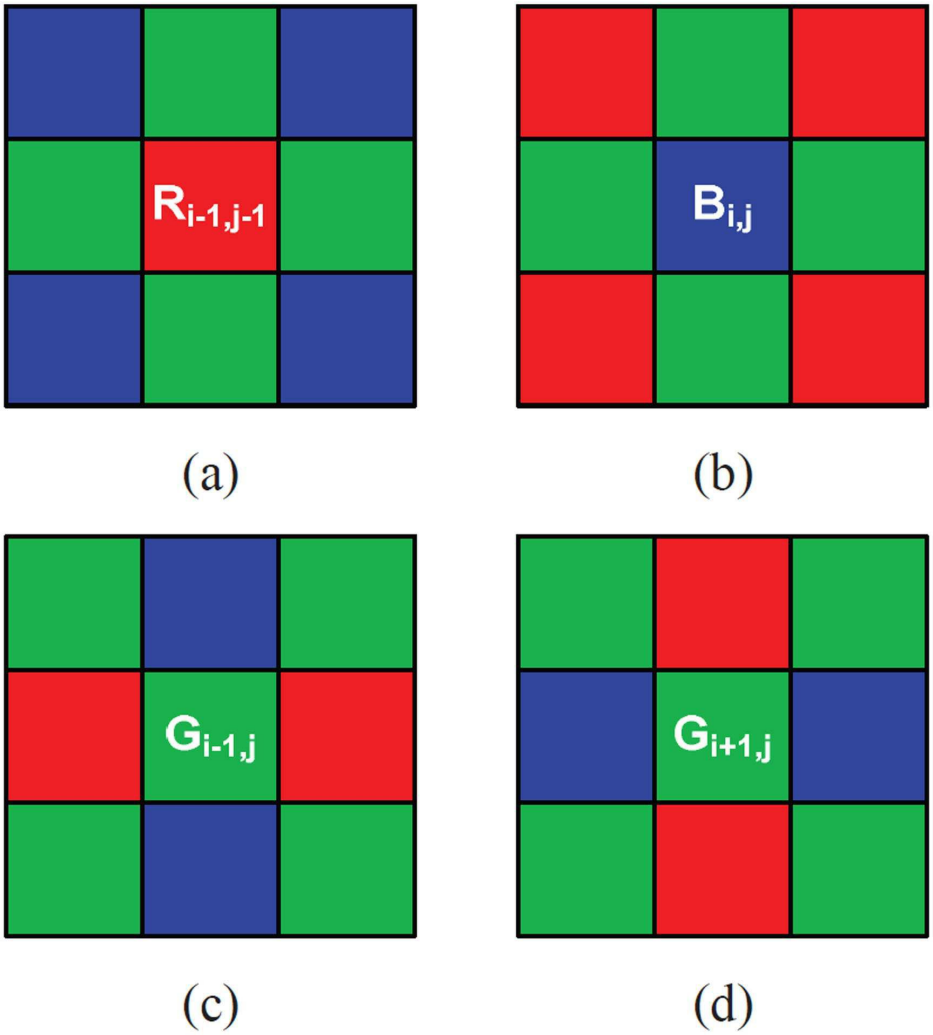
도면4


Magnitude
v (c/px)
u (c/px)
(a)
(b)

도면5


$B_{i-4,j}$
$G_{i-3,j}$
$B_{i-2,j}$
$G_{i-1,j}$
$B_{i,j}$
$G_{i+1,j}$
$B_{i+2,j}$
$G_{i+3,j}$
$B_{i+4,j}$
dn1
dn2
dn3
dn4
dn5
ds5
ds4
ds3
ds2
ds1

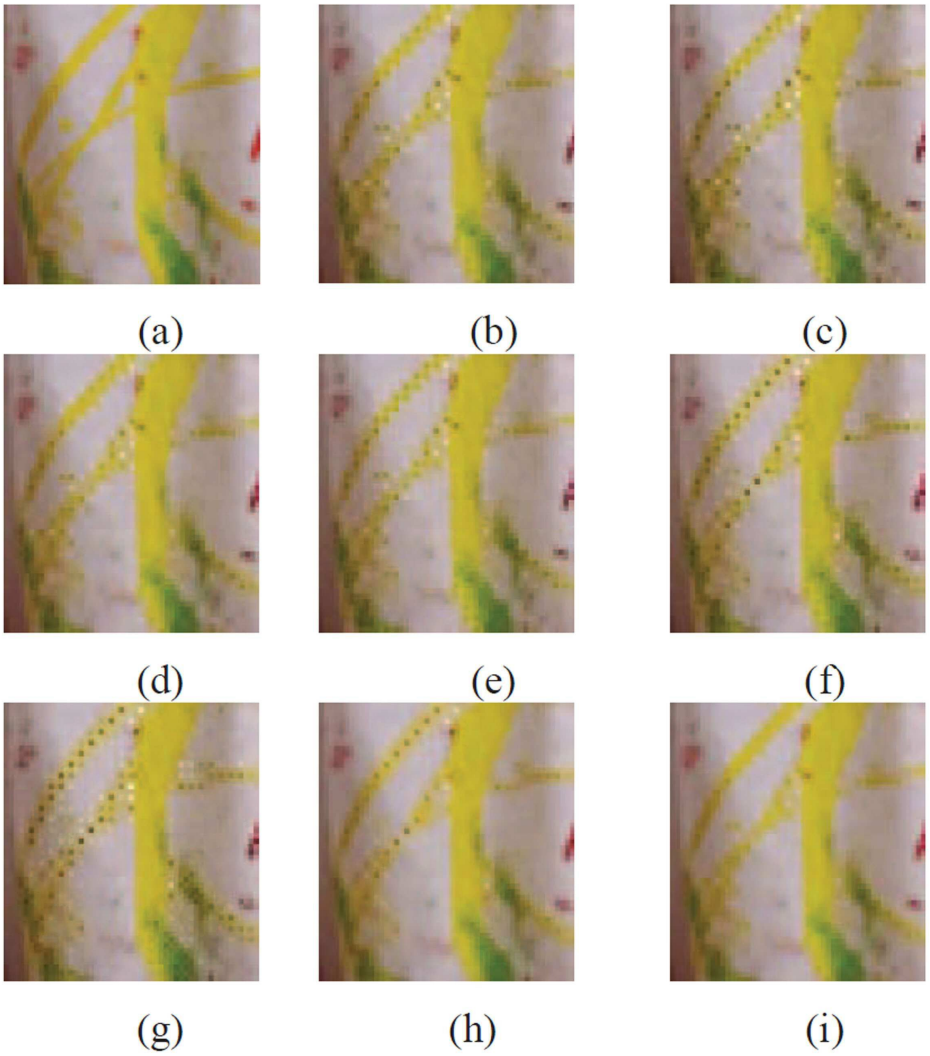
도면6



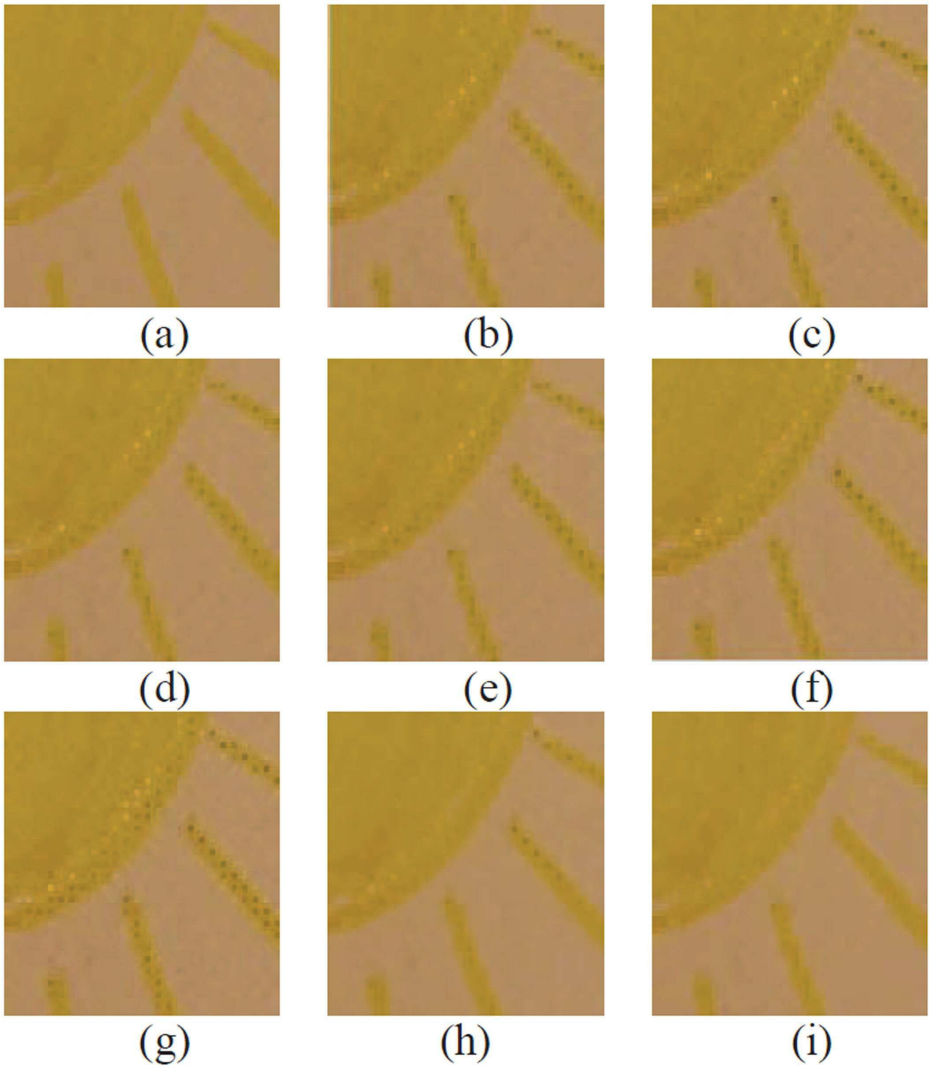
도면7



도면8



도면9



도면10

