



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월28일
(11) 등록번호 10-1660447
(24) 등록일자 2016년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 3/40 (2006.01) H04N 9/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G06T 3/4015 (2013.01)
H04N 9/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0042696

(22) 출원일자 2015년03월26일

심사청구일자 2015년03월26일

(56) 선행기술조사문헌

KR101007754 B1*

Xiangdong Chen ET AL., Color filter array interpolation by successive refinement over color channels using gradient inverse-weighted filtering, Optics Communications, 2014, 318, 189-198P

Xiangdong Chen ET AL., Local adaptive directional color filter array interpolation based on inter-channel correlation, Optics Communications, 2014, 269-276P

Xiangdong Chen ET AL., Voting-Based Directional Interpolation Method and Its Application to Still Color Image Demosaicking, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, FEBRUARY 2014, VOL. 24, NO. 2

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

전광길

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

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 박상철

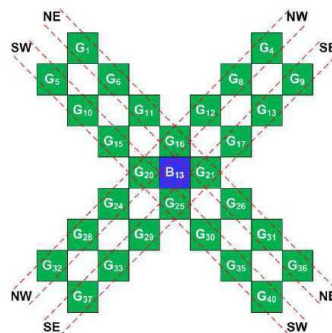
(54) 발명의 명칭 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법

(57) 요약

본 발명은 베이어 패턴 컬러 필터 어레이(CFA-Color Filter Array)의 디모자이킹을 위한 다 방향 보간 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법은 (a) 그린 보간부를 이용하여, 수직, 수평, 대각선 방향을 포함한 8개 방향에서 누락된 그린 요소를 보간하는 단계, (b)

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



레드 블루 보간부를 이용하여, 보간된 그린 면의 상관관계로 레드 및 블루 요소를 보간하는 단계 및 (c) 후 처리부를 이용하여, 컬러 값 차를 이용하여, 그린 면, 레드 면, 블루 면을 개선하는 단계를 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 그린 보간부를 이용하여, 수직, 수평, 대각선 방향을 포함한 8개 방향에서 누락된 그린 요소를 보간하는 단계;
- (b) 레드 블루 보간부를 이용하여, 보간된 그린 면의 상관 관계로 레드 및 블루 요소를 보간하는 단계 및
- (c) 후 처리부를 이용하여, 컬러 값 차를 이용하여, 그린 면, 레드 면, 블루 면을 개선하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하며,

상기 (a) 단계는 9×9 베이어 CFA 블록에서 8 탭 보간 필터를 적용한 보간 방정식은 수학식 5로 정의되는 것을 특징으로 하고,

[수학식 5]

$$G^X = \sum_{i=1}^8 S_G^X(i) \times h_8(i),$$

여기서 $X \in \{NW, NE, SW, SE\}$ 와 G^X 는 인접한 그린 픽셀 세트 S_G^X 를 이용하여 X 방향을 따라 누락된 그린 요소를 추정치를 대표함.

상기 (a) 단계에서 누락된 그린 요소 $\tilde{G}_{B13}$ 의 추정값은 수학식 6으로 산출되는 것을 특징으로 하며,

[수학식 6]

$$\begin{aligned} \tilde{G}_{B13}^{NW} &= G^{NW}, & \tilde{G}_{B13}^{NE} &= G^{NE}, \\ \tilde{G}_{B13}^{SW} &= G^{SW}, & \tilde{G}_{B13}^{SE} &= G^{SE}. \end{aligned}$$

상기 (a) 단계에서 대각선 방향에 따른 $\tilde{G}_{B13}^X$ 의 추정값에 대응하는 방향 기울기 요소는 수학식 7로 산출되는 것을 특징으로 하며,

[수학식 7]

$$\begin{aligned} \nabla^{NW} &= |G_{11} - G_{16}| + |G_{21} - G_{16}| + |G_{15} - G_{20}| \\ &\quad + |G_{25} - G_{20}| + |B_7 - B_{13}| + |R_6 - R_{11}| + \varepsilon, \\ \nabla^{NE} &= |G_{12} - G_{16}| + |G_{20} - G_{16}| + |G_{17} - G_{21}| \\ &\quad + |G_{21} - G_{25}| + |B_9 - B_{13}| + |R_7 - R_{10}| + \varepsilon, \\ \nabla^{SW} &= |G_{16} - G_{20}| + |G_{24} - G_{20}| + |G_{21} - G_{25}| \\ &\quad + |G_{29} - G_{25}| + |B_{17} - B_{13}| + |R_7 - R_{10}| + \varepsilon, \\ \nabla^{SE} &= |G_{21} - G_{16}| + |G_{26} - G_{21}| + |G_{25} - G_{20}| \\ &\quad + |G_{30} - G_{25}| + |B_{19} - B_{13}| + |R_6 - R_{11}| + \varepsilon. \end{aligned}$$

상기 (a) 단계에서 $\tilde{G}_{B13}$ 의 방향 추정치에 할당된 가중치 비율은 다음 수학식 8로 산출되는 것을 특징으로

하고,

[수학식 8]

$$\begin{aligned}\omega^N &= \frac{1}{\nabla^N}, \omega^S = \frac{1}{\nabla^S}, \omega^W = \frac{1}{\nabla^W}, \omega^E = \frac{1}{\nabla^E}, \\ \omega^{NW} &= \frac{1}{\nabla^{NW}}, \omega^{NE} = \frac{1}{\nabla^{NE}}, \\ \omega^{SW} &= \frac{1}{\nabla^{SW}}, \omega^{SE} = \frac{1}{\nabla^{SE}}.\end{aligned}$$

상기 (a) 단계는 $\omega^N, \omega^S, \omega^E, \omega^{NW}, \omega^{NE}, \omega^{SW}, \omega^{SE}$ 의 가중치 요소로 보간 정확성을 보장하기 위해 8개 방향을

따라 사전에 추정된 $\tilde{G}_{B13}^N, \tilde{G}_{B13}^S, \tilde{G}_{B13}^W, \tilde{G}_{B13}^E, \tilde{G}_{B13}^{NW}, \tilde{G}_{B13}^{NE}, \tilde{G}_{B13}^{SW}, \tilde{G}_{B13}^{SE}$ 의 모든 공동 기여를 이용하고, 정규화 보간 방정식은 수학식 9로 정의되는 것을 특징으로 하는 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법.

[수학식 9]

$$\begin{aligned}\Omega &= \tilde{G}_{B13}^N \cdot \omega^N + \tilde{G}_{B13}^S \cdot \omega^S + \tilde{G}_{B13}^W \cdot \omega^W \\ &+ \tilde{G}_{B13}^E \cdot \omega^E + \tilde{G}_{B13}^{NW} \cdot \omega^{NW} + \tilde{G}_{B13}^{NE} \cdot \omega^{NE} \\ &+ \tilde{G}_{B13}^{SW} \cdot \omega^{SW} + \tilde{G}_{B13}^{SE} \cdot \omega^{SE}.\end{aligned}$$

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는

(b-1) CFA의 레드(또는 블루) 샘플링 위치에서 누락된 블루(또는 레드) 요소를 보간하는 단계 및

(b-2) CFA의 그린 샘플링 위치에서 누락된 레드 및 블루 요소를 보간하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는 5×5 슬라이딩 윈도우에서 고정된 5탭 안티 앨리어싱 FIR 필터로 레드와 그린 사이의 컬러 차

(D_{RG})와 블루와 그린 간의 컬러 차(D_{BG})를 적용하며, 4개의 방향에 다른 그래디언트는 수학식 18로 산출되며, 역

그래디언트는 최종적으로 개선된 컬러 차 D_{GR} 에 방향 D_{GR}^X 의 기여도를 조절하기 위한 방향 가중 요소로 사용되며, 가중치는 다음 수학식 19로 산출되는 것을 특징으로 하는 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법.

[수학식 18]

$$\begin{aligned}\lambda^P &= |D_{GR4} - D_{GR13}| + |D_{GR4} - D_{GR0}| + |D_{GR13} - D_{GR0}|, \\ \lambda^Q &= |D_{GR6} - D_{GR11}| + |D_{GR6} - D_{GR0}| + |D_{GR11} - D_{GR0}|, \\ \lambda^H &= |D_{GR8} - D_{GR9}| + |D_{GR8} - D_{GR0}| + |D_{GR9} - D_{GR0}|, \\ \lambda^V &= |D_{GR5} - D_{GR12}| + |D_{GR5} - D_{GR0}| + |D_{GR12} - D_{GR0}|.\end{aligned}$$

[수학식 19]

$$\eta^X = \frac{1}{\lambda^X + \varepsilon},$$

여기서 $X \in \{P, Q, H, V\}$ 와 ε 은 그래디언트가 제로가 되는 것을 방지하기 위한 스몰 긍정 요소로 사용됨.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 (c) 단계에서,

가중치 η^X 와 개선 방향 D_{GR}^X 이 계산되면 최종 후 처리된 중앙 $D_{GR,P}$ 은 수학식 20으로 산출되는 것을 특징으로 하는 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법.

[수학식 20]

$$D_{GR,P} = \frac{\sum_X \eta^X D_{GR}^X}{\sum_X \eta^X}.$$

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 (c) 단계의 그린 면 컬러는 수학식 21과 같이 개선되는 것을 특징으로 하는 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법.

[수학식 21]

$$\tilde{G}_P = \frac{(\tilde{R}_d + D_{GR,P}) + (\tilde{B}_d + D_{GB,P})}{2}.$$

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 (c) 단계의 레드 및 블루 면 컬러는 수학식 22과 같이 개선되는 것을 특징으로 하는 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법.

[수학식 22]

$$\begin{aligned}\tilde{R}_p &= \tilde{G}_p + D_{RG,p}, \\ \tilde{B}_p &= \tilde{G}_p + D_{BG,p},\end{aligned}$$

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 컬러 필터 어레이 보간을 위한 다 방향 가중 보간 알고리즘에 관한 것으로 특히, 베이어 패턴 컬러 필터 어레이(CFA-Color Filter Array)의 디모자이킹을 위한 다 방향 보간 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 비용의 이유로, 현재 이용 가능한 디지털 스틸 칼라 카메라들이 칼라 이미지를 캡처할 때, 각각의 픽셀에 대해, 세 개의 칼라 채널들의 칼라 정보 중, 단지 한 부분만이 하나의 CCD(charge-coupled device) 센서에 의해 캡처된다. 일반적으로, RGB의 양을 측정하는 단 하나의 8bit 숫자가 픽셀에서 캡처된다. 이 센서는, 카메라에 있는 각각의 픽셀이 단지 하나의 칼라 채널로 캡처되는, 컬러 필터 어레이(color filter array: CFA)에 포함된다. 이것은 각각의 픽셀에 대해 단지 하나의 칼라 요소가 이용가능하고, 두 개의 결여 컬러들은 인접 픽셀들로부터 추정되어야 하기 때문이다. 이 과정은 CFC 보간 방법 또는 디모자이킹(demosaicking)이라 불린다.[1],[2] 도 1은 가장 흔한 CFA 방식인, Bayer 패턴을 보여준다.

[0003] 컬러 재구성 품질은 CFA 견본과 선택된 디모자이킹 알고리즘에 의존한다. Bayer 패턴을 기반으로, 다양한 디모자이킹 알고리즘들이 제안되어 왔다. 종래 기술들은 공간 범위나 주파수 범위에서의 그린과 레드/블루 평면 사이의 색상 차이점을 이용하여 풀 칼라 이미지를 얻는 방식을 제안했다. 이들 방식들의 이점은 매끄러운 영역에서 효율적이라는 것이다. 하지만, 이 방식들은, 보간 방향이 정확히 추정되지 못한다면, 재생성된 고르지 못한 에지와 텍스처 세부 표현들에서의 많고 적은 잡음으로 악화된다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0004] (비특허문헌 0001) [1] B. E. Bayer, "Color imaging array," U.S. Patent 3 971 065, July 1976.
- (비특허문헌 0002) [2] H. J. Trussell and R. E. Hartwig, "Mathematics for demosaicking," IEEE Trans. Image Processing, vol. 11, no. 4, pp. 485-492, Apr. 2002.
- (비특허문헌 0003) [3] L. Zhang and X. Wu, "Color demosaicking via directional linear minimum mean square-error estimation," IEEE Trans. Image Processing, vol. 14, no. 12, pp. 2167-2178, Dec. 2005.
- (비특허문헌 0004) [4] I. Pekkucuksen and Y. Altunbasak, "Edge strength filter based color filter array interpolation," IEEE Trans. Image Processing, vol. 21, no. 1, pp. 393-397, Jan. 2012.
- (비특허문헌 0005) [5] D. Paliy, V. Katkovnik, R. Bilcu, S. Alenius, and K. Egiazarian, "Spatially adaptive color filter array interpolation for noiseless and noisy data," Int. J. Imaging Sys. Tech., Sp. Iss. Appl. Color Image Process., vol. 17, no. 3, pp. 105-122, Oct 2007.
- (비특허문헌 0006) [6] L. Zhang, A. Wu, A. Buades, and X. Li, "Color demosaicking by local directional interpolation and non-local adaptive thresholding," Journal of Electronic Imaging, vol. 20, no. 2, pp. 023016, 2011.
- (비특허문헌 0007) [7] W. Lu and Y. Tan, "Color filter array demosaicking: new method and performance measures," IEEE Trans. Image Processing, vol. 12, no. 10, pp. 1194-1210, 2003.

- (비특허문헌 0008) [8] A. Buades, B. Coll, J.-M. Morel, and C. Sbert, "Self-similarity driven color demosaicking," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 18, no. 6, pp. 1192-1202, June 2009.
- (비특허문헌 0009) [9] C. Hu, L. Cheng, and Y. M. Lu, "Graph-based regularization for color image demosaicking," in *Proc. IEEE ICIP2012*, 2012.
- (비특허문헌 0010) [10] N. X. Lian, L. Chang, Y. -P. Tan, and V. Zagorodnov, "Adaptive filtering for color filter array demosaicking," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 16, no. 10, pp. 2515-2525, Oct. 2007.
- (비특허문헌 0011) [11] B. Leung, G. Jeon, and E. Dubois, "Least-squares luma-chroma demultiplexing algorithm for Bayer demosaicking," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 20, no. 7, pp. 1885-1894, Jul. 2011.
- (비특허문헌 0012) [12] Y. Fang, "DAC spectrum of binary sources with equally-likely symbols," *IEEE Trans. Communications*, vol. 61, no. 4, pp. 1584-1594, Apr. 2013.
- (비특허문헌 0013) [13] Y. Fang, "LDPC-based lossless compression of nonstationary binary sources using sliding-window belief propagation," *IEEE Trans. Communications*, vol. 60, no. 11, pp. 3161-3166, Nov. 2012.
- (비특허문헌 0014) [14] Y. Fang, "Joint source-channel estimation using accumulated LDPC syndrome," *IEEE Communications Letters*, vol. 14, no. 11, pp. 1044-1046, Nov. 2010.
- (비특허문헌 0015) [15] Y. Fang, "EREC-based length coding of variable-length data blocks," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 20, no. 10, pp. 1358-1366, Oct. 2010.
- (비특허문헌 0016) [16] Y. Fang, "Distribution of distributed arithmetic codewords for equiprobable binary sources," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 16, no. 12, pp. 1079-1082, Dec. 2009.
- (비특허문헌 0017) [17] Y. Fang, "Crossover probability estimation using mean-intrinsic-LLR of LDPC syndrome," *IEEE Communications Letters*, vol. 13, no. 9, pp. 679-681, Sep. 2009.
- (비특허문헌 0018) [18] G. Jeon, M. Anisetti, V. Bellandi, and J. Jeong, "Fuzzy rule-based edge-restoration algorithm in HDTV interlaced sequences," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 53, no. 2, pp. 725-731, May 2007.
- (비특허문헌 0020) [19] G. Jeon, M. Anisetti, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Rough sets-assisted subfield optimization for alternating current plasma display panel," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 53, no. 3, pp. 825-832, Aug. 2007.
- (비특허문헌 0021) [20] G. Jeon, M. Anisetti, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Fuzzy weighted approach to improve visual quality of edge-based filtering," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 53, no. 4, pp. 1661-1667, Nov. 2007.
- (비특허문헌 0022) [21] G. Jeon, M. Anisetti, D. Kim, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Fuzzy rough sets hybrid scheme for motion and scene complexity adaptive deinterlacing," *Image and Vision Computing*, vol. 27, no. 4, pp. 425-436, March 2009.
- (비특허문헌 0023) [22] G. Jeon, M. Anisetti, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Designing of a type-2 fuzzy logic filter for improving edge-preserving restoration of interlaced-to-progressive conversion," *Information Sciences*, vol. 179, no. 13, pp. 2194-2207, June 2009.
- (비특허문헌 0024) [23] G. Jeon, M. Anisetti, and S. Kang, "A rank-ordered marginal filter for deinterlacing," *Sensors*, vol. 13, no. 3, pp. 3056-3065, March 2013.
- (비특허문헌 0025) [24] G. Jeon, M. Anisetti, J. Lee, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Concept of linguistic variable-based fuzzy ensemble approach: application to interlaced HDTV sequences," *IEEE Trans. Fuzzy Systems*, vol. 17, no. 6, pp. 1245-1258, Dec. 2009.

- (비특허문헌 0026) [25] G. Jeon, S.J. Park, Y. Fang, M. Anisetti, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Specification of efficient block matching scheme for motion estimation in video compression," Optical Engineering, vol. 48, no. 12, Dec. 2009, pp. 127005.
- (비특허문헌 0027) [26] G. Jeon, M.Y. Jung, M. Anisetti, V. Bellandi, E. Damiani, and J. Jeong, "Specification of the geometric regularity model for fuzzy if-then rulebased deinterlacing," IEEE/OSA Journal of Display Technology, vol. 6, no. 6, pp. 235-243, June 2010.
- (비특허문헌 0028) [27] K. H. Chung and Y. H. Chan, "Color demosaicing using variance of color differences," IEEE Trans. Image Processing, vol. 15, no. 10, pp. 2944-2955, Oct. 2006.
- (비특허문헌 0029) [28] O. Werner, "Drift analysis and drift reduction for multi-resolution hybrid video coding," Signal Processing: Image Communication, vol. 8, no. 5, pp. 387-409, July 1996.
- (비특허문헌 0030) [29] H. Kimata and Y. Yashima, "3D motion vector coding with block base adaptive interpolation filter on H.264," in Proc. IEEE ICASSP2003, vol. 3, 2003, pp. 633-636.
- (비특허문헌 0031) [30] X. Chen, G. Jeon, and J. Jeong, "A gradient inverse weighted filtering approach for video deinterlacing," IEICE Trans. Communications, vol. E95-B, no. 12, pp. 3933-3936, Dec. 2012.
- (비특허문헌 0032) [31] Kodak color image dataset, <http://r0k.us/graphics/kodak/>
- (비특허문헌 0033) [32] X. Li, B. Gunturk, and L. Zhang, "Image demosaicing: a systematic survey," in Proc. of SPIE, vol. 6822, pp. 68221J, 2008.
- (비특허문헌 0034) [33] X. Zhang and B. A. Wandell, "A spatial extension of cielab for digital color image reproduction," Journal of Society for Informaiton Display, vol. 5, no. 1, pp. 61-63, March 1997.
- (비특허문헌 0035) [34] L. Zhang, L. Zhang, X. Mou, and D. Zhang, "FSIM: a feature similarity index for image quality assessment," IEEE Trans. Image Processing, vol. 20, no. 8, pp. 2378-2386, 2011.
- (비특허문헌 0036) [35] Y. Yun, J. Bae, and J. Kim, "Multidirectional edge-directed interpolation with region division for natural images," Opt. Eng., vol. 51, no. 4, pp. 040503, April 2012.
- (비특허문헌 0037) [36] X. Chen, G. Jeon, and J. Jeong, "Voting-based directional interpolation method and its application to still color image demosaicking," accetped in IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, DOI: 10.1109/TCSVT.2013.2255421.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005]

본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 컬러 면 간의 컬러 상관관계를 기반으로 수평 및 수직 방향 뿐만 아니라 대각선 방향의 누락된 그린 요소를 추정하는 방식으로 보간 성능을 개선하고, 안티-앨리어싱 RIR 필터로 보간 잡음을 감소시킬 수 있는 보간 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0006]

본 발명에 따른 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법은 (a) 그린 보간부를 이용하여, 수직, 수평, 대각선 방향을 포함한 8개 방향에서 누락된 그린 요소를 보간하는 단계, (b) 레드 블루 보간부를 이용하여, 보간된 그린 면의 상관관계로 레드 및 블루 요소를 보간하는 단계 및 (c) 후 처리부를 이용하여, 컬러 값 차를 이용하여, 그린 면, 레드 면, 블루 면을 개선하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0007] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법은 컬러 면 간의 컬러 상관관계를 기반으로 수평 및 수직 방향뿐만 아니라 대각선 방향의 누락된 그린 요소를 추정하는 방식을 적용하여, 보간 성능을 개선할 수 있으며, 안티-앨리어싱 RIR 필터로 보간 잡음을 감소시킬 수 있는 기술적 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 일반적인 9×9 베이어 CFA 블록을 나타내는 도면.
 도 2는 블루 픽셀 위치에서 4개의 수직 수평 방향(north(N), south(S), east(E), west(W))에 따른 중앙의 누락된 그린 요소의 사전 보간(pre-interpolation)을 나타내는 도면.
 도 3은 블루 픽셀 위치에서 4개의 대각선 방향(northeast(NE), southeast(SE), northwest(NW), southwest(SW))에 따른 중앙의 누락된 그린 요소의 사전 보간(pre-interpolation)을 나타내는 도면.
 도 4는 필터의 주파수 반응을 나타내는 도면. (a) 평균필터, (b) 8-탭 고정 계수 Wiener 보간 필터.
 도 5는 CFA의 그린(G) 샘플링 위치에서 누락된 레드(R)와 블루(B) 요소를 보간하기 위해 도 1을 분할한 서브 이미지들. (a) 레드(R) 샘플링 위치에서 누락된 블루(B) 요소, (b) 블루(B) 샘플링 위치에서 누락된 레드(R) 요소, (c) 그린(G) 샘플링 위치에서 누락된 레드(R) 요소, (d) 그린(G) 샘플링 위치에서 누락된 블루(B) 요소.
 도 6은 본 발명에 따른 후 처리 단계에서 사용된 5×5 컬러 차 면(color difference plane)을 나타내는 도면. (a) 그린과 레드 간의 차(D_{GR}), (b) 그린과 블루 간의 차(D_{GB}), (c) 레드와 그린 간의 차(D_{RG}), (d) 블루와 그린 간의 차(D_{BG}).
 도 7은 본 발명에 따른 후 처리 단계에서 4개의 방향에 따른 5×5 컬러 차 면에서 중앙 값인 D_{GR} 을 개선하기 위해 사용된 인접한 컬러 차 값.
 도 8은 실험에 사용된 분할된 McMaster(McM)의 서브 이미지. 위에서 아래와 왼쪽에서 오른쪽으로 배치된 서브 이미지들은 #1에서 #19로 라벨링됨.
 도 9은 (a) #5 원본 이미지 및 이를 다음과 같은 방법으로 디모자이킹한 결과. (b) DWI, (c) MEDI, (d) ESF, (e) SSD, (f) LPA-ICI, (g) LDI-NAT, (h) VDI, (i) MDWI_N 및 (j) MDWI.
 도 10은 (a) #13 원본 이미지 및 이를 다음과 같은 방법으로 디모자이킹한 결과. (b) DWI, (c) MEDI, (d) ESF, (e) SSD, (f) LPA-ICI, (g) LDI-NAT, (h) VDI, (i) MDWI_N 및 (j) MDWI.
 도 11은 (a) #17 원본 이미지 및 이를 다음과 같은 방법으로 디모자이킹한 결과. (b) DWI, (c) MEDI, (d) ESF, (e) SSD, (f) LPA-ICI, (g) LDI-NAT, (h) VDI, (i) MDWI_N 및 (j) MDWI.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 본 발명에 따른 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.

[0010] 도 1의 베이어 CFA 패턴으로부터 그린(G) 면이 레드(R) 또는 블루(B) 면 샘플 보다 두 배 많은 것을 직관적으로 관찰할 수 있다. 따라서 그린 면은 보간에 있어서, 이미지의 공간 정보의 대부분을 보유한다. 게다가 휴먼 비주얼 시스템에 있어서, 그린 컬러에 가장 민감하다. 따라서 대부분의 종래 디모자이킹 방법에서 누락된 그린 컬러 요소는 이미지의 시각 품질에 큰 영향을 가지므로 사전에 보간된다. 그린 컬러 요소가 완전히 복구되면 그린 면은 채널로 스펙트럼 상관관계를 전적으로 사용하여, 추후 레드와 블루 면의 보간을 가이드 할 수 있다. 그러므로 본 발명에 따른 다 방향 가중 보간 방법(MDWI-Multi directional weighted interpolation method)은 그린

면의 보간 성능을 개선하는데 대부분 초점이 맞춰져 있다.

[0011] 본 발명은 종래 4 방향 가중 보간법(DWI-4 direction weighted interpolation method)[7]와 유사하지만 본 발명에 따른 보간 방법은 중앙의 누락 픽셀과 서로 다른 방향을 따라 인접한 픽셀이 가지는 가변적 공간적 상관관계를 가지는 추정을 기반으로 한다. 이러한 추정은 보간 방향을 따라 인접한 픽셀 간에 더 인접한 공간적 상관관계가 성립함을 쉽게 설명할 수 있으며, 방향에 의해 더 정확하게 추정된 누락 컬러 값을 얻을 수 있다.

[0012] 먼저, 본 발명의 첫 번째 특징은 컬러 면 간의 컬러 상관관계를 기반으로 한 수평 및 수직 방향뿐만 아니라 그린 면의 고정된 보간 방향을 이용한 대각선 방향의 누락된 그린 요소를 추정할 수 있다. 즉, 존재하는 그린 면은 도 3에 도시된 바와 같이 대각선을 따라 일관적이라는 관찰을 기반으로 하며, 중앙의 누락된 그린 요소는 기존의 그린 컬러 요소를 이용하여 대각선 방향을 따라 상관관계를 이용하여 추정될 수 있음을 알 수 있다. 중앙의 누락된 컬러 요소의 모든 8개 방향의 추정된 후에 다 방향 가중 보간 기술은 방향의 가변 상관관계에 따라 중앙의 누락된 컬러 요소를 보간하는데 사용한다.

[0013] 본 발명의 두 번째 특징은 세 개의 초기 컬러 요소를 채워 재등록하는 것으로 효과적인 후 처리 절차를 제공하는데 있다. 이는 안티-엘리어싱 FIR 필터로 컬러 차이 평면에 실행된다. 보간 방법과 유사하게, 본 발명은 보간 잡음을 감소시키기 위해 색차 평면을 변경하는 방향 가중의 개선 방법 또한 사용한다.

[0014] 본 발명에 따른 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법은 그린 보간부를 이용하여, 수직, 수평, 대각선 방향을 포함한 8개 방향에서 누락된 그린 요소를 보간하는 단계, (b) 레드 블루 보간부를 이용하여, 보간된 그린 면의 상관관계로 레드 및 블루 요소를 보간하는 단계 및 (c) 후 처리부를 이용하여, 컬러 값 차를 이용하여, 그린 면, 레드 면, 블루 면을 개선하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하며, 각 단계별로 상세 설명을 하면 다음과 같다.

[0015] 1. 누락된 그린(G) 요소의 보간 단계

[0016] 본 발명에 있어서, 누락된 그린 요소는 베이어 CFA 패턴에 있어서 그린 면은 레드 및 블루 면 보다 더 많은 정보를 포함하므로 가장 먼저 보간되어야 한다. 도 1에 도시된 9×9 베이어 CFA 블록에서와 같이 B_{13} 지점의 누락된 그린 요소 $\tilde{G}_{B13}$ 는 8개 방향(N, S, W, E, NW, NE, SW, SE) 중에 가장 먼저 추정된다. 여기서, N, S, W, E 방향의 추정은 수식 1과 같이 종래 DWI 기법과 동일하며, 도 2에 도시된 바와 같이 유사한 인접 픽셀을 갖는다.

수학식 1

$$\begin{aligned}\tilde{G}_{B13}^N &= G_{16} + 0.5 \times (B_{13} - B_8), \\ \tilde{G}_{B13}^S &= G_{25} + 0.5 \times (B_{13} - B_{18}), \\ \tilde{G}_{B13}^W &= G_{20} + 0.5 \times (B_{13} - B_{12}), \\ \tilde{G}_{B13}^E &= G_{21} + 0.5 \times (B_{13} - B_{14}).\end{aligned}$$

[0017]

[0018] 그리고 4개 방향의 더 신뢰할 수 있는 방향 기울기(gradient) 요소는 다음 수학식 2로 산출된다.

수학식 2

$$\begin{aligned}\nabla^N &= |G_{11} - G_{20}| + |G_7 - G_{16}| + |G_{12} - G_{21}| \\ &+ |R_2 - R_6| + |R_3 - R_7| + |B_8 - B_{13}| + \varepsilon, \\ \nabla^S &= |G_{20} - G_{29}| + |G_{25} - G_{34}| + |G_{21} - G_{30}|\end{aligned}$$

[0019]

$$\begin{aligned}
 & + |R_{10} - R_{14}| + |R_{11} - R_{15}| + |B_{13} - B_{18}| + \varepsilon, \\
 \nabla^W = & |G_{19} - G_{20}| + |G_{15} - G_{16}| + |G_{24} - G_{25}| \\
 & + |R_5 - R_6| + |R_9 - R_{10}| + |B_{12} - B_{13}| + \varepsilon, \\
 \nabla^E = & |G_{21} - G_{22}| + |G_{16} - G_{17}| + |G_{25} - G_{26}| \\
 & + |R_7 - R_8| + |R_{11} - R_{12}| + |B_{13} - B_{14}| + \varepsilon.
 \end{aligned}$$

[0020]

[0021]

여기서 ε 는 기울기가 제로가 되는 것을 방지하기 위한 스몰 긍정 요소이다. NW, NE, SW, SE 방향에 따른 $\tilde{G}_{B13}$ 의 추정에는 다음 관찰을 기반으로 한다. 베이어 패턴에 있어서 그린 면은 연속적으로 분포되며, 대각선 방향의 그린 인접 픽셀들의 상관관계는 중앙의 누락된 그린 요소로 추정하기 위해 사용될 수 있다. 여기서, 8-탭 고정 방향 보간 필터는 NW, NE, SW, SE 방향에 따라 중앙의 누락된 그린 요소 $\tilde{G}_{B13}$ 를 근사화하는데 적용된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 오리지널 인접 그린 픽셀의 4개 세트는 $\tilde{G}_{B13}$ 를 추정하는데 사용된다. 이러한 4개의 세트는 다음 수학적 식 3으로 산출되며, 방향 정보와 대응된다.

수학적 식 3

$$\begin{aligned}
 S_G^{NW} &= \{G_4, G_8, G_{12}, G_{16}, G_{20}, G_{24}, G_{28}, G_{32}\}, \\
 S_G^{NE} &= \{G_1, G_6, G_{11}, G_{16}, G_{21}, G_{26}, G_{31}, G_{36}\}, \\
 S_G^{SW} &= \{G_5, G_{10}, G_{15}, G_{20}, G_{25}, G_{30}, G_{35}, G_{40}\}, \\
 S_G^{SE} &= \{G_9, G_{13}, G_{17}, G_{21}, G_{25}, G_{29}, G_{33}, G_{37}\}.
 \end{aligned}$$

[0022]

[0023]

그리고 8-탭 고정 방향 보간 필터는 고정된 계수의 중앙의 누락된 그린 요소를 근사화하는데 적용된다.

수학적 식 4

$$h_8 = [-8, 23, -48, 161, 161, -48, 23, -8]/256.$$

[0024]

[0025]

이러한 8-탭 고정 계수 Wiener 필터는 MPEG-4, H.264/AVC, HEVC의 업 샘플링(up-sampling)을 위해 비디오 코덱의 서브 픽셀을 보간하는데 주로 사용된다. 업 샘플링을 위해 Wiener 필터는 이상적인 안티 앨리어싱 필터로 알려져 있으며, 주파수 반응 형상은 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이 직사각형상이고, 극심한 앨리어싱 없이 보간할 수 있는 이점이 있으며, 도 4의 (a)에 도시된 종래 평균 필터 보다 정확한 장점이 있다. 특히 불규칙적 에지나 텍스처 디테일과 같은 높은 주파수 영역에서 적용되고, 누락 픽셀들은 본 발명에 따른 방법으로 더 정확하게 재구성될 수 있다. 디모자이킹 어플리케이션의 이점의 활용하여, 중앙의 B13의 누락된 그린 요소는 대각선 방향을 따라 추정이 가능하다. [29]의 6탭 보간 필터와 같은 탭 보간 필터에 고정된 몇몇의 다른 유사 안티 앨리어싱이 있으며, 시간적 효율이 높지만 다소 견고하지 못한 로버스트 보간 성능으로 사용될 수 있다. 본 발명에 있어서 8-탭 보간 필터를 적용하며, 보간 방정식은 다음 수학적 식 5와 같다.

수학식 5

$$G^X = \sum_{i=1}^8 S_G^X(i) \times h_8(i),$$

[0026]

[0027] 여기서 $X \in \{NW, NE, SW, SE\}$ 와 G^X 는 인접한 그린 픽셀 세트 S_G^X 를 이용하여 X 방향을 따라 누락된 그린 요소를 추정치를 대표한다. 따라서 $\tilde{G}_{B13}$ 의 추정값은 대각선 방향에 따라 다음과 같이 산출된다.

수학식 6

$$\begin{aligned} \tilde{G}_{B13}^{NW} &= G^{NW}, \quad \tilde{G}_{B13}^{NE} = G^{NE}, \\ \tilde{G}_{B13}^{SW} &= G^{SW}, \quad \tilde{G}_{B13}^{SE} = G^{SE}. \end{aligned}$$

[0028]

[0029] 그리고 대각선 방향에 따른 $\tilde{G}_{B13}^X$ 의 추정값에 대응하는 방향 기울기 요소는 다음 수학식 7에 정의된다.

수학식 7

$$\begin{aligned} \nabla^{NW} &= |G_{11} - G_{16}| + |G_{21} - G_{16}| + |G_{15} - G_{20}| \\ &\quad + |G_{25} - G_{20}| + |B_7 - B_{13}| + |R_6 - R_{11}| + \varepsilon, \\ \nabla^{NE} &= |G_{12} - G_{16}| + |G_{20} - G_{16}| + |G_{17} - G_{21}| \\ &\quad + |G_{21} - G_{25}| + |B_9 - B_{13}| + |R_7 - R_{10}| + \varepsilon, \\ \nabla^{SW} &= |G_{16} - G_{20}| + |G_{24} - G_{20}| + |G_{21} - G_{25}| \\ &\quad + |G_{29} - G_{25}| + |B_{17} - B_{13}| + |R_7 - R_{10}| + \varepsilon, \\ \nabla^{SE} &= |G_{21} - G_{16}| + |G_{26} - G_{21}| + |G_{25} - G_{20}| \\ &\quad + |G_{30} - G_{25}| + |B_{19} - B_{13}| + |R_6 - R_{11}| + \varepsilon. \end{aligned}$$

[0030]

[0031] $\tilde{G}_{B13}$ 의 8개 추정값을 위한 관련 가중치는 각 방향의 역 그래디언트 사용에 의해 산출된다. 일반적으로 하나의 방향 수단에 따른 스몰 그래디언트는 그 방향에서 보다 더 많은 상관관계를 가지고 있으며, 해당 방향의 사전 추정치 $\tilde{G}_{B13}$ 에 더 높은 가중치를 하는 것이 타당하다. 따라서 본 발명에 따른 8 방향 기반의 보간 스키마는 방향 그래디언트의 조인트 분배와 컬러 차이를 반영해야 한다. $\tilde{G}_{B13}$ 의 방향 추정치에 할당된 가중치 비율은 다음 8개 방향으로 정의된다.

수학식 8

$$\begin{aligned}\omega^N &= \frac{1}{\nabla^N}, \omega^S = \frac{1}{\nabla^S}, \omega^W = \frac{1}{\nabla^W}, \omega^E = \frac{1}{\nabla^E}, \\ \omega^{NW} &= \frac{1}{\nabla^{NW}}, \omega^{NE} = \frac{1}{\nabla^{NE}}, \\ \omega^{SW} &= \frac{1}{\nabla^{SW}}, \omega^{SE} = \frac{1}{\nabla^{SE}}.\end{aligned}$$

[0032]

[0033]

보간 에러를 방지하기 위해 8개 방향을 따라 추정된다. 다시 말해 본 발명에서는 $\omega^N, \omega^S, \omega^E, \omega^{NW}, \omega^{NE}, \omega^{SW}, \omega^{SE}$ 의 가중치 요소로 보간 정확성을 보장하기 위해 8개 방향을 따라 사전에 추정된 $\tilde{G}_{B13}^N, \tilde{G}_{B13}^S, \tilde{G}_{B13}^W, \tilde{G}_{B13}^E, \tilde{G}_{B13}^{NW}, \tilde{G}_{B13}^{NE}, \tilde{G}_{B13}^{SW}, \tilde{G}_{B13}^{SE}$ 의 모든 공동 기여를 이용한다. 정규화 보간 방정식은 다음 수학식 9로 정의된다.

수학식 9

$$\tilde{G}_{B13} = \frac{\Omega}{\omega^T},$$

[0034]

[0035]

여기서 $\omega^T = \omega^N + \omega^S + \omega^W + \omega^E + \omega^{NW} + \omega^{NE} + \omega^{SW} + \omega^{SE}$ 이다.

수학식 10

$$\begin{aligned}\Omega &= \tilde{G}_{B13}^N \cdot \omega^N + \tilde{G}_{B13}^S \cdot \omega^S + \tilde{G}_{B13}^W \cdot \omega^W \\ &+ \tilde{G}_{B13}^E \cdot \omega^E + \tilde{G}_{B13}^{NW} \cdot \omega^{NW} + \tilde{G}_{B13}^{NE} \cdot \omega^{NE} \\ &+ \tilde{G}_{B13}^{SW} \cdot \omega^{SW} + \tilde{G}_{B13}^{SE} \cdot \omega^{SE}.\end{aligned}$$

[0036]

[0037]

모든 레드와 블루 위치에서 상기의 절차를 적용함으로써 그린 면을 재구성할 수 있는 것이다.

[0038]

2. 누락된 레드와 블루 요소의 보간 단계

[0039]

베이어 CFA 샘플로부터 그린 픽셀들은 앞서 설명한 접근 방식을 이용하여 초기 보간되었다. 그러나 8 방향 기반의 보간 방법은 보간 조건이나 사용가능한 샘플들이 불충분할 때 누락된 레드와 블루 컬러 요소를 보간하기에 적합하지 않다. 하지만 다행스럽게도 레드, 그린 블루 면은 높은 상관관계에 있으므로 누락된 레드 및 블루 요소를 위한 보간 절차는 컬러 오동작 문제를 방지하도록 재구성된 그린 면의 상관관계를 이용할 수 있다. 본 발명은 누락된 레드 및 블루 요소를 보간하기 위한 개선 단계를 이용하여 종래 DWI를 개선시켰다. 특히 다음 두 가지 조건하에서 보간된다. (1) 도 5의 (a, b)에 도시된 CFA의 레드(또는 블루) 샘플링 위치에서 누락된 블루(또는 레드) 요소 또는 (2) 도 5의 (c, d)에서 도시된 CFA의 그린 샘플링 위치에서 누락된 레드 및 블루 요소.

[0040]

먼저, 도 5의 (a)에 도시된 레드 샘플링 위치에서 누락된 블루 요소의 보간 조건을 고려한다. R_6 위치에서 누락된 블루 요소를 보간하기 위해 그것을 재구성하기 위한 두 단계 전략을 적용하였다. 첫 번째 단계는 R_6 위치에서 누락된 블루 요소를 초기 보간하기 위해 블루와 그린 면 사이의 컬러 차를 활용하는 단계이다. 모든 그린 요소

는 복구되어 이용 가능하면 R_6 위치에서 4 개의 대각선 방향에서 블루와 그린 사이의 컬러 차이 ζ_{BG} 를 추정할 수 있다.

수학식 11

$$\begin{aligned}\zeta_{BG}^{NW} &= B_7 - \tilde{G}_{B7}, \quad \zeta_{BG}^{NE} = B_8 - \tilde{G}_{B8}, \\ \zeta_{BG}^{SW} &= B_{12} - \tilde{G}_{B12}, \quad \zeta_{BG}^{SE} = B_{13} - \tilde{G}_{B13},\end{aligned}$$

[0041]

[0042] 여기서 $\tilde{G}_{B7}, \tilde{G}_{B8}, \tilde{G}_{B12}, \tilde{G}_{B13}$ 는 B_7, B_8, B_{12}, B_{13} 각 위치에서 정제된 그린 픽셀 값이다.

[0043] DWI의 적용에 따라 공간적 상관관계의 더 나은 로버스트 추정을 위해 네 개의 방향 추정치 $\tilde{B}_{R6}$ 에 다양한 가중치를 할당한다. 그린 면은 완전히 채워졌으므로, 네 개의 대각선 방향에 따른 그린 픽셀들의 그래디언트는 보간 절차를 가이드하는 가중치 요소로 사용된다. 4개의 방향에 따른 그래디언트는 다음 수학식 12와 같이 산출된다.

수학식 12

$$\begin{aligned}\gamma^{NW} &= |G_6 - G_{11}| + |\tilde{G}_{R1} - \tilde{G}_{B7}| + |\tilde{G}_{B7} - \tilde{G}_{R6}| \\ &+ |G_{10} - G_{15}| + |B_7 - B_{13}| + \varepsilon, \\ \gamma^{NE} &= |G_7 - G_{11}| + |\tilde{G}_{R3} - \tilde{G}_{B8}| + |\tilde{G}_{B8} - \tilde{G}_{R6}| \\ &+ |G_{12} - G_{16}| + |B_8 - B_{12}| + \varepsilon, \\ \gamma^{SW} &= |G_{15} - G_{19}| + |\tilde{G}_{R9} - \tilde{G}_{B12}| + |\tilde{G}_{B12} - \tilde{G}_{R6}| \\ &+ |G_{20} - G_{24}| + |B_8 - B_{12}| + \varepsilon, \\ \gamma^{SE} &= |G_{16} - G_{21}| + |\tilde{G}_{R11} - \tilde{G}_{B13}| + |\tilde{G}_{B13} - \tilde{G}_{R6}| \\ &+ |G_{20} - G_{25}| + |B_7 - B_{13}| + \varepsilon.\end{aligned}$$

[0044]

[0045] 여기서, ε 는 스몰 긍정 요소로 그래디언트가 제로가 되는 것을 방지하기 위해 사용된다. $\tilde{G}_{R1}, \tilde{G}_{R3}, \tilde{G}_{R6}, \tilde{G}_{R9}, \tilde{G}_{R11}, \tilde{G}_{B7}, \tilde{G}_{B8}, \tilde{G}_{B12}, \tilde{G}_{B13}$ 는 각 $R_1, R_3, R_6, R_9, R_{11}, B_7, B_8, B_{12}, B_{13}$ 위치에서 보간된 그린 픽셀 값이다. 역 그래디언트는 다음과 같은 가중치 요소를 사용한다.

수학식 13

$$\Gamma^{NW} = \frac{1}{\gamma^{NW}}, \quad \Gamma^{NE} = \frac{1}{\gamma^{NE}}, \quad \Gamma^{SW} = \frac{1}{\gamma^{SW}}, \quad \Gamma^{SE} = \frac{1}{\gamma^{SE}}.$$

[0046]

[0047] 블루와 그린 면 사이의 색상 차 면에 따른 DWI 결합으로 누락된 블루 픽셀은 다음 수학식 14와 같이 초기 보간된다.

수학식 14

$$\tilde{b}_{R6} = \tilde{G}_{R6} + \frac{Z}{\Gamma^{NW} + \Gamma^{NE} + \Gamma^{SW} + \Gamma^{SE}},$$

여기서 $Z = \zeta_{BG}^{NW} \times \Gamma^{NW} + \zeta_{BG}^{NE} \times \Gamma^{NE} + \zeta_{BG}^{SW} \times \Gamma^{SW} + \zeta_{BG}^{SE} \times \Gamma^{SE}$. 이다. 두 번째 단계는 $\tilde{b}_{R6}$ 와 높은 상관관계를 가진 블루 컬러 면을 포함하고, 대각선 방향에 따라 4개의 가장 인접한 픽셀 B_7, B_8, B_{12}, B_{13} 의 그라디언트 역 가중 필터링 방법(GIWF)을 이용한다. $\tilde{B}_{R6}$ 를 정제하기 위해 $\tilde{b}_{R6}$ 는 다음과 같은 수학식 15로 얻을 수 있다.

수학식 15

$$\tilde{B}_{R6} = \delta \times \tilde{b}_{R6} + (1 - \delta) \times \frac{\sum \mu_k \times \nu_k}{\sum \nu_k},$$

수학식 16

$$\mu_k = B_k - \tilde{B}_{R6}, \quad \nu_k = \frac{1}{1 + |\mu_k|},$$

여기서 $k=\{7, 8, 12, 13\}$ 이고, k 는 R_6 주변에 4개의 기존 블루 요소를 나타낸다. 제약 요소 δ 는 0과 1 사이의 양수이고, 개선 성능을 조절하는데 사용된다. 이론상으로 이미지 콘텐츠를 훈련하는 것으로 얻을 수 있다 하지만 본 발명은 단순화하게 일반적인 최적 개선 성능을 유지하기 위해 0.5와 0.7 사이의 일정한 값으로 실험 설정하였다. 이 범위를 초과한 보간 성능은 이미지 콘텐츠에 민감할 것이다.

본 발명에 따른 처리 방법은 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 블루 샘플링 위치에서 누락된 레드 요소를 보간 및 개선하는데 매우 적합한데 동일한 샘플링 조건을 가지기 때문이다.

두 번째 보간을 위해 그린 샘플링 위치에서 누락된 블루 요소의 조건은 도 5의 (c, d)에 도시된 바와 같다.

CFA의 레드(또는 블루) 샘플링 위치에서 누락된 블루(또는 레드) 요소가 회복된 이후에 보간 방법은 N, S, W, E 4개의 방향을 따라 그린 요소를 취급하는 상황과 동일하다.

물론 GIWF는 동일한 컬러 면에서 가장 인접한 네 개의 컬러 요소를 갖는 그린 샘플링 위치에서 사전에 보간된 레드(또는 블루) 요소를 개선하는데 이용된다. 도 5의 (c) 케이스에서 가장 인접한 레드 픽셀 세트 $\{R_1, R_2, \tilde{R}_{B2}, \tilde{R}_{B7}\}$ 는 $\tilde{R}_{G6}$ 를 개선하는데 사용되고, 가장 인접한 블루 픽셀 세트 $\{B_2, B_7, \tilde{B}_{R1}, \tilde{B}_{R2}\}$ 는 $\tilde{B}_{G6}$ 를 개선하는데 사용된다. 이러한 개선 접근법은 도 5의 (d)에 도시된 보간 상황에서도 적합하다. 모든 컬러 요소를 보간하고 개선한 후에 전체 풀 컬러 영상은 디모자이크된다. 편의상 채워진 컬러 요소는 추후 절차를 위해 $[\tilde{R}_d, \tilde{G}_d, \tilde{B}_d]$ 로 표시된다.

3. 후 처리 단계

본 발명에 따른 후 처리 접근은 디모자이크 방법의 컬러 채널의 상관관계를 높이기 위해 주로 사용된다[4],

[27]. 컬러 면 간의 컬러 차이에 따라 레드와 블루 면이 보간되고, 신뢰할 수 없고 헐거워진 상관관계가 모자이크된 레드와 블루 면 사이에 사용됨에 따라 보간 잡음은 불가피하다. 보간 에러를 줄이기 위해 방향 가중 개선 방법을 기반으로 한 리얼라이닝(re-aligning) 절차는 색차 값을 부드럽게 하고 오브젝트 내에 로컬 상수가 인가되도록 연속적으로 인가된다. 이러한 후처리 스키마 프로세스는 도 6의 (a, b)에 도시된 바와 같이, 그린과 레드(D_{GR}) 및 그린과 블루(D_{GB})의 색상 차 활용에 의해 보간된 그린 샘플 $\tilde{G}_d$ 가 우선적으로 보간 성능이 개선될 수 있도록 처리되며, 5×5 슬라이딩 윈도우에서 제안된 고정된 탭 보간 필터가 있다. 여기서 후처리 단계의 출력은 $\tilde{G}_p$ 로 부른다. 후 처리된 그린 면에 의한 후 처리 단계는 동일한 보간 필터의 레드와 블루 샘플을 보간하는데 수행되며, 도 6의 (c, d)에 도시된 레드와 그린 사이의 컬러 차(D_{RG})와 블루와 그린 간의 컬러 차(D_{BG})를 이용한다.

[0059] 강건한 컬러 차 추정을 위해 5탭 안티 앨리어싱 FIR 필터 $\{h_5 = [-5 \ 15 \ 44 \ 15 \ -5]/64\}$ 는 다른 면 내에서 네 개의 방향을 따라 인접한 컬러 차 값의 정확성을 향상시키기 위해 적용된다. 컬러 차이 D_{GR} 면을 획득하며, 예를 들어 각 방향을 따라 중앙 컬러 차이 D_{GR} 은 다음 수학적 식 17과 같이 정의된다.

수학적 식 17

$$D_{GR} = \sum_{i=1}^5 D_{GR}^X(i) \times h_5(i),$$

[0060]

[0061] 여기서 $X \in \{P, Q, H, V\}$ 와 $D_{GR}^X(i)$ 는 도 7에 도시된 바와 같이, X 방향에 따른 중앙 값 D_{GR} 의 5개 인접 컬러 차이 값이다. 강건한 중앙 값 D_{GR}^X 을 추정하기 위해서 대각선(P), 안티 대각선(Q), 수평(H), 수직(V)의 네 개의 방향이 고려된다.

[0062] 보간 단계와 유사하게 DWI 전략은 그 방향의 상관관계에 따라 각 방향의 공동 기여를 강화하기 위해서 후 처리 단계에서도 적용된다.

[0063] 방향 그래디언트는 각 방향에 따라 방향 상관관계를 보여주기 위해 인접 컬러 차 D_{GR} 절대 값을 이용하여 산출된다. 네 개의 방향에 따른 그래디언트는 다음 수학적 식 18과 같이 산출된다.

수학적 식 18

$$\begin{aligned} \lambda^P &= |D_{GR4} - D_{GR13}| + |D_{GR4} - D_{GR0}| + |D_{GR13} - D_{GR0}|, \\ \lambda^Q &= |D_{GR6} - D_{GR11}| + |D_{GR6} - D_{GR0}| + |D_{GR11} - D_{GR0}|, \\ \lambda^H &= |D_{GR8} - D_{GR9}| + |D_{GR8} - D_{GR0}| + |D_{GR9} - D_{GR0}|, \\ \lambda^V &= |D_{GR5} - D_{GR12}| + |D_{GR5} - D_{GR0}| + |D_{GR12} - D_{GR0}| \end{aligned}$$

[0064]

[0065] 그리고 역 그래디언트는 최종적으로 개선된 컬러 차 D_{GR} 에 방향 D_{GR}^X 의 기여도를 조절하기 위한 방향 가중 요소로 사용되며, 가중치는 다음 수학적 식 19로 산출된다.

수학식 19

$$\eta^X = \frac{1}{\lambda^X + \varepsilon},$$

[0066]

[0067] 여기서 $X \in \{P, Q, H, V\}$ 와 ε 은 그래디언트가 제로가 되는 것을 방지하기 위한 스몰 긍정 요소로 사용된다.

[0068] 가중치 η^X 와 개선 방향 D_{GR}^X 이 계산되면 최종 후 처리된 중앙 $D_{GR,P}$ 은 다음 수학식 20으로 산출된다.

수학식 20

$$D_{GR,p} = \frac{\sum_X \eta^X D_{GR}^X}{\sum_X \eta^X}.$$

[0069]

[0070] 이 절차는 보간 정확성을 강화시키위 위해 D_{GB} , D_{RG} , D_{BG} 의 컬러 차 값을 개선하는데 적합하다. 초기 디모자이크 된 $\tilde{R}_d$ 및 $\tilde{B}_d$ 와 함께 최종 개선된 컬러 차 $D_{GR,P}$ 와 $D_{GB,P}$ 을 이용하여, 그린 컬러 요소를 최종적으로 개선할 수 있다.

[0071] 특히 그린 컬러 면은 후 처리 스텝에서 다음과 같이 개선된다.

수학식 21

$$\tilde{G}_p = \frac{(\tilde{R}_d + D_{GR,p}) + (\tilde{B}_d + D_{GB,p})}{2}.$$

[0072]

[0073] 그린 컬러 면이 최종 개선된 후에 개선된 컬러 차 $D_{GR,P}$ 및 $D_{GB,P}$ 와 함께 레드 및 블루 면을 개선하는데 사용될 수 있다.

수학식 22

$$\begin{aligned} \tilde{R}_p &= \tilde{G}_p + D_{RG,p}, \\ \tilde{B}_p &= \tilde{G}_p + D_{BG,p}, \end{aligned}$$

[0074]

[0075] 모든 컬러 면 $[\tilde{R}_p, \tilde{G}_p, \tilde{B}_p]$ 이 본 발명에 따른 필터를 이용하여 연속적으로 처리된 후에 풀 컬러 이미지는 마침내 채워진다.

[0076] 이러한 본 발명에 따른 베이어 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법의 성능을 확인하기 위한 실험 및 그 결과는 다음과 같다.

[0077] A. 평가 방법

[0078] 본 실험에서 객관적인 이미지 품질을 평가하기 위해 종래기술(CPSNR [27], S-CIELAB [33], and FSIMc [34])을 적용하였다. 먼저, 컬러 피크 신호 대 신호 비(CPSNR-color peak signal-to-noise ratio)는 원본 이미지와 재구성된 이미지 컬러 면의 강도(intensity) 차이를 결정하기 위해 적용된다.

[0079] 이러한 CPSNR는 다음 수학적 식 23으로 획득된다.

수학적 식 23

$$CPSNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{255^2}{CMSE} \right),$$

[0080]

수학적 식 24

$$CMSE = \frac{\sum_{k=\{R,G,B\}} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H (I_{i,j,k} - \tilde{I}_{i,j,k})^2}{3 \times W \times H},$$

[0081]

[0082] 여기서 CMSE는 $W \times H$ 크기의 원본 이미지 I 및 재구성된 이미지 $\tilde{I}$ 간의 전체 컬러(R, G, B) 평균 제곱 에러를 나타낸다. CMSE가 제로에 접근함에 따라 CPSNR은 무한대로 접근하며, 이는 높은 CMSE 값은 높은 이미지 품질을 제공함을 보여준다. 스케일의 타단에서 CPSNR의 작은 값은 I 와 $\tilde{I}$ 간의 높은 수치 차이를 의미하며, 이는 재구성된 이미지의 품질이 떨어짐을 의미한다.

[0083] 이는 앞선 종래 기술에서 증명된 바와 같이, 때때로 CMSE와 CPSNR는 색 차의 인간 지각과 동일 시 하지 않음에 따라 지각적으로 균일한 컬러 공간을 사용해야 한다. 이 경우, 유클리드 거리(Euclidean distance) 간의 컬러는 S-CIELAB ΔE^* 에서 지각적으로 균일한 공간을 ΔE 와 같이 산출한다. ΔE 계산은 먼저 RGB 색 공간에서 CIELAB 색공간으로의 변환을 요구하고, 이 공간의 픽셀 컬러 사이의 유클리드 거리 평균을 계산한다. 그 방정식은 다음 수학적 식 25와 같다.

수학적 식 25

$$\Delta E = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H |I_{i,j} - \tilde{I}_{i,j}|,$$

[0084]

[0085] 여기서, W 와 H 는 각각 너비와 높이를 나타내며, I 와 $\tilde{I}$ 는 각각 참조 이미지와 디모자이크된 이미지를 나타내고, 두 가지 모두 CIELAB 색 공간에 있다. 이러한 방법은 휴먼 비주얼 시스템(HVS)의 인식으로 보다 더 나은 컬러 차를 추정할 수 있으며, 따라서 많은 디모자이킹 레퍼런스 중에서 이미지 품질의 글로벌 추정에 권장할 수 있다.

[0086] 본 발명의 성능을 평가하기 위하여 기능-유사성 인덱스 측정(FSIM-feature-similarity index measure) 품질 매트릭스는 두 개의 이미지 간의 유사성을 측정하기 위한 세 번째 인덱스로 사용된다. 이는 Zhang에 의해 개발되었으며, HVS의 품질 인식과 관련하여 고려되었다. 종래 오차 합산 방법을 이용하는 것 대신에, 세 개의 조합(gradient correlation, luminance distortion, contrast distortion)과 같은 이미지 왜곡인 FSIM 모델을 사용한다. 여기서 컬러 이미지 품질 평가(FSIMc)를 위한 부분적인 FSIM 인덱스는 디모자이킹 성능을 평가하기 위해

제한되었다. FISMc의 값이 1에 가까우면 재구성된 이미지는 원본 이미지와 매우 유사하다.

[0087] 추가적으로 계산 복잡도는 본 발명의 시간 효율성을 평가하는 것으로 결정된다. 본 실험에서 모든 계산은 이미지의 10 픽셀 폭의 경계를 제거한 후 계산되었다.

[0088] B. 성능 비교

[0089] 다양한 디모자이킹 방법을 기반으로 본 발명에 따른 MDWI의 객관적이고, 주관적인 평가를 제공한다. 실험을 시행하기 위해 먼저 타겟 테스트 이미지에서 Bayer CFA를 이용한 모자이크 절차를 수행하고, 모자이크된 이미지를 이용하여 완전한 3개의 컬러 채널을 재구성하기 위해 서로 다른 디모자이킹 방법을 적용한다. 마지막으로 본 발명에 따른 MDWI와 종래 기술 AFD [10], DL [3], ESF [4], SSD [8], LPA-ICI [5], and LDI-NAT [6]를 비교하였다.

[0090] VDI의 이전 연구로 본 발명의 이점을 보여주기 위해, VDI도 비교 방법에 나열하였다. 추가적으로 본 발명의 전처리 접근으로부터 개선 결과를 평가하기 위해 전처리 단계 없는 본 발명의 방법도 비교하였으며, 이를 $MDWI_N$ 으로 표시하였다. 본 발명에 따른 방법을 확인하기 위해 Intel(R) Core(TM) i5 CPU M460 @2.53GHZ, 프로세서의 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션을 실행하였다.

[0091] 먼저 데시벨의 CPSNR은 원본 이미지와 재구성된 이미지 사이의 차이를 측정하기 위해 사용되었다. 다음 표 1은 도 4의 McM 이미지셋을 이용한 CPSNR 성능에 의한 객관적인 이미지 품질의 비교를 보여준다.

표 1

CPSNR COMPARISON OF DIFFERENT DEMOSAICKING SCHEMES ON THE McM IMAGE DATASET (IN dB)

Image	DWI	MEDI	ESF	SSD	LPA-ICI	LDI-NAT	VDI	$MDWI_N$	MDWI
1	27.485	27.024	26.063	27.466	26.806	29.173	28.056	29.161	29.325
2	33.957	32.486	33.078	34.056	33.835	35.003	34.288	34.576	34.851
3	32.593	31.247	32.298	32.741	32.460	32.585	32.652	31.778	32.435
4	35.625	33.984	34.653	36.061	34.921	35.918	35.997	36.234	36.967
5	31.862	30.015	30.289	32.134	31.373	34.074	32.709	34.192	34.429
6	34.684	31.923	32.100	35.507	34.354	37.843	35.781	37.901	38.427
7	35.246	37.628	38.807	36.519	39.176	35.947	36.039	34.389	35.080
8	37.015	37.134	37.296	37.435	37.847	37.485	37.433	36.260	37.008
9	35.248	33.845	33.966	36.003	35.072	37.009	36.158	36.820	37.376
10	36.562	35.324	35.559	37.775	36.998	38.767	37.459	38.354	38.705
11	37.468	36.157	36.432	38.544	37.697	39.577	38.135	39.485	39.785
12	36.629	35.693	35.900	37.627	36.950	38.885	37.550	37.915	38.271
13	39.167	38.126	38.282	40.121	39.262	40.735	39.852	40.838	41.005
14	36.923	36.387	36.658	38.122	37.513	38.694	38.046	38.624	38.801
15	37.276	36.264	36.708	38.263	37.644	38.956	38.153	39.152	39.317
16	31.981	38.679	28.980	31.064	29.482	33.862	31.879	34.412	34.506
17	31.426	28.756	28.340	30.617	29.253	32.866	31.202	33.316	33.701
18	34.146	33.256	33.484	34.085	33.945	35.118	34.516	35.382	35.649
Avg.	34.739	34.107	33.827	35.230	34.699	36.250	35.328	36.044	36.424

[0092]

[0093] CPSNR의 평균은 직관적인 비교를 위해 계산되었다. 표 1의 결과를 기반으로 본 발명에 따른 MDWI 방법은 대부분의 테스트 이미지용 다른 종래 기술보다 높은 CPSNR을 달성한 것으로 결론 내릴 수 있다. CPSNR 성능에서 가장 안좋은 성능을 갖은 ESF와 비교하였을 때 2.597dB이 개선되었다. LDI-NAT는 평균에서 두 번째로 높은 CPSNR을 갖는다. 이와 대조적으로 최근에 개발된 ESF는 본 실험 데이터 세트에서 가장 낮은 CPSNR을 획득하였다. 중앙의 누락된 컬러 요소를 추정하는데 오직 녹색 컬러 평면만을 추정하므로 MEDI은 12 방향에 따라 누락된 컬러 요소를 보간하더라도 모든 비교 방법에서 두 번째로 낮은 CPSNR 성능을 보였다. 다른 비교 방법에 관해서는 SSD 방법은 다른 두 가지 방법인 DWI와 LPA-ICI을 능가하였다. 특히 MDWI는 모든 테스트 이미지에서 $MDWI_N$ 보다 높은 CPSNR을 가지며, 이는 본 발명에 따른 전처리 접근이 디모자이킹 어플리케이션에 효과적이고 강력한 것임을 보

여준다.

[0094] 본 발명에 따른 성능을 더 확인하기 위해 CIELAB 색공간에서 픽셀 컬러 간의 유클리드 거리 평균을 더 측정하였다. 이는 S-CIELAB ΔE^* 성능은 더 나은 측정값이 제로에 가까워지는 긍정적 스코어로서 결정된다.

[0095] 본 실험에서 McM 이미지 데이터 세트를 이용하여, 표 2에 도시된 바와 같이, S-CIELAB ΔE^* 을 계산하였으며, 이를 통해 MDWI와 LDI-NAT는 다른 방법들과 비교해볼 때 대부분의 테스트 이미지에서 가장 낮은 S-CIELAB ΔE^* 값을 가진 최고 성능을 나타냄을 명확히 확인할 수 있다. ESF는 일반적으로 가장 높은 S-CIELAB ΔE^* 값을 가지고 있고 다른 방법들은 이러한 인덱스 아이템에 적당히 수행된다. 평균 S-CIELAB ΔE^* 의 비교에서 MDWI는 ESF와 S-CIELAB ΔE^* 비교에서 0.519 개선된 인자를 보여, 모든 비교 방법의 최고 성능을 다시 획득하였다.

표 2

S-CIELAB ΔE^* COMPARISON OF DIFFERENT DEMOSAICKING SCHEMES ON THE MCM IMAGE DATASET

Image	DWI	MEDI	ESF	SSD	LPA-ICI	LDI-NAT	VDI	MDWI _N	MDWI
1	2.836	3.652	3.785	2.971	3.417	2.496	2.622	2.588	2.514
2	1.354	1.576	1.453	1.244	1.267	1.087	1.144	1.166	1.116
3	1.793	2.142	2.073	1.868	2.100	1.852	1.890	1.752	1.652
4	1.186	1.512	1.461	1.007	1.170	1.002	1.111	0.846	0.770
5	1.468	1.726	1.769	1.422	1.517	1.219	1.370	1.200	1.155
6	1.359	1.862	1.859	1.243	1.412	0.967	1.128	0.947	0.888
7	0.993	0.974	0.941	1.126	0.874	1.170	1.196	1.278	1.267
8	0.614	0.662	0.658	0.630	0.583	0.586	0.612	0.631	0.596
9	1.124	1.365	1.396	1.041	1.200	0.964	1.058	0.940	0.875
10	0.983	1.126	1.190	0.893	0.966	0.836	0.930	0.877	0.836
11	0.752	0.934	0.907	0.698	0.746	0.604	0.676	0.624	0.605
12	0.876	1.215	1.255	0.966	1.055	0.823	0.954	0.917	0.898
13	0.675	0.746	0.739	0.610	0.667	0.582	0.649	0.584	0.585
14	0.796	0.785	0.858	0.739	0.757	0.690	0.741	0.707	0.695
15	0.806	0.947	0.913	0.765	0.807	0.719	0.774	0.704	0.691
16	2.024	2.745	2.843	1.976	2.599	1.394	1.504	1.490	1.442
17	2.259	2.934	3.087	2.125	2.754	1.823	1.958	1.663	1.519
18	1.328	1.702	1.605	1.510	1.510	1.237	1.291	1.395	1.354
Avg.	1.290	1.589	1.600	1.269	1.411	1.114	1.200	1.128	1.081

[0096]

[0097] 종래에 잘 알려진 바와 같이, 이미지 픽셀의 작은 부분만을 차지하는 컬러 에지 주변에 보간 에러가 대부분 나타나므로 CPSNR은 디모자이킹 성능의 좋은 지표가 아니다. 본 발명에 따른 성능을 더 평가하기 위해 우리는 FISM(feature similarity index measure for color image)의 새로운 측정을 채택하였다.

[0098] 본 실험에서 McM 이미지 데이터세트를 이용한 각 비교 방법의 FISM 값을 다음 표 3과 같이 계산하였으며, 여기서 MDWI와 LDI-NAT는 다른 방법들과 비교할 때 가장 높은 FISM 값(#7 및 #8을 제외)을 가짐을 명확히 확인할 수 있다.

표 3

FSIMc COMPARISON OF DIFFERENT DEMOSAICKING SCHEMES ON THE MCM IMAGE DATASET

Image	DWI	MEDI	ESF	SSD	LPA-ICI	LDI-NAT	VDI	MDWI _N	MDWI
1	0.9931	0.9924	0.9907	0.9931	0.9919	0.9947	0.9951	0.9941	0.9944
2	0.9964	0.9962	0.9961	0.9966	0.9968	0.9975	0.9973	0.9970	0.9972
3	0.9972	0.9972	0.9974	0.9974	0.9975	0.9975	0.9987	0.9970	0.9976
4	0.9984	0.9980	0.9985	0.9987	0.9986	0.9988	0.9993	0.9988	0.9991
5	0.9971	0.9964	0.9961	0.9973	0.9970	0.9982	0.9979	0.9983	0.9984
6	0.9978	0.9978	0.9971	0.9985	0.9983	0.9991	0.9988	0.9990	0.9991
7	0.9982	0.9980	0.9987	0.9976	0.9988	0.9977	0.9986	0.9973	0.9975
8	0.9982	0.9978	0.9978	0.9978	0.9980	0.9980	0.9985	0.9975	0.9978
9	0.9978	0.9972	0.9967	0.9979	0.9975	0.9984	0.9982	0.9980	0.9983
10	0.9984	0.9983	0.9982	0.9987	0.9986	0.9990	0.9987	0.9989	0.9990
11	0.9982	0.9978	0.9980	0.9984	0.9985	0.9989	0.9986	0.9988	0.9989
12	0.9982	0.9983	0.9981	0.9984	0.9985	0.9988	0.9985	0.9986	0.9988
13	0.9983	0.9979	0.9978	0.9985	0.9983	0.9989	0.9986	0.9988	0.9989
14	0.9979	0.9978	0.9977	0.9985	0.9982	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988
15	0.9982	0.9977	0.9978	0.9981	0.9982	0.9985	0.9982	0.9984	0.9985
16	0.9971	0.9969	0.9954	0.9973	0.9962	0.9984	0.9983	0.9983	0.9985
17	0.9964	0.9942	0.9936	0.9961	0.9948	0.9974	0.9969	0.9974	0.9977
18	0.9978	0.9978	0.9977	0.9978	0.9979	0.9981	0.9985	0.9980	0.9982
Avg.	0.9975	0.9971	0.9969	0.9976	0.9974	0.9981	0.9982	0.9979	0.9982

[0099]

[0100]

ESF는 대부분 실험 이미지에서 가장 낮은 FSI_{Mc} 값을 가지고 있고 다른 방법들은 이러한 두 개의 아이টে에 적절히 수행되었다. 평균 FSI_{Mc} 비교에서 MDWI는 ESF와 비교하여, 0.0013 개선 수치를 가지고 있고 이는 정확한 보간 방향을 찾는 것 이외에 이전 연구 VID이 이미지 특징을 보존하는 이점이 있다는 증거를 제공한다. 그리고 다른 비교 방법 사이에 수행된다. CPSNR 매트릭스의 결과와 유사하게 FSI_{Mc} 인덱스에서 MDWI는 MDWI_N 보다 확연히 나은 성능을 가지고 있으며, 이는 후 처리 단계가 유효하고 효과적임을 나타낸다.

[0101]

디모자이킹 어플리케이션에서 본 발명에 따른 후 처리 절차의 효율을 평가하기 위해 우리는 성능을 결정하는 비교 방법에 후 처리 과정 또한 적용하였다. 그 결과 CPSNR, S-CIELAB ΔE^* , FSI_{Mc} 지표는 개선됨을 보여준다. McM 이미지 데이터셋을 이용하여 본 발명에 따른 후처리 방법을 포함/불포함(with-P, without-P)한 비교 방법의 평균 CPSNR, S-CIELAB ΔE^* , FSI_{Mc}을 다음 표 4로 정리하였다.

[0102]

표 4로부터 본 발명에 따른 후 처리 단계와 비교 방법은 이러한 세 개의 측정 매트릭스를 사용한 변화도와 함께 전반적인 개선을 얻었음을 분명히 확인할 수 있다.

표 4

PERFORMANCE COMPARISON OF DIFFERENT DEMOSAICKING SCHEMES WITH/WITHOUT THE PROPOSED POST-PROCESSING PROCEDURE ON THE MCM IMAGE DATASET

Methods	CPSNR		S-CIELAB E*		FSI _{Mc}	
	without-P	with-P	without-P	with-P	without-P	with-P
DWI	34.739	35.246	1.290	1.212	0.9975	0.9979
MEDI	34.107	35.015	1.589	1.512	0.9971	0.9973
ESF	33.827	34.453	1.600	1.486	0.9969	0.9973
SSD	35.230	35.842	1.269	1.195	0.9976	0.9979
LPA-ICI	34.699	35.268	1.411	1.218	0.9974	0.9977
LDI-NAT	36.250	36.466	1.114	1.079	0.9981	0.9982
VDI	35.328	35.845	1.200	1.164	0.9982	0.9983
MDWI	36.044	36.424	1.128	1.081	0.9979	0.9982

[0103]

[0104] 객관적이 이미지 품질의 평가를 위해 McM 이미지 데이터셋으로부터 3개의 이미지를 선택하여 시각 비교에 이용하였다. 도 9, 도 10 및 도 11은 원본 이미지에서 각각 #5, #13 및 #17 선택한 것을 보여준다. 디모자이킹 시뮬레이션을 실행하기 위해 Bayer CFA 패턴을 이용하였다. 본 발명의 방법과 상기에서 언급된 종래 방법을 이용하여 전체 컬러 이미지를 재구성하기 위해 디모자이킹을 실행하였다. 객관적인 디모자이킹 성능을 설명하기 위해 세 개의 선택된 이미지에서 부분적으로 확대된 이미지를 MDWI의 디테일 보존 능력을 결정하기 위해 사용하였다.

[0105] 도 9의 (a)는 #5로부터 분할된 T-shirt의 부분적으로 확대된 이미지는 정상적인 디테일 보존 능력을 보여준다. 비교를 통해 MDWI는 섬세한 에지와 클로즈된 디테일 영역에서 최고의 비주얼 효과로 실행되었다. 특히, 여분의 대각선 방향에 따른 누락된 컬러 요소의 측정으로 재구성된 대각선 에지는 최소한의 비주얼 잡음을 가졌다. 예를 들어 도 9의 (i, j) 다른 방법들과 비교한 바와 같이, 에지 부분은 MDWI_N 및 MDWI의 디모자이킹 이후에 매우 부드럽게 나타났다. 반면에 다른 방법들은 에지 및 다른 복잡한 영역의 잡음과 같은 노이즈로 실행되었다. 약한 디테일 보존 능력을 평가 시, McM 이미지 데이터 세트에서 특별히 이미지 #13을 선택하여 사용하였다. 특별한 부분은 비주얼 비교를 위해 확대한 도 10 (a)와 같이, 불규칙적으로 갈겨썬 부분을 포함한다. LDI-NAT, MDWI_N 및 MDWI를 이용한 재건된 불규칙적인 에지와 약한 디테일은 대부분의 정도를 보존할 수 있으며, 이는 도 10의 (g-j)에서 확인할 수 있다. 반대로 다른 방법들은 도 10의 (b-f)에 도시된 바와 같이, 갑작스런 컬러 변경이 있는 약한 에지를 따라 지퍼 잡음과 거짓 색상의 비주얼 컬러 잡음으로 실행되었다. 이러한 비교된 방법은 솔트-라이크 노이즈 또한 극심하였다. 또한, 본 발명에 따른 MDWI의 불규칙 디테일 보존 능력을 더 평가하기 위해 #17 이미지를 비교를 위해 선택하였다. 꽃과 잎의 부분적으로 확대된 부분은 도 11(a)에 도시된 바와 같이, 분할하였다. 디모자이킹 절차 후에 VDI, MDWI_N 및 MDWI에 의해 재구성된 디모자이킹 이미지는 도 11의 (h, i, j)에 도시된 바와 같이 비교된 방법에서 최소한의 잡음을 야기시킴이 명확하다. 그러나 이러한 디모자이킹 방법을 사용 시, 도 11의 (b-g)에 도시된 바와 같이, 꽃과 잎 사이의 결합(joint) 에지는 극심하게 떨어졌다.

[0106] 이러한 객관적 및 주관적 평가는 본 발명에 따른 MDWI는 다른 종래 기술들과 비교하여 에지 디테일 보존이 가능하고, 최소의 잡음을 생성하는 이점이 있음을 보여준다. 특히 본 발명에 따른 MDWI는 대각선 방향을 따라 최대 정도의 거짓 컬러 잡음을 조절하는 능력이 있음을 확인할 수 있다.

[0107]

[0108] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 베이퍼 패턴 컬러 필터 어레이 디모자이킹을 위한 다 방향 가중 보간 방법으로 구현할 수 있다.

부호의 설명

[0109]

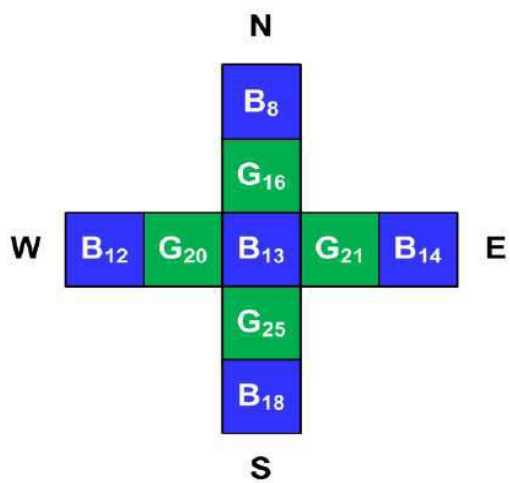
G : 그린	B : 블루
R : 레드	N : north
S : south	E : east
W : west	NE : northeast
SE : southeast	NE : northwest
SW : southwest	

도면

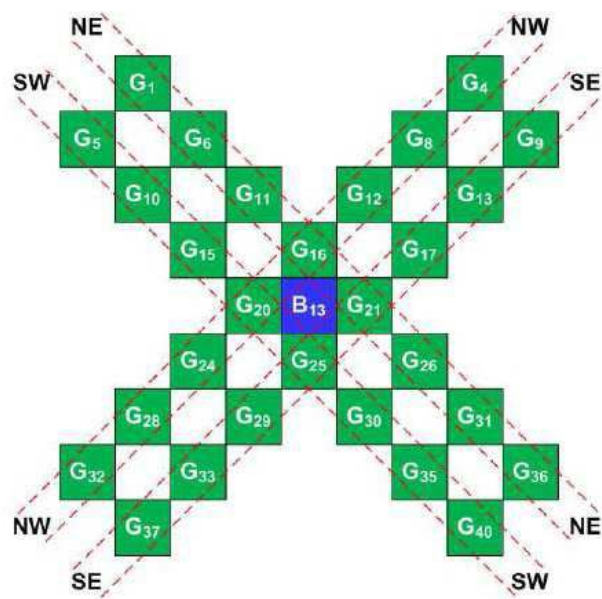
도면1

B ₁	G ₁	B ₂	G ₂	B ₃	G ₃	B ₄	G ₄	B ₅
G ₅	R ₁	G ₆	R ₂	G ₇	R ₃	G ₈	R ₄	G ₉
B ₆	G ₁₀	B ₇	G ₁₁	B ₈	G ₁₂	B ₉	G ₁₃	B ₁₀
G ₁₄	R ₅	G ₁₅	R ₆	G ₁₆	R ₇	G ₁₇	R ₈	G ₁₈
B ₁₁	G ₁₉	B ₁₂	G ₂₀	B ₁₃	G ₂₁	B ₁₄	G ₂₂	B ₁₅
G ₂₃	R ₉	G ₂₄	R ₁₀	G ₂₅	R ₁₁	G ₂₆	R ₁₂	G ₂₇
B ₁₆	G ₂₈	B ₁₇	G ₂₉	B ₁₈	G ₃₀	B ₁₉	G ₃₁	B ₂₀
G ₃₂	R ₁₃	G ₃₃	R ₁₄	G ₃₄	R ₁₅	G ₃₅	R ₁₆	G ₃₆
B ₂₁	G ₃₇	B ₂₂	G ₃₈	B ₂₃	G ₃₉	B ₂₄	G ₄₀	B ₂₅

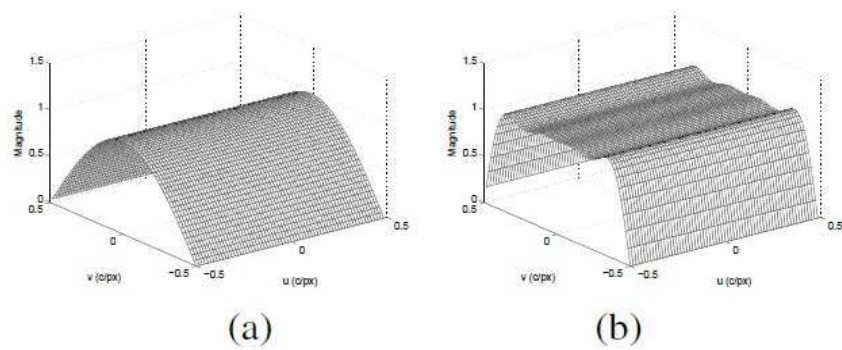
도면2



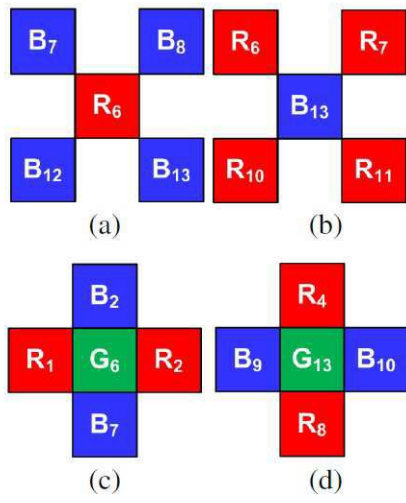
도면3



도면4



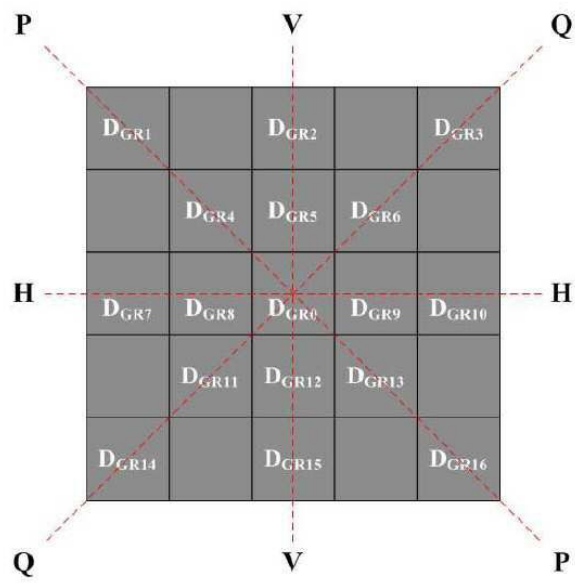
도면5



도면6

$$\begin{aligned} & \text{(a)} \quad \tilde{G}_d - \tilde{R}_d = D_{GR} \\ & \text{(b)} \quad \tilde{G}_d - \tilde{B}_d = D_{GB} \\ & \text{(c)} \quad \tilde{R}_d - \tilde{G}_p = D_{RG} \\ & \text{(d)} \quad \tilde{B}_d - \tilde{G}_p = D_{BG} \end{aligned}$$

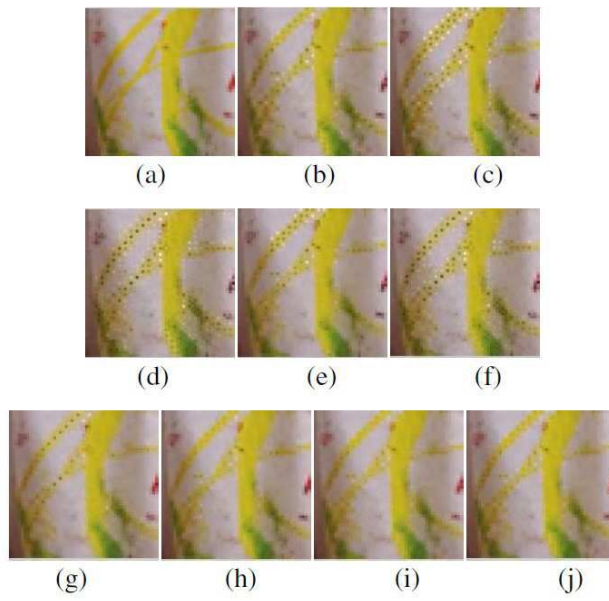
도면7



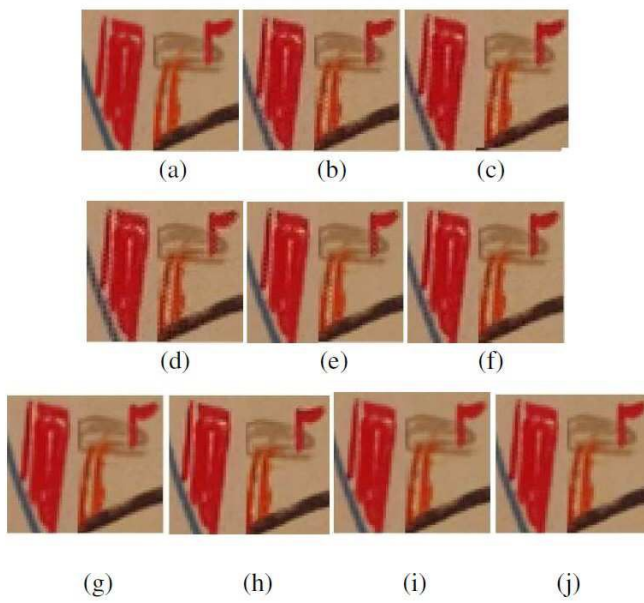
도면8



도면9



도면10



도면11

