(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월15일
(11) 등록번호 10-1958194
(24) 등록일자 2019년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/00 (2019.01) *G06T 5/50* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/007 (2013.01)
G06T 5/50 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0162581
(22) 출원일자 2017년11월30일
심사청구일자 2017년11월30일
(56) 선행기술조사문헌
CN107403412 A*
KR1020130084654 A*
JP2017085363 A
KR1020140008980 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(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 9 항 심사관 : 김광식

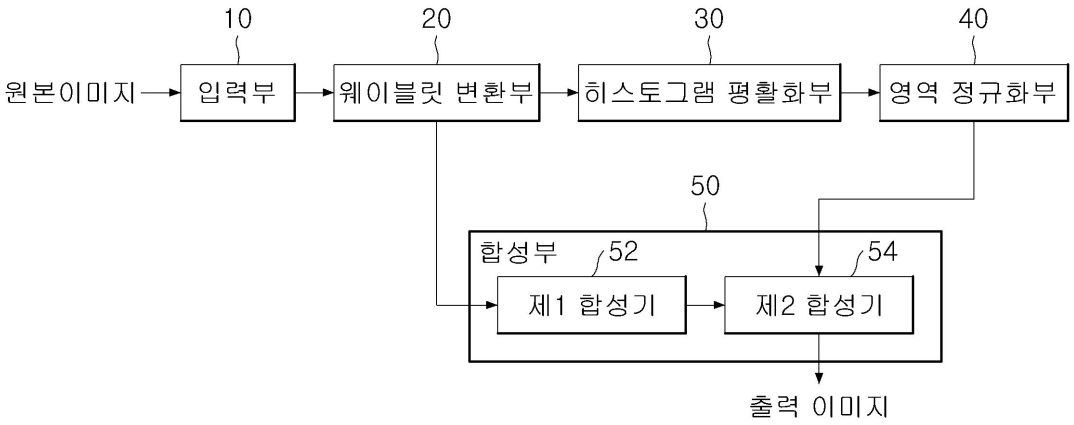
(54) 발명의 명칭 **변환 도메인의 대조비 개선 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 변환 도메인의 대조비 개선 장치 및 방법에 관한 것이다.

또한, 본 발명에 따르면, 원본 이미지를 입력받는 입력부; 상기 입력부가 입력받은 원본 이미지를 웨이블릿 변환하여 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 생성하는 웨이블릿 변환부; 상기 저주파 부대역 서브 이미지를 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 히스토그램 평활화부; 및 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 합성부를 포함하는 변환 도메인의 대조비 개선 장치 및 방법을 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G06T 2207/20064 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 C0540726010047432O
부처명 중소기업청
연구관리전문기관 중소기업청
연구사업명 맞춤형 기술파트너 지원사업
연구과제명 필름 검사 장비 대용량 이미지 분석에 대한 기술 애로해결에 대한건
기 여 율 1/1
주관기관 인천대학교 산학협력단
연구기간 2017.10.20 ~ 2018.04.19
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

원본 이미지를 입력받는 입력부;

상기 입력부가 입력받은 원본 이미지를 웨이블릿 변환하여 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 생성하는 웨이블릿 변환부;

상기 저주파 부대역 서브 이미지에 대하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 히스토그램 평활화부; 및

상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 합성부를 포함하고,

상기 합성부는 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 제1 합성기; 및

상기 제1 합성기에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지와 상기 히스토그램 평활화부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 합성하여 출력 이미지를 생성하는 제2 합성기; 를 포함하는 변환 도메인의 대조비 개선 장치.

청구항 2

청구항 1항에 있어서,

상기 웨이블릿 변환부는 하르 웨이블릿 함수를 사용하여 웨이블릿 변환을 수행하는 변환 도메인의 대조비 개선 장치.

청구항 3

청구항 1항에 있어서,

상기 히스토그램 평활부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 영역 정규화를 수행하는 영역 정규화부를 더 포함하는 변환 도메인의 대조비 개선 장치.

청구항 4

청구항 1항에 있어서,

상기 히스토그램 평활화부가 수행하는 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화는 블록 측면(block side)과 클립 한계(cliplimit)를 수정하여 이미지 품질을 제어하는 변환 도메인의 대조비 개선 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

(A) 입력부가 원본 이미지를 입력받는 단계;

(B) 웨이블릿 변환부가 상기 입력부가 입력받은 원본 이미지를 웨이블릿 변환하여 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 생성하는 단계;

(C) 히스토그램 평활화부가 상기 저주파 부대역 서브 이미지에 대하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 단계; 및

(D) 합성부가 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 단계를 포함하고,

상기 (D) 단계는

(D-1) 상기 합성부의 제1 합성기가 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 단계; 및

(D-2) 상기 합성부의 제2 합성기가 상기 제1 합성기에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지와 상기 히스토그램 평활화부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 합성하여 출력 이미지를 생성하는 단계; 를 포함하는 변환 도메인의 대조비 개선 방법.

청구항 7

청구항 6항에 있어서,

상기 (B) 단계의 상기 웨이블릿 변환부는 하르 웨이블릿 함수를 사용하여 웨이블릿 변환을 수행하는 변환 도메인의 대조비 개선 방법.

청구항 8

청구항 6항에 있어서,

상기 (C) 단계 이후에,

(E) 영역 정규화부가 상기 히스토그램 평활부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지의 영역 정규화를 수행하는 단계를 더 포함하며,

상기 (D) 단계에서 합성부는 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 상기 평활화되고 정규화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 변환 도메인의 대조비 개선 방법.

청구항 9

청구항 6항에 있어서,

상기 (B) 단계에서 상기 히스토그램 평활화부가 수행하는 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화는 블록 측면(block side)과 클립 한계(clip limit)를 수정하여 이미지 품질을 제어하는 변환 도메인의 대조비 개선 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

(A) 입력부가 원본 이미지를 입력받는 단계;

(B) 웨이블릿 변환부가 상기 입력부가 입력받은 원본 이미지를 웨이블릿 변환하여 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 생성하는 단계;

(C) 히스토그램 평활화부가 상기 저주파 부대역 서브 이미지에 대하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 단계; 및

(D) 합성부가 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 단계를 포함하고,

상기 (D) 단계는

(D-1) 상기 합성부의 제1 합성기가 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 단계; 및

(D-2) 상기 합성부의 제2 합성기가 상기 제1 합성기에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지와 상기 히스토그램 평활화부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 합성하여 출력 이미지를 생성하는 단계; 를 포함하는 변환 도메인의 대조비 개선 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록되어 있는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 변환 도메인의 대조비 개선 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이미지 처리의 목표는 낮은 대비를 높이고 불필요한 아티팩트를 줄이는 것이다.

[0003] 이미지 대조비(contrast) 향상 방법은 주로 그레이 스케일 및 주파수 도메인에서 연구되었다.

[0004] 히스토그램 평활화(HE)는 이미지 대조비를 높이기 위해 가장 활발하게 연구된 공간 영역 방법 중 하나이다[1-5].

[0005] 히스토그램 평활화(HE)의 기대는 노이즈 이미지 또는 낮은 대조비 이미지에서 더 나은 품질의 이미지를 생성하는 것이다. 불쾌한 영역의 원인은 큰 피크(Peak)인 것으로 알려져 있다.

[0006] 이 아티팩트를 제거하기 위해 히스토그램 평활화(HE)를 사용하여 보링 영역을 늘리고 잡음이 많은 피크를 제거할 수 있다.

[0007] 이 작업은 명암 대비 향상이므로 대비 향상 문제에만 초점을 맞추고 노이즈 제거 문제는 남겨놓는다.

[0008] 대조비 향상은 웨이블릿 변환 도메인에서 수행될 수 있다. 푸리에 변환과 웨이블릿 변환의 주요 차이점은 나중에 비정상 신호를 분석할 수 있다는 것이다.

[0009] 또한, 웨이블릿 변환은 공간 및 주파수 영역에서의 위치 파악에 유망한 결과를 제공한다. 그러므로 웨이블릿 변환은 이미지 확대, 강화, 압축, 노이즈 제거와 같은 이미지 처리에 잘 사용된다[6-8].

[0010] 종래의 히스토그램 평활화(HE) 방법은 입력 이미지의 새로운 맵을 생성하는 것이다.

[0011] 따라서, 출력 이미지의 히스토그램은 균일하게 분포된다.

[0012] 도 1은 원본 이미지(a)와 종래 기술에 따른 히스토그램 평활화된 이미지(b)의 예를 보여준다. 막대 그래프가 늘어나더라도 도 1의 (a)는 더 자연스럽게 보인다. 히스토그램의 큰 피크는 평평한 배경과 같은 비교적 비슷한 영역을 가져 왔다. 더욱이, 결과 이미지는 완전히 어둡거나 밝아질 수 있다 [9-16].

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 공개번호 2013-0066966호

(특허문헌 0002) 일본특개 2008-171402호

비특허문헌

[0014] (비특허문헌 0001) [1] S. G. Tanyer, “The cumulative distribution function for a finite data set”, in Proc. Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), (2012), pp. 1-3.

(비특허문헌 0002) [2] J. M. Gauch, “Investigations of image contrast space defined by variations on histogram equalization”, CVGIP: Graph. Models Image Process, vol. 54, (1992), pp. 269-280.

(비특허문헌 0003) [3] J. A. Stark and W. J. Fitzgerald, “An alternative algorithm for adaptive histogram equalization”, Graph. Models Image Process, vol. 58, (1996), pp. 180.185.

(비특허문헌 0004) [4] R. Hummel, “Image enhancement by histogram transformation”, Comp. Graph. Image Process, vol. 6,(1977), pp. 184.195.

(비특허문헌 0005) [5] Y.-T. Kim, “Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization”, IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 43, no. 1, (1997), pp. 1-8.

(비특허문헌 0006) [6] V. T. Tom and G. J. Wolfe, “Adaptive histogram equalization and its applications”, SPIE Applicat. Dig. Image Process. IV, vol. 359, (1982), pp. 204.209.

(비특허문헌 0007) [7] S. M. Pizer, E. P. Amburn, J. D. Austin, R. Cromartie, A. Geselowitz, T. Greer,

B. H. Romeny, J. B. Zimmerman, and K. Zuiderveld, “Adaptive histogram equalization and its variations”, Comp. Vis. Graph. Image Process, vol. 39, no. 3, (1987), pp. 355.368.

(비특허문헌 0008) [8] K. Zuiderveld, “Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization”, Academic Press Inc., (1994).

(비특허문헌 0009) [9] X. Chen, G. Jeon, and J. Jeong, “A filter switching interpolation method for deinterlacing”, SPIE Optical Engineering, vol. 51, no. 10,(2012), pp. 107402.

(비특허문헌 0010) [10] S. J. Park, G. Jeon, and J. Jeong, “Covariance-based adaptive deinterlacing method using edge map”, in Proc. IEEE IPTA2010, Paris, France, (2010), pp. 166-171.

(비특허문헌 0011) [11] S. J. Park, G. Jeon, and J. Jeong, “Deinterlacing algorithm using edge direction from analysis of the DCT coefficient distribution”, IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 55, no. 3, (2009), pp. 1674-1681.

(비특허문헌 0012) [12] 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”, SPIE Optical Engineering, vol. 48, no. 12, (2009), pp. 127005.

(비특허문헌 0013) [13] J. Wu, Z. Xu, G. Jeon, X. Zhang, and L. Jiao, “Arithmetic coding for image compression with adaptive weight-context classification”, Signal Processing: Image Communication, vol. 28, no. 7, (2013), pp.727-735.

(비특허문헌 0014) [14] X. Chen, G. Jeon, and J. Jeong, “Voting-based directional interpolation method and its application to still color image demosaicking”, IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 24, no. 2,(2014), pp. 255-262.

(비특허문헌 0015) [15] X. Chen, G. Jeon, J. Jeong, and L. He, “Multidirectional weighted interpolation and refinement method for Bayer pattern CFA demosaicking”, IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 25,no. 8, (2015), pp. 1271-1282.

(비특허문헌 0016) [16] J. Wang, G. Jeon, and J. Jeong, “Efficient adaptive de-Interlacing algorithm with awareness of closeness and similarity”, SPIE Optical Engineering, vol. 51, no. 1, (2012), pp. 017003.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 원본 이미지를 웨이블릿 변환을 수행한 후에, 저주파 부대역 서브 이미지에 대하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 변환 도메인의 대조비 개선 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 장치는 원본 이미지를 입력받는 입력부; 상기 입력부가 입력받은 원본 이미지를 웨이블릿 변환하여 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 생성하는 웨이블릿 변환부; 상기 저주파 부대역 서브 이미지에 대하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 히스토그램 평활화부; 및 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 합성부를 포함한다.

[0017] 또한, 본 발명의 장치의 상기 웨이블릿 변환부는 하르 웨이블릿 함수를 사용하여 웨이블릿 변환을 수행한다.

[0018] 또한, 본 발명의 장치는 상기 히스토그램 평활부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 영역 정규화를 수행하는 영역 정규화부를 더 포함한다.

[0019] 또한, 본 발명의 장치의 상기 히스토그램 평활화부가 수행하는 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화는 블록

측면(block side)과 클립 한계(cliplimit)를 수정하여 이미지 품질을 제어한다.

[0020] 또한, 본 발명의 장치의 상기 합성부는 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 제1 합성기; 및 상기 제1 합성기에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지와 상기 히스토그램 평활화부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 합성하여 출력 이미지를 생성하는 제2 합성부를 포함한다.

[0021] 한편, 본 발명의 방법은 (A) 입력부가 원본 이미지를 입력받는 단계; (B) 웨이블릿 변환부가 상기 입력부가 입력받은 원본 이미지를 웨이블릿 변환하여 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 생성하는 단계; (C) 히스토그램 평활화부가 상기 저주파 부대역 서브 이미지에 대하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행하는 단계; 및 (D) 합성부가 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 단계를 포함한다.

[0022] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (B) 단계의 상기 웨이블릿 변환부는 하르 웨이블릿 함수를 사용하여 웨이블릿 변환을 수행한다.

[0023] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (C) 단계 이후에, (E) 영역 정규화부가 상기 히스토그램 평활부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지의 영역 정규화를 수행하는 단계를 더 포함하며, 상기 (D) 단계에서 합성부는 상기 저주파 부대역 서브 이미지, 평활화되고 정규화된 저주파 부대역 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력한다.

[0024] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (B) 단계에서 상기 히스토그램 평활화부가 수행하는 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화는 블록 측면(block side)과 클립 한계(cliplimit)를 수정하여 이미지 품질을 제어한다.

[0025] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (D) 단계는 (D-1) 상기 합성부의 제1 합성기가 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력하는 단계; 및 (D-2) 상기 합성부의 제2 합성기가 상기 제1 합성기에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지와 상기 히스토그램 평활화부에서 평활화된 저주파 부대역 서브 이미지를 합성하여 출력 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0026] 본 발명은 영상의 품질을 향상시키기 위해 명암 대비 향상 방법을 제안하였다.

[0027] 히스토그램 평활화는 밝기의 동적 범위를 끌어오고 결과로 강도가 향상된다.

[0028] 주어진 영상의 대비를 향상시키기 위해 웨이블릿 변환의 저주파-저주파 대역에서 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행했다.

[0029] 그런 다음 저주파-저주파 영역 정규화를 스케일 이미지 강도에 적용한다. 시뮬레이션 결과는 기존의 방법보다 성능이 우수함을 나타낸다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 원본 이미지(a)와 종래 기술에 따른 히스토그램 평활화된 이미지(b)의 예를 보여준다.

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변환 도메인의 대조비 개선 장치의 구성도이다.

도 3은 '카메라맨'이미지의 2 단계 이산 웨이블릿 변환을 보여주는 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변환 도메인의 대조비 개선 방법의 흐름도이다.

도 5는 테스트 이미지를 보여주는 도면이다.

도 6 내지 9는 몇 가지 결과 이미지를 보여준다.

도 10은 MSE, PSNR 및 SSIM 결과를 그래픽으로 보여주는 세 가지 그림을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 이하에서는 특정 실시예들을 첨부된 도면을 기초로 상세히 설명하고자 한다.

[0032] 이하의 실시예는 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해

제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0033] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시 예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0034] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0035] 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변환 도메인의 대조비 개선 장치의 구성도이다.

[0036] 도 2를 참조하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변환 도메인의 대조비 개선 장치는 입력부(10), 웨이블릿 변환부(20), 히스토그램 평활화부(30), 영역 정규화부(40) 및 합성부(50)를 포함한다.

[0037] 상기 입력부(10)는 원본 이미지를 입력받는다.

[0038] 그리고, 웨이블릿 변환부(20)는 입력부(10)에서 입력받은 원본 이미지(입력이미지)를 필터링하여 서브 이미지들을 생성한다.

[0039] 이와 같은 웨이블릿 변환은 여러 이미지 처리 영역에서 사용될 수 있으며 이미지 노이즈 제거, 이미지 매칭, 이미지 분할, 이미지 복원 및 압축을 포함한다. 최근에는 웨이블릿 변환 도구가 의학 영상에 널리 사용되고 있다.

[0040] 하르 웨이블릿(Haar wavelet), 다우비치 웨이블릿(Daubechies wavelet), 듀얼 트리 컴플렉스 웨이블릿(dual-tree complex wavelet) 변환과 같은 여러 웨이블릿 변환이 있다.

[0041] 웨이블릿 변환에는 스케일링 함수 $\phi(t)$와 웨이블릿 함수$\psi(t)$가 있다. 예를 들어, 하르 웨이블릿(Haar wavelet)의 모 웨이블릿(mother wavelet) 함수는 아래 수학식 1과 같다.

[0042] (수학식 1)

[0043]
$$\psi(t)=\begin{cases}1 & 0\le t<1/2,\\ -1 & 1/2\le t<1,\\ 0 & Otherwise.\end{cases}$$

[0044] 여기에서, 스케일링 함수는 수학식 2와 같다.

[0045] (수학식 2)

[0046]
$$\phi(t)=\begin{cases}1 & 0\le t<1,\\ 0 & otherwise.\end{cases}$$

[0047] 웨이블릿 변환부(20)는 하르 웨이블릿(Haar wavelet)에 의한 경우에 도 3에 도시된 바와 같이 2차원 이미지의 각 행에 대해 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 적용시키고 다운 샘플링을 수행하여 저주파 부대역 서브 이미지로서, 저주파-저주파(LL: low-low) 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들로서, 저주파 -고주파(LH: low-high), 고주파-저주파(HL: high-low) 및 고주파-고주파(HH: high-high) 서브 이미지들을 생성한다.

[0048] 여기서, 저주파-저주파(LL) 서브 이미지는 원본 영상에 수평과 수직 방향으로 저역 통과 필터를 적용하여 2로 서브 샘플된 것이다.

[0049] 고주파-저주파(HL) 서브 이미지는 원본 영상에 수직방향으로 고역 통과 필터를 적용한 것으로 수직 방향 주파수의 오차 성분을 포함하고 있다. 저주파-고주파(LH) 서브 이미지는 수평 방향으로 고역 통과 필터를 적용한 것으로 수평방향 주파수의 오차 성분을 포함하고 있다. 고주파-고주파(HH) 서브 이미지는 수평과 수직 방향에 고역

통과 필터를 적용한 것이다.

[0050] 한편, 히스토그램 평활화부(30)는 웨이블릿 변환부(20)에 의해 생성된 서브 이미지들중에서 저주파 부대역 서브 이미지(저주파-저주파(LL) 서브 이미지)를 선택하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 진행한다.

[0051] 히스토그램 평활화(histogram equalization)는 오토 레벨(auto level)을 적용한 것으로, 이미지의 흑색 점과 백색 점의 레벨을 자동으로 조정하여, 이미지의 품질을 전반적으로 향상시킬 수 있도록 하는 것이다.

[0052] 이는, 인간은 영상의 밝기에 의해서 보다 밝고 어두움의 변화의 크기에 의하여 인지도가 증가하고, 히스토그램 평활화에 의하여, 영상이 인간의 시감에 보다 쉽게 인식될 수 있도록 조정된다.

[0053] 특히, 상기 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화[8]는 블록 기반 처리에 의해 동작한다.

[0054] 상기 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화는 두 가지 구성 가능한 매개 변수가 있다. 첫 번째는 블록 측면(block side)이고 다른 하나는 클립 한계(clip limit)이다. 두 개의 매개 변수를 수정하여 이미지 품질을 제어할 수 있다.

[0055] 이미지는 계수의 2D 배열로 표현할 수 있으며 각 계수는 각 위치의 강도를 나타낸다.

[0056] 일반적으로, 이미지는 저주파 변동 및 고주파수 변동의 두 신호로 나타낼 수 있다. 저주파 변이는 이미지의 기초를 형성하고, 고주파 변이는 세부 사항을 나타낸다.

[0057] 다음으로, 영역 정규화부(40)는 이미지 강도(image intensity)의 균형을 맞추기 위해 영역 정규화를 수행한다.

[0058] 합성부(50)는 제1 합성기(52)와 제2 합성기(54)를 포함하고 있으며, 저주파 부대역 서브 이미지(LL)와, 히스토그램 평활화부(30)에서 평활화되고 영역 정규화부(40)에서 정규화된 저주파 부대역 서브 이미지(LL) 및 고주파 부대역 서브 이미지들(LH, HL, HH)을 합성하여 출력 이미지를 생성한다.

[0059] 상기 제1 합성기(52)는 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여(LH+HL+HH) 출력하며, 제2 합성기(54)는 제1 합성기(52)에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지(LL)와 히스토그램 평활화부(30)에서 평활화되고 영역 정규화부(40)에서 정규화된 저주파 부대역 서브 이미지(LL)를 합성하여 출력 이미지를 생성한다.

[0060] 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변환 도메인의 대조비 개선 방법의 흐름도이다.

[0061] 도 4를 참조하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변환 도메인의 대조비 개선 방법은 먼저, 입력부(10)가 원본 이미지를 입력받는다(S100).

[0062] 그리고, 웨이블릿 변환부(20)는 입력부(10)에서 입력받은 원본 이미지(입력이미지)를 필터링하여 서브 이미지들을 생성한다(S200).

[0063] 이와 같은 웨이블릿 변환은 여러 이미지 처리 영역에서 사용될 수 있으며 이미지 노이즈 제거, 이미지 매칭, 이미지 분할, 이미지 복원 및 압축을 포함한다. 최근에는 웨이블릿 변환 도구가 의학 영상에 널리 사용되고 있다.

[0064] Haar wavelet, Daubechies wavelet, dual-tree complex wavelet 변환과 같은 여러 웨이블릿 변환이 있다.

[0065] 본 발명에서 웨이블릿 변환부(20)는 Haar wavelet에 의한 경우에 2차원 이미지의 각 행에 대해 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 적용시키고 다운 샘플링을 수행하여 저주파 부대역 서브 이미지로서, 저주파-저주파(LL: low-low) 서브 이미지 및 고주파 부대역 서브 이미지들로서, 저주파 -고주파(LH: low-high), 고주파-저주파(HL: high-low) 및 고주파-고주파(HH: high-high) 서브 이미지들을 생성한다.

[0066] 여기서, 저주파-저주파(LL) 서브 이미지는 원본 영상에 수평과 수직 방향으로 저역 통과 필터를 적용하여 2로 서브 샘플된 것이다.

[0067] 고주파-저주파(HL) 서브 이미지는 원본 영상에 수직방향으로 고역 통과 필터를 적용한 것으로 수직 방향 주파수의 오차 성분을 포함하고 있다. 저주파-고주파(LH) 서브 이미지는 수평 방향으로 고역 통과 필터를 적용한 것으로 수평방향 주파수의 오차 성분을 포함하고 있다. 고주파-고주파(HH) 서브 이미지는 수평과 수직 방향에 고역 통과 필터를 적용한 것이다.

[0068] 한편, 히스토그램 평활화부(30)는 웨이블릿 변환부(20)에 의해 생성된 서브 이미지들중에서 저주파 부대역 서브(LL) 이미지(저주파-저주파 이미지)를 선택하여 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 진행한다(S300).

[0069] 히스토그램 평활화(histogram equalization)는 오토 레벨(auto level)을 적용한 것으로, 이미지의 흑색 점과

백색 점의 레벨을 자동으로 조정하여, 이미지의 품질을 전반적으로 향상시킬 수 있도록 하는 것이다.

[0070] 이는, 인간은 영상의 밝기에 의해서 보다 밝고 어두움의 변화의 크기에 의하여 인지도가 증가하고, 히스토그램 평활화에 의하여, 영상이 인간의 시감에 보다 쉽게 인식될 수 있도록 조정된다.

[0071] 특히, 상기 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화[8]는 블록 기반 처리에 의해 동작한다.

[0072] 상기 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화는 두 가지 구성 가능한 매개 변수가 있다. 첫 번째는 블록 측면(block side)이고 다른 하나는 클립 한계(clip limit)이다. 두 개의 매개 변수를 수정하여 이미지 품질을 제어할 수 있다.

[0073] 이미지는 계수의 2D 배열로 표현할 수 있으며 각 계수는 각 위치의 강도를 나타낸다.

[0074] 일반적으로, 이미지는 저주파 변동 및 고주파수 변동의 두 신호로 나타낼 수 있다. 저주파 변이는 이미지의 기초를 형성하고, 고주파 변이는 세부 사항을 나타낸다.

[0075] 다음으로, 영역 정규화부(40)는 이미지 강도(image intensity)의 균형을 맞추기 위해 영역 정규화를 수행한다(S400).

[0076] 합성부(50)는 제1 합성기(52)와 제2 합성기(54)를 포함하고 있으며, 저주파 부대역 서브 이미지(LL)와, 히스토그램 평활화부(30)에서 평활화되고 영역 정규화부(40)에서 정규화된 저주파 부대역 서브 이미지(LL) 및 고주파 부대역 서브 이미지들(LH, HL, HH)을 합성하여 출력 이미지를 생성한다.

[0077] 상기 제1 합성기(52)는 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여(LH+HL+HH) 출력하며(S500), 제2 합성기(54)는 제1 합성기(52)에서 합성된 합성 이미지에 저주파 부대역 서브 이미지(LL)와 히스토그램 평활화부(30)에서 평활화되고 영역 정규화부(40)에서 정규화된 저주파 부대역 서브 이미지(LL)를 합성하여 출력 이미지를 생성한다(S600).

[0078] 이하에서는 제안된 본 발명의 성능을 평가하기 위해 시각적 및 객관적인 성능을 제공한다.

[0079] 시뮬레이션은 Intel(R) Core (TM) i5 CPU M460 @ 2.53GHZ의 프로세서를 갖춘 Matlab 소프트웨어를 사용하여 수행된다. # 21에서 # 40까지 번호가 매겨진 LC 데이터 세트에서 20 개의 이미지를 사용했다. 도 5는 사용된 테스트 이미지를 보여준다.

[0080] 테스트 이미지의 크기는 720x540 또는 540x720이다.

[0081] MSE(mean-squared-error), PSNR(peak signal-to-noise ratio) 및 SSIM (Structural Similarity) 메트릭의 세 가지 객관적인 품질 평가 메트릭을 사용했다. PSNR은 다음과 같이 계산된다.

[0082] (수학식 3)

[0083]
$$PSNR = 10\log_{10}\left(\frac{A^2}{MSE}\right)$$

[0084] 여기서 MSE는 평균 제곱 오류를 설명하고 A는 제공된 이미지의 가능한 최대 강도를 나타낸다.

[0085] 픽셀이 b 비트로 표현되면 A는 2b-1로 계산된다. 일반적으로 30-50dB 이미지는 8 비트 이미지에 대해 신뢰성이 있다. 16 비트 이미지의 경우, 60-80dB는 신뢰할 만하다.

[0086] MSE는 다음 (수학식 4)와 같이 계산된다.

[0087] (수학식 4)

[0088]
$$MSE = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}\left[original(i,j) - result(i,j)\right]^2$$

[0089] 원본 (i, j)는 원본 이미지를 나타내고, 결과(i, j)는 결과 이미지를 나타내며, m 및 n은 이미지의 너비 및 높이이다. 세 번째 메트릭은 결과 이미지의 품질을 평가하는 SSIM이다.

[0090] 결과 이미지가 원본 이미지와 비슷한 경우 SSIM 인덱스는 1로 닫습니다. 반면에 결과 이미지가 원래 이미지와

다르면 SSIM 인덱스가 0으로 닫힌다. 소개된 세 가지 메트릭은 전체 참조 메트릭이다.

[0091] 도 6 내지 9는 몇 가지 결과 이미지를 보여줍니다.

[0092] 도 6의 (a)는 #21 LC 테스트 이미지의 원본 이미지를 나타내며, 도 6의 (b)와 (c)는 HE와 제안된 방법으로 얻은 결과 이미지이다.

[0093] 그리고, 도 6의 (d)와 (e)는 "원본과 HE" 또는 "원본과 제안된 방법"간의 차이 이미지이다.

[0094] 다음으로, 도 6의 (f)와 (g)는 HE와 제안된 방법의 SSIM 결과이다.

[0095] 도 7의 (a)는 #25 LC 테스트 이미지의 원본 이미지를 나타내며, 도 7의 (b)와 (c)는 HE와 제안된 방법으로 얻은 결과 이미지이다.

[0096] 그리고, 도 7의 (d)와 (e)는 "원본과 HE" 또는 "원본과 제안된 방법"간의 차이 이미지이다.

[0097] 다음으로, 도 7의 (f)와 (g)는 HE와 제안된 방법의 SSIM 결과이다.

[0098] 도 8의 (a)는 #26 LC 테스트 이미지의 원본 이미지를 나타내며, 도 8의 (b)와 (c)는 HE와 제안된 방법으로 얻은 결과 이미지이다.

[0099] 그리고, 도 8의 (d)와 (e)는 "원본과 HE" 또는 "원본과 제안된 방법"간의 차이 이미지이다.

[0100] 다음으로, 도 8의 (f)와 (g)는 HE와 제안된 방법의 SSIM 결과이다.

[0101] 도 9의 (a)는 #40 LC 테스트 이미지의 원본 이미지를 나타내며, 도 9의 (b)와 (c)는 HE와 제안된 방법으로 얻은 결과 이미지이다.

[0102] 그리고, 도 9의 (d)와 (e)는 "원본과 HE" 또는 "원본과 제안된 방법"간의 차이 이미지이다.

[0103] 다음으로, 도 9의 (f)와 (g)는 HE와 제안된 방법의 SSIM 결과이다.

[0104] 표 1과 표 2는 기존 HE의 객관적인 성능과 제안된 방법을 보여준다.

[0105] (표 1)

[0106]

Image #	MSE	PSNR	SSIM	Image #	MSE	PSNR	SSIM
1	413.97036	21.96111	0.94951	11	825.55047	18.96337	0.85235
2	1002.91030	18.11818	0.84647	12	1560.53780	16.19806	0.76724
3	1101.97340	17.70909	0.78644	13	1541.15460	16.25234	0.68556
4	2642.05840	13.91138	0.59383	14	2454.54770	14.23109	0.58167
5	627.51679	20.15455	0.86009	15	1006.72770	18.10168	0.80411
6	580.23711	20.49475	0.85035	16	1033.46260	17.98786	0.75294
7	4484.65790	11.61351	0.65935	17	2678.16560	13.85243	0.54071
8	579.10267	20.50325	0.88903	18	609.80832	20.27887	0.87605
9	1255.55380	17.14245	0.85464	19	377.91882	22.35682	0.92452
10	422.35103	21.87407	0.92382	20	2392.14220	14.34293	0.67314
				Avg.	1379.51738	17.80239	0.78359

[0107] (표 2)

[0108]

Image #	MSE	PSNR	SSIM	Image #	MSE	PSNR	SSIM
1	813.20679	19.02879	0.86525	11	620.22646	20.20530	0.86952
2	564.82517	20.61166	0.90888	12	557.53839	20.66806	0.90449
3	686.89604	19.76189	0.79551	13	827.39765	18.95366	0.79358
4	811.94216	19.03555	0.80025	14	691.44777	19.73321	0.75934
5	943.16693	18.38492	0.81229	15	735.15742	19.46700	0.82964
6	599.43184	20.35341	0.84765	16	579.39698	20.50104	0.82117
7	1665.03010	15.91658	0.67589	17	451.90800	21.58030	0.81419
8	1105.03150	17.69706	0.84464	18	550.82490	20.72067	0.88707
9	1246.04570	17.17546	0.87793	19	772.57169	19.25142	0.87280
10	735.20748	19.46670	0.88461	20	1709.62890	15.80179	0.67086
				Avg.	833.34409	19.21572	0.82678

[0109] 제안된 방법에서 MSE, PSNR 및 SSIM의 평균 결과는 각각 833.3, 19.2 및 0.82678이다.

[0110] 도 10은 MSE(a), PSNR(b) 및 SSIM(c) 결과를 그래픽으로 보여주는 세 가지 그림을 보여준다.

[0111] 본 발명은 영상의 품질을 향상시키기 위해 명암 대비 향상 방법을 제안하였다.

[0112] 히스토그램 평활화는 밝기의 동적 범위를 끌어오고 결과로 강도가 향상된다.

[0113] 주어진 영상의 대비를 향상시키기 위해 웨이블릿 변환의 저주파-저주파 대역에서 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화를 수행했다.

[0114] 그런 다음 저주파-저주파 영역 정규화를 스케일 이미지 강도에 적용한다. 시뮬레이션 결과는 기존의 방법보다 성능이 우수함을 나타낸다.

[0115] 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 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0116] 10 : 입력부 20 : 웨이블릿 변환부

30 : 히스토그램 평활화부 40 :영역 정규화부

50 : 합성부

도면

도면1

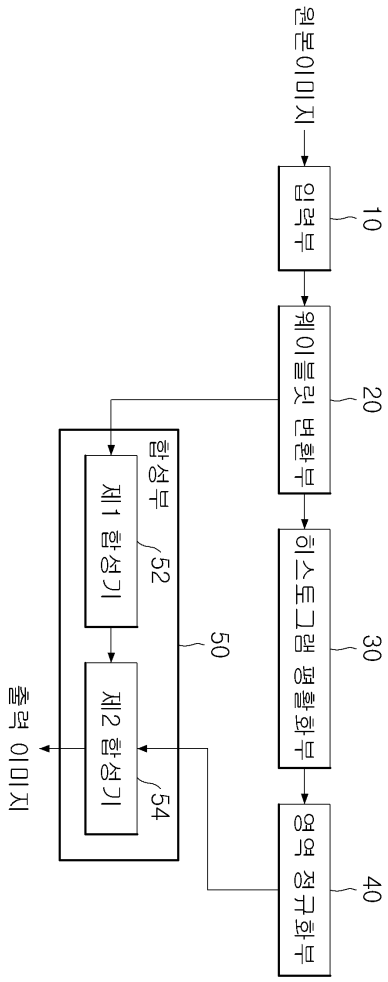


(a)



(b)

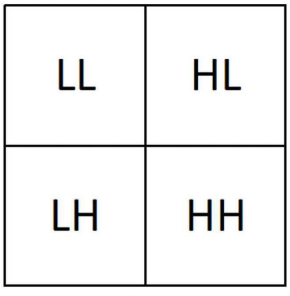
도면2


원본이미지
입력부
10
웨이블릿 변환부
20
히스토그램 평활화부
30
영역 정규화부
40
합성부
50
제1 합성기
52
제2 합성기
54
출력 이미지

도면3

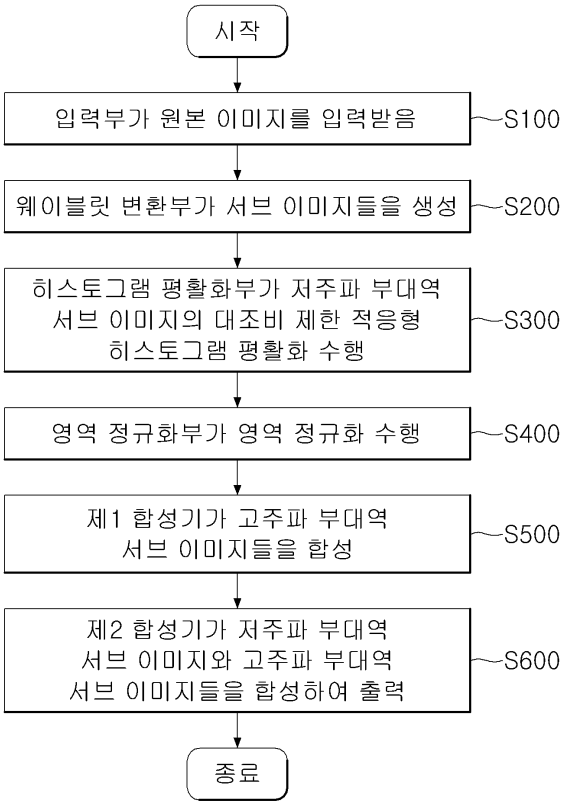


(a)


LL
HL
LH
HH

(b)

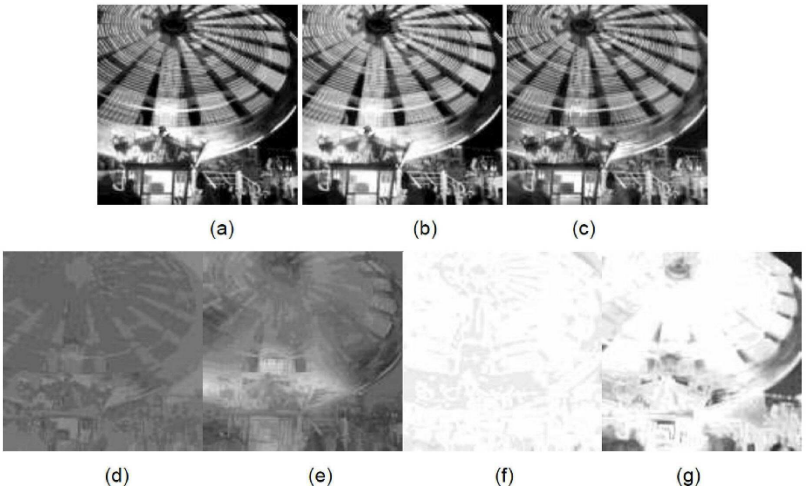
도면4


시작
입력부가 원본 이미지를 입력받음
S100
웨이블릿 변환부가 서브 이미지들을 생성
S200
히스토그램 평활화부가 저주파 부대역 서브 이미지의 대조비 제한 적응형 히스토그램 평활화 수행
S300
영역 정규화부가 영역 정규화 수행
S400
제1 합성기가 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성
S500
제2 합성기가 저주파 부대역 서브 이미지와 고주파 부대역 서브 이미지들을 합성하여 출력
S600
종료

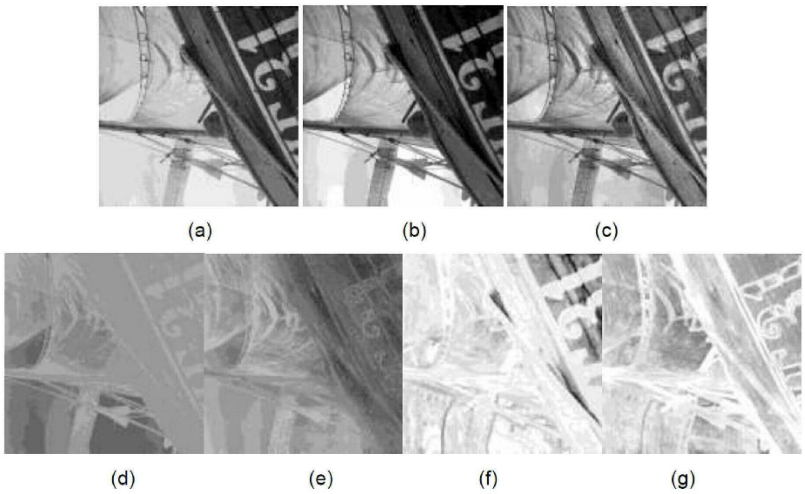
도면5



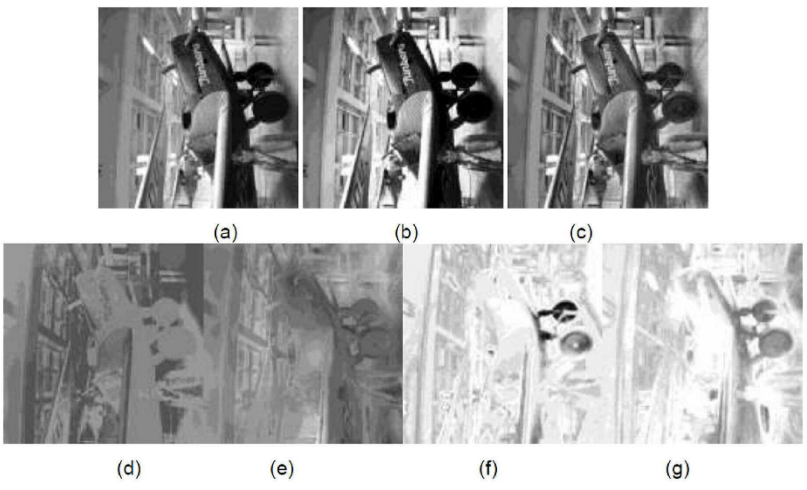
도면6



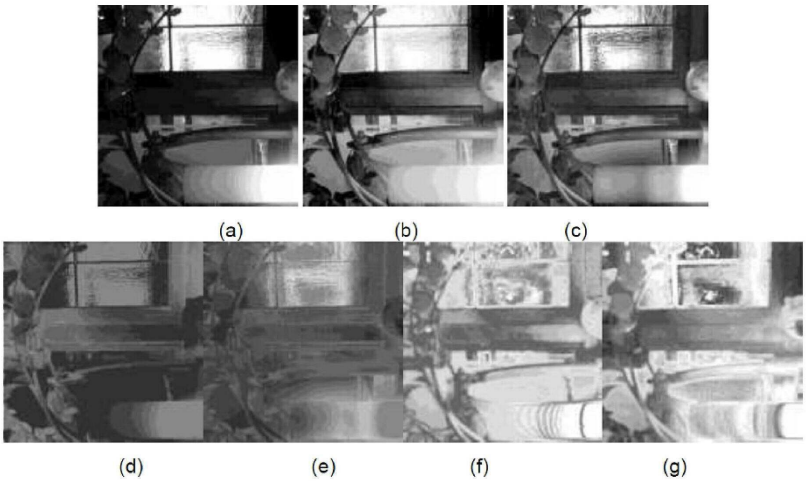
도면7



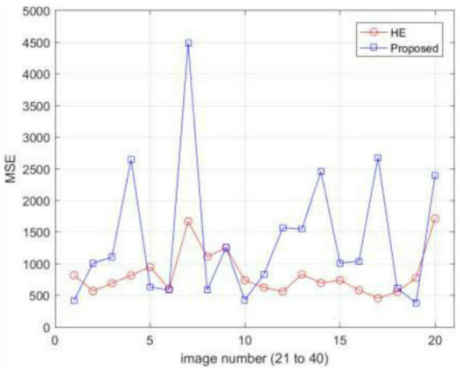
도면8



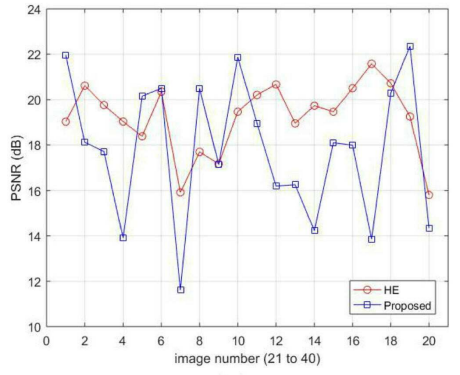
도면9


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

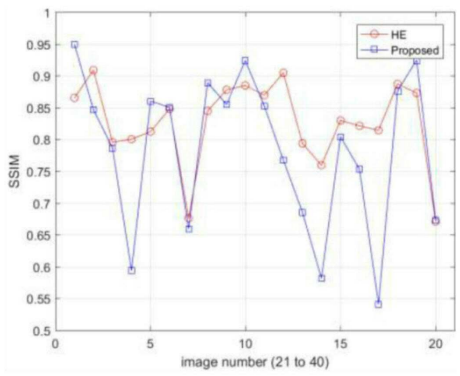
도면10


HE
Proposed
MSE
image number (21 to 40)

(a)


HE
Proposed
PSNR (dB)
image number (21 to 40)

(b)


HE
Proposed
SSIM
image number (21 to 40)

(c)