



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월13일
(11) 등록번호 10-1928907
(24) 등록일자 2018년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/40 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)
G06T 11/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/40 (2013.01)
A61B 6/5205 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0175020
(22) 출원일자 2017년12월19일
심사청구일자 2017년12월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2017502423 A*
KR1020100121273 A*
KR1020130066966 A*
Garima Yadav ET AL: "Multi-domain Image Enhancement of Foggy Images Using CLAHE Method", International Conference on Recent Cognizance in Wireless Communication & Image Processing, 29 April 2016*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경상대학교 산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
이희천
대전광역시 유성구 노은동로 187, 604동 901호(지족동, 열매마을 아파트 6단지)
윤영민
경상남도 진주시 진주대로 501, 505동 107호(가좌동)
(74) 대리인
김순웅

전체 청구항 수 : 총 8 항

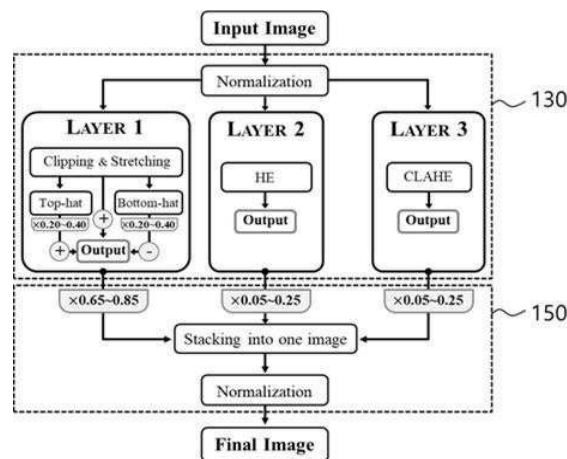
심사관 : 김광식

(54) 발명의 명칭 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치 및 방법

(57) 요약

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명은, 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 획득한 복수의 이미지를 합성하여 방사선 이미지를 증강한다. 본 발명에 따르면, 이미지 화질을 개선할 수 있으며, 판독 용이도를 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

G06T 11/003 (2013.01)

G06T 5/50 (2013.01)

G06T 2207/20221 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

입력된 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 상기 입력된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득하는 이미지 처리부; 및

상기 이미지 처리부를 통해 획득한 상기 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득하는 이미지 합성부;

를 포함하며,

상기 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘은, 히스토그램(histogram) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘과 수리형태학(mathematical morphology) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로 이루어지며,

상기 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은, 클리핑 및 스트레칭(Clipping and Stretching, CS), 히스토그램 평활화(Histogram Equalization, HE) 및 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) 중 적어도 하나를 포함하며,

상기 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은, 탑-햇 필터(top-hat filter) 및 바텀-햇 필터(bottom-hat filter) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 이미지 처리부는, 상기 입력된 이미지에 상기 탑-햇 필터와 상기 바텀-햇 필터를 적용하여 제1 처리된 이미지를 획득하고, 상기 입력된 이미지에 상기 히스토그램 평활화(HE)를 적용하여 제2 처리된 이미지를 획득하며, 상기 입력된 이미지에 상기 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)를 적용하여 제3 처리된 이미지를 획득하는 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에서,

상기 이미지 처리부는,

상기 입력된 이미지를 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 상기 탑-햇 필터를 처리한 이미지를 더하고, 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 상기 바텀-햇 필터를 처리한 이미지를 빼서, 상기 제1 처리된 이미지를 획득하는,

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치.

청구항 5

제4항에서,

상기 이미지 처리부는,

상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 상기 탑-햇 필터를 처리한 이미지에 제1 가중치를 곱한 다음에 더하고, 상기 바텀-햇 필터를 처리한 이미지에 제2 가중치를 곱한 다음에 빼서, 상기 제1 처리된 이미지를 획득하는,

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치.

청구항 6

제1항에서,

상기 이미지 처리부는,

상기 입력된 이미지를 대상으로 정규화(normalization) 처리하고, 상기 정규화 처리된 이미지를 대상으로 상기 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 상기 정규화 처리된 이미지로부터 상기 복수의 처리된 이미지를 획득하는,

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치.

청구항 7

제1항에서,

상기 이미지 합성부는,

상기 이미지 처리부를 통해 획득한 상기 복수의 처리된 이미지 각각에 미리 설정된 가중치를 곱한 다음에 더해서, 상기 최종 방사선 이미지를 획득하는,

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치.

청구항 8

제7항에서,

상기 이미지 합성부는,

상기 최종 방사선 이미지를 대상으로 정규화 처리하는,

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치.

청구항 9

방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치의 이미지 증강 방법으로서,

입력된 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 상기 입력된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득하는 단계; 및

획득한 상기 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득하는 단계;

를 포함하며,

상기 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘은, 히스토그램(histogram) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘과 수리형태학(mathematical morphology) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로 이루어지며,

상기 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은, 클리핑 및 스트레칭(Clipping and Stretching, CS), 히스토그램 평활화(Histogram Equalization, HE) 및 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) 중 적어도 하나를 포함하며,

상기 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은, 탑-햇 필터(top-hat filter) 및 바텀-햇 필터(bottom-hat filter) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 복수의 처리된 이미지 획득 단계는, 상기 입력된 이미지에 상기 탑-햇 필터와 상기 바텀-햇 필터를 적용하여 제1 처리된 이미지를 획득하고, 상기 입력된 이미지에 상기 히스토그램 평활화(HE)를 적용하여 제2 처리된 이미지를 획득하며, 상기 입력된 이미지에 상기 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)를 적용하여 제3 처리된 이미지를 획득하는 것으로 이루어지는 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 방법.

청구항 10

제9항에 기재된 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위하여 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 방사선 이미지의 화질을 개선하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 방사선 사진이 전자 형태로 저장되면서 떠오른 가장 중요한 과제는 전자 형태의 방사선 사진이 필름 사진의 세세한 표현을 얼마나 재현할 수 있는가이다. 그 중 흉부 방사선 사진은 넓은 범위의 강도(intensity)로 미묘한 차이를 표현하기 더욱 어려운 문제가 있으며, 특히 수의학 영역에서는 흉곽의 형태가 다양하여 이러한 한계가 더욱 두드러지게 나타나게 된다. 이에, 종래의 디지털 이미지에 적용되던 이미지 증강 기법들이 방사선 사진에도 적용되고 연구되기 시작하였다. 그러나, 종래 연구의 대부분은 하나의 이미지 증강 기술을 적용하거나 여러 기술을 순차적으로 적용하는 것에 머물러 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0003] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2003-0067310호 (주식회사 루벤틱스) 2003. 8. 14. 특허문헌 1은 디지털 방사선 영상의 처리방법으로서, 특허문헌 1에는 a-Si 디텍터(Amorphous Silicon detector)에 의해 검출된 디지털 방사선 입력영상을 명암값이 개선된 영상으로 하기 위해 로그함수를 이용하여 로그 스트레칭(log stretching)한 로그 스트레칭 영상을 획득하는 내용이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 획득한 복수의 이미지를 합성하여 방사선 이미지를 증강하는 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0005] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치는, 입력된 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 상기 입력된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득하는 이미지 처리부; 및 상기 이미지 처리부를 통해 획득한 상기 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득하는 이미지 합성부;를 포함한다.
- [0006] 상기 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘은, 히스토그램(histogram) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘과 수리형태학(mathematical morphology) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로 이루어지며, 상기 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은, 클리핑 및 스트레칭(Clipping and Stretching, CS), 히스토그램 평활화(Histogram Equalization, HE) 및 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) 중 적어도 하나를 포함하며, 상기 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은, 탑-햇 필터(top-hat filter) 및 바텀-햇 필터(bottom-hat filter) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0007] 상기 이미지 처리부는, 상기 입력된 이미지에 상기 탑-햇 필터와 상기 바텀-햇 필터를 적용하여 제1 처리된 이미지를 획득하고, 상기 입력된 이미지에 상기 히스토그램 평활화(HE)를 적용하여 제2 처리된 이미지를 획득하며, 상기 입력된 이미지에 상기 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)를 적용하여 제3 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0008] 상기 이미지 처리부는, 상기 입력된 이미지를 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 상기 탑-햇 필터를 처리한 이미지를 더하고, 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에

상기 바텀-햇 필터를 처리한 이미지를 빼서, 상기 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다.

[0009] 상기 이미지 처리부는, 상기 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 상기 탑-햇 필터를 처리한 이미지에 제1 가중치를 곱한 다음에 더하고, 상기 바텀-햇 필터를 처리한 이미지에 제2 가중치를 곱한 다음에 빼서, 상기 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다.

[0010] 상기 이미지 처리부는, 상기 입력된 이미지를 대상으로 정규화(normalization) 처리하고, 상기 정규화 처리된 이미지를 대상으로 상기 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 상기 정규화 처리된 이미지로부터 상기 복수의 처리된 이미지를 획득할 수 있다.

[0011] 상기 이미지 합성부는, 상기 이미지 처리부를 통해 획득한 상기 복수의 처리된 이미지 각각에 미리 설정된 가중치를 곱한 다음에 더해서, 상기 최종 방사선 이미지를 획득할 수 있다.

[0012] 상기 이미지 합성부는, 상기 최종 방사선 이미지를 대상으로 정규화 처리할 수 있다.

[0013] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 방법은, 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치의 이미지 증강 방법으로서, 입력된 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 상기 입력된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득하는 단계; 및 획득한 상기 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득하는 단계;를 포함한다.

[0014] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 저장되어 상기한 방법을 컴퓨터에서 실행시킨다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치 및 방법에 의하면, 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 획득한 복수의 이미지를 합성함으로써, 이미지 화질을 개선할 수 있으며, 판독 용이도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 정규화 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 2에 도시한 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 클리핑 및 스트레칭 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 히스토그램 평활화(HE) 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE) 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 탑-햇 필터 및 바텀-햇 필터 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 10은 도 9에 도시한 복수의 처리된 이미지 획득 단계를 보다 자세히 설명하기 위한 흐름도이다.

도 11은 도 10에 도시한 제1 처리된 이미지 획득 단계를 보다 자세히 설명하기 위한 흐름도이다.

도 12는 도 9에 도시한 최종 방사선 이미지 획득 단계를 보다 자세히 설명하기 위한 흐름도이다.

도 13은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 14는 도 13에 도시한 성능 평가 방법에 의한 성능 평가에 이용된 방사선 이미지를 설명하기 위한 도면이다.

도 15는 도 13에 도시한 성능 평가 방법 중 정량적 평가 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 16은 도 13에 도시한 성능 평가 방법 중 정성적 평가 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 17은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘을 적용한 결과 이미지의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 18은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 성능 평가 결과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0018] 먼저, 도 1을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치에 대하여 설명한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 장치(100)(이하 '이미지 증강 장치'라 한다)는 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 획득한 복수의 이미지를 합성하여 방사선 이미지를 증강(enhancement)한다.
- [0021] 여기서, 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘은 히스토그램(histogram) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘과 수리형태학(mathematical morphology) 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로 이루어진다. 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘에는 정규화(normalization), 클리핑 및 스트레칭(Clipping and Stretching, CS), 히스토그램 평활화(Histogram Equalization, HE), 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) 등이 있다. 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘에는 탑-햇 필터(top-hat filter), 바텀-햇 필터(bottom-hat filter) 등이 있다.
- [0023] 이를 위해, 이미지 증강 장치(100)는 이미지 입력부(110), 이미지 처리부(130) 및 이미지 합성부(150)를 포함할 수 있다.
- [0025] 이미지 입력부(110)는 외부 장치(도시하지 않음)로부터 방사선 이미지를 입력받아 이미지 처리부(130)로 제공한다.
- [0028] 이미지 처리부(130)는 이미지 입력부(110)를 통해 입력된 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 입력된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득한다. 여기서, 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘은 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘과 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로 이루어지며, 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은 클리핑 및 스트레칭(CS), 히스토그램 평활화(HE) 및 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE) 중 적어도 하나를 포함하고, 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘은 탑-햇 필터 및 바텀-햇 필터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0030] 즉, 이미지 처리부(130)는 입력된 이미지에 탑-햇 필터와 바텀-햇 필터를 적용하여 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0031] 보다 자세히 설명하면, 이미지 처리부(130)는 입력된 이미지를 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 탑-햇 필터를 처리한 이미지를 더하고, 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 바텀-햇 필터를 처리한 이미지를 빼서, 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다. 여기서, 클리핑 및 스트레칭은 상위 및 하위 히스토그램 클리핑(Clipping) 후 선형보간 스트레칭(linear interpolation stretching)하는 방법으로서, 예컨대 입력된 이미지의 상위 1%와 하위 1%의 강도(intensity)를 제거하고, 나머지를 선형 삽입법으로 재배치할 수 있다.

- [0032] 이때, 이미지 처리부(130)는 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 탑-햇 필터를 처리한 이미지에 제1 가중치(예컨대, 0.3 등)를 곱한 다음에 더하고, 바텀-햇 필터를 처리한 이미지에 제2 가중치(예컨대, 0.3 등)를 곱한 다음에 빼서, 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0034] 그리고, 이미지 처리부(130)는 입력된 이미지에 히스토그램 평활화(HE)를 적용하여 제2 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0036] 또한, 이미지 처리부(130)는 입력된 이미지에 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)를 적용하여 제3 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0038] 이때, 이미지 처리부(130)는 입력된 이미지를 대상으로 정규화 처리하고, 정규화 처리된 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 정규화 처리된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0040] 정리하면, 이미지 처리부(130)는 위와 같은 3개의 이미지 처리 동작을 병렬적으로 수행한 다음, 획득한 복수의 처리된 이미지, 즉 제1 처리된 이미지, 제2 처리된 이미지 및 제3 처리된 이미지를 이미지 합성부(150)로 제공할 수 있다.
- [0043] 이미지 합성부(150)는 이미지 처리부(130)를 통해 획득한 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득한다.
- [0044] 즉, 이미지 합성부(150)는 이미지 처리부(130)를 통해 획득한 복수의 처리된 이미지(제1 처리된 이미지, 제2 처리된 이미지 및 제3 처리된 이미지) 각각에 미리 설정된 가중치를 곱한 다음에 더해서, 최종 방사선 이미지를 획득할 수 있다. 예컨대, 이미지 합성부(150)는 제1 처리된 이미지(탑-햇 필터와 바텀-햇 필터가 적용된 이미지), 제2 처리된 이미지(히스토그램 평활화가 적용된 이미지) 및 제3 처리된 이미지(대비 제한 적응적 히스토그램 평활화가 적용된 이미지) 각각에 "0.65 ~ 0.85", "0.05 ~ 0.25" 및 "0.05 ~ 0.26"의 가중치를 곱한 다음에 더해서 최종 방사선 이미지를 획득할 수 있다. 예컨대, 제1 처리된 이미지, 제2 처리된 이미지 및 제3 처리된 이미지 각각에 "0.75", "0.15" 및 "0.10"의 가중치를 곱할 수 있다.
- [0046] 그런 다음, 이미지 합성부(150)는 최종 방사선 이미지를 대상으로 정규화 처리할 수 있다. 아울러, 이미지 합성부(150)는 정규화 처리된 최종 방사선 이미지를 16비트 그레이 스케일 이미지로 변환할 수 있다.
- [0049] 그러면, 도 2 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘에 대해 보다 자세하게 설명한다.
- [0050] 도 2는 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘을 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 정규화 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 도 2에 도시한 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 클리핑 및 스트레칭 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이며, 도 5는 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 히스토그램 평활화(HE) 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE) 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이며, 도 7은 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘 중 하나인 탑-햇 필터 및 바텀-햇 필터 처리의 일례를 설명하기 위한 도면이다.
- [0051] 종래의 이미지 화질 개선 알고리즘은 그 동작 원리를 기반으로 크게 2가지 유형으로 구분된다. 첫 번째 유형은 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 정규화, 클리핑 및 스트레칭(CS), 히스토그램 평활화(HE), 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE) 등이 있다. 두 번째 유형은 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘으로, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이, 탑-햇 필터, 바텀-햇 필터 등이 있다.
- [0052] 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘의 하나인 정규화는 각 픽셀의 강도(intensity)를 더 넓은 범주로 이동시키는 방법이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 정규화는 원본 이미지의 전반적인 대조도를 높여주는 것을 확인할 수 있다.
- [0053] 클리핑 및 스트레칭은 상위 및 하위 히스토그램 클리핑(Clipping) 후 선형보간 스트레칭하는 방법이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 클리핑 및 스트레칭은 전반적인 해부학적 구분을 유지하면서 이미지의 대조도를 개선시키는 것을 확인할 수 있다.
- [0054] 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘의 하나인 히스토그램 평활화(HE)는 히스토그램을 편평하게 수정하

는 방법이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 히스토그램 평활화(HE)는 fat opacity와 soft tissue opacity의 구분을 더 높여주는 것을 확인할 수 있다.

[0055] 히스토그램 기반 이미지 화질 개선 알고리즘의 하나인 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)는 히스토그램 평활화(HE)의 변형 방법으로, 일정 수준을 초과하는 값들을 히스토그램 전반에 배치하여 이미지의 대조도를 증가시키는 방법이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)는 골격 구조의 구분을 더 높여주는 것을 확인할 수 있다.

[0056] 수리형태학 기반 이미지 화질 개선 알고리즘 중의 하나인 탐-햇 필터는 이미지의 밝은 부분을 추출하는 방법이고, 바텀-햇 필터는 이미지의 어두운 부분을 추출하는 방법이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 탐-햇 필터와 바텀-햇 필터는 폐실질의 미묘한 차이를 더 높여주는 것을 확인할 수 있다.

[0058] 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

[0059] 도 8을 참조하면, 입력된 방사선 이미지를 아래의 [수학식 1]을 통해 0에서 1까지(I_0)로 정규화 처리한 다음, 3개의 레이어(layer)로 보낸다.

수학식 1

$$I_{0_{ij}} = \frac{X_{ij} - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

[0061] 여기서, X 는 입력된 이미지이다. $\min(X)$ 는 X 의 최소 픽셀 값(minimum pixel value)이고, $\max(X)$ 는 X 의 최대 픽셀 값(maximum pixel value)이다.

[0062] 첫 번째 레이어에서는 입력된 이미지를 클리핑 및 스트레칭 처리한 다음, 탐-햇 필터와 바텀-햇 필터를 적용한다. 즉, 첫 번째 레이어에서는 입력된 이미지를 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 탐-햇 필터를 처리한 이미지에 제1 가중치(예컨대, 0.3 등)를 곱한 다음에 더하고, 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 바텀-햇 필터를 처리한 이미지에 제2 가중치(예컨대, 0.3 등)를 곱한 다음에 빼서, 출력 이미지를 획득할 수 있다.

[0063] 두 번째 레이어에서는 입력된 이미지를 히스토그램 평활화(HE) 처리한다.

[0064] 세 번째 레이어에서는 입력된 이미지를 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE) 처리한다.

[0065] 그런 다음, 3개의 레이어에서 출력되는 이미지 각각에 서로 다른 가중치를 곱한 다음 더하여 하나의 결과 이미지를 획득한다. 즉, 탐-햇 필터와 바텀-햇 필터가 적용된 이미지, 히스토그램 평활화(HE)가 적용된 이미지 및 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)가 적용된 이미지 각각에 "0.65 ~ 0.85", "0.05 ~ 0.25" 및 "0.05 ~ 0.26"의 가중치를 곱한 다음에 더해서 결과 이미지를 획득할 수 있다. 예컨대, 탐-햇 필터와 바텀-햇 필터가 적용된 이미지, 히스토그램 평활화(HE)가 적용된 이미지 및 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)가 적용된 이미지 각각에 "0.75", "0.15" 및 "0.10"의 가중치를 곱할 수 있다.

[0066] 그리고, 결과 이미지를 정규화 처리한다.

[0069] 그러면, 도 9 내지 도 12를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 방법에 대하여 설명한다.

[0070] 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0071] 도 9를 참조하면, 이미지 증강 장치(100)는 입력된 방사선 이미지를 대상으로 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 처리하여 입력된 이미지로부터 복수의 처리된 이미지를 획득한다(S110).

[0072] 그런 다음, 이미지 증강 장치(100)는 획득한 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득한다(S130).

[0074] 도 10은 도 9에 도시한 복수의 처리된 이미지 획득 단계를 보다 자세히 설명하기 위한 흐름도이다.

- [0075] 도 10을 참조하면, 이미지 증강 장치(100)는 입력된 이미지를 정규화할 수 있다(S111).
- [0076] 그런 다음, 이미지 증강 장치(100)는 이미지에 탐-햇 필터와 바텀-햇 필터를 적용하여 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다(S113).
- [0077] 그리고, 이미지 증강 장치(100)는 이미지에 히스토그램 평활화(HE)를 적용하여 제2 처리된 이미지를 획득할 수 있다(S115).
- [0078] 또한, 이미지 증강 장치(100)는 이미지에 대비 제한 적응적 히스토그램 평활화(CLAHE)를 적용하여 제3 처리된 이미지를 획득할 수 있다(S117).
- [0079] 위와 같은 이미지 화질 개선 알고리즘을 적용하는 단계(S113, S115, S117)는 이미지 증강 장치(100)에 의해 병렬적으로 수행된다.
- [0081] 도 11은 도 10에 도시한 제1 처리된 이미지 획득 단계를 보다 자세히 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0082] 도 11을 참조하면, 이미지 증강 장치(100)는 입력된 이미지를 클리핑 및 스트레칭 처리할 수 있다(S113a).
- [0083] 그런 다음, 이미지 증강 장치(100)는 이미지에 탐-햇 필터를 적용할 수 있다(S113b).
- [0084] 그리고, 이미지 증강 장치(100)는 이미지에 바텀-햇 필터를 적용할 수 있다(S113c).
- [0085] 위와 같은 필터 적용 단계(S113b, S113c)는 이미지 증강 장치(100)에 의해 병렬적으로 수행된다.
- [0086] 이후, 이미지 증강 장치(100)는 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다(S113d). 즉, 이미지 증강 장치(100)는 입력된 이미지를 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 탐-햇 필터를 처리한 이미지를 더하고, 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에 바텀-햇 필터를 처리한 이미지를 빼서, 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다. 이때, 이미지 증강 장치(100)는 클리핑 및 스트레칭 처리한 이미지에, 탐-햇 필터를 처리한 이미지에 제1 가중치(예컨대, 0.3 등)를 곱한 다음에 더하고, 바텀-햇 필터를 처리한 이미지에 제2 가중치(예컨대, 0.3 등)를 곱한 다음에 빼서, 제1 처리된 이미지를 획득할 수 있다.
- [0088] 도 12는 도 9에 도시한 최종 방사선 이미지 획득 단계를 보다 자세히 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0089] 도 12를 참조하면, 이미지 증강 장치(100)는 획득한 복수의 처리된 이미지를 합성하여 최종 방사선 이미지를 획득할 수 있다(S131). 즉, 이미지 증강 장치(100)는 획득한 복수의 처리된 이미지(제1 처리된 이미지, 제2 처리된 이미지 및 제3 처리된 이미지) 각각에 미리 설정된 가중치를 곱한 다음에 더해서, 최종 방사선 이미지를 획득할 수 있다. 예컨대, 이미지 증강 장치(100)는 제1 처리된 이미지(탐-햇 필터와 바텀-햇 필터가 적용된 이미지), 제2 처리된 이미지(히스토그램 평활화가 적용된 이미지) 및 제3 처리된 이미지(대비 제한 적응적 히스토그램 평활화가 적용된 이미지) 각각에 "0.65 ~ 0.85", "0.05 ~ 0.25" 및 "0.05 ~ 0.26"의 가중치를 곱한 다음에 더해서 최종 방사선 이미지를 획득할 수 있다. 예컨대, 제1 처리된 이미지, 제2 처리된 이미지 및 제3 처리된 이미지 각각에 "0.75", "0.15" 및 "0.10"의 가중치를 곱할 수 있다.
- [0090] 그런 다음, 이미지 증강 장치(100)는 획득한 최종 방사선 이미지를 정규화할 수 있다(S133). 그리고, 이미지 증강 장치(100)는 정규화 처리된 최종 방사선 이미지를 16비트 그레이 스케일 이미지로 변환할 수 있다.
- [0093] 그러면, 도 13 내지 도 18을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 성능에 대하여 설명한다.
- [0094] 도 13은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 14는 도 13에 도시한 성능 평가 방법에 의한 성능 평가에 이용된 방사선 이미지를 설명하기 위한 도면이며, 도 15는 도 13에 도시한 성능 평가 방법 중 정량적 평가 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 16은 도 13에 도시한 성능 평가 방법 중 정성적 평가 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0095] 본 발명에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 성능을 평가는 도 13에 도시된 바와 같이 정량적 평가와 정성적 평가를 이용하여 수행하였다.
- [0096] 본 발명의 성능 평가를 위해 사용된 개의 방사선 사진은 도 14에 도시된 바와 같이 이미지의 대조도에 따라 높은 대조도(high contrast), 중간 대조도(medium contrast), 낮은 대조도(low contrast)의 세 그룹으로 구분하여 이용하였다. 그리고, 각 그룹은 5장의 ventrodorsal view와 5장의 lateral view로 구성하여, 총 30장의 방

사선 사진을 성능 평가에 이용하였다. 여기서, 총 30장의 방사선 사진은 15장의 정상 사진과 22개의 비정상 소견이 확인된 15장의 비정상 사진으로 구성하였다.

[0097] 본 발명의 성능 평가를 위해 사용된 정량적 평가는 도 15에 도시된 엔트로피(entropy)를 이용하였다. 엔트로피는 이미지의 복잡성을 판단할 수 있는 질감 분석법 중의 하나로, 아래의 [수학식 2]를 이용하여 원본 이미지와 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘('IEF'라 한다)이 적용된 이미지의 엔트로피를 student T-test를 통해 비교하였다.

수학식 2

[0098] $Entropy = - \sum_i p_i \log_2 p_i$

[0099] 여기서, p는 히스토그램 카운트(histogram count)를 포함한다.

[0100] 본 발명의 성능 평가를 위해 사용된 정성적 평가는 도 16에 도시된 바와 같이 총 8명의 숙련된 영상의학과 의사(radiologist)가 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF) 적용 전후 이미지를 비교하였다. 평가 기준은 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF) 적용이 판독 용이도에 영향을 주지 않는 3점을 기준으로, 판독 용이도를 조금 떨어뜨렸다면 2점, 확실히 떨어뜨렸다면 1점으로 하고, 판독 용이도를 조금 개선시켰다면 4점, 확실히 개선시켰다면 5점을 부여하는 것으로 하였다. 또한, 신뢰도 분석을 위해 관찰자 간 일치도를 평가하였다.

[0102] 도 17은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘을 적용한 결과 이미지의 일례를 설명하기 위한 도면이고, 도 18은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방사선 이미지의 화질 개선을 위한 이미지 증강 알고리즘의 성능 평가 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0103] 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF)은 복수의 이미지 화질 개선 알고리즘을 병렬적으로 적용함으로써, 도 17에 도시된 바와 같이 이미지 화질 개선 알고리즘 각각이 가지고 있는 장점을 모두 가지고 있음을 확인할 수 있다.

[0104] 그리고, 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF)은 도 18에 도시된 바와 같이 정량적 평가 및 정성적 평가 결과 이미지 화질이 개선되는 것을 확인할 수 있다.

[0105] 즉, 정량적 평가 결과, 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF)이 적용된 이미지는 원본 이미지보다 더 높은 엔트로피 평균값을 보여주는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF)이 적용된 이미지는 원본 이미지보다 세부적인 표현이 향상됨을 확인할 수 있다.

[0106] 또한, 정성적 평가 결과, 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF)이 적용된 이미지는 각 그룹별 평균 점수가 모두 4점 이상인 것을 확인할 수 있다. 아울러, 8명의 영상의학과 의사(radiologist) 간의 일치도는 0.73으로 acceptable 수준인 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 이미지 증강 알고리즘(IEF)이 적용된 이미지는 원본 이미지보다 판독 용이도가 향상됨을 확인할 수 있다. 아울러, 평가에 참여한 영상의학과 의사(radiologist)들은 눈에 떨 만한 허상이나 노이즈가 없이 폐와 종격동의 가시도가 증가하였다는 공통된 평을 하였습니다.

[0109] 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 롬(ROM), 램(RAM), 씨디-롬(CD-ROM), 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 유무선 통신망으로 연결된 컴퓨터 장치에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0110] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 다음의 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변형은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

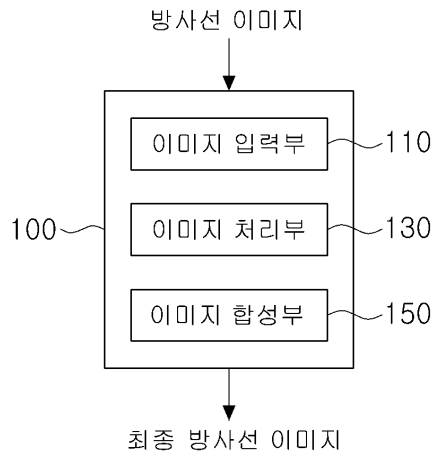
[0111] 100 : 이미지 증강 장치, 110 : 이미지 입력부,

130 : 이미지 처리부,

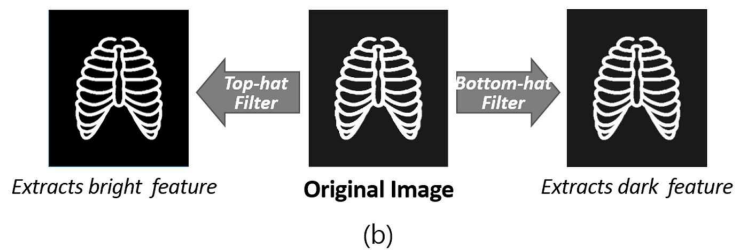
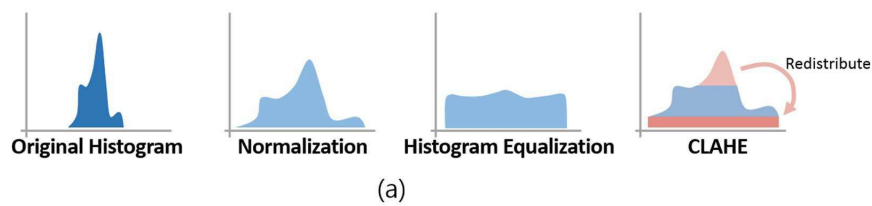
150 : 이미지 합성부

도면

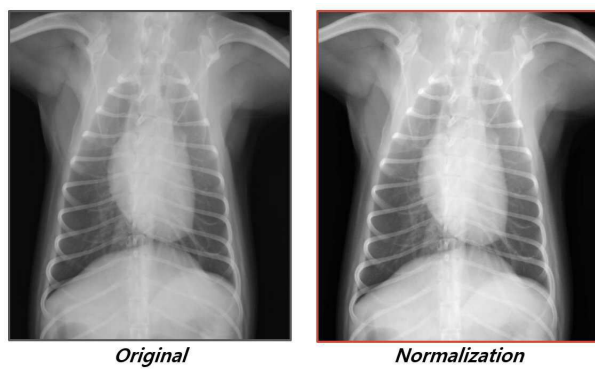
도면1



도면2



도면3



도면4



Original



Clipping & Stretching

도면5



Original



HE

도면6



Original



CLAHE

도면7

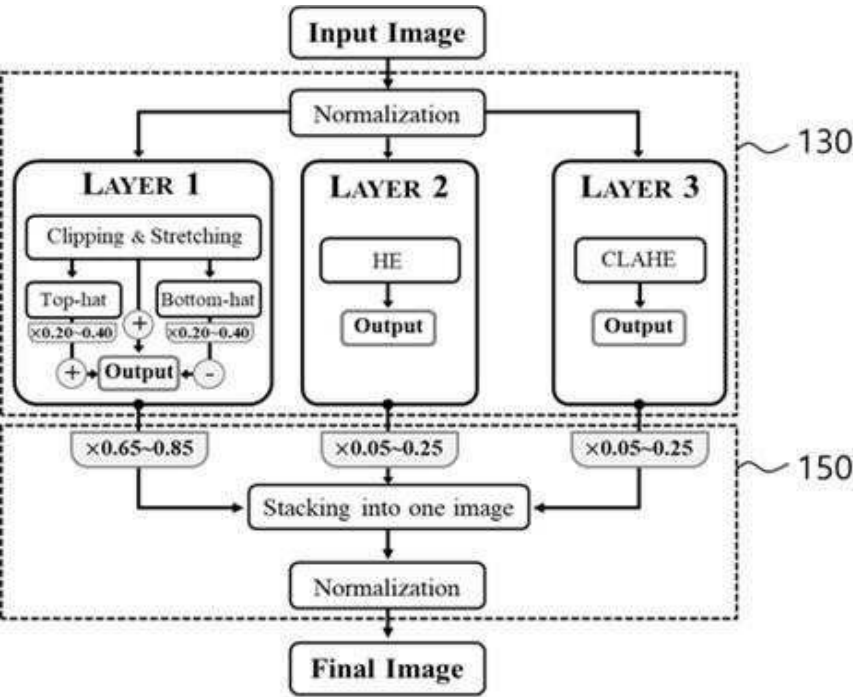


Original

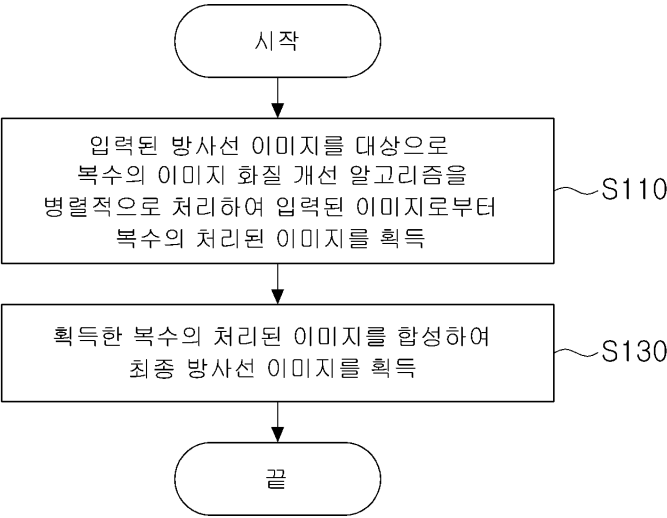


Add Top-hat / Bottom-hat

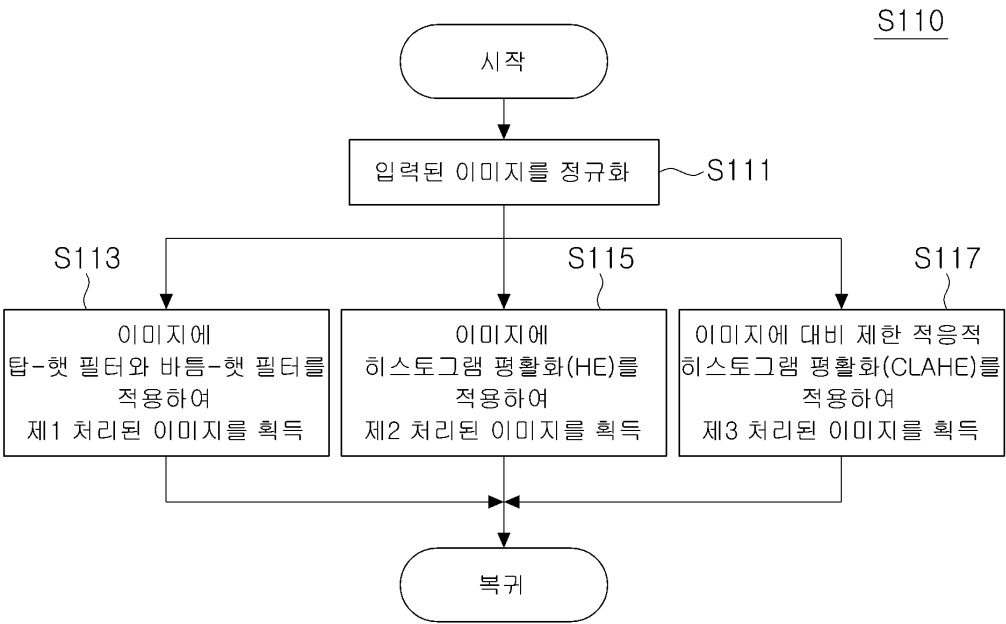
도면8



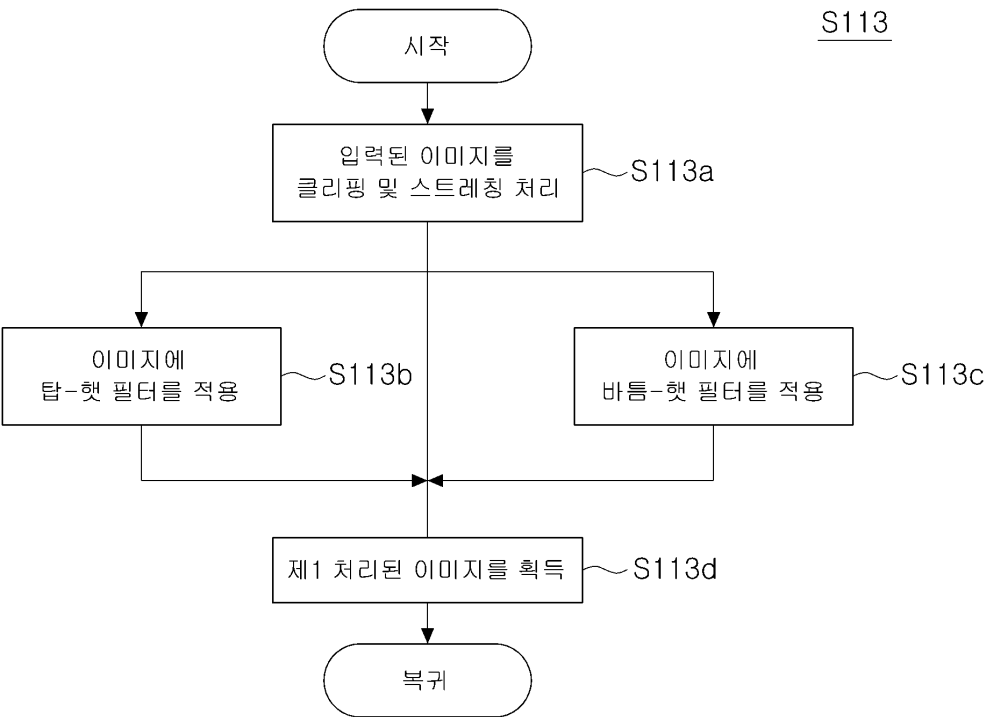
도면9



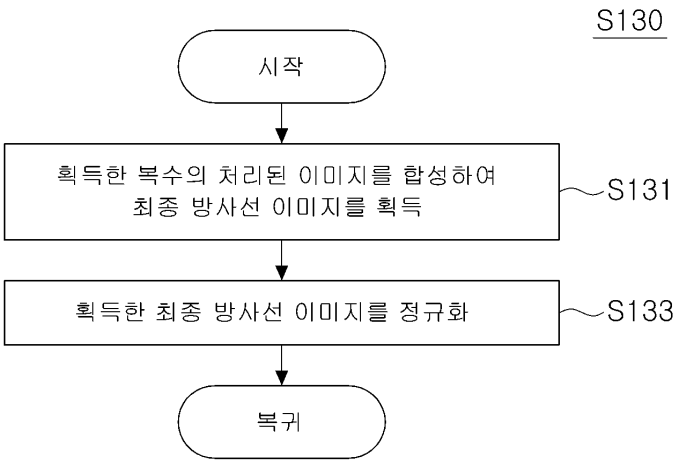
도면10



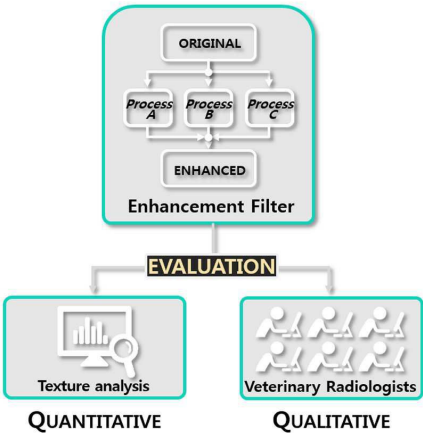
도면11



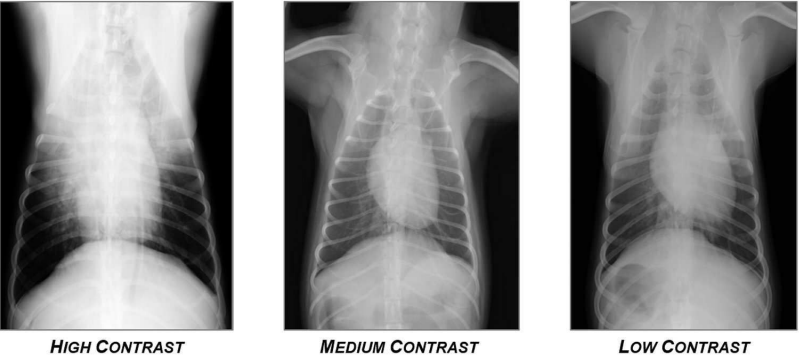
도면12



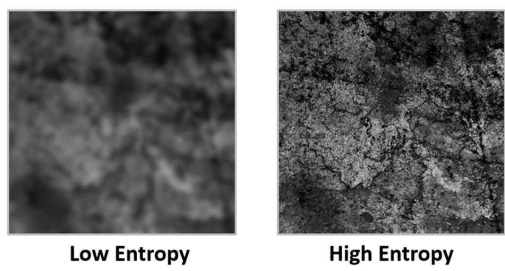
도면13



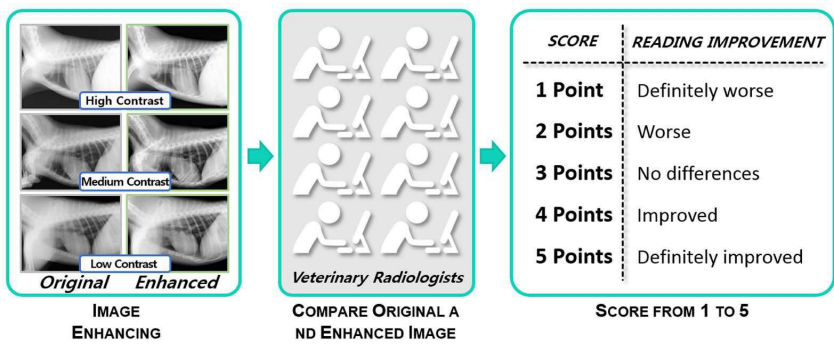
도면14



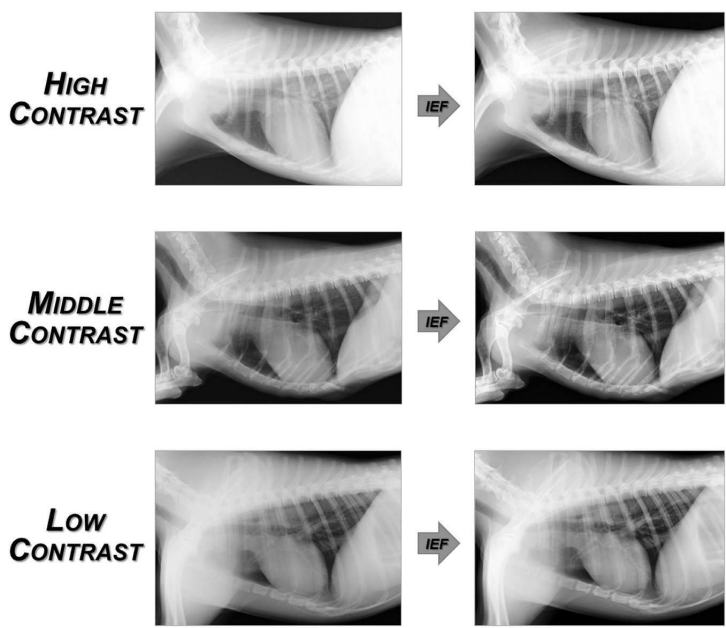
도면15



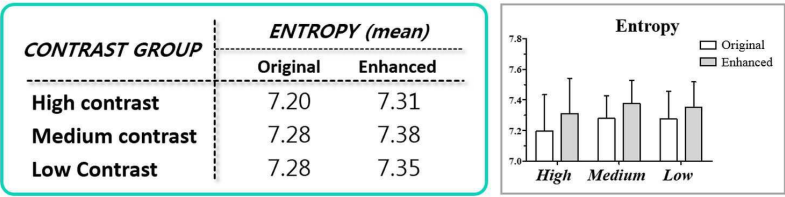
도면16



도면17



도면18



(a)



Inter-observer agreement : $\alpha = 0.73$ (acceptable)

(b)