(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0111394
(43) 공개일자 2015년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0032799
(22) 출원일자 2014년03월20일
심사청구일자 2014년03월20일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(주)디알젬
경기도 광명시 하안로 60, 이동 7층(소하동, 광명에스케이테크노파크)
(72) 발명자
송병철
서울 양천구 목동서로 38, 125동 307호 (목동, 목동신시가지아파트1단지)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

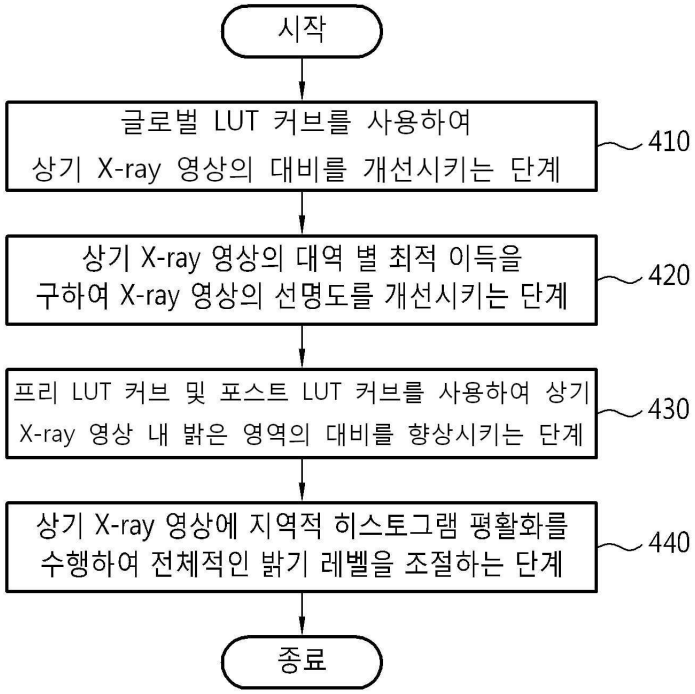
(54) 발명의 명칭 **X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법 및 장치**

(57) 요 약

X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법은 글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계, 상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계, 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도4



커브를 사용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 단계, 상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계를 포함할 수 있다. 글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계는 지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시키는 글로벌 LUT 커브를 적용하는 단계, 감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 프리 LUT 커브를 적용하는 단계, 잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시키는 포스트 LUT 커브를 적용하는 단계를 포함할 수 있다

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NIPA-2013-H0502-13-1010
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	정보통신산업진흥원
연구사업명	IT/SW 창의연구과정
연구과제명	X-ray 의료영상기기를 위한 화질개선 소프트웨어 솔루션 개발
기 여 율	1/1
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2013.05.01 ~ 2014.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법에 있어서,

글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계;

상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계;

프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 단계; 및

상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계

를 포함하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계는,

지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시키는 글로벌 LUT 커브를 적용하는 단계;

감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 프리 LUT 커브를 적용하는 단계; 및

잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시키는 포스트 LUT 커브를 적용하는 단계

를 포함하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 대역 별 최적 이들을 이용하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계는,

상기 X-ray 영상의 고주파 영역을 복수의 대역으로 분리하고, 상기 분리된 대역 별 최적 이득을 계산하여 적용함으로써 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는

X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계는,

상기 X-ray 영상을 그리드 블록 단위로 분할하고, 상기 그리드 블록 단위 별 히스토그램을 계산하는

X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

미리 정해진 대비 한계 문턱 값을 기준으로 상기 대비 한계 문턱 값 이상의 개수를 갖는 영역은 나머지 영역으로 분배하여 특정 영역에 상기 영상 밝기가 몰리는 것을 방지하는

X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법.

청구항 6

X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치에 있어서,

LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 대비 개선부;

상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 선명도 개선부; 및

상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 밝기 조절부

를 포함하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 대비 개선부는,

지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시키는 글로벌 LUT 커브 적용부;

감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 프리 LUT 커브 적용부; 및

잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시키는 포스트 LUT 커브 적용부

를 포함하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 대비와 선명도가 떨어지는 원본 X-ray 영상으로부터 선명도와 대비를 향상시켜 양질의 X-ray 영상을 획득할 수 있는 X-ray 영상용 화질 개선 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 세계 의료기기 시장은 2006년 이후부터 연평균 약 8%의 높은 성장률을 기록하고 있다. 앞으로도 선진국 사회의 고령화, 웰빙에 대한 사회적 관심 증가, 중국, 인도 등 후발 공업국의 급성장에 따른 의료 서비스 수요 증가로 세계 의료기기 시장은 날로 성장할 것으로 전망되고 있다.

[0003] 이러한 의료기기 시장의 고속 성장과 사람들의 높은 관심에 힘입어 의료기기 및 관련 기술의 발전도 중요한 이슈가 되고 있다. 특히 여러 의료기기들 중에서도 X-ray 기기는 현재 가장 널리 보급되어있고 수요가 많은 만큼 많은 관련 연구가 진행되고 있다. DR (Digital radiography)의 발전으로 현재 많은 병원에서 디지털 X-ray 기기를 사용하여 의사들에게 양질의 X-ray 영상을 제공하고 있다. 하지만 X-ray 영상의 촬영원리 상 진단 부위에 따라 촬영 기기로부터 얻어진 영상 데이터를 의사가 분석하기에 어려움이 존재한다. 예를 들어, 흉부 X-ray의 경우 폐질환, 갈비뼈 골절, 기관지염 등 다양한 이유로 촬영하기 때문에 각 질환에 따라 의사가 주의 깊게 관찰해야 하는 신체 조직이 다르다. 따라서 의사의 정밀한 진단과 정확한 판단을 돕기 위해서는 보다 뛰어난 화질의 X-ray 영상을 제공할 필요가 있다.

[0004] 과거와 달리, 현재는 디지털 장비를 통해 X-ray 영상을 취득하므로 여러 의료 영상신호처리 기술을 통해 획득된 X-ray 영상의 선명도 및 대비를 향상시켜주는 방식이 많이 사용되고 있다.

[0005] 도 1은 종래 기술에 따른 ROI 대비 향상 기법을 설명하기 위한 도면이다.

[0006] 도 1(a)와 같이 처음 획득된 X-ray 영상은 밝기 레벨이 고르지 못하여 영역별 구분이 어렵지만 도 1(b)와 같이 영상처리기술을 통해 개선된 영상은 영역별 대비가 확연하게 향상되었고 선명도 역시 개선되어 의사가 환자의 상태를 목적에 따라 분명하게 확인할 수 있다.

[0007] 도 2는 종래 기술에 따른 일반 영상용 SDMSR 블록도이다.

[0008] 도 2는 영상의 주파수 대역을 복수의 대역(211, 212, ..., 213)으로 분리하고, 각 대역에 적절한 이득 값(221,

222, ..., 223)을 취하여 영상의 대비와 선명도를 개선 시켜주는 기법의 블록도를 나타낸다. 이러한 기법은 mlog라는 새로운 변환함수를 통해 영상의 밝은 부분과 어두운 부분을 모두 개선시킬 수 있다. 그리고, 대역분리 방법을 도입하여 각 대역에 따라 개별적인 이득 값을 조절하여 영상의 세부 정보를 향상시킬 수 있다.

[0009] 도 3은 종래 기술에 따른 mlog 변환함수 그래프이다.

[0010] 이러한 기법에서 제안하는 mlog 변환함수는 도 3과 같이 두 개의 서로 다른 log함수(310, 320)를 결합하여 만든 변환함수이다. 도 3에서 볼 수 있듯이, mlog 변환함수는 어두운 영역과 밝은 영역의 대비를 모두 개선할 수 있는 특징을 가져 너무 밝거나 너무 어두운 영상에 효과적이다.

[0011] 또한, 이러한 기법에서 제안하는 대역 분리 기법은 영상의 고주파 대역을 효과적으로 개선하기 위해 고주파 대역을 n개로 세분화하여 처리하는 방식이다. 대역 분리 방법은 아래 수학식 1과 같다.

[0012]
$$\begin{aligned} \overline{R_1} &= R'_1, & n &= 1, \\ \overline{R_n} &= R'_n - R'_{n-1}, & 2 \le n &\le N \end{aligned}$$

수학식1

[0013] 여기에서 R'은 원본 영상에서 저역통과필터 (LPF: Low pass filter)를 통과시킨 영상의 차이를 통해 얻어진 영상으로 영상의 고주파 영역에 해당한다. 이 때, n이 커짐에 따라 LPF의 필터 탭이 늘어나 다양한 범위의 대역을 획득할 수 있다. 수학식 1에 따라 n과 n-1의 영역이 서로 겹치지 않도록 하여 각 대역 별로 적응적인 이득을 획득할 수 있다.

[0014] 하지만, 앞서 설명한 종래 기술에서 제안하는 변환함수는 일반 영상에는 적합하지만 X-ray와 같은 의료 영상의 특성에 적합하지 않다. 따라서, 효과적인 대비 개선이 이루어지지 않는다. 특히 X-ray 영상의 경우, 의미 있는 데이터가 특정 일부 구간에 몰려 있어 대비 개선과 밝기 레벨의 향상이 어렵다는 문제점을 갖고 있다.

[0015] 따라서, 대비와 선명도가 떨어지는 원본 X-ray 영상으로부터 선명도와 대비를 향상시켜 양질의 X-ray 영상을 획득할 수 있는 X-ray 영상용 화질 개선 알고리즘을 필요로 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 대비와 선명도가 떨어지는 원본 X-ray 영상으로부터 선명도와 대비를 향상시켜 양질의 X-ray 영상을 획득할 수 있는 X-ray 영상용 화질 개선 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 3단계 LUT(Look up table) curve와 고주파 대역 별 이득 계산을 통해 전체적인 대비와 디테일 영역의 선명도를 향상시키고자 한다. 또한, 히스토그램 평활화 방식을 통해 최종적으로 영상의 적절한 밝기 레벨을 맞춰주는 X-ray 영상용 선명도 및 대비 개선 프레임워크를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0017] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법은 글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계, 상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계, 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 단계, 상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계는 지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시키는 글로벌 LUT 커브를 적용하는 단계, 감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 프리 LUT 커브를 적용하는 단계, 잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시키는 포스트 LUT 커브를 적용하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 대역 별 최적 이들을 이용하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계는 상기 X-ray 영상의 고주파 영역을 복수의 대역으로 분리하고, 상기 분리된 대역 별 최적 이득을 계산하여 적용함으로써 상기 X-ray 영상의

선명도를 개선시킬 수 있다.

[0020] 상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계는 상기 X-ray 영상을 그리드 블록 단위로 분할하고, 상기 그리드 블록 단위 별 히스토그램을 계산할 수 있다.

[0021] 또한, 미리 정해진 대비 한계 문턱 값을 기준으로 상기 한계 문턱 값 이상의 개수를 갖는 영역은 나머지 영역으로 분배하여 특정 영역에 상기 영상 밝기가 몰리는 것을 방지할 수 있다.

[0022] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치는 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 대비 개선부, 상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 선명도 개선부, 상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 밝기 조절부를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 대비 개선부는 지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시키는 글로벌 LUT 커브 적용부, 감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 프리 LUT 커브 적용부, 잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시키는 포스트 LUT 커브 적용부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 실시예들에 따르면 X-ray 영상의 다양한 특성을 고려하여 설계된 X-ray 영상용 화질 개선 알고리즘을 통해 디텍터로부터 얻어진 낮은 질의 X-ray 데이터로부터 양질의 X-ray 영상을 복원할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면 화질 개선된 X-ray 영상에서는 혈관, 근육, 뼈 등 다양한 신체조직이 식별가능하며, 선명하게 보이므로 의사들의 진단 정확성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 종래 기술에 따른 ROI 대비 향상 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 종래 기술에 따른 일반 영상용 SDMSR 블록도이다.

도 3은 종래 기술에 따른 mlog 변환함수 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 글로벌 LUT 적용 전후의 X-ray 영상의 히스토그램을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 글로벌 LUT 적용 전후의 X-ray 영상을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 CHAHE 방식의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0027] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0028] X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법은 글로벌 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계(410), 상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계(420), 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 단계(430), 상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계(440)를 포함할 수 있다.

[0029] 단계(410)에서, LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시킬 수 있다. 글로벌 LUT 커브를 적용하는 단계는 지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시킬 수 있다.

[0030] 단계(420)에서, 상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시킬 수 있다. 이때, 상기 X-ray 영상의 고주파 영역을 복수의 대역으로 분리하고, 상기 분리된 대역 별 최적 이득을 계산하여 적용함으로써 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시킬 수 있다.

[0031] 단계(430)에서, 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시킬 수 있다.

[0032] 프리 LUT 커브는 감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시킬 수 있다.

[0033] 포스트 LUT 커브는 잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시킬 수 있다. 다시 말해, 매우 밝거나 매우 어두운 영역과 같이 잡음 영역에 해당하는 지역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 중간 대역의 대비는 증가시킬 수 있다.

[0034] 단계(440)에서, 상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절할 수 있다. 이때, 상기 X-ray 영상을 그리드 블록 단위로 분할하고, 상기 그리드 블록 단위 별 히스토그램을 계산할 수 있다. 그리고, 미리 정해진 대비 한계 문턱 값을 기준으로 상기 대비 한계 문턱 값 이상의 개수를 갖는 영역은 나머지 영역으로 분배하여 특정 영역에 상기 영상 밝기가 몰리는 것을 방지할 수 있다.

[0035] 제안하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법에 대하여 도 5 내지 도 9를 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0036] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

[0037] 종래 기술의 일반 영상 대비 향상 알고리즘과 달리, 제안하는 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 방법은 3단계 LUT 커브(curve)인 글로벌 LUT 커브(510), 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브(520)를 사용하여 영상 대비를 개선할 수 있다. 그리고, 고주파 영역을 복수의 대역(531, 532, 533)으로 분리한다. 분리된 대역은 SD(Sub-band decomposition)(540)를 거쳐 각각의 대역 별 최적의 이득(551, 552, 553)을 계산하여 적용하고 영상의 세부적인 선명도까지 향상시킬 수 있다. 마지막으로 지역적 히스토그램 평활화(예를 들어, CLAHE: Contrast limited adaptive histogram equalization)(560)를 수행하여 영상의 전체적인 밝기 레벨을 높임으로써 선명한 화질의 X-ray 결과 영상을 생성할 수 있다.

[0038] 본 발명은 대역을 분리하여 선명도를 개선하되 보다 나은 대비 개선과 선명도 향상을 위해 새로운 변환함수와 히스토그램 평활화 기법을 접목하여 X-ray 영상에 적합한 대비 및 선명도 개선 알고리즘을 제안한다.

[0039] 먼저, LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시킬 수 있다. 실시예에 따른 X-ray 영상은 어두운 영역에 정보가 몰려있기 때문에 종래 기술에서 쓰이는 변환함수로는 적절하게 대비를 개선시킬 수 없다. 따라서 본 발명에서는 복수의 X-ray 영상 데이터의 히스토그램을 분석하여 X-ray 영상에 적합한 변환 커브를 LUT (Look up table) 형식으로 새롭게 설계한다.

[0040] 본 발명에서 사용하는 변환함수는 글로벌LUT 커브(global LUT curve), 프리 LUT 커브(pre LUT curve), 그리고 포스트 LUT 커브(post LUT curve)를 적용할 수 있다. 글로벌LUT 커브는 가장 먼저 적용되는 변환함수로써 그 형태가 로그함수와 매우 유사하다. 본 발명에서는 로그함수의 기울기를 조절하여 X-ray 영상의 히스토그램 특징에 적합하도록 수정하였다.

[0041] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 글로벌 LUT 적용 전후의 X-ray 영상의 히스토그램을 나타내는 도면이다.

[0042] 도 6(b)에 나타낸 글로벌LUT 커브는 도 6(a)에서 볼 수 있듯이 지역적으로 몰려있는 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 해주는 역할을 한다. 이러한 과정을 통해 도 6(a)와 같이 뭉쳐있는 초기 X-ray 영상의 대비를 도 6(c)과 같이 보다 평활화된 일반적인 영상의 대비로 개선시킬 수 있다.

[0043] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 글로벌 LUT 적용 전후의 X-ray 영상을 나타내는 도면이다.

[0044] 도 6에서 설명한 바와 같이 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 해주는 과정을 통해 도 7(a)와 같이 뭉쳐있는 초기 X-ray 영상의 대비를 도 7(b)와 같이 보다 일반적인 영상의 대비로 개선시킬 수 있다.

[0045] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 나타내는 그래프이다.

[0046] 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브는 글로벌 LUT 커브를 통해 1차적으로 대비가 개선된 영상에 선명도 개선을 적용 한 후, 마지막으로 다시 한번 전체적인 X-ray 영상의 대비를 보정해주는 역할을 할 수 있다. 도 6(b)의 글로벌 LUT 커브는 어두운 영역에서 급격한 기울기를 가지는 반면 도 8(a) 및 도 8(b)에서의 프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브는 대체적으로 완만한 기울기를 가지는 것을 볼 수 있다. 프리 LUT 커브는 수학식 2와 같이 ?gt;1 인 감마보정함수로 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시킬 수 있다.

[0047] $$y = \frac{4096}{4096^{1.4}} x^{1.4}$$ 수학식 2

[0048] 포스트 LUT 커브는 매우 밝거나 매우 어두운 영역과 같이 잡음 영역에 해당하는 지역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 중간 대역의 대비는 증가시키도록 이중 곡선을 사용하여 설계하였다. 이 때, 포스트 LUT 커브 함수는 비선형 회귀(non-linear regression)기법을 통해 수학식 3과 같이 도출할 수 있다.

[0049] $$y = -2.378e^{-14}x^5 + 2.142e^{-10}x^4 - 7.032e^{-7}x^3 + 0.001212x^2 - 0.1939x + 8.462$$ 수학식 3

[0050] 여기에서, x는 입력 영상의 밝기 레벨이고, y는 출력 영상의 밝기 레벨을 의미한다.

[0051] 다음으로, X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시킬 수 있다. SDMSR 방식과 마찬가지로 대역을 분리하고 각 대역 별 이득 값을 아래 수학식 4 내지 수학식 6과 같이 계산할 수 있다. 이러한 방식은 각 대역끼리 정보가 서로 겹치지 않아서 스펙트럼의(spectral) 특성에 따른 효과적인 이득 제어(gain control)를 할 수 있다.

[0052] $$g_n(x,y) = \left(\frac{1}{NR_n(x,y)+\varepsilon_g}\right)^{1-\tilde{\sigma_n}}$$ 수학식 4

[0053] $$NR_n(x,y) = \frac{|\bar{R}_n(x,y)|}{|\bar{R}_n|_{max}}$$ 수학식 5

[0054] $$\tilde{\sigma} = \frac{\sigma_n}{\sigma_{max}+\varepsilon_\sigma}$$ 수학식 6

[0055] 여기에서, NR(x, y)는 sub-band R(x, y)값을 R중에 가장 큰 값으로 나누어 정규화 한 값이다. ε_g, ε_σ 는 분모가 0이 되지 않도록 하는 작은 값이고 $\tilde{\sigma_n}$ 은 필터 탭을 결정하는 가우시안 서라운드 스페이스 상수(Gaussian surround space constant) σ_n을 σ_n 중 가장 큰 값으로 나눈 것이다. 수학식 2에 따르면 이득(gain) g(x, y)는 정규화된 서브-밴드(sub-band) 값에 반비례하도록 나타날 수 있다. 또한 지수 $1-\tilde{\sigma_n}$ $1-\tilde{\sigma_n}$에 의하여 저주파 영역보다 고주파 영역에 더 큰 이득(gain)값을 줄 수 있다.

[0056] 마지막으로, X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절할 수 있다. 다시

말해, X-ray 영상의 전체적인 밝기 레벨 및 대비를 최적화하기 위해 마지막으로 히스토그램 평활화 기법을 적용할 수 있다. 하지만 종래 기술의 여러 히스토그램 평활화 기법은 일반 영상보다 훨씬 넓은 데이터 범위를 갖고, 일반적인 해상도도 큰 X-ray 영상을 효과적으로 개선하지 못한다. 따라서 본 발명은 다양한 히스토그램 평활화 기법들 중 의료 영상에 적합한 CLAHE(Contrast limited adaptive histogram equalization)방법을 적용하여 X-ray 영상의 밝기 레벨 및 대비를 조절한다.

[0057] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 CHAHE 방식의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

[0058] 먼저, 영상을 그리드 블록 단위로 분할할 수 있다. 이후, 각 그리드 별 히스토그램을 계산한다. 이때 도 9(a)와 같이, 대비 한계 문턱 값(910)을 기준으로 대비 한계 문턱 값(910) 이상의 개수를 갖는 영역(920)을 도 9(b) 나머지 영역(930)으로 분배하여 특정 구간에 영상 밝기가 몰리는 것을 방지하고 영상의 대비를 살린다. 예를 들어, 제안하는 방법에서는 다양한 X-ray 영상을 분석하여 실험적으로 최적의 대비 한계 문턱 값을 2.3으로 설정하였다. 결과적으로 제안하는 방법에서는 앞선 대비 개선 및 선명도 개선을 수행한 뒤, 최종적으로 적응적 히스토그램 평활화 기법을 통해 영상의 전체적인 밝기 레벨을 조절하여 시각적 화질이 뛰어난 결과 영상을 얻어낼 수 있다.

[0059] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0060] X-ray 영상을 위한 선명도 및 대비 향상 장치(1000)는 대비 개선부(1010), 선명도 개선부(1020), 밝기 조절부(1030)를 포함할 수 있다.

[0061] 대비 개선부(1010)는 LUT 커브를 사용하여 상기 X-ray 영상의 대비를 개선시킬 수 있다. 대비 개선부(1010)는 글로벌 LUT 커브 적용부(1011),프리 LUT 커브 적용부(1012),포스트 LUT 커브 적용부(1013)를 포함할 수 있다.

[0062] 글로벌 LUT 커브 적용부(1011)는 지역적으로 몰려있는 상기 X-ray 영상의 원본 데이터 히스토그램을 1차적으로 평활화 시킬 수 있다.

[0063] 프리 LUT 커브 적용부(1012)는 감마보정함수를 이용하여 상기 X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시킬 수 있다.

[0064] 포스트 LUT 커브 적용부(1013)는 잡음 영역에 해당하는 영역의 대비는 감소시키고 영상 컨텐츠가 존재하는 대역의 대비를 증가시킬 수 있다.

[0065] 선명도 개선부(1020)는 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을 구하여 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시킬 수 있다. 이때, 상기 X-ray 영상의 고주파 영역을 복수의 대역으로 분리하고, 상기 분리된 대역 별 최적 이득을 계산하여 적용함으로써 상기 X-ray 영상의 선명도를 개선시킬 수 있다.

[0066] 밝기 조절부(1030)는 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를 수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절할 수 있다. 이때, 상기 X-ray 영상을 그리드 블록 단위로 분할하고, 상기 그리드 블록 단위 별 히스토그램을 계산할 수 있다. 그리고, 대비 한계 문턱 값을 기준으로 상기 한계 문턱 값 이상의 개수를 갖는 영역은 나머지 영역으로 분배하여 특정 영역에 상기 영상 밝기가 몰리는 것을 방지할 수 있다.

[0067] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치

는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0068] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

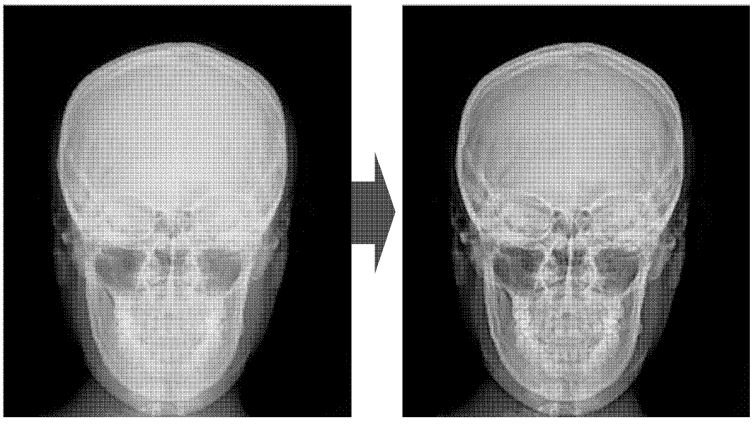
[0069] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0070] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0071] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

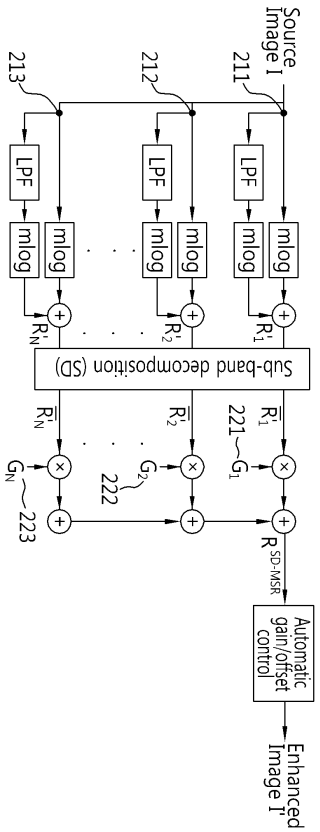
도면

도면1

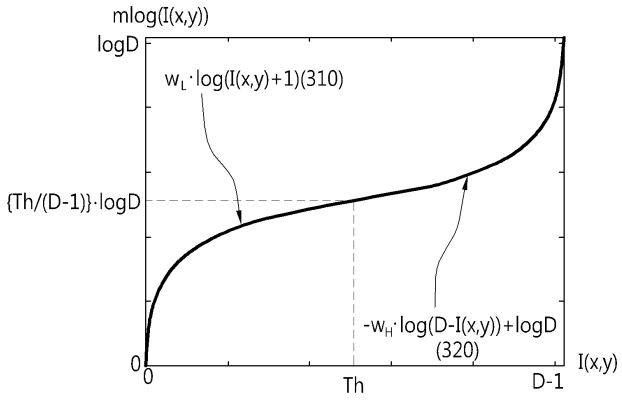


(a) (b)

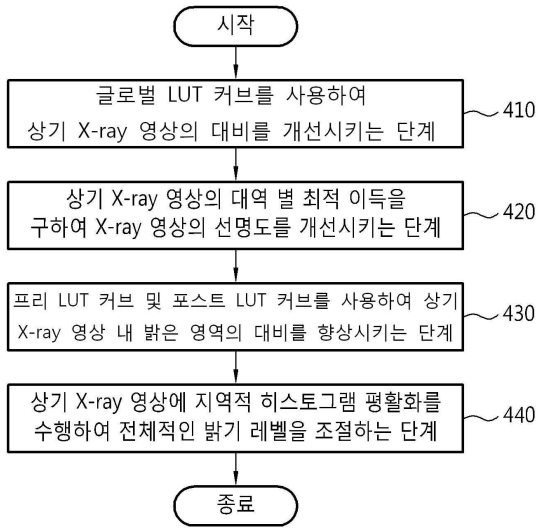
도면2


Source Image I
211
212
213
LPF
mlog
Sub-band decomposition (SD)
221~G1
222
G2
223
GN
Automatic gain/offset control
Enhanced Image I

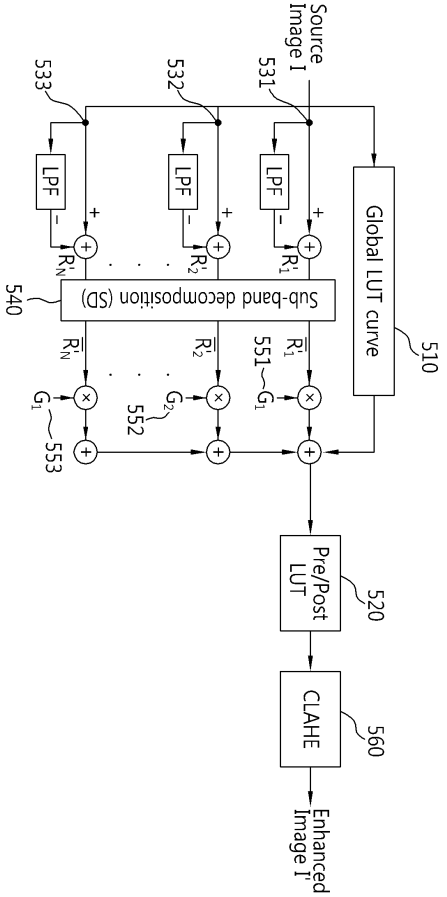
도면3


mlog(I(x,y))
logD
wL·log(I(x,y)+1)(310)
{Th/(D-1)}·logD
-wH·log(D-I(x,y))+logD
(320)
0
Th
D-1
I(x,y)

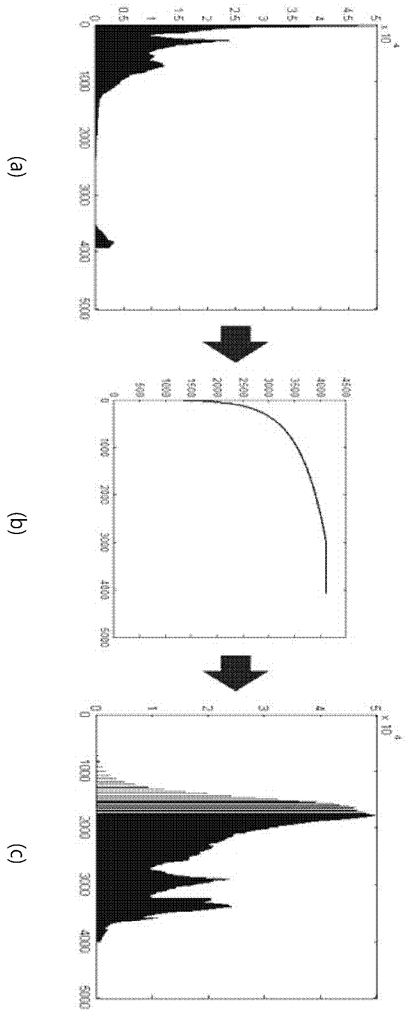
도면4


시작
글로벌 LUT 커브를 사용하여
상기 X-ray 영상의 대비를 개선시키는 단계
410
상기 X-ray 영상의 대역 별 최적 이득을
구하여 X-ray 영상의 선명도를 개선시키는 단계
420
프리 LUT 커브 및 포스트 LUT 커브를 사용하여 상기
X-ray 영상 내 밝은 영역의 대비를 향상시키는 단계
430
상기 X-ray 영상에 지역적 히스토그램 평활화를
수행하여 전체적인 밝기 레벨을 조절하는 단계
440
종료

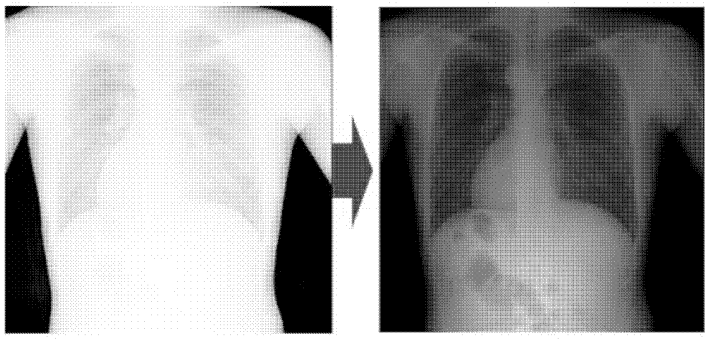
도면5


Source Image I
531
532
533
LPF
LPF
LPF
Sub-band decomposition (SD)
540
Global LUT curve
510
551
552
553
Pre/Post LUT
520
CLAHE
560
Enhanced Image I'

도면6

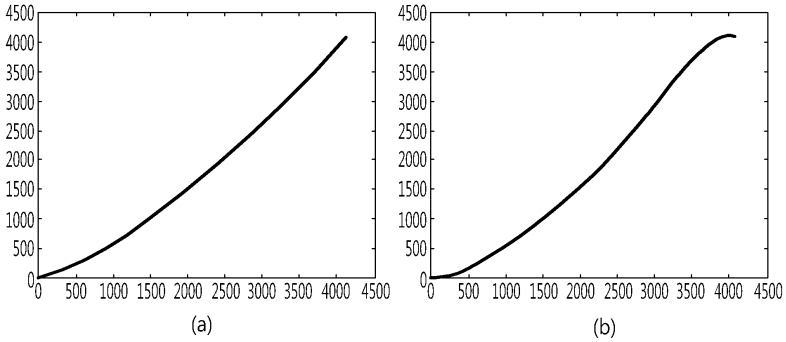


도면7

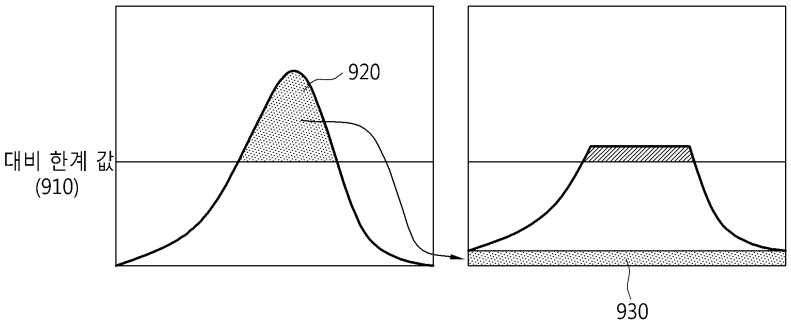


(a) (b)

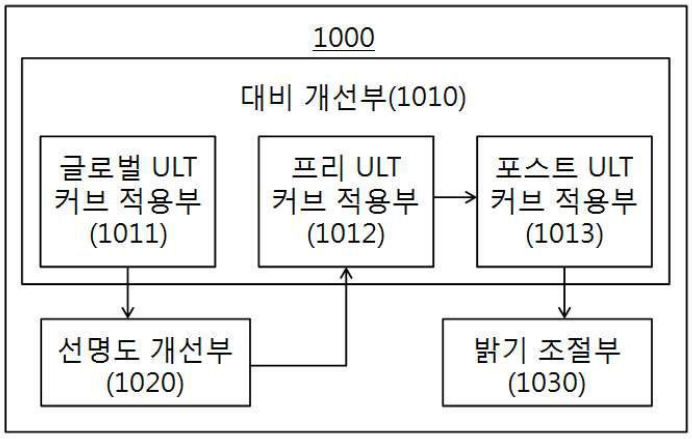
도면8


4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500
(a)
(b)

도면9


920
대비 한계 값
(910)
930

도면10


1000
대비 개선부(1010)
글로벌 ULT
커브 적용부
(1011)
프리 ULT
커브 적용부
(1012)
포스트 ULT
커브 적용부
(1013)
선명도 개선부
(1020)
밝기 조절부
(1030)