



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0027131
(43) 공개일자 2019년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G09G 3/36 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G09G 3/36 (2013.01)

G09G 2320/066 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0113786

(22) 출원일자 2017년09월06일

심사청구일자 2017년09월06일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김중욱

서울특별시 노원구 중계로 233, 108동 1304호(중계동, 청구3차아파트)

이규호

서울특별시 송파구 올림픽로 135, 255동 2402호(잠실동, 리센즈)

김재우

서울특별시 송파구 올림픽로35길 104, 15동 1211호(신천동, 장미아파트)

(74) 대리인

송인호, 윤형근, 최영중, 최관락

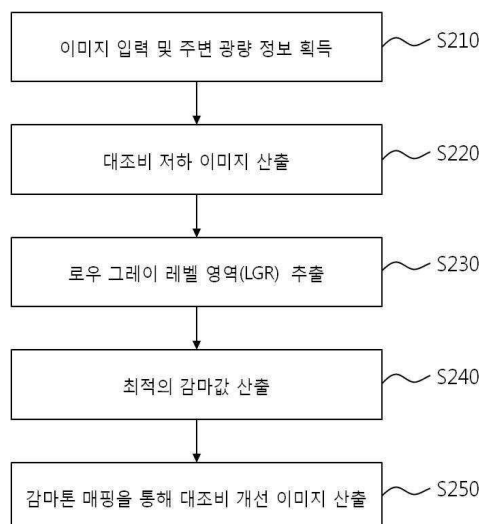
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 디스플레이 시인성 개선 방법 및 장치

(57) 요약

디스플레이 시인성 개선 방법 및 장치가 개시된다. 디스플레이 시인성 개선 방법은, 디스플레이에 출력되는 이미지를 입력받고, 주변광의 휘도값을 획득하는 단계, 입력된 이미지에 획득된 주변광의 휘도값을 추가하여 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계, 대조비 저하 이미지에서 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역(LGR: Low Gray-level Region)을 추출하는 단계, 추출된 로우 그레이 레벨 영역을 이용하여 대조비 개선 보정값을 산출하는 단계 및 산출된 대조비 개선 보정값을 입력된 이미지에 적용하여 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계를 포함하되, 대조비 개선 보정값은 입력된 이미지와 대조비 개선 이미지의 휘도 차이 및 대조비 차이를 최소화하는 값으로 결정된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G09G 2320/0673 (2013.01)

G09G 2360/144 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016012865

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 웨어러블 AR 디스플레이의 고화질화 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

주변광의 영향을 받은 디스플레이의 시인성을 개선하는 디스플레이 시인성 개선 장치가 수행하는 디스플레이 시인성 개선 방법에 있어서,

상기 디스플레이에 출력되는 이미지를 입력받고, 상기 주변광의 휘도값을 획득하는 단계;

상기 입력된 이미지에 상기 획득된 주변광의 휘도값을 추가하여 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계;

상기 대조비 저하 이미지에서 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역(LGR: Low Gray-level Region)을 추출하는 단계;

상기 추출된 로우 그레이 레벨 영역을 이용하여 대조비 개선 보정값을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 대조비 개선 보정값을 상기 입력된 이미지에 적용하여 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계를 포함 하되,

상기 대조비 개선 보정값은 상기 입력된 이미지와 상기 대조비 개선 이미지의 휘도 차이 및 대조비 차이를 최소화 하는 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 대조비 개선 보정값은 감마톤 매핑(gamma tone mapping)을 위하여 비용 함수(cost function)를 이용하여 산출된 최적의 감마값인 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 비용 함수는 상기 대조비 저하 이미지와 상기 최적의 감마값이 적용된 대조비 저하 이미지의 휘도 차이를 최소화하고, 상기 입력된 이미지와 상기 최적의 감마값이 적용된 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역의 대조비 측정값 차이를 최소화하는 감마값을 상기 최적의 감마값으로 산출하는 함수인 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 비용 함수는 하기 수학식으로 나타나는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

$$\arg \min_{\gamma} \sum_{i,j} \left\| \frac{Y(x^{(i,j)}, L_A) - Y((x^{(i,j)}, L_A))^{\gamma}}{Y(x^{(i,j)}, L_A)} \right\|^2$$

$$+ \lambda \left\| \frac{Rizzi(x_{LGR}) - Rizzi(x_{CL_LGR})^{\gamma}}{\sum |x_{CL_LGR}|} \right\|^2$$

여기서, x 는 입력 이미지의 화소이고, x_{LGR} 은 입력 이미지의 로우 그레이 레벨 영역이고, x_{CL_LGR} 은 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역이고, L_A 는 주변광 레벨이고, (i, j) 는 입력 이미지의 화소 좌표이고, Y 는 화소를 휘도 도메인으로 변환하는 전광 변환 함수이고, r 은 감마 함수의 파라미터이고, $Rizzi()$ 는 대조비 측정값이고, λ 는 미리 설정된 가중치임.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계는,

상기 입력된 이미지의 각 화소의 휘도값에 상기 주변광의 휘도값을 합하여 상기 대조비 저하 이미지를 산출하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 대조비 저하 이미지는 상기 주변광의 영향과 전광 변환 함수(EOTF: Electro-Optical Transfer Function)를 결합하여 하기 수학적식으로 나타나는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

$$Y(x, L_A) = EOTF(x) + f(L_A)$$

여기서, x 는 입력 이미지의 각 화소이고, L_A 는 주변광 레벨이고, 함수 f 는 주변광의 영향을 디스플레이의 휘도값으로 출력하고, 출력 Y 는 입력 이미지의 각 화소 x 와 주변광 레벨 L_A 가 주어지면, 추정되는 사용자 인지 휘도 모델임.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 로우 그레이 레벨 영역을 추출하는 단계는,

상기 주변광의 휘도값에 상응하여 설정되는 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})를 이용하여 로우 그레이 레벨 영역 마스크를 산출하는 단계; 및

상기 대조비 저하 이미지에 상기 로우 그레이 레벨 영역 마스크를 적용하여 상기 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역을 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역은 하기 수학적식을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

$$X_{CL_LGR} = X_{CL} \circ X_{mask}$$

여기서, $\circ$ 는 Hadamard 또는 entry-wise 프로덕트(product)이고, X 는 각 화소가 그레이 레벨로 표현되는 입력 이미지이고, X_{mask} 는 로우 그레이 레벨 영역의 화소 위치 표시자이고, X_{mask} 는 대조비 저하 이미지(X_{CL})에 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})를 적용하여 획득되고, X_{CL} 은 대조비 저하 이미지이고, 로우 그레이 레벨 영역은 그레이

레벨이 상기 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR}) 이하임.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계는,

하기 수학적식을 이용하여 상기 감마톤 매핑을 수행하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 방법.

$$X_{cor} = (X_{org})^r$$

여기서, X_{cor} 은 감마 보정된 이미지이고, X_{org} 는 입력된 원본 이미지이고, r 은 감마 함수의 파라미터임.

청구항 10

주변광의 영향을 받은 디스플레이의 시인성을 개선하는 디스플레이 시인성 개선 장치에 있어서,

명령어를 저장하는 메모리; 및

상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함하되,

상기 명령어는,

상기 디스플레이에 출력되는 이미지를 입력받고, 상기 주변광의 휘도값을 획득하는 단계;

상기 입력된 이미지에 상기 획득된 주변광의 휘도값을 추가하여 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계;

상기 대조비 저하 이미지에서 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역(LGR: Low Gray-level Region)을 추출하는 단계;

상기 추출된 로우 그레이 레벨 영역을 이용하여 대조비 개선 보정값을 산출하는 단계; 및

상기 산출된 대조비 개선 보정값을 상기 입력된 이미지에 적용하여 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계를 포함하는 디스플레이 시인성 개선 방법을 수행하며,

상기 대조비 개선 보정값은 상기 입력된 이미지와 상기 대조비 개선 이미지의 휘도 차이 및 대조비 차이를 최소화하는 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 디스플레이 시인성 개선 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디스플레이 시인성 개선 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 증강 현실(AR: augmented reality) 디바이스에는 종종 투명 디스플레이가 사용되며, 이는 증강 현실 디바이스가 주변광의 영향에 민감하게 한다. 예를 들어, 도 1은 주변광에 의한 디스플레이의 시인성 감소를 나타낸 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 실내 및 실외 환경에서 공통적으로 주변광에 의하여 OST(optical see-through) 디스플레이에서 시인성 감소 현상이 나타난다. 그래서, 투명 디스플레이를 구비한 증강 현실 디바이스는 오버레이(overlay)되는 가상 콘텐츠에 대한 시인성이 중요한 문제가 된다.

[0003] 시인성 개선에 대하여 몇몇 연구가 있었으나, 대부분 색 교정(color correction) 문제에 대하여 다루고 있다. 직접 투영되는 증강 현실과 유사한 분야에서 대조비(contrast) 개선 작업이 이루어졌으나, OST 디스플레이에 대하여 명확한 시인성 개선 작업은 없다.

- [0004] 그리고, Park et al은 직접 투영되는 증강 현실의 컨텍스트에서의 대조비 개선 방법을 제안하였다(H. Park, M. Lee, S. Kim, and J. Park, "Contrast enhancement in direct-projected augmented reality," in Proc. IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo, Jul. 2006, pp. 1313-1316.). 이는, 색상과 채도를 유지하여 원본 입력 이미지와 가능한 유사하도록 대조비 개선된 색상의 유지를 시도한다. 그러나, 이는 주변광이 더 강해져 발생하는 대조비 감소 문제를 다루지 않는다.
- [0005] 최근, OST-HMD(optical see-through head mounted displays)를 이용한 어플리케이션이 많이 제안되어 왔다. Hu et al은 물체를 인식하기 어려운 암실 환경이나 야맹증을 위한 시각 보조 어플리케이션을 제안하였다(C. Hu, G. Zhai, and D. Li, "An Augmented-Reality night vision enhancement application for see-through glasses." in Proc. IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo Workshops, Jul. 2015.). 이는, 실제 장면을 캡처하는 외부 카메라의 시인성을 개선한다.
- [0006] OST-HMD 자체에 대한 시인성 개선 작업은 없었으나, 기존 평판 디스플레이의 시인성을 개선하는 많은 작업이 있어왔다. 모바일 LCD 디스플레이에 대한 대조비 개선 및 전력 감소를 위한 방법(J. Kim, K. Lee, J. Bae, H. Kim and J.-O Kim, "Optimal liquid crystal display backlight dimming based on clustered contrast loss." Optical Engineering, vol. 54, no. 10, 103112, Oct. 2015.)이 제안된 적이 있다. 이는, LCD의 백라이트 디밍(backlight dimming)으로 발생하는 대조비 손실을 최소화하는 것이다. OST 디스플레이에 대한 LCD 백라이트 디밍 및 주변광의 영향은 둘다 동적 범위 감소와 유사한 효과를 가지며, 이는 결과적으로 대조비 손실을 유발한다. 그러나, 백라이트 디밍으로 유발된 대조비 손실은 주변광에 의한 대조비 손실과는 다르며, 이들은 개별적으로 처리되어야 한다. 더욱이, 여기서는 주변광으로 유발된 대조비 감소가 고려되지 않았다.
- [0007] 따라서, 다양한 주변광 조건 하에서 디스플레이의 시인성을 개선할 수 있는 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 주변광의 영향을 받은 디스플레이의 시인성을 개선하는 디스플레이 시인성 개선 방법 및 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 주변광의 영향을 받은 디스플레이의 시인성을 개선하는 디스플레이 시인성 개선 장치가 수행하는 디스플레이 시인성 개선 방법이 개시된다.
- [0010] 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법은, 상기 디스플레이에 출력되는 이미지를 입력받고, 상기 주변광의 휘도값을 획득하는 단계, 상기 입력된 이미지에 상기 획득된 주변광의 휘도값을 추가하여 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계, 상기 대조비 저하 이미지에서 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역(LGR: Low Gray-level Region)을 추출하는 단계, 상기 추출된 로우 그레이 레벨 영역을 이용하여 대조비 개선 보정값을 산출하는 단계 및 상기 산출된 대조비 개선 보정값을 상기 입력된 이미지에 적용하여 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계를 포함하되, 상기 대조비 개선 보정값은 상기 입력된 이미지와 상기 대조비 개선 이미지의 휘도 차이 및 대조비 차이를 최소화하는 값으로 결정된다.
- [0011] 상기 대조비 개선 보정값은, 감마톤 매핑(gamma tone mapping)을 위하여 비용 함수(cost function)를 이용하여 산출된 최적의 감마값이다.
- [0012] 상기 비용 함수는 상기 대조비 저하 이미지와 상기 최적의 감마값이 적용된 대조비 저하 이미지의 휘도 차이를 최소화하고, 상기 입력된 이미지와 상기 최적의 감마값이 적용된 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역의 대조비 측정값 차이를 최소화하는 감마값을 상기 최적의 감마값으로 산출하는 함수이다.
- [0013] 상기 비용 함수는 하기 수학적식으로 나타낸다.

$$\arg \min_{\gamma} \sum_{i,j} \left\| \frac{Y(x^{(i,j)}, L_A) - Y((x^{(i,j)}, L_A))^{\gamma}}{Y(x^{(i,j)}, L_A)} \right\|^2$$

[0014]

$$+ \lambda \left\| \frac{Rizzi(x_{LGR}) - Rizzi(x_{CL_LGR})^\gamma}{\sum |x_{CL_LGR}|} \right\|^2$$

[0015]

[0016]

여기서, x 는 입력 이미지의 화소이고, x_{LGR} 은 입력 이미지의 로우 그레이 레벨 영역이고, x_{CL_LGR} 은 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역이고, L_A 는 주변광 레벨이고, (i, j) 는 입력 이미지의 화소 좌표이고, Y 는 화소를 휘도 도메인으로 변환하는 전광 변환 함수이고, r 은 감마 함수의 파라미터이고, $Rizzi()$ 는 대조비 측정값이고, λ 는 미리 설정된 가중치임.

[0017]

상기 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계는, 상기 입력된 이미지의 각 화소의 휘도값에 상기 주변광의 휘도값을 합하여 상기 대조비 저하 이미지를 산출한다.

[0018]

상기 대조비 저하 이미지는 상기 주변광의 영향과 전광 변환 함수(EOTF: Electro-Optical Transfer Function)를 결합하여 하기 수학식으로 나타난다.

$$Y(x, L_A) = EOTF(x) + f(L_A)$$

[0019]

[0020]

여기서, x 는 입력 이미지의 각 화소이고, L_A 는 주변광 레벨이고, 함수 f 는 주변광의 영향을 디스플레이의 휘도값으로 출력하고, 출력 Y 는 입력 이미지의 각 화소 x 와 주변광 레벨 L_A 가 주어지면, 추정되는 사용자 인지 휘도 모델임.

[0021]

상기 로우 그레이 레벨 영역을 추출하는 단계는, 상기 주변광의 휘도값에 상응하여 설정되는 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})를 이용하여 로우 그레이 레벨 영역 마스크를 산출하는 단계 및 상기 대조비 저하 이미지에 상기 로우 그레이 레벨 영역 마스크를 적용하여 상기 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역을 산출하는 단계를 포함한다.

[0022]

상기 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역은 하기 수학식을 이용하여 산출된다.

$$X_{CL_LGR} = X_{CL} \circ X_{mask}$$

[0023]

[0024]

여기서, $\circ$ 는 Hadamard 또는 entry-wise 프로덕트(product)이고, X 는 각 화소가 그레이 레벨로 표현되는 입력 이미지이고, X_{mask} 는 로우 그레이 레벨 영역의 화소 위치 표시자이고, X_{mask} 는 대조비 저하 이미지(X_{CL})에 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})를 적용하여 획득되고, X_{CL} 은 대조비 저하 이미지이고, 로우 그레이 레벨 영역은 그레이 레벨이 상기 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR}) 이하임.

[0025]

상기 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계는, 하기 수학식을 이용하여 상기 감마톤 매핑을 수행한다.

$$X_{cor} = (X_{org})^\gamma$$

[0026]

[0027]

여기서, X_{cor} 은 감마 보정된 이미지이고, X_{org} 는 입력된 원본 이미지이고, r 은 감마 함수의 파라미터임.

[0028]

본 발명의 다른 측면에 따르면, 주변광의 영향을 받은 디스플레이의 시인성을 개선하는 디스플레이 시인성 개선 장치가 개시된다.

[0029]

본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 장치는, 명령어를 저장하는 메모리 및 상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함하되, 상기 명령어는, 상기 디스플레이에 출력되는 이미지를 입력받고, 상기 주변광의 휘도값을 획득하는 단계, 상기 입력된 이미지에 상기 획득된 주변광의 휘도값을 추가하여 대조비 저하 이미지를 산출하는 단계, 상기 대조비 저하 이미지에서 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역(LGR: Low Gray-level Region)을 추출하는 단계, 상기 추출된 로우 그레이 레벨 영역을 이용하여 대조비 개선 보정값을 산출하는 단계 및 상기 산출된 대조비 개선 보정값을 상기 입력된 이미지에 적용하여 대조비 개선 이미지를 산출하는 단계를 포함하는 디스플레이 시인성 개선 방법을 수행하며, 상기 대조비 개선 보정값은 상기 입력된 이미지와 상기 대조비 개선 이미지의 휘도 차이 및 대조비 차이를 최소화하는 값으로 결정된다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법 및 장치는, 주변광의 영향을 받은 디스플레이의 시인성을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 주변광에 의한 디스플레이의 시인성 감소를 나타낸 도면.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법을 나타낸 흐름도.

도 3 내지 도 8은 도 1의 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법을 설명하기 위한 도면.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 장치의 구성을 개략적으로 예시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0033] 이하, 본 발명의 다양한 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상술하겠다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법을 나타낸 흐름도이고, 도 3 내지 도 8은 도 1의 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법을 설명하기 위한 도면이다. 이하, 도 2를 중심으로 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법에 대하여 설명하되, 도 3 내지 도 8을 참조하기로 한다. 도 2의 디스플레이 시인성 개선 방법은 디스플레이 장치에 구비되거나 디스플레이 장치에 연결된 디스플레이 시인성 개선 장치에 의하여 수행된다. 예를 들어, 디스플레이 장치는 투명 디스플레이를 구비한 OST-HMD(optical see-through head mounted displays)일 수 있다. 이하에서는, 본 발명의 이해와 설명의 편의를 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법이 적용되는 디스플레이 장치가 OST-HMD인 것으로 가정하여 설명하기로 한다.

[0035] S210 단계에서, 디스플레이 시인성 개선 장치는 디스플레이 장치에 출력되는 이미지를 입력받고, 주변 광량 정보를 획득한다. 예를 들어, 주변 광량 정보는 주변광의 휘도(luminance)값으로 획득될 수 있다.

[0036] S220 단계에서, 디스플레이 시인성 개선 장치는 획득된 주변 광량 정보를 이용하여 입력된 이미지로부터 대조비 저하 이미지를 산출한다. 예를 들어, 대조비 저하 이미지는 입력 이미지의 각 화소의 휘도값에 주변광의 휘도값을 합하여 산출될 수 있다.

[0037] LCD 백라이트 디밍은 최대 디스플레이 휘도를 감소시키며, 평균 화상 레벨(APL: average picture level)을 더 낮추고 대조비 손실을 유발한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 감소된 휘도 및 대조비를 보상하기 위한 더 어두운 화소들이 선형적으로 증가된다. 더 밝은 화소들은 동적 범위가 유지되도록 설정하기 위하여 축소된다. 이러한 선형적인 감마 톤 매핑(gamma tone mapping)과 휘도 보상은, 최대 휘도 감소에 의하여 동적 범위가 감소되는 상황에서 적합하다.

[0038] 한편, 주변광은 OST 디스플레이의 동적 범위 감소를 유발한다. 주변광은 OST 디스플레이의 출력에 추가되기 때문에, 어두운 화소의 휘도가 증가한다. 이 결과는, OST 입력 화소들이 0으로 설정되더라도 주변광으로 인한 밝기가 존재하기 때문에, 되돌릴 수 없는 동적 범위 감소를 유발한다. 이 경우, 어두운 화소들의 휘도는 물리적으로 더 감소한다. 이를 해결할 적합한 방법은 어두운 화소들이 점유한 휘도 범위를 늘려 주변광이 밝기를 제공하더라도 가시적인 대조비가 달성될 수 있도록 하는 것이다.

[0039] 다른 디스플레이처럼 OST-HMD는 파워 함수 형태로 전광 변환 함수(EOTF: Electro-Optical Transfer Function)를 가진다. 전광 변환 함수는 입력 화소 레벨과 사용자가 인지할 수 있는 디스플레이의 출력 휘도 사이의 비선형 변환 함수를 의미한다. 주변광은 디스플레이 출력에 휘도를 추가하고, 디스플레이의 전광 변환 함수에 빛나가도록 사용자가 인지할 수 있는 휘도 커브를 변화시킨다. 일반적으로, 모든 화소 레벨들의 휘도가 증가하면,

OST-HMD의 블랙(black) 레벨들은 매우 밝아질 것이다. 주변광 하에서, 휘도값으로 주변광과 비교되는 디스플레이된 이미지의 로우 그레이 레벨(low gray level)은 거의 식별할 수 없게 된다. 본 발명의 실시예에서는, 대조비가 심각하게 손실되는 로우 그레이 레벨로 구성되는 이미지 영역(LGR: Low Gray-level Region)이 사용된다.

[0040] 인간은 로우 그레이 레벨 영역(LGR)이 아닌 영역보다 로우 그레이 레벨 영역(LGR)에서 대조비 손실을 더 강하게 인지한다. 인간은 높은 자극보다는 낮은 자극의 변화에 더 민감하다. 이는, 로우 그레이 레벨의 전체 휘도 증가는 하이 그레이 레벨(high gray level)보다 더 급격하게 커지는 것으로 느껴지므로, 인간이 로우 그레이 레벨 영역에서 대조비 손실에 더 민감하다는 것을 나타낸다.

[0041] 예를 들어, 도 3은 전광 변환 함수(EOTF)를 이용하여 로우 그레이 레벨 영역을 추정하는 것을 나타낸다. 도 3의 파란색 및 주황색 그래프는 각각 암실 및 주변광이 존재하는 공간에서 입력 이미지의 휘도 변화를 나타낸다. OST 디스플레이의 출력 이미지는 암실에서 사용자의 눈으로 온전히 전달되나, 주변광이 존재하는 공간에서는 입력 이미지의 화소들의 휘도값이 주변광만큼 증가하여 사용자의 눈으로 전달된다. 이때, 사용자는 주변광으로 인하여 이미지의 블랙 레벨을 회색으로 인지한다. 즉, 도 3을 참조하면, 미리 설정된 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR}) 이하의 입력 화소 그레이 레벨을 가지는 이미지의 영역은 사용자의 눈으로 식별될 수 없고 평탄하게 인지될 수 있다. 이에 따라, 사용자가 인지하는 이미지의 대조비가 크게 감소하여 디스플레이의 화질 저하로 이어진다. 여기서, 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})는 주변광의 휘도값으로 결정될 수 있으며, 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR}) 이하의 입력 화소 그레이 레벨을 가지는 이미지의 영역은 로우 그레이 레벨 영역(LGR: Low Gray-level Region)으로 정의될 수 있다.

[0042] 이와 같이, 다양한 주변광 하에서, OST 디스플레이의 블랙 레벨은 완전한 블랙으로 충분히 표현될 수 없다. 즉, 동적인 대조비는 주변광이 더 강해질수록 더 많이 나빠진다. 특히, 휘도가 주변광보다 낮은 OST 디스플레이 화소의 차이는 밝히기 어렵다. 그러므로, 로우 그레이 레벨 영역에서 대조비 개선은 주변광 하에서 OST 디스플레이의 시인성을 위하여 중요하다.

[0043] 대조비 저하 이미지는 사용자 인지 휘도 모델을 이용하여 휘도 도메인에서 추정될 수 있다. 이를 위하여, 디스플레이의 전광 변환 함수와 주변광은 특정되어야 한다. 즉, 입력 이미지의 각 화소는 전광 변환 함수에 의하여 디스플레이 상에서 휘도값으로 변환된다. 예를 들어, 시인성이 감소된 이미지(즉, 대조비 저하 이미지)는 하기 수식식과 같이, 주변광의 영향과 전광 변환 함수를 결합하여 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$Y(x, L_A) = EOTF(x) + f(L_A)$$

[0044]

[0045] 여기서, x 는 입력 이미지의 각 화소이고, L_A 는 주변광 레벨이고, 함수 f 는 주변광의 영향을 OST 디스플레이의 휘도값으로 출력하고, 출력 Y 는 입력 이미지의 각 화소 x 와 주변광 레벨 L_A 가 주어지면, 추정되는 사용자 인지 휘도 모델이다. 이 모델이 입력 이미지에 적용되면, 시인성이 감소된 이미지가 산출될 수 있다.

[0046] $L_A=0$ 일 때, 즉, 암실에서 $Y(x, L_A)$ 는 주변광 L_A 가 변하지 않는 OST 디스플레이의 고유(intrinsic)의 전광 변환 함수에 상응한다. 그리고, $L_A > 0$ 일 때, $Y(x, L_A)$ 는 주변광 레벨에 따라 증가한다.

[0047] 예를 들어, 도 4의 상단 그래프는 주변광의 변화에 따라 실제 측정된 OST 디스플레이에 추가되는 휘도값을 나타낸다. 도 4에 도시된 바와 같은 추가되는 휘도값으로 OST 디스플레이의 휘도가 증가하면, 사용자는 OST 디스플레이의 전광 변환 함수가 변경된 것처럼 디스플레이 이미지를 인식한다. 그러므로, 사용자 인지 휘도 모델 $Y(x, L_A)$ 은 도 4에 도시된 바와 같은 측정에 기반하여 수립될 수 있다. 주변광 레벨 L_A 를 모델링하는 것은 복잡하지만, OST 디스플레이의 주변광 영향을 추정하는 함수 f 를 가정하면, 간단히 추가된 모델이 수학식 1과 같이 도출될 수 있다.

[0048] 예를 들어, 도 4의 하단 그래프는 주변광 레벨의 상대적인 스케일을 나타낸다. 도 4를 참조하면, L_A 에서 레벨 0은 암실에 상응하고, 더 높은 레벨은 더 밝은 휘도를 의미한다. 즉, 주변광 레벨은 암실에서 태양광까지 총 14개로 구분될 수 있으며, 이 중에서 레벨 4는 실내 형광 조명에 상응하고, 레벨 13은 실외 태양광에 상응할 수

있다.

- [0049] 예를 들어, 도 5는 도 4의 주변광 레벨에 따라 디스플레이의 전광 변환 함수를 나타낸 것이다. 사용자가 인지하지 못하는 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역의 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})는 주변광의 세기(휘도)에 따라 달라지며, 주변광의 세기가 클수록 입력 이미지의 대조비 저하 영역이 증가한다.
- [0050] OST 디스플레이에 근접한 광원의 영향은 정확하게 모델링하는 것이 어렵다. 그러므로, 상당히 근사적인 모델인 주변광 모델이 이용될 수 있다. 디스플레이의 광원의 영향은 정면 방향으로부터 OST 디스플레이에 입사된 광량으로 측정된다. 주변광원은 고정된 광량을 방출하나, 디스플레이에 도착하는 주변광량은 주변광원의 위치 및 주변 구조물에 따라 매우 다양하다. 그래서, 본 발명의 실시예에서는, 주변광원이 고정되어 있고, 주변광원의 세기가 전술한 바와 같은 것으로 가정하기로 한다. 이 가정은, OST-HMD의 제조자가 OST-HMD 제품에 집적하는 센서에 의하여 광원의 세기가 간단히 측정될 수 있으므로, 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법에 적용 가능하다.
- [0051] S230 단계에서, 디스플레이 시인성 개선 장치는 대조비 저하 이미지에서 대조비 저하 영역인 로우 그레이 레벨 영역(LGR)을 추출한다.
- [0052] 로우 그레이 레벨 영역(LGR)에서의 대조비 손실은 시인성에 크게 영향을 준다. 그래서, 로우 그레이 레벨 영역(LGR)이 결정될 필요가 있다.
- [0053] 예를 들어, 도 6은 로우 그레이 레벨 영역과 그 외 영역의 대조비 감소를 비교한 것을 나타낸다. 즉, 도 6은 $L_A=12$ 일 때의 로우 그레이 레벨 영역의 예를 나타낸다. 도 6에 도시된 바와 같이, 로우 그레이 레벨 영역의 평균 대조비 손실은 로우 그레이 레벨 영역 외의 영역보다 거의 두 배 크다.
- [0054] 주변광의 휘도값 및 주변광의 휘도값에 상응하는 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})가 획득되면, 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역(X_{CL_LGR})은 하기 수식식과 같이, 대조비 저하 이미지(X_{CL})에 로우 그레이 레벨 영역 마스크(X_{mask})를 적용하여 산출될 수 있다.

수학식 2

$$X_{CL_LGR} = X_{CL} \circ X_{mask}$$

- [0055]
- [0056] 여기서, $\circ$ 는 Hadamard 또는 entry-wise 프로덕트(product)이고, X 는 각 화소가 그레이 레벨로 표현되는 입력 이미지이고, X_{mask} 는 로우 그레이 레벨 영역의 화소 위치 표시자이다. X_{mask} 는 대조비 저하 이미지(X_{CL})에 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR})를 적용하여 획득된다. X_{CL} 은 사용자 인지 휘도 모델에 의하여 산출되는 대조비 저하 이미지이다. 로우 그레이 레벨 영역은 그레이 레벨이 로우 그레이 레벨 임계치(T_{LGR}) 이하이다.
- [0057] S240 단계에서, 디스플레이 시인성 개선 장치는 감마톤 매핑(gamma tone mapping)을 위하여 비용 함수(cost function)를 이용하여 최적의 감마값을 산출한다.
- [0058] 주변광 하의 OST 디스플레이의 대조비 개선 방법은 감마톤 매핑이 가장 적합할 수 있다. 다양한 주변광에 대하여 감마톤 매핑을 위한 최적의 감마값을 결정하기 위하여 비용 함수가 도출된다.
- [0059] 로우 그레이 레벨 영역이 작을 때, 대조비 저하 영역은 비례하여 감소한다. 이것은 로우 그레이 레벨을 늘릴 필요가 거의 없음을 의미한다. 이 경우, 원본 이미지의 대조비 보존을 위하여 감마값은 1에 근접해야 한다.
- [0060] 반대로, 로우 그레이 레벨 영역이 클 때, 로우 그레이 레벨 영역의 대조비는 심하게 감소한다. 이 경우, 감마값을 1보다 매우 작게 설정함으로써, 로우 그레이 레벨 영역의 시인성이 많이 개선될 수 있다.
- [0061] 최적의 감마값은 입력된 원본 이미지로부터의 휘도 편차와 대조비 손실을 트레이드 오프하여 결정될 수 있다. 이 트레이드 오프의 이유는 다음과 같다. 첫 번째, 대조비 개선 이미지의 전체 휘도는 원본 이미지와 유사해야 한다. 그렇지 않으면, 대조비 개선 이미지는 원본 이미지와 불일치할 수 있다. 두 번째, 대조비 개선 이미지의 대조비는 원본 이미지의 대조비와 유사해야 한다. 로우 그레이 레벨 영역의 대조비 손실은 최소화되어 로우 그

레이 레벨 영역의 시인성이 유지되어야 한다.

[0062] 한편, 이미지에서 대조비를 정확하게 측정하는 것은 어려운 문제이다. 그래서, 절대적인 대조비 대신에 대조비 감소가 측정될 수 있다.

[0063] 예를 들어, 원본 로우 그레이 레벨 영역의 대조비에 대한 감마 보정된 로우 그레이 레벨 영역의 대조비 감소를 측정하는 Rizzi contrast metric이 이용될 수 있다. Rizzi 방식은, 이미지 전체의 각 화소가 주변 화소와 얼마나 대비되는지를 중심 화소와의 거리에 따른 가중치를 이용하여 정량적으로 측정하는 방식이다. 즉, 중심 화소와 주변 화소와의 밝기 차이를 산출하고, 산출된 각 밝기 차이를 거리에 따른 가중치를 적용하여 합한 후, 이를 이미지 크기(총 화소수)로 정규화함으로써, Rizzi 방식의 대조비 측정값이 산출될 수 있다.

[0064] 따라서, 디스플레이 시인성 개선 장치는 비용 함수를 이용하여 대조비 저하 이미지와 최적의 감마값이 적용된 대조비 저하 이미지의 휘도 차이 및 입력 이미지와 최적의 감마값이 적용된 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역의 대조비 측정값 차이를 최소화하는 감마값을 최적의 감마값으로 산출한다. 예를 들어, 비용 함수는 하기 수식식과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\arg \min_{\gamma} \sum_{i,j} \left\| \frac{Y(x^{(i,j)}, L_A) - Y((x^{(i,j)}, L_A))^{\gamma}}{Y(x^{(i,j)}, L_A)} \right\|^2$$

[0065]

$$+ \lambda \left\| \frac{Rizzi(x_{LGR}) - Rizzi(x_{CL_LGR})^{\gamma}}{\sum |x_{CL_LGR}|} \right\|^2$$

[0066]

[0067] 여기서, x는 입력 이미지의 화소이고, x_{LGR}은 입력 이미지의 로우 그레이 레벨 영역이고, x_{CL_LGR}은 대조비 저하 이미지의 로우 그레이 레벨 영역이고, L_A는 주변광 레벨이고, (i, j)는 입력 이미지의 화소 좌표이고, Y는 화소를 휘도 도메인으로 변환하는 전광 변환 함수이고, r은 감마 함수의 파라미터이고, Rizzi()는 대조비 측정값이고, λ는 미리 설정된 가중치이다.

[0068] 수학식 3에서 앞의 첫 번째 term은, 입력된 원본 이미지와 대조비 개선 이미지의 휘도 차이를 최소화하는 것이고, 수학식 3에서 뒤의 두 번째 term은, 입력된 원본 이미지와 대조비 개선 이미지의 대조비 차이를 최소화하는 것이다.

[0069] 대조비 개선 과정을 통해 입력 이미지가 과하게 보정될 경우, 입력 이미지와 괴리가 발생하게 되며, 이에 따라 이미지의 오브젝트와 배경, 이미지 특성은 동일하나 이미지의 밝기가 크게 달라짐에 따라 사용자가 입력 이미지와 동일한 이미지를 볼 수 없다. 따라서, 원본 이미지의 휘도 및 대조비를 크게 벗어나지 않도록 제약이 필요하다.

[0070] S250 단계에서, 디스플레이 시인성 개선 장치는 산출된 최적의 감마값을 이용하여 입력된 원본 이미지에 대한 감마톤 매핑을 통해 대조비 개선 이미지를 산출한다.

[0071] 인간의 밝기 인지력 법칙에 기반하는 감마톤 매핑은, 인간의 밝기 인지력 법칙에 따라 선형 휘도 레벨을 변환하며, 인코딩된 휘도 레벨은 인간에게 지각적으로 균일하게 나타난다. 예를 들어, 감마톤 매핑은 하기 수식식으로 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$X_{cor} = (X_{org})^r$$

[0072]

[0073]

여기서, X_{cor} 은 감마 보정된 이미지이고, X_{org} 는 입력된 원본 이미지이고, r 은 감마 함수의 파라미터이다.

[0074]

하이 그레이 레벨 영역은 감마값이 1보다 클 때, 확장되고, 반면에, 로우 그레이 레벨 영역은 감마값이 1보다 작을 때, 확장된다. 따라서, 감마값이 1보다 작을 때의 감마톤 매핑이 주변광에 의한 대조비 손실을 상쇄시키는데 적합한 이미지 보상 방법이다.

[0075]

예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 감마톤 매핑을 통해 로우 그레이 레벨 영역의 대조비가 개선될 수 있다. 즉, 주변광으로 인하여 평탄하게 된 로우 그레이 레벨 영역의 화소들은 감마톤 매핑을 통해 사용자가 인지 가능하게 될 수 있다. 그리고, 도 8은 감마값 변화에 따른 디스플레이의 입출력 이미지의 화소값 변화를 나타낸 그래프이다. 도 8을 참조하면, 감마값이 1 미만인 경우, 입력 이미지의 낮은 화소값이 지수적으로 증가될 수 있다.

[0076]

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 장치의 구성을 개략적으로 예시한 도면이다.

[0077]

도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 장치는 프로세서(10), 메모리(20), 통신부(30) 및 인터페이스(40)를 포함한다.

[0078]

프로세서(10)는 메모리(20)에 저장된 처리 명령어를 실행시키는 CPU 또는 반도체 소자일 수 있다.

[0079]

메모리(20)는 다양한 유형의 휘발성 또는 비휘발성 기억 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(20)는 ROM, RAM 등을 포함할 수 있다.

[0080]

예를 들어, 메모리(20)는 본 발명의 실시예에 따른 디스플레이 시인성 개선 방법을 수행하는 명령어들을 저장할 수 있다.

[0081]

통신부(30)는 통신망을 통해 다른 장치들과 데이터를 송수신하기 위한 수단이다.

[0082]

인터페이스부(40)는 네트워크에 접속하기 위한 네트워크 인터페이스 및 사용자 인터페이스를 포함할 수 있다.

[0083]

한편, 전술된 실시예의 구성 요소는 프로세스적인 관점에서 용이하게 파악될 수 있다. 즉, 각각의 구성 요소는 각각의 프로세스로 파악될 수 있다. 또한 전술된 실시예의 프로세스는 장치의 구성 요소 관점에서 용이하게 파악될 수 있다.

[0084]

또한 앞서 설명한 기술적 내용들은 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 실시예들을 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. 하드웨어 장치는 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0085]

상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

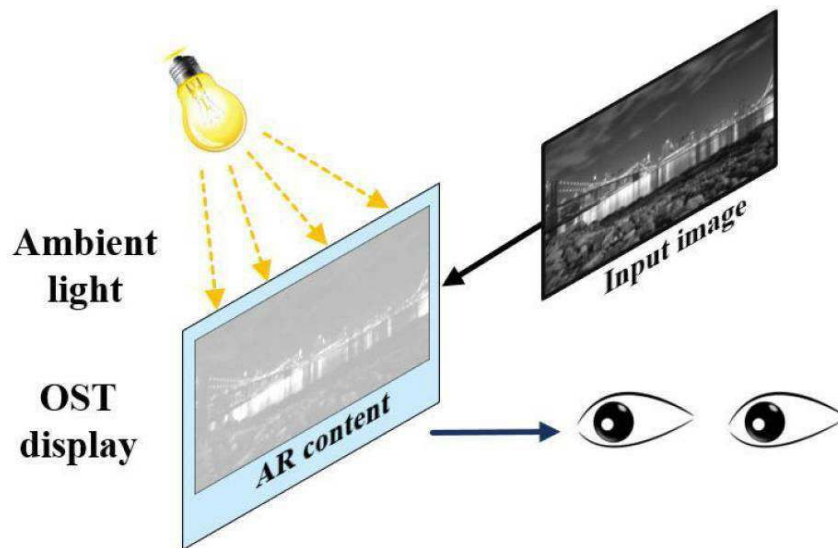
부호의 설명

[0086]

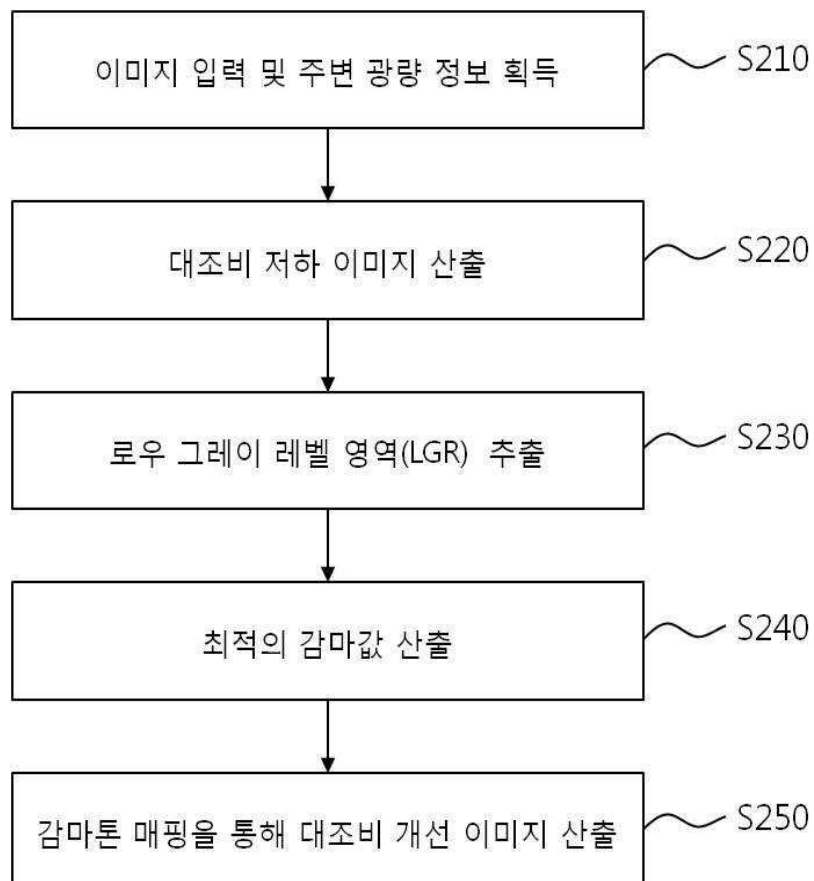
- 10: 프로세서
- 20: 메모리
- 30: 통신부
- 40: 인터페이스부

도면

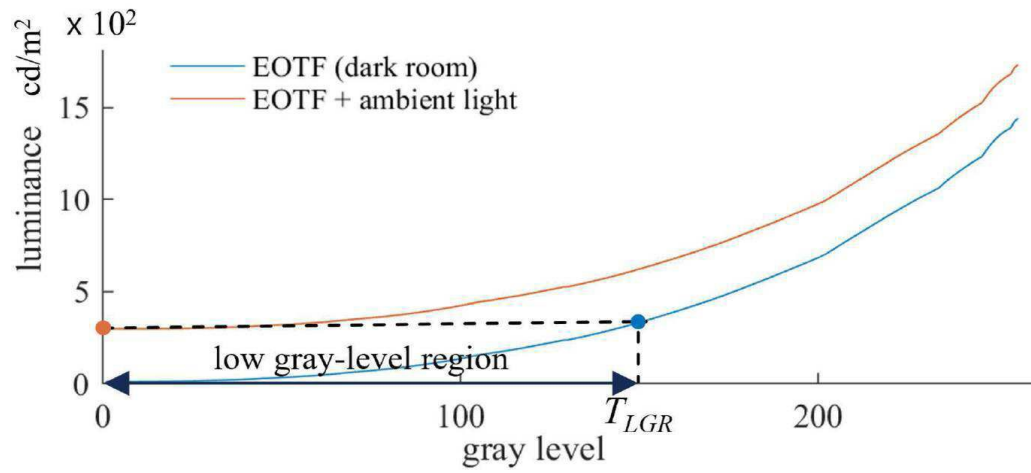
도면1



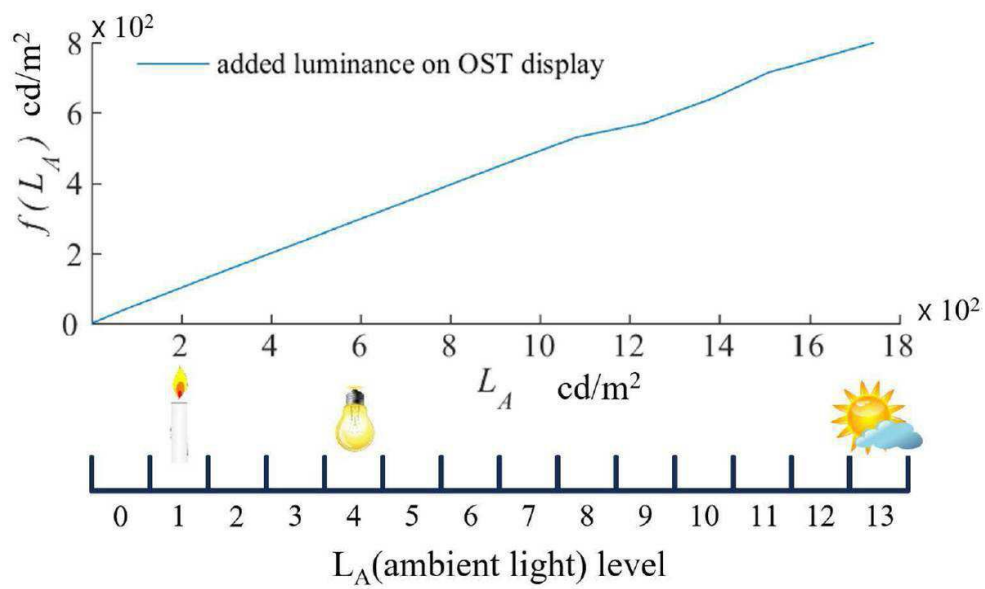
도면2



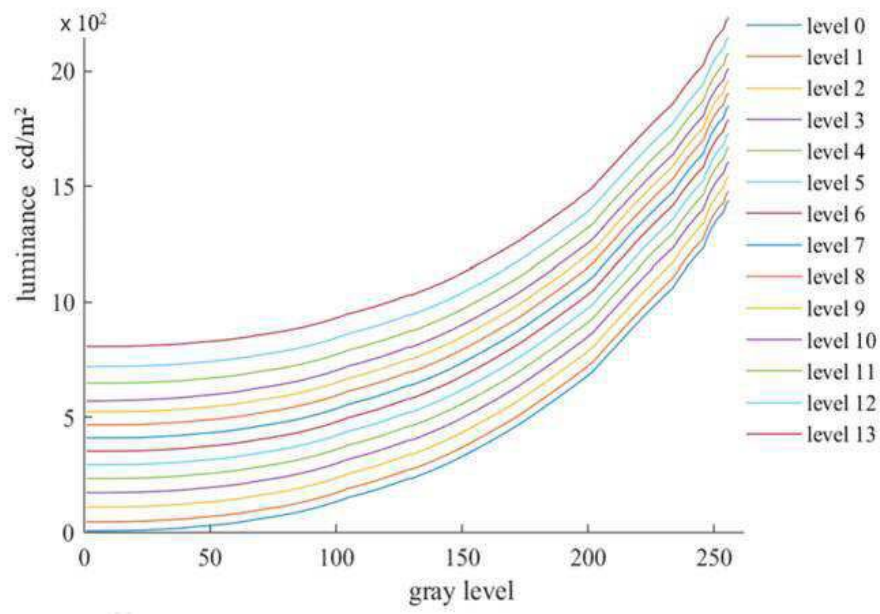
도면3



도면4



도면5



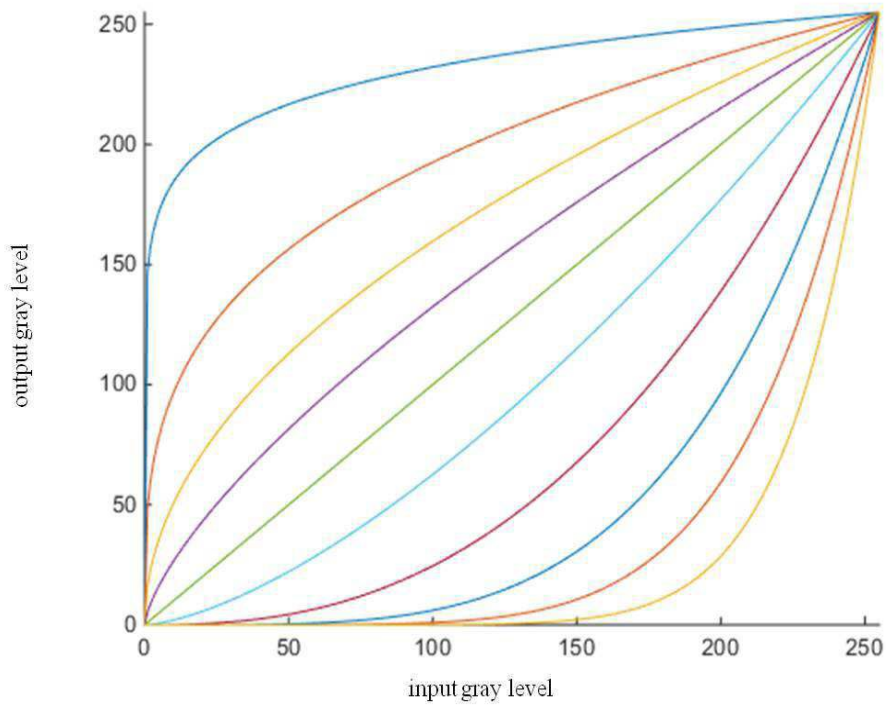
도면6



도면7

Gamma corrected	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
No gamma corrected	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

도면8



도면9

