(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.^{7}
G06K 9/00

(45) 공고일자 2004년06월26일
(11) 등록번호 10-0437583
(24) 등록일자 2004년06월16일

---

(21) 출원번호 10-2000-7014527
(22) 출원일자 2000년12월20일
번역문 제출일자 2000년12월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US1999/013163
(86) 국제출원출원일자 1999년06월10일

(65) 공개번호 10-2001-0053063
(43) 공개일자 2001년06월25일
(87) 국제공개번호 WO 1999/67738
(87) 국제공개일자 1999년12월29일

---

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀랜드, 영국, 그레나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 유고슬라비아, 남아프리카, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 우간다, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀랜드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베넹, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기네, 기네비쏘, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장 09/102,875 1998년06월23일 미국(US)

(73) 특허권자

인텔 코오퍼레이션
미합중국 캘리포니아 산타클라라 미션 칼리지 블러바드 2200

(72) 발명자

바월렉에드워드제이.
미국아리조나85224챈들러웨스트사지브러쉬코트2200

부스로랜스에이쥬니어
미국아리조나85226피닉스사우스에비뉴1715230

코럼커트
미국아리조나85224챈들러웨스트마지오웨이1570

쿤윌리엄피.
미국아리조나85749턱슨이스트오코틸로드라이브9181

(74) 대리인 특허법인 신성

심사관 : 이선택

(54) 발광 다이오드 또는 그 외의 스펙트럼 광원을 이용한이미저 장치 컬러 보정 방법

요약

이미저 장치를 컬러 보정하기 위한 방법 및 장치가 기술되어 있다. 이미저 장치(18)는 다수의 광원(14)에 노출된다. 컬러 채널 응답이 이미저 장치로부터 획득되어, 컬러 보정 계수가 결정된다.

대표도

도 3

색인어

이미지, 이미저 장치, 컬러 보정, 발광 다이오드, 광원, 컬러 채널,

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 이미징 장치(imaging device)에 대한 교정(corrective adjustment) 뿐만 아니라 컬러의 검증(verification) 및 보정(calibration)에 관한 것이다.

배경기술

컬러는 기본적으로 물체로부터 반사된 여러 파장의 빛을 수신하여 휴먼 시각 시스템(human visible system)이 인지한 것이다. 이러한 컬러 인식은 또한 휴먼 시각 시스템의 스펙트럼 감도(spectral sensitivity)로 알려져 있다. 이 인지된 컬러를 숫자적으로 표현하기 위하여, 많은 방법들이 개발되고 있는데, 이 중 하나가 'CIE(Commission Internationale de l'Eclairge)'로 알려진 국제 협회에 의해 개발된 XYZ 3자극값(tristimulus value)이다. 이 XYZ 3자극값은, 휴먼 시각 시스템이 적, 녹, 청의 3원색에 대한 리셉터(receptor)를 가지며, 인지된 모든 컬러는 이들 3원색의 혼합(mixture)이라는 이론에 기반하고 있다.

도1은 XYZ 3자극값의 관점에서 휴먼 시각 시스템에 대응하는 스펙트럼 감도를 도시한 도면이다. 이상적으로, 이미저 장치 응답 채널(imager device response channel)이 XYZ 3자극값을 정확히 재현(duplicate)한다면, 이론상으로, 이 이미저 장치(imager device)는 시각 시스템에 잡힌 컬러를 정확하게 재현할 수 있을 것이다. 그러나, 이러한 이미저 장치를 생산하는데 관여하는 복잡성(complexity)으로 인해, XYZ 3자극값을 정확하게 재현하는 것은 실제적으로 어렵다.

도2는 이미저 장치의 적, 녹, 청 응답의 예시를 도시한 도면이다. 이미저 장치가 휴먼 시각 시스템에 의해 잡힌 컬러에 가까이 대응되는 출력을 전송하기 위해, 상기 응답은 XYZ 3자극값에 가능한 한 가까이 대응하도록 변환되는 것이 바람직하다. 이것이 이미저 장치 상에서 수행되는 컬러 보정(color calibration) 기능이다.

컬러 보정 기능은 이미지 센서의 응답을 XYZ 3자극값의 응답에 대해 가능한 한 가깝게(즉, 최소한의 스퀘어 에러(square error)) 하도록 하는 컬러 보정 매트릭스(matrix)를 찾는 것이다. 컬러 보정 3 ×3 매트릭스를 결정하는 예시적 방법은, 24개의 컬러를 표현하여 컬러 공간의 여러 영역에서 그 컬러를 표현하는 Macbeth/Kollmorgen Instruments Corporation사(New York, New Wnisor)의 Macbeth Colorchecker ® 타깃(target)과 같이, 주지된 XYZ 3자극값의 몇몇 반사 컬러 타깃을 획득하는 것이다. 이미저 장치에 의해 생성된 해당 적, 녹, 청(RGB) 값을 획득함으로써, 타깃의 XYZ 3자극값을 근사하게 표현한 보정 매트릭스가 얻어진다. 수학적으 로, 이 변환은 다음과 같이 표현될 수 있다. 보정될 이미저 장치를 이용하여, 24 컬러 타깃은 대응 RGB 값을 생성하는 이미저에 의해 판독된다. 컬러 타깃에 대한 각 XYZ 3자극값은 주지된 것임을 주목하자. 측정된 RGB 값은 측정 데이터 매트릭스(MEAS)에 로딩되는데, 그 일례는 다음과 같다.

Target 0	R_0	G_0	B_0
Target 1	R_1	G_1	B_1
Target 2	R_2	G_2	B_2
Target 3	R_3	G_3	B_3
⋮	⋮	⋮	⋮
Target 22	R_{22}	G_{22}	B_{22}
Target 23	R_{23}	G_{23}	B_{23}

상기 RGB 값과 XYZ 3자극값 사이의 관계는 다음과 같은 방정식에 의해 표현될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [3x3]\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

3 ×3 컬러 보정 매트릭스는 또한 다음과 같이 지정될 수 있다.

$$[3x3] = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{12} & M_{23} \\ M_{31} & M_{12} & M_{33} \end{bmatrix}$$

여기서, M_{11}, ..., M_{33} 은 컬러 보정 매트릭스의 컬러 보정 계수이다.
따라서, 상기 컬러 보정 계수는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{12} \\ M_{13} \end{bmatrix} = (MEAS^T.MEAS)^{-1}.MEAS^T \begin{bmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \vdots \\ X_{23} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{21} \\ M_{22} \\ M_{23} \end{bmatrix} = (MEAS^T.MEAS)^{-1}.MEAS^T. \begin{bmatrix} Y_0 \\ Y_1 \\ \vdots \\ Y_{23} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{31} \\ M_{32} \\ M_{33} \end{bmatrix} = (MEAS^T.MEAS)^{-1}.MEAS^T. \begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1 \\ \vdots \\ Z_{23} \end{bmatrix}$$

상기의 방정식에서, $MEAS^T$ 는 MEAS 매트릭스의 전치 행렬을 나타낸다. $()^{-1}$ 은 역수를 표시하고, 또한, Xn, Yn, Zn은 각각의 타깃 n의 XYZ 3자극값이다.
위로부터, 컬러 보정 계수는 이미저 장치의 RGB 값을 컬러 타깃의 XYZ 3자극값에 매핑(mapping)하는데 가장 알맞게 대응하는 최소화된 최소 스퀘어 에러를 제공하도록 선택된다. 이 방법을 통해 얻어진 계수가 최소 스퀘어 에러를 제공할 수 있는 이유는 여기서 명확하게 나타나지 않을 수 있으나, 'Statistics for Experimenters'(John Wiley and Sons, New York, 1978)의 498-502 페이지(Hunter and Hunter, Box)에서 추가의 논의를 찾을 수 있을 것이다. 이 계수값은 정확성의 세 주요 디지트의 최소값으로 계산 및 저장되는 것이 바람직하다. 알맞은 휘도(luminance)가 제공되는 한, 이 계수의 크기(magnitude)는 중요하지 않고, 단지 계수 간의 비율이 중요하다. 따라서, 다음의 두 매트릭스는 컬러 보정 정확성의 관점에서 동등하다.

$$M = \begin{pmatrix} 16.645 & 7.013 & 1.253 \\ 6.997 & 17.706 & -1.881 \\ 0.386 & -4.826 & 23.327 \end{pmatrix} \quad \text{및} \quad M = \begin{pmatrix} 33.29 & 14.026 & 2.506 \\ 13.994 & 35.411 & -3.762 \\ 0.772 & -9.652 & 46.655 \end{pmatrix}$$

이 방법은 접근법에서 기본적으로 옳지만, 이것은 대량 생산으로 구현하는데 어려움이 있다. 예를 들어, 통상적으로 24개인 다수의 컬러 타깃은 Macbeth Colorchecker ^{R} 에 대한 테스트된 이미저 장치의 응답을 축적할 필요가 있다. 다시 말해, 24개의 컬러 타깃은 보정될 각 이미지 장치에 대해 순차적으로 이미징된다. 이 기술은 생산의 흐름을 방해

하는 상당한 시간량이 요구되므로, 생산 비용이 증가하게 된다. 일반적으로, 생산된 각 이미저 장치는 제조 동안에 RGB 응답에서의 변화량에 대응하는 자신의 컬러 보정 매트릭스를 갖도록 가정되고, 이에 따라, 각 이미저 장치는 독립적으로 보정된다. 또한, 타깃은 보정 동안 빈번하게 변경되기 때문에, 이 타깃은 핸들링(handling) 동안에 부정확한 보정을 초래하는 오염(contamination)에 노출될 가능성이 있다. 또한, 이 타깃은 비사용(non-use) 및 잦은 변경 동안 특별한 저장이 요구되는 빛에 대한 일정한 노출로 희미해진다. 추가적으로, 반사 컬러 타깃의 컬러는 조명되는 빛에 따라 변하기 때문에, CIE D65 에 대응하는 기준 광원은 컬러 온도 및 세기에 대해 지속적으로 확인할 필요성이 제공된다. 게다가, 컬러 타깃 이용시, 알맞은 타깃 거리 관계가 보정 하의 이미지 센서와 함께 존재하기 위해, 매우 큰 생산 영역이 할당되어야만 한다. 따라서, 반사 컬러 타깃의 사용과 관련된 문제점 없이 컬러 보정 계수 또는 컬러 보정 매트릭스를 생성하기 위한 방법 및 장치가 요구된다.

발명의 상세한 설명

발명의 요약

이미저 장치를 컬러 보정하기 위한 방법 및 장치가 기술되어 있다. 이 이미저 장치는 다수의 광원에 노출된다. 이 이미저 장치로부터 컬러 채널 응답이 획득되어, 컬러 보정 계수가 결정된다.

도면의 간단한 설명

도1은 XYZ 3자극값의 관점에서 인간의 눈에 대응하는 스펙트럼 감도를 도시한 도면.
도2는 이미저 장치의 적, 녹, 청(RGB) 응답의 일례를 도시한 도면.
도3은 보정 장치를 예시한 본 발명의 실시예를 도시한 도면.
도4는 본 발명의 예시적 실시예를 도시한 도면.
도5는 통계적 상관 관계를 이용하는 본 발명의 예시적 실시예를 도시한 도면.
도6은 이미저 장치의 응답을 연관시키는데 사용되는 예시적 테이블을 도시한 도면.
도7은 가중 인수 집합을 사용하는 본 발명의 예시적 실시예를 도시한 도면.
도8은 가중 인수 집합을 사용하는 본 발명의 다른 예시적 실시예를 도시한 도면.

실시예

본 발명은 컬러 보정 매트릭스를 생성하기 위하여 이미저 장치에 자극을 제공하는 발광 다이오드(LED) 집합 또는 그 밖의 광원을 이용한다. 이에 따라, 반사 컬러 타깃의 많은 단점을 극복하게 된다. LED의 독특한 특징 중의 하나는 LED가 높은 광 출력 안정성(degree of light output stability)을 가진다는 것임을 알 수 있다. 또한, 상기 광원은 발생 광원(origination light source)을 의미하는 것으로 이해될 수 있을 것이다. 또한, 본 발명은 그 외의 이미저 장치 뿐만 아니라 CMOS 및 CCD 장치 모두에도 실시될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 예시적 실시예는 적, 녹, 청(RGB) 응답의 관점에서 기술되었지만, 이것은 한정으로 간주되는 의미가 아니라는 것이 이해될 것이다. 그 밖의 것들 중 예를 들어 CMY(Cyan Magenta Yellow) 컬러 시스템 및 CMYG(Cyan, Magenta, Yellow, Green) 컬러 시스템과 같은 다른 컬러 시스템이 동등하게 적용 가능하다. 따라서, 다양한 컬러 시스템으로부터의 응답을 집합적으로 컬러 채널 응답이라 할 수 있다. 또한, 예시적 실시예는 3 ×3 매트릭스의 관점으로 기술되었지만, 다른 매트릭스, 예를 들어 3 × n 매트릭 스 또는 m ×n 매트릭스(여기서, m, n은 정수)가 컬러 보정의 속성에 따라 사용될 수 있다는 것을 알 수 있다.

도3은 본 발명의 예시적 실시예를 도시한 도면이다. 보정 장치(calibration instrument)(10)는 내부로 액세스된 이미저 장치(18)가 보정되도록 하기 위해, 애퍼처(aperture)(16)를 구비한 챔버(12)를 포함한다. 챔버(12) 내부에는 이미저 장치(18)에 대해 자극을 제공하는 다수의 LED 또는 그 밖의 광원(14)이 결합된다. LED 또는 그 밖의 광원(14)은 기술되는 예시적 방법에 따라 컴퓨터(20)에 의해 제어될 수 있다. 또한, 상기 컴퓨터(20)는 이미저 장치(18)로부터 RGB 출력을 수신하고, 이 출력값을 이용하여 이미저 장치(18)에 대한 3 ×3 컬러 보정 매트릭스를 생성하는 컬러 보정 프로그램을 실행한다. 생성된 3 ×3 컬러 보정 매트릭스는 롬(ROM)과 같은 이미저 장치(18) 내의 메모리에 저장되고, 이어서 이 판독된 RGB 값과 대응하는 XYZ 3자극값을 매핑하는데 사용된다. 다양한 이미저 장치를 보정하기 위해 상기 보정 장치(10)를 이용함으로써, 반사 컬러 타깃은 더 이상 필요하지 않게 된다. 특히, LED 또는 그 밖의 광원(14)을 이용함으로써, 컬러 타깃과 같은 동일한 보정 결과를 얻을 수 있다. 일반적으로, 5개의 LED가 사용되지만, 포함되는 컬러 영역에 따라 5개 이상 또는 3개 정도의 LED가 사용될 수 있다. 5개 LED를 사용할 때에는, Macbeth Colorchecker ® 타깃에 대응하는 반사 컬러 타깃을 구비한 보정을 이용하여 획득된 것과 같은 결과를 주는 자극을 제공하기 위해 430, 470, 545, 590 및 660 nm에서의 피크 방사 파장(peak emission wavelength)이 사용된다. 그러나, 달성하고자 하는 특정 요구 결과에 따라 다른 피크 파장이 사용될 수도 있다는 것을 알 수 있다. 이 예에서, 상기 특정 피크 파장은 컬러 보정 매트릭스의 컬러 계수와 강한 상관관계를 제공하면서도 상업적으로 이용 가능한 LED 파장과 만나도록 선택된다. 다음은 다이오드 중심 파장(nm단위) 및 제조업자의 이름을 기재한 것이다.

430nm Cree Research, Durham, N.C.
450nm Nichia America Corp., Mountville, PA
470nm Micro Electronics Corp., Santa Clara, CA
481nm Hewlett-Packard, Palo Alto, CA
544nm Toshiba American Electronics Components, Inc., Irvine, CA.
562nm Toshiba American Electronics Components, Inc., Irvine, CA.
590nm Toshiba American Electronics Components, Inc., Irvine, CA.
592nm Hewlett-Packard, Palo Alto, CA
612nm Toshiba American Electronics Components, Inc., Irvine, CA.
615nm Hewlett-Packard, Palo Alto, CA
637nm Hewlett-Packard, Palo Alto, CA
644nm Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, Toshiba American Electronics Components, Inc., Irvine, CA.
660nm Toshiba American Electronics Components, Inc., Irvine, CA.

컬러 보정 매트릭스 계수와의 보다 나은 상관 관계는 협대역(narrow-band)(즉, 파장 ±5nm)을 갖는 LED와는 반대로, 광대역(wide-band)(즉, 피크 파장 ±50nm)을 갖는 밴드 스프레드를 구비한 LED를 이용함으로써 얻어질 수 있다.

나머지 특징들에 대해, 이제 3 ×3 컬러 보정 매트릭스를 생성하기 위한 다양한 예시적 방법이 5개의 LED 집합의 관점에서 기술되지만, 이것은 한정으로 간주되어서는 안된다.

도4는 본 발명의 예시적 실시예를 도시한 도면이다. 이 예에서, 3 ×3 컬러 보정 매트릭스를 생성하기 위한 컬러 보정은 5개의 LED에 의해 생성된 RGB값에 대해 직접 적용된다. 직접적으로 적용함으로써, LED의 빛이 컬러 공간의 다양한 영역에서의 컬러를 정의하는데 충분한 것으로 가정할 수 있다. 따라서, 이 실시예는 Macbeth Colorchecker ^{R} 타깃과 상관되어 보정하지 않고, 보정 요구에 따라, 적합한 컬러 정확성을 제공할 수 있다. 이 방법은 다음과 같다.

블록(41)은 LED의 XYZ 3자극값을 결정하는 단계를 도시하고 있다. 이것은 스펙트로포토미터(spectrophotometer)의 사용을 통해 수행된다. 5개의 LED를 다음과 같이 표현하자.

X_{D1}, Y_{D1}, Z_{D1} 은 LED#1에 대한 XYZ 3자극값
X_{D2}, Y_{D2}, Z_{D2} 은 LED#2에 대한 XYZ 3자극값
X_{D3}, Y_{D3}, Z_{D3} 은 LED#3에 대한 XYZ 3자극값
X_{D4}, Y_{D4}, Z_{D4} 은 LED#4에 대한 XYZ 3자극값
X_{D5}, Y_{D5}, Z_{D5} 은 LED#1에 대한 XYZ 3자극값

블록(42)은 보정될 이미지 장치가 5개이 LED에 의해 순차적으로 조명되고, RGB 응답이 기록되는 단계를 도시하고 있다. 이 RGB 응답은 다음과 같이 기록된다.

R_{D1}, G_{D1}, B_{D1} 은 LED#1에 대한 이미지 RGB 응답
R_{D2}, G_{D2}, B_{D2} 은 LED#2에 대한 이미지 RGB 응답
R_{D3}, G_{D3}, B_{D3} 은 LED#3에 대한 이미지 RGB 응답
R_{D4}, G_{D4}, B_{D4} 은 LED#4에 대한 이미지 RGB 응답
R_{D5}, G_{D5}, B_{D5} 은 LED#5에 대한 이미지 RGB 응답

블록(43)은 기록된 RGB 응답이 다음과 같은 MEAS 매트릭스에 로딩되는 단계를 나타낸다.

$$MEAS = \begin{bmatrix} R_{D1} & G_{D1} & B_{D1} \\ R_{D2} & G_{D2} & B_{D2} \\ R_{D3} & G_{D3} & B_{D3} \\ R_{D4} & G_{D4} & B_{D4} \\ R_{D5} & G_{D5} & B_{D5} \end{bmatrix}$$

블록(44)은 다음과 같이 결정되는 3 ×3 매트릭스의 컬러 보정 계수(즉, M_{11}, ..., M_{33})를 도시하고 있다.

$$\begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{12} \\ M_{13} \end{bmatrix} = (MEAS^{T}.MEAS)^{-1}.MEAS^{T} \begin{bmatrix} X_{D1} \\ X_{D2} \\ \vdots \\ X_{D5} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{21} \\ M_{22} \\ M_{23} \end{bmatrix} = (MEAS^{T}.MEAS)^{-1}.MEAS^{T} \begin{bmatrix} Y_{D1} \\ Y_{D2} \\ \vdots \\ Y_{D5} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_{31} \\ M_{32} \\ M_{33} \end{bmatrix} = (MEAS^{T}.MEAS)^{-1}.MEAS^{T} \begin{bmatrix} Z_{D1} \\ Z_{D2} \\ \vdots \\ Z_{D5} \end{bmatrix}$$

도5는 본 발명의 다른 예시적 실시예를 도시하고 있다. 이 예는 통계적 상관관계를 포함하고 있다. 이 예시적 방법의 이해를 돕기 위해, 도6이 사용될 수 있다. 도6은 Macbeth colorchecker ^{R} 의 24개 반사 컬러 타깃에 대해 테스트된 다수의 이미저 장치의 응답(61)을 보여주는 테이블(60)을 도시하고 있는데, 이것은 5개의 LED(65)에 대한 해당 이미저 장치의 RGB 응답과 함께 도시된 3 ×3 매트릭스(63)의 컬러 보정 계수에 의해 정의된다. 충분한 이미저 장치가 보정되고 나면, 이 축적된 데이터는 5개의 LED 및 3 ×3 매트릭스의 계수로부터의 결과들 간의 통계적 상관 관계를 결정하는데 사용된다. 이제 도5는 보다 상세하게 그 절차를 설명할 것이다. 블록(51)은 보정될 이미저 장치가 Macbeth Colorchecker ^{R} 에 대응하는 24개의 반사 컬러 타깃에 노출되는 것을 도시하고 있다. 그러나, 타깃의 XYZ 3자극값이 주지된다면 다른 컬러 타깃이 사용될 수 있다. 또한, 요구된 결과에 따라 타깃의 개수가 변경될 수 있다. 블록(52)은 3 ×3 컬러 보정 매트릭스가 24 타깃의 판독 RGB 값으로부터 구성되는 것을 도시하고 있다. 이 절차는 위의 배경기술 부분에서 이미 기술하였다. 컬러 타깃을 이용한 컬러 보정으로부터의 3 ×3 매트릭스 결과를 다음과 같이 표현하자.

$$M_{3x3} = \begin{matrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{matrix}$$

여기서, M_{11}, ..., M_{33} 은 컬러 보정 매트릭스의 컬러 보정 계수이다.

블록(53)은 동일한 이미저 장치가 일련의 5개 LED 및 이 5개의 LED에 대한 RGB 응답에 의해 시뮬레이트(simulate)되는 단계를 도시하고 있다. 테스트 하의 이미저 장치는 5개의 모든 LED에 의해 순차적으로 조명되고, 총 15개의 응답이 기록된다. 사용된 5개의 LED를 LED#1 - LED#5라 하고, LED#1에 대한 이미저의 적(red) 채널 응답을 R_{D1} 으로 나타내자. 유사하게, LED#1 등에 대한 이미저의 녹(green) 채널 응답을 G_{D1} 으로 나타내자. 이 이미저 장치 응답은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

R_{D1}, G_{D1}, B_{D1} 은 LED#1에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D2}, G_{D2}, B_{D2} 은 LED#2에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D3}, G_{D3}, B_{D3} 은 LED#3에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D4}, G_{D4}, B_{D4} 은 LED#4에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D5}, G_{D5}, B_{D5} 은 LED#5에 대한 이미저 RGB 응답

블록(54)은 요구된 수의 이미저 장치가 보정될 때까지 블록(51) 내지 블록(53)을 반복하는 단계를 도시하고 있다. 결합된 축적 데이터로부터, 도6에 도시된 것과 같은 테이블이 구성될 수 있다. 블록(55) 내지 블록(56)은 충분한 데이터가 축적되고 나서, 컬러 타깃이 결과와 LED 간의 상관 관계를 결정하기 위해 다항 회귀법(polynomial regression)이 사용될 수 있다. 다항 회귀법은 연립 방정식(simultaneous equation)의 사용을 통해 측정된 가변 응답 간의 상관 관계를 근사화할 수 있다는 이론에 바탕을 두고 있다. 다항 회귀는 선형 대수(linear algebra)에서 잘 알려져 있지만, 이미저 장치에 관한 다항 회귀 방법의 추가적인 논의는 Henry R. Kang의 'Color Technology for Electronic Imaging Devices'(SPIE Optical Engineering Press), 55-62 페이지에서 찾을 수 있다. 요약하면, 다수의 이미저 장치로부터 획득된 데이터를 이용하여, LED에 대한 이미저 장치의 응답과, 컬러 타깃을 이용한 동일한 이미저로부터 획득된 3 × 3 매트릭스의 계수 사이의 상관 관계를 찾기 위해 통계적 회귀(statistical regression)가 사용된다. 그 최종 결과는 다음과 같은 형태의 방정식들의 집합이다.

$$M_{11} = P_0 + P_1{}^{*}R_{D1} + P_2{}^{*}G_{D1} + P_3{}^{*}B_{D1} + P_4{}^{*}R_{D2} + P_5{}^{*}G_{D2} + P_6{}^{*}B_{D2} + P_7{}^{*}R_{D3} + P_8{}^{*}G_{D3} + P_9{}^{*}B_{D3} + P_{10}{}^{*}R_{D4} + P_{11}{}^{*}G_{D4} + P_{12}{}^{*}B_{D4} + P_{13}{}^{*}R_{D5} + P_{14}{}^{*}G_{D5} + P_{15}{}^{*}B_{D5}$$

여기서, P_0, ..., P_{15} 값은 통계적으로 결정된 상관 계수를 나타낸다. 이 상관 계수는 주지된 통계적 방법 통해, 또는

대안적으로, SAS Institute, Inc., Cary, NC로부터 상업적으로 이용 가능한 JMP와 같은 통계학 분석 프로그램을 이용함으로써 결정될 수 있다. 어떤 사건에서든, 상관 계수의 상이한 집합은 블록(57) 내지 블록(58)에 의해 나타난 컬러 보정 매트릭스(즉, M_{11}, M_{12}, ..., M_{33})의 각 컬러 계수에 대해 결정되어야 한다. 블록(59)은 3 ×3 매트릭스의 계수 및 이미저 장치 응답을 5개의 LED에 연관시키는 방정식의 집합이 획득되고 나서, 컬러 타깃은 더 이상 필요하지 않고, 상기 방정식 집합은 이미저 장치의 다음의 컬러 보정을 위해 사용되는 것을 도시하고 있다. 이러한 접근법의 장점은 Macbeth Colorchecker ^{R} 의 계속적인 사용없이, '황금 표준(golden standard)'과 간접적으로 비교함으로써 컬러 보정 계수가 결정된다는 것이다.

도7은 본 발명의 또다른 실시예를 도시하고 있다. 이 예는 동시에 조명된 LED의 조합을 통한 Macbeth Colorchecker ^{R} 의 컬러 시뮬레이션(simulation)을 포함한다. 다시 말해, 기본적으로 LED 빛을 이용하여, 가중 인수(weighting factor) 집 합에 따라 동시에 전력 공급된 LED 빛의 조합은 표준 CIE D65 조명 하의 Macbeth Colorchecker ^{R} 타깃과 동일한 컬러 특성을 제공한다. 실험된 컬러는 한번에 하나씩 나타나고, 관련된 RGB 응답이 기록된다. 그리고 나서, 컬러 보정은 컬러 타깃을 이용할 때의 방식과 유사한 방식으로 수행된다. 이 컬러 보정 절차는 위의 배경 기술 부분에서 기술되었다. 도7은 보다 상세한 예시적 방법을 도시하고 있다. 블록(71)은 LED의 XYZ 3자극값을 결정하는 단계를 도시하고 있다. 이것은 스펙트로미터의 사용을 통해 수행될 수 있다. 5개의 LED를 다음과 같이 표현하자.

X_{D1}, Y_{D1}, Z_{D1} 은 LED#1에 대한 XYZ 3자극값
X_{D2}, Y_{D2}, Z_{D2} 은 LED#2에 대한 XYZ 3자극값
X_{D3}, Y_{D3}, Z_{D3} 은 LED#3에 대한 XYZ 3자극값
X_{D4}, Y_{D4}, Z_{D4} 은 LED#4에 대한 XYZ 3자극값
X_{D5}, Y_{D5}, Z_{D5} 은 LED#1에 대한 XYZ 3자극값

블록(72)은 실험될 맥베스 컬러의 XYZ 3자극값을 결정하는 단계를 도시한 것으로, 다음과 같이 표현된다.

X_{MAC1}, Y_{MAC1}, Z_{MAC1} 은 맥베스 컬러#1에 대한 XYZ 3자극값
X_{MAC2}, Y_{MAC2}, Z_{MAC2} 은 맥베스 컬러#2에 대한 XYZ 3자극값
...
...
X_{MAC24}, Y_{MAC24}, Z_{MAC24} 은 맥베스 컬러#24에 대한 XYZ 3자극값

블록(73)은 가중 인수 집합을 결정하는 단계를 도시하고 있는데, 이것은 맥베스 컬러의 시뮬레이션을 하기 위해 LED에 적용된다. 이 관계는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_{Mac1} \\ Y_{Mac1} \\ Z_{Mac1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{D1} & X_{D2} & X_{D3} & X_{D4} & X_{D5} \\ Y_{D1} & Y_{D2} & Y_{D3} & Y_{D4} & Y_{D5} \\ Z_{D1} & Z_{D2} & Z_{D3} & Z_{D4} & Z_{D5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{1,2} \\ f_{1,3} \\ f_{1,4} \\ f_{1,5} \end{bmatrix}$$

여기서, ($f_{1,1}$, ..., $f_{1,5}$)는 가중 인수의 집합이다.

상기 관계는 다음과 같이 다시 쓰여질 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_{Mac1} \\ Y_{Mac1} \\ Z_{Mac1} \end{bmatrix} = [M_{LED}] \begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{1,2} \\ f_{1,3} \\ f_{1,4} \\ f_{1,5} \end{bmatrix}$$

유사한 표현이 각 맥베스 컬러에 대해 다음과 같이 쓰여질 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_{Mac2} \\ Y_{Mac2} \\ Z_{Mac2} \end{bmatrix} = [M_{LED}] \begin{bmatrix} f_{2,1} \\ f_{2,2} \\ f_{2,3} \\ f_{2,4} \\ f_{2,5} \end{bmatrix} \text{(etc.)}$$

상기 표현에서, 가중 인수 f에 대한 첫번째 표현은 매칭되는(즉, 1-24) 맥베스 컬러를 나타낸다. 두번째 표현은 가중 인수에 관련된 LED(즉, 1-5)를 나타낸다.

상기 관계는 다음과 같이 시뮬레이션하기 위해 요구되는 가중 인수의 집합을 결정하기 위해 다시 쓰여질 수 있다.

$$\begin{bmatrix} f_{1,1} \\ f_{1,2} \\ f_{1,3} \\ f_{1,4} \\ f_{1,5} \end{bmatrix} = \left([M_{LED}]^T [M_{LED}] \right)^{-1} [M_{LED}]^T \begin{bmatrix} X_{Mac1} \\ Y_{Mac1} \\ Z_{Mac1} \end{bmatrix}$$

여기서, $[M_{LED}]^T$ 는 $[M_{LED}]$의 전치 행렬이다. 선택된 5개의 LED는 Macbeth Colorchecker ^{R} 의 모든 컬러를 표현할 수 있는 기준(basis)을 구비해야 한다. 그러나, 이러한 상황이 정확히 직면하지 않으면, 맥베스 컬러에 가까이 근사하는, 대용 통합 가능한 컬러가 사용될 수 있다. 대안적으로, 요구된 컬러 공간을 보다 잘 재 기 위해 상이한 광원이 선택될 수도 있다. 이러한 예에서, 5개의 LED는 각각 430, 470, 545, 590 및 660nm의 파장에서 피크(peak)를 갖는다.

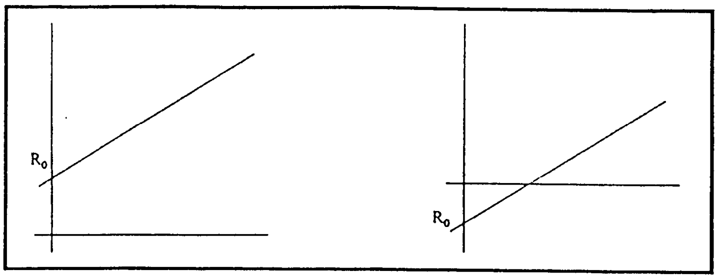
블록(74)은 위에서 얻어진 가중 인수 집합을 저장하는 단계를 도시하고 있다. 블록(75)은 시뮬레이트될 각 맥베스 컬러에 대한 가중 인수의 집합을 찾기 위해 블록(71) 내지 블록(74)을 반복하는 단계를 나타낸다. 블록(76) 내지 블록(78)은, 가중 인수의 24개의 집합이 각각의 맥베스 컬러에 대응하여 저장되고 나서, 이 가중 인수에 의해 지시된 비율에 따라 드라이브 파워로써 5개의 LED가 동시에 조명되는 것을 나타낸다. 이 컬러의 이미지는 테스트된 이미저 장치에 의해 포착되고, RGB 응답이 기록된다. 전체적으로, 24개의 이미지가 Macbeth Colorchecker ^{R} 의 24개 컬러에 대한 전체 시스템 응답을 축적하도록 포착된다. 그리고 나서, 블록(79)는 배경 기술에서 상술한, 3 ×3 컬러 보정 매트릭스를 생성하기 위한 컬러 보정 절차에 의해 사용된다.

이 접근법의 장점은 동등한 맥베스 컬러가 직접적으로 통합되고, 그에 따라 컬러 연출(rendition)의 정확성을 결정하는 스펙트로미터에 의해 직접 측정될 수 있다는 것이다. 이것은 이 보정 장치가 보정시의 바로 그것임을 확인하는 편리한 방법을 제공한다(즉, 보정 추적능력(traceablility) 방법을 제공함).

도8은 본 발명의 또다른 실시예를 도시하고 있다. 이 예시적 방법에서는, 맥베스 컬러를 LED와 통합하기 보다는, 어떤 시스템 응답이 표준 맥베스 컬러가 될지를 결정하고 예상하기 위해, LED 자극에 대한 시스템 응답의 이론이 적용된다. 그 리고 나서, 이 예상은 3 ×3 컬러 보정 매트릭스를 생성하기 위한 컬러 보정에서 요구되는 응답 데이터를 제공하는데 사용된다. 이 방법은 시스템 응답의 선형성(linearity), 및 이 LED는 Macbeth Colorchecker ^{R} 의 모든 컬러를 표현할 수 있는 기준을 가진다는 전제 조건이 전제된다. 만일, 이 전제 조건이 정확히 맞지 않는다면, 대용 컬러가 사용될 수 있다.

블록(81)은 제로 입력에 대한 테스트된 이미저 장치의 RGB 응답의 인터셉트(intercept)를 결정하는 단계를 도시하고 있다. 이 단계는 보정되는 이미저 장치의 오프셋을 결정하도록 수행된다. 이 목적은 보다 정확한 선형 보간(interpolation) 결과를 가능하게 하는 것이다. 예를 들어, 양의 오프셋을 갖는 이미저 장치에 있어서, 오프셋에 대한 상관 관계는 다크 프레임 추출(dark frame substraction)과 근본적으로 동등한 것일 수 있다(즉, 다크에 대한 이미저 장치의 응답에 대응하는 오프셋).

우리는 이들 오프셋을 R_0, G_0, B_0 라 할 것이다. 예를 들어, 다음과 같이 나타낼 수 있다.



양의 오프셋 음의 오프셋

블록(82)은 5개의 각 LED로 이미저 장치를 조명하고, 각 LED에 대한 이미저 응답을 기록하는 단계를 도시하고 있다. LED에 대한 이미저 장치 응답을 다음과 같이 나타내자.

R_{D1}, G_{D1}, B_{D1} 은 LED#1에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D2}, G_{D2}, B_{D2} 은 LED#2에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D3}, G_{D3}, B_{D3} 은 LED#3에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D4}, G_{D4}, B_{D4} 은 LED#4에 대한 이미저 RGB 응답
R_{D5}, G_{D5}, B_{D5} 은 LED#5에 대한 이미저 RGB 응답

블록(83)은 5개의 LED에 대한 상기 이미저 장치 응답을 저장하는 단계를 나타낸다.

블록(84)은 24개의 맥베스 컬러의 각각에 관련된 가중 인수의 집합을 계산하는 단계를 도시하고 있다. 가중 인수 집합을 결정하기 위한 절차는 도7과 관련하여 상술하였다.

블록(85)은 등가 맥베스 컬러 응답을 결정하기 위해, 상기 계산된 가중 인수 집합을 5개의 LED에 대한 이미저 장치의 RGB 응답에 적용하는 단계를 도시하고 있 다.

예를 들어, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{array}{lll}
R_1 = f_{1.1}(R_{D1} - R_0) + R_0 & G_1 = f_{1.1}(G_{D1} - G_0) + G_0 & B_1 = f_{1.1}(B_{D1} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{1.2}(R_{D2} - R_0) + R_0 & \quad + f_{1.2}(G_{D2} - G_0) + G_0 & \quad + f_{1.2}(B_{D2} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{1.3}(R_{D3} - R_0) + R_0 & \quad + f_{1.3}(G_{D3} - G_0) + G_0 & \quad + f_{1.3}(B_{D3} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{1.4}(R_{D4} - R_0) + R_0 & \quad + f_{1.4}(G_{D4} - G_0) + G_0 & \quad + f_{1.4}(B_{D4} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{1.5}(R_{D5} - R_0) + R_0 & \quad + f_{1.5}(G_{D5} - G_0) + G_0 & \quad + f_{1.5}(B_{D5} - B_0) + B_0 \\
\qquad \vdots & \qquad \vdots & \qquad \vdots \\
R_{24} = f_{24.1}(R_{D1} - R_0) + R_0 & G_{24} = f_{24.1}(G_{D1} - G_0) + G_0 & B_{24} = f_{24.1}(B_{D1} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{24.2}(R_{D2} - R_0) + R_0 & \quad + f_{24.2}(G_{D2} - G_0) + G_0 & \quad + f_{24.2}(B_{D2} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{24.3}(R_{D3} - R_0) + R_0 & \quad + f_{24.3}(G_{D3} - G_0) + G_0 & \quad + f_{24.3}(B_{D3} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{24.4}(R_{D4} - R_0) + R_0 & \quad + f_{24.4}(G_{D4} - G_0) + G_0 & \quad + f_{24.4}(B_{D4} - B_0) + B_0 \\
\quad + f_{24.5}(R_{D5} - R_0) + R_0 & \quad + f_{24.5}(G_{D5} - G_0) + G_0 & \quad + f_{24.5}(B_{D5} - B_0) + B_0
\end{array}$$

블록(86)은 위의 배경 기술에서 기술된 바와 같은 MEAS에 로딩되는 상기 계산된 등가 응답의 사용, 및 3 ×3 컬러 보정 매트릭스를 결정하기 위해 수행되는 컬러 보정 절차를 도시하고 있다.

이 방법은 단지 5개 프레임(즉, 각 LED에 대해 하나의 프레임)의 포착만을 필요로 하여, 마치 24개의 반사 컬러 타깃을 이용하여 보정을 수행한 것과 같이, 컬러 보정 매트릭스를 결정할 수 있다.

앞의 명세서에서, 본 발명의 바람직한 실시예가 설명되었으나, 첨부된 청구항에서 설명된 바와 같이, 본 발명의 보다 넓은 사상 및 범위에서 벗어나지 않는 한, 다양한 수정 및 변경이 가능하다는 것은 명백한 사실이다. 따라서, 본 명세서 및 도면은 제한적 관점이라기 보다는 하나의 예시로서 간주되어진다. 이에 따라, 본 발명의 범위는 첨부한 청구항에 의해서만 제한되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

이미저 장치(imager device)를 컬러 보정하기 위한 방법에 있어서,

다수의 발광원(light radiation sources)으로부터 광을 방사하는 단계 -여기서, 상기 다수의 발광원은 서로 상이한 각각의 스펙트럼 방사 특성을 가지며 기지의 컬러값을 가짐 - ;

컬러 채널 응답 집합을 발생하기 위해 광을 이용하여 상기 이미저 장치를 조명하는 단계; 및

상기 컬러 채널 응답 집합 및 상기 기지의 컬러값으로부터 상기 이미저 장치를 위한 컬러 보정 계수를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 다수의 발광원은 3개보다 적지 않고, 상기 컬러 채널 응답 집합의 수는 3개보다 적지 않고, 상기 다수의 발광원의 수보다 많지 않은

방법.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 컬러 보정 계수를 상기 이미저 장치에 저장하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

다수의 발광원로부터 광을 방사하는 상기 단계는 적어도 3개의 발광원으로부터 광을 방사하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

다수의 발광원로부터 광을 방사하는 상기 단계는 각각 430nm, 470nm, 545nm, 590nm, 660nm의 피크 파장을 가진 발광 다이오드로부터 광을 방사하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 6.

이미저 장치 응답을 보정하기 위한 방법에 있어서,

다수의 발광원을 제공하는 단계;

상기 다수의 발광원에 기반하여 제1 응답 집합을 발생하는 단계;

상기 다수의 발광원에 이미저 장치를 노출시킴으로써 제2 응답 집합을 발생하는 단계; 및

상기 제1 응답 집합 상기 제2 응답 집합으로부터 보정 계수를 결정하는 단계
를 포함하는 방법.

청구항 7.

제6항에 있어서,
상기 다수의 발광원을 제공하는 단계는 적어도 3개의 발광 다이오드를 제공하는 단계를 포함하고, 상기 각각의 발광 다이오드는 휴먼 시각 시스템의 스펙트럼 감도 내에서 서로 상이한 각각의 스펙트럼 방사 특성을 포함하는
방법.

청구항 8.

제7항에 있어서,
적어도 3개의 발광 다이오드를 제공하는 상기 단계는 각각 430nm, 470nm, 545nm, 590nm, 660nm의 피크 파장을 가진 5개의 발광 다이오드로를 제공하는 단계를 포함하는
방법.

청구항 9.

제6항에 있어서,
제1 응답 집합을 발생하는 상기 단계는 적색값, 녹색값, 청색값으로서 상기 제1 응답 집합을 다수의 XYZ 3자극값으로 매핑시키는 단계를 포함하는
방법.

청구항 10.

제6항에 있어서,
상기 다수의 발광원에 기반하여 제1 응답 집합을 발생하는 상기 단계는 상기 다수의 발광원에 스펙트로포토미터를 노출시키는 단계를 포함하는
방법.

청구항 11.

제6항에 있어서,
상기 다수의 발광원에 이미저 장치를 노출시키는 상기 단계는 상기 각각의 발광원을 이용하여 순차적으로 상기 이미저 장치를 조명하는 단계를 포함하는
방법.

청구항 12.

이미저 장치를 보정하기 위한 방법에 있어서,
(i) N개의 이미저 장치를 제공하는 단계 - 여기서, N은 이미저 장치의 소정의 수를 나타냄 - ;
(ii) 제1 타깃 결과 집합을 발생하기 위해 제1(N=1) 이미저 장치를 타깃에 노출시키는 단계
(iii) 상기 제1 타깃 결과 집합으로부터 제1 보정 계수 집합을 계산하는 단계;
(iv) 제1 광원 결과 집합을 발생하기 위해 다수의 발광원에 상기 제1 이미저 장치를 노출시키는 단계 - 여기서, 상기 제1 보정 계수 집합과 상기 제1 광원 결과집합이 한쌍의 결과를 형성함 - ;
(v) 상기 단계(ii) 내지 단계(iv)의 각각의 반복 동안에 상이한 이미저 장치를 채택하여 상기 단계(ii) 내지 단계(iv)를 N-1번 반복하는 단계; 및
(Vi) 상기 각각의 결과쌍을 이용하여 상기 N개의 이미저 장치 사이의 상관관계를 결정하는 단계
를 포함하는 방법.

청구항 13.

제12항에 있어서,
제1(N=1) 이미저 장치를 타깃에 노출시키는 상기 단계는 휴먼 시각 시스템의 스펙트럼 감도를 나타내는 타깃을 제공하는 단계를 포함하는
방법.

청구항 14.

삭제

청구항 15.

제12항에 있어서,
상기 각각의 발광원은 서로 상이한 각각의 스펙트럼 방사 특성을 갖고, 다수의 발광원에 제1 이미저 장치를 노출시키는 상기 단계는 상기 다수의 발광원으로부터 일련의 광을 방사하는 단계를 포함하는
방법.

청구항 16.

삭제

청구항 17.

삭제

청구항 18.

삭제

청구항 19.

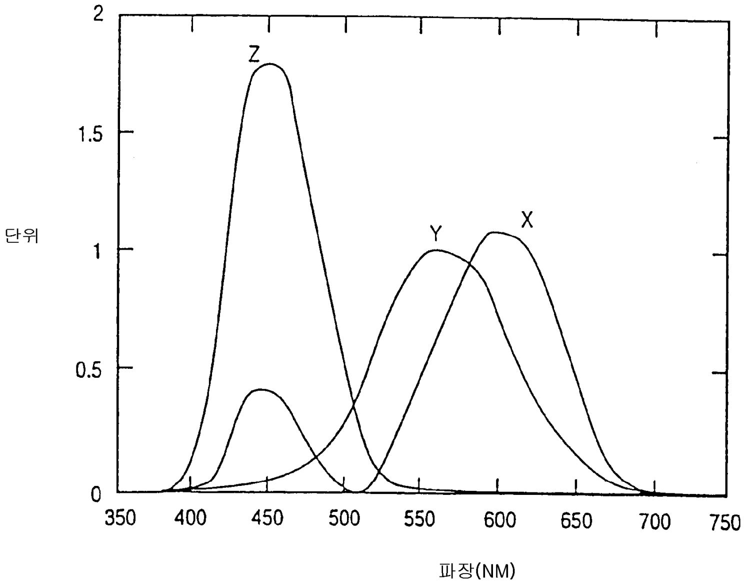
삭제

청구항 20.
삭제
청구항 21.
삭제
청구항 22.
제12항에 있어서,
다수의 발광원에 제1 이미저 장치를 노출시키는 상기 단계는 각각 430nm, 470nm, 545nm, 590nm, 660nm의 피크 파장을 가진 5개의 발광 다이오드로를 제공하는 단계를 포함하는
청구항 23.
제12항에 있어서,
상기 각각의 결과쌍을 이용하여 N개의 이미저 장치 사이의 상관관계를 결정하는 상기 단계는 다항 회귀법을 이용하는 단계를 포함하는
방법.
청구항 24.
제12항에 있어서,
상기 각각의 결과쌍을 이용하여 N개의 이미저 장치 사이의 상관관계를 결정하는 상기 단계는 각각의 보정 계수 집합에 대해 고유의 상관 계수 집합을 유도하는 단계를 포함하는
방법.
청구항 25.
제24항에 있어서,
각각의 보정 계수 집합에 대해 고유의 상관 계수 집합을 유도하는 상기 단계는 통계학 분석 프로그램을 이용하는 단계를 포함하는
방법.
청구항 26.
제12항에 있어서,
물체 응답 집합을 발생하기 위해 물체로부터의 반사 광에 이미저 장치를 노출시키는 단계; 및
이미지 결과를 발생하기 위해 상기 물체 응답 집합에 상관 계수를 적용하는 단계
를 더 포함하는 방법.
청구항 27.
적어도 하나의 타깃 컬러를 시뮬레이트하기 위한 방법에 있어서,
발광 수단을 제공하는 단계;
이미저 장치와 스펙트로포토미터 중 하나를 상기 발광 수단에 노출시킴으로써 응답 집합을 발생하는 단계;
반사 파장을 가진 적어도 하나의 타깃 컬러를 가진 타깃을 제공하는 단계;
상기 반사 파장을 값으로 표현하는 단계; 및
상기 적어도 하나의 타깃 컬러의 값과 응답 집합으로부터 적어도 하나의 가중 인수를 결정하는 단계
를 포함하는 방법.
청구항 28.
제27항에 있어서,
발광 수단을 제공하는 상기 수단은 다수의 발광원을 제공하는 단계를 포함하는
방법.
청구항 29.
제28항에 있어서,
다수의 발광원을 제공하는 상기 단계는 적어도 3개의 발광 다이오드를 제공하는 단계를 포함하고, 상기 각각의 발광 다이오드는 서로 상이한 각각의 스펙트럼 방사 특성을 포함하는
방법.
청구항 30.
제29항에 있어서,
적어도 3개의 발광 다이오드를 제공하는 상기 단계는 각각 430nm, 470nm, 545nm, 590nm, 660nm의 피크 파장을 가진 5개의 발광 다이오드로를 제공하는 단계를 포함하는
방법.
청구항 31.
제27항에 있어서,
타깃을 제공하는 상기 단계는 휴먼 시각 시스템의 스펙트럼 감도를 나타내는 타깃을 제공하는 단계를 포함하는
방법.
청구항 32.
삭제
청구항 33.
제27항에 있어서,

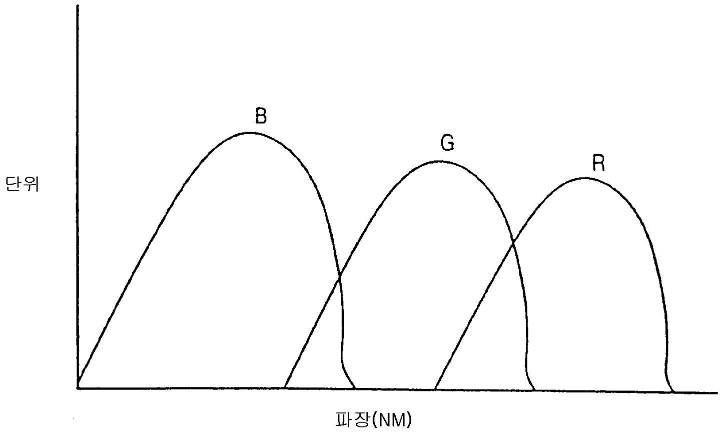
응답 집합을 발생하는 상기 단계는 상기 발광 수단에 대한 XYZ 3자극값들의 방사 집합을 결정하는 단계를 포함하고,
적어도 하나의 타깃 컬러를 가진 타깃을 제공하는 상기 단계는 24개의 컬러를 가진 타깃을 제공하는 단계를 포함하고
, 상기 타깃의 각각의 컬러는 반사 파장을 갖고 있고,
상기 반사 파장을 값으로 표현하는 상기 단계는 24개의 컬러에 대한 XYZ 3자극값들의 반사 집합을 결정하는 단계를 포함하는
방법.

도면

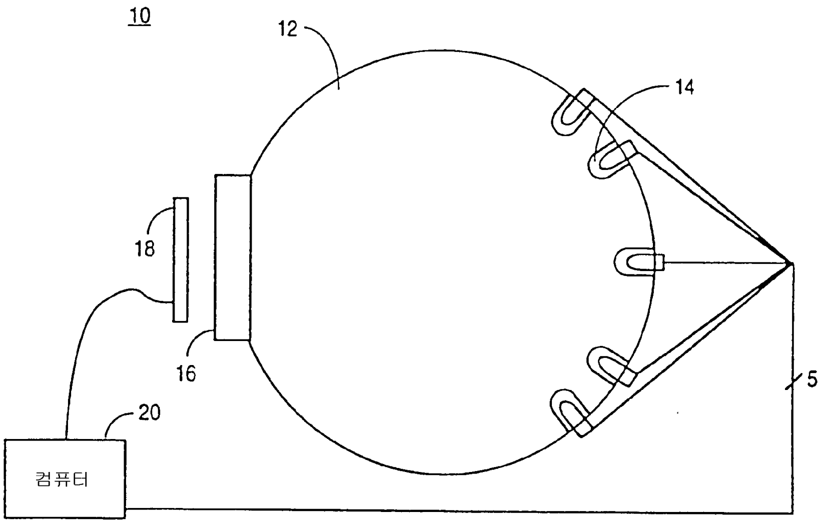
도면1



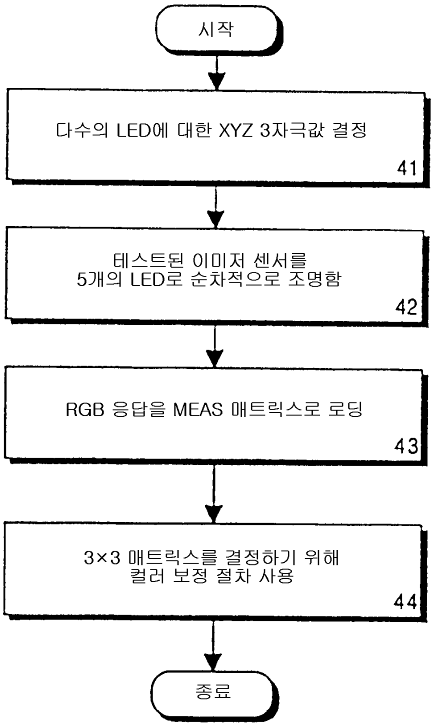
도면2



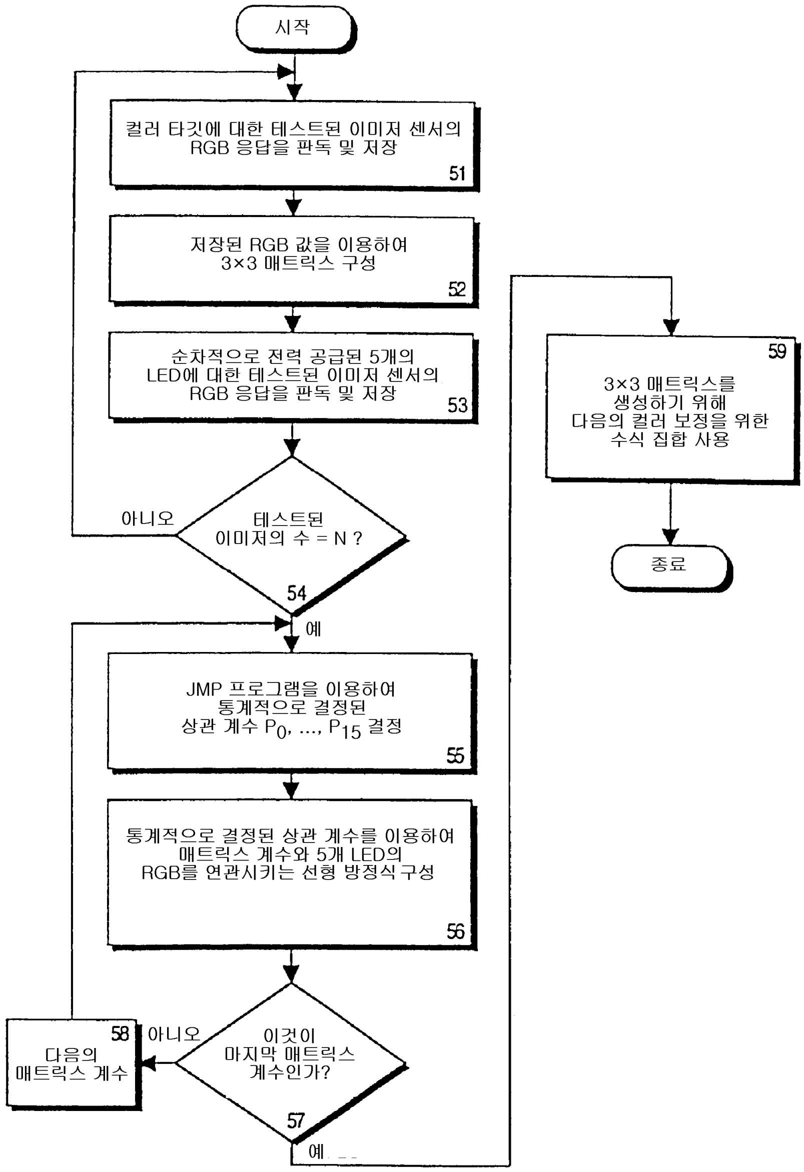
도면3


컴퓨터

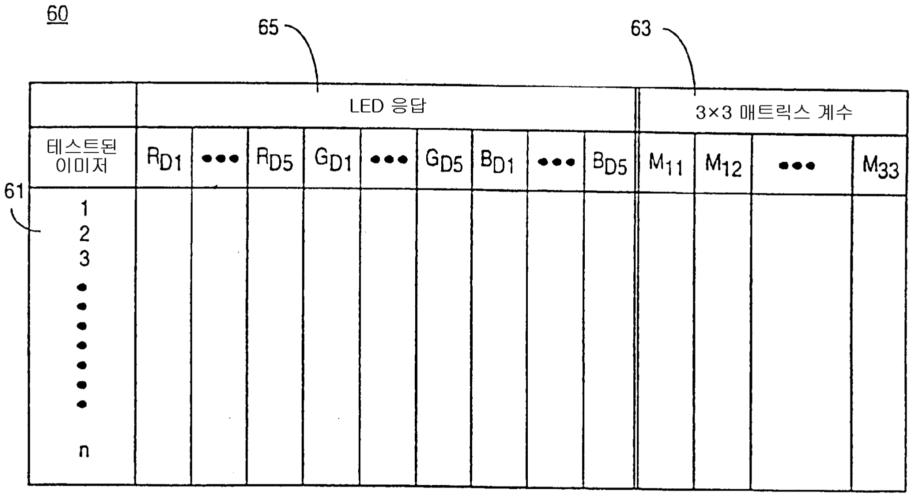
도면4


시작
다수의 LED에 대한 XYZ 3자극값 결정
41
테스트된 이미지 센서를
5개의 LED로 순차적으로 조명함
42
RGB 응답을 MEAS 매트릭스로 로딩
43
3×3 매트릭스를 결정하기 위해
컬러 보정 절차 사용
44
종료

도면5

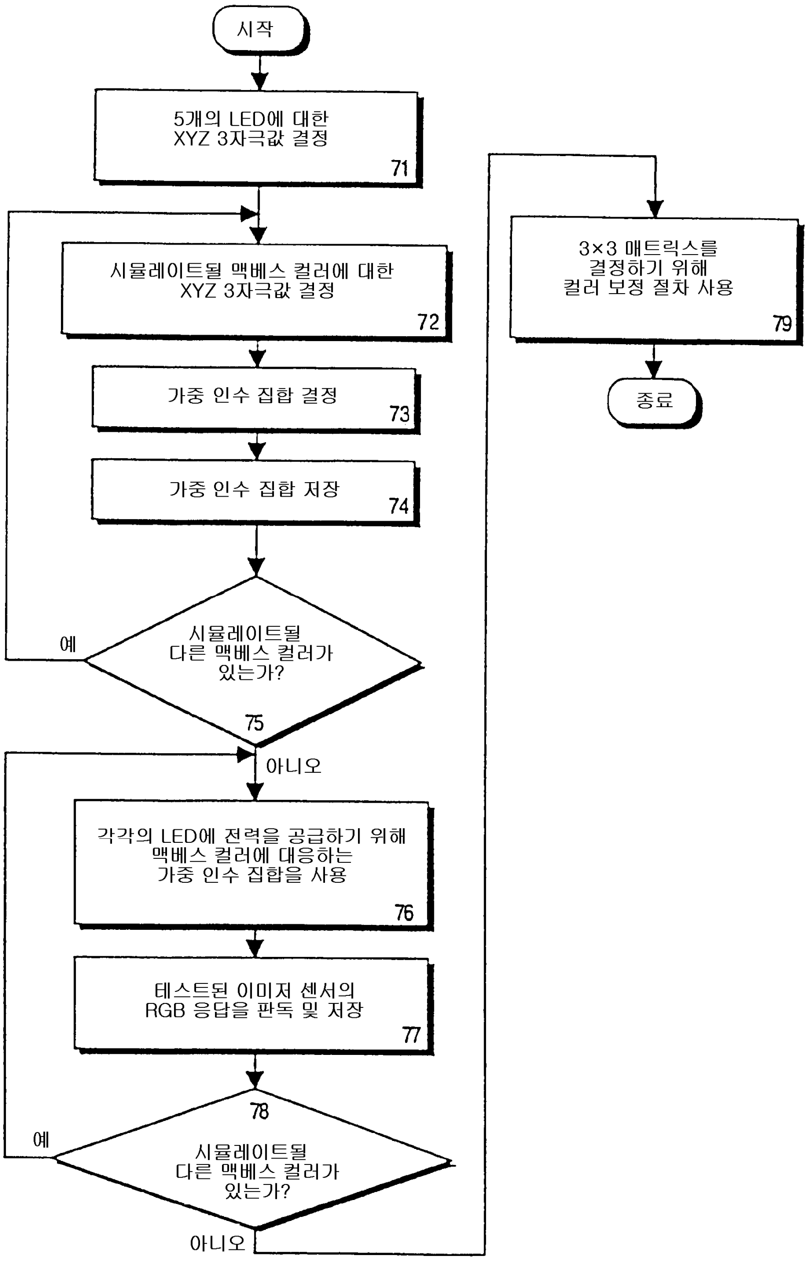

시작
컬러 타깃에 대한 테스트된 이미저 센서의 RGB 응답을 판독 및 저장
51
저장된 RGB 값을 이용하여 3×3 매트릭스 구성
52
순차적으로 전력 공급된 5개의 LED에 대한 테스트된 이미저 센서의 RGB 응답을 판독 및 저장
53
아니오
테스트된 이미저의 수 = N ?
54
예
JMP 프로그램을 이용하여 통계적으로 결정된 상관 계수 P_0, ..., P_{15} 결정
55
통계적으로 결정된 상관 계수를 이용하여 매트릭스 계수와 5개 LED의 RGB를 연관시키는 선형 방정식 구성
56
58
다음의 매트릭스 계수
아니오
이것이 마지막 매트릭스 계수인가?
57
예
59
3×3 매트릭스를 생성하기 위해 다음의 컬러 보정을 위한 수식 집합 사용
종료

도면6

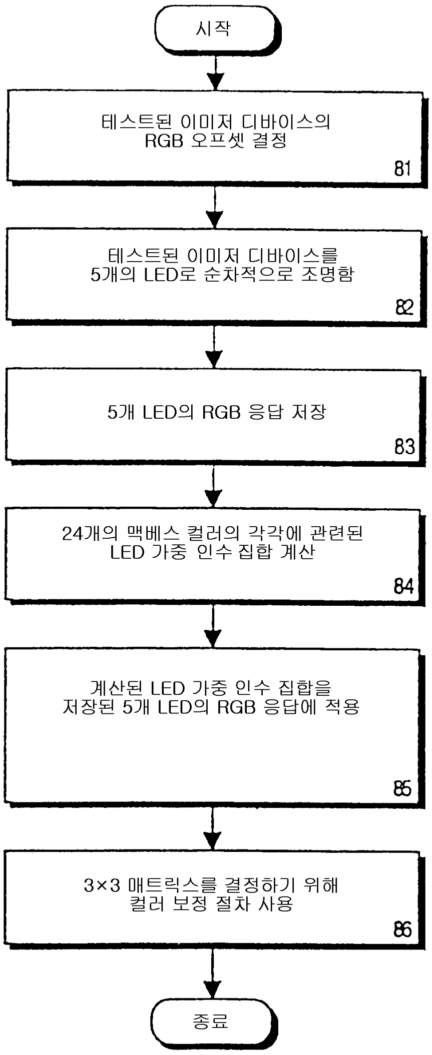


	LED 응답									3×3 매트릭스 계수			
테스트된 이미저	R_{D1}	•••	R_{D5}	G_{D1}	•••	G_{D5}	B_{D1}	•••	B_{D5}	M_{11}	M_{12}	•••	M_{33}
1													
2													
3													
•													
•													
•													
•													
•													
•													
•													
n													

도면7


시작
5개의 LED에 대한 XYZ 3자극값 결정
71
시뮬레이트될 맥베스 컬러에 대한 XYZ 3자극값 결정
72
가중 인수 집합 결정
73
가중 인수 집합 저장
74
시뮬레이트될 다른 맥베스 컬러가 있는가?
75
예
아니오
각각의 LED에 전력을 공급하기 위해 맥베스 컬러에 대응하는 가중 인수 집합을 사용
76
테스트된 이미지 센서의 RGB 응답을 판독 및 저장
77
78
시뮬레이트될 다른 맥베스 컬러가 있는가?
예
아니오
3×3 매트릭스를 결정하기 위해 컬러 보정 절차 사용
79
종료

도면8


시작
테스트된 이미저 디바이스의 RGB 오프셋 결정
81
테스트된 이미저 디바이스를 5개의 LED로 순차적으로 조명함
82
5개 LED의 RGB 응답 저장
83
24개의 맥베스 컬러의 각각에 관련된 LED 가중 인수 집합 계산
84
계산된 LED 가중 인수 집합을 저장된 5개 LED의 RGB 응답에 적용
85
3×3 매트릭스를 결정하기 위해 컬러 보정 절차 사용
86
종료