(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월14일
(11) 등록번호 10-1768071
(24) 등록일자 2017년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 3/06 (2006.01) *H04N 9/69* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 3/066 (2013.01)
H04N 9/69 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0034503
(22) 출원일자 2016년03월23일
심사청구일자 2016년03월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140008977 A
KR100587333 B1
KR100585728 B1
KR101485942 B1

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이승현
경상남도 창원시 성산구 대암로 272 (대방동, 덕산2차아파트)
(74) 대리인
심경식, 홍성욱

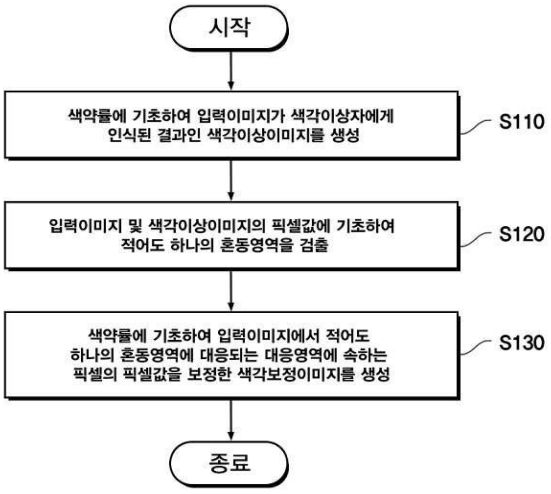
전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 김성훈

(54) 발명의 명칭 **색약 보정 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

색약 보정 방법을 제공한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 방법은 색각이상자의 색상 인식 능력를 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 상기 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성하는 단계; 상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 상기 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출하는 단계; 및 상기 색약률에 기초하여 상기 입력이미지에서 상기 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015-0141
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 연구재단
연구사업명 2015년도 창의도전형 SW R&D 지원사업
연구과제명 색약보정기법을 이용한 색약 보정 시스템
기 여 율 1/1
주관기관 한국IT비즈니스진흥협회
연구기간 2015.05.01 ~ 2015.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

색각이상자의 색상 인식 능력를 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 상기 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성하는 단계;

상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 상기 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출하는 단계; 및

상기 색약률에 기초하여 상기 입력이미지에서 상기 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 색각이상이미지를 생성하는 단계는

상기 입력이미지의 픽셀 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 선별하는 단계; 및

상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하여 상기 색각이상이미지를 생성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 색각이상이미지를 생성하는 단계는

상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 적어도 하나의 색상의 성분을 선형적으로 감소시키는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 혼동영역을 검출하는 단계는

상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분하는 단계;

상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 상기 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 비교결과인 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출하는 단계; 및

상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한 상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값 간의 차이가 소정의 임계치 이상인 영역을 상기 혼동영역으로 검출하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 혼동영역을 검출하는 단계는

상기 입력이미지에 포함된 복수의 영역 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율 이상

포함하는 선별영역을 선별하는 단계;

를 더 포함하고,

상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값을 산출하는 단계는

상기 선별영역에 대해서만 수행되는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 색각이상자의 색약 종류가 적녹색약일 때,

상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀은

hue값이 0 내지 150.0 또는 330.0 내지 360.0인 픽셀인 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 색각보정이미지를 생성하는 단계는

상기 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우, 상기 혼동영역을 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상으로 보정하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 색약률 측정을 위한 샘플입력이미지를 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 보정한 복수의 색각보정이미지를 생성하는 단계;

상기 생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 하나의 색각보정이미지가 상기 색각이상자로부터 선택되는 단계; 및

상기 선택된 색각보정이미지에 대응되는 색약률을 상기 색각이상자의 색약률로 결정하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 방법.

청구항 9

색각이상자의 색상 인식 능력를 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 상기 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성하는 이상이미지생성부;

상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 상기 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출하는 혼동영역탐지부; 및

상기 색약률에 기초하여 상기 입력이미지에서 상기 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성하는 보정부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 이상이미지생성부는

상기 입력이미지의 픽셀 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 선별하고,

상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하여 상기 색각이상이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 색각이상이미지는

상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 적어도 하나의 색상의 성분을 선형적으로 감소시켜 생성되는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 혼동영역탐지부는

상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분하고,

상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 상기 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 비교결과인 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출하고,

상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한 상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값 간의 차이가 소정의 임계치 이상인 영역을 상기 혼동영역으로 검출하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 혼동영역탐지부는

상기 입력이미지에 포함된 복수의 영역 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율 이상 포함하는 선별영역을 더 선별하고,

상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값은

상기 선별영역에 대해서만 산출되는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 보정부는

상기 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우, 상기 혼동영역을 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상으로 보정하는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 색각이상자의 색약률은

상기 색약률 측정을 위한 샘플입력이미지로부터 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 선택된 하나의 색각보정이미지에 대응되는 색약률로 결정되는 것을 특징으로 하는 색약 보정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 색약 보정 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 색각이상자의 색각 이상 정도에 따라서 색약을 보정하는 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 색각 이상은 색상을 인지하는 원추 세포의 선천적 또는 후천적 이상으로 인해 색을 정상적으로 구분할 수 없는

증상을 말한다. 정상적인 색상 인지 능력을 가지면 적, 녹, 청의 3가지 색상을 혼합하여 색상을 구분할 수 있으나, 색각이상자의 경우 적, 녹, 청의 원추세포 중 적어도 하나의 기능에 문제가 있다.

[0003] 색각이상자는 이러한 색각 인지 능력의 문제로 인해 일반적으로 쉽게 접할 수 있는 디스플레이 및 미디어 컨텐츠를 사용하는데 있어 불편함을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해 색각이상자들을 위한 컨텐츠를 제작하기 위한 기술들에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다.

[0004] 색각 이상 정도를 판별하기 위해 이시하라 색각표와 같은 기존의 방식이 사용되고 있으며 테스트를 통해 색각 이상 여부를 판단한다. 하지만, 이시하라 색각표의 경우 색약자의 색각 이상 정도를 구분하지 못하며 단지 색각 이상 여부만 판별이 가능하다. 또한 Vischeck, Color Doctor등의 색각 이상 프로그램의 경우 Daltonizatino 알고리즘을 사용하여 RGB 디스플레이의 색공간을 LMS 평면(long/middle/short-wavelength cone)으로 변환하여 색각이상자의 인식 모델을 적용하고 RGB로 재변환하여 보여준다. 하지만, 색각이상자가 색상을 어떻게 인식하는지만 확인할 수 있을 뿐이며, 연산이 복잡하여 효율이 떨어지고 연산 속도가 느려진다.

[0005] 따라서, 색각이상자의 색상 인식 능력을 나타내는 색약률의 지표 및 측정 방법에 대한 개발과 아울러, 그 색약률에 기초한 색약 보정 방법 및 그 장치에 대한 필요성이 대두되고 있다.

[0006] 관련 선행기술로는 한국공개특허 제10-2005-0106299호(발명의 명칭: 이동통신 단말기의 색약자를 위한 화면 구성 방법, 공개일자: 2005년 11월 9일)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 색각이상자의 색각 이상 정도를 측정하고 그에 대응되는 보정을 수행하는 색약 보정 방법 및 그 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 색약 보정 방법은 색각이상자의 색상 인식 능력을 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 상기 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성하는 단계; 상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 상기 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출하는 단계; 및 상기 색약률에 기초하여 상기 입력이미지에서 상기 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

[0009] 바람직하게는, 상기 색각이상이미지를 생성하는 단계는 상기 입력이미지의 픽셀 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 선별하는 단계; 및 상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하여 상기 색각이상이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 바람직하게는, 상기 색각이상이미지를 생성하는 단계는 상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 적어도 하나의 색상의 성분을 선형적으로 감소시킬 수 있다.

[0011] 바람직하게는, 상기 혼동영역을 검출하는 단계는 상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분하는 단계; 상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 상기 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 비교결과인 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출하는 단계; 및 상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한 상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값 간의 차이가 소정의 임계치 이상인 영역을 상기 혼동영역으로 검출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 혼동영역을 검출하는 단계는 상기 입력이미지에 포함된 복수의 영역 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율 이상 포함하는 선별영역을 선별하는 단계;를 더 포함하고, 상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값을 산출하는 단계는 상기 선별영역에 대해서만 수행될 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 상기 색각이상자의 색약 종류가 적녹색약일 때, 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀은 hue값이 0 내지 150.0 또는 330.0 내지 360.0인 픽셀일 수 있다.

[0014] 바람직하게는, 상기 색각보정이미지를 생성하는 단계는 상기 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우, 상기 혼동영역을 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상으로 보정할 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 색약률 측정을 위한 샘플입력이미지를 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 보정한 복수

의 색각보정이미지를 생성하는 단계; 상기 생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 가장 명확하게 색상이 인식되는 색각보정이미지가 상기 색각이상자로부터 선택되는 단계; 및 상기 선택된 색각보정이미지에 대응되는 색약률을 상기 색각이상자의 색약률로 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 색약 보정 장치는 색각이상자의 색상 인식 능력를 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 상기 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성하는 이상이미지생성부; 상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 상기 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출하는 혼동영역탐지부; 및 상기 색약률에 기초하여 상기 입력이미지에서 상기 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성하는 보정부를 포함한다.

[0017] 바람직하게는, 상기 이상이미지생성부는 상기 입력이미지의 픽셀 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 선별하고, 상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하여 상기 색각이상이미지를 생성할 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 색각이상이미지는 상기 색약률에 기초하여 상기 선별된 픽셀에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 적어도 하나의 색상의 성분을 선형적으로 감소시켜 생성될 수 있다.

[0019] 바람직하게는, 상기 혼동영역탐지부는 상기 입력이미지 및 상기 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분하고, 상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 상기 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 비교결과인 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출하고, 상기 색각이상이미지 및 상기 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한 상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값 간의 차이가 소정의 임계치 이상인 영역을 상기 혼동영역으로 검출할 수 있다.

[0020] 바람직하게는, 상기 혼동영역탐지부는 상기 입력이미지에 포함된 복수의 영역 중에서 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율 이상 포함하는 선별영역을 더 선별하고, 상기 제1 비교결과값 및 상기 제2 비교결과값은 상기 선별영역에 대해서만 산출될 수 있다.

[0021] 바람직하게는, 상기 보정부는 상기 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우, 상기 혼동영역을 상기 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상으로 보정할 수 있다.

[0022] 바람직하게는, 상기 색각이상자의 색약률은 상기 색약률 측정을 위한 샘플입력이미지로부터 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 가장 명확하게 색상이 인식되는 것으로 선택된 색각보정이미지에 대응되는 색약률로 결정될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명은 색각이상자의 색각 이상 정도를 측정하고 그에 맞는 보정을 수행하여 색각이상자별로 최적화된 색약 보정 알고리즘을 제공하는 효과가 있다.

[0024] 또한, 본 발명은 색각이상자의 인지 알고리즘 모델을 선형적 모델로 정의하고, 그 색각 이상 인지 알고리즘을 이용하여 색상의 혼동이 발생하는 영역만을 검출하여 보정함으로써, 불필요한 연산을 최소화할 수 있어 색각 보정 알고리즘의 성능이 획기적으로 향상되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 혼동영역을 검출하는 방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 색약율을 결정하는 방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 장치를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 색각이상이미지를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 6a 및 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 색각이상이미지 및 색각보정이미지를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 혼동영역을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 8은 HSL 색공간에서의 hue값을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 색각보상이미지의 보정 방법을 설명하기 위하여 도시한 소스코드이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0027] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0028] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0029] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0031] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

[0033] 단계 S110에서는, 색약 보정 장치가 색각이상자의 색상 인식 능력을 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 그 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성한다.

[0034] 색각이상은 색상을 인지하는 원추 세포의 선천적 또는 후천적 이상으로 인하여 색을 정상적으로 구분할 수 없는 증상을 말한다. 따라서, 색각이상자는 적, 녹, 청 중 적어도 하나의 색상을 인식하는데 문제를 가지고 있을 수 있다. 그 중에서, 적녹색약(제1 색각 이상)은 적색 및 녹색의 구분이 명확하지 않은 경우로, 대부분의 색각이상자들은 이 적녹색약에 해당된다.

[0035] 색약률은 색각 이상의 정도를 나타내는 수치로, 색각이상자의 색상 인식 능력을 나타낸다. 본 발명에서 색약률은 0에서 1사이의 값을 갖도록 정의될 수 있으며, 0으로 가까워질수록 색각 이상의 정도가 심한 것이고, 1로 가까워질수록 색각 이상의 정도가 덜한 것으로 해석될 수 있다. 한편, 색약률은 그 정의방법에 따라 명칭 및 수치 범위가 달라질 수 있으며, 이로 인한 차이는 통상의 기술자에게 자명하게 이해될 수 있다.

[0036] 또한, 색상민감도를 0에서 1사이의 값으로 표현되는, 특정한 색상에 대한 인식 능력이라고 할 때, 복수의 색상을 인식하는데 문제를 가진 색각이상자의 색약률은 수학식 1과 같이 그 복수의 색상의 색상민감도의 가중평균값으로 산출될 수 있다.

수학식 1

[0037]
$$C = \frac{(a \times R + b \times G + c \times B)}{(a+b+c)}$$

[0038] 여기서, C는 색각이상자의 색약률이고, R은 색각이상자의 적색에 대한 색상민감도이고, G는 색각이상자의 녹색에 대한 색상민감도이고, B는 색각이상자의 청색에 대한 색상민감도이고, a, b 및 c는 각각 R, G 및 B의 색상민감도에 대한 가중치이다.

[0039] 예컨대, 색각이상자가 적녹색약인 경우, 청색에 대한 색상민감도에 대응되는 가중치 c는 c=0으로 설정될 수 있으며, 적색과 녹색에 대한 색상민감도의 가중치가 동일한 경우 a=b=1이므로, 색약률은

$$C = \frac{(R+G)}{2}$$

으로 표현될 수 있다. 이때, 색각이상자의 R과 G가 서로 동일하다면, 색약률은 적색 또는 녹색의 색상민감도와 동일한 값을 가질 수 있다.

[0040] 한편, 색약 보정 장치가 색각이상자별로 색약률 측정 절차를 거쳐 색약률을 결정할 수 있으며, 기존에 자신의 색약률을 알고 있는 색각이상자로부터는 그 색약률을 직접 입력받을 수 있다. 색약률의 측정 절차에 대한 구체적인 설명은 도 3에 대한 설명에서 자세하게 후술한다.

[0041] 색각이상이미지는 색각이상자별로 결정된 색약률에 기초하여 입력이미지가 그 색각이상자에게 시각적으로 어떻게 인식되는지를 재구성한 이미지이다. 도 5를 참조하면, (a)는 입력이미지이고, (b)는 입력이미지에 종래의 Daltonization 알고리즘을 적용하여 색각이상자에게 인식되는 영상이미지이고, (c)는 입력이미지에 본 발명의 알고리즘을 적용하여 색각이상자에게 인식되는 영상이미지이다.

[0042] 이때, 본 발명의 알고리즘은 색각이상자별 색약률을 이용하여 색각이상이미지를 생성하는 것이며, 이 알고리즘에 대한 구체적인 내용은 아래의 실시예에 대한 설명에서 자세하게 후술한다.

[0043] 다른 실시예에서는, 색약 보정 장치가 색각이상자의 색약률에 기초하여 그 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하여 색각이상이미지를 생성할 수 있다.

[0044] 예컨대, 색약 보정 장치가 적녹색약의 색약 종류를 가지는 색각이상자를 대상으로 색각이상이미지를 생성할 때, 입력이미지에서 적녹색약에 대응되는 적색 또는 녹색 계열의 픽셀을 선별하고, 그 색각이상자의 색약률을 이용하여 그 선별된 픽셀의 적색 또는 녹색 성분을 황색 성분으로 변환하여 색각이상이미지를 생성할 수 있다.

[0045] 이때, 색약 보정 장치가 그 선별된 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하는 구체적인 방법에 대해서는 아래에서 자세하게 설명한다.

[0046] 또 다른 실시예에서는, 색약 보정 장치가 색약률에 기초하여, 그 선별된 픽셀에서 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 적어도 하나의 색상의 성분을 선형적으로 감소시켜 색각이상이미지를 생성할 수 있다.

[0047] 예컨대, 색각이상자가 적녹색약인 경우, 그 색각이상자에게 입력이미지에 포함된 적색 또는 녹색 계열의 픽셀은 황색 계열로 수렴하여 보일 수 있다. 이때, 색약 보정 장치가 입력이미지의 색공간을 HSL(hue, saturation, lightness)색공간으로 변환할 수 있다. 그리고, 그 선별된 픽셀에 대하여 hue값이 색약률에 따라 황색(60.0)으로 선형적으로 수렴해가도록 적색 또는 녹색 성분을 감소시킬 수 있다.

[0048] 보다 자세하게는, 도 8에 표시된 hue값(H)을 참조하면, 색약 보정 장치가 입력이미지에서 hue값이 0 내지 150.0 또는 330.0 내지 360.0인 적색 또는 녹색 계열의 선별된 픽셀에 대하여, 0에서 1사이의 값인 색약률을 이용하여 60.0의 황색으로 선형적으로 수렴하도록 적색 또는 녹색의 색상 성분을 감소시켜 색각이상이미지를 생성할 수 있다. 이때, 적색 또는 녹색의 색상 성분을 감소시킨 hue값의 산출은 아래의 수학식 2에 의해 수행될 수 있다.

수학식 2

[0049]
$$hue2 = \begin{cases} 60.0 + (hue1 - 60.0) \times C, & 0 \leq hue1 < 150.0 \\ 60.0 - (60.0 + (360.0 - hue1)) \times C, & 330.0 \leq hue1 < 360.0 \end{cases}$$

[0050] 여기서, hue2는 적색 또는 녹색의 색상 성분을 감소시킨 hue값이고, hue1는 입력이미지의 원래의 hue값이고, C는 색각이상자의 색약률이다.

[0051] 한편, 수학식 2는 색각이상자의 적색 또는 녹색에 대한 색상민감도가 색약률과 동일하다는 전제하에서 사용될 수 있다. 이는, 수학식 2에서 적색 또는 녹색의 색상 성분의 감소가 동일한 비율로 이루어지는 것으로 알 수 있다.

[0052] 단계 S120에서는, 색약 보정 장치가 그 입력이미지 및 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 그 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출한다.

[0053] 즉, 도 7을 참조하면, 색약 보정 장치가 (a)입력이미지 및 (b) 색각이상이미지 각각에서 서로 대응되는 좌표의 픽셀값을 서로 비교하여, 색각이상자에게 색약현상이 발생한 것으로 판단되는 픽셀을 포함하는 영역을 혼동영역(적색의 사각형)으로 검출할 수 있다.

[0054] 한편, 혼동영역을 검출하는 구체적인 방법에 대해서는 도 2에 대한 설명에서 자세하게 후술한다.

[0055] 단계 S130에서는, 색약 보정 장치가 그 색약률에 기초하여 입력이미지에서 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성한다.

[0056] 이때, 색약 보정 장치가 보정의 효율성을 고려하여, 대응영역에 속하는 픽셀 중에서 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀에 대해서만 보정을 수행할 수 있다. 예컨대, 적녹색약인 색각이상자에 대하여, 색약 보정 장치가 대응영역에 속하는 픽셀 중 hue값이 0 내지 150.0 또는 330.0 내지 360.0인 적색 또는 녹색 계열의 픽셀에 대해서만 픽셀값의 보정을 수행할 수 있다.

[0057] 한편, 보정은 색각이상이미지를 생성할 때 사용했던 수학식 2의 역연산을 통해 수행될 수 있으며, 예를 들어, 도 9의 소스코드에 의하여 수행될 수 있다. 도 9를 참조하면, 색각이상자의 색약률과 입력이미지에 포함된 픽셀의 hue값을 이용하여, 보정된 hue값이 산출될 수 있다. 여기서, hue2는 보정된 hue값이고, hue1는 입력이미지의 원래의 hue값이고, C는 색각이상자의 색약률이다.

[0058] 색각보정이미지는 색약률에 기초하여 보정이 수행된 결과이미지로, 색각이상자는 색각보정이미지를 이용하여 이미지 내의 객체(예, 문자, 배경, 인물, 물체 등)를 보다 원활하게 구분하여 인식할 수 있다.

[0059] 도 6a를 참조하면, (a)는 입력이미지이고, (b)는 색각이상자에게 입력이미지가 인식되는 영상이미지이고, (c)는 색약 보정 장치가 입력이미지를 보정한 보정이미지이고, (d)는 색각이상자에게 보정이미지가 인식되는 영상이미지이다.

[0060] 다른 실시예에서는, 색약 보정 장치가 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우, 혼동영역을 그 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상으로 보정할 수 있다.

[0061] 예컨대, 색각이상자의 색약률(예, 0.2)이 매우 낮다고 하면, 색약 보정 장치가 도 9에서 설명한 보정을 수행하면서 계산되는 보정된 hue값이 색약률 C로 나누면서 너무 커져 버려서, 색각이상자에게 색상의 구분이 더 어려워지는 경우가 발생할 수 있다.

[0062] 따라서, 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우에는, 색약 보정 장치가 대응영역 내의 픽셀에 대하여 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상을 이용하여 보정을 수행할 수 있다. 예컨대, 색각이상자가 적녹색약인 경우, 그 색각이상자가 명확하게 구별할 수 있는 청색 계열 색상을 이용하여 보정을 수행할 수 있다.

[0063] 도 6b를 참조하면, (a)는 입력이미지이고, (b)는 색각이상자에게 입력이미지가 인식되는 영상이미지이고, (c)는 색약 보정 장치가 입력이미지를 청색 계열 색상을 이용하여 보정한 보정이미지이고, (d)는 색각이상자에게 보정이미지가 인식되는 영상이미지이다.

[0064] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 방법은 색각이상자의 색상 인지 알고리즘 모델을 선형적 모

델로 정의하고, 그 색각 이상 인지 알고리즘을 이용하여 색상의 혼동이 발생하는 영역만을 검출하여 보정함으로써, 불필요한 연산을 최소화할 수 있어 색약 보정 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0065] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 혼동영역을 검출하는 방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

[0066] 단계 S210에서는, 색약 보정 장치가 입력이미지 및 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분한다.

[0067] 예컨대, 색약 보정 장치가 입력이미지 및 색각이상이미지 각각을 모두 동일한 크기의 격자(예, 10x10, 12x12, 20x20 등)를 이용하여 복수의 영역으로 구분할 수 있다.

[0068] 단계 S220에서는, 색약 보정 장치가 그 색각이상이미지 및 입력이미지 각각에서 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 비교결과인 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출한다.

[0069] 즉, 색약 보정 장치가 그 색각이상이미지에서 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 제1 비교결과값을 산출하고, 그 입력이미지에서 같은 방법으로 제2 비교결과값을 산출할 수 있다.

[0070] 이때, 예컨대, 제1 비교결과값은 그 색각이상이미지의 구분된 영역 중 어느 한 영역에 대하여, 인접한 4개의 영역과 비교하여 픽셀값의 평균이 소정의 크기 이상 차이 나는지를 비교한 결과값(즉, 인접한 4개 영역과 모두 그 크기이상 차이가 나는 경우 결과값은 4가 된다.)일 수 있다. 마찬가지로, 제2 비교결과값은 입력이미지의 구분된 영역 중 어느 한 영역에 대하여 인접한 4개의 영역과 비교하여 픽셀값의 평균이 그 크기 이상 차이 나는지를 비교한 결과값일 수 있다.

[0071] 단계 S230에서는, 색약 보정 장치가 그 색각이상이미지 및 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값 간의 차이가 소정의 임계치 이상인 영역을 혼동영역으로 검출한다.

[0072] 예컨대, 색약 보정 장치가 색각이상이미지 및 입력이미지에서의 동일한 영역에 대하여, 그 영역에 대응되는 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 서로 비교할 수 있다. 그리고, 만일 그 임계치는 2이고, 제2 비교결과값이 4이고 제1 비교결과값이 1인 경우, 그 영역은 혼동 영역으로 검출될 수 있다. (4 - 1 = 3이므로, 임계치인 2보다 크기 때문이다.)

[0073] 다른 실시예에서는, 색약 보정 장치가 그 입력이미지에 포함된 복수의 영역 중에서 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율 이상 포함하는 선별영역을 선별할 수 있다. 이때, 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값의 산출(S220)은 그 선별영역에 대해서만 수행될 수 있다.

[0074] 즉, 혼동영역은 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀이 위치한 곳에서 존재할 것이므로, 색약 보정 장치가 복수의 영역 중에서 그 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율이상 포함하는 선별영역을 우선하여 선별할 수 있다. 그리고, 색약 보정 장치가 그 선별영역에 대하여 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 각각 산출할 수 있다.

[0075] 이는, 색각이상자의 색약 종류에 따라 효율적으로 혼동영역을 검출해 내기 위함으로, 그 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀이 없는 영역에 대하여는 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출하지 않도록 하여 전체 색약 보정 과정에 소요되는 시간을 절약할 수 있다.

[0076] 또 다른 실시예에서는, 색각이상자의 색약 종류가 적녹색약일 때, 그 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀은 hue값이 0 내지 150.0 또는 330.0 내지 360.0인 픽셀일 수 있다.

[0077] 즉, 색각이상자가 적녹색약인 경우, 그 색각이상자는 적색 또는 녹색 계열의 픽셀을 정확하게 인식하지 못하는 문제를 가지고 있다. 이때, 그 적색 또는 녹색 계열의 픽셀에 대응되는 HSL 색공간에서의 hue값은, 도 8을 참조하면, 0 내지 150.0 또는 330.0 내지 360.0인 것을 알 수 있다.

[0078] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 색약율을 결정하는 방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

[0079] 단계 S310에서는, 색약 보정 장치가 색약률 측정을 위한 샘플입력이미지를 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 보정한 복수의 색각보정이미지를 생성한다.

[0080] 예컨대, 색약률이 0에서 1까지의 범위라고 하면, 색약 보정 장치가 0.1부터 0.7까지 0.1 단위로 총 7개의 색약률에 대한 7개의 색각보정이미지를 생성한다. 이때, 0.7을 초과하는 색약률을 가진 색각이상자는 비록 어느 정도의 색각 이상을 가지고 있으나, 보정이 필요한 정도는 아닐 수 있다.

[0081] 단계 S320에서는, 그 생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 가장 명확하게 색상이 인식되는 색각보정이미지가

색각이상자로부터 선택된다.

[0082] 예컨대, 어떤 색각이상자가 그 생성된 7개의 색각보정이미지 중에서, 자신이 가장 명확하게 색상을 인식할 수 있는 1개의 색각보정이미지를 선택하여 색약 보정 장치에게 그 선택 결과를 전달할 수 있다.

[0083] 단계 S330에서는, 색약 보정 장치가 그 선택된 색각보정이미지에 대응되는 색약률을 그 색각이상자의 색약률로 결정한다.

[0084] 색약 보정 장치는 그 선택된 색각보정이미지가 어떤 색약률에 의하여 생성되었는지를 파악하여, 그 색약률을 그 색각이상자의 색약률로 결정할 수 있다.

[0085] 다른 실시예에서는, 색약 보정 장치가 색각이상자로부터 색약률에 대한 정보를 포함하는 색약률정보를 수신할 수 있다.

[0086] 예컨대, 어떤 색각이상자가 도 3에 대응되는 색약률 측정 과정을 이미 거쳐서 자신의 색약률을 알고 있는 경우, 그 색각이상자는 별도의 색약률 측정 과정이 불필요할 수 있다. 이때, 색약 보정 장치가 그 색각이상자로부터 자신이 알고 있는 색약률에 대한 정보를 수신할 수 있다.

[0087] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 장치를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

[0088] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 색약 보정 장치(400)는 이상이미지생성부(410), 혼동영역탐지부(420) 및 보정부(430)를 포함한다.

[0089] 한편, 색약 보정 장치(400)는 스마트폰, VR(가상현실)장치, AR(증강현실)장치, 태블릿, 노트북 및 데스크탑 컴퓨터 등에 탑재되어, 사진, 동영상 및 그림 등의 미디어 컨텐츠를 출력하거나 제작할 때 보정을 수행할 수 있다. 또한, 색약 보정 장치(400)는 모니터, TV, 프린터기, AR장치 및 VR장치와 같은 출력 또는 표시 장치에 탑재되어, 출력 또는 표시되는 결과에 대한 보정을 수행할 수 있다. 또한, 색약 보정 장치(400)는 스마트폰, 태블릿, VR장치, AR장치, 노트북 및 데스크탑 컴퓨터 등의 디스플레이를 위한 드라이버에 탑재되어, 출력되는 화면에 대한 보정을 수행할 수 있다.

[0090] 이상이미지생성부(410)는 색각이상자의 색상 인식 능력를 나타내는 색약률에 기초하여 입력이미지가 그 색각이상자에게 시각적으로 인식된 결과인 색각이상이미지를 생성한다.

[0091] 다른 실시예에서는, 이상이미지생성부(410)는 입력이미지의 픽셀 중에서 그 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 선별하고, 색약률에 기초하여 그 선별된 픽셀의 적어도 하나의 색상 성분을 변환하여 색각이상이미지를 생성할 수 있다.

[0092] 또 다른 실시예에서는, 색각이상이미지는 색약률에 기초하여 그 선별된 픽셀에서 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 적어도 하나의 색상의 성분을 선형적으로 감소시켜 생성될 수 있다.

[0093] 혼동영역탐지부(420)는 그 입력이미지 및 그 색각이상이미지의 픽셀값에 기초하여 그 색각이상자에게 색약현상이 발생하는 적어도 하나의 혼동영역을 검출한다.

[0094] 다른 실시예에서는, 혼동영역탐지부(420)는 그 입력이미지 및 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분하고, 그 색각이상이미지 및 입력이미지 각각에서 그 구분된 영역별로 인접한 영역과의 픽셀값에 기초한 비교결과인 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출하고, 그 색각이상이미지 및 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값 간의 차이가 소정의 임계치 이상인 영역을 혼동영역으로 검출할 수 있다.

[0095] 또 다른 실시예에서는, 혼동영역탐지부(420)는 그 입력이미지에 포함된 복수의 영역 중에서 색각이상자의 색약 종류에 대응되는 픽셀을 임계비율 이상 포함하는 선별영역을 더 선별하고, 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값은 그 선별영역에 대해서만 산출될 수 있다.

[0096] 보정부(430)는 그 색약률에 기초하여 그 입력이미지에서 적어도 하나의 혼동영역에 대응되는 대응영역에 속하는 픽셀의 픽셀값을 보정한 색각보정이미지를 생성한다.

[0097] 다른 실시예에서는, 보정부(430)는 색각이상자의 색약률이 소정의 임계치 이하인 경우, 혼동영역을 그 색각이상자의 색약 종류에 대응되지 않는 색상으로 보정할 수 있다.

[0098] 또 다른 실시예에서는, 색각이상자의 색약률은 색약률 측정을 위한 샘플입력이미지로부터 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 가장 명확하게 색상이 인식되는 것으로 선택된 색각보정

이미지에 대응되는 색약률로 결정될 수 있다.

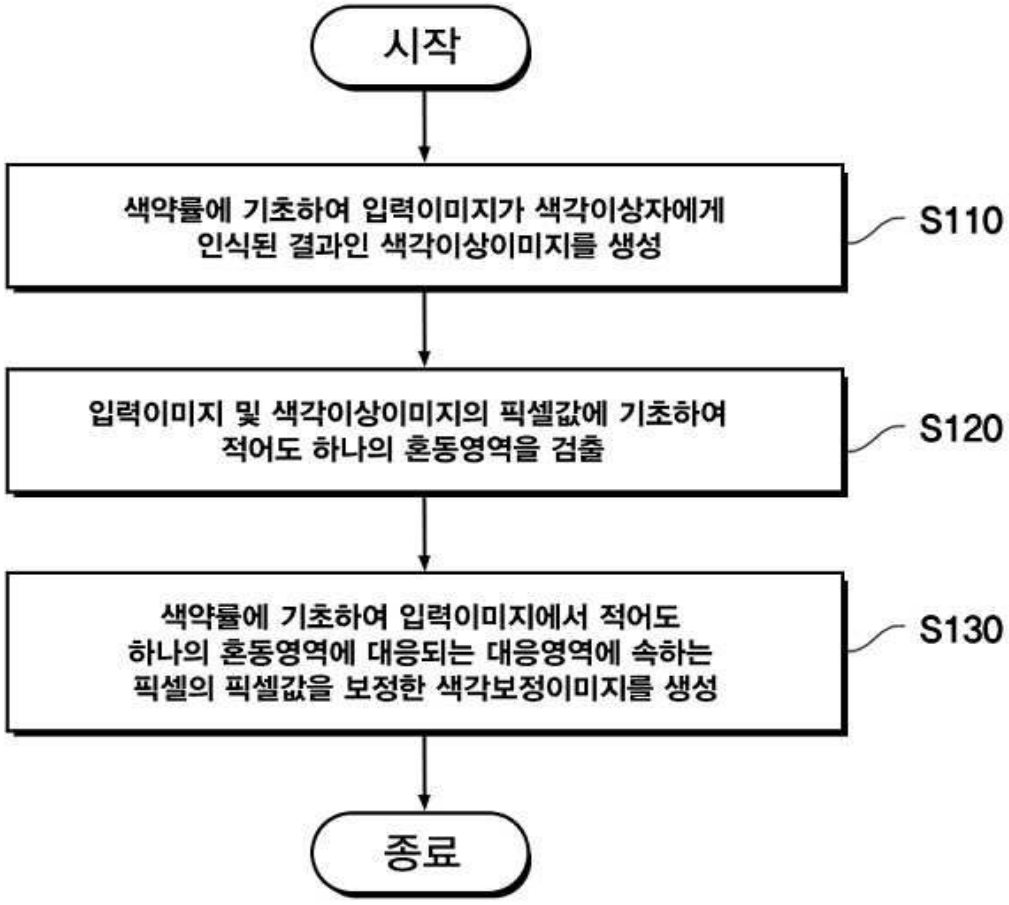
[0099] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

[0100] 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 를 포함한다.

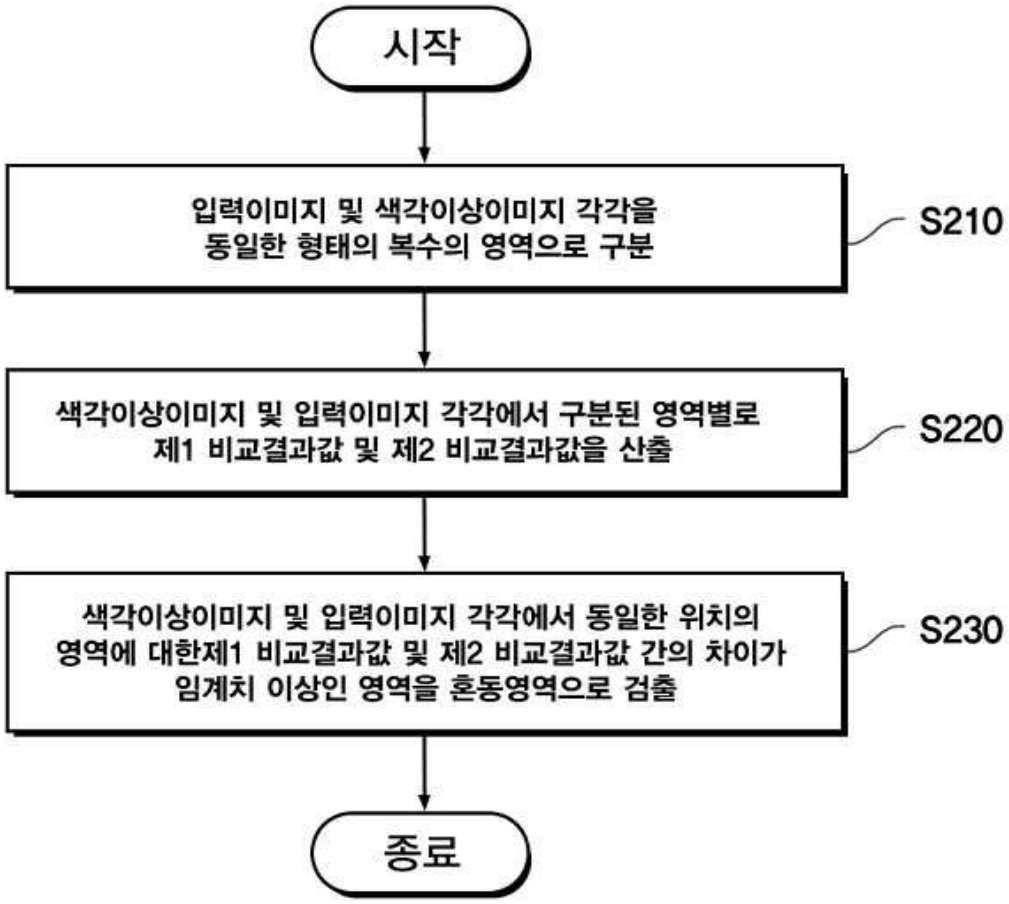
[0101] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

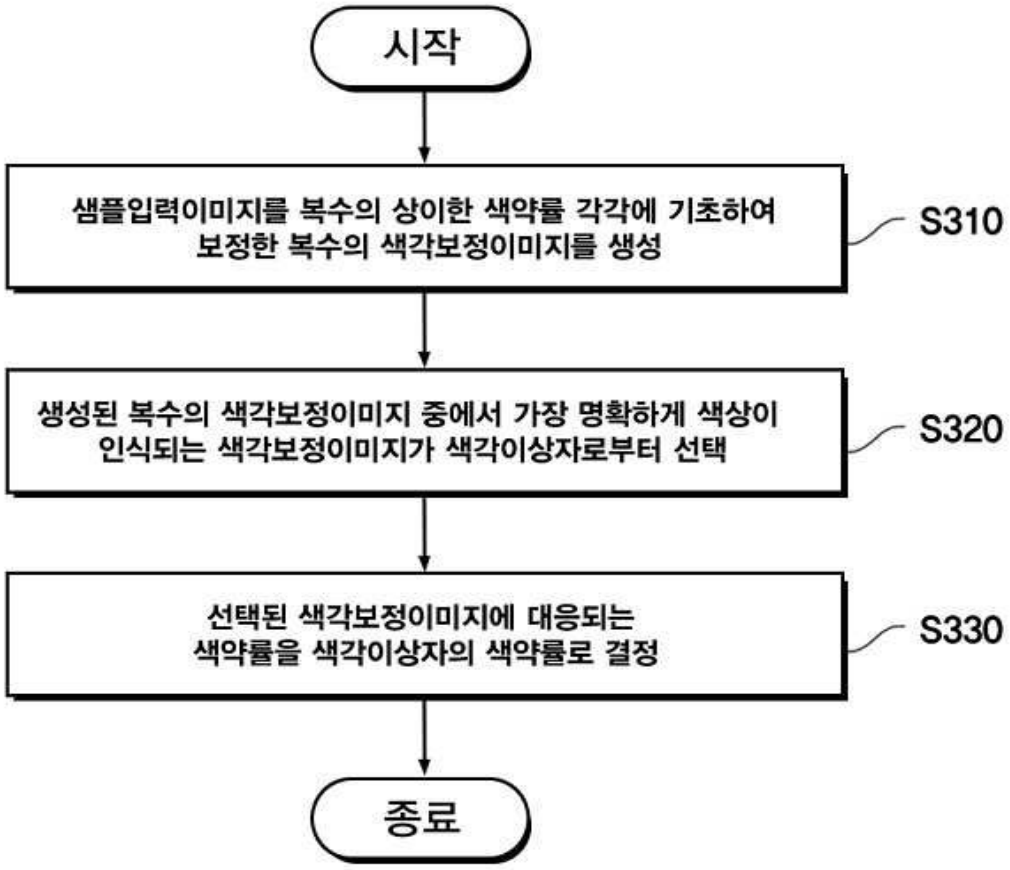
도면1



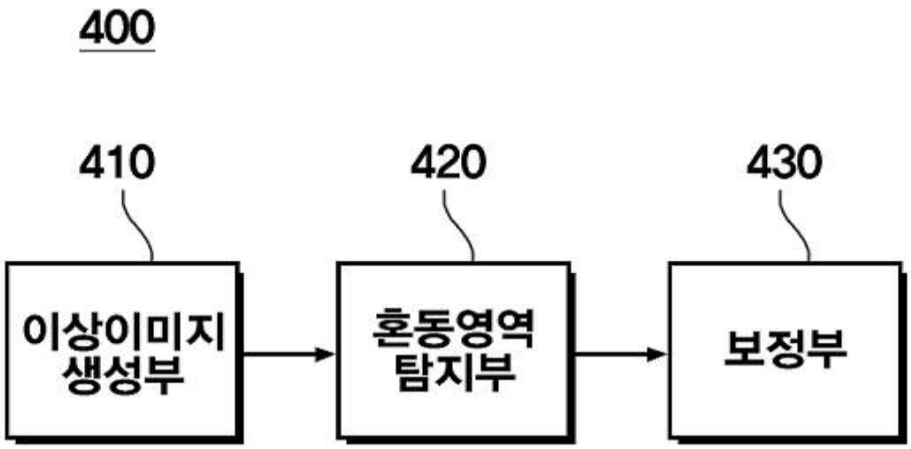
도면2


시작
입력이미지 및 색각이상이미지 각각을 동일한 형태의 복수의 영역으로 구분
S210
색각이상이미지 및 입력이미지 각각에서 구분된 영역별로 제1 비교결과값 및 제2 비교결과값을 산출
S220
색각이상이미지 및 입력이미지 각각에서 동일한 위치의 영역에 대한제1 비교결과값 및 제2 비교결과값 간의 차이가 임계치 이상인 영역을 혼동영역으로 검출
S230
종료

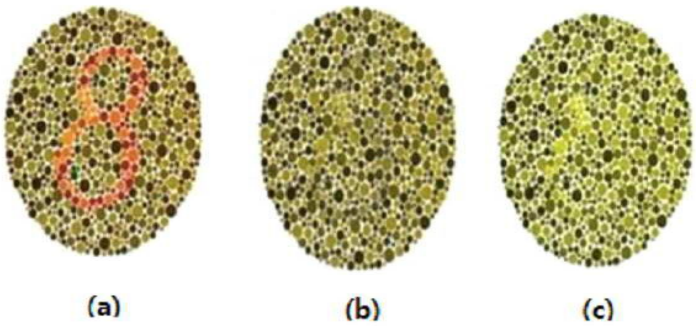
도면3


시작
샘플입력이미지를 복수의 상이한 색약률 각각에 기초하여 보정한 복수의 색각보정이미지를 생성
S310
생성된 복수의 색각보정이미지 중에서 가장 명확하게 색상이 인식되는 색각보정이미지가 색각이상자로부터 선택
S320
선택된 색각보정이미지에 대응되는 색약률을 색각이상자의 색약률로 결정
S330
종료

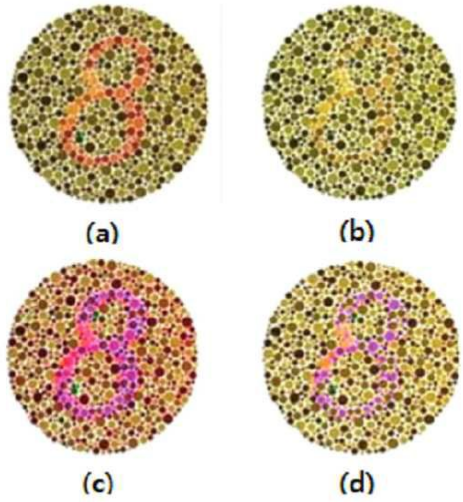
도면4


400
410
420
430
이상이미지 생성부
혼동영역 탐지부
보정부

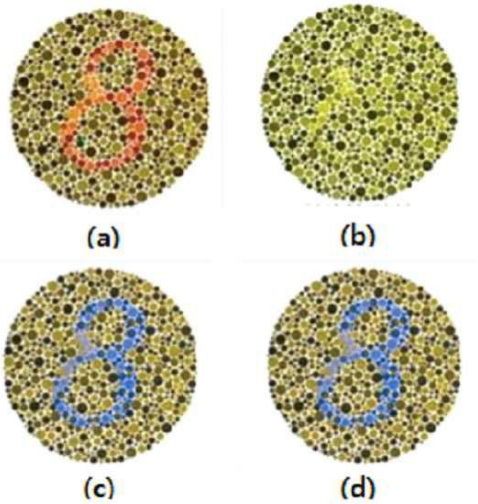
도면5



도면6a



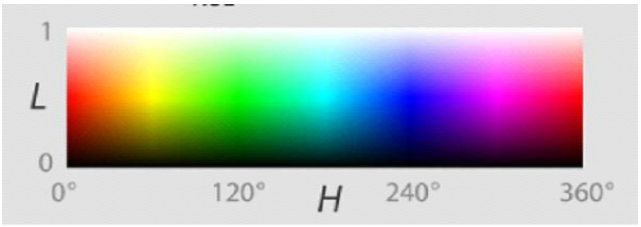
도면6b



도면7



도면8



도면9

```
if(60.0-90.0*C<0.0)
{
        if(hue1>=60.0*(1-C) && hue1<=60.0+90.0*C) hue2=(hue1-60.0)/C+60.0;
        else if(hue1>=240.0-90.0*C && hue1<=240.0+90.0*C) hue2=(hue1-240.0)/C+240.0;
        else if(hue1>420.0-90*C) hue2=(hue1-420.0)/C+420.0;
        else if(hue1>=0.0 && hue1<60.0-60.0*C) hue2=(hue1-60.0)/C+420.0;
}
else
{
        if(hue1>=60.0*(1-C) && hue1<=60.0+90.0*C) hue2=(hue1-60.0)/C+60.0;
        else if(hue1>=240.0-90.0*C && hue1<=240.0+90.0*C) hue2=(hue1-240.0)/C+240.0;
        else if(hue1>=60.0-90.0*C && hue1<60.0-60.0*Ce) hue2=(hue1-60.0)/C+420.0;
}
```