



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0099042
(43) 공개일자 2025년07월01일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03H 1/22 (2006.01) G03H 1/26 (2006.01)
H04N 9/69 (2023.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G03H 1/2202 (2013.01)
G03H 1/268 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2024-0194322
(22) 출원일자 2024년12월23일
심사청구일자 2024년12월23일</p> <p>(30) 우선권주장
1020230190026 2023년12월22일 대한민국(KR)</p> | <p>(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
곽영신
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
고민정
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(74) 대리인
특허법인 무한</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 16 항

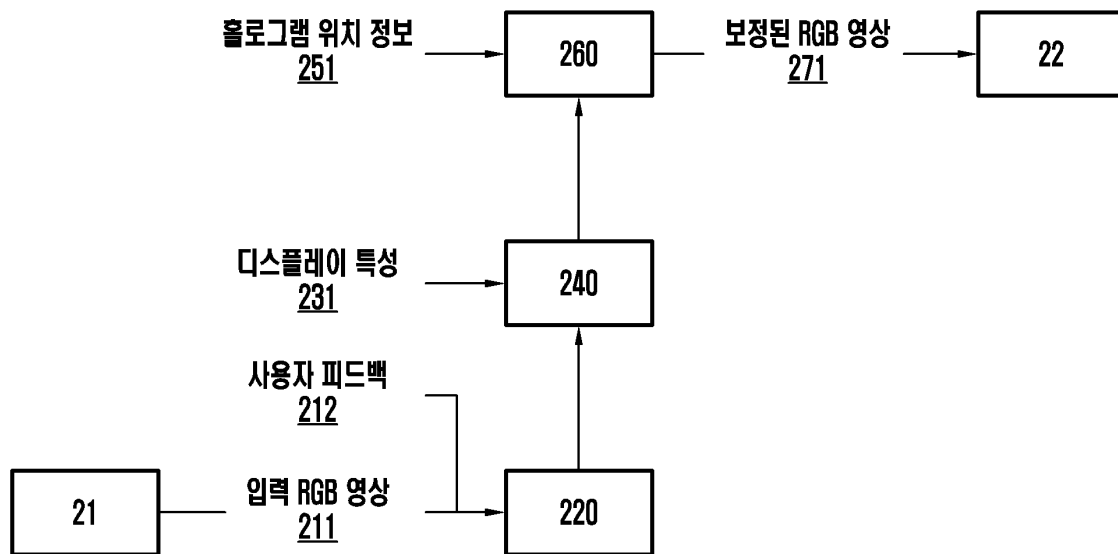
(54) 발명의 명칭 디지털 홀로그램 장치 및 그 제어방법

(57) 요약

일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치 및 그 제어방법은 XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그램 디스플레이를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'Éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)을 획득하고, 상기 기준 디스플레이에서 RGB 색공간을 따른 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따른 색상 값을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득하며, 상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 통해 출력된 색상 값 및 상기 기준 디스플레이를 통해 출력된 색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)을 획득하고, XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 상기 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 상기 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여 생성된 3차원 컬러 영상을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표시하는 프로세서를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04N 9/69 (2023.01)

G03H 2001/2223 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711193743
과제번호	2021-0-00343-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	홀로그램핵심기술개발(R&D)
연구과제명	디지털 홀로그램 재생 색-공간 계측 기술 개발
과제수행기관명	한국광기술원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

디지털 홀로그래프 장치에 있어서,

XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그래프 디스플레이를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'Éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)을 획득하고,

상기 기준 디스플레이에서 RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따르는 색상 값을 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득하며,

상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 통해 출력된 색상 값 및 상기 기준 디스플레이를 통해 출력된 색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)을 획득하고,

XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 상기 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 상기 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여 생성된 3차원 컬러 영상을 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 표시하는 프로세서

를 포함하는 디지털 홀로그래프 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하기 위해,

RGB 색공간을 따르는 지정된 색상(specific color)을 지시하는 제1 RGB 색상 데이터로부터 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제1 XYZ 색상 데이터를 획득하고,

상기 제1 XYZ 색상 데이터에 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 적용함으로써 제2 XYZ 색상 데이터를 획득하며,

사용자 피드백에 기초하여 결정된 제2 RGB 색상 데이터로부터 상기 디지털 홀로그래프의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제3 XYZ 색상 데이터를 계산하고,

상기 제2 XYZ 색상 데이터 및 상기 제3 XYZ 색상 데이터 간의 색차(color difference)가 감소되도록 상기 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하는,

디지털 홀로그래프 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 사용자 피드백은,

상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 표현되는 상기 제2 XYZ 색상 데이터의 색상 값을 상기 기준 디스플레이에서 표현되는 상기 제1 RGB 색상 데이터와 같은 색상으로서 사용자에게 인식되는 색상 값으로 조정하는 입력을 포함하는,

디지털 홀로그램 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 프로세서는,

복수의 지정된 색상들의 각각에 대해 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 및 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 간의 색차 및 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하고,

상기 복수의 지정된 색상들에 대해 계산된 후보 컬러리메트릭 보정 행렬들 중 상기 복수의 지정된 색상들에 대해 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정하는,

디지털 홀로그램 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 가뭇 매핑 행렬을 계산하기 위해,

RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값들을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 XYZ 색공간을 따르는 XYZ 색상 값들로 변환하고,

상기 변환된 XYZ 색상 값들 중 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 색역을 벗어나는 값을 상기 색역 내로 보정하는 상기 가뭇 매핑 행렬을 계산하는,

디지털 홀로그램 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 기준 색상 값들은,

적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값을 포함하는,

디지털 홀로그램 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 위치별 세기 보정 행렬을 계산하기 위해,

상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 상기 3차원 컬러 영상에서 지정된 3차원 위치의 색상 값 및 상기 기준 디스플레이에서 상기 3차원 위치에 대응하는 지점에 표현된 색상 값을 일치시키는 상기 위치별 세기 보정 행렬을 계산하는,

디지털 홀로그램 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 프로세서는,
복수의 위치들 별로 보정된 RGB 값에 기초하여 상기 3차원 컬러 영상을 생성하는,
디지털 홀로그램 장치.

청구항 9

프로세서에 의해 디지털 홀로그램을 제어하는 방법에 있어서,
XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그램 디스플레이를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)을 획득하는 단계;
상기 기준 디스플레이에서 RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따르는 색상 값을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득하는 단계;
상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 통해 출력된 색상 값 및 상기 기준 디스플레이를 통해 출력된 색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)을 획득하는 단계; 및
XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 상기 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 상기 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여 생성된 3차원 컬러 영상을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표시하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 획득하는 단계는,
RGB 색공간을 따르는 지정된 색상(specific color)을 지시하는 제1 RGB 색상 데이터로부터 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제1 XYZ 색상 데이터를 획득하는 단계;
상기 제1 XYZ 색상 데이터에 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 적용함으로써 제2 XYZ 색상 데이터를 획득하는 단계;
사용자 피드백에 기초하여 결정된 제2 RGB 색상 데이터로부터 상기 디지털 홀로그램의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제3 XYZ 색상 데이터를 계산하는 단계; 및
상기 제2 XYZ 색상 데이터 및 상기 제3 XYZ 색상 데이터 간의 색차(color difference)가 감소되도록 상기 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 사용자 피드백은,

상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표현되는 상기 제2 XYZ 색상 데이터의 색상 값을 상기 기준 디스플레이에서 표현되는 상기 제1 RGB 색상 데이터와 같은 색상으로서 사용자에게 인식되는 색상 값으로 조정하는 입력을 포함하는,

방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 획득하는 단계는,

복수의 지정된 색상들의 각각에 대해 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 및 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 간의 색차 및 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하는 단계;

상기 복수의 지정된 색상들에 대해 계산된 후보 컬러리메트릭 보정 행렬들 중 상기 복수의 지정된 색상들에 대해 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 가뭇 매핑 행렬을 획득하는 단계는,

RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값들을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 XYZ 색공간을 따르는 XYZ 색상 값들로 변환하는 단계; 및

상기 변환된 XYZ 색상 값들 중 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 색역을 벗어나는 값을 상기 색역 내로 보정하는 상기 가뭇 매핑 행렬을 계산하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 기준 색상 값들은,

적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값을 포함하는, 방법.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 위치별 세기 보정 행렬을 획득하는 단계는,

상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 상기 3차원 컬러 영상에서 지정된 3차원 위치의 색상 값 및 상기 기준 디스플레이에서 상기 3차원 위치에 대응하는 지점에 표현된 색상 값을 일치시키는 상기 위치별 세기 보정 행렬을 계산하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 표시하는 단계는,

복수의 위치들 별로 보정된 RGB 값에 기초하여 상기 3차원 컬러 영상을 생성하는 단계

를 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이하, 홀로그래프 특성 및 CIE 컬러리메트릭 불일치(colorimetric mismatch)를 고려하여 보정된 영상을 디스플레이 이하는 디지털 홀로그래프 장치 및 그 제어방법에 관한 기술이 제공된다.

배경 기술

[0003] 홀로그래피(holography)는 두 개의 빛이 서로 만나 일으키는 간섭 효과에 기초하여 입체 영상을 구현하는 기술이다. 이 중 디지털 홀로그래피(Digital Holography)는 기존의 아날로그 홀로그래프를 보다 확장시킨 형태로서, 수학적 계산과 처리를 통해 간섭 무늬를 생성하고 이를 데이터로 기록함에 따라 3D 영상을 재생하는 기술을 의미한다. 디지털 홀로그래피 디스플레이는 홀로그래프 데이터를 입력받아 홀로그래프를 재현하는 장치로서, 빛의 진폭과 위상을 동시에 제어할 수 있는 공간 광 변조기(Spatial Light Modulator, SLM)를 이용하여 실시간으로 고화질 홀로그래프를 구현할 수 있다.

[0004] 위에서 설명한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허공보 10-0703105(2007년 03월 28일 공고)에는 컬러 이미지 데이터 보정 방법이 제시된다.

(특허문헌 0002) 한국 등록 특허공보 10-0809343(2008년 02월 26일 공고)에는 디스플레이 장치 화면의 공간적 불균일을 보정하는 방법 및 장치가 제시된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 일 실시예에 따른 디지털 홀로그래프 장치 및 그 제어방법은 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬, 가뭇 매핑 행렬 및 위치별 세기 보정 행렬을 계산하고 이를 활용하여 3차원 컬러 영상을 생성할 수 있다.

[0008] 다만, 기술적 과제는 상술한 기술적 과제들로 한정되는 것은 아니며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 일 실시예에 따른 디지털 홀로그래프 장치는, XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그래프 디스플레이를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'Éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)을 획득하고, 상기 기준 디스플레이에서 RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따르는 색상 값을 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득하며, 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 통해 출력된 색상 값 및 상기 기준 디스플레이를 통해 출력된 색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)을 획득하고, XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 상기 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 상기 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여 생성된 3차원 컬러 영상을 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 표시하는 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 프로세서는, 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하기 위해, RGB 색공간을 따르는 지정된 색상(specific color)을 지시하는 제1 RGB 색상 데이터로부터 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제1 XYZ 색상 데이터를 획득하고, 상기 제1 XYZ 색상 데이터에 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 적용함으로써 제2 XYZ 색상 데이터를 획득하며, 사용자 피드백에 기초하여 결정된 제2 RGB 색상 데이터로부터 상기 디지털 홀로그래프의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제3 XYZ 색상 데이터를 계산하고, 상기 제2 XYZ 색상 데이터 및 상기 제3 XYZ 색상 데이터 간의 색차(color difference)가 감소되도록 상기 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산할 수 있다.
- [0012] 상기 사용자 피드백은, 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 표현되는 상기 제2 XYZ 색상 데이터의 색상 값을 상기 기준 디스플레이에서 표현되는 상기 제1 RGB 색상 데이터와 같은 색상으로서 사용자에게 인식되는 색상 값으로 조정하는 입력을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 프로세서는, 복수의 지정된 색상들의 각각에 대해 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 및 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 간의 색차 및 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하고, 상기 복수의 지정된 색상들에 대해 계산된 후보 컬러리메트릭 보정 행렬들 중 상기 복수의 지정된 색상들에 대해 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정할 수 있다.
- [0014] 상기 프로세서는, 상기 가뭇 매핑 행렬을 계산하기 위해, RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값들을 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 XYZ 색공간을 따르는 XYZ 색상 값들로 변환하고, 상기 변환된 XYZ 색상 값들 중 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이의 색역을 벗어나는 값을 상기 색역 내로 보정하는 상기 가뭇 매핑 행렬을 계산할 수 있다.
- [0015] 상기 기준 색상 값들은, 적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 프로세서는, 상기 위치별 세기 보정 행렬을 계산하기 위해, 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 기준으로 상기 3차원 컬러 영상에서 지정된 3차원 위치의 색상 값 및 상기 기준 디스플레이에서 상기 3차원 위치에 대응하는 지점에 표현된 색상 값을 일치시키는 상기 위치별 세기 보정 행렬을 계산할 수 있다.
- [0017] 상기 프로세서는, 복수의 위치들 별로 보정된 RGB 값에 기초하여 상기 3차원 컬러 영상을 생성할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에 따른 디지털 홀로그래프 장치를 제어하는 방법은, XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그래프 디스플레이를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'Éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)을 획득하는 단계, 상기 기준 디스플레이에서 RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따르는 색상 값을 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득하는 단계, 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 상기 디지털 홀로그래프 디스플레이를 통해 출력된 색상 값 및 상기 기준 디스플레이를 통해 출력된 색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)을 획득하는 단계 및 XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 상기 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 상기 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여

생성된 3차원 컬러 영상을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표시하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0019] 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 획득하는 단계는, RGB 색공간을 따르는 지정된 색상(specific color)을 지시하는 제1 RGB 색상 데이터로부터 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제1 XYZ 색상 데이터를 획득하는 단계, 상기 제1 XYZ 색상 데이터에 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 적용함으로써 제2 XYZ 색상 데이터를 획득하는 단계, 사용자 피드백에 기초하여 결정된 제2 RGB 색상 데이터로부터 상기 디지털 홀로그램의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제3 XYZ 색상 데이터를 계산하는 단계 및 상기 제2 XYZ 색상 데이터 및 상기 제3 XYZ 색상 데이터 간의 색차(color difference)가 감소되도록 상기 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 사용자 피드백은, 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표현되는 상기 제2 XYZ 색상 데이터의 색상 값을 상기 기준 디스플레이에서 표현되는 상기 제1 RGB 색상 데이터와 같은 색상으로서 사용자에게 인식되는 색상 값으로 조정하는 입력을 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 획득하는 단계는, 복수의 지정된 색상들의 각각에 대해 상기 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 및 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 간의 색차 및 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하는 단계, 상기 복수의 지정된 색상들에 대해 계산된 후보 컬러리메트릭 보정 행렬들 중 상기 복수의 지정된 색상들에 대해 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 상기 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득하는 단계는, RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값들을 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 XYZ 색공간을 따르는 XYZ 색상 값들로 변환하는 단계 및 상기 변환된 XYZ 색상 값들 중 상기 디지털 홀로그램 디스플레이의 색역을 벗어나는 값을 상기 색역 내로 보정하는 상기 가뭇 매핑 행렬을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 기준 색상 값들은, 적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 위치별 세기 보정 행렬을 획득하는 단계는, 상기 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 상기 3차원 컬러 영상에서 지정된 3차원 위치의 색상 값 및 상기 기준 디스플레이에서 상기 3차원 위치에 대응하는 지점에 표현된 색상 값을 일치시키는 상기 위치별 세기 보정 행렬을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표시하는 단계는, 복수의 위치들 별로 보정된 RGB 값에 기초하여 상기 3차원 컬러 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치 및 그 제어방법은 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬, 가뭇 매핑 행렬 및 위치별 세기 보정 행렬을 계산하고 이를 활용함에 따라 일반 디스플레이와 디지털 홀로그램 디스플레이 간에 발생하는 CIE 컬러 불일치를 해결하고, 디지털 홀로그램 디스플레이의 색역 범위 내로 조정할 수 있으며, 위치별 색상을 보정함에 따라 디지털 홀로그램 디스플레이가 높은 정확도로 제작자가 의도한 실제 색상과 동일하게 표현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치의 블록도를 도시한다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치로부터 생성된 3차원 영상을 디지털 홀로그램 디스플레이에 표시하는 과정을 예시적으로 나타낸다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치에서 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하기 위해 수행된 사용자 인지 실험을 예시적으로 나타낸다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치를 제어하는 방법의 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0031] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0032] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0033] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0035] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0036] 디지털 홀로그래프 디스플레이는 적색(red, R), 녹색(green, G) 및 청색(blue, B) 레이저를 기본 컬러(color)로 사용한다. 이러한 디지털 홀로그래프 디스플레이는 디스플레이의 광학적 특성과 관련이 없는 CIE(Commission Internationale de l'éclairage) 컬러리메트릭 불일치(colorimetric mismatch)가 발생한다. CIE 컬러리메트릭 불일치는 디지털 홀로그래프 디스플레이에 표시되는 컬러가 다른 디스플레이에서 표시되는 컬러와 매우 다르게 보이지만 컬러 측정 값은 동일하다는 것을 의미할 수 있다. 보다 구체적으로, 컬러는 CIE 컬러메트리(colorimetry)의 표준 함수를 이용하여 3 자극(tristimulus)(예: XYZ) 값들로 표현될 수 있다. 이에 동일한 CIE XYZ 값을 가진 두 컬러는 동일한 컬러 현시(color appearance)를 가지는 것을 의미하나, 특히 디지털 홀로그래프 디스플레이와 같은 협대역(narrowband) 스펙트럼 특성을 가진 디스플레이에서는 일반 디스플레이와 상당히 다른 컬러로 표시될 수 있다.
- [0037] 이에 일 실시예에 따른 디지털 홀로그래프 장치 및 그 제어방법은 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬, 가뭇 매핑 행렬 및 위치별 세기 보정 행렬을 계산하고 이를 활용함에 따라 일반 디스플레이와 디지털 홀로그래프 디스플레이 간에 발생하는 CIE 컬러 불일치를 해결하고, 디지털 홀로그래프 디스플레이의 색역 범위 내로 조정할 수 있으며, 위치별 색상을 보정함에 따라 디지털 홀로그래프 디스플레이가 높은 정확도로 제작자가 의도한 실제 색상과 동일하게 표현할 수 있다.
- [0038] 도 1은 일 실시예에 따른 디지털 홀로그래프 장치의 블록도를 도시한다.
- [0039] 도 2는 일 실시예에 따른 디지털 홀로그래프 장치로부터 생성된 3차원 영상을 디지털 홀로그래프 디스플레이에 표시하는 과정을 예시적으로 나타낸다.
- [0040] 장치(100)는 프로세서(processor)(110) 및 메모리(memory)(120)를 포함할 수 있다.
- [0041] 프로세서(110)는 XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이(21)를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)(220)을 획득할 수 있다. CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 획득하는 과정은 수학적 1 내지 4 및 도 3을 이용하여 상세히 후술한다.

- [0042] 프로세서(110)는 기준 디스플레이(21)에서 RGB 색공간을 따른 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따른 색상 값을 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)(240)을 획득할 수 있다. 가뭇 매핑 행렬을 획득하는 과정은 수학식 5를 이용하여 상세히 후술한다.
- [0043] 프로세서(110)는 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)를 통해 출력된 색상 값 및 기준 디스플레이(21)를 통해 출력된 색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)(260)을 획득할 수 있다. 위치별 세기 보정 행렬을 획득하는 과정은 수학식 7을 이용하여 상세히 후술한다.
- [0044] 프로세서(110)는 XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여 생성된 3차원 컬러 영상(271)(예: 보정된 RGB 영상)을 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)에서 표시할 수 있다. XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터는 입력 RGB 영상(211)을 기준 디스플레이(21)의 특성에 기초하여 변환한 행렬을 의미할 수 있다. 프로세서(110)는 이러한 XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬, 가뭇 매핑 행렬 및 위치별 세기 보정 행렬을 기재된 순서대로 적용할 수 있으나, 이러한 적용 순서는 어떠한 제한이 없다.
- [0045] 또한, 장치(100)는 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)와 하나의 구성으로 이루어질 수 있거나 별개의 구성으로도 이루어질 수 있다.
- [0046] 다양한 실시예에 따르면, 프로세서(110)는 메모리(120)에 저장된 컴퓨터로 읽을 수 있는 코드(예를 들어, 소프트웨어) 및 프로세서(110)에 의해 유발된 명령어(instruction)들을 실행할 수 있다. 프로세서(110)는 목적하는 동작들(desired operations)을 실행시키기 위한 물리적인 구조를 갖는 회로를 가지는 하드웨어로 구현된 데이터 처리 장치일 수 있다. 목적하는 동작들은 예를 들어, 프로그램에 포함된 코드(code) 또는 명령어들(instructions)을 포함할 수 있다. 하드웨어로 구현된 데이터 처리 장치는 예를 들어, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙 처리 장치(central processing unit), 프로세서 코어(processor core), 멀티-코어 프로세서(multi-core processor), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(Application-Specific Integrated Circuit), FPGA(Field Programmable Gate Array)를 포함할 수 있다.
- [0047] 메모리(120)는 기준 디스플레이(21) 및 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)의 디스플레이 특성, 컬러리메트릭 보정 행렬, 가뭇 매핑 행렬, 및 위치별 세기 보정 행렬 등을 저장할 수 있다.
- [0048] CIE 색 공간은 수학적으로 정의된 색 공간 중 하나로서, 기기에 독립적인 특성으로 인해 계산을 위해서는 RGB에서 CIE XYZ로의 변환이 필요하다. 이에 프로세서(110)는 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하기 위해, 우선 수학식 1을 이용하여 RGB에서 CIE XYZ로의 변환을 수행할 수 있다.
- [0049] 프로세서(110)는 RGB 색공간을 따르는 지정된 색상(specific color)을 지시하는 제1 RGB 색상 데이터(예: R_{input} , G_{input} , B_{input})로부터 기준 디스플레이(21)의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬(예: $X_{R,Ref}$, $Y_{R,Ref}$, $Z_{R,Ref}$, $X_{G,Ref}$, $Y_{G,Ref}$, $Z_{G,Ref}$, $X_{B,Ref}$, $Y_{B,Ref}$, $Z_{B,Ref}$)에 기초하여 제1 XYZ 색상 데이터(예: X_{input} , Y_{input} , Z_{input})를 획득할 수 있다. 기준 디스플레이(21)의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬은 기준 디스플레이에서의 적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값의 XYZ 색상 정보를 포함한다. 예를 들어, 색상 값은 R(255,0,0) G(0,255,0) B(0,0,255)일 수 있다.

수학식 1

$$\begin{bmatrix} X_{input} \\ Y_{input} \\ Z_{input} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{R,Ref} & X_{G,Ref} & X_{B,Ref} \\ Y_{R,Ref} & Y_{G,Ref} & Y_{B,Ref} \\ Z_{R,Ref} & Z_{G,Ref} & Z_{B,Ref} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{input} \\ G_{input} \\ B_{input} \end{bmatrix}$$

[0050]

- [0051] 프로세서(110)는 수학식 2를 이용하여 제1 XYZ 색상 데이터(예: X_{input} , Y_{input} , Z_{input})에 후보 컬러리메트릭 보정 행렬(예: M)을 적용함으로써 제2 XYZ 색상 데이터(예: X_{output} , Y_{output} , Z_{output})를 획득할 수 있다. 초기 후보 컬러리메트릭 보정 행렬은, 예를 들어, 다른 컬러 매칭 데이터 세트를 활용하여 도출된 값을 포함하는 행렬이거나

임의의 기본 값이 1로 표기된 3X3 행렬일 수 있다.

수학식 2

$$\begin{bmatrix} X_{output} \\ Y_{output} \\ Z_{output} \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} X_{input} \\ Y_{input} \\ Z_{input} \end{bmatrix}$$

프로세서(110)는 수학식 3을 이용하여 사용자 피드백(212)에 기초하여 결정된 제2 RGB 색상 데이터로부터 디지털 홀로그램의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬(예: $X_{R,HG}$, $Y_{R,HG}$, $Z_{R,HG}$, $X_{G,HG}$, $Y_{G,HG}$, $Z_{G,HG}$, $X_{B,HG}$, $Y_{B,HG}$, $Z_{B,HG}$)에 기초하여 제3 XYZ 색상 데이터(예: $X_{match,output}$, $Y_{match,output}$, $Z_{match,output}$)를 계산할 수 있다. 디지털 홀로그램의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬은 디지털 홀로그램 디스플레이에서의 적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값의 XYZ 색상 정보를 포함한다. 예를 들어, 색상 값은 R(255,0,0) G(0,255,0) B(0,0,255)일 수 있다. CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하기 위해 사용되는 제1 RGB 색상 데이터와 제3 XYZ 색상 데이터를 계산하기 위하여 사용되는 제3 RGB 색상 데이터(예: $R_{match,output}$, $G_{match,output}$, $B_{match,output}$)는 사용자 인지 실험을 통해 획득될 수 있으며, 이에 관해서는 도 3에서 후술한다.

수학식 3

$$\begin{bmatrix} X_{match,output} \\ Y_{match,output} \\ Z_{match,output} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{R,HG} & X_{G,HG} & X_{B,HG} \\ Y_{R,HG} & Y_{G,HG} & Y_{B,HG} \\ Z_{R,HG} & Z_{G,HG} & Z_{B,HG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{match,output} \\ G_{match,output} \\ B_{match,output} \end{bmatrix}$$

프로세서(110)는 제2 XYZ 색상 데이터 및 제3 XYZ 색상 데이터 간의 색차(color difference)가 감소되도록 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산할 수 있다. 프로세서(110)는 제2 XYZ 색상 데이터 및 제3 XYZ 색상 데이터의 값을 u' 와 v' 로 변환하고 수학식 4를 이용하여 색차를 계산할 수 있다.

수학식 4

$$\Delta u'v' \text{ color difference} = \sqrt{(u'_{ref} - u'_{matched})^2 + (v'_{ref} - v'_{matched})^2}$$

여기서, u' 는 $4x/(3 + 12y - 2x)$ 로 계산될 수 있고, v' 는 $9y/(3 + 12y - 2x)$ 로 계산될 수 있다. 또한, x 는 $X/X+Y+Z$ 로 계산될 수 있고, y 는 $Y/X+Y+Z$ 로 계산될 수 있으며, z 는 $Z/X+Y+Z$ 와 $1-y-z$ 로 계산될 수 있다.

프로세서(110)는 복수의 지정된 색상들의 각각에 대해 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터(예: 제2 XYZ 색상 데이터) 및 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터(예: 제3 XYZ 색상 데이터) 간의 색차($\Delta u'v'$) 및 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산할 수 있다. 예를 들어, 1부터 N까지의 색상 세트가 있으면, 제2 XYZ 색상 데이터는 첫번째 제2 XYZ 색상 데이터(예: $X_{output,1}$, $Y_{output,1}$, $Z_{output,1}$)부터 N번째 제2 XYZ 색상 데이터(예: $X_{output,N}$, $Y_{output,N}$, $Z_{output,N}$)를 포함할 수 있다. 또한, 제3 XYZ 색상 데이터는 첫번째 제3 XYZ 색상 데이터(예: $X_{match,output,1}$, $Y_{match,output,1}$, $Z_{match,output,1}$)부터 N번째 제3 XYZ 색상 데이터(예: $X_{match,output,N}$, $Y_{match,output,N}$, $Z_{match,output,N}$)를 포함할 수 있다. 이에 대응하여 색차와 후보 컬러리메트릭 보정 행렬 또한 첫번째부터 N번째까지의 색차와 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 포함할 수 있다.

프로세서(110)는 복수의 지정된 색상들에 대해 계산된 후보 컬러리메트릭 보정 행렬들 중 복수의 지정된 색상들에 대해 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정할 수

있다. 만약 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬이 복수 개 있는 경우, 프로세서(110)는 최소 값의 색차를 가진 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정하거나 복수 개의 후보 컬러리메트릭 보정 행렬에 대해 평균을 낸 행렬을 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정할 수 있다. 이를 통해 프로세서(110)는 전체 색상에 대하여 최적의 CIE 컬러리메트릭 보정을 수행할 수 있다. 또한, 이에 제한되지 않고, 프로세서(110)는 일정 색상 범위에 대하여 각각 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 다르게 지정함에 따라 색상 별로 최적화된 CIE 컬러리메트릭 보정 또한 수행할 수 있다.

[0060] 사용자 피드백(212)은, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)에서 표현되는 제2 XYZ 색상 데이터의 색상 값을 기준 디스플레이(21)에서 표현되는 제1 RGB 색상 데이터와 같은 색상으로서 사용자에게 인식되는 색상 값으로 조정하는 입력을 포함할 수 있다. 이와 같은 사용자 피드백(212)은 사용자 인지 실험을 수행함으로써 획득될 수 있다.

[0061] 도 3은 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치에서 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하기 위해 수행된 사용자 인지 실험을 예시적으로 나타낸다.

[0062] 사용자(31)는 디지털 홀로그램 디스플레이(22)와 기준 디스플레이(21)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)이 표현하는 색상에 대한 피드백을 입력할 수 있다. 디지털 홀로그램 디스플레이(22)와 기준 디스플레이(21)에서 표현되는 색상은 각각의 디스플레이에서 표현되는 RGB에서 CIE XYZ로 변환하고 CIE XYZ에서 CIELAB의 $L^*a^*b^*$ 로 변환될 수 있다.

[0063] 우선, 사용자(31)는 색상의 밝기에 대해서는 L^* 값으로 피드백할 수 있다. 예를 들어, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)와 기준 디스플레이(21)의 오브젝트(311)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 높은 밝기로 표현된 경우, 사용자(31)는 밝기를 줄일 필요가 있다는 의미로 키보드의 a 키를 눌러 $-L^*$ 에 대하여 입력할 수 있다. 이와 반대로, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)와 기준 디스플레이(21)의 오브젝트(311)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 낮은 밝기로 표현된 경우, 사용자(31)는 키보드의 d 키를 눌러 $+L^*$ 에 대하여 입력할 수 있다.

[0064] 또한, 키보드를 이용한 피드백 입력은 전술한 바와 반대로 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 높은 밝기로 표현된 경우, 밝기가 높다는 의미로 키보드의 d 키를 눌러 $+L^*$ 에 대하여 피드백할 수 있고 입력 키 또한 전술한 키로 제한하지 않는다.

[0065] 또한, 사용자(31)는 색상의 적색(red)과 녹색(green)에 대해서는 a^* 값으로 피드백할 수 있다. 예를 들어, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)와 기준 디스플레이(21)의 오브젝트(311)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 적색이 과하게 표현된 경우, 적색을 줄이도록 사용자(31)는 키보드의 왼쪽 화살표 키를 눌러 $-a^*$ 에 대하여 입력할 수 있다. 이와 반대로, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)와 기준 디스플레이(21)의 오브젝트(311)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 녹색이 과하게 표현된 경우, 녹색을 줄이도록 사용자(31)는 키보드의 오른쪽 화살표 키를 눌러 $+a^*$ 에 대하여 입력할 수 있다.

[0066] 마지막으로, 사용자(31)는 색상의 색상의 노란색(yellow)과 청색(blue)에 대해서는 b^* 값으로 피드백할 수 있다. 예를 들어, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)와 기준 디스플레이(21)의 오브젝트(311)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 노란색이 과하게 표현된 경우, 노란색을 줄이도록 사용자(31)는 키보드의 아래쪽 화살표 키를 눌러 $-b^*$ 에 대하여 입력할 수 있다. 이와 반대로, 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)와 기준 디스플레이(21)의 오브젝트(311)를 비교하여 디지털 홀로그램 디스플레이(22)의 오브젝트(312)가 청색이 과하게 표현된 경우, 청색을 줄이도록 사용자(31)는 키보드의 위쪽 화살표 키를 눌러 $+b^*$ 에 대하여 입력할 수 있다.

[0067] 이와 같은 사용자 인지 실험은 각 색상별로 다양하게 수행되는데, 색상에는 화이트(white)를 포함하는 저채도 색상을 필수로 포함한다. 만약 N개의 색상에 대하여 사용자 인지 실험을 수행한 경우, NX6개의 RGB 실험 세트를 수집할 수 있다. NX6개의 RGB 실험 세트는 예를 들어, 첫번째부터 N번째까지의 기준 디스플레이(21)에서 표시한 RGB색상 데이터(예: R_{input} , G_{input} , B_{input})와 이에 대응하여 전술한 실험으로 매칭된 디지털 홀로그램 디스플레이

레이(22)에서의 RGB 색상 데이터(예: $R_{match,output}$, $G_{match,output}$, $B_{match,output}$)를 포함할 수 있다. 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)에서의 RGB 색상 데이터는 실험 결과인 CIELAB의 $L^*a^*b^*$ 에서 CIE XYZ로, CIE XYZ에서 RGB로 변환될 수 있다.

[0068] 또한, 프로세서(110)는 가뭇 매핑 행렬을 계산하기 위해 수학적식 5를 이용할 수 있다.

수학적식 5

$$\begin{bmatrix} X_{input} \\ Y_{input} \\ Z_{input} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{R,input} & X_{G,input} & X_{B,input} \\ Y_{R,input} & Y_{G,input} & Y_{B,input} \\ Z_{R,input} & Z_{G,input} & Z_{B,input} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{input} \\ G_{input} \\ B_{input} \end{bmatrix}$$

[0070] 프로세서(110)는 RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값들(예: R_{input} , G_{input} , B_{input})을 임의의 기준 색공간에서의 변환 행렬 (예: sRGB 색공간, $X_{R,input}$, $Y_{R,input}$, $Z_{R,input}$, $X_{G,HG}$, $Y_{G,input}$, $Z_{G,input}$, $X_{B,input}$, $Y_{B,input}$, $Z_{B,input}$)에 기초하여 XYZ 색공간을 따르는 XYZ 색상 값들(예: X_{input} , Y_{input} , Z_{input})로 변환할 수 있다. 기준 색상 값들은 적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 XYZ값을 포함한다. 예를 들어, 기준 색상 값은 $R_{input}(255,0,0)$ $G_{input}(0,255,0)$ $B_{input}(0,0,255)$ 일 수 있다.

[0071] 프로세서(110)는 변환된 XYZ 색상 값들 중 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)에서의 색역과 비교하여 색역을 벗어나는 값을 색역 내로 보정하는 가뭇 매핑 행렬을 계산할 수 있다. 프로세서(110)는 수학적식 6을 통해 전술한 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)에 대한 XYZ 색상 값 행렬과 기준 디스플레이(21)에 대한 XYZ 색상 값 행렬에 대한 역행렬에 기초한 가뭇 매핑 행렬을 계산할 수 있다. 예를 들어 sRGB 영역에서의 영상을 디지털 홀로그래프 디스플레이 색역에서의 영상으로 보정하고 싶다면 수학적식 6의 XYZ_{input} 를 계산할 때 사용하는 3×3 행렬(matrix)은 sRGB 영역에서의 XYZ값을 나타내는 행렬, $XYZ_{output,HG}$ 를 사용할 때 사용하는 3×3 행렬(matrix)은 디지털 홀로그래프 디스플레이에서의 XYZ 값을 나타내는 행렬일 수 있다.

수학적식 6

$$\begin{bmatrix} X_{output,HG} \\ Y_{output,HG} \\ Z_{output,HG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{input} \\ Y_{input} \\ Z_{input} \end{bmatrix}^{-1} = M$$

[0073] 또 다른 예로서, 프로세서(110)는 전술한 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)에 대한 XYZ 색상 값들과 기준 디스플레이(21)에 대한 XYZ 색상 값들을 다양한 요소를 고려하는 가뭇 매핑 행렬 생성 알고리즘에 입력하여 가뭇 매핑 행렬을 생성할 수 있다.

[0074] 프로세서(110)는 위치별 세기 보정 행렬을 계산하기 위해, 수학적식 7을 이용할 수 있다. 프로세서(110)는 디지털 홀로그래프 디스플레이(22)를 기준으로 3차원 컬러 영상에서 지정된 3차원 위치의 색상 값(예: R_{input} , G_{input} , B_{input}) 및 기준 디스플레이에서 3차원 위치에 대응하는 지점에 표현된 색상 값(예: R_{output} , G_{output} , B_{output})을 일치시키는 위치별 세기 보정 행렬을 계산할 수 있다.

수학식 7

$$\begin{bmatrix} R_{output} \\ G_{output} \\ B_{output} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{R,p} & 0 & 0 \\ 0 & I_{G,p} & 0 \\ 0 & 0 & I_{B,p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{input} \\ G_{input} \\ B_{input} \end{bmatrix}$$

여기서, p 는 디지털 홀로그램 디스플레이(22)에서의 3차원 좌표계 위치(i, j, k)(251)를 의미할 수 있다.

이 후, 프로세서(110)는 위치별 세기 보정 행렬을 이용하여 복수의 위치들 별로 보정된 RGB 값에 기초하여 3차원 컬러 영상을 생성할 수 있다. 이를 통해 프로세서(110)는 각각의 위치별 색상 보정이 가능하므로 흐려질 수 있는 가장자리 또한 선명하게 보정할 수 있다.

전체적인 흐름에 따라 3차원 컬러 영상을 생성하면, 프로세서(110)는 수학식 1에 기준 디스플레이(21)로부터 입력되는 입력 영상의 RGB 색상 값(211)을 입력하고 이에 출력되는 입력 영상의 XYZ 색상 값에 수학식 2와 같이 사용자 피드백(212)에 기초하여 획득된 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(220)을 적용함에 따라 CIE 컬러리메트릭 보정된 XYZ 색상 값을 획득할 수 있다. 이에 프로세서(110)는 수학식 8을 이용하여 CIE 컬러리메트릭 보정된 XYZ 색상 값에 디지털 홀로그램 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬의 역행렬을 이용하여 다시 RGB 색상 값으로 변환할 수 있다.

수학식 8

$$\begin{bmatrix} R_{output} \\ G_{output} \\ B_{output} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{R,HG} & X_{G,HG} & X_{B,HG} \\ Y_{R,HG} & Y_{G,HG} & Y_{B,HG} \\ Z_{R,HG} & Z_{G,HG} & Z_{B,HG} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_{output} \\ Y_{output} \\ Z_{output} \end{bmatrix}$$

프로세서(110)는 이렇게 CIE 컬러리메트릭 보정된 RGB 색상 값을 수학식 5의 입력으로 하여 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 XYZ 색상 값으로 변환하고, 변환된 XYZ 색상 값을 디지털 홀로그램 디스플레이 및 기준 디스플레이의 디스플레이 특성(231)에 기초하여 획득된 가뭇 매핑 행렬(240)을 적용하여 디지털 홀로그램 디스플레이의 색역으로 조정된 가뭇 매핑된 XYZ 색상 값을 획득할 수 있다. 이 후, 프로세서(110)는 수학식 8을 이용하여 다시 RGB 색상 값으로 변환할 수 있다.

프로세서(110)는 CIE 컬러리메트릭 보정되고 가뭇 매핑된 RGB 색상 값을 수학식 7의 입력으로 하여 디지털 홀로그램 디스플레이의 위치 정보(251)에 기초하여 획득된 위치별 세기 보정 행렬(260)이 적용됨에 따라 CIE 컬러리메트릭 보정되고 가뭇 매핑되며 위치별 세기가 보정된 RGB 색상 값을 획득할 수 있다. 이러한 RGB 색상 값에 기초한 3차원 컬러 영상(271)은 디지털 홀로그램 디스플레이(22)에서의 색인지 왜곡을 줄임에 따라 보다 제작자가 의도한 영상의 특성이 반영될 수 있다.

도 4는 일 실시예에 따른 디지털 홀로그램 장치를 제어하는 방법의 흐름도를 도시한다.

단계(410)에서, 프로세서는 XYZ 색공간을 따르는 이미지 데이터를 기준 디스플레이를 통해 RGB 색공간을 따라 표현한 컬러 영상 및 디지털 홀로그램 디스플레이를 통해 표현된 컬러 영상 간의 CIE(Commission Internationale de l'éclairage) 컬러 불일치를 보상(compensate)하기 위한 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬(Colorimetric Correction matrix)을 획득할 수 있다.

단계(420)에서, 프로세서는 기준 디스플레이에서 RGB 색공간을 따른 기준 색상 값으로 표현된 이미지 데이터의 XYZ 색공간을 따른 색상 값을 디지털 홀로그램 디스플레이에서 허용되는 색역 내로 변환하는 가뭇 매핑 행렬(Gamut mapping matrix)을 획득할 수 있다.

단계(430)에서, 프로세서는 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 하나 이상의 공간적 위치(spatial position)의 각각 별로 디지털 홀로그램 디스플레이를 통해 출력된 색상 값 및 기준 디스플레이를 통해 출력된

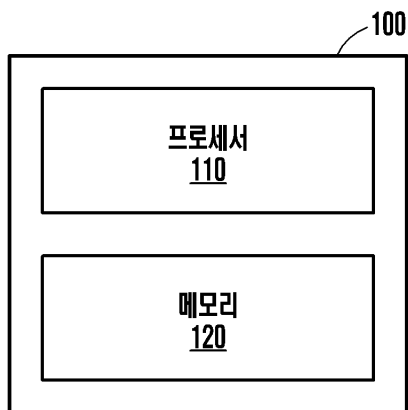
색상 값을 매칭시키는 위치별 세기 보정 행렬(intensity correction matrix)을 획득할 수 있다.

- [0086] 단계(440)에서, 프로세서는 XYZ 색공간을 따르는 입력 이미지 데이터에 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬 및 가뭇 매핑 행렬을 적용한 결과로부터 위치별 세기 보정 행렬에 기초하여 생성된 3차원 컬러 영상을 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표시할 수 있다.
- [0087] 단계(410)에 있어서, 프로세서는 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬을 획득하기 위해, RGB 색공간을 따르는 지정된 색상(specific color)을 지시하는 제1 RGB 색상 데이터로부터 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제1 XYZ 색상 데이터를 획득할 수 있다. 또한, 프로세서는 제1 XYZ 색상 데이터에 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 적용함으로써 제2 XYZ 색상 데이터를 획득하고, 사용자 피드백에 기초하여 결정된 제2 RGB 색상 데이터로부터 디지털 홀로그램의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 제3 XYZ 색상 데이터를 계산할 수 있다. 사용자 피드백은, 디지털 홀로그램 디스플레이에서 표현되는 제2 XYZ 색상 데이터의 색상 값을 기준 디스플레이에서 표현되는 제1 RGB 색상 데이터와 같은 색상으로서 사용자에게 인식되는 색상 값으로 조정하는 입력을 포함할 수 있다.
- [0088] 이에 더하여, 프로세서는 제2 XYZ 색상 데이터 및 제3 XYZ 색상 데이터 간의 색차(color difference)가 감소되도록 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산하고, 복수의 지정된 색상들의 각각에 대해 기준 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 및 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 기초한 XYZ 데이터 간의 색차 및 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 계산할 수 있다. 마지막으로, 프로세서는 복수의 지정된 색상들에 대해 계산된 후보 컬러리메트릭 보정 행렬들 중 복수의 지정된 색상들에 대해 임계치 미만의 색차를 갖는 후보 컬러리메트릭 보정 행렬을 CIE 컬러리메트릭 보정 행렬로서 결정할 수 있다.
- [0089] 단계(420)에 있어서, 프로세서는 가뭇 매핑 행렬을 획득하기 위해, RGB 색공간을 따르는 기준 색상 값들을 디지털 홀로그램 디스플레이의 디스플레이 특성에 따른 변환 행렬에 기초하여 XYZ 색공간을 따르는 XYZ 색상 값들로 변환하고, 변환된 XYZ 색상 값들 중 디지털 홀로그램 디스플레이의 색역을 벗어나는 값을 색역 내로 보정하는 가뭇 매핑 행렬을 계산할 수 있다. 기준 색상 값들은, 적색을 지시하는 최대 색상 값, 녹색을 지시하는 최대 색상 값, 및 청색을 지시하는 최대 색상 값을 포함할 수 있다.
- [0090] 단계(430)에 있어서, 프로세서는 위치별 세기 보정 행렬을 획득하기 위해, 디지털 홀로그램 디스플레이를 기준으로 3차원 컬러 영상에서 지정된 3차원 위치의 색상 값 및 기준 디스플레이에서 3차원 위치에 대응하는 지점에 표현된 색상 값을 일치시키는 위치별 세기 보정 행렬을 계산할 수 있다.
- [0091] 단계(440)에 있어서, 프로세서는 복수의 위치들 별로 보정된 RGB 값에 기초하여 3차원 컬러 영상을 생성할 수 있다.
- [0092] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 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 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0093] 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 장치에 저장될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

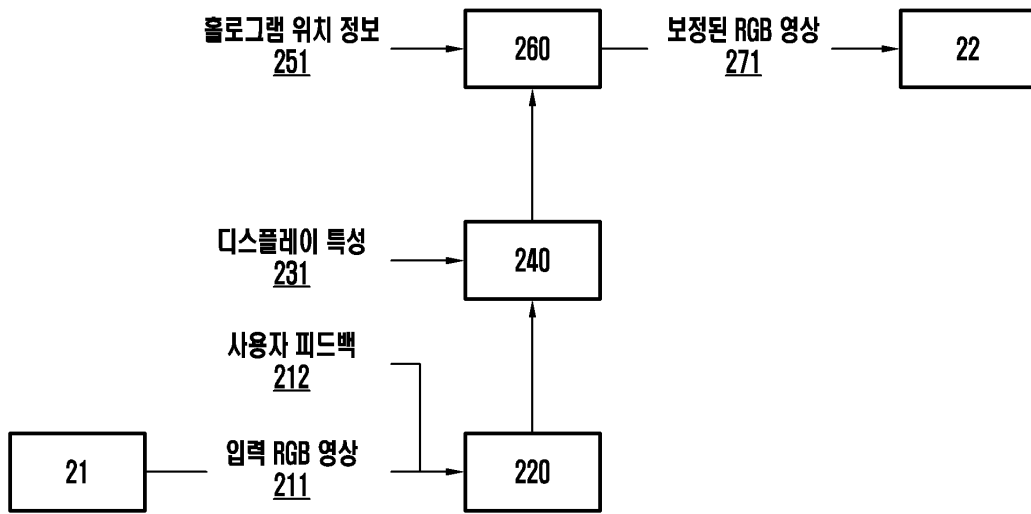
- [0094] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있으며 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), 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.
- [0095] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0096] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 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.
- [0097] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

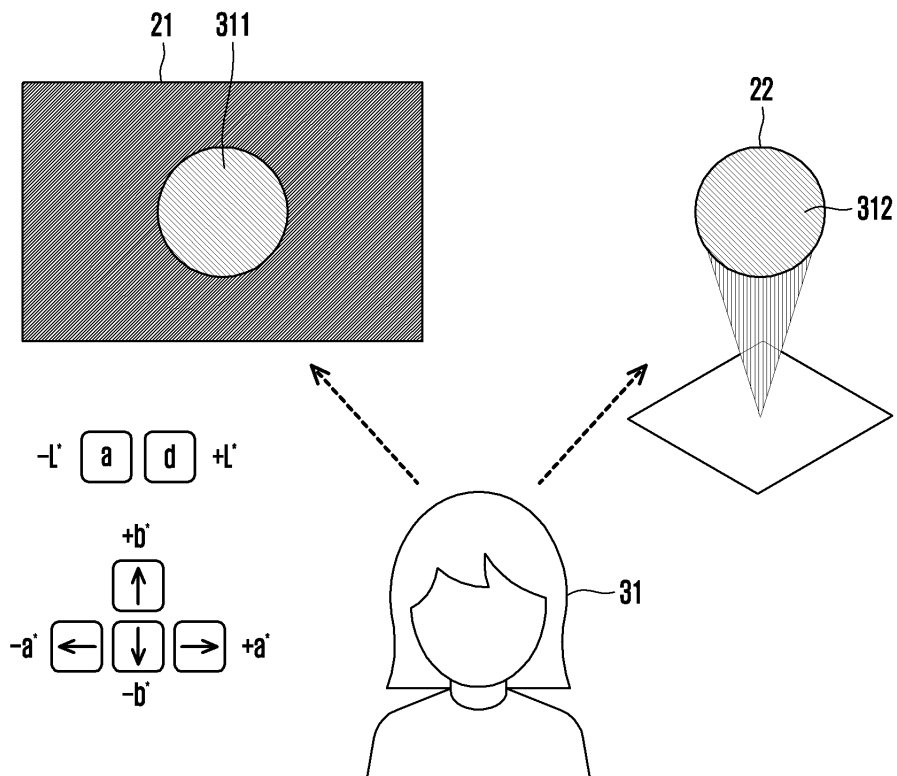
도면1



도면2



도면3



도면4

