(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월01일
(11) 등록번호 10-2789220
(24) 등록일자 2025년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G09G 3/3208 (2016.01) *G06F 3/01* (2006.01)
G09G 3/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G09G 3/3208 (2013.01)
G06F 3/012 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7035363
(22) 출원일자(국제) 2020년04월28일
심사청구일자 2023년04월11일
(85) 번역문제출일자 2021년10월29일
(65) 공개번호 10-2022-0002334
(43) 공개일자 2022년01월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/030300
(87) 국제공개번호 WO 2020/223251
국제공개일자 2020년11월05일
(30) 우선권주장
16/399,804 2019년04월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
WO2016024307 A1*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 20 항

(73) 특허권자
밸브 코포레이션
미국 워싱턴 (우편번호 98004) 벨뷰 엔이 포쓰 스트리트 10400 스위트 1400
(72) 발명자
셀란, 제레미 아담
미국 98004 워싱턴주 벨뷰 노스이스트 4번 스트리트 10400
(74) 대리인
백만기, 양영준, 김연송

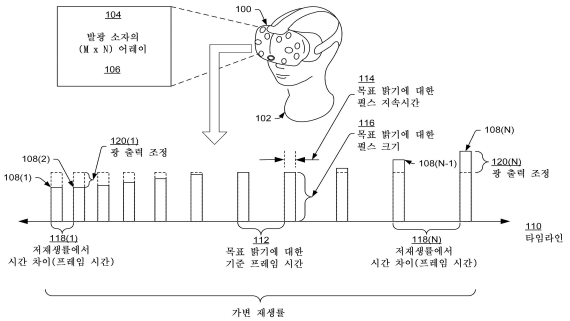
심사관 : 유하진

(54) 발명의 명칭 **일정한 밝기를 유지하기 위한 동적 광 출력 조정을 갖는 디스플레이 시스템**

(57) 요 약

디스플레이의 광 출력은 신속하게 동적으로 조정될 수 있다. 가변 재생률을 지원하는 저잔상 디스플레이에서 구현될 때, 이러한 조정은 디스플레이의 깜박임을 제거하기 위해 일련의 프레임에 걸쳐 일정한 밝기를 유지한다. 주어진 프레임의 픽셀 데이터가 디스플레이 상에 이미지를 표시하기 위해 프레임 버퍼에 출력될 때, 선행 프레임에 대한 디스플레이의 발광 소자의 일루미네이션과 주어진 프레임에 대한 발광 소자의 차회의 일루미네이션 사이의 시간 차이가 결정될 수 있고, 이 시간 차이는 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용된다. 이미지를 표시하는 동안, 발광 소자는 광 출력 파라미터의 값에 따라 일루미네이팅될 수 있다. 이러한 결정은 디스플레이의 광 출력을 동적으로 조정하기 위해 일련의 프레임에 걸쳐 반복된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G09G 3/3426 (2013.01)
G09G 2320/0233 (2013.01)
G09G 2320/0247 (2013.01)
G09G 2320/0626 (2013.01)
G09G 2340/0435 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP2017097122 A*
US20150348509 A1
KR1020160022920 A
KR1020180072806 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

디스플레이 시스템에 있어서,

가변 재생률을 지원하도록 구성된, 발광 소자의 어레이를 갖는 디스플레이;

하나 이상의 프로세서; 및

컴퓨터 실행 가능 명령어를 저장하는 메모리

- 상기 명령어는 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템이,

일련의 프레임들 중 제1 프레임과 연관된 제1 픽셀 데이터를 프레임 버퍼에 출력하고;

상기 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 상기 발광 소자의 일루미네이션(illumination)과 상기 제1 프레임에 대한 상기 발광 소자의 차회의(upcoming) 일루미네이션 사이의 제1 시간 차이를 결정하고;

기준 프레임 시간에 대한 상기 제1 시간 차이의 비율을 결정하고;

상기 비율에 기반하여 광 출력 파라미터의 제1 값을 결정하고;

상기 제1 픽셀 데이터에 기반하여 상기 디스플레이 상에 제1 이미지를 표시하고;

상기 디스플레이 상에 상기 제1 이미지를 표시하는 동안 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값에 따라 상기 발광 소자를 일루미네이팅(illuminate)하게 함 -;를 포함하는 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 컴퓨터 실행 가능 명령어는 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 추가로 상기 디스플레이 시스템이,

상기 일련의 프레임들 중 제2 프레임과 연관된 제2 픽셀 데이터를 상기 프레임 버퍼에 출력하고;

상기 제1 프레임에 대한 상기 발광 소자의 일루미네이션과 상기 제2 프레임에 대한 상기 발광 소자의 차회의 일루미네이션 사이의 제2 시간 차이를 결정하고;

상기 제2 시간 차이에 기반하여 상기 광 출력 파라미터의 제2 값을 결정하고;

상기 제2 픽셀 데이터에 기반하여 상기 디스플레이 상에 제2 이미지를 표시하고;

상기 디스플레이 상에 상기 제2 이미지를 표시하는 동안 상기 광 출력 파라미터의 상기 제2 값에 따라 상기 발광 소자를 일루미네이팅하게 하며,

여기서,

상기 제2 시간 차이는 상기 제1 시간 차이보다 더 크며;

상기 광 출력 파라미터의 상기 제2 값은 상기 발광 소자가 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값보다 더 큰 휘도로, 또는 더 긴 지속시간 동안 광을 방출하게 하거나, 또는

여기서,

상기 제2 시간 차이는 상기 제1 시간 차이보다 더 작으며;

상기 광 출력 파라미터의 상기 제2 값은 상기 발광 소자가 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값보다 더 작은 휘도로, 또는 더 짧은 지속시간 동안 광을 방출하게 하는, 디스플레이 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값은,

상기 발광 소자를 일루미네이팅하기 위한 광의 펄스의 크기;

상기 발광 소자를 일루미네이팅하기 위한 광의 상기 펄스의 지속시간; 또는

상기 디스플레이 상에 상기 제1 이미지를 표시하는 동안, 상기 발광 소자의 개별 서브세트를 순서대로 루미네이팅하는 동안, 동시에 일루미네이팅되는 상기 발광 소자의 수

중 적어도 하나에 대응되는, 디스플레이 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 프레임을 렌더링한 애플리케이션은 최소 프레임 레이트로부터 최대 프레임 레이트까지의 프레임 레이트의 범위 내의 일 프레임 레이트를 목표로 하도록 구성되며, 상기 기준 프레임 시간은 상기 최소 프레임 레이트와 상기 최대 프레임 레이트 사이의 중간(intermediate) 프레임 레이트에 대응되는, 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 디스플레이는 헤드 마운트 디스플레이(HMD: Head-Mounted Display)이고, 상기 디스플레이 시스템은 머리 추적 시스템을 더 포함하되, 상기 컴퓨터 실행 가능 명령어는 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 추가로 상기 디스플레이가 상기 프레임 버퍼에 상기 제1 픽셀 데이터를 출력하기 전에,

상기 발광 소자가 상기 제1 프레임에 대해 일루미네이팅할 시간을 나타내는 예측 일루미네이션 시간을 결정하고;

상기 머리 추적 시스템에 의해 생성된 머리 추적 데이터에 기반하여, 상기 예측 일루미네이션 시간에 상기 HMD가 있을 예측 포즈(predicted pose)를 결정하고;

상기 예측 포즈를 나타내는 포즈 데이터를 상기 제1 프레임을 렌더링하기 위해 애플리케이션에 전송하고;

상기 애플리케이션으로부터 상기 제1 프레임에 대한 픽셀 데이터를 수신하고;

상기 애플리케이션이 상기 제1 프레임을 렌더링하는 데 소비한 시간의 양에 기반하여, 상기 발광 소자가 상기 제1 프레임에 대해 일루미네이팅할 시간을 나타내는 새로운 예측 일루미네이션 시간을 결정하고;

상기 머리 추적 시스템에 의해 생성된 상기 머리 추적 데이터에 기반하여, 상기 새로운 예측 일루미네이션 시간에 상기 HMD가 있을 새로운 예측 포즈를 결정하고;

상기 예측 포즈 및 상기 새로운 예측 포즈에 기반하여, 상기 제1 프레임과 연관된 상기 제1 픽셀 데이터를 획득하기 위해서 상기 픽셀 데이터에 재투영 조정을 적용하게 하는, 디스플레이 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 예측 일루미네이션 시간을 결정하는 단계는,

상기 애플리케이션이 상기 선행 프레임을 렌더링하는 데 소비한 제1 시간의 양을 결정하는 단계; 및

상기 제1 시간의 양에 기반하여, 상기 애플리케이션이 상기 제1 프레임을 렌더링하는 데 소비할 시간의 양을 나타내는 예측 렌더링 시간을 결정하는 단계를 포함하되,

상기 예측 일루미네이션 시간은 상기 예측 렌더링 시간에 기반하여 결정되는, 디스플레이 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 컴퓨터 실행 가능 명령어는 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 추가로 상기 디스플레이 시스템이,

상기 애플리케이션이 상기 선행 프레임에 선행하는 이전 프레임을 렌더링하는 데 소비한 제2 시간의 양을 결정하고;

상기 제1 시간의 양 및 상기 제2 시간의 양에 기반하여 평균 렌더링 시간을 결정하게 하며,

상기 예측 렌더링 시간을 결정하는 단계는 상기 평균 렌더링 시간에 기반하는, 디스플레이 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 디스플레이 시스템은 가상 현실(VR: Virtual Reality) 디스플레이 시스템 또는 증강 현실(AR: Augmented Reality) 디스플레이 시스템 중 적어도 하나인, 디스플레이 시스템.

청구항 9

발광 소자의 어레이를 갖는 디스플레이를 포함하는 디스플레이 시스템에 의해 구현되는 방법에 있어서,

일련의 프레임들 중 제1 프레임과 연관된 제1 픽셀 데이터를 프레임 버퍼에 출력하는 단계;

상기 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 상기 발광 소자의 광 펄스와 상기 제1 프레임에 대한 상기 발광 소자의 차회의 광 펄스 사이의 제1 시간 차이를 결정하는 단계;

기준 프레임 시간에 대한 상기 제1 시간 차이의 비율을 결정하는 단계;

상기 비율에 기반하여 광 출력 파라미터의 제1 값을 결정하는 단계;

상기 제1 픽셀 데이터에 기반하여 상기 디스플레이 상에 제1 이미지를 표시하는 단계; 및

상기 디스플레이 상에 상기 제1 이미지를 표시하는 동안 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값에 따라 광 펄스를 방출하도록 상기 발광 소자를 제어하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값은,

상기 제1 프레임에 대한 상기 광 펄스의 크기;

상기 제1 프레임에 대한 상기 광 펄스의 지속시간; 또는

상기 제1 프레임에 대한 상기 광 펄스 동안 동시에 일루미네이팅되는 상기 발광 소자의 수 중 적어도 하나에 대응되는, 방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 디스플레이는 헤드 마운트 디스플레이(HMD)이고, 상기 방법은, 상기 프레임 버퍼에 대한 상기 제1 픽셀 데이터의 출력 전에,

상기 제1 프레임에 대한 상기 광 펄스가 발생될 시간을 나타내는 예측 일루미네이션 시간을 결정하는 단계;

머리 추적 시스템에 의해 생성된 머리 추적 데이터에 기반하여, 상기 예측 일루미네이션 시간에 상기 HMD가 있을 예측 포즈를 결정하는 단계;

상기 예측 포즈를 나타내는 포즈 데이터를 상기 제1 프레임을 렌더링하기 위해 애플리케이션에 전송하는 단계;

상기 애플리케이션으로부터 상기 제1 프레임에 대한 픽셀 데이터를 수신하는 단계;

상기 애플리케이션이 상기 제1 프레임을 렌더링하는 데 소비한 시간의 양에 기반하여, 상기 제1 프레임에 대한 상기 광 펄스가 발생될 시간을 나타내는 새로운 예측 일루미네이션 시간을 결정하는 단계;

상기 머리 추적 시스템에 의해 생성된 상기 머리 추적 데이터에 기반하여, 상기 새로운 예측 일루미네이션 시간에 상기 HMD가 있을 새로운 예측 포즈를 결정하는 단계; 및

상기 예측 포즈 및 상기 새로운 예측 포즈에 기반하여, 상기 제1 프레임과 연관된 상기 제1 픽셀 데이터를 획득하기 위해서 상기 픽셀 데이터에 재투영 조정을 적용하게 하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 애플리케이션이 상기 선행 프레임을 렌더링하는 데 소비한 제1 시간의 양을 결정하는 단계; 및

상기 제1 시간의 양에 기반하여, 상기 애플리케이션이 상기 제1 프레임을 렌더링하는 데 소비할 시간의 양을 나타내는 예측 렌더링 시간을 결정하는 단계를 더 포함하되,

상기 예측 일루미네이션 시간은 상기 예측 렌더링 시간에 기반하여 결정되는, 방법.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 광 펄스를 방출하도록 상기 발광 소자를 제어하는 단계는,

상기 발광 소자가 동시에 광을 방출하게 하는 단계; 또는

상기 발광 소자의 개별 서브세트가 순차적으로 상기 광을 방출하게 하는 단계 중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 14

시스템에 있어서,

광원의 어레이를 갖는 디스플레이;

광원의 상기 어레이에 결합된 디스플레이 드라이버 회로; 및

하나 이상의 프로세서로서,

일련의 프레임들 중 제1 프레임과 연관된 제1 픽셀 데이터를 프레임 버퍼에 출력하고;

상기 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 상기 광원의 일루미네이션과 상기 제1 프레임에 대한 상기 광원의 차회의 일루미네이션 사이의 제1 시간 차이를 결정하고;

기준 프레임 시간에 대한 상기 제1 시간 차이의 비율을 결정하고;

상기 비율에 기반하여 광 출력 파라미터의 제1 값을 결정하고;

상기 제1 픽셀 데이터에 기반하여 상기 디스플레이 상에 제1 이미지를 표시하고;

상기 디스플레이 상에 상기 제1 이미지를 표시하는 동안 상기 디스플레이 드라이버 회로가 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값에 따라 상기 광원을 일루미네이팅하게 하는, 상기 하나 이상의 프로세서를 포함하는 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 광 출력 파라미터의 상기 제1 값은,

상기 광원을 일루미네이팅하기 위한 광의 펄스의 크기;

상기 광원을 일루미네이팅하기 위한 광의 상기 펄스의 지속시간; 또는

상기 디스플레이 상에 상기 제1 이미지를 표시하는 동안, 상기 광원의 개별 서브세트를 순서대로 일루미네이팅하는 동안 동시에 일루미네이팅되는 상기 광원의 수 중 적어도 하나에 대응되는, 시스템.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 시스템은 머리 추적 시스템을 더 포함하되, 상기 디스플레이는 헤드 마운트 디스플레이(HMD)이며, 상기 하나 이상의 프로세서는 상기 제1 픽셀 데이터를 상기 프레임 버퍼에 출력하기 전에,

상기 광원이 상기 제1 프레임에 대해 일루미네이팅할 시간을 나타내는 예측 일루미네이션 시간을 결정하고;

상기 머리 추적 시스템에 의해 생성된 머리 추적 데이터에 기반하여, 상기 예측 일루미네이션 시간에 상기 HMD가 있을 예측 포즈를 결정하고;

상기 예측 포즈를 나타내는 포즈 데이터를 상기 제1 프레임을 렌더링하기 위해 애플리케이션에 전송하고;

상기 애플리케이션으로부터 상기 제1 프레임에 대한 픽셀 데이터를 수신하고;

상기 애플리케이션이 상기 제1 프레임을 렌더링하는 데 소비한 시간의 양에 기반하여, 상기 광원이 상기 제1 프레임에 대해 일루미네이팅할 시간을 나타내는 새로운 예측 일루미네이션 시간을 결정하고;

상기 머리 추적 시스템에 의해 생성된 상기 머리 추적 데이터에 기반하여, 상기 새로운 예측 일루미네이션 시간

에 상기 HMD가 있을 새로운 예측 포즈를 결정하고;

상기 예측 포즈 및 상기 새로운 예측 포즈에 기반하여, 상기 제1 프레임과 연관된 상기 제1 픽셀 데이터를 획득하기 위해서 상기 픽셀 데이터에 재투영 조정을 적용하도록 더 구성된, 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 하나 이상의 프로세서는,

상기 애플리케이션이 상기 선행 프레임을 렌더링하는 데 소비한 제1 시간의 양을 결정하고;

상기 제1 시간의 양에 기반하여, 상기 애플리케이션이 상기 제1 프레임을 렌더링하는 데 소비할 시간의 양을 나타내는 예측 렌더링 시간을 결정하도록 더 구성되며,

상기 예측 일루미네이션 시간은 상기 예측 렌더링 시간에 기반하여 결정되는, 시스템.

청구항 18

제14항에 있어서, 상기 제1 프레임을 렌더링한 애플리케이션은 최소 프레임 레이트로부터 최대 프레임 레이트까지의 프레임 레이트의 범위 내의 일 프레임 레이트를 목표로 하도록 구성되며, 상기 기준 프레임 시간은 상기 최소 프레임 레이트와 상기 최대 프레임 레이트 사이의 중간 프레임 레이트에 대응되는, 시스템.

청구항 19

제14항에 있어서, 상기 시스템은 가상현실(VR) 디스플레이 시스템 또는 증강현실(AR) 디스플레이 시스템 중 적어도 하나인, 시스템.

청구항 20

제9항에 있어서, 상기 제1 프레임을 렌더링한 애플리케이션은 최소 프레임 레이트로부터 최대 프레임 레이트까지의 프레임 레이트의 범위 내의 일 프레임 레이트를 목표로 하도록 구성되며, 상기 기준 프레임 시간은 상기 최소 프레임 레이트와 상기 최대 프레임 레이트 사이의 중간 프레임 레이트에 대응되는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원의 교차 참조

[0002] 본 출원은 2019년 4월 30일자로 출원된 발명의 명칭이 "DISPLAY SYSTEM WITH DYNAMIC LIGHT OUTPUT ADJUSTMENT FOR MAINTAINING CONSTANT BRIGHTNESS"인 미국 특허 출원 제16/399,804호에 대한 우선권을 주장하는 PCT 출원으로서, 이 미국 출원은 그 전체가 본원에 인용되어 포함된다.

배 경 기 술

[0003] 가상 현실(VR: Virtual Reality) 헤드셋에 내장된 것과 같은 VR 시스템용 기존 디스플레이는 고정된 재생률로 작동된다. 디스플레이의 "재생률"은 디스플레이가 이미지를 리프레시할 수 있거나 스크린을 리드로잉(redraw)할 수 있는 초당 횟수(예: 90 헤르츠(Hz) 디스플레이는 이미지를 초당 90회 리프레시함)이다. 그래픽의 발전은 가변 재생률을 지원하는 디스플레이의 개발로 이어졌으며, 이는 프레임이 렌더링될 때 디스플레이의 재생률이 동적으로 변하는 것을 의미한다. 이것은 재생률을, 비디오 게임과 같은 그래픽 렌더링 응용 애플리케이션의 변하는 프레임 레이트와 동기화되게 유지하는 것을 허용한다. 예를 들어, NVIDIA® Corporation으로부터 사용 가능한 테크놀로지인 G-SYNC™과 Advanced Micro Devices®, Inc.로부터 사용 가능한 테크놀로지인 FreeSync™은 모두 디스플레이의 재생률을 비디오 게임의 프레임 레이트와 매칭시키는 로직을 제공한다. 이러한 테크놀로지는 화면 티어링(tearing)(예: 이미지에 이전 프레임의 일부 픽셀과 현재 프레임의 일부 픽셀이 포함된 경우)을 제거하고, 실행 중인 비디오 게임이 단일 프레임 레이트를 목표로 하는 대신 프레임 레이트의 범위를 목표로 하는 것을 허용하며, 이는 그래픽 처리 유닛(GPU: Graphics Processing Unit)의 속도를 고려하면, 가능한 가장 빠른 프레임 레이트의 이점을 얻을 수 있다.

[0004] 가변 재생률 테크놀로지는 일련의 프레임에 걸쳐 대부분의 시간 동안 백라이트가 켜져 있는 고잔상(high-

persistence) 디스플레이와 함께 사용되기에 적합하나, 대부분의 VR 시스템은 디스플레이의 재생률로 백라이트를 켜고 끄는 저잔상(low-persistence) 디스플레이를 사용하기 때문에 이러한 테크놀로지는 VR 시스템에 사용하기에 적합하지 않다. 가변 재생률이 저잔상 디스플레이와 함께 사용되는 경우, 밝기가 변화되는 재생률에 따라 변하기 때문에, 보는 사용자는 디스플레이의 깜박임을 알 수 있을 것이다. 이는 재생률이 높을수록 광 펄스가 시간적으로 더 가깝게 발생하여 밝아지는 효과를 생성하는 반면, 낮은 재생률에서는, 시간적으로 광 펄스가 더 멀리 떨어져 발생되어, 디밍 효과(dimming effect)를 생성하기 때문이다. 헤드 마운트 디스플레이(HMD: Head-Mounted Display)를 착용한 사용자에게, 이것은 디스플레이의 지속적인 밝기 및 디밍(즉, 깜박임)으로서 나타난다. 실제로, 복잡성이 낮은 장면(예: 움직이는 물체가 많지 않고 단순한 텍스처(texture))은, 낮은 복잡성의 장면에 대해 재생률이 더 높을 가능성이 크기 때문에, 사용자에게 매우 밝게 나타날 것이나, 복잡성이 높은 장면(예: 많은 움직이는 물체 및 복잡한 텍스처)은, 높은 복잡성의 장면에 대해 재생률이 더 낮을 가능성이 크기 때문에 사용자에게 매우 어둡게 나타날 것이다. 따라서, 가변 재생률 디스플레이 테크놀로지는 저잔상 디스플레이를 사용하는 VR 시스템에서 사용되기에 적합하지 않았다.

[0005] 본원에는 이러한 시스템 및 다른 시스템을 개선하고 향상시키기 위한 기술적 해결책이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0006] 상세한 설명은 수반된 도면을 참조하여 설명된다. 도면에서, 참조 번호의 맨 왼쪽 숫자(들)는 이 참조 번호가 처음으로 나타나는 도면을 식별한다. 상이한 도면들에서의 동일한 참조 번호의 사용은 유사하거나 동일한 컴포넌트 또는 특징을 나타낸다.

도 1은, 본원에 개시된 실시형태에 따른, 일련의 프레임에 걸쳐 일정한 밝기를 유지하기 위한 저잔상 가변 재생률 디스플레이의 광 출력을 동적으로 조정하기 위한 예시적인 기법을 예시하는 도면이다.

도 2는, 본원에 개시된 실시형태에 따른, 일련의 프레임에 걸쳐 일정한 밝기를 유지하기 위한 저잔상 가변 재생률 디스플레이의 광 출력을 동적으로 조정하기 위한 다른 예시적인 기법을 예시하는 도면이다.

도 3은, 본원에 개시된 실시형태에 따라, 일 가변 프레임 레이트로 재투영하여 일련의 프레임을 렌더링하고, 일 가변 재생률로 대응되는 이미지를 표시하기 위한 예시적인 타임라인을 예시하는 도면이다.

도 4는 본원에 개시된 실시형태에 따른, 저잔상, 가변 재생률 디스플레이 시스템에서 재투영으로 프레임을 렌더링하기 위한 예시적인 방법의 흐름도를 예시한다.

도 5는 본원에 개시된 실시형태에 따른, 이미지를 표시하는 동안 저잔상, 가변 재생률 디스플레이를 일루미네이팅(illuminate)하기 위한 광 출력 파라미터의 값을 동적으로 결정하기 위한 예시적인 방법의 흐름도를 예시한다.

도 6은 본원에 개시된 기법이 구현될 수 있는 VR 헤드셋과 같은 웨어러블 디바이스를 포함하는 시스템의 예시적인 컴포넌트를 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본원에서는, 무엇보다도, 일련의 프레임에 걸쳐 일정한 밝기를 유지하기 위해 저잔상(low-persistence) 가변 재생률 디스플레이의 광 출력을 동적으로 조정하기 위한 기법 및 시스템이 설명된다. 디스플레이 시스템은 발광 소자(또는 광원)의 어레이를 갖는 디스플레이를 포함할 수 있다. 언급된 바와 같이, 디스플레이 시스템은 저잔상 디스플레이 시스템일 수 있으며, 이는 발광 소자가 프레임 시간의 작은 부분 동안 광을 방출함을 의미한다. 예를 들어, 90 Hz의 재생률에서 주어진 프레임에 대해, 발광 소자는 대략 11.11 밀리초(ms)인 총 프레임 시간 중 대략 1 ms의 지속시간 동안 일루미네이팅(또는 광 펄스를 방출)할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 본원에 개시된 디스플레이 시스템의 디스플레이는 사용자가 착용할 수 있는 헤드 마운트 디스플레이(HMD: Head-Mounted Display)일 수 있다. 본 실시예에서, 디스플레이 시스템은 가상 현실(VR) 시스템 또는 증강 현실(AR) 시스템일 수 있다. HMD와 같은 디스플레이 자체는, 비디오 게임과 같은 그래픽 렌더링 애플리케이션에 의해 출력되는 프레임에 기반하여 이미지를 표시하는 하나 또는 다수의 디스플레이 패널을 포함할 수 있다. 이러한 이미지는 HMD에 포함된 광학기기를 통해 사용자에 의해 보여져서, 사용자가 VR 또는 AR 환경에 몰입된 것처럼 사용자가 이미지들을 인지하게 한다.

[0008] 본원에 설명된 디스플레이는 가변 재생률을 지원할 수 있다. 따라서, 비디오 게임과 같은 그래픽 렌더링 애플리케이션은 가변 프레임 레이트로 프레임을 렌더링할 수 있고, 디스플레이의 재생률은 애플리케이션의 프레임 레

이트와 매칭(또는 동기화를 유지)되도록 동적으로 조정될 수 있다. 이러한 방식으로, 애플리케이션은 프레임 레이트의 범위를 목표로 할 수 있으며, 디스플레이의 재생률은 애플리케이션의 프레임 레이트에 연결되어, 매 화면 리프레시와 함께, 단일 프레임이 렌더링되고, 대응되는 이미지가 표시된다. 재생률이 동적으로 변할 수 있기 때문에, 발광 소자의 광 출력이 각각의 광 펄스에 대해 일정하게 유지되면, 디스플레이의 밝기는 일련의 프레임에 걸쳐 변동될 수 있으며, 이것은 사용자에 의해서 디스플레이의 깜박임으로서 인식될 수 있다.

[0009] 따라서, 가변 재생률을 지원하는 저잔상 디스플레이의 일정한 밝기를 유지하기 위한 기법 및 시스템이 본원에서 설명된다. 개시된 디스플레이 시스템의 로직은 디스플레이 상에 대응되는 제1 이미지를 표시하기 위해 프레임 버퍼에 제1 픽셀 데이터를 출력하도록 구성될 수 있으며, 제1 픽셀 데이터는 일련의 프레임들 중 제1 프레임과 연관된다. 로직은 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 디스플레이의 발광 소자의 일루미네이션(illumination)(또는 광 펄스)과 표시될 제1 이미지에 대응되는 제1 프레임에 대한 발광 소자의 차회의(upcoming) 일루미네이션(또는 광 펄스) 사이의 제1 시간 차이를 결정할 수 있다. (디스플레이의 순간 재생률을 나타내는) 이러한 제1 시간 차이에 기반하여, 디스플레이 시스템의 로직은 광 출력 파라미터의 제1 값을 결정할 수 있다. 디스플레이 상에 제1 이미지를 표시하는 동안, 발광 소자는 광 출력 파라미터의 제1 값에 따라 일루미네이팅하도록 제어될 수 있다. 이러한 방법은 각각의 프레임에 대한 광 출력 파라미터의 값을 동적으로 결정함으로써 일련의 프레임에 걸쳐 반복될 수 있으며, 일련의 프레임에 걸쳐 이러한 방식으로 광 출력 파라미터를 변경한 결과로서, 디스플레이 밝기는 일련의 프레임에 걸쳐 실질적으로 일정하게 유지되며, 이로써 깜박임을 제거하거나, 적어도 완화한다.

[0010] 일반적으로, 한 쌍의 순차적인 프레임에 대응되는 한 쌍의 순차적인 광 펄스 사이의 시간 차이가 상대적으로 짧으면(상대적으로 높은 재생률을 의미), 디스플레이 시스템의 로직은, 발광 소자로부터 출력되는 광의 크기 또는 지속시간의 감소를 유발하는 광 출력 파라미터의 값을 결정한다. 반면에, 한 쌍의 순차적인 광 펄스 사이의 시간 차이가 상대적으로 길면(상대적으로 낮은 재생률을 의미), 디스플레이 시스템의 로직은, 발광 소자로부터의 광 출력의 크기 또는 지속시간의 증가를 유발하는 광 출력 파라미터의 값을 결정한다. 이러한 방식으로, 일정한 밝기는, 상대적으로 저재생률에서 광 출력의 크기 및/또는 지속시간을 증가시키고 상대적으로 높은 재생률에서 광 출력의 크기 및/또는 지속시간을 감소시킴으로써 달성된다.

[0011] 언급된 바와 같이, 디스플레이의 발광 소자의 광 출력을 조정하는 것은 다수의 방식으로 성취될 수 있다. 예를 들어, 주어진 프레임에 대한 광의 펄스는 이전 프레임 또는 기준 펄스 높이보다 더 높게 만들어질 수 있다(예를 들어, 더 높은 광도에서 광을 방출하도록 발광 소자를 제어함으로써). 역방향으로, 주어진 프레임에 대한 광의 펄스는 이전 프레임 또는 기준 펄스 높이보다 짧게 만들어질 수 있다(예를 들어, 발광 소자를 더 낮은 광도에서 일루미네이팅함으로써). 추가적으로, 또는 대안적으로, 광의 펄스를 더 높이거나 더 짧게 만들기 위해서, 주어진 프레임에 대한 광의 펄스는 이전 프레임 또는 기준 펄스 폭보다 더 넓게 만들어질 수 있다(예를 들어, 발광 소자를 더 긴 지속시간 동안 일루미네이팅함으로써). 역방향으로, 주어진 프레임에 대한 광의 펄스는 이전 프레임 또는 기준 펄스 폭보다 더 좁게 만들어질 수 있다(예를 들어, 발광 소자를 더 짧은 지속시간 동안 일루미네이팅함으로써). 일정한 밝기를 유지하기 위해, 펄스의 높이 및/또는 폭에 대한 동적 조정에도 불구하고 펄스 아래 영역(예: 펄스를 나타내는 사각파 아래의 영역)이 일정하게 유지될 수 있다.

[0012] 일부 실시형태에서, 기준 프레임 시간은 디스플레이가 일정하게 유지되어야 하는 밝기의 목표 레벨과 연관된다. 이 기준 프레임 시간은 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용될 수 있다. 예를 들어, 한 쌍의 순차적인 프레임에 대응되는 순차적인 광 펄스 사이의 시간차를 결정하면, 로직은 기준 프레임 시간에 대한 시간 차이의 비율을 결정할 수 있고, 이 비율은 현재 프레임에 대한 발광 소자의 광 출력을 조정하기 위한 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용될 수 있다. 기준 프레임 시간은, 애플리케이션이 목표로 하는 프레임 레이트 범위의 최소 프레임 레이트와 최대 프레임 레이트 사이의 중간(intermediate) 프레임 레이트에 대응되는 시간일 수 있다. 예를 들어, 애플리케이션이 45 초당 프레임(FPS: Frames Per Second)과 144 FPS 사이의 프레임 레이트의 범위를 목표로 하는 경우, 전술된 비율을 결정하기 위해서 사용되는 기준 프레임 시간은 90 FPS의 프레임 레이트에서의 프레임 시간에 대응될 수 있으며, 이는 대략 11.11 ms의 프레임 시간이다. 이것은 단지 일 실시예이며, 기준 프레임 시간은 본원에 설명된 기법이 구현되는 디스플레이 시스템의 사양에 부분적으로 기반하여 구성 가능하다.

[0013] 또한 HMD를 포함하는 디스플레이 시스템과 같은 저잔상, 가변 재생률 디스플레이 시스템에서 "재투영" 조정을 적용하기 위한 기법 및 시스템이 본원에 설명된다. 설명된 재투영 기법은 HMD의 원래 포즈 예측(pose prediction)에서의 약간의 부정확성을 상쇄하기 위해 사용될 수 있으며, 이는 이어서 주어진 프레임이 렌더링되기 전에 예측된 주어진 프레임에 대한 예측 일루미네이션 시간에 기반한다. 재투영을 사용하여, 예를 들어, 프

레임의 실제 렌더링 시간이 디스플레이 시스템에 알려진 후 HMD의 포즈에 대한 업데이트된 예측을 설명하는 방식으로 픽셀 데이터를 변환함으로써(예: 회전 및 재투영 계산을 통해), 주어진 프레임에 대해 애플리케이션으로부터의 수신된 픽셀 데이터가 수정될 수 있다. 재투영은 디스플레이로부터의 광이 사용자의 눈에 도달되는 시간에 정확한 픽셀을 표시하여 원치 않는 시각적 아티팩트를 완화하기 위해서 사용될 수 있다.

[0014] 한 쌍의 순차적인 프레임에 대한 광의 순차적인 펄스 사이의 시간 차이(시간 차이는 순간 프레임 레이트를 나타냄)에 기반하여 광 출력을 동적으로 조정함으로써, 일련의 프레임에 걸쳐 디스플레이의 깜박임(즉, 밝기의 변동)이, 제거되지 않는다 하더라도, 완화될 수 있다. 이것은 재투영과 독립적으로, 또는 재투영과 함께 수행될 수 있다. 동적 광 출력 조정이 본원에 설명된 재투영 기법과 결합되면, 시각적 아티팩트를 완화하는 동시에 디스플레이의 일정한 밝기를 유지하는 보다 강력한 디스플레이 시스템이 제공된다. 다시 말해서, 본원에 설명된 기법 및 시스템은, 디스플레이의 일정한 밝기를 유지하면서 사용자가 현재 주시하고 있는 정확한 장면을 표시하는 디스플레이 시스템을 허용한다.

[0015] 본원에 개시된 기법 및 방법은 HMD 시스템과 같은 시스템에 의해서 구현될 수 있다. 또한, 본원에 개시된 기법 및 방법을 구현하기 위한 컴퓨터 실행가능 명령어를 저장하는 비일시적인 컴퓨터 판독 가능 매체가 본원에서 개시된다. 본원에 개시된 기법 및 시스템이, 예로서, 비디오 게임 애플리케이션 및 구체적으로는 VR 게이밍 애플리케이션의 맥락에서 논의되지만, 본원에 설명되는 기법 및 시스템이, 비-VR 애플리케이션(예를 들어, AR 애플리케이션), 및/또는 비-게이밍 애플리케이션, 예컨대 산업 기계 애플리케이션, 방위 애플리케이션, 로봇 애플리케이션 등을 포함하지만, 이에 한정되지 않는, 다른 애플리케이션에 장점을 제공할 수 있다는 점이 이해될 것이다. 또한, 본원에 설명된 기법 및 방법은, "니어-투-아이" 디스플레이 시스템으로 간주되지 않거나, 웨어러블 디바이스를 포함하지 않는 다른 디스플레이 시스템과 같은 비-HMD 시스템에서 구현될 수 있다. 또한, 가변 재생률을 지원하는 저잔상 디스플레이 시스템에 대한 특정 장점이 설명되지만, 본원에 설명된 기법 및 방법은 다른 유형의 디스플레이 시스템에서 구현될 수 있으며, 본원에 설명된 기법 및 방법은 저잔상 디스플레이 시스템 또는 가변 재생률 디스플레이 시스템에 반드시 한정되지 않는다는 점이 이해될 것이다.

[0016] 도 1은, 본원에 개시된 실시형태에 따른, 일련의 프레임에 걸쳐 일정한 밝기를 유지하기 위한 저잔상, 가변 재생률 디스플레이의 광 출력을 동적으로 조정하기 위한 예시적인 기법을 예시하는 도면이다. 도 1은 사용자(102)가 착용한 헤드 마운트 디스플레이(HMD)(100)를 도시한다. HMD(100)는 본원에 설명된 기법 및 과정을 구현할 수 있는 디스플레이 시스템의 일 실시예이다. 따라서, HMD(100)는 본원에서 때때로 간단히 "디스플레이" 또는 "디스플레이 시스템"으로서 지칭될 수 있다. 도 1의 실시예에서 HMD(100)는 단일의 디스플레이 패널(104) 또는 다수의 디스플레이 패널(104), 예를 들어, 스테레오 쌍의 디스플레이 패널의 좌측 디스플레이 패널 및 우측 디스플레이 패널을 포함할 수 있다. HMD(100)의 하나 이상의 디스플레이 패널(104)은 HMD(100)를 착용한 사용자(102)에 의해서 가시적인 일련의 이미지 프레임(본원에서 "프레임"으로 지칭됨)을 표시하기 위해서 사용될 수 있다. HMD(100)가 임의의 수의 디스플레이 패널(104)(예를 들어, 2개 초과의 디스플레이 패널, 한 쌍의 디스플레이 패널, 또는 단일 디스플레이 패널)을 포함할 수 있다는 점이 이해될 것이다. 따라서, 본원에서 단수로 사용되는 용어 "디스플레이 패널"은 임의의 수의 디스플레이 패널을 갖는 디스플레이 시스템의 단일 디스플레이 패널(104)을 지칭할 수 있다(예를 들어, "디스플레이 패널"은 한 쌍의 디스플레이 패널 중 어느 하나의 디스플레이 패널(104)을 지칭할 수 있음). 예를 들어, 2-패널 HMD(100)에서, 스테레오 프레임 버퍼는, 예를 들어, HMD(100)의 양쪽 디스플레이 패널 상에서 2160x1200 픽셀(예를 들어, 디스플레이 패널당 1080x1200 픽셀)을 렌더링할 수 있다.

[0017] HMD(100)는 임의의 적합한 유형의 디스플레이 테크놀로지, 예컨대 디스플레이 패널(들)(104) 상에서의 프레임을 표시하는 동안 광을 방출하기 위해 발광 소자를 활용하는 발광 디스플레이(예를 들어, 발광 다이오드(LED: Light Emitting Diode))를 활용할 수 있다. 일 예로서, HMD(100)의 디스플레이 패널(104)은 액정 디스플레이(LCD), 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이, 무기 발광 다이오드(ILED) 디스플레이, 또는 HMD 응용분야를 위한 임의의 다른 적합한 유형의 디스플레이 테크놀로지를 포함할 수 있다.

[0018] HMD(100)의 디스플레이 패널(들)(104)은 가변 재생률을 지원할 수 있다. 따라서, HMD(100)는, 재생률의 임의의 적합한 범위, 예를 들어, 45 헤르츠(Hz) 내지 144 Hz의 범위, 45 Hz 내지 120 Hz의 범위, 90 Hz 내지 144 Hz의 범위, 또는 재생률의 임의의 적합한 범위에 걸쳐 작동 가능할 수 있다. 디스플레이의 "재생률"은 디스플레이가 이미지를 리프레시할 수 있거나 스크린을 리드로잉(redraw)할 수 있는 초당 횟수이다. 초당 디스플레이되는 프레임의 수는 디스플레이의 순간 재생률과 동일할 수 있다. 다시 말해서, 일련의 프레임이 처리되고(예를 들어, 렌더링됨), 이미지가 디스플레이 상에 표시됨에 따라, HMD(100)의 로직은 매 화면 리프레시와 함께 일련의 프레

임들 중 단일 프레임에 대한 이미지를 표시하는 목적을 목표로 할 수 있다.

[0019] HMD(100)는 "글로벌 플래싱(global flashing)" 유형의 디스플레이 구동 기법 또는 "롤링 밴드(rolling band)" 유형의 디스플레이 구동 기법을 한정됨 없이 포함하는 임의의 적합한 저잔상 구동 기법을 구현할 수 있다. 글로벌 플래싱 기법을 사용하여, 모든 발광 소자(106)(예를 들어, 발광 소자(106)의 M x N 어레이, 때때로 본원에서 "광원"(106)으로 지칭됨)는 디스플레이(들)의 모든 픽셀을 일루미네이팅함으로써 주어진 프레임 동안 디스플레이(들) 상에 단일 이미지를 표시하기 위해 동기화되어 일루미네이팅할 수 있다. 롤링 밴드 기법을 사용하여, 발광 소자(106)의 개별 서브세트, 및 따라서 픽셀의 개별 서브세트는 일루미네이션 시간 기간 동안 일루미네이션의 롤링 밴드에서 독립적으로 그리고 순차적으로 일루미네이팅될 수 있다. 이 롤링 밴드 기법은 발광 소자(106)가 개별적으로 어드레싱 가능함으로써 가능해질 수 있다. 일부 실시형태에서, 디스플레이 패널(들)(104) 상의 픽셀의 어레이 및 발광 소자(106) 둘 모두는 행 및 열로 배열되지만, 반드시 1-발광 소자(106)당 1-픽셀 대응을 갖는 것은 아니다. 이러한 구성에서, 롤링 밴드 유형의 디스플레이 구동 기법의 경우, 발광 소자(106)의 개별적인 행 및/또는 개별적인 열이 순서대로 어드레싱될 수 있고, 그리고/또는 발광 소자(106)의 인접한 행의 개별 그룹 및/또는 인접한 열의 개별 그룹이 시퀀스로 어드레싱될 수 있다. 이러한 "롤링" 방식으로 발광 소자(106)를 어드레싱한 결과로서, 발광 소자(106)의 이러한 개별적으로 어드레싱 가능한 서브세트에 대응되는 픽셀의 서브세트는 독립적으로 "일루미네이팅"될 수 있다.

[0020] 본원에서 사용되는 바와 같이, "픽셀을 일루미네이팅하는 것"은 그 픽셀에 대응되는 발광 소자(106)를 일루미네이팅하는 것을 의미한다. 예를 들어, LCD는 디스플레이의 대응되는 픽셀(들)을 일루미네이팅하기 위해 백라이트의 발광 소자(106)를 일루미네이팅한다. 더욱이, 본원에서 사용되는 바와 같이, "픽셀의 서브세트"는 개별적인 픽셀 또는 다수의 픽셀(예를 들어, 픽셀의 그룹)을 포함할 수 있다. 마찬가지로, "발광 소자(106)의 서브세트"는 개별적인 발광 소자(106) 또는 다수의 발광 소자(106)(예를 들어, 발광 소자(106)의 그룹)를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 픽셀의 서브세트는 픽셀의 행, 픽셀의 열, 픽셀의 인접한 행의 그룹, 또는 픽셀의 인접한 열의 그룹을 포함한다. 마찬가지로, 발광 소자(106)의 서브세트는 발광 소자(106)의 행, 발광 소자의 열, 발광 소자(106)의 인접한 행의 그룹, 또는 발광 소자(106)의 인접한 열의 그룹을 포함할 수 있다. 따라서, 본원에 설명된 기법 및 시스템의 양태에서, 픽셀의 서브세트는, 예를 들어, 발광 소자의 대응되는 서브세트를 순서대로 일루미네이팅함으로써, 예를 들어, 픽셀의 제1 행(예를 들어, 픽셀의 상단 행)으로 시작해서 픽셀의 마지막 행(예를 들어, 픽셀의 하단 행)으로 종료하며 시퀀스로 픽셀의 각각의 행을 스캔 아웃 및 일루미네이팅함으로써, 시퀀스로(순차적으로) 스캔 아웃 및 일루미네이팅될 수 있다. 그러나, 본원에 설명된 기법 및 시스템을 사용하여 임의의 적합한 패턴의 일루미네이션(예를 들어, 스네이크형(snake-like) 일루미네이션 패턴, 열-단위 일루미네이션, 순서대로 한 번에 다수의 행/열의 픽셀 또는 발광 소자(106) 등)이 채용될 수 있다.

[0021] 디스플레이 패널(들)(104)을 구동하기 위해, HMD(100)는, 무엇보다도, 마이크로컨트롤러(들) 또는 유사한 프로세서(들)와 같은 디스플레이 컨트롤러(들), 디스플레이 드라이버 회로, 및 디스플레이 패널(들)(104)을 구동하기 위한 유사한 전자 장치를 포함할 수 있다. 디스플레이 드라이버 회로부는 가요성 인쇄 회로 상의 전도성 경로, 예컨대 금속 트레이스를 통해 디스플레이 패널(들)(104)의 발광 소자(106)의 어레이에 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 디스플레이 컨트롤러(들)는 디스플레이 드라이버 회로부에 통신 가능하게 커플링되며, 신호, 정보, 및/또는 데이터를 디스플레이 드라이버 회로부에 제공하도록 구성될 수 있다. 디스플레이 드라이버 회로에 의해 수신된 신호, 정보, 및/또는 데이터는 디스플레이 드라이버 회로가 특정 방식으로 발광 소자(106)를 일루미네이팅하게 하는 하나 이상의 광 출력 파라미터를 포함할 수 있다. 즉, 디스플레이 컨트롤러(들)는 어떤 발광 소자(들)(106)가 일루미네이팅되어야 하는지, 언제 소자(들)(106)가 일루미네이팅되어야 하는지, 광 출력의 크기(예: 펄스의 높이), 및/또는 광 출력의 지속시간(예: 펄스의 폭)을 결정할 수 있고, 디스플레이 컨트롤러(들)는 해당 목적을 달성하기 위해 디스플레이 드라이버 회로에 적합한 신호, 정보 및/또는 데이터(예: 하나 이상의 광 출력 파라미터)를 전달할 수 있다.

[0022] 주어진 프레임에 대한 픽셀 데이터는 프레임을 HMD(100) 상에, 또는 이의 디스플레이 패널(들)(104) 상에 이미지로서 표시하기 위해 프레임 버퍼에 출력될 수 있다. 일부 실시형태에서, 각각의 프레임에 대한 픽셀 데이터는 픽셀-당 값(예를 들어, 컬러 값)의 2차원 어레이를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 픽셀 데이터는 깊이 값들과 같은 부가적인 데이터 또는 메타데이터를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 픽셀 데이터는, 컬러 및 알파 값들(예를 들어, 적색 채널에 대한 하나의 컬러 값, 녹색 채널에 대한 하나의 컬러 값, 청색 채널에 대한 하나의 컬러 값, 및 하나 이상의 알파 채널들에 대한 하나 이상의 값들)의 단일 세트에 의해 표현되는 각각의 픽셀에 대한 데이터를 포함할 수 있다. 이러한 픽셀 데이터는, 원하는 시각적 효과로 HMD(100)의 디스플레이 패널(들)(104) 상의 이미지(들) 상에 표시하기 위해 프레임 버퍼(예를 들어, 스테레오 프레임 버퍼)에 출력될 수 있

다.

[0023] HMD(100)는 VR 시스템에서 사용되기 위한, 예컨대 VR 게이밍 시스템과 함께 사용되기 위한 VR 헤드셋을 나타낼 수 있다. 그러나, 부가적으로 또는 대안적으로, HMD(100)는 AR 애플리케이션에서 사용되기 위한 AR 헤드셋으로서 구현될 수 있다. AR에서, 사용자(102)는 실세계 환경 상에 오버레이된 가상 객체를 보는 반면, VR에서, 사용자(102)는 실세계 환경을 보지 않지만, HMD(100)의 디스플레이 패널(들)(104) 및 광학기기(예를 들어, 렌즈)를 통해 지각되는 바와 같은 가상 환경에 완전히 몰입된다. 본원에 설명되는 실시예는 주로 VR 기반 HMD(100)에 관한 것이지만, HMD(100)가 VR 애플리케이션에서의 구현에 한정되지 않고, 디스플레이 시스템이 HMD(100)에 의한 구현에 한정되지 않는다는 점이 이해될 것이다.

[0024] 일반적으로, HMD(100) 자체, 또는 디스플레이/HMD 시스템의 파트로서 HMD(100)와 연관된 그리고 이에 결합된 컴퓨팅 디바이스(예를 들어, 퍼스널 컴퓨터(PC), 게임 콘솔 등)와 같은 컴퓨팅 디바이스 상에서 실행되는 그래픽 기반 애플리케이션(예를 들어, 비디오 게임)은 일련의 프레임을 출력하도록 구성될 수 있다. 일련의 프레임은 궁극적으로 HMD(100)의 디스플레이 패널(들)(104) 상에 이미지로서 표시된다. 단일 프레임에 대응되는 단일 이미지를 표시하는 동안, 저잔상 디스플레이 시스템은 디스플레이 패널(들)(104)의 발광 소자(106)를 펄스화하여, 광이 사용자(102)의 눈(들)을 향해 방출되도록 구성되어, 사용자(102)가 광(108)의 펄스 동안 디스플레이 상에 표시되는 이미지를 볼 수 있게 한다. 도 1에 도시된 타임라인(110)은, 디스플레이 시스템의 가변 재생률에서 발생될 수 있는 일련의 광 펄스(108(1), 108(2), … 108(N)(집합적으로 108))를 예시한다. 이러한 광 펄스(108) 각각은 주어진 프레임에 대한 발광 소자(106)로부터의 개별적인 광 방출을 나타낸다. 일련의 광 펄스(108)는, HMD(100)의 재생률을 프레임을 렌더링하는 애플리케이션의 프레임 레이트와 매칭시키는 로직으로 인해 애플리케이션에 의한 일련의 프레임의 렌더링으로부터 오프셋되지만 이와 동기화된다.

[0025] 도 1의 타임라인(110)에 의해 도시된 바와 같이, HMD(100)는 시간이 지남에 따라, 상대적으로 높은 재생률(타임라인(110)의 좌측에 있는)로부터 상대적으로 낮은 재생률(타임라인(110)의 우측에 있는)로 전이된다. 예시적인 실시예에서, 타임라인(110)의 좌측에 있는 재생률은 대략 144 Hz일 수 있는 반면, 타임라인(110)의 우측에 있는 재생률은 대략 60 Hz일 수 있다. 이와 관련하여, 도 1의 타임라인(110)은 축척에 따르지 않고, 단지 일반적으로 가변 재생률의 예시일 뿐이다.

[0026] 도 1은, 디스플레이가 일정하게 유지되어야 하는 밝기의 목표 레벨과 연관될 수 있는 기준 프레임 시간(112)(때때로 "공칭" 프레임 시간으로 지칭됨)을 도시한다. 기준 프레임 시간(112)이, 90 Hz의 재생률에 대응되는 대략 11.11 ms인 일 실시예를 고려한다. 본 실시예에서, 재생률이 90 Hz에서 일정하게 유지된다면, 발광 소자(106)는, 도 1의 타임라인(110)의 중간에 도시된 바와 같은 펄스 크기(116) 및 펄스 지속기간(114)을 갖는 광 펄스(108)에 대응되는 광 출력 파라미터(들)의 값에 따라 일련의 프레임에 걸쳐 일관되게 일루미네이팅될 것이다. 기준 프레임 시간(112)에 대응되는 재생률에서 펄스 지속기간(114) 및 펄스 크기(116)를 갖는 광 펄스(108)는 디스플레이가 일정하게 유지되어야 하는 밝기의 목표 레벨을 달성한다. 따라서, 재생률이 변하면, 밝기를 이 목표 수준에서 일정하게 유지하기 위해 광 출력 조정이 동적으로 이루어진다.

[0027] 타임라인(110)의 좌측에 있는 상대적으로 높은 재생률 동안, 그리고 광 펄스들(108(1)과 108(2)) 사이의 시간에서, 디스플레이 시스템의 로직은 광 펄스(108(1))(즉, 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 발광 소자(106)의 일루미네이션)와 차회의 광 펄스(108(2))(즉, 현재 프레임에 대한 발광 소자(106)의 차회의 일루미네이션) 사이의 제1 시간 차이(118(1))를 결정할 수 있다. (순간 재생률을 나타내는) 제1 시간 차이(118(1))에 적어도 부분적으로 기반하여, 로직은 광 출력 파라미터(들)의 값을 결정할 수 있다. 도 1의 실시예에서, 광 출력 파라미터는 현재 프레임에 대한 광 펄스(108(2))의 높이에 대응되거나 이를 지시한다. 따라서, 시간 차이(118(1))에 기반하여 결정되는 광 출력 파라미터(들)의 이 값은 특정 크기에서 광 펄스(108(2))를 방출하도록 발광 소자(106)를 제어하기 위해서 사용될 수 있다. 광 펄스(108(2))의 이러한 특정 크기는, 기준 프레임 시간(112)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 크기(116)보다 더 작은 것으로 도 1에 도시된다. 다시 말해서, 타임라인(110)의 왼쪽에 있는 재생률이 타임라인(110) 중간의 기준 프레임 시간(112)에 대응되는 재생률보다 더 높기 때문에, 광 펄스(108(2))의 높이 또는 크기는, 광 출력 조정(120(1))을 통해, 기준 프레임 시간(112)과 연관된 펄스 크기(116)보다 더 작은 크기로 조정될 수 있다. 즉, 파선 윤곽선은 펄스 크기(116) 및 펄스 지속시간(114)에서 "기준 펄스"를 나타내고, 실선 윤곽선은 실제 광 펄스(108(2))를 나타내며, 기준 펄스는, 기준 펄스의 크기(116)에 대한 광 펄스(108(2))의 크기를 예시하기 위해서 도시된다. 광 펄스(108(2))에 대한 광 출력의 광도를 제어하는 것은, 기준 프레임 시간(112)에 대응되는 재생률로 발광 소자(들)(106)를 구동하기 위해서 사용될 수 있는 전류 및/또는 전압보다 더 낮은 전류 및/또는 더 낮은 전압에서 발광 소자(들)(106)를 구동하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 광 출력의 제어(또는 광 출력 조정(120(1)))는 광 펄스(108(2))의 광 출력을

제어하기 위해 디지털화된 값을 설정함으로써 디지털 방식으로 수행된다.

[0028] 타임라인(110)의 우측에 있는 상대적으로 낮은 재생률 동안, 그리고 광 펄스들(108(N-1)와 108(N)) 사이의 시간에서, 디스플레이 시스템의 로직은 광 펄스(108(N-1))(또는, 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 발광 소자(106)의 일루미네이션)와 차회의 광 펄스(108(N))(또는, 현재 프레임에 대한 발광 소자(106)의 차회의 일루미네이션) 사이의 제N 시간 차이(118(N))를 결정할 수 있다. 제N 시간 차이(118(N))(이는 순간 재생률을 나타냄)에 적어도 부분적으로 기반하여, 로직은, 현재 프레임에 대한 광 펄스(108(N))의 높이에 대응하거나 지시할 수 있는 광 출력 파라미터(들)의 값을 결정할 수 있다. 따라서, 시간 차이(118(N))에 기반하여 결정되는 광 출력 파라미터(들)의 이 값은 특정 크기에서 광 펄스(108(N))를 방출하도록 발광 소자(106)를 제어하기 위해서 사용될 수 있다. 광 펄스(108(N))의 이러한 특정 크기는, 기준 프레임 시간(112)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 크기(116)보다 더 큰 것으로 도 1에 도시된다. 다시 말해서, 타임라인(110)의 오른쪽에 있는 재생률이 타임라인(110) 중간의 기준 프레임 시간(112)에 대응되는 재생률보다 더 낮기 때문에, 광 펄스(108(N))의 높이 또는 크기는, 광 출력 조정(120(N))을 통해, 기준 프레임 시간(112)과 연관된 펄스 크기(116)보다 더 큰 크기로 조정될 수 있다. 광 펄스(108(N))에 대한 광 출력의 광도를 제어하는 것은, 기준 프레임 시간(112)에 대응되는 재생률로 발광 소자(들)(106)를 구동하기 위해서 사용될 수 있는 전류 및/또는 전압보다 더 높은 전류 및/또는 더 높은 전압에서 발광 소자(들)(106)를 구동하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 광 출력의 제어(또는 광 출력 조정(120(N)))는 광 펄스(108(N))의 광 출력을 제어하기 위해 디지털화된 값을 설정함으로써 디지털 방식으로 수행된다. 특히, 디스플레이 구동 회로는 펄스의 높이를 증가시키는 능력을 제공하기에 충분한(또는 추가) 대역폭을 갖는다.

[0029] 일부 실시형태에서, 기준 프레임 시간(112)은 도 1에 도시된 광 펄스(108)의 크기에 대응되는 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용된다. 예를 들어, 디스플레이 시스템의 로직은 기준 프레임 시간(112)에 대한 제1 시간 차이(118(1))의 비율을 결정할 수 있고, 이 비율은, 광 펄스(108(2))와 연관된 광 출력 조정(120(1))에 대한 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용될 수 있다. 제1 시간 차이(118(1))가, 120 Hz의 재생률에 대응되는 대략 8.3 ms이며, 기준 프레임 시간(112)이, 90 Hz의 재생률에 대응되는 대략 11.11 ms인 실시예를 고려한다. 이러한 실시예에서, 다음 비율이 계산될 수 있다: $\frac{8.3}{11.11} = 0.75$. 본 실시예에서, 광 펄스(108(2))는 기준 프레임 시간(112)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 크기(116)의 대략 75%인 크기로 조정될 수 있다. 펄스들(108(1) 및 108(2))은 시간적으로 상대적으로 더 가깝기 때문에, 펄스 크기의 하향 조정은 상대적으로 높은 재생률에서 더 조밀하게 채워진 광 펄스(108)에 의해 유발된 밝기 증가를 상쇄하며, 이는 HMD(100)의 일정한 밝기를 유지한다.

[0030] 제N 시간 차이(118(N))가, 60 Hz의 재생률에 대응되는 대략 16.66ms이며, 기준 프레임 시간(112)이 여전히 11.11 ms인 실시예를 고려한다. 이러한 실시예에서 다음 비율이 계산될 수 있다: $\frac{16.66}{11.11} = 1.50$. 본 실시예에서, 광 펄스(108(N))는 기준 프레임 시간(112)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 크기(116)의 대략 150%인 크기로 조정될 수 있다. 펄스들(108(N-1) 및 108(N))은 시간적으로 상대적으로 더 멀리 떨어져 있기 때문에, 펄스 크기의 상향 조정은 상대적으로 낮은 재생률에서 더 분산된 광 펄스(108)에 의해 유발된 밝기 감소를 상쇄하며, 이는 HMD(100)의 일정한 밝기를 유지한다.

[0031] 도 2는, 본원에 개시된 실시형태에 따른, 일련의 프레임에 걸쳐 일정한 밝기를 유지하기 위한 저잔상, 가변 재생률 디스플레이의 광 출력을 동적으로 조정하기 위한 다른 예시적인 기법을 예시하는 도면이다. 도 1의 실시예처럼, 도 2의 타임라인(210)에 의해 도시된 바와 같이, HMD(200)는 시간이 지남에 따라, 상대적으로 높은 재생률(타임라인(210)의 좌측에 있는)로부터 상대적으로 낮은 재생률(타임라인(210)의 우측에 있는)로 전이된다. 예시적인 실시예에서, 타임라인(210)의 좌측에 있는 재생률은 대략 144 Hz일 수 있는 반면, 타임라인(210)의 우측에 있는 재생률은 대략 60 Hz일 수 있다. 이와 관련하여, 도 2의 타임라인(210)은 또한, 축척에 따르지 않고, 단지 일반적으로 가변 재생률의 예시일 뿐이다.

[0032] 도 2는, 다시 디스플레이가 일정하게 유지되어야 하는 밝기의 목표 레벨과 연관될 수 있는 기준 프레임 시간(212)을 도시한다. 기준 프레임 시간(212)에 대응되는 재생률에서 펄스 지속기간(214) 및 펄스 크기(216)를 갖는 광 펄스(208)는 디스플레이가 일정하게 유지되어야 하는 밝기의 목표 레벨을 달성한다. 따라서, 재생률이 변하면, 밝기를 이 목표 수준에서 일정하게 유지하기 위해 광 출력 조정이 동적으로 이루어진다.

[0033] 타임라인(210)의 좌측에 있는 상대적으로 높은 재생률 동안, 그리고 광 펄스들(208(1)과 208(2)) 사이의 시간에

서, 디스플레이 시스템의 로직은 광 펄스(208(1))(즉, 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 발광 소자(206)의 일루미네이션)와 차회의 광 펄스(208(2))(즉, 현재 프레임에 대한 발광 소자(206)의 차회의 일루미네이션) 사이의 제1 시간 차이(218(1))를 결정할 수 있다. (순간 재생률을 나타내는) 제1 시간 차이(218(1))에 적어도 부분적으로 기반하여, 로직은 광 출력 파라미터(들)의 값을 결정할 수 있다. 도 2의 실시예에서, 광 출력 파라미터는 현재 프레임에 대한 광 펄스(208(2))의 폭에 대응되거나 이를 지시한다. 따라서, 시간 차이(218(1))에 기반하여 결정되는 광 출력 파라미터(들)의 이 값은 특정 지속시간 동안 광 펄스(208(2))를 방출하도록 발광 소자(206)를 제어하기 위해서 사용될 수 있다. 광 펄스(208(2))의 이러한 특정 지속시간은, 기준 프레임 시간(212)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 크기(214)보다 더 짧은 것으로 도 2에 도시된다. 다시 말해서, 타임라인(210)의 왼쪽에 있는 재생률이 타임라인(210) 중간의 기준 프레임 시간(212)에 대응되는 재생률보다 더 높기 때문에, 광 펄스(208(2))의 폭 또는 지속시간은, 광 출력 조정(220(1))을 통해, 기준 프레임 시간(212)과 연관된 펄스 지속시간(214)보다 더 작은 지속시간으로 조정될 수 있다. 광 펄스(208(2))에 대한 광 출력의 지속시간을 제어하는 것은, 발광 소자(들)(206)가 기준 프레임 시간(212)에 대응되는 재생률에서 구동되는 시간의 양보다 더 짧은 시간의 양 동안 발광 소자(들)(206)를 구동하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 광 출력의 제어(또는 광 출력 조정(220(1)))는 광 펄스(208(2))의 광 출력을 제어하기 위해 디지털화된 값을 설정함으로써 디지털 방식으로 수행된다.

[0034] 타임라인(210)의 우측에 있는 상대적으로 낮은 재생률 동안, 그리고 광 펄스들(208(N-1)과 208(N)) 사이의 시간에서, 디스플레이 시스템의 로직은 광 펄스(208(N-1))(또는, 일련의 프레임들 중 선행 프레임에 대한 발광 소자(206)의 일루미네이션)와 차회의 광 펄스(208(N))(또는, 현재 프레임에 대한 발광 소자(206)의 차회의 일루미네이션) 사이의 제N 시간 차이(218(N))를 결정할 수 있다. 제N 시간 차이(218(N))(이는 순간 재생률을 나타냄)에 적어도 부분적으로 기반하여, 로직은, 현재 프레임에 대한 광 펄스(208(N))의 폭에 대응하거나 지시할 수 있는 광 출력 파라미터(들)의 값을 결정할 수 있다. 따라서, 시간 차이(218(N))에 기반하여 결정되는 광 출력 파라미터(들)의 이 값은 특정 지속시간 동안 광 펄스(208(N))를 방출하도록 발광 소자(206)를 제어하기 위해서 사용될 수 있다. 광 펄스(208(N))의 이러한 특정 지속시간은, 기준 프레임 시간(212)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 지속시간(214)보다 더 긴 것으로 도 2에 도시된다. 다시 말해서, 타임라인(210)의 오른쪽에 있는 재생률이 타임라인(210) 중간의 기준 프레임 시간(212)에 대응되는 재생률보다 더 낮기 때문에, 광 펄스(208(N))의 높이 또는 크기는, 광 출력 조정(220(N))을 통해, 기준 프레임 시간(212)과 연관된 펄스 지속시간(214)보다 더 큰 폭 또는 지속시간으로 조정될 수 있다. 광 펄스(208(N))에 대한 광 출력의 지속시간을 제어하는 것은, 발광 소자(들)(206)가 기준 프레임 시간(212)에 대응되는 재생률에서 구동되는 시간의 양보다 더 긴 시간의 양 동안 발광 소자(들)(106)를 구동하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 광 출력의 제어(또는 광 출력 조정(220(N)))는 광 펄스(208(N))의 광 출력을 제어하기 위해 디지털화된 값을 설정함으로써 디지털 방식으로 수행된다. 특히, 디스플레이 구동 회로는 펄스의 폭을 증가시키는 능력을 제공하기에 충분한(또는 추가) 대역폭을 갖는다.

[0035] 또한, 기준 프레임 시간(212)은 도 2에 도시된 광 펄스(108)의 지속시간에 대응되는 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 시스템의 로직은 기준 프레임 시간(212)에 대한 제1 시간 차이(218(1))의 비율을 결정할 수 있고, 이 비율은, 광 펄스(208(2))와 연관된 광 출력 조정(220(1))에 대한 광 출력 파라미터의 값을 결정하기 위해서 사용될 수 있다. 제1 시간 차이(218(1))가, 120 Hz의 재생률에 대응되는 대략 8.3 ms이며, 기준 프레임 시간(212)이, 90 Hz의 재생률에 대응되는 대략 11.11 ms인 실시예를 고려한다. 이러한 실시예에서 다음 비율이 계산될 수 있다: $\frac{8.3}{11.11} = 0.75$. 본 실시예에서, 광 펄스(208(2))는 기준 프레임 시간(212)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 지속시간(214)의 대략 75%인 지속시간으로 조정될 수 있다. 펄스들(208(1) 및 208(2))은 시간적으로 상대적으로 더 가깝기 때문에, 펄스 지속시간의 단축은 상대적으로 높은 재생률에서 더 조밀하게 채워진 광 펄스(208)에 의해 유발된 밝기 증가를 상쇄하며, 이는 HMD(200)의 일정한 밝기를 유지한다.

[0036] 제N 시간 차이(218(N))가, 60 Hz의 재생률에 대응되는 대략 16.66ms이며, 기준 프레임 시간(212)이 여전히 11.11 ms인 실시예를 고려한다. 이러한 실시예에서 다음 비율이 계산될 수 있다: $\frac{16.66}{11.11} = 1.50$. 본 실시예에서, 광 펄스(208(N))는 기준 프레임 시간(212)에 대한 밝기의 목표 레벨과 연관된 펄스 지속시간(214)의 대략 150%인 지속시간으로 조정될 수 있다. 펄스들(208(N-1) 및 208(N))은 시간적으로 상대적으로 더 멀리 떨어져 있기 때문에, 펄스 지속시간의 연장은 상대적으로 낮은 재생률에서 더 분산된 광 펄스(208)에 의해 유발된 밝기

감소를 상쇄하며, 이는 HMD(200)의 일정한 밝기를 유지한다.

[0037] 도 1 및 도 2에 도시된 각각의 접근법은 일부 실시형태에서 결합될 수 있다. 예를 들어, 광 펄스(108)의 크기 및 지속시간은, 광 펄스(108/208)의 크기에 대응되는 제1 광 출력 파라미터의 제1 값을 결정하고, 광 펄스(108/208)의 지속시간에 대응되는 제2 광 출력 파라미터의 제2 값을 결정함으로써, 동적으로 조정될 수 있으며, 여기서 발광 소자는 광 출력을 조정하도록 제1 값 및 제2 값 모두에 따라 일루미네이팅된다.

[0038] 디스플레이 시스템이 롤링 밴드 유형의 디스플레이 구동 기법을 사용하는 실시형태에서, 주어진 프레임에 대한 일루미네이션 시간 기간 동안 디스플레이 패널(104/204)을 가로지르는 롤링 밴드의 두께를 변경함으로써 광 출력이 적어도 부분적으로 조정될 수 있다. 즉, 광 출력 파라미터의 값은 동시에 일루미네이팅되는 발광 소자의 수(예를 들어, 일루미네이션의 롤링 밴드를 구성하는 행의 수)에 대응될 수 있다. 글로벌 플래싱 유형의 디스플레이 구동 기법을 사용하는 디스플레이 시스템은 광 펄스(108/208)의 지속시간을 조정할 수 있지만, 광 펄스의 지속시간을 조정하는 것과 동일한 롤링 밴드는 일루미네이션 시간의 기간 동안 동시에 일루미네이팅되는 발광 소자의 수를 조정하는 것일 수 있다. "더 두꺼운" 롤링 밴드는 광 펄스의 지속시간을 효과적으로 단축할 수 있는 반면, "더 얇은" 롤링 밴드는 광 펄스의 지속시간을 효과적으로 연장할 수 있다.

[0039] 순차적인 쌍의 프레임에 대응되는 순차적인 쌍의 광 펄스(108/208) 사이의 시간 차이(118/218)를 결정하는 것이 한 쌍의 광 펄스(108/208) 또는 한 쌍의 프레임 사이의 임의의 2개의 대응되는 지점 사이의 시간 차이를 결정하는 것을 포함할 수 있다는 점이 이해될 것이다. 예를 들어, 각각의 광 펄스(108/208)의 시작과, 각각의 광 펄스(108/208)의 중간지점과, 각각의 광 펄스(108/208)의 끝과 기타의 사이의 시간 차이(118/218)가 결정될 수 있다. 디스플레이 시스템 로직은, 일부 실시형태에서, 각각의 애플리케이션 렌더링 프레임 사이의 픽셀 데이터에 프레임 시작 마커를 포함할 수 있고, 이러한 프레임 시작 마커는 광 출력 파라미터의 값을 결정하는 목적을 위한 시간 차이를 결정하기 위해서 사용될 수 있다.

[0040] 도 3은, 본원에 개시된 실시형태에 따라, 일 가변 프레임 레이트로 재투영하여 일련의 프레임(302)을 렌더링하고, 일 가변 재생 레이트로 대응되는 이미지를 표시하기 위한 예시적인 타임라인(310(1) 및 310(2))을 예시하는 도면이다. 도 3의 실시예는, 프레임들(302)이 직렬로 어떻게 렌더링될 수 있지를 예시하기 위해 렌더링 타임라인(310(1))에 대한 3개의 예시적인 프레임(302(1)(또는 프레임 "F"), 302(2)(또는 프레임 "F+1"), 및 302(3)(또는 프레임 "F+2"))을 도시한다. 여기서, 애플리케이션(304)은 렌더링 타임라인(310(1)) 상에서 좌측으로부터 우측으로 순서대로, 먼저 프레임(F)을, 다음으로, 프레임(F+1)을, 다음으로, 프레임(F+2)을 렌더링한다. 렌더링 타임라인(310(1))은 또한, 각각의 프레임(302)에 대한 각각의 렌더링 간격의 끝에 있는 HMD(100/200)(또는 디스플레이 시스템)의 합성기(308)의 렌더링 작업부하(306)를 도시한다. 애플리케이션(304)은 각각의 프레임(302)을 렌더링하는 데 일정한 양의 시간을 소비한다. 이 시간의 양은 도 3에서 애플리케이션 렌더링 시간(312)으로 표시된다. 프레임 레이트는 변할 수 있기 때문에, 프레임(302(1))(또는 프레임 "F")에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312(1)), 프레임(302(2))(또는 프레임 "F+1")에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312(2)), 및 프레임(302(2))(또는 프레임 "F+2")에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312(3))은 상이한 양의 시간일 수 있다. 도 3은 애플리케이션 렌더링 시간(312)이 프레임(F)로부터 프레임(F+2)로 점진적으로 길어지는 실시예를 도시한다.

[0041] 주어진 프레임(302)에 대한 합성기(308)의 개별적인 렌더링 작업부하(306)는 HMD(100/200) 상에 최종 이미지를 렌더링하기 전에 애플리케이션(304)에 의해 출력되는 픽셀 데이터에 적용되는 조정을 나타낼 수 있다. 렌더링 작업부하(306)는 애플리케이션(304)의 렌더링 작업부하의 약 1% 내지 5%일 수 있으며, 이는 일반적으로 합성기(308)가 합성기(308)의 렌더링 작업부하(306) 동안 애플리케이션(304)에 의해 출력된 픽셀 데이터에 조정을 적용하는 것보다 애플리케이션(304)이 프레임(302)을 렌더링하는 데 훨씬 더 오래 걸린다는 점을 의미한다. 이러한 조정들은, HMD(100/200) 상에 최종 이미지를 렌더링하기 전에 애플리케이션(304)에 의해 출력된 프레임(302)에 적용되는 색채 왜곡, 패널 마스킹, 재투영 등에 대한 조정을 한정됨 없이 포함할 수 있다. 애플리케이션(304)은 비디오 게임 애플리케이션, 또는 임의의 다른 유형의 그래픽-기반 애플리케이션을 나타낼 수 있다. 애플리케이션(304)은 픽셀 데이터를 출력하는 그래픽 파이프라인에서 실행될 수 있고, 합성기(308)는, 이 픽셀 데이터를 수정하고, 수정된 픽셀 데이터를 프레임 버퍼(예를 들어, 스테레오 프레임 버퍼)에 출력하도록 구성된다.

[0042] 애플리케이션(304)이 주어진 프레임(302)을 렌더링하는 것을 시작하기 전에, 디스플레이 시스템의 로직(예를 들어, 합성기(308))은 주어진 프레임(302)에 대한 예측 일루미네이션 시간(314)을 결정할 수 있으며, 이는 발광 소자(106/206)가 주어진 프레임(302)에 대해 일루미네이팅하는 시간을 나타낸다. 프레임(302(1), 302(2), 302(3))에 대한 실제 일루미네이션 시간(314(1) 314(2), 및 314(3))은 각각 "스캔 아웃 + 일루미네이션" 타임라

인(310(2))에 도시된다. 합성기(308)(또는 다른 로직)는, 가변 프레임 레이트 및 가변 재생률로 인해 가변적인 각각의 프레임에 대한 이러한 일루미네이션 시간(314)을 예측하는 작업을 맡는다. 일루미네이션 시간(314)의 합성기(308) 예측은 과거의 애플리케이션 렌더링 시간(312)에 기초할 수 있다. 예를 들어, 합성기(308)는 이전 프레임(도 3에 도시되지 않은 프레임(F-1))에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312)을 볼 수 있고, 프레임(F)에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))이 이전 프레임과 동일할 것이라고 가정할 수 있다. 합성기(308)는, 예측 일루미네이션 시간(314)을 결정하기 위해 예측된 애플리케이션 렌더링 시간(312)에 고정된 스캔 아웃 시간(316)을 추가할 수 있다.

[0043] 이 예측 일루미네이션 시간(314)은, 주어진 프레임(302)에 대한 예측 일루미네이션 시간(314)에서 HMD(100/200)가 있을 것인 예측 포즈를 결정하기 위해 HMD(100/200)의 머리 추적 시스템에 의해 생성된 머리 추적 데이터와 함께 사용된다. 합성기(308)는, 프레임(302)을 렌더링하기 위해 이 예측 포즈를 나타내는 포즈 데이터를 애플리케이션(304)에 전송하고, 프레임(302)에 대한 픽셀 데이터는, 프레임(302)을 렌더링하는 것이 완료될 때 애플리케이션(304)으로부터 수신된다. 포즈 데이터를 애플리케이션(304)에 미리 제공하는 것은, 미래 예측 일루미네이션 시간(314)에서 사용자(102/202)의 예측 머리 포즈에 대해 올바른 방식으로, HMD(100/200)에 이미지를 렌더링하기 위한 픽셀 데이터를 애플리케이션(304)이 출력하는 것을 허용한다. 이것은, 디스플레이 패널(들)(104/204)로부터의 광이 사용자(102/202)의 눈(들)에 도달될 때 일루미네이션 시간(314)에서 애플리케이션(304)이 사용자의 예측 머리 포즈에 적합한 장면을 렌더링한다는 점을 의미한다. 도 3의 실시예에서, 프레임(F)이 애플리케이션(304)에 의해 렌더링된 후, 합성기(308)는 프레임(F)에 대한 실제 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))을 결정할 수 있고, 일루미네이션 시간(314)의 예측을 업데이트할 수 있고, 일루미네이션 시간(314)의 이러한 업데이트된 예측에 기반하여, HMD(100/200)의 새로운 예측 포즈가 결정될 수 있다. HMD(100/200)의 원래 예측 포즈 및 HMD(100/200)의 새로운 예측 포즈에 기반하여(예를 들어, 두 세트의 포즈 데이터를 비교하여), 합성기(308)는 재투영 조정을 결정할 수 있고, 프레임(F)에 대한 픽셀 데이터를 수정하기 위해서 렌더링 작업부하(306(1)) 동안 픽셀 데이터에 이러한 재투영 조정을 적용할 수 있다. 프레임(F)에 대한 수정된 픽셀 데이터는, 일루미네이션 시간(314(1))에 HMD(100/200)의 디스플레이 패널(들)(104)에 프레임(F)(재투영 조정으로 수정됨)에 대응되는 이미지를 표시하도록, 프레임 버퍼로 출력되고, 스캔 아웃 시간(316(1)) 동안 스캔 아웃된다. 스캔 아웃 시간(316) 동안, 프레임(F)에 대한 픽셀 값(픽셀 데이터)의 서브세트가 순서대로, 디스플레이 포트(예를 들어, 고화질 멀티미디어 인터페이스(HDMI))를 통해 디스플레이 패널(들)(104)에 스캔 아웃된다. 일루미네이션 시간(314) 동안, 디스플레이 패널(들)(104)의 발광 소자(106/206)는 픽셀이 일루미네이팅하도록 일루미네이팅된다. 일루미네이션은 동시의 모든 발광 소자(106/206)의 글로벌 플래싱일 수 있거나, 또는 시퀀스의 발광 소자(106/206)의 서브세트의 롤링 일루미네이션일 수 있다. 어느 경우든, 일루미네이션은 주어진 프레임에 대한 광의 펄스(108/208)로서 본원에서 고려된다.

[0044] HMD(100/200)(또는 디스플레이 시스템)의 그래픽 로직은 비동기식 또는 동기식일 수 있다. 비동기식 시스템에서, 합성기(308)는, HMD(100/200)(디스플레이 시스템 또는 HMD 시스템)의 그래픽 프로세싱 유닛(GPU: graphics processing unit) 상에서 애플리케이션(304)으로부터 별개로(별개의 비동기식 쓰레드 상에서) 실행된다. 예를 들어, 애플리케이션(304)은 합성기(308)로부터 포즈 데이터를 수신하기 위해 함수를 호출할 수 있으며, 합성기(308)는, 애플리케이션(304)이 장면을 렌더링하기 위해서 사용되는 가상 카메라 포즈에 대응되는 포즈 데이터에 따라 프레임(302(1))(예를 들어, 프레임(F))을 렌더링할 수 있도록(프레임(F)에 대한 예측 일루미네이션 시간(314(1))에 대해 예측된) 요청된 포즈 데이터를 애플리케이션(304)에 제공할 수 있다. 가변 재생률이 지원되기 때문에, 합성기의 작업부하(306)는 애플리케이션(304)이 프레임(302) 렌더링을 완료한 후(애플리케이션 렌더링 시간(312)은 가변적임) 시작된다. 합성기(308)는, 애플리케이션(304)으로부터 프레임(302)(예를 들어, 좌측 및 우측 이미지)을 취하고, 프레임(302)을 HMD(100/200)의 디스플레이 패널(들)(104/204) 상에 백 버퍼 안으로 왜곡하도록 구성될 수 있다. 합성기(308)의 이러한 작업부하(306) 동안, 재투영 조정이 적용될 수 있다.

[0045] 재생률을 애플리케이션(304)의 프레임 레이트에 동적으로 매칭시킴으로써, 새로 렌더링된 프레임(302)은 각각의 화면 리프레시에 대해 애플리케이션(304)으로부터 수신되고, 주어진 프레임(302)에 대응되는 이미지는 단지 작은 스케일의 재투영 조정(있는 경우)으로 표현될 수 있다. 예측된 애플리케이션 렌더링 시간(312)이 정확하다면, 재투영 조정의 정도가 최소화될 것이다. 애플리케이션 렌더링 시간(312)의 부정확한 예측 및 따라서, 부정확한 포즈 예측이 있더라도, 디스플레이 시스템의 가변 재생률 기능으로 인해 재투영의 양이 적을 것이며, 이는 객체를 움직이거나 애니메이션하는 것과 관련하여 재투영으로 인한 원치 않는 시각적 아티팩트가 완화될 것이라는 점을 의미한다.

[0046] 본원에 설명되는 방법은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 조합(즉, 로직)으로 구현될 수 있는 동작들의 시퀀스를 표현하는 논리적 흐름 그래프의 블록들의 모음으로서 예시된다. 소프트웨어의 경우, 블록은, 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때 언급된 작업을 수행하는 컴퓨터 실행 가능 명령어를 나타낸다. 일반적으로, 컴퓨터 실행 가능 명령어는, 특정 기능들을 수행하거나 특정된 추상적 데이터 타입을 구현하는 루틴, 프로그램, 오브젝트, 컴포넌트, 데이터 구조 등을 포함한다. 동작들이 설명되는 순서는 한정의 의미로서 해석되도록 의도된 것이 아니며, 임의의 개수의 설명되는 블록들은 방법을 구현하기 위해 임의의 순서로 그리고/또는 병렬로 결합될 수 있다.

[0047] 도 4는 본원에 개시된 실시형태에 따른, 저잔상, 가변 재생률 디스플레이 시스템에서 재투영으로 프레임을 렌더링하기 위한 예시적인 방법(400)의 흐름도를 예시한다. 논의를 위해, 방법(400)은 이전 도면들을 참조하여 설명된다.

[0048] 402에서, 일련의 프레임들 중 프레임(302)은 HMD(100/200)의 디스플레이 패널(104/204) 상에 대응되는 이미지를 표시하기 위해 렌더링될 수 있다. 논의를 위해, 이러한 프레임(302)은 제1 프레임(302(1))으로서 지칭된다. HMD(100/200)가 한 쌍의 디스플레이 패널을 포함하는 경우, 제1 프레임(302(1))은 좌측 디스플레이 패널(104/204) 상에 제1 이미지를, 그리고 우측 디스플레이 패널(104/204) 상에 제2 이미지를, 또는 반대로 표시하기 위해 렌더링될 수 있다. 402 내의 다양한 하위 블록들에 의해 도시된 바와 같이, 블록 402에서 제1 프레임(302(1))을 렌더링하려는 목적들을 위해 HMD(100/200)(또는 HMD 시스템)의 로직에 의해 수행되는 다양한 하위 작동이 존재할 수 있다.

[0049] 하위 블록 404에서, HMD(100/200)(또는 HMD 시스템)의 로직(예를 들어, 합성기(308)를 포함하는 로직)은 제1 프레임(302(1))에 대한 예측 일루미네이션 시간(314(1))을 결정할 수 있다. 이러한 일루미네이션 시간 예측 전에, 애플리케이션(304)은, 애플리케이션(304)이 제1 프레임(302(1))을 HMD 포즈에 대해 적절하게 렌더링할 수 있도록, HMD(100/200)의 포즈를 요청하는 합성기(308)를 호출할 수 있다. 하위 블록 404에서 결정된 예측 일루미네이션 시간(314)은, 발광 소자(106/206)가 제1 프레임(302(1))에 대해 일루미네이팅할 시간을 나타낼 수 있다. 다시 말해서, 하위 블록 404에서의 일루미네이션 시간 예측은, 제1 프레임(302(1))에 대응되는 이미지가 HMD(100/200)의 디스플레이 패널(들)(104/204) 상에 표시되는 경우 광이 사용자(102/202)의 눈(들)에 실제로 도달될 때의 예측이다. 하위 블록 404 내의 하위 블록 406 및 하위 블록 408에 의해서 도시된 바와 같이, 하위 블록 404에서 예측 일루미네이션 시간(314(1))을 결정할 목적으로 HMD(100/200)(또는 HMD 시스템)의 로직에 의해 수행되는 다양한 하위 작동이 있을 수 있다.

[0050] 하위 블록 406에서, HMD(100/200)(또는 HMD 시스템)의 로직(예를 들어, 합성기(308)를 포함하는 로직)은 애플리케이션(304)이 선행 프레임(들)(302)을 렌더링하는 데 소비한 제1 시간의 양(들)을 결정할 수 있다.

[0051] 하위 블록 408에서, 로직은, 하위 블록 406에서 결정된 제1 시간의 양에 적어도 부분적으로 기반하여, 애플리케이션(304)이 제1 프레임(302(1))을 렌더링하는 데 소비할 시간의 양을 나타내는 예측 렌더링 시간(312(1))을 결정할 수 있다(애플리케이션 렌더링 시간(312)은, 장면 복잡성 및/또는 처리 리소스에 대한 현재 부하 등에 따라 일련의 프레임(302)에 걸쳐 가변적이기 때문에). 일 실시예에서, 애플리케이션(304)이 선행 프레임(302)을 렌더링하는 데 11 ms를 소비했다면, 하위 블록 408에서 결정된 예측 렌더링 시간(312(1))은 동일한 양의 시간인 11 ms일 수 있다. 이것은 차회의 프레임(302)이 이전 프레임(302)이 렌더링하는 데 걸린 만큼 렌더링하는 데 오래 걸릴 것이라고 가정하는 것이 합리적으로 안전하다는 개념에 기초한다. 하위 블록 408에서 결정된 예측 렌더링 시간(312(1))은, 애플리케이션(304)이 제1 프레임(302(1))의 렌더링을 완료할 예측 시간의 형태일 수 있거나, 애플리케이션(304)이 제1 프레임(302(1))을 렌더링하는 데(예를 들어, 시작부터 끝까지) 걸리는 예측된 양의 시간의 형태일 수 있다. 따라서, 하위 블록 406 및 하위 블록 408은, 제1 프레임(302(1))에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))의 예측이 이전 프레임들(302)(즉, 제1 프레임 302(1) 이전에 온 프레임(들)(302))의 하나 이상의 과거 렌더링 시간(312)에 기초될 수 있는 방법을 예시한다. 그러나, 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))의 예측이, 장면 복잡도, 현재 처리 부하 등과 같은 다양한 다른 요인에 기반될 수 있다는 점이 이해될 것이다.

[0052] 간단히 말해서, 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))(즉, 애플리케이션(304)이 제1 프레임(302(1))을 렌더링하는 시간의 양)은 가변적이지만, 제1 프레임(302(1))에 대한 스캔아웃 시간(316(1))은 고정되어 있고, 스캔 아웃 시간(316(1)) 플러스 일루미네이션 시간(314(1))은 가능한 프레임 레이트의 범위 중에서 가장 빠른 프레임 레이트에 대응될 수 있다. 따라서, 가변 재생률 디스플레이의 경우 프레임 레이트가, 하이 엔드에서, 예를 들어, 144 Hz로 푸시되는 경우, 픽셀 데이터는 스캔 아웃되고, 이미지는 대략 6.9 ms마다 각각의 프레임(302)에 대해 디스플레이 상에 표시된다. 다시 말해서, 프레임 버퍼로부터 픽셀 데이터를 스캔 아웃하고 주어진 프레임(302)에 대

해 디스플레이 상의 픽셀을 일루미네이팅하는 데 약 6.9 ms(하이 엔드 상에서 144 Hz 재생률을 달성할 수 있는 디스플레이 시스템의 경우)가 걸려야 한다. 픽셀 데이터가 스캔 아웃된 후 발생하는 일루미네이션 시간(314(1)(기술적으로 시간 기간))은, 애플리케이션 렌더링 시간(312(1)) 및 스캔 아웃 시간(316(1))에 비해 매우 짧다. 일루미네이션 시간(314(1))은 또한 안정화 시간을 포함한다. 예를 들어, LCD의 경우, 수정이 안정되는 데 몇 ms가 추가로 소요되므로, 수정이 안정된 후에 발광 소자(106/206)가 일루미네이팅된다. 하위 블록 404에서 예측 일루미네이션 시간(314(1))을 결정하기 위해 이들 시간 기간의 일부 또는 전부가 고려될 수 있다. 적어도, 프레임 레이트가 가변적이기 때문에, 예측 일루미네이션 시간(314(1))은 제1 프레임(302(1))에 대한 예측 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))에 적어도 부분적으로 기반하여 결정된다. 일부 실시형태에서, 롤링 밴드 유형의 디스플레이 구동 기법에서와 같이, 하위 블록 404에서의 일루미네이션 시간 예측은, 디스플레이 패널(104/204) 상에서 사용자(102/202)가 볼 위치에 대한 예측에 기초할 수 있으며, 이는 HMD(100/200)의 눈 추적 시스템에 의해서 생성된 눈 추적 데이터로부터 결정된다.

[0053] 하위 블록 406에서, 일부 실시형태에서, 로직은 다수의 이전 프레임(302)에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312)을 결정할 수 있고, 제1 프레임 302(1)에 대한 애플리케이션 렌더링 시간(312(1))을 예측하기 위해 이러한 과거의 렌더링 시간에 기반하여 평균 애플리케이션 렌더링 시간(312)을 결정할 수 있다. 예를 들어, 로직은 애플리케이션(304)이 선행 프레임(302)을 렌더링하는 데 소비된 제1 시간의 양, 및 애플리케이션(304)이 선행 프레임(302)에 선행하는 이전 프레임(302)을 렌더링하는 데 소비한 제2 시간의 양을 결정할 수 있고, 다음으로, 평균 렌더링 시간(312)은 제1 시간의 양과 제2 시간의 양에 기반하여 결정된다. 이러한 러닝(running) 평균 렌더링 시간 계산을 위해 고려할 이전 프레임(302)의 수는 구성 가능하다(예를 들어, 가장 최근에 렌더링된(이전) 프레임(302) 10개의 렌더링 시간(312)에 기반하여 평균 렌더링 시간(312)을 계산). 이와 같이 평균을 취하는 것은, 이례적인 렌더링 시간에 반응하지 않고 대신 일루미네이션 시간 예측을 조정하기 전에 렌더링 시간이 약간 안정되기를 기다리는 이점을 제공할 수 있다.

[0054] 하위 블록 410에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은 하위 블록 404에서 결정된 예측 일루미네이션 시간(314(1))에 HMD(100/200)가 있을 예측 포즈를 결정할 수 있다. 이것은 제1 프레임(302(1))에 대한 HMD(100/200)의 포즈의 원래 예측이며, HMD(100/200)(또는 HMD 시스템)의 머리 추적 시스템에 의해 생성된 머리 추적 데이터에 적어도 부분적으로 기초할 수 있다.

[0055] 하위 블록 412에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은, 하위 블록 410에서 예측 포즈를 나타내는 포즈 데이터를, 프레임(302(1))을 렌더링하려는 목적을 위해 애플리케이션(304)에 전송할 수 있다.

[0056] 하위 블록 414에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은, 애플리케이션(304)으로부터 제1 프레임(302(1))에 대한 픽셀 데이터를 수신할 수 있다. 픽셀 데이터는 본원에 설명된 바와 같이, 디스플레이 패널(104/204)의 픽셀의 어레이 내의 개별 픽셀에 대한 픽셀 값을 포함할 수 있다.

[0057] 하위 블록 416에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은 애플리케이션(304)이 제1 프레임(302(1))을 렌더링하는 데 소비한 실제 시간의 양에 적어도 부분적으로 기반하여 새로운 예측 일루미네이션 시간(314(1))을 결정할 수 있으며, 이 새로운 예측 일루미네이션 시간은 발광 소자(106/206)가 제1 프레임(302(1))에 대한 일루미네이팅할 시간을 나타낸다. 제1 프레임(302(1))의 실제 렌더링 시간(312)(이는 하위 블록 418에서 결정될 수 있음)은 원래 예측 렌더링 시간(312)보다 더 짧을 수 있으며, 이 경우 합성기(308)는 예측보다 더 빠르게 애플리케이션(304)으로부터 픽셀 데이터를 수신한다. 제1 프레임(302(1))의 실제 렌더링 시간(312)은 원래 예측 렌더링 시간(312)보다 더 클 수 있으며, 이 경우 합성기(308)는 예측보다 더 늦게 애플리케이션(304)으로부터 픽셀 데이터를 수신한다. 예측된 애플리케이션 렌더링 시간(312)은 정확했을 수 있으며, 이는 픽셀 데이터가 수신될 것으로 예측된 시점에 정확히 수신되었음을 의미하지만, 많은 경우에, 예측 렌더링 시간과 제1 프레임(302(1))에 대한 실제 렌더링 시간 사이에, 비록 작지만, 델타가 있을 수 있다.

[0058] 하위 블록 420에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은, HMD(100/200)의 머리 추적 시스템에 의해 생성된 머리 추적 데이터에 적어도 부분적으로 기반하여, 새로운 예측 일루미네이션 시간(314(1))에 HMD(100/200)가 있을 새로운 예측 포즈를 결정한다. 원래 포즈 예측과 새로운 포즈 예측 사이의 델타는 애플리케이션 렌더링 시간(312) 예측의 정확도에 의존한다. 그러나, 표시된 바와 같이, 이러한 델타는, 플레이(play)에서 상대적으로 짧은 시간 기간을 고려하면, 작을 가능성이 있다.

[0059] 하위 블록 422에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은 제1 프레임(302(1))과 연관된 수정된(제1) 픽셀 데이터를 획득하기 위해 제1 프레임(302(1))에 대한 픽셀 데이터에 재투영 조정을 적용할 수 있다. 도 3의 도면에서, 이는 애플리케이션(304)으로부터 제1 프레임(302(1))에 대한 픽셀 데이터를 수신한 후, 합성기(308)의 렌더링 작

업부하(306(1)) 동안 발생될 수 있다. 재투영 조정은, 예를 들어, 오프셋(들)을 결정하기 위해서 포즈 데이터의 두 세트를 비교함으로써, 원래 예측 포즈(하위 블록 410에서 결정됨)와 새로운 예측 포즈(하위 블록 420에서 결정됨)에 적어도 부분적으로 기반하여 결정될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 합성기(308)는, 예측된 것보다 1 또는 2 ms 빠르거나 예측된 것보다 1 또는 2 ms 늦게 제1 프레임(302(1))에 대한 픽셀 데이터를 수신할 수 있다. 픽셀 데이터가 프레임 버퍼(들)로 출력되고 가능한 한 빨리 디스플레이로 스캔 아웃되기 때문에, 일루미네이션 시간(314(1))의 업데이트된 예측은 원래 예측 일루미네이션 시간(314(1))과 약간 상이(예: 1 또는 2 ms 정도 상이함)할 수 있으며, HMD 포즈 예측은, 픽셀 데이터에 대해 수행될 재투영 조정을 결정하기 위해서 이러한 작은 델타에 기반하여 업데이트될 수 있다.

[0060] 하위 블록 424에서, 로직(예를 들어, 합성기(308))은 제1 프레임(302(1))에 대한 수정된(제1) 픽셀 데이터를 프레임 버퍼(들)로 출력할 수 있다. 다시, 한 쌍의 디스플레이 패널(104/204)을 갖는 HMD(100/200)의 경우, 이러한 픽셀 데이터는 한 쌍의 디스플레이 패널(104/204) 상에 디스플레이될 한 쌍의 이미지를 표시하는 프레임에 대응될 수 있다. 오프 페이지 참조 "A"에 의해 도시된 바와 같이, 방법(400)은 도 5에 도시된 방법(500)의 제1 블록에 계속될 수 있다.

[0061] 도 5는 본원에 개시된 실시형태에 따른, 이미지를 표시하는 동안 저잔상, 가변 재생률 디스플레이를 일루미네이팅하기 위한 광 출력 파라미터의 값을 동적으로 결정하기 위한 예시적인 방법(500)의 흐름도를 예시한다. 도 4 및 도 5의 오프 페이지 참조 "A"에 의해 도시된 바와 같이, 방법(500)은 방법(400)으로부터 계속될 수 있다. 방법(500)은 또한, 프레임 버퍼(들)에 출력되는 임의의 픽셀 데이터에 기반하여 독립적으로 수행될 수 있다. 논의를 위해, 방법(500)은 이전 도면들을 참조하여 설명된다.

[0062] 502에서, HMD(100/200)(또는 HMD 시스템)와 같은 디스플레이 시스템의 로직(예: 디스플레이 컨트롤러, 디스플레이 드라이버 회로 등)은, 도 4의 방법(400)에서 설명된 바와 같이, 가능하게는 재투영으로, 애플리케이션(304)에 의해 렌더링된 프레임(302)에 대한 픽셀 데이터에 적어도 부분적으로 기반하여 디스플레이 상에 이미지가 표시되게 할 수 있다. 논의 목적을 위해서, 그리고 도 4에서 논의된 실시예를 계속하여, 이미지는 제1 프레임(302(1))의 제1 픽셀 데이터에 대응되는 제1 이미지로서 지칭된다. 하위 블록 504 및 506에 의해 도시된 바와 같이, 블록 502에서의 이미지의 표시는 하나 이상의 하위 작동을 포함할 수 있다.

[0063] 예를 들어, 하위 블록 504에서, 제1 프레임(302(1))에 대한 수정된(제1) 픽셀 데이터가 디스플레이 시스템의 디스플레이 패널(104/204) 상에서 스캔 아웃될 수 있다. 예를 들어, 픽셀의 개별 행에 대한 픽셀 값은 픽셀의 제1 서브세트(예: 행)에서 시작하여 픽셀의 마지막 서브세트(예: 행)로 끝나는 디스플레이 포트(예: HDMI)를 통해 디스플레이 패널(들)(104/204)로 순차적으로 스캔 아웃될 수 있다.

[0064] 하위 블록 506에서, 디스플레이의 발광 소자(106/206)는 디스플레이 상에 제1 이미지를 표시하는 동안 일루미네이팅될 수 있다. 일루미네이션은 광 펄스(108/208)를 방출함으로써 발생될 수 있다. 즉, 저잔상 디스플레이 시스템은 디스플레이의 재생률로 일련의 프레임에 걸쳐 발광 소자(106/206)를 온-오프 펄스화할 수 있으며, 이 재생률은, 본원에 설명된 바와 같이, 가변적일 수 있다. 본원에 설명된 바와 같이, 하위 블록 506에서 일루미네이션 동안 광 펄스는 발광 소자(106/206)가 동시에 일루미네이팅하는 일루미네이션의 글로벌 플래시일 수 있거나, 발광 소자(106/206)의 개별 서브세트가 광 펄스(108/208) 동안 순서대로 일루미네이팅하는 일루미네이션의 롤링 밴드일 수 있다. 하위 블록 508-514에 의해 도시된 바와 같이, 일련의 프레임에 걸쳐 디스플레이의 밝기가 일정하게 유지되도록 제1 이미지를 표시하는 동안 발광 소자(106/206)를 일루미네이팅하기 위해 광 출력 파라미터(들)의 값이 결정될 수 있다.

[0065] 하위 블록 508에서, 디스플레이 시스템(예를 들어, HMD(100/200))의 로직은 일련의 프레임들 중 선행 프레임(302)에 대한 발광 소자(106/206)의 광 펄스(108(0))와 제1 프레임(302(1))에 대한 발광 소자(106/206)의 차회의 광 펄스(108(1))(또는 일루미네이션) 사이의 제1 시간 차이(118(1)/218(1))를 결정할 수 있다. 제1 시간 차이(118(1)/218(1))는 본원에서 현재 프레임 시간으로서 지칭될 수 있고, 디스플레이의 현재 재생률로부터 도출 가능할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 120 Hz의 순간 재생률을 나타내는 8.3 ms의 제1 시간 차이(118(1)/218(1))(또는, 현재 프레임 시간)를 고려한다. 순차적인 쌍의 프레임(302)에 대응되는 순차적인 쌍의 광 펄스(108/208) 사이의 제1 시간 차이(118(1)/218(1))를 결정하는 것이 한 쌍의 광 펄스(108/208) 또는 한 쌍의 프레임 사이의 임의의 2개의 대응되는 지점 사이의 시간 차이를 결정하는 것을 포함할 수 있다는 점이 이해될 것이다. 예를 들어, 각각의 광 펄스(108/208)의 시작과, 각각의 광 펄스(108/208)의 중간지점과, 각각의 광 펄스(108/208)의 끝과 기타의 사이의 시간 차이(118/218)가 결정될 수 있다. 디스플레이 시스템 로직은, 일부 실시형태에서, 각각의 애플리케이션 렌더링 프레임 사이의 픽셀 데이터에 프레임 시작 마커를 포함할 수 있

고, 이러한 프레임 시작 마커는 하위 블록 508에서 제1 시간 차이(118(1)/218(1))를 결정하기 위해서 사용될 수 있다.

[0066] 하위 블록 510에서, 디스플레이 시스템(예를 들어, HMD(100/200))의 로직은 제1 시간 차이(118(1)/218(1))에 적어도 부분적으로 기반하여 광 출력 파라미터(들)의 제1 값(들)을 결정할 수 있다. 본원에 설명된 바와 같이, 광 출력 파라미터의 값은 제1 프레임(302(1))에 대한 광 펄스(108(1))의 크기에 대응될 수 있다. 다른 광 출력 파라미터의 값은 제1 프레임(302(1))에 대한 광 펄스(108(1))의 지속시간에 대응될 수 있다. 롤링 밴드 유형의 디스플레이 구동 기법에서, 광 출력 파라미터의 값은 광 펄스(108(1)) 동안 동시에 일루미네이팅되는 발광 소자(106/206)의 수(예: 일루미네이션의 롤링 밴드의 두께)에 대응될 수 있다. 일부 실시형태에서, 다수의 이러한 광 출력 파라미터는 광 출력을 제어하기 위해 조합으로 결정되고 적용될 수 있다.

[0067] 하위 블록 512에서, 광 출력 파라미터(들)의 제1 값(들)을 결정하는 것의 일부로서, 로직은 기준 프레임 시간(112/212)에 대한 제1 시간 차이(118(1)/218(1))의 비율을 결정할 수 있다. 본원에 설명된 바와 같이, 기준 프레임 시간(112/212)은, 애플리케이션(304)이 목표로 하는 프레임 레이트 범위의 최소 프레임 레이트와 최대 프레임 레이트 사이의 중간 프레임 레이트에 대응되는 시간일 수 있다. 예를 들어, 애플리케이션(304)이 45 FPS와 144 FPS 사이의 프레임 레이트의 범위를 목표로 하는 경우, 전술된 비율을 결정하기 위해서 사용되는 기준 프레임 시간은 90 FPS의 프레임 레이트에서의 프레임 시간에 대응될 수 있으며, 이는 대략 11.11 ms의 프레임 시간이다. 본 실시예에서, 기준 프레임 시간(112/212)은 11.11 ms이다. 그러나, 이것은 단지 일 실시예이며, 기준 프레임 시간(112/212)은 본원에 설명된 기법이 구현되는 디스플레이 시스템의 사양에 부분적으로 기반하여 구성 가능하다. 예시적인 실시예에서, 제1 시간 차이(118(1)/218(1))(또는, 현재 프레임 시간)는 8.3 ms이고, 기준 프레임 시간(112/212)은 11.11 ms인 경우, 하위 블록 512에서 결정된 비율은 약 0.75일 것이다. 이것은 기준 프레임 레이트(112/212)에서 공칭 광 출력의 75%인 광 출력 계수로 생각될 수 있으며, 이는 광 출력이 어떤 식으로든(광 펄스(108(1)) 크기의 감소이든 또는 지속시간의 감소이든) 감소될 것임을 의미한다. 어느 경우든, 광 출력 파라미터(들)의 제1 값(들)은 이 비율에 적어도 부분적으로 기반하여 결정될 수 있다.

[0068] 하위 블록 514에서, 발광 소자(106/206)는, 디스플레이 상에 제1 이미지를 표시하는 동안 광 출력 파라미터(들)의 제1 값(들)에 따라 광 펄스(108(1))를 방출(또는, 일루미네이팅)하도록 제어될 수 있다. 이러한 방법(500)은, 일련의 프레임들 중 각각의 프레임(302)에 대한 광 출력 파라미터(들)의 값(들)을 동적으로 결정함으로써 일련의 프레임에 걸쳐 반복될 수 있다. 일련의 프레임(302)에 걸쳐 이러한 방식으로 광 출력 파라미터(들)를 변화시킨 결과로서, 디스플레이 밝기는 일련의 프레임에 걸쳐 실질적으로 일정하게 유지되며, 이로써 디스플레이의 깜박임을 제거하거나, 또는 적어도 완화한다.

[0069] 도 6은 본원에 개시된 실시형태에 따른, VR 헤드셋과 같은 HMD(600)(또는 HMD(600)를 포함하는 HMD 시스템)의 예시적인 컴포넌트가 임베딩될 수 있는 것을 예시한다. HMD(600)는 이전 도면들에서 참조된 HMD(100/200)와 동일하거나 유사할 수 있으며, 따라서 도 6에 도시된 HMD(600)의 컴포넌트가 HMD(100/200)에서 구현될 수 있다. HMD(600)는(예를 들어, 사용자(102)의 머리 상에) 사용자(102)에 의해 착용될 독립형 디바이스로서 구현될 수 있다. 일부 실시형태에서, HMD(600)는, 예를 들어, 사용자(102)의 머리 주위에 맞도록 크기가 설정된 고정 메커니즘(예를 들어, 조정 가능한 밴드)을 사용하여 사용자(102)가 자신의 머리 상에 HMD(600)를 고정시키는 것을 허용함으로써 머리 장착 가능할 수 있다. 일부 실시형태에서, HMD(600)는 근안 또는 니어-투-아이(near-to-eye) 디스플레이(들)를 포함하는 가상 현실(VR) 또는 증강 현실(AR) 헤드셋을 포함한다. 그러므로, 용어 "웨어러블 디바이스", "웨어러블 전자 디바이스", "VR 헤드셋", "AR 헤드셋", 및 "헤드 마운트 디스플레이(HMD)"는 도 6의 디바이스(600)를 지칭하기 위해 본원에서 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다. 그러나, 이러한 유형의 디바이스는 단지 HMD(600)의 예라는 점이 이해될 것이며, HMD(600)가 다양한 다른 폼 팩터로 구현될 수 있다는 점이 이해될 것이다. 도 6에 도시된 컴포넌트들 중 일부 또는 전부가 HMD(600) 상에서 구현될 수 있다는 점이 또한 이해될 것이다. 따라서, 일부 실시형태에서, 도 6에 도시된 컴포넌트들의 서브세트는, HMD 시스템의 일부이지만 HMD(600) 자체와는 별개인 컴퓨팅 디바이스, 예를 들어, PC, 게임 콘솔, 또는 임의의 다른 적합한 컴퓨팅 디바이스 상에 구현될 수 있다. 비-HMD 시스템은 적어도 본원에 설명된 동적 광 출력 조정 기법 및 방법을 구현하기 위해 일부 유사한 구성 요소를 포함할 수 있다는 점이 또한 이해될 것이다.

[0070] 예시된 구현예에서, HMD(600)는 하나 이상의 프로세서(602) 및 메모리(604)(예를 들어, 컴퓨터 판독 가능 매체(604))를 포함한다. 일부 구현예에서, 프로세서(들)(602)는 중앙 처리 유닛(CPU), 그래픽 처리 유닛(들)(GPU)(603), CPU 및 GPU(603) 둘 모두, 마이크로프로세서, 디지털 신호 프로세서 또는 당 업계에 알려진 다른 처리 유닛 또는 컴포넌트를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 본원에 기능적으로 설명된 것은 적어도 부분적으로 하나 이상의 하드웨어 로직 컴포넌트에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 그리고 한정됨 없

이, 사용될 수 있는 예시적인 유형의 하드웨어 로직 컴포넌트는 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA: Field-Programmable Gate Array), 애플리케이션 특정 집적 회로(ASIC: Application-Specific Integrated Circuit), 애플리케이션 특정 표준 제품(ASSP: Application-Specific Standard Product), 시스템 온 칩 시스템(SOC: System-On-a-Chip system), 복합 프로그래밍가능 로직 디바이스(CPLD: Complex Programmable Logic Device) 등을 포함한다. 추가적으로, 프로세서(들)(602) 각각은, 프로그램 모듈, 프로그램 데이터, 및/또는 하나 이상의 운영 체제를 또한 저장할 수 있는 자체 로컬 메모리를 구비할 수 있다.

[0071] 메모리(604)는, 컴퓨터 판독 가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 다른 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 테크놀로지로 구현된 휘발성 및 비휘발성 메모리, 착탈식 및 비착탈식 매체를 포함할 수 있다. 이러한 메모리는 RAM, ROM, EEPROM, 플래시 메모리, 혹은 다른 메모리 테크놀로지, CD-ROM, 디지털 다용도 디스크(DVD: Digital Versatile Disk) 혹은 다른 광학 저장소, 자기 카세트, 자기 테이프, 자기 디스크 저장소 혹은 다른 자기 저장 디바이스, RAID 저장 시스템, 또는 원하는 정보를 저장하기 위해서 사용될 수 있으며 컴퓨팅 디바이스에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 메모리(604)는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체("CRSM": Computer-Readable Storage Media)로서 구현될 수 있으며, 이는 메모리(602)에 저장된 명령어를 실행하기 위해 프로세서(들)(602)에 의해 액세스 가능한 임의의 이용 가능한 물리적 매체일 수 있다. 하나의 기본 구현예에서, CRSM은 랜덤 액세스 메모리("RAM": Random Access Memory) 및 플래시 메모리를 포함할 수 있다. 다른 구현예에서, CRSM은 리드 온리 메모리("ROM"), 전기적으로 소거 가능한 프로그래머블 리드 온리 메모리("EEPROM") 또는 원하는 정보를 저장하기 위해서 사용될 수 있고 프로세서(들)(602)에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 유형의(tangible) 매체를 포함할 수 있지만, 이에 한정되지 않는다.

[0072] 일반적으로, HMD(600)(또는 HMD 시스템)는, 본원에 설명된 기법, 기능, 및/또는 동작을 구현하도록 구성된 로직(예를 들어, 소프트웨어, 하드웨어, 및/또는 펌웨어 등)을 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체(604)는, 본원에 설명된 기법, 기능, 및/또는 동작을 수행하기 위해 프로세서(들)(602) 상에서 실행되도록 구성될 수 있는 다양한 모듈, 예컨대 명령어, 데이터스토어 등을 포함하는 것으로 도시된다. 몇 가지 예시적인 기능 모듈이 컴퓨터 판독 가능 매체(604)에 저장되고 프로세서(들)(602)에서 실행 가능한 것으로 도시되어 있지만, 동일한 기능이 하드웨어, 펌웨어에서 또는 시스템 온 칩(SOC) 및/또는 기타 로직으로서 대안적으로 구현될 수 있다.

[0073] 운영 체제 모듈(606)은 다른 모듈을 위하여 HMD(600) 내의 그리고 이에 결합된 하드웨어를 관리하도록 구성될 수 있다. 추가로, 일부 경우에, HMD(600)는 메모리(604)에 저장되거나, 또는 달리 HMD(600)에 액세스 가능한 하나 이상의 애플리케이션(304)을 포함할 수 있다. 이러한 구현예에서, 애플리케이션(들)(304)은 게이밍 애플리케이션(608)을 포함한다. 그러나, HMD(600)는 임의의 수 또는 유형의 애플리케이션을 포함할 수 있고, 본원에 도시된 특정 실시예에 한정되지 않는다. 게이밍 애플리케이션(608)은, 사용자(102)에 의해서 플레이 가능한 비디오 기반 상호작용형 게임(예를 들어, VR 게임)의 게임플레이를 개시하도록, 그리고 HMD(600)의 디스플레이 패널 상에 렌더링될 프레임들(302)을 출력하도록 구성될 수 있다. 합성기(308)는 HMD(600)의 다른 로직과 함께 방법(400)의 구현과 같은 재투영으로 프레임(302)을 렌더링하기 위해 본원에 설명된 기법을 수행하도록 구성될 수 있다. 광 출력 조정 컴포넌트(610)는 HMD(600)의 다른 로직과 함께 순차적인 프레임(302)에 대응되는 순차적인 광 펄스(108/208) 사이의 시간 차이에 기반하여 발광 소자(106/206)의 광 출력을 동적으로 조정하기 위해 본원에 설명된 기법을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0074] 일반적으로, HMD(500)는 입력 디바이스(612) 및 출력 디바이스(614)를 갖는다. 입력 디바이스(612)는 제어 버튼을 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 하나 이상의 마이크로폰은 사용자 음성 입력과 같은 오디오 입력을 수신하기 위한 입력 디바이스(612)로서 기능할 수 있다. 일부 구현예에서, 하나 이상의 카메라 또는 다른 유형의 센서(예를 들어, 관성 측정 유닛(IMU: Inertial Measurement Unit))는 사용자(102)의 손 및/또는 머리 모션과 같은 제스처 입력을 수신하기 위한 입력 디바이스들(612)로서 기능할 수 있다. 일부 실시형태에서, 부가적인 입력 디바이스(612)는 키보드, 키패드, 마우스, 터치 스크린, 조이스틱, 핸드 헬드 컨트롤러 등의 형태로 제공될 수 있다. 다른 실시형태에서, HMD(600)는 키보드, 키패드, 또는 유사한 형태의 다른 기계적 입력부를 생략할 수 있다. 대신에, HMD(600)는 입력 디바이스(612), 네트워크 인터페이스(무선 또는 유선 기반), 전력, 및 프로세싱/메모리 기능의 비교적 단순한 형태로 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 입력 컴포넌트의 제한된 세트(예를 들어, 구성을 시작하기 위한 전용 버튼, 전원 온/오프 등)는, 이후에 HMD(600)가 사용될 수 있도록 사용될 수 있다. 일 구현예에서, 입력 장치(들)(612)는 볼륨 증가/감소를 위한 기본 볼륨 제어 버튼(들)뿐만 아니라 전원 및 리셋 버튼과 같은 제어 메커니즘을 포함할 수 있다.

[0075] 출력 디바이스(614)는 디스플레이(들)(616)를 포함할 수 있으며, 이는 본원에 설명된 바와 같이 발광 소자

(106/206)를 포함하는 하나 또는 다수의 디스플레이 패널(104/204)(예를 들어, 스테레오 쌍의 디스플레이 패널(104/204))을 포함할 수 있다. 출력 디바이스(614)는, 광 요소(예를 들어, LED), 햅틱 감각을 생성하기 위한 진동기, 스피커(들)(예를 들어, 헤드폰) 등을, 한정됨 없이, 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 파워가 온일 때와 같은 상태를 나타내는 간단한 광 요소(예를 들어, LED)가 있을 수도 있다.

[0076] HMD(600)는 네트워크에 대한 무선 연결을 용이하게 하기 위해 안테나(620)에 결합된 무선 유닛(618)을 더 포함할 수 있다. 무선 유닛(618)은 Wi-Fi, 블루투스, 무선 주파수(RF) 등과 같은 다양한 무선 테크놀로지들 중 하나 이상을 구현할 수 있다. HMD(600)가, 네트워크, 연결된 주변기기 디바이스(PC, 게임 콘솔 등을 포함함), 또는 다른 무선 네트워크와 통신하고 HMD 시스템의 일부일 수 있는 플러그 인 네트워크 디바이스에 대한 유선 연결을 용이하게 하기 위한 물리적 포트들을 더 포함할 수 있다는 점이 이해될 것이다.

[0077] HMD(600)는, 하나 이상의 광학 요소를 사용하여 전자 디스플레이(들)(616)로부터 사용자의 눈(들)으로 광을 지향시키는 광학 서브시스템(622)을 더 포함할 수 있다. 광학 서브시스템(622)은, 예를 들어 애퍼처, 렌즈(예를 들어, 프레넬(Fresnel) 렌즈, 볼록 렌즈, 오목 렌즈 등), 필터 등을, 한정됨 없이, 포함하는 다양한 유형 및 조합의 상이한 광학 요소를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 광학 서브시스템(622) 내의 하나 이상의 광학 요소는 반사 방지 코팅물과 같은 하나 이상의 코팅물을 가질 수 있다. 광학 서브시스템(622)에 의한 이미지 광의 확대는 전자 디스플레이(들)(616)가 물리적으로 더 작고, 더 가벼운 것을, 그리고 더 큰 디스플레이보다 더 적은 전력을 소모하는 것을 허용한다. 또한, 이미지 광의 확대는 표시된 콘텐츠(예를 들어, 이미지)의 시야(FOV: Field Of View)를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 디스플레이된 콘텐츠의 FOV는, 디스플레이된 콘텐츠가 사용자의 FOV의 거의 전부(예를 들어, 120도 내지 150도 대각선) 및, 일부 경우에서는, 전부를 사용하여 표시되도록 된다. AR 애플리케이션은 더 좁은 FOV(예를 들어, 약 40도 FOV)를 가질 수 있다. 광학 서브시스템(622)은 하나 이상의 광학 오류, 예를 들어, 한정됨 없이, 배럴 왜곡, 핀쿠션 왜곡, 종방향 색수차, 횡방향 색수차, 구면 수차, 코마 수차(comatic aberration), 상면 만곡, 비점 수차 등을 보정하도록 설계될 수 있다. 일부 실시형태에서, 디스플레이를 위해 전자 디스플레이(들)(616)에 제공된 콘텐츠는 사전 왜곡되고, 광학 서브시스템(622)은 콘텐츠에 기반하여 생성된 전자 디스플레이(들)(616)로부터 이미지 광을 수신할 때 왜곡을 보정한다.

[0078] HMD(600)는 모션, 포지션, 및 배향 데이터를 생성하기 위해 사용되는 센서들과 같은 하나 이상의 센서(624)를 더 포함할 수 있다. 이러한 센서(624)는 자이로스코프, 가속도계, 자력계, 비디오 카메라, 컬러 센서, 또는 다른 모션, 포지션, 및 배향 센서일 수 있거나, 이를 포함할 수 있다. 센서(624)는 또한, 모션, 포지션, 및 배향 데이터를 생성하기 위해 카메라 또는 컬러 센서에 의해 외부에 보여질 수 있는 일련의 능동 또는 수동 마커와 같은 센서의 서브부분을 포함할 수 있다. 예를 들어, VR 헤드셋은, 외부 카메라로 보거나 광(예를 들어, 적외선 또는 가시광선)에 의해 일루미네이팅될 때, 모션, 위치 및 방향 데이터를 생성하기 위해 소프트웨어에 의한 해석을 위한 하나 이상의 참조 지점을 제공할 수 있는 반사기 또는 광(예를 들어, 적외선 또는 가시광선)과 같은 여러 마커를 외부에 포함할 수 있다. HMD(600)는, HMD(600)의 환경에서 기지국에 의해 투영되거나 브로드캐스트되는 광(예를 들어, 적외선 또는 가시광선)에 민감한 광 센서를 포함할 수 있다.

[0079] 일 실시예에서, 센서(들)(624)는 관성 측정 유닛(IMU)(626)을 포함할 수 있다. IMU(626)는, 가속도계, 자이로스코프, 자력계, 및/또는 모션 검출, IMU(626)와 관련된 오류 수정에 적합한 다른 센서, 또는 이들의 일부 조합으로부터 수신된 측정 신호를 기반으로 캘리브레이션 데이터를 생성하는 전자 디바이스일 수 있다. 측정 신호에 기반하여, IMU(626)와 같은 모션 기반 센서는 HMD(600)의 초기 위치에 대한 HMD(600)의 추정 위치를 나타내는 캘리브레이션 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 다수의 가속도계는 병진이동 모션(전방/후방, 위/아래, 좌측/우측)을 측정할 수 있고, 다수의 자이로스코프는 회전 모션(예를 들어, 피치, 요, 및 롤)을 측정할 수 있다. 예를 들어, IMU(626)는 측정 신호를 빠르게 샘플링하고, 샘플링된 데이터로부터 HMD(600)의 추정 위치를 계산할 수 있다. 예를 들어, IMU(626)는 속도 벡터를 추정하기 위해 시간에 따라 가속도계로부터 수신된 측정 신호를 적분할 수 있고, HMD(600) 상의 기준 지점의 추정 위치를 결정하기 위해 시간에 따라 속도 벡터를 적분할 수 있다. 기준 지점은 HMD(600)의 위치를 설명하기 위해서 사용될 수 있는 지점이다. 기준 지점은 일반적으로 공간 내의 지점으로서 정의될 수 있지만, 다양한 실시형태에서, 기준 지점은 HMD(600) 내의 지점(예를 들어, IMU(626)의 중심)으로서 정의된다. 대안적으로, IMU(626)는 샘플링된 측정 신호를 캘리브레이션 데이터를 결정하는 외부 콘솔(또는 다른 컴퓨팅 디바이스)에 제공한다.

[0080] 센서(624)는 센서 데이터를 고속으로 제공하기 위해 비교적 고주파수에서 작동할 수 있다. 예를 들어, 센서 데이터는 1000 Hz(또는 1 밀리초마다 1개의 센서 판독 값)의 속도로 생성될 수 있다. 이러한 방식으로, 초당 1000개의 판독 값이 취해진다. 센서가 이러한 속도(또는 더 빠른 속도)로 이렇게 많은 데이터를 생성할 때, 모션을

예측하기 위해서 사용되는 데이터 세트는 수십 밀리초 정도의 비교적 짧은 시간 기간 동안에도 상당히 크다.

[0081] 언급된 바와 같이, 일부 실시형태에서, 센서(624)는 3D 공간에서 HMD(600)의 위치 및/또는 배향, 포즈 등을 추적하기 위해 HMD(600)의 환경에서 기지국에 의해 방출되는 광에 민감한 광 센서를 포함할 수 있다. 위치 및/또는 배향의 계산은 광 펄스의 타이밍 특성 및 센서(624)에 의해 검출된 광의 존재 또는 부재에 기초할 수 있다.

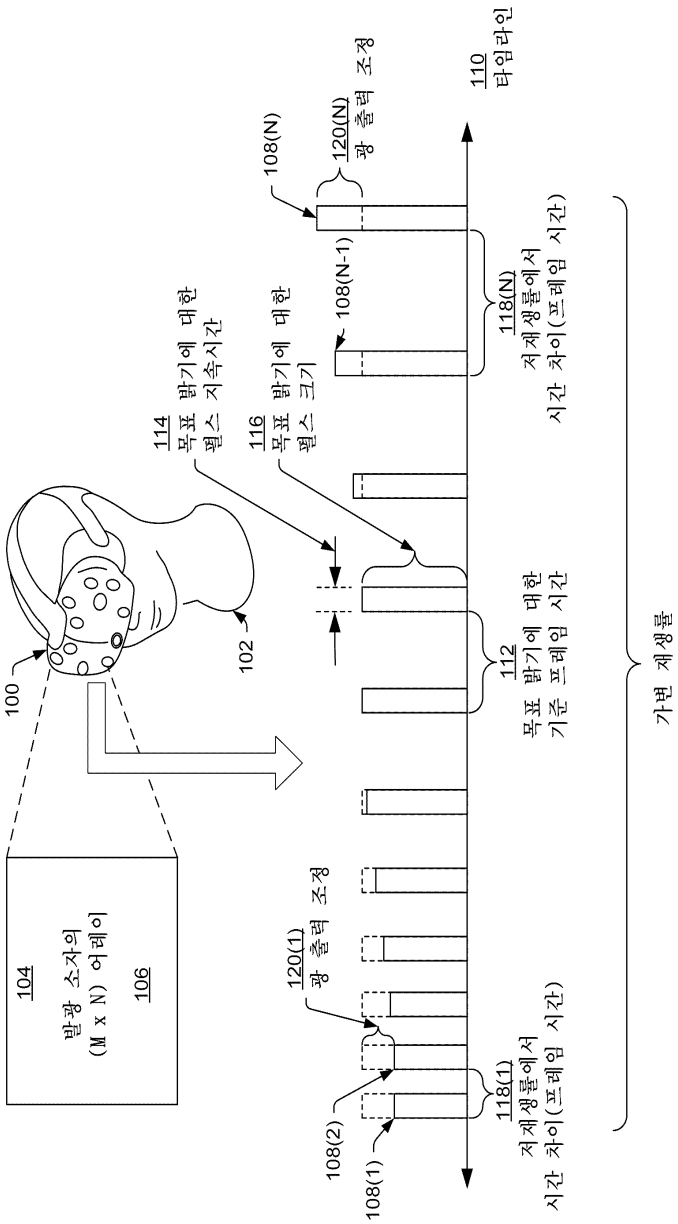
[0082] HMD(600)는 눈 추적 데이터를 생성하는 눈 추적 시스템(628)을 더 포함할 수 있다. 눈 추적 시스템(628)은 사용자의 눈의 이미지 데이터(또는 정보)를 캡처하기 위해 HMD(600) 내부에 카메라 또는 다른 광학 센서를, 한정됨 없이, 포함할 수 있으며, 눈 추적 시스템(628)은 HMD(600)에 대한 각각의 눈의 모션 벡터, 동공간 거리, 안구간 거리, 3차원(3D) 포지션(비틀림 및 회전(즉, 롤, 피치, 및 요)의 크기 및 각각의 눈에 대한 시선 방향을 포함함)을 결정하기 위해 캡처된 데이터/정보를 사용할 수 있다. 일 실시예에서, 적외선 광은 HMD(600) 내에서 방출되고 각각의 눈으로부터 반사된다. 반사된 광은 눈 추적 시스템(628)의 카메라에 의해 수신되거나 검출되고, 각각의 눈에 의해 반사된 적외선 광의 변화로부터 눈 회전을 추출하기 위해 분석된다. 사용자(102)의 눈을 추적하는 많은 방법이 눈 추적 시스템(628)에 의해 사용될 수 있다. 따라서, 눈 추적 시스템(628)은 각각의 눈의 최대 6개의 자유도(즉, 3D 포지션, 롤, 피치 및 요)를 추적할 수 있으며, 사용자(102)의 2개의 눈으로부터의 추적된 양들의 적어도 일 서브세트는, 디스플레이 패널(들)(104/204)의 픽셀의 개별 서브세트(예를 들어, 행) 또는 인접한 서브세트의 그룹(예를 들어, 인접한 행의 그룹)의 관점에서 사용자(102)가 어디를 주시할 것인지 예측하기 위해 디스플레이 패널(들)(104/204) 상의 위치(들)에 맵핑될 수 있는 시선 지점(즉, 사용자가 주시하고 있는 가상 장면 내의 3D 위치 또는 포지션)을 추정하도록 결합될 수 있다. 예를 들어, 눈 추적 시스템(628)은 과거 측정값으로부터의 정보, 사용자(102) 머리의 위치를 식별하는 측정값, 및 전자 디스플레이(들)(616)에 의해 표시된 장면을 설명하는 3D 정보를 통합할 수 있다. 따라서, 사용자(102)가 주시하고 있는 HMD(600)에 의해 표시된 가상 장면에서 시선 지점을 결정하기 위해, 그리고 HMD(600)의 디스플레이 패널(들)(104/204) 상의 위치(들)에 이 시선 지점을 맵핑하기 위해, 사용자(102)의 눈의 포지션 및 배향에 대한 정보가 사용된다. 움직임 벡터는 눈 움직임의 궤적 등을 예측하기 위해서 활용될 수 있다.

[0083] HMD(600)는 머리 추적 시스템(630)을 더 포함할 수 있다. 머리 추적 시스템(630)은 위에서 설명된 바와 같이, 사용자(102)의 머리 모션(머리 회전을 포함함)을 추적하기 위해 센서(624) 중 하나 이상을 활용할 수 있다. 예를 들어, 머리 추적 시스템은(630)은 HMD(600)의 최대 6개의 자유도(즉, 3D 포지션, 롤, 피치, 및 요)를 추적할 수 있다. 이러한 계산들은, 애플리케이션(304)이 머리 포지션 및 배향에 따라 다음 프레임(302)에서 장면을 어떻게 렌더링할지를 결정할 수 있도록, 그리고 합성기(308)가 재투영 조정 계산을 할 수 있도록 일련의 프레임(302)의 모든 하나하나의 프레임(302)에서 행해질 수 있다. 일부 실시예에서, 머리 추적 시스템(630) 및/또는 머리 추적 시스템(630)을 사용하는 합성기(308)는 본원에서 설명된 바와 같이, 현재 및/또는 과거 데이터에 기반하여, 그리고/또는 롤링 밴드 디스플레이 구동 기법을 구현하는 디스플레이 시스템에서의 픽셀의 개별 서브세트의 알려진/묵시적 스캔 아웃 레이턴시에 기반하여 HMD(600)의 미래 포즈(포지션 및/또는 배향)를 예측하도록 구성된다. 이것은 사용자(102)가 디스플레이(들)(616) 상의 광(및, 따라서 이미지)을 실제로 보기 전에 애플리케이션(304)이 프레임(302)을 렌더링하도록 요청되기 때문이다. 따라서, 다음 프레임(302)은, 순간 프레임 레이트 및/또는 재생률에 따라, 프레임(302)을 렌더링하기 전에 대략 12-30 밀리초(ms)의 범위 내에 있을 수 있는 더 이른 시점에 이루어졌던 머리 포지션 및/또는 배향의 이러한 미래 예측에 기반하여 렌더링될 수 있다. 머리 추적 시스템(630)에 의해 제공되는 회전 데이터는 HMD(600) 회전의 방향 및 HMD(600) 회전의 양 둘 모두를 측정의 임의의 적합한 단위로 결정하기 위해서 사용될 수 있다. 예를 들어, 회전 방향은, 좌측, 우측, 위, 및 아래에 대응되는 양의 또는 음의 수평 방향 및 양의 또는 음의 수직 방향의 관점에서 단순화되고 출력될 수 있다. 회전의 양은 각도, 라디안 등으로 할 수 있다. 각속도는 HMD(600)의 회전의 속도를 결정하기 위해 계산될 수 있다.

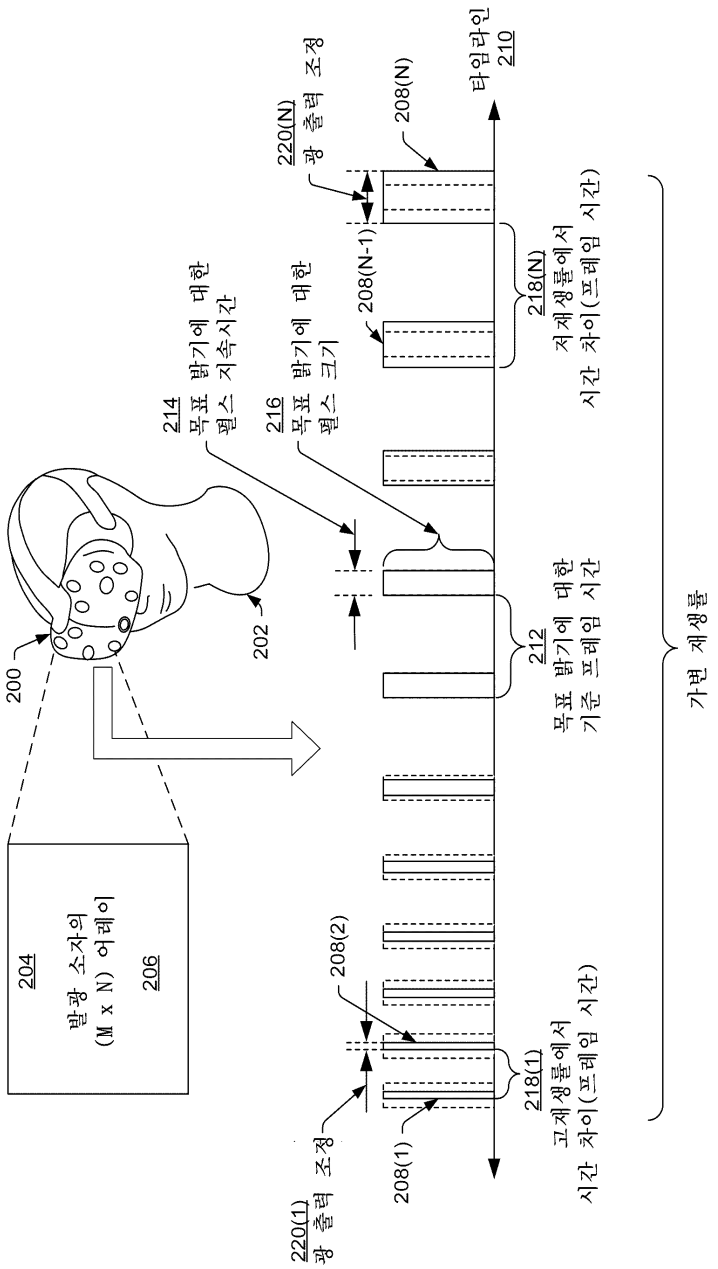
[0084] 주제물이 구조적 특징에 특정적인 표현으로 설명되었지만, 첨부된 청구범위에 정의된 주제물이 반드시 설명된 특정 특징에 한정되지 않는다는 점이 이해될 것이다. 오히려, 이러한 특정 특징은 청구항을 구현하는 예시적인 형태로서 개시된다.

도면

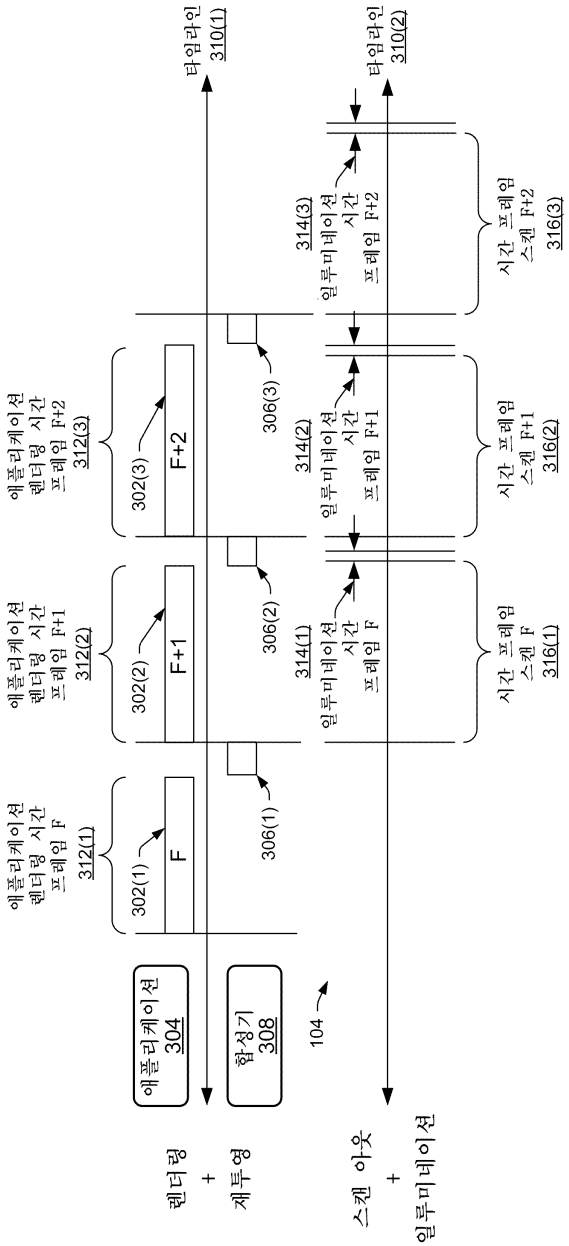
도면1


104
발광 소자의
(M x N) 어레이
106
100
102
114
목표 밝기에 대한
펄스 지속시간
116
목표 밝기에 대한
펄스 크기
108(N)
120(N)
광 출력 조정
110
타임라인
108(N-1)
118(N)
저재생률에서
시간 차이(프레임 시간)
112
목표 밝기에 대한
기준 프레임 시간
가변 재생률
120(1)
광 출력 조정
108(2)
108(1)
118(1)
저재생률에서
시간 차이(프레임 시간)

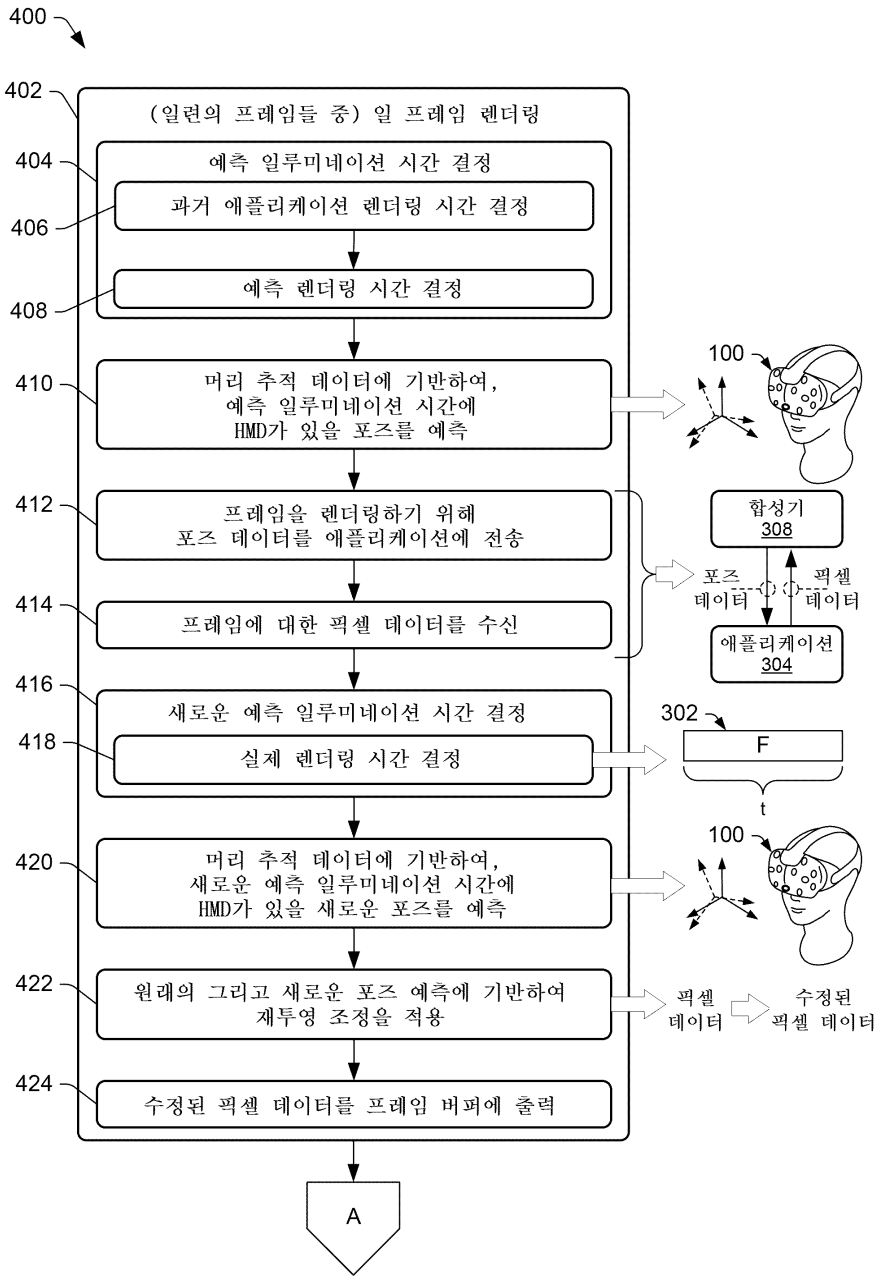
도면2


204
발광 소자의
(M x N) 어레이
206
200
202
214
목표 밝기에 대한
펄스 지속시간
216
목표 밝기에 대한
펄스 크기
220(N)
광 출력 조정
208(N)
타임라인
210
208(N-1)
218(N)
저재생률에서
시간 차이(프레임 시간)
212
목표 밝기에 대한
기준 프레임 시간
208(2)
220(1)
광 출력 조정
208(1)
218(1)
고재생률에서
시간 차이(프레임 시간)
가변 재생률

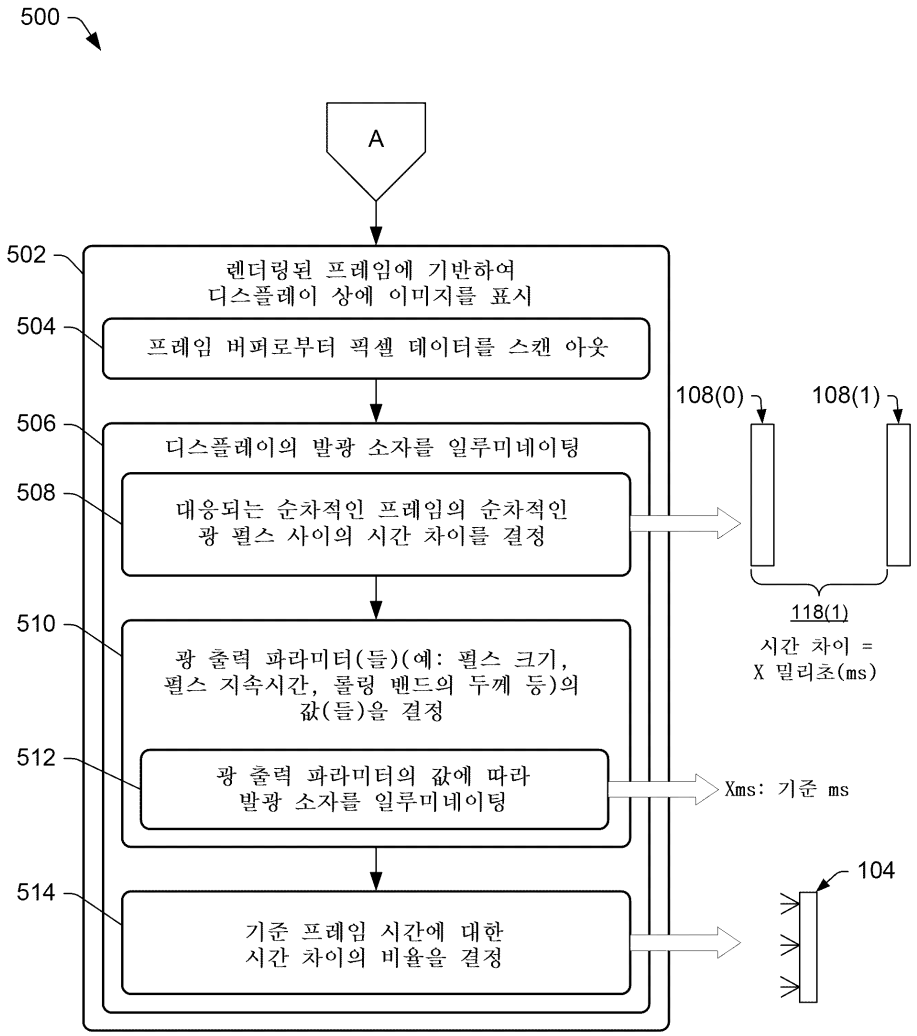
도면3


타임라인
310(1)
타임라인
310(2)
애플리케이션
304
합성기
308
104
렌더링
+
제투영
스켄 아웃
+
일루미네이션
애플리케이션 렌더링 시간 프레임 F
312(1)
애플리케이션 렌더링 시간 프레임 F+1
312(2)
애플리케이션 렌더링 시간 프레임 F+2
312(3)
302(1)
F
302(2)
F+1
302(3)
F+2
306(1)
306(2)
306(3)
일루미네이션 시간 프레임 F
314(1)
일루미네이션 시간 프레임 F+1
314(2)
일루미네이션 시간 프레임 F+2
314(3)
시간 프레임 스켄 F
316(1)
시간 프레임 스켄 F+1
316(2)
시간 프레임 스켄 F+2
316(3)

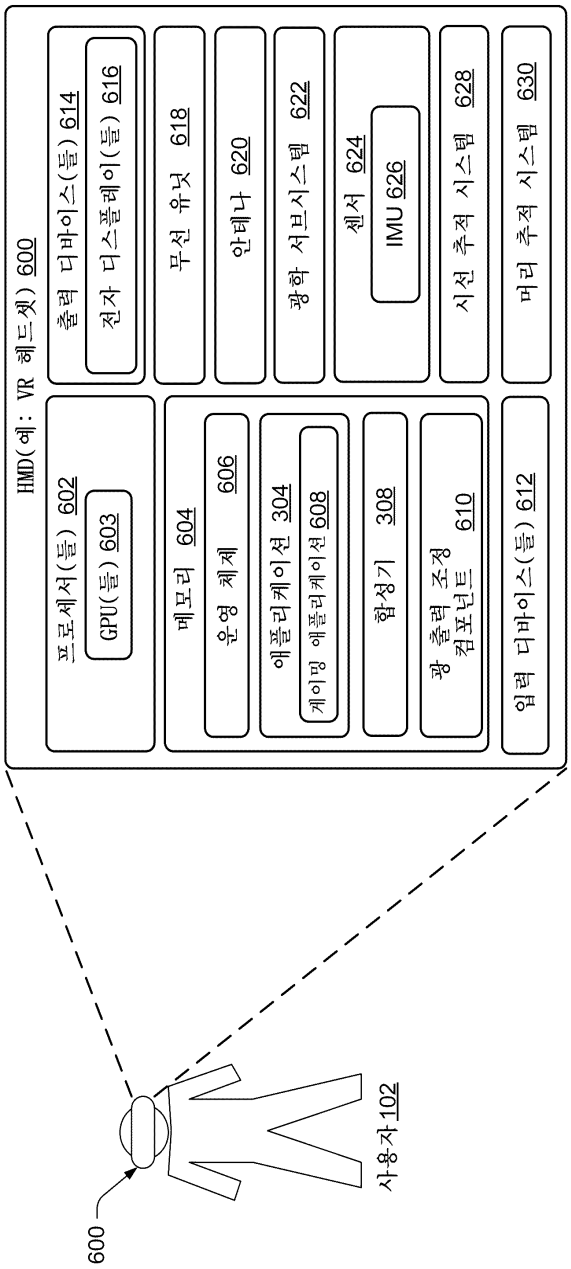
도면4


400
402
(일련의 프레임들 중) 일 프레임 렌더링
404
예측 일루미네이션 시간 결정
406
과거 애플리케이션 렌더링 시간 결정
408
예측 렌더링 시간 결정
410
머리 추적 데이터에 기반하여,
예측 일루미네이션 시간에
HMD가 있을 포즈를 예측
412
프레임을 렌더링하기 위해
포즈 데이터를 애플리케이션에 전송
414
프레임에 대한 픽셀 데이터를 수신
416
새로운 예측 일루미네이션 시간 결정
418
실제 렌더링 시간 결정
420
머리 추적 데이터에 기반하여,
새로운 예측 일루미네이션 시간에
HMD가 있을 새로운 포즈를 예측
422
원래의 그리고 새로운 포즈 예측에 기반하여
재투영 조정을 적용
424
수정된 픽셀 데이터를 프레임 버퍼에 출력
A
100
합성기
308
포즈
데이터
픽셀
데이터
애플리케이션
304
302
F
t
100
픽셀
데이터
수정된
픽셀 데이터

도면5


500
A
502
렌더링된 프레임에 기반하여
디스플레이 상에 이미지를 표시
504
프레임 버퍼로부터 픽셀 데이터를 스캔 아웃
506
디스플레이의 발광 소자를 일루미네이팅
508
대응되는 순차적인 프레임의 순차적인
광 펄스 사이의 시간 차이를 결정
108(0)
108(1)
118(1)
시간 차이 =
X 밀리초(ms)
510
광 출력 파라미터(들)(예: 펄스 크기,
펄스 지속시간, 롤링 밴드의 두께 등)의
값(들)을 결정
512
광 출력 파라미터의 값에 따라
발광 소자를 일루미네이팅
Xms: 기준 ms
514
기준 프레임 시간에 대한
시간 차이의 비율을 결정
104

도면6


HMD(예: VR 헤드셋) 600
프로세서(들) 602
GPU(들) 603
메모리 604
운영 체제 606
애플리케이션 304
게이밍 애플리케이션 608
합성기 308
광 출력 조정 컴포넌트 610
입력 디바이스(들) 612
출력 디바이스(들) 614
전자 디스플레이(들) 616
무선 유닛 618
안테나 620
광학 서브시스템 622
센서 624
IMU 626
시선 추적 시스템 628
머리 추적 시스템 630
600
사용자 102