(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월30일
(11) 등록번호 10-2550587
(24) 등록일자 2023년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 6/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 27/0179 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7027052(분할)
(22) 출원일자(국제) 2017년03월24일
심사청구일자 2022년08월09일
(85) 번역문제출일자 2022년08월04일
(65) 공개번호 10-2022-0115816
(43) 공개일자 2022년08월18일
(62) 원출원 특허 10-2018-7030833
원출원일자(국제) 2017년03월24일
심사청구일자 2020년03월24일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/024145
(87) 국제공개번호 WO 2017/165848
국제공개일자 2017년09월28일
(30) 우선권주장
62/313,698 2016년03월25일 미국(US)
62/378,109 2016년08월22일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
WO2015184412 A1*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 28 항

(73) 특허권자
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
(72) 발명자
웰치, 윌리엄, 허드슨
미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
그레코, 폴, 엠.
미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤남

심사관 : 김주영

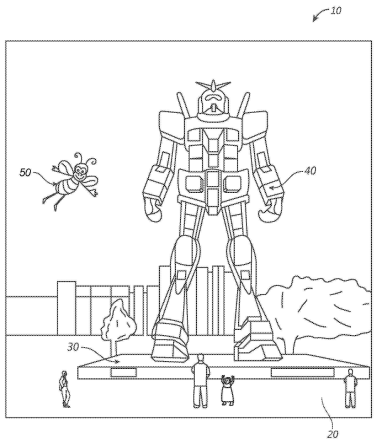
(54) 발명의 명칭 **가상 및 증강 현실 시스템들 및 방법들**

(57) 요 약

예컨대 증강 현실 디스플레이 시스템을 사용하여 제한된 수의 깊이 평면들상의 가상 객체들을 제시하기 위한 방법들 및 시스템들이 개시된다. 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 미스매치 허용오차내에 있다. 디스플레이 시스템은 콘텐츠가 액티브하게 디스플레이되는 깊이 평면을 스위칭할 수 있어서, 콘텐츠는 사용자가

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



응시하고 있는 깊이 평면상에 디스플레이된다. 응시 추적시의 에러들의 영향은 부분적으로 오버랩하는 깊이 평면들을 사용하여 처리된다. 사용자가 응시하고 있는 응시 깊이가 결정되고, 디스플레이 시스템은 가상 객체가 제시되는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절해야 할지 여부를 결정한다. 결정은 응시 깊이가 인접 깊이 평면들의 깊이 오버랩 구역내에 있는지의 여부에 기반할 수 있다. 디스플레이 시스템은 응시 깊이가 오버랩 구역 외부에 있는지 여부에 따라 액티브 깊이 평면을 스위칭할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G02B 6/0076 (2013.01)
G02B 2027/0127 (2013.01)
G02B 2027/0185 (2013.01)

(72) 발명자
어보비츠, 로니
미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
멍크, 요나탄
미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
밀러, 사무엘, 에이.
미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500

(56) 선행기술조사문헌
US20110242661 A1
JP2012022150 A*
KR1020130139280 A
US20130314793 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

디스플레이 시스템으로서,

하나 또는 그 초과의 깊이 평면들 상의 이미지 콘텐츠를 제공하도록 구성되는 머리-장착가능 디스플레이 - 상기 머리-장착가능 디스플레이는 상기 하나 또는 그 초과의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 이미지 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 큼 - 를 포함하며,

상기 머리-장착가능 디스플레이는 하나 또는 그 초과의 도파관들을 포함하며, 상기 하나 또는 그 초과의 도파관들은 각각 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들을 제공하기 위한 광 파워를 가지며 상기 하나 또는 그 초과의 깊이 평면들의 연관된 깊이 평면 상의 콘텐츠를 제공하도록 구성되며, 상기 하나 또는 그 초과의 도파관들은 상기 하나 또는 그 초과의 도파관들의 연관된 깊이 평면들 상의 콘텐츠를 디스플레이하기 위하여 뷰어에게 광을 투사하도록 구성되며;

상기 머리-장착가능 디스플레이가 임의의 이미지 콘텐츠를 제공하도록 구성되는 상기 하나 또는 그 초과의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 그리고 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차(mismatch tolerance) 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있는, 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 0.50 dpt내에 있는, 디스플레이 시스템.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 0.33 dpt내에 있는, 디스플레이 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 0.25 dpt내에 있는, 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 깊이 평면들은 0.7 dpt 이하 만큼 분리되는, 디스플레이 시스템.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 깊이 평면들은 0.5 dpt 이하 만큼 분리되는, 디스플레이 시스템.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 디스플레이는 단지 2개의 깊이 평면들 상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 상기 2개의 깊이 평면들은 각각 광학 무한대 미만에 있는, 디스플레이 시스템.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 디스플레이는 단지 하나의 깊이 평면 상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 상기 하나의 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있는, 디스플레이 시스템.

청구항 9

제1 항에 있어서,

깊이 평면들의 총 수는 2개 초과이며, 바로 이웃하는 깊이 평면들 간의 간격은 0.66 dpt 미만인, 디스플레이 시스템.

청구항 10

제1 항에 있어서,

깊이 평면들의 총 수는 4개 미만인, 디스플레이 시스템.

청구항 11

제1 항에 있어서,

2개 이상의 도파관들은 상기 도파관들의 스택을 형성하며, 각각의 도파관은 상기 도파관 내부에서 내부 전반사(total internal reflection)에 의해 전파하도록 입사 광을 재지향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 12

제11 항에 있어서,

각각의 도파관의 상기 인커플링 광학 엘리먼트들은 단일 컴포넌트 컬러에 대응하는 파장들을 가진 광을 선택적으로 재지향시키도록 구성되는, 디스플레이 시스템.

청구항 13

제11 항에 있어서,

하향식 평면도(top-down plan view)에서 볼때, 각각의 도파관의 상기 인커플링 광학 엘리먼트들은 다른 도파관들의 상기 인커플링 광학 엘리먼트들로부터 측면으로 이격되는, 디스플레이 시스템.

청구항 14

제11 항에 있어서,

각각의 도파관은 각각의 도파관 내에서 전파하는 광을 상기 도파관 밖으로 재지향시키도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 더 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 15

제11 항에 있어서,

상기 도파관들의 인커플링 광학 엘리먼트들에 이미지 콘텐츠를 지향시키도록 구성된 광 투사기 시스템을 더 포함하며,

상기 광 투사기 시스템은,

광 이미터; 및

공간 광 변조기를 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 16

제1 항에 있어서,

각각의 도파관은 단지 단일 깊이 평면만을 생성하기 위한 광 파워를 가지는, 디스플레이 시스템.

청구항 17

제1 항에 있어서,

2개 이상의 도파관들의 스택의 가장 가까운 연관된 깊이 평면과 연관된 깊이 평면 간의 간격은 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차의 2배 또는 그 미만인, 디스플레이 시스템.

청구항 18

머리-장착 디스플레이 상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법 - 상기 머리-장착 디스플레이는 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 이미지 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 크고, 상기 머리-장착 디스플레이가 임의의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있음 - 으로서,

원근조절 거리 및 이접운동 거리에 기초하여 상기 이미지 콘텐츠에 대한 원근조절-이접운동 미스매치가 임계치를 초과하는지 여부를 결정하는 단계; 및

만일 상기 원근조절-이접운동 미스매치가 상기 임계치를 초과하면 상기 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계를 포함하는, 머리-장착 디스플레이 상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 19

디스플레이 시스템으로서,

프로세서; 및

상기 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템으로 하여금, 제18항의 방법을 포함하는 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 20

사용자에 의해 착용된 머리-장착 디스플레이 상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법 - 상기 머리-장착 디스플레이는 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 이미지 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 큼 - 으로서,

사용자의 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계; 및

만일 눈 피로감이 존재하는 것으로 결정되면 상기 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계를 포함하고,

상기 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계는 상기 이미지 콘텐츠의 해상도를 감소시키는 단계를 포함하고, 상기 이미지 콘텐츠의 해상도의 감소 정도는 원근조절-이접운동 미스매치가 증가함에 따라 증가하는, 사용자에 의해 착용된 머리-장착 디스플레이 상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 21

디스플레이 시스템으로서,

프로세서, 및 상기 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템으로 하여금, 제20항의 방법을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 22

웨어러블 머리-장착 디스플레이 시스템으로서,

제1항의 디스플레이 시스템;

사용자가 착용하도록 구성된 프레임; 및

상기 사용자의 머리의 한 측으로부터 상기 머리의 다른 측으로 확장하도록 구성된 지지 구조를 포함하며,

상기 머리-장착가능 디스플레이는 웨어러블하며 상기 프레임에 부착되고, 그리고 상기 지지 구조는 상기 프레임에 기계적으로 커플링되는, 웨어러블 머리-장착 디스플레이 시스템.

청구항 23

디스플레이 시스템으로서,

복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스 - 상기 디스플레이 디바이스가 임의의 가상 객체들을 제시하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있으며, 상기 디스플레이 디바이스는 상기 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 가상 객체들을 디스플레이하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 큼 -;

하나 또는 그 초과의 프로세서들; 및

상기 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며,

상기 동작들은,

응시 깊이를 결정하는 동작 - 상기 응시 깊이는 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이임-;

(1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하거나 또는 (2) 상기 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘다가 포함하는 깊이 평면 범위 내에 상기 응시 깊이가 있는지 여부에 기반하여 가상 객체가 상기 사용자의 눈들에 제시되고 있는 상기 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정하는 동작; 및

선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정하는 것에 기반하여 선택된 특정 깊이 평면에서의 상기 가상 객체의 제시(presentation)를 야기하는 동작을 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 24

디스플레이 시스템으로서,

복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스 - 상기 디스플레이 디바이스가 임의의 가상 객체들을 제시하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있으며, 상기 디스플레이 디바이스는 상기 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 가상 객체들을 디스플레이하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 큼 -;

하나 또는 그 초과의 프로세서들; 및

상기 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며,

상기 동작들은,

응시 깊이를 결정하는 동작 - 상기 응시 깊이는 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이임-;

가상 객체가 상기 사용자에게 제시될, 상기 복수의 깊이 평면들 중 특정 깊이 평면을 결정하는 동작 - 상기 결정은 깊이 평면들 각각이 포함하는 깊이 평면 범위들 및 상기 응시 깊이에 기반하며, 인접 깊이 평면들 둘다는 깊이 오버랩 구역을 포함함 -; 및

상기 특정 깊이 평면에서의 상기 가상 객체의 제시를 야기하는 동작을 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 25

복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스에 의해 적어도 부분적으로 구현되는 방법 - 상기 디스플레이 디바이스는 상기 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 가상 객체들을 제시하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 큼 - 으로서,

응시 깊이를 결정하는 단계 - 상기 응시 깊이는 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이이고, 상기 디스플레이 디바이스가 임의의 가상 객체들을 제시하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있음 -;

(1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하거나 또는 (2) 상기 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위 내에 상기 응시 깊이가 있는지 여부에 기반하여 가상 객체가 상기 사용자의 눈들에 제시되고 있는 상기 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정하는 단계; 및

상기 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정에 기반하여 선택된 특정 깊이 평면에서의 상기 가상 객체의 제시를 야기하는 단계를 포함하는, 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스에 의해 적어도 부분적으로 구현되는 방법.

청구항 26

디스플레이 시스템으로서,

복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스 - 상기 디스플레이 디바이스는 상기 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 가상 객체들을 제시하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 크고, 상기 디스플레이 디바이스가 임의의 가상 객체들을 제시하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있음 -;

프로세서들; 및

상기 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며,

상기 동작들은,

상기 사용자가 응시하고 있는 3차원 위치를 표시하는 사용자의 응시 포인트를 결정하는 동작;

가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭할지 여부를 결정하는 동작 - 상기 결정은 결정된 응시 포인트의 깊이에 적어도 부분적으로 기반함 -; 및

상기 가상 객체가 제시될 상기 깊이 평면을 스위칭하는 동작을 포함하며,

상기 깊이 평면을 스위칭하는 동작은 사용자 지각 제한 이벤트에 의해 트리거링되는, 디스플레이 시스템.

청구항 27

복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스에 의해 적어도 부분적으로 구현되는 방법 - 상기 디스플레이 디바이스는 상기 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 가상 객체들을 제시하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 큼 - 으로서,

상기 사용자가 응시하고 있는 3차원 위치를 표시하는 사용자의 응시 포인트를 결정하는 단계;

가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭할지 여부를 결정하는 단계 - 상기 결정은 결정된 응시 포인트의 깊이에 적어도 부분적으로 기반함 -; 및

상기 가상 객체가 제시될 상기 깊이 평면을 스위칭하는 단계를 포함하며, 상기 깊이 평면을 스위칭하는 단계는 사용자 지각 제한 이벤트에 의해 트리거링되고,

상기 디스플레이 디바이스가 임의의 가상 객체들을 제시하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있는, 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스에 의해 적어도 부분적으로 구현되는 방법.

청구항 28

디스플레이 시스템으로서,

상기 디스플레이 시스템은 디스플레이 디바이스, 프로세서들, 및 상기 프로세서들에 의해 실행될 때, 상기 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며;

상기 동작들은,

복수의 깊이 평면들에서 사용자에게 가상 콘텐츠를 포함하는 프레임들을, 상기 디스플레이 디바이스에 의해, 제시하는 동작 - 상기 디스플레이 디바이스는 상기 복수의 깊이 평면들을 정의하기 위해 이접운동 큐들의 범위 및 하나 또는 그 초과의 이산 원근조절 큐들로 상기 가상 콘텐츠를 제시하도록 구성되고, 이접운동 큐들의 범위 내의 이접운동 큐들의 가능한 개수는 원근조절 큐들의 가능한 개수보다 크고, 상기 디스플레이 디바이스가 임의의 가상 객체들을 제시하도록 구성되는 상기 복수의 깊이 평면들은 광학 무한대 미만이고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있고, 상기 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있으며, 상기 사용자에게 제시되는 각각의 프레임에 대하여, 상기 가상 콘텐츠는 사용자 응시 정보에 기반하여 선택된 동일한 깊이 평면에서 제시됨 -; 및

선택된 깊이 평면의 선택이 조절되어야 함을 식별하는 것에 대한 응답으로, 상기 사용자에 의해 수행되고 있는 깜박거림 또는 단속적 운동의 검출시에, 상기 가상 콘텐츠의 하나 또는 그 초과의 프레임들이 상기 디스플레이 디바이스에 의해, 조절된 깊이 평면에서 제시되어야 함을 표시하는 정보를 저장하는 동작을 포함하는, 디스플레이 시스템.

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

청구항 91

삭제

청구항 92

삭제

청구항 93

삭제

청구항 94

삭제

청구항 95

삭제

청구항 96

삭제

청구항 97

삭제

청구항 98

삭제

청구항 99

삭제

청구항 100

삭제

청구항 101

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 출원은 2016년 3월 25일에 출원된 미국 가출원 번호 제62/313,698호; 및 2016년 8월 22일에 출원된 미국 특허 출원 번호 제62/378,109호를 35 U.S.C. § 119(e) 하에서 우선권으로 주장한다. 이들 우선권 서류들 각각의 전체 개시내용은 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] [0002] 본 출원은 다음 특허 출원들 각각의 전체를 인용에 의해 포함한다: 2014년 11월 27일에 출원된 미국 출원 번호 제14/555,585호; 2015년 4월 18일에 출원된 미국 출원 번호 제14/690,401호; 2014년 3월 14일에 출원된 미국 출원 번호 제14/212,961호; 및 2014년 7월 14일에 출원된 미국 출원 번호 제14/331,218호.

[0003] [0003] 본 개시내용은 증강 현실 이미징 및 시각화 시스템들을 포함하는, 디스플레이 시스템들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] [0004] 현대 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 가능하게 하였고, 여기서 디지털적으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들은, 그들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 지각될 수 있는 방식으로 사용자에게 제시된다. 가상 현실, 또는 "VR" 시나리오는 통상적으로 다른 실제 실세계 시각적 입력에 대한 투명성(transparency) 없는 디지털 또는 가상 이미지 정보의 제시(presentation)를 수반하고; 증강 현실, 또는 "AR" 시나리오는 통상적으로 사용자 주위 실제 세계의 시각화에 대한 증강으로서 디지털 또는 가상 이미지 정보의 제시를 수반한다. 혼합 현실, 또는 "MR" 시나리오는 AR 시나리오의 타입이고 통상적으로 자연 세계에 통합되고 이에 응답하는 가상 객체들을 수반한다. 예컨대, MR 시나리오는 실세계의 객체들에 의해 차단되는 것으로 보이거나 그렇지 않으면 이 객체들과 상호작용하는 것으로 지각되는 AR 이미지 콘텐츠를 포함할 수 있다.

[0005] [0005] 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(10)이 묘사된다. AR 기술의 사용자는 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(30)을 특징으로 하는 실세계 공원형 세팅(20)을 본다. 사용자는 또한, 자신이 "가상 콘텐츠", 이를테면 실세계 플랫폼(30)에 서 있는 로봇 동상(40), 및 호박벌의 의인화인 것으로 보이는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터(50)를 "보는" 것을 지각한다. 이들 엘리먼트들(50, 40)은, 이들이 실세계에 존재하지 않는다는 점에서 "가상"이다. 인간 시각 지각 시스템이 복잡하기 때문에, 다른 가상 또는 실세계 이미저리(imagery) 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고, 자연스럽고, 풍부한 제시를 가능하게 하는 AR 기술을 만들어내는 것은 난제이다.

[0006] [0006] 본원에 개시된 시스템들 및 방법들은 VR 및 AR 기술에 관련된 다양한 난제들을 처리한다.

발명의 내용

[0007] [0007] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 과초점 거리를 가진 머리-장착가능 디스플레이를 포함한다. 머리-장착가능 디스플레이는 광 파워 및 연관된 깊이 평면을 각각 가진 하나 또는 그 초과의 도파관들을 포함한다. 하나 또는 그 초과의 도파관들은 연관된 깊이 평면들상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 광을 뷰어(viewer)에게 투사하도록 구성된다. 깊이 평면들의 각각은 광학 무한대 미만이다.

[0008] [0008] 일부 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 머리-장착가능 디스플레이를 포함한다. 머리-장착가능 디스플레이는 광 파워 및 연관된 깊이 평면을 각각 가진 하나 또는 그 초과의 도파관들을 포함한다. 하나 또는 그 초과의 도파관들은 연관된 깊이 평면들상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 광을 뷰어에게 투사하도록 구성된다. 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 약 0.33dpt 내에 있다.

[0009] [0009] 또 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 머리-장착가능 디스플레이를 포함한다. 머리-장착가능 디스플레이는 도파관들의 스택(stack)을 형성하는 복수의 도파관들을 포함한다. 각각의 도파관은 광 파워 및 연관된 깊이 평면을 가지며, 도파관들은 연관된 깊이 평면들상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 광을 뷰어에게 투사하도록 구성된다. 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 미스매치 허용오차(mismatch

tolerance) 내에 있다. 미스매치 허용오차는 약 0.5 dpt이다.

[0010] [0010] 일부 다른 실시예들에서, 머리-장착 디스플레이상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법이 제공된다. 방법은, 이미지 콘텐츠에 대한 원근조절-이접운동 미스매치가 임계치를 초과하는지 여부를 결정하는 단계; 및 원근조절-이접운동 미스매치가 임계치를 초과하는 경우 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계를 포함한다.

[0011] [0011] 또 다른 실시예들에서, 사용자에 의해 착용된 머리-장착 디스플레이 상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법이 제공된다. 방법은 사용자의 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계; 및 눈 피로감이 존재하는 것으로 결정되는 경우 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계를 포함한다.

[0012] [0012] 일부 실시예들에서, 웨어러블 머리-장착 디스플레이 시스템은 사용자가 착용하도록 구성된 프레임을 포함한다. 디스플레이는 프레임에 부착된다. 디스플레이 시스템은 또한, 사용자의 머리의 일측으로부터 머리의 다른 측으로 확장되도록 구성된 지지 구조를 포함한다. 지지 구조는 기계적으로 프레임에 커플링된다.

[0013] [0013] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 디스플레이 디바이스, 하나 또는 그 초과의 프로세서들 및 컴퓨터 저장 매체를 포함한다. 디스플레이 시스템은 응시 깊이를 결정하는 것을 포함하는 동작들을 수행하고, 응시 깊이는, 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이이다. 동작들은 또한, (1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하거나; 또는 (2) 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘 모두가 포함하는 깊이 평면 범위 내에 응시 깊이가 있는지 여부에 기반하여, 가상 객체가 사용자의 눈들에 제시되고 있는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절하는 것을 결정할지 여부를 결정하는 것을 포함한다. 가상 객체의 제시는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정할 때 이루어진 결정들에 기반하여 선택된 특정 깊이 평면에서 야기된다.

[0014] [0014] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 디스플레이 디바이스, 하나 또는 그 초과의 프로세서들 및 컴퓨터 저장 매체를 포함한다. 디스플레이 시스템은 응시 깊이를 결정하는 것을 포함하는 동작들을 수행하고, 응시 깊이는, 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이이다. 가상 객체가 사용자에게 제시될 복수의 깊이 평면들 중 특정 깊이 평면이 결정되고, 결정은 깊이 평면들의 각각이 포함하는 깊이 평면 범위들 및 응시 깊이에 기반하고, 인접 깊이 평면들 둘 모두는 깊이 오버랩 구역을 포함한다. 가상 객체의 제시는 특정 깊이 평면에 야기된다.

[0015] [0015] 일부 실시예들에서, 방법은 응시 깊이를 결정하는 단계를 포함하고, 응시 깊이는, 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이이다. 가상 객체가 사용자의 눈들에 제시되고 있는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부는 (1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하거나; 또는 (2) 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘 모두가 포함하는 깊이 평면 범위 내에 응시 깊이가 있는지 여부에 기반하여 결정된다. 가상 객체의 제시는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부의 결정에 기반하여 선택된 특정 깊이 평면에서 야기된다.

[0016] [0016] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 디스플레이 디바이스, 하나 또는 그 초과의 프로세서들 및 컴퓨터 저장 매체를 포함한다. 디스플레이 시스템은, 사용자가 응시하고 있는 3차원 위치를 표시하는 사용자의 응시 포인트를 결정하는 것을 포함하는 동작들을 수행한다. 동작들은 또한, 가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭할지 여부를 결정하는 것을 포함하고, 결정은 결정된 응시 포인트의 깊이에 적어도 부분적으로 기반한다. 가상 객체가 제시될 깊이 평면은 스위칭되고, 깊이 평면을 스위칭하는 것은 사용자 지각 제한 이벤트에 의해 트리거된다.

[0017] [0017] 실시예들의 부가적인 예들이 아래에 제공된다.

[0018] [0018] 예 1: 디스플레이 시스템으로서,

[0019] 머리-장착가능 디스플레이를 포함하며,

[0020] 머리-장착가능 디스플레이는 하나 또는 그 초과의 도파관들을 포함하며, 하나 또는 그 초과의 도파관들은 각각 광 파워를 가지며 연관된 깊이 평면상의 콘텐츠를 제공하도록 구성되고, 하나 또는 그 초과의 도파관들은 하나 또는 그 초과의 도파관들의 연관된 깊이 평면상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위하여 뷰어에게 광을 투사하도록 구성되며;

[0021] 깊이 평면들 각각은 광학 무한대 미만에 있다.

[0022] [0019] 예 2: 제1 항에 있어서, 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 약 0.50 dpt내에 있다.

[0023] [0020] 예 3: 제2 항에 있어서, 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 약 0.33 dpt내에 있다.

[0024] [0021] 예 4: 제3 항에 있어서, 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 약 0.25 dpt내에 있다.

[0025] [0022] 예 5: 제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서, 깊이 평면들은 약 0.7 dpt 이하 만큼 분리된다.

[0026] [0023] 예 6: 제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 있어서, 깊이 평면들은 약 0.5 dpt 이하 만큼 분리된다.

[0027] [0024] 예 7: 제1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 디스플레이는 단지 2개의 깊이 평면들상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 2개의 깊이 평면들은 각각 광학 무한대 미만에 있다.

[0028] [0025] 예 8: 제1 항에 있어서, 디스플레이는 단지 하나의 깊이 평면상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 하나의 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있다.

[0029] [0026] 예 9: 디스플레이 시스템으로서,

[0030] 머리-장착가능 디스플레이를 포함하며,

[0031] 머리-장착가능 디스플레이는 하나 또는 그 초과의 도파관들을 포함하며, 하나 또는 그 초과의 도파관들은 각각 광 파워 및 연관된 깊이 평면을 가지며, 하나 또는 그 초과의 도파관들은 연관된 깊이 평면상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위하여 뷰어에게 광을 투사하도록 구성되며;

[0032] 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 약 0.33 dpt내에 있다.

[0033] [0027] 예 10: 제10 항에 있어서, 깊이 평면들 중 다음으로 가장 먼 깊이 평면은 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면의 약 0.66 dpt 내에 있다.

[0034] [0028] 예 11: 제10 항 또는 제11 항에 있어서, 깊이 평면들의 총 수는 2개이다.

[0035] [0029] 예 12: 제10 항 내지 제12 항 중 어느 한 항에 있어서, 깊이 평면들의 총 수는 2개 초과이며, 바로 이웃하는 깊이 평면들 간의 분배는 약 0.66 dpt 미만이다.

[0036] [0030] 예 13: 제10 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서, 깊이 평면들의 총 수는 4개 미만이다.

[0037] [0031] 예 14: 제10 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서, 하나 또는 그 초과의 도파관들은 도파관들의 스택을 형성하며, 각각의 도파관은 도파관 내부에서 내부 전반사(total internal reflection)에 의해 전파하도록 입사 광을 재지향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다.

[0038] [0032] 예 15: 제15 항에 있어서, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들은 단일 컴포넌트 컬러에 대응하는 파장들을 가진 광을 선택적으로 재지향시키도록 구성된다.

[0039] [0033] 예 16: 제15 항에 있어서,

[0040] 하향식 평면도(top-down plan view)에서 볼때, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들은 다른 도파관들의 인커플링 광학 엘리먼트들로부터 측면으로 이격된다.

[0041] [0034] 예 17: 제15 항 내지 제17 항 중 어느 한 항에 있어서, 각각의 도파관은 각각의 도파관내에서 전파하는 광을 도파관 밖으로 재지향시키도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 더 포함한다.

[0042] [0035] 예 18: 제15 항 내지 제18 항 중 어느 한 항에 있어서, 도파관들의 인커플링 광학 엘리먼트들에 이미지 콘텐츠를 지향시키도록 구성된 광 투사기 시스템을 더 포함하며, 광 투사기 시스템은,

[0043] 광 이미터; 및

[0044] 공간 광 변조기를 포함한다.

[0045] [0036] 예 19: 제10 항 내지 제19 항 중 어느 한 항에 있어서, 각각의 도파관은 단지 단일 깊이 평면만을 생성하기 위한 광 파워를 가진다.

[0046] [0037] 예 20: 디스플레이 시스템으로서,

[0047] 머리-장착가능 디스플레이를 포함하며,

[0048] 머리-장착가능 디스플레이는 도파관들의 스택을 형성하는 복수의 도파관들을 포함하며, 각각의 도파관은 광 파워를 가지며 연관된 깊이 평면상의 콘텐츠를 제공하도록 구성되며, 도파관들은 연관된 깊이 평면들상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위하여 뷰어에게 광을 투사하도록 구성되며,

[0049] 깊이 평면들 중 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 미스매치 허용오차내에 있으며, 미스매치 허용오차는 약 0.5 dpt이다.

[0050] [0038] 예 21: 제21 항에 있어서, 미스매치 허용오차는 약 0.33 dpt이다.

[0051] [0039] 예 22: 제21 항 또는 제22 항에 있어서, 스택의 가장 가까운 연관된 깊이 평면과 연관된 깊이 평면 간의 분리는 미스매치 허용오차의 약 2배 또는 그 미만이다.

[0052] [0040] 예 23: 제21 항 내지 제23 항 중 어느 한 항에 있어서, 깊이 평면들의 총 수는 4개 또는 그 미만이다.

[0053] [0041] 예 24: 제24 항에 있어서, 깊이 평면들의 총 수는 2개이다.

[0054] [0042] 예 25: 머리-장착 디스플레이상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법으로서,

[0055] 이미지 콘텐츠에 대한 원근조절-이접운동 미스매치가 임계치를 초과하는지 여부를 결정하는 단계; 및

[0056] 만일 원근조절-이접운동 미스매치가 임계치를 초과하면 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계를 포함한다.

[0057] [0043] 예 26: 제26 항에 있어서, 원근조절-이접운동 미스매치 임계치는 0.5 dpt 또는 그 미만이다.

[0058] [0044] 예 27: 제27 항에 있어서, 원근조절-이접운동 미스매치 임계치는 0.33 dpt 또는 그 미만이다.

[0059] [0045] 예 28: 제26 항 내지 제28 항 중 어느 한 항에 있어서, 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계는 이미지 콘텐츠를 페이딩(fading)하는 단계를 포함한다.

[0060] [0046] 예 29: 제29 항에 있어서, 이미지 콘텐츠를 페이딩하는 단계는 이미지 콘텐츠의 해상도를 감소시키는 단계를 포함한다.

[0061] [0047] 예 30: 제30 항에 있어서, 이미지 콘텐츠의 해상도의 감소는 원근조절-이접운동 미스매치가 증가함에 따라 증가한다.

[0062] [0048] 예 31: 제26 항 내지 제31 항 중 어느 한 항에 있어서, 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계는 이미지 콘텐츠를 디스플레이하지 않는 단계를 포함한다.

[0063] [0049] 예 32: 디스플레이 시스템으로서,

[0064] 프로세서; 및

[0065] 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 디스플레이 시스템으로 하여금, 제26항 내지 제32항 중 어느 한 항의 방법을 포함하는 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함한다.

[0066] [0050] 예 33: 제33 항에 있어서, 디스플레이 시스템은 단지 하나의 깊이 평면상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 하나의 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있다.

[0067] [0051] 예 34: 제33 항에 있어서, 디스플레이 시스템은 단지 2개의 깊이 평면들상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 2개의 깊이 평면들은 각각 광학 무한대 미만에 있다.

[0068] [0052] 예 35: 사용자에 의해 착용된 머리-장착 디스플레이상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 방법으로서,

[0069] 사용자의 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계; 및

[0070] 만일 눈 피로감이 존재하는 것으로 결정되면 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계를 포함한다.

[0071] [0053] 예 36: 제36 항에 있어서, 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계는 사용자의 한쪽 눈 또는 양쪽 눈을 이미징하는 단계를 포함한다.

[0072] [0054] 예 37: 제36 항 또는 제37 항에 있어서, 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계는 동공 팽창, 수렴 진동 및 동공 진동 중 하나 또는 그 초과를 검출하는 단계를 포함한다.

[0073] [0055] 예 38: 제36 항 내지 제38 항 중 어느 한 항에 있어서, 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계는 전기 피부 반응을 측정하는 단계를 포함한다.

[0074] [0056] 예 39: 제36 항 내지 제39 항 중 어느 한 항에 있어서, 눈 피로감의 존재를 결정하는 단계는 0.25 dpt를 초과하는 원근조절-이접운동 미스매치를 가진 이미지 콘텐츠에의 노출의 지속기간을 검출하는 단계를 포함한

다.

[0075] [0057] 예 40: 제40 항에 있어서, 원근조절-이접운동 미스매치는 0.33 dpt을 초과한다.

[0076] [0058] 예 41: 제41 항에 있어서, 원근조절-이접운동 미스매치는 0.50 dpt를 초과한다.

[0077] [0059] 예 42: 제36 항 내지 제42 항 중 어느 한 항에 있어서, 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계는,

[0078] 이미지 콘텐츠의 피처들의 크기를 증가시키는 단계;

[0079] 이미지 콘텐츠의 해상도를 감소시키는 단계; 및

[0080] 이미지 콘텐츠에 대해 원래 특정된 것보다 뷰어로부터 더 먼 깊이 평면상의 이미지 콘텐츠를 디스플레이하는 단계 중 하나 또는 그 초과를 포함한다.

[0081] [0060] 예 43: 제36 항 내지 제43 항 중 어느 한 항에 있어서, 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계는 눈 피로감의 존재가 더 이상 사용자에게서 검출되지 않을 때까지 수행된다.

[0082] [0061] 예 44: 제36 항 내지 제44 항 중 어느 한 항에 있어서, 이미지 콘텐츠를 수정하는 단계는 세팅된 지속기간 동안 수행된다.

[0083] [0062] 예 45: 디스플레이 시스템은 프로세서, 및 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 디스플레이 시스템으로 하여금, 제36항 내지 제45항 중 어느 한 항의 방법을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함한다.

[0084] [0063] 예 46: 제45 항에 있어서, 디스플레이 시스템은 단지 하나의 깊이 평면상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 하나의 깊이 평면은 광학 무한대 미만에 있다.

[0085] [0064] 예 47: 제45 항에 있어서, 디스플레이 시스템은 단지 2개의 깊이 평면들상의 이미지 정보를 디스플레이하도록 구성되며, 2개의 깊이 평면들은 각각 광학 무한대 미만에 있다.

[0086] [0065] 예 48: 웨어러블 머리-장착 디스플레이 시스템으로서,

[0087] 사용자가 착용하도록 구성된 프레임;

[0088] 프레임에 부착된 디스플레이; 및

[0089] 사용자의 머리의 한 측으로부터 머리의 다른 측으로 확장하도록 구성된 지지 구조를 포함하며;

[0090] 지지 구조는 프레임에 기계적으로 커플링된다.

[0091] [0066] 예 49: 제48 항에 있어서, 지지 구조에 부착되고 사용자의 귀로 사운드를 지향시키도록 구성된 사운드 트랜스듀서를 더 포함한다.

[0092] [0067] 예 50: 제49 항에 있어서, 사운드 트랜스듀서는 스피커이다.

[0093] [0068] 예 51: 제48 항 내지 제 50 항 중 어느 한 항에 있어서, 지지 구조는 머리의 한 측으로부터 머리의 다른 측으로 확장하도록 구성된 밴드이다.

[0094] [0069] 예 52: 제51 항에 있어서, 밴드는 사용자의 눈들과 귀들을 교차하는 평면에 대해 35° 내지 55° 각도로 사용자의 머리를 크로스(cross)한다.

[0095] [0070] 예 53: 제51 항에 있어서, 밴드는 사용자의 눈들과 귀들과 교차하는 평면에 대해 80° 내지 100° 각도로 사용자의 머리를 크로스한다.

[0096] [0071] 예 54: 제52 항 또는 제53 항에 있어서, 사용자의 눈과 제1 및 제2 귀를 교차하는 평면에 대한 밴드의 각도는 조절가능하다.

[0097] [0072] 예 55: 제48 항 내지 제 54 항 중 어느 한 항에 있어서,

[0098] 입사 광의 특성에 기반하여 입사 광을 도파관에 선택적으로 인커플링하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트; 및

[0099] 도파관에 인커플링된 광을 아웃커플링함으로써 뷰어의 눈에 광을 투사하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 도파관을 더 포함한다.

[0100] [0073] 예 56: 제55 항에 있어서, 아웃커플링 광학 엘리먼트는 광 파워를 가지며, 연관된 깊이 평면상의 이미

지 콘텐츠를 디스플레이하기 위하여 광을 눈에 투사하도록 구성되고, 연관된 깊이 평면은 광학 무한대 미만이다.

[0101] [0074] 예 57: 제56 항에 있어서, 도파관은 도파관들의 스택의 일부분이며, 도파관들의 스택의 적어도 일부 도파관들은 상이한 연관된 깊이 평면들, 및 적어도 일부 도파관들 각각에 대한 출사 광의 상이한 발산을 제공하기 위하여 상이한 광 파워를 가진 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다.

[0102] [0075] 예 58: 디스플레이 시스템으로서,

[0103] 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스;

[0104] 하나 또는 그 초과의 프로세서들; 및

[0105] 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며,

[0106] 동작들은,

[0107] 응시 깊이를 결정하는 동작 - 응시 깊이는 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이임-;

[0108] (1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하거나 또는 (2) 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘다가 포함하는 깊이 평면 범위내에 응시 깊이가 있는지 여부에 기반하여 가상 객체가 사용자의 눈들에 제시되고 있는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정하는 동작; 및

[0109] 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정하는 것에 기반하여 선택된 특정 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 야기하는 동작을 포함한다.

[0110] [0076] 예 59: 제58 항에 있어서, 응시 깊이는 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하는 깊이 평면 범위내에 있으며, 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정은 네거티브(negative)이다.

[0111] [0077] 예 60: 제58 항에 있어서, 응시 깊이는 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘다가 포함하는 깊이 평면 범위내에 있으며, 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정은 네거티브이다.

[0112] [0078] 예 61: 제58 항에 있어서, 응시 깊이는 (1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하고 (2) 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘다가 포함하는 깊이 평면 범위 외부의 특정 깊이 평면 범위내에 있으며, 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정은 포지티브(positive)이다.

[0113] [0079] 예 62: 제61 항에 있어서, 가상 객체는 특정 깊이 평면 범위를 포함하는 깊이 평면에서 제시된다.

[0114] [0080] 예 63: 제58 항에 있어서, 응시 깊이는 오로지 인접 깊이 평면만이 포함하는 깊이 평면 범위내에 있으며, 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정은 포지티브이다.

[0115] [0081] 예 64: 제63 항에 있어서, 가상 객체는 인접 깊이 평면에서 제시된다.

[0116] [0082] 예 65: 제58 항에 있어서, 깊이 평면의 선택을 조절하는 포지티브 결정에 응답하여, 사용자에 의한 깜박거림 또는 단속적 운동의 수행을 검출하는 것에 대한 응답으로 조절된 깊이 평면에서의 제시를 트리거링하는 것을 포함한다.

[0117] [0083] 예 66: 제58 항에 있어서, 동작들은,

[0118] 사용자가 응시하고 있는 3차원 위치를 표시하는 사용자의 응시 포인트를 결정하는 동작을 더 포함하며, 3차원 위치는 응시 깊이를 표시한다.

[0119] [0084] 예 67: 디스플레이 시스템으로서,

[0120] 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스;

[0121] 하나 또는 그 초과의 프로세서들; 및

[0122] 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며,

[0123] 동작들은,

[0124] 응시 깊이를 결정하는 동작 – 응시 깊이는 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이임–;

[0125] 가상 객체가 사용자에게 제시될, 복수의 깊이 평면들 중 특정 깊이 평면을 결정하는 동작 – 결정은 깊이 평면들 각각이 포함하는 깊이 평면 범위들 및 응시 깊이에 기반하며, 인접 깊이 평면들 둘다는 깊이 오버랩 구역을 포함함 –; 및

[0126] 특정 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 야기하는 동작을 포함한다.

[0127] [0085] 예 68: 제66 항에 있어서, 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위는, 깊이 평면에 응시할 때, 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 야기하는, 사용자로부터의 깊이들의 범위를 표시한다.

[0128] [0086] 예 69: 제66 항에 있어서, 특정 깊이 평면에서의 제시는 가상 객체와 연관된 위치 정보에 기반하여 특정 깊이 평면의 공칭 초점 깊이와 연관된 원근조절 큐들 및 이접운동 큐들로 가상 객체를 제시하는 것을 포함한다.

[0129] [0087] 예 70: 제69 항에 있어서,

[0130] 특정 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위의 크기는 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차에 기반하며, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차는 제시된 가상 객체의 이접운동 큐들과 연관된 지각된(perceived) 깊이와 가상 객체의 원근조절 큐들과 연관된 지각된 깊이 간의 최대 차이를 표시한다.

[0131] [0088] 예 71: 제66 항에 있어서, 깊이 오버랩 구역의 크기는 응시 깊이들을 결정하는 것과 연관된 에러에 기반한다.

[0132] [0089] 예 72: 제66 항에 있어서, 응시 깊이는, 깊이가 깊이 평면 범위내에 있도록 오로지 특정 깊이 평면에만 포함된다.

[0133] [0090] 예 73: 제66 항에 있어서, 응시 깊이는 특정 깊이 평면 및 인접 깊이 평면이 포함하는 깊이 오버랩 구역내에 있으며, 특정 깊이 평면을 결정하는 것은 사용자의 이전 응시 깊이들에 기반한다.

[0134] [0091] 예 74: 제73 항에 있어서, 동작들은 이전 응시 깊이들에 기반하여, 사용자가 깊이 오버랩 구역내의 하나 또는 그 초과의 응시 깊이들에 응시하기 전에 오로지 특정 깊이 평면만이 포함하는 응시 깊이를 응시하였음을 식별하는 동작을 더 포함한다.

[0135] [0092] 예 75: 제73 항에 있어서, 동작들은,

[0136] 깊이 오버랩 구역내에 있는 사용자의 후속 응시 깊이를 결정하는 동작; 및

[0137] 특정 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 야기하는 동작을 더 포함한다.

[0138] [0093] 예 76: 제73 항에 있어서, 동작들은,

[0139] 인접 깊이 평면이 포함하며 깊이 오버랩 구역 외부에 있는, 사용자의 후속 응시 깊이를 결정하는 동작; 및

[0140] 인접 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 야기하는 동작을 더 포함한다.

[0141] [0094] 예 77: 제76 항에 있어서, 디스플레이 시스템은 사용자가 (1) 깜박거림 또는 (2) 단속적 운동을 수행하였음을 결정하고, 이에 응답하여 인접 깊이 평면에서의 제시를 야기하도록 구성된다.

[0142] [0095] 예 78: 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스에 의해 적어도 부분적으로 구현되는 방법으로서,

[0143] 응시 깊이를 결정하는 단계 – 응시 깊이는, 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이임–;

[0144] (1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하거나 또는 (2) 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘다가 포함하는 깊이 평면 범위내에 응시 깊이가 있는지 여부에 기반하여 가상 객체가 사용자의 눈들에 제시되고 있는 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부를 결정하는 단계; 및

[0145] 선택된 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정에 기반하여 선택된 특정 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 야기하는 단계를 포함한다.

[0146] [0096] 예 79: 제78 항에 있어서, 응시 깊이는 (1) 오로지 선택된 깊이 평면만이 포함하고 (2) 선택된 깊이 평면 및 인접 깊이 평면 둘다가 포함하는 깊이 평면 범위 외부의 특정 깊이 평면 범위내에 있으며, 그리고

[0147] 깊이 평면의 선택을 조절할지 여부에 대한 결정은 포지티브이다.

[0148] [0097] 예 80: 제78 항에 있어서, 깊이 평면의 선택을 조절하는 포지티브 결정에 응답하여, 사용자에 의한 깜박거림 또는 단속적 운동의 수행을 검출하는 것에 대한 응답으로 조절된 깊이 평면에서의 제시를 트리거링하는 단계를 포함한다.

[0149] [0098] 예 81: 디스플레이 시스템으로서,

[0150] 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스;

[0151] 프로세서들; 및

[0152] 디스플레이 시스템에 의해 실행될 때, 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며,

[0153] 동작들은,

[0154] 사용자가 응시하고 있는 3차원 위치를 표시하는 사용자의 응시 포인트를 결정하는 동작;

[0155] 가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭할지 여부를 결정하는 동작 - 결정은 결정된 응시 포인트의 깊이에 적어도 부분적으로 기반함 -; 및

[0156] 가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭하는 동작을 포함하며,

[0157] 깊이 평면을 스위칭하는 동작은 사용자 지각 제한 이벤트에 의해 트리거링된다.

[0158] [0099] 예 82: 제81 항에 있어서, 동작들은 수행되고 있는 깜박거림 또는 단속적 운동 중 하나 또는 그 초과를 포함하는 사용자 지각 제한 이벤트를 검출하기 위하여 사용자의 눈들을 모니터링하는 동작을 더 포함한다.

[0159] [0100] 예 83: 제82 항에 있어서, 사용자의 눈들을 모니터링하는 동작은 사용자의 동공들을 모니터링하는 동작을 포함하며, 단속적 운동을 검출하는 것은 동공들의 회전 속도가 임계 속도를 초과하는 것에 기반한다.

[0160] [0101] 예 84: 제83 항에 있어서, 단속적 운동을 검출하는 것은 사용자의 머리와 연관된 움직임 정보에 추가로 기반한다.

[0161] [0102] 예 85: 제81 항에 있어서, 깊이 평면을 스위칭하는 동작은,

[0162] 사용자에 의해 수행되고 있는 깜박거림을 검출하는 동작; 및

[0163] 이에 응답하여, 깊이 평면을 스위칭하는 동작을 포함한다.

[0164] [0103] 예 86: 제81 항에 있어서, 깊이 평면을 스위칭하는 동작은,

[0165] 사용자에 의해 수행되고 있는 단속적 운동을 검출하는 동작; 및

[0166] 이에 응답하여, 깊이 평면을 스위칭하는 동작을 포함한다.

[0167] [0104] 예 87: 제81 항에 있어서, 깊이 평면을 스위칭하는 동작은 임계 시간량 이후에 깜박거림 또는 단속적 운동의 수행을 검출하지 않는 것에 대한 응답으로 깊이 평면을 스위칭하는 동작을 포함한다.

[0168] [0105] 예 88: 제81 항에 있어서, 깊이 평면을 스위칭할지 여부를 결정하는 동작은 결정된 응시 포인트의 깊이가 스위칭된 깊이 평면에 의해 포함됨을 결정하는 동작을 포함한다.

[0169] [0106] 예 89: 제81 항에 있어서, 동작들은,

[0170] 깊이 평면이 스위칭되어야 함을 표시하는 정보를 저장하는 동작, 및

[0171] 사용자 지각 제한 이벤트를 결정하기 위하여 사용자의 눈들을 모니터링하는 동작을 더 포함한다.

[0172] [0107] 예 90: 제81 항에 있어서,

[0173] 디스플레이 디바이스는 디스플레이 영역을 형성하고 디스플레이 영역을 통해 주변 환경의 뷰를 제공하는 복수의 스택된 도파관들을 포함하며, 복수의 도파관들 중 적어도 일부 도파관들은 다른 도파관들과 상이한 파면 발산을 갖는 광을 출력하도록 구성되며, 각각의 도파관은 깊이 평면과 연관되며; 그리고

[0174] 스위칭된 깊이 평면에서의 가상 객체를 제시하는 것은 스위칭된 깊이 평면과 연관된 도파관이 가상 객체를 형성

하기 위한 광을 출력하는 것을 포함한다.

[0175] [0108] 예 91: 복수의 깊이 평면들에서 가상 객체들을 사용자에게 제시하도록 구성된 디스플레이 디바이스에 의해 적어도 부분적으로 구현되는 방법으로서,

[0176] 사용자가 응시하고 있는 3차원 위치를 표시하는 사용자의 응시 포인트를 결정하는 단계;

[0177] 가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭할지 여부를 결정하는 단계 - 결정은 결정된 응시 포인트의 깊이에 적어도 부분적으로 기반함 -; 및

[0178] 가상 객체가 제시될 깊이 평면을 스위칭하는 단계를 포함하며, 깊이 평면을 스위칭하는 단계는 사용자 지각 제한 이벤트에 의해 트리거링된다.

[0179] [0109] 예 92: 제 91항에 있어서, 수행되고 있는 깜박거림 또는 단속적 운동 중 하나 또는 그 초과를 포함하는 사용자 지각 제한 이벤트를 검출하기 위하여 사용자의 눈들을 모니터링하는 단계를 더 포함한다.

[0180] [0110] 예 93: 제92 항에 있어서, 사용자의 눈들을 모니터링하는 단계는 사용자의 동공들을 모니터링하는 단계를 포함하며, 단속적 운동을 검출하는 것은 동공들의 회전 속도가 임계 속도를 초과하는 것에 기반한다.

[0181] [0111] 예 94: 제93 항에 있어서, 단속적 운동을 검출하는 것은 사용자의 머리와 연관된 움직임 정보에 추가로 기반한다.

[0182] [0112] 예 95: 제91 항에 있어서, 깊이 평면을 스위칭하는 단계는,

[0183] 사용자에 의해 수행되고 있는 깜박거림을 검출하는 단계; 및

[0184] 이에 응답하여, 깊이 평면을 스위칭하는 단계를 포함한다.

[0185] [0113] 예 96: 제91 항에 있어서, 깊이 평면을 스위칭하는 단계는,

[0186] 사용자에 의해 수행되고 있는 단속적 운동을 검출하는 단계; 및

[0187] 이에 응답하여, 깊이 평면을 스위칭하는 단계를 포함한다.

[0188] [0114] 예 97: 디스플레이 시스템으로서,

[0189] 디스플레이 디바이스, 프로세서들, 및 프로세서들에 의해 실행될 때, 디스플레이 시스템으로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터 저장 매체를 포함하며;

[0190] 동작들은,

[0191] 복수의 깊이 평면들에서 사용자에게 가상 콘텐츠를 포함하는 프레임들을, 디스플레이 디바이스에 의해, 제시하는 동작 - 사용자에게 제시되는 각각의 프레임에 대하여, 가상 콘텐츠는 사용자 응시 정보에 기반하여 선택된 동일한 깊이 평면에서 제시됨 -; 및

[0192] 선택된 깊이 평면의 선택이 조절되어야 함을 식별하는 것에 대한 응답으로, 사용자에 의해 수행되고 있는 깜박거림 또는 단속적 운동의 검출시에, 가상 콘텐츠의 하나 또는 그 초과의 프레임들이 디스플레이 디바이스에 의해 조절된 깊이 평면에서 제시되어야 함을 표시하는 정보를 저장하는 동작을 포함한다.

[0193] [0115] 예 98: 제97 항에 있어서, 동작들은,

[0194] 깜박거림 또는 단속적 운동의 수행을 검출하는 동작; 및

[0195] 검출에 대한 응답으로, 가상 콘텐츠를 조절된 깊이 평면에서 제시하는 동작을 더 포함한다.

[0196] [0116] 예 99: 제97 항에 있어서, 동작들은,

[0197] 사용자가 임계 시간을 초과한 시간 동안 깜박거림 또는 단속적 운동을 수행하지 않았음을 결정하는 동작; 및

[0198] 결정에 대한 응답으로, 가상 콘텐츠를 조절된 깊이 평면에서 제시하는 동작을 더 포함한다.

[0199] [0117] 예 100: 제97 항에 있어서, 동작들은,

[0200] 깜박거림 또는 단속적 운동을 검출하기 위하여 사용자의 눈들을 모니터링하는 동작; 및

[0201] 모니터링 동안, 선택된 깊이 평면에서 가상 콘텐츠의 하나 또는 그 초과의 프레임들을 제시하는 동작을 더 포함

한다.

[0202] [0118] 예 101: 제97 항에 있어서, 깜박거림 또는 단속적 운동의 검출을 대기하는 동안, 사용자가 조절된 깊이 평면과 상이한 특정 깊이 평면과 연관된 깊이를 응시하고 있음을 결정하는 동작, 및 깜박거림 또는 단속적 운동의 검출시에 가상 콘텐츠가 특정 깊이 평면에서 제시되어야 함을 표시하는 정보를 저장하는 동작을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0203] [0119] 도 1은 증강 현실(AR: augmented reality) 디바이스를 통한 AR의 사용자의 뷰를 예시한다.

[0120] 도 2는 사용자에 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이트하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다.

[0121] 도 3a-3c는 곡률의 반경과 초점 반경 간의 관계들을 예시한다.

[0122] 도 4a는 인간 시각 시스템의 원근조절-이접운동 응답의 표현을 예시한다.

[0123] 도 4b는 사용자의 한 쌍의 눈들의 상이한 원근조절 상태들 및 이접운동 상태들의 예들을 예시한다.

[0124] 도 5는 파면 발산을 수정함으로써 3차원 이미저리를 시뮬레이트하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다.

[0125] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다.

[0126] 도 7은 도파관에 의해 출력되는 출사 빔들의 예를 예시한다.

[0127] 도 8은, 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성되는 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다.

[0128] 도 9a는, 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트의 예의 측 단면도를 예시한다.

[0129] 도 9b는 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다.

[0130] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다.

[0131] 도 9d는 웨어러블 디스플레이 시스템의 예를 예시한다.

[0132] 도 10a 및 10b는 매칭된 원근조절-이접운동 거리들 및 미스매칭된 원근조절-이접운동 거리들의 예들을 각각 예시한다.

[0133] 도 11은 원근조절-이접운동 미스매치 임계치들을 고려하는 깊이 평면 배치의 예를 예시한다.

[0134] 도 12는 원근조절-이접운동 미스매치 임계치들을 고려하는 깊이 평면 배치의 또 다른 예를 예시한다.

[0135] 도 13은 단일 깊이 평면 디스플레이 시스템에 대한 원근조절-이접운동 미스매치의 플롯의 예를 예시한다.

[0136] 도 14는 2개의 깊이 평면 디스플레이 시스템 및 하나의 깊이 평면 디스플레이 시스템에 대한 원근조절-이접운동 미스매치의 플롯의 예를 예시한다.

[0137] 도 15는 2개의 깊이 평면 디스플레이 시스템 및 하나의 깊이 평면 디스플레이 시스템에 대한 원근조절-이접운동 미스매치의 플롯의 또 다른 예를 예시한다.

[0138] 도 16은 사용자가 응시 포인트에서 응시하는 예를 예시한다.

[0139] 도 17은 인접 깊이 평면들 간의 깊이 오버랩을 예시한다.

[0140] 도 18a-18b는 디스플레이 시스템의 사용자의 시야(field of view)의 표현을 예시한다.

[0141] 도 19는 가상 콘텐츠를 제시하기 위한 예시적인 프로세스의 흐름도이다.

[0142] 도 20은, 사용자의 지각이 제한된 동안에, 사용자로의 콘텐츠의 제시를 조절하기 위한 예시적인 프로세스의 흐름도이다.

[0143] 도 21a는, 이미지 콘텐츠가 임계치를 초과하는 원근조절-이접운동 미스매치를 제공할 때, 뷰어 편안함을 유지하기 위한 방법의 예를 예시한다.

[0144] 도 21b는 사용자 눈 피로감을 감소시키기 위한 방법의 예를 예시한다.

[0145] 도 22a는 지지 구조를 갖는 머리-장착 디스플레이의 예를 예시한다.

[0146] 도 22b는 지지 구조 및 통합된 스피커들을 갖는 머리-장착 디스플레이의 예를 예시한다.

[0147] 도면들은 예시적인 실시예들을 예시하도록 제공되고, 본 개시내용의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0204] [0148] 가상 및 증강 디스플레이 시스템들은 다양한 이미지 콘텐츠를 제공할 수 있고, 이미지 콘텐츠의 풍부함은 확장된 지속기간 동안에 시스템들을 착용하기 위한 사용자 능력에 따라 증가할 수 있다. 예컨대, 증강 디스플레이 시스템들은 종래의 디스플레이들(예컨대, 컴퓨터 모니터들, 스마트 폰 디스플레이들 등)을 단일 디바이스로 대체할 가능성을 제공하고, 단일 디바이스는 또한, 증강 디스플레이 시스템들이 없다면 이용가능하지 않은 콘텐츠를 제공함으로써, 세계의 사용자의 지각들을 증강시킬 수 있다. 그러나, 이들 디스플레이 시스템들은 부피가 크고 그리고/또는 무거울 수 있고, 시스템들 상에 디스플레이되는 특정 이미지 콘텐츠는 장기 사용자의 편안함을 해칠 수 있다. 예컨대, 본원에서 논의되는 일부 디스플레이 시스템들은, 많은 수의 깊이 평면들에 걸친 이미지 정보를 사용자에게 투사하고, 이로써 3-차원 뷰잉 경험을 제공하기 위해, 도파관들의 스택을 활용할 수 있다. 그러한 도파관들의 스택은 무거울 수 있고, 이는 그러한 스택을 통합하는 디스플레이 시스템들의 장기 사용에 대해 바람직하지 않다.

[0205] [0149] 유리하게, 일부 실시예들에서, 장기 착용자의 편암함을 가능하게 할 수 있는 시스템들 및 방법들이 제공된다. 일부 실시예들에서, 신뢰성있고 편안한 3-차원 뷰잉 경험은, 단지 하나 또는 단지 2개의 깊이 평면들에서의 이미지 정보를 사용자에게 투사하도록 구성된 감소된 도파관 스택을 사용하여 제공된다. 일부 실시예들에서, 3개 또는 4개의 깊이 평면들을 포함하여, 깊이 평면들의 수가 더 많을 수 있다.

[0206] [0150] 본원에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 시스템이 디스플레이되는 콘텐츠에 깊이 감각을 제시하기 위해 이접운동 큐들 및 원근조절 큐들 둘 모두를 활용할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 이접운동 큐들은 가상 객체의 약간 상이한 뷰들을 사용자의 각각의 눈에 제시함으로써 생성될 수 있다. 원근조절 큐들은, 그러한 약간 상이한 뷰들을 형성하는 광의 파면 발산으로부터 유도될 수 있다. 이접운동 큐들은 눈들로 하여금, 예컨대, 눈들이 가상 객체 상에 수렴하는 특정 이접운동 상태를 가정하도록 회전하게 한다. 원근조절 큐들은, 눈들의 렌즈들로 하여금, 가상 객체의 포커싱된 이미지를 눈들의 망막들 상에 제공하는 특정 형상을 가정하게 할 수 있다. 따라서, 특정 이접운동 큐들은, 눈들로 하여금 특정 이접운동 상태들을 가정하게 할 수 있고, 특정 원근조절 큐들은 눈들로 하여금 특정 원근조절 상태들을 가정하게 할 수 있다. 공간 내의 실제 객체들이 뷰어로부터 광학 또는 z-축을 따른 자신들의 거리에 기반하여 변하는 이접운동 및 원근조절 큐들을 제공하여, 특정 이접운동 큐들이 특정 이접운동 거리들과 상관될 수 있고, 특정 원근조절 큐들이 마찬가지로 뷰어로부터 멀어지는 특정 원근조절 거리들과 상관될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 통상적으로, 이접운동 및 원근조절 큐들이 뷰어 불편함을 방지하기 위해 서로 밀접하게 매칭해야 한다고 생각되었고, 즉, 가상 객체에 대한 이접운동 및 원근조절 거리들이 원근조절-이접운동 미스매치를 피하기 위해 동일해야 한다고 생각되었다. 가상 객체를 디스플레이할 때 원근조절-이접운동 미스매치는 가상 객체에 대한 이접운동 및 원근조절 거리들 간의 디옵터에서의 차이로서 정의될 수 있다.

[0207] [0151] 그러나, 인간 시각 시스템이 일정 레벨들의 원근조절-이접운동 미스매치들을 용인한다는 것이 알려져 있다. 결과적으로, 미스매치 허용오차 내에서, 원근조절 큐들은 동일하게 계속 유지될 수 있는 반면에, 이접운동 큐들은 변할 수 있고, 이로써 가상 객체의 인지된 깊이를 변경한다. 따라서, 일부 실시예들에서, 이접운동 큐들은 계속해서 변할 수 있는 반면에, 원근조절 큐들은 이산 단계들로 변하고, 원근조절 및 이접운동 간의 미스매치는 미스매치 허용오차 레벨 미만으로 유지된다. 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차들의 예들은 0.5 dpt 또는 그 미만, 0.33 dpt 또는 그 미만, 또는 0.25 dpt 또는 그 미만을 포함한다. 일부 실시예들에서, 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있을 수 있고, 다음 가장 먼 깊이 평면은 가장 먼 깊이 평면의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차들에 의해 형성된 볼륨의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있을 수 있고, 이러한 식일 수 있다.

[0208] [0152] 특정 양의 파면 발산이 특정 깊이 평면들과 연관되고, 즉, 디스플레이 시스템에 의해 출력된 광의 파면 발산이 z-축을 따른 특정 깊이에서 실제 객체로부터 나오는 광의 파면 발산에 대응한다는 것이 인지될 것이다. 결과적으로, 파면 발산 및 원근조절 큐들을 변경하는 것은, 디스플레이 시스템이 가상 객체를 제시하는 깊이 평

면을 스위칭하는 것을 수반하는 것으로 이해될 수 있다. 일부 실시예들에서, 깊이 평면은, 원근조절-이접운동 미스매치를 수용가능한 허용오차 레벨 미만으로 유지하기 위해 스위칭될 수 있다. 각각의 깊이 평면은, 깊이 평면에서 나오는 것처럼 보이는 광에 대한 대응하는 파면 발산을 갖는 공칭 초점 깊이를 가질 수 있다. 그러나, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차로 인해, 콘텐츠는, 가상 객체가 깊이 평면보다 뷰어로부터 더 가깝거나 뷰어로부터 더 멀리 있다는 지각을 제공하기 위해 이접운동 큐들이 활용될 수 있는 바로 그 순간에, 그 깊이 평면 "상에" (즉, 그 깊이 평면에 대응하는 파면 발산으로) 디스플레이될 수 있다. 특정 깊이 평면이 활용될 수 있는 거리들의 외부 경계들은, 본원에서 개시된 바와 같이, 디옵터 단위로 측정될 수 있는 원근조절-이접운동 미스매치에 의해 결정된다.

[0209] [0153] 다초점 디스플레이 시스템들로 본원에서 지칭되는 일부 디스플레이 시스템들은 이산 깊이 평면들상의 가상 콘텐츠를 제시할 수 있는데, 모든 가상 콘텐츠는 주어진 시간에 동일한 깊이 평면에서 제시된다(예컨대, 한 번에, 단지 하나의 깊이 평면만이 액티브이거나, 또는 이미지 정보가 출력됨). 한 번에 하나의 깊이 평면상에 콘텐츠를 디스플레이하는 것은, 디스플레이 시스템에서 컴퓨테이셔널 리소스들을 절약하는 장점을 가질 수 있다. 가상 콘텐츠를 어느 깊이 평면에서 제시할지를 결정하기 위해, 다초점 디스플레이 시스템은, 예컨대 사용자의 눈들이 응시하고 있는 타겟까지의 거리를 결정함으로써, 사용자의 눈들이 응시되는 깊이(본원에서 응시 깊이로 또한 지칭됨)를 결정할 수 있다. 일단 응시 깊이가 결정되면, 디스플레이 시스템은, 응시 깊이에 대응하거나 또는 매칭되는 깊이 평면 상의 콘텐츠를 제시할 수 있다. 매치로서의 자격을 얻는 것은, 깊이 평면에 매칭되고 그리고/또는 그 깊이 평면의 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 내에 있는 응시 깊이일 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같이, 객체의 깊이는, 광 또는 z-축을 따라 측정되는, 사용자로부터의 그 객체의 거리이다.

[0210] [0154] 응시 깊이를 결정하는 예로서, 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈들의 응시 포인트를 결정할 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈들의 배향들을 모니터링하며, 그리고 눈들의 개개의 결정된 시선들이 교차하는 3차원 위치를 결정하기 위해, 사용자의 눈들과 연관된 시선 벡터들을 추정할 수 있다. 디스플레이 시스템은 사용자의 눈들이 특정 3차원 위치에 응시된다는 것을 결정할 수 있으며, 디스플레이 시스템은 이 3차원 위치에 대응하는 깊이 평면상의 가상 콘텐츠를 제시할 수 있다. 이러한 방식으로, 디스플레이 시스템은, 뷰어에게 디스플레이된 콘텐츠가 그 깊이 평면에 적합하다는 것을 보장할 수 있다.

[0211] [0155] 결과적으로, 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈들을 추적하도록 그리고 사용자의 눈들이 응시하고 있는 깊이에 대응하는 깊이 평면 상에 콘텐츠를 제공하도록 구성될 수 있다. 사용자의 눈들의 응시 포인트가 변화함에 따라, 디스플레이 시스템은 상이한 깊이 평면으로 스위칭하도록 구성될 수 있으며, 이는 가상 객체의 이미지에 의해 야기되는 망막 블러(retinal blur)에서의 순간적 점프를 야기할 수 있다. 통상적인 사용자에게, 이는, 눈들이 새로운 깊이 평면에 의해 제공되는 파면 발산에 대해 원근조절하는 동안 짧은(예컨대, 100-300ms) 기간의 흐릿함이 뒤따르는, 디스플레이에서의 플리커 처럼 보일 것이다.

[0212] [0156] 이미지 콘텐츠를 제공할 깊이 평면이 사용자의 눈들의 응시 깊이에 관련 있는 경우, 응시 깊이를 결정할 때의 에러들은 깊이 평면들 간의 스위칭 시 에러들을 야기할 수 있다. 가능한 에러 소스들은, 예컨대, 사용자의 눈들(예컨대, 배향)을 모니터링하는 것; 시선 추적; 모니터링 하드웨어의 전기, 컴퓨테이셔널 및/또는 광학 제한들 등과 연관된 에러를 포함한다. 이들 에러 소스들에 기인하여, 응시 포인트의 위치의 연속적인 결정들은 그 위치에 대한 상이한 값들을 제공할 수 있다. 응시 깊이가 2개의 깊이 평면들 간의 경계 근처일 경우, 응시 포인트의 결정된 위치에서의 임의의 동요는 깊이 평면들 간의 스위칭 시 동요들을 야기할 수 있다. 이어서, 바람직하지 않게, 디스플레이 시스템은, 제1 깊이 평면 상의 가상 콘텐츠를 제시하는 것과 제2 깊이 평면상의 가상 콘텐츠를 제시하는 것 간에 교번할 수 있는데, 각각의 교번은 플리커링으로서 사용자에 의해 인지된다. 이론에 의해 제약되지 않으면서, 이 플리커링은, 사용자에게 불편함을 야기할 뿐만 아니라 뷰잉 경험에서 사용자의 몰입감을 감소시킬 것으로 예상될 수 있다.

[0213] [0157] 일부 실시예들에서, 깊이 평면들 간의 원치 않는 스위칭이 발생하는 정도를 제한하기 위한 기법들이 제공된다. 아래에서 설명될 바와 같이, 제1 깊이 평면이 커버하거나 또는 포함하는 깊이 평면 범위의 일부분이 제2 깊이 평면이 커버하거나 또는 포함하는 깊이 평면 범위의 일부분과 오버랩될 수 있도록, 깊이 오버랩이 활용될 수 있다. 예컨대, 도 16-도 18에 관하여 아래에서 설명되는 바와 같이, 깊이 평면이 포함하는 깊이 범위는, 응시될 때 디스플레이 시스템으로 하여금 가상 콘텐츠를 제시하기 위해 그 깊이 평면을 선택하게 하는, 사용자로부터의 거리들을 나타낸다. 이러한 방식으로, 만약 사용자의 응시 포인트들이 깊이가 변하지만, 깊이 오버랩 내에 위치되면, 디스플레이 시스템은 가상 콘텐츠가 제시되는 깊이 평면을 변경하지 않을 수 있다. 따라

서, 디스플레이 시스템이 상이한 깊이 평면들 간에 불필요하게 스위칭하는 것이 방지될 수 있다.

[0214] [0158] 일부 실시예들에서, 깊이 평면은, z-축 상에서 깊이 평면으로부터 특정 값만큼 앞뒤로 확장되는 깊이들을 포함하는 연관된 깊이 평면 범위를 가질 수 있다. 예컨대, 각각의 깊이 평면 범위는, 깊이 평면과 연관된 공칭 초점 깊이로부터 더 깊은 특정 거리를, 공칭 초점 깊이로부터 더 가까운 특정 거리로 확장할 수 있다. 예로서, 특정 거리는 0.2, 0.33, 또는 0.5 디옵터일 수 있다. 0.33 디옵터의 예에 대해, 1 디옵터의 공칭 초점 깊이와 연관된 예시적 깊이 평면의 경우, 만약 사용자가 0.66 내지 1.33 디옵터의, 사용자의 눈들(예컨대, 사용자의 눈들의 출사동(exit pupil))로부터의 깊이를 갖는 3차원 위치를 응시하고 있다면, 디스플레이 시스템은, 이 예시적 깊이 평면에서의 가상 콘텐츠를 제시할 수 있다. 일부 실시예들에서, 공칭 초점 깊이로부터 더 깊은 특정 거리는 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 레벨(예컨대, 최대 미스매치)을 나타낼 수 있다.

[0215] [0159] 위에서 설명된 바와 같이, 인접 깊이 평면 범위들의 일부분들은 z-축을 따라 깊이들의 세트를 포함하도록 오버랩될 수 있다. 일부 실시예들에서, 깊이 오버랩의 정도는 응시 포인트들을 결정하는 것과 연관된 에러에 기반할 수 있다. 각각의 깊이 평면이 (예컨대, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차에 기반하여) 고정 깊이 평면 범위를 포함하는 실시예들의 경우, 깊이 오버랩은, 오버랩 구역을 갖지 않는 깊이 평면 레이아웃과 비교할 때, 하나 또는 그 초과의 깊이 평면들과 연관된 공칭 초점 깊이들의 시프팅을 야기할 수 있다. 예컨대, 특정 깊이 평면의 말단 경계는 더 깊은 인접 깊이 평면의 근위 경계를 넘어 확장되도록 조절될 수 있다. 특정 깊이 평면의 말단 경계가 사용자로부터 깊이가 더 깊도록 조절되기 때문에, 고정 깊이 평면 범위를 유지하기 위해, 특정 깊이 평면의 근위 경계는 유사하게, 깊이가 더 깊도록 조절될 수 있다. 그러므로, 특정 깊이 평면의 깊이 평면 범위가 포함하는 모든 깊이들이, 특정 깊이 평면의 공칭 초점 깊이로부터 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차 미만으로 확장된다는 것을 보장하기 위해, 공칭 초점 깊이는 유사하게 조절된다. 깊이 평면들의 공칭 초점 깊이들을 조절하는 것은 도 18a-도 18b에 대해 아래에서 더욱 상세히 설명된다.

[0216] [0160] 깊이 평면과 연관된 공칭 초점 깊이의 위에서 설명된 조절은, 일부 예시적 디스플레이 시스템들에서, 가상 콘텐츠가 디스플레이 시스템에 의해 사용자에게 제시될 수 있는 전체 깊이 평면 범위를 감소시킬 수 있다. 예컨대, 인접 깊이 평면들이 오버랩되거나 또는 그들의 깊이 평면 범위들의 일부분들을 공유하기 때문에, 깊이 평면들 전부가 포함하는 깊이들의 총 범위는, 깊이 평면들 간의 오버랩이 없었던 경우 미만일 수 있다. 그러나, 깊이 오버랩들이, 눈들의 응시 포인트의 결정 시 에러들에 기인하여 신속한 스위칭에 의해 야기되는 플리커링의 발생들을 감소시킬 수 있기 때문에, 디스플레이 시스템으로부터 입수가능한 깊이들의 유용한 범위가 적더라도, 사용자의 뷰잉 경험은 그럼에도 불구하고 개선될 수 있다.

[0217] [0161] 부가적으로, 만약 임의의 깊이 평면이 포함하는 깊이들의 범위 외부의 특정 깊이를 사용자가 응시하고 있다면, 디스플레이 시스템은 선택적으로, 특정 깊이에 대응하는 이접운동 큐들로 가상 객체를 제시할 수 있다. 제시와 연관된 원근조절 큐들(예컨대, 공칭 초점 깊이)이 특정 깊이에 가장 가까운 깊이 평면에 기반할 것이기 때문에, 원근조절-이접운동 미스매치는 위에서 설명된 미스매치 허용오차 레벨들을 초과할 것이다. 위에서 설명된 바와 같이, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차를 초과하는 것이, 사용자의 불편함을 야기할 수 있기 때문에, 디스플레이 시스템은, 미스매치가 임계치를 초과하는 동안 가상 콘텐츠가 제시될 수 있는 시간량(예컨대, 10초, 30초, 3분, 및/또는 사용자-선택가능 시간량)을 제한할 수 있다.

[0218] [0162] 일부 실시예들에서, 깊이 평면 스위칭의 지각을 마스킹하거나 또는 다른 방식으로 감소시키는 이벤트 동안 이 스위칭을 수행함으로써, 사용자의 뷰잉 편안함은 개선될 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, (예컨대, 사용자가 새로운 응시 포인트를 응시하는 것에 기인하여) 현재 선택된 깊이 평면과는 상이한 특정 깊이 평면에서의 가상 콘텐츠가 제시되어야 한다는 것을 결정할 수 있다. 예컨대, 다초점 디스플레이 시스템들에 대한 깊이 평면 스위칭은, 위에서 주목된 바와 같이, 지각 가능한 플리커를 야기할 수 있다. 그 결과, 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은, 시각적 시스템이 예컨대 일시적으로 비활성이 되는 이벤트가 발생할 때까지 깊이 평면 스위칭을 지연시키고, 그러한 이벤트 동안 스위칭을 수행함으로써 스위칭을 마스킹할 수 있다. 그러한 이벤트는 (1) 깜박거림 또는 (2) 단속적 운동을 수행하는 것을 포함할 수 있다. 그러한 이벤트의 검출 시, 깊이 평면 스위칭이 수행될 수 있다. 예로서, 디스플레이 시스템은, 사용자의 3차원 응시 포인트들을 모니터링하는 것에 기반하여, 가상 콘텐츠를 제시하기 위해 상이한 깊이 평면이 선택되어야 한다는 것을 결정할 수 있다. 이어서, 디스플레이 시스템은, (1) 사용자가 깜박거릴 때까지 또는 (2) 가상 콘텐츠의 제시를 상이한 깊이 평면으로 스위칭하기 전에 사용자가 단속적 운동을 수행할 때까지, 대기할 수 있다. 바람직하게, 스위칭은 깜박거림 또는 단속적 운동 동안 발생하며, 그 결과, 사용자는 스위칭을 알아챌 수 없는데, 그 이유는 스위칭의 인스턴트 시 눈들이 감기거나 또는 움직이고 있을 수 있기 때문이다.

[0219] [0163] 본원에서 설명된 기법들을 활용하여, 가상 콘텐츠의 인지된 제시 품질은 개선될 수 있다. 예컨대, 지각 가능한 시각적 아티팩트들, 이를테면 상이한 깊이 평면들 간에 콘텐츠를 스위칭함으로써 야기되는 플리커는, 특히 디스플레이 시스템이 다초점 모드로 동작하고 있을 때, 감소될 수 있다.

[0220] [0164] 본원에서 개시된 다양한 실시예들은 또한, 사용자에게 편안한 뷰잉 경험을 제공하기 위한 부가적인 시스템들 및 방법들을 제공한다. 예컨대, 본원에서 논의된 바와 같이, 원근조절-이접운동 미스매치는 사용자가 허용가능하도록 발견할 수 있는 범위를 초과할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원근조절-이접운동의 큰 미스매치에 의해 야기되는 사용자 불편함을 감소시키기 위해, 디스플레이 시스템은 콘텐츠가 큰 원근조절-이접운동 미스매치를 야기할지 여부를 결정하도록 이미지 콘텐츠를 액티브하게 모니터링하도록 구성될 수 있다. 그러한 큰 미스매치를 검출할 시, 이미지 콘텐츠는 디스플레이되기 전에 미스매치를 감소시키거나 또는 제거하는 방식으로 수정될 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은 큰 미스매치를 초래하는 이미지 콘텐츠를 페이딩하거나 또는 디스플레이하지 않도록 구성될 수 있다.

[0221] [0165] 일부 다른 실시예들에서, 시스템은 사용자의 눈 피로감을 액티브하게 모니터링하도록 구성될 수 있다. 눈 피로감을 검출할 시, 시스템은 눈 피로감을 감소시키기 위해 이미지 콘텐츠를 수정하도록 구성될 수 있다.

[0222] [0166] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템의 무게 및/또는 밸런스에 대한 물리적인 불편함은 사용자의 머리 위로 그리고/또는 사용자의 머리의 뒤쪽을 향해 확장할 수 있는 지지 구조를 사용하여 처리될 수 있다. 지지 구조는, 예컨대, (예컨대, 디바이스의 노우즈패드에 대한 압력을 감소시키기 위해) 디스플레이를 끌어 올리고 그리고/또는 디스플레이의 무게를 사용자의 머리의 전면 및 후면 둘 모두에 대해 밸런스를 맞추는 힘을 제공하는 밴드일 수 있다.

[0223] [0167] 디스플레이 시스템은 증강 현실 디스플레이 시스템 또는 가상 현실 디스플레이 시스템의 일부일 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일 예로서, 디스플레이 시스템은 투과적일 수 있으며, 이미지들, 비디오, 상호 작용 등의 형태로 가상 콘텐츠를 사용자에게 제공하는 동안 사용자에게 실세계의 뷰를 허용할 수 있다. 다른 예로서, 디스플레이 시스템은 실세계에 대한 사용자의 뷰를 차단할 수 있으며, 가상 현실 이미지들, 비디오, 상호 작용 등이 사용자에게 제시될 수 있다.

[0224] [0168] 이제, 동일한 참조 번호들은 전반에 걸쳐 동일한 부분들을 지칭하는 도면들에 대해 참조가 이루어질 것이다.

[0225] 예시적인 디스플레이 시스템들

[0226] [0169] 도 2는 사용자에 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이트하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 사용자의 눈들은 이격되어 있고, 공간에서 실제 객체를 볼 때 각각의 눈은 객체의 약간 상이한 뷰를 가질 것이며, 각각의 눈의 망막 상의 상이한 위치들에서 객체의 이미지를 형성할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 이것은 양안 시차(binocular disparity)로 지칭될 수 있으며, 깊이의 지각을 제공하기 위해 인간의 시각적 시스템에 의해 활용될 수 있다. 종래의 디스플레이 시스템들은, 가상 객체가 원하는 깊이의 실제 객체이면, 각각의 눈이 볼 가상 객체의 뷰들에 대응하는 동일한 가상 객체의 약간 상이한 뷰들 - 각각의 눈(210, 220)에 하나씩 - 을 가지는 2개의 별개의 이미지들(190, 200)을 제시함으로써 양안 시차를 시뮬레이트한다. 이러한 이미지들은 사용자의 시각적 시스템이 깊이의 지각을 유도하기 위해 해석할 수 있는 양안 큐들을 제공한다.

[0227] [0170] 도 2를 계속 참조하면, 이미지들(190, 200)은 z-축 상의 거리(230)만큼 눈들(210, 220)로부터 이격되어 있다. z-축은 뷰어의 광학 축에 평행하며, 뷰어들의 눈들은 뷰어 바로 앞에서 광학 무한대로 객체를 응시한다. 이미지들(190, 200)은 편평하며, 눈들(210, 220)로부터 고정 거리에 있다. 눈들(210, 220)에 각각 제시되는 이미지들에서의 가상 객체의 약간 상이한 뷰들에 기반하여, 눈들은, 객체의 이미지가 단일 쌍안시를 유지하기 위해 눈들 각각의 망막들 상의 대응하는 포인트들에 떨어지도록 자연적으로 회전한다. 이러한 회전은, 눈들(210, 220) 각각의 시선(line of sight)들이, 가상 객체가 존재하는 것으로 인지되는 공간 상의 포인트 상으로 수렴하게 할 수 있다. 결과적으로, 3차원 이미저리를 제공하는 것은 통상적으로, 사용자의 눈들(210, 220)의 이접운동을 조작할 수 있고 인간의 시각적 시스템이 깊이의 지각을 제공하도록 해석하는 양안 큐들을 제공하는 것을 수반한다.

[0228] [0171] 그러나, 현실적이고 편안한 깊이의 지각을 생성하는 것이 난제이다. 눈들로부터 상이한 거리들에 있는 객체들로부터의 광은 상이한 양들의 발산을 갖는 파면들을 갖는다는 것이 인지될 것이다. 도 3a-3c는 거리와 광선들의 발산 간의 관계들을 예시한다. 객체와 눈(210) 간의 거리는 거리가 감소하는 순서로 R1, R2 및 R3로 표현된다. 도 3a-3c에 도시된 바와 같이, 광선들은 객체까지의 거리가 감소함에 따라 더 발산된다. 반대로,

거리가 증가함에 따라, 광선들이 더 시준된다. 환언하면, 포인트(객체 또는 객체의 부분)에 의해 생성된 광 필드가 구면 파면 곡률을 가지며, 이는 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수라고 말할 수 있다. 곡률은 객체와 눈(210) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 도 3a-3c 및 본원의 다른 도면들에서 예시의 명확성을 위해 단일 눈(210)만이 예시되지만, 눈(210)에 관한 논의들은 뷰어의 양쪽 눈들(210 및 220)에 적용될 수 있다.

[0229] [0172] 도 3a-3c를 계속 참조하면, 뷰어의 눈들이 응시하는 객체로부터의 광은 상이한 정도들의 파면 발산을 가질 수 있다. 상이한 양들의 파면 발산으로 인해, 광은 눈의 렌즈에 의해 상이하게 포커싱될 수 있고, 이에 따라 렌즈가 눈의 망막 상에 포커싱되는 이미지를 형성하기 위해 상이한 형상들을 취할 것을 요구할 수 있다. 포커싱되는 이미지가 망막 상에 형성되지 않는 경우, 결과적인 망막 블러는 포커싱되는 이미지가 망막 상에 형성될 때까지 눈의 렌즈의 형상의 변경을 야기하는 원근조절에 대한 큐로서 역할을 한다. 예컨대, 원근조절에 대한 큐는, 수축 또는 이완되도록 눈의 렌즈를 둘러싸는 섬모 근육들을 트리거하여, 그에 의해 렌즈를 홀딩하는 현수 인대(suspensory ligament)들에 적용된 힘을 변조하며, 따라서, 망막 블러가 제거되거나 또는 최소화될 때까지 눈의 렌즈의 형상이 변경되게 하여, 그에 의해 눈의 망막/중심와(fovea) 상에 응시하는 객체의 포커싱되는 이미지를 형성한다. 눈의 렌즈가 형상을 변경하게 하는 프로세스는 원근조절로 지칭될 수 있고, 눈의 망막/중심와 상에 응시하는 객체의 포커싱되는 이미지를 형성하는데 필요한 눈의 렌즈의 형상은 원근조절 상태로 지칭될 수 있다.

[0230] [0173] 이제, 도 4a를 참조하면, 인간의 시각적 시스템의 원근조절-이접운동 응답의 표현이 예시된다. 객체를 응시하기 위한 눈들의 움직임은 눈들로 하여금 객체로부터 광을 받게 하고, 광은 눈들의 망막들 각각 상에 이미지를 형성한다. 망막 상에 형성된 이미지에서 망막 블러의 존재는 원근조절에 대한 큐를 제공할 수 있고, 망막들 상의 이미지의 관련 위치들은 이접운동에 대한 큐를 제공할 수 있다. 원근조절에 대한 큐는 원근조절이 발생하게 하여, 눈들의 렌즈들이 각각 눈의 망막/중심와 상에 객체의 포커싱되는 이미지를 형성하는 특정 원근조절 상태를 취하게 한다. 한편, 이접운동에 대한 큐는, 각각의 눈의 각각의 망막 상에 형성된 이미지들이 단일 쌍안시를 유지하는 대응하는 망막 포인트들에 있도록 이접운동 움직임들(눈들의 회전)이 발생하게 한다. 이러한 포지션들에서, 눈들은 특정 이접운동 상태를 취했다고 말할 수 있다. 도 4a를 계속 참조하면, 원근조절은 눈이 특정 원근조절 상태를 실현하게 하는 프로세스인 것으로 이해될 수 있고, 이접운동은 눈이 특정 이접운동 상태를 실현하게 하는 프로세스인 것으로 이해될 수 있다. 도 4a에 표시된 바와 같이, 만약 사용자가 다른 객체를 응시하면, 눈들의 원근조절 및 이접운동 상태들이 변경될 수 있다. 예컨대, 만약 사용자가 z-축 상의 상이한 깊이에 있는 새로운 객체를 응시하면, 원근조절 상태가 변경될 수 있다.

[0231] [0174] 이론에 의해 제한되지 않고, 객체의 뷰어들은 이접운동과 원근조절의 조합으로 인해 "3차원"인 것으로서 객체를 인지할 수 있다고 여겨진다. 위에서 주목된 바와 같이, 서로 관련된 두 눈들의 이접운동 움직임들(예컨대, 동공들이 객체를 응시하기 위해 눈들의 시선들을 수렴하도록 서로를 향해 또는 서로로부터 멀리 이동하도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 렌즈들의 원근조절과 밀접하게 연관된다. 노멀 조건들 하에서, 하나의 객체로부터 상이한 거리에 있는 다른 객체로의 포커스를 변경하기 위해 눈들의 렌즈들의 형상들을 변경하는 것은, "원근조절-이접운동 반사"로 알려져 있는 관계 하에서, 동일한 거리로의 이접운동의 매칭 변경을 자동적으로 야기할 것이다. 마찬가지로, 이접운동의 변경은, 노멀 조건들 하에서, 렌즈 형상의 매칭 변경을 트리거할 것이다.

[0232] [0175] 이제, 도 4b를 참조하면, 눈들의 상이한 원근조절 및 이접운동 상태들의 예들이 예시된다. 한 쌍의 눈들(222a)은 광학 무한대로 객체를 응시하는 반면, 한 쌍의 눈들(222b)은 광학 무한대 미만으로 객체(221)를 응시한다. 특히, 각각의 쌍의 눈들의 이접운동 상태들은 상이하며, 한 쌍의 눈들(222a)은 똑바로 지향되는 반면, 한 쌍의 눈들(222b)은 객체(221) 상에 수렴한다. 각각의 쌍의 눈들(222a 및 222b)을 형성하는 눈들의 원근조절 상태들은 또한, 상이한 형상들의 렌즈들(210a, 220a)로 표현되는 바와 같이, 상이하다.

[0233] [0176] 바람직하지 못하게, 종래의 "3-D" 디스플레이 시스템들의 많은 사용자들은, 그러한 종래의 시스템들이 불편한 것을 발견하거나, 또는 이 디스플레이들에서 원근조절 및 이접운동 상태들 간의 미스매치로 인해 깊이감을 전혀 인지하지 못할 수 있다. 위에서 주목된 바와 같이, 많은 입체적인 또는 "3-D" 디스플레이 시스템들은 약간 상이한 이미지들을 각각의 눈에 제공함으로써 장면을 디스플레이한다. 그러한 시스템들은 많은 뷰어들에게 불편한데, 그 이유는, 다른 것들 중에서도, 시스템들이 단순히 장면의 상이한 제시들을 제공하고, 눈들의 이접운동 상태들의 변화들을 야기하지만, 그러한 눈들의 원근조절 상태들의 대응하는 변경이 없기 때문이다. 오히려, 이미지들은 눈들로부터의 고정 거리에 있는 디스플레이에 의해 보여져서, 눈들은 단일 원근조절 상태에서 모든 이미지 정보를 보게 된다. 그러한 어레인지먼트(arrangement)는 원근조절 상태에서 매칭 변경 없이 이접

운동 상태의 변경들을 야기함으로써 "원근조절-이접운동 반사"에 대해 작용한다. 이러한 미스매치는 뷰어의 불편함을 야기하는 것으로 여겨진다. 원근조절과 이접운동 간의 보다 양호한 매치를 제공하는 디스플레이 시스템들은 3차원 이미저리의 더 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0234] [0177] 이론에 의해 제한되지 않고, 인간의 눈은 통상적으로 깊이 지각을 제공하기 위해 유한적인 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다고 여겨진다. 결과적으로, 인지된 깊이의 매우 믿을 수 있는 시뮬레이션은 이러한 제한된 수들의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 제시들을 눈에 제공함으로써 실현될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상이한 제시들은 이접운동에 대한 큐들 및 원근조절에 대한 매칭 큐들 둘 모두를 제공할 수 있어서, 그에 의해 생리학적으로 정확한 원근조절-이접운동 매칭을 제공한다.

[0235] [0178] 도 4b를 계속 참조하면, 눈들(210, 220)로부터 공간에서 상이한 거리들에 대응하는 2개의 깊이 평면들(240)이 예시된다. 주어진 깊이 평면(240)에 대해, 이접운동 큐들은 각각의 눈(210, 220) 마다 적절하게 상이한 관점들의 이미지들을 디스플레이함으로써 제공될 수 있다. 게다가, 주어진 깊이 평면(240)에 대해, 각각의 눈(210, 220)에 제공되는 이미지들을 형성하는 광은 그 깊이 평면(240)의 거리에 있는 포인트에 의해 생성된 광 필드에 대응하는 파면 발산을 가질 수 있다.

[0236] [0179] 예시된 실시예에서, 포인트(221)를 포함하는 깊이 평면(240)의 z-축을 따른 거리는 1 m이다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, z-축을 따른 거리들 또는 깊이들은 사용자의 눈들의 출사동들에 위치하는 제로 포인트로 측정될 수 있다. 따라서, 1 m의 깊이에 위치하는 깊이 평면(240)은 사용자의 눈들의 광학 축 상에서 사용자의 눈들의 출사동들로부터 1 m 떨어진 거리에 대응한다. 근사치로서, z-축을 따른 깊이 또는 거리는, 디바이스와 사용자의 눈들의 출사동들 간의 거리에 대한 값 플러스 (예컨대, 도파관의 표면으로부터) 사용자의 눈들의 정면의 디스플레이로부터 측정될 수 있다. 그 값은 아이 릴리프(eye relief)로 불릴 수 있고, 사용자의 눈의 출사동과 눈의 정면에 사용자에 의해 착용된 디스플레이 간의 거리에 대응한다. 실제로, 아이 릴리프에 대한 값은 모든 뷰어들에 대해 일반적으로 사용되는 정규화된 값일 수 있다. 예컨대, 아이 릴리프는 20 mm로 가정될 수 있고, 1 m의 깊이에 있는 깊이 평면은 디스플레이의 정면에서 980 mm의 거리에 있을 수 있다.

[0237] [0180] 도 5는 파면 발산을 수정함으로써 3차원 이미저리를 시뮬레이트하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 디스플레이 시스템은 이미지 정보로 인코딩된 광(770)을 수신하고 그 광을 사용자의 눈(210)에 출력하도록 구성되는 도파관(270)을 포함한다. 도파관(270)은 원하는 깊이 평면(240) 상의 포인트에 의해 생성되는 라이트 필드의 파면 발산에 대응하는 파면 발산의 정의된 양을 갖는 광(650)을 출력할 수 있다. 일부 실시예들에서, 그 깊이 평면 상에서 제시되는 모든 객체들에 대해 동일한 양의 파면 발산이 제공된다. 게다가, 사용자의 다른 눈에는 유사한 도파관으로부터의 이미지 정보가 제공될 수 있는 것이 예시될 것이다.

[0238] [0181] 일부 실시예들에서, 단일 도파관은 단일 또는 제한된 수의 깊이 평면들에 대응하는 세팅된 양의 파면 발산을 갖는 광을 출력하도록 구성될 수 있고 그리고/또는 도파관은 제한된 범위의 파장들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 일부 실시예들에서, 상이한 깊이 평면들에 대해 상이한 양들의 파면 발산을 제공하기 위해 그리고/또는 상이한 범위들의 파장들의 광을 출력하기 위해 복수의 도파관들 또는 도파관들의 스택이 활용될 수 있다.

[0239] [0182] 도 6은 사용자에게 이미지 정보를 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(250)은 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 사용하여 눈/뇌에 3차원 지각을 제공하기 위해 활용될 수 있는 도파관들의 스택 또는 스택된 도파관 어셈블리(260)를 포함한다. 디스플레이 시스템(250)은 일부 실시예들에서 라이트 필드 디스플레이로 고려될 수 있는 것이 인식될 것이다. 게다가, 도파관 어셈블리(260)는 또한 아이피스로 지칭될 수 있다.

[0240] [0183] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 이접운동에 대한 실질적으로 연속하는 큐들 및 원근조절에 대한 다수의 이산 큐들을 제공하도록 구성될 수 있다. 이접운동에 대한 큐들은 사용자의 눈들 각각에 상이한 이미지들을 디스플레이함으로써 제공될 수 있고, 원근조절에 대한 큐들은 파면 발산의 이산 양들을 갖는 이미지들을 형성하는 광을 출력함으로써 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 파면 발산의 각각의 이산 레벨은 특정 깊이 평면에 대응하고, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 특정 도파관에 의해 제공될 수 있다.

[0241] [0184] 도 6을 계속 참조하면, 도파관 어셈블리(260)는 또한 도파관들 간에 복수의 피처들(320, 330, 340, 350)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(320, 330, 340, 350)은 하나 또는 그 초과의 렌즈들일 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 및/또는 복수의 렌즈들(320, 330, 340, 350)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산으로 눈에 이미지 정보를 전송하도록 구성될 수 있다. 각각의 도파관 레벨은 특정 깊이

평면과 연관될 수 있고, 그 깊이 평면에 대응하는 이미지 정보를 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 도파관들에 대한 광의 소스로서 기능할 수 있고, 이미지 정보를 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입하기 위해 활용될 수 있고, 도파관들 각각은 본원에서 설명된 바와 같이, 눈(210) 쪽으로의 출력을 위해 각각의 개개의 도파관에 걸쳐 인입 광을 분산시키도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)의 출력 표면(410, 420, 430, 440, 450)을 빠져나가고, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 대응하는 입력 표면(460, 470, 480, 490, 500)으로 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(460, 470, 480, 490, 500) 각각은 대응하는 도파관의 에지일 수 있거나 또는 대응하는 도파관(즉, 세계(510) 또는 뷰어의 눈(210)을 직접 향하는 도파관 표면들 중 하나)의 주 표면의 일부일 수 있다. 일부 실시예들에서, 광의 단일 빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산의 양들)에서 눈(210) 쪽으로 지향되는 복제된 시준된 빔들의 전체 필드를 출력하기 위해 각각의 도파관으로 주입될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 단일 디바이스가 복수의(예컨대, 3개의) 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)과 연관되고 그에 광을 주입할 수 있다.

[0242] [0185] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 각각 대응하는 도파관(270, 280, 290, 300, 310)으로의 주입을 위해 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은, 예컨대, 이미지 정보를 하나 또는 그 초과의 광학 도관들(이를테면 광섬유 케이블들)을 통해 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 각각에 파이핑할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)에 의해 제공되는 이미지 정보는 상이한 파장들 또는 컬러들(예컨대, 본원에서 논의된 바와 같이 상이한 컴포넌트 컬러들)의 광을 포함할 수 있음이 인지될 것이다.

[0243] [0186] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입되는 광은, 광 이미터, 이를테면 LED(light emitting diode)를 포함할 수 있는 광 모듈(530)을 포함하는 광 투사기 시스템(520)에 의해 제공된다. 광 모듈(530)로부터의 광은 빔 스플리터(550)를 통해 광 변조기(540), 예컨대, 공간 광 변조기로 지향되고 그에 의해 수정될 수 있다. 광 변조기(540)는 광을 이미지 정보와 인코딩하기 위해 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입되는 광의 인지된 강도를 변경하도록 구성될 수 있다. 공간 광 변조기들의 예들은 LCOS(liquid crystal on silicon) 디스플레이들을 포함하는 LCD(liquid crystal displays)를 포함한다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)이 개략적으로 예시되고, 일부 실시예들에서, 이러한 이미지 주입 디바이스들은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 것들로 광을 출력하도록 구성되는 공통 투사 시스템에서 상이한 광 경로들 및 위치들을 표현할 수 있음이 인지될 것이다. 일부 실시예들에서, 도파관 어셈블리(260)의 도파관들은 도파관들 내로 주입된 광을 사용자의 눈들에 중계하는 한편 이상적인 렌즈로서 기능할 수 있다. 이러한 개념에서, 객체는 공간 광 변조기(540)일 수 있고, 이미지는 깊이 평면 상의 이미지일 수 있다.

[0244] [0187] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 다양한 패턴들(예컨대, 래스터 스캔, 나선형 스캔, 리사주(Lissajous) 패턴들 등)로 광을 하나 또는 그 초과의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 그리고 궁극적으로 뷰어의 눈(210)에 투사하도록 구성되는 하나 또는 그 초과의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 광을 하나의 또는 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입하도록 구성되는 단일 스캐닝 섬유 또는 스캐닝 섬유들의 번들을 개략적으로 표현할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 복수의 스캐닝 섬유들 또는 스캐닝 섬유들의 복수의 번들들을 개략적으로 표현할 수 있고, 이들 각각은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 도파관에 광을 주입하도록 구성된다. 하나 또는 그 초과의 광학 섬유들이 광 모듈(530)로부터 하나 또는 그 초과의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 광을 송신하도록 구성될 수 있음이 인지될 것이다. 예컨대, 스캐닝 섬유를 빠져나가는 광을 하나 또는 그 초과의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 재지향시키기 위해, 하나 또는 그 초과의 개입하는 광학 구조들이 스캐닝 섬유 또는 섬유들과 하나 또는 그 초과의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 간에 제공될 수 있음이 인지될 것이다.

[0245] [0188] 제어기(560)는 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400), 광 소스(530) 및 광 변조기(540)의 동작을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리(260) 중 하나 또는 그 초과의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(560)는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)의 일부이다. 제어기(560)는 예컨대 본원에 개시된 다양한 방식들 중 임의의 것에 따라 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 이미지 정보의 타이밍 및 프로비전을 조절하는 프로그래밍(예컨대, 비-일시적 매체의 명령들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 통합 디바이스,

또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 연결되는 분산된 시스템일 수 있다. 제어기(560)는 일부 실시예들에서 프로세싱 모듈들(140 또는 150)(도 9d)의 일부일 수 있다.

[0246] [0189] 도 6을 계속 참조하면, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 TIR(total internal reflection)에 의해 각각의 개개의 도파관 내에서 광을 전파하도록 구성될 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 각각은 평면형일 수 있거나, 주 최상부 및 바닥 표면들 및 그러한 주 최상부와 바닥 표면들 사이에서 확장되는 에지들을 갖는 다른 형상(예컨대, 곡선형)을 가질 수 있다. 예시된 구성에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 각각은, 눈(210)에 이미지 정보를 출력하기 위해 도파관 밖으로, 각각의 개개의 도파관 내에서 전파하는 광을 재지향시킴으로써 도파관으로부터 광을 추출하도록 구성되는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 포함할 수 있다. 추출된 광은 또한 아웃-커플링된 광으로 지칭될 수 있고, 아웃-커플링된 광학 엘리먼트 광은 또한 광학 엘리먼트들을 추출한 광으로 지칭될 수 있다. 광의 추출된 빔은, 도파관에서 전파하는 광이 광학 엘리먼트를 추출하는 광에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력될 수 있다. 아웃-커플링된 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 예컨대, 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 회절성 광학 피처들을 포함하는 격자들일 수 있다. 설명 및 도면 명확성을 용이하게 하기 위해 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 바닥 주 표면들에 배치되는 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 최상부 및/또는 바닥 주 표면들에 배치될 수 있고 그리고/또는 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 볼륨에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 형성하기 위해 투명한 기판에 부착되는 물질의 층에서 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 물질의 모놀리식 피스일 수 있고, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 물질의 그 피스의 표면상에 및/또는 그 내부에 형성될 수 있다.

[0247] [0190] 도 6을 계속 참조하면, 본원에서 논의된 바와 같이, 각각의 도파관(270, 280, 290, 300, 310)은 광을 출력하여 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하도록 구성된다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관(270)은 (이 도파관(270)에 주입된) 시준된 광을 눈(210)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위쪽의 다음 도파관(280)은 시준된 광이 눈(210)에 도달하기 전에 제1 렌즈(350)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 관통하는 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있다; 이러한 제1 렌즈(350)는 약간의 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성되어, 눈/뇌가 위쪽의 다음 도파관(280)으로부터 오는 광을 광학 무한대로부터 눈(210) 안쪽으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 나오는 것으로 해석하게 한다. 유사하게, 위쪽의 제3 도파관(290)은 그 출력 광이 눈(210)에 도달하기 전에 그 출력 광이 제1 렌즈(350) 및 제2 렌즈(340) 모두를 통과하게 하고; 제1 렌즈(350) 및 제2 렌즈(340)의 결합된 광 파워는, 눈/뇌가 제3 도파관(290)으로부터 나오는 광을 상기 위쪽의 다음 도파관(280)으로부터의 광보다 광학 무한대로부터 사람 안쪽으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 나오는 것으로 해석하도록 다른 증분 량의 파면 곡률을 생성하기 위해 구성될 수 있다.

[0248] [0191] 다른 도파관 층들(300, 310) 및 렌즈들(330, 320)은 유사하게 구성되며, 스택 내의 가장 높은 도파관(310)은, 사람과 가장 가까운 초점면을 나타내는 총 초점 파워에 대해 눈과 가장 높은 도파관(310) 사이의 모든 렌즈를 통해 자신의 출력을 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(260)의 다른 측의 세계(510)로부터 나오는 광을 뷰잉/해석할 때, 렌즈들(320, 330, 340, 350)의 스택을 보상하기 위해, 보상 렌즈 층(620)이 아래의 렌즈 스택(320, 330, 340, 350)의 총 파워를 보상하기 위해 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 이러한 구성은, 이용 가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 것만큼 많은 인지된 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃-커플링 광학 엘리먼트들 및 렌즈들의 포커싱 양상들 둘 모두는 정적(즉, 동적이거나 전기-액티브가 아님)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전기-액티브 피처들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0249] [0192] 일부 실시예들에서, 도파관(270, 280, 290, 300, 310)들 중 2개 또는 그 초과는 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예컨대, 다수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 동일한 깊이 평면들에 설정된 이미지들을 출력하도록 구성될 수 있거나, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 다수의 서브 세트들은, 각각의 깊이 평면에 대해 하나의 세트씩, 동일한 복수의 깊이 평면에 설정된 이미지들을 출력하도록 구성될 수 있다. 이는 이러한 깊이 평면들에서 확대된 시야를 제공하기 위해 타일링된 이미지를 형성하는 장점들을 제공할 수 있다.

[0250] [0193] 도 6을 계속 참조하면, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 이들 각각의 도파관 밖으로 광을 재지향시키고, 도파관과 관련된 특정 깊이 평면에 대해 발산 또는 시준의 적절한 양으로 이 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상이한 연관된 깊이 평면들을 갖는 도파관들은, 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 발산 양으로 광을 출력하는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)의 상이한 구성

을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 특정 각도들로 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼륨 또는 표면 피처들일 수 있다. 예컨대, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(320, 330, 340, 350)은 렌즈들이 아닐 수 있다; 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예컨대, 클래딩 층들 및/또는 공기 갭들을 형성하기 위한 구조)일 수 있다.

[0251] [0194] 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 "회절성 광학 엘리먼트"(본 명세서에서 "DOE"라고도 지칭됨) 또는 회절 패턴을 형성하는 회절성 피처들이다. 바람직하게, DOE들은 충분히 낮은 회절 효율을 가지므로, DOE의 각각의 교차의 경우 빔의 광의 일부만이 눈(210) 쪽으로 편향되고 나머지는 계속 TIR에 의해 도파관을 통해 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 운반하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 빠져나가는 다수의 관련된 출사 빔들로 분할되고, 그 결과는 도파관 내에서 이리저리 산란하는 이 특정 시준된 빔에 대해 눈(210) 쪽으로 상당히 균일한 출사 방출 패턴이다.

[0252] [0195] 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과의 DOE들은, 이들이 액티브하게 회절하는 "온" 상태들과, 이들이 현저하게 회절하지는 않는 "오프" 상태들 사이에서 스위칭 가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭 가능한 DOE는 폴리머 분산된 액정의 층을 포함할 수 있으며, 여기서 마이크로액적들은 호스트 매체에 회절 패턴을 포함하고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 재료의 굴절률과 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우 패턴은 입사광을 상당히 회절시키지는 않음), 또는 마이크로액적은 호스트 매체와 일치하지 않는 인덱스로 스위칭될 수 있다(이 경우 패턴은 입사광을 액티브하게 회절시킴).

[0253] [0196] 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)(예컨대, 가시광 및 적외선 카메라들을 포함하는 디지털 카메라)는, 예컨대, 사용자 입력들을 검출하고 그리고/또는 사용자의 생리적 상태를 모니터링하기 위해, 눈(210) 및/또는 눈(210) 주위의 조직의 이미지를 캡처하기 위해 제공될 수 있다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 카메라는 임의의 이미지 캡처 디바이스일 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 눈에 광(예컨대, 적외선)을 투사하기 위한 광 소스 및 이미지 캡처 디바이스를 포함할 수 있고, 이어 투사된 광은 눈에 의해 반사되어 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 프레임(80)(도 9D)에 부착될 수 있고, 카메라 어셈블리(630)로부터 이미지 정보를 프로세싱할 수 있는 프로세싱 모듈들(140 및/또는 150)과 전기적으로 통신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 눈을 개별적으로 모니터링하기 위해, 각각의 눈 마다 하나의 카메라 어셈블리(630)가 이용될 수 있다.

[0254] [0197] 이제 도 7을 참조하면, 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예가 도시된다. 하나의 도파관이 예시되어 있지만, 도파관 어셈블리(260)(도 6) 내의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있을 것임을 이해할 것이며, 여기서 도파관 어셈블리(260)는 다수의 도파관들을 포함한다. 광(640)은 도파관(270)의 입력 표면(460)에서 도파관(270)으로 주입되고, TIR에 의해 도파관(270) 내에서 전파된다. 광(640)이 DOE(570)에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출사 빔들(650)로서 도파관을 빠져나간다. 출사 빔들(650)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되어 있지만, 본원에서 논의된 바와 같이, 이들은 또한 도파관(270)과 연관된 깊이 평면에 따라 임의의 각도로 눈(210)에 전파되도록 재지향될 수 있다(예컨대, 발산 출사 빔들을 형성함). 실질적으로 평행한 출사 빔들은, 눈(210)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학 무한대)에서 깊이 평면 상에 설정되는 것처럼 보이는 이미지들을 형성하기 위해 광을 아웃-커플링하는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다는 것이 인지될 것이다. 다른 도파관들 또는 다른 세트의 아웃-커플링 광학 엘리먼트들은, 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있으며, 이는 눈(210)이 망막에 초점을 맞추기 위해 더 가까운 거리로 원근조절할 것을 필요로 하고, 광학 무한대보다 눈(210)에 가까운 거리로부터의 광으로서 뇌에 의해 해석될 것이다.

[0255] [0198] 일부 실시예들에서, 풀 컬러 이미지는 각각의 컴포넌트 컬러들, 예컨대, 3개 또는 그 초과의 컴포넌트 컬러들로 이미지들을 오버레이함으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 적층된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다. 예시된 실시예는 깊이 평면들(240a-240f)을 도시하지만, 더 많거나 더 적은 깊이들이 또한 고려된다. 각각의 깊이 평면은 자신과 연관된 3개 또는 그 초과의 컴포넌트 컬러 이미지들(제1 컬러(G)의 제1 이미지; 제2 컬러(R)의 제2 이미지; 및 제3 컬러(B)의 제3 이미지를 포함함)을 가질 수 있다. 상이한 깊이 평면들이 문자 G, R 및 B 다음에 디옵터(dpt)에 대한 다른 숫자로 도면에 표시된다. 단지 예들로서, 이들 문자들 각각 뒤에 오는 숫자들은 디옵터(1/m)을 표시하거나, 또는 뷰어로부터 깊이 평면까지의 거리의 역수를 표시하며, 도면들의 각각의 박스는 개별적인 컴포넌트 컬러 이미지를 표현한다. 일부 실시예들에서, 상이한 파장들을 갖는 광의 눈 포커싱에서의 차이를 해결하기 위해, 상이한 컴포넌트 컬러들에 대한 깊이 평면들의 정확한 배치가 변할 수 있다. 예컨대, 주어진 깊이 평면에 대한 상이한 컴포넌트 컬러 이미지들은 사용자로부터의 상이한 거리들에 대응하는

깊이 평면들 상에 배치될 수 있다. 이러한 어레인지먼트는 시력과 사용자의 편안함을 증가시킬 수 있고 그리고/또는 색수차를 감소시킬 수 있다.

[0256] [0199] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은, 단일의 전용된 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로 각각의 깊이 평면은 자신과 관련된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 이러한 실시예들에서, 문자(G, R 또는 B)를 포함하는 도면들의 각각의 박스는, 개별적인 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 3개의 도파관들이 깊이 평면마다 제공될 수 있으며, 여기서 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들은 깊이 평면마다 제공된다. 설명을 용이하게 하기 위해, 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들이, 이 도면에서 서로 인접하여 도시되어 있지만, 물리적 디바이스에서, 도파관들은 모두, 레벨 당 하나의 도파관씩, 스택으로 배열될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들이 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어서, 예컨대, 단지 단일의 도파관이 깊이 평면마다 제공될 수 있다.

[0257] [0200] 도 8을 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색, R은 적색, B는 청색이다. 일부 다른 실시예들에서, 마젠타 및 시안을 포함하는 다른 파장들의 광과 관련된 다른 컬러들이 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상에 추가하여 사용되거나, 이들을 대체할 수 있다.

[0258] [0201] 본 개시내용 전반에 걸쳐 주어진 광의 컬러에 대한 언급은, 그 주어진 컬러인 것으로서 뷰어가 인지하는 광의 파장들의 범위 내의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함하도록 이해될 것임이 인지될 것이다. 예컨대, 적색광은 약 620-780nm 범위의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577nm 범위의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함할 수 있으며, 청색 광은 약 435-493nm의 범위의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0259] [0202] 일부 실시예들에서, 광원(530)(도 6)은 뷰어의 시지각 범위 밖의 하나 또는 그 초과의 파장들, 예컨대, 적외선 및/또는 자외선 파장들의 광을 방출하도록 구성될 수 있다. 게다가, 디스플레이(250)의 도파관들의 인-커플링, 아웃-커플링 및 다른 광 재지향 구조들은, 예컨대, 이미징 및/또는 사용자 자극 애플리케이션들을 위해, 사용자의 눈(210) 쪽으로 디스플레이로부터 이 광을 지향 및 방출하도록 구성될 수 있다.

[0260] [0203] 이제 도 9a를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관에 충돌하는 광은 도파관 내로 그 광을 인-커플링하기 위해 재지향될 필요가 있을 수 있다. 인-커플링 광학 엘리먼트는 광을 그 대응 도파관으로 재지향시키고 인-커플링하는 데 사용될 수 있다. 도 9a는 각각 인-커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 복수의 스택된 도파관들 또는 스택된 도파관들의 세트(660)의 예의 측 단면도를 예시한다. 도파관들은 각각 하나 또는 그 초과의 상이한 파장들, 또는 하나 또는 그 초과의 상이한 파장들의 범위의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나 또는 그 초과로부터의 광이, 인-커플링하기 위해 광이 재지향될 필요가 있는 포지션으로부터 도파관들에 주입되는 것을 제외하고, 스택(660)이 스택(260)(도 6)에 대응할 수 있고, 스택(660)의 예시된 도파관들은 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 일부에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0261] [0204] 스택된 도파관들의 예시된 세트(660)는 도파관들(670, 680, 및 690)을 포함한다. 각각의 도파관은 연관된 인-커플링 광학 엘리먼트(도파관 상의 광 입력 영역으로 또한 지칭될 수 있음)를 포함하며, 예컨대, 인-커플링 광학 엘리먼트(700)는 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 상위 주 표면) 상에 배치되고, 인-커플링 광학 엘리먼트(710)는 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 상위 주 표면) 상에 배치되고, 인-커플링 광학 엘리먼트(720)는 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 상위 주 표면) 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 하나 또는 그 초과는 개개의 도파관(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다(특히, 여기서, 하나 또는 그 초과의 인-커플링 광학 엘리먼트들은 반사성 편향 광학 엘리먼트들임). 예시된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 이들의 개개의 도파관(670, 680, 690)의 상위 주 표면(또는 다음 하위 도파관의 최상부) 상에 배치될 수 있으며, 특히, 여기서, 이들 인-커플링 광학 엘리먼트들은 투과성 편향 광학 엘리먼트들이다. 일부 실시예들에서, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 개개의 도파관(670, 680, 690)의 바디에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 파장 선택적이고, 그에 따라, 이들은 광의 다른 파장들을 송신하면서 광의 하나 또는 그 초과의 파장들을 선택적으로 재지향시킨다. 이들의 개개의 도파관(670, 680, 690)의 하나의 측 또는 코너에 예시되어 있지만, 일부 실시예들에서, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 이들의 개개의 도파관(670, 680, 690)의 다른 영역들에 배치될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0262] [0205] 예시된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 서로 측면으로 오프셋될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 인-커플링 광학 엘리먼트는 오프셋될 수 있고, 그에 따라, 각각의 인-커플링 광학 엘

리먼트는 광이 다른 인-커플링 광학 엘리먼트로 통과되지 않으면서 그 광을 수신한다. 예컨대, 각각의 인-커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)는 도 6에 도시된 바와 같은 상이한 이미지 주입 디바이스(360, 370, 380, 390, 및 400)로부터 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 다른 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)로부터 분리(예컨대, 측면으로 이격)될 수 있고, 그에 따라, 각각의 인-커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)는 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 다른 인-커플링 광학 엘리먼트들로부터 광을 실질적으로 수신하지 않는다.

[0263] [0206] 각각의 도파관은 또한, 연관된 광 분산 엘리먼트들을 포함하며, 예컨대, 광 분산 엘리먼트(730)는 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되고, 광 분산 엘리먼트들(740)은 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되고, 광 분산 엘리먼트들(750)은 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각, 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예에서, 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각, 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 모두 상에 배치될 수 있거나; 또는 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각, 상이한 연관된 도파관들(670, 680, 690)에서의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 상이한 주 표면들 상에 배치될 수 있다.

[0264] [0207] 도파관들(670, 680, 690)은, 예컨대 재료의 가스, 액체, 및/또는 고체 층들에 의해, 이격 및 분리될 수 있다. 예컨대, 예시된 바와 같이, 층(760a)은 도파관들(670 및 680)을 분리할 수 있고; 층(760b)은 도파관들(680 및 690)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a 및 760b)은 낮은 굴절률 재료들(즉, 도파관들(670, 680, 690) 중 바로 이웃하는 도파관을 형성하는 재료보다 더 낮은 굴절률을 갖는 재료들)로 형성된다. 바람직하게, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료의 굴절률은 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료의 굴절률보다 0.05 또는 그 초과 또는 0.10 또는 그 미만 더 낮다. 유리하게, 더 낮은 굴절률 층들(760a, 760b)은 도파관들(670, 680, 690)을 통하는 광의 TIR(total internal reflection)(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 및 최하부 주 표면들 간의 TIR)을 가능하게 하는 클래딩 층들로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a, 760b)은 공기로 형성된다. 예시되어 있지 않지만, 도파관들의 예시된 세트(660)의 최상부 및 최하부가 바로 이웃하는 클래딩 층들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0265] [0208] 바람직하게, 제조의 용이함 및 다른 고려사항들을 위해서, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 유사하거나 또는 동일하고, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 유사하거나 또는 동일하다. 일부 실시예들에서, 위에서 주목된 다양한 굴절률 관계들이 여전히 유지되면서, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 하나 또는 그 초과의 도파관들 간에 상이할 수 있고, 그리고/또는 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 상이할 수 있다.

[0266] [0209] 도 9a를 계속 참조하면, 광선들(770, 780, 790)이 도파관들의 세트(660) 상에 입사한다. 광선들(770, 780, 790)이 하나 또는 그 초과의 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)(도 6)에 의해 도파관들(670, 680, 690) 내에 주입될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0267] [0210] 일부 실시예들에서, 광선들(770, 780, 790)은 상이한 특성들, 예컨대, 상이한 컬러들에 대응할 수 있는, 상이한 파장들 또는 파장들의 상이한 범위들을 갖는다. 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 각각, 광이 TIR에 의해 도파관들(670, 680, 690) 중 개개의 도파관을 통해 전파하도록, 입사 광을 편향시킨다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 각각, 광의 하나 또는 그 초과의 특정 파장들을 선택적으로 편향시키는 한편, 아래에 놓인 도파관 및 연관된 인커플링 광학 엘리먼트에 다른 파장들을 송신한다.

[0268] [0211] 예컨대, 인-커플링 광학 엘리먼트(700)는 제1 파장 또는 파장들의 범위를 갖는 광선(770)을 편향시키는 한편, 상이한 제2 및 제3 파장들 또는 파장들의 범위들을 각각 갖는 광선들(780 및 790)을 송신하도록 구성될 수 있다. 송신된 광선(780)은 인-커플링 광학 엘리먼트(710) 상에 충돌하고, 인-커플링 광학 엘리먼트(710)에 의해 편향되며, 인-커플링 광학 엘리먼트(710)는 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 편향시키도록 구성된다. 광선(790)은 인-커플링 광학 엘리먼트(720)에 의해 편향되며, 인-커플링 광학 엘리먼트(720)는 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향시키도록 구성된다.

[0269] [0212] 도 9a를 계속 참조하면, 편향된 광선들(770, 780, 790)은 이들이 대응 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파하도록 편향되는데, 즉, 각각의 도파관의 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 광을 그 대응 도파관(670, 680, 690) 내로 편향시켜서, 광을 그 대응 도파관에 인-커플링한다. 광선들(770, 780, 790)은 광이 TIR에 의해 개개의 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파하게 하는 각도들로 편향된다. 광선들(770, 780,

790)은, 도파관의 대응 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750) 상에 충돌할 때까지, TIR에 의해 개개의 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파한다.

[0270] [0213] 이제 도 9b를 참조하면, 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도가 예시된다. 위에서 주목된 바와 같이, 인-커플링된 광선들(770, 780, 790)은 각각, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)에 의해 편향되고, 이어서, 각각 도파관들(670, 680, 690) 내에서 TIR에 의해 전파한다. 이어서, 광선들(770, 780, 790)은 각각, 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750) 상에 충돌한다. 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)은 광선들(770, 780, 790)을 편향시키고, 그에 따라, 광선들(770, 780, 790)은 각각, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820) 쪽으로 전파한다.

[0271] [0214] 일부 실시예들에서, 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)은 OPE(orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들은 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 광을 편향 또는 분산시키고, 일부 실시예들에서, 그 광이 아웃-커플링 광학 엘리먼트들로 전파할 때, 그 광의 빔 또는 스폿 크기를 또한 증가시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)이 생략될 수 있고, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)이 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 직접적으로 광을 편향시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하면, 광 분산 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)은 뷰어의 눈(210)(도 7)에 광을 지향시키는 출사동(EP:exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들 이다. OPE들은 적어도 하나의 축에서 눈 박스의 치수들을 증가시키도록 구성될 수 있고, EPE들은 OPE들의 축을 크로스하는, 예컨대 OPE들의 축에 직교하는 축에서 눈 박스를 증가시키기 위한 것일 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 각각의 OPE는 OPE를 스트라이킹하는 광의 일부분을 동일한 도파관의 EPE로 재지향시키는 한편, 광의 나머지 부분이 도파관 아래로 계속 전파할 수 있게 하도록 구성될 수 있다. 다시 OPE 상에 충돌할 시에, 나머지 광의 다른 부분이 EPE로 재지향되고, 그 부분의 나머지 부분은 도파관 더 아래로 계속 전파하는 등이 이루어진다. 유사하게, EPE를 스트라이킹할 시에, 충돌 광의 일부분은 사용자 쪽으로 도파관 밖으로 지향되고, 그 광의 나머지 부분은 다시 EP를 스트라이킹할 때까지 도파관을 통해 계속 전파하고, 그 광의 나머지 부분이 다시 EP를 스트라이킹할 때, 충돌 광의 다른 부분이 도파관 밖으로 지향되는 등이 이루어진다. 결과적으로, 인커플링된 광의 단일 빔은 그 광의 일부분이 OPE 또는 EPE에 의해 재지향될 때마다 “복사”될 수 있고, 그에 의해, 도 6에 도시된 바와 같이, 광의 복제된 빔들의 필드를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, OPE 및/또는 EPE는 광의 빔들의 크기를 수정하도록 구성될 수 있다.

[0272] [0215] 그에 따라서, 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(660)는, 각각의 컴포넌트 컬러에 대해, 도파관들(670, 680, 690); 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720); 광 분산 엘리먼트들(예컨대, OPE들)(730, 740, 750); 및 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(800, 810, 820)을 포함한다. 도파관들(670, 680, 690)은 서로 간에 공기 갭/클래딩 층을 두고 스택될 수 있다. 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 자신의 도파관 내로 입사 광을 (상이한 파장들의 광을 수신하는 상이한 인-커플링 광학 엘리먼트들을 이용하여) 재지향 또는 편향시킨다. 이어서, 광은 개개의 도파관(670, 680, 690) 내에서 TIR을 초래할 각도로 전파한다. 도시된 예에서, 이전에 설명된 방식으로, 광선(770)(예컨대, 청색 광)은 제1 인-커플링 광학 엘리먼트(700)에 의해 편향되고, 이어서, 도파관 아래로 계속 산란하여, 광 분산 엘리먼트(예컨대, OPE들)(730)와 상호작용하고, 이어서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(800)과 상호작용한다. 광선들(780 및 790)(예컨대, 각각 녹색 및 적색 광)은 도파관(670)을 통과할 것이고, 광선(780)은 인-커플링 광학 엘리먼트(710) 상에 충돌하고, 인-커플링 광학 엘리먼트(710)에 의해 편향된다. 이어서, 광선(780)은 TIR을 통해 도파관(680) 아래로 산란하여, 그것의 광 분산 엘리먼트(예컨대, OPE들)(740) 상으로 그리고 이어서 아웃-커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(810) 상으로 진행한다. 마지막으로, 광선(790)(예컨대, 적색 광)이 도파관(690)을 통과하여, 도파관(690)의 광 인-커플링 광학 엘리먼트들(720) 상에 충돌한다. 광 인-커플링 광학 엘리먼트들(720)은 광선(790)을 편향시키고, 그에 따라, 광선은 TIR에 의해 광 분산 엘리먼트(예컨대, OPE들)(750)로 전파하고, 이어서, TIR에 의해 아웃-커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(820)로 전파한다. 이어서 마지막으로, 아웃-커플링 광학 엘리먼트(820)는, 다른 도파관들(670, 680)로부터의 아웃-커플링된 광을 또한 수신하는 뷰어에게 광선(790)을 아웃-커플링한다.

[0273] [0216] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다. 예시된 바와 같이, 각각의 도파관의 연관된 광 분산 엘리먼트(730, 740, 750) 및 연관된 아웃-커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 820)과 함께 도파관들(670, 680, 690)은 수직으로 정렬될 수 있다. 그러나, 본원에서 논의된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 수직으로 정렬되지 않으며; 오히려, 인-커플링 광학 엘리먼트들은 바람

직하게 비-오버랩한다(예컨대, 하향식 뷰에서 보여지는 바와 같이 측면으로 이격된다). 본원에서 추가로 논의된 바와 같이, 이러한 비오버랩 공간 어레인지먼트는 일대일 기반으로 상이한 자원들로부터 상이한 도파관들로의 광의 주입을 가능하게 하며, 그에 의해, 특정 광원이 특정 도파관에 고유하게 커플링되게 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 비오버랩 공간적으로-분리된 인-커플링 광학 엘리먼트들을 포함하는 어레인지먼트들은 시프트된 동공 시스템으로 지칭될 수 있으며, 이들 어레인지먼트들 내의 인-커플링 광학 엘리먼트들은 하위 동공들에 대응할 수 있다.

[0274] [0217] 도 9d는, 본원에서 개시된 다양한 도파관들 및 관련된 시스템들이 통합될 수 있는 웨어러블 디스플레이 시스템(60)의 예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(60)은 도 6의 시스템(250)이며, 도 6은 그 시스템(60)의 일부 부분들을 더 상세하게 개략적으로 도시한다. 예컨대, 도 6의 도파관 어셈블리(260)는 디스플레이(70)의 부분일 수 있다.

[0275] [0218] 도 9d를 계속 참조하면, 디스플레이 시스템(60)은 디스플레이(70), 및 그 디스플레이(70)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계 및 전자 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(70)는, 디스플레이 시스템 사용자 또는 뷰어(90)에 의해 착용가능하고, 사용자(90)의 눈들의 정면에 디스플레이(70)를 포지셔닝하도록 구성되는 프레임(80)에 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이(70)는 아이웨어(eyewear)로 고려될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(100)는 프레임(80)에 커플링되며, 사용자(90)의 외이도에 인접하게 포지셔닝되도록 구성된다(일부 실시예들에서, 도시되지 않은 다른 스피커는 선택적으로, 스테레오/형상가능 사운드 제어를 제공하기 위해 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝될 수 있다). 디스플레이 시스템은 또한, 사운드를 검출하기 위한 하나 또는 그 초과의 마이크로폰들(110) 또는 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로폰은, 사용자가 입력들 또는 커맨드들(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들, 자연어 질문들 등의 선택)을 시스템(60)에 제공하게 할 수 있도록 구성되고, 그리고/또는 다른 사람들(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들)과의 오디오 통신을 허용할 수 있다. 마이크로폰은 오디오 데이터(예컨대, 사용자 및/또는 환경으로부터의 사운드들)를 수집하도록 주변 센서로서 추가로 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한, 프레임(80)으로부터 분리되어 사용자(90)의 신체에 (예컨대, 사용자(90)의 머리, 몸통, 팔다리 등 상에) 부착될 수 있는 주변 센서(120a)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 주변 센서(120a)는 사용자(90)의 생리학적 상태를 특성화한 데이터를 획득하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 센서(120a)는 전극일 수 있다.

[0276] [0219] 도 9d를 계속 참조하면, 디스플레이(70)는, 다양한 구성들로, 이를테면 프레임(80)에 고정적으로 부착되거나, 사용자에 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정적으로 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 또는 그렇지 않으면 사용자(90)에 착탈가능하게 (예컨대, 백팩-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 부착되는 것으로 장착될 수 있는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)에 통신 링크(130)에 의해, 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결에 의해 동작가능하게 커플링된다. 유사하게, 센서(120a)는 로컬 프로세서 및 데이터 모듈(140)에 통신 링크(120b), 예컨대 유선 리드 또는 무선 연결에 의해 동작가능하게 커플링될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 하드웨어 프로세서 뿐만 아니라 디지털 메모리, 이를테면 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브들)를 포함할 수 있으며, 이들 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱, 및 저장을 보조하기 위해 활용될 수 있다. 선택적으로, 로컬 프로세서 및 데이터 모듈(140)은 하나 또는 그 초과의 CPU(central processing unit)들, GPU(graphics processing unit)들, 전용 프로세싱 하드웨어 등을 포함할 수 있다. 데이터는, a) (예컨대, 프레임(80)에 동작가능하게 커플링되거나 또는 그렇지 않으면 사용자(90)에 부착될 수 있는) 센서들, 이를테면 이미지 캡처 디바이스들(이를테면, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로들, 및/또는 본원에서 개시된 다른 센서들로부터 캡처되고; 그리고/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(150) 및/또는 원격 데이터 저장소(160)(가상 콘텐츠에 관련된 데이터를 포함함)를 사용하여 획득 및/또는 프로세싱되어, 가능하게는, 그러한 프로세싱 또는 리트리벌 이후 디스플레이(70)에 전달되는 데이터를 포함할 수 있다. 원격 프로세싱 모듈(150) 및 원격 데이터 저장소(160)가 서로 동작가능하게 커플링되고, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 대한 자원들로서 이용가능하도록, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 이들 원격 모듈들(150, 160)에 통신 링크들(170, 180)에 의해, 이를테면 유선 또는 무선 통신 링크들을 통해 동작가능하게 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 및/또는 자이로들 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이들 센서들 중 하나 또는 그 초과는 프레임(80)에 부착될 수 있거나, 또는 유선 또는 무선 통신 경로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)과 통신하는 독립형 구조들일 수 있다.

[0277] [0220] 도 9d를 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(150)은, 예컨대, 하나 또는 그 초과의 CPU(central processing unit)들, GPU(graphics processing unit)들, 전용 프로세싱 하드웨어 등을 포함하는, 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석 및 프로세싱하도록 구성된 하나 또는 그 초과의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는, 인터넷, 또는 "클라우드" 자원 구성의 다른 네트워킹 구성을 통해 이용가능할 수 있는 디지털 데이터 스토리지 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는, 정보, 예컨대 증강 현실 콘텐츠를 생성하기 위한 정보를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(150)에 제공하는 하나 또는 그 초과의 원격 서버들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 모든 데이터가 저장되고, 모든 컴퓨테이션들이 수행되어, 원격 모듈로부터의 완전히 자율적인 사용을 허용한다. 선택적으로, CPU들, GPU들 등을 포함하는 외부 시스템(예컨대, 하나 또는 그 초과의 프로세서들, 하나 또는 그 초과의 컴퓨터들의 시스템)은 프로세싱(예컨대, 이미지 정보를 생성하는 것, 데이터를 프로세싱하는 것)의 적어도 일부분을 수행하며, 예컨대, 무선 또는 유선 연결들을 통해 모듈들(140, 150, 160)에 정보를 제공하고 모듈들(140, 150, 160)로부터 정보를 수신할 수 있다.

[0278] 깊이 평면 구성들

[0279] [0221] 이제 도 10a 및 10b를 참조하면, 매칭된 원근조절-이접운동 거리들 및 미스매칭된 원근조절-이접운동 거리들의 예들이 각각 예시된다. 도 10a에 예시된 바와 같이, 디스플레이 시스템은 가상 객체의 이미지들을 각각의 눈(210, 220)에 제공할 수 있다. 이미지들은 눈들(210, 220)로 하여금, 눈들이 깊이 평면(240) 상의 포인트(15) 상에 수렴하는 이접운동 상태를 가정하게 할 수 있다. 게다가, 이미지들은 그 깊이 평면(240)의 실제 객체들에 대응하는 파면 곡률을 갖는 광에 의해 형성될 수 있다. 결과적으로, 눈들(210, 220)은, 이미지들이 그 눈들의 망막들 상에 포커싱되는 원근조절 상태를 가정한다. 따라서, 사용자는 가상 객체를 깊이 평면(240) 상의 포인트(15)에 있는 것으로 인지할 수 있다.

[0280] [0222] 눈들(210, 220)의 원근조절 및 이접운동 상태들 각각이 z-축 상의 특정 거리와 연관된다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 눈들(210, 220)로부터의 특정 거리에 있는 객체는 그 눈들로 하여금 객체의 거리들에 기반하여 특정 원근조절 상태들을 가정하게 한다. 특정 원근조절 상태와 연관된 거리는 원근조절 거리(A_d)로 지칭될 수 있다. 유사하게, 특정 이접운동 상태들의 눈들과 연관된 특정 이접운동 거리들(V_d), 또는 서로에 대한 포지션들이 존재한다. 원근조절 거리와 이접운동 거리가 매칭하는 경우, 원근조절과 이접운동 간의 관계는 생리학적으로 정확하다고 지칭될 수 있다. 이것은 뷰어에 대한 가장 편안한 시나리오인 것으로 고려된다.

[0281] [0223] 그러나, 입체적인 디스플레이들에서, 원근조절 거리와 이접운동 거리는 항상 매칭하지는 않을 수 있다. 예컨대, 도 10b에 예시된 바와 같이, 눈들(210, 220)에 디스플레이된 이미지들은 깊이 평면(240)에 대응하는 파면 발산으로 디스플레이될 수 있으며, 눈들(210, 220)은 그 깊이 평면 상의 포인트들(15a, 15b)이 포커싱되는 특정 원근조절 상태를 가정할 수 있다. 그러나, 눈들(210, 220)에 디스플레이되는 이미지들은, 눈들(210, 220)로 하여금 깊이 평면(240) 상에 로케이팅되지 않는 포인트(15) 상으로 수렴하게 하는 이접운동에 대한 큐들을 제공할 수 있다. 결과적으로, 일부 실시예들에서, 원근조절 거리는 눈들(210, 220)의 출사동들로부터 깊이 평면(240)까지의 거리에 대응하는 반면, 이접운동 거리는 눈들(210, 220)의 출사동들로부터 포인트(15)까지의 더 큰 거리에 대응한다. 원근조절 거리는 이접운동 거리와는 상이하다. 따라서, 원근조절-이접운동 미스매치가 존재한다. 그러한 미스매치는 바람직하지 않은 것으로 고려되며, 사용자에게 불편함을 야기할 수 있다. 미스매치가 거리(예컨대, $V_d - A_d$)에 대응하며, 디옵터를 사용하여 특징화될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0282] [0224] 일부 실시예들에서, 눈들(210, 220)의 출사동들 이외의 참조 포인트는, 동일한 참조 포인트가 원근조절 거리 및 이접운동 거리에 대해 활용되는 한, 거리를 결정하기 위해 활용될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 거리들은 각막으로부터 깊이 평면까지, 망막으로부터 깊이 평면까지, 아이피스(예컨대, 디스플레이 디바이스의 도파관)로부터 깊이 평면까지 등에서 측정될 수 있다.

[0283] [0225] 원근조절-이접운동 미스매치들에 대한 잠재성, 그러한 미스매치들이 일반적으로 바람직하지 않다는 지각, 및 거의 무한 수의 가능한 이접운동 큐들을 제공하기 위한 디스플레이 시스템들의 능력으로 인해, 많은 수의 가능한 이접운동 큐들과 가능한 가깝게 매칭하도록 많은 수의 가능한 원근조절 큐들을 제공하기 위해 많은 수의 깊이 평면들 상에서 가상 콘텐츠를 제공할 수 있는 디스플레이 시스템을 제공하는 것이 바람직한 것으로 고려되었다. 그러나, 본원에서 주목되는 바와 같이, 많은 수의 깊이 평면들은 많은 수의 연관된 도파관들을 필요로 할 수 있다. 이것은, 광이 뷰어에 도달하기 위해 전파되어야 하는 스택 내의 많은 수의 광학적으로 액티브한 피처들로 인해 (디스플레이에 의해 투사된 이미지 콘텐츠 및 외부 세계로부터 수신된 광 둘 모두에 대해)

가능하게는 광학 수차들 외에도, 편안하지 않을 수 있고, 또한 제조하는 데 난제일 수 있는 크고 무거운 디바이스들을 바람직하지 않게 초래할 수 있다.

[0284] [0226] 유리하게, 신뢰성있는 3차원 경험이, 상대적으로 작은 수의 깊이 평면들 상에서 가상 콘텐츠를 제공하는 디스플레이 시스템을 사용하여 달성될 수 있다는 것이 발견되었다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템에 의해 제공된 깊이 평면들의 총 수는 2일 수 있다. 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템에 의해 제공된 깊이 평면들의 총 수는 1일 수 있다. 게다가, 2개 초과의 깊이 평면들을 갖는 디스플레이 시스템들이 고려된다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 깊이 평면들의 총 수는 4 또는 그 미만, 또는 3 또는 그 미만일 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 깊이 평면들의 총 수는, 디스플레이 시스템이 사용자에게 얼마나 가깝게 가상 객체들을 디스플레이하도록 예상되는지에 기반하여 특정 애플리케이션에 맞춰질 수 있다. 예컨대, 깊이 평면들의 수는 사용자에 대한 가상 객체들의 거리를 감소시킴에 따라 증가할 수 있다.

[0285] [0227] 이론에 의해 제한되지 않으면서, 사용자들이 0.25 디옵터, 0.33 디옵터, 및 최대 대략 0.5 디옵터의 원근조절-이접운동 미스매치들을 생리학적으로 정확한 것으로 여전히 인지할 수 있다고 여겨진다(그 미스매치 자체는 상당한 불편함을 야기하지 않음). 그 결과, 특정 범위 내의 미스매치들에 대한 뷰어의 허용오차를 고려하면, 제한된 수의 깊이 평면들로 생리학적으로 정확한 원근조절-이접운동 미스매치들을 제공하는 것이 가능하다. 디스플레이되는 콘텐츠에 따라, 깊이 평면들의 수는 하나 또는 2개일 수 있다. 일부 다른 실시예들에서는, 본원에서 논의된 바와 같이, 2개보다 더 많은 깊이 평면들이 또한 구현될 수 있다.

[0286] [0228] 일부 실시예들에서, z-축 상의 깊이 평면들의 배치는 광학 무한대를 참조하여 선택된다. 도 11은 수용가능한 원근조절-이접운동 미스매치들을 고려한 깊이 평면 배치의 예를 예시한다. z-축 상의 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 생리학적으로 수용가능한 원근조절-이접운동 미스매치 내에 있는 거리에 있도록 선택될 수 있다. 미스매치는 바람직하게 대략 0.5 디옵터 또는 그 미만, 더 바람직하게 대략 0.33 디옵터 또는 그 미만, 또는 대략 0.25 디옵터 또는 그 미만이다. 일부 실시예들에서, 대략 0.55 디옵터의 미스매치가 고려된다. 이런 깊이 평면이 디스플레이에 의해서 제공되는 가장 먼 깊이 평면인 것으로 고려될 수 있고 그리고 광학 무한대 미만에 있다는 것이 인지될 것이다.

[0287] [0229] 부가적인 깊이 평면이 또한 뷰어(60)에게 더 가까이 제공될 수 있다. 바람직하게, 이런 부가적인 깊이 평면은 수용가능한 원근조절-이접운동 미스매치의 2X 또는 그 미만만큼 다른 깊이 평면으로부터 이격된다. 예컨대, 2개의 깊이 평면들 간의 간격은 바람직하게 대략 1.0 디옵터 또는 그 미만, 더 바람직하게 대략 0.66 디옵터 또는 그 미만(예컨대, 0.667 디옵터 또는 그 미만), 또는 대략 0.5 디옵터 또는 그 미만이다.

[0288] [0230] 도 11을 계속 참조하면, 예시된 예에서, 2 깊이 평면 구성이 도시되어 있다. 비교적 가까운 깊이 평면(3000)(뷰어(60)에 대해 결정된 근접성)은 1.0 dpt에 제공되고, 가장 먼 깊이 평면(3002)은 0.3 dpt(대략 0.33 dpt를 포함함)에 제공된다. 깊이 평면들(3000 및 3002)은 1.0 dpt 미만만큼 분리된다. 예시된 바와 같이, ± 0.3 dpt의 수용가능한 미스매치 범위를 가정하면, 깊이 평면(3000)은 3000a 및 3000b에 의해서 정의된 수용가능한 원근조절-이접운동 미스매치들의 구역을 갖는다. 유리하게, 이론에 의해 제한되지 않으면서, 수용가능한 미스매치 범위 내에서 사용자로부터 떨어진 거리들에 있는 가상 객체들을 묘사하는 이미지 콘텐츠는, 사용자에게 불편할 수 있고 사용자에 의해 검출가능한 원근조절-이접운동 미스매치를 야기하지 않으면서 깊이 평면(3000) 상에 디스플레이될 수 있는 것으로 여겨진다.

[0289] [0231] 하위 경계(3000a)는 자신과 뷰어(60) 간에 갭을 계속 남겨 둔다는 것이 인지될 것이다. 미스매치가 0.3 dpt이도록 선택되었기 때문에, 0.5 dpt 내에 있는 공간(3008)이 계속 존재한다. 그 결과, 일부 콘텐츠가 이 거리에서 계속 디스플레이될 수 있다. 바람직하게, 이것은 수용가능한 미스매치들의 외부 범위에 있기 때문에, 본원에서 논의된 바와 같이, 콘텐츠의 지속기간 및/또는 공간 주파수는 제한될 수 있다.

[0290] [0232] 도 12는 수용가능한 원근조절-이접운동 미스매치를 고려한 깊이 평면 배치의 다른 예를 예시한다. 이 예에서는, 광학 무한대의 수용가능한 미스매치 내에 가장 먼 깊이 평면(3002)을 배치하기보다는, 가장 먼 깊이 평면(3002)이 광학 무한대를 갖는 수용가능한 원근조절-이접운동 미스매치보다 더 큰 미스매치에서 z-축을 따른 깊이에 배치될 수 있다. 그런 구성에서, 이접운동 큐들에 기반하여 콘텐츠 광학 무한대를 배치하는 것은 0.6 dpt의 깊이 평면(3002)에 대응하는 파면 발산을 갖는 도파관 출력 광에 의해서 제공되는 원근조절 큐들과의 불편할 수 있는 미스매치를 제공할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 그런 구성은 도 11의 구성보다 사용자(60)에게 더 가까이 콘텐츠가 디스플레이되게 할 수 있다. 예컨대, 도 12의 어레인지먼트가 적절한 원근조절-이접운동 매칭을 유지하면서 콘텐츠를 제공할 수 있는 가장 가까운 깊이는 63 cm이다. 반면에, 도 11의 어레인지먼트에 대한 가장 가까운 깊이는 76 cm이다.

[0291] [0233] 도 13은 단일 깊이 평면 디스플레이 시스템에 대한 원근조절-이접운동 미스매치의 플롯의 예를 예시한다. 점선은 뷰어로부터 상이한 (가상) 거리들에서의 원근조절-이접운동 미스매치를 도시한다. 수평 축은 뷰어로부터의 거리에 대응하고, 수직 축은 AVM으로도 또한 지칭되는 원근조절-이접운동 미스매치에 대응한다. 단일 깊이 평면은 2 m에 포지셔닝되고, 이는 제로의 미스매치와 대응한다. 유리하게, 2 m보다 더 큰 거리들(예컨대, z=2m부터 z=광학 무한대까지)에서는, 원근조절-이접운동 미스매치가 항상 0.5 dpt 아래로 유지된다. 더 가까운 거리들에서는, 미스매치가 증가하고, 뷰어로부터 1 m 미만의 거리에서는, 생리학적으로 정확한 것으로 여겨지는 것을 미스매치가 초과할 수 있다. 뷰어로부터 1 m 미만의 거리들에서는, 그 거리의 이미지 콘텐츠를 단순히 뷰잉하는 것이 불편한 것으로 예상될 수 있다.

[0292] [0234] 도 14는 2 깊이 평면 디스플레이 시스템 및 1 깊이 평면 디스플레이 시스템에 대한 원근조절-이접운동 미스매치의 플롯의 예를 예시한다. 실선은 2 깊이 평면들 시스템을 도시하고, 점선은 단일 깊이 평면 시스템을 도시한다. 뷰어로부터 더 먼 거리들에서의 원근조절-이접운동 미스매치는 2 깊이 평면 시스템에 대해서 더 작다는 것 및 2 깊이 평면 시스템은 수용가능한 미스매치 값을 계속 유지하면서 콘텐츠가 뷰어에게 더 가까운 거리들에서 디스플레이되게 할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 실시예들에서, 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 수용가능한 미스매치 값 내에 있을 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 수용가능한 미스매치는 대략 0.5 dpt 또는 그 미만, 대략 0.33 dpt 또는 그 미만, 또는 대략 0.25 dpt 또는 그 미만일 수 있다. 예시된 바와 같이, 수용가능한 미스매치는 0.33 dpt일 수 있다. 일부 실시예들에서, 가장 먼 깊이 평면은 0.33 dpt(사용자로부터 3 m에 대응함)로 세팅될 수 있고, 더 가까운 제2 깊이 평면은 수용가능한 미스매치의 2배와 동일한 값, 예컨대 0.33 dpt × 2, 또는 0.66 dpt 만큼 가장 먼 깊이 평면으로부터 안쪽으로 세팅될 수 있다. 그 결과, 일부 실시예들에서, 더 가까운 제2 깊이 평면은 1 dpt로 세팅될 수 있다.

[0293] [0235] 도 14를 계속 참조하면, 우측으로부터 좌측으로 실선의 플롯을 따라 진행하면서(사용자의 눈들로부터의 거리를 감소시킴에 따라), 원근조절-이접운동 미스매치는 0.33 dpt의 미스매치 값이 관측될 때까지 증가한다. 그 결과, 0.33 dpt로 가장 먼 깊이 평면의 예시적인 배치가 주어지는 경우, 1.2 m 내지 무한대의 거리들에 있는 가상 객체들에 대한 이미지 콘텐츠는 주목할 만한 불편함이 없이 동일한 깊이 평면(사용자의 눈들로부터 3 m 또는 0.33 dpt로 세팅됨) 상에 디스플레이될 수 있는데, 그 이유는 이런 범위 내의 모든 이미지 콘텐츠가 수용가능한 미스매치 내에 있기 때문이다. 1.2 m 보다 가까운 거리들에 있는 가상 객체들의 경우, 예시된 바와 같이, 제2 깊이 평면이 제공될 수 있다. 위에서 주목된 바와 같이, 제2 깊이 평면은 1 dpt에 있을 수 있다.

[0294] [0236] 0.33 dpt의 수용가능한 미스매치에 의해서 표현되는 거리가 더 작아지게 될수록, 깊이 평면은 사용자에게 더 가까이 배치된다는 것이 인지될 것이다. 일부 다른 실시예들에서는, 1 dpt 깊이 평면으로부터 0.33 dpt 만큼 분리되어 제공되는 최소 거리보다 더 가까운 거리에서 가상 객체들을 디스플레이하는 것이 바람직할 수 있다. 예시된 바와 같이, 0.75 m 또는 그 미만의 거리들에서, 수용가능한 미스매치 값은 0.33 dpt 위로 증가한다. 그 결과, 하나 또는 그 초과의 부가적인 깊이 평면들이 더 가까운 거리들에서 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 제공될 수 있다. 예컨대, 0.75 m 보다 가까운 거리들에서 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 제3 깊이 평면이 형성될 수 있다. 깊이 평면들 각각이 가장 가까운 이웃 깊이 평면으로부터 수용가능한 미스매치의 2배 또는 그 미만만큼 분리된다는 것이 인지될 것이다.

[0295] [0237] 도 15는 2 깊이 평면 디스플레이 시스템 및 1 깊이 평면 디스플레이 시스템에 대한 원근조절-이접운동 미스매치의 플롯의 다른 예를 예시한다. 이런 예에서, 2 평면 시스템의 가장 먼 깊이 평면은 단일 깊이 평면 시스템과 동일한 거리(2 m 또는 0.5 dpt)에 포지셔닝된다. 특히, 단일 깊이 평면보다 먼 거리들에서의 미스매치들은 등가이다. 이런 예에서, 2 평면 시스템의 주요한 장점은 수용가능한 미스매치 값을 유지하면서 단일 평면 시스템보다 뷰어에게 더 가까운 거리들에 콘텐츠를 제공하는 능력이다.

[0296] [0238] 도 11-15에서 확인되는 바와 같이, 일부 타입들의 이미지 콘텐츠의 경우에, 단일 깊이 평면을 갖는 디스플레이 시스템은 비교적 큰 범위의 거리들에 걸쳐 신뢰성있는 3-D 경험을 허용하면서 생리학적으로 정확한 원근조절-이접운동 매치를 획득하기에 충분할 수 있다. 바람직하게, 가장 먼 깊이 평면은, 하나 또는 다중 깊이 평면 디스플레이 시스템에 있는지 여부와 관계없이, 광학 무한대 미만에 있고, 그리고 광학 무한대의 수용가능한 미스매치 범위 내에 있다. 일부 다른 실시예들에서, 가장 먼 깊이 평면은 광학 무한대의 수용가능한 미스매치 내에서 세팅될 수 있다. 일부 실시예들에서, 단일 깊이 평면 시스템은 그 시스템에 의해서 디스플레이될 이미지 콘텐츠의 타입에 따라 세팅되는 깊이 평면의 포지션을 가질 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 깊이 평면은, 특히 이미지 콘텐츠가 뷰어에게 비교적 가까운 것으로 예상되는 애플리케이션들에서는, 예시된 것보다 뷰어에게 더 가까이 세팅될 수 있다. 따라서, 도 11-15를 참조하면, 디스플레이 시스템은 이산 단계들에서 원

근조절 큐들을 제공하도록 구성될 수 있는데 반해, 거의 무한 수의 상이한 이접운동 큐들이 제공될 수 있다.

[0297] 깊이 평면 스위칭

[0299] *300[0239] 본원에서 설명된 바와 같이, 다양한 실시예들에 따른 디스플레이 시스템들(예컨대, 증강 현실 디스플레이 시스템들, 이를테면 도 9d의 디스플레이 시스템(60))은 오버랩 깊이 평면들을 활용할 수 있다. 다초점 모드에서, 디스플레이 시스템은 사용자가 응시하고 있는 깊이를 결정할 수 있고, 그리고 응시 깊이에 기반하여 가상 콘텐츠를 제시하기 위한 깊이 평면을 선택할 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은 사용자가 응시하고 있는 3차원 응시 포인트를 결정하고, 그리고 깊이 평면을 선택하기 위해 그 응시 포인트의 결정된 깊이를 활용할 수 있다. 응시 깊이를 결정하는 것과 연관된 에러들은 응시 깊이의 위치에 대해 불확실성을 유발할 수 있다. 이들 에러들이 주어지는 경우에, 응시 포인트의 연속적인 측정들은 상이한 결과들을 제공할 수 있다. 이들 상이한 결과들이 2개의 깊이 평면들 간의 경계에서 발생하는 경우에는, 응시 포인트의 연속적인 측정들이 2개의 깊이 평면들 사이에서 왔다갔다 이동하는 응시 포인트를 갖는 결과들을 제공하기 때문에, 변화하는 결과들이 디스플레이 시스템으로 하여금 그 2개의 깊이 평면들 사이에서 신속히 왔다갔다 스위칭하게 할 수 있다. 그 결과, 가상 콘텐츠를 사용자에게 제시하는 동안에는, 디스플레이 시스템이 그 가상 콘텐츠를 제시하기 위해 깊이 평면 사이에서 왔다갔다 스위칭하기 때문에, 플리커링 또는 다른 가상 아티팩트들이 유발될 수 있다.

[0300] [0240] 위에서 설명된 시각적 아티팩트들을 완화시키기 위해서 깊이 오버랩들이 활용될 수 있다. 본원에서 설명된 바와 같이, 인접 깊이 평면들은 z-축을 따라 부분적으로 오버랩하는 연관된 깊이 평면 범위들을 가질 수 있다(예컨대, 인접 깊이 평면들은 z-축을 따라 특정 범위의 깊이들에서 오버랩할 수 있다). 그러한 오버랩의 예시적인 표현은 도 17에 예시되어 있고, 그리고 아래에서 추가로 설명된다. 일부 실시예들에서, 깊이 오버랩의 크기는 응시 포인트들을 결정하는 것(예컨대, 사용자가 응시하고 있는 깊이들을 결정하는 것)과 연관되는 추정된 불확실성에 기반할 수 있다. 깊이 오버랩을 활용하여, 디스플레이 시스템은, 사용자가 (1) 특정 깊이 평면과 연관된 깊이 평면 범위 내에 오로지 응시하고 있다는 것 및/또는 (2) 특정 깊이 평면과 연관된 깊이 오버랩 내에 응시하고 있다는 것을 식별하는 것에 기반하여 가상 콘텐츠를 제시할 특정 깊이 평면을 선택할 수 있다. 만약 사용자의 응시 포인트가 상이한 깊이 평면과 오로지 연관된 깊이 평면 범위 내에 있도록 사용자가 그 응시 포인트를 변화시킨다면, 디스플레이 시스템은 상이한 깊이 평면으로 스위칭할 수 있다. 예컨대, 사용자의 결정된 응시 포인트가 특정 깊이 평면이 포함하는 깊이들(예컨대, 특정 깊이 평면이 오로지 포함하는 깊이들, 또는 특정 깊이 평면 및 인접 깊이 평면이 포함하는 깊이 오버랩에 포함된 깊이들) 중 임의의 깊이에 있는 동안에, 디스플레이 시스템은 특정 깊이 평면 상의 가상 콘텐츠를 계속 제시할 수 있다. 만약 이어서 사용자가 특정 깊이 평면이 포함하지 않는 깊이들을 응시하고 있다면, 디스플레이 시스템은 상이한 깊이 평면으로 스위칭할 수 있다.

[0301] [0241] 일부 실시예들에서, 응시 포인트는, (1) x-축(예컨대, 가로 축), (2) y-축(예컨대, 수직 축), 및 (3) z-축(예컨대, 포인트의 깊이, 예컨대, 사용자의 눈들의 출사동들로부터 응시 포인트까지의 깊이)을 따라 공간에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은, 각각의 눈의 시선 방향을 결정하기 위해, 사용자의 눈들(예컨대, 각각의 눈의 동공 및/또는 각막 등)을 모니터링하기 위한 카메라들과 같은 센서들(예컨대, 도 6의 센서(630))을 활용할 수 있다. 각각의 눈의 시선 방향은, 눈의 렌즈의 중심을 통해 중심와로부터 연장되는 벡터와 평행한 것으로 이해될 수 있다. 디스플레이 시스템은 눈들과 연관된 벡터들이 교차하는 곳을 외삽(extrapolate)하도록 구성될 수 있으며, 이러한 교차지점 포인트는 눈들의 응시 포인트인 것으로 이해될 수 있다. 다른 방식으로 언급하자면, 응시 포인트는, 사용자의 눈들이 이접운동하는 3-차원 공간 내의 위치일 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은, 예컨대 급속한 움직임들(예컨대, 단속적 운동들, 미세 단속적 운동들) 동안의 사용자의 눈들의 작은 움직임들을 필터링할 수 있고, 눈들이 3-차원 공간 내의 위치를 응시한다고 결정할 시 응시 포인트를 업데이트할 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 임계 지속기간 미만 동안 포인트를 응시하는 눈의 움직임들을 무시하고 그리고/또는 불수의적(involuntary) 눈 움직임들(예컨대, 깜박거림들)을 무시하도록 구성될 수 있다.

[0302] [0242] 도 16은, 사용자가 응시 포인트(1604)를 응시하는 예를 예시한다. 예컨대, 사용자는, 2개의 깊이 평면들(240b, 240a)을 포함할 수 있는 디스플레이 시스템(예컨대, 위에서 설명된 바와 같은 다초점 디스플레이 시스템)을 활용할 수 있다. 각각의 깊이 평면(240b, 240a)은, 특정 깊이 범위(예컨대, 각각, 깊이 평면 구역(1809), 깊이 평면 구역(1808))를 포함할 수 있다. 예시된 바와 같이, 깊이 평면 구역(1809)은, 깊이 평면(1808)과 별개이고 그에 바로 인접한다. 이러한 방식으로, 만약 응시 포인트(1604)가 예컨대 깊이 평면 구역(1809) 내에 있다면, 디스플레이 시스템은, 가상 콘텐츠를 제시할 깊이 평면(240b)을 선택할 수 있다. 이어서, 가상 콘텐츠는, 깊이 평면(240b)과 연관된 원근조절에 대한 큐들과 함께 가상 콘텐츠가 출력되도록, 깊이 평면

(240b)에서 제시될 수 있다. 예로서, 디스플레이 시스템은, 원근조절(예컨대, 파면 발산들)에 대한 개개의 큐들과 함께 광을 출력하도록 구성되는 2개의 도파관들을 포함할 수 있으며, 각각의 도파관은 깊이 평면에 대응한다.

[0303] [0243] 도 16의 예는 2개의 깊이 평면들이 포함되는 것을 표시하지만, 본원에서 설명된 기법들을 활용하는 디스플레이 시스템에는 임의의 수의 깊이 평면들(및 그들의 연관된 깊이 평면 범위들)이 포함될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예시된 바와 같이, 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈들(210, 220)이 특정 응시 포인트(1604)를 응시(예컨대, 이접운동)한다는 것을 결정한다. 일부 시나리오들에서, 결정된 응시 포인트(1604)는, 깊이 평면 구역(1809)과 깊이 평면 구역(1808) 사이의 경계 근위에 있는 깊이에 위치된다.

[0304] [0244] 응시 포인트(1604)와 연관된 추정된 결정 에러(1605)가 예시된다. 위에서 설명된 바와 같이, 에러들은, 디스플레이 시스템이 응시 포인트들을 결정할 때 유발될 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈들(210, 220) 각각의 시선을 정확하게 결정하지 못할 수 있다. 예컨대, 눈의 기하학적 구조에 기반하여 결정된 눈의 광학 축은, 눈의 중심와로 이어지는 눈의 시각적 축과 상이할 수 있다. 디스플레이 시스템이 사용자의 눈들(210, 220) 및 그에 따른 광학 축을 모니터링하므로, 디스플레이 시스템의 응시 포인트 결정은, 시각적 축의 분석에 의해 주어질 정확한 위치로부터 벗어날 수 있다. 디스플레이 시스템은, 예컨대 디스플레이 시스템의 초기 사용 동안 사용자에 대한 트레이닝 정보에 액세스할 수 있고, 사용자는 시각적 축이 더 잘 결정될 수 있도록 시스템을 교정할 수 있지만, 에러들이 여전히 존재할 수 있다. 다른 예로서, 사용자의 눈들은 고유한 의학적 문제들을 가질 수 있거나 고유하게 포커싱할 수 있어서, 응시 포인트들의 추정들은 실제 응시 포인트로부터 벗어날 수 있다. 게다가, 눈을 추적하거나 이미징하는 데 활용되는 센서들이 또한, 결정된 응시 포인트에서의 에러들을 초래하는, 해상도에서의 에러들 또는 제한들을 가질 수 있다. 결과적으로, 디스플레이 시스템에 의해 결정된 응시 포인트는 일정 범위의 불확실성을 가질 수 있다. 따라서, 결정 에러(1605)는, 정확한 3-차원 응시 포인트에 대한 불확실성을 표현한다. 예컨대, 결정 에러(1605)는, 응시 포인트(1604)의 깊이에 대한 불확실성, 이를테면, 0.1 디옵터, 0.2 디옵터, 0.3 디옵터, 0.58 디옵터 등을 표시할 수 있다. 사용자가 응시하는 실제 깊이가 결정된 응시 포인트(1604)의 앞 또는 뒤일 수 있으므로, 사용자가 응시할 수 있는 실제3 차원 위치는, 결정 에러(1605)의 두 배인 깊이들의 범위에 포함된다.

[0305] [0245] 결정 에러(1605)가 깊이 평면 구역(1809) 및 깊이 평면 구역(1808)으로 확장되므로, 디스플레이 시스템은, 응시 포인트(1604)가 깊이 평면들(240B, 240A) 중 어느 하나가 포함하는 깊이에 있는 것으로 결정할 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 하나 또는 그 초과의 연속적인 프레임들에 대해 깊이 평면(240A)에서의 가상 콘텐츠를 제시하고, 깊이 평면(240B)에 있도록 제시를 스위칭할 수 있는 그러한 식이다. 상이한 깊이 평면들에서의 이미지들의 제시 간의 이러한 스위칭은 신속하게 발생할 수 있으며, 사용자에 대한 바람직하지 않은 시각적 아티팩트들을 도입할 수 있다. 예로서, 플리커가 사용자에게 명백할 수 있다. 다른 예로서, 상이한 깊이 평면으로 스위칭할 때, 원근조절 큐들이 조절될 것이어서(예컨대, 출력되는 광의 파면 발산이 깊이 평면들 각각에 대해 상이할 것임), 사용자가 자신의 포커스를 조절하는 것이 요구될 것이다.

[0306] [0246] 응시 포인트를 결정함에 있어서의 에러들로 인한 깊이 평면들 간의 원치 않는 스위칭의 발생을 최소화하기 위해, 깊이 평면 구역(1808)의 일부분 및 깊이 평면 구역(1809)의 일부분을 포함하는 깊이 오버랩이 활용될 수 있다. 설명될 바와 같이, 디스플레이 시스템은, 만약 결정된 응시 포인트가, (1) 오로지 특정 깊이 평면의 깊이 평면 범위 내에 있거나 또는 (2) 깊이 평면 구역(1808)과 깊이 평면 구역(1809) 간의 깊이 오버랩 내에 있다면, 특정 깊이 평면에서 계속 콘텐츠를 제시할 수 있다. 반면, 만약 사용자의 응시 포인트가 오로지 상이한 깊이 평면이 포함하는 깊이에 위치된다면, 디스플레이 시스템은, 그 깊이 평면으로 스위칭하여 상이한 깊이 평면에서 가상 콘텐츠를 제시할 수 있다.

[0307] [0247] 도 17은, 깊이 평면들(240A, 240B)의 인접 깊이 평면 구역들(1808, 1809) 간의 깊이 오버랩(1812)을 예시한다. 위에서 설명된 바와 같이, 3-차원 응시 포인트들을 결정하는 것은 에러 소스들을 포함할 수 있어서, 사용자가 응시하는 정확한 3-차원 위치에 대한 불확실성이 존재한다. 예컨대, 도 16에 예시된 결정 에러(1605)는, 사용자가 응시하는 깊이에 대한 불확실성을 야기할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 깊이 오버랩(1812)은, 디스플레이 시스템에 의해 이러한 결정 에러(1605)를 표현하는 데 활용될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 깊이 오버랩(1812)은 임의적으로 세팅된 크기를 가질 수 있다.

[0308] [0248] 예시된 바와 같이, 깊이 오버랩(1812)은, 깊이 평면 구역(1808) 및 깊이 평면 구역(1809) 둘 모두 내에 있다. 구체적으로, 도 17의 예에서, 깊이 평면 구역(1808)은, 말단 단부가 사용자의 눈들(210, 220)로부터 더 멀리 시프팅되도록 조정되었다. 이러한 방식으로, 사전에 오로지 깊이 평면 구역(1809) 내에만 있던 깊이 평면

범위가 이제 또한 조절된 깊이 평면(240B1)에 포함된다. 도 17의 예에서, 깊이 오버랩(1812)은, 도 16에 예시된 결정 에러(1605)의 크기의 두 배일 수 있는 깊이 범위를 포함한다. 일부 실시예들에서, 만약 디스플레이 시스템이 사용자의 응시 포인트를 특정 범위의 깊이들(예컨대, 0.1 디옵터, 0.2 디옵터 등) 내에 있는 것으로 신뢰가능하게 결정할 수 있다면, 깊이 오버랩은, 특정 범위의 깊이들만큼 인접 깊이 평면들로 확장될 수 있다.

[0309] [0249] 가상 콘텐츠를 제시할 때, 디스플레이 시스템은, 조절된 깊이 평면(240B1) 또는 깊이 평면(240A)에서 제시할 수 있다. 가상 콘텐츠를 제시할 특정 깊이 평면을 선택하기 위해, 깊이 오버랩은 어느 하나의 깊이 평면의 확장으로서 고려될 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 만약 사용자가 깊이 오버랩(1812)에 포함된 응시 포인트들을 포함하는 깊이 평면 구역(1808) 내의 응시 포인트들을 응시한다면, 깊이 평면(240A)에서 가상 콘텐츠의 제시를 유지할 수 있다. 그러나, 만약 사용자가 오로지 깊이 평면 구역(1809) 내의 응시 포인트를 응시한다면, 즉, 응시 포인트가 깊이 오버랩(1812)에 포함되지 않는다면, 시스템은, 조절된 깊이 평면(240B1)을 선택하여 가상 콘텐츠를 제시한다. 유사하게, 조절된 깊이 평면(240B1)에서의 가상 콘텐츠의 제시는, 만약 사용자가, 깊이 오버랩(1812) 내의 응시 포인트들을 포함하는 깊이 평면 구역(1809) 내의 응시 포인트들을 응시한다면 유지될 수 있다. 그러나, 응시 포인트가 깊이 평면 범위(1809) 또는 깊이 오버랩(1812) 외부로 이동하자마자, 깊이 평면(240A)이 가상 콘텐츠를 제시하도록 선택된다.

[0310] [0250] 도 18a-18b는, 하나 또는 그 초과의 깊이 평면 범위 오버랩들의 활용을 추가적으로 예시하기 위한, 디스플레이 시스템의 사용자의 시야(1800)의 표현을 예시한다. 시야(1800)는, 제1 깊이 평면(240A) 및 제2 깊이 평면(240B)의 표현들을 포함한다. 예시된 바와 같이, 깊이 평면 범위는, 각각의 깊이 평면과 연관된 실세계 공간의 볼륨(예컨대, 볼륨들(1808, 1809))을 정의할 수 있다. 예컨대, 깊이 평면 2(240B)의 깊이 평면 범위는, 깊이(240B-근위)로부터 깊이(240B-말단)까지 확장된다. 범위(240B-근위 내지 240B-말단) 내의 깊이에서 제시될 가상 객체에는, 깊이 평면 2(참조 번호 240B로 또한 식별됨)에 대응하는 파면 발산이 제시될 수 있다. 예로서, 가상 객체에 대한 광 포함 이미지 정보가 깊이 평면 2와 연관된 도파관을 통해 출력될 수 있다. 부가적으로, 범위(240B-근위 내지 240B-말단) 내의 깊이에서 제시될 임의의 가상 객체의 파면 발산은 동일할 수 있으며, 따라서, 깊이 평면 2와 연관될 수 있다. 깊이 평면들의 크기들 및 형상들은 도 18a에 예시된 것과 상이할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 깊이 평면들을 정의하는 볼륨들은, 일부 실시예들에서, 곡선형 또는 다른 임의적 형상들을 가질 수 있다.

[0311] [0251] 위에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈들이 응시될 응시 포인트를 결정할 수 있다. 만약 응시 포인트가 범위(240B-근위 내지 240B-말단) 내에 속한다면, 디스플레이 시스템은, 깊이 평면 2(240B)와 연관된 파면 발산과 함께 가상 콘텐츠를 제시할 수 있다. 이어서, 만약 사용자가 깊이 평면 1(240A)이 포함하는 깊이 평면 범위 내에 속하는 위치를 응시한다면, 디스플레이 시스템은, 깊이 평면 1(240A)과 연관된 파면 발산과 함께 콘텐츠를 제시할 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 시스템은 다초점 디스플레이 시스템일 수 있어서, 사용자에게 제시되는 임의의 프레임에 대해 단일 깊이 평면이 활용된다. 예컨대, 각각의 프레임에 대한 모든 가상 콘텐츠를 출력하기 위해 하나의 도파관이 활용될 수 있다.

[0312] [0252] 예시된 바와 같이, 깊이 평면 1(240A) 및 깊이 평면 2(240B)는, 사용자의 눈들로부터의 특정 공칭 초점 깊이에 위치하는 것으로 각각 표시된다. 예컨대, 깊이 평면 2(240B)는 사용자로부터의 인지된 공칭 깊이로 세팅되는 것으로 표시되어서, 만약 깊이 평면 2(240B)가 가상 콘텐츠를 제시하도록 선택된다면, 가상 콘텐츠는 공칭 깊이와 연관된 원근조절에 큐를 제공할 것이다. 이러한 방식으로, 원근조절만을 고려한, 가상 콘텐츠의 인지된 깊이는 공칭 깊이가 될 것이다. 일부 실시예들에서, 각각의 깊이 평면 범위는 (예컨대, 디옵터 단위로) 동일한 크기일 수 있고, 예컨대 깊이들의 동일한 범위를 포함할 수 있다. 예로서, 깊이 평면 2(240B)는 1 디옵터의 공칭 깊이로 세팅될 수 있고, 0.66 디옵터 내지 1.33 디옵터의 깊이 평면 범위를 포함할 수 있다. 유사하게 그리고 예로서, 깊이 평면 1(240A)은 0.33 디옵터의 공칭 깊이로 세팅될 수 있고, 0 디옵터 내지 0.66 디옵터의 깊이 평면 범위를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 디스플레이 시스템은 0 디옵터 내지 1.33 디옵터의 전체 깊이 평면 범위를 포함할 수 있다. 도 18a의 예가 2개의 깊이 평면들을 예시하지만, 전체 깊이 평면 범위를 추가로 분해(break up)하고, 그리고/또는 허용가능한 원근조절-이접운동 미스매치를 초과하지 않으면서, 사용자가 가상 콘텐츠를 얼마나 가까이(예컨대, 사용자 근위에) 응시할 수 있는지를 증가시키는 부가적인 깊이 평면들이 활용될 수 있다(예컨대, 전체 깊이 평면 범위의 근위 깊이는 1.66 디옵터, 2 디옵터 등으로 세팅될 수 있음).

[0313] [0253] 각각의 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위는 선택적으로, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차에 기반할 수 있어서, 깊이 평면에서의 가상 콘텐츠의 제시와 연관된 원근조절 큐들은, 뷰어 불편함을 야기할 정도로 이접운동 큐들과 지나치게 미스매칭되지는 않을 것이다. 0 디옵터 내지 0.66 디옵터인 깊이 평면 1(240A)이

포함하는 깊이 평면 범위의 예에 대해, 깊이 평면 1(240A)에서 제시되는 가상 콘텐츠의 원근조절 큐들은 0.33 디옵터에 대응할 수 있다. 이러한 예에서, 임계 이접운동-원근조절 미스매치는 0.33 디옵터일 수 있고, 다른 예들에서, 미스매치는 0.2 디옵터, 0.5 디옵터, 또는 뷰어 불편함을 회피하기 위한 임의의 다른 적절한 값일 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차는, 이접운동 큐들 및 원근조절 큐들과 연관된 가상 콘텐츠의 인지된 깊이의 최대 차이를 표시한다. 이접운동 큐들과 원근조절 큐들 사이의 차이가 증가됨에 따라, 예컨대, 각각의 깊이 평면의 깊이 평면 범위가 너무 멀리 확장되면, 사용자는 네거티브 생리학적 반응들을 경험할 수 있다. 따라서, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차는, 각각의 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위들을 정의하기 위해 활용될 수 있다.

[0314] [0254] 도 18a의 예에서, 깊이 평면 1(240A)의 근위 범위는 깊이 평면 2(240B)의 말단 범위에 대응한다. 위에서 설명된 바와 같이, 도 16에 대해, 이 경계 근처에 위치하는 응시 포인트는 정확한 위치의 불확실성으로 인해 깊이 평면 1(240A) 또는 깊이 평면 2(240B)가 포함하도록 결정될 수 있다.

[0315] [0255] 도 18b는 깊이 오버랩(1812)이 포함된 시야(1800)의 표현을 예시한다. 예시된 바와 같이, 깊이 평면 2(240B)의 말단 경계는 깊이가 추가로 확장되어, 조절된 깊이 평면 2(240B1)는 오로지 깊이 평면 1(240A)에 의해서만 사전에 커버되었던 깊이들의 범위를 포함한다. 조절된 깊이 평면 2(240B1)가 도 18a에서와 동일한 깊이들의 범위를 커버하는 것을 보장하기 위해, 깊이 평면 2(240B1)의 근위 경계는 유사하게 깊이가 추가로 확장된다. 예컨대, 위에서 설명된 바와 같이, 깊이 평면이 포함하는 깊이들의 범위는 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차에 기반할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차는 포함되는 깊이들에 따를 수 있다. 예컨대, 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차는, 깊이에 있어서 더 가까운 깊이 평면 범위보다 사용자로부터 깊이에 있어서 더 깊은 깊이 평면 범위에 대해 더 클 수 있다. 예컨대, 깊이 평면 1(240A)은 깊이 평면 2(240B1)보다 크기가 더 큰 깊이 평면 범위를 포함하도록 구성될 수 있다. 유사하게, 깊이 평면의 공칭 초점 깊이는 말단 경계의 중간이 아닌 위치, 및 깊이 평면이 포함하는 깊이들의 근위 경계에 세팅될 수 있다. 예컨대, 말단 경계로부터 깊이 평면의 공칭 초점 깊이까지 포함되는 깊이들의 범위는, 공칭 초점 깊이로부터 깊이 평면의 근위 경계까지 포함되는 깊이들의 범위보다 더 클 수 있거나, 또는 그 반대의 경우도 가능하다.

[0316] [0256] 깊이 평면 2의 근위 경계 - 240B1 및 말단 경계 - 240B1이 더 깊이 시프트되었기 때문에, 깊이 평면 2(240B1)의 공칭 초점 깊이는 유사하게 조절되었다. 예컨대, 깊이 평면 2(240B1)의 공칭 초점 깊이는 근위 경계 - 240B1과 말단 경계 - 240B1 간의 중간에 배치될 수 있다. 이러한 방식으로, 깊이 평면 2(240B1)가 가상 콘텐츠를 제시하도록 선택될 때, 깊이 평면 2(240B1)와 연관된 도파관으로부터 출력되는 광은, 조절된 공칭 초점 깊이에 대응하는 파면 발산을 갖는 광을 제시할 것이다. 게다가, 깊이 평면 2(240B1)의 깊이의 시프팅으로 인해, 렌더링가능한 볼륨(1814)의 감소가 야기될 수 있다. 예컨대, 깊이 평면 2(240B1)에 의해 사전에 포함된 깊이들의 범위는 이제 포함되지 않을 수 있다.

[0317] [0257] 깊이 오버랩(1812)을 결정하는 예는 다음과 같다. 다음의 예에서, 예시적인 원근조절-이접운동 미스매치 허용오차는 0.33 디옵터이고, 예시적인 디스플레이 시스템은 0.33 디옵터의 공칭 초점 깊이로 세팅된 제1 깊이 평면 및 1 디옵터의 공칭 초점 깊이로 세팅된 제2 깊이 평면을 갖는 2개의 깊이 평면들을 포함한다.

[0318] [0258] 제2 깊이 평면의 공칭 초점 깊이를 결정하기 위해, 응시 포인트 결정 에러의 표시가 획득될 수 있다. 이어서, 공칭 초점 깊이는 응시 포인트 결정 에러에 기반하여 결정될 수 있다.

[0319] [0259] 예컨대, 일부 실시예들에서, 공칭 초점 깊이는 다음과 등가일 수 있다:

[0320] [0260] $$3*(\text{원근조절-수렴 미스매치 허용오차}) - 2*(\text{응시 포인트 결정 에러})$$

[0321] [0261] 0.1 디옵터의 예시적인 응시 포인트 결정 에러에 대해, 위의 예에서의 깊이 평면 2의 공칭 초점 깊이는 0.79 디옵터일 것이다. 원근조절 이접운동 미스매치가 0.33 디옵터이기 때문에, 깊이 평면 2의 깊이 평면 범위는 0.46 내지 1.12 디옵터일 것이다.

[0322] [0262] 따라서, 깊이 오버랩은 0.46 디옵터 내지 0.66 디옵터일 것이다. 예컨대, 깊이 평면 2의 말단 단부는 0.46 디옵터인 것으로 결정되고, 깊이 평면 1의 근위 단부는 0.66 디옵터일 것이다.

[0323] [0263] 다른 예로서, 0.25 디옵터의 응시 포인트 결정 에러의 경우, 깊이 평면 2의 공칭 초점 깊이는 0.49일 것이고, 깊이 평면 2의 깊이 평면 범위는 0.11 내지 0.82 디옵터일 것이다.

[0324] [0264] 예컨대, 1 디옵터로부터 0.49 디옵터로의, 공칭 초점 깊이에 대한 조절은 디스플레이 시스템에 포함된 하드웨어의 수정일 수 있다. 예컨대, 깊이 평면 2를 제시하는 도파관의 조절이 수행되어서, 도파관을 통해 출력되는 광의 파면 발산은 0.49 디옵터의 인지된 깊이에 대응할 수 있다. 선택적으로, 도파관은 디스플레이 시스템에 의해 실행되는 명령들을 통해 조절가능할 수 있다. 예로서, 일부 실시예들에서, 도 6에 대해 위에서 설명된 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 인가된 전기장들을 통해 조절가능한 회절 격자들일 수 있다. 이러한 방식으로, 응시 포인트 결정 에러에 대해 개선들이 이루짐에 따라, 결과적인 깊이 오버랩이 대응하여 감소될 수 있다. 도 19에 대해 아래에서 설명되는 바와 같이, 깊이 오버랩을 포함하여, 각각의 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위는 디스플레이 시스템에 의해 액세스가능한 정보로서 유지될 수 있다. 사용자에게의 제시를 위해 콘텐츠를 렌더링할 때, 디스플레이 시스템은 이러한 유지된 정보를 활용하여, 가상 콘텐츠를 제시할 깊이 평면을 선택할 수 있다.

[0325] [0265] 도 19는 가상 콘텐츠를 제시하기 위한 예시적인 프로세스(1900)의 흐름도이다. 편의상, 프로세스(1900)는 디스플레이 시스템(예컨대, 프로세싱 하드웨어 및 소프트웨어를 포함할 수 있고, 선택적으로는 하나 또는 그 초과의 컴퓨터들의 외부 시스템으로 정보를 또는 예컨대, 외부 시스템으로 프로세싱을 오프로드할 다른 프로세싱을 제공하고, 외부 시스템으로부터 정보를 수신할 수 있는 웨어러블 디스플레이 시스템(60)(도 9d))에 의해 수행되는 것으로 설명될 수 있다.

[0326] [0266] 블록(1902)에서, 디스플레이 시스템은 사용자의 눈들이 응시하고 있는 응시 깊이들을 결정한다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 렌더링되어 사용자에게 제시되고 있는 각각의 프레임에 대한 사용자의 눈들의 3차원 응시 포인트를 결정할 수 있거나, 또는 디스플레이 시스템은 렌더링되고 있는 각각의 프레임에 대한 응시 포인트들의 임계 개수를 결정할 수 있다. 예로서, 사용자에게 제시되고 있는 프레임들의 디스플레이 레이트는 특정 레이트(예컨대, 30 Hz, 60 Hz, 120 Hz 등)일 수 있고, 디스플레이 시스템은 더 높은 레이트(예컨대, 60 Hz, 120 Hz, 240 Hz 등)로 3차원 응시 포인트들을 결정할 수 있다. 이러한 방식으로, 디스플레이 시스템은, 사용자가 응시하고 있는 정확한 위치를 결정하기 위해, 결정된 3차원 응시 포인트들을 활용할 수 있다. 예컨대, 단속적 운동들, 일시적인 눈 움직임들, 이를테면, 사용자가 일시적으로 다른 것을 보는 것 등은 제거될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 시스템은 사용자의 눈들과 연관된 정보(예컨대, 눈들의 배향)를 모니터링하기 위한 센서들을 포함할 수 있다. 센서들의 비-한정적인 리스트는 적외선 센서들, 자외선 센서들, 및 가시 파장 광 센서들을 포함한다. 센서들은 선택적으로, 적외선, 자외선, 가시광, 및/또는 편광된 광을 사용자의 눈들 상으로 출력하고, 그리고 사용자의 눈들로부터 출력된 광의 반사들을 결정할 수 있다. 예로서, 적외선 광은 적외선 광 이미터에 의해 출력될 수 있고, 적외선 광 센서는 눈을 이미징하기 위해 사용될 수 있다. 광 이미터를 포함할 수 있는 센서는 도 6의 이미징 디바이스(630)에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0327] [0267] 디스플레이 시스템은, 각각의 눈과 연관된 시선(예컨대, 사용자의 눈으로부터 확장되는, 이를테면, 눈의 렌즈를 통해 중심와로부터 확장되는 벡터), 및 각각의 눈으로부터의 시선의 교차지점을 결정함으로써 사용자의 응시를 추적하기 위해 센서들을 활용할 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은 사용자의 눈들 상에 적외선 광을 출력할 수 있고, 눈으로부터의 반사들(예컨대, 각막 반사들)이 모니터링될 수 있다. 눈의 동공 중심(예컨대, 디스플레이 시스템은, 예컨대 적외선 이미징을 통해 동공의 센트로이드(centroid)를 결정할 수 있음)과 눈으로부터의 반사들 간의 벡터는 눈의 시선을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 시선들의 교차지점은 3차원 응시 포인트로서 할당될 수 있다. 선택적으로, 디스플레이 시스템은, 응시 포인트를 결정할 때, 디스플레이 시스템과 연관된 배향 정보(예컨대, 3차원 공간에서의 디스플레이 시스템의 배향을 설명하는 정보)를 활용할 수 있다.

[0328] [0268] 다른 예로서, 디스플레이 시스템은, 눈마다, 임계 개수의 광들, 예컨대 LED들(예컨대, 4개의 LED들)과 함께, 하나 또는 그 초과의 이미징 디바이스들(예컨대, 카메라들)을 활용할 수 있다. 임계 개수의 LED들은 각각의 눈을 비추는 광을 방출할 수 있고, 하나 또는 그 초과의 이미징 디바이스들은 각각의 눈의 하나 또는 그 초과의 이미지들을 캡처할 수 있다. 각각의 눈의 동공의 중심(예컨대, 센트로이드)은, 눈의 이미지들로부터 식별되는, 각각의 LED로부터의 광의 위치에 기반하여 결정될 수 있다(예컨대, LED들로부터의 4개의 글린트(glint)들이 각각의 이미지에서의 각각의 눈의 동공 상에서 보여질 수 있다). 이어서, 각각의 눈의 광학 축이 동공의 중심에 기반하여 결정될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 시스템의 사용 이전에, 디스플레이 시스템은 개별적인 사용자에 대해 교정될 수 있고, 선택적으로, 디스플레이 시스템은 하나 또는 그 초과의 사용자들에 대한 교정(예컨대, 트레이닝) 정보를 유지할 수 있다. 예컨대, 사용자들은 디스플레이 시스템들과 연관된 사용자 계정(user account)들을 가질 수 있고, 선택적으로, 디스플레이 시스템은 네트워크(예컨대, 인터넷)를 통해 디스플레이 시스템과 통신하는 외부 시스템에 의해 저장되는 교정 정보에 액세스할 수 있다. 교정의

예로서, 사용자는 공간에서의 객체의 실제-위치와 눈 시선을 상관시키도록 요구될 수 있으며, 그에 따라, 이들의 눈들의 광학 축과 이들의 눈들의 시각적 축 간의 차이의 결정이 이루어질 수 있게 된다. 예컨대, 타겟 객체는 임계 개수의 실세계 포지션들(예컨대, 5 포지션들, 9 포지션들, 12 포지션들)로 이동될 수 있으며, 그리고 시선 벡터들을 결정할 때 활용될 계수들을 특정하는 다항식 맵이 결정될 수 있다. 다항식 맵을 활용하여, 사용자의 시각적 축이 더 정확하게 결정될 수 있다. 선택적으로, 시선 벡터들을 결정하는 대신에, 사용자의 눈들의 동공들 간의 사용자의 동공 거리(interpupillary distance)(예컨대, 2개의 눈들의 동공들의 중심 간의 거리)가 활용될 수 있다. 예로서, 사용자에 더 가까운(예컨대, 근위) 객체들은 더 작은 동공 거리를 가질 수 있으며, 그리고 이러한 동공 거리들은 z-축을 따라 상이한 깊이들로 상관될 수 있다.

[0329] [0269] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은, 사용자가 뷰잉하고 있는 객체들을 추적하기 위해, 결정된 응시 포인트들을 모니터링하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은, 제1 가상 객체가 제시되는 3차원 위치에 대응하는 결정된 3차원 응시 포인트에 기반하여, 사용자가 제1 가상 객체를 뷰잉하고 있다고 결정할 수 있다. 부가적으로, 디스플레이 시스템은 사용자가, 가상 객체에 대응하지 않는 위치에 응시하고 있다고 결정할 수 있으며, 그리고 실세계 객체가 응시 포인트에 위치될 가능성이 있다고 결정할 수 있다.

[0330] [0270] 도 19를 계속 참조하면, 블록(1904)에서, 디스플레이 시스템은 사용자에게 제시하기 위한 가상 객체들과 연관된 위치 정보를 획득한다. 디스플레이 시스템은, 가상 객체들을 (예컨대, 위에서 설명된 바와 같이, 도파관들의 출력들을 통해) 사용자에게 제시하기 위해 렌더링하기 이전에, 그 가상 객체들과 연관된 3차원 위치 정보를 획득할 수 있다. 예컨대, 위에서 설명된 바와 같이, 가상 객체들은 콘텐츠가 실세계에 위치하는 것 처럼 보이도록 사용자에게 제시될 수 있다(예컨대, 콘텐츠는 사용자의 시야 내의 상이한 인지된 깊이들에 위치될 수 있다). 디스플레이 시스템은 주변 환경의 3차원 맵(이는 이러한 주변 환경 내의 임의의 가상 콘텐츠의 의도된 위치들을 포함함)을 포함할 수 있거나 또는 이러한 3차원 맵에 액세스할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 이러한 맵을 참조하여, 디스플레이 시스템은 사용자의 시야 내의 가상 콘텐츠의 3차원 위치들(예컨대, 도 18a-18b에 예시된 바와 같은, 디스플레이 절두체(frustum) 내의 위치들)을 특정하는 정보에 액세스하고 이러한 정보를 제공할 수 있다.

[0331] [0271] 위에서 설명된 바와 같이, 가상 객체에 대한 위치 정보는 3차원 위치를 포함할 수 있다. 3차원 위치에 기반하여, 가상 객체는 특정의 인지된 깊이와 연관될 수 있고, 그에 따라, 만약 사용자가 가상 객체를 응시한다면, 모든 가상 콘텐츠를 제시하기 위해 특정 깊이 평면이 선택될 수 있다. 예컨대, 가상 객체를 응시하는 것과 연관된 원근조절 큐들은, 이접운동 큐들로부터 결정되는 바와 같은 특정의 인지된 깊이에 대응할 것이다.

[0332] [0272] 블록(1906)에서, 가상 객체들을 제시하기 위한 깊이 평면이 선택된다. 도 17-18에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 절두체는, 인접 깊이 평면 범위들 둘 모두가 포함할 수 있는 하나 또는 그 초과의 깊이 오버랩들을 포함할 수 있다. 깊이 평면을 선택하기 위해, 디스플레이 시스템은, 결정된 응시 깊이(예컨대, 블록(1902)에 대해 위에서 설명됨)가, 오로지 깊이 평면 만이 포함하는 깊이 평면 범위 내에 있는지, 또는 깊이 오버랩이 포함하는 깊이 평면 범위 내에 있는지 여부를 식별할 수 있다. 다른 방식으로 설명하면, 디스플레이 시스템이 특정 깊이 평면에서 가상 객체들을 제시하고 있다면, (예컨대, 오로지 특정 깊이 평면 만이 포함하는 깊이 평면 범위 내에서, 또는 특정 깊이 평면 및 인접 깊이 평면이 포함하는 깊이 오버랩에 포함되는 깊이 평면 범위 내에서) 응시 깊이가 특정 깊이 평면에 의해 포함되는 경우, 디스플레이 시스템은 그러한 특정 깊이 평면에서의 가상 객체의 제시를 유지할 수 있다.

[0333] [0273] 오로지 깊이 평면 만이 포함하는 깊이 평면 범위 내에 있는 응시 깊이에 대해, 디스플레이 시스템은 가상 객체들을 제시하기 위한 깊이 평면을 선택할 수 있다. 예컨대, 제1 깊이 평면 및 제2 깊이 평면이 포함하는 깊이들의 범위를 포함하는, 깊이 오버랩이 포함하는 깊이 평면 범위 내에 있는 응시 깊이에 대해, 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 가장 최근의 깊이 평면(결정된 응시 깊이는 오로지 이 깊이 평면 내에 있었음)을 식별할 수 있다. 예컨대, 현재의 응시 깊이 이전에, 하나 또는 그 초과의 응시 깊이들이 깊이 오버랩 내에 있는 것으로 결정되었다면, 디스플레이 시스템은 오로지 제1 깊이 평면 내에 있었거나 또는 제2 깊이 평면 내에 있었던 가장 최근의 응시 깊이를 식별할 수 있다. 이어서, 가상 객체들을 제시하기 위해, 깊이 평면(식별된 응시 깊이는 오로지 이 깊이 평면 내에 있었음)이 선택될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 깊이 오버랩은, 제1 깊이 평면 및 제2 깊이 평면이 포함하는 깊이 평면 범위의 확장을 나타낼 수 있다. 따라서, 그리고 예로서, 응시 깊이가 제2 깊이 평면 내에 있다면, 그리고 이어서, 응시 깊이가 깊이 오버랩 내에 있다면, 디스플레이 시스템은 사용자에게 가상 콘텐츠를 제시하기 위해 제2 깊이 평면의 선택을 유지할 수 있다.

[0334] [0274] 선택적으로, 응시 깊이가 특정 깊이 오버랩 내에 있고, 그리고 가장 최근의 이전 응시 깊이가, 그러한

특정 깊이 오버랩을 포함하지 않는 깊이 평면 범위 내에 있었다면, 디스플레이 시스템은 응시 깊이에 가장 가까운 공칭 초점 깊이를 갖는 깊이 평면을 선택할 수 있다. 예컨대, 사용자는 사용자로부터 말단에 포지셔닝된 가상 객체를 응시할 수 있고, 이어서, 사용자에 대해 근위에 포지셔닝된 가상 객체를 응시할 수 있다. 이러한 예에서, 제1 깊이 평면은, 사용자가 말단 객체를 응시하고 있는 동안 선택될 수 있으며, 그리고 사용자가 근위 객체를 응시할 때, 사용자의 응시는 제2 깊이 평면과 제3 깊이 평면 간의 특정 깊이 오버랩 내에 있을 수 있다. 응시 깊이가 특정 깊이 오버랩 내에 있기 때문에, 디스플레이 시스템은 제2 깊이 평면 또는 제3 깊이 평면을 선택할 수 있는데, 이는 이들 중 어느 것의 깊이 평면의 공칭 초점 깊이가, 결정된 응시 깊이에 더 가까운지 여부에 기반하여 이루어진다. 선택적으로, 디스플레이 시스템은 깊이 평면들 중에서 임의로 선택할 수 있다.

[0335] [0275] 일부 실시예들에서, 신뢰성 레벨이 응시 깊이에 대해 선택적으로 결정될 수 있다. 예컨대, 디스플레이 시스템은 결정된 응시 깊이가 사용자의 실제 응시를 정확하게 나타내는 신뢰성을 결정할 수 있다. 예컨대, 불량한 조명 조건들은 사용자의 응시 깊이를 결정하는 것과 연관된 난관을 증가시킬 수 있고, 신뢰성이 감소될 수 있다. 또한, 빠른 눈 움직임들은 응시 깊이를 결정함에 있어서의 난관을 증가시킬 수 있고, 신뢰성이 감소될 수 있다. 선택적으로, 디스플레이 시스템은 결정된 신뢰성을 활용하여, 가상 객체들을 제시할 깊이 평면의 선택을 알릴 수 있다. 예컨대, 응시 깊이가 깊이 오버랩 내에 있다면, 디스플레이 시스템은 응시 깊이에 더 가까운 공칭 초점 깊이를 갖는 깊이 오버랩을 포함하는 깊이 평면을 선택할 수 있다. 디스플레이 시스템은, 깊이 오버랩의 에지에 대한 응시 깊이의 근접성과 함께, 결정된 신뢰성을 활용할 수 있다. 예컨대, 응시 깊이가 깊이 오버랩 내에 있지만, 깊이 오버랩의 에지에 대한 임계 깊이 내에 있다면, 디스플레이 시스템은 에지에 가장 가까운 공칭 초점 깊이를 갖는 깊이 평면을 선택할 수 있다. 이러한 임계 깊이는 신뢰성에 기반할 수 있으며, 그에 따라, 디스플레이 시스템의 결정된 신뢰성이 증가함에 따라, 임계 깊이는 감소될 수 있다. 또한, 깊이 오버랩의 크기는 신뢰성에 기반하여 조절될 수 있다. 예컨대, 신뢰성이 증가함에 따라, 응시 깊이에 대한 불확실성이 줄어들고, 깊이 오버랩이 감소될 수 있어서, 인접 깊이 평면들 간의 오버랩이 줄어든다.

[0336] [0276] 블록(1908)에서, 디스플레이 시스템은 사용자에게 가상 객체들을 제시한다. 예컨대, 디스플레이 시스템은 선택된 깊이 평면에서의 제시를 야기할 수 있는데, 이는 제시된 가상 객체들의 원근조절 큐들이 그러한 선택된 깊이 평면에 대응하도록 이루어진다. 위에서 설명된 바와 같이, 제1 깊이 평면으로부터 제2 깊이 평면으로 스위칭할 때, 지각 가능한 플리커가 사용자에게 명백할 수 있다. 유사하게, 사용자는 디스플레이 시스템을 통해 제공되는 광 출력에 대해 원근조절(예컨대, 원근조절 큐들에 기반하여 눈의 렌즈의 형상을 변경)을 행하도록 요구될 것이다.

[0337] [0277] 일부 실시예들에서, 도 20에 대해 아래에서 설명되는 바와 같이, 디스플레이 시스템은, 사용자의 스위칭 지각을 감소시키는 이벤트(예컨대, 지각 제한 이벤트)가 발생할 때까지, 사용자의 눈들을 모니터링하고 깊이 평면들을 스위칭하는 것을 지연시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 이벤트는 (1) 깜박거림 또는 (2) 단속적 운동의 발생일 수 있다. 예컨대, 깊이 평면들의 스위칭이 발생할 것임을 식별하면, 디스플레이 시스템은, 사용자에 의한 깜박거림 또는 단속적 운동의 검출시, 디스플레이 시스템이 (예컨대, 블록(1906)에서 설명된 바와 같이) 선택된 깊이 평면으로의 스위칭을 수행할 것임을 표시하는 정보(예컨대, 플래그)를 저장할 수 있다. 스위칭을 수행하기 이전에, 디스플레이 시스템은 이전 깊이 평면에서의 가상 객체들을 렌더링하여 제시할 수 있으며, 그리고 깜박거림 또는 단속적 운동 이후, 선택된 깊이 평면에서의 가상 객체들을 렌더링하여 제시할 수 있다. 이러한 방식으로, 디스플레이 시스템은 깊이 평면의 스위칭을 마스킹하기 위해 깜박거림 및/또는 단속적 운동을 사용할 수 있다.

[0338] [0278] 부가적으로, 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은, 사용자에 의해 깜박거림 또는 단속적 운동이 이루어졌다고 결정하지 않으면서, 상이한(예컨대, 스위칭된) 깊이 평면에서의 제시를 업데이트할 수 있다. 예컨대, 사용자가 임계 시간량(예컨대, 10 초, 30 초, 60 초) 내에 깜박거림 또는 단속적 운동을 수행하지 않는다면, 디스플레이 시스템은, 상이한 깊이 평면에서 가상 콘텐츠를 제시하는 것으로 스위칭할 수 있다. 또한, 상이한 깊이 평면이, 현재의 깊이 평면의 공칭 초점 깊이로부터의 임계 깊이보다 큰 공칭 초점 깊이에 있다면, 디스플레이 시스템은 깜박거림 또는 단속적 운동을 대기하지 않으면서 제시를 업데이트할 수 있다. 예로서, 현재 선택된 깊이 평면이 0.2 디옵터의 공칭 초점 깊이에 있고, 스위칭될 깊이 평면이 1 디옵터의 공칭 초점 깊이에 있다면, 디스플레이 시스템은, 예컨대, 스위칭이 발생하지 않은 경우 큰 원근조절-이접운동 미스매치들에 대한 가능성으로 인해, 깜박거림 또는 단속적 운동을 대기하지 않으면서 제시를 업데이트할 수 있다. 부가적으로, 사용자가 깜박거림 또는 단속적 운동을 수행하기를 대기하는 임계 시간량은, 제시되는 가상 객체들에 대해 이루어질 원근조절 큐들의 차이에 기반할 수 있다. 예컨대, 2개의 깊이 평면들 간의 공칭 초점 깊이의 차이가 증가함에 따라, 임계 시간량은 감소할 수 있다.

[0339] [0279] 도 20은 사용자의 지각이 제한되는 동안 사용자에 대한 콘텐츠의 제시를 조절하기 위해 깊이 평면들을 스위칭하기 위한 예시적인 프로세스(2000)의 흐름도이다. 편의상, 프로세스(2000)는 디스플레이 시스템(예컨대, 프로세싱 하드웨어 및 소프트웨어를 포함할 수 있고, 선택적으로 하나 또는 그 초과의 컴퓨터들의 외부 시스템으로 정보를 또는 예컨대, 외부 시스템으로 프로세싱을 오프로드할 다른 프로세싱을 제공하고, 외부 시스템으로부터 정보를 수신할 수 있는 웨어러블 디스플레이 시스템(60))에 의해 수행되는 것으로 설명될 수 있다.

[0340] [0280] 블록(2002)에서, 디스플레이 시스템은 가상 객체들을 제시하기 위해 발생할, 깊이 평면의 스위칭을 표시하는 정보를 획득한다. 도 19에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 디스플레이 시스템은 사용자가 응시하고 있는 응시 깊이들을 결정(예컨대, 3차원 응시 포인트들을 모니터링)할 수 있고, 결정된 응시 깊이들에 기반하여, 콘텐츠가 제공되는 깊이 평면이 스위칭되어야 함을 추가로 결정할 수 있다. 예컨대, 사용자는 제1 깊이 평면이 포함하는 깊이에서 응시하고 있을 수 있고, 이어서 제2 깊이 평면이 포함하는 깊이에서 응시할 수 있다. 가상 객체들이 제2 깊이 평면 상에서 제시되어야 한다는 결정시, 디스플레이 시스템은 스위칭이 수행되어야 함을 표시하는 정보를 저장할 수 있다.

[0341] [0281] 다음에, 디스플레이 시스템은 스위칭의 사용자의 지각을 감소시키는 이벤트가 발생하고 있는지 여부를 결정할 수 있다. 이러한 이벤트는 사용자의 눈꺼풀들의 깜박거림 및/또는 단속적 운동일 수 있다. 예컨대, 블록(2004)에서, 디스플레이 시스템은 사용자가 깜박거림을 수행했는지 여부를 결정한다. 예로서, 디스플레이 시스템은 사용자의 눈들을 모니터링할 수 있는데, 이를테면 카메라(630)(도 6)를 사용하여 사용자의 눈들의 이미지들을 획득할 수 있고, 만약 (예컨대, 도 19에 대해 위에서 설명된 바와 같이) 획득된 이미지들에서 더 이상 동공들이 검출되지 않는다면, 디스플레이 시스템은 사용자가 깜박거리고 있다고 결정할 수 있다. 다른 예로서, 예시적인 눈 추적 알고리즘(예컨대, 스타버스트 알고리즘)이 활용될 수 있으며, 만약 눈 추적 알고리즘이 사용자의 동공 또는 눈들로부터의 광의 반사들을 검출하는 데 실패한다면, 디스플레이 시스템은 사용자가 깜박거리고 있다고 결정할 수 있다.

[0342] [0282] 블록(2004)을 수행하는 것과 동시적으로 또는 대안적으로, 디스플레이 시스템은 블록(2006)을 수행할 수 있다. 블록(2006)에서, 디스플레이 시스템은 사용자가 단속적 운동을 수행했는지 여부를 결정한다. 단속적 운동은 사용자의 지각이 제한되는, 눈들의 빠른 움직임을 나타낸다. 디스플레이 시스템은 예컨대, 임계 주파수(예컨대, 500 Hz, 750 Hz, 1200 Hz 등)보다 더 큰 주파수에서 획득된 사용자의 눈들의 이미지들을 사용하여 단속적 운동을 모니터링할 수 있다. 단속적 운동의 지속기간이 깜박거림의 지속기간보다 실질적으로 더 짧을 수 있기 때문에, 더 높은 주파수의 이미징 디바이스가 단속적 운동을 검출하기 위해 활용될 수 있거나, 더 높은 주파수로 작동되는 동일한 센서가 사용될 수 있다.

[0343] [0283] 단속적 운동을 결정하는 예로서, 디스플레이 시스템은 눈들의 동공들의 회전 속도를 결정할 수 있고, 적어도 부분적으로는 회전 속도를 활용하여, 단속적 운동과 눈들에 의해 수행되고 있는 원활 추종 운동을 구별할 수 있다. 디스플레이 시스템은 예컨대, 자이로를 활용하여 사용자의 머리 포즈를 표시하는 정보를 획득할 수 있으며, 만약 동공들의 측정된 회전 속도가 원활 추종 운동들과 연관된 임계 속도를 초과하고 사용자의 머리가 임계 속도보다 더 큰 속도로 움직이고 있지 않다면, 디스플레이 시스템은 단속적 운동이 수행되고 있다고 결정할 수 있다.

[0344] [0284] 블록(2010)에서, 디스플레이 시스템은 깊이 평면의 선택을 업데이트하고 가상 객체들을 사용자에게 제시한다. 깜박거림 또는 단속적 운동의 검출시, 디스플레이 시스템은 깊이 평면의 조절을 수행할 수 있다. 대안적으로, 블록(2008)에서, 만약 임계 시간량보다 더 오랫동안 깜박거림 또는 단속적 운동이 결정되지 않는다면, 디스플레이 시스템은 깊이 평면의 조절을 수행할 수 있다. 예시적인 임계 시간량들은 20초, 30초, 120초, 사용자-선택가능한 시간량 등일 수 있다.

[0345] [0285] 부가적으로, 디스플레이 시스템이 사용자가 깜박거림 또는 단속적 운동을 수행하길 대기할 때, 사용자는 조절된 깊이 평면과는 상이한 깊이 평면이 포함하는 깊이에서 응시할 수 있다. 예컨대, 블록(2002)에 대해, 사용자는 깊이 평면의 조절이 발생해야 하는 깊이에서 응시할 수 있다. 깊이 평면의 선택을 조절된 깊이 평면으로 업데이트하기 위해 사용자가 깜박거림 또는 단속적 운동을 수행하기를 대기하는 동안, 사용자는 새로운 응시 깊이에서 응시할 수 있다. 이어서, 디스플레이 시스템은 선택적으로, 깊이 평면의 선택을 새로운 응시 깊이를 포함하는 깊이 평면으로 업데이트할 수 있다. 따라서, 만약 이어서, 사용자가 단속적 운동 또는 깜박거림을 수행한다면, 디스플레이 시스템은 새로운 응시 깊이를 포함하는 깊이 평면을 선택할 수 있다.

[0346] 뷰어 눈 피로감에 대한 조절들

[0347] [0286] 도 11 - 도 15로부터 명백하듯이, 일반적으로 뷰어와 매우 가까운 거리들의 범위가 있으며, 여기서 원근조절-이접운동 미스매치는 크지만, 그럼에도 불구하고 콘텐츠는 디스플레이될 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 이러한 콘텐츠는 뷰어 불편함을 야기할 수 있고, 결과적으로 바람직하지 않을 수 있다. 일부 실시예들에서, 수용불가능한 원근조절-이접운동 미스매치를 야기하는 것으로 결정되는 디스플레이 콘텐츠는 뷰어 불편함을 방지하도록 수정된다.

[0348] [0287] 도 21a는 이미지 콘텐츠가 임계치를 초과하는 원근조절-이접운동 미스매치를 제공할 때, 뷰어 편안함을 유지하기 위한 방법(4000)의 예를 예시한다. 블록(4002)에서, 이미지 콘텐츠가 분석되어 이미지 콘텐츠가 임계치를 초과하는 원근조절-이접운동 미스매치를 초래하는지 여부가 결정된다. 블록(4004)에서, 만약 미스매치가 임계치를 초과하는 것으로 결정된다면, 이미지 콘텐츠가 수정된다. 일부 실시예들에서, 원근조절-이접운동 미스매치 임계치는 0.5 dpt 또는 그 미만, 또는 0.33 dpt 또는 그 미만이다.

[0349] [0288] 이미지 콘텐츠의 수정은: 콘텐츠가 디스플레이되는 지속기간을 감소시키는 것, (예컨대, 이미지 콘텐츠의 해상도 또는 공간 주파수를 감소시킴으로써) 이미지 콘텐츠를 페이딩하는 것, 또는 단순히, 임계치가 초과되지 않게 하고 있는 콘텐츠를 디스플레이하지 않는 것 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 이미지 콘텐츠의 해상도가 감소되는 일부 실시예들에서, 이미지 콘텐츠의 해상도의 감소 정도는 원근조절-이접운동 미스매치가 증가함에 따라(예컨대, 콘텐츠가 뷰어에 더 가까워지게 됨에 따라) 증가한다.

[0350] [0289] 원근조절-이접운동 미스매치가 수용가능한 경우에도, 머리-장착 디스플레이 디바이스의 장기 사용은 그럼에도 불구하고 잠재적으로 어떤 눈 피로감을 야기할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 이제 도 21b를 참조하면, 뷰어 눈 피로감을 감소시키기 위한 방법(5000)의 예가 예시된다. 블록(5002)에서, 사용자의 눈 피로감의 존재가 결정된다. 블록(5004)에서, 만약 눈 피로감이 존재하는 것으로 결정된다면, 이미지 콘텐츠가 수정된다.

[0351] [0290] 눈 피로감의 존재를 결정하는 것은 예컨대, 카메라 어셈블리(500)(도 6)를 활용하여 사용자의 한쪽 눈 또는 양쪽 눈을 이미징하는 것을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 눈 피로감의 존재를 결정하는 것은 동공 팽창, 수렴 진동 및 동공 진동 중 하나 또는 그 초과를 검출하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 눈 피로감의 존재를 결정하는 것은 전기 피부 반응을 측정하는 것을 포함한다. 일부 다른 실시예들에서, 눈 피로감의 존재를 결정하는 것은 0.25 dpt보다 더 크거나, 0.33 dpt보다 더 크거나, 또는 0.5 dpt보다 더 큰 원근조절-이접운동 미스매치를 갖는 이미지 콘텐츠에의 노출 지속기간을 검출하는 것을 포함한다. 위의-검출된 스트레스원들이 다른 문제들에 의해 야기될 수 있지만, 눈 피로감의 결정의 정확도를 증가시키기 위해 다수의 변수들이 평가되도록, 눈 피로감의 존재를 결정하기 위한 이러한 방법들 중 하나 또는 그 초과가 함께 구현될 수 있다. 예컨대, 스트레스원들이 머리-장착 디스플레이 디바이스의 사용과 적어도 부분적으로 연관되는지 여부를 결정하기 위해, 위에 언급한 방법들 중 하나 또는 그 초과가 구현되고 평가될 수 있다. 게다가, 스트레스원들의 발생이 시간에 대해 측정될 수 있고, 디스플레이 시스템에 의해 디스플레이되는 콘텐츠 및/또는 디스플레이 시스템의 사용 지속기간과 상관되어, 스트레스원이 디스플레이의 결과라는 신뢰성을 더욱 증가시킬 수 있다. 게다가, 눈 피로감의 결정은 이러한 변수들 중 하나 또는 그 초과에서의 변화들을 평가하는 것을 수반할 수 있거나, 변수가 미리 결정된 임계값을 초과하는지 여부를 결정할 수 있다.

[0352] [0291] 만약 눈 피로감이 존재하는 것으로 결정된다면, 눈 피로감을 줄이도록 이미지 콘텐츠가 수정된다. 일부 실시예들에서, 이미지 콘텐츠를 수정하는 것은: 이미지 콘텐츠의 피처들의 크기를 증가시키는 것; 이미지 콘텐츠의 해상도를 감소시키는 것; 그리고 이미지 콘텐츠에 대해 원래 특정된 것보다 뷰어로부터 더 멀리 떨어진 깊이 평면 상에 이미지 콘텐츠를 디스플레이하는 것 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 예컨대, 콘텐츠, 예컨대 비디오 게임을 위한 콘텐츠를 디스플레이할 때, 뷰어가 집중하도록 권장되는 콘텐츠는 더 먼 깊이 평면 상에 있도록 선택될 수 있다. 일 예에서, 뷰어의 바로 근처에서 가상 객체들과 상호 작용하기보다는, 게임은 객체들이 뷰어로부터 일정 거리를 두고 있는 상호작용들을 제공하도록 지향될 수 있다.

[0353] [0292] 일부 실시예들에서, 눈 피로감의 결정 및 이미지 콘텐츠의 수정은 연속적으로 수행될 수 있다. 눈 피로감이 더 이상 존재하지 않는다는 결정시, 이미지 수정이 중단될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 수정은 설정된 지속기간 동안 또는 특정 이벤트가 발생할 때까지(예컨대, 비디오 게임을 하는 뷰어가 새로운 레벨에 도달할 때) 발생하도록 설정될 수 있다.

[0354] 머리-장착 디스플레이를 지지 및/또는 밸런싱하기 위한 구조들

[0355] [0293] 이제 도 22a - 도 22b를 참조하면, 본원에서 논의된 바와 같이, 머리-장착 디스플레이 시스템은 부피가 크거나 무거울 수 있으며, 이는 특히 장기 사용시 시스템들의 편안함에 해로울 수 있다. 게다가, 사용자의 머리에 대한 시스템의 무게 분포가 고르지 않을 수 있으며, 이는 또한 장기 사용 중 불편함의 원인이 될 수 있다. 유리하게, 머리-장착 디스플레이 시스템들은 사용자 편안함을 증가시키기 위해 하나 또는 그 초과의 지지 구조들이 갖춰질 수 있다.

[0356] [0294] 도 22a는 지지 구조를 갖는 머리-장착 디스플레이의 예시적인 실시예를 예시한다. 도 22a에 도시된 바와 같이, 사용자(90)의 눈들의 정면에 포지셔닝된 디스플레이(70)에 커플링된 프레임 구조를 포함하는 머리-장착 디스플레이 시스템을 착용한 사용자(90)가 도시된다.

[0357] [0295] 지지 구조(900)는 예컨대, 무게 밸런스를 위해 사용자(90)의 머리의 상이한 부분들에 디스플레이의 무게를 분산시키기 위해 그리고 (이를테면, 디스플레이 시스템의 노즈 패드들 상에 분산된 무게로 인해 사용자(90)의 노즈 상에서) 압력 포인트들을 감소시키기 위해 머리-장착 디스플레이 시스템의 부분으로서 포함될 수 있다. 일부 실시예들에서, 지지 구조(900)는 사용자의 머리의 한 측으로부터 머리의 다른 측으로 확장되도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 지지 구조(900)는 선택적으로 사운드 트랜스듀서(예컨대, 스피커)(100)를 포함할 수 있다. 지지 구조(900)는 머리의 한 측으로부터 머리의 다른 측으로 확장되도록 구성된 밴드(예컨대, 금속 밴드 및/또는 플라스틱 밴드)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 지지 구조(900)는 귀로부터 귀로 측면으로 머리를 크로스한다. 일부 실시예들에서, 지지 구조(900)는 눈들로부터 후두부로 종방향으로 머리를 크로스할 수 있다. 일부 실시예들에서, 지지 구조는 위도 방향으로 또는 종방향으로 각도들의 인터벌들로 머리를 크로스하는 다수의 이러한 지지 구조(900)를 포함할 수 있다.

[0358] [0296] 지지 구조(900)는 상이한 각도들로 사용자의 머리를 크로스할 수 있다. 도 22a는 지지 구조(900)가 위도 방향으로, 즉 거의 귀로부터 귀로 사용자의 머리를 크로스하는 예를 예시한다. 각도(904)는 사용자의 눈들 및 귀들과 교차하는 평면(902)과, 사용자(90)의 머리의 한 측으로부터 머리의 다른 측으로 연장되는 지지 구조의 중심선 간에 정의될 수 있다. 특정 실시예들에서, 각도(904)는 약 35-55도이다. 일부 다른 실시예들에서, 각도(904)는 대략 80-100도이다. 또 다른 실시예들에서, 예컨대, 지지 구조(900)가 거의 사용자의 눈들 및 귀들의 평면(902)에 있을 때, 각도(904)는 거의 0도일 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 머리-장착 디스플레이 시스템은 다양한 각도들(904)로 사용자의 머리를 크로스하는 다수의 이러한 지지 구조들(900)을 포함할 수 있다. 게다가, 일부 실시예들에서, 사용자의 머리에 대한 지지 구조(900)의 포지션은 평면(902)에 대한 각도(904)가 조절가능하도록 이동될 수 있다.

[0359] [0297] 프레임(80)은 다양한 포지션들에서 지지 구조(900)와 교차할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예컨대, 도 22a에 도시된 바와 같이, 프레임(80)은 사용자의 귀 위에서 지지 구조(900)와 교차할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 프레임(80)은 사운드 트랜스듀서(100)에서 교차할 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 프레임(80) 및 지지 구조(900)는 본원에서 설명된 바와 같이 사용자의 머리를 크로스하는 단일 구조로 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 사운드 트랜스듀서(100)는 프레임(80)에 부착된다. 일부 실시예들에서, 사운드 트랜스듀서는 지지 구조(900)에 부착될 수 있다. 다른 실시예들(도시안됨)에서, 사운드 트랜스듀서는 다른 수단에 의해 또는 별개의 구조에 의해 함께 부착될 수 있다. 본원에서 설명된 바와 같이, 특정 실시예들에서, 머리-장착 디스플레이는 프레임(80) 및 지지 구조(900)를 포함하지만 사운드 트랜스듀서(100)는 포함하지 않을 수 있다.

[0360] [0298] 도 22b는 사운드 트랜스듀서가 사용자의 귀를 커버하는 스피커인 예시적인 실시예를 예시한다. 스피커는 도시된 구성에서 프레임(80)에 선택적으로 커플링될 수 있고 사용자의 귀 위에 그리고/또는 사용자의 외이도에 인접하게 포지셔닝될 수 있다(일 실시예에서, 도시되지 않은 다른 스피커가 사용자의 귀 위에 그리고/또는 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/형상가능 사운드 제어를 제공함).

[0361] [0299] 본원에서 설명되고 그리고/또는 도면들에 도시되는 프로세스들, 방법들 및 알고리즘들 각각은 하나 또는 그 초과의 물리적 컴퓨팅 시스템들, 하드웨어 컴퓨터 프로세서들, 애플리케이션-특정 회로 및/또는 특별 및 특정 컴퓨터 명령들을 실행하도록 구성된 전자 하드웨어에 의해 실행되는 코드 모듈들에서 구현되고, 이 코드 모듈들에 의해 완전히 또는 부분적으로 자동화될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 컴퓨팅 시스템들은 특수 컴퓨터 명령들로 프로그래밍된 범용 컴퓨터들(예컨대, 서버들) 또는 특수 목적 컴퓨터들, 특수 목적 회로 등을 포함할 수 있다. 코드 모듈은 컴파일되어 실행가능한 프로그램으로 링크되거나, 동적 링크 라이브러리에 설치될 수 있거나, 또는 해석된 프로그래밍 언어로 작성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 특정한 동작들 및 방법들은, 주어진 기능에 특정적인 회로에 의해 수행될 수 있다.

[0362] [0300] 또한, 본 개시내용의 기능성의 특정 실시예들은, 애플리케이션-특정 하드웨어 또는 하나 또는 그 초과

의 물리적 컴퓨팅 디바이스들(적합한 특수화된 실행가능 명령들을 활용함)이, 예컨대 실질적으로 실시간으로 결과들을 제공하기 위해 또는 수반되는 계산들의 양 또는 복잡성으로 인해 기능성을 수행하는 데 필수적이란 점에서 충분히 수학적으로, 계산상으로 또는 기술적으로 복잡하다. 예컨대, 비디오는 다수의 프레임들(각각의 프레임은 수백만 개의 픽셀들을 가짐)을 포함할 수 있고, 상업적으로 적당한 시간량에서 원하는 이미지 프로세싱 태스크 또는 애플리케이션을 제공하도록 비디오 데이터를 프로세싱하기 위해 특별히 프로그래밍된 컴퓨터 하드웨어가 필수적이다.

[0363] [0301] 코드 모듈들 또는 임의의 타입의 데이터는, 임의의 타입의 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체, 이를테면, 하드 드라이브, 솔리드 스테이트 메모리, RAM(random access memory), ROM(read only memory), 광학 디스크, 휘발성 또는 비-휘발성 스토리지, 이들의 조합들 등을 포함하는 물리 컴퓨터 스토리지 상에 저장될 수 있다. 일부 실시예들에서, 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체는 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140), 원격 프로세싱 모듈(150) 및 원격 데이터 저장소(160) 중 하나 또는 그 초과의 것의 부분일 수 있다. 방법들 및 모듈들(또는 데이터)은 또한, 생성된 데이터 신호들로서(예컨대, 반송파 또는 다른 아날로그 또는 디지털 전파된 신호의 부분으로서) 무선-기반 및 유선/케이블-기반 매체들을 포함하는 다양한 컴퓨터-판독가능 송신 매체들 상에서 송신될 수 있고, (예컨대, 단일 또는 멀티플렉싱된 아날로그 신호의 부분으로서, 또는 다수의 이산 디지털 패킷들 또는 프레임들로서) 다양한 형태들을 취할 수 있다. 개시된 프로세스들 또는 프로세스 단계들의 결과들은 임의의 타입의 비-일시적 유형적인 컴퓨터 스토리지에 지속적으로 또는 다른 방식으로 저장될 수 있거나, 또는 컴퓨터-판독가능 송신 매체를 통해 통신될 수 있다.

[0364] [0302] 본원에서 설명되고 그리고/또는 첨부된 도면들에 도시되는 흐름도들에서의 임의의 프로세스들, 블록들, 상태들, 단계들 또는 기능성들은 특정 기능들(예컨대, 로지컬 또는 산술적) 또는 프로세스의 단계들을 구현하기 위한 하나 또는 그 초과의 실행가능 명령들을 포함하는 코드 모듈들, 세그먼트들 또는 코드의 부분들을 잠재적으로 제시하는 것으로 이해되어야 한다. 다양한 프로세스들, 블록들, 상태들, 단계들 또는 기능성들은 결합되거나, 재배열되거나, 본원에서 제공된 예시적인 예들에 부가되거나, 이 예들로부터 제거되거나, 수정되거나, 또는 이 예들로부터 다른 방식으로 변할 수 있다. 일부 실시예들에서, 부가적인 또는 상이한 컴퓨팅 시스템들 또는 코드 모듈들은 본원에서 설명된 기능성들 중 일부 또는 전부를 수행할 수 있다. 본원에 설명된 방법들 및 프로세스들은 또한 임의의 특정 시퀀스로 제한되지 않고, 그에 관련된 블록들, 단계들 또는 상태들은 적합한 다른 시퀀스들로, 예컨대, 직렬로, 병렬로 또는 일부 다른 방식으로 수행될 수 있다. 태스크들 또는 이벤트들은 개시된 예시적인 실시예들에 부가되거나 그로부터 제거될 수 있다. 게다가, 본원에서 설명된 실시예들에서의 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 예시 목적들을 위한 것이며, 모든 실시예들에서 이러한 분리를 요구하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 설명된 프로그램 컴포넌트들, 방법들 및 시스템들은 일반적으로 단일 컴퓨터 제품에 함께 통합되거나 다수의 컴퓨터 제품들로 패키징될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0365] [0303] 전술한 명세서에서, 본 발명은 본 발명의 특정 실시예들을 참조하여 설명되었다. 그러나, 본 발명의 더 넓은 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 수정들 및 변경들이 본 발명에 행해질 수 있다는 것은 명백할 것이다. 따라서, 명세서 및 도면들은 제한적인 의미보다는 예시적인 의미로 간주될 것이다.

[0366] [0304] 실제로, 본 개시내용의 시스템들 및 방법들 각각은 여러 개의 혁신적인 양상들을 가지며, 그 양상들 중 어떠한 단일 양상도 본원에서 개시된 바람직한 속성들을 오로지 담당하지 않거나, 이 속성들을 위해 요구되진 않는다는 것이 인지될 것이다. 위에서 설명된 다양한 피처들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 사용될 수 있거나, 또는 다양한 방식들로 결합될 수 있다. 모든 가능한 조합들 및 서브조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.

[0367] [0305] 별개의 실시예들의 콘텍스트에서 본 명세서에 설명된 특정 피처들은 또한, 단일 실시예의 조합으로 구현될 수 있다. 대조적으로, 단일 실시예의 콘텍스트에서 설명된 다양한 피처들은 또한, 다수의 실시예들에서 별개로 또는 임의의 적절한 서브조합으로 구현될 수 있다. 게다가, 비록 피처들이 특정 조합들에서 동작하는 것으로 위에서 설명되고 심지어 초기에는 그와 같이 청구될 수도 있을지라도, 청구된 조합으로부터의 하나 또는 그 초과의 피처들은 일부 경우들에서, 그 조합으로부터 삭제될 수 있으며, 청구된 조합은 서브조합 또는 서브조합의 변동에 관련될 수 있다. 어떠한 단일 피처 또는 피처들의 그룹도 각각의 그리고 모든 실시예에 필요하거나 필수적이지 않다.

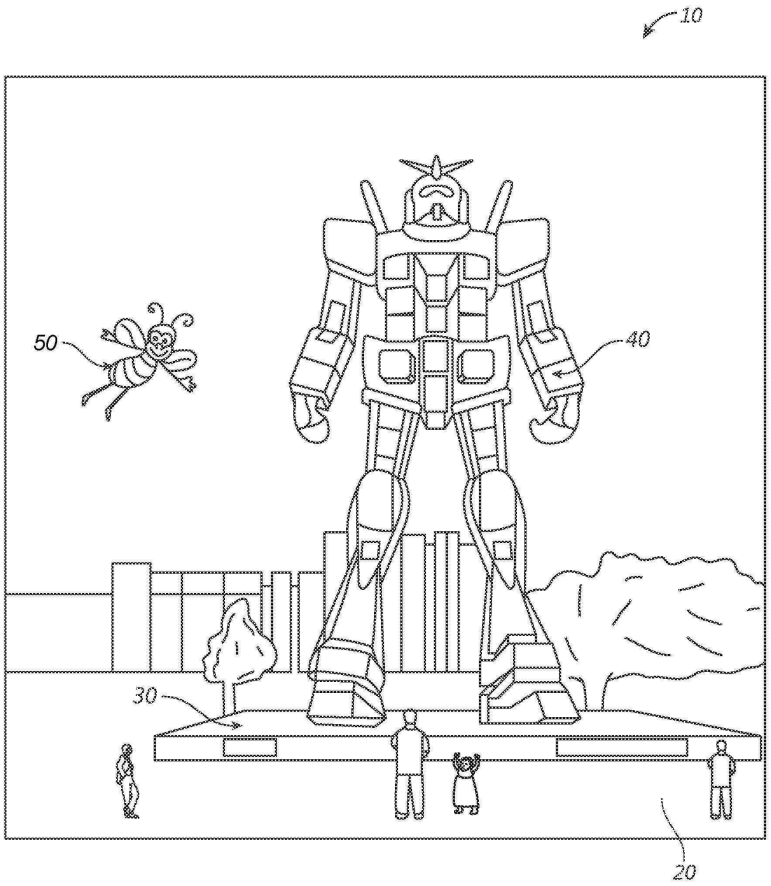
[0368] [0306] 구체적으로 달리 언급되지 않거나 또는 사용된 콘텍스트 내에서 달리 이해되지 않으면, 본원에서 사용된 조건부 언어, 이를테면, 다른 것들 중에서도, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대" 등은 일반적으로, 특정 실시예들은 특정 피처들, 엘리먼트들, 및/또는 단계들을 포함하지만 다른 실시예들은 이들을 포함하

지 않는다는 것을 전달하도록 의도된다는 것이 인지될 것이다. 따라서, 그러한 조건부 언어는 일반적으로, 피처들, 엘리먼트들, 및/또는 단계들이 임의의 방식으로 하나 또는 그 초과의 실시예들에 대해 요구된다는 것, 또는 하나 또는 그 초과의 실시예들이, 저자 입력 또는 프롬프팅(prompting)을 이용하거나 또는 그러한 것을 이용함이 없이, 이들 피처들, 엘리먼트들, 및/또는 단계들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예들에서 수행되어야 하는지 여부를 결정하기 위한 로직을 반드시 포함한다는 것을 의미하도록 의도되진 않는다. "포함하는(comprising), 구비하는(including), "갖는(having)" 등의 용어들은 동의어이며, 제한을 두지 않는 방식으로 포괄적으로 사용되며, 부가적인 엘리먼트들, 피처들, 행동들, 동작들 등을 배제하지 않는다. 또한, "또는"이라는 용어는 (그의 배타적인 의미가 아니라) 그의 포괄적인 의미로 사용되어서, 예컨대, 엘리먼트들의 리스트를 연결하기 위해 사용될 때, "또는"이라는 용어는 리스트 내의 엘리먼트들 중 하나, 일부, 또는 전부를 의미한다. 게다가, 본 명세서 및 첨부된 청구항들에서 사용되는 단수 표현은 달리 특정되지 않는 한 "하나 또는 그 초과" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 해석될 것이다. 유사하게, 동작들이 특정한 순서로 도면들에 도시될 수 있지만, 바람직한 결과들을 달성하기 위해, 그러한 동작들이 도시된 특정한 순서 또는 순차적인 순서로 수행될 필요가 없거나, 모든 예시된 동작들이 수행될 필요가 없다는 것이 인지될 것이다. 추가로, 도면들은 흐름도의 형태로 하나 또는 그 초과의 예시적인 프로세스들을 개략적으로 도시할 수 있다. 그러나, 도시되지 않은 다른 동작들이, 개략적으로 예시된 예시적인 방법들 및 프로세스들에 통합될 수 있다. 예컨대, 하나 또는 그 초과의 부가적인 동작들은, 예시된 동작들 중 임의의 동작 이전에, 이후에, 동시적으로, 또는 그 사이에서 수행될 수 있다. 부가적으로, 동작들은 다른 실시예들에서 재배열되거나 재순서화될 수 있다. 특정 환경들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 게다가, 위에서 설명된 실시예들에서의 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 실시예들에서 그러한 분리를 요구하는 것으로서 이해되지는 않아야 하며, 설명된 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들이 일반적으로, 단일 소프트웨어 제품에 함께 통합되거나 다수의 소프트웨어 제품들에 패키징될 수 있음이 이해되어야 한다. 부가적으로, 다른 실시예들은 다음의 청구항들의 범위 내에 있다. 일부 경우들에서, 청구항들에서 인용된 액션들은, 상이한 순서로 수행될 수 있으며, 여전히 바람직한 결과들을 달성할 수 있다.

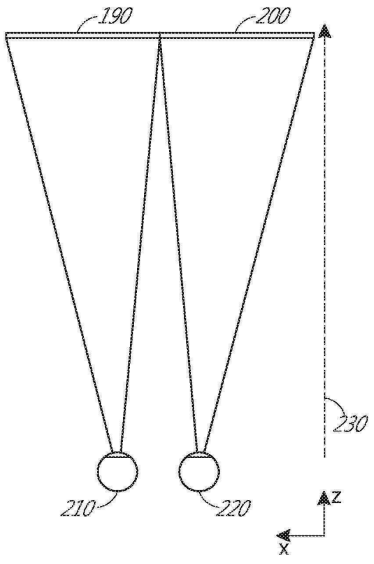
[0369] [0307] 그에 따라서, 청구항들은 본원에서 도시된 실시예들로 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 본원에서 개시된 본 개시내용, 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위로 허여될 것이다.

도면

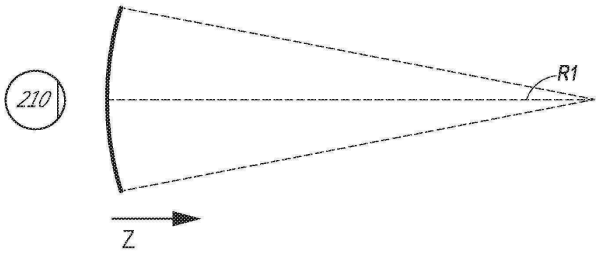
도면1



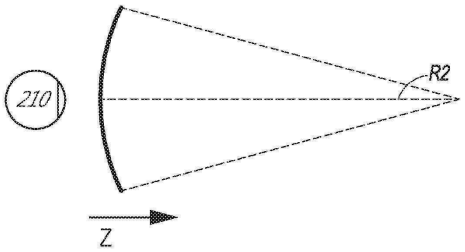
도면2



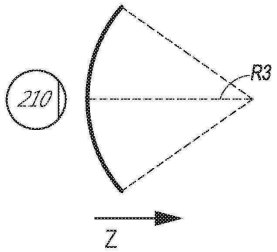
도면3a



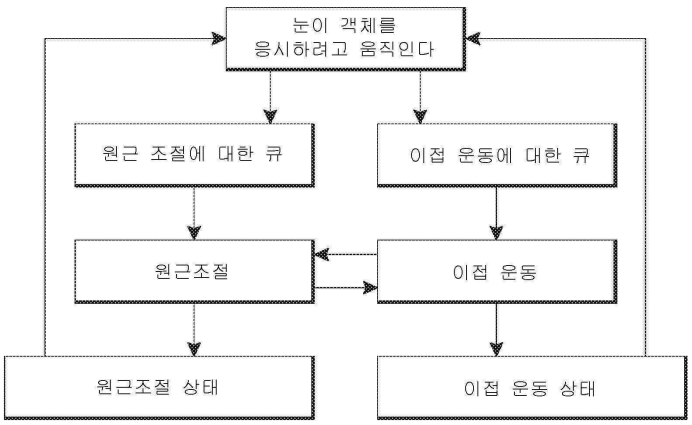
도면3b



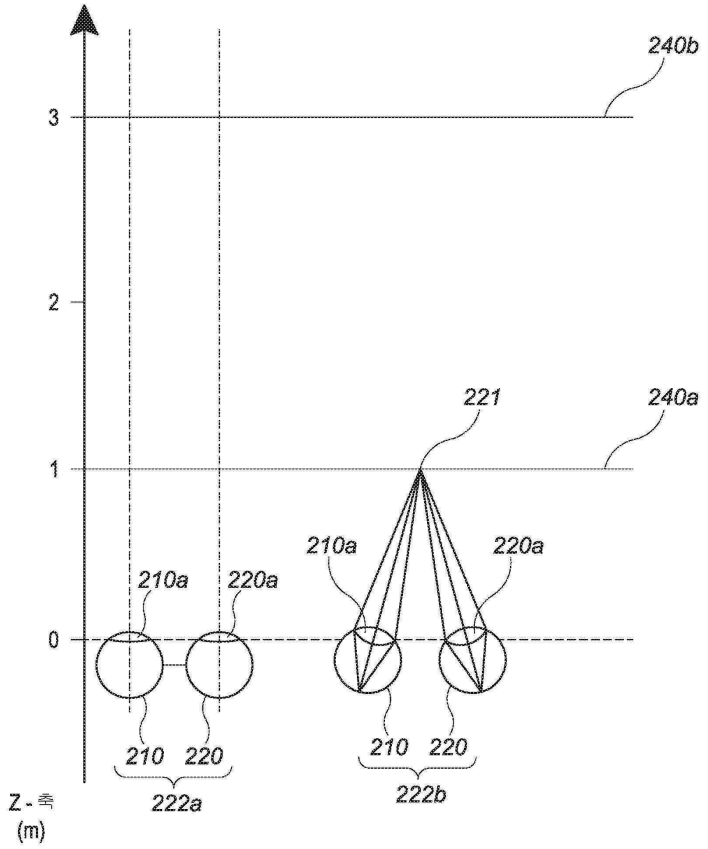
도면3c



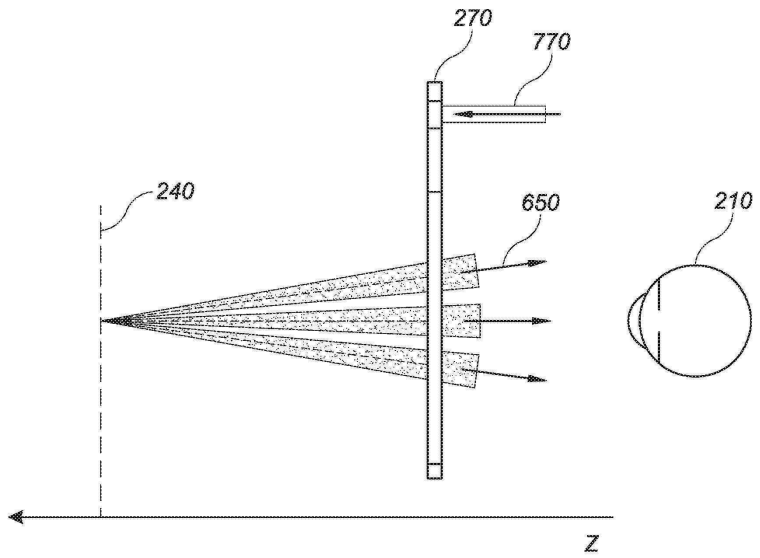
도면4a



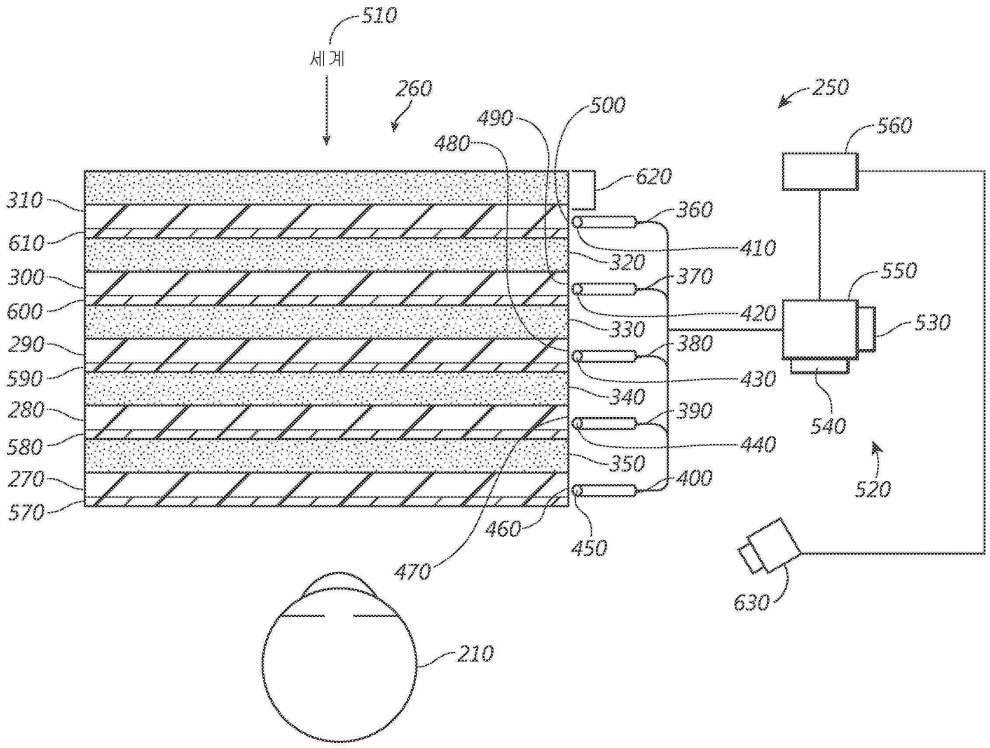
도면4b


240b
3
2
221
240a
1
210a
220a
210a
220a
0
210
220
210
220
222a
222b
Z-축
(m)

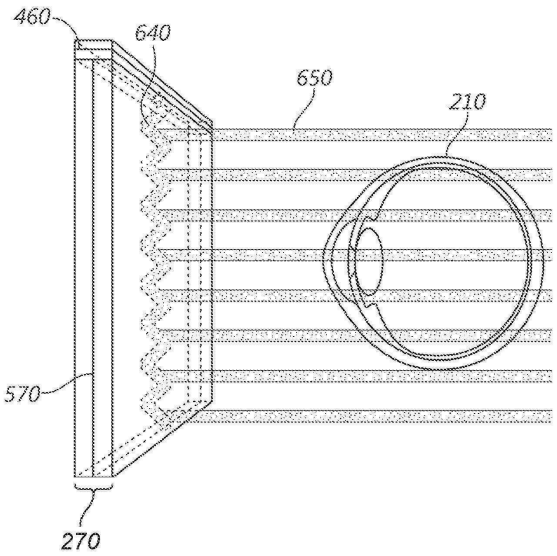
도면5


270
770
240
650
210
Z

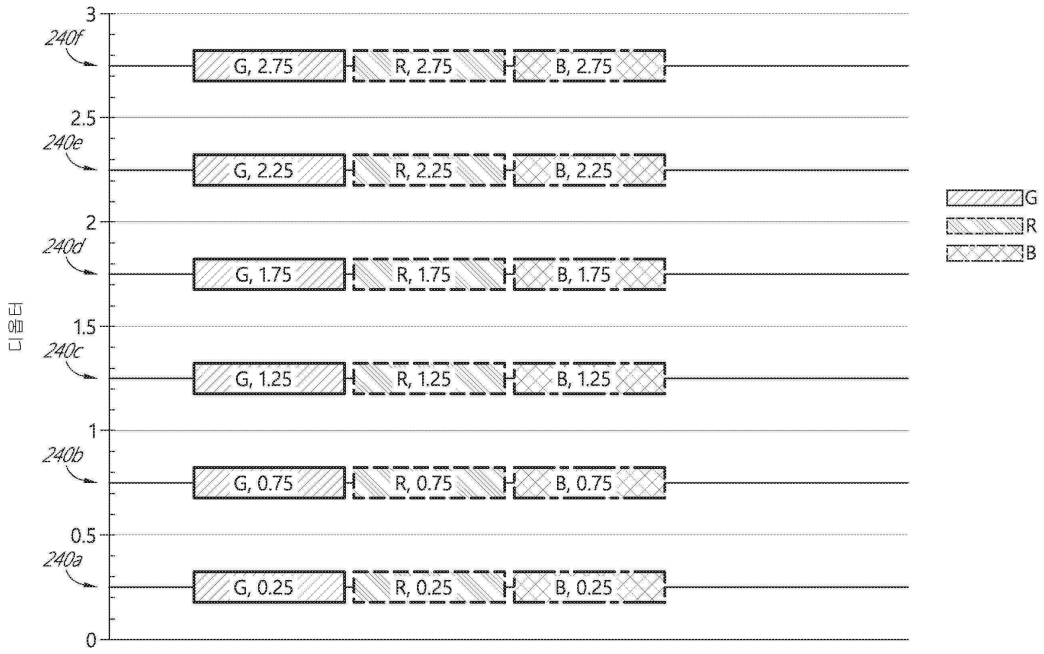
도면6


510
세계
260
490
500
480
250
560
620
360
310
610
410
320
300
370
600
420
550
530
330
290
380
590
430
340
540
280
390
580
440
350
520
270
400
570
460
450
470
630
210

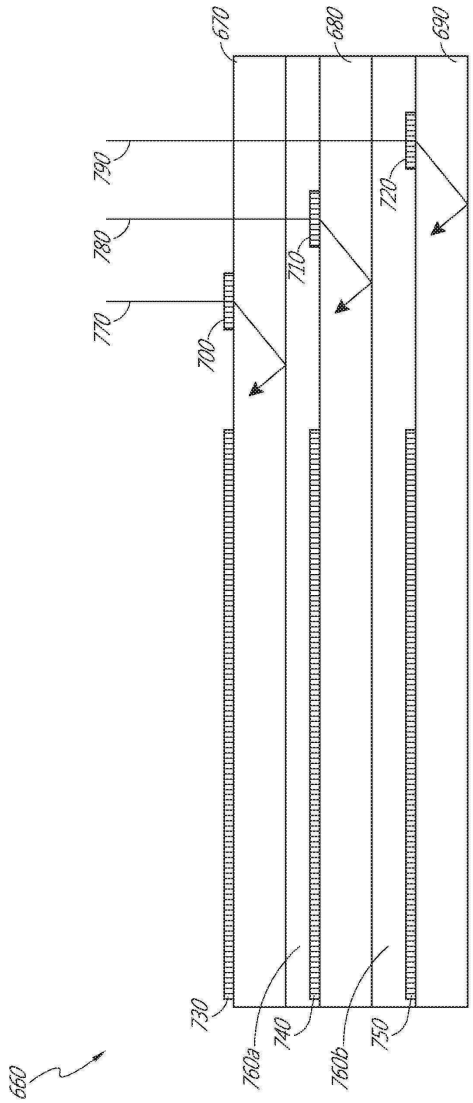
도면7


460
640
650
210
570
270

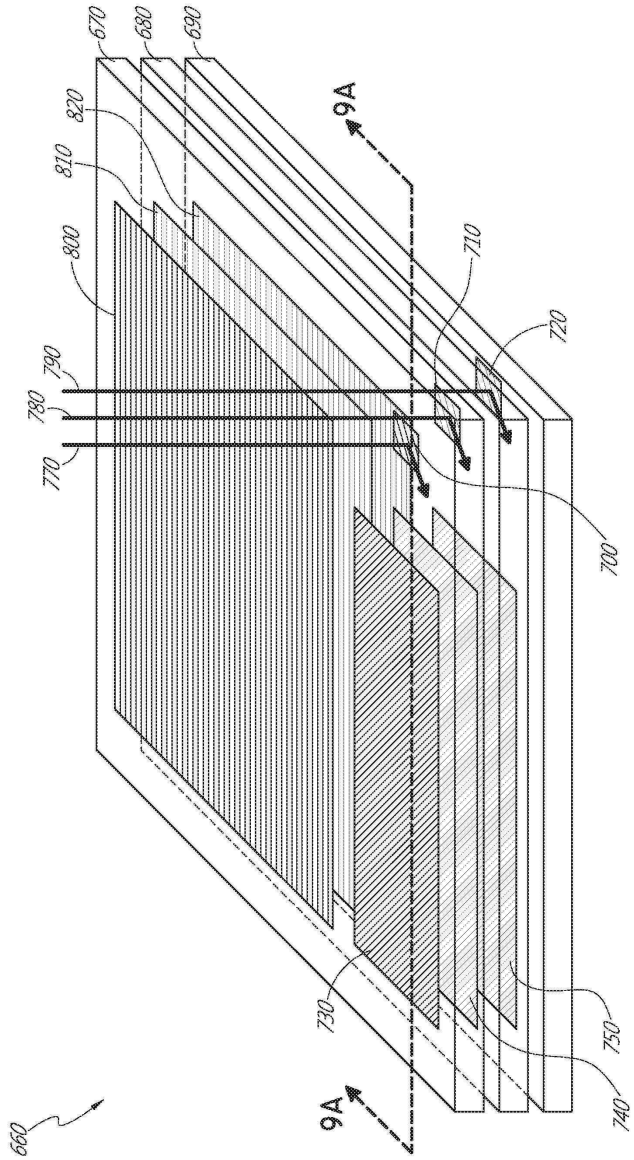
도면8


3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
디옵터
240f
240e
240d
240c
240b
240a
G, 2.75
R, 2.75
B, 2.75
G, 2.25
R, 2.25
B, 2.25
G, 1.75
R, 1.75
B, 1.75
G, 1.25
R, 1.25
B, 1.25
G, 0.75
R, 0.75
B, 0.75
G, 0.25
R, 0.25
B, 0.25
G
R
B

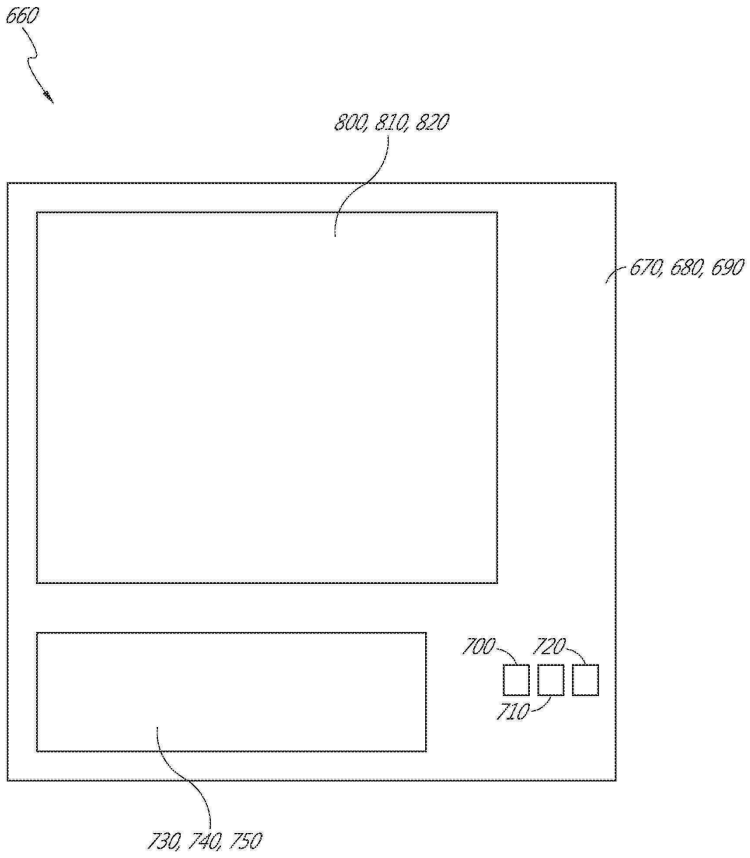
도면9a



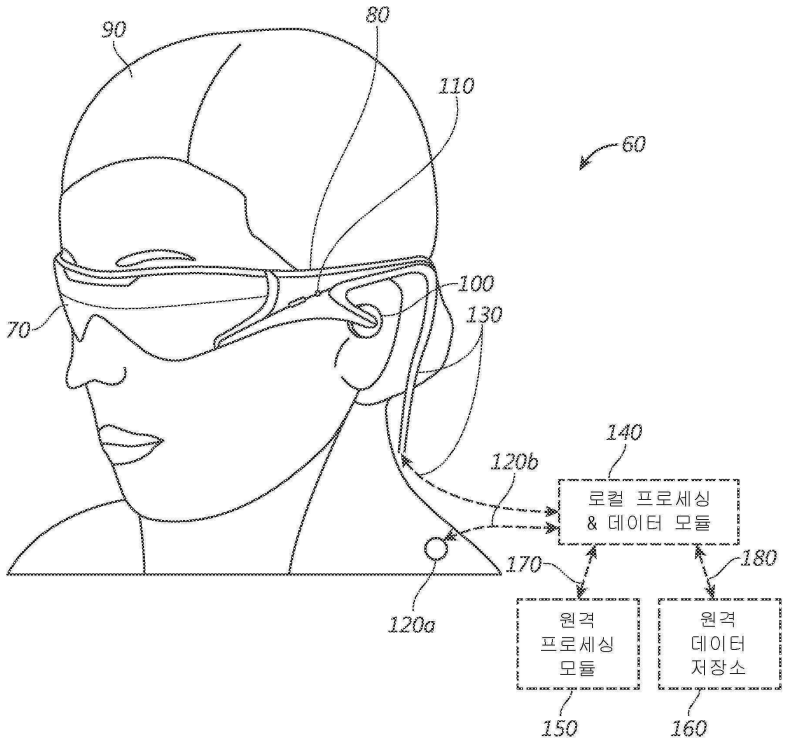
도면9b


670
680
690
820
810
800
790
780
770
9A
710
720
700
730
750
740
660
9A

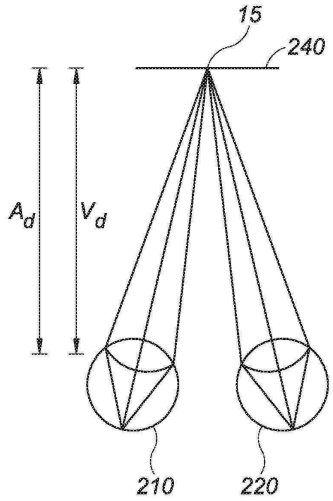
도면9c


660
800, 810, 820
670, 680, 690
700
720
710
730, 740, 750

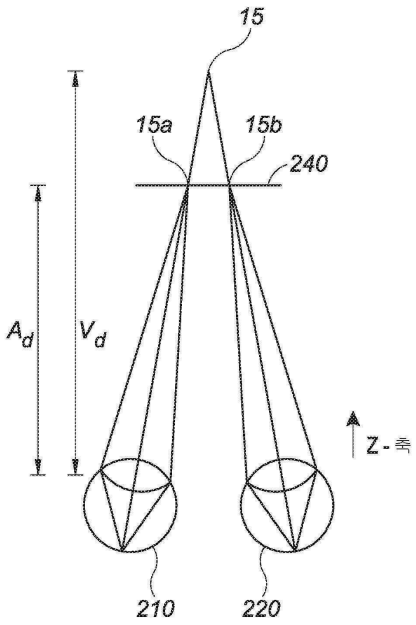
도면9d


90
80
110
60
100
70
130
140
120b
로컬 프로세싱
& 데이터 모듈
170
180
120a
원격
프로세싱
모듈
원격
데이터
저장소
150
160

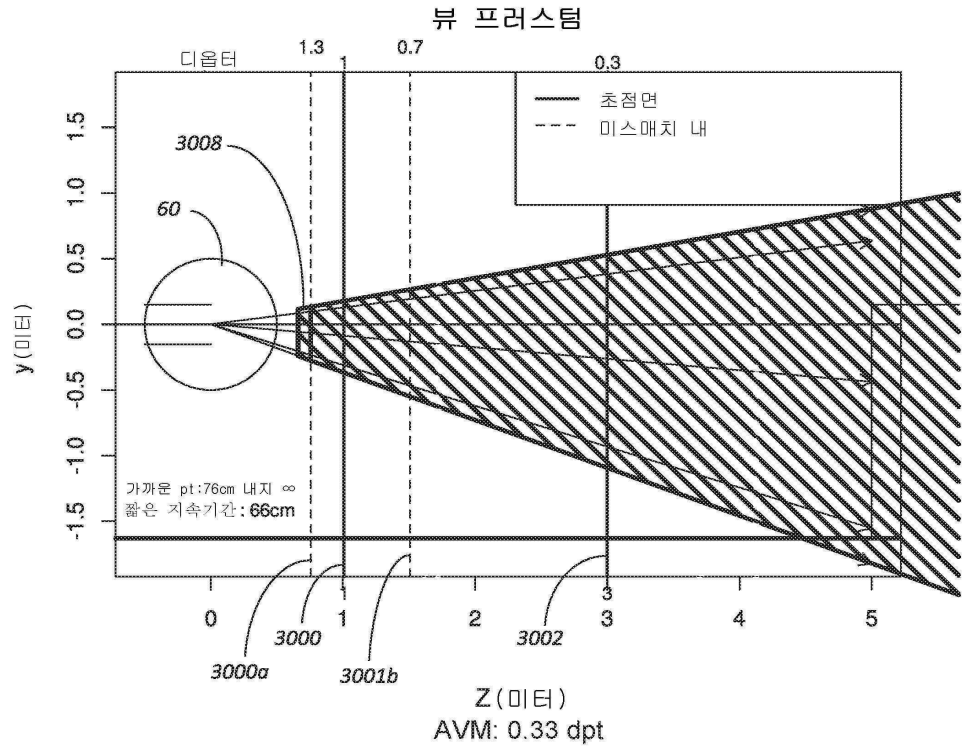
도면10a



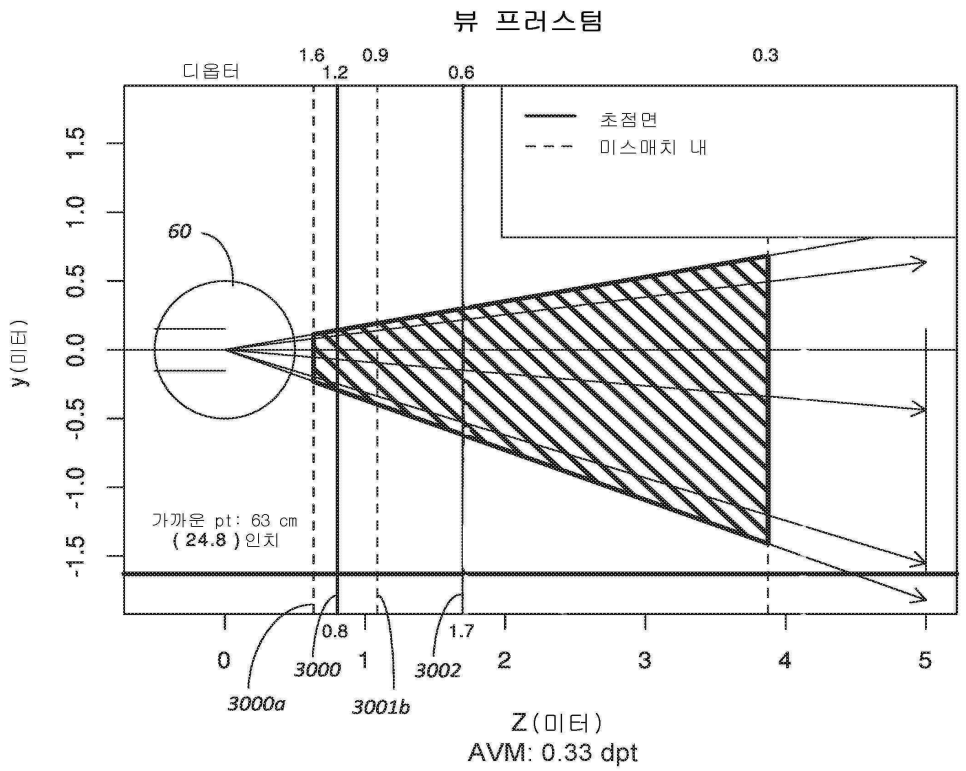
도면10b



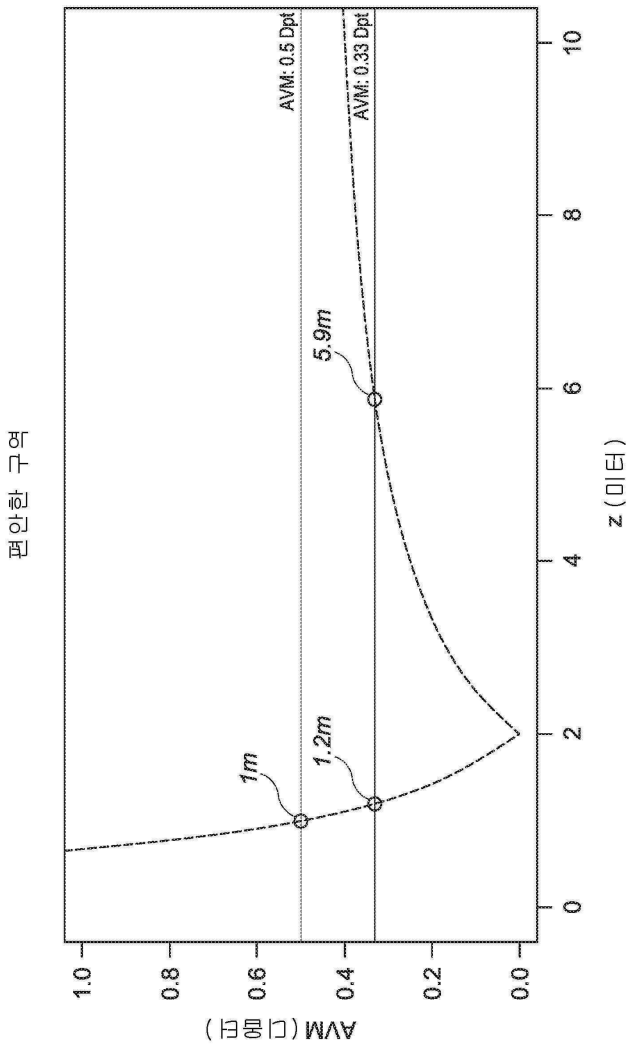
도면11


뷰 프러스텀
디옵터
1.3
1
0.7
0.3
초점면
미스매치 내
3008
60
y(미터)
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
가까운 pt:76cm 내지 ∞
짧은 지속기간:66cm
0
1
2
3
4
5
3000a
3000
3001b
3002
Z(미터)
AVM: 0.33 dpt

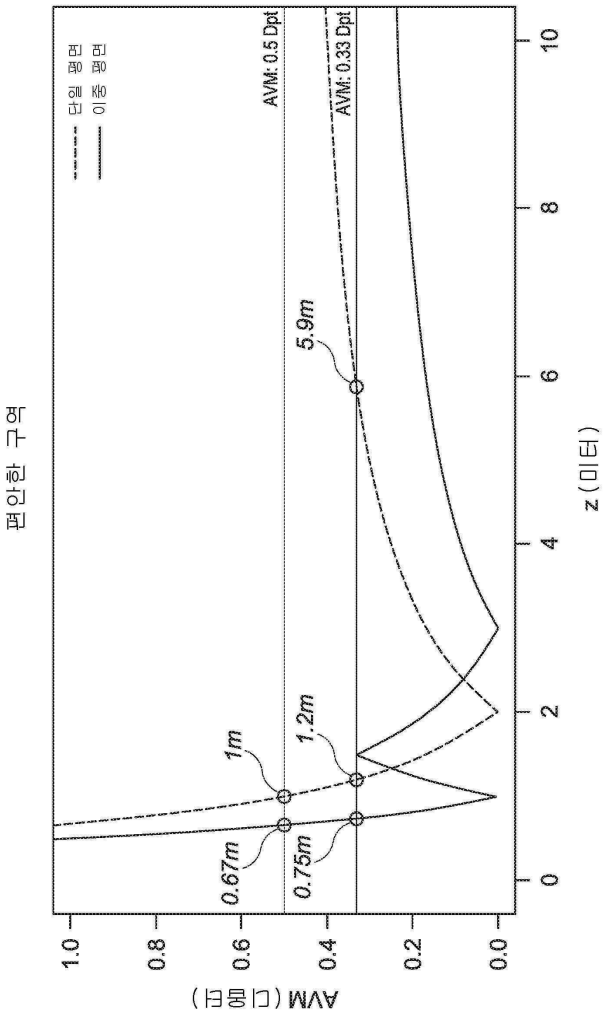
도면12


뷰 프러스텀
디옵터
1.6
1.2
0.9
0.6
0.3
초점면
미스매치 내
60
y(미터)
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
가까운 pt: 63 cm
(24.8) 인치
0.8
1.7
0
1
2
3
4
5
3000a
3000
3001b
3002
Z(미터)
AVM: 0.33 dpt

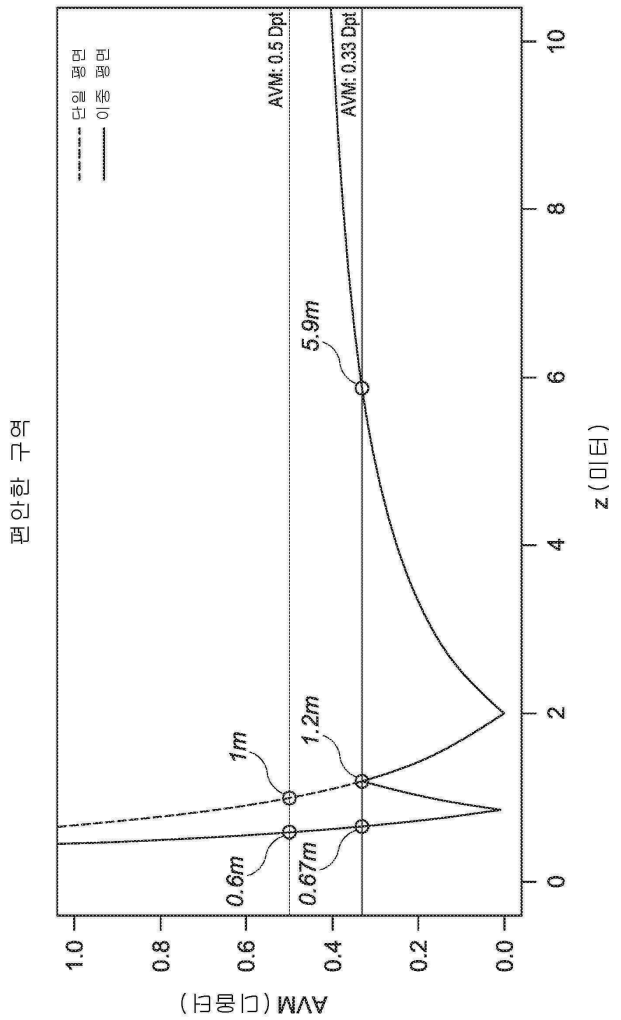
도면13


편안한 구역
AVM (디옵터)
z (미터)
AVM: 0.5 Dpt
AVM: 0.33 Dpt
1m
1.2m
5.9m
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
2
4
6
8
10

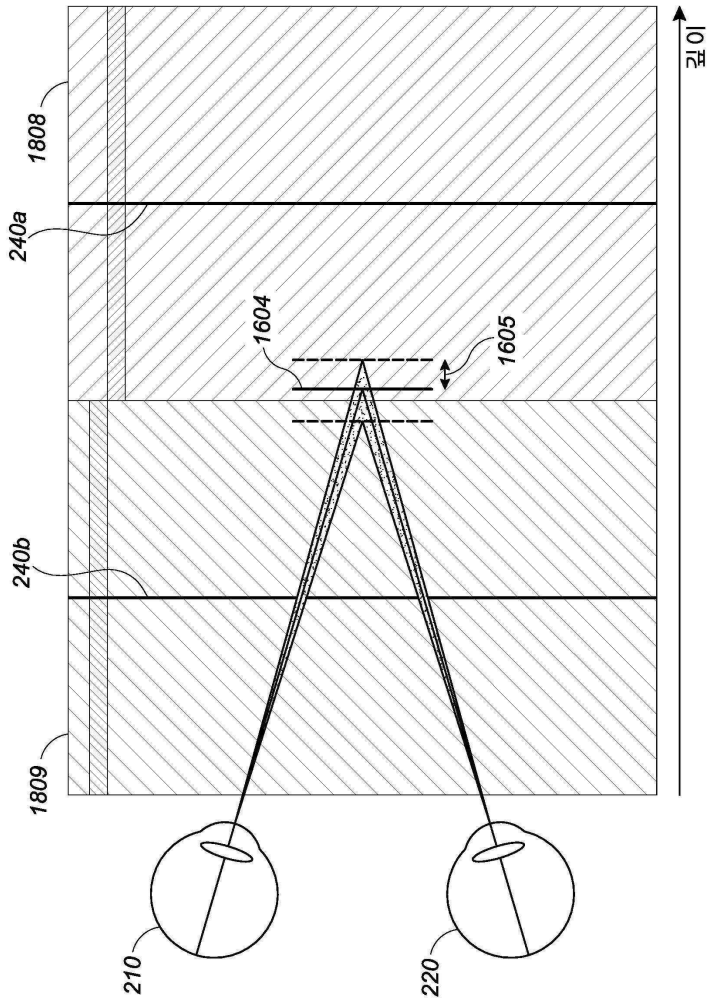
도면14


편안한 구형
단일 평면
이중 평면
AVM: 0.5 Dpt
AVM: 0.33 Dpt
5.9m
1m
1.2m
0.67m
0.75m
AVM (디옵터)
z (미터)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
2
4
6
8
10

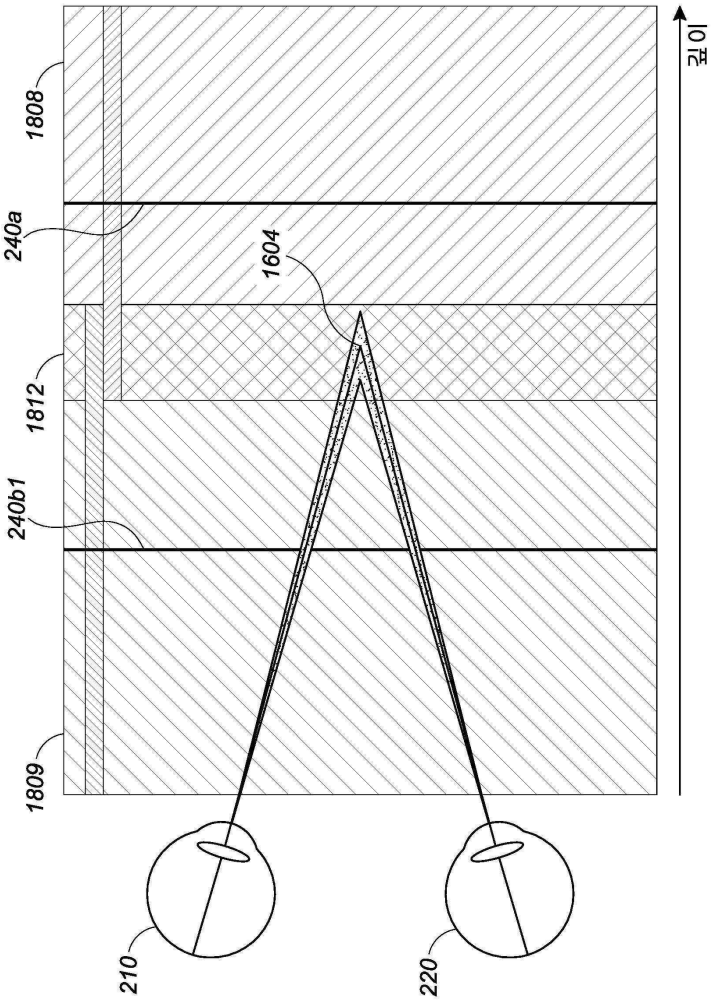
도면15


편안한 구역
AVM (디옵터)
z (미터)
단일 평면
이중 평면
AVM: 0.5 Dpt
AVM: 0.33 Dpt
1m
0.6m
1.2m
0.67m
5.9m
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
2
4
6
8
10

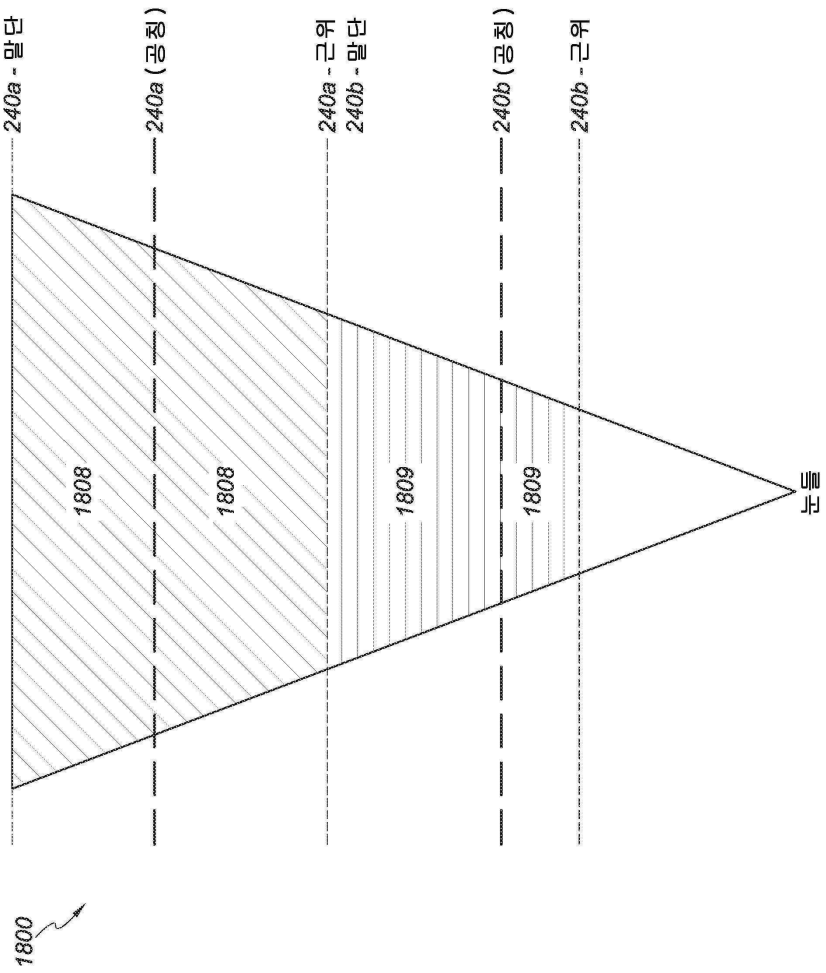
도면16



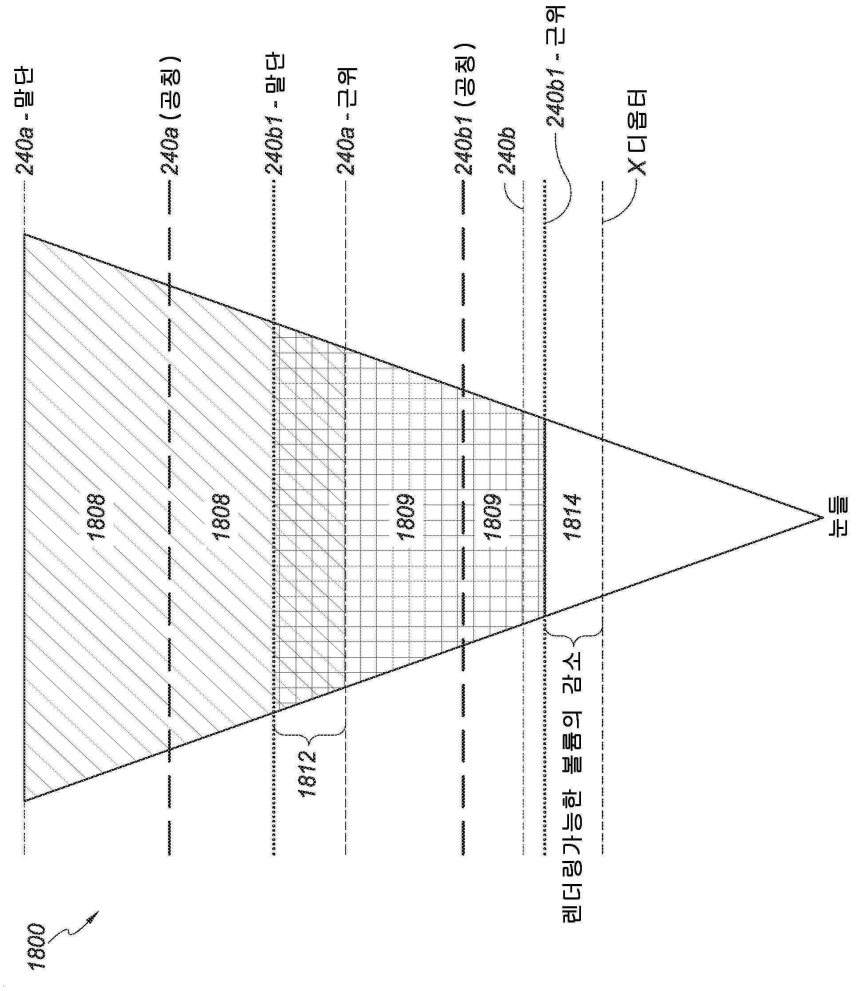
도면17



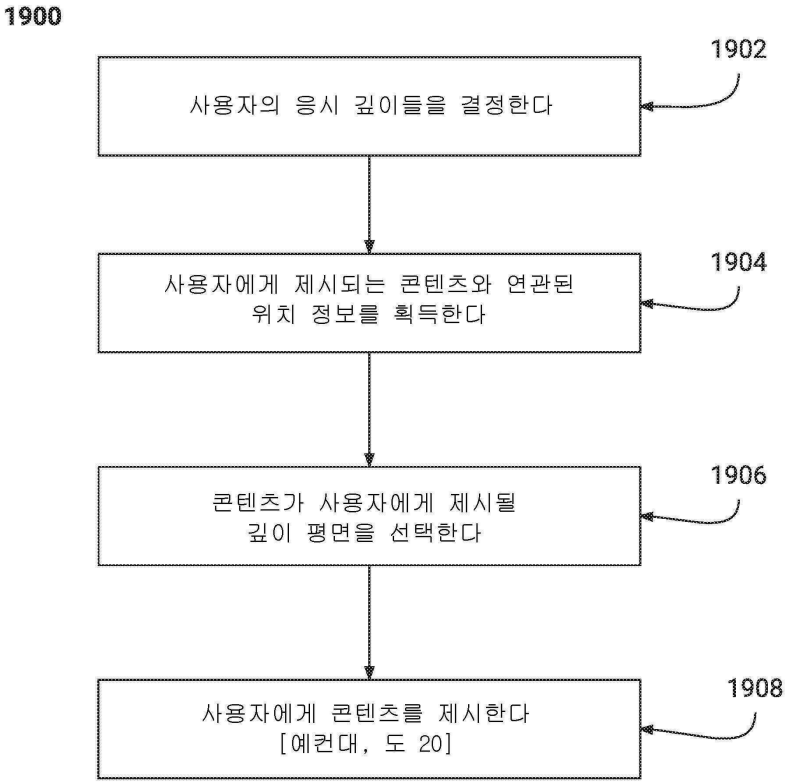
도면18a


240a - 말단
240a (공칭)
240a - 근위
240b - 말단
240b (공칭)
240b - 근위
1808
1808
1809
1809
눈물
1800

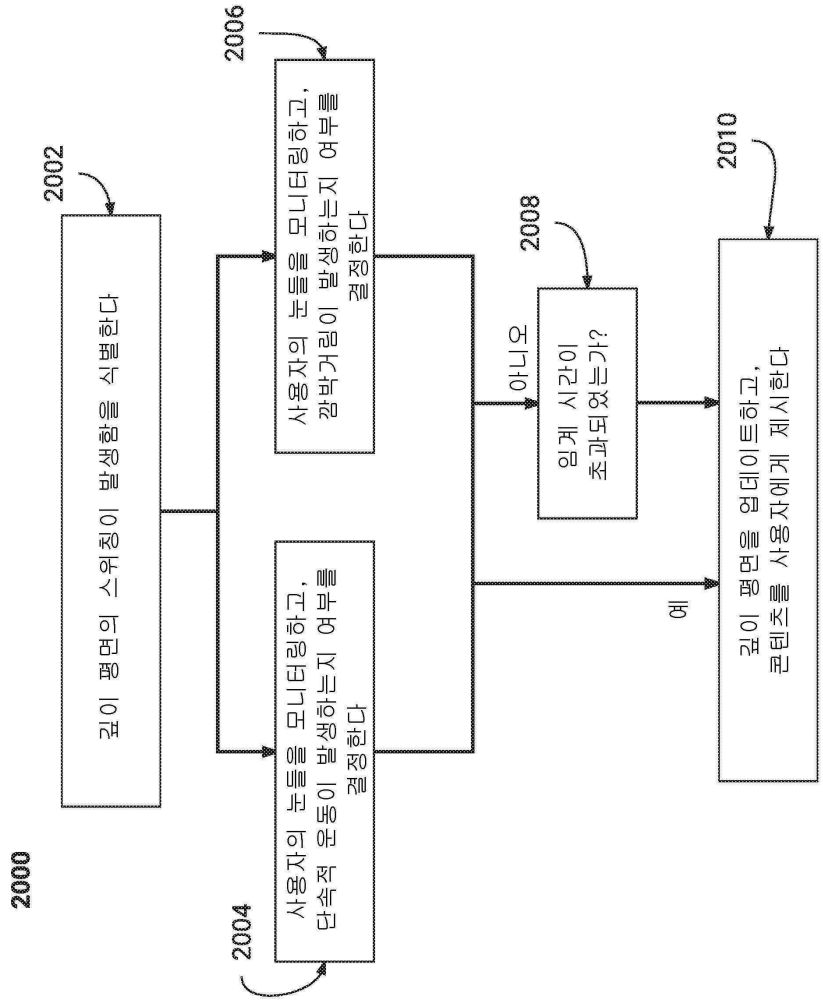
도면18b


240a - 말단
240a (공칭)
240b1 - 말단
240a - 근위
240b1 (공칭)
240b
240b1 - 근위
X 디옵터
1808
1808
1809
1809
1814
1812
눈들
렌더링가능한 볼륨의 감소
1800

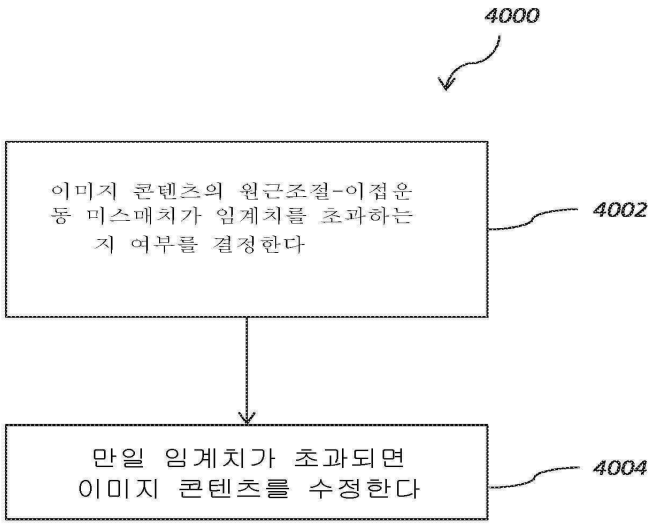
도면19


1900
1902
사용자의 응시 깊이들을 결정한다
1904
사용자에게 제시되는 콘텐츠와 연관된
위치 정보를 획득한다
1906
콘텐츠가 사용자에게 제시될
깊이 평면을 선택한다
1908
사용자에게 콘텐츠를 제시한다
[예컨대, 도 20]

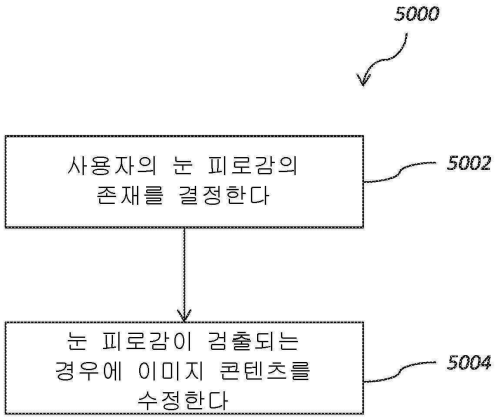
도면20


2000
2002
깊이 평면의 스위칭이 발생함을 식별한다
2004
사용자의 눈들을 모니터링하고, 단속적 운동이 발생하는지 여부를 결정한다
2006
사용자의 눈들을 모니터링하고, 깜박거림이 발생하는지 여부를 결정한다
2008
임계 시간이 초과되었는가?
아니오
예
2010
깊이 평면을 업데이트하고, 콘텐츠를 사용자에게 제시한다

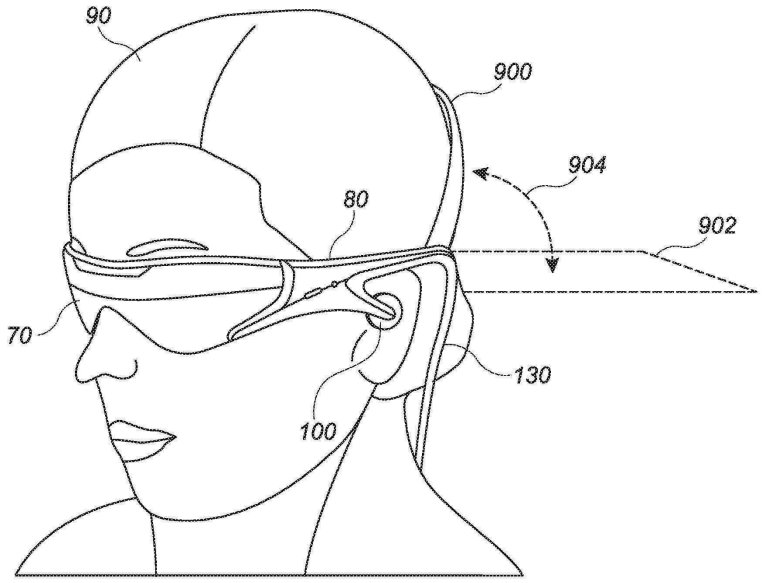
도면21a


4000
이미지 콘텐츠의 원근조절-이접운동 미스매치가 임계치를 초과하는지 여부를 결정한다
4002
만일 임계치가 초과되면 이미지 콘텐츠를 수정한다
4004

도면21b


5000
사용자의 눈 피로감의 존재를 결정한다
5002
눈 피로감이 검출되는 경우에 이미지 콘텐츠를 수정한다
5004

도면22a


90
900
904
80
902
70
130
100

도면22b

