



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월03일
(11) 등록번호 10-2358677
(24) 등록일자 2022년01월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/00 (2022.01) G06F 21/32 (2013.01)
G06V 10/10 (2022.01)
- (52) CPC특허분류
G06V 40/19 (2022.01)
G06F 21/32 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7028937
- (22) 출원일자(국제) 2017년03월03일
심사청구일자 2020년03월03일
- (85) 번역문제출일자 2018년10월05일
- (65) 공개번호 10-2018-0121594
- (43) 공개일자 2018년11월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/020767
- (87) 국제공개번호 WO 2017/155826
국제공개일자 2017년09월14일
- (30) 우선권주장
62/304,556 2016년03월07일 미국(US)
62/304,573 2016년03월07일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020140059213 A
KR1020150102026 A
KR1020150116814 A
V. Yano et al., 'Multimodal biometric authentication based on iris pattern and pupil light reflex,' ICPR 2012, Tsukuba, pp.2857-2860 (2012)

- (73) 특허권자
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타타운 웨스트 선라이즈 블러
마드 7500 (우: 33322)
- (72) 발명자
캘러, 아드리안
미국 90027 캘리포니아 로스앤젤레스 노스 웨스턴
애비뉴 1940
- (74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 황승희

(54) 발명의 명칭 생체 인증 보안을 위한 청색 광 조정

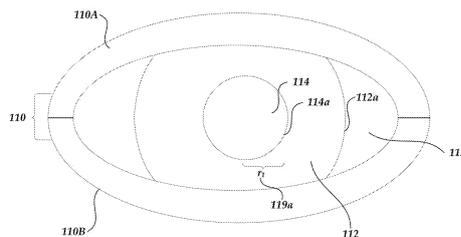
(57) 요약

웨어러블 디스플레이 시스템으로 청색 광 조정을 위한 시스템들 및 방법들이 제공된다. 청색 광을 조정을 위한 시스템들 및 방법들의 실시예들은 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 눈 이미지를 수신하는 것; 제1 이미지와 수신된 눈 이미지의 비교에 의해 동공 응답의 변화를 검출하는 것; 동공 응답이 인간 개인의 생체 인증 특성에

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1a

102 ↘



대응하는 것을 결정하는 것; 및 동공 응답 결정에 기반하여 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하는 것을 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06V 10/141 (2022.01)

G06V 10/145 (2022.01)

G06V 40/193 (2022.01)

G06V 40/197 (2022.01)

G06V 40/45 (2022.01)

명세서

청구범위

청구항 1

가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템으로서,

상기 디스플레이 시스템은:

상기 사용자의 머리 상에 착용되도록 구성된 프레임;

적어도 청색 광을 상기 사용자의 눈에 투사하고 그리고 비-청색 광의 세기에 대한 상기 청색 광의 세기를 수정하도록 구성된 디스플레이;

상기 디스플레이가 광을 상기 눈으로 투사하는 동안 상기 눈의 이미지들을 캡처(capture)하도록 구성된 카메라; 및

하드웨어 프로세서

를 포함하고,

상기 하드웨어 프로세서는:

상기 디스플레이가 상기 눈으로 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제 1 비율로 광을 투사하는 동안 상기 눈의 제 1 이미지를 캡처하도록 상기 카메라에 명령하고 - 상기 제 1 비율은 0보다 큼 -;

상기 제 1 비율을 상기 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제 2 비율로 변경하도록 상기 디스플레이에게 명령하고;

상기 디스플레이가 상기 눈으로 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제 2 비율로 광을 투사하는 동안 상기 눈의 제 2 이미지를 캡처하도록 상기 카메라에 명령하고 - 상기 제 2 비율은 0보다 크고 상기 제 1 비율과 상이함 -;

상기 제2 이미지와 상기 제1 이미지 사이의 동공 파라미터에서의 변경이 인간 개인 생체 인증 모델의 동공 파라미터에서의 모델링된 변경과 매칭하는 것을 결정하고; 그리고

상기 제2 이미지와 상기 제1 이미지 사이의 동공 파라미터에서의 변경이 상기 모델링된 변경과 매칭한다는 상기 결정에 기초하여, 상기 인간 개인의 아이덴티티를 결정

하도록 프로그래밍되는,

가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 디스플레이는 스캐닝 섬유 투사기를 포함하는,

가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 하드웨어 프로세서는, 상기 인간 개인의 아이덴티티가 시스템 애플리케이션을 사용하도록 인가된 개인의 아이덴티티와 매칭하지 않으면 상기 시스템 애플리케이션에 대한 액세스를 제한하도록 프로그래밍되는,

가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,
 상기 시스템 애플리케이션은, 복수의 깊이들에 있는 것처럼 이미지들을 디스플레이하는 것을 포함하는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,
 상기 디스플레이는 445 nm 내지 525 nm의 파장 범위에서 청색 광의 세기를 수정하도록 구성되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 6

제1 항에 있어서,
 상기 디스플레이는 10 ms 초과 동안 청색 광을 플래싱(flashing)함으로써 상기 청색 광 대 비-청색 광의 세기의
 상기 제 1 비율을 상기 제 2 비율로 변경하도록 구성되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 7

제1 항에 있어서,
 상기 디스플레이는 2개 이상의 컬러들로 광을 투사하도록 구성되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 8

제1 항에 있어서,
 상기 디스플레이는 마치 사용자로부터 복수의 깊이들에 있는 것처럼 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 9

제1 항에 있어서,
 상기 디스플레이는 복수의 스택된(stacked) 도파관들을 포함하는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 10

제1 항에 있어서,
 비-청색 광에 대한 청색 광의 세기의 상기 제 1 비율을 상기 제 2 비율로 변경하도록 상기 디스플레이에게 명령
 하기 위해, 상기 하드웨어 프로세서는 상기 복수의 스택된 도파관들 중 대응하는 스택된 도파관으로 주입되는
 청색 광의 비율을 증가시키도록 이미지 주입 디바이스에게 명령하도록 프로그래밍되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 11

제1 항에 있어서,
 상기 하드웨어 프로세서는,
 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 상기 제 2 비율에 대한 동공 응답의 상승 시간,
 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 상기 제 2 비율에 대한 상기 동공 응답의 하강 시간,

청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 상기 제 2 비율에 대한 상기 동공 응답의 지연 시간,
 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 상기 제 2 비율에 대한 상기 동공 응답의 상승 곡선,
 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 상기 제 2 비율에 대한 상기 동공 응답의 하강 곡선,
 중 적어도 하나를 포함하는 개인 생체 인증 모델을 형성하도록 추가로 구성되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 12

제1 항에 있어서,
 상기 하드웨어 프로세서는 상기 동공 파라미터에서의 변경에 기반하여 인지 부하(cognitive load)를 계산하도록 프로그래밍되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 13

제1 항에 있어서,
 상기 동공 파라미터에서의 변경은 증가된 동공 반경을 포함하는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 14

제1 항에 있어서,
 상기 하드웨어 프로세서는:
 상기 머리 장착 디스플레이 시스템을 착용한 개인의 상기 동공 파라미터에서의 현재 변경을 결정하고;
 인지 부하 동공 응답을 생성하기 위해 상기 동공 파라미터에서의 현재 변경을 개인 생체 인증 모델의 상기 동공 파라미터에서의 모델링된 변경과 상관시키고 - 상기 모델링된 변경은 정상 인지 부하 하에서의 동공 파라미터에서의 변경을 포함함 -; 그리고
 상기 인지 부하 동공 응답에 기반하여 인지 부하의 레벨을 결정
 하도록 프로그래밍되는,
 가변 레벨들의 청색 광을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] [0001] 본 출원은 2016년 3월 7일에 출원되고, 발명의 명칭이 "BLUE LIGHT ADJUSTMENT FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION"인 미국 가출원 번호 제 62/304,556호 및 2016년 3월 7일에 출원되고, 발명의 명칭이 "BLUE LIGHT ADJUSTMENT FOR BIOMETRIC SECURITY"인 미국 가출원 번호 제 62/304,573호에 대해 35 U.S.C. § 119(e) 하에서 우선권을 주장하고, 그 가출원들 각각은 이로써 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

배경 기술

[0002] [0002] 본 개시내용은 일반적으로 눈 이미저리(imagery)를 프로세싱하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

[0003] [0003] 인간 홍채는 생체 인증 정보의 소스로서 사용될 수 있다. 생체 인증 정보는 개인의 인증 또는 식별을 제공할 수 있다. 일반적으로 생체 인증 템플릿(template)이라 불리는 생체 인증 정보를 추출하는 프로세스는 통상적으로 많은 난제들을 가진다.

발명의 내용

[0004] [0004] 이 명세서에서 설명된 청구 대상의 하나 또는 그 초과와 구현들의 세부사항들은 아래의 첨부 도면들 및 상세한 설명에서 설명된다. 다른 특징들, 양상들 및 장점들은 상세한 설명, 도면들 및 청구항들로부터 자명하게 될 것이다. 이 요약 또는 다음 상세한 설명 어느 것도 본 발명의 청구 대상의 범위를 정의하거나 제한하도록 하지 않는다.

[0005] [0005] 일 양상에서, 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 하드웨어 컴퓨터 프로세서의 제어하에서 수행된다. 방법은 이미지 캡처 디바이스에 의해 획득된 초기 눈 이미지를 수신하는 단계, 초기 눈 이미지와 연관된 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하는 단계, 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 조정 눈 이미지를 수신하는 단계, 초기 눈 이미지에 관하여 조정 눈 이미지의 동공 응답의 변화를 검출하는 단계, 동공 응답의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계, 및 생체 인증 애플리케이션을 수행하는 단계를 포함한다. 방법은 청색 광의 레벨을 조정하도록 구성된 프로세서를 포함하는 머리 장착 디스플레이 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0006] [0006] 다른 양상에서, 인간 개인을 식별하기 위한 방법이 설명된다. 방법은 하드웨어 컴퓨터 프로세서의 제어하에서 수행된다. 방법은 청색 광의 레벨을 조정하는 단계, 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 눈 이미지를 수신하는 단계, 기준 이미지와 수신된 눈 이미지의 비교에 의해 동공 응답의 변화를 검출하는 단계, 동공 응답이 인간 개인의 생체 인증 특성에 대응하는 것을 결정하는 단계, 및 동공 응답 결정에 기반하여 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하는 단계를 포함한다. 방법은 인간 개인을 식별하도록 구성된 프로세서를 포함하는 머리 장착 디스플레이 시스템에 의해 수행될 수 있다.

[0007] [0007] 따라서, 웨어러블 디스플레이 시스템으로 청색 광 조정을 위한 시스템들 및 방법들이 제공된다. 청색 광 조정을 위한 시스템들 및 방법들의 실시예들은 이미지 캡처 디바이스에 의해 획득된 초기 눈 이미지를 수신하는 것; 초기 눈 이미지와 연관된 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하는 것; 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 조정 눈 이미지를 수신하는 것; 초기 눈 이미지에 관하여 조정 눈 이미지의 동공 응답의 변화를 검출하는 것; 동공 응답의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 것; 및 생체 인증 애플리케이션을 위해 눈 이미지들 또는 동공 응답의 검출된 변화를 활용하는 것을 포함한다.

[0008] [0008] 청색 광 조정을 위한 시스템들 및 방법들의 실시예들은 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 눈 이미지를 수신하는 것; 기준 이미지와 수신된 눈 이미지의 비교에 의해 동공 응답의 변화를 검출하는 것; 동공 응답이 인간 개인의 생체 인증 특성에 대응하는 것을 결정하는 것; 및 동공 응답 결정에 기반하여 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하는 것 또는 동공 응답 결정에 기반하여 생체 인증 보안 애플리케이션을 수행하는 것을 포함한다.

[0009] [0009] 개시된 청색 광 조정 방법들의 실시예들을 수행하도록 구성된 머리-장착 웨어러블 증강 현실 디바이스

들이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0010] [0010] 도 1a-도 1b는 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예들을 개략적으로 예시한다.
- [0011] [0011] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템의 예를 개략적으로 예시한다.
- [0012] [0012] 도 3은 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3차원 이미지를 시뮬레이션하기 위한 접근법의 양상들을 개략적으로 예시한다.
- [0013] [0013] 도 4는 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택(stack)의 예를 개략적으로 예시한다.
- [0014] [0014] 도 5는 도파관에 의해 출력될 수 있는 예시적인 퇴장 빔들을 도시한다.
- [0015] [0015] 도 6은 다중 초점 볼류메트릭(volumetric) 디스플레이, 이미지 또는 광 필드의 생성에 사용되는, 도파관 장치, 도파관 장치로 또는 도파관 장치로부터 광을 광학적으로 커플링하기 위한 광학 커플러 서브시스템, 및 제어 서브시스템을 포함하는 광학 시스템을 도시하는 개략 다이어그램이다.
- [0016] [0016] 도 7은 광 조정에 대한 예시적인 동공 응답을 개략적으로 예시한다.
- [0017] [0017] 도 8은 청색 광 동공 응답 루틴의 예를 개략적으로 예시한다.
- [0018] [0018] 도 9는 청색 광 식별 루틴의 예를 개략적으로 예시한다.
- [0019] [0019] 도 10은 청색 광 동공 응답 루틴의 예를 개략적으로 예시한다.
- [0020] [0020] 도면들 전반에 걸쳐, 참조 번호들은 참조된 엘리먼트들 사이의 대응을 표시하는 데 재사용될 수 있다. 도면들은 본원에 설명된 예시적인 실시예들을 예시하기 위해 제공되고 본 개시내용의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 개요
- [0012] [0021] 눈으로부터 생체 인증 정보를 추출하는 것은 일반적으로 눈 이미지 내에서 홍채의 세그먼트화를 위한 절차를 포함한다. 홍채 세그먼트화는, 홍채의 동공 및 변연 경계들(limbic boundaries)을 찾고, 이들이 홍채를 가리면 상부 또는 하부 눈꺼풀들을 로컬라이징(localizing)하고, 속눈썹들, 그림자(shadow)들, 또는 반사들의 가려짐(occlusion)들을 검출하고 배제하는 것 등을 포함해서, 홍채 경계들을 로케이팅(locating)하는 것을 포함하는 동작들을 포함할 수 있다. 예컨대, 눈 이미지는 얼굴의 이미지에 포함될 수 있거나 눈 주위 지역의 이미지일 수 있다. 홍채 세그먼트화를 수행하기 위해, 동공의 경계(홍채의 내부 경계) 및 윤부(홍채의 외부 경계)들 모두가 식별될 수 있다. 홍채의 이런 세그먼트화 외에도, 눈꺼풀들에 의해 가려지는 홍채의 부분(상부 또는 하부)이 추정될 수 있다. 이런 추정은, 정상 인간 활동 동안, 사람의 전체 홍채가 거의 보이지 않기 때문에 수행된다. 다른 말로, 전체 홍채는 일반적으로 눈꺼풀들 및 속눈썹들의 가려짐들로부터 자유롭지 못하다. 게다가, 희미하거나 어두운 조명 환경들에서, 동공은 팽창(dilate)되고 홍채의 영역은 작다. 그런 희미하거나 어두운 조명 환경들에서, 홍채의 고품질 이미지들을 획득하고 홍채 이미지 내의 생체 인증 피처(feature)들을 식별하는 것은 난제일 수 있다.
- [0013] [0022] 인간 눈의 동공 응답은 특히 눈에 의해 수신된 청색 광의 레벨 변화들에 민감하다. 눈에 전송되는 청색 광의 레벨을 증가시킴으로써, 동공은 수축될 것이다. 동공이 수축될 때 촬영된 홍채 이미지들은 더 높은 품질을 가질 개연성이 더 큰데, 그 이유는 홍채 영역이 더 크고 홍채의 더 많은 생체 인증 피처들이 분명할 것이기 때문이다. 주어진 카메라 해상도에 대해, 홍채가 확장되고(예컨대, 증가된 청색 광의 레벨로 인함) 동공이 수축될 때 촬영된 홍채 이미지는, 홍채가 수축될 때(그리고 동공이 확장됨) 촬영된 이미지보다 더 높은 해상도를 가질 것인데, 그 이유는 확장된 홍채가 카메라에 더 큰 영역의 홍채를 제시하기 때문이다. 더 많은 홍채 피처들은 그런 이미지로부터 획득될 수 있고 더 나은 품질 홍채 코드들은 그런 이미지들로부터 생성될 수 있다.
- [0014] [0023] 추가로, 살아있는 인간 눈의 동공은 광 레벨들, 특히 청색 광의 레벨들의 변화들에 대해 독특한 생체 인증 응답들을 가진다. 예컨대, 동공을 (광 레벨들의 감소에 대한 응답으로) 팽창시키거나 (광 레벨들의 증가에 대한 응답으로) 축소시키는 데 필요한 시간들은 측정가능할 뿐 아니라 각각의 특정 개인에 특정적일 수 있다. 광 레벨들(특히 청색 광)을 변화시킴으로써 유발되는 시변 동공 응답을 측정함으로써, 아래에서 더 상세

히 설명되는 시스템들은 특정 개인을 식별할 뿐 아니라 눈 이미지들이 (동공 사이즈가 고정된) 개인의 눈의 정지 이미지 또는 3D 모델이 아닌 (동공 사이즈가 특정 방식으로 변화할) 살아있는 개인으로부터의 것임을 결정할 수 있다. 따라서, 이들 시스템들의 실시예들은 증가된 보안성을 제공할 수 있는데, 그 이유는 실시예들이, 비인가된 사람이 인가된 사용자의 홍채의 정지 이미지들 또는 3D 모델들을 제시함으로써 액세스를 허용하게 시스템을 속이도록(또는 "스푸핑(spoof)"하도록) 시도할 수 있는 공산을 감소시키기 때문이다. 개인은, 자신이 알코올 또는 약물들의 영향하에 있을 때와는 다른 동공 응답을 경험할 수 있다. 이들 시스템들의 실시예들은, 개인의 동공 응답이, 예컨대, 비-알코올 또는 비-약물 상태에서의 개인의 동공 응답과 또는 개인들의 관련 부류(class)(예컨대, 성 정체성, 나이, 성별, 인종, 가족 응답, 건강, 신체 능력들 등)에 통상적인 정상 동공 응답과 상이하다는 것을 결정하는 데 사용될 수 있고, 이에 의해 알코올 또는 약물의 영향하에 있는 개인들을 식별하는 것을 도울 수 있다.

[0015] 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예

[0024] 도 1a-도 1b는 가능하게 동공 광 반사(PLR: pupillary light reflex) 또는 포토동공 반사(photopupillary reflex)로 인해, 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예를 개략적으로 예시한다. 도 1a는 눈꺼풀들(110), 홍채(112) 및 동공(114)을 가진 눈(102)의 이미지를 예시한다. 도 1a에서, 동공(114)은 반경(r_1)(119a)을 가진다. 동공 경계(114a)는 동공(114)과 홍채(112) 사이이고, 그리고 변연 경계(112a)는 홍채(112)와 공막(113)(눈의 "백색") 사이이다. 눈꺼풀들(110)은 상부 눈꺼풀(110a) 및 하부 눈꺼풀(110b)을 포함한다. 인간 눈이 광 또는 어둠에 노출될 때, 동공은 생리적인 응답(동공 응답)을 나타낸다. 동공 응답은 수축 및 팽창 응답 둘 모두를 포함한다. 예컨대, 광에 대한 노출은 동공 수축 응답(예컨대, 동공 사이즈의 감소)을 유발할 수 있다. 이것은 축동(miosis)으로 지칭될 수 있다. 대조적으로, 어두운 환경은 동공 팽창 응답(예컨대, 동공 사이즈의 확대)을 유발할 수 있다. 이것은 산동(mydriasis)으로 지칭될 수 있다. 사이즈의 변화는 그 변화(예컨대, 동공 또는 홍채의 사이즈를 증가시키거나 사이즈를 감소시킴)를 경험하는 눈(102)의 엘리먼트의 직경, 반경, 둘레 및/또는 영역의 변화를 지칭할 수 있다.

[0025] 동공 응답이라는 용어는 눈의 피처(예컨대, 동공 또는 홍채 사이즈)의 눈 이미지로부터부터의 측정 또는 2개 또는 그 초과 이미지들 사이에서 계산된 눈 피처의 변화(예컨대, 동공 또는 홍채 사이즈의 변화)를 지칭할 수 있다. 광을 참조할 때, "레벨"이라는 용어는 상이한 범위의 파장들과 비교할 때 특정 범위의 파장들의 절대 세기 또는 다양한 파장들의 상대적 세기(예컨대, 세기의 비율, 세기의 비)를 지칭할 수 있다. "레벨"이라는 용어는 또한 광이 지향되는 방향 및/또는 광이 어느 도파관으로 지향되는지를 지칭할 수 있다. 예컨대, 광은, 광이 눈의 더 민감한 영역으로 지향될 때 또는 더 큰 비율의 컬러(예컨대, 파장들의 범위)가 그 컬러에 튜닝된 도파관으로 지향될 때 더 높은 레벨인 것으로 지칭될 수 있다. 특정 레벨의 컬러(예컨대, 청색)의 광은 주어진 범위의 파장들에 더 완전히 또는 직접적으로 속하도록 광의 파장 또는 파장들을 튜닝함으로써 증가될 수 있다. 예컨대, 청색 광은 400 nm 내지 525 nm의 파장들을 지칭할 수 있다. 그러나, 청색 광의 레벨은, 470 nm 가 청색 컬러 범위에서 더 "깊은 것" 또는 더 "중심적인 것"이라고 말해지기 때문에, 파장을 450 nm에서 470 nm 로 변화시킴으로써 증가하는 것으로 말해질 수 있다. 청색의 레벨은 다른 가시 파장 대역들(예컨대, 525 nm 내지 600 nm의 녹색 광 및 600 nm 내지 750 nm의 적색 광)의 광량에 비해 청색 광의 양을 변화시킴으로써 증가하는 것으로 말해질 수 있다. 범위들이 부분적으로 오버랩하더라도, 하나의 범위의 파장들은 다른 범위의 파장들과 상이할 수 있다.

[0026] 인간 눈은 동공 응답에 기여하는 본질적으로 감광성 망막 신경절 셀들(ipRGC들 또는 pRGC들)을 포함한다. 예컨대, 멜라놉신 색소에 의해 흡수된 광에 응답하는 그런 셀들은 약 445 nm 내지 525 nm의 대역폭 범위의 광에 주로 민감하다. 그런 대역폭 범위는 보라색 광 컬러들 및 청색 광 컬러들을 포함한다. ipRGC들은 청색 광 컬러 대역의 중간인 약 488 nm에서 피크(peak) 수용성을 가질 수 있다. ipRGC들에 대한 감도 범위 내의 임의의 광은 청색 광으로 지칭될 수 있다.

[0027] 인간 눈이 광에 노출될 때, 그리고 특히 증가된 청색 광의 레벨에 노출될 때, 동공(114)은 사이즈가 감소할 수 있다. 예컨대, 도 1b는 도 1a의 반경(r_1)(119a)에 비해 감소된 반경(r_2)(119b)을 도시한다. 따라서, 도 1b는 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예를 개략적으로 예시한다. 도 1a의 눈(102)에 노출된 광에 비해 도 1b의 증가된 청색 광의 레벨은 동공(114)의 사이즈를 수축시킨다. 차례로, 홍채(112)의 사이즈 및 영역은 도 1a의 홍채의 사이즈에 비해 도 1b에서 증가한다. 따라서, 이런 증가된 청색 광의 레벨 노출은 (더 큰 홍채 영역이 눈-이미징 카메라에 제시되기 때문에) 눈 이미지 내의 홍채의 해상도를 향상시킬 수 있고, 이는 더 많은 홍채 피처들이 더 큰 홍채에서 식별될 수 있을 경우 향상된 홍채 코드 생성을 허용한다. 홍채 코드 생성을 향상

시키거나, 개인들을 식별하거나, 개인들의 생체 인증 응답들을 식별하거나, 또는 시스템의 스푸핑을 감소시키거나 방지하기 위해 청색 광의 레벨을 조정하기 위한 시스템들 및 방법들이 본원에 설명된다. 예컨대, 먼셀(Munsel) 컬러 시스템 관점으로부터, 컬러들은 3개의 스펙트럼 속성들(채도, 명도(또는 값) 및 색조)에 의해 나타내진다. 도 1a-도 1b와 함께 이 예를 계속하면, 눈(102)은 도 1a에서 광에 노출되고; 그리고, 도 1b에서, 증가된 청색 광은 증가된 "청색도(blueness)"에 대응하는 증가된 채도(또는 포화도) 값들을 의미한다.

[0020] [0028] 눈(102)에 노출되는 청색 광의 레벨을 증가시키는 것은 다양한 방식으로 달성될 수 있다. 예컨대, 디스플레이는 이전 시간의 청색 광의 레벨(예컨대, 특정 시간 기간 동안 플래시(Flash) 청색 광)에 비해 청색 광의 레벨을 증가시킬 수 있다. 광 소스의 일부 또는 모두는 예컨대, 청색 광을 출력하는 픽셀들의 수 또는 디스플레이 영역의 양을 증가시킴으로써 짧은 시간 동안 주로 청색 광을 출력할 수 있다. 광 소스는 청색 픽셀들의 세기를 증가시키거나 작동시킴으로써 청색 광을 출력할 수 있다. 또는 다른 예로서, 광 소스는 적색 및 녹색 픽셀들로부터의 세기를 감소시키거나 비작동시킴으로써 청색 광의 인식되는 출력을 증가시킬 수 있다. 다른 변형들 또는 제어들은 또한 광 소스로부터 청색 광의 레벨을 증가시키도록 구현될 수 있다. 디스플레이된 픽셀은 비-청색 광의 레벨들에 비해 증가된 청색 광의 레벨로 시프트될 수 있다. 또 다른 예로서, 청색 그래픽은 청색 광의 양을 증가시키기 위해 사용자에게 보여지는 이미지상에 디스플레이될 수 있다. 예컨대, 청색 나비(또는 임의의 다른 적절한 그래픽)는 이미지상에 중첩될 수 있어서, 사용자의 눈들은 청색 그래픽 없는 경우 이미지로부터 인식할 것보다 더 많은 청색 광을 인식한다. 그런 청색 나비는 웨어러블 디스플레이 시스템에 대한 시작 시간들에서 나타날 수 있다. 예컨대, 사용자 식별을 위한 웨어러블 디스플레이 시스템의 시작 동안 증가된 청색 광으로 웨어러블 디스플레이 시스템에 의해 디스플레이되는 장면(예컨대, 청색 나비를 가짐)을 가지는 것이 유리할 수 있다. (예컨대, 아래에서의 "동공 응답에 의한 개인 식별의 예"에 대해) 본원에서 설명된 바와 같이, 청색 광(예컨대, 청색 나비 및/또는 점점 푸른 하늘을 갖는 장면)에 대한 동공 응답은 생체 인증 식별 시스템에 활용될 수 있다. 청색 광의 레벨(예컨대, 청색 그래픽의 휘도 또는 영역)은 시간에 따라 변화될 수 있어서, 시변 동공 응답은 디스플레이 시스템의 뷰어(viewer)에게 유도된다.

[0021] [0029] 디스플레이의 픽셀들은 적색(R), 녹색(G), 청색(B)을 디스플레이하는 서브픽셀들에 의해 나타내질 수 있다. 따라서, 청색 값, 적색 값 및 녹색 값에 의해 나타내지는 디스플레이된 픽셀은, 예컨대 B 서브픽셀들의 세기를 변화시킴으로써, 청색 값들의 변화된(증가되거나 감소된) 양으로 시프트될 수 있다. 웨어러블 디스플레이 시스템에 커플링된 디바이스들(예컨대, 도 4를 참조하여 설명된 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208))은 또한, 예컨대 디바이스에 의해 투사되는 청색을 변화시킴으로써, 청색 광의 레벨들을 변화시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 웨어러블 디스플레이 시스템은 착용자의 눈들 중 하나 또는 둘 모두를 향해 주로 청색을 투사할 수 있는 별개의 광 소스를 포함할 수 있다.

[0022] [0030] 접안 렌즈는 머리 장착 디스플레이 시스템에 포함될 수 있다. 접안 렌즈는 하나 또는 그 초과 광 소스들로부터의 광을 이미지로서 사용자에게 전송하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 접안 렌즈는 광학적으로 투과성이고 사용자의 환경으로부터의 광을 사용자에게 전송하도록 구성된다. 접안 렌즈는 접안 렌즈를 통해 광을 디스플레이하도록 구성된 하나 또는 그 초과 광 소스들을 포함할 수 있다.

[0023] [0031] 청색 광의 레벨은 개인으로부터 대응하는 동공 응답을 유도하기 위해 시변 방식으로 증가되거나 감소될 수 있다. 시변 광 레벨들에 대한 개인의 동공 응답은 본원에서 설명된 생체 인증 애플리케이션들에 사용될 수 있다.

[0024] [0032] 홍채의 이미지는 촬영되고 정규화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 홍채 이미지가 정규화되었을 때, 이미지 데이터는 홍채를 각각의 셀들로 분해하는 데 사용될 수 있다. 예컨대, 가버(Gabor)(또는 유사한) 필터 컨볼루션(convolution) 방법은 각각의 셀에 대한 지배적인 배향을 계산하는 데 사용될 수 있다. 일단 배향이 컴퓨팅되면, 이는 비닝될(binned) 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 셀에 대한 2개의 비트 서명이 할당될 수 있는 4개의 빈(bin)들이 사용된다. 이런 2 비트 서명은 빈 ID로 지칭될 수 있다.

[0025] [0033] 일부 구현들에서, 1000개의 셀들(또는 그 초과)에 대한 빈 ID들은 25,000 내지 60,000개의 픽셀들로부터 컴퓨팅될 수 있다. 일부 실시예들에서, 25,000개보다 더 적은 픽셀들이 셀들에 대한 빈 ID들을 컴퓨팅하는 데 사용된다.

[0026] [0034] 정규화된 이미지에 걸쳐 퍼지는 정보의 양은 동공의 팽창 상태에 의존할 수 있다. 일부 실시예들에서, 정규화된 이미지는 홍채로부터 매핑(map)된 픽셀들을 가진 직사각형 이미지여서, 원래 홍채에서 이들의 각도적 위치는 직사각형의 장축(예컨대, "수평" 또는 "x" 축)에 매핑되지만, 동공으로부터 운부 경계를 향하는 방사상 거리는 단축(예컨대, "수직" 또는 "y" 축)에 매핑된다. 동공이 강하게 팽창될 때, 정규화된 이미지에 매핑하

기 위해 입력 이미지에서 이용가능한 픽셀들의 수는, 동공이 수축될 때보다 훨씬 더 적을 수 있다. 홍채의 왜곡은 선형이 아닐 수 있다.

[0027] 청색 광 조정을 사용하는 예시적인 웨어러블 디스플레이 시스템

[0028] [0035] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템들은 착용가능할 수 있고, 이는 유리하게 더 실감형 VR(virtual reality) 또는 AR(augmented reality) 경험을 제공할 수 있고, 여기서 디지털적으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들은, 이들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 인식될 수 있는 방식으로 착용자에게 제시된다.

[0029] [0036] 이론에 의해 제한되지 않고, 인간 눈이 통상적으로 깊이 인식을 제공하기 위해 유한한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다는 것이 믿어진다. 결과적으로, 인식된 깊이의 매우 믿을만한 시뮬레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 예컨대, 도파관들의 스택을 포함하는 디스플레이들은 사용자, 또는 뷰어의 눈들의 전면에 포지셔닝되어 착용되도록 구성될 수 있다. 도파관들의 스택은 이미지 주입 디바이스(예컨대, 이미지 정보를 하나 또는 그 초과 광섬유들을 통해 파이핑(pipe)하는 멀티플렉싱된 디스플레이의 이산 디스플레이들 또는 출력단들)로부터의 광을 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산 양들)로 뷰어의 눈으로 지향시키기 위해 복수의 도파관들을 사용함으로써 3-차원 인식을 눈/뇌에 제공하는 데 활용될 수 있다.

[0030] [0037] 일부 실시예들에서, 도파관들의 2개의 스택들(뷰어의 각각의 눈에 대해 하나씩)은 각각의 눈에 상이한 이미지들을 제공하는 데 활용될 수 있다. 일 예로서, 증강 현실 장면은, AR 기술의 착용자가 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼을 특징으로 하는 실세계 공원형 세팅을 보도록 할 수 있다. 이들 아이템들에 외에, AR 기술의 착용자는 또한, 그가 실세계 플랫폼 상에 서 있는 로봇 동상, 및 호박벌의 의인화인 것으로 보여지는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터를 "보는" 것을 인식할 수 있다(로봇 동상 및 호박벌이 실세계에 존재하지 않더라도). 도파관들의 스택(들)은 입력 이미지에 대응하는 광 필드를 생성하는데 사용될 수 있고 일부 구현들에서, 웨어러블 디스플레이는 웨어러블 광 필드 디스플레이를 포함한다. 광 필드 이미지들을 제공하기 위한 웨어러블 디스플레이 디바이스 및 도파관 스택들의 예들은 미국 특허 공개 번호 2015/0016777호에 설명되고, 이 공개 특허는 이로써 이 공개 특허가 포함하는 모든 것에 대해 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0031] [0038] 도 2는 VR 또는 AR 경험을 착용자에게 제시하는데 사용될 수 있는 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 예를 예시한다. 다수의 깊이 평면 가상 또는 증강 현실 경험들을 제공하는 VR 및 AR 시스템들은 또한 MR(mixed reality) 시스템들 또는 경험들로 칭해질 수 있다. 웨어러블 디스플레이 시스템(100)은 본원에 설명된 애플리케이션들 또는 실시예들 중 임의의 것을 제공하기 위해 청색 광 조정을 수행하도록 프로그래밍될 수 있다. 디스플레이 시스템(100)은 디스플레이(62), 및 그 디스플레이(62)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계적 및 전자적 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(62)는 디스플레이 시스템 착용자 또는 뷰어(60)에 의해 착용가능하고 그리고 착용자(60)의 눈들의 전면에 디스플레이(62)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(64)에 커플링될 수 있다. 디스플레이(62)는 광 필드 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(66)는 프레임(64)에 커플링되고 사용자의 외이도(ear canal)에 인접하게 포지셔닝된다(일부 실시예들에서, 도시되지 않은 다른 스피커는 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/형상화가능 사운드 제어를 제공함). 디스플레이 시스템(100)은 착용자 주변 환경의 세계를 관찰하는 외향 지향 이미징 시스템(예컨대, 도 4에 도시된 이미징 시스템(502)을 참조)을 포함할 수 있다. 외향 지향 이미징 시스템(502)은 청색 광을 검출할 수 있는 광 센서들을 갖춘 카메라들을 포함할 수 있다. 디스플레이 시스템(100)은 또한 착용자의 눈 움직임들을 추적할 수 있는 내향 지향 이미징 시스템(예컨대, 도 4에 도시된 이미징 시스템(500)을 참조)을 포함할 수 있다. 내향 지향 이미징 시스템은 한쪽 눈의 움직임들 또는 양쪽 눈의 움직임들을 추적할 수 있다. 디스플레이(62)는 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 이를테면 프레임(64)에 고정되게 부착되거나, 사용자에게 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정되게 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 그렇지 않으면 사용자(60)에게 제거가능하게 부착되는(예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 로컬 데이터 프로세싱 모듈(70)에, 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해, 동작가능하게 커플링(68)된다. 로컬 데이터 프로세싱 모듈(70)은 하나 또는 그 초과 하드웨어 프로세서들(예컨대, 프로그램가능 전자 디바이스들, 마이크로프로세서들, 마이크로제어기들 등)을 포함할 수 있다.

[0032] [0039] 프레임(64)은 착용자의 눈(들)의 이미지들을 획득하기 위해 프레임(64)에 부착되거나 장착된 하나 또는 그 초과 카메라들을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 카메라(들)는, 사용자의 눈이 직접 이미징될 수 있도록 눈의 전면에서 프레임(64)에 장착될 수 있다. 다른 실시예들에서, 카메라는 프레임(62)의 스템(stem)을 따라

(예컨대, 착용자의 귀 가까이) 장착될 수 있다. 그런 실시예에서, 디스플레이(62)는 착용자의 눈으로부터의 광을 카메라를 향하여 다시 반사시키는 재료로 코팅될 수 있다. 광은, 홍채 피쳐들이 적외선 이미지들에서 두드러지기 때문에, 적외선 광일 수 있다.

[0033] [0040] 웨어러블 HMD(head mounted display), 이라면 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 맥락에서, 카메라들은 사용자의 모니터에 커플링된 카메라보다 사용자의 눈에 더 가까울 수 있다. 예컨대, 카메라들은 웨어러블 HMD 상에 장착될 수 있고, 웨어러블 HMD 자체는 사용자의 머리에 착용된다. 그런 카메라에 대한 눈들의 근접성은 더 높은 해상도 눈 이미지를 초래할 수 있다. 따라서, 컴퓨터 비전(vision) 기법들이 사용자의 눈들로부터, 특히 홍채(예컨대, 홍채 피쳐)에서 또는 홍채를 둘러싸는 공막(예컨대, 공막 피쳐)에서 시각적 피쳐들을 추출하는 것이 가능하다. 예컨대, 눈에 가까운 카메라로 볼 때, 눈의 홍채는 상세한 구조들을 보여줄 것이다. 그런 홍채 피쳐들은 특히 적외선 조명하에서 관찰될 때 현저하고 생체 인증 식별에 사용될 수 있다. 이들 홍채 피쳐들은 사용자마다 고유하고, 지문 방식으로, 사용자를 고유하게 식별하는데 사용될 수 있다. 눈 피쳐들은 눈의 공막(홍채 외측)의 혈관들을 포함할 수 있고, 혈관들은 또한 적색 또는 적외선 광 하에서 보여질 때 특히 현저하게 보일 수 있다. 더 높은 해상도에서 보여지는 그런 독특한 홍채 피쳐들은, 다양한 눈 포즈 이미지에 대해 생성된 더 고유하거나 정확한 홍채 코드들을 유도할 수 있다. 예컨대, 본원에 개시된 기법들로 인해, 청색 광 조정은 홍채 코드 생성을 위해 눈 이미지의 해상도를 상당히 향상시키는 데 사용될 수 있다.

[0034] [0041] 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 비-일시적 디지털 메모리, 이라면 비-휘발성 메모리, 예컨대, 플래시 메모리를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 돕기 위해 활용될 수 있다. 데이터는 (a) 센서들(예컨대 프레임(64)에 동작가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 착용자(60)에게 부착될 수 있음), 이라면 이미지 캡처 디바이스들(이라면 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스(compass)들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 및/또는 자이로들로부터 캡처된 데이터; 및/또는 (b) 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)를 사용하여 획득되고 그리고/또는 프로세싱되고, 그런 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 가능하게 디스플레이(62)에 전달되는 데이터를 포함한다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 통신 링크들(76, 78)에 의해, 이라면 유선 또는 무선 통신 링크들을 통하여, 원격 프로세싱 모듈(72) 및 원격 데이터 저장소(74)에 동작가능하게 커플링될 수 있어서, 이들 원격 모듈들(72, 74)은 서로 동작가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에 대한 리소스들로서 이용가능하다. 이미지 캡처 디바이스(들)는 청색 광 조정 절차들에 사용되는 눈 이미지들을 캡처하는데 사용될 수 있다.

[0035] [0042] 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(72)은 데이터 및/또는 이미지 정보, 이라면 이미지 캡처 디바이스에 의해 캡처된 비디오 정보를 분석 및 프로세싱하도록 구성된 하나 또는 그 초과 하드웨어 프로세서들(예컨대, 서버들)을 포함할 수 있다. 비디오 데이터는 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)에 로컬적으로 저장될 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, 비디오는 그의 일반적인 의미로 사용되지만, 시각 이미지들의 시퀀스를 레코딩하는 것(그러나 이에 제한되지 않음)을 포함한다. 비디오의 각각의 이미지는 때때로 이미지 프레임 또는 간단히 프레임으로 지칭된다. 비디오는 오디오 채널과 함께 또는 오디오 채널 없이, 복수의 순차적인 프레임들을 포함할 수 있다. 비디오는 시간적으로 정렬된 복수의 프레임들을 포함할 수 있다. 따라서, 비디오의 이미지는 눈 이미지 프레임 또는 눈 이미지로 지칭될 수 있다.

[0036] [0043] 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(74)는 "클라우드" 리소스 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 컴퓨테이션(computation)들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에서 수행되고, 이는 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0037] [0044] 일부 구현들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)은 본원에 설명된 바와 같은 눈 이미지들을 획득하거나 눈 이미지들을 프로세싱하는 실시예들을 수행하도록 프로그래밍된다. 예컨대, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)은 각각 도 8, 도 9 및 도 10을 참조하여 설명되는 루틴(800, 900 또는 1000)의 실시예들을 수행하도록 프로그래밍될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)은 예컨대 착용자(60)의 아이덴티티를 식별하거나 인증하기 위해 생체 인증 추출시, 또는 예컨대 각각의 눈이 보고 있는 방향을 결정하기 위해 포즈 추정시, 본원에 개시된 청색 광 조정 기법들을 사용하도록 프로그래밍될 수 있다. 이미지 캡처 디바이스는 특정 애플리케이션에 대한 비디오(예컨대, 눈-추적 애플리케이션에 대해 착용자의 눈의 비디오)를 캡처할 수 있다. 비디오는 다양한 눈 이미지 프로세싱 기법들을 사용하여 프로세싱 모듈들(70, 72) 중 하나 또는 둘 모두에 의해 분석될 수 있다. 이런 분석으로, 프로세싱 모듈들(70, 72)은 청색 광 조정들을 수행할 수 있다. 예로서, 로컬 프로세싱 및 데이

터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)은 프레임(64)에 부착된 카메라들로부터 초기 눈 이미지를 수신하도록 프로그래밍될 수 있다(예컨대, 루틴(900 또는 950)). 게다가, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)은, 예컨대, 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는지를 결정하거나(예컨대, 루틴(800)) 또는, 다른 예로서, 동공 응답(예컨대, 동공 응답의 특정 상태)이 웨어러블 디스플레이 시스템(100)과 관련하여 조정된 청색 광의 레벨에 기반하여 개인의 특성을 식별하는지를 결정(예컨대, 루틴(900))하도록 프로그래밍될 수 있다. 일부 경우들에서, 원격 프로세싱 모듈(예컨대, "클라우드" 내의)에 본원에 설명된 기법들 중 적어도 일부를 오프-로딩(off-loading)하는 것은 컴퓨테이션들의 효율성 또는 속도를 개선할 수 있고, 예컨대, 청색 광 동공 응답 루틴(예컨대, 루틴(800))은 원격 프로세싱 모듈에 오프 로딩될 수 있다. 또는 다른 예로서, 기법들 중 일부 부분들은 원격 프로세싱 모듈, 이를테면 청색 광 식별 루틴(예컨대, 루틴(900))에 오프 로딩될 수 있다.

[0038] [0045] 비디오 분석의 결과들(예컨대, 추정된 눈 포즈)은 추가적인 동작들 또는 프로세싱을 위해 프로세싱 모듈들(70, 72) 중 하나 또는 둘 모두에 의해 사용될 수 있다. 예컨대, 다양한 애플리케이션들에서, 생체 인증 식별, 눈-추적, 인식, 또는 객체들의 분류, 포즈들 등은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 의해 사용될 수 있다. 예컨대, 착용자의 눈(들)의 비디오는 눈 이미지들을 획득하는데 사용될 수 있고, 결국 눈 이미지들은 디스플레이(62)를 통해 착용자(60)의 눈의 홍채 코드를 결정하기 위해 프로세싱 모듈들(70, 72)에 의해 사용될 수 있다. 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 프로세싱 모듈들(70, 72)은 본원에 설명된 비디오 또는 이미지 프로세싱 애플리케이션들 중 임의의 애플리케이션을 수행하기 위해 청색 광 조정의 하나 또는 그 초과 실시예들로 프로그래밍될 수 있다.

[0039] [0046] 인간 시각 시스템은 복잡하고 깊이의 현실적인 인식을 제공하는 것은 어렵다. 이론에 의해 제한되지 않고, 객체의 뷰어들이 이접 운동과 원근조절의 결합으로 인해 객체를 3차원인 것으로 인식할 수 있다는 것이 고려된다. 서로에 대해 2개의 눈들의 이접 운동 움직임들(예컨대, 객체 상에 고정시키도록 눈들의 시선들을 수렴하기 위하여 서로를 향하는 또는 서로 멀어지는 동공들의 회전 움직임들)은 눈들의 렌즈들의 포커싱(또는 "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들 하에서, 상이한 거리에 있는 하나의 객체로부터 다른 객체로 포커스를 변화시키기 위하여, 눈들의 렌즈들의 포커스를 변화시키거나, 또는 눈들의 원근을 조절하는 것은 "원근조절-이접 운동 반사(accommodation-vergence reflex)"로서 알려진 관계 하에서, 동일한 거리로의 이접 운동의 매칭 변화를 자동으로 유발할 것이다. 마찬가지로, 이접 운동의 변화는 정상 조건들 하에서, 원근조절의 매칭 변화를 트리거할 것이다. 원근조절과 이접 운동 사이의 더 나은 매칭을 제공하는 디스플레이 시스템들은 3차원 이미저리의 더 현실적이고 편안한 시물레이션들을 형성할 수 있다.

[0040] [0047] 도 3은 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3차원 이미저리를 시물레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 3을 참조하면, z-축 상에서 눈들(302 및 304)로부터 다양한 거리들에 있는 객체들은, 이들 객체들이 인 포커싱(in focus)되도록 눈들(302, 304)에 의해 원근조절된다. 눈들(302 및 304)은 z-축을 따라 상이한 거리들에 있는 객체들을 포커싱하도록 특정 원근조절된 상태들을 취한다. 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리를 갖는 깊이 평면들(306) 중 특정 깊이 평면과 연관되는 것으로 말해질 수 있어서, 특정 깊이 평면의 객체들 또는 객체들의 부분들은, 눈이 그 깊이 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 인 포커스된다. 일부 실시예들에서, 3차원 이미저리는 눈들(302, 304)의 각각에 대해 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 그리고 또한 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 시물레이팅될 수 있다. 예시의 명확성을 위해 별개인 것으로 도시되지만, 눈들(302 및 304)의 시야들이 예컨대 z-축을 따른 거리가 증가함에 따라 오버랩할 수 있다는 것이 인식될 것이다. 게다가, 예시의 용이함을 위해 편평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들이 물리적 공간에서 곡선질 수 있어서, 깊이 평면 내의 모든 피처들이 특정 원근 조절된 상태에서 눈과 인 포커싱되는 것이 인식될 것이다. 이론에 의해 제한되지 않고, 인간 눈이 통상적으로 깊이 인식을 제공하기 위해 유한한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다는 것이 믿어진다. 결과적으로, 인식된 깊이의 매우 믿음만한 시물레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다.

[0041] 도파관 스택 어셈블리

[0042] [0048] 도 4는 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(100)은 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 사용하여 3차원 인식을 눈/뇌에 제공하는 데 활용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택된 도파관 어셈블리(178)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(100)은 도 2의 시스템(100)에 대응할 수 있고, 도 4는 그 시스템(100)의 일부 부분들을 더 상세히 개략적으로

도시한다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 도파관 어셈블리(178)는 도 2의 디스플레이(62)에 통합될 수 있다.

[0043]

[0049] 도 4를 계속 참조하면, 도파관 어셈블리(178)는 또한 도파관들 사이에 복수의 피쳐들(198, 196, 194, 192)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(198, 196, 194, 192)은 렌즈들일 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 및/또는 복수의 렌즈들(198, 196, 194, 192)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산으로 이미지 정보를 눈에 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(200, 202, 204, 206, 208)은 이미지 정보를 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 주입하는데 활용될 수 있고, 도파관들 각각은, 눈(304)을 향하여 출력하도록, 각각의 개별 도파관에 걸쳐 인입 광을 분배하도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 출력 표면을 퇴장하고 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 대응하는 입력 예지로 주입된다. 일부 실시예들에서, 단일 광빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산량들)로 눈(304)을 향하여 지향되는 복제되고 시준된 빔들의 전체 필드를 출력하기 위해 각각의 도파관으로 주입될 수 있다.

[0044]

[0050] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은, 각각, 대응하는 도파관(182, 184, 186, 188, 190)으로의 주입을 위한 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 예컨대 이미지 정보를 하나 또는 그 초과 광학 도파관들(이러테면, 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 각각에 파이핑할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력단들이다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 본원의 시스템들 및 방법들에서 설명된 바와 같이, 청색 광의 조정들에 대응하는, 각각 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 대한 증가된 청색 광의 레벨들을 생성하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 짧은 시간 기간들(예컨대, 약 10 ms 내지 약 1000 ms) 동안 청색에 대응하는 파장들의 광을 생성하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 청색 광의 하나 또는 그 초과 짧은 플래시들이 디스플레이될 수 있다. 하나 또는 그 초과 짧은 플래시들은 각각 약 1000 ms 미만 지속될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과 짧은 플래시들은 각각 약 50 ms 내지 800 ms 지속된다. 광은 규칙적(또는 불규칙적) 간격들로 "펄스화"될 수 있다. 각각의 펄스는 약 10 ms 내지 500 ms 지속될 수 있다. 각각의 펄스 사이의 시간은 유사하게 짧을 수 있다(예컨대, 10 ms 내지 500 ms, 50 ms 내지 800 ms). 펄싱이 지속되는 총 시간 길이는 100 ms 미만, 500 ms 미만, 및/또는 2000 ms 미만일 수 있다.

[0045]

[0051] 제어기(210)는 스택된 도파관 어셈블리(178) 및 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(210)는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로의 이미지 정보의 타이밍 및 프로비전(provision)을 조절하는 프로그래밍(예컨대, 비-일시적 컴퓨터-관독가능 매체의 명령들)을 포함한다. 예컨대, 본원에서 설명된 청색 광 조정 기법들에 대해, 제어기(210)는 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)에 의해 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 제공되는 청색 광의 타이밍 및 프로비전을 조절할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 통합 디바이스, 또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 연결되는 분산형 시스템일 수 있다. 제어기(210)는 일부 실시예들에서 프로세싱 모듈들(71 또는 72)(도 2에 예시됨)의 부분일 수 있다.

[0046]

[0052] 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 TIR(total internal reflection: 내부 전반사)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각, 주 최상부 표면 및 주 최하부 표면, 그리고 이들 주 최상부 표면과 주 최하부 표면 사이에서 연장되는 예지들을 가진, 평면형일 수 있거나 다른 형상(예컨대, 곡선형)을 가질 수 있다. 예시된 구성에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각, 이미지 정보를 눈(304)으로 출력하기 위해 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 재지향시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성된 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 포함할 수 있다. 추출된 광은 또한 아웃커플링된(outcoupled) 광으로 지칭될 수 있고, 광 추출 광학 엘리먼트들은 또한 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 지칭될 수 있다. 추출된 광빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 재지향 엘리먼트를 가격하는 위치들에서 도파관에 의해 출력된다. 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 예컨대 반사성 및/또는 회절성 광학 피쳐들일 수 있다. 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은, 설명의 용이함 및 도면 명확성을 위해 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 최하부 주 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 볼륨 내에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료 층으로 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 모놀리식

재료 피스(piece)일 수 있고 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 그 재료 피스의 표면상에 및/또는 내부에 형성될 수 있다.

[0047] [0053] 도 4를 계속 참조하면, 본원에 논의된 바와 같이, 각각의 도파관(182, 184, 186, 188, 190)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하도록 광을 출력하도록 구성된다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관(182)은, 그런 도파관(182)에 주입된 시준된 광을 눈(304)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위쪽의 다음 도파관(184)은, 시준된 광이 눈(304)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(192)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 그러한 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있다. 제1 렌즈(192)는 약간 볼록 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 위쪽의 그 다음 도파관(184)으로부터 오는 광을, 광학 무한대로부터 눈(304)을 향해 내측으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 유사하게, 위쪽의 제3 도파관(186)은 자신의 출력 광을 눈(304)에 도달하기 전에 제1 렌즈(192) 및 제2 렌즈(194) 둘 모두를 통과시킨다. 제1 및 제2 렌즈들(192 및 194)의 결합된 광학 파워(power)는 다른 증분 양의 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 제3 도파관(186)으로부터 오는 광을, 위쪽의 다음 도파관(184)으로부터의 광보다 광학 무한대로부터 사람을 향하여 내측으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다.

[0048] [0054] 다른 도파관 층들(예컨대, 도파관들(188, 190)) 및 렌즈들(예컨대, 렌즈들(196, 198))은 유사하게 구성되고, 스택 내 가장 높은 도파관(190)은, 자신의 출력을, 사람과 가장 가까운 초점 평면을 대표하는 총(aggregate) 초점 파워에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(178)의 다른 층부 상에서 세계(144)로부터 오는 광을 보고/해석할 때 렌즈들(198, 196, 194, 192)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(180)이 아래쪽 렌즈 스택(198, 196, 194, 192)의 총 파워를 보상하기 위해 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 그런 구성은 이용가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 만큼 많은 인식되는 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 광 추출 광학 엘리먼트들과 렌즈들의 포커싱 양상들 둘 모두는 정적(예컨대, 동적이거나 전자-활성이지 않음)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전자-활성 피쳐들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0049] [0055] 디스플레이 시스템(100)은 세계(144)의 일부를 이미징하는 외향 지향 이미징 시스템(502)(예컨대, 디지털 카메라)을 포함할 수 있다. 세계(144)의 이러한 부분은 FOV(field of view)로 지칭될 수 있고 이미징 시스템(502)은 때때로 FOV 카메라로 지칭된다. 뷰에 의한 뷰잉 또는 이미징에 이용가능한 전체 지역은 FOR(field of regard)로 지칭될 수 있다. 일부 HMD 구현들에서, 착용자가 착용자를 둘러싸는 객체들을 보기 위해 자신의 머리 및 눈들을(착용자의 앞, 뒤, 위, 아래, 또는 측면들로) 움직일 수 있기 때문에, FOR은 HMD의 착용자 둘레의 입체각 모두를 실질적으로 포함할 수 있다. 외향 지향 이미징 시스템(502)으로부터 획득된 이미지들은 착용자에 의해 이루어진 제스처들(예컨대, 손 또는 손가락 제스처들)을 추적하고, 착용자 전면에서의 세계(144)의 객체들을 검출하는 등에 사용될 수 있다.

[0050] [0056] 디스플레이 시스템(100)은, 사용자가 시스템(100)과 상호작용하도록 제어기(210)에 커맨드들을 입력할 수 있게 하는 사용자 입력 디바이스(504)를 포함할 수 있다. 예컨대, 사용자 입력 디바이스(504)는 트랙패드(trackpad), 터치스크린(touchscreen), 조이스틱(joystick), 다수의 DOF(degree-of-freedom) 제어기, 캐패시티브 감지 디바이스, 게임 제어기, 키보드, 마우스, D-패드(directional pad), 원드(wand), 촉각(haptic) 디바이스, 토렘(totem)(예컨대, 가상 사용자 입력 디바이스로서 기능함) 등을 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 사용자는 시스템(100)에 입력을 제공하기 위해(예컨대, 시스템(100)에 의해 제공된 사용자 인터페이스에 사용자 입력을 제공하기 위해) 터치-감지 입력 디바이스를 가압하거나 스와이프(swipe)하도록 손가락(예컨대, 엄지 손가락)을 사용할 수 있다. 사용자 입력 디바이스(504)는 시스템(100)의 사용 동안 사용자의 손에 의해 홀딩될 수 있다. 사용자 입력 디바이스(504)는 디스플레이 시스템(100)과 유선 또는 무선 통신할 수 있다.

[0051] [0057] 도 4를 계속 참조하면, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 자신들의 개별 도파관들 밖으로 광을 재지향시키는 것 및 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하는 것 둘 모두를 수행하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 광 추출 광학 엘리먼트들을 가질 수 있고, 광 추출 광학 엘리먼트들은 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 발산 양으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의된 바와 같이, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 특정 각도들에서 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼류메트릭 또는 표면 피쳐들일 수 있다. 예컨대, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들, 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 광 추출 광학 엘리먼트들, 이를테면 회절 격자들은, 그 전체가 본원에 인용에 의해 포함되는, 2015년 6월 25일에 공개된 미국 특허 공개 번호 제 2015/0178939호에서

설명된다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(198, 196, 194, 192)은 렌즈들이 아닐 수 있다. 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예컨대, 공기 갭들을 형성하기 위한 클래딩 층들 및/또는 구조들)일 수 있다.

[0052] [0058] 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 회절 패턴을 형성하는 회절 피쳐들, 또는 "회절 광학 엘리먼트"(또한 본원에서 "DOE"로서 지칭됨)이다. 바람직하게, DOE들은 비교적 낮은 회절 효율성을 가져서, 광빔의 일부만이 DOE의 각각의 교차로 인해 눈(304)을 향하여 편향되지만, 나머지는 내부 전반사를 통하여 도파관을 통해 계속 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 운반하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 퇴장하는 다수의 관련된 퇴장 빔들로 나뉘어지고, 그 결과는 이런 특정 시준된 빔이 도파관 내에서 이리저리 반송성(bouncing)되기 때문에 눈(304)을 향한 상당히 균일한 퇴장 방출 패턴이다.

[0053] [0059] 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과 DOE들은, 이들이 활발하게 회절시키는 "온" 상태들과 이들이 현저하게 회절시키지 않는 "오프" 상태들 사이에서 스위칭가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭가능 DOE는, 마이크로액적(microdroplet)들이 호스트 매질에 회절 패턴을 포함하는 폴리머 분산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 매질의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사 광을 뚜렷하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액적은 호스트 매질의 굴절률에 매칭하지 않는 인덱스(index)로 스위칭될 수 있다(이 경우에 패턴은 입사 광을 활발하게 회절시킴).

[0054] [0060] 일부 실시예들에서, 깊이 평면들의 수 및 분포 및/또는 심도(depth of field)는 뷰어의 눈들의 동공 사이즈들 및/또는 배향들에 기반하여 동적으로 가변될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미징 시스템(500)(예컨대, 디지털 카메라)은 눈(304)의 이미지들을 캡처하여 눈(304)의 동공의 사이즈 및/또는 배향을 결정하는 데 사용될 수 있다. 이미징 시스템(500)은, 착용자(60)가 보고 있는 방향을 결정하는 데 사용하기 위한 이미지들(예컨대, 눈 포즈)을 획득하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미징 시스템(500)은 프레임(64)(도 2에 예시된 바와 같이)에 부착될 수 있고 프로세싱 모듈들(71 및/또는 72)과 전기 통신할 수 있고, 프로세싱 모듈들(71 및/또는 72)은 예컨대 사용자(60)의 눈 포즈 또는 눈들의 동공 직경들 및/또는 배향들을 결정하기 위해 카메라(50)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 눈에 대해 하나의 이미징 시스템(500)이 활용되어, 각각의 눈의 동공 사이즈 및/또는 배향을 별도로 결정할 수 있고, 이에 의해 각각의 눈에 대한 이미지 정보의 프리젠테이션이 그 눈에 동적으로 맞춤화되는 것이 허용된다. 일부 다른 실시예들에서, (예컨대, 눈들의 쌍당 단지 단일 이미징 시스템(500)만을 사용하여) 단지 단일 눈(304)의 동공 직경 및/또는 배향이 결정되고 뷰어(60)의 양쪽 눈들에 대해 유사한 것으로 가정된다.

[0055] [0061] 예컨대, 심도는 뷰어의 동공 사이즈와 반비례하여 변화할 수 있다. 결과적으로, 뷰어의 눈들의 동공들의 사이즈들이 감소함에 따라, 심도가 증가하여, 하나의 평면의 위치가 눈의 포커스 깊이를 넘어서기 때문에 식별할 수 없는 그 평면은 식별가능하게 되고, 동공 사이즈의 감소 및 상응하는 심도의 증가로 더 많은 인 포커싱을 나타낼 수 있다. 마찬가지로, 상이한 이미지들을 뷰어에게 제시하는데 사용되는 이격된 깊이 평면들의 수는 동공 사이즈가 감소함에 따라 감소될 수 있다. 예컨대, 뷰어는, 하나의 깊이 평면으로부터 다른 깊이 평면으로 멀어지게 눈의 원근조절을 조정하지 않고 하나의 동공 사이즈에서 제1 깊이 평면 및 제2 깊이 평면 둘 모두의 세부사항들을 명확하게 인식하지 못할 수 있다. 그러나, 이들 2개의 깊이 평면들은 원근조절을 변화시키지 않고 다른 동공 사이즈의 사용자에게 동시에 충분히 인 포커싱될 수 있다.

[0056] [0062] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 동공 사이즈 및/또는 배향의 결정들에 기반하여, 또는 특정 동공 사이즈들 및/또는 배향들을 나타내는 전기 신호들을 수신하는 것에 기반하여, 이미지 정보를 수신하는 도파관들의 수를 가변시킬 수 있다. 예컨대, 사용자의 눈들이 2개의 도파관들과 연관된 2개의 깊이 평면들 사이를 구별할 수 없으면, 제어기(210)는 이들 도파관들 중 하나에 이미지 정보를 제공하는 것을 중단하도록 구성되거나 프로그래밍될 수 있다. 유리하게, 이것은 시스템에 대한 프로세싱 부담을 감소시킬 수 있고, 이에 의해 시스템의 응답성이 증가된다. 도파관에 대한 DOE들이 온 상태와 오프 상태 사이에서 스위칭가능한 실시예들에서, DOE들은, 도파관이 이미지 정보를 수신할 때 오프 상태로 스위칭될 수 있다.

[0057] [0063] 일부 실시예들에서, 뷰어의 눈 직경보다 작은 직경을 가진 조건을 충족시키는 퇴장 빔을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 그러나, 이 조건을 충족시키는 것은 뷰어의 동공들의 사이즈의 가변성을 고려할 때 어려울 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 조건은 뷰어의 동공 사이즈의 결정들에 대한 응답으로 퇴장 빔의 사이즈를 가변시킴으로써 다양한 동공 사이즈들에 걸쳐 충족된다. 예컨대, 동공 사이즈가 감소함에 따라, 퇴장 빔의 사이즈가 또한 감소될 수 있다. 일부 실시예들에서, 퇴장 빔 사이즈는 가변 애퍼처(aperture)를 사용하여 가변될 수 있다.

[0058] [0064] 도 5는 도파관에 의해 출력된 퇴장 빔들의 예를 도시한다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈

블리(178)의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있고, 여기서 도파관 어셈블리(178)가 다수의 도파관들을 포함한다는 것이 인식될 것이다. 광(400)은 도파관(182)의 입력 예지(382)에서 도파관(182)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(182) 내에서 전파된다. 광(400)이 DOE(282) 상에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 퇴장 빔들(402)로서 도파관을 퇴장한다. 퇴장 빔들(402)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 이들 퇴장 빔들(402)은 또한 도파관(182)과 연관된 깊이 평면에 따라, (예컨대, 발산하는 퇴장 빔들을 형성하는) 각도로 눈(304)으로 전파되도록 제지할 수 있다. 실질적으로 평행한 퇴장 빔들은 눈(304)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅되는 것으로 보이는 이미지들을 형성하기 위해 광을 아웃커플링하는 광 추출 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다는 것이 인식될 것이다. 다른 도파관들 또는 광 추출 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 발산하는 퇴장 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이 퇴장 빔 패턴은 눈(304)이 망막 상에 포커싱되도록 더 가까운 거리에 원근조절되는 것을 요구할 것이고 광학 무한대보다 눈(304)에 더 가까운 거리로부터의 광으로서 눈에 의해 해석될 것이다.

[0059] [0065] 도 6은 도파관 장치, 도파관 장치로 또는 도파관 장치로부터 광을 광학적으로 커플링하기 위한 광학 커플러 서브시스템, 및 제어 서브시스템을 포함하는 광학 디스플레이 시스템(100)의 다른 예를 도시한다. 광학 시스템(100)은 다중-초점 볼류메트릭, 이미지 또는 광 필드를 생성하는데 사용될 수 있다. 광학 시스템은 하나 또는 그 초과 주 평면 도파관들(1)(도 6에 단지 하나만 도시됨) 및 주 도파관들(10) 중 적어도 일부의 각각과 연관된 하나 또는 그 초과 DOE들(2)을 포함할 수 있다. 평면 도파관들(1)은 도 4를 참조하여 논의된 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)과 유사할 수 있다. 광학 시스템은, 제1 축(도 6의 도면에서 수직 또는 Y-축)을 따라 광을 증계하고, 그리고 제1 축(예컨대, Y-축)을 따라 광의 유효 사출동을 확장하기 위해 분배 도파관 장치를 이용할 수 있다. 분배 도파관 장치는 예컨대 분배 평면 도파관(3) 및 분배 평면 도파관(3)과 연관된 적어도 하나의 DOE(4)(이중 파선에 의해 예시됨)를 포함할 수 있다. 분배 평면 도파관(3)은 주 평면 도파관(1)과 적어도 일부 측면들에서 유사하거나 동일할 수 있고, 주 평면 도파관(1)과 상이한 배향을 가진다. 마찬가지로, 적어도 하나의 DOE(4)는 DOE(2)와 적어도 일부 측면들에서 유사하거나 동일할 수 있다. 예컨대, 분배 평면 도파관(3) 및/또는 DOE(4)는 각각 주 평면 도파관(1) 및/또는 DOE(2)와 동일한 재료들로 구성될 수 있다. 도 6에 도시된 광학 시스템은 도 2에 도시된 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 통합될 수 있다.

[0060] [0066] 증계 및 사출동 확장 광은 분배 도파관 장치로부터 하나 또는 그 초과 주 평면 도파관들(10)로 광학적으로 커플링된다. 주 평면 도파관(1)은, 바람직하게 제1 축에 직교하는 제2 축(예컨대, 도 6의 도면에서 수평 또는 X-축)을 따라 광을 증계한다. 특히, 제2 축은 제1 축에 비-직교 축일 수 있다. 주 평면 도파관(10)은 그러한 제2 축(예컨대, X-축)을 따라 광의 유효 사출동을 확장시킨다. 예컨대, 분배 평면 도파관(3)은 광을 수직 또는 Y-축을 따라 증계 및 확장시키고 그 광을 주 평면 도파관(1)으로 통과시킬 수 있고, 주 평면 도파관(1)은 수평 또는 X-축을 따라 광을 증계 및 확장시킨다.

[0061] [0067] 광학 시스템은 단일 모드 광섬유(9)의 근위(proximal) 단부에 광학적으로 커플링될 수 있는 컬러 광(예컨대, 적색, 녹색, 및 청색 레이저 광)의 하나 또는 그 초과 소스들(110)을 포함할 수 있다. 광섬유(9)의 원위(distal) 단부는 압전기 재료의 중공 튜브(8)를 통하여 스레드(thread)되거나 수용될 수 있다. 원위 단부는 고정되지 않은 가요적 캔틸레버(cantilever)(7)로서 튜브(8)로부터 돌출된다. 압전기 튜브(8)는 4개의 사분면 전극들(예시되지 않음)과 연관될 수 있다. 전극들은 예컨대 튜브(8)의 외측, 외부 표면 또는 외부 주변 또는 직경 상에 도금될 수 있다. 코어 전극(예시되지 않음)은 또한 튜브(8)의 코어, 중앙, 내부 주변 또는 내부 직경에 위치된다.

[0062] [0068] 예컨대, 와이어들(10)을 통하여 전기적으로 커플링된 구동 전자장치(12)는 독립적으로 2개의 축들로 압전기 튜브(8)를 구부리도록 전극들의 대향 쌍들을 구동한다. 광 섬유(7)의 돌출하는 말단 팁(tip)은 기계적 공진 모드들을 가진다. 공진 주파수들은 광 섬유(7)의 직경, 길이 및 재료 특성들에 의존할 수 있다. 섬유 캔틸레버(7)의 제1 기계적 공진 모드 근처에서 압전기 튜브(8)를 진동시킴으로써, 섬유 캔틸레버(7)는 진동하도록 유발되고, 큰 편향들을 통하여 스위프(sweep)된다.

[0063] [0069] 2개의 축들로 공진 진동을 자극함으로써, 섬유 캔틸레버(7)의 팁(tip)은 2차원(2D) 스캔을 증진하는 영역에서 2개의 축방향으로 스캐닝된다. 섬유 캔틸레버(7)의 스캔과 동기하여 광 소스(들)(11)의 세기를 변조함으로써, 섬유 캔틸레버(7)로부터 나오는 광은 이미지를 형성한다. 그런 셋업의 설명들은 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함되는 미국 특허 공개 번호 제 2014/0003762호에 제공된다.

[0064] [0070] 광학 커플러 서브시스템의 컴포넌트는 스캐닝 섬유 캔틸레버(7)로부터 나오는 광을 시준한다. 시준된 광은 미러 표면(5)에 의해, 적어도 하나의 DOE(diffractive optical element)(4)를 포함하는 좁은 분배 평면

도파관(3)으로 반사될 수 있다. 시준된 광은 내부 전반사에 의해 분배 평면 도파관(3)을 따라 (도 6의 도면에 관하여) 수직으로 전파되고, 그렇게 하여 DOE(4)와 반복적으로 교차한다. DOE(4)는 바람직하게 낮은 회절 효율성을 가진다. 이것은 광의 일부(예컨대, 10%)가 DOE(4)와의 각각의 교차 포인트에서 더 큰 주 평면 도파관(1)의 에지를 향하여 회절되게 하고, 광의 일부가 TIR을 통하여 분배 평면 도파관(3)의 길이 아래로 자신의 원래의 궤도 상에서 계속되게 한다.

[0065] [0071] DOE(4)와의 각각의 교차 포인트에서, 부가적인 광은 주 도파관(1)의 입구를 향하여 회절된다. 인입 광을 다수의 아웃커플링된 세트들로 나눔으로써, 광의 사출동은 분배 평면 도파관(3) 내의 DOE(4)에 의해 수직으로 확장된다. 분배 평면 도파관(3)으로부터 커플링 아웃된 이런 수직으로 확장된 광은 주 평면 도파관(1)의 에지에 진입한다.

[0066] [0072] 주 도파관(1)에 진입하는 광은 TIR을 통하여 주 도파관(1)을 따라 (도 6의 도면에 관하여) 수평으로 전파된다. 광은 TIR을 통해 주 도파관(10)의 길이의 적어도 일부분을 따라 수평으로 전파됨에 따라 다수의 포인트들에서 DOE(2)와 교차한다. DOE(2)는 유리하게 선형 회절 패턴과 방사상 대칭 회절 패턴의 합인 위상 프로파일을 가지도록 설계되거나 구성될 수 있어서, 광의 편향 및 포커싱 둘 모두를 생성한다. DOE(2)는 유리하게 낮은 회절 효율성(예컨대, 10%)을 가질 수 있어서, 광빔의 일부만이 DOE(2)의 각각의 교차로 뷰어의 눈을 향해 편향되지만 광의 나머지는 TIR을 통해 도파관(1)을 통해 계속 전파된다.

[0067] [0073] 전파되는 광과 DOE(2) 사이의 각각의 교차 포인트에서, 광의 일부는 주 도파관(1)의 인접한 면을 향하여 회절되어 광이 TIR을 벗어나고, 그리고 주 도파관(1)의 면으로부터 나오는 것을 허용한다. 일부 실시예들에서, DOE(2)의 방사상 대칭 회절 패턴은 부가적으로, 회절된 광에 포커스 레벨을 부여하고, 이는 개별 빔의 광파면을 형상화하고(예컨대, 곡률을 부여하는 것) 그리고 설계된 포커스 레벨과 매칭하는 각도로 빔을 스티어링(steering)하는 것 둘 모두를 한다.

[0068] [0074] 따라서, 이들 상이한 경로들은 광이 상이한 각도들, 초점 레벨들에서 다수의 DOE들(2)에 의해 주 평면 도파관(1)으로부터 커플링 아웃되게 할 수 있고, 및/또는 사출동에서 상이한 충전(fill) 패턴들을 생성하게 할 수 있다. 사출동에서 상이한 충전 패턴들은 유리하게 다수의 깊이 평면들을 가진 광 필드 디스플레이를 생성하는데 사용될 수 있다. 스택에서 도파관 어셈블리의 각각의 층 또는 층들(예컨대, 3개의 층들)의 세트는 개별 컬러(예컨대, 적색, 청색, 녹색)를 생성하는데 이용될 수 있다. 따라서, 예컨대, 3개의 인접한 층들의 제1 세트는 제1 초점 깊이에 적색, 청색 및 녹색 광을 개별적으로 생성하는데 이용될 수 있다. 3개의 인접한 층들의 제2 세트는 제2 초점 깊이에 적색, 청색 및 녹색 광을 개별적으로 생성하는데 이용될 수 있다. 다수의 세트들은 다양한 초점 깊이들을 가진 풀(full) 3D 또는 4D 컬러 이미지 광 필드를 생성하는데 이용될 수 있다.

[0069] 청색 광 조정에 대한 동공 응답의 예

[0070] [0075] 도 7은 광 조정에 대한 예시적인 동공 응답을 개략적으로 예시한다. 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같은 동공의 수축 및 팽창 외에, 눈의 다른 생리적인 특성들은 눈(102)에 노출되는 증가된 광의 레벨의 노출에 의해 영향을 받을 수 있다. 그런 생리적인 특성들을 사용함으로써, 본원에 설명된 시스템들 및 방법들은 동공 응답의 변화를 검출하고 그 검출된 변화를 생체 인증 애플리케이션 임계치와 비교할 수 있다. 그 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하면, 웨어러블 디스플레이 시스템은 생체 인증 애플리케이션에 눈 이미지들 또는 그 검출된 동공 응답 변화를 활용할 수 있다.

[0071] [0076] 동공 응답(예컨대, 동공 파라미터, 동공 파라미터의 변화)은, 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 감소된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강(decay) 시간, 증가된 광의 레벨에 대한 지연 시간, 상승 시간에 대한 상승 곡선 또는 하강 시간에 대한 하강 곡선을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 다양한 생리적인 특성들을 포함할 수 있다. 그런 동공 응답은 프로세싱 모듈들에 커플링된 웨어러블 디스플레이 시스템(예컨대, 도 2에 도시된 웨어러블 디스플레이 시스템(100) 또는 도 4 및 도 6의 디스플레이 시스템들(100))에 의해 측정될 수 있다. 예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72)은, 청색 광 레벨이 변화되거나 수정되는 시간 기간 동안 이미징 시스템(500)(예컨대, 도 4 참조)으로부터 획득된 눈 이미지들을 프로세싱할 수 있다. 예컨대, 이미징 시스템(500)으로부터 획득된 눈 이미지들은 동공 응답의 모델을 형성하는 데 사용될 수 있다. 모델은, 동공 영역, 동공 반경, 동공 원주, 동공 직경 또는 동공 반경에 대한 외부 홍채 반경을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는, 눈 이미지로부터 유도되거나 측정된 임의의 파라미터에 기반할 수 있다. 부가적으로, 또는 대안적으로, 동공 응답의 생리적인 특성들은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 커플링된 다양한 기구들에 의해 측정되거나 눈 이미지들을 프로세싱하여 유도될 수 있다. 도 7은 프로세싱 모듈들(70, 72)의 눈 이미지 분석에 기반하는 동공 응답을 대표하는 파라미터들을 개략적으로 예시한다.

- [0072] [0077] 도 7은 광 조절에 대한 예시적인 동공 응답을 예시한다. 동공 응답 곡선(109)($r(t)$)은 동공의 반경($r(t)$)에 대한 변화하는 광의 레벨들(106)(L)에 대한 생리적인 응답의 예를 예시한다. 도 7에 묘사된 바와 같이, 광 레벨들은 순간적으로 레벨(L_A)로부터 더 높은 레벨(L_A+L_B)로 증가하고, 이어서 다시 레벨(L_A)로 낮아진다. 가변하는 광의 레벨들(106)에 응답하는 동공 응답 곡선(109)은 상승 곡선 부분(109b) 및 하강 곡선 부분(109d) 둘 모두를 포함한다. 인간 눈(102)은, 광의 레벨이 증가된 이후 지연 시간(τ_1)(109a)을 경험할 수 있다. 상승 곡선 부분(109b)은 상승 시간(τ_D)(109c) 동안 증가된 광의 레벨(예컨대, L_A+L_B)에 대한 동공 응답을 예시한다. 일 실시예에서, 증가된 광의 레벨은 눈에 노출된 청색 광의 총량의 전체적인 증가에 대응할 수 있다.
- [0073] [0078] 동공은 감소된 광의 레벨에 대한 특정 응답을 나타낸다(예컨대, 눈(102)은 더 낮은 레벨(L_A)로 변화하는 광 레벨(L_A+L_B)로 인해 더 어두운 상태에 노출됨). 하강 곡선 부분(109d)은 하강 시간(τ_C)(109e) 동안 감소된 광의 레벨에 대한 동공 응답을 예시한다. 하강 시간 지연(109f)은, 증가된 광의 레벨(L_A+L_B)이 레벨(L_A)로 리턴될 때와 동공 하강 응답이 시작될 때 사이의 경과된 시간을 설명한다. 더 밝은 상태와 더 어두운 상태 사이 및/또는 더 어두운 상태와 더 밝은 상태 사이의 동공 응답의 절대 레벨의 차이는 109g에 의해 설명된다. 일부 실시예들에서, 도 7에 도시된 다양한 값들(예컨대, 109a-109g)의 비율들은, 임계치 동공 응답에 도달되었는지를 결정하는 데 사용될 수 있다. 동공 응답과 연관된 다양한 시간들은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 커플링된 프로세싱 모듈들(70, 72)에 의해 구현된 타이머 또는 클록(clock)에 의해 측정될 수 있다. 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답은 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 지연 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 곡선 부분의 형상, 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 곡선 부분의 형상을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 다양한 생리적인 특성들을 포함할 수 있다. 동공 응답 시간들은 통상적으로 약 100 ms 내지 약 500 ms 범위이다. 동공 응답에 대한 7개의 파라미터들(예컨대, 109a-109g)에 대해 도 7에 예시되지만, 동공 응답의 다른 생리적인 특성들이 동공 응답의 파라미터로서 측정되고 포함될 수 있다. 예컨대, 동공의 최소 및 최대 반경이 동공 응답의 파라미터들로서 포함될 수 있다. 따라서, 도 7에 예시된 생리적인 파라미터들은 단지 예시를 위한 것이고, 인간 눈에 대한 실제 동공 응답은 위에서 설명된 예와 상이할 수 있다.
- [0074] [0079] 동공 응답의 변화들은 본원에서 설명된 청색 광 조정 루틴들을 구현하는 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 의해 검출될 수 있다. 예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72)은, 눈(102)에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하고 그리고 웨어러블 디스플레이 시스템(100)으로부터 수신된 후속 조정 눈 이미지를, 청색 광의 레벨에 대한 조정이 일어나기 전에 수신된 초기 눈 이미지와 비교하기 위한 루틴(800)을 구현할 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 동공 응답의 변화를 검출하는 것은 초기 눈 이미지의 동공 반경과 조정 눈 이미지의 동공 반경의 비교일 수 있다. 다른 실시예에서, 초기 눈 이미지는 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 소유하거나 이에 액세스하는 특정 개인에 대한 생체 인증 데이터베이스에 저장된 기준 눈 이미지일 수 있다.
- [0075] [0080] 시스템은 이미지 캡처 디바이스(예컨대, 카메라)를 사용하여 객체(예컨대, 눈)의 하나 또는 그 초과 이미지들을 캡처할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 이미지는 정상 조명 조건들(예컨대, 눈으로 지향되는 수정되지 않거나 조정되지 않은 청색 광의 레벨) 하에서 캡처되지만, 제2(또는 제3, 제4, 등) 이미지는 수정된 조명 조건들(예컨대, 눈으로 지향되는 증가된 청색 광의 레벨) 하에서 캡처된다. 정상 조명 조건들 하에서 캡처된 이미지는 제어 이미지로 지칭될 수 있고, 수정된 조명 조건들 하에서 캡처된 이미지(들)는 수정된 이미지(들)로 지칭될 수 있다. 유사하게, 정상 조명 조건들은 제어 조명 조건들이라 지칭될 수 있다.
- [0076] [0081] 동공 응답의 검출된 변화들, 이를테면, 예컨대, 조정된 청색 광의 레벨들에 기반한 변화들은 특정 생체 인증 애플리케이션들에 활용될 수 있다. 위에서 설명된 생리적인 특성들 중 임의의 특성에서 검출된 변화는, 동공이 더 작을 때 홍채의 더 큰 부분이 이미징될 수 있기 때문에, 향상된 홍채 코드가 조정 눈 이미지로부터 생성될 수 있다는 것을 표시할 수 있다. 따라서, 일부 생체 인증 애플리케이션들은 동공 응답에서 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과할 것을 요구할 수 있다. 위로부터의 동공 반경들의 동일한 예를 계속하면, 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는지를 결정하는 것은, 동공 반경의 차이가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 이 예에서, 동공 반경들의 차이는 비교된 눈 이미지들(예컨대, 초기 눈 이미지 대 조정 눈 이미지)의 이미지 품질 팩터(quality factor)에 관련된 이미지 품질 메트릭(metric)에 대응한다. 다른 이미지 품질 메트릭들은 생체 인증 애플리케이션 임계치들

의 예에 대해 아래에서 논의된 바와 같이 가능하다.

[0077] [0082] 일부 구현들에서, 동공 응답의 타겟 상태는, 조정 눈 이미지가 동공 응답의 변화에 대해 분석된 이후 청색 광의 레벨을 점진적으로 조정(예컨대, 청색 광의 레벨을 반복)함으로써 도달된다. 예컨대, 동공 응답의 타겟 상태는 임계 동공 반경(예컨대, 고품질 홍채 이미지를 획득하기에 충분히 작음)일 수 있다. 조정 눈 이미지가 임계 동공 반경을 통과하는 동공 반경을 갖지 않으면, 청색 광의 레벨은 예컨대 동공 응답의 타겟 상태를 향해 동공을 추가로 수축시키도록 점진적으로 조정될 수 있다. 이런 관점으로부터, 수신된 각각의 조정 눈 이미지는 동공 응답의 타겟 상태를 최적화하는 시스템에게 피드백으로서 보여질 수 있다.

[0078] [0083] 부가적으로, 또는 대안적으로, 피드백, 예컨대 각각의 조정 이미지는 동공 응답을 조절하는 데 사용될 수 있다. 예컨대, 특정 개인에 대한 동공 응답의 모델은 눈에 노출된 광의 가변 조건들 하에서 몇몇 눈 이미지들을 사용하여 형성될 수 있다. 일단 모델이 형성되었다면, 본원에 설명된 시스템들 및 방법들은 동공 응답을 조절하기 위해 청색 광의 레벨을 증가 또는 감소시키는 데 사용되고, 이에 의해 타겟 상태(예컨대, 평형 상태)를 달성할 수 있다. 평형 상태는 청색 광의 레벨을 반복적으로 수정함으로써 달성될 수 있다. 평형 상태는, 예측가능 응답이 주어진 입력(예컨대, 청색 광의 레벨)에 의해 달성될 때의 상태를 지칭할 수 있다. 그런 타겟 상태는 디스플레이에 의해 불필요하게 높은 레벨의 청색 광을 생성하지 않고 적절한 결과들을 달성하는 것을 도울 수 있다.

[0079] 동공 응답 모델링의 예

[0080] [0084] 도 1a-도 1b 및 도 7에서 위에서 설명된, 광 또는 조정된 청색 광의 레벨들에 대한 동공 응답은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 개인에 대한 개인 생체 인증 모델을 형성하는 데 사용될 수 있다. 예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72)은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 개인에 대한 개인 생체 인증 모델을 생성할 수 있다. 이런 개인 생체 인증 모델을 생성하기 위해, 눈 이미지들로부터 획득된 정보는 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 감소된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 시간, 증가된 그리고/또는 감소된 광의 레벨에 대한 지연 시간, 상승 시간에 대한 상승 곡선, 또는 하강 시간에 대한 하강 곡선, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 지연 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 곡선 부분, 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 곡선 부분을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 그 모델에 기여하는 데 사용될 수 있다. 따라서, 개인 생체 인증 모델은 정상 광 조건들(예컨대, 주변 조명 조건들) 하에서의 동공 응답 및 조정된 청색 광의 레벨 하에서의 동공 응답을 포함할 수 있다. 개인 생체 인증 모델은 또한 기준 눈 이미지들, 이를테면 정상 조명 조건들 하에서 획득된 눈 이미지들을 포함할 수 있다. 그런 기준 눈 이미지들은 조정된 청색 광의 레벨 동안 또는 그 이후에 획득된 눈 이미지들과의 비교에 사용될 수 있다. (예컨대, 외향-지향 이미징 시스템(502)의 부분으로서) 웨어러블 디바이스 상에 존재하는 광 센서들을 가진 카메라들을 갖는 실시예들에서, 그런 카메라들은 청색 광과 연관된 파장들에 대해 주변 광 레벨을 일반적으로 또는 특정하게 측정하는 데 사용될 수 있다. 일부 그런 실시예들은 유리할 수 있는데, 그 이유는 디스플레이 시스템이 주변 청색 광의 레벨의 척도를 가지며 그리고 뷰어의 동공 응답을 유도하기 위해 주변 레벨에 관하여 청색 광의 레벨을 변화시킬 수 있기 때문이다.

[0081] 인지 부하(Cognitive Load)

[0082] [0085] 부가적으로, 또는 대안적으로, 개인 생체 인증 모델은 또한 광 레벨들 이외의 환경 조건들에 의해 정의된 동공 응답들을 포함할 수 있다. 개인의 정신 상태는 개인의 동공 응답에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 동공 응답의 측정들은 측정할 때 개인의 정신 상태를 추론하는 데 사용될 수 있다. 인지 부하는 개인의 작업 메모리(예컨대, 정보를 홀딩 및 프로세싱하는 데 전념되는 메모리)에 사용되는 정신 노력의 총량을 지칭한다. 인지 부하는 동공 응답에 영향을 미칠 수 있다. 증가된 인지 부하는 동공의 팽창을 증가시킬 수 있고, 이는 시간에 따른 동공 반경의 증가에 대응한다. 또는 다른 예로서, 높은 인지 부하의 조건들 하에서 동공 응답의 상승 시간은 정상 인지 부하의 조건들 하에서의 상승 시간보다 더 짧을 수 있다. 전자 디스플레이 상에서 실질적으로 진정되는 장면의 노출은 인지 부하를 감소시킬 수 있고 개인의 동공 응답의 측정가능한 변화들을 야기시킬 수 있다. 따라서, 인지 부하의 변화는 높은 인지 부하의 시간 기간들(예컨대, 문제를 해결, 액션 장면을 시청)과 사용자가 더 낮은 인지 부하를 경험할 때(예컨대, 실질적으로 진정되는 장면에 노출 이후)의 시간 기간들 사이의 동공 응답의 변화에 대한 눈 이미지들을 분석함으로써 측정될 수 있다.

[0083] [0086] 환경 조건들에 의해 정의된 동공 응답들의 또 다른 예들로서, 동공 응답은 행복, 슬픔, 분노, 혐오, 두려움, 폭력적 성향들, 각성 또는 다른 감정들을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 개인의 상태에 상관될 수

있다. 예컨대, 정상 조명 조건들에 관하여 동공 수축의 더 짧은 지연 시간은 특정 개인에 대한 분노를 표시할 수 있다. 다른 예로서, 동공 팽창에 대한 날카로운 상승 곡선은 (예컨대, 다른 개인으로부터의) 각성을 표시할 수 있다. 가변하는 감정 상태들에 대한 동공 응답들은 상이한 개인들에 대해 가변할 수 있다. 그런 동공 응답들은 개인 생체 인증 모델에 포함될 수 있다.

[0084] [0087] 개인 생체 인증 모델은 인지 부하의 레벨을 결정하는 데 또한 사용될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 동공 응답은 "정상" 조명 조건들, 예컨대 정상 동공 응답 하에서 개인에 대해 존재할 수 있다. 그 개인이 증가된 인지 부하(예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템 상에 디스플레이된 수학 문제에 관해 생각하거나 웨어러블 디스플레이 시스템을 활용하면서 교실 활동 동안 생각하기)를 경험하면, 인지 부하의 레벨이 결정될 수 있다. 예컨대, 개인의 현재 동공 응답은 눈 이미징에 의해 결정될 수 있다. 현재 동공 응답은 (예컨대, 정상 인지 부하 하에서 및/또는 정상 조명 조건들 하에서) 개인의 정상 동공 응답과 비교될 수 있다. 정상 동공 응답은 디스플레이 시스템에 의해 측정되고 저장될 수 있다. 인지 부하를 추정하기 위해, 정상 동공 응답은 인지 부하 동공 응답을 생성하기 위해 현재 동공 응답으로부터 감산될 수 있고, 이는 개인에 의해 현재 경험되는 인지 부하의 양의 척도이다. 다른 방해 자극(distractor)들(예컨대, 정상 조건들 하에서의 광 레벨과 비교할 때 현재 광 레벨의 차이)은 감산되거나 보상된다. 더 큰(더 적은) 인지 부하 동공 응답은, 개인이 더 큰(더 작은) 인지 활동들을 겪고 있는 것을 표시하는 경향이 있다. 인지 부하의 레벨은 인지 부하 동공 응답에 기반하여 추정될 수 있다. 예컨대, 인지 부하 동공 응답에 기반하여 인지 부하의 레벨을 결정하는 것은 동공 반경을 인지 부하 스코어에 상관시키는 것을 포함할 수 있다.

[0085] [0088] 다양한 실시예들에서, 시스템은 착용자의 인지 부하를 결정하기 위해 착용자의 눈들을 모니터링할 수 있다. 이런 모니터링은 연속적으로, 특정 시간들에(예컨대, 착용자가 공부하고 있을 때), 또는 인지 부하 측정 애플리케이션의 사용자 활동 시 발생할 수 있다. 착용자의 인지 부하는 분석을 위해 착용자(또는 착용자에 의해 인가된 누군가)에 의해 저장되고 액세스될 수 있다. 예컨대, 교사는 공부하는 동안 학생의 인지 부하를 검토하여 학생이 효율적으로 공부하는지 백일몽을 꾸는지를 결정할 수 있다. 다른 실시예들에서, 시스템은 착용자 인근의 개인들의 눈들을 이미징할 수 있는 외향 지향 카메라를 포함할 수 있다. 이들 개인들의 눈 이미지들은 분석되고 인지 부하가 추정될 수 있다. 시스템은 다른 개인의 인지 부하들을 표시하는 그래픽을 착용자에게 디스플레이할 수 있다. 예컨대, 교사는 교실 내 학생들을 보고 인지 부하의 추정치를 획득할 수 있고, 이는, 학생들이 수업 동안 관심을 기울이는지를 표시하는 경향이 있을 것이다.

[0086] [0089] 일단 구성되면, 개인 생체 인증 모델은 생체 인증 데이터베이스에 저장될 수 있다. 예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72)은 보안 통신 채널(예컨대, 채널이 인크립팅(encrypt)됨)을 통해 생체 인증 데이터베이스를 호스팅하는 서버와 통신할 수 있다. 생체 인증 데이터베이스는 그 특정 개인에 대응하는 데이터 레코드로서 개인 생체 인증 모델을 저장할 수 있다. 이런 방식으로, 생체 인증 데이터베이스는 다양한 웨어러블 디스플레이 시스템들(100)로부터 획득된 몇몇 생체 인증 모델들을 저장할 수 있다. 부가적으로, 또는 대안적으로, 개인 생체 인증 모델은 로컬로(예컨대, 프로세싱 모듈(70)) 저장될 수 있다. 그런 경우에, 로컬로 저장된 개인 생체 인증 모델은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 개인의 식별에 사용될 수 있다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템(100)은 로컬로 저장된 개인 생체 인증 모델과 매칭하는 개인에게만 액세스 또는 부분 액세스를 허용할 수 있다.

[0087] 동공 응답을 사용한 개인 식별의 예

[0088] [0090] 도 1a-도 1b 및 도 7에서 위에서 설명된 광 또는 조정된 청색 광의 레벨들에 대한 동공 응답은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 개인을 식별하는 데 사용될 수 있다. 일단 그 웨어러블 디스플레이 시스템을 활용하는 개인이 식별되면, 시스템은 연관된 동공 응답에 기반하여 특정 생체 인증 애플리케이션들에 대한 액세스를 허용할 수 있다. 예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72)은, 단독으로 또는 다른 생체 인증 또는 비-생체 인증 팩터들과 함께, 동공 응답이 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 개인을 식별하는 것을 결정할 수 있다. 그러나, 이런 결정하는 하는 프로세싱 모듈들(70, 72)의 일 예로서, 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 사용자로부터 획득된 눈 이미지들은 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간에 대해 분석된다. 그 분석은, 그 상승 시간이 저장된 생체 인증 레코드의 상승 시간에 대응하는지를 결정하기 위해 특정 개인에 대해 저장된 생체 인증 레코드에 비교된다. 일단 상승 곡선이 저장된 생체 인증 레코드의 상승 곡선에 대응하는 것이 결정되면, 프로세싱 모듈들(70, 72)은 특정 생체 인증 애플리케이션들에 대한 액세스를 허용할 수 있다.

[0089] [0091] 예시적으로, 인간 개인을 식별하는 일 구현에서, 5개 또는 그 초과인 생체 인증 특성들은, 동공 응답이

특정 인간 개인을 식별하는 것을 결정하는 데 사용될 수 있다. 이들 5개의 생체 인증 특성들 또는 그 초과인 생체 인증 특성들은 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 감소된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 시간, 증가된 그리고/또는 감소된 광의 레벨에 대한 지연 시간, 최대 동공 반경, 및/또는 최소 동공 반경을 포함할 수 있다. 개인이 (예컨대, 로컬 프로세싱 모듈(70)에 레코드로서 저장된) 이들 5개의 생체 인증 특성들을 가진 개인 생체 인증 모델과 연관된 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하려고 시도할 때, 웨어러블 디스플레이 시스템의 일부인 임의의 생체 인증 애플리케이션들에 대한 추가 액세스를 방지하면서, 눈 이미지들이 이들 5개의 생체 인증 특성들을 결정하기 위해 획득된다. 예컨대, 청색 광의 레벨들은, 눈 이미지들의 획득되는 동안 조정될 수 있다. 일단 동공 응답이 이 개인에 대해 결정되면, 위에서 설명된 바와 같이, 예컨대 이미지 품질 메트릭을 생체 인증 애플리케이션 임계치와 비교함으로써 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스가 허용되어야 하는지를 결정하기 위해, 각각의 생체 인증 특성은 저장된 특성과 비교될 수 있다. 일부 구현들에서, 생체 인증 특성들의 세트, 이를테면 설명된 5개 또는 그 초과인 생체 인증 특성들은 생체 인증 벡터로 지칭될 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 일부 구현들은 각각의 눈에 대해 생체 인증 특성들의 세트를 포함하는 확장된 생체 인증 벡터를 획득할 수 있다. 그런 생체 인증 측정들(예컨대, 생체 인증 벡터)은 사용자의 아이덴티티를 검증하기 위해 다른 생체 인증 또는 비-생체 인증 메트릭들과 함께 활용될 수 있다.

[0090] [0092] 특정 인간 개인에 대응하는 생체 인증 특성을 저장하는 것의 일부 장점들은 웨어러블 디스플레이 시스템의 보안성을 개선시키는 것을 포함할 수 있다. 예컨대, 비인가된 개인은 실제 인가된 사용자의 생체 인증 특성들을 모방(또한 스푸핑으로서 알려짐)함으로써 디스플레이 시스템 및/또는 시스템 애플리케이션에 대한 액세스를 얻도록 시도할 수 있다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템에 대한 불법 액세스를 달성하고자 하는 비인가된 개인은 인가된 사용자의 홍채의 픽처(picture)(또는 3D 모델)를 디스플레이 시스템에게 제시할 수 있다. 하나의 시스템 애플리케이션은, 이미지들이 사용자로부터 상이한 거리들에 보이는 것처럼 사용자를 위해 디스플레이 상에 이미지들을 투사할 수 있다. 다른 예들은 사용자가 인터넷, 소프트웨어 애플리케이션들("앱들"), 시스템 세팅들, 시스템 보안 피쳐들 등과 관계를 갖게 허용하는 소프트웨어를 포함할 수 있다. 디스플레이 시스템은 홍채 픽처 또는 모델을 이미징하고 비인가된 개인에 대한 액세스를 허용하도록 속을 수 있다. 웨어러블 디스플레이의 보안을 개선하는 다른 예로서, 웨어러블 디스플레이 시스템에 대한 시작 루틴들은 동공 응답을 자극하는 장면을 포함할 수 있다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템을 개시하는 시작 루틴의 부분으로서, 디스플레이는 하늘이 점점 더 청색으로 되는 일출의 이미지를 투사할 수 있다. 그런 장면은 시스템을 착용한 개인의 동공 응답을 자극 또는 트리거할 수 있어서, 웨어러블 디스플레이는 (예컨대, 하늘의 푸르름에 대한 응답으로) 착용자의 동공 응답을 측정하고 착용자를 식별하거나 착용자가 살아있는 개인인지를 결정(예컨대, 스푸핑 방지)하기 위해 측정된 응답을 사용할 수 있다. 그런 "일출" 시나리오는 시작으로 제한되지 않고 그리고 식별 또는 다른 생체 인증 애플리케이션들이 원해지는 다른 시간들에 사용될 수 있다. 추가로, 일출의 이미지는 비-제한적 예이고, 다른 경우들에서, 다른 타입들의 이미지들(예컨대, 시변 푸르름과 함께)이 사용될 수 있다. 그러나, 본원에서 설명된 시스템 및 방법들을 사용하면, 그런 스푸핑은 감소될 수 있다. 동공 응답들은, 고정된 이미지 또는 3D 모델이 아닌 살아있는 인간 개인만이 복제할 수 있는 특정 생리적인 응답들 및 파라미터들을 식별한다. 게다가, 동공 응답은 하나의 인간 개인에 특정하고, 다른 개인에 의해 복제되지 않고, 인간 지문과 유사할 수 있다. 따라서, 특정한 살아있는 인간 개인의 식별은 그들의 눈에 대한 동공 응답 및 그 응답과 연관된 대응하는 생체 인증 특성들, 이를테면 위에서 설명된 개인 생체 인증 모델을 구성하기 위해 획득된 정보의 결정에 의해 가능해질 수 있다.

[0091] [0093] 프로세싱 모듈들(70, 72)은 또한, 동공 응답이 특정 개인들 또는 특정 타입들의 개인들에 대응하는 것을 결정할 수 있다. 생체 인증 애플리케이션들에 대한 액세스는 식별된 개인 타입에 기반하여 승인되거나 거부될 수 있다. 다양한 타입들의 개인들은 그들 각각의 동공 응답에 의해 식별될 수 있다. 일 구현에서, 액세스는 일부 생체 인증 특성들과 매칭하는 인간 눈에 대해 거부될 수 있지만, 다른 사람들에게는 거부되지 않을 수 있다. 예컨대, 사망한 인간 눈은 동공 응답에 기반하여 살아있는 인간 눈과 구별될 수 있다. 예시적으로, 사망한 인간으로부터의 눈은 변화하는 광 레벨들에 대해 어떠한 동공 응답도 디스플레이하지 않을 것인 반면, 살아있는 사람의 눈은 동공 응답을 디스플레이할 것이다. 동공 응답에 의해 식별될 수 있는 개인들의 타입들의 부가적인 예들로서, 동공 응답들은 의식이 없는 인간 개인, 수면 중인 개인, 피곤한 개인, 술에 취한 개인, 나이든 개인, 부상당한 개인, 스트레스 또는 다른 감정들을 겪고 있는 개인, 또는 반사 또는 인지 장애 물질들의 영향하에 있는 개인을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 개인의 다양한 생리적인 상태들을 표시할 수 있다. 예로서, 금융 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스는 그들의 동공 응답에 의해 식별되는 바와 같이, 술에 취한 개인에게 승인되지 않을 수 있다.

[0092] [0094] 동공 응답들은 또한 의료 진단을 수행하는 것과 같은 개인의 다른 생리적인 상태들의 측정에 기여하는

데 사용될 수 있다. 예컨대, 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 오랜 지연 시간은 특정 눈 질환 또는 인간 질병을 표시할 수 있다. 따라서, 임상적는 웨어러블 디스플레이 시스템(100)을 활용하는 개인의 의료 진단을 돕기 위해 동공 응답으로부터 식별된 하나 또는 그 초과 의 생체 인증 특성들을 사용할 수 있다.

[0093] 청색 광 동공 응답 루틴의 예

[0094] [0095] 도 8은 청색 광 동공 응답 루틴의 예를 개략적으로 예시한다. 루틴(800)은 청색 광의 레벨을 조정하고, 동공 응답의 변화를 검출하고, 생체 인증 애플리케이션에 대해 검출된 동공 응답을 활용할 때 동공 응답의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는지를 결정하기 위한 예시적인 흐름을 묘사한다. 예컨대, 루틴(800)은 프로세싱 모듈들(70, 72)을 통해 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 의해 구현될 수 있다.

[0095] [0096] 루틴(800)은 블록(804)에서 시작된다. 블록(808)에서, 초기 눈 이미지가 수신된다. 눈 이미지는 이미지 캡처 디바이스, 머리 장착 디스플레이 시스템, 서버, 비-일시적 컴퓨터 관독가능 매체, 또는 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(예컨대, 스마트폰)를 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 다양한 소스들로부터 수신될 수 있다. 일부 구현들에서, 초기 눈 이미지를 수신하는 것은 선택적인 단계이다. 초기 눈 이미지는 기준 이미지, 이를테면 생체 인증 레코드로서 생체 인증 데이터베이스에 저장된 기준 눈 이미지일 수 있다.

[0096] [0097] 루틴(800)을 계속하면, 블록(812)에서, 눈(102)에 노출된 청색 광의 레벨이 조정된다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 디스플레이는, 더 많은 청색들이 디스플레이되도록 조정될 수 있다. 예시적으로, 디스플레이의 특정 영역들은 다른 청색이 아닌 픽셀로부터 청색 픽셀들로 변환될 수 있다. 청색 광의 레벨을 조정하기 위한 다른 방식들은, 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 가능하다. 이런 청색 광 조정 동안 또는 청색 광 조정 이후, 부가적인 눈 이미지들이 수신될 수 있다. 이 구현에서, 블록(816)에서, 조정 눈 이미지가 수신된다. 즉, 청색 광 조정 동안 또는 이후에 수신된 눈 이미지는 예컨대 이미지 캡처 디바이스를 통해 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 의해 수신된다. 예컨대, 블록(808)에서 조정 눈 이미지는 초기 눈 이미지를 수신하는 것에 대해 위에서 설명된 바와 같이 수신될 수 있다.

[0097] [0098] 블록(820)에서, 동공 응답의 변화가 검출된다. 청색 광 조정에 대한 동공 응답의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 동공 응답의 변화들은 다양한 생리적인 응답들, 이를테면 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간을 분석함으로써 검출될 수 있다. 예컨대, 동공 응답의 변화는 초기 눈 이미지를 조정 눈 이미지와 비교함으로써 검출될 수 있다. 일단 동공 응답의 변화가 검출되면, 루틴(800)의 흐름은 판정 블록(824)으로 진행된다. 판정 블록(824)에서, 검출된 변화는, 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는지를 결정하기 위해 이 임계치와 비교된다. 청색 광 조정에 대한 동공 응답의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 다양한 이미지 품질 메트릭들은 검출된 변화 동공 응답을 나타내는 것을 가능하게 한다. 게다가, 각각의 이미지 품질 메트릭들에 대응하는 다양한 생체 인증 애플리케이션 임계치들이 가능하다. 검출된 변화를 나타내는 이미지 품질 메트릭이 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하지 못하면, 흐름은 블록(812)으로 다시 진행되고, 여기서 청색 광의 레벨은 추가로 조정될 수 있다. 그러나, 검출된 변화를 나타내는 이미지 품질 메트릭이 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하면, 흐름은 블록(828)으로 진행된다.

[0098] [0099] 블록(828)에서, 조정 눈 이미지들을 포함하는 검출된 변화 또는 수신된 눈 이미지들을 나타내는 이미지 품질 메트릭은 생체 인증 애플리케이션에 활용될 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 검출된 동공 응답의 변화는, 개인이 인간인지를 식별하는 데 사용될 수 있다. 또 다른 예로서, 동공 응답의 생체 인증 특성은 특정 인간 개인을 식별하는 데 활용될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 수신된 눈 이미지들은 아마도 연관된 눈에 대한 눈 포즈 또는 홍채 코드를 결정하는 데 활용될 수 있다. 생체 인증 특성은 개인의 상태, 이를테면, 예컨대, 개인이 술에 취하였는지, 부분적으로 또는 완전히 깨어있는지, 부분적 또는 심한 인지 부하 영향하에 있는지, 정신- 또는 의식-변경 물질들의 영향하에 있는지 그리고/또는 의식이 없는지를 포함할 수 있다. 이후, 블록(828)에서, 루틴(800)은 종료된다.

[0099] [0100] 다양한 실시예들에서, 루틴(800)은 디스플레이 시스템(100)의 실시예들 같은 디스플레이 시스템의 하드웨어 프로세서(예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72) 또는 제어기(210))에 의해 수행될 수 있다. 다른 실시예들에서, 컴퓨터-실행가능 명령들을 가진 원격 컴퓨팅 디바이스는 머리 장착 디스플레이 시스템이 루틴(800)을 수행하게 할 수 있다. 예컨대, 블록(820)에서 원격 컴퓨팅 디바이스는 동공 응답의 변화를 검출하도록 유발될 수 있는 반면, 로컬 프로세싱 모듈(70)은 루틴(800)의 다른 단계들을 수행하도록 유발될 수 있다.

[0100] 청색 광 식별 루틴의 예

- [0101] [0101] 도 9는 청색 광 식별 루틴의 예를 개략적으로 예시한다. 루틴(900)은 청색 광의 레벨을 조정하고, 동공 응답의 변화를 검출하고, 동공 응답의 생체 인증 특성이 개인을 식별하는지를 결정하고, 그리고 동공 응답 식별에 기반하여 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하기 위한 예시적인 흐름을 묘사한다. 예컨대, 루틴(900)은 프로세싱 모듈들(70, 72)을 통해 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 의해 구현될 수 있다.
- [0102] [0102] 루틴(900)은 블록(904)에서 시작된다. 블록(908)에서, 눈(102)에 노출된 청색 광의 레벨이 조정된다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 디스플레이는, 더 많은 청색들이 디스플레이되도록 조정될 수 있다. 예시적으로, 디스플레이의 특정 영역들은 다른 청색이 아닌 픽셀로부터 청색 픽셀들로 변환될 수 있다. 청색 광의 레벨을 조정하기 위한 다른 방식들은, 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 가능하다. 이런 청색 광 조정 동안 및/또는 청색 광 조정 이후, 눈 이미지가 수신된다.
- [0103] [0103] 이 구현에서, 블록(912)에서, 눈 이미지가 수신된다. 예컨대, 눈 이미지는 이미지 캡처 디바이스, 머리 장착 디스플레이 시스템, 서버, 비-일시적 컴퓨터 관독가능 매체, 또는 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(예컨대, 스마트폰)를 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 다양한 소스들로부터 수신될 수 있다. 선택적으로, 몇몇 눈 이미지들은 시간 기간에 걸쳐 수신될 수 있다. 예컨대, 시간 기간은, 청색 광이 점진적으로 증가되는 기간에 대응할 수 있다. 다른 예로서, 시간 기간은 청색 광 조정 이후 유한 기간에 대응할 수 있다.
- [0104] [0104] 블록(916)에서, 동공 응답의 변화가 검출된다. 청색 광 조정에 대한 동공 응답의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 동공 응답의 변화들은 다양한 생리적인 응답들, 이를테면 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간을 분석함으로써 검출될 수 있다. 예컨대, 동공 응답의 변화는 수신된 눈 이미지를 기준 눈 이미지와 비교함으로써 검출될 수 있다. 일 실시예에서, 수신된 눈 이미지는 시간 기간에 걸쳐 동공 응답의 변화를 검출하기 위해 몇몇 기준 눈 이미지들과 비교될 수 있다. 일단 동공 응답의 변화가 검출되면, 루틴(900)의 흐름은 판정 블록(920)으로 진행된다. 판정 블록(920)에서, 동공 응답의 검출된 변화 또는 동공 응답 그 자체는 개인의 생체 인증 특성과 비교된다. 예컨대, 동공 응답의 검출된 변화는 생체 인증 데이터베이스의 레코드들로서 저장된 몇몇 생체 인증 모델들과 비교될 수 있다. 동공 응답에 의한 개인 식별의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 인간 개인들의 식별, 개인들의 타입들 및/또는 부류들의 식별들 및 동공 응답과 연관된 특정 생체 인증 특성들의 식별들을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 다양한 개인 식별들이 가능하다. 동공 응답이 개인의 생체 인증 특성에 대응하면, 흐름은 블록(908)으로 다시 진행되고, 여기서 청색 광의 레벨은 추가로 조정될 수 있다. 그러나, 동공 응답이 인간 개인의 생체 인증 특성에 대응하지 않으면, 흐름은 블록(920)으로 진행된다.
- [0105] [0105] 블록(924)에서, 특정 개인에 대한 생체 인증 특성에 대응하는 동공 응답 결정은 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스를 허용할 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 인간 개인의 식별은 웨어러블 디스플레이 시스템(100)과 연관된 모든 생체 인증 애플리케이션들에 대한 액세스를 허용한다. 또 다른 예로서, 술에 취한 개인의 식별은 비-금융 생체 인증 애플리케이션들에 대해서만 액세스를 허용한다. 이후, 블록(924)에서, 루틴(900)은 종료된다.
- [0106] [0106] 다양한 실시예들에서, 루틴(900)은 디스플레이 시스템(100)의 실시예들 같은 디스플레이 시스템의 하드웨어 프로세서(예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72) 또는 제어기(210))에 의해 수행될 수 있다. 다른 실시예들에서, 컴퓨터-실행가능 명령들을 가진 원격 컴퓨팅 디바이스는 머리 장착 디스플레이 시스템이 루틴(900)을 수행하게 할 수 있다. 예컨대, 블록(916)에서 원격 컴퓨팅 디바이스는 동공 응답의 변화를 검출하도록 유발될 수 있는 반면, 로컬 프로세싱 모듈(70)은 루틴(900)의 다른 단계들을 수행하도록 유발될 수 있다.
- [0107] 청색 광 동공 응답 루틴의 추가적인 예
- [0108] [0107] 도 10은 청색 광 동공 응답 루틴의 예를 개략적으로 예시한다. 루틴(1000)은 청색 광의 레벨을 조정하고, 동공 응답을 측정하고, 생체 인증 애플리케이션을 수행하기 위한 예시적인 흐름을 묘사한다. 예컨대, 루틴(1000)은 프로세싱 모듈들(70, 72)을 통해 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 의해 구현될 수 있다.
- [0109] [0108] 루틴(1000)은 블록(1004)에서 시작된다. 블록(1008)에서, 눈(102)에 노출된 청색 광의 레벨이 조정된다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 디스플레이는, 더 많은 청색들이 디스플레이되도록 조정될 수 있다. 예시적으로, 디스플레이의 특정 영역들은 다른 청색이 아닌 픽셀로부터 청색 픽셀들로 변환될 수 있다. 청색 광의 레벨을 조정하기 위한 다른 방식들은, 청색 광 조정을 경험하는 눈의 예에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 가능하다. 일부 구현들에서, 블록(1008)에서, 눈 이미지들은 시간 기간 동안 수신된다. 예컨대, 시간 기간은 청색 광 조정의 기간에 대응할 수 있다. 다른 예로서, 시간 기간은 청색 광 조정 이후 유한 기간에 대

응할 수 있다. 눈 이미지들은 이미지 캡처 디바이스, 머리 장착 디스플레이 시스템, 서버, 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체, 또는 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(예컨대, 스마트폰)를 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 다양한 소스들로부터 수신될 수 있다.

[0110] [0109] 블록(1012)에서, 동공 응답이 측정된다. 청색 광 조정에 대한 동공 응답의 예 및 청색 광 조정을 경험하는 눈에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 동공 응답은 다양한 생리적인 응답들, 이를테면 증가된 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간 또는 동공의 최대 반경을 검출함으로써 측정될 수 있다. 일단 측정되면, 루틴(1000)의 흐름은 판정 블록(1016)으로 진행된다. 일부 구현들에서, 측정된 동공 응답은 생체 인증 애플리케이션 임계치들에 대한 비교들 또는 생체 인증 특성들의 식별을 위한 이미지 품질 메트릭들에 의해 나타내질 수 있다. 일부 구현들에서, 블록(1012)은 선택적인 단계이다.

[0111] [0110] 블록(1016)에서, 생체 인증 애플리케이션이 수행된다. 예컨대, 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 로컬 프로세싱 모듈(70)은 청색 광 조정 동안 획득된 눈 이미지들을 활용하는 홍채 코드 생성 루틴을 구현할 수 있다. 또 다른 예로서, 프로세싱 모듈들(70)은 청색 광 조정 동안 획득된 눈 이미지들을 활용하는 생체 인증 식별 루틴을 수행할 수 있다. 생체 인증 애플리케이션들의 예들은 홍채 코드를 생성하는 것, 인지 응답을 결정하는 것, 머리 장착 디스플레이 시스템에 대한 액세스를 인가하는 것, 머리 장착 디스플레이 시스템의 착용자를 식별하는 것, 결정된 동공 응답과 연관된 개인과 연관된 정보를 디스플레이하는 것, 또는 머리 장착 디스플레이 시스템의 착용자의 생리적인 상태를 결정하는 것을 포함(그러나 이에 제한되지 않음)한다. 예컨대, 본원에서 설명된 청색 광 조정 기법들을 사용함으로써, 디스플레이 시스템은, 착용자가 디스플레이 시스템을 사용하고(예컨대, 디스플레이에 의해 또는 오디오 디바이스에 의해) 메시지(예컨대, "Welcome, Adrian")를 제시하도록 인가받은 개인인지를 식별할 수 있다. 착용자가 디바이스를 사용하도록 인가받지 못한 개인인 것으로 결정되면, 시스템은 다른 메시지(예컨대, "You are not authorized to use the display" 또는 if the user is identified, but not authorized, "Andrew, this is Adrian's display")를 제시할 수 있다. 이후, 블록(1020)에서, 루틴(1000)은 종료된다.

[0112] [0111] 다양한 실시예들에서, 루틴(1000)은 디스플레이 시스템(100)의 실시예들 같은 디스플레이 시스템의 하드웨어 프로세서(예컨대, 프로세싱 모듈들(70, 72) 또는 제어기(210))에 의해 수행될 수 있다. 다른 실시예들에서, 컴퓨터-실행가능 명령들을 가진 원격 컴퓨팅 디바이스는 머리 장착 디스플레이 시스템이 루틴(1000)을 수행하게 할 수 있다. 예컨대, 블록(1008)에서 원격 컴퓨팅 디바이스는 청색 광의 레벨을 조정하도록 유발될 수 있는 반면, 블록(1016)에서 로컬 프로세싱 모듈(70)은 생체 인증 애플리케이션을 수행하도록 유발될 수 있다.

[0113] 생체 인증 애플리케이션 임계치들의 예

[0114] [0112] 본원에서 설명된 바와 같이, 눈에 대한 청색 광의 레벨을 증가시킴으로써, 동공은 수축되고, 그리고 홍채의 영역은 증가되고, 이는 홍채의 더 나은 이미징을 허용한다. 청색 광의 레벨은, 눈 이미지가 다양한 생체 인증 애플리케이션들(예컨대, 홍채 코드들)을 위한 고품질 홍채 이미지(들)를 획득하기 위해 생체 인증 애플리케이션 품질 임계치를 초과할 때까지 눈 이미지들이 촬영되는 동안 변화될 수 있다.

[0115] [0113] 생체 인증 애플리케이션 임계치(Q)는 눈 이미지에 대한 이미지 품질 메트릭의 특정 품질 레벨과 관계를 공유할 수 있다. 눈 이미지는: 해상도(예컨대, 홍채 해상도), 포커스, 디포커스(defocus), 선명도, 블러(blur), 가려지지 않은 픽셀들 또는 가려진 픽셀들(예컨대, 속눈썹들 또는 눈꺼플들에 의해 가려짐), 글레어(glare), 반짝임들(예컨대, 자연 또는 인공 소스들로부터의 각막 반사들), 노이즈, 동적 범위, 색조 재현, 휘도, 콘트라스트(예컨대, 감마), 컬러 정확도, 컬러 포화, 백색도, 왜곡, 비네팅(vignetting), 노출 정확도, 황색 수차, 렌즈 플레어(flare), 아티팩트(artifact)들(예컨대, RAW 변환 동안의 소프트웨어 프로세싱 아티팩트들), 및 컬러 모아레(moiré)를 포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는 이미지와 연관된 다양한 품질 팩터들을 가질 수 있다. 이들 이미지 품질 팩터들 중 하나 또는 그 초과는 품질 팩터의 척도와 연관된 이미지 품질 메트릭을 가질 수 있다. 몇몇 눈 이미지들에 대한 이미지 품질 메트릭은 프로세싱 모듈들(70, 72)에서 컴퓨팅되거나 프로세싱될 수 있다. 그러나, 일 예로서, 프로세싱 모듈들(70, 72)은 조정 눈 이미지(예컨대, 청색 광의 레벨에 대한 조정 이후 획득된 눈 이미지)와 연관된 이미지 품질 메트릭을 결정할 수 있다. 따라서, 특정 품질 메트릭과(예컨대, 표준 또는 제어 눈 이미지를 사용하여 교정함으로써) 적어도 2개의 눈 이미지들에 의해 나타내진 동공 응답 사이의 관계가 결정될 수 있다. 예컨대, 하나 또는 그 초과 이미지 품질 메트릭들은 연관된 생체 인증 애플리케이션 임계치(Q)를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 기준 눈 이미지는 생체 인증 애플리케이션 임계치(Q)를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0116] [0114] 예시적으로, 눈 이미지의 해상도(예컨대, 품질 메트릭)는 홍채의 해상도 측면에서 표현될 수 있고, 홍

채의 해상도는 픽셀들의 거리로서 표현된다. 많은 애플리케이션들에서, 홍채 세부사항들을 캡처하기 위해, 홍채의 방사상 해상도는 약 70개의 픽셀들보다 더 크고 80개 내지 200개의 픽셀들의 범위 내에 있을 수 있다. 예컨대, 생체 인증 애플리케이션 임계치는 홍채의 반경에 대해 130개의 픽셀들일 수 있다. 일 실시예에서, 130개의 픽셀들의 이런 생체 인증 애플리케이션 임계치는 기준 눈 이미지로부터 결정될 수 있다. 예컨대, 임계치는 홍채의 관찰된(측정된) 반경의 일부로서 세팅될 수 있다. 이 예를 계속하면, 홍채의 반경이 110개의 픽셀들인 초기 눈 이미지는 홍채의 반경에 대해 130개의 픽셀들의 이런 생체 인증 애플리케이션 임계치와 비교될 수 있다. 그런 이미지는 임계치를 초과하지 못할 것이고, 따라서 생체 인증 애플리케이션에 활용되지 못하거나 눈 이미지 프로세싱에 활용되지 못할 것이다. 그러나, 조정 눈 이미지(예컨대, 청색 광의 증가된 레벨들로 조정됨)가 (예컨대, 동공의 수축으로 인해) 150개의 픽셀들의 홍채 반경을 가지면, 조정 눈 이미지는 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과할 수 있고 생체 인증 애플리케이션에 활용될 수 있거나 눈 이미지 프로세싱에 활용될 수 있다. 예컨대, 조정 눈 이미지는 홍채 코드를 생성하는 데 사용될 수 있다. 일부 구현들에서, 이미지 품질 메트릭은 눈꺼풀들 사이에서 보이는 홍채의 퍼센티지일 수 있다. 예컨대, 50%보다 작은 퍼센티지는, 눈이 깜박이거나 사용자가 완전히 기능적인 인지 상태에 있지 않은(예컨대, 사용자가 졸립고, 의식이 없고, 약물 투여중이고, 술에 취해 있고, 인지 부하 영향하에 있음) 것을 표시할 수 있다. 따라서, 이미지들은, 이미지 품질 메트릭이 이미지 품질 메트릭(예컨대, 60%, 70%, 75%, 80%, 90% 또는 그 초과)을 초과하면 선택될 수 있다. 이들 예들로 예시된 바와 같이, 임의의 눈 이미지는 눈 이미지의 품질을 반영하는 이미지 품질 메트릭(예컨대, 질 수 값)(q)을 컴퓨팅하는 데 사용될 수 있다.

[0117] [0115] 따라서, 생체 인증 애플리케이션 임계치들의 활용으로, 컴퓨팅된 이미지 품질 메트릭을 가진 임의의 눈 이미지는 동공 응답(예컨대, 2개의 눈 이미지들을 비교함) 또는 동공 응답의 상태(예컨대, 개인 특성의 식별을 위해 단일 눈 이미지를 분석함)의 변화들을 검출하는 데 사용될 수 있다. 많은 경우들에서, q는 더 높은 품질의 이미지들에 대해 더 높고(예컨대, 가려지지 않은 픽셀들에 대한 q는, 가려지지 않은 픽셀들의 양이 증가함에 따라 증가할 수 있음), 그리고 높은 품질 이미지들은 생체 인증 애플리케이션 임계치(Q)를 초과하는(그 이상 증가하는) q 값을 가지는 이미지들을 포함한다. 다른 경우들에서, q는 더 높은 품질의 이미지들에 대해 더 낮고(예컨대, 가려진 픽셀들에 대한 q는, 가려진 픽셀들의 양이 증가함에 따라 감소할 수 있음), 그리고 높은 품질 이미지들은 생체 인증 애플리케이션 임계치(Q)를 초과하는(미만인) q 값을 가지는 이미지들을 포함한다.

[0118] [0116] 일부 구현들에서, 눈 이미지에 대한 품질 메트릭은 이미지에 대해 계산된 복수의 컴포넌트 품질 메트릭들의 결합일 수 있다. 예컨대, 눈 이미지에 대한 품질 메트릭은 다양한 컴포넌트 품질 메트릭들의 가중된 합일 수 있다. 그런 품질 메트릭은 유리하게 상이한 타입들의 이미지 품질들(예컨대, 가려지지 않은 픽셀들의 양, 해상도 및 포커스)을 이미지 품질의 단일의 전체 척도로 수량화할 수 있다.

[0119] [0117] 일부 경우들에서, (예컨대, 이미징 카메라와 눈 사이의 원근 효과를 감소시키기 위해) 원근 보정이 눈 이미지들에 적용될 수 있다. 예컨대, 눈 이미지들은 원근이 보정될 수 있어서, 눈은 비스듬이가 아닌 오히려 똑바로 뷰잉되는 것으로 보인다. 원근 보정은 눈 이미지들의 품질을 개선할 수 있고 그리고 일부 경우들에서, 품질 메트릭(들)은 원근-보정된 눈 이미지들로부터 계산된다.

[0120] [0118] 이들 예들로부터 알 수 있는 바와 같이, 생체 인증 애플리케이션 임계치는 조정 눈 이미지의 이미지 품질을 생체 인증 애플리케이션에서 그 눈 이미지의 이후 활용에 관련시킬 수 있다. 예컨대, 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과한 조정 눈 이미지들은 생체 인증 애플리케이션에 활용될 수 있지만, 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하지 못한 조정 눈 이미지들은 활용되지 못할 것이다. 예컨대, 조정 눈 이미지가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과했다면, 조정 눈 이미지는 생체 인증 애플리케이션, 이를테면 생체 인증 정보를 획득하기 위해 눈 이미지들의 세트에 대해 생체 인증 데이터 동작을 수행하는 것에 활용될 수 있다. 또는 다른 예로서, 생체 인증 애플리케이션은 조정 눈 이미지에 기반하여 포즈 추정 또는 홍채 코드 생성을 수행하는 것일 수 있다. 임의의 그런 생체 인증 애플리케이션 기법들은 본원에서 설명된 기법들 및 시스템과 함께 사용될 수 있다. 예컨대, 도 8에서 위에서 설명된 바와 같이, 루틴(800)은 그런 눈 이미지들이 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는지 및 그런 이미지들을 생체 인증 애플리케이션(예컨대, 개인의 식별)에 활용할지를 결정하기 위해 그런 눈 이미지들의 프로세싱을 위한 예시적인 흐름을 묘사한다.

[0121] 예시적인 실시예들

[0122] [0119] 본원에서 설명된 청색 광 조정 기법들은 전자 디스플레이 또는 임의의 웨어러블 디스플레이 시스템에 적용될 수 있다. 청색 광 조정 기법들은 눈의 이미지를 프로세싱하기 위한 단일 프로세스 및/또는 방법론으로서 함께 보여질 수 있다.

- [0123] [0120] 따라서, 적어도 다음 실시예들이 고려된다.
- [0124] [0121] (1) 눈의 이미지를 촬영하는 카메라를 포함하는 장치. 카메라는 디지털 카메라일 수 있다. 장치는 청색 광의 레벨을 조정하기 위해 함께 작업하는 프로세싱 시스템 및 디스플레이를 더 포함한다.
- [0125] [0122] (2) (1)의 실시예에서, (a) 디스플레이의 점점 더 큰 영역은 청색 픽셀들로 변환되거나 (b) (2) 디스플레이의 모든 픽셀들은 그들의 기존 컬러로부터 청색을 향해 시프트된다.
- [0126] [0123] 기법들(2)(a) 및 (2)(b)는 순차적으로 또는 동시 조합의 부분으로서 수행될 수 있다.
- [0127] [0124] (3) (1) 또는 (2)의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 사용자의 동공 팽창 상태를 명시적으로 제어하는 수단으로서 청색 광을 제어한다.
- [0128] [0125] (4) (1) 내지 (3) 중 어느 하나의 실시예에서, 프로세싱 시스템은, (예컨대, 홍채 코드 추출에 사용되는 동일한 카메라로부터 이미지들을 분석함으로써) 동공 팽창 상태가 측정될 때 피드백 제어를 포함하고, 그리고 타겟 평형 상태가 달성될 때까지 청색 광 레벨을 조정한다. 예컨대, 눈 이미지는 홍채 코드 추출에 활용되는 카메라로부터 분석될 수 있다.
- [0129] [0126] (5) (1) 내지 (4) 중 어느 하나의 실시예에서, 프로세싱 시스템은, 홍채 코드 구성에 고도의 신뢰가 필요하다는 것을 식별한다. 예컨대, 고도의 신뢰는 생체 인증 시스템에 최초로 등록하거나 금융 트랜잭션이 이루어질 때 필요할 수 있다. 즉, 생체 인증 시스템에 최초 등록 또는 그런 금융 트랜잭션을 위한 신뢰도는 신뢰 임계치를 초과한다.
- [0130] [0127] (6) (1) 내지 (5) 중 어느 하나의 실시예에서, 프로세싱 시스템들은 사용자의 아이덴티티를 검증하는 수단으로서 동공 응답 또는 최대 팽창 상태(또는 둘 모두)를 측정한다.
- [0131] [0128] (7) (1) 내지 (6) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 (a) 최대 및 최소 팽창 반경들, 동공 응답 지연, 및 광 레벨이 상승되거나 하강될 때 동공의 적응 곡선들을 특성화하는 2개의 파라미터들을 포함하는 5개의 파라미터들의 측정을 동공 응답에 대해 측정하고; 그리고 (b) 살아있는 인간이 홍채 식별 시스템의 대상임을 검증하는 수단으로서 5개의 파라미터들이 인간 대상에 대한 가능성의 범위 내에 있다는 것을 검증한다.
- [0132] [0129] (8) (1) 내지 (7) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 식별 수단으로서 5개의 파라미터들을 사용한다.
- [0133] [0130] (9) (1) 내지 (8) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 조명의 변화 이후 시간의 함수로써 적용할 때의 동공의 거동을 포함하여, 동공의 거동을 모델링한다.
- [0134] [0131] (10) (1) 내지 (9) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 동공의 거동에 대한 모델의 파라미터들을 식별한다.
- [0135] [0132] (11) (1) 내지 (10) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 인간 개인의 각각의 눈에 대한 동공의 거동에 대한 모델의 식별된 파라미터들을 계산한다.
- [0136] [0133] (12) (1) 내지 (11) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 사망한 사람들로부터 살아있는 사람들을 구별하는 수단으로서 동공 광 반사(예컨대, 동공 응답)를 사용한다.
- [0137] [0134] (13) (1) 내지 (12) 중 임의의 실시예에서, 프로세싱 시스템은 의식이 없거나, 수면 중이거나, 피곤하거나, 술에 취했거나, 또는 그렇지 않으면 반사 또는 인지 장애 물질들의 영향하에 있는 사람들을 식별하는 수단으로서 동공 광 반사(예컨대, 동공 응답)를 사용한다.
- [0138] 부가적인 양상들
- [0139] [0135] 제1 양상에서, 청색 광의 가변 레벨들을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템이 개시된다. 디스플레이 시스템은: 사용자의 머리 상에 착용 가능하도록 구성된 프레임; 적어도 청색 광을 사용자의 눈으로 투사하고 비-청색 광의 세기에 관하여 청색 광의 세기를 수정하도록 구성된 디스플레이; 디스플레이가 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율의 광을 눈으로 투사하는 동안 눈의 제1 이미지를 캡처하도록 구성되고 그리고 디스플레이가 제1 비율과 상이한, 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율을 눈으로 투사하는 동안 눈의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 카메라; 및 하드웨어 프로세서를 포함하고, 하드웨어 프로세서는: 기준 이미지와 측량(survey) 이미지 사이의 동공 파라미터의 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하기 위해, 카메라로부터의 이미지를 분석하고; 결정된 변화에 적어도 부분적으로 기반하여, 청

색 광 대 비-청색 광의 세기의 비율을 수정하도록 디스플레이에게 명령하고; 제2 이미지와 제1 이미지 사이의 동공 파라미터의 변화가 인간 개인의 생체 인증 특성과 매칭하는 것을 결정하고; 그리고 인간 개인의 아이덴티티를 결정하도록 프로그래밍된다.

- [0140] [0136] 제2 양상에서, 양상 1의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 스캐닝 섬유 투사기를 포함한다.
- [0141] [0137] 제3 양상에서, 양상 1 또는 양상 2의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는, 개인의 아이덴티티가 시스템 애플리케이션을 사용하도록 인가된 개인의 아이덴티티와 매칭하지 않으면 시스템 애플리케이션에 대한 액세스를 제한하도록 프로그래밍된다.
- [0142] [0138] 제4 양상에서, 양상 3의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 시스템 애플리케이션은, 복수의 깊이들에 있는 것처럼 이미지들을 디스플레이하는 것을 포함한다.
- [0143] [0139] 제5 양상에서, 양상 1 내지 양상 4 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 약 445 nm 내지 525 nm 범위의 파장으로 광 세기를 수정하도록 구성된다.
- [0144] [0140] 제6 양상에서, 양상 1 내지 양상 5 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 10 ms보다 더 긴 동안 청색 광을 플래싱함으로써 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율을 증가시키도록 구성된다.
- [0145] [0141] 제7 양상에서, 양상 1 내지 양상 6 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 2개 또는 그 초과 컬러들의 광을 투사하도록 구성된다.
- [0146] [0142] 제8 양상에서, 양상 1 내지 양상 7 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 사용자로부터 복수의 깊이들에 있는 것처럼 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성된다.
- [0147] [0143] 제9 양상에서, 양상 1 내지 양상 8 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 복수의 스택된 도파관들을 포함한다.
- [0148] [0144] 제10 양상에서, 양상 1 내지 양상 9 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 비-청색 광에 관하여 청색 광의 세기를 수정하도록 디스플레이에게 명령하기 위해, 하드웨어 프로세서는 복수의 스택된 도파관들 중 대응하는 스택된 도파관으로 주입되는 청색 광의 비율을 증가시키도록 이미지 주입 디바이스에게 명령하도록 프로그래밍된다.
- [0149] [0145] 제11 양상에서, 양상 1 내지 양상 10 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율에 대한 동공 응답의 제1 상승 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율에 대한 동공 응답의 제1 하강 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율에 대한 동공 응답의 제1 지연 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율에 대한 동공 응답의 제1 상승 곡선, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율에 대한 동공 응답의 제1 하강 곡선, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 제2 상승 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 제2 하강 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 제2 지연 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 제2 상승 곡선, 또는 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 제2 하강 곡선 중 적어도 하나를 포함하는 개인 생체 인증 모델을 형성하도록 추가로 구성된다.
- [0150] [0146] 제12 양상에서, 양상 1 내지 양상 11 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 동공 파라미터의 변화에 기반하여 인지 부하 스코어를 계산하도록 프로그래밍된다.
- [0151] [0147] 제13 양상에서, 양상 1 내지 양상 12 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 파라미터의 변화는 증가된 동공 반경을 포함한다.
- [0152] [0148] 제14 양상에서, 양상 1 내지 양상 13 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는: 머리 장착 디스플레이 시스템을 착용한 개인의 동공 파라미터의 현재 변화를 결정하고; 인지 부하 동공 응답을 생성하기 위해 개인 생체 인증 모델의 동공 파라미터의 모델링된 변화와 동공 파라미터의 현재 변화를 상관시키고 - 모델링된 변화는 정상 인지 부하 하에서의 동공 파라미터의 변화를 포함함 -; 인지 부하 동공 응답에 기반하여 인지 부하의 레벨을 결정하도록 프로그래밍된다.
- [0153] [0149] 제15 양상에서, 컴퓨팅 하드웨어에 커플링된 카메라를 포함하는 웨어러블 디스플레이 시스템을 사용하

여 인간 개인을 식별하기 위한 방법에 있어서, 광을 눈으로 지향시키도록 구성된 도파관들의 스택을 포함하는 웨어러블 디스플레이 시스템이 개시된다. 방법은: 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율을 포함하는 기준 광을 눈으로 지향시키는 단계; 카메라를 사용하여, 기준 광이 눈으로 지향되는 동안 눈의 제1 이미지를 캡처하는 단계; 제1 비율과 상이한, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율을 포함하는 수정된 광을 눈으로 지향시키는 단계; 카메라를 사용하여, 수정된 광이 눈으로 지향되는 동안 눈의 제2 이미지를 캡처하는 단계; 제1 이미지와 제2 이미지 사이의 눈의 동공 파라미터의 변화를 검출하는 단계; 동공 파라미터의 검출된 변화가 인간 개인의 생체 인증 특성과 매칭하는 것을 결정하는 단계; 및 인간 개인을 식별하는 단계를 포함한다.

- [0154] [0150] 제16 양상에서, 양상 15의 방법은 동공 파라미터의 검출된 변화에 기반하여 시스템 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하는 단계들을 더 포함한다.
- [0155] [0151] 제17 양상에서, 양상 16 또는 양상 15의 방법에 있어서, 동공 파라미터의 검출된 변화에 기반하여 시스템 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하는 단계는 인지 부하를 결정하는 단계, 눈 포즈를 추정하는 단계, 홍채 코드를 생성하는 단계, 또는 감정 응답을 결정하는 단계 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0156] [0152] 제18 양상에서, 양상 15 내지 양상 17 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 동공 파라미터는 동공의 최대 반경, 동공의 최소 반경, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 상승 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 하강 시간, 또는 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 지연 시간 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0157] [0153] 제19 양상에서, 양상 15 내지 양상 18 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 동공 파라미터의 검출된 변화가 의식이 없는 인간 개인, 수면 중인 개인, 피곤한 개인, 술에 취한 개인, 또는 인지-장애 물질들의 영향 하에 있는 개인 중 적어도 하나의 개인의 동공 파라미터의 변화와 매칭하는 것을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0158] [0154] 제20 양상에서, 양상 15 내지 양상 19 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 제2 이미지로부터 측정된 이미지 품질 메트릭이 이미지 품질 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계를 더 포함하고, 이미지 품질 메트릭은 눈의 일부와 눈꺼풀 사이의 거리를 포함한다.
- [0159] [0155] 제21 양상에서, 청색 광의 가변 레벨들을 사용자의 눈에 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템이 개시된다. 디스플레이 시스템은: 사용자의 머리 상에 착용 가능하도록 구성된 프레임; 적어도 청색 광을 사용자의 눈으로 투사하고 비-청색 광의 세기에 관하여 청색 광의 세기를 수정하도록 구성된 디스플레이; 디스플레이가 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율의 광을 눈으로 투사하는 동안 눈의 제1 이미지를 캡처하도록 구성되고 그리고 디스플레이가 제1 비율과 상이한, 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율을 눈으로 투사하는 동안 눈의 제2 이미지를 캡처하도록 구성된 카메라; 및 하드웨어 프로세서를 포함하고, 하드웨어 프로세서는: 제2 이미지와 제1 이미지 사이의 동공 파라미터의 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는지 여부를 결정하기 위해 카메라로부터의 이미지를 분석하고; 결정된 변화에 적어도 부분적으로 기반하여, 청색 광 대 비-청색 광의 세기의 비율을 수정하도록 디스플레이에게 명령하고; 제2 이미지와 제1 이미지 사이의 동공 파라미터의 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하고; 그리고 결정에 대한 응답으로 생체 인증 애플리케이션을 수행하도록 프로그래밍된다.
- [0160] [0156] 제22 양상에서, 양상 21의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 약 445 nm 내지 525 nm 범위의 파장으로 광 세기를 수정하도록 구성된다.
- [0161] [0157] 제23 양상에서, 양상 21 또는 양상 22의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 제2 이미지 동안 청색 광을 투사하는 디스플레이의 픽셀들의 수에 비해 제1 이미지 동안 청색 광을 투사하는 디스플레이의 픽셀들의 수를 증가시키도록 프로그래밍된다.
- [0162] [0158] 제24 양상에서, 양상 21 내지 양상 23 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 사용자로부터 복수의 깊이들에 있는 것처럼 콘텐츠를 디스플레이하도록 구성된다.
- [0163] [0159] 제25 양상에서, 양상 21 내지 양상 24 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 스캐닝 섬유 투사기를 포함한다.
- [0164] [0160] 제26 양상에서, 양상 21 내지 양상 25 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 광 필드 이미지를 사용자에게 제시하도록 구성된다.
- [0165] [0161] 제27 양상에서, 양상 21 내지 양상 26 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서,

시스템은 복수의 스택된 도파관들을 포함한다.

- [0166] [0162] 제28 양상에서, 양상 21 내지 양상 27 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 비-청색 광에 관하여 청색 광의 세기를 수정하도록 디스플레이에게 명령하기 위해, 하드웨어 프로세서는 복수의 스택된 도파관들 중 대응하는 스택된 도파관으로 주입되는 청색 광의 비율을 증가시키도록 이미지 주입 디바이스에게 명령하도록 프로그래밍된다.
- [0167] [0163] 제29 양상에서, 양상 21 내지 양상 28 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 파라미터는 동공의 최대 반경, 동공의 최소 반경, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 상승 시간, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 하강 시간, 또는 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 지연 시간 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0168] [0164] 제30 양상에서, 양상 21 내지 양상 29 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 파라미터는 동공의 원주를 포함한다.
- [0169] [0165] 제31 양상에서, 양상 21 내지 양상 30 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 파라미터의 변화는 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 상승 시간에 대한 상승 곡선 또는 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율에 대한 동공 응답의 하강 시간에 대한 하강 곡선 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0170] [0166] 제32 양상에서, 양상 21 내지 양상 31 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 생체 인증 애플리케이션은 홍채 코드를 생성하는 것, 인지 응답을 결정하는 것, 머리 장착 디스플레이 시스템에 대한 액세스를 인가하는 것, 머리 장착 디스플레이 시스템의 사용자를 식별하는 것, 결정된 동공 응답과 연관된 개인과 연관된 정보를 디스플레이하는 것, 또는 머리 장착 디스플레이 시스템의 사용자의 생리적인 상태를 결정하는 것 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0171] [0167] 제33 양상에서, 양상 21 내지 양상 32 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는, 머리 장착 디스플레이 시스템에 대한 소프트웨어의 시작 동안, 청색 광의 세기가 변화하는 이미지를 제시하도록 프로그래밍된다.
- [0172] [0168] 제34 양상에서, 양상 33의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 소프트웨어의 시작 동안 동공 파라미터의 변화를 측정하고, 그리고 생체 인증 식별 액션을 수행하도록 프로그래밍된다.
- [0173] [0169] 제35 양상에서, 양상 34의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 생체 인증 식별 액션을 수행하는 것은 디스플레이 시스템의 사용자를 식별하는 것, 디스플레이 시스템의 사용자가 살아있는 개인인 것을 결정하는 것, 디스플레이 시스템의 사용자가 디스플레이 시스템을 사용하도록 인가받은 것을 결정하는 것, 또는 동공 파라미터의 측정된 변화를 가지는 개인과 연관된 정보를 디스플레이하는 것 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0174] [0170] 제36 양상에서, 컴퓨팅 하드웨어에 커플링된 카메라를 포함하는 웨어러블 디스플레이 시스템을 사용하여 인간 개인을 식별하기 위한 방법에 있어서, 광을 눈으로 지향시키도록 구성된 도파관들의 스택을 포함하는 웨어러블 디스플레이 시스템이 개시된다. 방법은: 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제1 비율을 포함하는 기준 광을 눈으로 지향시키는 단계; 카메라를 사용하여, 기준 광이 눈으로 지향되는 동안 눈의 제1 이미지를 캡처하는 단계; 제1 비율과 상이한, 청색 광의 세기 대 비-청색 광의 세기의 제2 비율을 포함하는 수정된 광을 눈으로 지향시키는 단계; 카메라를 사용하여, 수정된 광이 눈으로 지향되는 동안 눈의 제2 이미지를 캡처하는 단계; 제2 이미지와 제1 이미지 사이의 눈의 동공 파라미터의 변화를 검출하는 단계; 동공 파라미터의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계; 및 생체 인증 애플리케이션을 수행하는 단계를 포함한다.
- [0175] [0171] 제37 양상에서, 양상 36의 방법에 있어서, 수정된 광을 눈으로 지향시키는 단계는 기준 광에 비해 청색 광의 세기를 증가시키는 단계를 포함한다.
- [0176] [0172] 제38 양상에서, 양상 36 또는 양상 37의 방법에 있어서, 청색 광의 세기를 증가시키는 단계는 10 ms보다 더 긴 동안 청색 광을 플래싱하는 단계를 포함한다.
- [0177] [0173] 제39 양상에서, 양상 36 내지 양상 38 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 제2 이미지와 제1 이미지 사이의 눈의 동공 파라미터의 변화를 검출하는 단계는 제1 이미지의 동공 반경을 제2 이미지의 동공 반경과 비교하는 단계를 포함하고, 동공 파라미터의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정

하는 단계는, 동공 반경의 차이가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계를 포함한다.

- [0178] [0174] 제40 양상에서, 양상 36 내지 양상 40 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 제1 이미지로부터 측정된 이미지 품질 메트릭이 이미지 품질 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계를 더 포함하고, 이미지 품질 메트릭은 눈의 일부와 눈꺼풀 사이의 거리를 포함한다.
- [0179] [0175] 제41 양상에서, 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은: 컴퓨팅 하드웨어의 제어 하에서, 이미지 캡처 디바이스에 의해 획득된 초기 눈 이미지를 수신하는 단계; 초기 눈 이미지와 연관된 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하는 단계; 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 조정 눈 이미지를 수신하는 단계; 초기 눈 이미지에 관하여 조정 눈 이미지의 동공 응답의 변화를 검출하는 단계; 동공 응답의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계; 및 생체 인증 애플리케이션을 수행하는 단계를 포함한다.
- [0180] [0176] 제42 양상에서, 양상 41의 방법에 있어서, 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하는 단계는 청색 광의 레벨을 증가시키는 단계를 포함한다.
- [0181] [0177] 제43 양상에서, 양상 41 또는 양상 42의 방법에 있어서, 청색 광의 레벨을 증가시키는 단계는 시간 기간 동안 청색 광을 플래싱하는 단계, 시간 기간 동안 청색 광을 펄스화하는 단계, 청색 픽셀들에 대한 디스플레이 영역들을 증가시키는 단계, 디스플레이의 디스플레이된 픽셀들을 증가된 청색 값들로 시프트하는 단계, 또는 디스플레이에서 청색 픽셀들의 양을 증가시키는 단계 중 적어도 하나에 대응한다.
- [0182] [0178] 제44 양상에서, 양상 41 내지 양상 43 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 초기 눈 이미지에 관하여 조정 눈 이미지의 동공 응답의 변화를 검출하는 단계는 조정 눈 이미지의 동공 반경을 초기 눈 이미지의 동공 반경과 비교하는 단계를 포함한다.
- [0183] [0179] 제45 양상에서, 양상 44의 방법에 있어서, 동공 응답의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계는, 동공 반경의 차이가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계를 포함하고, 생체 인증 애플리케이션 임계치는 동공 반경의 차이를 이미지 품질 메트릭과 연관시킨다.
- [0184] [0180] 제46 양상에서, 양상 41 내지 양상 45 중 어느 하나 양상의 방법에 있어서, 이미지 품질 메트릭은 눈 블링크, 글레어, 디포커스, 해상도, 가려진 픽셀들, 가려지지 않은 픽셀들, 노이즈, 아티팩트들 또는 블러 중 하나 또는 그 초과에 관련된 척도를 포함한다.
- [0185] [0181] 제47 양상에서, 양상 41 내지 양상 46 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 생체 인증 애플리케이션을 수행하는 단계는 인지 부하를 결정하는 단계 또는 감정 응답을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0186] [0182] 제48 양상에서, 양상 41 내지 양상 47 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 생체 인증 애플리케이션을 수행하는 단계는 눈 포즈를 추정하는 단계 또는 홍채 코드를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0187] [0183] 제49 양상에서, 양상 41 내지 양상 48 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하는 단계는, 눈의 타겟 평형 상태에 도달될 때까지 피드백 루프에서 수행된다.
- [0188] [0184] 제 50 양상에서, 양상 41 내지 양상 49 중 어느 하나의 양상의 방법을 수행하도록 프로그래밍된 하드웨어 프로세서.
- [0189] [0185] 제51 양상에서, 생체 인증 애플리케이션들을 수행하기 위한 웨어러블 디스플레이 시스템이 개시된다. 웨어러블 디스플레이 시스템은: 양상 50의 하드웨어 프로세서; 및 웨어러블 디스플레이 시스템의 착용자의 눈 이미지들을 하드웨어 프로세서에 송신하도록 구성된 이미지 디바이스를 포함한다.
- [0190] [0186] 제52 양상에서, 양상 51의 웨어러블 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하기 위해 양상 41 내지 양상 49 중 어느 하나의 양상의 방법을 수행하도록 추가로 프로그래밍된다.
- [0191] [0187] 제53 양상에서, 머리 장착 디스플레이 시스템은: 디스플레이; 눈의 이미지를 캡처하도록 구성된 이미지 캡처 디바이스; 및 하드웨어 프로세서를 포함하고, 하드웨어 프로세서는 청색 광의 레벨을 조정하고, 그리고 생체 인증 애플리케이션을 수행하도록 프로그래밍된다.
- [0192] [0188] 제54 양상에서, 양상 53의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하는 것은

445 nm 내지 525 nm의 파장 범위로 광을 조정하는 것을 포함한다.

- [0193] [0189] 제55 양상에서, 양상 53 또는 양상 54의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하기 위해, 하드웨어 프로세서는: 다른 컬러 값들에 비해 픽셀들의 청색 값을 증가시키기 위해 디스플레이의 픽셀들을 조정하도록 프로그래밍된다.
- [0194] [0190] 제56 양상에서, 양상 53 내지 양상 55 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 복수의 깊이 평면들을 착용자에게 제시하도록 구성된다.
- [0195] [0191] 제57 양상에서, 양상 53 내지 양상 56 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 광 필드 이미지를 착용자에게 제시하도록 구성된다.
- [0196] [0192] 제58 양상에서, 양상 53 내지 양상 57 중 어느 하나 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 복수의 스택된 도파관들을 포함한다.
- [0197] [0193] 제59 양상에서, 양상 53 내지 양상 58 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하기 위해, 하드웨어 프로세서는: 복수의 스택된 도파관들 중 대응하는 스택된 도파관으로 주입되는 청색 광의 레벨들을 증가시키도록 이미지 주입 디바이스를 조정하도록 프로그래밍된다.
- [0198] [0194] 제60 양상에서, 양상 53 내지 양상 59 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 동공 응답을 측정하도록 프로그래밍된다.
- [0199] [0195] 제61 양상에서, 양상 53 내지 양상 60 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 응답은 동공의 최대 반경, 동공의 최소 반경, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답의 상승 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답의 하강 시간, 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 지연 시간을 포함한다.
- [0200] [0196] 제62 양상에서, 양상 53 내지 양상 61 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 응답은 동공의 원주를 포함한다.
- [0201] [0197] 제63 양상에서, 양상 53 내지 양상 62 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 응답은 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답의 상승 시간에 대한 상승 곡선 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답의 하강 시간에 대한 하강 곡선을 포함한다.
- [0202] [0198] 제64 양상에서, 양상 53 내지 양상 63 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 생체 인증 애플리케이션은: 홍채 코드를 생성하는 것, 인지 응답을 결정하는 것, 머리 장착 디스플레이 시스템에 대한 액세스를 인가하는 것, 머리 장착 디스플레이 시스템의 착용자를 식별하는 것, 결정된 동공 응답과 연관된 개인과 연관된 정보를 디스플레이하는 것, 또는 머리 장착 디스플레이 시스템의 착용자의 생리적인 상태를 결정하는 것 중 하나 또는 그 조합을 포함한다.
- [0203] [0199] 제65 양상에서, 양상 53 내지 양상 64 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는, 머리 장착 디스플레이 시스템에 대한 시작 동안, 시작 동안의 청색 광의 레벨이 변화하는 이미지를 제시하도록 프로그래밍된다.
- [0204] [0200] 제66 양상에서, 양상 65의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 시작 동안 동공 응답을 측정하고, 그리고 생체 인증 식별 액션을 수행하도록 프로그래밍된다.
- [0205] [0201] 제67 양상에서, 양상 66의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 생체 인증 식별 액션은 디스플레이 시스템의 착용자의 식별, 디스플레이 시스템의 착용자가 살아있는 개인인 것을 결정, 디스플레이 시스템의 착용자가 디스플레이 시스템을 사용하도록 인가받은 것을 결정, 또는 측정된 동공 응답을 가지는 개인과 연관된 정보의 디스플레이를 포함한다.
- [0206] [0202] 제68 양상에서, 인간 개인을 식별하기 위한 방법이 개시된다. 방법은: 컴퓨팅 하드웨어의 제어 하에서, 청색 광의 레벨을 조정하는 단계; 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 눈 이미지를 수신하는 단계; 기준 이미지와 수신된 눈 이미지의 비교에 의해 동공 응답의 변화를 검출하는 단계; 동공 응답이 인간 개인의 생체 인증 특성에 대응하는 것을 결정하는 단계; 및 동공 응답 결정에 기반하여 생체 인증 애플리케이션에 대한 액세스를 허용하는 단계를 포함한다.
- [0207] [0203] 제69 양상에서, 양상 68의 방법은 조정된 청색 광의 레벨에 노출된 눈의 동공 응답을 측정하는 단계를 더 포함한다.

- [0208] [0204] 제70 양상에서, 양상 68 또는 양상 69의 방법에 있어서, 측정된 동공 응답은 동공의 최대 반경, 동공의 최소 반경, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 시간, 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 지연 시간을 포함한다.
- [0209] [0205] 제71 양상에서, 양상 68 내지 양상 70 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 동공 응답 곡선은 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답의 상승 시간에 대한 상승 곡선 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답의 하강 시간에 대한 하강 곡선을 포함한다.
- [0210] [0206] 제72 양상에서, 양상 68 내지 양상 71 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 인간 개인의 생체 인증 특성은 생체 인증 데이터베이스 내 개인의 특성에 대응한다.
- [0211] [0207] 제73 양상에서, 양상 68 내지 양상 72 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 동공 응답이 인간 개인의 생체 인증 특성에 대응하는 것을 결정하는 단계는, 동공 응답이 살아있는 인간 개인에 대응하는 것을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0212] [0208] 제74 양상에서, 양상 68 내지 양상 73 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서: 동공 응답이 의식이 없는 인간 개인, 수면 중인 개인, 피곤한 개인, 술에 취한 개인, 반사 또는 인지 장애 물질들의 영향하에 있는 개인, 또는 대응하는 인지 부하의 레벨을 경험하는 개인에 대응하는지를 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0213] [0209] 제75 양상에서, 양상 68 내지 양상 74 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 생체 인증 데이터베이스는 복수의 개인 데이터 레코드들을 포함하고, 각각의 개인 데이터 레코드는 개인과 연관된 적어도 하나의 생체 인증 특성을 포함한다.
- [0214] [0210] 제76 양상에서, 양상 68 내지 양상 75 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서: 동공의 최대 반경, 동공의 최소 반경, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 상승 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 하강 시간, 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 지연 시간 중 적어도 하나를 포함하는 개인 생체 인증 모델을 형성하는 단계를 더 포함한다.
- [0215] [0211] 제77 양상에서, 양상 68 내지 양상 76 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하는 단계는 청색 광의 레벨을 증가시키는 단계를 포함한다.
- [0216] [0212] 제78 양상에서, 양상 68 내지 양상 77 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 청색 광의 레벨을 증가시키는 단계는 시간 기간 동안 청색 광을 플래싱하는 단계, 시간 기간 동안 청색 광을 펄싱하는 단계, 청색 픽셀들에 대한 디스플레이 영역들을 증가시키는 단계, 디스플레이의 디스플레이된 픽셀들을 증가된 청색 값들로 시프트하는 단계, 또는 디스플레이에서 청색 픽셀들의 양을 증가시키는 단계 중 적어도 하나에 대응한다.
- [0217] [0213] 제79 양상에서, 양상 68 내지 양상 78 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 초기 눈 이미지에 관하여 조정 눈 이미지의 동공 응답의 변화를 검출하는 단계는 조정 눈 이미지의 홍채 반경을 초기 눈 이미지의 홍채 반경과 비교하는 단계를 포함한다.
- [0218] [0214] 제80 양상에서, 양상 68 내지 양상 79 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 동공 응답의 검출된 변화가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계는, 홍채 반경의 차이가 생체 인증 애플리케이션 임계치를 초과하는 것을 결정하는 단계를 포함하고, 생체 인증 애플리케이션 임계치는 홍채 반경의 차이를 이미지 품질 메트릭과 연관시킨다.
- [0219] [0215] 제81 양상에서, 양상 68 내지 양상 80 중 어느 하나 양상의 방법에 있어서, 이미지 품질 메트릭은 눈 블링크, 글레어, 디포커스, 해상도, 가려진 픽셀들, 가려지지 않은 픽셀들, 노이즈, 아티팩트들 또는 블러 중 하나 또는 그 초과에 관련된 척도를 포함한다.
- [0220] [0216] 제82 양상에서, 양상 68 내지 양상 81 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 허용된 생체 인증 애플리케이션은 인지 부하를 결정하는 단계 또는 감정 응답을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0221] [0217] 제83 양상에서, 양상 68 내지 양상 82 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 허용된 생체 인증 애플리케이션은 눈 포즈를 추정하는 단계 또는 홍채 코드를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0222] [0218] 제84 양상에서, 양상 68 내지 양상 83 중 어느 하나의 양상의 방법에 있어서, 방법은 홍채 식별 시스템에 의해 수행된다.
- [0223] [0219] 제85 양상에서, 양상 68 내지 양상 84 중 어느 하나의 양상의 방법을 수행하도록 프로그래밍된 하드웨어

어 프로세서.

- [0224] [0220] 제86 양상에서, 생체 인증 애플리케이션들을 수행하기 위한 웨어러블 디스플레이 시스템에 있어서, 웨어러블 디스플레이 시스템은: 양상 85의 하드웨어 프로세서; 및 웨어러블 디스플레이 시스템의 착용자의 눈 이미지들을 하드웨어 프로세서에 송신하도록 구성된 이미지 디바이스를 포함한다.
- [0225] [0221] 제87 양상에서, 양상 86의 웨어러블 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 눈에 노출된 청색 광의 레벨을 조정하기 위해 양상 68 내지 양상 83 중 어느 하나의 양상의 방법을 수행하도록 추가로 프로그래밍된다.
- [0226] [0222] 제88 양상에서, 머리 장착 디스플레이 시스템은: 디스플레이; 눈의 이미지를 캡처하도록 구성된 이미지 캡처 디바이스; 및 하드웨어 프로세서를 포함하고, 하드웨어 프로세서는 청색 광의 레벨을 조정하고, 그리고 생체 인증 애플리케이션을 수행하도록 프로그래밍된다.
- [0227] [0223] 제89 양상에서, 양상 88의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하기 위해, 하드웨어 프로세서는 445 nm 내지 525 nm의 파장 범위로 광을 조정하도록 프로그래밍된다.
- [0228] [0224] 제90 양상에서, 양상 88 또는 양상 89의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하기 위해, 하드웨어 프로세서는: 픽셀들의 청색 값을 증가시키기 위해 디스플레이의 픽셀들을 조정하도록 프로그래밍된다.
- [0229] [0225] 제91 양상에서, 양상 88 내지 양상 90 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 복수의 깊이 평면들을 착용자에게 제시하도록 구성된다.
- [0230] [0226] 제92 양상에서, 양상 88 내지 양상 91 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 광 필드 이미지를 착용자에게 제시하도록 구성된다.
- [0231] [0227] 제93 양상에서, 양상 88 내지 양상 92 중 어느 하나 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 디스플레이는 복수의 스택된 도파관들을 포함한다.
- [0232] [0228] 제94 양상에서, 양상 88 내지 양상 93 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 청색 광의 레벨을 조정하기 위해, 하드웨어 프로세서는: 복수의 스택된 도파관들 중 대응하는 스택된 도파관으로 주입되는 청색 광의 레벨들을 증가시키도록 이미지 주입 디바이스를 조정하도록 프로그래밍된다.
- [0233] [0229] 제95 양상에서, 양상 88 내지 양상 94 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는: 정상 광 조건들 하에서 눈 이미지들을 획득하고; 그리고 조정된 청색 광의 레벨 하에서 눈 이미지들을 획득하도록 추가로 프로그래밍된다.
- [0234] [0230] 제96 양상에서, 양상 88 내지 양상 95 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는: 정상 광 조건들의 증가된 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 제1 상승 시간, 정상 광 조건들의 감소된 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 제1 하강 시간, 정상 광 조건들의 증가된 레벨에 대한 제1 지연 시간, 제1 상승 시간에 대한 제1 상승 곡선, 제1 하강 시간에 대한 제1 하강 곡선, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 제2 상승 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 제2 하강 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 제2 지연 시간, 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 제2 상승 곡선 부분, 또는 조정된 청색 광의 레벨에 대한 동공 응답 곡선의 제2 하강 곡선 부분 중 적어도 하나를 포함하는 개인 생체 인증 모델을 형성하도록 추가로 프로그래밍된다.
- [0235] [0231] 제97 양상에서, 양상 88 내지 양상 96 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 인지 부하를 경험하는 동안 머리 장착 디스플레이 시스템을 활용하는 개인에 대한 눈 이미지들을 획득하도록 프로그래밍된다.
- [0236] [0232] 제98 양상에서, 양상 97의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 인지 부하를 경험하는 동안 머리 장착 디스플레이를 활용하는 개인에 대한 동공 응답의 변화들을 검출하도록 프로그래밍된다.
- [0237] [0233] 제99 양상에서, 양상 97 또는 양상 98 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는 동공 응답의 검출된 변화를 인지 부하 스코어와 상관시키도록 프로그래밍된다.
- [0238] [0234] 제100 양상에서, 양상 99의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 동공 응답의 검출된 변화는 정상

조명 조건들 하에서의 동공 반경에 비해 증가된 동공 반경에 대응한다.

[0239] [0235] 제101 양상에서, 양상 97 내지 양상 100 중 어느 하나의 양상의 머리 장착 디스플레이 시스템에 있어서, 하드웨어 프로세서는: 머리 장착 디스플레이 시스템을 활용하는 개인의 현재 동공 응답을 결정하고; 인지 부하 동공 응답을 생성하기 위해 현재 동공 응답을 개인 생체 인증 모델과 상관시키고 - 개인 생체 인증 모델은 정상 인지 부하 하에서의 동공 응답을 포함함 -; 인지 부하 동공 응답에 기반하여 인지 부하의 레벨을 결정하도록 프로그래밍된다.

[0240] 결론

[0241] [0236] 본원에 설명되고 그리고/또는 첨부 도면들에 도시된 프로세스들, 방법들 및 알고리즘들 각각은 하나 또는 그 초과 물리적 컴퓨팅 시스템들, 하드웨어 컴퓨터 프로세서들, 주문형 회로 및/또는 특정 그리고 특별 컴퓨터 명령들을 실행하도록 구성된 전자 하드웨어에 의해 실행되는 코드 모듈들로 구현되고, 그리고 이 코드 모듈들에 의해 완전히 또는 부분적으로 자동화될 수 있다. 예컨대, 컴퓨팅 시스템들은 특정 컴퓨터 명령들 또는 특수 목적 컴퓨터들, 특수 목적 회로 등으로 프로그래밍된 범용 컴퓨터들(예컨대, 서버들)을 포함할 수 있다. 코드 모듈은 실행가능 프로그램으로 컴파일링되고 링크되거나, 동적 링크 라이브러리에 설치되거나, 또는 인터프리터(interpreter) 프로그래밍 언어로 쓰여질 수 있다. 일부 구현들에서, 특정 동작들 및 방법들은 주어진 기능에 특정한 회로에 의해 수행될 수 있다.

[0242] [0237] 추가로, 본 개시내용의 기능성의 특정 구현들은 충분히 수학적으로, 계산상으로 또는 기술적으로 복잡하여, (적절한 전문화된 실행가능 명령들을 활용하는) 주문형 하드웨어 또는 하나 또는 그 초과 물리적 컴퓨팅 디바이스들은 예컨대 수반된 계산들의 양 또는 복잡성으로 인해 또는 실질적으로 실시간으로 결과들을 제공하기 위해 기능을 수행할 필요가 있을 수 있다. 예컨대, 비디오는 많은 프레임들(각각의 프레임은 수백만의 픽셀들을 가짐)을 포함할 수 있고, 그리고 상업적으로 합리적인 시간 양에서 원하는 이미지 프로세싱 임무 또는 애플리케이션을 제공하기 위해, 특별하게 프로그래밍된 컴퓨터 하드웨어가 비디오 데이터를 프로세싱할 필요가 있다.

[0243] [0238] 코드 모듈들 또는 임의의 타입의 데이터는 임의의 타입의 비-일시적 컴퓨터-관독가능 매체, 이를테면 하드 드라이브들, 고체 상태 메모리, RAM(random access memory), ROM(read only memory), 광학 디스크, 휘발성 또는 비-휘발성 저장부, 이들의 조합들 등을 포함하는 물리적 컴퓨터 저장부 상에 저장될 수 있다. 방법들 및 모듈들(또는 데이터)은 또한 생성된 데이터 신호들로서(예컨대, 반송파 또는 다른 아날로그 또는 디지털 전파 신호의 부분으로서) 무선 기반 및 유선/케이블 기반 매체들을 포함하는 다양한 컴퓨터-관독가능 송신 매체들 상에서 송신될 수 있고, 그리고 (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, 유형의 컴퓨터 저장부에 영구적으로 또는 다른 방식으로 저장될 수 있거나 또는 컴퓨터-관독가능 송신 매체를 통해 통신될 수 있다.

[0244] [0239] 본원에 설명되고 그리고/또는 첨부 도면들에 묘사된 흐름도들에서 임의의 프로세스들, 블록들, 상태들, 단계들, 또는 기능성들은 (예컨대, 논리적 또는 산술적) 특정 기능들 또는 프로세스의 단계들을 구현하기 위한 하나 또는 그 초과 실행가능 명령들을 포함하는 코드 모듈들, 세그먼트들 또는 코드의 부분들을 잠재적으로 나타내는 것으로 이해되어야 한다. 다양한 프로세스들, 블록들, 상태들, 단계들 또는 기능성들은 본원에 제공된 예시적인 예들로부터 조합되거나, 재배열되거나, 부가되거나, 삭제되거나, 수정되거나 다르게 변경될 수 있다. 일부 실시예들에서, 부가적인 또는 상이한 컴퓨팅 시스템들 또는 코드 모듈들은 본원에 설명된 기능성들 중 일부 또는 모두를 수행할 수 있다. 본원에 설명된 방법들 및 프로세스들은 또한 임의의 특정 시퀀스로 제한되지 않고, 이에 관련된 블록들, 단계들 또는 상태들은 적절한 다른 시퀀스들로, 예컨대 직렬로, 병렬로, 또는 일부 다른 방식으로 수행될 수 있다. 임무들 또는 이벤트들은 개시된 예시적인 실시예들에 부가되거나 이들로부터 제거될 수 있다. 게다가, 본원에 설명된 구현들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 예시 목적들을 위한 것이고 모든 구현들에서 그런 분리를 요구하는 것으로 이해되지 않아야 한다. 설명된 프로그램 컴포넌트들, 방법들 및 시스템들이 일반적으로 단일 컴퓨터 제품으로 함께 통합되거나 다수의 컴퓨터 제품들로 패키징될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 많은 구현 변형들이 가능하다.

[0245] [0240] 프로세스들, 방법들 및 시스템들은 네트워크(또는 분산) 컴퓨팅 환경에서 구현될 수 있다. 네트워크 환경들은 전사적 컴퓨터 네트워크들, 인트라넷들, LAN(local area network)들, WAN(wide area network)들, PAN(personal area network)들, 클라우드 컴퓨팅 네트워크들, 크라우드-소스드(crowd-sourced) 컴퓨팅 네트워크들, 인터넷, 및 월드 와이드 웹(World Wide Web)을 포함한다. 네트워크는 유선 또는 무선 네트워크 또는 임

의 다른 타입의 통신 네트워크일 수 있다.

[0246] [0241] 본 개시내용의 시스템들 및 방법들 각각은 몇몇 혁신적인 양상들을 가지며, 이 양상들 중 어떤 단일의 양상이 본원에 개시된 바람직한 속성들을 위해 전적으로 책임지거나 요구되지 않는다. 위에서 설명된 다양한 특징들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 사용될 수 있거나, 또는 다양한 방식으로 조합될 수 있다. 모든 가능한 조합들 및 서브조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하도록 의도된다. 본 개시내용에 설명된 구현들에 대한 다양한 수정들은 당업자들에게 쉽게 자명할 수 있고, 그리고 본원에 정의된 일반적인 원리들은 본 개시내용의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고 다른 구현들에 적용될 수 있다. 따라서, 청구항들은 본원에 도시된 구현들로 제한되는 것으로 의도되는 것이 아니라, 본 개시내용, 본원에 개시된 원리들 및 신규 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위에 부합될 것이다.

[0247] [0242] 별개의 구현들의 맥락에서 이 명세서에 설명된 특정 특징들은 또한 단일 구현으로 결합하여 구현될 수 있다. 대조적으로, 단일 구현의 맥락에서 설명된 다양한 특징들은 또한 별도로 다수의 구현들로 또는 임의의 적절한 서브조합으로 구현될 수 있다. 게다가, 비록 특징들이 특정 조합들로 동작하는 것으로서 위에서 설명될 수 있고, 심지어 그와 같이 처음에 청구될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 또는 그 초과와 특징들은 일부 경우들에서 조합으로부터 제거될 수 있고, 그리고 청구된 조합은 서브조합 또는 서브조합의 변형으로 지향될 수 있다. 단일 특징 또는 특징들의 그룹이 각각의 모든 실시예에 필요하거나 필수적인 것은 아니다.

[0248] [0243] 특정하게 다르게 언급되지 않거나, 사용된 맥락 내에서 다르게 이해되지 않으면, 본원에 사용된 조건어, 이를테면 특히, "할 수 있다("can", "could", "might", "may")" 및 "예컨대" 등은, 일반적으로 특정 실시예들이 특정 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들을 포함하지만, 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는다는 것을 전달하도록 의도된다. 따라서, 그런 조건어는 일반적으로, 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 어쨌든 하나 또는 그 초과와 실시예들을 위해 요구된다는 것, 또는 하나 또는 그 초과와 실시예들이, 저자(author) 입력 또는 프롬프팅을 사용하여 또는 이들을 사용하지 않고, 이들 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 아니면 이 임의의 특정 실시예에서 수행되는지를 판정하기 위한 로직을 반드시 포함하는 것을 의미하도록 의도되지 않는다. 용어 "포함하는(comprising)", "포함하는(including)", "갖는(having)" 등은 동의어이고 오픈-엔디드(open-ended) 방식으로 포괄적으로 사용되고, 그리고 부가적인 엘리먼트들, 특징들, 작용들, 동작들 등을 배제하지 않는다. 또한, 용어 "또는"은 포괄적인 의미(및 배타적 의미가 아님)로 사용되어, 예컨대 엘리먼트들의 리스트를 연결하기 위해 사용될 때, 용어 "또는"은 리스트 내 엘리먼트들 중 하나, 몇몇 또는 모두를 의미한다. 게다가, 본 출원 및 첨부된 청구항들에 사용된 단수들은 다르게 특정되지 않으면 "하나 또는 그 초과" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 이해될 것이다.

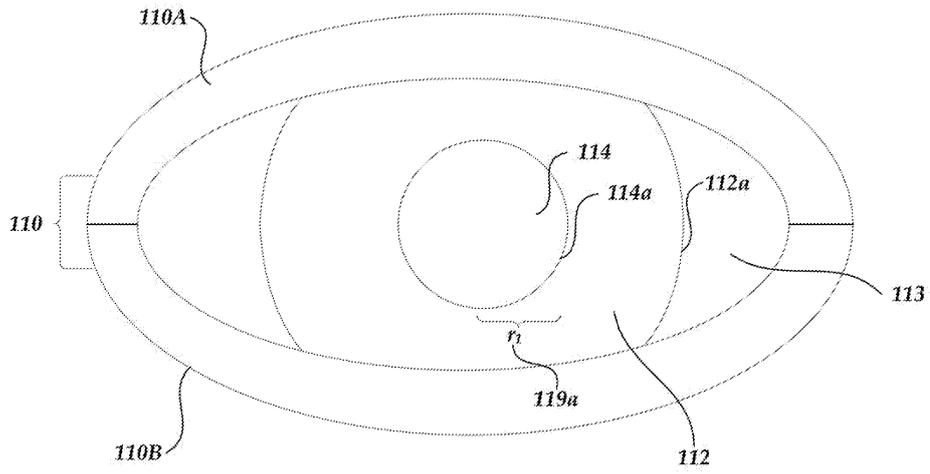
[0249] [0244] 본원에 사용된 바와 같이, 아이템들의 리스트 중 "적어도 하나"를 지칭하는 어구는, 단일 부재들을 포함하여, 이들 아이템들의 임의의 조합을 지칭한다. 예로서, "A, B 또는 C 중 적어도 하나"는 "A, B, C; A 및 B; A 및 C; B 및 C; 및 A, B 및 C를 커버하도록 의도된다. 특정하게 다르게 언급되지 않으면, "X, Y 및 Z 중 적어도 하나"라는 어구 같은 결합 어구는, 일반적으로 아이템, 용어 등이 X, Y 또는 Z 중 적어도 하나일 수 있다는 것을 전달하기 위해 사용되는 맥락으로 이해된다. 따라서, 그런 접속어는 일반적으로, 특정 실시예들이 X 중 적어도 하나, Y 중 적어도 하나 및 Z 중 적어도 하나가 각각 존재할 것을 요구하는 것을 의미하도록 의도되지 않는다.

[0250] [0245] 유사하게, 동작들이 특정 순서로 도면들에 도시될 수 있지만, 원하는 결과들을 달성하기 위해, 그런 동작들이 도시된 특정 순서 또는 순차적 순서로 수행될 필요가 없거나, 또는 모든 예시된 동작들이 수행될 필요가 없다는 것이 인식될 것이다. 추가로, 도면들은 흐름도 형태로 하나 또는 그 초과와 예시적 프로세스들을 개략적으로 묘사할 수 있다. 그러나, 묘사되지 않은 다른 동작들은 개략적으로 예시된 예시적인 방법들 및 프로세스들에 통합될 수 있다. 예컨대, 하나 또는 그 초과와 부가적인 동작들은 예시된 동작들 중 임의의 동작 이전, 이후, 동시에, 또는 중간에 수행될 수 있다. 부가적으로, 동작들은 다른 구현들에서 재배열되거나 재정렬될 수 있다. 특정 환경들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 게다가, 위에서 설명된 구현들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 구현들에서 그런 분리를 요구하는 것으로 이해되지 않아야 하고, 그리고 설명된 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들이 일반적으로 단일 소프트웨어 제품으로 함께 통합될 수 있거나 다수의 소프트웨어 제품들로 패키징될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 부가적으로, 다른 실시예들은 다음 청구항들의 범위 내에 있다. 일부 경우들에서, 청구항들에 열거된 액션들은 상이한 순서로 수행될 수 있고 여전히 원하는 결과들을 달성할 수 있다.

도면

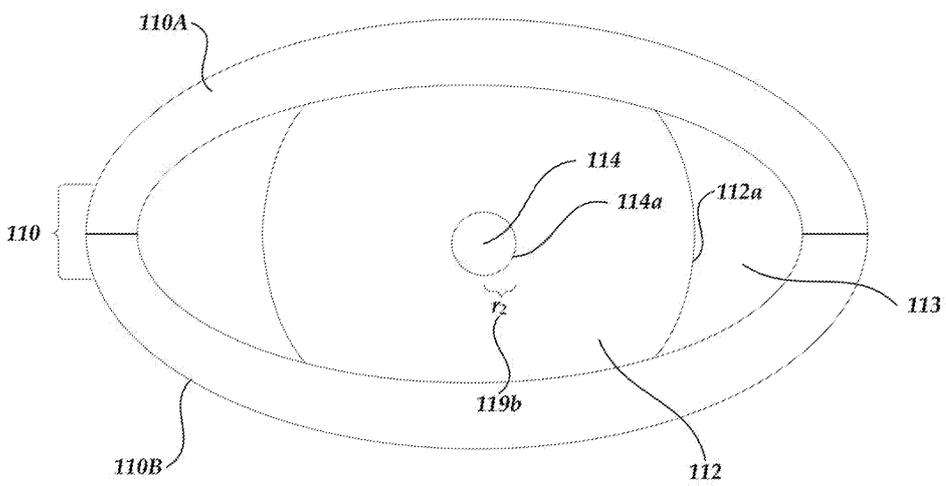
도면1a

102 ↗

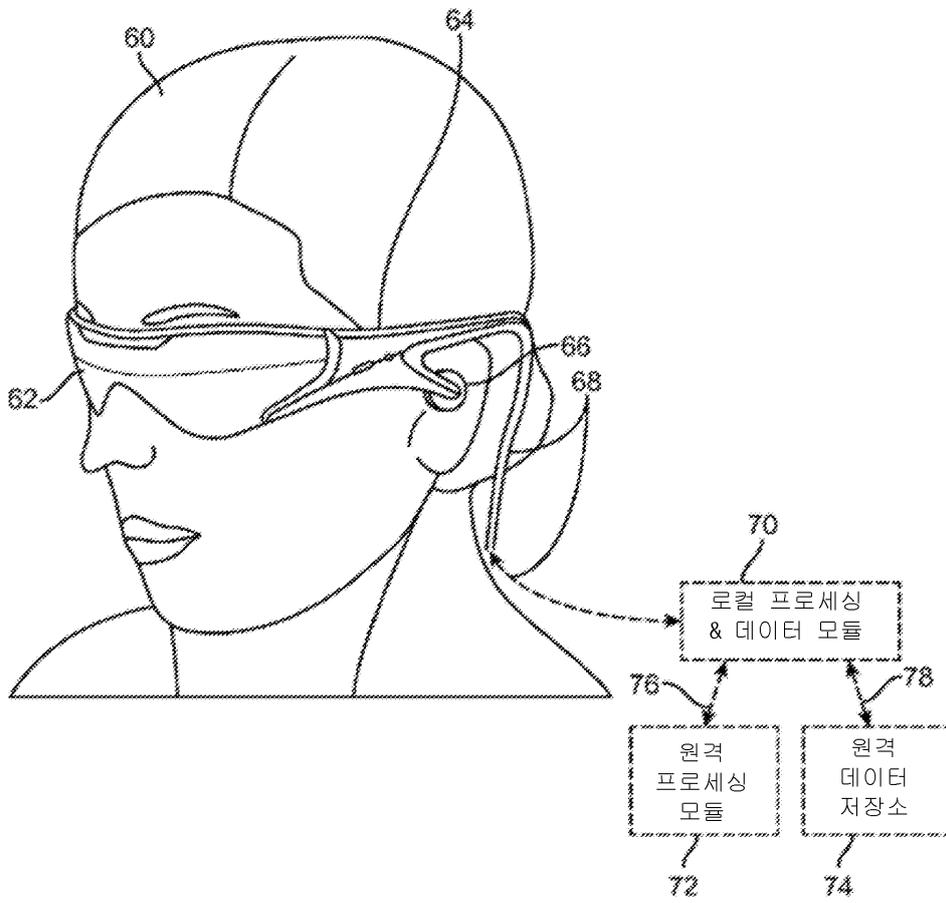


도면1b

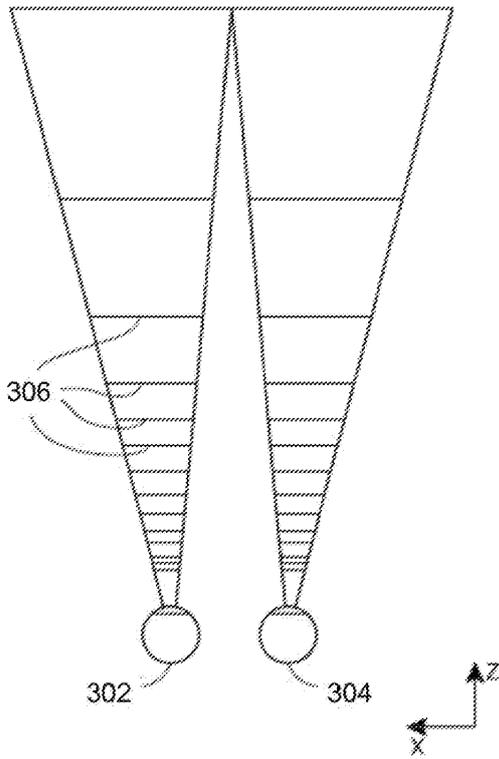
102 ↗



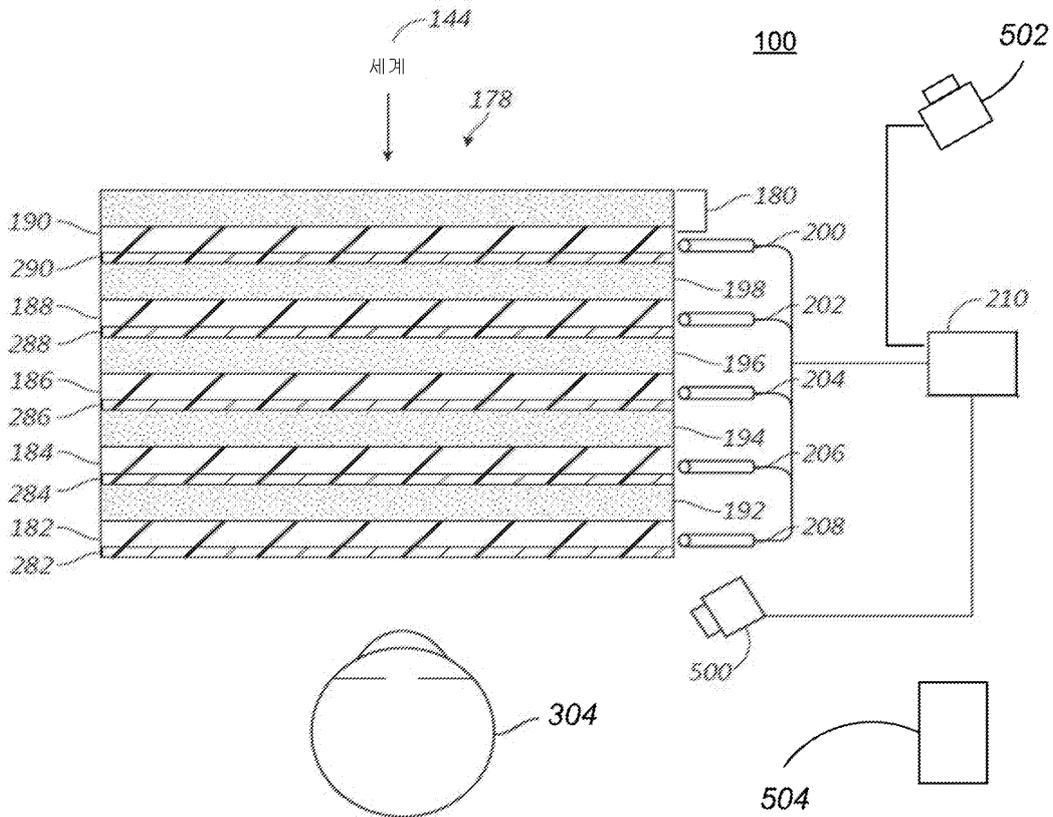
도면2



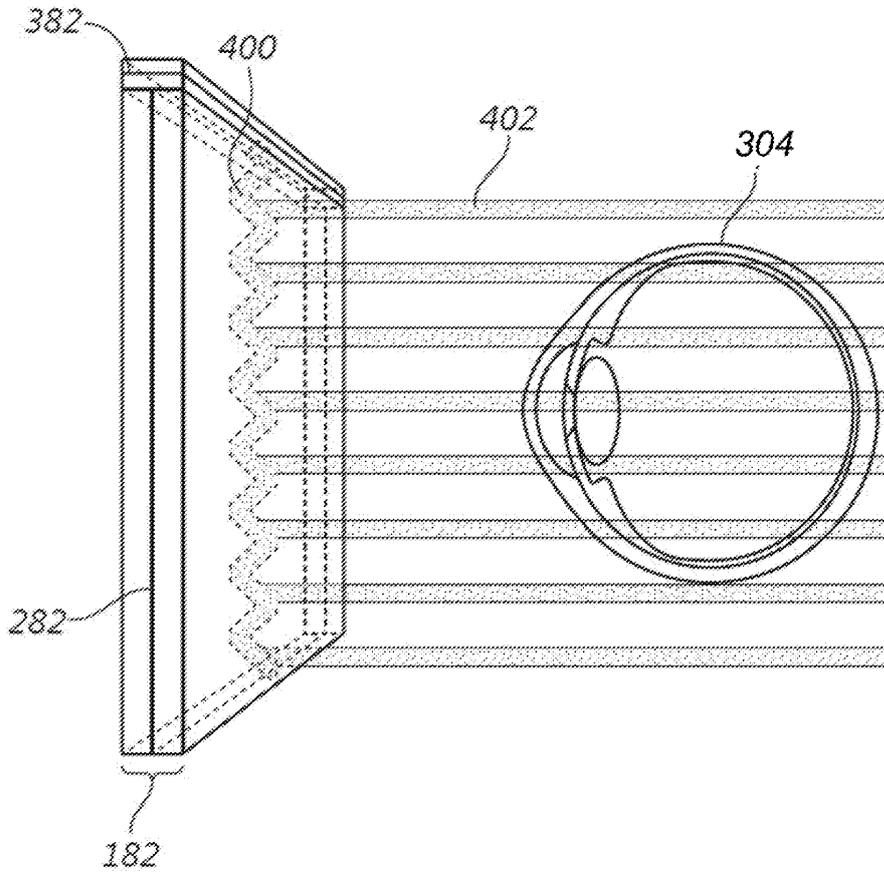
도면3



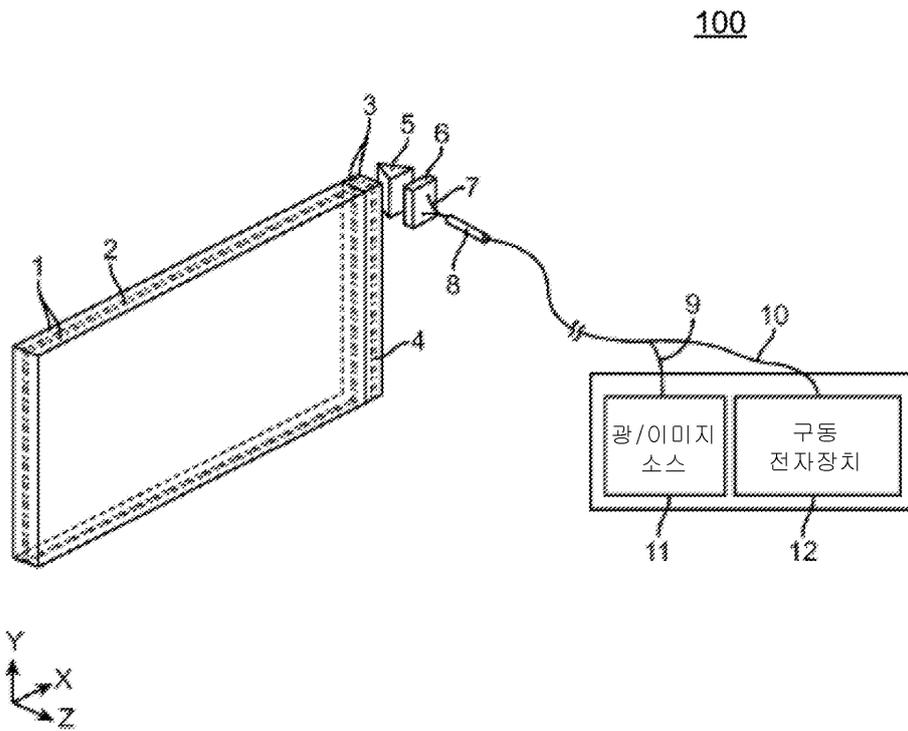
도면4



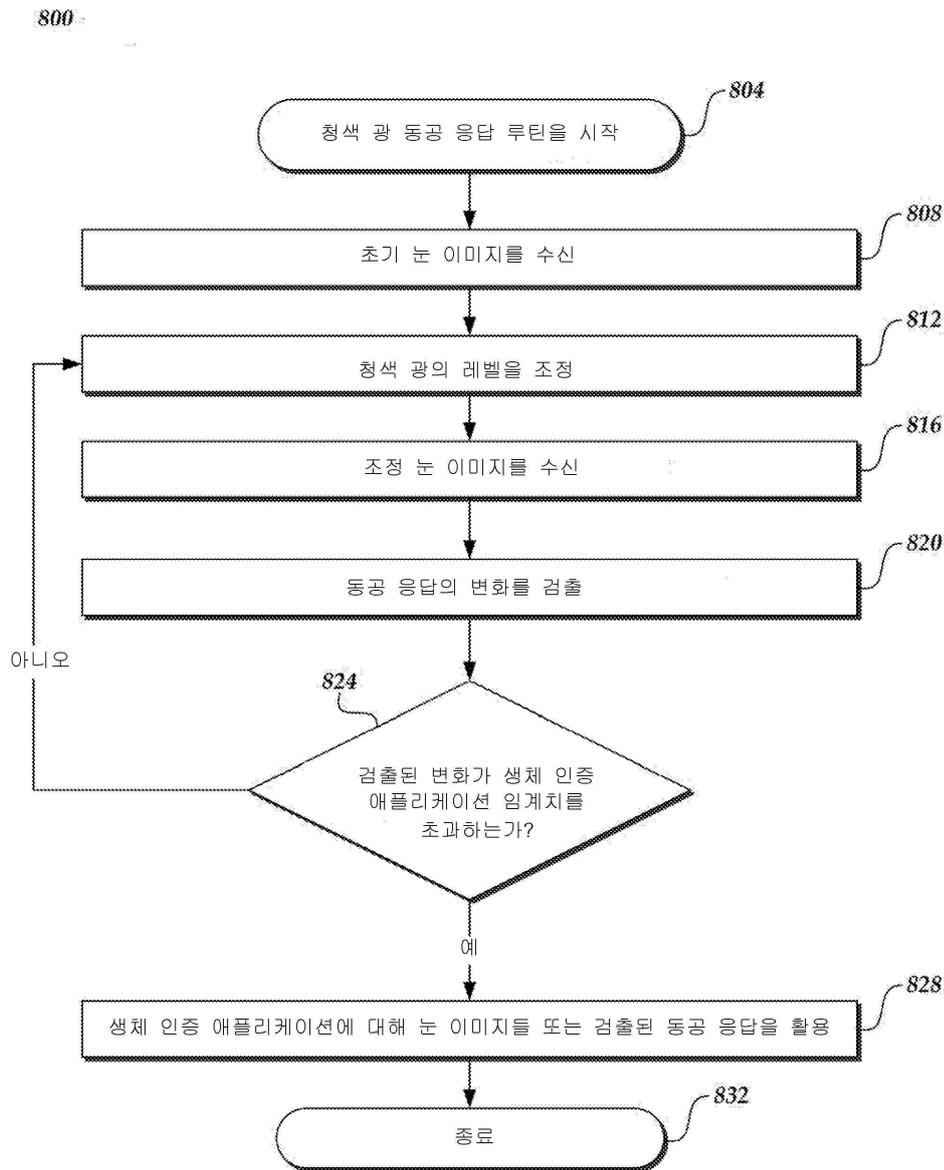
도면5



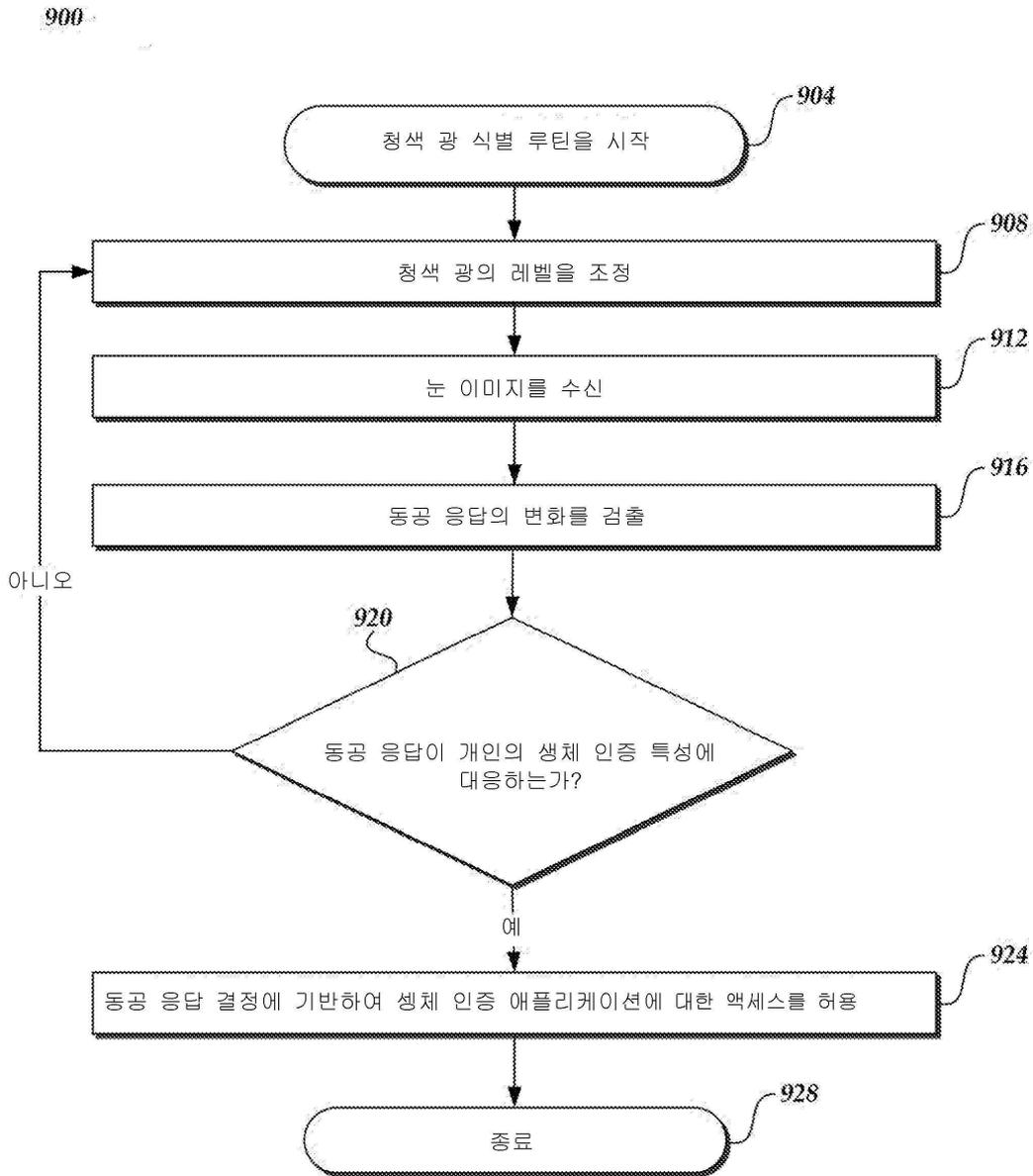
도면6



도면8



도면9



도면10

