



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2014-0103900  
(43) 공개일자 2014년08월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 3/14 (2006.01) A61B 3/10 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7009169
- (22) 출원일자(국제) 2012년09월06일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2014년04월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/053951
- (87) 국제공개번호 WO 2013/036629  
국제공개일자 2013년03월14일
- (30) 우선권주장  
61/532,467 2011년09월08일 미국(US)

- (71) 출원인  
아이체크 헬스 커넥션, 인크.  
미국 97239-3104 오리건주 포틀랜드 유닛 1712 사  
우스웨스트 게인즈 스트리트 0841
- (72) 발명자  
황 데이비드  
미국 97239-3104 오리건주 포틀랜드 유닛 1712 사  
우스웨스트 게인즈 스트리트 0841
- 머프리 알란 린  
미국 91101 캘리포니아주 패서디나 샵302 노스 유  
클리드 애비뉴 80
- 이시카와 히로시  
미국 15101 펜실베이니아주 엘리슨 파크 샵951 서  
러브레드 코드 2685
- (74) 대리인  
백만기, 양영준

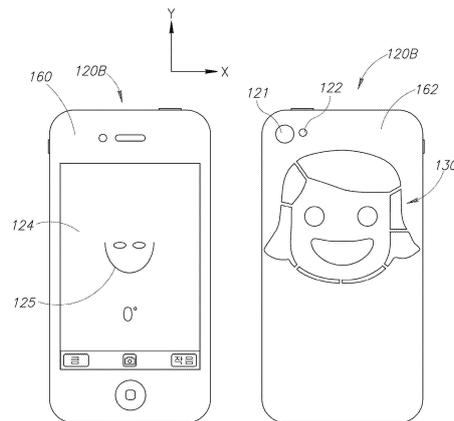
전체 청구항 수 : 총 33 항

(54) 발명의 명칭 유아 및 소아에 있어서 눈의 동공 적색 반사 검사 및 각막 광 반사 선별의 기록 및 문서화를 위한 방법 및 시스템

**(57) 요약**

유아 및 소아에 있어서 편심 사진굴절, 동공 광 반사 및 각막 광 반사 눈 선별 검사를 해석, 기록, 및 문서화하기 위한 시스템 및 방법. 시스템은 이미지 캡처 디바이스, 광 발생 디바이스 및 디스플레이를 갖는 컴퓨팅 디바이스를 포함한다. 시스템은 컴퓨팅 디바이스 상에서 실행가능하고 눈 선별 검사를 수행하도록 컴퓨팅 디바이스를 이용하도록 동작하는 컴퓨터 애플리케이션을 포함한다. 시스템은 또한, 이미지가 프로세싱, 분석, 및 기록될 수 있도록, 사용자가 캡처된 이미지를 컴퓨팅 디바이스로부터 업로드할 수 있게 하는 웹사이트를 포함한다.

**대표도** - 도8a



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

대상자의 눈에 대한 선별 검사를 제공하기 위한 컴퓨팅 디바이스로서, 상기 컴퓨팅 디바이스는,  
이미지 캡처 디바이스;

광 발생 디바이스;

디스플레이;

이미지 캡처 애플리케이션을 포함하는 데이터 스토리지; 및

상기 이미지 캡처 디바이스, 상기 광 발생 디바이스, 및 상기 디스플레이에 동작적으로 연결된 프로세서를 포함 하되, 상기 프로세서는,

이미지가 상기 컴퓨팅 디바이스의 소망 작동 거리 및 오리엔테이션에서 캡처되는 것을 보장하기 위해 조작자가 상기 대상자를 템플릿과 정렬시킬 수 있게 하는 윤곽 마스크를 포함하는 상기 템플릿을 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작;

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 대상자의 눈의 상기 이미지를 캡처하는 동작;

상기 조작자에 의한 검사를 위해 상기 이미지를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

눈 상태의 존재 또는 부재와 관련한 정보를 제공하도록 상기 이미지를 분석하는 동작; 및

상기 컴퓨팅 디바이스의 상기 디스플레이 상에 상기 분석의 결과를 디스플레이하는 동작에 의해서, 눈 검사를 수행하기 위해 상기 이미지 캡처 애플리케이션을 실행하도록 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 눈 검사는 편심 사진굴절 검사, 각막 광 반사 검사, 및 동공 광 반사 검사를 포함하는 것 인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 이미지 캡처 디바이스에 근접하는 위치에서 상기 컴퓨팅 디바이스에 연결된 시각적 어트 랙터(visual attractor)를 더 포함하는 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은 상기 작동 거리가 제2 눈 검사에 대해서보다 제1 눈 검사에 대해서 더 크게 되도록 상기 제2 눈 검사의 수행 동안 더 큰 윤곽 마스크 그리고 상기 제1 눈 검사의 수행 동안 더 작은 윤곽 마스크를 디스플레이하도록 구성되는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 자동으로 분석하는 것은 하나 이상의 기준에 대해 정상 한계 내, 경계선, 또는 정상 한계 밖으 로서 상기 이미지의 예비 분류를 결정하는 것을 포함하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 컴퓨팅 디바이스는 네트워크를 통해 다른 컴퓨팅 디바이스와의 통신을 용이하게 하도록 동작하는 통신 디바이스를 더 포함하고, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은 상기 네트워크를 통해 다른 컴퓨팅 디바이스에 상기 이미지를 보내도록 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 컴퓨팅 디바이스는 스마트폰 또는 태블릿 컴퓨터를 포함하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 이미지 캡처 디바이스는 소정 거리만큼 상기 광 캡처 디바이스로부터 오프셋되어 있고, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은 상기 조작자가 여러 다른 오리엔테이션에서 이미지를 캡처하기 위해 상기 대상자에 상대적으로 상기 컴퓨팅 디바이스를 회전시키도록 명령받도록 상기 컴퓨팅 디바이스에 상대적인 제1 오리엔테이션에서 제1 윤곽 마스크를 그리고 상기 컴퓨팅 디바이스에 상대적인 제2 오리엔테이션에서 제2 윤곽 마스크를 디스플레이함으로써 2개 축에서의 사진굴절의 측정을 용이하게 하기 위해 상기 광 캡처 디바이스에 상대적인 상기 이미지 캡처 디바이스의 여러 다른 오리엔테이션에서 2개의 이미지를 캡처하도록 상기 조작자에게 명령하도록 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은 상기 조작자가 상기 이미지를 캡처하고 있을 때 상기 디스플레이 상에 복수의 다른 크기의 템플릿 중 하나를 디스플레이하도록 구성되고, 선택되는 디스플레이되는 템플릿의 크기는 상기 눈 검사에 대한 소망 작동 거리에 의존하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 복수의 템플릿의 각각은 상기 대상자의 눈에 대응하는 윤곽을 포함하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 11**

제9항에 있어서, 상기 이미지 캡처 디바이스는 소정 거리만큼 상기 광 캡처 디바이스로부터 오프셋되어 있고, 상기 디스플레이되는 템플릿의 상기 크기는 상기 이미지 캡처 디바이스와 상기 광 캡처 디바이스 사이의 거리가 크레센트 반사가 각막 광 반사 검사 측정과 간섭하게 하지 않는 시야각에 대응하게 되도록 상기 눈 검사에 대한 작동 거리를 확립하도록 선택되는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은 눈 해부의 물리적 치수를 추정하기 위해 상기 캡처된 이미지 내 물체의 크기를 이용하도록 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 물체는 교정 스티커 또는 상기 대상자의 각막을 포함하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 14**

대상자의 눈에 대한 선별 검사를 제공하기 위한 컴퓨팅 디바이스로서, 상기 컴퓨팅 디바이스는,

네트워크를 통해 다른 컴퓨팅 디바이스와의 통신을 용이하게 하도록 동작하는 통신 디바이스;

이미지 캡처 디바이스;

광 발생 디바이스;

디스플레이;

이미지 캡처 애플리케이션을 포함하는 데이터 스토리지; 및

상기 통신 디바이스, 상기 이미지 캡처 디바이스, 상기 광 발생 디바이스, 및 상기 디스플레이에 동작적으로 연결된 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는,

이미지가 상기 컴퓨팅 디바이스의 소망 작동 거리 및 오리엔테이션에서 캡처되는 것을 보장하기 위해 조작자가 상기 대상자를 템플릿과 정렬시킬 수 있게 하는 복수의 다른-크기의 윤곽 마스크 중 하나를 포함하는 상기 템플릿을 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작;

상기 대상자가 상기 윤곽 마스크와 정렬될 때 상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 대상자의 눈의 상기 이미지를 캡처하는 동작;

눈 해부의 물리적 치수를 추정하기 위해 상기 캡처된 이미지 내 교정 스티커의 크기 또는 상기 환자의 각막의 직경을 이용하는 동작;

상기 조작자에 의한 검사를 위해 상기 이미지를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

눈 상태의 존재 또는 부재와 관련한 정보를 제공하도록 상기 이미지 및 상기 추정된 물리적 치수를 분석하는 동작;

상기 컴퓨팅 디바이스의 상기 디스플레이 상에 상기 분석의 결과를 디스플레이하는 동작; 및

상기 네트워크를 통해 다른 컴퓨팅 디바이스에 상기 이미지를 보내는 동작을 행하기 위해, 상기 이미지 캡처 애플리케이션을 실행하도록 동작하고, 상기 디스플레이 상의 상기 윤곽 마스크의 상기 크기 및 오리엔테이션은 상기 컴퓨팅 디바이스의 상기 소망 작동 거리 및 오리엔테이션에 의존하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 15

대상자의 눈에 대한 선별 검사를 제공하기 위한 컴퓨팅 디바이스로서, 상기 컴퓨팅 디바이스는,

이미지 캡처 디바이스;

광 발생 디바이스;

디스플레이;

이미지 캡처 애플리케이션을 포함하는 데이터 스토리지; 및

상기 이미지 캡처 디바이스, 상기 광 발생 디바이스, 및 상기 디스플레이에 동작적으로 연결된 프로세서를 포함 하되, 상기 프로세서는,

제1 이미지가 제1 작동 거리에서 캡처되는 것을 보장하기 위해 조작자가 상기 대상자를 제1 윤곽 마스크와 정렬 시킬 수 있게 하는 상기 제1 윤곽 마스크를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작;

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 대상자의 눈의 상기 제1 이미지를 캡처하는 동작;

제2 이미지가 상기 제1 작동 거리와는 다른 제2 작동 거리에서 캡처되는 것을 보장하기 위해 상기 조작자가 상기 대상자를 제2 윤곽 마스크와 정렬시킬 수 있게 하는 상기 제2 윤곽 마스크를 상기 디스플레이 상에 디스플레이 하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작; 및

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 대상자의 눈의 상기 제2 이미지를 캡처하는 동작을 행하기 위해, 상기 이미지 캡처 애플리케이션을 실행하도록 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1 윤곽 마스크 및 상기 제2 윤곽 마스크는 상기 조작자가 상기 대상자를 상기 제1 윤곽 마스크 및 상기 제2 윤곽 마스크와 정렬시키도록 상기 제1과 제2 이미지의 캡처 사이에 상기 대상자에 상대적으로 상기 컴퓨팅 디바이스를 회전시켜야 하도록 상기 디스플레이 상에서 서로 다른 오리엔테이션을 갖는 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 17

제15항에 있어서, 상기 제1 윤곽 마스크는 상기 제2 윤곽 마스크보다 더 작고 상기 제1 작동 거리는 상기 제2 작동 거리보다 더 먼 것인 컴퓨팅 디바이스.

### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제1 윤곽 마스크는 편심 사진굴절 검사를 수행하기 위한 이미지를 캡처하도록 사용되고

상기 제2 윤곽 마스크는 각막 광 반사 검사 또는 동공 광 반사 검사를 수행하기 위한 이미지를 캡처하도록 사용되는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 19**

대상자의 눈에 대한 선별 검사를 제공하기 위한 컴퓨팅 디바이스로서, 상기 컴퓨팅 디바이스는,  
 이미지 캡처 디바이스;  
 광 발생 디바이스;  
 디스플레이;  
 이미지 캡처 애플리케이션을 포함하는 데이터 스토리지; 및  
 상기 이미지 캡처 디바이스, 상기 광 발생 디바이스, 및 상기 디스플레이에 동작적으로 연결된 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는,  
 상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작;  
 상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 제1 눈의 제1 동공 및 제2 눈의 제2 동공의 이미지를 캡처하는 동작;  
 상기 이미지 내 나타나는 상기 제1 동공의 제1 크레센트의 폭을 측정하는 동작;  
 상기 제1 동공의 직경을 획득하는 동작;  
 상기 제1 눈에 대하여 크레센트 폭 대 동공 직경 비(CPR)를 정의하도록 상기 제1 크레센트의 상기 폭 대 상기 제1 동공의 상기 직경의 비를 결정하는 동작; 및  
 편심 사진굴절 눈 검사에 대한 측정 도구로서 상기 제1 눈에 대한 상기 CPR을 이용하는 동작에 의해서, 상기 편심 사진굴절 눈 검사를 수행하기 위해 상기 이미지 캡처 애플리케이션을 실행하도록 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 20**

제19항에 있어서, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은,  
 상기 이미지 내 나타나는 상기 제2 동공의 제2 크레센트의 폭을 측정하고;  
 상기 제2 동공의 직경을 획득하고;  
 상기 제2 눈에 대하여 크레센트 폭 대 동공 직경 비(CPR)를 정의하도록 상기 제2 크레센트의 상기 폭 대 상기 제2 동공의 상기 직경의 비를 결정하고; 그리고  
 상기 제1 눈에 대한 상기 CPR을 상기 제2 눈에 대한 상기 CPR에 비교하여 부동시를 검출하도록 더 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 21**

제19항에 있어서, 상기 이미지 캡처 애플리케이션은,  
 비-선형 함수를 사용하여 상기 제1 CPR을 사진굴절의 추정으로 변환하도록 더 동작하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 상기 비-선형 함수는 로짓 함수인 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 23**

제21항에 있어서, 상기 비-선형 함수는 S자형 함수인 것인 컴퓨팅 디바이스.

**청구항 24**

대상자의 눈에 대한 선별 검사를 제공하기 위한 컴퓨팅 디바이스로서, 상기 컴퓨팅 디바이스는,  
 이미지 캡처 디바이스;

광 발생 디바이스;

디스플레이;

이미지 캡처 애플리케이션을 포함하는 데이터 스토리지; 및

상기 이미지 캡처 디바이스, 상기 광 발생 디바이스, 및 상기 디스플레이에 동작적으로 연결된 프로세서를 포함 하되, 상기 프로세서는,

제1 이미지가 수평 오리엔테이션에서 캡처되는 것을 보장하기 위해 조작자가 상기 대상자를 제1 윤곽 마스크와 정렬시킬 수 있게 하는 상기 제1 윤곽 마스크를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작;

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 수평 오리엔테이션으로 제1 눈의 제1 동공 및 제2 눈의 제2 동공의 상기 제1 이미지를 캡처하는 동작;

제2 이미지가 수직 오리엔테이션에서 캡처되는 것을 보장하기 위해 상기 조작자가 상기 대상자를 제2 윤곽 마스크와 정렬시킬 수 있게 하는 상기 제2 윤곽 마스크를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 동작시키는 동작;

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 수직 오리엔테이션으로 상기 제1 동공 및 상기 제2 동공의 상기 제 2 이미지를 캡처하는 동작;

상기 제1 이미지를 사용하여 상기 제1 동공 및 상기 제2 동공의 각각의 수평 크레센트의 폭을 측정하는 동작,

상기 제2 이미지를 사용하여, 상기 제1 동공 및 상기 제2 동공의 각각의 수직 크레센트의 폭을 측정하는 동작;

상기 제1 및 제2 동공의 직경을 획득하는 동작;

상기 제1 및 제2 눈의 각각에 대해, 수평 크레센트 폭 대 동공 직경 비(CPR)를 정의하도록 상기 수평 크레센트 의 상기 폭 대 상기 동공의 상기 직경의 비를 결정하는 동작;

상기 제1 및 제2 눈의 각각에 대해, 수직 크레센트 폭 대 동공 직경 비(CPR)를 정의하도록 상기 수직 크레센트 의 상기 폭 대 상기 동공의 상기 직경의 비를 결정하는 동작; 및

상기 제1 및 제2 눈의 각각에 대한 상기 수평 CPR 및 상기 수직 CPR을 이용하는 동작에 의해서, 기본 난시를 평가함으로써 편심 사진굴절 눈 검사를 수행하기 위해 상기 이미지 캡처 애플리케이션을 실행하도록 동작하는 것 인 컴퓨팅 디바이스.

#### 청구항 25

제24항에 있어서, 상기 제1 및 제2 눈의 각각에 대한 상기 수평 CPR 및 상기 수직 CPR을 이용하여 기본 난시를 평가하는 것은 비-선형 함수를 사용하여 상기 수평 CPR 및 상기 수직 CPR을 사진굴절의 추정으로 변환하는 것을 포함하는 것인 컴퓨팅 디바이스.

#### 청구항 26

이미지 캡처 디바이스 및 디스플레이를 포함하는 컴퓨팅 디바이스를 사용하여 눈 선별 검사를 해석, 기록 및 문 서화하는 컴퓨터-구현 방법으로서,

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 대상자의 눈의 이미지를 캡처하는 단계;

캡처된 이미지를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 단계;

상기 대상자의 눈의 하나 이상의 물리적 특성을 측정하도록 상기 이미지를 프로세싱하는 단계; 및

상기 대상자의 눈에 관한 상태의 존재 또는 부재를 결정하도록 측정된 물리적 특성을 분석하는 단계를 포함하는 컴퓨터-구현 방법.

#### 청구항 27

제26항에 있어서, 상기 이미지 캡처 디바이스의 오리엔테이션 및 상기 대상자와 상기 이미지 캡처 디바이스 간

작동 거리에 대한 안내를 제공하도록 상기 디스플레이 상에 템플릿을 디스플레이하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 복수의 오리엔테이션으로 지향되는 상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 이미지를 캡처하도록 조작자에게 안내를 제공하기 위해 상기 복수의 오리엔테이션으로 상기 템플릿을 디스플레이하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

**청구항 29**

제26항에 있어서, 분석을 위해 네트워크를 통해 원격 컴퓨터에 상기 이미지를 보내는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

**청구항 30**

제26항에 있어서, 편집 사진굴절 검사, 각막 광 반사 검사, 또는 동공 광 반사 검사를 수행하도록 상기 이미지를 캡처하는 동안 상기 컴퓨팅 디바이스의 광 발생 디바이스를 동작시키는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

**청구항 31**

제26항에 있어서, 상기 이미지를 캡처하는 동안 상기 대상자의 시선을 끌도록 상기 이미지 캡처 디바이스에 근접하여 시각적 어트랙터를 제공하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

**청구항 32**

제26항에 있어서, 난시의 존재를 결정하는데 사용가능한 특성을 측정하도록 상기 제1 이미지와는 다른 오리엔테이션에서 제2 이미지를 캡처하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

**청구항 33**

이미지 캡처 디바이스, 광 발생 디바이스 및 디스플레이를 갖는 컴퓨팅 디바이스에 의해 실행될 때, 상기 컴퓨팅 디바이스가,

상기 이미지 캡처 디바이스가 대상자에 상대적인 소망 작동 거리 및 오리엔테이션으로 위치결정되는 것을 보장하도록 구성되고 조작자가 상기 대상자의 눈을 정렬시킬 수 있게 하도록 구성된 템플릿을 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈을 조명하도록 상기 광 발생 디바이스를 활성화하는 동작;

상기 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 상기 대상자의 눈의 이미지를 캡처하는 동작;

캡처된 이미지를 상기 디스플레이 상에 디스플레이하는 동작;

상기 대상자의 눈의 특성을 결정하도록 상기 캡처된 이미지를 분석하는 동작; 및

추가적 분석을 위해 네트워크를 통해 원격 컴퓨터에 상기 캡처된 이미지를 보내는 동작을 행하게 하는 컴퓨터-실행가능한 컴포넌트를 갖는 컴퓨터 읽기가능한 매체.

**명세서**

**기술분야**

**[0001] 관련 출원의 상호 참조**

**[0002]** 본 출원은 2011년 9월 8일자로 출원된 미국 가출원 제61/532,467호(발명의 명칭 "System and Method for Documenting and Recording of the Pupillary Red Reflex Test and Corneal Light Reflex Screening of the Eye in Infants and Young Children")에 대한 우선권을 주장하며, 그 전체는 참조에 의해 본 명세서에 편입되는 것이다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명은 유아 및 소아에 있어서 동공 광 반사 및 각막 광 반사 눈 선별 검사의 해석, 기록 및 문서화를 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0005] 동축 안저 반사(동공 광 반사 검사)는 1960년대 초 이후로 진단 검사로서 소아과 의사 및 안과 의사에게 알려지고 널리 가르쳐져 왔다. 참조에 의해 본 명세서에 편입되어 있는 문헌[Roe LD, Guyton DL. The light that leaks: Bruckner and the red reflex. *Surv Ophthalmol* 1984; 28: 665-70]을 참조하라. 사람의 눈에 들어가는 광은 밝은 안구 매체(즉, 각막, 방수, 렌즈 및 유리체)를 통해 주행하고 눈으로부터 되돌아 반사됨으로써 적색 동공 광 반사를 발생시킨다. 정상 적색 반사는 모든 안구 초점 엘리먼트의 선명함을 요구한다.

[0006] 적색 동공 반사는 다음의 방식으로 발생된다. 정상적으로, 광은 투명 망막에 도달하고, 위에 놓인 망막에 영양분을 공급하는 색소침착 세포 및 혈관의 층인 맥락막에 의해 동공으로부터 되돌아 반사된다. 동공으로부터 되돌아 반사되고 입력 광의 입사에 동축인 관찰자 또는 기기에 의해 보이는 광에 주어지는 색상은 맥락막 내 색소의 양 및 혈액에 의해 결정된다. 혈액은 적색이고 색소는 갈색 또는 흑색이기 때문에, 반사된 광은 (또한 존재하는 어두운 색소의 양에 의해 수정된) 적색일 것이다. 맥락막에 존재하는 색소의 양은 피부 내 색소의 양과 상관된다. 더 어두운 색소침착된 개인은 정상적으로는 어두운 적색 또는 적-회색 광을 방출할 것인 반면 금발 또는 더 가벼운 색소침착된 개인은 밝은 적색 또는 오렌지-황색 반사 광을 가질 것이다. 그렇지만, 일 개인의 2개의 동공으로부터의 광의 색상 및 강도는 대칭적이어야 한다.

[0007] 1962년에, 브루크너(Bruckner)는 선별 도구로서 두 눈으로부터의 광 반사의 품질, 강도 및 대칭성의 외관에서의 이상을 기술하였다. 참조에 의해 본 명세서에 편입되어 있는 문헌[Tongue AC, Cibis GW. Bruckner test. *Ophthalmology*. 1981; 88: 1041-1044]을 참조하라. 다음의 저자는 눈의 어긋남(사시), 다른 크기의 눈(부동시), 눈 내 이상 성장(종양), 안구 매체 내 이상 불투명성(백내장 등), 및 광의 시신경 투과에서의 이상(즉, 비대칭 동공 응답)을 임상적으로 진단하기 위한 "브루크너 검사"를 권고하였다.

[0008] 이스라엘로부터의 2010 공보에 있어서, 11,500명의 정상 신생아가 2년 기간에 걸쳐 적색 반사 검사로 선별되었다. 참조에 의해 본 명세서에 편입되어 있는 문헌들[Eventov-Friedman S, Leiba H, Flidel-Rimon O, Juster-Reicher A, and Shinwell ES. The red reflex examination in neonates: An efficient tool for early diagnosis of congenital ocular diseases. *Is Med Assoc J* 2010;12:259-261]을 참조하라. 이들 저자는 1:2300의 발생률로 선천 백내장을 검출하였다. 이 연구에서의 감도는 42%에 불과하였지만, 거짓 양성은 단지 7/11,500 또는 0.0006%였다. 이들 저자는 대부분의 의사의 진료실 내 월-차저에 존재하는 소형 휴대용 검안경을 사용하여 직접 검안 검사의 사용을 권고한다. 이러한 검사에 대해, 검안경은 검진자의 눈에 가까이 유지되어 0 렌즈 파워로 설정되고 환자의 눈으로부터 약 45 센티미터(cm)에 개별적으로 환자의 각각의 동공 상에 초점 맞춰진다. 그 후 양안을 신속하게 연속하여 본다. 각각의 눈에서 보이는 적색 반사는 유사해야 한다. 적색 반사에서의 어두운 스폿, 둔화 둔탁 적색 반사, 적색 반사의 부족, 또는 백색 반사의 존재는 모두 안과 의사로의 의뢰를 위한 표시이다. 동공 확장을 최대화하기 위해, 적색 반사 검사는 바람직하게는 어두워진 방에서 수행된다. 참조에 의해 본 명세서에 편입되어 있는 문헌들[미국 소아 학회, 미국 사시 소아 안과 학회, 및 미국 안과 학회. Eye examination in infants, children, and young adults by pediatricians. *Pediatrics* 2003;111:902-7, 및 미국 소아 학회. Red reflex examination in neonates, infants, and children. *Pediatrics* 2008; 122:1401-4]을 참조하라.

[0009] 위에서 논의된 이스라엘로부터의 선별 물품의 공보는 2010에 이스라엘에서 이스라엘 소아 안과 및 신생아 단체 위탁 적색 반사 선별에 이르렀다. 미국 소아 학회(AAP), 미국 사시 소아 안과 학회(AAPOS), 및 미국 안과 학회(AAO)는 모두 적색 반사 검사를 수행함에 있어서 소아과 의사를 위한 AAP의 2008 가이드라인을 지지한다.

[0010] AAP에 의해 발행된 실무 가이드라인에도 불구하고, 대부분의 소아과 의사는 여전히 적색 반사 검사를 충분히 수행 및 문서화하지 않고 있고, 검사가 환자에 대해 수행되었다는 객관적 문서가 의학 기록에 없다. 소아과 의사가 유아 및 아이에 있어서 적색 반사를 충분히 검출하지 못하는 주 이유는 2개이다: (1) 소아는 흔히 동공 조명에 주의하지 않는다(검사 대상자는 검사가 성공적이기 위해 광원을 똑바로 주시하고 있어야 한다), 그리고 (2) 동공이 검안경으로부터의 밝은 광에 응답하여 수축하기 전에 동공 반사를 사정하기 위해 소아과 의사는 몇 분의 일 초만을 갖는다.

[0011] 오늘날, 대부분의 소아과 의사는 직접 검안경으로 적색 반사 검사의 어려움 때문에 적시 방식으로 치료가 가능한

안구 병리를 검출하고 있지 않다. 위에서 논의된 이들 결합 및 이러한 검사가 사용되고 있지 않은 다른 이유를 극복할 필요성이 있다. 인식될 바와 같이, 본 발명은 이들 결합과 더불어 다른 것들을 다룬다.

[0012] 동공 반사의 관찰에 있어서 또 다른 변화, 소위 편심 사진굴절이 아이들에 있어서 굴절 에러를 사정하도록 사용된다. 편심 사진굴절은 카메라 애퍼처에 상대적으로 편심적으로 위치결정되는 플래시 소스를 사용한다(Bobier WR, Braddick OJ, Eccentric photorefraction: optical analysis and empirical measures. American Journal of Optometry & Physiological Optics, 1985; 62: 614-620). 대상자 눈이 플래시 편심성의 경선을 따라 충분한 원시 또는 근시를 가질 때 동공 반사에 밝은 크레센트가 나타난다. 편심 사진굴절을 수행하기 위한 기기가 현존하지만 그것들은 그 용적 및 비용 때문에 널리 사용되지는 않는다.

[0013] 또 다른 소아과 선별 검사는 히르쉬베르크(Hirschberg) 검사로서, 넓은-빔 플래시라이트의 각막 반사가 사시 검출에 사용되는 것이다. 그 검사의 결합은 사진 문서화 및 정량적 측정의 부족이다.

**도면의 간단한 설명**

[0014] 도 1은 유아 및 소아에 있어서 동공 광 반사 및 각막 광 반사 눈 선별 검사의 해석, 기록 및 문서화를 위한 시스템의 블록 선도;

도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트폰의 전면 예시도;

도 2b는 카메라, 플래시 및 시각적 어트랙터(visual attractor)를 나타낸 스마트폰의 후면 예시도;

도 3은 스마트폰의 디스플레이 상에 보이는 큰 윤곽 마스크의 예시도;

도 4는 스마트폰의 디스플레이 상에 보이는 작은 윤곽 마스크의 예시도;

도 5a는 사진촬영 프로세스 동안 대상자의 얼굴과 정렬되는 작은 윤곽 마스크의 예시도;

도 5b는 사진촬영 프로세스 동안 조작자 및 대상자의 위치결정 예시도;

도 5c는 사진촬영 프로세스 후 스마트폰의 디스플레이 상에 디스플레이된 사진의 예시도;

도 6a는 0도로 지향될 때 스마트폰의 전방도 및 후방도의 예시도;

도 6b는 스마트폰이 0도로 지향될 때 촬영된 대상자의 눈의 이미지 예시도;

도 6c는 90도로 지향될 때 스마트폰의 전방도 및 후방도의 예시도;

도 6d는 스마트폰이 -90도로 지향될 때 촬영된 대상자의 눈의 이미지 예시도;

도 7a는 사진촬영 프로세스 동안 대상자의 얼굴과 정렬되는 큰 윤곽 마스크의 예시도;

도 7b는 사진촬영 프로세스 동안 대상자 및 조작자의 위치결정 예시도;

도 7c는 사진촬영 프로세스 후 스마트폰의 디스플레이 상에 디스플레이된 사진의 예시도;

도 8a는 0도로 지향될 때 스마트폰의 전방도 및 후방도로서 스마트폰의 플래시에 상대적인 카메라의 정렬 및 스마트폰의 디스플레이 상에서 직립하여 디스플레이된 작은 윤곽 마스크를 도시한 예시도;

도 8b는 90도로 지향될 때 스마트폰의 전방도 및 후방도로서 스마트폰의 플래시에 상대적인 카메라의 정렬 및 스마트폰의 디스플레이 상에서 직립하여 디스플레이된 작은 윤곽 마스크를 도시한 예시도;

도 8c는 -90도로 지향될 때 스마트폰의 전방도 및 후방도로서 스마트폰의 플래시에 상대적인 카메라의 정렬 및 스마트폰의 디스플레이 상에서 직립하여 디스플레이된 작은 윤곽 마스크를 도시한 예시도;

도 8d는 -180도로 지향될 때 스마트폰의 전방도 및 후방도로서 스마트폰의 플래시에 상대적인 카메라의 정렬 및 스마트폰의 디스플레이 상에서 직립하여 디스플레이된 작은 윤곽 마스크를 도시한 예시도;

도 9는 스마트폰의 디스플레이 상에 디스플레이된 2개의 결과적 사진으로서 사진촬영 선별 검사 후에 대상자의 눈을 묘사한 예시도;

도 10a는 스마트폰의 디스플레이 상에 디스플레이된 사진으로서 사진촬영 선별 검사 후에 대상자의 눈을 묘사한 예시도;

도 10b는 스마트폰의 디스플레이 상에 디스플레이된 사진으로서 사진촬영 선별 검사 후에 대상자의 눈을 묘사한

예시도;

도 11은 스마트폰의 디스플레이 상에 디스플레이된 사진으로서 사진촬영 선별 검사 후에 대상자의 눈을 묘사한 예시도;

도 12는 복수의 대상자에 대하여 조절마비 굴절 대 크레센트 폭/동공 직경(CPR)의 플롯;

도 13은 조절마비 굴절이 로짓 함수(logit function)에 의한 사진굴절에 관련되는 때의 플롯;

도 14는 조절마비 굴절 대 사진굴절의 플롯;

도 15는 도 1에 도시된 시스템을 구현하기 위한 프로세스 선도;

도 16은 도 1의 시스템의 컴퓨팅 디바이스가 구현될 수 있는 동작 환경 및 하드웨어 환경의 선도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0015] 네트워크 및 하드웨어

[0016] 본 발명은 유아 및 소아에 있어서 동공 광 반사 및 각막 광 반사 눈 선별 검사를 해석, 기록 및 문서화하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다. 도 1은 본 발명의 기능성을 제공하도록 사용될 수 있는 시스템(100)의 단순화된 예시이다. 시스템(100)은 적어도 하나의 서버 컴퓨팅 디바이스(110)(예컨대, 관용적 웹 서버 또는 다른 적합한 서버), 및 적어도 하나의 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(예컨대, 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C))를 포함한다. 서버 컴퓨팅 디바이스(110)는 네트워크(115)(예컨대, 인터넷, 셀룰러 네트워크 등)에 의해 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)에 통신 접속되어 있다. 시스템(100)이 단일 서버 컴퓨팅 디바이스(110)를 포함하는 것으로 예시되어 있지만, 당업자는 시스템(100)이 각각 서버 컴퓨팅 디바이스(110)의 기능을 수행하거나 그들 기능을 수행하도록 서로 협력하는 어떠한 수의 서버 컴퓨터 디바이스라도 포함할 수 있음을 인식할 것이다. 더욱, 서버 컴퓨팅 디바이스(110)가 3개의 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)에 접속되어 있는 것으로 예시되어 있지만, 당업자는 서버 컴퓨팅 디바이스가 어떠한 수의 클라이언트 컴퓨팅 디바이스에도 접속될 수 있고 서버 컴퓨팅 디바이스는 어느 특정 수의 클라이언트 컴퓨팅 디바이스와의 사용에도 한정되는 것은 아님을 인식할 것이다.

[0017] 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)는 각각 의사, 또 다른 건강 관리 제공자, 부모 등과 같은 사용자에게 의해 조작된다. 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)는 각각 웹사이트를 디스플레이하도록 구성된 관용적 웹 브라우저를 포함할 수 있고, 다양한 유형의 소프트웨어 애플리케이션을 실행할 수 있을 수 있다. 비-한정적 예의 방식으로, 도 1에 있어서, 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A)는 퍼스널 컴퓨터(예컨대, 랩톱, 퍼스널 컴퓨터 등)로 예시되어 있고, 스마트폰(120B)이 스마트폰으로 예시되어 있고, 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120C)는 태블릿 컴퓨터로 예시되어 있다. 일반적으로, 컴퓨팅 디바이스(120A-C)는 상업적으로 쉽게 이용가능한 디바이스(예컨대, 스마트폰, 태블릿 컴퓨터 등)를 포함할 수 있고, 그리고/또는 이러한 특정 애플리케이션용으로 특수하게 구성된 디바이스를 포함할 수 있다. 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)는 서버 컴퓨팅 디바이스(110)로부터 원격으로 위치할 수 있다.

[0018] 또한, 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)는 각각 이미지 캡처 디바이스(예컨대, 카메라 또는 스캐너), 광 발생 디바이스(예컨대, "플래시"), 및 이미지 캡처 디바이스 및 광 발생 디바이스를 사용하여 환자의 눈 이미지를 캡처하도록 동작하는 컴퓨터 애플리케이션 또는 소프트웨어를 포함한다. 일반적으로는 광 발생 디바이스는 이미지 캡처 디바이스의 렌즈에 가까이 위치하는 것이 바람직하다.

[0019] 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)의 각각은 또한 환자를 프레임에 넣고 이미지 캡처 디바이스의 초점을 확보하는 수단을 제공하는 스크린 디스플레이를 포함한다. 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120A-120C)의 소프트웨어는 광 발생 디바이스에 의해 발생된 광 또는 플래시의 지속 시간 및 강도를 제어한다.

[0020] 도 2를 참조하면, 클라이언트 컴퓨팅 디바이스(120B)는 예컨대 서로 가까이 근접하여(즉, 작은 거리(D)만큼 떨어져) 위치하는 카메라 렌즈(121) 및 플래시(122)를 갖는 스마트폰이다. 시각적 어트랙터(130)는 카메라 렌즈(121)와 동일한 면 상에 스마트폰(120B)의 후면(16) 상에 있다. 비-한정적 예의 방식으로, 어트랙터(130)는 스마트폰(120B)의 야광 폰 케이스(129) 상에 인쇄된 여자 얼굴일 수 있다. 이러한 어트랙터(130)는 어두운 조명 설정에서 유아 및 소아의 시선을 끌기에 적합하다. 스마트폰(120B)은 또한 사진촬영 프로세스 동안 실시간 디스플레이를 위해 그 전면(160) 상에 스크린(124)을 포함한다.

[0021] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 스마트폰(120B)의 비-한정적 예는 Apple, Inc.가 판매하는 iPhone 4S(등록상표)로

서, 카메라 렌즈(121)와 플래시(122) 사이에 대략 5.7mm의 거리(D)를 갖고 있다. 플래시(122)는 도 2b에 도시된 바와 같이 렌즈(121)의 우측에 위치하고 있다. 특정 거리 및 오리엔테이션은 iPhone 4S(등록상표) 상에 구현된 편심 사진굴절의 이하의 예에 중요할 수 있다. 다른 플래시-카메라 오리엔테이션 및 거리(D)를 갖는 다른 스마트폰 또한 플래시-카메라 거리(D)가 유사한 시각에 대하도록 동작 거리를 조정함으로써 사용될 수 있다. 스마트폰(120B)의 오리엔테이션은 카메라 렌즈(121)에 대한 플래시(122)의 오리엔테이션이 아래에 설명될 바와 유사한 방식으로 대상자에 대하도록 조정될 수 있다.

[0022] 플래시 사진촬영 소프트웨어 및 프로시저

[0023] 본 발명의 실시예는 스마트폰(120B)과 같은 컴퓨팅 디바이스의 한정된 능력 내에 모두 있는 - 편심 사진굴절, 브루크너 검사, 및 히르쉬베르크 검사에 최적화된 설정 작동 거리 및 오리엔테이션으로 대상자의 눈의 플래시 사진촬영을 할 수 있게 한다. 본 발명의 실시예에 의하면, 사진촬영의 작동 거리 및 오리엔테이션은 스마트폰(120B)의 스크린(124) 상에 보이는 윤곽 마스크의 도움으로 조작자(예컨대, 의사, 기사 또는 부모)에 의해 조정된다. 도 3 및 도 4를 참조하면, 스마트폰 스크린(124)은 사진촬영 프로세스 동안 센트레이션, 오리엔테이션, 및 거리 조정의 목적으로 윤곽 마스크를 디스플레이한다. 더 큰 마스크(125)(도 3)는 더 가까운 작동 거리에 사용되고, 더 작은 마스크(126)(도 4)는 더 먼 작동 거리에 사용된다.

[0024] 본 발명의 실시예는 스마트폰(120B) 상에서 실행되는 소프트웨어 프로그램(또는 "애플리케이션")을 포함한다. 조작자는 애플리케이션을 활성화하고 소아과 사진선별을 위해 특별 플래시 사진을 촬영한다. 사진촬영 이전에, 대상자의 식별 정보(예컨대, 이름, 나이, 생일 등)가 애플리케이션에 입력될 수 있다.

[0025] 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 편심 사진굴절의 목적으로 스마트폰(120B)을 사용하여 플래시 사진촬영을 하는 프로세스를 예시하고 있다. 조작자가 사진을 촬영하는 동안 유아 또는 아주 어린 아이가 가만히 있도록 성인 조력자가 그들을 잡고 있는 것이 도움이 될 수 있다. 도 5a에 도시된 바와 같이, 조작자(131)는 작은 윤곽 마스크(126)를 아이 대상자(132)의 얼굴에 정렬시키도록 스마트폰(120B)을 위치결정한다. 윤곽 마스크(126)의 눈의 윤곽은 적절한 작동 거리(133)(도 5b 참조)를 확립하도록 유의하여 대상자의 눈 사이의 거리에 매치된다. 정렬이 만족스럽게 구해지고 나면, 조작자(131)는 카메라 버튼(168)을 가볍게 두드리 플래시 및 사진 이미지 캡처를 활성화한다. 대안으로, 다른 지정된 버튼이 플래시 및 이미지 캡처를 활성화하도록 눌러질 수 있다.

[0026] 도 5c에 도시된 바와 같이, 그 후 애플리케이션은 양안(166L, 166R)이 들어있는 결과적 사진의(164) 부분 상에서 디지털 줌 인 하고 스크린(124) 상의 잘라내기 윈도우(140)에서 줌-인 된 사진의 즉시 디스플레이를 위해 사진을 잘라낸다. 잘라내는 영역의 크기는 표준화되거나 조정가능할 수 있다. 조작자(131)는 잘라내기 윈도우(140)에 상대적으로 사진(164)을 터치 및 "드래그"함으로써 그 잘라내는 영역의 위치를 조정할 수 있다. 조작자(131)는 대상자(132)의 양안(166L, 166R)이 도 5c에 도시된 바와 같이 잘라내기 윈도우(140)에서 중심에 올 때까지 사진(164)의 위치를 조정한다. (동공(142) 또는 림발 서클(limbal circle)에 의해 판정되는 바와 같은) 양안(166L, 166R)의 중심은 디스플레이(124) 상에 보이는 점선 가이드라인(145) 사이의 범주 공간 내에 들어맞아야 한다. 작동 거리(133)가 너무 멀거나 너무 가까워서 눈 사이 거리가 양안(166L, 166R)이 디스플레이된 가이드라인(145) 내에 들어맞게 하지 못하면, 그때 사진(164)은 저장되지 않아야 하고 또 다른 사진이 촬영되어야 한다. 가이드라인(145)을 사용하면, 사진(164)이 용인가능한 범위 내에 바람직하게는 목표 거리(133)의 대략 +/- 15% 내에 있음이 보장된다.

[0027] 임상 연구에 있어서, 각막 직경 및 눈 사이 거리의 변동 계수(CV)는 둘 다 대략 5%이었다. 이에 비해, 작동 거리(133)에 대한 CV는 더 큰 마스크(125) 및 더 작은 마스크(126) 둘 다에 대해 대략 14%이었다(가외의 것을 폐기하기 위한 어떠한 가이드라인(145)의 사용도 없는 경우). 그리하여, 작동 거리(133)를 제어하기 위한 대용 척도로서 눈 사이 거리(또는 각막 직경)를 사용하는 것은 작동 거리에서의 가변성을 줄이는 좋은 방법이다. 도 5a 내지 도 5c에 도시된 예에 있어서, 눈 사이 거리는 이상적인 것보다 조금 더 넓을 수 있지만, 가이드라인(145)에 의한 범주 범위 내에 잘 들어있다. 이것은 실제 작동 거리(133)가 이상적 거리보다 조금 더 가까울 수 있지만 허용가능한 범위 내에 잘 들어있음을 의미한다.

[0028] 사진굴절을 사정하기 위해, 더 큰 동공(142)이 필요로 된다. 따라서, 어두운 조명에서 사진촬영을 수행하는 것이 바람직하다. 대부분의 스마트폰(예컨대, 스마트폰(120B))은 동공(142)을 수축시키고 사진에서 "적색 눈"을 방지하기 위해 사전-플래시를 이용한다. 현 발명의 프로그램은 스마트폰(120B)의 사전-플래시 특징을 비활성화한다. 대신에, 플래시는 동공 직경에 대한 사진 캡처와 일치하도록 타이밍된다. 플래시의 지속 시간 및 밝기는 동공 내 적색 반사와 크레센트 사이의 콘트라스트에 최적화된다.

- [0029] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 사진굴절을 위해 작은 마스크(126)가 대략 18.5 인치(47cm)의 작동 거리(133)를 산출하도록 사용된다. 이러한 작동 거리에서, iPhone 4S(등록상표) 상의 플래시-카메라 거리(D)(도 2b 참조)는 대략 0.7도 대하는데, 굴절 에러의 검출에 최적이다. 이 예에 있어서 대상자의 좌안(166L)을 참조하면, 대상자(132)는 낮은 원시이고 밝은 노랑 크레센트(141)가 더 어두운 적색 동공 반사(146)의 일측 상에 보일 수 있다. 좌안(166L)이 근시였으면, 크레센트(141)는 동공(142)의 타측 상에 있을 것이다. 편심 사진굴절의 원리에 따라, 원시안에 있어서 크레센트는 카메라(121)와 눈 사이에 형성된 광학 축에 상대적으로 플래시(122)의 반대측 상에 보인다. 근시안에 있어서, 크레센트는 광학 축에 상대적으로 플래시(122)와 동일측 상에 보인다. 굴절 에러의 정도는 동공(142)에 상대적인 크레센트(141) 폭으로부터 추정될 수 있다. 이것은 추후 섹션에서 설명될 것이다.
- [0030] 난시를 검출하기 위해서는, 하나보다 많은 오리엔테이션으로 사진굴절을 수행하는 것이 필요하다. 도 6a를 참조하면, 스마트폰(120B)이 직립 오리엔테이션(0도 회전)으로 있고, 플래시(122)가 카메라 렌즈(121)에 상대적으로 수평 변위를 가져서, 수평 경선을 따라 눈의 굴절을 측정한다. 도 6b의 결과적 사진(152)은 눈(153)이 수평 경선을 따라 정시안(굴절 에러 없음)임을 나타낸다. 수직 경선으로 굴절 에러를 측정하기 위해서는, 도 6c에 도시된 바와 같이, 옆 오리엔테이션을 사용하는 것이 필요하다. 이것은 본 발명에 있어서 폰이 -90도만큼 돌려져 있을 때 디스플레이(124) 상의 작은 마스크(126)가 직립해 보이도록 그것을 지향함으로써 성취된다. 이러한 오리엔테이션에 있어서, 플래시(122)는 카메라 렌즈(121)에 상대적으로 수직 변위를 갖는다. 이것은 수직 경선을 따라 높은 원시를 보여주는 눈(153)의 도 6d에 도시된 사진(154)을 만들어낸다. 편심 사진굴절 사진(152, 154)은 함께 눈(153)이 높은 정도의 반칙 난시를 가짐(각막이 수평 경선보다 수직 경선에서 더 낮은 초점력을 가짐)을 보여준다. 옵션으로서, 사진 난시를 사정하기 위해 윤곽 마스크(125)를 사진으로 지향하는 것 또한 가능하다. 그렇지만, 이것은 일반적으로는 선별 목적에 필요하지 않은데 난시는 통상 수평 및 수직 축에 가깝게 지향되고 오리엔테이션이 순수 사진은 거의 아니기 때문이다.
- [0031] 크레센트(141)가 각막 반사 및 동공 적색 반사를 모호하게 할 수 있기 때문에, 비-굴절 선별 목적을 위해 크레센트를 최소화하는 것이 바람직하다. 본 발명의 실시예는 더 가까운 작동 거리를 사용함으로써 이것을 위해 마련된다. 도 7a, 도 7b 및 도 7c를 참조하면, 이것은 큰 윤곽 오버레이 마스크(125)를 사용함으로써 성취된다. 큰 마스크(125)를 위해, 작동 거리(134)는 대략 12 인치(30cm)일 수 있다. 이러한 작동 거리(134)에서, iPhone 4S(등록상표) 상의 플래시-카메라 거리(D)는 대략 1.1도에 대하는데, (극도의 근시 또는 원시를 제외한) 대부분의 경우에 있어서는, 도 7c의 예의 사진(170)에 도시된 바와 같이, 크레센트를 만들어내지 않는다. 동공 적색 반사(146)는 각막 광 반사(143)와 함께 가득 차 보인다.
- [0032] 최적 사진촬영을 위한 추가적 조건은 대상자의 정면에 외부 광원이 회피되어야 하는 것인데, 이들 외래 광은 각막 반사 측정과 간섭하는 부가적 각막 반사를 만들어낼 수 있기 때문이다. 각막 반사(143)의 위치가 사시를 사정하기 위해 측정된다. 동공 적색 반사(146)는 매체 불투명도(예컨대, 백내장) 또는 안구 내 종양(예컨대, 망막 모세포종)으로부터의 이상 음영 또는 백색 반사를 검출하도록 평가된다. 조작자(131)는 잘라내기 원도(140)에 상대적으로 사진(170)을 드래그함으로써 그 잘라내는 영역(140)의 위치를 조정할 수 있다. 조작자(131)는 양안(172L, 172R)이 잘라내기 원도(140)에서 중심에 올 때까지 사진(170)의 위치를 조정한다. (동공(142) 또는 림발 서클에 의해 판정되는 바와 같은) 양안(172L, 172R)의 중심은 점선 라인(145) 사이의 범주 공간 내에 들어맞아야 한다. 작동 거리(134)가 너무 멀거나 너무 가까워서 눈 사이 거리가 양안이 가이드라인(145) 내에 들어맞게 하지 못하면, 그때 사진(170)은 저장되지 않아야 하고 또 다른 사진이 촬영되어야 한다. 가이드라인(145)을 사용하면, 본 발명은 사진이 용인가능한 범위 내에 있음을 보장한다. 비-굴절 목적으로는 큰 마스크(125)가 사용되므로, 작동 거리에 대한 톨러런스는 더 넓고 바람직하게는 목표 거리의 대략 +/- 25% 내에 있다. 도 7a, 도 7b 및 도 7c의 그 예에 있어서, 눈 사이 거리는 이상적인 것보다 조금 더 좁을 수 있지만, 가이드라인(145)에 의한 범주 범위 내에 잘 들어있다. 이것은 실제 작동 거리가 이상적 거리보다 조금 더 멀 수 있지만 허용가능한 범위 내에 잘 들어있음을 의미한다.
- [0033] 작은 망막모세포종을 검출하는 감도를 증가시키기 위해, 플래시(122)가 망막 상의 여러 다른 영역을 조명하도록 시선 방향을 달리하는 것이 바람직하다. 본 발명에 있어서, 이것은 사진의 오리엔테이션을 달리함으로써 성취된다. 도 8a, 도 8b, 도 8c 및 도 8d를 참조하면, 디스플레이(124) 상의 큰 마스크(125)는 4개의 오리엔테이션으로 회전된다: 0도(도 8a), 90도(도 8b), -90도(도 8c) 및 180도(도 8d). 각각의 오리엔테이션에서 사진이 촬영된다. 플래시(122)에 상대적인 어트랙터(130) 위치는 각각의 오리엔테이션에서 다르다. 이것은 망막의 서로 다른 영역이 조명된 4개의 사진을 만들어낸다.
- [0034] 아이의 사진선별 요구는 연령에 따라 달라진다. 1살 미만의 유아에 대해서 주 관심사는 백내장, 다른 매체 불투명도, 및 망막모세포종이다. 백내장 및 다른 상당한 매체 불투명도는 시력을 발전시키기 위해 눈에 대해 외과적

으로 치워질 필요가 있다. 망막모세포종은 종양이 뇌에 퍼져 치료불가능하게(즉, 치명적으로) 되는 것을 방지하도록 조기에 치료되어야 한다. 굴절 에러는 이러한 어린 연령에서는 매우 덜 관심 있는 것이다. 그래서, 본 발명의 일부 실시예에 의하면, 유아에 대한 사진은 모두 큰 마스크(125)로 행해지고 평가는 동공 적색 반사(146) (브루크너 검사)에 초점이 맞춰진다. 4개의 사진 세트에 대한 권고 설정이 표 1의 목록에 나타나 있다. 브루크너 검사 및 히르쉬베르크 검사의 평가를 위해 적어도 하나의 사진이 필요로 된다. 그러나, 망막모세포종 검출의 최적 감도를 위해 4개 사진의 완전 세트가 바람직하다.

표 1. 1세 미만 유아에 대해 권고된 사진 설정

| 시퀀스 | 마스크 크기 | 폰 오리엔테이션 |
|-----|--------|----------|
| 1   | L      | 0°       |
| 2*  | L      | -90°     |
| 3*  | L      | 180°     |
| 4*  | L      | 90°      |

L = 큼; \* = 옵션

[0035]

[0036]

1살 이상의 아이에 대해, 주 관심사는 약시(시력 감퇴)를 발전시키는 위험 요인인데, 높은 굴절 에러(원시, 근시, 난시), 부등 굴절 에러(부동시) 및 사시를 포함한다. 그래서, 본 발명의 실시예에 의하면, 아이에 대한 사진은 주로 작은 마스크(126)로 행해진다. 평가는 편심 사진굴절, 각막 광 반사(히르쉬베르크 검사) 및 브루크너 검사를 포함한다. 사진굴절 크레센트(141)(도 5c 참조)가 작은 마스크(126)로 촬영된 사진에서 각막 광 반사(143)를 모호하게 하면, 그때 히르쉬베르크 및 브루크너 검사는 적절히 수행될 수 없다. 그러한 경우에 있어서, 2개의 큰 마스크(125) 사진이 또한 촬영될 수 있다. 4개의 사진 세트에 대한 권고 설정은 표 2의 목록에 나타나 있다.

표 2. 1세 초과 아이들에 대해 권고된 사진 설정

| 시퀀스 | 마스크 크기 | 폰 오리엔테이션 |
|-----|--------|----------|
| 1   | S      | 0        |
| 2   | S      | -90      |
| 3*  | L      | 0        |
| 4*  | L      | -90      |

L = 큼; S = 작음; \* = 크레센트가 S상의 각막 반사를 모호하게 하면 필요

[0037]

[0038]

사진 분석 소프트웨어 및 프로시저

[0039]

눈의 플래시 사진이 촬영된 후에, 그것들은 눈 질환을 선별하도록 평가된다. 본 발명에 따른 제1 단계는 즉시 시력 검사를 위해 스마트폰(120B)의 디스플레이(124) 상에 이들 사진을 디스플레이하는 것이다. 도 9를 참조하면, 대상자의 양안(180L, 180R)의 사진(204, 205)이 디스플레이(124) 상에 가능한 큰 포맷으로 디스플레이된다. 이러한 디스플레이 포맷으로는 2개의 사진만이 스크린(124) 상에 들어맞으므로, 동일 대상자에 대해 촬영된 다른 사진은 스크롤에 의해(예컨대, 손가락 스와이프에 의해) 신속히 액세스 가능할 수 있다. 대상자의 연령(203) 및 사진 일자 스탬프(202)와 함께 식별 정보(201)가 제공된다. 마스크 크기 및 오리엔테이션 정보가 각자 사진(204, 205)에서 박스(184, 183)에 도시된 바와 같이 사진(204, 205)과 제공된다(S0 = 작은 마스크, 0도; L0 = 큰 마스크, 0도 등). 이들 예는 교육적 성질로 도시되어 있다. 작은 마스크(126)로 촬영된 사진(204)은 높은 원시를 나타내는 큰 크레센트(141)를 보여주어, 이 아이가 의사에 의한 온전 평가 및 치료를 위해 의뢰될 필요가 있음을 의미한다. 크레센트(141)는 양안(180L, 180R)에서 동공(142)의 직경의 반보다 더 넓고, 그리하여 각막 광 반사(143)는 사진(204)에서 적절히 시각화될 수 없다.

[0040]

이것은, 박스(183)("L0")에서 나타난 바와 같이, 또 다른 사진(205)이 큰 마스크(125)를 사용하여 촬영될 필요가 있는 이유를 예시한다. 사진(205)에 있어서, 동공(142)의 전체 반사(146)는 적색이고 카메라 플래시로부터의 각막 광 반사(143)는 동공(142)에서 중심에 잘 오게 되어 눈이 직교이방성임을 나타낼 수 있다(사시 없음). 참 각막 반사의 해석과 간섭할 수 있는 외래 외부 광원으로부터의 부차적 반사(144)가 있지만, 다행히도, 부차적 반사는 더 어둡고, 더 편심이고, 참 반사(143, 146)와는 구별될 수 있다. 이러한 사진(205)은 대상자의 양안(180L, 180R)의 평면 뒤 측에 어둡한 방 조명원이 놓일 필요를 예시한다.

[0041]

전문가에 의한 주관적 시력 검사를 넘어서, 본 발명은 또한 눈 이미지의 컴퓨터 분석을 위해 마련된다. 바람직하게도 이것은 사진을 촬영하도록 사용된 동일 스마트폰(120B)(도 1 참조) 상에서 자동화된 소프트웨어에 의해

수행된다. 대안으로, 사진은 네트워크(115)를 통해 서버 컴퓨팅 디바이스(110)에 업로드될 수 있고 이 경우 서버 상의 소프트웨어가 자동화된 측정을 수행할 수 있다. 측정은 원격 클라이언트 컴퓨터(120A) 상에서 전문 인력(즉, 기사 및 전문가)에 의해 검증 및 조정될 수 있다.

- [0042] 컴퓨터 분석은 눈 치수 및 위치의 측정 및 진단 인덱스의 후속 계산을 포함한다. 아래의 측정은, 달리 명시되지 않는 한, 이미지 픽셀 단위이다. 그 후 픽셀 카운트에서의 겹보기 크기가 비를 컴퓨팅하도록 사용된다. 그 후, 각막 직경 또는 교정 스티커(182)(도 9 참조)와 같이, 기지 크기의 이미지 엘리먼트에 대해 취해진 비는 물리적 치수로 변환될 수 있다. 도 10a 및 도 10b를 참조하면, 관심 있는 치수는 다음을 포함한다:
- [0043] 도 10a에서 사진(190)이 대상자의 양안(186L, 186R)을 묘사하여 도시되어 있다. WH는, 수평 크레센트(214)의 폭(210A)으로서, (도시된 바와 같이) 동공(142)의 좌측에 있으면 양(원시)이고, 동공의 우측에 있으면 음(근시)이다. 좌측 및 우측은 본 명세서에서는 대상자의 관점으로부터 정의되어, 사진(190) 상의 좌우측과 반대이다(즉, 대상자의 우안은 사진의 좌측에 있다).
- [0044] 도 10b는 수직 크레센트(211)를 측정하도록 사용된 눈(186L)의 사진(191)을 예시하고 있다. WV는, 수직 크레센트(211)의 폭(210B)으로서, (도시된 바와 같이) 동공(142)의 하부에 있으면 양(원시)이고, 동공의 상부에 있으면 음(근시)이다. 이것은 도 8b에 도시된 바와 같이 -90도 위치로 회전된 마스크(125 또는 126)로 사진이 촬영됨을 가정한다.
- [0045] CD는 림발 서클(212) 상에서 측정된 각막 직경이다.
- [0046] PD는 동공 서클(213) 상에서 측정된 동공 직경이다.
- [0047] SD는 스티커(182) 상에서 측정된 바와 같은 스티커 직경(215)이다. 이러한 실시예에 있어서, 도시된 옵션의 교정 스티커(182)는 ¼인치(19.05mm) 직경을 갖고 작동 거리 및 절대 치수를 컴퓨팅하도록 사용된다.
- [0048] 도 11을 참조하면, 눈(186L, 186R)의 사진(218)이 도시되어 있다. 눈(186L, 186R)의 랜드마크의 위치는 2개의 림발 서클(222L, 222R)에 의해 정의된 좌표 시스템에 따라 측정된다. x-축은 림발 서클(222L, 222R)의 중심을 연결한다. x-축은 (대상자의 코로부터 바깥으로) 시간적으로 양이다. y-축은 위쪽으로 양이고 아래쪽으로 음이고 x-축에 수직으로 지향된다. x-y 좌표의 원점(206)은 림발 서클(222L, 222R) 사이의 가운데에 있다. 대상자의 머리는 흔히 조금 기울어져 있으므로, x-y 눈 좌표는 사진(218)의 수평 및 수직 축과 정확히 동일하지는 않을 수 있다. 그리하여, 위치 측정은 사진(218) 좌표로부터 도 11에 도시된 바와 같은 눈 좌표로 변환되어야 한다. 다음의 위치 및 치수가 측정된다:
- [0049] ICD는 우측 림발 서클(222R)과 좌측 림발 서클(222L) 사이에 측정된 각막 간 거리이다.
- [0050] RXC, RYC는 우측 림발 서클(222R)의 중심에서 측정된 바와 같은 각막의 x 및 y 위치이다.
- [0051] LXC, LYC는 좌측 림발 서클(222L)의 중심에서 측정된 바와 같은 각막의 x 및 y 위치이다.
- [0052] RXP, RYP는 우측 동공 서클(223R)의 중심에서 측정된 바와 같은 동공의 x 및 y 위치이다.
- [0053] LXP, LYP는 좌측 동공 서클(223L)의 중심에서 측정된 바와 같은 동공의 x 및 y 위치이다.
- [0054] RXK, RYK는 우측 반사 서클(224R)의 중심에서 측정된 바와 같은 각막 광 반사의 x 및 y 위치이다.
- [0055] L XK, LYK는 좌측 반사 서클(224L)의 중심에서 측정된 바와 같은 각막 광 반사의 x 및 y 위치이다.
- [0056] 측정 후 다음 단계는 진단 인덱스의 계산인데, 그로부터 그 후 진단 분류가 이루어질 수 있다. 진단 분류는 모집단 참조에 기반한다. 다음의 예 및 통계는 굴절 에러 그러나 사시 없음, 안구 매체의 불투명화, 또는 안구 내 중양의 범위를 갖는 3.5세 내지 5.3세(평균 4.4세)의 연령 범위에 있는 65명의 아이들에 대하여 촬영된 스마트폰 사진에 기반한다. 본 발명의 방법에 따라, 다른 참조 데이터 또한 사용될 수 있다. 본 발명은 예의 데이터셋으로부터의 특정 임계값으로 한정되는 것은 아니다.
- [0057] 본 발명의 실시예에 의하면, 편심 사진굴절은 작은 마스크(126)로 촬영된 사진 상에서 측정된 크레센트 폭 대 동공 직경 비(CPR)에 기반한다. 도 12는 수평 경선에 대하여 이러한 비 대비 조절마비 굴절을 플롯팅한다. 조절마비 굴절(CR)은 섬모체근이 조절마비 점안약의 사용에 의해 마비된 후에 의사에 의해 망막검영기로 측정된다. 이것은 소아에 있어서 굴절에 대한 금분위이다. 그렇지만, 사진은 조절마비 약의 점안 이전에 촬영되었다. 그래서, 사진-기반 편심 사진굴절은 측정된 눈에서의 조절(초점 노력)에 의해 영향을 받을 수 있다. 도 12를 참조하면, 2.8D까지의 CR에 대해 CPR은 0일 수 있음을 알 수 있다. 그렇지만, 컷오프 임계값(230)을  $CPR > 0.2$ 로 설정

함으로써, CR > 3.5D의 모든 경우가 검출될 수 있다. 3.5D보다 더 큰 높은 원시는 미국 사시 소아 안과 학회 (AAPOS)(Donahue SP, Arnold RW, Ruben JB; AAPOS Vision Screening Committee. Preschool vision screening: what should we be detecting and how should we report it? Uniform guidelines for reporting results of preschool vision screening studies. J AAPOS. 2003;7(5):314-316)에 의해 권고된 공식 의뢰 기준이다. 사진 선별 기준으로서 CPR > 0.2를 사용하면, 사진의 시각적 검사는, 90%의 특이성으로, 높은 원시를 검출하도록 100%(2/2)의 감도를 내놓는다. 컷오프로서 0.2보다 더 큰 좌안과 우안 사이의 CPR 차이를 사용하면, 시각적 검사는, 95%의 특이성으로, (양안 사이의 1.5D보다 더 큰 CR 차이로서 AAPOS에 의해 정의된) 부동시를 검출하도록 100%의 감도를 내놓는다.

[0058] 또한 사진으로부터 굴절의 정량적 추정을 얻는 것이 바람직하다. 굴절과 CPR 사이의 관계는 S자형이다. 크레센트는 원시의 낮은 정도와 -2.1D(작은 마스크(126)로 47cm의 작동 거리에 대응) 사이의 CR 사이에는 존재하지 않는다. 더 큰 정도의 원시로는, CPR는 증가하지만 1의 값에서 포화된다(즉, 크레센트는 동공보다 더 넓을 수 없다). 그래서, 그 맞춤에는 S자형 수확 함수가 필요로 된다. 본 발명은 로짓 함수를 사용한다:

[0059] 
$$PR = A * \ln[(1/CPR) - 1] + B \quad \text{CPR} > 0 \text{에 대해}$$

[0060] 여기서,

[0061] PR은 사진굴절이고,

[0062] A 및 B는 데이터의 맞춤(도 13)으로부터의 기울기 및 절편이고,

[0063]  $\ln[ ]$ 은 자연 로그 함수이다.

[0064] 근시에는 별개의 곡선 맞춤이 필요로 된다:

[0065] 
$$PR = F * \ln[(1/CPR) + 1] + G \quad \text{CPR} < 0 \text{에 대해}$$

[0066] 여기서, F 및 G는 데이터의 맞춤으로부터의 기울기 및 절편이다.

[0067] CPR = 0(즉, 크레센트 없음)에 대하여, 굴절은 다른 눈에서의 CPR에 기반하여 추정될 수 있다. 다른 눈이 양의 CPR을 가지면, PR은 실험적 데이터에 기반하여 +0.1D로 설정될 수 있다. 다른 눈이 음의 CPR을 가지면, PR은 -2.1D로 설정된다. 양안이 크레센트를 갖지 않으면, 그때는 양안이 의뢰를 요구하지 않는 미미한 양의 근시를 가지거나 정시안이라고 가정하는 것이 안전하다.

[0068] 기본 난시는 수평 및 수직 경선에 대해 PR을 감산함으로써 평가된다:

[0069] 
$$PAst = PRV - PRH$$

[0070] 여기서,

[0071] PAst는 사진 기본 난시(바른 난시에 대해서는 양 그리고 반칙 난시에 대해서는 음)이고,

[0072] PRV는 -90° 오리엔테이션으로 촬영된 사진으로부터의 CPR로부터 계산된 수직 경선에서의 사진굴절이고,

[0073] PRH는 0° 오리엔테이션으로 촬영된 사진으로부터의 CPR로부터 계산된 수평 경선에서의 사진굴절이다.

[0074] 부동시(양안 사이의 굴절 차이)는 수평 및 수직 경선에서 별개로 추정될 수 있다.

[0075] 
$$PAnisomH = \text{Abs}(RPRH - LPRH)$$

[0076] 여기서,

[0077] PAnisomH는 수평 경선에서의 사진-부동시이고,

[0078] Abs()는 절대값 함수이고,

[0079] RPRH는 수평 경선에서 우안의 사진굴절이고,

[0080] LPRH는 수평 경선에서 좌안의 사진굴절이다.

[0081] 유사하게,

[0082] 
$$PAnisomV = \text{Abs}(RPRV - LPRV)$$

[0083] 여기서,

- [0084] PAnisomV는 수직 경선에서의 사진-부동시이고,
- [0085] Abs()는 절대값 함수이고,
- [0086] RPRV는 수직 경선에서 우안의 사진굴절이고,
- [0087] LPRV는 수직 경선에서 좌안의 사진굴절이다.
- [0088] 표 3은 0° 및 -90° 오리엔테이션에서 촬영된 2개의 작은 마스크 사진(표 2)에 기반하는 편심 사진굴절 결과의 개요 보고서이다.

표 3 사진굴절 개요 보고서

| 파라미터 | 우안               |    |       | 좌안               |    |       | 부동시     |         |
|------|------------------|----|-------|------------------|----|-------|---------|---------|
|      | RH               | RV | Ast   | RH               | RV | Ast   | AnisomH | AnisomV |
| 추정   |                  |    |       |                  |    |       |         |         |
| 기준   | >1.75D or <-3.0D |    | >1.5D | >1.75D or <-3.0D |    | >1.5D | >1.5D   |         |

- [0089] 여기서, RH, RV = 각자 수평 및 수직 경선에서의 굴절이다; Ast = 기본 난시이고, AnisomH, AnisomV = 각자 수평 및 수직 경선에서의 부동시이다. 추정은 0° 및 -90° 오리엔테이션에서 촬영된 2개의 사진의 세트로부터 추정된 파라미터 값이다. 기준은, 실험적 조정된 AAPOS 기준에 기반하여, 킷오프로서 그 이상은 안과 의사에게 의뢰가 필요로 되는 것이다.
- [0091] 원시 의뢰에 대한 기준은 사진굴절 > 1.75D를 갖는 모든 눈을 의뢰하는 것이 CR > 3.5D를 갖는 모든 눈을 캐치할 것임을 보여주는 임상 데이터(도 14 참조)에 기반한다. 이것은 비-한정적 예시의 의뢰 기준이다. 의뢰 기준은 여러 다른 연령대에 대해 커스터마이징될 수 있고 새로운 임상 데이터 또는 공식 권고가 이용가능하게 될 때 개정될 수 있다.
- [0092] >1.5D인 부동시 의뢰 기준은 임상 연구에 있어서 100% 감도(3/3) 및 95% 특이성을 위해 마련된다. 사용된 금분위는 AAPOS 권고에 따른 >1.5D의 CR 차이이다.
- [0093] 본 발명의 또 다른 태양은 사진 버전의 히르쉬베르크 각막 반사 검사를 사용하는 사시의 측정에 관한 것이다. 전통적 히르쉬베르크 검사에 있어서, 각막 광 반사의 위치는 펜라이트를 사용하여 검사관에 의해 주관적으로 평가된다. 사진 버전에 있어서는, 그 정상 위치로부터 각막 반사의 편위의 각각의 밀리미터(mm)가 대략 21 프리즘 디옵터의 사시와 연관되어 있음이 발견되었다(Brodie SE, Photographic calibration of the Hirschberg test, Invest Ophthalmol Vis Sci 1987;28:736- 42), 각막 반사의 정상 위치는 동공 축에 대략 0.5mm 비측이다. 본 발명에 있어서, 각막 반사의 위치는 동공 서클(213) 및 림발 서클(212) 둘 다에 비교된다(도 10a 참조). 본 발명에 의하면, 위치 오프셋은 크기 참조로서 각막 직경(215)을 사용하여 디옵터 스케일로 변환된다. 대안으로, 교정 스티커(182)(도 10a 참조) 또는 각막 간 거리가 또한 크기 참조로서 사용될 수 있다. 이들 측정은 바람직하게는 큰 마스크(125)로 촬영된 사진 상에서 이루어진다. 그렇지만, 크레센트가 각막 반사의 시각화와 간섭하지 않도록 충분히 작으면 작은 마스크(126)가 사용될 수도 있다. 다음의 예시적 결과는, 달리 명시되지 않는 한, 큰 마스크(125)로 촬영된 사진으로부터 획득되었다.
- [0094] 본 발명에 의하면, 동공 반사와 각막 반사 위치 사이의 오프셋에 기반하여, 다음의 사시 인덱스가 계산된다.
- [0095]  $HRGP = A*(RXP-RXK)/RCD$
- [0096]  $HLGP = A*(LXP-LXK)/LCD$
- [0097]  $VRGP = A*(RYP-RYK)/RCD$
- [0098]  $VLGP = A*(LYP-LYK)/LCD$
- [0099]  $HSIP = HRGP + HLGP + BP$
- [0100]  $VSIP = VRGP - VLGP$
- [0101] 여기서,
- [0102] HRGP는 수평 우안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,

- [0103] HLGP는 수평 좌안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0104] VRGP는 수직 우안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0105] VLGP는 수직 좌안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0106] HSIP은 수평 사시 인덱스(프리즘 디옵터)이고,
- [0107] VSIP은 동공 오프셋에 기반하는 수직 사시 인덱스이고,
- [0108] A는 변환 인자이고 BP는 오프셋이다.
- [0109] HSIP은 외사시에 대해서는 양이고 내사시에 대해서는 음이다. VSIP은 우측 상사시 또는 좌측 하사시에 대해서는 양이고, 좌측 상사시 또는 우측 하사시에 대해서는 음이다. 변환 인자(A)는 임상 연구로부터 11.44mm의 평균 각막 직경으로 프리즘 디옵터당 21mm를 승산함으로써 계산된 각막 직경당 240 프리즘 디옵터이다. 오프셋 인자(BP)는, 임상 연구로부터 획득되는 바와 같이, 큰 마스크(125)에 대해서는 -10.7 프리즘 디옵터이고 작은 마스크(126)에 대해서는 -16.3 프리즘 디옵터이다. HSIP이 정상 범위 밖에 있을 때, 그때 수평 사시가 의심된다. 수평 사시가 의심될 때, HRGP 및 HLGP를 비교함으로써 주시안이 결정될 수 있다; HRGP < HLGP이면 그때는 우안이 주시안이고(좌안이 편위안이고), 그렇지 않으면 좌안이 주시안이다. VSIP이 정상 범위 밖에 있을 때, 그때 수직 사시가 의심된다. 수직 사시가 의심될 때, VRGP 및 VLGP를 비교함으로써 주시안이 결정될 수 있다; VRGP < VLGP이면 그때는 우안이 주시안이고, 그렇지 않으면 좌안이 주시안이다.
- [0110] 본 발명에 의하면, 림발 서클과 각막 반사 위치 사이의 오프셋에 기반하여, 다음의 사시 인덱스가 또한 계산된다.
- [0111]  $HRGL = A*(RXL-RXK)/RCD$
- [0112]  $HLGL = A*(LXL-LXK)/LCD$
- [0113]  $VRGL = A*(RYL-RYK)/RCD$
- [0114]  $VLGL = A*(LYL-LYK)/LCD$
- [0115]  $HSIL = HRGL + HLGL + B$
- [0116]  $VSIL = VRGL - VLGL$
- [0117] 여기서,
- [0118] HRGL는 수평 우안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0119] HLGL는 수평 좌안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0120] VRGL는 수직 우안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0121] VLGL는 수직 좌안 시선 편위(프리즘 디옵터)이고,
- [0122] HSIL은 수평 사시 인덱스(프리즘 디옵터)이고,
- [0123] VSIL은 동공 오프셋에 기반하는 수직 사시 인덱스이고,
- [0124] A는 변환 인자이고 BL는 오프셋이다.
- [0125] HSIL은 외사시에 대해서는 양이고 내사시에 대해서는 음이다. VSIL은 우측 상사시 또는 좌측 하사시에 대해서는 양이고, 좌측 상사시 또는 우측 하사시에 대해서는 음이다. 변환 인자(A)는 임상 연구로부터 11.44mm의 평균 각막 직경으로 프리즘 디옵터당 21mm를 승산함으로써 계산된 각막 직경당 240 프리즘 디옵터이다. 오프셋 인자(BL)는, 임상 연구로부터 획득되는 바와 같이, 큰 마스크(125)에 대해서는 -23.1 프리즘 디옵터이고 작은 마스크(126)에 대해서는 -24.8 프리즘 디옵터이다.
- [0126] 다음의 사시 개요 보고서(표 4)는 사시의 검출에 대한 정보를 제공한다. 비-한정적 예시의 신뢰 구간은 임상 연구에 있어서 평균 및 표준 편위(SD) 값에 기반한다. 정규 분포의 가정이 이루어졌다. 그리하여, 95% 신뢰 구간(CI)은 평균 +/- 1.96 SD에 의해 설정되고 99% CI는 평균 +/- 2.58 SD에 의해 설정된다. 큰 마스크(125)로 촬영된 사진에 대해, HSIL은 -12.8 내지 12.8 프리즘 디옵터의 95% CI를 갖고, -16.8 내지 16.8 프리즘 디옵터의 99% CI를 갖는다. HSIP은 -12.3 내지 12.3 프리즘 디옵터의 95% CI를 갖고, -16.1 내지 16.1 프리즘 디옵터의

99% CI를 갖는다. 아래의 개요 보고서에 있어서, 99% CI 밖의 값은 바람직하게는 적색으로 하이라이트되어 "정상 한계 밖"임을 표한다. 95% CI 밖이지만 99% CI 내의 값은 바람직하게는 황색으로 하이라이트되어 "경계선"상태임을 표한다.

표 4 사시 개요 보고서

| 각막 반사에 상대적 오프셋 | 축  | 우안   | 좌안   | 사시 인덱스 |
|----------------|----|------|------|--------|
| 동공             | 수평 | HRGP | HLGP | HSIP   |
|                | 수직 | VRGP | VLGP | VSIP   |
| 림발 서클          | 수평 | HRGL | HLGL | HSIL   |
|                | 수직 | VRGL | VLGL | VSIL   |

[0127]

[0128]

좌안 또는 우안 중 어느 하나의 시선 각이 중심으로부터 충분히 편위되어 있을 때, 플래시 조명은 시신경유두 상에 떨어져 이상(백색) 동공 반사를 만들어낼 수 있다. 시신경유두(블라인드 스팟)의 중심은 중심와(주시)에 대해 12 내지 15도 비측이다. 시신경유두의 폭은 대략 5.5도의 시각이다. 그래서, 9도(16 프리즘 디옵터)보다 더 큰 시선 각을 나타내는 사진은 사용되어서는 아니된다. 그리하여, 수평 시선 지표 HRGL, HRGP, HLGL 또는 HLGP 중 어느 것이 16 프리즘 디옵터 이상일 때, 그 사진은 사진굴절 또는 동공 광 반사(브루크너 검사)의 평가에 사용되어서는 아니된다. 유사한 크기의 수직 시선 편위는 또한 이들 검사에서 부정확성을 야기할 수 있다.

[0129]

본 발명의 또 다른 태양은 대상자의 우안과 좌안 사이의 비대칭의 분석이다. 각막의 크기 사이의 큰 비대칭은 발달 이상(예컨대, 무안구증 또는 소안구증) 또는 선천 녹내장에 기인하는 눈알 확대(예컨대, 소눈증)을 나타낼 수 있다. 본 발명에 의하면, 비대칭은 바람직하게는 좌/우 비 및 좌-우 차이에 의해 측정된다.

[0130]

CDLRR = LCD/RCD

[0131]

CDLRD = E\*(LCD-RCD)

[0132]

여기서, CDLRR은 좌측과 우측 각막 직경 사이의 비이고, CDLRD는 좌측과 우측 각막 직경 사이의 차이이고, E는 변환 인자이다. 변환 인자(E)는 픽셀 카운트에서의 길보기 크기를 mm와 같은 절대 물리 단위로 변환한다.

[0133]

11.44mm가 또래-연령 모집단의 평균 각막 직경인 경우, 교정 스티커가 사용되지 않으면 E = 11.44mm/CD이다.

[0134]

19.05mm가 교정 스티커(18s)(도 10a)의 직경인 경우, 교정 스티커가 사용되면 E = 19.05mm/SD이다.

[0135]

동공의 크기 사이의 큰 비대칭은 신경계 이상(예컨대, 호르너 증후군)을 나타낼 수 있다. 본 발명에 의하면, 비대칭은 바람직하게는 좌/우 비에 의해 측정된다:

[0136]

PDLRR = LPD/RPD

[0137]

PDLRD = E\*(LPD-RPD)

[0138]

여기서, PDLRR은 좌측과 우측 동공 직경 사이의 비이고, PDLRD는 좌측과 우측 동공 직경 사이의 차이이고, E는 위에서 정의된 바와 같은 변환 인자이다.

[0139]

동공 광 반사의 색상 또는 밝기 사이의 큰 비대칭은 백내장, 안구 매체 내 다른 불투명도, 망막모세포종, 또는 안구 내 종괴를 나타낼 수 있다. 도 10a 및 도 11을 참조하면, 동공 광 반사를 평가하기 위해서는 우안 및 좌안 (186L, 186R) 둘 다로부터의 동공 서클(213)로부터 우선 크레센트(214) 및 각막 반사(216)를 제거하는 것이 필요하다(제거는 그들 픽셀의 색상 및 밝기 값을 무, 미정의, 또는 무효로 설정하는 것을 의미한다). 그 후 좌측 및 우측 동공 반사(142)의 색상 맵 및 밝기 맵의 나머지 유효 영역이 색상 및 밝기 차이 맵을 획득하도록 감산된다. 그 후 차이 맵의 평균 및 제곱 평균 제곱근 값이 비대칭의 지표로서 사용된다. 동공 반사 색상 또는 밝기에서의 길보기 비대칭은 외래 외부 광원으로부터의 가성 각막 반사 또는 시선 편위로부터 초래될 수 있다. 그래서, 수치적 인덱스는 이상의 확정적 지표가 아니라, 컴퓨터 또는 전문 인력에 의한 더 정교한 패턴 분석을 위한 정보 플래그일 뿐이다.

[0140]

다음의 개요 보고서(표 5)는 좌안-우안 비대칭에 대한 정보를 제공한다. 95% 신뢰 구간 밖의 결과는 경계선으로 생각되고 99% 신뢰 구간 밖의 결과는 정상 한계 밖(이상)으로 생각된다.

표 5. 좌-우 비대칭 개요

|       | 각막              |                | 동공 광 반사         |                |     |     |     |     |
|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|
|       | 직경              |                | 직경              |                | 색상  |     | 밝기  |     |
|       | L/R<br>비        | L-R<br>(mm)    | L/R<br>비        | L-R<br>(mm)    | Avg | RMS | Avg | RMS |
|       | CDLRR           | CDLRD          | PDLRR           | PDLRD          |     |     |     |     |
| 95%CI | 0.97 to<br>1.06 | -0.4 to<br>0.6 | 0.88 to<br>1.10 | -0.7 to<br>0.5 | TBD | TBD | TBD | TBD |
| 99%CI | 0.96 to<br>1.07 | -0.5 to<br>0.8 | 0.84 to<br>1.14 | -0.9 to<br>0.7 | TBD | TBD | TBD | TBD |

CI: 임상 연구로부터의 신뢰 구간. TBD: 임상 연구에서 결정될 것

[0141]

[0142]

mm로 좌-우 차이는 11.44mm(모집단 평균)의 각막 직경을 가정하여 계산된다.

[0143]

교정 스티커(182)(도 10a 참조)가 사용되면, 그때 본 발명은 또한 위에서 정의된 바와 같은 변환 인자(E)로 픽셀 카운트 값을 승산함으로써 동공 직경, 각막 직경 및 각막 간 거리의 정밀 측정을 위해 마련된다.

[0144]

시스템의 전반적 동작

[0145]

도 15를 참조하면, 단계(301)에서는 조작자(131)가 사진 촬영 이전에 대상자(132)(예컨대, 아이 또는 유아)에 대한 식별(ID) 정보 및 생일(DOB)을 스마트폰(120B)(도 1)에 입력한다. 그 후 본 발명의 스마트폰 애플리케이션은 단계(303)에서 환자의 연령에 따라 사진 설정의 적절한 세트(표 1 및 표 2)를 선택한다. 그 후 조작자(131)는 단계(305)에서 사진을 촬영한다. 사진이 만족스럽지 않으면 그때 그것은 폐기된다. 사진이 만족스러우면, 그때 조작자(131)는 잘라내기를 조정하고 잘라낸 사진을 저장한다. 단계(307)에서, 사진촬영 프로세스는 사진의 완성 세트(표 1 및 표 2)가 환자의 연령에 적절한 대로 획득될 때까지 계속된다. 그 후, 단계(309)에서, 사진은 조작자 및 사용자 의사(소아과 의사, 가정 진료 의사, 검안사 또는 안과 의사) 또는 부모에 의한 검사를 위해 스마트폰(120B)의 디스플레이(124) 상에 디스플레이된다. 일 실시예에 있어서, 스마트폰(120B)은 또한 자동화된 분석(표 3 내지 표 5)을 디스플레이하여 정상 한계 내, 경계선 또는 정상 한계 밖 중 어느 하나로서 사진 세트의 예비 분류를 제공한다.

[0146]

의사 또는 부모는 당시의 진단 인상을 스마트폰(120B)에 입력하거나 원격 전문가에 의한 그레이딩을 요청하도록 선택할 수 있다. 그 후 단계(311)에서 사진, 진단 인상 및 요청은 네트워크(115)(도 1)를 통해 웹사이트에 업로드된다. 단계(313)에서 중앙 컴퓨터 서버(110)(도 1)는 자동화된 분석(표 3 내지 표 5)을 수행한다. 단계(315)에서, 원격 그레이딩이 그때 요청되었으면, 단계(317, 319)가 수행된다. 단계(317)에서, 원격지에서의 전문 그레이딩 기사는 측정에 대해 조정을 하고 원격 클라이언트 컴퓨터(120A)를 사용하여 분석하고 이러한 정보를 서버 컴퓨터(110)에 업로드한다. 단계(319)에서, 전문 그레이딩 의사(예컨대, 소아 안과 의사)는 측정을 검토하고 분석하고 서버 컴퓨터(110)에 업로드하기 위한 확정적 진단 인상을 제공한다.

[0147]

단계(321)에서 환자 ID, DOB, 연령, 사진, 측정 및 분석(표 3 내지 표 5) 및 진단 인상을 포함하는 보고서가 서버 컴퓨터(110) 상에서 발생된다. 보고서는 네트워크(115)를 통해 사용자 의사(323) 및 의사의 진료소 또는 병원의 전자적 건강 기록 시스템(HER)(325)에 보내진다. 사용자 의사는 스마트폰(120B) 상에서든지 클라이언트 컴퓨터(120A) 상에서든지 보고서를 읽을 수 있다. 사용자 의사는 또한 네트워크(115)를 통해 부모(329)에게 보고서를 보낼 수 있다. 부모가 원래의 사용자였으면, 서버 컴퓨터(110)는 네트워크(115)를 통해 부모에게 보고서를 보낼 수 있다. 자문 의사(327)(예컨대, 소아 안과 의사 또는 검안사)에게 의뢰가 이루어지면, 그때 사용자 의사 또는 부모는 네트워크(115)를 통해 자문 의사에게 보고서를 보낼 수 있다.

[0148]

시스템(100)의 사용에 대한 하나의 시나리오는 유아 또는 아이의 일상적 검진을 수행하는 일반 소아과 의사의 진료소에서이다. 기사는 위에서 논의된 바와 같이 사진을 촬영하고 그 결과를 스마트폰(120B) 상에서 소아과 의사에게 보여준다. 대안으로, 사진은 웹사이트에 업로드될 수 있고 소아과 의사는 클라이언트 컴퓨터(120A)에서 보고서를 열람할 수 있다. 그 후 소아과 의사는 원격 측정 및 진단을 요청한다. 그레이딩 의사에 의한 최종 보고서가 이상을 나타내면, 그때 소아과 의사는 환자를 소아 안과 의사에 의뢰하고 네트워크(115)를 통해 보고서를 포워딩한다.

[0149]

또 다른 시나리오에 있어서는, 부모가 사용자이다. 부모는 스마트폰(120B) 상에서 사진을 촬영하고 그 결과를 열람한다. 그 후 부모는 원격 측정 및 진단을 요청한다. 그레이딩 의사에 의한 최종 보고서가 이상을 나타내면,

그때 부모는 보고서를 소아 안과 의사에게 보내고 환자를 위한 내원을 요청한다. 웹사이트는 스케줄링 및 보고서 포워딩 프로세스를 용이하게 하도록 지역 소아 안과 의사 및 검안사의 리스트(연락 정보 및 포워딩 링크 있음)를 제공한다.

- [0150] 더욱, 일부 실시예에 있어서, 웹사이트는 부모 또는 소아과 의사가 임상-정보성 적색 반사 이미지의 검출 및 캡처를 최적화하는 방법을 학습하고 그들이 촬영한 이미지를 비교할 수 있는 정상 및 이상 적색 반사 디지털 이미지의 예 및 교시 섹션을 포함한다.
- [0151] 더욱, 일부 실시예에 있어서, 본 발명에서의 모바일 디바이스 및 서버의 네트워크(115)는 다수의 진료소로부터 데이터를 취합하여 (예컨대, 무엇이 정상, 경계선 및 이상인지 정의하기 위해) 다량의 규범적 데이터셋트를 모으도록, 각종 소아과 눈 질환의 발생률을 측정하도록, 그리고 각각의 소아과 눈 질환에 대한 변수의 특성 패턴을 획득하도록 사용된다.
- [0152] 컴퓨팅 디바이스
- [0153] 도 16은 서버(110) 및 컴퓨팅 디바이스(120A-C)의 구현이 연관하여 실시될 수 있는 동작 환경 및 하드웨어의 선택도이다. 도 16의 설명은 구현이 실시될 수 있는 적합한 컴퓨팅 환경 및 적합한 컴퓨터 하드웨어의 간략하고 일반적인 설명을 제공하려는 의도이다. 요구되지 않더라도, 퍼스널 컴퓨터와 같은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터-실행가능한 명령어의 일반적 맥락에서 구현이 설명된다. 일반적으로, 프로그램 모듈은 특정 태스크를 수행하거나 특정 추상 데이터 유형을 구현하는 루틴, 프로그램, 오브젝트, 컴포넌트, 데이터 구조 등을 포함한다.
- [0154] 더욱, 당업자는 구현이 휴대용 디바이스, 멀티프로세서 시스템, 마이크로프로세서-기반 또는 프로그램가능한 소비자 전자제품, 네트워크 PC, 미니컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 등을 포함하는 다른 컴퓨터 시스템 구성과 실시될 수 있음을 인식할 것이다. 또한 구현은 통신 네트워크를 통해 링크되는 원격 프로세싱 디바이스에 의해 태스크가 수행되는 분산형 컴퓨팅 환경에서 실시될 수 있다. 분산형 컴퓨팅 환경에 있어서, 프로그램 모듈은 로컬 및 원격 메모리 저장 디바이스 둘 다에 위치할 수 있다.
- [0155] 도 16의 예시적 하드웨어 및 동작 환경은 컴퓨팅 디바이스(12) 형태의 범용 컴퓨팅 디바이스를 포함한다. 서버 및 컴퓨팅 디바이스(120A-C)는 컴퓨팅 디바이스(12)처럼 하나 이상의 컴퓨팅 디바이스를 사용하여 각각 구현될 수 있다.
- [0156] 컴퓨팅 디바이스(12)는 시스템 메모리(22), 프로세싱 유닛(21), 및 시스템 메모리(22)를 포함하는 각종 시스템 컴포넌트를 프로세싱 유닛(21)에 동작적으로 연결하는 시스템 버스(23)를 포함한다. 컴퓨팅 디바이스(12)의 프로세서가 단일 중앙 프로세싱 유닛("CPU"), 또는 병렬 프로세싱 환경이라고 흔히 지칭되는 복수의 프로세싱 유닛을 포함하게 되도록, 단 하나 또는 하나보다 많은 프로세싱 유닛(21)이 있을 수 있다. 다중 프로세싱 유닛이 사용될 때, 프로세싱 유닛은 이중일 수 있다. 비-환경적 예의 방식으로써, 그러한 이중 프로세싱 환경은 관용적 CPU, 관용적 그래픽 프로세싱 유닛("GPU"), 부동-소수점 유닛("FPU"), 그 조합 등을 포함할 수 있다. 컴퓨팅 디바이스(12)는 관용적 컴퓨터, 분산형 컴퓨터, 또는 어느 다른 유형의 컴퓨터일 수 있다.
- [0157] 시스템 버스(23)는 다양한 버스 아키텍처를 사용하여 메모리 버스 또는 메모리 컨트롤러, 주변 버스, 및 로컬 버스를 포함하는 수개 유형의 버스 구조 중 어느 하나일 수 있다. 시스템 메모리(22)는 또한 간단히 메모리라고 지칭될 수 있고, 롬(ROM)(24) 및 램(RAM)(25)을 포함한다. 스타트-업 동안 등 컴퓨팅 디바이스(12) 내 엘리먼트 간 정보를 전송하는 것을 도와주는 기본 루틴이 들어있는 기본 입/출력 시스템(BIOS)(26)이 ROM(24)에 저장되어 있다. 컴퓨팅 디바이스(12)는 도시하지 않은 하드 디스크에 쓰기 및 그로부터 읽기를 위한 하드 5 디스크 드라이브(27), 착탈식 자기 디스크(29)에 쓰기 또는 그로부터 읽기를 위한 자기 디스크 드라이브(28), 및 CD ROM, DVD 또는 다른 광학 매체와 같은 착탈식 광학 디스크(31)에 쓰기 또는 그로부터 읽기를 위한 광학 디스크 드라이브(30)를 더 포함한다.
- [0158] 하드 디스크 드라이브(27), 자기 디스크 드라이브(28) 및 광학 디스크 드라이브(30)는, 각자, 하드 디스크 드라이브 인터페이스(32), 자기 디스크 드라이브 인터페이스(33) 및 광학 디스크 드라이브 인터페이스(34)에 의해 시스템 버스(23)에 접속되어 있다. 드라이브 및 그 연관 컴퓨터-읽기가능한 매체는 컴퓨터-읽기가능한 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 및 다른 데이터의 비휘발성 저장을 컴퓨팅 디바이스(12)에 제공한다. 당업자는, 솔리드 스테이트 메모리 디바이스("SSD"), 자기 카세트, 플래시 메모리 카드, USB 드라이브, 디지털 비디오 디스크, 베르누이 카트리지, 램(RAMs), 롬(ROMs) 등과 같이, 컴퓨터에 의해 액세스가능한 데이터를 저장할 수 있는 어떠한 유형의 컴퓨터-읽기가능한 매체라도 예시의 동작 환경에서 사용될 수 있음을 인식해야 한다. 당업자

에게 명백한 바와 같이, 프로세싱 유닛(21)에 의해 액세스가능한 하드 디스크 드라이브(27) 및 다른 형태의 컴퓨터-읽기가능한 매체(예컨대, 착탈식 자기 디스크(29), 착탈식 광학 디스크(31), 플래시 메모리 카드, SSD, USB 드라이브 등)는 시스템 메모리(22)의 컴포넌트라고 생각될 수 있다.

- [0159] 소정 수의 프로그램 모듈은 하드 디스크 드라이브(27), 자기 디스크(29), 광학 디스크(31), ROM(24) 또는 RAM(25) 상에 저장될 수 있고, 운영 체제(35), 하나 이상의 애플리케이션 프로그램(36), 다른 프로그램 모듈(37), 및 프로그램 데이터(38)를 포함한다. 사용자는 키보드(40) 및 포인팅 디바이스(42)와 같은 입력 디바이스를 통해 컴퓨팅 디바이스(12)에 커맨드 및 정보를 입력할 수 있다. 다른 입력 디바이스(도시하지 않음)는 마이크로폰, 조이스틱, 게임 패드, 위성 접시 안테나, 스캐너, 터치 감지 디바이스(예컨대, 스타일러스 또는 터치 패드), 비디오 카메라, 깊이 카메라, 모션 검출/인식 디바이스(예컨대, 마이크로소프트 Kinect(등록상표) 시스템) 등을 포함할 수 있다. 이들 및 다른 입력 디바이스는 흔히 시스템 버스(23)에 연결되는 직렬 포트 인터페이스(46)를 통해 프로세싱 유닛(21)에 접속되지만, 병렬 포트, 게임 포트, 범용 직렬 5 버스(USB), 또는 무선 인터페이스(예컨대, 블루투스 인터페이스)와 같은 다른 인터페이스에 의해 접속될 수도 있다. 모니터(47) 또는 다른 유형의 디스플레이 디바이스는 또한 비디오 어댑터(48)와 같은 인터페이스를 통해 시스템 버스(23)에 접속되어 있다. 모니터에 부가하여, 컴퓨터는 촉각 및/또는 다른 유형의 물리적 피드백을 제공하는 스피커, 프린터 및 햅틱 디바이스(예컨대, 힘 피드백 게임 컨트롤러)와 같은 다른 주변 출력 디바이스(도시하지 않음)를 포함하는 것이 전형적이다.
- [0160] 컴퓨팅 디바이스(12)는 원격 컴퓨터(49)와 같은 하나 이상의 원격 컴퓨터로의 논리적 커넥션을 사용하는 네트워킹 환경에서 동작할 수 있다. 이들 논리적 커넥션은 (로컬 컴퓨터로서) 컴퓨팅 디바이스(12)의 일부분이거나 그 에 연결된 통신 디바이스에 의해 달성된다. 구현은 특정 유형의 통신 디바이스로 한정되는 것은 아니다.
- [0161] 원격 컴퓨터(49)는 또 다른 컴퓨터, 서버, 라우터, 네트워크 PC, 클라이언트, 메모리 저장 디바이스, 피어 디바이스 또는 다른 공통 네트워크 노드일 수 있고, 전형적으로는 컴퓨팅 디바이스(12)에 관련하여 위에서 설명된 엘리먼트 중 대다수 또는 전부를 포함한다. 원격 컴퓨터(49)는 메모리 저장 디바이스(50)에 접속되어 있을 수 있다. 도 16에 묘사된 논리적 커넥션은 랜(local-area network: LAN)(51) 및 광역 통신망(WAN)(52)을 포함한다. 그러한 네트워킹 환경은 사무소, 전자적 컴퓨터 네트워크, 인트라넷 및 인터넷에서 흔히 있는 것이다.
- [0162] 당업자는 LAN이 전력선, 셀룰러 네트워크, 케이블 네트워크, 또는 전화 네트워크를 통해 반송 신호를 사용하여 모뎀을 거쳐 WAN에 접속될 수 있음을 인식할 것이다. 그러한 모뎀은 네트워크 인터페이스(예컨대, 직렬 또는 다른 유형의 포트)에 의해 컴퓨팅 디바이스(12)에 접속될 수 있다. 나아가, 많은 랩톱 컴퓨터가 셀룰러 데이터 모뎀을 통해 네트워크에 접속될 수 있다.
- [0163] LAN-네트워킹 환경에서 사용될 때, 컴퓨팅 디바이스(12)는 통신 디바이스의 일 유형인 네트워크 인터페이스 또는 어댑터(53)를 통해 랜(51)에 접속된다. WAN 네트워킹 환경에서 사용될 때, 컴퓨팅 디바이스(12)는 인터넷 등 광역 통신망(52)을 통해 통신을 확립하기 위해 모뎀(54), 일 유형의 통신 디바이스, 또는 어느 다른 유형의 통신 디바이스를 포함함이 전형적이다.
- [0164] 내부 또는 외부일 수 있는 모뎀(54)은 직렬 포트 인터페이스(46)를 통해 시스템 버스(23)에 접속되어 있다. 네트워킹 환경에 있어서, 퍼스널 컴퓨팅 디바이스(12)에 관련하여 묘사된 프로그램 모듈 또는 그 일부는 원격 컴퓨터(49) 및/또는 원격 메모리 저장 디바이스(50)에 저장될 수 있다. 도시된 네트워크 커넥션은 예시이고 컴퓨터 간 통신 링크를 확립하기 위한 통신 디바이스의 다른 수단이 사용될 수 있음이 인식된다.
- [0165] 컴퓨팅 디바이스(12) 및 관련 컴포넌트는 개시된 개념의 하이-레벨 보기를 용이하게 하기 위해 특정 예로써 그리고 또한 추상적으로 본 명세서에서 제시되었다. 실제 기술적 설계 및 구현은 개시된 개념의 전반적 본질을 유지하면서 특정 구현에 기반하여 달라질 수 있다.
- [0166] 편집 사진굴절, 히르쉬베르크, 및 브루크너 검사는 모두 이전에 사용되어 왔던 확립된 검사이지만, 이들 검사를 스마트폰 카메라 및 플래시의 한정된 능력 내에서 수행하는 방식은 있지 않았다. 본 발명에서는 이것들을 위해 마련되는 것이다.
- [0167] 우선, 전형적 스마트폰 상에서의 편집 사진굴절은 이상적으로는 플래시와 카메라 렌즈 사이의 가까운 거리 및 카메라 렌즈의 광각 분성에 기인하여 비교적 가까운 작동 거리에서 수행된다. 그리하여, 작동 거리를 확립하기 위한 수단이 필요로 된다. PlusOptix(등록상표) 시스템과 같은 전문화된 사진굴절 기기와 달리, 전형적 스마트폰 상에는 특수 거리계 디바이스가 없다. 본 발명에 의하면, 스마트폰 스크린 상의 윤곽 마스크 오버레이의 사

용에 의해 이러한 어려움을 피한다. 마스크에는 눈 사이 거리가 윤곽과 매치될 수 있도록 눈의 윤곽이 들어있다. 임상 연구에 있어서, (림발 서클에 의해 정의된 바와 같은 각막의 중심 간 측정된) 눈 사이 거리는 3.4세 내지 5.3세 연령의 65명 아이들 그룹에서 5%의 모집단 변동 계수로 50.7mm였다. 그리하여, 마스크 방법을 유의하여 사용함으로써, 작동 거리는 양호한 레벨의 정확도로 확립될 수 있다. 본 발명은 또한 시각 0.7도의 플래시-카메라 렌즈 거리에 대응하여 대략 47cm로 작동 거리의 이상적 설정을 확립하였다. 이러한 값 주위의 변동 또한 작동할 것이고 본 발명은 작동 거리의 바로 그 값으로 한정되는 것은 아니다.

[0168] 더욱, 본 발명은 카메라 렌즈 대비 플래시의 오리엔테이션이 마스크의 오리엔테이션을 달리함으로써 달라질 수 있게 하여, 적어도 2개의 직교 축으로 사진굴절의 측정이 난시를 측정할 수 있게 한다. 전통적으로, 사진굴절은 크레센트의 폭으로부터 (예컨대, mm로) 측정되었다. 본 발명은 크레센트 폭 대 동공 직경 비(CPR)를 사용함으로써 그 방법을 개선한다. 이것은 작동 거리 변화 및 동공 크기에 기인하는 사진굴절 에러를 부분적으로 감축한다. 나아가, 본 발명은 CPR을 추정된 사진굴절 디옵터 값으로 변환하기 위해, 바람직하게는 로짓 함수로, S자형 곡선 맞춤의 사용을 교시한다.

[0169] 또한 본 발명은 크레센트 반사가 히르쉬베르크 검사와 간섭할 것 같지 않게 되도록 작동 거리를 설정함으로써 편심 작은 플래시의 사용을 감안한다. 이러한 거리는 시각 1.1도의 플래시-카메라 렌즈 거리에 대응하여 대략 30cm인 것으로 구해졌다. 이러한 값 주위의 변동 또한 작동할 것이고 본 발명은 작동 거리의 바로 그 값으로 한정되는 것은 아니다. 전통적으로, 사진 히르쉬베르크 검사는 프리즘 디옵터의 관점에서 사시를 추정하기 위해 동공 축으로부터 각막 반사의 변위(동공-각막 반사 오프셋)를 (예컨대, mm로) 사용한다. 본 발명은 사시 각을 추정하기 위해 각막 직경과 동공-각막 반사 오프셋 사이의 비의 사용을 교시한다. 이것은 작동 거리 및 그로써 이미지 배율에서의 변화로부터 일어날 수 있는 에러를 감축한다. 이것은 또한 각막 직경과 관련된 각막 곡률 변화로부터의 에러를 감축한다.

[0170] 나아가, 브루크너 검사는 전통적으로는 망막의 넓은 영역을 조명하는 빔을 갖는 동축 조명으로 행해진다. 본 발명은 크레센트 반사가 간섭할 것 같지 않게 되도록 작동 거리를 설정함으로써 편심 작은 플래시의 사용을 감안한다. 이러한 거리는 시각 1.1도의 플래시-카메라 렌즈 거리에 대응하여 대략 30cm인 것으로 구해졌다. 이러한 값 주위의 변동 또한 작동할 것이고 본 발명은 작동 거리의 바로 그 값으로 한정되는 것은 아니다. 더욱, 본 발명은 카메라 렌즈 대비 플래시의 오리엔테이션이 윤곽 마스크의 오리엔테이션을 달리함으로써 달라질 수 있게 하여, 망막모세포종 또는 다른 안구 내 종괴의 검출 가능성을 증가시킬 수 있도록 적어도 2개의 망막 위치를 조명하는 것을 감안한다. 전통적으로, 브루크너 검사는 시각적 검사에만 의존한다. 본 발명은 또한 이상을 검출함에 있어서 보조로서 동공 광 반사 색상 및 밝기에서의 좌-우 비대칭의 정량적 분석의 사용을 교시한다.

[0171] 본 발명은 또한 눈 해부학의 물리적 치수(직경, 거리, 및 좌-우 차이)를 (예컨대, mm로) 추정하기 위해 교정 메트릭스로서 스티커 직경 또는 각막 직경의 사용을 교시한다. 이것은 작동 거리 및 그로써 이미지 배율에서의 변화에 기인하는 에러를 감축한다.

[0172] 앞서 설명된 실시예에는 여러 다른 컴포넌트와 연결되거나 그 내부에 들어있는 여러 다른 컴포넌트를 묘사하고 있다. 그러한 묘사된 아키텍처는 단지 예시일 뿐이며, 실제로는 동일한 기능을 달성하는 많은 다른 아키텍처가 구현될 수 있다고 이해되는 것이다. 개념적 의미로, 동일한 기능을 달성하는 어떠한 배열의 컴포넌트라도 효과적으로는 소망 가능성이 달성되게 되도록 "연관"되어 있다. 마찬가지로, 그렇게 연관된 어떠한 2개의 컴포넌트라도 소망 가능성을 달성하기 위해 서로 "동작가능하게 접속" 또는 "동작가능하게 연결"되어 있는 것으로 보일 수 있다.

[0173] 본 발명의 특정 실시예가 도시되고 설명되었지만, 본 명세서에서의 교시에 기초하여, 본 발명 및 그 더 넓은 태양으로부터 벗어남이 없이 변경 및 수정이 이루어질 수 있음은 당업자에게 자명할 것이고, 그래서, 첨부 청구범위는 본 발명의 참 취지 및 범위 내에 있는 바와 같은 모든 그러한 변경 및 수정을 그 범위 내에 아우르려는 것이다. 나아가, 본 발명은 오로지 첨부 청구범위에 의해 정의되는 것임이 이해되는 것이다. 당업자는 일반적으로는 본 명세서에서 그리고 특히 첨부 청구범위(예컨대, 첨부된 청구범위의 본문)에서 사용된 용어가 일반적으로 "개방형" 용어로서 의도되는 것임을 이해할 것이다(예컨대, 용어 "포함하는"은 "포함하지만 그에 국한되는 것은 아닌"으로 해석되어야 하고, 용어 "갖는"은 "적어도 갖는"으로 해석되어야 하고, 용어 "포함한다"는 "포함하지만 그에 국한되는 것은 아니다"로 해석되어야 한다, 등등).

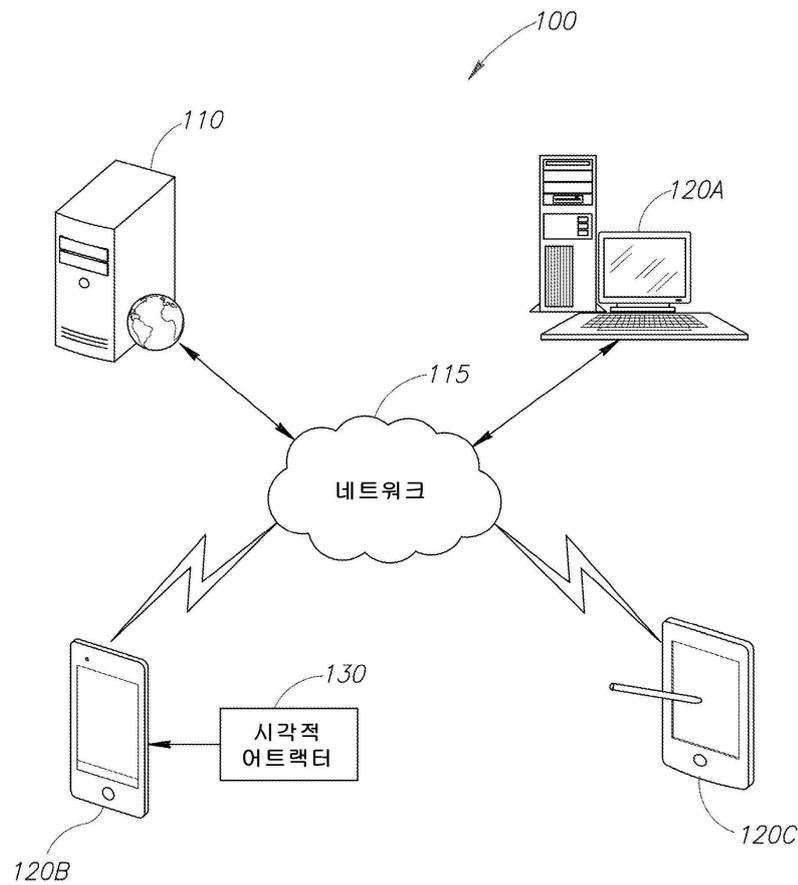
[0174] 당업자는, 특정 수의 도입된 청구 열거가 의도되면 그러한 의도는 청구항에서 명시적으로 열거될 것이고, 그러한 열거의 부재시에는 그러한 의도는 없는 것임을 더 이해할 것이다. 예컨대, 이해를 돕는 것으로서, 다음의 첨부된 청구범위에는 청구 열거를 도입하는 도입 어구 "적어도 하나" 및 "하나 이상"의 용례가 들어있을 수 있다.

그렇지만, 그러한 어구의 사용은, 동일 청구항이 도입 어구 "하나 이상" 또는 "적어도 하나" 및 단수 표현을 포함하고 있을 때에도, 단수 표현에 의한 청구 열거의 도입이 그러한 도입된 청구 열거가 들어있는 어느 특정 청구항을 단지 하나의 그러한 열거가 들어있는 발명으로 한정함을 내포하는 것으로 해석되어서는 안 된다(예컨대, 단수 표현은 전형적으로는 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다); 그것은 청구 열거를 도입하는데 사용된 정관사의 사용에도 동일하게 유효하다. 부가적으로, 특정 수의 도입된 청구 열거가 명시적으로 열거되어 있더라도, 당업자는 그러한 열거가 전형적으로는 적어도 그 열거된 수를 의미하는 것으로 해석되어야 함을 인식할 것이다(예컨대, 다른 수식어 없이 "2개의 열거"의 기본 열거는 전형적으로는 적어도 2개의 열거 또는 2개 이상의 열거를 의미한다).

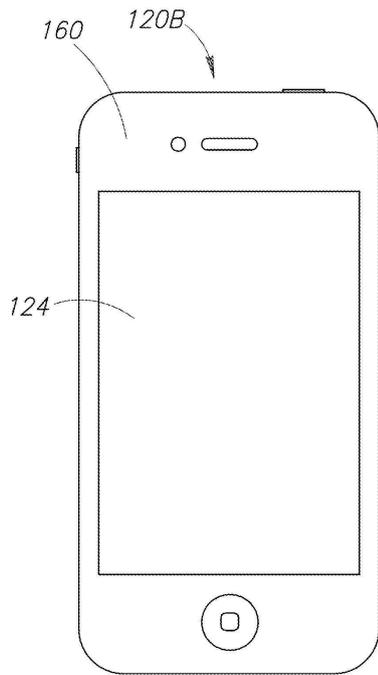
[0175] 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해서와 같은 것을 제외하고는 한정되는 것이 아니다.

**도면**

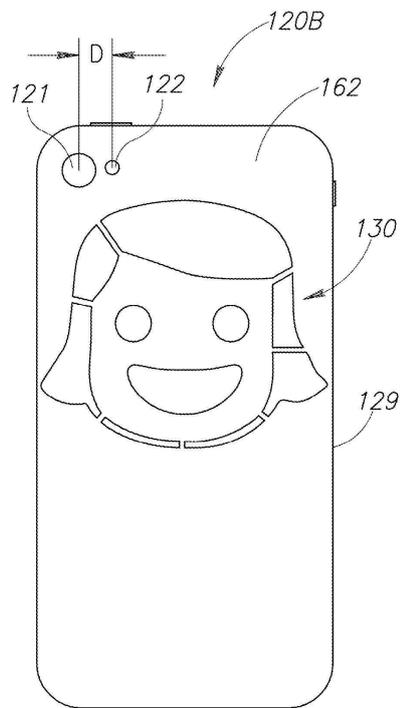
**도면1**



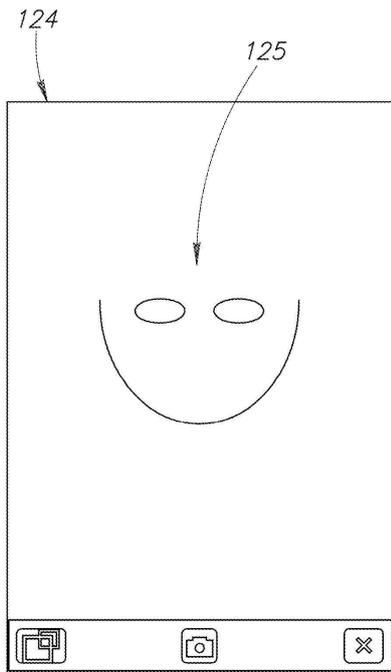
도면2a



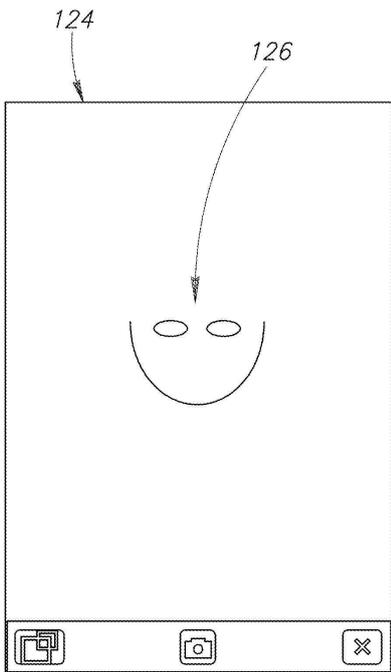
도면2b



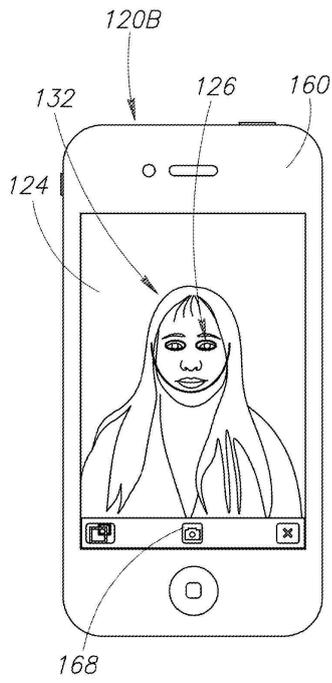
도면3



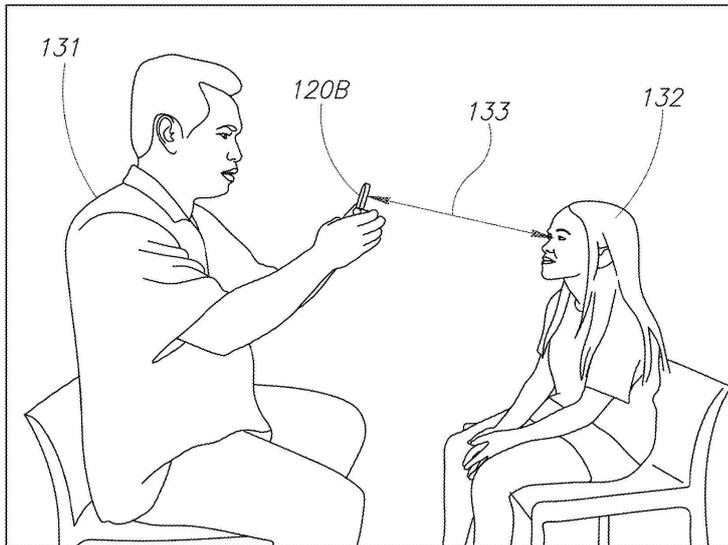
도면4



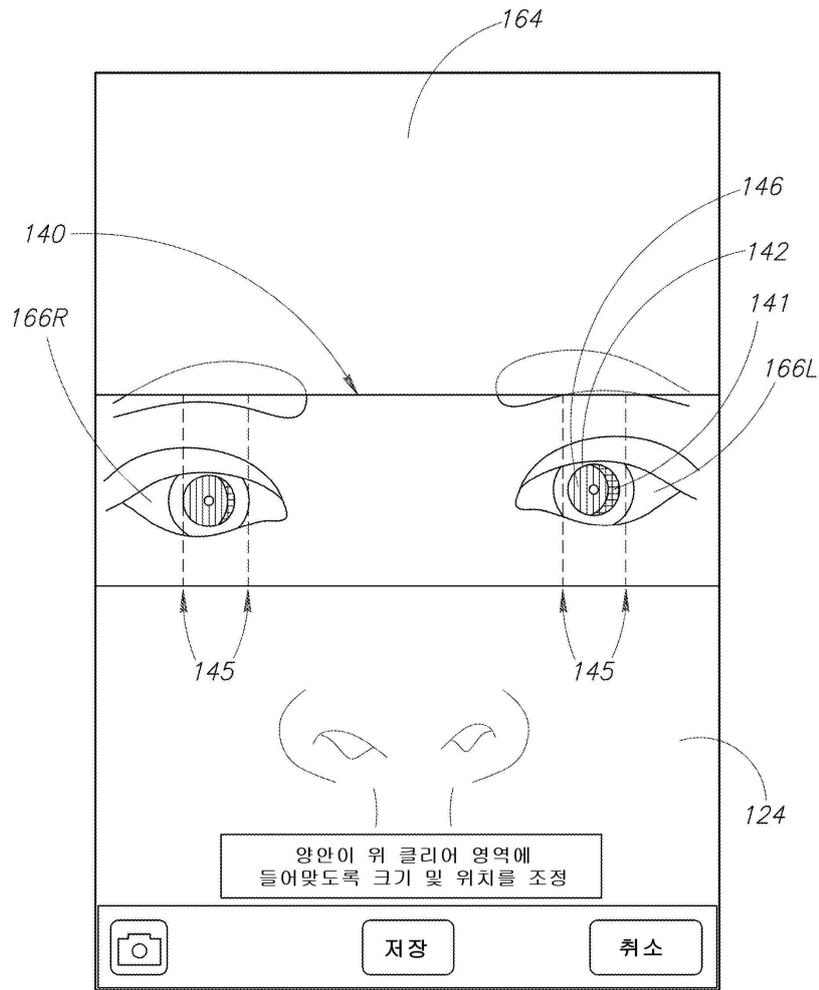
도면5a



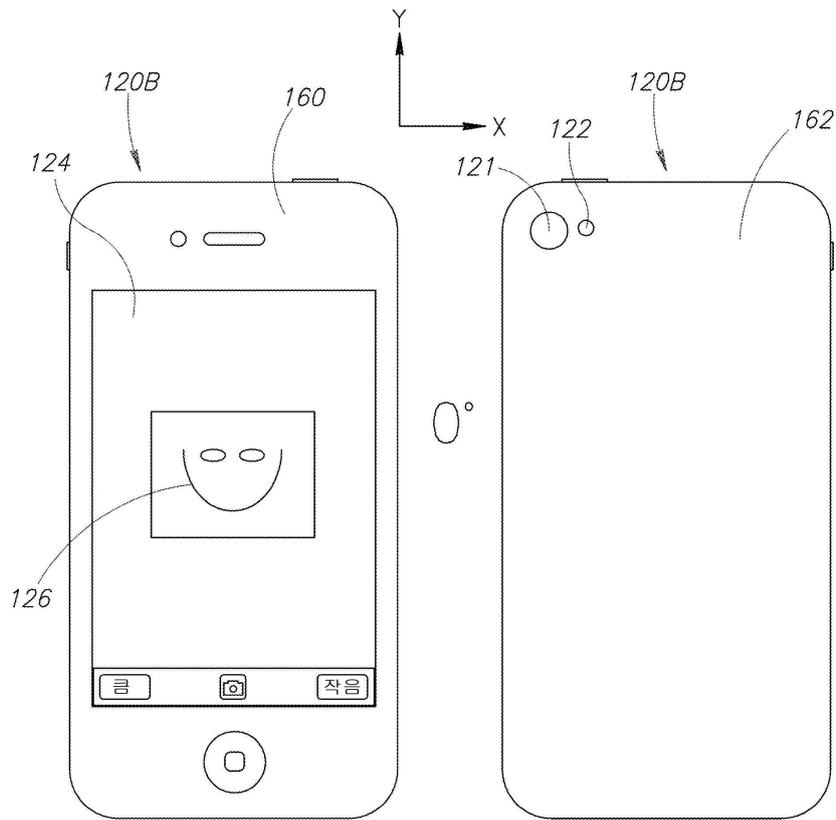
도면5b



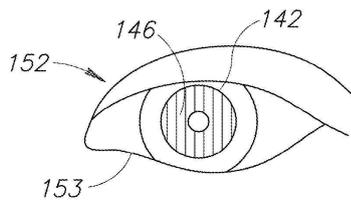
도면5c



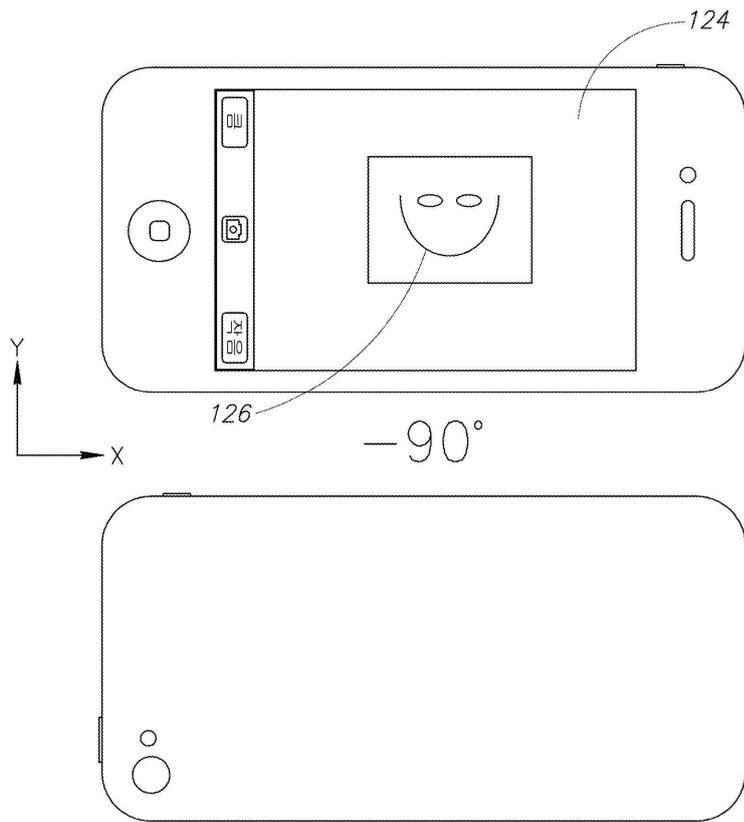
도면6a



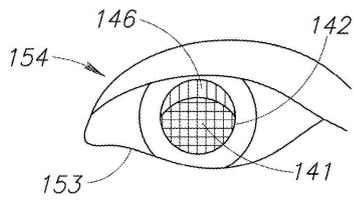
도면6b



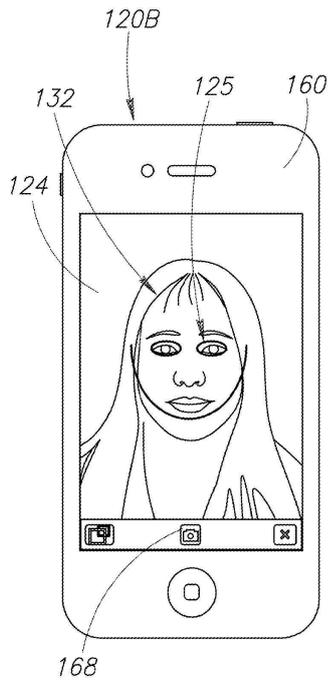
도면6c



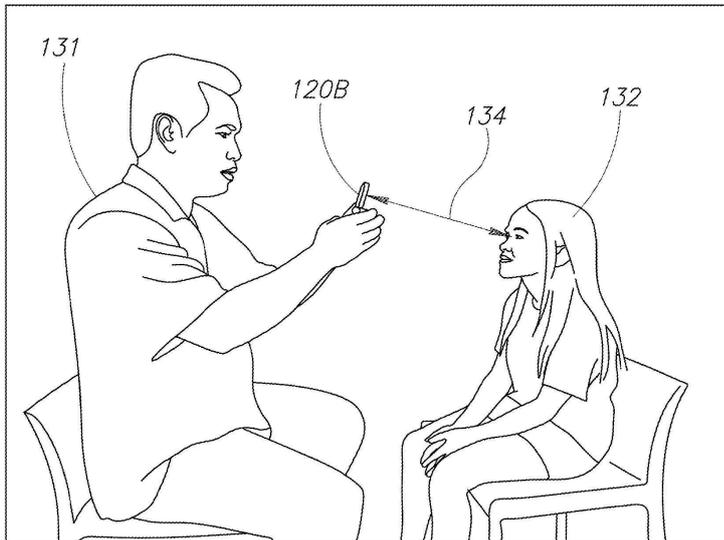
도면6d



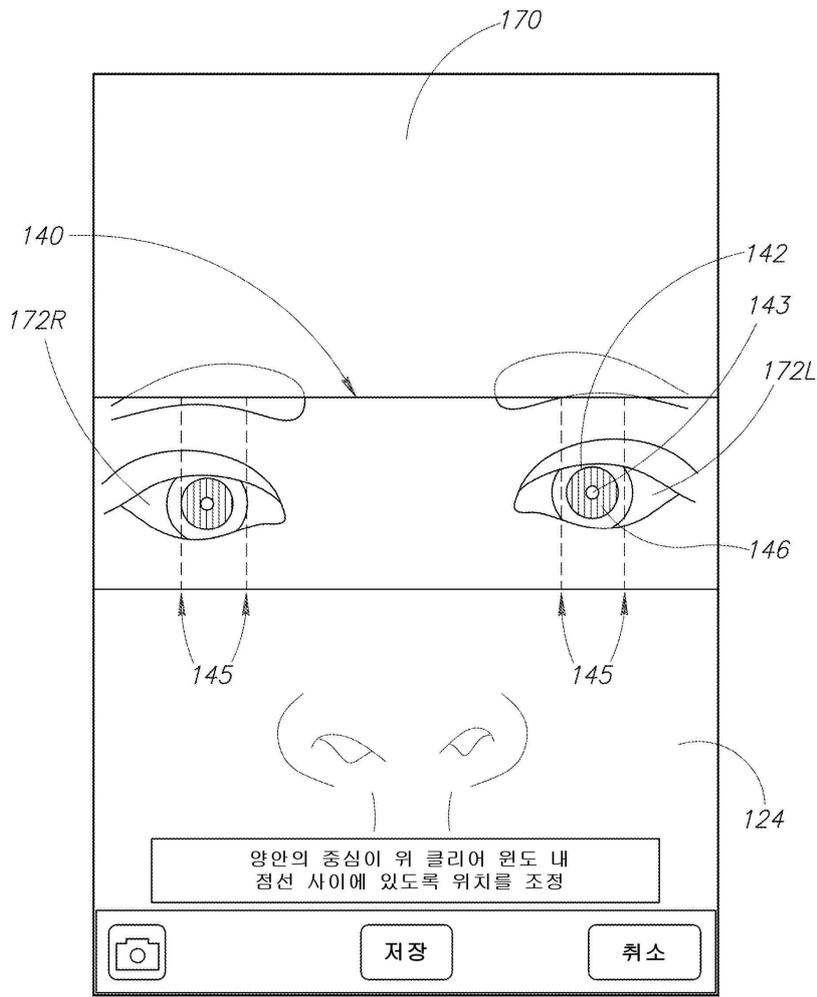
도면7a



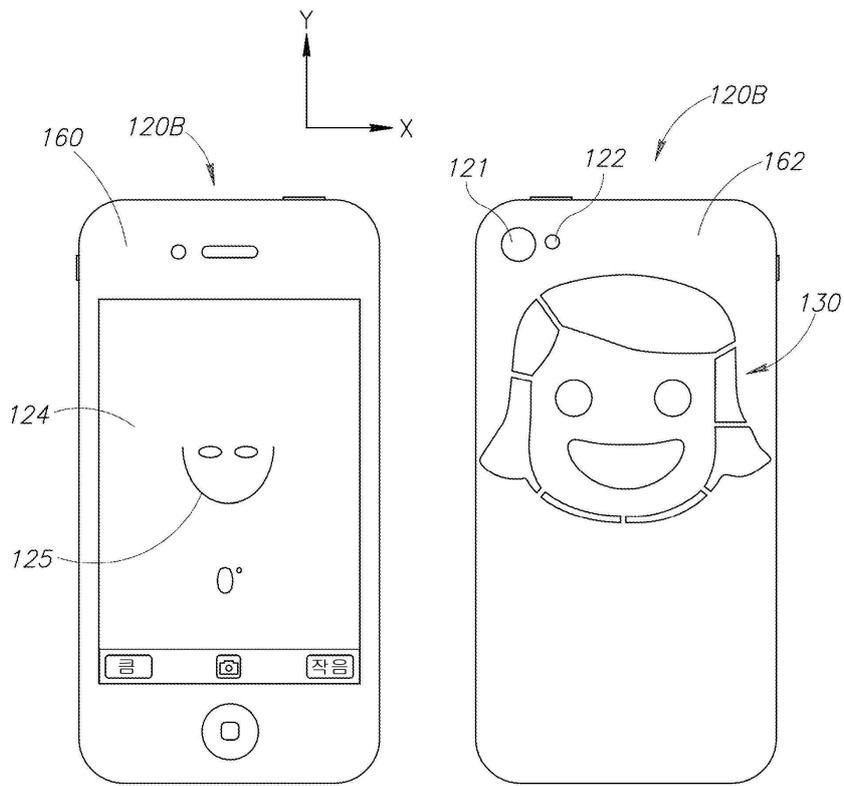
도면7b



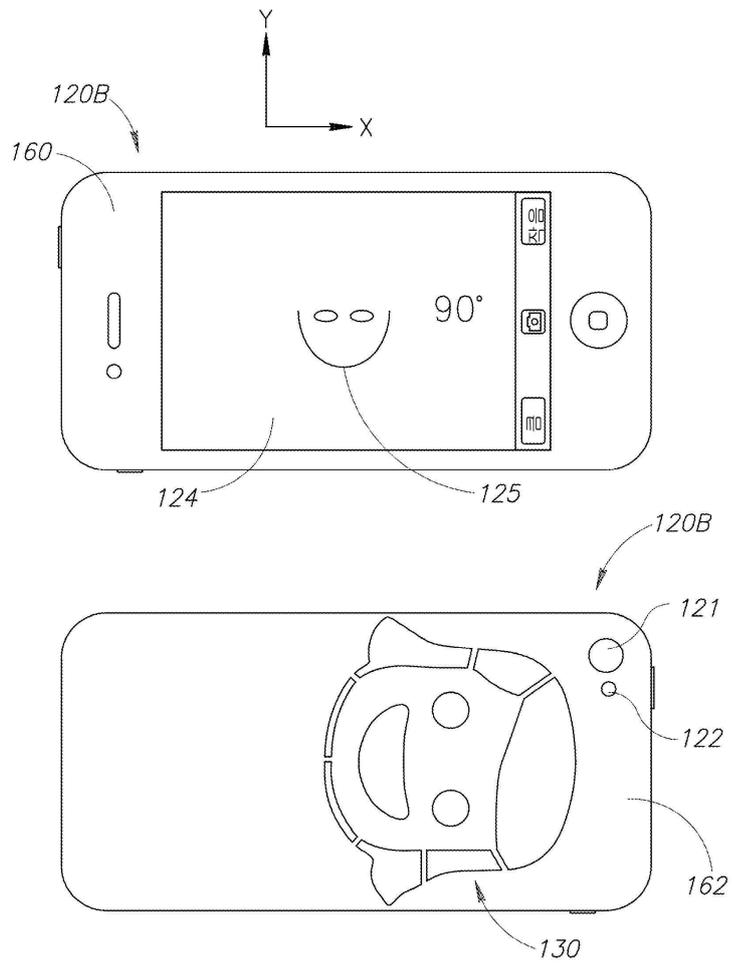
도면7c



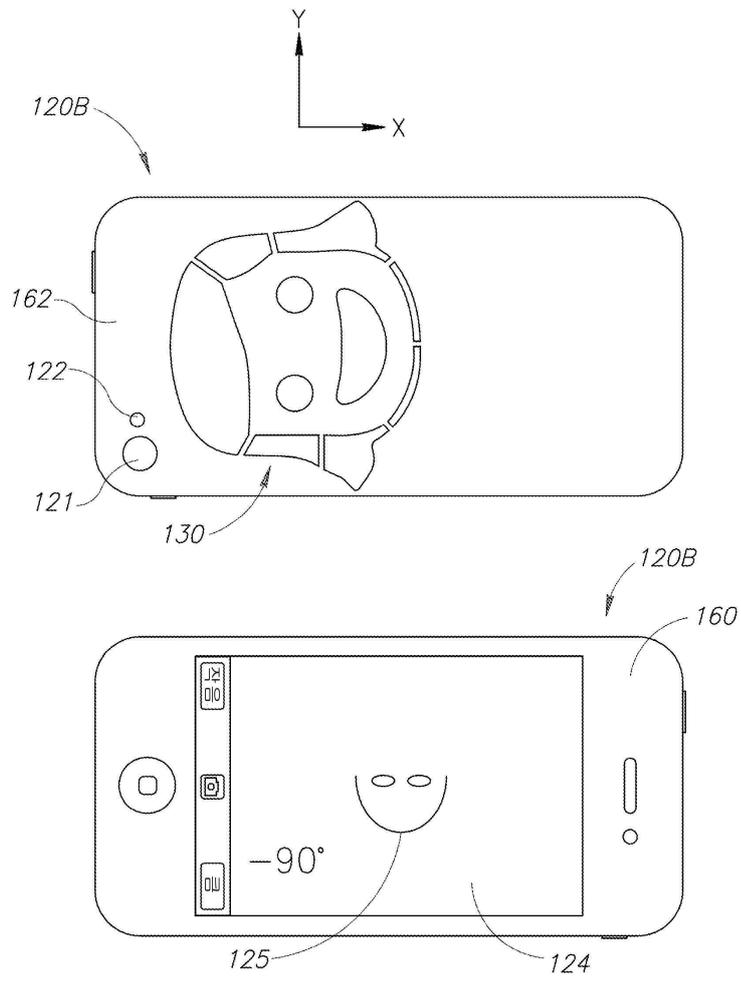
도면8a



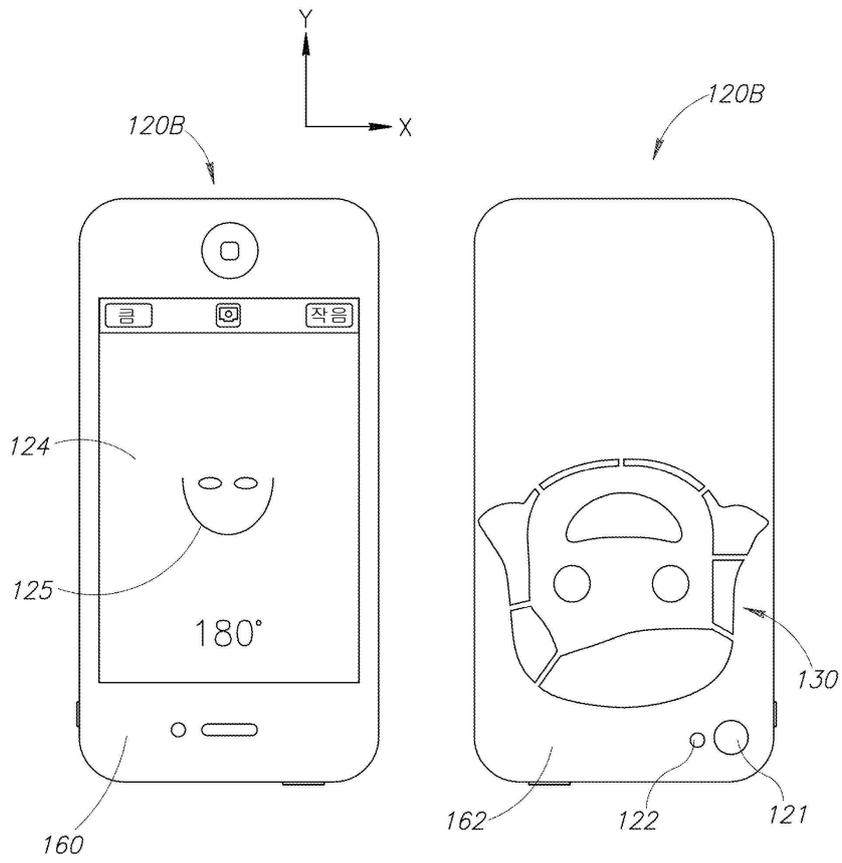
도면8b



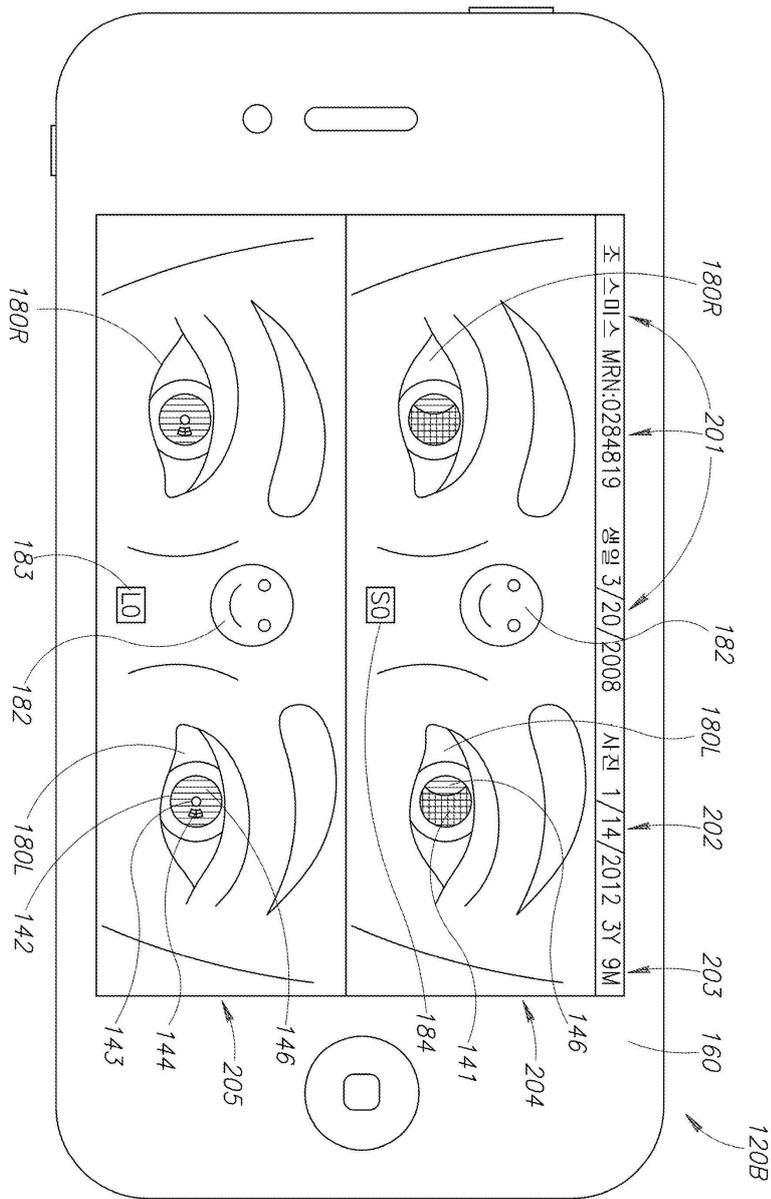
도면8c



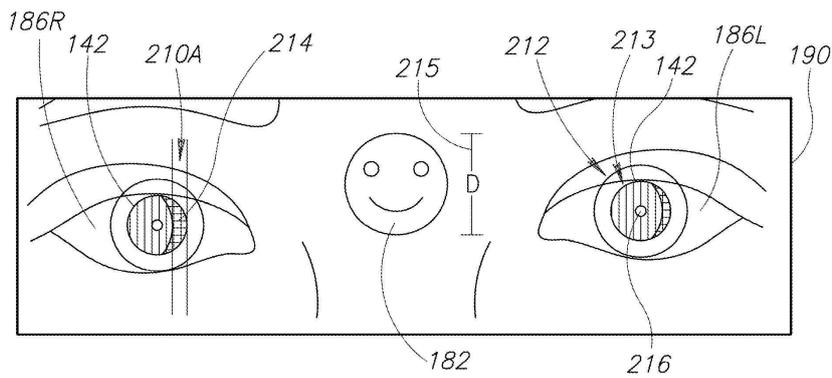
도면8d



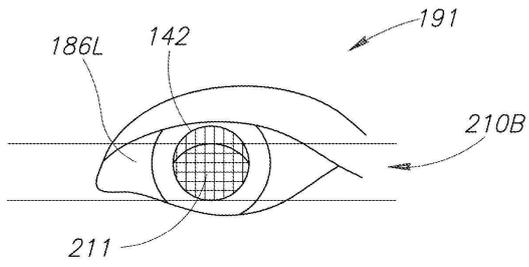
도면9



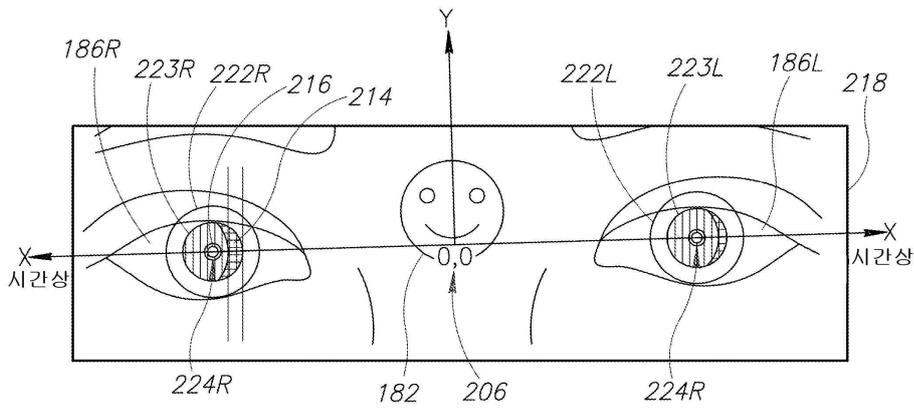
도면10a



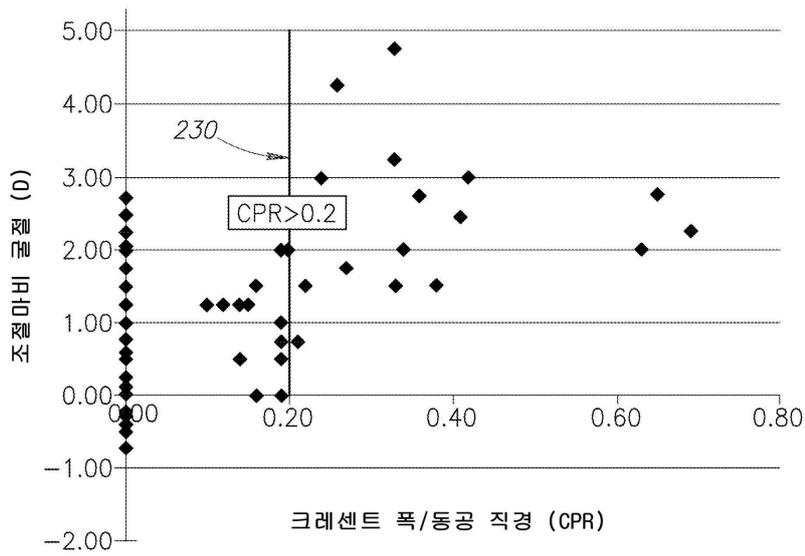
도면10b



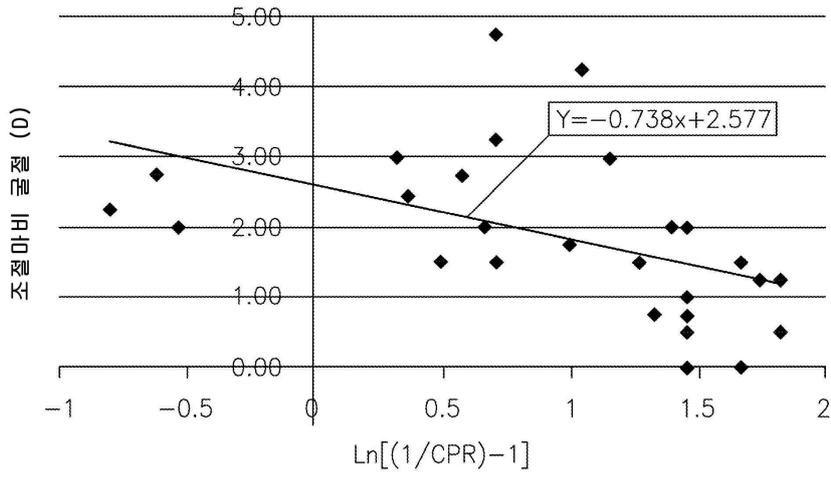
도면11



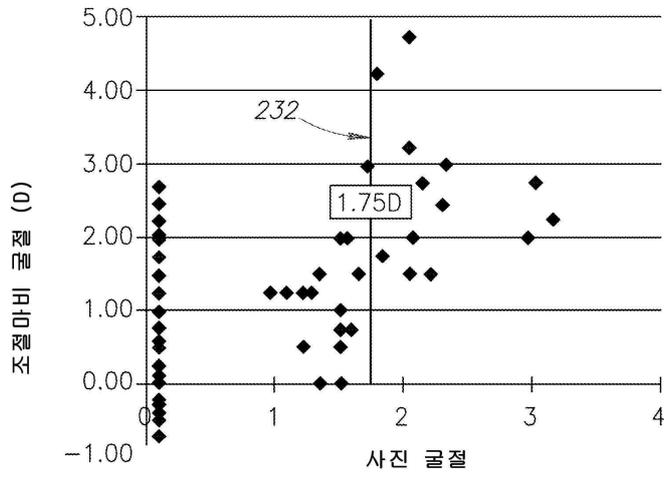
도면12



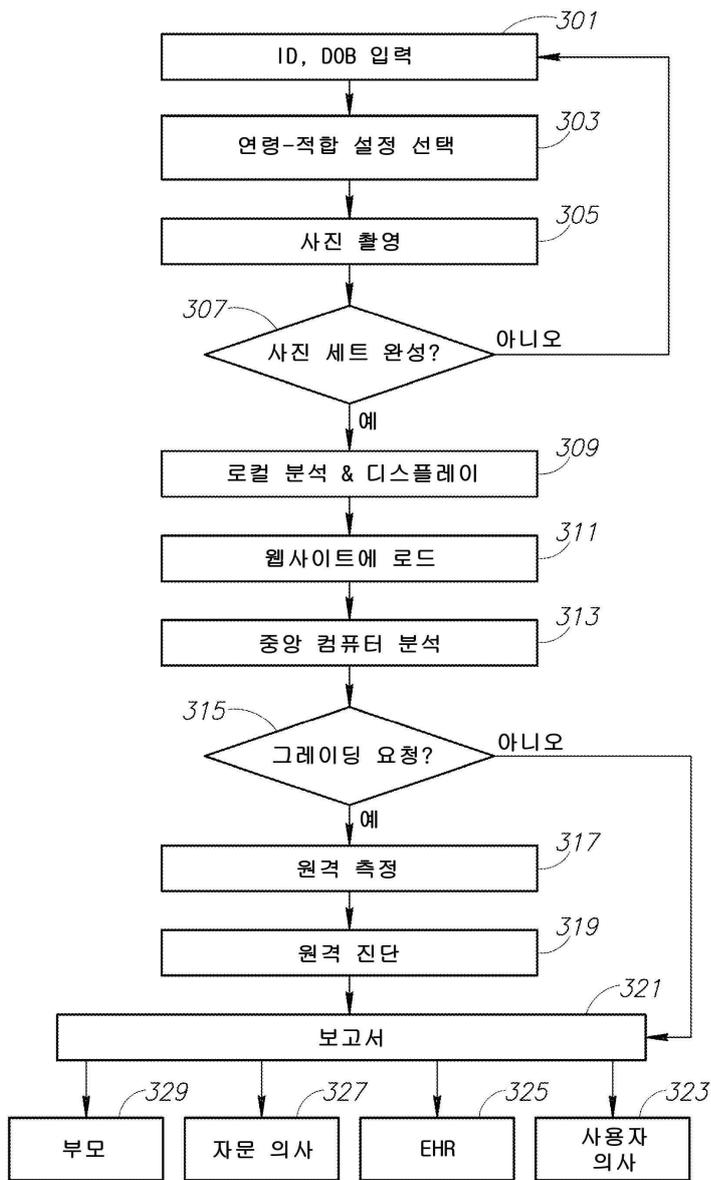
도면13



도면14



도면15



도면16

