



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0108073
(43) 공개일자 2014년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02C 7/04 (2006.01) A61F 2/16 (2006.01)
A61B 3/113 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0036152
(22) 출원일자 2013년04월03일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
13/780,479 2013년02월28일 미국(US)

(71) 출원인
존슨 앤드 존슨 비전 케어, 인코포레이티드
미국 플로리다주 32256 잭슨빌 센츄리온 파크웨이
7500
(72) 발명자
휴 랜달 브렉스톤
미국 플로리다 32259 세인트 존스 체스넛 코트
3216
토너 아담
미국 플로리다 32259 잭슨빌 웨스트 도체스터 드
라이브 1024
오츠 다니엘 비
미국 플로리다 32259 플루이트 코브 드라이브 크릭
코트 1005
(74) 대리인
장훈

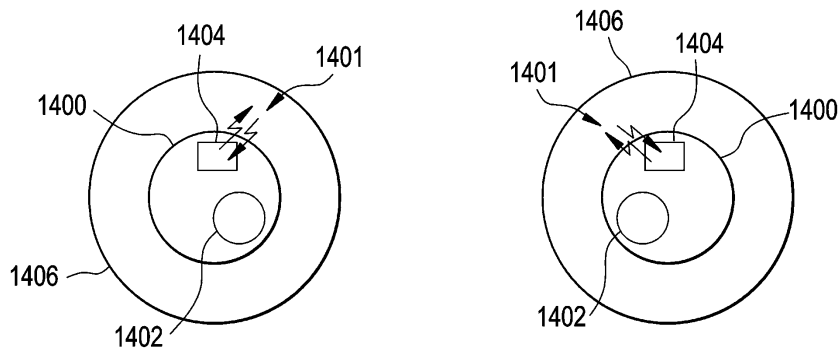
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 **눈 시선 센서를 갖는 전자 안과용 렌즈**

(57) 요약

전자 시스템을 포함하는 안과용 렌즈를 위한 시선 방향 추적 시스템이 본 명세서에 기술된다. 시선 방향 추적 시스템은 안과용 렌즈에 포함되는 전자 시스템의 일부이다. 전자 시스템은 하나 이상의 배터리 또는 다른 전원, 전력 관리 회로, 하나 이상의 센서, 클록 발생 회로, 제어 알고리즘 및 회로, 그리고 렌즈 구동기 회로를 포함한다. 시선 방향 추적 시스템은 동공 위치를 결정하기 위해 이용되고, 이 정보를 사용하여 안과용 렌즈의 다양한 양상을 제어한다.

대표도 - 도14



특허청구의 범위

청구항 1

급전식 안과용 렌즈(powered ophthalmic lens)로서,

광학부(optic zone) 및 주변부(peripheral zone)를 포함하는 콘택트 렌즈; 및

상기 콘택트 렌즈의 상기 주변부에 포함되는 눈 시선 추적 시스템을 포함하고, 상기 눈 시선 추적 시스템은 눈 위치를 결정하고 추적하는 센서, 상기 센서와 상호작용가능하게 연관되는 시스템 제어기로서, 상기 센서로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표에서 시선 방향을 결정하고 추적하여 제어 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 시스템 제어기, 및 상기 출력 제어 신호를 수신하고 사전 결정된 기능을 구현하도록 구성되는 적어도 하나의 작동기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 센서는 눈의 이미지를 캡처하도록 위치한 적어도 하나의 광 검출기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 광 검출기는 눈 움직임을 추적하기 위해 이미지, 패턴 또는 콘트라스트의 변화를 검출하도록 구성되는 후향 카메라를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 센서는 눈 또는 상기 콘택트 렌즈 중 적어도 하나의 움직임을 추적하는 적어도 하나의 가속도계를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 센서는 눈 움직임과 연관되는 신경근 활동을 검출하도록 구성되는 적어도 하나의 신경근 센서를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 상기 센서로부터 신호를 수신하고 디지털 신호 처리를 수행하며 상기 시스템 제어기로 하나 이상을 출력하도록 구성되는 신호 처리기를 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 신호 처리기는 관련 메모리를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 전원을 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 적어도 제2 콘택트 렌즈와의 통신을 위한 통신 시스템을 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 공간 좌표는 2차원인, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 공간 좌표가 3차원인, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 외부 장치와 무선으로 인터페이싱하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 13

급전식 안과용 렌즈로서,
 콘택트 렌즈; 및

상기 콘택트 렌즈에 포함되는 눈 시선 추적 시스템을 포함하고, 상기 눈 시선 추적 시스템은 눈 위치를 결정하고 추적하는 센서, 상기 센서와 상호작용가능하게 연관되는 시스템 제어기로서, 상기 센서로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표에서 시선 방향을 결정하고 추적하여 제어 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 시스템 제어기, 및 상기 출력 제어 신호를 수신하고 사전 결정된 기능을 구현하도록 구성되는 적어도 하나의 작동기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 센서는 눈의 이미지를 캡처하도록 위치된 적어도 하나의 광 검출기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 적어도 하나의 광 검출기는 눈 움직임을 추적하기 위해 이미지, 패턴 또는 콘트라스트의 변화를 검출하도록 구성되는 후향 카메라를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 센서는 눈 또는 상기 콘택트 렌즈 중 적어도 하나의 움직임을 추적하는 적어도 하나의 가속도계를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 센서는 눈 움직임과 연관되는 신경근 활동을 검출하도록 구성되는 적어도 하나의 신경근 센서를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 18

제13항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 상기 센서로부터 신호를 수신하고 디지털 신호 처리를 수행하며 상기 시스템 제어기로 하나 이상을 출력하도록 구성되는 신호 처리기를 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 신호 처리기는 관련 메모리를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 20

제13항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 전원을 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 21

제13항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 적어도 제2 콘택트 렌즈와의 통신을 위한 통신 시스템을 추가로 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 22

제13항에 있어서, 상기 공간 좌표는 2차원인, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 23

제13항에 있어서, 상기 공간 좌표는 3차원인, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 24

제13항에 있어서, 상기 눈 시선 추적 시스템은 외부 장치와 무선으로 인터페이싱하는, 급전식 안과용 렌즈.

청구항 25

급전식 안과용 렌즈로서,

안내 렌즈(intraocular lens); 및

상기 안내 렌즈에 포함되는 눈 시선 추적 시스템을 포함하고, 상기 눈 시선 추적 시스템이 눈 위치를 결정하고 추적하는 센서, 상기 센서와 상호작용가능하게 연관되는 시스템 제어기로서, 상기 센서로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표에서 시선 방향을 결정하고 추적하여 제어 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 시스템 제어기, 및 상기 출력 제어 신호를 수신하고 사전 결정된 기능을 구현하도록 구성되는 적어도 하나의 작동기를 포함하는, 급전식 안과용 렌즈.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 눈 시선 방향을 검출하는 센서 및 관련 하드웨어와 소프트웨어를 갖는 급전식 또는 전자 안과용 렌즈 (powered or eye gaze direction electronic ophthalmic lens)에 관한 것이며, 보다 상세하게는 급전식 또는 전자 안과용 렌즈의 상태를 변경하기 위해 눈 시선 방향을 검출하는 센서 및 관련 하드웨어와 소프트웨어를 포함하는 급전식 또는 전자 안과용 렌즈에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 전자 장치가 계속하여 소형화됨에 따라, 다양한 용도를 위해 착용가능한 또는 매설가능한 마이크로전자 장치를 생성하기가 점점 더 쉬워지고 있다. 그러한 용도는 신체 화학성장(chemistry)의 태양을 모니터링하는 것, 측정에 응답하거나 외부 제어 신호에 응답해, 자동적으로 이루어지는 것을 비롯하여, 다양한 메커니즘을 통해 약물 또는 치료제의 제어된 투입량을 투여하는 것, 및 장기 또는 조직의 수행 능력(performance)을 증대시키는 것을 포함할 수 있다. 그러한 장치의 예는 포도당 주입 펌프, 심장 박동기(pacemaker), 제세동기(defibrillator), 심실 보조 장치(ventricular assist device) 및 경피신경 자극기(neurostimulator)를 포함한다. 새로운, 특히 유용한 응용 분야는 안과용의 착용가능한 렌즈 및 콘택트 렌즈이다. 예를 들어, 착용가능한 렌즈는 눈의 수행 능력을 증대 또는 향상시키기 위해 전자적으로 조절가능한 초점을 갖는 렌즈 조립체를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 조절가능한 초점을 갖거나 갖지 않는 착용가능한 콘택트 렌즈는 각막전(precorneal) (누액) 막 내의 특정 화학물질의 농도를 검출하기 위한 전자 센서를 포함할 수 있다. 렌즈 조립체에서의 매설된 전자기기(electronics)의 사용은 전자기기와의 통신, 전자기기에 전원을 공급하고/하거나 재활성화하는 방법, 전자기기의 상호접속, 내부 및 외부 감지 및/또는 모니터링, 그리고 렌즈의 전체 기능 및 전자기기의 제어를 위한 잠재적인 요건들을 도입한다.

[0003] 사람의 눈은 수백만가지의 색상을 구분하고, 변하는 조명 조건에 쉽게 적응하며, 고속 인터넷 연결의 속도를 능가하는 속도로 신호 또는 정보를 두뇌로 전송하는 능력을 갖는다. 근시, 원시, 노안 및 난시 등의 시각 장애를 교정하기 위해 콘택트 렌즈 및 안내 렌즈(intraocular lens)와 같은 렌즈가 현재 이용되고 있다. 그러나, 시력을 향상시키기 위해서뿐만 아니라 시각 장애를 교정하기 위해서 부가의 구성요소를 포함하는 적절히 설계된 렌즈가 이용될 수 있다.

[0004] 근시, 원시, 난시뿐만 아니라 다른 시력 장애도 교정하기 위해 콘택트 렌즈가 이용될 수 있다. 착용자의 눈의 본래의 모습을 향상시키기 위해 콘택트 렌즈가 또한 이용될 수 있다. 콘택트 렌즈 또는 "콘택트"는 눈의 전방 표면에 간단히 위치되는 렌즈이다. 콘택트 렌즈는 의료 기구로 고려되며, 시력을 교정하고/하거나 미용상 또는 다른 치료상의 이유로 착용될 수 있다. 콘택트 렌즈는 1950년대 이래로 시력을 개선하기 위해 상업적으로 이용되어 왔다. 초기 콘택트 렌즈는 경질 물질로부터 만들어지거나 제조되었고, 비교적 고가이며 부서지기 쉬웠다. 또한, 이들 초기 콘택트 렌즈는 콘택트 렌즈를 통한 결막 및 각막으로의 충분한 산소 투과를 허용하지 않는 물질로부터 제조되었고, 이로 인해 잠재적으로 많은 불리한 임상 효과를 초래할 수 있었다. 이들 콘택트 렌즈가 여전히 이용되지만, 이들은 그들의 부족한 초기 편안함으로 인해 모든 환자에게 적합하지는 않다. 해당 분야의 이후의 개발에 의해 하이드로겔에 기반한 소프트 콘택트 렌즈가 생겼으며, 이는 매우 인기가 있고 현재 널리 이

용된다. 구체적으로, 현재 이용가능한 실리콘 하이드로겔 콘택트 렌즈는 매우 높은 산소 투과성을 갖는 실리콘의 이점을, 하이드로겔의 입증된 편안함 및 임상 성능과 조합한다. 본질적으로, 이들 실리콘 하이드로겔 기반의 콘택트 렌즈는 보다 높은 산소 투과성을 갖고, 일반적으로 초기의 경질 물질로 만들어진 콘택트 렌즈보다 착용하기에 더욱 편안하다.

[0005] 종래의 콘택트 렌즈는 앞서 간략히 기재된 바와 같은 다양한 시력 문제를 교정하기 위해 특정의 형상을 갖는 중합체 구조물이다. 향상된 기능을 달성하기 위해, 다양한 회로 및 구성요소가 이들 중합체 구조물에 통합되어야만 한다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 시력을 교정하기 위해서는 물론 시력을 향상시키는 것뿐만 아니라 부가의 기능을 제공하기 위해, 예를 들어, 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 장치, 전원, 센서, 작동기, 발광 다이오드, 및 소형 안테나가 주문 제작된 광전자 구성요소를 통해 콘택트 렌즈에 통합될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈가 줌인 및 줌아웃 능력을 통해 또는 단순히 렌즈의 굴절 능력을 수정하는 것을 통해 향상된 시력을 제공하도록 설계될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈는, 색상 및 분해능을 향상시키도록, 텍스트 정보를 표시하도록, 음성을 실시간으로 캡션으로 변환하도록, 내비게이션 시스템으로부터 시각적 단서를 제공하도록, 그리고 이미지 처리 및 인터넷 접속을 제공하도록 설계될 수 있다. 렌즈는 착용자가 낮은 조명 조건에서 볼 수 있도록 설계될 수 있다. 적절히 설계된 전자기기 및/또는 렌즈 상에서의 전자기기의 배열은, 예를 들어, 가변 초점 광학 렌즈 없이 망막 상으로 이미지를 투사하는 것, 신규한 이미지 디스플레이를 제공하는 것, 및 심지어 기상 경보(wakeup alert)를 제공하는 것을 가능하게 해줄 수 있다. 대안적으로, 또는 이들 기능 또는 유사한 기능 중 임의의 것에 부가하여, 콘택트 렌즈는 착용자의 생체 지표 및 건강 지표의 비침습적 모니터링을 위한 구성요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 렌즈 내에 매설된 센서는 채혈을 할 필요없이 누액막의 성분을 분석함으로써 당뇨병 환자가 혈당 수준에 관한 색인표(tab)를 유지하게 할 수 있다. 게다가, 적절히 구성된 렌즈는 콜레스테롤, 나트륨 및 칼륨 수준뿐만 아니라 다른 생물학적 지표를 모니터링하기 위한 센서들을 포함할 수 있다. 이는, 무선 데이터 송신기와 결합하면, 환자가 검사실에 가서 채혈하느라 시간을 낭비할 필요없이, 의사가 환자의 혈액 화학성상에 거의 즉각적으로 접근하게 할 수 있다. 게다가, 렌즈에 매설된 센서는 주변광 조건을 보상하기 위해 또는 깜박임 패턴을 결정하는 데 사용하기 위해 눈에 입사하는 광을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0006] 장치들의 적절한 조합은 잠재적으로 무제한의 기능을 제공할 수 있지만, 광학 등급의 중합체편에 부가의 구성요소를 포함시키는 것과 연관된 많은 어려움이 있다. 일반적으로, 여러가지 이유로 인해 그러한 구성요소들을 렌즈 상에 직접 제조하는 것뿐만 아니라, 비평면 표면 상에 평면 장치를 장착 및 상호접속시키는 것은 어렵다. 또한, 소정 축적으로 제조하는 것이 어렵다. 렌즈 상에 또는 렌즈 내에 배치될 구성요소를 소형화하여 단지 1.5 제곱 센티미터의 투명 중합체 상에 통합시키면서 구성요소를 눈에서의 액체 환경으로부터 보호할 필요가 있다. 또한, 부가의 구성요소의 증가된 두께로 인해 콘택트 렌즈를 착용자에게 편안하고 안전하게 제조하는 것은 어렵다.

[0007] 콘택트 렌즈와 같은 안과용 장치의 면적 및 체적 제약과, 그것이 이용되는 환경을 고려하면, 장치의 물리적 실현은 대부분이 광학 플라스틱을 포함하는 비-평면 표면 상에 다수의 전자 구성요소를 장착 및 상호접속시키는 것을 포함한 많은 문제를 극복하여야 한다. 따라서, 기계적으로 그리고 전기적으로 강건한 전자 콘택트 렌즈를 제공할 필요성이 존재한다.

[0008] 이들이 급전식 렌즈이기 때문에, 안과용 렌즈에 대한 크기에서 배터리 기술이 주어진 경우, 전자기기를 구동하는 에너지 또는 보다 상세하게는 전류 소모가 관심사이다. 보통의 전류 소모에 더하여, 이러한 특성의 급전식 장치 또는 시스템은 일반적으로 대기 전류 비축, 잠재적으로 넓은 범위의 동작 파라미터에 걸쳐 동작을 보장하는 정확한 전압 제어 및 스위칭 기능, 및 잠재적으로 수년 동안 유향 상태로 있는 후의 버스트 소모량(burst consumption), 예를 들어 한번의 충전으로 최대 18 시간을 필요로 한다. 따라서, 요구되는 전력을 제공하면서 저비용, 장기간 신뢰가능한 서비스, 안전 및 크기에 최적화되어 있는 시스템에 대한 필요성이 존재한다.

[0009] 게다가, 급전식 렌즈와 연관된 기능의 복잡성 및 급전식 렌즈를 구성하는 모든 구성요소들 사이의 높은 수준의 상호작용으로 인해, 급전식 안과용 렌즈를 구성하는 전자기기 및 광학계의 전체적인 동작을 조정하고 제어할 필요가 있다. 따라서, 안전하고 저비용이며 신뢰할 수 있고, 낮은 전력 소모율을 가지며, 안과용 렌즈에 포함시키기 위해 크기조정가능한 다른 구성요소들 모두의 동작을 제어하는 시스템에 대한 필요성이 있다.

[0010] 급전식 또는 전자 안과용 렌즈는 급전식 또는 전자 안과용 렌즈를 이용하는 사람으로부터의 소정의 독특한 생리학적 기능을 고려해야할 수도 있다. 보다 구체적으로, 급전식 렌즈는, 주어진 기간에서의 깜박임의 수, 깜박임의 지속기간, 깜박임들 사이의 시간, 및 임의의 수의 가능한 깜박임 패턴들, 예를 들어 사람이 졸고 있는 경우

를 비롯한 깜박임을 고려해야할 수도 있다. 소정의 기능을 제공하기 위해 깜박임 검출이 또한 이용될 수 있는데, 예를 들어 급전식 안과용 렌즈의 하나 이상의 양상을 제어하는 수단으로서 깜박임이 이용될 수 있다. 부가적으로, 깜박임을 측정할 때 광 세기 수준의 변화 및 사람의 눈꺼풀이 차단하는 가시광의 양과 같은 외부 인자가 고려되어야 한다. 예를 들어, 실내가 54 내지 161 룩스의 조명 수준을 가지는 경우, 광센서는 사람이 깜박일 때 일어나는 광 세기 변화를 검출하기에 충분하게 민감해야 한다.

[0011] 많은 시스템 및 제품에서, 예를 들어, 실내 광에 따라 밝기를 조정하기 위해 텔레비전에서, 해질무렵에 켜지는 조명, 및 화면 밝기를 조정하는 진화에서 주변광 센서 또는 광 센서가 이용된다. 그러나, 이들 현재 이용되는 센서 시스템이 충분히 작지 않고/않거나 콘택트 렌즈에 포함하기에 충분히 낮은 전력 소모를 가지고 있지 않다.

[0012] 또한, 상이한 유형의 깜박임 검출기들이 사람의 눈(들)으로 향해 있는 컴퓨터 시각 시스템, 예를 들어 컴퓨터에 대해 디지털화된 카메라에 의해 구현될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 컴퓨터 상에서 실행되는 소프트웨어는 눈이 열리고 닫히는 것과 같은 시각적 패턴을 인식할 수 있다. 이들 시스템은 진단 목적 및 연구를 위해 안과용 임상 환경에서 이용될 수 있다. 전송된 검출기 및 시스템과 달리, 이들 시스템은 오프-아이(off eye) 용도를 위해 그리고 눈으로부터 멀리 보기보다는 눈을 보기 위해 의도된다. 이들 시스템이 콘택트 렌즈 내에 포함되기에 충분히 작지 않지만, 이용되는 소프트웨어는 급전식 콘택트 렌즈와 관련하여 동작하는 소프트웨어와 유사할 수 있다. 어느 시스템이든 입력으로부터 학습하고 그에 따라 그의 출력을 조정하는 인공 신경망의 소프트웨어 구현을 포함할 수 있다. 대안적으로, 통계, 다른 적응적 알고리즘, 및/또는 신호 처리를 포함하는 비생물학 기반 소프트웨어 구현이 스마트 시스템을 생성하는 데 이용될 수 있다.

[0013] 따라서, 깜박임과 같은 소정의 생리학적 기능을 검출하고 이를 이용하여 센서에 의해 검출된 깜박임 시퀀스의 유형에 따라 전자 또는 급전식 안과용 렌즈를 활성화 및/또는 제어하는 수단 및 방법에 대한 필요성이 있다. 이용되는 센서는 콘택트 렌즈에서 사용되도록 크기 설정되고 구성되어야 한다.

[0014] 대안적으로, 소정 상황에서 콘택트 렌즈의 기능을 제어하기 위해, 깜박임보다는 또는 깜박임에 부가하여, 동공 모임(pupil convergence)이 이용될 수 있다. 사람이 근방의 물체에 초점을 맞출 때, 예를 들어 독서를 할 때, 양쪽 눈의 시선을 동일한 위치에 고정시키기 위해 그의 동공이 모인다. 이 현상은 시스템의 기하학적 형태, 2개의 눈과 초점 영역에 의해 형성되는 삼각형, 및 특정의 근방의 물체에 가지는 관심에 기초한다. 근방의 물체를 응시할 때 명확하고 편안한 시력을 보장해주기 위해 안경, 입체경, 및 관련 기기의 설계에서, 이 효과가 사용된다. 이 효과는 또한 임상 환경에서, 예를 들어 카메라로 사용자의 동공 위치들을 관측하고 패턴 인식 기능을 수행하여 그 위치들을 기록함으로써 모니터링될 수 있다. 동공 모임은 또한 안경 렌즈에 구현된 유사한 카메라 및 검출 시스템에 의해 검출될 수 있다.

[0015] 동공 모임과 근방의 물체에 초점을 맞추는 것 사이의 상관 관계로 인해, 전자 안과용 렌즈에서의 동작, 예를 들어 노안인 사람이 근방의 물체에 초점을 맞추게 하기 위해 가변 굴절력 광학계의 굴절력을 변경하는 것을 트리거하는 데 동공 모임이 사용될 수 있다. 동공 모임에 더하여, 사람의 시선 방향이 추적될 수 있고, 이러한 추적 정보는 급전식 안과용 렌즈를 제어하는 데 이용될 수 있다.

[0016] 따라서, 동공 모임 및 시선 방향과 같은 소정의 생리학적 기능을 검출하고 이들을 이용하여 센서에 의해 검출된 동공 모임에 따라 전자 또는 급전식 안과용 렌즈를 활성화 및/또는 제어하는 수단 및 방법에 대한 필요성이 있다. 이용되는 센서는 바람직하게는 급전식 또는 전자 콘택트 렌즈에서 사용되도록 크기 설정 및 구성된다.

발명의 내용

[0017] 본 발명에 따른 시선 방향 센서를 갖는 전자 안과용 렌즈는 위에서 간략히 기술된 바와 같이 종래 기술과 연관된 제한을 극복한다. 센서는 전자 안과용 장치의 상태를 변경하는, 예를 들어 노안인 사용자를 위해 초점을 변경하는 편리한 방법으로서 동공 위치를 검출 및 추적한다. 부피가 큰 외부 관측 장비 또는 안경 렌즈를 필요로 하는 대신에, 상기 센서가 콘택트 렌즈에 통합된다. 센서 시스템은 콘택트 렌즈에 구현되기 위해 필요한 저전력 소모 및 작은 크기를 갖는다. 이 시스템은 편안하고 자연스런 사용을 위해 필요한 신호 조절 및 샘플 레이트를 갖는다. 이 시스템은 거짓 양성 및 거짓 음성 모임 검출을 피하기 위해 필요한 신호 조절 및 통신 방법을 갖는다.

[0018] 일 태양에 따르면, 본 발명은 급전식 안과용 렌즈에 관한 것이다. 급전식 안과용 렌즈는 광학부(optic zone) 및 주변부(peripheral zone)를 포함하는 콘택트 렌즈; 및 콘택트 렌즈의 주변부에 포함되는 눈 시선 추적 시스템을 포함하고, 눈 시선 추적 시스템은 눈 위치를 결정하고 추적하는 센서, 센서와 상호작용가능하게 연관되는 시스템 제어기로서, 센서로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표에서 시선 방향을 결정하고 추적하여 제어 신호를

출력하도록 구성되는, 상기 시스템 제어기, 및 출력 제어 신호를 수신하고 사전 결정된 기능을 구현하도록 구성되는 적어도 하나의 작동기를 포함한다.

[0019] 다른 태양에 따르면, 본 발명은 급전식 안과용 렌즈에 관한 것이다. 급전식 안과용 렌즈는 콘택트 렌즈; 및 콘택트 렌즈에 포함되는 눈 시선 추적 시스템을 포함하고, 눈 시선 추적 시스템은 눈 위치를 결정하고 추적하는 센서, 센서와 상호작용가능하게 연관되는 시스템 제어기로서, 센서로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표에서 시선 방향을 결정하고 추적하여 제어 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 시스템 제어기, 및 출력 제어 신호를 수신하고 사전 결정된 기능을 구현하도록 구성되는 적어도 하나의 작동기를 포함한다.

[0020] 또 다른 태양에 따르면, 본 발명은 급전식 안과용 렌즈에 관한 것이다. 급전식 안과용 렌즈는 안내 렌즈; 및 안내 렌즈에 포함되는 눈 시선 추적 시스템을 포함하고, 눈 시선 추적 시스템은 눈 위치를 결정하고 추적하는 센서, 센서와 상호작용가능하게 연관되는 시스템 제어기로서, 센서로부터의 정보에 기초하여 공간 좌표에서 시선 방향을 결정하고 추적하여 제어 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 시스템 제어기, 및 출력 제어 신호를 수신하고 사전 결정된 기능을 구현하도록 구성되는 적어도 하나의 작동기를 포함한다.

[0021] 눈 추적은 사람이 어디를 바라보는지, 즉 응시 지점, 또는 머리에 대한 눈의 움직임 중 어느 하나 또는 둘 모두를 결정하는 프로세스이다. 사람의 시선 방향은 머리의 배향 및 눈의 배향에 의해 결정된다. 보다 구체적으로는, 사람의 머리의 배향은 시선의 전체 방향을 결정하는 반면, 사람의 눈의 배향은 정확한 시선 방향을 결정하는데, 시선 방향은 이어서 머리의 배향에 의해 제한된다. 사람이 어디를 응시하는지의 정보는 사람의 관심 초점을 결정하는 능력을 제공할 수 있고, 이 정보는 인지 과학, 심리학, 인간-컴퓨터 상호작용, 시장 조사, 및 의학 연구를 비롯한 임의의 수의 훈련 또는 응용에서 이용될 수 있다. 예를 들어, 눈 시선 방향은 다른 동작을 제어하기 위해 제어기 또는 컴퓨터에의 직접 입력으로서 이용될 수 있다. 다시 말하면, 고도로 복잡한 기능을 비롯하여 다른 장치의 동작을 제어하기 위해 간단한 눈 움직임이 이용될 수 있다. 터치 스크린 및 스마트폰 응용들에서 흔하게 된 "스 와이프(swipe)", 예를 들어 장치를 잠금 해제하기 위해 스 와이프하는 것, 응용들을 변경하는 것, 페이지를 변경하는 것, 줌인 또는 줌아웃 등과 유사한 방식으로 간단한 눈 움직임이 이용될 수 있다. 마비된 사람에 대해 통신 및 기능을 복원하기 위해 눈 시선 추적 시스템, 예를 들어 눈 움직임을 사용하여 컴퓨터를 작동시키는 것이 현재 이용되고 있다. 임의의 수의 상업적 응용들, 예를 들어 사람이 텔레비전을 보고 있을 때 무엇에 관심을 집중하고 있는지, 웹사이트를 브라우징하는 것 등에서 눈 추적 또는 시선 추적이 또한 이용될 수 있다. 이 추적으로부터 수집된 데이터는 특정의 시각적 패턴의 증거를 제공하기 위해 통계적으로 분석될 수 있다. 따라서, 눈 또는 동공 움직임을 검출하는 것으로부터 발생된 정보가 광범위한 응용들에서 이용될 수 있다.

[0022] 비디오-기반 눈 추적기, 탐색 코일, 및 전기 안구도(electrooculogram)를 생성하는 장치를 비롯한, 눈 움직임을 추적하는 다수의 현재 이용가능한 장치들이 있다. 탐색 코일 또는 유도성 센서는 주변의 자기장의 변동을 측정하는 장치이다. 본질적으로, 다수의 코일들이 콘택트 렌즈 유형의 장치에 매설될 수 있고, 코일에서 발생하는 전류의 극성 및 크기가 눈의 방향 및 각변위에 따라 변한다. 눈의 양측에 배치된 전극들 사이의 전기 전위의 차이에 기초하여 눈 움직임 및 눈 위치의 검출을 위한 장치에 의해 전기 안구도가 생성된다. 이들 장치 모두는 착용식의 편안한 전자 안과용 렌즈 또는 급전식 콘택트 렌즈에서 사용하기에는 적합하지 않다. 따라서, 다른 예시적인 실시예에 따르면, 본 발명은 콘택트 렌즈 내에 직접 포함되는 시선 센서를 포함하는 급전식 콘택트 렌즈에 관한 것이다.

[0023] 본 발명은, 더 일반적으로는, 가변 초점 광학계(포함된 경우)를 작동시키는 것을 비롯한 다수의 기능을 수행하는 전자 시스템을 포함하는 급전식 콘택트 렌즈에 관한 것이다. 전자 시스템은 하나 이상의 배터리 또는 다른 전원, 전력 관리 회로, 하나 이상의 센서, 클럭 발생 회로, 제어 알고리즘 및 회로, 그리고 렌즈 구동기 회로를 포함한다.

[0024] 급전식 안과용 렌즈의 제어가 렌즈와 무선으로 통신하는 수동으로 조작되는 외부 장치, 예를 들어 핸드헬드 원격 유닛을 통해 달성될 수 있다. 대안적으로, 급전식 안과용 렌즈의 제어가 착용자로부터 직접의 제어 신호 또는 피드백을 통해 달성될 수 있다. 예를 들어, 렌즈에 내장된 센서는 깜박임 및/또는 깜박임 패턴을 검출할 수 있다. 깜박임의 패턴 또는 시퀀스에 기초하여, 급전식 안과용 렌즈는 가까이 있는 물체 또는 멀리 있는 물체에 초점을 맞추기 위해 상태, 예를 들어 그의 굴절력을 변화시킬 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 동공 모임 및/또는 시선 방향은 급전식 안과용 렌즈의 상태를 변경시키기 위해 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025]

본 발명의 상기 및 다른 특징 및 이점은 첨부된 도면에 도시된 바와 같은 본 발명의 바람직한 실시예의 하기의 보다 구체적인 설명으로부터 명백하게 될 것이다.

<도 1>

도 1은 본 발명의 일부 실시예에 따른 깜박임 검출 시스템을 포함하는 예시적인 콘택트 렌즈를 도시하는 도면.

<도 2>

도 2는 본 발명에 따른, 다양한 광 세기 수준 대 시간에서 기록된 가능한 비자발적인 깜박임 패턴을 예시하는 눈의 표면에 입사하는 광 대 시간, 그리고 최대 광 세기 수준과 최소 광 세기 수준 사이의 어떤 지점에 기초한 사용가능한 임계치 수준을 나타내는 그래프.

<도 3>

도 3은 본 발명에 따른 깜박임 검출 시스템의 예시적인 상태 천이도.

<도 4>

도 4는 본 발명에 따른 수신된 광 신호를 검출하고 샘플링하는 데 이용되는 광 검출 경로의 개략도.

<도 5>

도 5는 본 발명에 따른 디지털 조절 논리의 블록도.

<도 6>

도 6은 본 발명에 따른 디지털 검출 논리의 블록도.

<도 7>

도 7은 본 발명에 따른 예시적인 타이밍도.

<도 8>

도 8은 본 발명에 따른 디지털 시스템 제어기의 개략도.

<도 9>

도 9는 본 발명에 따른 자동 이득 제어의 예시적인 타이밍도.

<도 10>

도 10은 본 발명에 따른 예시적인 집적 회로 다이 상의 광 차단 영역 및 광 통과 영역의 개략도.

<도 11>

도 11은 본 발명에 따른 급전식 콘택트 렌즈를 위한, 깜박임 검출기를 포함한 예시적인 전자 삽입물의 개략도.

<도 12a>

도 12a는 멀리 있는 물체를 응시하고 있는 사람의 눈을 개략적으로 나타내는 전방 사시도.

<도 12b>

도 12b는 도 12a의 눈을 개략적으로 나타내는 상부 사시도.

<도 13a>

도 13a는 근방의 물체를 응시하고 있는 사람의 눈을 개략적으로 나타내는 전방 사시도.

<도 13b>

도 13b는 도 13a의 눈을 개략적으로 나타내는 상부 사시도.

<도 14>

도 14는 본 발명에 따른 2개의 눈들 사이의 동작을 동기화시키는 통신 채널을 갖는 2개의 예시적인 동공 위치 및 모임 센서들의 개략도.

<도 15a>

도 15a는 본 발명에 따른 콘택트 렌즈에 포함된 예시적인 동공 위치 및 모임 검출 시스템의 개략도.

<도 15b>

도 15b는 도 15a의 예시적인 동공 위치 및 모임 검출 시스템의 확대도.

<도 16>

도 16은 동공 모임과 초점 거리 사이의 상관관계의 예시적인 그래프의 개략도.

<도 17a>

도 17a는 우측을 응시하는 사람의 눈들의 개략 전방 사시도.

<도 17b>

도 17b는 도 17a의 눈들의 개략 상부 사시도.

<도 18>

도 18은 본 발명에 따른 2차원에서의 다양한 시선 방향들과 연관된 기하학적 형태의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 종래의 콘택트 렌즈는 앞서 간략히 기재된 바와 같은 다양한 시력 문제를 교정하기 위해 특정의 형상을 갖는 중합체 구조물이다. 향상된 기능을 달성하기 위해, 다양한 회로 및 구성요소가 이들 중합체 구조물에 통합될 수 있다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 시력을 교정하기 위해서는 물론 시력을 향상시키는 것뿐만 아니라 부가의 기능을 제공하기 위해, 예를 들어, 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 장치, 전원, 센서, 작동기, 발광 다이오드, 및 소형 안테나가 주문 제작된 광전자 구성요소를 통해 콘택트 렌즈에 통합될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈가 줌인 및 줌아웃 능력을 통해 또는 단순히 렌즈의 굴절 능력을 수정하는 것을 통해 향상된 시력을 제공하도록 설계될 수 있다. 전자 및/또는 급전식 콘택트 렌즈는, 색상 및 분해능을 향상시키도록, 텍스트 정보를 표시하도록, 음성을 실시간으로 캡션으로 변환하도록, 내비게이션 시스템으로부터 시각적 단서를 제공하도록, 그리고 이미지 처리 및 인터넷 접속을 제공하도록 설계될 수 있다. 렌즈는 착용자가 낮은 조명 조건에서 볼 수 있도록 설계될 수 있다. 적절히 설계된 전자기기 및/또는 렌즈 상에서의 전자기기의 배열은, 예를 들어, 가변 초점 광학 렌즈 없이 망막 상으로 이미지를 투사하는 것, 신규한 이미지 디스플레이를 제공하는 것, 및 심지어 기상 정보를 제공하는 것을 가능하게 해줄 수 있다. 대안적으로, 또는 이들 기능 또는 유사한 기능 중 임의의 것에 부가하여, 콘택트 렌즈는 착용자의 생체 지표 및 건강 지표의 비침습적 모니터링을 위한 구성요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 렌즈 내에 매설된 센서는 채혈을 할 필요없이 누액막의 성분을 분석함으로써 당뇨병 환자가 혈당 수준에 관한 색인표(tab)를 유지하게 할 수 있다. 게다가, 적절히 구성된 렌즈는 콜레스테롤, 나트륨 및 칼륨 수준뿐만 아니라 다른 생물학적 지표를 모니터링하기 위한 센서들을 포함할 수 있다. 이는 무선 데이터 송신기와 결합하면 환자가 검사실에 가서 채혈하느라 시간을 낭비할 필요없이, 의사가 환자의 혈액 화학성상에 거의 즉각적으로 접근하게 할 수 있다. 게다가, 렌즈에 매설된 센서는 주변광 조건을 보상하기 위해 또는 깜박임 패턴을 결정하는 데 사용하기 위해 눈에 입사하는 광을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0027] 본 발명의 급전식 또는 전자 콘택트 렌즈는 전술된 시각 장애들 중 하나 이상을 가지고 있는 환자의 시력을 교정하고/하거나 향상시키는 데 또는 유용한 안과용 기능을 달리 수행하는 데 필요한 요소를 포함한다. 게다가, 전자 콘택트 렌즈는 전술된 바와 같이 단순히 보통의 시력을 향상시키기 위해 또는 매우 다양한 기능을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 전자 콘택트 렌즈는 가변 초점 광학계 렌즈, 콘택트 렌즈에 매설되어 있는 또는 임의의 적합한 기능을 위해 렌즈 없이 단지 전자기기를 간단히 매설하고 있는 조립된 전방 광학계를 포함할 수 있다. 본 발명의 전자 렌즈는 전술된 바와 같이 임의의 개수의 콘택트 렌즈들 내에 포함될 수 있다. 게다가, 안내 렌즈가 또한 본 명세서에 기술된 다양한 구성요소 및 기능을 포함할 수 있다. 그러나, 설명의 편의상, 본 개시 내용은 일회용으로 매일 교체하도록 의도된, 시각 장애를 교정하는 전자 콘택트 렌즈를 중점적으로 다룰 것이다.

[0028] 본 발명은 수행될 수 있는 임의의 개수의 많은 기능들을 구현하도록 구성된 가변 초점 광학계 또는 임의의 다른 장치 또는 장치들을 작동시키는 전자 시스템을 포함하는 급전식 안과용 렌즈 또는 급전식 콘택트 렌즈에 채용될

수 있다. 전자 시스템은 하나 이상의 배터리 또는 다른 전원, 전력 관리 회로, 하나 이상의 센서, 클럭 발생 회로, 제어 알고리즘 및 회로, 그리고 렌즈 구동기 회로를 포함한다. 이들 구성요소의 복잡성은 렌즈의 요구되는 또는 원하는 기능에 따라 변할 수 있다.

[0029] 전자 또는 급전식 안과용 렌즈의 제어가 렌즈와 통신하는 수동으로 조작되는 외부 장치, 예를 들어 핸드헬드 원격 유닛을 통해 달성될 수 있다. 예를 들어, 시계줄(fob)이 착용자로부터의 수동 입력에 기초하여 급전식 렌즈와 무선으로 통신할 수 있다. 대안적으로, 급전식 안과용 렌즈의 제어가 착용자로부터 직접의 제어 신호 또는 피드백을 통해 달성될 수 있다. 예를 들어, 렌즈에 내장된 센서는 깜박임 및/또는 깜박임 패턴을 검출할 수 있다. 깜박임의 패턴 또는 시퀀스에 기초하여, 급전식 안과용 렌즈는 가까이 있는 물체 또는 멀리 있는 물체에 초점을 맞추기 위해 상태, 예를 들어 그의 굴절력을 변화시킬 수 있다.

[0030] 대안적으로, 다른 전자 장치를 활성화시키는 것 또는 다른 전자 장치로 명령을 송신하는 것과 같은, 사용자와 전자 콘택트 렌즈 사이의 상호작용이 있는 다른 다양한 용도를 위해, 급전식 또는 전자 안과용 렌즈에서의 깜박임 검출이 사용될 수 있다. 예를 들어, 안과용 렌즈에서의 깜박임 검출이 컴퓨터 상의 카메라와 관련하여 사용될 수 있는데, 여기서 카메라는 눈(들)이 컴퓨터 화면 상의 어디에서 움직이는지를 추적하며, 카메라가 검출한 깜박임 시퀀스를 사용자가 실행할 때, 이는 마우스 포인터가 명령, 예를 들어 항목의 더블 클릭, 항목의 하이라이팅, 또는 메뉴 항목의 선택을 수행하게 한다.

[0031] 깜박임 검출 알고리즘은 깜박임의 특성, 예를 들어 눈꺼풀이 열려 있는지 또는 닫혀 있는지, 깜박임의 지속기간, 깜박임간 지속기간, 및 주어진 기간에서의 깜박임의 수를 검출하는 시스템 제어기의 구성요소이다. 본 발명에 따른 알고리즘은 소정의 샘플 레이트로 눈에 입사하는 광을 샘플링하는 것에 의존한다. 사전 결정된 깜박임 패턴이 저장되고 입사광 샘플의 최근 이력과 비교된다. 패턴이 정합할 때, 깜박임 검출 알고리즘은, 예를 들어 렌즈 구동기를 활성화시켜 렌즈의 굴절력을 변화시키기 위해 시스템 제어기에서의 활동을 트리거할 수 있다.

[0032] 깜박임은 눈꺼풀의 빠른 닫힘 및 열림이고, 눈의 본질적인 기능이다. 깜박임, 예를 들어 물체가 예기치 않게 눈에 근접하여 나타날 때의 사람의 깜박임은 눈을 이물질로부터 보호한다. 깜박임은 눈물을 퍼지게 함으로써 눈의 전방 표면에 걸쳐 윤활을 제공한다. 깜박임은 또한 눈으로부터 오염물 및/또는 자극물을 제거하는 역할을 한다. 보통, 깜박임은 자동으로 행해지지만, 외부 자극이 자극물의 경우에서처럼 원인이 될 수 있다. 그러나, 깜박임이 또한 의도적일 수 있는데, 그 이유는, 예를 들어 말로 또는 제스처로 의사 소통을 할 수 없는 사람이 "예"에 대해 한번 깜박거리고 "아니오"에 대해 두번 깜박거리기 때문이다. 본 발명의 깜박임 검출 알고리즘 및 시스템은 보통의 깜박임 응답과 혼동될 수 없는 깜박임 패턴을 이용한다. 다시 말하면, 깜박임이 동작을 제어하는 수단으로서 이용되는 경우, 주어진 동작에 대해 선택된 특성의 패턴이 랜덤하게 일어날 수 없는데, 그렇지 않으면 의도하지 않은 동작이 일어날 수 있다. 깜박임 속도가 피로, 눈 부상, 약물 및 질병을 비롯한 다수의 인자들에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에, 제어 목적을 위한 깜박임 패턴은 바람직하게는 이들 인자 및 깜박임에 영향을 미치는 임의의 다른 변수를 고려한다. 비자발적인 깜박임의 평균 길이는 약 100 내지 400 밀리초의 범위에 있다. 평균적인 성인 남성 및 여성은 분당 10번의 비자발적인 깜박임의 속도로 깜박거리고, 비자발적인 깜박임들 사이의 평균 시간은 약 0.3 내지 70초이다.

[0033] 깜박임 검출 알고리즘의 예시적인 실시예가 이하의 단계들로 요약될 수 있다.

- [0034] 1. 긍정 깜박임 검출을 위해 사용자가 실행하게 될 의도적인 "깜박임 시퀀스"를 정의함.
- [0035] 2. 깜박임 시퀀스의 검출 및 비자발적인 깜박임의 거부와 일치하는 레이트로 들어오는 광 수준을 샘플링함.
- [0036] 3. 샘플링된 광 수준의 이력을 깜박임 값 템플릿에 의해 정의된 바와 같은 예상된 "깜박임 시퀀스"와 비교함.
- [0037] 4. 선택적으로, 비교 동안, 예컨대, 천이 근방에서 무시될 템플릿의 일부분을 나타내도록 깜박임 "마스크" 시퀀스를 구현함. 이는 사용자가 +1 또는 -1 오차 윈도우(error window)와 같은 원하는 "깜박임 시퀀스"로부터 벗어나게 할 수 있으며, 여기서 렌즈 활성화, 제어 및 초점 변화 중 하나 이상이 일어날 수 있다. 부가적으로, 이는 사용자의 깜박임 시퀀스의 타이밍에서의 변동을 허용할 수 있다.

[0038] 예시적인 깜박임 시퀀스는 다음과 같이 정의될 수 있다:

- [0039] 1. 0.5초 동안 깜박임(닫혀 있음)
- [0040] 2. 0.5초 동안 열려 있음

- [0041] 3. 0.5초 동안 깜박임(단혀 있음)
- [0042] 100 ms 샘플 레이트에서, 20-샘플 깜박임 템플릿은 다음과 같이 주어진다:
- [0043] $\text{blink_template} = [1,1,1, 0,0,0,0,0, 1,1,1,1,1, 0,0,0,0,0, 1,1].$
- [0044] 천이 직후에 샘플을 마스킹 은폐하기 위해(0은 샘플을 마스킹 은폐 또는 무시함) 깜박임 마스크(blink mask)가 정의되고, 다음과 같이 주어진다:
- [0045] $\text{blink_mask} = [1,1,1, 0,1,1,1,1, 0,1,1,1,1, 0,1,1,1,1, 0,1].$
- [0046] 선택적으로, 보다 많은 타이밍 불확실성(timing uncertainty)을 허용하기 위해 보다 넓은 천이 영역이 마스킹 은폐될 수 있고, 다음과 같이 주어진다:
- [0047] $\text{blink_mask} = [1,1,0, 0,1,1,1,0, 0,1,1,1,0, 0,1,1,1,0, 0,1].$
- [0048] 다음과 같이 주어지는 대안의 패턴, 예컨대 하나의 긴 깜박임, 이 경우에 24-샘플 템플릿을 갖는 1.5초 깜박임 이 구현될 수 있다.
- [0049] $\text{blink_template} = [1,1,1,1,0,0, 0,0,0,0,0,0, 0,0,0,0,0,0, 0,1,1,1,1,1].$
- [0050] 상기 예가 예시 목적을 위한 것이고 특정 세트의 데이터를 나타내지 않는다는 것에 주목하는 것이 중요하다.
- [0051] 샘플의 이력을 템플릿 및 마스크에 대해 논리적으로 비교함으로써 검출이 구현될 수 있다. 논리 연산은 템플릿과 샘플 이력 시퀀스를 비트 기준으로 배타적-OR(XOR)하고 이어서 모든 마스킹되지 않은 이력 비트가 템플릿과 정합하는 것을 검증하는 것이다. 예를 들어, 상기 깜박임 마스크 샘플에서 예시된 바와 같이, 값이 논리 1인 깜박임 마스크의 시퀀스의 각각의 위치에서, 깜박임은 시퀀스의 그 위치에 있는 깜박임 마스크 템플릿과 정합해야 한다. 그러나, 값이 논리 0인 깜박임 마스크의 시퀀스의 각각의 위치에서, 깜박임이 시퀀스의 그 위치에 있는 깜박임 마스크 템플릿과 정합할 필요가 없다. 예를 들어, MATLAB(등록상표)으로 코딩되어 있는 하기의 부울 알고리즘(Boolean algorithm) 방정식이 이용될 수 있다.
- [0052] $\text{matched} = \text{not}(\text{blink_mask}) \mid \text{not}(\text{xor}(\text{blink_template}, \text{test_sample})),$
- [0053] 여기서, test_sample은 샘플 이력이다. 정합된 값은 깜박임 템플릿, 샘플 이력 및 blink_mask와 동일한 길이를 갖는 시퀀스이다. 정합된 시퀀스가 모두 논리 1인 경우, 양호한 정합이 일어났다. 이를 분해하면, not(xor(blink_template, test_sample))은 각각의 부정합에 대해서는 논리 0을 제공하고 각각의 정합에 대해서는 논리 1을 제공한다. 반전된 마스크와 논리 OR하는 것은 마스크가 논리 0인 경우 정합된 시퀀스에서의 각각의 위치를 강제로 논리 1로 만든다. 따라서, 값이 논리 0으로서 지정되어 있는 깜박임 마스크 템플릿에서의 위치들이 많을수록, 사람의 깜박임과 관련하여 더 큰 오차 여유가 허용된다. MATLAB(등록상표)은 수치 계산, 시각화 및 프로그래밍을 위한 고수준 언어 및 구현이고, 미국 매사추세츠주 내틱 소재의 매쓰웍스(MathWorks)의 제품이다. 또한, 깜박임 마스크 템플릿에서의 논리 0의 수가 많을수록, 예상된 또는 의도된 깜박임 패턴에 거짓 양성 정합될 가능성이 크다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 다양한 예상된 또는 의도된 깜박임 패턴들이 한번에 하나 이상씩 활성인 상태로 장치 내에 프로그래밍될 수 있다는 것을 알 것이다. 보다 구체적으로는, 동일한 목적 또는 기능을 위해 또는 상이한 또는 대안의 기능을 구현하기 위해, 다수의 예상된 또는 의도된 깜박임 패턴들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 렌즈가 의도된 물체를 줌인 또는 줌아웃하게 하기 위해 하나의 깜박임 패턴이 이용될 수 있으면서, 렌즈 상의 다른 장치, 예를 들어 펌프가 소정량의 치료제를 전달하게 하기 위해 다른 깜박임 패턴이 이용될 수 있다.
- [0054] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른, 전자 깜박임 검출기 시스템을 포함하는 콘택트 렌즈(100)를 블록도 형태로 도시한다. 이 예시적인 실시예에서, 전자 깜박임 검출기 시스템은 광센서(102), 증폭기(104), 아날로그-디지털 변환기(ADC)(106), 디지털 신호 처리기(108), 전원(110), 작동기(112), 및 시스템 제어기(114)를 포함할 수 있다.
- [0055] 콘택트 렌즈(100)가 사용자의 눈의 전방 표면 상에 배치될 때, 깜박임 검출기 시스템의 전자 회로가 본 발명의 깜박임 검출 알고리즘을 구현하는 데 이용될 수 있다. 사용자의 눈에 의해 생성되는 깜박임 및/또는 다양한 깜박임 패턴을 검출하도록 광센서(102)뿐만 아니라 다른 회로가 구성된다.
- [0056] 이 예시적인 실시예에서, 광센서(102)는 콘택트 렌즈(100) 내에 매설될 수 있고, 주변광(101)을 수광하며, 입사 광자를 전자로 변환하고, 이에 의해 화살표(103)로 표시된 전류가 증폭기(104) 내로 흐르게 한다. 광센서 또는

광 검출기(102)는 임의의 적합한 장치를 포함할 수 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 광센서(102)는 광다이오드를 포함한다. 바람직한 예시적인 실시예에서, 집적 능력을 향상시키고 광센서(102) 및 다른 회로의 전체 크기를 감소시키기 위해, 광다이오드가 상보성 금속-산화물 반도체(CMOS 공정 기술)에 구현된다. 전류(103)는 입사광 수준에 비례하고, 광 검출기(102)가 눈꺼풀에 의해 덮일 때 상당히 감소된다. 증폭기(104)는 이득에 의해 입력에 비례하는 출력을 생성하고, 입력 전류를 출력 전압으로 변환하는 트랜스임피던스 증폭기(transimpedance amplifier)로서 기능할 수 있다. 증폭기(104)는 신호를 시스템의 나머지에 대한 사용가능 수준으로 증폭할 수 있는데, 예를 들어 ADC(106)에 의해 획득될 충분한 전압 및 전력을 신호에 제공한다. 예를 들어, 증폭기는 후속하는 블록을 구동하는 데 필요할 수 있는데, 그 이유는 광센서(102)의 출력이 아주 작을 수 있고 저조명 환경에서 사용될 수 있기 때문이다. 증폭기(104)는 가변 이득 증폭기로서 구현될 수 있고, 그의 이득은 피드백 배열에서 시스템의 동적 범위를 최대화하기 위해 시스템 제어기(114)에 의해 조정될 수 있다. 이득을 제공하는 것에 더하여, 증폭기(104)는 광센서(102) 및 증폭기(104) 출력에 적절한 필터링 및 다른 회로와 같은 다른 아날로그 신호 조절 회로를 포함할 수 있다. 증폭기(104)는 광센서(102)에 의해 출력되는 신호를 증폭하고 조절하는 임의의 적합한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 증폭기(104)는 단순히 단일 연산 증폭기를 포함할 수 있거나, 하나 이상의 연산 증폭기를 포함하는 보다 복잡한 회로를 포함할 수 있다. 위에서 기재된 바와 같이, 광센서(102) 및 증폭기(104)는 눈을 통해 수광되는 입사광 세기에 기초하여 깜박임 시퀀스를 검출하고 분리시키도록 그리고 입력 전류를 궁극적으로 시스템 제어기(114)에 의해 사용가능한 디지털 신호로 변환하도록 구성된다. 시스템 제어기(114)는 바람직하게는 다양한 광 세기 수준 조건들에서 다양한 깜박임 시퀀스 및/또는 깜박임 패턴을 인식하도록 그리고 적절한 출력 신호를 작동기(112)에 제공하도록 사전 프로그래밍되거나 사전 구성된다. 시스템 제어기(114)는 또한 관련 메모리를 포함한다.

[0057] 이 예시적인 실시예에서, ADC(106)는 증폭기(104)로부터 출력되는 연속적인 아날로그 신호를 추가의 신호 처리에 적절한 샘플링된 디지털 신호로 변환하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, ADC(106)는 증폭기(104)로부터 출력되는 아날로그 신호를 디지털 신호 처리 시스템 또는 마이크로프로세서(108)와 같은 후속 또는 하류측 회로에 의해 사용가능할 수 있는 디지털 신호로 변환할 수 있다. 하류측 사용을 위한 입사광 검출을 허용하기 위해 샘플링된 데이터의 필터링, 처리, 검출, 및 다른 방식으로의 조작/처리 중 하나 이상을 포함한 디지털 신호 처리에 디지털 신호 처리 시스템 또는 디지털 신호 처리기(108)가 이용될 수 있다. 디지털 신호 처리기(108)는 전술된 깜박임 시퀀스 및/또는 깜박임 패턴으로 사전 프로그래밍될 수 있다. 디지털 신호 처리기(108)는 또한 관련 메모리를 포함한다. 아날로그 회로, 디지털 회로, 소프트웨어, 또는 이들의 조합을 이용하여 디지털 신호 처리기(108)가 구현될 수 있다. 예시된 예시적인 실시예에서, 이는 디지털 회로로 구현된다. ADC(106)는, 관련 증폭기(104) 및 디지털 신호 처리기(108)와 함께, 이전에 기술된 샘플링 레이트와 부합하는 적합한 속도로, 예를 들어 100 ms마다 활성화된다.

[0058] 전원(110)은 깜박임 검출 시스템을 포함한 많은 구성요소들에 전력을 공급한다. 배터리, 에너지 회수 장치(energy harvester), 또는 당업자에게 공지된 다른 적합한 수단으로부터 전력이 공급될 수 있다. 본질적으로, 시스템의 모든 다른 구성요소들에 신뢰성있는 전력을 제공하기 위해 임의의 유형의 전원(110)이 이용될 수 있다. 시스템 및/또는 시스템 제어기의 상태를 변경하기 위해 깜박임 시퀀스가 이용될 수 있다. 또한, 시스템 제어기(114)는 디지털 신호 처리기(108)로부터의 입력에 따라 급전식 콘택트 렌즈의 다른 양상들을 제어할 수 있는데, 예를 들어 작동기(112)를 통해 전자적으로 제어되는 렌즈의 초점 또는 굴절력을 변경할 수 있다.

[0059] 시스템 제어기(114)는 샘플링된 광 수준을 깜박임 활성화 패턴과 비교하기 위해 광센서 체인, 즉 광센서(102), 증폭기(104), ADC(106) 및 디지털 신호 처리 시스템(108)으로부터의 신호를 사용한다. 도 2를 참조하면, 다양한 광 세기 수준들에서 기록된 깜박임 패턴 샘플 대 시간, 그리고 사용가능한 임계치 수준의 그래프 표현이 도시되어 있다. 따라서, 상이한 위치들에서 그리고/또는 다양한 활동들을 수행하는 동안 광 세기 수준의 변화를 고려하는 것과 같은 다양한 인자들을 고려하는 것은, 눈에 입사하는 광을 샘플링할 때 깜박임의 검출에서의 오류를 완화 및/또는 방지할 수 있다. 부가적으로, 눈에 입사하는 광을 샘플링할 때, 저세기 광 수준에서 및 고세기 광 수준에서 눈꺼풀이 닫힐 때 눈꺼풀이 가시광을 얼마나 많이 차단하는지와 같은 주변광 세기의 변화가 눈 및 눈꺼풀에 미칠 수 있는 효과를 고려하는 것이 또한 깜박임의 검출에서의 오차를 완화 및/또는 방지할 수 있다. 다시 말하면, 잘못된 깜박임 패턴이 제어에 이용되는 것을 방지하기 위해, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 바람직하게는 주변광의 수준이 고려된다.

[0060] 예를 들어, 연구에서, 눈꺼풀이 평균적으로 가시광의 대략 99%를 차단하지만, 보다 낮은 파장에서는 보다 적은 광이 눈꺼풀을 통해 투과되는 경향이 있어 가시광의 대략 99.6%를 차단한다는 것이 밝혀졌다. 스펙트럼의 적외선 부분을 향한 보다 긴 파장에서, 눈꺼풀은 단지 입사광의 30%만을 차단할 수 있다. 그러나, 주목할 중요한

점은 상이한 주파수, 파장 및 세기의 광이 상이한 효율로 눈꺼풀을 통해 투과될 수 있다는 것이다. 예를 들어, 밝은 광원을 볼 때, 사람은 그의 눈꺼풀이 닫혀 있는 상태로 적색광을 볼 수 있다. 또한, 사람에 따라, 예를 들어 사람의 피부 색소침착에 따라 눈꺼풀이 가시광을 얼마나 많이 차단하는지에서의 변동이 있을 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 70초 시간 구간 동안 다양한 조명 수준들에 걸친 깜박임 패턴의 데이터 샘플이 시물레이션되는데, 여기서 시물레이션 동안 눈을 통해 투과되는 가시광 세기 수준들이 기록되고, 사용가능한 임계치가 도시되어 있다. 다양한 광 세기 수준들에서의 시물레이션 동안에 걸친 샘플 깜박임 패턴들에 대해 기록된 가시광 세기의 피크 대 피크 값 사이의 값으로 임계치가 설정된다. 시간에 걸쳐 평균 광 수준을 추적하고 임계치를 조정하면서 깜박임 패턴을 사전 프로그래밍하는 능력을 갖는 것은, 사람이 깜박거리지 않고/않거나 소정의 영역에서 광 세기 수준의 변화만이 있을 때와는 달리, 사람이 깜박거리고 있을 때를 검출할 수 있는 것에 결정적일 수 있다.

[0061] 이제 다시 도 1을 참조하면, 추가의 대안의 예시적인 실시예에서, 시스템 제어기(114)는 깜박임 검출기, 눈 근육 센서, 및 시계줄 제어부 중 하나 이상을 비롯한 소스로부터 입력을 수신할 수 있다. 일반화에 의해, 시스템 제어기(114)를 활성화 및/또는 제어하는 방법이 하나 이상의 활성화 방법의 사용을 필요로 할 수 있다는 것이 당업자에게는 명백할 수 있다. 예를 들어, 전자 또는 급전식 콘택트 렌즈는 다양한 동작, 예를 들어 멀리 떨어져 있는 물체에 초점을 맞추는 것 또는 근방에 있는 물체에 초점을 맞추는 것을 수행할 때 사람의 깜박임 패턴 및 사람의 모양체근 신호 둘 모두를 인식하도록 렌즈를 프로그래밍하는 것과 같은 개개의 사용자에게 고유하게 프로그래밍가능할 수 있다. 일부 예시적인 실시예에서, 깜박임 검출 및 모양체근 신호 검출과 같은 2개 이상의 방법들을 사용하여 전자 콘택트 렌즈를 활성화하는 것은, 각각의 방법이 콘택트 렌즈의 활성화가 일어나기 전에 서로 교차 검사되는 능력을 제공할 수 있다. 교차 검사의 이점은 활성화할 렌즈를 뜻하지 않게 트리거할 가능성을 최소화하는 것과 같은 거짓 양성의 완화를 포함할 수 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 교차 검사는 임의의 조치가 일어나기 전에 소정의 수의 조건이 충족되는 투표 방식을 수반할 수 있다.

[0062] 작동기(112)는 수신된 명령 신호에 기초하여 특정의 동작을 구현하는 임의의 적합한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 깜박임 활성화 패턴이 전송된 바와 같이 샘플링된 광 수준과 비교하여 정합되는 경우, 시스템 제어기(114)는 가변 광학 전자 또는 급전식 렌즈와 같은 작동기(112)를 인에이블시킬 수 있다. 작동기(112)는 전기 장치, 기계 장치, 자기 장치, 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 작동기(112)는 전원(110)으로부터의 전력에 더하여 시스템 제어기(114)로부터의 신호를 수신하고, 시스템 제어기(114)로부터의 신호에 기초하여 일부 동작을 생성한다. 예를 들어, 시스템 제어기(114) 신호가 착용자가 근방의 물체에 초점을 맞추려고 시도하는 것을 나타내는 경우, 작동기(112)는, 예를 들어 동적 다중-액체 광학부(dynamic multi-liquid optic zone)를 통해 전자 안과용 렌즈의 굴절력을 변화시키는 데 이용될 수 있다. 대안의 예시적인 실시예에서, 시스템 제어기(114)는 치료제가 눈(들)에 전달되어야 한다는 것을 나타내는 신호를 출력할 수 있다. 이 예시적인 실시예에서, 작동기(112)는 펌프 및 저장소, 예를 들어 미세전자기계 시스템(microelectromechanical system, MEMS) 펌프를 포함할 수 있다. 위에서 기재된 바와 같이, 본 발명의 급전식 렌즈는 다양한 기능을 제공할 수 있고, 따라서, 하나 이상의 작동기가 기능을 구현하도록 다양하게 구성될 수 있다.

[0063] 도 3은 본 발명의 깜박임 검출 알고리즘에 따른 예시적인 깜박임 검출 시스템에 대한 상태 천이도(300)를 도시한다. 이 시스템은 인에이블 신호(bl_go)가 어서트되기(asserted)를 기다리는 IDLE 상태(302)에서 시작한다. 인에이블 신호(bl_go)가, 예를 들어 깜박임 샘플링 레이트에 상응하는 100 ms 레이트로 bl_go 펄스를 발생시키는 발진기 및 제어 회로에 의해 어서트될 때, 상태 기계는 이어서 수신된 광 수준을 디지털 값으로 변환하기 위해 ADC가 인에이블되는 WAIT_ADC 상태(304)로 천이된다. ADC는 그의 동작이 완료되었다는 것을 나타내기 위해 adc_done 신호를 어서트하고, 시스템 또는 상태 기계가 SHIFT 상태(306)로 천이된다. SHIFT 상태(306)에서, 시스템은 깜박임 샘플의 이력을 유지하기 위해 가장 최근에 수신된 ADC 출력값을 시프트 레지스터로 푸시한다. 일부 예시적인 실시예에서, ADC 출력값이 먼저 임계치와 비교되어 샘플값에 대한 단일 비트(1 또는 0)를 제공하여 저장 요건을 최소화한다. 시스템 또는 상태 기계는 이어서 샘플 이력 시프트 레지스터 내의 값이 전송된 바와 같은 하나 이상의 깜박임 시퀀스 템플릿 및 마스크와 비교되는 COMPARE 상태(308)로 천이한다. 정합이 검출되면, 렌즈 구동기의 상태를 토글하는 것(bl_cp_toggle) 또는 급전식 안과용 렌즈에 의해 수행될 임의의 다른 기능과 같은 하나 이상의 출력 신호가 어서트될 수 있다. 시스템 또는 상태 기계는 이어서 DONE 상태(310)로 천이하고, 그의 동작이 완료되었음을 나타내기 위해 bl_done 신호를 어서트한다.

[0064] 도 4는 수신된 광 수준을 검출 및 샘플링하는 데 사용될 수 있는 예시적인 광센서 또는 광 검출기 신호 경로(pd_rx_top)를 도시한다. 신호 경로(pd_rx_top)는 광다이오드(402), 트랜스임피던스 증폭기(404), 자동 이득 및 저역 통과 필터링 스테이지(406)(AGC/LPF), 및 ADC(408)를 포함할 수 있다. adc_vref 신호는 전원(110)으

로부터 ADC(408)에 입력되거나(도 1 참조), 대안적으로 아날로그-디지털 변환기(408) 내부의 전용 회로로부터 제공될 수 있다. ADC(408)로부터의 출력(adc_data)은 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기 블록(108/114)(도 1 참조)으로 전송된다. 도 1에 개별 블록(108, 114)으로서 도시되어 있지만, 설명의 편의상, 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기는 바람직하게는 단일 블록(410)에 구현된다. 완료 신호(adc_complete)가 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(410)로 전송되는 동안, 인에이블 신호(adc_en), 시작 신호(adc_start), 및 리셋 신호(adc_rst_n)가 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기로부터 수신된다. 클럭 신호(adc_clk)가 신호 경로(pd_rx_top) 외부에 있는 클럭 소스로부터 또는 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(410)로부터 수신될 수 있다. adc_clk 신호 및 시스템 클럭이 상이한 주파수들에서 동작할 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 또한, 상이한 인터페이스 및 제어 신호를 가질 수 있지만 광센서 신호 경로의 아날로그 부분의 출력의 샘플링된 디지털 표현을 제공하는 유사한 기능을 수행하는 본 발명에 따른 임의의 수의 상이한 ADC들이 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 광 검출 인에이블(pd_en) 및 광 검출 이득(pd_gain)이 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(410)로부터 수신된다.

[0065] 도 5는 수신된 ADC 신호값(adc_data)을 단일 비트값(pd_data)으로 감소시키는 데 사용될 수 있는 디지털 조절 논리(500)의 블록도를 도시한다. 디지털 조절 논리(500)는 신호(adc_data_held)를 통해 보유된 값을 제공하기 위해 광 검출 신호 경로(pd_rx_top)로부터 데이터(adc_data)를 수신하는 디지털 레지스터(502)를 포함할 수 있다. 디지털 레지스터(502)는 adc_complete 신호가 어췌트될 때 adc_data 신호를 통해 새로운 값을 받도록 그리고 adc_complete 신호가 수신될 때 마지막으로 받은 값을 다른 방식으로 보유하도록 구성된다. 이러한 방식으로, 이 시스템은 시스템 전류 소모를 감소시키기 위해, 데이터가 래치되면, 광 검출 신호 경로를 디스에이블할 수 있다. 이어서, 보유된 데이터 값은 임계치 발생 회로(504)에서, 예를 들어 디지털 논리로 구현되는 적분-덤프 평균 또는 다른 평균 방법에 의해 평균되어, 신호(pd_th)에 대한 하나 이상의 임계치를 생성할 수 있다. 보유된 데이터 값은 이어서, 비교기(506)를 통해, 하나 이상의 임계치와 비교되어 신호(pd_data)에 1 비트 데이터 값을 생성할 수 있다. 비교 동작이 출력 신호(pd_data) 상의 잡음을 최소화하기 위해 하나 이상의 임계치와의 비교 또는 히스테리시스를 이용할 수 있다는 것을 알 것이다. 디지털 조절 논리는 계산된 임계치에 따라 그리고/또는 보유된 데이터 값에 따라, 신호(pd_gain)를 통해 광 검출 신호 경로에 있는 자동 이득 및 저역 통과 필터링 스테이지(406)(도 4에 도시됨)의 이득을 설정하는 이득 조정 블록(pd_gain_adj)(508)을 추가로 포함할 수 있다. 이 예시적인 실시예에서, 6 비트 워드가 복잡도를 최소화하면서 잡박임 검출에 대한 동적 범위에 걸쳐 충분한 분해능을 제공한다는 것에 주목하는 것이 중요하다.

[0066] 하나의 예시적인 실시예에서, 임계치 발생 회로(504)는 피크 검출기, 골(valley) 검출기, 및 임계치 계산 회로를 포함한다. 이 예시적인 실시예에서, 임계치 및 이득 제어값은 다음과 같이 발생될 수 있다. 피크 검출기 및 골 검출기는 신호(adc_data_held)를 통해 보유된 값을 수신하도록 구성된다. 피크 검출기는 또한, adc_data_held 값의 증가를 빠르게 추적하고 adc_data_held 값이 감소되는 경우 느리게 감소되는 출력값(pd_pk)을 제공하도록 구성된다. 이 동작은, 전기 업계에 잘 알려진 바와 같이, 종래의 다이오드 엔벨로프 검출기의 동작과 유사하다. 골 검출기는 또한, adc_data_held 값의 감소를 빠르게 추적하고 adc_data_held 값이 증가되는 경우 보다 높은 값으로 느리게 감소되는 출력값(pd_vl)을 제공하도록 구성된다. 골 검출기의 동작은 또한 다이오드 엔벨로프 검출기와 유사한데, 이때 방전 저항기는 양의 전원 전압에 연결되어 있다. 임계치 계산 회로는 pd_pk 및 pd_vl 값을 수신하도록 구성되고, 또한 pd_pk 및 pd_vl 값의 평균에 기초하여 중간점 임계치(pd_th_mid)를 계산하도록 구성된다. 임계치 발생 회로(504)는 중간점 임계치(pd_th_mid)에 기초하여 임계치(pd_th)를 제공한다.

[0067] 임계치 발생 회로(504)는 또한 pd_gain 값의 변화에 응답하여 pd_pk 및 pd_vl 수준의 값을 갱신하도록 구성될 수 있다. pd_gain 값이 하나의 스텝만큼 증가되는 경우, pd_pk 및 pd_vl 값이 광 검출 신호 경로에서의 예상된 이득 증가와 같은 계수만큼 증가된다. pd_gain 값이 하나의 스텝만큼 감소되는 경우, pd_pk 및 pd_vl 값이 광 검출 신호 경로에서의 예상된 이득 감소와 같은 계수만큼 감소된다. 이러한 방식으로, pd_pk 및 pd_vl 값에 각각 보유된 바와 같은 피크 검출기 및 골 검출기의 상태, 그리고 pd_pk 및 pd_vl 값으로부터 계산된 바와 같은 임계치(pd_th)가 신호 경로 이득에서의 변화에 정합하도록 갱신되고, 이에 의해 광 검출 신호 경로 이득의 의도적인 변경으로부터만 얻어지는 상태 또는 값의 불연속 또는 다른 변화를 회피한다.

[0068] 임계치 발생 회로(504)의 추가의 예시적인 실시예에서, 임계치 계산 회로가 또한 pd_pk 값의 비율 또는 백분율에 기초하여 임계치(pd_th_pk)를 계산하도록 구성될 수 있다. 바람직한 예시적인 실시예에서, pd_th_pk는 유틸하게 pd_pk 값의 7/8로 구성될 수 있고, 그의 계산은 관련 업계에서 잘 알려진 바와 같이 3 비트만큼의 간단한 우측 시프트 및 감산으로 구현될 수 있다. 임계치 계산 회로는 임계치(pd_th)를 pd_th_mid와 pd_th_pk 중 더

작은 것이 되도록 선택할 수 있다. 이러한 방식으로, pd_pk 및 pd_vl 값이 같아지게 할 수도 있는 광다이오드에 입사하는 일정한 광의 오랜 기간 이후에도, pd_th 값이 pd_pk 값과 결코 같아지지 않을 것이다. pd_th_pk 값이 오랜 구간 후에 깜박임의 검출을 보장해준다는 것을 알 것이다. 후속적으로 논의되는 바와 같이, 임계치 발생 회로의 거동이 도 9에 추가로 도시되어 있다.

[0069] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 예시적인 디지털 깜박임 검출 알고리즘을 구현하는 데 사용될 수 있는 디지털 검출 논리(600)의 블록도를 도시한다. 디지털 검출 논리(600)는, 여기서 1 비트 값을 갖는 신호(pd_data)에 대해 나타난 바와 같이, 광 검출 신호 경로(pd_rx_top)로부터(도 4) 또는 디지털 조절 논리로부터(도 5) 데이터를 수신하도록 구성되는 시프트 레지스터(602)를 포함할 수 있다. 시프트 레지스터(602)는 수신된 샘플값의 이력을, 여기에서는 24-비트 레지스터에 보유한다. 디지털 검출 논리(600)는 샘플 이력과 하나 이상의 깜박임 템플릿(bl_tpl) 및 깜박임 마스크(bl_mask)를 수신하도록 구성되는 비교 블록(604)을 추가로 포함하고, 나중에 사용하기 위해 보유될 수 있는 하나 이상의 출력 신호 상의 하나 이상의 템플릿 및 마스크에 대한 정합을 나타내도록 구성된다. 비교 블록(604)의 출력은 D 플립플롭(606)을 통해 래치된다. 디지털 검출 논리(600)는 마스크 동작으로 인한 작은 시프트에서 동일한 샘플 이력 세트에 있을 수 있는 연속적인 비교를 억제하는 카운터(608) 또는 다른 논리를 추가로 포함할 수 있다. 바람직한 예시적인 실시예에서, 긍정적 정합이 발견된 후에 샘플 이력이 클리어되거나 리셋되고, 따라서 후속의 정합을 식별할 수 있기 전에 새로운 정합하는 깜박임 시퀀스 전체가 샘플링될 것을 필요로 한다. 디지털 검출 논리(600)는 광 검출 신호 경로 및 ADC에 제어 신호를 제공하는 상태 기계 또는 유사한 제어 회로를 추가로 포함할 수 있다. 일부 예시적인 실시예에서, 디지털 검출 논리(600)와는 별개인 제어 상태 기계에 의해 제어 신호가 발생할 수 있다. 제어 상태 기계는 디지털 신호 처리 및 시스템 제어기(410)의 일부일 수 있다.

[0070] 도 7은 깜박임 검출 서브시스템으로부터 광 검출 신호 경로에서 사용되는 ADC(408)(도 4)에 제공되는 제어 신호의 타이밍도를 도시한다. 인에이블 및 클럭 신호(adc_en, adc_rst_n, adc_clk)는 샘플 시퀀스의 시작에서 활성화되고, 아날로그-디지털 변환 프로세스가 완료될 때까지 계속된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 펄스가 adc_start 신호를 통해 제공될 때 ADC 변환 프로세스가 시작된다. ADC 출력값이 adc_data 신호에서 보유되고, 프로세스의 완료가 adc_complete 신호를 통해 아날로그-디지털 변환기 논리에 의해 나타내어진다. 또한, ADC 이전에 증폭기의 이득을 설정하는 데 이용되는 pd_gain 신호가 도 7에 나타나 있다. 이 신호는, 아날로그 회로 바이어스 및 신호 수준이 변환 이전에 안정화될 수 있게 하기 위해 워업 시간 이전에 설정되는 것으로 나타나 있다.

[0071] 도 8은 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig_blink)(802)을 포함하는 디지털 시스템 제어기(800)를 도시한다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig_blink)(802)은 마스터 상태 기계(dig_master)(804)에 의해 제어될 수 있고, 디지털 시스템 제어기(800) 외부에 있는 클럭 발생기(clkgen)(806)로부터 클럭 신호를 수신하도록 구성될 수 있다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig_blink)(802)은 전송된 바와 같이 광 검출 서브시스템에 제어 신호를 제공하고 그로부터 신호를 수신하도록 구성될 수 있다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig_blink)(802)은, 깜박임 검출 알고리즘에서의 동작 시퀀스를 제어하는 상태 기계에 더하여, 전송된 바와 같은 디지털 조절 논리 및 디지털 검출 논리를 포함할 수 있다. 디지털 깜박임 검출 서브시스템(dig_blink)(802)은 마스터 상태 기계(804)로부터 인에이블 신호를 수신하도록 그리고 완료 표시 및 깜박임 검출 표시를 다시 마스터 상태 기계(804)에 제공하도록 구성될 수 있다.

[0072] 도 9는 임계치 발생 회로 및 자동 이득 제어(도 5)의 동작을 나타내는 파형들(도 9a 내지 도 9g)을 제공한다. 도 9a는 다양한 광 수준들에 응답하여 광다이오드에 의해 제공될 수도 있는 것과 같은 광전류 대 시간의 예를 나타낸다. 그래프의 제1 부분에서, 광 수준 및 얻어지는 광전류는 그래프의 제2 부분과 비교하여 상대적으로 낮다. 그래프의 제1 부분 및 제2 부분 둘 모두에서, 두 번 깜박임은 광 및 광전류를 감소시키는 것으로 보인다. 눈꺼풀에 의한 광의 감쇠가 100%가 아니라, 눈에 입사하는 광의 파장에 대한 눈꺼풀의 투과 특성에 따라 더 낮은 값일 수 있다는 것에 주목한다. 도 9b는 도 9a의 광전류 파형에 응답하여 포착되는 adc_data_held 값을 나타낸다. 간결성을 위해, adc_data_held 값이 일련의 이산된 디지털 샘플들보다는 연속 아날로그 신호로서 나타나 있다. 디지털 샘플값들이 대응 샘플 시간들에서 도 9b에 나타난 수준에 대응할 것임을 알 것이다. 그래프의 상부 및 하부에 있는 파선들은 adc_data 및 adc_data_held 신호의 최대값 및 최소값을 나타낸다. 최소값과 최대값 사이의 값의 범위는 또한 adc_data 신호의 동적 범위로서 알려져 있다. 이하에서 논의되는 바와 같이, 광 검출 신호 경로 이득이 그래프의 제2 부분에서 상이하다(더 낮다). 일반적으로, adc_data_held 값은 광전류에 정비례하고, 이득 변화는 비율 또는 비례 상수에만 영향을 미친다. 도 9c는 임계치 발생 회로에 의해 adc_data_held 값에 응답하여 계산된 pd_pk, pd_vl 및 pd_th_mid 값을 나타낸다. 도 9d는 adc_data_held 값에

응답하여 임계치 발생 회로의 일부 예시적인 실시예에서 계산된 pd_pk, pd_vl 및 pd_th_pk 값을 나타낸다. pd_th_pk 값이 항상 pd_pk 값의 어떤 비율이라는 것에 주목한다. 도 9e는 pd_th_mid 및 pd_th_pk 값과 함께 adc_data_held 값을 나타낸다. adc_data_held 값이 비교적 일정한 오랜 기간 동안, pd_vl 값이 동일한 수준으로 감소됨에 따라 pd_th_mid 값이 adc_data_held 값과 같게 된다는 것에 주목한다. pd_th_pk 값이 항상 adc_data_held 값보다 얼마간 낮은 채로 있다. 또한, pd_th의 선택이 도 9e에 나타나 있는데, 여기서 pd_th 값은 pd_th_pk 및 pd_th_mid 중 더 낮은 것이 되도록 선택된다. 이러한 방식으로, 임계치는 항상 pd_pk 값으로부터 얼마간 떨어져 설정되어, 광전류 및 adc_data_held 신호 상의 잡음으로 인한 pd_data의 잘못된 천이를 회피한다. 도 9f는 adc_data_held 값과 pd_th 값의 비교에 의해 발생된 pd_data 값을 나타낸다. pd_data 신호가, 깜박임이 일어나고 있을 때 로우인 2치 신호라는 것에 주목한다. 도 9g는 이들 예시적인 파형에 대한 tia_gain의 값 대 시간을 나타낸다. tia_gain의 값은 pd_th가 도 9e에서 agc_pk_th로서 나타내어진 하이 임계치를 초과하기 시작할 때 로우로 설정된다. pd_th가 로우 임계치 미만으로 떨어지기 시작할 때 tia_gain을 상승시키기 위해 유사한 거동이 일어난다는 것을 알 것이다. 도 9a 내지 도 9e 각각의 제2 부분을 다시 살펴보면, 보다 낮은 tia_gain의 효과는 명백하다. 특히, adc_data_held 값이 adc_data 신호와 adc_data_held 신호의 동적 범위의 중간 근방에 유지된다는 것에 주목한다. 또한, pd_pk 및 pd_vl 값이 전송된 바와 같이 이득 변화에 따라 갱신되어, 단지 광 검출 신호 경로 이득에서의 변화로 인한 피크 및 골 검출기 상태 및 값에서 불연속이 회피되게 한다는 것에 주목하는 것이 중요하다.

[0073] 도 10은 집적 회로 다이(1000) 상의 예시적인 광 차단 및 광 통과 특징부를 도시한다. 집적 회로 다이(1000)는 광 통과 영역(1002), 광 차단 영역(1004), 접합 패드(1006), 패시베이션 개구부(1008), 및 광 차단층 개구부(1010)를 포함한다. 광 통과 영역(1002)은 광센서(도시되지 않음), 예를 들어 반도체 공정에서 구현되는 광다이오드들의 어레이 위에 위치된다. 바람직한 예시적인 실시예에서, 광 통과 영역(1002)은 가능한 한 많은 광이 광센서에 도달하게 함으로써, 감도를 최대화시킨다. 이는, 제조에 또는 후처리에서 이용되는 반도체 공정에서 허용되는 바와 같이, 광수용체 위에서의 폴리실리콘, 금속, 산화물, 질화물, 폴리이미드, 및 다른 층의 제거를 통해 행해질 수 있다. 광 통과 영역(1002)은 또한 광 검출을 최적화하기 위해 다른 특수 처리, 예를 들어 반사 방지 코팅, 필터 및/또는 확산기를 받을 수 있다. 광 차단 영역(1004)은 광 노출을 필요로 하지 않는 다이 상의 다른 회로를 덮을 수 있다. 광전류에 의해 다른 회로의 성능이 열화될 수 있는데, 예를 들어 앞서 언급된 바와 같이 콘택트 렌즈에 포함시키기 위해 요구되는 초저전류 회로에서의 바이어스 전압 및 발전기 주파수를 변화시킬 수 있다. 광 차단 영역(1004)은 우선적으로 얇고 불투명한 반사 재료, 예를 들어 반도체 웨이퍼 처리 및 후처리에서 이미 사용된 알루미늄 또는 구리로 형성된다. 금속으로 구현되는 경우, 광 차단 영역(1004)을 형성하는 재료는 단락 조건을 방지하기 위해 그 밑에 있는 회로 및 접합 패드(1006)로부터 절연되어야 한다. 그러한 절연은 보통의 웨이퍼 패시베이션, 예컨대 산화물, 질화물, 및/또는 폴리이미드의 일부로서 다이 상에 이미 존재하는 패시베이션에 의해, 또는 후처리 동안 부가되는 다른 유전체에 의해 제공될 수 있다. 마스크는 전도성 광 차단 금속이 다이 상의 접합 패드와 중첩하지 않도록 광 차단층 개구부(1010)를 허용한다. 광 차단 영역(1004)은 다이 부착 동안 다이를 보호하고 단락을 방지하기 위해 부가의 유전체 또는 패시베이션으로 덮인다. 이 최종적인 패시베이션은 접합 패드(1006)에의 접촉을 허용하기 위해 패시베이션 개구부(1008)를 갖는다.

[0074] 도 11은 본 실시예(발명)에 따른 깜박임 검출 시스템을 포함하는 전자 삽입물을 갖는 예시적인 콘택트 렌즈를 도시한다. 콘택트 렌즈(1100)는 전자 삽입물(1104)을 포함하는 연질 플라스틱 부분(1102)을 포함한다. 이 삽입물(1104)은, 예를 들어 활성화에 따라 가까이 또는 멀리 초점을 맞추는 전자기기에 의해 활성화되는 렌즈(1106)를 포함한다. 집적 회로(1108)는 삽입물(1104) 상에 장착되고, 배터리(1110), 렌즈(1106) 및 시스템에 필요한 다른 구성요소에 접속된다. 집적 회로(1108)는 광센서(1112) 및 관련 광 검출기 신호 경로 회로를 포함한다. 광센서(1112)는 렌즈 삽입물을 통해 바깥쪽으로 그리고 눈으로부터 먼쪽으로 향해 있고, 따라서 주변광을 수광할 수 있다. 광센서(1112)는, 예를 들어 단일 광다이오드 또는 광다이오드들의 어레이로서 (도시된 바와 같이) 집적 회로(1108) 상에 구현될 수 있다. 광센서(1112)는 또한 삽입물(1104) 상에 장착되고 배선 트레이스(1114)와 접속되는 별개의 장치로서 구현될 수 있다. 눈꺼풀이 닫힐 때, 광 검출기(1112)를 포함하는 렌즈 삽입물(1104)이 덮임으로써, 광 검출기(1112)에 입사하는 광 수준을 감소시킨다. 광 검출기(1112)는 주변광을 측정하여 사용자가 깜박거리고 있는지 여부를 판정할 수 있다.

[0075] 깜박임 검출 알고리즘의 부가의 실시예는, 예를 들어 고정된 템플릿을 사용하기보다는 제1 깜박임의 측정된 종료 시각에 기초하여 제2 깜박임의 시작 시간을 측정하는 것에 의해, 또는 마스크 "무정의(don't care)" 구간(0 값)을 넓히는 것에 의해, 깜박임 시퀀스의 지속기간 및 간격에서의 더 많은 변동을 허용할 수 있다.

[0076] 깜박임 검출 알고리즘이 디지털 논리로 또는 마이크로컨트롤러 상에서 실행되는 소프트웨어로 구현될 수 있다는

것을 알 것이다. 알고리즘 논리 또는 마이크로컨트롤러는 광 검출 신호 경로 회로 및 시스템 제어기와 함께 단일 ASIC(application-specific integrated circuit)에 구현될 수 있거나, 하나 초과의 집적 회로에 걸쳐 분할될 수 있다.

[0077] 본 발명의 깜박임 검출 시스템이 시력 진단, 시력 교정 및 시력 향상을 위한 것보다 더 넓은 용도를 갖는다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 이러한 더 넓은 용도는 지체 장애를 갖는 사람의 아주 다양한 기능을 제어하는데 깜박임 검출을 이용하는 것을 포함한다. 깜박임 검출이 온-아이(on-eye) 또는 오프-아이로 설정될 수 있다.

[0078] 다른 예시적인 실시예에 따르면, 급전식 또는 전자 안과용 렌즈는 동공 위치 및 모임 검출 시스템을 포함할 수 있다. 원근 조절 과정에서, 사람이 근방의 물체에 초점을 맞추려고 시도할 때, 부가 도수를 증가시키기 위해 모양체근의 작용을 통해 수정체의 기하학적 형태가 변경된다. 수정체가 원근 조절하는 것과 동시에, 2개의 다른 동작들이 일어나는데, 즉 각각의 눈(동공)이 코를 향해 약간 안쪽으로 이동하고(동공 모임) 동공이 약간 더 작아지게 된다(동공 축소). 수정체의 변화(동공 모임 및 동공 축소)는 일반적으로 조절 반사(accommodative reflex)로 불린다. 다시 말하면, 사람이 근방의 물체에 초점을 맞출 때, 예를 들어 독서를 할 때, 양쪽 눈의 시선을 동일한 위치에 고정시키기 위해 그의 동공이 모인다. 이 현상은 2개의 눈들 사이의 거리 및 각각의 눈으로부터 물체까지의 거리로 형성되는 삼각형인 시스템의 기하학적 형태에 기초한다. 보다 상세한 설명이 후속적으로 제공된다. 동공 모임과 가까운 거리의 물체에 초점을 맞추는 것 사이의 상관 관계로 인해, 전자 안과용 렌즈에서의 동작, 예를 들어 노안인 사람이 근방의 물체에 초점을 맞추게 하기 위해 가변 굴절력 광학계의 굴절력을 변경하는 것을 트리거하는 데 동공 모임이 이용될 수 있다. 또한, 감지된 데이터가, 그에 부가하여 또는 대안의 용도에서, 단순히 트리거링 이벤트로서보다는 수집 과정의 일부로서 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 예를 들어, 감지된 데이터는 수집되고 로깅되며 질병의 치료에 이용될 수 있다. 다시 말하면, 그러한 센서를 이용하는 장치가 사용자에게 보이는 방식으로 상태를 변경할 수 없고, 오히려 장치가 단지 데이터를 로깅할 수 있다는 것을 또한 알아야 한다. 예를 들어, 그러한 센서는 사용자가 하루 종일 적당한 홍채 반응을 갖는지 또는 문제가 되는 질병이 있는지를 판정하는 데 사용될 수 있다.

[0079] 도 12a 및 도 12b는 근초점(near focus)(예를 들어, 독서) 대신에 원초점(far focus)(예를 들어, 자동차 운전)을 필요로 하는 멀리 있는 물체를 응시하고 있는 사람의 2개의 눈(1200)들의 상이한 도면을 도시한다. 도 12a는 눈(1200)의 전방 사시도를 도시하는 반면, 도 12b는 눈(1200)의 상부 사시도를 도시한다. 도시되지 않은 멀리 있는 물체를 응시하고 있는 동안, 동공(1202)은 중앙으로 오게 되고 함께 추적한다. 동공(1202)과 관찰 중인 물체 사이에 있는 선(1201)은 둘 모두 90도인 각도(1204)로 나타낸 바와 같이 평행하다. 이는 임의의 사람에서의 2개의 눈(1200)들 사이의 거리가 눈(1200)들로부터 관찰 중인 물체까지의 거리보다 훨씬 더 작기 때문이다. 사람이 멀리 있는 물체의 이동을 추적할 때, 눈(1200)들이 움직이지만, 각도(1204)는 90도에 아주 가까운 채로 유지되는데, 역시 그 이유는 2개의 눈(1200)들 사이의 거리가 눈(1200)들로부터 관찰 중인 물체까지의 거리보다 훨씬 더 작기 때문이다.

[0080] 도 13a 및 도 13b는, 이 예에서, 도시되지 않은 관찰 중인 물체가 멀리 있기보다는 가까이 또는 근방에 있는 것을 제외하고는, 도 12a 및 도 12b에 도시된 것과 실질적으로 유사한 한 쌍의 눈(1300)들을 도시한다. 눈(1300)들 사이의 거리가 이제 눈(1300)들로부터 관찰 중인 물체까지의 거리에 비해 상당히 때문에, 눈(1300)들은 관찰 중인 물체를 시야 내에 유지하기 위해 모인다. 도시된 바와 같이, 과장을 통해, 동공(1302)들이 모이고 함께 더 가깝게 움직인다. 동공과 관찰 중인 물체 사이에 그려진 선(1301)은 더 이상 평행하지 않고, 각도(1304)가 90도 미만이다. 이 현상은 팔을 완전히 뻗은 상태에서 대략 60.96 cm(2 피트)의 거리에 있는 손가락에 실험자 제1 초점을 가지는 것에 의해 쉽게 관찰될 수 있다. 실험자가 손가락을 더 가깝게 가져오면 따라, 그의 눈은 코를 향해 모일 것이고 "사시(cross-eyed)"로 된다.

[0081] 도 14는 도 12a, 도 12b, 도 13a 및 도 13b와 관련하여 기술된 모임을 감지할 수 있고 한 쌍의 콘택트 렌즈(1400)들 사이에서 통신할 수 있는 시스템을 도시한다. 동공(1402)들은 근방의 물체를 보기 위해 모여 있는 것으로 도시되어 있다. 눈(1406) 상에 배치된 콘택트 렌즈(1400) 내에 포함되는 동공 위치 및 모임 검출 시스템(1404)은, 예를 들어 동공(1402)을 관찰하는 반대쪽으로 향해 있는 광 검출기에 의해, 또는 눈(1406) 및 따라서 동공(1402)의 움직임을 추적하는 가속도계에 의해, 동공(1402) 및/또는 콘택트 렌즈(1400)의 위치를 추적한다. 동공 위치 및 모임 검출 시스템(1404)은, 후속적으로 상세히 기술되는 바와 같이, 보다 복잡한 시스템을 형성하는 몇몇 구성요소, 예를 들어 3축 가속도계, 신호 조절 회로, 제어기, 메모리, 전원 및 송수신기를 포함할 수 있다. 2개의 콘택트 렌즈(1400)들 사이의 통신 채널(1401)은 동공 위치 및 모임 검출 시스템(1404)이 동공 위치에 관해 동기하게 한다. 외부 장치, 예를 들어 안경 또는 스마트폰과 통신이 또한 행해질 수 있다. 콘택트 렌즈(1400)들 사이의 통신은 모임을 검출하는 데 중요하다. 예를 들어, 양쪽 동공(1402)들의 위치를 알지 못하

는 경우, 단순히 좌측 아래를 응시하고 있는 것은 우안에 의해 모임으로서 검출될 수 있는데, 그 이유는 동공(1402)이 둘 모두의 동작들에 대해 유사한 움직임 을 가지기 때문이다. 그러나, 좌안의 동공이 우측 아래로 움직이는 것으로 검출되는 동안 우측 동공이 좌측 아래로 움직이는 것으로 검출되는 경우, 모임으로 해석될 수 있다. 2개의 콘택트 렌즈(1400)들 사이의 통신은 절대 또는 상대 위치의 형태를 취할 수 있거나, 눈이 예상된 모임 방향으로 움직이는 경우 단순히 "모임 의심됨(convergence suspected)" 신호일 수 있다. 이 경우에, 주어진 콘택트 렌즈가 모임 자체를 검출하고 인접한 콘택트 렌즈로부터 모임 표시를 수신하는 경우, 주어진 콘택트 렌즈는 스테이지의 변화를 활성화시킬 수 있는데, 예를 들어 가변 초점 또는 가변 굴절력 광학계 설비된 콘택트 렌즈를 독서를 지원하기 위해 근거리 상태로 전환시킨다. 예를 들어, 눈꺼풀 위치 및 모양제근 활동을 조절(가까운 곳에 초점을 맞추)하고자 하는지를 판정하는 데 유용한 다른 정보가 또한 통신 채널(1401)을 통해 전송될 수 있다(콘택트 렌즈가 그렇게 장비되어 있는 경우). 또한, 채널(1401)을 통한 통신이 각각의 렌즈(1406)에 의해 감지, 검출 또는 결정되고 시력 교정, 시력 향상, 엔터테인먼트 및 참신함을 포함한 다양한 목적들을 위해 사용되는 다른 신호들을 포함할 수 있다는 것을 알아야 한다.

[0082] 하나의 예시적인 실시예에 따르면, 디지털 통신 시스템은, 구현될 때, 임의의 수의 형태를 취할 수 있는 다수의 요소들을 포함한다. 디지털 통신 시스템은 일반적으로 정보 소스, 소스 인코더, 채널 인코더, 디지털 변조기, 채널, 디지털 복조기, 채널 디코더 및 소스 디코더를 포함한다.

[0083] 정보 소스는 다른 장치 또는 시스템에서 필요로 하는 정보 및/또는 데이터를 발생시키는 임의의 장치를 포함할 수 있다. 소스는 아날로그 또는 디지털일 수 있다. 소스가 아날로그인 경우, 그의 출력은 이진 문자열을 포함하는 디지털 신호로 변환된다. 소스 인코더는 소스로부터의 신호를 이진 숫자의 시퀀스로 효율적으로 변환하는 프로세스를 구현한다. 소스 인코더로부터의 정보는 이어서 채널 인코더로 전달되고, 채널 인코더에서 이진 정보 시퀀스에 중복성(redundancy)이 도입된다. 이 중복성은 채널에서 직면하게 되는 잡음, 간섭 등의 영향을 극복하기 위해 수신기에서 이용될 수 있다. 이진 시퀀스는 이어서 디지털 변조기로 전달되고, 디지털 변조기는 이어서 시퀀스를 채널을 거친 전송을 위해 아날로그 전기 신호로 변환한다. 본질적으로, 디지털 변조기는 이진 시퀀스를 신호 파형 또는 심볼로 맵핑한다. 각각의 심볼은 하나 이상의 비트의 값을 나타낼 수 있다. 디지털 변조기는 채널을 거쳐 또는 채널을 통해 전송하기에 적절한 고주파 반송파 신호의 위상, 주파수 또는 진폭을 변조할 수 있다. 채널은 그를 통해 파형이 이동하는 매체이며, 채널은 파형의 간섭 또는 다른 오염을 도입시킬 수 있다. 무선 통신 시스템의 경우에, 채널은 대기이다. 디지털 복조기는 채널-오염된 파형을 수신하고, 이를 처리하여 파형을, 전송된 데이터 심볼을 가능한 한 가깝게 나타내는 숫자들의 시퀀스로 변화시킨다. 채널 디코더는 채널 인코더에 의해 이용된 코드 및 수신된 데이터에서의 중복성을 아는 것으로부터 원래의 정보 시퀀스를 복원한다. 소스 디코더는 인코딩 알고리즘을 아는 것으로부터 시퀀스를 디코딩하는데, 여기서 그의 출력은 소스 정보 신호를 나타낸다.

[0084] 전송된 요소가 하드웨어로, 소프트웨어로, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 실현될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 게다가, 통신 채널은 유선 및 무선을 포함한 임의의 유형의 채널을 포함할 수 있다. 무선에서, 채널은 고주파 전자기 신호, 저주파 전자기 신호, 가시광 신호 및 적외선 신호를 위해 구성될 수 있다.

[0085] 도 15a 및 도 15b는 급전식 안과용 렌즈의 하나 이상의 양상을 제어하는 예시적인 동공 위치 및 모임 검출 시스템(1500)의 개략도이다. 센서(1502)는 동공, 또는 보다 일반적으로는, 눈의 움직임 및/또는 위치를 검출한다. 센서(1502)는 콘택트 렌즈(1501) 상의 다축 가속도계로서 구현될 수 있다. 콘택트 렌즈(1501)가 눈에 고정되어 있고 일반적으로 눈과 함께 움직이는 상태에서, 콘택트 렌즈(1501) 상의 가속도계는 눈 움직임을 추적할 수 있다. 센서(1502)는 또한 이미지, 패턴 또는 콘트라스트의 변화를 검출하여 눈 움직임을 추적하는 후향 카메라 또는 센서로서 구현될 수 있다. 대안적으로, 센서(1502)는 안와(socket)에서 눈을 움직이는 신경 및/또는 근육 활동을 검출하는 신경근 센서를 포함할 수 있다. 각각의 눈에 전범위의 움직임을 제공하는 각각의 안구에 부착되어 있는 6개의 근육이 있고, 각각의 근육은 그 자신의 고유한 활동 또는 활동들을 가지고 있다. 이들 6개의 근육은 3개의 뇌신경들 중 하나에 의해 자극된다. 임의의 적합한 장치가 센서(1502)로서 이용될 수 있고, 하나 초과인 센서(1502)가 이용될 수 있다는 것이다. 센서(1502)의 출력은 신호 처리기(1504)에 의해 획득, 샘플링 및 조절된다. 신호 처리기(1504)는 증폭기, 트랜스임피던스 증폭기, 아날로그-디지털 변환기, 필터, 디지털 신호 처리기, 및 센서(1502)로부터 데이터를 수신하고 시스템(1500)의 구성요소들 중 나머지에 적합한 형식으로 출력을 발생시키는 관련 회로를 비롯한 임의의 수의 장치를 포함할 수 있다. 신호 처리기(1504)는 아날로그 회로, 디지털 회로, 소프트웨어, 및/또는 바람직하게는 이들의 조합을 이용하여 구현될 수 있다. 당업계에 공지된 방법을 이용하여 신호 처리기(1504)가 센서(1502)와 함께 공동 설계된다는 것을 알아야 하는데, 예를 들어 가속도계의 획득 및 조절을 위한 회로는 근육 활동 센서 또는 광학 동공 추적기를 위한 회로와는 상이하다. 신

호 처리기(1504)의 출력은 우선적으로 샘플링된 디지털 스트림이고, 절대 또는 상대 위치, 움직임, 모임과 일치하는 검출된 시선, 또는 기타 데이터를 포함할 수 있다. 시스템 제어기(1506)는 신호 처리기(1504)로부터 입력을 수신하고, 다른 입력과 함께, 이 정보를 사용하여 전자 콘택트 렌즈(1501)를 제어한다. 예를 들어, 시스템 제어기(1506)는 콘택트 렌즈(1501)에서의 가변 굴절력 광학계를 제어하는 신호를 작동기(1508)로 출력할 수 있다. 예를 들어, 콘택트 렌즈(1501)가 현재 원초점 상태에 있고 센서(1502)가 모임을 검출하는 경우, 시스템 제어기(1506)는 작동기(1508)에 근초점 상태로 변경하라고 명령할 수 있다. 시스템 제어기(1506)는 센서(1502) 및 신호 처리기(1504)의 활동을 트리거하면서도 이들로부터 출력을 수신할 수 있다. 송수신기(1510)는 안테나(1502)를 통해 통신을 수신 및/또는 전송한다. 이 통신은 인접한 콘택트 렌즈, 안경 렌즈 또는 다른 장치로부터 올 수 있다. 송수신기(1510)는 시스템 제어기(1506)와 양방향 통신을 하도록 구성될 수 있다. 송수신기(1510)는 송수신기에서 통상적인 것처럼 필터링, 증폭, 검출, 및 처리 회로를 포함할 수 있다. 송수신기(1510)의 구체적인 상세 사항은 전자 또는 급전식 콘택트 렌즈에 맞춰지는데, 예를 들어 통신은 눈들 사이의 신뢰성 있는 통신, 저전력 소모를 위해 그리고 규제 요건을 충족시키기 위해 적절한 주파수, 진폭 및 형식으로 되어 있을 수 있다. 송수신기(1510) 및 안테나(1512)는 무선 주파수(RF) 대역, 예를 들어 2.4 GHz에서 동작할 수 있거나, 통신을 위해 광을 사용할 수 있다. 송수신기(1510)로부터 수신된 정보, 예를 들어 모임 또는 발림(divergence)을 나타내는 인접한 렌즈로부터의 정보가 시스템 제어기(1506)에 입력된다. 시스템 제어기(1506)는 신호 처리기(1504) 및/또는 송수신기(1510)로부터의 입력 데이터를 사용하여, 시스템 상태의 변화가 필요한지를 결정한다. 시스템 제어기(1506)는 또한 데이터를 송수신기(1510)로 전송할 수 있고, 송수신기는 이어서 안테나(1512)를 통해 통신 링크를 거쳐 데이터를 전송한다. 시스템 제어기(1506)는 상태 기계로서, FPGA(field-programmable gate array) 상에, 마이크로컨트롤러에, 또는 임의의 다른 적합한 장치에 구현될 수 있다. 본 명세서에 기술된 시스템(1500) 및 구성요소에 대한 전력은, 당업자에게 공지된 배터리, 에너지 회수 장치, 또는 유사한 장치를 포함할 수 있는 전원(1514)에 의해 공급된다. 전원(1514)은 또한 콘택트 렌즈(1501) 상의 다른 장치에 전력을 공급하는 데 이용될 수 있다.

[0086] 본 발명의 예시적인 동공 위치 및 모임 검출 시스템(1500)이 포함되고/되거나 다른 방식으로 캡슐화되어 있으며 식염수 콘택트 렌즈(1501) 환경으로부터 절연되어 있다.

[0087] 도 16은, 안과 관련 문헌에 흔히 기록되어 있는 바와 같이, 모임(1600)과 초점 거리 상태(1602, 1604, 1606) 사이의 예시적인 간략화된 상관관계를 나타낸다. 원초점 상태(1602 및 1606)에 있을 때에는, 도 12a 및 도 12b와 관련하여 기술된 바와 같이, 모임의 정도가 낮다. 근초점 상태(1604)에 있을 때에는, 도 13a 및 도 13b와 관련하여 기술된 바와 같이, 모임의 정도가 높다. 전자 안과용 렌즈의 상태를 변경하기 위해 시스템 제어기(도 15의 요소(1506))에서 임계치(1608)가 설정될 수 있는데, 예를 들어 임계치를 넘어 양으로 갈 때 부가 도수로 가변 광학계의 초점을 맞추고 임계치를 넘어 음으로 될 때 부가 도수 없이 가변 광학계의 초점을 맞출 수 있다.

[0088] 눈 추적은 사람이 어디를 바라보는지, 즉 응시 지점, 또는 머리에 대한 눈의 움직임 중 어느 하나 또는 둘 모두를 결정하는 프로세스이다. 사람의 시선 방향은 머리의 배향 및 눈의 배향에 의해 결정된다. 보다 구체적으로는, 사람의 머리의 배향은 시선의 전체 방향을 결정하는 반면, 사람의 눈의 배향은 정확한 시선 방향을 결정하는데, 시선 방향은 이어서 머리의 배향에 의해 제한된다. 사람이 어디를 응시하는지의 정보는 사람의 관심 초점을 결정하는 능력을 제공할 수 있고, 이 정보는 인지 과학, 심리학, 인간-컴퓨터 상호작용, 시장 조사, 및 의학 연구를 비롯한 임의의 수의 훈련 또는 응용에서 이용될 수 있다. 예를 들어, 눈 시선 방향은 다른 동작을 제어하기 위해 제어기 또는 컴퓨터에의 직접 입력으로서 이용될 수 있다. 다시 말하면, 고도로 복잡한 기능을 비롯하여 다른 장치의 동작을 제어하기 위해 간단한 눈 움직임이 이용될 수 있다. 터치 스크린 및 스마트폰 응용들에서 흔하게 된 "스 와이프(swipe)", 예를 들어 장치를 잠금 해제하기 위해 스 와이프하는 것, 응용들을 변경하는 것, 페이지를 변경하는 것, 줌인 또는 줌아웃 등과 유사한 방식으로 간단한 눈 움직임이 이용될 수 있다. 마비된 사람에 대해 통신 및 기능을 복원하기 위해 눈 시선 추적 시스템, 예를 들어 눈 움직임을 사용하여 컴퓨터를 작동시키는 것이 현재 이용되고 있다. 임의의 수의 상업적 응용들, 예를 들어 사람이 텔레비전을 보고 있을 때 무엇에 관심을 집중하고 있는지, 웹사이트를 브라우징하는 것 등에서 눈 추적 또는 시선 추적이 또한 이용될 수 있다. 이 추적으로부터 수집된 데이터는 특정의 시각적 패턴의 증거를 제공하기 위해 통계적으로 분석될 수 있다. 따라서, 눈 또는 동공 움직임을 검출하는 것으로부터 발생된 정보가 광범위한 응용들에서 이용될 수 있다. 다시 한번, 또한, 감지된 데이터가, 그에 부가하여 또는 대안의 용도에서, 단순히 트리거링 이벤트로서보다는 수집 과정의 일부로서 이용될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 예를 들어, 감지된 데이터는 수집되고 로깅되며 질병의 치료에 이용될 수 있다. 다시 말하면, 그러한 센서를 이용하는 장치가 사용자에게 보이는 방식으로 상태를 변경할 수 없고, 오히려 장치가 단지 데이터를 로깅할 수 있다는 것을 또한 알아야 한다. 예를 들어, 그러한 센서는 사용자가 하루 종일 적당한 흥채 반응을 갖는지 또는 문제가 되는 질병이 있는

지를 판정하는 데 사용될 수 있다.

[0089] 대략 또는 미세 추적 모니터링을 위해 본 발명에 따른 눈 추적이 설정될 수 있다는 것에 주목하는 것이 중요하다.

[0090] 비디오-기반 눈 추적기, 탐색 코일, 및 전기 안구도를 생성하는 장치를 비롯한, 눈 움직임을 추적하는 다수의 현재 이용가능한 장치들이 있다. 탐색 코일 또는 유도성 센서는 주변의 자기장의 변동을 측정하는 장치이다. 본질적으로, 다수의 코일들이 콘택트 렌즈 유형의 장치에 매설될 수 있고, 코일에서 발생하는 전류의 극성 및 크기가 눈의 방향 및 각변위에 따라 변한다. 눈의 양측에 배치된 전극들 사이의 전기 전위의 차이에 기초하여 눈 움직임 및 눈 위치의 검출을 위한 장치에 의해 전기 안구도가 생성된다. 이들 장치 모두는 착용식의 편안한 전자 안과용 렌즈 또는 급전식 콘택트 렌즈에서 사용하기에는 적합하지 않다. 따라서, 다른 예시적인 실시예에 따르면, 본 발명은 콘택트 렌즈 내에 직접 포함되는 시선 센서를 포함하는 급전식 콘택트 렌즈에 관한 것이다.

[0091] 도 17a 및 도 17b는, 이 예에서는 관찰 중인 물체(도시되지 않음)가 사용자의 우측에 있는 것을 제외하고는, 도 12a 및 도 12b에 도시된 것과 실질적으로 유사한 한 쌍의 눈(1701)들을 도시한다. 도 17a는 눈(1701)들의 전방 사시도를 도시하는 반면, 도 17b는 눈(1701)들의 상부 사시도를 도시한다. 우측으로의 위치가 예시 목적을 위해 사용되지만, 관찰 중인 물체가 눈 시선에서의 대응하는 변화를 갖는 3차원 공간에서의 임의의 눈에 보이는 지점에 있을 수 있다는 것을 알아야 한다. 도시된 바와 같이, 과장을 통해, 동공(1703)들 둘 모두가 우측을 향해 대면한다. 동공(1703)들과 관찰 중인 물체 사이에 그려진 선(1705)들은 거의 평행인데, 그 이유는 물체가 눈(1701)들 사이의 거리보다 눈(1701)으로부터 훨씬 더 멀리 있는 것으로 예시되어 있기 때문이다. 각도(1707)는 90도보다 작은 반면, 각도(1709)는 90도보다 크다. 이들 각도는, 멀리 있는 물체를 똑바로 응시할 때 둘 모두가 90도이거나, 근방의 물체를 똑바로 응시할 때 둘 모두가 90도 미만인 이전의 도면들과는 대조적이다. 2차원으로 도시된 바와 같이, 시선 위치를 결정하기 위해 이 각도가 사용될 수 있거나, 보다 일반적으로, 눈 시선의 절대 및 상대 위치와 움직임을 결정하기 위해 눈 움직임의 샘플들이 이용될 수 있다.

[0092] 도 18은 다양한 시선 방향과 연관된 기하학적 시스템을 도시한다. 도 18은 평면도이다. 눈(1801, 1803)들은 A, B, C, D 및 E로 표시된 다양한 목표물들을 응시하고 있는 것으로 도시되어 있다. 선은 각각의 눈(1801, 1803)을 각각의 목표물에 연결시킨다. 두 눈(1801, 1803)들을 연결하는 선에 더하여 눈(1801, 1803)들을 주어진 목표물과 연결하는 2개의 선들 각각에 의해 삼각형이 형성된다. 예시에서 알 수 있는 바와 같이, 2개의 눈(1801, 1803)들 사이의 선과 각각의 눈(1801, 1803)에서의 시선의 방향 사이의 각도가 각각의 목표물에 대해 변한다. 이들 각도는 센서 시스템에 의해 측정될 수 있거나, 간접적인 센서 측정치로부터 결정될 수 있거나, 단지 예시 목적을 위해 나타내어질 수 있다. 예시의 간결성을 위해 2차원 공간에 도시되어 있지만, 추가적인 축의 대응하는 부가에 의해 3차원 공간에서 응시가 일어난다는 것이 명백할 것이다. 목표물 A 및 목표물 B가, 예를 들어 근초점 원근 조절로 판독되도록, 눈(1801, 1803)들에 비교적 가깝게 도시되어 있다. 목표물 A가 양쪽 눈(1801, 1803)들의 우측에 있고, 따라서 양쪽 눈(1801, 1803)들은 우측을 향하고 있다. 2개의 눈(1801, 1803)들을 연결하는 선과 동일 선상에 있는 것으로 예시되어 있는 수평축과 시선 방향 사이에서 반시계 방향으로 형성되는 각도를 측정할 때, 2개의 각도들은 목표물 A에 대해 예각이다. 이제 목표물 B를 참조하면, 눈(1801, 1803)들은 양쪽 눈(1801, 1803)들의 전방에서 그리고 이들 사이에서 목표물 상으로 모인다. 따라서, 앞서 수평축 및 시선의 방향으로부터 반시계 방향으로서 정의되는 각도는 우안(1803)에 대해 둔각이고, 좌안(1801)에 대해서는 예각이다. 적합한 센서 시스템은 관심의 응용에 대해 적합한 정확도로 목표물 A와 목표물 B 사이의 위치 차이를 구별할 것이다. 목표물 C는 목표물 B와 동일한 시선의 방향 및 각도를 갖는 우안(1803)의 특별한 경우를 위해 중간 거리에 도시되어 있다. 시선 방향이 목표물 B와 목표물 C 사이에서 변하여, 시선 방향 결정 시스템이 양쪽 눈(1801, 1803)들로부터의 입력들을 사용하여 시선 방향을 결정하게 한다. 또한, 다른 목표물 F가 3차원 공간에서 목표물 B 위에 있는 경우가 예시될 수 있을 것이다. 그러한 예에서, 도 18에 도시된 2차원 예시로 투영되면, 수평축으로부터의 각도는 목표물 B에 대해 예시된 것과 동일할 것이다. 그러나, 3차원 공간에서 연장되는 지면에 수직인 각도가 목표물들 사이에 같지 않을 것이다. 마지막으로, 목표물 D 및 목표물 E가 멀리 있는 물체로서 도시되어 있다. 이들 예는 응시 중인 물체가 더 멀리 있을 때, 멀리 있는 지점들 사이에서 눈(1801, 1803)들에서의 각도 차이가 더 작아지게 된다는 것을 예시한다. 시선 방향을 검출하는 데 적합한 시스템은 멀리 있는 작은 물체를 구별하기에 충분한 정확도를 가질 것이다.

[0093] 예를 들어, 동공을 관찰하는 후향 광 검출기를 갖거나 눈의 움직임을 추적하는 가속도계를 갖는 임의의 수의 적합한 장치들에 의해 시선 방향이 결정될 수 있다. 신경근 센서가 또한 이용될 수 있다. 눈 움직임을 제어하는 6개의 근육을 모니터링함으로써, 정확한 시선 방향이 결정될 수 있다. 현재의 및 과거의 센서 입력들을 고려하는 위치 계산 시스템에 더하여, 이전의 위치 및/또는 가속도를 저장하는 메모리 요소가 필요할 수 있다. 게다가

가, 도 15a 및 도 15b에 도시된 시스템은 본 발명의 시선 및 추적 시스템에 동등하게 적용가능하다. 이 시스템은 바람직하게는 3차원 공간에서의 응시 기하학적 형태를 고려하도록 프로그래밍된다.

[0094] 움직이지 않는 물체를 응시할 때 눈이 완전히 안정한 상태로 유지되지 않는다는 것이 검안 분야에서 알려져 있다. 오히려, 눈이 전후로 빠르게 움직인다. 시선 위치를 검출하는 데 적합한 시스템은 시각적 생리 기능을 고려하도록 필요한 필터링 및/또는 보상을 포함할 것이다. 예를 들어, 그러한 시스템은 사용자의 자연스런 눈 거동에 맞게 특별히 조정되는 알고리즘 또는 저역 통과 필터를 포함할 수 있다.

[0095] 하나의 예시적인 실시예에서, 전자기기 및 전자 상호접속부는 광학부에서보다는 콘택트 렌즈의 주변부에서 제조된다. 대안의 예시적인 실시예에 따르면, 전자기기의 위치설정이 콘택트 렌즈의 주변부로 제한될 필요는 없다는 것에 주목하는 것이 중요하다. 본 명세서에 기술된 모든 전자 구성요소는 박막 기술 및/또는 투명 재료를 이용하여 제조될 수 있다. 이들 기술이 이용되는 경우, 전자 구성요소는, 광학계와 호환되는 한, 임의의 적합한 위치에 배치될 수 있다.

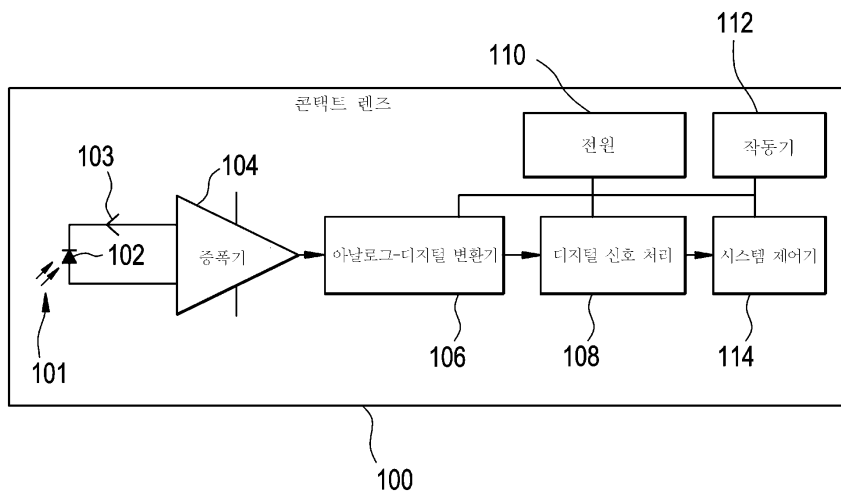
[0096] 획득 샘플링 신호 처리 블록 및 시스템 제어기(각각, 도 15b에서 1504 및 1506)의 활동은 이용가능한 센서 입력, 환경 및 사용자 반응에 의존한다. 입력, 반응 및 결정 임계치는 안과 연구, 사전 프로그래밍, 훈련, 및 적응적/학습 알고리즘 중 하나 이상으로부터 결정될 수 있다. 예를 들어, 폭넓은 사용자 집단에 적용가능하고 시스템 제어기에 사전 프로그래밍되어 있는 눈 움직임의 일반적 특성이 문헌에 잘 기록되어 있을 수 있다. 그러나, 전자 안과용 장치의 동작에서의 응답을 계속하여 미세 조정하는 훈련 세션 또는 적응적/학습 알고리즘의 일부에 일반적인 예상 응답으로부터의 사람의 편차가 기록될 수 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 사용자는 사용자가 근초점을 원할 때 장치와 통신하는 핸드헬드 시계줄을 활성화시킴으로써 장치를 훈련시킬 수 있다. 장치에서의 학습 알고리즘은 이어서 내부 결정 알고리즘을 미세 조정하기 위해 시계줄 신호 전후에 메모리 내의 센서 입력을 참조할 수 있다. 이 훈련 기간은 하루 동안 지속될 수 있고, 그 후에 장치는 센서 입력만으로 자율적으로 동작하고 시계줄을 필요로 하지 않을 것이다.

[0097] 안내 렌즈 또는 IOL은 눈에 이식되어 수정체를 대체하는 렌즈이다. 이는 백내장이 있는 사람에게 또는 단순히 다양한 굴절 이상(refractive error)을 치료하는 데 이용될 수 있다. IOL은 전형적으로, 렌즈를 눈에 있는 캡슐형 백 내에서 제 위치에 보유하기 위해 햅틱(haptic)이라 불리는 플라스틱 측부 스트럿(side strut)을 갖는 작은 플라스틱 렌즈를 포함한다. 본 명세서에 기술된 전자기기 및/또는 구성요소들 중 임의의 것이 콘택트 렌즈와 유사한 방식으로 IOL 내에 포함될 수 있다.

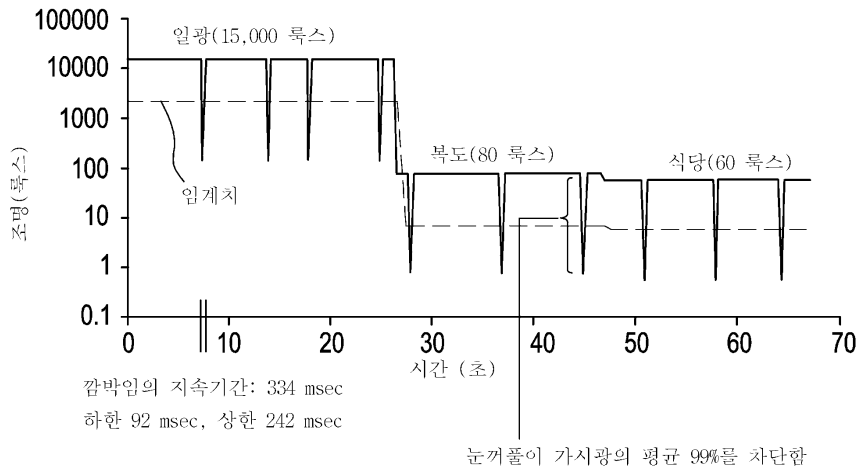
[0098] 가장 실현가능하고 바람직한 실시예로 여겨지는 것에 있어서 도시되고 기술되지만, 기술되고 도시된 특정 설계 및 방법으로부터 벗어나는 것이 당업자에게 연상될 것이고 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어남 없이 사용될 수 있다는 것은 명백하다. 본 발명은 설명되고 예시된 특정 구성으로 제한되는 것이 아니라, 첨부된 특허청구 범위의 범주 내에 포함될 수 있는 모든 변형과 일관성 있도록 구성되어야 한다.

도면

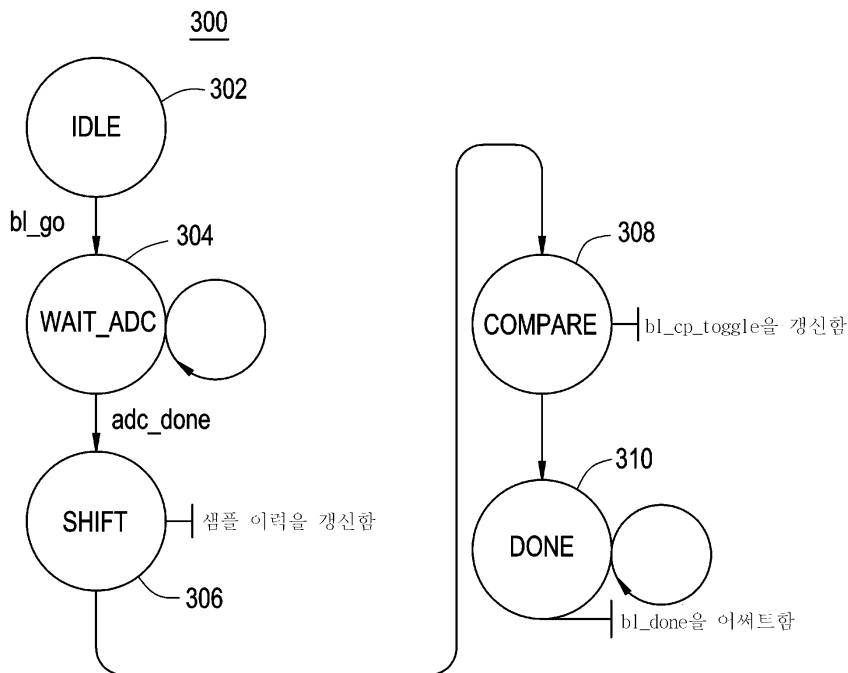
도면1



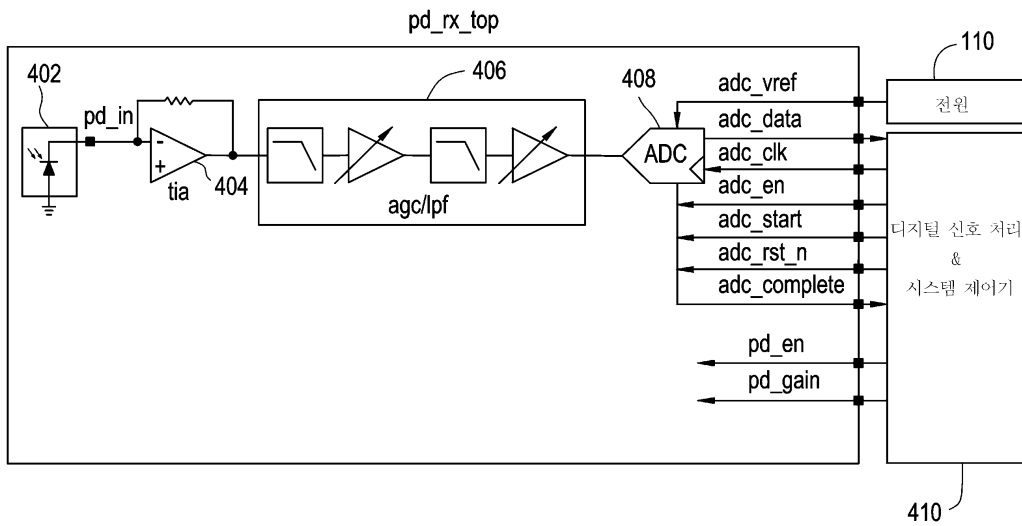
도면2



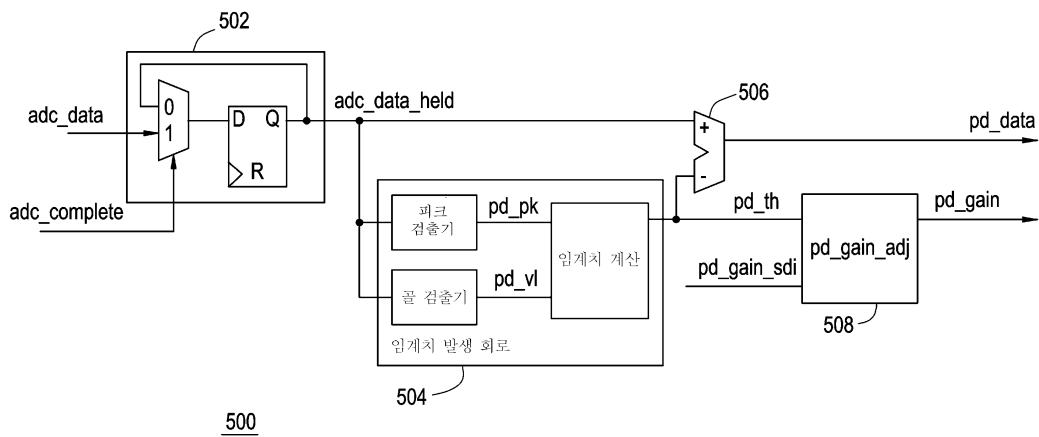
도면3



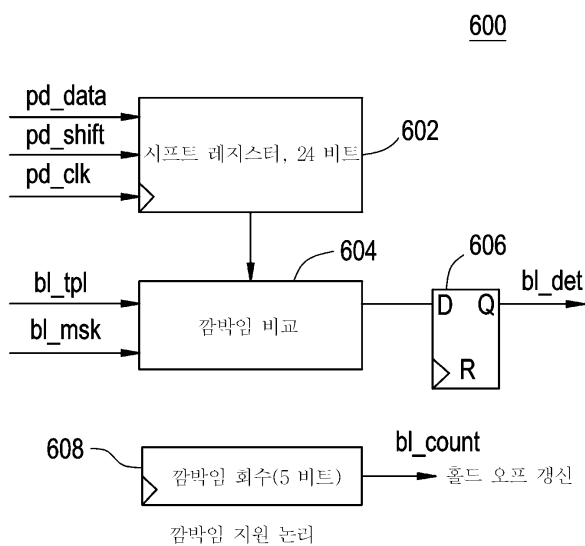
도면4



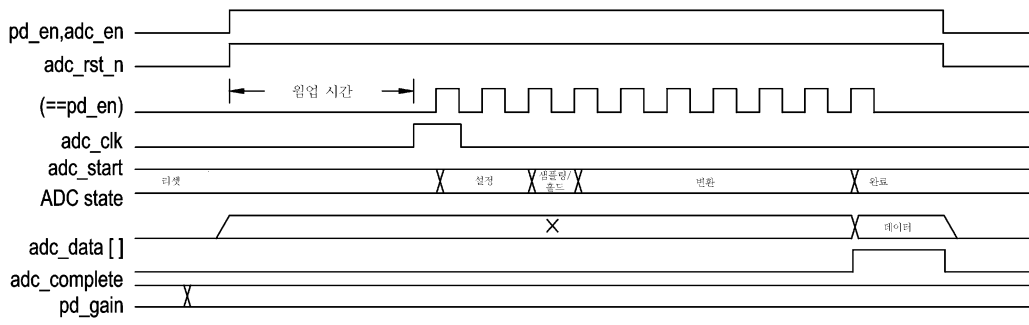
도면5



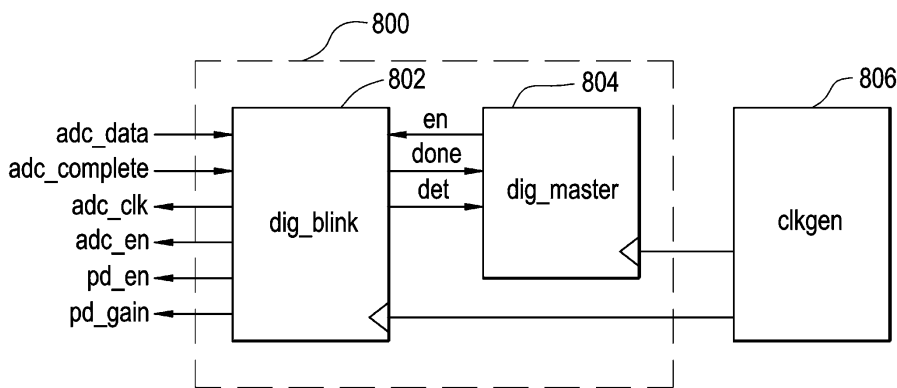
도면6



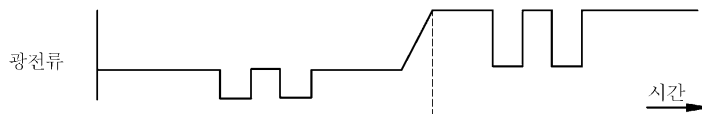
도면7



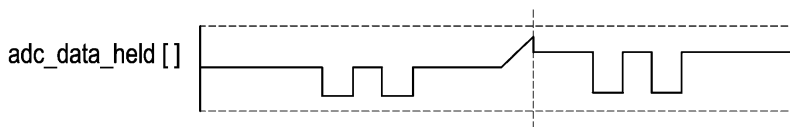
도면8



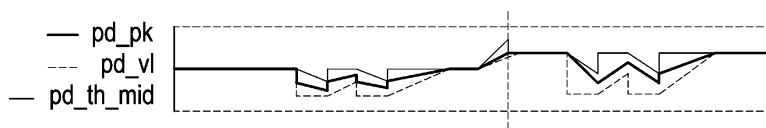
도면9a



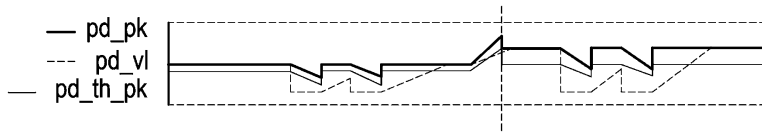
도면9b



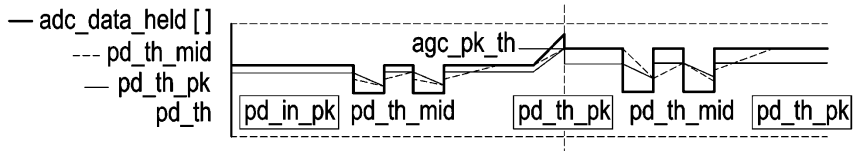
도면9c



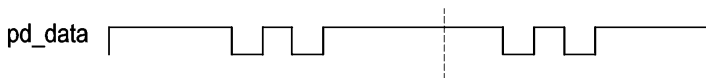
도면9d



도면9e



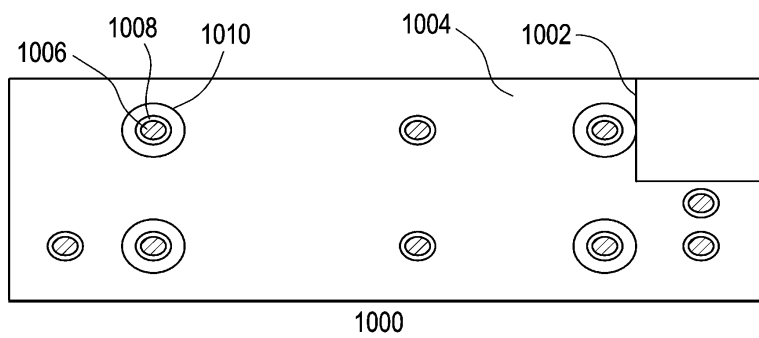
도면9f



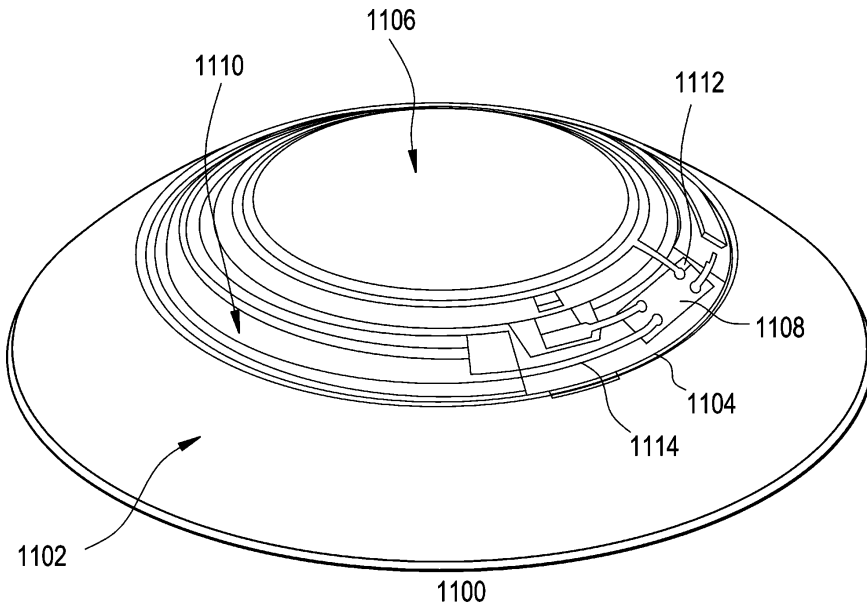
도면9g



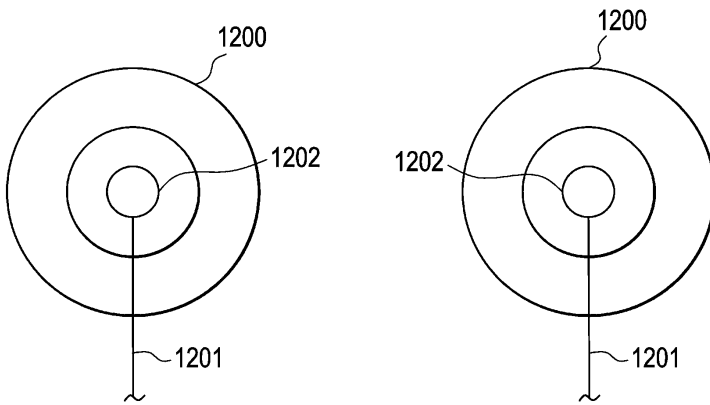
도면10



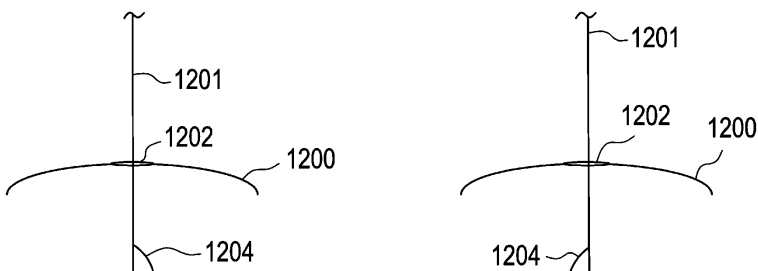
도면11



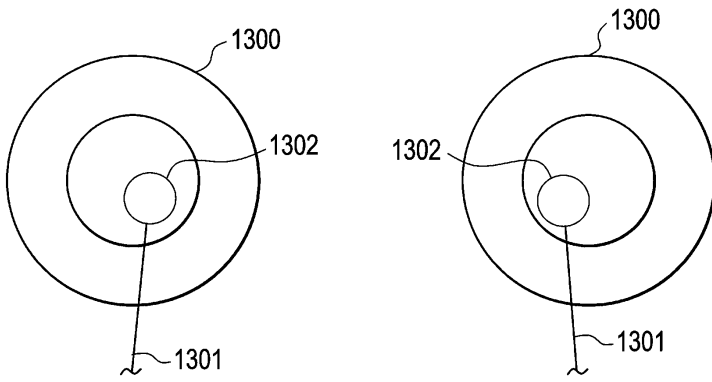
도면12a



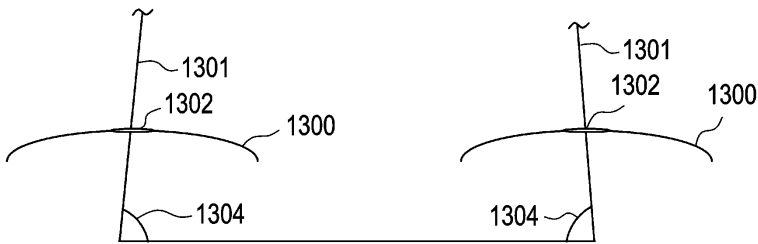
도면12b



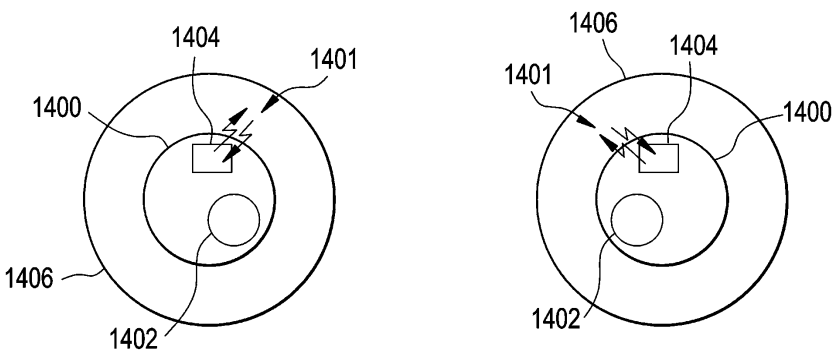
도면13a



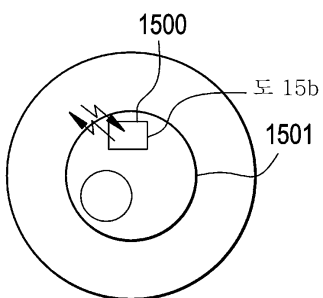
도면13b



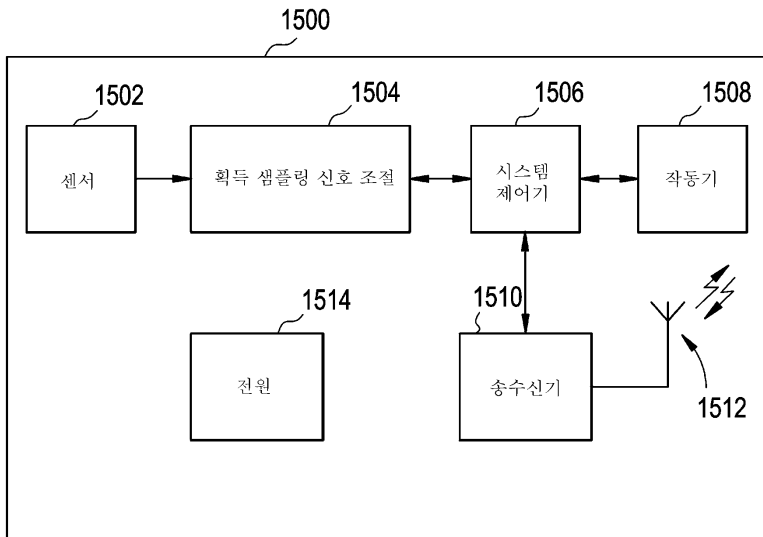
도면14



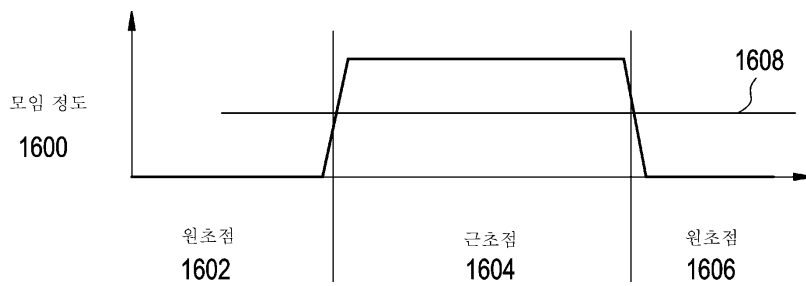
도면15a



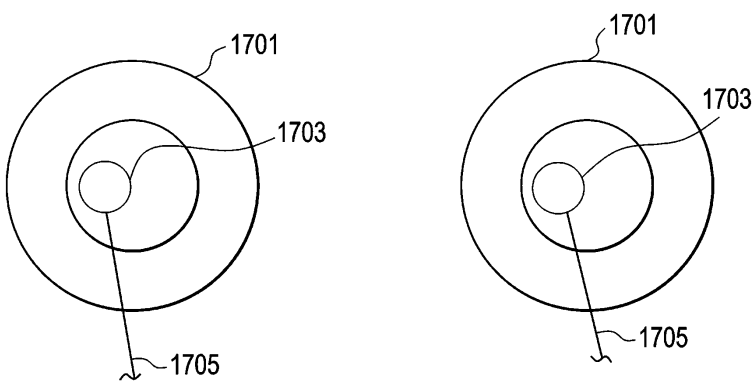
도면15b



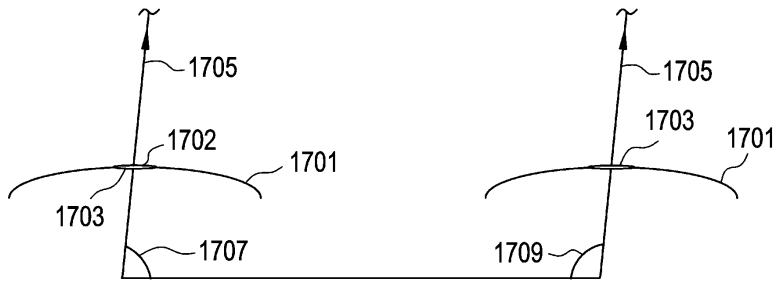
도면16



도면17a



도면17b



도면18

