



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년07월26일  
(11) 등록번호 10-1288447  
(24) 등록일자 2013년07월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 7/20 (2006.01) G06F 3/01 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0107423

(22) 출원일자 2011년10월20일

심사청구일자 2011년10월20일

(65) 공개번호 10-2013-0043366

(43) 공개일자 2013년04월30일

(56) 선행기술조사문헌

JP2009266086 A

JP2006285956 A

(73) 특허권자

경북대학교 산학협력단

대구광역시 북구 대학로 80 (산격동, 경북대학교)

(72) 발명자

이민호

대구광역시 수성구 범어4동 장원맨션 102동 1203호

장영민

경상북도 포항시 남구 연일읍 생지리 대우네우빌 1차 아파트 906호

(74) 대리인

이현수, 정홍식, 김태현

전체 청구항 수 : 총 24 항

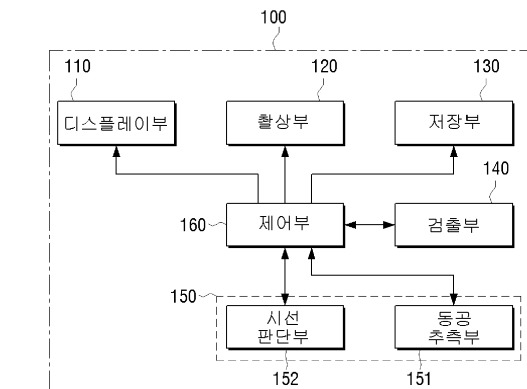
심사관 : 이주미

(54) 발명의 명칭 시선 추적 장치와 이를 이용하는 디스플레이 장치 및 그 방법

**(57) 요약**

디스플레이 장치가 개시된다. 본 디스플레이 장치는 디스플레이 화면을 제공하는 디스플레이부, 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 촬상하는 촬상부, 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 검출부, 적외선 카메라로 촬상된 적외선 안구 이미지 정보가 저장된 저장부, 검출부에서 검출된 안구 영역에 대한 정보와 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 사용자의 시선을 판단하는 판단부 및 사용자의 시선에 따라 상기 디스플레이 장치의 동작을 제어하는 제어부를 포함한다. 이에 따라, 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 판단하고, 사용자 시선에 따라 디스플레이 장치를 제어할 수 있다.

**대표도 - 도1**



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0018292  
 부처명 한국과학재단  
 연구사업명 원천기술개발 사업- 뇌 과학 원천기술개발 사업  
 연구과제명 뇌기능정보 이해 기반 사용자 시선허성 분석 및 선택적 주의집중 모델을 통한 의도파악  
 주관기관 경북대학교  
 연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011K000659  
 부처명 한국과학재단  
 연구사업명 원천기술개발 사업- 미래기반기술개발사업  
 연구과제명 다중감각추론 일반 모델 및 인지 향상 기술 개발  
 주관기관 경북대학교  
 연구기간 2011.07.01 ~ 2012.06.30

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

디스플레이 장치에 있어서,  
 디스플레이 화면을 제공하는 디스플레이부;  
 상기 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 촬상하는 촬상부;  
 상기 촬상부에 의해 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 검출부;  
 학습 데이터로 사용될 적외선 안구 이미지 정보가 저장된 저장부;  
 상기 검출부에서 검출된 안구 영역에 대한 정보와 상기 저장된 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 판단부; 및  
 상기 사용자의 시선에 따라 상기 디스플레이 장치의 동작을 제어하는 제어부;를 포함하는 디스플레이 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서,  
 상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,  
 상기 검출부는,  
 상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하고, 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하며, 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하여, 검출된 홍채 영역의 중심 좌표를 검출하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치.

**청구항 3**

제2항에 있어서,  
 상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,  
 상기 판단부는,  
 상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 동공 추측부; 및  
 상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 시선 판단부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치.

**청구항 4**

제3항에 있어서,  
 상기 시선 판단부는,  
 아래의 수식을 사용하여 상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치:

$$m_x = a_0 c_x^2 + a_1 c_y^2 + a_2 c_x + a_3 c_y + a_4 c_x c_y + a_5$$

$$m_y = b_0 c_x^2 + b_1 c_y^2 + b_2 c_x + b_3 c_y + b_4 c_x c_y + b_5$$

여기서,  $m_x$  및  $m_y$  는 디스플레이 화면상의 사용자 시선의 x축 및 y축 좌표이고,  $c_x$  및  $c_y$  는 상기

사용자의 동공 중심 좌표 중 x축 및 y축 좌표이며,  $a_0$  내지  $a_5$  및  $b_0$  내지  $b_5$ 는 캘리브레이션 매트릭스의 미정 계수이다.

**청구항 5**

제4항에 있어서,  
 상기 제어부는,  
 상기 디스플레이 화면상에 표시된 어플리케이션 아이콘에 상기 사용자의 시선이 위치하면, 상기 어플리케이션 아이콘에 대응되는 어플리케이션을 실행하여 어플리케이션 UI를 디스플레이하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치.

**청구항 6**

제3항에 있어서,  
 상기 저장부는,  
 사용자의 안구 영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 더 저장하며,  
 상기 시선 판단부는,  
 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치.

**청구항 7**

제6항에 있어서,  
 상기 저장부는,  
 복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 더 저장하며,  
 상기 제어부는,  
 상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고,  
 상기 시선 판단부는,  
 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 장치.

**청구항 8**

시선 추적 장치에 있어서,  
 촬상된 사용자 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 검출부;  
 학습 데이터로 사용될 적외선 안구 이미지 정보가 저장된 저장부; 및  
 상기 검출부에서 검출된 안구 영역에 대한 정보와 상기 저장된 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 판단부;를 포함하는 시선 추적 장치.

**청구항 9**

제8항에 있어서,  
 상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,  
 상기 검출부는,

상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하고, 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하며, 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하여, 검출된 홍채 영역의 중심 좌표를 검출하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 장치.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,

상기 판단부는,

상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 동공 추측부; 및

상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 시선 판단부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 장치.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 저장부는,

사용자의 안구 영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 더 저장하며,

상기 시선 판단부는,

상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면 상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 장치.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 저장부는,

복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 더 저장하며,

상기 시선 판단부는,

상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고, 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 장치.

**청구항 13**

디스플레이 방법에 있어서,

디스플레이 화면을 제공하는 단계;

상기 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 촬상하는 단계;

상기 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 단계;

상기 검출된 안구 영역에 대한 정보와 학습 데이터로 사용될 기 저장된 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 단계; 및

상기 사용자의 시선에 따라 상기 디스플레이 장치의 동작을 제어하는 단계;를 포함하는 디스플레이 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,

상기 검출하는 단계는,

상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하는 단계;

검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 단계;

검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하는 단계; 및

검출된 홍채 영역의 홍채 중심 좌표를 검출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 방법.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,

상기 판단하는 단계는,

상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 단계; 및

상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 시선을 판단하는 단계는,

아래의 수식을 사용하여 상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 방법:

$$m_x = a_0 c_x^2 + a_1 c_y^2 + a_2 c_x + a_3 c_y + a_4 c_x c_y + a_5$$

$$m_y = b_0 c_x^2 + b_1 c_y^2 + b_2 c_x + b_3 c_y + b_4 c_x c_y + b_5$$

여기서,  $m_x$  및  $m_y$  는 디스플레이 화면상의 사용자 시선의 x축 및 y축 좌표이고,  $c_x$  및  $c_y$ 는 상기 사용자의 동공 중심 좌표 중 x축 및 y축 좌표이며,  $a_0$  내지  $a_5$  및  $b_0$  내지  $b_5$ 는 캘리브레이션 매트릭스의 미정 계수이다.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 제어하는 단계는,

상기 디스플레이 화면 상에 표시된 어플리케이션 아이콘에 상기 사용자의 시선이 위치하면, 상기 어플리케이션 아이콘에 대응되는 어플리케이션을 실행하여 어플리케이션 UI를 디스플레이하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 방법.

**청구항 18**

제15항에 있어서,

사용자의 안구영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 저장하는 단계를 더 포함하고,

상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계는,

상기 동공 중심 좌표를 추측하는 단계에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 저장하는 단계를 더 포함하고,

상기 제어하는 단계는,

상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고,

상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계는,

상기 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교하는 것을 특징으로 하는 디스플레이 방법.

**청구항 20**

시선 추적 방법에 있어서,

촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 안구 영역에 대한 정보와 학습 데이터로 사용될 기 저장된 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 단계;를 포함하는 시선 추적 방법.

**청구항 21**

제20항에 있어서,

상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,

상기 검출하는 단계는,

상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하는 단계;

검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 단계;

검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하는 단계; 및

검출된 홍채 영역의 홍채 중심 좌표를 검출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 방법.

**청구항 22**

제21항에 있어서,

상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고,

상기 판단하는 단계는,

상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 단계; 및

상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

사용자의 안구영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 저장하는 단계를 더 포함하고,

상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계는,

상기 동공 중심 좌표를 추측하는 단계에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 방법.

**청구항 24**

제23항에 있어서,

복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 저장하는 단계를 더 포함하고,

상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계는,

상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고, 상기 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교하는 것을 특징으로 하는 시선 추적 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 시선 추적 장치와 이를 이용하는 디스플레이 장치 및 그 방법들에 관한 것으로, 보다 상세하게는 본 발명은 촬상된 사용자 이미지로부터 사용자의 시선을 추적하는 장치와 이를 이용하는 디스플레이 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 모바일 IT 장치가 일상 생활에서 대중적으로 사용되는 가운데 인간 컴퓨터 상호 작용(HCI:Human Computer Interaction)은 높은 우선권의 연구 주제로 남아있다. 최근 몇 년간 스마트폰, 태블릿 PC, 상호적인 게임 콘솔 등과 같은 모바일 IT 장치에 멀티터치 인터페이스 기술 및 제스처 인식 등과 같은 다양한 HCI 기술들이 적용되고 있다.

[0003] 이러한 기술들 외에, 사용자의 눈동자 움직임을 이용하는 HCI는 편리성과 높은 속도의 입력을 제공하기 때문에, 컴퓨터를 조작하거나 사용자의 심리적 사실들을 분석하기 위해 눈동자의 움직임을 검출하는 인터페이스 기술 역시 개발되고 있다.

[0004] 사용자의 시선을 추적하는 장치는 몇 가지 종류가 있다. 머리에 쓰는 타입 또는 안경 타입의 시선 추적 시스템은 상대적으로 정확한 응시점을 제공할 수 있다. 이러한 장치에 붙어 있는 카메라는 인간 눈동자에 가깝게 위치하기 때문에 눈동자 및 동공을 항상 안정적으로 검출할 수 있다. 그러나, 이러한 타입의 장치가 아닌 경우 촬상된 이미지가 사용자의 얼굴뿐만 아니라 눈동자 움직임을 검출하는데 불필요한 부분들까지도 포함하고 있을 수 있기 때문에 사용자의 응시점을 쉽게 측정할 수 없다.

[0005] 따라서, 대부분의 정확한 시선 추적 장치는 동공을 검출하기 위해 일반적으로 IR(Infrared Ray)근처의 발광원을 사용한다. IR 카메라를 이용한 동공 검출은 시선 추적을 수행하는데 높은 정확도를 제공하고 동공을 더 쉽게 찾을 수 있다. 그러나, IR을 이용한 방법은 사용자의 눈에 직접적으로 에너지를 방출하고, 가동할 때 많은 열을 방출하기 때문에 오랜 시간 사용하는 것은 안정하지 않다. 이러한 이유들로, 스마트폰이나 태블릿 PC와 같은 내장형 장치는 IR 카메라를 사용하는 시선 추적 시스템의 적용이 제한되어 통상적인 USB 카메라를 이용하여 사용자의 시선을 추적하는 방법이 요청된다.

**발명의 내용**

[0006] 본 발명은 상술한 필요성에 따른 것으로, 본 발명의 목적은 통상적인 USB 카메라를 이용하여 촬상된 사용자 이미지로부터 사용자의 시선을 추적하는 시선 추적 장치, 이를 이용하는 디스플레이 장치 및 그 방법을 제공함에 있다.

[0007] 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 디스플레이 장치는, 디스플레이 화면을 제공하는 디스플레이부, 상기 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 촬상하는 촬상부, 상기 촬상부에 의해 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 검출부, 적외선 카메라로 촬상된 적외선 안구



이미지 정보가 저장된 저장부, 상기 검출부에서 검출된 안구 영역에 대한 정보와 상기 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 판단부 및 상기 사용자의 시선에 따라 상기 디스플레이 장치의 동작을 제어하는 제어부를 포함한다.

[0008] 여기서, 상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 검출부는, 상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하고, 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하며, 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하여, 검출된 홍채 영역의 중심 좌표를 검출할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 판단부는, 상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크(Neural Network)를 사용하여, 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 동공 추측부, 상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 시선 판단부를 포함할 수 있다.

[0010] 그리고, 상기 시선 판단부는, 아래의 수식을 사용하여 상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단할 수 있고,

$$m_x = a_0 c_x^2 + a_1 c_y^2 + a_2 c_x + a_3 c_y + a_4 c_x c_y + a_5$$

$$m_y = b_0 c_x^2 + b_1 c_y^2 + b_2 c_x + b_3 c_y + b_4 c_x c_y + b_5$$

[0011] 여기서,  $m_x$  및  $m_y$  는 디스플레이 화면상의 사용자 시선의 x축 및 y축 좌표이고,  $c_x$  및  $c_y$  는 상기 사용자의 동공 중심 좌표 중 x축 및 y축 좌표이다.

[0013] 또한, 상기 제어부는, 상기 디스플레이 화면상에 표시된 어플리케이션 아이콘에 상기 사용자의 시선이 위치하면, 상기 어플리케이션 아이콘에 대응되는 어플리케이션을 실행하여 어플리케이션 UI를 디스플레이할 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 저장부는, 사용자의 안구 영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 더 저장하며, 상기 시선 판단부는, 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 저장부는, 복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 더 저장하며, 상기 제어부는, 상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고, 상기 시선 판단부는, 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교할 수 있다.

[0016] 한편 본 발명의 일 실시 예에 따른 시선 추적 장치는, 촬상된 사용자 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 검출부, 적외선 카메라로 촬상된 적외선 안구 이미지 정보가 저장된 저장부 및 상기 검출부에서 검출된 안구 영역에 대한 정보와 상기 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 판단부를 포함한다.

[0017] 여기서, 상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 검출부는, 상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하고, 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하며, 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하여, 검출된 홍채 영역의 중심 좌표를 검출할 수 있다.

[0018] 그리고, 상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 판단부는, 상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 동공 추측부, 상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 시선 판단부를 포함할 수 있다.

[0019] 그리고, 상기 저장부는, 사용자의 안구 영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 더 저장하며, 상기 시선 판단부는, 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기

저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 저장부는, 복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 더 저장하며, 상기 제어부는, 상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고, 상기 시선 판단부는, 상기 동공 추측부에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교할 수 있다.

[0021] 한편, 본 발명을 일 실시 예에 따른 디스플레이 방법은, 디스플레이 화면을 제공하는 단계, 상기 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 촬상하는 단계, 상기 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 단계, 상기 검출된 안구 영역에 대한 정보와 기 저장된 적외선 안구 이미지 정보를 이용하여, 상기 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 상기 사용자의 시선을 판단하는 단계 및 상기 사용자의 시선에 따라 상기 디스플레이 장치의 동작을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 검출하는 단계는, 상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하는 단계, 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 단계, 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하는 단계, 검출된 홍채 영역의 홍채 중심 좌표를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 그리고, 상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 판단하는 단계는, 상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 좌표를 추측하는 단계, 상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 시선을 판단하는 단계는, 아래의 수식을 사용하여 상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단할 수 있고,

$$m_x = a_0 c_x^2 + a_1 c_y^2 + a_2 c_x + a_3 c_y + a_4 c_x c_y + a_5$$

$$m_y = b_0 c_x^2 + b_1 c_y^2 + b_2 c_x + b_3 c_y + b_4 c_x c_y + b_5$$

[0025] 여기서,  $m_x$  및  $m_y$  는 디스플레이 화면상의 사용자 시선의 x축 및 y축 좌표이고,  $c_x$  및  $c_y$  는 상기 사용자의 동공 중심 좌표 중 x축 및 y축 좌표이다.

[0027] 그리고, 상기 제어하는 단계는, 상기 디스플레이 화면 상에 표시된 어플리케이션 아이콘에 상기 사용자의 시선이 위치하면, 상기 어플리케이션 아이콘에 대응되는 어플리케이션을 실행하여 어플리케이션 UI를 디스플레이할 수 있다.

[0028] 또한, 사용자의 안구영역으로부터 도출된 동공 중심 좌표 및 상기 동공 중심 좌표에 대응되는 사용자 시선 좌표를 저장하는 단계를 더 포함하고, 상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계는, 상기 동공 중심 위치를 추측하는 단계에서 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 일치하는 경우, 상기 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단할 수 있다.

[0029] 여기서, 복수의 사용자 각각에 대한 얼굴 영역의 특징 정보를 저장하는 단계를 더 포함하고, 상기 제어하는 단계는, 상기 저장된 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 상기 촬상된 이미지에 대응되는 사용자를 식별하고, 상기 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계는, 상기 추측된 동공 중심 좌표를 상기 저장된 동공 중심 좌표 중 상기 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표와 비교할 수 있다.

[0030] 한편 본 발명을 일 실시 예에 따른 시선 추적 방법은, 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하는 단계, 상기 검출된 안구 영역에 대한 정보와 기 저장된 적외선 안구 이미지를 이용하는 단계를 포함할 수 있다.

[0031] 그리고, 상기 안구 영역에 대한 정보는 홍채 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 검출하는 단계는, 상기 촬상된 이미지에서 얼굴 영역을 검출하는 단계, 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 단계, 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하는 단계, 검출된 홍채 영역의 홍채 중심 좌표를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0032] 또한, 상기 적외선 안구 이미지 정보는 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표인 것을 특징으로 하고, 상기 판단하는 단계는, 상기 동공의 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 상기 검출된 홍채 중심 좌표로부터 상기 사용자의 동공 중심 위치를 추측하는 단계, 상기 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0033] 이상과 같은 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 통상적인 USB 카메라를 이용하여 촬영된 이미지로부터 사용자의 시선을 추적할 수 있고, 사용자의 시선을 이용해 디스플레이를 조작할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스플레이 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시선 추적 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 촬영된 사용자 이미지로부터 사용자의 홍채 중심 좌표를 검출하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- 도 4는 촬영된 사용자 이미지로부터 얼굴 영역을 검출하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- 도 5는 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출한 결과를 나타낸다.
- 도 6은 검출된 안구 영역에서 눈꼬리를 검출한 결과를 나타낸다.
- 도 7은 홍채 영역 및 홍채 중심 좌표 검출하기 위해 안구 영역을 수평 및 수직 축으로 투영한 그래프를 나타낸다.
- 도 8a 및 도 8b는 적외선 안구 이미지에서 동공 중심 좌표를 검출하는 흐름도 및 그 결과를 나타낸다.
- 도 9는 동공 중심 좌표를 추측하기 위한 뉴럴 네트워크의 구조를 나타낸다.
- 도 10a 및 도 10b는 뉴럴 네트워크의 트레이닝 페이지 및 테스트 페이지의 동작 과정을 나타내는 흐름도이다.
- 도 11은 디스플레이 화면으로의 칼리브레이션을 나타낸다.
- 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시선 추적 장치를 이용한 시선 추적 결과를 보여준다.
- 도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디스플레이 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 14는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시선 추적 방법을 나타내는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0035] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디스플레이 장치의 구성을 나타내는 블록도이다. 도 1에 따르면, 디스플레이 장치(100)은 디스플레이부(110), 촬상부(120), 저장부(130), 검출부(140), 판단부(150), 제어부(160)를 포함한다. 본 디스플레이 장치(100)는 TV, 홈씨어터, 휴대폰, PDA, 게임기, 노트북 PC, 전자 책, MP3 플레이어 등과 같은 다양한 유형의 장치로 구현될 수 있다.
- [0037] 디스플레이부(110)는 각종 정보를 디스플레이 화면에 표시할 수 있다. 구체적으로, 디스플레이부(110)는 저장부(150)에 기저장된 정보 또는 외부에서 제공되는 동영상, 사진, 문서, UI, 아이콘 등과 같은 각종 정보를 사용자에게 표시할 수 있다. 이러한 디스플레이부(110)는 CRT, LCD 등과 같은 장치로 구현될 수 있다.
- [0038] 촬상부(120)는 사용자의 이미지를 촬상한다. 구체적으로, 촬상부(120)는 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 촬상할 수 있다. 이러한 촬상부(120)는 TV, 휴대폰, 노트북 PC 등과 같은 다양한 유형의 장치에 내장된 촬영장치로 구현할 수 있다. 또한, 종래에는 이러한 촬상부(120)를 IR 카메라 등 IR 촬상 장치를 이용하여 구현하였으나, 본 발명의 일 실시 예에 따르면 촬상부(120)를 통상적인 USB 촬상 장치로 구현할 수 있다. 한편, 본 발명의 실시 예에서는 촬상부(120)가 디스플레이 장치(100)에 내장된 것으로 표현하였으나, 이러한 촬상부(120)는 디스플레이 장치(100)와 연결된 외부 장치로 구현될 수도 있다.
- [0039] 저장부(130)는 적외선 카메라로 촬영된 적외선 안구 이미지 정보를 저장한다. 그리고, 저장부(130)는 디스플레이부(110)에 표시할 각종 정보를 저장할 수 있다. 그리고, 저장부(130)는 촬상부(120)에서 촬영된 사용자의 이미지를 저장할 수 있다. 또한, 저장부(130)는 후술할 검출부(140)에서 사용되는 각종 검출 알고리즘 및 검출된 사용자 안구 영역에 대한 정보를 저장할 수 있다. 특히, 얼굴 검출 과정에서 사용자 얼굴 특징 정보를 저장할

수 있다. 그리고, 저장부(130)는 후술할 판단부(150)에서 사용되는 알고리즘, 수학적, 매트릭스, 판단부(150)에 의해 추측되는 사용자 동공 중심 좌표 및 사용자 시선 위치 좌표를 저장할 수 있다.

[0040] 그리고 저장부(130)는 각종 메모리, 예를 들면, ROM, 플래시 메모리 또는 HDD로 구성될 수 있다. 한편, 본 발명의 실시 예에 따르면, 저장부(130)는 디스플레이 장치(100) 내부에 내장된 것으로 표현하였으나, 이러한 저장부(130)는 디스플레이 장치(100)와 연결된 외장형 HDD 또는 메모리 카드, 예를 들면, 플래시 메모리(Flash Memory: M/S, XD, SD 등)나 USB 메모리 등으로 구현될 수도 있다.

[0041] 검출부(140)는 촬영된 이미지에서 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출한다. 구체적으로, 검출부(140)는 촬상부(120)에서 촬영된 사용자 이미지로부터 얼굴 영역, 안구 영역, 홍채 영역 및 홍채 중심 좌표를 순차적으로 검출할 수 있으며, 사용자의 홍채 중심 좌표를 검출하는 방법을 도 3 내지 도 7을 참고하여 구체적으로 설명한다. 여기서, 안구 영역은 사전적 의미의 눈동자 영역만을 의미하는 것이 아니라 사람의 얼굴을 볼 때 보여지는 눈 및 그 근처의 영역을 의미할 수 있다.

[0042] 도 3은 촬영된 사용자 이미지로부터 사용자의 홍채 중심 좌표를 검출하는 과정을 도시한 흐름도이다. 도 3에 따른 검출 과정은 도 1에 도시된 디스플레이 장치(100)의 검출부(140)에서 수행가능하다.

[0043] 여기서, 홍채 중심과 동공 중심과의 관계에 대해 설명한다. 사람은 물체를 보기 위하여 안구를 이동시킨다. 이때 홍채는 안구의 고정된 위치에 존재하므로 안구이동에 따라 함께 움직이게 된다. 홍채 내에 존재하는 동공은 홍채근육의 움직임에 의해서도 변하기 때문에 안구의 움직임에 대한 동일한 위치변화량을 가진다고 볼 수는 없다. 동공은 몸의 긴장상태에 의해 꾸준히 수축, 팽창운동을 하고 있으며, 동공의 크기 변화와 함께 그 중심도 일정하지 않다. 따라서 동공의 위치는 유연성을 갖는다고 볼 수 있다. 동공은 홍채의 중심부분에 존재하지만 동공의 중심과 홍채의 중심은 일치하지 않는다. 일반적으로 동공의 중심은 홍채의 중심으로부터 얼굴 가운데 쪽으로 위치하고 있다.

[0044] 도 3에 도시된 홍채 중심 좌표 검출과정에 따르면, 촬영된 사용자 이미지에서 SM(Saliency Map)모델을 사용하여 얼굴 영역을 검출한다(S310). 이어서, 검출된 얼굴 영역에서 AdaBoost 알고리즘을 사용하여 안구 영역을 검출한다(S320). 그리고, 검출된 안구 영역에서 균등화 및 Otsu의 임계 방법에 따라 홍채 영역을 검출하고(S330), 검출된 홍채 영역에서 그 중심좌표를 검출할 수 있다(S340).

[0045] 도 4는 촬영된 사용자 이미지로부터 얼굴 영역을 검출하는 과정을 도시한 흐름도이다.

[0046] 사용자의 얼굴을 검출하기 위해 선택적 주의 집중 모델이 사용된다. 구체적으로 사용자의 얼굴을 검출하기 위해 상향식 SM 모델을 사용할 수 있다. 상향식 SM 모델은 레티나(Retina) 함수 및 LGN(Lateral Geniculate Nucleus)를 사용할 수 있다. 레티나 함수를 사용하여 색의 요소 R(Red), G(Green), B(blue)가 추출되며, Intensity 특징과 함께 사용자 얼굴 검출에 사용될 수 있다. 추출된 피부색은 필터링 되며 이때 색의 요소 중 Red가 필터링에 지배적으로 공헌할 수 있고, Red 와 Green의 반대되는 색 특징은 얼굴 영역과 비 얼굴 영역의 경계 특징을 나타낼 수 있다. LGN 및 레티나 함수를 사용하여, 각 레벨이  $2^n$ 에 의해 만들어지는 0레벨 부터 n 레벨까지의 상이한 스케일의 가우스 피라미드 이미지에 의해 on-center 및 off-center 동작을 수행하여 I(Intensity), E(Edge), C(color)와 같은 특징 지도를 구성할 수 있다. 세 가지 특징 지도의 합에 의해 SM 이 생성될 수 있다. SM 에서 상대적으로 많이 돌출된 영역을 후보영역으로 선택하고, Otsu의 임계 방법을 사용하여 선택 영역의 2차원 데이터를 생성한 후, 라벨링 방법을 사용하여 분할된 영역의 그룹을 생성할 수 있다. 선택된 후보영역이 AdaBoost(Adaptive Boosting) 알고리즘의 입력으로 사용되어 얼굴 영역을 검출할 수 있다.

[0047] 또한, 검출부(140)는 검출된 얼굴영역에 대해 점진적(Incremental)  $(2D)^2$ PCA(Incremental two directional two dimensional PCA)기법을 적용하여 얼굴 특징 정보를 추출할 수 있다. 복수 개의 트레이닝 데이터의 열방향 데이터 행렬의 공분산에서 초기 열방향 고유벡터(eigenvector) 및 고유값(Eigen value)을 구하고, 2DPCA를 이용하여 열방향 데이터의 고유벡터(Eigen vector) 및 고유값(Eigen value)를 생성하고 소정의 고유벡터를 선택하여 열방향 표현공간의 차원(dimension)을 선택한다.

[0048] 여기서,  $(2D)^2$ PCA는 2DPCA를 행방향과 열방향으로 동시에 각각 실행하여 투영 행렬을 구한다. 그 후 두 개의 투영 행렬을 동시에 적용하여 특징 행렬을 구하는 방식으로 특징 행렬의 크기는 매우 작게 하면서도 인식률은 2DPCA 정도의 수준을 유지할 수 있으므로, 저장 공간 및 계산량을 현저히 줄일 수 있게 된다. 또한, Incremental  $(2D)^2$ PCA란 점진적으로 표현공간을 추정하는 동시에 2DPCA를 행방향과 열방향으로 각각 실행하는 방식을 의미한다. 이는 Incremental PCA가 특징 자체의 변화를 시간적으로 모델링하는 점진적 부공간



(Incremental Subspace) 알고리즘이라는 점에 기인한다.

[0049] 구체적으로 검출부(140)는 검출된 얼굴 영역과 사용자(또는 감독자)가 입력한 인식자 정보를 이용하여 Incremental (2D)<sup>2</sup>PCA 학습 임계값을 측정된 후 온라인 학습을 수행할 수 있다.

[0050] 여기서 온라인 학습이란 새로운 학습데이터만을 이용해 기존의 학습 모델을 효율적으로 업데이트하는 방법으로, 점진적/적응적(Incremental/Adaptive) 학습이라고도 한다. 한편, 본 발명에서는, IPCA(Incremental Principal Component Analysis)를 적용하는 것으로 설명하였다. 하지만, 점진적/온라인/적응적(Incremental/Online/Adaptive) 학습에는 ILDA(Incremental Linear Discriminant Analysis), INMF(Incremental Non-negative Matrix Factorization)같은 특징 자체의 변화를 시간적으로 모델링하는 점진적 부공간(Incremental Subspace) 알고리즘, ISVM(Incremental Support Vector Machine)과 INN(Incremental Neural Network)같은 특징분포의 변화를 시간적으로 모델링하는 분류기들도 적용될 수 있다.

[0051] 여기서, 상술한 바와 같이 상기 얼굴 영역 검출 단계에서 나타난 사용자 얼굴영역의 특징 정보들은 저장부(130)에 저장될 수 있다.

[0052] 도 3의 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 단계(S320)는 도 5를 참고하여 구체적으로 설명한다.

[0053] 도 5는 검출된 얼굴 영역으로부터 안구 영역을 검출한 결과를 나타낸다. 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 과정은 Adaboost 알고리즘을 사용하여 수행되며, 당해 기술분야에서 널리 알려진 기술로서 이에 대한 설명은 생략한다.

[0054] 도 6은 검출된 안구 영역에서 눈꼬리를 검출한 결과를 보여준다. 검출된 안구 영역에서 눈꼬리를 검출하는 단계(미도시)는 간단한 견본 매칭 알고리즘(template matching algorithm)을 사용하여 수행될 수 있으며, 당해 기술분야에서 널리 알려진 기술로서 이에 대한 설명은 생략한다. 눈꼬리를 검출하는 과정이 필요한 이유는 사용자를 관찰하는 과정에서 사용자의 얼굴이 움직일 수 있기 때문이다. 사용자의 얼굴 움직임을 정규화에 의한 보정을 수행하기 위해 양 눈꼬리의 중심위치로부터 상술한 홍채 중심 및 추측된 동공 중심 좌표까지의 상대적 거리를 이용할 수 있다.

[0055] 도 3의 검출된 안구 영역에서 홍채 영역 및 홍채의 중심 좌표를 검출하는 단계(S330 및 S340)는 도 7을 참고하여 구체적으로 설명한다.

[0056] 도 7은 홍채 영역 및 홍채 중심 좌표 검출하기 위해 안구 영역을 수평 및 수직 축으로 투영한 그래프를 나타낸다. 도 3의 홍채 영역을 검출하는 단계(S330)는 균등화 및 Otsu 임계 방법에 기초한 2차원화 과정을 포함하는 이미지 처리과정을 사용할 수 있다. 이에 따라, 검출된 눈 영역에서 홍채 영역을 검출하기 위해 수평/수직 투영 히스토그램을 순차적으로 얻을 수 있다. 수평 및 수직 투영 히스토그램은 각각 수평 및 수직축에 합쳐진다. 다음 수학식 1은 수평 및 수직 투영 히스토그램을 얻는 식을 보여준다.

**수학식 1**

$$H_x(i) = \sum_{j=0}^{w-1} Img(i, j)$$

$$H_y(i) = \sum_{j=0}^{h-1} Img(j, i)$$

[0057]

[0058] 여기서,  $H_x$  및  $H_y$  는 각각 x축 및 y축의 히스토그램이다. w 및 h는 각각 검출된 안구 영역의 너비 및 높이를 나타낸다. 홍채 영역은  $H_x$  및  $H_y$  에 의해 검출될 수 있다. 구체적으로, 홍채 영역은 다음 수학식 2에 의해 검출될 수 있다.

수학식 2

[0059] 
$$Iris(img) = [(x, y) | x_L < x < x_R, y_T < y < y_B]$$

[0060] 여기서,  $x_L$ ,  $x_R$ ,  $y_T$  및  $y_B$  는 각각 검출 영역의 가장 좌측 좌표, 가장 우측 좌표, 가장 위쪽 좌표 및 가장 아래쪽 좌표를 나타낸다.

[0061] 검출된 홍채 영역의 홍채 중심 좌표를 검출하는 단계(S340)는, 다음 수학식 3에 의해 수행될 수 있다.

수학식 3

[0062] 
$$(x_{center}, y_{center}) = ((x_L + x_R) / 2, (y_T + y_B) / 2)$$

[0063] 여기서,  $x_{center}$  및  $y_{center}$  는 각각 홍채 중심 좌표의 x축 좌표 및 y축 좌표를 나타낸다.

[0064] 여기서, 도 3 내지 도 7을 참고하여 사용자의 홍채 중심 좌표를 검출하는 방법을 통상적인 USB 카메라를 이용한 이미지에 대해 설명하였지만, 도 3 내지 도 7에 나타난 홍채 중심 좌표를 검출하는 방법은 적외선 카메라로 촬영된 이미지에도 동일하게 적용될 수 있다.

[0065] 도 1의 판단부(150)는 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단한다. 이를 위해, 판단부(150)는 동공 추측부(151) 및 시선 판단부(152)로 구성될 수 있다.

[0066] 동공 추측부(151)는 사용자의 동공 중심 좌표를 추측한다. 구체적으로, 동공 추측부(151)는 저장부(130)에 기 저장된 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표를 학습데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 검출부(140)에서 검출된 홍채 중심 좌표로부터 사용자의 동공 중심 좌표를 추측할 수 있다. (여기서, 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표는 추측된 동공 중심 좌표 및 이를 저장부(120)에 저장한 동공 중심 좌표와 상이하며, '적외선'이라는 수식어가 없는 동공 중심 좌표는 동공 추측부(151)의 추측과정에서 사용되는 동공 중심 좌표가 아니고, 적외선 안구 이미지에서 검출된 동공 중심 좌표는 동공 추측부(151)에 의한 동공 추측과정에만 사용된다.)

[0067] 또한, 바람직하게는, 적외선 안구 이미지에서 동공 중심 좌표를 검출하는 과정 및 검출된 동공 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하여 MLP 알고리즘에 의해 학습하는 과정은 미리 수행될 수 있다. 구체적으로, 검출부(140)는 저장부(130)에 기 저장되어 있는 적외선 안구 이미지를 이용하여 적외선 안구 이미지상의 동공의 중심 좌표를 검출할 수 있고, 적외선 안구 이미지상에서 기 검출된 동공 중심 좌표가 기 저장되어 있을 수도 있다. 그러면, 동공 중심 좌표를 추측하기 전에, 동공 추측부(151)는 적외선 이미지 상의 동공 중심 좌표를 MLP 알고리즘의 학습 데이터로 사용하여 미리 학습할 수 있다.

[0068] 여기서, 뉴럴 네트워크는 뇌기능의 특성 몇 가지를 컴퓨터 시뮬레이션으로 표현하는 것을 목표로 하는 수학 모델이다. 뉴럴 네트워크는 시냅스의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반을 가리킨다. 좁은 의미에서는 오차역전파법을 이용한 다층퍼셉트론(MLP)을 가리키는 경우도 있지만, 이것은 잘못된 용법으로, 뉴럴 네트워크는 이에 국한되지 않는다. 뉴럴 네트워크는 교사 신호(정답)의 입력에 의해서 문제에 최적화되어 가는 교사 학습과 교사 신호를 필요로 하지 않는 비교사 학습이 있다. 명확한 해답이 있는 경우에는 교사 학습이, 데이터 클러스터링에는 비교사 학습이 이용된다. 결과적으로 모두 차원을 줄이기 위해, 화상이나 통계 등 다차원량의 데이터로, 선형 분리 불가능한 문제에 대해서, 비교적 작은 계산량으로 양호한 회답을 얻을 수 있는 것이 많다. 그 때문에, 패턴 인식이나 데이터 마이닝 등, 다양한 분야에서 응용되고 있다.

[0069] 도 8a는 적외선 안구 이미지에서 동공 중심 좌표를 검출하는 흐름도를 나타낸다. 동공 중심 좌표를 검출하는 단계는 히스토그램 균등화(equalization) 단계, 히스토그램 경계화(binanzation) 단계, 딜레이션(dilation) 단

계, 에로전(erosion) 단계, 블랍 라벨링(blob labeling) 단계를 포함할 수 있다. 히스토그램 균등화 과정은 이미지의 히스토그램을 이용하여 그레이 스케일된 눈 이미지의 콘트라스트(contrast) 조정 역할을 할 수 있다. 그리고, 히스토그램 경계화과정에서 적절한 경계값을 이용한 경계화가 적용될 수 있다. 그리고, 동공 주위의 glint 및 noise에 의한 오차를 감소시키기 위해 딜레이션 및 에로전 같은 수학적인 모폴로지 동작이 사용될 수 있다. 마지막으로, 안구 이미지에 블랍 라벨링을 하는 과정이 이루어지고, 동공에 해당하는 적절한 색깔 부분을 찾음으로써 동공영역 및 동공의 중심좌표를 검출할 수 있다. 도 8b는 적외선 안구 이미지에서 동공 중심을 찾은 결과를 보여준다.

[0070] 도 9는 동공 중심 좌표를 추측하기 위한 뉴럴 네트워크의 구조를 나타낸다. 뉴럴 네트워크는 7개의 노드와 바이어스를 포함하는 하나의 숨겨진 층을 사용할 수 있다. 뉴럴 네트워크의 입력 벡터는 홍채 중심의 2차원 좌표로 구성되고, 타겟 벡터는 IR 카메라로부터 얻어진 동공 중심의 2차원 좌표로 구성될 수 있다. 또한, 뉴럴 네트워크는 트레이닝 페이즈(training phase) 및 테스트 페이즈(test phase)로 구분하여 나타낼 수 있다.

[0071] 도 10a는 뉴럴 네트워크의 트레이닝 페이즈의 동작 과정을 나타내는 흐름도이다.

[0072] 트레이닝 페이즈는, 상술할 테스트 페이즈에서 동공 중심 좌표를 추측하기 전에, 홍채 중심과 동공 중심 사이의 관계에 대해 미리 학습할 수 있다. 트레이닝 페이즈에서 뉴럴 네트워크는 검출된 양 눈꼬리의 중심좌표를 이용하여 검출된 홍채 중심 좌표 및 적외선 이미지 상의 동공 중심 좌표를 정규화할 수 있다. 정규화된 홍채 중심 좌표는 입력 벡터로, 정규화된 적외선 이미지상의 동공 중심 좌표는 타겟 벡터로 주어지고, 홍채 중심과 동공 중심 사이의 관계에 대해 타겟 정확도가 만족될 때까지 반복적으로 학습할 수 있다.

[0073] 도 10b는 뉴럴 네트워크의 테스트 페이즈의 동작 과정을 나타내는 흐름도이다.

[0074] 테스트 페이즈에서는 홍채 중심 좌표를 이용하여 동공 중심 좌표를 추측할 수 있다. 테스트 페이즈는 검출된 홍채 중심 좌표를 눈꼬리 중심 좌표를 이용하여 정규화하고, 정규화된 홍채 중심 좌표는 입력벡터로 사용된다. 뉴럴 네트워크는 미리 학습된 데이터를 이용하여 동공 중심 좌표를 출력 벡터로서 출력한다.

[0075] 시선 판단부(152)는 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단한다. 구체적으로, 시선 판단부(152)는 동공 추측부(151)에서 추측된 동공 중심 좌표를 칼리브레이션과정을 통하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있다. 칼리브레이션을 위해 사용자는 미리 데이터를 입력할 필요가 있다. 예를 들어, 디스플레이 화면상의 일정한 지점을 응시하고 입력키를 누르면, 디스플레이 화면상의 시선 위치 좌표에 대응하는 동공 위치 좌표에 대한 관계를 도출할 수 있다. 도 11은 동공 중심 좌표로부터 디스플레이 화면상으로의 칼리브레이션을 나타낸다.

[0076] 동공 추측부(151)에서 추측된 동공 중심좌표를 사용하여 디스플레이 화면으로의 시선을 추적하기 위해 다음 수학적 식 4와 같은 2차 다항식 함수를 고려할 수 있다.

**수학적 식 4**

$$m_x = a_0 c_x^2 + a_1 c_y^2 + a_2 c_x + a_3 c_y + a_4 c_x c_y + a_5$$

$$m_y = b_0 c_x^2 + b_1 c_y^2 + b_2 c_x + b_3 c_y + b_4 c_x c_y + b_5$$

[0077]

[0078]  $a_0$  내지  $a_5$  및  $b_0$  내지  $b_5$  는 미정 계수이다. 이러한 시스템은 12개의 미지수를 가지므로 6번 이상의 사용자 입력을 받음으로써 쉽게 풀 수 있다. 예를 들어, 칼리브레이션을 위해 9개의 점을 사용한다면, 이 시스템은 12개의 미지수 및 18개의 식으로 이루어진 과잉 결정되는 시스템이 되어 쉽게 계수들을 결정할 수 있다. 더 높은 차수의 다항식을 사용하면 정확성을 더 높일 수 있지만, 2차 다항식으로도 응시점의 칼리브레이션을 수행하는데 충분한 근사치로 수행될 수 있다.

[0079] 계수들의 관계는 다음 수학적 식 5와 같은 매트릭스로 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$\begin{bmatrix} m_{x1} & m_{x2} & \cdots & m_{xN} \\ m_{y1} & m_{y2} & \cdots & m_{yN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & \cdots & a_5 \\ b_0 & b_1 & \cdots & b_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_{x1}^2 & c_{x2}^2 & \cdots & c_{xN}^2 \\ c_{y1}^2 & c_{y2}^2 & \cdots & c_{yN}^2 \\ c_{x1}c_{y1} & c_{x2}c_{y2} & \cdots & c_{xN}c_{yN} \\ c_{x1} & c_{x2} & \cdots & c_{xN} \\ c_{y1} & c_{y2} & \cdots & c_{yN} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

[0080]

[0081] 상기 매트릭스는  $M=TC$  로 간단하게 나타낼 수 있다.

[0082] 여기서,  $T=MC^{-1}$  를 얻을 수 있다. 칼리브레이션 매트릭스  $T$  를 이용하여 추측된 동공 중심 좌표로부터 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 칼리브레이션 할 수 있다.

[0083] 또한, 시선 판단부(152)는 도출된 동공 중심 좌표를 상기 저장부(130)에 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 서로 일치하는 경우, 상기 칼리브레이션 과정 없이 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단할 수 있다. 이로써, 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 더욱 효율적으로 판단할 수 있다.

[0084] 여기서, 시선 판단부(152)는 후술할 제어부(160)에 의해 현재 사용자가 식별된 경우, 상기 저장부(130)에 저장된 동공 중심 좌표 중 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표를 상기 동공 추측부(151)에서 추측된 동공 중심 좌표와 비교할 수 있다. 즉, 여러 사용자가 있는 경우, 현재 사용자를 식별하여 해당 사용자에게 해당하는 저장 정보만을 비교하여 시선 판단 과정을 간소화할 수 있다.

[0085] 제어부(160)는 디스플레이부(110)의 동작을 제어한다. 일 실시 예로, 제어부(160)는 디스플레이 화면상에 표시된 어플리케이션 아이콘에 상기 사용자의 시선이 위치하면, 상기 어플리케이션 아이콘에 대응되는 어플리케이션을 실행하여 어플리케이션 UI를 디스플레이할 수 있다.

[0086] 또한, 제어부(160)는 상기 저장부(130)에 저장된 사용자들의 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 촬상부(120)에 의해 촬상된 이미지에 대응하는 현재 사용자를 식별할 수 있다. 구체적으로, 현재 사용자 이미지에서 검출된 얼굴 영역의 특징 정보와 저장부(130)에 저장된 각각의 사용자의 얼굴 영역의 특징 정보들을 비교하여, 일치하는 얼굴 영역의 특징 정보에 해당하는 사용자를 현재 사용자로 판단할 수 있다.

[0087] 여기서, 제어부(160)는 추출된 얼굴 특징을 기초로 점진적 분류기를 적용하여 얼굴 인식 결과를 산출한다. 구체적으로, 약분류기 및 강분류기를 이용하여 얼굴 인식 결과를 산출할 수 있다. 일 실시 예로서, 약분류기는 SVM(Support Vector Machine)으로 구현될 수 있으며, 강분류기는 Adaboosted SVM으로 구현될 수 있다.

[0088] Adaboosted SVM 란, 약분류기인 SVM에 Adaboost 기법을 적용하여 생성된 분류기를 의미한다. Adaboost 기법은 약분류기의 선형적인 결합을 통하여 최종적으로 높은 검출 성능을 가지는 강분류기를 생성하는 알고리즘이다. 검출된 얼굴 영역에서 추출한 특징 정보를 기 분류된 인식자 정보와 결합시켜 약분류기를 훈련시키고, 훈련 결과에 따라 인식자 정보 별로 설정된 가중치를 적용하여 Adaboost 연산한 강분류기를 생성할 수 있다. 이와 같이 약 분류기 및 강분류기를 적용하여 분류하는 기법을 이진 분류 기법이라고 한다.

[0089] 또한, 제어부(160)는 디스플레이 장치(100)의 디스플레이부(110), 촬상부(120), 저장부(130), 검출부(140), 판



단부(150)의 동작을 제어한다. 구체적으로, 제어부(160)는 저장부(130)에 저장된 각종 제어프로그램 및 알고리즘들을 사용하여 디스플레이 장치(100)의 전반적인 동작을 제어할 수 있다.

- [0090] 따라서 본 실시 예에 따른 디스플레이 장치는, 활성화된 사용자 이미지로부터 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있고, 판단된 사용자의 시선 위치를 이용해 디스플레이 장치를 제어할 수 있게 된다.
- [0091] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시선 추적 장치(200)의 구성을 나타내는 블록도이다. 시선 추적 장치(200)는 활성화된 사용자의 이미지를 이용하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단하기 위한 장치로서, 검출부(240), 판단부(250)로 구성될 수 있다. 시선 추적 장치(200)의 검출부(240), 판단부(250)는 각각 디스플레이 장치(100)의 검출부(140), 판단부(150)에 대응될 수 있다.
- [0092] 검출부(240)는 활성화된 이미지에서 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출한다. 구체적으로, 검출부(240)는 활성화된 사용자 이미지로부터 얼굴 영역, 안구 영역, 홍채 영역 및 홍채 중심 좌표를 순차적으로 검출할 수 있으며, 사용자의 홍채 중심 좌표를 검출하는 방법도 도 3 내지 도 7에 나타난다. 여기서, 안구 영역은 사진적 의미의 눈동자 영역만을 의미하는 것이 아니라 사람의 얼굴을 볼 때 보여지는 눈 및 그 근처의 영역을 의미할 수 있다. 검출부(240)에서 홍채 중심 좌표를 검출하는 과정은 디스플레이 장치(100)의 검출부(140)에서 홍채 중심 좌표를 검출하는 과정과 동일하다.
- [0093] 판단부(250)는 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단한다. 이를 위해, 판단부(240)는 동공 추측부(251) 및 시선 판단부(252)로 구성될 수 있다. 판단부(240)의 동공 추측부(251) 및 시선 판단부(252)는 디스플레이 장치(100)의 판단부(150)의 동공 추측부(151) 및 시선 판단부(152)에 대응된다.
- [0094] 동공 추측부(251)는 사용자의 동공 중심 좌표를 추측한다. 구체적으로, 동공 추측부(251)는 저장부(230)에 기 저장된 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표를 학습데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 검출부(240)에서 검출된 홍채 중심 좌표로부터 사용자의 동공 중심 좌표를 추측할 수 있고, 동공 중심 좌표를 추측하는 과정은 디스플레이 장치(100)의 동공 추측부(151)에서 동공 중심 좌표를 추측하는 과정과 동일하다.
- [0095] 시선 판단부(252)는 디스플레이 화면상의 사용자의 시선을 판단한다. 구체적으로, 동공 추측부(251)에서 추측된 동공 중심 좌표를 칼리브레이션과정을 통하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있다. 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단하는 과정은 디스플레이 장치(100)의 시선 판단부(152)에서 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단하는 과정과 동일하다.
- [0096] 따라서 본 실시 예에 따른 시선 추적 장치는, 활성화된 사용자 이미지로부터 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있게 된다.
- [0097] 도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디스플레이 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 13에 따르면 디스플레이 방법은 디스플레이 화면을 제공하면(S1310), 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 활성화하고(S1320), 활성화된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출한다(S1330). 이어서, 검출된 안구 영역에 대한 정보와 기 저장된 적외선 안구 이미지를 이용하여, 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 사용자의 시선을 판단한다(S1340). 그리고, 사용자의 시선에 따라 디스플레이 장치의 동작을 제어한다(S1350).
- [0098] 도 1, 도 3, 도 13을 참고하여 디스플레이 방법을 구체적으로 설명하면, 디스플레이부(110)는 저장부(150)에 기 저장된 정보 또는 외부에서 제공되는 동영상, 사진, 문서, UI, 아이콘 등과 같은 각종 정보를 사용자에게 표시한다(S1310). 그러면, 활성화부(120)는 디스플레이 화면을 시청하는 사용자의 이미지를 활성화한다(S1320). 검출부(140)는 활성화된 이미지에서 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출한다(S1330). 구체적으로, 검출부(140)는 활성화부(120)에서 활성화된 사용자 이미지로부터 얼굴 영역, 안구 영역, 홍채 영역 및 홍채 중심 좌표를 순차적으로 검출할 수 있다. 도 3을 참고하면, 사용자의 홍채 중심 좌표를 검출하는 과정은 활성화된 사용자 이미지에서 얼굴 영역을 검출하는 단계(S310), 검출된 얼굴 영역에서 안구 영역을 검출하는 단계(S320), 검출된 안구 영역에서 홍채 영역을 검출하는 단계(S330), 검출된 홍채 영역의 홍채 중심 좌표를 검출하는 단계(S340)로 구성될 수 있다.
- [0099] 판단부(150)는 검출부(140)에서 검출된 안구 영역에 대한 정보와 기 저장된 적외선 안구 이미지를 이용하여, 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 사용자의 시선을 판단한다(S1340). 이를 위해, 판단부(150)는 동공 추측부(151) 및 시선 판단부(152)로 구성될 수 있다. 동공 추측부(151)는 저장부(130)에 기 저장된 적외선 안구 이미지 내에 포함된 동공의 중심 좌표를 학습데이터로 사용하는 MLP 알고리즘이 적용된 뉴럴 네트워크를 사용하여, 검출부(140)에서 검출된 홍채 중심 좌표로부터 사용자의 동공 중심 좌표를 추측할 수 있다. 여기서,

적외선 안구 이미지에서 동공 중심 좌표를 검출하는 과정 및 검출된 동공 중심 좌표를 학습 데이터로 사용하여 MLP 알고리즘에 의해 학습하는 과정은 미리 수행될 수 있다. 시선 판단부(152)는 동공 추측부(151)에서 추측된 동공 중심 좌표를 칼리브레이션과정을 통하여 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있다. 또한, 시선 판단부(152)는 도출된 동공 중심 좌표를 상기 저장부(130)에 저장된 동공 중심 좌표와 비교하여 서로 일치하는 경우, 상기 칼리브레이션 과정 없이 저장된 동공 중심 좌표에 대응되는 디스플레이 화면상의 사용자 시선을 상기 사용자의 시선으로 판단할 수 있으며, 제어부(160)에 의해 현재 사용자가 식별된 경우, 상기 저장부(130)에 저장된 동공 중심 좌표 중 식별된 사용자에게 대응되는 동공 중심 좌표를 상기 동공 추측부(151)에서 추측된 동공 중심 좌표와 비교할 수 있다

[0100] 제어부(160)는 디스플레이부(110)의 동작을 제어한다(S1350). 일 실시 예로, 제어부(160)는 디스플레이 화면상에 표시된 어플리케이션 아이콘에 상기 사용자의 시선이 위치하면, 상기 어플리케이션 아이콘에 대응되는 어플리케이션을 실행하여 어플리케이션 UI를 디스플레이할 수 있다. 또한, 제어부(160)는 상기 저장부(130)에 저장된 사용자들의 얼굴 영역의 특징 정보를 이용하여 촬상부(120)에 의해 촬상된 이미지에 대응하는 현재 사용자를 식별할 수 있다.

[0101] 따라서 본 실시 예에 따른 디스플레이 방법은, 촬상된 사용자 이미지로부터 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있고, 판단된 사용자의 시선 위치를 이용해 디스플레이 장치를 제어할 수 있게 된다.

[0102] 도 14는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시선 추적 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 14에 따르면 시선 추적 방법은 촬상된 이미지로부터 사용자의 안구 영역에 대한 정보를 검출하고(S1430), 검출된 안구 영역에 대한 정보와 기 저장된 적외선 안구 이미지를 이용하여, 안구 영역 내의 동공 위치를 추측하여 사용자의 시선을 판단한다(S1440). 시선 추적 방법을 구성하는 각 단계는 도 13의 디스플레이 방법을 나타내는 흐름도의 단계(S1330) 및 단계(S1340)에 대응하며, 동일하게 수행된다.

[0103] 따라서 본 실시 예에 따른 시선 추적 방법은, 촬상된 사용자 이미지로부터 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단할 수 있게 된다.

[0104] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시선 추적 장치(200)를 이용한 시선 추적 결과를 보여준다.

[0105] 도 12a는 시선 추적 장치(200)을 이용해 시선을 추적하기 위해 800\*600의 해상도를 가지는 디스플레이 화면을 7\*5 영역으로 분할한 화면을 보여준다. 즉, 7\*5의 해상도를 가지는 화면상에 테스트한다. 각 분할된 영역의 중심에는 시선 추적을 위한 타겟이 위치한다. 사용자가 각 타겟을 바라보면 시선 추적 장치(200)은 디스플레이 화면상의 사용자의 시선 위치를 판단한다. 아래 표 1은 각 타겟에 10회의 테스트한 결과를 보여준다. 표 1의 각 숫자는 디스플레이 화면상의 타겟의 위치와, 시선 추적 장치(200)에 의해 홍채 중심 좌표, 적외선 이미지로 검출한 동공 중심 좌표, 추측된 동공 중심 좌표를 이용하여 판단된 사용자의 시선 위치 사이의 오차의 평균 및 분산을 나타낸다. 타겟과의 거리는 Manhattan distance에 의해 측정되었다.

표 1

Calibrated feature <sup>4)</sup>	Mean of distance errors <sup>4)</sup>	Variance of distance errors <sup>4)</sup>
Iris <sup>4)</sup>	3.857 <sup>4)</sup>	2.714 <sup>4)</sup>
Pupil <sup>4)</sup>	0.086 <sup>4)</sup>	0.081 <sup>4)</sup>
Estimated Pupil <sup>4)</sup>	0.143 <sup>4)</sup>	0.185 <sup>4)</sup>

[0106]

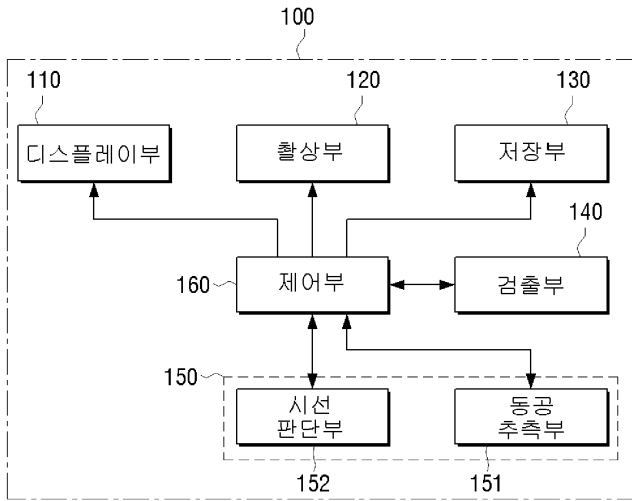
[0107] 표 1에 나타난 결과를 보면 적외선 이미지로 검출한 동공 중심 좌표를 이용한 사용자 시선 판단은 가장 높은 정확도를 가진다. 홍채 중심 좌표를 이용한 사용자의 시선 판단은 가장 낮은 정확도를 가진다. 추측된 동공 중심을 이용하여 사용자의 시선을 판단한 결과는 적외선 이미지로 검출한 동공 중심 좌표를 이용한 결과에 못미치지만 만족할 만한 정확도를 보여준다.

[0108] 도 12b는 더욱 정확한 테스트를 위해 800\*600의 해상도를 가지는 화면에 테스트한 결과를 보여준다. 35개의 타겟 위치에 대해 각각 10번씩 테스트하였다. 표 2의 각 숫자는 디스플레이 화면상의 타겟의 위치와, 시선 추적

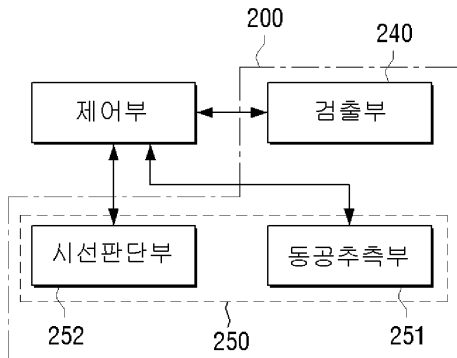


도면

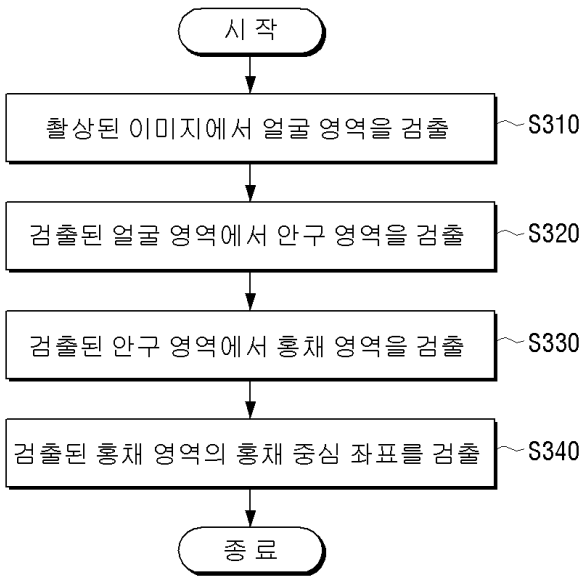
도면1



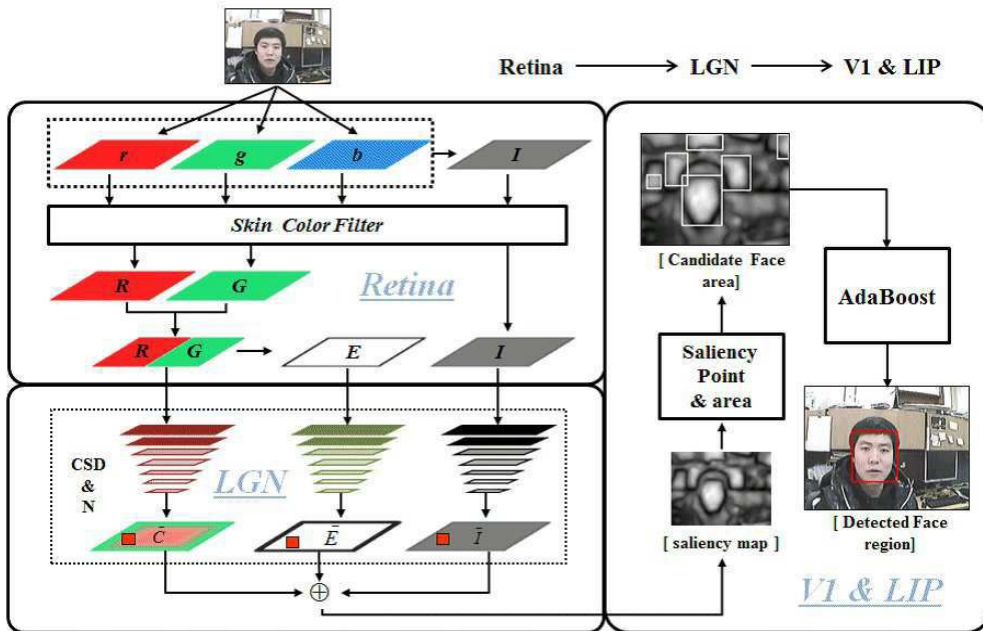
도면2



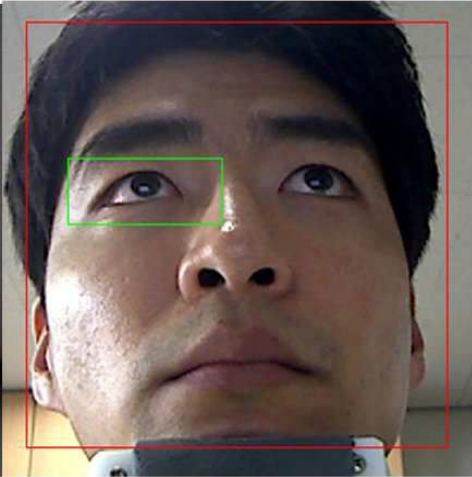
도면3



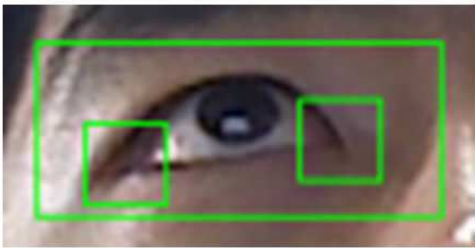
도면4



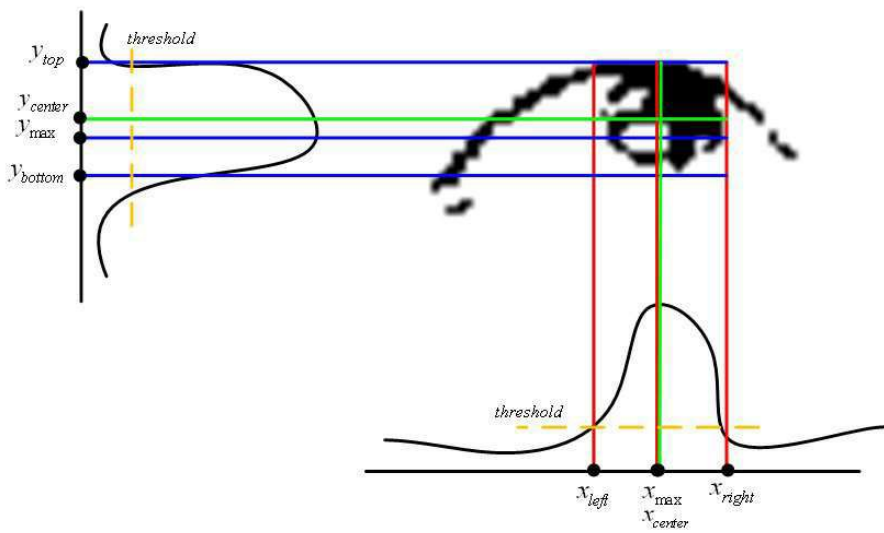
도면5



도면6

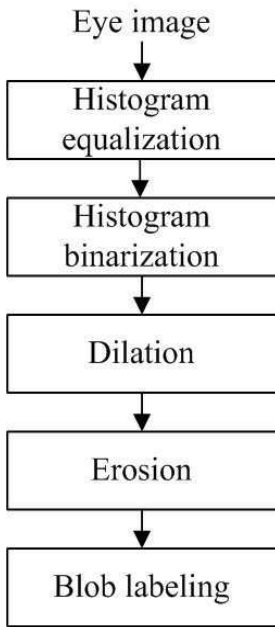


도면7

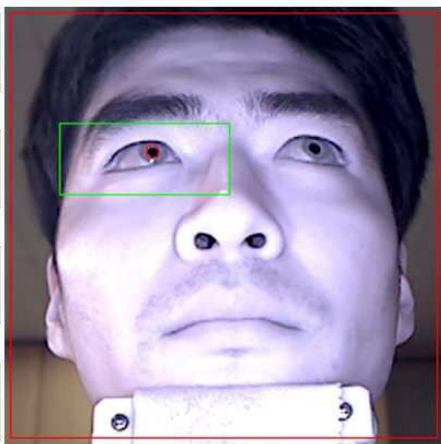




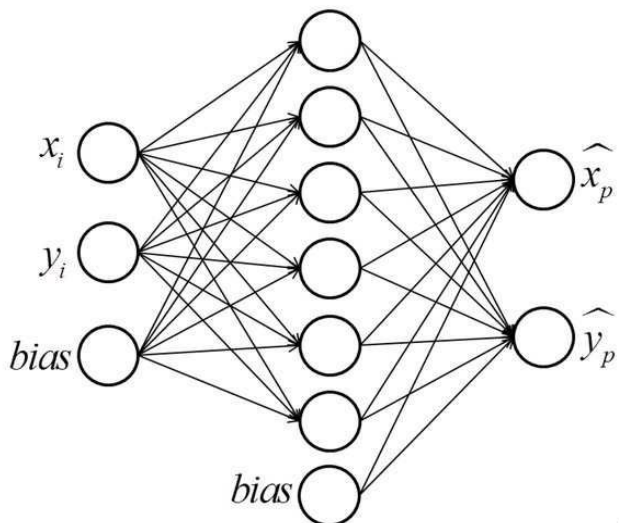
도면8a



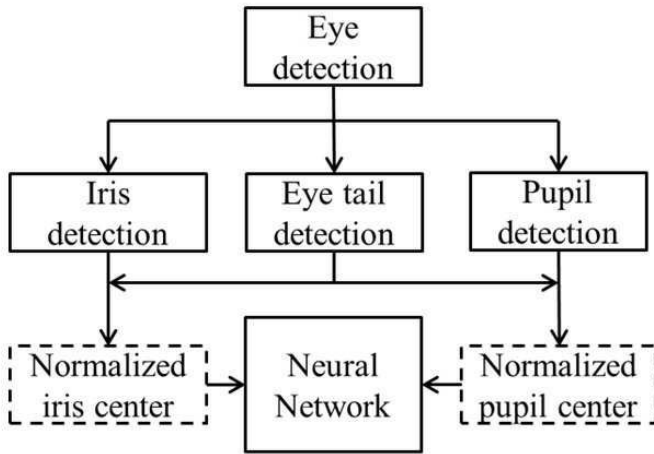
도면8b



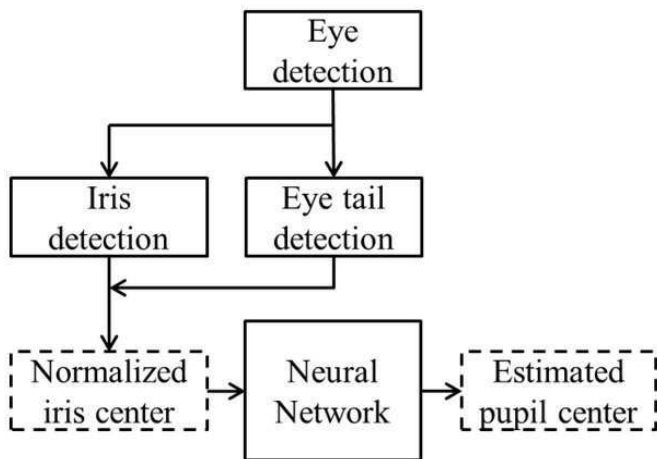
도면9



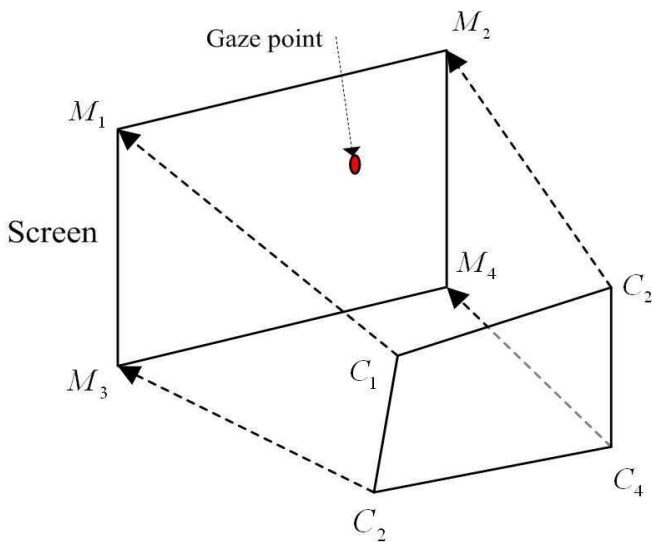
도면10a



도면10b



도면11

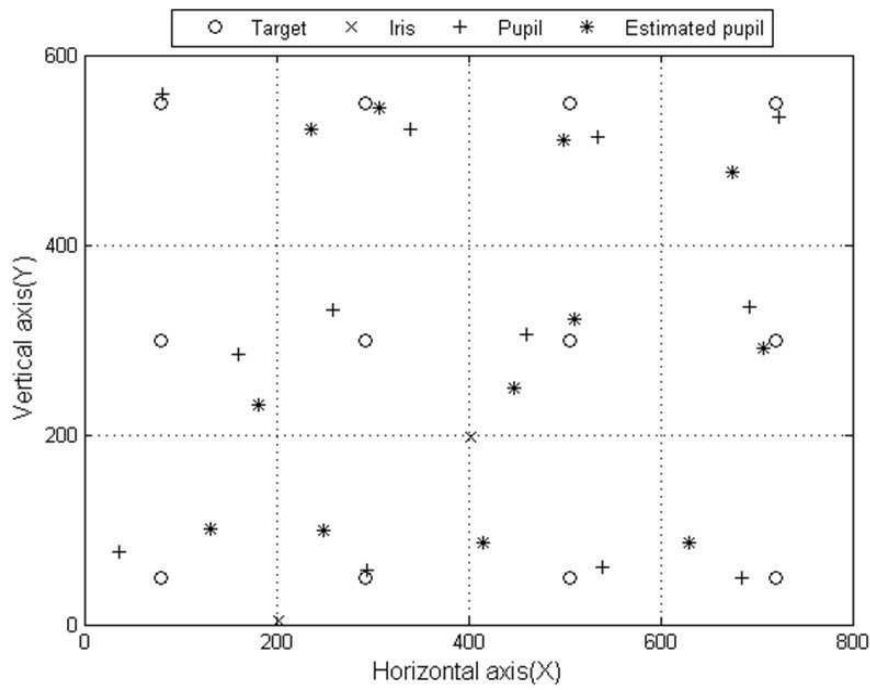




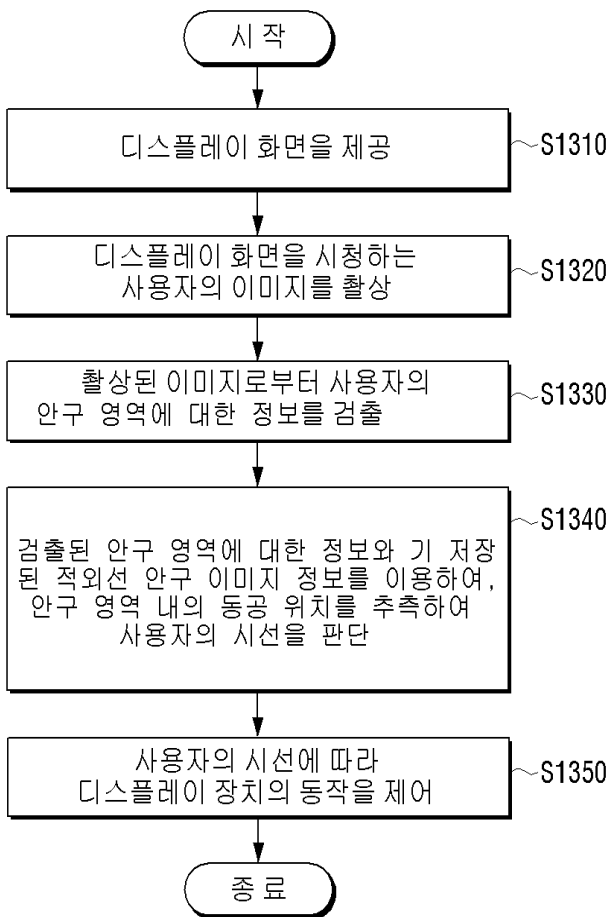
도면12a



도면12b



도면13



도면14

