



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0059060
(43) 공개일자 2021년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/00 (2006.01) G06N 3/04 (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06K 9/00597 (2013.01)
G06N 3/0454 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0144853
(22) 출원일자 2019년11월13일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성디스플레이 주식회사
경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김영찬
인천광역시 남동구 소래역남로 40, 한화 에코메트로 1117동 2301호 (논현동)
조민경
경기도 수원시 영통구 에듀타운로 65, 자연앤자이 5205동 1601호 (이의동)
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인가산

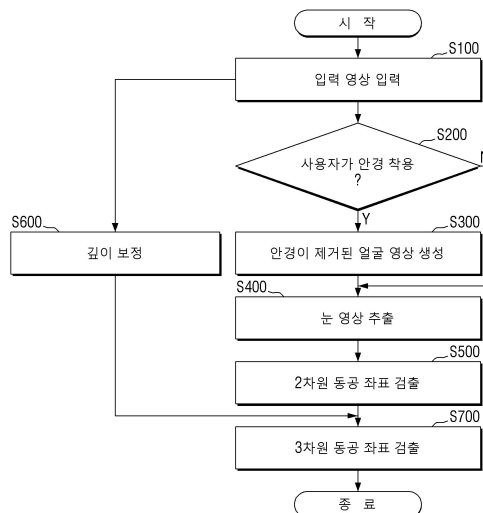
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **검출 장치**

(57) 요약

검출 장치가 제공된다. 검출 장치는 복수의 필터를 구비한 제1 신경망을 이용하여 입력 영상으로부터 사용자의 안경 착용 여부를 검출하는 판단부, 상기 판단부로부터 안경 착용 신호를 수신하면, 학습된 제너레이터를 이용하여 상기 입력 영상에서 안경이 제거된 얼굴 영상을 생성하는 생성부, 및 상기 판단부로부터 입력 영상을 수신하거나, 상기 생성부로부터 얼굴 영상을 수신하여 눈 영상을 생성하고, 복수의 필터를 구비한 제2 신경망을 이용하여 상기 눈 영상으로부터 동공을 검출하는 검출부를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G06N 3/08 (2013.01)

G06T 7/0016 (2013.01)

(72) 발명자

송병철

서울특별시 양천구 목동서로 38, 목동신시가시아파트1단지 125-307 (목동)

이강일

인천광역시 서구 염곡로272번길 13, 보광아파트 1009호 (석남동)

최준호

경기도 시흥시 서울대로 100, 시흥배곧신도시이
지더원2차에듀그린 202동 901호 (정왕동)

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 필터를 구비한 제1 신경망을 이용하여 입력 영상으로부터 사용자의 안경 착용 여부를 판단하는 판단부;

상기 판단부로부터 안경 착용 신호를 수신하면, 학습된 제너레이터를 이용하여 상기 입력 영상에서 안경이 제거된 얼굴 영상을 생성하는 생성부; 및

상기 판단부로부터 입력 영상을 수신하거나, 상기 생성부로부터 얼굴 영상을 수신하여 눈 영상을 생성하고, 복수의 필터를 구비한 제2 신경망을 이용하여 상기 눈 영상으로부터 동공을 검출하는 검출부를 포함하는 검출 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 신경망은,

가중치를 적용한 컨볼루션 필터링을 수행하여 특징 지도를 출력하는 제1 필터;

상기 특징 지도의 화소 값의 전체 평균을 산출하는 제2 필터; 및

상기 제2 필터의 출력에 활성화 함수를 적용하는 제3 필터를 포함하는 검출 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 생성부는,

안경 착용자가 포함된 영상으로 이루어진 제1 영상 집합;

안경 미착용자가 포함된 영상으로 이루어진 제2 영상 집합;

상기 제1 영상 집합으로부터 선택된 제1 영상을 매핑하여 상기 제2 영상 집합의 특징을 갖는 영상을 생성하는 제1 제너레이터; 및

상기 제2 영상 집합으로부터 선택된 제2 영상을 매핑하여 상기 제1 영상 집합의 특징을 갖는 영상을 생성하는 제2 제너레이터를 포함하는 검출 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 생성부는,

상기 제1 제너레이터에 의해 매핑된 영상이 상기 제2 영상 집합에 포함될 확률을 산출하는 제1 기능부; 및

상기 제2 제너레이터에 의해 매핑된 영상이 상기 제1 영상 집합에 포함될 확률을 산출하는 제2 기능부를 더 포함하는 검출 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 생성부는 상기 제1 기능부에서 산출된 확률을 기초로 상기 제1 제너레이터의 가중치를 변경시키고, 상기 제2 기능부에서 산출된 확률을 기초로 상기 제2 제너레이터의 가중치를 변경시키는 검출 장치.

청구항 6

제3 항에 있어서,

상기 생성부는 상기 제1 영상을 상기 제1 제너레이터를 이용해 1차 매핑시키고 상기 제2 제너레이터를 이용해 2차 매핑시켜, 상기 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제1 영상을 비교하고, 상기 제2 영상을 상기 제2 제너레이터를 이용해 1차 매핑시키고 상기 제2 제너레이터를 이용해 2차 매핑시켜, 상기 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제2 영상을 비교하는 검출 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 생성부는 상기 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제1 영상의 비교 결과와, 상기 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제2 영상의 비교 결과를 기초로 손실 함수를 산출하는 검출 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 생성부는 상기 손실 함수를 기초로 상기 제1 및 제2 제너레이터 각각의 가중치를 변경시키는 검출 장치.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 입력 영상 또는 상기 얼굴 영상으로부터 눈의 랜드마크들을 추출하고, 상기 눈의 랜드마크들 사이의 중점을 기초로 눈 영상을 생성하는 검출 장치.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 검출부는 학습용 영상으로부터 획득한 동공 좌표 데이터를 기초로 목적 영상을 생성하고, 상기 제2 신경망을 이용하여 상기 학습용 영상을 필터링한 주요 필터 영상을 상기 목적 영상과 기 설정된 기준만큼 유사하게 하기 위하여 상기 제2 신경망의 가중치를 학습시키는 검출 장치.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 제2 신경망은,

가중치를 적용한 컨볼루션 필터링을 수행하여 특징 지도를 출력하는 제1 필터;

입력된 특징 지도에서 주요 값을 선택하여 맥스 풀링 필터링을 수행하는 제4 필터; 및

입력된 특징 지도에 업 샘플링 필터링을 수행하는 제5 필터를 포함하는 검출 장치.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 제2 신경망은 적어도 하나의 상기 제4 필터로 구성된 인코더를 포함하는 검출 장치.

청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 제2 신경망은 적어도 하나의 상기 제5 필터, 및 적어도 하나의 상기 제1 필터로 구성된 디코더를 포함하는 검출 장치.

청구항 14

제12 항에 있어서,

상기 제2 신경망은 상기 인코더에 입력되는 특징 지도를 상기 인코더의 출력에 업 샘플링 필터링을 수행한 특징

지도에 연결시키는 스킵 연결망을 더 포함하는 검출 장치.

청구항 15

제12 항에 있어서,

상기 제2 신경망은 적어도 하나의 상기 제4 필터, 및 적어도 하나의 상기 제5 필터로 구성된 보조 필터를 더 포함하는 검출 장치.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 인코더에 입력되는 특징 지도와, 상기 인코더의 출력에 업 샘플링 필터링을 수행한 특징 지도를 병합하고, 병합된 특징 지도를 컨볼루션 필터링하여 주요 필터 영상을 생성하며, 상기 보조 필터를 이용하여 상기 인코더의 출력을 필터링하여 보조 필터 영상을 생성하는 검출 장치.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 목적 영상, 상기 주요 필터 영상, 상기 학습용 영상, 및 상기 보조 필터 영상을 기초로 손실 함수를 산출하고, 상기 손실 함수에 따라 상기 제2 신경망의 가중치를 변경시키는 검출 장치.

청구항 18

제10 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 학습용 영상을 레이블링(Labeling)하여 동공 좌표 데이터를 획득하고, 상기 동공 좌표 데이터를 팽창시켜 가우시안 필터링을 수행하여 상기 목적 영상을 생성하는 검출 장치.

청구항 19

제10 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 눈 영상을 상기 학습된 제2 신경망으로 필터링하여 동공 영역 분할 영상을 생성하고, 상기 동공 영역 분할 영상의 노이즈를 제거하고 인덱싱(Indexing)하여 2차원 동공 좌표를 검출하는 검출 장치.

청구항 20

제19 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 입력 영상으로부터 추출한 깊이 정보를 기초로 상기 2차원 동공 좌표를 보정하여 3차원 동공 좌표를 검출하는 검출 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 입력 영상에서 동공을 검출하는 검출 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 다양한 전자 기기에서 사용자가 어느 위치를 응시하고 있는지를 파악하기 위한 기술로서 시선 추적, 홍채 인식, 동공 검출 등 다양한 기술에 대한 연구 활동이 활발하다.

[0003] 예를 들어, 표시 장치는 동공 검출 기법을 활용하여 사용자의 시선 정보를 획득할 수 있으므로, 사용자의 특성과 상황에 적응하여 동작할 수 있다. 그리고, 동공 검출 장치는 의료 환경에서 자폐, 치매 등 정신적 장애에 대한 연구를 수행할 때 임상 시험의 일환으로 안구 운동 패턴을 분석하고 파악할 수 있다. 또한, 동공 검출 장치는 지능형 로봇 등 사용자와 상호 작용을 수행하는 기술 분야에서도 중요한 요소 기술로서 작용할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 다양한 입력 영상에서 사용자의 안경 착용 여부를 검출하고, 사용자가 안경을 착용한 경우 입력 영상에서 안경을 제거하여 동공을 검출함으로써, 오검출을 제거하여 검출 성능을 향상시킬 수 있는 검출 장치를 제공하고자 하는 것이다.
- [0005] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기 과제를 해결하기 위한 일 실시예의 검출 장치는 복수의 필터를 구비한 제1 신경망을 이용하여 입력 영상으로부터 사용자의 안경 착용 여부를 판단하는 판단부, 상기 판단부로부터 안경 착용 신호를 수신하면, 학습된 제너레이터를 이용하여 상기 입력 영상에서 안경이 제거된 얼굴 영상을 생성하는 생성부, 및 상기 판단부로부터 입력 영상을 수신하거나, 상기 생성부로부터 얼굴 영상을 수신하여 눈 영상을 생성하고, 복수의 필터를 구비한 제2 신경망을 이용하여 상기 눈 영상으로부터 동공을 검출하는 검출부를 포함한다.
- [0007] 상기 제1 신경망은 가중치를 적용한 컨볼루션 필터링을 수행하여 특징 지도를 출력하는 제1 필터, 상기 특징 지도의 화소 값의 전체 평균을 산출하는 제2 필터, 및 상기 제2 필터의 출력에 활성화 함수를 적용하는 제3 필터를 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 생성부는 안경 착용자가 포함된 영상으로 이루어진 제1 영상 집합, 안경 미착용자가 포함된 영상으로 이루어진 제2 영상 집합, 상기 제1 영상 집합으로부터 선택된 제1 영상을 매핑하여 상기 제2 영상 집합의 특징을 갖는 영상을 생성하는 제1 제너레이터, 및 상기 제2 영상 집합으로부터 선택된 제2 영상을 매핑하여 상기 제1 영상 집합의 특징을 갖는 영상을 생성하는 제2 제너레이터를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 생성부는 상기 제1 제너레이터에 의해 매핑된 영상이 상기 제2 영상 집합에 포함될 확률을 산출하는 제1 기능부, 및 상기 제2 제너레이터에 의해 매핑된 영상이 상기 제1 영상 집합에 포함될 확률을 산출하는 제2 기능부를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 생성부는 상기 제1 기능부에서 산출된 확률을 기초로 상기 제1 제너레이터의 가중치를 변경시키고, 상기 제2 기능부에서 산출된 확률을 기초로 상기 제2 제너레이터의 가중치를 변경시킬 수 있다.
- [0011] 상기 생성부는 상기 제1 영상을 상기 제1 제너레이터를 이용해 1차 매핑시키고 상기 제2 제너레이터를 이용해 2차 매핑시켜, 상기 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제1 영상을 비교하고, 상기 제2 영상을 상기 제2 제너레이터를 이용해 1차 매핑시키고 상기 제2 제너레이터를 이용해 2차 매핑시켜, 상기 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제2 영상을 비교할 수 있다.
- [0012] 상기 생성부는 상기 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제1 영상의 비교 결과와, 상기 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상과 상기 제2 영상의 비교 결과를 기초로 손실 함수를 산출할 수 있다.
- [0013] 상기 생성부는 상기 손실 함수를 기초로 상기 제1 및 제2 제너레이터 각각의 가중치를 변경시킬 수 있다.
- [0014] 상기 검출부는 상기 입력 영상 또는 상기 얼굴 영상으로부터 눈의 랜드마크들을 추출하고, 상기 눈의 랜드마크들 사이의 중점을 기초로 눈 영상을 생성할 수 있다.
- [0015] 상기 검출부는 학습용 영상으로부터 획득한 동공 좌표 데이터를 기초로 목적 영상을 생성하고, 상기 제2 신경망을 이용하여 상기 학습용 영상을 필터링한 주요 필터 영상을 상기 목적 영상과 기 설정된 기준만큼 유사하게 하기 위하여 상기 제2 신경망의 가중치를 학습시킬 수 있다.
- [0016] 상기 제2 신경망은 가중치를 적용한 컨볼루션 필터링을 수행하여 특징 지도를 출력하는 제1 필터, 입력된 특징 지도에서 주요 값을 선택하여 맥스 풀링 필터링을 수행하는 제4 필터, 및 입력된 특징 지도에 업 샘플링 필터링을 수행하는 제5 필터를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 제2 신경망은 적어도 하나의 상기 제4 필터로 구성된 인코더를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 제2 신경망은 적어도 하나의 상기 제5 필터, 및 적어도 하나의 상기 제1 필터로 구성된 디코더를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 제2 신경망은 상기 인코더에 입력되는 특징 지도를 상기 인코더의 출력에 업 샘플링 필터링을 수행한 특징

지도에 연결시키는 스킵 연결망을 더 포함할 수 있다.

- [0020] 상기 제2 신경망은 적어도 하나의 상기 제4 필터, 및 적어도 하나의 상기 제5 필터로 구성된 보조 필터를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 검출부는 상기 인코더에 입력되는 특징 지도와, 상기 인코더의 출력에 업 샘플링 필터링을 수행한 특징 지도를 병합하고, 병합된 특징 지도를 컨볼루션 필터링하여 주요 필터 영상을 생성하며, 상기 보조 필터를 이용하여 상기 인코더의 출력을 필터링하여 보조 필터 영상을 생성할 수 있다.
- [0022] 상기 검출부는 상기 목적 영상, 상기 주요 필터 영상, 상기 학습용 영상, 및 상기 보조 필터 영상을 기초로 손실 함수를 산출하고, 상기 손실 함수에 따라 상기 제2 신경망의 가중치를 변경시킬 수 있다.
- [0023] 상기 검출부는 상기 학습용 영상을 레이블링(Labeling)하여 동공 좌표 데이터를 획득하고, 상기 동공 좌표 데이터를 팽창시켜 가우시안 필터링을 수행하여 상기 목적 영상을 생성할 수 있다.
- [0024] 상기 검출부는 상기 눈 영상을 상기 학습된 제2 신경망으로 필터링하여 동공 영역 분할 영상을 생성하고, 상기 동공 영역 분할 영상의 노이즈를 제거하고 인덱싱(Indexing)하여 2차원 동공 좌표를 검출할 수 있다.
- [0025] 상기 검출부는 상기 입력 영상으로부터 추출한 깊이 정보를 기초로 상기 2차원 동공 좌표를 보정하여 3차원 동공 좌표를 검출할 수 있다.
- [0026] 기타 실시예의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [0027] 실시예들에 따른 검출 장치에 의하면, 판단부는 입력 영상으로부터 사용자의 안경 착용 여부를 판단할 수 있다. 사용자가 안경을 착용한 경우, 생성부는 안경이 제거된 얼굴 영상을 검출부에 제공할 수 있고, 검출부는 안경이 제거된 얼굴 영상에서 동공을 검출할 수 있다. 그리고, 사용자가 안경을 착용하지 않은 경우, 검출부는 입력 영상을 그대로 수신하여 동공을 검출할 수 있다. 따라서, 검출 장치는 사용자의 안경 착용 여부와 관계없이 오검출을 방지하고 검출 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0028] 실시예들에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 명세서 내에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 검출 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 검출 장치의 영상 처리부를 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 검출 장치의 동공 검출 과정을 나타내는 순서도이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 판단부의 제1 신경망을 나타내는 도면이다.
- 도 5는 도 4의 판단부의 안경 착용 여부의 판단 과정을 나타내는 순서도이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 검출 장치의 생성부를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 생성부의 제1 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 순서도이다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 생성부의 제2 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 순서도이다.
- 도 9는 일 실시예에 따른 생성부의 제1 및 제2 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 일 예시도면이다.
- 도 10은 일 실시예에 따른 생성부의 제1 및 제2 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 다른 예시도면이다.
- 도 11은 일 실시예에 따른 검출부의 눈 영역 설정 과정을 나타내는 도면이다.
- 도 12는 일 실시예에 따른 검출부의 눈 영상 생성 과정을 나타내는 순서도이다.
- 도 13은 일 실시예에 따른 검출부의 제2 신경망을 나타내는 도면이다.
- 도 14는 도 13의 제2 신경망의 가중치 학습 과정을 나타내는 일 예시도면이다.
- 도 15는 도 13의 제2 신경망의 가중치 학습 과정을 나타내는 다른 예시도면이다.

도 16은 일 실시예에 따른 검출부의 목적 영상 생성 과정을 나타내는 도면이다.

도 17은 일 실시예에 따른 검출부의 목적 영상 생성 과정을 나타내는 순서도이다.

도 18은 일 실시예에 따른 검출부의 동공 영역 분할 영상을 생성하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 19는 일 실시예에 따른 검출부의 동공 영역 분할 영상을 생성하는 과정을 나타내는 순서도이다.

도 20은 일 실시예에 따른 검출부의 2차원 동공 좌표를 검출하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 21은 일 실시예에 따른 검출부의 2차원 동공 좌표를 검출하는 과정을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0031] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0032] 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하고, 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관관계로 함께 실시할 수도 있다.
- [0033] 이하 첨부된 도면을 참조하여 구체적인 실시예들에 대해 설명한다.
- [0034] 도 1은 일 실시예에 따른 검출 장치를 나타내는 블록도이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 검출 장치(10)는 사용자가 촬영된 입력 영상으로부터 사용자의 안경 착용 여부를 검출할 수 있다. 예를 들어, 입력 영상은 사용자의 눈이 포함된 얼굴 전체 또는 일부의 영상에 해당할 수 있다. 검출 장치(10)는 사용자가 안경을 착용한 경우 안경이 제거된 얼굴 영상을 생성할 수 있고, 얼굴 영상으로부터 눈 영상을 생성하여 동공을 검출할 수 있다. 검출 장치(10)는 사용자가 안경을 착용하지 않은 경우 입력 영상으로부터 눈 영상을 생성하여 동공을 검출할 수 있다.
- [0036] 검출 장치(10)는 얼굴 영상을 촬영하는 카메라, 적외선 투과 필터, 및 가시광선 차단 필터 등을 구비할 수 있다. 예를 들어, 카메라는 고배율 렌즈를 포함하여 사용자의 눈 주위 부분을 확대하여 촬영할 수 있다.
- [0037] 검출 장치(10)는 영상 입력부(100), 영상 처리부(200), 제어부(300), 메모리(400), 및 표시부(500)를 포함할 수 있다.
- [0038] 영상 입력부(100)는 검출 장치(10)의 일면에 장착될 수 있고, 사용자의 얼굴을 촬영할 수 있다. 영상 입력부(100)는 렌즈, 이미지 센서, 및 플래쉬 등을 구비한 카메라를 포함할 수 있다. 영상 입력부(100)는 정지 영상 또는 동영상을 촬영할 수 있고, 촬영한 영상 신호를 영상 처리부(200)에 제공할 수 있다. 예를 들어, 영상 신호는 m by n (m, n 은 자연수) 행렬 구조로 배치된 복수의 화소를 구비한 이미지 센서로부터 출력될 수 있고, 복수의 화소 각각에 대응되는 전압들(예를 들어, 화소 값)의 집합으로 이루어질 수 있다.
- [0039] 영상 처리부(200)는 입력된 영상으로부터 눈 영역을 검출할 수 있다. 카메라를 이용하여 촬영된 영상은 밝기 정보를 포함할 수 있고, 영상 처리부(200)는 밝기 정보를 기초로 눈 영역을 검출할 수 있다. 예를 들어, 각막 영역의 반사광은 각막 주변 영역의 반사광보다 밝은 화소 값을 가지므로, 영상 처리부(200)는 상대적으로 밝은 화소 값을 갖는 영역을 눈 영역으로 선택할 수 있다. 다른 예를 들어, 각막 영역의 반사광과 각막 주변 영역의 반사광의 화소 값 차이가 크므로, 영상 처리부(200)는 반사광의 화소 값 차이가 큰 영역을 눈 영역으로 선택할 수 있다.
- [0040] 영상 처리부(200)는 사용자의 안경 착용 여부를 검출하여, 사용자가 안경을 착용한 경우 안경이 제거된 얼굴 영상을 생성할 수 있다. 사용자가 안경을 착용한 경우, 안경에 의한 반사광은 안경 주변 영역의 반사광보다 밝은

화소 값을 가질 수 있다. 안경이 갖는 특징 정보는 눈 또는 동공이 갖는 특징 정보보다 상대적으로 강하므로, 눈 영역을 검출하거나 동공을 검출하기 어려울 수 있다. 따라서, 영상 처리부(200)는 안경이 제거된 얼굴 영상으로부터 동공을 검출함으로써, 안경에 의하여 발생할 수 있는 오검출을 방지하고 검출 성능을 향상시킬 수 있다.

- [0041] 영상 처리부(200)는 영상 입력부(100)로부터 제공받은 영상 신호를 처리하여 동공을 검출할 수 있다. 영상 처리부(200)의 동공 검출은 정지 영상 및 동영상 각각에 대하여 적용될 수 있다. 예를 들어, 영상 처리부(200)는 다수의 영상을 통하여 동공 검출 학습을 수행할 수 있고, 축적된 동공 검출 데이터를 이용하여 입력된 영상으로부터 동공 좌표를 검출할 수 있다.
- [0042] 제어부(300)는 중앙 처리 장치로서, 검출 장치(10)의 전반적인 동작을 제어하고, 사용자의 동공 검출 결과에 따른 검출 장치(10)의 기능을 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어부(300)는 터치 스크린 형태의 표시부(500) 뿐만 아니라 영상 입력부(100)를 통한 다양한 사용자 입력을 수신할 수 있다. 여기에서, 사용자 입력은 사용자의 터치, 제스처, 동공의 움직임 등 검출 장치(10)에 입력되는 다양한 형태의 정보를 포함할 수 있다. 제어부(300)는 사용자 입력에 대응되는 검출 장치(10)의 기 설정된 기능을 수행할 수 있다.
- [0043] 메모리(400)는 검출 장치(10)의 운영 시스템, 복수의 어플리케이션, 검출 장치(10)에 입력되는 데이터 등을 저장할 수 있다. 메모리(400)는 사진 및 동영상을 저장할 수 있고, 안경 검출 알고리즘, 안경 제거 알고리즘, 동공 검출 알고리즘, 및 이러한 알고리즘들 각각을 위한 데이터 등을 저장할 수 있다. 예를 들어, 메모리(400)는 안경 검출에 사용되는 필터 정보, 안경 제거에 사용되는 제너레이터 정보, 및 동공 검출에 사용되는 필터 정보를 저장할 수 있다. 메모리(400)에 저장된 정보는 반복되는 학습에 따라 업데이트될 수 있다.
- [0044] 표시부(500)는 제어부(300)로부터 입력된 영상 신호를 기초로 영상을 표시할 수 있다. 예를 들어, 표시부(500)는 액정 표시 장치(Liquid Crystal Display Device), 전계 방출 표시 장치(Field Emission Display Device), 유기 발광 표시 장치(Organic Light Emitting Display Device) 등과 같은 표시 장치일 수 있다.
- [0045] 표시부(500)는 터치 패널을 포함하는 터치 스크린으로 구현될 수 있다. 표시부(500)는 사용자 입력 수단에 의하여 표시부(500)의 표면에 터치가 발생하면, 터치 위치 또는 터치 압력에 대한 정보를 제어부(300)에 제공할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 표시부(500)의 화면에 표시된 아이콘을 터치할 수 있고, 검출 장치(10)는 터치된 아이콘과 대응되는 어플리케이션을 실행할 수 있다.
- [0046] 도 2는 일 실시예에 따른 검출 장치의 영상 처리부를 나타내는 블록도이고, 도 3은 일 실시예에 따른 검출 장치의 동공 검출 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0047] 도 2 및 도 3을 참조하면, 영상 처리부(200)는 판단부(210), 생성부(220), 및 검출부(230)를 포함할 수 있다.
- [0048] 판단부(210)는 영상 입력부(100)로부터 입력 영상을 수신할 수 있다(단계 S100). 여기에서, 입력 영상은 안경 착용자 또는 안경 미착용자를 포함하는 다양한 영상으로 이루어질 수 있다.
- [0049] 판단부(210)는 복수의 필터를 구비한 제1 신경망을 이용하여 입력 영상의 사용자가 안경을 착용하였는지 여부를 판단할 수 있다(단계 S200). 판단부(210)는 사용자가 안경을 착용한 경우 생성부(220)에 안경 착용 신호를 공급하고, 사용자가 안경을 착용하지 않은 경우 검출부(230)에 안경 미착용 신호를 공급할 수 있다.
- [0050] 판단부(210)는 제1 신경망의 가중치를 학습시킬 수 있다. 판단부(210)는 학습용 영상을 수신할 수 있고, 학습용 영상으로부터 획득한 목적 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 목적 데이터는 학습용 영상의 사용자의 안경 착용 여부에 따라 0 또는 1로 설정될 수 있다.
- [0051] 판단부(210)는 제1 신경망의 복수의 필터를 이용하여 학습용 영상을 필터링할 수 있다. 판단부(210)는 학습용 영상을 필터링한 필터 데이터를 목적 데이터와 일치시키기 위하여, 제1 신경망의 복수의 필터의 가중치를 학습시킬 수 있다. 예를 들어, 판단부(210)는 기 설정된 횟수에 따라 필터링 과정을 반복함으로써, 복수의 필터의 가중치를 학습시킬 수 있다. 다른 예를 들어, 판단부(210)는 필터 데이터가 목적 데이터와 일치할 확률이 기준 값 이상일 때까지 필터링 과정을 반복함으로써, 복수의 필터의 가중치를 학습시킬 수 있다. 판단부(210)는 가중치 학습이 완료되면, 제1 신경망의 복수의 필터 각각의 가중치를 저장할 수 있다.
- [0052] 판단부(210)는 학습된 가중치를 갖는 제1 신경망을 이용하여 입력 영상의 사용자가 안경을 착용하였는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0053] 생성부(220)는 판단부(210)로부터 안경 착용 신호를 수신하면, 학습된 제너레이터를 이용하여 입력 영상에서 안

경이 제거된 얼굴 영상을 생성할 수 있다(단계 S300).

- [0054] 생성부(220)는 제1 영상 집합, 제2 영상 집합, 제1 영상 집합으로부터 선택된 제1 영상을 매핑하는 제1 제너레이터, 및 제2 영상 집합으로부터 선택된 제2 영상을 매핑하는 제2 제너레이터를 포함할 수 있다. 그리고, 생성부(220)는 제1 제너레이터에 의해 매핑된 영상을 평가하는 제1 기능부, 및 제2 제너레이터에 의해 매핑된 영상을 평가하는 제2 기능부를 더 포함할 수 있다.
- [0055] 생성부(220)는 제1 제너레이터와 제2 제너레이터의 가중치를 학습시킬 수 있다.
- [0056] 예를 들어, 생성부(220)는 제1 영상 집합으로부터 하나의 제1 영상을 선택할 수 있다. 제1 영상 집합은 안경 착용자가 포함된 영상들로 이루어질 수 있다. 생성부(220)는 제1 제너레이터를 이용해 제1 영상을 매핑할 수 있고, 제1 기능부는 매핑된 영상이 제2 영상 집합에 포함될 확률을 산출할 수 있다. 생성부(220)는 매핑된 영상이 제2 영상 집합에 포함될 확률을 기초로 제1 제너레이터의 가중치를 변경시킬 수 있다. 생성부(220)는 가중치가 변경된 제1 제너레이터를 이용해 제1 영상을 매핑하는 과정을 반복함으로써, 제1 제너레이터의 가중치를 학습시킬 수 있다.
- [0057] 예를 들어, 생성부(220)는 제2 영상 집합으로부터 하나의 제2 영상을 선택할 수 있다. 제2 영상 집합은 안경 미 착용자가 포함된 영상들로 이루어질 수 있다. 생성부(220)는 제2 제너레이터를 이용해 제2 영상을 매핑할 수 있고, 제2 기능부는 매핑된 영상이 제1 영상 집합에 포함될 확률을 산출할 수 있다. 생성부(220)는 매핑된 영상이 제1 영상 집합에 포함될 확률을 기초로 제2 제너레이터의 가중치를 변경시킬 수 있다. 생성부(220)는 가중치가 변경된 제2 제너레이터를 이용해 제2 영상을 매핑하는 과정을 반복함으로써, 제2 제너레이터의 가중치를 학습시킬 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 생성부(220)는 제1 영상 집합으로부터 하나의 제1 영상을 선택할 수 있다. 생성부(220)는 제1 제너레이터를 이용해 제1 영상을 1차 매핑할 수 있고, 제1 기능부는 1차 매핑된 영상과 제2 영상을 비교할 수 있다. 생성부(220)는 제2 제너레이터를 이용해 1차 매핑된 영상을 2차 매핑할 수 있고, 제2 기능부는 2차 매핑된 영상과 제1 영상을 비교할 수 있다. 생성부(220)는 1차 매핑된 영상, 제2 영상, 2차 매핑된 영상, 및 제1 영상을 기초로 손실 함수를 산출할 수 있고, 손실 함수를 기초로 제1 및 제2 제너레이터 각각의 가중치를 변경시킬 수 있다. 생성부(220)는 가중치가 변경된 제1 제너레이터를 이용해 제1 영상을 1차 매핑하고, 가중치가 변경된 제2 제너레이터를 이용해 1차 매핑된 영상을 2차 매핑함으로써, 제1 및 제2 제너레이터 각각의 가중치를 학습시킬 수 있다.
- [0059] 따라서, 생성부(220)는 학습된 제1 제너레이터를 이용해 입력 영상을 안경이 제거된 얼굴 영상으로 변환할 수 있다.
- [0060] 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상을 수신하여 눈 영상을 생성할 수 있다(단계 S400). 검출부(230)는 입력 영상의 사용자가 안경을 착용한 경우 생성부(220)로부터 안경이 제거된 얼굴 영상을 수신할 수 있고, 입력 영상의 사용자가 안경을 착용하지 않은 경우 영상 입력부(100)로부터 입력 영상을 수신할 수 있다.
- [0061] 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상으로부터 눈의 랜드마크들을 추출할 수 있고, 눈의 랜드마크들의 배치를 기초로 눈 영역을 설정할 수 있다. 예를 들어, 눈의 랜드마크들은 눈의 좌우 끝단에 해당할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 검출부(230)는 눈의 랜드마크들 사이의 중점을 산출하고, 랜드마크들 사이의 중점을 중심으로 랜드마크들 사이의 거리만큼 제1 수평 방향 및 제2 수평 방향 각각으로 확장된 눈 영역을 설정할 수 있다. 눈 영역은 좌측 눈의 랜드마크들 사이의 중점으로부터 형성된 영역과 우측 눈의 랜드마크들 사이의 중점으로부터 형성된 영역이 병합되어 설정될 수 있다. 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상으로부터 눈 영역을 포함하는 눈 영상을 생성할 수 있다.
- [0062] 검출부(230)는 복수의 필터를 구비한 제2 신경망을 이용하여 눈 영상으로부터 2차원 동공 좌표를 검출할 수 있다(단계 S500).
- [0063] 검출부(230)는 제2 신경망의 가중치를 학습시킬 수 있다. 검출부(230)는 학습용 영상을 수신할 수 있고, 학습용 영상으로부터 획득한 동공 좌표 데이터를 기초로 목적 영상을 생성할 수 있다. 검출부(230)는 제2 신경망의 복수의 필터를 이용하여 학습용 영상을 필터링할 수 있다. 검출부(230)는 학습용 영상을 필터링한 필터 영상을 목적 영상과 유사하게 하기 위하여, 제2 신경망의 복수의 필터의 가중치를 학습시킬 수 있다. 예를 들어, 검출부(230)는 기 설정된 횟수에 따라 필터링 과정을 반복함으로써, 복수의 필터의 가중치를 학습시킬 수 있다. 다른 예를 들어, 검출부(230)는 필터 영상이 목적 영상과 일치할 확률이 기준 값 이상일 때까지 필터링 과정을 반복함으로써, 복수의 필터의 가중치를 학습시킬 수 있다. 검출부(230)는 가중치 학습이 완료되면, 제2 신경망의 복

수의 필터 각각의 가중치를 저장할 수 있다.

- [0064] 검출부(230)는 학습된 가중치를 갖는 제2 신경망을 이용해 눈 영상을 필터링하여 동공 영역 분할 영상을 생성할 수 있다. 검출부(230)는 눈 영상이 포함하는 개체들을 분리하여, 동공 좌표 정보를 포함하는 동공 영역 분할 영상을 생성할 수 있다. 검출부(230)는 이진화(Binarization) 작업을 수행하여 동공 영역을 동공 주변 영역으로부터 분리할 수 있다. 따라서, 검출부(230)는 눈 영상에서 동공 좌표 정보를 제외한 나머지 정보를 분리함으로써, 동공 좌표 정보를 포함하는 동공 영역 분할 영상을 생성할 수 있다.
- [0065] 검출부(230)는 동공 영역 분할 영상으로부터 2차원 동공 좌표를 검출할 수 있다. 검출부(230)는 동공 영역 분할 영상의 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 복수의 화소 중 적어도 하나의 화소를 선택하여 2차원 동공 좌표를 검출할 수 있다. 예를 들어, 검출부(230)는 비 최대값 억제(Non-Maximum Suppression) 방식을 통해 관심 없는 부분을 제거함으로써 동공 영역 분할 영상의 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 동공 영역 분할 영상에 인덱싱(Indexing)을 수행할 수 있다. 따라서, 검출부(230)는 노이즈가 제거된 동공 영역 분할 영상에서 최대 화소 값을 갖는 화소를 인덱싱함으로써, 2차원 동공 좌표를 검출할 수 있다.
- [0066] 영상 입력부(100)는 입력 영상으로부터 깊이 정보를 추출할 수 있고, 깊이 정보를 보정하여 검출부(230)에 제공할 수 있다(단계 S600). 영상 입력부(100)는 깊이 카메라(Depth Camera)로 구현되어 사용자를 촬영할 수 있다. 영상 입력부(100)는 입력 영상의 피사체의 색상 또는 질감을 기초로 복수의 화소에 대한 깊이 정보를 생성할 수 있다. 여기에서, 깊이 정보는 실제의 깊이가 왜곡되어 나타나는 깊이 홀(Depth Hole)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 영상 입력부(100)는 깊이 홀을 포함하는 깊이 정보에 깊이 보정 함수를 적용함으로써 깊이 정보를 보정할 수 있고, 보정된 깊이 정보를 검출부(230)에 제공할 수 있다.
- [0067] 검출부(230)는 동공 영역 분할 영상으로부터 검출된 2차원 동공 좌표와 영상 입력부(100)로부터 수신된 보정된 깊이 정보를 기초로 3차원 동공 좌표를 검출할 수 있다(단계 S700).
- [0068] 도 4는 일 실시예에 따른 판단부의 제1 신경망을 나타내는 도면이고, 도 5는 도 4의 판단부의 안경 착용 여부의 판단 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0069] 도 4 및 도 5를 참조하면, 판단부(210)는 영상 입력부(100)로부터 입력 영상을 수신할 수 있다(단계 S100).
- [0070] 판단부(210)는 복수의 필터로 이루어진 제1 신경망을 포함할 수 있다. 제1 신경망은 제1 내지 제3 필터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 필터는 컨볼루션 필터(CF)일 수 있고, 제2 필터는 전역 평균 풀링 필터(GAP)일 수 있으며, 제3 필터는 활성화 함수 필터(ACT)일 수 있다. 제1 신경망은 합성곱 신경망으로 구현됨으로써, 복잡한 비선형 모델을 구현할 수 있고, 영상 처리 또는 음성 처리 성능을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 복수의 필터는 입력 영상에 포함된 2차원 또는 3차원의 데이터를 그대로 유지시킴으로써, 동공과 관련된 의미 있는 정보 및 동공의 위치적 정보를 출력할 수 있다.
- [0071] 컨볼루션 필터(CF)는 입력 영상에 가중치를 적용한 컨볼루션 필터링(Convolution Filtering)을 수행하여 특징 지도(FM)를 출력할 수 있다(단계 S210). 여기에서, 출력된 특징 지도(FM)는 입력 영상의 다양한 특징이 표현된 영상 데이터에 해당할 수 있다. 예를 들어, 컨볼루션 필터(CF)는 입력된 영상 데이터의 복수의 화소 각각에 가중치를 곱한 뒤 그 결과를 더함으로써, 현재 화소 값을 변경시킬 수 있다. 예를 들어, m by n (m , n 은 자연수) 행렬 구조를 갖는 영상 데이터는 p by q (p 는 m 이하의 자연수, q 는 n 이하의 자연수) 행렬 구조를 갖는 필터의 가중치에 의해 필터링될 수 있다. 컨볼루션 필터(CF)는 필터 가중치를 영상 데이터 상에 슬라이딩(Sliding)시킴으로써, 필터 가중치와 영상 데이터의 내적 연산(dot product)을 수행할 수 있다. 컨볼루션 필터(CF)는 필터 가중치를 영상 데이터 상에서 스트라이드(Stride)에 의하여 결정된 간격 마다 이동시키면서 내적 연산을 수행할 수 있다. 컨볼루션 필터(CF)는 2 이상의 스트라이드(Stride)를 가짐으로써, 출력되는 특징 지도(FM)의 크기를 감소시킬 수 있다. 따라서, 컨볼루션 필터(CF)는 입력 영상의 특정 위치에 대한 특정 패턴을 갖는 특징 지도(FM)를 출력할 수 있다. 특징 지도(FM)에 포함된 특정 패턴은 안경 착용 정보로 이용될 수 있다.
- [0072] 전역 평균 풀링 필터(GAP)는 컨볼루션 필터(CF)에서 출력된 특징 지도(FM)를 수신하여 전역 평균 풀링(Global Average Pooling)을 수행할 수 있다(단계 S220). 예를 들어, 전역 평균 풀링 필터(GAP)는 특징 지도의 모든 화소 값을 더하여 평균 값을 산출할 수 있다. 전역 평균 풀링 필터(GAP)는 j by k (j 는 2 이상의 자연수, k 는 2 이상의 자연수)의 크기를 갖는 특징 지도(FM)에 전역 평균 풀링을 수행함으로써, 1 by 1의 크기를 갖는 특징 데이터(x_1)를 출력할 수 있다. 전역 평균 풀링 필터(GAP)에서 출력된 특징 지도는 목적 데이터에 대한 신뢰도를 포함할 수 있다. 전역 평균 풀링 필터(GAP)는 안경 착용 정보를 유지하면서, 다른 정보에 대한 특성을 생략할 수 있다. 전역 평균 풀링 필터(GAP)는 단일 층으로 이루어질 수 있고, 제1 신경망의 파라미터 수를 감소시켜 제1

신경망을 경량화시킬 수 있다.

- [0073] 활성화 함수 필터(ACT)는 전역 평균 풀링 필터(GAP)의 출력에 활성화 함수를 적용할 수 있다(단계 S230). 예를 들어, 활성화 함수 필터(ACT)는 전역 평균 풀링 필터(GAP)에서 출력된 특징 데이터(x_1)가 1에 가까운 경우 1의 값($h(x_1)=1$)을 출력할 수 있고, 특징 데이터(x_1)가 0에 가까운 경우 0의 값($h(x_1)=0$)을 출력할 수 있다. 또한, 활성화 함수 필터(ACT)는 특징 데이터(x_1)가 안경 착용 정보를 포함하는 경우 1의 값($h(x_1)=1$)을 출력할 수 있고, 특징 데이터(x_1)가 안경 착용 정보를 포함하지 않는 경우 0의 값($h(x_1)=0$)을 출력할 수 있다. 따라서, 활성화 함수 필터(ACT)는 전역 평균 풀링 필터(GAP)의 출력을 비선형 값으로 변경시킬 수 있다.
- [0074] 판단부(210)는 활성화 함수 필터(ACT)의 출력을 기초로 입력 영상의 사용자의 안경 착용 여부를 판단할 수 있다(단계 S240). 예를 들어, 판단부(210)는 활성화 함수 필터(ACT)로부터 1의 값($h(x_1)=1$)을 수신하면 입력 영상이 안경 착용자를 포함함을 판단할 수 있다. 판단부(210)는 활성화 함수 필터(ACT)로부터 0의 값($h(x_1)=0$)을 수신하면 입력 영상이 안경 미착용자를 포함함을 판단할 수 있다. 판단부(210)는 사용자가 안경을 착용한 경우 생성부(220)에 안경 착용 신호를 공급하고, 사용자가 안경을 착용하지 않은 경우 검출부(230)에 안경 미착용 신호를 공급할 수 있다.
- [0075] 도 6은 일 실시예에 따른 검출 장치의 생성부를 나타내는 도면이고, 도 7은 일 실시예에 따른 생성부의 제1 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0076] 도 6 및 도 7을 참조하면, 생성부(220)는 판단부(210)로부터 안경 착용 신호를 수신하면, 학습된 제너레이터를 이용하여 입력 영상에서 안경이 제거된 얼굴 영상을 생성할 수 있다.
- [0077] 생성부(220)는 제1 영상 집합(DOM1), 제2 영상 집합(DOM2), 제1 영상 집합(DOM1)으로부터 선택된 제1 영상을 매핑하는 제1 제너레이터(G), 및 제2 영상 집합(DOM2)으로부터 선택된 제2 영상을 매핑하는 제2 제너레이터(F)를 포함할 수 있다. 그리고, 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)에 의해 매핑된 영상을 평가하는 제1 기능부(DSC1), 및 제2 제너레이터(F)에 의해 매핑된 영상을 평가하는 제2 기능부(DSC2)를 더 포함할 수 있다.
- [0078] 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 생성부(220)는 제1 영상 집합(DOM1)으로부터 하나의 제1 영상을 선택할 수 있다(단계 S311). 제1 영상 집합(DOM1)은 안경 착용자가 포함된 영상들로 이루어질 수 있다.
- [0079] 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)를 이용해 제1 영상을 매핑할 수 있다(단계 S312). 생성부(220)는 제1 영상 집합(DOM1)의 제1 영상을 매핑하여 제2 영상 집합(DOM2)의 특징을 갖는 영상을 생성할 수 있다. 예를 들어, 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)를 이용해 제1 영상에서 안경을 제거함으로써, 제1 영상에서 안경이 제거된 영상을 생성할 수 있다. 제1 제너레이터(G)는 안경에 대한 특징 정보 외에 다른 특징 정보는 변경하지 않을 수 있다. 생성부(220)는 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이가 최소화될 때까지 제1 제너레이터(G)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 따라서, 제1 제너레이터(G)는 제1 기능부(DSC1)와 적대적으로 학습될 수 있다.
- [0080] 제1 기능부(DSC1)는 제1 제너레이터(G)에 의해 매핑된 영상이 제2 영상 집합(DOM2)에 포함될 확률을 산출할 수 있다(단계 S313). 제1 기능부(DSC1)는 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이를 분석할 수 있다. 예를 들어, 제1 기능부(DSC1)는 매핑된 제1 영상의 특징 정보가 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 특징 정보와 다른 점을 식별할 수 있다. 생성부(220)는 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이가 최대화될 때까지 제1 기능부(DSC1)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 따라서, 제1 기능부(DSC1)는 제1 제너레이터(G)와 적대적으로 학습될 수 있다.
- [0081] 생성부(220)는 제1 기능부(DSC1)에서 산출된 확률을 기초로 제1 제너레이터(G)의 가중치를 변경시킬 수 있다(단계 S314). 제1 제너레이터(G)의 가중치는 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이가 최소화되도록 변경될 수 있고, 제1 기능부(DSC1)의 가중치는 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이가 최대화되도록 변경될 수 있다. 따라서, 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)와 제1 기능부(DSC1)를 서로 경쟁시킴으로써, 제1 기능부(DSC1)가 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상을 구분하지 못할 때까지 제1 제너레이터(G)를 학습시킬 수 있다. 예를 들어, 제1 제너레이터(G)의 가중치가 이상적으로 학습된 경우, 제1 기능부(DSC1)가 매핑된 제1 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상을 구분할 확률은 50%에 해당할 수 있다.
- [0082] 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)와 제1 기능부(DSC1)의 가중치 학습 횟수를 카운트하여 기 설정된 횟수에 도달

하였는지 여부를 판단할 수 있다(단계 S315).

- [0083] 생성부(220)는 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하지 않으면, 제1 제너레이터(G)와 제1 기능부(DSC1)의 학습을 반복할 수 있다. 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)와 제1 기능부(DSC1) 각각의 가중치를 변경시켜, 제1 제너레이터(G)를 이용한 매핑과 제1 기능부(DSC1)를 이용한 식별을 반복할 수 있다.
- [0084] 생성부(220)는 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하면, 제1 제너레이터(G)와 제1 기능부(DSC1)의 가중치를 저장할 수 있다(단계 S316). 저장된 제1 제너레이터(G)의 가중치는 입력 영상에서 안경 착용자의 안경을 제거하는 과정에서 이용될 수 있다.
- [0085] 도 8은 일 실시예에 따른 생성부의 제2 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0086] 도 8을 참조하면, 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 생성부(220)는 제2 영상 집합(DOM2)으로부터 하나의 제2 영상을 선택할 수 있다(단계 S321). 제2 영상 집합(DOM2)은 안경 미착용자가 포함된 영상들로 이루어질 수 있다.
- [0087] 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)를 이용해 제2 영상을 매핑할 수 있다(단계 S322). 생성부(220)는 제2 영상 집합(DOM2)의 제2 영상을 매핑하여 제1 영상 집합(DOM1)의 특징을 갖는 영상을 생성할 수 있다. 예를 들어, 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)를 이용해 제2 영상에서 안경을 추가함으로써, 제2 영상에서 안경이 추가된 영상을 생성할 수 있다. 제2 제너레이터(F)는 안경에 대한 특징 정보 외에 다른 특징 정보는 변경하지 않을 수 있다. 생성부(220)는 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이가 최소화될 때까지 제2 제너레이터(F)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 따라서, 제2 제너레이터(F)는 제2 기능부(DSC2)와 적대적으로 학습될 수 있다.
- [0088] 제2 기능부(DSC2)는 제2 제너레이터(F)에 의해 매핑된 영상이 제1 영상 집합(DOM1)에 포함될 확률을 산출할 수 있다(단계 S323). 제2 기능부(DSC2)는 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이를 분석할 수 있다. 예를 들어, 제2 기능부(DSC2)는 매핑된 제2 영상의 특징 정보가 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 특징 정보와 다른 점을 식별할 수 있다. 생성부(220)는 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이가 최대화될 때까지 제2 기능부(DSC2)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 따라서, 제2 기능부(DSC2)는 제2 제너레이터(F)와 적대적으로 학습될 수 있다.
- [0089] 생성부(220)는 제2 기능부(DSC2)에서 산출된 확률을 기초로 제2 제너레이터(F)의 가중치를 변경시킬 수 있다(단계 S324). 제2 제너레이터(F)의 가중치는 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이가 최소화되도록 변경될 수 있고, 제2 기능부(DSC2)의 가중치는 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이가 최대화되도록 변경될 수 있다. 따라서, 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)와 제2 기능부(DSC2)를 서로 경쟁시킴으로써, 제2 기능부(DSC2)가 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상을 구분하지 못할 때까지 제2 제너레이터(F)를 학습시킬 수 있다. 예를 들어, 제2 제너레이터(F)의 가중치가 이상적으로 학습된 경우, 제2 기능부(DSC2)가 매핑된 제2 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상을 구분할 확률은 50%에 해당할 수 있다.
- [0090] 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)와 제2 기능부(DSC2)의 가중치 학습 횟수를 카운트하여 기 설정된 횟수에 도달하였는지 여부를 판단할 수 있다(단계 S325).
- [0091] 생성부(220)는 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하지 않으면, 제2 제너레이터(F)와 제2 기능부(DSC2)의 학습을 반복할 수 있다. 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)와 제2 기능부(DSC2) 각각의 가중치를 변경시켜, 제2 제너레이터(F)를 이용한 매핑과 제2 기능부(DSC2)를 이용한 식별을 반복할 수 있다.
- [0092] 생성부(220)는 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하면, 제2 제너레이터(F)와 제2 기능부(DSC2)의 가중치를 저장할 수 있다(단계 S326). 저장된 제2 제너레이터(F)의 가중치는 입력 영상에서 안경 착용자의 안경을 제거하는 과정에서 이용될 수 있다.
- [0093] 도 9는 일 실시예에 따른 생성부의 제1 및 제2 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 일 예시도면이다.
- [0094] 도 9를 참조하면, 생성부(220)는 제1 및 제2 제너레이터(G, F)를 학습시킬 수 있다.
- [0095] 생성부(220)는 제1 영상 집합(DOM1)으로부터 하나의 제1 영상을 선택할 수 있다(단계 S331). 제1 영상 집합(DOM1)은 안경 착용자가 포함된 영상들로 이루어질 수 있다.
- [0096] 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)를 이용해 제1 영상을 1차 매핑할 수 있다(단계 S332). 생성부(220)는 제1 영

상 집합(DOM1)의 제1 영상을 1차 매핑하여 제2 영상 집합(DOM2)의 특징을 갖는 영상을 생성할 수 있다. 예를 들어, 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)를 이용해 제1 영상에서 안경을 제거함으로써, 제1 영상에서 안경이 제거된 영상을 생성할 수 있다.

[0097] 제1 기능부(DSC1)는 제1 제너레이터(G)에 의해 1차 매핑된 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상을 비교할 수 있다(단계 S333). 제1 기능부(DSC1)는 1차 매핑된 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이를 분석할 수 있다. 예를 들어, 제1 기능부(DSC1)는 1차 매핑된 영상의 특징 정보가 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 특징 정보와 다른 점을 식별할 수 있다. 생성부(220)는 1차 매핑된 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상의 차이가 최소화될 때까지 제1 기능부(DSC1)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 따라서, 제1 기능부(DSC1)는 제1 제너레이터(G)와 적대적으로 학습될 수 있다.

[0098] 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)를 이용해 1차 매핑된 영상을 2차 매핑할 수 있다(단계 S334). 생성부(220)는 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상을 제1 및 제2 제너레이터(G, F) 각각을 이용해 두 번 매핑함으로써, 원래의 특징을 갖는 영상을 다시 생성할 수 있다. 예를 들어, 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)의 1차 매핑을 통해 제1 영상에서 안경을 제거할 수 있고, 제2 제너레이터(F)의 2차 매핑을 통해 안경이 제거된 영상에서 안경을 다시 추가할 수 있다.

[0099] 제2 기능부(DSC2)는 제2 제너레이터(F)에 의해 2차 매핑된 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상을 비교할 수 있다(단계 S335). 제2 기능부(DSC2)는 2차 매핑된 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이를 분석할 수 있다. 예를 들어, 제2 기능부(DSC2)는 2차 매핑된 영상의 특징 정보가 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 특징 정보와 다른 점을 식별할 수 있다. 생성부(220)는 2차 매핑된 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상의 차이가 최소화될 때까지 제2 기능부(DSC2)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 따라서, 제2 기능부(DSC2)는 제2 제너레이터(F)와 적대적으로 학습될 수 있다.

[0100] 생성부(220)는 제1 영상(x)을 제1 제너레이터(G)를 이용해 1차 매핑시키고 제2 제너레이터(F)를 이용해 2차 매핑시켜, 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상(F(G(x)))과 제1 영상(x)을 비교하고, 제2 영상(y)을 제2 제너레이터(F)를 이용해 1차 매핑시키고 제2 제너레이터(G)를 이용해 2차 매핑시켜, 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상(G(F(y)))과 제2 영상(y)을 비교할 수 있다.

[0101] 생성부(220)는 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상(F(G(x)))과 제1 영상(x)의 비교 결과와, 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상(G(F(y)))과 제2 영상(y)의 비교 결과를 기초로 손실 함수(Lcyc(G, F))를 산출할 수 있다(단계 S336). 생성부(220)의 손실 함수(Lcyc(G, F))는 하기의 수학적 식 1과 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 1

$$L_{cyc}(G, F) = \mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)} [\|F(G(x)) - x\|_1] + \mathbb{E}_{y \sim p_{data}(y)} [\|G(F(y)) - y\|_1]$$

[0103] 여기에서, "Pdata(x)"는 제1 영상 집합(DOM1)을 의미하고, "x"는 제1 영상 집합(DOM1)에서 선택된 제1 영상(x)을 의미한다. " $\mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)}$ "는 랜덤 변수 "x"에 대한 확률 분포 "Pdata"가 이루는 표본 공간에서, 샘플들을 추출하여 계산된 기댓값을 의미한다. 그리고, "G(x)"는 제1 제너레이터(G)가 제1 영상(x)을 1차 매핑한 출력을 의미하고, "F(G(x))"는 제2 제너레이터(F)가 1차 매핑된 영상을 2차 매핑한 출력을 의미한다. 따라서, " $\mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)} [\|F(G(x)) - x\|_1]$ "는 제1 영상(x)을 제1 및 제2 제너레이터(G, F)를 통해 두 번 매핑한 영상(F(G(x)))과 제1 영상(x)의 차이에 대한 기댓값을 의미한다.

[0104] 그리고, "Pdata(y)"는 제2 영상 집합(DOM2)을 의미하고, "y"는 제2 영상 집합(DOM2)에서 선택된 제2 영상(y)을 의미한다. " $\mathbb{E}_{y \sim p_{data}(y)}$ "는 랜덤 변수 "y"에 대한 확률 분포 "Pdata"가 이루는 표본 공간에서, 샘플들을 추출하여 계산된 기댓값을 의미한다. 그리고, "F(y)"는 제2 제너레이터(F)가 제2 영상(y)을 1차 매핑한 출력을 의미하고, "G(F(y))"는 제2 제너레이터(G)가 1차 매핑된 영상을 2차 매핑한 출력을 의미한다. 따라서, " $\mathbb{E}_{y \sim p_{data}(y)} [\|G(F(y)) - y\|_1]$ "는 제2 영상(y)을 제2 및 제1 제너레이터(F, G)를 통해 두 번 매핑한 영상(G(F(y)))과 제2 영상(y)의 차이에 대한 기댓값을 의미한다.

- [0105] 생성부(220)는 산출된 손실 함수를 기초로 제1 및 제2 제너레이터(G, F)와 제1 및 제2 기능부(DSC1, DSC2)의 가중치를 변경시킬 수 있다(단계 S337).
- [0106] 따라서, 생성부(220)는 제1 영상(x)을 제1 및 제2 제너레이터(G, F)를 통해 두 번 매핑한 영상(F(G(x)))과 제1 영상(x)의 차이에 대한 기댓값과, 제2 영상(y)을 제2 및 제1 제너레이터(F, G)를 통해 두 번 매핑한 영상(G(F(y)))과 제2 영상(y)의 차이에 대한 기댓값을 더하여 손실 함수(Lcyc(G, F))를 산출할 수 있다. 생성부(220)는 제1 영상(x)을 두 번 매핑하여 원래의 특징 정보를 그대로 포함시켜야 하므로, 제1 및 제2 제너레이터(G, F) 각각에 의해 매핑되는 영상을 크게 변경시킬 수 없다. 그리고, 생성부(220)는 제2 영상(y)을 두 번 매핑하여 원래의 특징 정보를 그대로 포함시켜야 하므로, 제2 및 제1 제너레이터(F, G) 각각에 의해 매핑되는 영상을 크게 변경시킬 수 없다. 결과적으로, 생성부(220)는 제1 및 제2 제너레이터(G, F)의 순환 일관성(Cycle Consistency)을 통해 가중치를 정확하게 학습시킬 수 있고, 다양한 입력 영상에 대하여 매핑 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0107] 생성부(220)는 제1 및 제2 제너레이터(G, F)의 가중치 학습 횟수를 카운트하여 기 설정된 횟수에 도달하였는지 여부를 판단할 수 있다(단계 S338).
- [0108] 생성부(220)는 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하지 않으면, 제1 및 제2 제너레이터(G, F)의 학습을 반복할 수 있다. 생성부(220)는 제1 및 제2 제너레이터(G, F)를 이용하여 제1 영상을 매핑시키고, 제2 및 제1 제너레이터(F, G)를 이용하여 제2 영상을 매핑시키는 과정을 반복할 수 있다.
- [0109] 생성부(220)는 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하면, 제1 및 제2 제너레이터(G, F)의 가중치를 저장할 수 있다(단계 S339). 저장된 제1 제너레이터(G)의 가중치는 입력 영상에서 안경 착용자의 안경을 제거하는 과정에서 이용될 수 있다.
- [0110] 도 10은 일 실시예에 따른 생성부의 제1 및 제2 제너레이터의 학습 과정을 나타내는 다른 예시도면이다. 도 10의 가중치 학습 과정은 도 9의 가중치 학습 과정의 단계 S336 이후의 과정을 달리하는 것으로서, 이하에서는 전술한 구성과 동일한 구성은 간략히 설명하거나 생략하기로 한다.
- [0111] 도 10을 참조하면, 생성부(220)는 제1 영상 집합(DOM1)으로부터 하나의 제1 영상을 선택할 수 있다(단계 S331). 제1 영상 집합(DOM1)은 안경 착용자가 포함된 영상들로 이루어질 수 있다.
- [0112] 생성부(220)는 제1 제너레이터(G)를 이용해 제1 영상을 1차 매핑할 수 있다(단계 S332).
- [0113] 제1 기능부(DSC1)는 제1 제너레이터(G)에 의해 1차 매핑된 영상과 제2 영상 집합(DOM2) 내의 제2 영상을 비교할 수 있다(단계 S333).
- [0114] 생성부(220)는 제2 제너레이터(F)를 이용해 1차 매핑된 영상을 2차 매핑할 수 있다(단계 S334).
- [0115] 제2 기능부(DSC2)는 제2 제너레이터(F)에 의해 2차 매핑된 영상과 제1 영상 집합(DOM1) 내의 제1 영상을 비교할 수 있다(단계 S335).
- [0116] 생성부(220)는 제1 영상을 2차 매핑시킨 영상(F(G(x)))과 제1 영상(x)의 비교 결과와, 제2 영상을 2차 매핑시킨 영상(G(F(y)))과 제2 영상(y)의 비교 결과를 기초로 손실 함수(Lcyc(G, F))를 산출할 수 있다(단계 S336).
- [0117] 생성부(220)는 산출된 손실 함수(Lcyc(G, F))가 기 설정된 수치 이하인지 여부를 판단할 수 있다(단계 S340).
- [0118] 생성부(220)는 손실 함수(Lcyc(G, F))가 기 설정된 수치를 초과하면, 제1 및 제2 제너레이터(G, F)의 가중치를 변경시켜 학습 과정을 반복할 수 있다(단계 S341).
- [0119] 생성부(220)는 손실 함수(Lcyc(G, F))가 기 설정된 수치 이하이면, 제1 및 제2 제너레이터(G, F)의 가중치를 저장할 수 있다(단계 S342). 저장된 제1 제너레이터(G)의 가중치는 입력 영상에서 안경 착용자의 안경을 제거하는 과정에서 이용될 수 있다.
- [0120] 도 11은 일 실시예에 따른 검출부의 눈 영역 설정 과정을 나타내는 도면이고, 도 12는 일 실시예에 따른 검출부의 눈 영상 생성 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0121] 도 11 및 도 12를 참조하면, 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상을 수신하여 눈 영상을 생성할 수 있다.
- [0122] 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상을 수신할 수 있다(단계 S410). 예를 들어, 검출부(230)는 입력 영상의 사용자가 안경을 착용한 경우 생성부(220)로부터 안경이 제거된 얼굴 영상을 수신할 수 있고, 입력 영상의 사용

자가 안경을 착용하지 않은 경우 영상 입력부(100)로부터 입력 영상을 수신할 수 있다.

- [0123] 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상으로부터 눈의 랜드마크들을 추출할 수 있다(단계 S420). 예를 들어, 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상으로부터 좌측 눈의 제1 및 제2 랜드마크(LM1, LM2)를 설정할 수 있고, 우측 눈의 제3 및 제4 랜드마크(LM3, LM4)를 설정할 수 있다. 예를 들어, 제1 내지 제4 랜드마크(LM1~LM4)는 양측 눈의 좌우 끝단에 해당할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0124] 검출부(230)는 눈의 랜드마크들 사이의 중점을 산출할 수 있다(단계 S430). 예를 들어, 검출부(230)는 좌측 눈의 제1 및 제2 랜드마크(LM1, LM2) 사이의 제1 중점(MD1)을 산출할 수 있고, 우측 눈의 제3 및 제4 랜드마크(LM3, LM4) 사이의 제2 중점(MD2)을 산출할 수 있다.
- [0125] 검출부(230)는 눈의 랜드마크들의 배치를 기초로 눈 영역(EA)을 설정할 수 있다(단계 S440). 예를 들어, 검출부(230)는 좌측 눈의 제1 및 제2 랜드마크(LM1, LM2) 사이의 거리(d1)를 측정할 수 있다. 검출부(230)는 제1 및 제2 랜드마크(LM1, LM2) 사이의 제1 중점(MD1)을 중심으로 제1 및 제2 랜드마크(LM1, LM2) 사이의 거리(d1) 만큼 제1 수평 방향 및 제2 수평 방향 각각으로 확장된 눈 영역(EA)을 설정할 수 있다. 그리고, 검출부(230)는 우측 눈의 제3 및 제4 랜드마크(LM3, LM4) 사이의 거리(d2)를 측정할 수 있다. 검출부(230)는 제3 및 제4 랜드마크(LM3, LM4) 사이의 제2 중점(MD2)을 중심으로 제3 및 제4 랜드마크(LM3, LM4) 사이의 거리(d2) 만큼 제1 수평 방향 및 제2 수평 방향 각각으로 확장된 눈 영역(EA)을 설정할 수 있다. 눈 영역(EA)은 제1 중점(MD1)으로부터 형성된 영역과 제2 중점(MD2)으로부터 형성된 영역이 병합되어 설정될 수 있다.
- [0126] 검출부(230)는 입력 영상 또는 얼굴 영상으로부터 눈 영역(EA)을 포함하는 눈 영상(EI)을 생성할 수 있다(단계 S450).
- [0127] 도 13은 일 실시예에 따른 검출부의 제2 신경망을 나타내는 도면이고, 도 14는 도 13의 제2 신경망의 가중치 학습 과정을 나타내는 일 예시도면이다.
- [0128] 도 13 및 도 14를 참조하면, 검출부(230)는 복수의 필터를 구비한 제2 신경망을 이용하여 눈 영상(EI)으로부터 2차원 동공 좌표를 검출할 수 있다.
- [0129] 검출부(230)는 제2 신경망의 가중치를 학습시킬 수 있다. 검출부(230)는 학습용 영상(LI)을 수신할 수 있고, 학습용 영상(LI)으로부터 획득한 동공 좌표 데이터를 기초로 목적 영상(TI)을 생성할 수 있다. 검출부(230)는 제2 신경망의 복수의 필터(FT1~FT8)를 이용하여 학습용 영상(LI)을 필터링할 수 있다. 검출부(230)는 학습용 영상(LI)을 필터링한 주요 필터 영상(MFI)을 목적 영상(TI)과 유사하게 하기 위하여, 제2 신경망의 복수의 필터(FT1~FT8)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 예를 들어, 검출부(230)는 기 설정된 횟수에 따라 필터링 과정을 반복함으로써, 복수의 필터(FT1~FT8)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 다른 예를 들어, 검출부(230)는 주요 필터 영상(MFI), 목적 영상(TI), 보조 필터 영상(AFI), 및 학습용 영상(LI)을 기초로 산출된 손실 함수가 기 설정된 수치 이하일 때까지 필터링 과정을 반복함으로써, 복수의 필터(FT1~FT8)의 가중치를 학습시킬 수 있다. 검출부(230)는 가중치 학습이 완료되면, 제2 신경망의 복수의 필터(FT1~FT8) 각각의 가중치를 저장할 수 있다.
- [0130] 검출부(230)는 학습용 영상(LI)을 수신할 수 있다(단계 S511). 여기에서, 학습용 영상(LI)은 동공과 관련된 의미 있는 정보(예를 들어, 동공의 공간적 정보) 또는 동공의 위치적 정보를 포함하는 다양한 영상으로 이루어질 수 있고, 검출부(230)는 복수의 필터(FT1~FT8)의 가중치 학습의 정확도를 향상시킬 수 있다. 학습용 영상(LI)은 다양한 영상으로 이루어짐으로써, 검출 장치(10)는 다양한 입력 영상으로부터 동공 좌표를 검출하는 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0131] 검출부(230)는 학습용 영상(LI)으로부터 동공 좌표 데이터를 획득할 수 있다(단계 S512). 여기에서, 동공 좌표 데이터는 동공 영역의 복수의 화소 중 동공 중심과 일치하는 화소의 좌표 데이터에 해당할 수 있다. 검출부(230)는 학습용 영상(LI)을 레이블링(Labeling)하여 동공 좌표 데이터를 획득할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 학습용 영상(LI)에서 동공 중심을 선택 또는 지정함으로써, 학습용 영상(LI)을 레이블링할 수 있다.
- [0132] 검출부(230)는 학습용 영상(LI)으로부터 획득한 동공 좌표 데이터를 기초로 목적 영상(TI)을 생성할 수 있다(단계 S513). 검출부(230)는 동공 좌표 데이터를 동공 중심으로부터 일정 범위까지 팽창시킬 수 있다. 예를 들어, 팽창된 범위의 화소 값은 동공 중심의 화소 값과 동일할 수 있다. 따라서, 동공 영역 중 팽창된 범위 내의 화소는 최대 화소 값(예를 들어, 255의 화소 값)을 가질 수 있다.
- [0133] 검출부(230)는 팽창된 동공 좌표 데이터에 가우시안 필터링을 수행하여 목적 영상(TI)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 목적 영상(TI)은 가우시안 필터링에 의하여 동공 중심에서 최대 화소 값(예를 들어, 255의 화소 값)을 가

질 수 있고, 동공 중심에서 멀어질수록 화소 값이 감소할 수 있다. 목적 영상(TI)은 팽창된 동공 좌표 데이터의 분포 영역 및 최대 화소 값을 기초로 동공과 관련된 의미 있는 정보(예를 들어, 동공의 공간적 정보)를 포함할 수 있다.

- [0134] 복수의 필터(FT1~FT8)는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 포함할 수 있고, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8) 각각은 컨볼루션 필터(Convolution Filter), 맥스 풀링 필터(Max Pooling Filter), 및 업 샘플링 필터(Up Sampling Filter) 중 하나의 필터로 구현될 수 있다. 예를 들어, 검출 장치(10)는 적어도 하나의 컨볼루션 필터, 적어도 하나의 맥스 풀링 필터, 및 적어도 하나의 업 샘플링 필터로 이루어진 복수의 필터를 포함함으로써, 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network)을 구현할 수 있다. 복수의 필터(FT1~FT8)는 합성곱 신경망으로 구현됨으로써, 복잡한 비선형 모델을 구현할 수 있고, 영상 처리 또는 음성 처리 성능을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 복수의 필터는 입력 영상에 포함된 2차원 또는 3차원의 데이터를 그대로 유지시킴으로써, 동공과 관련된 의미 있는 정보 및 동공의 위치적 정보를 출력할 수 있다.
- [0135] 이하에서는, 제1 및 제5 필터(FT1, FT5)는 컨볼루션 필터로 구현되고, 제2, 제3 및 제6 필터(FT2, FT3, FT6)는 맥스 풀링 필터로 구현되며, 제4, 제7 및 제8 필터(FT4, FT7, FT8)는 업 샘플링 필터로 구현된 실시예를 중심으로 설명한다. 다만, 복수의 필터의 구성은 이러한 실시예에 한정되지 않는다.
- [0136] 제1 및 제5 필터(FT1, FT5) 각각은 컨볼루션 필터로 구현됨으로써, 입력된 영상 또는 입력된 특징 지도에 가중치를 적용한 컨볼루션 필터링(Convolution Filtering)을 수행하여 특징 지도를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제5 필터(FT1, FT5)는 입력된 영상 데이터의 복수의 화소 각각에 가중치를 곱한 뒤 그 결과를 더함으로써, 현재 화소 값을 변경시킬 수 있다. 제1 및 제5 필터(FT1, FT5) 각각은 필터 가중치를 영상 데이터 상에 슬라이딩(Sliding)시킴으로써, 필터 가중치와 영상 데이터의 내적 연산(dot product)을 수행할 수 있다. 따라서, 제1 및 제5 필터(FT1, FT5)는 입력된 영상 또는 입력된 특징 지도의 특정 위치에 대한 특정 패턴을 갖는 특징 지도를 출력할 수 있다. 특징 지도에 포함된 특정 패턴은 동공과 관련된 의미 있는 정보 또는 동공의 위치적 정보로 이용될 수 있다.
- [0137] 제2, 제3 및 제6 필터(FT2, FT3, FT6) 각각은 맥스 풀링 필터로 구현됨으로써, 입력된 특징 지도에서 주요 화소 값을 추출하여 크기가 작은 특징 지도를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제2, 제3 및 제6 필터(FT2, FT3, FT6) 각각은 입력된 특징 지도의 복수의 부분 영역마다 최대 화소 값을 추출하고 나머지 화소 값은 제거함으로써, 특징 지도의 크기를 감소시킬 수 있다. 따라서, 제2, 제3 및 제6 필터(FT2, FT3, FT6)는 특징 지도의 화소 값의 지역적인 사소한 변화가 출력 데이터에 영향을 미치지 않게 할 수 있다.
- [0138] 제4, 제7 및 제8 필터(FT4, FT7, FT8) 각각은 업 샘플링 필터로 구현됨으로써, 맥스 풀링 결과에 대해 업 샘플링을 수행할 수 있다. 제4 필터(FT4)는 제2 및 제3 필터(FT2, FT3)에 의하여 감소된 특징 지도의 크기를 입력된 영상에 대응되는 크기만큼 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제4 필터(FT4)는 제2 필터(FT2)를 통과하기 전의 화소 값의 위치를 기억하여 특징 지도를 복원할 수 있다. 제2 및 제3 필터(FT2, FT3)에서 제거된 화소 값은 제4 필터(FT4)에 의해 다시 복구되지 않을 수 있다.
- [0139] 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)는 제2, 제3 및 제6 필터(FT2, FT3, FT6)에 의하여 감소된 특징 지도의 크기를 입력된 영상에 대응되는 크기만큼 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)는 제2 필터(FT2)를 통과하기 전의 화소 값의 위치를 기억하여 특징 지도를 복원할 수 있다. 제2, 제3 및 제6 필터(FT2, FT3, FT6)에서 제거된 화소 값은 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)에 의해 다시 복구되지 않을 수 있다.
- [0140] 다른 예를 들어, 제4, 제7 및 제8 필터(FT4, FT7, FT8)는 디컨볼루션(Deconvolution)을 통해 업 샘플링을 수행할 수 있다.
- [0141] 검출부(230)는 제1 필터(FT1)를 이용하여 학습용 영상(LI)을 컨볼루션 필터링할 수 있다(단계 S514). 예를 들어, 제1 필터(FT1)는 학습용 영상(LI)의 복수의 화소 각각에 가중치를 곱한 뒤 그 결과를 더한 제1 특징 지도(FM1)를 출력할 수 있다. 제1 필터(FT1)는 필터 가중치를 학습용 영상(LI) 상에 슬라이딩(Sliding)시킴으로써, 필터 가중치와 영상 데이터의 내적 연산을 수행할 수 있다.
- [0142] 검출부(230)는 인코더(ENC)를 이용하여 제1 특징 지도(FM1)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다(단계 S515). 인코더(ENC)는 제2 및 제3 필터(FT2, FT3)를 포함할 수 있다.
- [0143] 검출부(230)는 제2 필터(FT2)를 이용해 제1 특징 지도(FM1)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다. 제2 필터(FT2)는 제1 특징 지도(FM1)에서 주요 화소 값을 추출하여 크기가 작은 제2 특징 지도(FM2)를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제2 필터(FT2)는 제1 특징 지도(FM1)의 복수의 부분 영역마다 최대 화소 값을 추출하고 나머지 화소 값을 제거

함으로써, 제2 특징 지도(FM2)의 크기를 감소시킬 수 있다.

- [0144] 검출부(230)는 제3 필터(FT3)를 이용하여 제2 특징 지도(FM2)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다. 제3 필터(FT3)는 제2 특징 지도(FM2)에서 주요 화소 값을 추출하여 크기가 작은 제3 특징 지도(FM3)를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제3 필터(FT3)는 제2 특징 지도(FM2)의 복수의 부분 영역마다 최대 화소 값을 추출하고 나머지 화소 값을 제거함으로써, 제3 특징 지도(FM3)의 크기를 감소시킬 수 있다.
- [0145] 검출부(230)는 디코더(DEC)를 이용해 인코더(ENC)에서 필터링된 특징 지도를 디컨볼루션 필터링(Deconvolution Filtering)할 수 있다. 예를 들어, 디코더(DEC)는 인코더(ENC)에 대응되는 가중치를 가질 수 있다. 디코더(DEC)는 인코더(ENC)에 입력되는 특징 지도를 크롭(Crop)하여 디컨볼루션 필터링의 가중치를 결정할 수 있다. 디코더(DEC)의 출력은 인코더(ENC)에 입력되는 특징 지도(예를 들어, 제1 특징 지도(FM1))와 동일한 크기를 가지면서, 제1 특징 지도(FM1)에 포함된 동공과 관련된 의미 있는 정보를 포함할 수 있다. 다른 예를 들어, 디코더(DEC)의 가중치는 인코더(ENC)의 가중치와 다른 매개 변수 집합으로 이루어질 수 있다. 디코더(DEC)는 제4 및 제5 필터(FT4, FT5)를 포함할 수 있다.
- [0146] 검출부(230)는 제4 필터(FT4)를 이용하여 제3 특징 지도(FM3)를 업 샘플링 필터링할 수 있다(단계 S516). 제4 필터(FT4)는 인코더(ENC)에 의하여 감소된 제3 특징 지도(FM3)의 크기를 학습용 영상(LI)에 대응되는 크기만큼 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제4 필터(FT4)는 인코더(ENC)를 통과하기 전의 화소 값의 위치를 기억하여 제4 특징 지도(FM4)에 반영할 수 있다.
- [0147] 검출부(230)는 인코더(ENC)에 입력되는 특징 지도를 인코더(ENC)의 출력에 업 샘플링 필터링을 수행한 특징 지도에 연결시키는 스킵 연결망(Skip)을 포함할 수 있다. 스킵 연결망(Skip)은 인코더(ENC)에 입력되는 데이터를 인코더(ENC)의 출력에 그대로 전달할 수 있다. 예를 들어, 제1 특징 지도(FM1)는 인코더(ENC)에 의해 맥스 풀링 필터링된 후, 제4 필터(FT4)에 의해 업 샘플링 필터링될 수 있다. 또한, 제1 특징 지도(FM1)는 스킵 연결망(Skip)을 따라 전달됨으로써 인코더(ENC)에 의한 필터링 과정을 생략할 수 있고, 제4 필터(FT4)의 출력과 병합될 수 있다. 스킵 연결망(Skip)은 제1 특징 지도(FM1)가 갖는 동공과 관련된 의미 있는 정보 또는 동공의 위치적 정보 외에도 제1 특징 지도(FM1)가 갖는 세부 정보 또는 부수 정보를 디코더(DEC)에 제공할 수 있다.
- [0148] 검출부(230)는 제4 필터(FT4)의 필터링 결과와 제1 필터(FT1)의 필터링 결과를 병합할 수 있다(단계 S517). 검출부(230)는 제4 필터(FT4)에서 출력된 특징 지도와 스킵 연결망(Skip)에 의해 전달된 제1 특징 지도(FM1)를 병합하여 제4 특징 지도(FM4)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 제4 필터(FT4)에서 출력된 특징 지도는 학습용 영상(LI)의 주요 정보를 포함할 수 있고, 제1 특징 지도(FM1)는 학습용 영상(LI)의 주요 정보와 부수 정보를 모두 포함할 수 있다. 따라서, 검출부(230)는 스킵 연결망(Skip)을 포함함으로써, 인코더(ENC)에서 제거된 세부 정보 또는 부수 정보에 따라 발생할 수 있는 오류를 방지할 수 있다. 또한, 검출부(230)는 스킵 연결망(Skip)을 포함함으로써, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 적절하게 조절하여 가중치 학습 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0149] 검출부(230)는 제5 필터(FT5)를 이용하여 제4 특징 지도(FM4)를 컨볼루션 필터링할 수 있다(단계 S518). 예를 들어, 제5 필터(FT5)는 제4 특징 지도(FM4)의 복수의 화소 각각에 가중치를 곱한 뒤 그 결과를 더한 제5 특징 지도(FM5)를 출력할 수 있다. 제5 필터(FT5)는 필터 가중치를 제4 특징 지도(FM4) 상에 슬라이딩(Sliding)시킴으로써, 필터 가중치와 제4 특징 지도(FM4)의 내적 연산을 수행할 수 있다. 검출부(230)는 제5 특징 지도(FM5)를 기초로 주요 필터 영상(MFI)을 생성할 수 있다.
- [0150] 검출부(230)는 주요 필터 영상(MFI)과 목적 영상(TI)을 비교할 수 있다(단계 S519). 주요 필터 영상(MFI)과 목적 영상(TI)의 차이는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경하는 과정에서 이용될 수 있다.
- [0151] 검출부(230)는 보조 필터(AUX)를 이용해 인코더(ENC)에서 필터링된 특징 지도를 디컨볼루션 필터링(Deconvolution Filtering)할 수 있다. 보조 필터(AUX)는 인코더(ENC)와 연결됨으로써, 오토 인코더(Auto Encoder)의 기능을 수행할 수 있다. 검출부(230)는 보조 필터(AUX)를 더 포함함으로써, 보조 필터 영상(AFI)을 학습용 영상(LI)과 유사하게 재현할 수 있다. 오토 인코더(Auto Encoder)는 학습용 영상(LI)의 데이터를 압축하면서 학습용 영상(LI)의 다양한 특징을 추출할 수 있고, 추출된 다양한 특징을 기초로 보조 필터 영상(AFI)을 학습용 영상(LI)과 최대한 유사하게 재현할 수 있다. 오토 인코더(Auto Encoder)는 인코더(ENC)와 디코더(DEC)로 이루어진 합성곱 신경망에 가중치 학습의 정확도를 보완할 수 있다. 따라서, 검출부(230)는 인코더(ENC)와 보조 필터(AUX)에 의해 출력되는 보조 필터 영상(AFI)을 학습용 영상(LI)과 비교함으로써, 주요 필터 영상(MFI)이 목적 영상(TI)에 도달하는 과정의 신속도와 정확도를 향상시킬 수 있다. 보조 필터(AUX)는 제6 내지 제8 필터(FT6~FT8)를 포함할 수 있다.

- [0152] 검출부(230)는 제6 필터(FT6)를 이용해 제3 특징 지도(FM3)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다(단계 S520). 제6 필터(FT6)는 제3 특징 지도(FM3)에서 주요 화소 값을 추출하여 크기가 작은 제6 특징 지도(FM6)를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제6 필터(FT6)는 제3 특징 지도(FM3)의 복수의 부분 영역마다 최대 화소 값을 추출하고 나머지 화소 값을 제거함으로써, 제6 특징 지도(FM6)의 크기를 감소시킬 수 있다.
- [0153] 검출부(230)는 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)를 이용하여 제6 특징 지도(FM6)를 업 샘플링 필터링할 수 있다(단계 S521). 검출부(230)는 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)에 의해 업 샘플링 필터링된 제8 특징 지도(FM8)를 기초로 보조 필터 영상(AFI)을 생성할 수 있다.
- [0154] 검출부(230)는 제7 필터(FT7)를 이용해 제6 특징 지도(FM6)를 업 샘플링 필터링하여, 제7 특징 지도(FM7)를 출력할 수 있다. 검출부(230)는 제8 필터(FT8)를 이용하여 제7 특징 지도(FM7)를 업 샘플링 필터링하여, 제8 특징 지도(FM8)를 출력할 수 있다. 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)는 인코더(ENC) 및 제6 필터(FT6)에 의하여 감소된 제6 특징 지도(FM6)의 크기를 학습용 영상(LI)에 대응되는 크기만큼 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제7 및 제8 필터(FT7, FT8)는 인코더(ENC)를 통과하기 전의 화소 값의 위치를 기억하여 제8 특징 지도(FM8)에 반영할 수 있다.
- [0155] 검출부(230)는 제8 특징 지도(FM8)를 컨볼루션 필터링하여 보조 필터 영상(AFI)을 생성할 수 있다(단계 S522). 예를 들어, 검출부(230)는 컨볼루션 필터를 제8 특징 지도(FM8) 상에 슬라이딩 시킴으로써, 필터 가중치와 제8 특징 지도(FM8)의 내적 연산을 수행할 수 있다.
- [0156] 검출부(230)는 보조 필터 영상(AFI)과 학습용 영상(LI)을 비교할 수 있다(단계 S523). 보조 필터 영상(AFI)과 학습용 영상(LI)의 차이는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경하는 과정에서 이용될 수 있다.
- [0157] 검출부(230)는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 이용한 가중치 학습 횟수를 카운트하여 기 설정된 횟수에 도달하였는지 여부를 판단할 수 있다(단계 S524).
- [0158] 검출부(230)는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 이용한 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하지 않으면, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경하여 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 이용한 필터링 과정을 반복할 수 있다(단계 S525). 검출부(230)는 목적 영상(TI), 주요 필터 영상(MFI), 학습용 영상(LI), 및 보조 필터 영상(AFI)을 기초로 손실 함수(Loss)를 산출할 수 있다. 검출부(230)는 산출된 손실 함수(Loss)를 기초로 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경시킬 수 있다. 예를 들어, 손실 함수(Loss)는 하기의 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

수학식 2

$$Loss = \mathbb{E}_{x \sim P_{data}(x)}[||y - \hat{y}(x)||_2] + \mathbb{E}_{x \sim P_{data}(x)}[||x - \tilde{y}||_2]$$

- [0159]
- [0160] 여기에서, "x"는 학습용 영상(LI)을 의미하고, "Pdata(x)"는 학습 데이터 집합을 의미한다. " $\mathbb{E}_{x \sim P_{data}(x)}$ "는 랜덤 변수 "x"에 대한 확률 분포 "Pdata"가 이루는 표본 공간에서, 샘플들을 추출하여 계산된 기댓값을 의미한다. "y"는 목적 영상(TI)을 의미하고, " $\hat{y}$ "는 주요 필터 영상(MFI)을 의미하며, " $\tilde{y}$ "는 보조 필터 영상(AFI)을 의미한다.
- [0161] 따라서, 검출부(230)는 목적 영상(TI)에 의한 동공 중심과 주요 필터 영상(MFI)에 의한 동공 중심 사이의 거리에 대한 기댓값과, 학습용 영상(LI)에 의한 동공 중심과 보조 필터 영상(AFI)에 의한 동공 중심 사이의 거리에 대한 기댓값을 더하여 손실 함수(Loss)를 산출할 수 있다. 검출부(230)는 목적 영상(TI), 주요 필터 영상(MFI), 학습용 영상(LI), 및 보조 필터 영상(AFI)을 기초로 산출된 손실 함수(Loss)를 기초로 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경시킬 수 있다. 따라서, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치는 학습 횟수가 증가할수록 정확도가 향상될 수 있다. 검출부(230)는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 포함함으로써, 상대적으로 적은 횟수의 가중치 학습을 수행하더라도, 가중치의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0162] 결과적으로, 검출부(230)는 인코더(ENC), 디코더(DEC), 스킵 연결망(Skip), 및 보조 필터(AUX)를 포함함으로써, 복수의 필터에 대한 가중치를 정확하게 학습시킬 수 있고, 다양한 입력 영상에 대하여 오검출을 제거하여 검출 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0163] 검출부(230)는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 이용한 가중치 학습 횟수가 기 설정된 횟수에 도달하면, 제1 내지

제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 저장할 수 있다(단계 S526). 저장된 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치는 눈 영상을 기초로 동공 영역 분할 영상을 생성하는 과정에서 이용될 수 있다.

[0164] 도 15는 도 13의 제2 신경망의 가중치 학습 과정을 나타내는 다른 예시도면이다. 도 15의 가중치 학습 과정은 도 14의 가중치 학습 과정의 단계 S523 이후의 과정을 달리하는 것으로서, 이하에서는 전술한 구성과 동일한 구성은 간략히 설명하거나 생략하기로 한다.

[0165] 도 15를 참조하면, 검출부(230)는 검출부(230)는 목적 영상(TI), 주요 필터 영상(MFI), 학습용 영상(LI), 및 보조 필터 영상(AFI)을 기초로 손실 함수(Loss)를 산출할 수 있다(단계 S527).

[0166] 검출부(230)는 산출된 손실 함수(Loss)가 기 설정된 수치 이하인지 여부를 판단할 수 있다(단계 S528).

[0167] 검출부(230)는 손실 함수(Loss)가 기 설정된 수치를 초과하면, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경하여 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 이용한 필터링 과정을 반복할 수 있다(단계 S529). 검출부(230)는 손실 함수(Loss)를 기초로 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 변경시킬 수 있다. 따라서, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치는 학습 횟수가 증가할수록 정확도가 향상될 수 있다. 검출부(230)는 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)를 포함함으로써, 상대적으로 적은 횟수의 가중치 학습을 수행하더라도, 가중치의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0168] 검출부(230)는 손실 함수(Loss)가 기 설정된 수치 이하이면, 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치를 저장할 수 있다(단계 S530). 저장된 제1 내지 제8 필터(FT1~FT8)의 가중치는 눈 영상을 기초로 동공 영역 분할 영상을 생성하는 과정에서 이용될 수 있다.

[0169] 도 16은 일 실시예에 따른 검출부의 목적 영상 생성 과정을 나타내는 도면이고, 도 17은 일 실시예에 따른 검출부의 목적 영상 생성 과정을 나타내는 순서도이다.

[0170] 도 16 및 도 17을 참조하면, 검출부(230)는 학습용 영상(LI)을 수신할 수 있다(단계 S541). 여기에서, 학습용 영상(LI)은 동공과 관련된 의미 있는 정보(예를 들어, 동공의 공간적 정보) 또는 동공의 위치적 정보를 포함하는 다양한 영상으로 이루어질 수 있고, 검출부(230)는 복수의 필터(FT1~FT8)의 가중치 학습의 정확도를 향상시킬 수 있다. 학습용 영상(LI)은 다양한 영상으로 이루어짐으로써, 검출 장치(10)는 다양한 입력 영상으로부터 동공 좌표를 검출하는 성능을 향상시킬 수 있다.

[0171] 검출부(230)는 학습용 영상(LI)으로부터 동공 좌표 데이터를 획득할 수 있다(단계 S542). 여기에서, 동공 좌표 데이터는 동공 영역의 복수의 화소 중 동공 중심과 일치하는 화소의 좌표 데이터에 해당할 수 있다. 검출부(230)는 학습용 영상(LI)을 레이블링(Labeling)하여 동공 좌표 데이터를 획득할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 학습용 영상(LI)에서 동공 중심을 선택 또는 지정함으로써, 학습용 영상(LI)을 레이블링할 수 있다.

[0172] 검출부(230)는 학습용 영상(LI)으로부터 획득한 동공 좌표 데이터를 팽창(Expanding)시킬 수 있다(단계 S543). 검출부(230)는 동공 좌표 데이터를 동공 중심으로부터 일정 범위까지 팽창시킬 수 있다. 예를 들어, 팽창된 범위의 화소 값은 동공 중심의 화소 값과 동일할 수 있다. 따라서, 동공 영역 중 팽창된 범위 내의 화소는 최대 화소 값(예를 들어, 255의 화소 값)을 가질 수 있다.

[0173] 검출부(230)는 팽창된 동공 좌표 데이터에 가우시안 필터링(Gaussian Filtering)을 수행할 수 있고(단계 S544), 가우시안 필터링의 출력을 기초로 목적 영상(TI)을 생성할 수 있다(단계 S545). 예를 들어, 목적 영상(TI)은 가우시안 필터링에 의하여 동공 중심에서 최대 화소 값(예를 들어, 255의 화소 값)을 가질 수 있고, 동공 중심에서 멀어질수록 화소 값이 감소할 수 있다. 목적 영상(TI)은 팽창된 동공 좌표 데이터의 분포 영역 및 최대 화소 값을 기초로 동공과 관련된 의미 있는 정보(예를 들어, 동공의 공간적 정보)를 포함할 수 있다.

[0174] 도 18은 일 실시예에 따른 검출부의 동공 영역 분할 영상을 생성하는 과정을 나타내는 도면이고, 도 19는 일 실시예에 따른 검출부의 동공 영역 분할 영상을 생성하는 과정을 나타내는 순서도이다.

[0175] 도 18 및 도 19를 참조하면, 검출부(230)는 학습된 복수의 필터(FT1~FT5)의 가중치를 이용하여, 눈 영상(EI)에 대한 동공 영역 분할 영상(SI)을 생성할 수 있다.

[0176] 검출부(230)는 눈의 랜드마크들을 기초로 생성된 눈 영상(EI)을 수신할 수 있다(단계 S551).

[0177] 검출부(230)는 제1 필터(FT1)를 이용하여 눈 영상(EI)을 컨볼루션 필터링할 수 있다(단계 S552). 예를 들어, 제1 필터(FT1)는 눈 영상(EI)의 복수의 화소 각각에 가중치를 곱한 뒤 그 결과를 더한 제1 특징 지도(FM1)를 출력할 수 있다. 제1 필터(FT1)는 필터 가중치를 눈 영상(EI) 상에 슬라이딩(Sliding)시킴으로써, 필터 가중치와 영

상 데이터의 내적 연산을 수행할 수 있다.

- [0178] 검출부(230)는 인코더(ENC)를 이용하여 제1 특징 지도(FM1)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다(단계 S553). 인코더(ENC)는 제2 및 제3 필터(FT2, FT3)를 포함할 수 있다.
- [0179] 검출부(230)는 제2 필터(FT2)를 이용해 제1 특징 지도(FM1)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다. 제2 필터(FT2)는 제1 특징 지도(FM1)에서 주요 화소 값을 추출하여 크기가 작은 제2 특징 지도(FM2)를 출력할 수 있다.
- [0180] 검출부(230)는 제3 필터(FT3)를 이용하여 제2 특징 지도(FM2)를 맥스 풀링 필터링할 수 있다. 제3 필터(FT3)는 제2 특징 지도(FM2)에서 주요 화소 값을 추출하여 크기가 작은 제3 특징 지도(FM3)를 출력할 수 있다.
- [0181] 검출부(230)는 제4 필터(FT4)를 이용하여 제3 특징 지도(FM3)를 업 샘플링 필터링할 수 있다(단계 S554). 제4 필터(FT4)는 인코더(ENC)에 의하여 감소된 제3 특징 지도(FM3)의 크기를 눈 영상(EI)에 대응되는 크기만큼 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제4 필터(FT4)는 인코더(ENC)를 통과하기 전의 화소 값의 위치를 기억하여 제4 특징 지도(FM4)에 반영할 수 있다.
- [0182] 검출부(230)는 인코더(ENC)에 입력되는 특징 지도를 인코더(ENC)의 출력에 업 샘플링 필터링을 수행한 특징 지도에 연결시키는 스킵 연결망(Skip)을 포함할 수 있다. 스킵 연결망(Skip)은 인코더(ENC)에 입력되는 데이터를 인코더(ENC)의 출력에 그대로 전달할 수 있다. 예를 들어, 제1 특징 지도(FM1)는 인코더(ENC)에 의해 맥스 풀링 필터링된 후, 제4 필터(FT4)에 의해 업 샘플링 필터링될 수 있다. 또한, 제1 특징 지도(FM1)는 스킵 연결망(Skip)을 따라 전달됨으로써 인코더(ENC)에 의한 필터링 과정을 생략할 수 있고, 제4 필터(FT4)의 출력과 병합될 수 있다. 스킵 연결망(Skip)은 제1 특징 지도(FM1)가 갖는 동공과 관련된 의미 있는 정보 또는 동공의 위치적 정보 외에도 제1 특징 지도(FM1)가 갖는 세부 정보 또는 부수 정보를 디코더(DEC)에 제공할 수 있다.
- [0183] 검출부(230)는 제4 필터(FT4)의 필터링 결과와 제1 필터(FT1)의 필터링 결과를 병합할 수 있다(단계 S555). 검출부(230)는 제4 필터(FT4)에서 출력된 특징 지도와 스킵 연결망(Skip)에 의해 전달된 제1 특징 지도(FM1)를 병합하여 제4 특징 지도(FM4)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 제4 필터(FT4)에서 출력된 특징 지도는 눈 영상(EI)의 주요 정보를 포함할 수 있고, 제1 특징 지도(FM1)는 눈 영상(EI)의 주요 정보와 부수 정보를 모두 포함할 수 있다. 따라서, 검출부(230)는 스킵 연결망(Skip)을 포함함으로써, 인코더(ENC)에서 제거된 세부 정보 또는 부수 정보에 따라 발생할 수 있는 오류를 방지할 수 있다.
- [0184] 검출부(230)는 제5 필터(FT5)를 이용하여 제4 특징 지도(FM4)를 컨볼루션 필터링할 수 있다(단계 S556). 예를 들어, 제5 필터(FT5)는 제4 특징 지도(FM4)의 복수의 화소 각각에 가중치를 곱한 뒤 그 결과를 더한 제5 특징 지도(FM5)를 출력할 수 있다. 제5 필터(FT5)는 필터 가중치를 제4 특징 지도(FM4) 상에 슬라이딩(Sliding)시킴으로써, 필터 가중치와 제4 특징 지도(FM4)의 내적 연산을 수행할 수 있다.
- [0185] 검출부(230)는 제5 특징 지도(FM5)를 기초로 동공 좌표 정보를 포함하는 동공 영역 분할 영상(SI)을 생성할 수 있다(단계 S557).
- [0186] 도 20은 일 실시예에 따른 검출부의 2차원 동공 좌표를 검출하는 과정을 나타내는 도면이고, 도 21은 일 실시예에 따른 검출부의 2차원 동공 좌표를 검출하는 과정을 나타내는 순서도이다.
- [0187] 도 20 및 도 21을 참조하면, 검출부(230)는 동공 영역 분할 영상(SI)을 수신하여 2차원 동공 좌표(OUT_2D)를 출력할 수 있다.
- [0188] 검출부(230)는 검출부(230)로부터 동공 영역 분할 영상(SI)을 수신할 수 있다(단계 S561).
- [0189] 검출부(230)는 동공 영역 분할 영상의 노이즈를 제거(Noise Reduction)할 수 있다(단계 S562).
- [0190] 검출부(230)는 노이즈가 제거된 동공 영역 분할 영상에 인덱싱(Indexing)을 수행할 수 있다(단계 S563).
- [0191] 검출부(230)는 노이즈가 제거된 복수의 화소 중 적어도 하나의 화소를 선택하여 2차원 동공 좌표(OUT_2D)를 검출할 수 있다(단계 S564). 따라서, 검출부(230)는 노이즈가 제거된 동공 영역 분할 영상에서 최대 화소 값을 갖는 화소를 인덱싱함으로써, 2차원 동공 좌표(OUT_2D)를 검출할 수 있다.
- [0192] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0193]

10: 검출 장치 100: 영상 입력부

200: 영상 처리부 210: 판단부

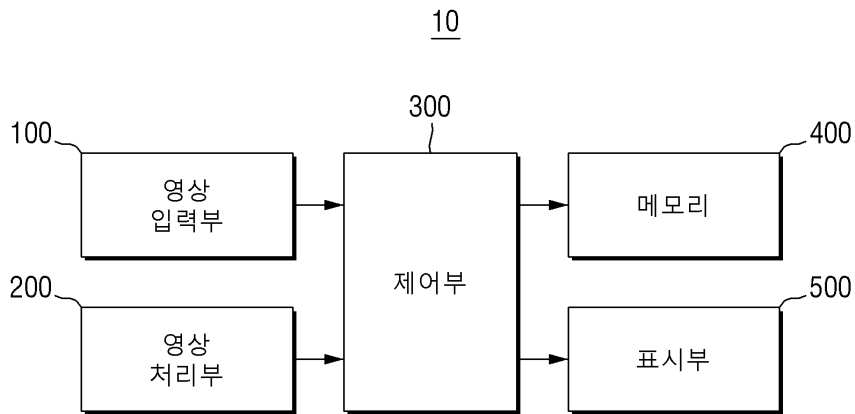
220: 생성부 230: 검출부

300: 제어부 400: 메모리

500: 표시부

도면

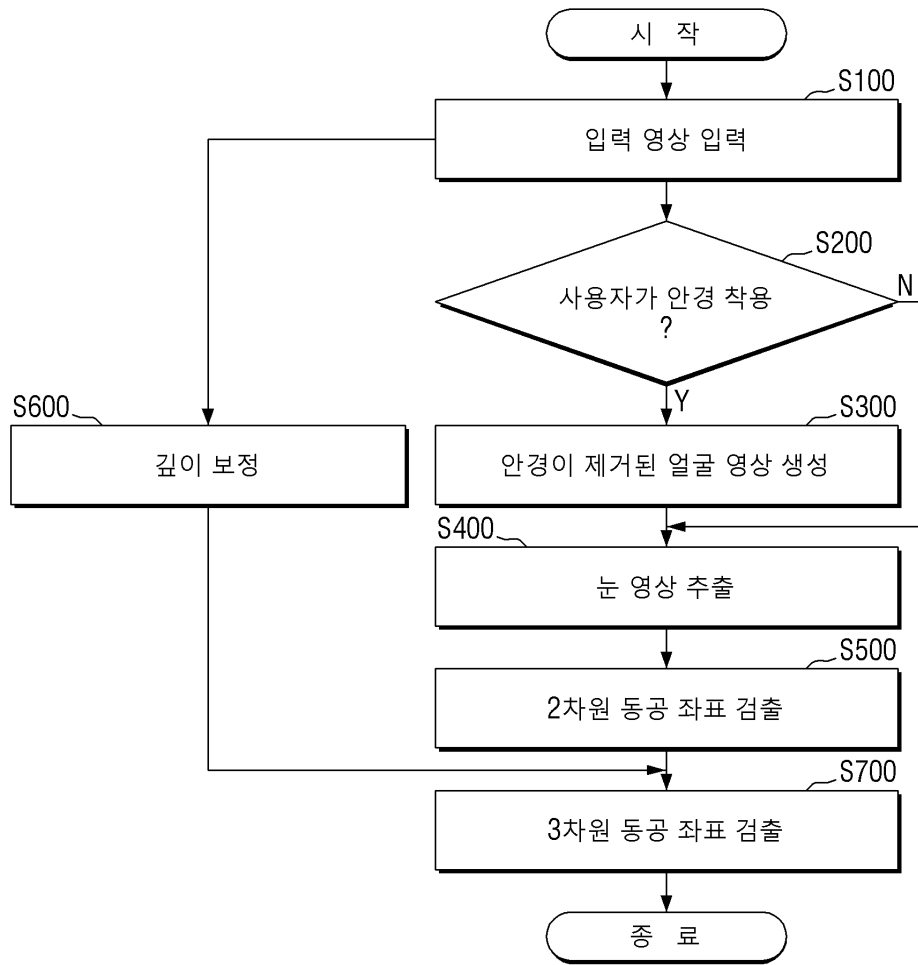
도면1



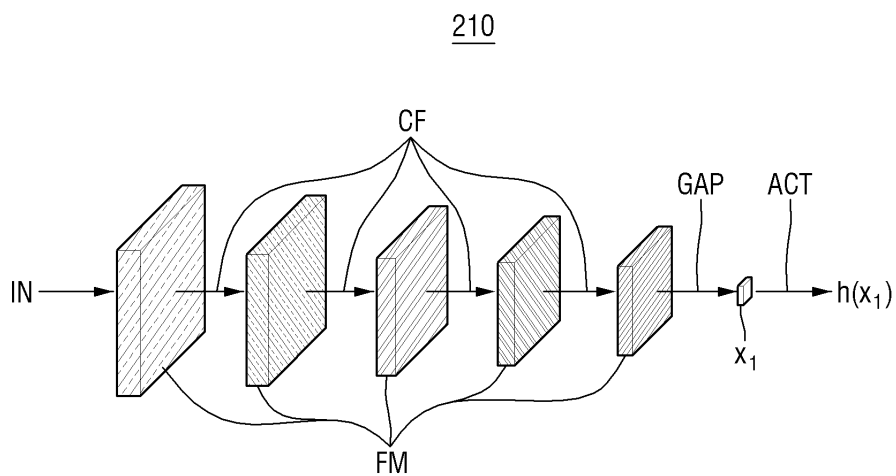
도면2



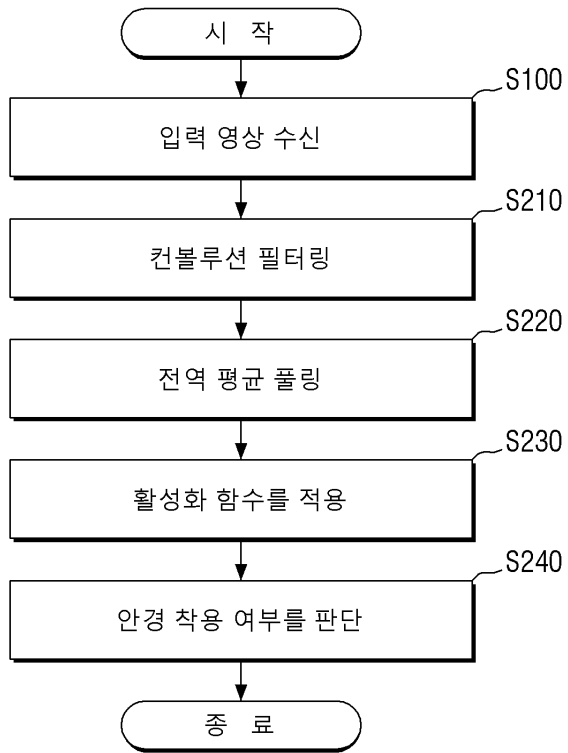
도면3



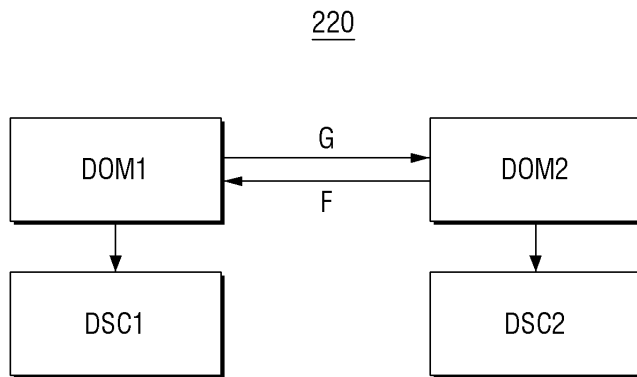
도면4



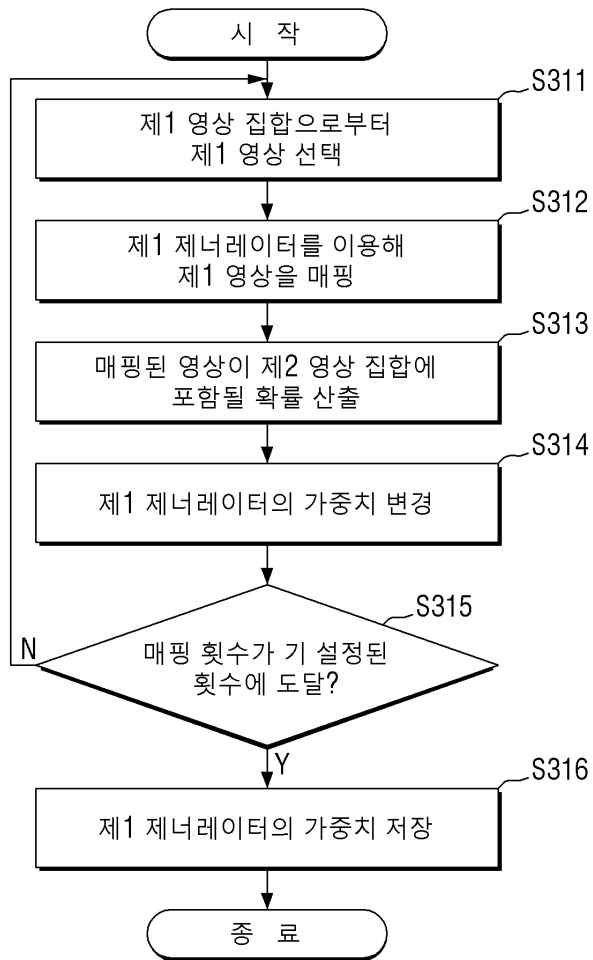
도면5



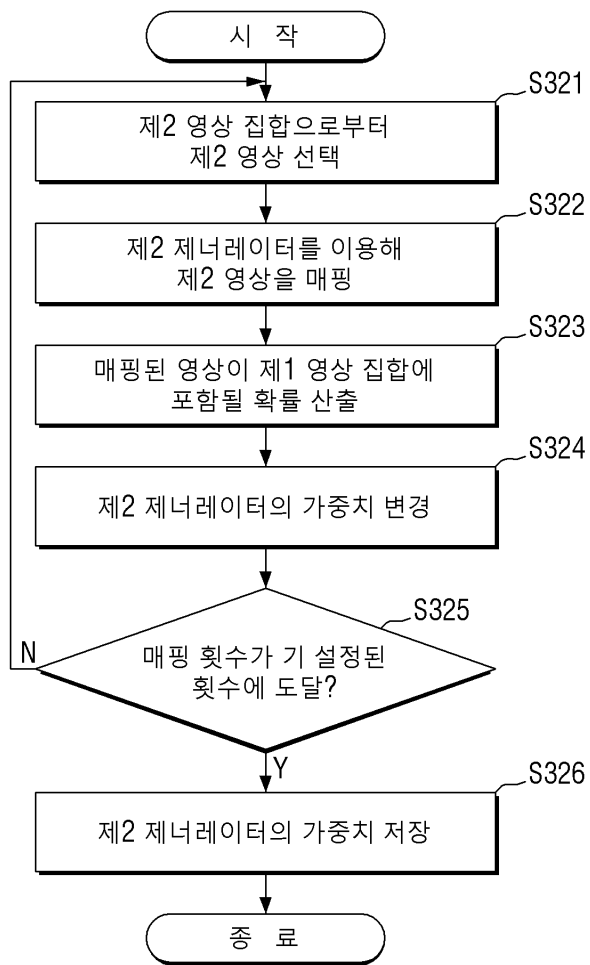
도면6



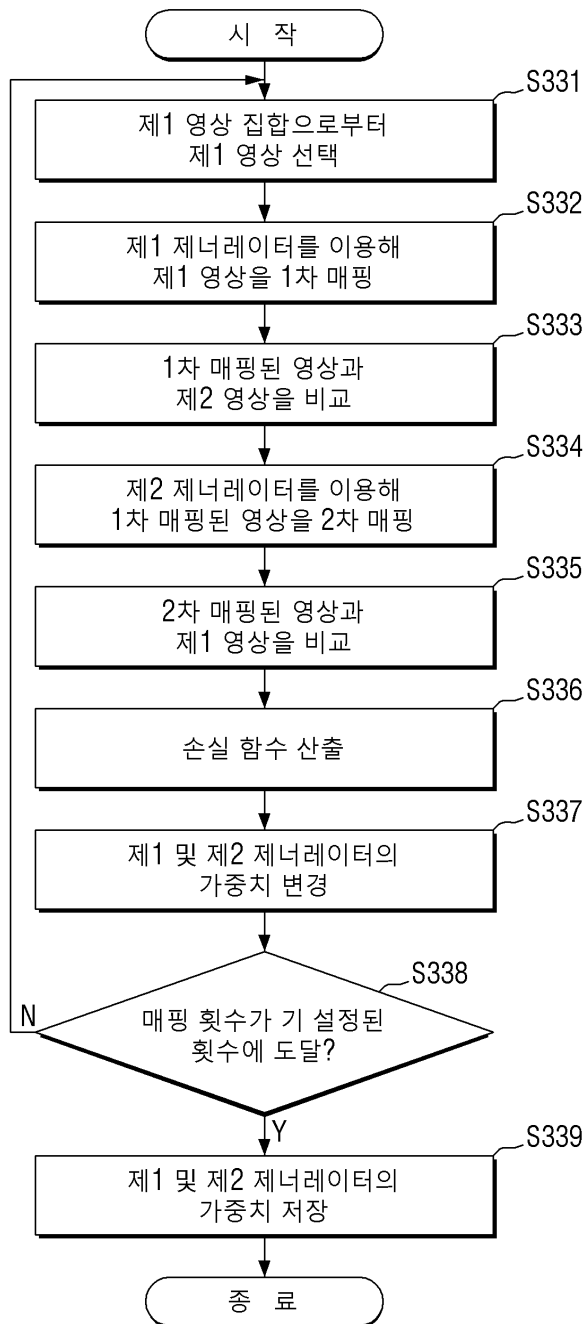
도면7



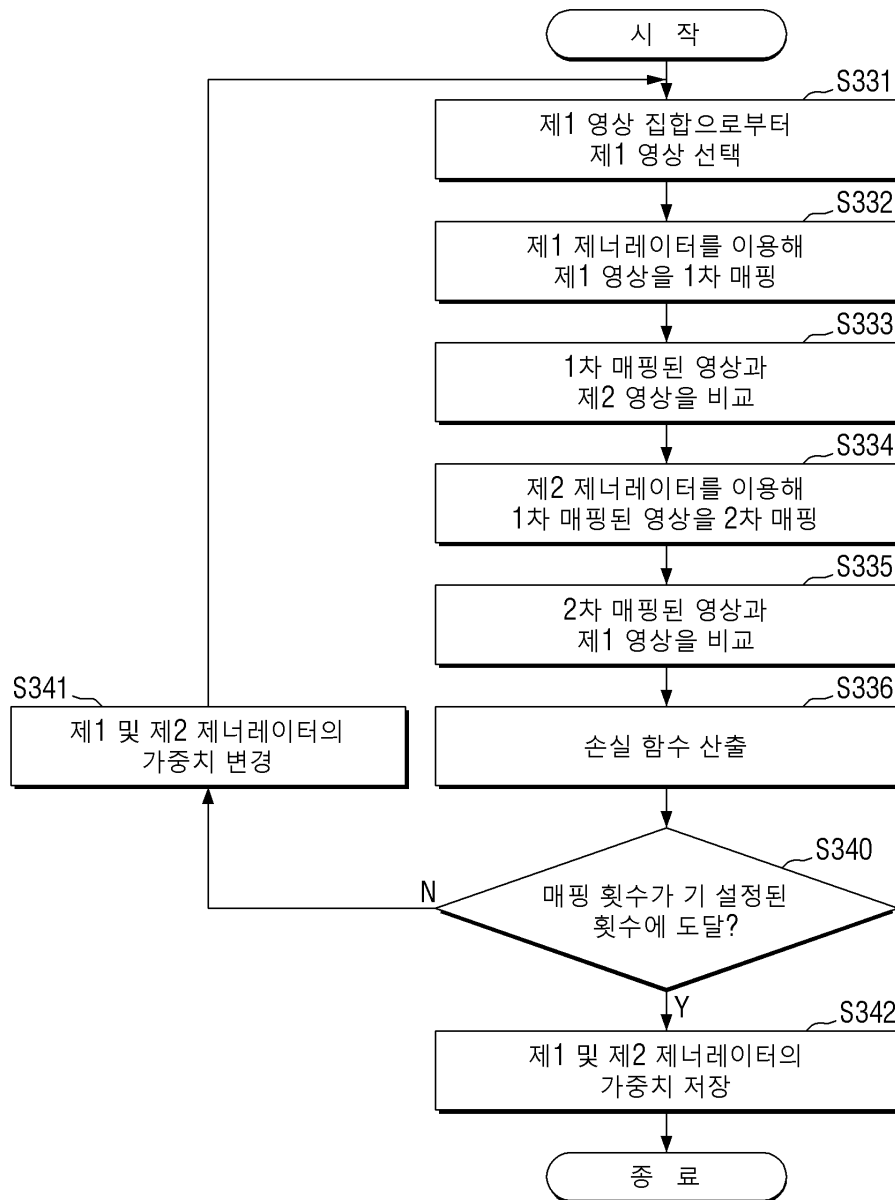
도면8



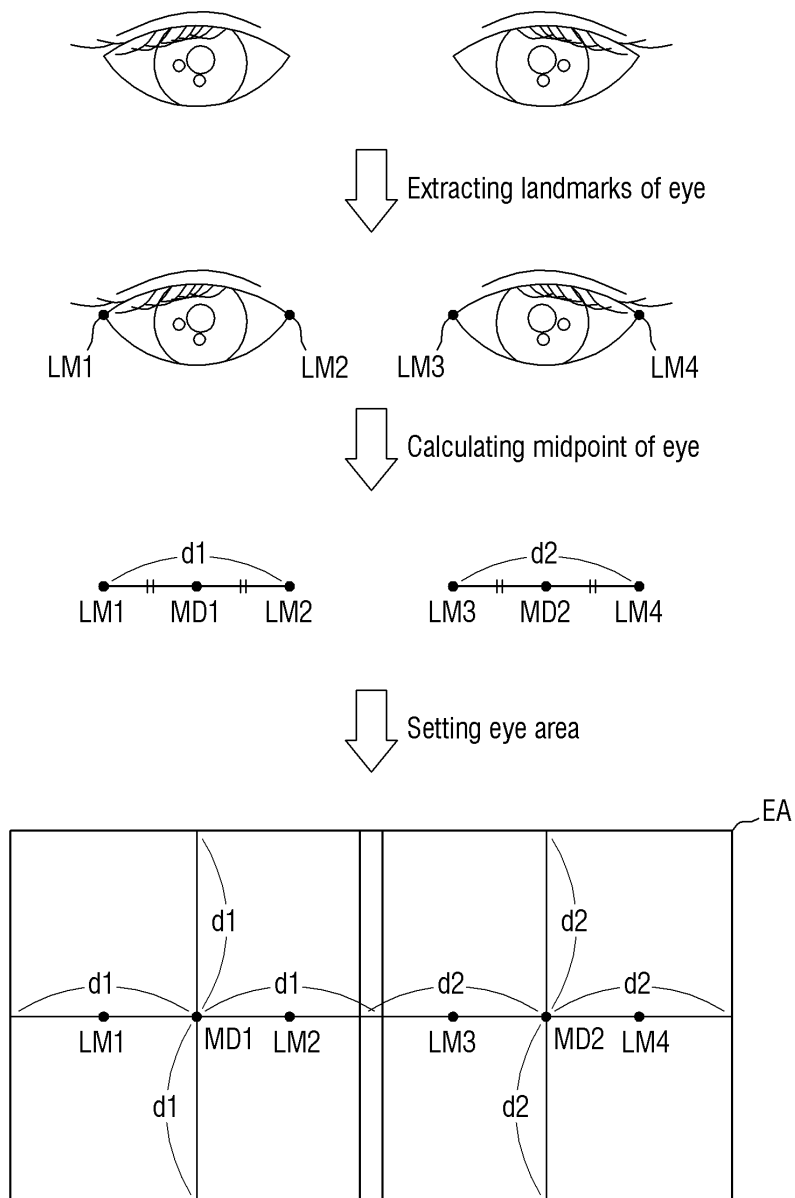
도면9



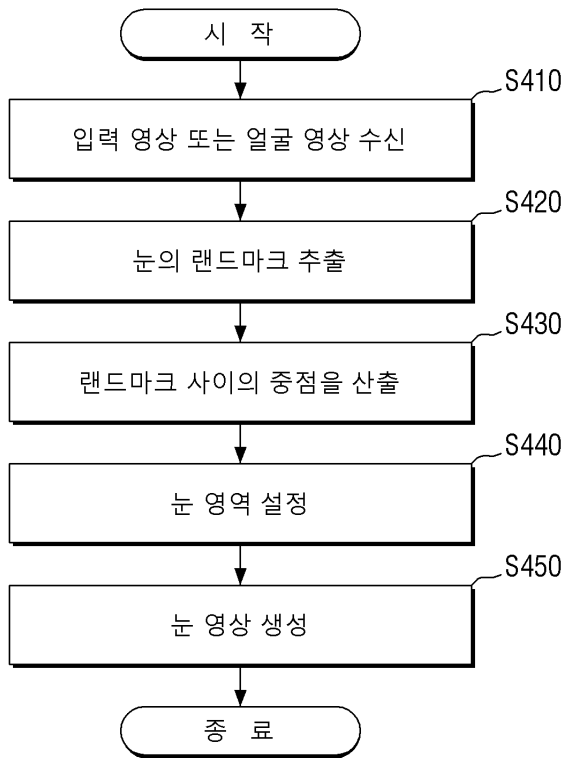
도면10



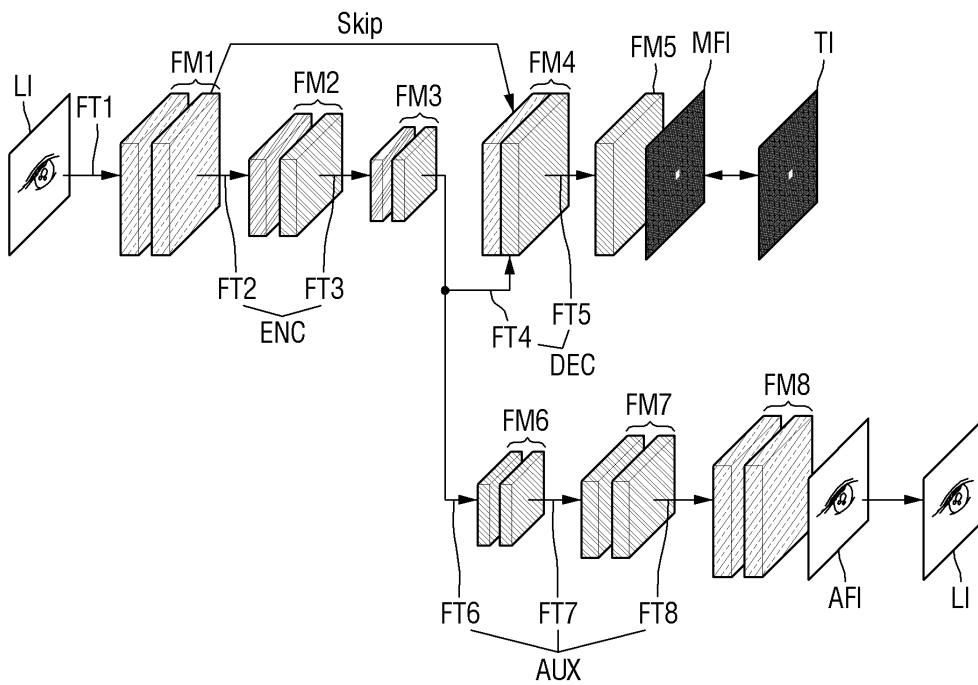
도면11



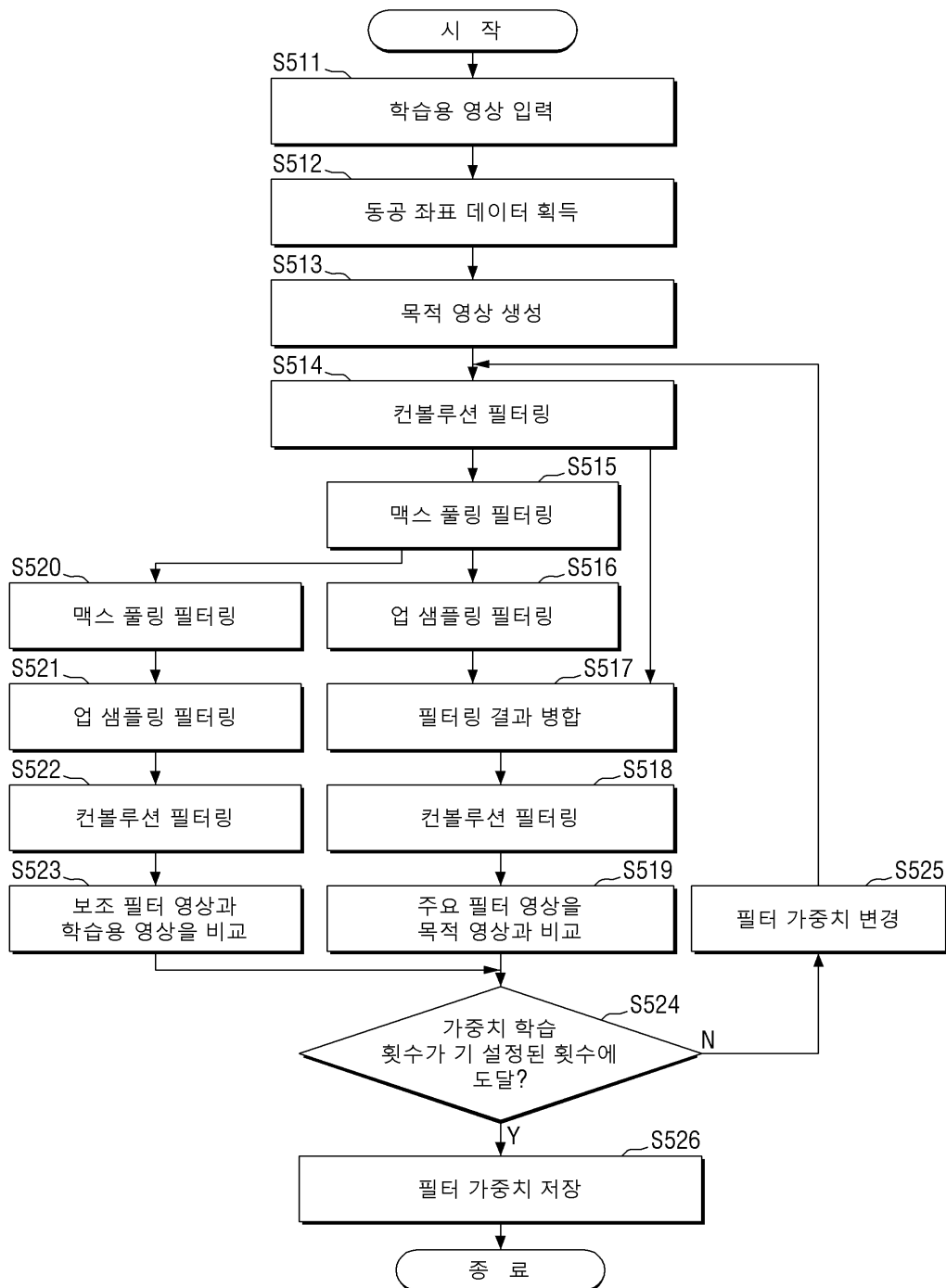
도면12



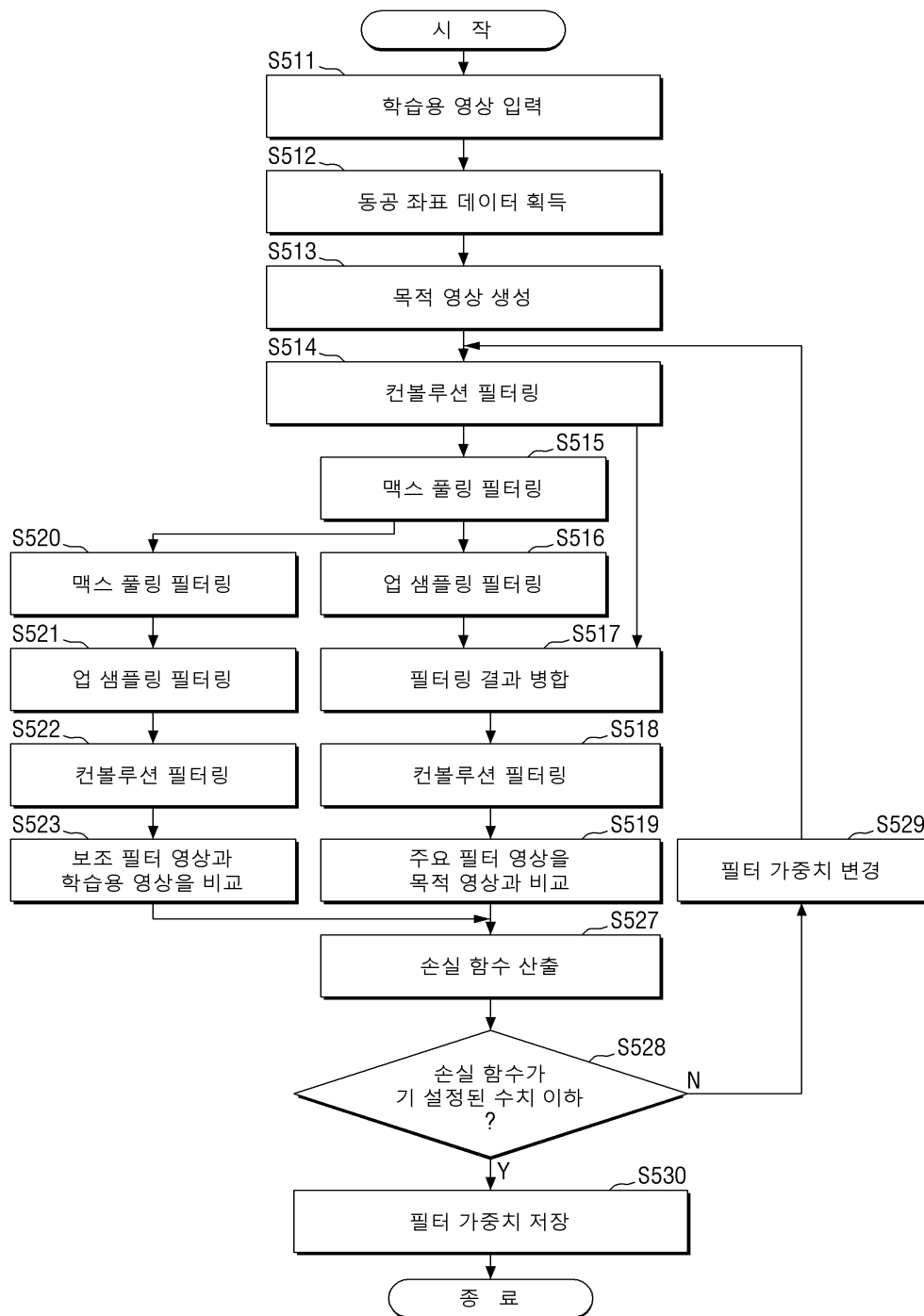
도면13



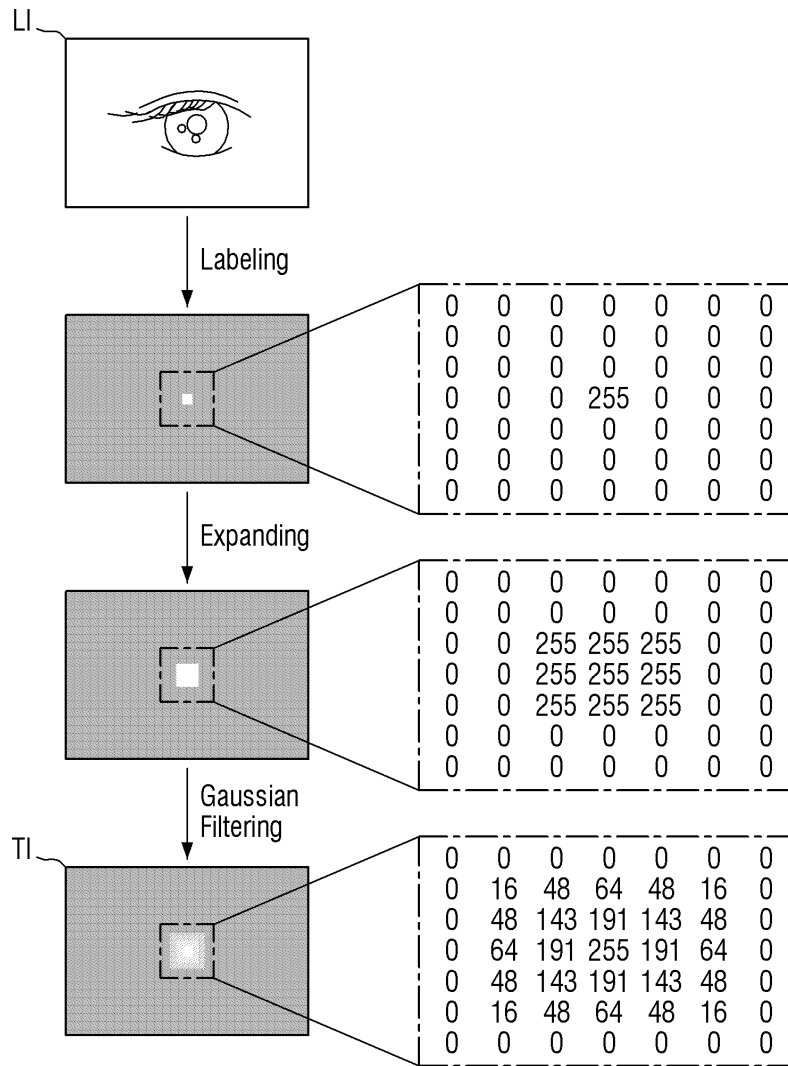
도면14



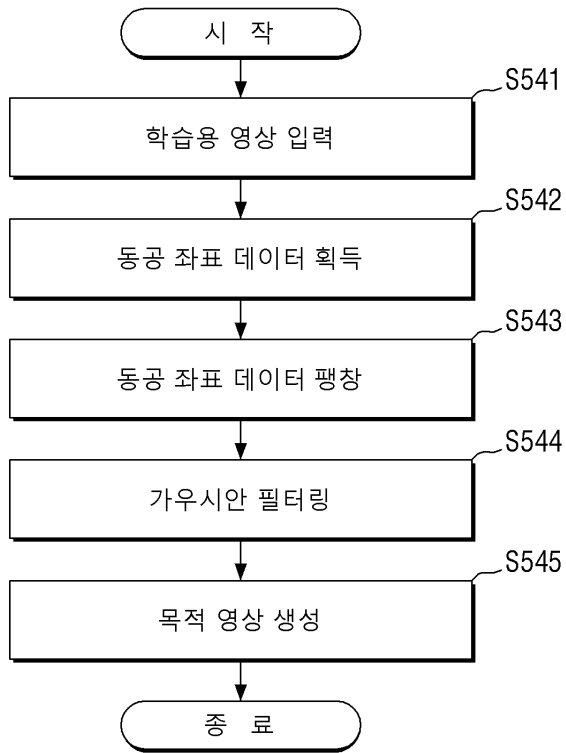
도면15



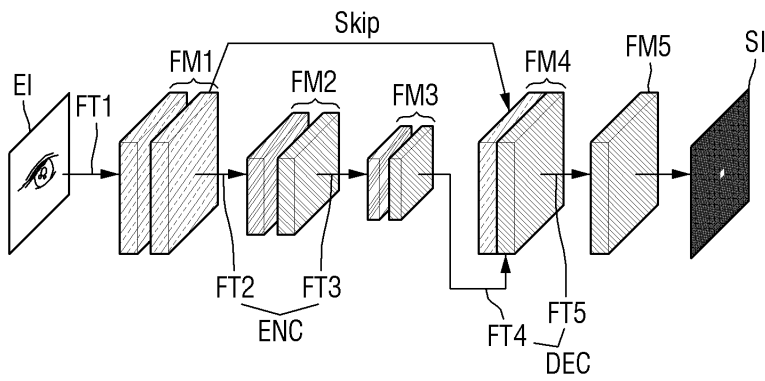
도면16



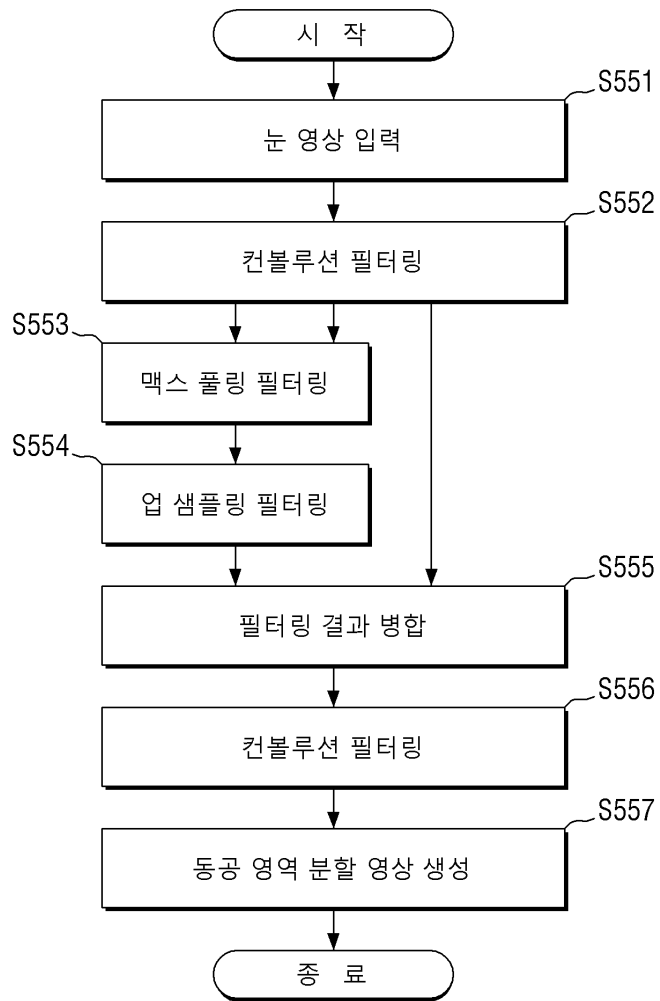
도면17



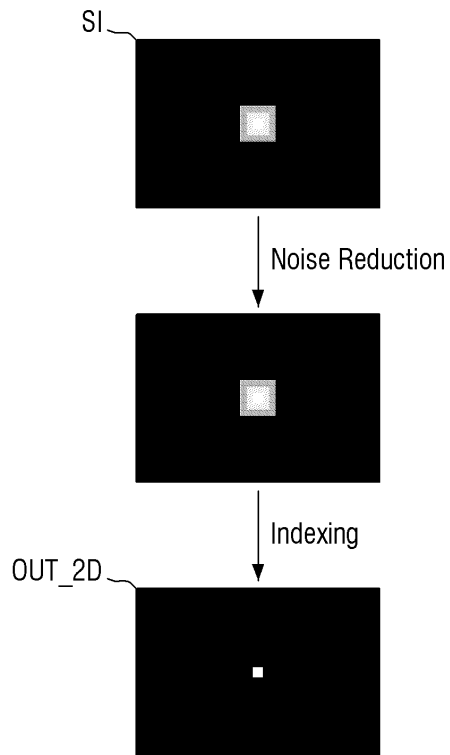
도면18



도면19



도면20



도면21

