



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0093312
(43) 공개일자 2022년07월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06V 20/58 (2022.01) G06N 3/04 (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01) G06T 7/70 (2017.01)
G06V 10/25 (2022.01) G06V 10/764 (2022.01)
G06V 10/82 (2022.01)
- (52) CPC특허분류
G06V 20/58 (2022.01)
G06N 3/0454 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7011746
(22) 출원일자(국제) 2022년09월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2022년04월08일
(86) 국제출원번호 PCT/IL2020/051028
(87) 국제공개번호 WO 2021/053680
국제공개일자 2021년03월25일
(30) 우선권주장
62/903,846 2019년09월22일 미국(US)
- (71) 출원인
바야비전 센싱 리미티드
이스라엘 6037604 오르 예후다 요나탄 네타냐후 6
- (72) 발명자
네흐마디 유발
이스라엘 7193000 닐리 바즐렛 스트리트 211
벤 에즈라 사하르
이스라엘 6037604 오르예후다 요나탄 네타냐후 스트리트 6 바야비전 센싱 리미티드 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인(유한)케이비케이

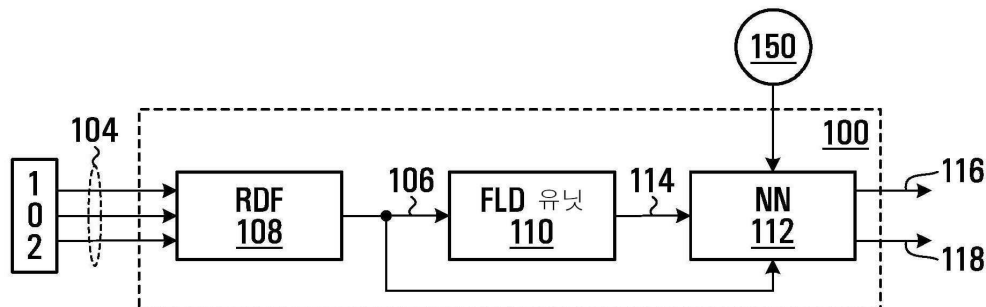
전체 청구항 수 : 총 94 항

(54) 발명의 명칭 인지 시스템을 훈련 및 검증하기 위한 방법 및 시스템

(57) 요약

참조 센서의 세트; 테스트 센서의 세트; 및 컴퓨팅 장치로서: 참조 센서의 세트로부터 제1 훈련 신호를 수신하고 테스트 센서의 세트로부터 제2 훈련 신호를 수신하고; 장면과 연관되는 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하고; 테스트 센서의 세트로부터의 후속 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 훈련하기 위하여 제2 훈련 신호와 참조 이미지를 사용하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함하고, 참조 센서의 세트와 테스트 센서의 세트는 동시에 공통 장면에 노출되는 인지 시스템이 개시된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/088 (2013.01)

G06T 7/70 (2017.01)

G06V 10/25 (2022.01)

G06V 10/764 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

G06T 2207/10028 (2013.01)

(72) 발명자

망간 슈무엘

이스라엘 7423008 네스치오나 브로심 스트리트 8

바그너 마크

이스라엘 762501 르호보트 글레이저 스트리트 5/8

코헨 안나

이스라엘 5840304 홀론 하테히야 스트리트 26/28

아비탈 잇직크

이스라엘 4501884 호드 하샤론 하후마쉬 스트리트 21

명세서

청구범위

청구항 1

특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 깊이 정보를 포함하는 이미지를 처리하는 단계;

장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하는 단계; 및
신경망에 의하여 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 이미지 내의 위치의 표시를 출력하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

기준은 명시되지 않은 객체가 도로에 존재하는 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

기준은 명시되지 않은 객체가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 것을 포함하여, 신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체 모두가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체의 위치의 표시는 이미지 내의 경계 상자를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체에 대한 객체 기술자는 객체 클래스를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

객체 클래스는 적어도 보행자 클래스와 차량 클래스를 포함하는 객체 클래스의 세트에 속하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체에 대한 객체 기술자는 객체 클래스와 서브 클래스를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체는 명시되지 않은 객체 중 전부를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망에 의하여 분류되지 않은 명시되지 않은 객체의 표시를 출력하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 하나의 항에 있어서,

명시되지 않은 객체 중 하나 이상이 신경망에 의하여 감지 및 분류되지 않은 경우, 상기 하나 이상의 명시되지 않은 객체의 표시를 출력하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 하나의 항에 있어서,

명시되지 않은 객체는 신경망이 분류할 수 없는 객체를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 12

청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 이미지를 처리하는 단계는 감독되지 않는 처리를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 13

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 하나의 항에 있어서,

깊이 정보를 포함하는 이미지는 RGBDV 이미지인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

명시되지 않은 객체의 높이를 결정하기 위하여 픽셀당 높이 맵을 계산하는 단계를 더 포함하고 기준은 명시되지 않은 객체가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 15

청구항 1 내지 청구항 13 중 어느 하나의 항에 있어서,

참조 이미지 및 참조 이미지 내의 객체와 객체의 클래스에 대한 참조 데이터의 세트를 사용함으로써 신경망을 훈련하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 16

청구항 1 내지 청구항 15 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망은 DNN(deep neural network)을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 17

컴퓨터 판독 가능한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체로서, 컴퓨터 판독 가능한 명령어는 컴퓨팅 장치에 의하여 구현될 때, 컴퓨팅 장치로 하여금 청구항 1 내지 청구항 16 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 수행하도록 야기하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

청구항 18

컴퓨터 판독 가능한 명령어를 저장하는 메모리;

입력/출력; 및

메모리 및 입력/출력에 연결되는 처리 엔티티를 포함하고,

처리 엔티티는:

입력/출력을 통하여 깊이 정보를 포함하는 이미지를 수신하고;

특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 이미지를 처리하고;

장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하고;

신경망에 의하여 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 이미지 내의 위치의 표시를 입력/출력을 통하여 출력하기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 명령어를 수행하도록 구성되는 인지 시스템.

청구항 19

참조 센서의 세트로부터 제1 훈련 신호를 수신하고 테스트 센서의 세트로부터 제2 훈련 신호를 수신하는 단계;

장면과 연관되는 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하는 단계; 및

테스트 센서의 세트로부터의 후속 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 훈련하기 위하여 제2 훈련 신호와 참조 이미지를 사용하는 단계를 포함하고,

참조 센서의 세트와 테스트 센서의 세트는 동시에 공통 장면에 노출되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

신경망은 파라미터의 세트로 특징지어지고, 방법은 신경망을 훈련함으로써 파라미터의 세트를 획득하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 21

청구항 20에 있어서,

파라미터는 가중치 및/또는 편향값을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 22

청구항 19 내지 청구항 21 중 어느 하나의 항에 있어서,

테스트 이미지와 참조 이미지는 RGBDV 이미지인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 23

청구항 19 내지 청구항 22 중 어느 하나의 항에 있어서,

테스트 센서의 세트는 참조 센서의 세트와 다른 컴퓨터 구현 방법.

청구항 24

청구항 19 내지 청구항 23 중 어느 하나의 항에 있어서,

테스트 센서의 세트는 참조 센서의 세트의 서브셋인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 25

청구항 19 내지 청구항 24 중 어느 하나의 항에 있어서,

테스트 센서의 세트와 참조 센서의 세트는 다른 타입인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 26

청구항 19 내지 청구항 25 중 어느 하나의 항에 있어서,

테스트 센서는 참조 센서보다 전력을 덜 소비하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 27

청구항 19 내지 청구항 26 중 어느 하나의 항에 있어서,

참조 센서의 세트는 적어도 라이다 센서 및 비-라이다 센서를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 28

청구항 27에 있어서,

참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하는 단계는 라이다 센서 및 비-라이다 센서로부터의 제1 훈련 신호에 로우 데이터 퓨전을 수행하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 29

청구항 19 내지 청구항 28 중 어느 하나의 항에 있어서,

참조 센서의 세트는 라이다 센서를 포함하고 테스트 센서의 세트는 레이더 센서를 포함하고 라이다 센서를 포함하지 않는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 30

청구항 19 내지 청구항 29 중 어느 하나의 항에 있어서,

참조 센서의 세트는 적어도 제1 라이다 센서를 포함하고 테스트 센서의 세트는 적어도 제2 라이다 센서를 포함하고, 제1 라이다 센서는 제2 라이다 센서보다 높은 해상도, 큰 범위 또는 넓은 시야를 가지는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 31

청구항 19 내지 청구항 30 중 어느 하나의 항에 있어서,

테스트 센서는 차량에 장착되기 위한 것인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 32

청구항 19 내지 청구항 31 중 어느 하나의 항에 있어서,

장면에 대한 테스트 센서의 추정된 위치를 결정하는 단계를 더 포함하고, 신경망은 상기 추정된 위치를 고려하도록 구성되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 33

청구항 19 내지 청구항 32 중 어느 하나의 항에 있어서,

참조 이미지는 상기 장면과 연관되는 참조 속력 정보를 더 포함하고 테스트 이미지는 추론된 속력 정보를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 34

테스트 센서의 세트로부터의 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하는 단계를 포함하고, 신경망은 청구항 19 내지 청구항 33 중 어느 하나의 항에 정의된 컴퓨터 구현 방법에 따라 훈련된 컴퓨터 구현 방법.

청구항 35

청구항 34에 있어서,

신경망은 제1 신경망이고, 방법은:

특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 테스트 이미지 중 주어진 하나의 관심 영역을 식별하기 위하여 테스트 이미지 중 주어진 하나를 처리하는 단계;

알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 제2 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하는 단계; 및

제2 신경망에 의하여 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 테스트 이미지 중 주어진 하나 내의 위치의 표시를

출력하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 36

청구항 35에 있어서,

장면은 도로를 포함하고 기준은 명시되지 않은 객체가 도로에 존재하는 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 37

청구항 36에 있어서,

기준은 명시되지 않은 객체가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 38

청구항 35 내지 청구항 37 중 어느 하나의 항에 있어서,

제2 신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체의 위치의 표시는 이미지 내의 경계 상자를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 39

청구항 35 내지 청구항 38 중 어느 하나의 항에 있어서,

제2 신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체에 대한 객체 기술자는 객체 클래스를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 40

청구항 39에 있어서,

객체 클래스는 적어도 보행자 클래스와 차량 클래스를 포함하는 객체 클래스의 세트에 속하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 41

청구항 35 내지 청구항 40 중 어느 하나의 항에 있어서,

제2 신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체에 대한 객체 기술자는 객체 클래스와 서브 클래스를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 42

청구항 35 내지 청구항 41 중 어느 하나의 항에 있어서,

제2 신경망에 의하여 감지 및 분류되는 객체는 명시되지 않은 객체 중 전부를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 43

청구항 35 내지 청구항 42 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망에 의하여 분류되지 않은 명시되지 않은 객체의 표시를 출력하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 44

청구항 35 내지 청구항 43 중 어느 하나의 항에 있어서,

명시되지 않은 객체 중 하나 이상이 제2 신경망에 의하여 감지 및 분류되지 않은 경우, 상기 하나 이상의 명시되지 않은 객체의 표시를 출력하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 45

청구항 35 내지 청구항 44 중 어느 하나의 항에 있어서,

명시되지 않은 객체는 제2 신경망이 분류할 수 없는 객체를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 46

청구항 35 내지 청구항 45 중 어느 하나의 항에 있어서,
상기 이미지를 처리하는 단계는 감독되지 않는 처리를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 47

청구항 35 내지 청구항 46 중 어느 하나의 항에 있어서,
깊이 정보를 포함하는 이미지는 RGBDV 이미지인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 48

청구항 47에 있어서,
명시되지 않은 객체의 높이를 결정하기 위하여 픽셀당 높이 맵을 계산하는 단계를 더 포함하고 기준은 명시되지 않은 객체가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 49

청구항 35 내지 청구항 48 중 어느 하나의 항에 있어서,
참조 이미지 및 참조 이미지 내의 객체와 객체의 클래스에 대한 참조 데이터의 세트를 사용함으로써 제2 신경망을 훈련하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 50

청구항 35 내지 청구항 49 중 어느 하나의 항에 있어서,
상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 참조 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 참조 이미지 중 주어진 하나를 처리하는 단계; 및
참조 이미지의 관심 영역 및 참조 이미지의 관심 영역의 객체와 객체의 클래스에 대한 참조 데이터를 사용하여 제2 신경망을 훈련하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 51

청구항 50에 있어서,
제2 신경망은 파라미터의 세트로 특징지어지고, 방법은 상기 제2 신경망을 훈련하는 단계에 의하여 파라미터의 세트를 획득하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 52

청구항 35 내지 청구항 51 중 적어도 하나에 있어서,
신경망은 테스트 신호를 테스트 이미지로 실시간으로 변환하도록 구성되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 53

청구항 35 내지 청구항 52 중 어느 하나의 항에 있어서,
신경망은 DNN(deep neural network)을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 54

컴퓨터 판독 가능한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체로서, 컴퓨터 판독 가능한 명령어는 컴퓨팅 장치에 의하여 구현될 때, 컴퓨팅 장치로 하여금 청구항 35 내지 청구항 53 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 수행하도록 야기하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

청구항 55

참조 센서의 세트;

테스트 센서의 세트; 및

컴퓨팅 장치로서:

참조 센서의 세트로부터 제1 훈련 신호를 수신하고 테스트 센서의 세트로부터 제2 훈련 신호를 수신하고;

장면과 연관되는 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하고; 및

테스트 센서의 세트로부터의 후속 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 훈련하기 위하여 제2 훈련 신호와 참조 이미지를 사용하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함하고,

참조 센서의 세트와 테스트 센서의 세트는 동시에 공통 장면에 노출되는 인지 시스템.

청구항 56

테스트 센서의 세트로부터 획득한 실시간 신호를 깊이 정보를 포함하는 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하는 단계;

실시간 신호 및/또는 이미지의 특징적인 특성을 계산하는 단계;

테스트 특징적인 특성을 참조 특징적인 특성과 비교하는데 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계; 및

상기 검증의 결과를 나타내는 신호를 출력하는 단계를 포함하고,

신경망은 신경망 파라미터의 세트에 의하여 특징지어지고,

특징적인 특성은 테스트 특징적인 특성이고,

참조 특징적인 특성은 신경망 파라미터의 세트와 연관되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 57

청구항 56에 있어서,

신경망 파라미터의 세트에 기반하여 메모리로부터 참조 특징적인 특성을 획득하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 58

청구항 57에 있어서,

파라미터는 가중치 및/또는 편향값을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 59

청구항 56 내지 청구항 58 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망을 훈련함으로써 신경망 파라미터의 세트를 획득하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 60

청구항 56 내지 청구항 59 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망 파라미터의 세트를 도출하기 위하여 신경망을 훈련하기 위하여 장면의 훈련 신호의 세트와 참조 이미지의 세트를 사용하는 단계를 더 포함하고, 참조 이미지는 장면과 연관된 참조 깊이 정보를 포함하고, 훈련 신호는 테스트 센서가 상기 장면에 노출되면 테스트 센서의 세트로부터 수신되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 61

청구항 60에 있어서,

참조 이미지는 상기 장면에 노출되는 참조 신호의 세트에 데이터 퓨전을 수행함으로써 획득되는 RGBDV 이미지인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 62

청구항 60에 있어서,

테스트 특징적인 특성은 실시간 신호의 특징적인 특성을 포함하고, 참조 특징적인 특성은 상기 훈련 신호로부터 도출되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 63

청구항 62에 있어서,

특징적인 특성은 훈련 신호의 통계적 특성을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 64

청구항 63에 있어서,

훈련 신호의 통계적 특성은 평균, 분산, 표준 편차 및 최대값 중 적어도 하나를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 65

청구항 60에 있어서,

테스트 특징적인 특성은 출력 이미지의 특징적인 특성을 포함하고, 참조 특징적인 특성은 상기 참조 이미지로부터 도출되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 66

청구항 65에 있어서,

특징적인 특성은 참조 이미지의 통계적 특성을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 67

청구항 66에 있어서,

참조 이미지의 통계적 특성은 평균, 분산, 표준 편차 및 최대값 중 적어도 하나를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 68

청구항 56 내지 청구항 67 중 어느 하나의 항에 있어서,

특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 관심 영역을 식별하는 단계;

장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 제2 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하는 단계; 및

제2 신경망에 의하여 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 이미지 내의 위치의 표시를 출력하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 69

청구항 68에 있어서,

이미지는 테스트 이미지이고, 방법은:

상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 참조 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 참조 이미지의 세트를 처리하는 단계; 및

참조 이미지의 관심 영역 및 참조 이미지의 관심 영역의 객체와 객체의 클래스에 대한 참조 데이터를 사용하여 제2 신경망을 훈련하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 70

청구항 69에 있어서,

테스트 이미지의 특징적인 특성을 계산하는 단계;

테스트 이미지의 특징적인 특성을 참조 이미지의 특징적인 특성과 비교하는데 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계; 및

상기 검증의 결과를 나타내는 신호를 출력하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 71

청구항 56 내지 청구항 70 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망은 DNN(deep neural network)을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 72

컴퓨터 판독 가능한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체로서, 컴퓨터 판독 가능한 명령어는 컴퓨팅 장치에 의하여 구현될 때, 컴퓨팅 장치로 하여금 청구항 56 내지 청구항 71 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 수행하도록 야기하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

청구항 73

테스트 센서의 세트; 및

컴퓨팅 장치로서:

테스트 센서의 세트로부터 획득한 실시간 신호를 깊이 정보를 포함하는 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하고;

실시간 신호 및/또는 이미지의 특징적인 특성을 계산하고;

테스트 특징적인 특성을 참조 특징적인 특성과 비교하는데 기반하여 신경망의 성능을 검증하고; 및

상기 검증의 결과를 나타내는 신호를 출력하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함하고,

신경망은 신경망 파라미터의 세트에 의하여 특징지어지고,

특징적인 특성은 테스트 특징적인 특성이고,

참조 특징적인 특성은 신경망 파라미터의 세트와 연관되는 인지 시스템.

청구항 74

제1 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제1 이미지로 변환하는 단계;

특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제1 이미지를 처리하는 단계;

제1 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제1 감지 및 분류를 수행하는 단계;

제2 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제2 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하는 단계;

상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제2 이미지를 처리하는 단계;

제2 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제2 감지 및 분류를 수행하는 단계; 및

제1 객체 감지 및 분류와 제2 객체 감지 및 분류의 결과에 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 75

청구항 74에 있어서,

제1 감지 및 분류를 겪은 객체의 제1 객체 기술자를 출력하는 단계; 및

제2 감지 및 분류를 겪은 객체의 제2 객체 기술자를 출력하는 단계를 더 포함하고,

신경망의 성능을 검증하는 단계는 제1 및 제2 객체 기술자를 비교하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 76

청구항 75에 있어서,

제1 및 제2 객체 기술자 각각은 객체 클래스를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 77

청구항 76에 있어서,

객체 클래스는 적어도 보행자 클래스와 차량 클래스를 포함하는 객체 클래스의 세트에 속하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 78

청구항 75에 있어서,

제1 및 제2 객체 기술자 각각은 객체 클래스와 서브 클래스를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 79

청구항 74 내지 청구항 78 중 어느 하나의 항에 있어서,

제1 감지 및 분류를 겪은 객체의 제1 위치 표시를 출력하는 단계; 및

제2 감지 및 분류를 겪은 객체의 제2 위치 표시를 출력하는 단계를 더 포함하고,

신경망의 성능을 검증하는 단계는 제1 및 제2 위치 표시자를 비교하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 80

청구항 79에 있어서,

제1 및 제2 위치 표시자는 경계 상자를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 81

청구항 74 내지 청구항 80 중 어느 하나의 항에 있어서,

제1 감지 및 분류와 제2 감지 및 분류는 각 신경망에 의하여 수행되는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 82

청구항 74 내지 청구항 81 중 어느 하나의 항에 있어서,

제1 센서는 적어도 라이다 센서 및 적어도 비-라이다 센서를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 83

청구항 82에 있어서,

제1 센서의 세트로부터의 신호를 제1 이미지로 변환하는 단계는 라이다 센서 및 비-라이다 센서로부터의 신호에 로우 데이터 퓨전을 수행하는 단계를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 84

청구항 73 내지 청구항 83 중 어느 하나의 항에 있어서,

기준은 명시되지 않은 객체가 도로에 존재하는 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 85

청구항 74 내지 청구항 84 중 어느 하나의 항에 있어서,

기준은 명시되지 않은 객체가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 것을 포함하여, 제1 감지 및 분류 또는 제2 감지 및 분류를 겪은 객체 모두가 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 86

청구항 74 내지 청구항 85 중 어느 하나의 항에 있어서,

제1 감지 및 분류를 겪은 객체는 제1 이미지의 관심 영역의 명시되지 않은 객체 중 전부를 포함하고 제2 감지 및 분류를 겪은 객체는 제2 이미지의 관심 영역의 명시되지 않은 객체 중 전부를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 87

청구항 74 내지 청구항 86 중 어느 하나의 항에 있어서,

제1 감지 및 분류 또는 제2 감지 및 분류를 겪지 않은 적어도 하나의 명시되지 않은 객체의 표시를 출력하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 88

청구항 74 내지 청구항 87 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 제1 이미지를 처리하는 단계 및 상기 제2 이미지를 처리하는 단계는 감독되지 않는 처리를 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 89

청구항 74 내지 청구항 88 중 어느 하나의 항에 있어서,

제1 이미지와 제2 이미지는 RGBDV 이미지인 컴퓨터 구현 방법.

청구항 90

청구항 89에 있어서,

각 명시되지 않은 객체의 높이를 결정하기 위하여 픽셀당 높이 맵을 계산하는 단계를 더 포함하고 기준은 명시되지 않은 객체의 높이가 기결정된 최소 높이보다 큰 것을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 91

청구항 74 내지 청구항 90 중 어느 하나의 항에 있어서,

참조 이미지 및 참조 이미지 내의 객체와 객체의 클래스에 대한 참조 데이터의 세트를 사용함으로써 신경망을 훈련하는 단계를 더 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 92

청구항 74 내지 청구항 91 중 어느 하나의 항에 있어서,

신경망은 DNN(deep neural network)을 포함하는 컴퓨터 구현 방법.

청구항 93

컴퓨터 판독 가능한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체로서, 컴퓨터 판독 가능한 명령어는 컴퓨팅 장치에 의하여 구현될 때, 컴퓨팅 장치로 하여금 청구항 74 내지 청구항 92 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 수행하도록 야기하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

청구항 94

제1 센서의 세트;

제2 센서의 세트;

컴퓨팅 장치로서;

제1 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제1 이미지로 변환하고;
 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제1 이미지를 처리하고;
 제1 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제1 감지 및 분류를 수행하고;
 제2 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제2 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하고;
 상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제2 이미지를 처리하고;
 제2 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제2 감지 및 분류를 수행하고; 및
 제1 객체 감지 및 분류와 제2 객체 감지 및 분류의 결과에 기반하여 신경망의 성능을 검증하도록 구성되는 인지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 본 명세서에 참조로서 통합되는 2019년 9월 22일 출원된 미국 가출원 제62/903,846호의 35 U.S.C. 119(e)에 따른 우선권을 주장한다.

[0002] 본 명세서는 일반적으로 자율 주행의 상황 등에서 객체 인지를 위한 시스템, 특히 이러한 시스템을 훈련 및 검증하기 위한 방법 및 시스템에 관련된다.

배경 기술

[0003] 심층 신경망의 도입은 다양한 감지 및 분류 문제에 대한 성능을 크게 향상시켰다. 이것은 자율 주행 상황 등에서 도로의 객체의 인지에 특히 유리하다. 하지만, 자율 주행 시나리오에서 신경망 사용에 제약이 있다. 이 제약들은 지연과 전력의 형태로 오는데, 계산 복잡성 및 훈련 세트의 크기에 관하여 희생할 것을 요구한다. 요컨대, 고성능 심층 신경망을 완전히 구현하는데 필요한 자원은 자율 주행 차량에서 사용 가능하지 않다. 다른 요소는 비용과 인지 소프트웨어에 의해 처리되는 입력을 제공하는 센서의 가용성인데, 많은 경우 가장 정확한 관측을 가지는 센서는 대중에 판매되는 차량에서 구현되기에 너무 비쌀 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 요약하면, 자율 주행 차량은 고성능 신경망에 이상적으로 적합한 인지 문제에 직면했지만 이러한 신경망은 상업적으로 실행 가능한 제품에서 구현하기 어렵다. 따라서 사용 가능한 차량 등급의 계산 하드웨어 및 상대적으로 경제적인 센서를 사용하여 신경망의 특정한 이점을 활용하는 것이 바람직하다.

과제의 해결 수단

[0005] 제1 넓은 양태에 따르면, 컴퓨터 구현 방법이 제공되는데:

[0006] - 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 깊이 정보를 포함하는 이미지를 처리하는 단계;

[0007] - 장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하는 단계; 및

[0008] - 신경망에 의하여 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 이미지 내의 위치의 표시를 출력하는 단계를 포함한다.

[0009] 다른 넓은 양태에 따르면, 인지 시스템이 제공되는데: 컴퓨터 관측 가능한 명령어를 저장하는 메모리; 입력/출력; 및 메모리 및 입력/출력에 연결되는 처리 엔티티를 포함한다. 처리 엔티티는 다음을 위한 컴퓨터 관측 가능한 명령어를 수행하도록 구성된다:

[0010] - 입력/출력을 통하여 깊이 정보를 포함하는 이미지를 수신하고;

[0011] - 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 이미지를 처리

하고;

- [0012] - 장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하는 단계; 및
- [0013] - 신경망에 의하여 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 이미지 내의 위치의 표시를 입력/출력을 통하여 출력하는 것.
- [0014] 다른 넓은 양태에 따르면, 컴퓨터 구현 방법이 제공되는데:
- [0015] - 참조 센서의 세트로부터 제1 훈련 신호를 수신하고 테스트 센서의 세트로부터 제2 훈련 신호를 수신하는 단계로서, 참조 센서의 세트와 테스트 센서의 세트는 동시에 공통 장면에 노출되는 단계;
- [0016] - 장면과 연관되는 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하는 단계; 및
- [0017] - 테스트 센서의 세트로부터의 후속 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 훈련하기 위하여 제2 훈련 신호와 참조 이미지를 사용하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함한다.
- [0018] 다른 넓은 양태에 따르면, 인지 시스템이 제공되는데:
- [0019] - 참조 센서의 세트;
- [0020] - 테스트 센서의 세트; 및
- [0021] - 컴퓨팅 장치로서:
- [0022] - 참조 센서의 세트로부터 제1 훈련 신호를 수신하고 테스트 센서의 세트로부터 제2 훈련 신호를 수신하고, 참조 센서의 세트와 테스트 센서의 세트는 동시에 공통 장면에 노출되고;
- [0023] - 장면과 연관되는 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하고; 및
- [0024] - 테스트 센서의 세트로부터의 후속 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 훈련하기 위하여 제2 훈련 신호와 참조 이미지를 사용하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함한다.
- [0025] 다른 넓은 양태에 따르면, 컴퓨터 구현 방법이 제공되는데:
- [0026] - 테스트 센서의 세트로부터 획득한 실시간 신호를 깊이 정보를 포함하는 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하는 단계로서, 신경망은 신경망 파라미터의 세트에 의하여 특징지어지고;
- [0027] - 실시간 신호 및/또는 이미지의 특징적인 특성을 계산하는 단계로서, 특징적인 특성은 테스트 특징적인 특성이고;
- [0028] - 테스트 특징적인 특성을 참조 특징적인 특성과 비교하는데 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계로서, 참조 특징적인 특성은 신경망 파라미터의 세트와 연관되고;
- [0029] - 상기 검증의 결과를 나타내는 신호를 출력하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함한다.
- [0030] 다른 넓은 양태에 따르면, 인지 시스템이 제공되는데:
- [0031] - 테스트 센서의 세트;
- [0032] - 컴퓨팅 장치로서:
- [0033] - 테스트 센서의 세트로부터 획득한 실시간 신호를 깊이 정보를 포함하는 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하고, 신경망은 신경망 파라미터의 세트에 의하여 특징지어지고;
- [0034] - 실시간 신호 및/또는 이미지의 특징적인 특성을 계산하는 단계로서, 특징적인 특성은 테스트 특징적인 특성이고;
- [0035] - 테스트 특징적인 특성을 참조 특징적인 특성과 비교하는데 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계로서, 참조 특징적인 특성은 신경망 파라미터의 세트와 연관되고;
- [0036] - 상기 검증의 결과를 나타내는 신호를 출력하도록 구성되는 컴퓨팅 장치를 포함한다.
- [0037] 다른 넓은 양태에 따르면, 컴퓨터 구현 방법이 제공되는데:

- [0038] - 제1 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제1 이미지로 변환하는 단계;
- [0039] - 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제1 이미지를 처리하는 단계;
- [0040] - 제1 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제1 감지 및 분류를 수행하는 단계;
- [0041] - 제2 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제2 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하는 단계;
- [0042] - 상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제2 이미지를 처리하는 단계;
- [0043] - 제2 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제2 감지 및 분류를 수행하는 단계; 및
- [0044] - 제1 객체 감지 및 분류와 제2 객체 감지 및 분류의 결과에 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계를 포함한다.
- [0045] 다른 넓은 양태에 따르면, 인지 시스템이 제공되는데:
- [0046] - 제1 센서의 세트;
- [0047] - 제2 센서의 세트;
- [0048] - 컴퓨팅 장치로서:
- [0049] - 제1 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제1 이미지로 변환하고;
- [0050] - 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제1 이미지를 처리하는 단계;
- [0051] - 제1 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제1 감지 및 분류를 수행하는 단계;
- [0052] - 제2 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제2 이미지로 변환하기 위하여 신경망을 사용하고;
- [0053] - 상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제2 이미지를 처리하는 단계;
- [0054] - 제2 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제2 감지 및 분류를 수행하고; 및
- [0055] - 제1 객체 감지 및 분류와 제2 객체 감지 및 분류의 결과에 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0056] 본 발명의 내용 중에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0057] 이들 및 다른 양태가 첨부되는 도면과 함께 이제 서술된다.
- 도 1은 비제한적 실시예에 따른 인지 시스템의 블록도이다.
- 도 2는 비제한적 실시예에 따른 도 1의 인지 시스템의 요소에 의해 실행될 수 있는 방법의 단계를 도시하는 흐름도이다.
- 도 3a는 비제한적 실시예에 따른 인지 시스템의 블록도이다.
- 도 3b는 비제한적 실시예에 따른 도 3a의 인지 시스템을 훈련하기 위한 훈련 유닛의 블록도이다.
- 도 4는 비제한적 실시예에 따른 도 3a 및 3b의 시스템의 요소에 의해 실행될 수 있는 방법의 단계를 도시하는 흐름도이다.
- 도 5는 다른 비제한적 실시예에 따른 도 3a의 인지 시스템을 훈련하기 위한 훈련 유닛의 블록도이다.

도 6a는 비제한적 실시예에 따른 인지 시스템 및 검증 유닛의 블록도이다.

도 6b는 비제한적 실시예에 따른 도 6a의 검증 유닛 및 도 6a의 인지 시스템을 훈련하기 위한 훈련 유닛의 블록도이다.

도 7은 비제한적 실시예에 따른 도 6a 및 6b의 시스템의 요소에 의해 실행될 수 있는 방법의 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 8a는 다른 비제한적 실시예에 따른 인지 시스템 및 검증 유닛의 블록도이다.

도 8b는 비제한적 실시예에 따른 도 8a의 검증 유닛 및 도 8a의 인지 시스템을 훈련하기 위한 훈련 유닛의 블록도이다.

도 9는 비제한적 실시예에 따른 두 인지 시스템 및 검증 유닛의 블록도이다.

도 10은 비제한적 실시예에 따른 도 9의 시스템의 요소에 의해 실행될 수 있는 방법의 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 11은 본 명세서에 서술되는 다양한 방법 및 시스템을 구현하는데 사용될 수 있는 컴퓨팅 장치의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 도 1은 특정 비제한적 실시예에 따른 인지 시스템(100)의 예시를 도시한다. 인지 시스템(100)은 센서 신호(104)를 생성하는 복수의 센서(102)에 동작 가능하도록 연결된다.
- [0059] 센서(102)는 능동 센서(반사되는 신호가 분석되고 소스에 의해 전송되는 신호와 비교되는)와 수동 센서(목적물 가지고 전송되는 신호가 없는)를 포함할 수 있다. 능동 센서의 예시는 몇몇 비제한적 가능성을 들자면 라이다, 레이더 및 소나를 포함할 수 있다. 라이다는 지향성 빔 라이다 및/또는 플래시 라이다를 포함할 수 있다. 라이다는 솔리드 스테이트 라이다 뿐만 아니라 기계적(예컨대, 회전식) 라이다를 포함할 수 있다. 솔리드 스테이트 라이다는 본 명세서에 참조로서 통합되는 미국 특허 제8,982,313호 및/또는 미국 특허 제9,195,092호에 서술되는 바와 같이 MEMS(micro-electro-mechanical system)에 의하여 및/또는 LCPG(liquid crystal phase grating)를 사용하여 조향되는 광 빔을 수반할 수 있다. 수동 센서의 예시는 몇몇 가능성을 들자면 카메라, 마이크로폰 및 진동 센서를 포함할 수 있다.
- [0060] 일부 실시예에서, 인지 시스템(100)은 복수의 기능 유닛을 구현하는 컴퓨팅 장치로 구현될 수 있다. 구체적으로, 기능 유닛은 RDF(raw data fusion) 유닛(108), FLD(first-level detection) 유닛(110) 및 신경망(112)을 포함할 수 있다.
- [0061] RDF 유닛(108)은 다양한 센서로부터 수신되는 복수의 신호에 로우 데이터 퓨전을 수행할 수 있다. 특히, RDF 유닛(108)은 이미지 신호(106)를 생성하기 위하여 센서 신호(104)를 처리하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 로우 데이터 퓨전은 일부는 저해상도 이미지일 수 있는 다수의 이미지, 예컨대 라이다 이미지, 레이더 이미지 및 카메라 이미지로부터 고해상도 합성 이미지 생성을 수반할 수 있다.
- [0062] 일반적으로 말하면, RDF 유닛(108)에 의해 생성되는 이미지 신호(106)는 색상 정보와 깊이 정보를 모두 인코딩하는 이미지를 포함할 수 있다. 일부 특정 비제한적 실시예에서, 깊이 정보를 포함하는 이미지는 RGBD 이미지, 즉 각 픽셀에 대해 색상 정보와 깊이 정보를 포함하는 이미지일 수 있다. 일부 특정 비제한적 실시예에서, 깊이 정보를 포함하는 이미지는 RGBDV 이미지, 즉 각 픽셀에 대해 색상 정보, 깊이 정보 및 속도(또는 운동) 정보도 포함하는 이미지일 수 있다. 이러한 이미지는 때때로 "맵"으로 지칭된다. RGBDV는 3D 객체 정보를 인코딩하는 효율적인 방식일 수 있다.
- [0063] 일부 실시예에서, 깊이 정보를 포함하는 이미지를 생성하기 위하여, RDF 유닛(108)은 센서 신호(104)에 이미지 처리 기술, 예컨대 몇몇 비제한적 가능성을 들자면 업샘플링, 다운샘플링, 보간법, 투영법, 압축, 압축 해제 및 이미지 워핑 중 하나 이상을 적용할 수 있다. 로우 데이터 퓨전의 구현의 예시는 예컨대 본 명세서에 참조로서 통합되는 Vayavison Sending Inc.의 미국 특허 제10,445,928호 및 Zoox Inc.의 미국 특허 제10,468,062호에 서술되어 있다. 다른 실시예에서, RDF 유닛(108)은 신경망을 구현할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 본 명세서에 참조로서 통합되는 Fossati et al., Consumer Depth Cameras for Computer Vision: Research Topics and Applications, 2013에 서술되는 바와 같이 센서(102)는 RDF 유닛(108)과 함께 RGBD 카메라에 통합된다. 추가 실시예에서, 본 명세서에 참조로서 통합되는 P. Kim, H. Urn and H. J. Kim, "6-DGF velocity estimation

using RGB-D camera based on optical flow,” 2014 IEEE international Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), San Diego, CA, 2014, pp. 4008-4013와 같이 RDF 유닛(108)은 RGBD 센서로부터 속도를 추정하기 위한 알고리즘을 수행할 수 있다.

[0064] FLD 유닛(110)은 신경망(112)에 공급되는 객체 신호(114)를 생성하기 위하여 이미지 신호(106)를 처리하도록 구성된다. 특히, FLD 유닛(110)은 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 ROI(regions of interest)를 식별하기 위하여 깊이 정보를 포함하는 이미지를 처리하도록 구성될 수 있다. 명시되지 않은 객체는 감지되지만 인식되지 않거나 분류되지 않은 객체일 수 있다. 이러한 객체를 포함하는 ROI는 객체 신호(114)로 인코딩된다.

[0065] 이와 같이, FLD 유닛(110)은 분류 또는 라벨링 필요없이 감지하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, FLD 유닛(110)은 RGBDV 신호일 수 있는 이미지 신호를 수신한다. FLD 유닛(110)은 RGBDV 신호 또는 맵에 인코딩된 3D 객체 정보를 사용하여 직접 감지를 적용할 수 있다. 이것은 문제의 물리학을 캡처하는 효율적인 방법이고 신경망(112)의 계산 엔진에 공급된다. 실시예에서, FLD 유닛(110)의 감지 동작은 감독되지 않을 수 있다. FLD 유닛(110)은 특정 기준을 만족하는 운전 가능 영역(예컨대, 도로)의 객체를 감지하도록 구성된다. 기준은 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 객체를 포함할 수 있다. 그 동작 덕분에, FLD 유닛(110)은 이전에 마주치지 않은 객체를 감지할 수 있고, 이전에 분류되지 않은 조건 하에서, FLD 유닛(110)이 감지한 객체는 "명시되지 않음"으로 지칭될 수 있다.

[0066] 수신한 RGBDV 이미지로부터, FLD 유닛(110)은 픽셀당 높이 맵을 계산하도록 구성된다. 높이 맵은 RGBDV 이미지로 같은 X 및 Y 차원을 가지고, 특정한 X 및 Y 위치에 대응하는 요소의 값이 도로 위의 그 픽셀의 감지된 높이를 표현하는 어레이로 표현될 수 있다. 높이 맵의 감지 임계치는 운전 경로에 영향을 줄 수 있는 객체를 식별한다. 컴퓨터 비전 감지의 장치로부터 임의의 적절한 알고리즘이 높이 맵의 임계치에 사용될 수 있다. 이와 같이, 위로 안전하게 운전하기에 충분히 낮은 객체는 운전 경로에 영향을 주지 않는다. 물론, 보다 세련된 객체 감지 알고리즘이 허위 긍정의 발생 정도를 낮추는데 사용될 수 있다. 자율 주행 시나리오에서, 상이한 지면 정리를 수용하기 위하여 감지 임계치는 동적일 수 있고, 인지 시스템(100)이 장착되는 차량의 특징에 따라 만들어질 수 있다. 또한, 객체 체적 추정과 같은 다른 기준이 사용될 수 있다.

[0067] 신경망(112)은 감지 신호(116)와 분류 신호(118)를 생성하기 위하여 객체 신호(114)를 처리하도록 구성된다. 예를 들어, 신경망(112)은 장면에서 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 파라미터화된 기계 학습 모델을 사용하여 객체 신호(114)에서 식별된 ROI를 처리하도록 구성될 수 있다. 도 1에서, 신경망(112)이 사용하는 파라미터는 150으로 표기된다.

[0068] 감지 신호(116)는 객체 기술자를 포함할 수 있고 분류 신호(118)는 신경망(112)이 감지 및 분류한 객체의 이미지에서의 위치의 표시를 포함할 수 있다. 객체 기술자와 위치의 표시는 디스플레이 상에 디스플레이되고, 메모리에 저장되고, 및/또는 다른 기능 유닛, 예컨대 경로 계획 및 결정 유닛에 공급될 수 있다.

[0069] 그 결과, 신경망(112)은 기결정된 최소 높이보다 큰 높이를 가지는 객체에 감지 및 분류 동작을 수행할 수 있다. 이것은 신경망(112)의 복잡도가 낮게 유지될 수 있게 한다. 예를 들어, 신경망이 CNN(convolution neural network)로 구현될 때, 라벨링된 훈련 데이터의 가능한 변형의 수에 내포된 감소가 있기 때문에 컨볼루션 층의 수는 작게(예컨대, 1이나 2) 유지될 수 있다. 예를 들어, 감독되는 신경망 감지는 많은 양의 라벨링된(분류된) 훈련 데이터를 필요로 한다. 라벨링은 많은 다양한 다른 환경을 커버할 필요가 있다. "자동차"로 라벨링하는 것은 충분하지 않다. 다른 타입이고, 다른 시점에서 보이고, 다른 수준으로 가려지고, 다른 빛과 기상 조건 하에서 자동차를 라벨링할 필요가 있다. FLD 유닛(110)을 신경망(112)의 프리커서 단계로 구현함으로써, 가능한 출력의 모집단이 좁혀진다. 예를 들어, 객체가 클 수 있더라도, 얇고 지면에 평평하게 놓여 있다면, 신경망(112)이 감지나 분류할 필요가 없는데, 신경망(112)에 보내지는 객체 신호(114)에서 FLD 유닛(110)이 식별하지 않기 때문이다.

[0070] 신경망(112)이 출력하는 객체 기술자는 객체 클래스(예컨대, 승용차, 트럭, 사람, 자전거, 건물, 초목 등)나 서브 클래스(예컨대, "승용차" 클래스의 경우, 서브 클래스는 "자율 주행차", "사람이 운전하는 차"일 수 있고, "사람" 클래스의 경우, 서브 클래스는 "정지 중", "걷는 중", "뛰는 중" 등일 수 있다)를 포함할 수 있다. 클래스와 서브 클래스의 다른 예시가 물론 가능하다.

[0071] 신경망(112)이 출력하는 객체 기술자는 깊이(예컨대, 깊이값)의 표시, 체적의 추정, 속력과 방향의 추정 등도 포함할 수 있다.

- [0072] 신경망(112)이 출력하는 바와 같은 주어진 이미지에서 하나 이상의 객체의 위치의 표시는 이미지 내에서 경계 상자를 포함할 수 있다. 각 경계 상자는 객체 기술자와 연관된 대응하는 객체를 둘러쌀 수 있다. 경계 상자는 예컨대 2D 경계 상자 또는 3D 경계 상자일 수 있다. 다른 경우에, 이미지의 하나 이상의 객체의 위치의 표시는 실루엣, 깃아웃 또는 세그먼트화된 형상의 형태를 취할 수 있다.
- [0073] 객체 기술자는 연관된 경계 상자과 함께 디스플레이될 수 있거나, 연관된 경계 상자과 함께 메모리에 저장될 수 있다.
- [0074] 일부 경우에, FLD 유닛(110)이 감지한 명시되지 않은 객체 전부는 신경망(112)이 감지 및 분류하는데, 즉 FLD 유닛(110)으로부터의 객체 신호에서 모든 가능한 객체를 인식하기에 충분한 훈련 데이터가 있다. 하지만, 일부 경우에, FLD 유닛(110)이 감지한 명시되지 않은 객체는 신경망(112)이 분류할 수 없는 객체를 포함한다. 이 경우에, 신경망(112)은 FLD 유닛(110)가 식별한 하나 이상의 객체는 신경망에 의해 분류되지 않았음을 표시하는 신호를 출력할 수 있다. 이것은 인지 시스템(100)에게 "대비책"을 제공하는데, 신경망(112)이 분류에 성공하지 못할 수 있더라도 도로 상에 있고 잠재적 위험을 나타내는(높이나 다른 기준 때문에) 객체가 언제나 식별될(즉, FLD 유닛(110)에 의하여) 것이다.
- [0075] 신경망(112)은 훈련 단계 동안 훈련될 수 있다. 이것은 기울기 하강 최적화를 위해 출력 및 오류의 역전파를 생성하기 위하여 데이터 신호의 피드포워드를 수반할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 신경망(112)은 참조 이미지와 참조 이미지의 객체와 객체의 클래스에 대한 참조 데이터의 세트를 사용하여 훈련될 수 있다. 즉 말하자면, 신경망(112)에 복수의 참조 이미지가 공급되고 "기본 참 값"(즉, 어떤 객체와 객체의 클래스가 참조 이미지에 있는지와 참조 이미지에서 어디에 나타나는지 말해 줌)이 제공되어 신경망(112)이 FLD 유닛(110)에 의해 공급되는 관심 영역과 같은 참조 이미지가 아닌 이미지에서 이들 객체를 인식(즉, 감지 및 분류)하도록 훈련된다. 훈련은 파라미터(150)의 세트에 수렴을 야기한다.
- [0076] 객체 클래스, 경계 상자과 자율 주행 차량 문맥에서 객체 감지를 위한 신경망 훈련에 대한 추가 정보는 본 명세서에 참조로서 통합되는 Pendleton et al., "Perception, Planning, Control, and Coordination for Autonomous Vehicles", Machines 2017, 5(1), 6에서 찾을 수 있다.
- [0077] FLD 유닛(110)은 명시되지 않거나 예상되지 않은 객체, 즉 신경망(112)의 훈련 세트 바깥의 객체를 감지할 수 있기 위하여 훈련을 필요로 하지 않음을 이해하여야 한다. 이것은 신경망(112)을 위한 훈련 세트가 감소될 수 있게 하고 신경망(112)이 실시간으로 동작할 때 더 계산적으로 효율적하도록 할 수 있다.
- [0078] 훈련 동안 직접 감지의 사용은 자동 라벨링에 의한 것이고 신경망(112)의 제조 가능성 및 실시간 사용성에 기여할 수 있다.
- [0079] 신경망(112)이 CNN(convolution neural network)로 구현될 때, FLD 유닛(110) 도입은 이미지의 특정 부분에서(즉, ROI에서) 학습에 초점을 맞추으로써 CNN의 컨볼루션 층의 수(DNN(deep neural network)의 "깊이")를 감소시킨다. 퍼스트 레벨 수준의 감지 제공의 효과를 보는 다른 방법은 객체가 존재하는 디폴트 분류를 제공하는 면이다. 신경망(112)은 분류를 자동차, 보행자 등으로 개선할 수 있을 수 있지만, 할 수 없는 경우 디폴트 존재 분류는 중요한 안전망을 제공한다. 이것은 모든 가능한 객체와 사건에 대해 라벨을 가지는 완전한 훈련 세트가 존재하지 않을 수 있을 때 파일럿과 램프 업 또는 새로운 운전 시나리오의 도입 동안 특히 중요할 수 있다.
- [0080] 이와 같이, 컴퓨터 판독 가능한 명령어를 저장하는 메모리, 입력/출력 및 메모리와 입력/출력에 연결된 처리 엔티티를 포함하는 인지 시스템이 제공되었다. 도 2를 참조하면, 이러한 처리 엔티티는 다음을 위한 컴퓨터 판독 가능한 명령어를 수행하도록 구성된다: 입력/출력을 통해 깊이 정보를 포함하는 이미지를 수신하는 단계(202); 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 관심 영역을 식별하기 위하여 이미지를 처리하는 단계(204); 장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 훈련된 신경망을 사용하여 식별된 관심 영역을 처리하는 단계(206); 및 입력/출력을 통해 신경망에 의해 감지 및 분류된 객체의 객체 기술자 및 이미지의 위치의 표시를 출력하는 단계(208).
- [0081] 본 명세서에서는 인지 시스템(100)의 변형을 커버한다. 도 3a 및 3b를 참조하면, 특정 비제한적 실시예에 따른 인지 시스템(300)의 예시 및 인지 시스템(300)을 훈련하기 위한 훈련 유닛(316)의 예시가 서술될 것이다.
- [0082] 구체적으로, 도 3a를 참조하면, 인지 시스템(300)은 제조 센서(304)의 세트로부터 테스트 신호(320)를 수신하도록 구성된다. 도 3b를 참조하면, 훈련 시스템(316)은 참조 센서(302)의 세트로부터 제1 훈련 신호(308)를 수신하도록 구성되고 또한 제조 센서(304)로부터 제2 훈련 신호(310)를 수신하도록 구성된다. 제조 센서(304)는 테

스트 신호(320)과 제2 훈련 신호(310) 모두를 출력하는데, 차이는 제조 센서(304)가 출력하는 신호가 훈련 단계 동안 "제2 훈련 신호(310)"로 지칭되고 실시간 시나리오 동안 "테스트 신호(320)"로 지칭되는 것이다.

[0083] 참조 센서(302)는 넓은 범위의 운전 시나리오를 커버하는 정확한 RGBDV 이미지를 생성할 수 있는 고품질 센서일 수 있는 반면, 제조 센서(304)는 상업적 제품이나 실시간 환경에서 사용되기 더 적합한 저비용 센서일 수 있다. 이와 같이, 참조 센서(302)는 때때로 "기본 참조 센서"로 지칭되고 제조 센서(304)는 때때로 "HVM(high-volume manufacturing) 센서"나 "테스트 센서"로 지칭된다. 라이다의 경우, 예컨대 참조 센서로 사용되는 라이다 센서는 이 라이다 센서의 제품 버전보다 더 높은 해상도, 더 큰 시야, 더 큰 정확도, 더 좋은 SNR, 더 큰 범위, 더 높은 감도 및/또는 더 큰 전력 소비를 가질 수 있다. 특정 예시를 취하자면, 참조 센서(302)의 세트는 360° 시야를 커버하고, 0.1°의 각해상도와 200m의 범위를 가지는 라이다를 포함할 수 있는 반면, 제조 센서(304)의 세트는 120° 시야를 커버하고, 0.5°의 각해상도와 100m의 범위를 가지는 라이다와 함께 120° 시야를 커버하고, 2°의 각해상도와 200m의 범위를 가지는 레이더를 포함할 수 있다.

[0084] 이와 같이, 제조 센서(304)의 세트는 참조 센서(302)의 세트와 다를 수 있다. 특히, 제조 센서(304)와 참조 센서(302)는 다른 타입일 수 있다. 다른 경우에, 제조 센서(304)의 세트는 참조 센서(302)의 세트의 서브셋인데, 즉 참조 센서(302)의 세트는 제조 센서(304)의 세트에 있지 않은 센서를 포함할 수 있거나 그 반대이다.

[0085] 참조 센서(302)의 세트 및/또는 제조 센서(304)의 세트는 하나 이상의 라이다 센서와 하나 이상의 비-라이다 센서, 예컨대 레이더 센서, 카메라 및/또는 음향 센서(예컨대, 소나)와 같은 센서의 다양한 조합을 포함할 수 있다. 라이다의 존재는 특히 제조 센서(304)가 차량, 예컨대 육상, 수중 또는 공중 차량에 장착되는 응용에 적합할 수 있다.

[0086] 도 3b를 참조하면, 훈련 유닛(316)은 훈련 단계 동안 인지 시스템(300)을 훈련하는데 사용된다. 특히, 훈련 유닛(316)은 참조 센서(302)로부터 제1 훈련 신호(308)를 수신하고 장면과 연관된 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지(312)를 획득하기 위하여 이를 처리한다. 이를 위하여, 훈련 유닛(316)은 RDF(raw data fusion) 유닛(314)을 구현할 수 있는데, 인지 시스템(100)의 문맥에서 상술한 RDF 유닛(108)과 유사 또는 동일할 수 있다. 이와 같이, RDF 유닛(314)의 자세한 설명은 여기에 필요하지 않다.

[0087] 훈련 유닛(316)은 (i) RDF 유닛(314)으로부터 수신한 참조 이미지(312)와 (ii) 제조 센서(304)로부터 수신한 제2 훈련 신호(310)를 처리하여 실시간 시나리오 동안 인지 시스템(300)의 신경망(318)이 사용하는 파라미터(340)의 세트를 생성하도록 구성된다(도 3a 참고).

[0088] 구체적으로, 훈련 단계 후의 실시간 시나리오 동안, 신경망(318)은 훈련 단계 동안 결정된 파라미터(340)에 기반하여 제조 센서(304)로부터 수신한 테스트 신호(320)를 테스트 이미지(322)로 변환하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 테스트 이미지(322)는 RGBD 이미지, 즉 각 픽셀에 대해 색상 정보와 깊이 정보를 포함하는 이미지일 수 있는 반면, 다른 실시예에서, 테스트 이미지(322)는 RGBDV 이미지, 즉 각 픽셀에 대해 색상 정보, 깊이 정보 및 속도 정보를 포함하는 이미지일 수 있다.

[0089] 일반적으로, 파라미터(340)는 테스트 신호(320)를 깊이 및/또는 속도 정보를 포함하는 테스트 이미지(322)로 변환하는데 신경망(318)에 의해 사용되는 임의의 변수량을 나타낼 수 있다. 일실시예에서, 파라미터는 테스트 이미지(322)의 생성에 제조 센서(304) 각각에 상이한 상대적 중요도를 부여하는 가중치를 포함한다. 다른 실시예에서, 파라미터는 신경망 도움 데이터 푸전을 위해 테스트 신호(320)의 상이한 비선형 함수에 적용되는 가중치와 편향값을 포함한다.

[0090] 특정 비제한적 실시예에서, 신경망(318)은 CNN(convolution neural network)이다. CNN은 가중치 벡터 $q=[W; b]$ 에 의해 파라미터화되는데, W 는 신경간 연결을 통제하는 가중치의 세트이고, b 는 신경 편향값의 세트이다. 가중치 W 의 세트는 이미지 필터로서, 훈련 동안 학습한 계수로 조직화된다. CNN 내의 컨볼루션 층은 차별적 이미지 특징을 캡처하는 변환 불변 컨볼루션 필터를 학습하기 위해 이미지 픽셀의 로컬 공간적 상관을 활용한다. CNN(Convolution Neural Networks), RNN(Recurrent Neural Networks) 및 DRL(Deep Reinforcement Learning)의 구현에 대한 추가 정보는 본 명세서에 참조로서 통합되는 Grigorescu et al., "A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous Driving", Journal of Field Robotics, Volume 37, Issue 3, April 2020, pp. 362-386에서 찾을 수 있다.

[0091] 일부 실시예에서, 신경망(318)은 파라미터(340)의 단일 세트와 연관되는 반면, 다른 실시예에서, 신경망(318)은 예컨대 주변광 레벨과 기상 조건과 같은 인자에 기반하여 다른 조건에 대한 파라미터(340)의 복수의 세트와 연관될 수 있다.

- [0092] 인지 시스템(300)의 설명을 계속하면, 테스트 이미지(322)는 FLD(first-level detection) 유닛(324)에 제공되는데, 인지 시스템(100)의 문맥에서 상술한 FLD 유닛(110)과 유사 또는 동일할 수 있다. 이와 같이, FLD 유닛(324)의 추가 설명은 필요하지 않다. FLD 유닛(324)은 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지의 ROI(regions of interest)를 식별하기 위하여 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지(322)를 처리하도록 구성될 수 있다고 말하는 것으로 충분하다. 이와 같이, 식별된 객체는 객체 신호(326)에 의해 표시되는데, FLD 유닛(324)에 의해 신경망(338)으로 공급된다. 인지 시스템(300)에 두 신경망이 있기 때문에, 신경망(318)은 "제1 신경망"으로 지칭될 것이고 신경망(338)은 "제2 신경망"으로 지칭될 것이다.
- [0093] 제2 신경망(338)은 FLD 유닛(324)로부터 객체 신호(326)를 수신하고 제1 신경망(318)으로부터 테스트 이미지(322)도 수신한다. 제2 신경망(338)은 감지 신호(330)와 분류 신호(332)를 생성하기 위하여 테스트 이미지(322)에 기반하여 객체 신호(326)를 처리하도록 구성된다. 제2 신경망(338)은 도 1과 관련하여 상술한 신경망(112)과 유사 또는 동일할 수 있다. 본 실시예에서, 제2 신경망(338)은 장면에서 알려진 객체의 감지 및 분류를 위한 훈련 단계 동안 획득한 파라미터(350)의 제2 세트에 기반하여 객체 신호(326)에서 식별된 ROI를 처리하도록 구성된다.
- [0094] 감지 신호(330)는 객체 기술자를 포함할 수 있고 분류 신호(332)는 제2 신경망(338)이 감지 및 분류한 객체의 테스트 이미지(322)에서의 위치의 표시를 포함할 수 있다. 객체 기술자와 위치의 표시는 디스플레이 상에 디스플레이되고, 메모리에 저장되고, 및/또는 다른 기능 유닛, 예컨대 경로 계획 및 결정 유닛에 공급될 수 있다.
- [0095] 본 실시예의 한 동기는 센서 정확도(참조 센서(302)의 사용을 통해 획득되는 것과 같은)의 요구와 대량 생산 센서(즉, 제조 센서(304))를 사용함으로써 경제적 해결책의 요구 간의 충돌을 해결하는 것이다. 이것은 제조 센서(304)로부터 장래의 테스트 신호(320)를 처리하는데의 행동(참조 센서(302)로부터의 제1 훈련 신호(308)가 없을 때)이 참조 센서(302)로부터의 제1 훈련 신호(308)가 존재할 때 테스트 신호(320)와 유사한 제2 훈련 신호(310)가 처리될 때 그 과거 행동에 근접하도록 인지 시스템(300)을 훈련함으로써 달성될 수 있다. 특히, 이것은 훈련 단계 동안 제1 신경망(318)을 훈련하는 훈련 유닛(316)을 수반한다.
- [0096] 구체적으로, 도 3b를 참조하면, 참조 센서(302)와 제조 센서(304)는 훈련 단계 동안 공통 장면에 노출된다. 이와 같이, 참조 이미지(312)는 장면과 연관된 참조 깊이 정보를 포함한다. 참조 이미지(312)에 포함되는 참조 깊이 및 속력 정보는 장면의 다양한 객체에 대한 "기본 참"으로 지칭될 수 있는데, 정보가 고품질 센서로부터 획득되고 정확한 것으로 알려져 있기 때문이다.
- [0097] 기본 참이 자동으로 자유로이 생성되기 때문에, 심층 신경망이 보통 요구하는 종류의 복잡한 대량의 라벨링 작업의 필요가 없다 오히려, 본 실시예는 비감독 학습의 쉬운 사용의 이점과 감독 학습의 정확한 고품질을 조합한다. 이 실시예가 종래의 방식과 다른 두번째 방식은, 학습이 모든 이미지에 존재하는 물리량(거리 또는 속도)으로 측정 가능하고, 따라서 보통의 수의 참조 이미지로부터 학습될 수 있다는 것이다. 이것은 분류, 예컨대 "도로를 건너는 보행자"를 학습하는 것과 다르고, 훈련 세트(라벨링된 세트)가 그 다수가 낮은 확률로 나타날 수 있는 크게 다양한 시나리오를 포함할 필요가 없다. 마지막으로, 기본 참을 포함하는 참조 이미지(312)는 실시간으로 생성되지 않아도 된다. 이것은 안전의 영향이 없는 낮은 빈도의 작업이고, 종래에 사용 가능한 양의 계산 능력으로 할 수 있다.
- [0098] 훈련 유닛(316)의 RDF 유닛(314)은 참조 이미지(312)를 생성한다. 추가로, 훈련 유닛(316)은 제조 센서(304)로부터 제2 훈련 신호(310)를 수신하는데, 참조 센서(302)와 동시에 같은 장면을 감지한다. 훈련 유닛(316)은 제1 신경망(318)과 같은 구조를 가지는 "내부 신경망(316A)"을 구현하도록 구성된다. 이와 같이, 내부 신경망(316A)은 신경망 파라미터(이하 "내부 파라미터")의 세트에 기반하여 제2 테스트 신호(310)를 이미지("이하 "내부 이미지")로 변환하도록 구성된다. 내부 신경망(316A)과 제1 신경망(318)은 별개의 신경망일 필요가 없고, 오히려 소프트웨어 코드의 같은 블록에 대응할 수 있는데, 훈련 단계 동안 내부 신경망(316A)으로 및 실시간 사용 동안 제1 신경망(318)으로 지칭됨을 이해하여야 한다.
- [0099] 일실시예에서, 훈련 유닛(316)은 오류, 예컨대 참조 이미지(312)(기본 참 깊이 정보를 포함)와 내부 이미지(제2 훈련 신호(310)으로부터 생성) 간의 오류를 최소화하기 위하여 반복적으로 내부 신경망(316A)의 내부 파라미터를 바꾸는 알고리즘 블록(316B)을 구현한다. 오류는 다양한 기준, 예컨대 적어도 픽셀값 사이의 평균 제곱 오차에 기반하여 측정될 수 있다.
- [0100] 알고리즘 블록(316B)이 내부 파라미터의 세트로 수렴하고 나면, 내부 신경망(316A)은 훈련된 것으로 간주되고, 이들 내부 파라미터는 제1 신경망(318)에 제공되는 파라미터(340)가 된다. 이 시점부터, 제조 센서(304) 자체는

참조 센서(302)만큼 정확하지 않을 수 있더라도 제1 신경망(318)이 생성한 테스트 이미지(322)에 포함된 추론된 깊이 및/또는 속도 정보는 향상된 정확도일 수 있다. 추론된 깊이 및/또는 속도 정보가 대응하는 기본 참 값과 일치하는 정도는 훈련 데이터의 크기, 다양함 및 질 뿐만 아니라 신경망의 복잡도와 세련됨에도 따를 것이다.

[0101] 제1 신경망(318)은 테스트 이미지(322)의 정확도를 더 개선하기 위하여 제2 훈련 신호(310)의 일부 또는 전부를 사용하는 컴퓨터 비전 알고리즘도 구현할 수 있다. 예를 들어, 인지 시스템(300)이 차량에 구현되는 경우, 제1 신경망(318)은 컴퓨터 비전 알고리즘을 포함하여 차량의 자기 움직임(자체 운동)을 계산할 수 있다. 다른 컴퓨터 비전 알고리즘이 사용되어 특히 수동 센서(카메라) 신호의 움직임을 감지하거나, 능동 측정(예컨대, 라이다로부터)과 추론된 깊이 및/또는 속도 정보 간의 연관성을 강화할 수 있다. 이것은 파라미터(340) 결정을 위해 사용되는 알고리즘 블록(316B)의 보다 빠른 수렴으로 이어질 수 있다.

[0102] 이와 같이, 제1 신경망(318)의 파라미터(340)가 훈련 단계 동안 정해지면(고성능 참조 센서(302)를 사용하여), 실시간 시나리오에서 RGBDV 이미지를 추정 또는 추론하는데 제조 센서(304)와 함께 사용될 수 있다. 따라서 제조 센서(304)와 추론을 위해 필요한 처리 능력은 대량 생산과 보다 비용 효율적일 수 있지만, 높은 정확도가 여전히 달성될 수 있고, 보다 안전한 자율 주행을 가능하게 할 수 있다.

[0103] 이와 같이, 참조 센서(302)의 세트, 테스트 센서(304)의 세트, 훈련 유닛(316) 및 인지 시스템(300)을 포함하는 시스템이 제공되었다. 훈련 유닛(316)과 인지 시스템(300)은 단일 컴퓨팅 장치에 구현될 수 있다. 도 4를 참조하면, 이러한 컴퓨팅 장치는 다음을 위해 구성될 수 있다: 참조 센서의 세트로부터 제1 훈련 신호를 수신하고 테스트 센서의 세트로부터 제2 훈련 신호를 수신하는 단계로서, 참조 센서의 세트와 테스트 센서의 세트는 공통 장면에 동시에 노출되는 단계(402); 장면과 연관되는 참조 깊이 정보를 포함하는 참조 이미지를 획득하기 위하여 제1 훈련 신호를 처리하는 단계(404); 및 테스트 센서의 세트로부터의 후속 테스트 신호를 추론된 깊이 정보를 포함하는 테스트 이미지로 변환하기 위하여 제2 훈련 신호 및 참조 이미지를 사용하여 신경망을 훈련하는 단계(406).

[0104] 일부 실시예에서, 훈련 유닛(316)은 제2 신경망(338)을 위한 파라미터(350)의 세트를 계산하도록 구성될 수 있다. 따라서, 도 5를 참조하면, 인지 시스템(300)을 훈련하기 위한 훈련 유닛(516)의 예시가 도시된다. 훈련 유닛(516)은 추가 요소 또는 기능을 포함하는 것을 제외하면 훈련 유닛(316)과 유사하다. 특히, 훈련 유닛(516)은 파라미터(350)의 제2 세트를 계산하고 인지 시스템(300)의 제2 신경망(338)으로 전송하도록 구성된다. 파라미터(350)의 제2 세트를 계산하기 위하여, 훈련 유닛(516)은 내부 객체 신호(516D)를 생성하기 위하여 내부 FLD(first-level detection) 유닛(516C)으로 참조 이미지(312)를 처리하도록 구성된다. 특히, 내부 FLD 유닛(516C)은 수신한 이미지(이 경우, 참조 이미지(312)) 중 주어진 것을 처리하여 특정 기준을 만족하는(예컨대, 도로 위에서 최소 높이를 가짐) 명시되지 않은 객체를 포함하는 이미지에서 ROI(regions of interest)를 식별하는 점에서 FLD 유닛(324)과 동일할 수 있다.

[0105] 내부 객체 신호(516D)는 제2 신경망(338)과 동일한 구조를 가지는 제2 내부 신경망(516E)에 의해 처리된다. 이와 같이, 제2 내부 신경망(516E)은 내부 파라미터의 세트에 기반하여 내부 객체 신호(516D)에서 식별된 ROI를 처리하여 장면의 알려진 객체를 감지 및 분류하도록 구성된다. 제2 내부 신경망(516E)과 제2 신경망(338)은 별개의 신경망일 필요가 없고, 오히려 소프트웨어 코드의 같은 블록에 대응할 수 있는데, 훈련 동안 제2 내부 신경망(516E)으로 및 실시간 사용 동안 제2 신경망(338)으로 지칭됨을 이해하여야 한다.

[0106] 일실시예에서, 훈련 유닛(516)은 오류, 예컨대 내부 신경망(516E)이 생성한 감지 분류 결과와 감독 입력(516G)에 의해 제공된 바와 같은 기본 참 감지 및 분류 정보 간의 오류를 최소화하기 위하여 반복적으로 내부 신경망(516E)의 내부 파라미터를 바꾸는 알고리즘 블록(516F)을 구현한다. 오류는 다양한 기준, 예컨대 허위 긍정 비율이나 허위 부정 비율에 기반하여 측정될 수 있다.

[0107] 알고리즘 블록(516F)이 내부 파라미터의 세트로 수렴하고 나면, 내부 신경망(516E)은 훈련된 것으로 간주되고, 이들 내부 파라미터는 제2 신경망(338)에 제공되는 파라미터(350)의 제2 세트가 된다. 이 시점부터, 제조 센서(304) 자체는 참조 센서(302)만큼 신뢰할 수 없을 수 있더라도 제2 신경망(338)이 생성한 감지 신호(330)와 분류 신호(332)에 포함된 분류 및 위치 정보는 신뢰할 수 있는 것으로 간주된다. 분류 및 위치 정보가 대응하는 기본 참 값과 일치하는 정도는 훈련 데이터의 크기, 다양함 및 질 뿐만 아니라 신경망의 복잡도와 세련됨에도 따를 것이다.

[0108] 일부 실시예에서, 제2 신경망(338)은 파라미터(350)의 단일 제2 세트와 연관되는 반면, 다른 실시예에서, 제2 신경망(338)은 예컨대 주변광 레벨과 기상 조건과 같은 인자에 기반하여 다른 조건에 대한 파라미터(350)의 복

수의 제2 세트와 연관될 수 있다.

- [0109] 통상의 기술자는 내부 작업이 복잡할 수 있고 신경망이 어떻게 결정에 도달했는지 설명하기 어려울 수 있기 때문에 신경망이 종종 "블랙 박스"로 간주됨을 이해할 것이다. 이것은 제조 시스템, 특히 안전이 중요한 제조 시스템에게 불만족스러울 수 있다. 대신, 안전이 중요한 제조 시스템의 모듈은 그 건강 상태를 보고하거나 스스로를 조정하여 조건을 바꿀 수 있어야 한다. 특히, 인지 시스템(인지 시스템(300)과 같은)은 이미지 생성의 수준에서 또는 객체 감지 및 분류의 수준에서 유효한 결과를 생성하고 있는지 여부를 결정할 수 있어야 한다. 이 문제를 보는 한 방법은 훈련에 사용되는 참조 데이터를 고려하고 추론을 위해 주어진 신경망에 현재 공급되는 테스트 데이터가 사용된 참조 데이터와 유사한 정도를 결정하는 것이다. 중대한 차이가 있는 경우, 신경망과 연관된 파라미터는 신뢰할 수 없을 수 있다. 이것은 신경망의 결과의 낮은 신뢰도를 나타내고, 알람이 신호되거나, 다른 세트의 파라미터가 선택될 수 있다.
- [0110] 따라서, 도 6a 및 6b를 참조하면, 검증 시스템(602)이 인지 시스템(300)의 성능을 검증하기 위해 제공된다.
- [0111] 인지 시스템(300)에 있어, 제1 신경망(318)이 제조 센서(304)의 세트로부터 획득한 실시간 신호(320)를 깊이 및/또는 속력 정보를 포함하는 테스트 이미지(322)(예컨대, RGBDV 이미지 또는 맵)로 변환하는데 사용됨을 상기하여야 한다. 따라서 제1 신경망(318)은 여전히 파라미터의 세트로 특징지어지지만, 이 실시예에서, 이들 파라미터는 640*으로 표기되고 검증 유닛(602)에 의해 제공된다. 말하자면, 검증 유닛(602)이 실시간 시나리오에서 사용을 위해 제1 신경망(318)에 제공되는 파라미터(640*)의 세트에 대한 결정을 내린다. 이 결정은 다양한 인자에 기반할 수 있다.
- [0112] 특히, 도 6b를 참조하면, 훈련 단계를 고려한다. 훈련 단계 동안, 알고리즘 블록(316B)은 내부 신경망(316A)(인지 시스템(300)의 제1 신경망(318)에 대응)을 훈련할 때 알고리즘 블록(316B)에 의해 파라미터(640j)의 세트가 생성되는 주변 환경 조건(예컨대, 빛, 기상, 움직임, 풍경 등)을 특징짓는 "특징적인 특성"(604j)를 계산하고 추적한다.
- [0113] 특징적인 특성(604j)의 세트는 훈련 단계 동안 제조 센서(304)로부터 수신한 제2 훈련 신호(310)를 처리함으로써 및/또는 훈련 단계 동안 내부 신경망(316A)이 생성한 내부 이미지를 처리함으로써 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 특징적인 특성은 가능하게는 처리 후 제2 훈련 신호(310) 및/또는 내부 이미지로부터 도출된 통계적 성질, 예컨대 평균, 표준편차, 최대값 또는 다른 통계일 수 있다. 특징적인 특성의 예시는 몇몇 비제한적 가능성을 들자면 "평균 그레이 레벨", "평균 속력", "평균 거리", "평균 객체 속력" 및 "평균 객체 거리"를 포함할 수 있다.
- [0114] "참조 특징적인 특성"으로 지칭될 수 있는 특징적인 특성(604j)의 세트는 생성되는 파라미터(640j)의 세트와 연관되어 메모리에 저장된다. 각각 다른 주변 환경 조건으로 다수의 훈련 서브 단계가 있을 수 있다는 사실을 표현하기 위하여, 테이블(642)이 제공되는데 참조 특징적인 특성의 세트는 604A, 604B, ...로 표현되고 연관된 신경망 파라미터의 세트는 604A, 604B, ...로 지칭된다. 검증 유닛(602)은 테이블(642)에 접근권을 가진다. 물론, 관련 데이터와 관계를 나타내는 다른 방법이 존재하고 본 명세서의 범위 내에 있다.
- [0115] 실시간 시나리오 동안, 도 6a를 참조하면, 검증 유닛(602)은 테스트 신호(320) 및/또는 제1 신경망(318)이 생성한 테스트 이미지(322)의 유사한 특징적인 특성을 계산하도록 구성된다. 이들 특징적인 특성은 현재 주변 환경 조건을 나타내고 참조 특징적인 특성과 구별하기 위해 "테스트 특징적인 특성"으로 지칭된다. 실시간 시나리오 동안, 제1 신경망(318)이 사용하는 신경망 파라미터의 세트는 이 실시예에서 640*으로 지칭되고, 640*은 640A, 640B 등에서 선택됨을 유의하여야 한다.
- [0116] 동작 중, 검증 유닛(602)은 현재 제1 신경망(318)이 사용중인 신경망 파라미터(640*)의 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 실시간 환경 조건에 적합한지 여부를 평가하는 과제를 맡는다.
- [0117] 이를 위하여, 검증 유닛(602)은 다음을 위해 구성된다:
- [0118] - 현재 신경망 파라미터(즉, 640*)와 연관된 참조 특징적인 특성(즉, 604*)을 획득하는 단계. 이것은 테이블(642)을 참고함으로써 행해질 수 있다.
- [0119] - 테스트 신호(320) 및/또는 테스트 이미지(322)에 기반하여 상술된 바와 같이 실시간으로 테스트 특징적인 특성을 계산하는 단계;
- [0120] - 참조 특징적인 특성에 대해 테스트 특징적인 특성의 비교를 수행하는 단계; 및

- [0121] - 비교에 기반하여 행동을 취하는 단계.
- [0122] 비제한적 예시로, 비교는 대응하는 특징적인 특성의 쌍(참조 대 테스트) 간의 거리 측정의 계산을 수반할 수 있다. 검증 유닛(602)은 비교에 기반하여 행동을 취한다. 예를 들어, 거리 측정이 특정 임계치 아래인 경우, 검증 유닛(602)은 제1 신경망(318)이 사용하는 파라미터(640*)의 현재 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 실시간 장면에 적절하고, 특정 추가 행동이 필요하지 않을 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 하지만, 하나 이상의 거리 측정이 임계치 위인 경우, 검증 유닛(602)은 제1 신경망(318)이 사용하는 파라미터(604*)의 현재 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 장면에 적합하지 않다는 결론을 내릴 수 있다. 이 경우, 추가 행동, 예컨대 알람 트리거링이 필요할 수 있다.
- [0123] 비교 단계의 보다 진보한 버전에서, 검증 유닛(602)은 테스트 특징적인 특성을 병렬로 또는 직렬로, 파라미터(640A, 640B, ...)의 각 세트와 연관된 참조 특징적인 특성(604A, 604B, ...)의 각 세트와 비교할 수 있다. 이것은 검증 유닛(602)이 파라미터(640*)의 세트로 제1 신경망(318)에 공급될 가장 적절한 파라미터 세트를 선택할 수 있게 한다. 다시 말해, 파라미터(640*)의 세트의 선택은 현재 환경 대 훈련이 수행되고 파라미터의 개별 세트(640A, 640B, ...)를 도출한 모든 이전 환경의 특징적인 특성의 비교에 기반할 수 있다.
- [0124] 통상의 기술자는 상술한 시스템 및/또는 방법이 앵커로서 특징적인 특성을 사용할 수 있음을 이해할 것이다. 구체적으로, 실시간 동작 동안, 방법 및/또는 시스템은 특징적인 특성을 모니터링하고, 훈련 세트(즉, 제1 신경망(318)을 훈련하기 위해 사용되는 데이터)가 유효하지 않을 때 결정하도록 구성된다.
- [0125] 이와 같이, 테스트 센서의 세트와 인지 시스템, 훈련 유닛 및 검증 유닛을 구현하는 컴퓨팅 장치를 포함하는 시스템이 제공되었다. 도 7을 참조하면, 컴퓨팅 장치는 다음을 위해 구성될 수 있다: 신경망을 사용하여 테스트 센서의 세트로부터 획득한 실시간 신호를 깊이 및/또는 속도 정보를 포함하는 이미지로 변환하는 단계로서, 신경망은 신경망 파라미터의 세트에 의해 특징지어지는 단계(702); 실시간 신호 및/또는 이미지의 특징적인 특성을 계산하는 단계로서, 특징적인 특성은 테스트 특징적인 특성인 단계(704); 테스트 특징적인 특성을 참조 특징적인 특성에 비교하는데 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계로서, 참조 특징적인 특성은 신경망 파라미터의 세트와 연관되는 단계(706); 및 검증 결과를 나타내는 신호를 출력하는 단계(708).
- [0126] 변형으로서, 제2 신경망(338)과 연관된 파라미터의 제2 세트는 현재 조건이 파라미터의 제2 세트를 결정하기 위한 훈련 단계 동안 제시된 것과 일치하는지 여부의 평가에 기반하여도 검증될 수 있다.
- [0127] 따라서, 도 8a 및 8b를 참조하면, 검증 시스템(802)이 인지 시스템(300)의 성능을 검증하기 위해 제공된다.
- [0128] 인지 시스템(300)에 있어서, 제2 신경망(338)은 테스트 이미지(322)에 기반하여 FLD 유닛(324)으로부터의 객체 신호(326)를 처리하여 감지 신호(330)와 분류 신호(332)를 생성하도록 구성된다. 특히, 제2 신경망(338)은 장면에서 알려진 객체의 감지 및 분류를 위한 훈련 단계 동안 획득한 파라미터의 제2 세트를 사용하여 객체 신호(326)에서 식별된 ROI를 처리하도록 구성된다.
- [0129] 이와 같이, 제2 신경망(338)은 여전히 파라미터의 세트로 특징지어지만, 이 실시예에서 제2 신경망(338)이 사용하는 파라미터는 850*으로 표기되고 검증 유닛(802)에 의해 제공된다. 말하자면, 검증 유닛(802)이 실시간 시나리오에서 사용을 위해 제2 신경망(338)에 제공되는 파라미터(850*)의 세트에 대한 결정을 내린다. 이 결정은 다양한 인자에 기반할 수 있다.
- [0130] 특히, 도 8b를 참조하면, 제1 및 제2 내부 신경망(316A 및 516E)을 위한 훈련 단계를 고려한다. 훈련 단계 동안, 알고리즘 블록(316B)은 (i) 내부 신경망(316A)을 훈련할 때 제1 파라미터(640j)의 세트가 알고리즘 블록(316B)에 의해 생성되고 (ii) 내부 신경망(316E)을 훈련할 때 제2 파라미터(850j)의 세트가 알고리즘 블록(316F)에 의해 생성되는 주변 환경 조건(예컨대, 빛, 기상, 움직임, 풍경 등)의 "특징적인 특성"(604j)의 세트를 계산하고 추적한다.
- [0131] 상술한 특징적인 특성(604j)의 세트는 훈련 단계 동안 제조 센서(304)로부터 수신한 제2 훈련 신호(310)를 처리함으로써 및/또는 훈련 단계 동안 내부 신경망(316A)이 생성한 내부 이미지를 처리함으로써 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 특징적인 특성은 제2 훈련 신호(310) 및/또는 내부 이미지로부터 도출된 통계적 성질, 예컨대 평균, 표준편차, 최대값 또는 다른 통계일 수 있다. 특징적인 특성의 예시는 "평균 그레이 몇몇 비제한적 가능성을 들자면 "평균 그레이 레벨", "평균 차량 속도", "평균 차량 거리"를 포함할 수 있다.
- [0132] "참조 특징적인 특성"의 세트로도 지칭되는 특징적인 특성(604j)(j=A, B, ...)의 세트는 파라미터(640j)(j=A, B, ...)의 제1 세트 및 파라미터(850j)(j=A, B, ...)의 제2 세트와 연관되어 메모리에 저장된다. 각각 다른 주

변 환경 조건을 가지는 다수의 훈련 단계가 있다는 사실을 나타내기 위하여, 참조 특징적인 특성이 604A, 604B, ...로 표기되고, 연관된 파라미터의 제1 세트(제1 신경망(318)에 대한)가 640A, 640B, ...로 표기되고, 연관된 파라미터의 제2 세트(제2 신경망(338)에 대한)가 850A, 850B, ...로 표기되는 테이블(842)이 제공된다. 검증 유닛(802)은 테이블(842)에 접근권을 가진다. 물론, 관련 데이터와 관계를 나타내는 다른 방법이 존재하고 본 명세서의 범위 내에 있다.

- [0133] 검증 유닛(602)과 관련하여 상술한 것과 유사하게, 검증 유닛(802)은 실시간 동작 동안 테스트 신호(320) 및/또는 제1 신경망(318)이 생성하는 테스트 이미지(322)의 유사한 특징적인 특성을 계산하도록 구성된다. 이들 특징적인 특성은 현재 주변 환경 조건을 나타내고 참조 특징적인 특성과 구별하기 위해 "테스트 특징적인 특성"으로 지칭된다. 동작 동안, 이 실시예에서, 제1 신경망(318)이 사용하는 신경망 파라미터의 세트는 640*으로 지칭되고 제2 신경망(338)이 사용하는 신경망 파라미터의 세트는 850*으로 지칭되는데, 640*은 640A, 640B 등 중 하나이고 850*은 850A, 850B 등 중 하나임을 유의하여야 한다.
- [0134] 동작 중, 검증 유닛(802)은 현재 제1 신경망(318)이 사용중인 신경망 파라미터(640*)의 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 실시간 환경 조건에 적합한지 여부를 평가하는 과제를 맡는다. 이것은 이미 검증 유닛(602)의 문맥에서 설명되었다. 나아가, 검증 유닛(802)은 현재 제2 신경망(338)이 사용중인 신경망 파라미터(850*)의 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 실시간 환경 조건에 적합한지 여부를 평가하는 과제를 맡는다.
- [0135] 이를 위하여, 검증(802)은 다음을 위해 구성된다:
- [0136] - 현재 신경망 파라미터의 제2 세트(즉, 850*)와 연관된 참조 특징적인 특성(즉, 604*)을 획득하는 단계. 이것은 이미 검증 유닛(602)의 문맥에서 설명되었다. 나아가, 검증 유닛(802)은 현재 제2 신경망(338)이 사용중인 신경망 파라미터(850*)의 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 실시간 환경 조건에 적합한지 여부를 평가하는 과제를 맡는다.
- [0137] - 테스트 신호(320) 및/또는 테스트 이미지(322)에 기반하여 상술된 바와 같이 실시간으로 테스트 특징적인 특성을 계산하는 단계;
- [0138] - 참조 특징적인 특성에 대해 테스트 특징적인 특성의 비교를 수행하는 단계;
- [0139] - 비교에 기반하여 행동을 취하는 단계.
- [0140] 비제한적 예시로, 비교는 대응하는 특징적인 특성의 쌍(참조 대 테스트) 간의 거리 측정의 계산을 수반할 수 있다. 검증 유닛(802)은 비교에 기반하여 행동을 취한다. 예를 들어, 거리 측정이 특정 임계치 아래인 경우, 검증 유닛(802)은 제2 신경망(338)이 사용하는 파라미터(850*)의 현재 제2 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 장면에 적절하고, 특정 추가 행동이 필요하지 않을 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 하지만, 하나 이상의 거리 측정이 임계치 위인 경우, 검증 유닛(802)은 제2 신경망(338)이 사용하는 파라미터(850*)의 현재 제2 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 장면에 적합하지 않다는 결론을 내릴 수 있다. 이 경우, 추가 행동, 예컨대 알람 트리거링이 필요할 수 있다.
- [0141] 검증 유닛(802)은 제2 신경망(338)이 사용하는 파라미터(850*)의 현재 제2 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 장면에 적절하지 않지만, 제1 신경망(318)이 사용하는 파라미터(640*)의 현재 제1 세트가 적절하거나, 그 반대라는 결론을 내릴 수 있다는 것을 유의하여야 한다.
- [0142] 비교 단계의 보다 진보한 버전에서, 검증 유닛(802)은 테스트 특징적인 특성을 병렬로 또는 직렬로, 파라미터(850A, 850B, ...)의 각 제2 세트와 연관된 참조 특징적인 특성(604A, 604B, ...)의 각 세트와 비교할 수 있다. 이것은 검증 유닛(802)이 파라미터(850*)로 제2 신경망(338)에 공급될 가장 적절한 파라미터의 제2 세트를 선택할 수 있게 한다. 다시 말해, 파라미터(850*)의 선택은 현재 환경 대 훈련이 수행되고 파라미터의 개별 제2 세트(850A, 850B, ...)를 도출한 모든 이전 환경의 특징적인 특성의 비교에 기반할 수 있다.
- [0143] 통상의 기술자는 상술한 시스템 및/또는 방법이 앵커로서 특징적인 특성을 사용할 수 있음을 이해할 것이다. 구체적으로, 실시간 동작 동안, 방법 및/또는 시스템은 특징적인 특성을 모니터링하고, 훈련 세트(즉, 제2 신경망(338)을 훈련하기 위해 사용되는 데이터)가 유효하지 않을 때 결정하도록 구성된다.
- [0144] 통상의 기술자는 검증이 시스템 또는 방법이 명시된 바와 같이 수행하는 정도를 결정하는 프로세스라는 점도 이해할 것이다. 검증은 차량이 새 시나리오, 환경, 지리적 설정, 규제 기관, 인증에 놓이거나 새 소프트웨어 설치 후에 고려될 수 있다.
- [0145] 신경망 기반 인지 방식은 검증을 위한 라벨링된 데이터 세트 생성을 필요로 할 수 있는데, 비용이 들고 시간을 소비하는 절차일 수 있다. 대안적으로, 참조 센서(즉, 기본 참조 센서)와 제조 센서의 사용은 검증 절차를 더 효

율적으로 만들 수 있다. 특히, 두 병렬 인지 시스템이 테스트 시나리오에서 구현될 수 있는데, 하나는 참조 센서로부터의 참조 데이터에 기반하고 다른 것은 제조 센서로부터의 테스트 데이터에 기반한다. 결과가 비교될 수 있고, 테스트 데이터의 성능이 참조 데이터에 비해 측정될 수 있다. 따라서 검증은 성능이 테스트 시나리오에 대해 충분히 좋은지 여부에 대한 평가를 제공한다.

- [0146] 따라서, 이제 인지 시스템(100)을 사용하여 인지 시스템(300)의 결과를 검증하기 위한 환경이 도시되는 도 9를 참조한다.
- [0147] 특히, 인지 시스템(100)이 다음을 포함함을 상기할 것이다.
- [0148] - 제1 센서(즉, 참조 센서(302))로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제1 이미지를 포함하는 참조 데이터(106)로 변환하도록 구성되는 RDF 유닛(108);
- [0149] - 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제1 이미지를 처리하도록 구성되는 FLD 유닛(110). 이들 관심 영역은 신호(114)에 전달될 수 있다;
- [0150] - 제1 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 감지 및 분류를 수행하기 위하여 신호(114)를 처리하도록 구성되는 신경망(112).
- [0151] 인지 시스템(300)이 다음을 포함함을 상기할 것이다.
- [0152] - 제2 센서(즉, 제조 센서(304))의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제2 이미지를 포함하는 테스트 데이터(322)로 변환하도록 구성되는 제1 신경망(318);
- [0153] - 상기 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제2 이미지를 처리하도록 구성되는 FLD 유닛(324). 이들 관심 영역은 신호(326)에 전달될 수 있다;
- [0154] - 제2 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제2 감지 및 분류를 수행하기 위하여 신호(326)를 처리하도록 구성되는 제2 신경망(338).
- [0155] 인지 시스템(100)이 수행하는 제1 감지 및 분류(감지 신호(116)와 분류 신호(118)로 표현)와 인지 시스템(300)이 수행하는 제2 감지 및 분류의 결과(감지 신호(330)와 분류 신호(332)로 표현)에 기반하여, 검증 유닛(902)은 인지 시스템(300)의 성능(그리고 특히, 제1 신경망(338) 및/또는 제2 신경망(338)의 성능)을 검증하도록 구성된다.
- [0156] 비제한적 예시로, 비교는 대응하는 감지 결과의 세트 간의 거리 측정의 계산을 수반할 수 있다. 검증 유닛(902)은 비교에 기반하여 행동을 취한다. 예를 들어, 거리 측정이 특정 임계치 아래인 경우, 검증 유닛(902)은 인지 시스템(300)의 제1 및 제2 신경망(318, 338)이 현재 사용하는 파라미터의 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 장면에 적절하고, 특정 추가 행동이 필요하지 않다는 결론을 내릴 수 있다. 하지만, 하나 이상의 거리 측정이 임계치 위인 경우, 검증 유닛(902)은 제1 신경망(318) 및/또는 제2 신경망(338)이 현재 사용하는 파라미터의 세트가 제조 센서(304)가 노출되는 장면에 적합하지 않다는 결론을 내릴 수 있다. 이 경우, 추가 행동, 예컨대 알람 트리거링이 필요할 수 있다.
- [0157] 이와 같이, 제1 센서의 세트에 동작 가능하게 연결된 제1 인지 시스템, 제2 센서의 세트에 동작 가능하게 연결된 제2 인지 시스템, 검증 유닛이 제공되었다. 제1 인지 시스템, 제2 인지 시스템 및 검증 유닛의 일부 또는 전부는 컴퓨팅 장치에 의하여 구현될 수 있다. 도 10을 참조하면, 컴퓨팅 장치는 다음을 위해 구성될 수 있다: 제1 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제1 이미지로 변환하는 단계(1002); 특정 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제1 이미지를 처리하는 단계(1004); 제1 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제1 감지 및 분류를 수행하는 단계(1006); 신경망을 사용하여 제2 센서의 세트로부터 획득한 신호를 깊이 정보를 포함하는 제2 이미지로 변환하는 단계(1008); 기준을 만족하는 명시되지 않은 객체를 포함하는 관심 영역을 식별하기 위하여 제2 이미지를 처리하는 단계(1010); 제2 이미지의 관심 영역의 알려진 객체의 제2 감지 및 분류를 수행하는 단계(1012); 및 제1 객체 감지 및 분류와 제2 객체 감지 및 분류 결과에 기반하여 신경망의 성능을 검증하는 단계(1014).
- [0158] 통상의 기술자는 본 명세서에서 지칭되는 신경망은 몇몇 비제한적 가능성을 들자면 퍼셉트론, 컨볼루션 신경망, 순환 신경망, 장기/단기 메모리, 게이트 순환 유닛, 홉필드 네트워크, 볼츠만 머신, 심층 신뢰망, 오토인코더 및 적대적 생성 신경망을 포함하여 다른 실시예에서 다양한 형태를 취할 수 있음을 이해할 것이다.
- [0159] 통상의 기술자는 본 명세서에 서술되는 인지 시스템이 자율 주행, 반자율 주행 또는 다양한 타입의 보조 육상

차량(바퀴 또는 궤도), 배, 수중 차량, 공중 차량(드론과 같은) 및 우주 차량을 포함하여 다양한 상업적 응용에 적용 가능함을 이해할 것이다. 이러한 차량은 사람이 타거나 타지 않을 수 있고, 승객이나 화물을 운반할 수 있다. 인지 시스템은 이동식 또는 지상의 참조점에 고정될 수 있다.

- [0160] 시스템에 대한 임의의 참조는 시스템이 실행하는 방법 및/또는 시스템이 실행할 때 시스템으로 하여금 방법을 실행하게 하는 명령어를 저장하는 컴퓨터 프로그램 제품에 필요한 부분만 약간 수정하여 적용되어야 한다.
- [0161] 방법에 대한 임의의 참조는 방법을 실행하도록 구성되는 시스템 및/또는 시스템이 실행할 때 시스템으로 하여금 방법을 실행하게 하는 명령어를 저장하는 컴퓨터 프로그램 제품에 필요한 부분만 약간 수정하여 적용되어야 한다.
- [0162] 컴퓨터 프로그램 제품에 대한 임의의 참조는 시스템이 실행하는 방법 및/또는 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 매체에 저장된 명령어를 실행하도록 구성되는 시스템에 필요한 부분만 약간 수정하여 작용되어야 한다.
- [0163] 통신 채널이나 통신 유닛에 대한 임의의 참조는 무선이나 유선, 직접 링크나 간접 링크, 셀룰러 통신, 위성 통신, Wi-Fi 통신 등과 같은 임의의 타입의 통신 링크 및/또는 채널을 포함할 수 있다.
- [0164] 컴퓨터화된 시스템에 대한 임의의 참조는 적어도 하나의 하드웨어 프로세서, 하드웨어 메모리 유닛 등을 포함하는 하나 이상의 컴퓨터를 지칭한다.
- [0165] 용어 "및/또는"은 추가적 또는 대안적이다.
- [0166] 같은 기능을 달성하기 위한 컴포넌트의 임의의 배열은 원하는 기능을 달성하도록 효과적으로 "연관된다". 따라서, 본 명세서에서 특정 기능을 달성하도록 조합되는 임의의 두 컴포넌트는 구조나 중간매개 컴포넌트와 상관없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관"되는 것으로 볼 수 있다. 유사하게, 이렇게 연관된 임의의 두 컴포넌트는 원하는 기능을 달성하도록 서로 "작동 가능하게 연결"되거나 "작동 가능하게 결합"되는 것으로도 볼 수 있다.
- [0167] 나아가, 통상의 기술자는 상술한 동작 간의 경계는 예시적인 뿐임을 이해할 것이다. 다수의 동작은 하나의 동작으로 조합될 수 있고, 단일 동작은 다수의 동작으로 나누어질 수 있고 동작은 시간상 적어도 부분적으로 중첩되어 실행될 수 있다. 나아가, 대안적인 실시예는 특정 동작의 다수의 인스턴스를 포함할 수 있고, 동작의 순서는 다양한 다른 실시예에서 바뀔 수 있다.
- [0168] 또한 예를 들어, 일실시예에서, 설명되는 예시는 단일 집적 회로나 같은 장치 내에 위치한 회로로 구현될 수 있다. 대안적으로, 예시는 유사한 방식으로 서로 상호 연결된 임의의 수의 개별 집적 회로나 개별 장치로 구현될 수 있다.
- [0169] 또한 예를 들어, 예시나 그 일부는 임의의 적절한 타입의 하드웨어 기술 언어와 같은 물리적 회로나 물리적 회로로 변환 가능한 논리적 표현의 소프트나 코드 표현으로 구현될 수 있다.
- [0170] 또한, 특정 특징이나 실시예의 구현은 비프로그램 가능한 하드웨어로 구현되는 물리적 장치나 유닛으로 제한되지 않지만 본 출원에서 "컴퓨터 시스템"으로 공통적으로 표기한 수 있는 메인프레임, 마이크로컴퓨터, 서버, 워크스테이션, 퍼스널 컴퓨터, 노트북, 개인 휴대용 정보 단말기, 전자 게임, 자동차나 다른 내장 시스템, 휴대전화와 다른 다양한 무선 장치와 같은 적절한 프로그램 코드에 따라 구동함으로써 원하는 장치 기능을 수행할 수 있는 프로그램 가능한 장치나 유닛에도 적용될 수 있다.
- [0171] 특정 실시예는 적어도 컴퓨터 시스템과 같은 프로그램 가능한 장치 상에서 실행될 때 본 발명에 따른 방법의 단계를 수행하거나 프로그램 가능한 장치가 본 발명에 따른 장치나 시스템의 기능을 수행할 수 있게 하기 위한 코드 부분을 포함하여 컴퓨터 시스템 상에서 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램을 형성할 수 있는 명령어를 저장하는 비일시적인 컴퓨터 프로그램 제품에 구현될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램은 저장 시스템으로 하여금 디스크 드라이브를 디스크 드라이브 그룹에 할당하게 야기할 수 있다.
- [0172] 컴퓨터 프로그램은 특정 애플리케이션 프로그램 및/또는 운영체제와 같은 명령어의 목록이다. 컴퓨터 프로그램은 예를 들어 다음 중 하나 이상을 포함할 수 있다: 서브루틴, 함수, 프로시저, 객체 메소드, 객체 구현, 실행 가능한 애플리케이션, 애플릿, 서블릿, 소스 코드, 객체 코드, 공유된 라이브러리/다이나믹 로드 라이브러리 및/또는 컴퓨터 시스템 상의 실행을 위해 설계된 명령어의 다른 시퀀스. 컴퓨터 프로그램은 비일시적인 컴퓨터 프로그램 제품 내부에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 전부 또는 일부는 영구하게, 제거 가능하게 또는 원격으로 정보 처리 시스템에 연결된 컴퓨터 판독 가능한 매체에 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 예컨

대 제한 없이, 다음 중 임의의 수를 포함할 수 있다: 디스크와 테이프 저장 매체를 포함하는 자기 저장 매체; 콤팩트 디스크 매체(예컨대, CD-ROM, CD-R 등)와 디지털 비디오 디스크 저장 매체와 같은 광학 저장 매체; 플래시 메모리, EEPROM, EPROM, ROM과 같은 반도체 기반 메모리 유닛을 포함하여 비휘발성 메모리 저장 매체; 강자성 디지털 메모리; MRAM; 레지스터, 버퍼나 캐시, 메인 메모리, RAM 등을 포함하여 휘발성 저장 매체.

[0173] 컴퓨터 프로세스는 일반적으로 실행(가동) 중인 프로그램이나 프로그램의 일부, 현재 프로그램값과 상태 정보, 운영체제가 프로세스의 실행을 관리하기 위해 사용하는 리소스를 포함한다. 운영체제(OS)는 컴퓨터의 리소스의 공유를 관리하고 이들 리소스에 접근하는데 사용되는 인터페이스를 프로그램에 제공하는 소프트웨어이다. 운영체제는 시스템 데이터와 사용자 입력을 처리하고, 작업과 내부 시스템 리소스를 시스템의 사용자와 프로그램에 할당하고 관리함으로써 응답한다.

[0174] 컴퓨터 시스템은 예컨대 적어도 하나의 프로세싱 유닛, 연관된 메모리 및 다수의 입력/출력(I/O) 장치를 포함할 수 있다. 컴퓨터 프로그램을 실행할 때, 컴퓨터 시스템은 컴퓨터 프로그램에 따라 정보를 처리하고 I/O 장치를 통해 결과인 출력 정보를 생성한다.

[0175] 도 11은 컴퓨팅 장치의 블록도인데, 상기 기능 중 하나 이상을 구현하기 위해 사용되는 컴퓨팅 장치(1110)를 나타낼 수 있다. 컴퓨팅 장치(1110)는 프로세서(1120)와 프로세서(1120)가 읽고 실행하고, 이로써 프로세서(1120)로 하여금 다양한 방법과 프로세스를 수행하게 하는 컴퓨터 판독가능한 명령어를 저장하는 메모리(1130)를 포함한다. I/O(1140)는 센서 신호를 수신하고 컴퓨팅 장치로부터 신호를 출력한다. 버스(1150)는 프로세서(1120), 메모리(1130) 및 네트워크 I/O(1140)의 상호 연결을 가능하게 할 수 있다.

[0176] 본 명세서에 서술되는 바와 같이, "컴퓨터 구현 방법"은 반드시 한 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 것을 뜻할 필요 없고 방법의 단계가 하나 이상의 협업하는 컴퓨팅 장치에 의해 수행될 수 있다.

[0177] 특정 실시예는 예컨대 다른 WLAN 표준이나 다른 무선 표준을 포함하여 다양한 네트워크 표준과 다양한 애플리케이션에 따를 수 있다. 참조 센서(102)와 제조 센서(102)의 경우일 수 있는데, 그 출력을 유선이나 무선 기술을 통해 전송할 수 있다. 본 명세서의 문맥에서, 용어 "무선"과 그 파생물은 비고체 매체를 통해 변조된 전자기 방사선의 사용을 통해 데이터를 통신할 수 있는 회로, 장치, 시스템, 방법, 기술, 통신 채널 등을 서술하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예에서 그렇지 않더라도, 용어는 연관된 장치가 임의의 배선을 포함하지 않음을 내포하지 않는다. 본 명세서의 문맥에서, 용어 "유선"과 그 파생물은 고체 매체를 통해 변조된 전자기 방사선의 사용을 통해 데이터를 통신할 수 있는 회로, 장치, 시스템, 방법, 기술, 통신 채널 등을 서술하는데 사용될 수 있다. 용어는 연관된 장치가 전기 전도적 배선에 의해 결합됨을 내포하지 않는다.

[0178] 본 명세서의 논의 전체에 걸쳐 "처리", "계산", "산출", "결정", "분석" 등과 같은 용어를 사용은 물리적, 예컨대 전자적 양을 나타내는 데이터를 물리적 양으로 유사하게 나타나는 다른 데이터로 조작 및/또는 변환하는 컴퓨터나 컴퓨팅 시스템 또는 다른 유사한 전자적 컴퓨팅 장치의 행동 및/또는 프로세스를 지칭한다.

[0179] 유사한 방식으로, 용어 "프로세서"는 예컨대 레지스터 및/또는 메모리로부터의 전자 데이터를 처리하여 전자 데이터를 예컨대 레지스터 및/또는 메모리에 저장될 수 있는 다른 전자 데이터로 변환하는 임의의 장치나 장치의 일부를 지칭할 수 있다. "컴퓨터"나 "컴퓨팅 장치"나 "컴퓨팅 머신"이나 "컴퓨팅 플랫폼"은 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 서술되는 방법론은 한 예시적인 실시예에서, 프로세서 중 하나 이상에 의해 실행될 때 본 명세서에 서술되는 방법 중 적어도 하나를 실행하는 명령어의 세트를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한(기계 판독 가능하다고 함) 코드를 받아들이는 하나 이상의 프로세서에 의해 수행 가능하다. 취해질 행동을 명시하는 명령어의 세트(일련의 또는 다른)를 실행할 수 있는 임의의 프로세서가 포함된다. 따라서, 한 예시는 하나 이상의 프로세서를 포함하는 일반적인 프로세싱 시스템이다. 프로세싱 시스템은 메인 RAM 및/또는 스택 RAM 및/또는 ROM을 포함하는 메모리 서브시스템을 더 포함할 수 있다.

[0180] 나아가, 컴퓨터 판독 가능한 운반 매체는 컴퓨터 프로그램 제품을 형성하거나 포함될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터 사용 가능한 운반 매체에 저장될 수 있고, 컴퓨터 프로그램 제품은 프로세서로 하여금 본 명세서에 서술되는 바와 같은 방법을 수행하도록 야기하는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 수단을 포함한다.

[0181] 본 명세서 전체에 걸쳐 "일 실시예", "예시적인 실시예" 또는 "실시예"의 지칭은 실시예와 관련하여 서술되는 특정한 특징, 구조나 특성이 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함됨을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전체에 걸쳐 다양한 곳에서 구절 "일 실시예에서", "예시적인 실시예에서", "실시예에서"가 나타나는 것은 전부 반드시 같은 실시예를 지칭하는 것을 아니지만, 그럴 수도 있다. 나아가, 특정한 특징, 구조나 특성은 하나 이상의 실시예에서 본 명세서로부터 통상의 기술자에게 명백한 임의의 적절한 방식으로 조합될 수 있다. 유사하게 예시적인

실시예의 위 서술에서 본 명세서를 간소화하고 다양한 독창적인 태양 중 하나 이상의 이해를 도우려는 목적으로 다양한 특징이 때때로 한 실시예, 도면이나 그 설명에서 같이 묶임을 이해하여야 한다. 하지만 본 명세서의 이 방법은 청구되는 발명이 각 청구항에 명시적으로 기재되는 것보다 많은 특징을 요구하는 의도를 반영하는 것으로 해석되어서는 안된다. 오히려, 다음 청구항이 반영하는 바와 같이, 독창적인 태양은 상술한 단일 실시예의 모든 특징보다 적은데 있을 수 있다. 따라서, 발명의 상세한 설명 이후의 청구항은 본 상세한 설명에 명시적으로 통합되고, 각 청구항은 그 자체로 개별 실시예를 나타낸다. 나아가, 본 명세서에 서술되는 일부 실시예가 다른 실시예에 포함되는 다른 특징이 아닌 일부를 포함하지만, 통상의 기술자가 이해하는 바와 같이 다른 실시예의 특징의 조합은 발명의 범위에 속하는 것을 의미하고, 다른 실시예를 형성한다. 예를 들어, 다음 청구항에서, 청구되는 실시예 중 임의의 것은 임의의 조합으로 사용될 수 있다.

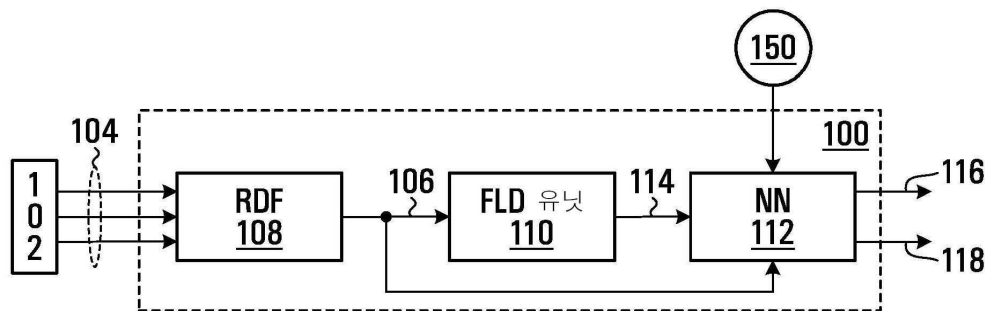
[0182] 하지만, 다른 수정, 변형 및 대안도 가능하다. 따라서 명세서와 도면은 제한적인 의미가 아니라 설명으로 간주된다.

[0183] 다르게 언급되지 않는 한, "제1", "제2"와 같은 용어는 이러한 용어가 서술하는 요소 간에 임의적으로 구별하기 위해 사용된다. 따라서, 이들 용어는 반드시 이러한 요소의 시간적 또는 다른 우선순위를 나타내는 의도가 아니고 특정 표시가 상호 다른 청구항에 기재된다는 사실이 이들 표시의 조합이 유리하게 사용될 수 없다는 것을 나타내는 것이 아니다.

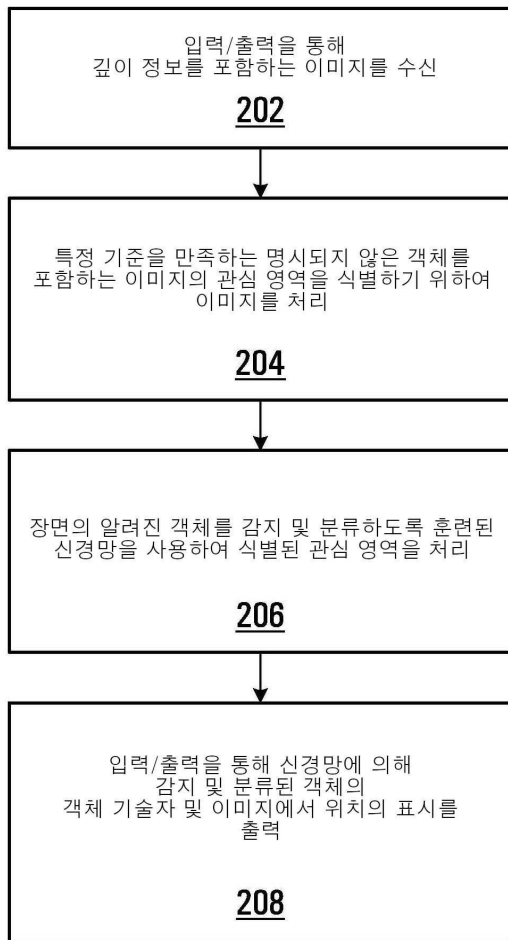
[0184] 상기 명세서에서, 본 발명은 실시예의 특정 예시를 참조하여 서술되었다. 하지만, 다양한 수정과 변경이 첨부된 청구범위의 발명의 범위를 벗어나지 않고 이루어질 수 있음이 명백할 것이다.

도면

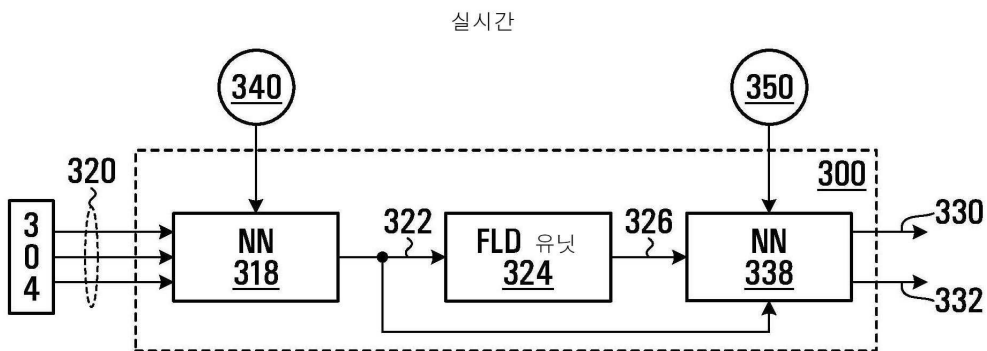
도면1



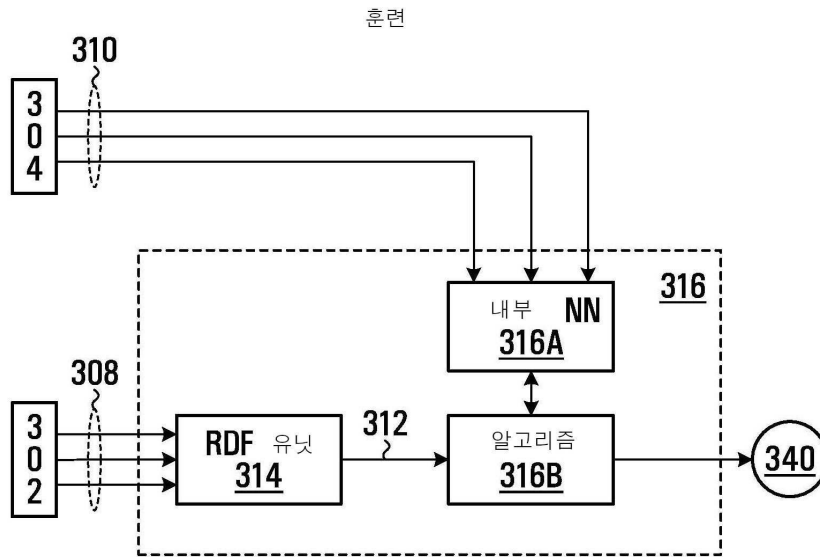
도면2



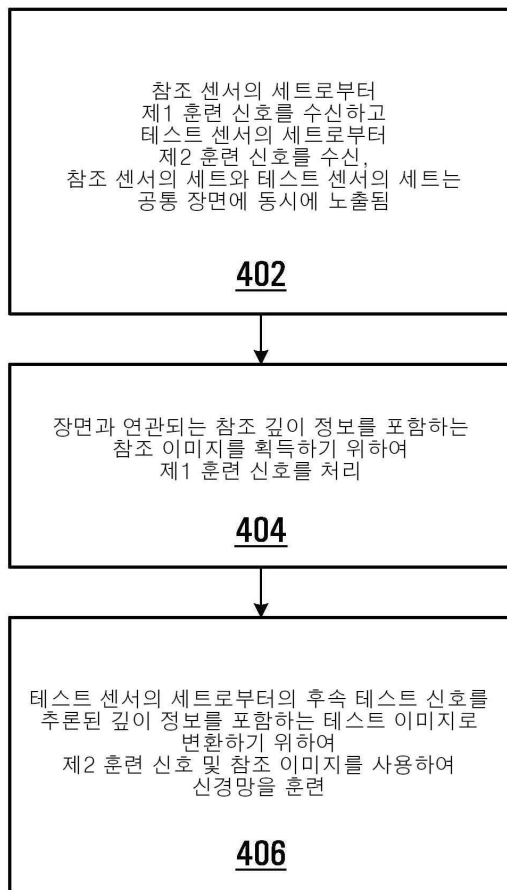
도면3a



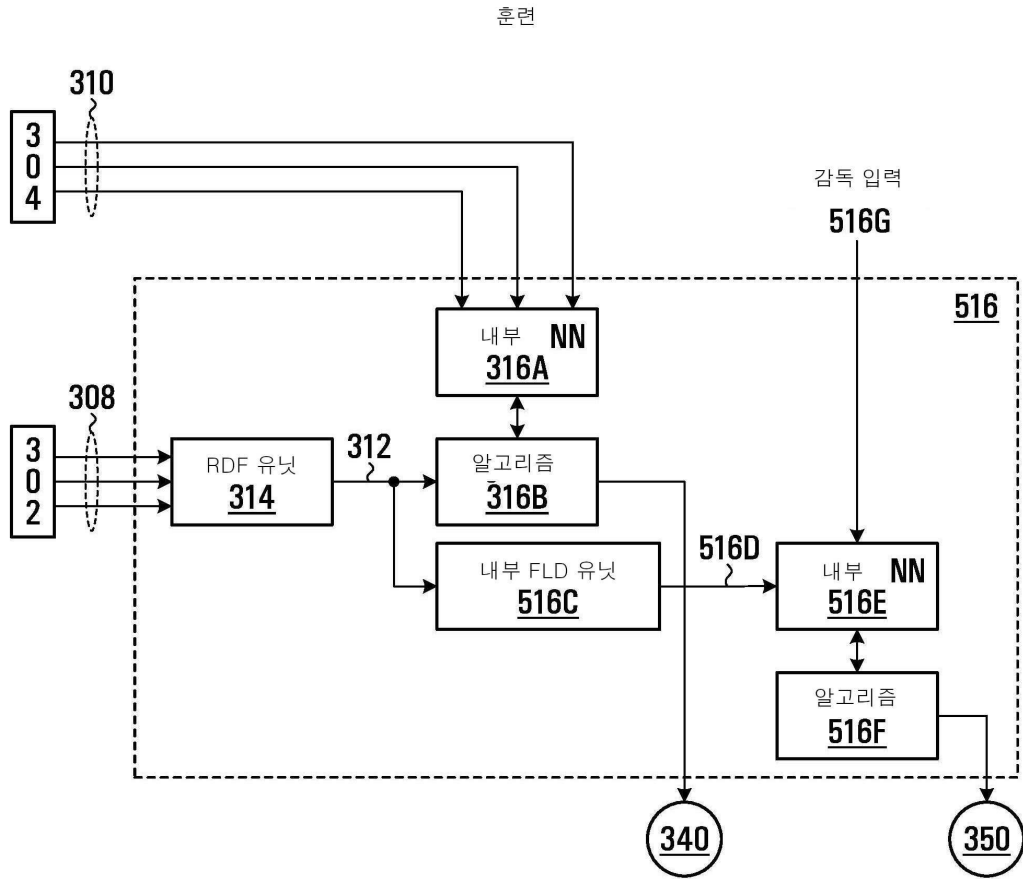
도면3b



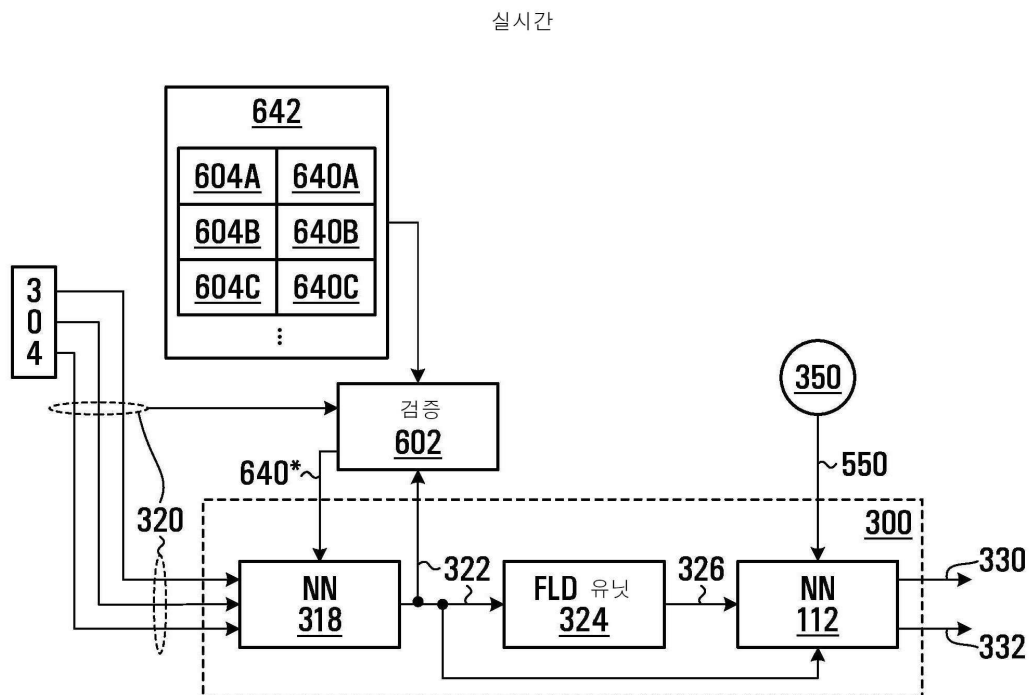
도면4



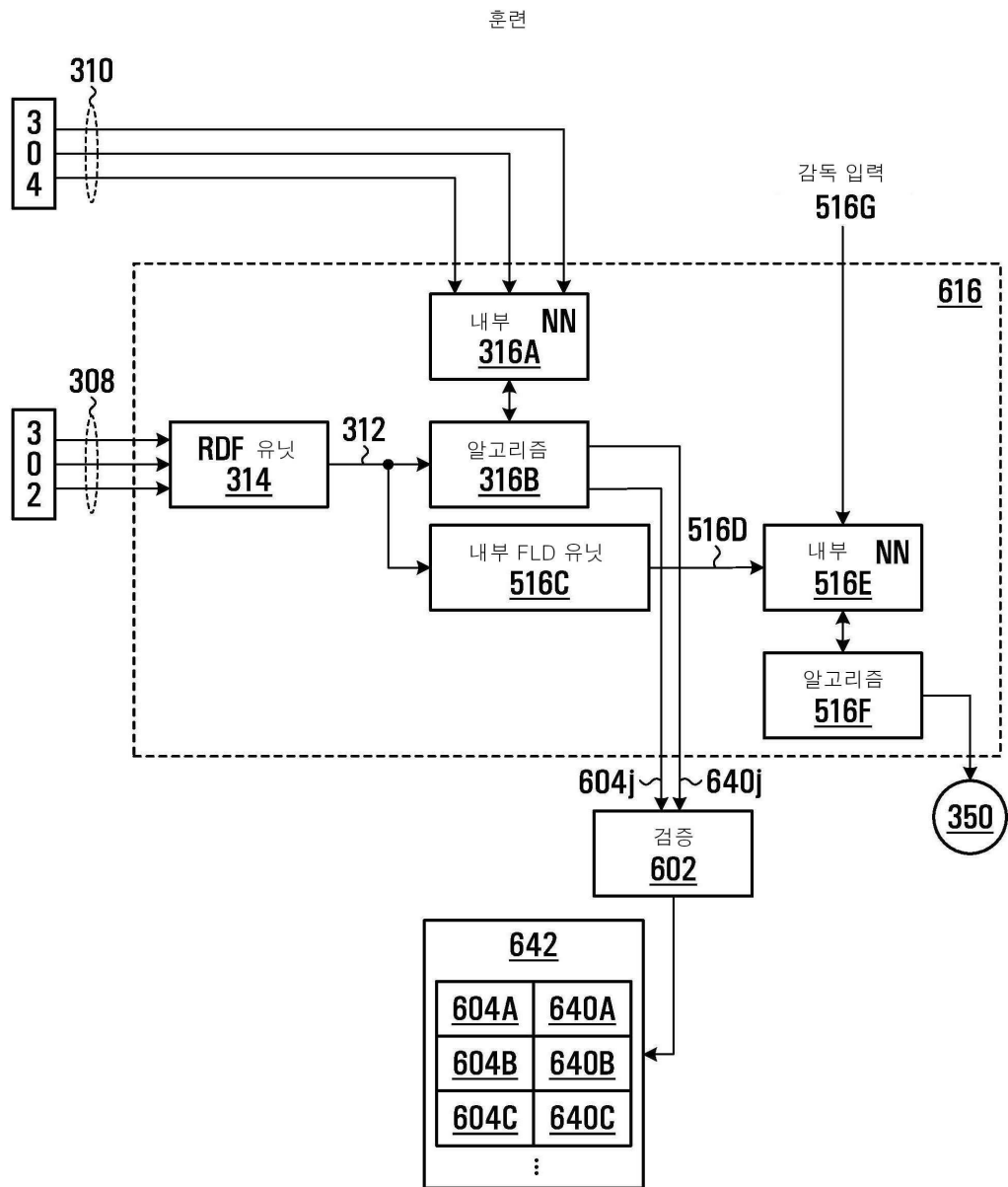
도면5



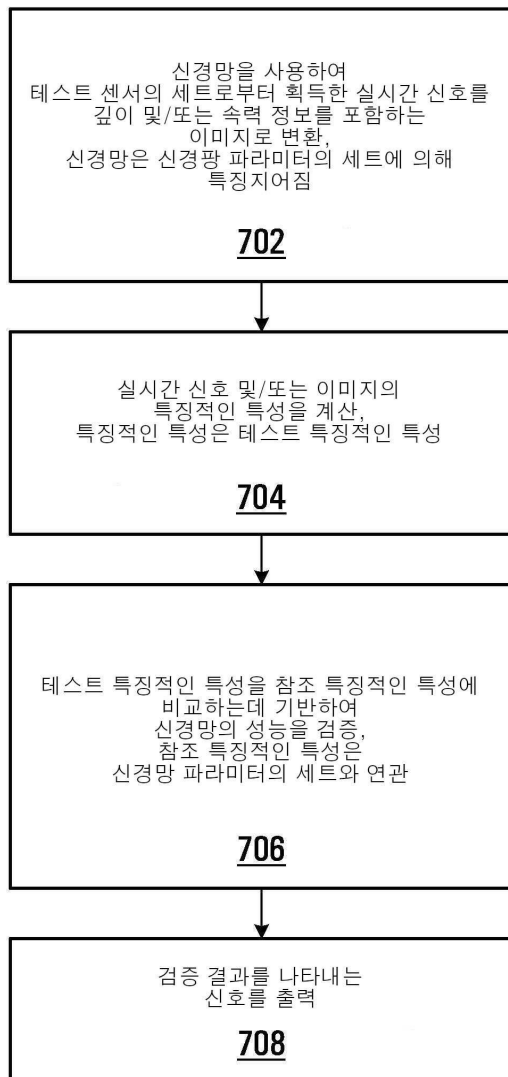
도면6a



도면 6b

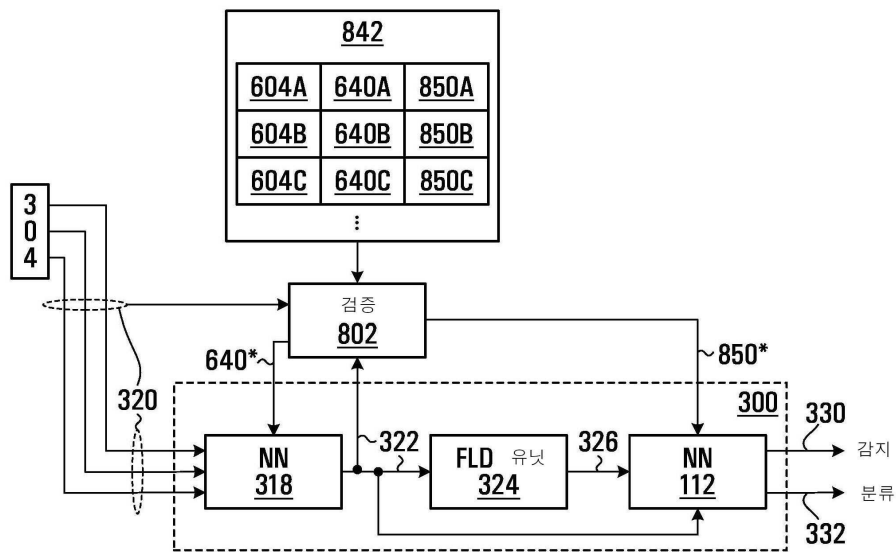


도면7

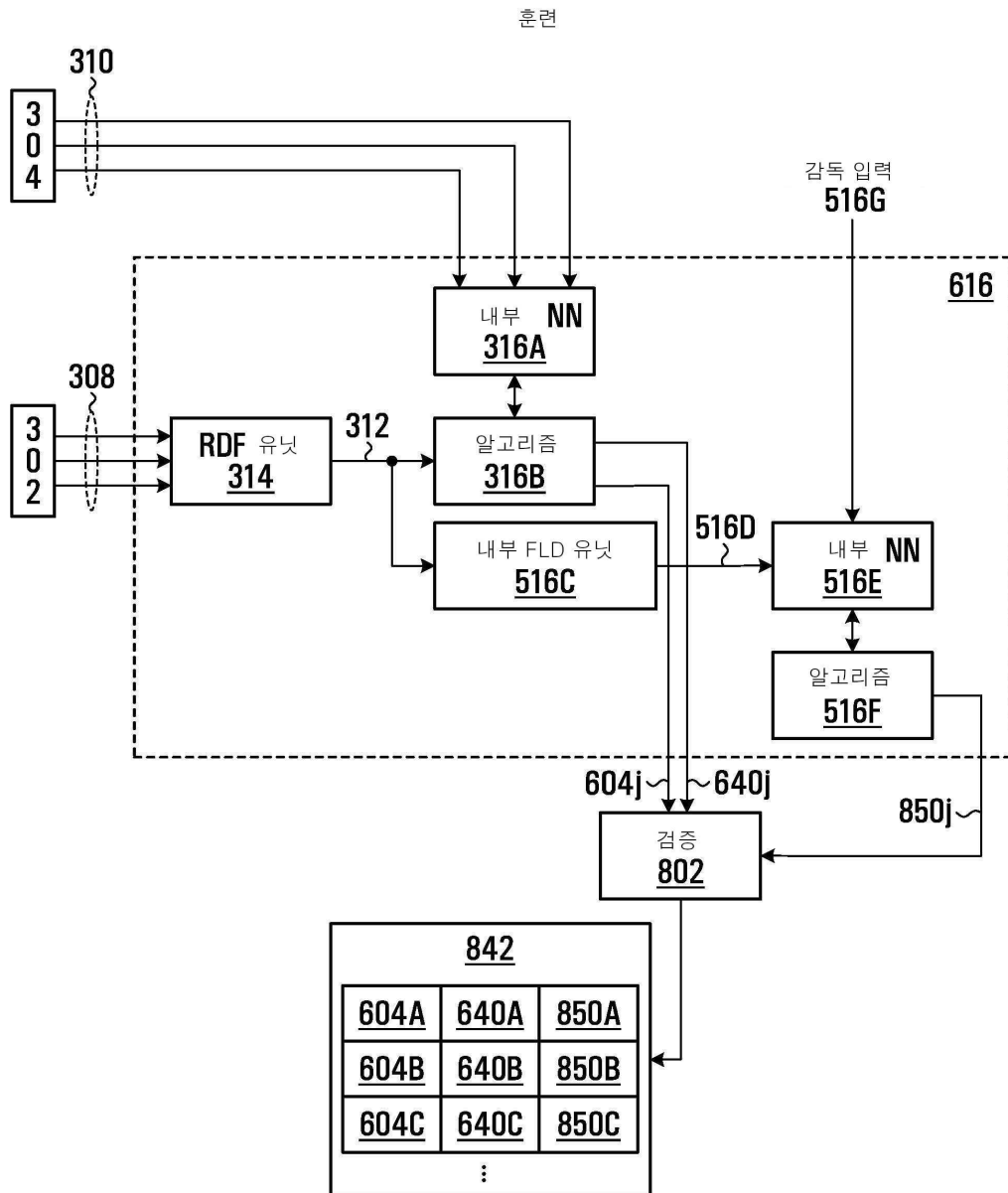


도면 8a

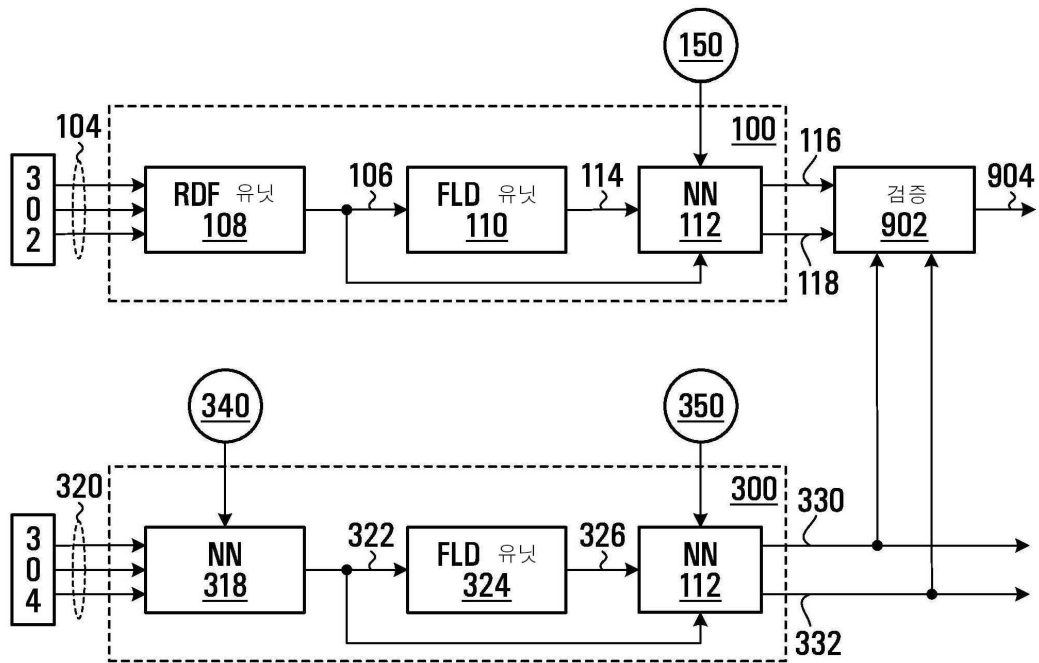
실시간



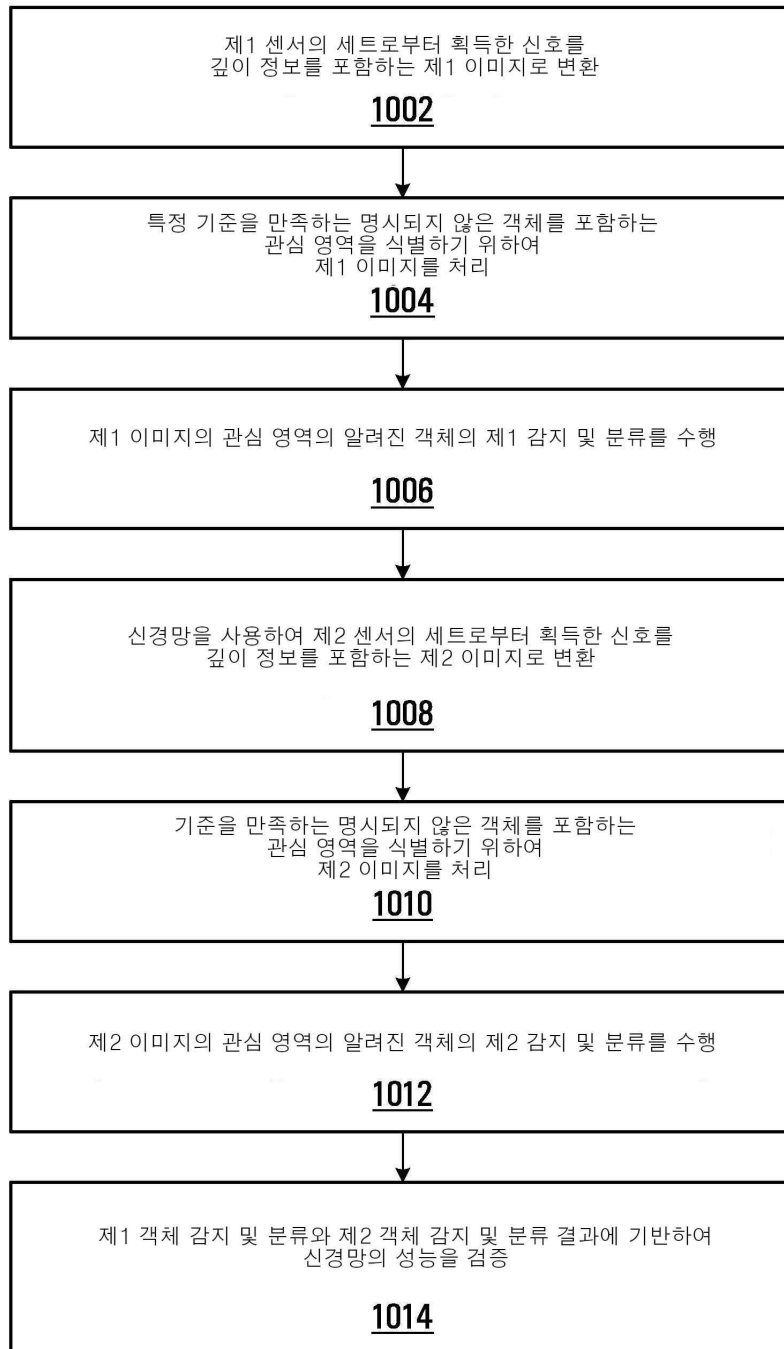
도면 8b



도면9



도면10



도면11

