(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월16일
(11) 등록번호 10-1482970
(24) 등록일자 2015년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/20 (2006.01) *G06K 9/46* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0014470
(22) 출원일자 2014년02월07일
심사청구일자 2014년02월07일
(56) 선행기술조사문헌
홍준혁, 고병철, 남재열, "가중치 기반 Bag-of-Feature와 앙상블 결정 트리를 이용한 정지 영상에서의 인간 행동 인식", 한국통신학회논문지, vol.38A, no.1, pp.1-9, 2013년 1월.
Holt, Brian, et al. "Putting the pieces together: Connected poselets for human pose estimation." Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011.
Tang, Danhang, Yang Liu, and Tae-Kyun Kim. "Fast Pedestrian Detection by Cascaded Random Forest with Dominant Orientation Templates." BMVC. 2012.

(73) 특허권자
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)
(72) 발명자
고병철
대구광역시 수성구 동대구로 345 범어역우방유쉘 3306호
홍준혁
경상북도 경산시 둥지로19길 6
남재열
대구광역시 수성구 지범로40길 11 서한화성아파트 103동 1401호
(74) 대리인
김건우

전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 이주미

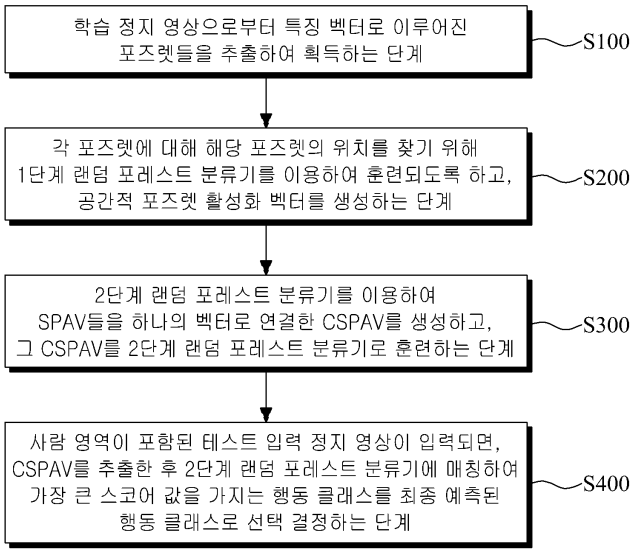
(54) 발명의 명칭 **행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법**

(57) 요 약

본 발명은 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법으로서, (1) 포즈렛 검출부가 입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하는 단

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



계; (2) 행동 인식 학습부가 상기 단계 (1)에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 훈련되도록 하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성하는 단계; (3) 행동 인식 학습부가 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 상기 단계 (2)에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기로 훈련하는 단계; 및 (4) 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 행동 인식 판단부가 상기 단계 (1) 내지 단계 (3)의 과정을 통해 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템 및 방법에 따르면, OCS-LBP 특징을 이용하여 포즈렛을 학습하고, 입력 영상으로부터 포즈렛을 탐색하고 확률 값을 누적하여 생성한 CSPAV를 랜덤 포레스트에 학습시켜 인식하도록 하는 2단계 분류 모델을 사용한 포즈렛 기반의 행동 인식이 가능하도록 할 수 있다.

또한, 본 발명에 따르면, 이진 분류 기능의 1단계 랜덤 포레스트 분류기와 다중 클래스 분류 기능의 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 훈련된 검출기로 적용함으로써, 입력되는 테스트 정지 영상의 행동 인식의 선택 결정 시에 계산 량을 줄이고, 정확도가 향상될 수 있도록 할 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2012-05-A-03-031-12-010100
부처명	교육과학기술부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	지역 혁신 인력 양성 산업
연구과제명	시각장애인을 위한 비전 장면 해석 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	계명대학교
연구기간	2013.04.01 ~ 2014.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템으로서,

입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하기 위한 포즈렛 검출부(110);

상기 포즈렛 검출부(110)에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용하여 훈련하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성하며, 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 이용하여 상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)로 훈련하는 행동 인식 학습부(120); 및

사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 상기 행동 인식 학습부(120)의 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)와 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)에 순차로 적용하여 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 행동 인식 판단부(130)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 포즈렛 검출부(110)는,

상기 포즈렛들을 추출 획득하기 위해 주석 정보와 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 이용한 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection; 이하 'ASPS'라 칭함) 알고리즘(111)을 적용하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 주석 정보는,

사람의 주요 관절 위치를 표기한 정보인 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 포즈렛 검출부(110)는,

학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 램덤하게 예제 패치들을 생성하고, 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection) 알고리즘(111)을 적용하여 포즈렛으로 군집화하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 포즈렛 검출부(110)는,

상기 학습 정지 영상으로부터 사람 영역을 탐색하여 검출하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 포즈렛 검출부(110)는,

상기 포즈렛을 ASPS 알고리즘(111)을 적용하여 군집화할 때, 해당 포즈렛 예제 패치들에 대한 분포를 구하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 행동 인식 학습부(120)는,

상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용한 OCS-LBP(Oriented Center-symmetric Local Binary Patterns) 특징으로 상기 포즈렛들을 학습하여 훈련시키는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 행동 인식 학습부(120)는,

상기 검출된 포즈렛들의 스코어 값을 합하여 누적시키는 방식으로 상기 SPAV를 생성하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 행동 인식 학습부(120)는,

상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이진 분류기로 사용하고, 상기 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 최종 다중 클래스 분류기(Final multi-class classifier)로 사용하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템.

청구항 10

행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법으로서,

(1) 포즈렛 검출부(110)가 입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하는 단계;

(2) 행동 인식 학습부(120)가 상기 단계 (1)에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용하여 훈련되도록 하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성하는 단계;

(3) 행동 인식 학습부(120)가 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 이용하여 상기 단계 (2)에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)로 훈련하는 단계; 및

(4) 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 행동 인식 판단부(130)가 상기 단계 (1) 내지 단계 (3)의 과정을 통해 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 단계 (1)에서는,

상기 포즈렛들을 추출 획득하기 위해 주석 정보와 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 이용한 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection; 이하 'ASPS'라 칭함) 알고리즘(111)을 사용하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 주석 정보는,

사람의 주요 관절 위치를 표기한 정보인 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 단계 (1)에서는,

(1-1) 학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 랜덤하게 예제 패치들을 생성하는 단계; 및

(1-2) 상기 단계 (1-1)에서 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection) 알고리즘(111)을 통해 포즈렛으로 군집화하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 단계 (1-1)에서는,

상기 학습 정지 영상으로부터 사람 영역을 탐색하여 검출하는 과정을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 단계 (1-2)에서는,

상기 포즈렛을 ASPS 알고리즘(111)을 통해 군집화할 때, 해당 포즈렛 예제 패치들에 대한 분포를 구하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

상기 행동 인식 학습부(120)가 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용한 OCS-LBP(Oriented Center-symmetric Local Binary Patterns) 특징으로 포즈렛들을 학습하여 훈련하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

상기 SPAV를 생성하는 과정으로 검출된 포즈렛들의 스코어 값을 합하여 누적시키는 방식으로 구하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

모든 학습 정지 영상에 대한 SPAV를 생성하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 19

제10항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계 (3)에서는,

상기 행동 인식 학습부(120)가 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 이용하여 모든 학습 정지 영상에 대한 행동 클래스별로 모든 포즈렛을 탐색하여 추출한 SPAV들을 하나의 CSPAV로 연결시키는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)는,

이진 분류기로 기능하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

청구항 21

제19항에 있어서, 상기 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)는,

최종 다중 클래스 분류기(Final multi-class classifier)로 기능하는 것을 특징으로 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사람 행동 인식 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 인간의 행동 인식은 영상 감시, 제스처 인식, 및 인간-컴퓨터 상호 작용과 같은 다양한 애플리케이션에 유용한 메타 데이터를 제공하는 잠재력으로 인해 컴퓨터 분야에서 중요한 연구 분야 중 하나이다. 정지 영상 이미지에서 인간의 행동 인식은 컴퓨터 비전 애플리케이션의 광범위한 사용을 위한 유용한 정보를 제공한다. 모션 정보는 하나의 이미지로부터 추정될 수 없기 때문에 정지 화상의 행동 인식이 어려운 문제로 남아 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 행동 인식 관련된 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 행동 인식을 위한 선행기술로서는, 선행기술 1(대한민국 특허출원 제10-2009-0022584호, 발명의 명칭: 행동인식 시스템 및 방법)과, 선행기술 2(Maji. S, Bourdev. L, Malik. J, "Action recognition from a distributed representation of pose and appearance," IEEE Inter. Conf. on CVPR, pp. 3177-3184, 2011) 등의 참고 문헌이 개시된 바 있다. 선행기술 1은 동영상과, 거리데이터를 획득하는 레이저 스캐너로 영상과 거리 데이터로 전경을 추출하고, 추출된 전경 영상 이미지로부터 대상체의 움직임을 추출하고, 움직임 방향을 특징으로 추출 후 학습되어진 행동 인식 모듈로 인식하는 방법을 개시하고 있다. 선행기술 2는 포즈렛을 Action Specific Selection 알고리즘을 통해 액션에 적합한 포즈렛을 추출하고, 이를 SVM(Support Vector Machine) 분류기를 통

해 학습한 후 디텍팅 된 위치의 스코어 값을 Poselet Activation Vector에 누적시키고, 이후 오브젝트와의 상호작용을 이용한 Object Activation Vector와 영상에서의 다른 사람의 행동들을 고려한 Action Context를 통해 최종 행동을 인식하는 방법을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, OCS-LBP 특징을 이용하여 포즈렛을 학습하고, 입력 영상으로부터 포즈렛을 탐색하고 확률 값을 누적하여 생성한 CSPAV를 랜덤 포레스트에 학습시켜 인식하도록 하는 2단계 분류 모델을 사용한 포즈렛 기반의 행동 인식이 가능하도록 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템 및 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0005] 또한, 본 발명은, 이진 분류 기능의 1단계 랜덤 포레스트 분류기와 다중 클래스 분류 기능의 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 훈련된 검출기로 적용함으로써, 입력되는 테스트 정지 영상의 행동 인식의 선택 결정 시에 계산 량을 줄이고, 정확도가 향상될 수 있도록 하는, 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템 및 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템은,

[0007] 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템으로서,

[0008] 입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하기 위한 포즈렛 검출부;

[0009] 상기 포즈렛 검출부에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 훈련하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성하며, 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기로 훈련하는 행동 인식 학습부; 및

[0010] 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 상기 행동 인식 학습부의 1단계 랜덤 포레스트 분류기와 2단계 랜덤 포레스트 분류기에 순차로 적용하여 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 행동 인식 판단부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 포즈렛 검출부는,

[0012] 상기 포즈렛들을 추출 획득하기 위해 주석 정보와 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 이용한 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection; 이하 'ASPS'라 칭함) 알고리즘을 적용할 수 있다.

[0013] 더욱 바람직하게는, 상기 주석 정보는,

[0014] 사람의 주요 관절 위치를 표기한 정보로 할 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 포즈렛 검출부는,

[0016] 학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 램덤하게 예제 패치들을 생성하고, 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택(Action

Specific Poselet Selection) 알고리즘을 적용하여 포즈렛으로 군집화할 수 있다.

[0017] 더욱 바람직하게는, 상기 포즈렛 검출부는,

[0018] 상기 학습 정지 영상으로부터 사람 영역을 탐색하여 검출할 수 있다.

[0019] 더욱 바람직하게는, 상기 포즈렛 검출부는,

[0020] 상기 포즈렛을 ASPS 알고리즘을 적용하여 군집화할 때, 해당 포즈렛 예제 패치들에 대한 분포를 구할 수 있다.

[0021] 바람직하게는, 상기 행동 인식 학습부는,

[0022] 상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용한 OCS-LBP(Oriented Center-symmetric Local Binary Patterns) 특징으로 상기 포즈렛들을 학습하여 훈련할 수 있다.

[0023] 더욱 바람직하게는, 상기 행동 인식 학습부는,

[0024] 상기 검출된 포즈렛들의 스코어 값을 합하여 누적시키는 방식으로 상기 SPAV를 생성할 수 있다.

[0025] 더욱 바람직하게는, 상기 행동 인식 학습부는,

[0026] 상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이진 분류기로 사용하고, 상기 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 최종 다중 클래스 분류기(Final multi-class classifier)로 사용할 수 있다.

[0027] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법은,

[0028] 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법으로서,

[0029] (1) 포즈렛 검출부가 입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하는 단계;

[0030] (2) 행동 인식 학습부가 상기 단계 (1)에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 훈련되도록 하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성하는 단계;

[0031] (3) 행동 인식 학습부가 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 상기 단계 (2)에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기로 훈련하는 단계; 및

[0032] (4) 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 행동 인식 판단부가 상기 단계 (1) 내지 단계 (3)의 과정을 통해 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

[0033] 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서는,

[0034] 상기 포즈렛들을 추출 획득하기 위해 주석 정보와 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 이용한 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection; 이하 'ASPS'라 칭함) 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0035] 더욱 바람직하게는, 상기 주석 정보는,

[0036] 사람의 주요 관절 위치를 표기한 정보로 할 수 있다.

[0037] 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서는,

[0038] (1-1) 학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 랜덤하게 예제 패치들을 생성하는 단계; 및

[0039] (1-2) 상기 단계 (1-1)에서 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection) 알고리즘을 통해 포즈렛으로 군집화하는 단계로 이루어질 수 있다.

[0040] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (1-1)에서는,

[0041] 상기 학습 정지 영상으로부터 사람 영역을 탐색하여 검출하는 과정을 더 포함하여 이루어질 수 있다.

[0042] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (1-2)에서는,

[0043] 상기 포즈렛을 ASPS 알고리즘을 통해 군집화할 때, 해당 포즈렛 예제 패치들에 대한 분포를 구할 수 있다.

[0044] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,

[0045] 상기 행동 인식 학습부가 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용한 OCS-LBP(Oriented Center-symmetric Local Binary Patterns) 특징으로 포즈렛들을 학습하여 훈련할 수 있다.

[0046] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,

[0047] 상기 SPAV를 생성하는 과정으로 검출된 포즈렛들의 스코어 값을 합하여 누적시키는 방식으로 구할 수 있다.

[0048] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,

[0049] 모든 학습 정지 영상에 대한 SPAV를 생성할 수 있다.

[0050] 바람직하게는, 상기 단계 (3)에서는,

[0051] 상기 행동 인식 학습부가 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 모든 학습 정지 영상에 대한 행동 클래스별로 모든 포즈렛을 탐색하여 추출한 SPAV들을 하나의 CSPAV로 연결시킬 수 있다.

[0052] 더욱 바람직하게는, 상기 1단계 랜덤 포레스트 분류기는,

[0053] 이진 분류기로 기능할 수 있다.

[0054] 더욱 바람직하게는, 상기 2단계 랜덤 포레스트 분류기는,

[0055] 최종 다중 클래스 분류기(Final multi-class classifier)로 기능할 수 있다.

발명의 효과

[0056] 본 발명에서 제안하고 있는 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템 및 방법에 따르면, OCS-LBP 특징을 이용하여 포즈렛을 학습하고, 입력 영상으로부터 포즈렛을 탐색하고 확률 값을 누적하여 생성한 CSPAV를 랜덤 포레스트에 학습시켜 인식하도록 하는 2단계 분류 모델을 사용한 포즈렛 기반

의 행동 인식이 가능하도록 할 수 있다.

[0057] 또한, 본 발명에 따르면, 이진 분류 기능의 1단계 랜덤 포레스트 분류기와 다중 클래스 분류 기능의 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 훈련된 검출기로 적용함으로써, 입력되는 테스트 정지 영상의 행동 인식의 선택 결정 시에 계산 량을 줄이고, 정확도가 향상될 수 있도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0058] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템의 구성을 기능블록으로 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법의 흐름을 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법에서 포즈렛 획득 과정의 세부 흐름을 도시한 도면.

도 4는 본 발명에 따른 특정 포즈와 관련된 정지 영상의 예를 도시한 도면.

도 5는 본 발명에 따른 행동 클래스에서 추출된 대표 포즈렛 이미지를 도시한 도면.

도 6은 본 발명에 따른 포즈렛에 포함된 예제의 중심 위치를 도시한 도면.

도 7은 본 발명에 따른 행동 기반으로 생성하는 다이어그램을 도시한 도면.

도 8은 본 발명에 따른 랜덤 포레스트 기반의 2단계 분류 훈련과 CSPAV를 사용한 행동 분류 처리를 도시한 도면.

도 9는 본 발명에 따른 파스칼 행동 데이터 집합에 대한 행동 분류를 도시한 도면.

도 10은 본 발명에 따른 행동 인식을 위한 최적의 포즈렛 수를 확인하기 위한 실험 결과를 도시한 도면.

도 11은 본 발명에 따른 트리의 적절한 수를 결정하는 실험 결과를 도시한 도면.

도 12는 본 발명에 따른 적절한 분류 이미지의 일례를 도시한 도면.

도 13은 본 발명에 따른 부적절한 분류 이미지의 일례를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0059] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

[0060] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결' 되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결' 되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결' 되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 '포함' 한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0061] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템의 구성을 기능블록으로 도시한 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 시스템은, 포즈렛 검출부(110), 행동 인식 학습부(120), 및 행동 인식 판단부(130)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0062] 포즈렛 검출부(110)는, 입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하기 위한 구성이다. 이러한 포즈렛 검출부(110)는 포즈렛들을 추출 획득하기 위해 주석 정보와 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 이용한 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection; 이하 'ASPS'라 칭함) 알고리즘(111)을 적용한다. 여기서, 주석 정보는 사람의 주요 관절 위치를 표기한 정보로 구성할 수 있다. 즉, 포즈렛 검출부(110)는 학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 램덤하게 예제 패치들을 생성한다. 여기서, 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection) 알고리즘(111)을 적용하여 포즈렛으로 군집화 되고, 포즈렛을 ASPS 알고리즘(111)을 적용하여 군집화할 때, 해당 포즈렛 예제 패치들에 대한 분포를 구하게 된다. 또한, 포즈렛 검출부(110)는 학습 정지 영상으로부터 사람 영역을 탐색하여 검출할 수 있다.

[0063] 행동 인식 학습부(120)는, 포즈렛 검출부(110)에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용하여 훈련하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성하며, 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 이용하여 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)로 훈련하는 구성이다. 이러한 행동 인식 학습부(120)는 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용한 OCS-LBP(Oriented Center-symmetric Local Binary Patterns) 특징으로 포즈렛들을 학습하여 훈련하게 된다. 또한, 행동 인식 학습부(120)는 검출된 포즈렛들의 스코어 값을 합하여 누적시키는 방식으로 SPAV를 생성할 수 있다. 행동 인식 학습부(120)에서의 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)는 이진 분류기로 사용하고, 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)는 최종 다중 클래스 분류기(Final multi-class classifier)로 사용하게 된다.

[0064] 행동 인식 판단부(130)는, 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 행동 인식 학습부(120)의 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)와 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)에 순차로 적용하여 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정한다.

[0065] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법의 흐름을 도시한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법은, 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛들을 추출하여 획득하는 단계(S100), 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 훈련되도록 하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터를 생성하는 단계(S200), 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기로 훈련하는 단계(S300), 및 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 단계(S400)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0066] 단계 S100에서는, 포즈렛 검출부(110)가 입력된 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛(Poselet)들을 추출하여 획득하게 된다. 여기서, 단계 S100에서는 포즈렛들을 추출 획득하기 위해 주석 정보와 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 이용한 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection; 이하 'ASPS'라 칭함) 알고리즘(111)을 사용하게 되며, 이때 주석 정보는 사람의 주요 관절 위치를 표기한 정보로 하게 된다. 단계 S100의 세부적인 흐름에 대해서는 추후 도 3을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0067] 단계 S200에서는, 행동 인식 학습부(120)가 단계 S100에서 획득한 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용하여 훈련되도록 한다. 이어서 공간적 포즈렛 활성화 벡터(Spatial Poselet Activation Vector; 이하 'SPAV'라 칭함)를 생성한다. 또한, 단계 S200에서는 행동 인식 학습부(120)가 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)를 이용한 OCS-LBP(Oriented Center-symmetric Local Binary

Patterns) 특징으로 포즈렛들을 학습하여 훈련한다. 이때, SPAV를 생성하는 과정으로는 검출된 포즈렛들의 스코어 값을 합하여 누적시키는 방식으로 구하게 된다. 또한, 단계 S200에서는 모든 학습 정지 영상에 대한 SPAV를 생성할 수 있으며, 1단계 랜덤 포레스트 분류기(121)는 이진 분류기로 기능하게 된다. 랜덤 포레스트 분류기는 트리 기반의 분류 응용 프로그램 중 하나로서, 높은 교육과 런 타임 속도에서 많은 양의 데이터 처리 능력을 가지고 있다.

[0068] 단계 S300에서는, 행동 인식 학습부(120)가 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 이용하여 단계 S200에서 생성한 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV(Concatenated SPAV)를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)로 훈련하게 된다. 이러한 단계 S300에서는 행동 인식 학습부(120)가 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)를 이용하여 모든 학습 정지 영상에 대한 행동 클래스별로 모든 포즈렛을 탐색하여 추출한 SPAV들을 하나의 CSPAV로 연결시킬 수 있다. 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)는 최종 다중 클래스 분류기(Final multi-class classifier)로 기능한다. 즉, 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)는 트리 기반의 분류 응용 프로그램 중 하나로서, 높은 교육 및 런 타임 속도에서 많은 양의 데이터 처리 능력을 가지고 여러 무작위 결정 트리를 기반으로 하는 앙상블 분류기로 사용될 수 있다.

[0069] 단계 S400에서는, 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, 행동 인식 판단부(130)가 단계 S100 내지 단계 S300의 과정을 수행하여 CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기(122)에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하게 된다. 여기서, 연결된 최종 CSPAV는 최소-최대 정규화 방법을 사용하여 단위 길이로 정규화할 수 있다. 본 발명에서는 포즈렛의 최적의 수로 30개를 설정하여 사용하였고, 트리의 최적의 수는 60으로 설정하여 사용하였다.

[0070] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 행동 포즈렛과 2단계 분류 모델을 이용한 정지 영상에서의 사람 행동 인식 방법에서 포즈렛 획득 과정의 세부 흐름을 도시한 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 단계 S100에서는 학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 램덤하게 예제 패치들을 생성하는 단계(S110), 및 단계 S110에서 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택(Action Specific Poselet Selection) 알고리즘(111)을 통해 포즈렛으로 군집화하는 단계(S120)로 이루어질 수 있다. 여기서, 단계 S110에서는 학습 정지 영상으로부터 사람 영역을 탐색하여 검출하는 과정을 더 포함하여 이루어질 수 있다. 또한, 단계 S120에서는 포즈렛을 ASPS 알고리즘(111)을 통해 군집화할 때, 해당 포즈렛 예제 패치들에 대한 분포를 구할 수 있다.

[0071] 도 4는 본 발명에 따른 특정 포즈와 관련된 정정 동작 예의 정지 영상을 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명에 따른 행동 클래스에서 추출된 대표 포즈렛 이미지를 도시한 도면이며, 도 6은 본 발명에 따른 포즈렛에 포함된 예제의 중심 위치를 도시한 도면이다. 도 4의 (a)는 도로에 서 있는 특정 포즈와 관련된 정적 동작의 정지 영상을 일례로 나타내고, 도 4의 (b)는 통화하는 특정 포즈와 관련된 정적 동작의 정지 영상을 일례로 나타내며, 도 4의 (c)는 사진 촬영하는 특정 포즈와 관련된 정적 동작의 정지 영상을 일례로 나타내고 있다. 도 5의 (a)는 통화하는 행동 클래스에서 추출된 대표 포즈렛 이미지들을 나타내고, 도 5의 (b)는 악기 연주하는 행동 클래스에서 추출된 대표 포즈렛 이미지들을 나타내며, 도 5의 (c)는 달리기 하는 행동 클래스에서 추출된 대표 포즈렛 이미지들을 나타낸다. 도 6의 (a)는 자전거 타는 케이스의 포즈렛 검출기의 후보 위치를 나타내고, 도 6의 (b)는 달리기하는 케이스의 포즈렛 검출기의 후보 위치를 나타낸다.

[0072] 도 7은 본 발명에 따른 행동 기반으로 생성하는 다이어그램을 도시한 도면이고, 도 8은 본 발명에 따른 랜덤 포레스트 기반의 2단계 분류 훈련과 CSPAV를 사용한 행동 분류 처리를 도시한 도면이며, 도 9는 본 발명에 따른 파스칼 행동 데이터 집합에 대한 행동 분류를 도시한 도면이다. 도 7의 (a)는 각 행동에 대한 훈련 포즈렛을 나타내고, 도 7의 (b)는 각 행동의 랜덤 포레스트에 기반한 포즈렛 검출기를 사용한 SPAV 생성을 나타내며, 도 7의 (c)는 연산된 SPAV를 사용하여 연결되는 CSPAV를 나타내고, 도 7의 (d)는 랜덤 포레스트를 사용하여 2단계 멀티 클래스 분류기로 훈련하는 상태를 나타낸다. 도 8은 랜덤 포레스트 기반의 2단계 분류 훈련과 CSPAV를 사용한 행동 분류 처리로서, 사진 촬영의 테스트 이미지가 최대 스코어를 가짐에 따라 카테고리로 분류되는 상태

를 나타낸다. 도 9는 파스칼 행동 데이터 집합에 대한 행동 분류의 일례로서, 사람의 경계가 노란색 박스로 나타나며, 도 9의 (a)는 통화, (b)는 악기 연주, (c)는 독서, (d)는 오토바이 타는, (e)는 승마, (f)는 달리기, (g)는 사진 촬영, (h)는 컴퓨터 사용, 및 (i)는 산책(걷는)을 나타낸다.

[0073] 도 10은 본 발명에 따른 행동 인식을 위한 최적의 포즈렛 수를 확인하기 위한 실험 결과를 도시한 도면이고, 도 11은 본 발명에 따른 트리의 적절한 수를 결정하는 실험 결과를 도시한 도면이며, 도 12는 본 발명에 따른 적절한 분류 이미지의 일례를 도시한 도면이고, 도 13은 본 발명에 따른 부적절한 분류 이미지의 일례를 도시한 도면이다. 도 10은 본 발명에 의해 행동 인식을 위한 포즈렛의 최적의 수를 30으로 설정한 경우, 비교적 짧은 처리 시간(1.42초)과 60.7%의 평균 정밀도의 좋은 성능을 나타낸다. 여기서, 50 포즈렛이 최적의 성능을 보여주고 있으나, 처리를 위해 추가로 0.81초가 요구됨을 알 수 있다. 도 11은 트리의 수를 60으로 설정하였을 때 인식 성능이 최고임을 나타내고 있다. 도 12의 (a)는 통화, (b)는 악기 연주, (c)는 독서, (d)는 자전거, (e)는 승마, (f)는 달리기, (g)는 사진 촬영, (h)는 컴퓨터, (i)는 걷는 적절한 분류 이미지를 나타낸다. 도 13은 잘못 분류된 이미지의 일례로서, (a)는 통화를 자전거 타는 것으로, (b)는 악기 연주를 승마하는 것으로, (c)는 독서를 자전거 타는 것으로, (d)는 자전거 타는 것을 통화하는 것으로, (e)는 승마를 악기 연주하는 것으로, (f)는 달리기를 걷기로, (g)는 사진 촬영을 악기 연주로, (h)는 컴퓨터를 독서로, (i)는 걷기를 독서하는 것으로 나타내고 있다.

[0074] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0075] 110: 포즈렛 검출부 111: ASPS 알고리즘

120: 행동 인식 학습부 121: 1단계 랜덤 포레스트 분류기

122: 2단계 랜덤 포레스트 분류기 130: 행동 인식 판단부

S100: 학습 정지 영상으로부터 특징 벡터로 이루어진 포즈렛들을 추출하여 획득하는 단계

S110: 학습 정지 영상에 포함된 사람의 키포인트들과 위치가 주석 처리된 데이터 집합으로부터 사람 영역에 한해 랜덤하게 예제 패치들을 생성하는 단계

S120: 랜덤하게 추출하여 생성한 예제 패치들을 행동 특정 포즈렛 선택 알고리즘을 통해 포즈렛으로 군집화하는 단계

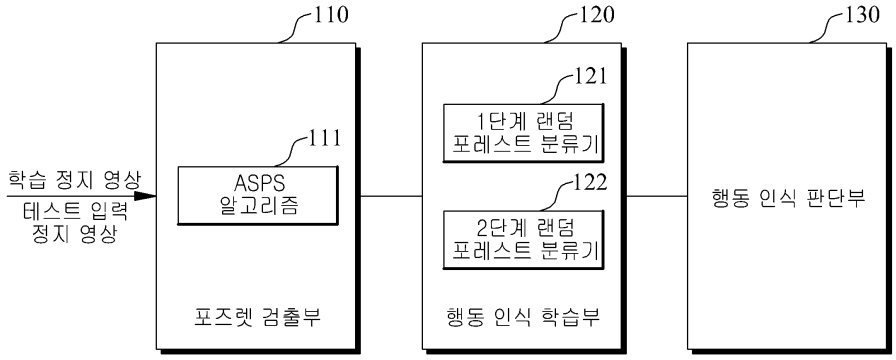
S200: 각 포즈렛에 대해 해당 포즈렛의 위치를 찾기 위해 1단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 훈련되도록 하고, 공간적 포즈렛 활성화 벡터를 생성하는 단계

S300: 2단계 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 SPAV들을 하나의 벡터로 연결한 CSPAV를 생성하고, 그 CSPAV를 2단계 랜덤 포레스트 분류기로 훈련하는 단계

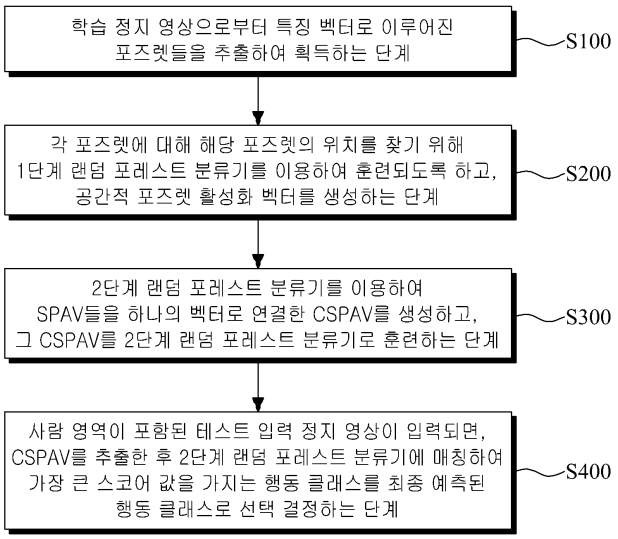
S400: 사람 영역이 포함된 테스트 입력 정지 영상이 입력되면, CSPAV를 추출한 후 2단계 랜덤 포레스트 분류기에 매칭하여 가장 큰 스코어 값을 가지는 행동 클래스를 최종 예측된 행동 클래스로 선택 결정하는 단계

도면

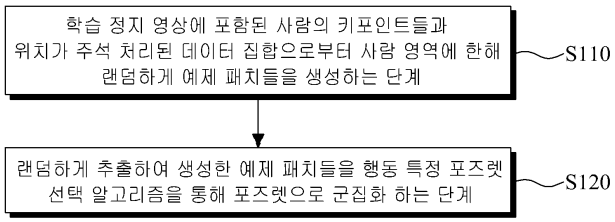
도면1



도면2



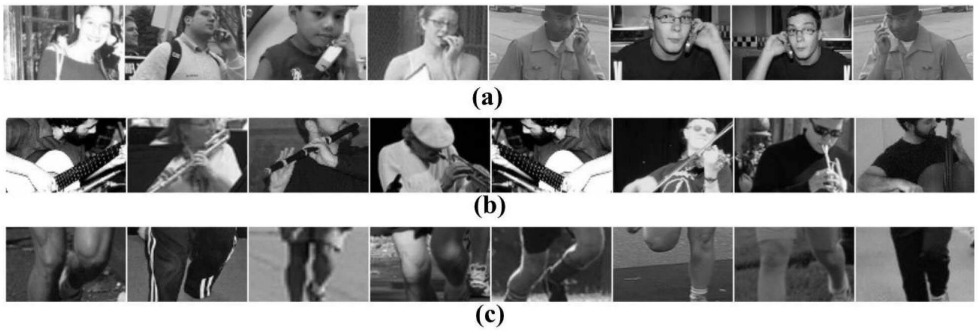
도면3



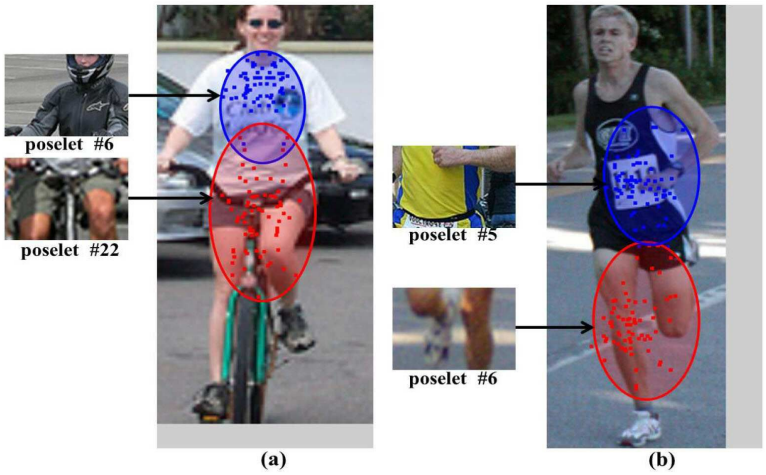
도면4



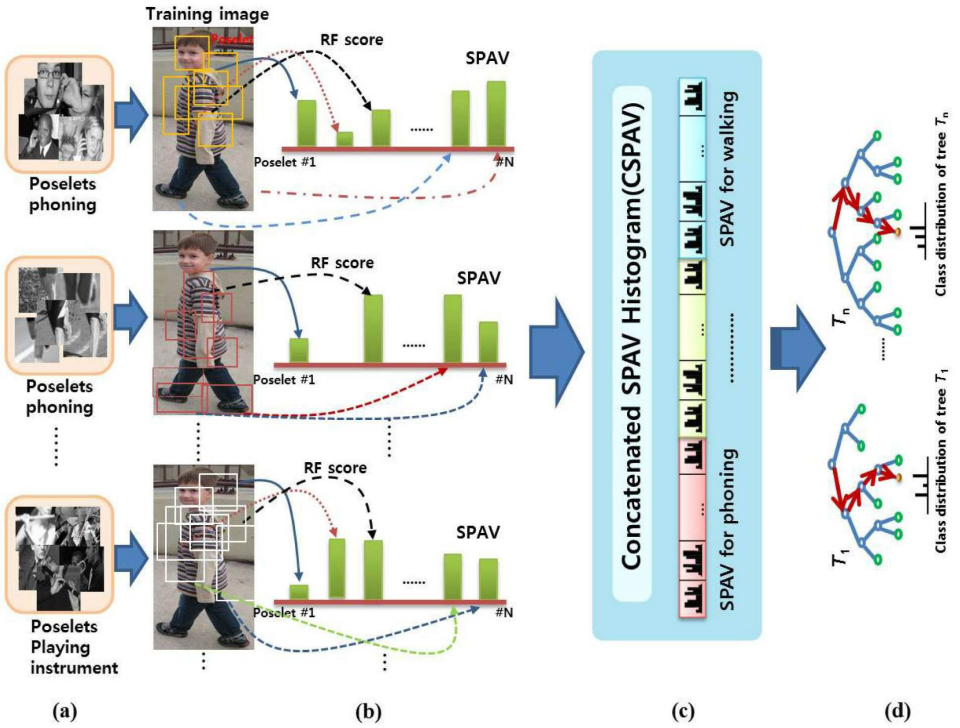
도면5



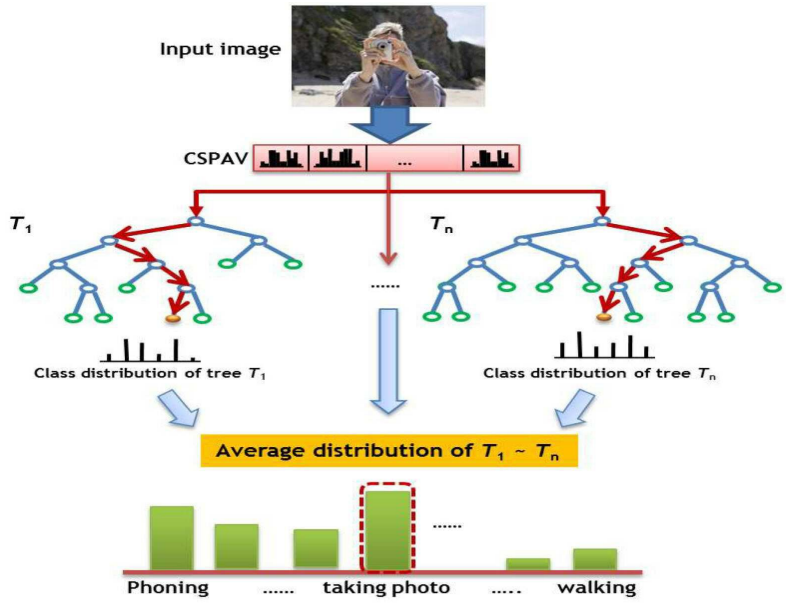
도면6



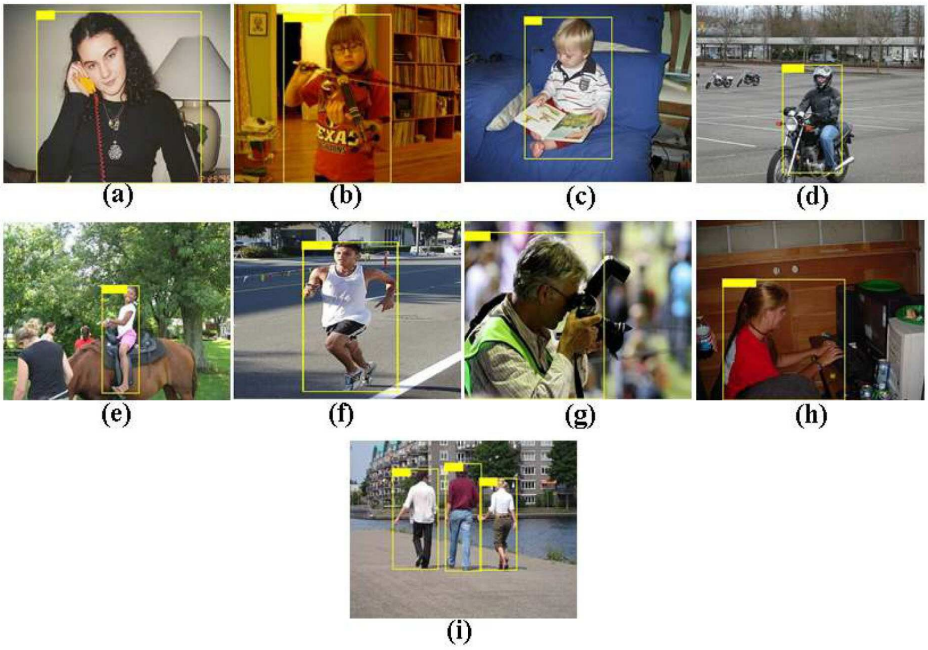
도면7


Training image
RF score
SPAV
Poselet #1
#N
Poselets phoning
Poselets phoning
Poselets Playing instrument
Concatenated SPAV Histogram(CSPAV)
SPAV for walking
SPAV for phoning
Class distribution of tree T_n
Class distribution of tree T_1
(a)
(b)
(c)
(d)

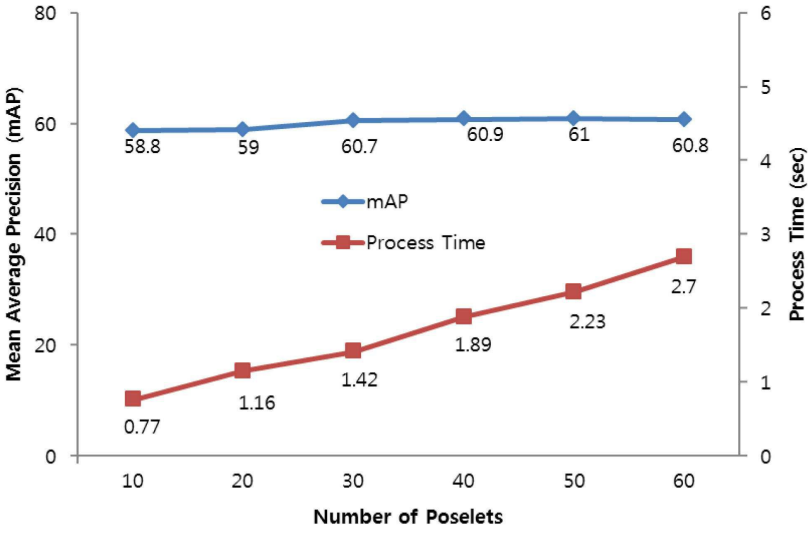
도면8


Input image
CSPAV
T_1
T_n
Class distribution of tree T_1
Class distribution of tree T_n
Average distribution of T_1 ~ T_n
Phoning
taking photo
walking

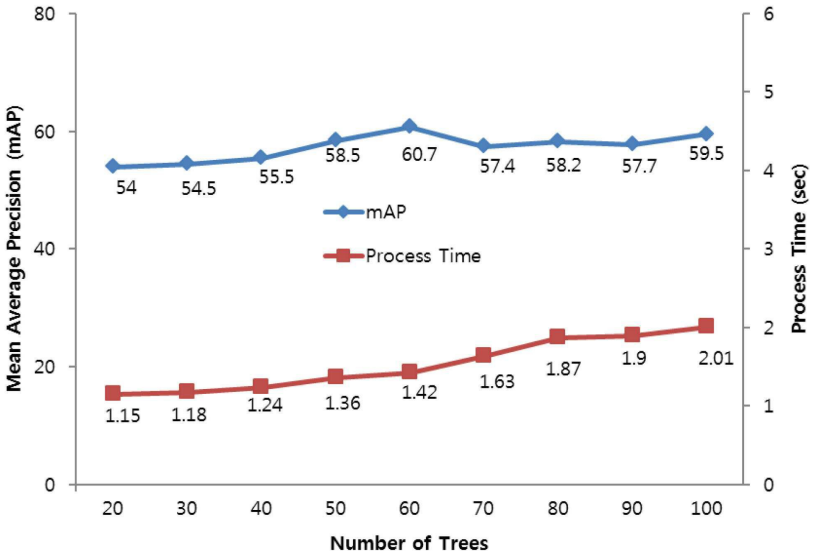
도면9


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)
(i)

도면10


Mean Average Precision (mAP)
Process Time (sec)
Number of Poselets
mAP
Process Time
58.8
59
60.7
60.9
61
60.8
0.77
1.16
1.42
1.89
2.23
2.7
0
20
40
60
80
0
1
2
3
4
5
6
10
20
30
40
50
60

도면11


Mean Average Precision (mAP)
Process Time (sec)
Number of Trees
mAP
Process Time
54
54.5
55.5
58.5
60.7
57.4
58.2
57.7
59.5
1.15
1.18
1.24
1.36
1.42
1.63
1.87
1.9
2.01
0
20
40
60
80
0
1
2
3
4
5
6
20
30
40
50
60
70
80
90
100

도면12


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)
(i)

도면13

