



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0100519
(43) 공개일자 2019년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/00 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06K 9/00362 (2013.01)
G06N 3/082 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0015345
(22) 출원일자 2018년02월07일
심사청구일자 2018년02월07일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교
산학협력관 201호(신당동)
(72) 발명자
고병철
대구광역시 수성구 범어천로 107 (범어동, 범어
STX KAN) 103동 701호
남재열
대구광역시 수성구 수성로 412 수성보성타운 107
동 503호
허두영
대구광역시 달서구 상화북로 196 제림아파트 101
동 1302호
(74) 대리인
김건우

전체 청구항 수 : 총 20 항

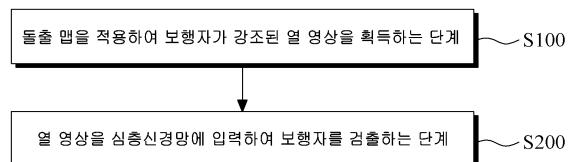
(54) 발명의 명칭 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 이용한 보행자 검출 방법 및 장치로서, 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 심층신경망에 입력하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에 따르면, 차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 심층신경망에 입력함으로써, 계절에 관계없이 실시간으로 정확하게 보행자를 검출할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/084 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B20160372

부처명 대구광역시

연구관리전문기관 자동차부품연구원

연구사업명 미래형자동차 선도기술 개발사업

연구과제명 전후방 ADAS 센서를 연계한 보행자 보호 및 오토 트렁크 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 평화정공(주)

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 이용한 보행자 검출 방법으로서,

상기 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 상기 심층신경망에 입력하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 열 영상은,

움직이는 차량에서 촬영된 열 영상인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 심층신경망은,

컨볼루션 신경망 기반의 보행자 검출 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 심층신경망은,

실시간 보행자 검출을 위한 빠른 버전의 YOLO 알고리즘(tiny YOLO)인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 심층신경망은,

9개의 컨볼루션 레이어(convolutional layers)와 6개의 맥스 풀링 레이어(max pooling layers) 및 2개의 완전 연결 레이어(fully connected layers)를 이용하여 보행자를 검출하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 돌출 맵은,

BMS(Boolean-map-based saliency)을 기반으로, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 변경되도록 한 적응형 돌출 맵(Adaptive Boolean-map-based saliency; ABMS)인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 초기 임계값 및 샘플링 스텝은,

도로 영역의 방출 에너지에 따라 변경되는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 초기 임계값은,

보행자의 최소 상수값(minimum constant value, C)과 도로의 평균(μ)과 표준편차(σ)의 합 중 큰 값인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 샘플링 스텝은,

상기 초기 임계값 및 관심 맵의 개수에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 돌출 맵을 배경으로부터 보행자를 강조하기 위한 사용자 정의 커널(handcrafted kernel)로 적용하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법.

청구항 11

차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 이용한 보행자 검출 장치(10)로서,

상기 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 상기 심층신경망에 입력하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 열 영상은,

움직이는 차량에서 촬영된 열 영상인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 심층신경망은,

컨볼루션 신경망 기반의 보행자 검출 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 심층신경망은,

실시간 보행자 검출을 위한 빠른 버전의 YOLO 알고리즘(tiny YOLO)인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 심층신경망은,

9개의 컨볼루션 레이어(convolutional layers)와 6개의 맥스 풀링 레이어(max pooling layers) 및 2개의 완전 연결 레이어(fully connected layers)를 이용하여 보행자를 검출하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 돌출 맵은,

BMS(Boolean-map-based saliency)을 기반으로, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 변경되도록 한 적응형 돌출 맵(Adaptive Boolean-map-based saliency; ABMS)인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 17

제11항에 있어서, 상기 초기 임계값 및 샘플링 스텝은,

도로 영역의 방출 에너지에 따라 변경되는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 18

제11항에 있어서, 상기 초기 임계값은,

보행자의 최소 상수값(minimum constant value, C)과 도로의 평균(μ)과 표준편차(σ)의 합 중 큰 값인 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 19

제11항에 있어서, 상기 샘플링 스텝은,

상기 초기 임계값 및 관심 맵의 개수에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 돌출 맵을 배경으로부터 보행자를 강조하기 위한 사용자 정의 커널(handcrafted kernel)로 적용하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 보행자 검출 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 ICT(intelligent transportation system) 기술을 활용한 운전자 보조 시스템(ADAS: Advanced Driver Assistance System)에 대한 관심이 증대되면서 카메라를 이용한 컴퓨터 비전 기반의 보행자 검출 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 컴퓨터 비전 기반의 ADAS용 보행자 검출 연구는, 주로 주간에 일반적인 CCD(charge coupled device) 카메라를 이용하여 보행자를 검출하는 방법을 사용한다. 하지만 야간이나 우천, 안개 등으로 시야가 확보되지 못하는 경우에는 보행자를 검출하지 못하는 문제가 발생한다.

[0003] 이러한 문제를 해결하기 위해 근적외선 카메라(Near IR)를 사용하는 방법이 연구되고 있지만 반대편에서 접근하는 자동차의 강한 헤드라이트가 비추는 상황에서는 감지가 안 되는 문제점이 발생한다. 따라서 최근에는 근적외선 카메라 대신에 사람의 몸에서 발생하는 원적외선(long wavelength IR)을 감지하는 열 영상 카메라를 이용하여 보행자를 검출하려는 연구가 진행되고 있다. 열 영상 카메라를 이용한 연구로는 영상의 픽셀 평균값과 최대 픽셀 값을 이용하여 임계값을 생성하고 영상을 이진화한 후 모폴로지 연산을 통한 잡음제거로 후보 영역을 생성하는 연구가 있다.

[0004] 이와 관련된 선행기술로서, 등록특허 제10-1178333호(발명의 명칭: 웨이블릿 기반의 중심대칭-국부이진 패턴과 계층적 랜덤 포레스트를 이용한 사람 검출 방법, 공고일자: 2012년 08월 29일)가 개시된 바 있다.

[0005] 최근에는, 컨볼루션 신경망(Convolutional neural network; CNN) 기반의 보행자 검출 방법이 제안된 바 있다. 이와 관련하여, 등록특허 제10-1771146호(발명의 명칭: 스테레오 카메라를 이용한 컨볼루션 신경망 기반의 보행자 및 차량 검출 방법 및 장치, 공고일자: 2017년 08월 24일), 등록특허 제10-1818129호(발명의 명칭: 나선 신경망 기법을 이용한 보행자 인식 장치 및 방법, 공고일자: 2018년 01월 12일) 등의 선행기술이 개시된 바 있다.

[0006] 한편, 컨볼루션 신경망 기반의 보행자 검출 성능을 향상시키기 위해, 대조 기반 돌출 검출(Contrast-based saliency detection) 기법이 적용되기도 하였다. 그러나 이러한 접근에 의한 방법들은 복잡한 배경에서는 보행자를 제대로 검출하지 못하는 경향이 있고 특히, 계절에 따라 검출 능력에 변동이 큰 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 심층신경망에 입력함으로써, 계절에 관계없이 실시간으로 정확하게 보행자를 검출할 수 있는, 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법은,

[0009] 차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 이용한 보행자 검출 방법으로서,

[0010] 상기 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 상기 심층신경망에 입력하는 것을 그 구성상의

특징으로 한다.

- [0011] 바람직하게는, 상기 열 영상은,
- [0012] 움직이는 차량에서 촬영된 열 영상일 수 있다.
- [0013] 바람직하게는, 상기 심층신경망은,
- [0014] 컨볼루션 신경망 기반의 보행자 검출 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘일 수 있다.
- [0015] 더욱 바람직하게는, 상기 심층신경망은,
- [0016] 실시간 보행자 검출을 위한 빠른 버전의 YOLO 알고리즘(tiny YOLO)일 수 있다.
- [0017] 바람직하게는, 상기 심층신경망은,
- [0018] 9개의 컨볼루션 레이어(convolutional layers)와 6개의 맥스 풀링 레이어(max pooling layers) 및 2개의 완전 연결 레이어(fully connected layers)를 이용하여 보행자를 검출할 수 있다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 돌출 맵은,
- [0020] BMS(Boolean-map-based saliency)을 기반으로, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 변경되도록 한 적응형 돌출 맵(Adaptive Boolean-map-based saliency; ABMS)일 수 있다.
- [0021] 바람직하게는, 상기 초기 임계값 및 샘플링 스텝은,
- [0022] 도로 영역의 방출 에너지에 따라 변경될 수 있다.
- [0023] 바람직하게는, 상기 초기 임계값은,
- [0024] 보행자의 최소 상수값(minimum constant value, C)과 도로의 평균(μ)과 표준편차(σ)의 합 중 큰 값일 수 있다.
- [0025] 바람직하게는, 상기 샘플링 스텝은,
- [0026] 상기 초기 임계값 및 관심 맵의 개수에 의해 결정될 수 있다.
- [0027] 바람직하게는,
- [0028] 상기 돌출 맵을 배경으로부터 보행자를 강조하기 위한 사용자 정의 커널(handcrafted kernel)로 적용할 수 있다.
- [0029] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치는,
- [0030] 차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 이용한 보행자 검출 장치로서,
- [0031] 상기 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 상기 심층신경망에 입력하는 것을 그 구성상의

특징으로 한다.

- [0032] 바람직하게는, 상기 열 영상은,
- [0033] 움직이는 차량에서 촬영된 열 영상일 수 있다.
- [0034] 바람직하게는, 상기 심층신경망은,
- [0035] 컨볼루션 신경망 기반의 보행자 검출 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘일 수 있다.
- [0036] 더욱 바람직하게는, 상기 심층신경망은,
- [0037] 실시간 보행자 검출을 위한 빠른 버전의 YOLO 알고리즘(tiny YOLO)일 수 있다.
- [0038] 바람직하게는, 상기 심층신경망은,
- [0039] 9개의 컨볼루션 레이어(convolutional layers)와 6개의 맥스 풀링 레이어(max pooling layers) 및 2개의 완전 연결 레이어(fully connected layers)를 이용하여 보행자를 검출할 수 있다.
- [0040] 바람직하게는, 상기 돌출 맵은,
- [0041] BMS(Boolean-map-based saliency)을 기반으로, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 변경되도록 한 적응형 돌출 맵(Adaptive Boolean-map-based saliency; ABMS)일 수 있다.
- [0042] 바람직하게는, 상기 초기 임계값 및 샘플링 스텝은,
- [0043] 도로 영역의 방출 에너지에 따라 변경될 수 있다.
- [0044] 바람직하게는, 상기 초기 임계값은,
- [0045] 보행자의 최소 상수값(minimum constant value, C)과 도로의 평균(μ)과 표준편차(σ)의 합 중 큰 값일 수 있다.
- [0046] 바람직하게는, 상기 샘플링 스텝은,
- [0047] 상기 초기 임계값 및 관심 맵의 개수에 의해 결정될 수 있다.
- [0048] 바람직하게는,
- [0049] 상기 돌출 맵을 배경으로부터 보행자를 강조하기 위한 사용자 정의 커널(handcrafted kernel)로 적용할 수 있다.

발명의 효과

- [0050] 본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에 따르면, 차량에 설치된 카메라로부터 촬영되는 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하되, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 심층신경망에 입력함으로써, 계절에 관계없이 실시간으로 정확하게 보행자를 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0051] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법의 흐름을 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치의 구성을 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법에서, 단계 S100의 전체적인 과정을 예를 들어 도시한 도면.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법에서 제안된 ABMS의 알고리즘을 도시한 도면.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에서, 돌출 맵이 적용된 YOLO 알고리즘을 예를 들어 도시한 도면.
- 도 6은 KMu-PD 데이터셋을 사용한 보행자 검출 방법의 정확도 및 검출률을 비교한 그래프.
- 도 7은 CVC-09 데이터셋을 사용한 보행자 검출 방법의 정확도 및 검출률을 비교한 그래프.
- 도 8은 전처리 과정 차이에 따른 평균 정확도 및 검출률을 비교한 그래프.
- 도 9는 불리언 맵 사이즈 N의 최적값을 결정하기 위해 후보 값에 따른 정확도와 계산 시간을 나타낸 그래프.
- 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치의 보행자 검출 결과를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0052] 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.
- [0053] 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.
- [0054] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법의 흐름을 도시한 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법은, 돌출 맵을 적용하여 보행자가 강조된 열 영상을 획득하는 단계(S100) 및 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하는 단계(S200)를 포함하여 구현될 수 있다.
- [0055] 단계 S100에서는, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 획득할 수 있다. 단계 S200에서는, 단계 S100에서 획득된 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출할 수 있다.
- [0056] 여기에서, 열 영상은, 움직이는 차량에서 촬영된 열 영상일 수 있다. 보다 구체적으로는 20-30 km/h로 움직이는 차량에서 설치된 열 감지 카메라(thermal camera)에 의해 획득된 영상일 수 있다.

- [0057] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10)의 구성을 도시한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 장치(10)는, 돌출 맵 적용 모듈(100) 및 보행자 검출 모듈(200)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0058] 돌출 맵 적용 모듈(100)은, 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 계절에 따라 변경되는 돌출 맵을 적용하여 배경으로부터 보행자가 강조된 열 영상을 획득할 수 있으며, 단계 S100을 처리할 수 있다.
- [0059] 보행자 검출 모듈(200)은, 돌출 맵 적용 모듈(100)에서 획득된 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출할 수 있으며, 단계 S200을 처리할 수 있다.
- [0060] 이하에서는, 도 3 내지 도 10을 참조하여, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에 대하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0061] 먼저, 단계 S100은, 돌출 맵 적용 모듈(100)에 의해 처리되며, 상이한 계절에서 고른 성능을 내기 위한 전처리 과정일 수 있다. 돌출 맵은, BMS(Boolean-map-based saliency)을 기반으로, 계절에 따라 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 변경되도록 한 적응형 돌출 맵(Adaptive Boolean-map-based saliency; ABMS)일 수 있다.
- [0062] 대조 기반 돌출 검출(Contrast-based saliency detection) 기법은, 다양한 스케일의 특징 맵에서 뚜렷한 영역을 검출하기 위해 사용되어 왔다. 그러나 특징 맵(feature maps)은 복잡한 배경에서는 배경에 더 높은 돌출을 부여한다. 따라서 본 발명에서는, 전반적인 구조적 정보(global structural information)를 사용하여 배경의 요소들에 덜 반응하는 BMS를 사용할 수 있다.
- [0063] BMS 알고리즘에서는, 주어진 영상 I 에 대하여, 불리언 맵(Boolean maps) 세트 $\mathbf{B}=\{B_1, B_2, \dots, B_N\}$ 가 분포함수 $F(\mathbf{B}|I)$ 로부터 생성된다고 가정하고, 관심 맵(attention maps) 세트 $\mathbf{A}(\mathbf{B})=\{A(B)_1, A(B)_2, \dots, A(B)_N\}$ 는 시각적 관심(visual attention)에서 불리언 맵 B_i 의 영향을 나타낸다고 가정한다. 돌출(Saliency)은 다음 수학적 식 1에 의해 무작위적으로 생성된 불리언 맵에 대한 평균 관심 맵($\bar{A}$)을 사용하여 모델링될 수 있다.

수학적 식 1

$$\bar{A} = \int_{i=1}^N A(B)_i dF(B_i|I).$$

[0064]

- [0065] 불리언 맵 $\mathbf{B}$ 는, 다음 수학적 식 2와 같이, 특징 채널에 대한 선행 분포 및 임계값 θ 에 따른 $\text{THRESH}(\cdot, \theta)$ 함수를 이용한 입력 영상의 특징 맵 (I)의 무작위 경계화에 의해 구성될 수 있다.

수학적 식 2

$$B_i = \text{THRESH}(\emptyset(I), \theta)$$

[0066]

- [0067] 여기서, $\text{THRESH}(\cdot, \theta)$ 함수는 입력 맵에서 픽셀의 값이 θ 보다 크면 1, 그렇지 않으면 0을 부여한다. BMS에서는, 몇 개의 컬러 채널을 나열하고, 고정된 스텝 사이즈 δ 및 0부터 255까지의 임계값 θ 을 사용한다. 그러나 열 영상에서의 보행자는 계절에 따라 상이한 돌출을 가지므로, 본 발명에서는 불리언 맵을 수정한 적응형 돌출

맵(Adaptive Boolean-map-based saliency; AMBS)을 제안한다.

[0068] 먼저, 본 발명에서는 열 영상을 사용하므로, 특징 채널은 오직 밝기 채널(luminance channel)로 구성된다.

[0069] 다음으로, 초기 임계값 및 샘플링 스텝은 도로 영역의 방출 에너지에 따라 변경될 수 있다. 본 발명에서는, 초기 임계값 t_1 과 밝기 채널의 샘플링 스텝 s 에 대한 선행 분포를 다음 수학적식 3 및 수학적식 4를 이용해 결정할 수 있다.

[0070] 초기 임계값(t_1)은, 다음 수학적식 3에 의해, 보행자의 최소 상수값(minimum constant value, C)과 도로의 평균(μ)과 표준편차(σ)의 합 중 큰 값으로 결정될 수 있다.

수학적식 3

[0071]
$$t_1 = \max(C, \mu + \sigma)$$

[0072] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법에서, 단계 S100의 전체적인 과정을 예를 들어 도시한 도면이다. 도 3에서 (a)는 입력 열 영상, (b)는 도로 영역의 열 에너지에 따른 초기 임계값 및 샘플링 스텝의 적응적 결정, (c)는 여름과 겨울의 두 계절에 대한 볼리언 맵, (d)는 두 계절에 대한 관심 맵, (e)는 두 계절에 대한 평균 관심 맵, (f)는 최종 돌출 맵을 각각 나타낸다.

[0073] 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법에서는, 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이 차량의 전방 부분을 참조 영역(reference region)으로 설정하였다. μ 및 σ 는 다섯 개 프레임 동안의 열강도(thermal intensity)의 평균(averaging mean) 및 분산을 나타낸다. 샘플링 스텝(Δs)은, 초기 임계값(t_1) 및 볼리언 맵의 개수(N)에 의해 다음 수학적식 4와 같이 결정될 수 있다.

수학적식 4

[0074]
$$\Delta s = \frac{255 - t_1}{N}$$

[0075] 여기에서, N 은 관심 맵의 개수이며, N 은 시스템 요구에 따라 조절 가능한 파라미터일 수 있다. 본 발명에서는, 추후 상세히 설명할 실험 결과에 따라 N 을 5로 설정할 수 있다.

[0076] 수학적식 3 및 수학적식 4로부터, 초기 임계값(t_1) 및 샘플링 스텝(s)은 계절에 따라 상이한 값을 가질 수 있다. 예를 들어, 여름에는 도로의 방출 에너지가 높고 보행자와 도로가 비슷한 온도를 가지므로, 여름에는 겨울보다 초기 임계값이 더 높고 샘플링 스텝이 더 조밀할 수 있다.

[0077] 계절에 따라 변경되는 초기 임계값 및 샘플링 스텝이 결정되면, 모든 N 개의 관심 맵을 정규화하여 작은 집중된 활성 영역에 더 큰 강조를 얻을 수 있다. 모든 관심 맵을 전체 해상도(full-resolution) 평균 관심 맵($\bar{A}$)으로 선형적으로 결합할 수 있다. 평균 관심 맵을 정규화한 다음, 가우시안 블러링(Gaussian blurring)을 통해 후처리(post-processing)를 적용하여 돌출 맵(S)을 생산할 수 있다.

- [0078] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법에서 제안된 ABMS의 알고리즘을 도시한 도면이다. 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같은 과정을 통해, 각 계절에 따른 결과를 사용하면, 계절에 관계없이 보행자가 주변에 비하여 높은 돌출을 갖도록 할 수 있다.
- [0079] 다음으로, 단계 S200은, 보행자 검출 모듈(200)에 의해 처리되며, 도 3의 (f)에 도시된 바와 같은 돌출 맵을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출할 수 있다.
- [0080] 심층신경망은, 컨볼루션 신경망 기반의 보행자 검출 알고리즘인 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘일 수 있으며, 실시간 보행자 검출을 위한 빠른 버전의 YOLO(tiny YOLO) 알고리즘일 수 있다.
- [0081] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에서, 돌출 맵이 적용된 YOLO 알고리즘을 예를 들어 도시한 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에서는, 빠른 버전의 YOLO 알고리즘에 돌출 맵을 배경으로부터 보행자를 강조하기 위한 사용자 정의 커널(handcrafted kernel)로 적용할 수 있다.
- [0082] 한편, 심층신경망은, 9개의 컨볼루션 레이어(convolutional layers)와 6개의 맥스 풀링 레이어(max pooling layers) 및 2개의 완전 연결 레이어(fully connected layers)를 이용하여 보행자를 검출할 수 있다. 즉, 최근 제안된 새로운 버전의 YOLO 알고리즘(YOLOv2)의 빠른 버전(tiny YOLOv2)을 사용하여 실시간 보행자 검출이 가능하다.
- [0083] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치에서 제안하고 있는 ABMS는 심층신경망에 초기 사용자 정의 커널(initial handcrafted kernel)로 적용될 수 있으며, 입력 열 영상은 먼저 ABMS 커널에 적용되고, 생성된 돌출 맵이 심층신경망으로 전달될 수 있다. 도 5와 같이 수정된 tiny YOLOv2는 13×13 특징 맵에서 검출을 예측하며, 출력 특징 맵의 각 셀에서 5개의 경계상자(bounding box)를 예측할 수 있다.
- [0084] 실험 결과
- [0085] 본 발명에서는, 여름 및 겨울 동안 20-30 km/h로 움직이는 차량에서 설치된 열 감지 카메라에 의해 획득된 열 영상 데이터셋인 KMU-PD dataset을 사용하여 보행자 검출을 하였다. 수정된 tiny YOLOv2를 사용하였으며, tiny YOLOv2를 훈련시키기 위하여 ImageNet에서 사전 훈련된 컨볼루션 가중치(convolutional weighs)를 시스템의 초기 파라미터로 사용하였고, KMU-PD에 기반을 두고 미세 튜닝 과정을 거쳤다.
- [0086] 보행자 검출 능력을 검증하기 위하여, 정확도(precision) 및 검출률(recall rate)을 측정하였으며, 본 발명에서 제안하고 있는 보행자 검출 방법과 다음과 같은 다른 5개의 방법들을 비교하였다. 즉, (1) HOG 특징 및 선형 SVM (HOG+SVM), (2) 강도 특징을 가진 핫스팟(hotspot) 및 SVM(Hotspot+SVM), (3) CS_LBP 특징을 가진 핫스팟 및 랜덤포레스트(CS-LBP+Hotspot+RF), (4) OCS-LBP 및 랜덤포레스트(OCS-LBP+RF), (5) tiny YOLOv2(T-YOLOv2), (6) ABMS 및 tiny YOLOv2를 사용하는 제안된 방법에 의한 결과를 상호 비교하였다.
- [0087] 도 6은 KMU-PD 데이터셋을 사용한 보행자 검출 방법의 정확도 및 검출률을 비교한 그래프이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명에서 제안하고 있는 방법(Proposed Method)의 정확도 및 검출률이 비교적 높게 나타남을 확인할 수 있다. OCS-LBP+RF 접근은 제안 방법을 비롯한 tiny YOLOv2 기반의 검출 방법에 비하여 우수한 결과를 나타내고 있다. 그러나 다음 표 1에서 확인할 수 있는 바와 같이 tiny YOLOv2 기반의 검출 방법에 비하여 계산 속도가 약 46fps 정도 느리므로, 실시간 보행자 검출에는 적합하지 않을 수 있다.

표 1

Methods	(1) HOG+SVM ³⁰	(2) Hotspot +SVM ³	(3) CS-LBP+Hotspot+RF ⁴	(4) OCS-LBP+RF ⁹	(5) T-YOLOv2 ¹⁹	(6) Proposed method
FPS	10.7	11.2	9.8	16.56	63.8	62.8

[0088]

[0089]

도 7은 CVC-09 데이터셋을 사용한 보행자 검출 방법의 정확도 및 검출률을 비교한 그래프이다. 공정한 성능 비교를 위하여, 최신의 CVC-09 FIR 데이터셋을 이용해 위의 6개의 알고리즘으로 보행자 검출 실험을 하였다. 도 7에 도시된 바와 같이, OCS-LBP+RF 알고리즘은 가장 높은 정확도 및 검출률(69%, 53%)을 보였고, 본 발명에서 제안된 방법은 두 번째로 높은 정확도 및 검출률(59%, 39%)을 나타냈다.

[0090]

도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, ABMS는 YOLO 알고리즘을 위한 적절한 전처리 과정임을 알 수 있다. 또한, 표 1에 표시된 바와 같이, 제안된 방법의 계산 속도는 SVM이나 랜덤포레스트 등을 이용하는 분류기 기반 방법에 비하여 빠르다. 이와 같이, 정확도, 검출률 및 계산 속도를 고려할 때, 본 발명에서 제안된 보행자 검출 방법은 실시간 시스템 적용에 적합하게 사용될 수 있다.

[0091]

도 8은 전처리 과정 차이에 따른 평균 정확도 및 검출률을 비교한 그래프이다. 즉, ABMS의 효율성을 확인하기 위해, KMU-PD 데이터셋을 사용하여 (1) 전처리 과정 없이 KMU-PD로 훈련된 tiny YOLOv2, (2) BMS 전처리 과정을 포함한 KMU-PD로 훈련된 tiny YOLOv2, (3) ABMS 전처리 과정을 포함한 KMU-PD로 훈련된 tiny YOLOv2의 평균 정확도를 비교하였다. 도 8에 도시된 바와 같이, 제안된 (3)의 방법이 (1) 및 (2)보다 평균 검출률이 각각 약 11.6%와 16.6% 높게 나타났으며, 평균 정확도는 각각 8.72%, 1.75% 높게 나타났다. 따라서 ABMS는 YOLO 알고리즘을 위한 적절한 전처리 과정임을 알 수 있다.

[0092]

한편, ABMS에서 불리언 맵 사이즈 N은 샘플링 스텝의 결정에 사용되므로, 보행자 검출 성능에 영향을 미치는 중요한 요소이다. N은 계산 시간과 정확도에 따라 조절이 필요한 파라미터로서, N이 크면 처리 시간이 선형적으로 늘어나고, N이 작으면 타겟 위치로 수렴하지 않을 수 있다.

[0093]

도 9는 불리언 맵 사이즈 N의 최적값을 결정하기 위해 후보 값에 따른 정확도와 계산 시간을 나타낸 그래프이다. 도 9에 도시된 바와 같이, 높은 정확도와 적절한 계산 시간을 고려하여, 본 발명에서는 N을 5로 설정할 수 있다.

[0094]

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망 및 돌출 맵을 이용한 야간 보행자 검출 방법 및 장치의 보행자 검출 결과를 도시한 도면이다. 도 10에 도시된 바와 같이, KMU-PD 데이터셋으로 실험을 수행하였을 때, 여름(좌측열)과 겨울(중앙열) 모두에서 정확하게 보행자를 검출하였으므로, 계절에 관계없이 높은 정확도를 보임을 확인할 수 있다. 다만, 도 10의 우측열에서 확인할 수 있는 바와 같이, 램프나 전기 기둥과 같이 온도가 높은 배경 영역이나 자동차의 뜨거운 영역에 의해 오탐지가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제는 추후 버전에서 해결되어야 할 것이다.

[0095]

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

[0096]

10: 본 발명의 일실시예에 따른 보행자 검출 장치
100: 돌출 맵 적용 모듈

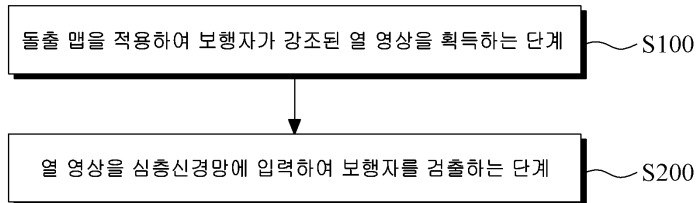
200: 보행자 검출 모듈

S100: 돌출 맵을 적용하여 보행자가 강조된 열 영상을 획득하는 단계

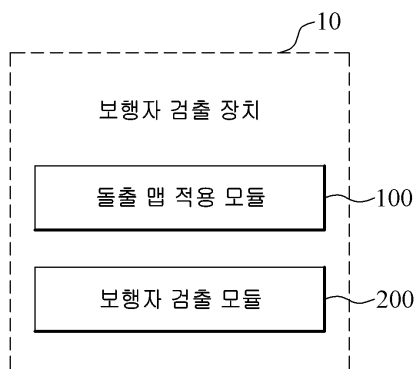
S200: 열 영상을 심층신경망에 입력하여 보행자를 검출하는 단계

도면

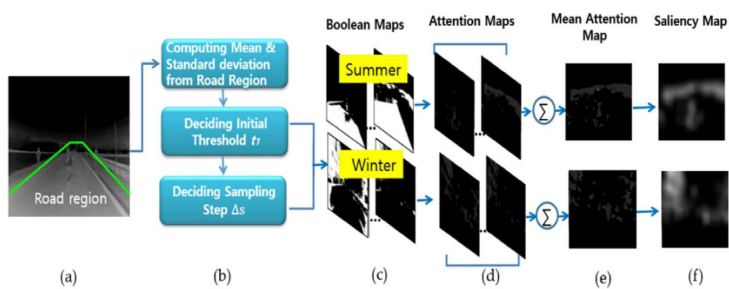
도면1



도면2



도면3



도면4

Algorithm 1: Adaptive BMS

A set of Boolean maps $\mathbf{B} = \{\}$; A set of attention maps $\mathbf{A} = \{\}$; $\bar{A} \leftarrow 0$

(1) Input feature map $\phi(I)$ is generated from a thermal image

Compute the initial threshold t_1 and sampling step Δs using 수식식 (3) and (4)

For $i = 1$ to N // refer to the results in 도3 (b), (c)

For $\theta = t_1$ to 255

$B_i = \text{THRESH}(\phi(I), \theta)$

$\bar{B}_i = \text{INVERT}(B_i)$

Morphological opening to B_i and $\bar{B}_i$

Add B_i and $\bar{B}_i$ to $\mathbf{B}$

End for

End for

(2) For $i = 1$ to N // refer to the results in 도3 (d)

Set $A_i(x, y) = 0$ if all pixels of $B_i(x, y)$ are connected to the image borders

Morphological dilation to A_i

Normalization A_i

$\bar{A} \leftarrow \bar{A} + A_i$

End for

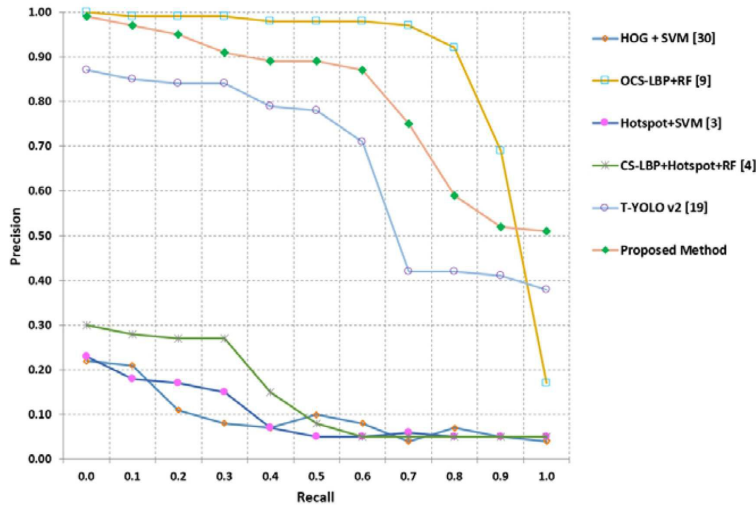
(3) $\bar{A} \leftarrow \bar{A} / \max_i A_i$ // refer to the results in 도3 (e)

(4) $S \leftarrow \text{PostProcessin}(\bar{A})$ // refer to the results in 도3 (f)

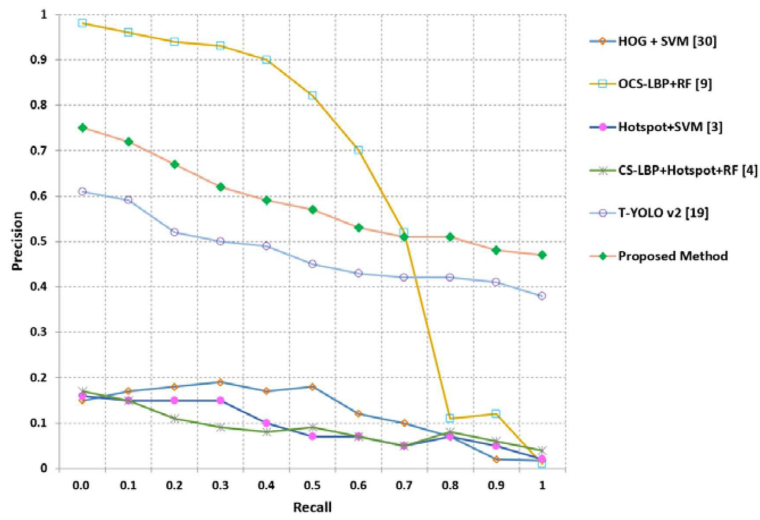
도면5



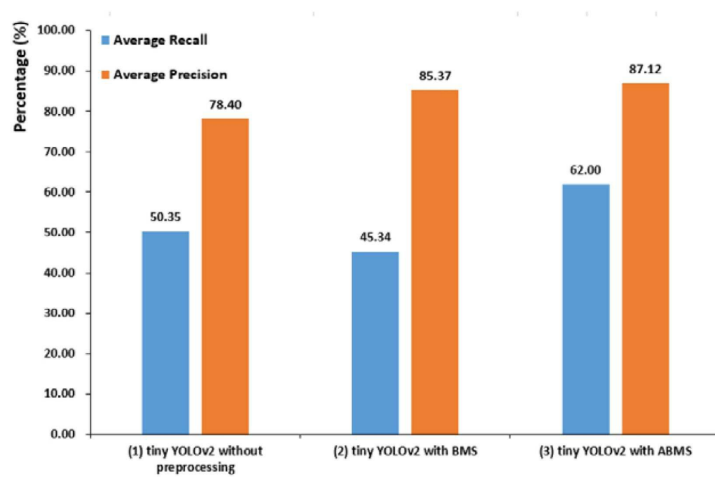
도면6



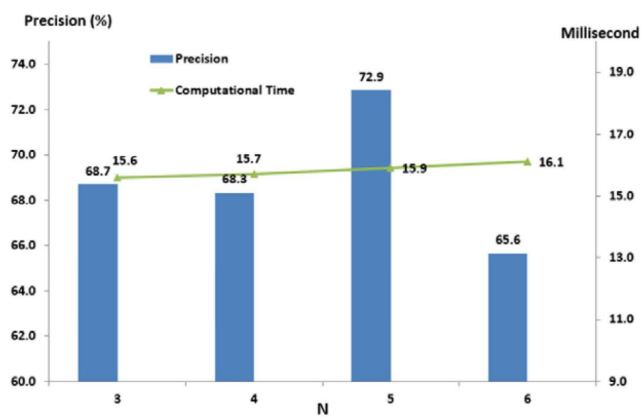
도면7



도면8



도면9



도면10

