

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0052257 (43) 공개일자 2014년05월07일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01J 5/60 (2006.01) G06F 19/00 (2011.01)	(71) 출원인 계명대학교 산학협력단 대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)	(72) 발명자 고병철 대구광역시 수성구 동대구로 345 범어역우방유셀 3306호 김덕연 경상북도 칠곡군 약목면 동안2길 36 남재열 대구광역시 수성구 지범로40길 11 서한화성아파트 103동 1401호
(21) 출원번호 10-2012-0118166 (22) 출원일자 2012년10월24일 심사청구일자 2012년10월24일	(74) 대리인 김건우	

전체 청구항 수 : 총 20 항

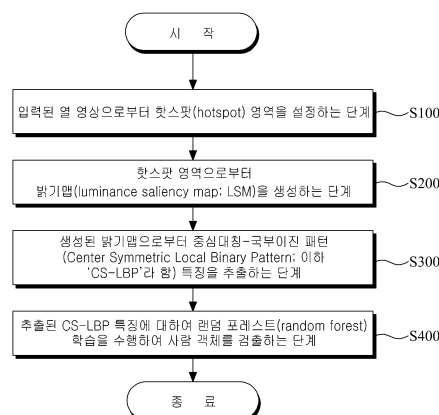
(54) 발명의 명칭 **밝기맵 기반의 중심대칭 국부이진 패턴과 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법**

(57) 요약

본 발명은 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는, (1) 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하는 단계, (2) 핫스팟 영역으로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하는 단계, (3) 생성된 밝기맵으로부터 CS-LBP 특징을 추출하는 단계, 및 (4) 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출하는 단계를 포함하는 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 밝기맵 기반의 중심대칭 국부이진 패턴과 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에 따르면, 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하여, 이로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하고, 생성된 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 'CS-LBP'라 함) 특징을 추출하여, 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출함으로써, 건물이나 자동차 불빛 등과의 혼동으로 인한 오검출을 줄이면서, 모든 신체부위의 영역을 사용하지 않고, 열에너지가 높은 신체부위 영역만을 대상으로 하는바, 신속하고 정확하게 사람을 검출할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-0008392

부처명 교육과학기술부

연구사업명 일반연구자 지원사업

연구과제명 열 영상 카메라를 이용한 다수의 휴먼객체 추적 및 행동 인식

기 여 율 1/1

주관기관 계명대학교

연구기간 2011.09.01 ~ 2016.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

- (1) 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하는 단계;
- (2) 상기 핫스팟 영역으로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하는 단계;
- (3) 생성된 상기 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 'CS-LBP' 라 함) 특징을 추출하는 단계; 및
- (4) 추출된 상기 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 (1)은,

- (1-1) 가변 임계값(flexible threshold)을 생성하는 단계;
- (1-2) 생성된 상기 가변 임계값을 상기 열 영상에 적용하여 상기 열 영상을 이진화(binazation)하는 단계;
- (1-3) 상기 이진화된 열 영상에서 검출된 후보 영역에 대해 모폴로지 열림 및 닫힘(morphological opening and closing) 연산을 적용하여 잡음을 제거하는 단계; 및
- (1-4) 잡음을 제거하고 남은 최종 영역을 핫스팟 영역으로 정의하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 단계 (1)은,

- (1-5) 상기 핫스팟 영역을 정규화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 단계 (1-5)는,

상기 핫스팟 영역을 20×40 픽셀 크기로 정규화하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단계 (1)에서,

상기 핫스팟 영역은, 얼굴 영역 및 어깨 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 단계 (2)에서,

상기 밝기맵은, 필터 스케일 내에서 중심 포인트와 주변 포인트 간의 밝기 차이 비교에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 필터 스케일은,

2×2 및 3×3인 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 단계 (3)은,

(3-1) 상기 밝기맵을 복수 개의 셀로 분할하는 단계;

(3-2) 분할된 각각의 상기 셀에서 CS-LBP 특징을 추출하는 단계;

(3-3) 상기 CS-LBP 특징을 추출한 각각의 상기 셀에서 CS-LBP 히스토그램을 생성하는 단계; 및

(3-4) 각각의 상기 셀에서 생성된 상기 CS-LBP 히스토그램을 연결하여 최종 CS-LBP 히스토그램을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 단계 (3)은,

(3-5) 상기 최종 CS-LBP 히스토그램을 정규화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 단계 (3-1)은,

상기 밝기맵을 16개의 셀로 분할하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 단계 (3-1)에서,

상기 셀은 서로 중첩되지 않도록(non-overlapped) 분할되는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 단계 (3-3)에서,

상기 CS-LBP 히스토그램은 16개의 빈을 갖는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 13

제8항에 있어서, 상기 단계 (3-4)에서,

상기 최종 CS-LBP 히스토그램은 256개의 빈을 갖는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 14

제9항에 있어서, 상기 단계 (3-5)는,

상기 최종 CS-LBP 히스토그램을 0~1로 정규화하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 단계 (4)는,

(4-1) 랜덤 포레스트의 결정 트리의 개수를 선택하는 단계; 및

(4-2) 스플릿 함수와 변수를 이용하여 상기 결정 트리의 각 노드(node)를 분할하여 최대 트리 깊이까지 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 단계 (4)는,

(4-3) 모든 트리에서의 각 분포 확률의 평균을 산출하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 단계 (4)는,

상기 단계 (4-1) 전에, 상기 랜덤 포레스트의 클래스를 정의하는 전처리 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 전처리 단계는,

상기 클래스를 사람 및 비-사람(non-human)의 두 개의 클래스로 정의하는 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 19

제15항에 있어서, 상기 단계 (4-1)에서,

상기 결정 트리의 개수는 120개인 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

청구항 20

제15항에 있어서, 상기 단계 (4-2)에서,

상기 최대 트리 깊이는 20인 것을 특징으로 하는, 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 사람 검출 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 밝기맵 기반의 중심대칭 국부이진 패턴과 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 비디오 감시 및 휴먼 제스처 인식과 같은 다양한 연구로 인하여 컴퓨터 비전 분야의 핵심 기술인 사람 검출에 대한 관심이 많아지고 있다. 지난 몇 년 동안, 많은 알고리즘은 사람의 자동검출을 위해 CCD 카메라에서의 영상에서 색상 영역에 초점을 맞추고 있다. 하지만, CCD 카메라에 의해 캡처 된 영상에서의 사람의 검출은 특히 야간이나 실내 환경에서, 그림자나 충분하지 않은 빛(조명) 조건으로 인해 정확한 사람 검출을 할 수 없는 문제점이 있다.

[0003] 한편, 열 영상 카메라는 화면에서 사람 객체의 신체부위로부터 방출/반사되는 열에너지 양의 상대적 차이를 탐지하며, 최근에는 CCD 카메라에 의한 사람 검출 시 발생하는 문제점을 해결하기 위해, 이러한 열 영상 카메라를 이용하여 사람을 검출하는 방법에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

[0004] Xu 등(F. Xu, X. Liu and K. Fujimura, "Pedestrian Detection and Tracking with Night Vision", IEEE Transactions on intelligent transportation system, Vol 6, No 1, 63-71, 2005)은 영상의 픽셀 평균값과 최대 픽셀 값을 이용하여 임계값을 생성하고 영상을 이진화한 후 모폴로지 연산을 통한 잡음제거로 후보 영역을 생성한 후, 후보 영역에 대해 SVM(support vector machine) 분류기를 적용하여 최종 보행자를 검증하는 알고리즘을 제안하였다.

[0005] Correa 등(M. Correa, G. Hermosilla, R. Verschae, and J. Ruiz-Delsolar, J. Intell. & Robotic Syst. 66, 223, 2012)은 열 및 시각 정보 소스의 이용을 통하여 사람을 존재를 확인하고, 열 및 시각적 스펙트럼에서의 열 굴 정보를 이용하여 그들의 신원을 확인하는 방법을 제안하였다.

[0006] 하지만, 기존의 Xu 등의 방법은 사람과 유사한 열 속성을 갖는 가로등이나 네온사인, 자동차 불빛, 복사열에 의한 도로, 건물 등의 발열과 혼동하여 사람을 정확하게 검출하지 못하는 문제점이 있으며, Correa 등의 방법은 신체에서의 열 스펙트럼은 신체 부위마다 상이함에도 불구하고, 모든 신체 영역을 사용하여 사람을 확인하는바, 사람을 정확하게 검출하는데 한계가 있는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하여, 이로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하고, 생성된 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 ‘CS-LBP’ 라 함) 특징을 추출하여, 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출함으로써, 건물이나 자동차 불빛 등과의 혼동으로 인한 오검출을 줄이면서, 모든 신체부위의 영역을 사용하지 않

고, 열에너지가 높은 신체부위 영역만을 대상으로 하는바, 신속하고 정확하게 사람을 검출하는 것이 가능한, 밝기맵 기반의 중심대칭 국부이진 패턴과 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법은,
- [0009] (1) 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하는 단계;
- [0010] (2) 상기 핫스팟 영역으로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하는 단계;
- [0011] (3) 생성된 상기 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 'CS-LBP' 라 함) 특징을 추출하는 단계; 및
- [0012] (4) 추출된 상기 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출하는 단계를 포함하는 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0013] 바람직하게는, 상기 단계 (1)은,
- [0014] (1-1) 가변 임계값(flexible threshold)을 생성하는 단계;
- [0015] (1-2) 생성된 상기 가변 임계값을 상기 열 영상에 적용하여 상기 열 영상을 이진화(binanzation)하는 단계;
- [0016] (1-3) 상기 이진화된 열 영상에서 검출된 후보 영역에 대해 모폴로지 열림 및 닫힘(morphological opening and closing) 연산을 적용하여 잡음을 제거하는 단계; 및
- [0017] (1-4) 잡음을 제거하고 남은 최종 영역을 핫스팟 영역으로 정의하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (1)은,
- [0019] (1-5) 상기 핫스팟 영역을 정규화하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0020] 더더욱 바람직하게는, 상기 단계 (1-5)는,
- [0021] 상기 핫스팟 영역을 20×40 픽셀 크기로 정규화할 수 있다.
- [0022] 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서,
- [0023] 상기 핫스팟 영역은, 얼굴 영역 및 어깨 영역을 포함할 수 있다.
- [0024] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서,
- [0025] 상기 밝기맵은, 필터 스케일 내에서 중심 포인트와 주변 포인트 간의 밝기 차이 비교에 의해 생성될 수 있다.
- [0026] 더욱 바람직하게는, 상기 필터 스케일은,
- [0027] 2×2 및 3×3일 수 있다.
- [0028] 바람직하게는, 상기 단계 (3)은,
- [0029] (3-1) 상기 밝기맵을 복수 개의 셀로 분할하는 단계;

- [0030] (3-2) 분할된 각각의 상기 셀에서 CS-LBP 특징을 추출하는 단계;
- [0031] (3-3) 상기 CS-LBP 특징을 추출한 각각의 상기 셀에서 CS-LBP 히스토그램을 생성하는 단계; 및
- [0032] (3-4) 각각의 상기 셀에서 생성된 상기 CS-LBP 히스토그램을 연결하여 최종 CS-LBP 히스토그램을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0033] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3)은,
- [0034] (3-5) 상기 최종 CS-LBP 히스토그램을 정규화하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-1)은,
- [0036] 상기 밝기맵을 16개의 셀로 분할할 수 있다.
- [0037] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-1)에서,
- [0038] 상기 셀은 서로 중첩되지 않도록(non-over lapped) 분할될 수 있다.
- [0039] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-3)에서,
- [0040] 상기 CS-LBP 히스토그램은 16개의 빈을 가질 수 있다.
- [0041] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-4)에서,
- [0042] 상기 최종 CS-LBP 히스토그램은 256개의 빈을 가질 수 있다.
- [0043] 더더욱 바람직하게는, 상기 단계 (3-5)는,
- [0044] 상기 최종 CS-LBP 히스토그램을 0~1로 정규화할 수 있다.
- [0045] 바람직하게는, 상기 단계 (4)는,
- [0046] (4-1) 랜덤 포레스트의 결정 트리의 개수를 선택하는 단계; 및
- [0047] (4-2) 스플릿 함수와 변수를 이용하여 상기 결정 트리의 각 노드(node)를 분할하여 최대 트리 깊이까지 성장시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0048] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (4)는,
- [0049] (4-3) 모든 트리에서의 각 분포 확률의 평균을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0050] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (4)는,
- [0051] 상기 단계 (4-1) 전에, 상기 랜덤 포레스트의 클래스를 정의하는 전처리 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0052] 더더욱 바람직하게는, 상기 전처리 단계는,

[0053] 상기 클래스를 사람 및 비-사람(non-human)의 두 개의 클래스로 정의할 수 있다.

[0054] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (4-1)에서,

[0055] 상기 결정 트리의 개수는 120개일 수 있다.

[0056] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (4-2)에서,

[0057] 상기 최대 트리 깊이는 20일 수 있다.

발명의 효과

[0058] 본 발명에서 제안하고 있는 밝기맵 기반의 중심대칭 국부이진 패턴과 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에 따르면, 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하여, 이로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하고, 생성된 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 'CS-LBP' 라 함) 특징을 추출하여, 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출함으로써, 건물이나 자동차 불빛 등과의 혼동으로 인한 오검출을 줄 이면서, 모든 신체부위의 영역을 사용하지 않고, 열에너지가 높은 신체부위 영역만을 대상으로 하는바, 신속하 고 정확하게 사람을 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0059] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 순서도.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 입력된 열 영상을 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S100에 대한 세부 순서도.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S120에 의해 이진화된 영상의 상태를 나타낸 도면.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S140에 의해 잡음을 제거하고 남은 최종 핫스팟 영역의 상태를 나타낸 도면.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S150에 의해 정규화된 핫스팟 영역의 상태를 나타낸 도면.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S200에 의해 밝기맵이 생성된 상태를 나타낸 도면.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S300에 대한 세부 순서도.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S300의 각 세부 단계가 수행된 상태를 나타낸 도면.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S400에 대한 세부 순서도.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에 따라 야간 및 실내 환경의 열 영상에서 사람이 검출된 결과를 나타낸 도면.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 TP, FP 및 FN 검출률을 측정 결과를 나타낸 도면.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출

방법의 정확률 및 재현을 비교 실험 결과를 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0060] 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.
- [0061] 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.
- [0062] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 순서도이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법은, 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하는 단계(S100), 핫스팟 영역으로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하는 단계(S200), 생성된 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 ‘CS-LBP’라 함) 특징을 추출하는 단계(S300), 및 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출하는 단계(S400)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0063] 단계 S100에서는, 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정한다. 즉, 도 2에 나타난 바와 같이, 열 영상 카메라를 통해 입력되는 열 영상에서, 신체의 열에너지는, 신체 부위에 따라 다르다. 예컨대, 기후 조건이나 다리 및 몸통은 보통 옷에 의해 커버되는바, 머리와 손은 다리 또는 몸통보다 더 높은 온도를 가지는 경향이 있다. 따라서, 이러한 상이한 열에너지를 갖는 모든 신체 영역을 사용하는 것이 아닌, 신체부위 중 가장 높은 열에너지를 방출하는 핫스팟 영역을 설정하여 해당 영역에 대해서만 후술할 단계 S200 내지 단계 S400을 수행함으로써, 사람을 정확하고 신속하게 검출하며, 단계 S100에 대하여, 도 3 내지 도 6을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0064] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S100에 대한 세부 순서도이다. 도 3에 나타난 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S100은, 가변 임계값(flexible threshold)을 생성하는 단계(S110), 생성된 가변 임계값을 열 영상에 적용하여 열 영상을 이진화(binarianization)하는 단계(S120), 이진화된 열 영상에서 검출된 후보 영역에 대해 모폴로지 열림 및 닫힘(morphological opening and closing) 연산을 적용하여 잡음을 제거하는 단계(S130), 및 잡음을 제거하고 남은 최종 영역을 핫스팟 영역으로 정의하는 단계(S140)를 포함할 수 있고, 핫스팟 영역을 정규화하는 단계(S150)를 더 포함할 수 있다.
- [0065] 단계 S110에서는, 후술할 단계 S120에 의해 입력된 열 영상을 이진화하기 위한 임계값을 생성한다. 보다 구체적으로, 야간 열 영상은 자동차 불빛이나, 가로등, 네온사인 등 다양한 발열 객체에 의해 지속적으로 밝기값이 변화하는바, 영상의 이진화를 위해서는 고정된 임계값보다는 영상의 특성에 맞게 가변적으로 변화하는 가변 임계값(flexible threshold)을 설정하는 것이 바람직하다.
- [0066] 이를 위해, 열 영상의 밝기 표준편차(σ)와 밝기 평균(I_μ), 밝기 최댓값($I_{\max}$)을 이용하여 하기의 수식식 1에 따

라 가변 임계값을 생성한다.

수학식 1

$$\begin{aligned} & \text{if}(\sigma > T_1) \\ & \quad T_2 = 0.2 \cdot I_\mu + 0.8 \cdot I_{\max} \\ & \text{else} \\ & \quad T_2 = 0.8 \cdot I_\mu + 0.2 \cdot I_{\max} \end{aligned}$$

[0067]

[0068]

한편, 수학식 1에서, 입력 열 영상의 표준편차가 클 경우 영상 안에 다양한 발열 객체가 포함된 경우이므로, 최대 픽셀 값을 강조하여 임계값(T_2)을 높이며, 이 경우 영상 안에 포함된 약 10%정도의 픽셀만이 후보 영역으로 검출될 수 있다. 반면, 발열 객체가 적게 포함되어 표준편차가 적을 경우에는 평균값에 대한 가중치를 높여 임계값(T_2)을 낮추는 것이 바람직하다.

[0069]

단계 S120에서는, 단계 S110에 의해 생성된 가변 임계값을 열 영상에 적용하여 열 영상을 이진화(binarization)한다. 보다 구체적으로, 단계 S110에 의해 생성된 가변 임계값을 하기의 수학식 2에 따라 입력된 열 영상에 적용하여 이진화시키며, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S120에 의해 이진화된 영상의 상태를 나타낸 도면이다.

수학식 2

$$I'(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } I(x, y) > T_1(I_\mu + k \cdot I_\sigma) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0070]

[0071]

여기서, μ 및 σ 는 영상 밝기 I 의 평균 및 표준편차를 나타내고, k 는 높은 열 픽셀의 기여(contribution)를 증가시키는 부스트 파라미터(boost parameter)를 나타내며, T_1 은 가변 임계값을 나타낸다.

[0072]

단계 S130에서는, 단계 S120에 의해 이진화된 열 영상에서 잡음을 제거한다. 보다 구체적으로, 이진화된 열 영상에서 검출된 후보 영역에 대해 모폴로지 열림 및 닫힘(morphological opening and closing) 연산을 적용함으로써 잡음을 제거한다.

[0073]

단계 S140에서는, 단계 S130에 의해 잡음을 제거하고 남은 최종 영역을 핫스팟 영역으로 정의하며, 정의된 핫스팟 영역은 신체 부위 중 열에너지를 가장 많이 방출하는 얼굴 및 어깨 영역을 포함한다. 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S140에 의해 잡음을 제거하고 남은 최종 핫스팟 영역의 상태를 나타낸 도면이다. 도 5에 나타난 바와 같이, 후보 영역의 너비(가로)와 높이(세로)는 두 배로 되고, 얼굴 및 어깨 부위를 포함하는 영역은 2.5배 크기로 확장된다.

[0074]

단계 S150에서는, 단계 S140에 의해 정의된 핫스팟 영역을 정규화하며, 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S150에 의해 정규화된 핫스팟 영역의 상태를 나타낸 도면이다. 도 6에 나타난 바와 같이, 핫스팟 영역은 후술할 단계 S300 및 단계 S400을 통한 특징 추출과 사람 검출을 위해 $n \times m$ 크기로 정규화하며, 바람직하게는, 20×40 픽셀 크기로 정규화

한다.

[0075] 단계 S200에서는, 단계 S100에 의해 설정된 핫스팟 영역으로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하며, 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S200에 의해 밝기맵이 생성된 상태를 나타낸 도면이다.

[0076] 단계 S100에 의해 설정된 핫스팟 영역에는 얼굴 및 어깨 부위 외에 여전히 손이나 다리 및 빌딩이나 자동차에서의 불빛과 같은 많은 거짓 영역(false region)을 포함하고 있으며, 얼굴 및 어깨 부위를 포함하는 핫스팟 영역은 이러한 배경 및 다른 신체부위와 비교할 때 매우 강렬한(intense) 경향이 있다. 따라서, 핫스팟 영역과 배경 간의 밝기 차이를 비교함으로써 핫스팟 영역의 경계를 신장시킬 필요가 있다.

[0077] 이를 위해, 단계 S200에서는, 필터 스케일 내에서 중심 포인트와 주변 포인트 간의 밝기 차이를 비교 추정함으로써 밝기맵을 생성하며, 이는 하기의 수학적 식 3으로 표현될 수 있다. 이때, 필터 스케일은 2×2 및 3×3인 것이 바람직하다.

수학적 식 3

$$LSM = \sum_{s \in \{2 \times 2, 3 \times 3\}} L(c, s)$$

[0078]

[0079] 여기서, c는 중심 포인트를 나타내며, s는 필터 스케일을 나타낸다.

[0080] 단계 S300에서는, 단계 S200에 의해 생성된 밝기맵으로부터 CS-LBP 특징을 추출하며, 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S300에 대한 세부 순서도이고, 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에서, 단계 S300의 각 세부 단계가 수행된 상태를 나타낸 도면이다. 도 8에 나타난 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S300은, 밝기맵을 복수 개의 셀로 분할하는 단계(S310), 분할된 각각의 셀에서 CS-LBP 특징을 추출하는 단계(S320), CS-LBP 특징을 추출한 각각의 셀에서 CS-LBP 히스토그램을 생성하는 단계(S330), 및 각각의 셀에서 생성된 CS-LBP 히스토그램을 연결하여 최종 CS-LBP 히스토그램을 생성하는 단계(S340)를 포함하고, 최종 CS-LBP 히스토그램을 정규화하는 단계(S350)를 더 포함할 수 있다.

[0081] 단계 S310에서는, 밝기맵을 복수 개의 셀로 분할하며, 보다 구체적으로는, 도 9에 나타난 바와 같이, 서로 중첩되지 않는 16(4×4)개의 영역으로 분할하는 것이 바람직하다.

[0082] 단계 S320에서는, 단계 S310에 의해 분할된 각각의 셀에서 CS-LBP 특징을 추출한다. CS-LBP는 중심 픽셀의 이웃하는 픽셀들의 관계를 나타내는 기술자로서, 이는 LBP와 동일한 성능을 나타내면서 차원의 수를 현저히 줄일 수 있다. 즉, CS-LBP는 조명 변화에 강하고, 단일톤(monotonic)의 그레이 레벨의 변화에 대한 견고성(robustness)과 같은 특징을 유지하면서 계산을 단순화한다. 견고성은 하기의 수학적 식 4와 같이, small value T를 사용하여 그레이 레벨 차이를 임계화 처리(thresholding)하여 평면 영상 영역으로 얻어지며, CS-LBP는 하기의 수학적 식 5에 따라 계산되어 얻는다.

수학식 4

$$s(x) = \begin{cases} 1 & x > T_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0083]

수학식 5

$$\text{CS-LBP}_{R,N}(x,y) = \sum_{i=0}^{(N/2)-1} s(n_i - n_{i+(N/2)})2^i$$

[0084]

[0085] 여기서, n_i 및 $n_{i+(N/2)}$ 는 반지름 $R(R=1)$ 을 갖는 원에서 N 동일한 간격의 픽셀에 대한 중심 대칭 픽셀 쌍의 그레이 값을 나타낸다.

[0086] 이를 통해, 도 9에 나타낸 바와 같이, 16개의 영역에서 각각 CS-LBP 특징을 추출하여 그 결과 하나의 셀에서 16개의 CS-LBP 특징을 추출한다.

[0087] 단계 S330에서는, 단계 S320에 의해 CS-LBP 특징을 추출한 각각의 셀에서 CS-LBP 히스토그램을 생성하며, 보다 구체적으로는 도 8에 나타낸 바와 같이, CS-LBP 히스토그램은 16개의 빈(bin)을 가지며, 이는 각 셀에서 나타나는 CS-LBP 분포를 나타낸다.

[0088] 단계 S340에서는, 단계 S330에 의해 각각의 셀에서 생성된 CS-LBP 히스토그램을 연결하여 최종 CS-LBP 히스토그램을 생성하며, 보다 구체적으로는 도 9에 나타낸 바와 같이, 최종 CS-LBP 히스토그램은, 16개의 셀에서 생성된 16개의 빈을 가진 CS-LBP 히스토그램을 연결하여 생성되는바, $256(16 \times 16)$ 개의 빈을 가질 수 있다.

[0089] 단계 S350에서는, 단계 S340에 의해 생성된 최종 CS-LBP 히스토그램을 정규화하며, 보다 구체적으로는 0~1로 정규화한다.

[0090] 단계 S400에서는, 단계 S300에 의해 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출하며, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S400에 대한 세부 순서도이다. 도 10에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법의 단계 S400은, 랜덤 포레스트의 결정 트리의 개수를 선택하는 단계(S410) 및 스플릿 함수와 변수를 이용하여 결정 트리의 각 노드(node)를 분할하여 최대 트리 깊이까지 성장시키는 단계(S420)를 포함하며, 모든 트리에서의 각 분포 확률의 평균을 산출하는 단계(S430)를 더 포함할 수 있다.

[0091] 랜덤 포레스트는 결정 트리 앙상블 분류기로서, 단일 결정 트리보다는 이진 결정 트리의 집합을 기본으로 하며, 이는 하기의 수학식 6으로 표현될 수 있다.

수학식 6

$$\mathbf{RF} = \{h_t(\mathbf{x})\}, \quad t = 1, \dots, N$$

[0092]

[0093]

여기서, $h()$ 은 데이터 샘플 x 를 사용한 트리의 예측(prediction)을 나타낸다.

[0094]

단계 S410에서는, 랜덤 포레스트의 결정 트리의 개수를 선택하며, 보다 구체적으로는, 120개로 선택하는 것이 바람직하다. 한편, 단계 S410 전에 랜덤 포레스트의 클래스를 정의하는 전처리 단계를 수행할 수 있으며, 보다 구체적으로 사람과 비-사람의 두 클래스로 정의하는 것이 바람직하다.

[0095]

단계 S420에서는, 스플릿 함수와 변수를 이용하여 결정 트리의 각 노드(node)를 분할하여 최대 트리 깊이까지 성장시키며, 보다 구체적으로 최대 트리 깊이는 20인 것이 바람직하다.

[0096]

단계 S430에서는, 모든 트리에서의 각 분포 확률의 평균을 산출하며, 평균 확률 분포의 최댓값을 갖는 클래스를 "사람"으로 선택한다.

[0097]

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법에 따라 야간 및 실내 환경의 열 영상에서 사람이 검출된 결과를 나타낸 도면이다. 도 11에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 밝기맵 기반의 CS-LBP와 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법은, 정확하고 신속하게 열 영상에서 사람을 검출하는 것을 확인할 수 있다.

[0098]

본 발명은 이하의 실험예에 의하여 더욱 상세히 설명되나, 본 발명이 이하의 실험예에 의해 어떤 식으로든 제한되는 것은 아니다.

[0099]

[실험예 1]

[0100]

TP, FP 및 FN 검출률을 통한 사람 검출 성능 실험

[0101]

TP, FP 및 FN 검출률에 따른 본 발명 따른 사람 검출 방법의 사람 검출 성능 효과를 확인하기 위해 하기와 같이 실험을 진행하였다.

[0102]

실험을 위해 50개의 positive 영상과 100개의 negative 영상의 총 150개의 실험데이터를 열 영상 카메라로 촬영하여 사용하였다. 각 영상에 대해 본 발명에 따른 밝기맵 기반의 중심대칭 국부이진 패턴과 랜덤 포레스트를 이용한 열 영상에서의 사람 검출 방법을 적용하여 TP(True Positive), FP(False Positive) 및 FN(False Negative) 검출률을 측정하였고, 그 결과를 도 12에 나타내었다.

[0103]

도 12에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따른 사람 검출 방법은, 93%의 매우 높은 검출률(TP)을 보이는 반면, 상대적으로 매우 낮은 오 감지율(FP) 및 미 감지율(FN)을 보이는데, 사람 검출 성능에 우수한 효과가 있음을 확인하였다.

[0104]

한편, TP, FP 및 FN을 이용하여 정확률(precision) 및 재현율(recall)을 측정하였고, 그 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1

총 보행자 수	Precision	Recall
59	91.6%	93.2%

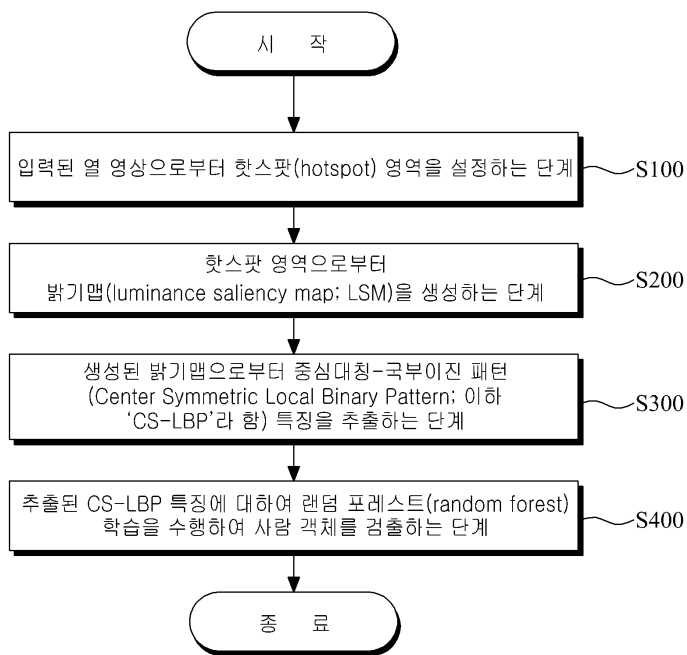
- [0105]
- [0106] 표 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 사람 검출 방법은, 91.6%의 정확률 및 93.2%의 재현율을 보이는데, 사람 검출 성능에 우수한 효과가 있음을 확인하였다.
- [0107] [실험예 2]
- [0108] 정확률 및 재현율 비교 실험
- [0109] 정확률(Precision percentage) 및 재현율(Recall percentage) 비교에 따른 본 발명 따른 사람 검출 방법의 사람 검출 성능 효과를 확인하기 위해 하기와 같이 실험을 진행하였다.
- [0110] 훈련(training)을 위해, 열 영상으로부터 400 훈련 영상이 랜덤하게 선택되었고(200 positive 샘플 및 200 negative 샘플), 실험 영상은 127명의 사람을 포함하는 60개의 열 영상으로 구성되었다.
- [0111] 본 발명에 따른 사람 검출 방법을 열 영상에 적용하며 정확률 및 재현율을 산출하였고, 그 결과를 다른 국부 기술자 및 분류기를 조합한 3개의 방법(① HOG+RF, ② 밝기맵을 기반하지 않은 CS-LBP+RF, ③ Gray+SVM)을 산출된 값과 비교하였고, 그 결과를 도 13에 나타내었다.
- [0112] 도 13에 나타난 바와 같이, 정확률의 경우 본 발명에 따른 방법은 88%를 나타낸 반면, 방법 ① 내지 ③은 각각 40%, 74% 및 67%를 나타내어 기존의 방법에 비하여 매우 높은 정확률을 가짐을 확인하였고, 이는 밝기맵 기반의 CS-LBP 기술자가 차별화되는 사람 특징을 추출할 수 있고, 랜덤 포레스트가 각각의 랜덤화된 결정 트리를 결합하여 true positive를 보호하고, 많은 양의 false positive들을 제거하기 때문인 것으로 보인다. 또한, 재현율의 경우 본 발명에 따른 방법은 92%를 나타낸 반면, 방법 ① 내지 ③은 각각 57%, 92% 및 88%를 나타내었는데, 결과적으로, 본 발명에 따른 사람 검출 방법은, 사람 검출 성능에 우수한 효과가 있음을 확인하였다.
- [0113] 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

- [0114] S100: 입력된 열 영상으로부터 핫스팟(hotspot) 영역을 설정하는 단계
- S200: 핫스팟 영역으로부터 밝기맵(luminance saliency map; LSM)을 생성하는 단계
- S300: 생성된 밝기맵으로부터 중심대칭-국부이진 패턴(Center Symmetric Local Binary Pattern; 이하 'CS-LBP'라 함) 특징을 추출하는 단계
- S400: 추출된 CS-LBP 특징에 대하여 랜덤 포레스트(random forest) 학습을 수행하여 사람 객체를 검출하는 단계

도면

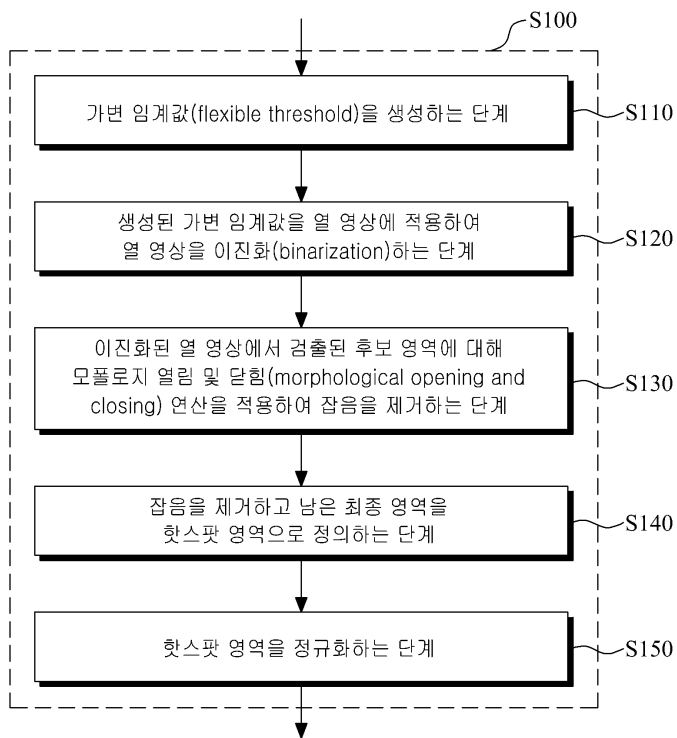
도면1



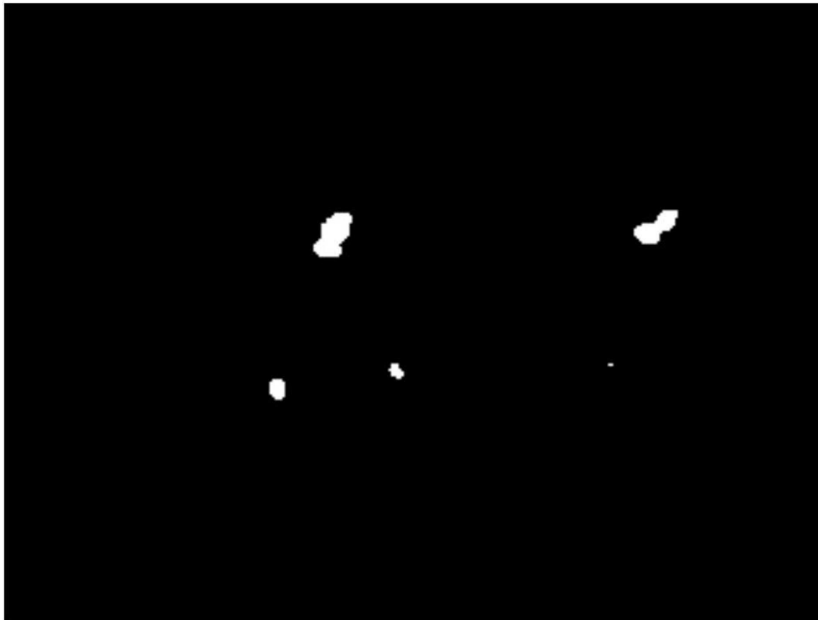
도면2



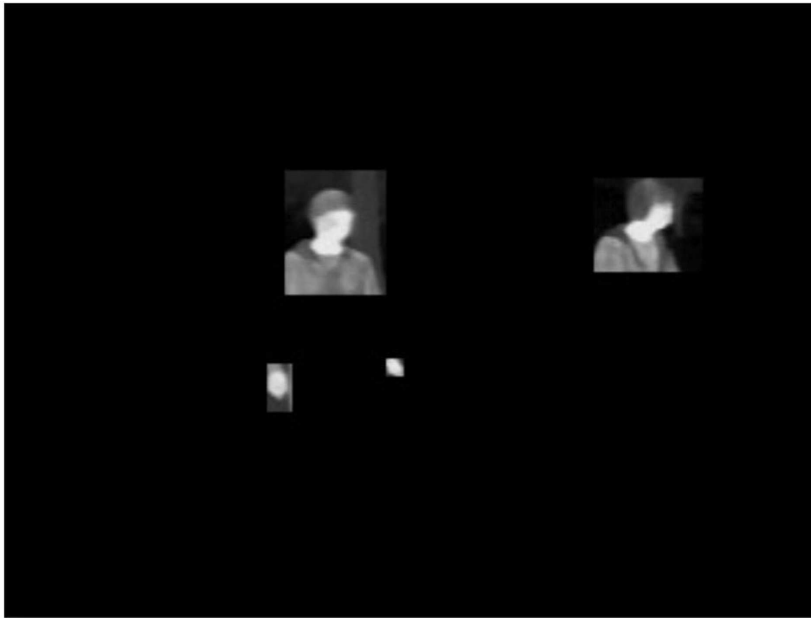
도면3



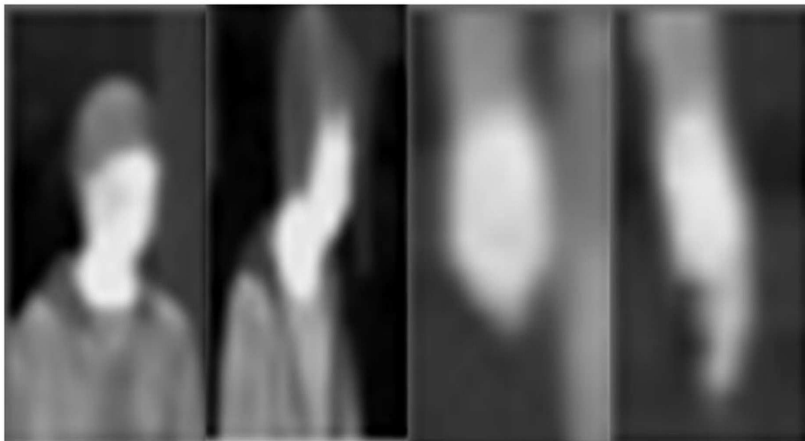
도면4



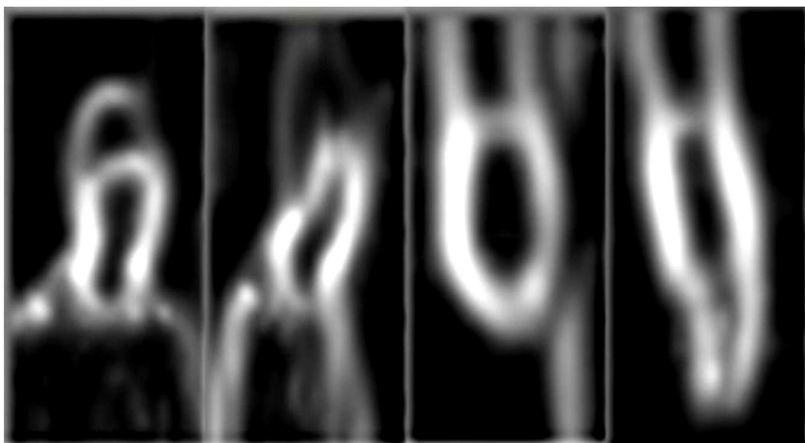
도면5



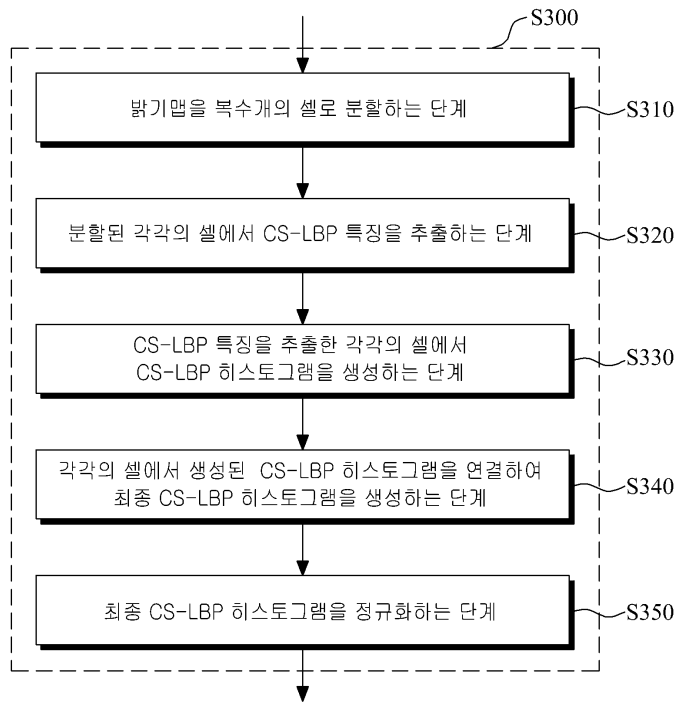
도면6



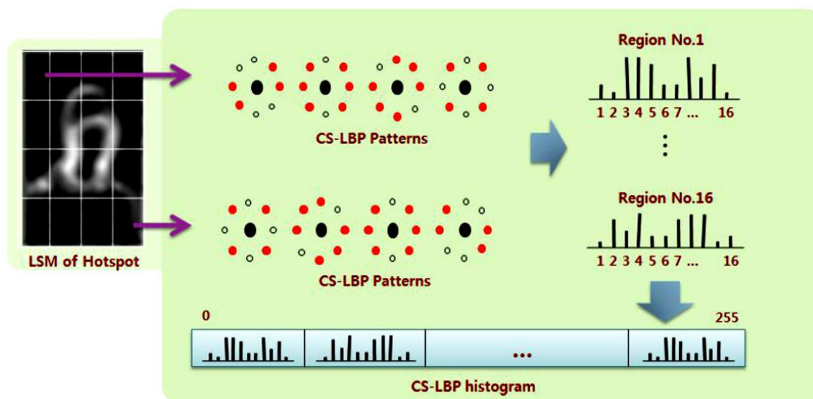
도면7



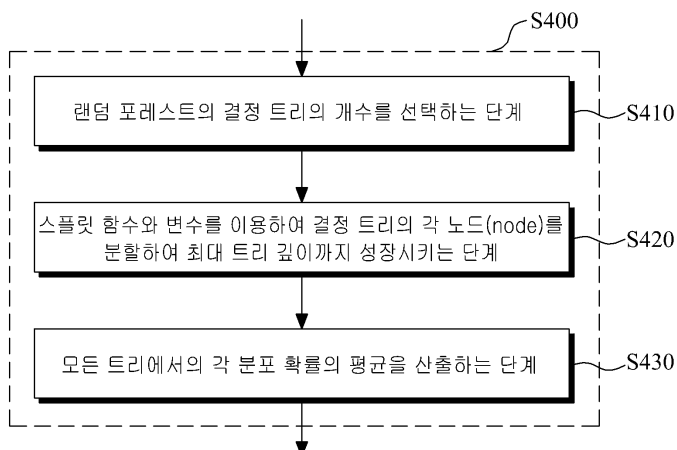
도면8



도면9



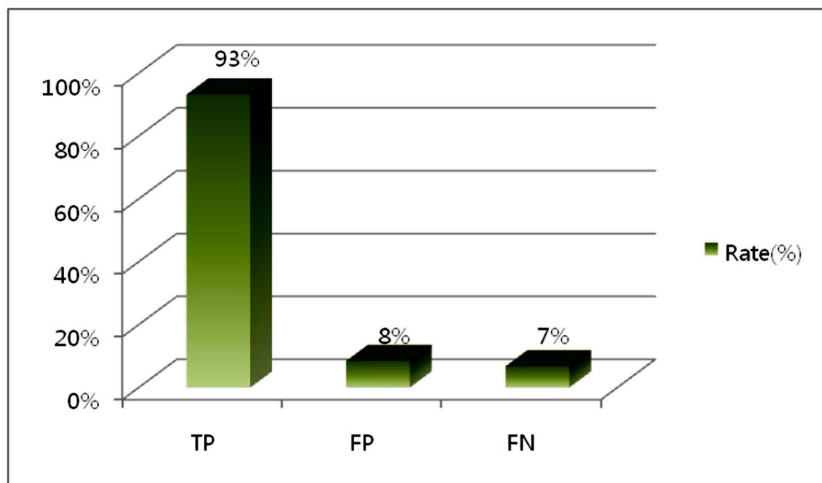
도면10



도면11



도면12



도면13

