



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0019969
(43) 공개일자 2011년03월02일

(51) Int. Cl.

G06T 7/20 (2006.01) H04N 5/262 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0077609

(22) 출원일자 2009년08월21일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성테크윈 주식회사

경남 창원시 성주동 28번지

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

전승선

경상남도 창원시 성주동 28 삼성테크윈

고한석

서울시 용산구 서빙고동 신동아아파트 16-703

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔텍특허법인

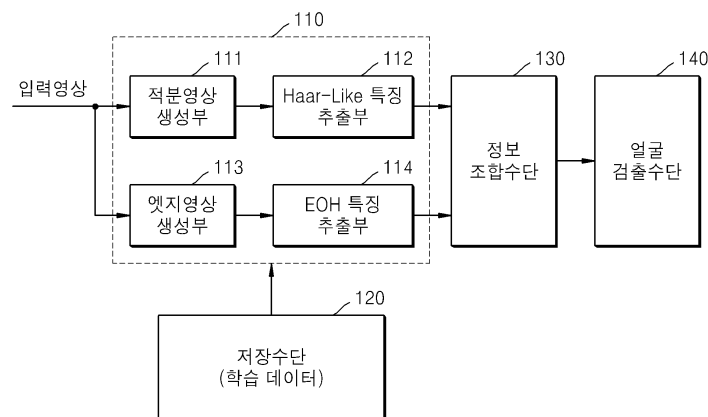
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 얼굴 검출 장치

(57) 요약

본 발명은 입력영상에서 적분영상 및 엣지영상을 각각 구하고 그로부터 할-라이크 특징 정보 및 EOH 특징 정보를 추출하고 추출된 정보들을 조합하여 얼굴을 검출하는 얼굴 검출 장치에 관한 것이다. 얼굴 검출 장치는 입력영상으로부터 적분영상 및 엣지영상을 생성하고, 기 저장된 학습 데이터를 이용하여 상기 적분영상으로부터 할-라이크(Haar-like) 특징 정보를 추출하고, 상기 엣지영상으로부터 EOH(Edge of Orientation Histogram) 특징 정보를 추출하는 특징정보 추출수단; 및 상기 조합된 할-라이크 특징 정보 및 EOH 특징 정보에 아다부스트 알고리즘을 적용하여 얼굴을 검출하는 얼굴 검출수단을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이영현

서울특별시 성북구 안암동 고려대학교 자연계 캠퍼스
창의관 711호

구분화

서울특별시 성북구 안암동 고려대학교 자연계 캠퍼스
창의관 711호

송대엽

서울특별시 성북구 안암동 고려대학교 자연계 캠퍼스
창의관 711호

배정민

서울특별시 성북구 안암동 고려대학교 자연계 캠퍼스
창의관 711호

특허청구의 범위

청구항 1

입력영상으로부터 적분영상 및 엣지영상을 생성하고, 기 저장된 학습 데이터를 이용하여 상기 적분영상으로부터 할-라이크(haar-like) 특징 정보를 추출하고, 상기 엣지영상으로부터 EOH(edge of histogram) 특징 정보를 추출하는 특징정보 추출수단; 및

상기 조합된 할-라이크 특징 정보 및 EOH 특징 정보에 아다부스트(adaboost) 알고리즘을 적용하여 얼굴을 검출하는 얼굴 검출수단을 포함하는 얼굴 검출 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 특징정보 추출수단은

상기 입력영상을 적분하여 적분영상을 생성하는 적분영상 생성부;

상기 입력영상으로부터 엣지영상을 생성하고, 상기 엣지 영상으로부터 각 엣지 방향의 강도를 구하는 엣지영상 생성부;

상기 학습 데이터를 이용하여 적분된 입력영상으로부터 지정된 서브 윈도우 내에서 프로토타입의 밝은영역 픽셀합과 어두운영역 픽셀합의 차이값을 산출하는 할-라이크 특징 추출부; 및

상기 학습 데이터를 이용하여 상기 서브 윈도우 내의 각 엣지 방향의 강도 사이의 비율값 및 각 엣지 방향의 강도의 차지 비율값을 추출하는 EOH 특징 추출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 얼굴 검출 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 할-라이크 특징 산출부는

상기 프로토타입의 종류를, 4개의 영역으로 구성되어 밝은영역 및 어두운영역이 대각으로 서로 대칭되도록 하는 제1타입, 2개의 영역으로 구성되어 어두운영역 및 밝은영역이 상하로 위치한 제2타입, 2개의 영역으로 구성되어 밝은영역 및 어두운영역이 좌우로 위치한 제3타입 및 3개의 영역으로 구성되어 어두운영역, 밝은영역, 어두운영역이 순차적으로 위치한 제4타입으로 구분하고, 상기 서브 윈도우 내에서 제1 내지 제4 프로토타입의 할-라이크 특징 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 얼굴 검출장치.

청구항 4

제 2항에 있어서, 상기 엣지영상 생성부는

상기 입력영상을 흑백영상으로 변환하는 변환부;

상기 흑백영상에 소벨마스크를 적용하여 수평/수직방향의 각 좌표에 대한 경도를 구하고 그로부터 엣지의 크기를 산출하는 제1산출부;

상기 각 좌표의 수평/수직방향의 엣지 크기의 제곱을 합산하여 각 좌표의 엣지 강도를 산출하는 제2산출부;

상기 엣지 강도에 허용치를 설정하여 노이즈를 제거하는 노이즈 제거부;

상기 수평/수직 방향의 엣지의 크기로부터 각 좌표의 엣지 방향을 산출하는 제3산출부; 및

상기 엣지 방향들을 K개의 방향으로 양자화 하고, 각 방향에 대해 방향성을 가지는 좌표의 엣지 값을 모아 K개의 엣지 방향에 대한 엣지 영상을 산출하는 제4산출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 얼굴 검출 장치.

청구항 5

제 2항에 있어서, 상기 EOH 특징 산출부는

엣지 방향을 수평, 수직, 제1 및 제2 대각 방향으로 설정하는 것을 특징으로 하는 얼굴 검출 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 EOH 특징 산출부는

상기 서브 윈도우 내의 엣지 방향 수평방향과제1대각방향, 수평방향과수직방향, 수평방향과제2대각방향, 제1대각방향과수직방향, 제1대각방향과제2대각방향, 수직방향과제2대각방향의 강도 사이의 비율값을 추출하고, 상기 엣지 방향 수평방향, 제1대각방향, 수직방향 및 제2대각방향의 차이 비율값을 추출하는 것을 특징으로 하는 얼굴 검출 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 입력영상에서 적분영상 및 엣지영상을 각각 구하고 그로부터 할-라이크(Haar-like) 특징 정보 및 EOH(Edge of Orientation Histogram) 특징 정보를 추출하고 추출된 정보들을 조합하여 얼굴을 검출하는 얼굴 검출 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 디지털 영상 처리 기술에서 얼굴을 인식하는 방법은 지식 기반 방법, 특징 기반 방법, 템플릿 매칭 방법 및 외형 기반 방법 등 다양하게 존재한다.
- [0003] 지식 기반 방법은 사람의 얼굴이 눈썹, 눈, 코, 입 등을 포함하고 있고, 각각의 얼굴 성분들은 서로 일정한 거리와 위치 관계를 가지고 있다는 것을 전제로하여 연구자의 지식을 기반으로 얼굴을 검출하는 방법이다.
- [0004] 특징 기반 방법은 얼굴 특징 성분들의 크기와 모양, 상호 연관성, 얼굴의 색상과 질감(texture) 정보, 또는 이러한 요소들의 혼합된 형태의 정보를 이용해서 얼굴을 검출하는 방법이다.
- [0005] 템플릿 매칭 방법은 수동적으로 대상이 되는 모든 얼굴에 대한 표준 얼굴 패턴을 만든 후, 입력영상과 비교하여 얼굴을 검출하는 방법이다.
- [0006] 외형 기반 방법은 다양한 영상을 입력 받아 훈련 과정을 통해 만든 모델을 이용하여 얼굴을 검출하는 방법이다.
- [0007] 이러한 종래의 얼굴 인식 방법들은 얼굴 검출을 위한 특징값 추출을 위해 한 종류의 특징, 예를 들어 intensity 성분 또는 엣지 성분만을 이용하여 얼굴을 검출하고 있다. intensity 성분을 이용하여 얼굴을 검출하는 경우, 얼굴 검출 시에 조명이 불균일 하다면 영상의 intensity에 영향을 주어 검출 성능이 저하되는 문제점이 있다. 엣지 성분을 이용하여 얼굴을 검출하는 경우, 저해상도 환경에서는 엣지 정보에 손실이 생겨서 얼굴 특징 성분이 감소하여 얼굴 검출 성능이 저하되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자 하는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적인 과제는 입력영상에서 적분영상 및 엣지영상을 각각 구하고 그로부터 할-라이크(Haar-like) 특징 정보 및 EOH(Edge of Orientation Histogram) 특징 정보를 추출하고 추출된 정보들을 조합하여 얼굴을 검출하는 얼굴 검출 장치를 제공하는데 있다.

과제 해결수단

- [0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제를 해결하기 위한 얼굴 검출 장치는 입력영상으로부터 적분영상 및 엣지영상을 생성하고, 기 저장된 학습 데이터를 이용하여 상기 적분영상으로부터 할-라이크(Haar-like) 특징 정보를 추출하고, 상기 엣지영상으로부터 EOH(Edge of Orientation Histogram) 특징 정보를 추출하는 특징정보 추출수단; 및 상기 조합된 할-라이크 특징 정보 및 EOH 특징 정보에 아다부스트 알고리즘을 적용하여 얼굴을 검출하는 얼굴 검출수단을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0010] 제 1항에 있어서, 상기 특징정보 추출부는 상기 입력영상을 적분하여 적분영상을 생성하는 적분영상 생성부; 상기 입력영상으로부터 엣지영상을 생성하고, 상기 엣지 영상으로부터 각 엣지 방향의 강도를 구하는 엣지영상 생성부; 상기 학습 데이터를 이용하여 적분된 입력영상으로부터 지정된 서브 윈도우 내에서 프로토타입의 밝은영역 픽셀 합과 어두운영역 픽셀합의 차이값을 산출하는 할-라이크 특징 추출부; 및 상기 학습 데이터를 이용하여 상기 서브 윈도우 내의 각 엣지 방향의 강도 사이의 비율값 및 각 엣지 방향의 강도의 차이 비율값을 추출하는

EOH 특징 추출부를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명에 있어서, 상기 할-라이크 특징 산출부는 상기 프로토타입의 종류를, 4개의 영역으로 구성되어 밝은영역 및 어두운영역이 대각으로 서로 대칭되도록 하는 제1타입, 2개의 영역으로 구성되어 어두운영역 및 밝은영역이 상하로 위치한 제2타입, 2개의 영역으로 구성되어 밝은영역 및 어두운영역이 좌우로 위치한 제3타입 및 3개의 영역으로 구성되어 어두운영역, 밝은영역, 어두운 영역이 순차적으로 위치한 제4타입으로 구분하고, 상기 서버 윈도우 내에서 제1 내지 제4 프로토타입의 할-라이크 특징 정보를 산출할 수 있다.

[0012] 본 발명에 있어서, 상기 엷지영상 생성부는 상기 입력영상을 흑백영상으로 변환하는 변환부; 상기 흑백영상에 소벨마스크를 적용하여 수평/수직방향의 각 좌표에 대한 경도를 구하고 그로부터 엷지의 크기를 산출하는 제1산출부; 상기 각 좌표의 수평/수직방향의 엷지 크기의 제곱을 합산하여 각 좌표의 엷지 강도를 산출하는 제2산출부; 상기 엷지 강도에 허용치를 설정하여 노이즈를 제거하는 노이즈 제거부; 상기 수평/수직 방향의 엷지의 크기로부터 각 좌표의 엷지 방향을 산출하는 제3산출부; 및 상기 엷지 방향들을 K개의 방향으로 양자화 하고, 각 방향에 대해 방향성을 가지는 좌표의 엷지 값을 모아 K개의 엷지 방향에 대한 엷지 영상을 산출하는 제4산출부를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 EOH 특징 산출부는 엷지 방향을 수평, 수직, 제1 및 제2 대각 방향으로 설정할 수 있다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 EOH 특징 산출부는 상기 서버 윈도우 내의 엷지 방향 수평방향과 제1대각방향, 수평방향과 수직방향, 수평방향과 제2대각방향, 제1대각방향과 수직방향, 제1대각방향과 제2대각방향, 수직방향과 제2대각방향의 강도 사이의 비율값을 추출하고, 상기 엷지 방향인 수평방향, 제1대각방향, 수직방향 및 제2대각방향의 차이 비율값을 추출할 수 있다.

효 과

[0015] 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 얼굴 검출 시에 intensity 및 엷지의 특징을 함께 사용함으로써, 일반 환경에 대한 성능이 종래 얼굴 검출 기술에 비해 떨어지지 않으면서 동시에 종래 얼굴 검출 기술의 성능이 저하되는 환경에 대해 강인한 성능을 가지게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 얼굴 검출 장치의 구성을 보이는 블록도 이다.

[0018] 도 1에 도시된 얼굴 검출 장치는 특징정보 추출수단(110), 저장수단(120), 정보 조합수단(130) 및 얼굴 검출수단(140)을 포함한다. 본 발명에 있어서, 특징정보 추출수단(110)은 적분영상 생성부(111), 할-라이크 특징 추출부(112), 엷지영상 생성부(113) 및 EOH 특징 추출부(114)를 포함한다.

[0019] 특징정보 추출수단(110)은 입력영상으로부터 적분영상 및 엷지영상을 생성하고, 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터를 이용하여 적분영상으로부터 할-라이크 특징정보를 추출하고, 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터를 이용하여 엷지영상으로부터 EOH 특징정보를 추출한다. 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터에 대해서는 후술하기로 한다.

[0020] 적분영상 생성부(111)는 입력영상의 픽셀 값을 모두 구하여 생성한다. 미리 영상에 대한 픽셀 값을 구한 상태에서 할-라이크 특징값을 구하게 되므로, 사각형 영역 내 전체 픽셀을 더하지 않고 일부 픽셀값만을 이용하여 특징값을 구할 수 있다. 수식 1은 입력영상 i 를 적분영상 ii 로 변환하는 수식이다. 수식 1에서 x, y 는 픽셀의 위치이고, x', y' 는 이전 픽셀의 위치이다.

수학식 1

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} (x', y')$$

[0021]

[0022] 적분영상의 수식을 이용하여 영상을 변환할 때 수학식 2로 구할 수 있다. 수학식 2에서 $s(x, y)$ 는 픽셀값들의 합이고, 계산 시에 초기값(계산의 첫번째 값)은 $s(x, -1)=0$, $ii(-1, y)=0$ 이다.

수학식 2

$$s(x,y) = s(x,y-1) + i(x,y)$$

$$ii(x,y) = ii(x-1,y) + s(x,y)$$

[0023]

[0024]

도 2와 같은 4×4 영상이 있다고 할 때, 도 2a가 원본 영상의 intensity 값이면, 변환한 영상의 intensity 값은 도 2b와 같다. 도 2c 및 도 2d는 실제 영상과 그것을 적분한 후 255로 정규화시킨 결과이다. 영상을 적분한 후 원하는 구간 내의 픽셀값의 총합은 도 2e와 같이 해당 사각형의 좌표가 위치한 지점의 픽셀값이 된다.

[0025]

할-라이크 특징 추출부(112)는 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터(서브 윈도우의 위치, 크기, 프로토타입의 종류)를 이용하여 적분된 입력영상으로부터 해당 서브 윈도우의 할-라이크 특징 즉, 해당 서브 윈도우 내에서 프로토타입의 밝 영역 픽셀 합과 어두운영역 픽셀합의 차이값을 추출한다.

[0026]

할-라이크 특징을 추출하기 위해, 다음에 할-라이크의 특징을 기술한다.

[0027]

얼굴 영상은 얼굴 고유한 패턴을 가지고 있으며, 고유 패턴들을 이용하여 얼굴과 다른 개체들간의 차이를 분류한다. 도 3a와 같이 영상의 내용을 사람이 얼굴로 분류하는 이유는 실제 사람의 얼굴, 장난감 얼굴 모양, 바위 얼굴 모양, 모두가 얼굴로 판단할 수 있는 눈, 코, 입 등의 얼굴만의 고유 패턴을 가지고 있기 때문이다. 컬러 영상을 이용하여 패턴을 구하면 패턴의 색상에 따라서 계산 복잡도가 커지게 되므로, 흑백영상으로 변환, 픽셀들을 휘도값 기분으로 분류하여 쉽게 패턴들을 표시할 수 있다.

[0028]

할-라이크 특징은 Papageorgiou가 개체 검출을 위해 할-웨이블릿(Haar-wavelet)을 특징으로 제안하였고, P.Viola와 M.Jones가 개체 검출을 위해 할-웨이블릿과 유사한 형태의 특징을 사용하였다. 할-라이크는 도 3b와 같은 프로토타입들을 가지고 있다. 이 프로토타입은 얼굴 영상의 intensity가 낮은 부분을 검은 사각형으로, 높은 부분을 백색 사각형이라고 보고 그 위치에서 얻을 수 있는 값을 얼굴과 비얼굴을 분류하는 패턴으로 이용한다(도 3c).

[0029]

할-라이크 특징값의 계산은 도 3d에 도시된 바와 같이 프로토타입 중 밝은 영역의 사각형 내 픽셀값들의 총합(a)에서 어두운 영역의 사각형 내 픽셀 값들의 총합(b)을 빼서 계산한다. 수학식 3은 할-라이크 특징값을 계산하는 식이다.

수학식 3

$$\sum a - \sum b \text{ (화이트 영역에서 픽셀의 합 - 그레이 영역에서 픽셀의 합)}$$

[0030]

[0031]

계산 방법의 단순함으로 인해 타 특징 보다 특징값 계산 속도가 빠르다. 개체 연산 방법은 개념적으로는 간단하지만, 실제 연산을 위해서 서브 윈도우의 모든 픽셀의 값을 더해야 하므로 $O(n^2)$ (가로연산*세로연산)의 계산량을 가진다. 이는 검출 속도에 치명적인 영향을 미치는 요소로써 연산 속도를 개선하기 위하여, 적분영상 방법을 이용하여 검출할 영상을 변환하여 처리한다.

[0032]

할-라이크 특징 추출부(112)는 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터(서브 윈도우의 위치, 크기, 프로토타입의 종류)를 이용하여 적분된 입력영상으로부터 해당 서브 윈도우 내에서 프로토타입의 밝은 영역의 픽셀 합과 어두운 영역의 픽셀합의 차이값을 추출한다.

[0033]

일 예로서, 도 3e와 같은 프로토타입이 있을 때, 적분영상으로 변환된 부분의 6개 픽셀값을 이용하여 쉽게 연산을 할 수 있으며, 도 3e의 할-라이크 특징값을 계산하는 식이 수학식 4에 개시되어 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} & \sum_{(x,y) \in B} i(x,y) - \sum_{(x,y) \in A} i(x,y) \\ &= (ii(p_6) + ii(p_3) - ii(p_4) - ii(p_5) - ii(p_4) + ii(p_1) - ii(p_2) - ii(p_3)) \\ &= ii(p_6) + 2ii(p_3) - ii(p_5) - 2ii(p_4) - ii(p_1) - 2ii(p_2) \end{aligned}$$

[0034]

[0035]

엣지영상 생성부(113)는 입력영상을 흑백영상으로 변환하고 소벨마스크를 이용하여 엣지영상을 구하며, 구해진 엣지영상으로부터 각 엣지 방향의 강도를 구한다.

[0036]

엣지영상을 생성하기 위해서는 몇단계 전처리 과정이 필요하다. 영상 내에 분포하는 엣지 정보를 간단하고 효율적으로 뽑아내기 위해서 소벨 마스크(sobel mask, 미도시)를 사용한다. 우선 영상의 컬러 성분은 엣지 정보 추출에 영향을 미치지 않으므로 도 4a에 도시된 바와 같이 컬러영상을 흑백영상으로 변환한다.

[0037]

변환된 흑백영상에 소벨 마스크를 사용하여 원 영상의 각 좌표에 대한 경도를 구한다. 도 4b는 흑백영상에 수평방향 소벨 마스크를 사용하여 구한 엣지영상이고, 도 4c는 흑백영상에 수직방향 소벨 마스크를 사용하여 구한 영상이다. 수학식 5-1에는 수평 방향 소벨 마스크를 사용하여 엣지의 크기를 구하는 수학식이 개시되어 있고, 수학식 5-2에는 수직 방향 소벨 마스크를 사용하여 엣지의 크기를 구하는 수학식이 개시되어 있다.

수학식 5

$$G_x(x,y) = Sobel_x \times I(x,y)$$

$$G_y(x,y) = Sobel_y \times I(x,y)$$

wherein, I : 원영상

$Sobel_x$: 수평 방향 소벨 마스크

$Sobel_y$: 수직 방향 소벨 마스크

$G_x(x,y)$: 수평 방향 소벨 마스크에 의해 구해진 영상에서 (x,y) 값

$G_y(x,y)$: 수직 방향 소벨 마스크에 의해 구해진 영상에서 (x,y) 값

[0038]

[0039]

수학식 5에서 I 는 원 영상, G_x , G_y 는 소벨 마스크를 사용하여 구한 수평/수직 방향의 엣지영상, $Sobel_x$, $Sobel_y$ 는 수평/수직 방향 소벨 마스크, $I(x,y)$ 는 원영상에서 (x,y) 지점의 픽셀값을 의미하며, $G_x(x,y)$, $G_y(x,y)$ 는 수평/수직 방향 소벨 마스크에 의해 구해진 영상에서 (x,y) 지점의 값, 즉 수평/수직 방향에 대한 엣지의 크기를 의미한다.

[0040]

수학식 5를 통해 구한 영상의 (x,y) 좌표에서 수평/수직 방향의 엣지 크기를 사용하여 수학식 6과 같이 각 좌표의 엣지 강도를 구할 수 있으며, 도 4d에 엣지 강도값을 갖는 영상이 도시되어 있다. 수학식 6에서 G 는 엣지 강도값을 갖는 영상을 의미한다.

수학식 6

$$G(x,y) = \sqrt{G_x(x,y)^2 + G_y(x,y)^2}$$

[0041]

[0042]

그러나 구해진 각 좌표의 엣지 강도 중 그 값이 작은 것은 엣지 특징에 대한 기여도가 떨어지기 때문에 허용치를 설정하여 그 이하의 값들은 무시할 수 있다. 사용하는 허용치는 사용자가 수동으로 직접 설정해야 하는데, 일 예로 80으로 설정할 수 있다. 수학식 7에는 엣지 특징에 대한 기여도가 떨어진 엣지 강도를 노이즈로 판단하는 수학식이 나타나 있고, 도 4e에는 엣지 특징에 대한 기여도가 떨어진 엣지 강도를 노이즈로 판단하고, 노이즈 성분분이 제거된 엣지 강도 영상이 도시되어 있다. 수학식 7에서 T 는 허용치, G' 는 노이즈 성분분이 제거된

엣지영상을 의미한다.

수학식 7

$$G'(x,y) = \begin{cases} G(x,y) & \text{if } G(x,y) \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

whrerein, T : 허용치

G' : 노이즈 성분이 제거된 에지 영상

[0043]

[0044]

수학식 7을 통해 구한 영상의 (x,y) 좌표의 수평/수직 방향의 엣지 크기를 사용하여 수학식 8과 같이 각 좌표의 엣지 방향을 구할 수 있고, 도 4f에는 엣지 방향값을 가지는 영상이 도시되어 있다. 수학식 8에서 θ 는 엣지 방향 값을 가지는 영상을 의미한다.

수학식 8

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \frac{G_y(x,y)}{G_x(x,y)}$$

[0045]

[0046]

수학식 8을 통해 구한 엣지 방향들을 K 개의 방향으로 양자화(quantization)하고 각 방향에 대해 그 방향을 가지는 좌표의 엣지 값을 모아 K 개의 엣지 방향에 따른 엣지영상을 구할 수 있으며, 그 식이 수학식 9에 개시되어 있고, 도 4g에는 엣지 방향에 따른 엣지영상이 도시되어 있다. 수학식 9에서 bin_k 는 k 번째 엣지 방향, ψ_k 는 k 번째 엣지 방향 성분만 가지는 엣지 크기 영상을 의미한다.

수학식 9

$$\Psi_K(x,y) = \begin{cases} G'(x,y) & \text{if } \theta(x,y) \in bin_K \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

whrerein, bin_K : K 번째 에지 방향

Ψ_K : K 번째 에지 방향 성분만 가지는 에지 크기 영상

[0047]

[0048]

본 발명에서는 엣지 방향을 도 4h 내지 도 4k에 도시된 바와 같이, 수평방향, 45도 방향, 수직방향, 135도 방향으로 한정한다.

[0049]

EOH 특징 추출부(114)는 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터(서브 윈도우의 위치, 크기, 프로토타입의 종류)를 이용하여 서브 윈도우 내 각 엣지 방향에 대한 엣지 강도크기들을 모두 더해서 하나의 스칼라(scalar) 형태의 강도값을 추출하며, 서브 윈도우 내의 각 엣지 방향의 강도 사이의 비율 및 각 엣지 방향의 강도의 차지 비율을 추출한다.

[0050]

EOH 특징은 엣지 기반의 특징으로서 얼굴에서 지역적으로 나타나는 엣지 성분에 대한 특성을 이용한다. 일반적으로 사람들의 얼굴은 몇가지 엣지 기반의 공통된 요소를 가진다. 사람 얼굴의 안쪽 부분은 대체적으로 수직성분에 비해 수형성분의 엣지 방향을 많이 가지며(도 5a), 얼굴 내의 수평성분과 수직성분의 비율은 무한히 발산하지 않고 어느 정도 닫혀있는 값을 가진다(도 5b). 또한 얼굴 내의 위치에 따라 국소적으로 분포하는 엣지 방향이 다르다. 도 5c는 수형방향 엣지가 많이 분포된 눈 주위를 표시한 것이고, 도 5d는 대각방향 엣지가 많이 분포된 턱 주위를 표시한 것이다. 이와 같은 엣지 특성은 전체적인 조명변화에 변하지 않으며, 픽셀값에 기반한 특징으로는 뽑아내기 어려운 기하학적인 특성을 뽑아 낼 수 있는 장점이 있다.

[0051]

EOH 특징 추출부(114)는 엣지 영상 생성부(113)에서 생성한 각 엣지 방향의 강도값들을 사용하여 EOH 특징 정보를 추출할 수 있다. 영상의 서브 윈도우 내 각 엣지 방향에 대한 엣지 강도크기들을 모두 더해서 하나의 스칼라(scalar) 형태의 강도값을 수학식 10을 통해 구할 수 있다. 수학식 10에서 R 은 영상 내의 서브 윈도우, $E_k(R)$ 는 서브 윈도우 R 에 대한 k 번째 엣지 방향의 강도를 의미한다. 도 5e는 눈 주위를 서브 윈도우로 잡은 것을 나타내며, 도 5f는 서브 윈도우 R 에서 0도(수평), 45도, 90도(수직), 135도 엣지 방향 성분에 대한 강도값을

구한 것이다.

수학식 10

$$E_k(R) = \sum_{(x,y) \in R} \Psi_k(x,y)$$

[0052]

[0053] 서브 윈도우 내에서 뽑은 각 엣지 방향의 강도들 사이의 비율을 수학식 11과 같이 구하여 특징값 A로 사용할 수 있다. A의 값이 어느 정도 안정된 범위에서 분포할 수 있도록 수학식 11의 분모와 분자에 상수 ε 을 더했다. 구분한 엣지 방향이 K일 때, 총 K^2 개의 특징값을 얻을 수 있다. 도 5g는 도 5f의 값을 이용하여 얻은 특징값 A로써, 서브 윈도우 R에서 각 엣지 방향의 강도 사이의 비율(상대적인 비율)을 나타낸다.

수학식 11

$$A_{k_1 k_2}(R) = \frac{E_{k_1}(R) + \varepsilon}{E_{k_2}(R) + \varepsilon}$$

[0054]

[0055] 서브 윈도우 내에서 뽑은 각 엣지 방향의 강도가 서브 윈도우 내 전체 엣지 강도에서 차지하는 비율을 수학식 12와 같이 구하여 특징값 B로 사요할 수 있다. 마찬가지로 B의 값이 어느 정도 안정된 범위에 분포할 수 있도록 식의 분모와 분자에 상수 ε 을 더했다. 구분한 엣지 방향이 K일 때, 총 K의 특징값을 얻을 수 있다. 도 5h는 도 5f의 값을 이용하여 얻은 특징값 B로써, 서브 윈도우 R에서 각 엣지 방향의 강도의 차지 비율(절대적인 비율)을 나타낸다.

수학식 12

$$B_k(R) = \frac{E_k(R) + \varepsilon}{\sum_i E_i(R) + \varepsilon}$$

[0056]

[0057] 정보 조합수단(130)은 학습 데이터에 의한 서브 윈도우 내에서 추출한 할-라이크 특징(프로토타입에서 밝은 영역의 픽셀 합과 어두운 영역의 픽셀합의 차이값) 및 EOH 특징(서브 윈도우 내의 각 엣지 방향의 강도 사이의 비율(A값) 및 각 엣지 방향의 강도의 차지 비율(B값))을 조합한다. 도 6은 하나의 서브 윈도우에서 얻은 정보를 나타내며, 첫번째로 1개의 서브 윈도우에서 4방향의 강도(1, 45, 90, 135)에 대한 EOH 특징값(총 10개: r_1-r_{10})을 구하고, 해당 서브 윈도우에서 4종의 프로토타입에 대한 할-라이크 특징값(총 4개: h_1-h_4)을 계산한다.

[0058]

얼굴 검출수단(130)은 조합된 할-라이크 특징값(h_1-h_4) 및 EOH 특징값(r_1-r_{10})에 캐스케이드 아다부스트 알고리즘을 통해 선별된 특징을 이용하여 얼굴을 검출한다. 도 7에는 캐스케이드 아다부스트 알고리즘으로 제작한 검출기를 이용하여 얼굴을 분류하는 방법을 도시한 흐름도 이다. 아다부스트는 데이터들로부터 반복 연산을 통해 예러가 적은 약한 분류기들을 선별하여 이 분류기들의 선형 조합을 통해 정확도가 높은 강한 분류기를 만들어 주는 알고리즘이다. 아다부스트 학습 알고리즘은 가장 잘 알려진 부스트 알고리즘이며, 단순하면서도 효율적이라는 장점을 지닌다. 도 7을 참조하면, 캐스케이드 아다부스트 학습 알고리즘은 지정된 서브윈도우들에서 추출한 할-라이크 특징값(h_1-h_4) 및 EOH 특징값(r_1-r_{10})을 단계별(720, 730, 740, 750)로 추출하여 지정된 서브윈도우가 얼굴인지 판단 한다. 각 단계를 지날수록 더 성능이 좋은 분류기를 통해 서브윈도우가 얼굴인지 분류한다. 이 방법을 통해 더욱 빠른 검출 알고리즘을 구현할 수 있다. 첫단계(720)에서는 적은 수의 특징값들로 분류기를 제작 하고, 다음 단계(730)에서는 첫 단계(720)에서 보다 더 많은 수의 특징값들을 가지고 전 단계보다 정밀한 분류기를 만든다. 입력 영상의 대부분은 얼굴이 아닌 부분이 차지하고 있으므로 영역이 검출기의 각 단계를 지나면서 대부분의 비얼굴은 초기 단계에서 걸러지게 되므로 빠른 속도의 검출기를 제작할 수 있다..

[0059]

도 8은 저장수단(120)에 저장된 학습 데이터 생성을 설명하는 도면이다.

[0060]

도 8에 도시된 바와 같이 학습데이터는 학습 분류기(800)에 의해 생성된 후, 저장수단(120)에 저장된다. 학습

분류기(800)는 적분영상 생성부(810), 엣지영상 생성부(820), 할-라이크 특징 추출부(830), EOH 특징 추출부(840) 및 아다부스트 학습부(850)을 포함한다.

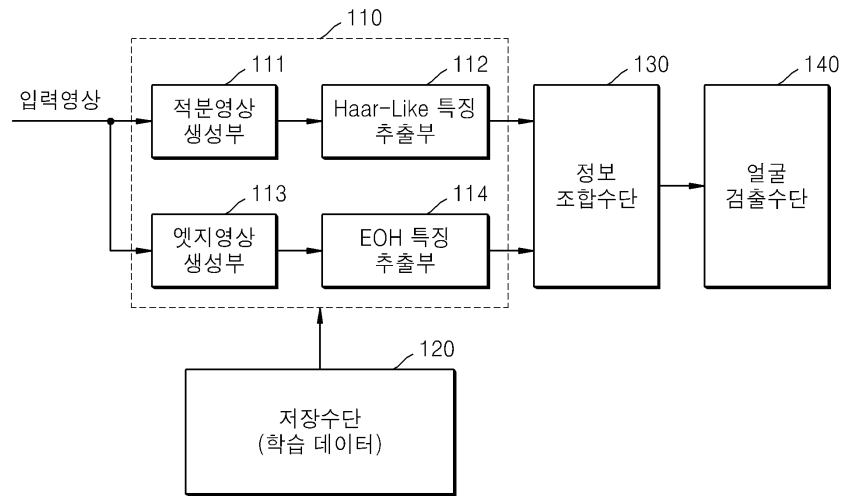
- [0061] 적분영상 생성부(810) 및 엣지영상 생성부(820)로 입력되는 학습 데이터 영상은 얼굴 및 비얼굴 여부를 판단할 수 있고, 사이즈가 정해져 있는(예를 들어 16×16) 그레이 영상이다.
- [0062] 적분영상 생성부(810)는 입력되는 학습 데이터 영상의 픽셀 합을 모두 구하여 생성한다. 적분영상 생성에 대한 상세한 설명은 상기에 개시되어 있으므로 생략한다.
- [0063] 엣지영상 생성부(820)는 입력되는 학습 데이터 영상에 소벨마스크를 이용하여 엣지영상을 구하며, 구해진 엣지 영상으로부터 각 엣지 방향의 강도를 구한다. 엣지영상 생성에 대한 상세한 설명은 상기에 개시되어 있으므로 생략한다.
- [0064] 할-라이크 특징 추출부(830)는 적분된 학습 데이터 영상으로부터 서브 윈도우 내에서 다양한 종류의 프로토타입의 밝은영역 픽셀 합과 어두운영역 픽셀합의 차이값을 추출한다.
- [0065] EOH 특징 추출부(840)는 엣지영상의 서브 윈도우 내 각 엣지 방향에 대한 엣지 강도크기들을 모두 더해서 하나의 스칼라(scalar) 형태의 강도값을 추출하며, 서브 윈도우 내의 각 엣지 방향의 강도 사이의 비율 및 각 엣지 방향의 강도의 차지 비율을 추출한다.
- [0066] 아다부스트 학습부(850)는 할-라이크 특징값 및 EOH 특징값에 아다부스트 알고리즘을 적용하여 최적의 할-라이크 특징값 및 EOH 특징값을 추출하기 위한 서브윈도우의 위치, 크기 및 특징의 종류를 산출하며, 이를 학습 결과 데이터로 저장수단(120)에 저장한다.
- [0067] 저장수단(120)에 저장된 학습 결과 데이터는 도 1에서 할-라이크 특징 추출 및 EOH 특징 추출을 위한 서브윈도우의 위치, 크기 및 특징의 종류를 알려주어, 도 7의 각 단계를 이루는 검출기를 구성한다.
- [0068] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

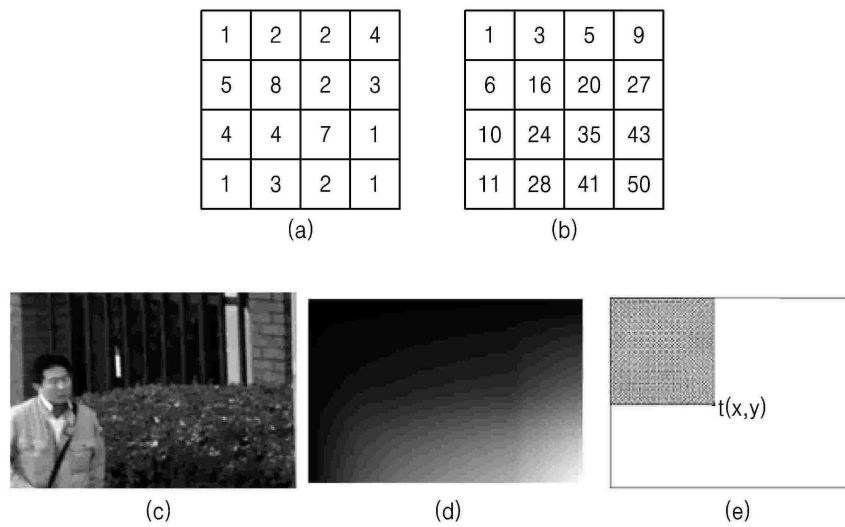
- [0069] 도 1은 본 발명에 따른 얼굴 검출 장치의 구성을 보이는 블록도 이다.
- [0070] 도 2는 도 1에서 적분영상 생성을 설명하는 도면이다.
- [0071] 도 3은 도 1에서 Haar-Like 특징 추출을 설명하는 도면이다.
- [0072] 도 4는 도 1에서 엣지영상 생성을 설명하는 도면이다.
- [0073] 도 5는 도 1에서 EOH 특징 추출을 설명하는 도면이다.
- [0074] 도 6는 도 1에서 추출된 Haar-Like 및 EOH 특징 조합을 설명하는 도면이다.
- [0075] 도 7은 도 1에서 얼굴 검출을 위한 아다부스트 알고리즘을 설명하는 도면이다.
- [0076] 도 8은 도 1에서 저장수단에 저장된 학습데이터 생성을 설명하는 도면이다.

도면

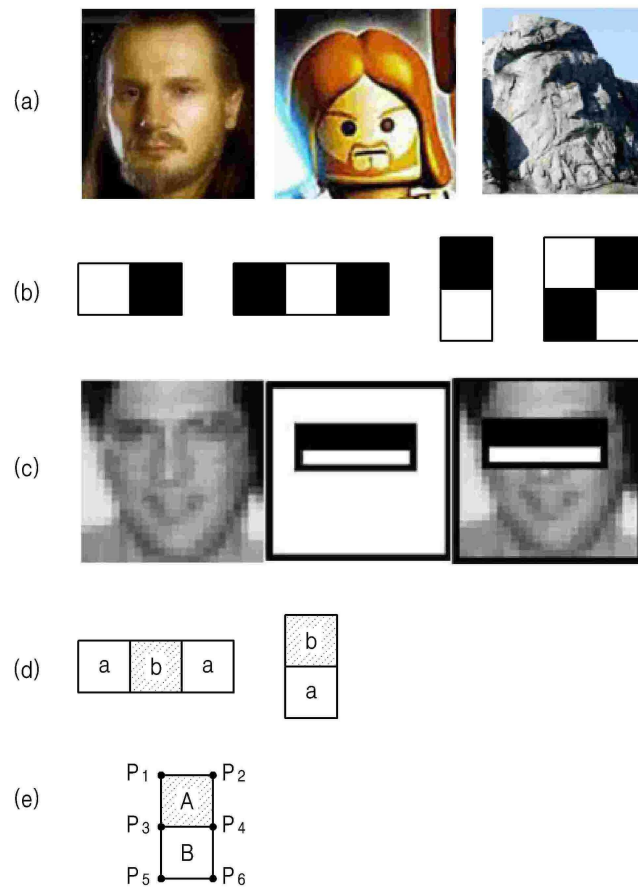
도면1



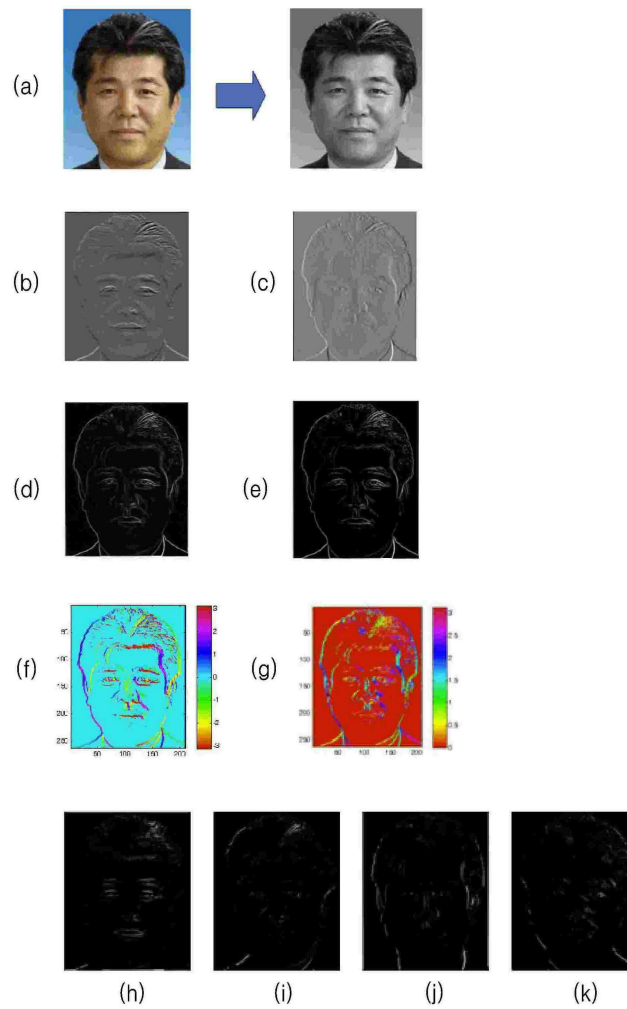
도면2



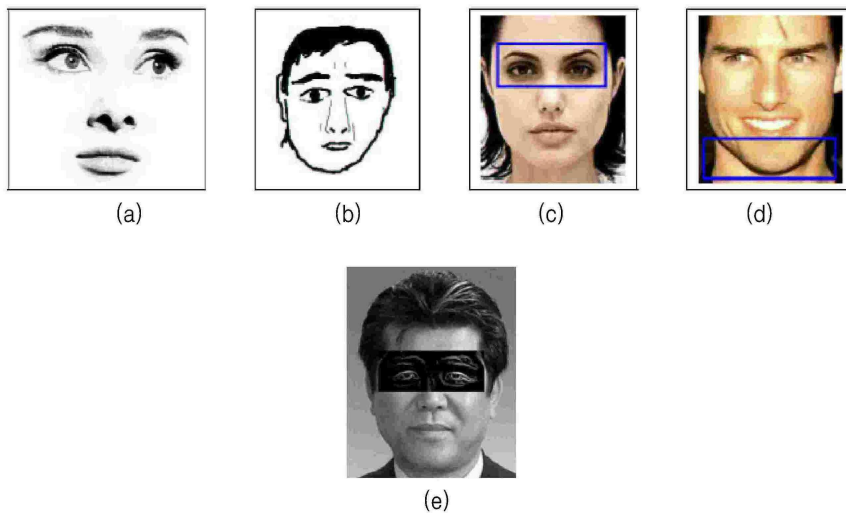
도면3



도면4



도면5



E_{hori}	E_{45}	E_{vert}	E_{135}
138835.51	23441.94	35103.40	60948.77

(f)

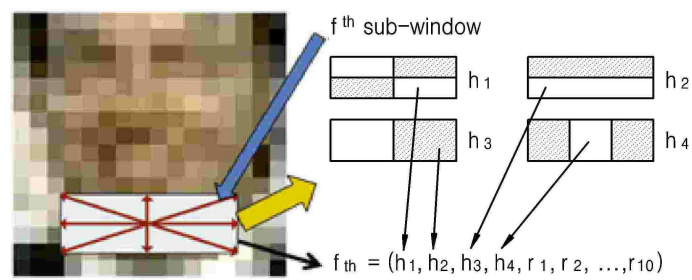
$A_{1,2}$	$A_{1,3}$	$A_{1,4}$	$A_{2,3}$	$A_{2,4}$	$A_{3,4}$
5.92	3.96	2.28	0.67	0.38	0.58

(g)

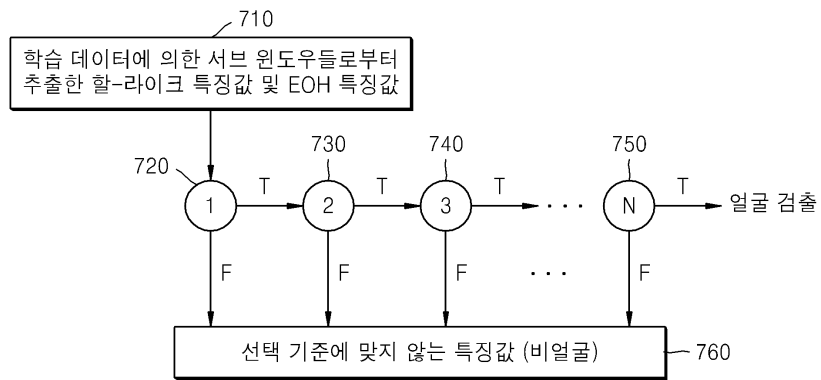
$A_{1,2}$	$A_{1,3}$	$A_{1,4}$	$A_{2,3}$	$A_{2,4}$	$A_{3,4}$
5.92	3.96	2.28	0.67	0.38	0.58

(h)

도면6



도면7



도면8

