(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0125026
(43) 공개일자 2015년11월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 1/00 (2006.01) *G06T 3/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0051197
(22) 출원일자 2014년04월29일
심사청구일자 2014년04월29일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
정연모
경기 성남시 분당구 미금로 251, 708동 1201호 (금곡동, 청솔마을성원아파트)
김태완
경기 평택시 평택4로 56, 104동 1301호 (비전동, 동아목련아파트)
조재식
서울 동대문구 겸재로 24, 705 (휘경동, 가든아파트)
(74) 대리인
특허법인 대아

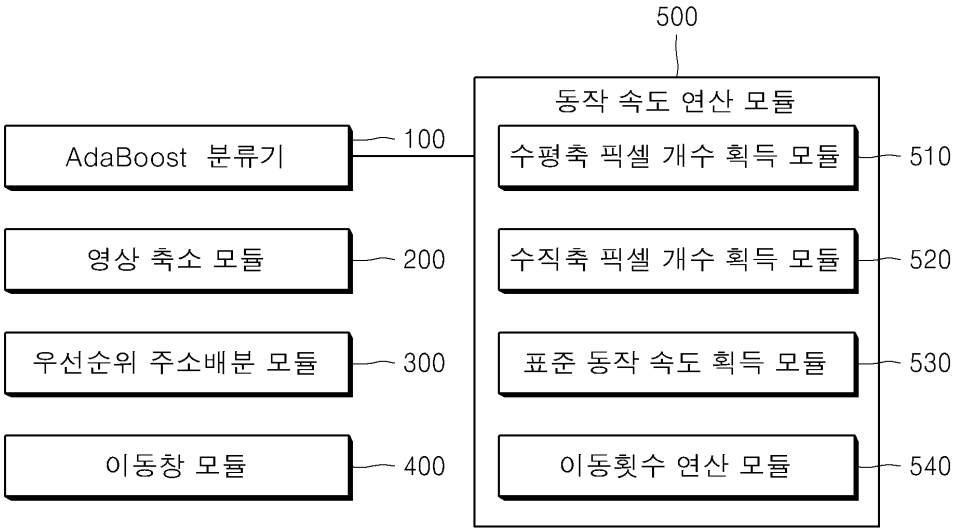
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 얼굴검출 시스템에 대한 것으로서, 특히, 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 우선순위 주소배분 알고리듬을 적용하여 하나의 얼굴검출 분류기를 사용하여 동작 속도를 높이고 하드웨어 크기를 감소시킬 수 있는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 파이프라인 단계를 구성하여 일정 지연 후, 매 클록마다 얼굴 검색창의 가중치 덧셈 결과를 얻을 수 있어 동작 속도를 증가시킬 수 있는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

가중치를 부여하여 영상에서 얼굴을 검출하는 AdaBoost(Adaptive Boosting) 분류기와,

상기 AdaBoost 분류기로 원본영상에 가까운 영상 데이터 순서대로 전송하는 우선순위 주소배분 모듈, 및

상기 영상의 적어도 일부 영역에서 얼굴을 검색하는 얼굴 검색창을 매 클록마다 적어도 한 칸 이상씩 이동하며 다수개의 얼굴 검색창이 중복하여 파이프라인 방법으로 상기 얼굴 검색창의 가중치 합의 연산을 동시에 수행하는 이동창 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 영상을 축소하는 영상 축소 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 영상 축소 모듈은 선형 보간법(linear interpolation)과 양방향 선형 보간법(bilinear interpolation), 스키핑(skipping) 방법 및 최근린(nearest neighbor) 방식 중 어느 하나의 방식으로 상기 영상을 축소하는 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 이동창 모듈은,

상기 영상의 적어도 일부 영역에서 얼굴을 검색하는 얼굴 검색창을 매 클록마다 한 칸 또는 두 칸씩 이동하며 총 22개 또는 11개의 얼굴 검색창이 중복하여 파이프라인 방법으로 상기 얼굴 검색창의 가중치 합의 연산을 동시에 수행하는 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 AdaBoost 분류기의 최소 동작 속도를 결정하는 최소 동작 속도 연산 모듈을 포함하고,

상기 최소 동작 속도 연산 모듈은,

상기 영상의 수평축 픽셀 개수를 획득하는 수평축 픽셀 개수 획득 모듈과,

상기 영상의 수직축 픽셀 개수를 획득하는 수직축 픽셀 개수 획득 모듈,

상기 영상의 해상도에 따른 표준 동작 속도를 획득하는 표준 동작 속도 획득 모듈, 및

상기 영상에서 수직축 라인마다의 총 얼굴 검색창 이동횟수를 구하여, 상기 표준 동작 속도와 상기 얼굴 검색창 이동횟수에 비례하고 상기 수직축 픽셀 개수에 반비례하는 상기 AdaBoost 분류기의 최소 동작 속도를 결정하는 이동횟수 연산 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 최소 동작 속도($F_{\min}$)는,

$$F_{\min}=F_{ref}\times\frac{MAX(P(k))}{X_{tar}},\ 0\le k<Y_{tar}$$

이며,

상기 F_{ref} 는 목표 해상도의 표준 동작 속도,

상기 X_{tar} 은 목표 해상도 영상의 수평축 픽셀 개수,

상기 Y_{tar} 은 목표 해상도 영상의 수직축 픽셀 개수,

상기 $MAX()$ 는 MAX 함수,

상기 $P(k)$ 는 k 번째 단계 축소 영상에서 동시에 버퍼가 채워지는 라인의 수평축 픽셀 수의 합인 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 얼굴검출 시스템에 대한 것으로서, 특히, 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 기존의 소프트웨어 기반의 얼굴 검출 기술은 고해상도와 높은 프레임을 가지는 동영상에서 실시간으로 얼굴을 검출하기 힘들다. 이를 해결하기 위해 영상의 검색 영역을 줄이는 선 처리 기술들이 적용되고 있다. 하지만 이러한 기술들을 적용하더라도 VGA급 해상도의 영상이 소프트웨어 기반의 얼굴 검출 기술의 한계이다. 이를 해결하기 위해서는 하드웨어 방식의 얼굴 검출 기술을 사용하여야 한다. 하드웨어 구조를 얼굴 검출에 적용하면 병렬처리의 이점을 통해 빠른 연산속도를 확보할 수 있다. 하지만, 도 6과 같이, 얼굴 검출 하드웨어의 높은 동작 속도를 위해 병렬처리를 이용하면 수학식 1의 M 만큼의 메모리가 필요하게 되며, 이러한 많은 양의 저장 용량을 수용하기 위해서는 외부 메모리의 사용이 필수적이게 된다. 즉, 이는 사용되는 하드웨어의 크기가 커지게 되어 개발이 어려워지며 생산단가가 높이지는 것을 의미한다. 더욱이, 특징 값을 외부 메모리로부터 불러오기 때문에 속도 역시 느려지는 문제점이 있다.

수학식 1

[0003] $$M=F\times 2^{n}\times B\times K$$

[0004] F 는 특징값 개수이며, n 은 국부 이진 패턴(Local Binary Pattern, LBP) 변환된 영상에서 각 픽셀의 비트 크기를 의미한다. 또한, B 는 AdaBoost 분류기에서 가중치를 저장하기 위한 비트크기이며, K 는 원영상과 축소영상들의 모든 개수를 의미한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제1279561호(2013.06.28. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 최소한의 하드웨어 크기를 사용하여 HD급과 Full HD급 영상의 모든 프레임에 존재하는 얼굴을 검출할 수 있는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상술한 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은 가중치를 부여하여 영상에서 얼굴을 검출하는 AdaBoost(Adaptive Boosting) 분류기와, 상기 AdaBoost 분류기로 원본영상에 가까운 영상 데이터 순서대로 전송하는 우선순위 주소 배분 모듈, 및 상기 영상의 적어도 일부 영역에서 얼굴을 검색하는 얼굴 검색창을 매 클록마다 적어도 한 칸 이상씩 이동하며 다수개의 얼굴 검색창이 중복하여 파이프라인 방법으로 상기 얼굴 검색창의 가중치 합의 연산을 동시에 수행하는 이동창 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템을 제공한다.

[0008] 상기 영상을 축소하는 영상 축소 모듈을 포함한다. 여기서, 상기 영상 축소 모듈은 선형 보간법(linear interpolation)과 양방향 선형 보간법(bilinear interpolation), 스키핑(skipping) 방법 및 최근린(nearest neighbor) 방식 중 어느 하나의 방식으로 상기 영상을 축소할 수 있다.

[0009] 상기 이동창 모듈은, 상기 영상의 적어도 일부 영역에서 얼굴을 검색하는 얼굴 검색창을 매 클록마다 한 칸 또는 두 칸씩 이동하며 총 22개 또는 11개의 얼굴 검색창이 중복하여 파이프라인 방법으로 상기 얼굴 검색창의 가중치 합의 연산을 동시에 수행할 수 있다.

[0010] 상기 AdaBoost 분류기의 최소 동작 속도를 결정하는 최소 동작 속도 연산 모듈을 포함하고, 상기 최소 동작 속도 연산 모듈은, 상기 영상의 수평축 픽셀 개수를 획득하는 수평축 픽셀 개수 획득 모듈과, 상기 영상의 수직축 픽셀 개수를 획득하는 수직축 픽셀 개수 획득 모듈, 상기 영상의 해상도에 따른 표준 동작 속도를 획득하는 표준 동작 속도 획득 모듈, 및 상기 영상에서 수직축 라인마다의 총 얼굴 검색창 이동횟수를 구하여, 상기 표준 동작 속도와 상기 얼굴 검색창 이동횟수에 비례하고 상기 수직축 픽셀 개수에 반비례하는 상기 AdaBoost 분류기의 최소 동작 속도를 결정하는 이동횟수 연산 모듈을 포함한다.

[0011] 상기 최소 동작 속도($F_{\min}$)는,

[0012] $$F_{\min} = F_{ref} \times \frac{MAX(P(k))}{X_{tar}}, \quad 0 \le k < Y_{tar}$$

이며, 상기 F_{ref}는 목표 해상도의 표준 동작 속도, 상기 X_{tar}은 목표 해상도 영상의 수평축 픽셀 개수, 상기 Y_{tar}은 목표 해상도 영상의 수직축 픽셀 개수, 상기 $MAX()$는 MAX 함수, 상기 $P(k)$는 k번째 단계 축소 영상에서 동시에 버퍼가 채워지는 라인의 수평축 픽셀 수의 합이다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 우선순위 주소배분 알고리듬을 적용하여 하나의 얼굴검출 분류기(AdaBoost 분류기)를 사용하여 동작 속도를 높이고 하드웨어 크기를 감소시킬 수 있는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템

을 제공할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 파이프라인 단계를 구성하여 일정 지연 후, 매 클록마다 얼굴 검색창의 가중치 덧셈 결과를 얻을 수 있어 동작 속도를 증가시킬 수 있는 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템의 블록도.

도 2는 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템에서 우선순위 알고리듬으로 인한 AdaBoost 입력 단계의 예시도.

도 3은 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템의 우선순위 주소 배분 알고리듬.

도 4는 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템의 얼굴 검색창의 이동 개념도.

도 5는 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템에서 2열 11파이프라이닝 단계를 가진 이동창 기법의 예시도.

도 6은 이상적인 얼굴 검출 알고리듬의 병렬구조 개념도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0017] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 도면상의 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템의 블록도이고, 도 2는 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템에서 우선순위 알고리듬으로 인한 AdaBoost 입력 단계의 예시도이다.

[0019] 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템은 도 1에 도시된 바와 같이, AdaBoost(Adaptive Boosting) 분류기(100)와, 영상을 축소하는 영상 축소 모듈(200), 원본영상에 가까운 순서대로 하나의 AdaBoost 분류기로 전송하는 우선순위 주소배분 모듈(300), 및 이동창 모듈(400)을 포함한다.

[0020] AdaBoost 분류기(100)는 Boosting의 한 종류로서, 학습을 통해 오분류 데이터에 높은 가중치를 부여하고, 반대로 정분류된 데이터는 낮은 가중치를 부여하는 방식으로 샘플 데이터의 분포를 재조정한다. 본 발명은 도 2에 도시된 바와 같이, 도 6과 같은 이상적인 병렬 구조 대신 하나의 AdaBoost 분류기(100)를 사용하여 동작 속도를 증가시키고 하드웨어의 크기를 감소시킨다.

[0021] 우선순위 주소배분 모듈(200)은 병렬로 처리되어진 각각의 축소영상들의 얼굴 검출 준비가 완료되면 하나의 AdaBoost 분류기(100)에 순차적으로 영상 데이터를 전달한다. 원영상과 축소영상의 얼굴 검출 준비 상태는 영상의 축소기법에 따라 달라지며 스키핑 방법을 사용하였을 경우, 각각의 축소 영상을 저장하는 버퍼마다 얼굴 검출에 필요한 데이터가 저장되기까지 시간차가 생기게 된다. 본 발명에 따른 우선순위 주소배분 모듈(200)은 이러한 시간 차이를 이용하여 원본영상에 가까운 영상 데이터 순서대로 하나의 AdaBoost 분류기(100)에 전송한다.

[0022] 도 3은 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템의 우선순위 주소 배분 알고리듬이다.

[0023] 도 3에 도시된 예시를 살펴보면, 오른쪽 1258+1002+634+・・・+150=5497 여러 개의 축소 영상의 버퍼가 데이터가 필요한 만큼 채워졌기 때문에 원본영상에 가까운 축소 영상의 버퍼로부터 1280, 1024, 656, 525, ・・・, 172 픽셀의 데이터를 AdaBoost 분류기(100)로 전달해주게 된다.

[0024] 한편, 본 발명은 회로의 동작 속도를 결정하는 최소 동작 속도 연산 모듈(500)을 포함할 수 있다.

[0025] 최소 동작 속도 연산 모듈(500)은 HD급 이상의 영상에서 얼굴 검출을 위한 전체 프레임의 검색을 전술된 하나의

AdaBoost 분류기(100)에서 처리하기 위한 회로의 동작 속도를 결정한다. 이를 위해서, 최소 동작 속도 연산 모듈(500)은 수평축 픽셀 개수 획득 모듈(510)과 수직축 픽셀 개수 획득 모듈(520), 표준 동작 속도 획득 모듈(530) 및 이동횟수 연산 모듈(540)을 포함한다.

[0026] 수평축 픽셀 개수 획득 모듈(510)은 목표 해상도 영상의 수평축 픽셀 개수를 획득하며, 수직축 픽셀 개수 획득 모듈(520)은 목표 해상도 영상의 수직축 픽셀 개수를 획득한다. 또한, 수평축 픽셀 개수 획득 모듈(510)과 수직축 픽셀 개수 획득 모듈(520)에서 각각 획득된 목표 해상도 영상의 수평축 픽셀 개수와 수직축 픽셀 개수는 이동횟수 연산 모듈(540)에 전달된다.

[0027] 표준 동작 속도 획득 모듈(530)은 목표 해상도의 표준 동작 속도를 획득한다. 예를 들어, 목표 해상도가 표준 HD급인 경우 표준 동작 속도는 74.25MHz이며, 표준 동작 속도 획득 모듈은 이를 획득하여 이동횟수 연산 모듈(540)에 전달한다.

[0028] 이동횟수 연산 모듈(540)은 수직축 각 라인마다의 총 검색창 이동횟수를 구한다. 또한, 검색창의 이동횟수가 가장 많은 수직축 라인이 회로의 동작 속도를 결정한다. 여기서, 각 수직축 라인에서 검색창의 이동횟수가 가장 많은 수직축 라인을 구하는 것은 MAX 함수를 이용한다. 즉, 회로의 동작 속도는 최소 동작 속도 연산 모듈(540)에서 연산된 최소 동작 속도보다 높아야 하며, 전술된 최소 동작 속도($F_{\min}$)를 함수로 표현하면 아래의 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$F_{\min} = F_{ref} \times \frac{MAX(P(k))}{X_{tar}} \ , \ 0 \le k < Y_{tar}$$

[0029]

[0030] F_{ref} 는 목표 해상도의 표준 동작 속도로서 표준 HD급인 경우 74.25MHz이다. 또한, X_{tar} 은 목표 해상도 영상의 수평축 픽셀 개수이며, Y_{tar} 은 목표 해상도 영상의 수직축 픽셀 개수이다.

[0031] 영상 축소 모듈(200)은 영상에서 다양한 크기의 얼굴을 검출하기 위한 것으로서, 여러 번의 축소를 통해서 영상에서 다양한 크기의 얼굴들을 찾아낼 수 있다. 영상 축소 모듈(200)은 선형 보간법(linear interpolation)과 양방향 선형 보간법(bilinear interpolation), 스키핑(skipping) 방법 및 최근린(nearest neighbor) 방식 등을 이용하여 영상을 축소할 수 있다. 여기서, 최근린 방식은 특정 배율에 따라 픽셀을 제거하는 방식으로 예를 들어, 입력 영상 0, 1, 2, 3, 4, 5로 이어지는 픽셀에서 2와 5를 제거하여 간단히 축소된 영상 0, 1, 3, 4, 6, 7을 얻을 수 있다.

[0032] 전술된 수학식 2를 이해하기 위해서는 아래의 수학식들이 필요하다. 영상 축소 단계 수는 아래의 수학식 3과 같이 연산된다.

수학식 3

$$n = \left[\log \frac{W}{Y_{tar}} \right]$$

[0033]

[0034] 여기서, 영상이 HD급일 때 축소비율을 0.8로 한 경우 영상 축소 단계 수는 16이다.

[0035] $P(k)$ 는 우선순위 주소배분 모듈(300)에 의해 우선순위 주소 배분 알고리듬이 적용됐을 경우, k 번째 단계

축소 영상에서 동시에 버퍼가 채워지는 라인의 수평축 픽셀 수의 합을 나타낸다.

수학식 4

$$P(k)=\sum_{i=0}^{n-1} f(k,i)$$

[0036]

[0037] 수학식 4에서, $f(k,i)$는 얼굴 검색창의 수직축 이동크기인 Y_{step}을 고려한 각 단계별 얼굴 검색창의 이동횟수이며, 아래의 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$f(k,i)=\begin{cases} 0 \text{ , if } z_i(k)W \text{ and } MOD(z_i(k),Y_{step})=0 \\ 0 \text{ , if } z_i(k)>W \text{ and } MOD(z_i(k),Y_{step})\neq 0 \end{cases}$$

[0038]

[0039] 수학식 5에서, $z_i(k)$는 원영상의 몇 번째 수직축 주소가 i번째 축소 영상의 수직축 주소를 나타내는지 연산하는 것으로서, 아래의 수학식 6과 같이 표현된다.

수학식 6

$$z_i(k)=\lceil k\times R^i \rceil \text{ , } 0<i<n$$

[0040]

[0041] 도 4는 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템의 얼굴 검색창의 이동 개념도이며, 도 5는 본 발명에 따른 우선순위 주소 배분과 이동창 기법을 이용한 얼굴검출 시스템에서 2열 11파이프라이닝 단계를 가진 이동창 기법의 예시도이다.

[0042] 이동창 모듈(300)은 파이프라이닝 기법을 적용하여 매 클록마다 얼굴 검색창의 가중치 합의 연산을 종료할 수 있도록 한다. 본 발명은 전술된 우선순위 주소배분 모듈(300)과 이동창 모듈(400)이 결합되어 HD급과 Full HD급 영상에서 실시간으로 얼굴 검출이 가능해진다. 본 발명에서 얼굴 검출은 도 4에 도시된 바와 같이 매 프레임 영상의 모든 범위에서 얼굴 검출을 수행하기 위해서 모든 범위에 대하여 얼굴 검색창을 이동시키며 얼굴 검출을 적용해야 한다. 하지만, 하나의 얼굴 검색창에 존재하는 특징 값의 개수가 많을 경우 단순한 덧셈 회로로는 전술된 수학식 2의 최소 동작 속도를 만족시킬 수 없다. 따라서, 본 발명은 도 5에 도시된 바와 같이, 매 클록마다 얼굴 검색창을 한 칸 또는 두 칸씩 이동하며 총 22개 또는 11개의 얼굴 검색창이 중복하여 파이프라인 방법으로 동시에 가중치 합산이 이루어지도록 한다. 또한, 본 발명은 이와 같이 파이프라인 단계를 구성하여 기존의 얼굴 검색창의 가중치 연산이 종료된 후 다음 얼굴의 가중치 합을 연산하는 것이 아닌 일정 지연 후, 매 클록마다 얼굴 검색창의 가중치 덧셈 결과를 얻을 수 있다.

[0043] 상술한 바와 같이, 본 발명은 우선순위 주소배분 알고리듬을 적용하여 하나의 얼굴검출 분류기를 사용하여 동작 속도를 높이고 하드웨어 크기를 감소시킬 수 있다. 또한, 본 발명은 파이프라인 단계를 구성하여 일정 지연 후, 매 클록마다 얼굴 검색창의 가중치 덧셈 결과를 얻을 수 있어 동작 속도를 증가시킬 수 있다.

[0044] 이상에서는 도면 및 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0045] 100: AdaBoost 분류기 200: 영상 축소 모듈

300: 우선순위 주소배분 모듈 400: 이동창 모듈

500: 동작 속도 연산 모듈

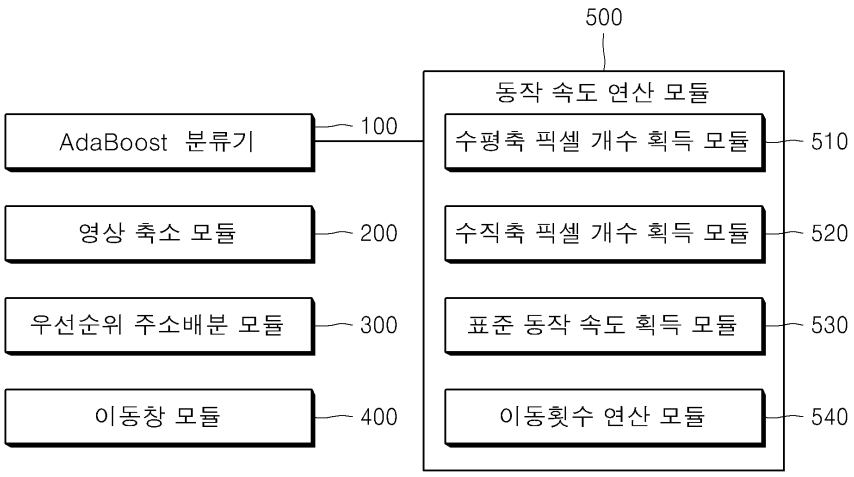
510: 수평축 픽셀 개수 획득 모듈

520: 수직축 픽셀 개수 획득 모듈 530: 표준 동작 속도 획득 모듈

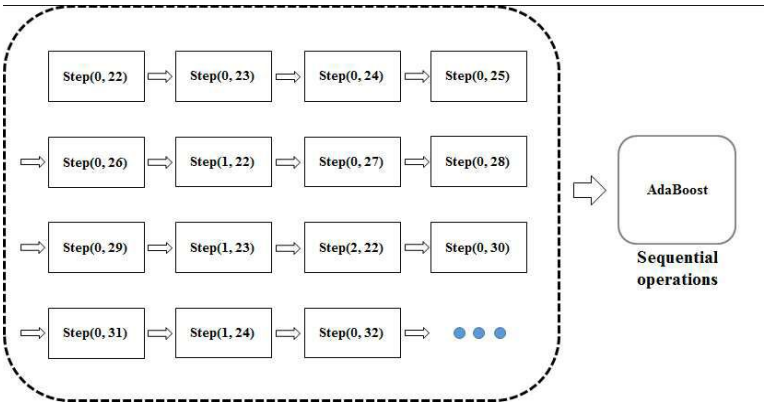
540: 이동횟수 연산 모듈

도면

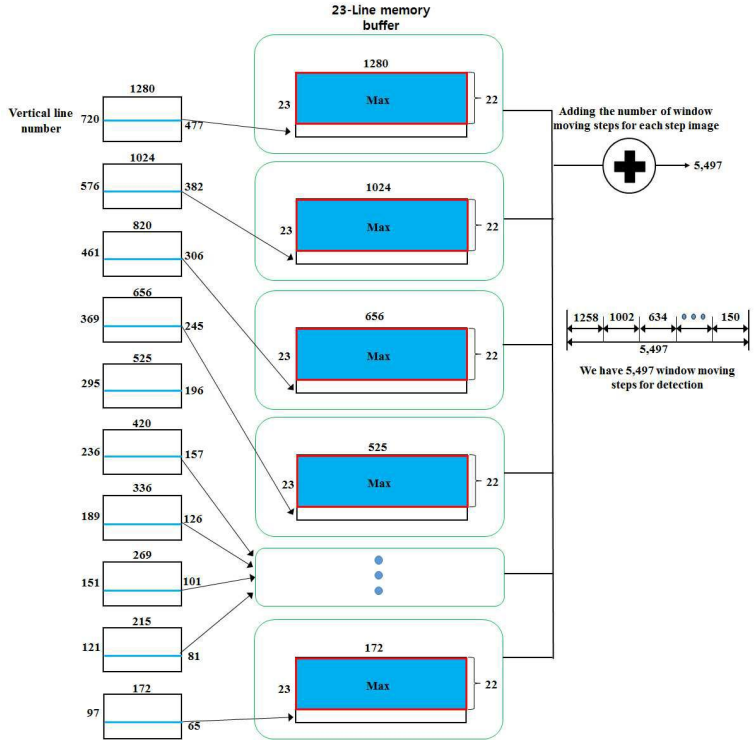
도면1



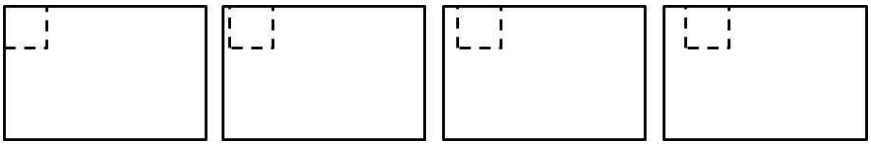
도면2



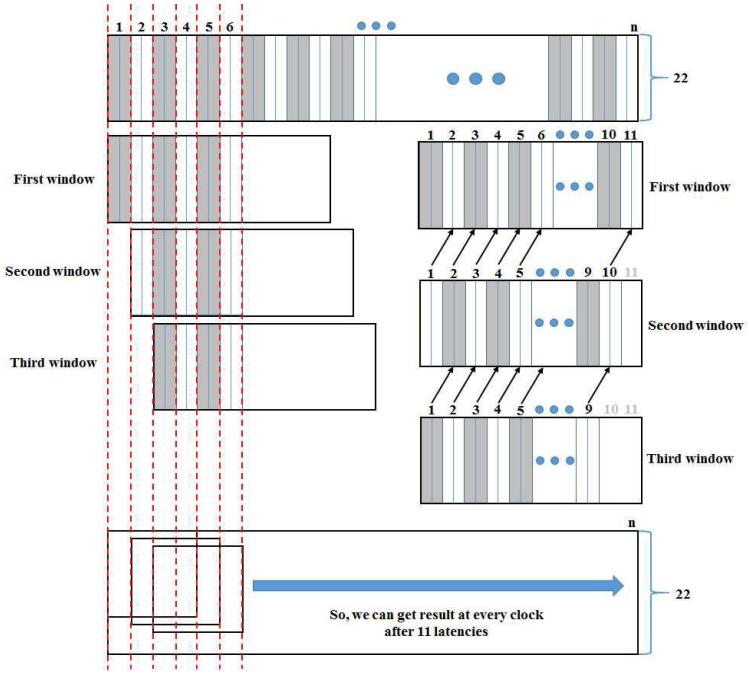
도면3


23-Line memory buffer
Vertical line number
1280
720
477
1024
576
382
820
461
306
656
369
245
525
295
196
420
236
157
336
189
126
269
151
101
215
121
81
172
97
65
Max
23
22
Adding the number of window moving steps for each step image
5,497
1258
1002
634
150
5,497
We have 5,497 window moving steps for detection

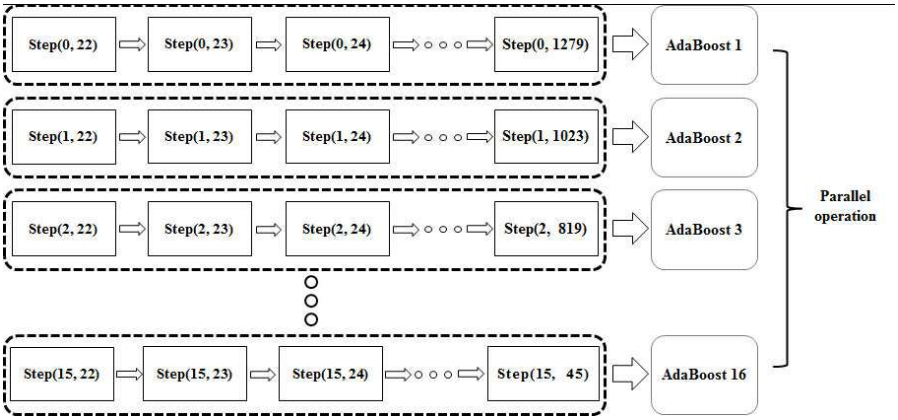
도면4



도면5


1 2 3 4 5 6
n
22
First window
Second window
Third window
1 2 3 4 5 6 10 11
First window
1 2 3 4 5 9 10 11
Second window
1 2 3 4 5 9 10 11
Third window
n
22
So, we can get result at every clock
after 11 latencies

도면6


Step(0, 22)
Step(0, 23)
Step(0, 24)
Step(0, 1279)
AdaBoost 1
Step(1, 22)
Step(1, 23)
Step(1, 24)
Step(1, 1023)
AdaBoost 2
Step(2, 22)
Step(2, 23)
Step(2, 24)
Step(2, 819)
AdaBoost 3
Step(15, 22)
Step(15, 23)
Step(15, 24)
Step(15, 45)
AdaBoost 16
Parallel
operation