(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0012355
(43) 공개일자 2020년02월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/20 (2012.01) *G06K 9/00* (2006.01)
G06Q 50/10 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/205 (2013.01)
G06K 9/00221 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0087533
(22) 출원일자 2018년07월27일
심사청구일자 2018년07월27일

(71) 출원인
백석대학교산학협력단
충남 천안시 동남구 문암로 76, (안서동)
(주) 임픽스
서울특별시 동대문구 천호대로85길 21, 9층 (장안동)
(72) 발명자
곽노윤
충청남도 천안시 서북구 늘푸른1길 50, 405동 1403호 (두정동, 대우푸르지오4차아파트)
이인배
경기도 의정부시 평화로202번길 13, 101동 1508호(호원동,월드한아름아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
정현영

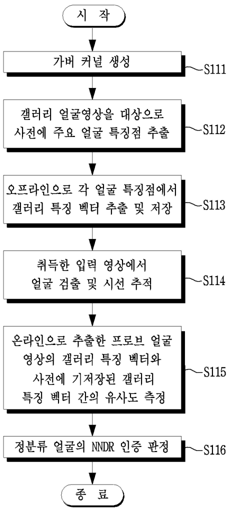
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 CLM과 가버 웨이블렛을 이용한 얼굴 인증 과정을 구비한 온라인 강의 모니터링 방법

(57) 요 약

Constrained Local Model과 Gabor Wavelets을 이용한 얼굴 인증 방법이 개시된다. 본 발명의 방법은 CLM(Constrained Local Models) 기반의 얼굴 특징점 추출을 통해 얼굴의 주요 성분을 추출하는 과정과 이렇게 추출된 특징점을 대상으로 Gabor 웨이블렛 변환을 통해 Gabor 특징 벡터를 생성한 후, Gabor 특징 벡터들 간의 상호 상관도와 최근접 거리비(Nearest Neighbor Distance Ratio)를 이용해 개인을 인증하는 과정으로 구성된다. 온라인 강의 모니터링 시스템, 온라인 심사, 의무 보수 교육 등과 같은 응용 분야에서 적용할 경우 실용적인 수준의 양호한 성능을 제공할 것으로 기대된다.

대 표 도 - 도11



(52) CPC특허분류
G06Q 50/10 (2013.01)
(72) 발명자
구본영
서울특별시 성북구 삼선교로16길 26-4, 302호
박충호
대구광역시 중구 대봉로 254, A동 407호
박노진
경기도 안산시 상록구 감골2로 10, 402동 902호(사동, 상록수현대2차아파트)
노성혁
경기도 화성시 화산중앙로 34, 109동 303호 (송산동, 한승미메이드아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	C0507210
부처명	중소기업벤처부
연구관리전문기관	(사)한국산학연협회
연구사업명	2017년도 산학연협력기술개발사업
연구과제명	얼굴 인증 및 시선 추적 기술을 응용한 온라인 강의 모니터링 시스템 개발
기 여 율	1/1
주관기관	㈜임픽스
연구기간	2017.06.01 ~ 2018.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키고 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생하는 단계;

카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출하는 단계;

상기 수강자가 화면을 응시하는지를 판단하는 단계;

상기 수강자가 화면을 응시하는 것으로 판단되면, 상기 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하는 얼굴 인증 단계;

강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 시청 현혹인지를 판단하여 응시화면수가 증가하고, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 비응시화면수가 증가하고 강의 콘텐츠 화면에 경고등을 표시하는 단계;

내적 누적 평균을 그레이디언트 벡터의 개수로 나눠 보정된 내적 누적 평균값을 구하고, 직전 프레임과 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균값들을 입력받아 칼만 필터링(Kalman filtering)을 수행해 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균값을 갱신하고 이렇게 갱신된 내적 누적 평균과 눈 개폐 임계값을 비교해 눈의 개폐 여부를 판단하는 단계; 및

실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률 및 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률을 표시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 2

청구항 1에서

상기 얼굴 인증 단계는,

다수의 방향과 주파수 성분을 갖는 가버 커널을 생성하는 서브단계;

갤러리 얼굴 영상을 대상으로 사전에 주요 얼굴 특징점들을 추출하는 서브단계;

사전에 오프라인으로 각 얼굴 특징점에서 가버 커널을 이용한 갤러리 특징 벡터를 추출 및 저장하는 서브단계;

온라인으로 추출한 프로브 얼굴 영상의 가버 특징 벡터와 사전에 기 저장된 갤러리 특징 벡터 간의 유사도를 측정하는 서브단계;

상기 프로브 얼굴 영상과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴 영상에 프로브 얼굴과 동일 인물의 얼굴이 포함되어 있으면 정분류로 판정하고 그렇지 않으면 오분류로 판정하는 단계;

상기 프로브 얼굴과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴이 프로브 얼굴과 동일 인물 얼굴인 정분류된 경우에 한해 정분류 얼굴의 최근접 거리비(Nearest Neighbor Distance Ratio)를 구하는 서브단계; 및

상기 최근접 거리비가 인증 임계값보다 작으면 얼굴 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정하는 서브단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 3

청구항 1에서

상기 주요 얼굴 특징점은 CLM(Constrained Local Models)을 이용해 68개를 추출하고,

상기 가버 커널은 8개의 방향 성분과 4개의 주파수 성분을 이용해 40개가 생성되며,

상기 인증 임계값은 0.95인 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 4

청구항 1에서,

상기 눈 개폐 임계값은, 직전 프레임들과 현 프레임의 갱신된 내적 누적 평균값을 소정 프레임 수만큼 누적한 후, 프레임 수로 나눈 구간 평균값을 이용해 구하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 5

청구항 4에서,

상기 소정 프레임 수는 눈을 감은 프레임을 제외해 뜬 눈 상태로 판단된 70 프레임만으로 계수하고,

상기 눈 개폐 임계값은 상기 구간 평균값에 비례계수 0.8을 곱한 값을 이용하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 6

컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키고 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생하는 단계;

카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출하는 단계;

상기 수강자가 화면을 응시하는지를 판단하는 단계;

상기 수강자가 화면을 응시하는 것으로 판단되면, 상기 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하는 얼굴 인증 단계;

강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 시청 현혹인지를 판단하여 응시화면수가 증가하고, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 비응시화면수가 증가하고 강의 콘텐츠화면에 경고등을 표시하는 단계; 및

실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률 및 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률을 표시하는 단계를 포함하며,

상기 시청 현혹을 검출하는 단계는,

이전 프레임과 현재 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 일정 기준치 이하이면 현재 프레임의 눈 중심점을 거짓 떨림으로 간주해 이전 프레임의 값으로 대체하는 서브단계;

연속된 프레임 간에서 상기 거짓 떨림 현상이 제거된 눈 중심점의 수평 및 수직 좌표를 대상으로 칼만 필터링을 수행한 후, 현재 프레임과 이전 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 상기 일정 기준치 이하이면 눈의 중심점이 변동되지 않은 것으로 판단해 안구 정지 횟수를 증가하는 서브단계; 및

소정 프레임 구간 동안에 상기 안구 정지 횟수가 일정 정지 횟수 이상이면 시청 현혹 상태로 판별하고 그렇지 않으면 정상 시청으로 판별하고, 상기 소정 프레임 구간마다 상기 안구 정지 횟수를 초기화시키면서 시청 현혹 여부를 지속적으로 감시하는 서브단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 7

청구항 6에서

상기 얼굴 인증 단계는,

다수의 방향과 주파수 성분을 갖는 가버 커널을 생성하는 서브단계;

갤러리 얼굴 영상을 대상으로 사전에 주요 얼굴 특징점들을 추출하는 서브단계;

사전에 오프라인으로 각 얼굴 특징점에서 가버 커널을 이용한 갤러리 특징 벡터를 추출 및 저장하는 서브단계;

온라인으로 추출한 프로브 얼굴 영상의 가버 특징 벡터와 사전에 기 저장된 갤러리 특징 벡터 간의 유사도를 측

정하는 서브단계;

상기 프로브 얼굴 영상과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴 영상에 프로브 얼굴과 동일 인물의 얼굴이 포함되어 있으면 정분류로 판정하고 그렇지 않으면 오분류로 판정하는 단계;

상기 프로브 얼굴과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴이 프로브 얼굴과 동일 인물 얼굴인 정분류된 경우에 한해 정분류 얼굴의 최근접 거리비(Nearest Neighbor Distance Ratio)를 구하는 서브단계; 및

상기 최근접 거리비가 인증 임계값보다 작으면 얼굴 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정하는 서브단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 8

청구항 6에서

상기 주요 얼굴 특징점은 CLM(Constrained Local Models)을 이용해 68개를 추출하고,

상기 가버 커널은 8개의 방향 성분과 4개의 주파수 성분을 이용해 40개가 생성되며,

상기 인증 임계값은 0.95인 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 9

청구항 6에서,

상기 시청 현혹을 검출하는 단계는,

수강자가 정상적으로 영상을 시청하는 경우엔 적색 경고등이 들어오지 않지만, 시청 현혹 상태로 판별되면 적색 경고등을 표시함으로써 시청 현혹 상태로 판정되고 있음을 외부에 경고하는 서브단계;

전체 프레임 중 85% 이상의 구간에서 시청 현혹 상태로 판정되면 고의적 시청 현혹 의도로 최종 판단하고, 상기 최종학습률을 0%로 처리하는 서브단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 10

청구항 6에서,

상기 일정 기준치는 3 픽셀이고,

상기 소정 프레임 구간은 30 프레임이고,

상기 일정 정지 횟수는 29회인 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 11

컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키고 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생하는 단계;

카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출하는 단계;

상기 수강자가 화면을 응시하는지를 판단하는 단계;

상기 수강자가 화면을 응시하는 것으로 판단되면, 상기 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하는 얼굴 인증 단계;

강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 시청 현혹인지를 판단하여 응시화면수가 증가하고, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 비응시화면수가 증가하고 강의 콘텐츠화면에 경고등을 표시하는 단계; 및

실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률 및 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률을 표시하는 단계를 포함하며,

상기 화면을 응시하는지를 판단하는 단계는,

입력 영상에서 얼굴 영역을 검출하는 서브단계;

상기 검출된 얼굴 영역을 이용하여 좌측 및 우측 눈 탐색 영역을 지정하는 서브단계;

상기 지정된 각 눈 탐색 영역으로부터 동공 후보 영역을 검출하는 서브단계;

상기 검출된 동공 후보 영역 중에서 상기 각 눈 탐색 영역의 중앙과 외곽 각각 발원하는 두 개의 동심원 방향으로 수렴해가면서 양방향으로 제한된 화소수만큼만을 동공 영역으로 레이블링하는 서브단계;

수평 및 수직 미분 마스크를 이용해 에지 맵을 구하여 에지 여부를 판정하는 서브단계; 및

상기 레이블링된 동공 영역에서 내적 누적 연산을 수행하여 내적 누적값을 산출하여 좌우 눈의 중심으로 검출하는 서브단계를 포함하며,

상기 동공 영역으로 레이블링하는 단계에서, 상기 눈 탐색 영역의 중앙에서부터 동심원 확산 방향으로 진행해 가면서 소정의 화소 면적 한도 내에서 동공 영역을 레이블링한 이후, 이렇게 레이블링된 동공 영역이 상기 눈 탐색 영역의 외곽에 접할 경우엔 상기 외곽으로부터 동심원 수축 방향으로 진행해 가면서 상기 레이블링된 동공 면적의 일정 비율 한도 내에서 외곽 인접 영역을 상기 레이블링된 동공 영역에서 제거해 최종 레이블링된 동공 영역으로 지정하고,

상기 내적 누적 연산을 수행하는 단계에서, 상기 최종 레이블링된 동공 영역에서만 정규 변위 벡터를 취해 상기 각 눈 탐색 영역 내 모든 그레이디언트 벡터와의 내적을 구한 후, 누적 연산을 수행하여 내적 누적값을 구하고, 각각의 상기 내적 누적값에 대응되는 역 밝기 가중치를 곱해 내적 누적값을 갱신한 후, 최대 내적 누적값의 위치를 좌우 눈의 중심으로 검출하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 12

청구항 11에서

상기 얼굴 인증 단계는,

다수의 방향과 주파수 성분을 갖는 가버 커널을 생성하는 서브단계;

갤러리 얼굴 영상을 대상으로 사전에 주요 얼굴 특징점들을 추출하는 서브단계;

사전에 오프라인으로 각 얼굴 특징점에서 가버 커널을 이용한 갤러리 특징 벡터를 추출 및 저장하는 서브단계;

온라인으로 추출한 프로브 얼굴 영상의 가버 특징 벡터와 사전에 기 저장된 갤러리 특징 벡터 간의 유사도를 측정하는 서브단계;

상기 프로브 얼굴 영상과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴 영상에 프로브 얼굴과 동일 인물의 얼굴이 포함되어 있으면 정분류로 판정하고 그렇지 않으면 오분류로 판정하는 단계;

상기 프로브 얼굴과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴이 프로브 얼굴과 동일 인물 얼굴인 정분류된 경우에 한해 정분류 얼굴의 최근접 거리비(Nearest Neighbor Distance Ratio)를 구하는 서브단계; 및

상기 최근접 거리비가 인증 임계값보다 작으면 얼굴 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정하는 서브단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 13

청구항 11에서

상기 주요 얼굴 특징점은 CLM(Constrained Local Models)을 이용해 68개를 추출하고,

상기 가버 커널은 8개의 방향 성분과 4개의 주파수 성분을 이용해 40개가 생성되며,

상기 인증 임계값은 0.95인 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 14

청구항 11에서,

상기 수강자의 동공이 검출되는 경우와 검출되지 않는 경우 각각 다른 색으로 상기 입력 영상의 눈의 영역에 표

시하여 눈의 개폐 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 15

청구항 11에서,

상기 입력 영상으로부터 얼굴이 검출되지 않을 시, 강의 동영상을 멈추고, 얼굴이 검출될 경우, 그 시점부터 다시 강의를 재생시키는 것을 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 16

청구항 11에서,

상기 얼굴 영역을 검출하는 단계는,

초기 얼굴 템플릿을 입력 영상의 좌상단 시작점에 중첩해 놓고 겹쳐진 부분과의 상호 상관도(cross correlation)를 구하는 서브단계;

상기 시작점에서부터 한 화소씩 옮겨가면서 상호 상관도가 가장 높은 위치를 얼굴 영역으로 검출하는 서브단계; 및

상호 상관도가 일정 값 이상이면 계속하여 템플릿 정합을 진행하고, 그렇지 않으면 얼굴 영역을 재검출하고 새로운 얼굴 템플릿으로 갱신해 템플릿 정합을 수행하는 서브단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

청구항 17

청구항 16에서,

상기 얼굴 영역이 검출되지 않으면 상호 상관도를 낮춰서 템플릿 정합을 진행하고, 상기 낮춘 상호 상관도에서도 얼굴 영역이 검출되지 않으면 영상에 얼굴 영역이 없다고 판별하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 CLM과 가버 웨이블렛을 이용한 얼굴 인증 과정을 구비한 온라인 강의 모니터링 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오늘날 온라인 강의는 네트워크 기반의 온라인 학습 환경을 통해 원격지에서도 다양한 지식과 학습 경험을 제공할 수 있는 유용한 수단으로 부상하고 있다. 온라인 강의는 수강자가 시간과 공간의 물리적 제약을 극복할 수 있게 함으로써 수강자가 원하는 시간과 장소에서 학습을 가능하게 한다.

[0003] 이에 수강자 자신의 학습 수준과 목적, 그리고 개인의 여건에 따라 자발적인 학습이 가능하고, 거시적 차원에서는 사회적, 개인적 교육비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 그리고 제한된 교육 자원의 효율적 분배를 통해 비용 대비 효용을 증가시키는 사회적 순기능이 있다. 특히 최근의 온라인 교육은 교육 불평등 해소, 교육 자원의 분배를 통한 사회적 가치 창출을 이루어낼 수 있는 고부가가치 산업으로 평가받고 있다. 이와 같은 흐름 속에 탄생한 것이 바로 Cousera, edX 등으로 대표되는 MOOC(Massive Open Online Courses) 플랫폼이다.

[0004] 현재 세계적으로 일어나는 이러한 추세에 한국도 동참하여 정부와 대학들의 주도하에 한국형 MOOC(K-MOOC)를 개설하고 각 전문가에게 의뢰하여 온라인 강의 콘텐츠를 업로드 하는 등의 노력을 아끼지 않고 있다.

[0005] 그러나 이상과 같은 장점에도 불구하고 현재의 온라인 강의 시스템은 다양한 측면에서 미비한 부분을 보완할 필요가 있다. 여기에는 수강자가 온라인 강의 콘텐츠를 성실하게 수강했는지 여부를 확인할 수 있는 방안이 부재한 것도 포함된다. 예컨대, 온라인 강의를 활용한 역전 학습(inverted learning)의 경우, 수강자가 사전 학습(pre-class) 용도로 제공된 온라인 강의 콘텐츠를 열람하지 않고 본 강의(in-class)에 출석하면, 자연스러운 수업 진행에 방해가 되고 결과적으로는 타인의 학습 효율까지 저하시키는 문제가 있다.

[0006] 따라서, 수강자의 학습을 방해하지 않으면서도 온라인 강의를 정상적으로 열람했는지의 여부를 효과적으로 모니

터링할 있는 방안이 강구될 필요가 있다. 이러한 필요성에 부응하기 위해 본 발명의 발명자는 시선 추적 기술을 활용한 온라인 강의 모니터링 시스템을 제안한 바 있었다.

[0007] 하지만, 이 시스템을 도입하더라도 실제 시청이 아닌 사진이나 인형, 조형물 등을 이용한 허위 시청으로 응시율을 높여 온라인 강의 출석을 인정받는 시청 현혹자(cherry picker)를 차단함에는 한계가 있기 때문에 시선 추적 기반 온라인 강의 모니터링 시스템의 종단부에서 안구 운동의 변동량을 조사해 시청 현혹자를 검출함으로써 부당 이용자를 차단할 수 있는 시청 현혹 검출 방법을 또한 제안하였다.

[0008] 그러나 기존의 온라인 강의 모니터링 시스템은 사진이나 인형, 조형물 등을 이용한 허위 시청 시, 조명의 변화나 카메라 노이즈에 의해 미세한 거짓 떨림이 포함되기 때문에 이를 효과적으로 억제함으로써 시청 현혹 검출 성능을 개선할 필요가 있다.

[0009] 제안된 온라인 강의 모니터링 시스템은 본 연구진이 기 제안한 그레이디언트 기반 눈 검출 방법을 통해 얻은 인접 프레임들 간 좌측 및 우측 눈의 중심점 좌표를 대상으로 칼만 필터링을 수행한 후, 프레임 간 차분합을 이용해 안구 운동의 변동량을 구한다. 이상 변인에 기인한 변화를 억제시키는 칼만 필터의 동작 특성을 효과적으로 이용하고자 한다.

[0010] 그레이디언트 기반 눈 검출 방법은 PC 캠을 통해 획득한 입력영상으로부터 얼굴 영역을 검출한 후, 눈 탐색 영역의 중앙 및 외곽에서 각각 발원하는 두 개의 동심원 방향으로 확장 혹은 수렴해 가면서 제한된 화소 수만큼만 양방향으로 동공 영역을 레이블링을 통해 눈 검출 정확도와 연산 속도를 개선하고, 보정된 내적 누적 평균을 대상으로 칼만 필터링을 수행해 눈 개폐 여부를 판단할 수 있다.

[0011] 제안된 온라인 강의 모니터링 시스템은 온라인 강의의 성실 시청 여부를 모니터링하고 시청 현혹자의 허위 출석을 방지함으로써 온라인 강의 시스템의 신뢰성과 학습효율성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 목적은 저가의 PC 캠을 이용하여 수강자의 성실 시청 여부를 감시해 온라인 출석 여부를 효율적이고 신뢰성 있게 관리할 수 있는 온라인 강의 모니터링 방법을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 다른 목적은 온라인 출석 여부를 강의 콘텐츠의 재생 중에 화면에 표시함으로써 수강자에게 실시간적으로 피드백을 제공할 수 있도록 한 온라인 강의 모니터링 방법을 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 다른 목적은 기존의 온라인 강의 시스템과도 용이하게 결합되어 온라인 강의의 성실 시청 여부를 모니터링하고 허위 출석을 방지함으로써 온라인 강의 시스템의 신뢰성과 학습 효율성을 제고할 수 있는 하는 온라인 강의 모니터링 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일 측면에 의하면, 컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키고 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생하는 단계; 카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출하는 단계; 상기 수강자가 화면을 응시하는지를 판단하는 단계; 상기 수강자가 화면을 응시하는 것으로 판단되면, 상기 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하는 얼굴 인증 단계; 강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 시청 현혹인지를 판단하여 응시화면수가 증가하고, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 비응시 화면수가 증가하고 강의 콘텐츠 화면에 경고등을 표시하는 단계; 내적 누적 평균을 그레이디언트 벡터의 개수로 나눠 보정된 내적 누적 평균값을 구하고, 직전 프레임과 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균값들을 입력받아 칼만 필터링(Kalman filtering)을 수행해 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균값을 갱신하고 이렇게 갱신된 내적 누적 평균과 눈 개폐 임계값을 비교해 눈의 개폐 여부를 판단하는 단계; 및 실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면 응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률 및 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률을 표시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법이 제공된다.

[0016] 바람직하게, 상기 얼굴 인증 단계는, 다수의 방향과 주파수 성분을 갖는 가버 커널을 생성하는 서브단계; 갤러리 얼굴 영상을 대상으로 사전에 주요 얼굴 특징점들을 추출하는 서브단계; 사전에 오프라인으로 각 얼굴 특징

점에서 가버 커널을 이용한 갤러리 특징 벡터를 추출 및 저장하는 서브단계; 온라인으로 추출한 프로브 얼굴 영상의 가버 특징 벡터와 사전에 기 저장된 갤러리 특징 벡터 간의 유사도를 측정하는 서브단계; 상기 프로브 얼굴 영상과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴 영상에 프로브 얼굴과 동일 인물의 얼굴이 포함되어 있으면 정분류로 판정하고 그렇지 않으면 오분류로 판정하는 단계; 상기 프로브 얼굴과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴이 프로브 얼굴과 동일 인물 얼굴인 정분류된 경우에 한해 정분류 얼굴의 최근접 거리비(Nearest Neighbor Distance Ratio)를 구하는 서브단계; 및 상기 최근접 거리비가 인증 임계값보다 작으면 얼굴 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정하는 서브단계를 포함한다.

[0017] 바람직하게, 상기 주요 얼굴 특징점은 CLM(Constrained Local Models)을 이용해 68개를 추출하고, 상기 가버 커널은 8개의 방향 성분과 4개의 주파수 성분을 이용해 40개가 생성되며, 상기 인증 임계값은 0.95일 수 있다.

[0018] 바람직하게, 상기 눈 개폐 임계값은, 직전 프레임들과 현 프레임의 갱신된 내적 누적 평균값을 소정 프레임 수만큼 누적한 후, 프레임 수로 나눈 구간 평균값을 이용해 구할 수 있으며, 상기 소정 프레임 수는 눈을 감은 프레임을 제외해 뜬 눈 상태로 판단된 70 프레임만으로 계수하고, 상기 눈 개폐 임계값은 상기 구간 평균값에 비례계수 0.8을 곱한 값을 이용할 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키고 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생하는 단계; 카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출하는 단계; 상기 수강자가 화면을 응시하는지를 판단하는 단계; 상기 수강자가 화면을 응시하는 것으로 판단되면, 상기 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하는 얼굴 인증 단계; 강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 시청 현혹인지를 판단하여 응시화면수가 증가하고, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 비응시 화면수가 증가하고 강의 콘텐츠화면에 경고등을 표시하는 단계; 및 실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률 및 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률을 표시하는 단계를 포함하며, 상기 시청 현혹을 검출하는 단계는, 이전 프레임과 현재 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 일정 기준치 이하이면 현재 프레임의 눈 중심점을 거짓 떨림으로 간주해 이전 프레임의 값으로 대체하는 서브단계; 연속된 프레임 간에서 상기 거짓 떨림 현상이 제거된 눈 중심점의 수평 및 수직 좌표를 대상으로 칼만 필터링을 수행한 후, 현재 프레임과 이전 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 상기 일정 기준치 이하이면 눈의 중심점이 변동되지 않은 것으로 판단해 안구 정지 횟수를 증가하는 서브단계; 및 소정 프레임 구간 동안에 상기 안구 정지 횟수가 일정 정지 횟수 이상이면 시청 현혹 상태로 판별하고 그렇지 않으면 정상 시청으로 판별하고, 상기 소정 프레임 구간마다 상기 안구 정지 횟수를 초기화시키면서 시청 현혹 여부를 지속적으로 감시하는 서브단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법이 제공된다.

[0020] 바람직하게, 상기 시청 현혹을 검출하는 단계는, 수강자가 정상적으로 영상을 시청하는 경우엔 적색 경고등이 들어오지 않지만, 시청 현혹 상태로 판별되면 적색 경고등을 표시함으로써 시청 현혹 상태로 판정되고 있음을 외부에 경고하는 서브단계; 전체 프레임 중 85% 이상의 구간에서 시청 현혹 상태로 판정되면 고의적 시청 현혹 의도로 최종 판단하고, 상기 최종학습률을 0%로 처리하는 서브단계를 더 포함할 수 있다.

[0021] 바람직하게, 상기 일정 기준치는 3 픽셀이고, 상기 소정 프레임 구간은 30 프레임이고, 상기 일정 정지 횟수는 29회일 수 있다.

[0022] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키고 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생하는 단계; 카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출하는 단계; 상기 수강자가 화면을 응시하는지를 판단하는 단계; 상기 수강자가 화면을 응시하는 것으로 판단되면, 상기 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하는 얼굴 인증 단계; 강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 시청 현혹인지를 판단하여 응시화면수가 증가하고, 상기 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 비응시 화면수가 증가하고 강의 콘텐츠화면에 경고등을 표시하는 단계; 및 실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률 및 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률을 표시하는 단계를 포함하며, 상기 화면을 응시하는지를 판단하는 단계는, 입력 영상에서 얼굴 영역을 검출하는 서브단계; 상기 검출된 얼굴 영역을 이용하여 좌측 및 우측 눈 탐색 영역을 지정하는 서브단계; 상

기 지정된 각 눈 탐색 영역으로부터 동공 후보 영역을 검출하는 서브단계; 상기 검출된 동공 후보 영역 중에서 상기 각 눈 탐색 영역의 중앙과 외곽 각각 발원하는 두 개의 동심원 방향으로 수렴해가면서 양방향으로 제한된 화소수만큼만을 동공 영역으로 레이블링하는 서브단계; 수평 및 수직 미분 마스크를 이용해 에지 맵을 구하여 에지 여부를 판정하는 서브단계; 및 상기 레이블링된 동공 영역에서 내적 누적 연산을 수행하여 내적 누적값을 산출하여 좌우 눈의 중심으로 검출하는 서브단계를 포함하며, 상기 동공 영역으로 레이블링하는 단계에서, 상기 눈 탐색 영역의 중앙에서부터 동심원 확산 방향으로 진행해 가면서 소정의 화소 면적 한도 내에서 동공 영역을 레이블링한 이후, 이렇게 레이블링된 동공 영역이 상기 눈 탐색 영역의 외곽에 접할 경우엔 상기 외곽으로부터 동심원 수축 방향으로 진행해 가면서 상기 레이블링된 동공 면적의 일정 비율 한도 내에서 외곽 인접 영역을 상기 레이블링된 동공 영역에서 제거해 최종 레이블링된 동공 영역으로 지정하고, 상기 내적 누적 연산을 수행하는 단계에서, 상기 최종 레이블링된 동공 영역에서만 정규 변위 벡터를 취해 상기 각 눈 탐색 영역 내 모든 그레이디언트 벡터와의 내적을 구한 후, 누적 연산을 수행하여 내적 누적값을 구하고, 각각의 상기 내적 누적값에 대응되는 역 밝기 가중치를 곱해 내적 누적값을 갱신한 후, 최대 내적 누적값의 위치를 좌우 눈의 중심으로 검출하는 것을 특징으로 하는 온라인 강의 모니터링 방법이 제공된다.

[0023] 바람직하게, 상기 수강자의 동공이 검출되는 경우와 검출되지 않는 경우 각각 다른 색으로 상기 입력 영상의 눈의 영역에 표시하여 눈의 개폐 여부를 판단할 수 있으며, 상기 입력 영상으로부터 얼굴이 검출되지 않을 시, 강의 동영상을 멈추고, 얼굴이 검출될 경우, 그 시점부터 다시 강의를 재생시킬 수 있다.

[0024] 바람직하게, 상기 얼굴 영역을 검출하는 단계는, 초기 얼굴 템플릿을 입력 영상의 좌상단 시작점에 중첩해 놓고 겹쳐진 부분과의 상호 상관도(cross correlation)를 구하는 서브단계; 상기 시작점에서부터 한 화소씩 옮겨가면서 상호 상관도가 가장 높은 위치를 얼굴 영역으로 검출하는 서브단계; 및 상호 상관도가 일정 값 이상이면 계속하여 템플릿 정합을 진행하고, 그렇지 않으면 얼굴 영역을 재검출하고 새로운 얼굴 템플릿으로 갱신해 템플릿 정합을 수행하는 서브단계로 이루어질 수 있다.

[0025] 바람직하게, 상기 얼굴 영역이 검출되지 않으면 상호 상관도를 낮춰서 템플릿 정합을 진행하고, 상기 낮춘 상호 상관도에서도 얼굴 영역이 검출되지 않으면 영상에 얼굴 영역이 없다고 판별할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 상기의 구성에 의하면, 눈 탐색 영역의 중앙 및 외곽에서 각각 발원하는 두 개의 동심원 방향으로 수렴해 가면서 양방향으로 동공 영역을 레이블링함으로써 눈 검출 정확도를 개선할 수 있다.

[0027] 또한, 보정된 내적 누적 평균을 대상으로 칼만 필터링을 수행해 불특정 외난에 의한 성능 저하를 억제함으로써 기존의 그레이디언트 벡터 필드 기반의 눈 개폐 판단 방법의 성능을 개선할 수 있다.

[0028] 또한, 시청 현혹 검출 기능을 적용함으로써, 응시 판단 알고리즘의 허점을 분석하여 사람의 얼굴 사진이나 인형, 조형물 등을 이용해 마치 수강자가 강의 콘텐츠를 응시하는 것처럼 현혹해 허위로 온라인 강의 출석을 인정받는 것을 방지할 수 있다.

[0029] 또한, 카메라를 이용하여 수강자의 성실 시청 여부를 감시해 온라인 출석 여부를 관리할 수 있고 이를 강의 콘텐츠의 재생 중에 화면에 표시함으로써 수강자에게 실시간으로 피드백을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1(a)은 온라인 강의 모니터링 시스템의 관리자 모드의 사용자 인터페이스를 나타내고, 도 1(b)은 온라인 강의 모니터링 시스템의 정상 동작 상태를 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 온라인 강의 모니터링 방법을 보여주는 순서도이다.

도 3은 정규화 영상 $N_{eye}(x,y)$를 대상으로 서로 다른 값으로 임계처리해 구한 이진 영상이다.

도 4는 동공 영역 레이블링을 적용한 예를 보여준다.

도 5는 동공 중심 영역의 국부 블록 마스크를 나타낸다.

도 6은 그레이디언트 벡터의 개수로 보정한 내적 누적 평균을 이용해 눈 개폐 판단 여부를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 시스템의 시청 현혹 검출 실험 상황을 예시한 것이다.

도 8은 시청 현혹 검출 시의 최종학습률을 표시하는 예를 보여준다.

도 9는 본 발명의 방법을 적용한 눈 검출 결과를 예시한 것이다.

도 10은 본 발명의 눈 개폐 판단 방법을 이용한 판단 결과 영상을 나타낸 것이다.

도 11은 얼굴 인증 동작 과정을 나타낸 순서도이다.

도 12는 CLM을 이용한 주요 얼굴 특징점의 추출 결과를 나타낸 것이다.

도 13은 FEI Face Database의 1인당 14장씩 촬영한 얼굴 영상 세트를 예시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 온라인 강의 시스템의 실시 예를 상세하게 설명한다.

[0033] 도 1(a)은 온라인 강의 모니터링 시스템의 관리자 모드의 사용자 인터페이스를 나타내고, 도 1(b)은 온라인 강의 모니터링 시스템의 정상 동작 상태를 나타낸다.

[0034] 화면 인터페이스는 관리자 모드(Admin Mode)와 사용자 모드(User Mode)에 따라 수강자의 입력 영상을 표시하는 영역을 구비할 수 있다

[0035] 도 1(a)에서는 관리자 모드에서의 화면 인터페이스를 보여주고 있는데, User Mode 버튼(사용자 모드 전환 버튼)을 누르면, 동작 모드가 관리자 모드에서 사용자 모드로 전환되면서 동시에 User Mode 버튼은 Admin Mode 버튼(관리자 모드 전환 버튼)으로 변경된다. 역으로, 사용자 모드에서 Admin Mode 버튼을 누르면, 동작 모드가 관리자 모드로 전환되면서 동시에 Admin Mode 버튼은 User Mode 버튼으로 변경된다.

[0036] 사용자 모드에서는 수강자의 얼굴 영상을 표시하는 우측 화면과 화면 응시 정보를 표시하는 리스트 박스가 제거되고 콘텐츠 화면과 동작 제어 버튼만 남는다.

[0037] 도 1(a)과 같은 사용자 인터페이스상에서 원하는 강의 콘텐츠를 선택해 재생하면 PC 캠을 통해 획득한 입력 영상으로부터 얼굴 영역을 검출한 후, 눈의 위치와 개폐 상태를 감시해 화면 응시율을 계산할 수 있고, 이후 일정 시퀀스 구간에서 인접 화면들 간의 동공 위치 변화가 있는 화면수를 조사함으로써 시청 현혹 상태도 파악할 수 있다.

[0038] 도 1(b)을 보면, 전체 화면을 크기가 다른 4개의 영역으로 분할해 좌측 상단에 콘텐츠 화면을 표시하고, 우측 상단에 입력 영상을 표시하고, 좌측 하단에 각종 기능 버튼을 위치시키며, 우측 하단에 리스트 박스를 표시한다.

[0039] 입력 영상에는 컴퓨터의 전면 카메라를 통해 촬영된 수강자의 입력 영상이 표시되면서 입력영상 위에 얼굴 영역 및 얼굴 특징 요소, 눈의 개폐여부 들의 검출 결과를 표시한다.

[0040] 각종 기능 버튼은 기능의 특성에 따라 배치될 수 있는데, 가령 좌측에 기본적인 동영상 플레이를 위한 Open 버튼, Play 버튼, Stop 버튼 및 Pause 버튼이 있고, 우측에 Eye State 버튼, Cherry Picker 동작 버튼, Smart Stay 동작 버튼 및 모드 전환 버튼이 위치한다.

[0041] Play 버튼(재생 버튼)과 Pause 버튼(일시정지 버튼)을 통해 강의 콘텐츠의 재생 여부를 제어할 수 있고, Stop 버튼(정지 버튼)을 누르면, 강의 콘텐츠의 재생이 정지되고 전체화면수, 응시화면수, 화면응시율, 시청현혹률 및 최종학습률이 초기화된다.

[0042] Eye State 버튼(눈 개폐 감시 버튼)을 누르면 그레이디언트 기반의 고속 눈 검출 방법과 적응형 눈 개폐 판단 알고리즘을 이용하여 눈 개폐 판단 결과를 우측 화면상에 표시하는데, 눈을 뜬 경우엔 흰색 원으로 표시하고 눈

을 감은 경우엔 적색의 타원으로 표시하고 화면을 응시하지 않는 것으로 간주해 콘텐츠 화면의 좌상단에 적색 경고등을 표시한다. 그리고 리스트 박스엔 개폐 판단 결과로 눈을 뜬 경우엔 Open Eye로, 눈을 감은 경우엔 Closed Eye로 출력한다.

[0043] Cherry Picker 버튼은 시청 현혹자(cherry picker)를 검출하기 위한 것으로, 응시 판단 알고리즘의 허점을 분석하여 사람의 얼굴 사진이나 인형을 이용해 마치 수강자가 동영상 콘텐츠를 응시하는 것처럼 현혹해 허위로 온라인 강의 출석을 인정받는 것을 방지하기 위한 기능이다. 입력 영상 시퀀스의 일정 프레임 구간 내에서 동공의 움직임이 없으면 시청 현혹 상황으로 판단하여 출석을 인정하지 않는다.

[0044] Smart Stay 버튼을 누르게 되면 입력 영상의 개폐 판단 여부와 얼굴 유무를 판단하여 우측 화면의 수강자가 강의 콘텐츠를 보고 있을 시에는 정상 재생이 지속되고 일시적으로 응시하지 않거나 눈을 감고 있을 경우에는 재생 상태에서 일시정지 상태로 전환하게 되고 다시 시청을 하게 되면 일시정지 상태에서 재생 상태로 변경하게 된다.

[0045] 리스트 박스에는 실시간으로, 지금까지 재생된 전체화면수, 시선 추적으로 확인한 응시화면수, 응시화면수와 전체화면수의 비율인 화면응시율, 현혹화면수와 전체화면수의 비율인 시청현혹률, 응시화면수에서 현혹화면수를 뺀 값과 전체화면수의 비율인 최종학습률, 눈개폐상태, 및 눈검출시간 등이 표시된다.

[0046] 또한, 최종적으로 하나의 강의 콘텐츠를 모두 시청했을 경우, 가령 팝-업 윈도를 통하여 수강자의 최종 학습률을 표시함으로써 수강자로 하여금 자신이 수강한 온라인 강의 출석의 유효 혹은 무효를 판단할 수 있도록 해준다.

[0047] 도 2는 본 발명에 따른 온라인 강의 모니터링 방법을 보여주는 순서도이다.

[0048] 컴퓨터에서 소프트웨어를 동작시키면 파일 열기를 통해 강의 콘텐츠를 선택하여 재생한다(단계 S21).

[0049] Open 버튼으로 강의 콘텐츠가 선택되고 Play 버튼으로 재생되면, 좌측 화면에 해당 강의 콘텐츠가 재생되고 우측 화면에는 전면 카메라를 통해 촬영한 수강자의 얼굴 영상이 표시된다.

[0050] 카메라를 통해 취득한 수강자의 입력 영상에서 얼굴을 검출하고 시선을 추적하여 프레임 간 안구 운동의 변화량을 조사해서 시청 현혹을 검출한다(단계 S22).

[0051] 이어, 수강자가 화면을 응시하는지를 판단한다(단계 S23).

[0052] 판단결과, 강의 콘텐츠가 재생되고 있는 상태에서 수강자의 얼굴과 동공이 검출되면 수강자의 얼굴 인증을 통해 대리 수강이나 대리 출석을 방지하고(단계 S24), 이후 시청 현혹인지를 판단하여(단계 S25) 응시 화면수를 증가한다(단계 S26).

[0053] 반면, 수강자의 얼굴과 동공이 검출되지 않으면 화면을 응시하지 않는 것으로 판단해 스마트 스테이 기능이 활성화되면서(단계 S27) 비응시 화면수가 증가하고 콘텐츠 화면의 좌상단에 적색 경고등이 표시된다(단계 S28).

[0054] 이후, 강의 콘텐츠 재생이 종료되었는지를 확인하여(단계 S29), 종료되지 않았으면 단계 S22으로 복귀하고, 종료되었으면, 화면 응시율을 계산한다(단계 S30).

[0055] 이하, 단계 S22에서의 눈 검출과 눈 개폐 판단 및 시청 현혹 검출에 대해 구체적으로 설명한다.

[0056] <눈 검출>

[0057] 종래 이중 에지 맵, 동공 후보 영역, 비동공 영역 레이블링, 동공 후보 영역 레이블링을 이용한 방법을 통해 연산 부담을 경감함과 동시에 기존의 방법의 검출 정확도를 개선한 방법들을 이미 제안한 바 있지만, 안정된 시선 추적 기능을 제공하기 위해서는 다소 극단적인 상황에서도 눈 검출 정확도를 좀 더 향상시킬 수 있는 방안이 개발될 필요가 있다.

[0058] 본 발명에서는 이러한 필요성에 부응하기 위해 눈 탐색 영역의 중앙 및 외곽에서 각각 발원하는 두 개의 동심원 방향으로 수렴해 가면서 양방향으로 동공 영역을 레이블링함으로써 눈 검출 정확도를 개선한 그레이디언트 기반 눈 검출 방법을 제안한다.

[0059] 우선, 본 발명의 방법은 Haar 유사 특징과 AdaBoost 알고리즘 그리고 적응형 템플릿 정합을 이용해 입력 영상에서 얼굴 영역을 검출하고, 얼굴의 기하학적 특징을 이용하여 도 3과 같이 좌측과 우측의 눈 탐색 영역을 지정한다.

[0060] 다음으로, 눈 탐색 영역의 가우시안 필터링된 역 밝기 영상을 히스토그램 평활화하여 정규화한 후, 임계처리를 통해 동공 후보 영역을 추출한다.

[0061] 먼저, 식 (1)과 같이 눈 탐색 영역 $I_{eye}(x,y)$의 영상 $\omega_{eye}(x,y)$을 구한 후, 가우시안 필터링을 취한다. $\omega_{eye}(x,y)$를 식 (2)와 같이 히스토그램 평활화를 취한 후, 식 (3)처럼 $H_{eye}(x,y)$의 최대값을 이용해 정규화 영상 $N_{eye}(x,y)$을 구한다.

수학식 1

[0062] $$w_{eye}(x,y)=G(m,n)\otimes(255-I_{eye}(x,y))$$

수학식 2

[0063] $$H_{eye}(x,y)=equalizeHist(w_{eye}(x,y))$$

수학식 3

[0064] $$N_{eye}(x,y)=H_{eye}(x,y)/Max(H_{eye}(x,y))$$

[0065] 이후, 실험적으로 구한 소정의 임계값을 이용해 동공의 중심을 포함하는 동공 후보 영역과 그 이외의 영역인 비동공 영역으로 구분한다.

[0066] 도 3은 정규화 영상 $N_{eye}(x,y)$를 대상으로 서로 다른 값으로 임계처리해 구한 이진 영상으로, 상부는 안경을 착용한 경우이고 하부는 안경을 착용하지 않은 경우이다.

[0067] 여기서 밝은 곳은 동공의 중심을 포함하는 동공 후보 영역이고, 어두운 곳은 비동공 영역이다. 임계값이 작을수록 비동공 영역의 면적이 점진적으로 증가함을 알 수 있다.

[0068] 이후, 눈 탐색 영역 내 에지 화소들의 그레이디언트 벡터와 정규 변위 벡터 간의 내적을 누적한 후 최대 누적값의 위치를 좌우 눈의 중심으로 검출한다. 이때, 동공의 중심은 각각 좌우측 눈 탐색 중앙 영역의 저명도 영역 인근에 위치함에 착안하여 눈 탐색 영역의 중앙에서부터 동심원 확장 방향으로 진행해 가면서 소정의 화소 면적 한도 내에서 동공 영역을 레이블링한다.

[0069] 도 4는 동공 영역 레이블링을 적용한 예를 보여준다.

[0070] 다음으로, 이렇게 레이블링된 동공 영역이 눈 탐색 영역의 테두리에 접할 경우에는 이 테두리로부터 동심원 수축 방향으로 진행해 가면서 상기 레이블링된 동공 면적의 일정 비율 한도 내에서 테두리 인접 영역을 비동공 영역으로 지정해 제거한다.

[0071] 최종적으로, 전체 눈 탐색 영역이 아닌 도 4(b)의 레이블링된 동공 영역에서만 한정해 내적 누적 연산을 수행한 후 최대 내적 누적값의 위치를 좌우 눈의 중심으로 검출한다.

[0072] 본 발명의 눈 개폐 판단 방법은 보정된 내적 누적 평균을 대상으로 칼만 필터링을 수행해 불특정 외난에 의한 성능 저하를 억제함으로써 기존의 그레이디언트 벡터 필드 기반의 눈 개폐 판단 방법의 성능을 개선할 수 있다.

[0073] 도 5는 동공 중심 영역의 국부 블록 마스크를 나타낸다.

[0074] 눈 개폐 여부를 판단하기 위해 좌측 및 우측 눈 탐색 영역에서 최대 내적 누적값의 위치를 중심으로 소정 화소 크기(예컨대, 7×7 화소 크기)의 국부 블록 마스크를 지정한 후, 이 블록 마스크에 포함된 화소의 내적 누적값을 합산한 다음에 블록 마스크의 크기로 나눠 평균을 구한다.

[0075] 이후 이 내적 누적 평균을 그레이디언트 벡터의 개수로 나눈 값과 눈 개폐 임계값을 비교해 눈 개폐 여부를 판단한다.

[0076] 통계적으로 동일한 사람의 동공 영역에서 구한 내적 누적 평균의 크기는 도 5와 같이 눈을 뜨면 커지고 감으면 작아진다. 또한, 같은 조건일 때 그 값은 안경 착용 시에 커지고 눈과 동공의 크기에 비례해 커진다. 하지만, 내적 누적 평균은 개인 간의 편차가 심하기 때문에 단순히 이 값을 기준으로 눈 개폐 여부를 판단하면 일정 수준 이하로 오분류 확률을 낮추기 어렵다.

[0077] 하나의 내적 누적값은 동공 후보 영역의 각 정규 변위 벡터와 눈 탐색 영역 내 모든 그레이디언트 벡터들을 곱해 누적하는 방식으로 계산되므로 그레이디언트 벡터의 개수가 많을수록 내적 누적값이 상대적으로 커진다. 즉, 그레이디언트 벡터의 개수는 내적값을 누적하는 연산 횟수이다.

[0078] 따라서, 식 (4)와 같이 내적 누적 평균 $\frac{1}{M\times M}\left(\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M}v_{ij}\right)$을 그레이디언트 벡터의 개수 E_k로 나눠 보정된 내적 누적 평균 AV_{curr}을 구함으로써 이러한 편차를 효과적으로 줄일 수 있다.

[0079] 이때, 각 프레임 단위로 보정된 내적 누적 평균을 그대로 사용할 수도 있다. 하지만 식 (5)처럼 일정 구간의 직전 프레임들과 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균값들을 대상으로 칼만 필터링(Kalman filtering)을 수행해 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균을 갱신하면, 노이즈나 비정상적인 동작에 따른 악영향을 적절하게 억제해 안정된 동작을 유도할 수 있다. 본 발명의 방법은 현 프레임을 포함해 5프레임 단위로 칼만 필터링을 수행해 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균을 갱신한다.

[0080] 한편, 눈 개폐 여부를 판단하기 위해선 눈 개폐 임계값을 구할 필요가 있다. 새로운 프레임이 입력될 때마다 상대적으로 긴 소정의 직전 프레임 구간과 현 프레임의 보정된 내적 누적 평균값을 칼만 필터링을 수행하여 합산한 후, 프레임 수로 나눠 프레임 구간 평균을 구한다. 본 발명의 방법은 현 프레임을 포함해 70프레임 단위로 칼만 필터링과 평균 연산을 수행해 현 프레임의 프레임 구간 평균을 구한다.

[0081] 이때, 프레임 구간 평균을 구할 시, 감은 눈으로 판단된 프레임의 보정된 내적 누적 평균값은 제외함으로써 눈을 뜬 상태의 프레임 구간 평균을 구할 수 있다. 이와 같이 구한 프레임 구간 평균은 다음 프레임이 입력될 때마다 프레임 구간을 중첩시켜 가면서 그 값을 갱신함으로써 안경의 착탈 여부나 인물의 변경 혹은 조명의 가변에 적응적으로 대응할 수 있다.

[0082] 눈 개폐 임계값 Th_{av}은 식 (6)과 같이 이 프레임 구간 평균에 비례 계수 ω_{av}를 곱해 각 프레임 단위로 결정된다. 본 발명에서는 이 비례 계수로서 실험적으로 구한 0.8을 사용하고 있다.

수학식 4

[0083]
$$AV_{curr}=\frac{\frac{1}{M\times M}\left(\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M}v_{ij}\right)}{E_k}$$

수학식 5

[0084]
$$AV_{curr}=AV_{curr_kal}=Kalman(AV_{prev1},\ldots,AV_{curr})$$

수학식 6

[0085]

$$Th_{av}=\omega_{av}\times\frac{1}{N}\left(AV_{curr}+\sum_{j=1}^{N-1}AV_j\right)$$

수학식 7

[0086]

$$Eye=\begin{cases}OpenEye, & Th\leq AV_{curr}\\ ClosedEye, & Otherwise\end{cases}$$

[0087] 최종적으로, 식 (7)과 같이, 각 프레임의 보정된 내적 누적 평균값이 눈 개폐 임계값보다 크면 눈을 뜬 상태로 판단하고, 그렇지 않으면 눈을 감은 상태로 판단한다.

[0088] 도 6은 그레이디언트 벡터의 개수로 보정한 내적 누적 평균을 이용해 눈 개폐 판단 여부를 나타낸 그래프이다.

[0089] 보정된 내적 누적 평균값이 눈 개폐 임계값보다 크면 눈을 뜬 상태로 판단하는데, 양호한 눈 개폐 판단 성능을 제공하고 있음을 확인할 수 있다.

[0090] <시청 현혹 검출>

[0091] 시청 현혹 검출 기능은 응시 판단 알고리즘의 허점을 분석하여 사람의 얼굴 사진이나 인형, 조형물 등을 이용해 마치 수강자가 강의 콘텐츠를 응시하는 것처럼 현혹해 허위로 온라인 강의 출석을 인정받는 것을 방지하기 위한 것이다.

[0092] 도 7은 본 발명의 시스템의 시청 현혹 검출 실험 상황을 예시한 것이다.

[0093] 실제 사람은 영상 콘텐츠를 시청할 경우, 눈 주변의 근육의 변화와 안구 운동에 의해 눈의 움직임이나 찌그러짐, 윙크, 눈 깜박거림 등이 발생한다. 이에 따라, 검출된 최종 눈 위치도 역시 미세하게 변동된다. 하지만, 사진이나 인형 등과 같이 사람의 얼굴의 특성을 가진 물체는 원칙적으로 눈의 움직임이 발생하지 않는다.

[0094] 본 발명의 시스템에서는 일정 구간 이상의 연속 프레임들에서 얼굴 영역 혹은 눈 중심점이 변동되지 않을 경우, 수강자가 해당 강의 콘텐츠를 응시하지 않는 것으로 판단한다.

[0095] 그러나 실제 시스템 구현 시, 움직임이 없는 인형이나 사진일지라도 주변 조도 변화나 카메라의 광전변환 노이즈 등에 기인해 촬영 영상에서 눈 중심점을 검출할 시, 미세한 거짓 떨림이 포함될 수 있다.

[0096] 이를 억제하기 위해 이전 프레임과 현재 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 일정 기준치 이하이면 현재 프레임의 눈 중심점을 거짓 떨림으로 간주해 이전 프레임의 값으로 대체한다.

[0097] 본 발명의 시스템은 눈 위치 떨림 방지책을 갖고 있는 것인데, 실험적으로 이 기준치는 2픽셀로 정하고 있다. 이 기준치를 너무 큰 값으로 선정하면 정상 시청을 시청 현혹 상태로 오판정하고, 그 반대의 경우엔 시청 현혹을 정상 시청으로 오인하는 비율이 급증한다.

[0098] 다음으로, 연속된 프레임 간에서 거짓 떨림 현상이 제거된 눈 중심점의 수평 및 수직 좌표를 대상으로 칼만 필터링을 수행한 후, 현재 프레임과 이전 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 일정 기준치 이하이면 눈의 중심점이 변동되지 않은 것으로 판단해 안구 정지 횟수를 증가시킨다.

[0099] 소정 프레임 구간 동안에 상기 안구 정지 횟수가 일정 정지 횟수 이상이면 시청 현혹 상태로 판별하고 그렇지 않으면 정상 시청으로 판별하고, 상기 소정 프레임 구간마다 상기 안구 정지 횟수를 초기화시키면서 시청 현혹 여부를 지속적으로 감시한다.

[0100] 상기에서, 가령 일정 기준치는 3픽셀이고, 소정 프레임 구간은 30프레임이며, 일정 정지 횟수는 29회일 수 있다.

[0101] 따라서, 현재 프레임과 이전 프레임 간의 좌우 눈 중심점의 수직 및 수평 좌표의 차분합이 3픽셀 이하이면 안구 정지 횟수 α값을 증가시킨다. 이 조건을 만족할 경우, 눈의 중심점이 변동되지 않은 것으로 판단한다.

[0102] 이때, 실제 사람이 화면을 응시하더라도 시선을 집중할 경우엔 일시적으로 눈의 중심점이 변하지 않는 경우가 종종 발생하기 때문에, 30프레임 구간 동안 α값이 29번 이상 증가하면 시청 현혹 상태로 판별하고 그렇지 않으면 정상 시청으로 판별한다. 30프레임 구간마다 α값을 초기화시켜 계속하여 시청 현혹 여부를 감시한다.

[0103] 수강자가 정상적으로 영상을 시청하는 경우엔 적색 경고등이 들어오지 않지만, 사진 혹은 인형 등의 가짜 수강자일 경우엔 적색 경고등을 표시함으로써 시청 현혹 상태로 판정되고 있음을 외부에 경고해 준다.

[0104] 전체 프레임을 기준으로 할 때, 85% 이상의 구간에서 시청 현혹 상태로 판정되면 고의적 시청 현혹 의도로 최종 판단하고, 도 8처럼, 최종학습률을 0%로 처리하여 다시 강의를 시청할 수 있도록 유도한다.

[0105] 이러한 과정을 통해 실질적으로는 강의를 시청하지 않으면서도 시스템의 허점을 이용해 교묘하게 출석을 인정받는 시청 현혹자를 차단할 수 있다.

[0106] <눈 검출, 눈 개폐 판단 및 시선 현혹 검출의 시뮬레이션>

[0107] 성능 평가를 위해 Intel Core i7-7500U CPU, 8GB DDR4 RAM, Geforce 940MX(2GB) 환경에서 Microsoft Visual C++ 2013, OpenCV 2.4.9를 이용해 시뮬레이션을 수행하였다.

[0108] 우선, 눈 검출용 시험 영상 시퀀스는 CMOS 웹캠을 통해 획득한 얼굴 영상들로, 약 25~75cm 거리에서 정상 조도(약 400lux)의 실내조명 상태에서 촬영한 것이다. 안경 미착용 및 안경 착용 얼굴 영상의 각각 2,093장과 2,343장으로 구성된 640×480 크기의 총 4,436장이다.

[0109] 표 1은 본 발명의 방법과 기존의 방법들의 눈 검출 성능을 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과에 따르면, 기존의 방법과 개선된 기존의 방법에 비해 우수한 재현율을 제공하면서도 개선된 기존의 방법과 유사한 연산 속도를 유지하는 장점이 있다.

표 1

[0110]

구 분 \ 방 법		종래의 방법	종래의 개선된 방법	본 발명의 방법
안경 미착용 (2,093장)	재현율(%)	81.12	99.56	99.85
안경 착용 (2,343장)	재현율(%)	90.01	97.05	99.57

[0111] 도 9는 본 발명의 방법을 적용한 눈 검출 결과를 예시한 것이다. 안경 착용 시와 미착용 시를 구분하지 않고 비교적 정확하게 좌우측의 동공을 검출하고 있음을 알 수 있다. 대부분의 눈 검출 방법에서 안경 착용을 검출 정확도를 저하시키는 주요한 원인이다. 본 발명의 방법은 동공 영역 레이블링 과정에서 안경테나 눈썹, 머리카락 등 비동공 영역이 자연스레 제거되는 장점이 있는데, 이것은 검출 정확도와 연산 속도를 동시에 제고시킨다. 전반적으로 본 발명의 방법은 낮은 연산량을 소요하면서 우수한 눈 검출 정확도를 제공하는 장점이 있다.

[0112] 한편, 눈 개폐 판단용 시험 영상 시퀀스는 눈 검출용과 같은 조건에서 촬영한 안경 미착용 및 안경 착용 얼굴 영상들로, 각각 4,534장과 5,375장으로 구성된 640×480 크기의 총 9,909장이다.

[0113] 표 2는 본 발명의 방법과 기존의 방법의 눈 개폐 판단 성능을 비교한 것이고, 도 10은 본 발명의 눈 개폐 판단 방법을 이용한 판단 결과 영상을 나타낸 것이다.

표 2

[0114]

구 분 \ 방 법		종래의 방법	본 발명의 방법
안경 미착용 (4,534장)	F1-Measure(%)	92.5	96.2
	프레임당 처리시간(msec)	25	26
안경 착용 (5,375장)	F1-Measure(%)	94.8	96.8
	프레임당 처리시간(msec)	22	25

[0115] 표 2와 같이 본 발명의 눈 개폐 판단 방법을 적용해 눈 개폐 판단 성능을 측정하면, 안경 미착용 시엔 96.2%의 정확률(precision)과 96.3% 재현율(recall)로서 F_1-Measure 값은 96.2%이었다. 또한, 안경 착용 시엔 97.1%의 정확률과 96.6 재현율인 바, F_1-Measure 값은 96.8%이었다.

[0116] 따라서, 안경 미착용 및 안경 착용 시, 종래의 눈 개폐 판단 방법에 비해 각각 3.7%p 및 2.0%p만큼 우수한 성능을 제공함을 확인할 수 있었다. 또한, 본 발명의 방법은 프레임당 처리시간 측면에서 기존의 방법과 유사한 성능을 제공함을 알 수 있었다.

[0117] 표 3은 본 발명의 방법과 기존의 방법의 시청 현혹 검출 성능을 비교한 것으로, 본 발명의 방법은 99.40% 재현율(recall)과 98.82%의 정확률(precision)로서 F_1-Measure값은 99.12%이었다.

표 3

[0118]

구 분 / 방 법		종래의 방법	본 발명의 방법
현혹 사진 (5,110장) + 실제 사람 (5,360장)	재현율(%)	85.11	99.40
	정확율(%)	99.25	98.82
	F1-Measure(%)	91.64	99.12

[0119] 본 발명의 시청 현혹 검출 방법은 F_1-Measure 값에서 기존의 방법에 비해 7.48%p만큼 우수한 성능을 제공함을 확인할 수 있었고, 정확률이 기존의 방법보다 소폭 낮은 이유는 눈 중심점의 수평 및 수직 좌표를 대상으로 칼만 필터링을 수행할 경우에 칼만 필터의 특성상 변화를 억제시키는 경향이 있음으로 인해 정상 시청을 시청 현혹 상태로 오판정하는 비율을 소폭 증가시키기 때문이다.

[0120] 이상에서 설명한 것처럼, 본 발명의 온라인 강의 모니터링 방법에서 채택하고 있는 시선 추적 기술은 눈 탐색 영역의 중앙 및 외곽에서 각각 발원하는 두 개의 동심원 방향으로 확장 혹은 수렴해 가면서 제한된 화소 수만큼만 양방향으로 동공 영역을 레이블링하고 해당 영역에서만 내적 누적 연산을 수행함으로써 검출 정확도와 연산 속도를 개선하였다.

[0121] 또한, 눈 개폐 판단 방법의 시뮬레이션 결과로부터 그레이디언트 벡터의 개수가 많을수록 내적 누적 평균이 커짐에 따라 내적 누적 평균을 그레이디언트 벡터의 개수로 나눠 보정된 내적 누적 평균을 구하고 불특정 외난에 의한 성능 저하를 회피하기 위해 칼만 필터링을 수행해 눈 개폐 여부를 판단하는 방법의 우수성을 확인할 수도 있었다.

[0122] 시뮬레이션 결과에 따르면, 본 발명의 눈 검출 방법은 기존의 방법과 개선된 기존의 방법에 비해 우수한 정확도를 제공하면서도 안경 착용 시와 미착용 시 개선된 기존의 방법과 유사한 연산 속도를 유지하는 장점이 있다.

[0123] 또한, 본 발명의 눈 검출 및 눈 개폐 판단 방법은 기존의 방법에 비해 카메라와 얼굴 간 거리 변화에 강인하고 저조도 영상에서도 상대적으로 높은 검출률을 제공할 뿐만 아니라 특히, 안경을 착용한 경우에도 상대적으로 양호한 성능을 제공하는 장점이 있었다.

[0124] 이하, 단계 S24에서의 얼굴 인증 동작 과정에 대해 구체적으로 설명한다.

[0125] 도 11은 얼굴 인증 동작 과정을 나타낸 순서도이다.

[0126] 다수의 방향과 주파수 성분을 갖는 가버(Gabor) 커널을 생성한다(단계 S111).

[0127] 이어 갤러리(Gallery) 얼굴 영상을 대상으로 사전에 주요 얼굴 특징점을 추출한다(단계 S112).

[0128] 가령, 오프라인으로 사전에 갤러리 얼굴 영상에 대해 D. Cristinacce와 T. Cootes가 제안한 CLM(Constrained Local Model)을 이용하여 눈, 코, 입, 턱 등의 주변에 존재하는 68개의 주요 얼굴 특징점(landmark)을 검출한다.

[0129] 사전에 오프라인으로 각 얼굴 특징점에서 가버 커널을 이용한 갤러리 특징 벡터를 추출 및 저장한다(단계 S113).

[0130] 가령, 검출한 얼굴 특징점을 중심으로 회전과 크기 측면의 기하학적 정규화를 수행한 상태에서 8개 방향과 5개 주파수로 이루어진 40차원 가버(Gabor) 특징 벡터를 추출해 저장한다.

[0131] 이어, 온라인으로 추출한 프로브(Probe) 얼굴 영상의 가버 특징 벡터와 사전에 기 저장된 갤러리 특징 벡터 간

의 유사도를 측정한다(단계 S114).

[0132] 프로브 얼굴 영상과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴 영상에 프로브 얼굴과 동일 인물의 얼굴이 포함되어 있으면 정분류로 판정하고, 그렇지 않으면 오분류로 판정하여, 정분류된 경우에 한해 정분류 얼굴의 최근접 거리비(Nearest Neighbor Distance Ratio)를 구하고, 최근접 거리비(NNDR)가 인증 임계값보다 작으면 얼굴 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정한다(단계 S116).

[0133] 이하, 각 과정에 대해 상세하게 설명한다.

[0134] <CLM 기반의 주요 얼굴 특징점 검출>

[0135] CLM(Constrained Local Model)은 얼굴 영역을 탐색한 후, 그 사람의 얼굴에서 눈, 코, 입과 같은 외관 요소들의 특징점이나 타인의 얼굴과의 차이점을 찾아내기 위해서 사용된다.

[0136] CLM 모델 구축 및 탐색 과정의 개념을 간단하게 설명하면, 우선, 주어진 입력 영상에서 얼굴 영역을 탐색할 필요가 있는데, 이를 위해 Viola-Jones 알고리즘이 이용한다.

[0137] 이후 탐색된 얼굴 영역에서 얼굴의 외관 요소를 찾는 과정이 진행된다. 이때 외관 요소의 상대적인 배치 관계인 형상 제약(shape constraint) 개념이 적용된다. 형상 제약이란 눈이나 코, 입 등의 외관 요소들이 얼굴에서 특정한 부위에 존재하게 되고, 이 특정 부위를 얼마 이상 벗어날 수 없을 뿐만 아니라 다른 외관 요소들과 상대적인 배치 관계성을 준수해야 함을 의미한다. 예컨대, 눈은 얼굴의 특정 위치에서 어느 범위 이상 벗어날 수 없다거나, 코와 입은 눈 위에 위치할 수 없다거나 하는 등의 규약을 말한다.

[0138] 눈, 코, 입, 눈썹 등의 독자적 얼굴 요소들 각각의 국부 패치(local patch)로 표현할 수 있는데, CLM 기반으로 주요 얼굴 특징점을 검출하기 위해선 이 패치와 관련된 2가지의 정보인 형상 모델(shape model)과 패치 모델(patch model)이 필요하다. 형상 모델은 각 패치의 위치(혹은 배치) 정보를 나타내고, 패치 모델은 각 패치의 외양(appearance, 무늬나 질감 등) 정보를 나타낸다.

[0139] 당연한 것이지만 먼저, 훈련용 얼굴 데이터를 이용해 사전에 CLM 모델 구축(CLM Model-building)이 필요하다. CLM 모델 구축 과정을 통해 형상 모델과 패치 모델의 두 모델이 준비되면, 이후 새로운 입력 영상이 주어졌을 때, 기 구축된 CLM 모델을 이용해 각 주요 얼굴 특징점(landmark)의 위치를 탐색한다. 이때 찾고 싶은 각 주요 얼굴 특징점마다 확률적으로 가장 가능성이 높은 위치점 주변의 패치를 탐색함으로써 이 목적을 달성하는데, 이때 형상 제약(shape constraint)을 이용해 탐색 범위를 제한하고 또한 다른 특징점과의 상대적 배치 규약을 어기지 않도록 통제한다.

[0140] 그것이 훈련 과정이든 실전 과정이든 CLM은 얼굴의 주요 얼굴 특징점을 찾기 전에 전처리로 얼굴의 회전, 크기, 평행 이동에 따른 변동 요인을 제거해야 한다. 이를 위해 프로크루스테스 분석(Procrustes Analysis)을 수행한다. 각 주요 얼굴 특징점의 패치가 어디에 있는지를 나타내는 형상 모델은 PCA(Principle Component Analysis)를 이용하여 구축한다. 이 과정에서 훈련용 얼굴 데이터로부터 주요 얼굴 특징점이 각각의 평균 형상 위치를 중심으로 어느 정도의 형상 편차(shape variation)를 갖는지를 PCA를 통해 학습한다. 이때 PCA는 편차의 유형(types of variations)은 고유벡터(eigen vectors)로 표현하고 대응하는 그들의 고유값(eigen value)은 그 편차의 정도를 값으로 나타낼 수 있음에 토대를 두고 있다.

[0141] 한편, 패치 모델은 SVM(Support Vector Machine)을 이용해 구축한다. SVM은 초평면을 이용해 데이터들을 분류할 때 초평면과 각 데이터들 사이의 거리인 여백(margin)이 가장 큰 평면을 찾는 것이 핵심 발상이다. 예를 들어, 눈 패치와 코 패치가 있는 경우, 이 둘 사이를 나누는 여백이 가장 큰 초평면을 찾으면 된다. 즉, 각 패치가 올바른 패치인지 그렇지 않은 패치인지를 분류하기 위해 결정 경계가 필요한데, 이 결정 경계를 그리는 방법으로 SVM을 사용하는 것이다. 이것은 주어진 훈련 데이터 영상에서 각 SVM의 가중치를 찾는 과정이고 이러한 가중치를 이용해 패치들을 분류하다.

[0142] 일 예로, 임의의 패치에 코가 있는지 여부는 그 패치를 구성하는 각 화소 밝기값(혹은 컬러값)의 패턴으로 표현할 수 있는 바, SVM의 출력을 각 화소 밝기값의 선형 함수로 공식화하고 각 화소 밝기값의 적절한 가중치를 찾는 SVM 학습을 수행한다. 선형 SVM으로 패치 모델을 구축하는 과정은 주어진 훈련 영상들을 이용해 각 SVM의 가중치를 찾는 과정이다. 이러한 가중치를 찾은 후, 이 가중치를 이용해 입력 영상 내 제한된 국부 영역에서 소정 크기의 각 패치를 검사해 코가 담겨있는 최적의 패치를 탐색한다.

[0143] 앞선 일 예와 같이 CLM 모델을 구축한 후에 탐색이 가능한데, 탐색을 위해 초기 위치를 각 주요 특징점의 평균 형상 위치로 초기화하고 각 특징점에서 주위의 국부 영역을 탐색하는 템플릿 매칭을 수행한다. 탐색한 국부 영

역에서 응답 특성을 조사하고 이 응답 특성이 가장 높은 값을 갖는 위치를 주요 얼굴 특징점으로 지정한다. 단, 이때 형상 제약(shape constraint)을 어기는 특징점을 제외하고 판단한다. 따라서 가장 높은 응답 특성을 갖는 특징점이 제약을 어긴다면 재탐색 과정이 필요한데, 이러한 재탐색 과정을 반복하다 보면 연산량이 폭증할 수 있다. 연산량의 경감을 위해 응답 특성을 2차 함수나 2차 가우스 함수로 모델링하고 이 함수를 최적화하여 각 특징점의 최적 위치를 고속으로 탐색할 수 있다. 이와 같은 방법으로 모든 주요 얼굴 특징점들의 위치를 탐색한다.

[0144] 도 12는 CLM을 이용한 주요 얼굴 특징점의 추출 결과를 나타낸 것이다.

[0145] <가버 웨이블렛(Gabor Wavelets)>

[0146] 가버 함수는 하나의 신호를 가우시안 포락선(Gaussian envelope)을 가지는 삼각함수 파형을 취한다. 공간 영역과 공간 주파수 영역 양쪽에서 최적으로 국부화(localization)되는 필터이기 때문에 잡음이나 조명 변화에 강인한 특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 선택된 simple cell의 방향성을 적용한 모델 수립을 위해 식(8)과 같이 2차원 Gabor 함수를 일반화하였다.

수학식 8

[0147]
$$\Psi_j(\vec{x})=\frac{\|\vec{k}_j\|^2}{\sigma^2}e^{-\frac{|\vec{k}_j|^2|\vec{x}|^2}{2\sigma^2}}\left(e^{i\vec{k}_j\vec{x}}-e^{-\frac{\sigma^2}{2}}\right)$$

[0148] 각 Ψ_i는 가우시안 함수에 의해 포락된 벡터 $\vec{x}=(x,y)$에 의해 특성을 갖는 평면파이고, σ는 가우시안 포락선의 표준편차이다. 이때 $\|\vec{k}_i\|^2$은 서로 다른 공간 주파수 대역이 대략적으로 동일한 에너지를 갖도록 조정한다. j번째 Gabor 커널은 (k_ν, θ_μ)로 주어지는 주파수와 방향을 갖는 특성파 벡터로 표현된다.

수학식 9

[0149]
$$\vec{k}_j=\begin{pmatrix}k_{jx}\\k_{jy}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}k_\nu\cos\theta_\mu\\k_\nu\sin\theta_\mu\end{pmatrix}$$

[0150] 여기서 μ와 ν는 Gabor 커널의 방향과 주파수의 인덱스이고 $k_\nu=k_{\max}/f^\nu$ 이고 $\theta_\mu=\mu\pi/8$이다. 그리고 f는 주파수 영역에서 커널 사이의 공간 팩터(spacing factor)이다. 가우시안의 폭은 $\alpha\sigma/k_\nu$인데, 비례 계수 α를 적절히 정하는 것이 매우 중요하다.

[0151] 식(8)에서 괄호 내 첫 번째 수식은 커널의 진동 부분을 결정하고 두 번째 수식은 커널의 DC(Direct Current)값을 보정한다. DC 응답(DC response)을 배제함으로써 Gabor Wavelets은 조명 변화에 둔감하게 된다.

[0152] 식(10)과 같이 영상 $I(\vec{x})$에서 주어진 특징점 $\vec{x}=(x,y)$의 위치에 다중 방향 및 주파수의 Gabor 커널로 컨벌루션(convolution)을 수행하는데, 통상 $J(\vec{x})$를 가버 제트(Gabor jet)라고 한다. 여기서 $I(\vec{x})$는 $\vec{x}$ 위치에서의 영상 밝기값이다.

수학식 10

[0153]
$$J(\vec{x})=\int I(\vec{x})\Psi_j(\vec{x}-\vec{x}')d\vec{x}'$$

[0154] 본 발명에서는 $\sigma=2\pi$, $k_{\max}=\pi/2$, $f=\sqrt{2}$ 이고 5개의 다른 주파수 $\nu\in\{0,\ldots,4\}$와 8개의 다른 방향 $\mu\in\{0,\ldots,7\}$을 갖는 Gabor 커널을 사용한다. 5개의 주파수 성분 $\nu=0,\ldots,4$과 8개의 방향 성분 $\mu=0,\ldots,7$의 조합에 의해

$j = 8\nu + \mu$로 인덱스되는 40개의 파형 벡터를 구한다.

[0155] 가버 웨이블렛은 몇 개의 필터를 몇 개의 기준점에 적용할 것인지를 정해야 하는데, 영상의 모든 화소에 적용하면 완벽한 정보를 얻겠지만 부담스런 수준의 연산 부하와 정보 중복이 발생한다. 통상적으로 적정 간격의 사각형 격자나 얼굴의 주요 특징점에 대해서만 다중 방향 및 주파수의 가버 커널을 적용하는데, 본 발명에서는 잘 알려진 CLM(Constrained Local Models) 기반의 얼굴 특징점 추출을 통해 확보한 눈, 코, 입, 눈썹, 얼굴 윤곽 등을 대변하는 68개의 주요 얼굴 특징점마다 40차원의 가버 특징 벡터를 구한다.

[0156] 이러한 40차원의 가버 특징 벡터 각각을 가버 제트(Gabor jet)라고 부르는데, l번째 특징점의 Gabor 제트 J_l을 40개의 복소 계수(complex coefficients)의 집합 $\{J_{lj}\}$를 이용하여 표현하면, $J_l = \{J_{l1}, J_{l2}, \ldots, J_{l40}\}$가 된다.

[0157] 이때, j는 가버 커널의 인덱스($j = 1, \ldots, 40$)이고 l은 각 특징점($l = 1, \ldots, 68$)의 인덱스를 의미한다. 가버 제트의 각 요소는 $J_{lj} = a_{lj} e^{i\phi_{lj}}$로 표현된다. 이때 i는 허수(imaginary number)를 의미하는 기호이다.

[0158] 하나의 얼굴 영상에 대한 모든 주요 얼굴 특징점들의 집합으로 얼굴 특징 그래프를 구성한다. 프로브 얼굴 영상 및 i번째 갤러리 얼굴 영상의 얼굴 특징 그래프에 대한 전체 가버 제트는 식(11)과 같이 각각 J^{PFG} 및 J^{GFG_i}로 표현할 수 있다.

수학식 11

[0159]
$$J^{PFG} = \{J_{lj}^{PFG}\}, \quad j = 1, \ldots, 40$$
$$J^{GFG_i} = \{J_{lj}^{GFG_i}\}, \quad l = 1, \ldots, 68$$

[0160] <얼굴 인증>

[0161] 얼굴 인증을 위해선 대응되는 각 특정점들 간의 상호 상관도(cross correlation)를 이용해 개별 유사도를 구하고 모든 개별 유사도들을 가중 결합한 전체 유사도가 필요하다.

[0162] 우선, l번째 Probe 얼굴 특징점과 갤러리 얼굴 특징점 간의 가버 제트 유사도 S_l을 다음과 같이 정의한다.

수학식 12

[0163]
$$S_l(J^{PFG}, J^{GFG}) = \frac{\sum_{j=1}^{40} a_{lj}^{p} a_{lj}^{g}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{40} (a_{lj}^{p})^2 \sum_{j=1}^{40} (a_{lj}^{g})^2}}$$

[0164] 다음으로 Probe 얼굴 특징 그래프와 i번째 갤러리 얼굴 특징 그래프 간의 전체 가버 제트 유사도 GS를 식(13)과 같이 정의한다. 여기서 L은 68개이고, w_l은 l번째 특징점의 가중치로서 실험적으로 결정하였다.

수학식 13

[0165]
$$GS(J^{PFG}, J^{GFG_i}) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^{L} w_l S_l(J^{PFG}, J^{GFG_i})$$

[0166] 얼굴 인증을 원하는 프로브 얼굴 영상과 모든 갤러리 얼굴 영상들 간의 전체 유사도들을 식(13)으로 구하고 프로브 얼굴과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴이 프로브 얼굴과 동일 인물 얼굴이면 정분류로 판정하고 그렇지 않으면 오분류로 판정한다.

[0167] 더불어 본 발명의 방법은 얼굴 인증의 정확도를 높이기 위해 정분류된 경우에 한해 최근접 거리비(NNDR :

Nearest Neighbor Distance Ratio)를 얼굴 인증 척도로 삼아 최종적인 얼굴 인증을 수행한다. 프로브 얼굴 영상의 얼굴 특징 그래프 PFG와 가장 잘 정합된 갤러리 얼굴 영상의 얼굴 특징 그래프 GFG_{best}간의 전체 가버 제트 유사도가 $GS(J^{PFG}, J^{GFG_{best}})$이고, 프로브 얼굴 특징 그래프 PFG와 두 번째로 잘 정합된 갤러리 얼굴 특징 그래프 GFG_{2nd} 간의 전체 가버 제트 유사도가 $GS(J^{PFG}, J^{GFG_{2nd}})$이라고 가정할 때, 최근접 거리비(NNDR)는 다음과 같이 정의할 수 있다.

수학식 14

[0168] $$NNDR = \frac{1 - GS(J^{PFG}, J^{GFG_{best}})}{1 - GS(J^{PFG}, J^{GFG_{2nd}})}$$

[0169] 식(14)의 이 두 얼굴의 최근접 거리비가 인증 임계치(Th_{FV})보다 작으면($NNDR < Th_{FV}$), 프로브 얼굴의 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정한다. 본 발명에서는 인증 임계값(Th_{FV})으로 0.95를 사용한다.

[0170] 다양한 연구진의 실험 결과에 따르면 최근접 거리비(NNDR) 척도가 임계치 이하의 최근접 이웃(nearest neighbor)을 찾거나 고정된 임계값을 이용하는 척도보다 상대적으로 양호한 성능을 제공하는 것으로 발표되고 있다.

[0171] 이상의 얼굴 인증 과정을 재차 간략히 설명하면, 프로브 얼굴과 가장 유사도가 높은 갤러리 얼굴이 프로브 얼굴과 동일 인물 얼굴인 정분류된 경우에 한해 최근접 거리비(NNDR)가 인증 임계값(0.95)보다 작으면 얼굴 인증이 성공한 것으로 판정하고 그렇지 않으면 불인증으로 판정한다.

[0172] <시뮬레이션 결과 및 고찰>

[0173] 시스템의 성능 평가를 위해 Intel Core i7-7500U CPU, 8GB DDR4 RAM, Geforce 940MX(2GB) 환경에서 Microsoft Visual C++ 2015, OpenCV 3.0.0을 이용해 시뮬레이션을 수행하였다.

[0174] 얼굴 인증 단계에서는 브라질 FEI 대학교에서 제작·공개한 FEI 데이터베이스를 토대로 얼굴 인증률을 평가하였다.

[0175] 도 13은 FEI Face Database의 1인당 14장씩 촬영한 얼굴 영상 세트를 예시한 것이다.

[0176] FEI Face 데이터베이스는 브라질 상파울로(São Paulo, Brazil)에 소재한 FEI 대학교(University Center of FEI(Faculty of Industrial Engineering))의 인공지능연구실(Artificial Intelligence Laboratory에서 2005년 6월~2006년 3월 사이에 200명(19세~40세의 남자 100명 및 여자 100명)의 브라질인을 대상으로 각 사람당 14장씩 촬영한 얼굴 데이터베이스로, 얼굴 인식 및 인증 관련 연구자들에게 널려 알려진 공개된 벤치마킹 데이터베이스이다. 남녀 혼합, 다양한 인종(백인, 흑인, 황인), 안경 착용 및 미착용, 정상 조도 및 저 조도 환경의 흰색 배경상에서 180도 회전하면서 왼쪽 및 오른쪽의 단계적 측면 얼굴과 정면 얼굴을 촬영한 640×480 크기의 상반신 컬러 얼굴로 구성되어 있다. 특히 각 사람당 4장의 정면 얼굴 영상은 정상 조도의 무표정 정면 얼굴(11번 영상) 및 미소진 정면 얼굴(12번 영상), 중간 조도의 정면 얼굴(13번 영상), 저 조도의 정면 얼굴(14번 영상)로 구성된다. 도 13은 FEI Face 데이터베이스의 2번 남자의 좌상부터 우하단 순으로 1번 영상~14번 얼굴 영상을 예시한 것이다.

[0177] 프로브 얼굴 영상(11번 영상 혹은 13번 영상)이 정상 조도 혹은 중간 조도일 때, 갤러리 얼굴 영상은 FEI Face Database 200명과 자체 촬영한 5명에 대해 1인당 6장씩 각각 총 1,230장을 사용하고, 프로브 얼굴 영상(14번 영상)이 저 조도일 때, FEI Face Database 137명과 자체 촬영한 5명에 대해 1인당 7장씩 총 994장을 사용하였다. 프로브 얼굴 영상의 조명 상태가 정상 조도에서 저조도로 가변되는 상황에서도 평균 98.72%의 양호한 얼굴 인증률을 제공함을 확인할 수 있었다.

표 4

[0178]

프로브 얼굴 영상 인덱스	갤러리 내 사람수	정분류	오분류	NNDR 인증	얼굴 인증률
11, 13, 14번	546명	544명	2명	539명	98.72%

표 5

[0179]

프로브 얼굴 영상 인덱스	갤러리 내 사람수	1인당얼굴 영상수	정분류	오분류	NNDR 인증	얼굴 인증률
11번	205명	6장	204명	1명	201명	98.05%

표 6

[0180]

프로브 얼굴 영상 인덱스	갤러리 내 사람수	1인당얼굴 영상수	정분류	오분류	NNDR 인증	얼굴 인증률
13번	205명	6장	205명	0명	203명	99.02%

표 7

[0181]

프로브 얼굴 영상 인덱스	갤러리 내 사람수	1인당얼굴 영상수	정분류	오분류	NNDR 인증	얼굴 인증률
14번	136명	7장	135명	1명	135명	99.26%

[0182] 표 4는 본 발명에 적용되는 시스템의 평균 얼굴 인증률을 나타낸 것이고, 표 5~7은 프로브 얼굴 영상이 각각 정상 조도, 중간 조도 및 저 조도일 경우에 대한 얼굴 인증률을 제시한 것이다.

[0183] 본 발명에서는 CLM(Constrained Local Models) 기반의 얼굴 특징점 추출을 통해 얼굴의 주요 성분을 추출하는 과정과 이렇게 추출된 특징점을 대상으로 가버 웨이블렛 변환을 통해 가버 특징 벡터를 생성한 후, 가버 특징 벡터 간의 상호 상관도와 최근접 거리비를 이용해 개인을 인증하는 방법을 제안하였다.

[0184] 시뮬레이션 결과에 따르면, 본 발명의 방법은 프로브 얼굴 영상의 조명 상태가 정상 조도에서 저조도로 가변되는 상황에서도 평균 98.72%의 양호한 얼굴 인증률을 제공함을 확인할 수 있었다. 특히 저조도의 프로브프로브 영상이 입력되는 상황에서 99.26%의 우수한 얼굴 인증률을 제공하는 장점이 있었다. 평균적으로, 98.72%의 얼굴 인증률은 온라인 강의 모니터링 시스템은 온라인 강의 모니터링 시스템에 적용할 경우, 실용적인 수준에서 유용함을 확인할 수 있었다.

[0185] 본 발명의 얼굴 인증 방법은 온라인 강의 모니터링 분야 외에도 원격 심사나 검사, 의무 보수 교육, 출입 관리, 병상 환자 관리 등과 같이 원격지에서 수강자 혹은 심사위원이 온라인 콘텐츠를 취지에 맞게 정상적으로 시청 혹은 학습했는지 여부를 확인하거나 피감자가 원래 취지에 맞게 행동하는지를 모니터링하는 응용 분야에서 널리 응용될 수 있을 것으로 기대된다. 물론, 전통적인 얼굴 인식이나 얼굴 인증 분야에 적용되더라도 양호한 결과를 제공할 것으로 예측된다.

[0186] 본 발명의 방법을 졸음 방지, 시선 제어, 온라인 강의 모니터링 등과 같은 시선 추적 응용 시스템에 접목할 경우, 안정된 시선 추적 기능을 제공할 수 있고, 또한 눈 개폐 판단을 활용하는 응용 분야에서도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[0187] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 온라인 강의 모니터링 방법은 온라인 강의의 성실 시청 여부를 감시하고 시청 현혹자의 허위 출석을 방지하며 시청 현혹 상황이나 시선 이탈 혹은 복귀 여부에 따라 강의를 자동으로 재생하거나 정지함으로써 온라인 강의 시스템의 신뢰성과 학습효율성 및 사용자 편의성을 제고할 수 있다.

[0188] 특히, 수강자로 하여금 온라인 강의에 성실히 참여하도록 은연중에 유도하면서도 전체적인 학습 흐름을 방해하지 않는 것이 유용하다.

[0189] 또한, 온라인 강의 콘텐츠의 제작 측면에서는 모니터링으로 인한 추가적인 저작 시간과 비용이 발생하지 않는 것이 장점이다.

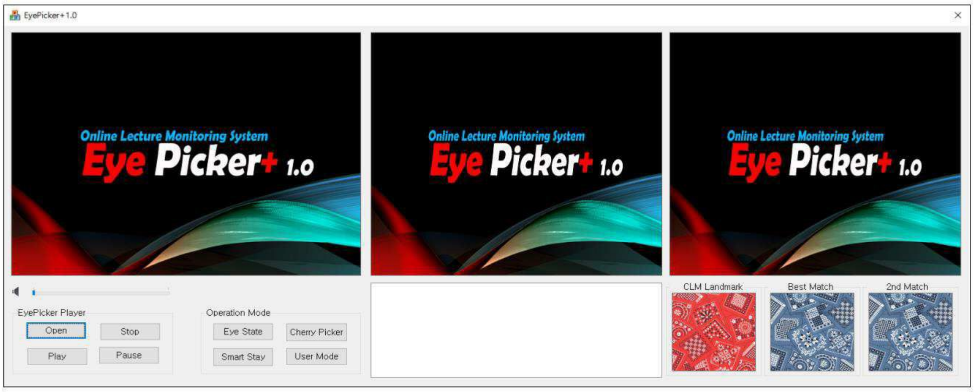
[0190] 본 발명의 방법이 적용되는 온라인 강의 모니터링 시스템은 온라인 강의 시스템 외에도 조달청 온라인 심사, 의무 보수 교육 등과 같이 원격지에서 수강자 혹은 심사위원이 온라인 콘텐츠를 취지에 맞게 정상적으로 시청 혹

은 학습했는지 여부를 확인하기 위한 응용 분야에서 널리 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

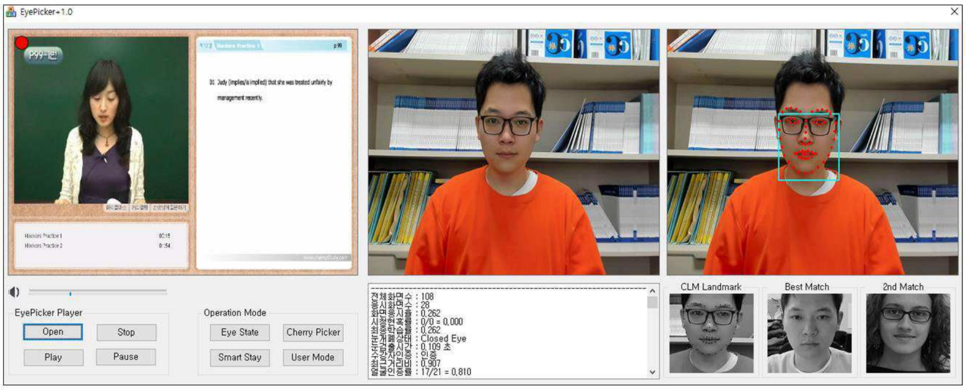
[0191] 이상에서는 본 발명의 실시 예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경을 가할 수 있음은 물론이다. 따라서, 본 발명의 권리범위는 상기한 실시 예에 한정되어 해석될 수 없으며, 이하에 기재되는 청구범위에 의해 해석되어야 한다.

도면

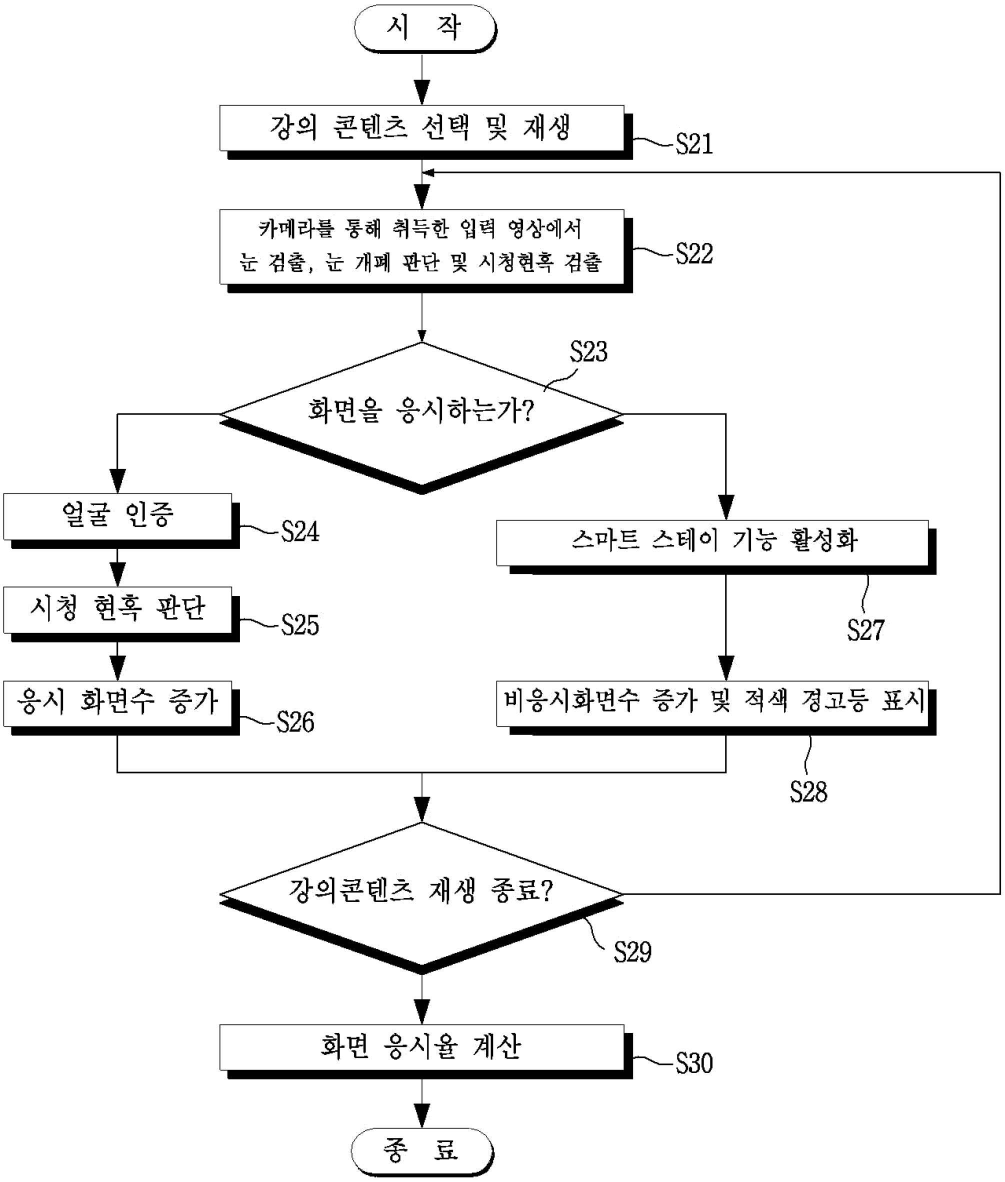
도면1a



도면1b



도면2



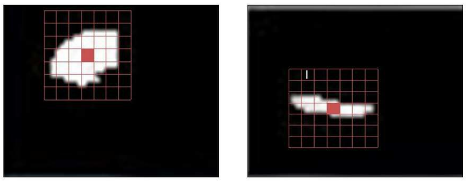
도면3

(a) 0.9 (b) 0.8 (c) 0.7 (d) 0.6

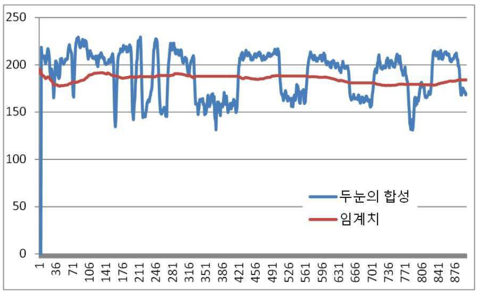
도면4

(a) 동심원 확장 방향 (b) 이중 동심원 방향

도면5


(a) 눈 뜬 상태　　(b) 눈 감은 상태

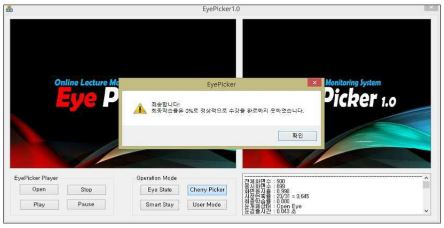
도면6



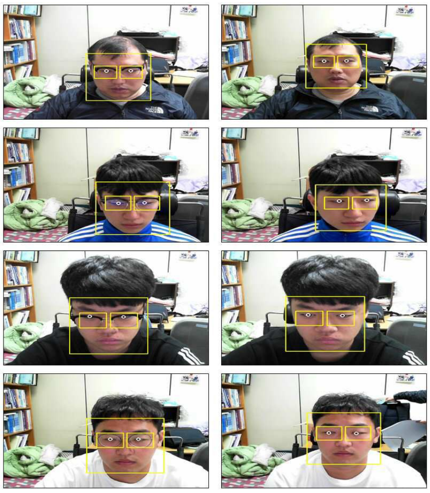
도면7

(a) 측면 모습　　(b) 정면 모습

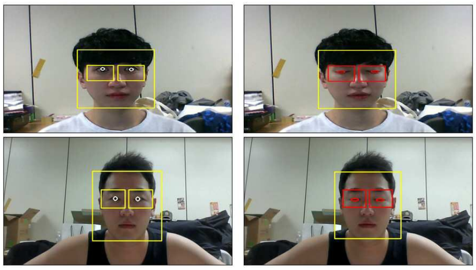
도면8



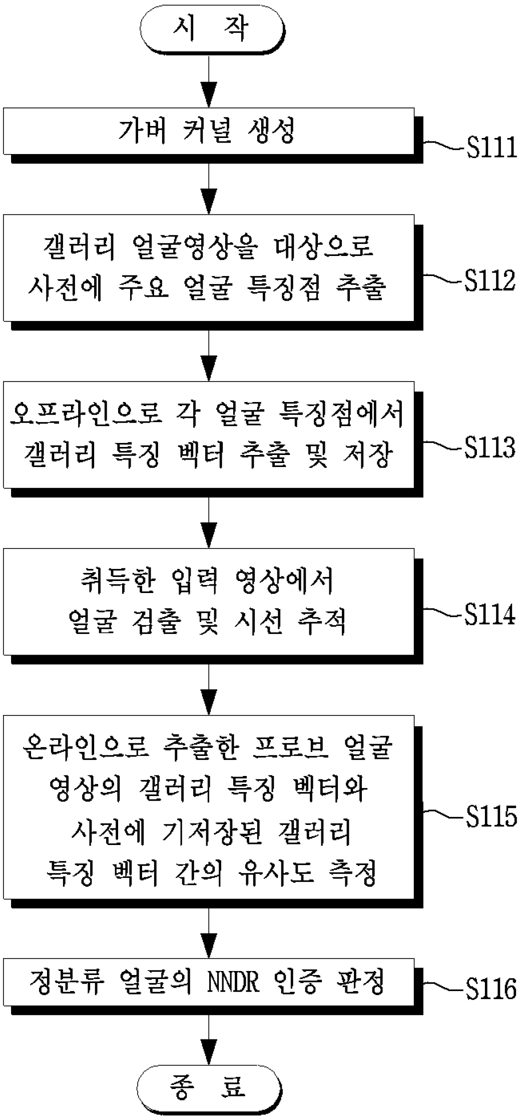
도면9



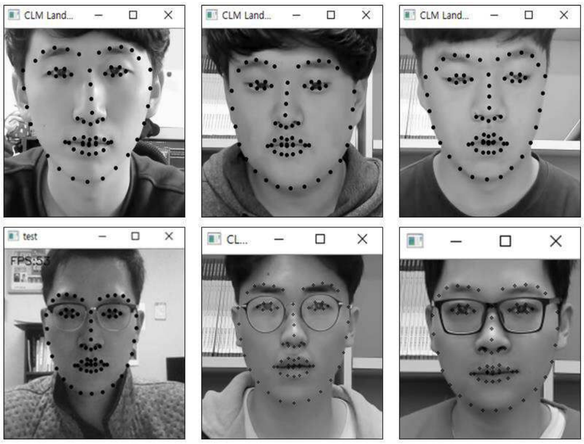
도면10



도면11


시 작
가버 커널 생성
S111
갤러리 얼굴영상을 대상으로 사전에 주요 얼굴 특징점 추출
S112
오프라인으로 각 얼굴 특징점에서 갤러리 특징 벡터 추출 및 저장
S113
취득한 입력 영상에서 얼굴 검출 및 시선 추적
S114
온라인으로 추출한 프로브 얼굴 영상의 갤러리 특징 벡터와 사전에 기저장된 갤러리 특징 벡터 간의 유사도 측정
S115
정분류 얼굴의 NNDR 인증 판정
S116
종 료

도면12



도면13