

단일 비디오 카메라와 초음파센서를 이용한 스마트 에어백용 승객 감지 시스템

배태욱[†], 이종원^{**}, 하수영^{***}, 김영춘^{****}, 안상호^{*****}, 송규익^{*****}

요 약

본 논문에서는 단일 비디오카메라와 초음파센서를 이용한 스마트 에어백용 승객 감지 시스템을 제안하였다. 승객의 체형과 얼굴 위치를 검출하기 위하여, 실시간 검출이 용이한 얼굴색 및 움직임 정보를 이용한다. 비디오 카메라 영상에서 얼굴색에 해당하는 색차신호 (U/V)의 경계값과 휘도신호 (Y)의 현재 프레임과 이전 프레임간의 차이값을 이용하여 후보 얼굴 블록 영상을 만든 후 모폴로지 및 라벨링 과정을 거쳐 얼굴 위치를 검출한다. 또한 야간의 경우에는 색차신호 대신 적외선 LED 조명에 의한 영상에서 휘도신호 (Y)를 이용하여 얼굴을 검출한다. 제안한 승객 자세감지 시스템의 성능을 평가하기 위하여 차량 지그에 IEEE 카메라, 초음파 센서 및 적외선 LED를 설치하여 다양한 실험을 수행하였다.

An Occupant Sensing System Using Single Video Camera and Ultrasonic Sensor for Advanced Airbag

Tae Wuk Bae[†], Jong Won Lee^{**}, Su Young Ha^{***}, Young Choon Kim^{****},
Sang Ho Ahn^{*****}, Kyu Ik Sohng^{*****}

ABSTRACT

We proposed an occupant sensing system using single video camera and ultrasonic sensor for the advanced airbag. To detect the occupant form and the face position in real-time, we used the skin color and motion information. We made the candidate face block image using the threshold value of the color difference signal corresponding to skin color and difference value of current image and previous image of luminance signal to get motion information. And then it detects the face by the morphology and the labeling. In case of night without color and luminance information, it detects the face by using the threshold value of the luminance signal get by infra-red LED instead of the color difference signal. To evaluate the performance of the proposed occupant detection system, it performed various experiments through the setting of the IEEE camera, ultrasonic sensor, and infra-red LED in vehicle jig.

Key words: Video Camera(비디오 카메라), Smart Airbag(스마트 에어백), Face Detection(얼굴 검출)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김영춘, 주소 : 충북 영동군 영동읍 설계리 12-1(370-701), 전화 : 053)940-8633, FAX : 053)950-5505, E-mail : fiendcorps@knu.ac.kr
접수일 : 2009년 6월 26일, 수정일 : 2009년 8월 31일
완료일 : 2009년 9월 8일

[†] 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정
(E-mail : fiendcorps@knu.ac.kr)

^{**} 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사

(E-mail : ljwdoc@paran.com)

^{***} 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정
(E-mail : hsy0623@wamc.co.kr)

^{****} 영동대학교 정보통신사이버경찰학과 교수

^{*****} 정회원, 인제대학교 전자지능로봇공학과 교수
(E-mail : elecash@inge.ac.kr)

^{*****} 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수
(E-mail : kisohng@ee.knu.ac.kr)

1. 서 론

자동차 에어백은 안전벨트 보조용 승객 보호 장치 (supplemental restraint system, SRS)의 하나로써 안전벨트를 착용한 성인을 적절히 보호하도록 개발되었으며[1], 자동차의 정면충돌 시 승객에게 발생하는 치명적인 사망 및 상해 사고 위험을 현저하게 줄일 수 있다. 그러나 이의 부적절한 작동으로 인해 오히려 인명에 더욱 치명적일 수도 있기 때문에 최근에는 사고 직전 및 사고 도중, 차량 내부의 승객 상황에 따라 에어백 출력을 조절하는 스마트 에어백 (advanced airbag)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

미국 고속도로 교통안전국 (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)의 자료에 따르면 미국 내에서 1990년부터 2003년까지 약 9,325명이 에어백으로 생명을 구한 반면, 215명은 에어백의 부적절한 작동으로 인해 사망하였다[2]. 에어백에 의한 사망사고는 기존의 에어백이 승객의 체형 및 머리 위치에 관계없이 폭발적으로 전개되면서 승객 머리에 충격을 주었기 때문이다. 스마트 에어백은 사고 심각도, 승객 위치 및 무게 및 벨트 착용여부 등에 따라 에어백 전개출력을 조절함으로써 에어백의 위험성을 최소화하며 승객보호에 만전을 기하려는 안전장치라 할 수 있다. 미국은 1998년에 스마트 에어백에 관한 안전법규를 제정하였고, 2007년부터는 모든 차량에 의무화할 것을 요구하고 있다[3].

스마트 에어백 시스템에서 승객의 위험을 최소화하기 위해서 승객 얼굴 위치를 빠르고 정확하게 감지하는 것이 중요하다. 차량은 조명 및 배경 변화가 다양하기 때문에 견실한 얼굴검출 (face detection) 방법이 요구된다. 최근까지 영상기반의 얼굴검출 방식이 많이 연구되었다[4-12]. 영상기반 방식에는 Adaboost 방법[7,8], PCA (principal component analysis) 방법[9,10] 및 SVM (support vector machine) 방법[11,12] 등이 있다. 2004년 Viola 등은 Adaboost 학습알고리즘을 이용한 얼굴 검출 방법을 제안하였으며, 빠른 처리 속도를 위해 영상 영역을 나타내는 다섯 종류의 Haar-like 특징을 사용하였다[8]. 그러나 실시간 스마트 에어백에 적용하기 위해서는 안경 착용, 수면, 측면 및 후면 등 얼굴에 대한 다양한 시험용 패턴 및 Haar-like 패턴이 필요하다.

PCA를 이용한 얼굴검출방식은 입력 영상의 특징 계수를 추출하여, 미리 학습된 얼굴 특징 계수와의 유사도를 조사하여 얼굴을 검출한다[10]. 하지만 이 방식은 추출된 특징 계수와 얼굴 특징 계수의 유사도 계산 시 연산량이 많기 때문에 실시간 스마트 에어백에 적용하기에는 부적합하다. SVM 방식은 이진 패턴분류 문제를 해결하기 위해 제안된 학습방법으로 각 범주의 대표적인 특성을 갖는 서포트 벡터 (support vector)를 찾아 두 범주를 분류하는 기법이다[11,12]. SVM 방식 역시 학습을 위한 다양한 시험용 패턴이 요구되는 단점이 있다. 이상의 영상기반 얼굴검출 방식을 실시간 스마트 에어백 시스템에 적용하기에는 많은 문제점이 있다. 스마트 에어백 시스템에서 카메라에 접근하는 정도에 따라 탑승자 얼굴 크기가 차이가 나며 얼굴은 정면, 측면 및 후면도 존재할 수 있으며, 얼굴이 모자, 손 및 신문 등에 가려질 수 있기 때문이다. 또한 조명 변화에 민감하고 계산량이 많으며, 실시간 처리를 위한 하드웨어 구현도 어려움이 있다. 얼굴색 및 움직임에 이용한 얼굴 검출 연구도 다양하게 이루어지고 있다. 얼굴색을 이용한 방식은 계산량이 적고 신뢰성이 높아서 실시간 처리는 용이하나, 조명 변화에 민감한 단점이 있다. 또한 움직임을 이용한 방식은 배경 변화에 민감한 단점을 가지고 있다[5,6].

본 논문에서는 단일 비디오카메라와 초음파센서를 이용한 스마트 에어백용 승객 감지 시스템을 제안하였다. 승객의 체형 및 위치를 판단하기 위하여 얼굴검출이 필요하며, 이를 위해 실시간 검출이 용이한 얼굴색 및 움직임 정보를 이용하였다. 단일 카메라를 이용한 얼굴검출 정보와 초음파 센서를 이용한 거리 정보를 조합하여 승객의 체형 및 위치를 인식할 수 있다. 체형은 미국 고속도로 교통안전국에서 정한 탑승자 분류 기준을 이용하였고, 좌우 위치는 왼쪽, 오른쪽 및 중앙영역으로 분류하며, 전후 위치는 제 위치에 앉아 있는 탑승자, 제 위치에 앉아 있지 않은 탑승자 및 에어백과 매우 가까운 위치에 앉아 있는 탑승자 영역으로 분류한다. 제안한 승객 자세 감지 시스템의 성능 평가를 위하여 차량 지그 (jig)에 비디오 카메라, 초음파 센서 및 적외선 LED를 설치하여 실험을 수행하였다. 성능 평가 척도는 체형 인식, 전후 위치인식, 좌우 위치인식 및 얼굴 검출률 (face detection ratio)을 이용하였다.

2. 에어백 시스템 (Airbag System)

스마트 에어백이란 승객 체형을 감지하여 에어백의 폭발력 및, 전개 여부를 안전하게 제어하는 에어백을 의미한다. 예를 들면 조수석 시트에 무게 센서를 달아 어린이가 타면 에어백이 퍼지지 않도록 제어하는 것이다. 에어백이 퍼지는 평균시속은 321 km나 되기 때문에 사람 얼굴에 직접 맞부딪힐 경우 심한 충격을 준다. 어린이, 여성 및 노약자들에게 이 충격은 치명적일 수 있으며, 미국에서는 이를 보완하는 스마트 에어백이 개발되고 있다[13]. 이처럼 스마트 에어백은 어린이, 여성 및 노약자의 무게, 체형 및 위치를 감지할 뿐 아니라 승객이 안전벨트를 매지 않았을 때에도 안전을 보장해 주는 기능을 갖추어야 한다.

에어백 전개 시 탑승자의 위치가 안전한 정상 위치인지 또는 위험한 위치인지 판단하기 위해 에어백과 승객 위치를 몇 개의 구간으로 나눌 수 있으며, 그림 1에서와 같이 IP (in-position: 제 위치에 앉아 있는 탑승자), OOP (out-of-position: 제 위치에 앉아 있지 않는 탑승자) 및 COOP (critically out-of-position: 에어백과 매우 가까운 위치에 앉아 있는 탑승자) 영역으로 나누어진다[14]. 그림 2에는 승객의 다양한 상태를 나타냈으며 승객이 IP, OOP 및 COOP 영역에 있는 경우와 빈 좌석에 대한 예를 나타내었다. 이런 영역은 미국 도로교통 안전국에 의해 탑승자 충돌 보호 표준 (Occupant Crash Protection Standard : FMVSS 208)에서 새로운 에어백 법규를 정의하기 위하여 사용된 승객 분류로 승객 자세와 승객 종류에 근거해 있다. 승객 자세는 정상적인 위

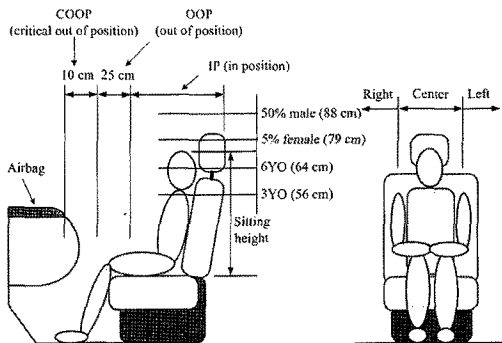


그림 1. 승객의 IP, OOP 및 COOP 영역[14]

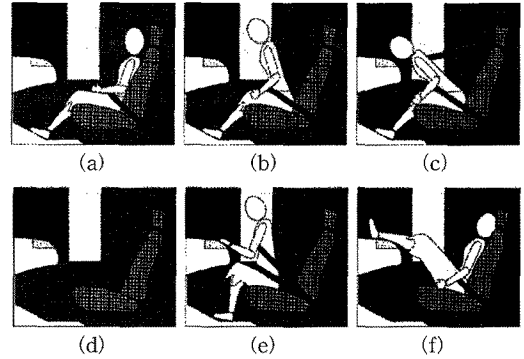


그림 2. 다양한 승객 상태: (a) IP; (b) OOP; (c) COOP; (d) 빈 좌석; (e) OOP; (f) COOP

치, 앞으로 기울임, 에어백에 근접함, 기립, 앞으로 구부림, 계기판에 발을 올림, 의자 가장자리 등이 있으며, 탑승자 종류로는 유아, 3살 어린이, 6살 어린이, 5%의 성인 여성 및 50%의 성인 남성 등이 있다.

이런 상황에 대해 에어백을 정상적으로 전개해야 하는지, 팽창력을 제한하여 전개해야 하는지, 또는 전개하지 말아야 하는지를 판단해야 한다. 따라서 체형 분류는 미국 고속도로 교통안전국에서 정한 바와 같이 체형 인식 (4분류), 전후 인식 (3분류) 및 좌우 인식 (3분류)을 포함해야 한다.

3. 제안한 승객 자세감지 시스템

제안한 방식의 승객 자세감지 시스템의 순서도는 그림 3(a)와 같다. 주간인 경우 색차신호 경계값에 의한 후보 얼굴 블록 영상 및 움직임 정보에 의한 후보 얼굴 블록 영상을 합하여 얼굴을 검출하고 야간의 경우에는 적외선 LED 영상의 Y 경계값에 의한 후보 얼굴 블록 영상과 움직임 정보에 의한 후보 얼굴 블록 영상을 합하여 얼굴을 검출한다. 또한 초음파 센서는 승객 거리를 측정하여 승객이 IP, OOP 및 COOP 영역 중 어느 영역에 존재하는지 판단한다. 주간 및 야간의 경우 움직임 정보를 추가하여 얼굴 검출률을 향상시킨다.

제안한 얼굴 검출 알고리즘의 순서도는 그림 3(b)와 같다. 비디오카메라는 탑승자 전면에 장착시키고 칼라영상을 획득한다. 아날로그 비디오신호는 디코더를 통해 YUV의 디지털데이터로 변환된다. Y신호의 한 프레임 화소수는 720×480이며 칼라신호 U 및

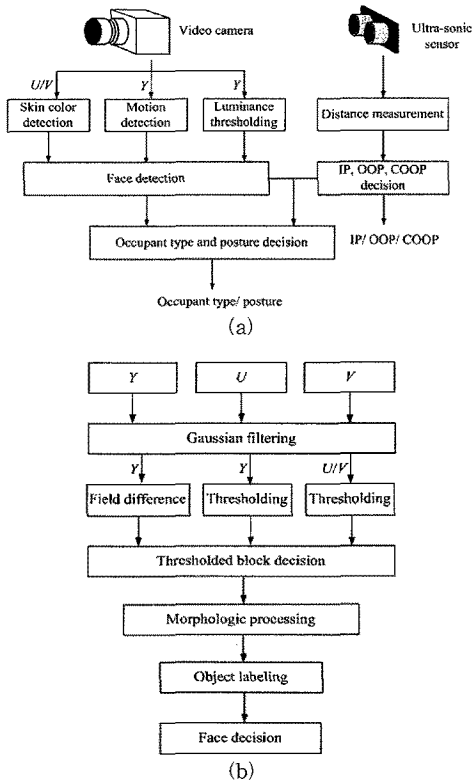


그림 3. (a) 제안한 승객 자세감지 시스템의 순서도 및 (b) 제안한 얼굴 검출 알고리즘의 순서도

V 신호는 모두 320×240 이다. 획득한 Y 및 U/V 영상의 잡음을 제거하기 위하여 가우시안 필터로 뭉뚱화(smoothing) 처리를 한다. 색차신호 경계값, 움직임 정보 및 적외선 LED 조명 영상의 Y 경계값 처리된 영상을 임의의 화소단위의 블록으로 나눈 후 각각의 경계값을 만족하는 화소의 개수가 경계값 이상이 되면 이 블록을 후보 얼굴블록으로 판정한다. 후보 얼굴블록으로 판정되지 않는 경우에는 그 블록을 비얼굴 블록(non-face block)으로 판정한다. 주간의 경우 색차신호 경계값 및 움직임 정보로 얻은 영상을 이용하고, 야간의 경우 Y 경계값 및 움직임 정보로 얻은 영상을 이용한다. 이렇게 얻어진 영상에 대해 모폴로지 영상처리 방법을 이용하여 고립된 작은 블록들은 제거하고, 군(cluster)을 형성하는 블록들 사이에 비어있는 블록들을 채우는 작업을 행한다. 이후 검출된 후보 얼굴블록들 각각에 라벨링(labeling) 과정을 통해 블록 정보를 할당한다. 각 라벨은 블록의 폭과 높이 사각형 크기, 가로세로비 및 블록의 번호

정보를 가진다. 이들 정보는 후보 얼굴블록들 중에서 실제 얼굴블록을 찾는 데 활용한다. 카메라 영상에서 탑승자 얼굴은 특정 크기 및 가로세로비를 가지고 있기 때문에 최소 얼굴크기에 해당하는 블록 크기 및 특정 가로세로비를 만족하지 못하면 라벨에서 제외한다.

주간 및 야간의 경우 승객 얼굴 검출시 움직임 정보를 합한 영상을 이용하여, 밝기 변화가 심한 경우나 승객 얼굴이 가려진 경우 얼굴색 경계값만에 의한 얼굴 검출을 보완한다. 그림 4(a)에서와 같이 밝기 변화가 발생한 경우 색차신호 경계값만으로 후보 얼굴 블록을 추정할 경우 얼굴 검출이 어려운 경우가 발생한다. 하지만 색차신호 경계값에 의한 후보 얼굴 블록 영상과 움직임 정보에 의한 후보 얼굴 블록 영상을 합한 경우 얼굴 검출이 가능함을 볼 수 있다. 또한 그림 4(b)와 같이 얼굴이 가려진 경우 색차신호 경계값만으로 후보 얼굴 블록을 추정할 경우 역시 얼굴이 검출되지 못하는 경우가 발생한다. 하지만 색

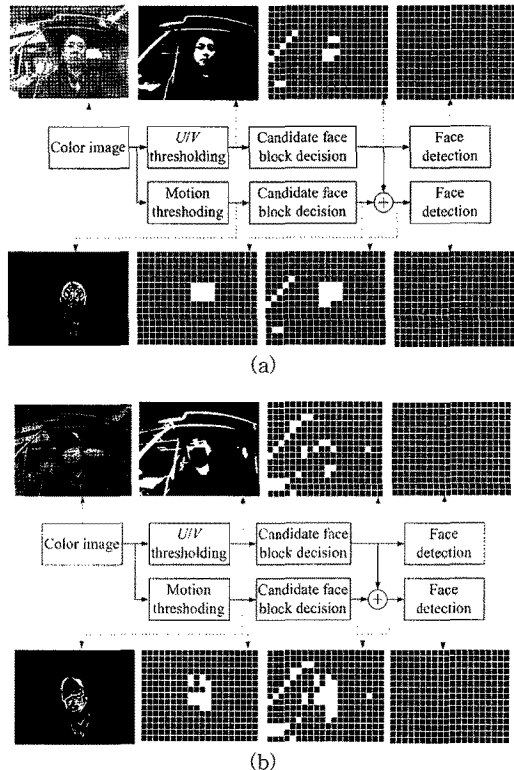


그림 4. 얼굴색 및 움직임 정보를 합한 얼굴 검출의 예: (a) 조명 변화의 경우; (b) 얼굴이 가려진 경우

차신호 경계값에 의한 후보 얼굴 블록 영상과 움직임 정보에 의한 후보 얼굴 블록 영상을 합하였을 경우 얼굴 검출이 가능함을 볼 수 있다.

제안한 얼굴 검출 방법을 통한 승객의 체형 인식의 경우 3살 어린이, 6살 어린이, 5%의 성인 여자 및 50%의 성인 남자인지 파악 가능하다. 이 정보는 에어백 전개 시 에어백 출력을 결정하는 중요한 정보가 된다.

3.1 얼굴색 및 움직임을 이용한 얼굴 검출

U/V 프레임에서 얼굴 블록을 분류하는 방법은 그림 5(a)와 같다. 얼굴색으로 얼굴을 검출하기 위하여 칼라영상인 U 및 V영상에서 얼굴색을 판정하는 U/V 경계값을 사용한다. 카메라로부터 획득된 입력 영상을 그림 5(a)와 같이 임의의 화소 단위의 블록으로 나눈다. U/V 값을 계산하는 식은

$$UV_n(x, y) = U_n(x, y) + (255 - V_n(x, y)) \quad (1)$$

과 같다. 여기서 $UV_n(x, y)$ 는 U/V 영상에서 (x, y) 좌표의 픽셀값, $U_n(x, y)$ 과 $V_n(x, y)$ 는 U와 V 각 영상에서 (x, y) 좌표의 픽셀값이다. U/V 경계값을 계산하는 식은

$$F_{UV}(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } UV_n(x, y) < th_1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

와 같다. 여기서 th_1 은 U/V 값에 적용하는 경계값이고 $F_{UV}(x, y)$ 는 U/V 영상에서 경계값에 의해 이진화된 값이다. 이 이진화 영상의 블록내에 포함된 화소 중 얼굴색으로 검출된 화소 개수가 경계값 이상이 되면 이 블록을 후보 얼굴블록으로 판정한다. 후보 얼굴블록으로 판정되지 않은 경우에는 그 블록은 그림 5(b)에서와 같이 비얼굴블록으로 판정한다. 모폴로지 영상처리 이후, 검출된 후보 얼굴블록들에 대해

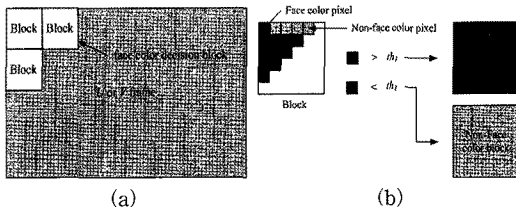


그림 5. (a) U/V 프레임의 얼굴 블록 분류 및 (b) 얼굴 블록 결정 알고리즘

라벨링 (labeling) 과정을 수행하여 검출된 후보 얼굴 블록 각각에 블록 정보를 할당한다. 각 라벨은 블록 폭과 높이, 사각형 크기, 가로세로비 및 블록 번호 정보를 가진다. 이들 정보는 후보 얼굴블록들 중에서 실제 얼굴블록을 찾는데 활용한다. 카메라 영상에서 승객 얼굴은 특정 크기 및 가로세로비를 가지고 있기 때문에 최소 얼굴크기에 해당하는 블록 크기와 특정 가로 세로비를 만족하지 못하면 그 블록은 라벨에서 제외된다. 그림 6(a)는 실제로 U/V 경계값을 이용한 얼굴 검출 과정이다.

칼라정보를 이용한 얼굴검출에는 외부조명에 영향을 많이 받는다. 따라서 그림 6(b)에서와 같이 외부조명이 변하면 얼굴 칼라도 변하기 때문에 본 연구에

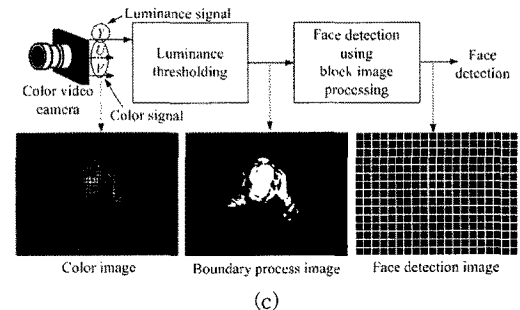
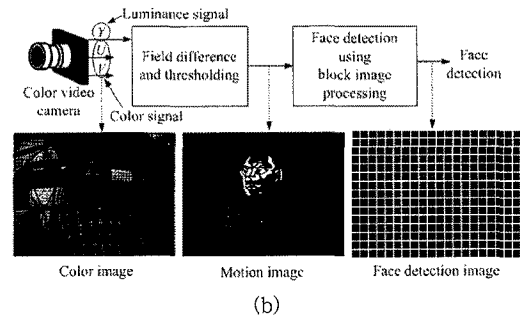
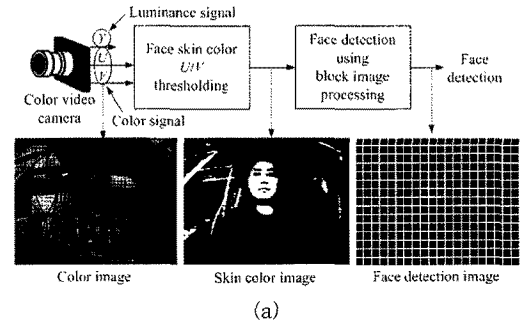


그림 6. (a) 얼굴색을 이용한 방법, (b) 움직임을 이용한 방법 및 (c) 휘도 경계 처리를 이용한 방법

서는 움직임 (motion) 정보를 추가로 사용하였다. 칼라영상이 아닌 휘도영상에서 현재 프레임과 과거 프레임간의 차이를 이용한 움직임 추정으로부터 머리 위치를 추정한다. 움직임을 이용하여 얼굴을 검출하는 식은

$$F_M(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |Y_n(x, y) - Y_{n-1}(x, y)| > th_2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

과 같다. 여기서 $Y_n(x, y)$ 와 $Y_{n-1}(x, y)$ 는 Y 영상에서 (x, y) 좌표의 현재 및 과거 픽셀값이고, th_2 는 차 (frame difference)영상에 적용하는 경계값이고, $F_M(x, y)$ 은 Y 영상에서 경계값에 의한 이진화 값이다. 이 이진화 영상의 블록내에 포함된 화소 중 얼굴색으로 검출된 화소 개수가 경계값 이상이 되면 이 블록을 후보 얼굴블록으로 판정한다. 검출된 움직임 블록은 UV 경계값으로 검출된 얼굴색블록과 동일한 처리를 한다. 즉, 모폴로지 영상처리 이후 검출된 후보 얼굴블록들에 대해 라벨링 과정을 수행하여 검출된 후보 얼굴블록 각각에 블록 정보를 할당한 후 실제 얼굴 블록을 검출한다. 현재 프레임과 과거 프레임간의 차에 의한 움직임 정보를 이용하여 얼굴을 추출하는 과정은 그림 6(b)와 같다. 이 방법은 외부 조명 영향으로 인해 얼굴색으로 얼굴을 검출할 수 없을 경우 매우 유용하다. 또한 야간의 경우 그림 6(c)와 같이 얼굴색 및 움직임 정보를 이용할 수 없기 때문에 적외선 LED 조명 영상에 Y 경계값 처리한 영상을 이용한다. 적외선 LED 조명영상을 이용하여 얼굴을 검출하는 식은

$$F_Y(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |Y_N(x, y) - Y_{N-1}(x, y)| > th_3 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

와 같다. 여기서 $Y_N(x, y)$ 와 $Y_{N-1}(x, y)$ 는 적외선 LED 조명영상에서 (x, y) 좌표의 현재 및 과거 픽셀값이고, th_3 은 차영상에 적용하는 경계값이고, $F_Y(x, y)$ 는 적외선 LED 조명영상에서 경계값에 의해 이진화된 값이다. 야간의 경우에도 이 이진화 영상의 블록내에 포함된 화소 중 얼굴색으로 검출된 화소 개수가 경계값 이상이 되면 이 블록을 후보 얼굴블록으로 판정한다. 검출된 움직임 블록은 U/V 경계값으로 검출된 얼굴색블록과 동일한 처리를 한다. 즉, 모폴로지 영상처리 이후 검출된 후보 얼굴블록들에 라벨링 과정을 수행하여 후보 얼굴블록 각각에 블록 정보를 할당한 후 실제 얼굴 블록을 검출한다.

3.2 초음파 센서를 이용한 승객 거리 측정

본 논문에서 승객과 에어백간의 거리 측정을 위해 거리센서를 사용하였다. 거리센서는 IR 거리센서와 초음파 거리센서 및 레이저 거리센서가 있다. 이들 거리센서의 원리는 IR, 초음파 또는 레이저를 발사하여 이들이 물체에 반사되어 되돌아오는 시간으로 거리를 측정한다. 레이저 거리센서는 정확도는 높으나 매우 고가이고 원거리 측정용으로 많이 이용되고 있다. 반면에 IR 거리센서와 초음파 거리센서가 근거리용으로 널리 사용되고 있다. IR 거리센서는 IR 발광부에서 빔을 발사하고 수광부에서 물체에 반사되어 되돌아오는 빔을 검출하여 거리에 상응하는 아날로그의 전압을 출력한다. IR 거리센서는 가장 저가이고 응답속도가 빠른 장점을 가지고 있으나 IR 빔의 폭이 매우 좁기 때문에 물체의 형체에 민감하며 거리에 따른 출력전압은 비선형특성을 가지므로 거리 정확성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 초음파 거리센서는 초음파 빔이 폭이 좁지 않고 음의 속도가 빛의 속도보다 느리기 때문에 거리 분해능을 높일 수 있는 장점을 가진다.

본 논문에서는 승객의 거리 측정을 위해 초음파센서를 사용하였다. 초음파센서를 이용한 승객거리의 측정방식은 그림 7과 같다. 초음파센서는 송신부 및 수신부로 나누어지며 송신부에서는 초음파 버스트 (sonic burst)를 발생시키고, 이것이 물체에 반사되

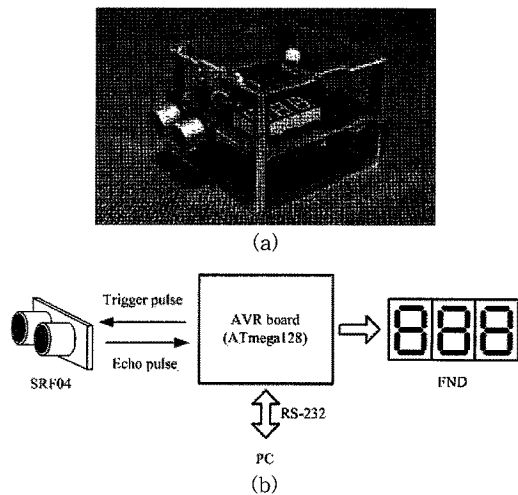


그림 7. (a) 초음파 거리측정기 외형 및 (b) 초음파 거리측정기의 구성도

어 되돌아오는 것을 수신부에서 검출한다. 초음파 버스트가 송신부에서 발사된 시점에서 물체에 반사되어 수신부에 되돌아올 때까지의 에코시간 (echo time) T 는 거리 D 의 왕복시간이고 음의 속도가 340 m/sec이므로 거리 D 는

$$D = \frac{T[\text{sec}] \times 340 [\text{m/sec}]}{2} \quad [m] \quad (5)$$

본 논문에서 사용한 초음파센서는 SRF04로써 범각도가 $\pm 15^\circ$ 이고 거리측정 범위가 약 2m이므로 승객 거리측정에 적합하다. 외부에서 10 μ s 이상의 트리거신호를 인가하면 초음파 버스트 (burst)가 발사된다. 초음파 버스트는 주파수가 40 kHz이고 8개의 사이클 (cycle)을 가진다. 초음파가 발사된 시점에서 물체에 반사되어 돌아오는 시점까지의 시간을 검출하여 거리로 환산한다. 초음파센서 SRF04는 초음파가 발사되어 되돌아오는 에코시간 T 동안 논리레벨을 H (High)로 유지시키는 에코펄스를 출력한다. 음의 속도는 340 m/sec이므로 출력펄스 시간을 거리로 환산할 수 있다.

초음파센서로부터 거리정보를 고속으로 획득하기 위해 8 bit RISC구조의 AVR (AlfBogen Vergand Risc) 마이크로 컨트롤러인 ATmega 128-16AU를 장착한 AVR보드를 이용하여 거리측정기를 제작하였다. 이의 외형도는 그림 7(a)와 같고, 이의 구성도는 그림 7(b)와 같다. AVR보드에서 초음파센서로 트리거신호가 발생되면 초음파센서에서는 초음파 버스트를 발생시키고 이것이 되돌아오는 시간 T 동안의 에코펄스를 출력한다. 이의 에코펄스는 AVR보드에 전달되어 내부 클럭을 이용하여 거리 D 를 계산한다. 거리정보는 FND (flexible numeric display) 숫자판에 표시하고, RS232 시리얼통신을 이용하여 PC로 전송된다.

4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 단일 비디오카메라와 거리센서를 이용한 스마트 에어백용 승객감지 방식을 제안하였다. 승객의 체형, 위치 및 거리를 분류하기 위하여 PC 시뮬레이션 및 차량 지그를 이용한 승객 자세감지 실험을 하였다. 실험에 사용된 카메라는 IEEE 1394 카메라를 이용하였고, 영상 처리에 사용된 이미지는 YUV (320×240) 이미지를 이용하였다. 본 논문

표 1. 승객의 IP, OOP 및 COOP 영역(14)

Validation item (important performance specification)	Unit	Development target value	Validation method
Form recognition (4 classification)	mm	± 40	Threshold measurement of infant seat and 3 form, in position (IP), daytime/night time, sitting height
Left and right position recognition (3 classification)	mm	± 40	Variation measurement of man of 3 form, 3 position (L, C, R), in position (IP), daytime/night time, left and right, boundary distance
Front and rear position recognition (3 classification)	mm	± 40	Measurement of infant seat and 3 form, position (IP, OOP, COOP), daytime/night time, boundary distance

의 정량적인 평가기준은 표 1과 같으며, 이 기준을 만족하는지를 평가하였다.

승객 체형은 4개의 부류인 유아시트, 6세 어린이, 5%의 성인 여자 및 50%의 성인 남자로 구분한다. 또한 승객의 좌우 위치는 좌, 우 및 중앙으로 분류한다. 승객 체형 및 좌우 얼굴을 검출한 후 얼굴이 위치하는 영역에 따라 체형 및 위치를 분류한다. 그림 8은 승객이 정상위치에 있을 때 영상으로 승객의 체형 및 위치를 판정하는 예이다. 50% 성인남자의 경우 머리가 세로 영역에서 최상의 영역에 포함되므로 체형은 50% 성인남자로 분류되고, 머리가 중앙에 위치하기 때문에 위치는 중앙으로 분류된다. 5% 성인여자의 경우 머리가 세로 영역에서 상위에서 두 번째 영역에 포함되므로 체형은 5% 성인여자로 분류되고, 머리가 중앙에 위치하기 때문에 위치는 중앙으로 분류된다.

체형 및 좌우 위치는 검출된 얼굴영상으로 분류하였으며, 체형분류 및 좌우 위치의 오차범위는 ± 40.0 mm였다. 따라서 본 논문에서는 그림 9에서와 같이

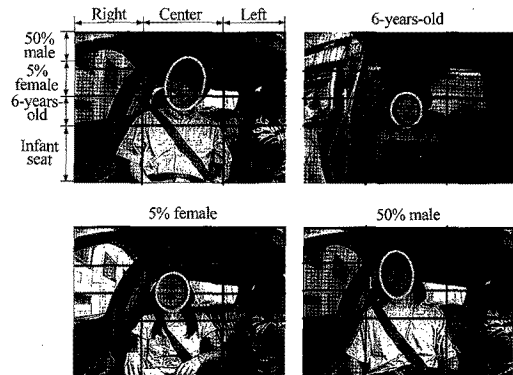


그림 8. 영상에서의 체형 및 위치분류

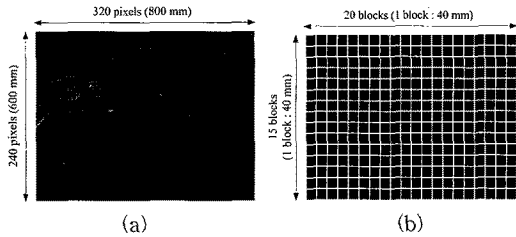


그림 9. 블록 단위 얼굴 검출 및 분류를 위한 영상 블록의 크기: (a) 영상의 화소 수; (b) 20×15 블록

승객의 얼굴을 검출하고 분류하기 위해 영상을 블록 단위로 나누었다. 승객이 정상위치 (IP)에 있을 때 영상 예는 그림 9(a)와 같으며, 화면에 나타날 수 있는 정상위치에서의 최대 좌우폭은 약 800mm이고, 상하폭은 약 600mm이다. 영상을 20×15개의 블록으로 나눈 경우는 그림 9(b)와 같으며, 1개 블록 크기는 승객이 정상위치 (IP)에 있을 때 가로 및 세로 모두 40mm에 해당된다. 즉, 블록 크기가 오차범위인 ±40mm에 해당하므로 논문 목표에 해당하는 최소 블록크기이다.

블록단위로 탑승자 체형과 위치를 분류하기 위해서 먼저 블록단위로 탑승자 얼굴을 검출하고 분류를 위한 가로 및 세로의 경계블록을 설정한다. 검출된 얼굴영역이 설정된 경계블록으로 분류된 영역 중 어느

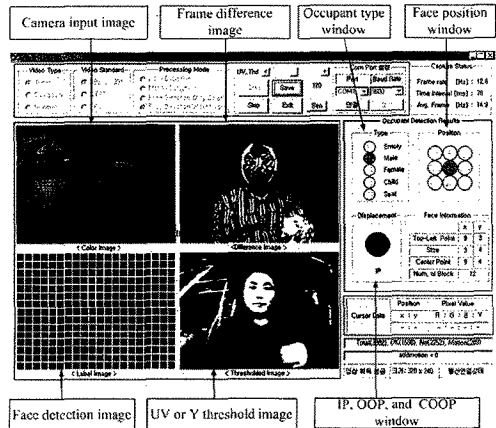


그림 10. 승객 상태인식을 위한 PC 시뮬레이션 화면창

영역에 포함되느냐에 따라 체형 및 위치가 판정된다. 승객 상태인식을 위한 PC 시뮬레이션 화면창은 그림 10과 같다. 화면창에는 승객의 체형 인식, 전후 인식 및 좌우 인식 정보가 포함되어 있다. 1차적으로 추출된 얼굴후보 블록영상은 영역별로 군 (cluster) 을 형성시켜 각각에 라벨을 부가시킨다. 라벨링된 얼굴후보 블록 중에서 얼굴에 해당하는 블록을 최종 판정하여 이 위치를 머리위치 표시창에 나타낸다. 그리고 머리위치 표시창과 IP, OOP 및 COOP를 나타

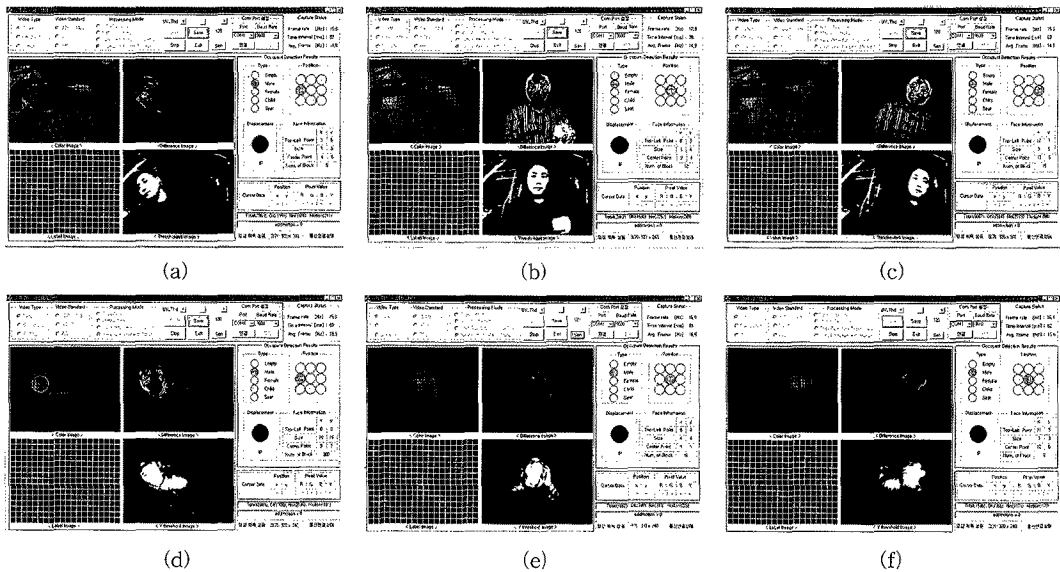


그림 11. (a) 주간 및 야간에서의 실험 결과: 주간, IP 영역에 대한 (a) 왼쪽 위치; (b) 중앙 위치; (c) 오른쪽 위치; 야간, IP 영역에 대한 (d) 왼쪽 위치; (e) 중앙 위치; (f) 오른쪽 위치

표 2. 각 영역에서의 기존 방법 및 제안한 방법에 대한 얼굴 검출률

Illuminance [lx]	Method	Performance (%)		
		IP	OOP	COOP
High illumination [230 lx]	Only skin color	78.9	95.3	96.9
	Proposed method	83.8	95.9	97.4
Low illumination [40 lx]	Only skin color	66.0	39.3	37.7
	Proposed method	74.8	48.0	43.6
At night [1-5 lx]	Proposed method	72.1	45.5	41.0

내기 위한 거리 표시창이 있다. 거리 표시창에서 IP 일 때 청색, OOP일 때 황색 그리고 COOP일 때 적색으로 표시한다. 창 하단에는 후보 얼굴블록의 칼라 정보, 크기 및 위치좌표 등의 데이터들이 표시된다. 체형 분류는 체형 인식, 전후 인식 및 좌우 인식을 실험하였고 얼굴 검출률은 밝은 조명 (230 lx), 어두운 조명 (40 lx) 및 야간에 대하여 IP, OOP 및 COOP 영역에서 측정하였다. 성능 평가 척도로는 체형 분류 및 얼굴 검출률을 이용하였다. 주간에 조명이 있는 상태 및 야간에 조명이 없는 상태에서 IP 영역에서 체형 및 위치 분류 실험은 그림 11과 같다. 제안한 방식이 체형 인식, 전후 인식 및 좌우 인식 실험에서 연구 목표에 만족함을 확인하였다.

IP 영역에서 기존 방법 및 제안한 방법에 의한 얼굴 검출 프레임률은 표 2에서와 같다. 밝은 조명 (230 lx)하에서는 움직임보다 얼굴색으로 승객을 감지하는 것이 우수하였고, 어두운 조명하 (40 lx)에서는 얼굴색 및 움직임을 이용한 방법이 효과적이었다. 이는 어두운 조명하에서는 UV 경계값이 영향을 받기 때문에 움직임 정보를 동시에 이용하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 야간 조명 (15 lx)하에서는 얼굴색 및 움직임 정보가 거의 없기 때문에 IR-LED 조명 영상에 Y 경계 처리된 영상을 이용하여 승객을 감지하는 것이 효과적임을 확인하였다. IP 영역에 대하여 제안한 방식이 얼굴색을 이용한 방식보다 밝은 조명하에서 4.9%, 어두운 조명하에서 8.8% 향상되었음을 확인하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 단일 카메라를 이용한 얼굴검출과 초음파 센서를 이용한 거리정보를 조합하여 승객 체

형 및 위치를 인식한다. 체형은 미국 고속도로 교통 안전국에서 정한 바와 같이 3살 어린이, 6살 어린이, 5%의 성인 여성 및 50%의 성인 남성으로 분류하고, 좌우 위치는 왼쪽, 오른쪽 및 중앙영역으로 분류하며, 전후 위치는 IP, OOP, COOP 영역으로 분류한다.

체형 및 좌우 위치는 검출된 얼굴 블록 영상으로 분류하였으며, 한 블록의 오차범위는 $\pm 40\text{mm}$ 이었다. 전후 위치의 분류는 초음파센서의 거리분해능에 의존하며, 전후 인식의 오차범위는 $\pm 10\text{mm}$ 이었다. 얼굴검출은 밝은 조명 (230 lx), 어두운 조명 (40 lx) 및 야간 (15 lx) 조명하에서 IP, OOP 및 COOP 영역에 대해 실험하였다. 실험결과 IP 영역에서의 얼굴 검출률은 평균 76.9%이었고, 제안방식이 얼굴색만을 이용한 방식보다 밝은 조명하에서 4.9%, 어두운 조명하에서 8.8% 각각 향상되었음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.safeny.com/seat-ndx.htm>.
- [2] National Highway Transportation and Safety Administration, <http://www.safercar.gov>.
- [3] National Highway Transportation and Safety Administration, Fatality Reduction by Airbags, Analysis of Accident Data Through Early 1996.
- [4] P.A. Dunn and P.I. Corke, "Real-Time Stereopsis Using FPGAs," In Proc. Int. Workshop on Field Programmable Logic, Imperial College, London, Vol.1304, pp. 400-409, 1997.
- [5] R. Kjeldsen and J. Kender, "Finding Skin in Color Images," Proc. Conf. Automatic face and Gesture Recognition, pp. 312-317, 1996.
- [6] S.K. Singh, D.S. Chauhan, M. Vatsa, and R. Singh, "A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm," *Tamkang Journal of Science and Engineering*, Vol.6, No.4, pp. 227-234, 2003.
- [7] I. Craw, H. Ellis, and J. Lishman, "Automatic Extraction of Face Features," *Pattern Recognition Letters*, Vol.5, No.2, pp. 183-187, 1987.
- [8] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-Time Face Detection," *Intl. of Computer Vision*,

Vol.57, No.2, pp. 137-154, 2004.

[9] M. Turk and A. Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces," IEEE. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 586-591, 1991.

[10] X. Zhang, J. Pu, and X. Huang, "Face Detection Based on Two Dimensional Principal Component Analysis and Support Vector Machine," Proc. IEEE. Mechatronics and Automation, pp. 1488-1492, 2006.

[11] C. J. C. Burges, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," *Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol.2, pp. 121-167, 1998.

[12] C. Shavers, R. Li, and G. Leiby, "A SVM-Based Approach to Face Detection," Proc. of the 38th Southeastern Symposium on System Theory, pp. 362-366, 2006.

[13] <http://www.safercar.gov/air.htm>.

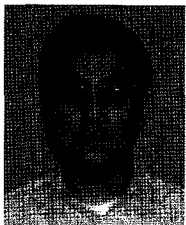
[14] National Highway Transportation and Safety Administration, "Occupant Crash Protection Standard," Federal Motor Vehicle Safety Standards FMVSS No. 208, 2002.



배 태 욱

2004년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 2006년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2006년 9월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정

관심분야 : 적외선 영상처리, 신호처리, 영상처리



이 종 원

1992년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1994년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2008년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사

관심분야 : 신호처리, 영상처리, 영상통신



하 수 영

1997년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2007년 2월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정

관심분야 : 신호처리, 영상처리, 영상통신



김 영 춘

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1993년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1997년 2월 경북대학교 전자공학과 박사
 1998년 2월 현재 영동대학교 정보통신사이버경찰학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 구조, 데이터 통신, 적외선 영상처리, IRCM



안 상 호

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1988년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 박사
 1993년 3월~현재 인제대학교 전자지능로봇공학과 교수

관심분야 : 영상공학, 로봇공학, 적외선 영상처리, IRCM



송 규 익

1975년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1977년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1990년 2월 TOHOKU UNIV. 전자공학과 박사
 1995년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수

관심분야 : Audio 및 Video 공학, DTV 신호처리, 색채현 공학