

논문 2014-51-12-13

# 영상기반 행동패턴 인식에 의한 운전자 보조시스템

## ( Driver Assistance System By the Image Based Behavior Pattern Recognition )

김 상 원\*, 김 중 규\*\*

( Sangwon Kim<sup>Ⓢ</sup> and Jungkyu Kim )

### 요 약

복합 기능 기기의 발전에 따라 카메라는 방법 시스템, 운전자 보조 시스템 등 여러 분야에서 광범위하게 사용되고 있으며 많은 사람들은 이러한 시스템에 노출되어 있다. 따라서 시스템은 인간의 행동을 인식할 수 있고 인식된 행동으로부터 얻은 정보를 이용하여 유용한 기능을 사용자에게 제공할 수 있어야 한다. 본 논문은 이차원 영상 이미지에서 인식된 기계적 학습 접근 방법을 사용한 인간 행동 패턴 인식 기법을 제안한다. 제안된 방법은 인식된 사용자의 행동 패턴을 기반으로 사용자에게 유용한 기능을 실행하기 위한 정보를 제공하게 될 것이다. 먼저 소개하는 방법은 전화 통화 행동 인식이다. 차량 내부에 운전자 방향으로 설치된 블랙박스가 전화 통화 행동을 인식한다면 안전 운전을 위해서 운전자에게 경고를 줄 수 있다. 두 번째 제안하는 방법은 안전 운행을 위한 전방 주시 행동 인식으로서 운전자가 전방 주시하고 있는지 아닌지를 판단하기 위한 방법과 기준을 제안한다. 본 논문은 실시간 영상 조건에서 제안하는 인식 방법의 효용성을 실험 결과를 통해서 보여준다.

### Abstract

In accordance with the development of various convergence devices, cameras are being used in many types of the systems such as security system, driver assistance device and so on, and a lot of people are exposed to these system. Therefore the system should be able to recognize the human behavior and support some useful functions with the information that is obtained from detected human behavior. In this paper we use a machine learning approach based on 2D image and propose the human behavior pattern recognition methods. The proposed methods can provide valuable information to support some useful function to user based on the recognized human behavior. First proposed one is "phone call behavior" recognition. If a camera of the black box, which is focused on driver in a car, recognize phone call pose, it can give a warning to driver for safe driving. The second one is "looking ahead" recognition for driving safety where we propose the decision rule and method to decide whether the driver is looking ahead or not. This paper also shows usefulness of proposed recognition methods with some experiment results in real time.

**Keywords** : driver assistance, pattern recognition, behavior recognition

\* 학생회원, 성균관대학교 DMC공학과  
(Department of Digital Media Communication Engineering, Sungkyunkwan University)

\*\* 정회원, 성균관대학교 정보통신공학부  
(Department of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: kim00sw@naver.com)

접수일자: 2014년08월11일, 수정일자: 2014년11월02일  
게재확정: 2014년11월30일

## I. 서 론

본 논문에서는 두 가지 내용의 행동 인식 방법을 소개하고 제안하는 방법의 인식률을 환경 조건에 따라 검증하여 안전 운전을 위한 도구으로써 효용성이 있는지 검증하였다.

현재까지 널리 알려진 운전자 보조 시스템 분야에는

Driver Fatigue Warning System(DFWS)과 Lane Departure Warning System(LDWS)이 있다. 각각의 시스템은 운전자의 피로도를 운전자 눈의 특징을 분석하여 판단하고, 차량의 차선 탈선 여부에 따라 안전 운전을 위한 경보 알림을 주는 것을 목적으로 한다.

본 연구의 첫 번째 연구 목적은 운전 중 통화하는 행동을 인식하여 운전자에게 위험 행동임을 알릴 수 있도록 하는 것이다. 통화할 때 전화기를 쥐고 있는 손가락 패턴을 행동 특징으로 정의하고 해당 이미지 샘플들의 데이터베이스를 학습하고 분류기를 생성하여 전화 통화 행동을 검출하였다.

두 번째 연구 내용은 검출되는 얼굴 영역에서의 특징을 이용하여 운전자의 전방 주시 여부에 대한 판단을 하였다. 전방 주시 행동을 판단하기 위해서 얼굴의 회전 정도를 HSV 컬러 모델을 이용하여 특정 비율 값으로 정의하였고 연속된 실험을 통해서 전방 주시를 판별할 수 있는 기준 범위를 찾았다. 회전 비율 값이 기준 범위 내에 있을 때 전방 주시 행동으로 판단하게 된다.

각각의 실험은 검출 연산 속도를 향상시키기 위해서 입력되는 1 Frame 이미지를 320 x 240 크기로 하였다. 패턴 검출 방법으로는 이차원 영상 이미지를 이용한 방법 가운데 기본적으로 검출 정확도나 연산 속도 면에서 우수하여 얼굴 검출 분야에서 사용되는 Feature Training 알고리즘을 사용하였다.<sup>[1]</sup>

## II. 본 론

### 1. 전화 통화 행동 인식

전화 통화 포즈를 인식하기 위해서는 검출 대상의 정의가 우선적으로 필요하다. 본 연구에서는 전화기를 손으로 쥐고 있을 때 손가락 모양을 검출 패턴으로 정의하였다. 손가락 관절 자유도로 인한 패턴 모양의 다양성을 줄이기 위해서 그림 1과 같은 통화시의 모습에서 손가락 부분을 패턴 이미지로 활용하였다. 학습 이미지에 있는 손가락 사이의 그림자 영역은 그레이 이미지에서 좋은 특징이 된다. 따라서 gray scale 값을 이용한 패턴 학습 알고리즘에 적합하다.

분류기 학습에는 24x24 크기의 행동 패턴 이미지 400장과 1200장의 백그라운드 이미지를 사용하였다. 그리고 이미지 학습 및 검출 분류기를 생성하기 위해서 그림 2의 Haar features 와 Adaboost 방법을 사용하였



그림 1. 전화 통화 행동 패턴 학습 이미지  
Fig. 1. Training images for phone call behavior pattern.

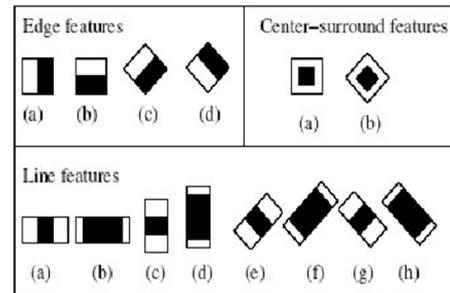


그림 2. Haar Features 모음  
Fig. 2. A set of Haar-like features

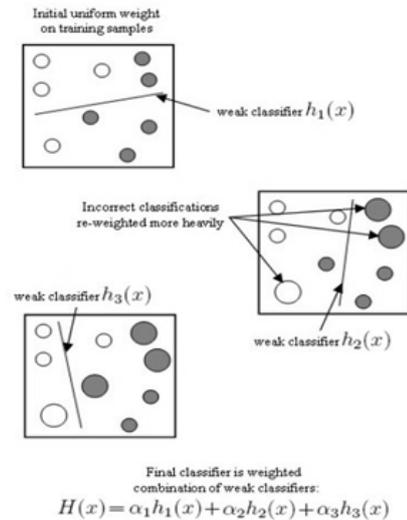


그림 3. Adaboost 학습 방법  
Fig. 3. Adaboost learning algorithm

다.<sup>[2]</sup> 또한 실험을 위한 분류기 학습 및 생성은 Visual C++의 OpenCV 라이브러리를 이용하였다. Adaboost 분류기의 학습 방법은 그림 3에 그 과정이 나타나 있다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서 제안하는 전화 통화 행동은 그 패턴이 얼굴의 좌/우 일정 범위 안에서 존재하기 때문에 입력 영상 이미지에서 검출이 예상되는 영역을 미리 예상할 수 있다. 따라서 입력 영상 이미지에서 얼굴 검출을 하

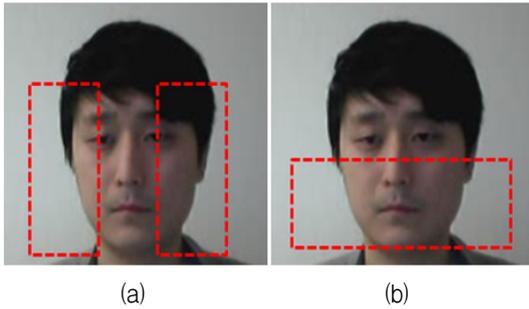


그림 4. 전화 통화 행동의 관심 영역:  
(a) 좌/우 영역, (b) 하단 영역  
Fig. 4. ROI of phone call behavior:  
(a) Left/Right section, (b) Bottom section

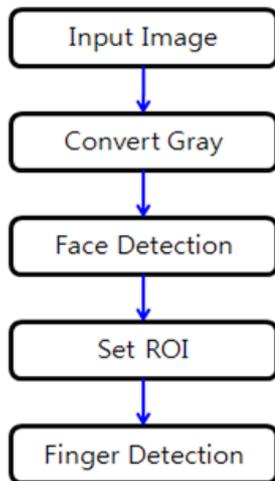


그림 5. 전화 행동 인식 흐름도  
Fig. 5. Flow diagram of phone call behavior recognition.

고 검출된 영역을 기준으로 새롭게 관심 영역을 설정하였다. 관심 영역은 그림 4에 나타나 있는 두 가지 경우를 생각하였고 (b)의 영역을 실험에 선택하였다. (a)의 경우는 관심 영역이 분리 되어 있어서 검출 프로세스를 2회 진행해야 하는 단점이 있기 때문이다.

얼굴 검출 단계에서는 Haar-like 특징과 Adaboost를 이용한 알고리즘이 사용되었다.<sup>[3]</sup> 얼굴 검출 후 검출된 영역의 중심 좌표 기준으로 그림4.(b)에서 보여주는 관심 영역(ROI)을 설정하여 배경 영역에 대한 오검출을 최소화한 후에 전화 통화 행동 패턴을 검출한다. 그림 5에 전화 통화 행동 인식 방법이 흐름도로 표현되어 있다.

## 2. 전방 주시 행동 인식

Haar 특징을 이용한 얼굴 검출에서 사용한 그레이 이미지는 컬러 정보가 없는 밝기 정보만으로 이루어져

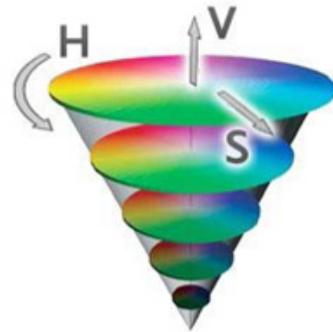


그림 6. HSV 3차원 공간(Hue, Saturation and Value)  
Fig. 6. HSV method dimension.  
(Hue, Saturation and Value)

있다. 입력 영상 이미지에서 정확한 얼굴 영역을 검출하기 위해서 HSV 컬러 모델 필터를 사용하였다. HSV 모델은 Hue(색조), Saturation(채도), Value(명도)의 3가지 성분을 가지고 색을 표현한다.<sup>[4]</sup>

Hue 와 Saturation의 피부 컬러 범위는 실험 환경에서 확인한 데이터를 바탕으로 식 (1) 의 범위를 피부 컬러 영역으로 설정하였다.

$$(5 < H < 35) \cap (25 < S < 190) \quad (1)$$

식 (2)의 변환 방법으로 RGB 입력 영상 이미지로부터 피부 컬러 검출에 필요한 HSV 컬러 이미지의 Hue 와 Saturation 값을 얻을 수 있었다.<sup>[4]</sup> HSV 컬러를 사용한 이유는 밝기 정보를 제외한 순수 색상 정보만으로 피부 컬러를 검출하기 위해서이다.

$$R' = R/255, G' = G/255, B' = B/255$$

$$C_{\max} = \max(R', G', B'), C_{\min} = \min(R', G', B')$$

$$\Delta = C_{\max} - C_{\min}$$

Hue calculation

$$H = \begin{cases} 60^\circ \times (\frac{G' - B'}{\Delta} \text{ mod } 6), C_{\max} = R' \\ 60^\circ \times (\frac{B' - R'}{\Delta} + 2), C_{\max} = G' \\ 60^\circ \times (\frac{R' - G'}{\Delta} + 4), C_{\max} = B' \end{cases} \quad (2)$$

Saturation calculation

$$S = \begin{cases} 0, \Delta = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{\max}}, \Delta \neq 0 \end{cases}$$

그림 7 (b)에서는 피부 컬러 영역이 아닌 부분이 검출되어 있다. 그림 7 (c), (d)에서 (b)에 대한 침식/팽창

연산으로 보정한 결과를 보여 준다.

얼굴 영역을 Haar 검출기로 검출한 후에 코의 좌표를 얼굴의 중심으로 정의 하였다. 학습된 얼굴 이미지의 중심은 코 부분이기 때문에 Haar 검출기를 통해서 얼굴이 검출이 되면 해당 영역의 중심에는 코가 위치하게 된다. 그리고 얼굴의 회전 정도를 파악하기 위해서 얼굴 중심 좌표의 X 값으로부터 얼굴 좌/우 경계 X 좌표까지의 거리를 이용한 식 (3)을 정의하였다.

$$Ratio = \frac{((X(C) - X(L)) + (X(C) - X(R)))}{X(R) - X(L)} - R_{th} \quad (3)$$

(X: x좌표, C: 중심, L: 좌측, R: 우측, R<sub>th</sub>: 보정값)

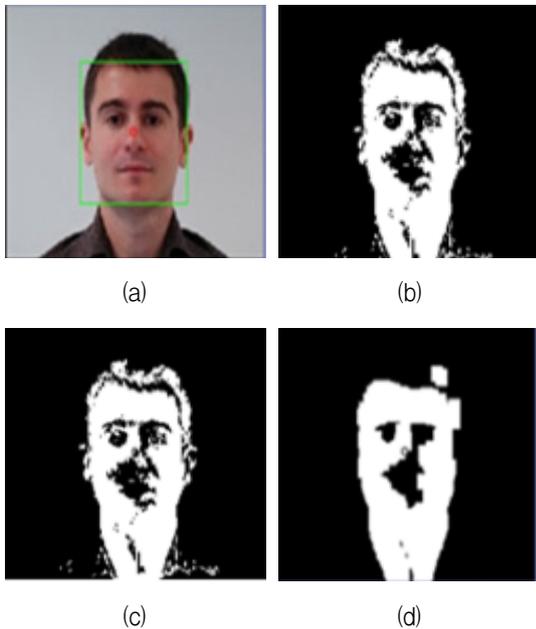


그림 7. 피부 컬러 검출 결과: (a) 원본 영상, (b) HSV 컬러검출 영상, (c) 침식 연산, (d) 팽창 연산

Fig. 7. Result of skin color detection: (a) original image, (b) HSV color filter, (c) Dilation, (d) Erosion

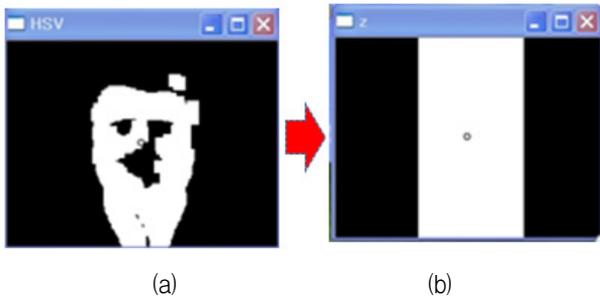


그림 8. 경계 영역 설정: (a) 컬러 검출 영역, (b) 경계 영역

Fig. 8. Set boundary area: (a) Detected color area, (b) Boundary area.

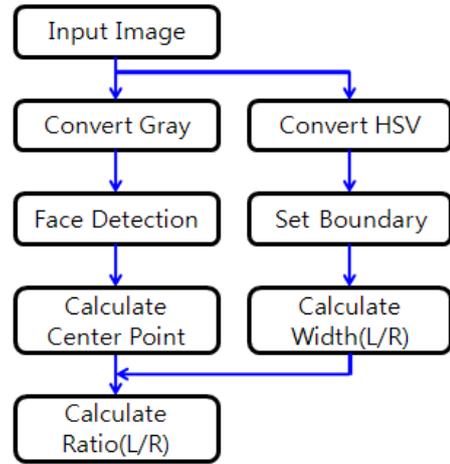


그림 9. 전방 주시 판단 흐름도

Fig. 9. Flow diagram of looking ahead decision.

그림 8은 컬러 필터를 통해서 추출된 이미지에서 얼굴의 좌/우 경계까지의 영역 설정 결과를 보여준다. 그림 8 (a)의 컬러 검출 영역은 식(1)의 설정 범위가 기준이 된다.

그림 9에 전방 주시 행동 인식 방법이 흐름도로 나타나 있다.

### III. 실험

#### 1. 전화 통화 행동 인식

실험은 실내에서 카메라로부터 대상 사이의 거리가 30cm, 60cm, 1m 인 경우와 운전석(50cm)에서 진행하였고, 본 연구 내용에서 정의한 손가락 패턴 분류기의 거리에 따른 검출률을 검증하였다. 그림 10은 실내와 운

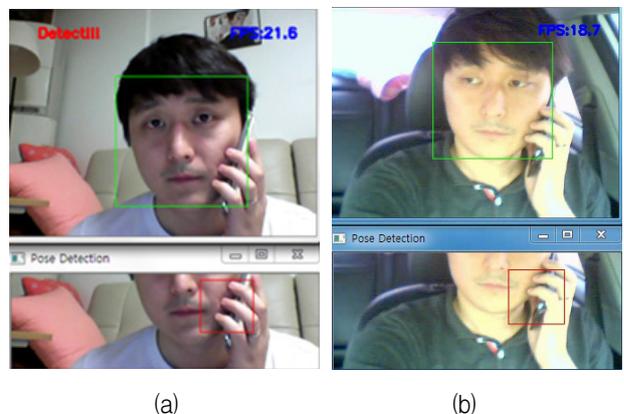


그림 10. 실험 결과: (a) 실내, (b) 운전석

Fig. 10. Experiment result: (a) Indoor, (b) Driver's seat.

표 1. 전화 통화 행동 검출률(실내)

Table 1. Detection rate of phone call behavior(Indoor).

Distance	Detection Rate	Total Images	FPS
30cm	92%	10,000	21 ~ 26
60cm	84%	10,000	
1m	52%	10,000	

표 2. 전화 통화 행동 검출률(운전석)

Table 2. Detection rate of phone call behavior.  
(driver's seat).

Distance	Detection Rate	Total Images	FPS
50cm	83%	10,000	18 ~ 20

전석에서 실험한 영상을 보여준다. 실내의 경우 위쪽에 있는 형광등 아래의 조건이고 운전석의 경우에는 전방과 측면에서 입사되는 자연광 조건이다.

표 1에 실내에서 측정된 각 거리에서의 검출 결과가 나타나 있다. 검출률 측정에 사용한 데이터베이스는 각 거리에서 촬영한 실시간 영상들로 구성되어 있다. 표 2는 운전자 조건을 고려하여 주간 운전석에서 측정된 검출 결과를 나타낸다. 측정 결과를 보면 실내 60cm와 운전석 50cm에서 동등한 수준의 검출률을 보여주었다.

## 2. 전방 주시 판단

본 연구에서 정의하는 얼굴의 전방, 좌측, 우측에 대한 회전 비율을 구한 영상은 그림 11에 나타나 있다. 이 비율을 토대로 얼굴의 회전 정도를 판별하여 실험을 통해서 정의된 특정 비율 범위 값 이내에서는 전방 주시

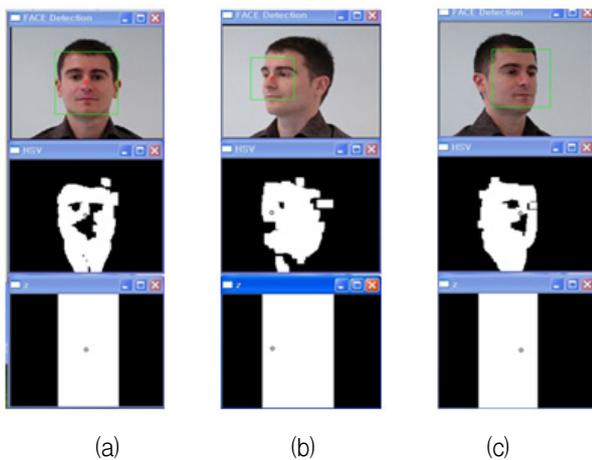


그림 11. 방향별 비율 결과:

(a) 정면(-0.03), (b) 우측(-0.47), (c) 좌측(+0.34)

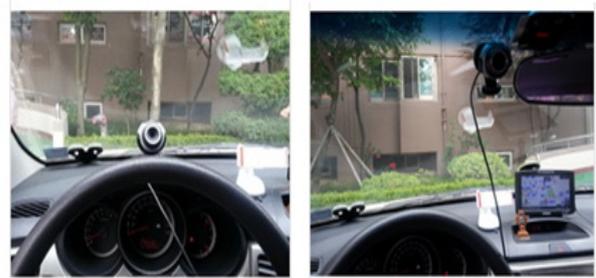
Fig. 11. Ratio result in each direction:

(a) Front(-0.03), (b) Right(-0.47), (c) Left(+0.34).

표 3. 전방 주시 행동 검출률

Table 3. Detection rate of looking ahead behavior.

Direction	Distance	Detection Rate	Ratio
Forward	30cm	98%	$-0.2 < r < 0.2$
	60cm	98%	
Right	30cm	95%	$-0.5 < r < -0.2$
	60cm	96%	
Left	30cm	96%	$0.2 < r < 0.5$
	60cm	96%	



(a)

(b)

그림 12. 차량 내부 카메라 위치: (a) 정면, (b) 룸미러

Fig. 12. Camera position of inside the vehicle:  
(a) Front, (b) Room mirror.

행동이라고 인식 가능하였다.

실험 결과를 토대로 Ratio의 값이 0.2이내의 값을 가지면 전방 주시 행동의 상태로 정의하게 되었다. 표 3에 실내에서 측정된 검출률 결과가 나타나 있다. 전방 주시 행동은 0.2 이내에서 측정된 결과이고 전방 주시를 벗어나는 좌/우 회전 비율은 0.5까지 측정되었다.

다음으로 그림 12에서와 같이 차량 내부에 카메라가 위치하는 조건을 실험하였다. 운전석에서 카메라까지의 거리는 약 50cm이다.

그림 13에는 날씨가 맑은 날과 흐린 날에 제시되어 있는 조건에서 실험한 영상 화면과 측정 결과들이 나타나 있다. 맑음은 구름이 없는 주간이고 흐림은 구름 낀 주간 상태이다. 측정에 사용한 데이터베이스는 각 환경에서 주행하면서 촬영한 실시간 영상들로 구성되어 있다.

본 연구의 목적은 단일 영상 이미지가 아닌 실시간 영상에서 행동 패턴을 인식하는 것이기 때문에 매 프레임 이미지에서의 검출률 측정 결과만으로는 그것이 인간의 실제 행동인지 아닌지 판단하는데 오류가 발생할 수 있다. 프레임 단위 검출 결과로 어떠한 행동을 판단

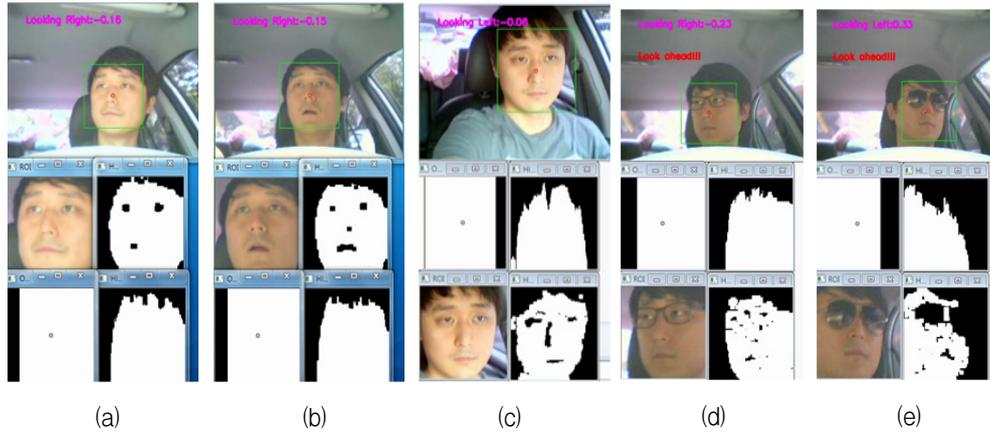


그림 13. 각 상황별 실험 결과: (a) 정면(맑음), (b) 정면(흐림), (c) 룸미러, (d) 안경, (e) 선글라스

Fig. 13. Experiment result in each cases: (a) Front(clear), (b) Front(cloudy), (c) Room mirror, (d) glasses, (e) sunglasses.

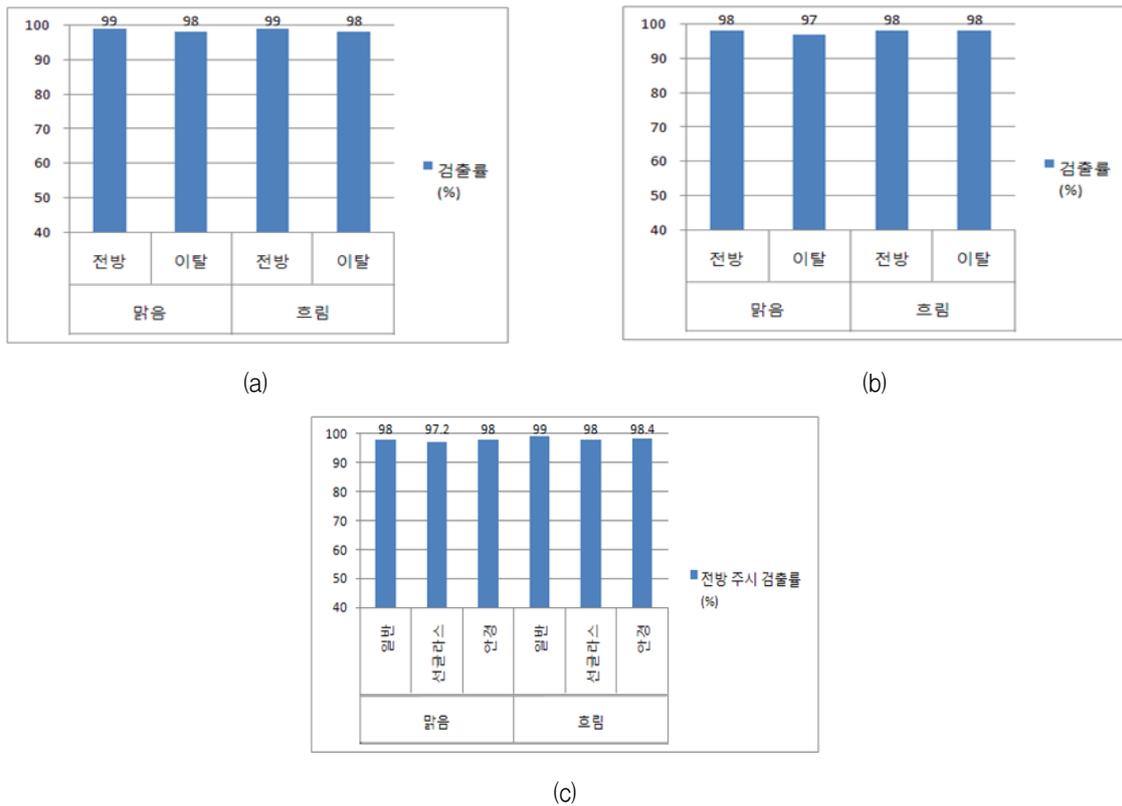


그림 14. 검출률 결과: (a) 정면, (b) 룸미러, (c) 안경/선글라스 착용

Fig. 14. Detection rate : (a) Front, (b) Room mirror, (c) glasses/sunglasses.

하게 된다면 조도 변화에 따른 오류 또는 일시적인 행위에 대한 검출에 대해서 행동 패턴으로 시스템이 판단하게 되기 때문이다.

따라서 최종적으로는 본 논문에서 소개하는 검출 방법을 기반으로 그림 14에 나타나 있는 소정의 프레임

동안 일정 기준 횟수 이상으로 행동 패턴이 검출될 때 행동 인식을 참으로 판단하는 것을 제안한다.

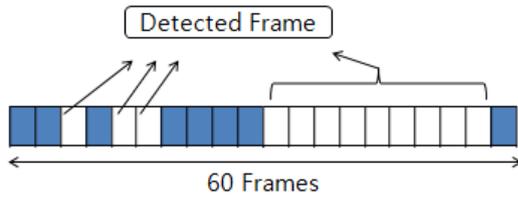


그림 14. 행동 인식 판정 기준  
Fig. 14. Decision rule for the behavior recognition.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 실시간 영상의 행동 패턴 인식을 기반으로 운전자 보조 시스템을 연구하고자 전화 통화 행동과 전방 주시 행동 인식 방법을 제안하였다.

먼저 전화 통화 인식의 경우에는 실내 조건에서 실험한 결과 카메라와 대상까지의 거리가 60cm 이내에서 80% 이상의 인식률을 보여주었고, 운전석에서는 카메라와 운전자의 거리는 50cm 이고 83%의 인식률을 얻었다. 두 번째로 전방 주시 행동 인식은 실내 및 운전석에서 전방 주시 인식률을 측정 한 결과 운전석(50cm)에서 98% 이상의 검출 결과를 보여주었다.

이 결과는 소정의 프레임동안 검출 프레임 수를 누적하여 행동 인식으로 판단할만한 인식률 값이다. 실험한 결과 평균 초당 20 프레임 내외의 영상 처리 속도를 보여주었기 때문에 3초 동안 2초(66%) 이상 행동 패턴이 검출되는 경우를 행동으로 판단한다면 이에 만족하는 인식률 결과이기 때문이다. 따라서 제안된 두 가지 방법은 운전자 보조 시스템에서 효과적으로 사용 가능할 것으로 사료되며, 더 나아가 대형 운송업체 혹은 대중 교통 업체의 운전자 관제 시스템 등에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### REFERENCES

[1] Ming-Hsuan Yang, Kriegman D. and Ahuja N., "Detecting Faces In Images: A Survey," Pattern Analysis And Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol. 24, pp.34-58, Jan 2002.  
[2] Qing Chen, Georganas N.D. and Petriu E.M., "Real-time Vision-based Hand Gesture Recognition Using Haar-like Features," Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, pp.1-6, May 2007.

[3] Viola P. and Jones M., "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," IEEE Computer Society Conference on, vol.1, pp.511-518, 2001.  
[4] Niazi M. and Jafar S., "Hybrid Face Detection with HSV Color Method and HAAR Classifier," 2010 2nd International Conference on, vol.2, pp.325-329, Oct 2010.  
[5] Hyok Song, Jinmo Choi, Chuldong Lee, Byeongho Choi and Jisang Yoo, "Implementation of A safe Driving Assistance System and Doze Detection" Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol 49(3), pp30-39, May 2012.

#### 저 자 소 개



김 상 원(학생회원)  
2007년 중앙대학교 전자전기  
공학부 학사 졸업  
2014년 성균관대학교 DMC공학과  
석사 졸업.  
2006년~현재 삼성전자 연구원.

<주관심분야 : 영상 신호처리, 컴퓨터 비전>



김 중 규(정회원)-교신저자  
1980년 서울대학교 전자공학과  
학사 졸업.  
1982년 서울대학교 전자공학과  
석사 졸업.  
1989년 The Univ. of Michigan,  
Electrical Engineering  
박사 졸업.

1980년~1981년 한국전자통신연구소 위촉연구원.  
1989년~1990년 University of Michigan,  
Post Doctoral Fellow.

1990년~1991년 삼성전자 선임연구원.  
1992년~현재 성균관대학교 정보통신공학부  
교수.

<주관심분야 : 통신, 컴퓨터, 신호처리, 반도체>