

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.3.115>

IIBC 2016-3-16

운전자 시선 및 선택적 주의 집중 모델 통합 해석을 통한 운전자 보조 시스템

Driver Assistance System for Integration Interpretation of Driver's Gaze and Selective Attention Model

김지훈*, 조현래*, 장길진**, 이민호***

Jihun Kim*, Hyunrae Jo*, Giljin Jang**, Minho Lee***

요약 본 논문은 차량의 내부 및 외부 정보를 통합하여 운전자의 인지 상태를 측정하고, 안전운전을 보조하여 주는 시스템을 제안한다. 구현된 시스템은 운전자의 시선 정보와 외부 영상을 분석하여 얻은 주변정보를 mutual information기반으로 통합하여 구현되며, 차량의 앞부분과 내부 운전자를 검출하는 2개의 카메라를 이용한다. 외부 카메라에서 정보를 얻기 위해 선택적 집중모델을 기반으로 하는 게슈탈트법칙을 제안하고, 이를 기반으로 구현된 saliency map (SM) 모델은 신호등과 같은 중요한 외부 자극을 두드러지게 표현한다. 내부 카메라에서는 얼굴의 특징정보를 이용하여 운전자의 주위가 집중되는 외부 응시 정보를 파악하고 이를 통해 운전자가 응시하고 있는 영역을 검출한다. 이를 위해서 우리는 실시간으로 운전자의 얼굴특징을 검출하는 알고리즘을 사용한다. 운전자의 얼굴을 검출하기 위하여 modified census transform (MCT) 기반의 Adaboost 알고리즘을 사용하였으며, POSIT (POS with Iterations)알고리즘을 통해 3차원 공간에서 머리의 방향과 운전자 응시 정보를 측정하였다. 실험결과를 통하여 제안한 시스템이 실시간으로 운전자의 응시하고 있는 영역과, 신호등과 같은 운전에 도움이 되는 정보를 파악하는데 도움이 되었음을 확인할 수 있으며, 이러한 시스템이 운전보조 시스템에 효과적으로 적용될 것으로 판단된다.

Abstract This paper proposes a system to detect driver's cognitive state by internal and external information of vehicle. The proposed system can measure driver's eye gaze. This is done by concept of information delivery and mutual information measure. For this study, we set up two web-cameras at vehicles to obtain visual information of the driver and front of the vehicle. We propose Gestalt principle based selective attention model to define information quantity of road scene. The saliency map based on gestalt principle is prominently represented by stimulus such as traffic signals. The proposed system assumes driver's cognitive resource allocation on the front scene by gaze analysis and head pose direction information. Then we use several feature algorithms for detecting driver's characteristics in real time. Modified census transform (MCT) based Adaboost is used to detect driver's face and its component whereas POSIT algorithms are used for eye detection and 3D head pose estimation. Experimental results show that the proposed system works well in real environment and confirm its usability.

Key Words : Driver assistance system, saliency map, gestalt principle, eye gaze, face detection

*준회원, 경북대학교 전자공학부

**정회원, 경북대학교 전자공학부

***정회원, 경북대학교 전자공학부 (교신저자)

접수일자: 2016년 3월 22일, 수정완료일: 2016년 5월 9일

게재확정일: 2016년 6월 10일

Received: 22 March, 2016 / Revised: 9 May, 2016 /

Accepted: 10 June, 2016

***Corresponding Author: mhlee@gmail.com

School of Electronics Engineering, Kyungpook National University, South Korea

I. 서 론

교통 사고는 일상 생활에서 발생하는 사고의 주요원인 중 하나이다. 특히 이러한 교통사고 중에서도 최근 3년간 사망사고의 가장 큰 원인인 졸음의 경우 31%로 가장 많은 비율을 차지하며, 졸음사고의 사망률(4.3%)은 기존 교통사고의 사망률(2.1%)보다도 훨씬 높은 수치를 가진다. 따라서 운전자 보조 시스템 (DAS : Driver Assistance System)에 적용되는 기술 중 졸음을 검출 및 알려주는 연구는 꾸준히 진행되고 있다.

본 논문에서는 영상 처리를 통한 운전자의 상태분석과 함께 자동차 전방의 상황을 같이 분석하여 주요 정보를 운전자에게 효율적으로 전달하는 시스템을 제안한다. 차량 외부 환경의 분석은 1차로 인간의 시각 데이터 처리 방식을 모방한 상향식(Bottom-up) 특징 통합을 통한 saliency map 모델^[1]을 기반으로 하며, 심리학 기반의 게스탈트 이론^[2]을 모델에 적용한 물체 기반의 주의 집중 모델을 제안한다. 차량 내부 환경의 분석은 운전자 얼굴 특징 분석에 초점을 맞추었으며, MCT기반의 adaboost^[3] 및 POSIT 알고리즘^[4]을 사용한 얼굴 방향 정보를 기반으로 외부 응시 정보를 획득한다.

본 논문의 구성은 I장의 서론에 이어 II장에서는 기존의 DAS시스템 관련 연구들에 대해 분석하고 본 논문의 지적 근거가 된 지식들에 대하여 간략히 설명하고자 한다. III장에서는 외부 환경 분석에 대한 실질적 구현 방법, IV장에서 내부 환경 분석에 대한 구현 방법을 설명한다. V장에서는 내외부 통합 구현 방법 및 데이터의 분석에 대하여 설명하며, VI장은 실험 및 결과, 마지막으로 VII장에서 결론을 제시한다.

II. 관련 연구 동향

II장에서는 영상 신호 처리를 기반으로 한 비접촉식 운전자 상태 관측(DSM) 시스템 위주의 연구 동향을 언급한다. 운전자의 상태를 관측하기 위해 많은 연구자들은 상용화된 눈 추적기 (eye tracker)를 사용한다. 하지만 상용화된 눈 추적기는 사용 환경에 제약이 있어 일반적인 도로 환경에 적용하기 힘들다. 예를 들어 Friedrichs와 Yang^[5]은 Seeing Machines이라는 눈 추적기를 이용하여 눈 정보를 획득하였으나 안경의 반사 문제, 조명 상태에

따른 에러율 증가를 해결하지 못하였다. 따라서 아직 많은 연구자들이 영상 처리를 이용하여 실제 실험 환경에서 강한 눈 검출기 및 특징 추출기를 구현하려고 노력하고 있다.

T. Brandt 등은 얼굴에서 가장 어두운 영역을 눈 영역이라고 추정하였으며^[6], X. H. Sun 등은 템플릿 매칭을 이용한 방법을^[7], M. Suzuki 등은 신경망을 이용하여 눈을 정확하게 검출하고자 하였다^[8]. 최근에는 눈동자의 위치를 정확하게 찾기 위해 적외선 광원을 이용한 "bright-pupil" 효과를 이용하는 방법이 많이 쓰이고 있다^[9,10]. 이는 카메라 렌즈 바깥 부분에 두 개의 링(ring) 형태의 적외선 광원을 설치하여 두 개의 링을 교대로 동공에 비추어 빛의 반사 정도의 차이를 통해 동공의 위치를 검출하는 기법이다. 눈 영역을 검출한 후에는 눈 깜박임 여부를 검출해야 하는데 T. Brandt 등은 눈 영역의 optical flow를 이용하여 깜박임을 분석하였다^[6]. M.Suzuki 등은 눈꺼풀 끝점 파형의 미분을 통하여 눈 깜박임을 검출하였다^[8]. Senaratne 등은 SVM를 이용하여 단위 시간 대비 눈을 뜨고 있는 정도(PERCLOS)를 표현하는 수치를 분류하였다^[11].

최근에는 눈 정보와 얼굴 방향 정보를 결합한 연구가 많이 시도 되었다. Mbouna 등^[12]은 관측되는 운전자의 동공 크기와 얼굴 방향을 결합하여 SVM으로 집중, 비집중 상태를 분류하였으며, Orazio 등^[13]은 운전자의 졸음 상태를 나타내는 확률 모델을 제안하였으며, EM 알고리즘을 통해 학습된 혼합 가우시안(mixture of Gaussian) 모델을 이용하여 운전자의 행동을 분류 하였다. 또 기기에 발달에 따라 이러한 연구를 스마트폰과 같은 접근성이 뛰어난 IT기기에 적용하고자 하는 연구^[14]도 진행되었다.

본 논문에서는 이러한 내부의 시선 정보를 이용하여 차량 내·외부 정보 통합해석을 시도하였으며 다음 장에서 그 구현 방법에 대하여 상세히 기술 하였다.

III. 차량 내·외부 통합 시스템 구현

그림 1은 제안하는 차량 내·외부 환경 분석 시스템의 개요도이다. 실제 주행 환경에서 외부의 시각적 정보는 차량 내부의 운전자에게로 전달되며 운전자는 정보를 획득하여 운전 행위의 판단 요소로 활용한다. 따라서 기존

정보 이론을 기반으로 정보의 전달에 대한 분석이 가능하며 운전자의 운전 상태 또한 분석할 수 있다. 본 연구에서는 상호 정보량 (mutual information)을 이용하여 내·외부 데이터를 통합 분석하였다.

1절에서는 차량 외부 분석을 위한 게스탈트(Gestalt) 이론 기반 관심 영역 선택 모델, 2절에서는 차량 내부 분석을 위한 운전자 시선 검출 알고리즘에 대해서 설명할 것이다. 3절에는 상호 정보량 (mutual information)을 이용한 통합 분석 방법을 소개한다.

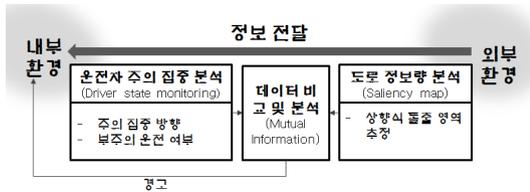


그림 1. 차량 내·외부의 분석 시스템
 Fig. 1. analysis system between internal and external information of vehicle

1. 차량 외부 분석을 위한 게스탈트 이론 기반 주의 집중 모델

본 논문은 상향식 saliency map^[15]을 통해 장면의 중요한 영역을 얻어내게 되며, 차량 전방 영상의 정보 분석에 이용하였다. 또한 게스탈트 이론과 관련된 특징들을 공학적으로 수치화 하여 장면에 대한 세부 특징 정보로 이용하였다.

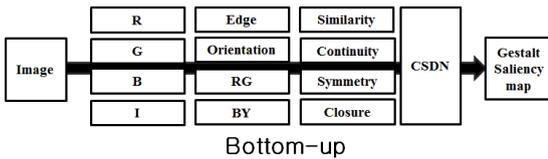


그림 2. 게스탈트 기반 saliency map
 Fig. 2. Saliency map based on gestalt principle

그림 2는 제안하는 게스탈트 기반의 주의 집중 모델이다. 이미지에서 1차적으로 빨강(R), 녹색(G), 파랑(B) 정보를 추출한 뒤에 색상 정보를 이용하여 밝기(I) 정보를 만들어 낸다. 다음으로 1차 정보를 활용하여 2차 정보인 에지(Edge), 방향(Orientation), 보색 대비(RG, BY)를 얻는다. 인간의 시각 처리 과정 중 망막에서 추출한 기본 정보들이 상위 세포로 인코딩 되면서 중앙강화-주변억

제(on-center, off-surround) 그리고 중앙억제-주변강화(off-center, on-surround)기능이 신경절 세포에서 시각 피질까지 일어나며, 기존의 saliency map 모델에서는 이러한 기능을 모델링하여 중앙-주변 차 알고리즘(Center-Surround Difference: CSD)을 이용한다.

제안하는 모델에서는 단순히 CSD를 그대로 사용하지 않고, 중앙-주변 차 알고리즘을 변형하여 게스탈트 특징 지도를 만들었다. 중앙-주변 차 원리는 세포다발의 수용장의 중심 자극이 주변부에까지 지속되면 오히려 전체 자극이 억제 되는 현상인데, 다른 말로 표현을 하자면, 중심부가 주변과는 다른 특징을 가지고 있을 때 강하게 반응하며 중심부와 주변부가 같은 자극을 가지고 있으면 오히려 자극이 상쇄되어 출력이 낮아진다는 것이다. 즉 중심 주변부간의 특징 정보의 유사성(similarity)이 높을수록 자극이 감소하는 형태라고 할 수 있다.

영상 정보에서 추출되는 개별 세부 특징 정보들을 벡터로 표현한다면 벡터간의 유사도를 계산할 수 있으며 유사도를 식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 이와 같이 게스탈트 이론의 유사성 특징을 중심-주변차 알고리즘을 변형하여 색과 방향에 대한 유사성을 특징을 추출하였다. 결과적으로 주변부에 비해 유사하지 않은 색과 방향 성분을 가진 영역을 돌출 시키게 된다.

$$\text{similarity} = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} \quad (1)$$

연속성(Continuity)과 대칭성(Symmetry), 폐쇄성(Closure) 정보의 추출 또한 물체 기반의 영역을 추정하는데 중요하다. 대부분의 배경이 아닌 대상들은 일정 대칭축을 중심으로 대칭성을 가지고 있을 확률이 높으며 연속적인 성분 또한 하나의 물체로 인지될 가능성이 높다. 대칭 성분 추출은 사진에 추출된 방향 정보를 이용해 Fukushima^[16]가 제안한 대칭축 추출 메커니즘을 적용하였고 연속성과 폐쇄성은 이를 응용하였다. 대칭축 분석의 기본 원리는 그림 5과 같다.

그림 3에서 보이는 것처럼, 임의 점 o에 대해서 각도 α 만큼 회전된 축이 대칭축인지 확인하기 위해서는 각도만큼 회전된 축을 중심으로 오른쪽, 왼쪽 각각 A만큼 거리에 대칭되는 성분이 있는지를 분석 하게 된다. 연속성은 이 경우 대칭 성분 대신 같은 방향의 성분이 나란히 있는지에 대한 분석, 폐쇄성은 주위 4방향 이상이 되는

부분에 평행한 성분이 있는지를 수행하게 된다.

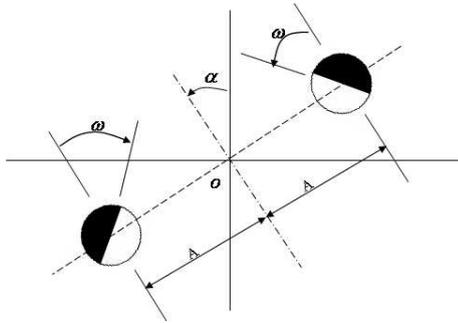


그림 3. 대칭 축 검출방법
Fig. 3. method for detecting the axis of symmetry

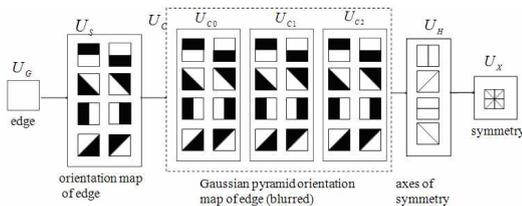


그림 4. 대칭성 검출구조
Fig. 4. structure for detecting symmetry

그림 4은 이런 메커니즘을 바탕으로 본 논문에서 고려된 대칭축성분 검출구조를 보여 주고 있다. 앞서 언급 했듯이 그림 4의 단계는 인간의 시각경로 중 망막의 기능인 밝기 차 정보를 추출하고 이 정보가 S세포의 기능과 유사한 단계에서 특정 방향에 대해 분류된다. 또한 이렇게 분류된 특정 방향성 정보들은 C세포의 기능과 유사한 단계에서 블러링(blurring)되고, 단계에서 각 방향성 정보에 대한 분석을 통해 대칭축을 구한다. 또한 단계에서는 각 방향에 대한 대칭 정보를 통합하여 최종 대칭축을 분석한다.

중앙-주변 차 알고리즘 구현 시 서로 다른 크기의 가우시안을 영상에 적용하기 위해 6 계층을 갖는 가우시안 피라미드 영상을 사용하였으며, 이후 과정은 일반적인 saliency map과 동일하다.

2. 차량 내부 분석을 위한 운전자 상태 관측 모델

외부 정보와 내부 정보를 비교하기 위해서는 내부의 사람이 외부 정보를 보고 있는지 확인할 필요가 있다. 따라서 전방 영역에 대한 응시 위치를 추정하게 된다. 그림

5에서는 내부의 카메라를 이용하여 얼굴 및 특징추출, 헤드포즈 검출을 통해 주의 집중 방향을 추정할 수 있다.

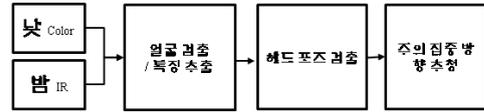


그림 5. 내부정보의 처리과정
Fig. 5. process of internal information

가. 운전석 환경의 조명 변화 처리

운전석 환경은 외부의 조명 변화에 그대로 노출되며, 극적인 조명 변화는 영상 데이터를 수집하고 처리하는데 있어서 치명적인 영향을 주게 된다. 따라서 실 환경에 적용되는 운전자 상태 관측 시스템(DSM)을 구현하기 위해서는 이러한 점이 필히 고려되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Self Quotient Image(SQI)^[17] 알고리즘과 Modified Census Transform(MCT)^[3] 특징을 이용하여 조명 전처리를 하였다. SQI는 영상에서 조명 변화로 발생하는 휘도 불균형을 제거하기 위해서 제안된 알고리즘이다. 본 논문에서는 SQI를 동공 검출 단계 이전의 정확도 향상을 위해 사용하였다.

MCT는 Froba가 제안한 알고리즘으로 본 논문에서는 MCT 특징을 이용한 AdaBoost 알고리즘을 적용하여 얼굴 특징 정보의 위치와 영역을 검출하였다.

나. 얼굴 및 Landmark 검출을 위한 MCT 특징 기반 Adaboost 알고리즘

본 논문에서는 운전자의 상태를 파악하기 위해서 실시간 영상의 운전자의 얼굴, 눈, 코, 입 영역을 검출한다. 조명 변화에 강건한 검출 성능을 위해 본 연구에서는 MCT 특징 정보를 이용하는 Adaboost를 사용하여 얼굴 및 눈, 코, 입 영역을 검출한다.

다. 눈 깜박임 및 얼굴 방향 추정

본 논문에서 얼굴 방향의 3D 좌표를 추정하기 위해 POSIT 알고리즘^[4]을 이용하였다. POSIT (POS with Iterations) 알고리즘은 POS (Pose from Orthography)을 반복적으로 수행하며 오차율을 줄이는 방법으로 로컬 3D 좌표를 카메라 좌표로 변환하는데 사용한다.

본 논문에서는 운전자의 눈, 코, 입의 4개의 포인트를

사전에 3D모델링하여 POSIT 알고리즘을 통해 각 프레임에 검출되는 운전자의 얼굴 방향을 추정한다. 식 (2)과 같이 투사 행렬 P는 카메라 내부 파라미터 행렬 K와 회전 행렬 R, 이동 벡터 t를 사용하여 구한다.

$$P = K[Rt] \quad (2)$$

투사 단계의 3D 얼굴 모델의 좌표 X_i 을 실시간 영상 프레임에 합성 할때 투사 행렬에 의해 2D 좌표 x_i 로 변환되는데 이는 식 (3)을 통해서 구할 수 있다.

$$x_i = PX_i \quad (3)$$

3. 내·외부 통합을 위한 상호 정보량 분석

본 논문에서 상호 정보량(mutual information) 계산을 위해 차량 전방영상을 9개의 부분(3×3)으로 양자화하고 운전자의 주의 집중 영역 역시 9등분 하였다. 그림 6을 보면 좌측은 차량 내부의 단위 시간당 운전자 응시 방향할당 확률을 구하여 밝기 지도로 표현을 하였으며 우측의 게슈탈트 기반 SM은 도로 영상의 정보량을 표현한다.

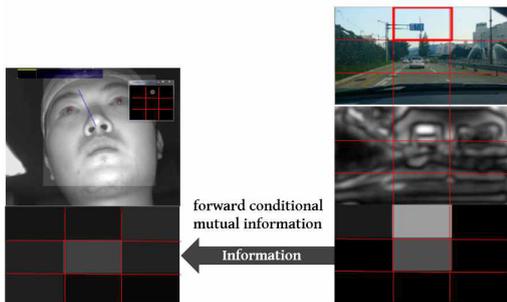


그림 6. 차량 외부 및 내부 정보 통합
 Fig. 6. integration of internal and external information

정보 전달의 측정은 전향 조건 상호 정보(forward conditional mutual information) 수식을 이용한다. 차량 외부 정보 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i\}$ 가 차량 내부의 동일한 채널로 각각 전달 될 때, 운전자는 외부 정보량에 대하여 반응하게 되며 단위 시간당 각 채널에 대한 응시율 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_j\}$ 을 보이게 되고, A로부터 B로 전송되는 평균 정보량은 다음의 식 (4)로 나타내어진다.

$$\sum_{j=1} p(b_j|a_i) \log \frac{p(a_i, b_j)}{p(a_i)p(b_j)} \quad (4)$$

IV. 실험 및 결과

1. 실험 데이터

실시간 운전자 주행의 공용 영상 데이터베이스는 찾기 힘들기 때문에 본 논문에서는 직접 차량에 설치된 카메라를 통해 주행 상태의 데이터베이스를 획득하였다.

2. 실험 결과

그림 7는 제안하는 게슈탈트 기반 saliency map 모델을 Itti 모델^[1]과 간략히 비교해본 결과이다. 제안 모델은 특징벡터의 유사성 비교만으로 다양한 세부 특징 요소들의 차이점을 두드러지게 표현 할 수 있다는 장점을 보이며 배경에 비해 물체(Object)의 특성을 가지는 영역에 좀 더 확실히 반응함을 볼 수 있다.

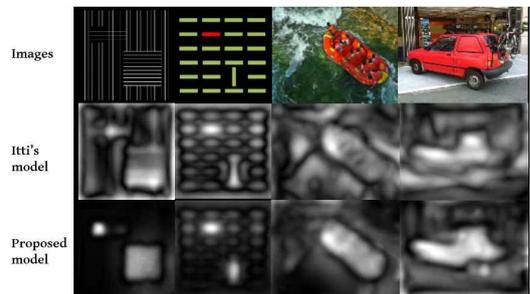


그림 7. 게슈탈트 기반 saliency map 결과
 Fig. 7. result of saliency map based on gestalt principle

그림 8은 실험 영상이며 자동차가 시가지를 주행하는 영상이다. 빨간 사각형 테두리는 운전자의 응시 영역을 가리키고 단위 시간 (10프레임) 당 응시 점유율에 따라 외부 정보와 상관관계가 구해진다. 단위 시간을 짧게 설정한 이유는 단위 시간이 길어지면 응시 영역 할당량과 외부 정보량이 지나치게 평균화 되어 순간적 변화에 정보 전달량의 변화가 미미했기 때문이다.

그림 9의 파란색 그래프는 표지판을 확인하며 주행한 결과이며 빨간색 그래프는 표지판을 가급적 보지 않으며 주행한 결과이다. 그래프는 각각의 표지판을 50프레임의 단위 시간당 상호 정보량의 평균을 구한 결과를 보여주

고 있다. 그림 8과 그림9의 ①부터 ⑤는 각 프레임 당 매칭 되는 도로 영상과 상호 정보 전달량을 뜻하며 운전자가 교통 표지판을 바라보는 순간 일반적인 주행 시 받아들이는 평균 정보량에 비해 두드러지게 증가함을 볼 수 있다. ④의 경우를 제외하고 대부분 5.0에서 10.0의 차이를 보여 주고 있는데 ④의 경우 신호등의 신호 영역의 크기가 표지판에 비해 작기 때문에 구분이 어려운 문제가 있다. 이와 같은 실험 결과에 따라 제안된 인지 증강모델 및 통합된 시스템은 일부의 구분이 어려운 경우를 제외하면 운전자의 주의를 높여주는데 효과적인 것으로 보일 수 있었다.

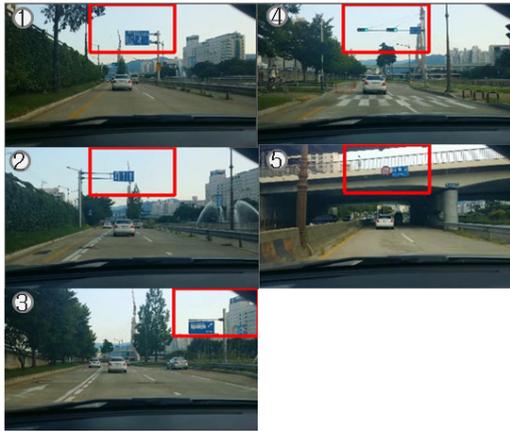


그림 8. 도로주행시 운전자의 응시 방향
Fig. 8. driver's eye direction in driving state

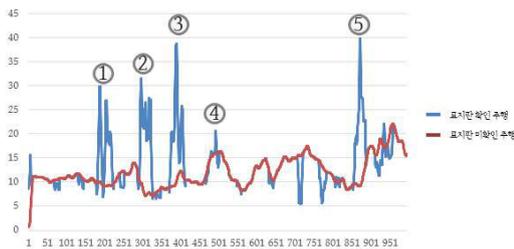


그림 9. 표지판 확인 및 미확인 주행시 정보 전달량 그래프
Fig. 9. information graph comparing to checking and not checking traffic signal when driving state

V. 결론

본 논문에서는 차량 내·외부 정보 통합 해석을 통한

운전자 상태 모니터링 시스템을 제안하였다. 본 연구를 통해 영상 처리를 통하여 차량 전방의 정보 분포를 획득하고 운전자의 전방 영역별 인지 자원 할당율을 추정하여 차량 외부에서 운전자의 시각으로 전달되는 상호 정보량(Mutual information) 분석을 통해 운전자의 인지적 공백의 발생을 체크하여 위험을 판단하는 시스템을 구현하였다. 또한 실시간 도로 상황에서 테스트를 통해 성능의 유용성을 검증하였다. 추후 도로 상황에 알맞은 차량 외부 정보량을 더 잘 표현하기 위해 하향식 정보 학습을 적용할 계획이다.

References

- [1] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis," *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.*, Vol. 20, No. 11, pp. 1254-1259, 1998.
- [2] Wertheimer, Max. "Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt," *Psychological Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 301-350, 1923.
- [3] Bernhard Froba and Andreas Ernst, "Face Detection with the Modified Census Transform," *Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 91-96, 2004.
- [4] DeMenthon, Daniel F., and Larry S. Davis. "Model-based object pose in 25 lines of code." *Computer Vision-ECCV'92*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 335-343, 1992.
- [5] F. Friedrichs and B. Yang, "Camera-based drowsiness reference for driver state classification under real driving conditions," *IEEE Intell. Veh. Symp.*, pp. 101-106, 2010
- [6] T. Brandt, R. Stemmer, and A. Rakotonirainy, "Affordable visual driver monitoring system for fatigue and monotony," *IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern.*, Vol. 7, pp. 6451-6456, 2004.
- [7] X. H. Sun, L. Xu, and J. Y. Yang, "Driver fatigue alarm based on eye detection and gaze estimation," *MIPPR-Automatic Target Recognition and Image*

Analysis; and Multispectral Image Acquisition, pp. 678-612, 2007.

[8] M. Suzuki, N. Yamamoto, O. Yamamoto, T. Nakano, and S. Yamamoto, "Measurement of driver's consciousness by image processing-A method for presuming driver's drowsiness by eye-blinks coping with individual differences," IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern., Vol. 4, pp. 2891-2896, 2006.

[9] L. Bergasa, J. Nuevo, M. Sotelo, R. Barea, and E. Lopez, "Real-time system for monitoring driver vigilance," IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., Vol. 7, No. 1, pp. 63-77, Mar. 2006.

[10] Cho, Hyeon-Seob, and Hee-Sook Kim. "Real Time Eye and Gaze Tracking." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 6, No. 2, pp. 195-201, 2005.

[11] R. Senaratne, D. Hardy, B. Vander, and S. Halgamuge, "Driver fatigue detection by fusing multiple cues," in Proc. 4th Int. Symp. Neural Netw., Vol. 4492, Lecture Notes In Computer Science, 2007, pp. 801-809.

[12] Mbouna, Ralph Oyini, Seong G. Kong, and Myung-Geun Chun. "Visual analysis of eye state and head pose for driver alertness monitoring," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 14, No. 3, pp. 1462-1469, 2013.

[13] D'Orazio, Tiziana, et al. "A visual approach for driver inattention detection," Pattern Recognition, Vol. 40, No. 8, pp. 2341-2355, 2007.

[14] Byung-Hun Oh, JKwang-Woo Chung, Kwang-Seok Hong, "Gaze Recognition System using Random Forests in Vehicular Environment based on Smart-Phone," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 15, No. 1, pp. 191-197, 2015.

[15] Jeong, Sungmoon, Sang-Woo Ban, and Minho Lee. "Stereo saliency map considering af-fective factors and selective motion analysis in a dynamic environment." Neural networks, Vol. 21, No. 10, pp. 1420-1430, 2008.

[16] K. Fukushima, "Use of non-uniform spatial blure for image comparison: symmetry axis extraction", Neural Network, Vol. 18, pp. 23-22, 2005.

[17] Wang, Haitao, et al. "Self quotient image for face recognition." Image Processing, 2004. ICIP'04. 2004 International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2004.

저자 소개

김 지 훈(정회원)



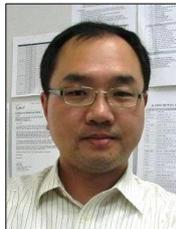
- 2013년 : 경북대학교 IT대학 전자공학부 공학사
- 2015년 : 경북대학교 전자공학부 공학석사
- <주관심분야 : 영상신호처리, 운전자 보조 시스템, 딥러닝>

조 현 래(정회원)



- 2012년 : 경북대학교 IT대학 전자공학부 공학사
- 2014년 : 경북대학교 전자공학부 공학석사
- <주관심분야 : 영상신호처리, 운전자 보조 시스템>

장 길 진(정회원)



- 1997년 : KAIST 전산학과 공학사
- 1999년 : KAIST 전자전산학과 공학석사
- 2004년 : KAIST 전자전산학과 공학박사
- 2004년~2006년 : 삼성종합기술원
- 2006년~2007년 : 미국 Softmax, 연구원
- 2008년~2009년 : UCSD, 박사후연구원
- 2009년~2014년 : 울산과학기술대학교 조교수
- 2014년~현재 : 경북대학교 조교수
- <주관심분야 : 음성신호처리, 패턴인식, 컴퓨터비전, 의료영상처리, 딥러닝>

이 민 호(정회원)



- 1988년 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
- 1995년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
- 1995년~1998년 : 한국해양대학교 조교수

• 1998년~현재 : 경북대학교 IT대학 전자공학부 교수

<주관심분야 : 영상/음성 신호처리, 생물학기반 선택적 주의 집중, 뇌-기계 상호작용, 딥러닝>

※ 이 논문은 2015학년도 경북대학교 전임교원 연구년 교수 연구비에 의하여 연구되었음.