

운전자 행동 추정을 위한 손 위치 검출

원웅제^{*1)} · 손준우²⁾

대구경북과학기술원 미래산업융합기술연구부¹⁻²⁾

Driver's Hands Detection for Estimating Driver's Behavior

WoongJae Won^{*1)} · JoonWoo Son²⁾

^{*1-2)}Division of Advanced Industrial Science & Technology, Daegu GyeongBuk Institute of Science & Technology(DGIST), 711 Gongdanbuk2gil, Dalseo-gu, Taegu 702-230, Korea

Abstract : In this paper, we proposed a simple driver's hand detection model for estimating driver's behavior, in order to implement interactive workload manager. For the detection of the driver's hands position, we use normalized color features with skin color filter for filtering non-hand regions. And, the center surround difference and normalization algorithm are considered for making hand salience map, which is effective to intensify the driver's hand region color characteristic as well as reduce background noise influence. After constructing the hand salience map using skin-filtered color normalized feature, the driver's hand regions are selected by local maximum energy searching with 4-directional region growing based entropy maximization algorithm to find suitable size of the driver's hand areas. Experimental results show that simple proposed model can successfully detect driver's hand position.

Key words : Driver's hand detection(운전자 손 검출), Driver's behavior(운전자 행동), Interactive safety driving manager system(운전자 상호 작용 형 안전 운전 관리 시스템), hand saliency map(손 들풀맵)

1. 서 론

최근, 미국의 National Highway Traffic Safety Adminstration(NHTSA)는 매년 미국의 교통사고 중 25~35% 나 120만건 이상의 자동차 충돌 사고가 운전자의 부주의로 인해 발생하는 것으로 보고하고 있다.¹⁾ 그리고, Treat et. al. 는 자동차 충돌 사고의 주 원인은 운전자의 부주의, 잘못된 인지로 인한 부적절한 행동(performance errors)등 과 같은 인간의 실수(human error)로 인한다고 발표하고 있다²⁾. 특히, 최근 자동차에 적용되고 있는 네비게이션(navigation), 오디오(audio) 및 핸드폰과 같은 정보 및 오락(infotainment) 장치와 자동차의 주행 보조 장비의 증가와 함께 복잡한 시내 주행과 같은 높은

운전 부하 상태에서 과도한 정보 제공이나 정보하기 조작의 필요성이 증가 되고 있어, 이에 따른 운전자의 부주의로 인한 운전자 관련 교통사고의 위험성이 증가 하고 있다.³⁻⁴⁾ 뿐만 아니라, 최근 일반 운전자에 비하여 시각 및 운동 능력이 떨어지는 고령 운전자의 증가함에 따라 과도한 정보를 제공하거나 장치 조작을 요구하는 시스템은 고령자의 안전운전에 매우 위협이 되고 있다.⁵⁻⁶⁾

이런 위협을 줄이기 위해, 운전자의 부주의 및 운전자가 기기 동작으로 인한 주의 산만 과 이로 인한 부적절한 행동에 따른 교통사고의 위험성으로부터 운전자가 적절한 안전 운전을 할 수 있도록 하는 서비스를 제공 기능을 갖는 안전 운전자 보조 시스템에 포함 되어야 할 것이고, 이러한 시스템을 구

측하기 위해서는 운전자의 부주의 상태를 판단할 수 있는 요인을 정의하고, 그 요인들과 주의 집중 상태의 상관관계를 분석할 필요가 있으며, 이런 상관성을 바탕으로 운전자의 상태를 측정 할 수 있는 센서 및 정보 처리 기술을 개발해야 할 것이다. 또한, 이 기술을 활용하여 운전자의 상태 및 차량 내부, 외부의 상태를 파악하여 운전자에게 필요한 지침을 줄 수 있고, 사전에 긴급 상황이 발생한 것을 운전자에게 알려줌으로써 운전자의 주의 환기 및 안전 운행 방법을 숙지시킬 수 있어야 할 것이다.

이에 따라, 최근에는 인간-중심형 지능형 자동차를 위한 운전자-차량간 첨단 인터페이스 기술(AHMI: advanced human-machine interface), 첨단 운전자 도우미 시스템(Advanced Driver Assistance System; ADAS), 운전자 상호 작용형 운전 부하 관리 시스템(Interactive Driver Workload Manager)과 같은 운전자의 운전 부하를 줄이고, 부주의 운전에 대한 안전운전과 편리성을 향상 시키는 기술이 지능형 자동차 연구 분야에 관심을 보이고 연구 투자하고 있다.⁶⁻⁷⁾ 또한, 이런 시스템을 구현하기 위하여, 컴퓨터 비전 관련 연구 분야에서는 운전자의 시선 정보를 이용하여 운전자의 부주의 및 주의 산만에 대한 추정 시스템을 개발하고 있지만, 운전자 관련 정보에서는, 단지 시선 정보를 이용하기 때문에 운전자의 의도나 행동에 대한 고려가 부족하여 좋은 성능을 보이지 못하고 있다.⁸⁾

따라서, 본 논문에서는 운전자의 의도 및 운전자의 부주의 행동을 사전에 추정하기 위해 운전자의 손 위치 검출 모델을 제안하고자 한다.

손 위치 정보의 추정은 카메라로부터 입력 받는 자동차 내부 환경 영상에 대해서, 조명 변화에 덜 민감한 정규화 된 색상 정보와 피부색 필터를 이용하여 피부색 영역을 추출하고, 노이즈에 강건한 중앙-주변 차 정규화 알고리즘(center surround difference and normalization)⁹⁾을 이용하여 손 영역을 주변 영역 보다 두각 적으로 표현하는 영상을 구성한 다음, 지역 최대 검색 방법과 4방향 지역 증가 기반 엔트로피 최대화(Entropy maximization) 알고리즘¹⁰⁾을 이용하여 운전자의 손 영역을 검출하여 손 위치 정보를 추출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 운전자의 행동 추정을 위한 손 영역 검출 모델에 대해서 소개 하며, 3장에는 운전자의 행동 추정을 위한 시스템 구축 및 실험 결과를 보이며, 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 운전자 손 검출 모델

그림 1은 운전자의 행동을 추정하기 위한 운전자 손 검출 모델을 보여 주고 있다.

우선 입력 이미지에서, 빨강색(R), 녹색(G), 파랑색(B)을 추출하고, 추출된 색상 정보를 이용하여 빛의 변화에 강건한 정규화된 빨강색(r), 녹색(g), 노란색(y)을 검출한 후 살색 영역의 명함도를 강화하기 위한 ry_g맵을 구성한다. 그리고 구성된 피부색 영역 강화 맵(ry_g)과 사전에 설정된 정규화 색상 기반 피부색 필터를 이용하여 피부색 영역만 통과 시킨 손 영역 분리 맵(HM)을 구성한 후, 노이즈의 영향을 줄이고 대상 영역을 두각 적으로 표현 해주는 중심-주변 차 알고리즘을 이용하여 손 영역을 강화하고,

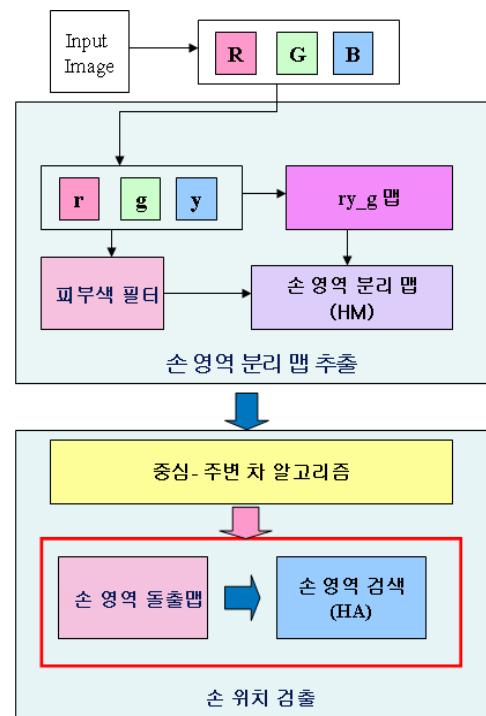


Fig. 1 제안하는 손 위치 검출 모델

배경 영역을 억제한 손 영역 돌출 맵을 구성한다. 구성 된 손 영역 돌출맵은 손 영역이 주변보다 강화되어 있기 때문에, 간단히 지역 최대 검색(local energy maximum searching)을 통하여 운전자의 손 영역을 추출하였다. 그리고 손 영역의 크기를 구하기 위해서 4방향의 영역 확장(region growing)기반 엔트로피 최대화 알고리즘을 이용하여 손 영역을 검출 한다.

2.1 손 영역 분리 맵 추출

피부 색상 특징 추출을 위하여, 우리는 조명 변화의 덜 민감한 정규화 된 색상 정보를 입력 영상으로 고려하였다.

고려된 모델은, 입력 영상으로부터 빨강(R), 녹색(G), 파랑색(B) 추출 한 후, 조명 변화에 덜 민감한 정규화 된 빨강(r), 녹색(g), 노랑(y) 색 영상 정보들을 식 (1)을 이용하여 구성한다.¹¹⁾

$$\begin{aligned} r &= \begin{cases} R - \frac{G+B}{2}, & , r > 0 \\ 0 & , r \leq 0 \end{cases} \\ g &= \begin{cases} G - \frac{R+B}{2} & , g > 0 \\ 0 & , g \leq 0 \end{cases} \quad (1) \\ y &= \begin{cases} \frac{R+G}{2} - B - \frac{|R-G|}{2} & , y > 0 \\ 0 & , y \leq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

그리고, 구성된 r, g, y 영상정보영상에 이용하여 피부의 영역에 대한 명암도를 강화 시키고 피부색 영역이 아닌 영역의 명암도를 줄이기 위해 식 (2)을 이용하여 피부 영역 강화맵(ry_g) 맵을 추출한다.

$$ry_g = \begin{cases} (r+y) - 2 \times g & , 0 < ry_g < 255 \\ 0 & , ry_g < 0 \\ 255 & , ry_g > 255 \end{cases} \quad (2)$$

추출된 ry_g 맵에 대하여 현재 입력 이미지의 정규화된 r, g, y 색상에 대하여 식 (3)에 이용하여, 사전에 설정된 피부색 필터의 r, g, y에 해당하는 2중 임계값을 적용한 후, 교집합을 통해 임계값 범위에 포함된 픽셀은 피부색 강화 맵(ry_g)의 명암정보를 가져오고, 임계값 범위에 포함되지 않은 픽셀은 0으로 하여 배경과 손 영역 을 분리한 손 영역 분리 맵(HM)

을 만든다.

$$\begin{aligned} &if ((r_{mean} - \alpha \cdot \sigma_r^2 \leq r \leq r_{mean} + \alpha \cdot \sigma_r^2) \\ &\wedge (g_{mean} - \beta \cdot \sigma_g^2 \leq g \leq g_{mean} + \beta \cdot \sigma_g^2) \\ &\wedge (y_{mean} - \gamma \cdot \sigma_y^2 \leq y \leq y_{mean} + \gamma \cdot \sigma_y^2)) \quad (3) \\ &then \quad HM = ry_g \\ &else \quad HM = 0 \end{aligned}$$

여기서 r_{mean} , g_{mean} , 그리고 y_{mean} 는 각각 사전에 샘플 영상으로부터 학습된 피부 색 영역의 정규화된 r, g, y 평균값이며, σ_r^2 , σ_g^2 , 그리고 σ_y^2 는 각 피부 색상 분포의 표준 편차이다.

그림 2에서는, 입력 영상에서 r, g, y를 추출한 후, 피부색 강화 맵(rg_y)을 추출 한 다음, 피부색 필터를 이용하여 손 영역을 외의 배경 영역을 제거하여 손 영역 분리 맵(HM) 구성 과정을 보여 주고 있다.

2.2 손 영역 돌출맵

피부 색상 특징 추출 모델에서 추출한 영상은 덜 민감한 정규화된 색상 정보로 고려하였지만, 여러 조명 변화에 의하여 잡음이 많이 생긴다.

따라서, 우리는 조명 변화에 강건하고 손 영역이 손 영역이 아닌 영역에 비해 두드러지게 하기 위하여 중심-주변 차 알고리즘을 이용하여 손 영역 돌출 맵(HM)을 구성하였다^{9).}

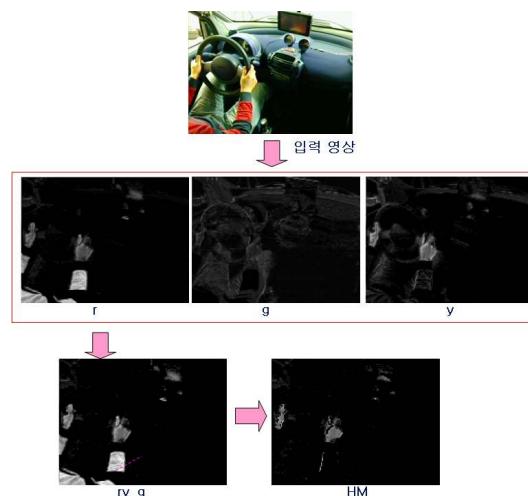


Fig. 2 손 영역 분리 맵 추출과정

고려된 중심·주변 차 알고리즘은, 우선 피부색 필터를 거친 손영역 분리맵(HM)에 대해서 크기 1부터 크기 7레벨을 갖는 가우시안 피라미드 영상⁹⁾^{,12)}들을 구성하고 식 (4)와 식(5)를 이용하여 손돌출맵을 구성한다.

$$HM(c, s) = |HM(c) \ominus HM(s)| \quad (4)$$

$$\overline{HM} = \bigoplus_{c=2}^{c=3} \bigoplus_{s=c+2}^{s=3} (HM(c, s)) \quad (5)$$

여기서, c(center)는 피라미드 영상에서 축소·확대가 적게 되어 있는 선명한 가우시안 피라미드 영상을 의미하며, s(sorround)는 피라미드 영상에서 축소·확대가 많은 흐린 영상을 의미한다. 또한, ‘⊖’ 연산자는 같은 치의 화소 값 상이의 차이를 의미하며, ‘⊕’는 서로 다른 피라미드 영상간의 합 연산을 의미한다.

그림 3에서 보여 지는 것처럼, 고려된 손 영역 돌출맵은 손 영역이 배경 영역 보다 두 들어 지게 표현됨을 볼 수 있다.

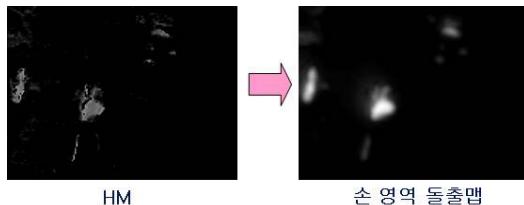


Fig. 3 손 영역 돌출맵

2.3 손 영역 검출

손 영역 돌출맵은, 영상에서 손 영역을 배경보다 명함을 강화하고, 배경 영역을 억제된 영상이기 때문에, 손 영역은 간단히 식 (6)을 이용하여 그림 4와 같이 일정 크기의 윈도우(window)를 이용하여 돌출 맵의 화소별 에너지를 구하고 순차적으로 에너지가 큰 영역을 선택 한 다음, 에너지가 임계값 보다 큰 화소에 대해 손 영역으로 설정하였다.

$$HA_k(x, y) = argmax_k \left(\sum_{i,j=-win/2}^{i,j=+win/2} \overline{HM}(x+i, y+j) \right) \quad (6)$$

또한, 선택된 각 손 영역의 크기를 구하기 위하여

그림 5와 같이 영역 확장의 시작점(s_{min})과 영역 확장의 끝점(s_{max})을 설정하고, 손 영역의 중심점에서 일정 차이만큼 왼쪽, 오른쪽, 위, 아래 방향에 대해 크기를 증가 시키면서 Timor Kadir이 제안한 엔트로피 최대화 알고리즘을 적용하여 각 방향의 최적의 크기를 구한다.⁹⁻¹⁰⁾

3. 실험 결과

제안하는 운전자의 손 영역 검출 모델의 실험을 위하여, 우리는 고령운전자 행동분석을 위하여 개발한 Mercedes-Benz사의 Smart 차 시뮬레이터^[13]에 Logitech 사의 Quick Cam 시리즈인 Ultra Vison 캠 카메라를 설치하였다.

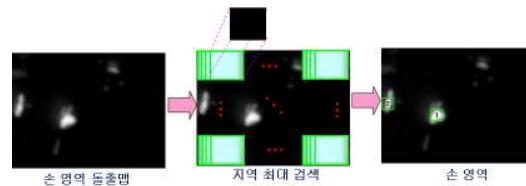


Fig. 4 손 영역 검출

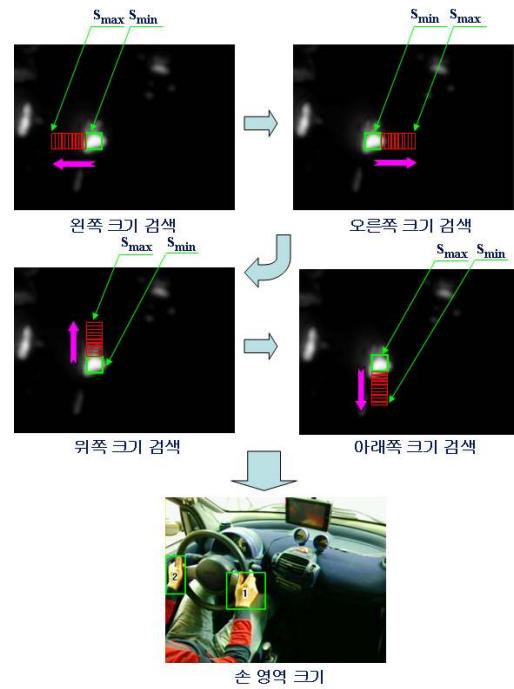


Fig. 5 손 영역의 크기 검출

또한, 운전자의 손 영역 검출 DB를 구성하기 위하여 운전자는 일정 시나리오대로 자동차 시뮬레이터 상에서 직접 운전을 하였고, 설치된 카메라를 이용하여 운전자의 행동을 촬영하였다. 촬영한 운전자의 행동 DB의 총 인원 수는 30명(남자:18명, 여자:12명)으로 구성되었으며, 실험한 운전자의 평균 나이는 34(23~69)이었다.

그리고, 제안하는 모델을 위해서 촬영한 운전자 행동 동영상 DB에서 1,139 영상을 획득하여, 240개의 영상은 피부색 필터의 피부색 r, g, b 분포를 구하기 위한 샘플 데이터로 사용하였으며, 899 영像是 실험 영상으로 활용하였다.

손 영역 분리 맵을 위한 피부색 필터는, 240개의 각각의 학습 영상에 대해서 손 영역을 직접 분리하여 각각의 r, g, y 값의 평균값을 하나의 피부색 분포 데이터로 활용하였다. 이렇게 획득한 피부색 필터를 위한 r, g, y 값의 샘플 개수는 총 1387개이고, 모든 샘플에 대한 r 성분의 r_{mean} 은 53.95, g 성분의 g_{mean} 은 30, 그리고 y_{mean} 은 75.04 이었으며, r 성분의 표준 편차 σ_r^2 는 23.5, g 성분의 표준 편차 σ_g^2 는 9.53, 그리고 y 성분의 표준 편차 σ_y^2 는 27.26이었다. 또한, α , β , 그리고 γ 를 2로 하였다.

그림 6은 240개의 영상에 대해서, 피부색 필터를 구성하기 위하여 획득한 1387개의 손 영역 평균값들의 데이터 분포를 보여주고 있다.

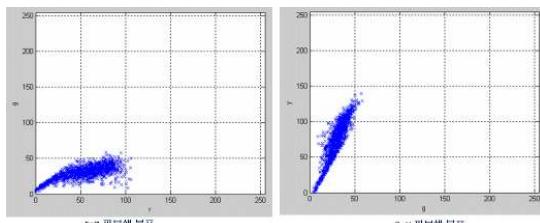


Fig. 6 피부색 데이터 분포

또한, 그림 7은 고려된 모델을 이용하여 운전자의 손 영역 검출 결과를 보여주고 있다. 그림 7에서 보여주고 있는 것처럼 제안하는 모델은 성공적으로 운전자의 손 영역을 검출함을 보여고 있다.

그리고, 그림 8은 검출된 손 영역과 영상 좌표상에서 사전에 자동차 내부 장치 영역을 설정한 위치와 비교하여, 운전자의 행동 추정 결과를 보여주고 있다. 그림 8과 같이, 제안한 모델은 간단히 손 위치 정보와 자동차 내부 장치의 위치를 비교함으로써

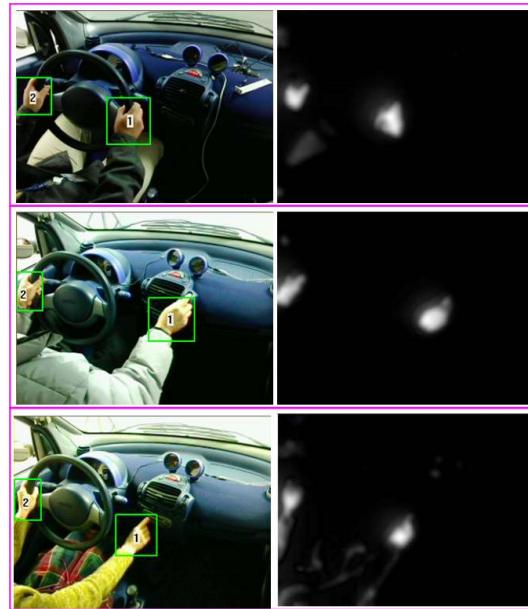


Fig. 7 운전자의 손 영역 검출 결과

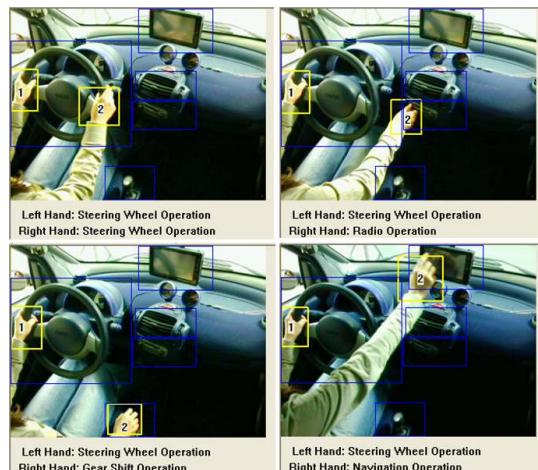


Fig. 8 운전자 손 위치정보를 이용한 운전자 행동 추정

운전자의 행동 성공적으로 추정 할 수 있음을 보이고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는, 운전자의 행동 추정을 위한 운전자 손 영역 검출 모델을 제안하였다. 피부색상 특징 추출 모델에서 추출한 영상은 덜 민감한 정규화 빨강(r), 녹색(g), 노랑색(y) 정보와 피부색상 필터를 이용

하여 운전자 손 영역과 배경과 분리 할 수 있는 맵을 구성 하였으며, 중심-주변 차 알고리즘을 이용하여 여러 노이즈에 강건하게 손 영역을 강화하고 배경 영역을 억제하여 손 영역을 검출하였다. 또한, 손 영역의 크기 정보를 획득하기 위하여 4 방향 영역 확장 방법과 엔트로피 최대화 알고리즘을 사용하여 제안한 모델이 성공적으로 손 영역을 검출함을 보였다.

향후에는, 고려된 모델에 대한 강건한 운전자의 손 영역의 판별을 위하여 운전자의 손 모양 특성을 반영 할 것이며, 운전자의 손 위치와 자동차 내부 장치 위치 비교에 따른 움직임 분석을 하여 운전자의 행동 및 의도를 세부적으로 추정 하는 방법을 고려해야 할 것이다.

후 기

본 연구는 건설교통부 “고령자 친화형 자동차 안전 성 향상 기술”과 과학기술부의 “대구경북과학기술연구원” 기관 고유 연구 사업비로 수행되었습니다.

References

- 1) J. C. Stutus, D. W. Reinfurt, L. S. staplin, and A. Rodgman, "The role driver distraction in traffic crashes", Report Prepared for AAA foundation for Traffic Safety, June 10, 2003.
- 2) J. R. Treat, et. al, R. E. Mayer, R. L Stansifer, and N. J. Castellan, "Tri-Level study of the Causes of Traffic Accidents: Final Report-Executive Summary", National Highway Traffic Safety Administration, Washinton D.C, Tech. Rep. DOT HS805 099, 1979.
- 3) Y. K. Shin, P. K. Lim, S. C. Kang, and J. B. Ryu, "Effective of in Vehicle Watching TV on Driver Behavior", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 23, No. 3, pp. 103-112, 2006.
- 4) Japanese Traffic Bureau, "Statistics '97, Road Accidentent in Japan, National Policy Agency.
- 5) 김길배, “고령화 시대를 대비한 교통안전시설 개선방안”, 치안정책연구소, 2005.
- 6) J. F. Coughlim and B. Reimer, "New Demands form Older Population: An Integrated Approach to Defining the Future of Older Driver Safety", SAE International, 2006.
- 7) SAVE_IT, Safety Vehicle(s) using adaptive Interface Technology(SAVE_IT) Program, Volpe National Transportation Systems Center. Available: <http://www.volpe.dot.gov/hf/roadway/saveit/>.
- 8) Y. Liang, M. L. Reyes, and J. D. Lee, "Real-Time Detection of Driver Cognitive Distraction Using Support Vector Machines", IEEE Trans. Inte. Transportation Systems, Vol. 8., No. 2, pp. 340-350, 2007.
- 9) W. J. Won and J. Y. Yeo, S. W. Ban, M. H. Lee, "Biologically Motivated Incremental Object Perception Based on Selective Attention", International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol. 21, No. 8, pp. 1293-1305, 2007.
- 10) T. Kadir and M. Brady, "Scale, saliency and image description", International Journal of Computer Vision, Vol. 45, pp. 83-105, 2001.
- 11) E. B. Goldstein, Sensation and Perception 4th ed, An international Thomson publishing company, USA, 2001.
- 12) J. M. Ogden, E. H. Adelson, J. R. Bergen, and P. J. Burt, "Pyramid Methods in Image Processing", RCA Engineer, Vol. 30, No. 5, pp. 33-41, 1984.
- 13) 배준형, 김만호, 손준우, “고령운전자 행동분석을 위한 시뮬레이터 개발”, 한국정밀공학회 2007년도 춘계학술대회, 2007.