

# 뇌파를 이용한 시각적 주의산만과 인지적 주의산만 분석

김용우<sup>†</sup>, 강행봉<sup>††</sup>

## An Analysis of Visual Distraction and Cognitive Distraction using EEG

Yong-Woo Kim<sup>†</sup>, Hang-Bong Kang<sup>††</sup>

### ABSTRACT

The distraction of the driver's attention causes as much traffic accidents as drowsiness driving. Yet though there have been many studies on drowsiness driving, research on distraction driving is insufficient. In this paper, we divide distraction of attention into visual distraction and cognitive distraction and analyze the EEG of subjects while viewing images of distracting situations. The results show that more information is received and processed when distractions occur. It is confirmed that the probability of accident increases when the driver receives overwhelming amount of information that he or she cannot concentrate on driving.

**Key words:** EEG, Visual Distraction, Cognitive Distraction, Driver State

### 1. 서 론

교통사고의 원인 중 많은 비율을 차지하는 것은 졸음운전이다[1]. 운전 중 졸음은 운전자의 반응 속도와 정보처리 속도를 저하시키기 때문에 비정상적인 주행을 하도록 한다[2]. 또한, 졸음운전은 전방주시를 이행하지 못하는 상황을 발생시키기 때문에 교통사고의 원인이 된다. 그러나, 운전자의 주의산만으로 인한 사고 또한 증가하고 있다.

운전자의 주의산만은 운전에 대한 집중을 저하시키고, 돌발상황을 인지하지 못하도록 하기 때문에 교통사고의 원인이 되고있다. 주의산만은 시각적 주의산만(Visual distraction)과 인지적 주의산만(Cognitive distraction)으로 나눌 수 있는데, 시각적 주의산

만은 주행 중 시선을 다른 곳에 두는 것을 의미하고, 인지적 주의산만은 주행 이외의 원인으로 인해 인지능력의 저하를 의미한다. 네비게이션과 헤드업 디스플레이와 같은 주행을 돕기 위한 기술이 도입되었지만, 이를 확인하느라 시각적 주의산만을 발생시킬 수 있다. 또한, 스마트폰이 보급되면서 많은 운전자들이 주행 중 스마트폰을 사용하고 전화와 문자, 소셜 네트워크 알림 등으로 인해 주행에 집중하지 못하는 인지적 주의산만을 발생시킬 수 있다. 이러한 주의산만을 확인하고 예방할 필요가 있다.

운전자의 상태를 분석하기 위한 연구가 많이 진행되어왔다. 기존 연구들은 운전자의 피로에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다[3-5]. 운전자의 피로를 분석하고 이를 통해 피로도를 분류하려는 연구도 진행되

\* Corresponding Author : Hang-Bong Kang, Address: (420-743) Dept of Digital Media, Catholic Univ. of Korea, 43-1 Yeogok 2-dong, Bucheon-si, Gyeonggi-do, Korea, TEL : +82-2-2164-4598, FAX : +82-, E-mail : hbkang@catholic.ac.kr

Receipt date : Jan. 12, 2018, Approval date : Jan. 30, 2018

\*\* Dept. of Digital Media, Catholic University of Korea (E-mail : dyddn0119@naver.com)

\*\* Dept. of Digital Media, Catholic University of Korea  
\* This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by Korea government(MSIP) (No. 2017-0-00819).

었다[6-7]. 그리고, 스마트폰과 네비게이션 등이 보편화 되면서 주의산만으로 인한 교통사고가 증가하였고, 이에 따라서 운전자의 주의산만에 대한 연구가 진행되었다[8-10]. 그러나, 운전자의 주의산만을 세분화하여 분류하고 분석하는 연구는 미흡하다.

본 논문에서는 뇌파를 이용하여 운전자의 상태를 분석한다. 운전자에게 시각적 주의산만과 인지적 주의산만 상태를 유발할 수 있는 상황을 제시하고 뇌파를 측정한다. 주의산만 상태에서 측정된 뇌파와 정상 주행 시 발생하는 뇌파를 비교하여 차이를 확인한다. 이를 통해, 시각적 주의산만과 인지적 주의산만이 발생하였을 때의 뇌파 변화를 확인한다. 특히, 시각적 주의산만과 인지적 주의산만이 각각 제시되었을 때와 동시에 제시되었을 때를 비교하여 운전자의 인지 변화를 확인한다.

본 논문은 2장에서 관련연구에 대해 서술하였고, 3장은 실험방법에 대해 설명하였다. 4장은 실험결과를 서술하였고, 5장은 연구 결과에 대한 논의 부분이다. 마지막으로, 6장은 결론 부분이다.

## 2. 관련연구

운전자의 상태를 분석하기 위해 기존 연구들은 주로 운전자의 피로에 대해 연구를 진행하였다. S.K. Lal et al.[3]은 뇌파에 기반하여 운전자의 피로를 분석하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 S.K. Lal and A. Craig[4]는 뇌파와 심리학적 접근을 통해 피로를 분석하였다. W. Li et al.[5]는 뇌파의 2개 채널을 이용하여 운전자의 피로를 평가하였다. 이러한 피로도 분석 뿐만 아니라 피로를 분류하는 연구도 진행되어 왔다. R. Chai et al.[6]은 뇌파를 분석하여 독립 요소와 엔트로피를 확인하고 이를 통해 피로도를 분류하였다. R. Chai et al.[7]은 sparse-deep belief network와 뇌파를 사용하여 피로도를 분류하였다. Choi et al.[11]은 외부 자극에 따른 졸음을 분석하였다. 그러나, 운전자의 주의산만으로 인한 사고가 증가하고 있기 때문에 주의산만에 대한 연구도 필요하다.

교통사고의 원인 중 주의산만의 비율이 증가하면서 운전자의 주의산만에 대한 연구도 진행되었다. C.T. Lin et al.[8]은 운전 중 주의산만에 따른 뇌파를 분석하였지만 주의산만을 분류하지 않았다. 주의산만의 분류에 따라 상이한 뇌파가 나타날 수 있기 때문에 이에 대한 분석이 필요하다. C.T. Lin et al.[9]은

운전 중 다른 작업을 할 때의 뇌파 변화를 확인하였다. 그리고 M.Kutilla et al.[10]은 카메라 시스템을 구축하여 운전자의 주의산만을 확인하였다. 운전자의 주의산만을 분석하기 위한 연구가 진행되어왔지만, 주의산만은 다양한 원인이 있을 수 있는데 이를 분류하지 않고 진행하였고, 카메라 시스템을 이용하면 청각 자극으로 인한 주의산만을 확인하지 못하는 문제가 있다.

본 논문에서는 주의산만을 시각적 주의산만과 인지적 주의산만으로 분류하고 뇌파를 통해 운전자의 상태를 분석한다. 그러나, 실제 주행 중 뇌파를 측정하면 노이즈 발생 문제와 연구대상자의 안전 문제가 있기 때문에 시뮬레이터를 녹화하여 영상을 제작하고, 연구대상자에게 영상을 보여줌으로써 실험을 진행한다. 영상을 시청하는 동안의 뇌파를 측정하고 분석하여 시각적 주의산만과 인지적 주의산만이 각각 제시되었을 때와 동시에 제시되었을 때를 분석한다.

## 3. 실험방법

### 3.1 연구대상자

본 논문에서는 임상실험을 진행하기 위해 가톨릭대학교 성심교정 IRB 사무국으로부터 승인을 받았고, 승인번호는 1040395-201610-01이다. 실험에는 총 30명의 연구대상자가 참여하였다. 그러나, 2명의 연구대상자가 실험 중 과도한 움직임 또는 수면으로 불성실하게 참여하였기 때문에 분석에서 제외하였다. 뇌의 편측성을 제거하기 위해 모든 피험자는 오른손잡이를 모집하였다. 남성 15명과 여성 13명으로 구성되어 있으며, 평균 나이는 23.5세이다. 그리고, 15명의 연구대상자는 면허를 소지하고 있고, 나머지 연구대상자는 면허를 소지하지 않은 사람들로 구성되어 있다. 실험은 외부의 빛이 차단되고 온도와 습도가 일정하게 유지되는 밀실에서 진행되었다. 연구대상자는 모니터로부터 1m 떨어진 곳에서 화면을 응시하였다.

### 3.2 뇌파

뇌파 측정을 위해 NeuroScan SynAmps RT 64-channel Amplifier(Australia)와 International 10-20 system에 따라서 제작된 64-channels Quick-Cap(Australia)을 사용하였다. 측정 장비는 EOG를 측정

할 수 있는 전극을 포함하기 때문에 각 눈의 끝부분과 좌측 눈 위아래에 전극을 부착하여 EOG를 측정하였다. 측정된 EOG는 눈 움직임으로 인해 발생하는 노이즈 제거를 위해 사용하였다. 소프트웨어는 Curry7을 사용하였고, 뇌파신호는 1kHz로 측정 후 512Hz로 다운샘플링하여 사용하였다. 또한, 뇌파는 작은 움직임에도 민감하여 노이즈를 포함하기 때문에 전처리과정에서 이를 제거하여야 한다[12].

### 3.3 실험영상

운전 중 뇌파를 측정하는 것은 다양한 원인으로 인해 발생하는 노이즈를 포함할 수 있기 때문에 본 논문에서는 주행 영상을 제작하여 사용하였다. 실험 영상은 유로 트럭 시뮬레이터 2(Euro Truck Simulator 2)를 통해 제작하였다. 정상 주행 영상과 헤드업 디스플레이를 통해 길을 안내하는 영상, 주행 중 스마트폰 알람이 울리는 영상, 헤드업 디스플레이와 알람이 함께 제시되는 영상을 제작하였다. 헤드업 디스플레이 영상은 시각적 주의산만을 유발하는 영상이고, 알람 영상은 인지적 주의산만을 유발하는 영상이다. 주행 중 헤드업 디스플레이가 표시되는 특정 위치를 주시하도록 유도함으로써 시각적 주의산만을 유발하였고, 주행 중 스마트폰 알람을 통해 스마

트폰으로 주의를 분산하도록 유도함으로써 인지적 주의산만을 유발하였다. 스마트폰 알람으로는 스마트폰의 각 영상의 길이는 20분으로 제작하였다. Fig. 1은 정상 주행 영상과 시각적 주의분산을 유발하는 영상의 한 장면을 캡처한 것이다.

### 3.4 실험절차

연구대상자는 총 4개의 영상을 시청하였다. 영상은 실험을 위해 제작한 것을 사용하였고, 영상을 시청하는 동안의 뇌파를 기록하였다. 영상을 시청하는 순서는 순서효과(Order effect)를 제거하기 위해 무작위로 선정하였다. 또한, 이전 영상이 미치는 영향을 최소화하기 위해 영상시청 사이에 10분의 휴식시간을 가졌다. 각 영상이 20분의 길이를 가지고 10분의 휴식을 가졌기 때문에 실험은 총 1시간50분이 소요되었다. Fig. 2는 실험 과정을 도식화한 것이다.

## 4. 실험결과

시각적 주의분산과 인지적 주의분산으로 나누어 분석을 진행하였다. 주의분산을 유발하는 자극 제시 5초 전부터 자극 제시 10초 후의 구간을 주의분산 발생 구간으로 정하고, 해당 구간의 뇌파를 추출하였



Fig. 1. Experiment video (a: Normal video, b: Visual distraction video).

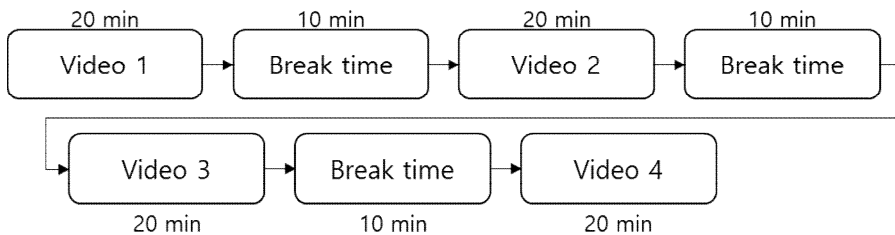


Fig. 2. Experiment process.

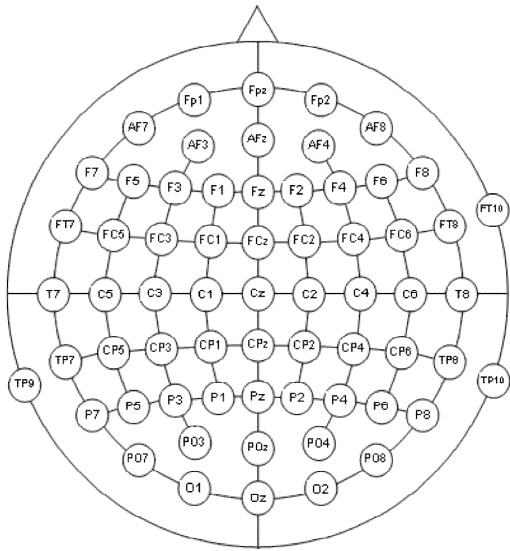


Fig. 3. EEG channel location.

다. 각 주의분산에 대한 뇌파를 정상 주행 시의 뇌파와 비교하였다. 비교를 위해 Fp1~2, F3~4, T7~8, O1~2의 전극을 사용하였다. Fp1~2와 F3~4는 전두엽(Frontal), T7~8은 측두엽(Temporal), O1~2는 후두엽(Occipital)로 구분하였다. Fig. 3는 전극의 위치를 도식화한 것이다. 전두엽은 인지 및 정신적 기능, 측두엽은 청각 기능, 후두엽은 시각 기능을 담당한다. 그리고, Fig. 4과 Fig. 5, Fig. 6는 정상 주행 영상을 제외한 각 영상과 정상 주행 영상을 시청했을 때의 뇌파를 나타낸 것이다. 시각적 주의산만과 비교한 Fig. 4는 전두엽과 후두엽 부분에서 변화가 나타나는 것을 확인하였다. 인지적 주의산만과 비교한 Fig. 5는 전두엽과 측두엽 부분에서 변화가 나타나는 것을 확인하였다. 시각적 주의산만과 인지적 주의산만이 동시에 발생한 것과 비교한 Fig. 6는 전체적으로

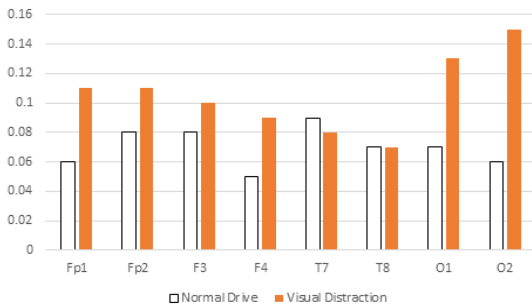


Fig. 4. Beta PSD according to visual distraction.

로 변화가 나타났고 변화의 폭이 주의분산을 각각 발생시켰을 때보다 크게 나타났다.

시각적 주의분산을 유발하는 구간에서는 측두엽을 제외만 모든 부분에서 차이가 나타났다. 전두엽의 차이를 통해 더 많은 인지 능력을 사용하는 것을 확인하였고, 후두엽의 변화를 통해 시각활동이 일어나는 것을 확인하였다. 인지적 주의분산을 유발하는 구간에서는 후두엽을 제외한 모든 부분에서 차이가 나타났다. 전두엽에서 차이가 발생하는 것을 확인하였고, 시각적 주의분산을 유발하는 구간보다 더 큰 차이가 발생하였다. 또한, 측두엽 부분의 변화를 통해 청각 자극에 대한 반응을 확인하였다. 시각적 주의분산과 인지적 주의분산을 동시에 유발하는 구간에서는 모든 부분에서 차이가 나타났다. 특히, 인지 능력을 담당하는 전두엽 부분에서 하나의 주의분산을 유발할 때보다 더 큰 차이가 발생하는 것을 확인하였다.

Table 1은 통계분석 결과를 나타낸 것이다. 시각적 주의분산을 유발하는 구간의 측두엽과 인지적 주의분산을 유발하는 구간의 후두엽을 제외하고 모두 유의확률이 0.05이하로 나타났기 때문에 유의미한 차이가 있다.

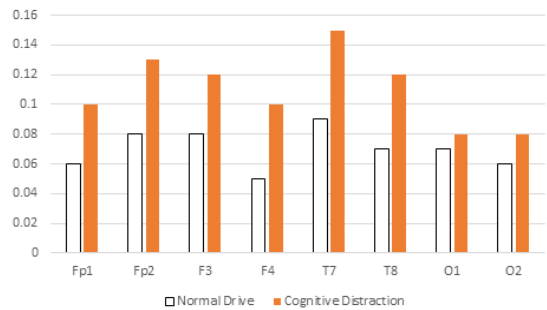


Fig. 5. Beta PSD according to cognitive distraction.

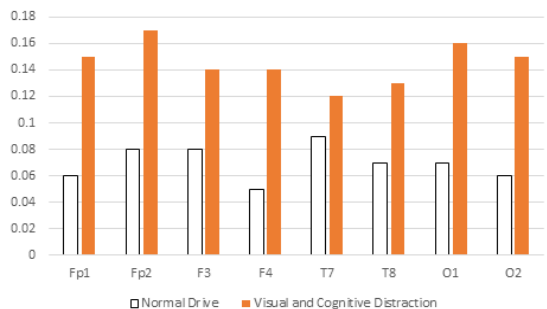


Fig. 6. Beta PSD according to visual and cognitive distraction.

Table 1. p-value between normal condition and distraction condition

	Fp <sub>1</sub>	Fp <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
Normal-Visual Distraction	0.013*	0.013*	0.04*	0.01*	0.097	0.241	0.01*	0.01*
Normal-Cognitive Distraction	0.021*	0.013*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.074	0.097
Normal-Visual and Cognitive Distraction	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.013*	0.01*	0.01*	0.01*

\*: p-value < 0.05

면허 소지 여부에 따른 변화를 확인하기 위해 연구대상자를 두 집단으로 나누어 분석하였다. Fig. 7은 면허 소지 여부에 따른 뇌파 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 면허를 보유하지 않은 연구대상자들이 면허 보유자보다 더 높은 베타파를 보였다. 그러나 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다.

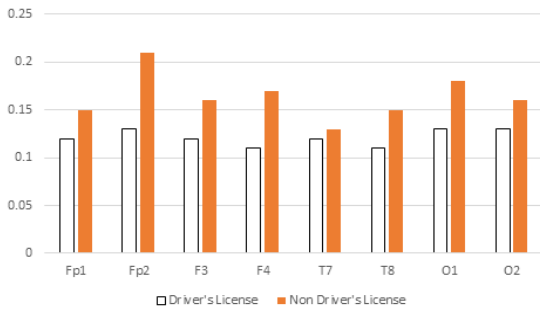


Fig. 7. Beta PSD according to driver license.

### 5. 논 의

본 논문에서는 운전자의 주의분산을 유도하였을 때 발생하는 뇌파의 변화를 확인하였다. 시각적 주의분산을 유발하는 구간에서 인지 기능을 하는 전두엽과 시각 기능을 하는 후두엽 부분에서 베타파가 증가하였는데, 후두엽 부분의 베타파가 증가하는 것은 주행 중 차량 전방 정보와 함께 헤드 업 디스플레이의 정보를 받아들이기 때문이다. 또한, 헤드 업 디스플레이가 운전자의 시야를 방해할 수 있기 때문에 인지 기능과 관련된 전두엽 부분의 베타파가 증가하였다. 그리고, 인지적 주의분산을 유발하는 구간은 전두엽과 측두엽 부분의 베타파가 증가하였다. 이는, 인지적 주의분산을 유발하기 위해 스마트폰 알람 소리를 사용하였기 때문인데, 청각 자극을 제시함으로써 측두엽의 베타파가 증가하였다. 전두엽 부분의 베타파

증가는 주행 중 전방의 상황을 인지하는 것과 동시에 스마트폰 알람에 대한 인지하는 것을 동시에 처리하기 때문이다.

시각적 주의분산과 인지적 주의분산을 동시에 발생시켰을 때 전두엽과 측두엽, 후두엽 부분에서 모두 변화가 발생하였다. 측두엽과 후두엽의 변화는 시각 정보와 청각 정보를 처리하기 위해 발생하는 것이고, 전두엽 부분의 변화는 더 많은 정보를 인지하기 때문에 발생한다. 특히, 전두엽 부분에서 시각적 주의분산과 인지적 주의분산을 개별적으로 유발하였을 때보다 더 큰 변화가 발생하였는데, 이는 주행 중 운전자가 운전전에 집중하지 못할 만큼 많은 정보가 제시된다면 사고가 발생할 수 있는 가능성을 확인할 수 있다. 전두엽 부분의 베타파가 2배 이상 많이 나오기 때문에 시각적 및 인지적 주의분산이 동시에 발생한다면 사고 가능성이 높아질 수 있다.

면허 소지 여부에 따른 변화는 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았지만, 면허를 보유하지 않은 연구대상자들이 더 높은 베타파를 보였다. 그러나, 영상을 시청하는 것이 아닌 실제 주행을 수행한다면 이 차이는 더 커질 가능성이 있다.

### 6. 결 론

본 논문에서는 주행 중 운전자에게 주의분산을 발생시키는 상황을 제시하고, 뇌파를 측정하여 변화를 확인하였다. 그 결과, 주의분산이 발생하였을 때 더 많은 정보를 받아들이고 처리한다. 시각적 및 인지적 주의분산을 동시에 유발하였을 때 전두엽 부분에서 더 큰 변화가 발생하였는데, 이를 통해 운전자가 운전전에 집중하지 못할 정도의 정보가 제시되었을 때 사고가 발생할 가능성이 높아지는 것을 확인하였다.

본 논문의 결과를 이용하여 시각적 및 인지적 주

의분산을 확인하고 운전자에게 경고하는 시스템을 개발할 수 있고, 운전자의 상태에 따라서 헤드 업 디스플레이와 같은 주의분산을 유발하는 기능을 일시적으로 차단함으로써 사고를 예방할 수 있다. 그러나, 뇌파는 노이즈에 민감하고 측정에 있어서 불편함이 존재하기 때문에 향후 연구로써 간단하게 측정할 수 있는 생체신호를 통해 주의분산을 분석하는 연구가 필요하다.

## REFERENCE

- [1] Q. Ji, Z. Zhu, and P. Lan, "Real-Time Noninvasive Monitoring and Prediction of Driver Fatigue," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 53, No. 4, pp. 1052-1068, 2004.
- [2] J.D. Slater, "A Definition of Drowsiness: One Purpose for Sleep?," *Medical Hypotheses*, Vol. 71, No. 5, pp. 641-644, 2008.
- [3] S.K. Lal, A. Craig, P. Boord, L. Kirkup, and H. Nguyen, "Development of an Algorithm for an EEG-Based Driver Fatigue Countermeasure," *Journal of Safety Research*, Vol. 34, No. 3, pp. 321-328, 2003.
- [4] S.K. Lal and A. Craig, "Driver Fatigue: Electroencephalography and Psychological Assessment," *Psychophysiology*, Vol. 39, No. 3, pp. 313-321, 2002.
- [5] W. Li, Q.C. He, X.M. Fan, and Z.M. Fei, "Evaluation of Driver Fatigue on Two Channels of EEG Data," *Neuroscience Letters*, Vol. 506, No. 2, pp. 235-239, 2012.
- [6] R. Chai, G.R. Naik, T.N. Nguyen, S.H. Ling, Y. Tran, A. Craig, and et al., "Driver Fatigue Classification with Independent Component by Entropy Rate Bound Minimization Analysis in an EEG-Based System," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 21, No. 3, pp. 715-724, 2017.
- [7] R. Chai, S.H. Ling, P.P. San, G.R. Naik, T.N. Nguyen, Y. Tran, and et al., "Improving EEG-Based Driver Fatigue Classification Using Sparse-Deep Belief Networks," *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 11, pp. 1-14, 2017.
- [8] C.T. Lin, S.A. Chen, L.W. Ko, and Y.K. Wang, "EEG-Based Brain Dynamics of Driving Distraction," *Proceeding of Neural Networks, The 2011 International Joint Conference*, pp. 1497-1500, 2011.
- [9] C.T. Lin, S.A. Chen, T.T. Chiu, H.Z. Lin, and L.W. Ko, "Spatial and Temporal EEG Dynamics of Dual-Task Driving Performance," *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, Vol. 8, No. 1, pp. 11, 2011.
- [10] M. Kuttila, M. Jokela, G. Markkula, and M.R. Rué, "Driver Distraction Detection with a Camera Vision System," *Proceeding of Image Processing, IEEE International Conference*, pp. 201-204, 2007.
- [11] W.W. Choi, S.B. Pan, J.H. Shin, "System for Detecting Driver's Drowsiness Robust Variations of External Illumination," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No.6, pp.1024-1033, 2016.
- [12] J.A. Urigüen and B. Garcia-Zapirain, "EEG Artifact Removal-State-of-the-Art and Guidelines," *Journal of Neural Engineering*, Vol. 12, No. 3, pp. 1-31, 2015.



김 용 우

2016년 가톨릭대학교 디지털미디어학부 미디어공학전공 (학사) 2016년~현재 가톨릭대학교 디지털미디어학과 석사과정  
관심분야: 영상처리, 3D 콘텐츠, 뇌파



강 행 봉

1980년 한양대학교 전자공학과 (학사)  
1986년 한양대학교 전자공학과 (석사)  
1989년 Ohio State Univ. 컴퓨터공학(석사)

1993년 Rensselaer Polytechnic Institute 컴퓨터공학(박사)  
1993년~1997년 삼성종합기술원 수석연구원  
1997년~현재 가톨릭대학교 디지털미디어학과 교수  
2005년 UC Santa Barbara, Visiting Professor  
관심분야: 컴퓨터비전, 기계학습, HCI, 컴퓨터그래픽스, 인공지능, 빅데이터