

AR HUD를 위한 차선 검출 기반 마스킹 기법 설계

박정우¹, 이현섭^{2*}

¹백석대학교 컴퓨터공학부 학생, ²백석대학교 컴퓨터공학부 교수

Design of Masking Method Based on Lane Detection for AR HUD

Jeong-Woo Park¹, Hyun-Seob Lee^{2*}

¹Undergraduate Student, Division of Computer Engineering, Baekseok University

²Professor, Division of Computer Engineering, Baekseok University

요약 도로 노면 색깔 유도선은 교통사고 발생 비율을 획기적으로 줄이며 그 효능을 입증하였다. 그러나 현재 이러한 유도선은 국토교통부에서 지정한 설치 기준에 부합하는 도로에만 순차적으로 적용되고 있다. 또한, 기존의 경로 안내 시스템인 레거시 내비게이션과 HUD(Head-Up Display)는 정보 전달에서 오차가 존재하거나, 모호성이 존재하여 운전자를 위한 경로를 명확히 안내하는 정보 전달 방식이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 최근 차량 편의기술로 주목받고 있는 AR HUD(Augmented Reality Head-Up Display) 기술과 도로 노면 색깔 유도선의 특징을 융합한 차선 검출 및 마스킹 기법을 제안한다. 제안된 기법은 차선의 색상 검출, 차선 검출 및 판단을 통해 차선을 분류하고, 분류된 차선을 이용하여 도로의 마스킹을 진행한다. 본 실험에서는 제안된 기법을 사용하여 차선을 검출한 뒤 차선을 마스킹하는 일련의 과정을 수행하고, 차선의 마스킹 성능을 평가하였다. 실험 결과, 제안된 기법은 주행 중인 차선의 약 70% 이상을 차지하는 영역을 채우는 데에 성공하였다. 이를 통해 운전자는 자신이 주행해야 하는 경로를 마스킹한 이미지를 실시간으로 제공받을 수 있을 것이며, 도로 노면 색깔 유도선을 상시 이미지화하는 것과 유사한 효과를 얻어 직관적인 정보를 제공하고 운전자의 편의성을 높일 수 있을 것이라 기대한다. 향후 해당 마스킹 기법을 더욱 발전시킴으로써 운전자의 편의성과 안전성을 향상하는 데에 기여하고자 한다.

주제어 : 증강현실, 헤드업 디스플레이, 차선 검출, 도로 노면 색깔 유도선, 운전자 보조

Abstract The colored road surface guide lines have been proven to significantly reduce the occurrence of traffic accidents. However, these guide lines have been currently applied sequentially only on roads that meet the installation criteria designated by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport. Furthermore, existing navigation systems such as legacy navigation and HUD (Head-Up Display) have demonstrated errors or ambiguities in delivering route information, highlighting the need for a clearer method of guiding drivers. In this paper, we propose a lane detection and masking technique that integrates the features of AR HUD (Augmented Reality Head-Up Display), a technology gaining attention in vehicle convenience systems, with the characteristics of colored road surface guide lines. The proposed technique detects and classifies lanes based on their color and lane detection results, then performs road masking using the classified lanes. Experimental results show that the proposed technique masked approximately 70% of the lane area. This enables drivers to receive real-time images of the masked route they should follow, offering an experience similar to constantly visualizing colored road surface guide lines. We expect that this approach will provide more intuitive information and improve driver convenience. Future advancements in this masking technique will further contribute to enhancing both convenience and safety for drivers.

Key Words : AR, HUD, Lane Detection, Road Surface Colored Guide Line, Driver Assistance

* 이 논문은 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업(2021RIS-004, 40%) 및 기초연구사업(NRF2021R111A3061020, 30%)과 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업(RS-2024-00436765, 30%)의 지원을 받아 수행된 연구임

* 교신저자 : 이현섭(hyunseob@bu.ac.kr)

접수일 2024년 08월 26일 수정일 2023년 09월 27일 심사완료일 2024년 10월 02일

1. 서론

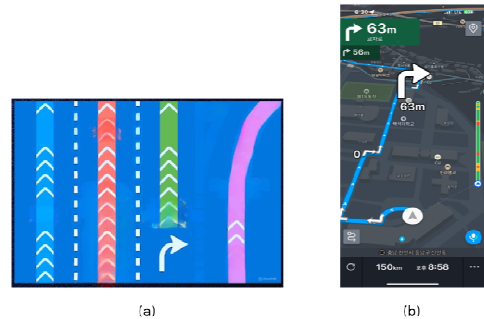
현재 운전자에게 경로 정보를 안내하기 위해 사용되는 시스템은 레거시 내비게이션과 HUD (Head-Up Display)가 대표적이다. 이 중 레거시 내비게이션은 대다수 사용자가 사용 방법을 인지하고 있으며 정보 전달 방식에서도 간편하여 많은 사용자가 이용하는 시스템이다. 그러나 이 시스템은 화면, 음성을 통해 주행 경로를 안내해 주기 때문에, 초행길과 같이 익숙지 않은 경로를 주행하는 운전자에게 더 명확한 경로 안내 방식이 요구된다. 더욱 명확한 정보 전달을 위하여 차량 탑재 디스플레이 내에 증강현실을 탑재하는 예도 존재한다. 그러나 이러한 방식은 결국 운전자의 시야를 윈드실드가 아닌 다른 곳으로 분산시킨다는 단점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 도로 노면 색깔 유도선의 특징을 모방하여 운전자가 미래 주행 경로를 효과적으로 인지하고 주행할 수 있도록 하는 차선 처리 및 도로 마스킹 기법의 기초적인 설계 구조를 연구하고자 한다.

2. 배경

2.1 경로 안내 방식의 종류

운전자가 목적지에 도달하기까지 해당하는 경로를 인지하는 것은 운전자의 주행과 큰 연관성을 가진다. 특히 운전자가 가보지 않은 초행길은 운전자는 더더욱 정확한 경로를 전달받아야 할 필요성이 있다. 경로 전달을 위한 방법은 다음과 같이 두 가지로 분류할 수 있다. 먼저 도로 위 표지판과 같은 환경 기반 경로 안내 시스템이 있다. 그다음, 차량 내 탑재된 내비게이션과 같은 차량 내 정보 전달 시스템으로 분류할 수 있다. 이 두 가지 방법 중 환경 기반 경로 안내 시스템은 시내와 고속도로 등 자소를 가리지 않고 존재하는 도로 표지판과 도로 노면 색깔 유도선이 대표적이다. 이러한 시스템들은 지정된 위치에 설치되어 운전자에게 정보를 안내하는 방식으로 동작한다는 특징을 가지고 있다[1]. 다음으로 차량 내 정보 전달 시스템은 운전자의 필요에 맞는 정보를 제공해주는 방식으로 동작하며, 차량 내 탑재된 내비게이션, HUD (Head-Up Display) 등이 존재한다. 이러한 시스템들은 운전자가 목적지를 설정한 경우 해당 목적지를 위한 경로를 안내하는 방식으로 동작한다. 또한, 시각적 정보 전달보다는 음성을 통한 정보 전달이 추가 된다는 특징을 가지고 있다.

2.2 경로 안내 시스템



[Fig. 1] Driving Information Expression Method

Fig. 1의 (a)는 도로 노면 색깔 유도선의 설치 예제 사진이다. 이 유도선은 경로 혼란이 예상되는 구간의 도로에서 차량의 주행 방향을 안내하기 위해 차선의 한가운데에 색깔한 선을 의미한다. 이 유도선은 국토교통부의 설치 기준에 따라 교차로를 비롯한 고속도로, 국도 등 다양한 구간에 설치되고 있다. Fig. 2의 (b)는 스마트폰에서 제공하는 내비게이션의 동작 화면이다. 이러한 레거시 내비게이션은 디스플레이와 스피커를 활용하여 화면, 음성 정보를 제공하는 방식으로 동작한다. 이는 추가적인 장치 없이도 운전자에게 다음 경로에 대한 정보를 전달할 수 있는 특징을 가지고 있다.

3. 관련연구

레거시 내비게이션은 운전자가 경로 안내를 위해 사용하는 대표적인 시스템이 되었다. 그러나 이러한 내비게이션은 운전자의 시야가 주행과 관련 없는 공간으로 분산된다는 문제가 존재한다[2]. 이러한 문제를 해결하기 위해 HUD가 개발되었다. HUD는 기존의 내비게이션 디스플레이에서만 확인할 수 있는 여러 정보를 운전자의 대시보드 앞에 표시해주는 증강현실 장치이다. 이 장치는 운전자가 주행과 관련된 정보를 제공하는 데 있어 기존의 내비게이션보다 시선의 분산이 적다는 장점이 있다. 그러나 현재 차량에 탑재된 HUD는 운전자의 정면 시야와 핸들 사이의 대시보드 위에 정보를 띄우는 방식으로 동작하여, 제한적인 시야 범위 내에서만 운전자에게 정보 전달이 가능하다는 단점이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 AR HUD(Augmented Reality HUD)가 제안되었다[3-9]. 이 기술은 증강현실과 HUD를 혼합한 기술로 기존 HUD의 제한적인 시야 내 정보

전달이라는 단점을 보완하고, 운전자의 시야 전반에 주행 관련 정보를 제공하기 위한 기술이다.

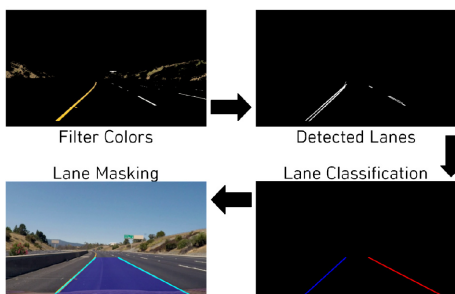


[Fig. 2] AR HUD Mounted on Vehicle

Fig. 2에서는 AR HUD의 동작 화면을 보여주고 있다. Fig. 2에서 표시해주는 정보를 확인해보면 운전자의 시야 전반에 다음 경로를 비롯하여 제한속도, 현재 속도 등의 정보가 표시되고 있고 시야의 중앙엔 다음 경로를 위한 화살표가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그러나 Fig. 2에서 확인할 수 있듯 다음 경로를 위한 안내 방식은 정확한 주행 도로를 표시하는 것이 아니다. 따라서 운전자의 정보 이해에서 모호성이 존재할 수 있다. 이는 운전자가 주행해야 하는 경로에 대하여 시스템에서 제공하는 정보와 다르게 받아들일 가능성이 존재한다는 의미이다. 따라서 AR HUD 기술을 이용한 경로 안내 방식은 더 직관적인 정보를 전달하면서도 운전자의 편의성을 높일 수 있는 더욱 발전된 경로 안내 시스템이 요구된다. 이러한 이유로 본 논문에서는 AR HUD에 도로 노면 색깔 유도선의 특징을 융합하기 위한 차선 검출 및 마스크링 기법을 연구한다.

4. 차선 검출 및 마스크링 기법 설계

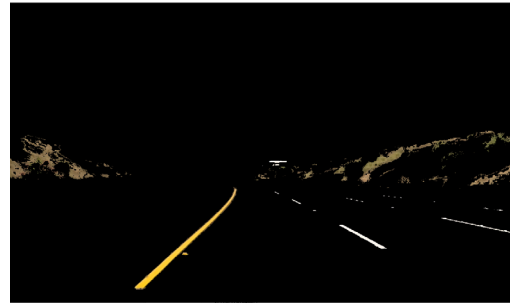
4.1 핵심 설계 아이디어



[Fig. 3] Key Processing Idea

Fig. 3은 차선 감지의 대략적인 프로세스를 설명하고 있다. 본 과정은 차선의 색을 검출하고, 강한 엣지만을 남겨 선의 경계를 추출한 뒤 실제 차선의 범위를 파악하고 양쪽 차선을 분류하여 내부를 마스크링하는 순서로 이루어진다.

4.2 차선의 색상 감지 정책



[Fig. 4] Filter Color Policy

Fig. 4는 이미지의 색상을 파악하고 범위 내에 존재하는 픽셀들을 검출한 결과를 출력한 사진이다. 차선의 색상 감지는 도로의 환경을 파악하는 데에 중요한 역할을 한다[10]. 차선의 색상을 감지하는 방법은 HSV(Hue Saturation Value) 색상 공간에서 각 색상 범위를 설정하여 필터링하는 방식으로 이루어진다. 도로의 노후화 및 카메라의 색상 값에 따른 차선의 색상 인지 값에 편차가 존재할 수 있기 때문에 각 색상 내에서도 범위를 지정하여 해당 범위 내에 있는 픽셀을 감지할 수 있도록 하였다.

4.3 엣지 검출 정책



[Fig. 5] Edge Detection Policy

Fig. 5는 Fig. 4에서 추출된 픽셀들에 대하여 엣지를 추출한 결과 사진이다. 이 과정을 위하여 우선 Fig. 4에

서 차선 색상을 감지한 후, 추출된 픽셀 값에 대하여 Grayscale 변환을 수행하였다. 이 변환은 영상처리 과정에서 연산 비용을 절감하고, 불필요한 컬러 정보를 제거하기 위함이었다. 그리고 Grayscale 이미지에 대한 Canny Edge Detection을 수행하였다. 이 과정에선 엣지 감지를 위한 두 개의 임계값을 사용하는데, 두 임계값 중 상한선의 임계값을 A, 하한선의 임계값을 B라 가정하겠다. 픽셀의 값을 X라 가정할 때, $X \geq A$ 일 때 이 픽셀은 강한 엣지가 되고, $A > X \geq B$ 일 때 이 픽셀은 약한 엣지가 된다[11]. 강한 엣지는 무조건 경계로 인식되며, 약한 엣지는 인접한 강한 엣지가 있는 경우에만 경계로 인식되는 과정을 거친다. 이 과정을 통해 Grayscale 이미지에서 추출된 픽셀들로부터 이어진 선의 경계를 추출할 수 있다.

4.4 차선 검출 영역 정책

차선 검출을 위한 다음 단계는 ROI(Range Of Interest)를 설정하는 것이다. 차선은 이미지의 특정 영역에만 존재하기 때문에, 전체 이미지에서 차선이 존재할 것으로 예상하는 부분만을 처리함으로써 연산량을 줄이고 차선 검출의 정확도를 더 높일 수 있다[12]. 이후 ROI 범위 내의 검출된 픽셀들에 대해 직선을 검출하였다.



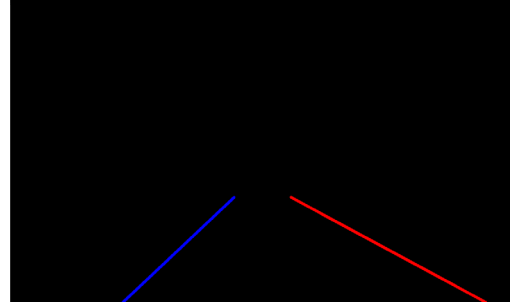
[Fig. 6] Detected Lines

Fig. 6은 ROI 범위 내에서 검출된 직선들을 나타낸 사진이다[13-15]. 주위 풍경까지 모두 검출되었던 Fig. 5와는 달리, Fig. 6의 결과 사진은 차선으로 예상되는 직선만을 검출하였음을 확인할 수 있다.

4.5 차선 분류 정책

Fig. 7은 검출된 차선의 좌, 우를 분리한 결과 사진이다. Fig. 6처럼 ROI 범위 내에서 구분된 직선들은 기울기 값의 비교를 통해 좌, 우 차선으로 분리된다. 추출된

차선은 차량이 현재 차선을 올바르게 주행하고 있는지, 그리고 차선이 올바르게 인식되었는지를 확인하는 지표로 사용한다.



[Fig. 7] Lane Classification

5. 마스킹 결과 및 성능 평가

5.1 차선 내부 마스킹 정책

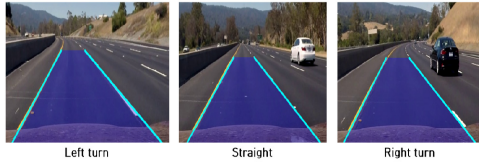
제안된 차선 마스킹 알고리즘은 사전에 녹화된 영상을 대상으로 성능 평가를 진행하였다. 또한 성능 평가를 위하여 Intel i7-12700k와 32GB의 RAM, RTX3080ti를 탑재한 PC를 사용하였다.



[Fig. 8] Driving video

Fig. 8은 사전에 녹화된 영상의 일부분으로 낮 시간대의 고속도로 주행 영상이며, 직진, 곡선 도로 주행을 포함하고 있다. 주어진 영상은 마스킹 처리를 위한 차선 탐색 과정을 우선적으로 진행하는데, 이 과정에서는 차선 색상 필터링을 적용하여 차선을 강조하고 엣지 검출과 ROI 구역 설정을 통해 주요 차선의 위치를 추출한다. 이후 검출된 차선 중 직선을 검출하며 각 차선의 기울기를 바탕으로 좌, 우 차선을 인식하게 된다. 이러한 일련의 전처리 과정이 끝난 후, 검출한 차선을 기반으로 도로 마

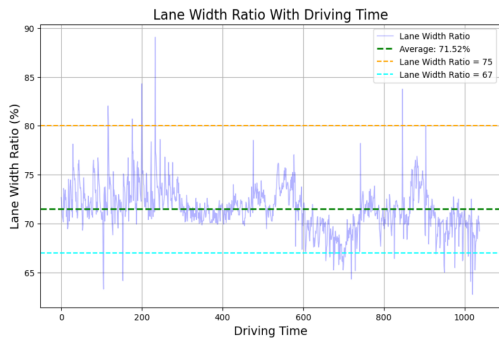
스킹을 진행하게 된다. 이 마스크 기법은 검출된 각 차선의 양 끝점 좌표를 바탕으로 사다리꼴 모양의 영역을 마스크 하는 과정이다.



[Fig. 9] Lane Masking Result

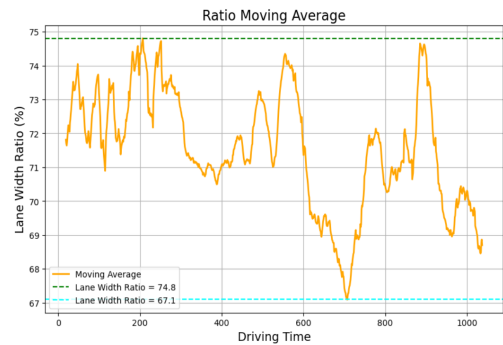
Fig. 9는 일련의 과정을 통해 분류한 차선의 양 끝점 좌표를 이용하여 차선 내부를 마스크 하는 과정을 수행한 결과이다. 본 마스크 기법을 사용하였을 때 직선 도로를 성공적으로 차선을 인식 및 마스크 하였을 뿐만 아니라, 곡선 도로에서도 차선을 성공적으로 인식하고 마스크 하는 결과를 보여주었다.

5.2 차선 마스크 평가



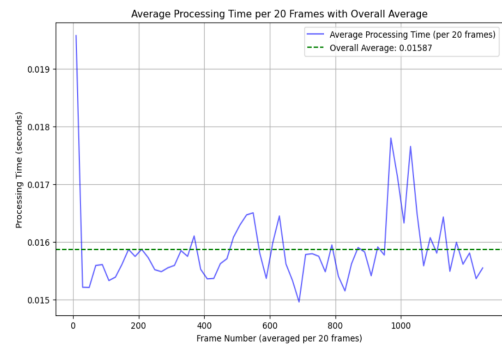
[Fig. 10] Lane Width Ratio with Driving Time

Fig. 10은 시간의 흐름에 따른 차선 마스크 비율을 보여주고 있다. x축은 시간의 변화량이고, y축은 차선 마스크 비율이다. 그림과 같이 제시된 차선 마스크 비율의 시간 변화에서 볼 수 있듯, 차선의 마스크 평균 비율은 71.52%로 측정되었다. 마스크 비율이 67% 이하로 떨어지는 경우는 차선이 손상되거나 좌, 우회전하는 경로를 지나가는 경우였으며, 80% 이상으로 증가하는 경우는 주로 직선 도로 환경에서 차선이 명확하게 인식된 경우였다. 이를 통해 제안된 기법이 다양한 주행 환경에서도 차선을 성공적으로 인식하며 마스크 할 수 있다는 것을 확인하였다.



[Fig. 11] Ratio Moving Average

Fig. 11은 차선 마스크 비율의 평균값을 그래프로 나타낸 결과이다. Fig. 11의 Moving Average는 20 프레임 기준을 기준으로 한 프레임의 평균값을 계산하였다. 차선 마스크 비율의 값을 분석하면, 차선 검출 비율의 최대 평균은 74.8%, 최저 평균은 67.1%로 나타났다. 이는 차선이 직선 구간일 때 마스크 비율이 높게 유지되었으며, 좌, 우회전 시 마스크 비율이 낮게 유지되었다는 것을 의미한다.



[Fig. 12] Processing Time

Fig. 12는 차선 탐색 및 마스크에 걸린 시간을 그래프로 나타낸 결과이다. Fig. 12의 Processing Time은 20 프레임을 기준으로 프레임당 연산 수행 시간을 계산한 값을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯 주어진 영상에서 연산 수행 시간이 가장 오래 걸렸을 경우는 19.72ms, 가장 적게 걸렸을 경우는 14.98ms로 나타났다. 또한 평균적으로 매 프레임별 연산 수행 시간은 15.87ms로 확인됐는데, 이는 주행과 동시에 연산이 처리되어 운전자에게 끊임없이 마스크 이미지를 보여줄 수 있다는 것을 의미한다.

6. 결론

본 논문에서는 기존의 AR HUD 기술과 도로 노면 색깔 유도선의 특징을 이용한 운전자 보조 시스템 구현을 위해 기초적인 차선 탐색 및 마스킹 기법을 제안하였다. 이러한 운전자 보조 시스템은 운전자가 주행에 있어 시선을 분산하지 않도록 도움을 줄 수 있어 운전자의 사고 위험을 줄일 수 있으며 주행 중 중요한 정보를 놓치지 않도록 도움을 줄 수 있다. 또한 자율 주행 기술이 발달함에 따라 머지않아 운전자는 더 이상 차량을 직접 조작하지 않게 되겠지만, 차량의 주행 경로를 파악하는 것은 여전히 차량 탑승자에게 중요한 요소 중 하나이다. 따라서 이러한 시스템은 추후 자율 주행 기술과의 시너지를 극대화할 수 있게 될 것이다. 추가적으로 본 실험을 통하여 논문에서 제시한 아이디어가 실제 도로에 대하여 마스킹을 성공적으로 수행하는 것 또한 확인하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 차선 검출 및 마스킹 방식은 운전자의 시야로부터 가까운 거리에 있는 차선의 검출에 비해 먼 거리에 있는 차선의 검출이 어렵다는 한계가 존재한다. 이러한 한계는 주행 경로 정보를 제공하는 데 제약을 초래할 수 있으며, 운전자에게 정보를 전달하는 과정에서 심각한 문제로 발전할 수도 있다. 따라서 향후 연구에서는 더 멀리 있는 차선을 인식을 포함, 다양한 주행 환경에서 차선을 성공적으로 인식할 수 있는 시스템을 위한 연구를 진행할 예정이다. 또한 운전자의 시야에 맞는 AR 이미지를 생성하기 위해 Eye-tracking 과 같은 기술 연구를 함께 진행하고자 한다.

REFERENCES

- [1] J.S.Lim and S.J.Han, "Analysis of Accident Reduction Effects of Color Lane in the At-Grade Intersection," in *Proceedings of the KOR-KST Conference*, pp. 315-31, 2023.
- [2] E.Michelaraki, C.Katrazas, S.Kaiser, T.Brijs and G.Yannis, "Real-time monitoring of driver distraction: State-of-the-art and future insights", in *Accident Analysis & Prevention*, Vol 192, 2023.
- [3] Y.S.Hwang, B.J.Park and K.H.Kim, "The Effects of toward AR-HUD System Usage on Driver's Driving Behaviors", *The Institute of Electronics and Information Engineers*, pp.1818-1820, 2015.
- [4] B.J.Kim, "Software Design for Future AR HUD System," *The Korean Society of Automotive Engineers*, pp.1457-1458, 2023.
- [5] N.Deng, J.Ye, N.Chen and X.Yang, "Towards Stereoscopic On-vehicle AR-HUD," *The Visual Computer*, Vol.37, pp.2527-2538, 2021.
- [6] N.Karatas, T.Tanaka, K.Fujikake, Y.Yoshihara, H.Kanamori, Y.Fuwamoto and M.Yoshida, "Evaluation of AR-HUD Interface During an Automated Intervention in Manual Driving," *2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp.2158-2164, 2020.
- [7] W.Wang, X.Zhu, K.Chan and P.Tsang, "Digital Holographic System for Automotive Augmented Reality Head-Up-Display," *2018 IEEE 27th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, pp.1327-1330, 2018.
- [8] X.Ma, M.Jia, Z.Hong, A.P.K.Kwok and M.Yan, "Does Augmented-Reality Head-Up Display Help? A Preliminary Study on Driving Performance Through a VR-Simulated Eye Movement Analysis," in *IEEE Access*, Vol.9, pp.129951-129964, 2021.
- [9] K.Blankenbach, "Requirements and System Aspects of AR-Head-Up Displays," in *IEEE Consumer Electronics Magazine*, Vol.8, No.5, pp.62-67, 2019.
- [10] G.H.Jang, S.W.Kwak, and M.W.Jung, "Lane Detection Algorithm Based on Color Information," *Korean Institute of Intelligent Systems*, pp.299-300, 2012.
- [11] K.Zhao, Q.Han, C.B. Zhang, J. Xu and M. -M. Cheng, "Deep Hough Transform for Semantic Line Detection," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.44, No.9, pp.4793-4806, 1 Sept. 2022.
- [12] Y.J.Yoon and D.S.Han, "ROI-based Calibration Algorithm of Camera-Lidar Sensor Fusion That is Strong in Object Recognition and Distance Information Extraction," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.46, No.12, pp.2301-2309, 2021.
- [13] K.H.Jang and S.W.Kwak, "Fast Center Lane Detection Method for Vehicle Applications," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol.9, No.6, pp.649-656, 2014.
- [14] G.H.Kim, H.J.Kim, J.Y.Kim, J.Y.Lee, Y.S.Lee, and T.J.Yun, "Development of Autonomous driving RC car using deep learning object recognition," in *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, pp.317-318, 2022.
- [15] H.Bilal, B.Yin, J.Khan, L.Wang, J.Zhang and A.Kumar, "Real-Time Lane Detection and Tracking for Advanced Driver Assistance Systems," *2019 Chinese Control Conference (CCC)*, pp.6772-6777, 2019.

박 정 우(Jeong-Woo Park)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 현재 : 백석대학교
컴퓨터공학부 인공지능전공 학사
과정
- 2023년 8월 ~ 현재 : 백석대학교
학부연구원

〈관심분야〉

인공지능, 영상처리, 임베디드 시스템

이 현 섭(Hyun-Seob Lee)

[종신회원]



- 2013년 2월 : 한양대학교 컴퓨터
공학과 (공학 박사)
- 2012년 3월 ~ 2021년 2월 :
삼성전자 책임연구원
- 2021년 3월 ~ 현재 : 백석대학교
컴퓨터공학부 조교수

〈관심분야〉

인공지능, 저장시스템, 임베디드 시스템