

Vanishing Line based Lane Detection for Augmented Reality-aided Driver Induction

Jeong-Rok Yun*, Dong-Kil Lee*, Sung-Kuk Chun*, Sung-Hoon Hong**

Abstract

In this paper, we propose the augmented reality(AR) based driving navigation based on robust lane detection method to dynamic environment changes. The proposed technique uses the detected lane position as a marker which is a key element for enhancing driving information. We propose Symmetrical Local Threshold(SLT) algorithm which is able to robustly detect lane to dynamic illumination environment change such as shadows. In addition, by using Morphology operation and Connected Component Analysis(CCA) algorithm, it is possible to minimize noises in the image, and Region Of Interest(ROI) is defined through region division using a straight line passing through several vanishing points. We also propose the augmented reality aided visualization method for Interchange(IC) and driving navigation using reference point detection based on the detected lane coordinates inside and outside the ROI. Validation experiments were carried out to assess the accuracy and robustness of the proposed system in various environment changes. The average accuracy of the proposed system in daytime, nighttime, rainy day, and cloudy day is 79.3% on 4600 images. The results of the proposed system for AR based IC and driving navigation were also presented. We are hopeful that the proposed research will open a new discussion on AR based driving navigation platforms, and thus, that such efforts will enrich the autonomous vehicle services in the near future.

▶ Keyword: HUD(Head Up Display), AR(Augmented Reality), Lane detection, ROI(Region Of Interest) detection, Vanishing point, SLT(Symmetrical Local Threshold)

1. Introduction

증강현실(AR, Augmented Reality)은 카메라를 통해 입력된 실 공간의 영상을 인식하고 이를 바탕으로 부가정보를 포함한 가상의 객체를 실 공간 영상에 정합하여 가시화하는 기술이다. 증강현실 기술은 현재 전용기기의 제작이 진행되고 있을 정도로 활발한 연구가 진행되고 있으며 광고, 의료, 산업, 자동차 등 여러 분야로의 적용 시도가 되고 있다. 자동차 산업분야에 있어서는 차량용 증강현실 HUD(Head Up Display) 기술에 관한

연구가 활발하게 진행되고 있다. 2016년 도로교통공단에서 발표한 교통사고 통계 분석에 따르면 교통사고 중 전방주시 태만이나 졸음운전 등 운전자의 부주의 및 돌발 상황에 의한 교통사고가 68.5%로 나타났다[1]. 기존의 계기반이나 일반 HUD는 운전자의 정면이 아닌 핸들 너머 혹은 차량의 중심부에 장착되어 있어 운전자의 시선을 분산시키는 단점을 가진 반면, 증강현실 HUD는 운전자의 정면에 정보를 증강시켜 시선 이동을 유발

-
- First Author: Jeong-Rok Yun, Corresponding Author: Sung-Kuk Chun
 - *Jeong-Rok Yun (justin182@kopti.re.kr), Spetial Optical Information Research Center, Korea Photonics Technology Insititute
 - *Dong-Kil Lee (dklee@kopti.re.kr), Spetial Optical Information Research Center, Korea Photonics Technology Insititute
 - *Sung-Kuk Chun (k612051@kopti.re.kr), Spetial Optical Information Research Center, Korea Photonics Technology Insititute
 - **Sung-Hoon Hong(hsh@jnu.ac.kr), School of Electronic and Computer Science, Chonnam National University
 - Received: 2018. 12. 18, Revised: 2019. 01. 18, Accepted: 2019. 01. 19.
 - This study is supported by Ministry of Culture, Sports and Tourism and 2018 Cultural Technology Research and Development Support Project of KOCCA

하지 않아 기존 시스템보다 안전하다. 특히 스마트 크루즈 컨트롤과 같은 현재 보편화 된 주행 보조 장치에서 SCC(Smart Cruise Control), HDA(Highway Driving Assist) 등의 기능이 어떻게 작동하는지 등을 실시간으로 표현할 수 있으므로 운전자가 안심하고 운전 집중할 수 있다. 또한, 증강현실 HUD가 발전함에 따라 현재 주행 정보 및 경고등의 운전자가 당장 처리해야 하는 급박한 정보를 표시하여 운전의 부담이 줄어들며, 자율주행 기술과 연계될 경우 주행 상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있다는 장점이 있다.

이러한 증강현실 HUD 기술은 국내에선 현대차그룹이 오는 2021년에 상용화 계획을 발표하였으며, 해외에서는 반도체 기업 텍사스인스트루먼트(TI), BMW, Toyota, 콘텐탈 등도 증강현실 HUD 기술 개발을 진행 중이다. 중국 알리바바의 경우 반마 테크놀러지와 파트너십을 맺고 차량용 증강현실 내비게이션을 개발하고 있다. 이러한 증강현실 시스템의 실현에 있어 가장 중요한 것은 부가정보를 포함한 가상 객체를 현실 공간 영상에 정확히 정합하기 위한 현실 공간 영상 내 특정 추출이며, 도로 영상에서의 영상 특징이 될 수 있는 시각화된 정보는 차선이기 때문에 차량용 증강현실 구현에는 환경변화에 강인하고 정확한 차선 정보 인식이 필요하다[2-6].

차선 인식은 레이저 레이더 센서, 차량용 블랙박스 영상 등을 통해 차선을 인식하는 것을 말한다. 이러한 차선 인식에 관한 연구는 최근 화두가 되는 자율주행 시스템, 운전자의 안전을 위한 지능형 운전자 보조 시스템 ADAS(Advanced Driver Assistance System) 등에 주로 사용되고 있다[7-9]. 특히나 운전자 보조 시스템의 경우 차선 이탈, 도로 표지판 감지, 충돌 경고, 졸음운전 감지뿐만 아니라 운전자의 직관적인 가시성을 보장하기 위한 HUD기반 내비게이션, 차선 위치 정보 등의 차선 인식을 이용한 증강현실 콘텐츠에 대한 연구들도 활발하게 이루어지고 있다[10-12].

영상 기반 차선 인식 방법은 수학적 모델을 사용하여 데이터에 맞는 영역을 차선으로 분류하는 방법[13-17], 차선의 윤곽선을 Edge로 검출하는 방법, 차선의 특정 색상(흰색, 노란색 등)을 기반으로 한 RGB 컬러 모델을 검출하는 방법[18-19], 차선의 소실점을 이용한 필터를 제작하여 잡음을 제거하는 방법 등이 있다[20-21]. 하지만 기존의 수학적 모델을 사용하는

방식은 높은 계산 복잡도로 인해 연산이 오래 걸리고, 차선의 윤곽선을 검출하는 방법은 잡음에 민감하여 잡음을 차선으로 잘못 인식하는 단점이 있다. RGB컬러 모델을 사용하는 방법은 조도 변화에 민감하여 그림자에 가려지거나 차선 색이 오염된 차선을 검출하지 못하는 단점이 있다[2-6].

본 논문에서는 주행 중인 차량 전방 카메라를 입력으로 한 동적 환경 변화에 강건한 차선검출 방법과 이를 기반으로 증강현실 기술을 활용한 주행 도로 방향 및 나들목(IC, Interchange) 정보 시각화 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 동적 조도 변화에 강건한 차선 감지를 위해 SLT(Symmetrical Local Threshold) 알고리즘을 사용하여 일반적인 소실점 필터를 이용한 ROI(Region Of Interest) 검출 방법의 단점을 보완한다[22-23]. 또한, Morphology 연산 및 연결성분 분석(Connected Component Analysis) 알고리즘을 이용하여 차선을 제외한 잡음을 최소화하며, 여러 개의 소실점을 지나는 직선인 소실 선을 이용한 영역 분할 필터링으로 ROI를 지정하여 안정적 차선검출이 가능하다. ROI 내부에서 검출된 차선의 좌표는 현재 주행 중인 차선에 대한 정보 증강의 기준 좌표로 활용하며, ROI 외부의 영역은 좌, 우 차선의 구분 및 나들목 정보 증강을 위한 좌표로 활용하여 운전자 기준의 도로 유도선 정보를 시각화하였다.

다음 Fig. 1 은 본 논문에서 제안하는 하는 차선 인식 시스템 및 증강현실 시스템 흐름도이다. 입력받은 영상을 회색조(Gray Scale) 영상으로 변환 후 SLT 알고리즘을 사용하여 이진화한다. 이진화 된 영상은 Morphology 연산으로 침식/팽창되어 작은 잡음을 제거 후, 끊어진 픽셀 그룹을 연결한다. Morphology 연산이 완료된 영상 내 연결성분 분석 알고리즘을 통해 픽셀의 개수가 많은 상위 5개 그룹만을 남긴다. 남은 그룹에 대하여 Hough Transform을 수행하여 직선 선분에 대한 정보를 획득한다. 획득한 직선 성분의 정보로 소실점 및 차선의 넓이를 구하여 적응형 ROI(Region Of Interest)를 정의하고, 소실점 필터를 통해 차선을 추출한다. 추출된 ROI 내부의 차선 좌표는 현재 주행 중인 차선에 대한 증강현실 좌표로, ROI 외부 특정 조건을 만족하는 차선의 좌표는 나들목을 나타내는 좌표로 사용하여 운전자를 기준으로 하는 증강현실 기반 정보 시각화를 구현한다.

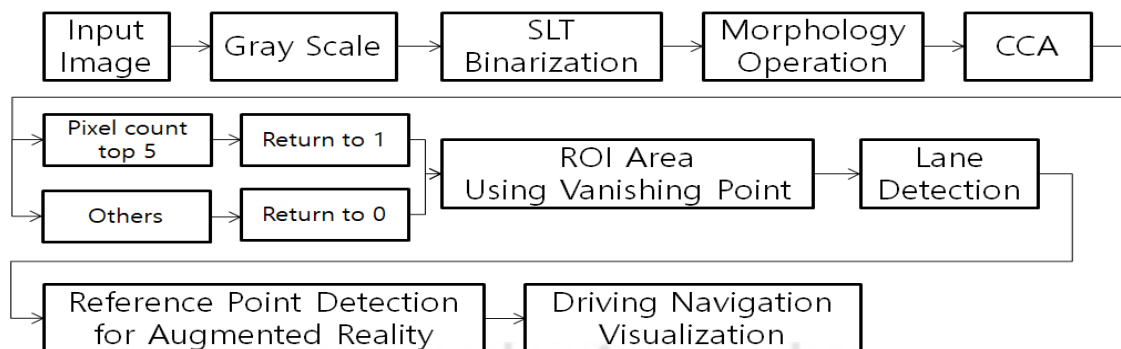


Fig. 1. System flowchart

II. Binarization

이진화는 일반적으로 영상을 구성하는 각 픽셀의 조도를 탐색하여 특정 조도 이상의 값을 갖는 픽셀을 백색, 이하의 값을 갖는 픽셀을 흑색으로 표현하는 방법을 말한다. 픽셀의 조도 정보를 탐색하여 이진화를 수행하기 위해 RGB 컬러 공간으로 표현된 입력 영상을 회색조 영상으로 변환하는 전처리 과정을 수행한다.

1. Gray Scale

회색조 영상 변환은 RGB 영상의 색상정보를 제외하고 조도 정보를 유지하면서 윤곽선 검출 및 이진 영상 변환을 위한 전처리 과정으로 활용된다. 다음 수식(1)과 같이 각 픽셀(p)의 R, G, B 채널 값을 합하여 평균을 낸 값이 해당 픽셀의 회색조 값(Ip)이다.

$$I_p = (R_p + G_p + B_p) / 3 \tag{1}$$

2. SLT(Symmetrical Local Threshold)

차선검출 방법은 대부분 색상, 경계선, 텍스처와 같이 일정한 형태와 색상을 가진다고 가정하여 주간 주행 상황에 초점을 맞추어 연구되고 있다[24-28]. 본 논문에서는 SLT 알고리즘으로 주변 픽셀과 현재 픽셀의 값을 비교하여 밝은 픽셀을 찾아 검출하여 흐린 날씨나 비 오는 날, 야간에도 차선검출이 가능하다. 이진화는 회색조 영상에서 일정 경계값을 기준으로 높은 값과 낮은 값을 가지고 있는 픽셀들을 나누어 영상의 특징을 검출하는 데 사용되며, SLT 알고리즘을 사용할 경우 차선과 같은 어두운 배경에 있는 밝은 픽셀들을 검출하여 뚜렷한 윤곽선을 얻을 수 있다[29].

SLT 알고리즘은 현재 픽셀에 대하여 좌측의 일정 영역의 픽셀 평균값 + 임계값과, 우측 일정 영역의 픽셀 평균값 + 임계값을 비교하여 해당 픽셀의 값이 더 클 때(색이 더 밝을 경우) 해당 픽셀의 값을 1로, 그 이외의 픽셀은 0으로 정의하여 주변 배경보다 더 밝은 영역을 찾는다. 차선의 경우 어두운 도로면 위에 밝은 색상으로 표현되기 때문에 SLT 알고리즘을 사용하여 차선을 뚜렷하게 검출할 수 있다. 또한, 좌/우 픽셀의 밝기에 대해 상대적으로 비교하기 때문에 차량의 그림자 또는 주변 구조물에 의한 그림자가 존재하거나 어두운 날씨에도 차선 영역의 검출이 가능하다. 다음 Fig. 2는 일반 영상(a)를 회색조 영상(b)으로 변환 후 SLT 이진 영상(c)으로 나타낸 것이다.



Fig. 2. Image conversion process

III. Preprocessing

1. Morphology Operation

Morphology는 침식(Erosion)과 팽창(Dilatation)을 사용하여 영역의 뼈대를 구하거나 잡음의 제거 및 끊어진 픽셀 그룹의 연결에 주로 사용된다. 본 논문에서는 Morphology 연산을 이용하여 차선 이외의 픽셀 제거 및 끊어진 차선의 픽셀을 결합한다.

침식 연산은 영역 내의 픽셀 중 가장 작은 픽셀의 값을 현재 픽셀에 대입하여 객체를 축소하는 연산으로써, 일정 크기 이하의 작은 영상들을 제거하기 위한 최소값 필터의 역할을 한다. 다음 Fig. 3은 침식 연산에 대한 예시이다. 붉은 사각형 내부의 각 픽셀을 기준으로 주위의 3×3의 영역을 확인하여 가장 작은 값을 해당 픽셀에 대입한다.

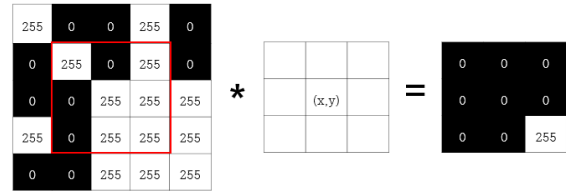


Fig. 3. Examples of erosion operations

팽창 연산은 침식 연산과 반대로 영역 내의 픽셀 중 가장 큰 픽셀값을 현재 픽셀에 대입하여 객체를 확대하는 연산이다. 팽창 연산으로 객체를 확대할 경우 픽셀 그룹 내의 작은 구멍이나 연산 영역 내의 끊어진 픽셀 그룹을 연결할 수 있다. 다음 Fig. 4는 팽창 연산에 대한 예시이다. 붉은 사각형 내부의 각 픽셀을 기준으로 주위의 3×3의 영역을 확인하여 가장 큰 값을 해당 픽셀에 대입한다.

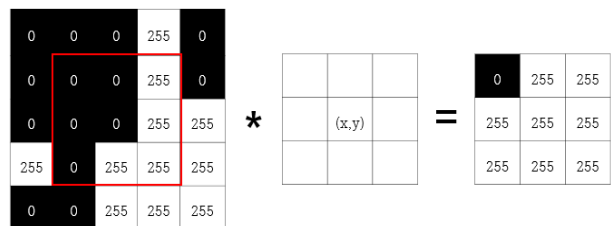


Fig. 4. Examples of dilatation operations

본 논문에서는 SLT 알고리즘을 통해 생성된 이진 영상에 침식 연산 적용 후 팽창 연산을 적용하여 잡음을 제거하면서 픽셀 그룹의 크기를 유지하였다. 이처럼 침식 연산 후 팽창 연산을 시행하는 것을 열린 연산이라고 한다. 다음 Fig. 5는 SLT 이진 영상(a)을 침식 연산(b) 후 팽창 연산(c)을 시행하는 열린 연산의 영상을 보여준다.

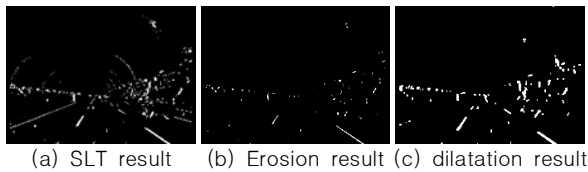


Fig. 5. Morphology result

2. CCA(Connected Component Analysis)

연결성분 분석(Connected Component Analysis) 알고리즘은 특정 영상의 연결된 픽셀 군을 찾고 이를 그룹으로 만드는 방법으로, 현재 픽셀에 대하여 인접한 4방향 혹은 8방향으로 연결되어 있는 픽셀을 같은 레이블로 묶어 그룹을 나누는 처리 기법으로, 본 논문에서는 Morphology 연산에서 제거하지 못한 잡음들 제거하기 위하여 사용한다. 열린 연산 이후 남아있는 픽셀에서 작은 그룹은 잡음, 큰 그룹은 차선일 가능성이 있는 그룹이다. 특히 차선의 픽셀 그룹은 픽셀이 가장 많은 그룹이라고 할 수 있기 때문에, 픽셀 수가 많은 상위 5개를 제외한 나머지 그룹들을 제거한다. 연결성분 분석이 완료된 후 각 그룹 내의 픽셀 개수를 확인한다. 이 중 상위 5개의 그룹을 제외한 나머지 그룹을 잡음으로 정의하고 해당 픽셀값을 0으로 반환하여 제거한다. 연결성분 분석 알고리즘 처리 순서는 다음과 같다.

- 1) 영상에서 픽셀값이 1인 지점까지 탐색
- 2) 이미 연결 성분 분석이 된 픽셀인지 확인
- 3) 아니라면 스택에 현재 x, y 좌표를 저장
- 4) 4방향 또는 8방향을 탐색, 픽셀값이 1이면서 연결성분 분석이 되지 않은 픽셀을 발견하면 스택에 추가
- 5) 더이상 그룹핑 할 픽셀이 없는 시점 (스택이 비었을 때)까지 수행
- 6) 영상 전체의 탐색이 종료 될 시점까지 1)부터 반복

다음 Fig. 6은 연결성분 분석 알고리즘을 이용하여 픽셀의 개수가 상위 5개인 그룹 이외의 픽셀들을 제거한 영상이다.

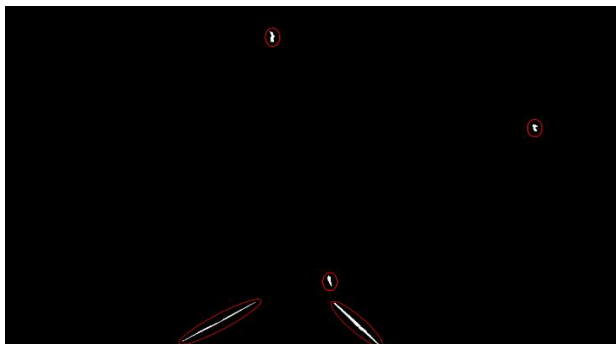


Fig. 6. Example of preprocessing results based on Connected Component Analysis

3. Binary image region dividing

이차원 영상에서 보는 차선의 경우 좌측 차선과 우측 차선이 이루고 있는 각도가 다르므로, 차선검출의 정확도를 높이기 위하여 이진 영상을 좌, 우 영역으로 분할한다. 분할한 영상은 좌측영상과 우측영상에서 각각 좌측과 우측 차선을 구한다. Fig. 7은 각각 좌측(a)과 우측(b)으로 나눈 차선의 영상이다.

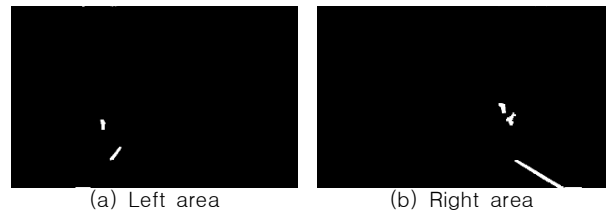


Fig. 7. Binary image region dividing results

IV. Lane Detection inside ROI Area using Vanishing Point

제안된 전처리가 완료된 좌, 우측의 이진 영상에 대하여 차선 영역의 정의를 위해 허프 변환을 수행한다. 허프 변환을 수행하면 잡음을 제외한 영상 내 픽셀들의 모든 조합으로 표현되는 직선 성분을 얻을 수 있다. 각 분할 영상 내 검출된 직선들의 기울기 값을 구할 수 있고, 좌측과 우측 직선들로 구성되는 소실점 군과 이들의 평균 소실점 및 소실점들의 표준 편차를 구할 수 있다. 획득한 직선 성분들 및 소실점 정보를 기반으로 차선의 ROI를 지정하여 차선검출의 정확도를 향상하였다.

1. Hough Transform

허프 변환은 영상에서 직선 성분을 검출하기 위해 사용되는 대표적인 기법이다. 수직(y축), 수평(x축)의 축에 대한 좌표(x, y)로 표현되는 영상 평면 상 픽셀은 식(2)와 같은 기울기 m과 y절편 n를 갖는 무수히 많은 직선을 갖는다.

$$y = mx + n$$

$$n = y - mx$$
(2)

이를 식 (2)와 같이 치환하게 되면 해당 픽셀로부터 생성되는 무수히 많은 직선은 기울기와 y 절편으로 구성되는 평면상의 하나의 선으로 표현된다. 그러나 이와 같은 방법은 기울기가 무한대로 수렴할수록 나타내기가 어려워진다. 이 문제를 해결하기 위해서 식 (2)는 허프 누적기(Hough Accumulator)에서 식 (3) 과 같이 변형하여 나타낸다.

$$r = x \cos t + y \sin t$$
(3)

영상 평면상 직선과 원점의 거리 r 은 최댓값이 영상의 대각선 길이라는 한계를 가지며, 직선과 x 축이 이루는 각도인 t 는 270° 가 넘어가면 영상의 화면을 넘어가기 때문에 유효한 범위는 $0^\circ \sim 270^\circ$ 까지이다. 따라서 x, y 축의 한 점을 지나는 무수한 직선들은 허프 누적기에 \sin 형태의 곡선을 그린다.

영상에서의 모든 점들에 대한 직선은 허프 누적기에 누적되게 되는데 이를 Voting이라고 하며, 이 Voting 된 수는 해당 직선을 구성하는 픽셀의 수이며, 이 값이 임계값을 넘어가게 되면 영상 내 존재하는 주요 직선(차선)이라고 판단하고 직선에 대한 정보를 획득한다. 차량에서 보이는 차선의 r 값은 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 를 넘지 않는다. 따라서 차선의 직선 선분을 구하는 범위는 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 가 되며, 좌측영상의 차선은 음의 각도, 우측영상의 차선은 양의 각도를 가지게 된다. 다음 Fig. 8은 허프 변환하여 직선 성분이 검출된 좌측(a) 과 우측(b) 영상이다.

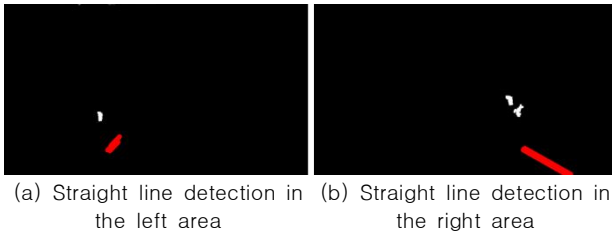


Fig. 8. Example of Hough Transform-based Line Detection Results

2. Vanishing Point Detection

소실점은 물리적으로 평행한 직선이 영상에서 모두 하나의 점으로 수렴하는 것을 말한다. 본 논문에서는 차선 인식의 정확성을 높이기 위하여 소실점과 소실점의 표준 편차를 이용한 ROI를 정의한다. 물리적으로 평행한 두 개의 차선은 영상에서 하나의 점으로 수렴하여 동일한 소실점을 갖는다. 소실점은 다음 식(4)과 같이 정의된다. $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 의 좌표로 이루어진 선과 $(x_3, y_3), (x_4, y_4)$ 로 이루어진 두 직선을 직선의 방정식을 이용하여 각 선의 기울기인 m_1 과 m_2 를 구하고, y 접점인 n_1 , 과 n_2 를 구한다. 구해진 값들은 식(5)을 통해 두 선의 교차점을 구하고 이를 소실점으로 정의한다.

$$\begin{aligned} y &= mx + n \\ m(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \\ n &= y - mx \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} y &= m_1x + n_1 \\ y &= m_2x + n_2 \\ m_2x + n &= m_1x + n \\ x &= (n_1 - n_2) / (m_1 - m_2) \\ y &= m_1((n_1 - n_2) / (m_2 - m)) + n_1 \end{aligned} \tag{5}$$

다음 Fig. 9는 좌측영상을 허프 변환한 직선들과 우측영상을 허프 변환한 직선들의 소실점을 구한 뒤 붉은 점으로 표시하였으며, 소실점들의 평균 좌표를 좌판 점으로 나타내었다.



Fig. 9. Mean coordinates of vanishing points and vanishing points

소실점 평균 좌표를 중심으로 소실점 군의 평균 x 좌표 값을 연결 한 선을 소실선 영역이라 지정한다.

3. ROI(Region of Interest) Definition

영상에서 차선은 어두운 배경(도로)에서 밝은 영역으로 있기 때문에 SLT로 이진화 하였을 경우 가장 큰 영역으로 있을 가능성이 높으며, 허프 변환할 경우 높은 Voting값의 직선이 차선일 가능성이 크다. 이를 이용하여 차선이 있는 영역을 지정하여 차선의 검출 정확도를 높인다. Fig. 10. 과 같이 ROI는 여러 개의 소실점을 지나는 직선인 소실선과 이로부터 좌우 영역에서 구해진 Voting값이 가장 큰 직선의 기울기를 이용하여 계산된 좌/우측의 x 축 접점으로 정의된다.

구해진 값들을 이용하여 왼쪽 차선 영역은 소실선 영역과 좌측 x 축 접점부터 중점까지의 범위를 교차하는 영역이 되고, 오른쪽 차선 영역은 소실선 영역과 우측 x 축 접점부터 중점까지의 범위를 교차하는 영역이 된다.



Fig. 10. ROI area

따라서, 좌·우측 영상 내 차선은 x 축 접점과 영상 하단의 중점을 잇는 직선과 소실 선을 동시에 교차하는 선분만이 차선으로 정의된다. Fig. 11은 지정된 ROI 영역 내에서 검출된 차선의 영상이다. 검출된 차선의 좌표는 증강현실(AR) 구현을 위한 좌표의 기준이 된다.



Fig. 11. Example of proposed lane detection method result

V. Experimental Results

Intel(R) HD Graphics 4600, NVIDIA GeForce GTX 765M를 이용하여 실험을 진행하였으며, OpenCV 3.2의 환경에서 프로그램을 구성하였다. 주행 영상은 주간, 야간, 비 오는 날, 흐린 날 등의 환경에서 1280x720 RGB의 MP4 영상을 사용하였다. 차선의 인식률은 ROI영역을 지정하였을 경우와 지정하지 않았을 경우 인식률의 차이를 비교하기 위하여 실험하였다. 인식률 실험은 ROI지정 하였을 경우와 지정하지 않았을 경우 현재 위치한 차선의 차선 선분 검출 정확도와 잡음의 검출 유무를 중심으로 확인하였으며, 맑은 날, 흐린 날, 비 오는 날과 밤 시간을 포함한 총 8개의 도로에 대하여 4600장의 영상으로 실험을 하였다. Fig. 12. 는 8개의 도로에 대해 차선검출 결과 예시이다.

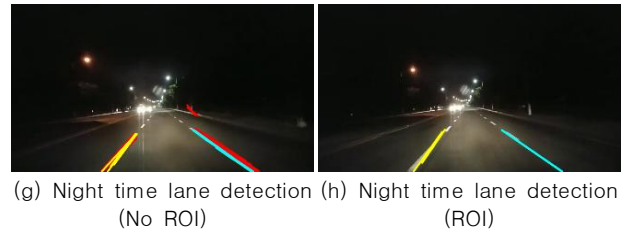
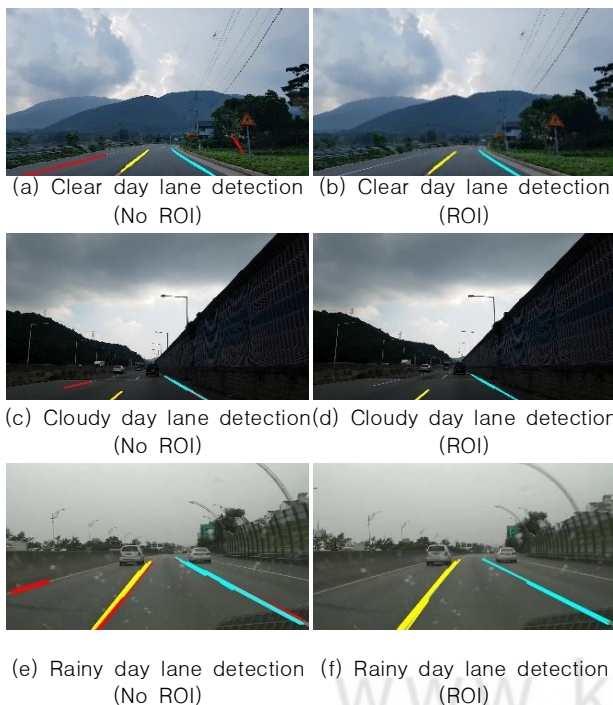


Fig. 12. Lane detection test result

전체 4600장의 영상 중 ROI 적용 시 3648장(79.3%)의 사진에서 차선만을 정확히 검출하였으며, ROI 미적용 시 3648장 중 1172개(32.1%)의 사진에서 잡음이 검출하였다. ROI 지정 후 차선검출에 실패한 경우는 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫째 Fig. 13 (a) 와 같이 차선이 희미하거나 지워진 경우이다. 이 같은 경우는 이전 프레임 중 마지막 인식된 차선의 선분 값을 차선이 끊어진 부분에 적용하여 대체 추적을 하는 방법으로 해결할 수 있다. 두 번째 경우는 Fig. 13.(b) 과같이 도로 중앙의 도로 노면표지가 인식되거나 Fig. 13.(c) 같은 차선보다 더욱 커다란 그룹의 픽셀 군이 인식되어 ROI 영역이 넓어진 경우이다. 차선 이외의 픽셀이 더 크게 인식된 경우 차선검출의 정확도가 떨어지게 된다. 이 같은 경우는 도로 중앙의 일정 부분을 ROI 영역에서 제외하여 도로 표지의 인식을 줄이는 방법이나, 최소 사각형 검출을 이용하여 차선 이외의 픽셀 그룹을 제외하는 방법으로 인식률을 증가시킬 수 있다.



Fig. 13. Lane detection failure result



VI. Reference Point Detection for Augmented Reality

증강현실은 카메라 등을 통하여 실 공간의 영상 분석을 통해 검출된 영상 좌표에 가상 객체를 정합하여 실 공간 영상에 가상 객체를 시각화하는 기술이다[30]. 본 논문에서 사용되는 증강 현실은 컴퓨터 비전 기반 증강현실로 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 차선을 인식하고, 차선을 기준으로 가상의 화살표를 증강시켜 운전자 시점에서 길을 알려주는 증강현실 기반 주행 유도형 내비게이션을 구현하였다[31-33]. Fig. 14은 보편적인 HUD 내비게이션 이다. 이와 같은 형태의 HUD 내비게이션은 가변 차선이나 연속으로 있는 나들목의 경우 운전이 익숙하지 못한 운전자에게 혼란을 가져올 수 있다.



Fig. 14. HUD Navigation

또한, 운전자의 시선 정면에 위치하지 않아 시선의 분산으로 인한 사고의 위험성이 있으며, 반대로 내비게이션에 신경을 쓰지 못하여 원하던 경로로 진입하지 못하게 되는 경우도 발생할 수 있다.

본 논문에서는 운전자를 기준으로 한 도로 유도선 구현으로 정확한 나들목의 위치를 지정하여 이러한 혼란을 줄이고, 운전자의 정면에 위치하도록 하여 시선 분산을 방지하고자한다.

1. Reference Point Detection for Highway IC Navigation

고속도로 나들목 방향의 좌표 검출은 현재 차선 밖의 차선 중 우회전 차선의 감지를 위한 것이다. 고속도로 나들목은 현재 위치한 차선의 오른쪽 차선에 존재한다. 즉, Fig. 15 와 같이 우측 영역 중 ROI 바깥 부분에 위치하며 우측 대각선을 향하고 있는 선이 나들목을 나타내는 차선이다. 따라서 오른쪽 차선 영역 중에서 ROI영역을 제외한 범위에 존재하는 픽셀군들 중 0°에서 90°까지 범위의 직선을 이루고 있는 차선이 나들목 차선이 된다.

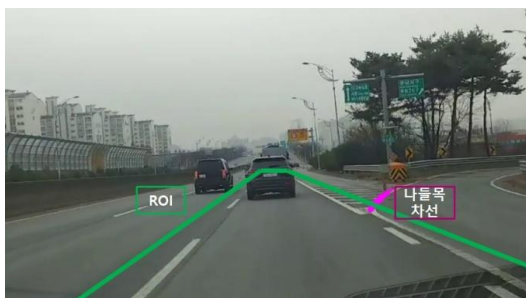


Fig. 15. ROI area and IC lane

다음 Fig. 16 는 4개 도로의 나들목에 대한 차선검출 결과 영상이다. 오른쪽 차선 영역 중 ROI 영역을 제외한 나머지 부분에서 0°에서 90°도에 해당되는 나들목 방향 차선이 정상적으로 검출되었다. 그러나 나들목 방향 차선검출 영역의 범위가 넓어 나들목 차선 이외에도 가로등, 표지판 등의 영상이 인식되는 경우가 발생하여 나들목 차선의 검출 정확도가 떨어지며, Fig. 17 과 같이 나들목의 구조가 도로의 진행과 같은 방향으로 진행되는 경우, 나들목의 특징으로 지정 된 오른쪽 차선의 각도 변화가 적어 차선의 인식에 실패한 것을 볼 수 있다. 이러한 문제점

은 기존의 ROI 영역 바깥에 추가적인 ROI 영역 확장을 하여 옆 차선을 검출하는 방법 등으로 해결이 가능할 것으로 보인다.

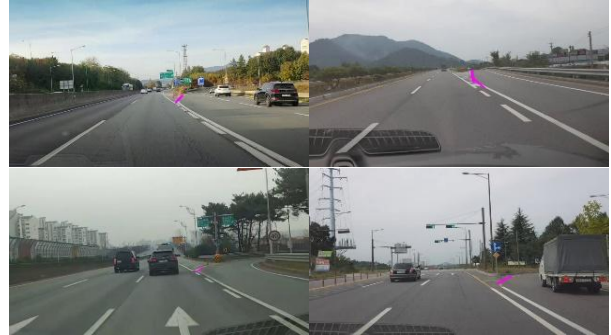


Fig. 16. IC lane detection result



Fig. 17. IC lane detection failure image

이와 같은 방법으로 좌측에 대한 증강도 가능하나, 본 논문에서는 고속도로 등을 기준으로 하여 우측의 나들목에 대해서만 구현을 하였다.

2. Reference Point Detection for Driving Navigation

증강현실을 구현하기 위해서는 증강될 가상 객체가 위치할 실제 영상 좌표가 필요하다. 본 논문에서의 운전자 기준 증강현실을 구현하기 위한 영상 내 좌표는 다음 Fig. 18과 같이 ROI 내부에서 검출된 좌측과 우측 차선을 기준으로 하여 각 차선의 상단부 중간 지점을 증강객체 구현의 기준 좌표로 한다.



Fig. 18. ROI area and ROI Inner lane

증강현실 기준 좌표에 대하여 Fig. 19와 같이 x축의 일정 영역을 연결하여 증강현실을 구현한다.



Fig. 19. Example of visualization of Augmented Reality



Fig. 21. Driving navigation visualization

VII. Driving Navigation Visualization

차선검출 기반 주행 유도 내비게이션 시각화는 다음과 같이 구현한다. ROI 내부 왼쪽 차선과 오른쪽 차선의 좌표를 검출한 후, 상단부의 좌표에 대하여 x축의 평균을 구한다. 이 x축 좌표의 평균은 0증강현실 구현 좌표의 x축에 대한 기준이 된다. y축 좌표의 경우 ROI 영역 내의 좌표 중 최상단부의 y축 좌표가 증강현실 구현 좌표의 y축 기준 좌표가 된다. Fig. 20은 주행 유도 내비게이션 시각화의 예시이다.



Fig. 20. Implement augmented reality

다음 Fig. 21은 ROI를 이용하여 검출한 차선에 대하여 도형 생성형 증강현실을 적용한 결과 영상이다. 차선 인식과 같이 4600장의 영상에 대하여 실험을 진행하였으며, 차선 인식이 성공한 3648장의 사진에서는 정상적으로 증강되었다. Fig. 22는 조도 변화가 큰 영상에서의 차선검출 결과에 대한 주행 유도 내비게이션 시각화 영상이다. 조도 변화와 관계없이 차선 인식이 가능 할 경우 정상적으로 내비게이션이 시각화하는 것을 볼 수 있다. Fig. 23은 나들목 방향에 대한 주행 유도형 내비게이션 증강현실 구현 결과이다. 나들목 차선이 정상적으로 인식되었던 영상의 경우 나들목을 향하는 차량 유도선을 증강하였다.

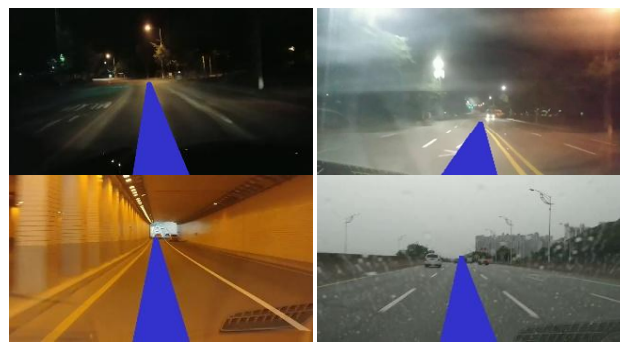


Fig. 22. Driving navigation visualization on image with large illumination change

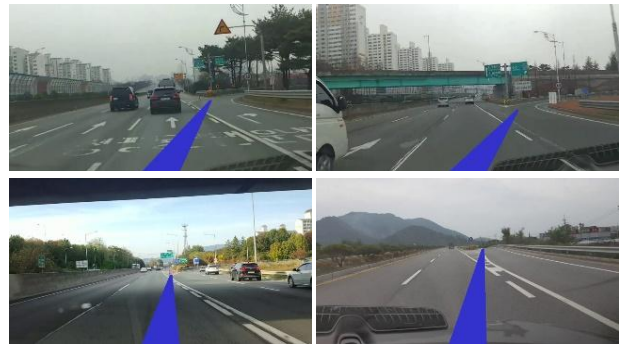


Fig. 23. Driving navigation visualization on IC images

Fig. 24는 나들목 방향 차선검출에 실패한 영상들에 대한 차량 유도선 구현 모습이다.



Fig. 24. Lane detection failure image visualization

VIII. Conclusion

본 논문에서는 차량 자율주행 지원 및 고 가시성의 증강현실 기반 정보 시각화를 위한 운전자 중심의 증강현실 정보 시각화와, 이를 위한 동적 환경변화에 강건한 차선검출 방법을 제안한다. SLT 알고리즘을 사용하여 그림자 등의 동적 환경 변화에 강건한 차선검출 방법을 제안하였다. Morphology 연산 및 연결성 분석 알고리즘을 이용하여 차선을 제외한 잡음을 최소화하며, 소실 선을 이용한 필터링으로 ROI 영역을 지정하여 유동적으로 차선을 감지할 수 있는 차선검출 방법을 제안하였다. 또한, 검출된 차선의 좌표를 기준으로 사용하여 운전자 중심의 간단한 증강현실 정보를 시각화하였다. 그러나 차선 인식의 경우 차선의 인식의 어려운 경우나 노면 표시등의 차선이 아닌 영역이 인식되었을 경우 ROI 영역 지정의 어려움이 있었으며, 이에 따라 증강현실 구현에도 문제가 발생하였다. 이러한 문제점은 도로 중앙부분의 ROI 지정 해제, 최소 사각형 검출, 카메라 포커스 조절 등으로 차선의 인식률을 증가시킬 수 있으며, 증강현실 구현의 정확도 또한 개선될 것이다.

추후에는 차선 인식의 경우 ROI 영역 지정 조건의 추가 및 최소 사각형 영역 검출 등을 통하여 차선의 검출 정밀도 향상을 기대하고 있으며, 나들목 차선의 안정적인 인식을 위한 ROI 범위의 추가 지정 등으로 차선의 인식률을 높이하고자 한다. 증강현실의 경우 내비게이션과의 연동으로 증강현실 구현 범위의 증가를 계획하고 있다.

REFERENCES

- [1] H. Seunghoi, B. Sunwo, and K. Jungha "Lane Keeping System using lane detection and Pure Pursuit algorithm in Automotive road environment," The Korean Society Of Automotive Engineers. pp.716-724, Jun. 2018.
- [2] L. Hyeongmin, and L. Sangyoung, "Target Region Detection Using Line Pruning Filter-Based Hough Transform for Augmented Reality," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 54, No. 10, pp.79-87, Oct. 2017.
- [3] A. Lee, J. Lee, S. Lee, and J. Choi, "Augmented Reality System using Planar Natural Feature Detection and Its Tracking," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SP, vol. 48, no.4, pp.49-58, Jul. 2011.
- [4] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent advances in augmented reality" IEEE computer graphics and applications, Vol. 21, No.6, pp.34-47, 2001.
- [5] Y. Shin, J. Park, S. Shin, G. Lim, S. Song, C. Lee, and J. Chung, "Improvement of Image Classification in Augmented Reality Based on Deep Learning," 2016 Summer Conference of the Institute of Electronics Engineers of Korea, pp.1771-1773, Jun. 2016.
- [6] O. Richard, and E. Peter, "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures," Communications of the ACM, Vol.15, No.5, pp.11-15, Oct. 1972.
- [7] K. Taedong, Y. Kang and J. Kyeonghoon, "Robust Lane Detection Algorithm in Shadow Area by using Local Feature Point," The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers, pp.194-197, Oct. 2016.
- [8] J. Shin, L. Eunryung, K. Keekoo, and L. SooIn, "Lane detection algorithm based on top-view image using random sample consensus algorithm and curve road model," 2014 Sixth International Conference on Ubiquitous and Future Networks, Vol.10, No.1109, pp.8-11, Jul. 2014.
- [9] A. Martin, and C. Robert, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," Communications of the ACM, Vol. 24, No.6, pp.381-395, Jun. 1981.
- [10] S. Minseok, K. Sungho, L. Eunryung, M. Afrakhieh, and P. Miryoung, "A study of Augment Reality (AR) technology for recognition improvement of Vehicle HUD," The Korean Society of Automotive Engineers, pp.1302-1303, Nov. 2016.
- [11] K. Beayoung, J. Sungho, B. Chulho, P. Junghoon, and S. Myungwon, "A Study on Workload of Using Telematics while Driving," KSAE, Vol.17, No.2, pp.26-33, Mar. 2009.
- [12] O. Youngdal, K. EunJeong, and P. SunHong, "A Study on the Effectiveness of Head Up Display (HUD)," The Korean Society of Automotive Engineers, pp.655-655, May. 2014.
- [13] P. Daehyuck, S. Jeonggoo, K. Jihyung, J. Seogsig, L. Junghun, Y. Tae-sup, L. Hye, X. Bin, and L. Younghwan, "A Study on Environmentally Adaptive Real-Time Lane Recognition Using Car Black Box Video Images," KSCI, pp. 187-190, Jul. 2018.
- [14] Y. Wang, E. Teoh, and D. Shen, "Lane detection and tracking using B-Snake," Image Vision Comput, Vol.22, No.4, pp.269-280, Apr. 2004.
- [15] M. Aly, "Real time Detection of Lane Markers in Urban Streets," IEEE Symposium on Intelligent Vehicles, pp.7-12, June. 2008.
- [16] H. Cheng, B. Jeng, P. Tseng, and K. Fan, "Lane Detection With Moving Vehicles in the Traffic Scenes," Intell. Transport. syst, Vol.7, no.4, pp.571-582, Dec. 2006.
- [17] A. Abdulhakam, O. Khalifa, and H. Khan, "Real Time Lane Detection for Autonomous Vehicles," International Conference on Computer and Communication

- Engineering, Vol.10, No.1109, pp. 13-15, Jul. 2008.
- [18] Chanho Lee, and Dajun Ding, "An Adaptive Road ROI Determination Algorithm for Lane Detection," IEIE, pp.116-125, Jan. 2014.
- [19] X. Zhe, and L. Zhifeng, "A robust lane detection method in the different scenarios," International Conference on Mechatronics and Automation, pp.1358-1363, Aug. 2012.
- [20] W. Chunche, H. Shihshinh, and F. Lichen, "Driver assistance system for lane detection and vehicle recognition with night vision," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.3530-3535, Aug. 2005.
- [21] B. Benligiray, C. Topal, and C. Akinlar, "Video-Based Lane Detection Using a Fast Vanishing Point Estimation Method," IEEE International Symposium on Multimedia, pp.348-351, Dec. 2012.
- [22] H. Kong, J. Audibert, and J. Ponce, "Vanishing point detection for road detection," IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.96-103, Jun. 2009.
- [23] L. Mingfa, L. Yuanyuan, and J. Min "Lane Detection Based on Connection of Various Feature Extraction Methods," Hindawi, pp.13, Jul. 2018.
- [24] Y. Hu, J. Liu, S. Gao, and W. Chi "Lane Detection System for Night Scenes" Intelligent and Connected Vehicles Symposium, pp.9, Jan. 2018.
- [25] K. Byeoungsu, and K. Whoiyul "Robust Lane Detection Method in Varying Road Conditions" The Institute of Electronics Engineers Of Korea, pp.88-93, Jan. 2012
- [25] Y. Cheng, C. Tseng, C. Fan, N. Hwang, and S. Jeng, "Hierarchical lane detection for different type of roads," IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp.1349-1352, Mar. 2008.
- [26] K. Kluge, S. Lakshmanan, "A deformable template approach to lane detection," IEEE Intelligent Vehicle, pp.54-59, Sep. 1995.
- [27] H. Lim, M. Ang, P. Seng, and W. Chin, "Lane-vehicle detection and tracking," Proc. International Multiconference of Engineers and Computer Scientists, pp.18-20, Mar. 2009.
- [28] C. Rasmussen, "Grouping dominant orientations for ill-structured road following," Proc. IEEE Comput. Soc. Conf, Comput. Vis. and Pattern Recognition, pp.394-398, Jul. 2004.
- [29] C. Lipski, B. Scholz, K. Berger, C. Linz, T. Stich, and M. Magnor, "A Fast and Robust Approach to Lane Marking Detection and Lane Tracking," Proc. IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, pp.57-60, Apr. 2008.
- [30] T. Veit, J. Tarel, P. Nicolle, and P. Charbonnier, "Evaluation of Road Marking Feature Extraction," 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.174-181, Dec. 2008.
- [31] Y. Bumjae "Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality Overview" Korea Robotics Society, pp.3-7, Oct. 2018.
- [32] K. Sangjoon, B. Yoonmin, and C. Yoonjoo, "Design and Implementatin of Real-time Augmented Reality Building Information System Combined with 3D Map," Korea Computer Graphics Society, pp.39-54, Sep. 2018.
- [33] Y. Youngmi, and J. Seonghwan"Design Plan for Digital Textbooks Applying Augmented Reality Image Recognition Technology, The Korea Contents Society, pp.353-363, Jun. 2018.

Authors



Jeong-Rok Yun Received his Master of Science in Electrical Engineering and Computer Science. Now he is in researcher of Spatial Optical Information Research Center. a researcher in Korea Photonics Technology Institute (KOPTI).

Interests: Image processing, machine learning



Dong-Kil Lee Received his Ph.D in School of Mechanical Engineering, Chonnam National University. Now he is in charge of Spatial Optical Information Research Center. a pricipal researcher in Korea Photonics Technology Institute (KOPTI).

Interests: Ultra Precision Machining for optical parts and molds which are used to AR Devices



Sung-Kuk Chun Received his Ph.D in Department of HCI and Robotics, University of Science and Technology (UST). Now he is a senior researcher in Korea a senior researcher in Korea Photonics Technology Institute (KOPTI). His research interests

include computer vision and machine learning based human motion analysis and natural user interaction.



Sung-Hoon Hong Received his Ph.D in School of Electrical and Electronic Engineeringm, Chonnam National University. Korea Advanced Institute of Science and Technology a professor, Department of Electronic Computer

Engineering, Chonnam National University Areas of Interest: Medical Image Processing, Image Coding, Multimedia Systems