

# 비디오 영상에서 사전정보 기반의 도로 추적

## (Road Tracking based on Prior Information in Video Sequences)

이 창 우\*

(Chang Woo Lee)

**요 약** 본 논문에서는 실 도로 환경에서 획득한 영상으로부터 도로 영역을 추적하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 이전 처리 결과로부터 미리 알려진 정보를 이용하여 현재 영상에서 도로를 검출하고 추적하는 방법이다. 제안된 방법은 시스템의 효율을 위해 연속적인 입력 영상에서 하위 60%이내에 도로가 있다고 가정하여 관심의 대상이 되는 영역(Region of Interest, ROI)을 설정하고 이 영역에서만 도로를 검출하고 추적한다. 최초 분할은 플러드필 알고리즘(Flood-fill algorithm)을 수행한 결과로부터 주위 영역과의 유사성을 평가한 후 병합하여 분할한다. 사전 정보로 사용되는 이전 영상에서 분할 결과에서 시드점(Seed Point)을 추출하고 이 시드점을 기준으로 현재 영상을 분할한다. 이전 영상에서 분할된 도로 영역과 현재 영상에서 분할된 결과를 변형된 자카드 계수(Jaccard coefficient)를 이용한 유사도 측정 결과에 따라 다음 영상에서 도로영역을 정제하고 추적한다. 연속적인 입력 영상을 대상으로 실험한 결과는 잡음이 존재하는 영상에서도 도로를 추적하는데 효과적임을 보여준다.

**핵심주제어 :** 도로추적, 도로분할, 플러드필 알고리즘, 자카드계수, 시드점

**Abstract** In this paper, we propose an approach to tracking road regions from video sequences. The proposed method segments and tracks road regions by utilizing the prior information from the result of the previous frame. For the efficiency of the system, we have a simple assumption that the road region is usually shown in the lower part of input images so that lower 60% of input images is set to the region of interest(ROI). After initial segmentation using flood-fill algorithm, we merge neighboring regions based on color similarity measure. The previous segmentation result, in which seed points for the successive frame are extracted, is used as prior information to segment the current frame. The similarity between the road region of the previous frame and that of the current frame is measured by the modified Jaccard coefficient. According to the similarity we refine and track the detected road regions. The experimental results reveal that the proposed method is effective to segment and track road regions in noisy and non-noisy environments.

**Key Words :** Road Tracking, Road Segmentation, Flood-fill Algorithm, Jaccard Coefficient, Seed Point

### 1. 서 론

지능형 교통시스템 ( Intelligent Transport Systems

: ITS )은 자동차와 도로 등에 첨단 정보통신기술을 접목, 교통체계의 운영과 관리를 과학화·자동화하여 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 미래형 교통체계를 말하고, 많은 연구 분야 중 자율적인 차량 주행

\* 군산대학교 컴퓨터정보공학과

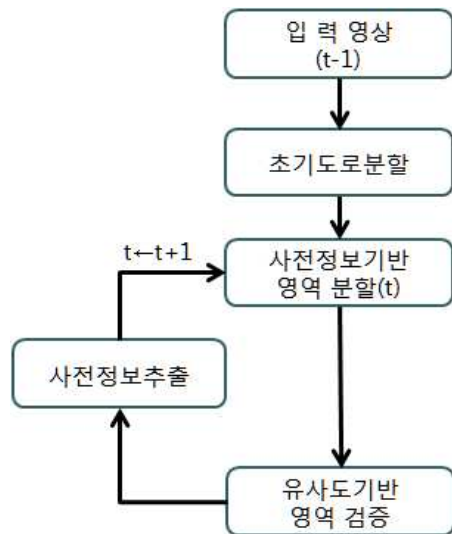
에 대한 연구는 중요한 기술 중 하나로 인식되어지고 있다. 이 중, 차량 전방 카메라를 이용한 영상 정보를 통해 도로 상태, 차량 감지 등을 인식하는 영상 처리 분야는 지속적으로 개발되고 있다[1]. 지능형 자율 주행의 도로 감지, 자동 항법 제어에서 도로의 분할은 매우 중요하다. 따라서, 지금까지 많은 연구자가 다양한 방법으로 연구를 활발히 진행하였고, 많은 기술들이 개발되었다[2-8, 16-17]. 또한, 지능형 자율 주행을 위한 위험 경고[2-3], 장애물 탐지[4-6] 및 차량 안내[7] 등의 연구들도 제안되었다[8]. 도로 영역의 분할을 위해 이상우 등은 CCD 카메라로부터의 입력영상에 대해 학습이 가능한 MLP (Multi-Layer Perceptron)를 이용하여 도로와 비도로를 적절한 신뢰도로 나눈 후 피라미드 알고리즘을 거쳐 최종 도로 영역을 추출해 내는 방법을 제안하였다[1]. Minghao Hu 등은 비전에 기반하여 도로를 검출하였다[9]. 이 방법은 영상 밝기의 히스토그램에 기반하여 이미지를 나누고, 도로의 특징과 모양으로 도로를 분할, 합병하고 불확실한 영역에 대해 검사 후, 도로를 구별하였다. Serge Beucher 등은 에지 검출, anamorphosis에 기반한 알고리즘에 Fast Watershed Transformation 수행하여 도로를 검출하는 방법을 제안하였다[10]. Geng Zhang 등은 그래프에 기반하여, 도로와 도로가 아닌 영역으로 이미지를 분할하고, 위치에 따라 합병한 후, 허프 변환과 Canny 연산자를 이용하여 차선을 검출하고 소실점(vanishing point)를 찾아 도로를 탐지하는 방법을 제안하였다[11]. 정홍 등은 EM(Expectation maximization)이론을 이용해 도로를 예측하고 시스템 파라미터를 갱신하는 방법을 사용하여 비디오 이미지로부터 비포장 도로를 추적하는 방법을 제안하였다[12]. 유재형 등은 도로영역이 가지는 컬러정보와 에지라인의 화소 연결성을 이용한 직선 정보를 이용하여 복잡한 배경과 도로 영역을 분리해내고 이 영역에 존재하는 물체의 컬러와 코너 특성을 이용하여 전방과 측방에 있는 차량을 검출하는 방법을 제안하였다[13].

본 논문은 차량의 자율주행에서 가장 중요한 도로의 분할과 이전의 정보를 바탕으로 연속적인 도로 추적에 그 목적이 있다. 카메라의 연속적인 입력에서 초기 도로 영역을 분할하고, 이전 영상에서 분할된 도로 영역에서 시드점을 추출한다. 추출된 시드점과 플러드 필 알고리즘을 이용하여, 다음 영상의 도로 후보 영역을 추출한다. 이전 영상의 분할결과와 현재 영상에서 분할된 결과 사이의 유사도를 측정하여 도로 추적의

정보로 활용한다. 2장에서는 도로 영역의 분할 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 도로영역 검증을 통한 추적에 대해 설명한다. 4장에서 실험결과에 관하여 논하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 도로 영역 분할

본 장에서는 도로의 분할 방법과 사전정보의 활용에 관하여 설명한다. 그림 1의 제안된 방법의 흐름도에서 보듯이 영역의 분할은 초기분할과 사전정보 기반의 분할, 두 과정이 있다.

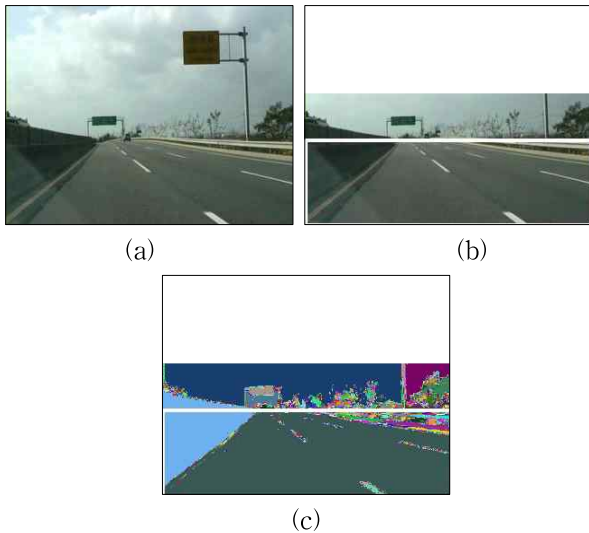


<그림 1> 제안된 방법의 흐름도

### 2.1 도로 분할 방법

본 논문에서는 도로를 분할을 위해 도로 영상의 하위 60%는 영역에 도로가 있다고 가정한다. 이는 실험의 대상이 되는 모든 영상이 가지는 공통된 성질이고 대부분의 상위 40% 영역은 하늘이나 산, 혹은 건물이 차지한다. 또한 제시된 가정에 의해 시간의 비용을 절감할 수 있으며, 분할의 정확성도 높일 수 있다. 또한, 연속된 비디오 시퀀스에서 서로 인접한 영상은 그 차이가 심하지 않다는 가정을 기반으로 한다. 이 두 가정은 수많은 실험에서 경험치로 결정된 것이며 제안된 실험환경에서는 일반성과 일관성을 상실하지 않는다. 그림 2의 (a)는 원본 영상이며, (b)는 가정에 따라

하위 60%의 영상 영역을 ROI로 설정하고 도로를 검출한 결과를 흰색 사각형으로 도시한 영상을 보여준다. 초기분할은 ROI에 대해 플러드필 알고리즘으로 영역을 분할한다. 분할된 영역에서 제일 큰 영역을 도로 영역으로 설정하고 인접한 주변영역을 대상으로 색상유사도에 따라 병합하여 초기 분할 결과를 얻는다. 영상의 분할과정에서 사용되는 플러드필 알고리즘의 원리는 영상에서 하나의 화소 좌표( $x, y$ )를 대상으로 하여 주위 영역과의 유사성을 평가하여 유사도가 있는 영역들을 병합하는 것이다[14].



<그림 2> (a) 원본 영상, (b) 가정에 의한 도로 검출 영상의 예, (c) 도로 초기분할 결과

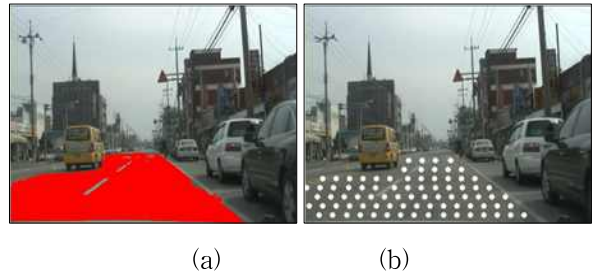
## 2.2 사전정보를 활용한 도로분할

제안된 방법에서는 연속된 영상을 분할하기 위해 이전 영상의 분할 결과가 필요하다. 이전 영상의 분할된 도로영역에서 시드점들을 추출하여 현재 영상에 적용하여 분할을 수행한다. 본 논문에서 사전정보라 함은 이전 영상에서의 도로검출 결과를 의미한다.

그림 3의 (a)는 이전 영상의 도로 분할 결과를 나타낸 그림이고, (b)는 다음 영상의 도로를 추적하기 위해 분할된 결과에서 시드점을 추출한 예이다.

## 3. 도로 추적

이전 영상에서 분할된 도로 영역과 분할된 결과 영



<그림 3> 이전 영상의 결과와 시드점 추출

상에서 추출한 시드점들이 적용된 현재 영상의 분할 결과를 비교하여 분할의 정확도를 높인다. 이전 영상에서 분할된 도로 영역과 현재 영상에서 분할된 결과 영역을 대상으로 변형된 자카드 계수를 이용한 유사도 측정을 통하여 현재 영상의 분할된 결과의 시드점들의 수정 및 재 분할을 통하여 도로 영역을 추적한다.

### 3.1 변형된 자카드 계수

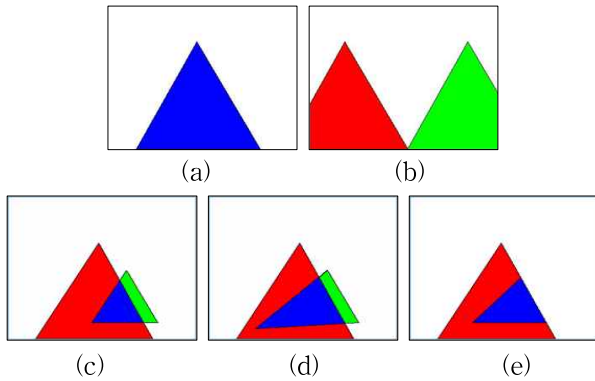
이전 도로 영역과 현재 영상에 추출된 도로 영역의 유사도 측정을 위해, 유사도 계수로 가장 많이 사용하는 모델인 자카드 상관계수를 본 논문에 맞게 변형한 자카드 상관계수를 사용하여 두 영역간의 유사도를 측정한다. 자카드 상관계수[15]는 두 집합 간의 유사도를 구하는 방법으로, 수식은 (1)과 같다.

$$J = \frac{R_{11}}{R_{01} + R_{10} + R_{11}} \quad (1)$$

$$\tilde{J} = \frac{R_{10} + R_{11}}{R_{01} + R_{10} + R_{11}} \quad (2)$$

수식 (2)는 본 논문에 맞게 변형한 자카드 상관계수 수식이다. 수식 (2)에서  $\tilde{J}$ 는 이전 도로 영역과 현재 영상에 추출된 도로 영역 사이의 유사도를 의미하며,  $R_{01}$ 은 이전 도로 영역이 아닌 부분이면서 현재 영상에 추출된 도로 영역 부분,  $R_{10}$ 은 이전 도로 영역인 부분 이면서 현재 영상에 추출된 도로 영역이 아닌 부분,  $R_{11}$ 은 이전 도로 영역인 부분이면서 현재 영상에 추출된 도로 영역인 부분을 의미한다. 그림 4는 이전 도로 영역 검출결과와 현재 영상에서 도로 영역 검출 결과 사이의 경우의 수를 그림으로 보여준다. 그림 4에서

파랑색은 겹침의 정도를 도시한 것이고, 빨간색은 이전 영상에서 도로 영역으로 검출된 결과를 도시한 것이며, 연두색은 겹치지 않은 영역을 의미한다.



<그림 4> 사전정보와 현 분할 결과의 관계; (a) 완전 겹침, (b) 겹침없음, (c), (d), (e) 부분겹침.

<표 1> 겹침에 따른 변형된 자카드 계수 결과

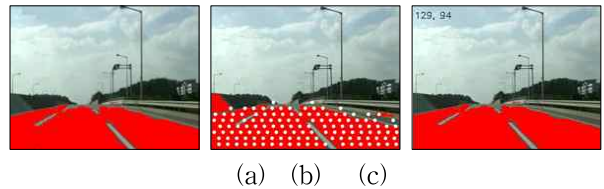
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
원형 자카드 계수	1	0	0.17	0.38	0.29
변형된 자카드 계수	1	0	0.90	0.90	1

표 1은 그림 4을 대상으로 자카드 계수와 본 논문에서 사용한 변형된 자카드 계수의 계산된 결과값을 보여준다. 자카드 계수는 1에 가까울수록 유사도가 높다는 것을 의미한다. 제시된 수치가 의미하는 바는 이전 영상에서 검출된 도로 영역의 일부가 현재 영상에서 검출된 경우에 원형 자카드 수식에 의한 값은 그 유사도가 낮다고 평가하지만, 본 논문에서 제안된 방법으로 평가하면 그 유사도가 높다고 평가된다. 따라서 이전 영상에서 도로영역으로 검출된 영역들의 일부가 현재 도로영역으로 검출되었다 하더라도 실제 도로 영역 중에서 검출된 것이라는 의미이다. 수식 (1)을 이용하여 이전 도로 영역과 현재 영상에 추출된 도로 영역의 픽셀 수와 도로가 아닌 영역의 픽셀 수를 이용하여, 두 영역간의 유사성을 측정한다.

### 3.2 시드점 필터링 및 분할 결과 정제

현재 영상의 분할 결과를 개선하기 위해 제안된 방

법에서는 이전 도로 영역과의 유사도 측정을 수행한다. 변형된 자카드메저에 대한 유사도 값이 0.95 이상이 되지 않으면 현 분할 결과의 정제 과정을 수행한다. 정제 과정은 이전 영상에서 추출한 각각의 시드점들에 대해 플러드필 알고리즘을 수행하고 그 결과가 이전 분할 결과와 20%이상 불일치할 경우 해당 시드점을 제거한다.



<그림 5> (a)이전 영상의 결과, (b)현재 영상의 시드점 결과, (c) 검증을 통한 현재 영상의 정제결과

그림 5 (a)는 이전 영상의 도로 분할 결과, (b)는 이전 영상에서 시드점들을 추출하여 현재 영상에 적용한 결과를 보여준다. 그림 5의 (b)에서 도로가 아닌 영역도 추출되었다. 따라서, 본 논문의 영역 검증을 통한 현재 영상의 검출 영역의 정제 결과는 그림 5의 (c)에서 보여준다. 그림 5의 (c)는 변형된 자카드 계수를 통한 영역의 유사도 측정을 통해 각각의 시드점들 중 20%이상 이전 도로 영역에서 벗어난 시드점들을 제거하고 남은 시드점들을 현재 영상에 적용한 결과를 보여준다.

## 4. 실험 결과

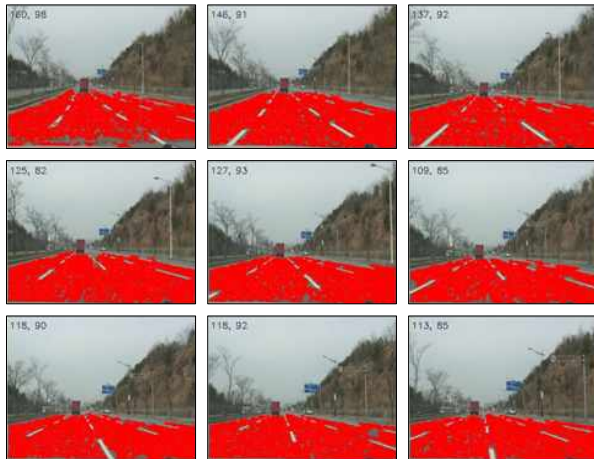
본 논문에서 제안한 방법의 정확성을 확인하기 위해, 실험장비로 SONY HDR-HC1 캠코더 1대와 Avid Liquid Pro 외장 영상 캡처 보드를 사용하였으며, 실험 영상은 약 30영상의 320 \* 240 크기로 차량 앞면 유리에 캠코더를 고정시킨 상태로 촬영한 자동차 전용도로의 도로 비디오 영상을 대상으로 실험하였다. 알고리즘을 수행하는 동안 추적 실패 시를 대비하여 도로영역이 ROI 영역의 10%이하일 때 다시 초기분할 알고리즘을 수행하였다.

그림 6은 도심지와 외각도로를 대상으로 제한된 방법으로 도로를 추적한 결과를 보여준다. 또한, 그림 7에서 확인할 수 있듯이 도로면이 균일하지 않더

라도 제대로 작동하여 노이즈에 강건함을 보였다. 도시된 그림 6과 7는 연속된 입력영상을 10 프레임 단위로 샘플링하여 그 결과를 도시하였다.



(a) 도심지



(b) 외곽도로

<그림 6> 연속적인 도로 추적 결과

표 2에서는 제안된 방법의 정확도를 평가하기 위해 다양한 테스트 데이터를 대상으로 실험하였다. 시내도로, 외곽도로, 그리고, 산업도로에서 획득한 영상을 대상으로 제안된 방법을 실험하였다. 시내도로의 추적률이 상대적으로 낮은 이유는 도로 표면에 설치된 다양한 도로표시나 횡단보도 등, 플러드필 알고리즘의 영역확장을 방해하는 요소들 때문이다. 또한, 복잡한 교

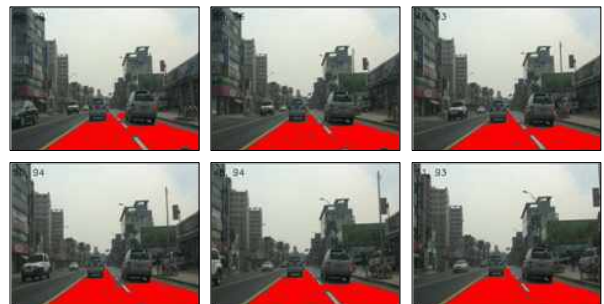
통량 때문에 도로영역의 검출이 실패한 경우들이 대다수의 실패요인으로 분석되었다. 측정 시 사용된 방법은 각각의 비디오 클립마다 추출된 결과영상을 저장하고, 도로 영역이 검출되지 않은 영상의 개수를 수작업으로 계산하였다.

<표 2> 도로 추적의 정확도 평가

실험데이터	길이	정확도
도심1	50초	89.4
도심2	39초	92.5
외곽도로	1분12초	98.8
산업도로	2분2초	100



<그림 7> 노이즈 강건성 테스트 결과



<그림 8> 초기 도로 분할의 문제점

그림 8은 도심지 도로에서 연속적인 도로의 추적

결과를 보여준다. 위의 그림에서 왼쪽 차선은 도로로 분할되지 않은 결과를 볼 수 있다. 초기 영상에서 도로를 분할 할 때, 분할되지 못한 문제점으로 연속적인 도로 영상에서 분할되지 않았다.

## 5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 실시간 카메라 입력으로부터 도로영역을 분할 및 추적하는 방법을 제안하였다. 변형된 자카드 계수로 분할된 영역의 신뢰도를 평가하였으며, 평가된 신뢰도에 따라 현재 영상의 분할 결과를 정제하고 그 결과로 이전 영상의 도로 영역을 현재 영상에서 연속적으로 추적하였다. 다양한 도로환경에서 획득한 영상으로 실험한 결과 제안된 방법이 실시간 도로 영역 분할 및 추적의 한 방법으로써 효율성과 안정성이 입증되었다. 향후 과제로는 초기에 도로를 분할 할 때, 왼쪽 차선이 분할되지 못한 문제점으로 초기 영상의 도로 분할의 정확성에 대한 연구를 수행할 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] ITS Korea, <http://www.itskorea.or.kr>
- [2] W. Kwon and S. Lee, "Performance evaluation of decision making strategies for an embedded lane departure warning system," *Journal of Robotics and Systems*, vol. 19, no. 10, pp. 499-509, Sep. 2002.
- [3] F. Heimes and H.-H. Nagel, "Towards active machine-vision-based driver assistance for urban areas," *International Journal of Computer Vision.*, vol. 50, no. 1, pp. 5-34, Oct. 2002.
- [4] C. Demonceaux, A. Potelle, and D.K. Akkouche, "Obstacle Detection in a Road Scene Based on Motion Analysis," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 53, no. 6, pp. 1649-1656, 2004.
- [5] X. Li, X. Yao, Y. L. Murphey, R. Karlson, G. Gerhart, "A Real-Time Vehicle Detection and Tracking System in Outdoor Traffic Scenes," in *Proc. IEEE International Conference of Pattern Recognition*, 2004.
- [6] R. Labayrade, D. Aubert, "A Single framework for Vehicle roll, pitch, yaw estimation and obstacle detection by stereovision," in *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp. IV2003*, pp. 31-36, 2003.
- [7] W. Enkelmann, "Video-based driver assistance-From basic functions to applications," *International Journal of Computer Vision*, vol. 45, no. 3, pp. 201-221, Dec. 2001.
- [8] Jong Hyuk Kim, "Advanced Traffic Management Systems", *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 16, no. 6, pp. 5-13 1998. (In Korean)
- [9] Minghao Hu , Wenjie Yang , Mingwu Ren , Jingyu Yang "A Vision Based Road Detection Algorithm", *Proceedings of the 2004 IEEE*, 1-3 December, 2004
- [10] Serge Beucher, Michel Bilodeau "Road Segmentation and Obstacle Detection by a Fast Watershed Transformation" *Centre de Morphologie Mathematique, Ecole des Mines de Paris* 35, Rue Saint Honore, 77305 Fontainebleau, France.
- [11] Geng Zhang, Nanning Zheng, Chao Cui, Yuzhen Yan and Zejian Yuan "An Efficient Road Detection Method In Noisy Urban Environment" *IEEE Intelligent Vehicles Symposium 03 June*, 2009.
- [12] Hong Jeong, Yuns Oh, J. H. Park, B. S. Koo, Sang Wook Lee, "Vision-based Adaptive and Recursive tracking of unpaved roads" *Pattern Recognition Letters*, vol. 23, no. 1-3, pp.73-82. 2002.
- [13] Jaehyung Yu, Youngjoon Han, Herno Hahn, "On-road Vehicle and Area Detection Using Edge Connectivity and Corner Clustering", *IEEK Summer Conference*, vol. 31, no. 1, pp. 1035-1036, 2008. (In Korean)
- [14] OpenCV Reference Function cvFloodFill(), <http://opencv.willowgarage.com/documentation/index.html>
- [15] Jaccard coefficient link on Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Jaccard\\_index](http://en.wikipedia.org/wiki/Jaccard_index)
- [16] In-Tae Jang, Dong-Woo Kim, Young-Jun

Song, Hyeok-Bong Kwon, Jae-Hyeong Ahn, "Real Time Object Tracking Method using Multiple Cameras," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, vol. 17, no. 4, pp. 51-60, 2012.(Korean)

[17] Chung Won Song, Kwang Woo Nam, Chang Woo Lee, Driving Pattern Recognition System using Smartphone sensor stream," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, vol. 17, no. 3, pp. 35-42, 2012.(Korean)



이 창 우 (Chang Woo Lee)

- 정회원
- 경일대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
- 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사
- 군산대학교 컴퓨터정보공학과 부 교수

• 관심분야 : 텔레매틱스, 패턴인식, 컴퓨터비전, 상황 인식

논문접수일 : 2013년 01월 18일  
1차수정완료일 : 2013년 02월 21일  
2차수정완료일 : 2013년 04월 02일  
게재확정일 : 2013년 04월 02일