

# OpenCV를 이용한 다중차량 추적 및 실시간 불법 유턴 감시 시스템

\*허성연, \*박형기, \*이한얼, \*윤수진, \*\*정수연, \*\*\*김종화, \*\*\*최두현  
\*영재학교 대구과학고등학교, \*\*경북대학교 전자전기컴퓨터학부, \*\*\*경북대학교 전자공학부

## Multi-vehicle Tracking and Real-time Illegal U-Turn Monitoring System Using OpenCV

\*Sung-Yeon Hur, \*Hyung-Kee Park, \*Han-Eol Lee, \*Su-Jin Yoon, \*\*Su-Yeon Jeong, \*\*\*Jong-Hwa Kim, \*\*\*Doo-Hyun Choi  
\*Daegu Science High School,  
\*\*Graduate School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University,  
\*\*\*School of Electronics Engineering Kyungpook National University

**Abstract** - 본 논문은 영상처리를 이용하여 불법 유턴(U-Turn) 감시 시스템을 자동화하는 방법을 제안한다. 고정된 위치의 카메라를 통해 들어온 현재 영상과 배경 영상의 차를 이용하여 움직이는 객체 이외의 고정된 배경을 제거하고, 영상을 이진화한 뒤 레이블링을 통해 일정 픽셀 이상의 객체만을 자동차로 식별한다. 식별된 자동차를 Kalman Filtering을 거쳐 도로 위에 존재하는 다중의 자동차를 추적한다. 검출된 자동차의 진행방향이 반대로 바뀔 때, 불법 유턴을 하였다고 판단하고 유턴 상황을 시스템에 알린다. 본 논문에서는 조명의 변화가 적고 여러 가지 다른 변수들을 고려할 필요가 없는 낮 시간대로 제한하였으며, Visual Studio 2008과 OpenCV 2.0을 이용하여 구현하였다.

차량 검출 과정은 다음과 같다. 입력 영상으로부터 움직이는 물체를 검출하기 위해 현재 입력 영상( $I_c$ )과 배경 영상( $I_b$ )의 차 영상( $I_d$ )을 이용한다. 차 영상에서는 움직이는 물체와 잡음 성분이 남게 된다. 배경이 제거된 영상을 단순화하기 위해 화소 값을 0과 255로 이진화를 한 후 레이블링을 한다. 여기서 배경 제거 후 검출된 객체들 중에는 차량 이외의 다른 움직이는 물체들도 함께 검출되기 때문에 차량이 차지하는 픽셀 수보다 작은 물체는 잡음으로 간주하고 제거하였다. 레이블이 부여된 객체에 대해 차량의 특징을 적용하여 최종적으로 차량 후보를 검출한다. 그림 2에 차량 검출 과정을 블록도로 나타내었다.

### 1. 서론

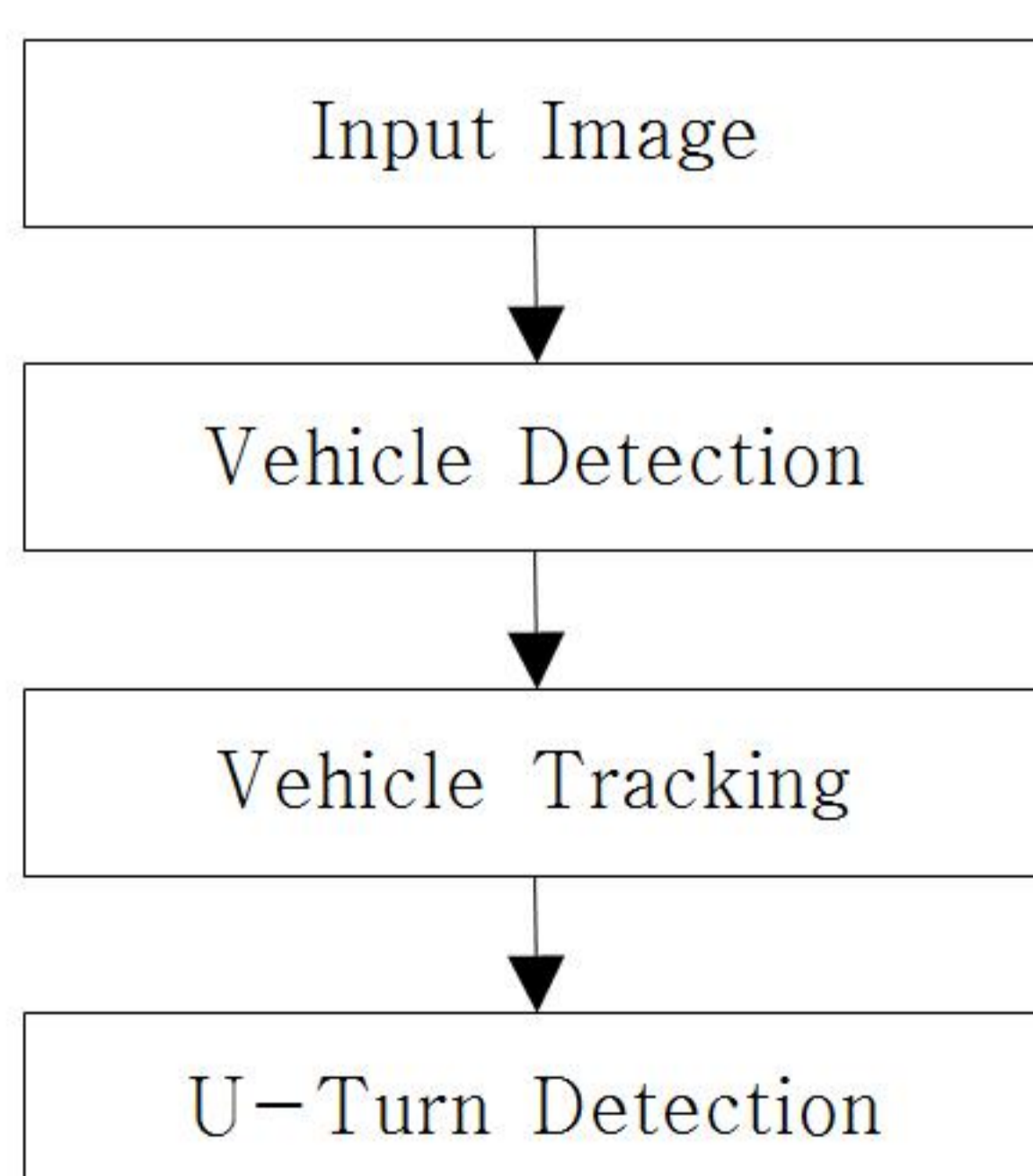
차량이 증가함에 따라 도로에서의 원활한 교통 흐름은 현 시대의 중요한 과제이다. 특히 규정된 구간 이외에서 발생하는 불법 유턴은 교통 흐름을 방해하는 요소 중 하나이다. 합법적으로 규정된 구간 이외지역에서 유턴을 자행하는 것은 매우 위험하며, 반대편 차선에서 오는 차량과의 충돌 사고 등을 유발할 수 있다. 이러한 불법 유턴을 방지하기 위해 도로 상을 감시하는 것은 사고 예방 효과가 있다. 하지만 사람이 직접 도로 상을 감시하는 일은 급진적, 시간적으로 매우 비효율적이기 때문에, 감시 카메라를 이용하여 자동화하는 방법이 가장 효과적이다. 불법 유턴을 방지하기 위해 본 논문에서는 불법 유턴이 자주 자행되는 구간에서 고정된 카메라를 통해 들어온 영상을 이용하여 자동차를 감시하는 시스템을 제안한다.

본 논문에서는 유턴이 자주 이루어지는 구간에 고정된 카메라를 설치하여 도로 위를 실시간으로 촬영하였다. 잡음을 최소화하기 위해 현 영상에서 전 영상의 차 영상을 이용하여 고정된 배경 영상을 제거하였고, 그레이 이미지로 변환한 후 레이블링을 하였다. 이때 배경이 제거된 영상에는 차량 이외의 다른 움직이는 물체도 존재하기 때문에 일정 픽셀 크기 이상의 객체만 남기고 나머지를 제거하면 최종적으로 차량만 남은 영상을 얻을 수 있다. 하지만 실시간으로 차량을 추적하면 차량들이 겹치는 문제도 발생하게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 칼만 필터를 적용하였으며, 이를 통해 정확한 차량 추적이 가능하였다.

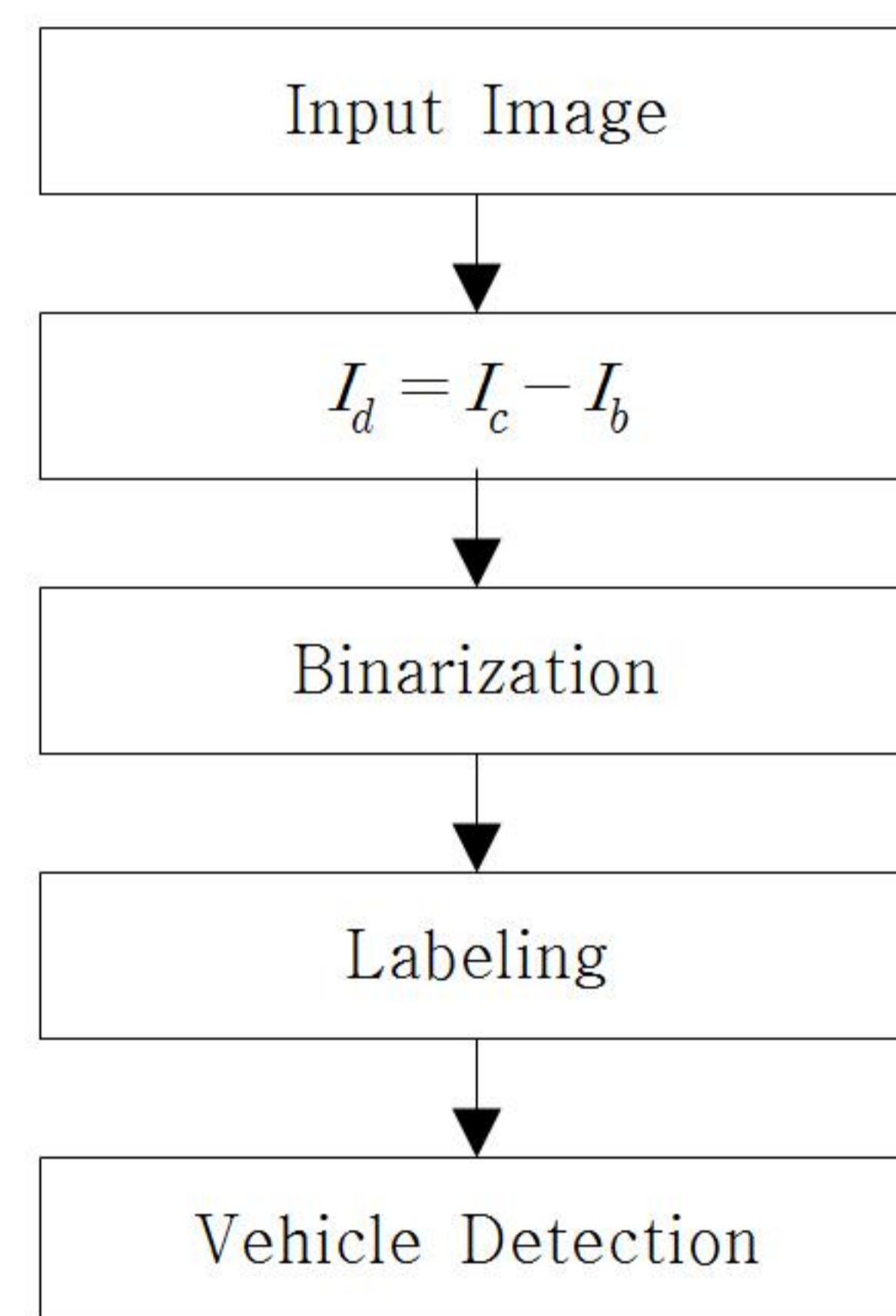
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 시스템 개요와 차량 검출 방법에 대해 설명한다. 3장에서는 2장의 결과를 바탕으로 차량을 추적한다. 4장에서는 실제 도로상에서 획득한 영상을 바탕으로 모의실험 결과를 제시하고, 5장에서 결론을 맺는다.

### 2. 제안 시스템 개요 및 차량 검출

본 논문에서 제안하는 불법 유턴 감시 시스템의 기본적인 과정은 그림 1과 같다. 먼저 고정된 위치의 카메라에서 실시간으로 도로 영상을 촬영한다. 하지만 날씨나 시간에 따라 차량 검출에 변수가 많으므로, 본 연구에서의 촬영은 낮 시간대로 제한하였다. 촬영된 차량 및 도로 영상에서 차량을 검출하고, 검출된 차량을 추적한다. 그리고 추적된 차량의 진행방향을 근거로 불법 유턴 여부를 판단한다.



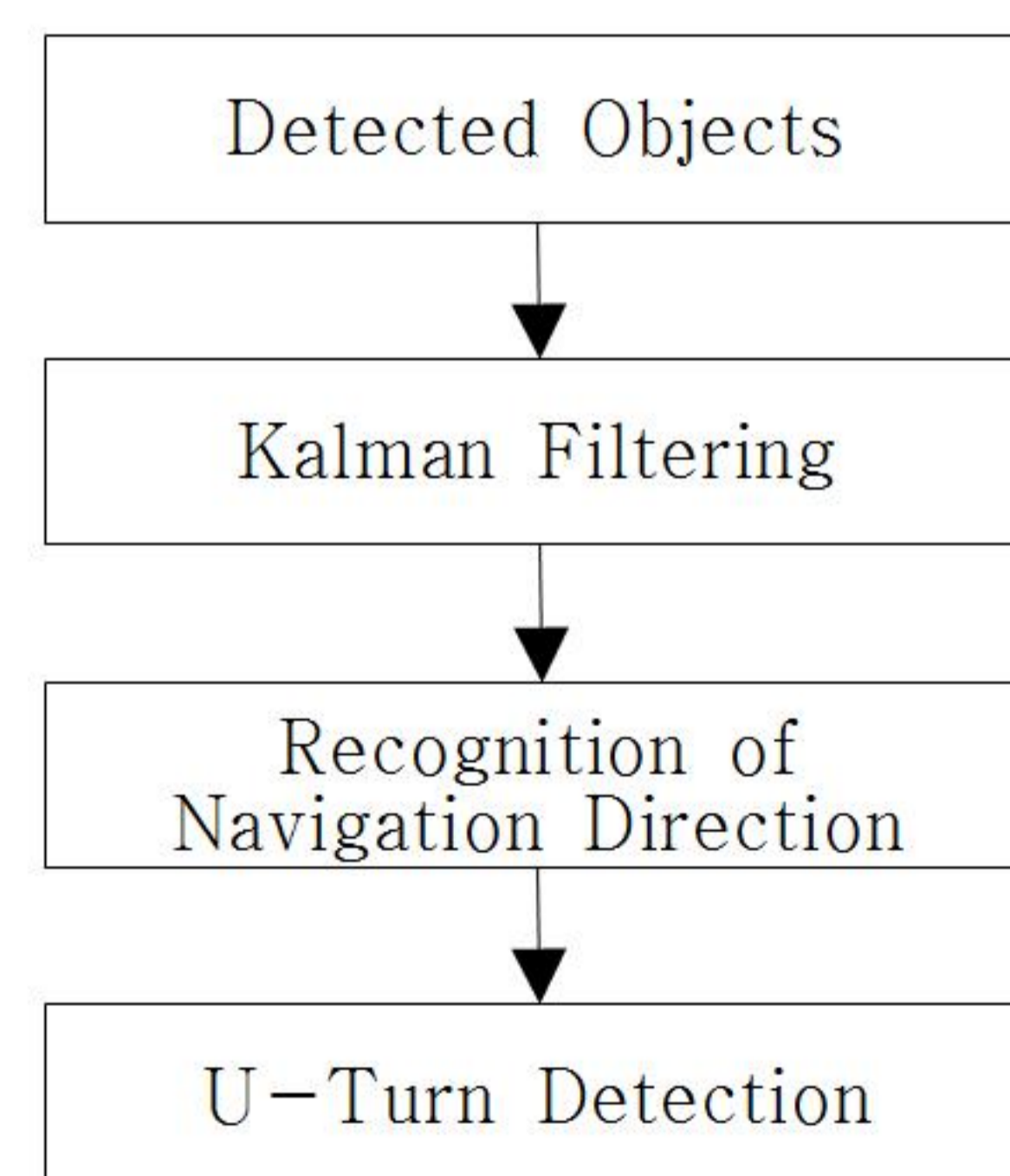
<그림 1> 전체 시스템 개요



<그림 2> 차량 검출 블록도

### 3. 차량 추적 및 유턴 검출

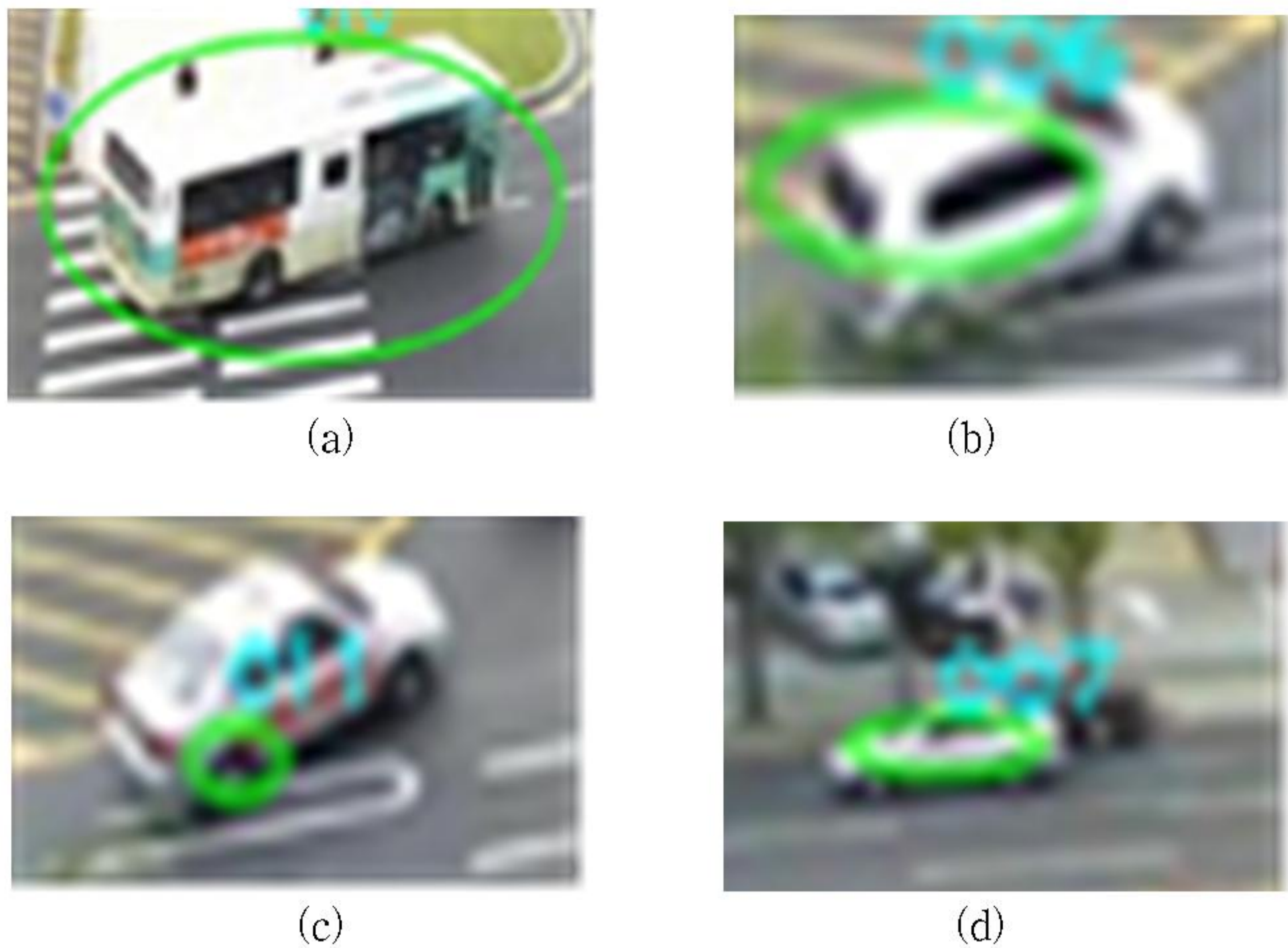
검출된 차량은 그림 3의 과정을 거쳐 유턴 상황을 감지한다. 그림 3의 칼만 필터는 잡음에 의해 간섭받는 선형 동적 시스템에서의 상대 벡터의 최적의 추정치를 구하기 위한 순환적인 알고리즘이다[1]. 칼만 필터는 크게 예측, 측정, 수정의 세 가지 단계로 나누어지며, 이 단계를 거쳐 해당 물체의 위치를 추적할 수 있다. 2장에서 설명한 과정을 통해 검출된 차량의 이동을 추적하기 위해 칼만 필터를 사용하였고, 이 칼만 필터를 적용함으로써 두 대의 차량들이 서로 겹칠 때 하나의 객체로 인식하는 문제를 해결할 수 있었다. 칼만 필터를 사용하여 추적된 차량의 이동 방향이 반대로 바뀌는 경우 해당 차량을 유턴하는 차량으로 검출하였고, 그림 3에 그 과정을 요약하여 블록도로 표시하였다.



<그림 3> 유턴 차량 감시 블록도

차량의 추적은 그림 4와 같이 칼만 필터를 통하여 예측된 좌표의 차량을 추적한다. 그림 4에서 (a)처럼 큰 객체에 대해서는 정확한 추적이 이루어졌

으나 (b), (c), (d)와 같이 상대적으로 작은 객체에 대해서는 성능이 좋지 못하였다.



〈그림 4〉 칼만 필터를 이용한 차량 추적

추적된 차량의 유턴상황을 감지하기 위해 차량의 방향성을 이용한다. 정상적인 차량의 진행방향은 직진이지만 유턴하려는 차량의 진행방향은 직진에서 반대편 방향으로 바뀌게 되며, 이러한 패턴을 이용하여 쉽게 유턴하려는 차량을 검출할 수 있다. 차량의 방향을 감지하기 위해 현재 영상의 차량 위치를 이전 영상의 차량 위치와 비교한다. 추적된 차량의 현재 위치가 이전 영상에서의 위치를 기준으로 반대방향으로 변화한다면 유턴 상황이라 판단한다.

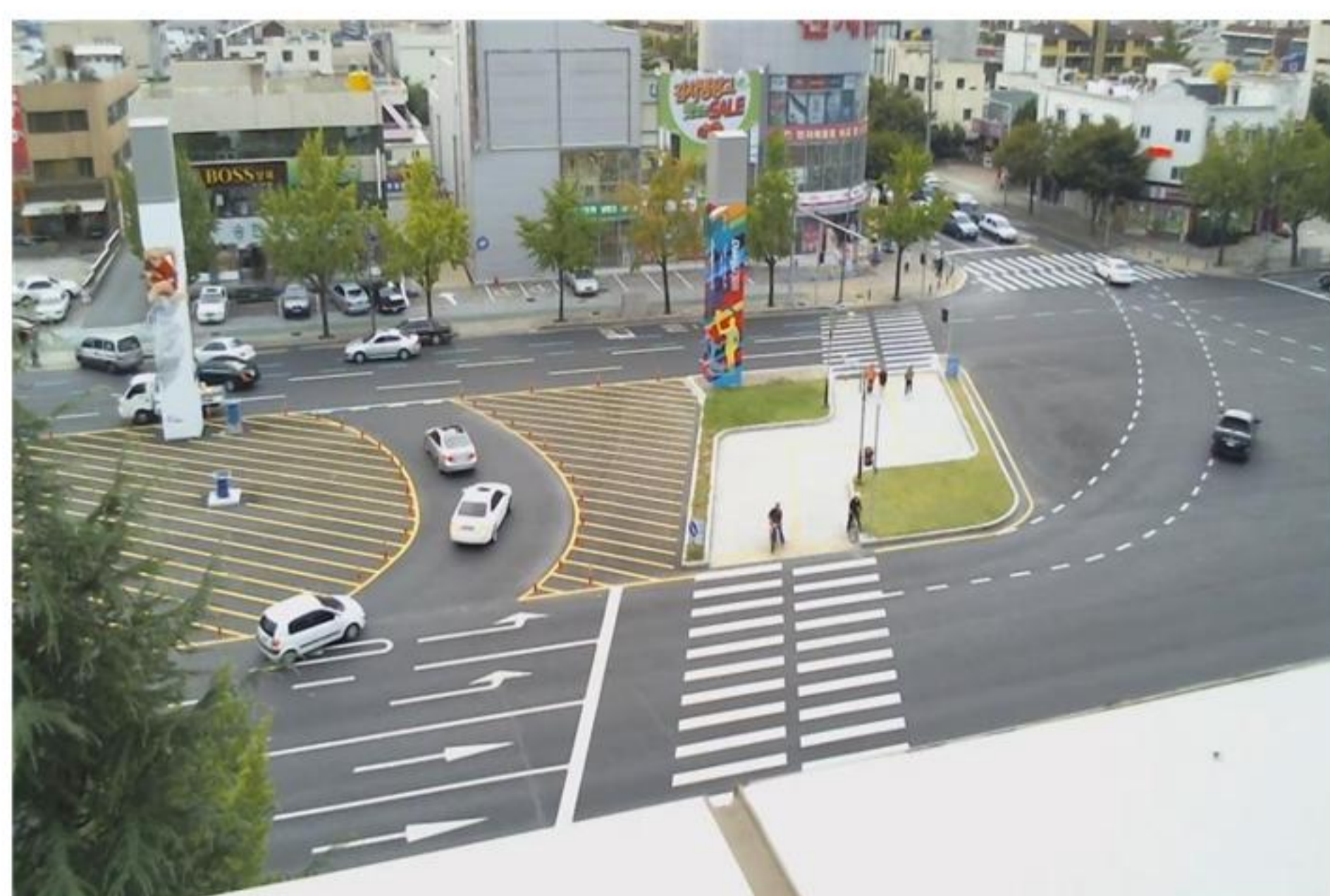


〈그림 5〉 차량의 방향성 인식

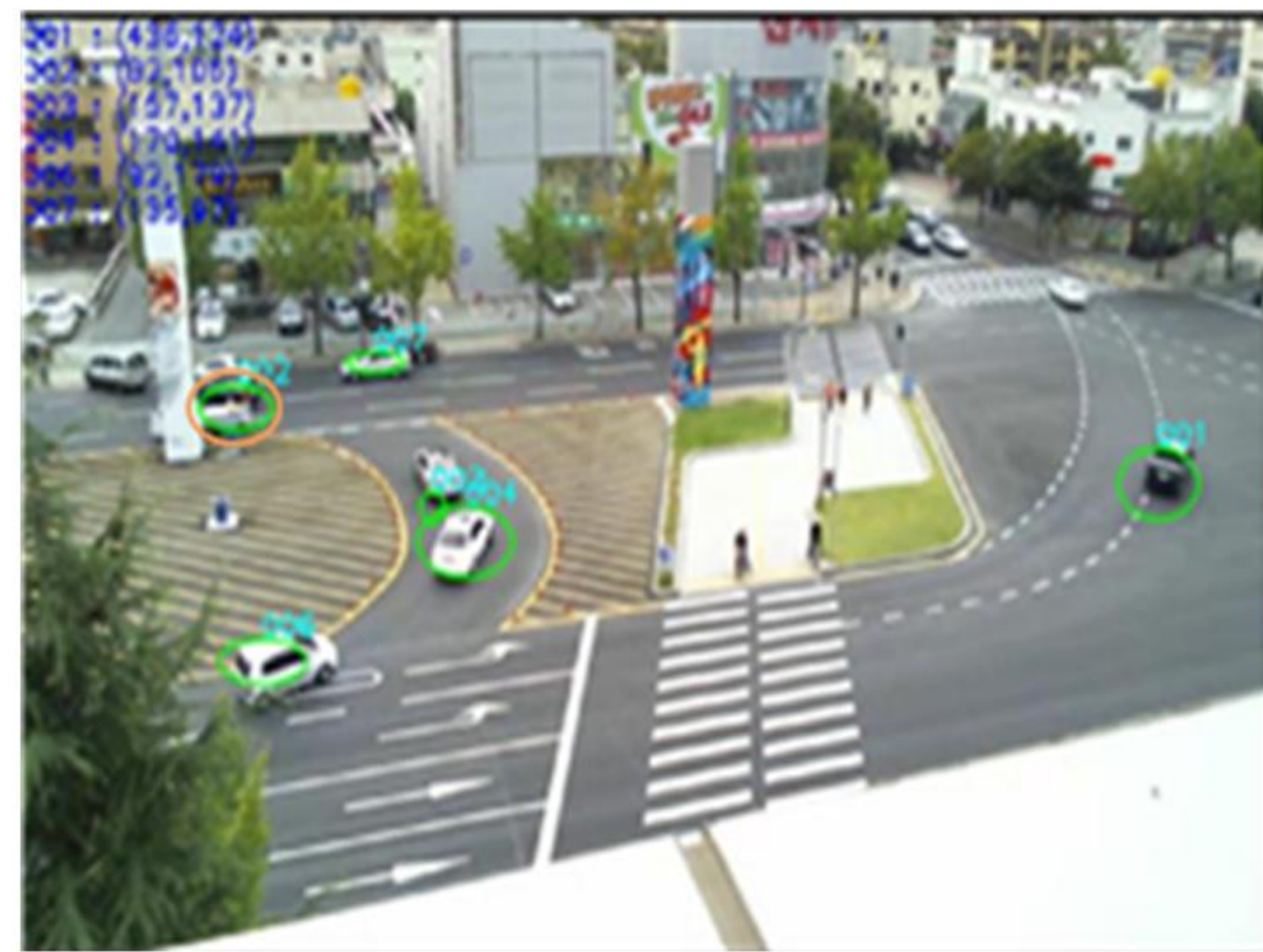
#### 4. 모의 실험 및 결과

시뮬레이션의 하드웨어 환경은 표 1과 같다. 하드웨어 환경으로 CPU는 i5 2.4GHz, 메모리는 4GB를 사용하였고, 영상 촬영에는 로지텍 HD WebCam C615를 사용하였다. 그리고 개발 도구로 Microsoft Visual Studio 2008과 OpenCV 2.0을 사용하였다.

시뮬레이션 영상은 유턴 상황을 감지하기 위해 합법적인 구간의 영상으로 대체하였다, 그림 6은 합법적인 유턴 구간에서 촬영된 영상이며, 그림 1의 처리 과정을 거쳐 차량을 추적하고 유턴 상황을 감지한다. 그림 7에서 보듯이, 도로 상의 움직이는 차량들을 잘 검출하였으며, 유턴 상황 또한 인지 가능하였다. 또, 차량 추적의 가장 큰 걸림돌인 겹침 문제도 칼만 필터를 사용하여 해결 가능하였다. 그림 7에 주황색 원으로 표시된 차량이 유턴으로 인식된 차량이다.



〈그림 6〉 원본 영상



〈그림 7〉 유턴 상황 감지

#### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 영상처리를 통해 도로상의 자동차를 검출하고, 자동차의 진행 방향을 칼만 필터로 예측하여 도로에서의 불법 유턴 상황을 검출하는 시스템을 제안하였다. 실험에서는 고정된 카메라로 획득한 영상을 사용하였고, 조명의 영향을 배제하기 위해 낮 시간대의 영상을 사용하였다. 실제 영상을 사용한 실험에서 차량의 검출과 검출된 차량이 움직이는 방향을 분석해 유턴 상황을 검출하는 것이 가능함을 확인하였다. 제안한 방법을 도로에 설치된 CCTV에 적용하여 불법 유턴 차량을 검출하고 번호판 인식이 이루어지면, 현재 이루어지고 있는 고속도로에서의 규정 속도 위반과 같이 자동으로 불법 유턴 차량을 검출할 수 있을 것이다. 이를 통해 효율적인 교통 감시가 이루어져 사고 예방 효과와 더불어 원활한 교통흐름을 보일 것으로 예상된다.

향후 시스템의 추적 알고리즘의 속도를 개선하여, 수행 시간을 줄임으로써 정확하고 빠른 유턴 상황 검출이 가능하도록 시스템을 보완할 예정이다. 그리고 조명이나 날씨 변화와 같은 환경변수에 강인한 결과를 얻기 위한 연구가 필요하며, 차량들이 겹치는 문제에 대한 다양한 실험이 요구된다.

#### 참고 문헌

- [1] 김형태, 설성욱, 이철현, 강창순, 남기곤, “칼만필터를 이용한 다중 차량 추적 알고리즘,” 대한전자공학회 학술대회 논문집, vol. 21, no. 2, pp. 955-958, 1998. 11.
- [2] 장대식, 장석우, 김계영, 최형일, “구조적 칼만 필터를 이용한 이동 물체의 추적,” 정보과학회논문지:소프트웨어 및 응용, vol. 29, no. 5-6, pp. 319-325, 2002. 6.
- [3] 최영주, 최규형, 서용덕, “다중 물체 추적을 이용한 유동인구의 형태 분석,” 2007년도 한국방송공학회 동계 학술대회, pp. 83-86, 2007. 2.
- [4] 김영주, 김광백, “비모수적 차영상과 칼만 필터를 이용한 실시간 객체추적 알고리즘의 구현” 한국통신학회논문지, 제28권 제10C호, pp. 1013-1022, 2003. 10.
- [5] L. Li, W. Huang, I. Y.H. Gu, Q. Tian, “ForeGround object detection from videos containing complex background, MULTIMEDIA'03 Proceedings of the eleventh ACM international conference on Multimedia, pp. 1-10, 2003.
- [6] S. M. Bozic, *Digital and Kalman filtering : An introduction to discrete-time filtering and optimum linear estimation*, Halsted Press, 1994.

〈표 1〉 시뮬레이션 환경

하드웨어		소프트웨어	
CPU	i5 2.4GHz	운영체제	윈도우 7
RAM	4GB		
HDD	500GB		
VGA	512MB	개발도구	Visual Studio 2008
Camera	로지텍 HD WebCam C615		OpenCV 2.0