

# 영상에서 객체 추출을 통한 적응형 통행 우선순위 교통신호 제어 시뮬레이션

윤재홍<sup>\*</sup>, 지유강<sup>\*\*</sup>

## 요 약

영상처리와 통신 기술의 진보는 통합된 시스템의 일부분으로써 긴급 차량 우선권과 통행 우선 방법 모두를 수용하기 위한 현행 교통 신호 제어기들과 차량 탐지 기술을 가능하게 만들고 있다. 횡단보도에서 현행 교통 신호제어는 고정된 신호 주기에 따라 변화하도록 구성되어 있다. 고정된 신호 주기의 신호제어 체계는 통행량이 없는 상황에서도 일정한 신호주기가 주어지기 때문에 상대적으로 교통량이 많은 곳에서는 해당 진행 신호가 부여될 때까지 대기해야 한다. 이러한 대기 시간은 신호 위반에 따른 교통사고의 위험과 교통체증을 유발하게 된다. 본 논문에서는 교통사고의 위험과 교통 체증을 해소하기 위한 방안으로 객체 검출영상을 통하여 현장상황에 맞게 우선적으로 신호가 부여될 수 있도록 적응형 우선순위 교통신호 제어 시스템을 설계하고 시뮬레이션 하였다.

## Simulation of Traffic Signal Control with Adaptive Priority Order through Object Extraction in Images

Jae-Hong Youn<sup>\*</sup>, Yoo-Kang Ji<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

The advancement of technology for image processing and communications makes it possible for current traffic signal controllers and vehicle detection technology to make both emergency vehicle preemption and transit priority strategies as a part of integrated system. Presently traffic signal control in crosswalk is controlled by fixed signals. The signal control keeps regular signals traffic even with no traffic, when there is traffic, should wait until the signal is given. Waiting time causes the risk of traffic accidents and traffic congestion in accordance with signal violation. To help reduce the risk of accidents and congestion, this paper explains traffic signal control system for the adaptive priority order so that signal may be preferentially given in accordance with the situation of site through the object detect images.

**Key words:** Traffic Signal Control(교통신호제어), Image Processing(영상처리)

## 1. 서 론

최근 교통신호 제어와 관련하여 무선통신 활용, 반감응 제어, 우선 신호 등 다양한 기법에 대한 연구와 개발이 활발히 진행되어 왔다. 현재의 교통신호

제어 체계는 각 교차로 또는 횡단보도에 접근로별로 루프 검지기를 설치하여 교통흐름 정보를 수집하고, 지역제어기를 통해 중앙 컴퓨터와 온라인으로 연결하여 교통신호를 제어하고 있다. 또한, 최근에는 교통량에 따라 합리적이고 효율적인 실시간 신호제어

※ 교신저자(Corresponding Author): 지유강, 주소: 전남 나주시 대호동 252(520-714), 전화: 061)330-3196, FAX: 061)330-3190, E-mail: neo@dsu.ac.kr  
접수일: 2007년 10월 17일, 완료일: 2008년 6월 20일

<sup>\*</sup> 정희원, 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사  
(E-mail: jhyoun@dsu.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 정희원, 동신대학교 정보통신공학과 전임강사

시스템을 구축하는 추세이다[1,2].

교통 신호처리에 대한 지금까지의 연구들은 주로 긴급 차량 우선권과 통행 우선 시스템의 운영적 측면에서 통행 시간 단축, 운행 일정의 안정성, 비운행 지연, 등과 같은 주요 통행 성능 특성과 개별적인 영향들에 대해 다루었다[3,4]. 긴급차량 우선권과 통행 우선 신호 시스템들은 차량 검출 시스템과 통신 시스템, 신호제어 시스템으로 구성된다는 점에서 유사한데, 시스템의 구성요소로서 긴급 차량들과 신호를 배정 받은 통행 차량에 우선의 처리를 제공하기 위한 기능을 가지고 있다[5]. 화재나 응급환자 등의 서비스 제공자 측면에서 긴급 차량의 응답시간 단축, 안전 증대, 교차로에서 긴급차량의 충돌을 줄이기 위한 긴급 차량의 우선권에 대한 연구와[6], 운전자의 운행 시간 단축, 운행 일정에 대한 신뢰성 향상, 운전 비용을 절감하기 위한 연구들이 진행되어 왔다[3].

영상처리 분야에서 객체 검출 및 인식은 주요한 분야로써 실제 CCD카메라로부터 입력받은 영상 데이터를 이용하여 장애물을 인식하거나 자율적으로 회피하면서 주행할 수 있는 로봇, 색상(Hue), 명도(Saturation), 채도(Brightness, Value)에 따라 색을 결정하는 HSV 색상 모델을 이용한 이동객체 추출, 화상처리에 의한 주행차선 인식, 얼굴인식, 번호판 인식 등 다양한 연구들이 진행되어 왔다[7,8].

현재 횡단보도나 교차로의 신호는 대부분 고정된 신호시간을 가지며, 차량의 통행이나, 인적이 드문 횡단보도의 신호는 야간시간대 설정을 통한 신호의 점멸 및 보행자의 버튼 조작에 의해 신호 전환이 이루어지고 있다. 이러한 고정된 신호 방식은 차량이나 보행자가 없는 상황에서도 일정한 규칙을 가지고 신호가 주어지기 때문에 심야나, 인적 또는 차량이 드문 국도에서는 진행 신호가 부여될 때까지 일정한 시간동안 대기해야만 하는 불편함을 감수하여야 한다. 특히 심야 시간 같은 경우 이러한 신호대기를 무시하고 진행할 경우 심각한 교통사고의 위험을 안고 있을 뿐만 아니라, 출퇴근 시간 때에는 다른 횡단보도나 도로보다 상대적으로 교통량이 많은 곳에서 해당 진행 신호가 부여될 때까지 대기해야 함으로써 오랜 시간동안 지체를 감수해야 하는 상황이 발생하기도 한다.

본 연구에서는 교통사고의 위험과 교통 체증을 해소하기 위한 방안으로 신호등이 있는 교차로와 횡단

보도의 상황을 영상처리를 통하여 객체 즉, 보행자나 차량을 검출하고, 검출된 객체의 신호대기 여부에 따라 고정된 신호 사이클을 갖지 않고 현장 상황에 적응하여 객체가 대기하고 있는 도로나 횡단보도에 우선적으로 신호를 부여하는 신호 시스템에 대한 연구를 하고자 한다. 이전 연구에서는 도로상의 차량이나 보행자를 판별하기 위해 인위적으로 만들어진 영상을 토대로 시뮬레이션 하였으나[9], 본 연구에서는 실제 교차로에 설치된 교통정보 시스템에서 얻어진 영상을 토대로 신호등의 신호시간이 현장 상황에 적용할 수 있는 실영상 기반 우선순위 교통신호 제어 시스템을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 현행 교통 신호 체계와 도로교차 유형 및 신호제어 알고리즘에 대해 정리하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하고자 하는 적응형 우선순위 교통신호 제어를 위한 신호제어 과정과 영상처리 과정에 대해 기술한다. 4장에서는 3장에서 제시한 내용에 대해 시뮬레이션 및 구현 내용을 기술하며, 마지막 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

영상을 이용한 효율적인 교통의 흐름제어 및 신호 등 교통정보 수집에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔다. 국내 신호제어 분야에서는 실시간 신호시스템의 기능을 개선하고 교통여건 변화 및 첨단 정보통신 기술을 수용할 수 있는 신호시스템의 연구개발이 지속적으로 추진되어 왔다. 국내 신호제어시스템은 도시지역의 교통 혼잡 관리에 중요한 역할을 수행해 왔으나 최근 대중교통 중심의 교통여건 변화에 능동적으로 대응하지 못하고 있다. 이러한 기능상의 제약 요소는 교통신호제어의 기술 개발과 효율적인 운영 및 유지관리체계를 정립함으로써 극복할 수 있을 것이다[10].

### 2.1 도로교차 유형 및 신호제어 알고리즘

교차 도로의 구조, 통과 교통량, 통행 패턴 등에 따라 신호제어 방법을 달리하는 것이 효과적이기 때문에 주도로와 부도로의 교차 유형 분석이 필요하다. 교차로는 신호 제어 여부에 따라 신호 교차로와 비신호 교차로로 구분되며, 교차되는 도로의 차선 수에 따라 3지 교차로, 4지 교차로, 5지교차로 등으로 나뉘

다. 같은 형태의 3지 혹은 4지 교차로 일지라도 교차하는 도로의 특성에 따라 신호제어 방법이 달라진다. 또한 도로상에 횡단보도가 있는지의 여부와 좌회전 여부 등이 신호운영에 영향을 미친다. 도시부 도로의 경우 주간에는 횡단 보행자가 많아 고정된 보행자 신호 체계로 신호제어를 하여도 운영상 큰 지장이 없다. 하지만 보행자가 없는 야간에도 주간과 동일하게 신호제어를 함으로써 불필요한 차량의 정지와 지체를 야기하기도 한다. 특히, 지방부 도로의 단일로 횡단보도는 주간에 보행자가 적은 경우도 고정 신호 체계로 운영되고 있어 불필요한 차량의 정지와 지체를 야기하고 있다.

국내의 신호제어시스템의 제어방식은 미리 입력된 신호시간 정보에 의해 운영되던 정주기식 제어에서, 현장의 교통상황에 따라 신호 체계가 자동으로 조절되는 실시간 교통류 대응 제어로 발전되어 왔다. 그리고 점유율, 포화도, 대기차량 길이, 교통량 등 근접 교통정보가 주요 신호제어의 운영 자료로 이용되고 있다, 하지만 기존의 신호제어 전략 및 알고리즘은 우선 신호시스템의 고정 검지기체계의 지리적 한계성 때문에 개발에 많은 제약이 있었다. 또한 신호제어 알고리즘 및 전략을 개발할 때 신호제어 방향, 신호제어 변수, 신호 현시체계 및 신호시간, 신호제어 목표, 신호제어 단위, 우선 신호부여 여부와 같은 요소를 고려해야 한다[10].

## 2.2 현행 교통 신호체계

현행 신호체계에 대한 연구나 개선 사업은 주간이나 통행량이 많은 곳을 위주로 연구되어 왔으며, 차량통행이 적은 야간이나 인적이 한적한곳의 신호체계에 대한 연구는 상대적으로 개선이나 연구의 관심에서 벗어나 있는 실정이다. 일반적으로 사용되고 있는 신호체계는 도로의 유형 및 교통량 등에 따라 다양한 신호체계를 사용하고 있으며, 신호 처리 과정은 2지로(支路)에서는 도로의 정지 신호에서 주행신호이며, 정지 신호 시 보행자 신호로 처리된다. 3지로(支路)에서는 각 2방향 직·좌 신호와 직진신호, 정지신호로 처리되며 각 방향의 정지 신호 시 보행자 신호로 처리된다. 4지로(支路)에서는 각 방향별로 직·좌 신호 후 직진 신호 또는 각 방향별 직·좌 신호와 정지 신호로 처리되며, 정지 신호 시 보행자 신호로 처리된다[11].

일반국도를 이용하는 차량이 매년 증가하고 있고 요구되는 도로 기능이 높아지고 있지만, 도로 특성과 교통 특성을 반영한 효율적인 도로운영 및 신호운영의 효율이 저하되는 경우 심각한 교통 혼잡을 초래하거나 사고 발생의 위험이 있다. 따라서 제어 효율이나 유지관리 측면을 고려해 볼 때 낙후된 신호제어체계를 점차 기능이 향상된 신호제어체계로 전환할 필요가 있으며, 도로의 특성과 교통 특성을 반영한 신호운영이 필요하다[12].

본 연구에서는 평상시에는 정규신호를 적용하고 차량이나 보행자의 통행이 있을시 현장 상황에 적응하여 신호제어를 수행 할 수 있는 신호제어 시스템을 제안하고 시뮬레이션 하고자 한다. 제안하고자 하는 시스템에서는 차량이나 보행자의 대기 시간을 최대한 줄여 원활한 교통 소통이 될 수 있도록 하고자 한다.

## 3. 적응형 우선순위 교통신호 제어 시스템 설계

본 연구는 도로상에 설치된 카메라에서 수집된 정보를 이용하여 환경에 적용할 수 있는 신호 체계를 자동적으로 제어하고자 한다. 횡단보도의 평상시 상태를 나타내는 원영상과 변화 상황에 대한 차 영상을 구하기 위해 도로상에 설치된 카메라에서 얻어진 실제 영상을 사용하여야 하지만, 횡단보도에 카메라 설치 같은 여러 가지 한정된 여건 때문에 기존에 설치된 카메라에서 얻어진 영상을 이용하고, 차 영상에 의해 얻어진 횡단보도의 상태에 따라 신호등의 신호가 상황에 적응할 있도록 시뮬레이션 하였다.

### 3.1 교차로 환경 및 객체 정의

교차로에서 신호제어 시스템을 구현하기 위해 각 도로 및 횡단보도, 신호, 등에 대한 구분을 위해 표 1과 같이 정의하여 사용한다.

교차로별 차량 또는 보행자의 존재여부를 판별하기 위한 영역구분은 그림 1과 같이 3가지 유형의 교차로에 대해 정의하였다.

구분된 보행자 영역과 신호대기 차량영역에 따라 각 영역에서 검출되는 객체를 보행자와 차량으로 구분할 수 있다. 하지만 실제 영상은 그림 1과 같이 정확하게 정의할 수 없으므로 그림 2와 같이 교통정보 시스템에서 얻어진 실제 영상에 대해서는 그림 3과

표 1. 객체 명칭 구분

명칭	기호	객체 구분	비고
도로수	N	{1, 2, 3, ..., n}	
도로	R	{R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub> , ..., R <sub>n</sub> }	2~4지로
횡단보도	C	{R <sub>1_C</sub> , R <sub>2_C</sub> , R <sub>3_C</sub> , R <sub>4_C</sub> , ..., R <sub>n_C</sub> }	
신호	S	{R <sub>1_S</sub> , R <sub>2_S</sub> , R <sub>3_S</sub> , R <sub>4_S</sub> , ..., R <sub>4_S</sub> }	차량신호
		{R <sub>1_C_S</sub> , R <sub>2_C_S</sub> , R <sub>3_C_S</sub> , ..., R <sub>n_C_S</sub> }	보행자신호
왼쪽	left	{R <sub>1_C_left</sub> , R <sub>2_C_left</sub> , ..., R <sub>n_C_left</sub> }	도로의 왼쪽 횡단보도
오른쪽	right	{R <sub>1_C_right</sub> , R <sub>2_C_right</sub> , ..., R <sub>n_C_right</sub> }	도로의 오른쪽 횡단보도

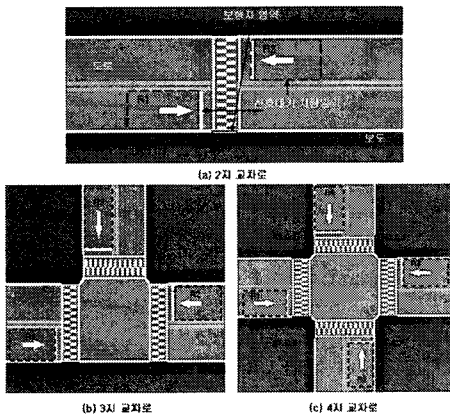


그림 1. 교차로별 객체 영역정의

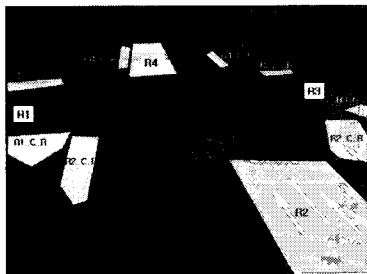


그림 2. 실제 영상에 대한 객체 영역

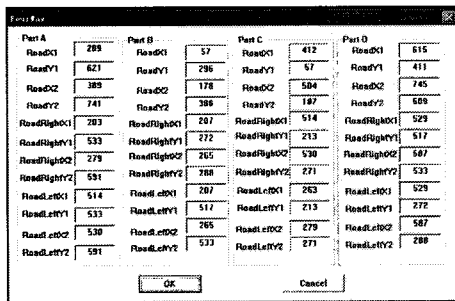


그림 3. 객체 구분 영역 설정

같이 그림 1에서 정의된 영역에 따라 해당 영역을 구분하여 주는 작업이 필요하다.

본 연구에서는 기존에 4지 교차로에 설치된 교통정보시스템에서 얻어진 영상을 사용하였기 때문에 교차로의 모든 차량 정지선 및 횡단보도에 대해서 고려하지는 못하였다. 정확한 신호처리를 위해서는 교차로 및 횡단보도가 모두 보이는 곳에 카메라를 설치하거나, 여러 대의 카메라를 이용하여 획득된 영상을 사용하여야 한다. 하지만 실제 도로에 카메라를 설치하는 것은 현실적으로 도로 교통법, 행정적 절차 같은 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 기존의 교통정보시스템에서 얻어진 영상으로 시물레이션을 구현하고, 도로상의 카메라 설치에 대한 법적 문제로 인한 1대의 카메라에서 얻어진 입력 영상을 사용하고, 야간 영상에 대해 고려하지 않으며, 기존의 설치된 카메라에서 얻어진 영상을 이용해야 함으로 교차로 전체에 대한 시야 확보의 어렵기 때문에 시야 확보가 가능한 교차로 및 신호에 대해서만 고려하도록 한다.

### 3.2 영역별 객체 검출을 위한 영상처리

그림 4는 카메라로부터 얻어진 입력 영상에서 각 영역별로 차량 또는 보행자의 유무를 판별하고 구분하기 위한 주요 영상처리 과정이다. 영상에 대한 주요 처리과정은 배경영상과 객체 영상에 대한 픽셀의 AND 연산을 수행하여 얻어진 차 영상에서 객체를 검출하기 위해 먼저 배경영상에 대한 픽셀 값들을 반전 시킨다.

다음으로 배경 영상과 객체 영상의 객체부분과 배경 부분의 분리, 경계선 보존 및 임펄스 잡음을 제거하기 위해 미디언 필터를 적용하였다. 영상 내의 물체의 에지들을 구하기 위해 미디언 필터가 적용된

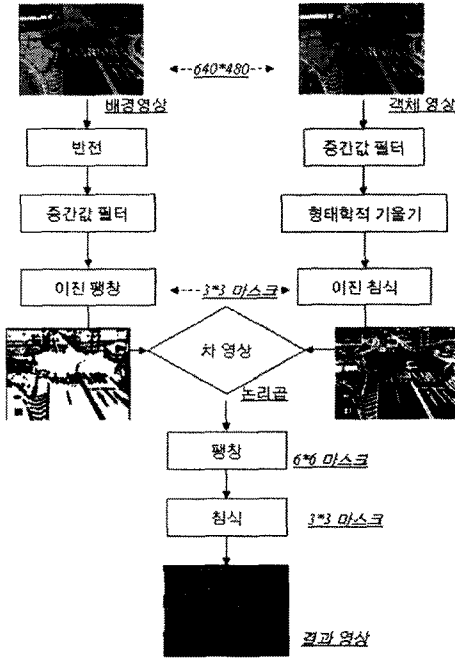


그림 4. 객체 검출 및 구분 영상 처리 과정

배경 영상에 3×3 팽창 마스크(Dilation Mask)를 적용하고, 객체 영상에 형태학적 기울기(Morphology Gradient) 연산을 수행한 다음 3×3 침식 마스크(Erosion Mask)를 수행하였다. 그런 다음 침식된 배경영상을 팽창 처리된 객체 영상으로부터 빼주는 AND 연산을 수행함으로써 배경영상과 객체 영상의 차(Difference) 영상을 얻었다. 형태학적 기울기 처리는 영상 내의 물체의 에지를 생성하는데 사용하는데 전방향성 침식과 팽창 구성소를 사용하면, 에지의 방향과 관련 없이 모든 에지들을 생성할 수 있다.

구해진 차(Difference) 영상에서 작은 반점들을 없애기 위해 침식과 팽창 연산을 1회 추가 수행하여 차량과 보행자에 대한 최종 결과 영상을 얻었다. 얻어진 결과 영상은 다시 관심 영역을 설정하여 신호 대기 중에 차량이나 보행자가 있는지를 판별하는 데 사용하였다.

3.3 적응형 우선순위 교통신호 제어 과정

그림 5는 적응형 우선순위 교통신호 제어 처리 과정으로써 도로 교차로의 유형에 따른 교차로지정, 영상에서 객체의 검출 영역 지정, 2지 교차로 같은 경우 보행자 또는 차량의 우선순위 지정 여부에 따라 신호

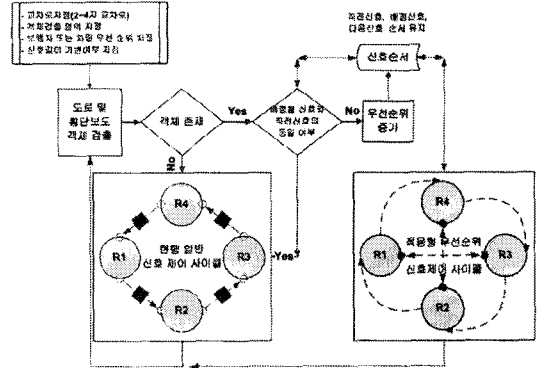


그림 5. 적응형 우선순위 교통신호 제어 과정

길이의 가변 여부를 지정할 수 있도록 초기 환경 설정을 수행한다. 이는 평상시에는 차량 신호를 계속 부여하고 필요에 따라 보행자가 버튼을 조작하여 신호를 부여받는 제어 원리와 유사하다. 설정된 초기 환경 설정 값에 따라 도로 및 횡단보도에 대한 객체를 검출하기 위한 영상처리 과정을 수행하고 객체 존재 유무에 따라 현행 일반 신호제어 사이클에 따른 신호 처리를 하거나, 적응형 우선순위 교통신호 제어 사이클에 따른 신호제어를 하게 된다. 객체 판별에 따라 객체가 존재 할 경우 신호가 교차상태에 빠지지 않게 하기 위해서 다음 배정해야할 신호와 직전 신호의 동일 여부를 판별해야 한다. 직전 신호로 배정되지 않았을 경우 적응형 우선순위 사이클에 의해 객체가 존재하는 도로 또는 횡단보도에 신호가 배정될 수 있도록 하였다.

4. 시뮬레이션 구현

본 연구에서 영상기반 적응형 우선순위 교통신호 제어 시뮬레이션을 위한 시스템 구성도는 그림 6과 같으며 2지, 3지, 4지 등 교차로의 수와 횡단보도의 수에 따라 영역 정의에 대한 가변성을 확보하고, 카메라의 설치 개수에 대한 확장성을 고려하여 교차로 영상처리 모듈과 적응형 우선순위 교통신호 처리 모듈로 구성하였다. 2개의 모듈로 구분함으로써 여러대의 카메라를 설치 시 객체 유무 판별에 대한 영상 처리 결과인 모듈 간 공유 데이터의 신뢰성을 확보할 수 있는 유연성을 부여하였다.

모듈 간 공유 데이터는 영상 처리 모듈에 의해 얻어진 각 도로와 횡단보도의 객체 존재 여부에 대한

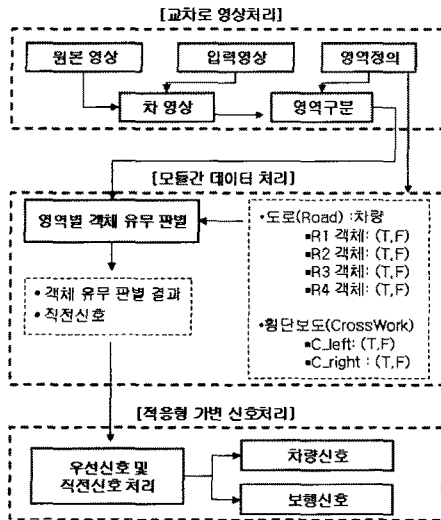


그림 6. 적응형 우선순위 교통신호 제어 시스템

정보를 파일 형태로 유지하고, 신호처리 모듈에서는 이러한 모듈 간 공유 데이터를 이용하여 적응형 우선순위 교통신호 처리를 수행하게 된다.

그림 7은 실제 영상에 대한 영상처리 결과에 따라 영역별 객체 검출 결과를 나타내고 있으며, 각 영상의 영역은 신호 처리를 위한 관심 영역에 대해서만 객체의 유무를 판별하면 된다. 그림 7(b)부터 그림 7(f)까지는 각 영역별로 객체의 검출 결과를 보여 주고 있다. 실제 신호 처리를 위해 대기 차량이나 보행자에 대해 처리하면 되므로 진행 중인 차량이나 대기 영역 밖의 객체에 대해서는 고려하지 않아도 된다.

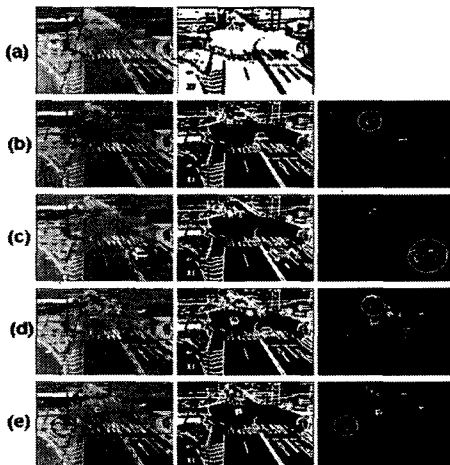


그림 7. 영역별 객체 검출 결과

본 연구에서는 4지 교차로를 기준으로 도로 및 횡단보도에 대한 모든 상황을 얻을 수 없기 때문에 그림 8의 적응형 우선순위 교통신호 처리 모듈에서 실제 발생할 수 있는 상황을 고려하여 차량, 보행자의 존재 유무를 처리할 수 있도록 하였고, 현행 일반 신호제어와 적응형 우선순위 교통신호 제어를 동시에 처리하기 위한 우선순위 교통신호 제어 적용 여부를 확인할 수 있게 하였다. 또한 필요에 따라 신호시간을 조절할 수 있도록 하였다.

그림 9는 4지 교차로에서 현행 교통 신호제어 사이클에 의한 시계 반대 방향의 고정된 신호제어 시뮬레이션 결과를 보여 주고 있다.

그림 10과 그림 11은 실영상 기반 적응형 우선순위 교통신호 제어 시스템에 의한 시뮬레이션 결과로서 보행자와 차량이 있을 경우에 대한 예를 보이고 있다. 그림 10은 대기 보행자가 있을 경우 우선순위를 부여하여 보행자가 신호를 받을 수 있게 하였고,

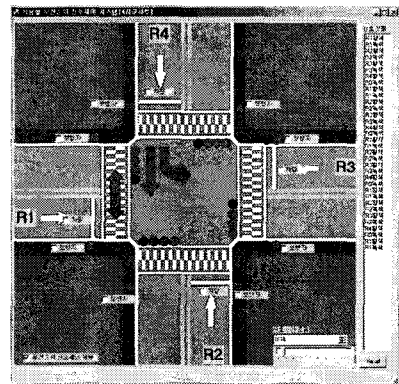


그림 8. 적응형 우선순위 교통신호를 위한 제어 요소

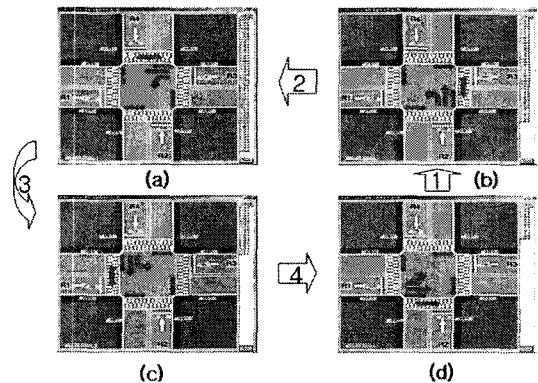


그림 9. 현행 교통 신호제어 사이클

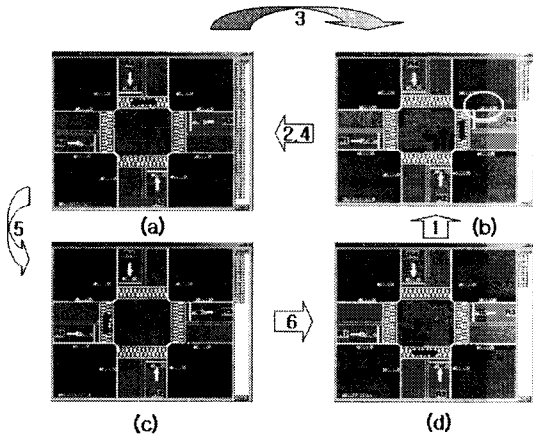


그림 10. 보행자 검출 시 적응형 우선순위 교통신호 사이클

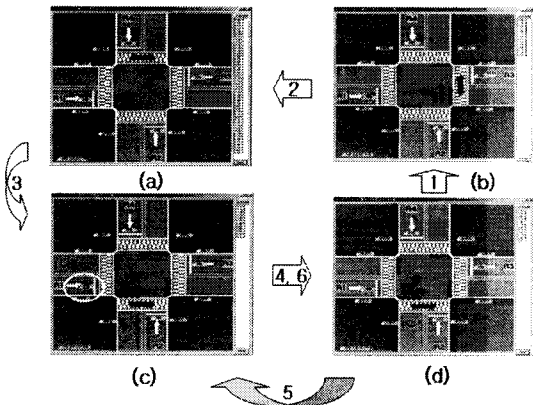


그림 11. 차량 검출 시 적응형 우선순위 교통신호 사이클

그림 11은 대기 차량이 있을 경우 우선순위를 부여하여 차량이 신호를 받을 수 있도록 하였다.

교차로 적응형 우선순위 교통신호 제어 시스템에서는 대기하는 차량이나 보행자에 따라 신호를 처리하며, 동시대기 차량이나 보행자가 있을 경우 직전 신호를 부여 받은 도로나 횡단보도의 신호는 우선순위를 낮게 하여 다른 방향의 도로나 횡단보도의 신호가 처리 될 수 있다.

표 2에서 현행 교통신호 체계와 우선순위 교통신호 체계에 대해 비교하였으며, 4지 교차로에서 일반적인 신호체계는 1번의 신호 당 150초를 사용하고 있으며[10], 다음 신호까지는 3번의 신호를 기다려야 한다. 하지만 가변 길이 신호 체계에서는 다른 차량이나 보행자가 없을 경우 최대 1번의 신호만 기다리면 된다.

표 2. 현행 교통신호와 우선순위 교통신호 체계

구분	현행 신호 체계	우선 순위 신호 체계	
대기 유무 /신호간격	무관/150초~200초	대기 차량, 보행자에 따라	
보행자 신호	차량 신호의 오른쪽 신호	보행자 우선 신호배정 가능	
신호배정 순위	고정된 신호 배정	도착자 우선순위 배정/복수 객체 존재 시 직전 배정 신호는 제외	
대기 시간	2지 교차로	최대 1회(150초~200초)	최대 1회(150초)
	3지 교차로	최대 2회(300초~400초)	최대 2회(300초)
	4지 교차로	최대 4회(600초~800초)	최대 2회(300초)
비고	다른 대기 차량이나 보행자가 없어도 고정된 신호 Cycle을 가짐	다른 대기 차량이나 보행자가 없으면 신호 배정	

### 5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 횡단보도의 상황에 따라 가변적인 신호체계를 갖도록 신호등을 제어하는 효율적인 영상기반 우선순위 교통신호 제어 시스템을 설계하였다. 제안방법은 영상 처리 모듈의 처리 결과에 따른 각 영역별 객체의 존재유무 데이터를 적응형 우선순위 교통신호 처리 모듈의 입력 데이터로 사용함으로써 대기하고 있는 차량이나 보행자의 대기 시간을 최소화할 수 있었다. 2지 교차로에서 보행자가 영역 범위에 들어 왔을 경우 버튼 조작과 같은 번거로움을 최소화 할 수 있고, 4지 교차로와 같은 경우에는 차량이나 보행자 모두 최대 2번의 신호 대기시간(약 300초)을 절약할 수 있었다. 또한 대기하고 있는 보행자나 차량이 없을 경우 불필요한 신호를 줄임으로써 통행량이 많은 횡단보도나 차로에 신호를 우선 배정할 수 있으므로 신호 대기에 의한 시간 지체를 최소화할 수 있다.

기존 시스템을 포괄함과 동시에 교차로 안전 증대 및 정보제공 등 부가적 기능과 시스템 안정성 확보가 가능하며, 기존의 인프라 대비 낮은 비용으로 보다 고효율의 기능을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 실제 도로 및 횡단보도에 카메라를 직접 설치하

고 정확한 영상을 획득하여 실제 횡단보도에 적용될 수 있는 제어 시스템에 대한 연구와 야간에도 운용하기 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Y.K. Wong and W.L. Woon, "An iterative approach to enhanced traffic signal optimization," *Expert Systems with Applications* 34, pp. 2885-2890, 2008.

[2] 이영인, "교통신호 제어시스템의 최근 동향과 전망-교통제어시스템의 운영현황 및 개선방향," 한국교통연구원 월간교통, pp. 6-15, 2006.

[3] J. Chang, J. Collura, F. Dion, and H. Rakha, "Evaluation of service reliability impacts on traffic signal priority strategies for bus transit," *Transportation Research Record*, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 23-31, 2003.

[4] V. Ngan, "A comprehensive strategy for transit signal priority," *ITE Journal (November)*, pp. 28-32, 2003.

[5] J. Collura, H. Rakha, and J. Gifford, "Guidelines for the planning and deployment of emergency vehicle preemption and transit strategies," *Virginia Tech Transportation Institute and George Mason University School of Public Policy*, 2003.

[6] D. Bullock, J.M. Morales, and B.J. Sanderson, "Impact of signal preemption on the operation of the Virginia Route 7 corridor," *ITS America Annual meeting for presentation and publication*, 1999.

[7] K. Yamaguchi, T. Kato, and Y. Ninomiya, "Moving obstacle detection using monocular vision," *IEEE Intell. Vehicles Symp.*, pp. 288-293, 2006.

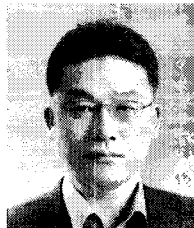
[8] 이승철, 이귀상, 최덕재, 김수형, "자동보정 카메라에서 HSV를 이용한 이동객체 검출," 한국정보과학회 추계학술대회 논문집, pp. 910-912, 2005.

[9] 윤재홍, 지유강, 김은석, 허기택, "영상처리 기반 교통신호 우선순위 제어 시뮬레이션," 한국통신학회 춘계학술대회, pp. 177-180, 2007.

[10] 김규욱, "일반국도 교통신호 제어시스템의 운영현황과 개선방안," 한국교통연구원 월간교통, pp. 23-32, 2006.

[11] 문영준, "차세대 무선통신 교통신호제어시스템의 개발 목표 및 전략," 한국교통연구원 월간교통, pp. 16-22, 2006.

[12] 정창원, 신창선, 주수중, "실시간 교통흐름의 모니터링 및 제어를 위한 교차로 시뮬레이션 시스템 설계," 한국인터넷정보학회, 6권 6호, pp. 85-97, 2005.



윤 재 홍

관심분야 : 3D애니메이션, 디지털콘텐츠, 영상처리

1999년 2월 동신대학교 컴퓨터학과(이학사)  
 2001년 2월 동신대학교 컴퓨터학과 석사  
 2005년 8월 동신대학교 컴퓨터학과 박사  
 2006년 3월~현재 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사



지 유 강

관심분야 : 영상통신, Embedded System, Network

2000년 2월 동신대학교 정보통신공학과 학사  
 2002년 2월 동신대학교 대학원 정보통신공학과 석사  
 2006년 2월 동신대학교 대학원 정보통신공학과 박사  
 2006년 3월~현재 동신대학교 정보통신공학과 전임강사