

영상정보를 이용한 지능형 교통신호 제어 시스템 설계

김평강*, 박석천**, 김형헌***

*가천대학교 일반대학원 모바일소프트웨어학과

**가천대학교 컴퓨터공학과 정교수(교신저자)

***이노텍 과장

e-mail:kpk1237@naver.com

Design of Intelligent Traffic Signal Control System Using Video Information

Pyeong-Kang Kim*, Seok-Cheon Park**, Hyeong-Hun Kim***

*Dept of Mobile Software, Gachon University

**Dept of Computer Engineering, Gachon University(Corresponding Author)

***Section Chief, INNODEP co., ltd

요 약

현재 우리나라에서 사용되는 대부분의 교통신호 체계는 교통량의 변화와 상관없이 규칙적인 신호주기를 반복하는 방식으로 교통 패턴이 안정되어 변동량이 적은 경우에는 적합하나, 현장교통상황에 능동적으로 조정되지 못하고, 소방차나 구급차와 같이 긴급을 요하는 차량에 대한 대처가 힘들다는 단점이 존재한다. 따라서 유기적인 현장교통상황에 능동적으로 대처하고, 긴급차량에 대한 합리적인 대처 방법이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하고자 기 설치된 신호 후방 CCTV를 이용하여 지능적으로 신호체계를 제어하고, 긴급차량에 대해 신호우선권을 부여함으로써, 위급상황에 유기적으로 대처할 수 있는 지능형 교통신호 제어 시스템을 설계하였다.

I. 서론

보행자의 안전한 통행과 도로질서를 유지하기 위한 수단인 교통신호기는 우리나라의 경우 대부분 고정시간 교통신호제어 기법을 이용하여, 고정된 주기 및 신호 현시를 가지고 시간대별 신호시간계획에 의해 신호제어가 이루어진다. 이는, 교통량의 변화와 상관없이 규칙적인 신호주기를 반복하는 방식으로 교통패턴이 안정되어 변동량이 적은 경우에 적합하고, 조작성이 용이하며 설치 및 운영비가 적게드는 장점이 있으나, 현장교통상황에 능동적으로 조정되지 못하며, 소방차나 구급차와 같이 긴급을 요한 차량에 대해 대처하기 힘든 단점이 존재한다.

때문에 본 논문에서는 도로에 기 설치된 CCTV를 이용하여 유동차량과 긴급차량을 인식하여 효율적인 교통신호체계를 설계하고자 한다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 이와 관련된 연구들에 대해 살펴보고, 3장에서 영상장비를 이용한 지능형 교통신호체계시스템을 설계하고, 4장에서 결론을 맺는다.

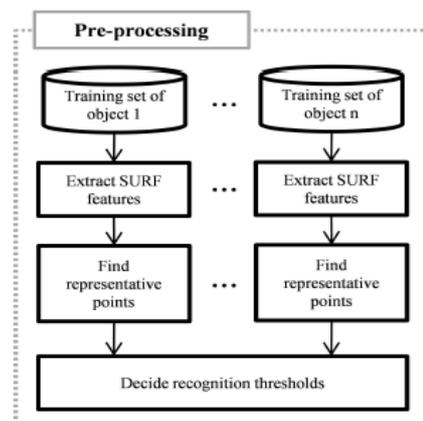
II. 관련연구

2.1 객체인식

본 절은 객체인식을 원활히 수행하기 위한 전처리 단계와 실질적인 객체인식 단계로 구성된다.

2.1.1 전처리 단계

여러 종류의 객체를 신속하고 정확하게 인식하고 추적하기 위해서는 해당 영상을 바탕으로 객체의 대표점을 계산하고 그들의 특징 정보를 추출하여 학습시키는 전처리 과정을 수행한다. 전처리 과정은 실제 질의 영상 처리에 필요한 여러 가지 정보를 미리 계산하여 데이터베이스에 기록하는 과정으로 그 상세 내용은 그림 2.1 과 같다.



(그림 2.1) 전처리 순서도 [1]

본 문에서는 효과적인 실시간 객체 인식을 위해, 전처리 단계에서 대응점 정합 알고리즘을 사용하여 각 차량의 이미지들의 특징을 추출하는 작업을 수행한다. 일반적으로 관심점은 이미지 내에서 많은 정보를 담고 있는 부분을 의미한다. SURF기법을 사용하여, 훈련 데이터의 각 이미지 별로 특징 기술자를 생성하고 대표 특징을 검출한다. 다음 단계에서는 앞에서 검출된 관심점들 중에서 해당 객체를 가장 잘 표현 할 수 있는 대표점을 선택한다. 하나의 관심점에 대해, SURF 기술자 유사도가 서로 비슷한 관심점의 개수가 충분히 많을 경우 해당 관심점을 대표점으로 간주한다.

모든 차량에 대해 대표점에 대한 검출이 끝나면, 추가 학습을 통해 인식에 필요한 계수들을 자동으로 계산한다. 각 객체 타입에 속하는 다수의 훈련 이미지에 대해 정합 비율을 계산한 후 이들의 평균을 계산한다. 그리고 다른 객체의 훈련 이미지에 대해서도 마찬가지로 각 이미지들에 대한 정합 비율을 측정 한 후, 이들의 평균값을 계산한다. 하나의 객체 대표점에 대해 훈련셋의 모든 이미지들과 비교하여 각각의 평균 정합 비율을 계산하고 이를 기반으로 각 객체를 인식하는데 있어서 최적의 임계값을 결정한다[1].

2.1.2 객체 인식

객체 인식 단계에서는 전처리 과정에서 얻어진 대표 특징들을 이용하여 질의 영상이 어떠한 객체를 포함하고 있는 지를 결정한다. 기본적인 객체 인식 단계는 전처리 과정과 유사하다. 먼저 질의 영상의 현재 프레임에 대해 관심점 및 범위 검출을 수행한다[2].

검출된 관심점에 대해 전처리 과정에서 구축된 대표 특징들과 비교하여 얼마나 일치하는지를 계산한다.

현재 프레임의 관심점들에 대해, 어떤 객체의 대표 특징들이 일정 비율 이상 존재한다고 판별되면 최종적으로 현재 프레임은 해당 객체를 포함한다고 간주한다.

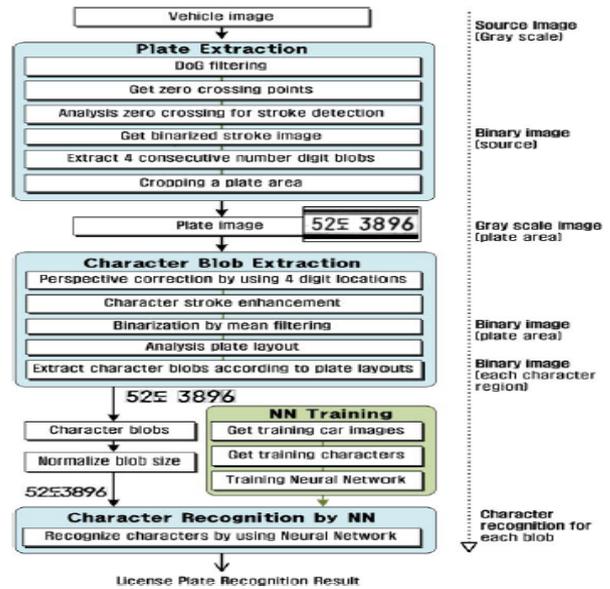
2.2 차량 번호판 인식

연속된 4개의 큰 숫자들을 먼저 찾은 다음 번호판 영역을 추정하고 개별 문자들을 추출해서 인식하는 상향식 방식의 번호판 인식 알고리즘을 사용한다.

다양한 환경에서 입력된 차량 영상을 문자들의 획이 잘 보존된 이진 영상으로 변환하기 위해서 DoG 필터를 사용하였으며, 이를 이용해 정교한 에지 정보를 추출하고 에지들을 연결해서 문자획이 잘 보존된 이진 영상을 생성하였다. 이진 영상으로부터 연속된 4개의 숫자들을 검출하고 그 위치 정보를 이용해서 번호판 영역을 개략적으로 추정한다.

번호판 영역을 추출한 다음 기하학적 왜곡이나 명도 차이에 따른 왜곡 등을 보정하고 번호판 영역의 크기를 정

규화한다. 다양한 입력 상황에서 획득한 차량 영상의 경우 명도 레벨 분포가 불규칙하기 때문에 문자획이 강조되도록 지수 변환 함수를 이용해서 영상 개선 작업을 수행한다. 추출된 번호판 영상을 이진 영상으로 변환하고 잡음을 제거한 다음 번호판 형태에 대한 사전지식을 바탕으로 각 블롭(blob)들을 해석하고 개별 문자 영역을 추출해서 신경망 인식기로 번호판 인식을 수행하며, 이에 대한 알고리즘은 그림 2.2와 같다[2].



(그림 2.2) 번호판 인식 알고리즘 [2]

2.3 CBIR(Content-based image retrieval)알고리즘

CBIRdms 초기의 질의 자료로 제시하고 유사한 문자색인을 가진 영상을 검색해 내는 기반 검색 시스템이 주류를 이루었으며, 최근 CBIR의 계속된 연구로 색상, 질감, 모양과 같은 시각적인 특징을 추출함으로써 질의 영상에 대한 효율적이고 객관적인 정보를 검색할 수 있는 방법이다.

본 논문에서는 영상 내 컬러 특성을 이용하면, 3차 컬러 오브젝트 관계에 의한 삼각형의 세 각에 의한 특징벡터를 사용하면서 영상 내의 공간정보를 사용하였다.

<식1>은 히스토그램의 거리 수식이며, <식2>는 컬러 필셀위치에 대한 표준 편차 거리를 나타내며, <식3>은 삼각형을 이루고 있는 세점의 각도거리를 표현한다.

$$D_H = \sum_{i=0}^{23} |H_i - H'_i| \quad \text{<식1>}$$

$$D_\sigma = \sum_{i=0}^{23} |\sigma_{x_i} - \sigma'_{x_i}| + |\sigma_{y_i} - \sigma'_{y_i}| \quad \text{<식2>}$$

$$D_\theta = |\alpha - \alpha'| + |\beta - \beta'| + |\gamma - \gamma'| \quad \text{<식3>}$$

여기서, $\sum_{i=0}^{23}$ 는 영상의 총 24개 버킷으로 히스토그램, 컬러 오브젝트 표준편차와 우세한 3개의 버킷에 대해 각각

의 평균 위치를 찾아 위치간의 각도를 특징 벡터로 사용하였다[3].

III. 지능형 교통신호 제어 시스템 설계

3.1 연구배경

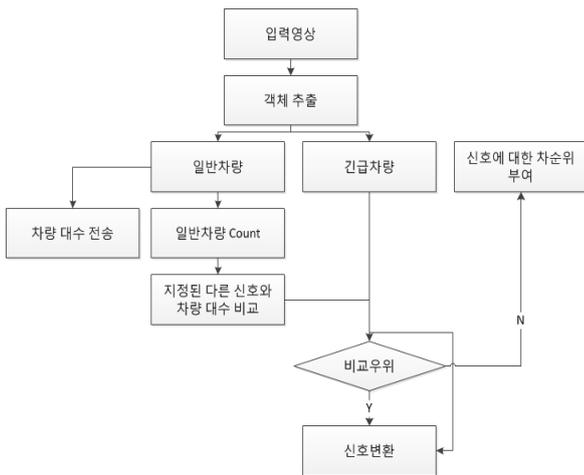
기존 신호체계는 시간간격을 정해서 변환시키는 시스템이 주를 이루고 있다. 그러나 이러한 시스템은 주기적인 교통상황에 대응하기 어려우며 이로인해 불필요한 대기시간이 증가하여 차량 에너지소모가 증가되고, 운전자의 불법운행을 유도하며, 특히 긴급차량의 진입에 어려움을 주는 등 많은 단점이 존재한다. 따라서 도로내 설치된 CCTV영상을 통해 일반차량과 긴급차량을 인식하여 효율적인 신호체계를 설계하고자 한다.

3.2 지능형 교통신호체계시스템 구성

본 논문에서 제안하는 지능형 교통신호체계 시스템의 구성도는 그림 3.1과 같다.

가장 먼저 도로 CCTV를 통해 입력된 영상을 통해 차량(객체)을 추출한다. 추출된 차량(객체)는 일반차량과 긴급차량으로 구분되는데, 일반차량의 경우 제한된 시간동안 추출된 차량의 대수를 합하여 가장 많은 차량이 검출된 도로의 전방신호에 대하여 우선순위를 부여한다.

만일, 긴급차량이 검출될 경우 긴급차량의 전방신호에 대하여 우선순위를 부여하며, 이때 횡단보도가 있을 경우, 보행자에 대한 보행거리가 보호 되어야 하므로, 보행자의 평균 속도에 대한 보행시간을 보장하도록 한다.

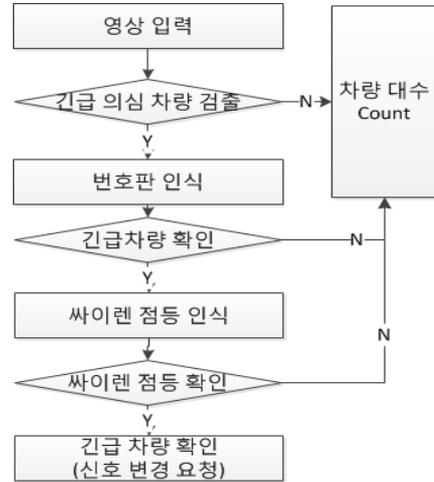


(그림 3.1) 지능형 교통신호 제어 시스템 구성도

3.3 긴급차량 인식 알고리즘 설계

본 논문에서 설계한 긴급차량 인식 알고리즘은 그림 3.2와 같다. 입력된 영상에서 이미 저장된 긴급차량인, 소방

차 및 앰블런스 와 매칭하여 긴급 의심차량을 검출하고, 검출된 긴급의심차량으로부터 번호판인식을 통해 저장된 긴급차량임을 확인한다. 확인되었다면, 마지막으로 사이렌의 작동여부를 인식하여 긴급차량을 확정하도록 한다.



(그림 3.2) 긴급차량 인식 알고리즘

3.3.1 사이렌 인식 알고리즘 설계

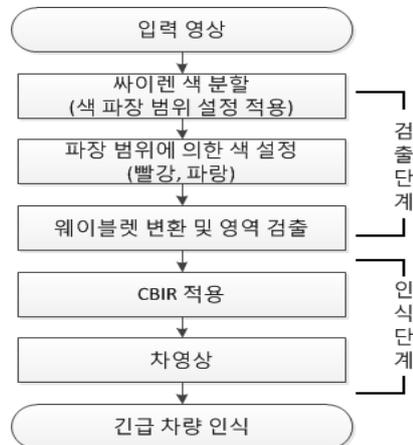
본 논문에서 설계한 사이렌 인식 알고리즘은 그림 3.3과 같다.

사이렌 인식 알고리즘은 등록된 사이렌의 색인 빨간, 파란색 등을 정확히 찾아내는 것으로, 입력된 영상에 대하여 영상내의 사이렌 영역을 검출하고, 검출된 사이렌으로 특징을 추출해 기존 데이터베이스 안에서 찾아내는 일련의 과정이다.

본 논문에서는 입력영상에 대해 사이렌 색 분할을 한다. 그 다음 파장 범위에 의한 색 설정으로, 빨간, 파랑을 설정하도록 하였다.

설정이 끝나면, 웨이블릿 변환 및 영역을 검출하고 CBIR을 적용하여 지정된 색인 빨간,파랑을 추출한다.

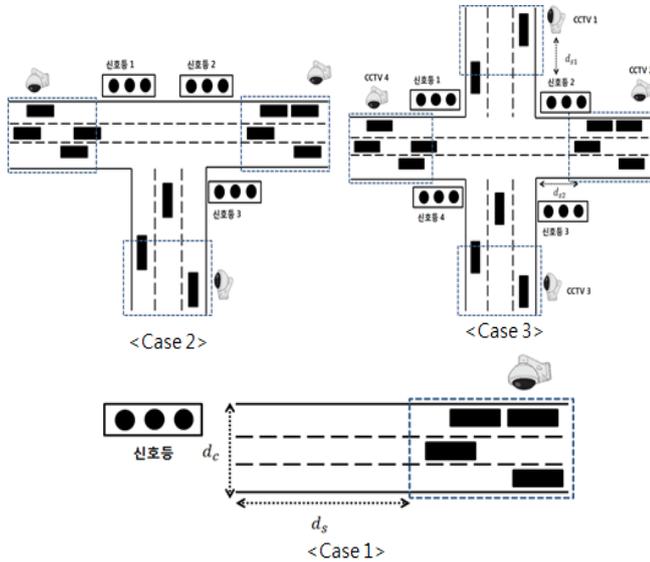
추출이 끝나면 이전 영상과의 차영상을 통해 빨간, 파랑을 동시에 인식된 차량을 긴급 의심차량으로 분류한다.



(그림 3.3) 사이렌 인식 알고리즘

3.4 지능형 교통신호 설계

그림 3.4와 같이 지능형 교통신호의 도로 체계를 Case1, Case2, Case3 3가지로 나누어 설계하였다.



(그림 3.4) 도로체계

d_s 는 CCTV의 객체 탐색 범위와 전방 신호등과의 거리를 의미한다. d_c 는 횡단보도의 거리를 의미한다. <Case3>의 경우 신호등4의 신호가 들어왔다면, 이를 기점으로 차량탐색이 이루어 지게 된다.

후방 CCTV로부터 차량(객체)탐색 시간은 차량이 d_s 를 이동하는 시간에서 차량의 신호에 대한 대처를 위해 제동거리 ($s = \frac{v^2}{2\mu g}$)가 고려 되어야 한다.

때문에 차량이 d_s 를 이동하는 시간 $M_t = d_s \frac{3600}{S_c}$ 에서 제동거리에 대한 시간 즉, $M_{t-s} = (d_s - s) \frac{3600}{S_c}$ 에 대한 차이를 차량(객체)탐색 시간으로 정하도록 한다.

차량탐색이 이루어지면, 신호등4를 제외한 신호등 1,2,3에 차량(객체)의 합 ($C_n = \sum_{i=1}^n C_i$)를 기준으로 신호 우선순위를 정하게된다. 만일 차량(객체)의 탐지수가 많은 순서대로 신호등 1,2,3이 선정된다면, 신호등4의 신호 다음으로 신호등1,2,3,4의 순서대로 신호 우선순위가 결정되어진다.

위와 같은 순서대로 신호처리가 끝나게 되면 신호등 4가 끝나는 시점에 시스템은 처음단계로 돌아가 다시 차량(객체)탐색 단계로 돌아가게 된다.

이때 만일 횡단보도가 존재할 경우 보행자가 횡단보도 d_c 를 건너는 시간, $M_c = d_c \frac{9}{10}$ 을 고려해야 한다. 이때 M_c 는

보행자의 평균 보행속도인 $4km/h$ 를 기준으로 하였다. 신호등에 대한 후방 CCTV의 거리 d_s 는 다를 수 가 있으므로, Case3을 기준으로 d_{s1} 과 d_{s2} 의 거리가 다르며, $d_{s1} > d_{s2}$ 일 경우, CCTV1은 CCTV2보다 $d_{s1} - d_{s2}$ 에 대한 도착시간이 합하여 져야 한다.

이를 식으로 나타내면, CCTV1의 차량(객체)탐색 시간은 $M_{t-s+d} = (d_s - s + (d_{s1} + d_{s2})) \frac{3600}{S_c}$ 가 되어야 한다.

만일 긴급차량이 탐색되면, 신호의 우선순위는 긴급차량 탐지 도로의 전방 신호등으로 한다.

IV. 결론

현재의 횡단보도나 교차로의 신호는 대부분 고정된 신호 시간을 가지기 때문에, 도로 특성을 반영하기 어렵다. 특히 긴급차량에 대한 고려가 되어있지 않아, 긴급상황 발생시에 출동이나 병원도착 시간을 지연시키거나, 위급상황으로 인해 신호를 지키지 않아 2차 피해를 일으킬 여지가 있다.

따라서 본 문에서는 이와 같은 기존 신호체계의 단점을 보완하기 위해, 신호 후방 CCTV영상을 이용하여 지능적으로 신호 체계를 제어하고, 긴급차량에 대한 신호우선권을 부여함으로써, 위급상황에 대비할 수 있는 환경을 보장하기 위한 지능형 교통신호 제어 시스템을 설계 하였다.

사사의 글

본 연구는 2013년도 지식 경제부의 SW전문인력양성사업의 재원으로 정보통신산업진흥원의 고용계약형 SW석사과정 지원사업(HB301-13-1003)으로부터 지원받아 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 김형복, 고관은, 강진식, 심기보 “파티클 필터를 이용한 다중 객체의 움직임 환경에서 특정 객체의 움직임 추적”, 2011.
- [2] 김진호 “왜곡 불변 차량 번호판 검출 및 인식 알고리즘”, 2011.
- [3] 김선동, 백영현, 문성룡 “디지털 영상처리 기술을 이용한 교통신호등 자동 판별 시스템 개발”, 2009.
- [4] 이홍창, 이상용, 김영백 “교통신호 제어를 위한 다수 보행자 행동판단”, 2010.
- [5] 홍원기, 심우석 “무선 센서 네트워크 기반의 차량 검지 시스템을 위한 교통신호제어 기법”, 2012.
- [6] 안도식, 조기환 “VANET 환경에서 적응적 교통신호 제어 시스템”, 2012.
- [7] 윤재홍, 지유강 “영상에서 객체 추출을 통한 적응형 통행 우선순위 교통신호 제어 시뮬레이션”, 2008.