

영상처리를 이용한 야간 교통신호 제어시스템

신 지 환, 박 무 훈*

Control System of Traffic Signal by Image Processing at Night

Ji-Hwan Shin, Mu-Hun Park*

요약 최근 국민소득 증가로 개인 보유차량이 급격하게 증가하였다. 한정된 국토 내에서 급격한 차량 증가는 심각한 교통 혼잡을 야기 시켰고, 이러한 교통 혼잡으로 인해 도로 위에서 낭비되는 교통혼잡 비용은 매년 증가하는 추세이다. 이러한 문제를 해결하고자 영상처리를 이용한 교통신호 제어시스템을 제안하였다. 본 논문에서는 교차로에 설치된 카메라를 이용하여 각 도로로 유입·유출되는 교통량을 동시에 측정하여 심각한 교통 정체가 일어나기 전에 이를 미연에 방지 할 수 있는 교통신호 제어시스템을 제안한다.

본 논문에서 제안한 교통신호 제어시스템을 주간에 적용한 경우는 교통량을 정확하게 측정 할 수 있었으나, 야간 일반 카메라로 측정한 결과 72.8%, 야간에 적외선 카메라로 헤드 라이트를 고려해 실험한 결과 86.6%의 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract Recently, the number of private cars has increased sharply due to the increase in national income. The sudden increase in the number of vehicles in limited territory has caused serious traffic congestion and the traffic congestion cost wasted on the road due to such traffic congestion is increasing every year. To solve this problem, we propose a traffic signal control system using image processing. In this paper, we use the camera installed at the intersection to measure the amount of traffic flowing in and out of each road simultaneously.

We propose a traffic signal control system that can prevent traffic congestion before it happens. In the case of applying the traffic signal control system proposed in this paper to the daytime, the traffic volume could be measured accurately. However, the result of the experiment with the night-time general camera and the headlight with the infrared camera at the night-time of 72.8% was 86.6%.

Key Words : integrated system algorithm, infrared camera, night-time, serious traffic congestion, traffic signal control system

1. 서론

최근 개인 소득의 증가로 생활의 편의성에 대한 요구 수준은 높아지고 이는 개인이 보유하는 차량의 증가로 이어진다.

차량의 증가로 인한 교통 체증으로 도로 혼잡

이 가중되어 교통 혼잡 비용이 매년 증가하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안 중 차량의 원활한 소통을 위하여 교통신호 제어시스템의 중요성은 매우 크다[1].

본 연구에서는 영상처리를 이용하여 주간뿐만

This research is financially supported by Changwon National University in 2017~2018.

*Corresponding Author : Division of Electronic Engineering, Changwon National University (mhpark@changwon.ac.kr)

Received November 22, 2018

Revised November 26, 2018

Accepted November 30, 2018

아니라 야간의 경우에도 각 도로로 유입·유출되는 교통량을 동시에 측정하여, 야간 교통 정체를 미연에 방지하는데 도움이 되는 교통신호 제어 시스템을 제안하여 교통 정체로 발생하는 문제점 해결에 도움이 되고자 한다.

2. 이미지 처리

본 논문에서는 교차로에 설치된 카메라를 이용하여 각 도로로 유입·유출되는 교통량을 동시에 측정한 이미지가 사용된다. 촬영 조건은 표 1에 표시되어있는 것이다.

표 1. 사진 조건

Table 1. Photographic Conditions

셔터 속도	1/30 [sec]
사진 크기	length 340 픽셀 width 240 픽셀
그림 양식	24 비트 컬러
환경	야간
사진 시간	18:00 ~ 19:00

2.1. 자동차 영역 추출

2.1.1 프레임의 차이

차량 당 10 개의 지속적인 이미지는 시뮬레이션을 위해 사용된다. 첫째, 차이가 10 장에 이어 두 장의 사진에 포함된다. 다음으로, 이러한 차이에서 변화가 큰 부분을 사용하고 그 값만큼의 길이의 그래프를 횡 방향으로 한다[2]. 이 상황은 그림 1에 표시된다.

2.1.2 헤드 라이트 고려 사항

프레임 차이의 자동차 추출 방법은 현재의 연구 [3][4][5][6]에서 알 수 있듯이 낮 시간 이미지를 효과적으로 추출할 수 있고, 어두운(저녁) 시간 이미지는 추출하기가 어렵습니다. 야간에는 헤드 라이트의 빛은 굴절되기 때문에, 정확성 있는 프레임 차이를 수행 할 수 없으며 헤드 라이트에서 자동차 영역을 감지하고. 따라서 프레임

차이의 결과 헤드 라이트 주위의 도메인의 변화가 크게 표현된다. 또한 쉽게 차 도메인을 검색할 수 있다는 것을 의미한다. 결과는 그림 2에 표시하였다.



(a) The original image



(b) A result of difference



(c) An extraction result

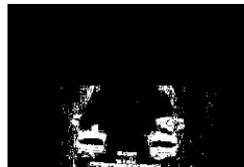
(a) 원본 이미지 (b)차이의 결과 (c)추출 결과

그림 1. 차 도메인 추출

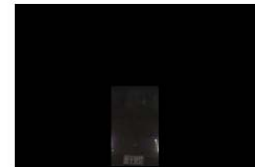
Fig. 1. Extraction of Cha domain



(a) The original image



(b) A result of difference



(c) An extraction result

(a) 원본 이미지 (b)차이의 결과 (c)추출 결과

그림 2. 차 도메인 추출 (헤드 라이트 고려)

Fig. 2. Extracting the difference domain (head light)

3. 교통신호 제어시스템

본 논문에서는 그림 3과 같은 방법으로 차량 수를 측정하고, 측정된 데이터를 기반으로 도로에서의 교통량을 자동으로 판단하여 신호등을 제어한다.

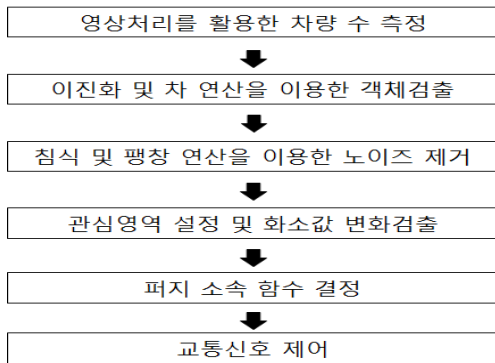


그림 3. 시스템 구성도
Fig. 3. Block diagram of System.

3.1 차량 수 측정

교통 차량 수를 측정하기 위해 영상 내 특정 도로에 관심 영역을 설정하여 화소의 변화 값을 검출한다. 실시간 교통 상황의 특성 상 처리 속도가 빨라야 하므로 영상의 이진화 및 차 연산을 통해 영상을 간략화 한다[7][8][9].

3.2 이진화 연산

이진화 연산 처리는 RGB로 이루어진 영상을 명도 값만을 가지는 그레이 스케일 영상으로 변환시킨 이후 특정 임계값을 기준으로 0, 1의 값만을 가지는 영상으로 변환시키는 방법이다. 그림 4는 이진화 함수 그래프를 나타낸다[2].

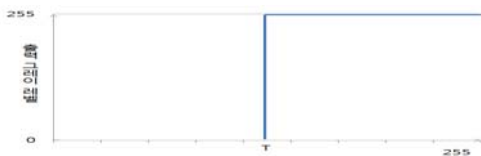


그림 4. 이진화 함수 그래프
Fig. 4. Graph of Function about Binarization.

3.3 차 연산

이진화 결과 영상만으로는 차량 식별이 어렵고 실시간 영상처리에는 알맞지 않기 때문에 차 연산을 통해 배경을 설정, 소거하여 움직이는 차량만 검출 할 수 있게 하였다. 차 연산은 입력영상에서 배경으로 설정된 마스크 영상을 빼는 것으로 실시간 영상에서는 움직이는 물체를 검출 할 수 있다.

차 연산 처리의 수식은 식 (1)과 같다.

$$O(x, y) = I_1(x, y) - I_2(x, y) \quad (1)$$

$I_1(x, y)$ 은 입력영상이며, $I_2(x, y)$ 는 배경으로 설정된 마스크 영상을 나타낸다.

3.4 평균 배경연산

차 연산 이후 움직이는 객체를 검출 할 수 있지만, 실시간으로 변화하는 실제 도로 환경에서 최초 설정되는 하나의 배경 이미지만 마스크로 쓸 경우 배경 소거가 잘 이루어지지 않는 경우가 생긴다. 이러한 경우를 개선하기 위하여 실시간으로 배경을 업데이트 하는 방법을 사용하였다.

평균 배경연산 방법은 배경 모델을 생성하기 위해 각 픽셀의 평균과 표준 편차를 이용한다.

평균배경 연산 수식은 식(2)와 같다.

$$\text{if } mask(x, y) \neq 0 \quad (2) \\ acc(x, y) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot acc(x, y) + \alpha \cdot imag(x, y)$$

$acc(x, y)$ 는 평균 배경 화소 값을 나타내고, α 는 새로운 배경 화소 값 비율을 결정하는 상수이다. α 값이 1에 가까울수록 업데이트되는 배경 데이터의 비중이 높아진다.

3.5 교통신호 제어

교통신호등 운용방법에 있어 도로 통과 차량 수, 신호 대기 차량 수, 보행자 수 및 기상 등의 문제를 모두 고려하여 가장 적절한 신호주기를 결정하는 것이 이상적이다. 이러한 많은 변수들

을 고려하여 교통량을 판단하기 위해서 퍼지 논리의 사용이 가장 효율적이라 볼 수 있다.

본 논문에서는 영상처리를 이용한 차량 수 데이터터를 이용하여 생성되는 퍼지 논리 소속 함수값을 토대로 교통량을 판단하고 녹색신호등 점등 시간을 제어하였다.

4. 실험 결과

차량의 이동이 비교적 적은 야간 도로에서 일반 카메라 및 적외선 카메라를 이용하여 도로 통과 차량수를 측정하기 위하여 본 논문에서 제안한 교통신호 제어시스템을 적용하였다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션이 완료되면 차를 포함하지 않는 부분은 삭제되고 삭제된 부분은 원본 이미지와 외부중심선의 상단부분이다.

4.1 일반 카메라 주간 영상 결과

일반 카메라를 이용하여 640x320 pixel의 화소 값을 가지고 RGB로 이루어진 주간에 측정된 원본 영상인 그림 5(a)를 0, 255의 화소 값만으로 이루어진 이진화 연산 처리를 한 후, 차 연산을 통해 배경을 설정, 소거하여 움직이는 차량만 검출 할 수 있게 하였다. 그림 5(b)의 이진화 연산처리 및 차 연산 결과영상에서, 배경에는 흰 점으로 노이즈가 발생하고, 객체로 검출된 차량에서도 검은 점들이 노이즈로 나타남을 확인 할 수 있다. 이러한 노이즈를 제거하기 위해 침식->팽창->팽창->침식->팽창 연산 과정을 수행 하였다. 그림 5(c)에서 배경 쪽 흰 노이즈와 추출된 객체 내부 검은 노이즈들이 개선되었음을 확인 할 수 있으며 차량 수 측정을 위한 객체 검출이 효과적으로 이루어짐을 알 수 있다.

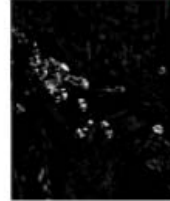
표 2. 주간 인식률

Table 2. Weekly Recognition Rate

구분	총 테스트	인식 패턴수	인식 실패	인식률
	180	177	3	98.7%



(a) 원본 영상



(b) 이진화 및 차 연산 결과 영상



(c) 침식 및 팽창 연산 결과 영상

그림 5. 일반 카메라 주간 영상 결과
Fig. 5. Image Results at day (normal camera)

4.2 일반 카메라 야간 영상 결과

일반 카메라를 이용하여 640x320 pixel의 화소 값을 가지고 RGB로 이루어진 야간에 측정된 원본 영상을 이용하여 영상 처리 후 조도변화로 인한 노이즈를 그림 6을 통해 확인 할 수 있다.

평균 배경연산 처리로 인해 야간 원본 영상의 배경에 깔려있는 조명은 효과적으로 제거됨을 확인 할 수 있으나, 차량 전조등으로 인한 급격한 조도변화는 제거하지 못하는 것을 알 수 있다.

표 3. 야간 인식률

Table 3. Night Recognition Rate

구분	총테스트	인식 패턴수	인식 실패	인식률
	180	131	49	72.8%



그림 6. 일반 카메라 야간 영상 결과
Fig. 6. Image Results at night (normal camera)

4.3 적외선 카메라 야간 영상 결과

적외선 카메라를 이용하여 그림 7과 같이 야간 영상을 획득 후 영상처리를 해 본 결과, 일반 카메라에서 나타나는 급격한 조도 변화에 따른 노이즈가 조금은 개선되는 것을 확인 할 수 있었으나, 역시 차량 전조등으로 인한 노이즈가 발생함을 알 수 있다.

표 4. 시뮬레이션 결과
Table 4. Simulation results

	검출 accuracy (%)	처리 시간(sec)
방법 1	98.7	0.18
방법 2	72.8	0.18
방법 3	86.6	0.18

CPU PentiumIII (500MHz 이하)
 방법 1 : 주간
 방법 2 : 야간 : 일반카메라
 방법 3 : 적외선카메라 (헤드 라이트 고려)



그림 7. 적외선 카메라 야간 영상 결과
Fig. 7. Image Results at night (infrared camera)

5. 결론

교차로에 설치된 카메라를 이용하여 각 도로로 유입·유출되는 교통량을 동시에 측정하여 심각한 교통 정체가 일어나기 전에 이를 미연에 방지 할 수 있는 교통신호 제어시스템을 제안한다.

본 논문에서 제안한 교통신호 제어시스템에 일반 카메라를 이용해 주간에 획득한 영상을 적용한 결과 98.7% 정확한 교통량을 측정하여 신호등을 제어 할 수 있었으며, 야간에 일반카메라로 획득한 영상으로는 72.8%, 야간에 적외선 카메라로 측정한 경우 86.6% 정도 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 차량 전조등으로 인한 급격한 조도변화를 제거하지 못해서 정확한 교통량을 측정 할 수가 없었으나 급격한 조도 변화에 따른 노이즈가 조금은 개선되는 것을 확인 할 수 있었다.

또한, 야간 및 주간의 교통량을 정확하게 측정하기 위한 통합된 하나의 시스템 알고리즘을 개발하여 교통 정체를 미연에 방지함으로써 교통 혼잡으로 야기되는 문제점들을 사전에 예방 하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Ji-Hwan Shin, Mu-Hun Park, "Research of Controled Traffic Signal by Image Processing and Fuzzy Logic", The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, vol. 9, no. 1, pp. 10-108, 2016.
- [2] T. Hada and T. Miyake, "Tracking of a Moving Object with Occlusion by Using Active Vision System," IEICE. Tech. Report, vol. J84, no. 1, pp. 93-101, 2001. Abbrev., in press.
- [3] S. Yoshimori, Y. Mitsukura, M. Fukumi and N. Aka-matsu "License Area Extraction System Using the Real- Coded GA" SCI '2003. Proc.,vol. 4, pp. 269-273, 2003.
- [4] M. Haseyama, M. Kumagai, and T. Miyamoto, "A Ge- netic Algorithm Based Picture Segmentation Method," IEICE. Tech. Report, vol. J82, no. 11, pp. 1903-1911, 2005.
- [5] S. Muramatsu, Y. Otsuka, Y. Kobayashi, E. Shimizu, "Strategy of High Speed Template Matching and Its Optimization by Using GA," IEICE. Tech. Report, vol. 83, no. 6, pp. 1487-1497, 2010.
- [6] M. Ikeda, S. Yoshida, K. Nakashima, N. Hamada and H. Yoda, "High Speed Template Matching by Monotonized Normalized Correlation" IEICE. Tech. Report, vol. 83, no. 9, pp. 1861-1869, 2013.
- [7] J. S. Kim, M. Y. Um, Digital Signal Processing by Image, HANBIT ACADEMY, 2014.
- [8] J. H. Shin, S. B. Jang, Introduction to Digital Image processing, HANBIT MEDIA, 2007.
- [9] J. Mohammad, Applications of fuzzy logic : towards high machine intelligence quotient systems, pp. 40-620, Upper Saddle River, N.J : Prentice Hall PTR, 1997.
- [10] Sang-Hyun Lee, 'A Study on Development of Experimental Contents Using 3-channel Multi-Image Playback Technique: Based on transparent OLED and dual layer display system', The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication VOL. 17 No. 6, 2017

저자약력

신 지 환(Ji-Hwan Shin)

[정회원]



- 2013년 2월 창원대학교 전자공학과 (공학사)
- 2016년 2월 창원대학교 전자공학과 (공학석사)
- 텔소 코리아

〈관심분야〉 영상 신호처리

박 무 훈(Mu-Hun Park)

[종신회원]



- 1990년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1993년 3월 일본 東北대학교 전기통신공학과 (공학석사)
- 1996년 3월 일본 東北대학교 전기통신공학과 (공학박사)
- 창원대학교 전자공학과 교수

〈관심분야〉 영상 신호처리