

논문 2006-43SP-4-8

차량의 안전한 합류도로 진입을 위한 단일 카메라 기반 교통신호 발생 알고리즘

(A Camera Based Traffic Signal Generating Algorithm for Safety
Entrance of the Vehicle into the Joining Road)

정 준 익*, 노 도 환**

(Junik Jeong and DoHwan Rho)

요 약

안전은 교통관제와 제어기술에서 중요한 부분이다. 본 논문에서는 단일 비전시스템을 이용하여 합류도로에 진입하려는 차량에 합류안전 신호를 발생하는 유연하고, 안정적이며 실시간 처리가 가능한 알고리즘에 대해 제안하였다. 도로측면에 위치한 카메라로부터 얻어지는 영상을 이용하여 주행차량 감시와 차량의 주행속도, 본선도로와 진입도로 사이의 합류지점까지의 도달시간을 예측하여 빨강, 파랑, 노랑의 색으로 주행 안전 여부를 표시하였다. 영상에서 설정한 영역에 차량이 주행함을 검출하기 위해 농담정규화 상관법, 경계 크기 비 변화, 평균 농담변화의 세 가지 방법을 이용하였다. 실제 합류도로에서 촬영한 영상으로부터 제안한 알고리즘에 적용하여 결과를 제시하였다.

Abstract

Safety is the most important for all traffic management and control technology. This paper focuses on developing a flexible, reliable and real-time processing algorithm which is able to generate signal for the entering vehicle at the joining road through a camera and image processing technique. The images obtained from the camera located beside and upon the road can be used for traffic surveillance, the vehicle's travel speed measurement, predicted arriving time in joining area between main road and joining road. And the proposed algorithm displays the confluence safety signal with red, blue and yellow color sign. The three methods are used to detect the vehicle which is driving in setted detecting area. The first method is the gray scale normalized correlation algorithm, and the second is the edge magnitude ratio changing algorithm, and the third is the average intensity changing algorithm. The real-time prototype confluence safety signal generation algorithm is implemented on stored digital image sequences of real traffic state and a program with good experimental results.

Keywords : joining road, vehicle, confluence safety, vision system, traffic signal

I. 서 론

차량의 증가와 도로여건의 부족으로 교통관련 기술

개발의 궁극적 목표인 안전과 효율이 위협받고 있다. 이러한 시점에서 본선도로에 우측 또는 좌측으로 진입 도로가 합쳐지는 합류도로에서 임의의 장애물, 날씨에 따른 착시 현상, 또는 주야간에 상기 진입도로에서 진입하려는 차량 운전자의 판단오류에 의해 발생하는 대형 교통사고를 예방하기 위한 합류안전 신호장치는 교통정보를 수집 가공하여 운전자에게 교통정보를 제공하므로 운전자의 안전과 추돌 및 충돌 사고에 의한 경제적 손실, 교통환경 개선의 측면에서 매우 중요하다.

현재까지 교통정보를 자동으로 측정하기 위해 개발된 방법으로는 도로에 매설하는 루프방식, 도로의 양쪽

* 정회원, 전북대학교 전기공학과
(Dept. of Electrical Engineering, Graduate School,
Chonbuk National University)

** 정회원, 전북대학교 전자정보공학부
(Div. of Electronics and Information Engineering,
Chonbuk National University)

※ 이 논문은 2005년도 과학재단과 전북대학교 메카트로닉스 연구센터 연구비에 의하여 연구되었음.
접수일자: 2006년2월21일, 수정완료일: 2006년5월16일

측면에 송신기와 수신기를 설치하여 초음파나 적외선을 이용하는 방식, CCTV나 CCD의 영상을 이용하는 방법이 개발되어있다.

루프방식의 경우에는 매설과 유지보수의 문제가 있다. 초음파나 적외선을 이용하는 방식으로는 도로의 차로의 양단에 송수신기를 설치해야하는 배선의 문제, 날씨에 따른 왜란, 구역별 다수의 송수신기가 필요하고, 특히, 본선차로가 중앙선으로 분리된 양방향 차로 일 경우 중앙선에 돌출부를 만들어야 하는 큰 문제점이 있다.

이러한 이유로 현재에는 도로에 CCTV나 CCD 카메라를 이용하여 획득된 영상열을 분석하는 영상검지 기술이 신뢰도, 환경 내용성, 전력소요 및 검지영역의 광범위 등의 관점에서 타 검지기술에 비해 모든 면에서 우위를 점하고 있다.

영상을 이용한 차량 검지 방법은 장면차이, 배경차이^[1], 공간차이^[2], 밝기값 비교^{[3][4][5]}, 템플릿 매칭^[6] 등이 있다. 이 중에서 배경차이 방법은 입력영상과 배경영상의 차영상을 구하여 움직이는 물체 영역을 추출해내는 기법인데 초기에 배경영상 생성과정이 필요하나 배경이 잘 생성된 경우에 차량추출이 용이하므로 대부분 채택되는 방법이다.

그러나 배경차이 방법과 밝기값의 비교방법은 영상간의 밝기값의 편차를 보상한다고 하여도 조명 변화가 심한 실외 환경에서는 오검지한 영역이 많아진다^[7]. 신경망을 이용한 방법^{[8][9]}과 공간차이 방법은 실시간으로 구현하기 난해한 점이 있고, 역시 야간에서와 같이 차량의 헤드라이트에 의한 밝기값이 심하게 변하고, 불빛에 반사된 영역도 오검지하는 경우가 있다.

본 논문에서는 본선도로의 합류차로에 주행하는 차량의 여부를 영상을 통해 판별하여 안전한 진입을 유도하여 교통안전 및 교통 환경 개선에 기여할 수 있는 교통제어용 합류안전 신호 알고리즘을 제안한다.

제안하는 알고리즘은 그림자에 민감하지 않고, 검지의 구분이 용이하며 실시간 구현이 가능하도록 농담정규화상관(Grayscale Normalized Correlation : GNC)^[10], 경계비변화 (Edge Magnitude Ratio Changing : ERC)^[11], 평균 밝기값의 변화(Average Intensity Changing : AIC)를 동시에 이용하여 밝기값의 변화에도 적응성이 뛰어나도록 하였다. 또한, 실시간 구현이 가능하도록 영상의 일부분만을 사용하여 계산량을 적게 하였고, 밝기값의 변화와 경계비의 변화를 한 프레임에서 동시에 추정하여 차량을 검지한다.

II. 차량 검출

그림 1은 본선도로와 진입도로가 있을 때, 본선도로의 임의의 측면에 카메라를 설치하였을 때의 시스템 좌표계를 기본적인 핀홀 카메라 모델로 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 본선도로와 진입도로가 만나는 지점의 위치를 합류지점 A라 하였을 때, 합류차로를 주행하는 차량의 속도를 V[Km/h]라 하고, 지점 A를 기준으로 거리가 W[m]인 위치에 차량이 존재한다고 하면, 합류차로를 주행중인 차량은 식 (1)과 같은 시간 T_r 초 후에 합류지점 A를 통과한다.

$$T_r = \frac{3.6 W}{V} [\text{sec}] \tag{1}$$

여기에서, 차량은 등속도 운동을 한다고 가정한다. 즉, 진입도로측에 진입하려는 차량이 존재했을 때, 합류차로를 주행중인 차량이 T_r 초 후에 합류지점을 통과하므로, 차량간의 충돌을 방지하기 위해서는 T_r 시간의 범위가 식 (2)와 같이 충돌방지 시간 C_T 보다 커야한다.

$$T_r \geq C_T \tag{2}$$

영상면 좌표계의 좌표를 이용하여 실제 도로면에서의 위치를 추정하기 위해서는 카메라와 도로면과의 카메라 교정이 필요하다. 본 논문에서는 편의를 위해 실제 도로면에서의 거리를 직접 측정하고, 이에 따른 거리를 영상좌표에서 설정하여 사용하였다.

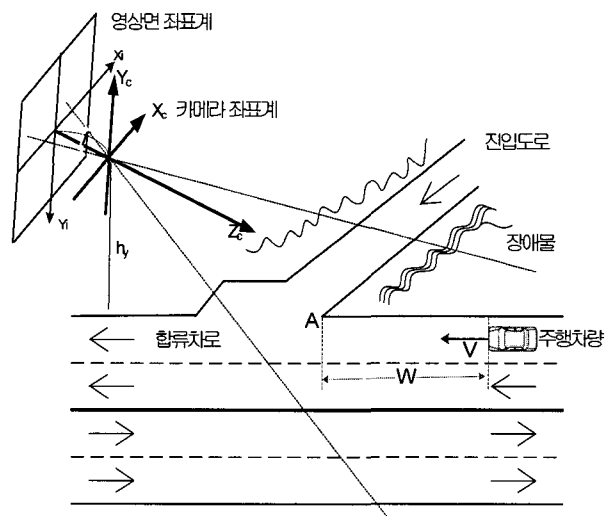


그림 1. 시스템 좌표계와 파라미터
Fig. 1. System coordinates and parameters.

1. 농담 정규화 상관법

영상검지기 셋업과정에서 모니터 화면상의 차량 검지용 창을 여러 지점에 수작업으로 임의로 설정한다. 차량이 없을 때의 도로 영상을 기준 배경 영상(background reference image : BI)으로 하고 연속해서 들어오는 카메라 영상을 타겟 영상(target image : TI)으로 하여 각각의 영역에 차량이 지나가면 각 검지창과 잇다른 검지창 영역의 영상에 밝기값의 변화를 일으키게 된다. 따라서 이 변화를 이용하여 차량의 통과여부와 차량의 속도를 알 수 있게 된다.

농담 정규화 상관법(GNC)은 산업용 비전 시스템에서 사용하는 방법으로 주어진 영상과 템플레이트 영상(template image)간의 밝기값의 평균과 분산을 이용해서 두 영상간의 밝기값 분포의 유사성을 검사하여 주어진 영상에서 템플레이트 영상을 찾아내는 알고리즘이다. 검지창에 차량이 없을 때의 기준 배경 영상(BI)을 템플레이트 영상으로 하고 연속해서 들어오는 카메라 영상을 타겟 영상(TI)으로 하여 검지창 영역에서의 농담 정규화 상관 계수치(GNC)를 식 (3)과 같이 계산하여 차량의 검지 유무를 판단한다.

$$r = \frac{S_{fg} - S_g \times S_f}{\sqrt{[S_{ff} - S_{f2}][S_{gg} - S_{g2}]}} \quad (3)$$

단,

$$S_{fg} = NM \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{ij} g_{ij}, \quad S_g = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M g_{ij}$$

$$S_f = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{ij}, \quad S_{ff} = NM \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{ij}^2$$

$$S_{f2} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{ij} \right)^2, \quad S_{gg} = NM \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M g_{ij}^2$$

$$S_{g2} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M g_{ij} \right)^2$$

여기서, r 은 농담 정규화 상관 계수치(-1 ~ +1), g_{ij} 는 기준 배경 영상의 밝기값, f_{ij} 는 타겟 영상의 밝기값, NM 은 검지창의 크기를 나타낸다.

다음과 같이 GNC값 r 을 이용하여 차량검지를 위한 판정 기준으로서 다음과 같이 두 가지로 사용할 수 있다.

① GNC값 r 이 이미 정해진 임의의 문턱치 보다 클 경우에는 기준 배경 영상과 타겟 영상간의 밝기값의 유사성이 작으므로 타겟 영상의 검지창 영역에 차량이 있다고 판정.

② GNC값 r 이 문턱치 보다 작을 경우에는 기준 배경 영상과 타겟 영상간의 밝기값의 유사성이 크므로 타겟 영상의 검지창 영역에 차량이 없다고 판정.

이러한, 농담 정규화 상관법은 비교적 주위 조도의 영향을 받지 않는 장점이 있으나, 도로에서 주변 차량의 그림자, 구름 등과 같은 변화되는 환경에서 적용하기가 어려운 문제점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 경계선 크기의 변화를 병행한다.

2. 경계선의 크기 비 변화 검지법

인간은 물체 인식 과정에서 밝기값의 변화가 뚜렷한 물체의 경계선을 아주 중요하게 이용한다는 사실에 기인하여 두 이미지간의 검지창 내에서의 경계선 비의 분산을 이용한 경계선 크기의 비 변화 검지법(ERC)을 이용하여 차량의 존재를 판정할 수 있다.

밝기값의 변화가 미소시간에 대해서 변화하지 않고 영상 속도장(v_x, v_y)이 x, y 방향으로 구배가 없다고 가정하면 다음 식 (4)를 이용하여 영상의 밝기값의 경계선은 시간 t 에 대해서 변화하지 않는다는 식(5), (6)를 유도할 수 있다.

$$\frac{dE}{dt} = 0, \quad V_{xx} = V_{xy} = V_{yx} = V_{yy} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \nabla E = 0 \quad (5)$$

$$\nabla E(x, y, t) = \nabla E(x, y, t+1) \quad (6)$$

타겟 영상의 검지창에 차량이 없는 경우 두 영상간에 밝기값의 변화가 없어 경계선 크기의 비가 다음처럼 일정하게 된다.

$$\frac{\nabla E(x, y, t+1)}{\nabla E(x, y, t)} = 1 \quad (7)$$

따라서, 경계선 크기 비의 분산값이 식 (8)과 같이 0에 근접하게 된다. 여기에서 m 은 평균값을 의미한다.

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \left(\frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - m \right)^2 \\ &\cong \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \left(\frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - \frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} \right)^2 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

한편, 타겟 영상의 검지창에 차량이 있는 경우 두 영상간에 밝기값의 변화가 있으므로 경계선 크기의 비는 식 (9)와 같이 일정하지 않다.

$$\frac{\nabla E(x,y,t+1)}{\nabla E(x,y,t)} \neq 1 \tag{9}$$

따라서, 경계선 크기 비의 분산값은 다음 식 (10)처럼 0보다 크게 된다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \left(\frac{\nabla E_{ti}}{\nabla E_{bi}} - m \right)^2 > 0 \tag{10}$$

여기에서, $\nabla E = |E_x| + |E_y|$ 는 영상의 경계선 크기, E_x, E_y 는 x, y방향으로의 밝기값의 구배, ∇E_{bn} 는 기준 배경 영상의 경계선 크기, ∇E_{tn} 은 타겟 영상의 경계선 크기, N은 검지창의 크기를 나타낸다.

위와 같이 기준 배경영상과 타겟영상 간의 경계선 크기 비의 분산을 계산하여 다음과 같이 두 가지로 구분하여 판단할 수 있다.

- ① 분산값이 기준 임계치보다 크면 차량을 검지했다고 판단.
- ② 분산값이 기준 임계치보다 작으면 차량을 검지하지 않았다고 판단.

III. 알고리즘

본 장에서는 제안하는 차량 검출 방법을 실시간으로 구현하기 위한 알고리즘에 대해 설명한다. 그림 2는 전체 알고리즘에 대한 순서도를 나타낸 것이다.

여기에서 알고리즘의 한 프레임에 대한 처리시간을 T 라 하였을 때, 현 프레임 획득 후 다음 프레임은 처리시간 T이후 획득되고, 획득된 영상을 번호 t 로 표현한다.

각 알고리즘 단계별 내용을 설명하면 다음과 같다.

단계 1 : 배경 영상 생성과 기본 정보획득

영상에서 본선도로의 합류도로에 각 처리영역을 설정한다. 각 영역(L = 1, ..., 12)에 대한 평균밝기값을 식 (11)과 같이 생성하고 저장한다.

$$I_{avr(L)} = \frac{1}{N(L)M(L)} \sum_{i=0}^{N(L)-1} \sum_{j=0}^{M(L)-1} I(i,j) \tag{11}$$

여기에서 (L)은 대상영역의 숫자이다.

그리고 식 (3)과 같이 GNC 계수중 f_{ij} 관련된 템플레이트 영상을 산출한다.

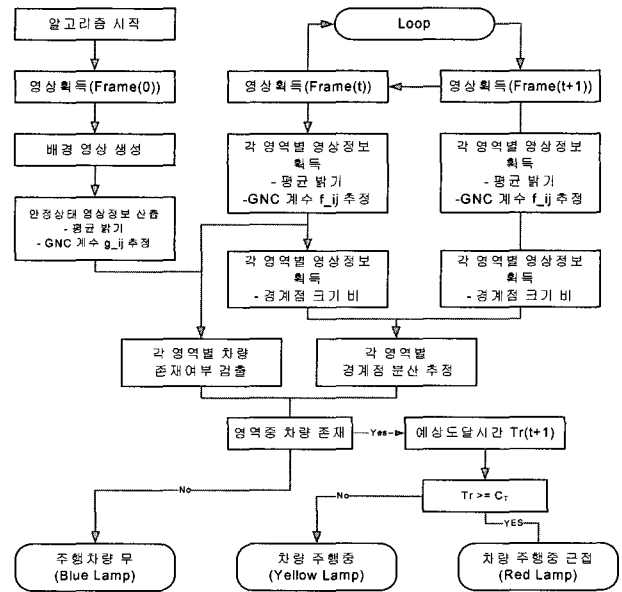


그림 2. 알고리즘 순서도
Fig. 2. The flowchart of an algorithm.

단계 2 : t=1 시간의 영상획득 (Frame(1))

배경영상이 생성되고 기본 정보를 획득한 후에 다음 영상입력 (t=1)부터 각 영역에 대한 평균 밝기값을 식 (11)과 같이 산출하고, g_{ij} 를 추정하여 식 (3)으로써 GNC 계수 r을 추정한다. 또한, 경계점의 크기를 산출하고 저장한다.

단계 3 : t=2 시간의 영상획득 (Frame(2))

배경영상이 생성되고 기본 정보를 획득한 후에 다음 영상입력(t=2)부터 각 영역에 대한 평균 밝기값을 식 (11)과 같이 산출하고, GNC 계수 g_{ij} 를 추정하여 식 (3)으로써 계수 r을 추정한다.

경계점의 크기를 산출하고 저장한 후 t-1 즉, t=1시간에서의 경계점의 크기와의 비를 식 (10)과 같이 추정하여 영역별 차량의 존재 유무를 판단한다.

영역중 차량이 존재하는 영역에 대해 실제 도로상에서의 차량의 위치를 추정하고 C(2)에 저장한다.

단계 4 : t=3 시간의 영상획득 (Frame(3))

배경영상이 생성되고 기본 정보를 획득한 후에 다음 영상입력 (t=3)부터 단계 3의 내용을 반복하여 추정한 후 결과를 C(3)에 저장한다.

단계 3에서 구해진 C(2)와 현 단계에서의 C(3)으로써 차량의 속도는 다음 식 (12)와 같이 구해진다.

$$V = \frac{C(2) - C(3)}{T} [Km/h] \tag{12}$$

식 (12)와 같이 구해진 차량의 속도를 식 (1)에 대입하면 진입도로와 본선도로의 합류지점 A까지의 도달 예정시간 T_r 이 추정되고, 식 (2)와 같이 충돌방지시간 C_T 에 의해 빨강, 노랑의 신호를 점멸하게 되고, 영역에 차량이 검지되지 않으면 파랑 신호가 점등된다.

단계 5 : 루프

단계 3과 단계 4를 t시간과 t+1시간으로 반복하여 알고리즘을 수행하고, 결과를 표시한다.

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 도로가 합쳐지는 좌우 합류도로에서 영상을 이용하여 본선도로측 합류차로를 주행하는 차량을 검지하고 속도를 산출하고, 합류지점까지 차량의 도달 예정시간을 계산하여 진입도로측 차량에게 신호하기 위한 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘을 합류도로중 2개의 합류도로가 있는 곡선도로가 포함된 4차선 본선도로를 대상으로 하여 구간내 디지털 카메라 Panasonic NV-GS400을 사용하여 녹화하였고, 노면으로부터 2[m]의 높이에 설치한 후 녹화한 640×480의 흑백 동영상을 사용하였다. 알고리즘에 의한 평균 프레임 처리시간은 약 34.23[ms/frame]이었다.

그림 3은 합류차로 중 검지영역을 12개로 설정한 것을 나타낸다. 본 논문에서는 편의를 위해 실제 도로면에서의 거리를 직접 측정하고, 이에 따른 거리를 영상 좌표에서 설정하여 사용하였다. 최초 검지영역을 11번으로 설정하였고, 합류지점의 영역을 0번으로 설정하였다. 각 영역별 거리는 0번부터 11순으로 영상에서 영역 분할이 용이하도록 각각 5, 5, 5, 5, 8, 8, 10, 10, 12, 15, 18, 24[m]로 구분하여 총 125[m]의 거리에 대해 검색영

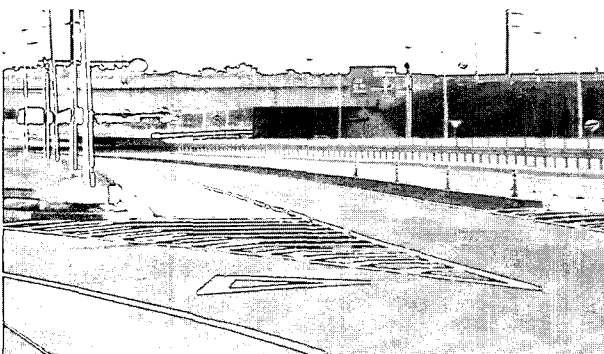


그림 3. 검지 영역 설정
Fig. 3. Setting of detection areas.

역을 설정하였다.

그림 4는 차량 속도에 따른 시간별 이동 거리를 나타낸 것이다. 그림 4의 차량 속도에 따른 시간별 이동 거리 그래프에 따라 차량의 속도가 100[km/h]일 때 합류지역과의 도달시간이 약 4초임을 알 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 충돌방지시간 C_T 를 4초로 설정하였다. 또한, 합류차로 안전 신호 생성에 필요한 밝기값 변화, GNC, ERC의 문턱치를 각각 20, 0.5, 100으로 설정하였다.

그림 5는 알고리즘을 구성한 프로그램을 나타내고 있다. 그림에서 영역 B1은 입력 영상과 검지영역이고, B2는 각 영역별 밝기값의 변화, ERC의 분산, GNC 계수, 차량 검지 상태를 0(무), 1(유)로 나타내었다. B3은 한 프레임에 대한 처리시간과 프레임 rate를 나타내었고, B4는 검지된 선행 차량의 속도를 나타낸 것이고, B5는 속도에 따라 도달예정시간을 추정하고, 합류도로 안전 신호를 생성하여 빨강(진입금지), 노랑(진입위험), 파랑(진입안전)으로 나타낸 것이다.

제안한 방법은 차량의 검지를 위해 평균밝기값의 변

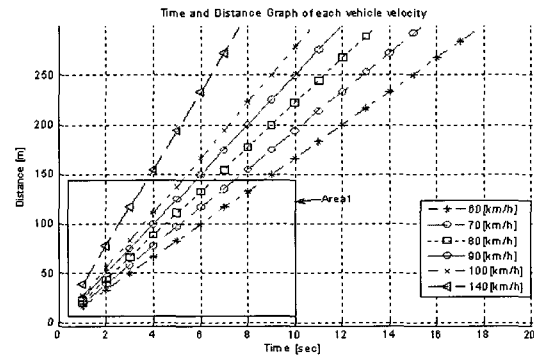


그림 4. 차량 속도에 따른 시간별 이동 거리 관계
Fig. 4. Time and moving distance graph of each vehicle velocity

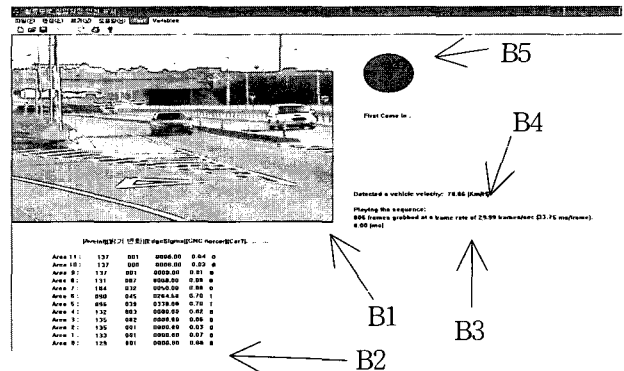


그림 5. 알고리즘을 구성한 프로그램
Fig. 5. The program of the algorithm.

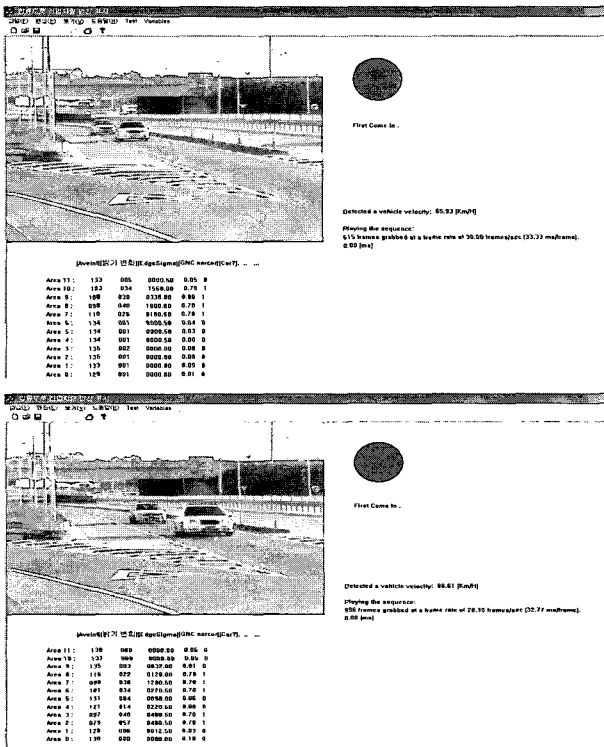


그림 6. 시간열에 따른 알고리즘 수행 예
Fig. 6. Experimental frames for algorithm with sequential image.

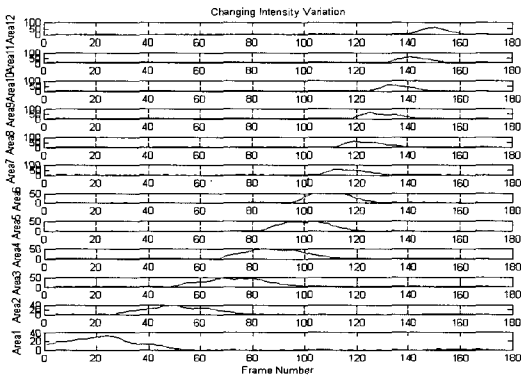


그림 7. 그림 6의 평균 밝기값의 변화 결과
Fig. 7. Results of changing average intensity variation of fig. 6 at each area.

화, ERC의 분산, GNC의 계수의 3가지 파라미터를 이용하여 추정한다. 그림 6는 차량 주행중 설정영역의 검지값들의 변화를 살펴보기 위한 예를 나타낸 그림이다. 먼저, 검지 영역별 평균 밝기값의 변화를 추정하여 나타내면 그림 7과 같다. 그림 7에서 영역 Area1, ..., Area12는 설정영역 11, ..., 0에 해당한다. 그림에서와 같이 먼 곳 Area1로부터 차량이 진입하면 첫 영역에서부터 평균 밝기값의 변화가 발생되어 시간이 지남에 따라 점점 합류지점으로 접근하고 합류지점을 지나치는

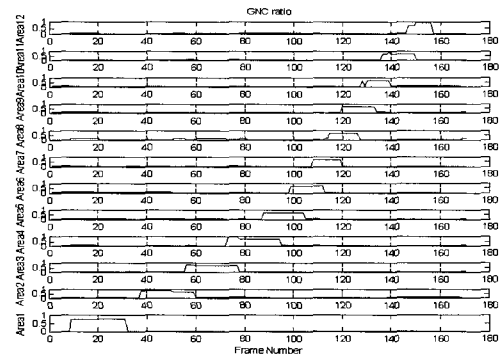


그림 8. 그림 6의 검지 영역별 GNC 계수 추정 결과
Fig. 8. Results of GNC parameter of fig. 6 at each area.

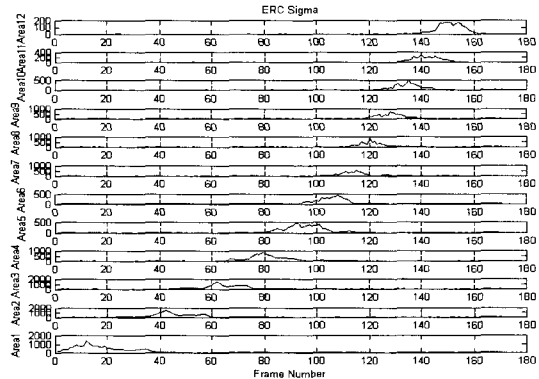


그림 9. 그림 6의 검지 영역별 ERC 분산 추정 결과
Fig. 9. Results of ERC distribution of fig. 6 at each area.

과를 보여주고 있다.

다음, 동일한 영상열에서 검지 영역별 GNC 계수를 추정하면 그림 8과 같이 나타난다. 그림 8에서와 같이 먼 곳으로부터 차량이 진입하면 첫 영역에서부터 GNC 계수의 변화가 발생되어 시간이 지남에 따라 점점 합류지점으로 접근하고 합류지점을 지나치는 결과를 보여주고 있다.

다음, 동일한 영상열에서 검지 영역별 ERC 분산을 추정하면 그림 9와 같이 나타난다. 그림 9에서와 같이 먼 곳으로부터 차량이 진입하면 첫 영역에서부터 ERC 분산의 변화가 발생되어 시간이 지남에 따라 점점 합류지점으로 접근하고 합류지점을 지나치는 결과를 보여주고 있다.

이상과 같은 세가지 파라미터로써 차량을 검지한 결과를 나타내면 그림 10과 같다.

그림 10에서와 같이 먼 곳으로부터 차량이 진입하면 첫 영역에서부터 세가지 파라미터의 변화로써 차량을 검지한 것이다. 차량이 시간이 지남에 따라 점점 합류

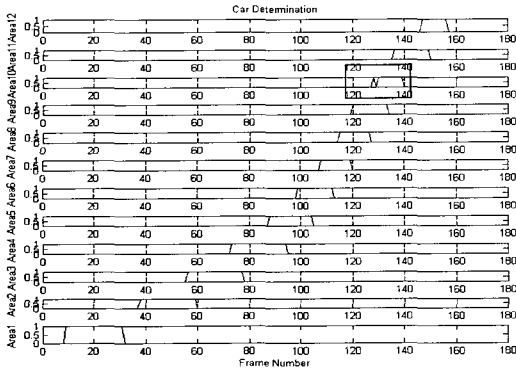


그림 10. 검지 영역별 밝기값, GNC, ERC에 의한 차량 검지 결과

Fig. 10. Results of detection of a vehicle at each area.

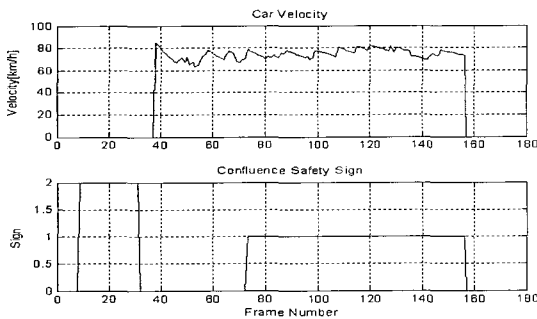


그림 11. 차량 속도 추정과 합류 안전신호 생성 결과
Fig. 11. Results of a car velocity and confluence safety sign.

지점으로 접근하고 합류지점을 지나치는 결과를 보여주고 있다. 그림 10에서 사각형 부분에서 차량이 존재함에도 불구하고, 존재하지 않는 것으로 오인하나, 바로 원상태로 돌아옴을 알 수 있다.

검지된 차량과 영역에 대한 변화를 통하여 영상좌표와 이에 대응하는 실제 도로상의 거리를 이용하여 차량의 속도를 추정하고 추정된 속도를 이용하여 예측 도달시간을 산출한 후, 충돌방지시간을 추정한다.

안전을 위하여 차량이 첫 검지영역에 진입하였을 때, 차량의 속도를 알 수 없는 관계로 우선 노랑(위험) 신호를 생성하고, 추후 차량의 속도와 예측 도달시간, 충돌 방지시간을 토대로 파랑(안전), 빨강(금지)의 안전신호를 생성한다. 그림 11은 차량의 속도 추정과 합류 안전신호를 파랑은 0, 빨강은 1, 노랑은 2로 나타낸 그림이다.

생성된 안전신호를 살펴보면, 우선 파랑 -> 노랑 -> 파랑 -> 빨강 -> 파랑의 순으로 변화함을 알 수가 있다. 그 이유는 차량이 없을 때, 파랑이고, 이후 차량이 최초 검지 영역에 진입하면 속도를 알 수 없으므로, 노

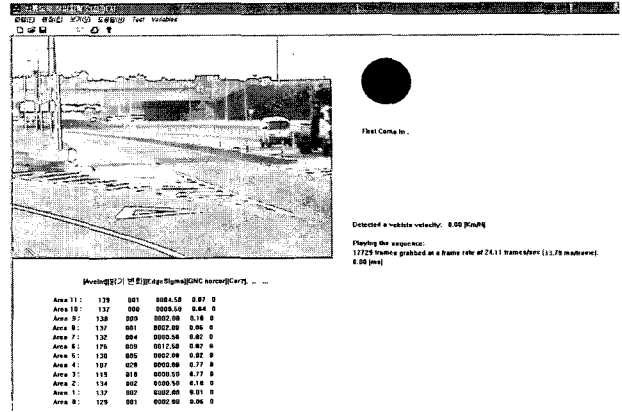


그림 12. 영역에 그림자가 끼어드는 경우
Fig. 12. A case of interrupting shadow in area.

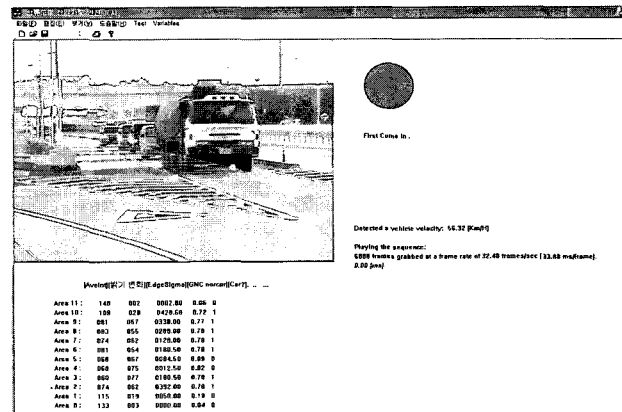


그림 13. 여러 영역에 차량들이 있는 경우
Fig. 13. A case of entering cars in several areas.

랑 신호를 생성하고, 산출된 속도가 안전한 속도이면 파랑으로 변하게 된다. 이후 지속적으로 차량이 접근하여 속도에 대한 거리가 충돌시간 내에 속하면 빨강으로 변함을 알 수 있다.

그림 12는 검지 영역내에 그림자인 오차가 포함되는 경우를 나타낸 것이다. 이 경우에도 그림자를 차량으로 인식하지 않고, 안전신호를 생성함을 보여준다. 그 이유는 평균 밝기값의 변화와 GNC의 값이 큼에도 불구하고 경계점의 변화가 없어 ERC의 값이 0에 가까워 차량이 없음으로 판단하기 때문이다.

다음 그림 13은 실제 도로 상황중 여러 영역에 차량이 있는 경우를 나타낸 것이다. 이 경우에도 정확한 안전신호를 생성함을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 카메라와 영상처리를 이용하여 본선 도로 중 합류차로를 주행하는 차량을 실시간으로 검지

하고, 속도를 측정하여 합류지점까지 도달 예정시간을 추정하여 합류 안전 신호를 생성하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 평균 처리시간은 34.23[ms]로 추정되었다.

또한, 제안한 시스템은 현재와 같은 발신기와 수신기로 이루어진 방법이 아니므로 발신기의 설치에 필요한 도로 양측부에 설치장소가 불필요하여 특히, 본선차로가 중앙선으로 분리된 양방향 차로일 경우 중앙선에 돌출부를 만들어야 하는 큰 문제점이 없다. 또한, 도로에 매설해야 하는 발신부에서 수신부 사이의 이어지는 배선 처리의 문제점이 없는 장점이 있어, 설치 및 유지보수비를 절감할 수 있는 효과가 있다.

현재까지는 주간 영상을 대상으로 실험하였지만, 야간이나 우천시 등과 같은 환경에서 적용하여 알고리즘을 개선해야 하겠다. 그리고, 보다 정확한 차량의 속도를 측정하기 위해서 카메라 교정 기법을 통하여 영상면과 실제 공간과의 정확한 실측거리를 추정할 수 있는 기법을 개발해야 하겠다.

참 고 문 헌

[1] T. Schoepflin, V. Chalana, D. R. Haynor, and Y. Kim, "Video object tracking with a sequential hierarchy of template deformations," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 11, pp. 1171-1182, 2001.

[2] Shree K. Nayar and Ruud M. Bolle, "Computing reflectance ratio from an image", *Pattern Recognition*, Vol. 26, No. 10, pp. 1529-1542, 1993.

[3] Kilger M., "A Shadow Handler in a Video-based Real-time Traffic Monitoring System," *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, Palm Springs, California, Nov. 1992.

[4] C. Arthur MacCarley, Leonard Ponce, "Video Technologies for Roadway Surveillance and Automated Detection", *Global Mobility Database*, SP-1076(950475).

[5] R. M. Inigo, "Application of machine vision to traffic monitoring and control", *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol. 38, No. 3, pp. 112-122, Aug. 1989.

[6] Koller, D., Daniilidis, K., and Nagel, H.H. "Model Based Object Tracking in Monocular Sequences of Road Traffic Scenes," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 10 No. 3, June 1993.

[7] Bielik. A. "Image Measurement Systems for Traffic Analysis: Task and Operation, State-of-the-Art, Accuracy", Licentiate Thesis TRITAILA 94.01, *The Royal Institute of Technology*, Stockholm, April, 1994.

[8] Doughery, M. and Kirby, H., "The Use of Neural Networks to Recognize and Predict Traffic Congestion," *Traffic Engineering and Control*, June, 1993.

[9] Wan, C. L., and Dickinson, K. W., "Computer Vision and Neural Networks for Traffic Monitoring," *IEEE Conference Publication, Institution of Electrical Engineers(U.K)*, No. 355, pp. 143 1993.

[10] A. Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic processes.*, Mc Graw-Hill, Inc, 1991.

[11] Rafael C. Gonzalez, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing COMPANY, pp. 56-61, 1993.

저 자 소 개



정 준 익(정회원)
1995년 전북대학교 전기공학과 학사 졸업.
1998년 전북대학교 전기공학과 석사 졸업.
2001년~현재 전북대학교 전기공학과 박사과정 재학중.

<주관심분야 : 로봇비전, 영상처리, 영상계측>



노 도 환(정회원)
1973년 전북대학교 전기공학과 학사 졸업.
1983년 동경공업대학 제어공학과 석사 졸업.
1987년 동경공업대학 제어공학과 박사 졸업.

1988년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수.
<주관심분야 : 로봇비전, 영상처리, 광응용계측, 센서응용>