트래픽 정보 취득을 위한 고속이동물체 속도 측정

정회원 이 주 신*

Velocity Measurement of Fast Moving Object for Traffic Information Acquisition

Jooshin Lee* *Regular Members*

요 약

본 논문은 트래픽 정보취득을 위하여 영상의 라인 샘플링을 이용한 고속이동물체 속도 측정 알고리즘을 제안하였다. 이동물체의 트래픽 정보 취득을 위한 속도 측정은 도로에 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인을 설정해 놓고, 물체가 샘플라인을 통과할 때 취득된 영상의 시변환 색조 데이터와 기준영상 색조 데이터 사이에서 차영상 기법으로 자동차를 검출하고, 자동차가 두 샘플라인 사이에 거리를 통과할 때 점유하는 프레임수로 속도를 측정하였다. 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인에서 각각 검출된 자동차의 색조로 동일성 판별을 하였다. 제안된 방법의 타당성을 검토하기 위하여 주행하는 자동차를 대상으로 동일성 판별 및 속도 측정을 한 결과, 동일성 판별은 두개의 샘플링 라인을 통과하는 자동차의 색조 데이터로 판별됨을 보였고, 자동차의 속도 측정은 X-밴드 속도 측정 시스템과 비교한 결과 3% 이내임을 보였다.

Key Words : velocity measurement, fast moving object, sample line, hue, identification

ABSTRACT

In this paper, velocity measurement of fast moving object for traffic information acquisition using line sampling of image is proposed. Velocity measurement for traffic information acquisition of moving object is that the first sample line and second sample line on the road is set, then car is detected by using difference image method between time-variance hue data of image when car is passing two sample lines and hue data of the reference image, and velocity of the car is measured by using frame number of video which is occupied by two sample lines. Identification of the car is performed by hue of the detected car between the first sample line and second sample line, respectively. To examine the propriety of the proposed algorithm, identification and velocity measurement for driving car is evaluated. The evaluated results is that it is identified by hue data of car passing two sample lines, and the velocity measurement for driving car is less than 3% comparing with X-band speed gun.

Ⅰ. 서 론

최근 정보통신기술의 발달과 고성능 컴퓨터의 보급으로 디지털 영상처리 분야는 시각능력을 가진 기계의 무한한 유용성에 비례하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 이동물체 검출 및 추적 분야는 보안 출입관리, 자동항법장치, 영상 압축, 비디오 색인 및 검색 등 다양한 분야들에서 그 필요성이 점점 증가되고 있으며, 실용화가 추진되고 있는 실정이다[1-2].

* 청주대학교 정보통신공학부 (jushin2@cju.ac.kr)
논문번호 : KICS2004-08-141, 접수일자 : 2004년 8월 14일
※ 본 연구는 청주대학교 연구년제 지원으로 수행되었습니다.

이동정보를 내포하고 있는 동영상의 응용은 기상, 자원탐사, 군사, 인구밀도, 식물분포, 환경오염, 의학 교통감시, 산업용 로봇(robot), 영상통신 등이 있다. 동영상은 그 응용분야에 따라 다양한 형태를 지니게 되며, 그 성과도 산발적이나마 서서히 나타나고 있다. 최근 동영상처리를 이용하여 점점 혼잡해지고 있는 도로의 각종 자동차의 이동정보를 취득하여 가공한 후 원활한 교통의 흐름을 제어하고, 감시할 필요성이 크게 대두되고 있다[3-4].

이동물체 검출 및 감시 시스템은 동영상의 각 프레임에 대한 시공간적 분석을 통하여, 화면 내에서 추적대상을 검출하고 위치변화를 계산하여 이동물체의 위치, 속도 등 정보를 추출하거나, 이동물체의 윤곽선(edge), 휘도(intensity) 및 질감(texture) 분포 등에 대한 분석을 통하여 이동물체에 대한 자동 분류, 인식, 검색 등 고차원적인 처리가 가능하도록 한다[5-6].

이동물체의 검출은 감시의 초기화 단계로서 동영상의 각 프레임에 대한 시공간적 변화를 포착하여 이동물체의 영역 및 좌표를 구하고 감시에 필요한 특징들을 추출하는 작업을 의미한다. 이동물체 검출 기법은 영상획득 시 카메라의 움직임여부에 따라 정지카메라와 능동카메라인 경우로 구분되며 서로 다른 처리방법을 적용하게 된다. 정지카메라(static camera)의 경우에는 주로 픽셀단위나 블록단위로 인터프레임(interframe)의 차이를 구한 후, 임계값을 적용하여 움직임영역을 구하며, 능동카메라(active camera)의 경우에는 카메라의 움직임에 의한 화면의 변화와 이동물체의 실제적인 위치변화에 의한 화면의 변화를 구분할 수 있는 기법을 적용하여야 한다. 이동물체의 감시는 검출단계에서 제공하는 감시 대상에 대한 여러 가지 특징들을 이용하여 그 다음 프레임들에서 이동물체의 이동방향, 속도 등 정보를 추출하며, 이동물체의 윤곽선, 휘도 및 질감 분포 등에 대한 분석을 통하여 응용목적에 맞는 보다 고차원적인 처리를 수행하는 것이다.

동영상에서 물체의 이동정보와 물체의 형태를 해석하는 데 가장 기초적인 문제는 연속영상의 프레임과 프레임 사이에서 이동물체를 검출하는데 있다. 일반적으로 연속영상으로부터 이동물체를 추출하는 방법은 세 가지 방법이 있다. 첫 번째 방법은 기준영상에 대한 마스크(mask)를 결정하고 난 후, 기준영상의 마스크와 비교할 영상의 마스크의 주파수 특성을 서로 비교하여 이동물체를 추출하는 푸리에 방법(fourier method)이다. 두 번째는 시간적으로 인접된 두 프레임 사이에서 차영상을 추출하고 이동물체를 추출하는 공간 미분방법(differential method)이다. 세 번째 방법은 기준영상과 비교하고자 하는 영상에 윈도우를 설정하여 상관관계를 해석한 후, 이동물체의 국부적인 이동을 추출하는 매칭 알고리즘(matching algorithm)이다[7-9].

최근에는 2차원 연속영상 처리기술에 의하여 특정지역에서 보행자들에 대한 이동상태파악 및 차량의 이동상태 관측을 목적으로 한 연구가 활발히 행해지고 있으며, 이동물체의 이동거리 및 이동속도에 대해서도 많은 연구가 보고 되어지고 있으나, 정확성, 실시간성, 강인성 모두를 만족할 수 있는 효율적인 이동물체 추적기법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 트래픽 정보취득을 위하여 영상의 라인 샘플링을 이용한 고속이동물체 속도 측정 알고리즘을 제안하였다. 자동차의 트래픽 정보취득을 위한 속도 측정은 도로에 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인을 설정해 놓고, 두개의 샘플라인을 통과하는 자동차의 시 변환 색조 데이터로 측정하고자 한다. 차영상 추출은 물체가 샘플라인을 통과할 때 취득된 영상과 기준영상 사이에서 구하고, 이 차영상을 순차적으로 축적하여 이동물체가 두 샘플라인 사이에서 점유하는 프레임수를 검출한다. 속도 측정은 도로의 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인 사이의 실제거리를 컴퓨터 좌표계내로 옮겨 놓고 이동물체의 속도에 따라 최적거리를 설정하고, 이동물체가 두 샘플라인을 지나갈 때 점유하는 프레임수를 시간으로 환산하여 측정한다. 기준영상 재설정은 속도 측정범위를 결정하고, 이 범위에 대응하는 프레임수를 산출하여, 산출된 프레임수의 범위를 벗어나면 자동으로 배경을 재샘플링하여 설정한다. 또한, 이러한 방법으로 기준영상을 재설정하여 시스템의 오동작을 방지하고자 한다.

제안한 방법의 타당성을 검토하기 위하여 도로에 고속으로 주행하는 자동차를 대상으로 속도 측정을 시도한 결과와 기존의 X-밴드 속도 측정기의 측정값과 비교하여 타당성을 입증하고자 한다.

Ⅱ. 전 처 리

1. 샘플라인 설정

영상의 기본형골이 인식되면 영상변화의 식별이 가능하다고 보고 i×j 영상에서 수직방향, 즉 i개 행중에서 두 개의 행을 선정하여, 선정된 두 개의 행을 샘플라인이라고 한다. 그리고 영상 데이터를

얻기 위해서 영상 카메라 설치와 거리설정 및 컴퓨터 어드레스 좌표계를 설정하는 방법을 논한다.

도로에 진행하는 차량에 대한 속도 측정을 하기 위하여 카메라 설치와 거리설정을 하여야 한다. 카메라를 그림 1과 같이 설치해 놓고 도로의 실제거리를 컴퓨터의 y축 어드레스 좌표계와 대응시켜 놓는다.

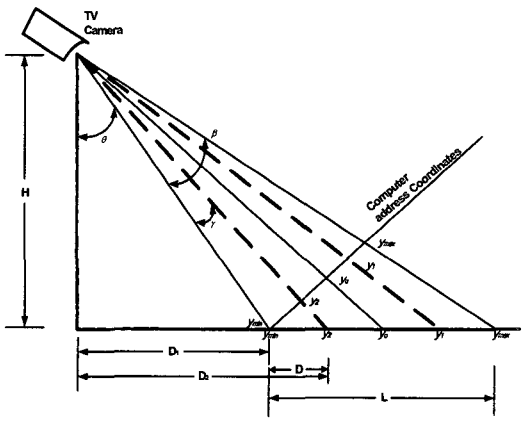


그림 1. 카메라 설치 방법
Fig. 1. Camera setting method

그림 1에서 거리 D_1은 카메라 설치장소로부터 카메라 가시영역(camera screen)상의 하단점인 Y_{min}까지의 거리이다. 그러므로 거리 D_1은 다음 식(1)과 같다.

$$D_1 = H \tan\theta \tag{1}$$

이와 같은 방법으로 제 2 샘플라인까지 거리 D_2는 다음 식(2)과 같다.

$$D_2 = H \tan(\theta+\gamma) \tag{2}$$

그러므로 거리 D는 다음 식(3)과 같다.

$$D = D_2 - D_1 \tag{3}$$

그림 2에서 도로의 Y_1과 y_2 지점을 각 각 제 1 샘플라인 Sl_1과 제 2 샘플라인 Sl_2 사이에서 진행 중인 차량이 되돌아가지 않고 직진하는 것을 원칙으로 하였고, 제 1 샘플라인 Sl_1및 제 2 샘플라인 Sl_2사이의 거리 LW는 차량의 속도에 따라 설정하였다. 이와 같이 설정된 거리를 컴퓨터 좌표계와 대응시켜 놓기 위해서는 컴퓨터의 메모리 어드레스(memory address) i×j에서 i행의 어드레스를 y축 좌표로 놓는다. 그리고 제 1 샘플라인 Sl_1을 y_1, 제 2 샘플라인 Sl_2을 y_2라고 하고, y축 최대치를 y_{max}라 하면 실제 도로상의 Y_1지점의 위치는 다음 식(4)에 의해서 결정할 수 있다

$$Y_1 = H \tan\{(\theta + \frac{\beta}{y_{max} y}) \cdot (\frac{\pi}{180})\} \tag{4}$$

단, y=1,2,3, ……, n이며, 컴퓨터 좌표에 i행 값이다.

그림 2는 도로의 거리와 컴퓨터어드레스 좌표를 나타낸 것이다. 또한 Sl_1과 Sl_2사이의 설정거리 LW는 다음 식(5)과 같다.

$$LW = Y_1 - Y2 = y_1 - y_2 \tag{5}$$

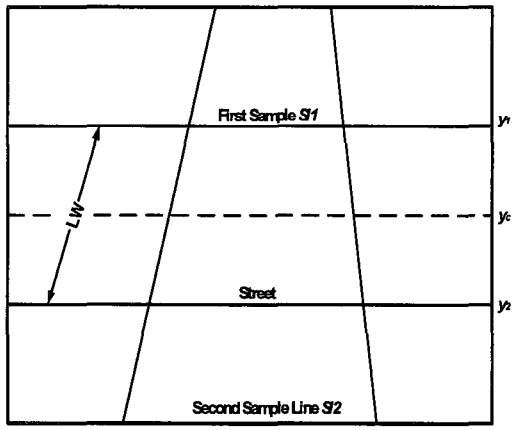


그림 2. 샘플라인 설치방법
Fig. 2. Setting method of sample line

그림 1에서 Y_{max}에서 Y_{min} 사이의 거리 L은 카메라 가시영역의 최상단과 최하단 사이의 거리이다. 컴퓨터 어드레스에서 한 행간 차지하는 실제거리는 식 (4)과 식 (5)에 의해서 컴퓨터 어드레스 좌표로 대응시켜 놓았으며, 컴퓨터 메모리 i×j에서 i행을 y축, j열을 x축으로 놓았다.

2. 영상 검출

연속적인 영상의 해석은 각 프레임들을 정지영상의 연속으로 처리하는 것을 기초로 하고 있다. 따라서 샘플링된 배경영상의 프레임은 정지영상이 되므로 그 휘도치는 시간적 변화에 관계없이 일정하다. 2차원 연속영상내에서 이동물체를 검출하기 위해서는 일반적으로 차영상을 추출하며, 차영상은 프레임

과 프레임 사이의 영상계조도(gray level) 차에 의해 얻어진다.

2차원 연속영상의 프레임들을 일정한 시간간격 Δt로 그림 3과 같이 시간적으로 인접해 있는 프레임들을 샘플링한다. 이때 기준영상은 샘플라인에 위치한 배경영상만을 Δt 간격으로 n 프레임을 샘플링하여 평균한 영상을 기준영상 B_v(x, t)으로 놓고, 기준영상과 동일한 배경 내에서 물체가 샘플라인 상을 이동하고 있을 때 t = $t1$, $t2$, $t3$, ……, tn인 시간에 각각 샘플링 한 영상을 G(x, t1), G(x, t2), ……, G(x, tn)라 한다.

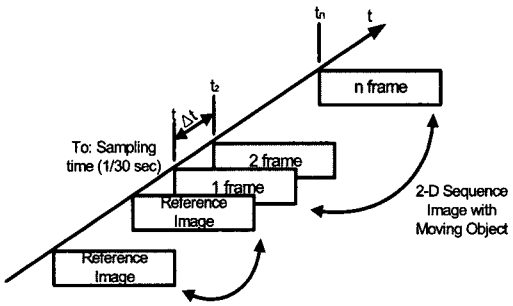


그림 3. 프레임 샘플링
Fig. 3. Frame sampling

선정된 기준영상 B_v(x, t)와 각 샘플링 영상 G(x, t1), G(x, t2), ……, G(x, tn)들 사이에는 이동물체에 의해서 휘도차가 존재하므로 기준영상 B_v(x, t)와 Δt간격으로 샘플링된 각 영상을 가지고 그림 4와 같은 방법으로 차영상 DIB(x, t)를 얻는다. 따라서 연속적인 배경에서 얻어진 기준영상의 화소와 $t = tn$인 시간에 샘플링된 프레임의 각 화소들 간의 계조도차를 순차적으로 평가함으로써 이동물체를 추출할 수 있다.

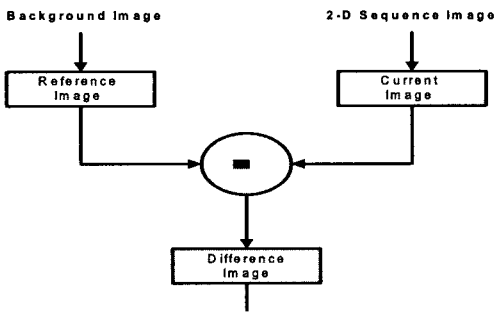


그림 4. 차영상 추출
Fig. 4. Extraction of difference image

n개의 배경프레임으로부터 얻어진 기준영상 B_v(x, t)의 휘도치는 행렬로 나타내면 다음 식(6)과 같다.

$$B_v(x,t) = \begin{bmatrix} a(x1,f1) & a(x2,f1) & \cdots & a(xn,f1) \\ a(x1,f2) & a(x2,f2) & \cdots & a(xn,f2) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a(x1,tn) & a(x2,tn) & \cdots & a(xn,tn) \end{bmatrix} \quad (6)$$

식 (6)에서 행렬의 각 요소들은 영상 데이터들이며, 샘플 종열상의 영상 데이터를 식 (6)과 같이 n 프레임 동안 설정해 놓고 이와 같이 설정된 기준영상내에 물체가 이동하고 있다고 한다면 t = tn일 때 샘플라인상의 영상 데이터를 샘플링한 G(x, tn)은 배경 속에 이동물체가 포함되어 있는 영상이다. 이때 G(x, tn)의 휘도는 식 (7)과 같다.

$$G_v(x,t) = \begin{bmatrix} b(x1,f1) & b(x2,f1) & \cdots & b(xn,f1) \\ b(x1,f2) & b(x2,f2) & \cdots & b(xn,f2) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b(x1,tn) & b(x2,tn) & \cdots & b(xn,tn) \end{bmatrix} \quad (7)$$

식 (7) 중에서 배경 값에 해당되는 행렬의 요소는 모두 식 (6)의 행렬 요소와 같고, n 프레임으로부터 얻어진 기준영상 B_v(x, t)과 영상 G(x, tn) 사이에 차영상 DIB(x, t)는 다음 식(8)과 같다.

$$DIB(x,t) = |B_v(x,t) - G(x,t)| \quad (8)$$

식 (8)에서 G(x, t) 속에 이동물체가 존재하지 않으면 차영상 DIB의 행렬간 요소는 모두 "0"이 된다. 그러므로 차영상에 의해 이동정보 유무를 판별할 수 있다.

3. 이동물체의 색조 변환

RGB 칼라 공간 구성은 빛의 삼원색을 이용하여 색상을 나타낸다. HSI 칼라 좌표계는 색조, 채도, 명도의 세 가지 특성으로 컬러를 표현한다. HSI 칼라 좌표계가 영상처리 분야에서 많이 이용되는 이유는 RGB 칼라 좌표계에서 색조 H의 변화가 발생하면 RGB 세 개의 파라미터가 모두 변화하지만, HSI 칼라 좌표계에서 색조 H의 변화가 발생하면 색조 H의 각도만이 변화하기 때문이다. RGB 칼라 좌표계의 임의 화소에 대하여 HSI 칼라 좌표계로 변환하면, 색조 H는 다음 식(9)와 같이 구한다.[10-11]

$$H_1 = \cos^{-1}\frac{\frac{1}{2}((R-G)+(R-B))}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \quad (9)$$

식(9)에서 만약, $B \le G$ 이면 H는 0도부터 180도 사이의 색조를 나타낸다. 또한 $B > G$이면 색조 H는 180 도부터 360도 사이를 나타낸다. 색조 H 의 분할은 노벨 화학상 수상자인 독일의 물리화학자 오스트발트(Wilhelm Ostwald, 1853-1932)가 창안 발표한 24 색 상환을 기준으로 삼아 한 단계를 15도씩 24단계로 나누어진다.[12]

그림 5의 색조 H 는 전체 색조 범위를 0도부터 360도 영역으로 놓고 15도씩 분할하여 24단계의 레벨로 색조 영역을 분할한 것을 나타내고, 빨간색이 0도부터 시작해서 반시계 방향으로 15도까지, 노란색은 60도 ~ 75도, 녹색은 120도 ~ 135도, 청 녹색은 180도 ~ 195도, 파란색은 240도 ~ 255도, 그리고 자홍색은 300도 ~ 315 도에 위치한다.

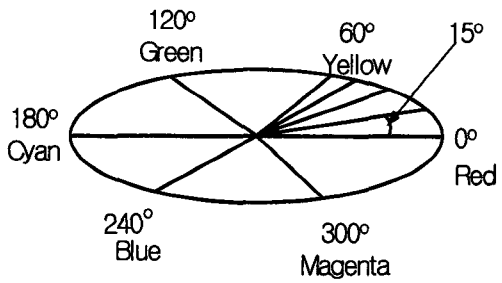


그림 5. 색조 분할
Fig. 5. Segmentation of hue

표 1은 색조의 각도 범위를 레벨 L로 나타내고, 범위는 1부터 24단계의 레벨로 나타낸다. 따라서 모든 이동물체에 대한 차영상의 색조는 표 1 범위 내에 포함되며, 이같이 색조를 가지고 이동물체를 해석하는 이유는 배경의 변화와 조도의 변화가 크게 변화하여도 이동물체의 칼라가 변화하지 않는 한 색조의 변화는 일어나지 않기 때문이다.

Ⅲ. 속도 측정 및 물체의 길이 측정

1. 이동물체의 속도 측정

이동물체에서 물체의 이동정보를 추정하는 방법은 물체의 특징을 이용하는 방법과 영상의 화소들을 기초로 하여 판단하는 방법이 있다. 물체의 특징을 이용하는 방법은 이동물체의 이동정보를 처리하는 시간이 비교적 빠른 속도로 처리되지만, 영상의 형태를 복원하는 데는 많은 문제들이 뒤따른다. 화소를 기초로 하는 방법에서는 영상 형태의 정합은 비교적 쉽게 처리되지만, 이동정보를 추출하는 데는 처리시간이 많이 걸리는 것이 단점이다. 따라서 이와 같은 문제들을 해결하기 위해서 본 절에서는 물체의 선두부가 두 샘플라인을 통과하는데 소요되는 프레임수를 시간으로 환산하여 이동속도를 측정하는 방법과 이동물체의 속도에 따라 두 샘플라인 간의 거리설정에 의해 속도 측정이 가능한 최적 프레임수를 산출하고, 속도 측정 시 최적 프레임 수를 벗어나면 기준영상을 재설정하는 방법을 논한다. 이동물체가 샘플라인 Sl_1과 Sl_2사이의 거리 LW을 주파하는데 걸리는 시간을 T라 한다면 T는 식(10)과 같다.

표 1. 색조의 각도범위와 레벨
Table 1. Degree ranges and levels of hue

레벨	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
각도 범위	0 ~ 15	15 ~ 30	30 ~ 45	45 ~ 60	60 ~ 75	75 ~ 90	90 ~ 105	105 ~ 120	120 ~ 135	135 ~ 150	150 ~ 165	165 ~ 180
레 벨	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24
각도 범위	180 ~ 195	195 ~ 210	210 ~ 225	225 ~ 240	240 ~ 255	255 ~ 270	270 ~ 285	285 ~ 300	300 ~ 315	315 ~ 330	330 ~ 345	345 ~ 360

$$T = f \cdot T_o \quad (10)$$

여기서 f는 물체의 선두부가 샘플라인 Sl_1을 지나 Sl_2를 통과하는데 소요되는 프레임수이다. T_o는 영상 프레임 당 양자화하는데 걸리는 시간이며 $T_o = 1/30$ sec로 하였다. 그러므로, 거리 LW를 주파하는 속도 v는 식(11)과 같다.

$$v = \frac{LW}{T} = \frac{LW}{f \cdot T_o} \quad (11)$$

이동물체의 속도에 따라서 제 1샘플 라인 Sl_1과 Sl_2사이의 최적 거리를 설정함으로써 컴퓨터 메모리와 처리시간을 줄일 수 있을 것으로 보고 LW을 변화하여 식 (11)을 시뮬레이션을 하였다. 그림 6은 식 (11)을 시뮬레이션한 결과로 거리설정에 따른 프레임수와 속도관계를 나타낸 곡선이다.

표 2에서 경부고속도로를 주행하는 자동차의 속도 제한설정(약 50 ~120km/h)을 감안하여

$Lw = 8m$ 로 설정할 경우 속도 측정이 가능한 프레임 수는 약 6 ~ 15 프레임 사이다. 따라서 배경을 재설정할 경우는 추출된 프레임수가 5프레임 이하인 경우와 16프레임 이상인 경우에 배경의 휘도변화에서 오는 시스템의 오동작으로 판단하고 배경의 휘도를 다시 샘플링하여 기준영상을 재설정하였다.

표 2는 LW 거리에 따라 속도와 프레임과의 관계되는 식 (11)에 의해서 얻어진 결과이고, 실제 도로상에서 주행 중인 자동차의 주행속도범위는 대부분 50km/h ~ 120km/h 이므로 샘플라인 간격 LW의 적절한 설정에 따라 거리를 선택하여 속도 측정을 한다. 또한 배경 재설정시 규정된 속도범위 내에서 취할 수 있는 최적 프레임 수 이하이거나 그 이상이면 배경을 재설정하였다. LW가 적으면 속도 측정 가능한 최적 프레임수도 적어진다.

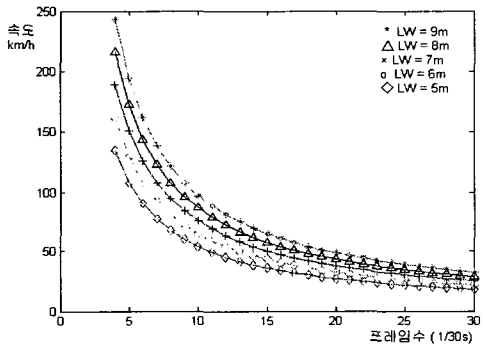


그림 6. 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Result of simulation

표 2. 시뮬레이션 결과
Table 2. Result of simulation

설정거리 LW(m)	최적 프레임 수	속도 측정범위(km/h)	재설정 프레임 수
9	8 ~ 16	121.5000 ~ 60.7500	8이하, 16이상
8	7 ~ 14	123.4286 ~ 61.7143	7이하, 14이상
7	6 ~ 12	126.0000 ~ 63.0000	6이하, 12이상
6	5 ~ 10	129.6000 ~ 64.8000	5이하, 12이상
5	5 ~ 9	108.0000 ~ 60.0000	5이하, 12이상

2. 이동물체의 길이

샘플라인 Sl_1 또는 Sl_2에 통과하는 물체의 길이를 L이라 한다면 식(12)에 의해 구할 수 있다.

$$L = v \cdot f \cdot T_o \qquad (12)$$

식 (12)에서 이동물체의 속도가 일정하다면 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인에서 검출된 프레임 수는 등가적이다.

표 3은 식 (12)을 시뮬레이션 한 결과이다. 제 1 샘플라인에 물체가 출현할 때부터 샘플라인을 물체가 전부 통과할 때까지 검출된 프레임수를 가지고 물체의 길이를 식 (12)에 의해 산출할 수 있다. 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인에서 검출된 물체의 길이가 서로 다르게 검출되는 경우가 있다. 이와 같은 이유는 거리에 기인되기 때문이다.

표 3. 시뮬레이션 결과
Table 3. Results of simulation (단위: m)

속도 / 프레임수	60km/h	70km/h	80km/h	90km/h	100km/h	110km/h	120km/h	130km/h
1	0.5556	0.6481	0.7407	0.8333	0.9259	1.0185	1.1111	1.2037
2	1.1111	1.2963	1.4815	1.6667	1.8519	2.0370	2.2222	2.4074
3	1.6667	1.9444	2.2222	2.5000	2.7778	3.0556	3.3333	3.6111
4	2.2222	2.5926	2.9630	3.3333	3.7037	4.0741	4.4444	4.8148
5	2.7778	3.2407	3.7037	4.1667	4.6296	5.0926	5.5556	6.0185
6	3.3333	3.8889	4.4444	5.0000	5.5556	6.1111	6.6667	7.2222
7	3.8889	4.5370	5.1852	5.8333	6.4815	7.1296	7.7778	8.4259
8	4.4444	5.1852	5.9259	6.6667	7.4074	8.1481	8.8889	9.6296
9	5.0000	5.8333	6.6667	7.5000	8.3333	9.1667	10.0000	10.8333
10	5.5556	6.4815	7.4074	8.3333	9.2593	10.1852	11.1111	12.0370
11	6.1111	7.1296	8.1481	9.1667	10.1852	11.2037	12.2222	13.2407
12	6.6667	7.7778	8.8889	10.0000	11.1111	12.2222	13.3333	14.4444
13	7.2222	8.4259	9.6296	10.8333	12.0370	13.2407	14.4444	15.6481
14	7.7778	9.0741	10.3704	11.6667	12.9630	14.2593	15.5556	16.8519
15	8.3333	9.7222	11.1111	12.5000	13.8889	15.2778	16.6667	18.0556

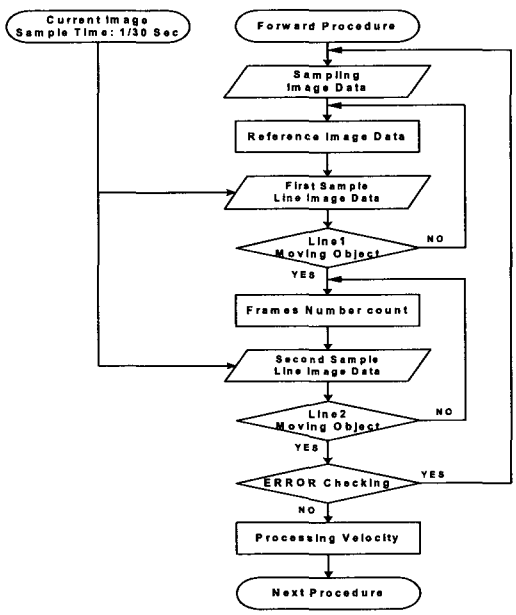


그림 7. 제안한 알고리즘의 흐름도
Fig. 7. Flow chart for the proposed algorithm

Ⅳ. 실험 및 고찰

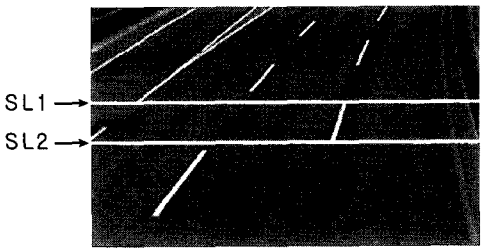
이동물체의 속도 측정을 시도하기 위해서 그림 1과 같이 경부고속도로의 인터체인지 육교 위에 시스템을 설치하였다. 영상 카메라는 자동휘도 조절이 가능한 카메라를 사용하였다. 디지타이져의 영상취득 시간(sampling time)은 한 프레임 당 1/30sec로 설계되었다.

그림 8(a)와 그림 8(b)는 측정 장소에 대한 배경으로 6월 12일 오후 2시에 실험하였으며, 실험장소의 조도변화는 한 시간 동안 약 32,000 ~ 40,000 Lux의 변화를 표 4에 나타내었다. 표 4와 같은 조건하에서 그림 1과 같이 고속도로의 육교위에 TV 카메라를 노면으로부터 8.5m 높이로 설치하고, θ각은 19.8° 로 하였다. 영상 카메라의 스크린 각은 60° 이다. 이때 영상의 실제거리 Ymax와 Ymin 사이의 거리는 40m로 설정하였다. Ymax와 Ymin사이에 두개의 샘플라인을 설치해 놓고, 두 샘플라인 간의 거리 LW는 고속으로 주행하는 자동차의 안전거리보다 짧게 설정하였다. 즉, 두 샘플라인 사이에 자동차가 한 대만 진입하도록 그림 8(b)와 같이 샘플링 라인 Sl_1과 Sl_2 사이의 실 거리 LW= 8m로 설정하였다.

표 4. 실험장소의 조도변화
Table 4. Lux change of highway interchange

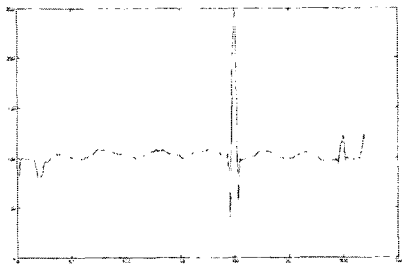
Time (Minute)	0-10M	11-20M	21-30M	31 40M	41-50M	51-60M
Lux	40,000	38,500	38,000	35,000	35,500	32,000

(a)배경영상

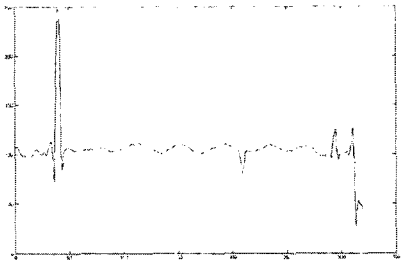


(b) 샘플라인 영상

그림 8.배경영상과 라인 샘플링
Fig. 8. Background image and line sampling image



(a) 배경 영상의 Sl_1의 휘도



(b)배경영상의 Sl_2의 휘도

그림 9. 샘플라인의 휘도
Fig. 9. Intensity of sampling line image

그림 9(a) 와 그림 9(b)는 배경 영상에서 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인에서 각각 30프레임씩 샘플링하여 평균한 휘도 값을 나타낸 것이며, 이 평균 휘도 값을 기준영상으로 설정하였다. 이동물체 검출은 기준영상과 현재영상 사이에 식 (8)에 의해 차영상을 검출하였다.

그림 10은 배경영상과 현재영상 사이에 서 검출된 차영상을 나타낸 것이다. 그림 10(c)의 차영상은 영상의 RGB 칼라정보를 HSI 칼라 좌표계로 변환한 후 색조 성분만 추출한 것이다.

(a)배경영상

(b) 현재영상

(c) 차영상

그림 10.색조에 대한 배경영상과 차영상
Fig. 10. Background image and difference image for hue

이동물체 속도 측정은 자동차가 제 1 샘플라인 Sl_1을 통과하여 제 2 샘플라인 Sl_2에 도달될 때까지 검출된 프레임수를 가지고 식 (11)에 의해서 속도를 측정하였다.

본 연구에서 제안한 자동차 속도방법의 타당성을 입증하기 위하여 현재 경찰에서 사용하고 있는 X-밴드 속도 측정기(X-band speed gun : EMI incorporated : 이하 표준속도)로 측정한 속도 데이터를 비교하였다.

그림 11의 연속프레임은 소형 승용차가 샘플라인을 통과하는 영상들 나타낸 것이며, 이 경우는 자동차 길이는 짧고 속도는 빠른 경우이며, 자동차의 색은 회색과 유사한 경우이다. 그림 12에서 제 2 샘플라인이 제 1 샘플라인보다 휘도진폭이 큰 이유는 카메라 설치장소로부터 가까운 곳에 제 2 샘플라인이 설치되어 있기 때문이다. 그림 11에서 LW=8m로 설정해 놓고 자동차가 제 1 샘플라인에 출현하여 제 2 샘플라인에 출현할 때까지 프레임 수는 10 프레임이었으며, 이때 속도는 86.4km/h이었으며, X-band 속도 측정기로 측정한 속도는 86.7km/h 이었다. 그림 13은 모델 I에 대한 Sl_1과 Sl_2의 색조분할레벨을 나타내었다.

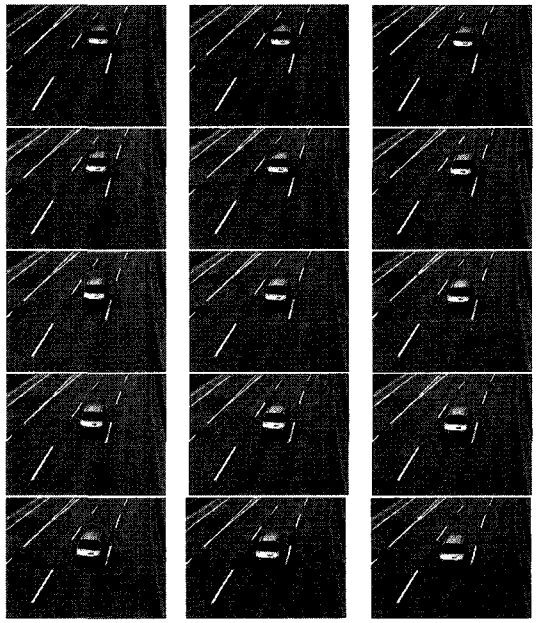
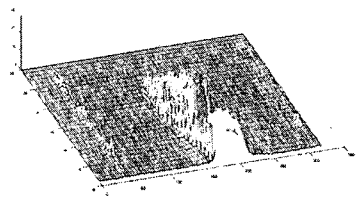
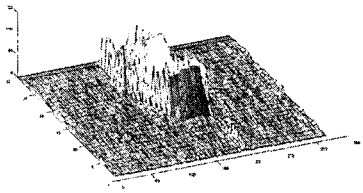


그림 11. 모델 I의 연속프레임
Fig. 11. Sequence frame of model I

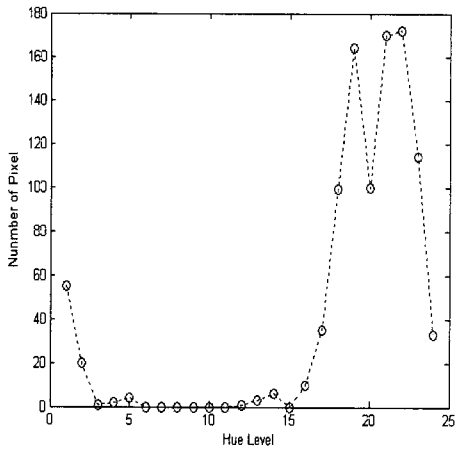


(a) Sl_1의 휘도

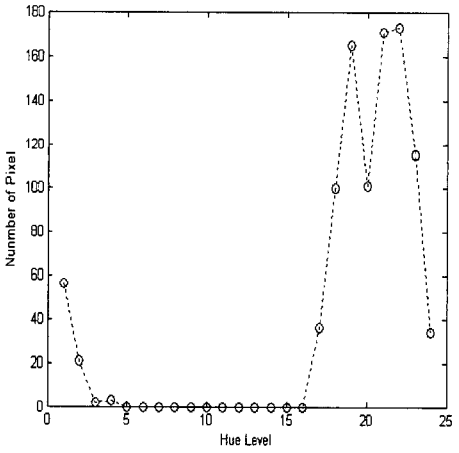


(b) Sl_2의 휘도

그림 12. 모델 I에 대한 Sl_1의 휘도와 Sl_2의 휘도
Fig. 12. Intensity of Sl_1 and Sl_2 for model I



(a) SI_1의 색조분할레벨



(b) SI_2의 색조분할레벨

그림 13. 모델 I에 대한 SI_1과 SI_2의 색조분할레벨
Fig. 13. Hue segmented level of SI_1 and SI_2 for model I

그림 14는 소형 승용차 모델 II가 샘플라인을 통과하는 영상의 연속프레임을 보이고 있다. 이 경우는 자동차의 길이는 짧고, 자동차의 색이 검정색과 유사하여 색조 검출이 이상적이지 못할 것으로 사료 되었으나, 속도 측정과 동일성 판별에 지장이 없었다. 그림 14에서 LW=8m 로 설정해 놓고 자동차가 제 1 샘플라인을 지나 제 2 샘플라인에 출현할 때까지 프레임 수는 8 프레임이었으며, 이때 속도는 108km/h이였으며, X-band 속도 측정기로 측정한 속도는 108.123km/h임을 보였다. 그림 16은 모델 II에 대한 SI_1과 SI_2의 색조분할레벨을 나타내었다.

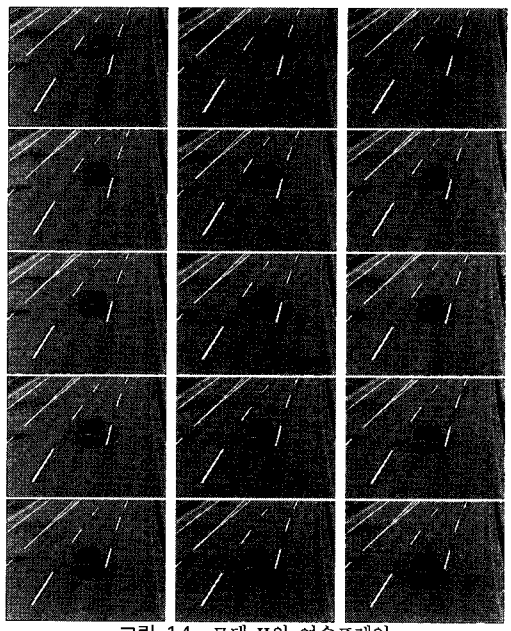
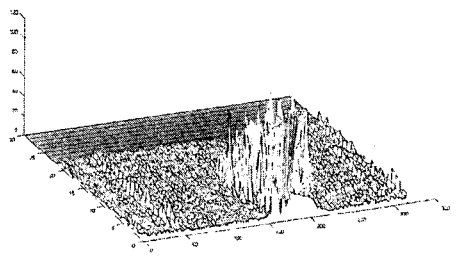
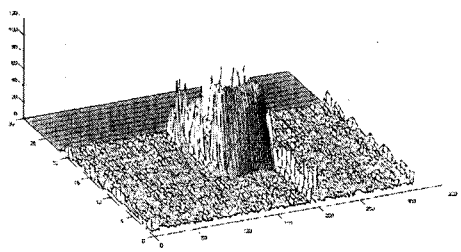


그림 14. 모델 II의 연속프레임
Fig. 14. Sequence frame of model II

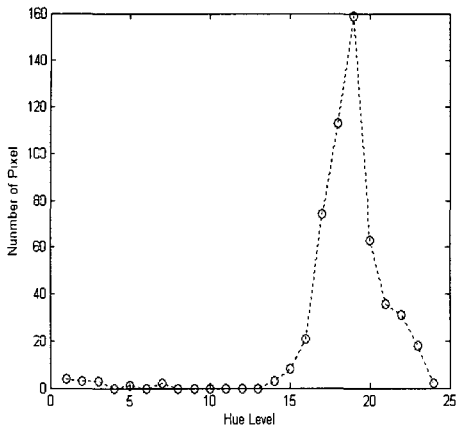


(a) SI_1의 휘도

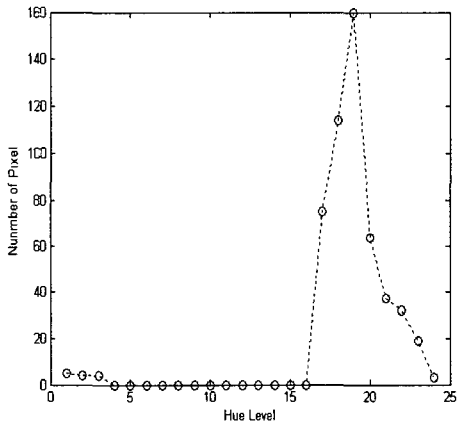


(b) SI_2의 휘도

그림 15. 모델 II에 대한 SI_1의 휘도와 SI_2의 휘도
Fig. 15. Intensity of SI_1 and SI_2 for model II



(a) Sl_1의 색조분할레벨



(b) Sl_2의 색조분할레벨

그림 16. 모델 Ⅱ에 대한 Sl_1과 Sl_2의 색조분할레벨
Fig. 16. Hue segmented level of Sl_1 and Sl_2 for model Ⅱ

그림 17은 LW=8m로 설정해 놓고 자동차가 제 1 샘플라인을 지나 제 2 샘플라인에 출현할 때까지 프레임 수는 12 프레임이었으며, 이때 측정한 결과 72km/h 이였으며, X-밴드 속도 측정기로 측정한 값은 71km/h 이었다. 그림 19는 모델 Ⅲ에 대한 Sl_1과 Sl_2의 색조분할레벨을 나타내었다.

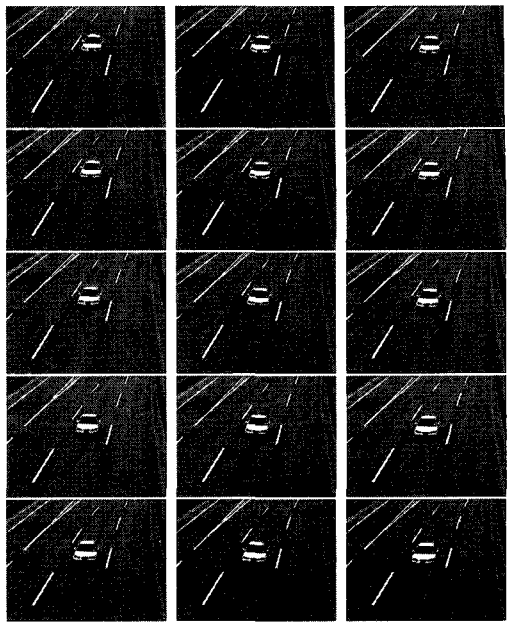
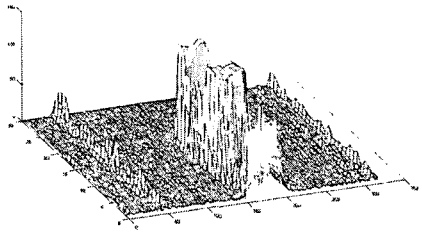
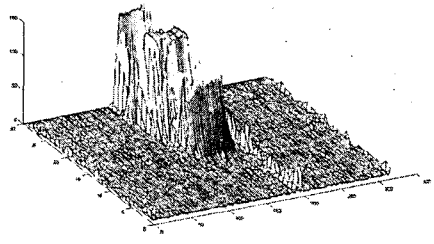


그림 17. 모델 Ⅲ의 연속프레임
Fig. 17. Sequence frame of model Ⅲ

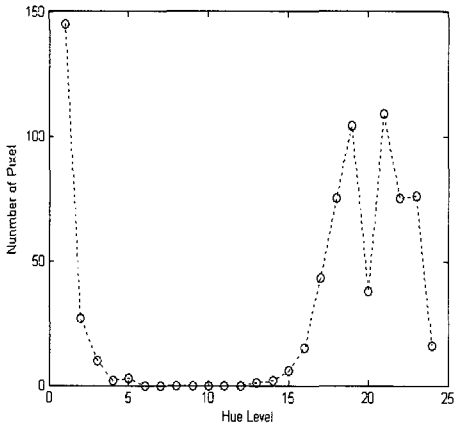


(a) Sl_1의 휘도

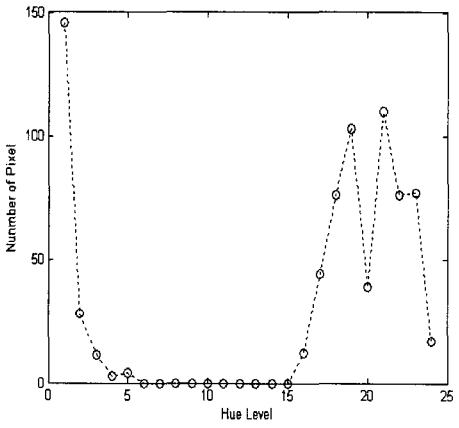


(b) Sl_2의 휘도

그림 18. 모델 Ⅲ에 대한 Sl_1의 휘도와 Sl_2의 휘도
Fig. 18. Intensity of Sl_1 and Sl_2 for model Ⅲ



(a) Sl_1의 색조분할레벨



(b) Sl_2의 색조분할레벨

그림 19. 모델 Ⅲ에 대한 Sl_1과 Sl_2의 색조분할레벨
Fig. 19. Hue segmented level of Sl_1 and Sl_2 for model Ⅲ

그림 20은 LW=8m일 때 검정색 소형승합차 모델 Ⅳ가 제 1 샘플라인을 지나 제 2 샘플라인에 출현할 때까지 프레임 수는 9 프레임이었으며, 측정한 결과 96km/h 이였으며, X-밴드 속도 측정기로 측정한 값은 96.32km/h 이었다. 그림 22는 모델 Ⅳ에 대한 Sl_1과 Sl_2의 색조분할레벨을 나타내었다.

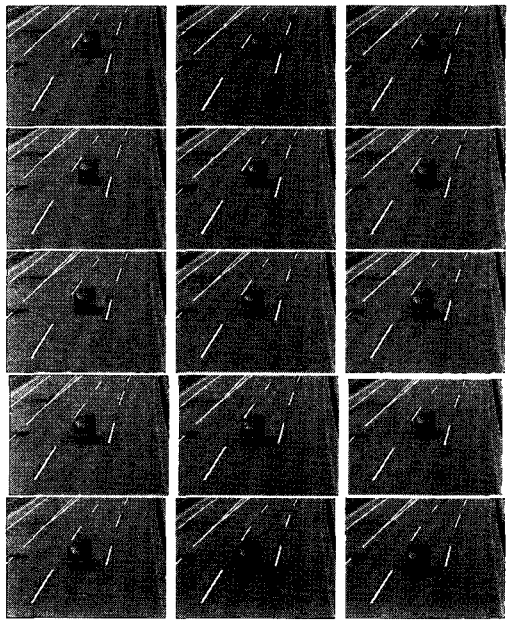
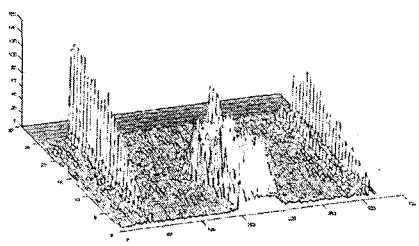
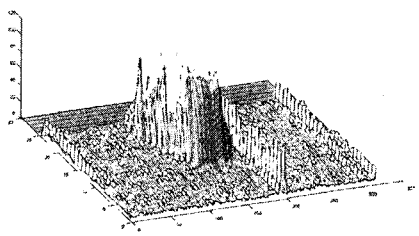


그림 20. 모델 Ⅳ의 연속프레임
Fig. 20. Sequence frame of model Ⅳ

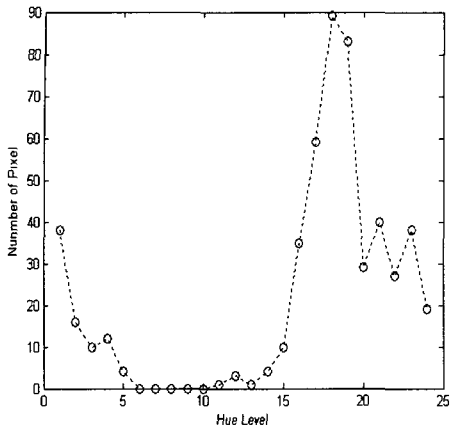


(a) Sl_1의 휘도

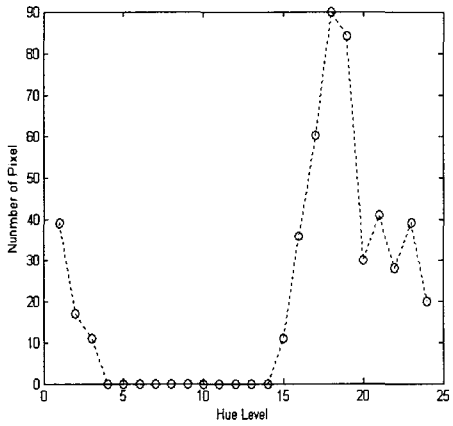


(b) Sl_2의 휘도

그림 21. 모델 Ⅳ에 대한 Sl_1의 휘도와 Sl_2의 휘도
Fig. 21. Intensity of Sl_1 and Sl_2 for model Ⅳ



(a) Sl_1의 색조분할레벨



(b) Sl_2의 색조분할레벨

그림 22. 모델 Ⅳ에 대한 Sl_1과 Sl_2의 색조분할레벨
Fig. 22. Hue segmented level of Sl_1 and Sl_2 for model Ⅳ

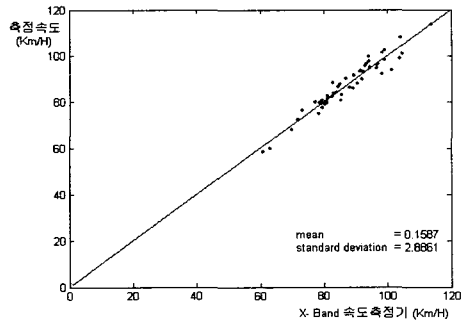


그림 23. 속도 측정
Fig. 23. Speed measurement

그림 23은 LW=8m로 고정 한 후 주행 중인 자동차를 자동차의 종류에 관계없이 50대를 대상으로 제안된 방법에 의해 측정한 결과 와 X-밴드 속도 측정기로 측정한 결과를 비교한 것이다.

X-밴드 속도 측정기로 측정한 값을 기준으로 놓고 제안된 방법으로 측정한 값과 비교 했을 때 3% 이내 임을 보였다. 그림 23의 결과로 보아 속도에 따라 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인사이의 거리 LW를 적절하게 설정함으로 최적 속도를 측정할 수 있다는 것을 알았다. 또한 LW=8m 이상 설정하면 속도가 빠른 경우는 오차가 적었으나 오 측정 횟수가 많았으며, 오 측정 횟수가 많은 이유는 제 1 샘플라인이 카메라로부터 멀리 떨어지기 때문에 휘도 변화에 민감하게 되여 시스템이 오동작 하는 것으로 사료 된다. 오 동작을 방지하기 위해서는 배경과 물체 사이의 임계치를 적합하게 선정한다면 설정거리를 길게 잡아도 무리가 없을 것으로 사료된다. 또한 LW=3m 이하로 설정한다면 속도가 느린 자동차를 제외한 나머지 자동차는 측정 오차가 커서 속도 측정이 곤란함을 보였다. 따라서 속도가 빠른 물체를 측정하기 위해서는 설정거리 LW를 길게 설정하는 경우 오차가 작고, 속도가 느린 경우는 LW를 짧게 설정하는 것이 오차를 줄일 수 있었다. LW=8m 설정했을 경우 X-band 속도 측정기와 본 연구 시스템과 속도 측정오차를 비교한 결과 3% 이내 이었으나, 이 같은 이유는 본 연구에서 제안된 방법이 LW 거리 내에서 자동차의 평균 속도를 측정한 반면, X-밴드 속도 측정기는 순간 속도를 측정하기 때문이다. 도로의 제한속도를 감안하여 LW=8m로 설정해 놓고 한 시간 동안 속도를 측정한 결과, 배경을 재설정한 횟수는 표 5와 같았으며, 기준영상 재설정은 6프레임 이하로 물체가 검출되거나, 16프레임 이상인 경우에는 자동으로 기준영상을 재설정하였다. 이때 기준영상 재설정시간은 약 4sec이었다. 기준영상을 재설정하는 동안에 이동물체가 있을 경우는 인위적으로 기준영상을 재설정하였다.

표 5. 기준 영상 재설정 횟수
Table 5. Reference image Resetting number of times

Time Interval (Minute)	0-10M	11-20M	21-30M	31-40M	41-50M	51-60M
Resetting number of times	1	0	0	2	2	1

표 6은 도로에 주행 중인 자동차의 길이를 측정하기 위하여 제 1 샘플라인에서 1/30sec 간격으로 샘플링된 영상 데이터의 프레임 수를 가지고 식 (12)에 의해 측정된 것이다.

표 6. 자동차의 길이측정
Table 6. Length measurement of automobile

자동차 종류	설정 거리 (LW)	측정 속도 (km/h)	표준 속도 (km/h)	실제 길이 (m)	측정 길이 (m)	오 차 (%)
Model Ⅰ	8	86.4	86.7	4.815	5.040	4.672
Model Ⅱ	8	108	108.123	4.980	6	20.4
Model Ⅲ	8	72	71	4.525	4.666	3.116
Model Ⅳ	8	96.32	96	3.252	4.444	36.5

표 6에서 알 수 있듯이 자동차의 실제 길이보다 측정된 값이 더 길어 오차가 많음을 보이고 있다. 이 같은 원인은 자동차의 후미에 생기는 그림자에 기인된 것으로 사료 된다. 따라서 측정오차를 감소시키기 위해서 태양광에 의한 물체의 그림자가 가장 짧은 정오에 실험을 수행하여 다소 감소시켰으나, 그림자 처리를 해결할 수 있는 알고리즘이 함께 개발되어야 할 것으로 사료 된다.

V. 결 론

본 논문은 영상의 라인 샘플링을 이용한 고속이동물체 속도 측정 알고리즘을 제안하였고, 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위하여 도로 위에 주행하는 자동차의 속도 측정을 시도한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도로에 두 개의 샘플라인을 설정한 후, 주행하는 자동차가 제1 샘플링 라인을 통과 할 때 취득된 영상의 데이터와 제 2 샘플라인을 통과 할 때 취득된 영상 데이터의 색조가 동일한 경우 동일 이동물체로 판정할 수 있음을 보였다.
2. X-밴드 속도 측정기로 측정한 값과 제안된 방법으로 처리 결과 오차가 1.5% 이내임을 보였고, 제 1 샘플라인과 제 2 샘플라인의 거리 LW=8m 일 때 오차가 가장 적음을 보였다.
3. 제안된 방법으로 도로에 주행하는 자동차의 길이를 측정한 결과 실제 자동차의 길이와 유사함을 보였으며, 자동차의 후미 그림자를 제거하면 정확한 측정을 할 수 있음을 보였다.
4. 조도 변화가 격심한 자연광에서도 시스템이 능동적으로 대처할 수 있음을 보였다.

앞으로의 연구는 날씨 변화와 자연광의 변화에 무관하게 적응될 수 있는 시스템의 개발과 이동물체의 후미 그림자 처리에 관한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] G. L. Foresti, "A Real-Time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environments", IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Tech., vol. 8 no. 6, pp. 142-145, Oct. 1998.

[2] B. L. Tseng, C. Y. Lin, J. R. Smith, "Real-time video surveillance for traffic monitoring using virtual line analysis", in Proc. 2002 IEEE International Conf. on Multimedia and Expo ICME'02, Vol. 2, pp. 541-544, Aug, 2002.

[3] C.L .Fennema, E.B.Thomspon, "Velocity Determination in Scenes Containing Several Moving Objects" CGIP, Vol. 9, pp. 301-315, Apr, 1979.

[4] Ching-Po Lin, Jen-Chao Tai, Kai-Tai Song, "Traffic monitoring based on real-time image tracking", Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA '03. IEEE International Conference on, vol. 2, pp. 2091-2096, 14-19 Sept. 2003.

[5] W.E Synder, "Computer Analysis of Time-Varying Images", Computer in IEEE computer society, aug, pp. 7-11, 1981.

[6] L. T. Cheng, "The Level Set Method Applied to Geometrically Based Motion, Materials Science,and Image Processing", Ph. D. thesis, Univ. of California, LA., 2000.

[7] 이주신 "퍼지 추론에 의한 2-D 이동물체 의 동일성 판별", 한국통신학회 논문지, vol. 7, no. 4, 346-360, 1992.

[8] 김태식, 전춘, 이명길, 이주신, "동적 배경에서 Hausdorff 거리를 이용한 이동물체의 추적", 한국통신학회 하계 종합 학술대회 논문집, vol. 19, no. 1, pp.537-540, 1999

[9] N. Otsu, "A threshold selection method from

gray-scale histogram," IEEE Trans. Syst., Man,Cybern., vol. 8, pp. 62-66, 1978.

[10] Z. Duric, F. Li, Y. Sun. and H. Wechsler. "Using Normal Flow for Detection and Tracking of Limbs in Color Images", In Proc. International Conference on Pattern Recognition, Quebec City, Canada, August, 2002.

[11] S. Choi, Y. Seo, H. Kim, K. Hong, "Where are the ball and players? Soccer Game Anaysis with color-based tracking and image Mosaic", Proc. ICIAP, 1997.

[12] http://blog.naver.com/post/print/postprint.html.

이 주 신 (Joo-shin Lee) 정회원

1975년 5월 : 명지대학교 전자공학과 졸업

1977년 2월 : 홍익대학교 전자공학과 석사

1986년 2월 : 명지대학교 전자공학과 박사

1986년 2월~현재 : 청주대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 영상처리, 디지털 신호처리