

HIS 칼라모델에서 색상 변환을 이용한 자동차 추적 알고리즘

Vehicle tracking algorithm using the hue transform in HIS color model

이주신*

Joo-Shin Lee*

요 약

본 논문에서는 HIS 칼라모델에서 색상변환을 이용한 자동차 추적 알고리즘을 제안 하였다. 제안된 알고리즘은 도로위에 두 개의 수평가상 데이터 샘플라인을 설치해 놓는다. 차영상은 프레임과 프레임 사이에서 검출하였다. 검출된 자동차의 차영상에서 색상 분포를 이용해서 자동차 동일성 판별과 차선 변경을 검출하였다. 제안된 알고리즘의 효능성을 검토하기 위하여 도로에 주행하는 자동차를 대상으로 두 가상 샘플라인을 통과하는 자동차의 동일성 판별과 차선 변경을 검출하고, 자동차의 속도 측정기와 제안된 방법을 비교한 결과 0.4% 이내임을 보였다.

Abstract

In this paper, vehicle tracking algorithm using hue transformation in HIS color model is proposed. the proposed algorithm is installed on the road of the two horizontal virtual data sampling lines. The difference images are detected between the frame and the frame, respectively and also detected in the vehicle by using the hue color distribution to determine identity and lane changes.

To examine the effectiveness of proposed algorithm, identification and velocity measurement for driving vehicle are evaluated. this evaluated results is shown by hue data of vehicle passing of two virtual data sample lines, and the velocity measurement for driving vehicle is less than 0.4% comparing with existing vehicle speed meter system.

Key words : HSI, Vehicle Tracking, Sampling Lines, illuminance Distribution

I. 서 론

최근 정보통신기술의 발달과 컴퓨터의 성능 향상과 더불어 디지털 영상처리 분야는 시스템에 시각능력을 추가하는 연구가 많이 진행되어 왔다. 특히, 컴퓨터 시각시스템에서 이동물체 검출 및 추적 분야는

보안 출입관리, 자동항법장치, 영상 해석, 비디오 색인 및 검색, 압축 등 다양한 분야에서 필요성이 증가되고 실용화가 극대화 되어가고 있는 실정이다 [1]-[4]. 동영상에 내포하고 있는 이동정보를 이용하여 기상, 자원탐사, 군사, 인구밀도, 식물분포, 환경오염, 의학, 교통감시, 산업용 로봇(robot), 영상통신 등

* 청주대학교 전자정보공학부 교수
· 제1저자 (First Author) : 이주신
· 투고일자 : 2011년 1월 19일
· 심사(수정)일자 : 2011년 1월 19일 (수정일자 : 2011년 2월 23일)
· 게재일자 : 2011년 2월 28일

과 같은 많은 응용분야가 있으며, 최근 그 성과도 분야별로 매우 활발해 지고 있다[5]-[17].

컴퓨터 시각시스템에서 자동차 감시와 검출은 동영상의 각 프레임에 대한 시공간적 분석을 통하여 이루어지고 있다. 영상내에서 자동차에 대한 추적대상을 검출하고, 연속 프레임에서 인터프레임간의 자동차의 위치변화를 이동하여 자동차의 변위측정과 속도 등을 측정한다. 또한, 자동차의 윤곽선(Edge), 휘도(Intensity) 및 질감(Texture) 분포 등에 대한 분석을 통하여 자동차에 대한 자동 분류, 인식, 검색 등 고차원적인 처리가 가능하도록 한다.

최근 컴퓨터 시각시스템을 이용하여 점점 혼잡한 도로의 각종 자동차 이동정보를 취득하여 교통의 흐름을 원활히 제어하고, 감시할 동영상처리의 필요성이 크게 대두되고 있다.

자동차의 검출은 감시 초기단계로서 동영상의 인터프레임 간의 시공간적 변화를 검출하여 자동차의 영역 및 좌표를 구하고 감시에 필요한 특징들을 추출한다. 자동차 검출기법으로는 영상획득 시 카메라의 움직임여부에 따라 정지카메라와 능동카메라로 구분되며 서로 다른 알고리즘을 적용하게 된다.

정지카메라(Static Camera)의 경우에는 주로 픽셀 단위나 블록단위로 인터프레임의 차이를 구한 후 임계값을 적용하여 움직임영역을 구하며, 능동카메라(Active Camera)의 경우에는 카메라의 움직임에 의한 화면의 변화와 자동차의 실제적인 위치변화에 의한 화면의 변화를 구분할 수 있는 기법을 적용하여야 한다.

컴퓨터 시각 시스템을 이용한 자동차의 이동정보와 자동차 형태를 해석하는 데 가장 기초적인 문제는 연속영상의 프레임(frame)과 프레임 사이에서 자동차를 검출하는 데 있다.[7],[20] 일반적으로 연속영상으로부터 자동차를 추출하는 방법은 세 가지 방법이 있다. 첫 번째 방법은 기준영상에 대한 마스크(mask or window)를 결정하고 난 후, 기준영상의 마스크와 비교할 영상의 마스크의 주파수 특성을 서로 비교하여 자동차를 추출하는 푸리에방법(fourier method)이다. 두 번째는 시간적으로 인접된 두 프레임 사이에서 차영상을 추출하고 자동차를 추출하는 공간 미분방법(differential method)이다. 세 번째 방법은 기준영상과

비교하고자 하는 영상에 윈도우를 설정하여 상관관계를 해석한 후, 자동차의 국부적인 이동을 추출하는 매칭 알고리즘(matching algorithm)이다[18],[20].

최근에는 2차원 연속영상 처리기술에 의하여 특정 지역에서 차량의 이동상태 관측을 목적으로 한 연구가 활발히 행해지고 있으며[10]-[16], 차량의 이동거리 및 이동속도에 대해서도 많은 연구 보고 되고 있으나[17]-[20], 칼라 자동차의 경우 알고리즘의 정확성, 실시간성, 강인성 모두를 만족시키지 못하고 있기 때문에 효율적인 칼라 자동차의 추적기법에 대한 알고리즘의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 HIS 칼라모델에서 색상 변환을 이용한 자동차 추적 알고리즘을 제안 하였다. 제안된 알고리즘은 도로위에 두 개의 수평가상 데이터 샘플 라인을 설치해 놓는다. 두 개의 샘플 라인을 지나는 자동차 현재영상과 배경영상 사이에서 차영상 기법으로 자동차를 검출한다. 두 가상 샘플 라인에서 검출된 자동차 차영상을 순차적으로 추적한다.

색상을 가지고 자동차를 해석하는 이유는 배경의 변화와 조도의 변화가 크게 변화하여도 자동차의 칼라가 변화하지 않는 한 색상의 변화는 이러나지 않기 때문이다.

속도 측정은 두 샘플라인 사이에 자동차가 점유하는 프레임수로 자동차의 속도를 측정하고 차선 변경은 수직가상 데이터 샘플 라인을 넘어 옆 차선으로 이동하는 것을 감지한다.

제안한 방법의 타당성을 검토하기 위하여 도로에 주행하는 자동차를 대상으로 자동차의 동일성 판별과 차선 변경 및 속도측정 결과와 자동차의 속도측정기의 측정값과 비교하여 타당성을 입증하고자 한다.

II. 가상 샘플라인 설정

이동 물체 검출을 위한 영상검출은 도로에 그림 1과 같이 제 1 수평가상 데이터 샘플라인과 제 2 수평가상 데이터 샘플라인을 설치하고, 이 두 수평가상 데이터 샘플라인 사이를 통과하는 자동차를 두 개의 수평가상 데이터 샘플라인에서 영상을 샘플링 하였다. 제 1 수평 가상 데이터 샘플라인과 제 2 수평가

상 데이터 샘플라인을 설치사이의 거리 LW 는 자동차의 이동 속도에 따라 설정하였다. 이와 같이 설정된 거리를 컴퓨터 좌표계와 대응시켜 놓기 위해서는 컴퓨터의 메모리 어드레스(memory address) $i \times j$ 에서 i 행의 어드레스를 y 축 좌표로 놓는다. 실제 도로상의 Y_1 지점의 위치는 다음 식 (1)에 의해서 결정할 수 있다[20].

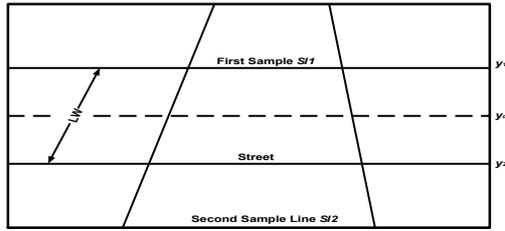


그림 1. 샘플라인 설치방법
Fig.1. Setting Method of Sample Line

$$Y_1 = H \tan \left\{ \left(\theta + \frac{\beta}{y_{\max}} \right) \cdot \left(\frac{\pi}{180} \right) \right\} \quad (1)$$

단, $y=1,2,3, \dots, n$ 이며, 컴퓨터 좌표에 i 행 값이다.

또한, SL_1 과 SL_2 사이의 설정거리 LW 는 다음 식(2)과 같다.

$$LW = Y_1 - Y_2 = y_1 - y_2 \quad (2)$$

연속적인 영상의 해석은 각 프레임들을 정지영상의 연속으로 처리하는 것을 기초로 하고 있다. 따라서 그림 2와 같이 영상프레임을 시간적으로 샘플링된 영상프레임은 정지영상이 되므로 그 휘도치는 시간적 변화에 관계없이 일정하다.

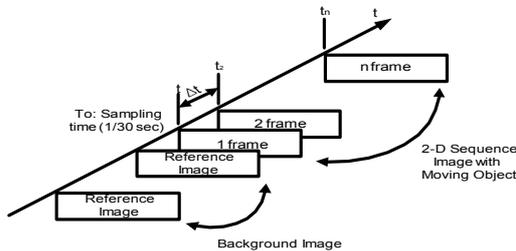


그림 2. 프레임 샘플링
Fig. 2. Frame Sampling

2차원 시 변환 연속에서 자동차를 검출하기 위해서는 일반적으로 그림 3과 같이 차영상을 추출하며, 제 1 수평가상 데이터 샘플라인에서 취득한 차영상은 배경영상의 프레임과 자동차가 존재하는 프레임 사이의 영상계조도(gray level) 차에 의해 식 (3)과 같이 얻어진다.

$$DP_1(x,t) = I_b(x,t_0) - I_m(x,t_n) \quad (3)$$

또한, 제 2 수평가상 데이터 샘플라인에서 취득한 차영상은 식 (4)와 같이 얻어진다.

$$DP_2(x,t) = I_b(x,t_0) - I_m(x,t_n) \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)에서 x 는 화소 좌표이고 t 는 영상의 취득 시간을 나타내며, I_b 와 I_m 는 RGB칼라 좌표계에서 HSI 칼라 좌표계로 변환된 배경영상의 밝기 영역과 자동차가 존재하는 영상을 나타낸다.

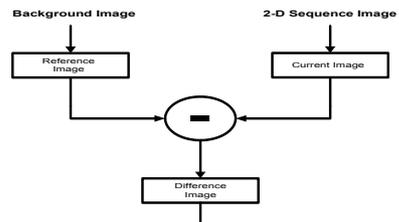


그림 3. 차 영상추출
Fig. 3. Extraction of Difference Image

식 (3)에서 배경영상과 자동차가 존재하는 영상과의 차영상에서 자동차 영역은 식 (5)과 (6)에 의하여 얻어진다.

$$DP_b(x,t) = 0, \text{ if } |DP_f(x,t)| < th \quad (5)$$

$$DP_b(x,t) = 1, \text{ if } |DP_f(x,t)| \geq th \quad (6)$$

식 (5)과 (6)의 DP_b 는 자동차 영역을 나타낸다. $DP_f(x,t)$ 의 값이 임계치 th 보다 크면 자동차가 존재하는 영역으로 간주되어진다. 배경은 식 (5)에 의하여 0으로 채워지고, 자동차 영역은 식 (6)에 의하여 1로 채워진다.

III. 자동차의 색상 변환

HSI 칼라 좌표계가 영상처리 분야에서 많이 이용되는 이유는 RGB 칼라 좌표계에서 색상 H 의 변화가 발생하면 RGB 세 개의 파라미터가 모두 변화하지만, HSI 칼라 좌표계에서 색상 H 의 변화가 발생하면 색상 H 의 각도만 변화하기 때문이다.

RGB 칼라 좌표계에서 임의 화소에 대하여 HSI 칼라 좌표계로 변환하면, 색상 H 는 다음 식(7)와 같이 구한다[20].

$$H_1 = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2}((R-G)+(R-B))}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \quad (7)$$

식 (7)에서 만약, $B \leq G$ 이면 H 는 0도부터 180도 사이의 색상을 나타낸다. 또한 $B > G$ 이면 색상 H 는 180도부터 360도 사이를 나타낸다[20].

그림 4의 색상 H 는 전체 색상 범위를 0도부터 360도 영역으로 놓고 15도씩 분할하여 24단계의 레벨로 색상 영역을 분할하고 색상의 각도 범위를 1부터 24단계의 레벨로 나타낸다[20].

0~15 [C1]	15~30 [C2]	30~45 [C3]	45~60 [C4]	60~75 [C5]	75~90 [C6]
90~105 [C7]	105~120 [C8]	120~135 [C9]	135~150 [C10]	150~165 [C11]	165~180 [C12]
180~195 [C13]	195~210 [C14]	210~225 [C15]	225~240 [C16]	240~255 [C17]	255~270 [C18]
270~285 [C19]	285~300 [C20]	300~315 [C21]	315~330 [C22]	330~345 [C23]	345~360 [C24]

그림4. 24단계 색상 분해
Fig. 4. 24 Color decomposition step

모든 자동차에 대한 차영상의 색상은 24단계 내에 포함될 수 있다고 정의 하고, 색상을 가지고 자동차를 해석하는 이유는 배경의 변화와 조도의 변화가 크게 변화하여도 자동차의 칼라는 변화하지 않기 때문

이다.

식 (8)은 그림4의 조합을 나타낸 것이다.

$$H_c[C] = \{c1, c2, c3 \dots c22, c23, c24\} \quad (8)$$

식 (8)에서 $H_c[C]$ 은 24단계에서 분할된 각 레벨의 대표 값을 나타낸다.



(a) 입력영상 (b) 추출된 특정 자동차 영상

그림 5. 카메라 입력 영상과 특정 자동차 영상
Fig. 5. The extracted a vehicle Image and the Input Image from Camera

(a) Input Image (b) Extracted a vehicle image

그림 5(a)는 임의의 장소에 설치된 동영상 감시 카메라로부터 한 장면을 입력한 영상이고, 그림 5(b)는 그림 5(a)의 영상에서 특정 색상에 대한 자동차를 분리 추출한 영상이다. 그림 6은 자동차에 대한 색상 분포를 나타낸 것이다. 그림 6에서 색상분포밀도가 가장 많은 레벨 3개를 자동차의 특징 파라미터로 정의 하였다.

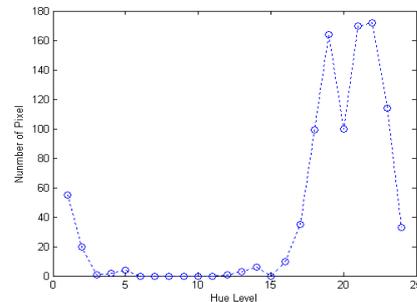


그림6 자동차의 색상분포
Fig. 6. Hue color distribution of the vehicle.

어떤 임의의 자동차가 샘플라인을 통과 할 때 자동차에 대한 색상 분석 결과가 그림 7와 같이 나타났다면, 자동차의 특징 파라미터 ρ 의 결정은 가장 큰

세 개의 색상 레벨 $H_c[c]$ 의 조합을 내림 순차로 정리하여 $H_c[c]$ 을 가장 큰 색상 ρ_1, ρ_2, ρ_3 의 3개를 자동차의 특징 파라미터로 정의 하였다.

제 1 가상 데이터 샘플 라인에서 취득된 자동차와 제 2 가상 데이터 샘플 라인에서 검출된 자동차의 동일성 판별을 위한 특징파라미터 λ 는 색상 분포에서 추출된 특징파라미터 ρ_1, ρ_2, ρ_3 의 세 개의 정규화 레벨간격으로 하였다. 제 1 가상 데이터 샘플 라인에서 취득된 자동차와 제 2 가상 데이터 샘플 라인에서 자동차 검출은 식 (9)와 (10)에 의하여 얻어진다.

$$MO_{H_c[C]}(x,t) = \rho(x,t), \text{ if } DP_b\rho(x,t) = 1 \quad (9)$$

$$MO_{H_c[C]}(x,t) = \rho(x,t), \text{ if } DP_b(x,t) = 0 \quad (10)$$

식 (9)와 (10)의 $MO_{H_c[C]}$ 는 자동차가 존재하는 영역의 색상을 나타내고 ρ 는 자동차가 존재하는 영상의 색상분포 밀도이다. DP_b 의 값이 1이면 자동차가 존재하는 것이므로 색상 영역 ρ 를 $MO_{H_c[C]}$ 에 넣고 DP_b 의 값이 0이면 $MO_{H_c[C]}$ 에 배경의 의미인 0을 채워 넣는다. 제 1 가상 데이터 샘플 라인에서 취득된 자동차와 제 2 가상 데이터 샘플 라인에서 취득된 영상은 조도의 변화에 의하여 색상의 변화가 발생하면, 색상에 대한 화소 분포가 변화한다. 이때 각 색상 분포 레벨의 간격을 이용하여 이동된 화소 분포의 동일성을 찾아내는 것이다.

3-1. 영상 데이터의 색상 분포함수

임의 영상평면에서 취득된 영상의 제 1 수평가상 데이터 샘플라인과 제 2 수평가상 데이터 샘플라인 일차원 화소 분포함수는 그림7과 같다.

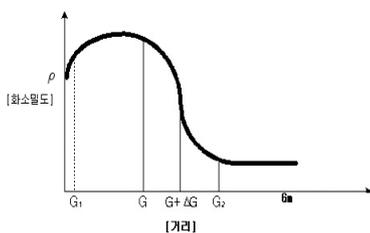


그림7. 화소 분포함수

Fig.7. Pixel distribution function

그림 7에서 임의의 작은 거리 범위 $G \sim G + \Delta G$ 내에 들어 있는 화소의 밀도 ρ 는 다음 식 (11)과 같이 정의 할 수 있다.

$$\rho = \frac{\Delta N}{\Delta G} \quad (11)$$

식 (11)에서 ΔN 는 화소 수 / m 이고, ΔG 는 거리이다.

또한, 거리범위 $G \sim G + \Delta G$ 안에서 단위 길이 당 영상의 화소 수 dN 은 다음 식(12)과 같다.

$$dN = \rho \cdot dG \quad \text{화소 수 / m} \quad (12)$$

따라서, 제1 가상 데이터 샘플 라인에서 취득된 영상의 화소에 대한 거리 범위는 $0 \sim G_m$ 이고, 전체 화소 수 N 은 다음 식 (13)과 같다.

$$N = \int_0^{G_m} dN = \int_0^{G_m} \rho \cdot dG \quad (13)$$

3-2. 자동차의 분포함수

그림 8은 그림1에서 두 개의 가상 데이터 샘플라인을 지나는 자동차를 샘플링하여 영상을 추출하고, 배경 영상과 추출된 영상 사이에 차영상 기법으로 자동차를 검출한 후 자동차에 대한 화소 분포를 나타낸 것이다.

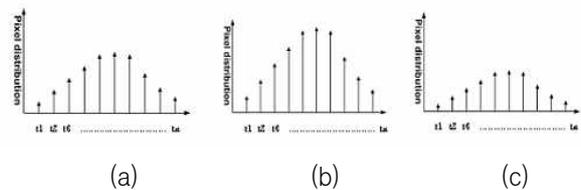


그림 8. 샘플라인에 샘플링된 화소분포
 (a) 제1가상 샘플라인, (b) 제2가상 샘플라인, (c)차영상
 Fig.8. Distribution of sampled pixels in the sample line.
 (a)Virtual Sample Line 1. (b)Virtual Sample Line 2.
 (c) Difference Image

두 개의 가상 데이터 샘플라인을 지나는 자동차

의 시 변환에 대한 데이터의 분포함수는 그림9과 같이 나타 낼 수 있다. 그림 9에서 y축은 자동차의 화소 밀도 Q 를 나타낸 것이며, $t_1 \sim t_n$ 동안 화소의 이동 총량 V 은 다음과 식 (14)와 같이 정의 할 수 있다.

$$V = \int_{t_1}^{t_n} Q(t).dt \quad (14)$$

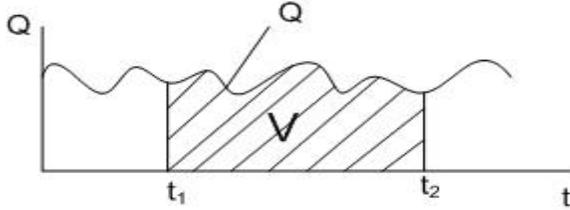


그림 9. $t_1 \sim t_n$ 시간 동안에 이동된 화소
Fig. 9 Pixels are moved during the time t_1-t_2

그림 9와 같은 화소분포곡선을 그림 10과 같이 간격을 n 등분하고 다음과 같이 하나의 등분된 부분화소 분포에 대한 부분 화소 수 q_1 는 다음 식 (15)와 같이 구할 수 있다.

$$q_1 = V_i \times L_i \cdot f / 30_{sec} \quad (15)$$

여기서 f 는 $t_1 \sim t_n$ 동안 프레임 수를 나타낸 것이며, 식 (15)에서 n 은 샘플링 시간으로 $1/30_{sec}$ 이다. 따라서 전체 화소는 다음 식 (16)과 같이 구할 수 있다.

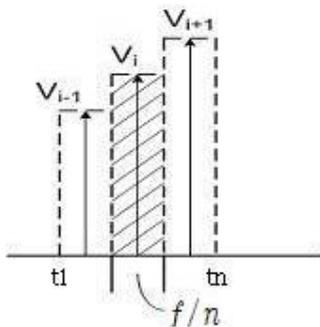


그림 10.부분화소 분포
Fig. 10. Partial distribution of pixel

$$Q = \sum^n q_i \quad (16)$$

그림 11은 임의의 시간 동안 가상 샘플 라인에서 검출된 자동차의 화소 분포를 나타낸 것이며 \overline{Q}_i 는 임의의 시간 동안 평균값이다.

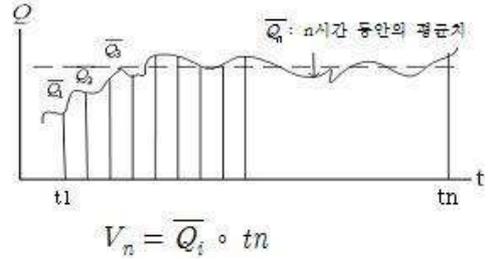


그림11. 샘플 라인의 화소 평균
Fig.11. Pixel average of the sample line

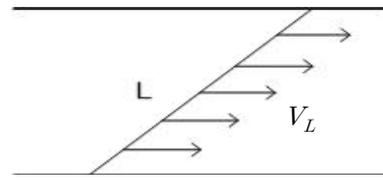


그림 12. 샘플 라인의 화소 밀도
Fig. 12. Pixel density of the sample line

그림 12의 가상 데이터 샘플라인에서 취득된 화소의 밀도는 다음 식(17) 과 같다.

$$V_L = \frac{1}{L} \int_0^L V(L)dL \quad (17)$$

제 1 가상 데이터 샘플 라인과 제 2 가상 데이터 샘플 라인은 배경이 다를 뿐만 아니라 빛의 밝기도 다르다. 배경이 바뀌면 조도의 변화가 발생하여 색상 분포 패턴은 좌측이나 우측으로 선형 이동되게 된다. 따라서 자동차의 동일성판별은 데이터 샘플라인에서 취득된 화소의 밀도 V_L 와 λ 값으로 판정 할 수 있다. 특히 λ 값은 휘도 변화에 유용하게 적용할 수 있음을 보인다.

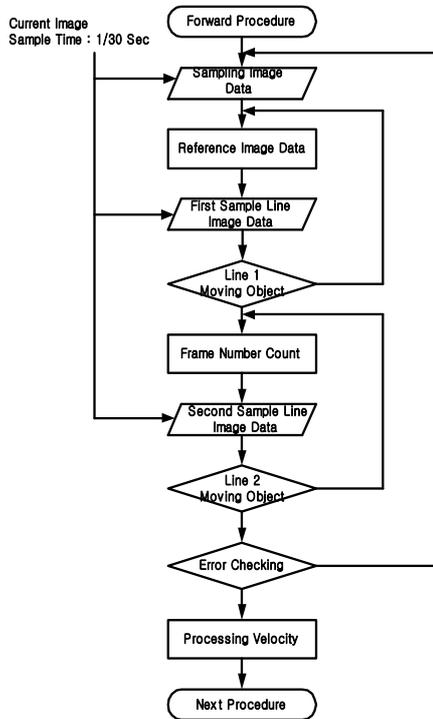


그림 13. 제안된 알고리즘의 순서도
Fig. 13. Flowchart of the proposed algorithm.

그림 13은 제안된 자동차 검출 및 속도측정 알고리즘의 순서도를 나타낸다. 도로에 설치된 CCD 카메라들로부터 영상을 입력받고, 제 1 가상 데이터 샘플 라인과 제 2 가상 데이터 샘플 라인에서 입력 받은 칼라영상을 HSI 포맷으로 변환한 후, 미리 입력받은 배경영상을 기준 영상으로 놓고 차영상을 얻는다. 차영상의 누적 히스토그램을 이용하여 자동차의 유무와 자동차의 속도를 검출하고, 자동차가 주행 중에 차선을 변경 경우 차선 변경차량을 검출 한다.

IV. 실험 및 고찰

자동차의 속도측정을 시도하기 위해서 그림 1과 같이 도로에 가상 데이터 샘플 라인을 두 개 설치하고 자동회도 조절이 가능한 영상카메라를 사용하여 영상을 취득 하였다.영상취득 시간(sampling time)은 한 프레임 당 1/30sec로 하였다. 측정 장소에 대한 배경으로 실험장소의 조도변화는 한 시간 동안 약 32,000 ~ 40,000 Lux의 변화를 나타내었다. 그림 1과 같이 구현하기 위해서 도로의 육교위에 TV카메라를 노면으로부터 8.5M높이로 설치하고, θ 각은 19.8°

로 하였다. 영상 카메라의 스크린 각은 60° 이다. 이때 영상의 실제거리40m 사이에 가상 데이터 샘플 라인 y_1 와 y_2 을 설정하였다. y_1 와 y_2 두 개의 가상 데이터 샘플라인 간의 거리 LW를 자동차가 주행하는데 걸리는 시간을 t 라 한다면 t 는 다음 식(18)과 같다.

$$t = f \cdot T_o \tag{18}$$

여기서 f 는 물체가 샘플라인 sl_1 을 지나 sl_2 를 통과하는데 점유되는 프레임수이다. $T_o = 1 / 30$ Sec.로 하였다. 그럼으로, 거리 LW를 주행하는 속도 v 는 다음 식 (19)와 같다.

$$v = \frac{LW}{t} = \frac{LW}{f \cdot T_o} \tag{19}$$

자동차의 속도에 따라서 가상 데이터 샘플 라인 y_1 와 y_2 사이의 최적 거리를 설정하기 위해서 식 (20)을 시뮬레이션(simulation)하였다[20].

배경 영상에서 제 1 가상 데이터 샘플라인과 제 2 가상 데이터 샘플라인에서 각각 30프레임씩 샘플링 하여 평균 휘도 값을 기준영상으로 설정하였다. 자동차의 검출은 기준영상과 현재영상 사이에 식 (3)과 식 (4)에 의해 차영상으로 검출하였다.

그림 14는 배경영상과 현재영상 사이에서 검출된 차영상을 나타낸 것이다.

그림 14(c)의 차영상은 영상의 RGB 칼라정보를 HIS 칼라 좌표계로 변환 하여 추출한 것이다.



그림14 . 차영상의 색상분포
Fig.14. Hue color distribution of differential image
(a) Background image (b) Current image
(c) Differential image

자동차 속도측정은 자동차가 가상 데이터 샘플 라인 y_1 을 통과하여 y_2 에 도달될 때까지 검출된 프레임수를 가지고 식 (19)에 의해서 속도를 측정하였다.

본 연구에서 제안한 자동차 속도 측정방법의 타당성을 입증하기 위하여 실험용 자동차에 장착된 속도계와 (이하 표준속도) 알고리즘으로 측정된 속도 데이터를 비교하였다.

그림 15의 연속프레임은 소형 승용차가 가상 데이터 샘플 라인을 통과하는 영상들 나타낸 것이며, 이 경우는 자동차 길이는 짧고 속도는 빠른 경우이며, 자동차의 색은 빨간색인 경우이다. 그림 16에서 제 2 샘플라인이 제 1 샘플라인보다 휘도진폭이 큰 이유는 카메라 설치장소로부터 가까운 곳에 제 2 샘플라인이 설치되어 있기 때문이다.

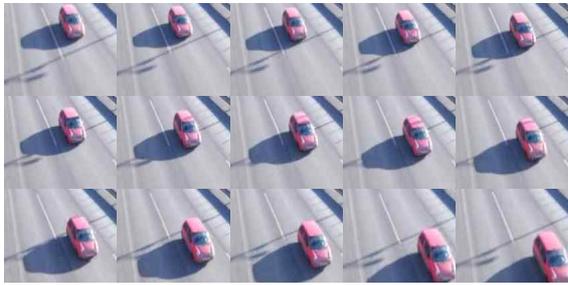


그림 15. 자동차 모델1의 연속프레임
Fig 15. Consecutive frames of a vehicle model 1.

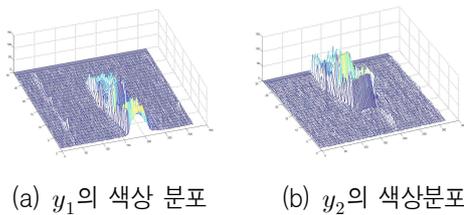


그림 16. 자동차에 대한 y_1 색상과 y_2 색상
Figure 16. y_1 and y_2 the hue color of a vehicle model1.

(a) Hue color distribution of y_1
(b) Hue color distribution of y_2

그림 16에서 $LW=9m$ 로 설정해 놓고 자동차가 제 1 가상 데이터 샘플라인에 출현하여 제 2 가상 데이터 샘플라인에 출현할 때까지 걸리는 시간은 10 프레임이었으며, 이때 표준 속도측정기의 속도는 약 100Km/H 이었으며, 속도측정기로 측정된 속도는 99.9Km/H 이었다.

표 1은 $LW=9m$ 로 고정 한 후 주행 중인 자동차를 자동차의 종류에 관계없이 50대를 대상으로 제안된

방법에 의해 측정된 결과 표준 속도와 비교한 것이다. 표준 속도측정기로 측정된 값을 기준으로 놓고 제안된 방법으로 측정된 값과 비교 했을 때 평균값은 0.4% 이내 임을 보였다.

표 1의 결과로 보아 속도에 따라 제1가상 데이터 샘플라인과 제 2 가상 데이터 샘플라인사이의 거리 LW 를 적절하게 설정함으로 최적 속도를 측정할 수 있다는 것을 알았다. 또한 $LW=9m$ 이상 설정하면 속도가 빠른 경우는 오차가 적었으나 오 측정 횟수가 많았으며, 오 측정 횟수가 많은 이유는 제1 샘플라인이 카메라로부터 멀리 떨어지기 때문에 휘도변화에 민감하게 되어 시스템이 오동작 하는 것으로 사료 된다. 오동작을 방지하기 위해서는 배경과 물체 사이의 임계치를 적절하게 선정한다면 설정거리를 길게 잡아도 무리가 없을 것으로 사료된다. $LW=9m$ 설정했을 경우 기준 속도측정기와 본 연구 시스템과 속도측정 오차가 가장 작았으며 이 같은 오차가 발생하는 이유는 본 연구에서 제안된 방법은 자동차의 평균 속도를 측정한 반면 기준 속도측정기는 순간 속도를 나타내고 있기 때문이다.

도로의 제한속도를 감안하여 거리를 $LW=9m$ 로 설정해 놓고 속도를 측정하고, 배경영상에 대한 기준영상 재설정은 6프레임 이하 또는 16프레임 이상에서 자동차가 검출 될 경우 자동으로 배경 영상에 대한 기준영상을 재설정하였다.

표1. 속도측정

Table 1. Speed Measurement

표준속도 측정기의 속도	80 Km/H	90 Km/H	100 Km/H	110 Km/H
제안된 방법	79.5 Km/H	89.7 Km/H	99.9 Km/H	109.9 Km/H

V. 결 론

본 논문은 영상의 라인 샘플링을 이용한 고속자동차 속도측정 알고리즘을 제안 하고, 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위하여 도로 위에 주행하는 자동차의 속도측정을 시도한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

도로에 두개의 가상 데이터샘플 라인을 설정한 후

, 주행하는 자동차가 제 1 가상 데이터샘플 라인을 통과 할 때 취득된 영상의 데이터와 제 2 가상데이터 샘플라인을 통과 할 때 취득된 영상 데이터에 대한 색상 분포를 가지고 동일 자동차를 판정 후 속도 측정과 차선 변경을 검출 할 수 있음을 보였다. 자동차 속도측정기로 측정한 값과 제안된 방법으로 처리 결과 평균오차가 0.4% 이내임을 보였으며 휘도변화가 매우 심한 자연광에서도 시스템이 능동적으로 대처 할 수 있음을 보였다.

앞으로의 연구는 측정오차를 감소시키기 위해서 태양광에 의한 물체의 그림자 제거 와 적외선 카메라나 레이더를 이용하여 날씨 변화와 자연 광의 변화에 무관하게 적용될 수 있는 시스템의 개발에 관한 연구가 요구 된다.

감사의 글

본 연구는 2009년 ~2010년 청주대학교 산업과학연구소 특별연구비로 조성되었음.

참 고 문 헌

- [1] S. Hutchinson, G.D. Hager, and P. Corke, "A Tutorial Introduction to Visual Servo Control", *IEEE Trans. Robotics and Automation*, vol. 12, no. 5, pp. 656-70, 1996.
- [2] 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.
- [3] P. Allen, B. Yoshimi, and A. Timcenko, "Hand Eye Coordination for Robotics Tracking and Grasping", *K. Hashimoto, ed., Visual Servoing*, pp. 370. World Scientific, 1994.
- [4] 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.
- [5] A.F. Bobick and A.D. Wilson, "A State-Based Technique for the Summarization of Recognition of Gesture", *Proc. Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 382-388, 1995.
- [6] T. Darrell, B. Moghaddam, and A. Pentland, "Active Face Tracking and Pose Estimation in an Interactive Room", *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 67-72, 1996.
- [7] R. Howarth and H. Buxton, "Visual Surveillance Monitoring and Watching", *Proc. European Conf. Computer Vision*, vol. 2, pp. 323-334, 1996.
- [8] D. Gavrila and L. Davis, "Tracking Humans in Action: A 3D Model-Based Approach", *Proc. Image Understanding Workshop*, pp.737-746,1996.
- [9] D. Reynard, A. Wildenberg, A. Blake, and J. Marchant, "Learning Dynamics of Complex Motions From Image Sequences", *Proc. European Conf. Computer Vision*, vol. 1, pp. 357-368, 1996.
- [10] T. Frank, M. Haag, H. Kollnig, and H.H. Nagel, "Tracking of Occluded Vehicles in Traffic Scenes", *Proc. European Conf. Computer Vision*, vol. 2, pp. 485-494, 1996.
- [11] R.C. Harrell, D.C. Slaughter, and P.D. Adsit, "A Fruit Tracking System for Robotic Harvesting", *Machine Vision and Applications*, vol. 2, pp. 69-80, 1989.
- [12] E. Bardinat, L. Cohen, and N. Ayache, "Tracking Medical 3D Data With a Deformable Parametric Model", *Proc. European Conf. Computer Vision*, vol. 1, pp. 317-328, 1996.
- [13] P. Shi, G. Robinson, T. Constable, A. Sinusas, and J. Duncan, "A Model-Based Integrated Approach to Track Myocardial Deformation Using Displacement and Velocity Constraints", *Proc. Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 687-692, 1995.
- [14] E. Boyer, "Object Models From Contour Sequences", *Proc. European Conf. Computer Vision*, vol. 2, pp. 109-118, 1996.
- [15] L. Shapiro, "Affine Analysis of Image Sequences". *Cambridge, England: Cambridge Univ. Press*, 1995.

[16] C. Tomasi and T. Kanade, "Shape and Motion From Image Streams Under Orthography: A Factorization Method", *Int l J. Computer Vision*, vol. 9, no. 2, pp. 137-154, 1992.

[17] Gregory D Hager and Peter N. Belhumeur, "Efficient Region Tracking with Parametric Models of Geometry and Illumination", *IEEE TPAMI*, VOL. 20, NO. 10, pp 1020-1039, 1998

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

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

[20] 이주신."트래픽 정보취득을 위한 고속이동물체 속도측정", *한국통신학회 논문지*, vol.29.no.11c, pp.1527-1540,2004

이 주 신 (李周信)



1975년 : 명지대학교 전자공학과
공학사
1977년 : 홍익대학교 전자공학과
공학석사
1986년 : 명지대학교 전자공학과
공학박사
1980~현재. 청주대학교 전자정보
공학부 교수

관심분야 : 영상처리, 디지털 신호처리, 컴퓨터비전