

초기 차량 검출 및 거리 추정을 중심으로 한 차량 추적 알고리즘

(A Vehicle Tracking Algorithm Focused on the Initialization
of Vehicle Detection and Distance Estimation)

이철현[†] 설성욱^{**} 김효성^{**} 남기곤^{***} 주재흠^{****}
(Chul-Hun Lee) (Sung-Wook Seol) (Hyo-Sung Kim) (Ki-Gon Nam) (Jae-Heum Joo)

요약 본 논문에서는 도로상에 운행중인 차량에 장착되어진 정방향 카메라로 획득한 스테레오 연속 영상으로부터 추적대상 차량을 검출하고 추적중인 차량과의 거리를 추정하는 알고리즘을 제안한다. 차량의 검출은 차선의 인식을 이용하여 도로 영역을 추출하고, 추출된 도로영역에서 차량의 특징 검색을 수행한다. 추적중인 차량과의 거리는 스테레오영상으로부터 TSS(three step search) 코릴로그램 정합 방법을 이용하여 추정된다. 제안된 방법은 컴퓨터 모의실험을 통하여 움직이는 카메라로부터 획득된 영상에서 추적하고자 하는 차량을 분리하고 정합하여 추적됨을 보였다.

키워드 : 스테레오, 차선인식, 차량검출, XY프로젝션, 코릴로그램

Abstract In this paper, we propose an algorithm for initializing a target vehicle detection, tracking the vehicle and estimating the distance from it on the stereo images acquired from a forward-looking stereo camera mounted on a road driving vehicle. The process of vehicle detection extracts road region using lane recognition and searches vehicle feature from road region. The distance of tracking vehicle is estimated by TSS correlogram matching from stereo images. Through the simulation, this paper shows that the proposed method segments, matches and tracks vehicles robustly from image sequences obtained by moving stereo camera.

Key words : Stereo, Lane recognition, Vehicle detection, XY-Projection, Correlogram

1. 서론

지능 차량에 대한 연구는 급진적인 컴퓨터 기술의 향상으로 인하여 현재 연구가 활발히 진행중인 분야이다. 하지만, 아직도 비전을 기반으로 하여 운행중인 차량이 주위의 환경을 실시간으로 자동적이고 강인하게 이해하는 것은 어려운 연구과제로 남아있다.

본 논문에서는 도로상에 운행중인 차에 정방향 스테레오 카메라를 장착하여 획득한 스테레오 연속 영상으로부터 차량을 검출하고, 검출된 차량을 분리하여 추적

하고, TSS 코릴로그램 정합 방법을 이용하여 차량과의 거리를 추정하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 차량의 검출은 스테레오 영상 중 한쪽 영상에서 temporal difference를 고려하여 계산한 에지의 크기와 각도 정보에 변형된 Hough 변환을 이용한 차선 인식을 시행하여 검출 영역을 축소시키고, 그 영역 내부에서 차량 후면의 특징 정보를 이용한 블록 탐색을 수행하여 차량이 존재하는 영역을 검출하고 그 영역을 초기 템플릿으로 정하는 과정이다. 차량의 추적은 연속적인 프레임에서 히스토그램 백 프로젝트션[1,2]방법을 이용하여 이동 차량을 분리하고, 히스토그램 인터섹션[3] 그리고 XY-프로젝션[4]을 이용하여 추적차량을 정합하고 추출함으로써 수행된다. 또한, 추적차량과의 거리는 좌측 영상에서 추출된 추적차량의 정보와 고속정합 알고리즘인 TSS 코릴로그램 정합 방법을 이용하여 우측 영상과의 스테레오 정합을 통하여 추정된다.

2장에서는 본 논문에서 제안한 추적차량의 검출 및 추적 알고리즘과 스테레오 정합모델을 사용한 차량추적

[†] 정 회 원 : 부산정보대학 경찰경호과 교수

lch@bit.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 부산대학교 전자공학과

susul@vision.ee.pusan.ac.kr

hskim@vision.ee.pusan.ac.kr

^{***} 비 회 원 : 부산대학교 전자공학과 교수

kgnam@pnu.edu

^{****} 비 회 원 : 카톨릭대학교 전자계산과 교수

jhjoo@cup.ac.kr

논문접수 : 2004년 5월 11일

심사완료 : 2004년 9월 6일

시스템에 대해서 설명한다. 3장에서는 차선 인식과 차량 후면의 특징 정보를 이용한 추적 차량의 검출에 대해 설명한다. 4장에서는 차량 정합 모델인 히스토그램 백 프로젝트션과 히스토그램 인터섹션, 그리고 XY-프로젝션 알고리즘을 설명하고, 이것을 이용하여 차량을 분할하고 정합하는 과정을 설명한다. 5장에서는 스테레오 정합 모델인 TSS 코릴로그램정합 방법을 이용하여 추적중인 차량과의 거리를 추정하는 과정에 대해서 설명한다. 6장에서는 제안한 알고리즘을 컴퓨터 모의실험에 적용해서 카메라가 움직이는 상황에서 도로상에 운행중인 차량을 추적해 나가는 것을 보이며, 7장에서 결론을 맺기로 한다.

2. 차량 추적 시스템

제안된 움직이는 스테레오 카메라로부터 이동 차량을 추적하는 시스템을 그림 1에서 블록다이어그램으로 나타내었다. 시스템은 추적 차량의 검출, 운행중인 차량의 분리 및 정합, 그리고 거리추정으로 나누어진다.

추적 차량의 검출은 변화하는 배경을 제외시키기 위한 변형된 Hough 변환을 이용한 차선인식 및 차선범위 내의 차량의 위치검출을 위한 블록 탐색으로 구성된다. 또한, 여기서 검출된 차량을 차량 추적을 위한 초기 모델로 정한다. 운행중인 차량의 분할 및 정합은 연속된 프레임에서 검출된 차량을 추적하는 과정으로 히스토그램 백 프로젝트션을 사용하여 차량을 분리하고, 히스토그램 인터섹션, XY-프로젝션을 사용하여 차량을 정합하고 추출하였다. 추출된 차량은 다음 프레임에서 추적을 위한 모델로 갱신된다. 거리추정은 한쪽 영상에서 추출된 추적차량의 정보와 TSS 코릴로그램을 이용한 스테

레오 정합을 하여 추적 중인 차량과의 거리를 추정하는 과정이다. 추적하는 차량과는 별도로 화면의 아랫부분에서 새로운 차량에 대한 검출이 진행된다. 그림 1의 I_{t-1}^l, I_t^l 은 차량 검출을 위한 초기 프레임을 나타내고, M_t^l 은 차량검출 후 얻어진 추적하고자 하는 모델을 나타낸다. 그리고, I_t^l, I_t^r 는 t 번째 프레임의 좌·우측 입력 영상을 나타내고, S_t^l 는 t 번째 프레임에서 이전에 추적하던 추적모델과 정합시켜 정교하게 추출된 추적모델을 나타낸다. 좌측 영상에서 구한 추적정보와 우측 영상에 TSS 코릴로그램 스테레오 정합을 수행하여 거리 정보를 추정한다. d_t^l 은 추정된 거리를 나타낸다.

3. 추적 차량의 검출

실시간 처리를 위한 추적 시스템은 처리속도가 빨라야 하고, 변화하는 배경에서도 용이하게 차량을 추적할 수 있어야 한다. 이런 상황에서 차량의 검출은 배경을 제외시키는 검출 영역의 축소 및 차량의 특징을 고려한 후보 영역이 설정되어야 한다. 따라서 차선 인식을 먼저 수행하여 검출 영역을 축소시키고, 차선 영역 내에 존재하는 차량들의 후면 영상이 가지는 특징을 이용하여 추적 대상 차량을 검출한다.

3.1 차선 인식

수행한 차선 인식은 차선 에지의 각도 정보를 먼저 얻은 후, 에지의 좌표에 해당하는 투사각과 투사거리에 대한 맵을 생성하여 차선 경계선을 표현하는 최적의 투사각과 투사거리를 찾아 이에 해당하는 직선의 식으로 차선을 표현하는 변형된 Hough 변환을 이용하였으며

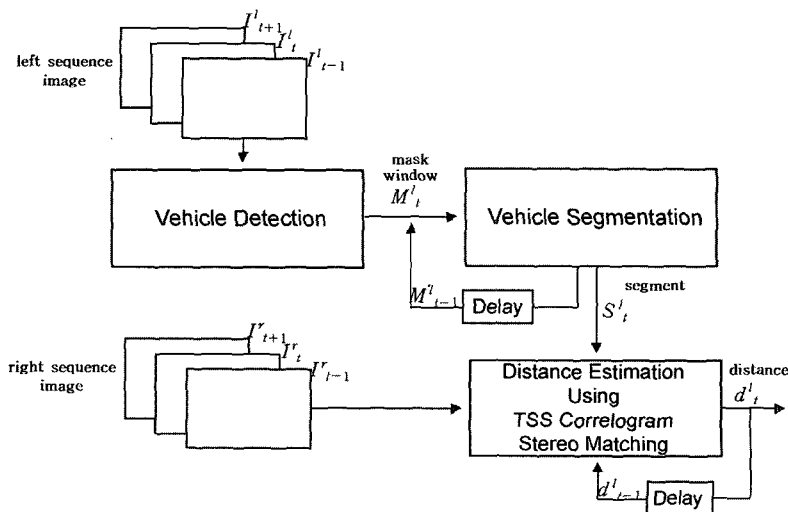


그림 1 차량 추적 시스템 블록다이어그램

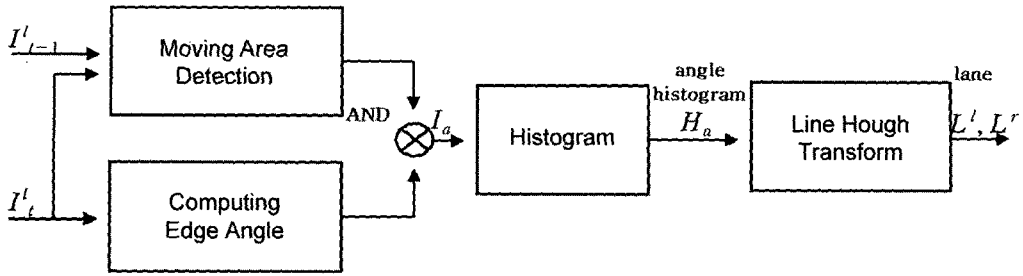
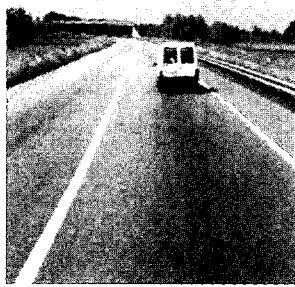
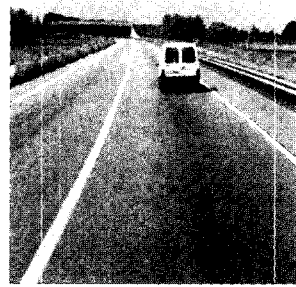


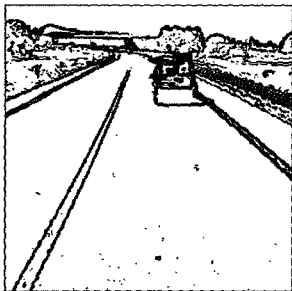
그림 2 차선 인식 과정



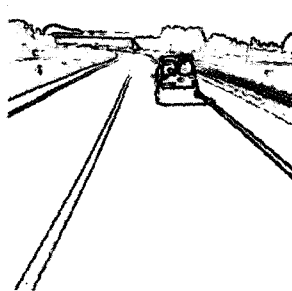
(a) 이전 영상 I_{t-1}^l



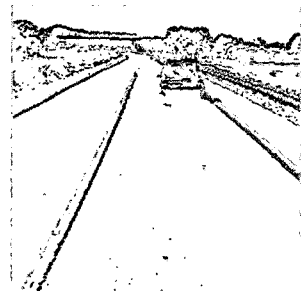
(b) 현재 영상 I_t^l



(c) temporal difference



(d) 에지 영상



(e) 에지 각 영상 I_a

그림 3 에지 각 영상 생성 과정

차선이 선명하여 검출되는 경우에 가능하다. 차선 인식 과정은 그림 2와 같다.

차선 경계선의 에지는 연속된 도로 영상에서 현재 영상과 이전 영상의 차 영상으로 남겨진 화소들과 현재 영상의 에지들의 AND연산을 수행함으로써 더욱 강조되어 나타난다. 그림 3은 temporal difference를 고려하여 차선 경계선을 강조한 에지 정보를 구한 후, 에지들이 가지는 각도 값으로 생성한 에지 각 영상을 나타내고 있다.

일반적인 도로 조건에서의 차선 경계선은 위치와 방향의 연속성을 지니고, 차선과 명도가 달라 구별이 가능하다. 따라서, 도로 영상에서 에지를 구하면 에지 크기가 큰 픽셀들이 차선 경계선을 따라 일정한 각을 가지

고 모여있다[5]. 또한, 자동차 전면의 도로 영상의 차선 경계선은 원근효과로 인하여 한 점으로 모이게 되고[6] 직선의 차선도 90°가 아닌 기울어진 형태로 나타난다. 차선 경계선의 작은 탐색 각의 범위를 20°~160°으로 정하고 차선이 많이 분포하는 도로 영상의 하반부에서 AH(angle histogram)를 구하여 최대의 값을 가지는 각으로 정한다. 빠른 수행을 위하여 좌측과 우측 차선 탐색 영역을 그림 4와 같이 분할하여 계산한다.

AH는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$H_L(\theta) = \sum_{\theta=20}^{160} P_L(\theta) \quad (1)$$

$P_L(\theta)$ 는 영상내에서 임의의 한점에 대한 각도이다. 이렇게 구한 히스토그램에서 최대 값을 갖는 θ_{max} 를 선

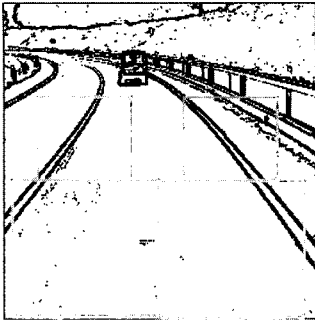


그림 4 에지 도로 영상과 처리영역

택하여, 나머지 각을 가지는 에지를 모두 제거한 후 각도 값 $\theta_{H_{max}}$ 와 에지의 좌표를 가지고 차선을 지나가는 직선을 구한다.

Hough 변환에 의해 표현되는 직선의 방정식은 다음과 같다.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad (2)$$

여기서 (x, y) 는 화소의 좌표를 나타내고, θ 는 투사각도를, ρ 는 투사 축을 나타낸다. 에지의 각도로 투사각도를 구할 수 있고, 에지의 좌표를 알고 있으므로 ρ 값을 구하면 차선을 지나는 직선의 방정식을 구할 수 있다. 하지만, 같은 에지 값을 가지는 차량 경계선은 두 개의 선으로 나타나고 따라서 그 부근의 $\theta_{H_{max}}$ 값을 가지는 에지들은 하나의 일직선상에 놓여져 있다고 보기는 힘들고, 잡음에 의해 발생하는 에지도 함께 고려해야 한다. 이러한 조건에서 차선을 만족하는 ρ 값을 구하기 위해 $\theta_{H_{max}}$ 에 일정한 오프셋을 두어 범위를 정하고, 범위 내의 투사각도에 대해 화소들의 좌표를 식 (2)에 대입하여 투사축의 값을 구하여 (ρ, θ) 맵을 생성하고 (ρ, θ) 맵에서 최대

크기를 가지는 최적의 ρ 값을 구하여 이에 대응하는 최적의 θ 를 다시 찾아 식 (2)에 의해 구해진 식으로 차선을 검출한다. 여러 종류의 도로 영상에서 차선을 구한 결과는 그림 5와 같다.

2. 차량 검출

도로에 운행 중인 차량들의 검출은 인식된 차선 내부에서 수행된다. 차량 검출 과정은 그림 6과 같다. 여기서 L^i, L^r 은 차선 정보를, I_R 은 추출된 도로 영역영상을, I_C 는 차량 후보 영상을, V_n^L 은 추출된 차량 영역을, V_n^D 은 차량으로 판별된 영역을, R_n 은 최종 차량 영역을 나타낸다.

차량 전면의 도로 영상에서 획득되는 차량들의 후면의 에지 분포를 보면, 수평과 수직 에지를 많이 가지는 것을 알 수 있다. 따라서, 일정한 영역 블록을 만들어 수평, 수직 에지들을 검사함으로써 도로에서 차량이 존재하는 위치를 파악할 수 있다.

수평 에지 영상을 $H(x, y, t)$ 로 나타내고, 수직 에지 영상은 $V(x, y, t)$ 로 나타내면, 각 블록내의 수평, 수직 에지의 합 u, v 는 식 (3), (4)로 나타낸다.

$$u = \sum_{B(i,j)} H(x_i, y_j, t) \quad (3)$$

$$v = \sum_{B(i,j)} V(x_i, y_j, t) \quad (4)$$

$B(i, j)$ 은 블록 내부의 임의의 한점을 나타낸다. 그림 7은 블록 단위의 에지 탐색결과를 나타낸다. 수평, 수직 에지 성분이 각각 임계값을 넘으면 차량이 있을 후보 지역으로 인식하고 이를 나타내었다.

차선 내에 차량이 두 대 이상이 있는 경우 조사한 블록은 이에 상응하는 서로 떨어진 군집들을 이루게 된다.

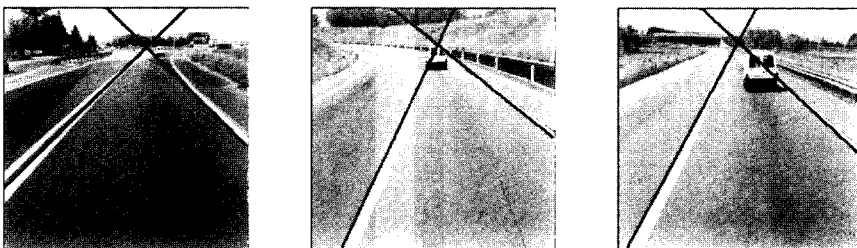


그림 5 차선 검출 결과

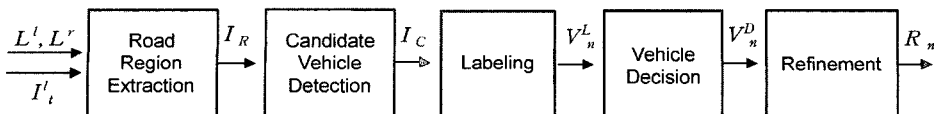


그림 6 차량 검출 과정

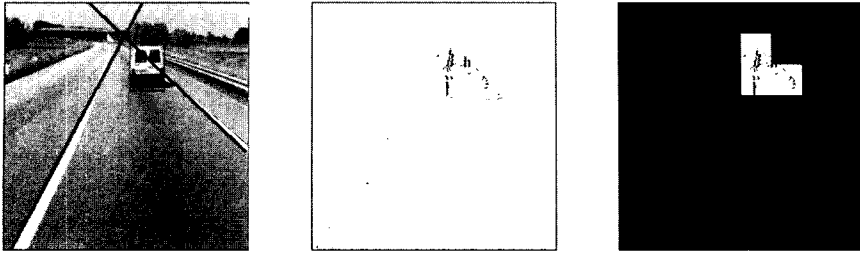


그림 7 블록 단위의 후보 영역 검색과정

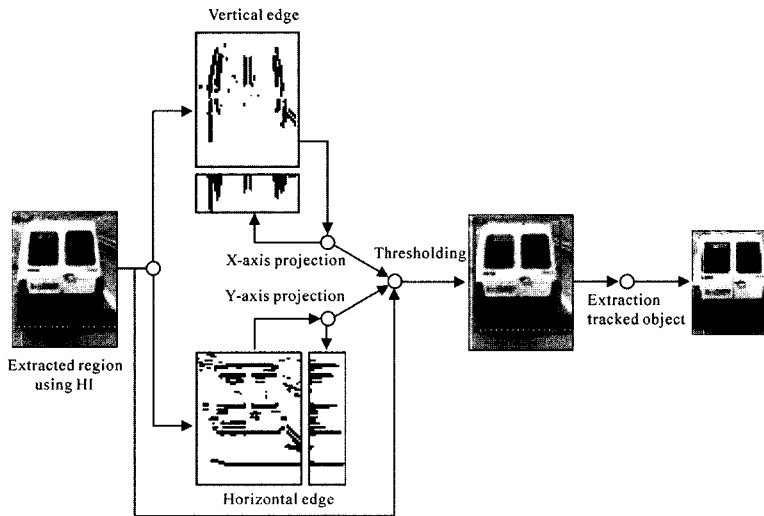


그림 8 XY-프로젝션 과정

다중 차량의 위치 검출을 위해서 이런 블록 군집들을 서로 나누기 위한 레이블 과정을 수행하여 다중 차량 추적이 가능해 진다.

차선 내부에서 블록단위의 탐색은 차선 내부영역 이외의 지역에서 보여지는 차량의 일부분들에 대해서는 검출이 불가능하다. 또한 블록이 차량의 극히 일부분만을 포함할 때에는 에지 임계값을 넘지 못할 수 있다. 이런 블라인드 영역을 포함하기 위해서 각 블록 군집들의 최 외각을 둘러싸는 사각형의 영역에 다시 오프셋을 두어 탐색 창을 만들면 차량을 완전히 포함한 영역을 얻게 된다. 이 정보를 가지고 XY-프로젝션을 수행하면 더욱 정확한 차량의 위치를 알 수 있다. 그림 8은 수평, 수직 에지 영상인 H 와 V 를 각각 y 축, x 축으로 투사시켜서 추적하고자 하는 물체의 외곽을 추출해 내는 과정을 나타내고 있다.

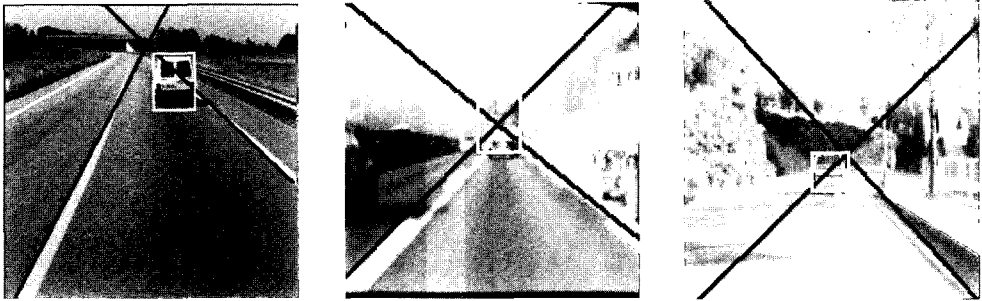
차량 검출 알고리즘을 수행한 결과는 그림 9와 같다. (a)는 일반적인 도로상에서 차량의 검출 결과이다. (b)는 여러 대의 차량이 동시에 존재하는 혼잡한 도로상에서 획득된 차량 영상이며, 차선 영역 내에서만 차량의

검출을 시행하므로 추적 대상인 카메라 바로 앞의 운행 차량만을 검출하였다. 그림자가 생긴 도로에서 운행 중인 차량 (c)와 같은 경우에는 정확한 차량을 검출하기 위해 XY-프로젝션 기법 적용 단계에서 임계값을 적절히 조절함으로써 정확히 차량을 검출할 수 있다.

4. 차량 분할 및 정합

일반적인 이동 차량 추적 알고리즘은 다음 세 가지의 문제를 가지고 있다. 첫째, 추적모델에 대한 처리 속도와 처리되는 데이터의 양이 제한적이다. 둘째, 차량과 배경을 제대로 분할하지 못해서 추적 시에 오차가 발생한다. 셋째, 가려짐 현상이 발생하거나 조명의 변화에 의해 움직이는 차량을 제대로 추적하지 못하는 경우가 발생한다. 본 논문에서 적용한 히스토그램 백 프로젝트션과 히스토그램 인터섹션을 이용하여 앞의 두 가지 문제점을 해결하였으며 XY-프로젝션을 사용하여 마지막 문제점을 해결하고자 하였다.

그림 10는 차량의 분리 및 정합 순서를 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다. 입력은 t 번째 프레임의 좌측



(a) 일반적인 경우 차량의 검출 (b) 혼잡한 도로상에서 운행중인 차량의 검출 (c) 그림자가 생긴 도로에서 운행중인 차량의 검출

그림 9 차량 검출 결과

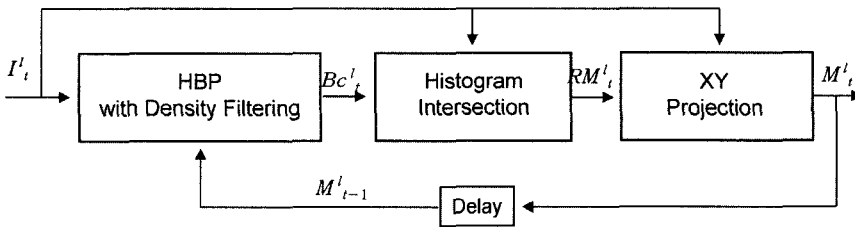


그림 10 차량 분할 및 정합 블록 다이어그램

영상을 I_t^1 로 나타내고, Bc_t^1 는 t 번째 프레임의 좌측 영상에서 히스토그램 백 프로젝션과 밀집도 필터링을 수행한 후 나온 결과를 나타낸다. RM_t^1 은 t 번째 프레임에서 구해진 추적물체가 있을 가능성이 높은 영역을 나타낸다. M_t^1 는 t 번째 프레임에서 이전에 추적하던 추적모델과 정합시켜 정교하게 추출된 추적모델을 나타낸다[7].

5. TSS 코릴로그래를 이용한 거리 추정

추적중인 차량과의 거리를 추정하기 위해서 스테레오 영상에서 정합 점을 찾은 후 그 번이로부터 스테레오 카메라의 기하학적 구조를 이용한다. 일단 영상의 각 픽셀에서 정합이 정확하게 이루어지면 카메라의 초점 거리와 양 카메라 사이의 중심 거리를 이용하여 쉽게 거리를 추출해낼 수 있다. 따라서, 영상 내의 물체나 배경의 거리 정보를 알기 위해서는 정합 점을 정확하게 찾는 것이 무엇보다 중요한 일이다. 일반적으로 실시간 추적을 목표로 하기 때문에 스테레오 정합을 비교적 빠르고 정확하게 수행해야하는 문제점이 있다. 이 문제점을 해결하기 위해서 TSS 코릴로그래를 이용한 스테레오 정합을 제안하였다.

TSS 코릴로그래이란 블록 정합알고리즘의 일종인 코릴로그래를 3단계 조사법을 사용하여 수행하는 것을 말

한다. 좌측 영상에서 추출된 물체를 코릴로그래를 이용하여 블록 정합을 하기 위한 템플릿으로 두고, 이전 프레임에서 구한 번이의 최대 예상 범위를 정한다. 본 논문에서는 차량이 프레임 당 1 픽셀 단위로 움직이며 수평방향의 최대 예상 범위를 프레임 당 9 픽셀로 가정하였으며, 평행 카메라로 스테레오 영상을 획득하기 때문에 수직방향의 최대 예상 범위는 프레임 당 3 픽셀로 가정하였다. 예상 범위 내에서 정합과정을 적용해야 할 픽셀의 갯수는 133개가 되며 많은 계산 량이 필요하게 된다. 예상 범위의 갯수를 제한하기 위해 3단계 조사법을 사용하였다.

3단계 조사법의 추정과정을 그림 11에 나타내었으며 이 방법을 사용하면 예상범위의 갯수가 21개로 줄어든다. 첫 번째 단계에서는 수평으로 ± 3 , ± 6 픽셀 떨어진 예상위치에서 유사성을 계산하고 그 중 유사성이 가장

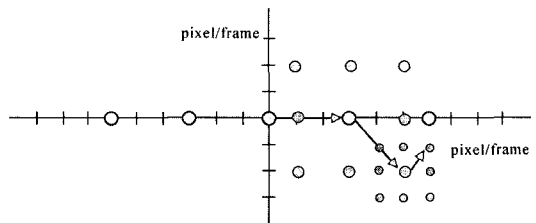


그림 11 3단계 조사법 수행과정

크다고 판별된 위치로 중심을 옮긴다. 두 번째 단계에서는 ± 2 픽셀 떨어진 여덟 개의 예상 범위에서 수행을 반복하며, 세 번째 단계에서는 ± 1 픽셀로 줄여 유사성 판별을 하게된다. 최종적으로 이들 범위 중 유사성이 가장 큰 위치를 찾은 후 수행이 끝나게 된다.

좌측 영상에서 추출한 추적차량을 우측 영상에서 코릴로그램을 이용하여 정합을 하게된다. 코릴로그램은 영상 전체에서 일정한 거리를 가지는 화소 간에 나타나는 그레이 레벨의 분포를 2차원 확률로 나타낸다. $n \times n$ 의 크기를 갖는 영상을 I 로 두고 I 의 명암도를 m 개의 명암도로 양자화 시킨다. 실제 알고리즘 구현과정에서 m 을 상수로 두며, 이것은 수행속도를 향상시킨다. 영상 I 내의 위치 (x, y) 에서의 화소를 p 라고 두고, $I(p)$ 로 나타낸다. 따라서 $p \in I_c$ 는 $p \in I, I(p) = c$ 와 같은 의미를 갖는다. 여기서 c 는 화소의 명암도를 나타낸다. 두 화소 $p_1 = (x_1, y_1), p_2 = (x_2, y_2)$ 사이의 거리를 다음 식 (5)와 같이 정의한다.

$$|p_1 - p_2| \triangleq \max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\} \quad (5)$$

그리고 집합 $\{1, 2, \dots, n\}$ 은 $[n]$ 으로 정의한다. 거리를 $d \in [n]$ 로 먼저 고정을 시킨 후 $i \in [m], k \in [d]$ 인 조건을 만족하는 영상 I 의 코릴로그램은 식 (6)과 같다.

$$\gamma_{c_i, c_i}^{(k)}(I) \triangleq \Pr_{\substack{p_1 \in I_{c_i}, \\ p_2 \in I_{c_i}}} [d \in I_c, |p_1 - p_2| = k] \quad (6)$$

영상에서 명암도가 c_i 인 임의의 화소가 주어질 때, $\gamma_{c_i, c_i}^{(k)}$ 은 주어진 화소로부터 거리 k 만큼 떨어진 화소의 명암도가 c_i 일 확률을 나타낸다. 추적차량과 후보 차량의 코릴로그램 간의 최소 거리를 구해서 정합도를 측정한다. 정합도가 가장 높은 위치를 구해서 정합점을 찾고 변이를 구한다. 정합도는 식 (7)에 의해서 구할 수 있다.

$$S_{I_1, I_2} = 1 / \left(\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0, i \neq j}^{m-1} (T_{cross}^1[i][j] - T_{cross}^2[i][j])^2 + 1 \right) \quad (7)$$

T_{cross}^1, T_{cross}^2 는 영상 I_1, I_2 의 크로스 코릴로그램 영역 테이블을 나타낸다. I_1 은 좌측 영상에서 추적과정을 통해서 추출된 추적 물체 영상이고 I_2 는 우측 영상에서 TSS 알고리즘을 수행하면서 정해지는 정합 후보점을 중심으로 하며 I_1 과 같은 크기로 생성된 정합 후보 영상이다 여기서 S_{I_1, I_2} 는 영상 I_1, I_2 에서 구한 크로스 코릴로그램 영역 테이블 사이의 정합도를 나타낸다. 이 값이 클수록 정합율이 높다고 판단하고 값이 가장 크게 나오는 경우의 영상을 조사한 후 그 위치에서 변이를 구하게 된다

스테레오 정합과정을 거친 후 변이를 구하게 되는데,

카메라 정보와 변이를 이용하여 추적중인 차량과의 거리를 추정한다. 평행 카메라 모델에서 획득된 영상을 스테레오 정합하여 거리를 추정하기 위해서 변이와 거리와의 관계를 알아야 한다. 일반적인 평행 카메라 모델에서 변이와 거리와의 관계를 그림 12에서 나타내었다. 그림 12에서 두 카메라 사이의 중심 거리를 b , 카메라의 초점 거리(focal length)를 f , 공간상의 한 점 $P(x, y, z)$ 가 두 영상에서 투영되는 위치를 p_l, p_r 이라고 칭한다. 이 때 z 는 물체와 카메라사이의 거리를 나타내고, $(p_l - p_r)$ 를 변이라고 정의한다.

깊이와 변이와의 관계는 삼각함수의 닦음꼴 정리에 의해 정의할 수 있다.

$$\frac{x}{z} = \frac{x_l}{f} \quad (8)$$

$$\frac{x-b}{z} = \frac{x_r}{f} \quad (9)$$

식 (8), (9)는 깊이와 변이의 관계를 나타낸다.

$$z = \frac{bf}{x_l - x_r} \quad (10)$$

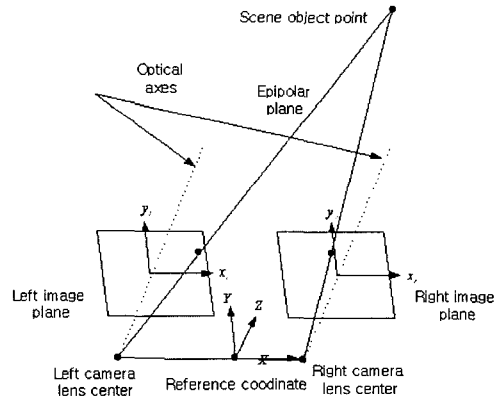
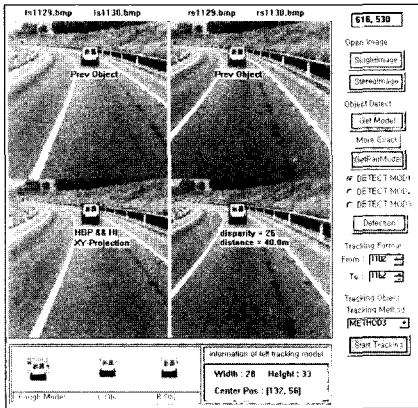


그림 12 평행 카메라 모델 구조

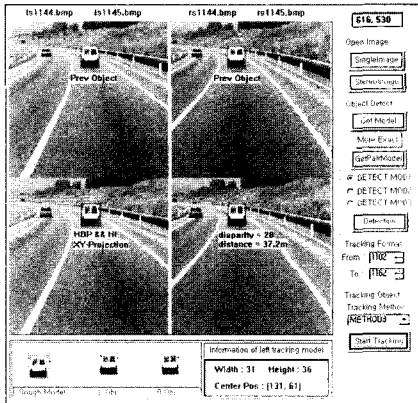
식 (8), (9)를 결합하여 3차원 거리정보 z 를 구하면 식 (10)이 된다. 실제 물체와 카메라의 거리는 중심 거리 b 와 초점거리 f 만 주어지면 변이 정보만의 함수가 된다. 따라서 3차원 거리정보 z 는 영상에서 일치하는 점들의 변이 정보를 얻어냄으로써 복원할 수가 있다. 실험에서 중심거리 b 는 $0.906(m)$, 초점거리 f 는 $5.738(pixel)$ 인 카메라를 사용하였다.

6. 실험 결과

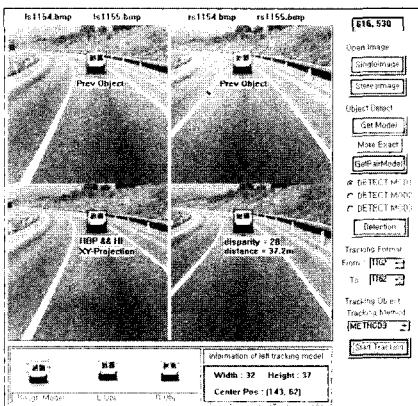
실험에 사용한 영상은 일반 도로에서 차량의 움직임에 관한 영상이며, B/W CCD 카메라를 사용하였으며 $2.3m$ 높이의 차량 위에 카메라를 고정하여 영상을 획득



(a) # 1130 프레임에서 물체를 추적하는 과정



(b) # 1145 프레임에서 물체를 추적하는 과정



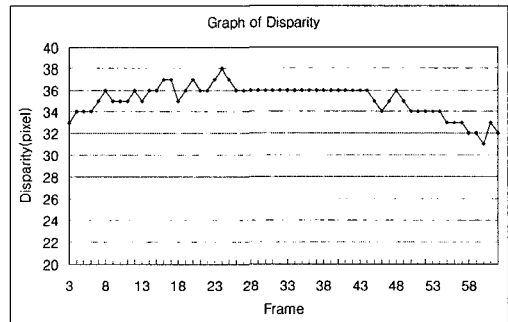
(c) # 1155 프레임에서 물체를 추적하는 과정

그림 13 256×256 픽셀 크기의 영상에서 물체를 추적하는 과정

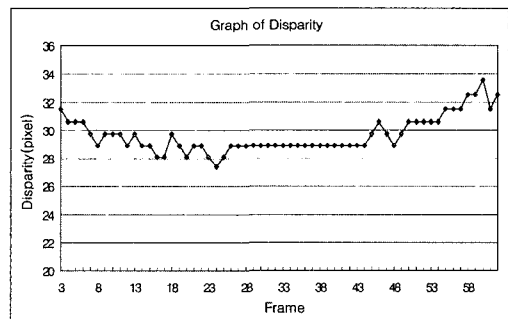
특하였다. 원래 획득된 영상은 크기가 728×288 픽셀 크기이며 컴퓨터 모의실험에 사용한 영상은 카메라로부터

획득된 영상의 중심을 기준으로 256×256 픽셀 크기로 잘랐다. 그리고 입력 영상의 픽셀 값은 8비트 그레이 레벨로 처리하였다. 본 알고리즘에 적용한 추적대상인 차량은 상행 운동을 한다.

그림 13은 획득한 영상에서 차량을 추적하는 과정을 나타낸다. # 1102 프레임의 영상에서 추적하고자 하는 차량을 검출하였고 초기 템플릿으로 저장하여 추적을 시작하였다. 그림 13의 (a)는 # 1130 프레임에서 차량을 추적하는 과정을 나타낸다. 좌측 영상에서 이전에 추적하던 차량을 다음 프레임의 영상에서 찾아내기 위해 히스토그램 백 프로젝션을 수행한 후 밀집도 필터링을 거친다. 그리고 히스토그램 인터섹션을 통하여 정합을 한 후, XY-프로젝션을 수행하여 물체를 추출해 낸다. 추적 정보와 우측 영상에서의 스테레오 정합을 통하여 거리 정보를 추정한다. 그림 13의 (b)는 # 1145 프레임에서 차량을 추적하는 과정을 나타내고, (c)는 # 1155 프레임에서 차량을 추적하는 과정을 나타낸다.



(a) 변이의 변화



(b) 거리 추정

그림 14 차량 추적결과 그래프

그림 14는 # 1103 프레임에서 # 1162 프레임까지 추적중인 차량의 상태변화를 그래프로 나타내고 있다. (a)는 스테레오 정합을 해서 나온 변이의 변화를 나타내고 있으며, (b)는 각 프레임에서 거리추정 값을 나타낸다.

7. 결론

본 연구에서는 도로상에 운행중인 차에 장착되어진 정방향 카메라로부터 획득되어진 스테레오 영상으로부터 이동 차량을 추적하는 알고리즘을 제안하였다. 변화하는 배경에서 추적 차량의 검출은 차영상 법을 적용하기는 어렵기 때문에 제안한 추적차량 검출법을 이용하여 차량을 검출하여 템플릿으로 저장시킨 후 그 다음 프레임부터 추적 차량을 분리하고 정합하여 추적을 수행하였다. 추적차량 검출은 temporal difference를 고려하여 구한 에지 정보에 변형된 Hough 변환을 적용한 차선 인식과 차선 내부에 있는 차량의 후면이 가지는 영상의 특징을 이용하여 수행되어진다. 초기 템플릿으로부터 차량을 추적하기 위해 전체 영상에서 히스토그램 백 프로젝션을 사용하여 차량이 있을 가능성이 높은 부분을 분리해 내고, 히스토그램 인터섹션을 이용하여 정합을 하였다. 히스토그램 인터섹션 알고리즘은 주위의 조명 변화에 민감하기 때문에 정교한 결과를 내기가 어렵다. 이것을 고려하여 임계거리를 두어 추적하던 차량이 존재할 가능성이 높은 영역을 추출하였다. 앞 단계에서 찾아낸 영역을 바탕으로 XY-프로젝션 알고리즘을 사용하여 추적하던 차량과 동일한 차량을 추출하고 추적하였다. 좌측영상에서 구한 정보와 우측영상을 고속정합 알고리즘인 TSS 코릴로그램을 이용하여 스테레오 정합을 한 후 변이를 구하여 추적 차량과의 거리를 추정하였다.

향후 연구할 과제로 카메라 전면에 여러 대의 차량이 겹쳐 존재하여 가려짐 현상이 발생할 경우 여러 대의 차량 중에서 추적할 초기 차량을 검출하는 보완 알고리즘이 요구된다.

참고 문헌

- [1] M. Sticker and M. Swain, "The Capacity of Color Histogram Indexing," *IEEE Int'l. Conf. on CVPR*, pp. 704-708, 1994.
- [2] T. M. Chen and R. C. Luo, "Visual Tracking Using Adaptive Color Histogram Model," *Tsu Hung Hsiao Industrial Electronics Society, IECON 99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE*, Vol. 3, pp. 1336 -1341, 1999.
- [3] T. Swain and M. J. Ballard, "Indexing via Color Histograms," *D. H. Computer Vision, 1990. Proceedings, Third Int'l Conf.*, pp. 390-393, 1999.
- [4] M. Betke, E. Haritaoglu and L. S. Davis, "Real-time Multiple Vehicle Detection and Tracking From a Moving Vehicle," *Machine Vision and Applications*, section 12, pp. 69-83, 2000.
- [5] U. K. Yi, J. W. Lee and K. R. Baek, "Road-Lane Detection Based on a Cumulative Distribution

Function of Edge Direction," *J. of KIEE.*, 11(1), pp. 69-77, 2001.

- [6] S. P. Liou and R. C. Jain, "Road Following Using Vanishing Points," *CVGIP*, Vol. 39, pp. 116-130, 1987.
- [7] 설성욱, 이희봉, 김효성, 남기곤, 이철현, "히스토그램 프로젝션을 이용한 움직이는 카메라로부터의 이동 물체 추적 알고리즘", 한국 신호처리 시스템 학회 논문지, 제2권, 제4호, pp. 38-45, 2001. 10.

이 철 현

정보과학회논문지 :
제 31 권 제 2 호 참조

설 성 욱

정보과학회논문지 :
제 31 권 제 2 호 참조



김 효 성

1998년 동서대학교 전자공학과(공학사)
2000년 부산대학교 전자공학과(공학석사)
2000년~현재 부산대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 3차원 복구, 패턴인식 등

남 기 곤

정보과학회논문지 :
제 31 권 제 2 호 참조



주 재 홈

1988년 부산대학교 전자공학과(공학사)
1990년 부산대학교 전자공학과(공학석사)
1990년 1월~1992년 2월 삼성전자 가전 종합 연구소. 1992년 3월~현재 카톨릭대학교 전자계산과 조교수. 관심분야는 패턴인식, 컴퓨터 비전, 가상현실