

스테레오 영상에서 웨이블릿을 이용한 거리정보 검출

양 석주*, 백 중환*

* 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과

Distance Detection Using Wavelet in Stereo Images

Suk Ju Yang*, Joong Hwan Baek*

* Dept. of Telecomm. & Inform. Eng., Graduate School, Hankuk Aviation University
E-mail : jhbaek@mail.hangkong.ac.kr

요약문

본 논문에서는 두 대의 디지털 카메라로 측정한 근거리 차량 스테레오 영상에서 시차(disparity)를 구한 후 전방 차량의 거리를 검출하는 방법을 제시한다. 다중 해상도 특성을 가진 변형된 웨이블릿을 이용하여 차량으로 생각되는 물체의 경계선을 구한다. 이때 전체적인 특징을 고려하고, 정확한 시차를 구하기 위해 점차적으로 해상도를 높이는 coarse to fine 방법을 이용하여 히스토그램을 분석하고 이를 통하여 얻어진 좌, 우 영상의 시차를 이용하여 전방 근거리 차량의 거리를 효과적으로 검출한다.

Abstract

In this paper, we propose a method of detecting the distance between two vehicles by computing the disparity of the close-range vehicle stereo image using two digital cameras. The boundary(or edge) of the object considered the vehicle is obtained by using the modified wavelet transform which has multi-resolution characteristics. We analyze the histogram using the coarse-to-fine method considering a whole feature and increase the resolution to obtain the exact disparity. From the results, The distance of the close-range vehicle is detected effectively by using our proposed method.

I. 서론

최근 우리 나라의 도로 상황에서 차량 밀도를 고려할 때 자동차의 무인 자율 주행 핵심 기술인 주행 중 자동차의 근접거리에 존재하는 차량의 유무 검출 및 전후방 차량간의 충분한 안전 거리 계산은 차량 운전자들의 필요 및 편의성에 필수적으로 수반되는 안전 운전에 요구되어지고 있다.

근접 거리에 존재하는 물체까지의 거리를 측정하는 방법은 스테레오 비전을 이용한 방법과 레인지 센서를 이용하는 방법, 그리고 하나의 영상에 존재하는 미리 알고 있는 물체의 특징의 크기를 측정하는 방법 등이 있으며, 본 논문에서는 두 대의 카메라를 이용하여 획득된 두 개의 영상에 변형된 웨이블릿을 이용한 스테레오 비전 방식으로 전방 물체까지의 거리를 효율적으로 계산하는 방법을 제안한다.

인간의 시각 시스템을 컴퓨터로 구현하는 것이 컴퓨터 비전의 최종 목적이며, 물체의 인식과 더

불어 깊이(depth) 정보를 추출하는 것이 필수적이다. 3차원 물체 인식에 있어서 2차원 영상으로부터 3차원 정보를 추출하는 과정은 매우 중요한 단계로서 두 장 이상의 영상으로부터 깊이 정보를 추출하는 것을 스테레오 비전이라 한다[1]. 즉, 동일한 물체에 대하여 서로 다른 위치에서 획득한 좌우 영상을 정합하여 그 시차 정보를 추출하고 이를 이용하여 물체의 3차원 위치 정보를 추출하는 것이다.

일반적으로 스테레오 비전 시스템은 카메라의 공간적 모델설정 및 영상 획득, 스테레오 영상 정합(stereo image matching), 깊이 정보의 추출 및 보간 등의 일련의 과정으로 구성되며 스테레오 정합에서 두 영상 사이의 대응점을 구하는 방법으로는 영상의 밝기값을 기반으로 하는 영역 기반과 영상내의 특징점을 이용하는 특징 기반, 좌우 영상이 가지는 위상차를 이용하는 위상 기반 등이 있으며 본 논문에서는 웨이블릿을 이용한 특징점 기반을 적용하였다.

본 논문의 구성은 II장에서는 스테레오 비전 시스템의 기하학적 구조와 거리 정보를 추출하는 기법을, III장에서는 스테레오 정합을 위해 사용된 변형된 웨이블릿 변환에 대해 기술하고, IV장에서는 제안된 히스토그램을 이용한 전방 차량 검출 방법, V장 VI장에서는 실험 결과와 결론에 관하여 고찰하였다.

II. 스테레오 비전 시스템

인간의 양안(binocular) 구조에 기반한 스테레오 비전 시스템의 기본적인 원리와 거리 정보 재구성은 다음과 같다.

1. 스테레오 비전의 기하학 모델링

일반적으로 스테레오 카메라의 기하학적인 모델은 두 대의 카메라가 하나의 물체를 바라보고 있는 구조를 가지며 응용 분야에 따라 다양한 형태를 나타낸다.

그림 1에서 두 카메라가 평행하게 배치되어 있는 시스템의 기하학적 구조로서 그 원리와 특징을 알 수 있다[2].

공간상의 한 점 X가 좌우 영상에 투영되었을 때 초점 C와 C'을 잇는 선을 baseline이라 하며 초점 C, C'와 영상의 한 점 X를 지나는 점을 epipolar plane이라 한다. 이 평면과 영상면이 교차되는 부분을 epipolar lines이라 한다. 한 점에

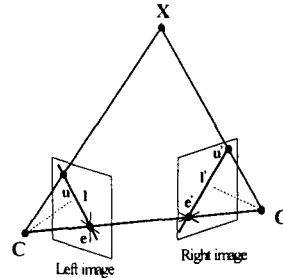


그림 1. Epipolar 기하학적 구조

대한 정합 후보는 이 점에 대한 다른 한쪽 영상에서의 에피폴라 라인 위에만 존재하는데 이를 에피폴라 구속 조건(epipolar constraint)이라 한다[3].

2. 시차에 의한 거리 정보 구성

두 카메라의 초점 거리 f가 서로 같고 광축이 서로 평행한 공간적 모델이 그림 2의 구조이다.

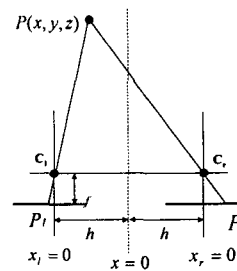


그림 2. 평행축을 가진 공간적 모델

만일 3차원 공간상 한 점 P(x,y,z)가 좌우 영상면에 투영될 때 이들 사이의 관계는 삼각형의 비례관계를 이용하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{P_l}{f} = -\frac{h+x}{z} \quad (1)$$

$$\frac{P_r}{f} = \frac{h-x}{z} \quad (2)$$

$$z(P_r - P_l) = 2hf \quad (3)$$

$$z = \frac{2hf}{P_r - P_l} = \frac{bf}{d} \quad (4)$$

여기서, f는 카메라의 초점거리이며, b는 카메라 렌즈 사이의 거리, d는 정합된 두 영상 화소간의 시차이다.

구해진 시차를 이용하여 실제 3차원 거리 정보를 검출하기 위해서는 식(4)가 사용되며, 픽셀 차에 의한 시차를 실제 거리 차로 변환하기 위해서는 식(5)을 사용하여 카메라의 영상 면에서의 크기로 재구성해야 한다.

$$d(\text{실제거리}) = d(\text{화소}) \times \frac{x}{\text{수평크기}} \quad (5)$$

여기서, x 는 실제 카메라의 영상 면의 수평 크기로 본 논문에서 사용된 CCD는 1/3"의 코닥 디지털 카메라로 6.535mm이다. 수평크기는 실제 영상축의 수평 크기이다.

III. 정합을 위한 변형된 웨이블릿 변환

스테레오 영상에서 계층적 구조를 형성하기 위해 웨이블릿 변환을 사용한다. 웨이블릿 변환된 영상은 정보의 중복이나 손실 없이 잡음이 제거된 중요 정보를 지닌 영상(LL부대역)과 수평(LH부대역), 수직(HL부대역), 대각선(HH부대역)에 지 성분을 지닌 영상으로 분할되어지므로 특징점 추출 과정을 매우 간단하게 할 수 있다.

계층적 구조에서 영상에 대한 정보들은 저해상도 계층에서 고해상도 계층으로 점진적으로 해석하는 coarse to fine 방법을 이용하여 전체적인 특징을 고려하고, 점차적으로 해상도를 높여 정확한 시차값을 추정한다.

스테레오 정합에서 좌우 영상 사이에 시차가 존재 할 때 필터링 된 결과가 위치 변화만이 나타날 때 이동성이 유지된다고 할 수 있다[4].

그림 3은 2차원 영상을 다해상도 분해로 이동성을 유지하기 위한 변형된 웨이블릿 변환 과정이다.

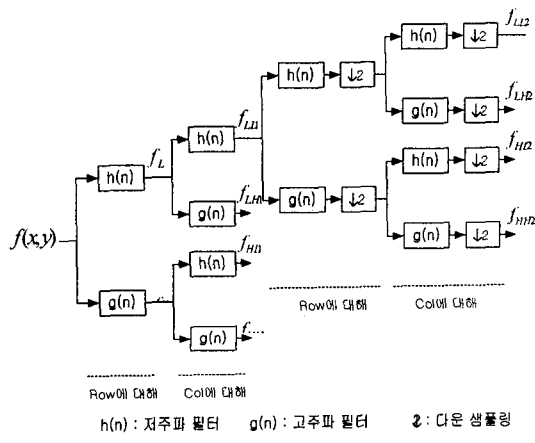


그림 3. 변형된 웨이블릿 변환 블록도

웨이블릿 변환이 x축과 y축에 대하여 separable 하기 때문에 먼저 1 단계에는 다운 샘플링을 생략하고 행에 대해 두 개의 필터(저주파 필터, 고주파 필터)를 사용하여 영상을 분해하고 출력된 영상에 다시 열에 대해서 필터를 사용하여 분해한다. 2단계부터는 다운 샘플링을 거친 후 필터를 사용하여 영상을 분해한다.

그림 4는 실제 영상과 3단계 변환 과정이 적용된 결과 영상이다.

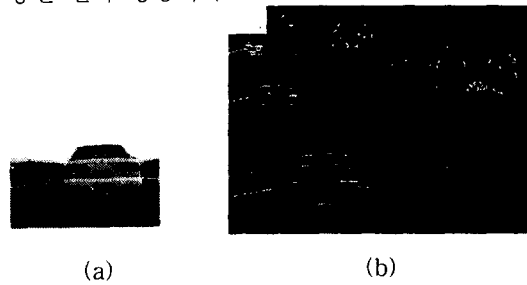


그림 4. 3m에서의 좌측 영상 (a) 320×240 영상 (b) 3단계 웨이블릿 변환 후 영상(640×480)

IV. 히스토그램을 이용한 전방 차량 거리 검출

입력된 스테레오 영상에는 검출하고자 하는 도로상의 물체뿐만 아니라 가로수, 표지판 등 우리의 관심 외적인 요소들이 함께 존재한다. 그러므로, 영상처리 관심 영역을 전체 영상에서 차량이 위치한 도로면 만으로 한정한다면 보다 효율적인 장애물의 검출이 가능하다.

카메라의 중심이 가지는 선을 지평선(vanish line)으로 정의하고 카메라로부터 대략적인 차선 폭을 검출하여 이 영역에서 장애물을 검출하게 된다.

계산량과 처리시간 감소를 위하여 영역을 제한하고, 제한된 영역에서의 히스토그램 분석을 통하여 전방 차량 거리를 검출하는 알고리즘은 다음과 같다.

1단계-입력된 좌우 영상에 변형된 웨이블릿 3레벨 변환.(그림 4b)

2단계-분해된 3레벨의 HL3의 수직 에지 계산.

3단계-수직 에지를 projection하여 x축에 대한 누적 히스토그램 생성 및 전방의 중심에 가중치를 주기 위해 가우시안 함수 적용.

4단계-3레벨 좌우 HL3의 에지차 계산.

5단계-HL3의 시차의 4배에 임계치를 주고 1레벨 스캔 범위 설정.

6단계-원영상과 같은 해상도를 가진 1레벨 좌우 HL1에서 누적 히스토그램 생성 및 가우시안 함수 적용.(그림 5)
 7단계-좌영상의 최대 히스토그램을 5단계의 범위 내에서 우영상의 히스토그램과 비교.
 8단계-원영상의 해상도를 가진 HL1에서 정확한 시차 검출.
 8단계-식(4,5)를 이용하여 근거리 장애물 실제 거리 계산.

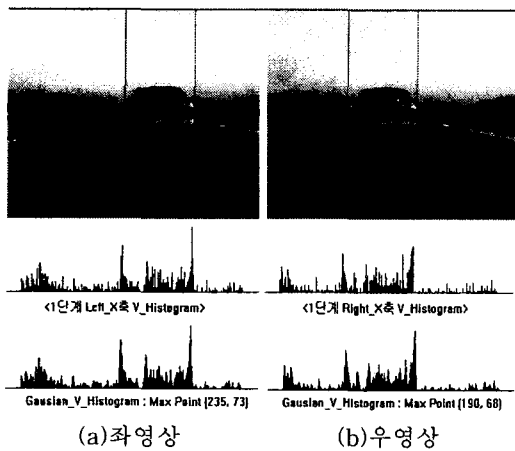


그림 5. 좌우 영상(9m)-HL1에서의 누적 히스토그램과 가우시안 적용 히스토그램

V. 실험 결과

실험을 위한 스테레오 영상은 코닥 디지털 카메라로 한 대의 자동차를 3m씩 변화시키면서 3-18m의 거리를 측정하였다. 영상의 크기는 320×240, 초점 거리는 12mm, 두 카메라 사이 거리는 50cm, 카메라 높이는 73cm를 사용하였다.

본 논문에서 제안한 거리 검출 과정은 그림 6과 같다.

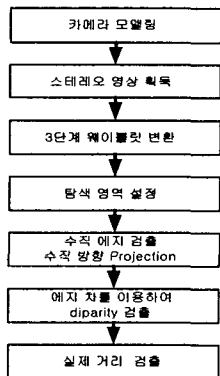


그림 6. 차량간 거리 검출 과정

그림 7은 제안된 전방 차량 거리 검출의 결과 그래프이다.

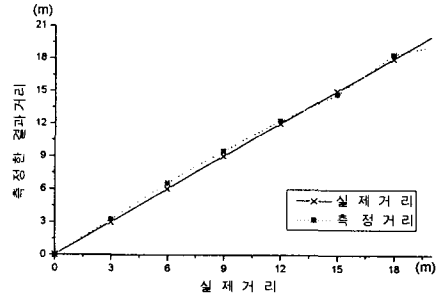


그림 7. 전방 차량 거리 검출 결과

VI. 결론

본 논문에서는 공간과 주파수 정보를 동시에 해석하는 웨이블릿의 다해상도 영상 분해와 수직 히스토그램을 사용하여 전방 차량 거리 검출에 효율적인 알고리즘을 제안하였다.

이 알고리즘은 전방에 오직 한 대의 자동차만을 검출하여 저해상도를 이용한 탐색 영역 설정으로 신속하게 수직축 에지를 검출하도록 함으로써 탐색 시간이 감소되며 실제 거리 검출 결과의 오차는 3m에서는 0.23m, 18m에서는 0.36m로 측정되었다. 추후 연구 방향으로서는 여러 대의 자동차가 전방에 있는 경우에 차량간 거리 검출에 대해 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Olivier Faugeras, "Three-Dimensional Computer Vision", The MIT Press, 1933 pp. 165-240
- [2] Yoshiaki Shirai, "Three-Dimensional Computer Vision", Springer-Verlag, 1987
- [3] M. Sonk. V. Hlavac, R. Boyle, "Image Processing, Analsys, and Machine", PWS Publishing, 2nd Edition, pp. 476-483, 1999.
- [4] E. P. Simoncelli, W. T. Freeman, "Shifttable multiscale transforms", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-no. 2, pp. 587-607, Mar. 1992.