

## 스테레오 비전을 이용한 거리측정

김치승\*, 유제연\*, 염승훈\*, 강민정\*, 이충호\*, 김진환\*\*, 허욱열\*  
 인하대학교\*, 인하공업전문대학\*\*

### Distance Measurement using Stereo Vision

Chi-Seung Kim\*, Je-Yeon Yoo\*, Seung-Hoon Yeom\*, Min-Jung Kang\*,  
 Choong-Ho Lee\*, Jin-Hwan Kim\*\*, Uk-Youl Huh\*  
 Inha University\*, Inha Technical College\*\*

**Abstract** - In this paper, the distance from the camera to the object is measured by using stereo camera. The stereo camera acquires two images which have a disparity from left and right camera. The disparity could be calculated by stereo matching of two images and using the disparity, the distance was calculated by triangular method. The distance estimation was carried out as widen the distance from the camera to the object with several operation methods of stereo matching. The result of experiment was under 10 percent error compared with the real distance. Therefore, by using this result, stereo camera would be adapt to the object tracking robot research or any other related area.

#### 1. 서 론

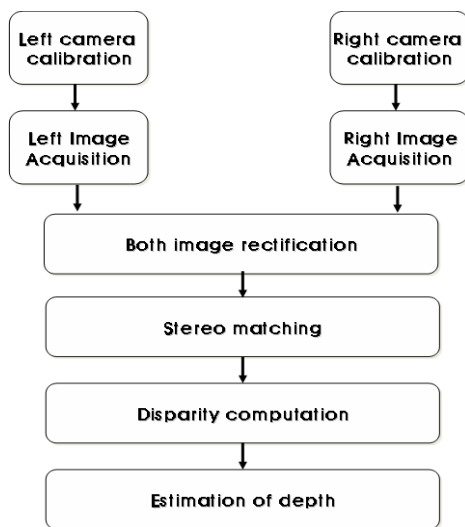
최근 3차원 그래픽 기술과 스테레오 비전 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 3차원 영상 기술이 발전함에 따라 3차원 응용분야에 대한 관심이 고조되고 있는데 3차원 영상 응용분야를 구현하기 위해서는 스테레오 비전에 대한 기술을 사용해야 한다[1]. 스테레오 비전은 컴퓨터 비전에서 가장 광범위하게 연구되고 있는 분야이며 이는 사람의 눈이 사물에 대한 거리를 망막에 맺히는 상의 양안시차를 이용하여 인지하듯이 같은 장면의 두 영상에서 정합되는 점들을 찾아 이 점들의 차이인 disparity를 이용하여 거리정보를 얻을 수 있다.

disparity를 구하는 과정은 같은 장면의 두 영상에서 정합되는 점을 찾는 스테레오 매칭을 통하여 이루어지며 본 논문에서는 세 개의 매칭 방법인 NCC, SAD, SSD 방법을 이용한다[2]. 구하여진 disparity를 이용하여 거리를 계산해, 물체와 카메라와의 거리가 멀어질수록 각각의 연산방법에 따른 정확도를 비교한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 스테레오 비전 시스템을 이용한 거리측정 절차

스테레오 비전시스템을 이용한 전체적인 절차는 다음 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 거리측정을 위한 흐름도

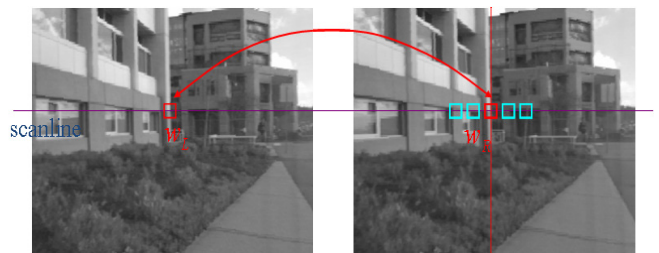
먼저 두 개의 영상을 얻기 전에 카메라의 내·외적인 기하학적인 특성 때문에 발생하는 오류를 방지할 목적으로 영상을 처리하기 전에 반드시 수행되어야 하는 카메라 보정(Calibration)을 거친 후 두 개의 카메라로부터 이미지를 받아오며 스테레오 매칭 시 수행되는 계산량을 줄여주기 위해 두 개의 이미지의 스캔라인을 맞춰주는 Rectification 과정을 거친다[3]. 이와 같은 과정을 거친 두 개의 이미지는 스테레오 매칭을 통해 disparity를 구하게 되고 이는 다시 실제거리를 구하기 위해 삼각측량법에 사용된다.

##### 2.2 스테레오 매칭

좌, 우측 영상으로부터 대응점을 찾는 스테레오 매칭을 통하여 disparity를 구하는 것은 스테레오 영상 처리에서 꼭 필요한 과정이며 정합방법의 선택은 성능을 결정짓는 매우 중요한 문제이다. 일반적으로 스테레오 정합방법은 특징기반 정합과 영역기반 정합 방법으로 분류가 되는데 본 논문에서는 정합창(matching window)을 이용한 영역기반 정합을 사용하였다[4].

영역기반 정합은 그림 2에서 보여주는 것처럼 좌, 우 두 영상 중 하나의 영상을 기준으로 정하고 다른 영상을 탐색 영상으로 정한 후 기준 영상의 모든 화소에 대해 탐색 영상에서 대응점을 찾는 방법이다. 이 때 영상의 모든 영역을 탐색하기보다는 이전에 Rectification과정을 거쳐서 두 영상의 스캔라인을 맞췄으므로 스캔라인에 맞춰 탐색영역을 설정한 후 탐색영역 위를 따라 유사도를 검사하게 된다. 대응점을 찾는 방법은 기준영상과 탐색 영상 내에 정합창을 설정하여 창 내의 유사도가 가장 큰 화소를 대응점으로 얻는다. 유사도가 최대값을 가질 때의 탐색 범위 값은 기준 영상에 찍힌 물체의 위치와 탐색 영상에 찍힌 물체의 위치가 탐색 범위만큼 떨어져 있다고 할 수 있다. 그리고 여기서 구한 탐색 범위가 우리가 구하려는 한 화소에 대한 disparity값이 된다.

정합창을 이용한 스테레오 매칭 중 가장 널리 사용되고 있는 SAD (Sum of Absolute Differences), SSD (Sum of Squared Differences), NCC (Normalized Cross-Correlation) 방법을 이용하여 disparity를 추정하였다.



〈그림 2〉 정합창을 이용한 영역기반 스테레오 매칭

##### 2.2.1 SAD (Sum of Absolute Differences)

SAD 방법은 화소들 간의 밝기 차이를 이용하여 영상의 유사도를 계산하는 방법으로 수식(1)을 이용한다.

$$SAD(x, y, d) = \sum_w |R_{x,y} - L_{x+d,y}| \quad (1)$$

이때,  $R_{x,y}$ ,  $L_{x,y}$ 는 각각 오른쪽 영상 및 왼쪽 영상의  $(x, y)$  위치에서의 화소의 밝기값을 나타내고  $w$ 는 오른쪽 영상의 위치  $(x, y)$ 와 이에 대응하는 왼쪽 영상의 위치  $(x+d, y)$ 를 중심으로 하는 일정한 크기의 정합창을 나타낸다. 여기서 왼쪽 영상의  $(x+d, y)$  위치는 오른쪽 영상의  $(x, y)$  위치의 화소와  $x$ 축 방향으로  $d$ 만큼의 거리에 떨어져 있음

을 나타낸다. SAD 방법은 화소들 간의 밝기 차이만 이용하기 때문에 영상의 유사도가 클수록 작은 값을 가지게 된다.

### 2.2.2 SSD (Sum of Squared Differences)

SSD 방법은 SAD 방법과 같이 화소들 간의 밝기 차이를 이용하여 영상의 유사도를 계산하는 방법으로 수식(2)을 이용하여 구하게 된다.

$$SSD(x, y, d) = \sum_w [R_{x,y} - L_{x+d,y}]^2 \quad (2)$$

SSD 방법 역시 SAD와 같은 방법으로 유사도가 클수록 작은 값을 가지게 된다.

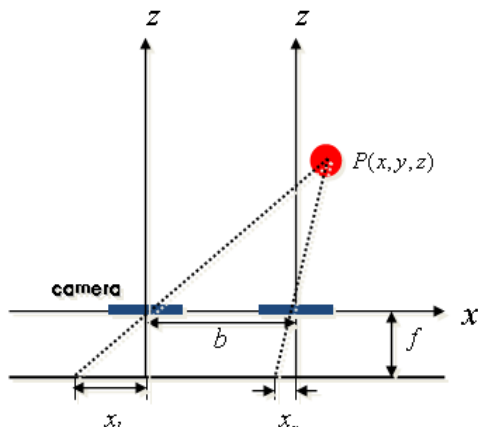
### 2.2.3 NCC (Normalized Cross-Correlation)

NCC 방법은 화소들 간의 밝기 차이를 이용하는 것이 아니라 화소들 간의 상관관계를 이용하는 방법으로 수식(3)을 이용하여 구할 수 있다.

$$NCC(x, y, d) = \frac{\sum_w [R_{x,y} - \overline{R_{x,y}}] \times [L_{x,y} - \overline{L_{x,y}}]}{\sqrt{\sum_w [R_{x,y} - \overline{R_{x,y}}]^2 \times \sum_w [L_{x,y} - \overline{L_{x,y}}]^2}} \quad (3)$$

여기서  $\overline{R_{x,y}}$ 는 오른쪽 영상에서  $(x, y)$ 를 중심으로 하는 일정한 크기의 정합창 내의 화소들의 평균값을 의미한다. NCC 방법은 화소들 간의 상관관계를 이용하기 때문에 SAD, SSD 방법과 반대로 화소들 간의 유사도가 클수록 큰 값을 갖고, 세 가지 방법 중 가장 높은 정확도를 갖는 반면 연산이 다소 복잡하여 처리시간이 더 오래 걸리는 단점이 있다.

### 2.3 삼각측량법을 이용한 거리계산



<그림 3> 스테레오 비전 시스템의 구성

그림3과 같이 스테레오 카메라 앞에 물체 P가  $(x, y, z)$  위치에 놓여 있을 때 좌, 우 카메라 영상에 투영되는 x 좌표들을  $x_l, x_r$ 이라고 하고 카메라의 초점거리( $f$ ), 두 카메라의 거리( $b$ )라 하면 삼각비를 이용한 삼각측량법에 의해  $x_l, x_r$ 은 식(4)와 같고 이를 이용하여 실제 거리 카메라와 물체의 거리  $z$ 는 식(5)와 같다.

$$x_l = \frac{fx}{z}, \quad x_r = \frac{f(x-b)}{z} \quad (4)$$

$$z = \frac{f \times b}{x_l - x_r} \quad (5)$$

여기서 분모에 있는  $x_l - x_r$ 의 값은 스테레오 매칭을 통해 구한 disparity 값을 대입하여 카메라와 물체와의 거리를 계산 할 수 있다.

### 3. 실험결과

스테레오 카메라를 이용한 거리측정을 위한 실험은 그림4와 같이 카메라 정면에 공을 놓고 거리에 따른 스테레오 매칭 방법을 달리하며 거리 측정을 수행 하였다. 실험 시 사용한 카메라는 초점거리( $f$ )=3.8mm, 두 카메라의 거리( $b$ )=12cm인 Bumblebee2를 이용하여 320\*240 size의 이미지를 얻어 카메라와 공과의 거리를 계산하여 실제 거리와 비교하였다.



(좌) (우)  
<그림 4> 스테레오 카메라로 얻은 영상

그림4의 사진은 calibration 과정을 거친 카메라로 이미지를 얻은 후 Rectification과정 까지 거친 이미지이다.

<표 1> 거리측정 결과

실제거리(m)	정합방법		
	NCC	SSD	SAD
0.9	0.896	0.905	0.887
1.2	1.225	1.236	1.298
1.5	1.472	1.517	1.518
1.8	1.838	1.862	1.635
2.1	2.081	2.164	1.884
2.4	2.538	2.455	2.491
2.7	2.724	2.781	2.804
3.0	2.957	3.100	2.767
3.3	3.259	3.400	3.206

표1은 세 가지 방법에 따른 카메라와 공과의 거리를 측정된 결과이다. 오차는 전부 10% 미만이었으며, NCC 방법이 다른 방법들보다 높은 정확도를 보였고 SAD 방법이 가장 낮은 정확도를 보였다. 이는 식(1), (2)에서 보듯이 SSD는 좌, 우 이미지의 화소 밝기의 차에 제곱을 해서 SAD보다 매칭 성능을 높이기 때문이다. 또 거리가 멀어질수록 이미지에 나타나는 공의 영상이 작아져서 그만큼 공의 정보를 적게 가지게 되므로 오차가 점차 커진다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 현재 스테레오 카메라를 이용한 물체추적 로봇에 관한 연구를 하고 있는 과정의 선행되는 부분으로 사람의 눈과 같이 양안시차가 존재하는 스테레오 카메라를 이용하여 카메라로부터 일정한 거리를 두고 떨어져있는 물체에 대한 거리를 측정하는 연구를 하였다. 거리 계산에 사용되는 disparity를 구하기 위해 NCC, SAD, SSD의 세 가지 방법을 이용하여 두 카메라에 의해 얻어진 이미지의 유사도를 계산함으로써 두 이미지의 대응점을 찾는 스테레오 매칭을 수행하였다. 실험결과 세 가지 방법에 의해 얻어진 값은 실제 값과 10% 미만의 오차를 보였고 이는 물체추적 로봇 연구에 충분히 응용될 수 있는 결과를 보였다. 좀 더 정밀한 제어를 위한 오차를 줄이기 위해 카메라로부터 얻어진 이미지의 왜곡을 최대한 줄여주는 이미지처리 과정이나 스테레오 매칭 시 발생할 수 있는 오차를 줄여주는 과정이 수행된다면 오차를 더 줄일 수 있을 것이라 예상된다.

### 감사의 글

본 연구는 지능로봇을 위한 병렬처리 기반의 3D MFMB 비주얼 서보잉(과제번호 R01-2007-000-20358-0)연구로 과학기술부 기초과학연구 사업단의 지원에 의해 수행되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이범중외, "스테레오 매칭을 통한 시차 맵 생성 및 홀 메우기", 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, Vol.34, pp.424~427
- [2] D. Scharstein and R. Szeliski, "A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms", IJCV, 2002
- [3] David A. Forsyth, Jean Ponce, Computer Vision, pp.234~237, 2003
- [4] Han-Suh Koo, Chang-Sung Jeong, "AnArea-Based Stereo Matching Using Adaptive Search Range and Window Size.", Proceedings of the International Conference on Computational Science-Part II, pp.44~56, 2001