

# 일반화 대칭변환을 이용한 스테레오스코픽 영상 매칭점 검색

기명석\*, 김규현\*,  
\*한국전자통신연구원 방송미디어연구부  
e-mail : serdong@etri.re.kr

## Stereoscopic matching using the generalized symmetry transform

MyungSeok Ki\*, Kyuheon Kim\*\*  
\*Dept. of Broadcasting Media Technology, ETRI

### 요 약

스테레오스코픽 영상은 스테레오스코픽 카메라를 이용하여 좌 영상(left image)과 우 영상(right image)을 동시에 획득하는 것으로 사람의 눈으로 보는 것과 같은 입체감을 얻을 수 있는 것을 특징으로 한다. 스테레오스코픽 영상에서 객체의 깊이값을 구하기 위해서는 영상의 정합점을 찾는 것이 중요한데, 본 논문에서는 일반화 대칭변환(generalized symmetry transform) 알고리즘을 적용하여 스테레오스코픽(stereoscopic) 영상의 정합점(correspond points)을 찾는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 먼저 좌 영상과 우 영상에 대해 에지(edge), 코너 검출 방법을 통해 특징점(feature point)을 검출하고 각 특징점들을 중심으로 사각 영역을 설정하고 이 범위내의 에지들이 갖는 대칭도(symmetry magnitude)를 특징점의 위치에 누적시킨다. 좌영상의 대칭도를 구한 결과를 우 영상의 에지들의 대칭도와 비교를 수행해 임계치(threshold) 이하의 값을 가진 점들을 정합 후보로 선택한다. 이 정합 후보들을 영역내의 반지름 단위의 대칭도 비교를 통해 더욱 세분화된 비교를 수행하고 만약 이와 같은 과정을 통해서도 정합점을 찾지 못한다면 정합 후보들에 대해 칼라 정합도를 측정하여 최종적으로 정합점을 검출한다. 제안한 알고리즘을 이용한다면 특징점만을 이용하여 검색을 수행했을 때보다 더욱 정확한 정합점을 구할 수 있다.

### 1. 서론

스테레오스코픽 정합은 이미지로부터 깊이 지도(depth map)을 얻는데 유용한 방법이며, 이러한 스테레오스코픽 이미지 매칭을 구하는 것은 컴퓨터 비전의 중요 연구 분야이다. 그러나 연속된 이미지나 또는 스테레오 이미지로부터 3 차원 정보를 완벽하게 얻어내는 것은 쉽지 않으며 인간의 능력에 비급하게 발전된 알고리즘은 존재하지 않는다. 이미지로부터 3 차원 정보를 얻어내는 작업 중 가장 힘든 것은 각각의 서로 다른 이미지로부터 정합점을 찾아내는 것이며 소위 이것을 정합점 문제(correspondence problem)이라고 한다. 이것은 스테레오 스코픽으로 촬영된 영상이라도 기하학적 특징이 생기기 때문이며, 또한 빛의 상태,

노이즈로 인해서도 영상사이에서 기하학적 변형이 존재하기 때문에 두 장의 스테레오 스코픽 영상은 보이는 모양이 서로 달라지게 된다. 스테레오 스코픽의 정합점을 찾는 작업은 크게 두 분류로 진행되어 왔다. 첫 째 영역에 기반한 방법(area based methods), 두 번째 특징에 기반한 방법(characteristics based methods)이며, 영역 기반 방법은 두 영상에서 오류 영역이 추출되거나 추출된 영역의 수가 불일치 할 때 정합 오류가 발생하는 점을 단점으로 지적하고 있다. 즉 영역 기반 방법은 크게 변형되어 있는 영상에서도 뛰어난 능력을 보이지만 특징 영역을 감지하는 데는 문제를 보인다.

영상의 특징에 기반한 방법은 에지점, 코너점, 경계선 등을 이용하여 영상을 매칭하는 방법이다. 이러한

특징점들을 이용하여 정합점을 검색하기 위해서는 특징점 간의 상관관계를 설정해야 하고 모든 특징점들을 전부 검색해야 하는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 특징점과 영역에 기반한 방법들이 가지고 있는 단점들을 보완하고, 특징점과 영역이 갖는 특징을 결합하여 효과적으로 정합점을 검색하고자 한다. 먼저 영상내에서 특징점을 검색하고 이 특징점을 중심으로 일정한 크기의 윈도우를 설정한 뒤, 영역내에 포함되는 에지들의 대칭도를 특징점에 누적시킨다. 좌 영상의 특징점을 우 영상에서 찾고자 한다면 좌 영상 특징점의 대칭도를 우 영상과 비교하여 대칭도가 가장 유사한 영역을 후보 영역으로 선출한다. 후보 영역이 다수 존재할 경우는 후보 영역들의 대칭도를 세분화 하여 분석하게 된다. 이와 같은 과정을 거친 후에도 후보 영역이 여럿 존재한다면 이를 구분하기 위해 색차 정보의 유사성을 이용하여 정합 영역을 최종 선출하게 된다.

### 2. 영상의 특징점

특징점은 영상내의 장면을 설명할 수 있는 점이여야 한다. 특징점이란 영상 안의 물체가 가지고 있는 코너 점(Corner Point)이나 주변 화소에 비해 큰 밝기의 변화를 갖는 화소와 같은 점으로써 이 점은 영상 안에서 다른 점들과 구별되어지는 점이다. 이러한 특징점은 여러 방향에서의 높은 미분 값을 갖는 점으로 정의되기도 하고, 특정 변환에 불변의 성질을 갖는 점으로 정의되기도 하는 등 여러 가지로 정의될 수 있다. 특징점들이 주는 정보는 이미지 전체를 인식하는 작업보다는 간단하지만 데이터의 양을 줄이는 데는 매우 효과적이다. 특징점은 몇 가지 특징을 가지고 있다. 먼저 이러한 점들은 영상내에 두 개 이상 존재하지 않아야 하며 이러한 특징들은 영상내에서 정합점들을 더 빠르고 정확하고 신뢰성 있게 찾는데 활용된다.

영상내의 특징점이 갖는 특징은 다음과 같다.

- 위치 안정성(Position Stability) : 특징점들은 사신의 광도에 의한 기하학적 변형에 대해서도 안정적인 위치를 가지고 있어야 한다.
- 정보의 의미성(High semantic content) : 이러한 특징점 주위에는 많은 정보들이 존재한다.(contrast, main directions of the contours, intersection of surfaces with different properties), 이러한 특징들은 정합점을 찾는데, 신뢰성을 가지며 애러를 줄일 수 있다.
- 영상 내의 희소성(Low density in images) : 좀 더 빠른 스피드를 위해서 필요

### 3. 시스템 개요도

본 논문에서 스테레오 스코픽 영상에서 매칭점을 찾는 개요도는 그림 1 과 같다.

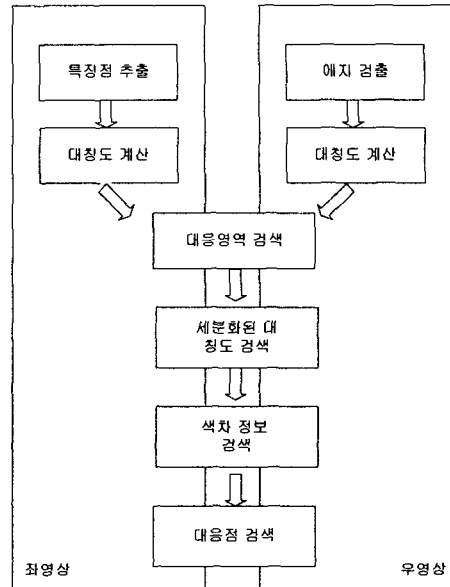


그림 1

그림의 두 장의 영상은 스테레오스코픽 카메라를 통해 촬영된 좌 영상과 우 영상이다. 각 영상은 캐니 에지 오퍼레이터와 같은 에지 추출기에 의해 특징점이 추출된다. 추출된 특징점들에 대해 그 점을 중심으로 일반화 대칭변환을 수행한다. 일반화 대칭변환은 픽셀간의 대칭성을 어떤 한 점으로 누적 시키는 것으로 이러한 대칭도는 영상내의 에지의 분포에 따라 달라진다.

좌 영상과 우 영상의 대칭도 계산이 끝나면 좌 영상의 특징점을 우 영상의 에지들에서 검색한다. 이때 가장 비슷한 대칭도를 가지는 점들이 정합 후보이며 점들이 다수라면 대칭도를 반지름 단위로 세분화하여 다시 비교를 수행한다. 위와 같은 영역의 대칭성 계산과 색차정보 검색을 통해 구해진 대응점은 영상내의 어떠한 점의 깊이값을 구하는데 이용된다.

### 4. 일반화 대칭변환

Reisfeld 가 제안한 일반화 대칭변환은 먼저 외곽선 성분을 추출하여 외곽선의 각 화소의 명도변화의 크기와 방향을 이용하여 일정 영역 내에서 각 화소들의 대칭 기여도를 누적하여 영상에서 대칭성이 강한 부분을 부각 시키는 것을 그 목표로 한다. 영상에서의 각각의 화소를  $p_k = (x_k, y_k)$  라 할때 ( $k=1, \dots, K$ ) 화소  $p$  에서의 대칭 정도를 의미하는 대칭도  $M_\sigma(p)$  는

$$M_\sigma(p) = \sum_{(i,j) \in \Gamma(p)} C(i,j) \tag{1}$$

$$\Gamma(p) = \left\{ (i, j) \mid \frac{p_i + p_j}{2} = p \right\} \quad (2)$$

$$C(i, j) = D_\sigma(i, j)P(i, j)r_i r_j \quad (3)$$

$$D_\sigma(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (4)$$

$P(i, j) = [1 - \cos(\theta_i + \theta_j - 2\alpha_{ij})] \times [1 - \cos(\theta_i - \theta_j)]$  와 같이 구할 수 있다. 식에서  $r_i$  와  $r_j$  는 위치  $(x_i, y_i)$  와  $(x_j, y_j)$  에서의 화소  $p_i$  와  $p_j$  의 명도변화 크기를,  $\theta_i$  와  $\theta_j$  는 화소  $p_i$  와  $p_j$  의 명도변화 방향을,  $\alpha_{ij}$  는 화소  $p_i$  와  $p_j$  를 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도를,  $\sigma$  은 대칭 마스크의 크기를 각각 의미한다. 대칭 기여도  $C(i, j)$  는 두 화소의 명도변화 방향이 서로 대칭일수록, 두 화소의 거리가 가까울수록, 두 화소의 명도변화가 클수록 큰 값을 가지게 된다. 일반적으로 물체는 그 물체의 외형이 대칭인지 아닌지에 상관없이 높은 대칭성을 가지게 되는데 즉, 물체의 내부점에서 높은 대칭도가 나타나므로 이러한 대칭점을 구함으로써 물체를 검출할 수 있게 된다. 그림 2 는 일반화 대칭 변환의 개념도를 보인다.

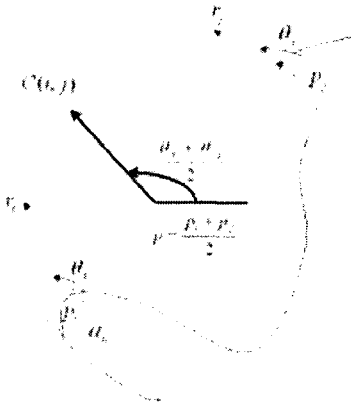


그림 2

### 5. 일반화 대칭 알고리즘을 이용한 매칭점 검출

스테레오스코픽 영상의 좌우 영상에 SUZAN 코너 검출 방법을 적용했을 때 두 영상에서는 다수의 특징점들이 검출된다. 그러나 정합점 검출을 위해 특징점을 이용하는 작업은 많은 문제점을 가지고 있다. 특징점을 이용한 방법은 추출된 특징점에서 정확한 일치점을 용이하게 찾을 수 있으나, 특징점의 변형에 민감한 반응을 보일 뿐만 아니라 특징점 이외의 영역에서는 변이를 구할 수 없다. 따라서, 보간(interpolation) 과정을 거쳐야 하며 보간 과정에서 특징점 이외의 영역은 실제 물체의 표면과 무관하게 처리되며, 이 방법은 많은 계산량이 요구된다. 본 논문에서

서는 특징점 하나만을 이용한 비교시 발생하는 단점을 보완하기 위해 일반화 대칭 변환 알고리즘을 이용하여 특징점 단위 비교의 단점을 보완한다. 그림 3 는 영상내의 어떤 특징점에 대해 대칭도를 구하는 방법이다.

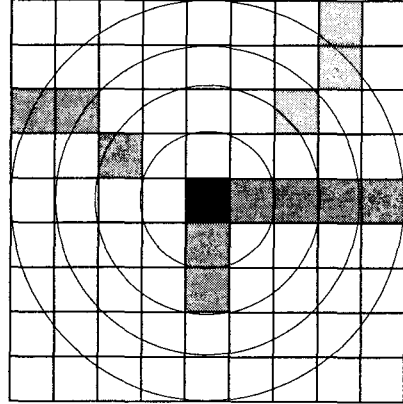


그림 3

영상 내에 특징점이 존재한다면 특징점 주위에 일정한 크기의 사각 영역을 설정한다. 특징점 주위로 반지름을 증가 시키면서 반지름의 범위에 포함되는 에지들의 대칭도를 구한다. 구해진 대칭도 값은 리스트에 저장된 후 특징점에 그 결과를 누적시킨다. 에지들의 대칭도란 에지들의 대칭 관계를 어느 한 점으로 누적시키는 것으로써 대칭도를 구함으로써 어느 한 점에서 그 주위의 에지들이 가지는 특징을 구할 수 있다. 이 과정을 통하여 특징점이 갖는 정보는 그 특징점 좌표를 중심으로 하는 사각 영역 내의 대칭도의 총 누적값과 각각의 반지름 내에서의 대칭도의 값이다.

일반화 대칭성을 이용하여 특징점에 대한 대칭성을 구하였다면 우 영상에서 부합되는 매칭점을 찾는 것은 다음과 같다.

본 논문에서는 스테레오스코픽 영상의 매칭점은 에피플라 선상에 존재한다는 가정 하에 좌 영상과 우영상의 차이가 수평축에 대한 변환만이 존재한다.

같은 수직 좌표를 갖는 우 영상의 에지들에서 좌 영상의 특징점 좌표의 대칭도 누적값과 임계치 이하의 유사성을 갖는 에지들을 정합 후보로 검색한다. 이때 검사 대상이 되는 에지들을 크기 순으로 정렬하고 이항 검색을 적용하여 검색 속도를 줄인다.

$$|M_\sigma(p) - M_\sigma(p')| \leq \tau \quad (5)$$

$p$  와  $p'$  는 각각 좌 영상과 우 영상 좌표이며  $\tau$  는 임계치 값이다.

임계치 이하의 매칭 대상 후보로 검출된 특징점은 누적값이 아닌 반지름 단위의 대칭값과 비교된다.

$$e(p) = \sum_r |M_r(p) - M_r'(i, j)| \quad (6)$$

$M_r(p)$ 는 좌 영상에서 반지름 이  $r$  일때의 대칭도이며  $M_r'(p)$ 는 우 영상에서 반지름  $r$  일 때의 대칭도이다.

만약 반지름 단위의 대칭성 검사후에도 남는 후보가 둘 이상 존재한다면 특징점 주위의 칼라 정합도를 계산하여 최종 선택하며 그 정합도는 다음과 같다.

$$e_{region} = \sum_{region} |I(x, y) - I'(x, y)| \quad (7)$$

## 6. 결론

본 논문에서는 스테레오스코픽 영상의 깊이값을 구하기 위한 정합영역을 찾기 위해 일반화 대칭 알고리즘을 적용 하였다. 이 알고리즘은 물체의 에지값들의 대칭성을 에지 내부에 누적 시켜 특징점 주위의 패턴을 수치화 한다.

특징점을 중심으로 주위의 에지값들의 대칭성을 누적 시키면 특징점 하나만을 이용했을 때 나타나는 정보의 부족을 보완할 수 있고, 또한 에지들이 가지는 대칭성을 구함으로써 영상이 가지는 특징을 강조하는 효과를 얻을 수 있다. 특징점의 대칭도 누적을 이용하여 발견된 정합 후보들은 다시 반지름 단위의 대칭도의 비교를 통해 더욱 정확하게 정합점을 찾을 수 있다. 이러한 과정을 통해서도 후보 정합 영역이 하나 이상 남는다면 특징점 주위의 칼라매칭을 통해 그 매칭 정확성을 더욱 높일 수 있다. 본 논문의 알고리즘을 이용함으로써 특징점 단위의 정합 방법이 갖는 문제점을 해결 할 수 있을 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- [1] Richard Szeliski " A Multi-View Approach to Motion and Stereo" , Microsoft Research Technical Report ,July 19, 1999.
- [2] Miguel Las Heras, Josep Amat " Vision System with Depth Obtaining Capabilities"
- [3] Jong-Il Park, Seiki Inoue " Acquisition of sharp depth map from multiple cameras" , Signal Processing Imaging Communication 14, 1998, pp. 7-19.
- [4] D. Reissfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free attentional operators : The generalized symmetry transform.", International Journal of Computer Vision, vol. 14, pp. 119-130
- [5] 서강, 쫘지 사부로 저, 조강현. 유범재 공역 "3 차원 비전." 대영사, 2000