

경계선의 특정 기준점과 적응적 윈도우를 기반으로 한 변위 추정

노윤항^U* 고병철* 변해란* 유지상**
연세대학교 컴퓨터과학과*
광운대학교 전자공학과**
yhrho@aipiri.yonsei.ac.kr soccer1@aipiri.yonsei.ac.kr
hrbyun@aipiri.yonsei.ac.kr jsyoo@daisy.gwu.ac.kr

Disparity estimation based on edge fiducial points and adaptive window

요 약

본 논문에서는 스테레오 영상으로부터 변위를 추정할 수 있는 다양한 방법들 중 특정 기반 방식과 영역 기반 방식의 각각의 장점들을 살리고 단점들을 보완하기 위한 방법을 제안한다. 영상의 경계선을 이루는 특징점들은 전체 영상의 5% 내외의 소수로 추출되면서도 많은 양의 영상 정보를 가지고 있으므로, 이 점들에 대해 일정한 매칭 과정을 통해 대응점을 구하고, 이 중 90% 이상의 정확성 매칭 확률을 가진 대응점들을 영상으로 기준점으로 설정한다. 그리고 이러한 기준점 이외의 점들에 대해서는 추출된 기준점들의 순서에 맞추어 Ordering Constraint를 적용시키고 기준점에 따라 블록의 크기가 달라지는 영역 기반 방식을 적용하여 조밀한 변위를 추정하였다. 이렇게 함으로써 영역 기반 방식과 특징 기반 방식의 각각의 장점들을 이용하면서도 특징기반 방식의 문제점인 보간법 문제를 해결하였고, 또한 블록의 크기 따라 계산 시간과 정합 오차가 많이 좌우되는 영역 기반 방식의 단점들을 해결하였다. 또한 기준점을 이용하여 Ordering constraint 기반하에 영역 정보를 이용하므로 좀 더 올바른 순서 조건에 맞추어 대응점을 찾을 수 있고 또한 폐색 영역 부분도 쉽게 찾을 수 있었다

1. 서론

최근 들어 3차원 영상에 대하여 많은 관심들이 높아지면서 3차원 영상을 만들 수 있는 기술들이 주목받아 오고 있다. 본 논문에서는 3차원 영상 기법 중 2차원 영상을 사용하여 3차원 모델을 구현할 수 있는 스테레오 정합 방법을 제안한다. 스테레오 정합이란 인간의 양안 시차를 이용하는 것으로 인간의 좌,우 두 눈처럼 서로 다른 위치에 두 대의 카메라를 부착하고, 이로부터 얻어진 두 개의 2차원 스테레오 영상을 이용하여 3차원 모델을 만드는 것이다. 이것은 3차원 상의 임의의 한 점이 에피폴라 제약 조건을 만족하고, 동일 직선상에 설계된 두 개의 카메라에 비춰질 때 2차원 영상에 맺힌 각각의 두 점은 대응 위치에 차이를 보이게 되므로, 이러한 두 대응점간의 거리 차이인 변위(disparity) 정보를 구하여, 두 카메라 렌즈 사이의 중심 거리와 초점 거리를 통해 삼각형 비례 관계식을 적용시켜 물체의 깊이 정보(depth)인 z 를 구할 수 있다는 원리를 이용한 것이다. 따라서 정확한 3차원의 영상을 만들기 위해서는 3차원 상의 한 점에 해당하는 두 영상 화소의 대응점(correspondent point)을 찾아 변위를 구하는 과정이 매우 중요 하지만 아직까지도 텍스처(texture)가 적은

영역, 반복된 패턴(repeated pattern)이 있는 영역, 폐색(occlusion)영역, 모양이 변한 영역에 대해서는 많은 오차와 계산 시간의 한계를 가지고 있다[1]. 이러한 스테레오 정합 방법 중 대표적인 변위 탐색 방법으로는 크게 영역 기반 방식(area-based method)과 특징 기반 방식(feature-based method)이 있는데 먼저 영역 기반 방식은 모든 화소에 대해 화소를 둘러싼 정합 창을 사용하는 반면 특징 기반 방식은 두 개의 영상에서 각각 경계선이나 모서리들의 특징들을 추출하여 특징들간의 정합을 한 뒤 전체를 보간하는 방식이다. 영역 기반 방식은 특징 기반 방식에 비해 조밀한 변위를 구할 수 있지만 계산량이 많고 블록의 크기와 탐색 범위의 크기가 변위의 정확성과 계산 시간에 매우 중요한 영향을 미치는 단점이 있다. 반면 특징 기반 방식은 영상의 밝기보다는 밝기 변화에 관련됨으로써 영상의 물리적 변화를 잘 나타낼 수 있고, 또한 다른 영역보다 정보의 양이 집약되어 있는 특징점들을 서로 비교함으로써 수행 시간도 줄일 수 있고 정합의 오류도 줄일 수 있는 장점이 있으나 전체 영역에 대한 조밀한 변위 추정이 불가능하여 후처리로 보간을 시켜주어야 하는 단점이 있다[2]. 따라서 이러한 단점들을 보완하기 위해, 윈도우의 크

기를 변화시켜가며 변위를 추정하는 방법과, 영상을 피라미드 구조로 만들고 낮은 해상도에서 얻은 결과를 상위 해상도에서 이용하는 계층적 알고리즘 방법[3][4][5] 등이 제안되고 있다.

본 논문에서는 특징점들에 대해서는 정밀한 대응점 탐색 방법으로 시간을 단축시키면서, 추출된 최종 대응점들을 영역 기반 방식의 블록 크기 결정과 정확한 매칭을 위한 기준점으로 설정하여 그 밖의 점들에 대해서는 조밀한 변위를 추정할 수 있는 방법을 제안한다.

2. 기준점 추출

영역 기반 방식의 가장 큰 문제점은 블록의 크기를 어떻게 조절하는가에 따라 계산 시간과 정합 오차의 결과가 크게 좌우된다는 것이다. 반면에 특징기반 방식은 정보의 양이 많은 특징점들에 대해서만 정합을 수행하므로 정합 오류를 줄일 수 있으나 조밀한 변위를 얻을 수 없다는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 먼저 정보의 양이 밀집되어 있는 경계선들의 특징을 이용하여 경계선을 이루는 점들에 대해 비교적 정확한 대응점들을 구한 후, 이 중 90% 이상의 대응 확률을 가진 대응점들에 대해서만 다른 화소의 대응점 추정을 위한 에피폴라 라인상의 몇 개의 기준점으로 설정한다. 이 기준점들은 영역 기반 방식으로 조밀한 변위를 구하기 위한 탐색 윈도우의 블록 크기 결정 요인이 되고 또한 기준점으로 부터 Ordering Constraint[6]에 의해 대응점을 탐색하는 위치에 대해 중요 기준이 되는 점들이다.

1) 경계점 특징을 이용한 기준점 설정

영상에서의 기준점의 대상은 영상의 경계선을 이루는 점들이다. 좌,우 영상으로부터 경계선을 이루는 점들에 대하여 화소기반 방법을 적용한 2차 미분값과 그 점에서 경계선의 방향성, 경계선의 크기를 구한다. 그리고 왼쪽 영상의 에피폴라 라인상의 한 경계점인 $M1(x,y)$ 에 대하여 오른쪽 영상에의 1차 대응 후보점들을 탐색 윈도우 $C1$ 으로 정한다. 이때 $C1$ 은 그림 1과 식1에서처럼 표현된다.

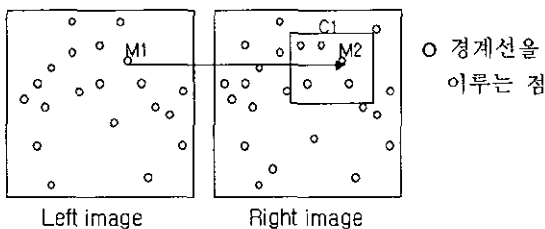


그림 1 1차 대응 후보점 $C1$

$$C1 = \{ (M2(x,y) \mid M1(x) - MD \leq M2(x) \leq M1(x) + MD, M1(y) - ME \leq M2(y) \leq M1(y) + ME \} \quad (식1)$$

MD : 최대 시차 범위 ME : 최대 극상선 오차
오른쪽 영상의 탐색 윈도우 $C1$ 에 있는 각각의 1차 대응 후보점들 중 왼쪽 영상의 $M1$ 과의 미분 차와 경계선의 방향 차, 경계선의 크기차가 각각 일정 임계치(10%) 이하인 점을 $M1$ 에 대한 2차 대응 후보 $C2$ 로 정하고(식(2)) 이 중 유사성이 많은 순서대로 유력한 최종 대응 후보로 정한다.

$$C2 = \{ (M3(x,y) \mid |d_{M1} - d_{M2}| < d_{th}, |\theta_{M1} - \theta_{M2}| \leq \theta_{th}, |S_{M1} - S_{M2}| < S_{th} \} \quad (식2)$$

이때 고려해야 할 것이 Ordering Constraint이다. 즉, 한 에피폴라 라인에서 두 점이 순서대로 있을 경우 이 점들에 정합되는 반대편 이미지에서의 순서도 원 이미지와 같은 순서여야 한다는 것으로, 구해진 대응점들에 대하여 Ordering Constraint를 적용하여 이것을 만족하지 못하는 것은 최종 대응 후보에서 제외하고 폐색 영역의 점으로 간주하는 것이다. Ordering constraint는 식3과 그림2와 같이 나타내어진다.

$$\text{if } i > j \text{ then } i + d_i > j + d_j \quad (식3)$$

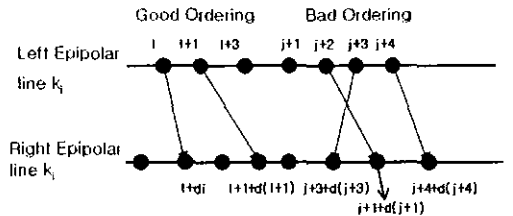


그림 2 기준점에 대한 Ordering Constraint 적용

이러한 대응점은 조밀한 변위를 위한 영역 기반 방식의 탐색 영역 크기 결정에 매우 중요한 기준 요인이 되므로 매우 높은 정확성을 요구하게 된다. 따라서 선정된 최종 대응 후보에 대해서도 다시 오른쪽 영상에서 왼쪽 영상으로의 대응 후보를 위와 같은 방식으로 선정하여 좌에서 우로와 우에서 좌로의 정합 결과가 일치하는 것을 최종 일치점으로 구하고 이를 영상의 변위 기준점으로 선정하는 것이다. 기준점에 대한 대응점이 구해졌으므로 기준점에 대한 변위는 식4에 의하여 구할 수 있다.

$$d = L_{xy} - R_{x+d,y} \quad (식4)$$

2) 조밀한 변위를 위한 기준점 이외의 변위 탐색

왼쪽 영상에서 기준점 K_{1L} 과 K_{2L} 의 대응점을 각각 K_{1R} , K_{2R} 이라고 한다면 Ordering constraint에 의해 원 영상에서 두 점간의 정합되는 순서와 반대편 이미지에서의 대응되는 점의 순서가 같아야 하므로, 왼쪽 영상에서 임의의 점 $O_L(x,y)$ 가 기준점 K_{1L} 과 기준점 K_{2L} 사이에 있다면 이에 대응되는 오른쪽 영상에서의 $O_R(x,y)$ 역시 K_{1R} , K_{2R} 사이에 있어야 한다(식5).

$$\begin{aligned} &\text{if } K_{1L}(x,y) < O_L(x,y) < K_{2L}(x,y) \\ &\text{then } K_{1R}(x,y) < O_R(x,y) < K_{2R}(x,y) \end{aligned} \quad (\text{식5})$$

따라서 기준점 이외의 점인 $O_L(x,y)$ 에 대해서는 $O_L(x,y)$ 점의 양쪽 옆에 있는 두 기준점 K_{1L} 과 K_{2L} 를 찾아 이것의 대응점인 오른쪽 영상에서의 K_{1R} 와 K_{2R} 사이를 탐색 윈도우의 블록 크기로 정하여 영역 기반 방식의 SSD(Sum Of Squared Distance)를 사용하여 변위를 구한다.

$$SSD(x,y,d) = \sum_w [L_{x,y} - R_{x+d,y}]^2 \quad (\text{식6})$$

그림4,5는 실험에 사용된 좌,우 영상이고 그림 6은 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용하였을 때의 결과 영상이다. 그리고 그림 7은 일반적인 영역 기반 방식의 SSD를 적용시켰을 때의 결과 영상이다.

실험 결과에서 보는 것과 같이 본 논문에서 제안하는 방법을 사용할 경우에 좀 더 세밀한 부분에서까지 변위가 추정되는 것을 볼 수 있다.

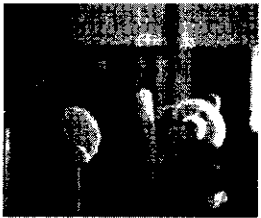


그림 4 실험 영상(Left)

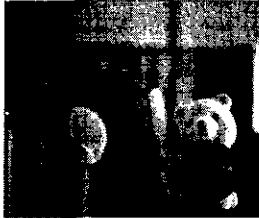


그림 5 실험 영상(Right)

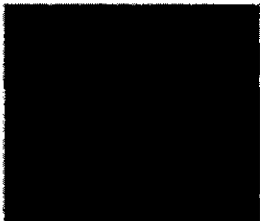


그림 6 결과 영상



그림 7 비교 영상

3. 결론

본 논문에서는 특정 기반 방식과 영역 기반 방식의 Ordering constraint조건에 맞추어 적용시켰다. 즉, 특정 기반의 장점인 시간 절약을 위하여 정보가 밀집되어 있는 소량의(5%내외) 경계점들에 대해서 정확성 높은 세밀한 변위 추정을 한 후, 이 점들 중 정확성 확률이 높은 점들에 대하여 Ordering constraint에 따라 다른 점들의 조밀한 변위 추정을 위한 블록 크기 결정의 기준점으로 설정한다. 이 방법은 정확히 대응된 몇몇 기준점들이 영역 기반 방식을 적용한 점들에 대해 블록 크기와 순서적 위치 결정의 중요 요인으로 작용하기 때문에 일반적인 영역 기반 방식보다 좀 더 정밀한 변위를 추정할 수 있다는 장점이 있고 또한 이것은 특정 기반 방식, 영역 기반 방식, 그리고 Ordering constraint를 이용하여 각각의 특징과 장점들을 최대한 살려 적용시킨 것으로 시간과 정확성면에서 모두 정밀한 결과는 나타낸 것을 볼 수 있었다.

※ 본 연구는 '2000 정통부 대학기초 연구 지원 사업에 의해 연구된 것임

[참고자료]

[1] 김남규, 이광도, 김형근, 차균현, "저 해상도 변위 히스토그램을 이용한 고성능 변위정보 추출 알고리즘," 전자공학회 논문지 제 35권 제 3호, pp. 131-143, 1998.
 [2] Ebroul Izquierdo M. and Silko Kruse, "Image analysis for 3D modeling, rendering, and virtual view generation," Computer vision and Image understanding, Vol. 71, No. 2, 1998.
 [3] Christian Menard and Norbert Brandle, "Hierarchical Area-Based Stereo Algorithm for 3D Acquisition," International Workshop on Stereoscopic and Three Dimensional Imaging, Sep.1995
 [4] L.H. Quam, "Hierarchical warp stereo," in Proc. DARPA Image Understanding Workshop, New Orleans, LA, pp. 149-155, 1984.
 [5] Sang-Hyun Park, "A study on The Efficient Disparity Estimation for Stereoscopic Image Coding" Dept. of Electrical & Computer Eng. The Graduate School Yonsei University, 1999
 [6] Nikos Grammalidis, Student Member, "Disparity and Occlusion Estimation in Multicocular systems and their coding for the communication of Multiview image sequences," IEEE Transactions on Circuits And Systems For Video Technology, Vol. 8, No. 2, 1998