경계선 정보에 따른 가변 블럭 변위 추정을 사용한 3D modeling

노윤향*, 고병철*,변혜란*, 유지상**
연세대학교 컴퓨터 과학과*
광운대학교 전자 공학과**

3D modeling using variable block disparity estimation based on edge information

Yoon-Hyang Rho*, Byoung-Chul Ko*, Hyeran Byun*, Ji-Sang Yoo**
Dept. of Computer Science, Yonsei University*
Dept. of Electronic engineering, Kwangwoon University**

요 약

인간의 좌·우 두 눈에 투영되는 2차원 영상의 양안 시차를 이용하여 물체의 깊이를 인식하는 것을 스테레오 영상이라고 한다. 이러한 2차원 스테레오 영상으로부터 3차원 모델 생성을 위한 깊이 정보를 알기 위해서는 각각의 두 영상에 대응되는 점의 위치를 알 수 있는 변위의 추정이 매우 중요하다. 본 논문에서는 블록 크기에 매우 민감하게 영향받는 영역기반 방식의 단점을 보완하기 위하여 경계선 정보를 이용한 가변 블록 방식의 변위 추정을 수행한다. 이것은 블록의 크기를 경계선 정보에 따라 가변적으로 정함으로써 정밀한 변위 추정을 할 수 있고 또한 계산량도 많이 줄일 수 있음을 알 수 있다. 이렇게 추정된 변위 정보를 이용하여 특징점에 대한 깊이 정보를 찾아 3차원 모델을 생성한다.

1. 서론

최근들어 정보 소비자들의 욕구가 2차원 멀티미디어에서 입체감과 현실감도 함께 줄 수 있는 3차원 입체 영상에 의한 멀티미디어로 관심이 높아지고 있으면서 실제로 이제는 실세계와 가상 세계를 혼합한 AR(Augmented Reality)이나 3차원 화상회의, 3차원 입체 TV등과 같은 새로운 멀티미디어 응용 분야들이 관심분야로 부각되고 있다. 하지만 인간 생활 공간을 그대로 재현할 수 있는 현실성 및 사실감이 뛰어난 3차원 영상을 위해 현재 사용되고 있는 3차원 기술은 단지 여러 가지 모델링 툴들을 이용하여 전체적으로 사람의 손에 의해 모델링 되므로 상당한 노력과 시간 및 장비를 필요로 하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서, 대안적인 방법으로 2차원 영상을 이용한 모델링 방법들이 연구되고 있는데 이것은 사람의 양안 시차를 이용하는 것으로 서로 다른 위치의 카메라로부터 좌우 영상을 획득하여 대응점 정합을 통한 변위 정보를 추정하고, 추정된 변위 정보로부터 삼각 측량법에 의해 깊이 정보를 측정하는 것이다. 이렇게 2차원 영상으로부터 3차원 모델 생성을 위해서는 깊이 정보 측정을 위한 변위의 추정이 실제로 높은 정밀도를 요구하고 있지만 아직까지도 많은 오차와 계산 시간의 한계를 가지고 있다.[1]

변위를 추정하는 방법에는 영역 기반에 의한 방법과 특징기반에 의한 방법이 있는데, 일반적으로 특징기반 방법은[2][3][4] 영상의 밝기 정보로부터 추출된 심볼 특징(symbolic feature)을 이용하는 것으로 처리 속도는 빠르나 영상의 전체 영역에 대한 조밀한 변위 추정이 불가능하여 후처리로 보간을 시켜주어야 한다[2]. 반면 영역기반 방법은 연산은 단순하지만 계산 시간이 많이 걸리고 또한 블록의 크기와 탐색 범위의 선택이 변위의 정확성과 계산 시간에 매우 중요한 요인이 된다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해, 윈도우의 크기를 변화시켜가며 변위를 구하는 방법[5]과, 영상을 피라미드 구조로 만들고 낮은 해상도에서 얻은 결과를 상위 해상도에서 이용하는 계층적 알고리즘 방법[5][6][7]이 제안되고있다.

본 논문에서는 영역기반방법의 단점인 많은 계산량을 줄이면서 정밀한 변위 추정을 위하여 블록내의 경계 특성에 따라 블록의 크기를 가변적으로 적용하는

다해상도 변위 추정 기법을 수행한다[8]. 2장에서는 경계선을 이용한 가변 블록하의 변위 추정을 소개하고, 3장에서는 SUSAN edge detector를 이용하여 정확하고 의미 있는 특징점을 추출하고, 이 추출된 특징점에 대하여 변위 벡터와 카메라 파라메타를 이용하여 z좌표를 측정해 내는 과정을 소개한다. 4장에서는 기존의 3차원 모델링 알고리즘을 개선시킨 새로운 3차원 모델링 과정을 소개하고, 마지막으로 5장에서, 결론 및 향후 연구 방향을 소개한다.

2.경계선 정보에 의한 가변 블록하의 변위추정

영역 기반 방법에 의한 변위 추정은 영상을 여러 개의 고정 블록들로 분할하여, 측정 윈도우의 블록과 탐색 윈도우의 블록간의 측정 오차가 가장 작은 블록을 대응점으로 찾는 방법이다. 대표적인 방법으로는 탐색 영역 내에서 두 픽셀의 밝기값의 차의 합이 가장 작은 점을 찾는 SAD(Sum Of Absolute Distance)방법과 밝기값의 차의 제곱합을 구하는 SSD(Sum Of Squared Distance)방법 그리고 픽셀들의 상관관계를 이용하는 NCC(Normalized Correlation Coefficient)방법이 있다. 이러한 영역 기반 방법은 블록의 크기에 따라 변위 추정 성능 및 계산 시간이 결정되기 때문에 블록 크기의 결정이 매우 중요하다. 즉, 블록 크기가 작아지면 세밀한 변위 추정은 가능하지만 일치점이 중복되어 신뢰도가 감소하게 되고 반면에 블록 크기가 커지면 신뢰도는 증가하지만 다른 깊이를 가지는 물체가 동시에 블록 내에 존재할 수 있으므로 정밀한 변위 추정이 불가능하고 계산량이 증가하게 된다. 하지만 일반적인 변위 추정은 이러한 블록 크기와 블록내의 영상의 특징을 고려하지 않고 동일한 크기의 블록을 사용함으로써 구현은 간단하지만 정확하고 빠른 변위 추정을 어렵게 한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 블록의 크기와 그 블록의 특성에 따라 가변적으로 정할 수 있는 가변 블록 방법을 소개한다.

우선, Canny edge detector를 사용하여 한 영상의 세밀한 경계선 정보를 추출하고, 초기 블록 크기에 대하여 그 블록의 특성을 결정하기 위한 블록내의 경계선 정보를 구한다. 만약 경계선 정보가 임계값 이상이 존재하면 그 블록은 보다 높은 정밀도를 필요로 하므로 블록의 크기를 일정 비율만큼 줄여준다. 그런 다음 일정 비율만큼 줄어든 블록에 대해서 다시 경계선 정보를 재계산하여 그 블록내의 경계선 정보가 임계값 이상인지 이하인지를 조사하여 블록의 크기에 맞는 경계선 정보를 가질 때까지 블록의 크기를 재결정한다. 반대로 만약 초기 블록의 크기에 비하여 임계값 이하의 경계선 정보를 가진 블록에 대해서는 보다 높은 신뢰성을 요구하기 때문에 반대로 블록의 크기를 초기값 보다 일정 비율만큼 증가시킨다. 이것도 마찬가지로 블록의 크기에 따른 경계선 정보의 비율이 만족할 때까지 블록의 크기를 재결정한다. 본 실험에서는 일반적인 영역기반 방법인 SAD와 SSD에 가변 블록을 적용한 것으로 초기 블록 크기는 8*6을 사용하고, 경계선 정보의 임계값은 가변 블록 넓이의 0.2%로 하였다. 즉, 경계선 정보가 블록 넓이의 0.2%이상이 되면 블록 크기를 0.5비율만큼 감소시키고, 0.2%이하가 되면 블록 크기를 0.5비율만큼 증가하여, 재계산된 블록 크기에 대하여 임계값만큼의 경계선 정보가 있을 때까지 블록 크기를 재결정한다. 이때 한번 변환된 블록 크기가 블록 크기의 재결정을 위하여 위와 같은 과정을 반복하다보면 크기가 역변환 되는 경우가 발생한다. 따라서 이러한 것을 방지하기 위하여 한번 증·감소된 블록 크기는 다시 감·증가되지 못하면서 루프를 빠져 나와 최종적인 블록 크기가 결정되도록 하였다. 그림2는 그림1의 영상(a)와(b)를 이용하였을 때 나타나는 변위 영상이고 그림3은 영상(a),(b)를 일반적인 고정 블럭 방식을 사용한 SAD, SSD와 가변블록 방식을 사용한 SAD, SSD를 변위 분포도에 따른 차트로 나타낸 것이다.

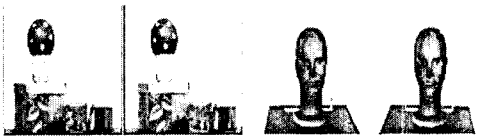


그림 1 실험에 사용된 영상(a)와 영상(b)

그림2 가변 블록을 이용한 영상(a),(b)의 변위영상

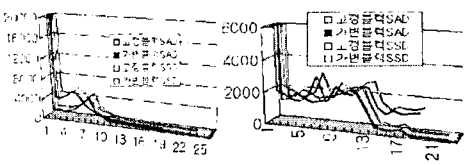


그림3 영상(a),(b)에 대하여 고정 블록과 가변 블록을 적용한 SAD와 SSD에 의한 변위 분포도

3. SUSAN 에지 검출기를 이용한 특징점 추출

3.1 특징점 추출

특징점이란 영상 안에서 다른 점들과 두드러지게 구별되어지는 점으로 주로 영상 안의 물체가 가지고 있는 에지나 코너들에 해당하는 점들이다.

이러한 특징점을 추출할 수 있는 방법에는 에지맵을 이용하는 방법과 gray-level을 이용하는 방법이 있다. 본 논문에서는 gray-level 방법 중 계산이 빠르면서도 간단하고 잡음에 안정적인 밝기값을 기반으로[3] 하는 SUSAN Corner Detector[9] 방법을 이용하여 특징점을 추출한다.

그림 4. 특징점을 추출하기 위한 원형 마스크

SUSAN Corner Detector 방법은 위의 그림과 같이 원형 마스크를 사용한다. 영상 안의 한 점 p(x, y)를 마스크의 중심점으로 하여, 이 중심점의 화소 값과 마스크내의 다른 점 q와의 차이 값의 합 C(p, q)를 계산한다. 마스크 안의 C(p,q)합인 N(p)가 마스크 크기의 반(W/2)보다 작으면 p(x, y)를 특징 점으로 보는 것이다. (식1)

$$C(p,q) = e^{-\left(\frac{I(p)-I(q)}{t}\right)^6} \qquad (1)$$

$$N(p) = \sum_{n} C(p,q)$$

본 논문에서는 실험에 의해 임계값 t를 25로 정의하고, 특징점이 물체의 지역적인 부분에 과다하게 추출되는 것을 방지하기 위하여 원 논문에서 사용한 마스크의 크기 보다 큰 11x11 크기의 마스크를 사용하였다.

본 논문에 의해 추출된 특징점은 그림5와 같다. 이때, 특징 점이 되기 위한 조건을 w/2, w/3, w/4와 같이 조절함으로써 특징점의 수를 조절 할 수 있다.

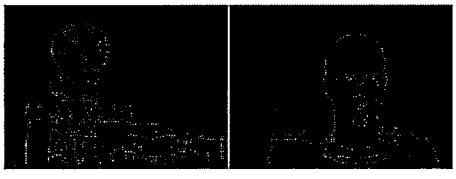
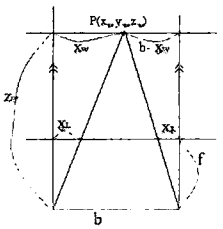


그림 5 SUSAN 방법에 의한 특징점 추출

3.2 특징점에 대한 깊이 정보 추출

일반적으로 스테레오 영상에서는 한 점에 대한 정합 후보는 이점에 대한 다른 쪽 영상에서의 epipolar line위에 존재한다는 epipolar 구속 조건을 만족한다[3]. 따라서 3차원 공간상의 한 점 P(x,y,z)가 좌, 우 영상면의 (x_L, y_L),과 (x_R, y_R)에 각각 투영되면 $y_L=y_R$이다. 그림6은 이것을 도식적으로 나타낸 것이다.



f : 두 카메라의 초점거리

b : 좌측 렌지와 우측 렌지의 중심거리

그림 6 스테레오 영상의 카메라 모델

위의 그림에 삼각형의 비례관계식을 적용시키면 식(2)에 의하여 깊이정보 z값을 구할 수 있다.

$$x_L = \frac{fx}{z} \qquad x_R = \frac{f(x-b)}{z}$$

$$z = \frac{bf}{x_L - x_R} = \frac{bf}{d} \qquad (2)$$

본 논문에서는 2장에서 구해진 변위 벡터(d)중 특징점에 해당하는 변위 벡터에 대해서만 해당 좌표의 x_L, x_R좌표와 변위d를 이용하여 z좌표를 추출한다. 이때, b와 f는 스테레오 영상 획득 과정에서 정해진 값(b : 40mm, 40mm , f: 10mm,10mm)을 사용하였다.

4. 3D modeling

4.1 Delaunay triangulation을 이용한 와이어 프레임 생성

변위 정보를 이용하여 z값 알 수 있으므로 실제적인 3차원 모델링 하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 Delaunay triangulation 방법을 이용하여 3차원 모델을 생성한다.

영상으로부터 추출된 최상위 특징점을 초기 와이어 그리드(wire-grid) 생성을 위한 시작 노드로 사용하고, 3장에서 구해진 특징점의 z좌표를 이용하여 가장 근사한 점들을 잇는 초기 3차원 와이어프레임(wire-frame)을 생성한다. 그런 뒤 triangular planar patch와 물체의 다른 특징점들과의 거리 계산에 의해

추가적인 노드들이 결정된다. 이때, 거리는 triangular patch가 놓여 있는 평면(plane)에 수직 방향으로 계산되고, 물체의 특징 점과 triangular patch와의 거리가 미리 정의된 임계값을 초과하면, 이 점을 새로운 노드로 선언하고 와이어 프레임에 추가시킨다. 새로운 노드를 갖게 된 triangular patch는 다시 새로운 노드의 vertex를 갖는 여러 개의 sub-triangle들로 나뉘어지게 된다. 하지만 이와 같이 할 경우, 정확한 와이어프레임이 생성되지만, 일부는 triangular patch와 특징점들 간의 거리 차만을 이용하므로, 오 정합된 와이어프레임을 생성할 수 있다. 따라서, 이러한 오 정합된 와이어 프레임을 제거해 주기 위해 본 논문에서는 전경/배경 분할(Foreground/background \segmentation) 알고리즘을 제안한다.

4.2. 오 정합 와이어 프레임 제거를 위한 전경/배경 분할 알고리즘

변위 히스토그램으로부터 얻어진 배경 영역을 버퍼에 저장 시켜 두어 Delaunay triangulation을 이용하여 얻어진 각각의 와이어 프레임으로부터 중심 좌표값을 구한다. 이렇게 구해진 중심 좌표 값이 버퍼에 저장된 배경영역에 있으면 이 와이어 프레임은 제거하거나 새로운 와이어 프레임으로 선언하지 않는다. 이와 같은 과정을 거쳐 최종적으로 생성된 3D 모델은 그림 7과 같다.

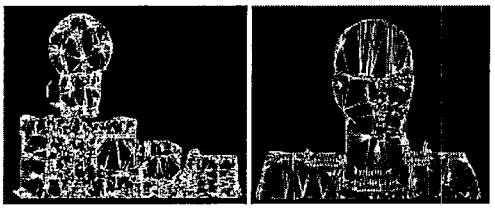


그림 7 영상(a)와 영상(b)의 전경/배경 분할 알고리즘을 적용한 3차원 모델링 결과

5. 결론

본 논문에서는 2차원 영상으로부터 변위를 추정하고, 구해진 변위 정보를 이용하여 특징점에 대한 깊이 정보를 측정하여 3차원 모델을 생성하는 것을 보여준다. 특히 본 논문에서는 영역 기반 방식에 있어 가장 중요한 결정 요인이었던 블록의 크기를 경계값 특성을 이용하여 가변적으로 정하는 방법을 사용하였다. 즉, 경계 정보가 많은 블록에 대해서는 정확성을 주기 위하여 블록의 크기를 작게 하였고 또한 경계 정보가 작은 블록에 대해서는 신뢰성을 주기 위하여 블록의 크기를 크게 하여, 각각의 블록의 특성을 살려 변위를 추정함으로써 보다 정확하게 이루어지게 하였다. 하지만 폐색 구간이나 빛의 변화가 심한 부분에 대해서는 잘못된 결과가 나타날 수 있으므로 이를 보완할 수 있는 추가적인 알고리즘이 적용되어야 하고 또한 사실감을 더해 주기 위한 텍스춰 매핑 작업과 랜더링 과정에 좀더 초점을 두어 현실감 있는 3차원 모델링에 접근해 가야 할 것이다.

[참고문헌]

[1]김남규, 이광도, 김형곤, 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]Ebroul Izquierdo M, "Stero Matching for Enhanced Telepresence in Three Dimensional Videocommunications," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 7, No.4, August 1997.

[4]Angela Rojas, Antonio Calvo, Jose Murioz, "A dense disparity map of stereo images," Pattern Recognition letters, 18, pp. 385-393, 1997.

[5]최우영, 박래홍, "Stereo vision 및 응용," 전자공학회지 제 21권 10호, pp.1010-1020, 1994. 10

[6]Christian Menard and Norbert Brandle, "Hierarchical Area-Based Stereo Algorithm for 3D Acquisition," International Workshop on Stereoscopic and Three Dimensional Imaging, Sep.1995

[7]L.H. Quam, "Hierarchical warp stereo," in Proc. DARPA Image Understanding Workshop, New Orleans, LA, pp. 149-155, 1984.

[8]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

[9]Stephen M. Smith, "SUSAN-A new approach to low level image processing," Int. Journal of Computer Vision 23(1), 45-78, 1997

※ 본 연구는 '2000 정통부 대학기초 연구 지원 사업에 의하여 연구된 것 임