

## 적응형 윈도우를 이용한 스테레오 내시경에서의 깊이추출 연구

°황도식, 김정훈, 안종식, 이성재, 이명호  
연세대학교 공과대학 전기공학과

### Depth Extraction from Stereo Endoscope Using Adaptive Window

°D. S. Hwang, J. H. Kim, J. S. An, S. J. Lee, and M. H. Lee  
Department of Electrical Engineering, Yonsei University

#### ABSTRACT

This paper describes a depth extraction algorithm in the stereo endoscopic images using adaptive window. First, The relation between the 3D coordinates in the world and the 2D coordinates in the image plane is estimated using camera calibration. Next, stereo matching is performed to find the conjugate pairs in the left and right images. To improve the precision of the matching result, adaptive window which can be varied on the shape as well as on the size according to the area characteristics is used. Finally, the result from the stereo matching and that of camera modeling are combined to extract the real depth information.

#### 1. 서 론

지금까지의 내시경 진료에서는 주로 하나의 카메라만 부착된 2차원 내시경을 사용하였는데, 하나의 카메라로는 3차원 정보인 깊이감을 느낄 수가 없다. 따라서 의사들은 내시경 진료시에 많은 어려움을 겪게 되는데, 이러한 점을 해결하기 위해 요즘에는 두 대의 카메라를 이용하는 스테레오 내시경을 사용하는 경우가 많아지고 있다. 즉, 사람의 두 눈처럼 좌, 우 두 대의 카메라를 내시경에 부착하여 이로부터 얻은 영상을 사람의 두 눈에 각각 보여줌으로써 사람으로 하여금 평면이미지와는 다르게 실제로 보는 듯한 느낌을 받게 한다. 하지만, 스테레오 내시경이 3차원적인 깊이감을 제공한다고 해도, 내시경 영상이 주로 사용되는 인체 내부는 그 깊이감이 모호한 경우가 많기 때문에, 카메라로부터 인체 내부 장기까지의 정확한 깊이를 계산하여 알려줄 필요성이 있다. 따라서 본 논문에서는 영상 전체에 걸쳐 깊이를 찾기 위해 상관도를 이용한 스테레오 정합을 시도하였으며, 상관도 측정시 효율성을 높이기 위해 크기와 모양을 영역 특성에 따라 변화시키는 적응형 윈도우를 사용하였다. 그리고 카메라 모델링 결과로부터 정합결과를 실제 깊이로 변환하였다.

#### 2. 카메라 모델링(Camera Modeling)

일반적인 스테레오 시스템에서는 특성이 동일한 두 개의 카메라가 렌즈 축이 서로 평행하고, 극상선(epipolar line)이 일치한다. 이러한 조건에서는 삼각비례법을 이용하여 스테레오 정합으로부터 구한 시차로부터 직접적으로 깊이정보를 얻을 수 있다. 하지만, 본 논문의 연구 대상인 스테레오 내시경은 위의 두 조건에 부합되지 않으므로 일반적인 삼각비례법으로는 실제 깊이 정보를 찾을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 우선 내시경 카메라의 좌우 카메라의 특성을 카메라 보정(Calibration)기술[1]을 이용하여 분석하고, 이 과정에서 구한 카메라 행렬을 이용하여 깊이정보를 구하고자 한다. 이로부터 얻은 카메라 행렬은 다음과 같다. 행렬 A, B는 각각 좌측, 우측 카메라에 대한 모델링 행렬을 나타낸다.

$$A = \begin{bmatrix} 50.7633 & -7.74069 & 45.4115 & 103.078 \\ -1.15333 & -44.6824 & 11.9717 & 633.188 \\ 0.02356 & -0.0300336 & 0.241343 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$B = \begin{bmatrix} 32.5328 & -6.78885 & 33.5916 & 115.86 \\ -3.06493 & -32.6649 & 8.73996 & 467.002 \\ -0.00926 & -0.0241082 & 0.165253 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

#### 3. 적응형 윈도우를 이용한 스테레오 정합

전체 영상의 깊이를 찾아내는 영역정합에서 주로 사용하는 방법은 상관도를 이용하는 방법인데, 상관도에 있어서 중요한 것은 상관도 함수와 크기이다. 본 논문에서는 좌우 내시경 카메라가 각기 다른 특성을 가지므로 식(3.1)과 같은 영역 밝기의 평균값을 이용한 상관도함수를 사용하였다[2].

$$\text{Correlation} = \frac{\sum_{i,j} [(I_1(x+i, y+j) - m_1) - (I_2(x+d+i, y+j) - m_2)]^2}{\sqrt{\sum_{i,j} [I_1(x+i, y+j) - m_1]^2} \times \sqrt{\sum_{i,j} [I_2(x+d+i, y+j) - m_2]^2}} \quad (3.1)$$

where  $m_1 = \overline{I_1(x, y)}$ ,  $m_2 = \overline{I_2(x+d, y)}$

상관도 함수뿐만 아니라 상관 윈도우의 크기도 두 영역의 유사도에 많은 영향을 끼친다. 일반적으로 윈도우가 크면 클수록 좋지만, 폐색(Occlusion)영역이나 특징점 부분에 있어서는 상관도의 정확도를 낮추는 결과를 낳는다. 반면에 윈도우의 크기가 작은 경우에 있어서는 폐색 영역으로 인한 영향을 줄일 수 있고 특징점과 같이 정보의 밀도가 높은 곳에서는 효과적이지만, 반복적인 패턴을 이루는 영역에 대해서는 큰 오차를 발생시킨다. 따라서 본 논문에서는 각 영역특성에 따라 윈도우의 크기와 모양을 변형시키는 방법을 사용했는데 그 방법은 다음과 같다.

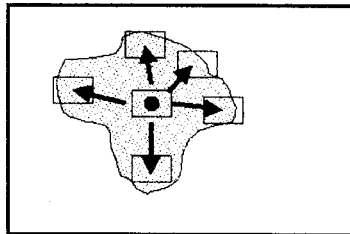
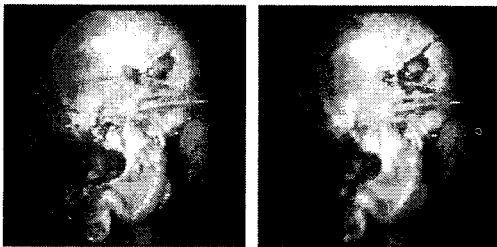


그림 3.1 적응형윈도우 설정과정  
Fig. 3.1 Setting adaptive window

그림 3.1은 영역에 따른 적응형 윈도우를 설정하는 과정을 보여준다. 정합하려는 점을 중심으로 모든 방향으로 조사를 하면서 주위의 점들을 윈도우 내에 포함시킬지를 상관함수를 이용하여 결정한다. 이와 같이 결정된 상관윈도우로 왼쪽 영상의 픽셀에 대해 오른쪽 영상에서 최대시차범위 내의 픽셀과 상관도를 계산하여 최대의 유사도를 갖는 픽셀을 대응쌍으로 정한다. 영상의 모든 부분에 대해서도 같은 방식을 적용하여 전체적인 깊이 지도를 얻었다.

4. 실험결과 및 결론

그림 4.1은 스테레오 내시경으로 촬영한 좌우 두 영상이다.



(a) 좌측 영상 (b) 우측 영상  
그림 4.1 스테레오 내시경 영상  
Fig. 4.1 Stereo endoscopic images

그림 4.2는 그림 4.1에 대해 적응형 윈도우를 이용한 정합과 카메라 모델링으로부터 얻은 깊이 지도를 나타낸다. 카메라로부터 먼 부분을 어두운 색으로, 가까운 부분을 밝은 색으로 표시하였다. 결과검증을 위해 그림 4.3과 같은 실측 가능한 영상으로 실험해 보았고, 그 결과를 표 4.1에 나타내었다.



그림 4.2 추출된 깊이지도  
Fig. 4.2 Depth Map

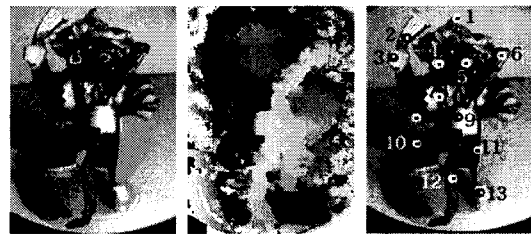


그림 4.3 검증을 위한 영상  
Fig. 4.3 Images for testing

표 4.1 실제깊이와 본 논문에서 추출한 깊이와의 비교  
Table 4.1 Comparison of the real depth and the processed depth

위치	추출된 깊이(mm)	실제깊이(mm)	오차(mm)
1	62.45	57	5.45
2	61.2	57	4.2
3	44.15	47	2.85
4	37.95	42	4.05
5	41.25	42	0.75
6	30.35	33	2.65
7	49.05	50	0.95
8	57.95	61	3.05
9	28.3	30	1.7
10	50.3	51	0.7
평균			2.63

비교를 위해 내시경으로 촬영한 인형 영상에 대해 실측 거리와 본 알고리즘으로 구한 결과의 차이는 표 4.1에서와 같이 평균 2.63mm 정도로 나왔다. 실측 도구의 정밀도가 1mm이므로 상당히 정확한 깊이 결과를 얻었음을 확인할 수 있다.

이 연구는 1997년도 학술진흥재단 자유공모과제 연구지원에 의해 수행되었음.(1997-001-E00284)

5. 참고문헌

[1] Rafael C. Gonzales, richard E. Woods, "Digital Image Processing", p51-68, 1993  
 [2] Olivier Faugeras, Bernard Hotz, Hervé Mathieu, Thierry Viéville, "Real time correlation-based stereo: algorithm, implementations and applications", INRIA, pp6-8, 1993