

스테레오 영상을 이용한 Surface Rendering

이 성재\*, 윤성원, 조 영빈, 이 명호  
연세대학교 공과대학 전기·컴퓨터 대학원

Surface Rendering using Stereo Images

S. J. Lee\*, S. W. Yoon, Y. B. Cho, M. H. Lee  
Department of Electrical&Computer Engineering, Yonsei University

**Abstract** - This paper presents the method of 3D reconstruction of the depth information from the endoscopic stereooscopic images. After camera modeling to find camera parameters, we performed feature-point based stereo matching to find depth information. Acquired some depth information is finally 3D reconstructed using the NURBS(Non Uniform Rational B-Spline) algorithm. The final result image is helpful for the understanding of depth information visually.

로부터 얻은 카메라 행렬은 다음과 같다. 행렬 A, B는 각각 좌측, 우측 카메라에 대한 모델링 행렬을 나타낸다.

$$A = \begin{bmatrix} 50.7633 & -7.74069 & 45.4115 & 103.078 \\ -1.15333 & -44.6824 & 11.9717 & 633.188 \\ 0.02356 & -0.0300336 & 0.241343 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1.1)$$

$$B = \begin{bmatrix} 32.5328 & -6.78885 & 33.5916 & 115.86 \\ -3.06493 & -32.6649 & 8.73996 & 467.002 \\ -0.00926 & -0.0241082 & 0.165253 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1.2)$$

1. 서 론

최근 가상현실에 대한 관심이 높아지면서 많은 부분에서 가상현실을 적용하는 분야가 점점 넓어지고 있다. 의료영상 분야도 물론 예외는 아니다. 지금까지의 내시경 진료에서는 주로 하나의 카메라만 부착된 2차원 내시경을 사용하였는데, 하나의 카메라로는 3차원 정보인 깊이 감을 느낄 수가 없다. 따라서 의사들은 내시경 진료 시에 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 보여줌으로서 사람으로 하여금 평면이 미지와의 다르게 실제로 보는 듯한 느낌을 받게 한다. 하지만, 스테레오 내시경이 3차원적인 깊이 감을 제공한다고 해도, 내시경 영상이 주로 사용되는 인체 내부는 그 깊이감이 모호한 경우가 많기 때문에, 카메라로부터 인체 내부장기까지의 정확한 깊이를 계산하여 알려줄 필요성이 있다. 따라서 본 논문에서는 영상에서의 깊이를 찾기 위해 상관도와 적응형 윈도우를 이용한 스테레오 정합을 시도하였다. 그리고 카메라 모델링 결과로부터 정합결과를 실제 깊이로 변환하였으며, 이렇게 얻어진 깊이정보를 이용하여, 실제 내시경영상을 NURBS(Non Uniform Rational B-Spline)[6,7]에 적용하여 3D 입체 영상을 재구성 해 보았다.

2. 3D 입체 구현

2.1 깊이정보 추출

2.1.1 카메라 모델링(Camera Modeling)

일반적인 스테레오 시스템에서는 특성이 동일한 두개의 카메라가 렌즈 축이 서로 평행하고,극상선(epipolar line)이 일치한다. 이러한 조건에서는 삼각 비례법을 이용하여 스테레오 정합으로부터 구한 시차로부터 직접적으로 깊이정보를 얻을 수 있다. 하지만, 본 논문의 연구 대상인 스테레오 내시경은 위의 두 조건에 부합되지 않으므로 일반적인 삼각 비례 법으로는 실제 깊이 정보를 찾을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 우선 내시경 카메라 보정(Calibration)[1]을 이용하여 분석하고, 이 과정에서 구한 카메라 행렬을 이용하여 깊이 정보를 구하고자 한다. 이

2.1.1 스테레오 매칭

전체 영상의 깊이를 찾아내는 영역정합에서 주로 사용하는 방법은 상관도를 이용하는 방법인데, 상관도에 있어서 중요한 것은 상관도 함수와 크기이다. 본 논문에서는 좌우 내시경 카메라가 각각 다른 특성을 가지므로 식(2.1.3)과 같은 영역 밝기의 평균값을 이용한 상관도함수를 사용하였다[2].

Correlation =

$$\frac{\sum_{i,j} [(I_1(x+i, y+j) - m_1) - (I_2(x+d+i, y+j) - m_2)]^2}{\sqrt{\sum_{i,j} [I_1(x+i, y+j) - m_1]^2} \times \sqrt{\sum_{i,j} [I_2(x+d+i, y+j) - m_2]^2}} \quad (2.1.3)$$

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 2.1은 영역에 따른 적응형 윈도우를 설정하는 과정을 보여준다. 정합하려는 점을 중심으로 모든 방향으로 조사를 하면서 주위의 점들을 윈도우 내에 포함시킬지를 상관 함수를 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 깊이지도도를 얻었다.

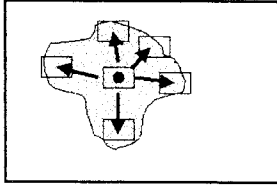


그림 2.1 적응형윈도우 설정과정  
Fig. 2.1 Setting adaptive window

## 2.2 입체화

앞의 스테레오 매칭과 카메라 모델링을 통하여 얻어진 깊이정보를 Control point로 이용, NURBS(Non Uniform Rational B-Spline)[6][7]에 적용하여 입체화된 Surface를 재구성하고자 한다.

NURBS의 기본 식은 아래와 같다.

$$P(u) = \frac{1}{w(u)} \sum_i p_i N_i(u) \quad (2.2.1)$$

$$w(u) = \sum_i w_i N_i(u)$$

$$s(u, v) = \frac{1}{w(u, v)} \sum_i \sum_j w_{ij} p_{ij} N_{ij}(u, v) \quad (2.2.2)$$

$$w(u, v) = \sum_i \sum_j w_{ij} N_{ij}(u, v)$$

위의 (2.2.1) 식은 NURBS curve에 대한 식이며, (2.2.2) 번식은 NURBS surface에 대한 식이다. 이 식에서  $p$ 가 control point를 나타내며, 이 control point에 의해 곡선이나 surface의 형태가 결정된다. 다시 말해서, 위에서 스테레오 매칭에 의해 추출된 깊이정보가 이 control point로 활용이 되는 것이다.  $w$ 는 weight를 나타내며, surface의 완급이 어느 정도인지에 대한 정보를 가지게 된다.

일반적으로 Bezier 곡선을 많이 사용하기도 하지만, Bezier의 경우 control point의 개수와 곡선 식의 차수가 직결되어 있으므로, 복잡한 형상의 곡선을 생성하기 위해서는 곡선의 차수가 높아지게 되고, 따라서 계산 량이 증가하며, 곡선 형상의 진동 등의 문제를 야기하게 된다. 또, 모든 control point가 곡선의 형상에 영향을 주므로 원하는 대로 곡선을 변화시키기가 곤란하다. 따라서 B-Spline 곡선에서는 이러한 문제점을 보완한 블렌딩 함수  $N_{i,j}(u)$ 를 사용한다. 블렌딩 함수의 식은 아래와 같다.

$$N_{i,j}(u) = \frac{(u-u_i)N_{i,j-1}(u)}{u_{i+j-1}-u_i} + \frac{(u_{i+j}-u)N_{i+1,j-1}(u)}{u_{i+j-1}-u_i} \quad (2.2.3)$$

$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & : u_i \leq u \leq u_{i+1} \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2.4)$$

여기에서  $u_i$ 는 knot value를 나타내며,  $j$ 는 B-Spline의 order를 나타낸다.

## 3. 결 론

여기서 사용된 Sample Image는 내시경 카메라를 사용하여 직접 얻은 영상으로 좌,우 각각이  $320 \times 300$ 크기의 영상을 사용하였다. 첫 번째 영상은 테스트를 위하여 사용한 영상이며, 두 번째 영상은 실제 내시경 진료 중에 얻은 영상 데이터이다.



그림 3.1 Left Sample Image    그림 3.2 Right Images



그림 3.3 Left Images    그림 3.4 Right Images

위의 Sample 영상과 실제 내시경 영상을 사용하여 위에서 기술한 알고리즘을 수행하였다.



그림 3.5 테스트 영상을 사용하여 얻어진 깊이정보



그림 3.6 실제 내시경 영상을 사용하여 얻어진 깊이정보

위의 그림은 본 논문에서 제안한 적응형 윈도우를 사용하여 얻어진 깊이맵을 보여주고 있다.

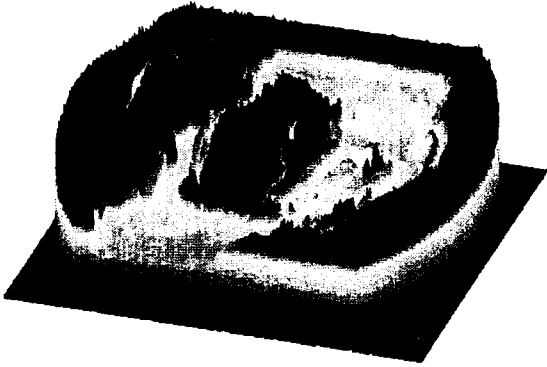


그림 3.7 테스트 영상에 대한 입체화 결과

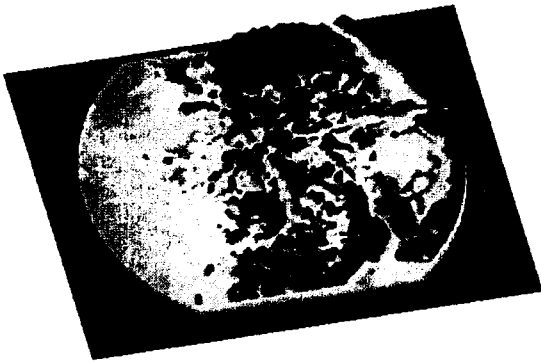


그림 3.8 실제 내시경 영상을 사용한 입체화 결과

위의 그림 3.7과 그림 3.8은 그림 3.5와 그림 3.6에서 얻어진 깊이정보를 Control point로 사용, 본 논문에서 제시한 NURBS(Non Uniform Rational B-Spline)을 적용하여 얻어진 입체화 결과이다.

위의 결과에서 볼 수 있듯이 실제 대상물체와 매우 유사한 입체화가 이루어진 것을 볼 수 있다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", p51-68, 1993
- [2] Olivier Faugeras, Bernard Hotz, Herve Mathieu, Thierry Vieville, "Real time correlation-based stereo : Algorithm, Implementations and applications", INRIA, pp6-8, 1993
- [3] Ramesh Jain and Rangachar Kasturi and Brian G. Schunck, "Machine vision", McGraw-Hill International Editions, pp289-297, 1995
- [4] T. Frohlinhomun, j.m. Buhmann, "Regularizing Phase-Based Stereo", Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universitat, pp1-5, 1995
- [5] Mark W. Maimone, "Characterizing Stereo Matching Problems using Local Spatial Frequency", School of Computer Science Carnegie Mellon University, pp47-55, 1996
- [6] Les A. Piegl, Wayne Tiller, "Computing offsets of NURBS curves and surfaces", pp147-156, 1998
- [7] Javier Sanchez-reyes, "A Simple Technique for Nurbs Shape Modification", IEEE, pp52-59, 1997
- [8] S. M. Smith and J. M. Brady, "SUSAN - A new approach to low level image processing", Technical Report TR95SMS1c, Department of Clinical neurology.