

스테레오 영상에서의 깊이정보를 이용한 3D 가상현실 구현

이성재, 김정훈, 이정환, 안종식, 이동준, 이명호
연세대학교 공과대학 전기 및 컴퓨터 공학과

Reconstruction of 3D Virtual Reality Using Depth Information of Stereo Im

S. J. Lee, J. H. Kim, J. W. LEE, J. S. Ahn, D. J. Lee, M. H. Lee
Department of Electrical and Computer Engineering, Yonsei University

Abstract - This paper presents the method of 3D reconstruction of the depth information from the endoscopic stereo scopic 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) method and OpenGL. The final result image is helpful for the understanding of depth information visually.

볼을 구하고자 한다. 이로부터 얻은 카메라 행렬은 다음과 같다. 행렬 A, B는 각각 좌측, 우측 카메라에 대한 모델링 행렬을 나타낸다.

$$A = \begin{bmatrix} 50.7633 & -7.74069 & 45.4115 & 103.078 \\ -1.15333 & -44.6824 & 11.9717 & 633.18821 \\ 0.02356 & -0.0300336 & 0.241343 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1.1)$$

$$B = \begin{bmatrix} 32.5328 & -6.78885 & 33.5916 & 115.86 \\ -3.06493 & -32.6649 & 8.73996 & 467.0022 \\ -0.00926 & -0.0241082 & 0.165253 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1.2)$$

1. 서 론

최근 가상현실에 대한 관심이 높아지면서 많은 분야에서 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 깊이감을 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 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 영상에서의 특징점에 해당하는 깊이를 찾기 위해 상관도를 이용한 스테레오 정합을 시도하였다. 그리고 카메라 모델링 결과로부터 정합결과를 실제 깊이로 변환하였다. 이렇게 얻어진 깊이정보를 이용하여, 실제 내시경 영상을 NURBS(Non Uniform Rational B-Spline) [6,7] 하여 3D 입체 영상을 재구성 해 보았다.

2. 3D 입체 구현

2.1 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] 이용하여 분석하고, 이 과정에서 구한 카메라 행렬을 이용하여 깊이 정

2.2 특징점 정합

특징점 정합을 수행하는데 있어서 우선적으로 할 일은 영상 내에서 특징점들을 추출하여야 하는데, 본 논문에서는 1차원적 정보인 경계(edge)보다는 2차원적 정보인 코너(corner)를 특징점으로 선택하였다. 코너점은 영상 내에서 경계점보다 그 수적으로 적을 뿐만 아니라 영역의 특성이 집약되어 있는 곳이기 때문에 정합에 좀 더 정확한 정보를 제공할 수가 있다. 본 논문에서는 코너를 추출하기 위해 수잔코너검출기(Smallest Univalue Segment Assimilating Nucleus corner detector : SUSAN corner detector)[8]사용하였다. 특징점 정합은 이와 같이 추출된 특징점들에 대해서만 그 대응 쌍을 찾는 방법인데, 특징점의 국부적인 특성으로 인한 오차를 줄이기 위해 좌에서 우로의 정합과 우에서 좌로의 정합을 모두 수행하는 과정을 거쳐야 한다. 좌측영상의 특징점에 대한 우측영상 내의 대응쌍을 찾는 과정은 좌측영상의 특징점 m_1 에 대해 최대 시차 범위와 극상선(epipolar line) 오차를 고려한 조사윈도우(searching window)를 우측영상에 만들어 이 윈도우 안의 특징점들을 1차 대응쌍 후보(C_1)로 정한다.

$$C_1 = \{m_2(x_r, Y_r) | m_1(x_l) - MD \leq m_2(x_r) \leq m_1(x_l) + MD, m_1(y_l) - ME \leq m_2(y_r) \leq m_1(y_l) + ME\} \quad (2.2.1)$$

where MD : 최대 시차 범위
ME : 최대 극상선 오차

조사윈도우내의 후보점 m_2 들에 있어서 먼저 특징점의 미분크기, 미분각도, 유사밝기분포도를 좌측 특징점 m_1 과 비교하여 그 차이가 일정 임계치 이하인 m_2 를 2차 대응쌍 후보(C_2)로 정한다.

$$C_2 = \{m_3(x_r, y_r) | |M_{m_1} - M_{m_3}| < M_{th}, |\theta_{m_1} - \theta_{m_3}| < \theta_{th}, |U_{m_1} - U_{m_3}| < U_{th}, m_3 \in C_1\} \quad (2.2.2)$$

where M : 미분크기
 θ : 미분각도
 U : 유사 밝기분포도

마지막으로 위의 후보대응쌍(C₂)에 대해 특징점에 적합한 작은 상관윈도우를 이용하여 정합을 수행한다. 상관함수는 다음과 같다.

$$F(m_1, m_3) = \frac{\sum_{i,j} I_1(x+i, y+j) - \overline{I_1(x, y)}}{\sqrt{\sum_{i,j} [I_1(x+i, y+j) - \overline{I_1(x, y)}]^2}} \times \frac{(I_2(x+d+i, y+j) - \overline{I_2(x+d, y)})}{\sqrt{\sum_{i,j} [I_2(x+d+i, y+j) - \overline{I_2(x+d, y)}]^2}} \quad (2.2.3)$$

위 상관함수는 영상의 평균치를 이용한 것으로서 두 개의 영상이 각각 특성이 다른 카메라로부터 얻어진 경우에 적합한 함수이다. 이 함수를 이용하여 특징점 m₁, m₃간의 영역 유사성을 조사하여 그 유사성이 가장 큰 특징점을 최종 대응쌍으로 결정한다. 이와 같은 방법으로 위에서 좌로의 정합도 동일하게 수행한다. [2]

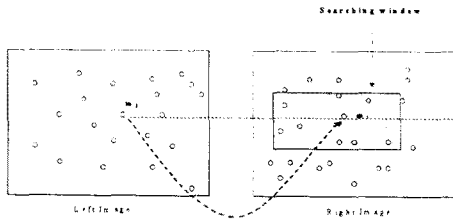


그림 1 좌에서 우로의 정합과정

2.3 NURBS를 이용한 3D Surface 재구성

일반적으로 곡선을 구성하기 위해 사용되는 방법에는 다음과 같은 방법들이 있다.

- Linear
- Bezier
- Cardinal
- B-Spline
- NURBS(Non-Uniform rational B-splines)

우리는 이 중에서 NURBS를 사용하여 3D 입체를 재구성하였으며, 기본적인 NURBS 식은 다음과 같다. [6,7]

$$S(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n w_{i,j} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) P_{i,j}}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n w_{i,j} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v)} \quad (2.3.1)$$

where

- u, v : parameter
- N_{i,p}, N_{j,q} : basis function
- P_{i,j} : control point
- w_{i,j} : weight
- U = {u₀, ..., u₀, u₁, ..., u_{i-1}, u_i, ..., u_j}
- V = {v₀, ..., v₀, v₁, ..., v_{i-1}, v_i, ..., v_j}

여기서 주의할 점은 surface는 (n+1)×(m+1)개의 control point와 weight로 정의되며, 2개의 knot vector U와 V는 n+p+2와 m+q+2의 knots를 가지며, 감소하지 않는 값을 가진다는 점이다.

3. 실험 및 결론

여기서 사용된 Sample Image는 내시경 카메라를 사용하여 직접 얻은 영상으로 좌,우 각각이 320×300크기의 영상을 사용하였다.

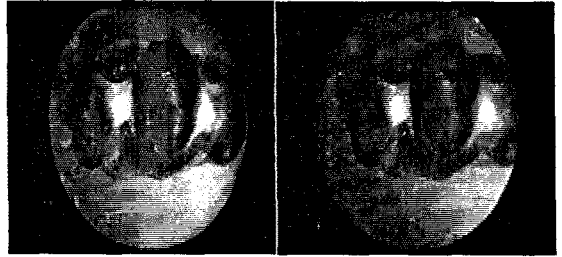


그림 2 Right Sample Image 그림 3 Left Sample Image

위의 Sample 영상을 사용하여 위에서 기술한 알고리즘을 수행하였다.

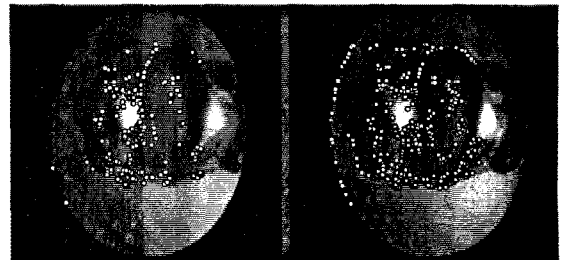


그림 4 추출된 특징점

위에 그림은 앞에서 기술한 방법에 의해 추출된 특징점들을 보여주고 있다.

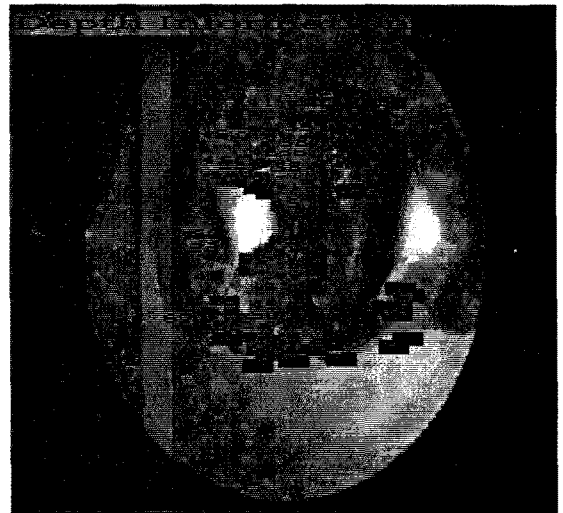


그림 5 Depth Information

그림 5는 위에서 기술된 알고리즘을 이용하여 얻어진 깊이정보를 보여주고 있다.

위의 Sample에서는 좌, 우 스테레오 정합의 결과로 100개의 깊이 정보를 얻었다.

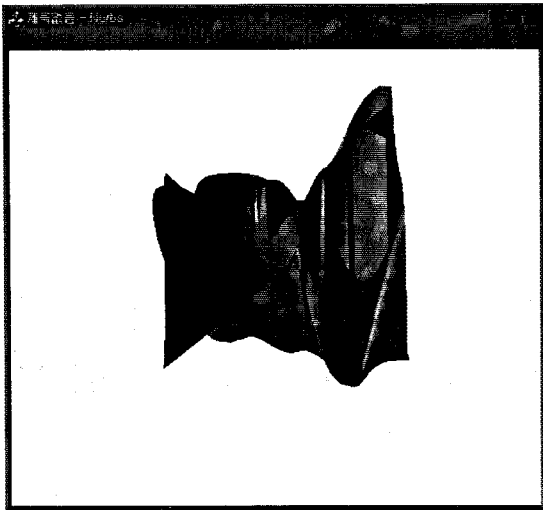


그림 6 NURBS를 이용하여 재구성한 Image

위의 그림은 그림 5에서와 같이 Simulation을 통해 얻어진 깊이정보만을 가지고 재구성한 영상으로, 100개의 point를 사용하였다. 그림 5와 그림 6을 비교해보면, 특징점 정합과, 깊이정보가 추출되지 않은 부분은 영상이 재구성되지 않은 것을 볼 수 있다. 뿐만 아니라, 깊이정보를 얻는 과정에서 얻어진 깊이 정보가 100% 정확하지 않았음을 그림 6에서 볼 수 있다.

이 논문의 결과를 통해 깊이정보 추출 알고리즘의 개선 여부를 확인하였으며, 보다 정확한 3D 구현을 위하여 보다 많은, 그리고 고른 부분에서의 깊이정보를 추출하여야 할 것으로 보인다.

이 연구는 1997년도 학술진흥재단 자유공모과제 계속 과제 연구지원에 의해 수행되어지고 있음.
(1997-001-E00284)

[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. Frohlin호면, 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, Oxford University, Oxford, UK, 1995.