

실세계 오브젝트의 효율적인 텍스처 매개변수화 방법

김강연⁰, 조지호, 이재영, 이관행
광주과학기술원{k2y00⁰, jhcho, jylee81}@gist.ac.kr, lee@kyebek.gist.ac.kr

Efficient Texture Parameterization of a Real Object

Kang-yeon Kim⁰, Ji-ho Cho, Jae Y. Lee, Kwan H. Lee
Gwangju Institute of Science and Technology

요 약

본 연구의 목적은 오브젝트의 3차원 형상 정보와 사진이 주어졌을 때, 3D-2D 정합을 통하여 고품질의 가상모델을 생성하는데 있다. 이러한 실세계 오브젝트의 3D-2D 정합은 3차원 형상에 대응되는 2차원 이미지 정보의 매칭을 통한 텍스처 매개변수화 과정으로 정의 할 수 있다. 본 연구에서는 카메라 내부파라미터 검정 과정, 신뢰도가 높은 초기해 설정과정, 비선형 최적화 과정을 통한 효율적인 텍스처 매개변수화 기법(texture parameterization)을 제안한다.

1. 서 론

컴퓨팅 환경의 개선, 네트워크, 인터넷 기술의 발전 및 관련 인프라(infrastructure)의 구축으로 전자상거래는 (e-Business)는 하나의 산업 분야로 자리매김 하고 있다. 산업구조의 커다란 변화를 가져온 전자상거래 산업으로 광고, 유통, 마케팅, 구매 등이 온라인 상에서 활성화 되어감에 따라 제품의 3차원 형상 정보뿐만 아니라 색/질감 정보의 정확성이 요구 된다. 본 연구는 실세계 오브젝트의 3차원 형상과 2차원 이미지의 정합을 통하여 고품질의 실감모델 생성을 목적으로 한다.

3 차원 형상에 대한 색/질감 정보를 획득하는 방법으로 3차원 컬러스캐너를 이용하여 형상과 색/질감 정보를 동시에 측정하는 방법과 이미지를 3차원 형상정보에 매핑하는 텍스처 매핑 방법으로 구분 할 수 있다. 비전기반의 3차원 컬러 스캐너의 경우, 고품질 대용량의 데이터를 효율적으로 획득할 수 있으나, 반사도가 높은 오브젝트는 측정이 힘든 단점이 있다. 본 연구에서는 카메라 내부파라미터 검정 과정, 3D-2D 정합의 신뢰도가 높은 초기해 설정과정, 비선형 최적화 과정을 통하여 효율적인 텍스처 매개변수화 기법(texture parameterization)을 제안한다.

2. 관련 연구

실세계 오브젝트의 3D-2D 정합은 그 대상이 건물, 산업 제품, 유물, 인간 등 다양한 분야에서 연구되어 왔다.

Gunter는 마커를 이용하여 3D-2D 대응점을 자동으로 추출하는 방법을 제시하였으나, 텍스처정보에 마커가 포함되는 단점이 있다[1]. Debevec은 대응점을 수작업을 통하여 지정해 주는 가장 일반적인 방법을 사용하였고 썬 아이너스 기술의 상용 역공학 모델러인 Rapidform 역시 이 방식을 사용한다[2]. 이 방식은 수작업의 특성상 정확도가

작업자에 의존적이다. David 등은 3D-2D 정합을 점이 아닌 3차원 서피스(surface)정보를 이미지 평면에 투영시켜 두 개의 contour 사이의 오차를 최소화 하는 방법을 제시 하였으나, 정합의 정밀도가 이미지 내의 객체 추출 정밀도에 의존하는 단점이 있다[3]. Hendrik은 2D이미지와 비교할 3차원 모델의 가상 이미지를 3D 모델의 가시화(rendering)을 통한 하드웨어 가속화 방식을 제안하였다[4].

3. 카메라 변환

본 연구에서는 그림 1과 같이 Tsai가 제안한 카메라 모델을 이용하였다[5]. 월드좌표계를 (X_w, Y_w, Z_w) 로, 카메라 좌표계를 (x, y, z) 로, CCD 좌표계를 (u, v) , 컴퓨터 프레임 상의 이미지 좌표계를 (U, V) 로 둘 때, 핀홀 카메라 모델에 의하여 이들 좌표계 사이의 관계는 각각 식(1), (2), (3)과 같다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R_c \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} + T_c \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \frac{f}{z} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$X_f = sd_x^{-1}U_d + C_x, \quad Y_f = d_y^{-1}V_d + C_y \quad (3)$$

$$d'_x = d_x N_{cx} / N_{fx}, \quad d'_y = d_y N_{cy} / N_{fy}$$

여기서 R_c 는 3x3 회전행렬, T_c 는 변이벡터, f 는 초점 거리, s 는 CCD와 이미지 사이의 aspect ratio, (C_x, C_y) 는 CCD 중심점에 대응되는 이미지 좌표, d_x, d_y 는 각각 u 방향, v 방향 CCD cell 하나의 크기, N_{cx}, N_{cy} 는 각각 u 방향, v 방향 CCD cell 들의 크기, N_{fx}, N_{fy} 는 각각 u 방향, v 방향 이미지 픽셀들의 개수 이다.

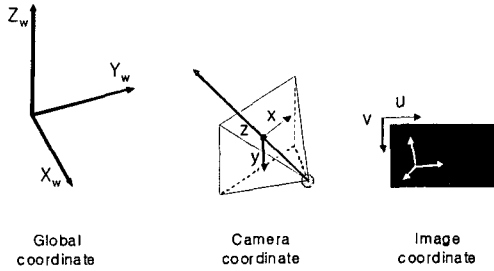


그림 1. Camera transformation

4. 3D-2D 정합

3D-2D 정합은 오브젝트 좌표계와 카메라 좌표계사이의 변환 파라미터와 카메라 내부 파라미터(f, s)의 최적화 문제로 설명 할 수 있다. 효율적인 최적화를 위하여 카메라 내부파라미터는 그림 2의 보정 패턴을 이용한 Tsai의 카메라 검정법으로 결정하였다[5].

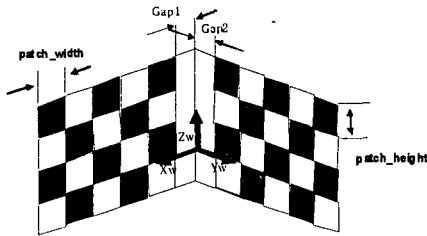


그림 2. Calibration pattern

오브젝트 좌표계에서의 객체가 카메라의 좌표계에서 영상내의 객체와 일치되는 회전변환 행렬을 R이라 할 때, x, y, z 축에 대한 회전각 α, β, γ 를 이용하여 식(4)와 같이 회전변환 행렬 R을 일반화 할 수 있다.

$$R = R_x^\alpha R_y^\beta R_z^\gamma \quad (4)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c\alpha & s\alpha \\ 0 & -s\alpha & c\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\beta & 0 & -s\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ s\beta & 0 & c\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\gamma & s\gamma & 0 \\ -s\gamma & c\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} c\beta c\gamma & c\beta s\gamma & -s\beta \\ s\alpha c\beta c\gamma - c\alpha s\gamma & s\alpha c\beta s\gamma + c\alpha c\gamma & s\alpha c\beta \\ c\alpha c\beta c\gamma - s\alpha s\gamma & c\alpha c\beta s\gamma - s\alpha c\gamma & c\alpha c\beta \end{bmatrix}$$

그림 3과 같이 회전 행렬 R이 선택되면, 영상내 객체의 바운딩 박스를 형성 하는 최대, 최저의 특징벡터 V_1, V_2 를 이용하여 3D 객체의 가상 투영 바운딩 박스를 구할 수 있다.

3D 객체의 가상 투영 바운딩 박스 중심점과 가상 영상 객체의 중심점이 일치 해야 하는 구속조건과 이 두 영상의 오브젝트를 감싸는 바운딩 박스(bounding box)의 크기가

일치 해야 하는 구속조건으로 변이 벡터 T는 자동으로 결정된다. 즉, 최적의 자세를 구하는 문제와 일치하게 된다. (이 두가지 구속조건과 식(1)-(4)으로부터 가상투영 영상을 얻을 수 있다.)

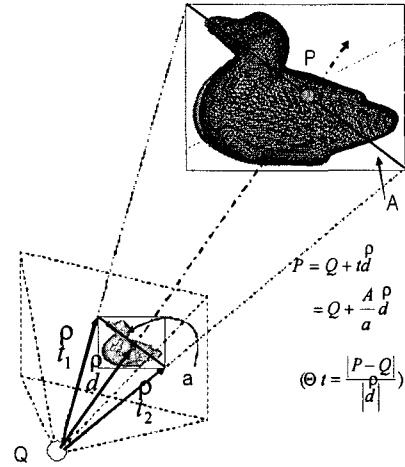


그림 3. Translation Vector 결정 조건

비선형 최적화 문제를 풀기 위하여 식(5)와 같이 비용함수(cost function)를 설정한다.

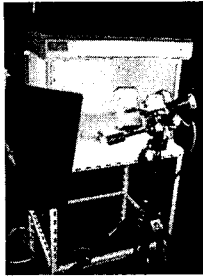
$$\text{Minimize } J = \sum_i \sum_j e_{i,j} \quad (5)$$

$$\text{where, } e_{i,j} = \text{XOR}(I_{i,j}, I'_{i,j})$$

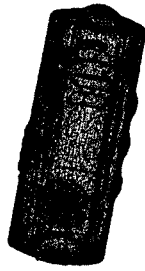
여기서, XOR은 'Exclusive OR' operation, i, j는 이미지 가로세로 인덱스, I는 촬영된 영상을 배경과 오브젝트에 대해 바이너리로 표현한 영상, I'은 가상 재투영 바이너리 영상이다. 본 연구에서 영상의 배경과 오브젝트의 분리는 블루스크린 기법(blue screen)을 이용하였다. 마우스를 이용하는 인터페이스로 최대한 최적해에 가깝게 초기해를 설정하고, $\Delta x/2J, \Delta y/2J, \Delta z/2J, \Delta \alpha/J, \Delta \beta/J, \Delta \gamma/J$ 로부터, , 를 결정하는 자동제어 분야의 PD control기법을 이용하여 비선형 최적해를 구하였다[6].

5. 실험 및 결과

독일 Breuckman社의 3D 형상 측정기인 optoscan HE-100를 이용하여 3차원 점데이터를 획득하고, ㈜아이너스 기술社의 3D 역형상공학 모델러인 Rapidform2004를 이용하여 모델링 하였다. Fig. 4의 (a)는 3D 점데이터를 획득하는 스캐닝시스템을 (b)는 MP3 플레이어의 획득된 점 데이터로부터 모델링한 3각 메쉬(mesh)를 나타낸다.



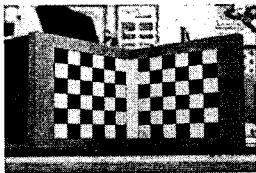
(a)형상 측정 시스템



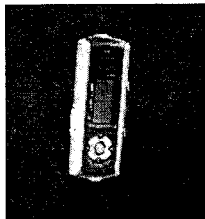
(b) Mesh model

그림 4. 3D geometry data acquisition

카메라 검정 및 텍스처 정보를 위한 영상은 Canon社의 EOS 300D카메라를 이용하여 촬영하였다 그림 5의 (a)는 카메라 내부 파라미터를 검정하기 위해 촬영한 패턴 영상이고, (b)는 색/질감정보를 얻기 위한 객체 이미지, (c)는 관심 오브젝트만 추출한 영상이다



(a) Calibration pattern



(b) Mp3 player image



(c) Segmented object

그림 5. Camera & Texture Data Acquisition

그림 6은 삼각망 12만개의 mesh model과 전체크기 3072*2048 (이미지 내의 객체 크기 :586*1002) 의 3D-2D 정합 결과를 보여준다.

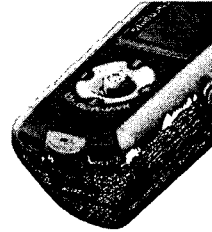
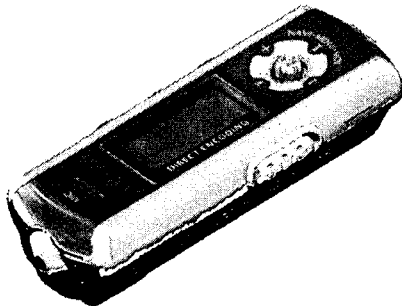


그림 6. Rendering result

6. 결론 및 향후 연구 과제

실제 존재하는 오브젝트의 형상에 대응하는 색/질감을 획득하는 효율적인 방법을 제시하였다. 이로써, 형상 획득과 텍스처 획득을 서로 독립적으로 측정 가능하게 되어 데이터 획득의 유연성을 높였다. 또한, 카메라 검정과 3D-2D 정합의 두 단계 접근법과 인터페이스를 통한 적절한 초기해 설정으로, 비선형 최적화 문제를 좀 더 간편히 하였다. 본연구는 진행중의 연구로써, 메쉬 하나당 여러 시점의 영상으로부터 획득되는 다수의 텍스처 정보의 융합, 변조 그리고 광원에 따른 색/질감 보정등의 연구가 향후 수행되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 대학 IT연구센터(ABRC) 육성 지원 사업과 광주과학기술원 ICRC 연구센터의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] B. Guenter, C. Grimm, D. Wood, H. Malvar, F. Pighin, "Making Faces," *Proceedings of SIGGRAPH98*, pp55-66, July 1998.
- [2] P. E. Debevec, C. J. Taylor, and J. Malik, "Modeling and Rendering Architecture from Photographs : A Hybrid Geometry- and Image-based Approach," *Proceedings of Computer Vision (ECCV '92)*
- [3] David G. Lowe, "Fitting Parameterized Three-Dimensional Models to Images," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 13, No. 5, May 1991.
- [4] Hendrik P. A. Lensch, Wolfgang Heidrich, Hans-Peter Seidel, "Automated Texture Registration and Stitching for Real World Models," *Proceedings of the 8th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, pp317-452, 2000.
- [5] Roger Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses," *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. RA-3, No. 4, August 1987.
- [6] Katsuhiko Ogata, "Modern control engineering," Prentice-Hall, Inc.