

# Visual hull을 이용한 3차원 발 복원 알고리즘

\*이재광, 박창준, 이인호  
한국전자통신연구원 디지털 액터 연구팀  
e-mail : \*ljk64386@etri.re.kr

## An Algorithm to reconstruct 3D Feet Using Visual Hull

\*Jaekwang Lee, Chang-Joon Park, In-Ho Lee  
Digital Actor Research Team, Electronics and Telecommunications  
Research Institute

### Abstract

This paper describes a method for reconstructing 3D feet in a real time vision based marker free motion capture system. The proposed method is developed based on the visual hull and model fitting. For a real time computing, a special lookup table is employed in this paper. This method is implemented and tested using three CCD cameras and preliminary results are presented in this paper.

### I. 서론

일반적으로 마커프리 모션캡처는 동작자의 몸에 마커를 붙이지 않으므로 캡처 준비시간(마커 붙이는 시간)을 줄일 수 있으며, 편리한 동작을 얻을 수 있다. 또한 특별한 조명이 필요 없고 일반인을 대상으로 하는 동작 인터페이스 분야로의 적용 확대가 가능하므로 현재 MIT, CMU, MS, 일본의 ATR, 영국의 Oxford 대학 등에서 활발한 연구가 진행되고 있다[1].

기존 연구는 실루엣을 기반으로 동작자를 3차원 복원한 후 컬러 정보를 사용하여 인체의 부위를 분리함으로써 모션캡처에 필요한 정보를 얻는다. 하지만 동작자의 옷이나 겹쳐지는 부분의 컬러가 단색이거나 색

이 같아 색으로도 구분할 수 없는 경우가 생길 수 있는데 본 논문에서는 이를 보완할 수 있는 발 복원 및 구분 알고리즘에 대해 기술한다.

### II. 본론

#### 2.1 카메라 캘리브레이션

카메라 캘리브레이션[2]은 카메라의 내, 외부 변수를 구하는 과정으로서, 카메라를 이용한 대부분의 시스템에서 필요하다. 본 논문에서는 캘리브레이션 큐브를 사용하여 3차원상의 알고 있는 8개의 점을 통해 카메라의 사영행렬을 구하였다. 카메라의 내, 외부 변수로 구해진 사영행렬을  $P$ 라 하고 3차원상의 임의의 점을  $\bar{X}$ , 이에 대응되는 2차원 영상 평면상의 점을  $\bar{x}$ 라 할 경우,

$$\bar{x} = P\bar{X} \quad (1)$$

성립된다. 여기에서  $\bar{X} = (X, Y, Z, 1)^T$ ,  $\bar{x} = (x, y, 1)^T$ 이고 사영행렬  $P$ 는  $3 \times 4$  이다.

#### 2.2 Visual hull 복원

SFS(Shape from Silhouette)이란 카메라에서 실루엣 영상을 이용하여 3차원 물체를 복원하는 방법을 말하

며 이의 복원된 결과를 Visual hull이라 한다[3]. 본 논문에서는 Visual hull 복원을 위해 카메라의 시야각 내의 동작자가 위치할 부분에 가로, 세로, 높이가 각각 2000mm 인 가상의 큐브를 생성한다. 계산의 실시간성을 위해 카메라 캘리브레이션 단계에서 사영행렬이 구해지면 바로 가상의 큐브에 해당하는 3차원상의 복셀들의 2차원 영상평면에 투영된 점들을 룩업 테이블(lookup table)로 저장해 놓는다. 룩업 테이블은 3차원 복셀로부터 픽셀을 찾을 수 있도록 저장하는 것이 아니라 2차원 영상 평면의 픽셀위치로부터 식(1)에 맞는 복셀 좌표값을 찾을 수 있도록 저장을 한다.

저장이 완료된 후 동작자가 카메라 시야각 내에 들어오면 2차원 영상에서 결정되는 동작자의 실루엣 정보를 이용하여 3차원 모습을 쉽고 빠르게 복원할 수 있다. 특별히 본 논문에서는 발의 모습을 타원 모델로 가정을 하고 모델 맞춤(model fitting)[4]을 통하여 발 부분을 3차원 복원하였다.

### III. 실험 결과

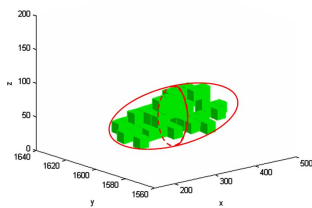


그림 1. 모델 맞춤을 통한 발 복원

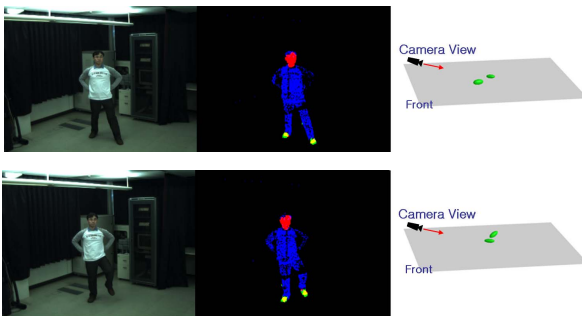


그림 2. 발 복원 결과 비교

본 논문에서는 동작자의 신발색과 바지의 색이 같을 경우에도 강인하게 발을 찾을 수 있는 알고리즘에 대해 설명하였다. 그림 1은 3대의 카메라를 사용하여 발 부분의 모델 맞춤을 통한 3차원 복셀로 복원한 결과이며, 그림 2는 실제 동작자와 동작자의 실루엣 정보 그리고 복원된 발의 모습을 렌더링하여 나타낸 결과이다. 실루엣을 이용하여 동작자의 3차원 모습을 복원한 후 발 부분의 모델 맞춤을 통하여 신발과 바지의

색이 같을 경우에도 효율적으로 발을 복원할 수 있었다.

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 실루엣 기반 마커프리 모션캡처 시스템에서 실시간성을 보장하면서 인체 부위 중 발의 부분을 구분하고 3차원 복원 할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 이는 모션캡처 시스템에서 겹치는 부분이 생길 때, 동작자가 신발과 바지의 색깔이 같은 것을 입었을 때 등 다양한 조건하에서 모션을 캡처할 수 있는 발판을 마련한다고 할 수 있다. 다양한 조건, 동작 하에서도 강인하게 작동될 수 있는 마커프리 모션캡처 시스템 구현하기 위해 발 뿐만 아니라 손, 어깨 등 인체의 각 관절들을 강인하게 찾을 수 있는 알고리즘 개발이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] K.M. Cheung, S. Baker, and T. Kanade, "Shape from Silhouette Across Time Part I: Theory and Algorithms," Intl. Jour. of Computer Vision. Vol. 62, No. 3, 2005, pp. 221-247
- [2] E. Trucco and A. Verri, *Introductory Techniques for 3D Computer Vision*, Prentice Hall, 1998
- [3] W. Matusik, C. Buehler, R. Raskar, S. Gortler, and L. McMillan, "Image-Based Visual Hulls," Proceedings of ACM SIGGRAPH 2000 pp. 369-374
- [4] C. Canton-Ferrer, J.R. Casas, and M. Pardo, "Fusion of Multiple Viewpoint Information Towards 3D Face Robust Orientation Detection," Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Image Processing, 2005, pp. 366-369