

# 컬러 마커를 이용한 마커 스와핑 제거 기법

김병기\*, 장재혁\*, 송창근\*\*, 고영웅\*

\*한림대학교 컴퓨터공학과

\*\*한림대학교 유비쿼터스컴퓨팅학과

e-mail: {bkkim, jaehyok2, cgsong, yuko}@hallym.ac.kr

## Marker Swapping Elimination Mechanism Using Color Marker

Byung-Ki Kim\*, Jae-Hyok Jang\*, Chang Geun Song\*\*, Young-Woong Ko\*

\*Dept. of Computer Science, Hallym University

\*\*Dept of Ubiquitous Computing, Hallym University

### 요 약

본 연구에서는 적외선 카메라를 이용하는 모션캡처 시스템에서의 전통적인 문제인 마커의 손실과 스와핑을 해결할 수 있는 방법에 대해 제안한다. 기본적으로 적외선 센서를 이용하여 마커의 위치를 계산하여 모션을 캡처하는 방식을 사용한다. 여기에 각 마커에 식별이 가능한 고유한 아이디를 지정할 수 있게 하기 위해 적외선 반사판의 색깔을 다르게 제작하였다. 적외선 카메라를 이용하여 마커에서 반사되는 적외선의 좌표를 촬영하고 일반 카메라를 이용하여 마커의 위치와 색깔을 구별한다. 실험 결과 각 마커의 식별이 가능했으며 카메라를 들고 이동하면서도 정확하고 빠르게 모션을 캡처할 수 있음을 실험을 통해 증명하였다.

### 1. 서론

모션 캡처는 영화 제작에 필요한 특수 효과, 사용자 인터페이스, 그리고 치료 등 다양한 목적으로 활용 분야가 넓다. 대부분의 광학식 모션캡처 시스템들은 빠른 속도로 움직이는 모션을 캡처하기 위해서 고속촬영이 가능한 카메라를 이용한다. 카메라 기반의 시스템들은 특수한 센서와 고 대역폭을 요구하며, 마커의 주변 환경과 고 대비가 되도록 관리해야 하기 때문에 주변 환경에 영향을 많이 받는다. 본 논문에서는 기존의 방식을 유지하면서 고성능의 카메라 대신에 일반 웹 카메라와 적외선 센서를 이용한 모션캡처 시스템을 제안한다. 기존의 광학식 모션캡처에서 발생하는 마커 스와핑과 마커의 손실을 최소화하기 위해서는 마커를 식별이 가능하도록 아이디를 부여할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 마커들에 식별 가능한 아이디를 부여하기 위해 각 마커의 색상을 다르게 지정하여 마커의 위치를 측정하는 방식을 사용하였다. 적외선 카메라를 이용하여 마커의 위치를 계산하고 적외선 카메라로 촬영한 장면과 일반 카메라로 촬영한 장면을 오버랩한다. 적외선 카메라에서 얻어진 마커의 좌표가 일반 카메라로 촬영한 장면에서 무슨 색을 가지고 있는지를 검사하여 각 마커를 식별할 수 있다. 우리가 제안하는 방법을 이용하면 광학식 모션 캡처 시스템에서의 전통적인 문제인 마커 스

스와핑을 해결할 수 있으며, 일반 카메라에서도 모션 캡처가 가능할 수 있다.

본 논문은 서론, 관련 연구와 기존 시스템의 문제점에 대해서 설명하고, 본 논문에서 해결하고자 하는 마커 스와핑에 대해 기술하고 있으며, 제안하는 시스템의 구성, 구현 및 실험, 그리고 결론 및 향후 연구로 구성된다.

### 2. 관련연구

모션캡처 시스템은 동작 방식에 따라 다양하게 분류될 수 있다. 현재까지 많이 사용되는 방식으로는 자기장, 음향, 광학, 관성 또는 무선주파수 신호를 이용하여 모션을 트래킹할 수 있다[1]. 광학식 모션캡처 시스템은 고성능 카메라를 이용하여 지연시간이 짧고 다른 시스템과 비교해서 정확도가 높기 때문에 영화의 특수효과나 3차원 영상을 얻기 위해 많이 사용되고 있다.

광학식 모션캡처는 카메라와 마커를 이용하는 시스템으로 스튜디오에서 고속촬영이 가능한 카메라를 이용하여 수동형 마커나 능동형 LED 마커들의 위치를 추적하는 방식이다[2]. 초당 400 프레임 이상의 촬영이 가능한 Vicon의 모션 캡처 장비들은 정확하고 신뢰할 수 있는 데이터를 제공한다. 하지만 프레임 비율이 높을수록 카메라의 짧은 노출 시간 때문에 수동형 마커들의 반사율을 높이기 위해 더 밝은 광원이 필요하게 되고 능동형 LED 마커들은 더 밝은 빛을 내기위해 많은 전력을 소모한다. 또한, 배경과 마커와의 높은 대조를 유지하기 위해 보통 검은색 의상에 마커를 부착하여 사용한다. 또한, 카메라 기반의

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2009년도 산학연공동 기술개발사업 (No. 00039359)과 한국 연구재단(KRF)의 지원(No.2009-0076520)을 받은 결과물임을 밝힙니다.

모션 캡처는 의상 또는 신체부위에 의해 가려지게 되면 마커의 위치를 찾기 어렵다. [3]에서는 마커가 시야에서 사라지거나 마커 스와핑이 발생하는 문제를 해결하기 위해서 능동형 마커와 마그네틱 센서를 퓨전하여 팔의 모션을 캡처하는 시스템을 제안했다. 하지만, 마그네틱 센서서는 자기장이기 때문에 주변 환경의 영향을 많이 받는다.

수동형 마커는 적외선 센서에서 송신하는 적외선을 작은 공 모양의 반사판을 이용하여 반사하면 적외선 카메라에서는 반사된 마커의 위치를 추적하여 모션을 캡처할 수 있다. 이러한 수동형 마커 방식은 각 마커를 식별하기 위한 고유한 아이디를 부여하기 어렵다. 각 마커의 반사되는 빛의 세기 또는 마커의 크기 등을 이용해 마커의 위치를 측정하기 때문이다. 여기서 발생하는 문제점 중에 마커가 바뀌는 문제(Marker Swapping)가 있다[4]. 마커 스와핑 문제를 해결하기 위해 능동형 LED 마커를 이용하여 해결할 수 있지만 수동형 마커 방식에서는 아직까지 해결해야 할 문제로 남아있다. [5]에서는 포토센서로 만들어진 마커와 바이너리 코딩된 빛을 영상하는 프로젝트를 이용하여 마커의 위치를 찾아서 모션을 트래킹 한다. 또한, 휴대가 가능하며 자연광에서도 동작할 수 있는 모션캡처 시스템을 제안했다.

### 3. 마커 스와핑(Marker Swapping)

수동형 방식의 반사판을 이용한 마커 트래킹은 적외선 LED에서 적외선을 방출하면 반사판에서 적외선을 반사한다. 카메라에는 적외선 필터가 있어서 적외선만을 통과하여 카메라가 촬영하는 장면에서 마커의 위치를 찾을 수 있다. 그림 1에서처럼 최초에 두 개의 마커가 인식이 되어 트래킹 되고 있다. 손을 움직이다가 카메라 상에서 두 개의 마커가 일직선상에 서있게 되는 경우가 발생한다. 이후에 정반대의 손 모양을 취하면 그림 1(오른쪽 아래)에서처럼 마커의 정상적으로 트래킹이 되어야 한다. 하지만 마커의 식별이 불가능하게 되면 그림 1(왼쪽 아래)에서처럼 잘못된 마커의 트래킹이 발생된다. 이러한 문제를 마커 스와핑이라고 하며 현재 수동형 마커 트래킹 방식에서는 효과적인 솔루션이 없는 상태이다.

본 연구에서는 수동형 마커 방식의 모션캡처에서 마커 스와핑 문제를 해결하기 위해 컬러 마커 방식을 이용한다. 기존의 방식과 다른 점은 마커 인식을 위한 적외선 카메라와 마커의 색을 인식하기 위해 추가적으로 일반 PC 카메라를 이용한다. 이번 연구는 기술검증(Proof of concept)에 초점을 두기 때문에 고속 촬영이 가능한 모션캡처 카메라 대신에 휴대가 간단한 일반 PC 카메라와 적외선 카메라를 이용한다. 또한, 카메라 자체에서는 2차원 영상을 얻을 수 있기 때문에 2차원의 영상에서 마커 스와핑을 제거하는 방법에 대하여 실험하였다.

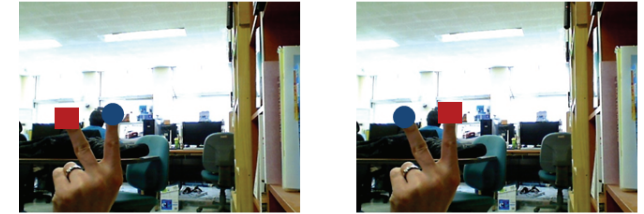
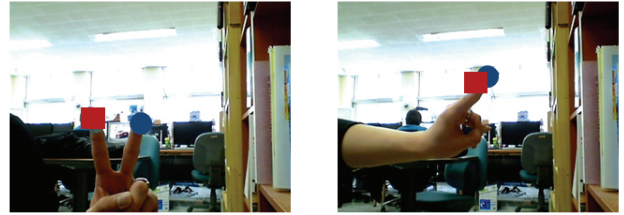


그림 1 두 개의 마커를 트래킹 (왼쪽 위)최초 마커 인식, (오른쪽 위)두개의 마커가 일직선상에 위치, (왼쪽 아래)마커 스와핑이 발생, (오른쪽 아래) 정상적인 트래킹

### 3. 시스템 구성

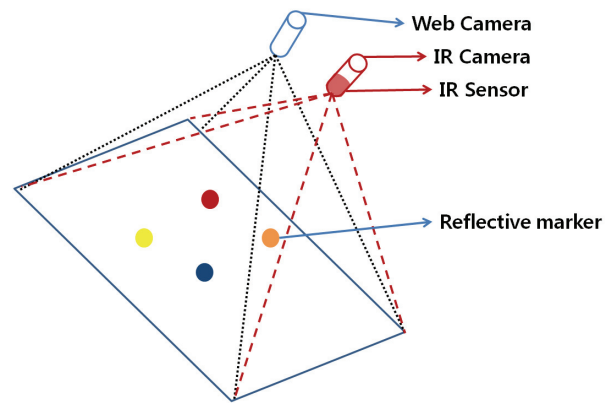


그림 2 시스템 구성

본 연구에서 제안하는 시스템은 그림 2와 같이 색깔이 서로 다른 초 고휘도 반사판을 이용해 마커를 제작하였다. 동일한 공간을 적외선 카메라와 PC 카메라가 동시에 촬영한다. 적외선 센서에서 적외선을 방출하면 반사판에서 적외선을 반사하고 적외선 카메라에서 각 마커의 위치를 계산한다. 여기서 생성한 마커의 좌표를 PC 카메라가 촬영한 이미지에 맵핑한다. PC 카메라에서는 적외선 카메라에서 인식한 마커의 좌표에 해당하는 마커의 색상을 구별하여 각 마커를 식별할 수 있다.

PC 카메라로 촬영한 영상에서는 각기 색이 다른 마커들을 촬영한다. 촬영한 영상을 이미지프로세싱을 통해 배경과 마커를 분리한다. 여기서 적외선 카메라로 촬영한 마커의 위치와 컬러 마커를 맵핑한다. 그림 3과 같이 두 대의 카메라가 동일한 작업 공간을 촬영하고 있고 적외선 카메라에서 추출한 마커의 좌표들을 일반 카메라에서 촬영한 이미지에 전송한다. 일반 카메라에서는 적외선 마커

의 좌표가 해당하는 영역의 색을 추출하여 각 마커에 식별이 가능하도록 아이디를 부여할 수 있다.

좌표를 찾을 수 있다[7].

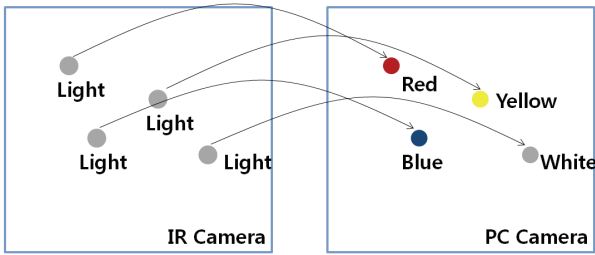


그림 3 적외선 마커 좌표 매칭

#### 4. 시스템 구현 및 실험

본 연구에서는 그림 4와 같이 적외선 LED를 장착한 기판과 네 가지 컬러의 초고휘도 반사판을 이용하여 마커를 추적할 수 있다. 적외선 LED는 가시 스펙트럼에 속하지 않는 950nm의 적외선을 방출하는 LED를 사용하였고, 마커는 초고휘도 반사지를 이용하였다. 초고휘도 반사지는 일반 반사 물질보다 3배정도 밝게 빛을 반사하는 성질을 가지고 있기 때문에 적외선 LED를 반사할 수 있었다.

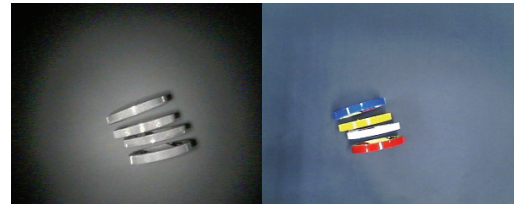


그림 5 적외선 카메라로 촬영한 영상(왼쪽)과 일반카메라로 촬영한 영상(오른쪽)

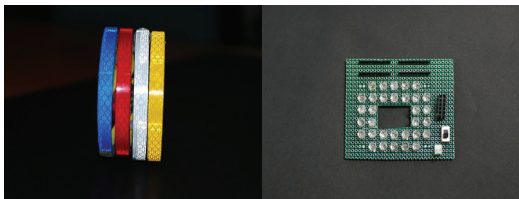


그림 4 컬러 반사판과 적외선 LED

그림 5(위)와 같이 동일한 공간을 촬영하기 위해 두 대의 카메라를 평행하게 고정하여 촬영한다. 그림에서 왼쪽 카메라가 일반 PC 카메라이고 오른쪽에 있는 카메라가 적외선 카메라이다. 오른쪽 카메라는 일반 PC 카메라에서 적외선 차단 필터(IR Cut Filter)를 제거하여 적외선을 카메라에서 인식할 수 있도록 하였다. 그리고 카메라의 렌즈 앞부분에 적외선 영역만을 통과하기 위해 적외선 필터를 부착하여 반사된 적외선만을 잘 통과할 수 있도록 제작하였다[6].

그림 5와 같이 적외선 카메라와 일반 카메라로 촬영한 이미지를 얻을 수 있다. 그림 5에서 왼쪽 아래에 있는 그림은 적외선을 컬러 마커에 방출하여 반사된 빛을 촬영한 것이다.

그림 6에서 적외선 카메라로 촬영한 영상을 이진화하고 배경과 마커가 구분이 되도록 스레시홀드(Threshold) 레벨을 결정한다. 마커와 배경이 구분이 잘 되도록 스레시홀드가 되면 레이블링(labeling)을 통해 각 마커를 추출하고 추출된 마커들의 중심점을 찾으면 최종적으로 마커의

좌표를 찾는 다음에 PC 카메라에서 촬영하는 영상에 좌표들을 대입하여 해당하는 영역의 색을 찾는다. 여기서 카메라가 정확하게 동일한 공간을 촬영하고 있는 것이 아니기 때문에 마커들의 좌표 보정이 필요하다. 컬러 영상을 확대 및 축소, 상하좌우로 이동, 그리고 회전을 이용해 같은 공간을 촬영할 수 있도록 카메라를 보정한다. 처음 카메라를 보정하기 위해 필요한 정보를 파라미터로 저장하고 있다가 자동으로 카메라 영상이 보정될 수 있도록 구현하였다.

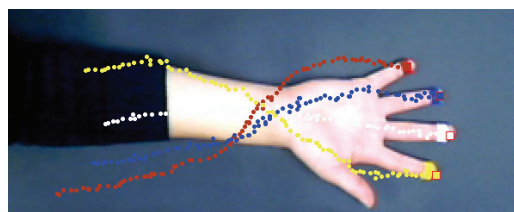


그림 6 마커의 좌표 매핑 및 모션 캡처

그림 6(아래)과 같이 손가락 끝에 마커들을 부착하고 손바닥을 한번 뒤집으면서 이동한 모션을 캡처한 것이다. 중간 부분에서 마커들이 잠깐 가려지거나 일직선상에 위치했다가 다시 나타났을 경우에 마커 스와핑이 발생하지 않고 정확하게 마커를 추적하는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 영상 인식을 통해 각 마커의 좌표만 찾으면 되기 때문에 좌표의 위치는 정확하게 찾을 수 있다.

본 연구에서 사용된 카메라의 최대 30f/s를 지원하는 카메라를 사용하였으며, 영상에서 마커를 추출하는데 평균적으로 30ms이내에서 마커를 모두 찾을 수 있으면 부드러운 영상과 함께 마커의 좌표를 찾을 수 있다.

ice Hall, New York, 1993, pp. 277-303.

## 5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 광학식 모션 캡처 시스템에서 발생하는 마커 스와핑 문제를 해결하기 위해 기존의 적외선을 반사하는 마커방식에 마커의 색깔 정보를 이용하여 해결 하였다. 본 연구에서는 적외선을 반사하는 마커의 좌표와 색깔을 추출하여 각 마커에 고유한 아이디를 식별 할 수 있기 때문에 마커 스와핑이 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 마커 스와핑을 해결할 수 있는 방법에 대해서 제안하고 있지만 실제 3차원상의 모션캡처가 아니라 2차원 평면에서 문제점을 해결하였다. 향후에는 3차원에서 모션을 캡처할 수 있는 방법을 연구할 계획이다. 또한, 두 대의 카메라를 이용해야 하기 때문에 동일한 공간을 촬영하기 위해서는 카메라 보정이 필요하다. 하지만, 본 연구에서는 2차원 평면에서의 마커 트래킹을 하기 때문에 카메라 보정이 간단하지만 휴대가 가능한 2차원 평면의 모션을 캡처하기 위해서는 카메라가 고정된 상태가 아니기 때문에 실시간으로 두 개의 영상을 매칭해야 한다. 향후에는 실시간으로 두 개의 영상을 매칭할 수 있어 간단하게 모션을 캡처할 수 있는 방법을 연구할 계획이다. 실험결과 본 연구에서 제안하는 방법을 이용하면 증강현실에서의 상호작용 및 모션 캡처 등의 분야에서도 널리 활용될 수 있음을 증명하였다.

## 참고문헌

- [ 1 ] Welch, G. and Foxlin, E. Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 22, No. 6, pp 24-38, 2002.
- [ 2 ] <http://www.vicon.com>
- [ 3 ] ChanJong Park, Il-Kwon Jeong, Hyeong-Kyo Kim, KwangYun Wahn, "Sensor Fusion for Motion Capture System Based on System Identification," ca, pp.71, Computer Animation 2000 (CA'00), 2000.
- [ 4 ] Midori Kitagawa, Brian Windsor, MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture, Foscil Press, Mar 2008, pp. 50.
- [ 5 ] Ramesh Raskar, et al, "Prakash: lighting aware motion capture using photosensing markers and multiplexed illuminators", ACM Transactions on Graphics (TOG), v.26 n.3, July 2007
- [ 6 ] <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>
- [ 7 ] I.Pitas, Digital Image Processing Algorithms, Prent