

증강현실 환경에서 손 가림 해결을 위한 피부 색상 정보 획득

박상진 · 박형준[†]
조선대학교 산업공학과

Construction of Skin Color Map for Resolving Hand Occlusion in AR Environments

Sang-Jin Park and Hyungjun Park[†]

Department of Industrial Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Received 8 January 2014; received in revised form 26 March 2014; accepted 8 April 2014

ABSTRACT

In tangible augmented reality (AR) environments, the user interacts with virtual objects by manipulating their physical counterparts, but he or she often encounters awkward situations in which his or her hands are occluded by the augmented virtual objects, which causes great difficulty in figuring out hand positions, and reduces both immersion and ease of interaction. To solve the problem of such hand occlusion, skin color information has been usefully exploited. In this paper, we propose an approach to simple and effective construction of a skin color map which is suitable for hand segmentation and tangible AR interaction. The basic idea used herein is to obtain hand images used in a target AR environment by simple image subtraction and to represent their color information by a convex polygonal map in the YCbCr color space. We experimentally found that the convex polygonal map is more accurate in representing skin color than a conventional rectangular map. After implementing a solution for resolving hand occlusion using the proposed skin color map construction, we showed its usefulness by applying it to virtual design evaluation of digital handheld products in a tangible AR environment.

Key Words: Augmented reality interaction, Convex polygon, Hand occlusion, Image processing, Skin color map, YCbCr color space

1. 서 론

AR 환경에서 디지털 제품의 가상품평을 실현하기 위해서는 사용이 편리하고, 시각/청각/촉각이 통합된 몰입감 있는 감각적 상호작용을 제공하는 것이 매우 중요하다^[1]. 이러한 이유로 Park^[2,3] 등은 제품용 오브젝트와 포인터용 오브젝트를 이

용해 AR 환경에서 휴대용 전자제품을 조작할 수 있는 감각형 상호작용 방안을 개발하여 휴대용 전자제품의 설계 품평에 적용을 시도하였다. 그들이 제시한 방안은 사용자가 오브젝트를 양손에 쥐고 서로 조작하고 접촉함으로써 제품의 외관 및 UI 기능에 대한 몰입감 있는 체험을 제공해줄 수 있다. 그러나, 상호작용 과정에서 증강되는 가상 객체가 사용자의 손을 가리게 되는 어색한 현상으로 인해 사용자는 자연스러운 영상을 제공받지 못하며, 손의 위치를 원활하게 파악할 수 없어 상

[†]Corresponding Author, hzpark@chosun.ac.kr
©2014 Society of CAD/CAM Engineers

호작용에 불편함을 느끼는 문제가 종종 발생한다^[4].

증강현실 환경에서 발생하는 이러한 손 가림 문제를 해결하기 위해 손에 대한 피부 색상 정보가 유용하게 이용되어 왔다. 본 논문에서는 AR 상호작용 환경에 적합한 피부(손 영역의 피부) 색상 정보를 쉽고 효과적으로 획득하는 방안을 제시한다. 손 영역의 피부 색상 정보 생성을 위한 기본 아이디어는 AR 상호작용 환경에서 획득된 손이 존재하는 영상과 그렇지 않은 배경 영상에 대해 YCbCr 색상 공간으로 변환된 두 영상 간의 임계치 기반 차이 영상을 얻어 초기 피부 색상 영역을 획득한다. 그런 다음, 피부 색상 영역을 2차원 공간 상에 블록 다각형 영역으로 표현하여 AR 상호작용에 적합한 피부 색상 정보로 활용하는 것이다.

본 논문에서는 블록 다각형 맵(map)을 이용하여 손 영역의 피부 색상 정보를 표현하고, 이를 이용한 손 가림 현상 해법을 구현하여 휴대용 전자제품의 AR 상호작용에 적용함으로써 제시된 방안이 손 영역을 적절하게 검출함을 보이고, 이를 통해 상호작용의 용이성 및 몰입감을 향상시키는 역할을 할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 색상 정보 획득 방법에 대하여 언급하고, 3장에서는 증강현실 환경에서 손 가림 현상 해결을 위한 전체적인 과정을 설명하고, 쉽고 효과적인 손 영역의 피부 색상 정보 획득 방안을 제시한다. 4장에서는 실험 및 적용을 통해 제시된 방안의 유용성을 보인다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

영상 내에서 손 영역을 검출하기 위한 다양한 방법들이 연구되고 있으며^[4], 대부분의 연구들에서 제시된 손 영역 검출 및 추적 방법은 칼라 기반, 차이영상 기반, 모델 기반, 그리고 이들을 복합적으로 사용하는 방법 등으로 구분된다. 첫 번째 방법은 칼라 영상을 이용하는 방법^[5]으로, HIS, YCbCr, RGB 칼라 색상 모델 등을 이용하여 손의 색상인 살색과 유사한 색을 영상에서 찾아 손 영역을 검출하는 것이다. 그러나 이러한 방법은 보통의 그레이 영상보다 3배 이상의 데이터가 필요하므로 처리량이 많아지게 되며, 환경요소(밝기)에 매우 민감하다. 두 번째 방법은 Optical flow 이나^[6], 차이 영상^[7]과 같은 프레임 간의 차이를

이용하는 방법인데, 이 방법은 그레이 영상만을 이용하여 데이터 량이 줄어든다는 이점은 있으나, 손 영역이 움직이지 않는 경우 손 영역을 검출하기 어렵다는 단점이 있다. 세 번째 방법은 모델을 이용하는 방법^[8]으로서, 그레이 영상만으로도 충분하고 손 영역이 움직이지 않아도 손 영역을 검출할 수 있으나, 손 모양에 따라 여러 가지 사용되는 모델이 필요하다는 점과 처리 시간이 길다는 단점이 있다. 마지막 방법으로는 위의 세 가지 방법을 복합적으로 사용하는 방법^[9]으로 손 영역 검출력은 나머지 세 가지 방법에 비해 뛰어날 수 있으나, 처리 시간에 대한 단점을 가지고 있다.

이러한 손 영역 검출 및 추적 방법들의 장단점을 고려하여 본 논문에서는 YCbCr 칼라 기반 및 차이 영상 기반을 토대로 간단한 사용자 개입을 통해 적용 시점의 환경이 반영된 손 영역 검출 방안을 제시한다.

3. 증강현실 환경에서 손 가림 현상 해결 방안

본 논문에서는 Park 등^[4]이 제시한 방식에 따라 손 가림 현상이 실 세계(real world) 이미지 위에 증강되는 가상객체 렌더링 영역에서만 발생하는 점에 착안하여 증강된 가상객체 이미지를 포함하는 최소 포함 사각형 영역만을 피부 색상 검출 영역으로 고려하였으며, 피부 색상과 대비가 잘 되는 감각형 오브젝트를 이용하여 손 가림 현상을 해결하는 방식을 채택하였다. 논문에서 제

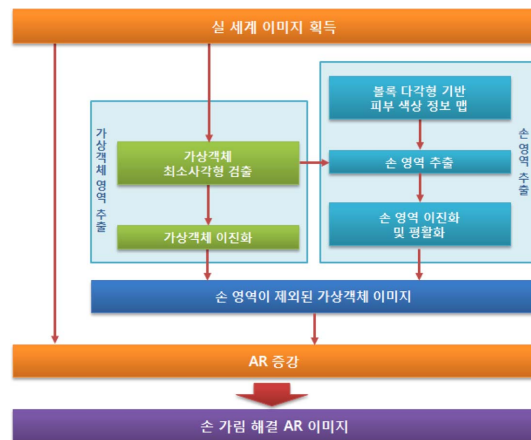


Fig. 1 Overall procedure for solving the hand region occlusion problem

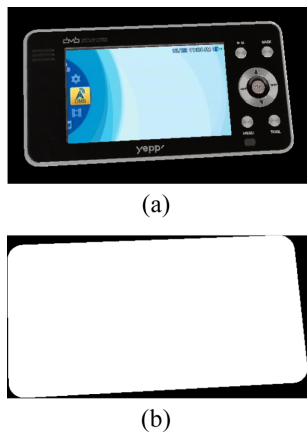


Fig. 2 Generation of the minimum rectangle of interest: (a) virtual object image; (b) binary image in the minimum enclosing rectangle

시하는 손 가림 현상 해결을 위한 전반적인 과정이 Fig. 1에 나타나있다.

손 가림 현상 해결을 위한 가상객체 영역 추출과 손 영역 평활화 과정은 Park 등^[4]의 손 가림 현상 해결 방안을 응용하였다. AR 환경에서 손 가림 해결을 위해 먼저, 실 세계 이미지로부터 가상객체의 최소사각형 검출 및 이진화를 거쳐 가상객체 이미지를 얻는다. 그런 다음, 제안된 손 영역의 피부 색상 정보 획득 방안을 통해 획득한 피부 색상 정보 맵을 이용하여 앞서 얻어진 최소포함 사각형(minimum enclosing rectangle) 영역 내에서 손 영역을 추출한 후, 손 영역 이미지와 이진화된 가상객체 이미지로부터 손 영역이 제외된 가상 객체 이미지를 생성한다. 이를 통해 수정된 가상 객체 이미지를 실 세계 이미지에 오버레이(overlay) 하여 손 가림 현상이 해결된 현실감과 몰입감 있는 영상을 제공할 수 있다.

Fig. 2는 PMP(Portable Multimedia Player) 제품에 대한 최소사각형 검출 및 가상객체 영역 이진화 결과를 나타낸다. 검출 및 이진화에 대한 구체적인 내용은 Park 등^[4]의 손 가림 해결 방안을 참조하기 바란다.

3.1 피부 색상 정보 획득 및 손 영역 추출

영상 내에서 손 영역을 검출하기 위한 일반적인 방법으로는 RGB 색상 모델과 이를 손 영역의 피부 색상 표현이 용이한 YCbCr, HIS 등과 같은 색상 모델로 변환하여 사용하는 것이다^[10].



Fig. 3 Procedure for constructing a skin color map

RGB 색상 모델은 빨강(R), 초록(G), 파랑(B)의 기본 스펙트럼 성분들로 나타내며, 이 모델은 위성의 다중 스펙트럼 영상 데이터의 처리, 컴퓨터 그래픽스 시스템들에서 주로 사용되고 있다. YCbCr 색상 모델은 밝기값 Y와 파란색 색차 신호 Cb, 빨간색 색차 신호 Cr로 이루어진다. YCbCr은 밝기값과 색차 신호로 서로 다른 정보를 가지고 있기 때문에 JPEG 압축과 MPEG 비디오 압축에서 주로 이용되고 있다. HSI 색상 모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 그리고 명도(Intensity)로 구성된다. 색상은 그 색의 원색을 나타내고, 채도는 색의 순수도를 나타내는 것으로 원색에 어느 정도의 흰색이 혼합되었는지를 나타내며, 명도는 색깔의 밝은 정도를 나타낸다. 본 논문에서는 피부 색상 검출을 위한 상당수의 기존 연구에서 활용되고 있는 비교적 제어가 쉬운 YCbCr 색상 모델을 채택하였으며, 영상 픽셀 간 차이를 토대로 피부 색상을 검출하는 방안을 적용하였다.

제시하는 방안은 YCbCr 색상 공간으로 변환된 손이 존재하는 영상과 그렇지 않은 배경 영상으로부터 차이 영상을 획득하고, 이를 통해 피부(손) 색상 영역을 검출한 후, 노이즈 제거를 위해 검출된 영역을 조절한다. 그런 다음, 블록 다각형으로 표현하여 피부 색상 영역을 정보화하는 것이다. Fig. 3은 피부 색상 정보 획득 방안의 전반적인 과정을 나타낸다.

3.2 차이 영상 기반 초기 피부 색상 영역 획득

차이 영상을 통한 영역 추출은 두 영상 간의 단순한 차이를 이용하여 원하는 영역을 추출하는 것으로 계산이 간단하지만 조명 및 잡음에 매우 민감하다는 단점을 가지고 있다^[7].

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 픽셀(pixel) 간의 차이 오차를 어느 정도 허용하여 피부(손)

색상 영역을 유연하게 검출하는 방식을 취한다. 오차 허용 범위는 픽셀 간의 차이에 대한 임계값으로 지정하고, 사용자가 임계값을 UI를 통해 직접 제어함으로써 정확한 피부 색상 영역을 검출하도록 하였다.

손이 존재하지 않는 배경 영상 A와 손이 포함된 영상 B가 영상 쌍(pair)으로 주어졌을 때, 각 픽셀 간의 오차 d 는 다음과 같이 정의된다.

$$d = \sqrt{(Cb_A - Cb_B)^2 + (Cr_A - Cr_B)^2} \quad (1)$$

여기서 Cb_A , Cr_A 는 영상 A의 픽셀에 대한 CbCr 값이며, Cb_B , Cr_B 는 영상 B의 픽셀에 대한 CbCr 값이다.

이를 토대로 입력 영상 쌍들로부터 피부 색상 영역을 획득한다. 먼저, Fig. 4(a), (b)와 같이 영상 쌍에 대한 각 영상을 YCbCr 색상 공간으로 변환한다. 그런 다음, 밝기에 해당하는 Y 요소를 제외한 CbCr 요소를 이용해 각 픽셀 간의 거리를 계산하고, 식 (1)에 의해 구해진 픽셀 간의 오차 d 가 임계값보다 크거나 같은 경우, 영상 B의 해당 픽셀을 손 영역에 포함시키고, 그렇지 않으면 배경에 해당하는 검정색(0)으로 지정한다.

Fig. 4(c)는 스크롤바 UI를 이용하여 픽셀 차이 오차에 대한 임계값을 선택/적용함으로써 피부 색상 영역을 검출한 결과를 나타낸다. 선택된 임계값에 대응되는 차이 영상을 실시간으로 확인할 수 있기 때문에 비교적 쉽고, 빠르게 피부 색상 영역

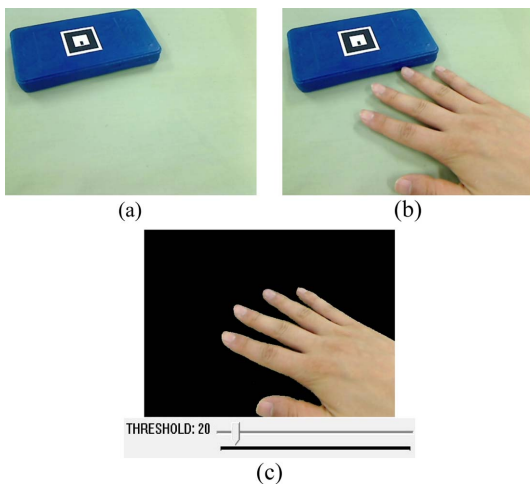


Fig. 4 Hand region extraction by modified image difference: (a) background image; (b) hand image; (c) difference image

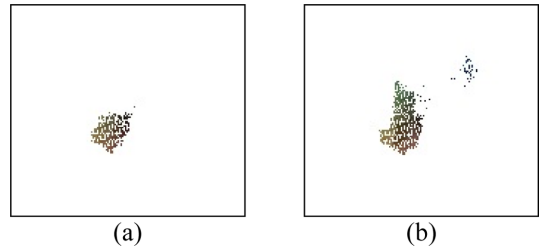


Fig. 5 Skin color maps: (a) skin color map for an image pair; (b) cumulative skin color map for image pairs

을 검출할 수 있다. 스크롤바 UI에서 임계값 범위는 0-255이며, 선택된 임계값 대부분은 55보다 작게 나타난다. Fig. 4(c)의 경우, 임계값 20에 해당한다.

이렇게 얻어진 차이 영상은 x, y축이 각각 Cb, Cr 값을 나타내는 2차원 맵으로 표현되며, 손 영역에 대한 피부 색상 맵은 차이 영상에서 손 영역에 해당하는 픽셀들의 집합을 나타낸다. 앞서 언급한 차이 영상 획득 과정을 거친 n 개의 차이 영상들로부터 얻어진 다양한 자세의 손 영역을 누적적으로 도식하여 손에 대한 피부 색상 영역을 표현해줌으로써 실시간으로 움직이는 영상에서도 안정적으로 손 영역 검출이 가능토록 하였다.

Fig. 5는 차이 영상으로부터 얻어진 피부 색상 맵을 나타내는데, Fig. 5(a)는 Fig. 4(c)에 대한 피부 색상 맵을 나타내며, Fig. 5(b)는 손의 다양한 자세에 대한 n개 차이 영상들로부터 얻어진 피부 색상 맵들을 모두 합친 누적 맵(cumulative map)을 나타낸다.

3.3 볼록 다각형 기반 피부 색상 영역 정보화

Fig. 5(b)에서와 같은 누적 맵은 새로운 입력 영상으로부터 손 영역을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 그러나 이를 그대로 사용하기에는 문제가 존재한다. 우선, 영상 쌍에 대해 픽셀 간의 오차를 토대로 피부 색상 영역을 표현했어도 누적 맵에 노이즈가 존재하게 되며, 일부 기존 연구^[11-14]에서와 같이 누적 맵에서 최소포함 사각형을 적용하더라도 피부 색상 정보가 이산적이고 손 색상과 관련이 적은 색상 영역이 유입되어 노이즈(예: 그림자 부위)가 포함될 가능성이 매우 높다. 또한, 히스토그램을 활용하여 환경 변화에 둔감한 피부 색상을 검출하는 방안을 고려해 볼 수 있

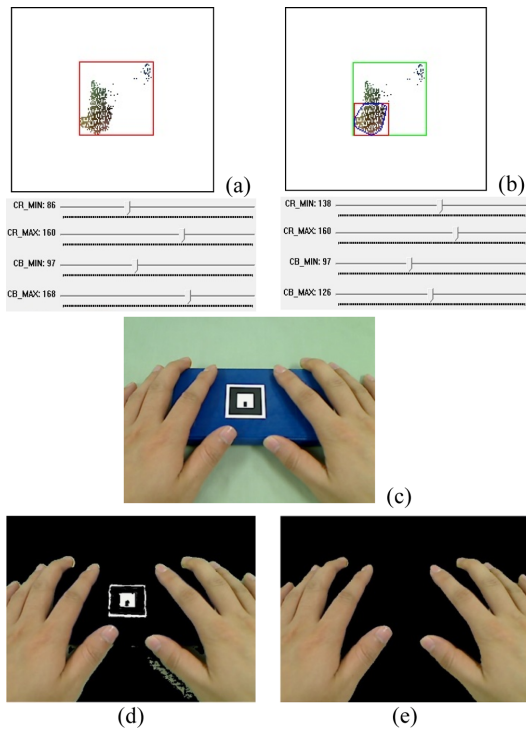


Fig. 6 Construction of a skin color map and skin region extraction: (a) Initial rectangle; (b) Modified rectangle and its convex polygonal approximation; (c) real world image with hand regions; (d) Skin regions extracted using the skin color map defined by the initial rectangle; (e) Skin regions extracted using the skin color map defined by the convex polygon

으나, 이는 적용 시점의 환경을 정확히 반영하기 어려운 단점이 있다^[15].

본 연구에서는 누적 맵으로부터 얻어진 최소포함 사각형 영역을 UI를 통해 제어함으로써 적용 시점의 조명 환경 및 잡음을 반영하여 노이즈가 제거된 수정된 사각형 영역을 얻은 후, 이를 블록 다각형으로 섬세하게 표현하여 손에 대한 피부 색상 영역을 정보화하는 방식을 적용하였다.

Fig. 6은 수정된 피부 색상 맵 구축과 손 영역 추출 예제를 나타낸다. Fig. 6(a)는 초기 누적 맵의 최소포함 사각형과 UI를 나타내며, Fig. 6(b)는 조절된 사각형 영역과 UI, 그리고 이를 다시 블록 다각형으로 표현한 결과를 나타낸다. 스크롤바 UI에서는 Cb와 Cr 성분의 범위(최소값, 최대값)를 설정할 수 있고, 수치의 범위는 0-255이다. 블록 다각형 근사는 OpenCV^[17] 라이브러리를

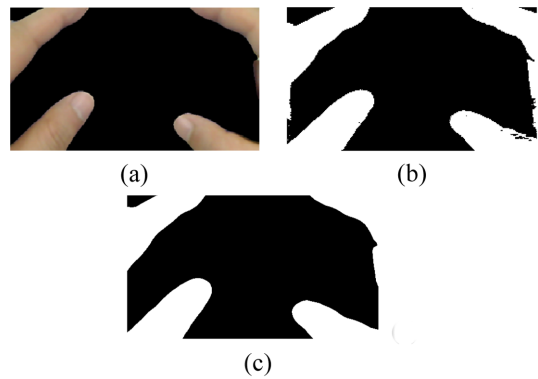


Fig. 7 Hand region binarization and smoothing: (a) segmented hand image; (b) binarized image; (c) smoothed image

활용하였다. Fig. 6(c)는 손 영역이 포함된 실세계 영상을 나타낸다. Fig. 6(d)는 초기 최소포함 사각형으로 표현된 피부 색상 정보를 이용하여 추출된 손 영역을 나타내며, Fig. 6(e)는 블록 다각형으로 표현된 피부 색상 정보를 이용하여 추출된 손 영역을 나타낸다.

일반적인 노이즈는 누적 맵에서 피부 색상 영역에서 벗어나 산포되어 위치하고 있어 쉽게 제거될 수 있으나, Fig. 6(d)에서와 같이 손 경계 주변 그림자에 의한 노이즈는 피부 색상 영역 근처에 위치하고 있어 제거가 곤란하다. 따라서, Fig. 6(b)에서와 같이 UI를 통해 최소포함 사각형 영역을 줄이고, 블록 다각형으로 근사함으로써 Fig. 6(e)와 같이 노이즈(그림자 등)의 제거가 가능하다.

한편, 사용자의 움직임으로 인해 입력 영상의 밝기 변화가 생기며, 이에 따라 부자연스러운 손 영역이 검출될 수 있다. 따라서, 이미지 평활화 과정을 통해 손 영역을 개선시킨다. 본 논문에서는 Park 등^[4]의 손 영역 평활화 과정을 적용하였으며, 평활화된 이미지는 입력 영상 위에 가상객체를 오버레이할 때 최종적으로 이용된다. Fig. 7는 손 영역의 이진화와 평활화 결과를 나타내는데, 이는 가상 객체 렌더링 영역을 나타내는 이진화 이미지, 그리고 입력 영상을 함께 조합되어 사용자에게 보여지는 손 가림이 해결된 최종 영상을 얻는데 활용된다.

4. 실험 및 적용

본 논문에서 제시된 피부 색상 정보 획득 방안

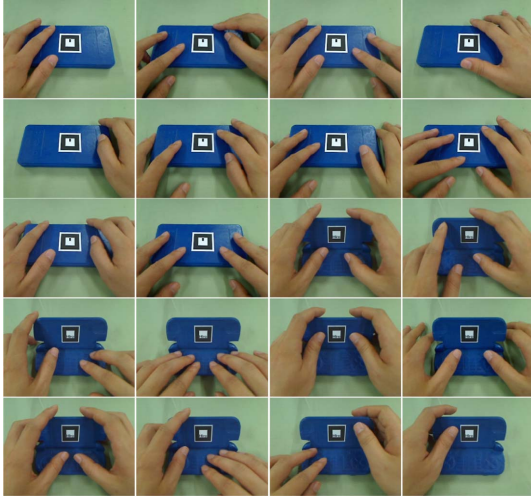


Fig. 8 Input images used for test

을 토대로 AR 환경에서 손 가림 현상 해법을 구현하였다. 또한, 제시된 피부 색상 정보 획득 방안에 대한 유용성과 품질을 검증하기 위해 AR 환경에서 휴대용 전자제품의 설계품평에 적용하여 실험을 수행하였다.

먼저, 실험을 통해 제시된 피부 색상 정보 획득 방안을 적용한 손 영역 추출 성능을 확인하였다. 실험에서는 Fig. 8에서와 같이 감각형 오브젝트와 함께 손이 포함된 20가지 입력 영상들이 이용되었다. 이러한 입력 영상들은 적용 시점의 환경(조명 및 잡음)이 반영된 입력 영상들로서 Fig. 5에서와 같이 피부 색상 맵과 누적 맵을 생성하기 위해 이용되며, 후속 과정(Fig. 6)에서 간단한 UI를 통해 피부 색상 정보들을 얻는데 활용된다.

사용자 개입을 요구하지 않은 피부 색상 영역 검출 방법들은 계산이 상대적으로 복잡하여 수행 성능 측면에서 단점이 있으며, 적용 가능한 환경이 제한적이다. 반면, 사용자 개입을 이용하는 방법들은 수행성능 측면에서 장점을 갖는데, 사각형 맵을 이용하는 방법이 대표적이다.

본 논문에서는 사각형 맵 기반 방법과의 비교를 통해 제안하는 방법이 간단한 사용자 개입을 통해 수행성능 및 강건성 측면에서 장점이 있음을 보인다. 비교를 위한 기준으로 수작업 방식을 통해 얻은 손 영역 이미지를 활용하였다. 즉, 한 사례당 3가지 이미지(NORM, MER, CVH)를 추출하여 비교 분석을 실시하였다. NORM은 수작업 방식을 통해 얻은 초기 손 영역 이미지로서,

2절에서 언급된 차이 영상 기반 피부 색상 영역 획득 방안을 통해 얻어지며, MER은 Park 등^[4]에서 제시된 최소포함 사각형 맵 기반 방법을 통해 얻어진 손 영역 이미지를 나타내며, CVH는 본 논문에서 제시한 블록 다각형 맵 기반 방법을 통해 얻어진 손 영역 이미지를 나타낸다. 또한, 손 가림 현상이 가상객체 영역에서만 발생한다는 특성을 고려해서 가상객체 영역에 포함된 손 영역만을 추출하였고, 동일한 평활화 과정을 거쳤다.

Fig. 9는 비교를 위해 이용된 손 영역 추출 사례를 나타낸다. Fig. 9(a)는 입력 영상, Fig. 9(b)는 수작업 방식을 통해 얻은 손 영역 이미지, Fig. 9(c)와 Fig. 9(d)는 최소포함 사각형과 블록 다각형으로 표현된 맵을 활용하여 얻은 손 영역 이미지를 각각 나타낸다.

실험 및 분석을 통해 얻은 결과가 Fig. 10에 도식되었다. MER/NORM은 수작업 방식을 통해 얻

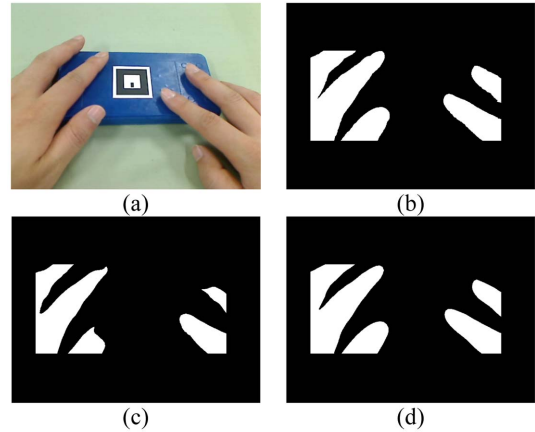


Fig. 9 Case of hand region extraction: (a) Input image; (b) Hand region extracted manually (NORM); (c) Hand region extracted using the minimum enclosing rectangle (MER); (d) Hand region extracted using the proposed approach (CVH)

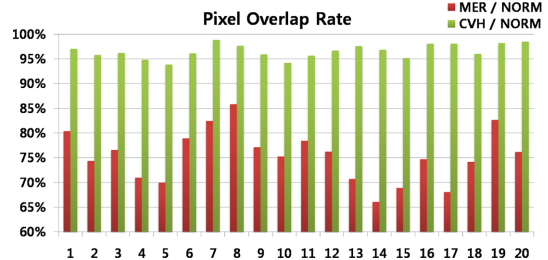


Fig. 10 Comparison of the approaches used for hand region extraction

은 손 영역(NORM)과 최소포함 사각형으로 표현된 맵을 이용하여 얻은 손 영역(MER) 간에 겹치는 비율을 나타내며, CVH/NORM은 수작업 방식을 통해 얻은 손 영역(NORM)과 볼록 다각형으로 표현된 맵을 이용하여 얻은 손 영역(CVH) 간의 겹치는 비율을 나타낸다. 실험 결과를 통해 제안된 방식(CVH)이 최소포함 사각형으로 표현된 맵을 이용한 방식(MMB)에 비해 손 영역 검출 성능이 우수함을 확인하였다. 또한, 최소포함 사각형을 활용한 경우, 다양한 자세 변화로 인한 조명 변화에 매우 민감한 반면, 제안된 방식은 환경 변화에 훨씬 덜 민감하여 안정적인 검출 성능을 보여줌을 확인하였다.

이러한 결과는 제시된 방안이 임계값이 도입된 차이 영상 방식을 통해 최소포함 사각형 영역을 생성한 후, 재조정 및 볼록 다각형 근사를 통해 불필요한 노이즈가 적절하게 제거된 피부 색상 정보를 이용하기 때문으로 사료된다.

아울러, 제시된 피부 색상 정보 획득 방안을 토대로 구현된 손 가림 현상 해법을 AR 기반 휴대용 전자제품 폼핑 시스템^{12,16)}에 적용하였다. Fig. 11은 입력 영상에 대해 손 가림 해결 방안을 적용한 결과를 나타낸다. Fig. 11(a)는 입력 영상을 나타내며, Fig. 11(b)는 증강된 가상객체로 인한 손이 가려지는 현상을 나타낸다. Fig. 11(c)는 최소포함 사각형으로 피부 색상 정보를 표현한 방식

을 적용하였을 때의 손 가림 해결 결과를 나타내고, Fig. 11(d)는 본 논문에서 제안하는 방식을 적용하였을 때의 손 가림 해결 결과를 나타낸다.

Fig. 11에서와 같이 손 가림이 해결된 영상이 보다 쉽게 손의 위치를 파악할 수 있으며, 본 논문에서 제안하는 방식이 최소포함 사각형을 이용하는 방식보다 손 영역을 잘 추출하여 보다 사실적인 이미지를 사용자에게 제공해줌을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 감각형 AR 환경에서 증강된 가상 객체가 사용자의 손을 가리는 손 가림 현상을 해결하기 위해 피부 색상 정보 획득 방안 및 손 가림 해법을 제시하였다. 제시된 방안은 다양한 자세 및 환경(조명)에서 검출이 어려운 피부 색상 영역을 쉽고 효과적으로 획득할 수 있으며, 이를 활용하여 증강현실 환경에서 손 가림이 해결된 영상을 제공할 수 있음을 확인하였다. 그리고, 제시된 방안이 상호작용의 용이성 및 몰입감 향상에 도움이 됨을 실험을 통해 확인하였다. 또한, 제시된 피부 색상 정보 획득 방식은 손 색상만이 아닌 다양한 관심 색상 영역을 획득하여 사용할 수 있어 폭 넓은 사용이 가능하리라 판단된다.

그러나, 제시된 방안에서는 피부 색상 영역을 획득하기 위해 사용자 개입이 필요하며, 종종 환경(조명)에 따라서 손과 그림자 사이의 경계가 부정확하게 검출되는 경우가 발생됨을 확인하였다. 추후 연구에서는 이러한 단점을 해결할 수 있는 주변 환경에 적절하게 대응하면서 사용자 개입이 없는 자동화된 방안을 개발하고자 한다. 이를 통해 제시된 방안이 좀더 다양한 제품 및 폭넓은 응용 분야에 적용될 수 있으리라 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2013년 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

References

1. Van Krevelen, D.W.F. and Poelman, R., 2010, A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations, *The International*

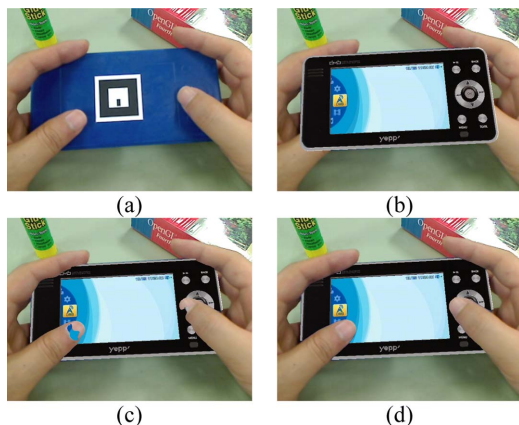


Fig. 11 Resolving hand occlusion: (a) Input image; (b) AR image with hand occlusion; (c) AR image in which hand occlusion is resolved with a skin color map based on the minimum enclosing rectangle; (d) AR image in which hand occlusion is resolved with the proposed approach to skin color map construction

- Journal of Virtual Reality*, 9(2), pp.1-20.
2. Park, H. and Moon, H.C., 2008, Design Evaluation of Portable Electronic Products Using AR-Based Interaction and Simulation, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 13(3), pp.209-216.
 3. Park, H. and Moon, H.C., 2011, AR-based Tangible Interaction Using a Finger Fixture for Digital Handheld Products, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 16(1), pp.1-10.
 4. Park, H. and Moon, H.C., 2011, Resolving Hand Region Occlusion in Tangible Augmented Reality Environments, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 16(4), pp.227-284.
 5. Yoon, H.S., Sho, J., Bea, C.S., Chun, B.T. and Min, B.W., 1997, Window Manager Control using Hand Gesture Recognition, *Workshop of the Institute of Electronics Engineering of Korea*, 9(1), pp.264-269.
 6. Song, H.S. and Yang, Y.M., 1998, Hand Tracking and Region Extraction based on Optical Flow, *Korean Institute of Information Scientists and Engineerings*, 25(1), pp.634-644.
 7. Tanibata, N., Shimada, N. and Shirai, Y., 2002, Extraction of Hand Features for Recognition of Sign Language Words, *Proceedings of International Conference on Vision Interface*, pp.391-398.
 8. Moghaddam, B. and Pentland, A., 1995, Probabilistic Visual Learning for Object Detection, *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Vision*, pp.786-793.
 9. Imagawa, K., Shan, L. and Igi, S., 1996, Color-based Hands Tracking System for Sign Language Recognition, *Proceedings of IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Killington*, pp.151-156.
 10. Wengun, T., Wu, C., Shuyiong, Z. and Shuo, C., 2009, Hand Extraction Using Geometric Moments Based on Active Skin Color Model, *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, pp.468-471.
 11. Lee, W.H. and Park, J., 2005, Augmented Foam: A Tangible Augmented Reality for Product Design, *Proceedings of ISMAR*, pp.106-109.
 12. Chun, J. and Lee, B., 2010, Dynamic Manipulation of a Virtual Object in Marker-less AR system Based on Both Human Hands, *KSI Transactions on Internet and Information Systems*, 4(4), pp.618-632.
 13. Moon, H.C. and Park, H., 2011, Resolving Hand Region Occlusion in Tangible Augmented Reality Environments, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 16(4), pp.277-284.
 14. Tan, W., Wu, C., Zhao, S. and Chen, S., 2009, Hand Extraction Using Geometric Moments Based on Active Skin Color Model, *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, pp.468-471.
 15. Lee, T. and Hollerer, T., 2007, Handy AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking, *Proceedings of IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.83-90.
 16. Park, H., Moon, H.C. and Lee, J.Y., 2009, Tangible augmented prototyping of digital handheld products, *Computers in Industry*, 60(2), pp.114-125.
 17. OpenCV, <http://opencv.org/>



박 상 진

2010년 조선대학교 산업공학과 학사
 2012년 조선대학교 산업공학과 석사
 2012년~현재 조선대학교 산업공학과 대학원 박사과정
 관심분야: Augmented Reality, 3D Model Construction Using Medical Images, Dental Biometrics, CAD/CAM Applications



박 형 준

1991년 포항공대 산업공학과 학사
 1993년 포항공대 산업공학과 석사
 1996년 포항공대 산업공학과 박사
 1996년~2001년 삼성전자 중앙연구소 책임연구원
 2008년~2010년 UCLA 전산학과 방문교수
 2001년~현재 조선대학교 산업공학과 교수
 관심분야: Geometric Modeling and Processing, Virtual Prototyping of Engineered Products, 3D Shape Reconstruction and Understanding, Biomedical Engineering Applications, CAD/CAM/CG Applications