

모바일 증강현실에서 스마트 오브젝트 인식 및 트래킹을 위한 임베디드 마커 시스템*

Embedded Marker System for Smart Object Recognition and Tracking in Mobile Augmented Reality

김혜진, Hyejin Kim, 우운택, Woontack Woo
광주과학기술원, U-VR 연구실

요약 본 논문에서는 모바일 증강현실에서 스마트 오브젝트 인식 및 트래킹을 위한 임베디드 마커 시스템을 제안한다. 기존의 증강 현실 연구에서 주로 사용하는 마커는 임의의 패턴을 포함하고 대상 오브젝트와는 분리되어 있다. 이는 부자연스러운 시각적 장애 요인으로 작용한다. 또한 특정한 마커를 사용하기 위해 학습 과정을 거친 후 그 결과를 인식 모듈에서 일일이 등록해야 하는 번거로움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 임베디드 마커는 디스플레이 장치의 유무에 따라 고정형 또는 가변 형으로 분류된 스마트 오브젝트의 특성을 고려하여 오브젝트와 마커를 결합한다. 또한 통합된 학습과 인식 모듈을 통해 오브젝트의 추가 및 시스템 확장을 용이하게 한다. 제안된 시스템은 스마트 홈 테스트베드인 ubiHome에 적용되었다. 또한 사용성 평가를 통해 그 효용성을 분석하였다. 이러한 임베디드 마커를 사용하면 사용자는 보다 직관적으로 마커의 용도를 예측할 수 있고 대상물과의 시선을 일치시켜 자연스러운 증강현실을 경험할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어: HCI, Mobile Augmented Reality, Marker, Smart Object

1. 서론

최근 들어 모바일 장치의 수요가 급증하고 장치의 성능 또한 향상되면서 이를 스마트 홈 환경에서 활용하는 연구가 진행되고 있다 [1]. 이와 더불어 모바일 장치의 카메라를 이용하는 증강현실 연구에도 관심이 집중되고 있다 [2]. 미래에는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 편재하는 스마트 오브젝트의 수가 더욱 증가하고 제공되는 서비스도 보다 다양해질 것이다. 따라서 눈에 보이지 않는 스마트 오브젝트의 정보나 서비스의 가시화는 복잡한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 서비스 사용을 용이하게 할 것이다 [3].

기존의 여러 증강현실 연구에서는 가상 객체의 인식과 추적 위해 마커를 사용한다. 이러한 마커는 증강현실을 쉽게 구현할 수 있도록 도와주지만 의미 없는 임의의 패턴으로 구성되어 있고 환경에 융화되지 않도록 분리되어 있어 부자연스러운 시각적 장애 요인으로 작용한다. 또한 특정한 마커를 사용하기 위해 학습 과정을 거친 후 그 결과를 인식 모듈에서 일일이 등록해야 하는 번거로움이 있다.

본 논문에서는 기존 마커의 시각적 장애 요인을 줄이

기 위해 해당 오브젝트와 마커를 결합하는 임베디드 마커 시스템을 제안한다. 임베디드 마커 시스템은 다음과 같은 세가지 장점을 지닌다. 첫째, 임베디드 마커의 패턴은 의미 있는 시각적 정보를 담고 있기 때문에 사용자가 마커의 용도를 쉽게 인지할 수 있다. 둘째, 실제 오브젝트와 마커가 물리적으로 분리되지 않고 일치된 형태이기 때문에 사용자의 시선도 분산되지 않고 마커와 오브젝트에 집중된다. 셋째, 임베디드 마커 시스템은 통합된 학습과 인식 모듈을 통해 새로운 스마트 오브젝트의 추가 및 시스템 확장을 용이하게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 마커 시스템에 관한 연구를 살펴보고 장단점을 분석한다. 3장에서는 제안하는 임베디드 마커의 제작 기법에 대해서 설명한다. 4장에서는 임베디드 마커의 제작 및 스마트 홈 테스트 베드인 ubiHome[4]에서의 적용 사례를 보이고 사용자 평가에 대한 분석을 논의한다. 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

기존의 여러 증강 현실 연구에서는 가상 객체를 증강할 위치의 인식과 카메라의 자세 추정을 위하여 흑백 이

* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크 원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임

미지의 정사각형 마커를 주로 사용하였다. ARToolKit [5]은 검은 색의 정사각형 테두리 내부에서 임의 형태의 기호로 마커를 구분한다. ARTag [6]는 이전보다 조명에 강건하고 내부 패턴 인식의 정확도를 높이기 위하여 마커 내부를 디지털 패턴으로 생성하였다. 이와 같은 흑백 이미지 형태의 마커 시스템은 증강 현실을 쉽게 구현할 수 있지만 실제의 환경이 흑백보다는 다양한 색상으로 구성되어 있기 때문에 쉽게 어울리지 않는 단점이 있다. Colorcode [7]는 흑백의 1차원 바코드를 네 가지 색상을 이용한 2차원 사각형 코드로 확장하였다. 이것은 색상과 명도 차를 이용하여 코드를 인식하는 것으로 증강현실용으로 사용하는 것이 가능하며 흑백 이미지의 마커보다 실제 환경에 자연스럽다는 장점이 있다. 하지만 여전히 내부의 패턴이 인식을 쉽게 하기 위한 디지털 패턴이므로 사용자가 어떤 의미의 마커인지 인식하기 어렵다. 또한 기존의 흑백이나 컬러 이미지 마커인 경우 증강할 대상과 분리된 상태에서 사용되는데 이는 시선이 대상물과 마커로 분리되어 몰입감을 떨어뜨리게 된다.

이러한 문제의 해결방안으로 마커를 보이지 않도록 하는 연구가 시도되고 있다. Invisible marker는 사람의 눈으로는 인식이 불가능하지만 적외선 카메라를 통해서만 반응하는 잉크 펜을 이용하여 마커를 생성한다 [8]. 따라서 증강현실의 마커와 같이 몰입을 방해하는 요소를 줄일 수 있다. 그러나 적외선 잉크 성분이 햇빛에 노출되어 일정 시간이 경과하면 증발해 버린다는 것과 적외선 카메라의 장착 등 부가 장비와 비용이 필요하다는 단점이 있다. Digimark사는 디지털 정보나 이미지의 저작권을 보호하기 위한 보안기술의 하나인 워터마크 기술을 사용하여 잡지 등의 광고에 정보를 숨기고 카메라로 이를 인식하여 디지털 콘텐츠에 접속할 수 있도록 한다 [9]. 그러나 이 기술은 증강 현실을 위한 오브젝트의 자세 추정을 알아내는데 적합한 특징 점을 찾기가 어렵다는 단점이 있다. BazAR은 마커를 사용하지 않고 오브젝트 자체의 특징 점을 추출, 분류, 인식하고 자세를 추정한다 [10]. 그러나 이것 역시 처리의 복잡도 때문에 현재까지 모바일 증강 현실 분야에서 실시간으로 구현하기 어렵다는 단점이 있다.

3. 임베디드 마커

3.1 오브젝트의 분류 및 내장화 기법

스마트 홈 환경에서 제어의 대상이 되는 다양한 스마트 오브젝트는 디스플레이 장치의 유무에 따라서 고정형과 가변 형으로 분류된다. 즉, 오브젝트에 디스플레이 장치를 가지고 있지 않은 것은 고정형 오브젝트에 속하고 디스플레이 장치를 포함하고 있는 것은 가변 형 오브젝트의 범주에 든다. 이와 같은 스마트 오브젝트의 분류는 마커를 오브젝트에 내장할 때 다음과 같은 두 가지 방법의 적용을 가능하게 한다.

먼저, 고정형 오브젝트는 항상 같은 이미지를 가지고 있기 때문에 이 성질을 마커의 일부분으로 포함시켜 활용할 수 있다. 일반적으로 오브젝트의 고유한 이미지는 오브젝트를 대표하는 특징을 포함하고 있다. 따라서 이 방법으로 만들어진 임베디드 마커는 해당 오브젝트가 무엇인지 알 수 있는 시각적 정보를 가지고 있다. 사용자는 기존의 디지털 패턴 형태의 마커와는 달리 직관적으로 얻을 정보를 사전에 알 수 있을 뿐만 아니라 별도로 임의의 패턴을 제작할 필요가 없다.

가변 형 오브젝트는 디스플레이 장치에 나타나는 내용에 따라 스마트 오브젝트의 이미지가 변하기 때문에 고정형 오브젝트와는 반대로 마커를 오브젝트 내부에 한 부분으로 삽입할 수 있다. 따라서 하나의 스마트 오브젝트에서 다수의 서비스를 사용할 수 있도록 보여지는 해당 마커를 동적으로 변화시킬 수 있다. 그림 1은 오브젝트의 분류에 따른 마커와 오브젝트 결합의 개념도를 보여준다.

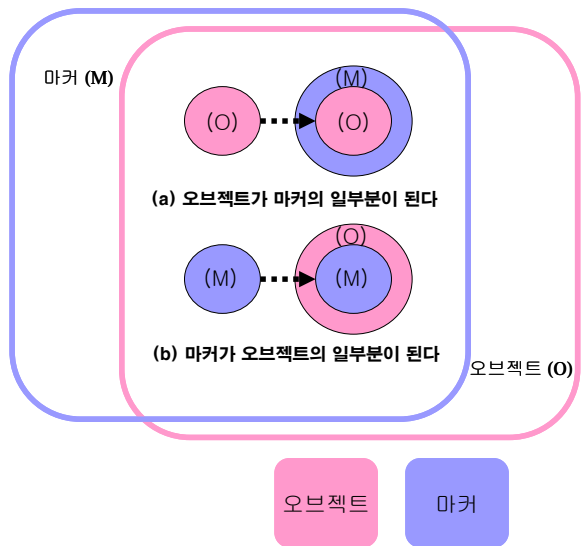


그림 1. 마커와 오브젝트의 결합의 개념도

3.2 임베디드 마커인식의 처리과정

임베디드 마커의 처리 과정은 크게 학습모듈과 인식모듈로 나뉜다. 즉, 임베디드 마커를 통해 스마트 오브젝트를 인식하기 전에 사용하고자 하는 스마트 오브젝트의 임베디드 마커를 학습하는 과정이 필요하다. 기존의 마커 시스템은 이런 학습과 인식과정을 연동해서 지원하는 것이 아니라 응용 프로그램의 생성 시 일일이 마커의 패턴 모델 파일을 등록해주는 초기화 과정을 별도로 작성해야 했다. 이 방법은 새로운 마커가 필요할 때마다 프로그램을 수정해야 하는 번거로움이 있어 시스템 확장이 어렵다. 따라서 임베디드 마커 시스템은 이러한 확장을 손쉽게 하기 위해 데이터베이스를 이용하여 학습과 인식 모듈을 통합하는 방법을 채택하였다. 그림 2는 학습과 인식 모듈의

통합 개념도를 나타내고 있다.

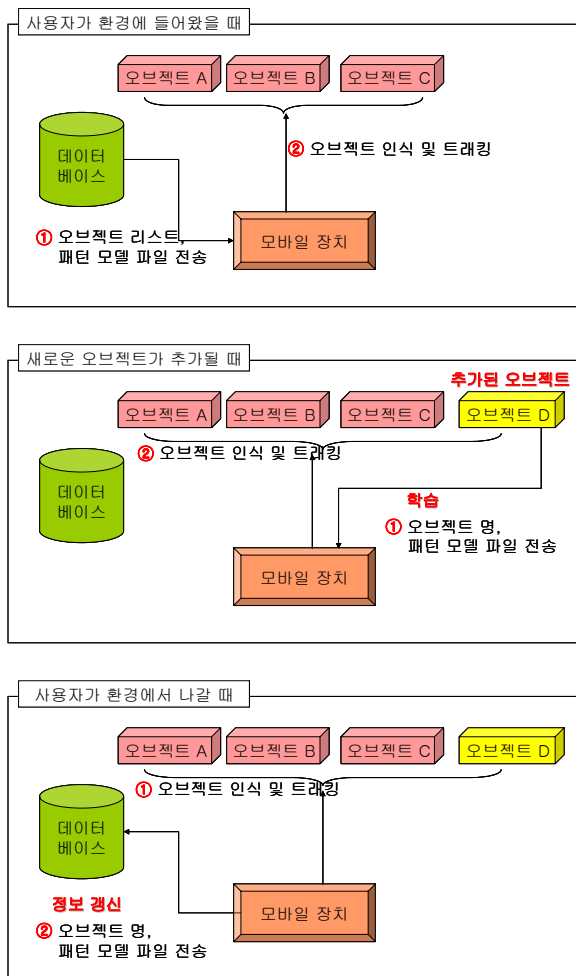


그림 2. 학습과 인식모듈 통합 개념도

학습과 인식모듈에서 임베디드 마커의 영역과 패턴 정보를 얻는 과정은 공통으로 처리된다. 먼저, 카메라로 임베디드 마커가 포함된 입력 영상이 들어오면 이진화 과정을 거치고 사각형 검사를 한 뒤 이를 바탕으로 마커의 후보 영역을 추출한다. 이때 이진화는 적응 형 임계 값으로 수행하는데 고정된 임계 값을 사용하는 것보다 조명에 강건하게 마커영역을 찾을 수 있다. 마커의 후보 영역이 추출되고 나면 라벨 링을 통해 각 영역을 구분하고 영역내의 패턴을 추출한다. 하지만 오브젝트 자체 이미지를 패턴으로 가질 경우에는 패턴 정보 추출을 위해 적응 형 임계 값을 사용하는 것은 복잡한 레벨의 픽셀 값의 분포로 인해 적절하지 않다. 따라서 에지 검출 방법으로 패턴의 정보를 구한다. 추출된 패턴 이미지는 다수의 마커와 비교할 때 처리시간을 줄이기 위하여 샘플링 하여 크기를 정규화시킨다. 이렇게 정규화된 패턴 이미지는 학습모드와 인식모드의 별도처리과정의 입력으로 들어가게 된다.

공통 처리과정으로 마커의 정규화된 패턴 이미지를 추출한 뒤 학습 모듈에서는 이 정보를 바탕으로 패턴의 모델파일을 생성한다. 이때 동서남북의 방향정보를 얻어내기 위하여 마커 영역의 왼쪽 상단의 꼭지점을 기준으로 90도씩 오른쪽으로 회전시킨다. 360도를 돌고 나면 각 패턴마다 네 방향의 이미지가 나오게 된다. 이 이미지를 순서대로 모델 파일에 저장한다. 인식 모듈에서는 현재 입력영상에 존재하는 모든 마커들의 정규화된 패턴이미지를 추출한 후 템플릿 매칭 방법을 통해 이전에 등록되었던 패턴 모델 파일들과 비교한다. 그 결과 상관계수가 특정 임계 값 이상이면 최대값인지 검사한 후 방향, 위치 그리고 증강할 모델과 같은 정보를 얻게 된다.

그림 3은 임베디드 마커의 학습과 인식의 전체 흐름도로 각 모듈마다 공통 혹은 별도로 처리하는 과정을 보여 준다.

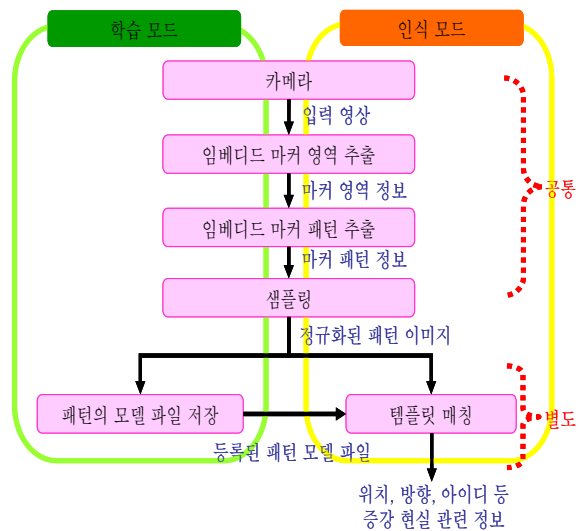


그림 3. 임베디드 마커의 학습과 인식의 전체 흐름도

4. 구현 및 실험

임베디드 마커의 구현 및 실험은 거실형태의 스마트 홈 테스트베드인 ubiHome [4] (약 3.0m×4.5m)에서 진행하였다. 이 공간에는 ubiLight, ubiTV [11], ARTable [13], 그리고 MRWindow [14]와 같은 스마트 오브젝트들이 존재한다. 사용자의 모바일 장치로는 Sony VAIO의 VGN-UX17LP UMPC를 사용하였다.

4.1 오브젝트 사례 별 임베디드 마커 구현

4.1.1 사례 1: ubiLight

ubiLight는 빨강, 파랑, 초록의 세가지 색상의 조명을 선택할 수 있고 저, 중, 고의 세가지 레벨로 밝기조절이 가능한 전등 오브젝트이다. 그러나 조명효과 때문에 전등 오브젝트에 마커를 내장하고 이를 인식하는 것은 어려움

이 많다. 따라서 전등 자체가 아니라 전등의 스위치 오브젝트에 마커를 내장하는 방법을 고려했다. 전등의 스위치는 2장에서 언급한 바와 같이 오브젝트의 이미지가 변하지 않으므로 고정형 오브젝트이다. 따라서 스위치 오브젝트 자체를 마커의 테두리 안의 패턴으로 사용한다. 그림 4 (a)는 ubiLight에 적용된 임베디드 마커를 보여준다.

4.1.2 사례 2: ubiTV

ubiTV는 TV, DVD, Music등의 다양한 서비스를 사용자에게 맞추어 제공해주는 미래형 TV이다 [11]. 이 오브젝트는 디스플레이 장치를 가지고 있으므로 가변형이다. 따라서 마커가 화면에 나타나면서 오브젝트의 일부로 흡수되도록 하였다. 특히, 화면이 쉽게 변할 수 있는 특징을 이용하여 평상시에는 액자를 보여주고 사용자가 일정 거리 안에 들어와서 사용하겠다는 의사를 나타내면 마커로 변하는 화면보호기 형태로 구현하였다 [12]. 그림 4 (b)는 ubiTV에 적용된 임베디드 마커를 보여준다.

4.1.3 사례 3: ARTable

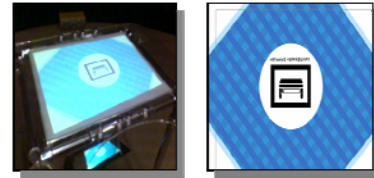
ARTable은 가정에서 주로 쓰는 일반적인 테이블에서 증강 현실과 같은 다양한 콘텐츠를 즐길 수 있는 미래형 디스플레이 오브젝트이다 [13]. 이 오브젝트 역시 디스플레이 장치를 가지고 있으므로 가변형이다. 따라서 평상시에 화면에 테이블 보의 무늬를 띄울 때 테이블 보 안에 마커를 삽입하도록 하였다. 그림 4 (c)는 ARTable에 적용된 임베디드 마커를 보여준다.

4.1.4 사례 4: MRWindow

MRWindow는 사용자에게 따른 개인화된 콘텐츠를 제공하는 창문으로 가상 문화 유적지를 경험해 볼 수 있도록 내비게이션 기능을 제공한다 [14]. 역시 디스플레이 장치를 가지고 있으므로 가변형 오브젝트이고 따라서 ubiTV 처럼 평상시에는 벽지와 같은 형태로 윈도우를 드러내지 않다가 사용자가 사용거리 안에 들어오면 마커로 변하는 화면보호기를 구현하였다. 특히, 가상 문화 유적지 내비게이션에서는 화면 내에 포함된 마커를 이용하여 모바일 장치를 움직이면서 동작할 수 있도록 하였다. 그림 4 (d)는 MRWindow에 적용된 임베디드 마커를 보여준다.



(b) ubiTV인 경우



(c) ARTable인 경우



(d) MRWindow인 경우

그림 4. 임베디드 마커 사례

이와 같은 임베디드 마커를 사용하기 위한 학습 및 인식의 통합은 파일처리로 구현된다. 환경의 스마트 오브젝트의 패턴의 정보가 데이터베이스에서 관리되고 모바일 장치는 참조 파일을 이용하여 이에 접근하게 된다. 임베디드 마커의 처리 과정은 그림 5와 같다. 원본 영상에서 적응형 임계 값을 적용하면 (그림 5. (a)) 고정형 임계 값을 적용했을 때보다 (그림 5. (b)) 마커 영역이 조명에 비교적 강건하게 얻어짐을 알 수 있다. 그러나 오브젝트 자체의 패턴의 경우는 (그림 5. (c)) 이미지 내의 색상 값이 다양한 레벨로 구성되어 있기 때문에 적응형 임계 값으로도 정보를 얻어내기 어렵다 (그림 5. (d)). 따라서 에지 검출 방법을 적용해서 (그림 5. (e)) 안정적으로 오브젝트 내의 패턴의 정보를 얻는다.



(a) ubiLight인 경우



(a)원본 영상

(b)고정형 임계 값 적용

(c)적응형 임계 값 적용



(d)원본 영상

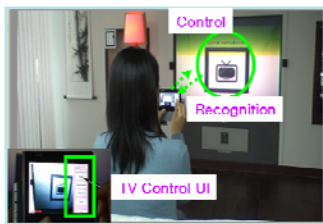
(e)적응형 임계 값 적용

(f)에지 검출 적용

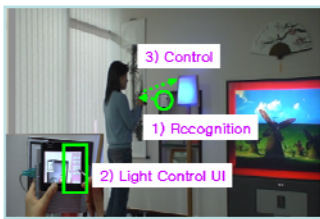
그림 5. 임베디드 마커의 처리과정

4.2 사용자 평가

임베디드 마커의 효용성을 검증하기 위하여 증강현실과 유비쿼터스 컴퓨팅 분야에서 경력이 1년 이상 되는 전문가 10명을 대상으로 사용자 평가를 하였다. 평가는 그림 6과 같이 임베디드 마커가 적용된 스마트 홈 환경에서 사용자들이 직접 테스트 해 본 후 심층 면접을 하는 순서로 진행하였다.



(a) ubiTV인 경우



(b) ubiLight인 경우



(c) MRWindow인 경우

그림 6. 임베디드 마커를 적용한 스마트 홈 환경에서의 테스트



심층 면접은 기존의 증강현실 분야에서 쓰이는 마커에 대한 감성적 측면을 이끌어 내어 부족한 점을 파악하고 임베디드 마커의 유용함의 근거를 찾고, 향후 연구에서 필요한 점을 찾을 목적으로 실시하였다.

먼저 기존 마커의 보완될 사항을 찾기 위해 표 1의 질문 1과 같이 패턴과 임의 형태의 로고에 대한 선호도를 질문하였다. 이에 90%가 임의 형태의 로고를 선택하였다. 그 이유로는 “무늬를 보고 어떤 마커인지 이해 할 수 있었다”, “패턴이 기계어라 한다면 임의의 로고는 사람의 언어에 가깝다”라고 대답하였다. 따라서 기존의 ARTag와 같은 마커는 인식의 오류를 줄이기 위해 패턴형태를 사용하였지만 심리적 측면에서의 효용성은 떨어짐을 알 수 있었다. 그리고 임베디드 마

커는 기존 ARToolKit의 마커처럼 임의로 로고를 제작할 수도 있지만 제작이 필요 없는 경우에는 오브젝트 자체의 이미지를 사람이 이해하기 쉬운 패턴 정보로 사용하는 것도 심리적 측면에서 유용함을 알 수 있었다.

질문 2는 마커의 위치에 따른 사용 성 효율을 알아보기 위해 수행되었다. 질문에 대한 답으로 임베디드 마커의 사용을 선호하는 사람은 70%였다. 이유로는 “마커를 바라보는 시선의 방향과 주목하는 대상 객체의 방향이 동일하여 사용이 편리하다”, “사람의 시야를 가리는 마커가 전면에 드러나지 않아서 좋다”, “시선 일치로 몰입 감을 준다” 등이 있었다. 나머지 30%의 이유는 흑백의 색상 때문에 기존과 같은 방법인 것 같거나 가독성이 있는 마커라면 기존의 방법도 나쁘지 않다는 것이었다. 따라서 기존의 단순히 부착하는 방법보다 시선 일치가 되어 사용 성이 향상되었음을 알 수 있다. 그러나 여전히 환경과 어울리는 색상요소가 부족하여 어색한 면이 있음을 알 수 있었다.

표 1. 임베디드 마커에 대한 사용자 평가

| 질문 | 답변 | |
|---------------------------------------|--|---|
| 1. 당신은 다음의 두 가지 마커 중 어떤 것을 더욱 선호 합니까? | | |
| A. 만약 (a)라고 하셨다면 이유가 무엇입니까? | | |
| B. 만약 (b)라고 하셨다면 이유가 무엇입니까? | (a) | (b) |
| | 0% | 100% |
| |  |  |
| | (a) 패턴 | (b) 임의형태의 로고 |

| | | | |
|---|-----|-----|------|
| 2. 당신은 다음의 두 가지 마커의 사용방법 중 어떤 것을 더욱 선호 합니까? | | | |
| A. 만약 (a)라고 하셨다면 이유가 무엇입니까? | (a) | (b) | (기타) |
| | 0% | 70% | 30% |
| B. 만약 (b)라고 하셨다면 이유가 무엇입니까? | | | |



5. 결론

본 논문에서는 모바일 증강현실에서 스마트 오브젝트를 인식할 때 마커의 시각적 방해요인을 줄이고자 마커와 오브젝트를 결합하는 임베디드 마커 시스템을 제안하였다. 제안된 임베디드 마커는 디스플레이 장치의 유무에 따라 고정형 또는 가변 형으로 분류된 스마트 오브젝트의 특성을 고려하여 오브젝트와 마커를 결합한다. 이러한 방법으로 제작된 임베디드 마커는 의미 있는 시각적 정보를 담고 있는 패턴을 가지고 있어 사용자가 마커의 용도를 쉽게 인지할 수 있다. 또한 실제 오브젝트와 마커가 물리적으로 분리되지 않고 일치된 형태이기 때문에 사용자의 시선을 마커와 오브젝트에 집중할 수 있게 한다. 마지막으로 통합된 학습과 인식 모듈은 오브젝트의 추가 및 시스템 확장을 용이하게 한다.

구현된 시스템에서 인지성과 사용성은 사용자 테스트를 수행한 결과 만족감이 있음을 알 수 있었다. 그러나 여전히 색상이 흑백이어서 마커라는 인식을 없애기 어려웠다. 앞으로의 연구는 환경의 색상과 어울리도록 마커에 색상정보를 적용하는 것과 오브젝트의 인식 시 패턴 파일과 데이터를 데이터베이스에서 얻어오는 것이 아니라 스마트 오브젝트마다 인식을 위해 필요한 정보를 보내는 별도의 학습이 필요 없는 구조로 개선하는 것이 필요하다.

참고문헌

[1] 윤효석, 정우진, 우운택, "ubiController: ubiHome 을 위한 행동 기반 서비스 제어기," KHCI 2006, 1 권, pp. 293~298, 2006.

[2] D. Wagner, T. Pintaric, F. Ledermann, D. Schmalstieg, "Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices," Proceedings of the Third International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2005), pp. 208~219, 2005.

[3] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, "Recent advances in augmented reality," IEEE Computer Graphics and Applications, vol.21, no.6, pp. 34~47, 2001.

[4] S. Jang, C. Shin, Y. Oh, W. Woo, "Introduction of 'ubiHome' Testbed," The first Korea/Japan Joint Workshop on Ubiquitous Computing & Networking System (ubiCNS), 2005.

[5] H. Kato, M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System," 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, pp. 85, 1999.

[6] M. Fiala, "ARTag, a fiducial marker system using digital techniques," Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp. 590~596, 2005.

[7] 한탁돈, "컬러 코드," TTA 저널 제 84 호, pp. 104~110.

[8] H. Park, J. Park, "Invisible Marker Tracking for AR," Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'04), pp. 272~273, 2004.

[9] A.M. Alattar, "Smart images using Digimarc's watermarking technology," IS&T/SPIE's 12th International Symposium on Electronic Imaging, vol.3971, no.25, pp. 264~273, 2000.

[10] J. Pilet, A. Geiger, P. Lagger, V. Lepetit and P. Fua, "An All-In-One Solution to Geometric and Photometric Calibration," International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Santa Babara, CA, October 2006.

[11] Y. Oh, C. Shin, W. Jung, W. Woo, "The ubiTV application for a Family in ubiHome," 2nd Ubiquitous Home workshop, pp. 47~50, 2005.

[12] W. Jung, W. Woo, "Orientation tracking exploiting ubiTrack," ubiComp05, pp. 47~50, 2005.

[13] Y. Park, W. Woo, "The ARTable: An AR-based Tangible User Interface System," LNCS (Edutainment), vol3942, pp. 1198~1207, 2006.

[14] S.J. Oh, Y. Lee, W. Woo, "vrFlora: Reactive Multimedia Contents in Smart Home Environments," ubiComp 2005. Poster, 2005.