

증강 현실의 태그 차단 현상에 강인한 태그 탐지 알고리즘

이석원⁰, 김동철, 한탁돈

연세대학교 미디어시스템연구실

{ e_s_w⁰, dong}@yonsei.ac.kr, hantack@kurene.yonsei.ac.kr

Robust Tag Detection Algorithm for Tag Occlusion of Augmented Reality

Seok-Won Lee⁰, Dong-Chul Kim, Tack-Don Han

Media System Lab., Dept. of Computer Science, Yonsei University

요약

본 논문에서는 컬러코드를 이용하여 증강현실 시스템에 사용 가능한 태그를 탐지하는 알고리즘을 설계하고 차단 현상에 강인한 알고리즘을 제안하였다. 기존의 ARToolkit에서 태그의 일부분이 사용자 또는 다른 물체에 의해 가려지게 될 경우 증강되었던 객체가 순간 사라져 버리는 불안정성(Instability) 문제를 해결하기 위한 방법에 초점을 맞춘다. 불안정성의 문제는 이미지 안에 태그가 존재하지만 해당하는 객체를 증강시키지 못하는 False Negative 에러와 태그가 존재하지 않는 곳에 잘못된 객체를 증강시키는 False Positive 에러로 분류 될 수 있다. 제안된 탐지 알고리즘으로 특정 컬러 영역을 분리하여 모서리 여부를 판별하고 모서리인 경우 가려진 꼭지점의 위치를 추출하여 태그가 차단에 의하여 가려졌을 때에도 객체를 안정적으로 증강시킬 수 있다. 기존 AR 시스템들의 태그를 가지고 Daylight 65, Illuminant A, CWF, TL84의 4가지의 표준 조명 하에 컬러코드 4종류, ARToolkit 태그 4개, ARTag 4개를 이용하여 실험을 진행하여 차단 현상이 발생하면 전혀 객체를 증강시킬 수 없었던 ARToolkit에서도 DayLight65의 경우 50%의 False Negative, False Positive rate를 보여 기존 증강현실 시스템에서 보였던 불안정성 문제를 개선하였다.

1. 서 론

차세대 PC기술이 발전함에 따라 실세계의 사물과 사용자간의 상호작용을 제공할 수 있는 기술이 요구되고 있으며 실세계의 정보를 인식하여 사용자에게 다양한 서비스를 제공할 수 있는 영상 인식기술과 이미지 기반 태그 기술과 사용자에게 친화적인 서비스를 제공하는 증강 현실(AR: Augmented Reality) 기술 등이 요구되고 있다.

증강현실 시스템을 구축하기 위해 필요한 핵심적인 기술로는 탐지와 매칭(Detection, Matching), 추적(Tracking), 등록(Registration), 카메라 보정(Camera Calibration), 표시장치(Display Device), 3차원 모델링(3D Modeling) 기술이 요구된다[2]. 이번 논문에서는 태그의 일부분이 사용자 또는 다른 물체에 의해 가려지게 될 경우 증강되었던 객체가 순간 사라져 버리는 불안정성(Instability) 문제에 초점을 맞춘다. 불안정성의 에러는 이미지 안에 태그가 존재하지만 해당하는 객체를 증강시키지 못하는 False Negative 에러와 태그가 존재하지 않는데 잘못된 객체를 증강시키는 False Positive 에러로 분류 될 수 있다[3]. 이러한 False Detection Rate를 감소시키기 위해 탐지와 매칭(Detection, Matching)기술 중 태그의 차단(occlude)으로 인해 일어나는 오류에 강인한 탐지 알고리즘을 연구하여 기존에 증강현실 분야에서 널리 사용되며 연구되고 있는 Washington University의 HIT Lab에서 개발된 ARToolkit과 ARToolkit의 불안정성 문제를 해결하기 위해 Canada의 NRC에서 개발한 ARTag와의 False positive Rate과 False Negative Rate을 비교 실현하였다.

2. 관련 연구

미국 Washington 대학의 HIT Lab에서 개발된 ARToolkit[4]은 대표적인 증강현실 Library로 많은 대학에서 연구 및 응용분야에 사용되고 있다. 캐나다의 NRC에서는 ARToolkit의 단점인 패턴파일의 필요성과 이로 인하여 제한적인 표현만 가능함, 그리고 차단현상에 민감하게 반응하여 증강된 객체가 사라지는 현상 등을 보완하여 ARTag를 개발하였다.

2.1 ARToolkit

ARToolkit Library는 탐지에 있어서 불안정한 문제점을 가지고 있다. 태그의 테두리에 어떠한 물체에 의해 조그만 차단 현상이 발생하게 되면 증강되었던 객체가 사라져 버리게 된다. 추적에 있어서는 매 프레임마다 태그 영역을 추출하기 위한 연산 수행으로 연산량이 증가하는 단점이 있으며 태그의 크기에 따른 인식률 차이를 보였다. 또한 태그의 내부에 사용자가 지정 가능한 패턴이 존재하게 되는데, 서로 다른 사용자가 같은 형태의 패턴에 다른 내용을 등록 시켜 놓을 경우 그 태그를 다른 곳에 가서 사용하지 못한다는 공간상의 제약이 존재한다.

2.2 ARTag

기존 ARToolkit에서 문제가 되었던 불안정성의 문제점을 해결하기 위하여 개발되었다. 내부의 6×6 형태의 셀이 존재하며, 태그가 표현 할 수 있는 데이터의 크기는 36bits로 2^{36} 가지의 데이터 표현이 가능하다. 또한, 태그의 테두리에 장애물에 의한 어느정도의 차단 현상이 발생하여도 가상의 객체를 증강 시킬 수 있다[3].

2.3 Color code

컬러코드는 정사각형이나 직사각형 형태의 2차원 코드로서 여러 개의 셀들의 집합으로 이루어져 있다. 현재 이 셀들은 각각 4가지 색상(흑색, 적색, 녹색, 청색)으로 구성되어 있다. 표현할 수 있는 데이터의 양도 5×5 형태의 태그일 경우 2^{32} 가지의 정보를 표현 할 수 있다 [5].

3. 차단에 강인한 컬러코드 태그 탐지 알고리즘

ARToolkit에서는 태그에 조그만 차단(Occlusion)현상이 발생하더라도 증강된 객체가 사라지는 것을 볼 수 있었다[그림 1].



그림1. ARToolkit에서 태그 테두리 한 면에 차단효과를 준 경우

ARToolkit의 이러한 문제를 개선한 ARTag에서는 태그의 테두리의 일부가 가려져도 객체가 증강되었지만, 특정한 영역 이상을 가렸을 경우에는 불안정성 문제가 발생하였다. 이러한 경우를 좀더 세분화 하여 어떠한 경우에 객체가 증강되고 어떠한 경우에는 증강되지 않는지 구분하였다. 그리고 반드시 객체가 증강되지 않는 Corner Case를 정의하도록 하겠다.

3.1 Corner Case

우선, 태그 테두리의 한쪽 면에 차단효과를 준 경우와 테두리를 지나 태그의 내용까지도 차단효과를 준 경우, 한쪽 면이 아닌 꼭지점에 해당하는 한쪽 모서리 부분에 차단효과를 준 경우와 모서리를 지나 태그의 내용까지도 차단효과를 준 경우를 구분하여 Corner Case를 찾는다.



그림2. ARTag의 태그 테두리의 한쪽 면에 차단효과를 준 경우

위의 그림[2]에서 볼 수 있듯이 태그의 테두리에 어느 정도 차단현상이 발생하여도 ARTag에서의 문제점을 개선한 ARTag에서는 객체를 증강 시킬 수 있다. 하지만, 한쪽 면이 아닌 두쪽 면을 가리게 될 경우에는 ARTag에서도 ARToolkit에서와 같은 불안정성의 문제가 발생함을 볼 수 있다[그림 3].



그림3. ARTag의 태그 테두리의 두 면에 차단효과를 줄 경우

이와 같은 경우를 ARToolkit과 ARTag에서 동작하지 않는 Corner Case라고 정의하고 이러한 환경에서 Color Code와 ARToolkit, ARTag에 대해서 비교 실험을 진행하겠다.

3.2 컬러코드의 컬러 셀 탐지 알고리즘

제안하는 알고리즘의 순서는 다음과 같다.

Step 1: 컬러 코드의 후보 영역을 추출한다.

Step 2: 추출된 영역에서 탐색할 컬러(C_1)를 가진 영역을 탐색한다.

Step 3: 이진화와 외곽선 추출 과정을 거쳐 사각형을 탐지하고 탐색된 사각형의 중심 좌표를 추출한다.

Step 4: 추출된 컬러셀의 사각형 중심좌표로부터 주변 8방향의 컬러 값을 파악하여 태그의 모서리 여부를 판별한다. 모서리 여부를 판별하는 조건은 8 방향의 컬러셀 중 5개의 컬러코드 Boundary컬러가 존재하면 모서리임을 판별하고, 나머지 3개는 Red, Green, Blue, Black 컬러로 구성되어 있다면 모서리로 판별한다. 모서리가 아닐 경우 Step 2로 가서 탐색할 컬러를 다른컬러로 변환시킨 후 Step 3과 Step4의 과정을 반복한다.

Step 5: 모서리일 경우 장애물에 의해 가려진 나머지 꼭지점의 위치를 추정하여 전체 태그 영역의 4 꼭지점의 위치를 추정하게 된다.

3.3 모서리 탐색 Matrix

모서리로 판별된 컬러셀은 전체 사각형의 4군데 모서리 중 어느 곳에 위치한 것인지를 판별하여야 한다. 이를 위하여 모서리 탐색셀 내부에 X1~X8까지 8가지 가중치를 주어 이 가중치의 합을 기반으로 4방향 모서리의 위치를 결정한다. 이때 X1~X8의 셀에 해당하는 가중치 값 중 어떠한 가중치 값을 더하여도 다른 셀의 가중치 값이 존재하면 안 된다. 해당하는 모서리의 가중치 합은 윈쪽 상단 : 47, 오른쪽 상단 : 151, 윈쪽 하단 : 233, 오른쪽 하단 : 233이며 이외의 가중치 합은 모서리가 아닌 것으로 제한한다. 모서리 탐색 Matrix[그림 6]에 사용되는 가중치의 값들은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10과 같이 연속적인 자연수의 값을 가중치 가능 범위로 설정하였고, X1~X8까지 8개의 가중치 추출하였다. 가중치 값 추출 방법은 앞의 두수의 조합으로 만들어 질 수 없는 큰 수를 다음 가중치 값으로 선택한다. 선택된 가중치 값들은 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128로 등비수열의 형태를 따른다.

X ₁	X ₂	X ₃	1	2	4
X ₄	C	X ₅	8	16	
X ₆	X ₇	X ₈	32	64	128

그림 6. 모서리 탐색을 위한 탐색 Matrix.

4. 성능평가 및 실험결과

4.1 실험환경 설정

실험에 사용한 조명 환경은 Illuminant A, Daylight 65, CWF, TL84를 사용하였고, 각각의 조명환경에서 ARToolkit에서 사용되는 4개의 태그와 ARTag에서 사용되는 4개의 태그, 컬러코드에서 사용되는 4개의 태그에 대해 실험을 진행하였다. 차단현상은 Corner Case로 밝혀낸 태그의 두 모서리와 내용물을 어느정도 가린 형태로 12가지 방향에서 장애물로 태그의 차단 효과를 주었으며, 총 496개의 실험 데이터 셋을 생성하게 되었다.

증강되는 객체는 어떠한 차단현상도 일어나지 않은 태그들에 대해서 입력되어진 4개의 꼭지점을 표시하였으며 "Normal"이라는 Text가 증강되도록 하였다. 태그에 어떠한 물체에 의해 차단 현상이 발생하게 되면 가려진 태그 영을 나타내고 "Hidden"이라는 Text가 증강되도록 하였다. 또한, 어떠한 입력된 영상에서 태그를 찾아내지 못하게 될 경우 "Not Found"라는 Text를 고정된 위치에 보여주도록 하였다.

4.2 정상적인 태그 입력

[그림 7]는 Illuminant A 조명환경에서 컬러코드가 정상적으로 입력되어졌을 경우에 나타나는 실험결과이다. 태그에 아무런 차단현상이 발생하지 않을 경우 정상적으로 태그들을 인식하는 것을 볼 수 있다.

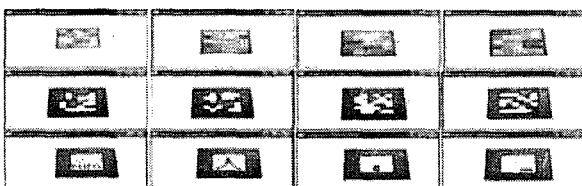


그림 7. 정상 입력된 태그

4.3 차단에 의한 비정상적인 태그 입력

그림[8]에서 컬러코드 (a), (b), (c), (d)의 경우와 ARTag의 (e), (g), ARToolkit의 (i), (j), (k)의 경우에는 차단현상이 발생하여도 정상적인 동작을 수행함을 볼 수 있다. 하지만 (f), (l)와 같이 태그 영역이 아닌 곳에 "Hidden"이라는 Text가 증강되어지는 False Positive 예러와 (h)와 같이 태그가 존재하지만 아무런 객체도 증강되지 않는 False Negative 예러가 발생함을 볼 수 있다.

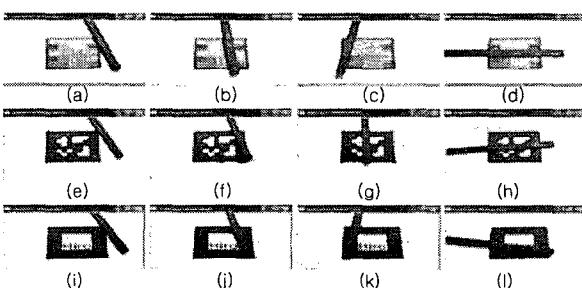


그림 8. 차단 현상이 발생한 태그

4.4 실험결과

제안하는 알고리즘을 3개의 태그에 적용시킬 경우 차단현상이 조금만 일어나도 전혀 객체가 증강되지 않았던 ARToolkit에서도 안정성을 확보할 수 있었으며, 컬러코드에서는 ARTag보다 낮은 False Detection Rate을 보였다[그림 9].

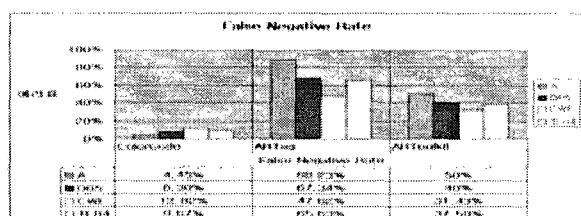
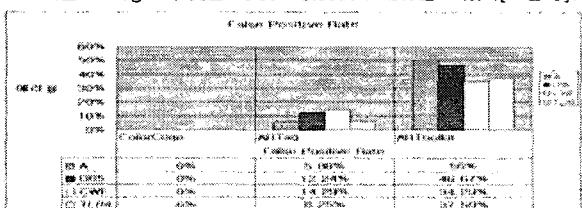


그림 9. False Detection Rate 실험 결과

실험결과에서 보듯이 차단 현상이 발생하면 전혀 객체를 증강시킬 수 없었던 ARToolkit에서도 DayLight65의 경우 50%의 False Negative, False Positive rate을 보여 기존 증강현실 시스템에서 보였던 불안정성 문제를 개선하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 증강현실에서의 태그 탐색기술에 초점을 맞추어 태그에 차단 현상이 일어났을 때 ARToolkit과 ARTag에서 반드시 객체가 증강되지 않는 Corner Case를 정의하여 기존 AR 시스템에서 증강되었던 객체가 사라지는 단점을 극복하고 차단에 강인한 탐지 알고리즘을 제안하였다. 컬러 코드의 후보 영역을 추출한 후 특정 컬러(Red, Green, Blue)를 탐색하여 탐색된 위치가 태그의 모서리 여부를 판별하고 모서리일 경우 장애물에 의해 가려진 나머지 꼭지점을 추출하여 전체 태그의 4 꼭지점을 획득하였다. 차단에 강인한 알고리즘을 제안하여 기존 ARToolkit 및 ARTag에서의 차단현상에 의한 불안정성(Instability)의 문제점을 극복하였다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부 BK21 및 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10898-0) 지원으로 수행되었음.

6. 참고문헌

- [1] G. Simon, A. Fitzgibbon, A. Zisserman, "Markerless tracking using planar structures in the scene", Procs. of the Int. Symp. on Augmented Reality, 2000.
- [2] Azuma, Ronald T. "A Survey of Augmented Reality.", Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 355 - 385, August 1997.
- [3] Fiala, Mark, "ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques", CVPR05 (II): 590-596, 2005.
- [4] Kato H., Billinghurst M., Blanding B., May R., ARToolkit, Technical Report, Hiroshima City University, December, 1999.
- [5] Tack-Don Han, Cheolho Cheong, "Implementation of new services to support ubiquitous computing for campus life", Software Technologies for Future Embedded and Ubiquitous Systems IEEE, 2004.