

# 모바일 증강현실 기반의 마커리스 추적 알고리즘 성능 연구

## The Study on Marker-less Tracking Algorithm Performance based on Mobile Augmented Reality

윤지연\*, 문일영\*

Ji-Yean Yoon\*, Il-Young Moon\*

### 요 약

증강현실이란 실제 환경에 가상으로 생성된 정보를 실시간으로 증강하고 사용자가 그 정보들과 상호작용할 수 있도록 함으로써, 정보의 활용을 극대화하는 차세대 정보처리 기술이다. 본 논문에서는 모바일 환경에서 증강현실 시스템을 구현하기 위한 물체 추적 방안으로 마커를 사용하지 않는 마커리스 추적 알고리즘을 연구하였다. 마커리스 방식의 증강현실은 마커를 따로 부착하지 않아도 되고 위치의 제약이 없어서 사용자가 증강현실 기술을 사용하기 편리하다는 장점이 있다. 본 논문에서는 마커리스 추적을 위해 특징점 추출 기반의 SURF 알고리즘을 사용하였다. SURF 알고리즘은 다른 특징점 추출 기반 알고리즘보다 연산량이 적어 PC 환경보다 비교적 낮은 하드웨어 성능을 가지고 있어 모바일 기기에 사용될 수 있다. 그러나 SURF 알고리즘은 모바일 기기에 적합한 최적화 작업이 되어있지 않다. 그러므로 본 논문에서는 모바일 기기에 적합한 추적을 위해 SURF 알고리즘을 여러 환경에서 실험하여 성능을 비교하고, 최적화 방안을 연구하였다.

### Abstract

Augmented reality (AR) is augmented virtual information on the real world with real-time. And user can interact with information. In this paper, Marker-less tracking algorithm has been studied, for implement the augmented reality system on a mobile environment. In marker-less augmented reality, users do not need to attach the markers, and constrained the location. So, it's convenient to use. For marker-less tracking, I use the SURF algorithm based on feature point extraction in this paper. The SURF algorithm can be used on mobile devices because of the computational complexity is low. However, the SURF algorithm optimization work is not suitable for mobile devices. Therefore, in this paper, in order to the suitable tracking in mobile devices, the SURF algorithm was tested in a variety of environments. And ways to optimize has been studied.

Key words : Augmented Reality, Marker-less, Tracking, SURF Algorithm, Mobile

### I. 서 론

최근 스마트폰을 활용한 증강현실 기술이 주목을

받고 있다. 증강현실(Augmented Reality) 기술은 실제 환경에 가상으로 생성된 정보를 실시간으로 증강하고 사용자가 그 정보들과 상호작용할 수 있도록 한다

\* 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 (Dept. of Computer Engineering, Korea of University Technology and Education)

· 제1저자 (First Author) : 윤지연 (Ji-Yean Yoon, Tel : +82-10-3909-8617, email : jiyoun17@koreatech.ac.kr)

· 투고일자 : 2012년 11월 21일

· 심사(수정)일자 : 2012년 11월 21일 (수정일자 : 2012년 12월 24일)

· 게재일자 : 2012년 12월 30일

[1]. 가상현실(Virtual Reality)이 현실 세계와 유사한 영상을 컴퓨터로 대체 하는 것이라면, 증강현실은 부가적인 가상 정보를 현실 정보와 접목해 하나의 영상으로 보여주는 것으로, 가상현실의 또 다른 유형이라고 할 수 있다. 현실 세계 위에 정보가 뿌려진다는 점에서, 모든 정보가 다 가상인 가상현실과 구분된다 [2].



그림 1. 증강현실 사례.  
Fig. 1. Augmented Reality Case.

스마트 폰은 대중화와 더불어 실세계 영상을 입력 받을 수 있는 카메라와 증강정보를 띄어 사용자에게 보여 줄 수 있는 디스플레이 및 연산장치가 통합되어 있고 이동성과 휴대성이 뛰어나다[3]. 그래서 모바일은 증강현실을 실현하는 좋은 조건을 갖추고 있다. 그러나 PC 환경보다 비교적 낮은 하드웨어 성능을 가지고 있기 때문에 모바일 기기에 적합한 증강현실 기술이 필요하다.

본 논문에서는 모바일 환경에서 증강현실 시스템을 위한 마커리스 기반의 영상 추적 방안을 제안한다. 특히 마커리스 기반의 영상 추적은 마커를 사용하지 않기 때문에 따로 마커를 제작하거나 마커를 설치하는 작업이 불필요하다. 또한, GPS 센서를 사용하는 위치기반 증강현실 기술보다 실내에서도 인식할 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 마커리스 기반의 증강현실 기술은 사용자에게 편리함을 주고, 공간적 제한이 없다. 그러나 고도의 기술을 필요로 하는 단점이 있다. 그러므로 PC 환경보다 성능이 낮은 모바일에서 사용하기 위해서는 연산량을 줄이는 등의 속도 개선이 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 특징점

추출 알고리즘으로 정확성은 높고, 연산량이 적어 실시간 처리에도 적합한 SURF 알고리즘을 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 모바일 증강현실과 마커리스 트래킹에 대한 관련 기술 및 동향을 살펴보고, 3절에서는 모바일 증강현실을 위한 시스템 및 환경 구성을 살펴본다. 4절에서는 모바일 증강현실을 구현하여 실험 결과를 확인한 뒤 5절에서 결론으로 맺는다.

## II. 관련 기술 및 동향

### 2-1 모바일 증강현실의 정의

모바일 증강현실(mobile augmented reality)에 대한 정의로는 공식화된 대표 정의가 없는 상태지만, 초기에는 laptop 등을 기반으로 만들어진 이동성을 갖는 증강현실 시스템을 의미하였다. 이후에는 PDA 등과 같은 hand-held형 장치를 이용한 증강현실 시스템의 의미로 확장되었으며, 최근에는 스마트폰뿐 아니라 태블릿PC, 휴대기기 등과 같이 이동성을 갖는 다양한 기기들을 기반으로 하는 증강현실 시스템으로까지 포괄하는 개념으로 활용되고 있다[4].

### 2-2 모바일 증강현실 기술

증강현실 기술은 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술로 구분할 수 있으며, 하드웨어 기술은 디스플레이, 입력 장치, 컴퓨팅 장치로 구분된다. 소프트웨어 기술은 영상 처리 및 인식 기술, 트래킹 기술, 영상 정합 기술, 3D 처리 기술, 증강현실 콘텐츠 기술, 상황인지 처리 기술, 증강현실 클라이언트 기술로 구분된다. 현재 모바일 증강현실의 더 나은 성능 향상을 위해 카메라 제어, 위치정보 활용 기술, 영상인식 및 정합 기술, 3D 처리 가속화 등에서 많은 연구개발이 진행되고 있다.

스마트폰의 확산과 함께 5개(카메라, GPS, 넓은 대역폭의 연결성, 기울기 센서(tilt sensor), 방위각 센서(digital compass)와 같은) 주요 센서정보를 결합한 증강현실 응용을 개발하면서 증강현실의 응용 유형이 급속히 확산되고 있으며, 현실 개체에 가상 정보를

결합하기 위해 바코드 또는 마커 등을 이용한 방식을 사용해왔으나, 최근에는 직접 개체를 인식/식별하고 관련한 부가정보를 획득하는 마커리스 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.

모바일 증강현실 기술 요소로는 크게 추적(tracking) 및 정합(registration) 기술, 상호작용(interaction) 및 사용자 인터페이스(user interface) 기술, 위치기반서비스(LBS) 기술, 지능형 검색 기술들로 구분할 수 있다.

### 2-3 마커리스 트래킹 기술

마커리스 트래킹 기술은 마커기반 증강현실의 단점을 보완하기 위해 개발되었다. 말 그대로 마커를 사용하지 않는데, 일반적인 잡지, 포스터 등의 그래픽 정보나 실 물체의 특징 정보를 그대로 사용할 수 있다는 특징이 있다. 고도의 인식 기술을 요구하며 해당 객체를 인식하여 그와 관련된 정보를 추가 제공하는 방식으로 활용한다.

### 2-4 마커리스 기반 영상 인식 연구 동향

객체 탐지는 2D 컴퓨터 비전 분야에서 오랫동안 연구가 이루어져 왔다. 초기에는 에지 기반 방법이 많이 연구되었지만, 점점 특징점 기반의 연구 방법들이 더 많은 인기를 끌기 시작했고 특징점 기반이 회전, 바라보는 방향, 조명변화, 부분 겹침 등에서 에지 기반보다 더 좋은 접근방법으로 평가되었기 때문이다[5]. 특징점 기반 영상 인식은 오프라인 학습 과정을 통해 객체 내부에 있는 관심 점들의 데이터베이스를 구성한다. 객체 추적 동안에 개개의 이미지로부터 특징점들이 추출되고 이 특징점으로부터 데이터베이스에 있는 특징점들과 비교가 이루어져 객체 인식이 이루어진다. 이러한 특징점 추출 알고리즘 중에 가장 효율적인 알고리즘이라고 평가받는 알고리즘이 SIFT(The Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘이다. Lowe에 의해 제안된 SIFT 기법은 물체의 크기나 회전, 각도 변화에 강인하므로 영상에서의 물체의 존재정보 추출에 효과적으로 활용할 수 있다[6]. 그러나 SIFT 알고리즘은 계산량이 많아 속도가 느리다는 단점이 있어 실시간 처리에는 적합하지 않다. 그리하여 PCA-SIFT(Principle Component Analysis-SIFT), SURF(Speeded Up Robust Features), Approx SIFT,

GPU(Graphics Processing Units) implementation, ICA-SIFT(Independent Component Analysis-SIFT) 등의 확장 알고리즘들이 추가로 연구되었다[6]-[7].

## III. 시스템 및 환경 구성

모바일 증강현실을 위해서는 시스템 및 환경 구성이 필요하다. 본 논문에서는 안드로이드 플랫폼 기반에서 OpenCV for Android Library를 사용하여 SURF 알고리즘을 구현한다. 각각의 항목은 다음에서 설명한다.

### 3-1 안드로이드 플랫폼

안드로이드(Android)는 Google의 휴대폰용 오픈 소스 소프트웨어 플랫폼 및 주변도구를 의미하는 것으로 Google이 자사의 다양한 온라인 서비스를 모바일 시장으로 확대하기 위해 개발한 기반 플랫폼이다. 이는 개방형 환경을 지향하며 시스템의 커널 또한 개방형 운영체제인 리눅스를 채택하고 있기 때문에 다양한 정보 가전 기기에 대한 인식의 용이성을 가진다.

응용 소프트웨어 실행환경이 자바 가상머신 환경(Dalvik Virtual Machine)이며 자바 언어를 사용하여 구현된다. 모든 응용프로그램이 자바로 개발하게 되어 있어 일반 개발자도 개발이 쉬운 것이 특징이다. 또한, Google의 다양한 인터넷 서비스를 직접 이용할 수 있는 Application Programming Interface(API)를 갖추고 있으며 애플의 앱스토어(App-store)와 같이 사용자가 구현한 응용 소프트웨어를 안드로이드 마켓을 통해 유통할 수 있다[8].

### 3-2 OpenCV for Android

OpenCV(Open source Computer Vision)은 인텔에서 개발한 오픈 소스 기반의 강력한 비전 라이브러리이다. 이것은 기초 영상처리부터 고급 수준의 영상처리까지 다양한 알고리즘이 함부로 구현되어 있다. 또한, OpenCV의 배포 형태는 컴파일된 동적 라이브러리 형태가 아니라 원본 소스 코드로 제공되기 때문에 내부의 코드를 직접 변경하여 자신에게 맞는 환경으로 수정하여 사용할 수 있고, 필요에 따라 소스코드

만을 따로 추출하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 직접 새로운 알고리즘을 직접 구현하는 것보다 OpenCV 내부의 알고리즘을 사용하는 것이 개발 시간 및 비용을 줄일 수 있어 많이 사용된다.

OpenCV를 안드로이드에서 사용하기 위해서는 안드로이드 Native Development Kit (NDK)와 Java Native Interface (JNI)가 함께 구성되어야 한다. NDK는 안드로이드 애플리케이션에 C와 C++ 같은 컴포넌트들을 포함할 수 있게 해주는 툴을 제공하고, JNI는 자바와 Native C 코드와의 인터페이스를 위한 규약을 의미한다. 이렇게 기존에는 자바 기반의 안드로이드에서 C 기반의 OpenCV 라이브러리를 사용하기 위해서는 추가 환경을 구성해야 하는 불편함이 있었다. 그렇기 때문에 OpenCV는 추가 플랫폼으로 안드로이드와 iOS를 지원하기로 하고 안드로이드를 위한 OpenCV for Android를 발표하였다. 현재는 2.4.3 버전까지 나와 있다.

### 3-3 SURF Algorithm

마커리스 추적을 위해 본 논문에서는 특징점 기반 영상 인식 알고리즘을 사용하였다. 특징점 기반 영상 인식은 영상 내에서 특징점들을 추출하고 이 특징점들을 기반으로 좌표계를 추출해 내는 방식이다.

특징점 기반 영상 인식 알고리즘으로 정확도면에서 가장 신뢰를 받는 알고리즘이 SIFT 알고리즘이다. SIFT는 영상의 크기와 회전에 불변하는 특징을 추출하는 알고리즘이다. SIFT 알고리즘은 영상크기나 조명, 평행이동, 회전, 은폐에 강한 장점이 있으나 계산량이 많아 속도가 떨어지는 단점이 있다. 그리하여 이러한 단점을 개선하여 SIFT 알고리즘을 확장한 알고리즘들이 여럿 연구되었다[6].

그중에서 SURF는 물체의 시점 변화, 회전, 조도 변화에서도 안정적으로 특징을 추출할 수 있으며, SIFT 기법과 비교하여 빠른 연산 속도를 가지는 기법이다. SURF 알고리즘은 속도 향상을 위해 다음과 같은 세 가지 방법을 제안했다. Integral Image를 이용, 간편화한 Detector와 Descriptor를 활용, Contracts를 이용한 간단한 매칭 방법이다. 이는 계산의 차원 수 및 추가적인 연산을 들지 않음으로써 성능 감소 없이 속

도를 증가시켰다[9]. 특히, PC 환경보다 성능이 낮은 모바일에서 사용하기 위해서는 연산량을 줄이는 등의 속도 개선이 필요한데, 이러한 점과 질의 영상이 확대되거나 이동할 때도 해당 영상을 찾아낸다는 점을 고려하여 SURF를 채택하게 되었다.

## IV. 실험 결과

본 논문에서는 모바일환경에 적합한 tracking을 확인하기 위한 실험을 다음과 같은 환경에서 진행하였다. PC는 Intel(R) Core(TM) i5-2500 CPU, 4GByte Memory, Windows 7 운영체제 환경이고, 스마트 기기는 Nexus 7으로 쿼드코어 Tegra 3 CPU, 1GB RAM, Android 4.2(Jelly Bean) 환경이다.

실험 내용은 다음과 같다. SURF 알고리즘이 모바일 환경에서 적합한지 확인해보기 위하여 데이터베이스 영상과 입력 영상을 변화시켜 그에 따른 속도와 매칭된 특징점의 개수를 확인해 본다. 또한, 회전 및 크기에 불변하는 결과를 나타내는지 확인해 본다.

### 4-1 영상 변화에 따른 매칭

영상 변화에 따른 매칭률을 확인하기 위해 데이터베이스 영상과 입력 영상을 변화시켰다. 다음 그림 3은 왼쪽부터 데이터베이스 영상을 최적화하지 않은 상태, 입력 영상을 최적화하지 않은 상태, 데이터베이스 영상과 입력 영상을 최적화한 상태이다.

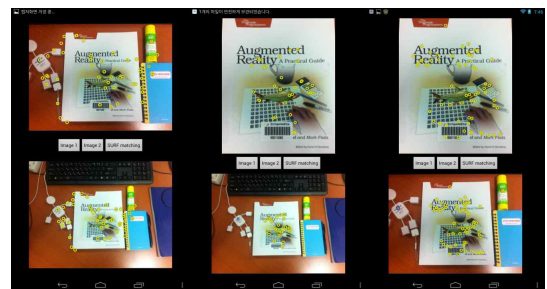


그림 3. 영상 변화에 따른 매칭 결과  
Fig. 3. Result of the Image Changes.

트래킹 결과에 관한 내용은 다음 표 1과 같다.

표 1. 영상 변화에 따른 매칭률.

Table 1. Matching rate of the Image Changes.

영상	속도(s)	매칭 된 특징 점 개수
1	0.4012	24 pairs(53 pairs)
2	0.4633	32 pairs
3	0.5475	65 pairs

속도 면에서 큰 차이를 보이지는 않았지만, 매칭 된 특징점 개수가 많은 차이를 보였다. 특히 데이터베이스 영상을 최적화하지 않은 경우, 원하는 영상을 찾아내기 어려운 것을 확인할 수 있다. 배경에 의해 53쌍을 찾아내긴 했으나 유효 쌍은 24쌍으로 정확도가 50% 이하로 내려가는 것을 확인할 수 있다.

#### 4-2 회전에 따른 매칭

입력 영상의 회전과 관계없이 매칭되는지를 알아보기 위해 입력 영상을 정 방향과 반대 방향으로 회전하였을 때는 비교하였다. 매칭 결과와 매칭률은 다음과 같다.

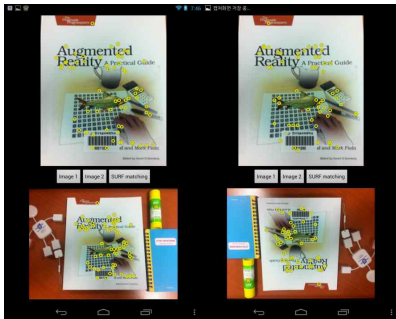


그림 4. 회전 변화에 따른 매칭 결과  
Fig. 4. Result of the Rotate.

표 2. 회전 변화에 따른 매칭률.

Table 2. Matching rate of the Rotate.

영상	속도(s)	매칭 된 특징 점 개수
정방	0.5475	65 pairs
회전	0.5474	58 pairs

정방향일 때보다 매칭된 특징점의 개수가 적지만 속도 차이는 보이지 않았다. 하지만 매칭률도 10% 미만으로 크게 차이가 나지 않았으므로 결과적으로 매칭 결과에 큰 변화가 없었다. 이는 회전 변화에 상관없이 매칭이 가능함을 보여주었다.

#### 4-3 크기에 따른 매칭

크기에 따른 매칭 속도를 확인하기 위하여 데이터베이스 영상의 크기와 입력 영상의 크기를 나누어 비교하였다. 먼저 데이터베이스 영상의 크기를 변화시킨 결과를 위해, 데이터베이스의 영상은 100×122, 200×244, 400×488로 변화시켰으며 입력 영상의 크기는 400×300의 크기였다. 결과는 다음 표 3과 같다.

표 3. 데이터베이스 영상 크기에 따른 매칭률.

Table 3. Matching rate of the Database Image Scale.

영상	속도(s)	매칭 된 특징 점 개수
100	0.4740	63 pairs
200	0.5463	76 pairs
400	0.5867	73 pairs

데이터베이스 영상 크기에 따른 매칭은 데이터베이스 영상이 가장 작을 때 빠른 속도를 보였으나, 매칭률은 데이터베이스 영상 크기와 입력 영상의 크기가 비슷할 때 가장 많은 매칭률을 보였다.

입력 영상의 변화를 확인하기 위해서 입력 영상은 200×150, 400×300, 800×600로 변화시켰으며, 데이터베이스 영상은 250×300의 크기로 실험하였다. 결과는 다음 표 4와 같다.

표 4. 인식 영상 크기에 따른 매칭률.

Table 4. Matching rate of the Recognition Image Scale.

영상	속도(s)	매칭 된 특징 점 개수
200	0.5498	65 pairs
400	0.5516	65 pairs
800	0.5814	72 pairs

입력 영상 크기에 따른 매칭은 작은 영상일수록 속도는 빠르고 매칭률은 큰 영상에서 높게 나타났다. 그러나 속도나 매칭률이 높은 차이를 보이지 않은 점으로 보아 입력 영상 크기에 따른 개선점을 찾지는 못한 것을 볼 수 있다.

결과적으로 매칭률을 높이기 위해서는 데이터베이스 영상의 최적화가 필요할 것으로 보인다.

## V. 결 론

본 논문에서는 모바일 증강현실에 적합한 추적 기술을 확인하기 위해 SURF 알고리즘 성능을 실험해 보았다. 그 결과 SURF 알고리즘은 영상 크기 및 회전 변화에 속도 및 정확성이 10% 미만의 차이로 인식률에는 큰 변화가 없어 영상 변화에 강한 성능을 보였다. 또한 데이터베이스 영상 최적화 여부에 따라 정확도가 50% 이하로 내려가는 점을 보아, 모바일 환경에서 빠른 속도 및 정확도를 얻기 위해서는 데이터베이스 영상의 최적화가 필요함을 보였다. 아직 속도 측면에서 개선할 점은 있으나, SURF 알고리즘을 통해 모바일에서도 높은 정확성의 물체 인식을 실현할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 산업융합원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며, 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원 관계자분들께 깊은 감사드립니다.

Reference

[1] R. T. Azuma. "A survey of the augmented reality", *In Presence: Tele operators and Virtual Environments*, vol.6, no.4, pp.335-385, Aug.1997.

[2] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino, "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum." *SPIE Proceedings, volume 2351: Tele manipulator and Tele presence Technologies* pp.282-292, 1994.

[3] G. Papagiannakis, G. Singh, and N. M. Thalmann, "A Survey of Mobile and Wireless Technologies for Augmented Reality Systems", *Computer Animation and Virtual Worlds*, Vol.19, Issue1, pp. 3-22, 2008.

[4] J.H. Jeon, S.Y. Lee, "Standardization for Mobile Augmented Reality Technology", *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 26, no. 2, pp. 61-74, Apr. 2011.

[5] C. Schmid and R. Mohr, "Local gray value in variants for

image retrieval", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.19, pp.530-534, 1997.

[6] Hyun-O Kim, In-Gwon Oh and Jae-Chan Namkung, "A Object Recognition using ICA-SIFT", *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 8, No. 4, pp. 115-125, Apr. 2010.

[7] Kiyeol Eom, Kyujin Kim, Moonhyun Kim, "A Survey of Markerless Object Recognition and Tracking for Augmented Reality", *Journal of KIISE*, pp. 54-66, Aug. 2010.

[8] Gwihyeon Yoo, "Image Feature Extraction and Matching Algorithm based on Android Platform", *Sejong University master's thesis*, Dec. 2010.

[9] Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features", 2006.

윤 지 연 (尹智燕)



2010년 2월 : 한국기술교육대학교  
인터넷공학 졸업 (공학사)  
2011년 3월~현재 : 한국기술교육  
대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)  
관심분야 : 증강현실, 모바일 어플리  
케이션

문 일 영 (文日永)



2000년 2월 : 한국항공대학교 항공  
통신정보공학과 (공학사)  
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원  
항공통신정보공학과 (공학석사)  
2005년 2월 : 한국항공대학교 대학원  
정보통신공학과 졸업(공학박사)  
2004년~2005년 : 한국정보문화진흥원 선임연구원  
2005년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부  
부교수  
관심분야: 무선 인터넷 응용, 무선 인터넷, 모바일 IP