

## 스마트폰을 이용한 위치정보기반 AR 시스템에서의 부정합 현상 최소화를 위한 기법

이주용\*, 권준식\*\*

### 요약

스마트폰의 보급 확산으로 다양한 콘텐츠가 등장하고 있다. 이러한 콘텐츠 중에서 위치 기반 서비스를 이용한 증강현실 응용프로그램의 필요성이 널리 대두되고 있다. 본 논문에서는 안드로이드 스마트폰을 이용한 위치정보기반 AR 시스템에서 발생하는 정합 오차를 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 효과적으로 줄이는 방법을 제안한다. 위치정보 오차 누적 때문에 객체가 정확하게 정합되지 않는 부정합 현상 최소화를 위해 연산 속도는 유지하면서 연산량을 줄여 성능을 향상한 방법인 SURF(Speeded Up Robust Features)를 사용해 초기 특징점을 검출하고 검출된 특징점을 추적하여 모바일 환경에 적용한다. 위치정보 검색을 위해 GPS 정보를 사용하고 자세추정 및 방향 정보를 위해 자이로 센서, G-센서 등을 이용한다. 하지만 위치정보의 누적된 오차는 객체가 고정되지 않는 부정합 현상을 유발한다. 또한, 증강현실 기술은 구현하면서 많은 연산량이 필요하므로 모바일 환경에서 구현하는데 어려움이 발생한다. 제안된 방법은 모바일 환경에서 성능 저하를 최소화하고 비교적 간단하게 구현할 수 있어 기존 시스템 및 다양한 모바일 환경에서 유용하게 이용될 수 있다.

키워드 : 증강현실, 자연특징점추출, SURF, 위치기반서비스, 안드로이드

## Error Correction Scheme in Location-based AR System Using Smartphone

Ju-Yong Lee\*, Jun-Sik Kwon\*\*

### Abstract

Spread of smartphone creates various contents. Among many contents, AR application using Location Based Service(LBS) is needed widely. In this paper, we propose error correction algorithm for location-based Augmented Reality(AR) system using computer vision technology in android environment. This method that detects the early features with SURF(Speeded Up Robust Features) algorithm to minimize the mismatch and to reduce the operations, and tracks the detected, and applies it in mobile environment. We use the GPS data to retrieve the location information, and use the gyro sensor and G-sensor to get the pose estimation and direction information. However, the cumulative errors of location information cause the mismatch that and an object is not fixed, and we can not accept it the complete AR technology. Because AR needs many operations, implementation in mobile environment has many difficulties. The proposed approach minimizes the performance degradation in mobile environments, and are relatively simple to implement, and a variety of existing systems can be useful in a mobile environment.

Keywords : Augmented Reality(AR), Natural Feature Tracking(NFT), Speeded Up Robust Features(SURF), Location Based Service(LBS), Android

※ Corresponding Author: Jun-Sik Kwon

Received: September 16, 2014

Revised: March 23, 2015

Accepted: April 10, 2015

\* Kyung-Lim ENG.

\*\* Semyung University, Electrical Engineering

Tel: +82-43-649-1304, Fax: +82-43-649-1774

email: jskwon@semyung.ac.kr

▣ This paper was supported by Semyung University Research Grant of 2013.

### 1. 서론

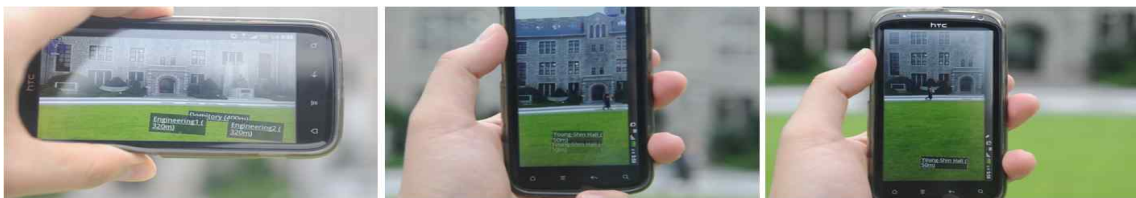
컴퓨터 비전 기술은 각종 매체와 분야에 적용되고 있다. 이러한 기술 중에, 증강현실(Augmented Reality) 기술은 인간과 컴퓨터의 상호 작용 및 의사 전달에 이용할 수 있는 새로운 패러다임을 제공하는 기술로 많은 관심을 받고 있다. 이것은 컴퓨터 모델을 이용하여 생성된 현실성을 강조한 가상의 정보를 현실 세계에 대한 이해와 인식력을 개선하고 향상한다<sup>[1]</sup>. 증강현실 기술은 카메라로 보이는 현실의 공간 속에 3차원 가상 객체를 마커에 정합하는 기술로써 사용자와 상호작용이 가능하게 하여 흥미와 몰입을 극대화할 수 있는 기술이다. 실세계는 인위적인 시스템만으로는 완벽하게 대체될 수 없는 많은 정보를 포함하고 있으며, 이를 현실감 있게 전달하는 가장 완벽한 공간이라고 할 수 있다. 즉, 증강현실은 실세계와 가상세계를 결합함으로써 실시간으로 상호작용하여 사용자의 지각과 일 처리에 도움을 주는 기술이라 할 수 있다<sup>[2],[3]</sup>. 스마트폰의 보급 확산으로 증강현실 기술을 응용한 다양한 콘텐츠가 나오고 있다. 이러한 콘텐츠 중에서 정보검색을 위해 GPS(Global Positioning System) 정보를 사용하고 자세추정 및 방향 정보를 활용하기 위해 Gyro Sensor, G-Sensor 등을 사용한 위치 기반 서비스(LBS: Location- Based Service) 정보를 이용한 증강현실 애플리케이션들이 많이 볼 수 있다. 대표적인 예로 Ovjet<sup>[4]</sup>와 Layar<sup>[5]</sup>, ScanSearch<sup>[6]</sup> 등으로 위치 정보에 해당하는 데이터를 사용자에게 제공함으로써, 더욱 편리하고 효과적인 정보를 제공한다. 하지만 이때 발생하는 GPS 정보의 오차를 줄이지 못해 정보 전달에 정확한 결과를 얻지 못한다. 또한, GPS 정보는 2차원적인 정보의 전달만 이루어지기 때문에 3차원적인 정보의 높이에 대한 정보를 추정할 수 없다. (그림 1)처럼 2차원적인 정보

를 사용함으로써 높이에 대한 정보를 추정할 수 없기에 가상 객체가 고정되지 않는 부정합 현상이 나타나 객체 증강의 결과가 좋지 않다<sup>[7]-[11]</sup>.

Sensor 등을 이용하여 찾은 정보를 컴퓨터 비전 기술로 부정합 현상을 최소화하는 방법을 제안한다. 실세계에서 응용할 수 있는 범위가 한정된 기존의 정해진 형태의 마커와는 달리 자연 상태의 정보를 통해 특징점을 추출함으로써 더욱 넓은 범위에서 증강현실 기술의 활용이 가능하고 자연 특징점을 추출하여 사용하는 마커리스(markerless) 기반의 시스템 연구가 많이 진행되었다<sup>[12],[13]</sup>. 자연 특징점 추출(natural feature detection) 및 추적하는(tracking) 대표적인 알고리즘에는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)<sup>[14]</sup>와 SURF(Speeded Up Robust Features)<sup>[15]</sup> 등이 있다. 이처럼 마커리스 기반의 시스템은 정해진 형태의 마커를 사용하지 않고, 자연 마커(natural marker)의 생성을 통해 취득한 정보를 이용하여 객체를 증강한다. SIFT 알고리즘은 회전(rotation), 조명(illumination), 크기(scale), 어파인(affine) 변환에 크게 영향을 받지 않아 특징점 검출 및 추적에 강건한 알고리즘이다. 하지만 연산량이 많고 연산 속도가 느려 실시간 응용하기 어렵다.

본 논문은 서론에 이어 II장에서는 (그림 2)의 실험 구성도처럼 GPS 등 초기위치정보를 받아 미리 구성된 참조 영상들(reference image sets)에서 자연 특징점 검출 및 추적을 수행하고 비교하여 카메라 자세 추정을 계산하는 마커리스 기반의 AR System을 안드로이드 모바일 시스템에 SURF 알고리즘을 적용해 부정합 현상을 최소화 하는 방법과 제안한 실험 방법에 대해서 설명하였으며, III장에서는 제안한 실험에 대한 실험 시스템 환경과 결과를 보이고, IV장에서 결론 및 향후 연구 계획을 논하는 순서로 구성되어 있다.

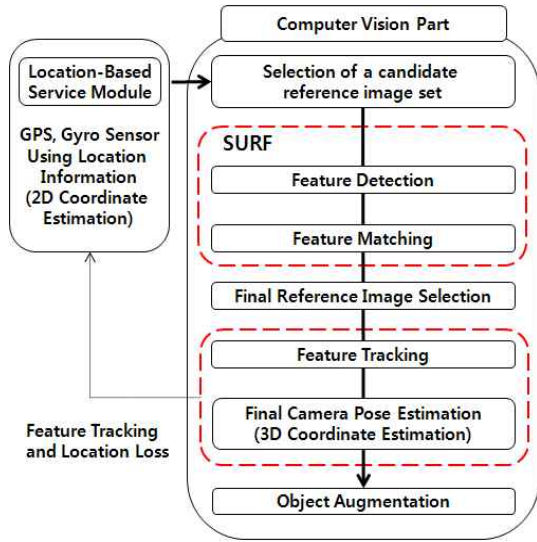
(그림 1) 위치 정보 기반 시스템에서의 부정합 현상의 예



(Figure 1) The example of mismatching phenomena in the existing location information based systems.

## 2. 제안 알고리즘

(그림 2) 제안 시스템의 블럭도.



(Figure 2) A block diagram of the proposed system.

### 2.1 기준 영상 취득 과정

LBS Part로부터 Computer Vision Part로 초기 위치정보를 받는다. 이 위치 정보를 이용하기 위해 대상영상에 대한 정확한 증강효과와 및 알고리즘의 성능 평가를 위해 기준 영상을 취득한다. (그림 3)은 기준영상을 취득하기 위하여 다각도에서 레퍼런스 이미지를 촬영한 영상이다. 이러한 정보를 갖고 SURF 알고리즘을 통해 카메라 입력 영상 기반의 자연 특징점을 검출한다. 그리고 미리 학습된 레퍼런스 이미지의 자연 특징점과의 매칭을 통해 일치하는지 검사하게 된다. 매칭을 통해 찾은 레퍼런스 이미지와 카메라

입력 영상의 자연 특징점이 일치하게 되면 실시간으로 자연 특징점을 추적 및 추정하여 영상을 정합하게 된다.

### 2.2. SURF를 이용한 자연 특징점 추출 및 추적

실제 환경에서 가상의 물체를 추정하여 증강하려면 많은 과정의 조합으로 구현된다. 본 논문에서는 안드로이드 모바일 시스템에 응용하기 위해 SIFT 알고리즘보다 연산량이 적고 속도가 빠른 SURF 알고리즘을 사용하여 자연 특징점을 추출 및 검출한다. 먼저 자연 특징점 검출을 위해 적분 영상(integral image)과 근사화된 헤시안 검출기(Hessian detector)를 기반으로 자연 특징점을 추출하는 고속 헤시안 검출기(fast-Hessian detector)를 사용한다<sup>[16],[17]</sup>. 자연 특징점을 중심으로 4×4의 세부 영역을 구성하고 각 세부 영역에서 Haar 웨이블릿(Haar wavelet feature)을 사용하여 영상 피라미드를 구성하는데 있어서 스케일링된 영상을 사용하는 SIFT 알고리즘과는 달리 사각 필터의 크기를 변화시켜 특징을 추출한다. 컨벌루션을 계산하는데 앞서 연산을 통해 얻어진 적분 영상을 이용함으로써 사각 영역의 크기에 상관없이 빠르게 헤시안 매트릭스(Hessian matrix)를 구하고 자연 특징점을 찾아낸다. 찾아낸 자연 특징점을 추적하기 위해 헤시안 매트릭스에서 계산한 라플라시안의 부호를 비교해서 간단하게 매칭을 한다. 이렇게 하면 추가적인 연산도 필요하지 않고, 표현자(descriptor)의 성능감소 없이도 매칭 속도가 증가하게 된다<sup>[15]</sup>.

(그림 3) (a)-(c) 제안 시스템의 성능평가를 위한 표본영상의 예.

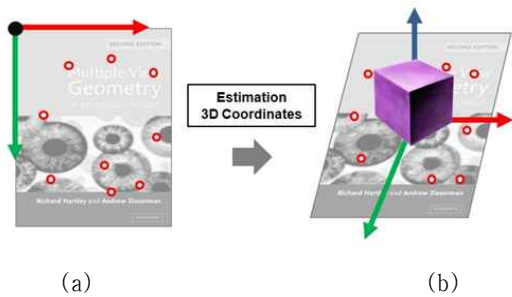


(Figure 3) (a)-(c) Example of sample image for evaluating performance of proposed algorithm.

### 2.3 실시간 카메라 자세 정보 추정 및 영상 정합

위성으로부터 모바일 기기로 GPS 정보를 수신 받을 때, 모바일 기기에 내장된 GPS에서 위성 신호를 전송 받은 뒤 안드로이드 내부 API와 맵 관련 외부 API를 거쳐 모바일 기기 디스플레이 창을 통해 현재 위치와 지도에 대한 정보를 얻게 된다. GPS를 통해 받은 위도와 경도 데이터는 위치에 따라 값이 변경될 수 있기 때문에 위치가 바뀔 때마다 위치정보를 갱신하고 Gyro Sensor, G-Sensor 등 Sensor로부터 얻은 정보를 카메라 자세 정보 추정과 영상 정합의 초기 값으로 받아온다<sup>[11]</sup>.

(그림 4) 제안한 방법의 첫 단계 (a) 2차원 특징 추출 (b) (a)의 특징점으로부터의 3차원 좌표변환



(Figure 4) Initial step of the proposed method (a) 2D feature detection (b) Transformation to 3D coordinates from feature points of (a)

하지만 이 값으로는 대상 객체의 높이 및 위치를 추정할 수 없어 객체의 2차원 좌표값에 대한 3차원 공간상으로의 역사영을 통하여 대상 객체의 높이 및 위치를 계산되는 개념을 (그림 4)에 보인다. 제안된 시스템은 카메라 입력 영상에서 검출한 좌표값은 2차원이기 때문에, 이를 3차원 공간으로 변환할 때 깊이 값(z축)이 모두 0이라는 가정을 한다. 만약 검출된 자연 특징점 화소들이 동일 평면에 있지 않으면 오차가 생길 수 있다는 문제점을 가진다. 따라서 초기화 시 카메라가 배경 영상의 평면과 수직 방향에 위치해야 한다는 전제를 필요로 하고 있다<sup>[18]</sup>. 이후 연속된 프레임에서 취득한 특징점의 2차원 좌표와 초기화 단계에서 취득한 3차원 공간 좌표의

관계를 통해서 카메라의 자세 정보를 계산한다. 3차원 공간 내의 한점  $M=(X, Y, Z)$ 와 영상의 한 점  $m=(x, y)$ 에 대한 동차 좌표계 좌표를 각각  $\tilde{M}=[X Y Z 1]^T$  과  $\tilde{m}=[x y 1]^T$ 라고 할 때, 이들 사이의 사영 관계는  $3 \times 4$  카메라 행렬  $\tilde{P}$ 에 의해서 다음과 같이 정의된다. 본 논문에서 좌표값의 표기에 사용되는 첨자 ‘~’는 동차 좌표계 좌표를 의미한다.

$$\tilde{m} = \lambda \tilde{P} \tilde{M} = \lambda K [R | t] \tilde{M} = \lambda K [r_1 r_2 r_3 | t] \tilde{M} \quad (1)$$

식 (1)의  $\lambda$ 는 사영 행렬  $\tilde{P}$ 에 대한 스케일(scale) 변수이며, R은 카메라의 회전 변위에 의한  $3 \times 3$  행렬이다. 또한  $r_i$ 는 행렬 R의  $i$ 번째 열(column)을 나타내며, t는 카메라의 이동을 의미하는  $3 \times 1$  이동 벡터 (translation vector)이다. 또한  $3 \times 3$  행렬 K는 카메라의 내부 파라미터(intrinsic parameter)를 원소로 갖는 카메라 교정 행렬(camera calibration matrix)을 나타내는 정칙 행렬(non-singular matrix)이며, 일반적으로 식 (2)와 같이 정의된다. 식 (2)의 행렬에서  $f_x, f_y$ 는 영상의 각 좌표 축 방향으로의 초점 거리(focal length)를 의미하며,  $s$ 는 영상에 대한 비틀림 파라미터(skew parameter)로 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$K = \begin{bmatrix} f_x & s & x_0 \\ 0 & f_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$s = \begin{bmatrix} m_{1x} - g_w & m_{2x} - g_w & \dots & m_{nx} - g_w \\ m_{1y} - g_h & m_{2y} - g_h & \dots & m_{ny} - g_h \end{bmatrix} \quad (3)$$

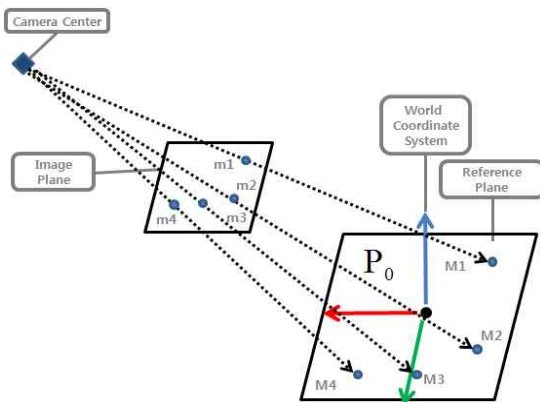
그리고  $(x_0, y_0)$ 는 영상의 주점(principal point)을 나타낸다. 식 (2)의 카메라 행렬을 구하기 위해서는 일반적으로 별도의 카메라 교정이 필요하다. 교정된 카메라 행렬 K와 식 (1)로부터 2차원 영상 평면과 3차원 공간 내에 존재하는 한 평면  $P_0$ 사이의 사영 관계를 계산할 수 있으며, 이는 영상 평면과  $P_0$ 사이의 2차원 호모그래피(homography)로 정의될 수 있다. 따라서  $P_0$ 상에 존재하는 서로 다른 특징점과 이들에 대한 영상 좌표 사이의 호모그래피를 이용하면 카메라

라 사영 행렬  $\tilde{P}$ 의 계산이 가능하다.  $P_0$ 를 3차원 기준 좌표계 상의 XY평면이라고 가정하고,  $P_0$  상의 네 점  $\tilde{X}_1 \sim \tilde{X}_4$ 가 영상의  $\tilde{x}_1 \sim \tilde{x}_4$ 로 사영되었다고 할 때,  $\tilde{X}_i = [X_i Y_i 0 1]^T$  및  $\tilde{x}_i = [x_i y_i 1]^T$ 로 구성된 행렬  $\tilde{M}_p = [\tilde{X}_1 \tilde{X}_2 \tilde{X}_3 \tilde{X}_4]$ 와  $\tilde{m}_p = [\tilde{x}_1 \tilde{x}_2 \tilde{x}_3 \tilde{x}_4]$  사이의 사영 관계는 식 (1)에 의해서 식 (4)와 같다.

$$\tilde{m}_p = K[R|t]\tilde{M}_p = [p_1 p_2 p_3 p_4]\tilde{M}_p \quad (4)$$

(그림 5)는 검출된 자연 특징점 정보를 추적하여 좌표값을 변환행렬(homography matrix) 연산을 통해 출력될 영상의 좌표와 워핑(warping)시켜 자연 마커 위에 3차원 객체를 정합하고 증강하는 것을 설명해주고 있다. 객체 정합은 2차원 좌표값에 대한 3차원 공간으로의 역사영(back-projection)을 통하여 계산된다.<sup>[19]</sup>.

(그림 5) 카메라 영상과 참조 영상간의 기하학적 관계.



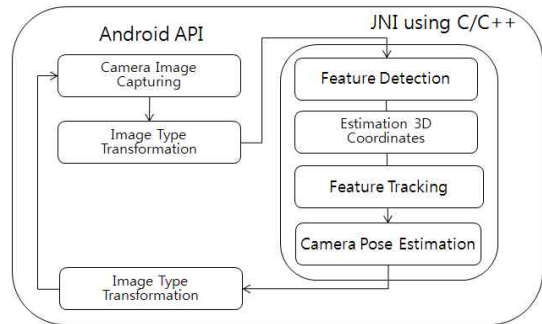
(Figure 5) Geometric relationship between camera input and a reference image.

#### 2.4 모바일 환경으로의 제안된 방법 적용

안드로이드 모바일 환경은 Java로 이루어져 있다. 제안하는 시스템은 windows 기반 C/C++에서 구현되어 있다. Java 기반인 안드로이드 API의 수행 능력은 연산 속도의 저하 등의 많은 제약이 발생하게 되어 C++ 환경의 수행 능력보다 떨어진다. 이러한 점을 보완하고자 JNI(Java

Native Interface)를 사용한다. JNI는 C/C++에서의 함수를 바로 호출해주기 때문에 시스템의 성능 저하를 최소화하여 안드로이드 모바일 환경에서 실시간으로 컴퓨터 비전 기술을 구현할 수 있게 도와준다. 초기 카메라로부터 입력 받은 영상을 C/C++에서 처리할 수 있는 영상의 타입으로 변환시켜 C/C++에서 구현된 자연 특징점 검출 및 추적, 그리고 카메라 자세 추정 및 영상의 정합을 효과적으로 수행하여 기존 위치정보기반 AR System에서 발생하는 부정합 현상을 최소화시킨다. (그림 6)과 같이 카메라 영상의 입출력 수행은 안드로이드 API에서 수행하였고, 제안된 수행과정은 JNI를 통해 C++로 프로그래밍 하였다.

(그림 6) 안드로이드 모바일 장치에서의 컴퓨터비전 기반 기술에 관한 블록도



(Figure 6) The block diagram about computer vision-based technologies as Android mobile devices.

### 3. 실험 결과

#### 3.1. 시스템 환경

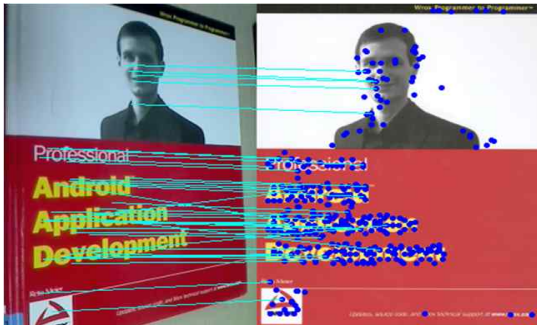
구현에 사용된 데스크탑PC 환경은 Intel Core i5 760 @2.80GHz, RAM 4GB 이고, 사용된 영상 크기는 카메라 입력 영상 320×240 pixel로 설정하였다. 그리고 Android Device 환경은 HTC NexusOne Android 2.3, QSD8250 1GHz, RAM 512MB 와 HTC Sensation Android 2.3, QSD MSM8260 1.5GHz, RAM 768MB이고 사용된 영상 크기는 카메라 입력 영상 160×120 pixel로 설정하였다.



### 3.2 실험 결과

고속 헤시안 매트릭스를 통해 검출된 자연 특징점 후보들의 응답(response) 값들의 합을 각 방향으로 자연 특징점 후보들에 대해 오리엔테이션을 할당한다. 이러한 특징점 후보들을 바탕으로 강건한 자연 특징점들을 검출한다. (그림 7)의 (a)는 검출된 자연 특징점의 정보를 바탕으로 레퍼런스 이미지와 카메라 입력 영상과의 자연 특징점 매칭을 수행한 결과 영상이다. (그림 7)의 (b), (c), (d)는 이러한 정보들을 바탕으로 3차원 객체를 정합한 결과 영상이다.

(그림 7) (a) 2차원과 3차원 평면에서의 자연특징점 정합 결과, (b) (c) (d) (e) 객체의 정합결과 영상.



(a)



(b)

(c)



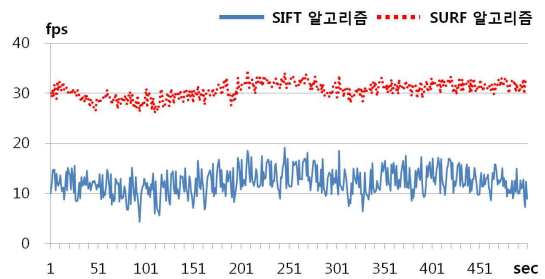
(d)

(e)

(Figure 7) (a) Matching result of natural feature point in 2D and 3D plane, (b) (c) (d) (e) Result image of the object registration.

(그림 8)은 데스크톱PC 환경에서 SURF 알고리즘과 SIFT 알고리즘을 사용하여 3차원 객체를 정합하고 증강한 결과 영상의 초당 프레임률(FPS:Frame Per Second) 측정 결과로 SURF 알고리즘은 평균 30.63fps으로, SIFT 알고리즘은 12.29fps로 측정되었다. SURF 알고리즘은 SIFT 알고리즘보다 2배 이상의 빠른 연산 속도를 유지하면서 증강되는 3차원 객체가 안정적으로 정합하고 증강되는 결과가 나왔다. 이에 본 논문에서는 안드로이드 환경의 SURF 알고리즘을 채용하였다.

(그림 8) 자연 특징추출 알고리즘의 FPS (초당 프레임수) 측정결과.



(Figure 8) FPS (Frame Per Second) measurements result of natural feature detection algorithm.

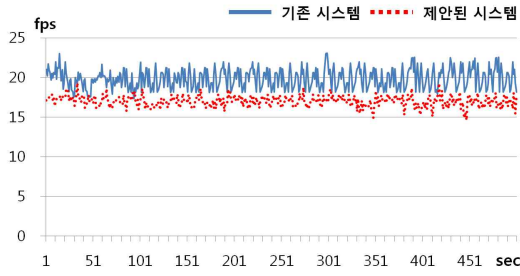
(그림 9)는 기존 데스크탑PC 시스템과 제안된 안드로이드 시스템에서 초당 프레임률을 측정된 결과로 <표 1>과 같으며, 기존 시스템은 평균 20.84fps, 제안된 시스템은 평균17.02fps로 측정되었다. 기존 데스크탑PC 환경보다 느린 것으로 보이나 실험에 사용된 스마트폰이 1GHz 초기 모델에서의 실험환경임을 고려하면 빠른 연산과 안정적으로 구현되었음을 확인할 수 있다. 제안된 시스템은 안드로이드 모바일 환경에서 좋은 결과를 보였고 다양한 모바일 환경에서도 충분히 적용할 수 있음을 보였다.

<표 1> 이중의 운영시스템에서의 비교

	Window(2.8GHz)	Android(1GHz)
speed	20.84fps	17.02fps

<Table 1> Comparison in different OS

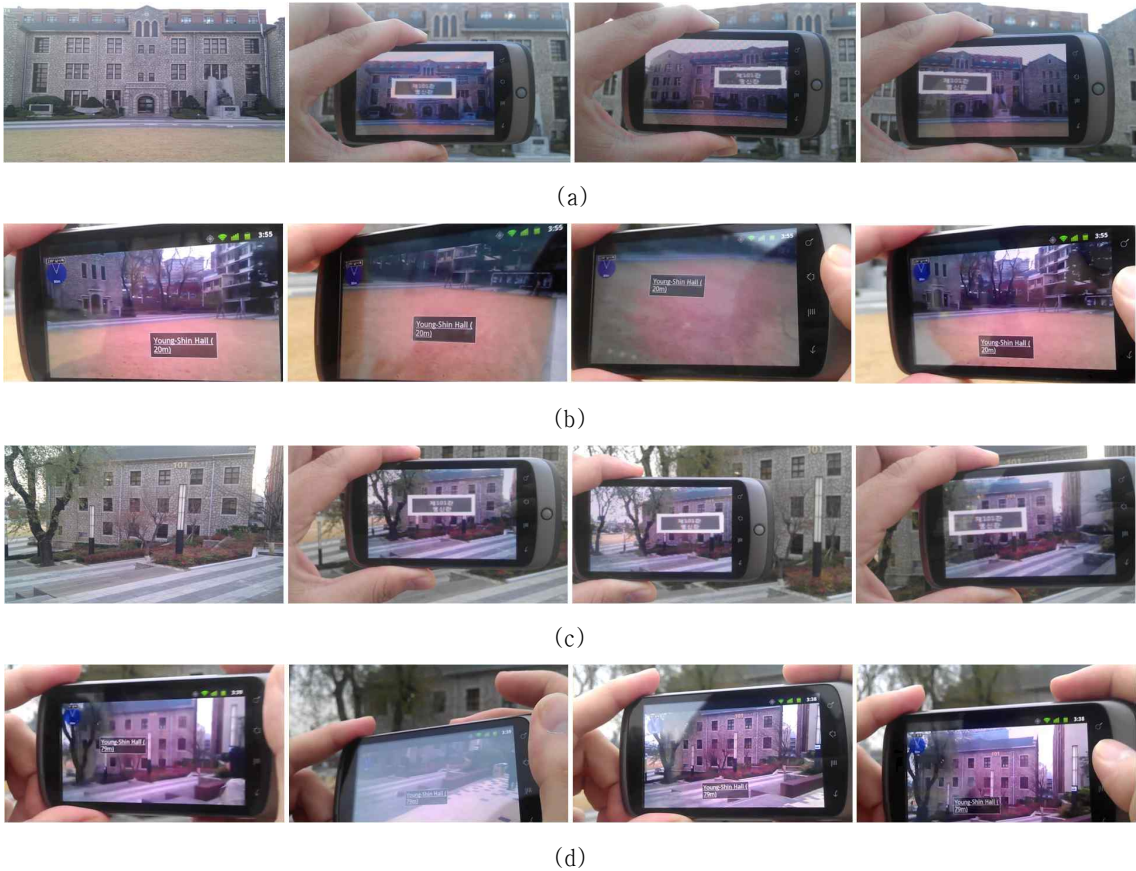
(그림 9) 기존 시스템과 제안 시스템의 측정결과.



(Figure 9) Measurement result of the proposed system and existing systems.

(그림 10)의 (a), (c), (e)는 제안된 시스템을 JNI(Java Native Interface)를 사용하여 안드로이드 모바일 환경으로 옮겨 실제 취득한 기준 영상을 바탕으로 자연 특징점을 검출 및 추적하고 카메라 자세 추정을 계산하여 객체를 정합시킨 결과 영상으로 부정합 현상을 최소화하였고 안정적인 객체 정합의 결과를 보였다. (그림 10)의 (b), (d), (f)는 기존 시스템에서의 객체 정합의 결과 영상으로 객체가 고정되지 못하는 부정합 현상의 결과를 볼 수 있다. 2차원 정보만을 이용하는 기존 시스템에서 위치 정보의 오차가 누적되고 3차원 정보를 계산하지 못하기 때문이다.

(그림 10) (a) (c) (e) 제안 시스템에서 발생한 부정합 현상을 최소화한 결과 영상.  
(b) (d) (f) 기존 시스템에서 발생한 부정합 현상.





(e)



(f)

(Figure 10) (a) (c) (e) Result image by minimization of mismatching phenomena in the proposed system and (b) (d) (f) Mismatching phenomena which occurs in the existing system.

#### 4. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 기존의 위치정보를 이용한 증강현실 애플리케이션의 위치 오차를 컴퓨터 비전 기술을 사용하여 줄이고자 하였다. 이를 위해 자연 특징점을 검출 및 추적하고 카메라 자세 추정 계산을 통해 부정합 현상을 최소화하는 방법을 제안하였다. 제안된 시스템은 자연 특징점 검출 및 추적에 안정적이면서도 빠른 연산 속도를 보여 기존의 위치기반서비스를 사용하는 증강현실 애플리케이션에 바로 적용할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 모바일 환경에서 유용하게 이용될 수 있다. 향후 진행될 연구에서는 실제 증강현실 애플리케이션에 제안한 기법을 적용하고 LKT<sup>[20]</sup>와 같이 특징점 추적에 강건하고 연산속도를 향상시키는 방법을 포함해 데스크탑 PC 환경에서보다 속도 및 안정적인 운용 면에서도 진전된 연구를 진행할 예정이다.<sup>[21]</sup>

#### References

[1] S. H. Lee, S. K. Lee and J. S. Choi, "Real-time camera tracking using a particle filter and multiple feature trackers," Games Innovations Conference, 2009. ICE-GIC 2009. International IEEE Consumer Electronics Society's, pp. 29-36, Aug. 2009.

[2] H. Park and J. I. Park, "Invisible Marker Tracking for AR," in Proc. IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Arlington, USA, Nov. 2004.[3] R. Azuma, "Recent Advances in Augmented Reality",IEEE Computer Graphic and Applications, vol. 21, pp. 34-47, 2001.

[3] R. Azuma, "Recent Advances in Augmented Reality",IEEE Computer Graphic and Applications, vol. 21, pp. 34-47, 2001.

[4] <http://www.ovjet.com>

[5] <http://www.layar.com>

[6] <http://www.scan-search.com>

[7] S. K. Choi, "The Case Analysis of Augmented Reality Contents Services and Business Forecast," KSII, vol. 12, no. 1, pp. 51-62, Mar. 2011.

[8] G. Klein and D. Murray, "Parallel tracking and mapping for small AR workspaces," in Proc. IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 225-234, Sep. 2007.

[9] A. Davison, I. Reid, N. Morton and O. Stasse, "Monoslam: Real-time single camera slam," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 29,



no.6, pp. 1052-1067, Jun. 2007.

[10] P. Keitler, "Mobile Augmented Reality based 3D Snapshots," in Proc. IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 199-200, 2009.

[11] S. J. Velat, J. S. Lee, N. Johnson, and C. D. Crane, "Vision Based Vehicle Localization for Autonomous Navigation," in Proc. IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, pp. 528-533, Jun. 2007.

[12] D. Wanger, T. Langlotz and D. Schmalstieg, "Robust and Unobtrusive Marker Tracking on Mobile Phones," in Proc. IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 225-234, Sep. 2008.

[13] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-518, 2001.

[14] D. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," International Journal of Computer Vision, vol. 60, pp. 91-110, Feb. 2004.

[15] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "Speeded-Up Robust Features(SURF)," Similarity Matching in Computer Vision and Multimedia, vol. 110, pp. 346-359, Jun. 2008.

[16] K. Mikolajczyk and C. Schmid, "Indexing based on scale invariant interest points," in Proc. IEEE Conference on Computer Vision, vol. 1, pp. 525-531, 2001.

[17] T. Lindeberg, "Feature detection with automatic scale selection," International Journal of Computer Vision, Vol. 30 pp. 77-116, Nov. 1998.

[18] A. H. Lee, J. Y. Lee, S. H. Lee, and J. S. Choi, "Augmented Reality System using Planar Natural Feature Detection," IEEK, vol. 48, SP no. 4, pp.49-58, Jul. 2011.

[19] S. H. Lee and J. S. Choi, "Estimation of Human Height and Position using a Single Camera," IEEK, vol. 45, SC no. 3, pp. 20-31, May. 2008.

[20] J-Y. Bouguet, "Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker," Intel Corporation, Microprocessor Research Labs, 2000.

[21] J. Y. Lee and J. S. Kwon, "Touch-based Gaming System using Augmented Reality Technology," Journal of Digital Contents Society, vol. 15, no. 1, pp. 69-76, Feb. 2014.



**이 주 용**

2010년 : 세명대학교 전기공학과 (공학사)  
 2012년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 (공학석사)

2012년~2014년: (주)인포시스콤  
 2014년~현 재: 경림이엔지  
 관심분야 : 증강현실(Augmented Reality) 등



**권 준 식**

1984년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학사)  
 1986년 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1995년 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1986년~1987년: 현대전자산업(주)  
 1987년~1991년: 금성통신(주)  
 1995년~현 재: 세명대학교 전기공학과 교수  
 관심분야 : 패턴인식, 증강현실, 컴퓨터비전, 수리형태학, 영상정보은닉 등