

# 자동차 정비 e-Training 증강현실 시스템에서의 Marker-less Tracking 방안 연구

## The Study on Marker-less Tracking for the Car Mechanics e-Training AR(Augmented Reality) System

윤지연\*, 김유두\*, 문일영\*

Ji-Yean Yoon\*, Yu-Doo Kim\*, and Il-Young Moon\*

### 요 약

e-Training는 체험형, 실습 위주의 교육 훈련으로 기존 e-Learning의 이론형 교육에서 벗어나 학습자에게 실제 학습, 능동적 학습을 촉진하고 학습적 효과를 향상시킨다. 체험형 훈련 시스템의 대표적인 예로 증강현실을 들 수 있다. 특히 증강현실 시스템이 구축된 환경에서 자동차 정비 훈련자는 자동차 부품의 위치나 정비 순서를 증강 정보를 통해 바로 획득하기 때문에 효과적인 트레이닝을 경험 할 수 있다. 이러한 증강현실 시스템에서 영상 추적(tracking) 기술은 핵심이다. 어떠한 트래킹 기술을 이용하느냐에 따라 증강현실 시스템의 성능이 결정된다. 트래킹 기술은 인식률 및 속도가 중요한데, 이를 위해서는 자동차 정비 e-Training의 특성을 파악하여 그에 적합한 트래킹 기술을 적용해야 한다. 그러므로 본 논문에서는 자동차 정비 e-Training 증강현실 시스템에 맞는 알고리즘 및 트래킹 기술을 고안하여 적용하였다. 실험 결과 실제 자동차 정비에 필요한 엔진 장비를 실시간 인식 및 다각도에서도 인식률을 잃지 않았다.

### Abstract

e-Training focusing on the experience and practice accelerates actual-active learning and enforces the learning effects against the existing theory based education. The most typical hands-on training system is augmented reality. Especially, in the training field installed augmented reality system, the automobile maintenance trainee experiences effective training with the immediate information, which is indicating the location of parts and the procedure of repairing. The tracking is the core technology of the augmented reality system. The performance of augmented reality system depends on the tracking technology. Therefore, this paper suggests the tracking technology which is proper to the e-Training augmented reality service technology for the car mechanics.

Key words : Augmented Reality, Marker-less, Tracking, e-Training, Automobile, Maintenance

### I. 서 론

교육은 인간이 삶을 영위하는데 필요한 모든 행위를 가르치고 배우는 과정이며 수단이다. 인간에게 있

---

\* 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 (Dept. of Computer Engineering, Korea Tech)

· 제1저자 (First Author) : 윤지연

· 투고일자 : 2012년 4월 3일

· 심사(수정)일자 : 2012년 4월 3일 (수정일자 : 2012년 4월 21일)

· 게재일자 : 2012년 4월 30일

어서 이렇게 가장 기본적이고 필수적인 교육은 그동안 다양한 방식으로 발전되고 변화되었다. 인터넷이 활성화 되었을 때에는 교육 역시 웹기반 교육으로 e-Learning이 크게 발전되었다. 현재에도 e-Learning을 통한 교육이 활성화 되어있긴 하지만, e-Learning은 이론형, 일방향의 강의 형식으로 실험·실습 및 장비 교육에는 그 효과가 미약하다. 그에 반해 e-Training은 체험형, 실습 위주의 교육 훈련으로 학습자에게 실제적·능동적 학습을 촉진하고 학습적 효과를 향상시킨다.

e-Training은 업무에 필요한 수행능력을 습득 향상시키기 위하여 정보통신 기술, 장비, 환경을 활용하여 실시하는 교육훈련이다. e-Training에 포함되는 기술에는 시뮬레이션, 3D 가상현실, 증강현실 등이 있는데, 그 중 증강현실은 최근 스마트폰과 태블릿PC 등의 다양한 스마트 기기들이 보급되면서 스마트 기기를 활용한 증강현실이 많은 주목을 받고 전망 있는 기술로 각광받고 있다.



그림 1. 자동차 정비 e-Training 서비스 개념도.  
Fig. 1. The concept of e-Training service for the car mechanics.

증강현실이란 사용자가 눈으로 보는 현실세계에 가상 물체를 겹쳐 보여주는 기술이다. 특히 자동차 정비를 위한 자기주도 체험 훈련에서 증강현실 콘텐츠는 그 효과가 크다고 볼 수 있다.

증강현실은 실제 세계에 추가적인 정보를 포함하기 때문에 실습 교육에서 기존의 교육 콘텐츠보다 교육적 습득 및 이해가 효율적이다. 자동차 정비 훈련생들은 증강현실 서비스를 통해 정비 훈련을 진행하며 원하는 상황에 필요한 정보를 바로 얻을 수 있다.

이러한 증강현실은 다양한 기술을 포함하고 있는데, 영상기반으로 볼 때 크게 디스플레이, 영상 인식(Tracking), 영상 합성 기술로 나눌 수 있다[1]. 증강현실은 실제 세계를 기반으로 추가 정보를 더하여 보여주는 기술이다. 그렇기 때문에 실제 세계를 영상으로 인식하고 추적하여 추가 정보를 영상에 합성해야 하는 것이다. 그리고 이렇게 합성된 영상을 사용자가 확인 할 수 있도록 디스플레이가 되어야 한다. 이중에 증강현실의 핵심은 실세계를 인식하는 것이다. 시스템이 실세계를 확인하고 추적하여 어떠한 오브젝트를 인식했는지에 따라 증강 정보가 달라지기 때문이다. 또한 영상 인식률 및 속도에 따라 증강현실 시스템의 성능이 평가되기도 한다.

이에 본 논문에서는 자동차 정비 e-Training 증강현실 시스템에 적합한 tracking 기술을 고안하였다. 특히 현재 많이 연구가 진행된 marker 기반이 아닌 marker-less 기반으로 연구하였으며, 자동차 장비를 인식하는데 적합한 알고리즘을 연구하고 개선하였다.

## II. 관련 기술 및 동향

증강현실은 크게 디스플레이, 영상 인식(tracking), 영상 합성 기술로 나눌 수 있다. 특히 본 논문에서는 tracking 기술에 대해 제안하고 있으며, tracking 기술에는 위치 기반 방식, 마커 인식 방식, 마커를 사용하지 않는 Marker-less 방식이 있다. 마커 인식 방식과 마커리스 방식은 영상 트래킹 방식으로 카메라를 통해 입력된 영상을 인식 및 추적함으로써 그에 해당하는 디지털 정보를 합성하여 최종 컴퓨터의 화상 디스플레이에 표시하는 방식이다[2].

### 2-1 위치 기반(Location-based) 방식

GPS로부터 위도·경도·고도를 지자기 센서로부터 단말기가 향하고 있는 방향을 가속도 센서로부터 단말기의 기울기 값을 얻어내어 이들의 위치 정보를 바탕으로 관련 정보를 배치하는 방식이다. 모바일 증강현실의 확산으로 가장 널리 사용되는 기술이며 구현도 쉽다. 그러나 GPS 자체의 한계 상 구현 시 약간의 위치 정보 오류가 발생하는 단점이 있다.

### 2-2 마커 인식(Marker-based) 방식

2차원 바코드와 같은 흑백 패턴과 미리 등록된 사진, 적외선 LED 등을 마커로 사용하는 방식으로 마커가 놓여 있는 곳을 실시간으로 추적하여 마커 위나 마커를 기점으로 디지털 정보를 배치한다. 마커에 따라 특화된 정보를 제공하므로 정확한 정보 전달이 요구되는 서비스에 적합하다. 마커를 인식하는 것으로 구현이 쉬우나 대상이 될 공간에 마커 설치 필요하고 특정 마커를 정확히 인식해야만 증강현실 정보가 구현된다는 단점이 있다.

### 2-3 마커리스 방식

마커리스 방식은 마커기반의 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 방식 영상 인식 연구 동향

객체 탐지는 2D 컴퓨터 비전 분야에서 오래 동안 연구가 이루어져 왔다. 초기에는 에지기반 방법이 많이 연구되었지만 점점 특징 점 기반에 대한 연구 방법들이 더 많은 인기를 끌기 시작했고 특징 점 기반이 회전, 바라보는 방향, 조명변화, 부분 겹침 등에서 에지기반보다 더 좋은 접근방법으로 평가되었기 때문이다[3]. 오프라인 학습 과정을 통해 객체 내부에 있는 관심 점들의 데이터베이스를 구성한다. 객체 추적 기간 동안에 개개의 이미지로부터 특징

점들이 추출되고 이 특징 점으로부터 데이터베이스에 있는 특징 점들과 비교가 이루어져 객체 인식이 이루어진다. 이러한 특징 점 추출 알고리즘 중에 가장 효율적인 알고리즘이라고 평가 받는 알고리즘이 SIFT(The Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘이다. Lowe에 의해 제안된 SIFT 기법은 물체의 크기나 회전, 각도 변화에 강인함을 가지므로 영상에서의 물체의 존재정보 추출에 효과적으로 활용할 수 있다[4]. 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 추가적으로 연구되었다[4]-[5].

## III. 제안 기법

### 3-1 개요

자동차 정비 훈련 증강현실 시스템에서는 정비 훈련의 특성에 맞는 영상 인식 및 처리 기술을 요구한다. 따라서 정비 훈련의 특성을 파악하고 그에 맞는 영상 인식 방안을 제시하여야 한다.



그림 2. 자동차 엔진 장비.  
Fig. 2. Car Engine Equipment.

이 연구에서 중점으로 보아야 할 자동차 정비 훈련의 특성은 다음과 같다. 보통 각 정비 내용들은 순

서에 따라 진행된다. 즉, 각 정비사항에 대한 시나리오가 존재한다. 각 자동차 부품들은 하나의 형태를 취하고 있지 않다. 예를 들어 자동차 엔진을 분해한다거나 조립하는 경우 해당 엔진을 단계가 진행될 때마다 엔진의 형태가 변한다는 것이다. 또한 자동차 부품은 입체적 형태이며 이동 및 움직임이 가능하다. 상하전후의 모양이 다르며 정비 내용이 자동차 부품의 여러 방향에서 이루어진다. 한 예로 그림 2는 자동차 엔진의 모습이다. 자동차 엔진의 경우 360도 회전이 가능하고 엔진의 분해를 위해서 여러 방향에서 부품을 제거해내야 한다.

이에 따라 본 연구에서는 인터페이스, 영상인식의 두 가지 관점으로 나누어 자동차 정비 훈련의 특성에 적합한 증강현실 tracking 방안을 제안하였다.

### 3-2 인터페이스

자동차 정비 훈련 내용이 시나리오에 따라 진행되는 점을 고려하여, 사용자 인터페이스 구성을 시나리오 진행형으로 구성한다. 시나리오 진행 방식의 설계는 아래와 같다.

- 1) 사용자는 훈련하려는 교육 콘텐츠를 선택한다. 교육 콘텐츠는 각각 훈련에 맞추어진 시나리오가 존재한다.
- 2) 사용자가 선택한 훈련에 따른 자동차 부품의 최초 형태를 인식한다.
- 3) 인식된 영상에 시나리오 순서에 맞는 해당 콘텐츠를 증강한다.
- 4) 훈련생은 증강된 콘텐츠에 따라서 교육 내용을 실행 후 다음단계 버튼을 클릭하여, 다음 단계로 넘어갈 수 있다.
- 5) 다음단계로 넘어갔다면, 증강현실 시스템은 변형된 부품의 다음단계 형태를 인식한다.
- 6) 인식된 영상에 따라 2~4의 순서가 반복된다.

이러한 시나리오 진행 방식을 채택한 이유는 자동차 부품들이 하나의 형태를 취하고 있지 않기 때문이다. marker-less 기반 영상 인식에서는 기준이 되는 원영상이 존재하여 해당 영상과 촬영한 실세계 영상을 비교하여 영상을 인식해야 하게 된다. 그런데 이러한

시나리오별 단계가 지정되지 않는다면 기준이 되는 원영상이 기하급수적으로 늘어나게 된다. 그렇게 되면 실세계 영상과 원 영상을 하나하나 다 비교를 해야 하는데, 이는 엄청난 실행 시간을 소요시킨다. 그렇기 때문에 시나리오 진행 방식을 통해 각 단계에 해당하는 영상만을 비교하여 실행 시간을 단축시킨다.

### 3-3 영상 인식

marker-less tracking을 위해서 본 연구에서는 특징 점 기반 영상 인식 알고리즘을 사용하였다. 특징 점 기반 영상 인식은 영상 내에서 특징 점들을 추출하고 이 특징 점들을 기반으로 좌표계를 추출해 내는 방식이다.

특징 점 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[5].

그중에서 SURF는 물체의 시점 변화, 회전, 조도 변화에서도 안정적으로 특징을 추출할 수 있으며, SIFT기법과 비교하여 빠른 연산 속도를 가지는 기법이다[6]. 또한 원 영상을 분석하여 질의 영상에서 해당 물체를 인식하는데, 질의 영상이 확대되거나 이동할 때도 해당 영상을 찾아낸다[7]. SIFT에 비해 정확도는 떨어지나 처리속도가 크게 향상되어, 실시간 처리에 적합한 것으로 고려되어 본 연구에서 채택되었다. 그림 3은 SURF 알고리즘을 통한 물체 인식을 보여준다.

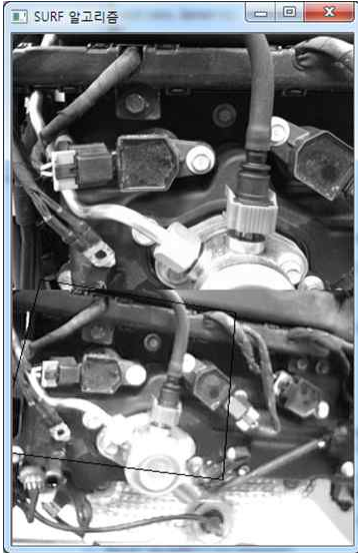


그림 3. SURF 알고리즘을 이용한 물체 인식.  
Fig. 3. Object Tracking by SURF Algorithm.

특히 영상 인식 부분에서는 자동차 부품의 움직이는 형태 및 입체성을 감안하였다. 본 연구에서는 360도 회전하는 자동차 엔진을 기준으로 360도 방향의 기준영상(source)을 여러 장을 두었다. 각 단계별로 물체를 인식하기 위해서 최대 6개의 영상(source)을 실영상(content)과 비교 하게 된다. 이에 따라 실영상(content)은 6장의 기준영상(source)과 비교해 인식률이 가장 높은 영상(source)을 채택한다. 그리고 높은 인식률에 의해 채택된 영상(source)에서 좌표계를 추출해 정보를 증강하여 디스플레이(content)한다.

IV. 구현 결과

본 논문에서는 자동차 장비에 적합한 tracking이 되었는지 확인하기 위해 다음과 같은 환경에서 구현을 하였다.

운영체제는 Windows7, MS Visual Studio C++에서 OpenCv2.1 라이브러리, openSURF 라이브러리를 사용하였다[8]. 증강현실은 간단한 텍스트 및 이미지를 증강하였다. 또한 증강 콘텐츠는 자동차 엔진 장비를 토대로 제작하였다.

증강현실 시스템의 작동과정은 다음과 같다. 증강현실 시스템은 일반 데스크탑 PC에서 구동되며, PC CAM으로 부터 촬영된 실영상을 받아온다. CAM에

서 받아온 실영상은 이미 등록되어있는 source영상과 비교를 하며 영상 인식 과정을 거친다. tracking 과정은 다음과 같은데, 실영상과 source영상을 하나하나 비교 한다. 비교 후 인식률이 가장 높은 source영상을 채택하여 채택된 영상을 토대로 실영상에서 좌표계를 추출해낸다. 인식이 완료된 후 content 영상에 추출된 좌표계를 토대로 증강 정보가 위치할 특정 좌표를 찾아낸다. 디스플레이는 해당 좌표에 정보를 증강해주어 사용자에게 보여 진다. 또한 tracking 성능 확인을 위해 tracking 시간, 채택 영상 번호, 인식률을 터미널 화면으로 표시하였다.

다음 그림 4-1, 5-1, 6-1은 구현 결과의 디스플레이를 캡처한 것이다. 그림 4-2, 5-2, 6-2는 각 디스플레이의 터미널 상태이다.



그림 4-1. Step 1, 1번 이미지 매칭 화면.  
Fig. 4-1. Matching Display of Step 1, image 1.

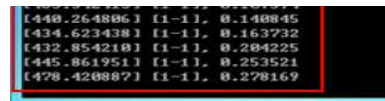


그림 4-2. Step 1, 1번 이미지 매칭 상태.  
Fig. 4-2. Matching Status of Step 1, image 1.



그림 5-1. Step 1, 3번 이미지 매칭 화면.  
Fig. 5-1. Matching Display of Step 1, image 3.



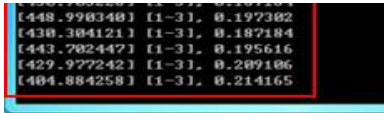


그림 5-2. Step 1, 3번 이미지 매칭 상태.  
Fig. 5-2. Matching Status of Step 1, image 3.



그림 6-1. Step 4, 1번 이미지 매칭 화면.  
Fig. 6-1. Matching Display of Step 4, image 1.

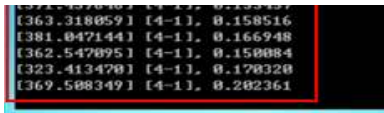


그림 6-2. Step 4, 1번 이미지 매칭 상태.  
Fig. 6-2. Matching Status of Step 4, image 1.

위 그림의 디스플레이들을 보면 단계별 인터페이스가 나뉜 것을 확인할 수 있다. 각 단계는 키보드 입력에 의해 다음 단계 또는 이전 단계로 이동이 가능하다. 물론 단계별 증강 정보 및 인식 영상이 다르다. 상태 화면을 보면 tracking 상황을 자세히 알 수 있는데, 첫 번째 괄호부터 차례로 프레임 당 인식 시간, 채택된 영상번호, 매칭 된 영상의 인식률이다.

그림 4-1과 비교해 볼 때 그림 5-1은 매칭 된 영상이 Step 1의 3번 영상(1-3)이라는 것을 볼 수 있는데, 자동차 엔진의 각도가 달라지면 그에 맞는 영상이 새롭게 매칭이 되어 인식한다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 4-1과 그림 6-1을 볼 때 단계가 변경되었으며 (Step 1 → Step 4) 해당 증강정보도 해당 단계에 맞게 변경된 것을 알 수 있다. 또한 Step 4에서도 단계 별 자동차 엔진의 각도가 달라지면 그에 맞는 영상이 매칭 된다. 결과적으로 제안된 방안을 구현한 증강현실 시스템으로 자동차 정비 훈련 시 훈련자는 필요한 단계의 정보를 훈련자가 원하는 위치에서 바로 증강되어 볼 수 있다는 것을 확인하였다.

## V. 결 론

자동차 정비 e-Training 증강현실 시스템에서의 마커리스 트래킹은 자동차 정비 훈련에 맞는 콘텐츠 설계가 필요하다. 기존의 마커리스 트래킹에 대한 연구는 지면 포스터나 책의 표지 등의 이미지 트래킹 연구가 주로 되어있어서 자동차 장비의 특징에 맞추기는 힘들었다. 본 논문에서는 이를 보완하기 위하여 두 가지 관점에서 자동차 장비에 맞는 마커리스 트래킹 방안을 제안하였다.

제안된 방안은 실시간 및 자동차 장비의 회전에 대해서도 추적을 해냈다. e-Training은 훈련자에게 실시간으로 정보를 제공해야 하고 각 단계에 맞게 어느 위치에서도 정보를 제공해야 한다. 그렇기 때문에 본 논문에서 제안된 실시간, 다각도 트래킹 방식이 적합하다는 것을 알 수 있다.

자동차 정비 교육은 교육콘텐츠의 회전율이 빠르고 양이 방대하여 콘텐츠 제작이 복잡하기 때문에 이에 해당하는 비용도 컸다. 그러나 증강현실 시스템을 적용하면 한번 작성된 콘텐츠로 추가 콘텐츠는 제작이 쉬워 비용은 적어지고, 1:1 체험형 자기주도의 교육을 가능케 하기 때문에 학습자에게 학습 효과를 상승시켜준다.

그렇기 때문에 자동차 정비 교육에서의 증강현실 시스템은 그 효과가 클 것으로 여겨진다. 또한 본 논문에서 제안된 기법은 자동차 장비와 같은 입체적이고 이동성 있는 오브젝트 트래킹에 변형 적용하여 발전될 가능성을 기대해볼 수 있다.

## 감사의 글

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업(자동차 정비 훈련을 위한 자기주도 체험형 e-Training 서비스 기술 개발, 10040102)으로 지원된 연구결과입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 니케이 커뮤니케이션 편집부, 스마트폰과 웹의 혁명, 증강현실의 모든 것, 류하나 옮김, *멘토르*, 2010년.
- [2] 김정택, 현실을 보다 강하게, 증강현실, *포항공대신문*, 2011년.
- [3] C. Schmid and R. Mohr, "Local grayvalue invariants for image retrieval", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, pp. 530-534, 1997.
- [4] 김현우, 오인권, 남궁재찬, "ICA-SIFT를 이용한 물체인식", *한국정보기술학회 논문지 제8권 제4호*, pp. 115-125, 2010년.
- [5] 엄기열, 김규진, 김문현, "증강현실 환경하에서 마커 기반 객체 인식 및 추적 기술 동향", *정보과학회지*, pp. 54-66, 2010년.
- [6] 오인권, 김현진, 남궁재찬, "해마신경망과 SURF를 이용한 실시간 얼굴인식", *한국정보기술학회 논문지 제10권 제01호*, pp. 178-185, 2012년.
- [7] Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features", 2006.
- [8] Christopher Evans, "Notes on the OpenSURF Library", 2009.

## 문 일 영 (文日永)



2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (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

## 윤 지 연 (尹智燕)



2010년 2월 : 한국기술교육대학교 인터넷공학 졸업 (공학사)

2011년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

관심분야 : 증강현실, 모바일 어플리케이션

## 김 유 두 (金裕斗)



2007년 2월 : 한국기술교육대학교 인터넷공학 졸업 (공학사)

2009년 2월 : 한국기술교육대학교 대학원 정보미디어공학과 졸업 (공학석사)

2009년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사과정)

관심분야 : 모바일 P2P, 웹(HTML 5), 융합네트워크