

# 산업용 증강현실 전용엔진을 이용한 산업용 증강현실 콘텐츠 개발에 대한 생산성 분석

강민식

남서울대학교 가상증강현실융합학과 교수

## Productivity Analysis for Industrial Augmented Reality(iAR) Content Development Using an iAR Specialized Engine

Minshik Kang

Professor, Dept. of eXtended Reality, Namseoul University

**요약** 최근 수년 동안 벤츠, BMW 등 많은 글로벌 제조업체는 증강현실 활용범위를 조립공정, AS, 전시장, 소비자 매뉴얼 등 다양한 분야로 확산시키고 있다. 본 연구에서는 산업용 증강현실을 활용한 제조업의 혁신 프로세스 적용 현황을 파악하고, 이를 바탕으로 기존 ERP와 산업용 증강현실의 접목 가능성을 분석하였다. 또한, 산업용 증강현실 콘텐츠 개발에 있어서 전용 콘텐츠 개발 엔진의 선택이 개발 생산성에 가장 중요한 요인임을 실증적으로 분석하였다. 유니티3D로 개발한 동일 콘텐츠를 뷰포리아 스튜디오로 재개발하여 비교 분석한 결과, 개발 납기를 8배 빠르게 줄여주었다. 본 연구는 산업용 증강현실 콘텐츠를 2가지 엔진으로 실제 개발하여 직접적으로 생산성을 입증하는, 실제 구현하기 어려운 차별성을 가진 연구로써 유사 적용 산업분야의 많은 개발자에게 효율적인 개발 도구 선택의 가이드가 될 것이다.

**키워드** : 산업용증강현실, iAR-ERP적합성, 유니티3D, 뷰포리아스튜디오, iAR 개발생산성

**Abstract** In recent years, many global manufacturers such as Mercedes-Benz and BMW have been using augmented reality technology to spread it to various fields such as assembly process, after-sales service, sales stores, and consumer manuals. In this study, the application status of innovation in manufacturing using industrial augmented reality was identified, and the possibility of combining existing ERP and augmented reality was analyzed based on this. In addition, it was empirically analyzed that the selection of a dedicated content development engine is the most important factor in development productivity in the development of industrial augmented reality content. The same content developed with Unity3d was redeveloped with Vuforia Studio, and as a result of comparative analysis of development man-hours by field, the development lead time was shortened by 8 times. This study proves productivity by actually developing industrial augmented reality contents, and it is a study with a difference that is difficult to implement in practice.

**Key Words** : Industrial augmented reality (iAR), iAR-ERP compatibility, Unity3D, VuforiaStudio, iAR contents development productivity

## 1. 서론

증강현실(Augmented Reality, AR)은 실제 공간에 가상정보를 실시간으로 증강하여 사용자가 증강된 가상정보와 상호작용함으로써 작업 효율성을 향상시키는 기술이다[1]. Ronald Azuma에 따르면 증강현실 시스템은 현실의 이미지와 가상의 이미지를 결합한 것, 실시간 인터랙션이 가능한 것, 3차원의 공간 안에 놓인 것으로 정의된다[2]. 가상현실은 객체와 환경 모두 현실이 아닌 가상의 이미지를 사용하기 때문에 실제 환경을 볼 수 없는 반면, 증강현실은 실제와 가상의 객체가 혼합되어 실제에 추가적인 정보를 제공하고 가상 객체와 상호 작용함으로써 현실감을 증대시킨다[3]. 가상현실 훈련 콘텐츠는 시공간적인 한계를 넘어 교육을 받은 작업자가 여러 상황에서 발생하는 다양한 유형의 형태를 자유롭게 반복해 학습할 수 있어 기존의 단방향 훈련보다 교육 효과가 높다. 또한 가상증강현실을 통한 교육은 해당 상황에 대한 경험 및 체험학습이 가능해 피교육자들이 자율적으로 문제해결 중심의 학습이 가능하다[4, 5]. PC, 스마트 패드에서 동작하는 가상현실 기반 단계별 학습을 통한 자동차 정비 훈련 시스템이 개발된 사례도 있다[6, 11]. 증강현실 기반 자동차 매뉴얼 콘텐츠가 일반 책 형태의 매뉴얼보다 사용자들의 몰입, 물리적 실재감, 능동적 참여에 효과적임을 확인하였다[7]. 하지만 이처럼 최근까지 많은 기대와 개별적인 산업에 적용사례가 있지만, 현장에 적용할 만한 킬러 콘텐츠를 개발하기 위해서는 개발공수의 과다한 투입과 고비용으로 인해 본격적인 핵심업무의 확산에 큰 걸림돌이 되고 있다. 또한 산업용 증강현실에 대한 기존 연구는 만들어진 개별 콘텐츠를 적용 하는데 효과나 문제 분석 차원의 연구는 있어 왔지만, 기존 소프트웨어 개발 방법론에 해당하는 4세대 개발도구와 같은 빠른 개발도구나 플랫폼을 이용한 개발방법론을 제시하고, 효율성을 증명하는 연구는 거의 찾아볼 수 없다. 이에 산업용 증강현실이 제조업의 혁신도구로서의 역할을 할 수 있는 개발 방법론으로서 개발 전용 엔진을 제안하고, 그 실제 효과를 사례로 분석한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 증강현실의 제조업 혁신분야 연구

가상증강현실을 교육 및 훈련에 접목하였을 경우 높

은 몰입감과 개별화된 상호작용을 통한 학습 효과 향상을 기대할 수 있고, 텍스트와 2D 자료로 설명하기에는 어렵거나 부족한 학습 내용, 고위험·고가장비 교육의 영역에 매우 효과적이다 [8, 9]. 그중 산업용 증강현실은 작업자에게 현장에서 AR 글래스나 모바일 장비를 통하여 조립, 수리, 검증, 모니터링, 품질관리, 교육 훈련 분야에서 적시에 정보를 제공하는 도구로 진화하고 있다. 본 연구에서는 먼저 증강현실이 제조업의 ERP 업무 영역을 어느 정도 혁신시키는지 사례를 통해 분석한다.

#### 1) 스마트글래스 작업지시 및 출고 :

GE헬스케어의 공장에서는 스마트 글래스를 통해 작업지시를 받고 저장장소로 안내하여 부품출고 준비를 도와준다. GE헬스케어는 스카이라이트를 도입한 이후 지시 작업 완료율이 46%나 개선되는 효과를 보았다.

#### 2) 공정조립매뉴얼, 완성품검사 :

AGCO의 미네소타 잭슨 공장에서는 농기계의 조립 순서와 매뉴얼 활용 등 제조공정에 증강현실 기술을 적용해 조립시간을 25% 단축하고, 완성품 검사시간을 30% 줄이는 효과를 얻었다.

#### 3) 부품 품질검사 :

자동차 충격 흡수기 제조기업 KONI는 부품 선별작업 정확도를 99.9%로 끌어올렸다.

#### 4) 조립 프로세스 검증 :

록히드 마틴은 2018년 화성탐사선을 비롯한 우주선의 디자인과 제작 과정을 홀로렌즈를 활용하여 조립 프로세스 검증에 활용했고, 보잉(Boeing)또한 홀로렌즈를 이용해 비행기내 전기부품을 연결하는 작업을 진행했다.

#### 5) 디지털 매뉴얼, 원격지원 :

GE Renewable Energy공장에서 풍력발전용 터빈을 조립하는 작업자들은 홀로렌즈로 손쉽게 디지털 매뉴얼을 눈앞에 띄워 보거나 교육용 동영상을 보고, 음성으로 전문가에게 도움을 요청한다. 작업자가 현장을 다른 공간에 있는 전문가에게 실시간으로 스트리밍 해서 전문가는 마치 현장에 있는 것처럼 상황을 파악하고 작업자에게 정확한 지시를 내릴 수 있다.

#### 6) Intel의 물류 유통 효율 29% 개선

7) BMW는 구글 탱고를 이용, 스마트폰에 탑재된 센서와 카메라를 이용해 디지털 이미지를 실제 공간에 입히는 기술이다. 소비자들은 BMW 자동차 판매장을 방문하지 않고도 원하는 곳에서 스마트폰으로 BMW의 자동차 내부를 증강현실로 구경할 수 있다.

8) DHL에서 피킹(물품 선별)이나 포장 등의 작업에 구글 글래스를 사용해 작업 시간을 25% 단축하는데 성공했다.

9) 서터헬스는 의사가 환자의 병실을 방문할 때, 구글 글래스에서 진료 정보 등을 확인할 수 있도록 한다[10].

위의 사례를 ERP 프로세스상으로 주요 업무 모듈(기능)별로 매핑 해본다면 영업모듈의 주문에서 자재수배계획(MRP), BOM(자재명세서), 구매발주, 입고 품질검사, 작업지시서, 출고지시서, 표준작업지시서, AS 매뉴얼, 소비자 매뉴얼등 영업-구매-생산-출하-AS-마케팅의 전 과정을 커버할 수 있는 새로운 경영혁신(PI)의 도구가 될 수 있다는 통섭적 Insight를 발견할 수 있다. 따라서 SAP와같은 글로벌 ERP 패키지가 앞으로 과거 도요다의 간판시스템을 연계하듯이 가상증강현실 기술을 혁신도구로서 접목을 시도할 것으로 예상된다. 이제 본연구의 메인 주제인 콘텐츠 개발의 방법론에 있어 혁신 사례를 전개해보고자 한다.

### 3. 연구 방법

본 연구에 사용된 연구 방법은 다음과 같다. 생산성 비교 대상 콘텐츠의 기능과 개발 인력의 기술적 수준을 동일하게 투입하고, 개발도구를 범용적인 도구와 산업용증강현실 전용도구로 개발했을때의 개발공수를 비교한다. 구체적인 연구방법은 다음과 같다.

- 1) 기존 개발이 이미 완료되고 현재 활용중인 산업용 교육훈련에 적합한 콘텐츠를 선택한다.
- 2) 그 콘텐츠와 동일한 기능을 하는 대표되는 모듈을 선택한다.
- 3) 산업용 증강현실 엔진의 대표적인 개발 툴을 선택하여 재개발한다.
- 4) 개발 영역별로 투입공수를 같은 조건(동일 수준의 개발인력)으로 산정하여 비교분석한다. 이때 디자이너와 개발자 영역을 분리하여, 주요 개발분야별 투입된 공수(man-month)를 분석한다.
- 5) 생산성 향상의 주요원인을 분석한다.

### 4. 산업용증강현실 개발사례분석

연구방법에 맞는 콘텐츠의 선택에서부터 개발 및 분석까지의 세부적인 내용은 다음과 같다.

#### 4.1 자동차 엔진 조립 콘텐츠 개발

본 사례 콘텐츠는 월드뱅크에서 개도국 지원사업인 “ActiVar” 프로젝트라는 직업훈련 교육프로그램의 일환으로 개발되었다. 2019년 월드뱅크는 에콰도르 대학에서 적용할 교육용 v6 자동차 엔진 커리큘럼 및 콘텐츠 개발을 남서울대 가상현실센터에 의뢰해서 콘텐츠를 개발했다[11]. 2022년 3월 현재 에콰도르 수도 키토(Quito)에 있는 코토팍시(Cotopaxi) 대학의 자동차학과에서 시범 교육을 진행중이다. 콘텐츠 구성은 다음 8개의 개별 어플리케이션 모듈로 구성되어있다[11].

1. 학습 개요      2. 흡배기구      3. 벨트트레인
4. 크랭크축      5. fuel Injection      6. 피스톤
7. 엔진 분해 훈련      8. 엔진 조립 훈련



Fig. 1. Auto-Mechanics Training Menu

각각의 모듈은 구성부품(component)의 명칭, 역할, 모양, 위치, 조립 순서 등을 익히고, 최종적으로 분해와 조립훈련을 하는 학습순서를 갖는다. 각 모듈에서 실제 가상의 훈련을 하고, 발생하는 문제에 해답을 퀴즈 형식으로 푸는 interactive 방법론을 적용하여 증강현실 콘텐츠로 개발하고, 커리큘럼을 제작하였다. 팀당 5명 단위로, 한 클래스에 총 20명 단위의 실습 교과목을 운영할 수 있다. 온라인 콘텐츠 학습 후에는 실물 엔진을 실습하는 대면수업과 병행하는 온오프 병행(Blended Learning)방식의 수업형식이다[11]. 2022년 현재 시범 사업동안 1,000여명 이상의 학생에 대한 교육 효과 분석을 컨설팅과 논문으로 검증하여, 에콰도르 및 남미, 중미 지역까지 확장 할 계획을 가지고 진행중이다.

### 4.2 개발 엔진에 따른 생산성 비교

기존 ActiVar 프로젝트 콘텐츠는 게임에 특화된 범용 유니티 엔진으로 1년여 이상 동안 수많은 공수가 투입되어 개발되었다. 특별히 3D모델링 오브젝트의 용량을 줄이는 최적화에 많은 어려움과 공수가 투입되었다 (Table 1 참조).

Table 1. Comparison of Productivity (man/month)

Development Area	Unity Engine (A)	Vuforia Studio (B)	Productivity (A-B)
1. Asset optimization	3*3	0	9
2.Scripting	1*3	1*1	2
3.Animation	1*2	1*0.5	1.5
4.UI	1*2	1*0.5	1.5
Total leadtime	16	2	14

본 연구에서는 이와 같이 개발기간이 길어지고, 그에 따른 고비용 구조를 해결할 수 있는 전략으로, 개발기간이 빠른 전용 엔진을 사용하여 재개발하고, 그 비교 분석을 수행하였다. 퍼포먼스 측정방법으로는 기존 8가지 모듈중 핵심이 되는 피스톤, 크랭크축 정비의 2가지 모듈을 재개발하여 개발소요시간을 비교하였다. 산업용 증강현실의 대표 개발엔진인 뷰포리아 스튜디오 (Vuforia Studio)는 기업의 3D CAD를 재활용하고, 스텝별 가이드를 제공해서 AR을 저작하고 퍼블리싱을 하는 통합된 플랫폼을 사용한다. 뷰포리아 뷰(Vuforia View)는 범용브라우저로 뷰포리아스튜디오에서 생산한 콘텐츠를 스마트폰 및 태블릿, MS홀로렌즈등 AR 글래스에서 사용할 수 있다[13]. 뷰포리아스튜디오는 다음 3가지 방법으로 콘텐츠를 작동시킨다.

- 1) 마커기반 위젯을 모델로 서버에 저장하고, 마커를 인식하여콘텐츠를작동시킨다[14,15].
- 2) 물리적 마커 없이 실제 부품이나 제품을 직접 인식하여 3D 증강정보를 표시하는 데 사용할 수 있다.
- 3) 씬마크(ThingMark)를 사용하지 않고 모델을 공간표면에 배치하려는 경우 공간 대상을 사용한다. 제스처(이동, 회전, 확대,축소)를 사용해 요소를 주변으로 이동한 후 장면을 원래 크기 및 위치로 재설정할 수 있다 [14, 15].

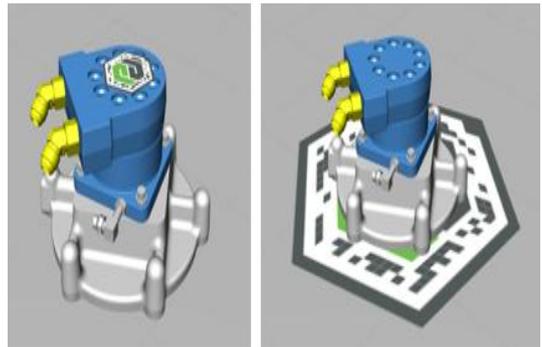


Fig. 2. Marker Based Recognizing Method

본 연구에서는 첫 번째 마커기반의 인식 방법을 사용하였다. 그래픽 모델링은 기본적으로 Creo illustrate 라는 도구를 사용하여, V6엔진 Asset을 импорт(import) 하여 애니메이션 처리를 하였다. 뷰포리아 스튜디오는 이미 각 제조업체에서 설계된 기가바이트 이상의 용량을 가진 CAD화일을 수십메가바이트 정도로 감소시키는 최적화 기능을 기본 탑재해있기 때문에 최적화에 드는 많은 공수를 줄일 수 있다.

아래의 화면들은 각 모듈에서 대표되는 기능을 샘플링하여 개발과정의 주요결과로서 보여주고 있다.

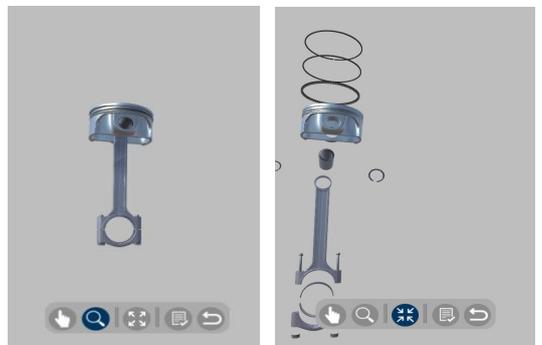


Fig. 3. Piston Learning Screen(Unity3D)

Fig. 3은 기존 유니티3D 엔진으로 개발한 피스톤 모듈 개발 화면이다. 이에 비해 Fig. 4부터 Fig. 6까지는 뷰포리아스튜디오와 애니메이션을 처리하는 크레오일러스트로 개발한 화면이다. Fig. 4와 Fig. 5는 크랭크축 각 구성부품에 대한 기능 설명 화면이고, Fig. 6은 각각 크랭크축의 분해 및 조립에 대한 애니메이션 기반의 동작을 구현한 화면이다. Fig. 4~6에서 보듯이 작업순서를 표현하는 부분, 작업을 설명하는 부분, UI 버튼등 화면기능을 표준화하여 코딩을

최소화하고, 쉽게 개발할 수 있는 최적화된 도구를 제공하고 있다.

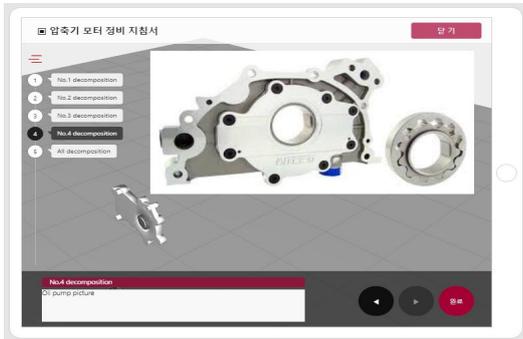


Fig. 4. Component Learning (Vuforia Studio)

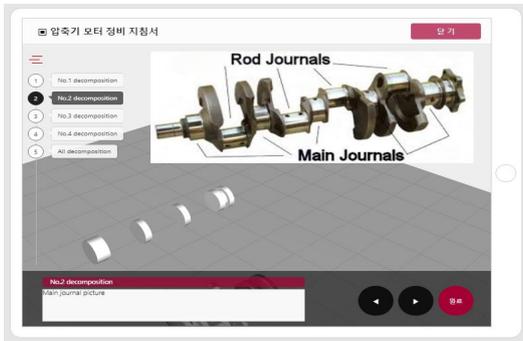


Fig. 5. Crankshaft Learning (Vuforia Studio)

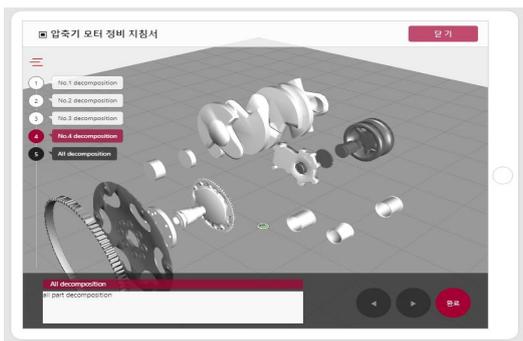


Fig. 6. Crankshaft Disassembly Screen(Vuforia Studio)

범용과 전용 개발엔진의 생산성을 비교하기 위해 Table 1과 같이 4가지 개발영역별로 소요시간을 측정하였다. 첫째, 에셋 최적화(Asset optimization)은 기존 3D CAD화일의 용량을 줄이기 위한 최적화 작업에 드는 공수이다. 대부분의 그래픽 CAD화일은 용량이 너무 커서 모바일 환경에서 원활히 수행되지 않는다.

기존 유니티3D 개발과정에서 이 작업은 많은 수작업으로 공수가 많이 드는 영역이다. 둘째, 이벤트등 동작을 처리 위한 코딩영역인 스크립팅이다. 셋째, 애니메이션은 조립, 분해의 과정을 순차적으로 알기 쉽게 보여주는 기능이다. 넷째, UI분야는 부품의 명칭, 기능, 조립 방법등을 표현한다. 총개발 기간 기준 유니티3D는 16 man/month가 소요되었고, 뷰포리아스튜디오로 컨버전했을때 2 man/month로 8배가 빨라졌다. 각 개발 영역별 생산성 차이의 주요 이유는 다음과 같다.

1) 최적화 분야 : 뷰포리아 스튜디오 엔진은 3DAsset을 최적화하는 Built-in 기능이 강력하다. 일반적으로 산업용 훈련과 같은 용도의 그래픽 수준은 실사 수준의 고품질을 요구할 필요가 없기 때문에 최적화의 효율이 좋기 때문에 개발시간을 대폭 단축했다.

2) 코딩 및 UI : 코딩으로 처리해야 할 작업을 내장된 애니메이션, UI등으로 대체하여, 코딩을 필요로 하는 분량이 상대적으로 작고, 빠르게 구현이 가능했다.

3) 애니메이션: 크레오일러스트는 3D CAD화일을 임포트하여 편집 가능한 애니메이션에 특화된 전용 도구로 4배의 생산성을 보여주었다.

이상과 같이 산업용 증강현실 전용 엔진은 빠르고, 적합한 기능을 엔진내에 제공하고 있으며 SaaS 기반의 개발 플랫폼을 제공한다. 이는 산업현장 적용에 가장 큰 장애 요소인 고비용과 긴 납기를 해결하여, 많은 적용기능을 빨리 개발할 수 있는 제조업 혁신의 메인 도구가 될 수 있다는 시사점을 갖는다.

## 5. 결론

본 논문은 가상증강현실 활용 분야가 게임, 군사, 교육, 의료분야에서 점차 산업용으로 확장되어 게임 체인저가 되어가고 있고, 그 활용범위가 과거 ERP 영역에서의 전부분을 커버할 만큼 광범위해졌고, 경영혁신 도구로서의 기존 IT 기술을 능가할 수 있다는 insight를 제공하였다. 또한 콘텐츠 개발 측면에서는 자동차 엔진 정비 훈련용 콘텐츠 개발사례로 범용 게임엔진으로 개발했을 때와 프로토타이핑 방법론을 적용한 산업용 증강현실에 특화된 전용 개발도구로 개발했을 때의 생산성을 비교, 분석하였다. 그 결과, 산업용 전용엔진을 사용한 개발이 그래픽 최적화, 코딩, 애니메이션, UI의 4

가지 영역 전문분야에서 3~4배 이상의 빠른 개발생산성을 보였고, 전체적으로 8배의 개발 생산성을 보여주었다. 특히 개발 속도의 병목이 되는 그래픽 모델링 최적화 분야에서는 가장 효율적인 생산성을 보여주었다. 따라서 산업용 증강현실 콘텐츠의 개발에 있어서는 산업용에 특화된 개발 환경을 선택하는 것이 효율적임을 실증적으로 입증하였다. 본 연구는 가상증강현실분야의 실질적인 가치 확산은 제조업 혁신에서 찾아야 하고 빠른 개발 방법론으로, 전용엔진에 의한 개발을 제안하였다. 본 연구의 한계점으로는 실제 개발 생산성 분석은 많은 개발인력과 비용이 발생한다는 점이다. 따라서 더 다양한 개발 도구의 추가적인 비교 연구가 필요하며, 향후 홀로렌즈2와 PTC의 엑스퍼트 캡처등 3D Asset을 대신할 수 있는 실사 위주의 개발 도구와의 생산성 비교도 흥미로운 결과가 나올 것으로 기대된다[16].

## REFERENCES

- [1] J. W. Lee. (2016). AR Technology Trend and Development Estimation, *Weekly Tech Trend*, 1761, 2-3.
- [2] R. T. Azuma. (1997). A Survey of Augmented Reality, in *Presence: Teleoperations and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- [3] J. W. Choi. (2018.09.25.). <https://www.samsungsds.com/kr/insights/augmented-reality-technology.html>
- [4] M. H. Cha, Y. C. Huh, D. H. Mun & K. C. Lee. (2015). A Development of VR-based Emergency Training System for Safe Plant Operation. *Spring Conference of Korea Information Processing Society*, 1038-1040. DOI: 10.3745/PKIPS.y2015m04a.1038
- [5] J. W. Lee & S. H. Bae. (2016). A Study on Effective Operation Methods for Seafarer Safety Refresher Training Courses. *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, 22(6), 607-614. DOI: 10.7837/kosomes.2016.22.6.607
- [6] S. Y. Park, V. T. Hoang, A. N. Hoang, G. H. Bae, J. W. Lee & D. H. Kim. (2013). Automobile Maintenance Training System using Phased Learning based on Virtual Reality. *KIISE Transactions on Computing Practices*, 19(12), 663-667.
- [7] J. S. Won & S. H. Choi. (2017). The Effects of AR(Augmented Reality) Contents on User's Learning: A Case Study of Car manual Using Digital Contents. *Journal of Digital Contents Society*, 18(1), 17-23. DOI: 10.9728/dcs.2017.18.1.17
- [8] E. J. Song & S. H. Lee. (2017). A Study on NCS-based Virtual Training Content Analysis. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 21(3), 651-656. DOI: 10.6109/jkiice.2017.21.3.651
- [9] D. Y. An & H. K. Park. (2013). Case Study on the Development and Use of Technical Training Contents using Virtual Reality. *Journal of Practical Engineering Education*, 5(2), 117-122.
- [10] [www.betanews.net/article/982843](http://www.betanews.net/article/982843)
- [11] M. S. Kang. (2020). Development of Automotive Engine Assembly Augmented Reality Simulation for Blended Learning. *Journal of Industrial Convergence*, 18(1), 1-6. DOI: 10.22678/JIC.2020.18.1.017
- [12] S. H. Lee. (2021). Detailed Control Technology required for industrial processes based on virtual reality and augmented reality. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 25(9), 1214-1219. DOI: 10.6109/jkiice.2021.25.9.1214
- [13] <https://www.ptc.com/ko/products/vuforia/vuforia-a-studio>
- [14] S. K. Ong, M. L. Yuan & A. Y. C. Nee. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: a survey. *International journal of production research*, 46(3), 2707-2742.
- [15] E. Bottani & G. Vignali. (2019). Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade. *IISE Transactions*, 51(3), 284-310.
- [16] <https://www.ptc.com/ko/products/vuforia/vuforia-expert-capture>

강민식(Minshik Kang)

[정회원]



- 1986년~1988년 : 한양대학교 산업공학과(학부/석사)
- 2002년 : 한양대학교 산업공학과(박사)
- 1990년~2000년 : SR경영정보실
- 2001년~2003년 : KCC IC 부장
- 2003년~2021년 : 남서울대학교 산업공학과 교수, XR센터장, 드론교육원장, 4IR추진단장
- 2021년~현재 : 남서울대학교 가상증강현실융합학과 교수
- 관심분야 : VR, AR, MR, SAP, SCM, PI, 메타버스, AI, 드론융합 기술
- E-Mail : mskang@nsu.ac.kr