

부재 일람표 도면 인식을 활용한 증강현실 배근모델 자동 생성

Automated Bar Placing Model Generation for Augmented Reality Using Recognition of Reinforced Concrete Details

박 우 열¹

안 성 훈^{2*}

Park, U-Yeol¹

An Sung-Hoon^{2*}

Professor, Department of Architectural Engineering, Andong National University, Andong-Si, Kyeongbuk, 36729, Korea ¹

Professor, Department of Architectural Engineering, Daegu University, Gyeongsan-Si, Kyeongbuk, 38453, Korea ²

Abstract

This study suggests a methodology for automatically extracting placing information from 2D reinforced concrete details drawings and generating a 3D reinforcement placing model to develop a mobile augmented reality for bar placing work. To make it easier for users to acquire placing information, it is suggested that users take pictures of structural drawings using a camera built into a mobile device and extract placing information using vision recognition and the OCR(Optical Character Registration) tool. In addition, an augmented reality app is implemented using the game engine to allow users to automatically generate 3D reinforcement placing model and review the 3D models by superimposing them with real images. Details are described for application to the proposed methodology using the previously developed programming tools, and the results of implementing reinforcement augmented reality models for typical members at construction sites are reviewed. It is expected that the methodology presented as a result of application can be used for learning bar placing work or construction review.

Keywords : virtual reality, augmented reality, bar placing, image recognition, optical character recognition, game engine

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 정보통신기술이 건설현장에 도입되면서 네트워크 기술을 이용하여 작업과정을 실시간으로 모니터링하는 등 가상 공간을 활용한 기술이 확대될 것으로 전망되고 있다 [1]. 건설분야에서 가상현실(Virtual reality)에 대한 관심도는 발표 논문을 통해 확인해볼 수 있는데, 1997년부터 2017년까지 출판된 가상현실 관련 연구 66편을 분석한 논문[2]에 따르면, 2013년 이후 논문 편수가 급증하는 것으로

나타나 최근의 관심도가 높아지고 있음을 알 수 있다. 가상현실을 활용한 시각화는 사용자의 학습경험과 인지능력을 높일 수 있고, 복잡한 현상에 대한 정보를 교환하거나 물리적인 환경에 추상적인 개념의 적용을 검토하는데 활용될 수 있는 장점이 있다[3].

가상현실 기술 중에서 증강현실(Augmented reality)은 사용자가 실제로 바라보는 물리적인 시점에 디지털 정보를 겹쳐 표현함으로써 복합환경을 창출한다. 증강현실은 3D 모델의 시각화를 통해 문서에 대한 이해와 상호협력을 더욱 증진할 수 있는 장점이 있다[2,4]. 특히 1999년부터 2012년까지 출판된 증강현실 관련 연구를 분석한 결과[5]에 따르면, 시각화와 시뮬레이션 부분에 가장 적용 가능성이 높은 것으로 분석되고 있다. 이처럼 증강현실은 관련 기술이 점점 더 성숙하고 안정적으로 구축되면서 더욱 많은 분야에 적용되고 있으며[6], 시공단계뿐 아니라 유지단계에서도 많

Received : November 4, 2019

Revision received : May 8, 2020

Accepted : June 9, 2020

* Corresponding author : An, Sung-Hoon

[Tel: 82-53-850-6518, E-mail: shan@daegu.ac.kr]

©2020 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

Table 1. Classification of AR

| Level | Description |
|---------|--|
| Level 0 | Physical world hyper linking : a simple link from the physical world to the virtual world without involving any real time rendering and graphics. Examples include bar code and 2D image recognition |
| Level 1 | Marker-based AR : 2D marker AR based on PC and webcam. Level 1 AR is very challenging for mobile use due to the lack of robustness of markers and computing power |
| Level 2 | Markerless AR : there is no requirement for markers for registration and tracking methods. The tracking is more robust, enabling the realization of mobile AR. |
| Level 3 | Augmented vision which is currently being developed |

은 논문이 발표되고 있다[7].

한편 증강현실은 건설관련 교육분야에서도 다양한 효과가 있다는 점이 입증되고 있다. Wang et al.[2]은 건설 엔지니어링 교육 및 훈련에 도입된 증강현실 논문 10편을 분석하였으며, 증강현실은 가상현실과 다른 기술을 사용함으로써 새로운 방식의 상호작용이 가능하고 학생들이 능동적으로 참여할 수 있다는 점을 지적하고 있다. Ayer et al.[8]은 증강현실과 시뮬레이션 게임 기술을 외벽 디자인 교육에 도입한 결과, 기존의 방식보다 디자인 고정관념을 깨는 데 효과가 있다고 지적하고 있으며, Wang et al.[9]은 멀티미디어 교육 인지이론을 바탕으로 AR을 기반으로 한 교육 방식을 평가한 결과 기존 방식보다 더 나은 수행도를 보인다고 결론지었다. 이 외에도 구조해석에 도입한 사례[10]나 철근 배근 교육에 도입한 사례[11], 건설현장의 생생한 현장감을 실감할 수 있도록 원격 비디오 촬영과 증강현실을 도입한 사례[12]에서도 다양한 효과가 있다는 점이 입증되고 있다.

그러나 기존의 교육분야에 적용된 증강현실 기술은 주로 마커(Marker)를 활용하기 때문에 마커를 사전에 등록하고 관리하는 데 많은 제약이 따른다[13]. Wang et al.[1]은 증강현실의 기술 수준을 네 단계로 구분하고 있으며, 현재까지 적용된 수준은 마커 활용한 방식이 많이 사용되었다[2,11,12,14,15]. 그러나 마커를 이용한 방식은 마커의 등록뿐 아니라 관리가 어렵다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위해 건축물에 있는 다양한 표식(피난 대피등, 비상구 표식 등)을 마커로 활용하는 연구[16]가 수행되었다. 3D 모델이나 사진 영상 등을 마커로 활용할 수 있으나 마찬가지로 사전에 3D 모델이나 사진 영상 등을 등록하는데 상당한 노력이 필요하다. 이처럼 미리 모델링한 개체만을 활용할 수 있는 마커 방식의 문제점을 극복하고 확장성을 높이기 위해서

는 개체 생성에 필요한 정보를 자동으로 추출하는 방향으로 확장할 필요가 있다.

한편 공동주택 철근공사의 실태를 분석한 연구[17]에 따르면 철근공사를 담당하는 실무자가 철근공사에 대한 전문 능력이 부족하기 때문에 철근공사 시공교육을 강화하고 철근 배근 시공도의 작성 및 관리를 강화가 필요하다고 지적하고 있다. 철근 작업은 단위 부재의 개수가 많고 조립하는 방식이 매우 복잡하기 때문에 기능을 습득하기가 어렵고 현장에서의 관리 또한 매우 어려운 실정이다. 이처럼 복잡함 철근 배근 교육에 증강현실을 활용한 시각화 기술이 전문 기술 습득에 매우 유용할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 철근공사 검토 및 배근 교육에 증강현실 기술을 유연하게 적용할 수 있도록, 휴대용 단말기를 활용한 자동 배근 정보 획득 및 3D 가상 모델 생성, 활용방안을 제시하고자 한다. 휴대용 단말기를 활용하여 구조도면의 부재 일람표에서 자동으로 배근 정보를 획득한 후, 3D 가상 모델을 자동으로 생성하고 증강현실로 활용하는 방안을 제시하며, 이를 통해 배근 교육뿐 아니라 시공 전 배근 검토 및 공사 관리 효율화에 기여하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설분야의 증강현실에 관한 연구에서는 BIM 도구로 모델링한 3D 부재를 주로 활용한다. 대상 3D 부재를 미리 모델링한 후, 스마트 폰이나 태블릿 기기 같은 휴대용 단말기에 내장된 카메라 기능을 이용하여 실제 현장 상황에 모델을 겹쳐 보이는 방식을 주로 활용한다. 현실감을 높이기 위해 BIM 모델에 렌더링을 추가할 수 있으며, 전용 HMD((Head Mounted Display)를 이용하여 증강현실을 구현한다. 그러나 현장 전체의 배근 정보를 3D 모델로 구현하기 위해서는 많은 자원이 필요하며, 철근 정보가 과다할 경우 전체 용량이 과다해져 프로그램을 구현하기 어려울 수도 있다. 그리고 철근공사를 담당하는 철근가공업체나 배근시공도 작성업체, 철근시공 전문업체에서 2D 도면을 많이 활용하고 있는 실정을 고려하면 실용적인 도입 방안을 제시할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 철근공사에 주로 활용되고 있는 2D 구조도면에서 배근 정보를 추출하여 활용도를 높이는 방향으로 연구를 진행하였다.

연구방법은 다음과 같다.

첫째, 도면에서 배근에 필요한 정보를 추출하기 위한 방법론을 고찰한 후 적용 가능성을 검토한다. 부재 일람표에

서 철근 배근에 필요한 정보를 추출하기 위해서는 선이나 도형 등 화상 정보를 추출하는 것과 문자를 추출하는 것으로 나눌 수 있다. 따라서 화상 정보 추출 및 문자 인식과 관련된 기존 연구를 고찰한다.

둘째, 기존 연구를 바탕으로 구조도면의 부재 일람표에서 자동으로 배근 정보를 추출할 수 있는 방법론을 제시한다. 단면도의 형태로 제시되는 부재 일람표에서 주근을 검출하는 화상 인식과 문자 인식 방법론을 제시한다.

셋째, 추출한 배근 정보를 활용하여 3D 부재를 자동으로 모델링하는 시스템을 구현한다. 이를 위해 현재 증강현실 도구로 많이 활용되고 있는 Unity 게임 엔진을 활용하였다. 건설분야에서 게임 엔진을 활용한 연구를 고찰하고 본 연구의 적용 가능성도 검토한다.

넷째, 자동으로 구현된 3D 모델링 부재를 활용하여 증강현실 시스템을 구현하고 그 적용 가능성을 검토한다.

본 연구에서 문자 인식, 3D 모델링 및 증강현실 앱을 구현하기 위해 이미 개발된 범용 SDK를 우선 활용하였다. 전문분야에서 발전된 화상 인식이나 문자 인식 기술을 개선하기 위해 노력하기보다는 그 성과를 적극적으로 현장에 반영하여 적용 가능성을 탐색하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

2. 기존 연구 고찰

2.1 도면 인식

도면 정보 추출은 선이나 도형 등 화상 정보 추출과 문자 인식으로 나눌 수 있는데, 건설분야에서 관련 연구는 비교적 많지 않은 편이다. 우선 도면에 포함된 문자를 자동으로 인식하는 연구를 살펴보면, 입찰서류에서 포함된 정형화된 표를 자동으로 인식[18]하거나 자재 표면에 표기된 문자를 자동으로 인식하여 물류관리를 자동화하는 연구[19]가 진행되었다. 기존 연구에서 지적한 것처럼 타 산업분야에서 자동차 번호판, 서류 인식과 관련된 연구가 활발하고, 스마트 기기에서 다양하게 문자를 인식하는 기술이 적용되고 있다. 최근 기계분야에서는 2D 도면에서 문자 인식률을 높이는 연구[20]가 진행된 바 있으며, 최근 문자 인식 기술은 기존의 OCR을 확장하여 딥러닝을 활용한 기술로 확장되고 있다[21]. 도면에 포함된 문자가 번호판이나 서류 등에 포함된 문자와 차이가 없으며, 타산업의 발전된 전문화된 문자 인식 기술을 개선하기 위해 노력하기보다는 그 성과를 적극

적으로 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서 본 연구는 기존에 개발된 딥러닝 기술을 이용한 범용 SDK를 활용하여 도면 문자 인식에 적용하였다.

한편 화상 정보 추출과 관련하여 Song et al.[22]은 기존의 수작업으로 작성된 도면을 디지털화하기 위하여 건축도면을 스캔한 후 CAD 도면화하는 방법론을 제시하였다. 또한, Jung and Park[23]은 기계 도면의 자동 입력을 위해 치수선을 인식하는 알고리즘을 제시하였다. 기존 연구가 대상으로 하는 도면은 구조도면이 아니며, 추출하려는 정보가 본 연구와는 차이가 있다. 따라서 본 연구에서는 부재 리스트 화상 정보에서 철근 등의 정보를 추출할 수 있는 방법론을 제시하였다.

2.2 게임 엔진 활용 증강현실

게임 엔진은 비디오 게임을 효율적으로 개발하기 위해 이용 가능한 프로그램을 패키지화한 소프트웨어를 말하며, 게임 개발에 공통으로 필요한 영상이나 GUI 등을 통합 개발할 수 있는 환경을 제공함으로써, 3D 환경에 다양한 정보를 부가함으로써 다양한 분야에 적용되고 있다[24,25]. 게임 엔진은 가상현실 분야의 어플리케이션 분야에서도 다양하게 적용되고 있다.

앞에서 기술한 바와 같이 게임 엔진을 활용한 증강현실은 교육분야에 다양하게 적용되고 있다. 교육적 관점에서 증강현실은 사용자가 교육대상과 쉽게 상호작용할 수 있기 때문에 디자인 교육[9], 구조해석[10], 철근 배근[11], 건설장비[12] 등 전문기술교육에 적용되었으며 그 활용도가 높다고 할 수 있다. 학부생을 대상으로 철근 배근 교육에 증강현실을 활용한 연구[11]에 따르면, 인터페이스 스타일, 지각된 유용성, 지각된 활용의 용이성, 지각된 즐거움, 활용 태도, 활용 의도 측면에서 학습자의 평가점수가 대부분 높았으며, 학습 과정에서 즐거움과 재미를 느끼고 관련 내용의 학습에 유익했다고 평가했을 뿐 아니라 차후 적극적으로 활용하고 싶다는 의견을 나타냈다. 이처럼 증강현실을 교육에 활용하는 것은 매우 높은 성과를 낼 수 있다는 것을 알 수 있다.

그러나 지금까지 교육분야에 활용된 증강현실은 마커를 기반으로 하고 있다. 마커를 활용하기 위해서는 BIM 등으로 3D 배근 모델을 미리 모델링해야 하며, 증강현실을 구현하는데 필요한 마커를 개별적으로 설정해서 입력하기 때문에 작업이 매우 번거로울 뿐 아니라 다양한 도면에 적용

하는 것이 매우 어렵다. 따라서 교육분야 뿐 아니라 현장에서 활용도를 높이기 위해서는 다양한 도면에 적용할 필요가 있으며, 도면 정보에 따라 달라지는 배근 형상을 자동으로 3D 모델링하는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 휴대용 단말기에 내장된 카메라를 이용하여 구조도면을 촬영한 후 화상 인식과 문자 인식 기술을 활용하여 자동으로 배근 정보를 획득하고, 유니티(Unity)게임 엔진을 통해 3D 배근 모델을 자동으로 생성하는 방식으로 증강현실을 구현하는 방법론을 제시하였다.

게임 엔진은 게임 개발에 필요한 다양한 도구를 통합한 경으로 제공하기 때문에 이를 활용하여 다양한 어플리케이션을 개발할 수 있다. 유니티에서도 증강현실 모바일 앱을 구현하기 위해 다양한 SDK(Software Development Kit)를 제공하고 있으며, 기존 연구[15]에서도 뷰포리아(Vuforia) SDK를 활용한 사례가 있으며 다양한 SDK가 활용되어 왔다. 본 연구에서는 Unity 게임 엔진에서 멀티 플랫폼을 지원하고 있는 내장(Built-in) AR foundation 패키지[1])를 활용하였다.

3. 게임 엔진 기반 배근 모델 자동 생성 구현

Figure 1은 게임 엔진을 기반으로 배근 모델을 자동 생성한 후 증강현실 시스템으로 구현하는 과정을 나타낸다. 우선 휴대용 단말기에 내장된 카메라 기능을 활용하여 구조 설계도면의 부재 리스트를 캡처한 후 배근 모델 자동 생성을 위한 정보를 추출한다. 획득한 정보에 추가적인 정보를 입력한 후 게임 엔진에서 3D 배근 모델을 자동으로 생성하는 과정으로 진행된다. 이후 사용자가 원하는 위치의 물리적인 현실에 스크린 터치와 같은 간단한 조작으로 자동 생성된 3D 모델을 중첩하여 표현하는 방식으로 증강현실을 구현하도록 하였다.

3.1 부재 일람표 도면 인식

구조도면의 부재 일람표는 일반적으로 부재 형상을 그린 단면 상세와 철근 상세에 관련된 문자로 구성된다. 문자 정보에는 각 철근의 굵기 및 개수, 배근 간격이 제시되어 있으나 주근의 배근 위치는 단면도를 보고 확인해야 한다. 따라

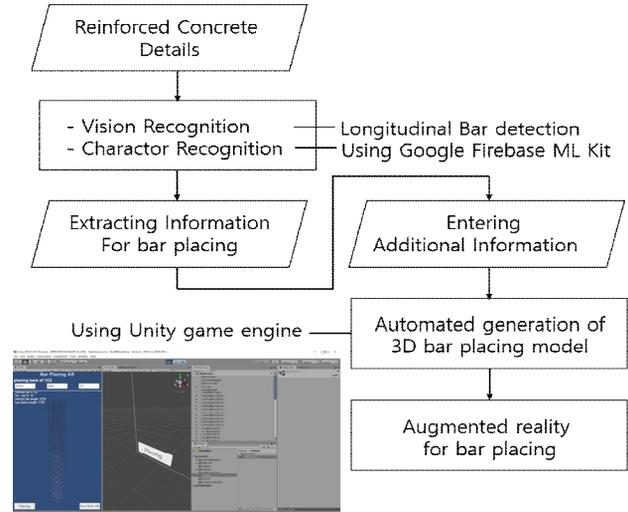


Figure 1. Process of automated bar placing model generation

서 부재 단면에서 주근의 배근 위치를 추출하기 위한 알고리즘이 필요하다.

도면은 흑백 영상으로 처리할 수 있으며, 주근은 검은색 원 단면으로 표시된다. 일반적인 화상 인식 알고리즘 중에 원을 검출하는 알고리즘이 있으나 적용결과 주근은 잘 검출되지 않았다. 사진으로 촬영된 도면의 해상도가 높지 않으면 원으로 인식되지 않는 문제가 발생하기 때문에 다른 방식으로 검출할 필요가 있다. 본 연구에서는 일정 영역이 흑색에 가까운 색으로 검출될 경우 철근으로 인식될 수 있도록 처리하였다. 따라서 철근 검출 대상이 되는 '최소 크기'를 설정하고, 각 픽셀을 중심으로 '최소 크기'를 반지름으로 하는 원 영역이 지정한 그레이스케일보다 작으며 철근으로 우선 인식된다. 그 후 인식된 철근 영역의 중심 거리가 '최소 크기'보다 작으면 두 영역을 합쳐 하나의 철근으로 인식되도록 하였다. 이는 화질의 해상도에 비해 '최소 크기'가 작게 설정되어서 인식되는 철근이 많아지는 문제를 해소할 수 있다. 이렇게 설정된 철근의 중심점으로 모서리에 있는 철근과 다른 철근의 위치를 식별하며, 각각 위치에 배근된 주근의 개수를 추출한다.

또한, 구조도면의 부재 일람표에서 배근 정보를 추출하기 위한 문자 인식 도구로 Google Firebase ML Kit²⁾(이하

1) https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.foundation@1.0-preview.17/manual/index.html?_ga=2.177785701.1321782531.1572115159-811959824.1537534154

2) Google Firebase ML Kit는 텍스트 인식, 얼굴 인식, 랜드마크 인식, 바코드 스캔, 이미지 라벨 지정 등 일반적인 모바일 환경에서 사용 가능한 API 집합으로서 본 연구에서는 이미지 속 텍스트 인식에 최적화된 API(Application Programming Interface)를 활용하였다. firebase.google.com/docs/ml-kit/recognize-text

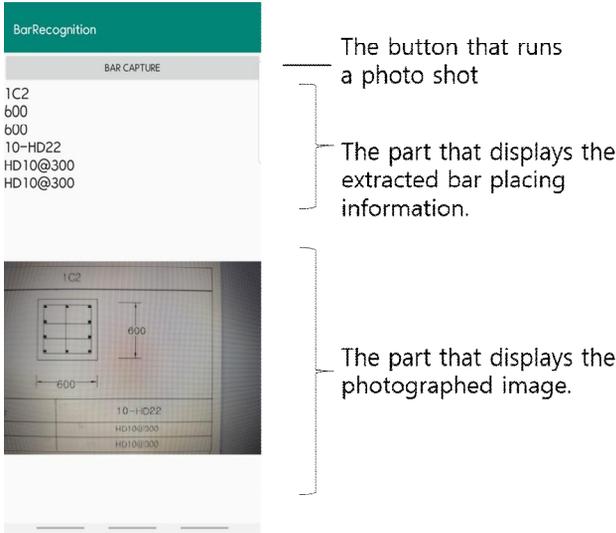


Figure 2. Smartphone screen shot with OCR

ML Kit)을 활용하였다. ML Kit에서 문자를 인식하는 방식은 그림 영역에서 문자 영역 전체를 블록 객체로 인식한 후 블록에 포함된 줄 단위의 객체를 분리하여 추출하고, 다시 세부 문자와 공백을 추출하는 방식을 사용한다. 구조도면의 부재별 리스트에는 구조 부재의 형상과 세부 배근 정보를 텍스트로 표현하기 때문에, 이미지에서 문자를 추출하는 ML kit를 적용하였다.

Figure 2는 도면에서 부재 일람표에서 문자 인식 과정을 구현한 모바일 스마트 기기 화면을 캡처한 것이다. 내장된 카메라가 캡처한 도면을 화면 하단에 표시하며, 이미지 파일에서 추출한 문자 정보를 화면 중간에 문자열로 표현하도록 하였다. 부재 일람표에 있는 정보를 부재 단위로 추출하기 위해 해당 부재만을 촬영하는 방식을 사용하였다. 또한 촬영한 이미지의 해상도에 따라 화상 인식과 문자 인식 정확도가 달라지기 때문에 추출된 결과를 검토하고 수정할 수 있도록 하였다.

3.2 증강현실 콘텐츠 구현

Figure 3은 기둥 배근 사례를 중심으로 3D 배근 모델을 스마트폰 앱으로 구현한 화면을 캡처한 것이다. 화상 인식과 문자 인식 기능으로 획득한 배근 정보를 전달받은 후, 배근 위치에 관련된 입력 정보(경간, 보춤, 콘크리트 강도)를 화면 상단의 입력창을 통해 입력하면, 화면 하단에 자동으로 배근 모델을 생성하도록 구현하였다. 생성된 3D모델 좌측 상단에 배근 정보를 표시함으로써 사용자가 배근 정보를 확인할 수 있다.

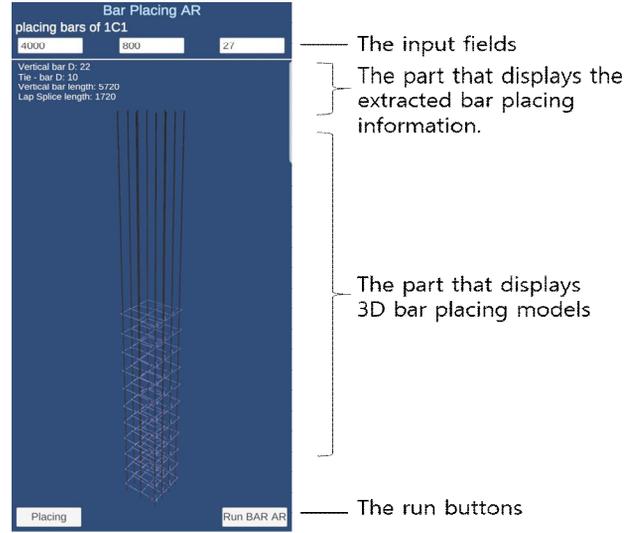


Figure 3. Smartphone screen shot with 3D bar placing models

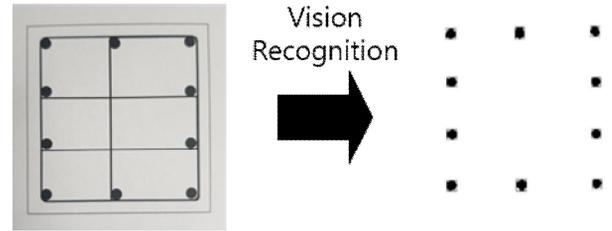


Figure 4. Longitudinal bar recognition

기존 연구[11]에서는 BIM으로 작성된 배근 모델을 FBX 파일로 저장한 후 3D MAX에서 렌더링하는 과정을 거쳐 게임 엔진으로 삽입하는 방식으로 증강현실을 구현하였다. 이처럼 미리 작성한 BIM 모델을 활용할 경우 미리 작성된 모델을 게임 엔진에 삽입한 후 필요한 위치에서 호출하기 때문에 번거로운 과정을 거쳐야 한다. 그러나 본 시스템은 배근에 필요한 입력 정보를 사용자가 직접 입력하거나 구조계산 결과값을 데이터베이스 형태로 입력받기만 하면 자동으로 3D 모델을 구현하기 때문에 확장성이 우수하다고 판단된다.

4. 적용결과

4.1 부재 일람표 도면 인식

Figure 4는 촬영된 부재 단면도 영상을 처리하여 주근의 정보를 추출한 결과를 나타낸 것이다. 주근은 미리 설정한 최소 크기 값을 기준으로 영상에서 흑색에 가까운 어두운 그레이스케일 값으로 둘러싸인 영역을 주근으로 추출한다.

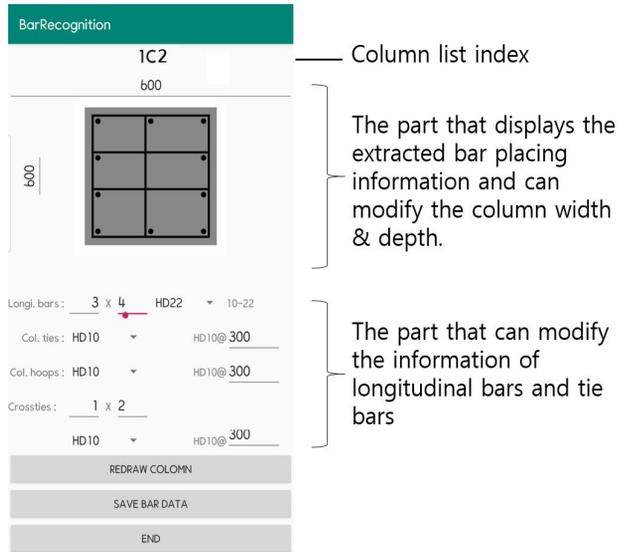


Figure 5. Smartphone screen shot with bar placing information

이때 해상도에 따라 주근 정보를 추출하는 정확도가 달라질 수 있다. Figure 4의 오른쪽을 보면 추출된 영역을 둘러싸는 사각형의 크기가 다른 것을 확인할 수 있는데, 이는 촬영 영상의 해상도에 따라 달라진다. 이렇게 추출된 정보는 Figure 2의 문자 인식으로 추출된 정보와 함께 배근 정보를 완성할 수 있다.

그러나 화상 인식이나 문자 인식은 오류가 발생할 수 있으며, 추출한 정보를 확인하는 과정이 필요하다. Figure 5는 추출한 배근 정보를 확인하고 수정할 수 있는 과정을 앱으로 구현한 화면을 나타낸다. 인식된 배근 정보를 사용자가 확인할 수 있도록 구조도면과 유사하게 부재 단면도 및 배근 정보를 표시하며, 오류가 있는 정보의 수치값을 수정하면 상단에 있는 부재 단면도 그림을 수정하는 방식으로 입력된 값을 확인하도록 구현하였다.

4.2 증강현실 콘텐츠 구현

Figure 6은 기둥 배근 사례를 중심으로 증강현실을 적용한 스마트폰 화면을 나타낸다. 4.1의 부재 일람표 인식 과정에서 자동으로 추출된 배근 정보를 활용하여 3D 배근 모델이 자동으로 생성되며(Figure 3), 생성된 모델은 내장된 카메라에 비치는 실제 환경에 겹쳐서 표현할 수 있다. 이를 위해 구동된 카메라 화면에서 사용자가 원하는 위치를 특정한 후 화면을 터치하면 3D 배근 모델을 실제 환경에 겹쳐 표현하는 방식으로 구현하였다. 내장된 AR Foundation을 통해 수평면을 자동으로 인식할 수 있으며,

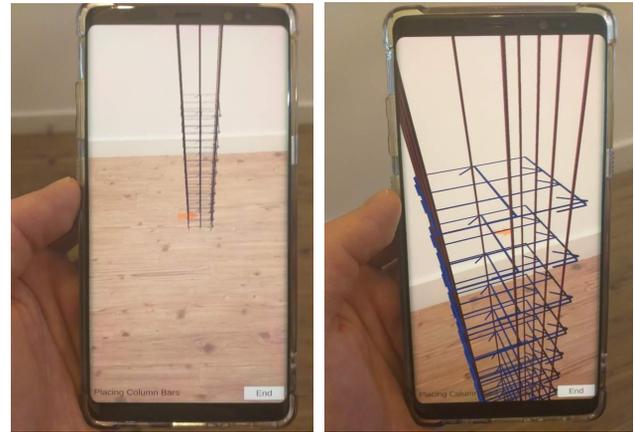


Figure 6. AR model on smartphone

인식된 수평면 위에 3D 배근 모델이 배치된다. 실제 환경에 배치된 배근 모델은 마치 실물처럼 화면에 고정된다. 따라서 실제로 철근이 배근된 기둥처럼 화면에 고정되기 때문에 확인이 필요한 부분은 가까이 다가가서 확대된 배근 상세를 검토할 수 있다(Figure 6의 오른쪽 사진). 본 연구에서는 Figure 5에서 볼 수 있는 바와 같이 주근과 띠철근을 쉽게 구분할 수 있도록 각각 적색과 청색으로 구분해서 모델링하였다.

본 연구에서 제시한 증강현실은 2D 구조도면을 촬영한 화상 정보를 활용하여 배근 정보를 자동으로 추출하는 과정으로 시작된다. 따라서 휴대용 단말기로 구조도면을 촬영하는 과정과 부수적으로 배근에 필요한 정보를 입력하기만 한다면 배근 모델을 사전에 검토할 수 있고 실제 배근 위치에서 배근된 부재를 검토하는 데 활용할 수 있다. 현장 관리자는 경제적인 부담이 되는 장비나 소프트웨어 등을 활용하지 않더라도 휴대용 단말기만을 활용하여 주시도를 촬영하면 부재의 위치를 확인할 수 있으며, 해당 위치에서 미리 촬영한 부재 일람표를 통해 배근 정보와 정확한 배근 형상을 확인할 수 있다.

이처럼 도면에서 자동으로 배근 정보를 추출하고 3D 모델을 자동으로 생성하여 증강현실로 구현한다면 다양한 배근 형태에 적용할 수 있으므로 전문적인 배근 교육에 활용될 수 있을 뿐 아니라 시공 전 배근 모델을 검토하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결 론

본 연구는 휴대용 단말기에 내장된 카메라로 2D 구조도

면의 일부인 부재 리스트를 활용하여 배근 정보를 자동으로 추출한 후, 게임 엔진을 활용하여 3D 배근 모델을 자동으로 생성하고 이를 증강현실로 구현하는 방안을 제시하였다. 단면도에 있는 주근의 위치를 추출하기 위해 화상 정보를 처리하는 과정을 제시하였으며, 문자인식 및 증강현실에 필요한 기능은 전문영역에서 개발된 범용 기술을 적용하였고, 증강현실 기능을 내장한 게임 엔진을 활용하여 3D 배근 모델을 구현하였다. 적용결과 답러닝 기반 문자 인식을 통해 도면에서 배근 정보를 안정적으로 추출할 수 있었으며, 게임 엔진을 통해 구현된 3D 배근 모델 증강현실은 배근 교육이나 시공 정 배근 검토에 충분히 활용될 수 있음을 확인하였다.

건설 현장에서는 아직 2D 도면이 많이 활용되고 있고 BIM을 기반으로 증강현실을 구현하기 위해서는 많은 작업과 추가적인 비용이 소요는 현실을 고려하면, 본 연구에서 제안하는 시스템은 전문적인 배근 교육이나 현장에서의 배근 검토에 활용도가 높을 것으로 기대된다. 다만 본 연구에서는 전형적인 부재만을 대상으로 구현하였기 때문에 확장성을 더 높이기 위해서는 다양한 형상의 부재에 대응할 수 있도록 확장할 필요가 있으며, 휴대용 단말기의 크기가 작으면 화면에서 확인할 수 있는 내용이 한정되기 때문에 이를 개선하기 위해 가상현실과 같이 공간을 확장하는 방안을 고려할 필요가 있다. 또한, 본 연구에서는 부재의 경간 등과 같은 부수적인 배근 정보를 직접 입력하였으나 향후 평면도에서 부재의 위치 정보를 자동으로 추출하는 방향으로 확장할 필요가 있다.

요 약

본 연구는 철근 배근과 관련된 증강현실을 구현할 수 있도록 2D 도면에서 배근 정보를 자동으로 추출하여 3D 배근 모델을 생성하는 방법론을 제시하였다. 사용자가 쉽게 도면정보를 획득할 수 있도록 휴대용 단말기에 내장된 카메라를 이용하여 도면을 촬영한 후 화상 인식(Image Recognition)과 문자 인식(OCR; Optical Character Recognition) 도구를 활용하여 배근 정보를 추출하는 방법을 제시하였다. 또한, 게임 엔진을 활용하여 도면에서 추출된 정보를 입력받아 자동으로 3D 부재를 모델링하고 이를 실제 이미지와 중첩해서 배근 모델을 검토할 수 있는 증강현실 앱을 구현하였다. 기존에 개발된 프로그래밍 도구를

활용하여 제시한 방법론에 적용할 수 있도록 세부 내용을 기술하였으며, 건설현장에서 전형적인 부재를 대상으로 철근 배근 증강현실 모델을 구현한 결과를 검토하였다. 제시된 증강현실 배근 모델 자동 생성 방법론은 배근 교육이나 시공검토에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 가상현실, 증강현실, 철근 배근, 화상 인식, 문자 인식, 게임 엔진

Funding

This research was supported by Daegu University, 2019. And, the authors are very grateful for the help of Shinsung A&E.

ORCID

U-Yeol Park, <http://orcid.org/0000-0003-2154-603X>

Sung-Hoon An, <http://orcid.org/0000-0002-0906-3302>

References

1. Wang X, Kim MJ, Love PE, Kang SC. Augmented reality in built environment: Classification and implications for future research. *Automation in Construction*. 2013 Jul;32:1-13. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.021>
2. Wang P, Wu P, Wang J, Chi HL, Wang X. A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018 Jun;15(6):1-18. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061204>
3. Behzadan AH, Dong S, Kamat VR. Augmented reality visualization: A Review of civil infrastructure system applications. *advanced engineering informatics*. 2015 Apr;29(2):252-67. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.03.005>
4. Sebastjan M, Turk Z, Dolenc M. Measuring the potential of augmented reality in civil engineering. *Advances Engineering Software*. 2015 Dec;90:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.advensoft.2015.06.005>
5. Shin DH, Dunston PS. Identification of application area for augmented reality in industrial construction based on technology suitability. *Automation in Construction*. 2008 Oct;17(7):882-94. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.02.012>
6. Chi HL, Kang SC, Wang X. Research trends and opportunities of augmented reality applications. *Automation in Construction*. 2

- 013 Aug;33:116-22. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.017>
7. Ronkahi S, Waugh L. Review and analysis of augmented reality literature for construction industry. *Visualization in Engineering*. 2013 Aug;1(1):1-18. <https://doi.org/10.1186/2213-7459-1-9>
 8. Ayer SK, Messner JI, Anumba CJ. Augmented Reality Gaming in Sustainable Design Education. *Journal of Architectural Engineering*. 2016 Jan;22(1):1-8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000195](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000195)
 9. Wang TK, Huang J, Liao Pin-Chao, Piao Y. Does augmented reality effectively foster visual learning process in construction? An eye-tracking study in steel installation. *Advances in Civil Engineering*. 2018 Jul;2018:1-12. <https://doi.org/10.1155/2018/2472167>
 10. Turkan Y, Radkowski R, Karabulut-Ilgu A, Behzadan AH, Chen An. Mobile augmented reality for teaching structural analysis. *Advanced Engineering Informatics*. 2017 Oct;34:90-100. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.09.005>
 11. Park UY. Mobile augmented reality for teaching bar placing. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2018 Oct;18(5):471-7. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2018.18.5.471>
 12. Behzadan AH, Kamat VR. Enabling discovery-based learning in construction using telepresent augmented reality. *Automation in Construction*. 2013 Aug;33:3-10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.003>
 13. Park UY. Fundamental study on augmented reality -based maintenance of construction structure using ibeacon localization technology. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*. 2019 Feb;21(1):57-63.
 14. Ryu HG, Choi HB, Jang MH. Method to select tower cranes using augmented reality in smart devices. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2014 Aug;14(5):407-13. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2014.14.5.407>
 15. Park UY. Mobile augmented reality for teaching bar placing. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2018 Oct;18(5):471-7. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2018.18.5.471>
 16. Koch, C, Neges M, König M, Abramovici M. Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance. *Automation in Construction*. 2014 Dec;48:18-30. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.08.009>
 17. Lee TO. A study on the actual condition survey of apartment rebar work. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2008 Apr;8(2):71-9. <https://doi.org/10.5345/JKIC.2008.8.2.071>
 18. Cao Y, Wang S, Li Heng. Automatic recognition of tables in construction tender documents. *Automation in Construction*. 2002 Aug;11(5):573-84. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(01\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(01)00067-X)
 19. Kim JS, Chin SY, Yoon SW. A study on the applicability of character recognition technology for construction supply chain management of structural steel components and precast concrete works. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2014 Jul;15(4):20-9. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2014.15.4.020>
 20. Shin HR, Lee SH, Park JS, Song JK. Performance improvement of optical character recognition for parts book using pre-processing of modified VGG model. *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. 2019 Mar;14(2):433-8. <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2019.14.2.433>
 21. Lee HM, Lee WH. Development of handwriting recognition using deep learning in unity3D. *Journal of The Korean Society for Computer Game*. 2019 Mar;32(1):51-9.
 22. Song SK, Lee MS, Noh DW, Lee MS. A study on the construction of drawing recognition-management system for the reuse of architectural drawing information. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*. 2000 Jul;16(7):31-8.
 23. Jung YS, Park KH. Recognition of dimension sets based on vectorization of interpretation line in mechanical drawings. *Journal of KISS(B):Software and Applications*. 1997 Sep;24(9):995-1005.
 24. Gang SM, Ryu DH, Choi YC, Choung YJ. Unity3D-based flood simulation visualization web system for efficient disaster management. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 2017 Mar;20(1):98-112. <https://doi.org/10.11108/kagis.2017.20.1.098>
 25. Lim TK, Choi BY, Lee DE. Methodology for near-miss identification between earth work equipment and workers using image analysis. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2019 Jul;20(4):69-76. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2019.20.4.069>