

# 지역문화유산 VR 객체의 3D 프린팅에 관한 연구

황수현\*, 최순혁, 민가영,  
홍장의, 류관희, 김영균  
\*충북대학교 소프트웨어학과  
e-mail:hyuny123k@gmail.com

## A Study on 3D Printing of Objects on Local Cultural Heritage VR Contents

Su Hyeon Hwang\*, Soon-Hyuk Choi, Ga-Young Min,  
Jang-Eui Hong, Kwan Hee Yoo, YoungGyun Kim,  
\*Dept of Computer Science, Chungbuk National University

### 요 약

최근에 360도 파노라마(Panorama) 사진과 영상을 이용한 가상현실 콘텐츠 제작이 급격히 증가하고 있다. 본 연구에서는 지역문화유산의 360도 파노라마 VR 콘텐츠 속에 존재하는 3D 대상물들(Objects)을 실시간으로 출력하는 시스템에 대해 연구하였다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 지역문화유산의 가상투어(Virtual tour)뿐만 아니라 가상투어상의 주요 대상물들을 3D 프린터로 실시간 인쇄하여 소유할 수 있다는 특징을 갖는다. 지역문화유산의 가상현실을 통한 학습효과에 추가하여 주요 문화유산의 3D 모형의 출력을 통해 지역문화유산의 형태를 좀 더 현실감 있게 학습할 수 있다는 장점과 가상투어와 디지털 생산(Digital Manufacturing)/가상 생산(Virtual Manufacturing) 기술이 결합하는 새로운 형태의 서비스가 가능할 것으로 생각된다.

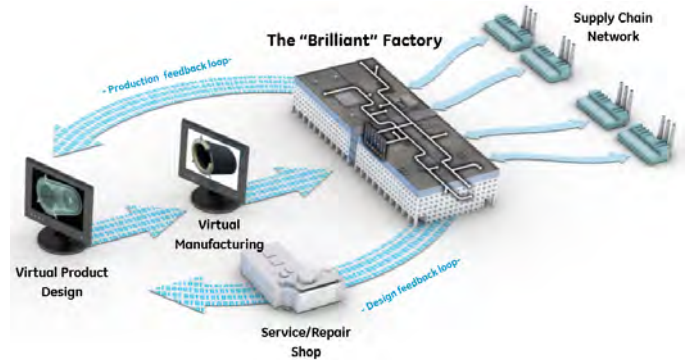
### 1. 서론

최근 360도 파노라마(Panorama) 사진과 영상을 이용한 360도 가상현실(VR) 콘텐츠에 대한 연구와 관심이 증가하고 있다[1]. 360도 사진과 영상을 촬영할 수 있는 카메라들이 널리 시판되고 있으며, 360도 사진과 영상을 편집할 수 있는 다양한 소프트웨어 도구들도 판매 되고 있다. 다시점으로 촬영하여 다중의 사진, 영상 입력을 단일의 360도 파노라마 사진, 영상으로 이음매 없이 이어 붙이는 많은 연구들이 진행되었다[2,3,4].

특히, RANSAC(random sample consensus)기법을 이용해 특징점 중 가장 정확하게 정합된 네 점을 찾고 영상간의 호모그래피를 계산하는 방법들이 널리 사용되고 있다[2]. 360도 파노라마 사진과 영상들은 HMD(Head Mouted Display)를 통해 널리 대중화되고 있다. 이러한 흐름에 발맞춰 국내에서는 박물관 등의 지역의 문화재를 360도 VR 콘텐츠를 제작하는 사례가 늘고 있다. 본 논문에서는 청주 지역의 대표적인 관광지인 청남대를 360도 VR 콘텐츠로 제작하는 연구를 수행하였다.

지역 주요 문화재, 박물관, 관광지 등을 360도 VR 콘텐츠로 제작하여 인터넷을 통해 가상투어를 할 수 있도록 하는 것은 주요문화재, 박물관, 관광지의 정보를 현실감 있게 제공하는 것 이상의 의미를 갖는다. 주요문화재는 시간이 흐름에 따라 풍화작용에 의해 침식되거나, 예기치 못한 사고로 인해 소실 될 가능성이 있다. 그렇기 때문에 문

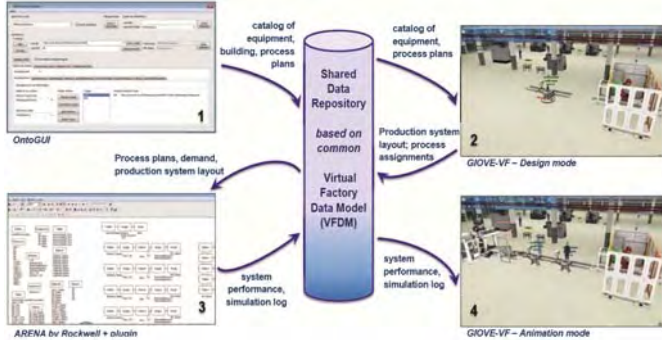
화재들을 고해상도의 사진, 영상으로 현실감 있게 기록하는 것은 문화재의 디지털 기록으로도 큰 의미를 갖는다. 또한 지역의 문화재나 주요관광지를 가상투어 전시관으로 구성하여 개관 시간과 무관하게 연중 수시로 방문하여 문화재에 대한 학술적 연구를 수행 할 수 있다는 특징을 갖는다. 이러한 360도 VR 콘텐츠를 통한 가상투어에 추가하여 가상투어 속의 주요 대상물(Objects)들을 3D 프린터를 출력하여 가질 수 있다면 학습적 효과는 배가되고 가상투어상의 대상물의 3D 모형을 실제로 가질 수 있으므로 사용자의 학습효과와 만족도를 증가시킬 수 있다.



(그림 1) GE사의 “Brilliant” Factory의 중요한 구성요소인 Virtual Manufacturing[6]

관련 연구로 Yalun Li 등은 개인용 3D 프린터들의 비용,

지속성, 표면 품질 등을 비교 분석하는 연구를 수행하였다 [5]. 가상 생산(Virtual Manufacturing)은 GE사의 'Brilliant Factory'의 중요한 요소로 Industry 4.0의 중요한 기술이다[6]. W. Terkaj, M. Urgo,는 가상공장의 데이터 모델(VFDM:Virtual Factory Data Model)에 관해 연구하였다[7].



(그림 2) VFDM(Virtual Factory Data Model)[7]

Zewei Zhou, Yiping Feng 등은 실제의 공장을 가상현실 기술과 시뮬레이션 기법을 사용하여 효과적으로 생산시스템의 작업을 모니터링하고 제어하는 가상 공장(Virtual factory)에 관한 연구를 수행하였다[8]. 가상현실 기술을 활용한 가상공장에 관한 많은 연구들이 3D 프린터와 가상현실 기술을 접목하기 보다는 현실에 존재하는 기존 공장을 가상현실로 옮기는 것에 초점을 맞추어왔다.

## 2. 청주지역 가상현실 콘텐츠

청주지역에는 청주고인쇄박물관이나 백제유물전시관, 청남대 등의 지역문화재와 유명 관광지가 있다. 지역문화유산을 직접 방문하지 않고 가상현실 콘텐츠로 제작하여 PC, 스마트폰 등의 디지털 단말기상에서 가상투어(Virtual tour)로 손쉽게 방문할 수 있다. 지역문화유산을 직접 방문하기 전에 방문소요시간이나 방문코스를 계획하는 등 가상현실에서 사전 답사를 통해 실제 방문 시간계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있다. 지역문화유산의 학습 자료로도 활용이 가능하다. 360도 파노라마 카메라인 360Heros, 기어360, 리코세타S를 사용하면 누구나 손쉽게 360도 VR 콘텐츠를 제작하고 가상투어를 할 수 있다. 좀 더 고화질의 VR 콘텐츠를 제작하기 위해서는 고해상도의 DSLR 카메라를 사용하여 다중의 파노라마 사진을 촬영하여 PTGUI 등의 전문 스티칭 소프트웨어 도구를 사용하여 이어붙이기 편집을 통해 고해상도의 VR 콘텐츠를 제작할 수 있으며, KRPAO와 같은 소프트웨어 도구를 통해 웹상에서 서비스할 수 있는 360도 VR 콘텐츠를 자동으로 생성할 수 있다. 본 논문에서는 가상현실에 등장하는 대상물들에 대해 3D 모델링을 연결하여 VR 콘텐츠 내의 대상물을 3D 프린터로 출력하는 것에 대해 연구하였다. 아직까지 가상현실내의 대상물을 3D 프린터로 실시간 출력하여 대상물을 생산하거나 갖는 것에 대한 연구는 거의 이

루어지지 않았다.



(그림 3) 웹기반의 청남대 가상현실 콘텐츠



(그림 4) 청남대 가상투어상의 대통령 동상들

## 3. 제안한 시스템

360도 VR 콘텐츠내의 대상물을 클릭할 경우, 대상물에 대한 상세한 정보를 보여주거나, 음성출력으로 설명을 듣는 등의 부가적인 기능을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 부가적인 정보를 제공하는 것에 VR 콘텐츠상의 대상물을 3D프린터를 사용하여 출력하는 연구를 수행하였다. 누구나 청남대 가상투어상의 VR 콘텐츠 내에 등장하는 대통령의 동상을 작은 축소모형으로 3D 프린터로 출력하여 가질 수 있을 것이다.



(그림 5) 청남대 가상투어상의 대상물(Objects)

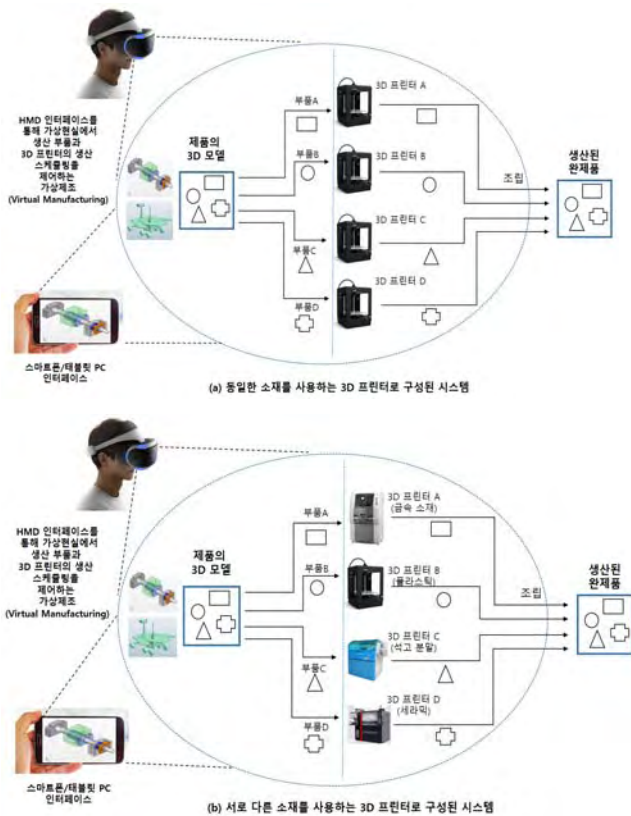
이러한 연구는 가상현실상에 등장하는 주요 대상물들을 가상현실 콘텐츠로만 감상하거나 정보를 제공 받는 것이 아니라, 축소된 3D 모형으로 실제로 가질 수 있게 한다는

측면에서 물류 창고가 필요 없는 제품을 생산하는 미래의 공장과 가상쇼핑이 결합된 새로운 서비스를 가능하게 할 것이다. 비록 현재는 가상현실 콘텐츠 내의 제한된 3D 모형만을 3D 프린터로 출력해 볼 수 있다는 현실적인 한계가 있으나, 기술이 점차 발전함에 따라 재고가 없는 생산공장과 가상쇼핑이 결합된 새로운 형태의 플랫폼이 얼마든지 등장할 수 있을 것이다.



(그림 6) 제안한 지역문화 유산 가상투어시스템

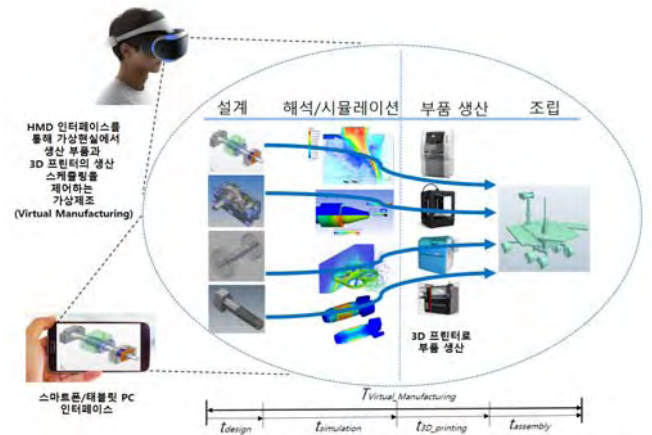
본 연구에서는 지역문화유산의 VR 콘텐츠상에 등장하는 대상물들의 3D 프린팅만을 연구 대상으로 하고 있지만, 그림 7과 같이 다중의 3D 프린터를 사용하여 좀 더 복잡하고 큰 공학적 제품들의 부품을 동시에 출력하고 조립하여 대상물(제품)의 완성품을 만들 수도 있다.



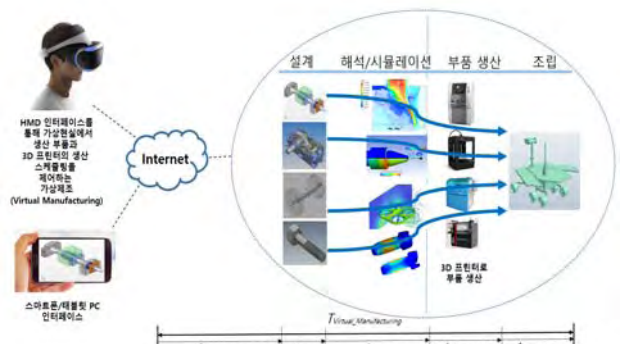
(그림 7) 3D 프린터로 구성된 가상 생산(Virtual Manufacturing) 플랫폼

그림 7은 동일한 소재를 사용하는 3D 프린터(a)와 서로 다른 소재를 사용하는 3D 프린터(b)로 구성된 가상 생산 플랫폼을 보여주고 있다. HMD를 통해 3D 프린터로 출력할 제품의 3D 형상을 설계, 시뮬레이션, 검증 과정을 거쳐서 완성된 형상을 3D 프린터로 출력하여 부품이나 제품을 조립하여 완성하게 된다. 그림 7과 같이 가상현실 플랫폼 상에서 다양한 소재를 사용한 3D 프린터로 부품이나 제품을 생산하는 가상 생산(Virtual Manufacturing)에 대한 연구는 매우 빈약한 현실이며, 가상현실 기술의 발전과 3D 프린터 기술의 발전 및 대중화로 가까운 미래에는 가상 생산 플랫폼이 널리 연구되어 활용 될 것으로 예측된다.

그림 8은 가상현실 기술과 3D 프린터 기술을 활용한 가상생산 플랫폼으로 가상생산 플랫폼이 CSF(Connected Smart Factory) 기술과 연결되어 재택근무를 하며 제품과 부품을 생산하는 가상 공장(Virtual factory)으로 발전이 예상된다.



(그림 8) 공정(Process)를 지원하는 가상 생산 플랫폼



(그림 9) Connected Virtual Factory 가상 생산 플랫폼

그림 9는 인터넷에 연결된 Connected Virtual Factory 형태의 가상생산 플랫폼으로 전통적인 대량생산방식에 비해 제품 설계에서 완성 제품을 생산하기까지의 공정이 단순화되고 소요되는 시간( $T_{virtual\_manufacturing}$ )은 통신소요시간 ( $t_{communication}$ ), 설계소요시간( $t_{design}$ ), 해석/시뮬레이션 소요시간( $t_{simulation}$ ), 3D 프린팅 소요시간( $t_{3d\_printing}$ ), 조립소요시

간( $t_{assembly}$ )으로 구성되며 제품 설계에서 생산까지의 소요 시간이 크게 단축되는 특징을 갖는다.

$$T_{virtual\_manufacturing} = t_{communication} + t_{design} + t_{simulation} + t_{3d\_printing} + t_{assembly}$$

현재 3D 프린터로 가상현실내의 대상물을 출력하는 것은 많은 시간이 소요되는 것이 사실이나, 가까운 미래에는 기술의 발전에 따라 3D 프린터로 대상물을 출력하는 시간이 단축될 것이므로 아주 빠른 시간 내에 대상물을 가질 수 있을 것이다. 3D 프린터로 대상물을 인쇄하여 생산할 경우, 소재에 따라 생산 비용이 기존의 대량생산방식보다 비싼 것이 단점이 될 수도 있다.

그러나, 재고를 다량으로 보유하고 보관하는 공간이 필요한 기존의 대량생산방식에 비해 3D Printer를 이용한 제품 생산은 맞춤형 주문생산이 가능함으로 재고 보유와 보관공간을 최소화 할 수 있으며, 소량 맞춤형 주문생산인 경우 기존의 대량생산방식보다 가격 경쟁력이 우수하며, 인쇄 재료에 따른 3D 프린터 출력 비용(Cost) 상승이 공정 단순화와 생산 소요시간( $T_{virtual\_manufacturing}$ ) 절감에 따른 생산성 향상의 이득이 더 클 것으로 예측됨으로 점차 확산될 것으로 생각된다. 또한 IT/SW 기술의 발전에 따라 통신소요시간( $t_{communication}$ ), 설계소요시간( $t_{design}$ ), 해석/시뮬레이션 소요시간( $t_{simulation}$ ), 3D 프린팅 소요시간( $t_{3d\_printing}$ ), 조립소요시간( $t_{assembly}$ )이 크게 단축되어 가상생산 플랫폼에서의 완성 제품을 생산하기까지의 소요되는 시간( $T_{virtual\_manufacturing}$ )이 크게 단축될 것이다.

제안한 시스템을 통해 수천 년 전의 유물이나 수백 년 전의 건축물의 모형을 실시간으로 출력하여 가질 수 있으며, 다양한 지역 문화유산들의 건축물들의 모형을 비교 분석을 통해 지역 문화유산들에 대해 보다 깊은 학습이 가능하다.



(그림 10) 다보탑, 경복궁 문화유산들의 모형

예를 들어서 경주관광지의 가상투어 중 다보탑의 축소모형 또는 서울에 있는 경복궁의 가상투어 중 3D 프린팅을 통해 각종 문화재의 축소모형을 가질 수 있다. VR 기술을 이용한 가상투어와 3D 프린팅을 결합하여 의미 있는 새로운 형태의 새로운 서비스가 가능할 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 가상현실 콘텐츠상에 등장하는 주요 대상물들을 3D 프린터로 출력하여 물리적인 객체를 가질 수 있도록 하는 개념연구(concept research)를 수행하였다. 즉 가상투어와 가상생산(Virtual Manufacturing)을 결합한 새로운 시스템으로서 가상환경의 방문지에 등장하는 대상물들을 실시간으로 프린팅하여 가질 수 있게 한다. 제안한 시스템은 주요문화재의 연구와 학습적인 측면에서 중요한 의미를 가질 수 있으며, 시중에서 판매되지 않는 제품들을 소유 할 수 있다는 장점이 있다. 가상투어를 통해 화면 속에서 실감 있게 느끼는 것에 추가하여 3D 프린터로 출력된 가상현실속의 대상물을 실제로 만지고 소유할 수 있도록 하는 플랫폼에 대해 연구하였으며 지속적인 연구를 통해 발전시킬 필요가 있을 것이라고 생각된다.

#### Acknowledgement

본 논문은 교육부가 지원하고 충북대학교가 수행하는 지역선도대학육성사업의 지원을 받아서 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] 김민정,윤장성,박구만, “360도 카메라와 가상현실을 활용한 실감형 가상여행 콘텐츠 설계”, 2016년 한국방송미디어공학회 춘계학술대회논문집, pp.126-128
- [2] 김종호,박시영,유지상,“FAST를 이용한 파노라마 영상 생성 기법”, 2015년 한국방송공학회 하계학술대회 논문집 (2015.7), 65-68
- [3] 조준성, 이범중, 박종승, “다중 영상으로부터 360도 파노라마 생성”, 한국정보과학회 학술발표논문집 34(1B), 2007.10, 162-166
- [4] 조윤정, 조동섭, “교차촬영 방식을 통한 근거리 입체 파노라마 영상 제작 방법”, 한국정보과학회 학술발표논문집 36(2B), 2009.11, 27-21
- [5] Yalun Li, “Cost, sustainability and surface roughness quality - A comprehensive analysis of products made with personal 3D printers”, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 16(2017) 1-11
- [6] Stephan Biller,“The 21<sup>st</sup> Century Brilliant Factory”, [https://www.aeromontreal.ca/download/fca8adddfc101c/003\\_Stephan+Biller\\_Final.pdf](https://www.aeromontreal.ca/download/fca8adddfc101c/003_Stephan+Biller_Final.pdf)
- [7] W. Terkaj, M. Urgo, “A Virtual Factory Data Model as a support tool for the simulation of manufacturing systems”, Procedia CIRP 28(2015) 137-142
- [8] Zewei Zhou, Yiping Feng, “Virtual Factory Integrated Manufacturing System for Process Simulation and Monitoring”, Proceedings of the 18th World Congress The International Federation of Automatic Control Milano (Italy) August 28 - September 2, 2011