

## 다중 확장현실 기반 실시간 금형 협업설계 플랫폼 개발에 관한 연구

김용대<sup>1</sup> · 정영균<sup>2</sup> · 표병기<sup>3</sup> · 이정원<sup>1</sup> · 이성희<sup>4\*</sup>

한국생산기술연구원 지역산업혁신부문(성장동력)<sup>1</sup>

(주)셀빅<sup>2</sup>, (주)브이엠테크<sup>3</sup>

한국생산기술연구원 디지털제조부문<sup>4\*</sup>

### A study on developing a real-time collaborative mold design platform based on Multi-XR(eXtended Reality)

Yong-Dae Kim<sup>1</sup> · Young-Gyun Jung<sup>2</sup> · Byung-Gi Pyo<sup>3</sup> · Jeong-Won Lee<sup>1</sup> · Sung-Hee Lee<sup>4\*</sup>

Korea Institute of Industrial Technology, Regional Industry Innovation Department (Growth engine)<sup>1</sup>

Cellbig Co., Ltd.<sup>2</sup>, VMTech Co., Ltd.<sup>3</sup>

Korea Institute of Industrial Technology, Digital Manufacturing Division<sup>4\*</sup>

(Received March 19, 2024 / Revised September 23, 2024 / Accepted September 30, 2024)

**Abstract:** A injection mold usually requires 30 to 50 revisions, and as the number of revisions increases, the burden of increased costs, schedule delays, and decreased reliability increases, reducing the competitiveness of companies. In addition, these costs become a more serious problem when the customer is far away, which is an obstacle to the export of domestic mold companies with excellent technology. The objective of this study is to develop an augmented reality platform that will facilitate the sharing of realistic 3D virtual objects in real time and enable mold designers to collaborate using a range of tools in remote locations and virtual environments. The platform collaboration solution enables simultaneous participation and synchronization of design collaboration with four types of devices (PC, mobile, VR, and MR). The efficiency and precision of the high-speed injection molding analysis module were validated through rigorous testing, demonstrating a processing speed that ranges from 500 to 3,000 times faster than that of the conventional numerical analysis method, with a relative error of less than 15% and a service performance of more than 80 fps. The user-friendly and intuitive UI/UX was configured and the usability was verified through scenario verification.

**Key Words:** Injection Mold, Multi-XR(eXtended Reality), Collaborative Design, Real-time, Platform

### 1. 서론

최근 국내 기업은 극심한 인력난을 겪고 있다. 특히 우리 경제의 근간이자 파급효과가 큰 제조업을 중심으로 생산인력의 부족현상이 빠르게 확대되고 있다는 점은 우리 경제에 미치는 충격이 클 것으로 예상되고 있다. 고용노동부 발표에 따르면 연도별 인력 미충원율은 2019년 9.5%에서 2022년 13.6%로 3년만에 4.1% 포인트 증가했고, 인력 부족율도 1.9%에서 3.2%로 1.3%포인트 늘어났다. 특히 제조

업의 2023년 1분기 기준 부족인원이 13만 5,000명으로 더욱 심각한 인력난을 겪고 있는 것으로 조사되었다.

우리나라 제조산업의 근간이 되는 뿌리산업은 제조업 중에서도 인력에 대한 의존도가 매우 높은 산업분야임에도 불구하고 인력 부족률은 2019년 0.5%에서 2023년 2.8%로 2.3% 포인트 증가하여 현장 인력의 공동화가 빠르게 진행되고 있음을 확인할 수 있다. 뿌리산업의 99%이상은 중소기업으로 인력의 유치와 보유에 어려움이 크고 잦은 이직과 퇴직, 부족한 교육훈련 여건 등으로 업무지식의 전수가 부족한 실정으로 이로 인한 생산성의 감소와 생산비용 증가와 경쟁력 저하, 안전사고 등의 문제

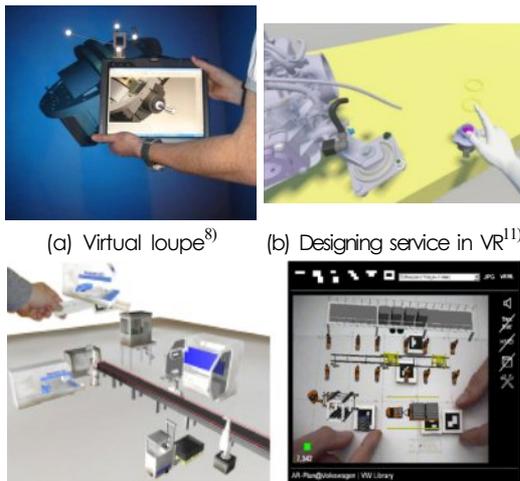
\* 교신저자: birdlee@kitech.re.kr

\* 본 논문에 대한 저작권은 저자들에게 있으며 CC BY-NC-SA를 만족하는 조건으로 이용할 수 있습니다.

가 일어날 가능성이 높아지고 있어 이에 대한 해결 방안의 마련이 시급한 실정이다.

특히, 금형산업은 하나의 금형으로 수 백만개의 제품을 생산하기 때문에 매우 소량이 제작되는 대표적인 다품종 소량생산 구조로 제조 및 활용 전 과정에서 설계가 차지하는 비중이 매우 크다. 금형 설계 단계를 단축하고 전문성을 높이기 위하여 CAD와 CAE 등의 기술개발<sup>1,2)</sup>과 이를 활용한 금형 개발<sup>3,4)</sup>이 활발하게 진행되고 있으나 이러한 컴퓨터 기반의 기술 역시 높은 전문성과 많은 시간이 소요되고, 개발자 중심의 설계로 추후 이해관계자의 협의가 불가피하다는 한계를 가지고 있다.

이러한 인력 문제의 해결을 위한 방안으로 확장현실(eXtended Reality, XR) 기술의 접목은 효과적인 대안을 제시할 수 있을 것으로 기대되고 있으며 산업 환경 내에서 다양하게 활용되고 있다. 최근 확장현실 시스템은 학계는 물론 산업계에서도 더욱 주목 받고 있으며<sup>5)</sup> 다양한 기술의 발전과 더불어 확장현실 기술도 더욱 성숙해지고 있다. 이는 현실과 가상의 연속체 개념을 기반으로 완전한 현실세계에서 완벽한 가상세계까지 전체 스펙트럼에서의 수요에 적합한 다양한 운영 및 접근 방식을 포함하고 있다.<sup>6)</sup> 다수의 이전 연구들은 확장현실 기술의 통합을 통해 설계부터 운영, 서비스까지 모든 단계를 아우르는 다양한 제조활동의 개선방법을 제시하였다.<sup>7-11)</sup>



(a) Virtual loupe<sup>8)</sup> (b) Designing service in VR<sup>11)</sup>  
 (c) AR-assisted factory layout planning systems<sup>9)</sup>  
**Fig. 1** Previous research on industrial XR

금형산업은 동일한 형상과 요구되는 품질의 제품을 대량 생산하기 위한 금형을 제조하는 산업으로

하나의 금형을 이용하여 수만개에서 수십만개 이상의 동일한 부품을 생산할 수 있다. 따라서 하나의 제품을 생산하기 위한 금형은 한 개 또는 수 개만이 제작되는 대표적인 다품종 소량생산 산업이다. 일반적으로 금형의 제작을 위해서는 대개 30~50번의 수정과정이 필요하고 수정 횟수가 증가될 경우 비용 상승, 납기 지연, 신뢰도 하락 등의 부담이 가중되는 등 기업의 경쟁력이 하락하게 된다. 또한 이러한 비용은 수요처가 원거리인 경우 더욱 심각한 문제가 되고 있어 우수한 기술력을 갖춘 국내 금형기업들의 수출에 걸림돌로 작용하고 있다. 본 연구는 원격지에 존재하는 수요기업과 금형개발기업이 가상의 공간에서 개발 제품과 금형을 높은 유사도의 3D 오브젝트 형태로 지연 없이 실시간으로 공유·수정·소통 할 수 있는 협업 플랫폼 기술에 관한 것으로 복잡한 대용량의 설계 어셈블리 파일을 협업이 가능한 오브젝트 파일로 자동 변환하는 기술, 다양한 인터페이스 디바이스를 활용하여 동시에 협업할 수 있는 기술 등을 적용해 협업 플랫폼을 개발하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 확장현실의 정의

컴퓨터와 헤드 마운트형 3차원 디스플레이 장치를 이용하여 인간의 지각능력을 향상시키는 기술은 1968년 Surtherland, I.E.<sup>12)</sup>이래로 다수의 관련된 연구들이 발표되고 다양한 용어와 정의가 생겨났다. 대표적으로 가상현실을 지칭하는 VR(Virtual Reality), 증강현실을 지칭하는 AR(Argumented Reality) 그리고 둘이 혼합된 혼합 현실을 지칭하는 MR(Mixed Reality)가 있으며 최근에는 이러한 모든 컴퓨터 기반 가상세계와 현실세계를 통합하는 포괄적인 용어로 확장현실 XR(eXtended Reality)이 사용되고 있다. XR의 “X”는 미지수를 나타내기도 하여 미래지향적인 증의적 의미도 내포하고 있다.

산업의 제조공정에서 가장 적합한 가상과 현실의 혼합 유형을 선택하여 적용하기 위해서는 다양한 유형의 확장현실 시스템을 정확히 구분하고 정의하는 것이 중요하다. 일반적으로 가장 널리 활용되고 있는 접근방식은 Milgram, P. 등의 연구에서 제시하고 있는 현실 환경과 가상환경을 양 끝단에 위치하고 연속체로 구분하는 것이다.<sup>6)</sup>

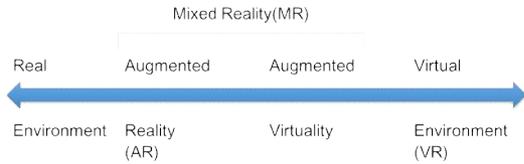


Fig. 2 Relation between the extended technologies and the environment

### 2.2. 가상현실(Virtual Reality, VR)

가상현실(VR)은 “컴퓨터가 생성하는 실시간 디지털 데이터와 기타 특수한 하드웨어 및 소프트웨어를 사용하여 사용자가 실제 또는 사실로 믿을 수 있는 대체 세계 및 환경 시뮬레이션을 생성하는 것”으로 정의할 수 있다.<sup>9)</sup>

가상현실 시스템에서 시야에 노출되는 모든 콘텐츠는 완전히 컴퓨터로 생성된 가상의 것으로 이루어져 있기 때문에 사용자는 현실 환경을 보거나 상호작용을 하지 않고 가상 환경에 완전히 몰입할 수 있다. 가상현실 시스템은 설계검토, 의료용 치료, 쇼핑, 관광, 교육훈련, 게임 및 엔터테인먼트 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

### 2.3. 증강현실(Augmented Reality, AR)

가장 보편적으로 알려진 증강현실(AR)의 정의는 Azuma, R.가 제안한 현실과 가상의 결합, 실시간 대화형, 3D 콘텐츠의 세 가지 특성으로 설명할 수 있다.<sup>13)</sup> 증강현실 시스템에서는 정보와 사물과 같은 디지털 콘텐츠가 현실세계에 오버레이 된다. 사용자는 텍스트 설명, 이미지 및 애니메이션과 같은 디지털 콘텐츠를 통해 향상된 경험을 얻으면서도 주변 환경을 보고 상호 작용할 수 있다. 대표적으로 IKEA Place와 같은 애플리케이션이 대표적인 AR 애플리케이션의 사례(Fig. 3)이다.



Fig. 3 AR application (IKEA Place)

### 2.4. 혼합현실(Mixed Reality, MR)

혼합현실은 현실세계와 가상세계의 각각의 객체가 단일 디스플레이 내에 함께 표시되는 형태로 정

의할 수 있다.<sup>14)</sup> 가상 객체가 현실 세계에 오버레이 될 뿐만 아니라 사용자가 실제 객체처럼 상호작용할 수 있기 때문에 증강현실 시스템보다 더욱 발전된 형태이다. 컴퓨터 비전, 그래픽 처리 및 표시기술, 입력시스템과 클라우드 컴퓨팅의 발전을 기반으로 혼합현실 기술은 더욱 자연스럽게 직관적인 형태로 발전하고 있으며 향후 PC와 스마트폰의 뒤를 잇는 새로운 컴퓨팅 인터페이스로 생활, 비즈니스, 엔터테인먼트 등의 다양한 분야에 적용될 것으로 예상되고 있다. 혼합현실 기술을 구현하는 가장 선도적인 인터페이스 디바이스는 마이크로소프트의 HoloLens로 Fig. 4는 활용사례를 나타낸 것이다.



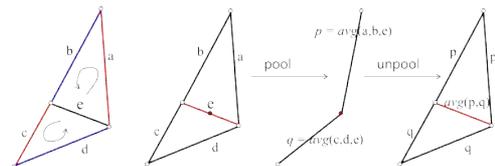
Fig. 4 HoloLens use cases in manufacturing industry

### 2.5. Mesh CNN(Convolution Neural Network)

#### 기본 모델 최적화 엔진

메쉬는 3차원 물체를 표현하는 방법으로 꼭지점(vertices), 모서리(edges), 면(faces)으로 구성되는 불규칙한 형태의 다각형 패치로 나누어 형상을 표현하는 방법이다. 이러한 불규칙한 메쉬 구조에서 특징을 추출하고 형상의 특징을 유지하면서 3D 가상 환경에서 상호작용할 수 있는 가벼운 모델링으로 변환하기 위하여 Mesh CNN기법을 적용하였다.<sup>15)</sup>

Fig. 5와 같이 메쉬를 가장 작은 다각형인 삼각형으로 정의하면 하나의 모서리(e)는 2개의 면과 만나는 부분으로 정의되고, 이때 이웃한 4개의 다른 모서리가 존재한다. Mesh CNN은 모서리에 대한 컨볼루션 연산자를 정의하는데, 이 때 공간 상위 포트는 4개의 이웃한 모서리를 사용하여 정의된다.



(a) Define edges (b) Mesh pooling and unpooling

Fig. 5 Overview of the process of defining edges and mesh pooling in mesh CNN

컨볼루션 연산자는 커널  $k$ 와 이웃하는 영역의 내적으로 다음의 식(1)과 같이 정의된다.

$$e \cdot k_0 + \sum_{j=1}^4 k_j \cdot e^j \quad (1)$$

각 면에서 꼭지점의 순서는 Fig. 5(a)와 같이 반시계 방향으로 고정한다. 하나의 모서리를 둘러싼 4개의 이웃한 모서리의 순서적 모호성을 해결하고 변환시 동일성을 유지하기 위하여 식(2)와 같은 대칭 함수를 적용하였다.

$$(e^1, e^2, e^3, e^4) = (|a-c|, a+c, |b-d|, b+d) \quad (2)$$

모서리 붕괴는 모서리의 특징의 강도에 따라 우선순위가 결정된다. 이는 Fig. 5와 같이 특징이 집계되어 병합 작업을 통해 두 개의 새로운 특징 벡터  $p$ 와  $q$ 를 생성한다. 이를 통해 중심으로 모서리가 통합되어 메쉬가 감소된다.

### 3. 금형설계 협업 플랫폼 개발

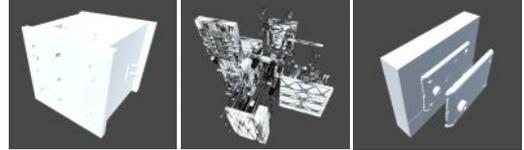
#### 3.1. CAD데이터 3D 오브젝트 변환

일반적으로 금형설계에서는 3D 형상의 정밀한 표현을 위해 넵스(NURBS) 기반의 지오메트릭 모델링 기법을 적용하고 있다. 이는 적은 양의 데이터만으로 부드러운 곡면의 표현이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 스플라인 함수를 적용하여 좌표를 변환하는 복잡한 변형 과정은 무거운 수학적 계산을 수반하기 때문에 많은 컴퓨팅 리소스와 변환 시간을 필요로 하게 된다. 따라서 넵스 기반 모델링은 더 빠르고 효율적인 렌더링이 필요한 실시간 협업 플랫폼에는 적합하지 않다.

따라서 넵스 기반의 금형 3D CAD데이터를 실시간 렌더링 엔진에서 사용하기 위해 Unity 엔진과 호환되는 폴리곤(Polygon) 모델로 변환하였다. 폴리곤 모델은 다각형 메쉬의 점 사이를 직선으로 계산하고 이를 결합하여 곡선을 형성하는 방식으로 부드러운 곡면의 표현은 어려우나 빠른 렌더링이 가능하므로 3D 모델의 실시간 공유에 더욱 적합하다.

금형은 다수의 부품들이 조립된 형태로 설계되어 있다. 설계 단계에서 불필요한 금형 부품들을 모두 렌더링 할 경우 대규모의 컴퓨팅 리소스가 필요하

고 이는 운용 단말기의 성능 이슈가 될 수 있으므로 현장 적용성을 높이기 위해 설계 협업에 필요한 핵심 부품만을 분리하여 가상 오브젝트로 가져올 수 있도록 구성하였다. Fig. 6는 금형설계 원본 데이터 전체 부품과 협업을 위한 핵심 부품을 나타낸 것이다.



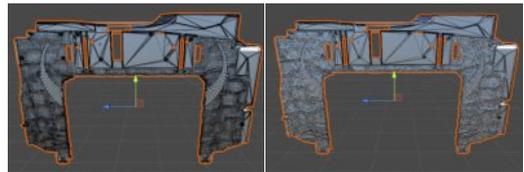
(a) Mold 3D data (b) All parts (c) Core parts  
Fig. 6 Mold 3D CAD models and converted part and core models for virtual environments

핵심 부품을 협업 플랫폼에 적합한 3D 오브젝트로 변환하기 위해서는 CAD데이터에서 3차원 버텍스(Vertex), 삼각형 데이터를 추출할 때 테셀레이션(Tessellation) 레벨 변경을 통해 폴리곤의 수를 조절할 수 있으며 실시간 렌더링 엔진에 맞춘 최적화를 통해 가벼우면서 형상 특징점의 표현에 적합한 실시간 렌더링 엔진에 맞춘 최적화 된 모델을 생성한다. Fig. 7은 실시간 렌더링 엔진에서 테셀레이션 레벨에 따른 메쉬 결과물의 차이를 나타낸 것이다.



(a) High(30k Tri) (b) Middle(11k Tri) (c) Low(8k Tri)  
Fig. 7 Compare meshes based on tessellation level

실시간 렌더링 엔진은 parasolid, stereolithography, step 등의 다양한 형식의 3D CAD 데이터를 확장현실에서 실시간 렌더링이 가능한 Unity 오브젝트로 자동 변환하면서, 금형 데이터의 특성상 버텍스 수가 과도하게 많은 모델의 경우 데이터의 조작이 쉽고 실감형 공유가 가능하도록 테셀레이션 기법을 통해 디자인 특성을 유지하면서 버텍스 수를 최적화하여 변환하도록 개발되었다. Fig. 8은 실시간 렌



(a) Before optimization (b) After optimization  
Fig. 8 Optimizing the number of vertices with tessellation techniques

더링 엔진에 의한 버텍스 최적화 전·후의 메쉬를 나타낸 것이다.

### 3.2. 쾌속 사출성형 해석기술

사출성형해석은 일반적으로 3차원 형상을 유한 요소로 분할하여 절점을 생성하고 수학적 지배방정식의 반복적 계산을 통해 물성을 계산하기 때문에 유한 요소의 생성과 품질이 해석에 영향을 미치고 요소의 생성, 수정과 반복계산에 많은 시간이 소요된다. 따라서 실시간 협업 플랫폼에서 실시간으로 유동패턴을 확인하고 설계협업에 활용하는 것은 불가능하다. 하지만 성형수지의 유동 패턴은 제품의 두께에 따라 얇은 부위는 느리게 충전되고, 두꺼운 부위는 빠르게 충전되는 현상을 고려하여 제품의 두께와 수지 주입구에서의 유동길이를 이용한 유동 패턴 추정이 가능하다. 3D 물체의 두께를 정의하는 주요한 두가지 방법은 ray method와 sphere method가 있다.<sup>16)</sup> 본 연구에서는 두가지 기법을 혼합하여 해석시간을 획기적으로 감소하면서도 오차를 최소화할 수 있는 쾌속 사출성형 해석기법을 개발하였다. Fig. 9는 다양한 격자수와 복잡도를 갖는 10가지 검증모델을 대상으로 쾌속 사출성형 해석의 유동패턴 적중률과 격자 수에 따른 해석시간을 나타낸 것이다. Fig. 9(a)에서 나타낸 바와 같이 다양한 모델에 대하여 기존 사출성형해석기법 대비 수치충전 양상에 대한 상대오차가 13.4%이하임을 확인하였으며, Fig. 9(b)와 같이 해석모델의 요소의 개수 대비 해석속도가 10만개당 1초 정도로 기존 수치해석기법 대비 500~3,000배 빠른 속도로 해석이 가능함을 확인하였다.

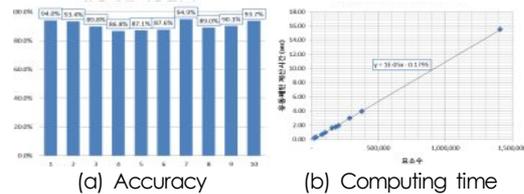


Fig. 9 Performance test for rapid injection molding module

### 3.3. 다중 협업(Multi-XR) 플랫폼 개발

금형설계 협업은 금형을 설계하는 설계자, 제작하는 현장 작업자 및 관리자, 금형을 활용하는 금형 수요기업 그리고 금형으로 생산된 부품의 최종 메이커 등 다수와 협업이 필요한 분야로 실시간 협업을 통한 설계협업이 매우 중요하다. 각자의 다양한

공간에서 서로 다른 디바이스를 활용하여 가상의 공간에 공유된 금형, 부품 등의 3D 오브젝트를 실시간으로 공유하고 협의하기 위해 다양한 디바이스 환경에서 실시간으로 동일하게 구동되는 플랫폼을 개발하였다. 본 연구에서는 대표적으로 활용되는 PC·Mobile·VR·MR 4종류의 디바이스를 대상으로



Fig. 10 Conceptual architecture of platform service

동시에 실시간 협업이 가능하도록 시스템을 개발하였다. Fig. 10은 플랫폼 서비스의 운영 개념도를 나타낸 것이다. 협업설계를 위해 먼저 사용자가 플랫폼 서버에 금형 CAD 데이터를 업로드하고 업로드된 데이터는 Mesh CNN 기반 변환엔진을 통해 최적화 과정을 거쳐 가상환경에 맞는 형식으로 변환된다. 또한, 설계의 실수를 줄이고 효율성을 높이기 위하여 플랫폼 DB내의 유사 데이터를 추천해주는 인공지능 기반 유사 데이터 추천시스템을 개발하였다. 메쉬 데이터를 렌더링하여 이미지 파일로 변환하고 해당 이미지 파일을 기반으로 특징을 검출하기 위하여 2D 엣지 벡터간의 거리를 유클리드 거리 기법 기반의 2D 유사도 측정기술과 렌더링 시 메쉬 오브젝트와 배경을 쉽게 분리할 수 있도록 설정하고 메쉬 오브젝트에 해당하는 이미지 픽셀만 남기는 Threshold 기법을 적용해 이미지 마스크를 생성, 이를 비교 연산하는 IoU(Intersection of Union) 유사도 측정 기술을 개발하여 2D 특징을 검출하도록 하였다. Fig. 11은 2차원 메쉬에 대한 시각화 사례를 나타낸 것이다.

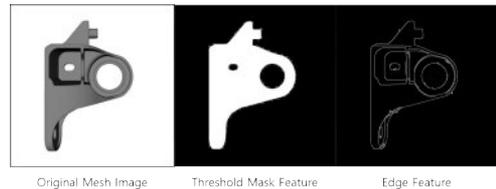


Fig. 11 Example of visualising 2D mesh features

또한, 3D 모델의 Voxel 특징을 활용한 보조 3D 데이터 검색 엔진을 개발하여 적용하였다. N×N×N 크기의 정육면체 공간을 생성한 후 메쉬의 정규화된 Vertex 벡터 진부를 해당 공간에 배치하여 Voxel 데이터를 생성한 후, Voxel 데이터의 비교를 통해 IoU 유사도를 측정함으로써 빠르게 3D 형상의 유사도를 측정할 수 있다. Fig. 12는 3차원 Voxel 형상의 시각화 사례를 나타낸 것이다.

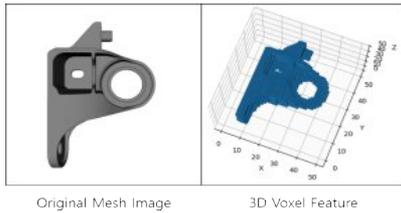


Fig. 12 Example of visualising 3D voxel feature

플랫폼을 통한 금형 협업 설계시 실시간으로 성형수지의 주입 양상을 가시화하여 공유하고 논의할 수 있도록 쾌속 사출성형 해석 엔진을 플랫폼에 추가하고 해석 결과를 가시화할 수 있는 결과 인터페이스를 개발하였다. 먼저 성형해석에 필요한 수지 종류, 주입 시간, 금형 온도, 수지 온도 등 공정조건에 대한 입력 데이터를 설정하는 UI와 게이트 종류, 런너 형태, 제품 개수, 금형 두께, 형체력 등 금형조건을 설정하는 UI를 Fig. 13과 같이 구성하여 플랫폼에 추가하였다.



Fig. 13 Configuration of the Data input UI(User Interface) in the Mold Collaboration XR platform

수지가 주입되는 입구를 설정 할 수 있는 UI와 게이트 위치 지정 3D Asset을 추가하여 주입구 변경에 따른 수지 충전 패턴의 변화를 비교할 수 있도록 개발하였으며, Fig. 14는 주입구 선택과 선택된 주입구

기반 수지 주입 애니메이션 가시화를 나타낸 것이다.

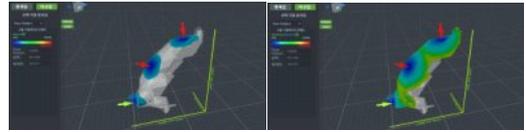


Fig. 14 Example of a timeline based visualisation of flow patterns in an injection moulding process

공정조건과 금형에 대한 입력데이터와 수지 주입구를 선택하면, 그에 따른 사출성형해석이 진행된다. 해석을 통해 얻을 수 있는 결과는 제품 위치별 두께, 두께 대비 유동거리비(L/T ratio), 게이트 유동 기여도(Gate growth), 유동 패턴의 4종의 결과 데이터를 얻을 수 있다. 각각의 결과는 모델 위에 색상으로 가시화되어 나타낼 수 있고, 사용자가 임의의 지점을 선택할 경우 각 지점에서의 정량적인 값을

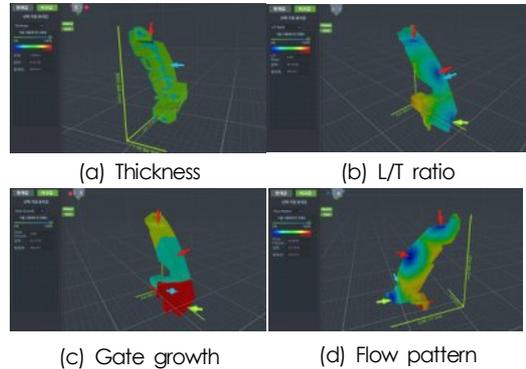


Fig. 15 Configuration of the UI for post-processing of rapid injection moulding results on the Mold Collaboration XR platform

출력해 주도록 UI를 구성하였다. Fig. 15는 각각의 결과 데이터를 출력해주는 방식을 나타낸 것이다. 각각의 기기는 해상도 비율, 이미지 스케일 조정 방식 등이 다르기 때문에 각각의 디바이스의 특성을 반영하여 멀티 터치를 활용한 모델 조작 및 회전, 크기 변경 인터페이스 구현 등 맞춤형 UI/UX를 개발하였다. Fig. 16은 각각의 디바이스로 플랫폼에 접속하였을 때 화면구성을 나타낸 것이다.

각각의 기기는 해상도 비율, 이미지 스케일 조정 방식 등이 다르기 때문에 각각의 디바이스의 특성을 반영하여 멀티 터치를 활용한 모델 조작 및 회전, 크기 변경 인터페이스 구현 등 맞춤형 UI/UX를 개발하였다. Fig. 16은 각각의 디바이스로 플랫폼에 접속하였을 때 화면구성 UI를 나타낸 것이다.

앞서 설명한 금형 협업설계를 위한 CAD 데이터 변환 모듈, 유사 모델 인공지능 검색 모듈, 실시간 사출성형 모듈, 입력 관리자, 화면 공유 모듈, 채팅 기능 등 기능성 콘텐츠들과 데이터 관리, 회의 화면, 오버레이 UI 모듈 등은 PC, XR 그리고 모바일 등 다중기기 화면 공유 및 인터페이스 모듈 등이 Unity 환경의 앱을 구성하고 Unity에서의 입력과 동작을 Back end Server로 전달하면 필요한 데이터와 파일 등을 DB로부터 호출하고 연산 및 저장의 역할을 하도록 아키텍처를 구성하였다. Fig. 17은 본 연구에서 개발한 금형 설계 협업 플랫폼의 전체 시스템 아키텍처의 개요도를 나타낸 것이다.

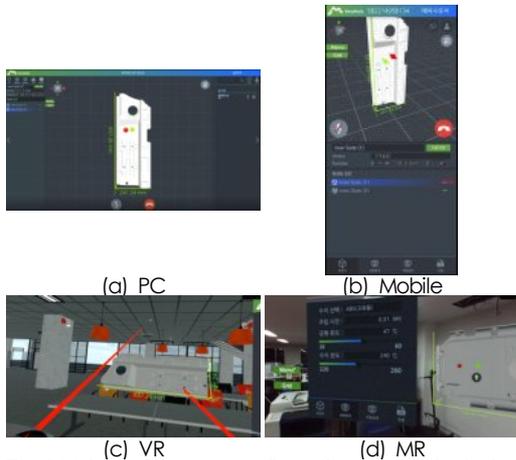


Fig. 16 View of screen configuration on each device

### 3.4. 플랫폼을 통한 협업설계 활용

금형 협업설계 플랫폼의 활용성 검증을 위해 시편금형의 설계를 위한 협업에 플랫폼을 시범적으로 적용하여 설계 협업을 수행하였다.

먼저 금형설계자는 PC를 이용하여 회의를 개설한 후, 제품 디자이너와 금형 제작자를 회의에 초대하였다. 이 때 제품 디자이너는 PC를 통해 회의에 참여하였고, 금형 제작자는 스마트폰을 이용하여 회의에 참여하였다. 참여자들의 회의 참여가 확인된 후 회의를 개설한 호스트는 협업을 위한 제품 모델을 가상공간에 로딩하여 공유하고 음성 채팅을 통해 제품 모델과 협의가 필요한 내용에 대한 설명을 통해 회의를 시작하였다. 이때 대상이 되는 CAD 모델은 회의전 플랫폼에 등록하여 가상공간에서 모델을 공유할 수 있도록 사전준비를 진행하여야 한다. 금형설계에서 제품의 품질과 생산성에 가장 큰 영향을 미치는 수지 주입구에 대한 논의를 위해 가상의 주입구를 지정하고 지정된 주입구를 통한 수지 주입양상을 실시간으로 모사할 수 있는 쾌속 사출성형 모듈을 통한 주입구 설계회의를 진행하였다. 이때 모든 참가자는 주입구 위치를 제안하고 제안된 주입구에 대한 주입공정의 실시간 시뮬레이션이 가능하며, 소요되는 시간이 수 초 이내로 충분히 빠르고 결과의 공유가 동시에 이루어지기 때문에 주입구 설계에 매우 유용한 모듈임을 확인할 수 있었다. 이렇게 회의를 통해 주입구가 확정되면 전체 금형설계를 위해 금형내에 위치시킬 제품의 수를 결정하면 지정된 제품의 수에 맞게 금형 캐비티를 설

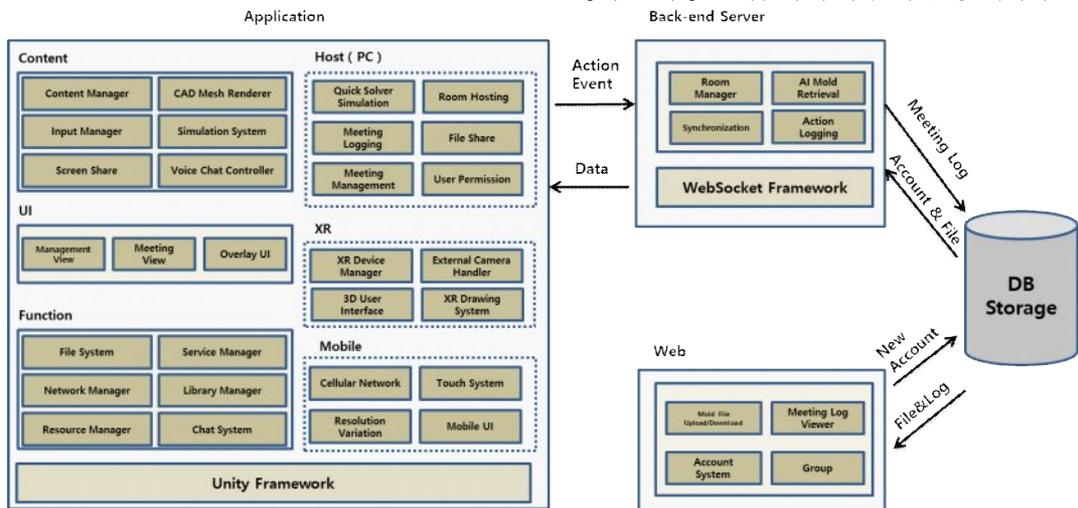


Fig. 17 The overview of overall system architecture of the mold design collaboration platform

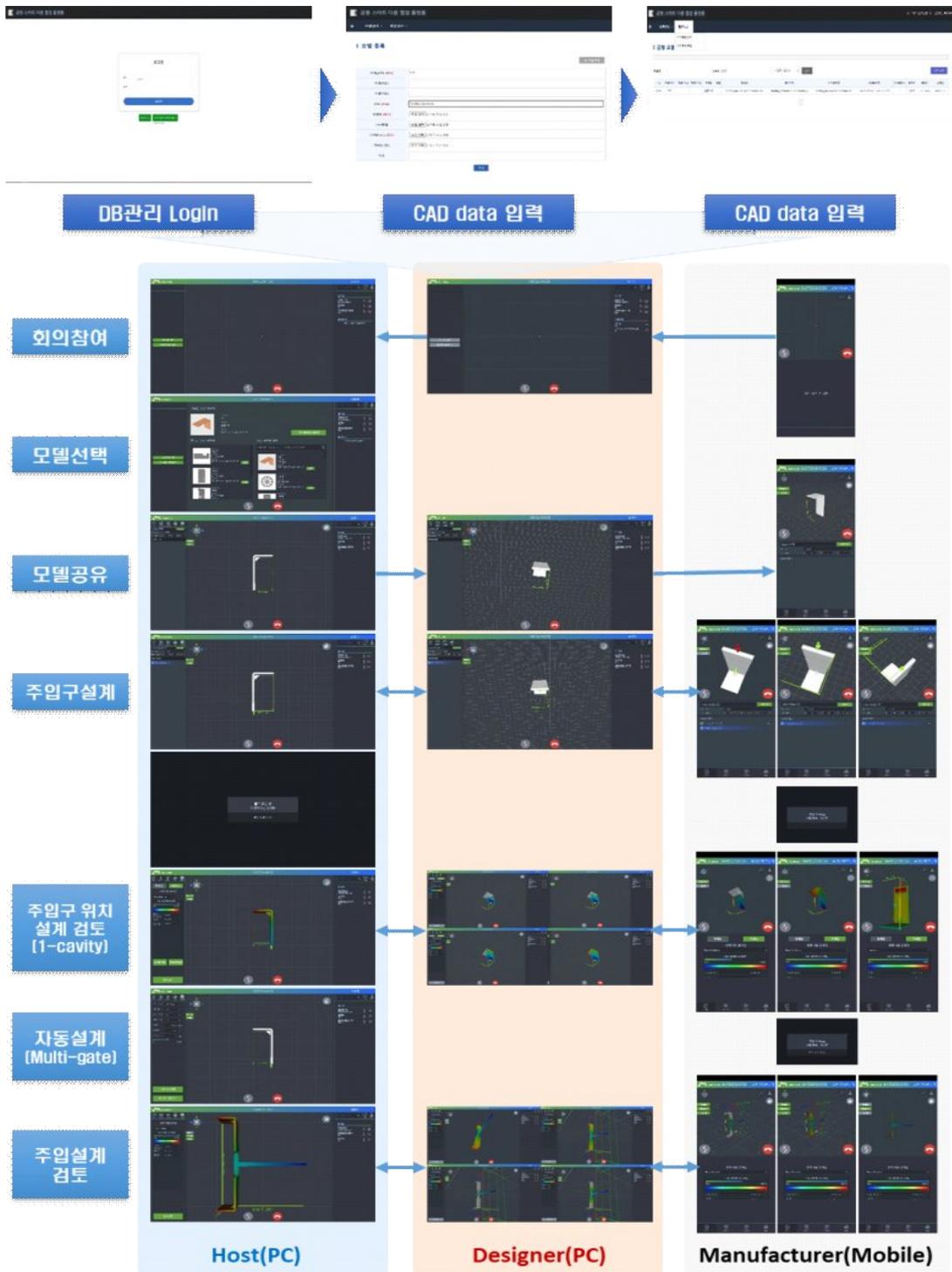


Fig. 18 Demonstration of collaborative mold design using the multi-VR platform

계하고 지정된 주입구에 맞추어 자동으로 스프루와 런너를 자동 설계하여 전체 금형 시스템 설계를 완료한다. 본 활용○에서는 2개의 캐비티를 최종 적용하여 최종 금형 모델을 확인하고 확정하였다. Fig. 18은 플랫폼을 이용하여 금형 협업설계 과정을 실증한 결과를 나타낸 것이다.

#### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 수요기업, 금형기업 등 다수의 원격지와 가상의 공간에서 금형설계 데이터를 실감형 가상 3D 오브젝트를 실시간 공유하고 다양한 도구를 통해 협업할 수 있는 확장현실 플랫폼을 개발하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 복잡한 3D CAD 모델을 플랫폼에서 실감형으로 구동될 수 있는 실시간 렌더링 엔진에 적합한 모델로 자동으로 변환하는 자동변환 모듈을 개발하여 대용량의 금형 3D CAD 모델을 가상환경에 적합한 저용량의 Unity 모델로 변경하는 기능을 개발하였다.

2) 두께 기반의 실시간 사출성형해석 모듈을 개발하여 기존 수치해석기법 대비 500~3,000배 이상 빠르고, 상대오차 14%이하의 유용성을 확인하였다.

3) 대표적으로 활용되는 디바이스 및 OS로 PC·모바일·VR·MR 4종을 선택하여 동시에 참여와 동기화가 가능한 협업 솔루션을 개발하고 80fps(frame per seconds)의 서비스 성능을 검증하였다.

4) 환경에 적합하고 별도 학습없이 활용할 수 있는 저작물 UI와 직관적이고 사용자 친화적인 UX 디자인을 구성하고 실증을 통해 유효성을 확인하였다.

위의 결과들을 토대로 볼 때, 본 연구에서 개발한 확장현실 기반 협업 플랫폼은 금형설계 시 협업 효율을 높여 제작기간을 단축할 것으로 기대된다.

#### 후기

본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(‘20021998’)

#### 참고문헌

1) Lee, J.H., Kim, J.S., “A study on the construction of the quality prediction model by artificial neural

intelligence through integrated learning of CAE-based data and experimental data in the injection molding process”, Design & Manufacturing, vol. 15, No.4, pp.24-31, 2021.

2) Kim, B.S., Han, S.Y., “Prediction of Weight of Spiral Molding Using Injection Molding Analysis and Machine Learning”, Design & Manufacturing, vol. 17, No.1, pp.27-32, 2023.

3) Jeon, Y.J., Shin, K.H., Heo, Y.M. “A Study on the Bend Deformation Cause Analysis of CAE Applied Wire to Board Connectors”, J. Korea Society of Die & Mold Engineering, Vol.10 No.1, pp. 19-25, 2016.

4) Lee, D.W., Kim, J.S., Lee, H.H., Lee, S.H. “A study on CAE and injection molding of automotive thick-walled light guide with micro-optical patterns”, Design & Manufacturing, Vol.17 No.03, pp. 8-14, 2023.

5) Choi, S., Jung K. and Noh, S. Do, “Virtual reality applications in manufacturing industries : Past research , present findings , and future directions,” Concurr. Eng. Res. Appl., vol. 23, no. 1, pp. 40 - 63, 2015.

6) Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. and Kishino, F., “Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum,” in Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, vol. 2351, pp. 28222, 1994.

7) Reinhart, G. and Patron, C., “Integrating Augmented Reality in the Assembly Domain Fundamentals, Benefits and Applications,” CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol. 52, no. 1. pp. 5 - 8, 2003.

8) Aurich, J.C., Ostermayer, D. and Wagenknecht, C.H., “Improvement of manufacturing processes with virtual reality based CIP workshops,” Int. J. Prod. Res., vol. 47, no. 19, pp. 5297 - 5309, 2009.

9) Nee, A.Y.C., Ong, S.K., Chryssolouris, G. and Mourtzis, D., “Augmented reality applications in design and manufacturing,” CIRP Ann. Manuf. Technol., vol. 61, no. 2, pp. 657 - 679, 2012.

10) Shin, J., Sung, M. and Lee, M., “Development of monitoring solution for riverside ground water facilities using an augmented reality”, Journal of the Geological Society of Korea. vol. 52, no. 4, pp. 501-510, 2016.

11) Phoon, S.Y., Yap, H.J., Taha, Z. and Pai, Y.S., “Interactive solution approach for loop layout problem using virtual reality technology,” Int. J.

- Adv. Manuf. Technol., vol. 89, pp. 2375 - 2385, 2017.
- 12) Sutherland, I.E., "A head-mounted three dimensional display," in Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I, pp. 757 - 764, 1968.
  - 13) Azuma, R., "A survey of augmented reality," Presence Teleoperators Virtual Environ., vol. 6, no. 4, pp. 355 - 385, 1997.
  - 14) Milgram, P. and Kishino, F., "Taxonomy of mixed reality visual displays", IEICE Trans. Inf. Syst., vol. E77-D, no.12, pp.1321 - 1329, 1994.
  - 15) Hanocka, R., Hertz, A., Fish, N., Giryas, R., Fleishman, S., Cohen, O. D., "MeshCNN: A Network with an Edge", ACM Trans. Graph., Vol. 1, No. 1, pp. 1-12, 2019.
  - 16) Inui, M., Onishi, S. and Umezu, N., "Visualization of potential sink marks using thickness analysis of finely tessellated solid model", Journal of Computational Design and Engineering, 5, pp. 409-418, 2018.
  - 17) Lu, S.Y., Shpitalni, M. and Gadh, R., "Virtual and Augmented Reality Technologies for Product Realization," CIRP Ann. Manuf. Technol., vol. 48, no. 2, pp. 471 - 495, 1999.

## 저자 소개

### 김용대 (Yong-Dae Kim) [정회원]



< 관심분야 >  
사출성형 및 금형, 분말사출성형, 열유동해석(CFD)

- 2007년 2월 : 한양대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2007년 7월~2011년 7월 : 한국섬유기계연구원 선임연구원
- 2011년 8월~현재 : 한국생산기술연구원 지능형뿌리기술연구소 수석연구원

### 정영균 (Young Gyun Jung)



< 관심분야 >  
디지털트윈, XR, 생성형AI, 디지로그

- 1988년 3월 : 부경대학교 산업디자인과(학사)
- 2003년 3월 ~ 2010년 4월: ㈜엔씨소프트, 부장
- 2010년 4월 ~ 현재: ㈜셀빅 개발팀, 상무이사

### 표병기 (Byung-Gi Pyo)



< 관심분야 >  
플라스틱 금형/성형, 사출성형해석, 모델러

- 2014년 2월 : 아주대학교 기계공학과 (공학박사 수료)
- 1899년 1월 ~ 1999. 12월 : 삼성전자 기술연구소, 선임연구원
- 2000년 1월 ~ 현재 : ㈜브이엠테크 기술연구소, 연구소장

### 이정원 (Jeong-Won Lee) [정회원]



< 관심분야 >  
플라스틱 금형/성형, LSR 금형/성형, 의료기기 개발, CAD/CAE

- 2015년 2월 : 인천대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2015년 7월~2018년 6월 : ㈜미로 기술연구소, 연구소장 (기업과건)
- 2007년 12월~현재 : 한국생산기술연구원 / 뿌리기술연구소 금형성형 연구부문, 수석연구원

### 이성희 (Sung-Hee Lee) [정회원]



< 관심분야 >  
고분자성형 및 금형, 금속가열, 복합재료, 전산모사/최적화

- 1998년 8월 : 홍익대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2002년 7월~2006년 12월 : 한국생산기술연구원 선임연구원
- 2010년 12월~2014년 1월 : 한국생산기술연구원 부천금형센터 센터장
- 2014년 1월~2015년 3월 : 한국생산기술연구원 한국금형센터 그룹장
- 2007년 1월~현재 : 한국생산기술연구원 금형기술그룹, 수석연구원