

**논문 1: 메타버스 공교육 교실 구조 설계 및 3D 객체를 활용한 교수 학습 지원 방법**

*(Design of Classroom Structures on the Metaverse for Public Education and Methods to Support Teaching and Learning Using 3D Objects)*

구분	내용 (한국어 번역 및 요약)	출처
저자	Youngwoong Kim, Min Jeong Lim, Gyoung Mo Kim	
소속	건국대학교 메타버스 융합대학원 (Graduate School of Metaverse Convergence, Konkuk University)	
초록	본 논문은 <b>공교육 기관에서 K-12 교육</b> 을 진행할 때 가상 플랫폼(메타버스)에서 다양한 교수 학습 방법을 지원하기 위한 <b>구조적 설계</b> 를 제안합니다. 또한, 플랫폼 외부에서 생성된 <b>3D 객체를 활용하는 방법</b> 을 제시합니다. 제안된 구조는 단일 가상 공간 내에서 <b>강의 기반, 토론 기반, 블렌디드 학습</b> 방법을 동시에 지원할 수 있는 교실 디자인을 제공합니다. 또한, 오프라인 대면 수업에서 통합하기 어려웠던 <b>3차원 강의 자료</b> 를 활용할 수 있도록 교실에 연결된 별도의 공간을 제공합니다. 이러한 자료들은 유니티 엔진 기반 편집기를 사용하여 생성되며 플랫폼에 업데이트되어, 기존의 2D 기반 학습 자원을 <b>다중 관점 활용이 가능한 3D 콘텐츠</b> 로 변환합니다. 이 구조 개발을 위해 교실 내에 1 개의 발표 공간과 n/n 그룹 토론 공간이 설계되었으며, 디지털 자료의 화면 공유 및 다자간 영상 연결을 위한 외부 API 통합이 포함됩니다.	
키워드	메타버스 교실 구조, 3D 객체 활용, K-12	

**논문 2: ME 장비 운영 훈련을 위한 작업 환경 구축 사례 연구**

*(A Case Study on the Establishment of Work Environment for ME Equipment Operation Training)*

구분	내용 (한국어 번역 및 요약)	출처
저자	Cheon Whan Kim, Min Ji Song, Gyoung Mo Kim	

소속

건국대학교 메타버스 융합학과 (Department of Metabus Convergence, Konkuk University)

본 연구는 Material Extrusion (ME) **3D 프린팅 장비 운영을 위한 안전하고 지속 가능한 작업 환경 구축**을 목표로 합니다. 이를 위해 미국, 독일, 영국 등 선진국의 작업 환경 관리 사례를 검토하고 이를 국내 현황과 비교하여 훈련 프로그램에 통합될 **개선 사항을** 제안합니다. 선진국의 3D 프린팅 작업 환경 구축 접근 방식, 안전 관리 표준 및 작업자 건강 보호 조치를 기반으로, 국내 교육 환경에서 ME 장비 운영 훈련 프로그램의 **안전성과 지속 가능성을 향상시키기 위한 실질적인 전략**을 제시합니다. 본 연구는 향후 국내 교육 환경에서 ME 장비의 안전하고 효율적인 운영에 기여할 수 있는 교육 프로그램 설계를 위한 기초 데이터를 제공합니다.

초록

키워드 AM, ME, 3D 프린팅, 3D 프린터, 장비 운영, 작업 환경

논문 3: 3D 프린팅을 활용한 시제품 제작 교육 프로그램 개발 사례 연구: 창업 및 고용 관련 성과를 중심으로

*(The Case Study on the Development of an Educational Program for Prototype Production Using 3D Printing: Focusing on Outcomes Related to Startups and Employment)*

구분	내용 (한국어 번역 및 요약)	출처
저자	Bong Won Han, Min Jeong Lim, Gyoung Mo Kim	
소속	건국대학교 메타버스 융합대학원 (Graduate School of Metaverse Convergence, Konkuk University)	
초록	<p>본 연구는 <b>3D 프린팅 기술을 통한 제품 개발 및 상용화를 위한 시제품 제작 교육 프로그램의 개발 및 실행</b>을 탐구합니다. 전통적인 시제품 제작 방식(금형 제작 등)은 비용과 시간이 많이 들어 창업가와 스타트업에게 부담이 되었는데, 이 프로그램은 이러한 문제를 해결하기 위해 3D 프린팅을 간소화되고 접근 가능한 커리큘럼에 통합하는 것을 목표로 합니다. 한국콘텐츠진흥원과의 협력을 통해 진행된 이 프로그램은 두 단계로 구성되었으며, 예비</p>	

창업가 및 구직자를 포함한 참가자들은 3D 모델링, **대형 3D 프린팅, 후처리 기술**에 대해 훈련받았습니다. 참가자들은 **1 미터가 넘는 시제품**을 제작하는 실습 프로젝트를 통해 개념 설계부터 제품 전시까지 전체 개발 과정을 경험했습니다. 이 프로그램은 참가자의 디자인 사고, 문제 해결 및 기술적 능력 적용 능력을 향상시키는 데 효과적임을 입증했습니다. 더 나아가, 이는 참가자들이 **사업 벤처 및 고용 기회를 발전**시키는 데 지원하며, 산업의 혁신과 지속 가능한 발전이라는 광범위한 목표와 일치함을 보여줍니다. 이 프로그램의 성공은 향후 시제품 제작 및 3D 프린팅 교육 이니셔티브의 모델로서 잠재력을 강조합니다.

**키워드** 3D 프린트, 3D 프린팅 교육 프로그램

---

## 2. 전체 내용 요약

세 편의 논문은 모두 **기술 융합 환경(메타버스)에서의 교육 구조 설계** 또는 **3D 프린팅 기술 교육 및 관련 작업 환경 개선**이라는 주제를 다루고 있습니다.

### A. 메타버스 교실 구조 및 3D 객체 활용 (논문 1 요약)

**배경 및 필요성:** 코로나 19 이후 원격 학습은 보조 시스템에서 상시 운영 가능한 시스템으로 전환될 것으로 예측되었으며, 메타버스는 기존 온라인 교육 환경의 단점을 해소하는 방법으로 주목받고 있습니다. 메타버스에서의 아바타 존재와 움직임은 공간 인지 및 학습 현존감을 높여주며, 사회적 현존감 증가에 기여하여 집중력 저하 및 실시간 소통 제한 문제를 해결할 수 있습니다.

**제안된 교실 구조:** 이 연구는 전통적인 대면 수업 경험을 메타버스에 적용하여 효과적인 학습 공간을 구현하는 교실 디자인을 제안합니다.

- 다양한 학습 포맷 지원:** 강의 기반, 토론 기반, 예시 기반 학습 등 다양한 기본 강의 형식을 단일 공간에서 지원하기 위해 기능을 분산하여 설계했습니다.
- 연단 및 화면 공유:** 강의 기반 학습의 몰입도를 높이기 위해 연단은 오픈된 공간과 연결되도록 설계되었으며, 후면에는 토론 영역이

배치되었습니다. 연단 뒤에는 대형 화면이 설치되어 대면 수업의 칠판 및 스크린 역할을 대체하며 발표자의 화면을 공유할 수 있습니다.

3. **브로드캐스팅 및 권한 제어:** 연단은 발표자가 참여자들의 마이크 기능을 제어할 수 있는 권한을 제공하여, 참가자들이 발표자의 강의에 자율적으로 집중하기 어려운 메타버스 환경의 문제를 효과적으로 해결합니다. 이는 아바타 중심의 근접 소통과 분리된 확장된 일방향 소통 기능인 '브로드캐스팅'을 통해 구현됩니다.
4. **팀 토론 공간:** 효과적인 팀 토론을 위해 소그룹을 물리적/시각적으로 연결하는 소규모 공간인 "**팀 테이블**"이 설계되었습니다. 팀 테이블에 할당된 사용자는 고유한 "nth" 채널에서 소통하며, 다른 교실 사용자와 분리되지만 시각적 고립을 피하기 위해 물리적 벽 없이 개방된 상태를 유지합니다. 브로드캐스팅 시작 시 모든 "nth" 채널은 종료되고 사용자는 연단에 연결된 기본 채널로 복귀합니다.

**3D 에셋 연동 방법:** 외부에서 RT3D 엔진(본 연구에서는 Unity)으로 제작된 3D 에셋을 메타버스에 통합하는 방법이 제안되었습니다. 사용자가 생성한 에셋을 메타버스와 직접 연결하는 업데이트 기능이 설계되었습니다. 업로드된 에셋은 수업 활동에 방해되지 않도록 교실과 연결된 별도의 공간인 "**갤러리**"에 업데이트됩니다. 갤러리는 수평/수직 경계가 없는 **무한 확장 공간**으로 설계되었습니다. 교실 생성/삭제 권한을 가진 사용자("교사")는 갤러리에서 선택한 에셋을 강의 자료로 사용하기 위해 교실 공간으로 복사할 수 있으며, 이 과정에서 3D 에셋의 크기 조정 기능이 필요합니다.

## **B. ME 장비 운영 훈련을 위한 작업 환경 개선 (논문 2 요약)**

**3D 프린팅 교육 환경의 문제점:** Material Extrusion (ME) 방식의 3D 프린터는 실습 교육에 주로 사용되지만, 고온 노즐 및 가열된 재료를 사용하며, **초미세 입자 및 휘발성 유기 화합물(VOCs)**을 발생시켜 작업자가 유해 물질에 노출될 위험을 증가시킵니다. 한국의 3D 프린팅 안전 교육 수요 조사 결과, **작업 환경 및 작업자 보호 조치**에 대한 교육이 가장 중요하게 요구되는 영역이었습니다 (80.9%). 국내는 AM 기술 후발 주자로 2015년에 산업 진흥법을 제정하는 등 기반을 다지고 있지만, 기존 시설을 3D 프린팅 랩으로 개조/확장하는 경우 작업 환경 및 안전 관련 투자에 소극적인 경향이 있습니다.

## 선진국 사례 비교:

- **미국:** MIT Edgerton Center 의 K12 Makerspace 는 전담 시설 관리자를 두며, 도구를 위험 수준별로 4 단계로 분류하여 접근을 제한합니다. 개인 보호 장비(PPE)와 함께 **국소 배기 장치(LEV) 시스템** 설치가 의무화되어 있습니다.
- **독일:** Fab Lab Berlin 은 사전 교육 없이는 작업 도구 사용을 금지하며, 독일 산업 보건 및 안전법(ArbSchG)은 작업 장비 및 공정의 안전 사용 지침을 의무화하고 위험을 선제적으로 예방하도록 규정합니다.
- **영국:** University College London(UCL)과 Manchester Metropolitan University 는 폐기물 최소화 전략인 "**제로 웨이스트(Zero Waste)**" 이니셔티브를 통해 실패한 출력물과 필라멘트 잔여물을 체계적으로 수거 및 재활용합니다. University of Sheffield 는 **ISO 14001 환경 경영 시스템**을 채택하여 지속 가능한 운영을 추구합니다.

## 한국 교육 환경 개선 방안:

1. **작업 환경 관리 교육 강화:** 작업 환경 관리를 3D 프린팅 커리큘럼 내에서 필수 과목 또는 독립적인 과정으로 개발해야 합니다. 현재 3D 프린팅 직업 훈련 기관의 교육 과정 중 다수는 작업 환경 및 안전 교육을 포함하지 않거나, 이론 교육 또는 온라인 교육에 한정하고 있어 실질적인 위험 관리 훈련이 필요합니다.
2. **시설 및 장비 최적화:** 작업 공간을 3D 프린터실 외에 **후처리실, 재료 보관 시설** 등의 구역으로 재편성해야 합니다. 공간 제약이 있는 경우 모듈형 부스 스타일의 후처리실을 설치하고, 온습도 조절 기능이 있는 모듈형 보관 캐비닛을 도입하는 소규모 투자가 가능합니다. 필라멘트 재활용 장비 포함은 재료 낭비와 환경 오염을 줄일 수 있습니다.
3. **예산 지원 및 정책 개선:** 많은 교육 기관이 환기 인프라(배기 시스템)가 부족한 환경에서 훈련을 진행하고 있습니다. 학습자 안전 및 제품 품질 향상을 위해 고용노동부, 과학기술정보통신부, 환경부의 협력 하에 **작업 환경 개선을 위한 특별 예산 배정** 및 ISO/ASTM 등 국제 표준을 준수하는 기관에 대한 보조금 지급이 필요합니다.

## C. 대형 시제품 제작 교육 프로그램 개발 사례 연구 (논문 3 요약)

**교육의 필요성 및 목표:** 전통적인 시제품 제작 방식(금형 제작)은 높은 비용과 긴 시간이 소요되어 스타트업 초기 단계에 큰 부담입니다. 3D 프린팅 기술은 디지털 파일에서 직접 시제품을 제작할 수 있어 비용과 시간을 절약하고 디자인 수정이 용이하여 예비 창업가에게 유용한 도구입니다. 기존 교육 과정이 **작은 규모의 출력물**에만 집중하는 한계를 극복하기 위해, 본 연구는 **대형 출력물의 시제품 제작** 및 상용화(전시)에 초점을 맞추어 실무적인 제품 개발 역량을 배양하고자 했습니다. 또한, 대형 제작은 인쇄 과정 중 더 많은 위기 상황을 수반하므로, 학습자들이 **복잡한 문제 해결 능력**을 충분히 습득하도록 돕습니다.

**프로그램 운영 및 내용:** 한국콘텐츠진흥원과 협력하여 예비 창업가와 구직자 등 일반 대중을 대상으로 무료 교육 프로그램이 총 2 회 실시되었습니다 (각 5 일 과정).

1. **커리큘럼:** 아이디어 구상 및 주제 선정, 3D 모델링 및 분할, 3D 프린팅 출력, 후처리 및 조립, 최종 평가 및 전시의 5 단계로 진행되었습니다.
2. **프로젝트:** 1 차 교육에서는 3D 요소가 적은 예술적 테마('제프 쿤스의 풍선 강아지')를 선정하여 약 1 미터 크기로 제작했습니다. 2 차 교육에서는 참가자들이 사회적 이슈를 반영하여 1,500mm 길이의 우주 왕복선 모델을 직접 부품(60 개 이상)으로 나누어 모델링하고 조립했습니다.
3. **기술 및 장비:** 교육에는 Material Extrusion (ME) 방식이 사용되었으며, 초보자에게 적합하고 내구성이 좋은 MAKERBOT 장비 7 대와 정밀 출력에 적합한 CUBICON 장비 1 대가 사용되었습니다. 대형 출력물의 경우 온도 민감성 및 기계 마모로 인한 수축과 균열 등의 문제 발생 가능성이 높았습니다.
4. **성과:** 참가자들은 시제품 제작 능력 및 새로운 제품 아이디어 발굴에 만족도를 표했습니다. 이 프로그램은 참가자들의 창업 및 고용 성과에 긍정적인 영향을 미쳤음을 입증하며, 졸업생 중 일부는 남성/여성 마네킹 시제품을 제작한 후 양산 및 판매를 진행하는 등의 창업 성과를 보였습니다.

**결론 및 제언:** 대형 시제품 제작 교육 프로그램은 참가자들의 디자인 사고 및 문제 해결 능력을 향상시키고, 기술 숙련도와 실제 비즈니스 적용 사이의 간극을 메우는 데 성공했습니다. 향후에는 교육 시간 확대, 전문 인력 배치, 첨단 장비

도입, 시설 접근성 확대를 통해 학습 과정을 최적화해야 하며, 장기적인 연구 및 커리큘럼 확장을 통해 교육 시설이 기술 훈련뿐만 아니라 **멘토링 및 창업 지원 허브**로 기능할 수 있도록 지원해야 합니다.