

가상현실 기반의 정비 훈련 콘텐츠 개발 및 사용자 경험 평가: 철도차량 구동장치를 중심으로

권 휘 진¹ · 강 정 형² · 김 철 수^{3*}

¹한국교통대학교 철도융합시스템학과 박사과정 ²한국교통대학교 스마트철도시스템학과 박사과정

^{3*}한국교통대학교 철도공학부 교수

Development of Virtual Reality-based Maintenance Training Content and Evaluation of User Experience: Focusing on Railway Vehicle Driving Gear Unit

Hwi-Jin Kwon¹ · Jeong-Hyung Kang² · Chul-Su Kim^{3*}

¹Master's Course, Department of Railroad Convergence System Engineering, Korea National University of Transportation, Uiwang 16106, Korea

²Master's Course, Department of SMART Railroad System, Korea National University of Transportation, Uiwang 16106, Korea

^{3*}Professor, School of Railroad Engineering, Korea National University of Transportation, Uiwang 16106, Korea

[요 약]

철도차량 구동장치의 정비 과정은 분해, 세척, 윤활, 조립 및 검사 등을 진행하는 복잡한 절차로 이루어져 정비원들이 훈련을 수행하기에 어렵다. 기존의 정비 훈련은 OJT 기반의 현장 훈련으로 수행되어 왔다. 하지만 작업 정보를 구두로 정비원들에게 전달하기 때문에 기존 정비 매뉴얼과 연계하여 학습하기 어려웠다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 가상현실 기술을 이용하여 훈련 기법을 개선하였다. 정비원은 모바일 기기를 활용하여 현장 작업장에서 효율적으로 작업 정보에 접근하여 정비 지원을 받을 수 있다. 또한 기존 매뉴얼의 정비 절차 외에도 상/하부 구조, 작업 노하우 등의 유용한 정보를 제공한다. 개발된 콘텐츠에 대한 사용자 경험을 평가하기 위해 40명으로 구성된 참가자들을 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 그 결과, 전체 평균은 4.12로 매우 높아 훈련 매체로서의 유용성이 매우 높은 것으로 나타났다.

[Abstract]

The maintenance process of a driving gear unit consists of complex procedures such as disassembly, cleaning, lubrication, assembly, and inspection, which make it difficult for maintenance staff to receive training. Existing maintenance training has been conducted using the field training method based on on-the-job training. However, this training method was challenging to implement due to the lack of connection with existing maintenance manuals, as work information was primarily delivered orally to the staff. In this study, the training method was improved using virtual reality techniques to solve these problems. Maintenance staff can efficiently access work information and receive support at the work site using mobile devices. Additionally, the method provides useful information such as upper/lower hierarchy, work know-how, and maintenance processes in the existing manual. A survey was conducted targeting 40 participants to evaluate the user experience of the training content. The results showed a very high overall mean of 4.12, indicating that the training method was highly useful.

색인어 : 구동장치, 모바일 기반 교육, 철도차량 정비, 가상현실

Keyword : Driving Gear Unit, Mobile Based Training, Railway Vehicle Maintenance, Virtual Reality

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.7.1609>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 21 June 2023; Revised 06 July 2023

Accepted 10 July 2023

*Corresponding Author; Chul-Su Kim

Tel: +82-31-460-0552

E-mail: chalskim@ut.ac.kr

I. 서론

철도차량 유지보수는 성능 저하 또는 노화로 인하여 운용하기 어려운 경우에 검사, 수리 및 교체 등을 통하여 원래의 상태로 복원하는 일련의 작업이다. 또한 철도차량 유지보수는 높은 적응력과 전문성이 있어야 하는 작업환경에서 수행되며, 이의 유지보수 비용은 자동차와 달리 총 수명주기 비용(life cycle cost)의 70%로서 대부분을 차지한다[1]. 따라서 철도 운영 기관은 차량 유지보수 비용을 최소화하면서 높은 신뢰도 중심의 정비를 위하여 차량 정비원들의 인적오류를 최소화하는 전문 유지보수교육에 고민 중이다. 철도차량 분야의 유지보수 교육은 on the job training(OJT) 기반의 현장 훈련으로 수행됐다. 그러나 이러한 훈련 방식은 작업 정보를 구두로 정비원들에게 전달하기 때문에 기존의 정비 지침서/절차서와 연계하여 학습하기 어렵다. 또한 시간, 공간 및 인력 운영 등의 측면에서 많은 제약이 있다. 이러한 기존 교육의 단점을 극복하고 효율적으로 정비 절차를 훈련시키기 위해서는, 정비원들에게 몰입감과 입체감을 제공할 수 있는 디지털 기반의 교육 훈련 콘텐츠 개발이 필요하다.

많은 산업 현장은 4차 산업혁명 시대에 맞춰 스마트 팩토리(smart factory)로 전환 중이다. 이러한 디지털 전환에 따라 제조업, 정비 등의 분야에서는 작업 효율성과 생산성을 높이고 있다. 4차 산업혁명 시대의 주요 기술로는 빅데이터, 인공지능, 증강 및 가상 현실 등이 있다. 이중 가상현실 콘텐츠(virtual reality content)는 실제와 유사한 가상의 공간을 구현하고 이를 체험하게 하는 기술로 시간/공간의 제약 없이 유용한 정보를 보여줄 수 있다.

가상현실 기술은 다양한 산업 분야에서 활용되어 왔다[2]-[4]. 장상엽 등은 해상구조물의 가상 모델을 구축하고 각 설비들의 데이터를 연계하여 해상 플랫폼의 디지털 트윈을 구성하였다[2]. 신정민 등은 가상현실 기술을 적용하여 케이블, 배관, 배선 시공 등을 실습할 수 있는 가상훈련 시스템을 구축하였다[3]. 유지원 등은 전력 분야 지능형 원격점검 인프라 유지보수 훈련을 위해 가상현실 기반 콘텐츠를 개발하였다. 또한 제작한 콘텐츠에 대한 사용자 경험 평가를 진행하고 결과 분석을 통해 개선점을 제시하였다[4]. 그러나 철도 분야에서 가상현실 기술을 적용한 사례는 차량 운전시뮬레이터에 국한되었다[5],[6].

본 논문에서는 견인전동기의 회전력을 차축에 전달하고 차륜을 회전시키는 구동장치를 대상으로 유지보수 절차를 가상현실로 구현한 교육 훈련용 콘텐츠를 제작하고자 한다. 콘텐츠의 주요 특징은 다음과 같다.

첫째, 철도차량 유지보수의 특성을 고려하여 휴대하기 편하고 시야 확보가 용이한 모바일 증강현실 기반으로 설계하였다.

둘째, 기존 매뉴얼의 정비 절차 외에도 사양, 상/하부 구조, 실제 작업 사진 등의 유용한 부가적인 정보를 시각화하여 제공하였다.

또한 제작한 콘텐츠는 사용자들의 경험을 바탕으로 총 8문항 설문조사에 의해 자료를 수집하고 효과를 분석하였다.

II장에서는 정비 훈련 콘텐츠의 설계 과정과 구성을 상세히 설명하였다. III장에서는 제작된 콘텐츠에 대한 사용자 경험 평가 결과와 도출된 문제점을 제시하고, IV장에서 결론을 서술하였다.

II. 정비 훈련 콘텐츠 설계

2-1 구동장치 및 중정비

철도차량의 구동장치는 주행장치에 설치된 견인전동기의 고속 회전을 감속하여 구동기어로 전달한다. 전달된 회전력은 윤축을 구동시켜 차륜을 회전하게 한다. 구동장치는 그림 1과 같이 차축에 조립되고 대차 프레임에 고정된다. 철도차량 주행 안전성 확보를 위해서는, 차량 주행의 핵심 장치인 구동장치의 철저한 정비가 필수적이다[7].

국내 철도 운영 기관은 시행하는 주기와 범위에 따라 경정비와 중정비로 구분하여 철도차량 정비를 시행한다. 전동차 경정비는 매일 또는 1개월 등 짧은 기간 내에 열차 영업 운행 이전 또는 이후에 차량 필수 기능 점검과 육안검사를 의미한다. 이와 달리 중정비는 전동차의 주요 시스템과 부품을 차량으로부터 분리하여 운영 기관 규정에 준하여 누적 주행거리 또는 정비 주기 시간에 따라 3년 또는 4년마다 각종 구성품을 분해, 검사 및 조립한다. 또한 실제 궤도 위에서 시운전을 시행하여 검증한다. 예를 들어 구동장치의 중정비는 커플링, 행거, 케이스, 피니언 기어, 샤프트 기어 등을 분해, 조립 및 수리하는 절차이다. 정비원들은 각 조립체를 세부 분해하여 세척, 윤활, 조립, 검사를 진행한다. 이러한 중정비 내용을 학습하기 위해서는 정비 절차 외에도 구동장치의 사양, 규격, 장비 사용법 등의 정보가 필요하다. 본 연구에서는 복잡하고 어려운 구동장치 중정비 절차들을 대상으로 가상현실 콘텐츠를 제작하였다.

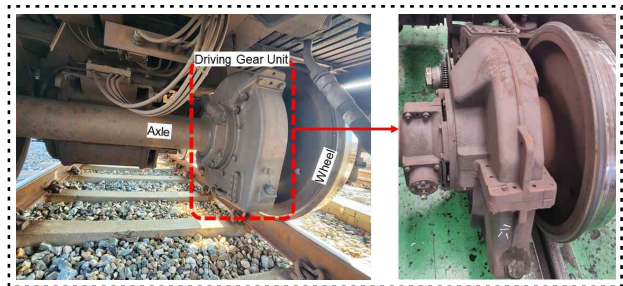


그림 1. 구동장치
Fig. 1. Driving gear unit

2-2 모델링

그림 2는 콘텐츠 제작을 위한 구동장치의 3차원 모델링 과정 일례이다. 형상 데이터는 정확한 모델 제작을 위해 철도차

량 정비 업무를 수행하는 산업현장을 방문하여 3D 스캐너로 수집하였다. CAD 모델은 수집된 형상 데이터를 바탕으로 Geomagic Design X를 이용하여 생성하였다[8]. 이러한 모델은 SAP Author를 이용하여 압축한 뒤 모바일 기기에서 활용할 수 있도록 Rh 형식으로 변환하였다[9]. 최종 모델 파일은 원본 파일 크기보다 91% 이상 압축된 저용량 파일로 다양한 모바일 기기에서 활용하기에 편리하다.

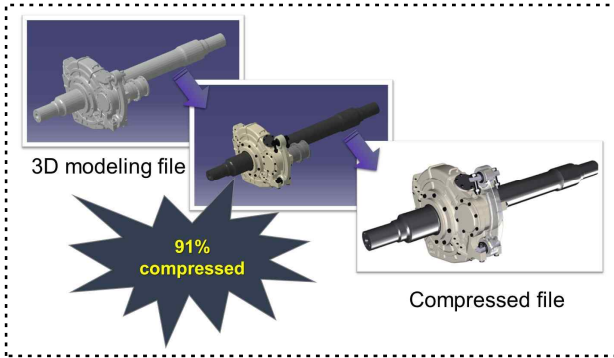


그림 2. 3D 모델링 과정
Fig. 2. 3D modeling process

2-3 스토리보드 및 학습 인터페이스

그림 3은 구동장치 정비 훈련을 위한 필요 정보를 마인드맵으로 정리한 것이다. 상위 계층은 일반 사항, 상세 구조, 정비 작업으로 구성되며, 이로부터 하위계층은 장치 정의부터 기어 행거 조립까지 총 11단계로 분류된다.

그림 4는 마인드맵을 바탕으로 제작한 콘텐츠의 스토리보드이다. 세부 내용으로는 학습 인터페이스 구성, 텍스트 표시 내용, 애니메이션 설정 및 모델 배치 등이 있다.

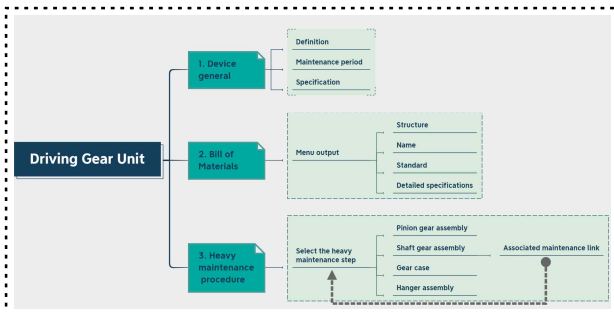


그림 3. 마인드맵
Fig. 3. Mind map

훈련 콘텐츠의 학습 인터페이스는 왼쪽에 학습 현황창 (learning status)과 오른쪽에 필요 사진과 추가 테이블을 배치하였다. 그림 5에서 왼쪽에는 현재 학습 중인 내용과 전/후 학습 내용을 동시에 쉽게 인지하도록 학습 현황창을 함께 시각화하였다. 또한 오른쪽 화면에는 애니메이션 외에 필요한 정보를 제공하기 위해 참고용 실물 사진을 첨부하고 부연 설명을 위한 텍스트를 표시하였다.

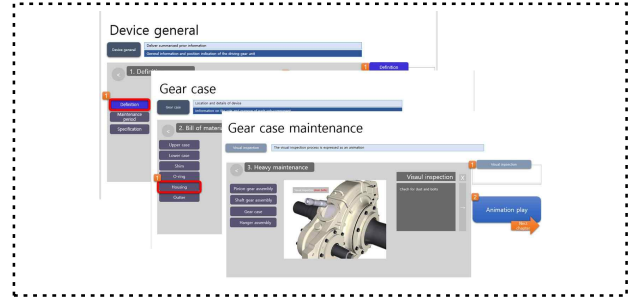


그림 4. 스토리보드
Fig. 4. Storyboard



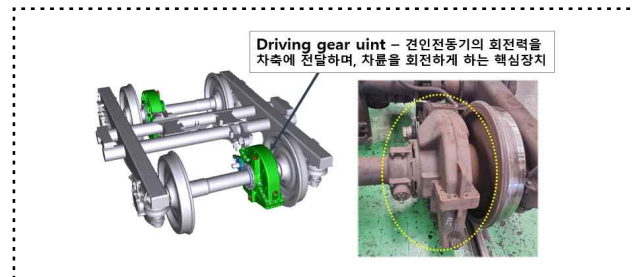
*Designed for domestic railway operating organizations
그림 5. VR 콘텐츠의 학습 인터페이스
Fig. 5. Learning interface of VR content

2-4 훈련 콘텐츠 구성

훈련 콘텐츠 내 표시되는 텍스트는 색깔별로 목적에 맞게 제작되었다. 정확성을 요구하는 수치는 노란색으로, 작업별로 주의사항과 강조할 내용은 빨간색으로 표현하였다.

1) 장치 일반 사항

일반 사항 파트는 그림 6과 같이 장치에 대한 전반적인 설명과 전동차 주행장치 내에서 해당 장치의 위치를 도시하였다. 또한 그림 7과 같이 장치 취급 전 인지해야 할 사항과 실제 파손 사례를 학습할 수 있도록 세부 스텝을 구성하였다. 검사 주기와 사양 파트는 항목별로 정리하여 테이블 형식으로 표시하였다.



*Designed for domestic railway operating organizations
그림 6. 장치 일반 사항
Fig. 6. Device general



*Designed for domestic railway operating organizations

그림 7. 주의사항과 실제 파손 사례

Fig. 7. Precautions and damage cases

2) 장치 상세 구조

상세 구조 파트는 4개 조립체의 세부 구성품을 학습할 수 있도록 제작하였다. 그림 8과 같은 기본 화면에서 각 부품명 의 스텝을 클릭하면 그림 9와 같이 구성품의 전체 전개도 내 위치와 세부 규격을 확인할 수 있다.

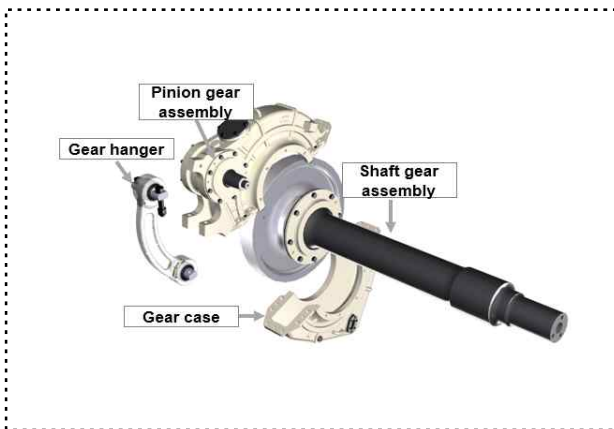
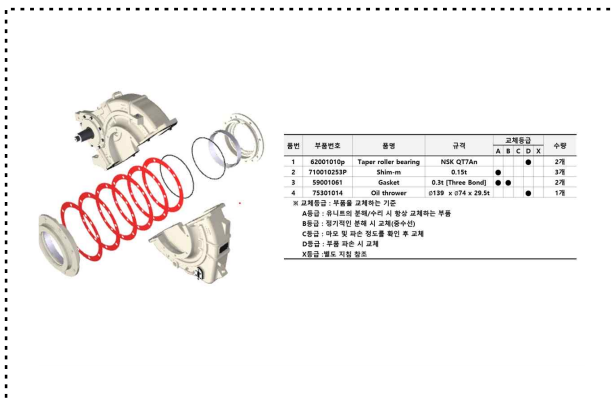


그림 8. 구동장치의 계층 구조

Fig. 8. Hierarchy of driving gear unit



*Designed for domestic railway operating organizations

그림 9. 구성품 세부 규격

Fig. 9. Component specifications

3) 정비 작업

정비 작업 파트는 필요 공구와 전체 부품의 분해/조립 절차로 구분된다. 공구 파트는 작업에 사용되는 공구 리스트를 보여주며, 각 공구의 규격과 사용법을 구현된 애니메이션으로 훈련하도록 하였다. 분해/조립 절차는 정비 매뉴얼에 제시된 작업 절차를 구현하였다. 사용자는 실제 작업 환경과 유사하게 구현된 가상현실에서 전체 주행장치 모델을 다룬다.

그림 10은 기존 매뉴얼에 없는 기어 박스의 육안 점검 과정을 나타낸 모습이다. 훈련 콘텐츠는 이러한 베테랑 정비원들의 경험과 고유 기술을 애니메이션으로 익힐 수 있도록 학습 시나리오를 설계하였다. 그림 11은 베어링 외륜 조립과정을 애니메이션으로 구현한 사례이다. 역시 끼워 맞춤 과정은 실재감을 높이기 위해 팽창 과정을 상세히 설명하고 작업장에서 활용한 유도가열기 사진을 첨부하였다. 또한 섬세하고 정밀한 작업 절차들은 그림 12와 같이 가시성을 높이기 위해 상세도(detail view) 기능으로 나타내었다. 이에 따라 사용자는 직접 터치하여 확대하지 않고도 다양한 시점에서 동시에 학습할 수 있다.



*Designed for domestic railway operating organizations

그림 10. 육안 검사 과정

Fig. 10. Visual inspection process



*Designed for domestic railway operating organizations

그림 11. 베어링 외륜 조립 과정

Fig. 11. Bearing outer ring assembly process



*Designed for domestic railway operating organizations

그림 12. 상세도 기능
Fig. 12. Detail view function

2-5 훈련 콘텐츠 활용

그림 13은 기어 커버 볼트 분해 과정을 스마트폰에 탑재하여 사용자가 훈련하는 모습이다. 그림과 같이 사용자는 직접 손가락으로 화면을 터치하여 모델의 위치와 크기를 변경하고 회전시키면서 콘텐츠와 상호 작용한다. 그림 14는 철사상 작업 과정을 태블릿에 탑재하여 사용자가 훈련하는 모습이다. 사용자는 왼쪽에 세분화된 정비 절차들을 직접 선택하여 정비 과정을 반복 학습한다. 또한 장치의 하위 부품을 클릭하여 각 부품의 명칭과 연계된 장치 계층 구조를 파악한다.

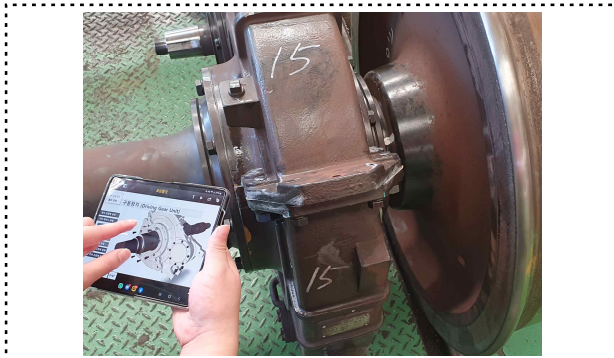


그림 13. 스마트폰에 탑재된 VR 콘텐츠
Fig. 13. VR content loaded on smart phone

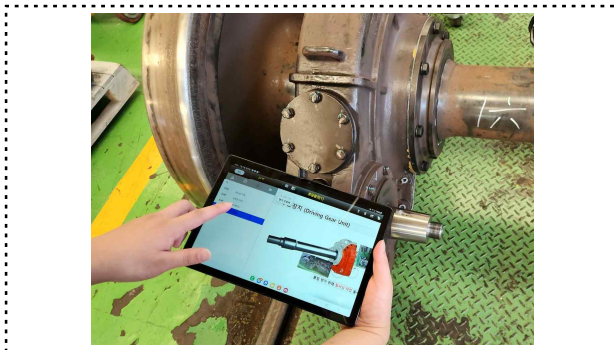


그림 14. 태블릿에 탑재된 VR 콘텐츠
Fig. 14. VR content loaded on tablet

2-6 훈련 콘텐츠 유용성

기존 가상현실 콘텐츠들은 대부분 별도의 HMD(head mounted display)가 필요했다[10]-[12]. 하지만 제조업이나 다른 유지보수 분야와는 달리, 철도차량 유지보수 작업은 중량물을 취급하는 작업이 대부분이다. 또한 작업자들은 차량 기지에 차량이 입고되면 레일 밑에서 주행장치의 하부 점검이나 차체 위에서 고소작업을 실시한다. 이러한 환경에서 작업자들이 HMD를 활용한다면 제한적인 시야 폭에 의해 현실 공간 물체와 충돌할 위험이 있다[13]. 또한 기존 유지보수 인력들이 고령화됨에 따라 가상현실 기술에 익숙하지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 철도차량 유지보수 분야에 가상현실 기술 도입을 위해 작업 중에도 콘텐츠를 활용할 수 있도록 모바일 화면에 가상현실을 구현하였다. 그리고 개인의 모바일 기기로 쉽게 학습 콘텐츠에 접근할 수 있는 모바일 기반 교육 환경을 제공하였다[14].

본 콘텐츠는 기존에 제작된 철도차량 중정비 가상현실 교육 콘텐츠의 개선 버전으로 차이점은 표 1과 같다[15]. 기존 버전에는 없던 학습 인터페이스를 구성하여 일관성을 부여하고 사양, 규격 등의 필요 정보를 별도의 테이블 형식으로 삽입하였다. 또한 기존에는 투명도 조절 기법을 사용하여 장치의 하위 계층만 나타냈지만 개선 버전에서는 하이라이트 기능, 전개도를 활용하여 상부, 하부 계층 구조를 모두 나타낸다. 호환성 측면에서는 무료로 제공되는 SAP 3D visual enterprise viewer 프로그램을 이용함에 따라 스마트폰, 태블릿 등 모든 기기에서 접근할 수 있다[16]. 이처럼 다양한 기능을 탑재한 개선 버전은 모바일 전용으로 사용되며 현장 작업자들에게 높은 접근성과 유용성을 제공한다.

표 1. VR 콘텐츠 비교 분석

Table 1. Comparative analysis of VR content

Item	Old version	Improved version
Learning interface	Unformed	Left : Learning status Right : Explanatory information
Required information	Present only as text	Present in form of a separate table
Hierarchy	Present only lower hierarchy	Present both upper, lower hierarchy
Interaction	Smartphone only	Supports all devices, including smartphone, tablet etc

III. 사용자 경험 평가 및 결과

본 연구는 사후 설문 도구에 의해 사용자 경험 평가를 진행하였다.

3-1 사후 설문 도구

설문 도구는 신정민 등이 훈련 콘텐츠에 대한 사용자 경험 조사를 하기 위해 개발한 도구를 참고하여 본 연구 주제에 맞

게 재구성하였다[17]. 설문 항목은 능동성, 실재감, 만족도, 사용성을 상위 항목으로 선정하고, 각 항목당 2개의 하위 문항을 두어 총 8개의 문항으로 구성하였다. 표 2에 설문 항목을 정리하여 나타내었다. 각 문항의 응답은 Likert 척도로 구성하여, 5점은 강한 긍정, 1점은 강한 부정을 나타낸다[18].

표 2. 설문 항목

Table 2. Questions for each factor

Factor	Question
Activity	While using VR content, I can actively learn by selecting each desired learning item
	It was possible to learn all items without missing parts by grasping the entire learning scenario and detailed items of VR content
Presence	While using VR content, I was able to experience the actual maintenance work
	While using VR content, I wanted to follow the work procedures using my body
Satisfaction	While using VR content, I was able to freely manipulate the 3D model, UI and screen transitions through touch gestures
	The entire structure of VR content was designed to be easy to learn, and the work procedures were implemented as animations for easy understanding
Usability	The movements of the model in VR were natural and seamless
	The graphics provided in VR content had a consistent, unified atmosphere overall

3-2 평가 조건

연구진은 개별 접촉을 통해 철도차량 유지보수 관련 종사자들 80명을 모집하였다. 최종 참가자는 교육의 유용성을 확인하기 위해 전동차 구동장치 중정비 업무를 경험하지 않았으며, 사전 평가에 대해 동의한 이들로 구성하였다. 또한 다양한 연령대의 경험을 평가하기 위해 20대부터 50대까지 세대별 10명씩 표본으로 추출하여 총 40명으로 제한하였다[19].

실험은 2022년 12월 12일부터 14일(3일)까지 진행하였다. 연구진은 평가 데이터를 익명 자료 형식으로 연구 목적으로만 사용할 것을 참가자들에게 알렸으며, 평가 이전에 사용자 경험 조사의 취지, 전반적인 콘텐츠의 구성과 사용법을 참가자들에게 설명하였다. 이들은 실습실에 준비된 태블릿으로 훈련 콘텐츠를 20분 동안 가상현실 콘텐츠를 학습하고 나서 사후 설문에 응답하였다. 더불어 학습 종료 후에 연구진들은 참가자들에게 문제점과 개선사항 등에 대해 질문하여 학습 후기를 받았다.

3-3 평가 결과

4개 항목의 사후 설문 조사 결과는 그림 15와 같다. 전체 평균은 4.12이며, 이중 실재감 항목의 점수가 4.38로 가장 높

았다. 학습 후기로부터 살펴보면, 이의 원인은 실제 중정비 관련 장비와 공구를 가상공간 속에 현실감 있게 구현하였고, 하위 부품들을 색깔별로 네이밍(naming) 하여 쉽게 이해하도록 제작되었기 때문이다. 이에 반하여 만족도 항목의 점수는 3.92로 4개 항목 중 가장 낮았다. 이의 원인은 참가자들이 터치 제스처에 대해 충분히 학습하지 못해 모델의 위치, 크기 및 회전을 동시에 제어하기 불편함을 겪었기 때문이다.

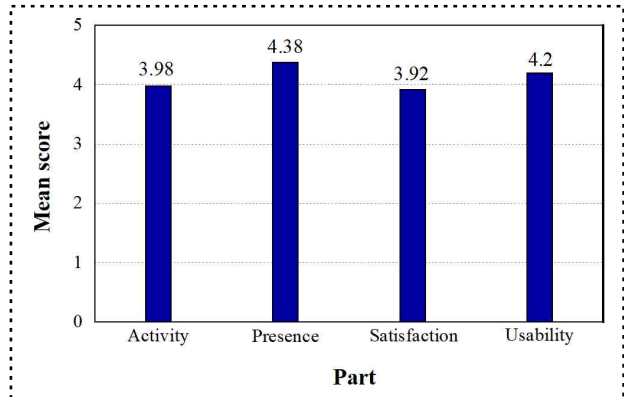


그림 15. 설문 조사 결과

Fig. 15. The graph of survey result

연구진은 학습 후기를 바탕으로 표 3과 같은 3가지 문제점을 도출하였다. 참가자들은 몇몇 애니메이션들의 구현 작동시간이 짧음으로 인하여 여러 번 반복 학습하도록 노력하였다. 또한, 이들은 3차원 모델을 회전시키면서 다양한 각도에서 구성품 내부 하위 부품을 학습하고자 시도하였지만, 도중에 애니메이션의 종료로 인하여 많은 불편함을 겪었다. 따라서 구동장치 중정비 경험이 없는 초보자들을 대상으로 반복 실험을 통해 애니메이션의 재생 시간과 속도를 조정할 필요가 있다. 또한, 본 콘텐츠는 철도 운영 기관의 정비 매뉴얼을 기반으로 제작된 것이므로 콘텐츠 내부 전문용어가 어려워 이해하기 힘들다고 제시하였다. 철도 전문용어는 철도 분야에서 국한되어 사용하므로 차후 훈련 콘텐츠는 이해하기 쉽도록 관련 용어들에 대해 설명문을 별도로 제공하는 팁을 제작해야 할 것으로 판단된다. 마지막 문제점은 3차원 모델과 상호작용이 불안정하여 오인식하는 경우가 발생하였다. 즉, 세밀한 손가락 움직임을 잘못 인식하여 모델이 반대 방향으로 회전하거나 손가락 터치를 인식하지 못해 버튼이 안 눌리는 경우 등이다. 이를 개선하기 위해 훈련 시작 전 충분히 터치 제스처를 학습할 수 있도록 콘텐츠 튜토리얼 제작하고, 터치 민감도를 높일 필요가 있다.

향후 연구에서는 기존 제작된 교육콘텐츠와 개선 버전과의 차이점을 정량화하여 비교 분석할 필요가 있다. 연구진은 사후 설문 도구 외에도 SUS 설문조사, 과제 수행에 의한 사용자 경험 평가 등을 진행하여 콘텐츠들의 유용성과 사용자들의 만족도를 객관적으로 비교 분석할 예정이다[20],[21].

표 3. 결과 분석에서 도출된 문제점

Table 3. Problems derived from the analysis of the results

Item	Problem
Animation	Quit during learning due to short playtime
Term	A lot of railway terminology that is difficult understand
Interaction	Touch gestures are often misrecognized

IV. 결 론

본 연구는 최근 관심이 높아지고 있는 가상현실 기반 콘텐츠 개발에서 학습자들의 사용자 경험을 평가하고 개선점을 도출하였다. 대상 콘텐츠는 철도차량 정비 분야에 활용하고자 구동장치 중정비 절차 훈련용으로 제작하였다. 연구진은 총 8개 항목으로 구성된 설문조사를 실시하고 개별로 학습 후기를 받아 사용자 경험을 평가하였다. 본 연구를 통한 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 가상현실 기법을 이용하여 전동차 구동장치를 대상으로 실제 작업장과 유사한 환경을 구현하고 입체적으로 정비 절차를 구현하였다.

둘째, 복잡하고 어려운 구동장치의 정비 과정을 효과적으로 학습할 수 있도록 장치 일반 사항, 장치 상세 구조, 정비 작업으로 파트를 나누어 콘텐츠를 제작하였다.

셋째, 콘텐츠의 효과를 분석하기 위해 철도차량 유지보수 관련 종사자들을 대상으로 사용자 경험 평가를 진행하였다. 그 결과, 4개 항목의 전체 평균은 4.12이며, 실재감 항목의 점수는 4.38로 가장 높게 나타났다.

넷째, 실험 참가자들을 대상으로 학습 후기를 받고 문제점을 파악하였다. 각각의 문제점을 분석한 결과 애니메이션 재생 시간 조정, 전문 용어별 설명문 제작, 콘텐츠 튜토리얼 제작이라는 개선사항을 도출하였다.

추후 위의 개선사항을 반영하여 콘텐츠를 보완하고 가상현실 분야 전문가들을 대상으로 사용자 경험 평가를 진행하여 제작된 콘텐츠를 개선할 예정이다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 철도연구개발사업의 연구비 지원(RS-2019-KA152194)을 받아 수행한 연구임.

참고문헌

[1] K. J. Park and J. D. Jung, “A Study for the Development of

the Reliability/Availability Management System of the Urban Transit Vehicles (I),” *The Journal of Korean Society for Railway*, Vol. 16, No. 3, pp. 163-168, June 2013. <https://doi.org/10.7782/JKSR.2013.16.3.163>

[2] S. Y. Jan, B. J. Kim, H. S. Yoon, Y. J. Seo, H. Y. Lee, J. H. Lee, and T. Y. Lee, “Implementation of Virtual Reality Model for Offshore Gas Field Platform and Evaluation of Gas Hydrate Formation for Subsea Production Pipeline using AI,” *The Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, Vol. 58, No. 2, pp. 150-160, April 2021. <https://doi.org/10.32390/ksmer.2021.58.2.150>

[3] J. M. Shin, S. H. Lee, S. Y. Kim, and G. C. Jeong, “Development and Evaluation of a Virtual Training Content for Plumbing and Wiring,” *The Journal of Digital Contents Society*, Vol. 23, No. 2, pp. 183-190, February 2022. <https://doi.org/10.9728/dcs.2022.23.2.183>

[4] M. H. Yoo, J. H. Kim, Y. H. Koo, and J. H. Song, “A Meta-Analysis on Effects of VR, AR, MR-Based Learning in Korea,” *The Journal of Educational Information and Media*, Vol. 24, No. 3, pp. 459-488, January 2018. <http://dx.doi.org/10.15833/KAFEIAM.24.3.459>

[5] E. Y. Seo and K. B. Lee, “A Study on the Possibility of Supplementing VR for FTS and PTS Simulators,” *The Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 39, No. 3, pp. 251-263, June 2021. <https://doi.org/10.7470/jkst.2021.39.3.251>

[6] G. U. Kang, J. S. Jung, J. Y. Kim, and M. B. Seo, “Preliminary Study on the Simulation for Urban Railway Facility Performance Assessment,” *The Journal of Korea Society for Railway*, Vol. 16, No. 3, pp. 163-168, June 2013. <https://doi.org/10.7782/JKSR.2013.16.3.163>

[7] S. K. Kim, J. M. Lee, C. S. Jeong, Y. W. Lee, and K. S. Oh, “A Study on Defect Diagnosis of Bearing by Vibration Characteristic Analysis for Driving Gear of AREX’s EMU,” *The Journal of Korean Society for Urban Railway*, Vol. 3, No. 2, pp. 347-352, June 2015.

[8] 3D Systems, Geomagic Design X, 2020.

[9] SAP, SAP 3D Visual Enterprise Author 9.0, 2019.

[10] B. S. Roh, W. J. Lee, J. W. Lee, J. H. Kim, D. H. Kim, and J. H. Choi, “A Study on the Development of Training Systems for Marine Engines Using Virtual Reality,” *The Journal of Korean Society of Marine Environment and Safety*, Vol. 25, No. 6, pp. 735-742, October 2019. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2019.25.6.735>

[11] E. C. Ha, K. T. Choi, and S. J. Yu, “VR Remote Education System using Real-Time Motion Capture,” *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 20, No.

1, pp. 171-180, January 2022. <https://doi.org/10.14801/jkii.t.2022.20.1.171>

- [12] J. W. You and K. H. Park, "A Case Study on User Experience Evaluation of a Virtual Reality Training Content for Advanced Metering Infrastructure," *The Journal of Educational Information and Media*, Vol. 24, No. 4, pp. 779-803, 2018. <https://doi.org/10.15833/KAFEIAM.24.4.779>
- [13] Y. H. Lee, "A Study on a Quantified Structure Simulation Technique for Product Design Based on Augmented Reality," *The Journal of Korean Society of Design Science*, Vol. 18, No. 3, pp. 85-94, July 2005.
- [14] N. T. Salimi, Z. T. Ezbarami, R. T. Khomeiran, Z. A. Roushan, H. Hashemian, and H. K. Astaneh, "Comparing the Effects of Mobile-Based Education and Booklet-Based Education on Iranian Mothers' Perception on Antibiotics: A Quasi-Experimental Study," *The Journal of Pediatric Nursing*, Vol. 61, No. 6, pp. 122-129, May 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2021.04.034>
- [15] H. J. Kwon and C. S. Kim, "A Study on Virtual Reality Educational Content for Heavy Maintenance of Block Brake Units in Electric Multiple Units," *The Journal of Korean Society for Urban Railway*, Vol. 8, No. 3, pp. 633-639, September 2020. <https://doi.org/10.24284/JKOSUR.2019.12.7.4.487>
- [16] SAP, SAP 3D Visual Enterprise viewer 9.0, 2019.
- [17] J. M. Shin, S. H. Lee, J. E. Yoo, C. H. No, J. A. Oh, and S. Y. Kim, "Development and Evaluation of a Virtual Maintenance Training System for Thermal Power Plant Boiler," *The Journal of Digital Contents Society*, Vol. 2, No. 5, pp. 791-800, May 2021. <https://doi.org/10.9728/dcs.2021.22.5.791>
- [18] H. J. Kwon, J. H. Cha, Y. K. Park, and C. S. Kim, "A Study on the Realistic Content for Air Compressor Maintenance of the Urban Railway Vehicle," *The Journal of Korean Society for Urban Railway*, Vol. 10, No. 1, pp. 1231-1238, March 2022. <https://doi.org/10.24284/JKOSUR.2022.03.10.1.1231>
- [19] S. H. Ahn, E. Y. Yoo and S. H. Lee, "A Validation Study of the Gross Motor Scale of Korean Version of Bayley Scales of Infant and Toddler Development, Third Edition," *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, Vol. 26, No. 2, pp. 81-97, May 2018. <https://doi.org/10.14519/jksot.2018.26.2.07>
- [20] J. Y. Cho and M. Y. Lim, "Design and Implementation of Command and Control Systems for Soldiers using Smart Phone," *The Journal of Korean Institute of Military Science and Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 30-38,

February 2018. <https://doi.org/10.9766/KIMST.2011.14.1.030>

- [21] J. W. You and K. H. Park, "A Case Study on User Experience Evaluation of a Virtual Reality Training Content for Advanced Metering Infrastructure," *The Journal of Educational Information and Media*, Vol. 24, No. 4, pp. 779-803, December 2018. <http://dx.doi.org/10.15833/KAFEIAM.24.4.779>



권휘진(Hwi-Jin Kwon)

2021년 : 한국교통대학교 일반대학원 (공학석사-철도차량운전시스템)

2017년~현재 : 서울교통공사

2021년~현재 : 한국대학교 일반대학원 (공학박사-철도융합시스템)

※ 관심분야 : 증강현실(Augmented Reality), 가상현실(Virtual Reality), 스마트 유지보수(Smart Maintenance) 등



강정형(Jeong-Hyung Kang)

2015년 : 한국교통대학교 교통대학원 (공학석사-교통시스템공학)

2023년 : 한국교통대학교 교통대학원 (공학박사-SMART 철도시스템)

1996년~현재 : 코레일

※ 관심분야 : 철도차량 주행장치(Railway Vehicle Running Device), 철도차량 궤도(Railway Vehicle Track) 등



김철수(Chul-Su Kim)

1998년 : 한양대학교 일반대학원 (공학석사-기계설계학과)

2002년 : 한양대학교 일반대학원 (공학박사-기계설계학과)

2003년~현재 : 한국교통대학교 철도공학부 교수

※ 관심분야 : 스마트 유지보수(Smart Maintenance), 인공지능(AI), 디지털 콘텐츠(Digital Content) 등