

원치를 활용한 케이블 포설을 중심으로 고찰한 XR 기반 훈련 콘텐츠 도입의 필요성

(Necessity to incorporate XR-based Training Contents Focused on Cable pulling using Winches in the Shipbuilding)

이 종 민¹⁾, 김 종 성²⁾*
(JongMin Lee and JongSeong Kim)

요약 본 논문은 국내 조선산업의 요양 재해 현황에 나타난 미숙련 기술인력들의 높은 재해 발생률을 낮추기 위한 방안으로 XR(Extended reality) 기술을 활용한 훈련 콘텐츠 도입의 필요성을 원치를 활용한 케이블 포설을 중심으로 제시하였다.

국내 조선산업의 요양재해율은 타 제조업에 비해 평균 97.4%(2017~2020)나 높았으며, 특히 조선산업 요양 재해의 31.8% 이상이 근속 기간 6개월 미만의 근로자들에게 발생하여 이는 신규입사자들이 업무에 대한 정보 부족과 미숙련도 및 작업환경에 익숙하지 못한 것이 그 원인으로 보인다. 최근 조선산업은 경기 회복으로 많은 신규인력이 유입되고 있으며, 이로 인해 재해 발생률이 높아질 가능성이 있다. 이런 점은 단기간에 신규인력들을 작업환경에 익숙해지는 데 도움이 되는 훈련방법을 도입할 필요가 있음을 말해준다. 국내 조선소의 교육훈련은 용접, 도장, 기계설치, 전기설치 등 특정 기술의 숙련에 치우쳐 있으며 작업환경에 익숙해질 수 있는 훈련은 작업용 2D 도면을 이용하여 선박 건조방법 등을 설명하는 단편적인 교육에 머무르고 있다. 이러한 이유로 현장에서는 다시 OJT(On-the-Job Training)를 반복 실시하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 XR 기술을 활용한 훈련의 도입을 제안하고 구체적인 예로 Unity로 선박에서 원치를 활용한 케이블 포설(Pulling) 작업 과정을 XR 기반 훈련 콘텐츠로 구현하였다. 개발된 콘텐츠를 활용하면 신규작업자들이 가상공간에서 시뮬레이션을 통해 실제 작업 과정을 미리 경험하고, 이를 통해 신규인력이 작업환경에 익숙해지는 데 도움을 줄 수 있는 보다 효과적인 훈련 콘텐츠가 될 수 있음을 예증하였다.

핵심주제어: XR 훈련 콘텐츠, 조선산업, 요양재해율, 가상훈련, 원치 케이블 설치, 신규입사자

Abstract This paper has suggested the necessity of introducing training contents using XR(Extended reality) technology as a way to lower the high rate of nursing accidents among unskilled technical personnel in domestic shipbuilding industry, focusing on cable pulling using winch.

* Corresponding Author: rhody@hanmail.net
Manuscript received September 18, 2023 / revised October 16, 2023 / accepted October 25, 2023

1) 국립안동대학교 대학원 바이오ICT융합공학전공, 제1저자
2) 국립안동대학교 사범대학 전기전자교육과, 교신저자

The occurrence rate of nursing accidents in the domestic shipbuilding industry was almost double(197.4%) (2017~2020) when compared with other manufacturing industries. In particular, it is worth noting that more than 31.8% of nursing accidents in the shipbuilding industry occurred among workers whose job experience is no more than 6 months. Most of new workers are seen to have hard time due to several factors such as lack of work information, inexperience, and unfamiliarity with the working environments. This indicates that it is essential to incorporate more effective training method that could help new workers become familiar with technical skills as well as working environments in a short period of time.

Currently, education/training at the domestic shipyard is biased toward technical skills such as welding, painting, machine installation, and electrical installation. Contrary, even more important training required to get new workers used to the working environment has remained at a superficial level such as explaining ship building processes using 2D drawings. This may be the reason why it is inevitable to repeat similar training at OJT (On-the-Job Training) even at the leading domestic companies. Domestic shipbuilding industries have been attracting a lot of new workers thanks to recent economic recovery, which is very likely to increase the occurrence of disasters.

In this paper, the introduction of training using XR technology was proposed, and as a specific example, the process of pulling cables using winches on ships was implemented as XR-based training content by using Unity. Using the developed content, it demonstrated that new workers can experience the actual work process in advance through simulation in a virtual space, thereby becoming more effective training content that can help new workers become familiar with the work environment.

Keywords: XR training contents, Shipbuilding industry disaster status, Virtual training, Cable pulling using winch

1. 서론

최근 고용노동부는 산업재해 현황을 분석한 결과를 바탕으로 2015년~2021년 산업재해로 인한 경제적 손실이 159조 원으로 추정되며, 특히 2020년 전체산업에서 발생한 근로손실일수에서 조선산업이 차지하는 비중은 2.58%로 이를 금액으로 환산하면 약 7,725억 원에 달한다고 밝힌 바 있다(Lee, 2021).

한편 국내 조선산업의 요양재해율은 타 제조업에보다 연평균 97.4%(2017~2020년)나 높으며, 그중 31.8% 이상이 6개월 미만의 근로자들에게 발생(MOEL, 2011~2020)한 것은 신규입사자의 재해를 낮출 수 있는 대책 마련이 대단히 시급함을 가리킨다. 신규입사자의 높은 요양재해율은 업무와 작업환경에 대한 미숙함이 그 원인이 있는 것으로 보인다. 이로 인한 재해 유형으로

는 추락, 넘어짐, 부딪힘, 물체에 맞음, 끼임 사고와 신체부담작업 등에서 오는 업무상 질병에 의한 재해 발생이 2014년부터 연평균 약 86.4%를 차지했다(MOEL, 2011~2020). 이는 단기간에 신규입사자의 기능 숙련과 더불어 작업환경에 익숙해지는 데 도움을 주는 훈련방법의 도입이 필요함을 말해준다.

선박제조업 관련한 훈련 기관의 훈련시설은 현장의 작업환경과 유사한 시설을 갖추는 데 큰 비용이 들기 때문에 일반적으로 부스(Booth)와 같은 실습공간에서 용접이나 전기설치 등과 같은 기술을 반복 숙달할 수 있도록 구축되어 있어서 훈련시설 내에서는 안전 작업에 대한 교육과 반복 훈련을 통해 사고 예방의 효과를 얻을 수 있으나 현장의 작업환경 미숙으로 발생할 수 있는 사고는 실제 현장에 가지 않는다면 사고 예방에 효과를 기대하기는 어렵다.

예를 들어 작업자가 현장에서 작업할 때 들어 가지 말아야 할 위험한 공간이 있을 수 있는데, 왜 그래야 하는지의 현장 상황을 그림이나 말로는 훈련생에게 충분히 이해가 되도록 설명하기는 쉽지 않다. 즉, 상황에 따라 주의해야 할 내용이 무엇인지, 어떠한 사고가 발생할 수 있는지, 문제가 발생하면 어떻게 대처해야 하는지 등을 실제 현장이 아닌 곳에서 알려주기 쉽지 않다는 것이다. 따라서 실제 현장에서 작업을 수행하는 듯한 체험을 한다면 작업이 어떻게 진행되는지를 쉽게 이해할 수 있을 뿐만 아니라 조건에 따라 주의할 점에 대한 설명도 쉽게 전달할 수 있으며, 훈련생들이 가상 작업 중 궁금한 사항들을 교사에게 바로 피드백을 받을 수 있어서 마치 현장에서 교육하는 듯한 효과를 낼 수 있을 것이다. 이는 훈련생이 현장에 배치되었을 때 실제 현장에 빠르게 적응할 수 있는 효과도 분명 있을 것이다.

한편 직무훈련 분야에 있어 가상현실 기술적 용에 가장 앞선 미국은, 대기업은 물론 중견기업에서도 확장 현실(XR: extended reality) 혹은 가상현실(VR: virtual reality) 기술을 이용한 직무훈련에 엄청난 예산을 투입하고 있다. 특히 XR 기술을 활용하면 청각, 시각, 운동감각 등을 시뮬레이션하는 것이 가능하며 콘텐츠의 품질이 높을수록 몰입감을 크게 향상시킬 수 있다고 밝혀져 그 응용 분야가 빠르게 확장되고 있다 (Biao et al., 2016).

Pixo(2021)에 의하면 XR은 현장 업무 성과를 70% 이상 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 학습 기억률도 최대 80% 이상 끌어올리는 등의 다양한 효과가 증명되고 있다. XR 기술을 활용하면 현장과 거의 유사한 가상의 환경하에서 직무훈련이 가능하며 이런 훈련은 경험 부족으로 인해 신입사원들이 저지르는 실수나 사고를 80% 이상 예방할 수 있을 뿐만 아니라 훈련에 소요되는 비용 역시 크게 절감할 수 있는 것으로 알려져 있다.

본 논문은 이와 같은 XR 훈련의 요양재해율 감축 효과에 대한 선행 연구결과들을 바탕으로 먼저, 국내 조선산업의 요양재해율을 분석하여 요양재해율을 낮추기 위한 대책 마련의 시급함

을 확인하고, 초보자에게 특히 효과가 높을 것으로 예상되는 작업 위치에 따라 주의해야 할 사항들이 각기 다른 윈치(Winch)를 활용한 선박 케이블 포설(Pulling) 기술을 가상공간에서 시뮬레이션할 수 있도록 하고, 이를 체험할 수 있는 XR 콘텐츠를 개발하였다.

2. 연구 방법

본 논문에서는 고용노동부의 산업재해 현황데이터를 근거로 국내 조선산업의 최근 10년간(2011~2020년) 요양 재해 현황을 다음과 같이 세 가지 측면에서 분석하였다.

최근 발간된 2020년 선박건조 및 수리업(이하 조선산업) 요양 재해 현황을 제조업 전체와 비교하여 분석하고, 연도별 요양재해율 변동 현황을 제조업 전체와 비교하였으며, 근속기간별 조선산업의 요양 재해 현황을 분석하여 국내 조선산업의 심각한 요양재해율을 확인하였다.

안전 교육 XR 콘텐츠 개발을 위한 과제 선정을 위해 XX중공업의 전기의장, 기계의장, 관철의장, 소조립, 중조립, 대조립, 건조, 도장 등 직종별 2~5명의 생산팀장들이 모여 Table 1과 같이 잠재적 위험 작업들을 도출하였다.

Table 1 Potential XR-based training contents contributing to reduction of disasters in shipbuilding industry(from the survey)

Task name	Type of accidents
Installing cables using a winch	falling
Argon purging on pipe	suffocation
Assembling/Disassembling of the Footrest Truss	falling
Big Door Operation	being stuck
Curved outer plate arrangement	being stuck
Vertical part fitting	blunt trauma
Loading heavy objects	falling
Maintenance lift	being stuck
Pressure test	hitting
Crane operation	blunt trauma

본 연구는 이와 같은 선행 토의 결과를 바탕으로 초보자에게 XR 훈련 효과가 높을 것으로 짐작되는 윈치를 활용한 케이블 포설 작업을 개발 과제로 선정하였다. 윈치를 활용한 케이블 포설은 서론에서 언급했듯이 작업 위치에 따라 주의해야 할 사항들이 각기 다를 뿐만 아니라 작업 반경이 넓어서 다른 작업자의 작업 상황을 경험해보지 않고서는 알 수 없다. 즉, 기계를 사용하면서 상호 간의 의사소통 오류나 장비 오조작으로 큰 사고로 이어질 수 있어서 다른 작업공간의 상황에 대한 이해가 필요하다.

본 연구는 이렇게 작업공간에 직접 가보지 않고서는 사실상 확인이 어려운 상황을 가상공간에 시뮬레이션 할 수 있도록 구현하고, 이를 교육에 활용하여 초보자들이 작업 전에 미리 작업 환경을 익숙하고, 문제 해결 능력을 확보할 수 있는 교육환경을 구축하였다.

다음으로 XR 훈련 콘텐츠 개발에서는 대형유조선에 상용 3D 모델로 활용하였으며, 윈치를 활용한 케이블 포설 시뮬레이션에 필요한 윈치, 롤러 등의 3D 모델은 솔리드웍스(Solidworks)로 직접 생성하였다. 3D 모델을 생성한 후에는 XR 개발 엔진인 Unity Editor를 활용해 가상공간에 3D 모형들을 배치하고, 상용 Cable Simulator Asset을 활용하여 가상에서 작업자가 윈치 레버를 조작해 케이블이 당겨지는 시뮬레이션 기능을 구현하였다(Lee et al., 2022).

이렇게 구현된 기능을 XR 장비인 Oculus Quest 2를 활용하여 더욱 실감 나는 상황을 연출할 수 있도록 하였다.

3. 연구 결과

3.1 조선산업 재해 현황분석

고용노동부 발표에 따르면 2020년 조선산업 요양재해율은 Fig. 1과 같이 1.74%(근로자 수 143,446명 중 2,492명의 요양재해가 발생)로 산업 전체 0.57%(근로자 18,974,513명 중 요양재해 108,379명 발생)와 제조업 전체 0.72%(근로자 4,012,541명 중 요양재해 28,840명 발생)를 비교

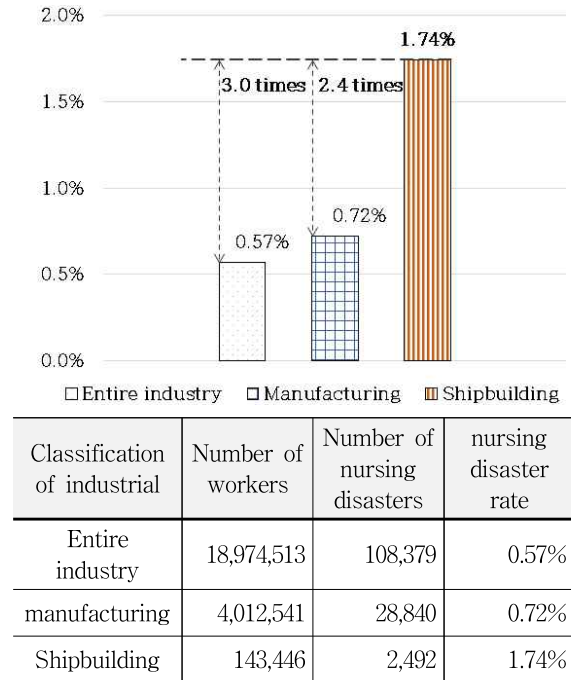


Fig. 1 Occurrence rates of nursing disasters in Korea(2020)

했을 때 각각 3배, 2.4배 높은 것으로 나타났다. 이는 조선산업 근로자들이 처한 작업환경이 상대적으로 열악하다는 것을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

한편 2011년~2020년까지의 조선산업의 연도별 요양재해 현황은 Fig. 2와 같다. 2011년부터 2015년까지는 조선산업에 종사하는 근로자 수가 지속적으로 증가했음을 알 수 있는데 근로자 수



Fig. 2 Annual occurrence rates of nursing disasters in the shipbuilding industry

가 가장 많았던 2015년은 2011년에 비해 약 39.0%나 증가하였다.

그러나 근로자 수 대비 요양재해율은 2011년 1.08%에서 2015년에는 0.83%로 오히려 약 23.1%나 감소하여 조선산업의 재해 관련 상황이 크게 개선된 것처럼 보인다. 하지만 이런 수치는 Fig. 3과 같이 2011년 이후 감소하기 시작한 선박 건조량이 2015년에는 2011년 대비 약 22.1% 감소한 데 기인한 것이다. 즉, 같은 기간 건조량은 크게 감소한 반면 근로자 수는 크게 증가했기 때문에 숫자상으로는 마치 요양재해율이 감소한 듯한 착시효과를 일으켰다고 생각된다.



Fig. 3 Relation between construction volume of the domestic shipbuilding and the number of workers involved

한편 해양플랜트 사업에서 막대한 손실이 발생(Jeong, 2022; Oh, 2016)한 2016년부터 본격화된 인력 퇴출로 인해 근로자 수는 감소세로 돌아서게 되고 2020년에는 근로자가 가장 많았던 2015년의 약 61.37%에 불과한 것으로 나타났다. 반면에 근로자 수 대비 요양재해율은 2020년에 1.74%로 2015년에 비해 약 2.1배 이상 폭등했음을 알 수 있다. Fig. 4는 제조업 전체와 조선산업의 연도별 요양재해율을 비교한 그래프로 2015년을 기점으로 그 격차가 점점 더 커지고 있음을 눈여겨볼 필요가 있다.

Fig. 5에서 근속기간별 재해 발생률은 6개월 미만 근로자들의 요양재해율이 연평균 31.8%로

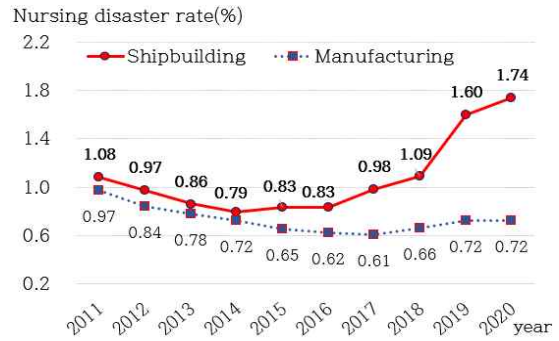


Fig. 4 Fluctuation of the occurrence rates of nursing disasters in the shipbuilding compared with that of the manufacturing industry

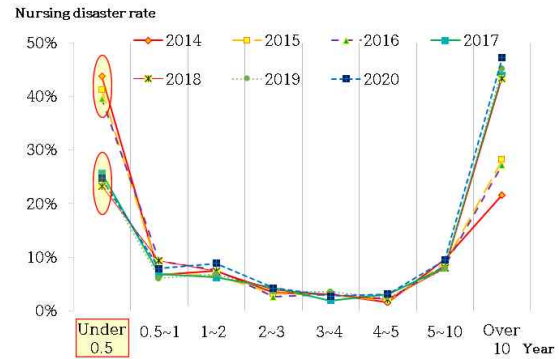


Fig. 5 Fluctuation trend of the occurrence rate of nursing disasters with respect to average duration of service by workers in the shipbuilding industry

높다는 것을 알 수 있다. 이는 근속 기간이 짧은 6개월 미만의 작업자는 일반적으로 업무에 대한 미숙련과 작업환경에 익숙하지 못한 데 기인한 것으로 쉽게 짐작할 수 있다.

그 예로 건설현장이나 복잡한 선박 구조물에서 초보자가 발을 헛디더 추락하거나 부딪히고 넘어지는 경우를 들 수 있으며, 작업자의 위치 선택 오류로 물체에 맞거나 끼임 등의 사고를 당할 수 있다. 이러한 사고의 예방을 위해서는 관리자가 초보자의 손발 위치나 작업 위치 등을 하나하나를 알려 주는 것이 바람직하지만 최근 조선산업 호황으로 신규인력이 대규모로 투입되는 경우에는 사실상 불가능하다고 볼 수 있다.

따라서 초보자들이 현장의 작업환경에 빠르게 적응하고, 안전한 작업을 위해 주의해야 할 사항들을 마치 현장에서 설명하는 것 같은 효과를 낼 수 있는 첨단 기술을 활용한 콘텐츠를 개발하여 훈련에 활용한다면 초보자들의 요양재해율을 낮추는 데 기여할 수 있을 것으로 짐작된다.

3.2 XR 기반 윈치를 활용한 케이블 설치 시뮬레이션 구현

대형선박의 내부는 선박의 근간이 되는 넓은 철판과 중력과 부력, 그리고 사방의 파도 등의 외부 충격에 대비해 철판을 지지하기 위한 많은 보강재 및 다양한 설비들로 복잡한 구조로 이루어져 있다(Lee et al., 2022). 따라서 선박 내부에 설치되는 배관이나 케이블 등은 보강재나 각종 설비 등과의 충돌을 피하기 위해, 꺾이는 지점이 많은 복잡한 경로를 택할 수밖에 없다. 케이블 설치의 대부분 수작업으로 진행되며 특히 케이블이 꺾일 수밖에 없는 구간은 직선 구간보다 작업량이 많을 뿐 아니라 작업의 난이도도 높다. 또 다른 구조물에 쓸리거나 부딪혀 케이블 손상이 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 여러 지점에 감시 인력을 배치해야 한다.

이와 대조적으로 Fig. 6과 같이 대형유조선의 갑판 상부는 직선 구간이므로 윈치를 활용하면 여러 가닥의 케이블을 동시에 끌어당겨 설치할 수 있어서 작업 효율을 크게 높일 수 있다.

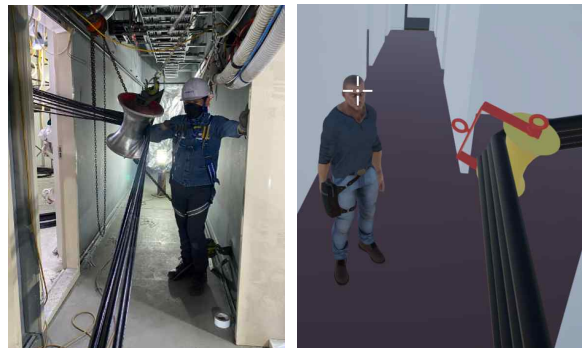


Fig. 6 An example of the deck section where cables are installed in a straight line on the ship

그러나 수작업과는 달리 윈치나 롤러 및 기타 부수 장비를 설치해야 하므로 이에 수반되는 사

전 준비 작업이 필요하며, 이런 과정에서 새로운 형태의 사고 발생 위험성도 상존한다.

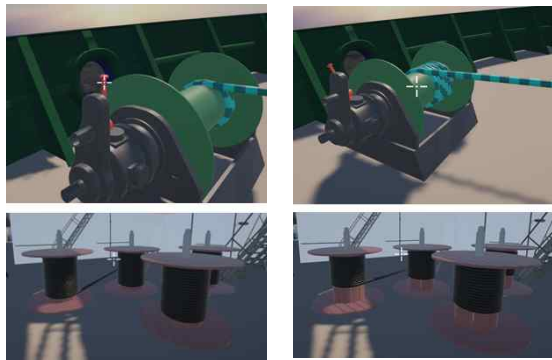
윈치를 사용하여 케이블을 당기기 위해서는 윈치 설치뿐만 아니라, 케이블 설치 경로가 직선이 아닌 경우에는 케이블이 쉽게 지나갈 수 있도록 Fig. 7과 같이 롤러 등을 추가로 설치해야 한다. 이는 수작업에는 없던 이런 장비로 인해 설치 과정에서는 또 다른 유형의 사고가 발생할 수 있는데, 케이블을 당길 때 쓰이는 줄이 끊어진다거나 작업자 간 무전 신호 불량에 기인한 사고 등이 여기에 해당한다. 이처럼 윈치를 사용하면 작업 효율은 높지만 새로운 형태의 사고가 발생할 수 있어서 이런 사고를 예방하기 위해서는 작업 전에 작업공정별 주의사항과 사고 위험성을 작업자에게 명확히 알려주는 등의 교육이 필수적이다. 하지만, 현장에서 많은 훈련생을 대상으로 이런 모든 과정에 대해 시연을 포함하는 구체적인 교육을 시행하기는 쉽지 않은 일이다.



(a) actual (b) virtual

Fig. 7 Installed roller

본 연구에서는 이런 문제를 해결하는 방안의 하나로 가상공간에서 윈치를 활용한 케이블 설치 과정을 마치 현장에서 교육하는 듯한 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상하는 XR 기반 훈련 콘텐츠를 구현하였다. 가상공간에 실제 작업환경과 유사하게 선박에 윈치, 롤러 등을 배치하고, Fig. 8과 같이 가상의 작업자가 윈치 레버를 조작하여 가상 케이블이 당겨(감겨)지는 모습을 시뮬레이션할 수 있도록 구현하였으며, 본 연구에서 구현한 윈치를 활용한 케이블 포설에 관한



(a) Before the lever is pulled (b) when the lever is pulled

Fig. 8 Cable pulling with winches

XR 훈련 콘텐츠는 다음과 같은 효과가 예상된다.

- 케이블 설치와 관련된 선박의 시설을 현장에 있는 것처럼 볼 수 있다.
- 현장에서 실제 사용하는 윈치, 롤러 등의 모습을 다양한 각도에서 볼 수 있다.
- 윈치에 의해 케이블이 당겨지는 모습을 관찰할 수 있다.
- 케이블 포설 중에 로프 끊어짐 등에 기인한 인명 사고를 예방하기 위해서는 작업자가 어떤 위치에 있어야 하는지 3D 영상에 의해서 보여줄 수 있다.
- 케이블 설치작업 시에 작업자의 이동 동선을 미리 보여줌으로써 신규인력이 현장에 갔을 때 현장 상황에 적응하는 데 도움이 된다.
- 가상현실 속에서 사고 현장을 재현함으로써 사고 예방에 도움을 줄 수 있다.

이상과 같은 점을 고려해볼 때, 윈치를 활용한 케이블 포설에 관한 XR 기반의 훈련 콘텐츠가 신규입사자들의 현장적응과 사고 예방에 도움이 될 수 있을 것으로 예상된다.

한편 XR 콘텐츠 개발은 주요 구성품의 3D 모델링, 가상공간상에 모델의 배치 및 기능 코딩, 테스트 및 XR 빌드 순의 단계로 진행하였다.

먼저 선박은 현실감을 위해 Fig. 9와 같은 상용 유조선 3D 모델을 활용하였으며, 윈치를



Fig. 9 3D model of a commercial oil tanker

활용한 케이블 포설 시뮬레이션 구현에 필요한 선실, 윈치, 롤러, 케이블 드럼 등은 3D 모형은 직접 생성하였다(Fig. 10). 3D 모델링은 솔리드웍스를 활용하였고, 파일 형식은 XR 콘텐츠 개발 소프트웨어인 Unity에서 사용되는 FBX파일로 변환 가능한 3MF로 출력하였다.



Fig. 10 Creation of additional 3D models for virtual simulation

Unity에서는 단계적으로 학습할 수 있는 템플릿과 사용 매뉴얼 등이 제공되고 있으며 다양한 플랫폼으로 빌드가 가능하다. 빌드 방법도 쉬운 편이어서 초보 개발자들에게 유리한 게임 엔진이라 할 수 있다. 또 게임 개발을 위해 필요한 각종 디자인과 모델링부터 스크립트, 플러그인 등의 다양한 기능을 에셋 스토어에서 사용자들끼리 서로 사고팔 수도 있다. 특히 연 매출 10만 달러 이하의 기업은 무료 라이선스를 사용할 수 있는 것이 큰 장점이다(Unity, 2023).

주요 구성품에 대한 3D 모델링이 끝나면 Unity에서 선박, 윈치, 롤러, 케이블 드럼 등의 3D 모델을 실제 작업 현장과 유사하게 배치하고, 상용 게임 캐릭터를 활용하여 데크에 가상의 작업자를 배치하였다. 작업자를 포함한 모든 배치가 완료되면 Cable Simulation Asset을 활용하여 윈치로 로프를 감거나, 드럼에서 케이블

이 풀리는 과정이 구현되도록 하였다.

먼저 Fig. 8과 같이 윈치 레버에 화면 조준점 (cross hair)을 일치시키고 키보드 ‘E’ 버튼을 클릭하면 레버가 조작되고 윈치의 톨러가 회전하면서 로프를 당겨서 감기도록 하는 시뮬레이션용 스크립트(scripts) 코드를 작성하였다. 스크립트는 기능별로 Player Move, Player Rotate, Player Controller, Application Manager, Cam Rotate, Application UI, Interactable 등으로 구분하여 작성하였다. 한편 가상 작업자의 위치는 키보드의 방향키와 마우스를 움직여서 쉽게 변경할 수 있다.

또, Fig. 11과 같이 가상 작업자를 주요 구역마다 배치하고, 키보드 ‘Tab’키를 누르면 각 작업자를 비추는 여러 대의 카메라 화면을 하나의 화면에 나타냄으로써 작업자마다 동시의 상황을 한눈에 확인할 수 있도록 하였다. 이는 실제 현장에서 교육이 이루어지더라도 구현하기 어려운 기능을 쉽게 적용할 수 있었고, 추가로 마우스 클릭 한 번으로 작업자에 대한 제어권과 화면 전환이 가능하도록 코드를 작성하여, 작업자마다 주의사항에 대한 설명을 위해 빠르게 전환할 수 있어 교육 능력을 높일 수 있도록 하였다.



Fig. 11 Simultaneous access to scenes by multiple cameras

추가로 랙돌(Ragdoll) 기능을 활용하여 케이블이 설치되는 파이프 위에 있던 작업자가 ‘R’ 키를 누르면 Fig. 12와 같이 균형이 풀려 추락하는 사고 상황을 구현하였다. 이 기능은 게임에서 죽은 캐릭터가 힘을 잃고 쓰러지는 것처럼 고정된 쓰러짐 애니메이션이 아니라 물리적인 처리로 힘을 완전히 풀 상태로 쓰러지는 모션을

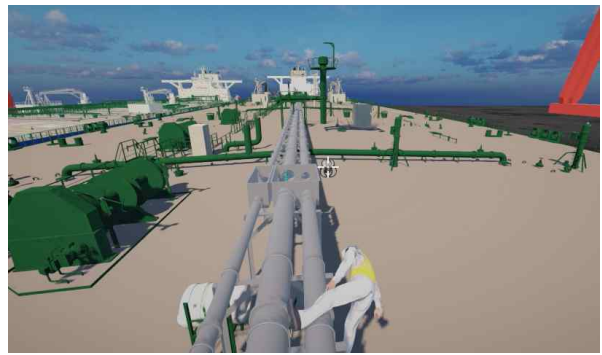
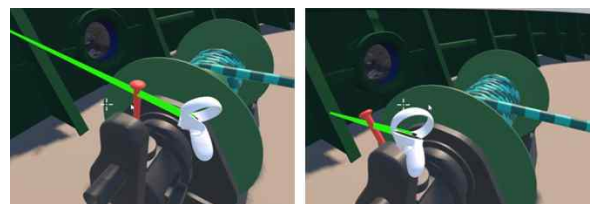


Fig. 12 Virtual simulation of fall of a worker during cable installation

연출할 수 있어서 더욱 현실감을 높이는 데 도움이 된다(Tistory, 2017).

마지막으로 본 연구에서 개발한 XR 콘텐츠는 데스크톱뿐만 아니라 XR 장비인 Oculus Quest 2에서도 실행될 수 있도록 하였다. 이를 위해 Application Manager script에서 ‘Desktop’ 모드 선택 시에는 마우스로 제어되는 Windows 기반 앱으로 출력되고, ‘XR’ 모드 선택 시의 경우에는 Fig. 13과 같이 Oculus Quest 2 컨트롤러로 제어되는 안드로이드 기반 앱으로 출력되도록 하였다. 여기서 Windows 기반 앱 출력은 Unity 편집기의 기본 기능만으로 가능하지만, Oculus Quest 2에서 사용하기 위해서는 ‘Using Oculus Integration’, ‘Interaction Toolkit’과 ‘Installing XR Plugin Management’ 등의 에셋을 추가로 사용하였다.



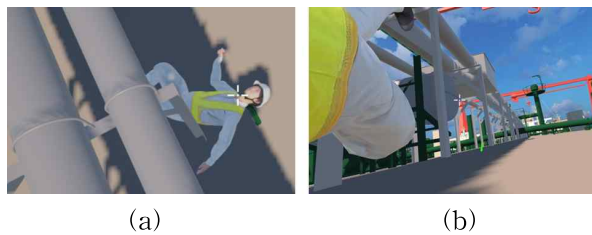
(a) Operation (b) Reverting

Fig. 13 Lever operation with Oculus controller

한편 윈치 레버의 조작은 앞에서 설명한 데스크톱 모드에서의 조준점을 윈치 레버 위치한 상태로 키보드 ‘E’ 버튼을 눌러 조작했다면, XR 모드에서는 Fig. 13과 같이 Oculus 컨트롤러에

서 발사된 레이저가 윈치 레버 위치에서 컨트롤러 방아쇠를 당기면 레버가 작동되도록 하였다.

또 Fig. 14와 같이 데스크톱 모드에서는 객돌 기능을 통해 3인칭 시점에서 떨어짐 사고를 관찰할 수 있었다면, XR 모드에서는 가상 공간에서 추락 사고를 1인칭 시점을 체험할 수 있도록 하였고, 추가로 Fig. 15와 같이 작업자가 안전벨트를 착용했을 때와 미착용 상태를 서로 비교하여 보여줌으로써 안전한 보호구 착용했을 때 훨씬 안전한 환경에서 작업을 할 수 있다는 것을 직접 느낄 수 있도록 하였다.



(a) Observed by the third person(desktop)
(b) Observed by the first person(XR)

Fig. 14 Difference in perspective of simulation with respect to display devices



(a) Virtual scene (b) Actual scene

Fig. 15 Wearing a safety belt during cable installation

4. 결론

고용노동부의 국내 조선산업의 요양 재해 현황(2011~2020)에 의하면, 2020년에는 2015년 대비 근로자의 수가 약 38.6% 감소했지만, 요양재

해율은 200% 이상 폭등했다. 또 조선산업의 요양재해율이 가장 높았던 2020년에는 타 제조업과 비교해 2.4배 이상 높은 것으로 나타나 요양재해율을 낮추기 위한 특단의 노력이 필요함을 말해주고 있다. 특히 신규입사자에 기인한 요양재해율이 조선산업 전체의 요양재해율의 31.8%나 되는 사실은 이를 낮추기 위한 방안 마련이 시급함을 가리킨다. 조선산업의 경기 회복으로 신규인력이 대규모로 유입되고 있어서 이로 인해 재해 발생률이 급격히 높아질 가능성이 우려된다. 이런 측면에서 볼 때, 신규인력이 단기간에 작업환경에 익숙해지는 데 도움을 줄 수 있는 콘텐츠 개발은 미룰 수 없는 과제이다.

본 연구에서는 조선산업의 요양재해율을 낮추는 방법의 하나로 XR 기술을 활용한 훈련의 도입을 제안하고, 선박에서 윈치를 활용한 케이블 포설 작업 과정을 XR 기반 훈련 콘텐츠로 구현하였다.

윈치를 활용한 선박 케이블 포설 작업은 넓은 구역에서 여러 명의 작업자에 의한 협업이 필요한 작업으로 제한된 공간에서는 모의 훈련이 사실상 불가능하다. 이런 점을 고려하여 개발된 XR 콘텐츠에서는 시뮬레이션을 통해 윈치를 활용한 케이블 설치작업이 어떤 순서로 진행되는지 쉽게 알 수 있도록 제작하였다. 또 가상의 작업자별로 카메라를 설치하여 각 작업자가 위치한 공간의 상황을 한눈에 파악할 수 있게 하여 작업 구역에 따라 안전한 위치 선정에 도움이 될 수 있음을 보여주고 있다. 또 Oculus Quest 2와 같은 XR 전용 장비로도 체험할 수 있도록 하여, 케이블 파이프 위에서 균형을 잃고 추락하는 사고의 가상체험을 통해 안전보호구 착용이 중요함을 인식할 수 있도록 하였다. 추후 이 부분은 실제 안전벨트에 매달리는 체험과 함께 가상공간에서의 떨어지는 시뮬레이션 화면을 병합한다면 안전벨트 착용의 중요성을 더욱 실감할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 윈치를 활용한 선박의 케이블 포설 작업에 대한 XR 기반의 첨단 기술을 활용한 훈련 콘텐츠가 조선산업의 요양재해율 감소에 기여할 수 있음을 제시하였으며, 향후 지속적인 업그레이드를 통해 전기의장품 설치와 관

런한 다양한 유형의 사고 및 선박 전체에 케이블이 설치되는 과정을 구현한 XR 기반 훈련 콘텐츠를 개발할 계획이다.

References

Biao X., Huimin L., Rawan A., Wongqi Z., Yeling J., Flavio D., Chang L., Wanwan L., Haikun H., Mesut A., Christos M. and Lap-Fai Y. (2021). *A Review on Virtual Reality Skill Training Applications*, <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.645153> (Accessed on Nov. 30th, 2021)

Jeong S. J., *Global shipbuilding & marine engineering market trends*, <https://www.snak.or.kr> (Accessed on Feb. 4th, 2022)

Lee J. S. (2021). *Economic Losses in Industrial Accidents for 7 Years*, <https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=89088> (Accessed on Dec. 20th, 2022)

Lee, J. M. and Kim, J. S. (2022). Development of XR-based training contents for efficient job training in the domestic shipbuilding industry, *Proceeding of the Annual Spring Conference the Korea Industrial Information Systems Research*, Jun. 16-18, Gwangju, Republic of Korea.

Lee, J. M. and Kim, J. S. (2022). A Novel Method to create 3D Models from Conventional 2D Drawings for Efficient Training in Shipbuilding, *Proceeding of the International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies(ICECET 2022)*, Jul. 20-22, Prague-Czech Republic, <https://doi.org/10.1109/ICECET55527.2022.9872871>.

MOEL(Ministry of Employment and Labor), 2011-2020. *An analysis booklet for industrial accidents*.

Unity. *Advantages of UNITY*, <https://unity.com/kr> (Accessed on Sep. 10th, 2023)

Oh, M. G. (2016). *Pressian coop(Shipbuilding industry in crisis)*, <https://www.pressian.com> (Accessed on Jan. 7th, 2022)

Pixo. (2021). *What is XR Training? Everything You Need to Know*, <https://pixovr.com> (Accessed on Nov. 27th, 2021)

Tistory. *Using Ragdoll [Unity3D]*, <https://wergia.tistory.com/67> (Accessed on Sep. 10th, 2023)



이 종 민 (JongMin Lee)

- 평생교육진흥원 전기공학과 전기공학사
- 국립안동대학교 정보전자교육과 교육학석사
- (현재) 국립안동대학교 대학원 바이오ICT융합공학과 박사과정
- 관심분야 : 3D 이미지 기반 교육, VR 훈련 콘텐츠 개발



김 종 성 (JongSeong Kim)

- 경북대학교 전자공학과 전자공학사
- 영남대학교 전자공학과 전자공학석사
- 미국, Dept. of Electrical & Computer Eng., Graduate School, University of Rhode Island(공학박사)
- (현재) 국립안동대학교 사범대학 전기전자교육과 명예교수
- 관심분야 : 3D 영상기반 교육훈련, 3D 모델링 기반의 융합문화콘텐츠, 메타버스 문화재 복원, 3D 비전시스템