

산업안전 교육시스템에서의 가상현실의 효과적 활용 방안에 관한 연구

백지민* · 함동한* · 이양지*

*전남대학교 산업공학과

A Study on the Effective Use of Virtual Reality for Improving Safety Training Systems

Ji-Min Baik* · Dong-Han Ham* · Yang-Ji Lee*

*Dept. of Industrial Engineering, Chonnam National University

Abstract

This paper addresses the problem of how to effectively use virtual reality(VR) for improving the quality of safety training systems. As the working environment and the working system in the industry are more and more complex and large-scaled, the concern with system safety is accordingly growing. Safety training systems are regarded as an effective way for increasing workers' interest in system safety and enhancing their ability of preventing and handling accidents/incidents. Recently, it has been reported that VR would be effectively used for improving the quality of safety training systems, with its technically specialized features. However, little attention has been given to the problem of how to effectively use VR for safety training systems. In order to make the best use of new technology such as VR, it is important to examine its advantages and disadvantages and the contexts to which its use can be beneficial. This paper firstly reviews the current status of safety training systems and the use of VR for safety training systems in the inside and outside of the country. Next, we summarize the interview with safety managers in four manufacturing companies, which was conducted to understand the requirements of stake-holders of the issue. Based on the review and the interview, we suggested the ways of using VR in safety training systems in an effective manner. They are described from the four perspectives: development and maintenance cost, lack of specialized workers, design of accident scenarios used with VR, and empirical demonstration of the effectiveness of VR in safety training.

Keywords : System Safety, Safety Training Systems, Virtual Reality, Safety Education

1. 서론

1.1 연구배경

각종 기술의 발달에 따라 산업시스템이 점점 대형화, 복잡화, 지능화되어 가면서 현장에서의 예상하지 못한

안전사고 발생 위험은 증대되고 있으며, 사고로 인한 피해 범위도 단순히 사고현장 내로 국한되는 것이 아니라 대형 재해로 발전하고 있다. 이런 이유로 산업현장의 작업자가 다양한 작업 상황에 효과적으로 대처할 수 있도록 도와주는 기술교육훈련이 점점 더 중요해지고 있다.

† 이 논문은 2016년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음 (과제번호: 2016-0142)

† Corresponding Author: Dong-Han Ham, Industrial Engineering, Chonnam National Univ., 77 Yongbong-Ro, Buk-Gu, Gwangju, E-mail: donghan.ham@gmail.com

Received October 23, 2016; Revision Received December 14, 2016; Accepted December 21, 2016.

기술교육훈련의 특성상 현장 중심의 교육을 강화하기 위해서는 실제 현장에서 사용되는 장비를 활용한 교육이 이루어져야 한다. 그러나 많은 장비가 상당히 고가이며 설치를 위한 넓은 공간을 요구한다. 또한 일부 장비의 경우는 상당히 위험할 수 있어서 전문가가 아닌 미숙련 훈련생들에게 직접 교육하기에는 많은 위험 요소들이 존재한다.

이러한 현장의 문제점으로 인해서 과거 어느 때 보다도 현장의 안전관리 및 안전교육에 많은 노력을 기울이고 있으나, 아직도 체계적이고 실질적인 작업자의 안전교육에는 크게 미치지 못하고 있다. 현재 안전관리의 목적으로 시행되는 현장의 안전교육은 관련 법규를 만족하게 하는 정도로 운영되고 있으며, 작업자들의 안전인식을 직접 일깨워줄 수 있는 안전체험교육과 같은 교육 프로그램은 현장의 협소함이나 안전관리비용의 별도 계상이 어려워 제대로 시행을 못하고 있다.

1.2 연구 목적

가상현실(Virtual Reality: VR)을 이용한 안전교육시스템은 현장의 고가 장비와 설치를 위한 넓은 공간이 필요하지 않기 때문에 상대적으로 적은 비용으로 효율적인 교육이 가능해서 최근에 많은 관심의 대상이 되고 있다. 또한 현장 근로자들에게 구체적이고 간접적인 경험을 제공함으로써 교육내용에 대한 집중력 및 기억력을 향상에 기여할 수 있다. 아울러, 정형화 및 획일화된 기존의 교육 매체와 달리 건설현장 및 과업에 대한 독특한 특성 및 환경을 반영시킬 수 있어 흥미를 유발하고 실질적 교육 매체로써 그 활용에 대한 기대가 크다.

컴퓨터 그래픽과 모형화 기술을 조합한 VR 기술은 복잡한 작업 상황 및 과정의 시뮬레이터를 만들어내 참여자가 안전사고 상황의 실제적인 현장감과 몰입감을 가급적 많이 느낄 수 있게 해준다. VR 기반의 비행기 시뮬레이터가 대표적인 예라 할 수 있다. 이러한 장점으로 인해 안전 분야에서도 VR 기반의 시뮬레이터의 활용이 점차 확대되어 가고 있다.

본 연구는 국내외 VR 기술의 현황과 이를 활용한 교육현황을 살펴봄으로써 산업현장에서의 안전교육 콘텐츠 및 3D 시뮬레이션 기반의 교육 전달 매체의 필요성을 제기하고, 제조업 관련 분야 안전관리자의 인터뷰를 통해 산업안전 교육시스템에서의 VR의 효과적 활용 방향을 제시함을 목표로 한다.

1.3 연구 방법

본 연구는 목표를 위해 첫 번째로 국내외 산업안전 교육 현황을 통해 기본적인 교육내용을 비롯해 관련 법규 및 교육 요건을 파악하였다. 또한 국내외 VR 기반의 안전훈련시스템 개발 현황과 구현 방법을 토대로 VR 기술의 안전교육시스템에의 효과적 활용을 위한 요건을 파악한다. 또한 안전관리에 많은 심혈을 기울이고 있는 국내 제조업의 4개사의 안전관리자와의 인터뷰를 통해 VR 기반의 안전교육시스템 개발방향에 관한 추가적 요건을 파악하였다. 이를 바탕으로 산업안전 교육시스템에서의 VR을 효과적으로 활용하기 위한 현실적인 방향을 제시하였다.

2. 국내외 산업안전교육 현황

2.1 국외 산업안전교육

2.1.1 일본

일본은 노동안전위생법을 제정하여 근로자와 안전보건 관련 관리자 교육으로 분류한 안전위생교육 체계를 실시하고 있다. 근로자 안전보건 교육은 특별교육, 일반 근로자 대상 직장교육, 신규채용 시 교육으로 시행된다. 신규채용교육과 특별교육의 교육내용 및 시간은 업무별로 상세히 규정되어 있으나 일반 근로자의 정기 안전보건교육에 대해서는 특별한 규정이 정해져 있지 않다. 관리자 안전보건교육은 자격증 취득교육과 연수교육으로 구성되며, 사업장 근로자 대상 안전보건교육 시행을 전제로 현장안전보건교육에 도움이 되도록 구성되어 있다.

노동성 산하 산업안전보건교육 실시기관인 JISHA(Japan Industrial Safety & Health Association)에서 경영자, 총괄 안전위생관리자 등을 대상으로 강좌 및 세미나를 개최하고 있다. 또한 일본 노동건강복지기구(Japan Labour Health And Welfare Organization)에서는 산업보건관계자(위생관리자, 산업 간호사)의 지원 및 직장건강관리 사업을 추진하며, 근로자 50인 미만 소규모 사업장의 경영자를 위한 산업보건 안내서를 보급하고 있다.

2.1.2 미국

미국은 산업안전보건법에 의해 근로자는 신규채용 시, 업무변경 시, 특정 유형의 작업투입 전에 IIPP(Injury and Illness Prevention Program) 교육을 받아야 하며, 1년 단위로 재교육을 공시하고 있다.

또한 1971년 세계 최초로 종합적인 산업안전보건기

구인 OSHA(Occupational Safety & Health Administration)를 설립하여 종합 안전관리제도를 시행하고 있다. OSHA의 핵심 기능은 안전 관련 법규 및 기준을 제정하고, 이를 강력하게 집행하는 것이다. OSHA의 감독관은 매우 급한 위험사항이 없는 한 방문계획을 사전에 통고할 수 없게 되어있기 때문에 실효성 있는 감독이 이루어질 수 있다. 단, 사업장에 대하여 일상적인 정기 점검을 하는 것이 아니라, 주로 안전사고 발생 사업장의 조사 혹은 근로자의 진정에 대한 사실 확인 등에 중점을 두고 있다. 만약 요구사항에 대해 고의 또는 상습적 위반 시 건당 70,000불 이하의 벌금을 부과하고 있다. 그 외에 중소기업 대상 프로그램과 자발적 참여지원 프로그램(VPP: Voluntary Participation Program), 사업장 훈련교육프로그램 개발 및 제공을 할 수 있는 비영리기관에 보조금을 지급하는 프로그램인 Training Grant Program, 협력프로그램(Alliance Program) 등을 실시하고 있다.

2.1.3 영국

영국은 사업장 보건안전법(Health and Safety at Work Act ; HSWA)을 제정하여 안전보건전문가 양성에 주력하여 기업, 대학, 직업훈련기관 등에서 전달교육 지도가 이루어지도록 하는 전략을 중요시하고 있다.

보건안전청(Health and Safety Executive; HSE)에서는 소규모 사업장이 대기업의 산업안전보건관리방식을 배워오는 업체 간 안전보건 파트너십 협약(Good Neighbor)을 지원하고 있으며, 산업안전보건협회(The Institution of Occupational Safety and Health; IOSH)에서는 교육/훈련, 회의, 세미나, 간행물 등을 제공하고 있다.

2.1.4 독일

독일의 안전관리제도는 산업안전보건법(ASIG)과 제국 보험법(RVO)을 근간으로 하고 있다. 독일은 안전관리에 대한 책임과 의무가 근로자와 회사(근로자 소속사)로 양분되어 있어 근로자 스스로 안전관리를 하는 사회적 여건이 형성되어 있다. 예를 들어 요양비 외의 사고보상 비용은 철저한 원인조사를 하여 회사와 근로자 과실을 분석하여 과실률을 적용하여 보상함으로써 근로자의 책임을 반영하고, 협력사와 근로자의 자율적이고 적극적인 안전 활동을 유도하고 있다.

또한 산재보험조합(Berufsgenossenschaft)이 정부로부터 공권력을 부여받아 산재예방관계기준 제정과 안전보건 기술 감독, 산재예방, 보상 재할 등의 기능을 모두 수행하며 업종별 지역의 특수성에 따라 35개 조

합으로 결성되어 있다. 산재보험조합의 구성은 사업주(50%)와 근로자(50%)에 의한 자치기구로 정부의 간섭을 받지 않고 자율적으로 활동하고 있으며, 산재예방비는 전체 예산의 10% 이상을 차지하고 있다. 강의는 모두 세미나 식으로 진행된다.

독일은 전체사업장 수의 약 97% ,전체근로자 수의 52%가 50인 미만의 중소기업으로 이루어져 있기 때문에 중소기업의 재해예방을 위한 안전교육도 중요한 과제로 남고 있다. 독일에서는 중소기업의 재해를 예방하기 위하여 『중소기업 사업주 모델』이라는 사업주 안전보건교육 프로그램을 개발하여 1995년부터 시행하고 있다. 이 프로그램에 참여하는 사업주는 해당 업종 산재보험조합의 교육 프로그램에 참여하는데, 약2~3일간의 세미나에 참석하여 산업안전의 문제점을 인식하고 필요한 조치를 취할 수 있는 능력을 배양한다.

독일 건설업의 경우의 법적 안전관리비 사용규정은 없지만, 공정별 사고분석을 통해 안전 관리비를 차별하여(고층공사 가설비 포함 약 12%) 투자하고 근로자들에게 급여의 1%에 해당하는 금액을 안전관리수당으로 지급하여 근로자 스스로 안전관리를 할 수 있는 동기를 부여하고 있다. 독일은 2005년도 산업근로자수가 29,445,332명으로 11,059,193명인 우리나라 근로자수의 2배가 넘는 수치를 보이지만 사망재해자수는 우리나라의 4분의 1로 뚜렷한 차이를 보인다. 이는 독일 근로자들의 안전에 대한 깨어있는 의식과 철저한 교육에서 비롯된 결과로 볼 수 있다.

2.2 국내 산업안전교육

2.2.1 방법

국내 안전보건교육의 방법은 집체교육, 현장교육, 인터넷 원격교육 등으로 이루어져 있다. 집체교육은 교육 전용시설 또는 그 밖에 교육을 하기에 적합한 시설(생산시설 또는 근무 장소 제외)에서 실시하는 교육이다. 경기지역의 300인 미만 사업장의 안전관리 활동을 하는 기업을 중심으로 조사한 한 설문조사에 따르면 강의식 교육이 80%로 강사의 일방적인 교육이 진행되고 있었고, 분임조가 편성되어 있는 경우는 분임 토의식 교육도 조금은 이루어지고 있다. 현장교육은 산업체의 생산시설 또는 근무 장소에서 시행하는 교육이며, 인터넷 원격교육은 전산망을 이용하여 멀리 떨어져 있는 근로자에게 실시하는 교육이다.

교육의 참여관점에서 본다면 현재 국내 사업장 안전교육의 80% 이상은 강의식 교육이며 나머지는 체험식

교육, 토론식 교육으로 진행 중이다. 그 중 관리감독자 및 사업주 교육은 전부 강의식 교육이었고, 안전보건관계자 교육도 상당부분이 이론적이고 원론적인 교육을 받는데 중점을 두고 있다. 안전보건교육은 학교교육이 아닌 성인을 대상으로 하는 교육인 만큼 현장중심의 실용적인 학습방법으로 이루어져야 한다는 점에서 우리나라의 안전교육 환경은 열악하다고 볼 수 있다.

2.2.2 관련 법규

국내 안전보건 제도에서는 사업주가 채용한 근로자를 대상으로 작업환경 및 작업방법 등에 대하여 교육을 실시하도록 의무화되어 있다. 산업안전보건법의 사업 내 안전·보건 교육(제 33조 제 1항 관련) 사항은 교육대상에 따른 의무 교육시간을 규정하고 있다. 정기 교육과정의 경우 사무직 종사 근로자는 매분기 3시간 이상, 사무직 종사 근로자 외의 근로자의 경우 판매업 관련자는 매분기 3시간 이상, 그 외는 매분기 6시간 이상, 관리감독자의 지위에 있는 사람은 연간 16시간 이상을 이수해야 한다. 채용 시 교육의 경우 일용근로자는 1시간 이상, 그 외 근로자는 8시간 이상을 교육 받아야 한다. 작업내용 변경 시 교육의 경우 일용근로자는 1시간 이상, 그 외 근로자는 2시간 이상을 교육 받아야 한다. 특별 교육의 경우 일용근로자의 경우 2시간 이상, 그 외 근로자의 경우 16시간 이상 교육 받아야 한다. 건설업 기초안전 및 보건교육을 위해 건설 일용근로자는 4시간 교육을 이수해야 한다. 교육 내용은 산재 예방을 위한 근로자 안전보건에 관한 사항이다. 유해 및 위험작업으로부터 재해를 미리 방지하기 위해서 근로자들의 행동과 시설상태를 안전하게 만들고 유지하는 데 필요한 안전보건 지식과 기술능력을 습득하여 적절한 대응능력을 길러주고 재해가 발생하는 것을 최소한으로 줄이게 하는 데 목적이 있다.

2.2.3 체험식 산업안전교육

현재 국내에서는 사업장 내 안전교육에 체험의 중요성이 점점 증가하면서 형식적인 강의식 안전교육시스템이 아닌 체험 위주의 새로운 안전교육법 모델을 제시하고 있다. 강의식 안전교육의 한계점을 고려한다면 자연스러운 동향이라 할 수 있다.

예로 H중공업 내 안전체험관은 안전전문 강사에 의해 밀폐 공간 작업 등 현장에서 즉시 활용할 수 있는 위험작업 30개 코스를 체험하는 방식으로 진행된다. 안전체험관은 2007년 6월 개관하여 사내외 협력업체를 대상으로 25,500명을 교육하여 안전문화조성에 일조했다.

2.2.4 안전교육의 만족도

이승환, 이태우, 김건호는 국내 안전교육의 80%가 강의식 교육인 현재 근로자들의 안전교육 만족도를 알아보기 위해 300인 미만 사업장으로 안전관리자를 선임하지 않고, 대행기관에 의뢰하여 안전관리 활동을 하는 경기 지역 중심 중소기업을 대상으로 설문조사를 수행했었다.

경기지역 기업을 중심으로 한 설문조사의 결과는 회사여건을 고려하여 산업재해를 예방하고자 하는 교육이 아니라 마지못해 산업안전교육을 하다 보니 '형식적'이라는 대답이 85%를 차지하고 있다. 또한 산업안전교육이 재해예방을 통하여 생산성 향상에 기여한다는 생각보다는 생산 일변도의 기업경영이 이루어지다보니 형식적으로 산업안전교육이 시행되고 있다는 응답이 85%를 차지하고 있다.

근로자들의 산업안전교육에 대한 인식에 대한 질문에서는 근로자들조차도 자신의 안전과 생명을 지키는 산업안전교육을 제대로 받지 못하다 보니 산업안전교육에 대한 필요성을 느끼지 못하고 형식적이라고 생각하는 사람이 72%였다. 근로자들의 산업안전교육 참석 여부에 관한 질문에는 산업안전교육이 자신의 중요한 업무가 있으면 산업안전교육을 회피하거나 교육 시간에 다른 것을 하기 위하여 대충 참석한다가 78%를 차지하고 있었다.

결과적으로 근로자들의 산업안전교육에 대한 만족도는 낮은 것으로 보인다. 이로 보아 국내 기업에서의 산업안전교육의 시행이 미흡하다는 점과 많은 근로자의 안전의식도 낮다는 것을 짐작해볼 수 있다.

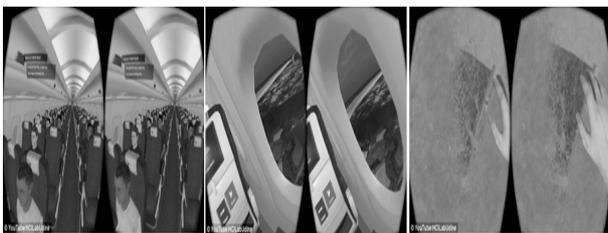
노동통계(2002)에 따르면 국내 기업은 전체 노동비용 총액의 1.44%만을 교육훈련에 투자하고 있다. 특히 30인 미만의 중소기업장은 0.2%로 매우 낮은 비용을 교육훈련에 투자하고 있다. 이렇듯 우리나라가 교육훈련에 대한 투자가 낮고 안전보건교육훈련의 수요가 줄어들게 된 데에는 기업의 안전보건교육에 대한 부담감과 안전의식 부족에 기인한 바도 있지만, 매년 획일적이고 비슷하게 반복되는 교육내용, 단순한 강의위주의 교육방법, 열악한 교육환경 등이 교육생의 관심도를 감소시키는 결과를 초래하였기 때문이다.

3. 국내외 VR 기반의 안전교육 개발현황

3.1 국외 현황

3.1.1 VR 재난안전교육 시스템

해외에서는 극적인 재난 상황을 VR을 이용해 체험하게 해줌으로써 안전교육을 실시하는 방법이 개발되고 있다. 예로 비행기에 탑승한 승객이 비행기가 물 위에 불시착했을 때의 생존방법을 보인 [Figure 1]의 영상은 이탈리아 Udine University에서 개발되어 오쿨러스(Oculus) share(<http://share.oculus.com>)를 통해 다운로드 받을 수 있다. 이 영상은 2009년 1월 15일에 발생한 미 항공 비행 1549가 비상 착수한 실제 사건을 기반으로 한다. 극적인 배경 음악과 안전 알람은 장면을 더욱 현실감 있게 장식했다. 한 번 큰 알람이 울리는 동시에 필름은 움직이고 ‘목표: 안전한 단계를 수행하여 항공기에서 무사히 빠져나올 것’ 이라고 명시된다. 가장 먼저 구명조끼를 입어야 하며 승무원이 가리키는 피난소로 가는 등 안전 절차를 따라 무사히 항공기에서 탈출하는 과정을 담은 이 VR 플랫폼은 누구나 다운로드 받을 수 있으며, VR 기기가 있다면 어디서든 실행가능하다. 게임을 실행했던 사람의 대부분은 항공 관련 안전 지식을 얻을 수 있고 사고로 인해 얼마나 심각한 수준의 손실을 얻을 수 있는지를 인지할 수 있었지만 일부 사람들은 기기 사용에 대해 어지럼증을 호소하는 등의 기술적 한계를 지적하였다.

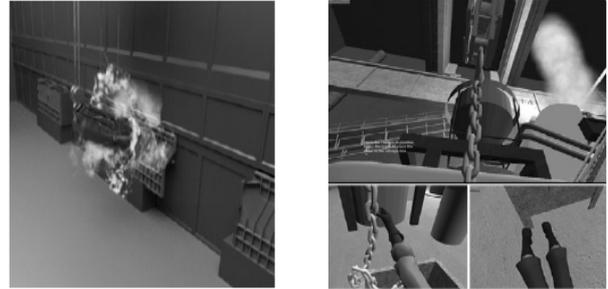


[Figure 1] Emergency Water Landing VR

3.1.2 VR 산업안전교육 시스템

재난훈련시스템뿐만 아니라 VR을 이용한 산업현장에서의 안전교육시스템도 여러 연구개발이 이루어지고 있다. 예로 철강협회(Association for iron and steel; AIST)는 철강 산업 안전 교육을 위한 3D 인터랙티브 사건 시뮬레이터를 발표했다. 2014년에 한 연구팀은 중량물이 발동 위에 떨어지거나 용융 금속이 바다에 떨어질 때 일어나는 폭발 등의 철강 산업에서 일어나는 실제 사건을 재현해 3D 모델을 구현했다[Figure 2]. 시나리오는 여러 변수로 인해 근로자들의 행동에

따라 다른 결과로 이어진다. 이 게임을 통해 훈련자들은 위험요소를 피해 상황을 대처할 수 있는 선택을 할 수 있다. 또한 위험 요인을 선택하도록 유도함으로써 위험한 행동의 결과를 목격하여 사고의 위험성을 더욱 쉽고 빠르게 이해할 수 있도록 한다.



[Figure 2] Example of Using VR in Steel Industry

두 번째 예로 세계적인 방위산업체인 QinetiQ는 광업에서의 VR을 이용한 안전교육시스템을 발표했다. 이 시스템의 목표는 재해율과 비용을 줄이는 동시에 운영 효율성을 극대화하는 것이다. QinetiQ의 가상훈련기법을 통해 호주 뉴사우스웨일즈주에 있는 탄광업에서 지난 5년간 원탄 생산량이 25% 향상하였고 종업원 수도 62% 증가했다. 이러한 증가와 동시에 재해율은 43% 감소했다. 광업에서의 가상훈련시스템은 종사자들에게 독특한 기법을 통해 재해율을 낮출 수 있는 요인들을 인지하게 하고 안전 지식과 기술을 습득하게 한다. 광업 가상훈련시스템은 뉴사우스웨일즈주뿐만 아니라 더 나아가서 매년 5천명 이상의 사람들이 2만개 이상의 가상훈련 플랫폼을 통해 교육을 받는다. 또한 광산 감독자 교육, 계약자 유도 및 광산 구조 대회를 목적으로 가상안전 훈련 시스템을 이용하기도 한다.

또 다른 예로 VR 플랫폼 개발업체인 Arch Virtual이 발표한 Interactive Virtual Reality Safety Training And Trade Show Demo는 Oculus Rift를 이용해 산업현장의 잠재적 위험요소를 찾아 미션완수를 하는 VR 게임이다. 이 게임의 목표는 작업 전 위험요소를 찾아내는 훈련을 함으로써 실제 산업현장에서 실수를 줄이기 위함이다. 또한 이러한 게임 형태의 가상훈련시스템은 작업자들에게 흥미를 유발해 산업안전교육에 뛰어난 효과를 기대할 수 있다.

3.2 국내 현황

3.2.1 VR 기술 개발 현황

국내 VR 시장은 과거 국방분야 및 가상 모델하우스와 같은 건축분야를 중심으로 시장이 형성되었고 최근에는 게임, 애니메이션, 디지털 영상, e-러닝 등으로 응용산업이 퍼지고 있다. 한국 VR 산업협회 자료에 따르면 국내 VR 시장 규모는 2015년 9,636억 원에서 2016년에는 전년 대비 42.4% 성장한 1조 3,735억 원을 기록할 것으로 예상했고 향후 2020년에는 5조 7천억 원에 이를 것으로 전망된다. 최근에는 국내기업인 삼성전자, LG전자가 HMD 디바이스와 360도 카메라 등을 출시하면서 모바일 중심의 하드웨어 시장이 급성장할 것으로 예상된다. 반면 현재 VR 관련 국내 소프트웨어와 콘텐츠 시장의 발전현황은 매우 미약한 수준이지만 VR 디바이스가 대중화된다면 관련 콘텐츠 시장도 점차 확대될 것으로 기대된다.

3.2.2 VR 안전교육시스템

국내에서도 VR을 활용한 안전교육시스템의 개발이 조금씩 활발해지고 있다. 분당 서울대병원은 2015년에 신규 의료진 및 의과대학생 교육에 국내 처음으로 현장교육의 제약이 큰 수술분야에 가장 먼저 VR 교육시스템을 도입하였다. 이 교육을 통해 수술실 내에서 수행해야 하는 역할은 물론 동선과 배치 등을 한눈에 볼 수 있는 것은 물론이고 수술 실전에 앞서 여러 분야 전문의들의 수술 장면을 눈앞에서 간접 체험할 수 있다.

대한안전교육협회는 IT 기술을 접목한 체험형 안전교육을 국내 최초로 실시하고 있다. 이 협회에서 실시하고 있는 주요 교육의 대표적 예가 스마트 심폐소생술 훈련이다. 이 훈련에서는 강사 지시에 따라 단순히 심장 압박만 실시하던 기존의 학습방식에서 벗어나 블루투스 통신 기술, 애니메이션(심폐소생술 인형) 및 3D 입체콘텐츠를 활용해 보다 다양한 방식으로 진행된다. 이 훈련은 최대 여섯 명이 동시 체험할 수 있는 게임 형태로 진행된다. 이 교육의 특징은 교재나 이론 설명으로만 이루어졌던 기존의 안전교육과 달리, 교육생들이 직접 체험하며 안전에 관한 지식을 완전히 습득할 수 있다.

또한 '찾아가는 3D 안전행복 버스'는 아동과 청소년 및 거동이 불편한 어르신을 대상으로 3D 안전교육상영과 터치스크린 체험과 안전지도사의 강의를 통해 기존의 이론이나 강의 중심교육에서 벗어나 흥미 있고 현실감 있는 교육을 진행하고 있다.

3.2.3 VR 산업안전교육

산업안전 교육 분야에서도 VR의 활용은 점점 증가하고 있는 상황이다. 예로 한국 전자통신연구원(ETRI)은 사용자의 체감을 극대화하고 현장의 상황을 효과적으로 표현할 수 있도록 현업의 기중기 훈련 작업을 VR 시뮬레이션 환경에서 훈련하는 기술을 개발하였다. 기중기는 조선, 제철, 항만 등 산업 전반에 걸쳐 활용되고 있는 주요 기자재로 높은 위험성으로 인해 고난도 운영능력을 요구한다. 그와 함께 잠재적인 위험요소가 산재하여 있는 산업현장에서 숙련 미숙으로 인한 안전사고를 미리 방지할 필요성이 있다. 따라서 기중기 훈련 시뮬레이션 기술은 산업공정의 기중기 운송 플랫폼을 가상의 콘텐츠 환경으로 구성하여 현업의 기중기 훈련 작업을 VR 시뮬레이션 환경에서 훈련할 수 있도록 구성되었다. 이 기술로 다양한 인터페이스를 포함한 가상 환경에서 사용자의 체감을 극대화하고, 현장의 상황을 효과적으로 표현함으로써 몰입도를 높일 수 있다. 또한 사고 위험 없는 VR 콘텐츠를 이용하여 반복적으로 훈련을 함으로써 훈련 부족 및 조작 미숙으로 인한 산업 재해를 사전에 방지하여 이에 따른 사고 처리비용을 절감할 수 있다. 하지만 아쉽게도 이 기술이 2013년 2월 개발 완료되었음에도 불구하고, 실제 이 기술을 사용하고 있는 기업은 거의 찾아볼 수 없다.

소방방재청에서는 운행구간의 노면 상태와 교통상황, 기상상태, 운전 행동 등에 따라서 다양하게 변화하는 실제의 구급차 운행상황과 같은 수준의 가상 구급차 주행상황 및 동특성을 동시에 제공하는 구급대원 훈련용 VR 기반 모의 구급차를 연구·개발하고 있다. 실제 구급차와 유사한 운전실과 환자실 환경을 제공하여 운전자와 처치자의 위급상황 대처능력 평가 및 훈련을 지원하고, 가상의 도로주행 및 동작을 구현하는 구급차 시뮬레이터를 통해 구급요원의 위험인지 능력과 구급역량 증대에 따른 인적 경제적 손실 감소를 목적으로 한다. 다양한 기관에서 여러 교육목적의 차량 시뮬레이터를 개발한 사례가 있으나 아직은 주목할만한 성과를 거두지 못하고 있으며 구급차와 환자실만을 동작하는 구급대원 교육용 시뮬레이터 개발 연구사례(부산소방학교 설치)가 있는 것으로 조사되었다.

그동안 정부 주도로 추진해 온 유사 개발사례에 비추어 판단해 볼 때 VR 기반 안전교육시스템은 안전을 높이고 현장실습 못지 않은 효과를 낼 수 있는 매우 유용한 교육수단으로 여겨지고 있다. 이미 여러 기관에서 VR을 이용한 안전 교육훈련 시스템 개발과 함께 그 효과도 입증되었다. 그러나 정작 VR 교육이 꼭 필요한 기업들은 비용을 비롯한 다양한 여건으로 인해 제대로 활용하지 못하고 있는 실정이다.

4. 제조업 분야 안전관리자 인터뷰

안전관리 및 안전교육에 많은 관심을 보이고 있는 것으로 알려져 있는 광주 지역의 제조업 4개사를 방문하여 안전관리자와의 인터뷰를 2016년 5월에 실시하였다. 안전관리자를 통해 안전교육 및 VR 기반의 안전교육시스템 개발을 위한 요구사항을 파악하는 것이 인터뷰의 목적이었다. 그런데 아쉽게도 안전관리 및 안전교육에 많은 관심을 기울이고 있는 업체를 찾아내기가 쉽지 않았으며 안전관리자와의 인터뷰를 허가한 업체 또한 많지 않아 4개사의 안전관리자와의 인터뷰를 할 수 있었다. 비록 많은 회사로부터 나온 의견은 아니지만 대체적으로 산업계가 바라보고 있는 안전교육 및 VR 기반의 안전교육시스템에 대한 견해를 어느 정도는 파악해볼 수 있었다고 할 수 있다. 본 절에서는 각 회사에서의 인터뷰 내용을 요약 정리해 기술한다.

4.1 S사

현재 S사의 실제 안전사고 발생률은 끼임(협착), 베임, 근골격계 질환 순으로 가장 많이 일어난다. 하지만 이런 사고의 90% 이상은 작업자가 정해진 안전수칙을 지키지 않아 발생하는 것으로 나타났다. 안전교육 진행 방식은 PPT, 동영상 감상과 같은 세미나 식 교육만을 진행하고 있으며 체험장 설치에 드는 큰 비용과 넓은 공간의 요구로 인해 체험식 교육은 회사 내에서 따로 시행하지 않는다. 따라서 6개월에 한 번 정도 광주에 있는 안전공단에서 체험식 단기 교육을 받거나, 공단 내의 직원이 출장식 교육을 진행하고 있다.

S사 총괄 안전관리자는 회사 내의 재해로 인한 손실 비용이 굉장히 많이 들기 때문에 VR 교육으로 재해율을 낮출 수 있다면 충분히 회사에서 투자할 만하며 경제적으로도 효율성이 있다고 말했다. 또한 재해를 통한 체험식 교육은 강의식 교육을 진행할 때 보다 그 효과가 굉장히 좋았기 때문에 만약 VR을 도입하여 안전교육을 진행한다면 교육 효과는 극대화될 것이며, 직원들의 흥미와 만족도 모두 높을 것으로 예상했다.

그러나 재해는 작업자의 다양한 원인으로 발생하기 때문에 손, 발뿐만 아니라 다른 많은 요인을 고려해야 한다. 그러나 VR은 시각적인 요인 위주이기 때문에 기술적으로 많은 부분이 발전해야 실현이 가능할 것 같아 적용하는데 꽤 오랜 시간이 걸릴 것으로 예상했다.

현재 정부에서 교육 장비에 드는 비용을 50% 정도 부담해주고 있었지만, 교육비용이 몇 천만원에서 억 단 위까지 들기 때문에 여전히 회사의 부담은 크다는 점

을 지적했다. 이런 이유로 국가에서의 지원이 더욱 필요하다고 언급했다.

4.2 H사

H사는 공작 기계 제조업이기 때문에 끼임, 협착, 절상사고 등이 주로 일어난다. 사고의 원인은 대부분 근로자의 부주의로 일어나지만, 의외의 곳에서 간헐적으로 발생하곤 한다.

H사에서는 관리감독자가 연간 16시간, 생산직 근로자들은 월 2시간 이상 의무교육을 받게 되어 있다. H사의 교육 진행 시 현장실습교육을 했을 때 효과가 가장 좋았지만 여건상 체험식 교육은 인턴 기간 때에만 진행한다. 주물공장 같은 경우 기온이 높은 날에도 안전복과 안전장비의 필수사용으로 인해 열사병, 탈수현상이 빈번하게 발생하므로 여름철 고열작업 교육을 한다. H사는 주로 중량물을 취급하기 때문에 천정 크레인을 많이 사용하는 데 크레인을 이용해 교육을 진행하기 위해 선 낙하를 비롯한 위험요인이 많으므로 체험교육 대신 관리자와 근로자가 함께 위험예지훈련을 시행한다.

H사의 안전관리자는 VR 기반의 안전교육은 독창적이고 창의적이기 때문에 교육 효과가 기대되고 경제적으로도 효율적일 것으로 예상했다. 그러나 세부적인 상황을 만들어 사업장에서 사용하기에는 준비하는데 드는 비용의 부담과 걸리는 시간 때문에 사업장에서의 적용은 힘들 것이라고 언급했다. 따라서 안전 관리공단 같은 한 기관을 국가에서 지정하여 선반, 프레스기 등 기계별로 종류를 나누어서 시스템적 VR 기반 안전교육을 지원해준다면 사업장에서는 적극적으로 이용할 의사가 있음을 보였다. 이는 저비용 고효율적인 교육이 될 것임을 확신했다. 또한 신규작업자들에게 기계 작동 메커니즘을 VR로 보여줌으로써 작업 시작 전 위험요인에 대해서 스스로 인지할 수 있도록 해야 함을 강조했다.

4.3 D사

현재 D사의 가장 위험한 안전사고는 금속 열처리 과정 중 표면 경화를 위한 유해물질로 인한 중독과 분진 폭발사고, 또 90도 이상 가열된 금속으로 인한 화상이다. 공정 내부로는 근로자가 가까이 갈 수 없는 구조로 되어있기 때문에 사고가 일어날 확률은 거의 없지만 가열된 금속을 외부에 이동시키는 과정 또는 외부에서 냉각을 시키는 과정에서 근로자가 접근할 때 화상 사고로 이어질 우려가 있다.

회사 내 가장 많이 발생하는 안전사고로는 호이스트에서 중량물이 근로자의 발등 위로 추락하는 사고, 가열된 금속에 화학반응이 일어나 불꽃이 튀어 손등에 화상을 입는 등의 사고가 있었다. D사의 안전교육 진행방식은 재해 사례를 발표해 근로자들에게 안전지식을 알려줄 수 있는 강의식 교육, 현장에서 작업 전에 작업 예정, 절차, 안전의 확인, 유의점 등에 대하여 협의하는 TBM(Tool Box Meeting) 위험예지가 있다.

D사 안전관리자는 산업안전교육에 VR을 도입했을 시 자사에는 현실적으로 실현하기 어렵다는 의견이었다. VR을 도입했을 시 대규모 집단이 위험 수준이 낮고 반복적인 업무를 하는 도중 발생하는 근로자의 실수를 줄이는 데 도움이 되지만 열처리와 같은 소규모 집단이 위험도가 높은 업무를 하는 데는 사고가 거의 나지 않기 때문에 도움이 되지 않는다는 것이었다. 또한 비용문제에서도 국가에서 일정 부분 지원해준다 하더라도 사업장을 완벽히 구현하기 위해서는 상당한 비용이 예상되므로 상용화는 불가능할 것이라 덧붙였다.

4.4 B사

B사의 산업안전교육 방법은 강의식으로만 진행하고 있으며 체험식 교육은 따로 하고 있지 않다. B사는 주로 중량물을 취급하기 때문에 호이스트가 떨어질 경우를 대비한 이론식 교육을 진행하고 있다. 중량물을 취급하는 도중 끼임, 베임 등의 사고, 회전체나 톱 기계로 인한 절단사고가 가장 자주 발생한다.

B사의 안전관리자는 만약 작업 전에 VR을 이용해서 미리 작업훈련을 받는다면 실제 위급한 상황이 발생했을 때 신속한 대처 등의 재해사고 개선 효과가 있을 것이라고 보았다. 대부분 사고가 근로자 부주의로 인해 발생하기 때문에 재해 장면을 재현해 VR로 보여준다면 근로자들의 안전의식을 높여 업무 중에 발생하는 실수가 현저히 줄어들 것이라는 의견을 내놓았다. 또한 형식적인 이론식 강의를 아닌 1인칭 가상훈련기법은 직원들의 흥미를 유발해 이전보다 높은 교육 효과를 기대할 수 있다고 예상했다.

하지만 현재 시뮬레이션 구현기술로는 현실감이 부족하다는 점, 초기비용 부담이 크다는 점을 지적하며 정부에서 일정 부분 지원해주고 VR 구현기술이 더 많이 개선된다면 적극적으로 도입하고 싶다고 덧붙였다. 또한 D사 안전관리자는 VR 산업안전 교육시스템은 사망자 수를 줄이기 위한 공익 목적이기 때문에 국가에서 적극적으로 기업들이 저비용으로 효율적인 교육을 받도록 지원해야 한다는 의견을 내놓았다.

4.5 의견종합

4개사의 안전관리자와의 인터뷰 결과 대부분의 제조업에서 현재 가장 많이 일어나고 있는 사고는 끼임(협착), 베임, 절상사고 순이었으며, 사고의 원인은 90% 이상 근로자의 부주의로 인해 발생했다. 4개 제조기업 모두 안전교육은 실시되고 있었지만 형식적인 세미나, 강의식의 이론교육으로만 진행되고 있었다. 하지만 이는 근로자의 사고 발생률을 줄이는데 현실적으로 도움이 되지 못하고 있음에도 불구하고 교육비용은 큰 비율을 차지하고 있다.

각 회사의 안전관리자들은 근로자가 실제 체험을 통하여 교육을 받았을 때 그 효과가 더 높다는 점을 강조하며 VR을 통한 안전교육시스템의 도입을 적극 찬성했다. 그러나 실제 적용시켰을 때 비용이나 관리의 복잡성 등을 지적하며 사업장의 실정에 맞는 개발방향을 제시해야한다는 의견을 보였다.

5. VR의 산업안전교육 적용 방향

국내의 안전교육 및 VR을 활용한 안전교육시스템 개발 현황에 관한 문헌조사 및 현장에서 안전관리를 담당하고 있는 안전관리자들과의 인터뷰를 통해 안전교육시스템에서 VR을 효과적으로 활용하기 위해 고려해야 할 점을 파악할 수 있었다. 본 절에서는 우선적으로 VR 기반의 안전교육시스템의 도입을 적극적으로 고려해볼 만한 적용 산업을 기술하고 개발방향을 비용, 인력, VR 시나리오 구성, 시범사업의 관점에서 정리하였다.

5.1 주요 적용 산업

VR 기술을 이용한 산업안전 교육시스템을 도입하기 위해서는 사망사고율이 가장 높은 업종을 선택해 우선적으로 집중적으로 개발할 필요가 있다. 고용노동부에서 발표한 2015년 기준 사망 재해 발생현황에 따르면 업무상 사고 사망 재해빈도가 437건, 전체의 45.8%로 건설업이 가장 많이 발생하였고 제조업이 251건, 전체의 26.3%로 그 뒤를 이었다. 이런 자료를 바탕으로 사망사고율이 다른 업종들에 비해 월등히 높다 할 수 있는 건설업과 제조업을 VR을 이용한 안전교육시스템 개발에 집중해야 할 업종으로 고려할만하다.

VR을 이용한 안전 훈련을 받게 될 근로자들은 대체로 정규직 근로자들에 속한다. 2015년 8월 통계청에서 발표한 보고서 '비정규직 실태와 규모'에 의하면 건설업에 종사하는 정규직 근로자들은 507천명, 비정규

직 근로자들은 857천명으로 비정규직 비율이 62.7%로 나타났다. 반면 제조업에 종사하는 정규직 근로자들은 2,948천명, 비정규직 근로자들은 883천명으로 비정규직 비율이 23%로 나타나 건설업과 비교했을 때 비정규직 비율이 현저히 낮았다. 비정규직 비율이 낮은 것은 근로자 순환주기가 길기에 동일한 근로자에게 반복적인 교육을 진행할 수 있다. 반복적인 가상 안전 훈련은 근로자에게 안전하게 업무를 수행할 수 있게 하고 위험요인 판별 능력을 키워 사고를 예방할 수 있게 하므로 작업자 실수로 인한 재해사고 개선 효과를 기대할 수 있다. 즉 정규직 비율이 높은 제조업 현장에서 VR을 이용한 안전교육시스템을 도입한다면 교육 효과가 상대적으로 더 높을 가능성이 있다.

5.2 VR의 효과적 적용 방향

5.2.1 비용

인터뷰에서도 확인되었지만 VR기반의 안전교육시스템을 도입하는데 가장 큰 관심은 역시 비용문제였다. 이는 중소기업의 경우 매우 중요한 고려요인이 될 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 사업장마다 VR 교육 체험장을 만드는 것보다 비교적 접근성이 좋은 인력공단이나 안전공단 내에 VR 시스템을 설치하여 근로자들이 주기적으로 방문해 체험교육을 할 수 있도록 한다면 기업이 지급해야 할 전체 비용은 줄어들 것으로 기대된다. 근로자 수가 많고 비용문제가 크게 대두되지 않는 대형 사업장일 경우에는 사업장 내 소형 VR 교육장을 개설해 근로자들에게 반복적인 훈련을 하는 것이 안전교육의 효과성을 높이는데 더 바람직할 것으로 생각된다.

산업재해로 인한 사망률과 재해율을 감소시키는 것은 기업뿐만 아니라 국가적으로도 큰 관심 사안이다. 이런 점에서 정부는 VR을 이용한 산업안전 교육시스템 개발을 위한 초기비용의 일정 부분을 지원해주는 등의 재정적 지원을 적극적으로 실시해야 할 것으로 판단한다.

5.2.2 인력

비용 문제 못지 않게 현장에서 어려움을 겪을 수 있는 중요 요인이 VR을 체계적으로 안전교육에 활용할 수 있는 인력의 부족이다. 특히 VR에 사업장의 모든 위험 상황을 정확하고 완전하게 구현할 필요가 있는데 이에 필요한 인력을 확보한다는 것이 현실적으로 쉽지 않다고 할 수 있다. 사고가 발생하는 여러 상황과 다양한 변수로 인해 구현해야 할 경우의 수는 셀 수 없이 많아 기업 내 일반 직원이 감당하기에는 무리가 있다. 실제로 재정 상황이 좋은 대기업들을 제외한 대다수의 기업은 VR 개발팀

을 구축하는 데 비용 면에서 큰 부담이 된다. 이 문제에서 국가는 인력공단이나 안전공단에서 시뮬레이션 전문 개발자를 채용해 사업장 내 공통으로 발생하는 위험 상황을 구현한 후 각 사업장에서 일종의 맞춤형 전략을 추구하는 것이 효과적일 것으로 판단한다.

5.2.3 시나리오 구성

사고 발생의 90% 이상이 위험요인을 알고 있음에도 불구하고 작업자의 부주의로 인해 일어난다. 따라서 사고 발생 전 상황보다 사고 발생 후 일어나는 상황(예:피가 나고 손가락이 절단된 모습)을 강조하여 작업자의 사고대응능력을 향상시키는데 우선 주력할 필요가 있다. 특히 제조업의 경우 근로자가 작업하는 중 발생하는 재해는 손과 발뿐만 아니라 다른 많은 변수로 인해 발생하기 때문에 시각적 요인뿐만 아니라 재해에 영향을 주는 모든 요인을 고려할 필요가 있다.

또한 현재의 VR 기술로 표현이 어려운 부분들은 제외하고 VR 적용 시 효과가 클 것으로 예상하는 가상 시나리오를 우선적으로 선별해서 활용할 필요가 있다. 가상 시나리오를 구성하는 과정에서 인간-컴퓨터 상호작용이나 인간신뢰도분석 등에서 활용하는 시나리오 구성 기법을 적극 활용하면 도움이 될 것으로 판단한다.

5.2.4 시범사업

VR이 안전교육시스템에 활용되면 여러 좋은 점이 많다는 것에는 여러 자료와 본 연구의 인터뷰를 통해 볼 때 분명한 점이다. 그러나 그러한 효과 내지는 장점에 대한 기대감이 충족할 뿐이지 실제적인 검증 내지는 실험적 자료는 부족한 상황이다. 그러한 이유로 각 회사에서는 VR 기반의 안전교육시스템이 실제로 안전 사고 발생율을 감소시켜 줄 수 있는가에 대한 의구심을 갖고 있는 것 또한 사실이다. 이는 산업안전 교육시스템에서의 VR 활용을 확장하는 데 있어 분명한 약점이 될 수 있다.

따라서 VR을 이용한 산업안전교육을 보편화하기 위해서는 VR 기반의 산업안전 교육시스템의 교육 효과를 평가하여 개발 확장의 가치를 입증할 필요가 있다. 이를 위해 각기 다른 지역에 있는 몇몇 사업장에 시범적으로 VR을 활용한 산업안전 교육시스템을 도입해 사업장 내 업무상 사고율에 영향을 미치는지 포괄적이고 체계적인 실증적 조사가 이루어질 필요가 있다. 이러한 조사를 통해 얻어진 자료는 VR을 활용한 안전교육의 경제적 효과를 측정하는데 매우 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

5.2.5 VR기반 안전교육 효과성 검토

VR기반의 안전교육시스템이 기존의 다른 안전교육 방법과 비교해 모든 면에서 항상 월등하게 좋다고는 할 수 없다. <Table 1>은 강의중심의 교육방법, 현장체험 위주의 교육, VR기반의 교육을 여러 관점에서 비교하고 있다. 이 비교 결과는 본 연구를 위해 검토한 문헌, 안전관리자와의 인터뷰, 저자의 관련 경험 등을 종합해서 요약한 것이다. 따라서 실제적인 비교 및 VR기반 교육방법의 실질적 효과에 대한 광범위한 실증 연구를 <Table 1>의 비교기준을 중심으로 추후에 수행해야 할 것이다.

<Table 1> Comparison of Training Methods

Criteria	Lecture - Oriented Method	Training in the Field	VR-Based Method
Cost (Developing)	Low to Medium	High	Medium to High
Cost (Maintenance)	Low	High	Medium
Immersion (Attendants)	Low to Medium	High	High
Satisfaction (Attendants)	Medium	High	Medium to High
Training in Principle Knowledge	High	Low to Medium	Medium
Training in Procedural Knowledge	Low	Medium to High	Medium to High
Training in Problem Solving Skills	Low to Medium	Low to Medium	High
Degree of Interaction (with Attendants)	Medium to High	Low to Medium	Medium to High
Fidelity (Reality)	Low	High	Medium to High
Flexibility (in Contents Update)	High	Low to Medium	Medium to High

우선 개발이나 유지보수 비용측면에서 본다면 현장 체험과 VR기반 교육이 상대적으로 높은 비용을 요구한다고 할 수 있다. 그러나 학습자의 집중도나 몰입도 및 만족도 관점에서 본다면 강의 중심의 방법보다는 현장체험 및 VR기반의 교육방법이 장점을 갖고 있다고 할 수 있다. 안전교육의 궁극적 목적은 훈련자로 하여금 다음의 세 가지를 체계적으로 습득하게 하는 것이다: 안전관리의 대상이 되는 시스템 및 관련 개념 중심의 원리적 지식, 시스템 내에서 요구되는 직무의 원활한 수행을 위한 절차적 지식, 안전관리 및 사고대응을 위해 필요한 문제해결 기술. 이러한 지식 및 기술의 습득 관점에서 본다면 VR기반의 안전교육이 다른 방법과 비교해 경쟁력을 갖고 있다고 할 수 있다. 또한 교육과정에서의 훈련생과의 상호작용, 실제 현장에 대한 충실도 및 교육내용의 보안을 위해 필요한 유연성 측면에서도 다른 방법과 비교해 VR기반의 방법이 매력적인 대안이라 할 수 있다. 그러나 앞서서도 기술했듯이 VR기반의 안전교육시스템이 모든 기준에서 최상은 아니므로 안전교육의 목적, 범위 및 이용 가능한 자원 등을 고려해서 교육방법을 선택적으로 활용하거나 여러 방법을 조합해서 활용하는 것이 바람직할 것이다.

6. 결론

본 논문은 산업안전 교육시스템의 질을 높이기 위해 VR을 효과적으로 활용하기 위한 전략적 방향을 제안하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 국내외 산업안전교육 및 산업안전 교육 분야에서의 VR의 활용 실태에 관한 자료를 우선적으로 분석하였다. 또한 안전관리 및 안전교육에 많은 관심을 보여준 광주 지역의 제조업 4개사의 안전관리자와의 인터뷰를 통해 VR의 안전교육에의 활용에 대한 현장의 의견을 수집 분석하였다. 이를 바탕으로 VR을 효과적으로 활용하기 위한 전략적 방안을 4개의 관점에서 정리하였다.

그러나 현재 VR과 안전교육을 접목한 기술은 개발 초기 단계이기 때문에 관련정보 및 참고자료가 매우 부족하였고 이 주제에 관해 현장의 의견을 줄 수 있는 기업과 안전관리자를 찾는 것도 쉽지 않았다. 이런 점에서 본 논문의 내용은 VR을 산업안전 교육시스템 개발에 적극적으로 활용하고자 하는 안전관리자들에게 일면 기초적인 참고자료만 제공해줄 수 있다고 판단한다. 그럼에도 불구하고 VR을 산업안전교육에 효과적으로 활용하기 위한 방안에 관한 연구는 아직 초기 단계라는 점을 감안할 때 이 실제적 문제의 본격적 연구를 위한 기초연구로서의 역할을 했다는 점에서 본 논문의 의의를 찾을 수 있을 것이다. 앞서서 기술했듯이 VR을 활용한 산업안전교육을 시행

하고 싶어도 비용 및 인력 등의 이유로 쉽게 VR기술을 안전교육에 도입하지 못하는 기업이 적지 않을 것으로 보인다. 이를 위해 비교적 적은 비용과 인력으로 활용 가능한 VR기반의 안전교육 플랫폼 내지는 솔루션 개발이 중요한 향후 연구과제가 될 것이다. 또한 VR기반의 안전교육을 더 폭넓게 보급시키기 위해서는 기업 입장에서 이에 대한 효과성에 대해 확신이 있어야 한다. 이를 위해 VR을 활용한 안전교육의 효과성을 입증할 수 있는 다양한 실증적 자료가 확보되어야 할 것으로 판단한다. 마지막으로 모든 분야에서 VR기반의 안전교육 시스템을 도입하고 활용하는 과정이 동일할 수는 없다. 따라서 각 분야별로 최적으로 VR기반의 안전교육시스템을 활용할 수 있도록 지원해줄 수 있는 각종 프로세스, 지침 및 사례연구의 개발이 중요한 향후 연구과제가 될 것으로 판단한다.

7. References

- [1] Ahn, S., Park, Y.J., Park, T-H., and Kim, T-H.(2015), "Development of safety training delivery method using 3D simulation technology for construction worker." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 15(6):621-629.
- [2] An, D-Y. and Park, H.K.(2013), "Case study on the development and use of technical training contents using virtual reality." *Journal of Practical Engineering Education*, 5(2):117-122.
- [3] An, Y-S.(2008), "Study on the analysis of present situation and improvement direction of construction safety empirical education." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 8(4):95-103.
- [4] Ki, J-S. and Oh, Y-J.(2000), "Application of virtual reality to industrial safety." *Journal of Korea Safety Management & Science*, 2(2):21-28.
- [5] L, M-S.(2012), "Methods for promoting industrial safety and health education." accessed June 21, 2016.
- [6] <http://unhr.enx.co.kr/InfoDirectory/InfoStorage/news/Newsview.asp?FileID=enx&ItemID=po201212121457592365&Table=policy&tYear=>.
- [7] Jang S-R, Kang J-C, (2003), "A study on the occupational safety and health education system through analysis of systems in advanced countries" *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 22(1):66-79.
- [8] Nam, S-J.(2002), "Experiences of advanced safety management in Germany." accessed June 21, 2016,
- [9] <http://www.esqi.com/board/boarddata/samsung/12.html>.
- [10] Kim, D.H.(2004), *40-Year History of Industrial Disaster Insurance*, Seoul:Ministry of Employment and Labor.
- [11] DGUV.(2005), *BG-Statistiken fur die Praxis*, Berlin:DGUV.
- [12] Ministry of Employment and Labor(2006), *Analysis of Industrial Disasters in 2005*, Seoul:Ministry of Employment and Labor.
- [13] Lee, S.H., Lee, T.W., and Kim, G.H.(2000), "Research & analysis for the status of industry safety education of small-medium sized enterprise." *Journal of Korea Safety Management & Science*, 2(1):117-127.
- [14] Metal Network Korea Company(2010). "Safety education conducted by Hyundai Samho Heavy Industry." accessed June 21, 2016,
- [15] <http://www.shipbuilding.or.kr/Press/201003/HYsamho0310/HYsamho0310.html>.
- [16] Virtual Reality Reviewer(2015). "Emergency water landing VR." accessed June 21, 2016. <http://www.virtualrealityreviewer.com/emergency-water-landing-vr/>.
- [17] Moreland, J., Zaraliakos, J.E., Campbell, W., Nakayama, S., Zhang, J., Arteaga, N., and Zhou, C.Q.(2015), "Interactive incident visualization for steel industry safety training." *Iron & Steel Technology*, November:38-42.
- [18] QinetiQ(2012), "Global mining industry virtual reality training." accessed June 21, 2016,
- [19] <https://www.qinetiq.com/services-products/tss/Documents/Global-Mining-Industry-Virtual-Reality-Training.pdf>.
- [20] ARCH Virtual(2016), "News from Arch Virtual." accessed June 21,

- [21] <http://www.archvirtual.com>.
- [22] Jeong, B-Y. (2016), "The current ecosystem of virtual reality and its implications." KSDI Research Report, 28(7):1-23.
- [23] The Kyunghyang Shinmun(2015), "The first introduction of virtual reality education system in Bundang Seoul University Hospital." accessed June 21, 2016,
- [24] http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201511181550572&code=900303.
- [25] Korea Safety Education Association(2016), "Virtual experience of safety." accessed June 21, 2016, <http://www.esafetykorea.or.kr>.
- [26] Kim, B. (2015), "Moving 3D safe and happy bus for the safety education of children." AMANG, July:64-65.
- [27] ETRI, (2016), "Introduction to the research topics of software and contents technologies." accessed June 21, 2016. <http://www.etri.re.kr>.
- [28] EcoStar, (2016), "National Emergency Management Agency-Development of Emulated Ambulance based on VR technology." accessed June 21, 2016,
- [29] http://eco-star.kr/bbs/board.php?bo_table=su_b02_02&wr_id=51.
- [30] Ministry of Employment and Labor, (2016), Analysis of Industrial Disasters in 2015, Seoul:Ministry of Employment and Labor.
- [31] Korea National Statistical Office, (2015), "Survey of economically active population in 2015." accessed June 21, 2016,
- [32] http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=347513.

저자 소개

백지민



전남대학교 산업공학과 학부과정 재학중임.
관심분야 : 시스템안전공학, 인간공학, 서비스디자인 등.

함동한



현재 전남대학교 산업공학과 부교수. 인하대 산업공학과 공학사, KAIST 산업공학과 공학석사 및 공학박사를 취득하였음. 2001 ~ 2005년 ETRI 선임연구원 재직. 2005 ~ 2012년 영국 미들섹스 대학교 공학 및 정보과학부 종신 연구중심교원 재직.

관심분야 : 인지시스템공학, 지식서비스공학, 서비스과학, 인간-컴퓨터 상호작용, UX 기반 제품 및 기술혁신, 시스템 안전공학 등

이양지



전남대학교 산업공학과 학부과정 재학중임.
관심분야 : 시스템안전공학, 인간공학, 서비스디자인 등.