

가상현실기법에 의한 건설안전교육체험 시스템 개발 방법에 관한 연구

송혁·이한민*·고성석*·이재용**

전남대학교 바이오하우징 사업단 · *전남대학교 건축학부 · **부경대학교 건축학부

1. 서론

오늘날 건설업의 안전관리 및 교육 체계는 근로자의 평생안전개념(My Safety System)을 마련함으로써 재해발생에 따른 비경제적인 손실을 막고 생산성의 극대화를 위한 안전경영의 방향으로 나아가고 있다. 최근 한국산업안전공단에서 근로자 안전교육 및 교육 자료의 사용현황을 살펴보면 근로자의 안전의식 고취를 통한 공사안전의 극대화를 위하여, 가상안전체험관을 만들어 건설업, 제조업, 가정 및 학교에서의 위험 상황을 실시간 컴퓨터 가상현실 입체영상을 통해 교육생이 직접 작업 및 사고과정을 체험하게 함으로써 위험요소를 사전에 찾아낼 수 있는 위험 예지 훈련 프로그램을 시행하고 있다. 하지만 경제적인 여건이 충분하지 못한 중소건설업체에 적용 가능한 현장교육용 안전관리 및 교육 프로그램의 마련과 보급의 필요성이 제기되고 있다. 즉 각 단위 공사 프로젝트별 유사 공종별로 원시재해형태의 반복적 발생이라는 특징을 띠고 있는 건설업의 재해사고 발생특징에 효과적으로 대처하고 활용할 수 있는 근로자 개인용으로 보급 및 활용이 용이한 컴퓨터 활용 안전교육 프로그램을 개발함으로써 작업장의 불안전한 상태의 잔재와 근로자의 불안정한 행동 및 부주의에서 기인하여 반복적으로 발생되고 있는 재해사고의 예방에 보다 과학적이고 효율적인 안전대책 마련이 절실하다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 전체 재해사고 발생비율에서 가장 높게 나타나고 있는 추락 사고예방을 위한 추락사고요인의 데이터베이스를 마련하고, 높은 발생 비율을 나타내는 중점 공정 및 작업에 대한 요인의 분석을 통해 개인용 PC에 활용이 가능한 가상현실 웹 환경에서 프로그램의 제작을 통하여 실제 현장교육용으로 활용이 가능한 보다 과학적이고 효과적인 안전교육 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 건설재해사례분석 및 가상현실

2.1. 건설 재해사고 유형분석

건축공사 각 단위 프로젝트별 해당 수행 공종 및 작업은 기술적·공간적·기능적으로 크게 다르지 않다. 즉 건설 재해는 유사한 공종 및 작업의 반복으로 발생 하고 있다. 국내 건축공사 도중 발생한 전체 재해자수에 대한 재해사고 유형 및 원인을 분석한 한국산

*. 본 논문은 한국과학재단 지역대학 우수과학자 지원연구의 일부임 (과제번호 : R052003000109880203)

업안전공단의 연도별 중대재해 5년간('1999 ~ '2003) 발생비율 통계자료에 의하면, 매년 유사한 공종에서 비슷한 원인에 기인한 재해가 반복적으로 발생되고 있음을 알 수 있다 (Table 1.). 건축공사의 재해사고 발생은 건축물을 생성하는 과정에서 발생하는 복합요인에 기인하며, 그 유형 및 작업으로는 추락, 낙하·비래, 토사붕괴, 감전, 질식 및 화재·폭발 및 거푸집동바리작업, 건설기계 및 장비 사용미숙, 발파작업, 지하 굴착작업 등으로 크게 이 범위를 벗어나지 않고 있다.

Table 1. Construction Heavy Accident and Ratio

중대재해사례 발생 비율						
연 도	총 재해자수	추락	화재·폭발	붕괴·도괴	협착, 감김 충돌	감전
2003	556명	38.9%	11.9%	9.8%	9.0%	8.0%
2002	586명	38.4%	10.2%	10.1%	8.3%	8.4%
2001	553명	35.1%	17.4%	10.3%	8.8%	9.3%
2000	440명	33.7%	13.2%	11.6%	10.3%	11.6%
1999	417명	35.5%	14.6%	11.8%	17.8%	14%

전체재해자수별 건축공사 공종별 중대재해사례를 종합적으로 분석하여 본다면, 유사 재해사고가 매년 반복적으로 발생한다는 재해사고 발생 특징과 함께 추락사고 유형이 가장 크게 나타나고 있음을 발견할 수가 있다. 또한 한국산업안전공단에서 조사 분석한 2003년도 사망자 및 부상자별 건설재해사고 유형은 Table 2에 나타난 바와 같이, 전체 사망자 및 부상자 중 추락 사고에 의한 비율이 가장 높게 나타나고 있으며, 추락 사고에 의한 재해강도는 다른 전류접촉, 낙하·비래, 충돌·접촉 등의 사고유형에 비해 훨씬 크게 나타나고 있다. 이는 추락사고가 갖는 대표적인 특징으로 가장 원시적인 재해유형에 속하지만 사고발생시 골절 및 중추신경의 마비 등의 증상이나 곧바로 사망으로 이어지는 비율이 높다.

Table 2. Victim ratio according to serious accident

구분	추락	전류접촉	낙하·비래	충돌·접촉
사망자	61.3%	8.2%	8.2%	6.2%
부상자	32.9%	1.7%	16.4%	15.5%

즉 추락 사고에 따른 재해발생 추세는 현재 건설업의 고층화·대형화·복잡화 양상 속에서 증가추세를 보이고 있는 실정이다.

2.2 건설재해 현황 및 다발공정 데이터베이스

추락 사고에 의한 재해사고의 예방 및 근절을 위한 기초적 작업으로 건설공사 재해 사고 항목 중 가장 많은 발생 비율을 보이는 추락 사고의 작업 및 공종에 따른 분포현황을 알기 위해 과거 1994. 01. 01 ~ 2005. 05. 31 까지 집계·조사된 중대재해정보는 총3,219건 중 800건의 건설재해 추락사고 사례에 대하여 각 작업 및 공종별 발생건수를 분석하여, 발생 비율에 따른 위험공종 및 작업의 위험 발생 순위를 산정하여

제시함으로써, 각 공종 및 기인물별 개인용 PC 활용을 통한 가상현실 교육시스템을 마련하는데 기초적 자료로 활용하기 위한 데이터베이스를 구축하였다(Table 3). 단, 추락 사고의 해당 공종 및 작업 분류에 있어서 작업 성향이 상호 비슷하고 연결되는 항목에 대해서는 작업 속성상 사고의 발생이 작업의 연속선상에서 발생한 것으로 간주하여 공종은 묶어서 제시하였다. 이러한 추락사고 발생공종 및 작업 분석 데이터는 어느 항목의 작업 및 공종에 추락위험요인이 존재하는가를 사전에 알게 해주는 데이터로서 전체 공사 진행에 있어서 비교적 간단한 교육 및 관리와 개선을 통해서 사전에 공사 시설물 및 작업장의 불안정한 상태의 제거와 작업자의 불안정한 행위 등을 점검해 보는 기초적인 자료로서 활용될 수 있다. 또한 재해강도가 큰 추락사고 예방을 위한 안전관리 및 교육활동에 효과적인 작업 기준을 제시할 수 있다. 추락사고가 가장 많이 발생하는 주요 공종 및 작업으로는 가설 및 비계, 작업발판 작업(14.63%), 리프트 및 사다리, 양중/하역 작업(14.37%), 거푸집공사(8%), 철골공사(6.88%), 철거 및 해체 작업(5.38%)의 순으로 나타났으며, 가설 및 비계 작업 발판작업과 리프트 사다리 양중 하역 작업(14.37%)에서 추락사고가 중점적으로 나타남을 알 수 있었다.

Table 3. Construction works of fall accident and analysis

작업 및 공종	발생건수	발생비율	순위
가설 및 비계, 작업발판 작업	117	14.63%	1
리프트 및 사다리, 양중/하역 작업	115	14.37%	2
거푸집공사	64	8%	3
운반 및 이동, 청소 작업	60	7.5%	4
철골공사	55	6.88%	5
철거 및 해체 작업	43	5.38%	6
바닥/개구부/계단 작업	37	4.63%	7
지붕공사	35	4.38%	8
전기, 케이블, 통신 공사	25	3.13%	9
미장, 건축, 타일 작업	23	2.88%	10
교량작업	18	2.25%	11
설비 및 배관 작업	18	2.25%	11
지하 구조물 공사	15	1.88%	13
도장공사	14	1.75%	14
철탑작업	13	1.63%	15
콘크리트 공사	11	1.38%	16
엘리베이터 작업	10	1.25%	17
철근공사	7	0.88%	18
주타 타워 작업	7	0.88%	18
외벽공사	6	0.75%	20
유리 및 창호 공사	6	0.75%	20
방수공사	6	0.75%	20
조적공사	5	0.63%	23
굴뚝작업	2	0.25%	24
단열공사	2	0.25%	24
수장공사	1	0.13%	26
기타	85	10.63%	·
합 계	800	100%	·

3. 가상현실 안전교육체험 시스템 개발

3.1 가상현실 안전교육시스템 인터페이스(interface)

인터넷상에서 가상현실을 이용한 안전교육시스템을 인터넷의 웹브라우저와 내부프로그램을 조합하는 외부인터페이스의 구성이 필요하며, 또한 건물의 위치나 공중에 적합한 체험교육을 구현하기 위해서는 3차원 모델링 랭귀지인 VRML(Virtual Reality Modeling Language : 이하 VRML)의 사용이 필수적이다. VRML은 노드(node)와 필드(field)로 구성되어 있다. 노드는 3차원 공간상의 직접보이는 물체와 물체의 속성이 여기에 해당되며 노드는 노드타입명과 함께 필드를 정의하기 위한 블록으로 구성된다. 필드는 노드의 블록 안에 정의된 노드의 속성을 표현하며, 필드의 이름과 필드 값으로 구성된다. 이러한 VRML로 이루어진 가상공간에서 객체들의 동작에 대해 프로그래밍을 하기 위해서는 VRML의 스크립트(script) 노드를 이용하게 되어 있다. 그러나 이러한 VRML 객체 내부에 동작을 바꿀 수 없다. 따라서 외부 어플리케이션(Application)과 언어 차원에서의 통신을 지원하여 동적으로 객체를 조작할 수 있게 하기 위하여 EAI(External Authoring Interface)가 제안 한다.

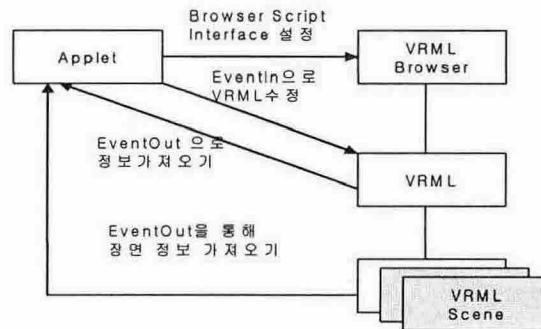


Fig. 2. EAI Operator Principle

EAI는 기본적으로 4가지 타입의 VRML노드엑세스(Access)를 제공한다. 처음 EAI에 의해 애플릿이 실행될 때 우선 VRML과의 연결을 설정해 주어야 한다. 브라우저 스크립트 인터페이스를 설정하여 이벤트인(EventIn), 이벤트아웃(EventOut)을 주고받을 경로를 열어주어야 한다. 이렇게 생긴 경로를 통해서 값을 보내거나 받게 된다. 값은 크게 두 가지로 나누어지게 되는데, 첫 번째는 처음 VRML이 실행되고 애플릿이 구동될 때 읽어오는 DEF 이름이다. DEF는 VRML에서 정의된 노드를 대표하는 이름이고 EAI는 VRML에서 DEF의 위치(POINTER)를 읽어 와서 작업을 수행하게 된다. 결국 VRML에서 DEF로 선언된 노드는 엑세스를 허용한다는 의미가 되고 하나의 DEF는 이벤트인(EventIn)과 이벤트 아웃(EventOut)을 모두 가진다.

3.2 가상현실 안전교육시스템의 파서(Parser)

가상현실 안전교육 시스템은 웹을 이용한 상호간의 이벤트를 발생하여 조작하는 프로그램으로 웹파싱이 중요한 요소이다. 파싱이란 언어 해석기인 컴파일러 또는 인터프리터가 프로그램을 이해하여 기계어로 번역하는 과정의 한 단계로, 각 문장의 문법적인 구성 또는 구문을 분석하는 과정. 즉, 원시 프로그램에서 나타난 토큰의 열을 받아들여 이를 그 언어의 문법에 맞게 구문 분석 트리(parse tree)로 구성해 내는 일이다. 크게 하향식 문장 분석과 상향식 문장 분석으로 나눌 수 있다. VRML 파서는 저작도구에 플릿과 사용자 애플릿을 모두 포함되어 있다. VRML 파서는 VRML 문법에 토큰으로 분리하는데 일단 노드인지 라우트(route)인지를 판단한 후 노드일 경우 그 노드에 대응하는 자바클래스를 생성, 필드의 값을 채워나간다. 토큰이 라우트일 경우 라우트에 대응하는 자바클래스를 만들고 변수를 채워 넣는다. 이렇게 적재된 VRML 객체는 VRML 브라우저에 삽입, 이동, 삭제가 가능하다. VRML 파서는 파싱하는 클래스와 두 개의 보조 클래스와 60개의 VRML 노드에 대응하는 자바 클래스를 가진 Classnode 패키지로 구성되어 있다. VRML 파서는 메인 클래스인 VrmlParser 클래스는 VRML 코드를 입력받아 토큰을 얻어내는 MyTokenizer 클래스에서 얻어진 토큰에서 Classnode 패키지에 속한 VRML 노드에 대응하는 클래스를 생성하여 각 필드에 토큰으로 얻어진 값들을 채워 넣는다. Fig. 3.과 같은 알고리즘이다.

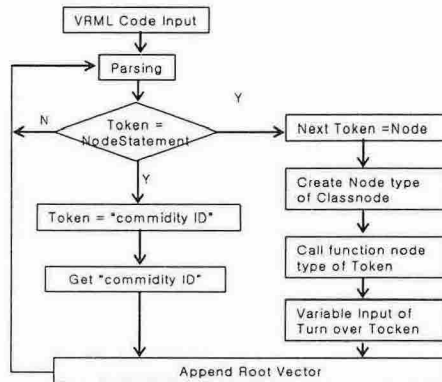


Fig. 3. Algorithm of VRML Parser

3.3 가상현실 안전교육체험 시스템

가상현실 시스템은 건축, 디자인, 항공기 자동차 시뮬레이터, 게임 등의 다양한 분야에 걸쳐 응용되고 있다. 가상현실(VR; Virtual Reality)은 컴퓨터에 의해 인공적으로 만들어진 감각 몰입형(sense immersing) 환경 속에서 사용자가 이 환경과 상호작용(interacting) 할 수 있는 인간-컴퓨터 인터페이스(interface)라고 정의되며(Pimentel, 1995), 인간은 공간적, 기능적, 교육적으로 상호 작용성(interactivity)을 갖는 가상현실 시스템 속에서 컴퓨터와 실제와 비슷한 커뮤니케이션을 함으로써 기존의 교육매체에

비해 현실감(presence)이 높은 교육효과를 얻을 수 있게 된다. 즉 가상현실 시스템은 실제와 비슷한 작업현장에서 재현가능한 모든 데이터의 입력을 통해 작업자가 체험 할 수 있는 다양한 프로그램의 실현이 가능하다는 점에서 그 활용도와 기대 효과는 현재 적용되고 있는 2차원적인 인쇄 매체 및 타 작업자의 동영상을 통해 위험예지훈련을 하는 다른 교육매체에 비해 훨씬 크다. 본 연구에서 제시하는 PC의 적용이 가능한 가상현실 시스템은 추락사고 위험이 큰 작업 및 공중에서의 위험요인을 가상현실 안전교육 체험과 작업자의 안전작업 정도를 알기 위해, 작업자가 개인정보를 입력하고 작업공종을 선택한 후 가상작업 시뮬레이션을 체험함으로써 그에 따른 안전도구의 활용여부와 작업 방식, 태도 등에 따른 작업 위험성의 평가가 이루어지도록 시나리오를 구성하였다. Fig. 4. 은 가상현실 안전교육 프로그램의 흐름도이다.

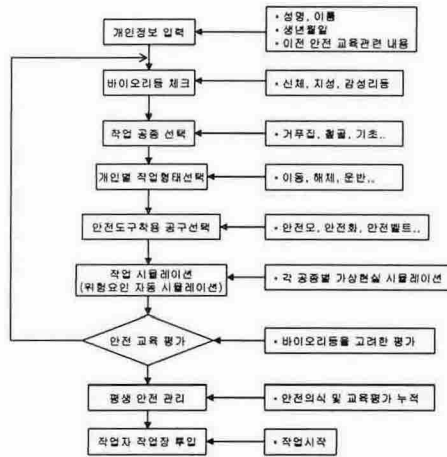


Fig. 4. Algorithm of V.R Safety Education Program

또한 Fig. 5는 웹 환경에서의 가상현실 안전교육 체험 시스템을 구동한 화면으로, 인적사항, 공종 및 자신 작업형태에 맞추어 가상현실 안전교육체험점수, 안전교육시뮬레이션을 구동 하도록 구성하였다.



Fig. 5. simulation of V.R Safety Education Program

4. 결 론

본 연구에서는 개인의 바이오리듬과 과거 안전교육점수 및 사고사례를 고찰하고, 교육 당사자가 직접 작업공중 및 형태를 선택하여 안전교육을 체험 할 수 있는 웹 기반 가상현실 건설안전체험 시스템을 개발 하는 방법에 관한 연구를 실시한 결론은 아래와 같다.

1) 가상현실 기법을 적용한 안전교육의 체험은 작업자 개인 정보에 따라 공중별 사건사례 등을 직접 가상 건설 현장 내에 작업사항을 미리 시뮬레이션 함으로서, 안전교육에 대한 의식을 고취 시킬 수 있다.

2) 웹상에서 외부 어플리케이션(Application)과 언어 차원에서의 통신을 지원하여 동적으로 객체를 조작할 수 있게 하기 위하여 EAI(External Authoring Interface)가 제안 하였다. 이는 중앙 집중적인 데이터 관리 및 전체 직원에 대한 안전교육의 통계 및 안전 지원 정책을 결정 할 수 있는 기초적 자료로 활용이 가능하다.

3) 위험한 상황을 가상환경으로 구현하여 피교육자가 위험상황에 직접 노출되지 않고 안전하게 위험상황을 극복하거나 위험상황의 발생을 예방할 수 있도록 피교육자가 직접 참여할 수 있는 교육 시스템으로 체험적 교육을 통한 사고예방이 가능 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국산업안전공단, “안전보건경영시스템 구축에 관한 지침”, 1998
2. 한국산업안전공단, “건설 중대재해 사례와 대책”, 1999~2004.
3. 고성석 외 2인, “ 건축공사 공중별 위험도에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 20권5호, pp138~143, 2005. 5
4. 고성석, 송혁, “건설안전정보시스템 구축에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, 제16권4호, 2001년 pp 140 ~ 146