전자통신동향분석 제26권 제1호 2011년 2월

산업 적용형 가상현실 기술

Virtual Reality Technology for Industrial Application

차세대 콘텐츠 기술 전망 특집

양웅연 (U.Y. Yang) 가상현실연구팀 선임연구원
조동식 (D.S. Jo) 가상현실연구팀 선임연구원
김용완 (Y.W. Kim) 가상현실연구팀 선임연구원
이 건 (G. Lee) 가상현실연구팀 선임연구원
김혜미 (H.M. Kim) 가상현실연구팀 연구원
김진호 (J.H. Kim) 가상현실연구팀 책임연구원
김기홍 (K.H. Kim) 가상현실연구팀 팀장

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 가상현실 기반 공정 검증
Ⅲ. 가상현실 기반 생산 훈련
Ⅳ. 연구 개발 사례
Ⅴ. 결론

정보통신 및 콘텐츠 기술과 다른 산업의 기술이 융합된 대표적인 사례로, 최근 산업계 현장에서 가상현실 기술의 적용이 증가하고 있다. 본 글에서는 산업 적용형 가상현실 기술의 동향과 ETRI에서 수행된 구체적인 과제 결과물의 활용 사례들을 통하여, 핵심 기술 요소와 시장 활용성 및 향후 응용 분야를 제시하고, 넓은 의미의 혼합현실 및 증강현실 기술 동향 정보를 소개한다. 가상현실 기술은 제품의 전체 수명 주기(product life cycle)에 virtual engineering 기술로 활용되고 있으며, 여기에 참여하는 사용자를 대상으로 하는 교육 및 훈련을 위한 virtual training 기술에 대한 활용성 및 기술 개발 요구가 증가하고 있다.

© 2011 한국전자통신연구원

I. 서론

가상현실 기술은 1956년 Morton Heilig에 의해 ‘Sensorama[1]’라는 기초적인 가상현실 시스템이 소개된 이래 반세기 동안 많은 발전을 거듭해 왔으며, 제조, 국방, 의료, 건축, 관광, 멀티미디어, 게임에 이르기까지 거의 산업 전반에 걸쳐 그 적용분야를 확장해 왔다. 또한 최근 친환경 기술로도 주목받고 있다[2].

특히 제조 산업분야에서 가상현실 기술은 실 제품의 제작 없이 제품생산 공정 전 분야의 시뮬레이션을 통해 제품출시 기간의 단축과 이에 수반하는 개발 비용의 획기적 절감에 기여하고 있다. 뿐만 아니라, 작업 환경이 위험하거나 기술 교육 여건이 용이하지 않은 상황에서 현실 못지 않은 실감나는 환경을 제공함으로써 저위험, 저비용, 고효율의 산업 생산 신규인력 훈련에도 활용되고 있다.

이와 관련하여 최근 가상현실 기술의 공정 검증 시스템과 생산 훈련 시스템을 중심으로 산업 적용 사례를 통해 기술 동향을 파악하고자 하며, 이에 대한 주요 연구 개발 사례는 다음과 같다.

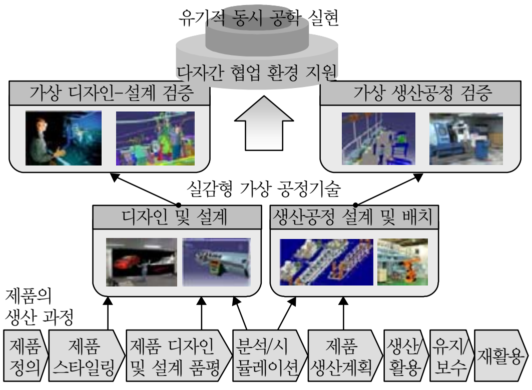
- 가상현실 기반 공정 검증
  - 가상 품평 기반 디자인-설계 검증
  - 인간 공학 기반 조립 분석
  - 생산 공정 사전 시뮬레이션 플랫폼
- 가상현실 기반 생산 훈련
  - 가상 용접 훈련 시뮬레이터
  - 광산 산업 가상 훈련 시뮬레이터
  - 자동차 정비 훈련 시뮬레이터
  - 항만 크레인 운전자 훈련 시뮬레이터

이러한 산업 적용 및 연구 개발 사례를 중심으로 본 글에서는 가상현실 기술 개발 방향을 모색하고자 한다. 본 고의 구성은 다음과 같다. II장과 III장에서는 각각 가상현실 기반 공정 검증 시스템 및 가상현실 기반 생산훈련 시스템의 산업 적용사례를 살펴보고, IV장에서는 이와 관련된 최근 주요 연구사례를 짚어본다. 마지막으로 V장에서는 산업적용에서의 현재 가상기술이 극복해야 할 기술적 과제와 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 가상현실 기반 공정 검증

1. 개요

산업 제조 공정은 일반적으로 제품 정의, 디자인, 설계, 분석 및 시뮬레이션, 생산 계획, 생산, 유지 및 보수, 재활용과 같은 일련의 프로세스에 따라 진행된다. 이러한 제조 공정분야에서 비용 절감, 기간 단축을 위해 현업에서는 디자인 및 설계 반복 수정의 문제점, 신규 설비 및 신 공정 구축에 대한 직접 적용의 어려움을 해결하고, 부품 및 완성 업체 간 긴밀한 공동 협력체제를 지원하는 플랫폼의 개발이 꾸준히 요구되어 왔다. 이를 위해 최근 가상 품평 기반 디자인-설계 검증, 인간 공학 기반 조립 분석, 생산 공정 사전 시뮬레이션 플랫폼 등 가상 현실을 기반으로 한 실감형 가상 공정 시뮬레이션 플랫폼이 국내외적으로 연구 개발되고 있다.



(그림 1) 가상현실 기반 공정 검증 기술

© 2011 한국전자통신연구원

이러한 제조 공정에 (그림 1)과 같이 가상 현실 기술을 적용하면 크게 디자인-설계 과정, 생산 공정 과정, 두 부분의 프로세스를 혁신적으로 개선할 수 있다. 디자인-설계 과정에서는 디자인-설계 부서간 상호 검증과 조립 순서 검증 수행으로 설계의 개선점과 오류를 사전 검증할 수 있고, 생산 공정 과정에서는 신규 설비/공정의 공정을 운용 전에 테스트하고 문제점을 파악할 수 있는 사전 시뮬레이션을 통해 결과를 즉각적으로 현장에 적용할 수 있게 된다. 이를 통해 생산 기간을 단축하고, 비용을 절감하며, 제품의 양산량을 늘릴 수 있을 뿐 아니라, 부서 간 협업 환경을 구축하는 것이 가능하다.

2. 기술 동향

가상현실 기반 공정 시뮬레이션 기술은 신규 차량을 생산할 때마다 디자인-설계가 변경되고, 생산 설비의 변경이 불가피한 자동차 회사에서 주도적으로 요구되고 있다. 국외에서는 크라이슬러, BMW, 도요타 등 현업에서 차량을 생산할 때 프로토타입을 제작하지 않고, 컴퓨터만을 이용해서 설계/시험/설비/제작을 수행하는 Protoless 기반 생산 기법을 도입하여 제품 개발 기간 단축에 기여하고 있다. 국내에서도 연구소와 대학을 중심으로 기술 개발이 이루어지고 있으며 현업에서 점진적으로 필요성을 인식하여 디자인 품평, 설계 검증, 생산 시뮬레이션 등에 적용하기 위한 시도가 이루어지고 있다.

국외의 경우 미국의 다임러 크라이슬러에서는 완벽한 디지털 검증이 없다면 생산 시설이 계획, 구축, 작동되지 않을 것이라는 인식 하에 설계 파이프라인 구축과 해석 시뮬레이션, 제조공정 분석을 적용하는 digital manufacturing process를 구축하였다[3]. 미국 워싱턴 주립 대학(WSU)에서는 엔지니어에게 자동화 시스템의 조립에 대한 계획, 평가, 분석 등을 가상으로 수행할 수 있도록 설계 CAD 시스템을 기반으로 몰입형 가상 환경이 함께 구현 및 동작할 수 있도록 하는 시스템을 개발하였다[4]. 독일의 BMW에서는 엔진 제어 플랫폼을 대상으로 프로그램 상태 및 데이터 상태 확인 등 수소/가솔린 엔진의 제어 시스템을 시험하기 위해 제어장치의 하드웨어와 제어 프로그램을 소프트웨어로 구성하여 HILS 기반의 시험 환경을 구축하여 평가하였다. 독일의 KL사는 각종 자동화 공정을 3차원 모델링하여 이를 제어회로와 연계하여 시뮬레이션 하면서 학습할 수 있는 시스템을 개발하였다. 일본에서는 혼다, 도요타, 닛산 등 자동차 회사에서 다쏘의 DELMIA 솔루션을 적용하여 디지털 공장을 구축하여 자동차 생산의 사전 검증을 통해 조립 생산 과정을 최적화하고 생산기간을 단축하는 데 활용하고 있다[5].

국내의 경우는 대부분 연구소 및 대학에서 산업계와 연계하여 연구 개발과 기술 적용을 진행하고 있다. 성균관대학교에서는 GM대우와 협업하여 신차 개발 시 설비 및 공정의 검증을 수행하기 위해 생산라인 디지털 가상 모델 구축 및 통합 데이터 연동 시스템을 개발하였다[6]. 아주대학교의 디지털 제조 실험 연구실에서는 현대기아자동차와 연계하여 PLC 기반 검증 시뮬레이터를 개발하였으며 실제 자동차의 디지털 라인과 PLC 코드의 연결을 통해 사전에 생산 시스템을 검증하는 프로젝트를 진행하였다. 서울대학교의 디지털 선박 기술 센터에서는 자동차가 아닌 조선 분야에 적용할 수 있는 연구를 진행하였고, 삼성중공업과 연계하여 조선소의 생산 프로세스 혁신을 위해 선박 건조에 필요한 모든 공정을 가상적인 공간에서 시뮬레이션 하는 선박 생산 과정 디지털 시뮬레이션 기술을 구축하였다. 구축된 디지털 조선소를 통해 미리 선박을 건조하여 실제 선박 생산계획을 예측

하는 데 활용하고 있다[7].

또한, 국내에서 산업계 자체적으로도 생산 프로세스를 개선하기 위해 가상현실 기술을 적용하여 공정 시뮬레이션 기술 개발을 진행하였다. 현대기아자동차의 계열사인 오토에버시스템즈는 자동차 생산기술 분야의 개발기간 단축 및 생산성 향상, 품질 향상, 비용절감을 위한 가상생산 기술 기반의 디지털 생산준비 관리체계를 개발하였다. 자동차 차체 공장을 대상으로 시운전 기간 및 수정/변경을 최소화하고, 조기 문제점 개선 및 품질을 확보하기 위해 생산기술의 4M(자원, 공법, 제품, 작업자)의 정보 및 데이터를 실 공장과 동일하게 적용한 3차원 가상환경 기반 자동차 차체공장 가상 공장(digital factory) 기술을 구축하였다. 유디엠텍에서는 실제 생산 라인의 로봇, 이송 장치, 지그 등 리소스를 컴퓨터상에서 현장과 같이 모델링하고, 실제 생산 라인에서 구동되는 PLC 프로그램을 구동하여 생산 라인의 사전 검증 및 시운전할 수 있는 시뮬레이션 기반 가상 생산 공정 검증 소프트웨어를 개발하였다. 큐빅테크에서는 제조 공정을 교육 및 학습 목적에 맞게 콘텐츠화 하여 멀티미디어 학습도구를 개발하였다.

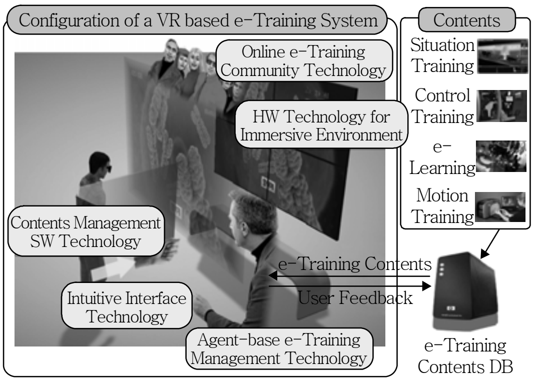
Ⅲ. 가상현실 기반 생산 훈련

1. 개요

가상현실 기반 생산 훈련은 작업환경이 위험하거나 기술교육 여건이 용이하지 않은 상황에서 효율적으로 기술을 습득할 수 있는 방법이다. 가상현실 기반 생산 훈련이 주로 적용되는 상황은 숙련된 작업자가 아닌 초보자가 투입되기에는 위험한 작업환경, 고가의 재료비로 인해 기술습득을 위한 실습이 어려운 경우, 실제 작업시 불편하거나 특별한 장비를 착용하는 업무 등이다. 기술교육 중 발생할 우려가 있는 안전사고를 예방하고, 비싼 재료비를 낭비하지 않더라도 충분한 교육을 시행할 수 있고, 쾌적한 실습교육 환경을 갖추고 다자-대-일인 교육이 가능하여 초보자로 하여금 짧은 시간에 숙련된 기술을 습득할 수 있는 교육여건을 제공한다.

가상현실 기반 생산 훈련은 일반 PC 환경에서 시행되는 기존 e-러닝 학습과 달리 3D 디스플레이, HMD, 햅틱장갑 등의 장비를 활용하여 학습자에게 몰입된 교육환경을 제공한다. 실습장비도 실제 장비와 유사한 크기와 무게의 장비를 활용한다. 이러한 장비는 학습자에게 실제 작업과 유사한 시각/청각/촉각 피드백을 제공하여 현장에서 직접 배우는 것과 유사한 학습효과를 갖게 한다. (그림 2)는 가상현실 기반 생산 훈련의 개념도이다. HMD 혹은 대형 디스플레이로 효과적 실습을 위한 몰입환경을 제공하고 기술을 전수할 숙련자 아바타의 안내에 따라 학습이 진행된다.

가상현실 기반 생산 훈련분야는 다양한 분야에 적용되고 있다. 독일 IFF 연구소에서는 2009년 가상현실기반 플랜트 설계 및 관리를 했으며, 스페인 GMV에서는 2008년 가상현실 기반 외과수술 훈련기를 개발했고, 독일 BMW에서는 2008년 HMD를 활용한 자동차 정비 훈련을 선보였다. 항공기, 열차, 자동차



(그림 2) 가상현실 기반 생산 훈련 개념도

© 2011 한국전자통신연구원

(그림 3) 가상현실 기반 용접 훈련 시뮬레이션 기술
(123 Certification Inc.)

등의 운전 시뮬레이터는 일본과 미국 등에서 활발한 연구 개발이 진행되었고, 한국의 도담시스템의 경우 2005년 T-50 초음속 고등훈련기 시뮬레이터를 제작한 바 있다. (그림 3)은 가상훈련의 사례로 HMD와 용접기를 착용하고 가상용접훈련을 실습하는 장면이다. HMD 화면에는 용접되고 있는 상황이 시뮬레이션되어 나타난다.

가상현실기반 생산훈련은 기존 e-러닝 대비 다음과 같은 장점이 있다.

- 산업현장에 꼭 필요한 실질적인 실습훈련 수행
- 숙련된 작업자의 경험과 노하우를 전수받기 쉬움
- 시뮬레이션 시각화를 통해 실제 작업과 유사한 결과를 보임
- 효과적인 교육으로 인해 생산주기를 줄이고 생산단가를 낮춤

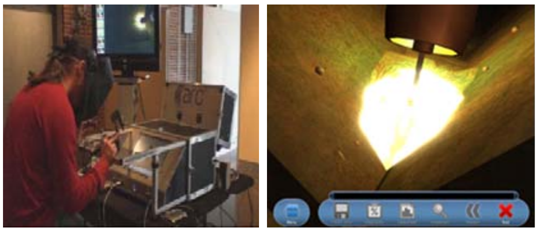
2. 기술 동향

가상현실 기반 용접 훈련 시뮬레이터는 1990년대 말 미국, 캐나다, 프랑스 세 나라에서 본격적으로 개발되기 시작했다. 2003년, 프랑스 CS사는 C.S. Wave 라는 단순한 용접 작업대 형태의 저가 아크용접 훈련 시뮬레이터 개발을 시작으로, 2010년 3월 버전 4를 출시하여, 비교적 간단한 용접법인 GMAW(불활성가스아크용접)과 SMAW(피복아크용접) 훈련을 제공한다((그림 4) 참조).

또한, 캐나다 123 Certification Inc.의 arc+ Simulator는 HMD와 모션트래킹을 이용한 고가의 제스처 컨트롤 아크용접 시뮬레이터로 2006년 처음 완전히 구현, GMAW, SMAW 이외에 원전에 적용 가능한 고품질 고정밀 용접인 GTAW(가스텅스텐아크용접) 훈련을 제공한다((그림 5) 참조).

미국 VRSim의 Sim Welder는 2003년 처음 개발되기 시작한 시뮬레이터로 SMAW와 GMAW 용접법을 제공하며 용접이음의 플라스틱 mockup과 함께 helmet을 통해 용접비드 등의 용접진행과정을 실시간 가상으로 보여준다((그림 6) 참조).

(그림 4) CS사의 C.S. Wave[8]



(그림 5) 123 Certification Inc.의 arc+ Simulator[9]

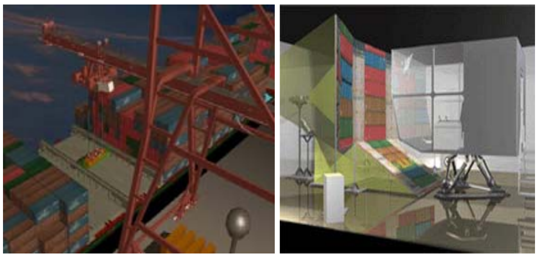
(그림 6) VRSim의 Sim Welder[10]

(그림 7) 가상 재충전 기계와 가상발전소의 원자로
(노르웨이 IET)

(그림 8) GMV사의 Insight[11]

(그림 9) Coal Services Pty의 광산산업 가상환경
훈련 시뮬레이터[12]

(그림 10) BMW의 자동차 정비 훈련 시스템



(그림 11) 토탈소프트뱅크의 항만 크레인 운전자 훈련
시뮬레이터[13]

노르웨이 에너지 기술협회의 원자력 발전소 전문가 훈련 시뮬레이션은 러시아 레닌그라드 원자력 발전소의 전문가들 훈련에 사용된 가상 재충전기계 중심의 시뮬레이션으로 1999년 프로젝트를 시작하여 원자력 발전 과정 전체로 확대 진행중에 있다((그림 7) 참조).

스페인 GMV사의 insight는 시뮬레이션 및 시각화 기술을 이용한 가상 무릎/어깨 수술 훈련 시뮬레이터로 햅틱장비를 통해 훈련자의 동작에 반응하여 촉각, 시각, 청각 피드백을 제공한다((그림 8) 참조).

오스트레일리아 Coal Services Pty사의 광산 산업 가상 환경 훈련 시뮬레이터는 Domes, Curved Screen 및 360도 3D 디스플레이를 이용하여 광산 내 다양한 상황을 재현, 광부들의 대처능력을 향상시킨다((그림 9) 참조).

독일 BMW사의 증강현실 기반 자동차 정비 훈련 시스템은 HMD 장비를 착용하여 자동차 수리시 실제 부품 영상 위에 가상의 정비 매뉴얼을 가시화하는 정비교육 콘텐츠이다((그림 10) 참조).

국내의 토탈소프트뱅크의 항만 크레인 운전자 훈련 시뮬레이터는 2004년 개발된 국내 최초의 반몰입형(semi-immersive) 가상현실 시뮬레이터로 항만에서 화물선과 트레일러간에 컨테이너를 싣거나 내리는 크레인 운전자를 훈련시키기 위한 것이다((그림 11) 참조).

Ⅳ. 연구 개발 사례

1. 실감형 가상 디자인-설계 검증 플랫폼

ETRI 실감형 가상 디자인-설계 검증 플랫폼은 무

© 2011 한국전자통신연구원

안경식 3D 디스플레이 상에 변환된 상용 CAD 데이터를 투영하고, 손의 제스처에 따라 3D 모델을 제어하여 다자간 동시 협업할 수 있는 기능을 제공한다.

디자인 검증에 관한 협업을 지원하기 위해 무안경식 volumetric display 장치를 통해 검증 대상 모델을 입체 가시화하는 하드웨어 및 소프트웨어를 제공한다.

하드웨어 플랫폼은 복수의 참여자가 별도의 3D 안경 및 인터페이스 장치를 착용하지 않는 자연스러운 협업 환경에서 테이블 위에 가시화되는 3D 입체 영상을 함께 관찰하고 의견을 교환할 수 있도록 하는 기능을 지원한다. 입체 디스플레이를 보는 사용자의 시야를 확장하기 위해 주 디스플레이에 추가로 보조 디스플레이를 사용한다.

소프트웨어 플랫폼은 무안경식 8시점 렌더링 및 주 디스플레이와 보조 디스플레이 장치 각각이 출력할 입체 영상을 배분, 결정하는 기능을 제공한다. 주 디스플레이와 보조 디스플레이간 3D 데이터 분할 및 연동을 통해 주/보조 디스플레이 각각의 다시점 영상을 생성하고, OpenSceneGraph 기반 실시간 렌더러를 구현하여 각각의 디스플레이에 무안경 8시점 영상을 매핑한다((그림 12) 참조).

Depth 카메라를 기반으로 사람의 손 동작을 추적하여 제스처를 인식하고 인식된 제스처를 기반으로

(그림 12) 무안경 디스플레이 장치

3D 디스플레이에 가시화된 3D 영상을 제어하기 위한 사용자 인터페이스를 제공한다.

장갑이나 기타 마커를 부착하지 않은 사용자의 손을 검출하기 위하여 얼굴 검출기를 적용하고, 검출된 얼굴의 3차원 위치를 기준으로 하여 매 프레임 손을 검출한다. 손 검출을 위하여 첫번째로 사람의 평균거리에서 일정 앞 거리에 있는 영역의 depth를 가지는 픽셀들을 검출한다. 이 데이터로부터 connected component 기법을 이용하여 데이터들을 연결한다. 이때 최대 면적을 가지는 2개의 component를 손이라고 가정한다.

이 과정을 통해 얻을 수 있는 1차적인 손은 팔꿈치부터 손끝 영역까지로 매우 크게 검출될 수 있다. 검출된 영역 내에서 손의 위치를 더욱 정확히 찾기 위하여 이전 프레임에서 검출된 손과의 유사도 측정을 통하여 손 검출 영역의 정확도를 향상시킨다.

사용자의 다양한 명령을 정의하기 위하여 같은 움직임이라 하더라도 손가락 개수에 따라 명령을 달리 할 수 있다. 손가락을 검출하기 위하여 손 검출 이진 영상으로부터 손의 윤곽선을 획득하고 윤곽선의 곡률을 계산하여 손 끝점을 검출한다.

최종적으로 디스플레이를 통해 가시화된 가상의 물체 제어 및 사용자 인터페이스를 가능하게 하는 여러 가지 명령에 대한 손 동작을 인식한다. 가상물체의 회전, 이동, 확대/축소 및 기타 기능 열람, 선택, 취소를 위한 제스처를 인식하여 이 결과를 3D UI 기반 멀티레이어 부품 가시화 플랫폼에 제공한다.

3D UI 기반 멀티레이어 부품 가시화 플랫폼은 자동차의 내외관을 3D UI를 통하여 부품, 재질 및 색상을 교체해보고, 멀티레이어 기반으로 효과적으로 가시화시켜 볼 수 있는 품평 기능을 제공한다.

사용자의 제스처 인식 결과에 따라 메뉴를 나타내는 3D 큐브가 상하, 좌우로 펼쳐지고 해당 큐브가 선

(그림 13) 가상 설계 검증 가시화

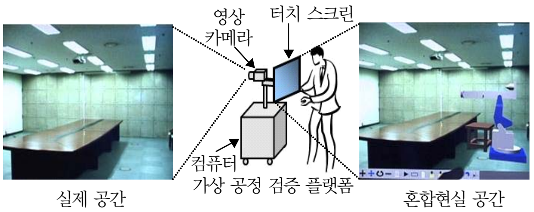
택되는 등의 동작을 한다. 해당 큐브는 부품의 재질, 색상, 기하 구조 등의 변경을 지원한다. 재질 및 색상 라이브러리는 해당 부품 데이터에 미리 정의된 재질/색상 등을 적용해 볼 수 있도록 하고, 교체 가능한 부품 모델링 데이터(타이어, 도어 등)를 DB로부터 제공한다((그림 13) 참조).

2. 가상 생산 공정 검증 플랫폼

생산 공정을 시뮬레이션하고 컴퓨터 그래픽스를 통해 가시화 하는 것은 CAD/CAM 분야에서 전통적으로 널리 연구되어 오고 있는 분야이다. 물리적인 공정이 구축된 상태에서 공정에 변경을 가하는 것은 금전적으로나 시간적으로 많은 비용을 초래하게 된다. 따라서, 미리 구축하고자 하는 공정을 컴퓨터를 이용하여 설계하고, 시뮬레이션을 통해 문제점이 없는지 검증하는 작업은 생산 공정이 복잡해질수록 제조 산업 분야에서 빼놓을 수 없는 과정이 되었다.

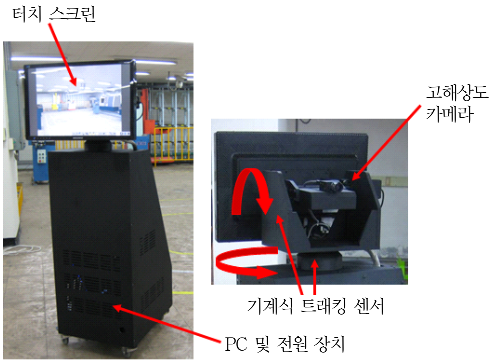
하지만, 아무리 컴퓨터 상에서 정교하게 시뮬레이션을 마친 가상의 공정이라 할지라도, 이를 물리적인 공간에 구축할 때 발생하는 문제점들을 피할 수는 없다. 컴퓨터 상에서 설계 시에 반영되지 않은 물리적인 설비가 있거나, 고려하지 못한 물리적인 공간의 규모나 구조가 발견되는 등의 문제가 발생하기 마련이다. 이를 해결하기 위해 ETRI에서는 가상현실 기술, 특히 현실 공간과 가상 공간을 혼합하여 함께 사용자가 체험할 수 있도록 하는 혼합현실 기술을 적용하고자 하는 연구를 근간으로 가상 생산 공정 검증 플랫폼이 개발되었다.

계획하는 공정이 설치되어야 할 물리적인 실제 공간과 분리되어 컴퓨터의 화면 상에만 나타나는 기존의 방식과 달리, 혼합현실(MR)[14] 기반의 공정 검증 플랫폼에서는 (그림 14)에 나타난 바와 같이 카메라를 통해 보여지는 실제 공간 상에 가상의 공정 정보를 함께 제시함으로써, 실제 공정이 설치될 물리적인 공간의 상황을 고려하여 가상 공정을 검증해 볼 수 있도록 하였다.



(그림 14) 혼합현실 기반 가상 공정 검증 플랫폼 개념

사용자는 플랫폼 상에 장착된 모니터의 뒤쪽에 부착된 카메라를 통해 들어온 영상을 보며, 터치 스크린 상에서 가상의 공정을 배치하거나 조작하여 가상 공정의 적합성을 검증해 볼 수 있다. 이 때, (그림 15)에 나타난 바와 같이, 모니터와 카메라가 장착된 관절 부위의 회전 값이 센서를 통해 감지되어, 사용자의 시선 방향의 변화에 맞추어 가상 공간이 실제 공간에 정합



(그림 15) 혼합현실 기반 가상 공정 검증 플랫폼 하드웨어 구성

© 2011 한국전자통신연구원

(그림 16) 혼합현실 기반 가상 공정 가시화 사례: AGV 기반 금속 가공 공정(좌) 및 다관절 로봇 기반 제품 포장 공정(우)

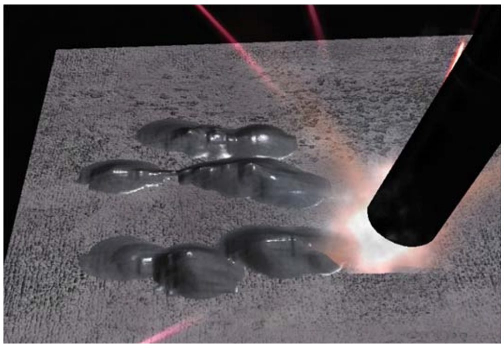
되어 가시화 된다. 이를 통해 가상의 공정이 실제 공간에 설치된 상황을 사용자가 간접적으로 체험할 수 있게 되므로, 사용자는 물리적인 공간을 고려하여 공정을 수정하거나 검토할 수 있다.

(그림 16)은 가상 생산 공정 검증 플랫폼을 통해 혼합현실로 가시화된 공정을 보여주고 있다. 가상 공정 상의 설비들은 공정 제어 데이터를 바탕으로 애니메이션 되며, 시뮬레이션을 통해 충돌이 있는 부분을 표현해 주거나, 기존의 물리적인 공정상에 없는 가상의 설비가 새로 추가될 경우 공정이 동작하는 모습을 재현해 볼 수 있다. 또한, 간단한 모델링 기능을 제공하여, 필요할 경우 작업 현장에 이미 설치되어 있는 물리적인 설비를 모델링하고 가상 공정 데이터와 연동하여 공정을 검토해보는 것 또한 가능하다.

3. 가상 용접 훈련

ETRI 가상 용접 훈련 시뮬레이터는 중공업 및 조형 예술 분야에서 필수적인 용접 작업을 가상 시뮬레이션 공간에서 효율적으로 훈련할 수 있는 훈련 시스템이다. 가상 용접 훈련 시뮬레이터 플랫폼은 용접 형상과 훈련 환경의 고품질 가시화, 실시간 용접 비드 형상 시뮬레이션, 용접 작업을 위한 토치 인터랙션, 용접 훈련 결과의 평가 및 최적 가이드, 용접 훈련 콘텐츠, 가상 용접 훈련 지원 하드웨어로 구성된다.

먼저, 용접 형상 및 훈련 환경의 고품질 가시화 부분에서는 용접 작업 훈련을 가상현실 및 컴퓨터 그래픽 기술을 응용하여 (그림 17)과 같이 용접 작업의 시각적 정보를 실제 용접과 일치하도록 블록, 비드, 아크, 스패터, 연기 등을 고품질로 표현한다.



(그림 17) 용접 형상/환경 고품질 가시화

용접 데이터의 가시화를 위한 비드 형상 시뮬레이션을 위해, 수치 해석 및 경험 기반의 비드 형상 DB를 구축하였다. 용접 종류, 모재 재질, 모재 형태, 모재 두께, 용접 자세, 전압, 전류, 속도, 작업각, 진행각, CTWD를 입력으로 하여 비드 폭, 비드 높이, 용입 깊이, 비드 형상 각도 등의 출력 비드 형상 정보를 사전에 획득하였다. 획득된 비드 형상 DB를 기반으로 용접 시뮬레이션에 적합한 신경회로망을 구성하고, 사전에 획득된 비드 형상 DB 정보를 이용하여 신경회로망을 훈련시키고 훈련된 신경회로망을 이용하여 실시간으로 비드 형상을 예측한다.

또한, 가상 용접 훈련 시뮬레이터 상에서 실제 용접 작업 현장과 동일한 작업도구를 인터페이스로 제공하기 위해 실제 용접 토치를 개조하여 인터페이스로 사용한다. 개조된 용접 토치 인터페이스에 장착된 스피커와 진동 소자는 실제 용접 작업시 발생하는 진동과 소음을 사실적으로 재현함으로써 가상 훈련 환경의 사실성을 높여준다.

용접 훈련을 마친 후에는 용접 훈련 평가 및 최적 작업 가이드 툴을 통해 훈련 작업을 3D로 재생하여

© 2011 한국전자통신연구원

(그림 18) 용접훈련 시뮬레이터 하드웨어

실제 훈련자의 자세를 시각적으로 표현함으로써 자세 분석 데이터와 함께 교육 관계자들에게 풍부하고 실제적인 데이터를 제공한다.

이러한 일련의 용접 훈련 시스템을 구성하는 요소 중에서 각 훈련 조건들을 설정, 변형하고 이에 맞는 작업 훈련을 제시할 수 있는 다양한 콘텐츠는 필수적이다. 특히, 가상 훈련 시뮬레이터의 특성에 맞게 실습 환경을 3차원 모델로 재현함으로써 실제 용접 실습장에 있는 듯한 느낌을 줄 수 있도록 콘텐츠를 구성하여, 전체적인 가상 훈련 과정의 사실성을 높일 수 있다.

마지막으로, 효과적인 용접 훈련이 가능하기 위해서는, 훈련 목적 및 수준에 맞는 용접 훈련 하드웨어를 제공하여야 한다. 입체 가시화 및 인터랙션 제공 수준에 따라 (그림 18)과 같이 고급형, 몰입형, 보급형의 3가지 하드웨어 타입이 제공된다.

고급형 하드웨어는 워크벤치형 입체 디스플레이와 다양한 위치 변경(위, 정면, 아래 보기)이 가능한 프레임이 설계되었으며, 외부 케이스의 정면 부를 투명 아크릴로 처리하여 외부에서 작업자가 작업하는 모습을 볼 수 있도록 하였다.

몰입형 하드웨어는 사용자의 몰입감을 증대하고 자유로운 작업 자세를 지원할 수 있도록 착용형 입체 디스플레이 및 사용자 신체 크기에 따라 변형이 가능한 설치 프레임을 지원한다. 또한 필요시 시연을 위한 외부 디스플레이를 장착할 수 있도록 하였다.

마지막으로, 보급형 하드웨어는 근접 작업을 지원할 수 있도록 사용자 시선에 따른 입체영상 가시화를 적용하였으며, 책상 타입의 작업 환경을 구성하여 앞 보기 및 아래 보기 등을 지원한다.

언급된 가상 용접 훈련 시뮬레이터는 정밀하고 대규모의 용접이 필요한 중공업부터 용접의 기초 훈련 과정이 필요한 폴리텍 대학과 같은 학교 등에 적용이 가능하다. 적용 기관 및 훈련 과정에 따라 기초 훈련 교육 및 정밀한 분석 부분과 고성능 디스플레이 장치를 필요로 하는 고등 훈련 교육 등 다양한 훈련 환경에 활용이 가능하다.

V. 결론

본 논문에서는 가상현실 기술을 기반으로 제품의 공정 검증 및 생산 훈련 등에 활용되는 산업 적용형 가상현실 기술의 동향을 제시하였다. 다양한 가상현실 적용 분야들에 비해 산업 적용형 가상현실이 가지는 특수성은 실제 생산 현장에서 활용될 수 있도록 실세계 데이터를 기반으로, 보다 정교하고 현실감 있게 재현하여야 하며 도출된 결과의 신뢰도가 높아야 한다는 점이다. 이를 위해서는 정밀도 높은 3D 시뮬레이션 기술을 바탕으로 효과적인 실세계 데이터 정보 취득 기술과 고해상도 몰입형 가시화 기술 및 상호작용 기술의 확보가 필수적이다. Ⅳ장의 연구개발 사례와 같이 한국전자통신연구원 콘텐츠연구본부에서는 관련 핵심 기술 개발 및 기술이전을 통한 상용화[15]를 하고 있으며, 이는 체감형 게임, 체험형 전시관 등의 디지털 콘텐츠 산업과 융합으로 가상현실 기술의 파급효과뿐 아니라, 신개념의 디지털 콘텐츠, 휴먼 인터페이스 등의 제품이 창출되어 다양한 산업 분야에서 고수익 사업의 시너지 효과를 극대화 할 것으로 전망된다.

© 2011 한국전자통신연구원

● 용 어 해 설 ●

가상공학(Virtual Engineering): 제품의 디자인/조립/생산 및 유지보수 등의 제품수명주기 과정에 가상현실 기술을 접목하여 제품 개발기간의 단축과 비용 절감을 위한 기술

가상현실 기반 공정 검증: 산업체의 제조 공정 중 디자인-설계 및 생산 공정에 가상 시뮬레이션 기술을 적용하여 관련 부서간의 협업을 지원함으로써, 설계 개선과 오류를 사전에 검증하고, 결과를 즉각적으로 현장에 적용할 수 있는 기술

가상현실 기반 생산 훈련: 산업 현장의 훈련 과정에서 발생되는 높은 훈련 비용 및 안전사고 위험 등 시간적/공간적 문제점들을 가상현실 기술을 활용하여 해결함으로써, 사용자가 실제 작업 상황과 유사한 경험을 통해 높은 숙련도를 조기에 얻고 현장에 투입되는 기간을 단축할 수 있는 기술

약어 정리

AGV	Automated Guided Vehicle
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CTWD	Contact Tip to Work Distance
DELMIA	Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application
GMAW	Gas Metal Arc Welding
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
HILS	Hardware-in-the-Loop Simulation
HMD	Head Mounted Display
MR	Mixed Reality
PLC	Programmable Logic Controller
SMAW	Shielded Metal Arc Welding

참 고 문 헌

[1] http://www.mortonheilig.com

[2] 이티뉴스: http://www.etnew.co.kr/new/detail.html?id=201008020044

[3] 신종계, 우종훈, “디지털 매뉴팩처링의 역할과 효과,” 울산대학교 자동차선박기술대학원 특강, 2005.

[4] http://www.vatc.wsu.edu

[5] Seokhee Han, “Successful Diffusion of Digital Factory in Automotive Industries,” *PLM Best Practice Conference*, Apr. 2007.

[6] 노상도, “디지털 가상생산,” 캐드앤그래픽스, 2005년 7월호.

[7] “삼성중공업 DELMIA 솔루션으로 디지털 조선소 구축,” 캐드앤그래픽스, 2003년 1월호.

[8] http://wave.c-s.fr

[9] http://www.123arc.com/en

[10] http://www.simwelder.com

[11] http://www.gmv.com

[12] http://www.coalservices.com.au

[13] http://www.tsb.co.kr

[14] Paul Milgram and Fumio Kishino, “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays,” *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol.E77-D, No.12, Dec. 1994.

[15] 이건, 양웅연, 손욱호, 김용완, 조동식, 김기홍, 최진성, “Virtual Reality Content-Based Training for Spray Painting Tasks in the Shipbuilding Industry,” *ETRI Journal*, Vol.32, No.5, Oct. 2010., pp.695-703.

© 2011 한국전자통신연구원