

혼합현실 환경에서 레가시 데이터를 활용하는 가상 공정배치 시뮬레이션 시스템

이 종 환[†] · 신 수 철^{††} · 한 순 흥^{†††}

요 약

디지털 가상 제조는, 생산 시스템의 요소를 컴퓨터상에서 모델링 하여 디지털 모델을 구성한 뒤, 3차원 CAD, 시뮬레이션 등의 관련 기술을 이용하여, 신속하고 효율적인 제품 개발과 생산 프로세스를 사전에 검증하여 지원하는 기술이다. 여기에 혼합현실 기술을 응용하면, 모든 개체가 그래픽 객체들로만 표현된 순수한 가상환경 기반의 디지털 가상 제조 기술을 보완하여 좀 더 현실감이 있는 환경을 제공할 수 있으며, 동시에 필요한 일부만 그래픽 객체로 표현하므로 모델링에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있다. 본 논문은 이러한 혼합현실 기술을 디지털 가상 제조 과정 중 가상 공정설비 배치 기술에 이용하면서, 현장에 이미 구축되어 있는 레가시(legacy) 데이터를 이용하는 방안을 제안한다. 이를 위하여 혼합현실 기반 공정설비 배치 시스템에 적합한 현장의 레가시 데이터의 취득 방법과 가공 방법이 개발되었으며, 가공된 데이터를 기반으로 시뮬레이션이 가능한 혼합현실 기반 디스플레이 시스템을 구축하였다. 개발된 혼합현실 기반 가상 공정설비 배치 시스템은, 실제 설비를 배치하기 전에, 현장에서 그 위치와 적용성을 미리 검증함으로써, 설비 배치와 관련된 오류를 줄일 수 있다.

키워드 : 레가시 데이터 가공, 혼합현실, 디지털 가상 제조, 가상 제조 시뮬레이션, 안전표지판

The Virtual Factory Layout Simulation System using Legacy Data within Mixed Reality Environment

Jonghwan Lee[†] · Suchul Shin^{††} · Soonhung Han^{†††}

ABSTRACT

Digital virtual manufacturing is a technology that aims for the rapid development of products and the verification of production-process in ways that are more efficient by integrating digital models within the entire manufacturing process. These digital models utilize various information technologies, such as 3D CAD and simulations. Mixed reality, which represents graphical objects for only needed parts against real scene, can bring a more enriched sense of reality to an existing virtual manufacturing system that is in a pure virtual environment, and it can reduce the time and money needed for modeling the environment. This paper suggests a method for planning virtual factory layouts based on mixed reality using legacy data that are already constructed in the real field. To do this, we developed the method to acquire simulation data from legacy data and process this acquired data for visualization based on mixed reality. And then we construct display system based on mixed reality, which can simulate virtual factory layout with processed data. Developed system can reduce errors related with factory layout by verifying the location and application of equipments in advance before arrangement of real ones at the practical job site.

Keywords : Legacy Data-Processing, Mixed Reality, Digital Virtual Manufacturing, Virtual Manufacturing Simulation, Safety Sign Panel

1. 서 론

총래의 제조업에서 행하고 있는 여러 종류의 시뮬레이션들은 각각의 단계에서만 독립적이어서, 서로가 그 정보를 공유하기 어려웠다. 이는 제품 개발에 필요한 시간과 비용의 손실을 초래하였으며, 결과적으로 시장에서 제품의 경쟁력을 떨어뜨리는 요소로 작용하였다[1]. 이를 보완하기 위하여, 제품 전주기에 걸친 시뮬레이션을 모두 통합하

※ 본 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다. (UD 080042AD)

† 정 회 원 : 한국과학기술원 기계기술연구소 박사후과정

†† 준 회 원 : 한국과학기술원 기계공학과 박사과정

††† 정 회 원 : 한국과학기술원 해양시스템공학과 및 기계공학과 교수

논문접수 : 2009년 7월 6일

수 정 일 : 1차 2009년 8월 31일

심사완료 : 2009년 9월 19일

려는 노력이 계속되고 있으며, 최근 디지털 가상 제조 또는 Modeling & Simulation 이라는 개념에 포함되어 발전하고 있다. 디지털 가상 제조의 목표는 제품 전주기에 걸쳐 생산 시스템의 모든 단계를 디지털 정보화 하고, 시물레이션을 통해 조율하며, 감시하여, 최종적으로 실제 생산된 제품의 서비스와 유지보수까지를 총괄하는 것이다[2].

이러한 디지털 가상 제조에 쓰이는 데이터는 논리적 요소뿐만 아니라, 시각적인 요소도 포함되는데, 주로 3차원 CAD 모델로 만들어져 활용되고 있다. 그러나 기존의 3차원 데이터에 기반을 둔 가상 제조와 관련된 방법들과 도구들은, 모든 개체가 그래픽 객체들로만 표현된 총체적 가상 환경 안에서 가시화하는 것에 한정되어 있다[3-4]. 즉, 시물레이션을 위해서는 생산 시스템의 전체를 재현하는 가상 모델이 구축되어야 하고, 이는 시간과 비용 측면에서 부담이 된다. 이러한 문제는 현실 세계와 가상 환경을 동시에 가시화 할 수 있는 혼합현실 기술을 적용함으로써 대폭 줄일 수 있다[5]. 이와 함께 제조 현장에 쓰이는 시물레이션 데이터는 주로 상업용 제조 도구에 의존하고 있으므로, 혼합현실 기술과 연동하기 위해서는 상업용 툴로 구축되어 있는 레가시 데이터의 사용도 필요하다. 특히, 제조 현장에 연계하기 위해서는 실제 제조사의 레가시 데이터를 고려한 기술 개발이 고려되어야 할 것이다.

본 논문은 디지털 가상 제조의 단계에서 공정설비의 가상 배치 시물레이션에 혼합현실을 이용하되, 배치에 필요한 데이터를 상업용 가상 제조 도구로부터 입력을 받고, 이를 가공하여 사용하는 방안에 대하여 소개한다.

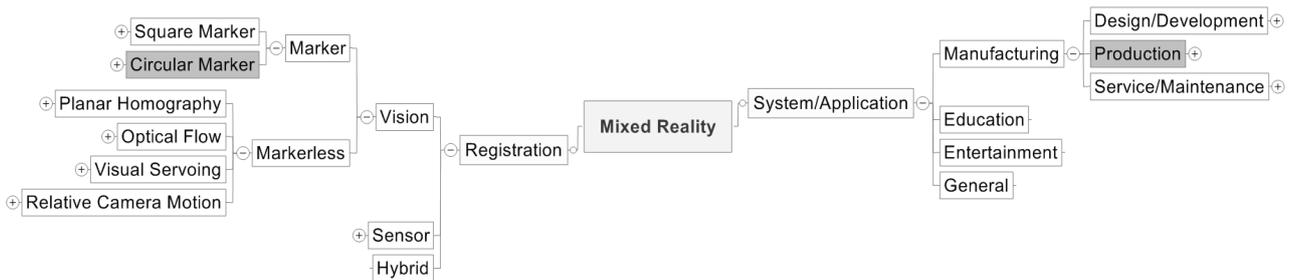
1.1 관련 연구

디지털 가상 제조를 위한 연구들은 매우 폭넓은 분야를 포함하므로 그 세부 연구 분야까지를 요약 하기는 어렵다. 하지만, 크게 보자면, 디지털 가상 제조에 대한 연구는 제품 엔지니어링, 공정 엔지니어링, 생산 엔지니어링에 대한 연구와 응용으로 나뉠 수 있으며, 각각의 분야에서 제품의 제조와 관계된 모델링과 해석, 시물레이션 등이 이루어지게 된다[2]. 따라서 내부의 요소 기술들뿐만 아니라 각 응용분야에 대한 적용 기술도 주요한 연구 주제가 된다. 특히, 사용자 상호작용의 환경을 풍부하고 직관적으로 바꿀 수 있는 가상현실 기술이 디지털 가상 제조에 응용되면서, 관련된 도구의 인터페이스 역시 시각적인 부분뿐만 아니

라 조작성 부분까지 많은 향상이 이루어지고 있다. HMD (Head-Mounted Display)나 CAVE를 이용한 몰입환경이나, 사이버 글로브 등을 이용한 햅틱 장치를 디지털 가상 제조에 이용하는 것이 그 사례이다[6]. 물론, 이러한 특화된 장치나 도구는 그 비용의 문제로 산업현장에서 전폭적으로 활용이 되지 못하고 있지만, 가상현실 기술을 이용할 때의 해당 도구 사용성은 정성적, 정량적으로 많은 향상이 있음이 보고되고 있다[6-7].

상업용 디지털 가상 제조 도구는 이미 가상현실 기술의 많은 부분을 적용하고 있다. 이러한 상업용 디지털 가상 제조 도구의 대표적인 사례로는 Dassault System의 DELMIA, UGS의 Technomatix 등이 있는데, 이들은 모두 자체적인 CAD 소프트웨어로 시작하여, 전세계적인 추세인 PLM(Product Life Management)에 관련된 소프트웨어 솔루션을 제공하면서, 관련된 데이터를 종합적으로 처리하는 기술을 개발하고 있다[8-9]. Klingstam은 이러한 상업용 디지털 가상 제조 도구를 분석하였는데, 시장에서 찾을 수 있는 관련 제품 군을 이산 이벤트 시물레이션 도구 군과 형상 시물레이션 도구 군으로 나누어 그 기능을 분석함으로써, 기존의 상업용 디지털 가상 제조 도구의 특징을 포괄적으로 파악할 수 있도록 하였다[10]. 다만, 여기서 몇몇의 제품 군은 현재 단종이 되거나, 제품의 이름이 바뀌었으며, 유사 업체간 서로 흡수 합병되어 동일 제품 군으로 판매가 되는 경우도 있다.

혼합현실을 제조업에 응용한 사례는 다수 존재한다. 이러한 응용 사례는 설계, 생산, 유지 보수 등의 관점으로 나누어 볼 수 있지만, 그 적용 형태는 각 과정에 필요한 정보를 가상 객체로 현실 환경에 정합하여 동시에 표현한다는 관점에서 유사하다[5]. (그림 1)은 이러한 혼합현실 관련 연구를 분류하여, 정합(Registration) 기술 관점과 적용(System/Application) 기술 관점으로 나누어 본 것이다. 정합 기술에는 크게, 화상 카메라에서 입력되는 영상을 해석하여 가상 객체가 정합 될 공간 상의 위치를 검출하는 비전 기반 방식과, 자기장이나 전기장 센서 등의 물리적 센서를 이용하여 대상이 되는 공간의 위치를 검출할 수 있는 센서 기반 방식이 있으며, 거기에 이 두 가지를 혼용한 하이브리드 방식이 있다. 여기서 비전 기반의 정합방식에는 영상의 해석할 때 힌트로 사용되는 위인적인 패턴인 마커를 쓰는 방식과, 마커를 쓰지 않는 방식으로 나뉠 수



(그림 1) 혼합현실 기술의 분류[11]

있다. 그리고 혼합현실 기술이 응용된 연구는 일반적으로 교육, 엔터테인먼트 분야 등으로 그 적용 시나리오에 따라 다양하며, 본 논문의 대상이 되는 제조 분야에 적용된 연구는 설계, 생산, 유지보수로 나누어진다.

혼합현실의 제조 분야 적용 연구 중, 설계 단계에서의 응용 사례는 초기 설계단계에서 사용하는 설계 인터페이스를 혼합 현실상에서 검증한 연구, 여러 분야의 전문가들이 참여하는 공동 회의 시스템이 그 전형적인 사례이다. 생산 단계에서 혼합 현실이 응용된 사례는, 주로 부품의 조립 과정에 적용된 사례들이다. 이러한 조립 과정에서의 혼합현실 응용 사례는, 주로 조립 순서의 지시나 가상 부품이나 모듈의 영상 정보를 현실 영상에 정합시킴으로써, 작업자로 하여금 조립 과정을 쉽게 이해하고, 발생 가능한 문제점을 사전에 검증하여 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 혼합현실 기술은 완제품의 서비스와 유지보수를 위한 지침 도구로도 쓰일 수 있는데, 그 형태는 작업 지시나 관련 부품의 정보를 표시하는 형태로 생산에 적용되는 혼합현실 기술과 유사하다. 이러한 혼합현실 기반 제조업 관련 연구의 대부분의 사례는 응용에 초점이 맞추어져 있으며, 각 분야의 특성에 맞는 지시 사항 및 정보를 표시하기 위하여 개발된 기술들이다[5].

<표 1>은 제조분야의 혼합현실 적용에서 생산과 관련된 연구들 중, 혼합현실 기반 가상 공정설비 배치를 연구한 기존의 유사 연구들을 본 연구와 비교분석 한 것이다.

<표 1>에서 분석한 바와 같이 가상 공정 배치에 혼합현실을 이용한 사례는, 대부분 일반적인 사각형 마커를 이용한 정합 방법을 사용하였으며, 현장에서 쓰이는 상업용 가상 제조 도구와의 연동은 구체적으로 언급하지 않았거나, 단순한 영상만을 가시화하는 연구로, 현장 적용을 위해서는 마커의 설치, 레가시 데이터의 변환 등의 추가적인 작업들이 필요하다. 혼합현실을 이용한 가상 공정설비 배치에 기존 가상 제조 도구의 데이터를 직접 활용하는 사례는 찾기 어렵지만, 가상현실 기반의 도구에서 기존 데이터를 활용한 사례는 다수 찾을 수 있다. 일례로 PDM(Product Data Management) 시스템의 데이터를 이용하여 웹 가시화 언어인 VRML(Virtual Reality Markup Language)로 영상 가시화를 한 사례를 찾아 볼 수 있다[14]. 또한 상업용 가상 제조 도구의 데이터 변환을 직접적으로 시도

한 사례로는 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서는 Dassault System사의 DELMIA 데이터를 VRML으로 변환하여 가상 제조 시뮬레이션의 가시화를 수행한 바가 있으며, KAIST에서는 DELMIA 데이터를 합성환경을 표현하기 위한 국제 표준 규격인 SEDRIS(Synthetic Environment Data Representation & Interchange Specification)로 변환하여 가상제조 도구 데이터의 활용성을 확장하는 실험을 하였다[15-16]. 이 직접적인 변환 시도들은 가상제조 설비의 영상 데이터의 변환이 주를 이루며, 시뮬레이션을 위한 설비들의 각종 조건들은 거의 포함하지 않는다.

2. 레가시 데이터를 이용한 혼합현실 기반 가상 공정설비 배치

2.1 현장 환경을 고려한 가상 공정설비와현장 영상의 정합

추가적인 작업이나 설비에 민감한 제조 현장에 혼합현실을 적용하기 위한 적절한 방법 중에 하나가 비전 기반의 혼합현실 기술이다. 이러한 비전 기반 이미지 프로세싱을 이용한 트래킹 방법 중, 인위적인 마커를 이용하는 방법은, 이미지 상의 공간 정보를 추출할 때 비교적 간단하며, 강건한 결과를 얻을 수 있는 수단을 제공한다. 본 연구에서는 작업현장에서 쉽게 발견할 수 있는 안전표지판을 공간 정보 인식을 위한 마커로 사용한다. 안전표지판을 마커로 이용하면, 실제 공장 환경에 혼합현실을 적용할 때, 추가적인 마커 부착 작업을 줄일 수 있고, 가상 설비의 정합을 위해 추가로 설치되는 마커를 대체하므로, 현장의 작업자들의 직접 촬영이 가능하다[5].

(그림 2)와 같이 안전표지판은 원형과 십자로 이루어진 특징적인 패턴을 가지고 있다. 여기서 안전표지판의 공간상의 위치를 결정할 수 있는 정보를 얻는데, 안전표지판의 원형에서 역프로젝션을 통하여 표지판의 법선 벡터와 공간 위치를, 십자와 문자에서 회전 벡터를 결정한다[5]. 타원 역프로젝션은 안전표지판의 원형 외곽선이 이미지상에서 타원으로 투영되므로, 이 타원을 핀홀(pinhole) 카메라의 중앙점이 꼭지점인 원뿔을 임의의 특정 평면으로 잘라낸 단면으로 가정하여, 이 단면을 바라보는 이 카메라의 공간

<표 1> 혼합현실 기반 가상 공정설비 배치 연구의 비교[11]

	Gausemeier[12]	Doil[13]	본 연구
주제	테이블 탑 환경에서 설비 배치	공장 환경에서 설비 배치	공장 환경에서 설비 배치
정합 방법	비전 기반 일반 사각 마커 사용	비전 기반 일반 사각 마커 사용	비전 기반 안전표지판 마커 사용
기존 가상 제조 도구 연동	VRML 모델 영상만 사용	언급 없음	시뮬레이션 정보를 포함한 상업용 가상 제조 도구 데이터 활용



(그림 2) 안전표지판

상의 위치를 찾는 것이다[17]. 그리고 이러한 위치 결정을 위해서 이미지 상의 안전표지판에 해당하는 외곽선 후보군을 추출하고, 2차원 이미지 상의 타원을 근사하는 과정이 선행된다. 타원 근사를 위해서는 타원이 2차 다항식인 원뿔곡선에 타원 조건이 더해진 원뿔 곡선의 특정 형태이므로, 최소 제곱법(Least Squares)을 이용하였다[18].

2.2 현장 제조 시뮬레이션 데이터의 입력과 가공

제조 현장의 레가시 데이터는 상업용 가상 제조 도구의 폐쇄성으로 인하여, 해당 가상 제조 도구에 직접 혼합현실 관련 기능을 추가하기 어렵다. 따라서 본 연구는 상업용 가상 제조 도구의 데이터를 분석하고, 시뮬레이션을 포함한 가상 공정 배치에 필요한 데이터로 가공하여, 혼합현실 기반 가상 공정 배치에 이용한다. 여기에는 혼합현실을 고려하여 일반적인 생산 관련 데이터 처리와 더불어 가시화와 연관된 데이터 처리 기술도 포함된다. 본 연구에서 대상으로 하는 가상 제조 도구 데이터는 Dassault System사의 DELMIA 솔루션 중 Envision Version 5.3에서 쓰이는 모델이다[8]. 이 DELMIA 솔루션에서는 시뮬레이션 데이터 파일의 입출력을 위한 기본 API를 제공하거나, 파일 구조를 설명한 자료를 제공하고 있지 않기 때문에 데이터에 접근하고, 개발하여 활용하는 것이 쉽지 않다. 그러나 기본적으로 데이터 파일들이 텍스트(ASCII)로 되어 있기 때문에, 역공학(reverse engineering)을 이용하여 그 구조를 파악하고 응용하는 것이 가능하다[16]. 해당 가상제조 도구에서 시뮬레이션을 이루는 부분은 많은 파일들로 이루어져 있지만, 본 연구에서 분석되어 필요한 정보를 추출한 파일은 파트(Part), 디바이스(Device), 작업셀(Workcell), GSL (GraphicalSimulation Language) 파일이다. 추출된 데이터는 설비의 형상, 설비의 링크 구조, 설비의 공정 내 위치, 시뮬레이션 경로, 시뮬레이션 속도 등으로 <표 2>와 같다.

추출된 데이터는 가상 제조 도구의 시뮬레이션 결과를 모사하고 그 결과를 가시화하기 위한 레가시 데이터들로, 설비의 형상은 사용자에게 가상 공정설비를 디스플레이 하기 위해서 추출되며, 설비의 링크 구조, 시뮬레이션 경로와 속도는 해당 가상 공정설비를 자체적으로 시뮬레이션 하기 위하여 사용된다. 또한 설비의 공정내의 위치는

각 설비들을 포함하고 있는 공장을 표현하고, 각 설비들 간의 충돌 검사의 정보 처리에 해당 설비의 형상과 함께 쓰인다.

공정 내 설비의 위치나 구조 정보는 필요한 정보가 정확히 추출되었으면, 해당 정보의 기록은 어렵지 않다. 그러나 설비의 작동 순서나 시뮬레이션 중의 설비간 구속 조건의 생성과 해제 등과 같은 시간과 관계된 정보는 추출한 정보를 재가공하는 작업이 필요하다. 이러한 시간 배분과 같은 정보는 주로 설비 별로 정의된 GSL 파일 내에 존재하며, 초기 구속조건과 같은 정보는 작업셀 파일 내에서 찾을 수 있다. 여기서 설비들간에 연동이 되었다 해제되는 상황이 빈번히 발생하는 공정 설비 시뮬레이션의 특성상, 필요한 데이터를 추출하기 위한 GSL 파일의 해석과 가공이 필수이다. 이를 위하여 GSL 파일과 작업셀 파일내의 시뮬레이션 정보를 추출하여 해석하고 가공하는 과정을 거치는데, 이 과정은 크게 네 가지 과정으로 이루어진다. 첫 번째는 해당 설비가 시뮬레이션 경로로 이동하는 정보를 기록하는 과정, 두 번째는 이동할 시뮬레이션 경로를 해당 설비의 지역 좌표계로 변환하는 과정, 세 번째는 다음 동작 시까지 현 자세를 유지하도록 처리하는 과정, 그리고 네 번째는 설비들이 연동되었을 때 연동된 설비의 지역 좌표계를 변환하는 과정이다.

추출되어 가공된 시뮬레이션을 위한 데이터는 공장 내 전체 설비의 배치 정보, 설비의 구성 정보, 설비의 시뮬레이션 경로 정보로 나누어 자체 파일 포맷으로 저장된다. 공장 내 전체 설비의 배치 정보 파일은 공장의 전체 설비들의 배치 정보를 담고 있는 파일로, 공정 내에서 설비들에 대한 배치 정보뿐만 아니라 각 설비에 대한 구성 정보 및 시뮬레이션 경로 정보 파일의 외부 연결 경로를 포함한다. 설비의 구성 정보 파일은 해당 설비의 역기구학 해석을 위해 사용하는 설비의 구조 정보와, 다관절 설비의 조인트 타입 등이 기록되며, 설비의 시뮬레이션 경로 정보 파일에는 설비의 시뮬레이션을 위해 필요한 시간 별 설비의 최종 위치 정보가 포함된다. 이러한 자체 포맷은 상업용 가상 제조 도구의 단일 입력으로 통합된 시스템에서는 필요가 없지만, 추후 시뮬레이션의 재설정과 재검증에서 설정한 포맷을 이용하면, 상업용 가상 제조 도구를 다시 작동시켜야 하는 불편함을 덜 수 있다. 또한, 자체적인 시뮬레이션을 위한 기본 정보를 가지고 있기 때문에 개발한 시스템을 현장에서 적용하기도 쉬워지게 된다.

혼합현실 기법을 이용한 가상 공정 배치 검증을 위한 데이터의 추출과 가공은, 일반적인 공정설비를 배치하는 것은 물론, 실제 설비가 작동하는 모습, 즉 공정 시뮬레이션을 가시화 할 필요가 있다. 본 연구에서 이러한 시뮬레이션 처리는 로봇 기구학에 따른 처리를 하였다. 공정 모델에 있는 모든 설비는 로봇으로 보며, 각 설비는 움직일 수 있는 설비와 움직이지 못하는 설비로 나눌 수 있다. 일반적으로 움직이지 않는 설비는 0자유도 로봇으로 보고, 움직이는 설비는 6자유도로 처리하여, 각 설비의 시뮬레이

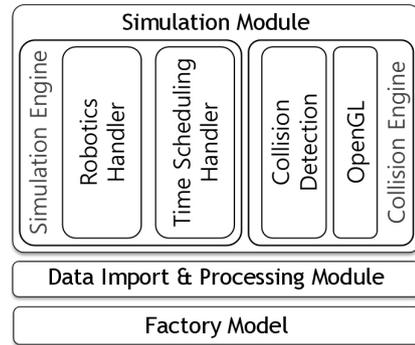
<표 2> 추출되는 시뮬레이션 데이터와 대상 파일[11]

추출 데이터	추출 대상 파일 (DELMIA)
설비 형상	파트, 디바이스
설비 링크 구조	디바이스
공정 내 설비의 개수	작업셀
설비 위치	작업셀
시뮬레이션 경로	작업셀
시뮬레이션 속도	GSL
시뮬레이션 순서	GSL

션을 한다. 또한, 여러 설비와 여기에 해당하는 시뮬레이션 정보들을 포함하는 전체 공정 시뮬레이션의 처리를 위하여 경로 정보 생성과 시뮬레이션 작업 순서의 배분의 두 가지 작업을 병행한다.

공정을 시뮬레이션 검증하는데 있어서 각 설비 간의 충돌 검사는 중요한 검증 대상이다. 본 연구에서는 시뮬레이션을 하는 도중에 설비 간의 충돌 검사도 수행한다. 충돌 검사는 시뮬레이션의 실행 중에 여러 디바이스 간의 간섭을 검사한다. 3차원 상의 동적 충돌 검사는 시간을 샘플링하여 물체들 간의 충돌을 탐지하거나, 움직이는 물체들의 Swept Volume 사이의 충돌을 탐지하는 방식으로 이루어진다. 전자의 경우 샘플링 하는 시점들 간의 충돌을 탐지할 수 없는 단점이 있지만, 비교적 빠른 충돌 검사가 가능하다. 반면 Swept Volume을 이용하면 정확한 충돌을 탐지할 수 있으나, 실시간으로 처리하기 어렵다. 본 연구에서 대상으로 하는 공정설비들은 시뮬레이션 할 때 그 운동이 빠르지 않고, 작업 환경에서 움직임을 갖는 설비들의 수가 적으므로, 불연속인 시간을 샘플링 하여 물체들 간의 충돌을 탐지하였다. (그림 3)은 가상 제조 시뮬레이션 데이터의 처리 과정을 나타내는데, 현장의 시뮬레이션 데이터(Legacy Data)가 데이터 추출(A1), 시뮬레이션 순서 처리(A2, A3), 기구학에 따른 시뮬레이션 처리(A4), 충돌 검사(A5, A6)의 과정을 거쳐, 혼합현실 기반에서 가시화하기 위한 공정설비 배치와 관련된 정보(Simulated Factory)를 출력한다.

(그림 4)는 가상 제조 도구의 시뮬레이션 데이터 처리를 위한 모듈 구조이다. 크게 2개의 모듈로 이루어져 있는데, 입력 및 가공 모듈(Data Import & Processing Module)에서는 가상 제조 데이터의 분석과 추출 작업을 수행하며, 시뮬레이션 모듈(Simulation Module)에서는 추출된 데이



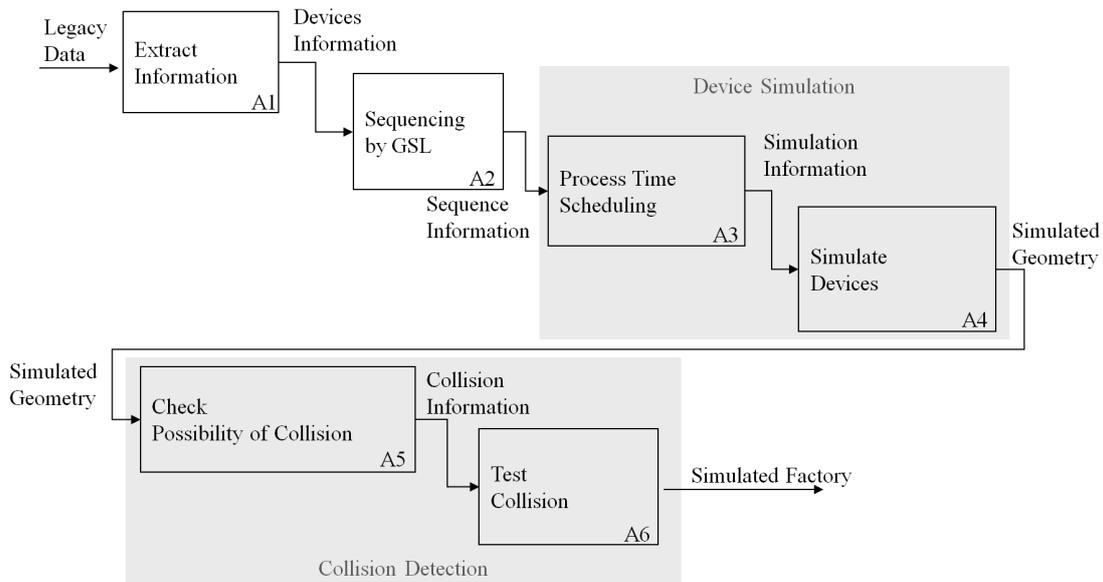
(그림 4) 가상 제조 시뮬레이션 데이터 처리를 위한 구조[11]

터로부터 시뮬레이션 경로, 순서, 충돌 검사를 수행한다. 이러한 구조는 외부의 혼합현실 기반 도구에서 가공된 시뮬레이션 데이터를 이용할 수 있도록 위함이며[19], 자체적인 시뮬레이션과 충돌 검사를 수행함으로써, 설비 배치 검증만을 위한 도구만으로 사용하기는 무거운 가상제조 도구를 대체할 수 있다. 따라서 데이터만 준비가 되어 있다면, 혼합현실 기반 설비 배치 검증 작업을 현장에서 비교적 용이하게 수행 할 수 있다.

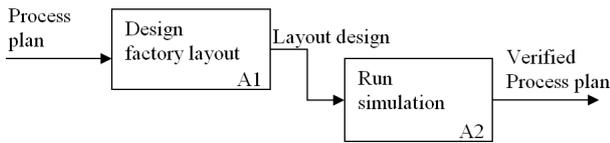
3. 시스템의 구현

3.1 혼합현실 기반 공정설비 배치의 과정

(그림 5)는 혼합현실을 이용한 공정설비 배치의 과정을 수립하여, IDEF 다이어그램으로 정의한 것이다. 크게 공정설비의 배치계획 단계인 A1과 배치한 공정 설비를 시뮬레이션 하여 검증하는 단계인 A2로 나누어 볼 수 있으며, 해당 A1, A2 단계는 (그림 6)과 (그림 7)과 같이 다시 상



(그림 3) 가상 제조 시뮬레이션 데이터의 처리 과정



(그림 5) 혼합현실을 이용한 공정 설비 배치 과정

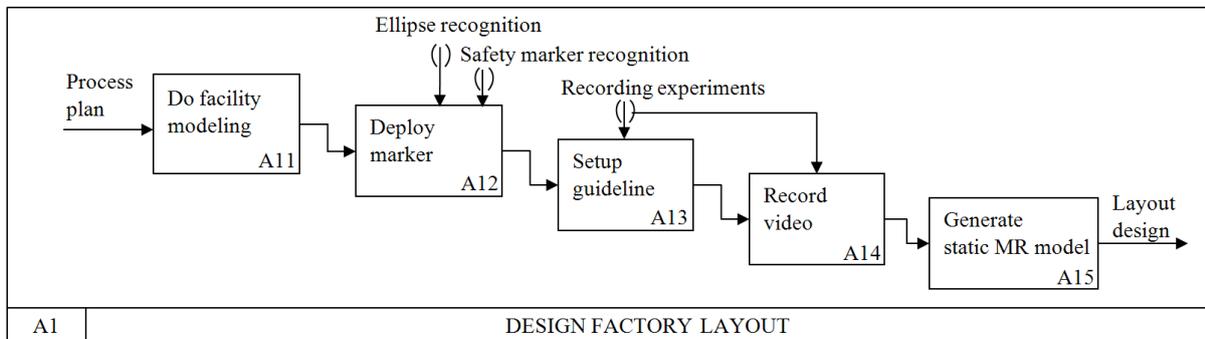
세화 할 수 있다.

설비 배치 계획 단계인 A1에서 혼합현실 기술이 쓰임으로써 추가되는 단계는 A12~A15 단계이고, 시뮬레이션 처리 단계인 A2에서 본 연구의 레가시 시뮬레이션 데이터 활용 기술이 쓰이는 단계는 A22~A24 단계로 볼 수 있다.

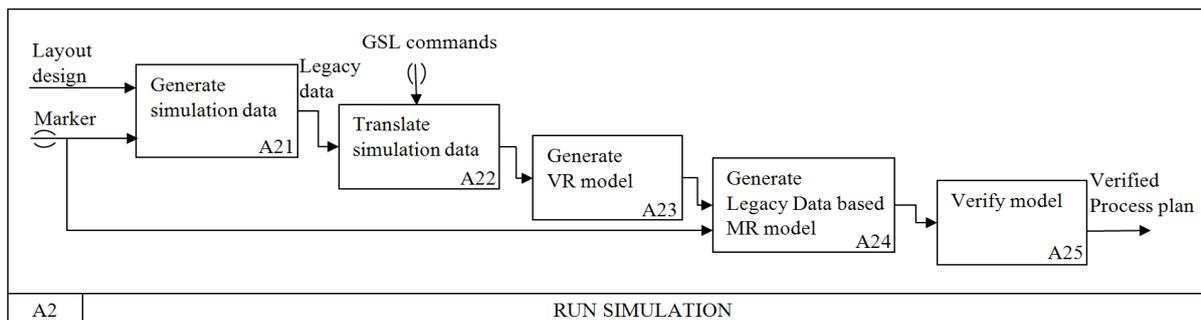
A1은 혼합현실을 적용함으로써 기존의 설비 배치 계획만을 담고 있는 모델이 아니라 혼합현실 기반의 설비 배치 모델이 만들어지는 단계이다. 여기서 A12는 안전표지판을 마커로 활용하기 위한 단계로서 안전표지판의 공간상의 위치를 측정하기 위한 타원 인식(Ellipse Recognition), 인식한 타원을 기반으로 한 안전표지판의 인식(Safety Sign Recognition)이 이루어진다. 타원 인식에는 2.1절의 타원의 법선 벡터와 상대 거리를 추적하기 위한 타원 근사와 역프로젝션 작업을 포함하며, 안전표지판 인식에는 회전 벡터를 결정하는 작업을 하게 된다. A13은 안전표지판을 적용한 혼합현실 기술을 적용할 때의 공장내부의 촬영 가이드라인을 설정하기 위한 단계이다. 이는 제조 현장의 보안 문제를 해결하기 위한 것으로 촬영을 위한 대략적인

제한 조건을 부여함으로써 현장의 작업자가 직접 촬영할 수 있도록 하기 위함이다. A14는 실제로 현장을 촬영하는 단계이다. 이 단계는 일반적인 혼합현실 기술과 같은 현장에서의 가상 객체와 실제 이미지의 실시간 정합뿐만 아니라, 보안 문제를 고려하여 현장에서 현장의 작업자에 의해 촬영된 영상을 이용하여 정합을 하는 것까지를 고려할 수 있다. A15는 시뮬레이션이 고려되지 않은 정지 상태의 혼합현실 기반의 설비 배치 모델을 수립하는 단계이다. 이 단계에서는 혼합현실 기반 모델을 바탕으로, 현장의 정보를 반영하여 A11에서 수립된 모델을 검증하게 된다.

A2는 A1에서 만들어진 배치 설계안(Layout design)을 시뮬레이션을 통해 검증하는 단계이다. A22는 A12에서 만들어진 실제 상업용 도구 기반의 배치 시뮬레이션 데이터(Legacy data)를 혼합현실 기반 시뮬레이션 모델 데이터를 만드는 과정으로, 2.2절에서와 같이 설비의 배치와 관련된 각종 데이터를 변환하는 작업에, GSL 명령어(GSL commands)를 기반으로 시뮬레이션 순서와 설비간 구속조건을 더하여 자체적인 시뮬레이션이 가능하도록 한다. A23은 시뮬레이션이 가능한 가상 설비 모델을 만드는 단계로 2.2절의 기구학 해석 작업 등이 포함된다. A24는 다시 혼합현실 기반의 설비배치 모델을 만들어내는 과정인데, 이 과정에는 A1에서 고려되지 않았던 시뮬레이션이 가능하도록 한다. 이로써 A25에서 배치 계획안을 검증하고 전체적인 공정 설비 배치안을 출력한다.



(그림 6) 혼합현실을 이용한 공정 설비 배치 과정 중 A1 단계의 상세



(그림 7) 혼합현실을 이용한 공정 설비 배치 과정 중 A2 단계의 상세

이러한 절차는 기존의 설비 배치 계획 절차를 고려하되, 혼합현실 기술을 이용하면서 레가시 데이터를 활용하기 위하여 수립된 것이다. 일반적인 공정 설계 단계가 A11 이후 바로 배치 설계안(Layout design)이 도출이 된다면, 본 연구에서는 안전표지판 인식을 통한 혼합현실 기반 가상화 적용을 위하여 A12~A15가 추가된다. 그리고 기존의 혼합현실 기반 공정 배치 시스템의 경우, 현장 적용을 위한 A13과 같은 가이드라인 설정 단계와 A2와 같은 레가시 데이터에 기반한 시뮬레이션 단계는 존재하지 않는다 [12, 13]. 또한 일반적인 가상 환경 기반의 설비 배치 도구의 경우, 시뮬레이션을 통한 검증 단계인 A2에서는 A1에서 도출된 배치 설계안을 시뮬레이션 하여 검증을 하는 단계(A21, A25)만을 거치지만, 본 연구에서는 A22~A24가 추가된다.

상기 작업 과정은 초기 설비 배치 계획의 요구가 있을 경우를 가정한 것이지만, 기존에 구축된 설비 관련 배치 데이터를 이용하여 설비 배치 계획을 한다면, A22에서 출발하여 나온 혼합현실 기반의 검증 모델을 이용하여, A12로 들어갈 수 있다.

3.2 레가시 데이터를 활용한 혼합현실 기반 공정설비 배치 시스템의 프로토타입

본 연구를 위해서 이용된 도구는 설비의 기구학 해석을 위한 Roboop 라이브러리, 충돌검사를 위한 V-Collide, 혼합현실 구현을 위한 ARToolkit이다[20-22]. 사용된 도구는 모두 공개용 프로그래밍 라이브러리로 추가 비용 없이 각각의 목적에 맞게 용이하게 쓸 수 있다. 단, ARToolkit이나 V-Collide와 같은 일부 도구들은 해당 라이선스의 규정상 상업화하여 이용하고자 하면 일부 비용을 지불해야 하는 경우가 발생할 수 있다. <표 3>은 본 연구의 구현환경을 정리한 것이며, 이외 추가적인 가상화 작업을 위하여 OpenGL을 사용하였다.

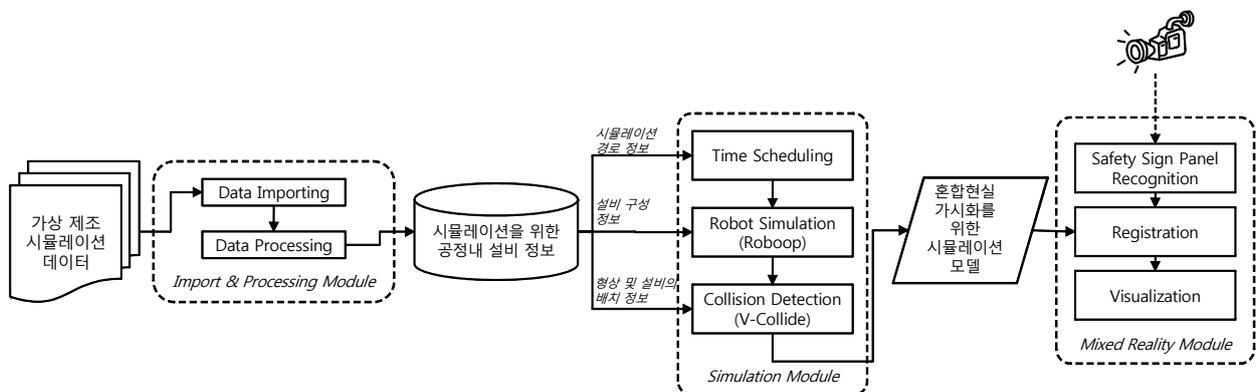
(그림 8)은 구현된 시스템을 데이터 흐름의 관점에서 구조화한 그림이다. 가상 공정 시뮬레이션 데이터로부터 입력 및 가공 모듈을 거친 시뮬레이션을 위한 설비 정보는 3.1절의 A22에서 출력되는 정보이다. 이 변환된 설비

<표 3> 구현 환경

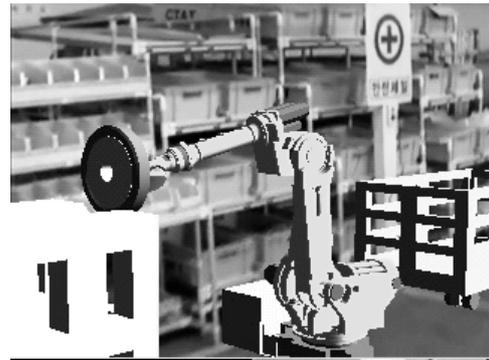
운영체제	Windows XP SP2
컴파일러	Microsoft Visual C++ 2005
대상 디지털 제조 도구	Dassault Systemes DELMIA VMAP version 5.3, Envision Module
사용 라이브러리	ARToolkit 2.71.3, Microsoft Vision SDK ROBOOP 1.31 Boost 1.34 V-Collide

정보는 시뮬레이션 모듈에서 가상화에 필요한 정보로 재가공이 되는데, 이는 3.1절의 A23에서 출력되는 정보에 해당된다. 즉, 시뮬레이션이 가능한 가상 배치 모델을 만들어 내기 위하여, 시뮬레이션 모듈은 변환된 설비 정보 중 경로 및 구속 정보를 이용하여 각 설비의 작동 순서를 배치하며(Time Scheduling), 이에 따라 설비의 구성 정보를 바탕으로 각 설비를 기구학 해석에 기반하여 시뮬레이션 한다(Robot Simulation). 그리고, 이 시뮬레이션을 수행하면서 충돌 검사를 수행하는데(Collision Detection), 여기에는 변환된 설비의 형상과 배치 정보를 이용한다. 이로써 혼합현실 가상화를 위한 시뮬레이션 모델이 만들어지고, 최종적으로 혼합현실 기반의 가상화 모듈에서 가상의 공정설비가 주위 현실 환경에 정합되어 가상화 된다. 이 모듈에서는 2.1절과 같이 입력된 실제 현장의 이미지를 해석하여 안전표지판의 공간상의 위치를 추적(Safety Sign Panel Recognition)을 한다. 그리고, 이를 바탕으로 시뮬레이션 모듈에서 만들어진 시뮬레이션 모델을 공장 환경에 정합(Registration)시켜 가상화(Visualization)하는 과정을 거치게 된다. 이 가상화 모듈은 ARToolkit을 이용하되, 안전표지판을 마커로 인식하기 위한 기능과 만들어진 시뮬레이션 모델을 가상화하는 기능이 추가되었다. 이러한 정보의 흐름과 작업 절차는 외부 도구와의 연동을 고려하여 만들어진 것이다[19].

(그림 9)는 가상 공정 시뮬레이션 데이터가 가공되어, 최종적으로 가상화 모듈에서 출력된 것이다. 이 혼합현실 기반 설비 배치 검증 화면은 기존 공장 시설에 자동화 설



(그림 8) 전체 시스템의 데이터 흐름 구조



(그림 9) 가상 공정설비 데이터의 혼합현실 기반 가시화

비를 추가한다는 시나리오를 가정한다. 즉, DELMIA로 설비 배치 시뮬레이션 모델을 만들어 실제 현장 시설을 촬영한 후, 혼합현실 환경에서 설비 배치안을 검증한 것이다. 해당 공장은 전기 자동차를 생산하는 실제 공장으로서 생산 라인을 따라 각종 부품이 부착되는 작업이 주를 이룬다. 본 공정설비 배치안은 이중 일부 부품의 장착을 자동화하는 설비를 시뮬레이션 정보를 포함하여 혼합현실 환경에서 검증되도록 하였다. 이 혼합현실 기반 공정설비 배치안의 검증은 실제 공정설비 배치 시뮬레이션을 위한 상업용 가상 제조 도구인 DELMIA 데이터를 기반으로 한다. 따라서, 설비의 배치 위치뿐만 아니라, 설비가 작동하는 모습을 시뮬레이션을 하여, 주위의 기존 공장에서 해당 설비를 시설할 경우에 대한 시각적인 검증이 가능하도록 한다.

3.3 개발 시스템의 검토

개발된 프로토타입의 검증 과정은 3.1절의 절차를 고려하여 진행되었다. 혼합현실 기술을 적용하고, 기존 현장의 레가시 데이터를 활용하기 위해서 필요한 여러 절차는 다수의 작업 단계가 추가되는 단점이 있다. 그러나 기존의 순수한 가상환경 기반의 공정배치 검증에 비해서는 현실감이 증대가 되며, 현장의 실제 환경을 능동적으로 반영할 수 있는 장점이 있다. 또한, 기존의 혼합현실 기반 공정배치 계획의 검증에 비하여, 기존 데이터와 현장 마커를 사용함으로써 개발 시스템의 현장 적용성과 활용성을 높일 수 있다. 거기에 단순한 데이터의 형상을 가시화 하지 않고, 가상 공정 설비 배치에 필요한 시뮬레이션이 자체적으로 가능하여 현장에서 해당 가상 제조 도구의 설치와 사용이 필요 없다. 덧붙여 이러한 실제 제조 현장의 적용은 해당 제조 현장의 협조가 필수적이다. 하지만, 일반적으로 제품 개발과 관련된 모든 사항에 대해서 보안이 필수적인 제조사의 특성상, 시스템의 현장 적용시의 문제점을 검증하고 보완하기가 수월하지 않았다. 따라서 이러한 기존에 존재하지 않는 시스템을 제조 현장에 적용하기 위해서는 관련 시스템의 검증을 위한 시스템의 정량적, 정성적 분석이 선행되어야 할 것이다.

또한 본 연구에서는 가상객체의 정합을 위하여 적용된 안전표지판은 1개만을 인식하도록 되어 있는데, 좀 더 정

확한 정합을 위하여 복수의 마커를 복수의 안전표지판에 대응시키되, 1개의 표지판이 아니라 다양한 종류의 표지판을 대응 시키는 것이 필요할 것이다. 그러나, 특정 위치에 특정 표지판을 위치시키는 것은 정확한 정합을 위해서는 고려될 수 있으나, 추가 작업을 필요로 하며, 이러한 점의 임의의 현장에 적용을 고려한 본 연구의 특성과는 상충하는 면이 있다. 이는 추후 추가 구현과 실험을 통하여 검증할 필요가 있다[5]. 또한 본 연구에서 대상으로 한 특정 디지털 가상 제조 도구(DELMIA)의 레가시 데이터는 기존 현장에서 많은 활용이 되고 있지만, 그 대상을 변환하려면 또 다른 변환과 가공의 과정을 거쳐야 해야 할 것이다. 이를 위하여 중립 교환 규격을 고려하되, 이 규격은 혼합현실 기반의 형상의 가시화뿐만 아니라, 제품 생산을 고려한 교환 규격을 포함해야 할 것이며, 이와 관련된 추가 연구도 필수적일 것이다.

4. 결 론

디지털 가상 제조에 혼합현실 기술을 응용하면, 순수한 가상환경 기반의 현재의 디지털 가상 제조 기술을 보완하여 좀 더 현실감이 있는 환경을 제공할 수 있으며, 동시에 모델링에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있다. 또한, 상업용 가상 제조 도구의 레가시 데이터를 활용하면, 현장 적용성을 더욱 확대할 수 있다.

본 연구에서는 혼합현실 기반 가시화를 위한 상업용 제조 시뮬레이션 데이터의 처리 방법론을 제시하고, 이를 통하여 상업용 가상 제조 도구의 시뮬레이터 데이터를 가공하였다. 그리고, 혼합현실 기반 가시화 도구의 현장 적용성을 높일 수 있도록, 안전표지판을 마커로 적용하는 방안을 개발하여, 가공한 제조 시뮬레이션 데이터를 기반으로 가상 공정 배치를 수행하였다. 이를 위해서 적절한 기능을 제공하는 공개용 도구를 사용하였으며, 제시된 방법론에 따라 이러한 도구를 통합하고, 필요한 기능을 추가하였다. 그리고 본 시스템을 실제 현장에 적용하기 위한 절차를 분석하여, 공정설비 배치 계획에 혼합현실 기술 적용을 위한 단계를 정리하였다.

향후 본 연구는 실험 결과에 대한 구체적인 분석과 다양한 현장 적용 시험을 수행함으로써 본 연구의 유효성과 활용성을 높일 수 있도록 할 것이다. 또한 사용자의 편의성을 높이기 위하여 가상제조 도구와의 연동 및 가시화 방법을 확장하고, 조작성 향상을 위한 기능도 추가되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] S. Freedman, "An Overview of Fully Integrated Digital Manufacturing Technology", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, pp.281-285, 1999.

[2] 노상도, 신종계, 지해성, 임현준, CAD, 디지털 가상생산과 PLM, 시그마프레스, 2006.

[3] 김용식, 양정삼, 한순홍, "가상 공장 시뮬레이션을 위한 PC 클러스터 기반의 멀티채널 가시화 모듈의 설계와 구현", 대한기계학회논문집 A권, 제30권 제3호, pp.231-240, 2006.

[4] Y. S. Kim, J. Yang, and S. Han, "A multichannel visualization module for virtual manufacturing," Computers in Industry, Vol.57, No.7, pp.653-662, 2006.

[5] 이종환, 한순홍, 천상욱, "공장 배치 계획에서 혼합현실의 적용을 위한 안전표지판 인식", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제14권 제1호, pp.42-49, 2009.

[6] S. Jayaram, J. Vance, R. Gadh, U. Jayaram, and H. Srinivasan, "Assessment of VR Technology and its Applications to Engineering Problems", Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol.1, pp.72-83, 2001.

[7] J. M. Ritchie, R. G. Dewar, G. Robinson, J. E. L. Simmons, and F. M. Ng, "The role of non-intrusive operator logging to support the analysis and generation of product engineering data using immersive VR," Virtual and Physical Prototyping, Vol.1, No.2, pp.117-134, 2006.

[8] DELMIA, Dassault Systemes, <http://www.delmia.com>

[9] Technomatix, UGS Corp., <http://www.ugs.com/products/technomatix>

[10] P. Klingstam, and P. Gullander, "Overview of simulation tools for computer-aided production engineering," Computers in Industry, Vol.38, pp.173-186, 1999.

[11] 이종환, 신수철, 이효광, 한순홍, "가상 제조 시뮬레이션 데이터 변환을 이용한 혼합 현실 기반 가상 공정 배치", 한국시뮬레이션학회'08 추계학술대회 논문집, pp.84-89, 2008.

[12] J. Gausemeier, J. Freund, and C. Matyszczyk, "AR-Planning Tool - Designing Flexible Manufacturing Systems with Augmented Reality", Proceedings of 8th Eurographics Workshop on Virtual Environments, pp.19-25, 2002.

[13] F. Doil, W. Scheriber, T. Alt, and C. Patron, "Augmented Reality for Manufacturing Planning," Proceedings of International Immersive Projection Technologies Workshop, pp.71-76, 2003.

[14] A. Jezernik and G. Hren, "A solution to integrate computer-aided design (CAD) and virtual reality (VR) databases in design and manufacturing processes," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.22, pp.768-774, 2003.

[15] S. Ressler, A. Godil, Q. Wang and G. Seidman, "A VRML Integration Methodology for Manufacturing Applications", Proceedings of the 4th Symposium on Virtual reality Modeling Language, pp.167-172, 1999.

[16] 문홍일, 한순홍, "SEDRIS를 이용한 디지털 생산 시뮬레이션과 합성 환경 매핑", 한국시뮬레이션 학회 논문집, 제14권 제2호, pp.15-24, 2005.

[17] D. Forsyth, J. L. Mundy and A. Zisserman, "Invariant Descriptors for 3-D Object Recognition and Pose" IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, No.10, pp.971-991, 1991.

[18] R. Halir and J. Flusser, "Numerically Stable Direct Least Squares Fitting of Ellipses" Proceedings of International Conference of in Central Europe on Computer Graphics and Visualization, pp. 125-132, 1998.

[19] 한순홍, 이종환, 외 5인, '상용 공정 배치툴과의 공정 프로세스 교환을 위한 인터페이스 개발', 한국전자통신연구원 위탁연구 보고서, 2008.

[20] ARToolkit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>

[21] ROBOOP, <http://www.cours.polymtl.ca/roboop/>

[22] V-Collide, http://www.cs.unc.edu/~geom/V_COLLIDE/



이 종 환

e-mail : paper@icad.kaist.ac.kr

1999년 한국과학기술원 기계공학과(학사)

2001년 한국과학기술원 기계공학과(공학석사)

2009년 한국과학기술원 기계항공시스템학부 (공학박사)

2009년 3월~현재 한국과학기술원 기계 기술연구소 박사후과정

관심분야: 정보통신 기반 엔지니어링 데이터 가공 및 가시화, 가상현실 및 증강현실 응용



신 수 철

e-mail : eva317@icad.kaist.ac.kr

2006년 한국과학기술원 전산학과(학사)

2008년 한국과학기술원 기계항공시스템학부 (공학석사)

2009년 3월~현재 한국과학기술원 기계 공학과 박사과정

관심분야: 가상현실 및 증강현실 응용, 다중실감 가상현실 효과



한 순 흥

e-mail : shhan@kaist.ac.kr

1977년 서울대학교(학사)

1979년 서울대학교(공학석사)

1990년 University of Michigan(공학박사)

1979년~1992년 한국선박연구소 연구원

2001년~2003년 한국STEP센터 센터장

1993년~현 재 한국과학기술원 기계공학과 교수

2005년~2007년 한국과학기술원 산학협력단 단장

2008년~현 재 한국과학기술원 해양시스템공학과 학과장

관심분야: CAD, STEP, 가상현실의 공학설계 적용, 협업 CAD,
Knowledge-based Design System