

## P3R 정보 기반의 가상현실 모델을 이용한 공장 품평에 관한 연구

이주연\*, 최상수\*\*, 박양호\*\*\*, 노상도\*\*\*\*

### A Study on Factory Review Using Virtual Reality Model based on P3R Information

Ju Yeon Lee\*, Sang Su Choi\*\*, Yang Ho Park\*\*\* and Sang Do Noh\*\*\*\*

#### ABSTRACT

Time to market and cost-efficient production are some of the challenge that manufacturing industries face. Modern methods of engineering can't help such organizations attain competitive advantage. To help these situations, MEMPHIS (Middleware for Exchanging Machinery and Product Data in Highly Immersive Systems) was introduced as an approach that enables VE (Virtual Engineering) and links engineering applications with VR (Virtual Reality) solutions. Thus an environment is provided to implement virtual design reviews and enable the application of virtual prototyping methods. However MEMPHIS could just handle Product data for virtual design review and simulation. In this paper, we newly define and develop the extended MEMPHIS that enables virtual manufacturing with Process, Resource and Plant data as well as Product data.

**Key words** : Virtual Factory Review, Virtual Reality, P3R (Product, Process, Resource, Plant), Middleware, PLM

#### 1. 서 론

최근 IT(Information Technology) 기술이 발달함에 따라 컴퓨터를 이용하여 제품의 설계 및 생산에 관한 다양한 업무들을 3D를 기반으로 시뮬레이션 할 수 있는 환경이 조성되고 있다. 이미 많은 제조 기업에서는 제품의 설계 단계에서 가상 시작품(virtual prototype)이 물리적 시작품(physical prototype)을 대체하게 되었고, 생산 단계에서도 가상 시뮬레이션 기술을 통해 생산 시 발생할 수 있는 다양한 문제점들을 사전에 검증하고 해결하려는 노력이 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 이처럼 컴퓨터, 네트워크 등의 IT 기술을 이용하여 제품을 가상의 환경에서 사전에 생산해 봄으로써, 생산 시 발생할 수 있는 모든 문제들을 미리 점검하고 해결하

고자 하는 기술을 디지털 가상생산(Digital Virtual Manufacturing, DVM)이라 한다. 실제 제조 기업에서 디지털 가상생산을 수행하기 위해서는 제품(Product), 공정(Process), 자원(Resource), 공장(Plant) 등 다양한 정보가 요구되며, 관련된 모든 정보를 체계적으로 관리해야 한다. 이를 위해 기업에서는 제품의 기획에서부터 설계, 생산, 유지보수 및 폐기까지 제품의 전체 수명을 관리할 수 있는 PLM(Product Lifecycle Management) 시스템을 도입하고 있으며, PLM 시스템을 기반으로 디지털 가상생산을 수행함으로써 신속한 의사결정과 협업(collaboration)을 통해 비용 감소, 품질 및 생산성의 향상 그리고 time-to-market의 단축 등 많은 효과를 얻고 있다<sup>[2]</sup>.

특히 항공과 자동차 산업에서는 디지털 가상생산을 수행하여 뚜렷한 생산성의 향상을 가져온 다양한 사례가 보고된 바 있다. 도요타(Toyota) 자동차는 1996년부터 1999년까지 전세계 20여 곳에 200억 원 이상의 비용을 투자하여 가상현실센터를 구축하였다<sup>[3]</sup>. Daimler Chrysler에서는 신차 개발에 가상생산 기술을 적극 활용하여 “designed, rested, tooled, and built on computer”를 실현하였으며, 이를 위하여 모든 정보

\*학생회원, 성균관대학교 대학원 산업공학과

\*\*정회원, 한국생산기술연구원

\*\*\*학생회원, 성균관대학교 대학원 산업공학과

\*\*\*\*교신저자, 중신회원, 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과

- 논문투고일: 2010. 01. 13

- 논문수정일: 2010. 04. 28

- 심사완료일: 2010. 06. 23

를 단일한 제품/프로세스/데이터베이스에서 관리하고 있다<sup>[1]</sup>. GM에서는 90년대 중반에 시작된 제조 각 부분의 math-based manufacturing 프로그램의 일부로서, “모든 담당 엔지니어들이 실물을 만들기 전에 제조 및 조립시스템의 생성, 설계, 검증 및 운영을 컴퓨터의 수학적 모델을 이용하여 사전에 수행해 본다”라는 목표로 가상공장의 구축과 활용을 추진하였다<sup>[2]</sup>. 또한 GM대우는 96년부터 신차개발과 생산준비의 여러 업무들에 대한 디지털 가상생산 기술의 적용을 추진하여 왔으며, 특히 99년부터 현재까지 “3차원 CAD 모델에 기반한 가상플랜트 구축”이라는 이름으로 프레스, 차체, 도장공장에 대한 가상공장이 구축되어 활용되고 있으며, 현재는 조립 공장을 대상으로 업무전산화와 병행한 가상공장의 구축 및 운영 기술이 개발되고 있다<sup>[6]</sup>. Boeing사에서 개발한 Boeing 777은 최초로 종이 도면 하나 없이 모든 설계가 이루어졌으며, 컴퓨터의 가상현실 공간 안에서 시뮬레이션, 조립 테스트가 이루어졌다. 또한 미국의 최첨단 핵잠수함 버지니아호도 가상현실 기술을 이용하여 설계와 테스트를 끝내 제작 기간을 크게 단축하였다. 이와 같이 최근 가상현실(Virtual Reality) 기술의 비약적인 발전에 따라, 생산 기술에 가상현실 기술이 적용되면서 보다 현실감 있는 가상의 공간에서 시뮬레이션을 수행할 수 있는 환경이 마련되고 있다<sup>[7]</sup>. 즉, 가상 시제품, 가상공장(Virtual Factory), 가상기업(Virtual Enterprise) 등을 기반으로 현실과 같은 가상의 환경 안에서 제품을 설계하고 생산하는 환경이 갖춰지기 시작한 것이다.

그러나 각 기업마다 가상현실을 지원하기 위해 사용하는 시스템이 다를 뿐 아니라, 한 기업에서조차 설계와 디자인, 제조의 단계마다 다양한 시스템이 사용되고 있는 이질적인 환경 때문에, 실제 제조기업이 가상현실 기술을 도입하여 사용하는데 많은 어려움이 따르고 있다. 이미 PLM의 영역에서는 이 기존의 CAD 시스템 간 형상 정보의 교환을 위하여 STEP의 표준형식을 정의하거나<sup>[8]</sup>, 미국의 NIST를 중심으로 여러 제조 기업들의 프로세스 정보를 자동으로 교환할 수 있도록 PSL(Process Specification Language)의 정보 교환 표준을 정의하는 등 이 기존 시스템 기반의 이질적인 환경 하에서 제품 정보를 교환하고 관리하기 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔다<sup>[9]</sup>. 이와 마찬가지로 Choi et al.<sup>[10]</sup>는 가상현실 기술이 발전함에 따라, 이 기존의 시스템 환경 하에서도 가상현실 기술이 제조기업의 제품 개발 전 과정에서 적용될 수 있도록 지원하는 프레임워크 MEMPHIS를 소개하였다. MEMPHIS는 제품 개발의 각 과정인 품평, 해석,

생산 단계에서 필요한 데이터들을 PDM(Product Data Management) 시스템으로부터 획득/변환한 후 온톨로지(ontology)를 이용하여 데이터를 통합하고 가상현실 환경에서 사용할 수 있도록 데이터를 생성하는 방법에 대해 기술하였다<sup>[10,11]</sup>.

위 논문에서는 가상품평(Virtual Design Review)과 가상해석(Virtual Simulation) 외에 가상생산(Virtual Manufacturing)을 지원하기 위해서 제품 데이터뿐만 아니라 제품을 생산하는 공정과 각 공정 별 사람, 장비, 도구 등의 제조자원과 관련된 데이터가 필요하다고 언급하고 있다. 따라서 본 연구에서는 P3R(Product, Process, Resource, Plant)의 데이터를 기반으로 MEMPHIS가 설계/해석 및 생산 단계까지 지원할 수 있도록 확장하여 개발된 내용에 대해 소개하고자 한다.

## 2. MEMPHIS: Middleware for Exchanging Machinery and Product Data in Highly Immersive Systems

기존의 MEMPHIS는 제조 기업의 설계공정에서 CAD 데이터와 VR 데이터의 교환 및 관리를 목적으로 개발된 시스템이며, 이 기존 CAD 데이터로의 접근을 위해 이 기존 CAD 데이터가 관리될 수 있는 엔지니어링 제품 데이터 관리 시스템으로 PDM 시스

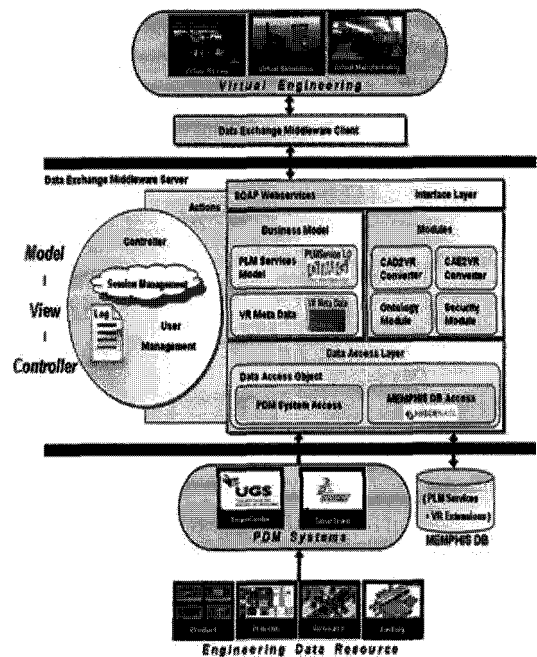


Fig. 1. Architecture of MEMPHIS<sup>[10]</sup>.

템과의 인터페이스를 구현하였다. 따라서 MEMPHIS 내에는 2가지의 중요 시스템 인터페이스가 존재하게 되며, 이는 PDM 시스템과의 인터페이스와 VR 시스템과의 인터페이스이다. 또한 인터페이스들의 시스템 간 교환 데이터의 공통성을 구현하기 위해 공인된 국제 규격인 OMG의 PLM Services를 기반으로 한 데이터 구조 및 데이터베이스 스키마를 구현하였다. MEMPHIS는 다수의 시스템 구성 컴포넌트(component)들의 집합체이며, 시스템 내 모든 구성 컴포넌트들은 상호 유기적인 관계를 가지고 일정한 데이터 흐름에 따라 동작하게 된다. 현재 MEMPHIS를 구성하고 있는 하부 컴포넌트로는 시스템 서비스 제공을 위한 MEMPHIS 서버(Meta-Data Server, File Server), 서버에서 제공되는 서비스를 소비하기 위한 MEMPHIS 클라이언트(MEMPHIS Client), PDM 시스템으로의 연결과 연결된 PDM 시스템으로부터 CAD 데이터를 획득하기 위한 PDM 연결 컴포넌트(PDM Adapter), VR 시스템으로의 연결과 MEMPHIS 시스템 내에서 관리되는 VR 데이터의 교환을 위한 VR 연결 컴포넌트(VR Adapter), PDM 시스템으로부터 획득한 CAD 데이터 변환 컴포넌트(CAD2VR Converter), CAE(Computer-Aided Engineering) 데이터의 VR 데이터로 변환하기 위한 CAE2VR 데이터 변환 컴포넌트(CAE2VR Converter), 3D 워터마킹을 삽입하는 3DGuard 등으로 구성된다<sup>[12,13]</sup>. Fig. 1은 위의 하위 컴포넌트들 기반의 MEMPHIS 전체 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

이미 언급했듯이, 기존의 MEMPHIS가 가상 품평과 해석 외에도 가상생산을 지원하기 위해서는 제품 데이터 외에도 제품과 관련된 공정, 제조자원, 공장의 정보를 PDM 시스템으로부터 획득하고, MEMPHIS 서버 내에서 저장하여 관리할 뿐 아니라 클라이언트에서도 제품 외의 정보를 관리하고 표현할 수 있도록 확장 개발되어야 한다. 그러나 MEMPHIS가 기반으로 한 PLM Services의 국제표준은 제품 정보를 위주로 하고 있으며, 엔지니어링을 위한 공정, 제조자원, 공장에 관한 표준은 제시하지 못하고 있다. 또한 기존에도 이 기존 시스템 환경에서의 정보 교환을 위한 많은 연구들은 대부분이 제품 정보를 위주로 구현되어 있으며, 공정, 제조자원, 공장과 그 유기적 관계를 정의하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 MEMPHIS의 기본 기능<sup>[8]</sup>에서 P3R 정보를 기반으로 한 가상생산을 지원할 수 있도록 확장 개발된 MEMPHIS 서버/클라이언트의 데이터 모델과 그와 관련된 기능을 위주로 설명하고자 한다.

## 2.1 MEMPHIS Server

### 2.1.1 Data Access Layer의 확장

MEMPHIS의 Data Access Layer는 다양한 형태의 저장소에서 데이터를 가지고 오는 기능을 지원하는 계층이다<sup>[14]</sup>. 확장된 MEMPHIS는 제품, 공정, 제조자원, 공장과 관련된 정보 및 형상 데이터 등의 필요한 정보를 제공해주는 데이터 저장소로 이 기존의 상용 PDM 시스템들을 사용하고 있으며, DAO(Data Access Object)를 통해 위의 PDM 시스템과의 접근이 가능하게 된다. 상용 PDM 시스템은 시스템 내의 저장된 정보를 획득하기 위해서 API를 제공하거나, 데이터베이스로 직접 접근하는 방식을 제공한다. 본 연구에서는 상용 PDM 시스템으로 Siemens UGS PLM Software사의 TeamCenter Engineering과 Dassault Systemes사의 SmarTeam을 선정, 적용하였다<sup>[15,16]</sup>. SmarTeam VSR16에 COM+ API와 TeamCenter Engineering 2005 API를 이용하여 P3R 정보를 획득하고, 획득된 데이터는 DAO를 통해 MEMPHIS의 Model인 PLM Object로 변환된다. PLM Object는 Hibernate를 이용하여 MEMPHIS의 데이터베이스로 저장된 후 관리된다<sup>[17]</sup>. 아래의 Fig. 2는 SmarTeam과 TeamCenter의 PDM 시스템과 MEMPHIS 사이의 DAO을 통한 데이터의 흐름을 나타낸다.

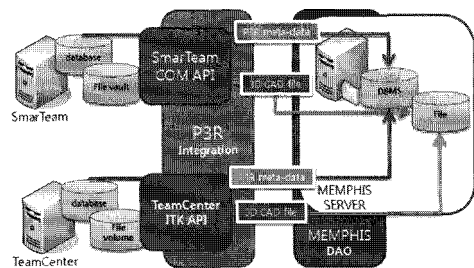


Fig. 2. Data flow of meta-data and physical files<sup>[18]</sup>.

또한 MEMPHIS는 DAO의 개념을 PLM 비즈니스 프로세스 내의 데이터들을 위하여 XDAO(eXtensible Data Access Object)라는 개념으로 확장, 정의하여 PLM Services기반의 데이터 구조를 DAO기반으로 사용할 수 있게 정의하였다<sup>[12]</sup>. Fig. 3은 기존의 제품 데이터를 위한 XDAO의 구조를 본문에서 대상으로 하는 P3R 데이터를 위한 구조로 확장하여 구현한 자료 화면이다.

P3R의 데이터를 위해 확장된 XDAO의 구조에서 ItemDAO는 제품, Process operation occurrenceDAO는 공정, Resource itemDAO는 제조자원, StationDAO

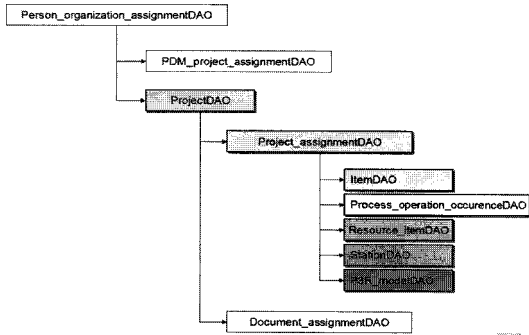


Fig. 3. MEMPHIS's DAO model for P3R.

는 공장, 마지막으로 P3R\_modelDAO는 P3R 정보들 간의 유기적인 관계를 위한 모델이다.

2.1.2 P3R 데이터 관리를 위한 Model의 확장

MEMPHIS의 Business Model은 PLM Services 1.0을 기반으로 개발되었으며, 6개의 개별 Model 계층(Layer)으로 구성된다<sup>[19]</sup>. 먼저, 사용자 정보(Person)는 사용자 개인 신상 정보 및 보안 정보 관리를 위한 계층이고, 기관 정보(Organization)는 사용자가 속한 기관의 정보를 관리하기 위한 계층, 프로젝트 정보(Project)는 프로젝트의 일정, 속성 및 프로젝트 간 관계의 관리를 위한 계층, 제품 구조 정보(Item)은 단품/조립품의 제품 구조 정보 및 구조의 속성을 관리하기 위한 계층, 파일 정보(Document)는 파일 및 파일 버전의 정보 관리를 위한 계층이며, 마지막으로 속성 정보(Property)는 속성 정보의 관리를 위한 계층이다<sup>[7]</sup>. 위에서 설명한 MEMPHIS의 6개 계층으로 구성된 기본적인 Business Model에서 주요 관계를 클래스 다이어그램으로 표현하면 Fig. 4와 같다.

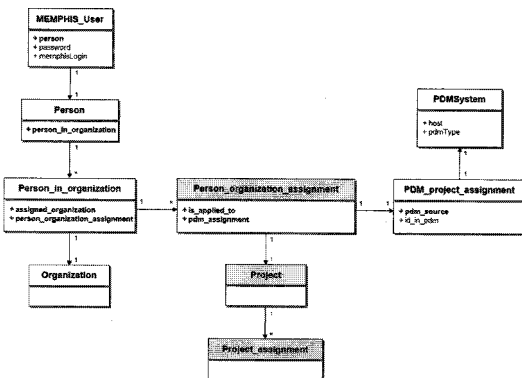


Fig. 4. Class diagram of MEMPHIS business model.

본 논문에서는 MEMPHIS의 제품 정보 위주의 기존 Business Model을 가상생산을 지원할 수 있는 P3R 정보 기반의 확장된 Business Model의 개념으로 정의하여 구현하였다. 앞서 설명했듯이, P3R 정보 기반의 확장된 Business Model은 역시 P3R의 구조 기반으로 확장된 MEMPHIS의 DAO 구조와도 일치하게 된다<sup>[18]</sup>. Table 1은 P3R 각각의 정보와 P3R 정보 간 유기적인 연관관계를 MEMPHIS의 확장된 개념의 DAO 구조와 Business Model로 비교하여 정리한 것이다. MEMPHIS에서는 PDM 시스템으로부터 P3R 정보를 획득한 후 DAO의 구조를 기반으로 변환하여 Business Model로 표현하게 된다.

Table 1. Mapping of P3R structure with DAO & model

P3R structure	MEMPHIS	
	DAO structure	Business Model
Product	ItemDAO	Item
Process	Process_operation_occurrenceDAO	Process_operation_occurrence
Resource	Resource_itemDAO	Resource_item
Plant	StationDAO	Station
P3R Relationship	P3R_modelDAO	P3R_model

먼저, 기존의 MEMPHIS Business Model의 핵심인 제품 정보의 모델 구조는 Item을 기본으로 하여 Fig. 5와 같이 표현된다. 확장된 개념의 MEMPHIS에서도 기존의 제품 모델 구조는 그대로 유지되었다.

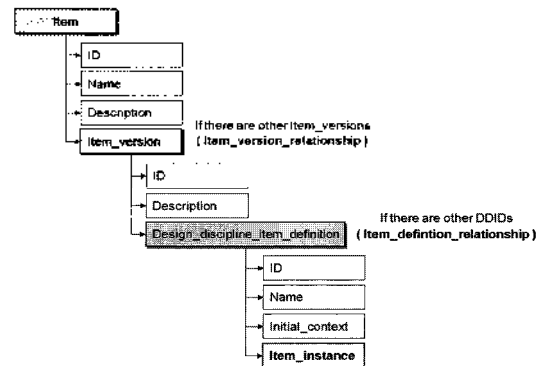


Fig. 5. Product's business model.

다음으로 공정 정보를 표현하기 위한 Business Model은 Process\_operation\_occurrence를 기본으로 표현되며, 그 외에 공정과 관련된 기본적인 정보들을 Fig. 6과 같이 나타내었다. 또한 제조자원의 정보는

Resource\_item을 기본 단위로 표현되고, 제품 정보의 기본인 Item의 구조와 거의 흡사하다. 그 이유는 제조 자원은 인종의 제품으로도 간주될 수 있으므로, 기본

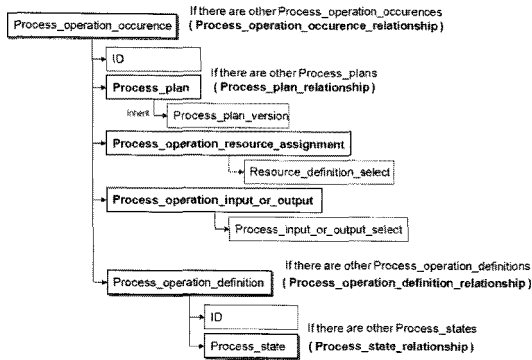


Fig. 6. Process's business model.

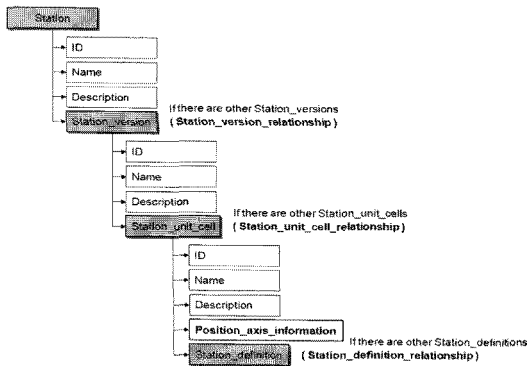


Fig. 7. Plant's business model.

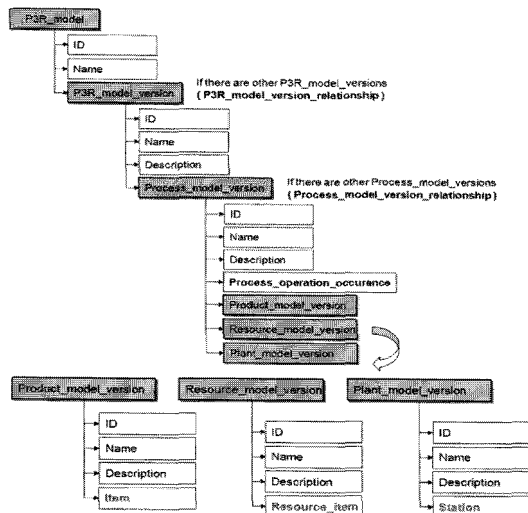


Fig. 8. P3R relationship's business model.

적인 구조와 속성이 제품 정보와 비슷하기 때문이다. 공장의 정보를 표현하기 위한 모델 구조는 Station을 기본단위로 Fig. 7과 같이 표현된다. 공장 모델은 도면 정보와 직접적으로 연관되기 때문에 좌표 정보를 표현할 수 있도록 Position\_axis\_information을 추가한 것이 특징이라 할 수 있다. 마지막으로 P3R 정보들 간의 유기적인 연관관계를 표현하기 위하여 P3R model을 기본단위로 하는 Business Model을 Fig. 8과 같이 정의하였다.

이와 같이 PDM시스템으로부터 추출된 P3R 정보를 MEMPHIS에서 관리하기 위해 정의된 P3R 정보 기반의 Business Model은 Hibernate에 의해 MEMPHIS 데이터베이스의 구조로 매핑되어 구현된다. Hibernate은 객체와 데이터베이스 정보의 관계를 매핑시켜, 좀 더 효율적으로 데이터를 처리하고자 하는 프레임워크(framework)라 할 수 있다.<sup>[20]</sup>

## 2.2 MEMPHIS Client

MEMPHIS 클라이언트는 MVC(Model-View-Controller) 설계 패턴에서 데이터 모델을 시각적으로 보여주는 View에 해당되며, 분산화된 환경에서 MEMPHIS 서버(Meta-Data Server, File Server)에 접근하여 사용자로부터 요구된 데이터 획득, 생성, 편집, 삭제 등의 작업을 수행하기 위한 GUI(Graphical User Interface) 기반의 서버 응용 프로그램이다. MEMPHIS 클라이언트에서는 XML 형식의 SOAP(Simple Object Access Protocol) 메시지를 이용하여 RPC(Remote Procedure Call) 방식을 기반으로 MEMPHIS 서버로 접근하게 되는데, 이때 MEMPHIS 서버는 WSDL(XML 기반의 서버 서비스 기술 방식)으로 접근 가능한 서비스들을 MEMPHIS 클라이언트에 제공하게 된다<sup>[21,22]</sup>. 본 논문에서는 MEMPHIS 서버와 마찬가지로 MEMPHIS 클라이언트에서 P3R의 정보를 표현하기 위해 확장되어 개발된 내용에 대해 서만 설명하도록 하겠다.

### 2.2.1 FX-PLM Structure의 확장

MEMPHIS 클라이언트는 크게 3개의 컴포넌트로 구성되었다. 첫 번째, view 컴포넌트는 몇 개의 GUI 형태로 구현되어 있으며, 데이터를 GUI의 화면에 보여주고, 사용자의 요구사항을 접수하여 GUI manager에게 보내는 역할을 한다. 두 번째, controller 컴포넌트는 MEMPHIS 클라이언트의 핵심으로, 클라이언트의 주된 기능이 구현되어 있다. 클라이언트의 controller에서는 사용자의 요청을 해석해서 필요한 정

보를 서버로부터 가져와 변환하고, 변환된 데이터를 정해진 구조에 맞게 GUI 화면 상에 보여주는 역할을 한다. 마지막으로 web connector 컴포넌트는 분상 환경 하에서 MEMPHIS의 서버와 클라이언트가 SOAP 메시지를 이용하여 통신할 수 있도록 지원하고 있다<sup>[10]</sup>. 본문에서는 위의 클라이언트 컴포넌트들 중에서 P3R 정보의 처리를 위해 확장되어 구현된 controller 컴포넌트의 FX-PLM 구조에 대해서 설명하고자 한다.

MEMPHIS 클라이언트 내의 FX-PLM은 Flexible and eXtensible-PLM의 약자로, MEMPHIS 서버의 Business Model의 구조에 기반한 PLM Object를 MEMPHIS 클라이언트가 GUI 화면에 도식화하여 보여주기 위한 구조 기반으로 변환할 수 있도록 PLM Object를 확장한 것이라 할 수 있다. Fig. 9는 제품 정보 위주로 구현된 기존의 FX-PLM을 본 논문의 P3R 정보를 지원하기 위한 구조로 확장하여 구현한 화면이다. FX-PLM의 구조는 기본적으로 node와 edge로 이루어져 있다. 각각의 node들은 서로 다른 FX-PLM의 객체를 표현하며, node의 색깔과 아이콘이 각 node들 간 관계에서의 위치를 의미하게 된다.

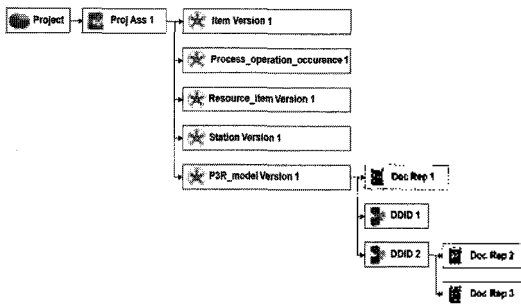


Fig. 9. Extended FX-PLM structure.

기존의 FX-PLM은 Project, Project Assignment, Item Version, Design Discipline Item Definition (DDID), Document Representation의 5개 node로 구성되어 있다. 본 논문의 확장된 FX-PLM은 5개의 기본 node에 공정 정보를 위한 Process\_operation\_occurrence, 제조자원 정보를 위한 Resource\_item Version, 공장 정보를 위한 Station Version, P3R 정보 간 관계를 표현하기 위한 P3R\_model Version의 4개 node를 추가하여 총 9 종류의 node로 구성되었다<sup>[10]</sup>.

### 2.2.2 MEMPHIS Client의 GUI 확장

Fig. 10은 MEMPHIS 클라이언트의 GUI 화면이다.

기존 MEMPHIS 클라이언트는 .Net 2.0 기반의 기능 위주로 개발된 GUI를 구현하였다. 그러나 본 연구에서 확장된 MEMPHIS 클라이언트의 GUI는 WPF (Windows Presentation Foundation)와 XAML (Extensible Application Markup Language)을 기반으로 하여 Fig. 10과 같이 구현하게 되었다. 확장된 MEMPHIS 클라이언트 GUI는 디자인이 기존의 GUI 보다 뛰어날 뿐 아니라 메뉴의 아이콘화와 다국어 지원 등의 기능으로 인해 사용자 편의성이 향상되었다.

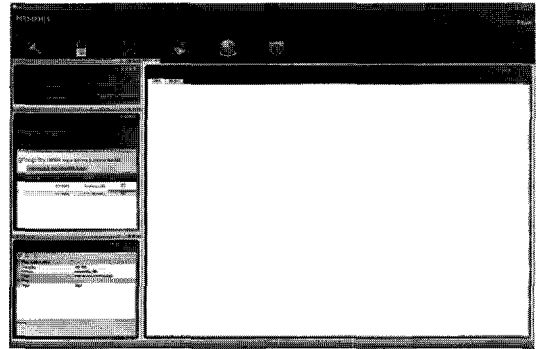


Fig. 10. MEMPHIS Client GUI<sup>[17]</sup>.

## 3. Case Study

본 논문에서 확장 개발된 MEMPHIS는 국내 자동차 회사의 금형 공장과 프레스 공장을 대상으로 적용되었다. 금형 공장의 업무 프로세스에서 트라이아웃 (tryout)은 제작된 금형(die)의 검증을 위한 마지막 단계로서, 금형 생산의 총 기간 중 40% 정도를 차지하고 있다. 트라이아웃 단계에서는 금형의 설계, 공정 파라미터(parameter)들에 대한 검증, 생산된 패널(panel)과 프레스(press)에 대한 품질 검사가 중요하게 고려되어야 한다. 만약 트라이아웃 단계에서 문제가 발생하면 전 단계로 돌아가게 되고, 문제없이 생산을 수행할 수 있다고 검증되면 금형이 출하되어 프레스 공장의 실제 생산에 투입되게 된다. 본문에서는 위의 트라이아웃 공정과 검증된 금형을 기반으로 생산을 수행하는 프레스 공장의 한 공정을 대상으로 디지털 가상 생산을 수행하기 위한 모델링을 수행하고, 확장된 개념의 MEMPHIS 시스템에 적용하여 가상현실 기반의 디지털 가상 생산을 수행할 수 있는 환경을 마련하였다. Fig. 11은 본문에서 확장 개발된 MEMPHIS를 기반으로 P3R 데이터를 구현하고 공장평형을 수행하는 전체 과정을 순차적으로 정리한 자료이다.

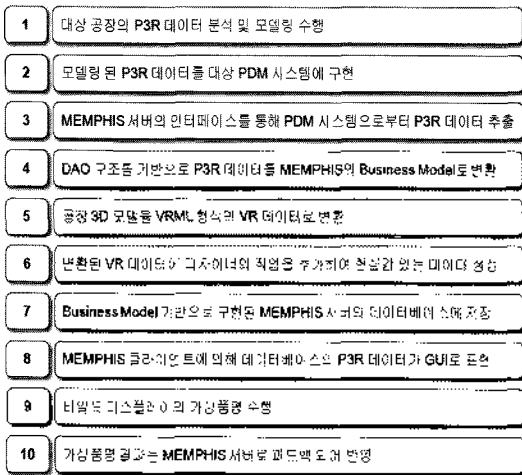


Fig. 11. MEMPHIS 기반의 공장품평 과정.

3.1 디지털 가상공장(Digital Virtual Factory, DVF)의 구축

본 논문에서 대상으로 하는 트라이아웃과 프레스 공정의 디지털 가상공장을 구축하기 위한 방법론으로 Kuk et al.<sup>[23]</sup>이 제시한 modeling standard를 따라 Fig. 12의 순서에 기반하여 체계적이고 효율적인 디지털 가상공장의 구축을 수행하고자 하였다.

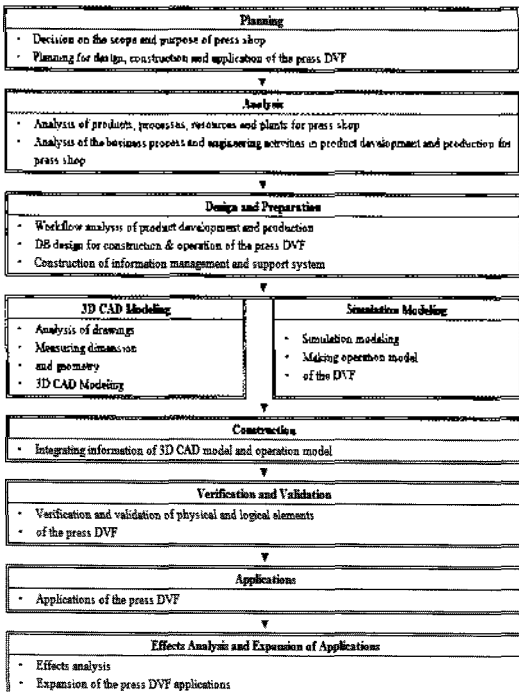


Fig. 12. The process of construction a DVF<sup>[23]</sup>.

먼저, 대상 공장을 분석하여 얻은 P3R의 정보를 정리하면 Fig. 13부터 Fig. 17과 같은 구조로 표현될 수 있다. Fig. 13은 제품 구조로 트라이아웃 공정에서는 die, 프레스 공정에서는 material sheet와 panel이 제품에 해당된다.

Product	Material Sheet		
	Panel		
	Die	Die_upper_side	
		Die_lower_side	Die_lower_body
			Die_lower_bracket

Fig. 13. Product data structure.

Process	PR01	OP01	UW01	UW02	UW03	UW04	UW05	
PR01	OP01/OP03	UW01	Pick the material sheet					
		UW02	Deliver the sheet into press					
		UW01	Lift down upper-die					
		UW02	Lift up upper-die					
	OP04	UW01	Move into press					
		UW02	Check the result					
	PR02	OP01	UW01	Pick the material sheet				
			UW02	Deliver the sheet into press				
		OP02/OP03	UW01	Lift down upper-die				
			UW02	Lift up upper-die				
		OP04	UW01	Move into press				
	UW02		Check the result					
PR03	OP05	UW01	Pick the output panel					
		UW02	Deliver the panel into rack					
	OP01	UW01	Pick the material sheet					
		UW02	Move the sheet on roller					
OP02/OP03/OP04	UW03	Carry the sheet into press						
	UW01	Lift down upper-die						
	UW02	Lift up upper-die						
OP05	UW03	Move the panel to next sub-press						
	UW01	Lift down upper-die						
	UW02	Lift up upper-die						
OP06	UW03	Move the panel on roller						
	UW01	Carry the panel on next point						
	UW02	Pick the panel						
OP07	UW03	Deliver the panel into rack						
	UW01	Move down to rack						
	UW02	Lift up the rack						
		UW03	Move the rack on storage area					

Fig. 14. Process data structure.

Fig. 14, Fig. 15와 Fig. 16은 각각 공정, 제조자원과 공장의 구조와 세부 정보를 표현하고 있으며, Fig. 17은 P3R 정보 간의 관계를 공정을 기준으로 해서 정리하고 있다. 위의 P3R 정보를 기반으로 구축한 디지털 가상공장은 Fig. 18과 같다. 구축된 디지털 가상공장 내에는 제품, 제조자원, 공장의 3D 모델이 모두 포함되어 있으며, 가상현실 내의 가상생산을 수행하기 위한 공정의 흐름을 표현할 수 있도록 구성되어 있다. 이미 언급하였듯이, MEMPHIS는 P3R의 데이터 저장소로 TeamCenter와 SmarTeam의 상용 PDM 시

Resource	Tryout Press 01	Press_outer_cover		
		Press_lower_side	Press_inner_lower	
			Die_lower_side	Die_lower_body
				Die_lower_bracket
		Press_upper_side	Press_inner_upper	
			Die_upper_side	
	Tryout Press 02			
Transfer Press		Press_outer_cover		
		Sliding_roller01		
		Sliding_roller02		
		Press_feed_bar Assy		
		Press_lower_side01/02/03/04		
	Press_upper_side01/02/03/04			
Overhead Crane	Crane Body	Pulley Box		
		Crane Belt		
		Short crane base		
		Crane_guideline		
Robot				
Tryout Worker				

Fig. 15. Resource data structure.

Plant	Warehouse 01
	Tryout Press work cell
	Transfer Press work cell
	Warehouse 02

Fig. 16. Plant data structure.

PR01	OP01	Material blank	Rack	Tryout work cell
			Robot	
			Tryout press 01	
	OP02	Material blank	Tryout press 01	
		Die	Worker	
	OP03	Output panel	Tryout press 01	
		Die	Worker	
	OP04	Output panel	Tryout press 01	
		Die	Worker	
PR02	OP01	Material blank	Rack	Tryout work cell
			Robot	
			Tryout press 02	
	OP02	Material blank	Tryout press 02	
			Die	
	OP03	Output panel	Tryout press 02	
		Die	Worker	
	OP04	Output panel	Tryout press 02	
		Die	Worker	
	OP05	Output panel	Robot	
			Tryout press 02	
			Rack	
PR03	OP01	Material blank	Rack	Transfer work cell
			Robot	
			Transfer press	
	OP02	Material blank	Transfer press	
			Transfer press	
	OP03	Output panel	Transfer press	
		OP04	Output panel	
	OP05	Output panel	Transfer press	
		Output panel	Robot	
	OP06		Robot	
			Rack	
	OP07	Output panel	Overhead crane	Transfer work cell
			Rack	Warehouse 02

Fig. 17. P3R relationship data structure [18].

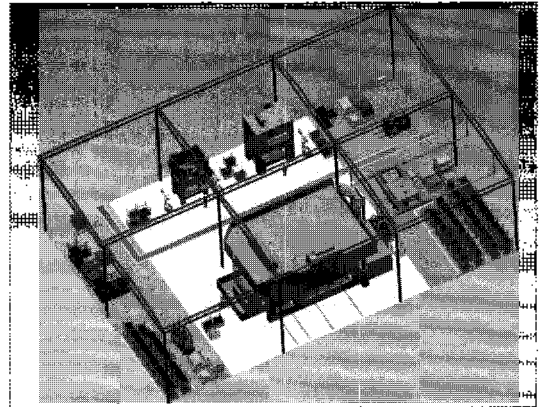


Fig. 18. Digital virtual factory of the target.

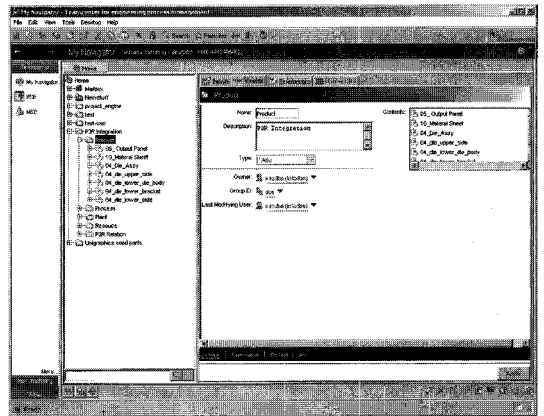


Fig. 19. P3R data in TeamCenter.

시스템을 이용한다. 따라서 위의 P3R의 구조와 관련 정보 및 3차원 CAD로 모델링된 물리파일들을 각각의 PDM 시스템에 Fig. 19와 같이 구현하였다.

### 3.2 가상생산을 위한 MEMPHIS에의 적용

본 사례에서 대상으로 하는 트라이아웃 공정과 프레스 공정의 P3R 데이터는 Fig. 19에서와 같이 각각의 상용 PDM 시스템에 저장되어 있다. MEMPHIS 서버는 Data Access Layer의 PDM 시스템과의 인터페이스를 기반으로 PDM 시스템 내의 P3R 정보를 DAO를 통해 PLM Object로 변환하게 된다. Fig. 20은 TeamCenter의 P3R 데이터와 변환된 PLM Object의 MEMPHIS Business Model 구조 간 관계를 비교한 자료이다. 그림의 Business Model은 P3R\_model로 제품, 공정, 제조자원과 공장의 모든 정보가 유기적으로 표현되어 있으며, 이는 또한 TeamCenter 내에 구현된 P3R 정보의 구조와 정확하게 연결될 수 있다.



MEMPHIS 서버는 변환된 P3R의 PLM Object를 Hibernate을 이용하여 데이터베이스에 저장하게 된다.

선택한 객체의 변환된 VR 데이터를 클라이언트의 GUI 화면에서 바로 확인해 볼 수 있다.

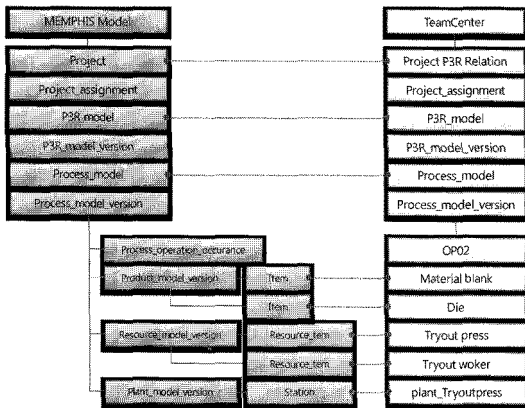


Fig. 20. Mapping P3R data to MEMPHIS P3R\_model<sup>[18]</sup>.

MEMPHIS 서버는 PDM 시스템에서 3D-CAD의 불러와 파일을 가지고 오면서, 동시에 CAD 데이터를 VR 데이터로 변환하게 된다. Fig. 18에서 보여준 디지털 가상공장의 3D 모델은 MEMPHIS 서버 내의 CAD2VR을 통해 Fig. 21의 VRML(Virtual Reality Modeling Language) 형식의 VR 데이터로 변환되어진다.

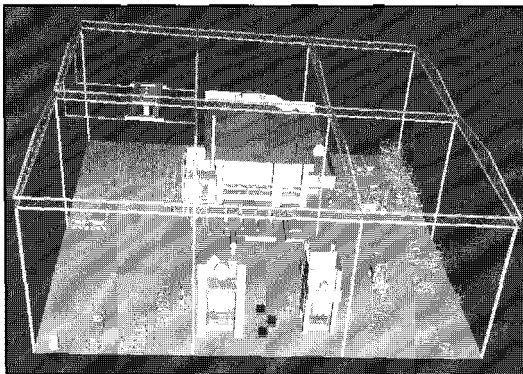


Fig. 21. VRML model of the target.

MEMPHIS 클라이언트는 데이터베이스에 저장된 데이터의 구조를 FX-PLM의 구조로 변환하여 GUI 화면 상에 보여지게 된다. Fig. 22는 부분에서 대상으로 하는 공장의 P3R 정보 간 관계를 나타내는 P3R\_model의 FX-PLM 구조를 보여주고 있다. 사용자는 원하는 형태로 다양하게 데이터를 배치하여 확인할 수 있으며, FX-PLM의 객체 중 DDID를 통해

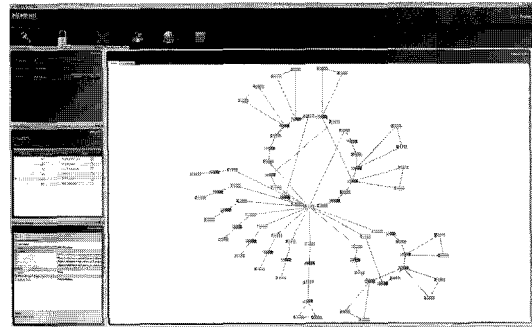


Fig. 22. MEMPHIS Client with P3R model.

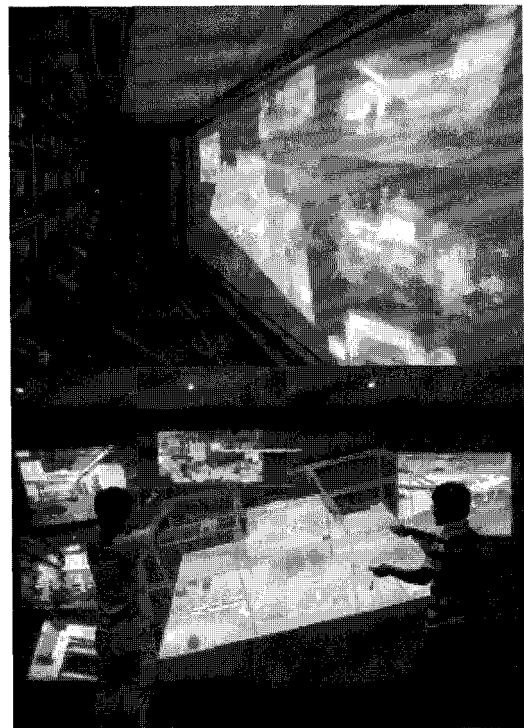


Fig. 23. Virtual factory review.

Fig. 23은 가상생산을 위한 가상공장의 품평 화면이다. 위의 자료는 타일드 디스플레이에서 가상공장의 화면을 재생하기 위한 실제 하드웨어(H/W)인 프로젝터와 렌더링 클러스터이고, 아래는 참석자들이 품평 화면에서 관심 있는 공장의 세부 모델을 확인하기 위하여 자신의 뷰모드를 이용하여 조작하면서 회의를 진행하고 있는 모습이다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 기존의 가상제품과 해석을 위한 제품 정보 위주로만 개발되었던 MEMPHIS를 가상생산을 지원할 수 있도록 P3R 정보 기반의 확장된 개념의 MEMPHIS로 구현하였다. MEMPHIS의 서버 측면에서는 Data Access Layer와 Business Model을 P3R 정보를 표현할 수 있도록 확장하였으며, MEMPHIS 클라이언트 측면에서는 FX-PLM을 서버의 Business Model의 구조에 따라 확장하여 정의하였다. 이는 가상현실뿐 아니라 이 기종의 다른 시스템 환경에서도 제품만이 아닌 공정, 제조자위, 공장의 정보를 교환할 수 있는 기반이 될 수 있다. 그리고 기존의 클라이언트 GUI를 사용자 편의성을 향상시킬 수 있도록 새롭게 구현하였다.

확장된 MEMPHIS는 현업에 적용되어 많은 이점을 가져올 수 있다. 먼저, 많은 제조 기업에서 사용되는 상용의 CAD/CAE/PDM시스템과의 인터페이스를 통해 제품뿐 아니라 공정, 제조자위와 공장의 정보를 유기적인 관계를 기반으로 획득하여, 보다 빠르고, 쉽게 VR 데이터를 생성하고 저장하여 관리할 수 있게 되었다. 또한 가상공학 시스템과의 인터페이스를 통해 P3R 데이터를 이용하여 가상제품, 가상 시뮬레이션(해석)과 가상생산을 수행할 수 있는 환경이 마련되었다. 마지막으로 MEMPHIS는 국제표준을 기반으로 설계되고 개발되었기 때문에, 안정화된 미들웨어로서 유연하고 확장 가능한 구조를 기반으로 다양한 정보시스템과의 인터페이스를 지원할 수 있다. 따라서 본 연구를 기반으로 추후에는 CAD/CAE/PDM 시스템 외의 다른 정보시스템인 MES(Manufacturing Execution System)이나 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템과의 인터페이스를 통해 다양한 정보를 기반으로 한 가상환경을 구현할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

1. Katsundo Hitomi, "Manufacturing Systems: Past, Present and for Future", *International Journal of Manufacturing System Design*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-17, 1994.
2. 박형준, 배체열, 이관형, "HMI 기능성 시뮬레이션과 VR 기법과의 연동을 통한 개인용 전자제품의 가상시작 방안", *한국 CAD/CAM 학회 논문집*, 제 12권, 제2호, pp. 87-94, 2007.
3. 이재규, 이광국, 이상우, "요트산업의 PLM기술과 PDM 및 디지털 가상 생산", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 43,

- No. 2, pp. 18-22, 2006.
4. V-COMM at TOYOTA, <http://www.toyotageorge-town.com/gpc.asp>
5. Delmia, Case Studies - Daimler Chrysler, <http://www.dclmia.com>, 2004.
6. Noh, S. D. and Park, Y. J., "Manufacturing Preparations in the New Car Development for an Automotive Body Shop by Digital Manufacturing Technologies", *Transactions of KSAE*, Vol. 11, No. 6, pp. 118-126, 2003.
7. Bryson, S. and Levit, C., "The Virtual Windtunnel: an Environment for the Exploration of Three-Dimensional Unsteady Fluid Flows", *Proceedings of IEEE Visualisation '91, San Diego, Ca.*, 1991.
8. Fowler, Julian, "STEP for Data Management Exchange and Sharing", Great Britain: Technology Appraisals Ltd., 1995.
9. Craig Schlenoff, Michael Gruninger, "The Process Specification Language (PSL) Overview and Version 1.0 Specification".
10. Choi, S. S., Johannes Herter, Andreas Bruening, and Noh, S. D., "MEMPHIS - New Framework for Realistic Virtual Engineering", *Concurrent Engineering*, Vol. 17, No. 1, pp. 21-33, 2009.
11. Lee, K.-H., Lee, J.-H. and Han, S.-W., "Integration of Ship BOM Knowledge Based on the Ontology", *Proceedings of Korea CAD/CAM*, pp. 975-982, 2006.
12. 양태호, 윤태혁, 최상수, 노상도, "상용 PDM을 포함한 이기종 시스템 간의 제품정보 교환에 관한 연구", *한국 CAD/CAM학회 논문집*, 제13권, 제3호, 2008.
13. Schilling Arne, Kim Seokryul, Weissmann Daniel, Tang Ziyang, and Choi Sangsu, "CAD-VR Geometry and Meta Data Synchronization for Design Review Applications", *J Zhejiang Univ. SCIENCE A*, Vol. 7, No. 9, pp. 1482-1491, 2006.
14. DAO: Core J2EE Patterns-Data Access Object <http://java.sun.com/blueprints/corej2eepatterns/Patterns/DataAccessObject.html>
15. UGS PLM Software, <http://www.ugs.com>
16. Dassault Systems, <http://www.3ds.com>
17. 최상수, 조원제, 노상도, "실감형 가상 시작품을 이용한 협업 디자인의 품평", *한국 CAD/CAM 학회 논문집*, 제14권, 제3호, pp. 150-158, 2009.
18. Lee, J. Y., Kang, H. S., Kim, G. Y., Park, Y. H. and Noh, S. D., "A Study on Integration Management and the Application of P3R Information among Heterogeneous Systems", *Proceedings of CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*, 2009.
19. Lukas, U. von, Nowacki, S., "High Level Integration based on the PLM Services Standard", *ProSTEP iViP Science Days 2005: Cross-Domain Engineering*, pp. 50-61, 2005.
20. Christian Bauer, Gavin King, "Hibcmate in Action", Manning Publications, 2004.

21. W3C, Web Services Architecture W3C Working Group Note, 11 February 2004, <http://www.w3.org/TR/ws-arch>

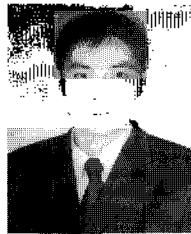
22. Scott Seely, Kent Sharkey, SOAP-Cross Platform Web Service Development Using XML, Prentice Hall, 2001.

23. Kuk, S. H. Soh, S. I., Lim, S. M., Joung, S. H. and Noh, S. D., "Construction and Application of a Virtual Press Shop", *Proceedings of International MultiConference of Engineers and Computer Scientists Conference*, 2009.



**이 주 연**

2000년~2005년 성균관대학교 공과대학교 시스템경영공학과 학사  
 2005년~2007년 성균관대학교 대학원 산업공학과 석사  
 2007년~2008년 (재)그래픽스연구원 VR/CAD팀 연구원  
 2008년~현재 성균관대학교 대학원 산업공학과 박사과정  
 관심분야: Digital Virtual Manufacturing, Concurrent and Collaborative Engineering, PLM(Product Lifecycle Management), Web-service, Ontology, Virtual Reality, Virtual Design Review



**최 상 수**

1997년~2001년 울산대학교 조선해양공학과 학사  
 2002년~2004년 울산대학교 조선해양공학과 석사  
 2003년~2005년 INOPS CAS팀 연구원  
 2005년~2008년 (재)그래픽스연구원 VR/CAD팀선임연구원  
 2007년~2010년 성균관대학교 대학원 산업공학과 박사  
 2009년~현재 한국생산기술연구원 생산성혁신지원센터연구원  
 관심분야: CAD/PLM, Product Data Exchange, Virtual Reality, Digital Virtual Manufacturing



**박 양 호**

1996년~2004년 성균관대학교 기계공학부 학사  
 2004년~2007년 주지노스 PDM/CAD팀 연구원  
 2008년~현재 성균관대학교 산업공학과 석사과정  
 관심분야: Digital Virtual Manufacturing, Product Lifecycle Management, Concurrent & Collaborative Engineering, Modeling and Simulation



**노 상 도**

1988년~1992년 한국과학기술원 기계공학과 학사  
 1992년~1999년 서울대학교 기계설계학과 석사, 박사  
 1999년~2002년 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원  
 2008년~2009년 Visiting Researcher, CIM Research & Development  
 2002년~현재: 성균관대학교 공과대학교 시스템경영공학과 조교수, 부교수  
 관심분야: Concurrent & Collaborative Engineering, 디지털 가상생산, CAD/CAPP/CAM/PLM, e-Manufacturing