

## 제조 분야에서의 컴퓨터 시뮬레이션 및 방법론의 미래

신종계(서울대학교 조선해양공학과 교수), 우종훈(서울대학교 조선해양공학과 박사과정), 이광국(서울대학교 조선해양공학과 박사과정), 이춘재(서울대학교 공학연구소 연구원), 차태인(서울대학교 공학연구소 연구원), 정호림(서울대학교 공학연구소 연구원)

### Future of a Computer Simulation Methodology in Manufacturing Field

Jong Gye Shin(Seoul National University, Naval Architecture & Ocean Engineering), Jong Hun Woo(Seoul National University, Naval Architecture & Ocean Engineering), Kwang Kuk Lee(Seoul National University, Naval Architecture & Ocean Engineering), Choon Jae Lee(Seoul National University, Engineering Research Institute), Tae In Cha(Seoul National University, Engineering Research Institute), Ho Rim Jung(Seoul National University, Engineering Research Institute)

#### ABSTRACT

컴퓨터 시뮬레이션이라는 개념이 세상에 소개되고 널리 사용된 것은 이미 오랜 전의 일이다. 또한 이러한 방법론이 여러 방면으로 제조/생산 분야 기업의 이윤을 증대시키는 데 기여할 수 있다고 알려져 있고 실제로 일부 영역에서는 기여를 하고 있다.

하지만, 냉정하게 현실을 판단해보면 컴퓨터 시뮬레이션이 좀 더 넓은 제조 영역에서 그 자체의 가치를 향상시키기 위해서는 아직 부족한 점이 존재한다. 예를 들어, 적용하고자 하는 분야에서 컴퓨터 시뮬레이션의 효용 가치를 발견하지 못한다거나, 시뮬레이션 모델링 업무 자체가 하나의 새로운 부담으로 다가오는 일, 또는 기업의 입장에서 시뮬레이션 소프트웨어의 가격이 너무 높기 때문에 컴퓨터 시뮬레이션을 도입하고 싶어도 비용적인 측면에서 벽에 부딪치는 일이 빈번하게 발생을 하고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 방법론들에 대한 분석 및 사례들을 보이고자 한다. 컴퓨터 시뮬레이션 모델링을 기존의 라이브러리를 활용하여 좀 더 쉬운 방법으로 재활용 할 수 있는 방법론, 제조 현장 어디서나 컴퓨터 시뮬레이터에 접속하여 시뮬레이션을 수행 할 수 있는 방법론 그리고, 이러한 방법론들이 실제로 기업의 업무에서 어떠한 기여를 할 수 있는지에 대한 분석을 수행하고자 한다.

Key Words: Simulation, Framework, Architecture, Module, Library, Interface, Process planning

#### 1. 서론

컴퓨터 시뮬레이션이라는 개념이 세상에 소개되고 널리 사용된 것은 이미 오랜 전의 일이다. 또한 이러한 방법론이 여러 방면으로 제조/생산 분야 기업의 이윤을 증대시키는 데 기여할 수 있다고 알려져 있고 실제로 일부 영역에서는 기여를 하고 있다.

일본 도요타의 경우 VCOMM 프로젝트를 통해 설계 부서, 생산 기술 센터, 생산 현장의 엔지니어들이 스크린 상에 있는 3 차원 모델을 검토하고 조립과 생산 프로세스를 정의함으로써 시작차 제작 기간의 4 분의 1 로, 설계 사양 확정 후 양산 시작

까지의 기간을 24 개월에서 18 개월로 줄이고 특히 설계 변경 건수를 획기적으로 감소시키는 성과를 이루었다. 다임러 크라이슬러는 '3D 시뮬레이션으로 검증되지 않은 생산 설비는 도입하지 않겠다' 라고 선언을 하고 전사적으로 설계부터 생산 계획에 이르는 모든 업무에 디지털 생산 방법론을 도입하고 있고 2005 년까지 완료함으로써 생산 계획에 관련 된 비용 40% 절감 및 품질 확보를 목표로 하고 있다. 그 밖의 유수의 자동차 OEM 업체들 (GM, AUDI, OPEL 등)과 부품 공급 업체들 (BOSCH, VALEO, Honeywell 등)에서도 일찌감치 PLM 및 디지털(시뮬레이션) 생산 도입을 통해 생산 준비 기

간 단축 및 비용 절감이라는 공통의 구체적인 효과를 발표하고 있다.

하지만, 냉정하게 현실을 판단해보면 컴퓨터 시뮬레이션이 좀 더 넓은 제조 영역에서 그 자체의 가치를 향상시키기 위해서는 아직 부족한 점이 존재한다. 예를 들어, 적용하고자 하는 분야에서 컴퓨터 시뮬레이션의 효용 가치를 발견하지 못한다거나, 시뮬레이션 모델링 업무 자체가 하나의 새로운 부담으로 다가오는 일, 또는 기업의 입장에서 시뮬레이션 소프트웨어의 가격이 너무 높기 때문에 컴퓨터 시뮬레이션을 도입하고 싶어도 비용적인 측면에서 벽에 부딪치는 일이 빈번하게 발생을 하고 있다. 또한, 제조의 핵심이 되는 작업자의 동작 분석에 대해서도 보수적이고 방어적인 관점으로 인해 체계적인 관리가 곤란한 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 방법론들에 대한 분석 및 개발 계획을 소개하고자 한다. (1)컴퓨터 시뮬레이션 모델링을 기존의 라이브러리를 활용하여 좀 더 쉬운 방법으로 재활용할 수 있는 방법론, (2)제조 현장 어디서나 컴퓨터 시뮬레이터에 접속하여 시뮬레이션을 수행할 수 있는 방법론, (3)최근 대두가 되고 있는 작업자 근골격계 질환 방지를 위한 작업자 시뮬레이션 방법론, (4)기간 시스템과 시뮬레이션 시스템의 정보 교환을 위한 인터페이스 방법론에 대한 내용을 다음 장에 기술하고자 한다.

## 2. Simulation Technology

### 2.1 Module Library

일반적으로 시뮬레이션 관련 책에서 컴퓨터 시뮬레이션 모델 개발 방법론으로 10 단계에서 12 단계를 추천하고 있다. 이러한 방법론은 보통 다음과 같은 단계를 포함한다. : (1) Problem formulation, (2) Setting of objectives and overall project plan, (3) Model conceptualization, (4) Data collection, (5) Model translation into conceptualization, (6) Code verification, (7) Model validation, (8) Design of experiments to be run, (9) Production runs and analysis, (10) Documentation and reporting, (11) Implementation 그러나 이러한 접근 방법은 크고 복잡한 시스템에 대한 모델링 작업을 더욱 혼란스럽게 만들고 개발자의 업무량을 증가시켜 시뮬레이션의 효용 가치를 떨어뜨린다.

모듈 라이브러리는 이러한 단점을 보완하기 위해 크고 복잡한 시스템을 서브시스템으로 나누어 시스템의 계층 구조에 맞게 모듈화하여 구축하고자

하는 개념이다. 이는 제품 정보와 연계되어 시뮬레이션 개발자뿐만 아니라 시뮬레이션 사용자도 시뮬레이션 모델을 쉽고 빠르게 구축할 수 있게 하며 모델 및 모듈의 재활용을 통하여 시뮬레이션 모델 관리를 더욱 용이하게 한다.

#### 2.1.1 Module Building Process

시뮬레이션 모델은 현실 세계와 똑같이 컴퓨터 내에서 구현하는 것은 불가능하다. 그래서 현실 세계에서 모듈이 가지는 제품, 설비, 공정에 대한 상세 정보를 아는 공정 전문가(Process specialist)와 시뮬레이션 관점에서 모듈의 특징, 기능, 매개변수 등을 잘 아는 모듈 개발자(module builder)가 함께 시스템을 간소화하여야 한다. 간소화된 시스템 및 서브시스템은 두 사람의 동의 하에 모듈로 만들어지고 테스트 과정을 거쳐 사용자를 위해 모듈 라이브러리에 저장한다. (Fig. 1)

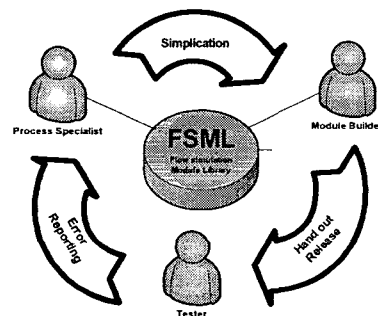


Fig. 1: Module building process

#### 2.1.2 Structure of the Module Library

모듈 라이브러리는 사용자 인터페이스, 시뮬레이션 서버, 모듈 데이터베이스, 제품정보 데이터베이스로 크게 네 부분으로 구성된다. (Fig. 2)

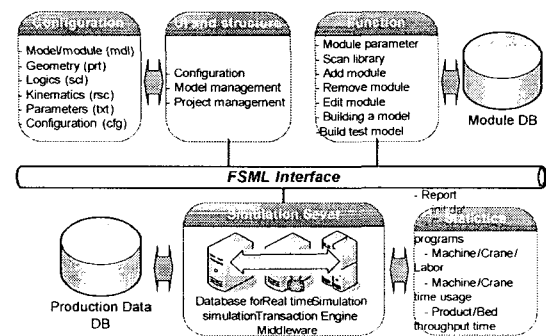


Fig. 2: Structure of the Module Library

사용자 인터페이스는 시뮬레이션 서버, 모듈 및 제품정보 데이터베이스를 블랙박스 처리하여 사용자가 어려운 소프트웨어나 복잡한 데이터베이스 연관관계를 몰라도 쉽게 시뮬레이션 모델을 다룰 수 있도록 한다. 사용자 인터페이스는 어댑터를 통해 모듈과 제품정보 데이터베이스, 미들웨어에 접근하고 미들웨어는 주어진 명령대로 일괄제어언어를 통해 시뮬레이션 서버를 제어한다. 모듈 데이터베이스는 크게 제품, 공정, 설비 형태의 모듈로 구성된다. 특히, 공정은 실제로 설비에서 실행되므로 라이브러리 내에서 공정과 설비는 하나의 모듈로 구성된다. 그리고 모듈은 하나의 설비와 하나 혹은 그 이상의 공정을 가질 수 있다. 제품정보 데이터베이스는 제품의 이름, 수, 양, 변수, 형상, 일정 계획, 공정순서 정보 등을 가지고 제품 모듈과 함께 시뮬레이션 모델의 입력과 출력 정보를 제공한다. 시뮬레이션 서버는 사용자가 인터페이스를 통해 입력한 명령대로 모델을 구성하고 시뮬레이션을 수행한다. 이는 작업시간, 생산량, 생산 능력, 제약 분석 등과 같은 다양한 시뮬레이션 결과값을 보여준다.

모듈 라이브러리는 보다 사용하기 편한 시뮬레이션 모델을 만드는 방법론에 초점을 맞추고 있다. 이런 접근 방법이 성공적으로 수행되려면 각 제조산업 영역의 시스템의 정확한 분석과 계층 구조를 얼마나 효과적으로 모듈화 하는 것과 모듈과 모듈을 어떻게 연결하는가에 달려있다.

## 2.2 Simulation system architecture

Simulation system architecture 는 시뮬레이션을 위한 GUI(Graphic User Interface)를 포함하는 시뮬레이션 시스템이다. GUI 에는 다양한 기능들이 존재하고, 각 기능들의 목적은 시뮬레이션을 쉽게 할 수 있고, 다양한 데이터들을 핸들링 하기 쉽게 하며, 시뮬레이션의 다양한 시나리오들의 설정을 간편히 하고 시뮬레이션을 통한 다양한 결과값들을 사용자가 편하게 가공 및 보여주기 위한 역할을 수행한다. Simulation system architecture 의 시스템 아키텍처에 대한 개념도를 Fig. 3에 보이고 있다.

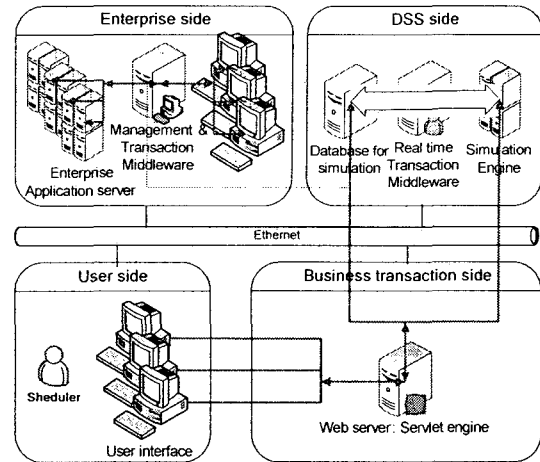


Fig. 3: 시뮬레이션 프레임워크

이러한 사례를 기반으로 하여 Simulation system architecture 의 개발 방법론을 정립하였다.

개발 방법론은 크게 다섯 단계의 계층으로 구성되며 그것은 User Interface, Interfacing Adapter, Business Component, Data Access, Database 이다. User Interface 는 사용자가 직접 사용하는 부분을 나타내며, 화면으로 구성되는 역할을 수행한다. 여기서 사용자는 시뮬레이션의 시나리오를 설정할 수 있으며 각 제약조건 및 시뮬레이션에 가변적인 변수들을 설정할 수 있게 된다. 또한 시뮬레이션을 통해 추출되는 결과값을 볼 수 있는 기능이 있다.

Interfacing Adapter 는 아래 계층인 Business Component 와의 연결을 구성한다. 이뿐만 아니라 Business Component 를 범용적인 컴포넌트로 사용하기 위해 각 정보데이터와 여러 환경들을 일반화시켜 Business Component 로 일반화된 정보들을 전달하는 역할을 수행한다. Business Component 는 Simulation system architecture 의 가장 핵심적인 부분을 구성한다. Simulation system architecture 는 특정한 공장 및 요소 시뮬레이션을 위한 것은 아니다. 가장 중요한 것은 Simulation system architecture 가 가장 범용적으로 사용될 수 있는 환경을 개발하는 것이 Simulation system architecture 의 가장 큰 목적이라 할 수 있다. 이러한 맥락에서 Business Component 는 개발하고자 하는 시스템의 가장 핵심이 되는 부분이라고 할 수 있다. 여기서 수행되는 것은 일반화된 데이터 정보를 Data Access 계층으로 넘겨주는 부분과 Data Access 계층으로부터 넘겨온 결과를 시뮬레이션의 필요 항목 및 변수에 설정하는 부분과 시뮬레이션 결과값을 추출하여 User Interface 로 전달해주는 기능도 수행한다. Data Access 계층은 Database 와의 연결을 통해 원하는

데이터들을 추출하는 역할을 수행한다. Database 는 시뮬레이션에 필요한 모든 데이터들을 저장한다. 위 항목을 정리한 것이 아래 표에 나타나 있다. Table 1에 각 개발 대상 컴포넌트들에 대하여 어떠한 개발 도구로 사용할 것인지에 대해 명시하였다.

항목	내용	도구
User Interface	Simulation Scenarios Pre Processor , Post Processor Output Viewing Simulation History	.Net C#
Interfacing Adapter	GUI Interfacing Business Component Interfacing Several Simulations Connection Simulation Element Mapping	.Net C#
Business Component	Data Handling Component Transfer Generic Data Set Connection & Communication Delfoi Integrator Connection Simulation Output Management	.Net C# Remoting
Data Access	Data Base Connection Retrieve Several Data From DB	.Net C#
Database	Stored Procedure Data Schema	Oracle

Table 1: Simulation system architecture 개발의 요소 컴포넌트

Simulation system architecture 를 위한 위 개발 항목의 구현에 앞서 각 Simulation system architecture 의 기능, 역할, 요소 컴포넌트들의 구성, 각 컴포넌트들의 관계를 기술할 수 있는 방법론을 사용하였는데 본 연구과제에서는 ooCBD 방법론을 채택하여 사용하였다. ooCBD 방법론은 서비스 지향개념을 지원한다. 서비스 지향 아키텍처란 자치적인 서비스가 메시지 기반을 통해 서로 커뮤니케이션 할 수 있도록 소프트웨어 시스템을 설계하는 방식이다.

Simulation system architecture 는 어떤 시뮬레이션과도 또한 어떤 시스템과도 연동이 가능한 유연한 어플리케이션이 되어야 하며 이를 위해 위와 같은 ooCBD 개발 방법론을 사용하게 되면 향후 Simulation system architecture 의 유지 보수 및 관리 측면과 협업의 측면에서도 유용한 측면이 있다. 위와 같은 ooCBD 방법론은 주로 아래와 같은 다섯 단계의 방법으로 구성되고 진행되는데 요구 파악 단계 → 아키텍처 정의단계 → 설계단계 → 구현단계 → 테스트단계이다. 각 단계별로 상세한 설명서 및 정의서가 산출물로 나오게 된다. 위 단계에서

가장 중요한 아키텍처 정의단계는 소프트웨어 아키텍처, 비즈니스 아키텍처, 애플리케이션 아키텍처, 기술 아키텍처, 데이터 아키텍처로 나뉘며 각 요소들은 구현개발 전에 모든 개발의 전체 그림이 그려지게 되어 보다 쉽고 협업적으로 개발을 진행할 수 있는 장점이 있다.

### 2.3 Ergonomics

최근의 인체역학 연구는 인체를 분석하여 독립적인 인체모형(Modularized Man-Model)을 개발함으로써 CATIA 등의 기존 소프트웨어와 함께 사용될 수 있도록 연구되고 있다. 이는 기존의 CAD 시스템에 즉시 이용 가능한(Built-in) 인체 모형을 첨가하는 효과를 가져오게 되며 사용자가 원하는 체형의 Operator 를 즉시 불러 동작거리, 시야, 작업 공간 등에 관한 분석을 함으로써 주변 환경을 설계하거나 시뮬레이션을 수행하는 것이다. 또한, 인간공학은 직업병 및 근골격계 질환의 방지를 위한 인체역학 및 안전 공학의 일부를 이루며, 자동차 산업과 항공산업에도 크게 이용되고 있다. 인간공학은 인간이 안전하면서도 손쉽게 조작해낼 수 있도록 인간이 접하게 되는 모든 기계 및 환경 특성에 맞추어 공학적인 측면에서 기계, 설비를 설계하고 검토해 나가는데 목적을 두고 있다.

인간공학은 가장 규격화 되어 있지 않는 분야이고, 대부분의 시뮬레이션 시스템에서 가장 예측하기 힘든 부분이다. 따라서 인간공학 시뮬레이션은 인간의 능력이 디자인의 최대 고려사항이 되며 각 산업이나 작업환경의 특성에 맞는 설비의 최적배치나 작업공법의 개선 등을 통하여 작업자의 능력을 최대한 끌어올리기 위한 방향으로 이루어지고 있다



Fig. 4: TOYOTA [V-COMM]

좋은 예로 도요타의 사례를 들 수 있다. 도요타의 조립공정은 노동자의 비율이 전 Shop 의 1/3 을 차지하는 이른바 노동집약형 공정이고, 노동자의 고령화와 제조업의 여성 참가도 두드러지는 이와

같은 상황에서 누구나 쾌적하게 일할 수 있는 조립 라인의 개발이 요망되어, 자동화와 차량구조변경 등 여러 가지 개선 활동을 수행 하였다. 여기서 보다 효과적으로 개선하기 위해서 어떤 작업이 어느 정도로 부담이 높은가를 정량적으로 평가할 수 있고, 이에 의해 개선의 우선순위 결정과 개선효과를 산출할 수 있도록 육체적 작업부담 중에서도 근 작업부담을 객관적으로 정량평가 할 수 있는 방법 (TVAL : TOYOTA Verification of Assembly Line)을 개발하였으며, 이미 상당한 효과를 보고 있다고 한다.

하지만 작업자의 체감에 가까운 객관적 작업부담을 제시하고, 정량적이고 객관적인 작업 평가기법을 개발하여야 한다. 모델링기술 또한 현재의 key-in 방식에서 3D Scan 또는 Motion Capture 방식을 채택해야 한다. 이러한 방식은 Immersive 한 가상현실환경에서 실제 제품이 존재하는 것과 같은 실제감을 바탕으로 조작도의 용이성 등을 평가하고, 설계에 반영하는 것을 뜻하며, 실물을 제작하지 않고도 그 물체의 효용을 체험할 수 있으므로 실물을 만드는 과정을 생략할 수 있고, 사용자가 가상공간에서 가상의 물체들과 Interactive 하게 작동할 수 있으므로 인체 공학적인 설계에 도움을 줄 수 있다. 또한 기존의 방법으로 얻기 어려운 복잡한 인체 동작을 Capture 할 수 이는 용도로도 활용될 수 있다. 또 실물을 제작하는 것이 아니므로 필요에 따라 모델을 쉽게 수정할 수도 있게 된다.

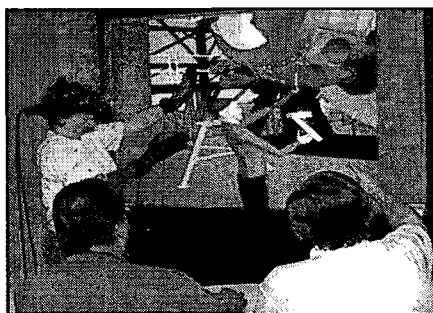


Fig. 5: Collaborative Augmented Reality

## 2.4 Integration

다양한 IT 시스템을 통하여 제품설계, 생산계획 등의 작업을 하다 보면 시스템 간의 일치하지 않는 데이터 포맷을 이유로 부가 작업을 요할 때가 상당히 많이 발생한다. 본 논문에서 제시하는 시뮬레이션 기술들도 기간 시스템과의 원활한 의사 소통을 위해서 데이터 공유의 어려움을 해소할 수 있는 방안이 요구된다. 특히, CAx 와 ERP 으로부터의 연계

에 대한 필요성이 대두됨에 따라, 이를 해결을 위한 인터페이스 개발 방법론 제안하고자 한다.

### 2.4.1 Integration Interface

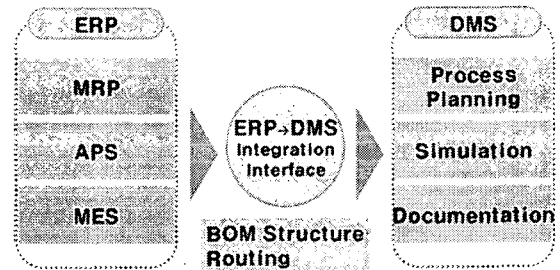


Fig. 6 Integration interface between ERP and DMS (Digital Manufacturing System)

Fig. 6 에서 볼 수 있듯이 ERP 에서 제공하는 여러 가지 기능 중에 MRP, APS, MES 에서 제공하는 기준정보를 이용하여 시뮬레이션 및 공정계획을 할 수 있도록 연계할 수 있는 인터페이스를 마련하여야 한다. 기간 시스템에서 제공하는 주요정보에는 제품의 BOM(Bill Of Material) 뿐만 아니라 제품의 생산 정보인 공정 경로(Routing) 정보가 있다. 통합을 대상으로 하는 정보는 크게 BOM 구조와 라우팅 정보 두 가지로 나눌 수 있다.

### 2.4.2 BOM Integration

우선 BOM 구조는 ERP 에서 요청을 통해 받아 오게 되고 Fig. 7 에서 볼 수 있듯이 DMS Integration Kernel 을 통해 BOM 구조 읽고, 비교, 업데이트하여 디지털 공정계획 시스템으로 전달하는 기능을 가지게 된다. 이때, DMS Integration Kernel 은 BOM 구조를 Modeling & Simulation System 에서 모델링 된 3 차원 모델을 요청하여 비교, 업데이트 후 DMS Planning System 에 전달한다.

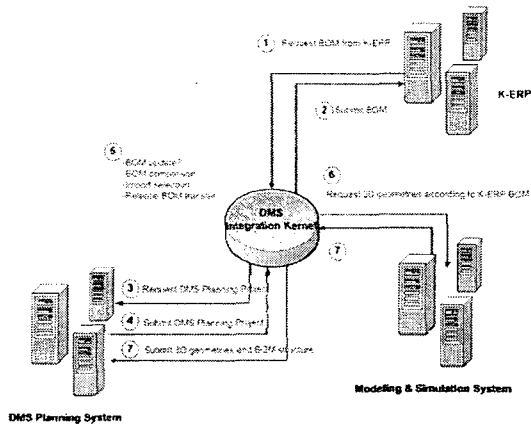


Fig. 7 BOM integration

### 2.4.3 Routing Integration

라우팅 정보는 BOM 구조의 통합과 유사하게 DMS integration kernel 에서 라우팅 정보를 읽고, 비교, 업데이트하며, 때에 따라서는 공정계획 엔지니어가 보다 좋은 라우팅 정보를 위해 몇 가지 좋은 대안 중 비교하여 선택할 수 있는 기능을 가지고 있다. 따라서, 작업자는 다양한 라우팅 계획을 비교하여 보다 나은 공정계획을 할 수 있도록 지원해 주게 된다. 선정된 라우팅 정보는 DMS Planning System 에서 계획되고, 엔지니어는 시뮬레이션을 통해 주어진 공정계획의 타당성 여부를 가릴 수 있도록 검증을 할 수 있다(Fig. 8).

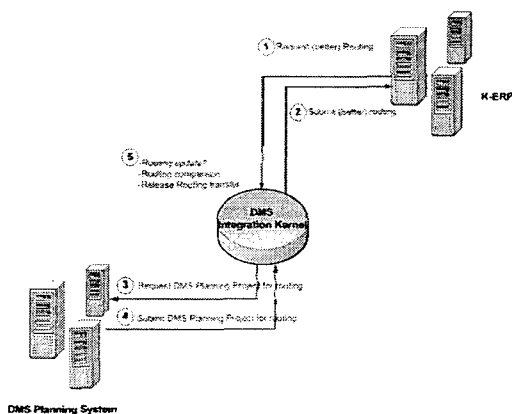


Fig. 8 Routing integration

### 3. 결론

본 논문에서는 기존의 시뮬레이션 방법론의 한

계를 극복할 수 있는 시뮬레이션 방법론에 대한 내용에 대하여 기술하였다. 시뮬레이션 모델링 기간을 획기적으로 줄일 수 있는 시뮬레이션 모듈 라이브러리, 구현된 시뮬레이션 모델의 활용을 극대화시킬 수 있는 Simulation system architecture, 작업자 작업 동작 분석을 위한 시뮬레이션 방법론의 개선 방향, 기간 시스템과 시뮬레이션 시스템의 정보(BOM, Routing) 교환에 대한 인터페이스 설계 방안들이 소개되었다.

이러한 기술들이 제품화, 패키지와 될 수 있다면 오랜 시간 동안 기술적 한계에 인해 지속적으로 활성화 되지 못한 시뮬레이션 방법론을 한 단계 기술적으로 업그레이드시킬 수 있을 것으로 기대한다.

### 후기

본 연구는 산업자원부에서 추진하는 차세대기술개발사업의 하나로 수행되고 있는 '글로벌 정보 공유 및 지식기반의 차세대 생산시스템 개발' 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.