

생산 정보의 중립 데이터 포맷을 이용한 조선소 판넬 공장의 시뮬레이션 모델 생성에 관한 연구

이동건¹·백명기²·이광국^{3,†}·박준수³·신종계⁴
목포해양대학교 조선해양공학과¹
서울대학교 조선해양공학과²
경남대학교 조선해양IT공학과³
서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소⁴

Study on Simulation Model Generation of a Shipyard Panel Block Shop using a Neutral Data Format for Production Information

Dong Kun Lee¹·Myung Gi Back²·Kwangkook Lee^{3,†}·Jun Soo Park³·Jong Gye Shin⁴
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National Maritime University¹
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University²
Dept. of Naval Architecture and Ocean IT Engineering, Kyungnam University³
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering and Research Institute of Marine Systems Engineering, Seoul National University⁴

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Production simulation technology is beneficial to solve the complicated and fluctuated problems in a shipyard. It takes too much time and effort to build simulation models in the field, though. This research proposes a feasible method to reduce the difficulties related to simulation modeling for the factory or shop capacity analysis. In addition, a proposed neutral data format for production information is efficient to manage information acquisition for simulation modeling automation. A panel block shop model is contributed to comparison between the conventional technique and the automated one. The automation technique is highly recommended to run a rapid simulation in the shipyard problem.

Keywords : Modeling and simulation(모델링 & 시뮬레이션), Virtual manufacturing(가상 생산), Neutral data format(중립 데이터 포맷), Simulation data exchange(시뮬레이션 데이터 교환), Web Services(웹서비스), Panel block assembly shop(판넬 블록 공장)

1. 서론

오늘날 대한민국의 조선 산업은 글로벌 경제 불황에 따른 수주량 감소와 신형 조선국들의 성장 등의 외부적인 요인으로 넉트래커 위기에 빠져있다. 이를 극복하고자 대형 조선소들은 상선 중심의 생산 시스템을 고부가가치 제품인 해양플랜트 중심으로 개선하려는 노력을 보이고 있다. 하지만 현재 대부분의 조선소 생산 설비 및 공정, 레이아웃은 대형의 상선을 대량으로 건조하는 것에 최적화 되어 있는 상황이다. 이에 조선소에서는 새로운 공법을 도입하고 공정을 설계하기 위해 시뮬레이션 기술을 이용한 다양한 해법을 연구하고 있다. 현재 시뮬레이션 기술은 고효율 생산기술의 하나로 각광받고 있으며 신뢰도 높은 생산/건조 능력, 신 건조공법 개발 및 검증, 생산성 향상 및 공기 단축을 통

해 생산기술의 경쟁력을 제고 하는데 그 목적을 갖고 있다 (Gong & Hwang, 2011). 조선 산업은 매년 새로운 제품을 생산하여야 하는 특성을 갖고 있기 때문에, 높은 생산성을 확보하기 위해서는 해당 제품을 제작하기 위한 생산 공법의 타당성이나 공정 및 자원의 능력을 정확하게 판단하는 것이 매우 중요하다. 시뮬레이션을 통해 공정이나 공법의 능력과 타당성을 검증하는 기술은 공정 상호검증 시뮬레이션 혹은 공정능력 평가 시뮬레이션이라는 주제로 연구되어 왔으며, 이는 조선소의 제품, 공정, 자원과 계획 정보를 모델링하여 디지털 생산 환경을 구축함으로써 가상 생산을 지원한다 (Lee & Hwang, 2011; Song, et al., 2009). 이러한 조선소의 가상 생산 기술은 실제 작업 전에 생산 공정을 미리 시뮬레이션 해 봄으로써 실제 작업에서 발생할 수 있는 현상을 미리 분석하고 예측할 수 있는 특징을 갖고 있다 (Woo, et al., 2006).

시뮬레이션을 수행하기 위해서는 생산 환경이 정확하게 반영된 디지털 모델이 필요하며, 모델 구현을 위해서는 전문적인 스킴을 갖고 있는 시뮬레이션 모델링 엔지니어가 반드시 요구된다. 가상 생산 기술이 널리 사용되는 자동차나 전자 제품 산업에서는 대부분 공정 프로세스 검증 목적의 시뮬레이션 모델을 구축한다. Woo, et al. (2006)에 따르면 공정 프로세스 검증을 위한 시뮬레이션 모델링을 구현할 경우에는 시뮬레이션 대상 환경이 변경되는 것을 고려한 기존 시뮬레이션 모델을 쉽게 적용할 수 있는 재사용성(Reusability)과 시뮬레이션을 통해 도출한 결과의 신뢰성에 영향을 주는 견고성(Robustness)을 고려하면 된다. 하지만 조선소의 경우 하나의 생산 환경이 다양한 케이스를 처리해야 하는 경우가 많아 시뮬레이션 모델의 재사용성을 확보하는 것이 매우 중요하다. 시뮬레이션 모델의 재사용성 확보를 위해서는 기본적으로 2가지 측면에서 접근이 가능하다. 첫 번째는 시뮬레이션 모델링 시에 고려할 수 있는 모든 요구사항을 파악하여 범용적인 모델을 구축하는 것이며, 두 번째는 반복적인 시뮬레이션 모델링 작업을 패턴화하여 신규 모델 구축을 원활히 하는 방법이다. 첫 번째 방법은 모델링 작업 시에 많은 공수가 필요로 하지만 완성된 이후에는 입력정보만을 변화시켜 다양한 시나리오를 빠르게 시뮬레이션할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 반면에 시뮬레이션 모델링을 패턴화하는 방법은 모델링에 소요되는 공수를 줄여, 빈번하게 발생하는 생산 환경 및 설계 변경에 대응하는 능력을 극대화할 수 있다. 하지만 범용 모델의 개발은 모델링을 지원하는 시뮬레이션 소프트웨어가 제공하는 기능 수준에 의해 기능적 한계점을 갖고 있다. 해당 소프트웨어의 경우 제조공정 중 표준화가 쉽고 오늘날 소비자 산업에서 대부분 적용하고 있는 흐름생산에 적합한 형태의 자료구조와 기능을 가진다. 이로 인해 기존 시뮬레이션 소프트웨어를 통한 조선 범용 모델 개발은 현실적으로 어려우며 범용 모델 개발은 자체 개발한 시뮬레이션 엔진을 사용하는 경우에 효율적인 방법이라 할 수 있다. 이에 반해 반복적인 모델링 과정을 줄이는 방법은 상용 시뮬레이션 솔루션들이 제공하는 외부 인터페이스를 이용하기 때문에 상용 패키지를 이용하는 케이스에 적합하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 시뮬레이션 모델링 패턴화 연구의 일환으로 조선 생산 정보의 중립 데이터 포맷(Neutral Data Format for Ship Production Information)을 정의하여 이를 기반으로 한 시뮬레이션 모델 생성 방법을 연구하였다. 현재 대형 조선소들의 설계 및 생산 시스템은 상용 패키지를 기반으로 운영되고 있으며 Aveva, Intergraph, Siemens, Dassault systemes의 제품이 주로 사용되고 있다. 시뮬레이션 패키지 역시 시스템 호환성을 고려하여 앞서 언급된 엔지니어링 솔루션 업체들의 제품을 선호하고 있으며, 주로 사용되는 시뮬레이션 솔루션은 Siemens의 Tecnomatix Plant Simulation과 Dassault systemes의 DELMIA QUEST가 있다. 본 논문에서는 DELMIA QUEST를 기반으로 조선소 판넬 공장의 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있는 방법 및 시스템을 연구하였으며, 모델 생성 과정을 비교 분석하여 연구의 효용성과 한계점을 확인해 보았다.

2. 생산 시뮬레이션을 위한 생산 정보의 중립 데이터 포맷 연구

공장 및 생산 라인에 대한 가상 생산 기술에 있어서 시뮬레이션 모델 생성 기술과 관련한 연구는 2000년대 초반 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)를 중심으로 시작되었다. 모델 생성 연구는 시뮬레이션 모델 관리 및 표현을 위한 정보 모델과 시뮬레이션 모델 생성 방법에 관한 연구로 구분할 수 있다. Lu, et al. (2003)은 흐름 생산 형태를 갖고 있는 항공기 제조 공장 사례를 통해 NIST에서 개발한 시뮬레이션 정보 모델의 효용성을 확인하였다. 이 연구에서는 보잉사의 공장 시뮬레이션 모델 사례를 바탕으로 XML(eXtensible Markup Language) 기반의 시뮬레이션 정보 교환 모델을 제안하였으며 모델의 효용성을 확인하기 위해 공장 정보 XML을 기반으로 DELMIA QUEST를 통해 시뮬레이션 모델을 생성하였다. 이 밖에도 Lee, et al. (2003)은 제품, 자원, 레이아웃, 작업, 일정 등 공장 시뮬레이션을 위한 요소를 표현할 수 있는 NIST 공장 데이터 모델을 제안하였다. 이 데이터 모델은 시뮬레이션 소프트웨어에 국한되지 않는 중립 형태의 정보로서 시뮬레이션 모델을 표현하기 위해 필요한 정보가 체계적으로 구조화되어 있다(Fig.1). 또한 공장 시뮬레이션을 위한 세부 속성 정보가 객체 관점에서 정의되어 있으며 모든 정보가 공장 데이터를 중심으로 이어져 있다는 특징을 갖고 있다.

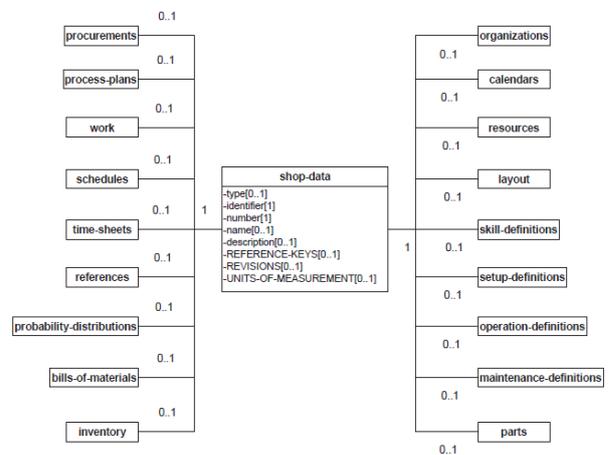


Fig. 1 Top level of machine shop information model (Lee & McLean, 2006)

이후 Harward and Harrell (2006)은 NIST의 공장 데이터 모델 기반의 중립 파일을 정의하여 공장 데이터 모델의 실제 적용성을 검증하였다. 하지만 이러한 NIST의 모델은 공장의 전체적인 운영성을 중심으로 특성화 되어 있기 때문에, 다양한 설비나 세부적인 물류 흐름을 표현하기에는 부족함이 있다. 이에 Lee, et al. (2011)은 NIST 모델의 단점을 보완하고 다양한 시뮬레이션 소프트웨어의 정보 구조를 고려한 NESIS(NEutral Simulation Schema)을 연구하였다. NESIS는 XML을 이용하여 전체 정보의 구조

와 속성을 구현하고 있으며 이기종 시뮬레이션 소프트웨어 특성을 고려하여 정보를 제품, 공정, 자원으로 그룹화하여 체계화하였다. 또한, 실제 시뮬레이션 제품 및 공정 흐름을 표현하기 위한 정보인 시뮬레이션 유닛(Simulation unit)을 새롭게 정의하여 흐름 표현을 위한 데이터 구조를 제안하였다(Fig. 2). 이후 NESIS를 바탕으로 실제 소프트웨어 간 정보를 교환할 수 있는 서비스를 설계하고 이를 기반으로 인터넷 기반의 모델링 도구를 구현하여 실용성을 확인하였다 (Cho, et al., 2011).

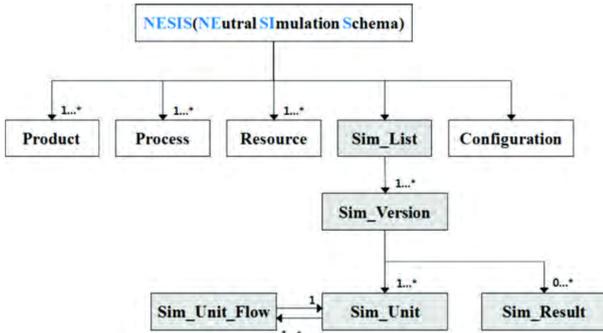


Fig. 2 Structure of NESIS (Lee, et al., 2011)

하지만 이러한 일련의 연구들은 모두 흐름 생산 위주의 자동차, 반도체 등의 공장을 표현하기 위한 사례를 중심으로 수행되어 주문형 생산 중심의 조선소 생산 환경에 적용하기에는 다소 부족함이 있다. 그러나 조선소 공장을 표현하기 위한 시뮬레이션 정보 모델 연구는 아직 초보적인 수준에 머물러 있다. 대부분의 연구가 특정 목적을 갖는 시뮬레이션 모델링 및 응용 시스템을 다루고 있으며 기술의 통합을 위한 프레임워크를 중심으로 진행되고 있다 (Woo, 2005; Woo, et al., 2005; Lee, 2008). Woo, et al. (2005)과 Woo (2005)는 디지털 조선소를 구축하기 위한 물류 모델 프레임 워크에 대한 연구에서 조선소의 정보를 제품, 공정, 자원, 일정 관점으로 분류하였으며, 이를 PPR-S(Product, Process, Resource, Schedule)이라 정의하였다. PPR-S는 NIST 모델과 같이 상용 시뮬레이션 소프트웨어의 정보를 구조화하여 고려한 제품, 공정, 자원 정보로 그룹화하고 있으며 생산계획이 중요시 되는 조선소의 특성을 고려하여 일정 요소를 특성화한 분석 모델이다. 이후 PPR-S 분석 모델은 Lee (2008)를 통해 검증되었다. Lee (2008)는 조선소 판넬 라인의 시뮬레이션 기반 MES(Manufacturing Execution System) 구축을 위해 조선소 생산 정보의 분석을 수행하였으며, 이 과정에 제품, 공정, 자원, 일정 중심의 조선소에 적합한 정보 모델을 분석하여 효용성을 확인하였다. 앞서 언급한 바와 같이 이러한 연구는 기간 시스템에서 시뮬레이션에 필요한 정보를 효과적으로 획득 및 관리할 수 있는 모델 분석 수준에 머물고 있다. 이에 본 논문에서는 정보 기반의 시뮬레이션 모델 생성을 목표로 조선소 생산 시뮬레이션을 위한 생산 정보의 중립 데이터 포맷을 제안하고 이를 이용한 모델 생성 기술을 구현하고자 하였다. 모델 생성과 관련한 일반 내용은 이어지는 3장을 통해 상세히 설명하였으며, 판넬 공장 사례를 통해 연구의 효용성을 검증해 보았다.

3. 조선소 생산 시뮬레이션을 위한 생산 정보의 중립 데이터 포맷

3.1 생산 정보의 중립 데이터 포맷 및 시스템 설계

공정 시뮬레이션을 위해서는 공정 정보 이외에도 생산 시스템을 구성하는 다른 요소에 대한 정보가 필요하다. Lee, et al. (2011)은 일반적인 디지털 매뉴팩처링(DM, Digital manufacturing)에 필요한 생산 정보의 중립 데이터 포맷을 제품(Product), 공정(Process), 자원(Resource)로 구분하여 적용 분야와 기능을 분류한 참조 모델을 제안하였다(Fig. 3). 이는 DM 분야에서 널리 사용되는 DELMIA 나 Tecnomatix 소프트웨어 패키지에서 제공하는 정보 구조를 참고하여 정의한 것으로, CAD(Computer aided design) 시스템, PDM(Product data management)시스템 등과 같이 널리 사용되는 생산 관리 솔루션들과의 정보 통합 및 연계를 수행하는 허브 역할을 수행한다.

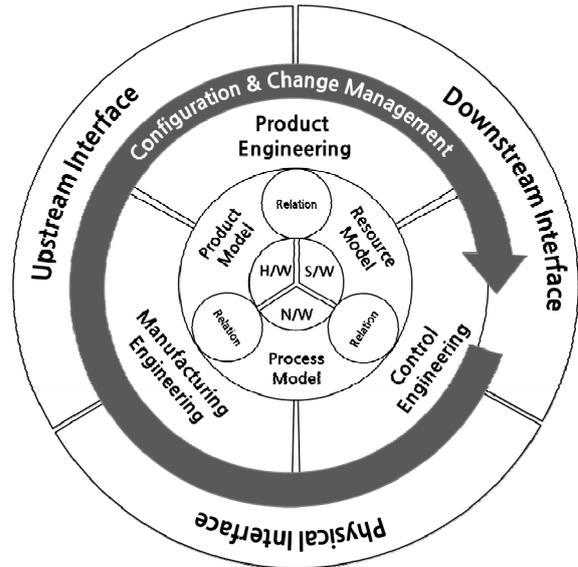


Fig. 3 Digital manufacturing reference model (Lee, et al., 2011)

조선소에서는 앞선 PPR 모델에 일정(Schedule) 정보를 추가한 시뮬레이션 정보 모델이 사용되어 왔다 (Woo, 2005; Lee, 2008). 이는 조선소는 선박을 하나의 프로젝트 단위로 보고 이를 관리하기 위한 수단으로 높은 수준의 일정 계획을 수립하여 활용하고 있는 특성에 기인한 결과이다. 일반적으로 조선소에서는 APS(Advanced planning and scheduling) 시스템을 이용하여 생산 계획을 수립하고 있으며 이를 생산 관리 기준 정보로 활용하고 있다. 생산 계획은 단순히 일정에 대한 정보만을 포함하고 있는 것이 아니라, CAD로부터 도출된 제품 설계 결과, 공정 및 공법 설계, 설비나 공간에 대한 자원 정보 등에 대한 종합적인 고려

사항이 포함되어 있다. 이에 본 논문에서는 PPR-S 모델이 조선소의 생산 시뮬레이션 정보 표현에 적합하다고 판단하였으며, PPR-S 기반 생산 정보의 중립 데이터 포맷을 설계하였다.

Fig. 4는 시뮬레이션을 위한 생산 정보 중립 데이터 포맷의 구조를 보이고 있다. 조선소 생산 정보는 널리 사용되는 PPR-S를 적용하였으며, 시뮬레이션 모델 자체의 정보를 정의하기 위해 시뮬레이션 관점(Simulation view)을 추가하였다. 이러한 시뮬레이션 정보 모델은 조선소 생산 관리 시스템의 정보를 분류 관점에 따라 통합해주는 기준으로써의 역할을 수행하고, 시뮬레이션 모델 생성을 위한 기본 정보를 표현하는 역할을 수행하게 된다. 실질적인 상세 정보 구조는 4장의 사례를 통해 설명하겠다. 물론나 공정 흐름과 같은 정보는 이기종 호환성이 확보되어 있는 구조인 NESIS의 시뮬레이션 유닛 및 시뮬레이션 리스트 구조를 참조하여 적용하였다. NESIS와 중복되는 정보 정의 부분은 조선소 생산 정보의 중립 데이터 포맷이 역할을 수행하기 때문에 흐름을 표현하기 위한 부분만 수정하여 반영하였다.

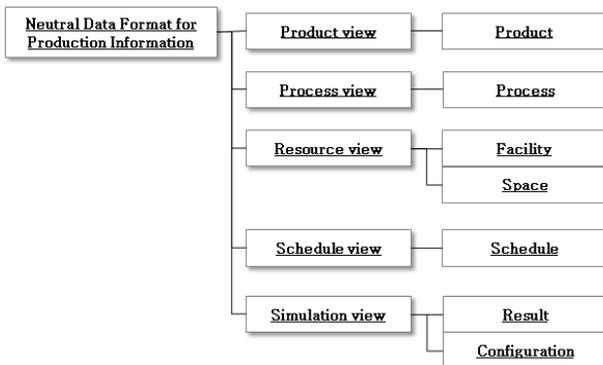


Fig. 4 Neutral data format for the ship production simulation

시스템적인 관점에 있어서 생산 정보의 중립 데이터 포맷은 시뮬레이션 대상 시스템의 정보와 시뮬레이션 소프트웨어를 연결해주는 매개체 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 하지만 실제 물리적인 연결을 위해서는 생산 정보의 중립 데이터 포맷을 관리하고 정보를 디지털화하여 전달해 주는 여러 장치들이 필요하다. Fig. 5는 조선소의 생산 정보를 포함하고 있는 생산 관리 시스템(ERP, MES, APS 등)과 상용 시뮬레이션 소프트웨어 패키지의 기능(이산사건 시뮬레이션 엔진, 시뮬레이션 모델러, 시뮬레이션 결과 리포터 등) 간의 정보를 연계하기 위한 시스템 기능을 도식화하여 표현하고 있다. 시스템과 시스템, 정보와 정보 등을 연결하여 처리하는 기능을 보통 미들웨어라 하며 본 논문에서는 2 레이어의 미들웨어를 구성하였다. 첫 번째 미들웨어는 조선소의 생산 정보를 관리하여 시뮬레이션 관점으로 변환하는 역할을 수행하게 된다. 두 번째 미들웨어는 변환된 시뮬레이션 정보를 바탕으로 시뮬레이션 소프트웨어를 제어하는 역할을 수행하게 된다. 이때 시뮬레이션 정보를 생성해주는 기준이 되는 것이 조선소 생산 정보의 중립 데이터 포맷이다.

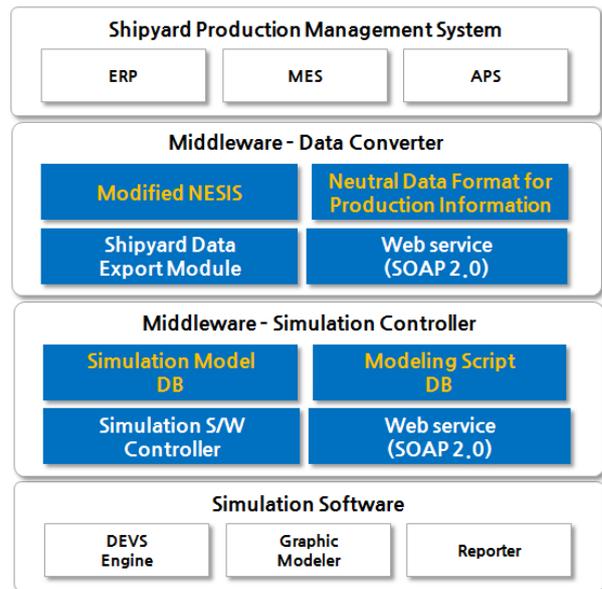


Fig. 5 Structure of automated shipyard simulation system

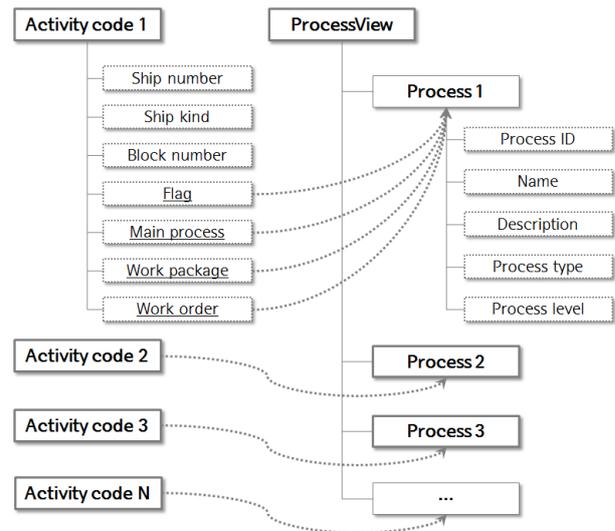


Fig. 6 Relationship between shipyard data and information model

시스템 관점에서 생산 정보의 중립 데이터 포맷은 조선소 생산 시스템에 존재하는 여러 가지 종류의 정보 중 시뮬레이션에 필요한 정보를 정의하는 역할을 수행한다. 예를 들어 조선소에서 널리 사용되는 기준 계획 단위인 액티비티를 살펴보면, 호선번호, 선종, 블록번호와 같은 제품 정보와 공종, 주공정 등과 같은 공정 정보가 혼재되어 있음을 알 수 있다. 이와 같이 조선소의 정보는 정보 종류에 따라 관리되지 않고 성격이 다른 정보간의 관계를 통해 정보가 복합적으로 구성되어 있는 경우가 일반적이며, 시뮬레이션을 위해서는 시뮬레이션 정보 기준으로 재분류를 수행하여야 한다(Fig. 6).

또한 두 개의 미들웨어는 물리적으로 떨어진 두 시스템을 연결

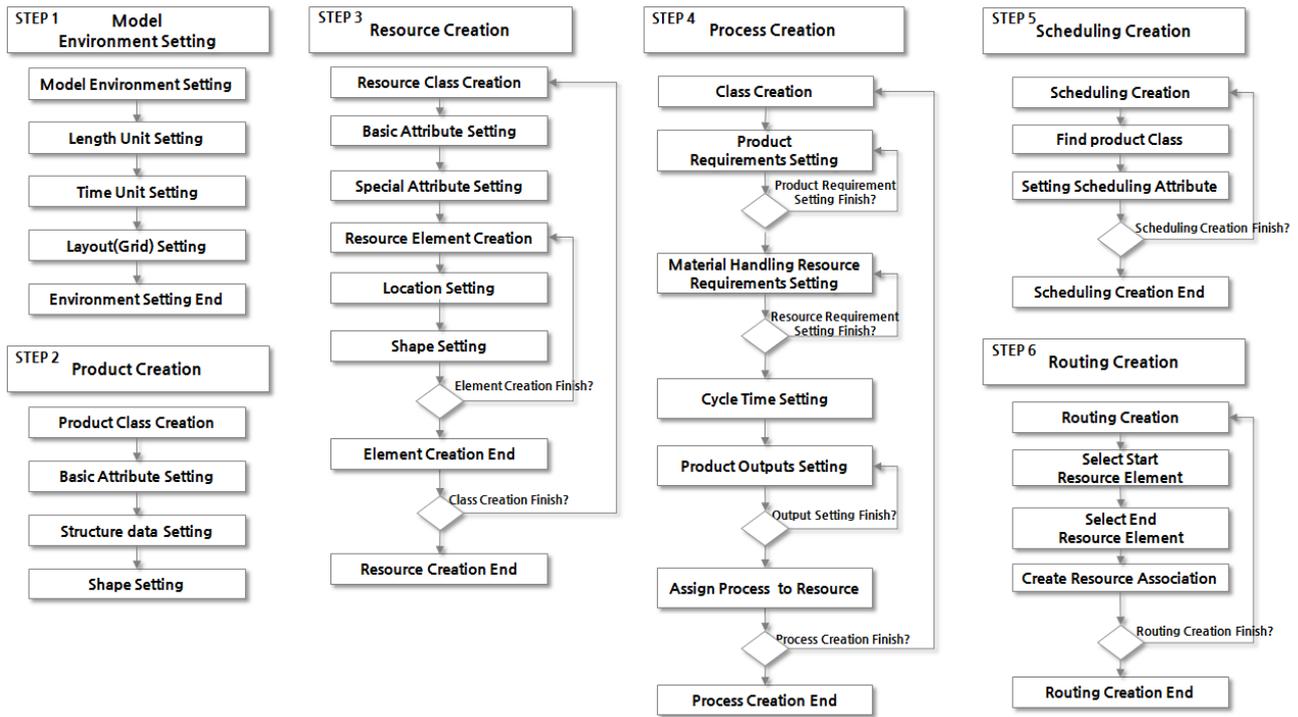


Fig. 7 Simulation model generation process

해 줘야하는 공통의 기능을 포함하고 있다. 이 기능은 XML 데이터를 인터넷 http를 이용해 전송할 수 있는 표준인 웹서비스를 통해 구현된다. 현재 다양한 웹서비스 기술이 공개되어 있지만, 본 논문에서는 W3C(World Wide Web Consortium) 표준으로 선정되어 있으며 쉽게 컴포넌트화가 가능한 SOAP(Simple Object Access Protocol) 프로토콜을 선정하였다.

3.2 시뮬레이션 모델 생성 프로세스

공장의 생산능력을 평가하기 위한 시뮬레이션 모델은 제품 생산을 가상으로 수행해서 사전에 문제를 파악하는데 목적이 있다. 제품 생산은 누가(Resource) 무엇을(Product) 어떻게(Process) 언제(Scheduling) 만들 것인가라는 관점에서 바라볼 수 있다. 시뮬레이션 모델링 역시 같은 개념으로 수행하여야 하며 일반적으로 사전 준비, 설계, 구현, 검증 및 테스트의 과정을 거친다. 본 논문에서 다루고 있는 시뮬레이션 모델 생성 기술은 사전에 정의된 생산 정보의 중립 데이터 포맷을 기반으로 PPR-S를 참고하여 정의된 모델 생성 프로세스에 따라 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있는 기술을 의미한다. 본 논문의 시뮬레이션 모델 생성 기술은 주로 모델 설계와 모델 구현을 다루고 있다. 조선소에서 시뮬레이션 프로젝트를 수행할 때에는 보통 조선소 엔지니어와 시뮬레이션 엔지니어가 모두 참여하게 된다. 조선소의 엔지니어는 시뮬레이션 모델의 역할과 필요한 정보, 업무 규칙 등을 정의하게 되며, 시뮬레이션 엔지니어는 조선소 엔지니어의 요구사항을 바탕으로 시뮬레이션 모델을 구축하게 된다. 시뮬레이션 모델링 과정에서 전문적인 기술이 필요하기 때문에 조선소 엔지니어의 역할은 매우 미비하다. 모델의 검증 역시 시뮬레이션 결과를 통해서

만 수행되고 있다. 시뮬레이션 모델 생성 기술은 단순히 수작업으로 수행하던 모델링 작업을 시스템을 통해 처리할 수 있을 뿐만 아니라 조선소의 엔지니어가 조선소의 생산 정보의 관점에서 어떤 정보를 어떻게 사용하였는지 확인할 수 있는 역할도 함께 수행한다. 이는 모델의 검증에 있어서 프로젝트의 이해당사자가 올바른 결과를 올바른 과정을 통해서 도출하였는지를 확인할 수 있게 한다. 모델 생성 프로세스는 앞서 정의한 생산 정보 중립 데이터 포맷의 규격을 바탕으로 정보의 종류에 따라 구분되어 진행된다.

Fig. 7은 시뮬레이션 모델 생성 프로세스를 보이고 있다. 시뮬레이션 모델 생성은 환경 설정(Model Environment Setting), 제품 개체 생성(Product Creation), 자원 개체 생성(Resource Creation), 공정 정보 생성(Process Creation), 일정 정보 생성(Schedule Creation), 라우팅 정보 생성(Routing Creation)의 과정을 통해 수립되며, 모델 생성 흐름에 있어서 제품, 공정, 설비 정보는 생성하는 과정을 거치는 것에 비해 일정과 연결 정보는 매핑 과정을 거쳐 모델링된다. 이는 시뮬레이션 소프트웨어 기능적인 한계에서 발생하는 것으로 제품, 공정 설비 정보의 경우 대부분의 시뮬레이션 소프트웨어에서 별도의 개체로써 관리된다. 그러나 일정의 경우 단순히 입력정보로 취급을 하거나, 연결 정보의 경우 공정 흐름, 제품 흐름 등 다양한 형태로 관리하는 등 정보를 온전히 표현할 수 없는 상황이 발생하게 된다. 따라서 일정과 연결 정보의 경우 나머지 제품, 설비, 공정 정보를 통해 표현되는 방식을 선정하였다. 조선소에서 일정 정보는 기준 계획 단위인 액티비티 기준으로 관리되며, 이는 블록 기준과 동일한 경우가 많다. 따라서 일정은 제품 정보에 매핑되어 시뮬레이션 모델 상에서 표현되고, 연결 정보는 실제 시스템 관점에서는 물

류를 의미하게 되므로 두 설비간의 연결을 하나의 단위로 대신하여 표현할 수 있게 하였다.

4. 판넬 공장 적용 사례

4.1 대상 공정 분석

조선 판넬 라인에서는 선박의 선수, 선미, 일부 측면 블록을 제외한 선박의 대부분을 차지하는 평블록을 제작한다. 판넬 라인 공정은 복수의 판을 조립하여 판넬 블록을 제작하기 위한 베이스 주판을 만들고, 제작된 주판에 종방향 보강재(Flat Bar, T Bar)를 조립하여 판넬 블록을 생산한다. 생산된 판넬 블록을 위아래로 조립하여 이중 비단구조의 중조립 판넬 블록을 만드는 과정까지를 다루고 있다 (Lee, et al., 2006). 판넬 라인은 다른 공정에 비해 규격화된 블록을 주로 제작하기 때문에 사전 공정 정의가 잘되어 있으며, 다른 공정에 비해 자동화율이 상대적으로 높다는 특징을 갖고 있다. 때문에 많은 정보가 표준화되어 있고 다른 공정에 비해 시뮬레이션 모델 생성을 위한 정보 획득이 용이하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 시뮬레이션 모델 생성 시스템의 적용 대상으로써 판넬 라인에 대한 시뮬레이션 모델링을 수행하였다.

조선소 생산 정보의 중립 데이터 포맷은 PPR-S에 시뮬레이션 관점(Simulation view)을 추가한 5개의 그룹으로 구성된다. 적용 대상으로 선정한 판넬 라인 정보를 PPR-S 기준으로 분류해 보면 Product는 평판, 복수의 평판으로 구성된 판넬 블록의 주판, 보강재(Flat Bar, T Bar), 보강재가 조립된 판넬 블록으로 이루어진다. Resource는 조립, 마킹, 가접, 절단 등의 기계, 판계와 배재를 수행하는 크레인, 주판과 판넬 블록을 이동 시키는 컨베이어가 있다. 그리고 Process는 Table 1의 항목과 같으며, 이를 상세

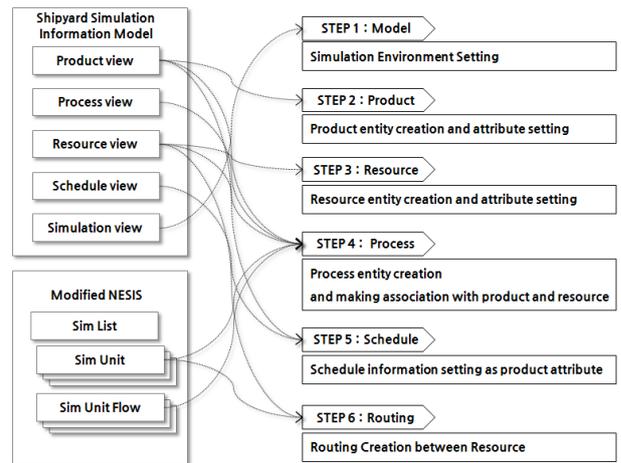
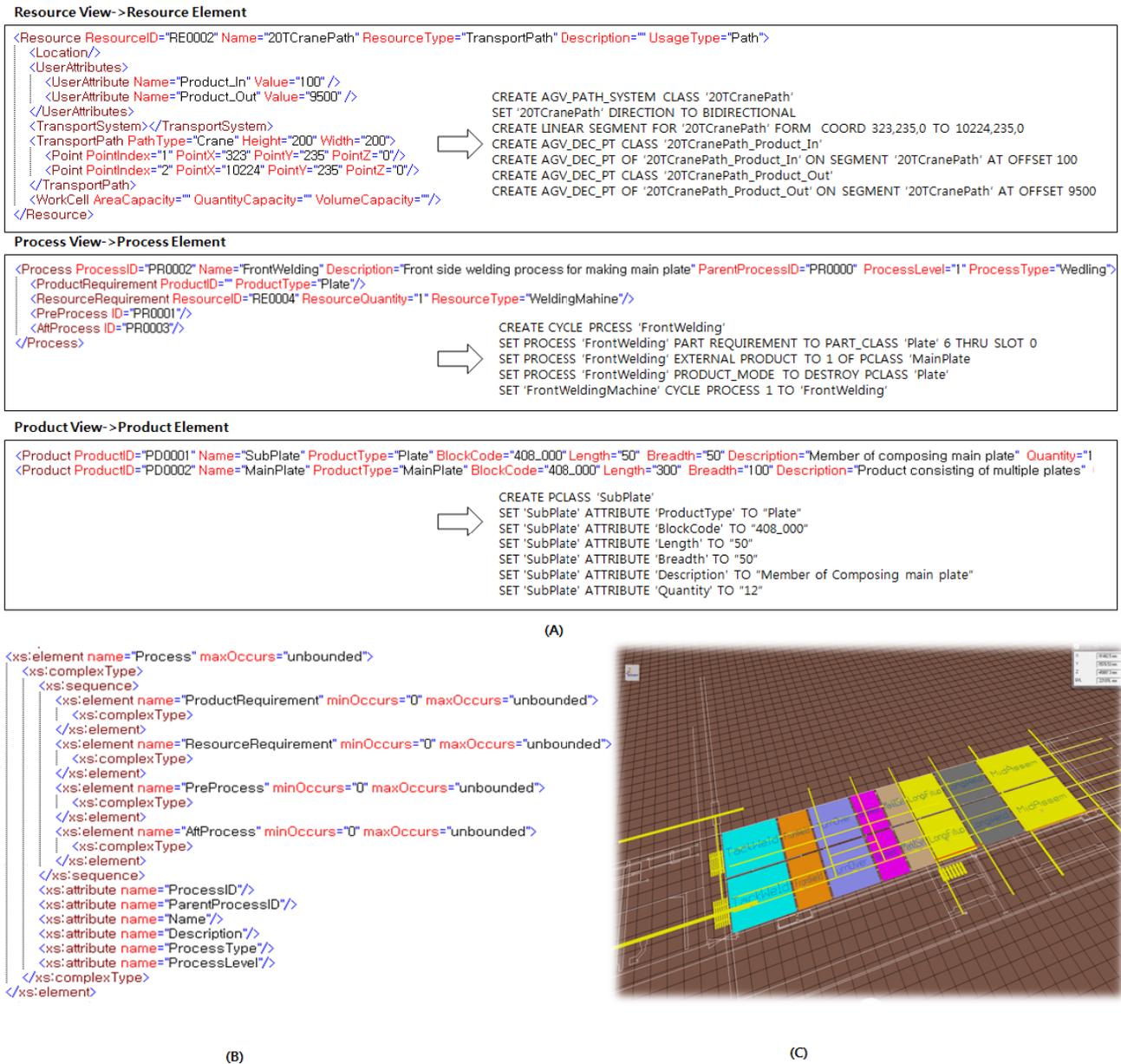


Fig. 8 Simulation model generation process using the neutral data format

히 살펴보면 대상의 첫 번째 공정에서는 주판을 제작하기 위해 복수의 판을 판계하여 가접을 수행하고, 선용접을 위한 탭피스를 부착한다. 이후 가접된 판에 사이를 조립 머신을 이용해 전면부 선용접을 수행하고, 후면부 용접을 위해 크레인으로 턴오버한 후 용접을 수행해 주판을 조립하게 된다. 다음으로 주판에 보강재가 위치해야 하는 장소를 마킹 머신으로 표시하고 해당 위치에 보강재를 가용접한 후 조립 머신을 이용해 용접을 마무리하고 판넬 블록이 완성된다. Schedule 정보는 할당된 물량 중 우선순위가 높은 순서에 따라 투입이 결정된다. 월간 계획은 APS를 통해 배포되지만 판넬 공장의 세부 작업 일정은 현장의 상황을 고려하여 공장 관리자에 의해 수립되며, 일정을 수립할 때는 물량 특성을 고려해서 예상되는 공정시간에 따라 작업 시작시간과 종료시간을 결정하게 된다. 이때, 공정시간의 영향을 주는 주요 변수는 공정

Table 1 Process definition of a panel block shop in shipyard

Process	Description	Major Parameters	Related Resource
Tack Welding	Process to arrange plates, tap pieces and weld partially	Plate Number, Plate Weight, Crane Capacity, Crane Speed	Conveyor, Crane, Spot Welding Machine
Panel Front Welding	Front side welding process for making main plate	Welding Length, Welding Machine Speed, Plate Thickness	Welding Machine
Turn Over	Process to flip over front side to weld plate back side	Crane Speed, Crane Capacity	Crane
Panel Back Welding	Back side welding process for making main plate	Welding Length, Welding Machine Speed	Welding Machine
Marking	Marking process of where to put the stiffeners	Marking Length	Marking Machine
Cutting	Process to cut tap-pieces	Tap piece Number, Cutting Machine Speed	Cutting Machine
Longi. Fitup	Assembly process of welding stiffeners partially on the main plate	Longi. Number, Crane Capacity, Crane Speed	Spot Welding Machine
Longi. Welding	Assembly process of welding stiffeners on the main plate	Welding Length, Longi. Thickness	Welding Machine
Finish	Finishing Process of checking and cleaning a panel block with longi stiffeners.	Panel Block Area, Welding Length	Welding Machine, Grinder



시뮬레이션 모델 생성은 DELMIA QUEST에서 사용하는 스크립트인 BCL(Batch Control Language)를 이용하여 수행된다. Fig. 9(A)는 조선소 생산 정보의 중립 데이터 포맷과 수정된 NESIS 정보를 바탕으로 판넬 라인 공정에 대하여 정보를 입력한 사례를 보이고 있다. 기본적인 모델 생성 프로세스는 사전에 생성된 데이터를 바탕으로 BCL 스크립트를 생성하고 이를 통해 QUEST 시뮬레이션 모델을 구현되는 과정으로 이루어진다. 가장 첫 번째 단계로는 시뮬레이션 모델의 생성에 앞서 조선소 생산 정보 중립 데이터 포맷의 시뮬레이션 관점(Simulation view) 정보를 사용하여 시간 및 공간 단위의 설정, 초기 모델 면적 설정 등의 초기 시뮬레이션 속성 정보 정의를 수행하게 된다. 다음으로 제품 관점 정보를 활용하여 제품 클래스 생성, 속성 할당, 크기 설정을 수행하며, 자원 관점 정보를 활용하여 자원 클래스 생성, 자원 인스턴스 생성, 속성 할당, 자원 연결 등의 자원 정보를 생성하게 된다. Fig. 9(B)는 조선소 생산 정보 중립 데이터 포맷의 XML 스키마 사례로써, 공정 정보 정의 부분을 보이고 있다. 이는 생성한 XML 정보의 유효성을 판단하는 역할을 수행한다. 조선소 시뮬레이션 모델에 있어서 공정 정보는 곧 생산 흐름을 의미하기 때문에 공정 정보의 경우 선후 관계를 갖는 구조로 정의되어 있으며 제품과 자원 정보는 공정 정보를 중심으로 관계를 갖게 설계하였다.

Fig. 9(C)는 BCL을 기반으로 생성한 판넬 라인 모델을 보이고 있다. 조선소 생산 정보 중립 데이터 포맷의 제품, 공정, 자원과 관련한 정보는 대부분 시뮬레이션 패키지에서 제공하는 스크립트를 통해 모델 정보의 생성이 가능하였다. 하지만 일정 정보의 경우 일정을 표현하기 위한 별도의 모델 개체가 존재하지 않아 제품 개체의 속성으로 정의하여 처리하였다. 또한 BCL을 통해 생성할 수 없는 CAD와 같은 데이터는 사전에 별도로 제작하여 라이브러리 형태로 적용하였다.

4.3 적용 결과 분석 및 고찰

대상 공정에 대해 시뮬레이션 모델 생성 결과를 Table 2와 같이 정량적으로 분석해 보았다. 구현된 판넬 라인 시뮬레이션 모델은 총 783개 클래스와 875개의 클래스 엘리먼트로 구성된다. 여기서 클래스와 클래스 요소는 QUEST에서 사용하는 모델 개체 단위로서 정확한 수량 단위의 체크가 가능한 정보이다. 이와 같은 대상 판넬 라인의 클래스 및 클래스 엘리먼트를 생성하고, 엘리먼트 간의 관계 설정을 모델 생성 절차에 따라 수행하기 위해 총 7370개의 BCL 스크립트가 생성되었으며, 스크립트 생성 시간은 약 1분 정도가 소요되었다. 또한 생성한 스크립트를 QUEST로 전달하는 시간은 약 1~2분이 소요됨을 확인하였다. 테스트는 Intel i5 CPU, 4GB RAM, 1GB VGA RAM 사양의 PC 환경에서 수행되었다.

시뮬레이션 모델 생성의 효율성을 확인해 보기 위해 Table 3와 같이 모델링 절차에 따른 소요시간 분석을 수행하였다. 시뮬레이션 모델링 절차는 크게 시뮬레이션 모델의 목적을 정의하고

Table 2 BCL command counts of the simulation model generation process (unit: EA)

View	Type	Class	Element	BCL
Simulation	Simulation			6
Resource	Source	1	1	5
	Machine	7	14	140
	Buffer	1	4	24
	Sink	1	1	2
	Crane	3	3	30
	Path	3	3	12
	Point	3	9	12
Product	Product	8	84	56
Process	Process	756	756	6804
Schedule	Schedule	-	-	144
Routing	Routing	-	-	45
Total		783	875	7370

Table 3 Time comparison with the simulation modeling process (unit: min)

Activity	User A	User B	System
Definition of Problem	-	-	-
Data Collection	-	-	-
Data Analysis	-	-	-
Making XML	0	0	60
Making CSV	15	15	0
[BCL] Setting Simulation Environment	0.5	1.5	0
[BCL] Resource Creation	36.5	110	0
[BCL] Product Creation	9	28	0
[BCL] Process Creation	126	378	0
[BCL] Schedule Creation	24	72	0
[BCL] Routing Creation	7.5	22.5	0
[SCL] Work Rule Creation	-	-	-
Model Verification	-	-	-
Model Validation	-	-	-
Total (minute)	218.5	672	60

관련 정보를 수집하는 시뮬레이션 준비 작업, 시뮬레이션 모델을 생성하는 시뮬레이션 모델링 작업, 시뮬레이션 모델 검증하는 단계로 분류하여 분석하였다. Table 3의 비교군은 시뮬레이션 엔진 사용에 능숙한 고급 모델러(User A), 시뮬레이션 엔진 사용에 능숙하지 않은 초중급 모델러(User B), 모델 생성 시스템(System) 총 3개로 구분하였다. BCL로 이루어지는 모든 행위는 사용자 인터페이스를 통해 접근이 가능하기 때문에 고급 모델러의 경우 분당 6개의 행위(BCL)를 수행한다고 가정하였고, 초급 모델러는 분당 3개의 행위(BCL)를 수행할 수 있음을 가정하였다. 향후 정해

진 XML 스키마에 맞는 정보를 기간 시스템을 통해 획득이 가능하겠지만 아직 개발이 완료되지 않아 XML 작성을 해야 하기 때문에 작성 소요시간을 반영하였다. 시뮬레이션 모델을 생성하는 전체 절차 중 초기 시뮬레이션 목적을 설정하고 데이터 수집 및 분석하는 절차와 SCL(Simulation Control Language)을 통한 상세 모델링 및 검증하는 절차의 경우 본 연구에서 목적으로 하고 있는 모델 생성 기능과 연관성이 떨어지기 때문에 3개의 모델링 주제별 소요시간을 분석에 고려하지 않았다. 위의 가정으로 시스템을 통해 모델을 생성할 경우를 분석해 본 결과 고급 모델러에 비해 2.64시간, 초중급 모델러에 비해 약 10.2시간을 절약할 수 있음을 확인하였다(Table 3).

생산 시뮬레이션 모델의 경우 상용 시뮬레이션 엔진에서 제공하는 사용자 인터페이스를 통해 많은 정보를 모델링하여야 하지만 다양한 현장 상황 및 규칙을 반영하기 위해서는 상용 시뮬레이션 엔진에서 정의된 인터페이스를 통해 생성하지 못하는 정보도 존재한다. 이러한 경우 사용자는 별도의 스크립트 구현을 통해 시뮬레이션 모델에 추가 정보를 반영하게 된다.

본 연구에서 분석한 시뮬레이션 모델을 생성하는 절차는 사용자나 대상하는 시뮬레이션 엔진 종류에 따라 세부적으로 차이가 있지만 앞서 언급한 바와 같이 총 7단계로 구분된다. 본 논문의 QUEST의 경우 인터페이스를 제어하는 BCL과 시뮬레이션 로직을 제어하는 SCL를 통해 구현하게 되며, BCL을 사용하여 7단계 절차에 따라 시뮬레이션 모델을 생성하고, SCL을 통해 인터페이스에서 정의되지 않은 정보를 반영한다. 본 논문에서는 BCL을 통해 시뮬레이션 모델을 생성하고 추후 사용자가 별도로 정의한 SCL를 추가 매핑하는 방법을 적용하였다.

본 연구에서 개발한 시스템의 효용성을 평가하기 위해 시뮬레이션 엔진에서 정의된 인터페이스를 사용해서 생성(BCL)하는 영역과 시뮬레이션 엔진에서 정의되지 않은 정보를 반영하는 상세 모델링 영역(SCL)으로 나누어서 살펴보았다. 물리 모델을 생성하는 영역의 경우 시뮬레이션 엔진에서 제공하는 인터페이스를 통해 생성되며 생성된 정보는 엔진에서 정의된 정보로 관리되기 때문에 작업을 수행하는 모델러 수준에 따라 품질 차이가 크지 않고, 난이도가 어렵지 않아 단순 작업의 성격을 갖는다. 하지만 SCL을 통해 상세 모델링 영역의 경우 자유도가 높은 스크립트 코딩을 통해 구현되기 때문에 작업을 수행하는 모델러에 따라 모델 품질의 차이가 크며, 모델링 난이도가 높아 패턴화가 어려운 작업이다. 본 연구의 시뮬레이션 모델 생성 시스템은 단순 작업에 가까운 시뮬레이션 물리 모델 생성을 사전에 정의한 정보를 바탕으로 BCL을 생성하여 모델을 구현하는 기능을 갖고 있다. 이를 통해 모델링 작업 시간을 단축할 수 있으며, 모델러는 작업 규칙을 반영하는 상세 모델링에 보다 집중할 수 있을 것으로 기대한다.

5. 결론

본 논문에서는 반복적인 시뮬레이션 모델링 절차를 분석하여 생산 정보의 중립 데이터 포맷을 정의하고 조선소의 판넬 공장을

대상으로 이의 효용성을 검증하였다. 조선소 생산 정보의 중립 데이터 포맷은 기존 시뮬레이션 모델링 작업에 필요한 정보를 포함하고 있으며, 모델의 정보는 인터페이스 서비스를 통해 상용 시뮬레이션 소프트웨어의 모델로 전달된다. 본 논문의 인터페이스 서비스는 상용 시뮬레이션 솔루션 QUEST가 제공하는 언어(BCL)와 소켓 통신 기능을 기반으로 구현하였으며, 이를 위해 조선소의 생산 정보와 시뮬레이션 흐름 정보의 체계적인 전달을 위한 절차를 정의하고 관련 기능의 구현을 수행하였다. 생산 정보의 중립 데이터 포맷과 서비스는 조선소 판넬 공장 시뮬레이션 모델 사례를 통해 연구의 효용성을 확인하였다.

그러나 본 논문의 시뮬레이션 모델 생성은 기본적인 시뮬레이션 모델 개체 생성을 위한 기술로써 상세한 작업 규칙을 표현하기 위한 로직 생성은 처리하지 못한다는 한계점을 갖고 있다. 작업 규칙은 사례별로 상이한 정보와 흐름을 갖고 있어 표준화하기 어려운 특성을 갖고 있으며, 이는 향후 자연어, 다이어그램을 이용한 모델러 개발 등의 추가 연구가 필요한 부분이다. 또한, 기술적인 한계로 특정 소프트웨어에 국한된 기능 구현이 되었다는 한계가 있다. 그러나 이러한 한계점에도 불구하고 생산 정보의 중립 데이터 포맷 기반 모델 생성 기술은 반복적인 모델링 영역을 단순화하고 표준 정보의 재활용성을 높여준다는 점에서 전체 모델링 작업 시간을 크게 줄여줄 수 있다. 이에 보다 다양한 시뮬레이션 소프트웨어의 적용 기술을 추가적으로 연구할 필요가 있으며, 어댑터 개발을 통해 다양한 시뮬레이션 소프트웨어의 호환이 가능하도록 해야 한다. 이러한 기술과 어댑터를 이용한다면 향후 조선소에서는 디지털 생산 기술을 적용하는데 시간적, 비용적 측면에서 이익을 얻을 수 있을 것으로 기대하며, 이를 통해 보다 활발한 시뮬레이션 기술 도입이 가능할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업(10035331, 시뮬레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발)과 글로벌전통 기술개발사업(10039739, Smart Work 기반 조선생산실행시스템 개발)의 지원을 받아 연구되었음을 밝히며, 이에 감사드립니다.

References

- Cho, H.J. et al., 2011. Development of an Web-Based Process Innovation Supporting System. *CAD/CAM review*, 17(2), pp.56-63.
- Gong, I.Y. & Hwang, H.J., 2011. A Simulation-Based Production Technology of Ships and Ocean Plants. *Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(4), pp.3-3.
- Harward, G. & Harrell, C., 2006. Assessment of the NIST shop data model as a neutral file format. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, Monterey,

- California, U.S.A., 3–6 December 2006, pp.941–946.
- Lee, C.H. Leem, C.S. & Hwang, I.H., 2011. PDM and ERP Integration Methodology using Digital Manufacturing to Support Global Manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53(1–4), pp.399–409.
- Lee, J.Y. et al., 2011. NESIS: A Neutral Schema for a Web-Based Simulation Model Exchange Service Across Heterogeneous Simulation Software. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(10), pp.948–969.
- Lee, K.K. et al., 2006. Construction of Scheduling Support System for Panel Lines by Digital Manufacturing Simulation. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 43(2), pp.228–235.
- Lee, K.K., 2008. *Simulation-based ship production execution system for a panel block shop*. Ph.D. Seoul National University.
- Lee, P. & Hwang, I.H., 2011. A Cross-Check Simulation and Production Management Platform in Shipyards. *Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(4), pp.10–13.
- Lee, T. McLean, C. & Shao, G., 2003. A neutral information model for simulating machine shop operations. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*. New Orleans, Los Angeles, U.S.A., 7–10 December 2003, pp.1296–1304.
- Lee, Y.T. & McLean, C., 2006. A Neutral Data Interface Specification for Simulating Machine Shop Operations. *Production Planning & Control*, 17(2), pp.143–154.
- Lu, R.F. Qiao, G. & McLean, C., 2003. Nist XML Simulation Interface Specification at Boeing : A Case Study. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*. New Orleans, Los Angeles, U.S.A., 7–10 December 2003, pp.1230–1237.
- Song, Y.J. et al., 2009. A Simulation-Based Capacity Analysis of a Block-Assembly Process in Ship Production Planning. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 46(1), pp.78–86.
- Woo, J.H., 2005. *Modeling and simulation of indoor shop system of shipbuilding by integration of the product, process, resource and schedule information*. Ph.D. Seoul National University.
- Woo, J.H. et al., 2005. A Framework of Plant Simulation for a Construction of a Digital Shipyard. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 42(2), pp.165–174.
- Woo, J.H. et al., 2006. Simulation Modeling Methodology and Simulation System Architecture for Shipbuilding Processes. *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 11(1), pp.11–19.



이동건



백명기



이광국



박준수



신종계