

시나리오 기반 조선 실행계획 평가 향상을 위한 시뮬레이션 시스템 개발 –패널라인 개발 사례를 중심으로–

백명기¹ · 김영민¹ · 황인혁¹ · 이광국² · 류철호^{3†} · 신종계¹

¹서울대학교 조선해양공학과, ²경남대학교 조선해양IT공학과, ³인하공업전문대학 조선해양과

Design and Development of Scenario-Based Simulation System to Improve Shipbuilding Execution Scheduling Assessment –A Case Study on Panel Line–

Myunggi Back¹, Youngmin Kim¹, Inhyuck Hwang¹, Kwang-Kook Lee²,
Cheolho Ryu^{3†}, and Jong Gye Shin¹

¹Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University

²Department of Naval Architecture, Ocean and IT Engineering of Kyungnam University

³Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha Technical College

Received 27 September 2012; received in revised form 1 May 2013; accepted 3 May 2013

ABSTRACT

Today's ever-increasingly competitive shipbuilding market makes it essential for a shipbuilding company to have more efficient production processes and higher productivity as well as better design ability to obtain its competitiveness. A well-established production execution schedule plays an indispensable role to achieve this goal. Most shipbuilding companies carry out an evaluation on their mid-term plan once it is established. However, no evaluation activity exists for a production execution schedule, because practically all the companies depend on the field workers for the production execution scheduling. In this study, a prototype of a ship production execution schedule evaluation system is developed based on the component based design (CBD) methodology. This system enables one to make a production execution schedule that reflects up-to-date shipyard situation and to validate whether the schedule is feasible or not by running a production simulation according to the schedule. Users can also make use of the system as a decision supporting tool that compares several different execution schedules and evaluates which one is the best execution schedule.

Key Words: Component based design, Digital manufacturing, Manufacturing execution system, Shipbuilding execution scheduling, Shipbuilding simulation

1. 서 론

한국의 조선산업은 글로벌 위기에도 불구하고, 세계적인 경쟁력을 확보하고 있다. 설계 측면에서는 유연성을 바탕으로 선주의 다양한 요구를 반영

[†]Corresponding Author, cheolho_ryu@inhatc.ac.kr
©2013 Society of CAD/CAM Engineers

하는 부분에서 경쟁력을 확보하였고, 생산측면에서는 해상크레인을 이용한 다양한 건조공법을 개발하여 생산성을 향상하였다. 하지만 1인당 생산성의 경우 한국은 일본에 비해 경쟁력을 확보하지 못하고 있는데 단위 CGT당 작업시간이 일본의 경우 10-15시간인데 반해 한국은 15-20시간이다^[1]. 이처럼 한국의 조선산업은 세계 1위의 경쟁력을 보유하고 있으나 1인당 생산성과 같은 질적인 지표에서 개선의 여지를 남겨두고 있다.

효과적인 선박 건조를 위한 질적 생산성 지표 향상을 위해서는 생산설계 시점에서 생산의 효율성을 고려한 설계와 공기를 단축하고 생산성을 향상시킬 수 있는 신공법 개발 및 적용을 통한 선박 건조가질적 지표 향상에 매우 중요한 요소를 차지한다. 하지만 생산을 고려한 설계 및 신공법 적용을 하더라도 설계와 생산을 연결하는 역할을 하는 생산계획이 효율적으로 이루어지지 않을 경우 충분한 생산성 향상을 기대할 수 없으며 조선소 생산 현장 제약조건을 반영하여 효과적으로 자원을 사용할 수 있는 계획 수립의 중요성은 매우 크다.

조선 생산계획에서는 일반적인 다른 제조업과는 달리 대상 제품이 선박이라는 초거대 복합구조물이기 때문에 구성하는 부재가 매우 많고, 공정 측면에서는 소품종 대량생산하는 일반제조업체의 경우 개별 제품생산에 적합한 생산라인을 가지지만, 선박 건조의 경우 복합 제품을 수용할 수 있는 생산라인을 가지기 때문에 공정이 복잡하다. 또한 생산계획을 수립하는 시점에도 일부 설계 정보가 변경되기 때문에 계획의 불확실성을 높이는 요인으로 작용한다. 이러한 문제로 인해 계획초기에 확정된 생산계획을 수립하는 것은 매우 어렵다. 조선소에서는 성격에 따라 대일정, 중일정, 소일정 및 실행계획으로 분리해서 생산계획을 수립한다. 현재 조선소에서는 회사별로 차이가 있으나 대일정과 중일정의 경우 계획 수립 후 조립장별 부하평가를 수립하지만 생산현장과 밀접하게 연결되어 있는 실행계획에 경우 공장관리자가 과거 경험을 기반으로 수작업으로 계획을 수립한다^[2]. 관리자의 주관적인 판단으로 계획이 수립되고 있기 때문에 의사결정의 객관성을 보장할 수 없으며, 주관적 영역의 실행계획을 객관적 영역으로 변경하기 위해서는 이를 지원할 수 있는 방법이 필요한 실정이다.

조선소 공정 특성은 자동화 머신을 활용한 Flow

Shop과 주로 사람이 작업하는 Job Shop의 복합적 형태로 구성된다. 대일정이나 중일정 수준에서 평가를 수행하려면 전체 조선소 혹은 대공장 수준의 정보를 획득하여야 하기 때문에 Flow Shop, Job Shop 두가지 성격의 공장이 모두 포함된다. 이런 상위 일정계획과 달리 조선소 실행계획은 소공장 단위에서 수립되고 관리되기 때문에 계획을 평가하려는 소공장 수준의 정보를 획득하면 된다. 공정흐름이 Flow Shop 형식을 따르는 경우 기계를 통해 주로 공정을 수행하기 때문에 개별 공정의 공기 예측에 필요한 신뢰성 높은 정보 획득이 가능하다. 획득된 정보를 바탕으로 실행계획 평가를 수행하는 것이 상대적으로 용이하고, 결과에 대한 정확성도 높다. 반면 공정흐름이 복잡하고, 인원 관리가 어려운 Job Shop의 경우 작업자가 주로 공정을 수행하기 때문에 불확실성이 높아 공기 예측에 필요한 정보의 신뢰성이 떨어진다. 이로 인해 실행계획의 평가가 어렵고, 평가 결과에 대한 정확성도 떨어진다. 본 연구에서는 사용자가 수립한 실행계획의 실행 가능성을 확인해 볼 수 있는 시나리오 생성 기반 지원시스템에 관한 연구를 수행하였는데 정보의 신뢰성이 높아 평가 결과의 정확성이 높을 것으로 기대되는 Flow Shop 특성을 가지는 패넌라인에 우선적으로 시스템을 적용해 보았다.

2. 관련 연구 동향

2.1 조선 생산 계획 관련 연구

하나의 제품이 개발되면 대량생산에 들어가는 다른 제조업들과는 달리 조선 산업은 아주 특별한 경우를 제외하고는 모든 선박이 유일한 제품이다. 각 제품의 설계가 모두 다르고 다양한 종류의 선박을 동시에 지어야 하며 긴 제작 기간과 거대한 작업장 등의 특징을 가지고 있는 조선 산업에서 일정 계획은 생산관리에 있어 매우 중요한 활동이다. 조선소 마다 조금씩 다르기는 하지만 대체적으로 선평 및 대일정 계획, 중일정 계획, 소일정 계획으로 일정 계획을 짜고 있으며 이에 따른 단기간의 실행 계획을 수립하여 생산관리를 하고 있다.

이러한 일정 계획에 관한 연구는 초기에는 생산 계획에 관한 기초 연구^[3]에서 시작해 각 공정 별 계획에 대한 최적화 연구들^[4,5]이 이루어졌고, 일정 계획의 복잡성을 고려하여 체계적으로 접근할 필

요성에 의해 일정 계획을 위한 지원 시스템의 개발에 관한 개념 정립이 시도된 바 있다⁶⁾.

실제 조선소에서 실행 계획은 중일정 혹은 소일정에 따라 작업반장의 경험과 판단에 의존하여 그때그때 세우는 경우가 많았고, 그나마 잦은 계획의 변경, 긴급 물량의 처리 등으로 선평 계획 이하 소일정에 이르는 기준 계획의 준수가 쉽지 않았다고 한다. 대우조선해양에서는 각종 데이터의 부정확성, 실제 작업 실적의 피드백의 부족 등의 여러 어려움으로 인해 기준 계획들과 실적 사이의 불일치가 많고 공기 차이가 크다는 문제점으로부터 실행 계획의 중요성이 증대되어 실행 계획 시스템을 개발하였다⁷⁾.

실행계획 시스템을 개발하고 현장에서의 피드백을 고려하도록 하는 노력들은 훌륭한 시도이나, 여기에서 반드시 고려되어야 할 것은 과연 세워진 실행계획이 얼마만큼 제대로 세워졌는가 하는 것에 대한 평가에 관한 부분이다. 실행계획이 세워졌더라도 그 계획이 전사적인 목적에 부합하고 원래 의도한 달성 목적을 잘 구현해 낸 계획인지, 실제로 현장에서 실행하기에는 무리한 계획은 아닌지, 현장의 상황이 제때 반영되지 않아서 현실과 동떨어진 계획이 되어 버리진 않았는지, 또 피드백에 의한 업데이트를 통해 새로운 계획이 제때 나오는지 하는 평가가 없이는 그 실행계획에 대한 신뢰도가 떨어질 수 밖에 없다.

2.2 실행 계획 평가를 위한 관련 연구

계획을 어떻게 세울 것인가 하는 부분에 대한 연구는 앞 절에서 살펴본 바와 같이 진행되어 왔으나 그 계획이 얼마나 잘 세워진 계획인가를 어떻게 평가할 것인지에 대한 연구는 많지 않다. 일반적인 대량생산을 하는 제조업의 경우, 생산 계획이 잘 세워졌는지 평가하는 다소 정형화된 기준들이 존재한다. 예를 들면, through put rate, waiting time, number of delayed jobs 등이 있다. 그러나 모든 작업이 정형화되지 않고 다목적의 설비를 이용하여 다품종의 제품 믹스를 제작하여야 하는 조선 산업에서는 기존의 기준 자체가 모호하며, 평가 체계가 잘 잡혀 있지 않았고, 그에 관한 연구도 거의 없는 편이나, 이종무 등은 이에 주목하고 평가 기준을 제시하고 평가 체계의 프레임워크를 개발하였다²⁾.

이종무 등의 연구는 전사 아키텍처 구현에서 개

념화 단계의 모델들을 규명하는 데에 활용되는 자크만 프레임워크(Zachman Framework)를 응용하여 조선 생산 계획 프레임워크를 제안하였다. 이 프레임워크는 평가 항목을 체계화하여 평가 체계를 효과적으로 구축할 수 있도록 하는 체계이다. 이 연구는 기준조차 전무한 상황에서 거의 최초로 시도된 연구로 큰 의미가 있다. 그러나 여기에서 제시되는 평가 방법은 계획 그 자체만을 평가하는 것으로 그 계획이 과연 현장에서 제대로 실행 가능한 계획인지는 평가할 수 없다. 예를 들어, 일별 물량 합계의 편차라는 평가 항목이 있다면, 계획 상에서 일별로 물량이 잘 배분되었는지를 평가할 수는 있으나, 실제 현장에서 그런 물량을 처리할 수 있는지에 관한 평가는 어렵다는 것이다²⁾.

이렇게 실제 어떤 계획이 실현 가능한 것인지에 대한 것을 평가하기 위해서는 계획 자체에만 초점을 맞추게 되면 적절한 평가가 불가능하다. 적절한 계획 평가를 위해서는 계획 실행에 필요한 정보를 충분히 반영하여 평가를 수행하여야 한다. 만약 세워진 계획을 실제 선박을 건조하기 전에 테스트 해 볼 수 있다면 정말 실현 가능한 계획인지 계획에 오류가 있지는 않은지 알 수 있을 것이지만 실제 테스트는 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 디지털 매뉴팩처링(DM: Digital Manufacturing) 기술을 이용한 시뮬레이션을 통해 계획실행에 요구되는 충분한 정보를 반영할 수 있다면 실행계획의 실행가능성을 확인할 수 있을 것으로 보인다.

MES(Manufacturing Execution System) 시스템의 경우 정보 수집 시스템인 POP(Point Of Production)에서 발전한 시스템으로 실제 작업이 수행되는 수준의 정보를 관리한다. 해당 수준의 정보 획득을 효과적으로 하기 위해 ISA-95 모델을 기반으로 구성 시스템 간의 인터페이스 표준화 및 SOA 기반 서비스 구축에 대한 표준 연구를 수행하였다^{8,9)}. 표준화된 인터페이스를 바탕으로 모니터링 및 제어 시스템 개발을 진행하였다^{10,11)}. 조선 산업의 경우 타 산업과 다르게 대부분의 공정이 Job Shop 특성을 가져 자동으로 정보가 수집되지 않아 현장에서 생성되는 정보에 기초한 MES 기술 적용이 쉽지 않았다. 최근 조선소에서는 스마트 기기를 이용해 현장 실적 정보를 관리할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행하고 있어 향후 MES 시스템 구축을 위한 기본 기능인 실시간 실적 정보 획득이 가능할 것으로 보인다. 조선소 일간, 주간 단위의

실행계획을 검증하기 위해서는 해당 작업장에서 작업되고 있는 MES 수준에서 관리되는 실시간 현장상황 정보를 반영하는 것이 중장기 계획검증과 달리 매우 중요하며 결과에 영향을 크게 미친다. 본 연구에서는 향후 조선소 현장 상황정보가 실시간으로 수집이 가능할 것으로 보고 해당 정보를 활용한 응용 연구로써 현장 정보와 계획 정보를 바탕으로 조선 실행계획 평가를 수행할 수 있는 시스템을 설계하고, 프로토타입을 패넬라인에 적용하여 시스템 효과를 확인해 보았다.

3. 시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 방안

3.1 시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 방법론

조선소 계획 시스템은 계획의 범위, 상세, 수립 시기 등을 기준으로 크게 선편계획, 중일정계획, 소일정 및 실행계획으로 구성된다. 실행계획에서 공정별 주간 혹은 월별 평균작업량을 제약조건으로 수립된 중일정을 만족할 수 있도록 실제 현장 조건을 고려하여 현장에서 실행 가능한 작업계획이 수립된다. 선박건조 공정이 대부분 공정흐름이 복잡한 Job Shop 이기 때문에 생산현장조건이 급변하고 매우 복잡한 데 반해, 이러한 특성을 반영해서 수립해야 하는 실행계획의 경우 대부분의 작업현장에서 실행계획을 수립하는 관리자 개인의 역량과 경험에 따라 결정되며 별도의 평가 및 지원시스템이 없는 실정이다. 앞서 밝힌 바와 같이 이종무 등의 연구에서 계획 평가 시스템과 평가 체계가 부재한 상황을 개선하기 위해 계획 평가 기준을 결정하는 연구를 수행하였으나 계획 평가를 하기 위해 요구되는 정보 구조와 정보를 획득하고 관리할 수 있는 방법에 대한 연구는 수행하지 못하였다. 본 연구에서는 평가 방법론은 생산현장을 반영하는 가상환경 구축을 통해 계획 실행가능성을 검토해 볼 수 있는 디지털 매뉴팩처링(DM: Digital Manufacturing) 기술을 활용하여 계획 평가를 수행한다.

계획 평가 수행 절차는 Fig. 1과 같이 총 5개의 과정으로 구성된다. Step 1에서는 사용자가 실행계획을 수립하기 전에 관련 기본 실행정보와 특수 실행정보로 구성된 정보를 확인한다. 기본 실행정보는 제품을 생산하기 위해 사용하는 정반, 크레인과 같은 자원 정보, 생산해야 하는 대상인 제품

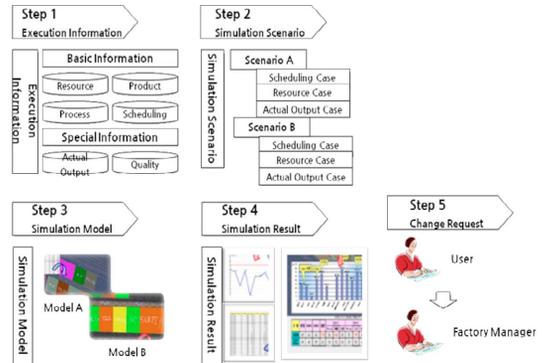


Fig. 1 Procedure of Shipyard Execution Scheduling Assessment

정보, 제품을 생산하는 방법인 공정정보, 제품 생산과정에서 만족시켜야 하는 제약조건인 일정정보로 구성되고 특수 실행정보는 현장 운영상황을 확인할 수 있는 실적정보, 제품 제작과정에서 추가작업 결정의 기준이 되는 품질정보로 구성된다. Step 2에서는 수립한 실행계획과 기본, 특수 실행정보를 바탕으로 구성된 시뮬레이션 시나리오 정보를 구성한다. Step 3에는 디지털 매뉴팩처링 기술을 활용하여 사전 구축된 시뮬레이션 모델과 모델 환경 변수인 상세 작업 규칙 정보를 결정하고 시뮬레이션을 활용한 해당 시나리오 평가를 요청한다. Step 4에서는 시뮬레이션 모델을 활용하여 사용자가 요청한 시나리오를 평가한 결과를 확인하고, Step 5에서 수정이 필요한 경우 권한이 있는 관리자에게 변경을 요청할 수 있게 고안하였다.

3.2 시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 구성

시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 구성은 Fig. 2와 같이 크게 솔루션 클라이언트(Solution Client), 솔루션 서버(Solution Server), 시뮬레이션 엔진(Simulation Engine), 시뮬레이션 모델(Simulation Model)로 이루어진다. 솔루션 클라이언트의 주요 기능 중 시뮬레이션 시나리오 관리 기능(Simulation Scenario Management)에서는 제품을 언제 생산하는가와 관련된 계획정보와 관련된 일정케이스(Scheduling Case), 제품을 제작하기 위해 필요한 자원에 대한 정보를 관리하는 자원케이스(Resource Case), 공장의 현재 상황을 반영할 수 있는 실적 케이스(Actual Output Case)로 이루어지는 시뮬레이션 입력정보를 생성 및 관리하고, 시뮬레이션 모

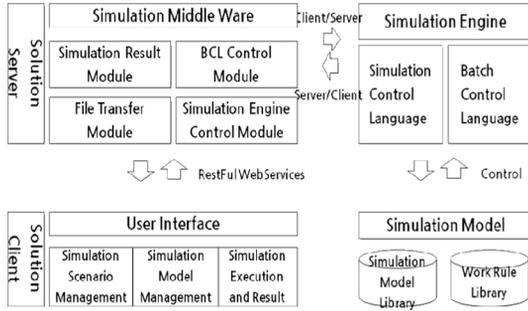


Fig. 2 Composition of Shipyards Execution Scheduling Assessment Using Digital Manufacturing

델 관리 기능(Simulation Model Management)에서는 시뮬레이션 모델 라이브러리에서 모델정보를 관리하고 시뮬레이션 실행 및 결과 관리 기능(Simulation Execution and Result)에서는 시뮬레이션을 실행을 요청하고 결과정보를 보여준다.

솔루션 서버의 주요 기능 중 시뮬레이션 클라이언트와 시뮬레이션 엔진을 연결하는 역할을 주로 수행하는 시뮬레이션 미들웨어(Simulation Middleware)에서는 시나리오 정보를 시뮬레이션 엔진에서 사용하는 언어로 변환해주는 변환모듈, 시뮬레이션 수행을 통해 도출된 결과를 XML 형태로 반환하고 시뮬레이션 결과를 분석해주는 시뮬레이션 결과분석 모듈(Simulation Result Module), 생성된 물리파일을 관리하는 파일 전송모듈(File Transfer Module), 시뮬레이션 엔진에 해당 명령어를 전달하고 시뮬레이션을 제어하는 시뮬레이션 제어 모듈(Simulation Engine Control Module)로 구성된다.

디지털 매뉴팩처링 기술을 바탕으로 구성된 시뮬레이션 엔진(Simulation Engine), 시뮬레이션 엔진을 활용해 구축한 대상 공장 라이브러리(Simulation Model Library)와 공장 내 작업규칙 라이브러리(Work Rule Library)를 포함한 시뮬레이션 모델(Simulation Model)로 구성된다.

4. 시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 설계

4.1 시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 기능 요구사항 정의

현장 작업자 인터뷰, 조선 실행정보 자료 분석을 통해 본 연구에서 정의한 조선 실행계획 평가

시스템 기능은 실행계획 계획자가 작성한 초기 생산실행계획, 단기 시뮬레이션에서 큰 영향을 미치는 현장에서 수집된 실적정보, 생산현장의 실시간 자원정보로 구성된 시뮬레이션 시나리오 정보를 구성하여 디지털 매뉴팩처링 기술을 기반으로 구축한 시뮬레이션 모델을 통해 계획을 평가하며, 시뮬레이션을 통해 사용자는 실행계획 대비 가상생산의 결과를 비교할 수 있으며 이를 계획의 실행가능성을 평가하는데 활용할 수 있다. 이를 좀더 자세히 살펴보면 조선 실행계획 평가 시스템의 워크 플로우를 UML(Unified Modeling Language) Activity Diagram을 사용해서 Fig. 3과 같이 정의하였다.

Fig. 3에서 확인할 수 있는 시스템 주요기능을 살펴보면 사용자는 시스템을 통해 Fig. 1에서 언급한 중장기 일정계획 데이터와 조선 실행계획 시스템으로부터 획득된 단기 실행계획데이터 및 실시간 실적데이터로 구성된 생산현장 실행정보를 조회할 수 있다. 또 시스템은 사용자가 시뮬레이션을 수행할 대상 일정 및 기준 데이터 확인 후 기준 정보 수정 및 변경이 가능하며 일정계획 액티비티별 시작일을 변경, 가용자원 속성 변경, 실시간 실적데이터를 활용을 통한 시뮬레이션 입력 케이스를 작성할 수 있는 기능을 제공하며 시뮬레이션이 수행된 결과를 확인하여 수립된 단기생산계획을 평가할 수 있다. 그리고 시스템은 사용자가 시뮬레이션 결과와 기존 일정계획을 비교하여 계획 대비 시뮬레이션 결과 달성 정도를 확인할 수 있으며, 사용자가 작성한 다수의 단기일정계획의 케이스 결과를 비교할 수 있는 기능을 제공하며,

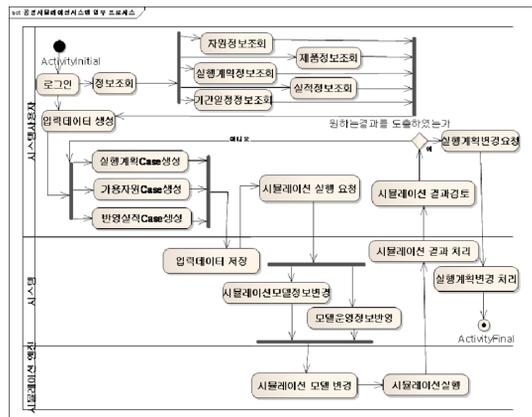


Fig. 3 Work Flow of Shipyards Execution Scheduling Assessment Process: Activity Diagram

복수의 시물레이션을 수행하여 실행계획 변경이 필요하거나 해당 작업장에서 보유한 자원이 아닌 공유 자원의 추가 할당이 필요한 경우 이를 요청할 수 기능을 제공한다. 해당 work flow에서 총 14개의 기능 사용자 요구사항과 3개의 비기능 요구사항을 추출하였다.

Fig. 3에서 분석된 워크 플로우를 참고하여 조선 실행계획 평가시스템 기능 유스케이스(Use Case)를 구체화하였다. 분석된 기능 유스케이스는 로그인, 기준 일정 계획 정보 조회, 실행 계획 정보 조회, 가용 자원 정보 조회, 제품 정보 조회, 공정 정보 조회, 실적 정보 조회, 시물레이션 입력 Case 생성, 실행계획 Case 생성, 실적 Case 생성, 가용 자원 케이스 생성, 시물레이션 입력 정보 반영, 시물레이션 실행, 시물레이션 결과 조회, 실행계획 변경 요청, 사용자 관리 총 16개로 구성된다. 개별 유스케이스는 시스템 설계를 효과적으로 수행하기 위해 MVC(Model, View, Controller) 패턴을 바탕으로 시스템간의 전달하는 정보(Model) 사용자 인터페이스를 의미하는 화면(View), 시스템 기능을 구현하는 관리자(Controller)로 분리하여 UML 시퀀스 다이어그램(Sequence Diagram)을 정의하였다. Fig. 4는 16개의 유스케이스 중 시물레이션

시나리오 케이스 생성 유스케이스에 대한 시퀀스 다이어그램의 일부이다. 사용자가 입력 케이스 생성화면에서 사용자가 소속된 작업장을 기준으로 생성되어 있는 자원, 실적, 실행계획 단위 입력 Case 목록을 요청하는데 해당 시퀀스 다이어그램에 정보 혹은 정보 목록 요청시 포함해야 하는 정보를 기술함으로써 시스템 설계 단계에서 데이터 베이스(DBMS : Data Base Management System), 정보 전달 객체(DTO : Data Transfer Object)를 작성하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있게 하였다.

4.2 시물레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 아키텍처 설계

시스템 설계 방법론으로는 프로그램을 컴포넌트로 분할하여 설계 및 개발을 수행하여 단위 컴포넌트별로 단위 기능을 수행할 수 있어 프로그램 재활용성을 높인 컴포넌트 기반 개발 방법론(CBD:Component Based Development)을 바탕으로 조선 실행계획 평가 지원 시스템을 설계하였다^[12]. Fig. 5는 조선 실행계획 평가 시스템의 배포 뷰(Deployment View)로 클라이언트 시스템, 웹서버 시스템, 애플리케이션 서버 시스템, 데이터베이스 서버 시스템, 콘텐츠 저장소 시스템으로 구

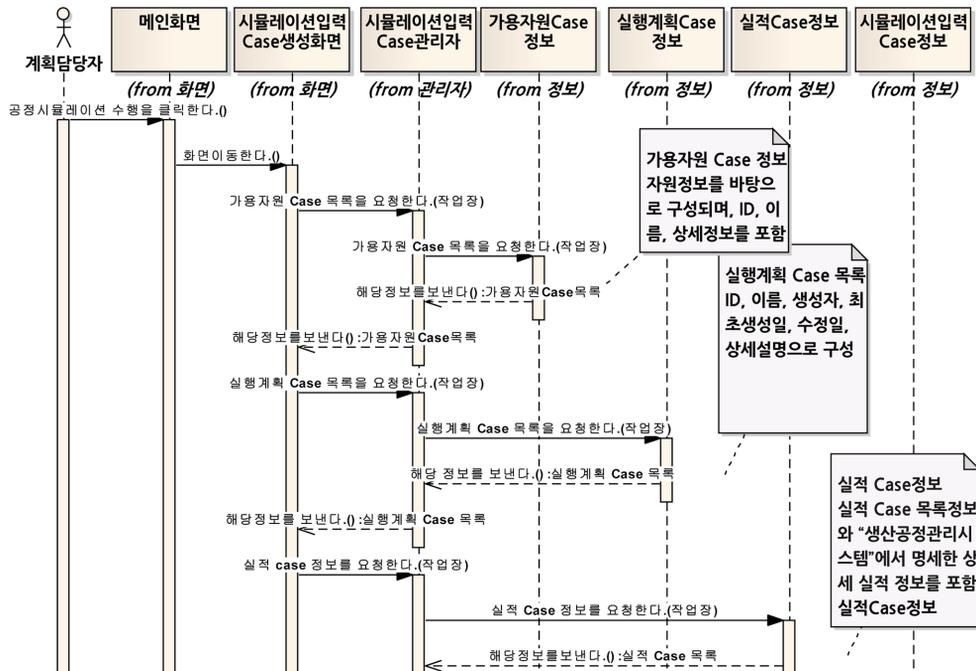


Fig. 4 Example of Simulation Scenario Management Use Case using Sequence Diagram

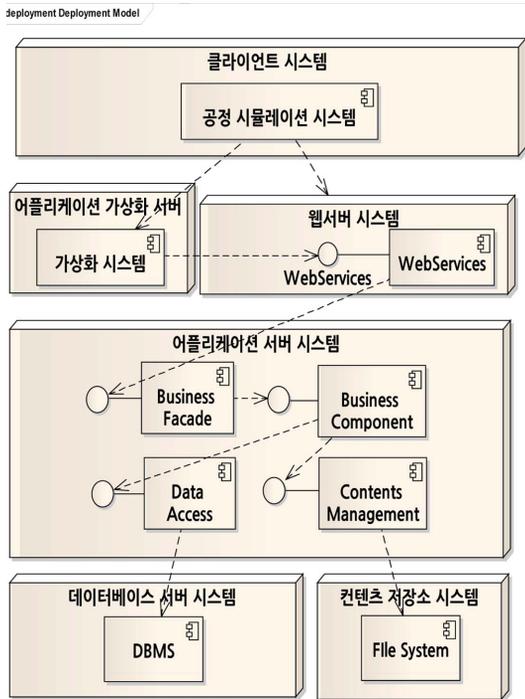


Fig. 5 Deployment View of Shipyards Execution Scheduling Assessment System

성되어 있다. 애플리케이션 클라이언트 시스템은 사용자 인터페이스와 정보 가시화 기능을 가지고 물리적으로 분리되어 있는 애플리케이션 서버를 연결하기 위해 웹서버 시스템에 구현되어 있는 웹 서비스를 이용하여 정보를 교환한다. 애플리케이션 서버 시스템은 진입점 역할을 하는 비즈니스 파사드(Business Façades), 시스템 기능을 구현하는 비즈니스 컴포넌트 (Business Components), 데이터베이스에서 정보 입출력을 수행하는 데이터 액세스 컴포넌트 (Data Access Components)로 구성된다.

MVC 중 Controller에 해당하는 애플리케이션 시스템 솔루션은 Fig. 6과 같이 총 3개의 Layer로 구성되어 있다. 개별 컴포넌트에 접근하는 진입점 역할을 하는 Business Façades Layer는 조선 생산 실행정보 입출력 기능을 수행하는 비즈니스 컴포넌트를 관리하는 Shipyards Management Data Façades와 평가할 실행계획 시뮬레이션 시나리오를 생성하고 시뮬레이션을 수행, 결과 입출력 및 분석 기능과 관련된 컴포넌트를 관리하는 Execution Scheduling Simulation Façades로 구성된다. 비즈

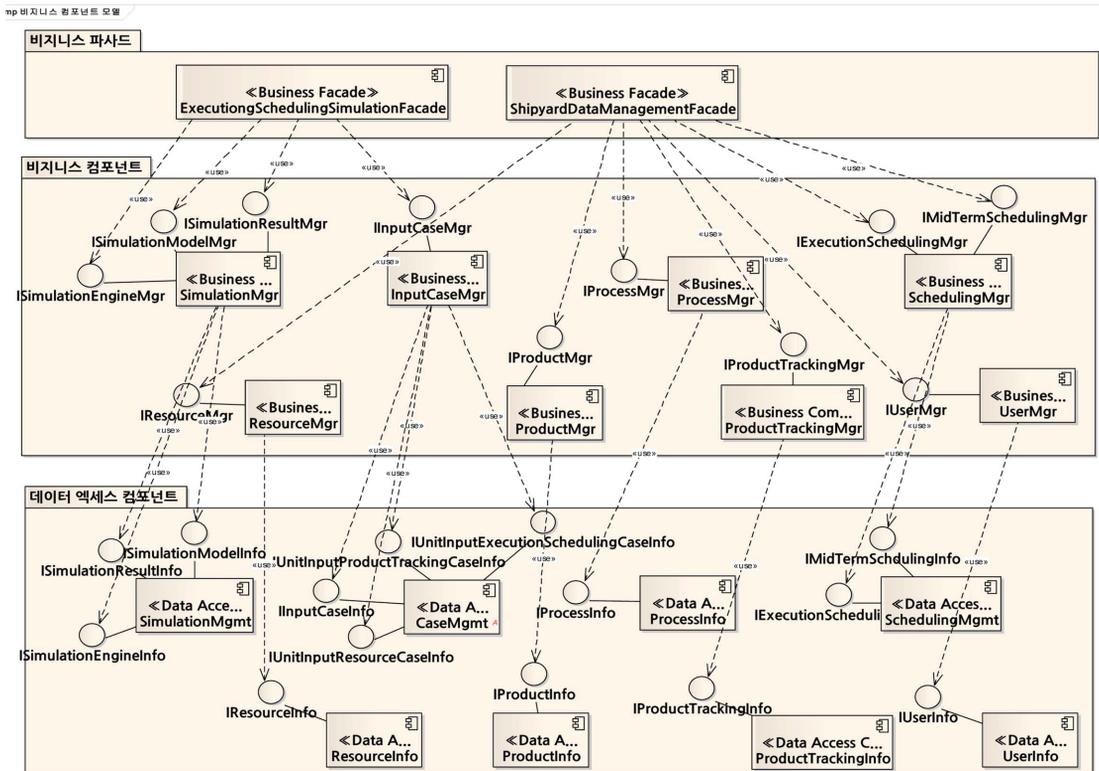


Fig. 6 Business Component Model of Shipyards Execution Scheduling Assessment System

니스 컴포넌트 레이어는 12개의 인터페이스로 구성된 8개의 비즈니스 컴포넌트를 가지며 데이터 액세스 컴포넌트 레이어는 14개의 인터페이스로 구성된 8개의 데이터 액세스 컴포넌트를 가진다.

MVC 중 정보(Model)에 해당하는 부분인 비즈니스 객체(DTO: Data Transfer Objects)는 유스케이스 분석과정에서 각 정보의 상세명세를 바탕으로 정의된다. Fig. 7은 화면과 관리자에서 사용하는 정보를 교환하는 클래스인 비즈니스 객체를 나타내며 총 3개 그룹, 20개의 정보 객체로 구성된다. 첫번째는 시뮬레이션 시나리오를 관리하는 정보로 현장관리자가 수립한 실행계획 케이스, 현장

에서 수집된 실적 케이스, 현장 상황을 반영하여 사용유무를 결정할 수 있는 자원 케이스 정보로 이루어진다.

두번째는 시뮬레이션 모델을 관리하는 정보로 시뮬레이션 모델 라이브러리 정보, 현장 작업 규칙 정보로 구성된다. 세번째는 시나리오 케이스와 시뮬레이션 모델을 바탕으로 수행된 시뮬레이션 결과와 관련된 정보로 시뮬레이션 결과정보, 시뮬레이션 결과를 확인 후 사용자 판단에 따라 실행 계획 변경을 요청하는 정보로 구성된다.

디지털 메뉴팩처링(DM: Digital Manufacturing) 기술을 이용한 일정 계획 평가에 대한 연구는 중

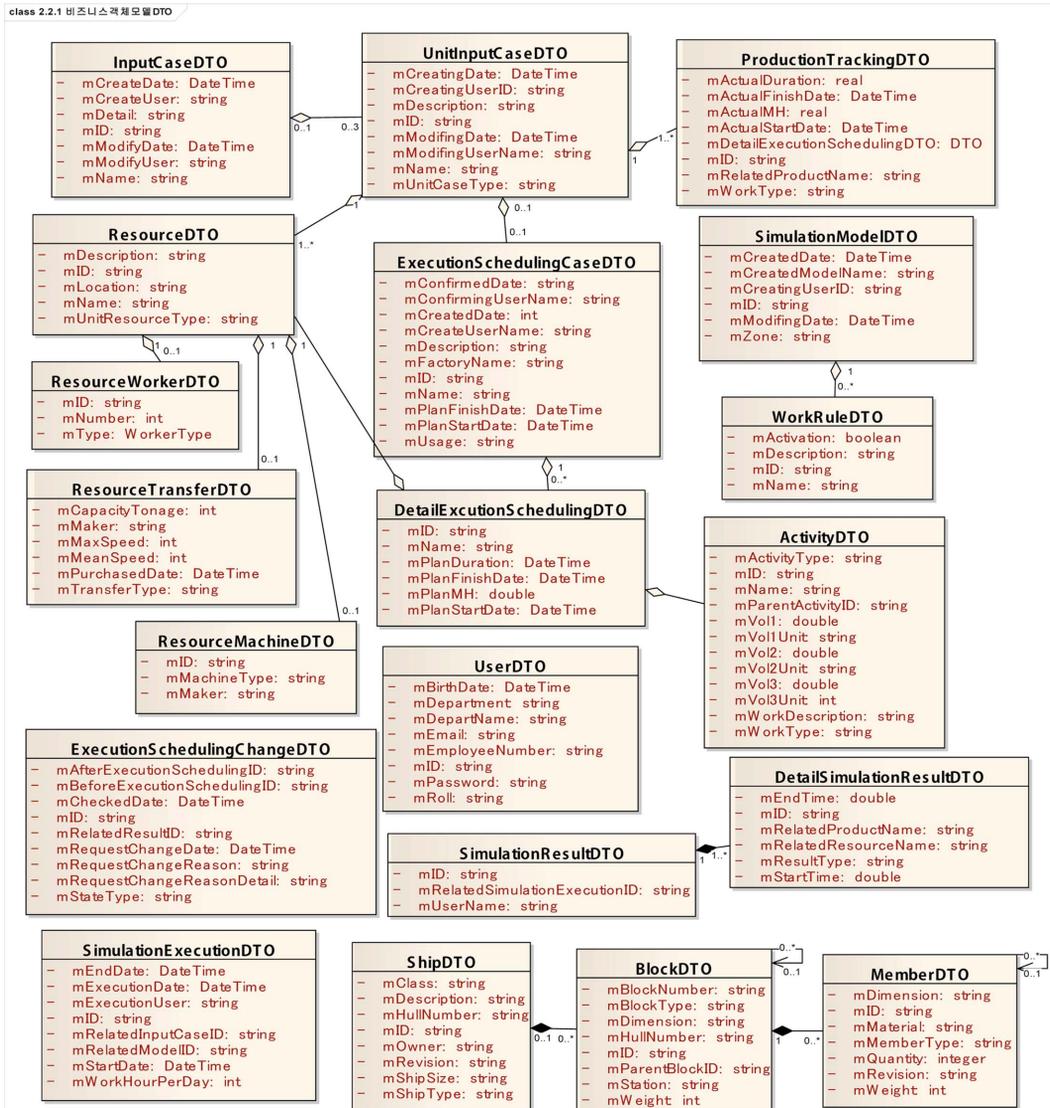


Fig. 7 Data Transfer Object of Shipyard Execution Scheduling Assessment : Class Diagram

일정 계획 레벨에서 주로 이루어졌으며, 월간이상으로 계획을 진행하는 중기 계획인 중일정 계획의 경우 단기계획에 비해 현장 실적이 시뮬레이션 결과에 주는 영향이 상대적으로 작기 때문에 작업 중인 제품에 대한 실적 정보를 반영하지 않았다^[13]. 본 연구에서는 단기계획 평가 향상을 목적으로 하기 때문에 실적정보를 시뮬레이션 시나리오에 추가하였다. 시나리오 정보(InputCaseDTO) 구성을 자세히 살펴 보면 실적 정보(Product Tracking DTO)는 작업 중인 제품 정보, 작업장 정보, 현재 진도를 정보를 포함하며, 시뮬레이션 모델이 현장 상황을 반영할 수 있도록 정보를 제공한다. 실행 계획 정보(Execution Scheduling Case DTO)의 경우 공장 관리자가 관리하는 수준의 상위 작업 계획과 현장 작업자가 관리하는 수준의 하위 작업 계획

(Detail Execution Scheduling Case DTO)으로 구성된다. 상위 작업 계획의 경우 해당 공장에 할당된 제품에 대한 중일정을 실행 가능한 일정으로 수정해서 작업을 지시한다. 하위 작업계획의 경우 상위 작업을 수행하기 위해 액티비티(ActivityDTO)에서 관리하는 단위 작업일정을 수립하고, 작업을 수행하기 위해 사용하는 자원(ResourceDTO)에 대한 할당을 수행한다. 자원 정보(ResourceDTO)의 경우 현장에서 일정 혹은 관리 상태의 문제로 사용하지 않은 자원이 있는 경우 시뮬레이션에서 활용 유무를 결정할 수 있도록 자원 별로 사용 유무를 결정해서 시나리오를 작성한다.

MVC 중 화면(View)에 해당하는 조선 실행계획 지원 시스템 사용자 인터페이스는 요구사항, 유스 케이스 분석 과정에서 분석된 정보를 바탕으로 설

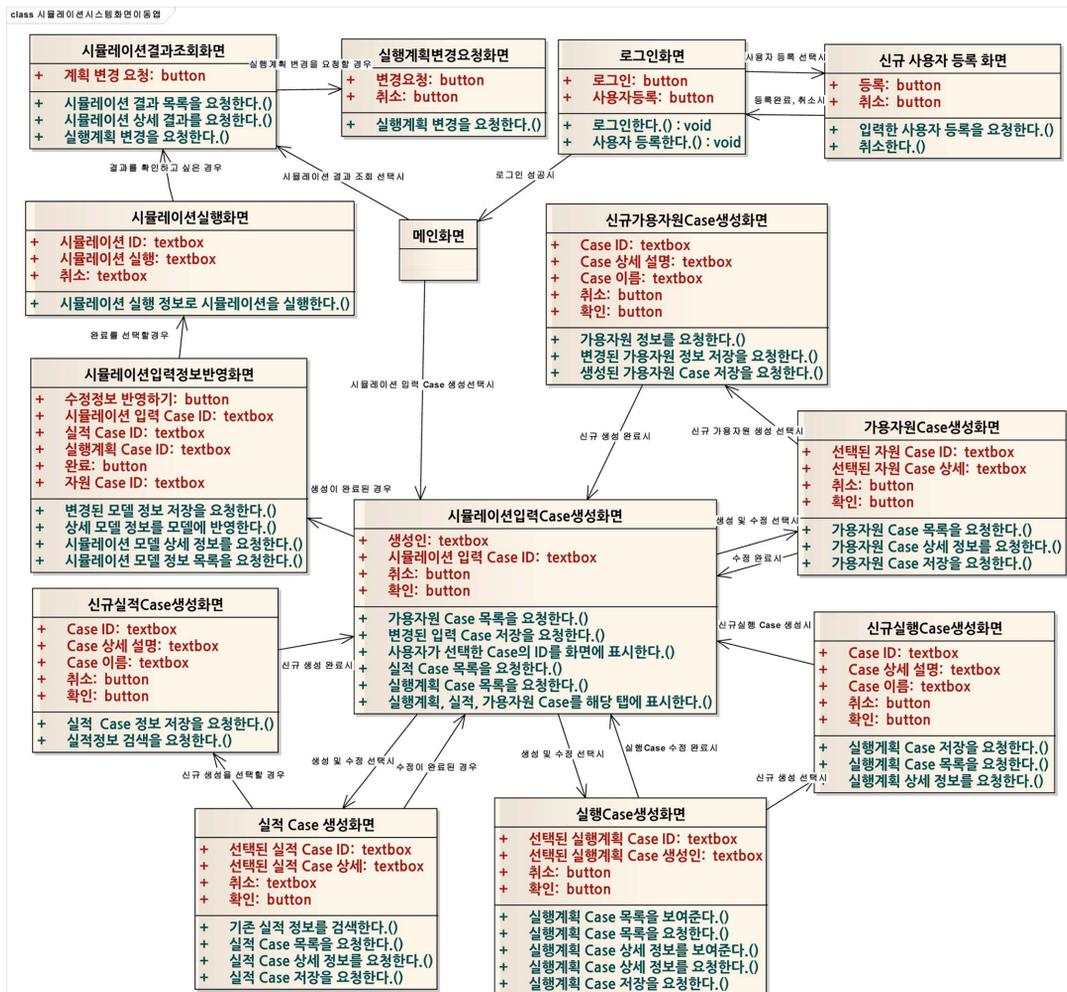


Fig. 8 User Interface Moving Map of Shipyard Execution Scheduling Assessment System: Class Diagram

계되며, 총 16개의 주요 화면으로 구성된다. Fig. 8은 조선 실행계획 평가 시스템을 구성하는 주요 화면 사이의 이동을 정의하는 화면 이동맵으로, UML Class Diagram을 사용하여 설계하였다. 개별 화면 사이에 이동 요청이 있을 경우 전체 화면 중 어떤 화면으로 이동하는지를 쉽게 알 수 있어 전체 화면 흐름을 한눈에 알 수 있다는 장점이 있다. 화면 이동맵을 구성하는 클래스 다이어그램 엔티티는 화면을 구성하는 버튼 리스트와 해당 화면에서 수행해야 하는 함수 리스트 정보를 포함한다.

주요 화면으로는 조선소 내부적으로 관리되고 있거나 존재하는 정보인 제품, 공정, 일정, 자원으로 구성되는 조선소 실행정보 조회 화면, 조선소 실행정보를 바탕으로 시물레이션을 수행하기 위한 시나리오 Case를 생성하거나 기존 작성해둔 시나리오 라이브러리 관리할 수 있는 화면, 시물레이션 모델 정보나 모델에서 설정할 수 있는 작업 규칙을 관리하고, 시물레이션 모델 라이브러리를 관리하는 화면, 입력한 시나리오와 모델정보를 바탕으로 시물레이션 결과를 분석해서 사용자가 확인할 수 있는 화면, 시물레이션 결과를 바탕으로 사용자가 계획의 수립 가능성을 판단한 후 수정이 필요할 경우 계획변경 권한이 있는 공장 관리자에게 요청하는 화면이 있다.

4.3 시물레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 프로토타입 구현

본 연구에서 구현된 조선 실행계획 평가 시스템 프로토타입 개발환경은 클라이언트 및 애플리케이션 서버의 경우 MS Visual Studio 2010, 웹서버 시스템의 경우 MS Windows Server 2003 OS의 IIS 6.0, 데이터 베이스는 MS의 SQL Server 2008에서 이루어졌다.

구현된 조선 실행계획 평가 시스템 프로토타입 중 웹서비스와 애플리케이션 솔루션을 먼저 살펴보면 Fig. 6의 비즈니스 컴포넌트 설계에서 정의한 인터페이스 기능을 수행할 수 있는 컴포넌트를 구현하였고, 구현된 컴포넌트는 웹서비스 서버를 통해서 애플리케이션 클라이언트에 서비스를 제공한다. Fig. 9는 개발된 웹서비스 인터페이스 목록을 보여주고 있으며 해당 웹서비스 프로토콜로는 클래스와 함수 형식을 구조적으로 정의하는 SOAP(Simple Object Access Protocol)와 기본 HTTP 명령을 이용하여 함수를 정의하는 RESTful



Fig. 9 Web service of Shipyards Execution Scheduling Assessment System

(Representation State Transfer) 방식 중 향후 시스템 개발에서 일부 기능을 추출해서 모바일 디바이스에서 사용할 수 있도록 개발을 진행할 예정이라 좀더 유연한 프로토콜인 RESTful을 바탕으로 구현하였고, 전송 데이터 방식은 안드로이드, C#과 같은 개발언어에 독립적인 XML(eXtensible Markup Language) 형식으로 구현하였다.

클라이언트 시스템의 경우 Fig. 8에서 설계한 화면정의를 바탕으로 사용자 인터페이스를 구현하였다. 메뉴는 크게 다섯 가지의 항목이 있는데, 세션, 조회, 시물레이션, 창, 그리고 도움말로 구성되어 있다. 세션 메뉴는 로그인/아웃 등의 세션정보를 관리하고, 조회에서는 각종 자료들을 조회할 수 있는 메뉴가 들어 있으며, 시물레이션 항목은 시물레이션에 필요한 정보를 입력하거나 실행하고 결과를 볼 수 있는 메뉴들로 구성되고, 창과 도움말 항목들은 일반적인 Windows 응용프로그램의 그것들과 동일한 기능을 제공한다. 각 세부항목에서 수행되는 작업들의 데이터는 별도의 데이터베이스에서 관리되며 웹서비스를 통해 호출되고 저장된다. 본 실행계획 평가 시스템은 다른 여러 시스템들과 연동되어 사용되는데, 예를 들어 장비의 사용가능여부 등의 정보는 다른 시스템에서 입력되어 실시간으로 업데이트되며 실행계획 작성시 그러한 정보를 반영하여 시물레이션을 수행하도록 구현되었다.

구현된 클라이언트 시스템은 최근 모바일 디바이스에 대한 관심이 커짐에 따라 데스크탑 환경에서 개발된 프로그램을 모바일환경에서 테스트할 수 있게 응용프로그램을 가상화하여 구동하는 방식을 사용하여 사용자의 컴퓨팅 환경에 구애 받지 않고 이용할 수 있도록 지원해주는 애플리케이션

가상화 시스템인 Citrix을 사용해서 테스트하였다. 따라서, 인터넷 접속이 가능한 데스크탑 및 노트북 컴퓨터는 물론이고 각종 태블릿 PC와 스마트폰 등의 모바일 기기에서도 접근이 가능하다.

5. 시뮬레이션 기반 조선 실행계획 평가 시스템 프로토타입 적용

본 연구에서는 조선 실행계획 평가 시스템의 적용 대상으로 조선소의 대표적인 공정의 하나인 패널라인을 선정하였다. 패널라인은 선박에서 많은 부분을 차지하는 평블록들을 생산하기 위해 반드시 거치는 공정으로 많은 물량이 처리되기 때문에 중요한 공정이다. 패널라인은 선박의 평블록을 만들기 위한 공정으로 주판을 제작하기 위해 판계,

전면용접, 턴오버, 후면용접, 탭피스 제거 공정을 통해 주판을 생산한다. 그 후 마킹 작업을 수행하고, 해당 보강재를 조립한다.

시뮬레이션 시나리오 케이스를 생성하기 위해 사용자는 자원, 계획, 실적으로 구성된 단위 케이스를 Fig. 10(A)와 같이 선택한다. 만약 사용자가 시나리오 케이스를 구성하는 단위 케이스 정보를 확인하고 싶은 경우 정보를 조회하게 되면 Fig. 10(B)와 같이 단위 케이스 상세 정보 확인이 가능하다. 시뮬레이션 모델의 경우 정의된 프로세스를 바탕으로 Dassault Systems사의 디지털 매뉴팩처링 엔진인 QUEST를 사용해서 구현된 시뮬레이션 모델을 사용하였다^[4]. 사용자는 시스템을 통해 실적, 공정, 자원 케이스로 구성된 시뮬레이션 시나리오 케이스를 생성한 후 시뮬레이션 모델을 결정한다. 시뮬레이션 실행 시간을 설정하여 시뮬레이션 엔진에 시뮬레이션을 요청한다. 요청한 정보는 개발된 웹서비스를 통해 솔루션 서버가 실행되며, 시뮬레이션 미들웨어를 통해 시뮬레이션이 실행되고, 시뮬레이션 결과가 데이터베이스에 저장된다. 개발된 프로토타입 시스템에서는 저장된 시뮬레이션 결과를 제품, 설비 기준으로 확인할 수 있으며, 시뮬레이션 실행 결과 중 Fig. 10(C)는 보강재 용접에 사용하는 Machine의 시간별 가동률을 나타낸 것이다.

해당 시스템을 통해 생산 관리자가 얻을 수 있는 효과로는 디지털 메뉴팩처링(DM: Digital Manufacturing) 기술을 적용하여 사전 구축한 가상 공장에 관리자가 수립한 계획을 가상으로 수행해 봄으로써 실행 가능성을 확인할 수 있다. 생산 관리자는 가상 생산 결과를 검토하여 실행계획, 실적, 자원 케이스를 조합하여 시스템을 통해서 다양한 케이스 시뮬레이션을 수행해 볼 수 있으며 실제 생산에 들어가기 전에 가상 생산 결과를 확인할 수 있다. 그리고 관리자는 해당 결과를 바탕으로 기존 경험과 과거 해당 라인의 처리 물량 정보에 의존해서 실행계획을 결정할 것과 달리 시뮬레이션을 통한 객관적인 평가를 바탕으로 의사결정을 내릴 수 있을 것으로 보인다.

6. 결론 및 향후 연구 방안

본 연구에서는 체계적인 방법론이나 시스템을 통해 평가를 수행하는 조선 생산 대일정, 중일정

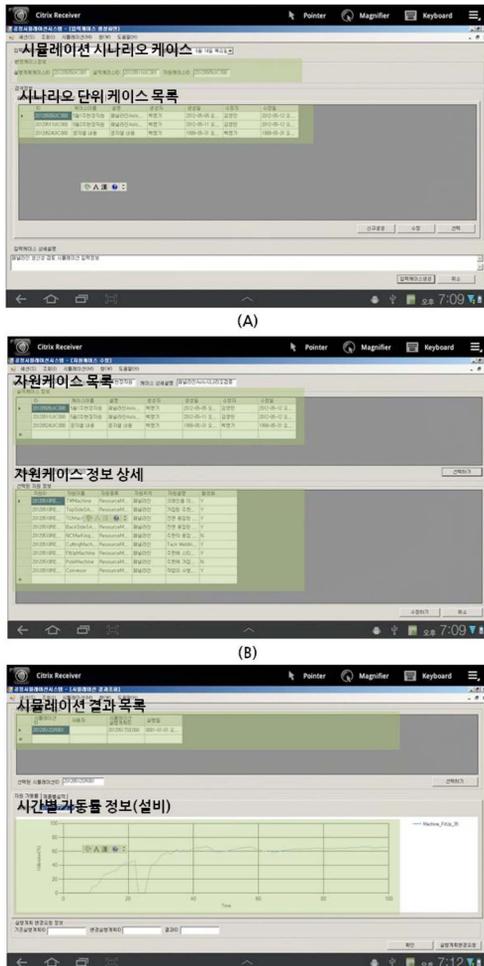


Fig. 10 User Interface of Shipyard Execution Scheduling Assessment System

과 달리 관리자의 경험을 바탕으로 계획을 수립하는 실행계획 수립을 지원하기 위해 조선 실행정보를 바탕으로 DM(Digital Manufacturing)을 이용한 시나리오 기반 시뮬레이션 시스템을 제안하였다. 시스템 설계는 CBD 절차를 바탕으로 요구사항 분석, 유스케이스 분석, 사용자 인터페이스 설계, 비즈니스 컴포넌트 설계, 정보 모델 설계를 수행하였고, 주요 기능이 구현된 프로토타입을 개발하였다. 개발된 시스템 프로토타입 기능 검증을 위해 공정관련 정보 분석 및 획득이 용이하고 Job Shop 공정 형태를 가지는 다른 조선소 공정에 비해 정보의 신뢰성이 높은 패넬라인에 대해 시스템을 적용해 보았다. 현장 관리자가 의사결정을 하기 전에 수립한 실행계획을 시스템을 통해 가상 공장에서 생산 가능성을 확인할 수 있다. 이를 통해 과거 실행계획 수립에 큰 영향을 미쳤던 몇몇 경험있는 관리자의 의존성을 낮출 수 있을 것으로 보인다. 또 주관적 요소가 많았던 실행계획 수립 프로세스를 객관적인 의사결정이 가능할 수 있도록 지원할 수 있을 것으로 보인다.

시뮬레이션을 수행할 시나리오 정보는 다른 공정에서도 사용할 수 있는 계획, 자원, 실적으로 구성되어 있기 때문에 커스토마이징을 통해 타 공정에 적용할 수 있을 것으로 보인다. 향후 시스템을 실제 조선 생산현장에 적용해 다양한 공정에 적용할 예정이다. 적용 결과 정보를 바탕으로 공장 관리자의 의사결정을 지원할 수 있을 것으로 보이며, 실행계획 평가 지원 시스템 기능 중 현장 관리자 추가 인터뷰를 바탕으로 모바일 환경으로 개발이 요구되는 항목을 추출하여 모바일 클라이언트 시스템을 개발하여 사용자 접근성을 향상시킬 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 글로벌전문기술개발사업 Smart Work 기반 조선생산실행시스템 개발과제(10039739), 산업원천기술개발사업 시뮬레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발과제(10035331)의 지원을 받아 수행하였습니다.

References

1. Bae, Y.I., Lee, C.H. and Park, C.S., 2009, Com-

- petitiveness of the Shipbuilding Industry Diagnosis of Korea, *CEO Information*, 690.
2. Lee, J.M., Cho, S.W., Choi, Y.R. and Shin, J.G., 2006, A Development of Planning Evaluation Framework for Large Scale Shipyard, *Proceedings of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Fall, (<http://www.kiie.org>).
 3. Cho, K.K., Oh, S.C. and Yang, T.Y., 1985, Operations Scheduling for Multi-item, Small-sized Production, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 11(2), Dec., pp.57-73.
 4. Lee, S.W. and Kim, H.J., 1995, Erection Process Planning & Scheduling using Genetic Algorithm, *Transactions of the Society of Naval Architecture of Korea*, 32(1), pp.9-16.
 5. Koh, S.G., 1996, A Production Schedule with Genetic Algorithm in Block Assembly Shop, *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, 13(1), pp.1-12.
 6. Yoon, D.Y. and Kim, K.C., 1993, Concept Establishment for Developing Process Planning/Scheduling Support System, *Transactions of the Society of Naval Architecture of Korea*, 30(4), pp.37-40.
 7. Kim, H.S., Lee, D.H., Bang, K.W., Cheon, H.K. and Kwak, I.S., 2010, Establishing Execution Schedule System in Shipbuilding Industry, *Proceedings of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Fall, (<http://www.kiie.org>).
 8. Panetto, H., Baina, S. and Morel, G., 2007. Mapping the IEC 62264 Models onto the Zachman Framework for Analysing Products Information Traceability: a Case Study, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 18(6), pp.679-698.
 9. Koronios, A., Nastasie, D., Chanana, V. and Haider, A., 2007. Integration Through Standards - An Overview of International Standards for Engineering Asset Management. 2nd World Congress on Engineering Asset Management and the Fourth International Conference on Condition Monitoring, Harrogate, United Kingdom, pp.11-14.
 10. Karnouskos, S., Baecker, O., De Souza, L.M.S. and Spiess, P., 2007. Integration of SOA-Ready Networked Embedded Devices in Enterprise Systems via a Cross-Layered Web Service Infrastructure, 12th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Cagliari, Italy, pp.293-300.
 11. Kong, M.D., 2011. A Study on the Efficient MES Using Automation in Automotive Module Assembly Line, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 12(10), pp.4618-4625.
 12. Cheon, B.S., 2004, *NET Enterprise System Object-Oriented CBD Development Methodology*, YoungJin.com, Seoul, Korea, ISBN:9788931428780.

13. Woo, J.H., Lee, K.K., Jung, H.R., Kwon, Y.D. and Shin, J.G., 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.

14. Lee, K., Shin, J.G. and Ryu, C., 2009, Development of Simulation Based Production Execution System in a Shipyard: A Case Study for a Panel Block Assembly Shop, *Production Planning & Control*, 20(8), pp.750-768.



백 명 기

2009년 서울대학교 조선해양공학
학사
2009년~현재 서울대학교 조선해양
공학 석박사통합과정
관심분야: Product Lifecycle Man-
agement, Digital Manufacturing,
Systems



김 영 민

1997년 2월 서울대학교 조선해양
공학 학사
1999년 2월 서울대학교 조선해양
공학 석사
2011년 9월~현재 서울대학교 조선
해양공학 박사과정
관심분야: Production Engineering,
Product Lifecycle Management,
Digital Manufacturing, Systems,
Systems Engineering



황 인 혁

2006년 서울대학교 조선해양공학
학사
2006년~현재 서울대학교 조선해양
공학 석박사통합과정
관심분야: Product Lifecycle Man-
agement, Digital Manufacturing,
Systems, Systems Engineering



이 광 국

2001년 2월 부산대학교 조선해양공
학과 학사
2008년 2월 서울대학교 조선해양공
학과 석사, 박사
2011년 2월 STX조선해양 생산기획
본부 과장
현재: 경남대학교 조선해양IT공학
과 조교수
관심분야: Product Lifecycle Man-
agement, Digital Manufacturing,
Production Planning & Control,
Shipbuilding IT Convergence



류 철 호

1996년 서울대학교 공과대학 조선
해양공학과 학사
1998년 서울대학교 대학원 조선해
양공학과 석사
2002년 서울대학교 대학원 조선해
양공학과 박사
2002년~2005년 서울대학교 공학연
구소 연구원
2005년~2006년 U.S. Naval Post-
graduate School 박사후 연구원
2007년~2009년 인하대학교 대학원
선박공학과 BK21사업팀 연구교수
2009년~2012년 인하공업전문대학
조선해양과 조교수
2012년~현재 인하공업전문대학 조
선해양과 부교수
관심분야: CAD/CAM, CAGD, 선
박 설계 및 생산, Shipbuilding
Modeling & Simulation



신 종 계

1977년 서울대학교 조선해양공학학사
1979년 서울대학교 조선해양공학석사
1988년 Massachusetts Institute of
Technology Ocean Engineering
Ph.D.
1997년~현재 서울대학교 조선해양
공학과 교수
관심분야: Digital Manufacturing,
Discrete Event Simulation, 생산
관리, 스케줄링