

# 모바일 기기를 활용한 조선 생산 실행계획 지원 시스템 개발 : 판넬라인 개발 사례를 중심으로

황인혁<sup>1</sup>·송정규<sup>1</sup>·백명기<sup>1</sup>·류철호<sup>3</sup>·이광국<sup>4,†</sup>·신종계<sup>1,2</sup>

서울대학교 조선해양공학과<sup>1</sup>

서울대학교 해양시스템공학연구소<sup>2</sup>

인하공업전문대학 조선해양과<sup>3</sup>

경남대학교 조선해양IT공학과<sup>4</sup>

## Development of Shipbuilding Execution Scheduling Support System using Mobile Device : A Case Study for a Panel Block Assembly Shop

Inhyuck Hwang<sup>1</sup>·Jungkyu Song<sup>1</sup>·Myunggi Back<sup>1</sup>·Cheolho Ryu<sup>3</sup>·Kwangkook Lee<sup>4,†</sup>·Jong Gye Shin<sup>1,2</sup>

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University<sup>1</sup>

Research Institute of Marine Systems Engineering, Seoul National University<sup>2</sup>

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha Technical College<sup>3</sup>

Dept. of Naval Architecture and Ocean IT Engineering, Kyungnam University<sup>4</sup>

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.

Owing to the development of mobile communication technology during the last a few years, the number of users of mobile devices such as the smartphone and the tablet PC has increased rapidly. As a result, the range of applications of the mobile devices has also been greatly expanded from an application for the convenience of daily life to an application for assisting the operations of industrial fields. Especially, portability of mobile devices can provide great help in collecting and using information on the production site. In shipbuilding production processes, it is difficult to collect changes of circumstance in the field and reflect the changes to schedule due to the low production automation rate and frequent changes in schedule. In this study, we propose a system to solve the problems of shipbuilding production processes such as the ones described above by using mobile devices. First of all, we organize the production information and production processes of the panel line through the analysis of shipyard panel line operations. Next, we have developed a system that can support the production execution plan of the panel line and monitor the production processes in the field. The system was developed utilizing application virtualization to allow access to the system from various platforms of mobile devices and PC's. The system was implemented using ooCBD methodology considering the future expansion of the system and ease of maintenance.

**Keywords** : Shipbuilding execution schedule(조선 생산 실행계획), Manufacturing execution system(MES, 제조실행시스템), Application virtualization(애플리케이션 가상화), Smart work(스마트 워크)

## 1. 서론

최근 몇 년 사이 스마트폰과 태블릿 PC 시장의 성장과 무선 인터넷 기술의 대중화로 스마트 기기의 활용도가 대폭 상승하였다. 간단한 메일 확인부터 검색, 소셜 네트워크 서비스, 심지어 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용한 기능까지 가능해졌다. 스마트폰이 대중화되기 이전에도 PDA와 같은 모바일 기기를 업무에 사용한 경우가 있지만, 모바일 기기만을 위한 새로운 기능을 개발해야 하고 무선 인터넷 환경의 성숙도가 떨어져 그 활용도에 한계가 존

재하였다. 하지만 최근 모바일 기술의 발전은 일상생활뿐만 아니라 업무 환경까지 큰 변화를 가져왔다.

1990년대 후반에서 2000년대 초까지 인터넷 기술의 발전은 재택근무를 가능하게 하였다. 무선 인터넷과 모바일 기술의 발전은 재택근무를 한 단계 더 발전시켜 스마트워크를 탄생 시켰다. 스마트 워크는 시간과 장소에 얽매이지 않고 언제 어디에서나 근무함으로써 업무의 효율성을 높이는 근무 형태를 뜻한다. 스마트 워크는 근무 장소에 따라 이동/현장근무, 재택근무, 원격사무실 근무, 직장근무로 구분한다. 현재 많은 기업들이 스마트 워크의 초기 형태로 모바일 기기를 통해 사내 포탈에 접근하여 업무를

처리하는 모바일 오피스(원격사무실)를 구축하고 있다. 일부 조선소의 경우도 사내포탈의 모바일 페이지를 만들어 모바일 기기를 이용한 사내포탈의 접속 및 활용도를 높이고 있다.

조선소는 선박을 생산하는 생산 현장과 일정계획이나 생산관리 등의 업무를 하는 곳이 지리적으로 멀리 떨어져 있다. 그리고 후판의 절단, 용접, 열간 가공 등의 업무로 생산 환경이 타 기계 산업에 비해 열악한 편이다. 이러한 환경에서 작업자가 작업 중 PC를 활용하여 업무를 확인하거나 일정을 수정하기는 쉽지 않다. 모바일 기술의 발전은 이를 가능하게 한다. 작업장에 컴퓨터 등을 설치하고 유선인터넷을 설치하는 것은 매우 번거롭고 비용이 많이 드는 작업이다. 하지만 모바일 기기를 이용한다면 간단히 휴대할 수 있는 태블릿 PC와 무선 인터넷만 연결되어 있으면 된다. 작업자는 어디에서든 모바일 기기를 활용하여 일정계획 정보를 확인하고, 현재의 생산 상황의 변화에 따라 내용을 수정할 수 있다.

조선 생산 계획은 호선별 키이벤트 일자를 결정하는 선포 계획에서부터 하루하루의 일정을 결정하는 실행계획까지 세분화되어 있다. 특히 실행계획은 실제 현장 작업과 가장 밀접한 계획으로 매일 현장 상황에 따라 일정에 변화가 발생할 가능성이 크다. 하지만 조선소의 일정계획 시스템은 현장의 작업자보다는 사무실에서 일정계획을 세우는 생산계획이나 생산관리 담당자의 관점에서 구축되어 있다. 따라서 현장의 상황 변화에 빠르게 대처하기 어려운 문제가 있다. 일정계획 시스템과 생산현장을 연결할 수 있는 지원 시스템이 있다면 좀 더 효율적인 생산 관리가 가능할 것이다. 제조실행시스템(Manufacturing Execution System)이 이와 같은 역할을 수행할 수 있다. 제조실행시스템은 계획된 업무를 생산현장에 지시하고, 생산현장에서 수집된 정보를 관련 시스템에 전달하는 시스템이라고 할 수 있다. 따라서 주로 업무의 지시와 정보의 수집이 용이한 기계/자동차 분야의 자동화된 공정에 많이 적용되고 있고 조선 산업에서의 활용 사례는 많지 않다.

조선 산업에서도 생산현장의 좀 더 효율적이고 정확한 관리를 위해 제조실행시스템의 적용이 필요하다. 하지만 조선 생산 공정은 자동 제어 시스템에 의한 자동화 보다 사람이 상황을 판단하여 기계를 움직이는 기계화 또는 반자동화된 업무가 보편적이다. 또한 수작업으로 이루어진 공정도 상당수 존재하여 자동화된 형태의 제조실행시스템의 적용에 어려움이 있다. 그래서 기계/자동차 산업의 제조실행시스템의 형태를 그대로 적용하기보다 조선소의 생산 환경에 맞는 제조실행시스템의 적용이 필요하다.

본 연구에서는 조선 생산 공정 중 가장 자동화가 많이 이루어진 판넬 라인의 생산 실행 계획을 지원하는 시스템을 구현하였다. 애플리케이션 가상화 기술을 적용하여 하나의 애플리케이션으로 실행 계획 관리자가 사무실에서 PC를 이용 계획의 수립 및 정보관리를 하고 현장 작업자가 모바일 기기를 활용하여 현장의 작업 진행 현황 모니터링 정보를 입력할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

## 2. 관련 연구 동향

### 2.1 제조실행시스템(MES) 관련 연구

제조실행시스템은 제품을 생산하는 과정을 모니터링하고 관리하는 시스템으로 자동차나 기계의 자동화된 생산 라인에서 활발하게 사용되고 있다. Manufacturing Enterprise Solution Association(MESA)에서는 제조실행시스템을 주문부터 최종재화에 이르기까지 생산 활동을 최적화할 수 있는 정보를 전달하는 시스템이라고 정의하고 정확한 현장정보를 활용하여 제조현장에서 발생하는 다양한 이벤트에 대하여 지시하고 통제하는 기능을 수행한다(MESA, 2007).

제조실행시스템 관련 연구는 크게 정보 수집 시스템과 수집된 정보를 활용해서 생산성 향상을 목적으로 하는 연구로 나눌 수 있다. 정보 수집 시스템 관련 연구로는 MES 인터페이스 표준화 및 서비스를 위해 Panetto, et al. (2007), Koronios, et al. (2007)은 ISA(International Society of Automation)에서 제정한 ISA-95 모델을 기반으로 B2MML(Business to Manufacturing Markup Language)를 기반으로 구성 시스템 간의 인터페이스 표준화 및 SOA 기반 서비스 구축에 대한 표준 연구를 수행하였다. 그리고 Mendes, et al. (2007), Karnouskos, et al. (2007)은 SOA(Service Oriented Architecture)을 기반으로 생산 장비의 모니터링 및 제어 시스템 개발을 수행하였다. Yoo, et al. (2009)는 먼저 수주 기반 생산 현장에서 시스템의 공정관리, 품질관리, 설비관리, 외주관리 등을 지원하는 MES 솔루션과 생산현장 정보를 각종 장비를 통해 실시간으로 집계/분석하는 솔루션을 개발하였다. Kong (2011)은 정보 수집 방안으로 MES 서버와 POP(Point of Production) 단말기간의 통신 방식을 근접센서에서 RFID으로 인터페이스 변경하여 효과적인 실적 수집이 가능한 시스템을 개발하였다. Park and Yoshida (2005)는 다품종 혼류 제품을 생산하는 중소제조업체에 MES를 도입하기 위해 하부구조 구축 및 도입방안을 제안한 연구도 수행되었다.

제조실행시스템을 통해 수집된 정보를 활용하여 생산성 향상을 도모하는 응용 연구로는 Kim, et al. (2002)는 자동차 부품 제조업체의 생산계획을 효율적으로 관리하기 위해 MES 시스템 구축을 목표로 MES의 구조와 기능 등을 개발하였다. Lee, et al. (2011)은 MES의 효율성을 높이기 위해 일정계획 할당규칙(Dispatching rule)에 대한 선정을 온톨로지를 이용해 결정하고, 일정계획 시뮬레이션을 통해 결과를 확인해 볼 수 있는 시스템을 개발하였다. Lee, et al. (2004)는 조선 산업에서는 LNG 탱크 제작 공장에 제조실행시스템을 적용하였는데 제조실행시스템을 공정관리와 장비관리의 두 가지 모듈로 구성하여, 공정관리 모듈은 일정계획, 작업지시 등의 관리 기능을 하고 장비관리 모듈은 공장 및 장비 모니터링을 수행하도록 하였다.

제조 시스템과 모바일 기기 관련 연구로 Chang, et al. (2006)은 MES 개념을 도입하여 무선 네트워크 및 PDA를 이용한 조선소 판넬 공장의 일정 수립 및 실시간 생산 정보공유가 가능한 시

시스템을 구현하였다. 하지만 제안한 시스템은 개념연구에 가까운 프로토타입이어서 현업 일정계획 시스템과 연동하여 데이터를 공유받기에는 어려움이 있었고, 시나리오에 대한 케이스 생성 기능이 없어 생산계획 시뮬레이션 결과를 표현하기에는 한계가 있었다. Lee, et al. (2011)은 스마트 모바일 어플리케이션을 건설 자재 관리에 적용하여 자재 정보의 자동 입력, 자재 정보의 실시간 처리 및 확인, 조달 자재 위치확인을 가능하게 하여 건설 현장과 오피스 간의 이원화 문제를 해결하고자 하였다. Cho, et al. (2012)는 모바일 오피스 체계를 서울시철도공사 업무에 적용시킴으로써 업무의 생산성 증가, 원가 절감, 지하철 안전성을 큰 폭으로 향상시키는 데 기여하였다.

관련 연구를 살펴보면 제조라인의 정보 수집을 바탕으로 시작되는 MES 특성상 실행 정보 획득이 용이한 자동화된 제조산업에 비해 MES 기술 적용이 어려운 조선 산업에서는 아직 정보 수집, 정보 활용 측면 모두 활발히 연구가 이루어지고 있지 않은 실정이다. 하지만 정보 기술이 발전함으로써 조선 산업에서도 시스템상의 정보와 작업 현장 정보 간의 괴리를 줄이려고 노력하고 있으며, 이를 위해 현장 정보를 효과적으로 획득하고 활용할 수 있는 MES의 적용을 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 조선소에서 수립하는 계획 중 공장 내 작업과 직접적으로 연관되는 실행계획 관리 측면에서 모바일 환경에서도 활용할 수 있는 MES 개념을 도입하여 조선 생산 실행계획 지원 할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행하였다.

## 2.2 조선 생산 실행계획 관련 연구

조선소의 수립되는 일정 계획 중 선표, 대일정, 중일정 계획은 생산계획 부서에서 수립되지만 실행계획의 경우 해당 작업장을 관리하는 생산부서에서 중일정을 만족 시킬 수 있게 생성한다. Kim, et al. (2010)이 수행한 연구에서는 현장에서 실행계획을 기반으로 주간 계획 및 작업 지시가 이루어지고 있지만 그 과정이 수작업으로 진행되고 있으며 표준 데이터 및 프로세스가 정립되어 있지 않아 실행계획 시스템 개발을 필요성을 제기하였다. Back, et al. (2009)는 실행계획 지원 시스템과 관련된 연구로 조선 조립공정에 대하여 실행계획 입력데이터를 PPRS(Product, Process, Resource, Scheduling) 관점으로 정보를 수집하여 수집된 정보를 바탕으로 시뮬레이션 모델을 생성 가상 환경에서 실행계획을 실행해봄으로써 조립공정 실행계획의 실행가능성을 확인해 볼 수 있는 연구를 수행하였다. 또한, Cho and Kim (1997)은 선각 가공공장에 대한 소일정계획 모듈과 일일계획 모듈을 구성하여 소일정계획 모듈에서 2주간의 물량을 배분하며 일일계획 모듈에서 1일단위의 작업계획을 수립하는 작업일정계획 시스템을 개발하였다.

이와 같이 조선 생산 실행계획 측면에서 몇몇 연구가 진행되었지만 실행계획 관리가 주로 작업 현장에서 이루어지고 생산환경 정보의 변화가 자주 일어나는데 실행현장과 공간적 괴리가 있는 데스크탑 PC 기반의 기존 시스템의 활용에는 한계가 있음을 알

수 있다. 따라서 본 연구에서는 생산현장에서 생성되고 관리되어야 하는 정보를 분석하여 데스크탑 환경, 모바일 환경에 국한되지 않는 조선 생산 실행계획 지원 시스템을 패널라인을 대상으로 개발하여 실행계획의 체계적인 관리를 가능케 하고자 한다.

## 3. 조선 실행계획 정보 및 패널라인 공정 분석

### 3.1 조선 생산 실행계획 정보 분석

조선 일정계획은 일반적으로 선표계획, 대일정계획, 중일정계획, 소일정계획, 실행계획 순으로 장기적 관점에서부터 단기적 관점으로 상세화된다. 중장기 계획은 조선소의 영업 목표나 납기 준수 등의 목적을 위해 전체 생산 일정을 관리하고 단기계획은 중장기 계획을 만족시키기 위해 작업자 할당 및 상세 일정 계획으로 이루어진다 (Lee, 2007). 그 중 실행계획은 일간 일정계획으로 중장기 계획을 제약조건으로 하여 납기를 맞추기 위해 작업장에서 이루어지는 작업에 대한 일정계획이다. 실제 생산 활동과 직접적으로 연관돼 있으며 작업자는 작업의 기초가 되는 실행계획을 매일 확인하고 작업 후 실적 정보를 반영한다.

실행계획의 핵심정보는 Fig. 1과 같이 생산 활동인 액티비티와 작업자, 자원, 계획, 물량 정보이며 실행계획을 통해 작업자가 무엇을 어떻게 생산할 지 설명할 수 있어야 한다. 액티비티와 제품 정보를 바탕으로 물량이 산출되면 일정계획을 세워 작업자 및 자원을 할당함으로써 실행계획을 수립할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 액티비티, 제품, 물량, 자원, 계획 정보를 바탕으로 실행계획을 구성하였다.

액티비티 정보는 생산 프로세스에 따라 각 프로세스마다 정의되고 정의의 수준은 시간 단위의 작업 범위로 결정한다. 예를 들어, 패널라인은 ‘Tack Welding - 전면 용접 - 턴오버 - 후면 용접 - ...’의 프로세스를 가지며 전면 용접의 프로세스는 취부, 용접 등의 액티비티를 가지게 된다. 실행계획은 이러한 액티비티에 각종 정보를 매핑하여 구성한다.

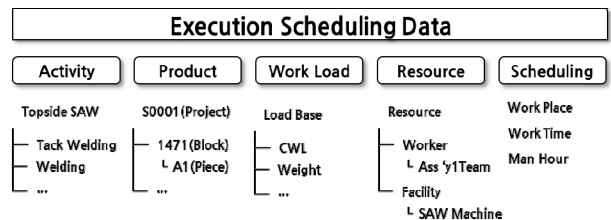


Fig. 1 Analysis of execution scheduling data in shipyard

제품 정보는 호선, 블록, 부재 3가지로 구분되고 서로 간의 상하관계를 포함한다. 호선은 수 십 개의 블록을 가지며 각 블록은 수많은 부재들로 구성된다. 각 제품은 길이, 폭, 중량 등의 기본 정보를 갖는다. 물량 정보는 액티비티와 제품 정보를 바탕으로

산출할 수 있다. 해당 제품이 해당 액티비티를 수행하는데 있어 작업량으로 물량 단위와 물량 정보를 포함한다.

예를 들어, 용접 액티비티의 경우 CWL(Compensated Welding Length)의 물량 단위를 갖는다. 자원 정보는 크게 인력 자원과 설비 자원으로 나누어 실행계획에 할당한다. 공장 내 인력 리스트와 설비 리스트를 정의하여 액티비티와 물량 정보를 바탕으로 자원이 할당될 수 있다. 계획 정보는 실행계획의 작업시간, 작업장소, 시수 등을 확인할 수 있는 정보로 물량과 자원 배정을 바탕으로 작업시간이 결정된다.

### 3.2 조선 판넬 라인 공정 분석

조선소의 판넬 라인은 소조립장의 블록 제작 공정 중 평블록인 선저나 측면의 판넬 블록을 생산하는 라인을 말한다. 판넬 라인은 평블록의 주판 생산과 보강재 부착 단계로 구성되어 조선소의 조립 공정 중 가장 자동화율이 높은 생산 라인으로 생산과 관련한 데이터의 획득 및 관리가 용이한 편이다. 그래서 조선소의 여러 생산 과정 중 생산 관리를 위한 새로운 시스템의 초기 도입 및 테스트에 가장 적합한 생산 단계라고 할 수 있다. 본 연구에서도 판넬라인의 공정 분석을 통해 판넬라인의 특징을 반영한 실행계획 지원 시스템을 구성하고자 한다.

Table 1 Description of panel line process in shipyard

Process	Description
Tack Welding	Process of making main plate out of plates and tap pieces by tack welding
Top-side SAW	Process of welding top side of the main plate by submerged arc welding
Turn over	Process of turning the main plate over to weld its back side
Back-side SAW	Process of welding the back side of the main plate by submerged arc welding
NC Marking	Process of marking the margin line and stiffener position
Cutting	Process of removing tap pieces attached at the tack welding process and checking welded pieces
Fit-up	Process of temporarily attaching stiffeners on the main plate by tack welding
Stiffener Welding	Process of welding stiffeners on the main plate
Finish	Process of checking welded pieces, grinding welding zone, and removing slag

판넬 라인의 공정은 크게 주판 생산 공정과 보강재 부착 공정으로 나뉜다. 주판 생산 공정은 Tack Welding, Top-side SAW, Turn over, Back-side SAW, NC Marking, Cutting 공정으로 구

성되고, 보강재 부착 공정은 Fit-up 공정, Stiffener Welding, Finish로 구성되어 있다. 각 공정에 대한 설명은 Table 1과 같다. 판넬 라인의 공정은 앞서 언급한 9개의 공정으로 구성되고, 조선소의 처리 물량이나 설비 등의 제약 조건에 따라 하나의 공정을 여러 개의 병렬 공정으로 나누기도 하지만 전체 공정의 흐름은 일정하다. Fig. 2는 일반적인 판넬 라인의 공정 흐름을 보여준다.

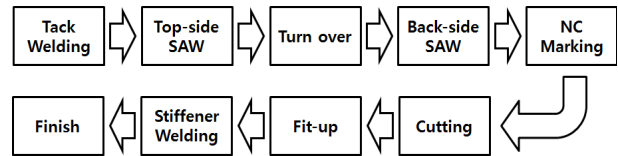


Fig. 2 Manufacturing process of panel line in shipyard

## 4. 조선 판넬라인 실행계획 지원 시스템 구축

### 4.1 조선 판넬라인 실행계획 지원 시스템 개요

조선 판넬라인 실행계획 지원 시스템을 구축함에 있어 조선소의 현장 업무 상황이나 시스템이 구축될 환경을 고려할 필요가 있다. 조선소 전사 수준에서 수립되는 중일정 이상의 상위 생산 계획의 경우 생성, 수정, 확인 작업이 대부분 사무실에서 이루어진다. 하지만 공장 수준에서 개별적으로 수립하고 관리하는 실행계획의 경우를 살펴보면 생성 작업은 사무실에서 수행되지만 작업자들이 실행계획이나 작업지시서를 참고하여 작업을 수행하고, 해당 작업의 진행수준을 확인하여 수정 및 확인 작업은 현장에서 수행된다. 현재 사용하는 실행계획 시스템은 조선소 별로 차이가 있으나 일부 대형 조선소를 제외하면 별도의 시스템 없이 공장관리자가 결정해서 작업자에게 할당하는 식으로 이루어진다. 이러한 환경 하에서는 계획 변경이나 긴급 물량 등의 예외 상황 발생했을 경우 작업자가 수정된 실행계획을 현장에서 확인할 방법이 없어서 즉각적인 정보 교환의 문제가 발생한다. 조선 판넬라인 실행계획 지원 시스템은 이러한 문제의 해결 방향을 보여준다.

판넬라인 실행계획 지원 시스템은 시스템 사용자를 크게 계획을 수립하는 계획자 그룹과 작업자 그룹으로 나누었다. 계획자 그룹의 경우 사무실에서 실행계획을 수립할 수 있어야 하고, 작업자 그룹의 경우 변경된 실행계획을 작업현장에서 확인할 수 있어야 하고, 해당 작업을 완료하지 못할 것으로 예상되는 경우 수정요청을 계획자 그룹에게 보낼 수 있어야 한다. 정리하면, 계획자 그룹은 주로 사무실에 앉아서 PC를 사용하는 환경에서 업무를 수행하고, 작업자 그룹은 현장을 돌아다니면서 활용할 수 있는 모바일 디바이스를 사용하는 환경에서 업무를 수행하게 된다. 따라서 판넬라인 실행계획 지원 시스템은 계획자 그룹과 작업자 그룹의 두 가지 환경에 대한 요구사항을 모두 만족시킬 수 있는 시스템으로 개발되어야 한다.

PC환경과 모바일 환경을 동시에 만족하는 시스템을 개발하기 위한 방법은 두 가지로 생각해 볼 수 있다. 하나는 계획자용 PC 애플리케이션과 작업자용 모바일 애플리케이션을 별도로 개발하는 것이고 다른 하나는 애플리케이션을 사용하는 장비의 플랫폼에 구애받지 않는 시스템을 구축하는 것이다. 두 번째 방법의 좋은 사례가 클라우드 서비스의 일종인 애플리케이션 가상화 기술을 이용하는 것이다. 애플리케이션 가상화 기술은 PC 환경, 모바일 환경에 관계없이 서버에 애플리케이션을 설치하고, 서버 접속 애플리케이션을 통해 원하는 애플리케이션에 접속해 사용하는 서비스로 이를 이용할 경우 사용자 환경에 따라 별도의 애플리케이션을 개발할 필요가 없고, 동일한 애플리케이션을 PC, 모바일 환경에서 사용할 수 있으며, 정보는 서버에서 암호화되어서 관리되고 사용자는 서버 접속 애플리케이션을 통해 전송된 화면을 확인하기 때문에 기업에서 애플리케이션 적용시 중요하게 고려하는 정보 보안 측면에서 강점을 가진다. 또 긴급 물량 발생시 실행계획 정보 생성 기능도 모바일 환경에서 실행가능하다는 장점이 있어서 본 연구에서는 애플리케이션 가상화를 활용하여 시스템을 구현하였다.

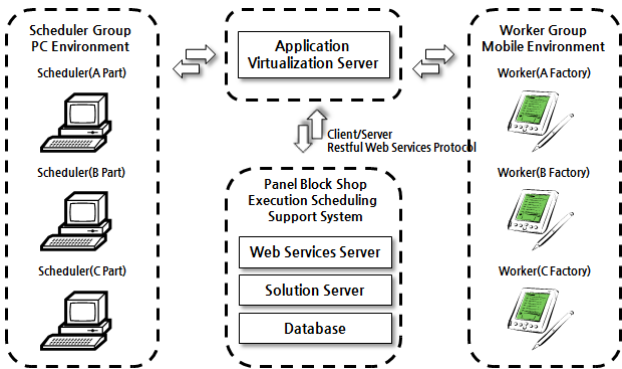


Fig. 3 Configuration of shipyard execution scheduling support system

패널라인 실행계획 지원 시스템의 목적은 사무실의 계획자와 현장의 작업자 모두가 장소에 구애받지 않고 시스템에 접속하여 정보를 확인하고 수정할 수 있도록 하는 것으로 이를 위한 시스템 구성은 Fig. 3과 같다. 시스템은 웹서비스 기반 Client/Server 시스템으로 구성되어 있으며 Server 시스템은 애플리케이션이 수행하는 기능 함수, 데이터베이스 서버에서 관련 정보를 관리하는 함수를 포함하고 있으며 Client 시스템은 Web Services 프로토콜을 이용해 Server 시스템과 통신을 하게 된다. 개발된 Client 프로그램은 애플리케이션 가상화 서버에 등록하여 PC 환경 사용자인 계획자와 모바일 환경 사용자인 작업자가 모두 동일한 시스템에 접속할 수 있도록 구성한다. 웹서버와 가상화 서비스를 이용한 조선 생산 실행계획 지원 시스템의 도입으로 계획자와 작업자간의 긴밀한 커뮤니케이션 및 긴급 상황에 대한 신속한 대처가 가능하며 디바이스에 관계없이 언제 어디서나 쉽게 시스템에 접근하여 사용할 수 있다는 점에서 큰 장점을 가지며 이를 바탕으로 원활한 협업을 가능하게 할 수 있을 것으로 보인다.

## 4.2 조선 패널라인 실행계획 지원 시스템 정보 분석

조선 실행계획 업무 분석을 통해 패널라인 실행계획 지원 시스템이 수행해야 하는 주요 기능으로는 정의한 실행계획 Case, 실행계획 Case를 구성하는 상세 작업 정보에 해당하는 단위 실행계획에 대한 조회 및 생성, 수정, 삭제 기능을 포함한다. 그리고 단위 실행계획이 현장에서 작업이 진행되는 진행률을 시스템 사용자가 입력 및 확인 할 수 있는 기능이 필요하다.

해당 기능을 수행할 수 있는 정보 분석을 위해 선행 연구 결과물을 참고로 활용하였다. PDA를 통한 조선소 패널라인에서 발생하는 작업정보를 확인할 수 있는 시스템을 개발한 사례 (Chang, et al., 2006)를 통해 대상 작업장에서 작업 진행에 필요한 정보 및 패널라인 현장에서 분석이 필요한 정보를 참고하였다. 패널라인 실행계획 정보 분석을 바탕으로 디지털 메뉴팩처링(DM:Digital Manufacturing)기술을 이용한 라인 시뮬레이션을 수행하여 패널라인 실행계획을 평가하는 연구 (Lee, et al., 2009)에서는 조선 패널라인 실행계획을 수립에 필요한 정보 구성 체계를 참고하여 Fig. 4의 정보 모델을 구성하였다.

조선 패널라인 실행계획 지원 시스템 정보를 ER(Entity Relation) 다이어그램을 활용하여 관계형 데이터베이스로 정의하였으며 상세 내역은 Table 2와 같다. 정보 성격에 따라 분류는 크게 실행계획, 자원, 제품, 액티비티, 연결정보로 이루어진다. 실행계획 View는 실행계획 Case 테이블(Execution Scheduling Case), 단위 실행계획 테이블(Detail Execution Scheduling), 작업진행 테이블(Product Tracking)로 구성된다. 실행계획 Case 테이블은 복수의 단위 실행계획 정보를 가지며 단위 실행계획 테이블은 작업진행 테이블과 일대일로 연결되며 단위 실행계획에 대한 작업 진행 내역을 작업진행 테이블에 입력하게 된다. 단위 실행계획을 작성하기 위해 조선소에서 사전에 관리하고 있는 액티비티 정보에 바탕으로 생성하는데 액티비티 관련 정보는 액티비티 View에서 관리한다. 액티비티 View는 각 공정별 배재, 취부, 용접과 같은 세부 작업 단위를 사전에 정의한 정보를 관리하는 액티비티 테이블(Activity), 선후관계를 정의하는 액티비티 선후 테이블(Activity Sequence), 상하위 관계를 결정하는 액티비티 관계 테이블(Activity Relation)으로 구성된다.

작업의 대상이 되는 제품 정보를 정의하는 제품 View에는 공통 정보를 관리하는 제품 테이블(Product)와 제품 종류에 해당하는 개별 정보를 포함하는 호선 테이블(Ship), 블록 테이블(Block), 자재 테이블(Member)로 이루어진다. 그리고 실행계획을 수행하는 주체인 자원 View 역시 공통 정보를 관리하는 자원 테이블(Resource)과 개별정보를 관리하는 인원 테이블(Worker), 고정설비 테이블(Machine), 이송설비(Transporter)로 이루어진다.

마지막으로 종속관계가 아닌 다대다 관계가 필요한 테이블을 정의하기 위한 연결 View에는 조선소 내부적으로 사전에 관리하고 있는 액티비티 정보와 실행계획을 통한 수행하는 작업의 대상인 제품 정보를 연결해 주는 연결 테이블(Activity\_Product), 사용자가 수립한 실행계획에서 사용할 자원을 결정하게 되는데 해당 정보를 연결해 주는 연결 테이블(DetailScheduling\_Resource)로 이루어진다.

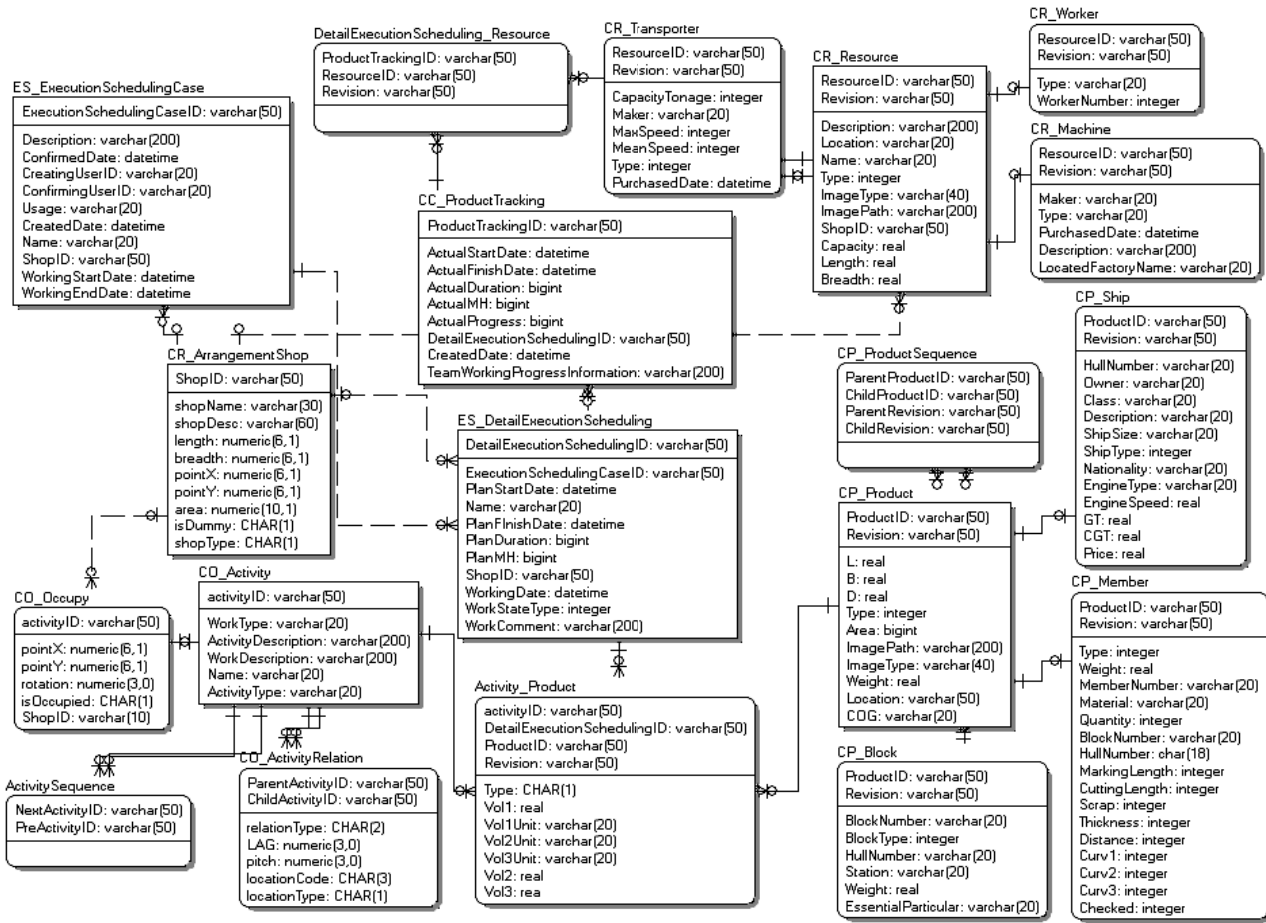


Fig. 4 Data base of execution support system for shipyard panel line using ER-diagram

Table 2 Description of data base major table composed execution support system for shipyard panel line

View	Table Name	Table Description	View	Table Name	Table Description
Execution Schedule View	Execution Scheduling Case	Management of execution scheduling case in shipyard	Activity View	Activity	Management of activity data generated before the production
	Detail Execution Scheduling	Management of detail execution scheduling composing the case		Activity Sequence	Management of information related activity defining the sequential relationship.
	Product Tracking	Management of product tracking data in panel line		Activity Relation	Management of information related activity defining upper and lower relationship
Resource View	Resource	Management of resource common data in panel line	Product View	Product	Management of product common information in product
	Worker	Management of worker data composed the resource.		Ship	Management of ship data composing the product.
	Machine	Management of machine data composed the resource.		Block	Management of block data composing the product.
	Transporter	Management of Transporter data composed the resource.		Member	Management of member data composing the product.
	Shop	Management of Shop data composing multiple resource	Activity Product	Connection information between activity and product	
			Detail Scheduling Resource	Connection information between detail scheduling and resource	

### 4.3 조선 패널라인 실행계획 지원 시스템 아키텍처

본 연구는 컴포넌트 기반 설계(CBD, Component Based Design) 개발 방법론에 따라 시스템 요구사항 분석, 유스케이스 기술, 아키텍처 정의 등 사용자 행위(Behavior) 중심에서 데이터 중심으로 개발 프로세스를 진행하였다. 해당 방법론을 통해 구현된 시스템은 컴포넌트를 재사용 할 수 있다는 점과 특정 컴포넌트만을 대체할 수 있다는 점에서 장점을 가지며 이는 고객의 요구 변화에 신속하고 유연한 대처가 가능하다는 특징을 갖는다.

본 개발 시스템의 아키텍처는 Fig. 5와 같이 솔루션 클라이언트, 솔루션 서버, 데이터베이스 서버 총 3개의 Layer으로 구성된다. 솔루션 클라이언트는 사용자 인터페이스에 해당하며, 작업자가 수행하는 단위 작업의 집합을 관리하는 실행계획 케이스 조회 및, 생성, 수정, 삭제 기능을 수행한다. 그리고 작업자가 수행하는 단위 작업에 해당하는 상세 실행계획 조회 및 생성 그리고 현장 작업 진행사항을 확인하여 계획대비 생산 진도를 수정, 실행계획 케이스 및 상세 실행계획 삭제 기능을 수행할 수 있다. 솔루션 서버는 컴포넌트 기반 설계 방법론(CBD)을 따라 비즈니스 퍼사드, 비즈니스 컴포넌트, 데이터 액세스 컴포넌트 3개의 영역으로 구성된다. 먼저 비즈니스 퍼사드는 클라이언트의 서버 진입문 역할을 하며 클라이언트로부터 요청 받은 기능을 처리한다. 비즈니스 퍼사드는 실행계획 퍼사드(Execution Schedule Facade)를 두어 모든 클라이언트의 요청을 받게 되며 비즈니스 컴포넌트와 연결되도록 하여 요청 내용을 처리한다. 비즈니스 컴포넌트는 시스템의 기능적인 역할을 수행하며 정보가 필요한 경우 데이터 액세스 컴포넌트에 요청하여 정보를 획득해 기능을 수행한다. 비즈니스 컴포넌트는 실행계획 수립과 관련된 기능을 수행하는 실행계획 컴포넌트(Executions Schedule Mgr)와 실행계획 수립에 필요한 설비 및 작업자를 포함하는 자원 및 제품과 관련된 기능을 수행하는 기준정보 컴포넌트(Master Data Mgr)로 구성된다. 데이터 액세스 컴포넌트는 시스템에서 요구하는 정보 획득 수정 삭제와 관련된 단위 기능을 제공하며 데이터베이스 서버와 통신을 통해 역할을 수행한다. 데이터 액세스 컴포넌트는 실행계획 Case 정보와 단위 실행계획 정보를 관리하는 실행계획 데이터 액세스 컴포넌트(Execution Schedule Info)와 실행계획을 수립하기 위해 필요한 자원, 제품, 액티비티 정보를 관리하는 기준정보 데이터 액세스 컴포넌트(Execution Schedule Master Data Info)로 구성된다. 본 시스템의 데이터베이스의 구성은 Table 2과 같이 실행계획 케이스, 상세 실행계획 등의 계획 정보와 액티비티, 제품, 물량, 자원 등의 기준 정보로 구성되며 MS SQL Server 2008을 이용해 생성하였다.

본 연구에서 설계한 클라이언트, 솔루션, 데이터베이스 시스템은 컴포넌트 개발 방법론을 바탕으로 요구사항분석, 유스케이스 상세화, 비즈니스 객체 모델 정의, 비즈니스 컴포넌트 및 인터페이스 정의를 따라 설계되었다. 해당 절차에 따라 구성된 시스템은 총 3개의 Layer로 구성되어 있으며, 개발환경에 독립적인 프

로토콜인 웹서비스를 이용하여 클라이언트의 유연성을 높였으며, 기 시스템의 경우 실행계획 수립에 경우 대부분 PC 환경에서 수행될 것으로 보이지만 수정 및 단위 실행계획에 대한 실적 입력의 경우 모바일 환경에서 주로 수행될 것으로 보이는데 애플리케이션 가상화 기술을 이용하여 개발된 시스템이 PC환경과 모바일에서 모두 사용할 수 있도록 아키텍처를 구성하였다.

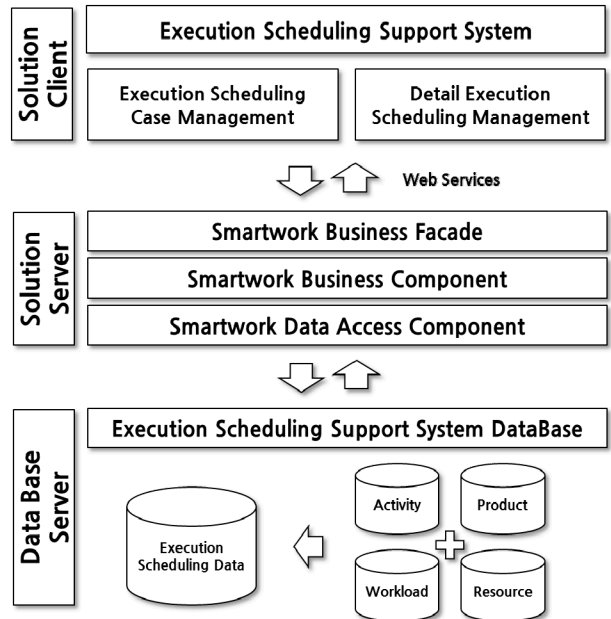
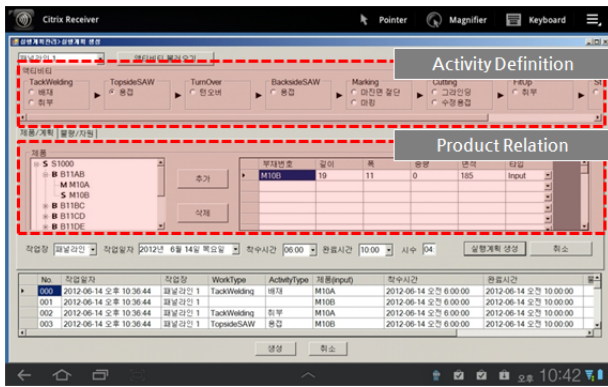


Fig. 5 Architecture of shipyard execution scheduling support system

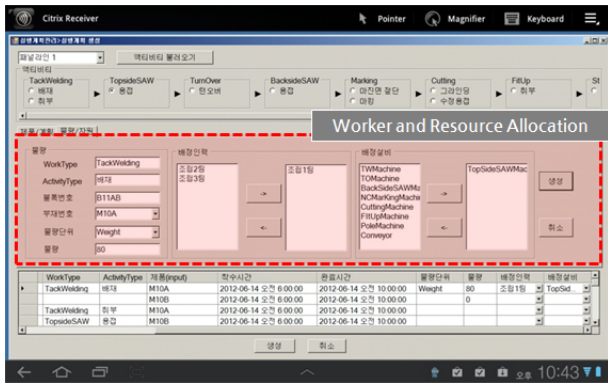
## 5. 조선 생산 실행계획 지원 시스템 사용자 인터페이스 구현

조선 생산 실행계획 지원 시스템은 애플리케이션 가상화를 활용하여 장비의 플랫폼(OS)에 구애받지 않고 실행 가능한 형태의 시스템으로 구현하였다. 즉, 애플리케이션 가상화를 활용하면 하나의 애플리케이션을 Windows 기반의 PC와 Mac 기반의 PC 양 쪽에서 동일한 환경으로 접속하여 사용할 수 있을 뿐만 아니라 안드로이드와 iOS 모바일 디바이스에서도 같은 애플리케이션에 접근할 수 있다. 애플리케이션 가상화는 Citrix사의 XenApp 서버와 Citrix Receiver를 클라이언트로 사용하여 구축하였다. XenApp 서버는 가상화 서버로 활용할 모든 애플리케이션이 설치되고 클라이언트가 접속하였을 때 애플리케이션을 실행시켜주는 역할을 한다. Citrix Receiver는 클라이언트 프로그램으로 PC에서는 애플리케이션과 웹을 통해서 사용가능하고 모바일기기에서는 앱의 형태로 제공된다. 가상화 서버에 설치하는 애플리케이션으로서 조선 생산 실행계획 지원 시스템은 .Net Framework 4.0 환경에서 개발하였다.

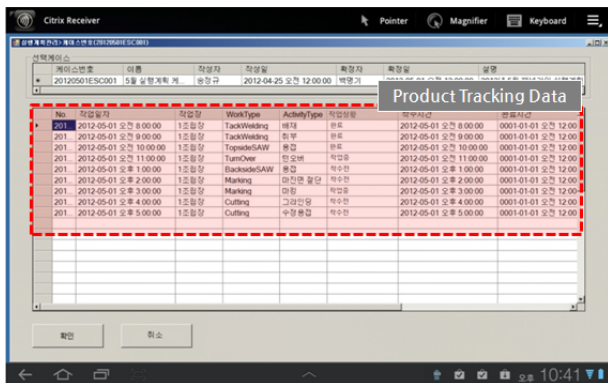




(a)



(b)



(c)

Fig. 6 Example of application graphic user interface

조선 생산 실행계획 지원 시스템은 크게 두 가지 기능으로 나누어진다. 첫 번째는 실행 계획 담당자가 PC를 활용하여 주로 작업하는 판넬라인 실행계획 수립 기능이다. 판넬라인 실행 계획 수립은 세 가지 과정을 통해서 진행된다. 먼저 판넬라인의 세부 공정에 해당하는 액티비티를 정의한다. Fig. 6(a)와 같이 배재, 취부, 용접 등의 판넬라인의 주요 액티비티를 라디오 버튼을 이용하여 결정한다. 액티비티가 결정되면 선택한 액티비티에서 작업할 제품을 결정한다. 선박의 M-BOM(생산 BOM) 구조에서 작업할 부재를 선택하고 추가로 필요한 속성 정보를 입력한다. 액티비티에 제품의 할당이 완료되면 제품을 제작하기 위해 필요한 인력과 설비를 할당한다. 인력과 설비를 할당하는 사용자 인터페

이스는 Fig. 6(b)과 같다. 왼쪽에 할당된 제품에 대한 주요 정보를 표시하고 오른쪽에 할당 가능한 인력과 설비를 표시한다. 인력 할당은 판넬라인에서 작업하는 조립팀 목록에서 적합한 팀을 결정하고 설비 할당 또한 판넬라인에 배치되어 있는 설비 목록에서 각 액티비티와 할당된 제품을 고려하여 적합한 설비를 할당한다. 인력과 설비 할당까지 완료되면 액티비티 생성이 완료되어 Fig. 6(b) 아래의 액티비티 목록에 결과가 나타나게 된다.

실행계획의 수립이 완료된 후 실제 생산 작업 중 여러 가지 요인에 의해 계획이 수정된다. 판넬라인 실행계획의 수정은 주로 실행 계획 담당자가 수행하지만 일부 생산 현장 작업자의 경우 수정 권한을 부여하여 모바일 디바이스를 활용하여 현장 상황을 빠르게 반영할 수 있도록 업무 프로세스를 정의하였다.

조선 생산 실행계획 시스템의 두 번째 기능은 현장 작업 모니터링 기능이다. 현장 작업자가 모바일기기로 시스템에 접속하여 활용할 기능으로 사용자 인터페이스는 Fig. 6(c)와 같다. 현장 작업자는 모바일 기기를 이용하여 작업해야 할 액티비티의 목록을 확인하고 각각의 액티비티에 대한 작업 진행 상황을 시스템에 입력할 수 있다. 이를 통해 실행 계획 담당자나 현장 관리자는 일정에 따른 작업의 진척도를 실시간으로 확인할 수 있고 작업이 지연되었을 경우 일정의 수정 여부를 결정할 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 조선 생산 실행계획 업무 중 판넬 공정의 계획 과정을 지원하고 모바일 기기를 활용하여 생산 현장의 작업 진행 현황을 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하였다. 판넬 라인 프로세스와 실행계획 업무 데이터 분석을 통하여 실행 계획을 관리하기 위한 기능과 데이터를 도출하였다. 도출된 기능을 수행하기 위한 요구 조건에 따라 ooCBD 방법론을 기반으로 Client/Server로 구성된 조선 생산 실행계획 지원 시스템을 설계 및 구현하였다. 조선 생산 실행계획 지원 시스템은 일정 계획 작업자가 실행계획을 수행하는 업무를 지원하는 기능과 현장 작업자가 작업 진행 현황을 입력하는 기능으로 나뉜다. 특히 작업 진행 현황 입력 기능은 MES의 핵심 기능인 모니터링 기능을 조선소의 상황에 맞춰 일부 적용했다는 점에서 의미를 둘 수 있다. 기계장치를 이용한 자동 모니터링 방법에 비해 수집하는 데이터가 부족하지만 공정의 자동화율이 낮은 조선 산업에서 작업자가 현재 작업 상황을 입력하여 일정의 진척도를 확인하는 것으로도 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

모바일 기기를 현장에 활용한 기대 효과로 업무 프로세스의 간소화를 비롯하여 근무시간의 감소, 현장 장애 발생 전 조기 점검으로 고장률 40%감소와 신속한 고장조치로 인한 현장 운영상의 안전성 증가가 대표적이다(Cho, et al., 2012). 더불어 표준화된 툴의 사용으로 숙련/비숙련자 간의 업무 능력 차이가 감소하고, 성공적인 모바일 오피스 시스템 자체 개발에 대한 개개인 간의 자부심 증가, 기술적 자신감과 도전의식 향상 등의 긍정적인 효과를 얻을 수 있을 것이다. 본 연구 또한 조선소 적용을 통해 시



시스템이 안정화되면 이에 상응하는 효과를 얻을 수 있는 것으로 사료된다.

나아가 본 연구에서 전체 시스템은 애플리케이션 가상화를 기반으로 운영되도록 구현하였다. 애플리케이션 가상화를 활용하면 애플리케이션을 OS에 구매받지 않고 활용할 수 있다. 따라서 시스템의 호환성이 높아지고 시스템의 개발 및 유지/보수가 용이하다. 또한 설계 및 생산 데이터의 외부 유출이 문제화 되고 있는 상황에서 모바일 기기를 활용한 시스템의 보안 취약성 문제를 보완할 수 있다. 가상화 시스템을 활용하면 시스템 데이터의 접근 경로가 가상화 서버로 한정되고 PC나 모바일 기기에서는 가상화 서버에서 실행되는 애플리케이션의 화면만을 전송 받고 실제 데이터가 모바일 기기로 전송되지 않기 때문에 모바일 기기를 통한 설계/생산 데이터의 외부 유출을 차단할 수 있다.

본 연구에서 초점을 맞춘 패널 라인의 조선소의 조립 라인 중 가장 자동화가 많이 이뤄진 공정으로 작업 진행 상황의 모니터링이 용이한 편에 속한다. 향후 시스템의 관리 범위를 중조립 공정까지 확장하여 전체 조립 라인을 통합 관리 및 모니터링할 수 있는 시스템으로 발전시키고자 한다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부 글로벌전문기술개발사업 Smart Work 기반 조선생산실행시스템 개발과제(10039739), 산업원천기술개발사업 시뮬레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발과제(10035331)의 지원으로 수행된 연구결과 중 일부를 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

- Back, M.G. Lee, D.K. Song, Y.J. & Shin, J.G., 2009. Simulation-based supporting method research execution planning of block assembly process in ship production. *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, Jeju, Republic of Korea, 10-11 June 2009, pp.637-638.
- Chang, Y.S. Shin, J.G. Lee, K.K. & Lee, J.H., 2006. Real Time Information Sharing using a Wireless Internet Environment for Effective Panel Shop Operation. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 43(3), pp.392-398.
- Cho, G.G. & Kim, Y.G., 1997. An operation scheduling system for hull fabrication shop. *Proceedings of the Korean Operations and Management Science Society Conference*, Pohang, Republic of Korea, 1 April 1997, pp.443-446.
- Cho, N.J. Choi, J.G. & Oh, S.H., 2012. How IT drives Innovations for Public Service: Mobile Office for Seoul Metropolitan Railway. *Information Systems Review*, 14(1), pp.67-84.
- Karnouskos, S. Baecker, O. De Souza, L.M.S. & 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, 25-28 September 2007, pp.293-300.
- Kim, H.S. et al., 2010. Construction of execution scheduling system at shipyard. *Proceedings of the Korean Operations and Management Science Society Conference*, Seoul, Republic of Korea, 29 November 2010, pp.361-367.
- Kim, K.D. Choi, J.H. & Kim, D.Y., 2002. Application of ERP and MES in Case of Automobile Manufacturing Company. *Journal of Industrial Technology*, 20(2), pp.51-60.
- 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.
- Koronios, A. Nastasie, D. Chanana, V. & 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, 11 June 2007, pp.11-14.
- Lee, J.M., 2007. *An integrated process and measurement framework for planning production of large shipyards*. Ph.D. Seoul National University.
- Lee, K.K. Shin, J.G. & Ryu, C.H., 2009. Development of Simulation-based Production Execution System in a Shipyard: A Case Study for a Panel Block Assembly Shop. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 20(8), pp.750-768.
- Lee, K.P. Lee, H.S. Park, M.S. & Kim, E.J., 2011. Construction Material Management Using Smart Mobile Computing. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 12(4), pp.59-69.
- Lee, S.H. et al., 2004. A manufacturing execution system for LNG tank fabrication shop in shipbuilding. *Proceedings of the Korean Operations and Management Science Society Conference*, Mokpo, Republic of Korea, 21-22 May 2004, pp.450-453.
- Lee, S.J. Choi, H.R. & Lee, H.C., 2011. Platform

Development of Adaptive Production Planning to Improve Efficiency in Manufacturing System. *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, 16(2), pp.73-83.

Manufacturing Enterprise Solutions Association(MESA), 2007. MES Explained : A High Level Vision for Executives, *Manufacturing Enterprise Solutions Association(MESA)*.

Mendes, J.M. et al., 2007. Engineering of service-oriented automation systems: a survey. *Proceeding of IPROMS Conference on Innovative Production Machines and Systems*, Cardiff, United Kingdom, 4 June 2007, pp.33-38.

Panetto, H. Baina, S. & 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.

Park, J.H. & Yoshida, Y.N., 2005. An MES implementation methodology for the medium-sized manufacturing company with multiple-types of products and mixed process flows. *Proceedings of the Korean Operations and Management Science Society Conference*, Cheongju, Republic of Korea, 13-14 May 2005, pp.206-215.

Yoo, W.S. Yoon, Y.D. & Shin, H.J., 2009. A Study on Development of the Manufacturing Execution Systems(MES) for Order Based Production Small and Medium - Sized Enterprises. *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 14(4), pp.77-85.

