

## 시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임워크 개발

송영주<sup>†</sup>\*, 이광국\*, 이동건\*, 황인혁\*, 우종훈\*\*, 신종계\*

서울대학교 조선해양공학과\*  
쥘지노스\*\*

### Development of a Design Framework for Simulation Based Shipyard Layout

Young Joo Song<sup>†</sup>\*, Kwang Kook Lee\*, Dong Kun Lee\*  
In Hyuck Hwang\*, Jong Hun Woo\*\* and Jong Gye Shin\*

Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Seoul National University\*  
XINNOS Co.\*\*

#### Abstract

In recent days, global shipbuilding companies have been increasing their productivity or expanding their shipyards for a large amount of orders. Though, few researches about the shipyard layout designs have been studied. This research presents a simulation-based shipyard layout design framework to resolve the problems of the shipyard layout design. The shipyard layout design framework was developed on the basis of systems engineering method. The disciplined system engineering technique was guided by ISO/IEC 15288 during the planning phase of the shipyard layout design framework development. This framework suggests that how efficient and effective shipyard layout design could be got, that can satisfy the stakeholder of the layout. Furthermore, it is recommended that how the proposed shipyard layout should be verified and validated by digital simulation model. It is expected that the framework will contribute to not only the improvement of the existing shipyard but also the construction of the new shipyard.

※Keywords: Systems engineering (시스템 엔지니어링), Layout design framework(레이아웃 설계 프레임워크), Shipyard layout(조선소 레이아웃), Modeling & simulation(모델링 및 시뮬레이션), Production planning(생산계획), Digital manufacturing (디지털 매뉴팩처링)

---

접수일: 2008년 1월 10일, 승인일: 2008년 4월 10일

† 교신저자, syj092@snu.ac.kr, 018-275-1799

## 1. 서론

오늘날 국내의 조선산업은 극한의 경쟁 환경 속에서 끊임없는 생산성 확보와 원가 절감의 노력으로 세계 최고의 조선 국가 수준에 도달하였다. 국내의 조선산업은 정상에 만족하지 않고 1990 년 말부터 기존의 한계를 극복할 수 있는 방안을 모색하여 CIM (Computer Integrated Manufacturing), PLM (Product Life Cycle Management), M&S (Modeling & Simulation) 등과 같은 제조업의 새로운 제조 패러다임을 적극적으로 적용하여 한층 업그레йд 된 조선 기술을 선보이고 있다.

그 중, PLM 기술은 기존의 제품 설계 및 성능 해석의 CAx (CAD, CAM, CAPP, etc) 기술을 뛰어넘어, 제품의 전 생명주기에 대한 통합적인 관리, 활용을 목표로 생산 시스템 자체의 경쟁력 향상 및 효율성 극대화를 목표로 한다.

이에, 국내 주요 대형 조선소에서는 PLM 기술의 일환으로 생산 시스템 자체를 디지털화하여 가상 생산 및 기업 전략의 사전 모의 테스트를 시행하는 디지털 생산(Digital Manufacturing)을 추진하고 있으며, 적용 분야 곳곳에서 그 효과를 충분히 인정받고 있다.

하지만 이러한 노력에도 불구하고 국내 조선산업은 급격히 증가한 수주량을 소화하지 못하여, 최근 부지 매입, 설비 확장 및 신규 조선소 설립을 시도하고 있으며, 구체적으로는 중국을 비롯한 동아시아 지역을 중심으로 조선소 추가 건립이 추진되고 있는 실정이다.

문제는 이러한 설비 확장의 문제에 유연하게 대응하고, 신규 조선소 건립 문제에 대해 체계적으로 대응할 수 있는 조선소 레이아웃 설계에 관한 연구가 이뤄지지 않았다는 데 있으며, 실제로 대부분의 경우 현장 전문가의 경험을 통한 대응에 그치고 있다.

따라서 본 논문에서는 조선소 레이아웃 설계에 유연한 레이아웃(Flexible layout) 방법론을 적용하여 레이아웃의 경직성을 없애고, 제품, 설비, 공정, 계획을 바탕으로 설비를 배치하고 운영되는 시뮬레이션 기반의 조선소 레이아웃 설계 프레임워크를 제안하여 조선소 레이아웃 설계와 관련된 고민

을 해결하고자 하였다.

또한, 본 논문에서 제안하는 조선소 레이아웃 설계 프레임워크는 시스템 공학 개념을 기본으로 하고 국제 시스템 공학회 (International Council on Systems Engineering)에서 제안된 시스템 엔지니어링 표준인 ISO/IEC 15288 를 기반으로 하였다(INCOSE 2002).

## 2. 관련 연구에 관한 고찰

### 2.1 모델링 및 시뮬레이션 관련 연구

모델링 및 시뮬레이션에 관한 연구는 최근 제품 수명 주기 전반에 대한 방법론이 정의되면서, 제조 산업을 이끌어나가는 미래의 핵심기술로 자리 잡고 있다. 모델링과 시뮬레이션 기법은 복잡한 생산 시스템의 거동을 체계적이고 합리적으로 검증할 수 있을 뿐 아니라 제품을 개선하고, 공정을 완벽하게 구축하여 설계에서 생산까지의 소요시간 및 제품 실현시간을 줄여준다(McLean 1998).

조선산업에 모델링 및 시뮬레이션 기술을 도입한 적용 사례로 Shin and Sohn(2001), Kim (2002)이 조선소의 주요 공정에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과가 있으며, 우종훈 외는 모델링 및 시뮬레이션을 기반으로 하여 디지털 조선소를 모델링하고 사용자 환경 구축을 위한 시스템 아키텍처 작성에 대하여 연구를 수행하였다(Woo et al. 2005).

또한, 최근 시뮬레이션 기술과 ERP(Enterprise Resource Planning), APS(Advanced Planning System) 시스템과의 인터페이스를 구축한 후, 제조 시스템의 일정 계획 결과를 시뮬레이션 환경 내에서 검증하고, 시뮬레이션 엔진 내의 최적화 방법론을 통해 한층 업그레йд된 일정계획을 제공하는 연구 또한 활발히 이뤄지고 있다.

### 2.2 레이아웃 관련 연구

설비 배치 및 공장 레이아웃에 관련한 연구는 주로 자동차 및 반도체 조립 공장 등(General Motors, Daimler-Chrysler, Toyota)의 대형 자동화된 공장의 생산 효율성을 극대화 하기 위한 요청으로 진행된 바 있다.

Lee et al.(2005)은 대상업체의 현황을 분석하여 작업장에서의 물류 흐름을 파악하고, 그래프 알고리즘 기반의 최적화 도구를 사용하여 물류 이동량을 최소로 하는 최적 배치를 시도하였다.

Mum et al.(2000)은 물류 이동거리를 최소화함을 기본으로 하는 연구를 진행하였으며, 유전자 알고리즘을 기본으로, 작업장의 형태, 작업장의 장애물과 설비의 모양이나 크기를 고려한 작업장 설계를 제안하였다.

또한, 유연한 플랜트레이아웃 설계를 통해 모듈 기반 작업장 구현 및 분산배치 레이아웃(Distributed layout)의 중요성을 제안된 사례가 발표된 바 있다(Benjafar and Sherikazadeh 2000).

2.3 시스템 엔지니어링 관련 연구

국제시스템공학회(INCOSE)에서는 시스템 엔지니어링이란 시스템의 성공적인 구현을 위한 학제 복합형 총체적 접근방법으로 정의하였다.

이는 수많은 요구사항을 충족시키는 성공적인 프로그램을 위한 것으로 프로그램 별 수명주기의 단계별 관리를 수행하고 있으며, 2000 년 이후부터 미국 국방성(DoD)의 연구개발사업은 기본적으로 시스템 엔지니어링을 통해 이루어지고 있다.

또한, 최근 국내에서도 대형 국책 사업 등에서 이를 도입하여 프로젝트 초기 단계에서 종료 지점까지의 일관된 작업 흐름을 유지하고 시스템 요구사항을 충실히 반영한 기능 요소 설계를 달성함을 목표로 하고 있으며, Yoo and Park(2002)는 차세대 고속전철 시스템개발에 있어 시스템 엔지니어링을 적용한 고속전철시스템의 개발, 운용, 정비지원 등의 인프라 구축을 제안한 바 있다.

3. 조선소 레이아웃 설계 프레임워크의 필요성

3.1 시스템 엔지니어링 기법을 이용한 조선 시스템 분석의 필요성

기본적으로 조선산업은 선박이나 해양구조물과 같은 거대하고 복잡한 구조물을 제작하는 산업이다. 또한, 하나하나의 제품들은 대부분 고객의 요구사항에 기초하여 주문 제작되며, 비교적 긴 제

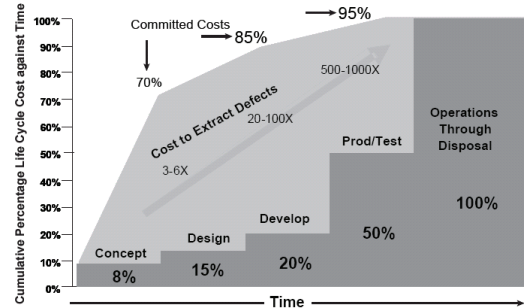


Fig. 1 Committed life cycle cost against time

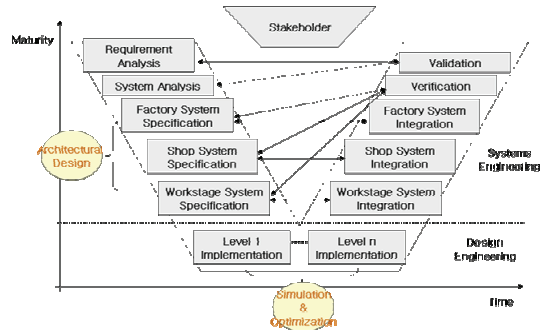


Fig. 2 V model for shipyard layout design system

품 생산 기간을 거쳐 고객이 원하는 시점에 인도되는 고가의 맞춤형 상품으로, Fig. 1 과 같이 제품 수명 주기 초기 단계에서 고객, 이해관계자들의 요구사항에 대한 정의를 명확히 하지 못하게 될 경우 후기 단계에서 높은 비용을 부담하게 되는 특성을 가진다.

또한 조선소라는 대형 시스템은 공정단위의 중형 시스템들을 포함하고 있고 중형 시스템은 프로세스 단위의 소형 시스템으로 구성되어 있는 높은 복잡성을 띄고 있어, 기본적으로 시스템 분석에 있어 일률적인 프로세스 혹은 행위 목적을 정의하기 힘들다.

따라서, 본 논문에서는 시스템 엔지니어링에서 제시하는 V 이론을 차용하여 Fig. 2 에서와 같이 고객 요구사항 분석으로부터 Top-down 방식으로 시스템 분석을 수행한 후, 이를 통해 시스템 행위 특성 및 조선소 설계를 위한 기능 및 비기능 요구사항의 요목들을 추출하였으며, 해당 내용을 조선소 레이아웃 설계의 최하위 요소부터 충실히 반영

하여 프레임워크를 제안하였다.

### 3.2 시뮬레이션 기법을 이용한 조선소 레이아웃 설계의 필요성.

대표적인 제조산업인 자동차 산업은 전형적인 흐름방식(Flow shop)으로 공장 레이아웃 초기에 체계적인 공정간 분석 및 라인밸런싱(line balancing)이 수행되며, 특정 자동차가 시장에 소개된 후 소멸될 때까지의 대략 10~15 년의 공정 수명주기를 갖고 설계된다.

반면, 조선소 레이아웃은 잡삽을 기반으로 미리 꾸며진 공간 내에 다양한 제품이 진입하여 머물렀다가 반출되는 형식으로 오히려 “ 제품이 공간에 밸런싱(부하평준화)” 되며, 대부분의 선박은 소위 일회용 제품으로 고객의 요구사항에 따라 주문 제작되는 특성을 갖는다.

또한 선박의 경우 시제품을 생산해볼 수 없어 수명 주기에 발생하게 되는 일에 대한 높은 수준의 검증 및 사전 대처 능력이 반드시 필요하다.

이에, 시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계는 다음의 두 가지 목적을 위하여 수행되고, 조선소 PPR-S(Product, Process, Resource, and Schedule)를 기반으로 설비(R)의 흐름(flow), 작업(activity), 공간(space)을 고려한다.

첫째, 고객 요구사항(제품 혼합, 공장 위치 등)에 대한 다양한 시나리오를 적정 시뮬레이션 기간 동안의 사전 테스트를 수행하여 고객의 의사결정을 돕는다.

둘째, 시뮬레이션은 시스템 내부의 복잡한 물류 흐름 및 공간 배치의 문제에 대한 설계도구로 사용되며, 반복적인 시뮬레이션 테스트를 통해 해당 문제를 분석하며, 최적해로 수렴시킨다.

## 4. 선박 건조 시스템 분석 및 구조화.

### 4.1 선박 건조 시스템 분석

설계되는 조선소의 기능 및 능력을 정의하기 위하여 Table 1 과 같이 표준 조선소 시스템 구조를 도출하였다.

기본적으로 행위 특징 및 목적을 달리하는 두 가지의 슈퍼시스템을 추출하였으며, 각각의 슈퍼 시

스템은 독립된 하부 시스템인 개별의 서브시스템으로 구성되도록 하였다. 두 슈퍼시스템의 생산능력에 따라 조선소 레이아웃 생산능력이 좌우되므로 선박 건조 시스템 분석 시 능력 측정기준(Metric)을 설정해서 분류하게 된다. 대표적으로 옥외와 옥내의 핵심 공정으로 분류가 가능하고, 옥외의 경우 외업부분의 블록처리 표준능력( $\alpha$ )이 지표가 되며, 옥내의 경우 내업부분의 블록생산 표준능력( $\beta$ )이 지표가 된다. 본 논문에서 제시한 조선소 레이아웃 설계 시 생산능력 측정기준은 크게 세 가지의 시나리오로 구분 가능하다.

Type 1 은  $\alpha > \beta$  인 경우, 선대 또는 도크의 능력이 내업의 블록 생산 능력보다 월등할 경우로 부족한 블록을 아웃소싱으로 해결할 수 있다. Type 2 는  $\alpha < \beta$  인 경우, 블록 생산 능력이 조립 및 탑재의 능력보다 좋을 경우로서 육상 또는 해상 건조를 통해 생산성 향상을 꾀할 수 있다. 마지막으로 Type 3 은  $\alpha \approx \beta$  경우, 조선소 내 업, 외업 전체의 능력이 균형을 이룬 경우로서 이상적인 예이다.

슈퍼시스템의 행위 특징을 Table 2 과 같이 분석하여 상호 통신의 기준이 되는 인터페이스를 정의하여 보완한다.

### 4.2 조선소 기본 시스템 구조화

앞서 분석된 조선소 시스템의 두 서브시스템과 각 시스템의 인터페이스를 중심으로 조선소 레이

Table 1 Standard shipyard system structure & Interface between sub-systems

Super System	Sub system	Interface
Outdoor	Quay/Dry-dock Pre-Erection yard Block painting shop Hull block stock yard Outfitting unit assembly shop Pipe fabrication shop Assembly yard	Production capacity of the outdoor yard ( $\alpha$ )
Indoor	Assembly shop Hull fabrication shop Steel pretreatment shop Steel & Pipe stock yard	Production capacity of the indoor shop ( $\beta$ )

**Table 2** Super system's operation characteristics

Super System	Operation characteristics
Outdoor	①Post production planning along with the pre production planning and the estimated load at the dry dock ②Complex material flow and the diversity of the block size (It's not possible to consider the referential block array, the block stock planning and the T/P planning) ③The design spec. of the dry dock is determined along with the planned ship type.
Indoor	①The level of the load balancing among the process module is relatively high. ②The process is comparatively standardized with the size of the plate ③Number of the facility determine the production capacity of the production module and the supply cycle of the production.

아웃 설계를 위한 기본 요소를 추출한다.

우선 개별 서브시스템은, Table 3 에서 설명된 바와 같이 공장레벨(Factory Level) 의 구성요소로 개별 공장의 면적 및 위치 등을 주요 요소로 하고, 특별히 조선 생산의 물류 비용을 관장하는 주도로(Spine Road) 의 설계가 동시에 이루어진다. 또한, 개별 서브시스템은 조선 생산의 표준 프로세스를 분석하여 도출된 작업 셀(cell) 개념의 작업군(operation module) 들로 구성하여 작업장 내부의 설비 및 개별 물류의 최적 라우팅 경로 등을 설계한다.

또한, 조선소 레이아웃 설계의 시발점이자 종료지점에서의 이해관계자의 요구사항은 참조 정보로 구성하여 조선소 설계의 기초 참조자료로서 활용한다. 차후, 제시한 시스템 기본요소는 조선소 설계가 끝난 후 조선소 레이아웃 도면과 설비 목록 및 설비 배치도, 그리고 설계된 조선소의 계획 능력 분석서 및 목적한 선종혼합의 일정 및 원가에 대한 투자 대비 수익 분석서로 관련 이해관계자들에게 전달됨으로써 재구성된다.

**Table 3** Basic checklist of shipyard layout

Level	Contents
Factory Layout	①The location of each factory and the mutual relation ②Area of each factory ③Dominant Process ④Dominant Spine road
Shop Layout	※Indoor shop ①The location of each factory and the mutual relation ②Area of each shop and the planned capacity ③The facility list of each shop ④The stock area of the part and the work-in-process
	※Outdoor yard ①The location of each factory and the mutual relation ②Area of each shop and the planned capacity ③The facility list of each work-stage and the planned area of the PE & skid-birth ④The stock area for the block
Detailed Layout	①The decision on the location of each facility inside of the shops ②The design of the routing path of the material flow inside of the shops ③The design of the main stock inside of the shops ④Traffic road between operation modules

### 5. 시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임워크

본 논문에서는 선박 건조 시스템 분석 및 구조화를 통해 얻은 데이터를 활용하여 시스템 엔지니어링을 바탕으로 한 시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임워크를 제시한다. 본 프레임워크는 요구사항분석부터 생산 가능성 검토까지의 프로세스로 구성이 되며, 하위 프로세스들은 수 차례의 반복과 피드백을 통해 프레임워크를 구성한다.

#### 5.1. 요구사항분석(Requirement Analysis)

시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임워크의 요구사항 분석 프로세스는 고객 요구사항

분석, 환경 분석의 하부과정으로 구성된다.

고객 요구사항 분석 과정은 크게 조선소가 생산할 선종의 분석과 고객이 요구하는 조선소의 사양 분석으로 진행된다. 특히 조선소 전체의 사양은 조선소의 주요 설비인 선대, 도크 등의 사양을 결정함으로 시작하고, 이에 따라 생산 가능한 선박의 범위 및 연간 건조 가능 척수가 산정된다. 또한, 조선소의 입지 환경에서는 풍향, 토질 상태 등을 정의하여 차후 선대의 위치 및 공장의 입출구 정의 시 반영되도록 한다.

**5.2. 시스템분석(System Analysis)**

앞서 정의된 요구사항 분석 자료를 바탕으로 설계되는 조선소의 시스템 특성을 정의하며, 시스템 구조 및 기능간 인터페이스는 선박 건조 시스템 분석에서 제시한 표준 조선소 시스템 구조 및 인터페이스 분석 자료에 토대 한다.

우선 해당 조선소의 프로세스 범위를 산정하며, 목표하는 조선소의 전략 항목에” 블록 외주” 등의 특이 사항이 있을 경우 이를 반영하여 주공정(Dominant Process)을 결정한다.

다음으로, 옥외 작업장의 능력을 고려한 내업 부문의 기준 작업장의 능력을 산정하며, Table 4 에서 건조 능력 도출 작업 절차를 설명하듯이 생산 가능한 최대 블록 사이즈를 결정함으로 조선소의 기준 건조 능력(Basic Shipyard Capacity)을 계획한다. 이때 시뮬레이션 기법을 통해 설계된 계획능력을 미리 실행해 봄으로써 분석 결과의 타당성을 높인다.

옥외 생산 계획 분석은 선대나 도크의 탑재공정 및 능력의 분석을 중심으로 이루어진다. 또한, 옥내 생산 계획 분석은 조선 시스템의 분석 결과에서 얻어낸 기준 작업장의 능력을 산출함으로 설계된다.

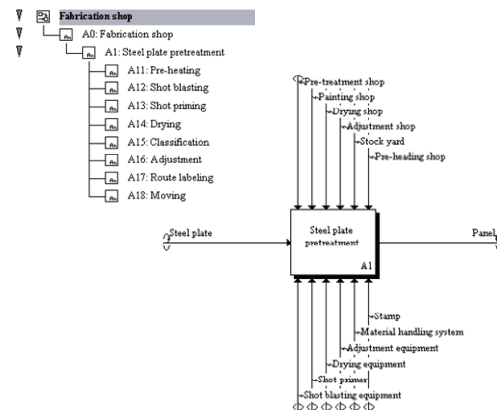
**5.3. 활동기반 공정설계 (Activity Based Process Design)**

분석을 통해 정해진 주공정(Dominant Process)과 부공정(Non-dominant Process)을 기준으로, 선(先) 프로세스 분석, 후(後) 작업장 추출의 흐름을 거친다.

조선소 레이아웃 설계를 위한 선박 건조 공정

**Table 4 Basic shipyard capacity planning**

Super System	Basic Shipyard Capacity Planning
Outdoor	①Analysis on the process and the capacity of the skid birth and the dry dock. ② Production planning of the grand assembly with the standard unit process time and derive the standard unit process time from the specification of the planned ship ④Calculation of the maximum size of the block and the block volume of the planned ship
Indoor	①Decision on the capacity of the reference shop to come up with the capacity (block production) of the outdoor yard ②Decision on the tact time of the each indoor shop considering the capacity of the reference shop, which is coming from the capacity of the critical shop



**Fig. 3 Shipyard layout process analysis**

중 전처리 공정을 분석한 사례를 Fig. 3에서 보이고 있다.

여기서 작업장 추출은 생산 프로세스를 분석하여 구조화되는 제품 흐름 경로를 기본 축으로 하여, 작업 공간을 산정하는 구조를 유지하며, 이로써 주요 자재 적치 공간이 작업장 요소로 포함될 수 있다. Fig. 4 는 작업장 추출시 활동, 흐름, 공간의 3요소를 바탕으로 분석함을 나타낸다.

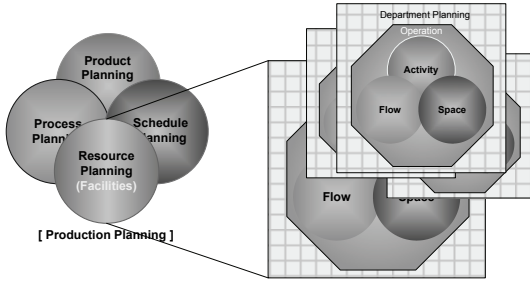


Fig. 4 Activity, flow, space based work-stage design

**5.5 작업장 레벨 레이아웃 설계(Shop-Level Shipyard Layout Design)**

작업장 레벨 레이아웃 설계에서는 설비 리스트를 개별 공정에 배치하여 제품 흐름의 최적 라우팅 경로를 추출한 후 물류 처리비용 최소화 및 작업장 별 사이클타임을 최소화한다. 또한, 개별 작업장을 설계할 시에는 Fig. 6 과 같이 각 작업장의 작업 특징에 따라 Job Shop/Batch Shop/Flow Shop 으로 구분한 후, 설비를 유연성 있게 배치하여 공정 운영의 적응력과 확장성을 확보한다.

**5.6 생산 가능성 검토(Technical feasibility study)**

앞서 언급했던 시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임워크 기반으로 설계된 조선소 레이아웃 능력 계획 및 검증 프로세스를 진행한다. 조선소 레이아웃 능력 검증은 “생산 가능성” 관점에서 비롯되고 아래와 같은 절차를 밟는다.

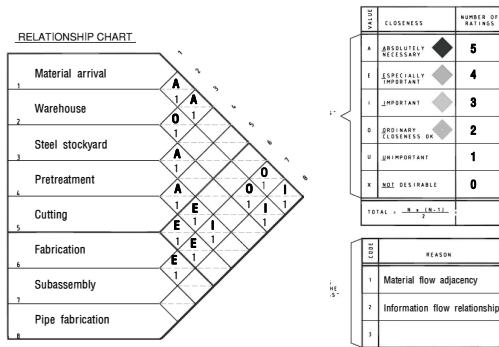


Fig. 5 Activity relationship chart

**5.4. 공장레벨 레이아웃 설계(Factory Level Shipyard Layout Design)**

공장레벨 레이아웃 설계단계에서는 개별 공장의 위치, 개별 공장의 요구 면적을 설계한다. 우선, 개별 공장의 위치는 Fig. 5 와 같이 Muther 의 Activity Relationship Chart(ARC)를 이용한 근접도 평가를 통해 결정하며, 공장의 면적은 앞서 도출된 작업장을 모듈화한 후, 각 작업장의 최소 면적을 기준으로 산정한다. 또한, 여유계수(Allowance k: 1.5~1.8 )를 추가로 고려하여 통로 및 작업 여유공간을 확보한다.

단, 개별 작업장에 삽입되는 설비 목록은 옥외 부문의 탑재 일정으로부터 산정된 결정된 내업 부문의 기준 작업장의 능력에 맞춰 균형 있게 추출하며, 공간 활용률을 극대화하기 위하여 각 작업장 마다 반복적으로 설비를 추가함으로 내업 부문 공정 능력을 극대화 한다.

- 계획능력 검증을 위한 선박건조시나리오 정의
- 제품, 프로세스, 자원 데이터 통합
- 생산 프로세스 모델링
- 생산 설비 계획 (Production facility planning)
- 시나리오 별 공장 / 작업장별 계획 능력 검증
- 시나리오 별 생산설비계획 및 공정능력 (Production facility planning & process capacity) 분석 자료 리포팅 해당 절차에서 가장 중요한 부분의 하나가 계획 능력 검증을 위한 선박건조 시나리오 정의이고, 시나리오가 수립되면 목적한 선박의 제품, 공정, 자원의 데이터로 구성된 생산 표준데이터(n-level production master data)를 정의하여, 각 단계별로 개별 시나리오에 대한 사전 테스트를 통해 설계된 조선소의 실행 가능성을 평가할 수 있다.

단, 생산 표준데이터는 참조 선박(Parent Ship)의 생산이 계획되었던 조선소의 사양 및 주요 블록의 시수 정보를 기준 정보로 하여, 설계하고자 하는 조선소의 사양 및 최대 블록 사이즈를 고려한 목적 시수 값을 도출함으로 작성된다. 또한, 생산 표준 데이터는 일정계획 정보와 밀접한 관련을 가지며, 선표, 대일정, 중일정, 소일정 각각에 대

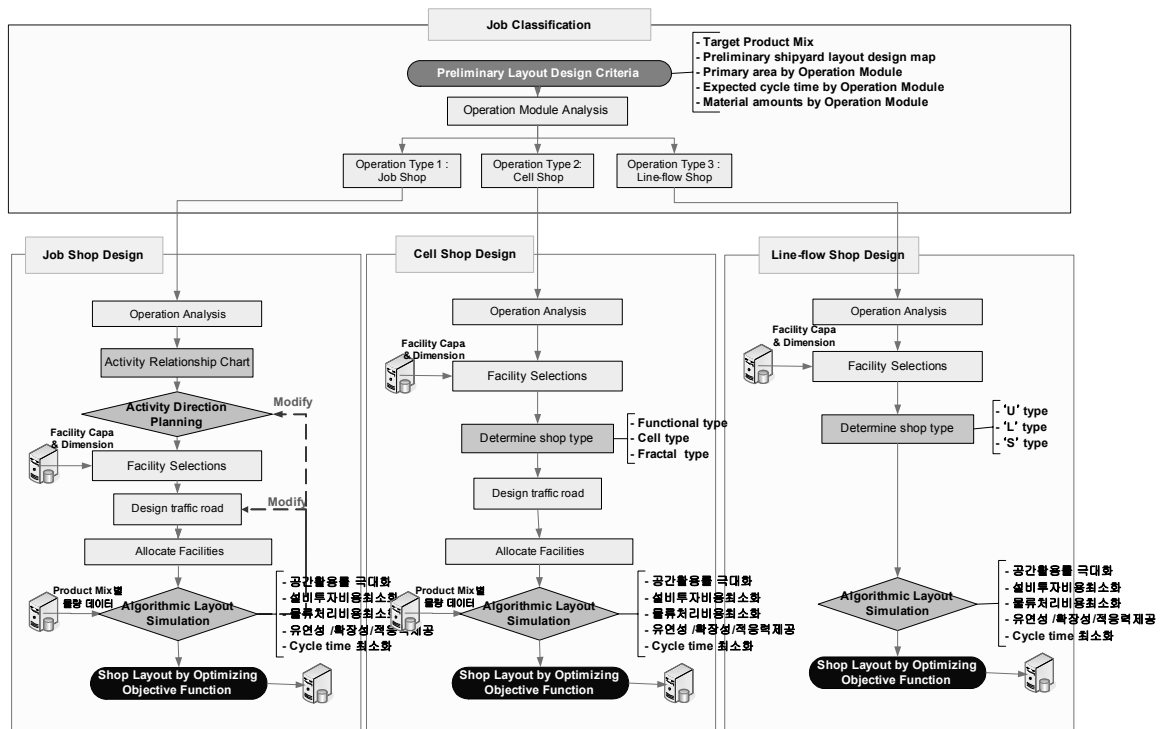


Fig. 6 Classified Shop design process based on flexible layout methodology

해 데이터의 취급 정도 및 실행 가능성 평가의 수준을 달리한다.

### 5.6.1 제품 시나리오 별 조선소 레이아웃표준 생산능력 계획(Basic shipyard production capacity planning based on product scenario)

제품, 공정, 자원 데이터 취급 범위가 결정되면 조선소 레이아웃의 생산 능력 계획을 위한 제약요소를 설정한다. 여기에는 연간 생산량, 작업 교대율, 임금 수준 등 다양한 전제 조건이 포함된다. 시나리오 및 제반 사항이 준비되면 제품, 프로세스, 자원 데이터 통합 작업을 한다.

데이터 통합은 제시된 프레임워크 절차에서 생성된 데이터를 기반으로 이루어지며, 해당 정보들은 볼트(VAULT)로 사용하고자 하는 데이터베이스에 저장하여 생산 프로세스 모델링에 활용된다. 프로세스 모델링 시에는 선후관계 계획(Process

graph) 및 제약 공정(Critical Path) 도출 및 생산

능력계획 (Production capacity planning)을 수행하며, 이로써 생산 가능성 여부를 검토한다.

이로써, 초기 제안된 조선소 레이아웃의 능력이 시나리오를 기반으로 한 제품, 공정, 설비 관점에서 확인되고, 추후 생산 시뮬레이션 기법을 통해 검증 절차가 완성된다.

Fig. 7 은 생산 능력계획을 기반으로 한 조선소 레이아웃의 내업부분을 구현한 사례이고, Fig. 8 은 조선소 전체 레이아웃을 3 차원 환경에서 확인한 예이다.

### 5.6.2 디지털 검증 및 결과 리포팅(Digital validation & Result reporting)

앞에서 도출된 조선소 레이아웃을 바탕으로 생산설비 능력계획 검증 절차를 수행한다. 생산설비 능력검증은 시나리오별, 공장/작업장별로 순차적



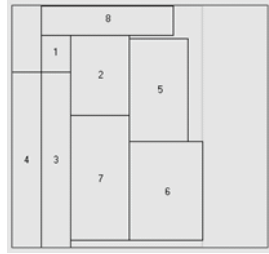


Fig. 7 Indoor Shipyard Layout Implementation

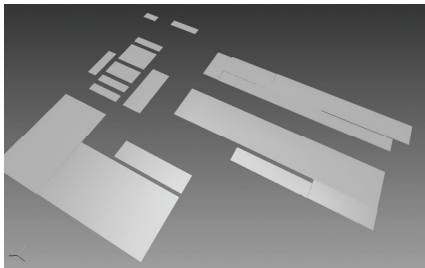


Fig. 8 Shipyard Layout based on production capacity planning.

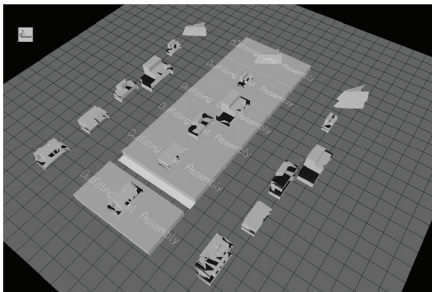


Fig. 9 Digital modeling & simulation for production planning validation

으로 검증해 나간다.

본 연구에서 제시하는 검증은 디지털 생산모델링과 시뮬레이션 기법을 활용하며, 이로써 복잡한 생산 시스템의 거동을 체계적이고 합리적으로 검증할 수 있을 뿐 아니라 제품을 개선하고, 공정을 완벽하게 구축할 수 있다. 핵심 작업장 및 공정 검증을 위해 디지털 생산 모델링 및 시뮬레이션을 사용한 예를 Fig. 9에서 제시하였다.

핵심 작업장에 대한 디지털 검증이 완료되면,

조선소 레이아웃의 전체 공정으로 검증작업을 확대하여 다시 한번 디지털 검증 작업을 수행한 후 구성된 제품 시나리오별 최종 선박의 건조 리드타임(Lead time) 및 각 공정별 작업시간(Cycle time) 및 물류 비용(Material handling cost) 등을 비교하여, 최적의 결과를 보이는 시나리오를 채택하고 디지털 검증 및 공정 능력 분석 자료의 최종 자료로 출력한다. 출력 가능한 자료목록은 아래와 같다.

- 생산일정계획(Production schedule) 보고서
- 생산 비용(Production cost) 보고서
- 작업장별 설비 리스트
- 검증된 조선소 레이아웃 도면
- 검증된 작업장 설계 레이아웃 도면

## 6. 결론

본 논문에서는 체계적인 조선소 레이아웃 설계에 대한 연구의 일환으로 시뮬레이션 기반 조선소 설계 프레임워크를 제시하고 조선소 레이아웃 설계와 관련된 고민을 해결하고자 하였다. 제시된 조선소 레이아웃 설계 프레임워크는 복합적인 시스템의 체계화를 지원하는 시스템 엔지니어링 이론을 기반으로 하고 있고, ISO/IES 15288 방법을 따르고 있다. 본 프레임워크는 조선소 레이아웃 설계 시 선박 건조능력 측정규준을 도입함으로써 이해관계자들의 요구를 반영한 목표를 향해 효율적이고 효과적으로 진행해 나갈 수 있는 방법론을 제시했다. 더 나아가 본 프레임워크로 제안된 레이아웃을 디지털 시뮬레이션을 통해 검증함으로써 보다 합리적인 조선소 레이아웃을 제시할 수 있음을 확인했다. 향후 프레임워크를 바탕으로 조선소 레이아웃을 수행할 때 절차, 방법론, 툴, 데이터를 상세화하여 대형뿐 아니라 중소형 조선소에 적용 가능한 확장형 프레임워크를 수립하고 적용 사례를 늘려 나갈 계획이다. 본 프레임워크는 현재 건립된 조선소의 생산성 향상에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 새로 건립하는 조선소를 설계하는 데도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

부 록

Muther(1973) 은 Fig. 10 의 SLP(SLP: systematic layout planning) 의 배치 절차를 개발하였으며, 본 논문의 Fig. 5 의 활동관련도표(ARC, Activity relationship chart) 를 토대로 한다.

활동 상호간의 관계와 역할에 대한 이해와 입력자료를 바탕으로 하여 자재흐름분석, 활동 관련 분석을 수행하며, 이로부터 관련도표를 만든다. 관련도표는 각 활동들의 공간적인 위치를 결정하며, 특히 근접성은 두 활동 간의 관련성을 나타내기 위해서 사용한다. 다음 두 단계는 각 활동에 할당될 공간의 크기를 결정하며 공간관련 도표를 근접성을 바탕으로 작성한다. 이후, 실질적 제약사항과 고려사항의 수정을 바탕으로 여러 개의 배치 대안들을 만들며, 선호하는 대안을 추천하는 과정을 끝으로 마무리 한다. SLP 의 수행을 위한 과정이 비교적 간단하지만, 이 절차를 토대로 공정들의 배치를 만들고 순차적으로 공정 내 설비들의 배치를 만드는데 사용될 수 있다. 특히 공정 내 설비의 배치로의 적용 시에는 작업장 간의 관련성, 작업장의 입출구, 작업장 내의 통로, 창고 등의 추가 공간에 대한 레이아웃을 결정하기 위해서 사용될 수 있으며, 공정들의 배치의 경우는 소위 공장의 전체 레이아웃을 결정하는데 효과적이다.

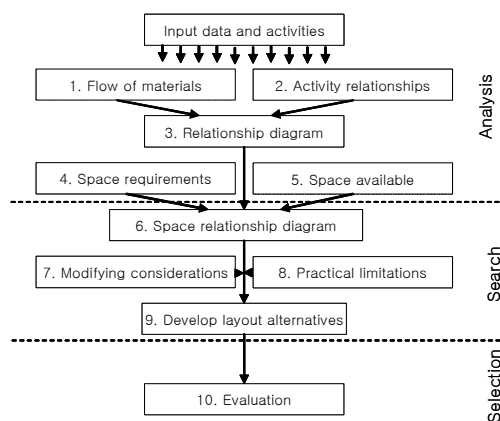


Fig. 10 systematic layout planning (SLP) procedure

본 논문에서는 이러한 Muther, R. 의 SLP 절차와 ARC 기법을 바탕으로 조선 프로세스를 규명하고, 프로세스 별 특성을 반영한 설비와 작업장 배치, 공정별 배치, 그리고 시뮬레이션 기반의 흐름 최적화 방법에 관한 방법론을 개발하였다.

참 고 문 헌

- Benjafar, S. and Sherikazadeh, M., 2000, Design of Flexible Plant Layout, IIE Trans, Vol. 32(4), 309.
- INCOSE, 2002, ISO/IEC 15288 Systems Engineering System Life Cycle Process.
- Lee, H.W., Jeon, I.W. and K.D., Kim, 2005, " Improvement of the Facilities Layout Using FactoryCAD in a Registry Department of Mail Center, " Journal of Industrial Technology, Kangwon Nail. Univ., Korea, No. 25A, pp. 95-104.
- Kim, H.T., 2002, A Simulation Based Shipbuilding System for Evaluation of Validity in Design and Manufacturing, Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, Department of Industrial Systems and Information Engineering Graduate School, Korea University.
- McLean, C.R. 1998. Manufacturing Simulation and Visualization Program Status Report, NIST, Available via <http://www.mel.nist.gov/msid/msv.htm> [Accessed August 5, 2005].
- Mun, C.W., Seo, Y.H., Lee, Y.H. and Choi, K.H., 2000, " Genetic Algorithm for Integrated Process Sequence and Machine Selection, " The Korean Operations Research and Management Science Society Science Conference.
- Muther, R., 1973 Systematic Layout Planning, 2<sup>nd</sup> 3d., Cahners Books, Boston.
- Shin, J.G. and Sohn, S.J., 2001, An Evolutionary Simulation Based Design Methodology for a Multiple Job-Shops Control System of Automated Manufacturing, International Journal

of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 14, No. 4, pp. 385-398.

- Woo, J.H., Oh, D.K., Kwon, Y.D. Shin, J.G. and Sur, J.N., 2005, " Simulation Modeling Methodology and Simulation Framework for a Construction of a Digital Shipyard," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 4, pp. 411-420.
- Yoo, Il Sang, Park, Young Won, 2002, " Development and Application of Computer Aided Systems Engineering Processes for Next Generation High Speed Railway Train" , Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol. 25, No. 4, pp. 22-31.



< 송 영 주 >



< 이 광 국 >



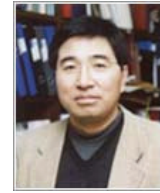
< 이 동 건 >



< 황 인 혁 >



< 우 중 훈 >



< 신 중 계 >