

## 디지털 생산 시뮬레이션 기반의 판넬라인 일정계획지원 시스템 구축

이광국<sup>†\*</sup>, 최동환<sup>\*\*</sup>, 한상동<sup>\*\*\*</sup>, 박주용<sup>\*\*</sup>, 신종계<sup>\*</sup>

서울대학교 조선해양공학과<sup>\*</sup>  
한국해양대학교 해양시스템공학부<sup>\*\*</sup>  
삼성중공업 거제조선소<sup>\*\*\*</sup>

### Construction of Scheduling Support System for Panel Lines by Digital Manufacturing Simulation

Kwang Kook Lee <sup>†\*</sup>, Dong Hwan Choi <sup>\*\*</sup>, Sang Dong Han <sup>\*\*\*</sup>,  
Ju Young Park <sup>\*\*</sup> and Jong Gye Shin <sup>\*</sup>

Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Seoul National University<sup>\*</sup>  
Dept. of Ocean Systems Engineering, Korea Maritime University<sup>\*\*</sup>  
Institute of Industrial Technology, Samsung Heavy Industries, Co., Ltd<sup>\*\*\*</sup>

#### Abstract

Nowadays, digital manufacturing has been known to be very effective method in manufacturing fields. It is aimed to estimate process time, to improve operation efficiency, and to prevent bottleneck processes in advance of real manufacturing.

This paper addresses a scheduling support system for panel lines in a shipyard through digital manufacturing simulation. The proposed system supports operators to make better decisions on the shop-floor scheduling in panel lines. It would provide a complete schedule that is at least as good as any schedule currently obtained. Furthermore, it can evaluate the operator's schedule by simulating it with 3-dimensional models before the work orders and schedules are released.

※ Keywords: Digital manufacturing(디지털생산), Simulation(시뮬레이션), Scheduling support system(일정계획 지원 시스템), Panel line(판넬 라인)

#### 1. 서론

---

접수일: 2005년 9월 16일, 승인일: 2006년 1월 9일  
주저자, E-mail: ykk21@snu.ac.kr  
Tel: 02-882-3563

정보 기술의 발달에 맞춰 다른 제조업 분야와 마찬가지로 조선 분야에서도 조선 산업을 기술 집약적인 미래산업으로 발전시키기 위하여 많은 노

력을 기울이고 있다. 대표적으로 실제 작업 전에 생산 공정을 미리 시뮬레이션 해봄으로써 실제 작업에서 발생할 수 있는 현상을 미리 분석하고 예측할 수 있는 디지털 생산(Digital Manufacturing) 기술에 관련된 시스템 개선의 연구들이 활발히 진행되고 있다. 디지털 선박생산기술(Digital Shipbuilding) (신종계 등 2001)은 주문생산 제조업인 조선 산업기술과 가상생산 기술 결합으로 탄생되는 신개념의 선박 생산 시스템으로 선박의 개념 설계에서부터 운용 유지까지 전 과정을 컴퓨터 속에서 만들고 시뮬레이션 하는 것이다. 실제 생산에 적용하는 단계에서 발생할 수 있는 설계 오류나 제작상의 문제점을 미리 파악하여 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있고 새로운 제조 방법 및 생산 설비의 변화를 가상생산 환경에서 미리 적용해 볼 수 있으므로 실제 제조 시스템 적용에 필연적으로 발생하는 재계획 및 수정에 따른 비용과 시간을 절감할 수 있는 기술이다.

2. 판넬라인 일정계획 시스템

조선소 판넬라인의 일정계획은 회사 내부의 여러 정보 시스템을 거쳐 물량에 대한 정보를 수집하고 우선순위(선착순규칙)가 높은 순서를 기준으로 투입순서가 정해진다. 이 작업은 생산 현장의 직장에 의해 결정되고, 오랜 경험을 바탕으로 대략의 작업시간을 산정한 후 처리 물량의 수를 결정한다. 평균적으로 여러 개의 물량을 처리하고,

하루 이상의 물량들에 대해서는 잔업이나 야간작업을 통해 소화한다.

판넬라인은 Fig. 1 에서 볼 수 있듯이 12 개의 스테이지로 구성되어 있다. 본 판넬라인은 블록을 만드는 공정 중에서 가장 자동화가 잘 된 공정 중의 하나이지만 많은 인력이 투입되어서 공정을 마무리한다. 따라서 판넬라인을 운영하는 관리자는 주어진 자원을 최대한 활용하여 최대의 생산량을 유지하고자 노력하고 있다. 특히, 작업 계획 엔지니어는 라인의 효율을 최대화 하기 위해서 각 스테이지에서 병목 공정이 생기지 않도록 블록의 투입 순서를 결정해야 하고, 물량이 분배되는 절단 공정에서는 후행공정의 잔량에 따라 부하평준화를 미리 고려해야 하기 때문에 작업계획을 하는데 고심을 많이 하고 있다. 또한 결정된 작업계획은 가공의 작업계획과도 밀접한 관계가 있으므로 신중을 기해야 한다. 지금까지는 주 고려대상으로 블록을 구성하는 요소인 용접장, 보강재의 개수로 공수를 산출했지만 이는 정확한 공수를 산출하지 못한다. 보다 정확한 작업계획을 위한 현장에서 고려되어야 할 요소를 추가해야 하고, 작업자가 쓰기에 용이한 개선된 시스템을 요구하고 있다.

따라서 본 논문에서는 작업계획 엔지니어가 자신이 계획한 일정에 대하여 미리 시뮬레이션 해봄으로써 검증할 수 있고, 문제점 도출 시 대안을 찾는데 유용하게 쓰일 수 있는 시스템 구축에 주안점을 두었다. 디지털 선박생산기술과 일정 계획시스템을 연동하여 조선의 판넬을 조립하는

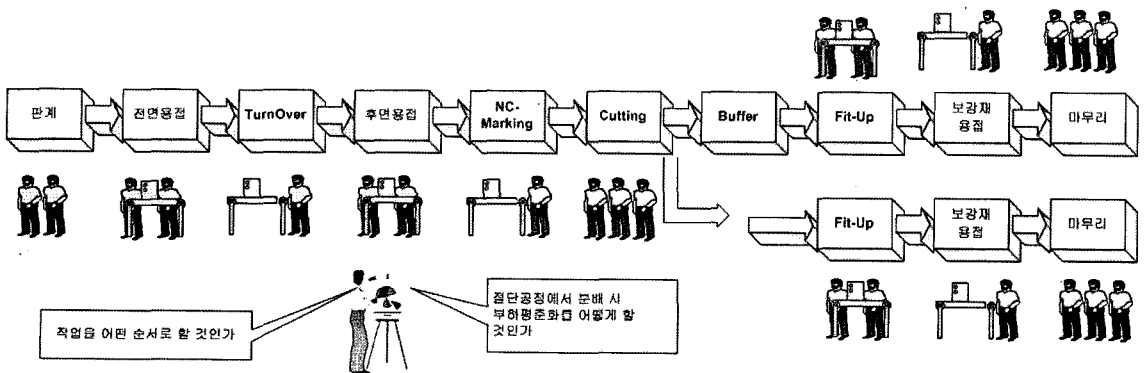


Fig. 1 Layout of panel line

공장의 월/주간 일정계획지원 시스템을 구축하였고, 이를 통하여 일정계획을 보다 합리적이고 효율적으로 운용하는 방안에 대해 다루고자 한다.

### 3. 판넬 조립라인의 공정설명

판넬라인은 여러 판(Plate or Panel)들을 용접하여 평블록을 생성하는 라인으로 선박을 조립할 때 쓰이는 중조립 블록의 기초를 만드는 작업을 한다. 또한 이 공정은 판넬에 증보강재나 평강(Flat Bar) 등을 부착하여 철판을 용접하는 일이 대부분을 차지하고 있다.

판넬라인의 세부공정은 Table 1 과 같이 판계부터 수정/마우리로 이루어져 있고, 각 세부공정별

Table 1 Processes of panel line

공정	설명
판계	성형 가공된 판을 임시로 가접하여 여러 개의 판넬을 붙이는 공정
전면용접	가접된 판넬을 완전히 용접하는 공정 전면용접 공정의 작업영역은 후면 용접공정의 작업장에 비해 넓어 작업장 허용범위 안에서 많은 물량을 소화할 수 있음.
뒤집기 (Turn Over)	전면용접 작업장에서 판넬의 전면 용접을 마친 블록을 뒤집는 공정
후면용접	전면용접이 완료된 판넬의 후면을 완전히 용접하는 공정
NC Marking	판넬의 용접을 모두 마친 후 마진 면 절단이라든지, 보강재가 놓일 위치를 마킹하는 공정
절단	판넬의 탭피스(Tap piece)를 제거하는 공정
가접 (Fit-up)	판넬에 보강재(Angle, T-bar, Flat-bar)를 세우고 가접하는 공정
보강재 용접	전 공정에서 가접된 보강재를 자동화 용접기로 판넬에 용접하는 공정
수정 및 마무리	보강재 용접을 마친 판넬을 수정, 마무리 하는 공정

로 수행하는 작업을 Table 1 에서 확인할 수 있다.

### 4. 시뮬레이션 모델 구축

#### 4.1 공정특성 분석 및 입력 데이터 분석

판넬라인에 있는 물량의 흐름을 시뮬레이션 하기 위해서는 우선 생산라인에 존재하는 각각의 특성을 파악하고 이를 시뮬레이션 모델에 반영시켜야 한다. 모델 검증용 위해서는 반드시 거쳐야 할 과정이고 모델의 정도를 결정하는 중요한 요소이기도 하다. 본 판넬 시뮬레이션 모델을 구축하기 위해서 선행작업으로서 시뮬레이션 입력 데이터 특성 분석과 현 라인이 가지고 있는 물리적, 운용적 특성에 대해서 살펴보았다.

##### 1) 시뮬레이션 입력 데이터 특성

- 각 블록은 여러 개의 이음매(SEAM<sup>1</sup>), 증보강재(LONGI<sup>2</sup>)를 가진다.
- 각 스테이지의 작업은 이음매와 증보강재의 개수에 따라 다르다.
- 보강재의 종류에 따라 용접 회전수가 다르다.
- 판두께, 용접설계 각장에 따라 용접속도가 다르다.
- 같은 판넬이라도 판들의 두께가 다르다.
- 판계 공정에서 중요한 세로방향 용접(횡이음매)에 따른 작업시간이 고려되어야 한다.

뿐만 아니라 올바른 시뮬레이션 결과를 유도하고, 실제 라인의 현상을 반영하기 위하여 투입 물량의 기본 차원(Dimension) 정보와 판두께에 따른 회전수, 용접속도 또한 반영되어야 한다.

##### 2) 현 라인의 물리적, 운용적 특성

- 각 스테이지마다 공간의 크기가 다르다.
- 한 스테이지에 여러 개의 블록이 존재한다.
- 후행공정이 비어 있으면 선행공정의 결과물이 투입된다.
- 선행공정이 가공 중일 때 후행공정이 비어

<sup>1</sup> SEAM: 부재와 부재를 연결한 부분

<sup>2</sup> LONGI: Longitudinal strake or member 로 증보강재를 의미함

있으면 완료된 블록만 후행공정으로 이동된다. 그 외에도 대부분의 공정이 자동화 기기를 사용하기 때문에 공정 투입인원에 따라 생산성이 정비례하지 않는 특성도 있다.

4. 2 공정소요시간 정식화 및 세분화

Fig. 2에서 볼 수 있듯이 분석된 IDEF0 모델에서 각각의 액티비티(Activity)의 내용을 분석한 결과 액티비티와 물량 투입 정보의 요소(Factor)와 연관관 있음음을 확인하고, 작업시간을 나타내는 산출식을 완성하였다. 실제로 현장 기사나 직·반장은 나름대로의 경험식을 가지고 대략의 작업시간을 추정하지만 이는 실제 현상을 반영하기엔 요소나 제약조건들이 많이 부족하므로 정도가 떨어진다. 경험식 이외에도 조업도라고 불리는 작업시간을 계산하는 룰이 있다. 실제 공정에서 사용되는 여러 변수들을 무시하고 이음매와 증보강재로 대략의 용접길이만을 판단하고, 이를 블록의 생산개수로 환산한 전체 용접길이를 조업도를 평가하고 있다.

컨테이너선과 석유운반선의 블록을 비교하면 같은 용접길이(현재의 기준에서 사용하는 같은 조업도)라도 석유운반선은 용접이 대부분 1 회로서 끝나고 공정상 복잡한 부분도 없다. 반면 컨테이너선의 경우는 60mm 이상의 후판(厚板)이 단차로 들어가게 되고 이는 전면용접 공정에서 부하로 작용하게 된다. 왜냐하면 후판의 단차조정, 용접시 유압 푸셔(Pusher)로 조정하기 때문이다.

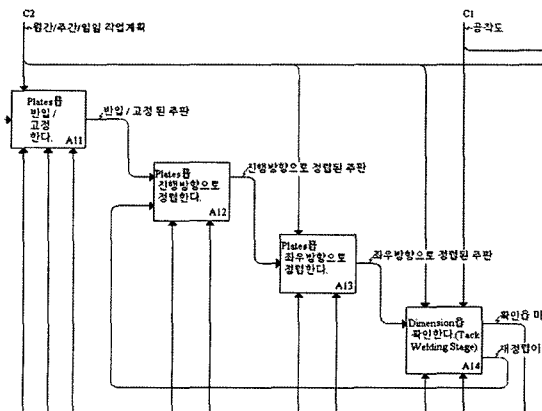


Fig. 2 IDEF0 example

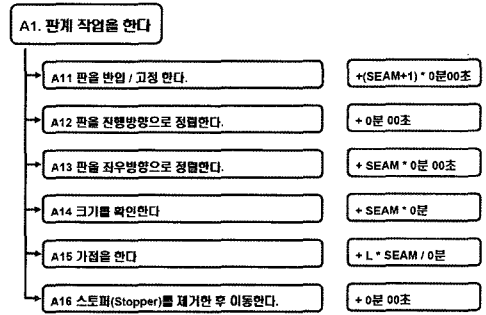


Fig. 3 Empirical formula by time analysis

또한 후판에는 보강재 용접시 평강이 붙게 되는데 이 때 각장을 고려하여 여러 번(2~3 회) 용접하게 된다. 후판 용접시 대부분 용접속도가 늦어지는 정도 고려해야 할 사항이다. 같은 전체 용접길이라도 컨테이너선의 블록은 조업도를 높게 고려해야 할 것이다. 현재 부정확한 경험식과 조업도를 보완하고자 Fig. 3 과 같이 개선된 산출식을 유도해 냈고, 이는 현재 라인이 가지고 있는 특성을 반영하여 정도가 높은 시뮬레이션 결과를 도출하도록 하였다. 조업도를 기반으로 한 산출식은 액티비티를 중심으로 지배적인 변수와 상수의 조합으로 구성되어 있다. 현장작업과 시간 차이가 많이 나는 액티비티에 대해서는 그 액티비티를 다시 세분화하여 원인을 분석하였고, 추가된 액티비티에 대해서 수 차례 실측을 통해 보정식으로 도출해 냈다

4. 3 시뮬레이션 모델링

DELMIA 사의 QUEST 는 공장 설비의 레이아웃과 공정 흐름을 효율적으로 모델링하고 시뮬레이션하여 시스템을 분석, 검증하는 유연한 객체지향 이산 사건 시뮬레이션 솔루션(Flexible object-based discrete event simulation tool)이다. QUEST 는 대화식의 3 차원 그래픽 유저 인터페이스(User Interface)를 제공하고, 시뮬레이션 모델 완성 후에는 별도의 컴파일 없이 실시간으로 시뮬레이션을 수행할 수 있는 장점이 있다. 이외에도 객체기반 모델 구축 및 효과적인 분석을 위해 다양한 자료를 제공하는 이점이 있어 시뮬레이션에 활용하였다.

4.3.1 시뮬레이션 모델

Fig. 4 는 QUEST 를 이용하여 판넬 라인을 시뮬레이션 하기 위해 만든 3 차원 모델이다.

QUEST 모델상에서 현 라인의 레이아웃을 옮겨 놓고 각각의 작업장에 대한 로직을 완성했다. 작업장뿐만 아니라 라인의 중요 특성을 역시 로직에 반영시켜야 하고, 데이터베이스 연계, 결과 추출, 흐름 제어 등도 로직에 포함되어 있어야 하며, 이는 SCL(Simulation Control Language)이라 불리는 언어로 구현되었다.

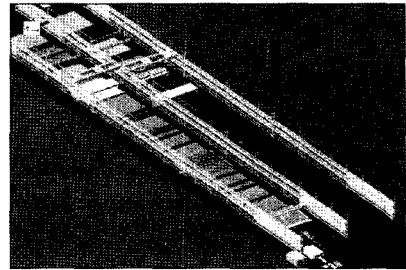


Fig. 4 Simulation model of panel line

4.3.2 주요 공정 로직

판넬 라인의 공정들은 Fig. 5 에서 보이듯이 공정마다 각각 시뮬레이션에 부합되는 로직을 갖고, 각 공정이 가지는 로직은 공정분석을 통해 도출된 사이클타임을 계산하는 산출식과 함께 시뮬레이션 모델이 구동한다. 각 공정은 특징에 따라 각기 다른 룰 및 로직이 정의되고 사용한다.

특히, 물량이 분배되는 절단 공정은 우선순위 규칙(Dispatching Rule) 중 SRPT (Shortest Remaining Process Time) 룰을 적용시켰고, 그 결과를 Table 2 에서 보는 바와 같이 분기 로직에 따라 후행 공정의 부하가 평준화됨을 확인할 수 있다.

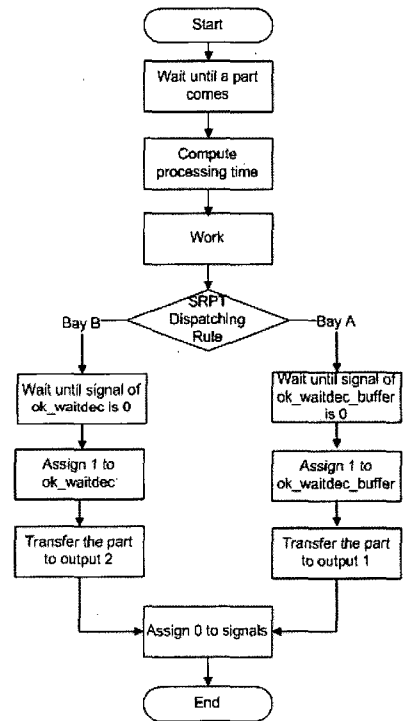


Fig. 5 Cutting stage logic

4.3.3 시뮬레이션 모델 검증

실 작업일수 23 일간의 판넬 물량을 시뮬레이션 한 후 현업 작업시간과 시뮬레이션 모델 시간과 비교하였다. 주간 작업시간 비교는 하루 중 08~17 시까지 8 시간을 기준으로 하였으며 작업 시간 평균을 t 검정 및 Chi-Square 검정을 실시하여 유의수준 5% 내에서 본 모델의 평균 작업시간을 검증하였다.

시뮬레이션 모델의 평균 작업시간을 정미시간으로 보고, 작업시간에 대한 여유율을 결정하면 (1) 식에 의해 표준작업시간을 유도할 수 있다. 철강공업의 여유율은 35%로 알려져 있고(황학 1999), 제조업마다 조금씩 차이는 있지만 주로 15~20%의 여유율을 많이 사용한다(김태수 등 2004). Table 3 에서와 같이 여유율을 20%로 적용할 경

Table 2 Result comparison by SPRT rule

동일 물량 시뮬레이션 시 산출량		
Logic	'A' Bay	'B' Bay
Normal	27	40
SRPT	33	34

Table 3 Result comparison of between real work and simulation model

구분	시간	
1. 현장 작업자들의 표준작업시간	8.0hr	
2. 시뮬레이션모델의 평균작업시간	6.4hr	
3. 여유율에 따른 시뮬레이션 모델의 표준작업시간	15%	7.5 hr
	20%	8.0 hr
	25%	8.5 hr
	30%	9.1 hr

우 현장 표준작업시간과 시뮬레이션 표준 작업시간의 차가 없음을 확인할 수 있다. 정미시간으로부터 표준작업 시간을 유도하는 식은 아래와 같다.

$$ST = NT \left( \frac{1}{1-B} \right) \quad (1)$$

ST: 표준시간, NT: 정미시간, B: 여유율

### 5. 시스템 아키텍처 및 사용자 인터페이스

#### 5.1 시스템 아키텍처와 정보 흐름도

시뮬레이션 모델 활용을 위한 사용자 환경 구축에는 Fig. 6 에 보이듯이 사용자 환경을 담당하는 인터페이스, 시뮬레이션 모델, 데이터베이스, 트랜잭션 인터페이스, 마지막으로 서버와의 중계 역할 및 비즈니스 로직 부분을 담당하는 미들웨어

(Middleware) 부분으로 이루어진다(우중훈 등 2004). 본 시스템의 내부 정보 흐름은 일정계획 담당자가 사용자 환경을 통해 일정계획을 선택하고, 선택된 일정계획에 대해 검증하기 위해서 옵션을 선택한다. 선택된 이벤트에 따라 시뮬레이션 입력 값이 시뮬레이션 모델에 전달이 되고 일정계획 담당자는 계획한 스케줄에 대한 시뮬레이션 값을 피드백 받게 된다. 시뮬레이션 입력 값으로 사용되는 정보들은 시스템 엔지니어가 트랜잭션 인터페이스를 통해 새로운 기간 데이터베이스 정보로 정기적으로 업데이트 하게 된다.

일정계획 지원 시스템의 프레임워크는 사용자의 생산 계획 수립을 위한 의사결정 지원 도구으로써 원하는 작업장의 시뮬레이션 모델을 선택, 실행 및 결과 추출의 과정을 웹에서 실행 할 수 있는 기능을 제공한다. 사용자가 원하는 시뮬레이션 모델을 선택하면 시뮬레이션 모델 접근이 가능해지고 원하는 기간의 작업의 결과를 손쉽게 확인할 수 있다. 해당 결과는 작업자가 식별하기 쉬운 각종 그래프 및 차트로 구성이 되어 있고, 해당 데이터들은 시뮬레이션 데이터베이스에 저장된다(우중훈 등 2005).

#### 5.2 사용자 인터페이스의 구성

일반 작업자가 QUEST 모델을 사용하고, 컨트롤 하기 위해 교육을 받고 숙련되기 전까지 결코 쉬운 일이 아니다. 여기에 맞춰 새로운 인터페이

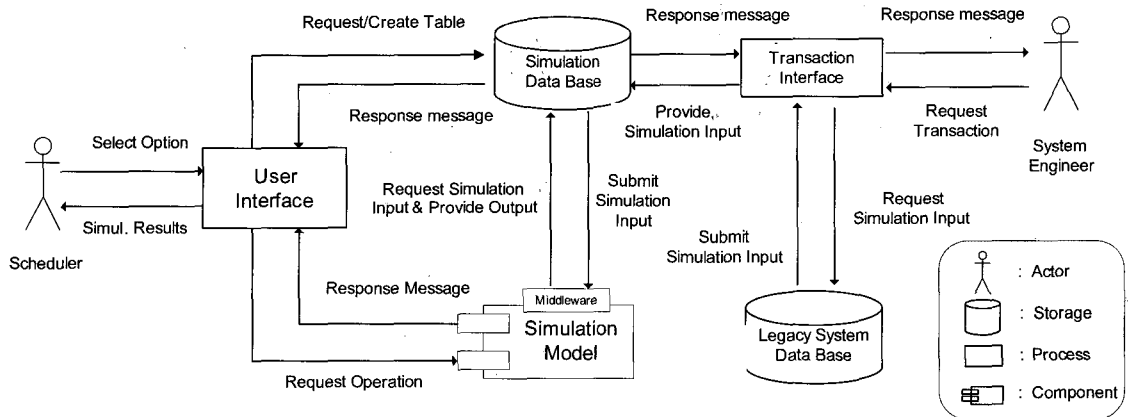


Fig. 6 Architecture of scheduling support system

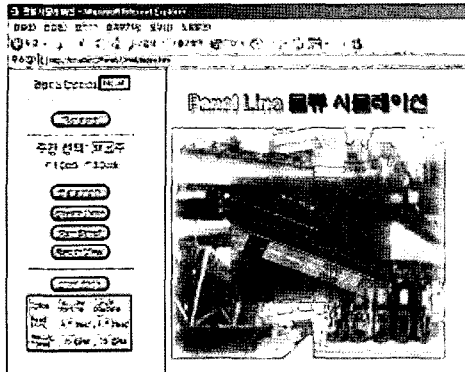


Fig. 7 Web page

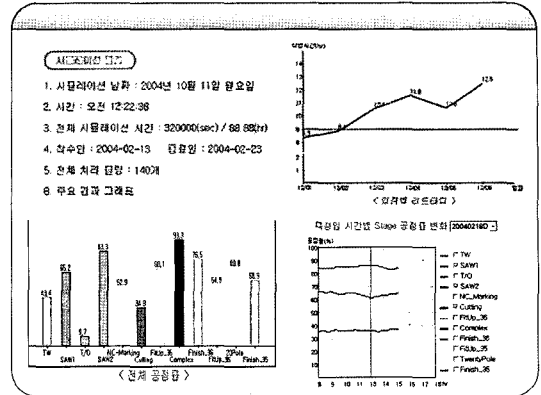


Fig. 8 Various simulation results

스 에 대한 요구가 대두되었고, 그 결과 웹 기반의 사용자 인터페이스를 개발하였다. 웹 페이지의 메인 창은 Fig. 7 과 같다.

작업자가 시뮬레이션 모델을 사용하기 위해서는 사용자가 웹 페이지에 접속한 후 시뮬레이션 할 물량을 결정하고 서버의 시뮬레이터를 원격 실행 시키게 된다. 시뮬레이션이 끝나면 결과를 몇 가지 형태(텍스트, 그래프, 테이블)로 살펴볼 수 있고, 내용을 저장할 수 있게끔 하였다. 이외에도 용접할 때 헤드수를 늘리거나, 용접속도에 변화를 주었을 때의 해당 작업장뿐만 아니라 전체 라인에 미치는 영향도 고려할 수 있도록 하였다. 이는 라인에 장비의 증설, 설비 개선, 공법의 변화가 생길 때 미리 그 영향을 예측할 수 있도록 하는 기능이다. 일정계획 지원 프로그램은 기존의 ASP(Active Server Pages)가 아닌 ASP.Net 기반으로 제작되었다. ASP 프로그램은 인터프리터 방식인데 반해, ASP.Net 프로그램은 컴파일되어 실행되기 때문에 실행속도가 빠르다는 장점이 있다. 이외에도 비연결 지향의 ADO.Net 을 사용하여 리소스를 적게 차지하고, 객체지향 프로그래밍이 활용된 점이 특징이라 하겠다. 개발언어는 C#을 사용하였고, 웹 서비스는 IIS(Internet Information Services)에서 실행되도록 되어 있다. 사용자가 Fig. 7 에 보이는 웹 브라우저 주소창에 서버가 있는 경로를 입력하면 메인 창이 활성화 되고, 시뮬레이션이 가능하게끔 설정된다.

### 5. 3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 Fig. 8와 같이 텍스트, 그래프 등으로 나타낼 수 있다. 시뮬레이션을 실시한 날짜, 시간, 모델이 실행된 작업시간, 기본 착수일 종료일, 처리 물량 개수가 텍스트 형식으로 표시되고, 작업장별로 전체 평균 공정률, 하루 처리 물량에 대한 작업시간, 특정 날짜에 대한 각 작업장별 공정률 등은 차트 및 그래프로 쉽게 확인할 수 있다.

### 6. 결론

본 연구에서는 판넬 라인의 물류 시뮬레이션을 위하여 공정분석을 선행하고, 각 작업장의 내부로직을 구성, 이를 시뮬레이션 하여 그 결과를 웹 기반의 사용자 인터페이스에 표시할 수 있도록 하였다. 본 연구로 개발된 일정계획지원 시스템은 사용자가 로그인해서 본 시뮬레이션 모델을 바로 사용하게끔 준비가 되어 있다.

Fig. 7 는 본 시스템이 조업도 및 배원계획 측면에서 기여하는 효과를 나타내고 있다. 본 연구의 일정계획 지원 시스템 구축 이전 생산 조업도 계획시 주요 고려 대상은 판넬의 아음매, 종보강재, 판넬의 수였고 이들을 동시에 고려하지 않아 요소별 독립적인 분석에 그쳤다. 반면 시뮬레이션 모델에서는 이 세가지 요소를 판넬의 속성으로 규정하고 함께 고려할 뿐만 아니라 시뮬레이션 시 주요요소들인 용접속도, 회전수, 라인의 특성을

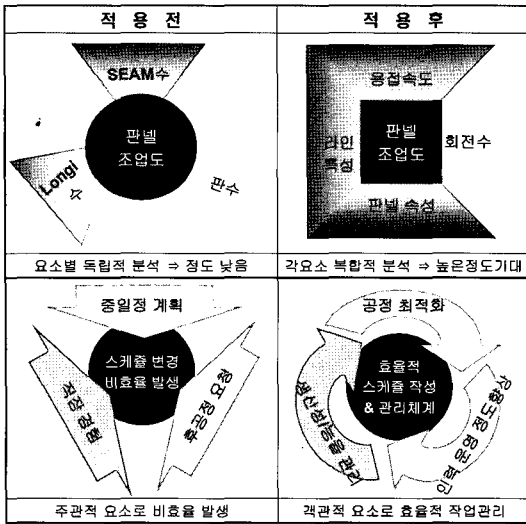


Fig. 7 Contributions of the system

추가하여 시뮬레이션 모델의 정도를 향상 시킬 수 있었다. 이로써 각 요소의 복합적 분석이 가능하고, 현업 라인의 실적과 비교했을 때 더욱 높은 정도를 갖는 시뮬레이션이 가능하게 되었다.

또한, 주간 일정 작업 계획시 중일정 계획을 바탕으로 직장의 경험에 의해서 계획이 이루어지는데, 후공정의 요청에 따라 긴급하게 작업이 이루어지므로 일정계획 관리 면에서 비효율적인 요소가 많이 존재하였다. 반면 시뮬레이션 모델을 이용하여 주간 일정 작업계획을 하게 되면 일정계획 담당자가 계획한 작업을 시뮬레이션을 통해 재검토할 수 있게 되고, 이에 따라 효율적인 일정계획 관리가 가능하게 된다. 이외에도 여러 가지 측면에서 다음과 같은 기대 효과가 있다.

- 판별 조립 공장의 능력 평가
- 특정 작업장의 부하 판단
- 판별 조립공장의 설비투자효과 판단
- 조직 및 인원 변경 시 사전 평가
- 공장 운영 방안 변경 시 영향 평가
- 조업도 기준 평가

위에서 나열한 바와 같이 시뮬레이션을 통해 생산성 관리, 인력 운영 정도 향상, 공정의 최적화를 꾀할 수 있다. 뿐만 아니라 검토된 작업 계획을 이용해 배원계획을 한 후 작업지시를 함으로써 정

확한 인력 관리가 가능하게 된다. 시뮬레이션을 통한 예측이 가능하기 때문에 실적 비교가 쉬워지며, 일정 계획 시스템과의 연계로 일일 결산 체계의 조기정착이 기대된다.

후 기

본 연구는 “ 고부가가치 선박 개발용 디지털 통합건조 공법개발 ” 의 일환으로 수행되었으며, 산업자원부 · 정보통신부의 연구비 지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- 김태수, 김인준, 서경범, 황규완, 2004, 현대 작업관리, (주)복스힐, pp.299~300.
- 신중계, 이장현, 우종훈, 2001, “ 디지털 선박생산(Digital Shipbuilding) 개념, ” 대한조선학회 논문집, 제 38 권, 제 1 호, pp. 54-62.
- 우종훈, 이광국, 정호림, 이장현, 신중계, 권영대 2004, “ 디지털 조선소 구축을 위한 물류 모델 프레임워크, ” 대한조선학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 436-448.
- 우종훈, 오대균, 권영대, 신중계, 서주노, 2005, “ 디지털 조선소 구축 및 활용을 위한 시뮬레이션 모델링 및 시뮬레이션 프레임워크 구축 방법론, ” 대한조선학회 논문집, 제 42 권, 제 4 호, pp. 411~420.
- 황학, 1999, 작업관리론, 영지문화사, pp.392.



< 이 광 국 >



< 최 동 환 >



< 한 상 동 >



< 박 주 용 >



< 신 중 계 >