

조선 도장 공장 운영 방안 수립에 관한 연구

최동희*, 박주철*

울산대학교 산업정보경영공학과*

donghchoi@hanmail.net

Abstract

This paper deals with the procedures of effective mid-term Operation Planning establishment for painting shop in shipbuilding, and develop prototype system.

In general, the block painting process consists of two stages such as blasting operation for surface preparation and painting operation for paint application for blocks. Weather condition is a potent influence on those operations.

The procedures consists of four steps, Load analysis, Generate alternative simulation plan, Implementation of Allocation automation module and Compare result of each simulation plan. Explain of each step, as follows,

1.step, Load analysis measure amount of assigned workload and manhour.

2.step, simulation scheme include alterable control variable such as overtime, weather. Auto allocating module carry out feasibility of simulation plan.

3.step, Allocation automation module are composed of three algorithms, as followings:

- the block allocation algorithm that determines the number of blocks to be processed each day,
- the team allocation algorithm that allocates blocks to worker groups.
- the block arrangement algorithm that arrange blocks in blasting and painting cells.

Since the block arrangement algorithm is conducted simultaneously with the team allocation algorithm, the total structure of the operating algorithms is considered to have two phases: first, daily load balancing with capacity limit and second, team allocation considering arrangement each day.

4 step, Comparing result of each simulation plan, and select best simulation plan.

1. 서론

조선의 생산 공정은 조선소의 시설배치나 장비위치 등에 따라서 달라지고 또, 선박의 종류에 따른 시공방법에 의해서도 달라지므로 일률적으로 표현할 수는 없다. 그러나 조선공업도 일반적인 제품과 마찬가지로 수주단계로부터 제품설계, 자재조달, 생산, 시운전 및 인도에의 제 단계를 거치게 된다. 이 중 생산 공정은 크게 선체의 골격과 외형을 만드는 선각 공정(Hull Construction)과 추진, 운항, 거주환경 등

중요기관과 이를 연결하는 기능을 만드는 의장 공정(Outfitting)과 부식을 방지하기 위한 도장 공정(Painting)으로 구분된다[1].

블록도장공정은 선형공정에서 제작된 블록에 특정도료를 사용하여 도장작업을 수행하는 공정으로 조선공정의 주공정상에 위치하고 있으며 블록 도장공정의 지연이 전체 선박 건조공정의 진행에 적지 않은 영향을 미친다[2].

블록 도장 공정은 도료를 블록에 도장하기 위해 블록의 표면이나 내부를 청소하는 블라스팅 작업과 도장작업이 진행되는 페인팅 작업으로 크게 분류할 수 있다. 이 작업들은 기후와 시설에 따른 제약이 다른 공정보다 매우 크다. 운영 계획을 수립할 때 이런 제약을 충분히 고려하지 않으면 그 계획의 실행가능성은 매우 낮아진다. 현재 'H'사의 경우, 운영 계획을 수작업을 위주로 세우고 있다. 이런 여건을 감안해 보면 1개월 이상의 운영계획을 작성한다는 것은 거의 불가능하며 수립한다고 해도 매우 어렵고 계획 수립에 많은 시간과 공수가 투입되어야 한다.

본 연구에서는 도장 공장 운영 방안 수립에 관해 물량분석, 시뮬레이션 안, 자동배치, 결과분석의 4가지의 수립절차를 제안하였고 이 수립 절차를 시스템으로 구현한 적용 결과를 다룬다.

2. 이론적 고찰

블록 도장공정이 일정준수와 품질관리 측면에서 중요한 공정임에도 불구하고 이 공정에 대한 소일정계획레벨의 연구가 이루어지지 않고 있는 것은 공간일정계획(spatial scheduling)기법을 이용하여 일정을 수립하여야 하는 난이도 때문으로 판단된다 [1]. 공간일정계획이란 여러 가지 자원들 중에서 공간 자원이 제품생산의 병목현상으로 발생하여 중요한 제약조건이 되는 일정계획 문제로 정의된다. 이 공간일정계획의 목표는 납기만족 및 자원효율의 극대화에 있다. 이러한 공간일정계획은 일반적인 일정계획 문제의 요소를 포함하면서 공간제약의 영향이 매우 큰 문제이며, 작업 공정상의 이유로 제한된 공간 내에서 작업이 이루어져서 효율적인 공간사용이 요구되는 경우에 필요한 형태이다[3]. 공간일정계획은 자원능력과 남기 같은 전통적인 일정계획의 제약뿐만 아니라 작업 대상물의 동적인 공간배치(dynamic spatial scheduling)를 고려한다. 공간일정계획의 자동화는 조선공업과 같이 공간자원이 애로자원일 때 특히 중요하다[1].

Spatial Planning의 자동화에 관련된 기본적인 연구내용은 2차원 평면상에 대상물을 수학적인 방법으로 표현하고 표현된 대상물의 인식 방법 문제를 다룬 기본적인 연구들이 있다[4]. 대상물의 수학적 표현 및 인식의외에도 2차원 공간상에 배치 대상물을 위

치시키기 위해서는 배치 대상물간의 충돌 여부를 확인 하는 과정이 필요하다.

이 계산 기하문제(Computational Geometry)에 대한 기존 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

- 배치 불가능 영역 계산
- 배치 가능 영역 계산
- 다각형의 내부점 찾기
- 블록 외곽 찾기
- 영역의 교차점 계산 및 탐색
- 배치 대상물을 표현하기 위한 자료 구조

Spatial Planning문제는 대상물의 실제 배치 가능성이 확인되지 않으면 그 대상에 대한 일정 생성은 의미가 없다고 할 수 있다. 따라서 Spatial Planning의 가장 큰 제약은 대상의 실제 배치 가능성과 작업 부하를 동시에 만족하는 일정을 생성 하는 것이다.

Spatial Planning문제를 다룬 기존의 연구에서는 앞서 언급한 제약 조건을 만족하는 일정을 생성하기 위해 대상물의 배치 가능성을 무시하고 부하조건을 만족하는 일정을 생성한 후 대상물의 배치 가능성을 확인하는 방법을 사용하고 있다. 부하조건을 만족하는 일정을 찾기 위해 유전알고리즘을 사용하고 있으며 유전알고리즘의 결과로 얻어지는 고정된 일정을 벗어나지 않는 범위 내에서 배치문제를 고려하고 있다[5].

이러한 방법의 문제점은 부하의 제약은 만족하지만 대상물의 실제 배치가 이루어지지 않는 경우 해당 블록에 대한 적절한 조치를 취하기가 상당히 어렵다는 점이다. 따라서 Spatial Planning문제를 가장 효과적으로 해결하기 위해서는 대상물의 작업부하와 배치 가능성을 동시에 고려한 방법이 필요하다[6].

3. 운영 방안 수립 절차

운영 방안 수립 절차는

- ① 물량 분석
- ② 시뮬레이션 안 생성
- ③ 자동 계획
- ④ 각 시뮬레이션 안에 대한 자동 계획 결과 비교의 단계로 구성된다.

① 물량 분석

조선 산업에서 부하를 분석하기 위해서는 일정정보와 물량정보가 필요하다. 또한 조립을 제외한 모든 공정이 블록별로 이루어지기 때문에 일정과 물량정보는 블록별로 생성된다. 본 연구의 물량 분석 기간은 6개월이고 필요한 물량정보는 면적과 공수이다. 'H'사의 경우는 일정정보는 각 호선별 W/C(가공착수) -120일전에 생성되므로 부하를 분석할 때 일정정보에 대한 애로사항은 없다. 그러나 물량 정보는 W/C(가공착수) -30일전에 블록별로 물량과 공수정보가 생성되므로 현실적으로 본 연구의 계획기간에 해당하는 모든 호선에 대한 블록의 실제 물량을 파악할 수 없다. 그래서 본 연구에서는 실제물량이 없는 호선의 블록에 대해서 추정 물량을 생성하여 부하를 파악한다.

추정물량 생성방법은 다음과 같다. 추정하고자 하는 호선을 대상호선, 과거 실적치를 가진 호선을 실적호선이라 하면 대상호선과 가장 유사한 실적호선을 선택한다. 블록 명으로 대응시켜 실적호선의 물량을 대상호선의 추정물량으로 생성시켜준다. 신조의 경우를 제외한다면 과거 실적선의 자료를 이용한다

는 점에서 비교적 정확한 물량을 얻어 낼 수 있다. 그림 1은 물량 생성을 나타내고 있다.

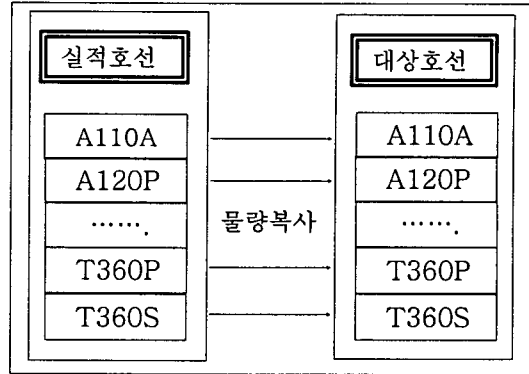


그림 1 물량 추정

각 블록의 물량 정보가 생성되면 그 면적에 작업의 난이도를 고려한 공수정보를 생성한다. 이렇게 생성된 추정물량으로 계획기간의 부하를 측정한다.

② 시뮬레이션 안 생성

조선 도장 공장은 기후와 시설제약이 다른 공정에 비해 매우 크다. 그러므로 계획수립 시 이러한 제약 조건을 고려하는 것이 중요하다. 'H'사의 경우 작업 제약 변수는 근무일에 관련된 휴일 일수, 우천일수, 잔업일수와 작업장에 관련된 가용 작업장의 수, 작업장별 가용처리능력이 있다. 표 1은 근무일의 종류와 능력이 나타나 있다.

표 1. 근무일 종류

종류	작업능력	비고
평일 근무	100%	정상
휴일 근무	75%	특근
우천일 근무	50%	우천

우천일의 경우 작업 가능 작업장의 수가 평일대비 1/2수준이므로 작업능력을 50%로 측정하였고, 휴일 근무는 작업자의 수가 평일대비 3/4수준이므로 75%로 측정하였다.

작업장의 처리 능력은 작업장 크기에 비례한다. 각 작업장은 그 크기에 따라서 표 2 와 같이 3가지로 분류된다.

표 2. 작업장 종류

종류	블라스팅 처리 능력	크기(가로X세로)
A	6000 ~ 8000m ²	70 X 36 (m)
B	3000 ~ 3500m ²	31 X 34 (m)
C	2500 ~ 2800m ²	30 X 26 (m)

작업 능력을 측정하는 방법을 다음과 같다.

$$[\text{작업능력}] = A \times E$$

[작업일수]

- 실 작업일수 : A
- 작업일수 : B
- 휴일작업일수 : C
- 우천일수 : D

$$* A = B - (C \times 0.5) + (D \times 0.75)$$

[작업능력]

- 실 작업능력 : E
- 작업장별 물량 처리 능력 : F
(블라스팅 물량)
- 가용 작업장 수 : G

$$* E = FXG$$

계획 기간의 부하와 대비하여 가용 인원과 작업장 능력을 작업영향변수들을 조정해 시뮬레이션 안을 생성한다.

③ 자동 계획

자동 계획의 기능은 시뮬레이션 안에 대해 각 블록이 후속 공정 요구일을 만족시키면서 작업장의 정반효율을 높이고, 조업도를 만족시키는 도장 일정을 수립하는 것이다. 일정수립은 각 블록의 형상을 보고 배치 및 작업이 가능한 작업정반의 위치를 찾아오는 과정(공간 일정계획)이 있으므로 기존의 수학적 일정계획 방법론으로는 해결이 힘들다. 계획의 실행 가능성을 검증하는 부분으로 표 3과 같이 3가지의 알고리즘으로 구성되어 있다.

표 3 자동계획 알고리즘의 구성

구분	설명
일별 블록 할당 알고리즘	계획 대상 물량을 일별로 선택하는 알고리즘
작업장별 블록 할당 알고리즘	일별로 할당된 블록을 작업장의 부하제약을 만족시키는 알고리즘
블록 배치 알고리즘	블록의 배치 가능성 확인하는 알고리즘

각 알고리즘에 설명하면 일별 블록 할당 알고리즘은 각 일별로 배치 대상 블록을 선정한다. 선정 조건은 계획 기간 내의 블록 중 계획 일 이전에 선공정이 완료되어 도장 작업 착수가 가능한 블록을 찾아낸다.

작업장별 블록 할당 알고리즘은 각 작업장별로 작업부하를 만족시키도록 대상블록을 작업장에 할당한다. 기본적으로 작업장에 블라스팅 면적이 큰 블록을 먼저 하나씩 할당한 후, 모두 할당된 후 각 작업장별 잔여 여유 능력을 고려해 블록을 배치한다.

블록 배치 알고리즘은 작업장에 할당된 블록의 배치 가능성을 파악한다. 블록 배치의 기본 방법은 로봇의 길 찾기 문제에서 많이 사용되는 배치 공간(Configuration Space)방법을 적용하였다. 이 방법을 이용하여 먼저 "배치가능공간"을 구하고, 그중에 어디에 배치할 것인가 탐색하기위해 탐색공간을 정의 하였으며, 이것을 "특이배치공간"이라 한다. 즉, 정반을 차지하는 공간의 정보(투영면적)와 정반을 점유하는 공기가 있다면 투영면적을 밑면으로 하고 작업공기를 높이로 하는 다각기둥으로 생각할 수 있으며, 정반 할당을 직육면체 모양의 정반에 다각 기둥(계획 대상 블록)을 집어넣는 문제로 하는 것이다[7]. 그림 3은 3가지 알고리즘을 활용한 자동 계획 알고리즘 플로우이다.

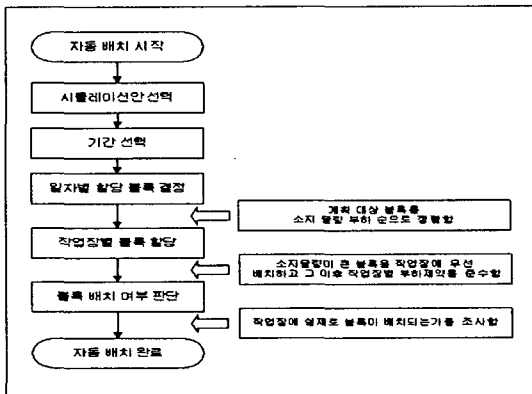


그림 3 자동계획 알고리즘 플로우

④ 개별 시뮬레이션 안에 대한 자동 배치 결과 비교 각 시뮬레이션 안에 대해 자동 배치를 실시하여 배치 결과를 배치된 블록 수, 일별 부하 균형, 부하대 결과 비교 항목으로 서로 비교하여 가장 최적의 운영계획을 선택한다.

4. 운영계획 시스템 구현

운영계획 시스템은 'H'사의 도장공장 운영시스템(HYPOS)의 계획 모듈로 3Tier 방식으로 개발되었다[8].

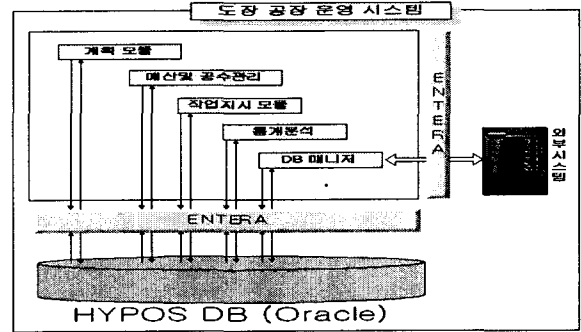


그림 4. 도장 공장 운영 시스템 구조

운영 계획 프로그램은 Microsoft Visual C++을 사용하여 객체 지향 프로그램으로 개발하였다. Window 응용 프로그램을 통해 사용자의 편의성을 강조하였고 객체지향기법을 사용해 사후 변경의 용이성을 꾀하였다. 개발 환경은 표 4와 같다.

표 4 개발 환경

구분	표준
하드웨어	- Server : HP 9000 V Class - Client : 펜티엄III 933MHz
소프트웨어	- DBMS : Oracle 8, - middleware : Entera 4.2 - Client Tool : Visual C++ 6.0
개발 방법	- Entera를 이용한 3-Tier Client/Server 시스템 개발

운영 계획 개발 프로그램의 화면은 그림5, 그림6, 그림7,그림8에 나타나 있다. 각 화면에 대한 설명은 다음과 같다.

그림 5는 계획기간의 부하를 측정하는 화면이다. 부하를 그래프와 표로 정리해 보여준다.

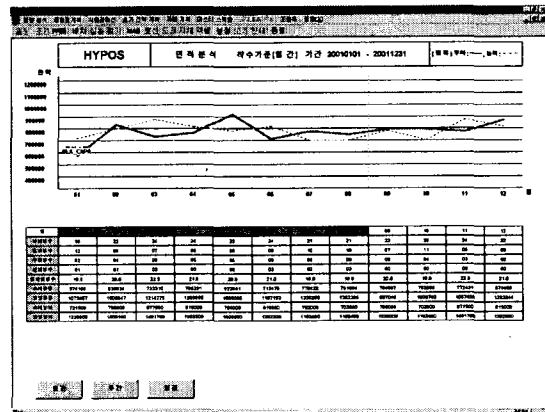


그림 5 물량 분석

그림 6은 부하에 대해 시뮬레이션 안을 생성하는 화면이다.

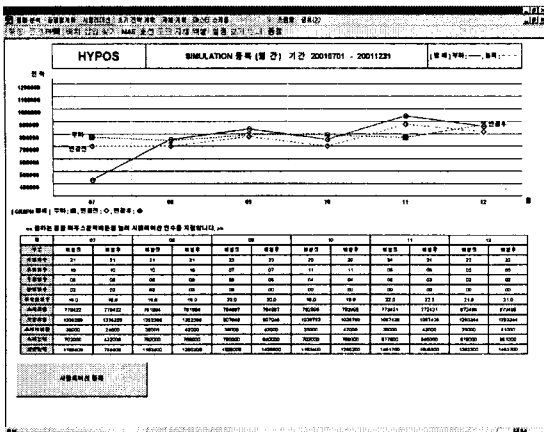


그림 6 시뮬레이션 안 생성

그림 7, 그림8은 자동계획 실행 결과화면이다.

수행 PC 사양이 RAM(128M), CPU(933MHz)인 펜티엄 III에서 6개월 기간의 계획을 수립한 결과 소요시간은 13분 내외였다. 실행 시간 측면에서 상당히 만족 할만한 결과라고 생각된다.

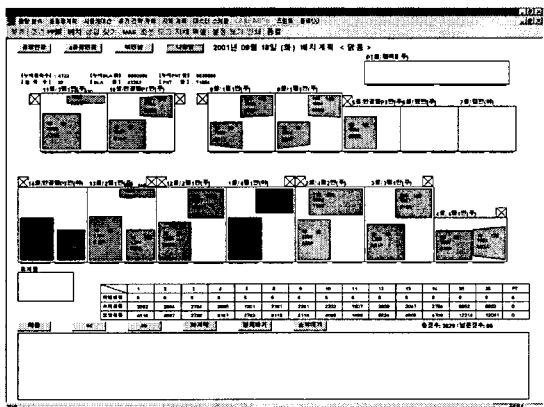


그림 7 블라스팅 작업장 자동 배치 화면

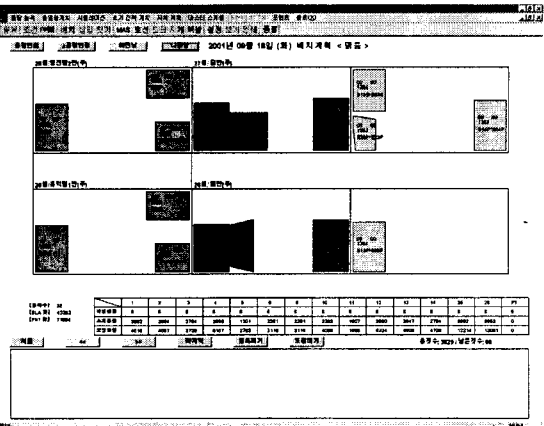


그림 8 도장 작업장 자동배치 결과

5. 결론

본 연구에서는 선박생산 주 공정상의 대표적인 애로공정인 블록 도장공정을 대상으로 6개월간의 계획 기간에 대한 효율적인 운영 방안 수립 절차를 제시하였으며, 이를 위한 시스템을 개발하였다.

시스템 개발은 분석, 설계, 구현, 테스트 및 보완 등의 과정을 통하여 진행되었다. 시뮬레이션 안에 대한 실행 가능성 검증을 한 자동계획 알고리즘은 일별 블록 할당 알고리즘, 작업장별 블록 할당 알고리즘, 블록 배치 알고리즘으로 구성되었다. 블록 배치 알고리즘은 기존의 연구를 응용하여 적용하였다.

개발된 시스템을 도장 공장의 운영과 관련된 각종 업무에 실제로 적용함으로써 수작업으로 수립하기 어려운 장기 계획 운영 방안을 15분 내외의 비교적 빠른 시간에 수립할 수 있었다. 향후 과제로는 시뮬레이션변수의 세분화와 블록 이동 간섭을 고려한 공간배치에 대한 연구, 3차원 형상정보를 이용한 공간배치에 관한 연구이다.

참고문헌

- [1] 정귀훈, "조선 도장공정 일정계획 시스템 개발에 관한 연구", 박사학위논문, 부산대학교, 2001
- [2] 박주철 외, "도장공장 운영 시스템 개발", 시스템 개발 제안서, 1999
- [3] 이정전, "공간일정계획 전문가시스템의 개발에 관한 연구", 박사학위논문, 한국과학기술원, 1995
- [4] 이규제외 11인, "대우조선의 일정관리 전문가시스템의 개발", 대우조선공업주식회사, 1991 ~ 1993
- [5] 고시근 외, "유전알고리즘을 이용한 곡블록 조립일정 계획 시스템 개발 사례", 산업공학회/한국경영과학회 논문집, 1998
- [6] 박경철 외 8인, "고정정반 일정계획 시스템의 개발", 산업공학, 제8권(1995), 제2호, p95~103
- [7] 서완철, 장세진, 김재근, 이광주, 이재동, 김중곤, "조선 생산계획 시스템 연구 개발 사례", 산업공학, 제8권(1995), p121
- [8] 박주철외, "도장공장 운영 시스템 개발", 최종보고서, 2000