

## 선실 PE장 정반배치 계획수립 시스템 개발

하승진<sup>†\*</sup>, 김지온\*, 최태훈\*

현대중공업 산업기술연구소\*

Development of the Pre-erection Block Arrangement System for Deckhouse

Seung Jin Ha<sup>†\*</sup>, Ji On Kim\* and Tae Hoon Choi\*

Automation Research Dep't Industrial Research Institute Hyundai Heavy Industries CO., LTD.\*

### Abstract

In this study, we improved the layout of deckhouse pre-erection area where erects the blocks and developed the pre-erection block arrangement system for the improvement of productivity and effectiveness.

The major operating point of the pre-erection area is to fabricate as many as possible that has restrict area and working plate. The developed system has information management module, scheduling module, schedule control module, statistics module, and information integrate module.

The heuristic algorithm is issued and evaluated with real data. And genetic algorithm is used for the evaluation of issued it.

※Keywords: Layout (설비배치), Scheduling(일정계획), Pre-Erection(탑재), Genetic Algorithm(유전자 알고리즘)

### 1. 서론

정보 기술의 발달에 맞춰 다른 제조업 분야와 마찬가지로 선실생산 분야에서도 경쟁력 강화와 생산성 향상을 위한 생산시스템의 합리화에 대한 요구가 높아지고 있다. 아울러 기존 계획 업무 수립 담당자의 고령화 및 정년에 대비하여 이들이 보유하고 있는 선실 생산계획에 관련된 기술적 지식들을 체계적으로 시스템화하여 관리할 필요가

대두 되고 있다.

본 연구의 대상인 선실생산1부의 PE장은 연간 생산물량 증가와 레이아웃과 정반 등 장비 및 설비의 운영이 복잡하여 생산성 향상을 위해서는 PE장의 공간 사용율의 확대와 정반의 효율적 운영을 통한 생산성 향상을 추진하게 되었는데 가장 중요하게 고려된 부문은 레이아웃 및 설비의 개선과 PE장 정반배치를 위한 시스템의 개발이다.

PE장의 기존 레이아웃은 공간 크기의 차이와 간섭으로 트랜스포터(이하 TP)의 진/출입에 많은 제약을 가지고 있었다. 또한 PE장과 정반의 활용

기간도 선박 탑재 이전에 도장 작업장으로 선실이 이동함으로 인해 상호 상이하고 정반별로 사용 가능한 선실도 크기와 중량에 따라 많은 변수를 지니고 있어 이를 체계적으로 관리하는데 많은 애로점을 가지고 있었다.

이에 본 연구에서는 선실생산부 PE장에 대한 레이아웃 개선 및 설비 위치 변경 등의 연구를 현장 중심으로 수행하고 이에 맞춰 PE장에 대한 정반배치 계획수립 시스템을 현장의 제약에 맞추어 구축하여 선실 PE장의 생산성을 향상 시키는 것을 목적으로 수행 되었다.

2. PE장 레이아웃의 개선-현장 중심 과제

2.1 레이아웃 개선전 상황

기존의 PE장 레이아웃은 2열의 배치로 되어 있어 안쪽 열의 선실을 도장 작업장으로 이동 시키거나 탑재를 위해 도크로 이동시키기 위해서는 TP의 진입 및 반출에 많은 제약을 가지고 있었다.

Fig. 1은 이러한 상황을 나타내고 있는데 표시되어 있는 화살표와 같은 방법으로 선실 블록을 진/출입시키기 위해서는 호선별 선실의 작업 시간과 장소에 대한 상세하고 세밀한 계획이 필요하며 이에 관한 관리도 매우 어렵다.

또한 이러한 제약에 따른 블록 반출 문제를 사전에 예방하고자 정반배치 계획의 수립 단계에서 계획 담당자가 선실 블록의 일정계획을 수립하기 위해서는 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 선실의 투입가능일자 및 납기 등에 의해 모든 조건을 만족 시킬 수도 없는 등의 문제점이 항상 발생했다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 레이아웃의 변경을 현장 주도로 추진하였다.

2.2 레이아웃 개선 후 상황

Fig. 2로 개선된 레이아웃의 경우 각 블록의 진출입이 간편하게 가능하며 계획 및 관리에 소요되는 공수도 매우 절감 할 수 있다,또한 기존의 레이아웃이 가지는 위치 및 반출 일정에 대한 제약을 줄임으로 인해 PE장에서 작업 가능한 선실의 수량이 증가하는 효과도 있는 것으로 나타났다.

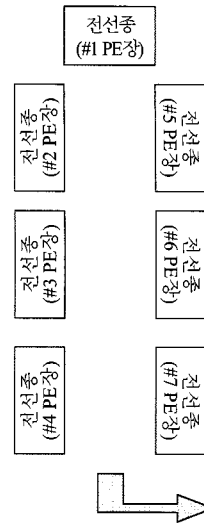


Fig. 1 Old layout of deck house

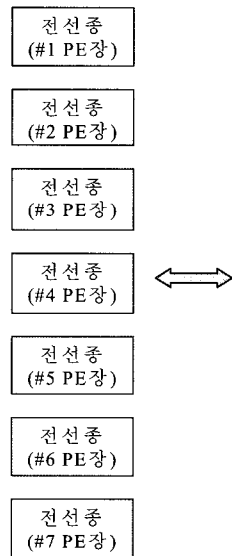


Fig. 2 New layout of deck house

3. 일정계획 알고리즘의 개발

3.1 PE장 정반 배치 문제의 특징

선실생산1부가 관리하고 있는 PE장은 정반이 할당되어야 하는 장소 제약과 선실을 운반하기 위해서 사용하는 정반 자체 수량 및 크기별 제약을 갖고 있다. 그러나 여기서 장소의 제약은 일반적

인 2차원적 배치 문제가 아닌 영역별로 할당된 확정 구역에 대한 할당 문제로 단순화 하여 생각 할 수 있다.

따라서 선실 PE장 할당 문제는 일반의 일정계획 문제로 변경하면 병렬기계를 갖는 다중제약 일정계획 문제로 생각 할 수 있다. 즉, PE장과 정반이 병렬기계의 역할을 하게 되고 작업물의 특성에 따라서 할당 가능한 PE장과 정반이 선택되게 된다.

작업시간의 측면에서는 다중제약의 역할을 하는 PE장과 정반이 위에서 언급된 데로 상호 상이한 작업시간을 갖게 되는 특징이 있다. 이는 선실이 PE장에서 PE가 완료된 이후에 도장을 위해 정반과 함께 이송되어야 하기 때문이다. 그러므로 선실의 PE장 할당 기간과 정반의 할당 기간은 차이를 가지게 된다.

선실 작업시간은 정반의 할당기간을 갖고 도장 작업장 이송 일을 갖는 특징을 가지고 있으며 가장 중요한 점은 원칙적으로 PE시작일과 탑재일이 명확하게 정해져 있다는 점이다. 따라서 선행 공정이 완료되었다 해도 후행 선실의 PE일자가 이보다 늦을 경우 작업을 개시 할 수 없다는 특징을 가지고 있다. 즉, 모든 선실은 작업의 개시일과 완료일을 확정적으로 가지고 있는 것이다. 물론 시작일의 경우 약간의 변경은 가능하나 이미 재료의 발주, 선행공정의 능력, 건조공기의 확정 등에 따라 그 이동의 폭이 매우 제한적이다.

위와 같은 문제의 특징으로 인해 선실은 일반적인 일정계획의 문제에서 다루어지는 조기완료 또는 지연생산 등의 기간을 줄이는데 목적이 있는 것이 아니라 결국 얼마나 더 많은 선실을 할당하

기 위해서 어떠한 호선을 먼저 작업장과 정반에 할당 할 것인가를 더욱 중요한 문제 해결 요소로 생각 할 수 있다..

### 3.2 유사 연구사례의 검토

일정계획 문제에 있어서 병렬기계의 일정계획 문제를 해결하기 위한 다양한 조건에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 본 사례와 유사한 부분에 대한 연구도 많이 진행되고 있다.

특히, 조기생산과 지연생산의 합을 최소화하는 일정계획 문제에 대한 관심은 최근에 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 이는 본 연구의 대상이 되는 문제와는 다음과 같은 차이점이 있다.

첫째, 일반적으로 선행공정의 완료시간에 따라 후행공정의 작업 시작가능시간이 결정되나 본 문제에서는 작업별 작업 시작가능 시점과 종료 시점이 결정되어있으며 둘째, 선실의 크기나 중량 즉, 작업물의 특징에 따라 작업 가능한 PE장과 정반이 서로 상이하며 셋째, 할당된 작업처리 시간이 정반이나 PE장에 관계없이 일정 하다. 넷째, 각 선실의 납기는 선실에 따라 각각 상이 하다. 다섯째, 조기생산의 경우나 지연생산의 경우가 허락 되지 않는다는 점이다.

본 연구에서는 고정된 작업 시작 및 종료 시간을 갖고 상이한 납기를 갖는 선실을 이중 병렬의 작업장과 정반에 할당하는 발견적 해법을 제시하고 이의 효율성을 평가 하기위해 유전자 알고리즘과 평가를 실시한다.

### 3.3 일정계획 알고리즘의 개발

본 연구에서 제시한 일정계획 알고리즘은 크게 두 단계로 이루어져 있다. 첫 단계는 정반을 할당하는 단계이고 두 번째 단계는 정반이 할당된 선실에 대해 PE장을 할당하는 단계이다. 두 단계를 개념적으로 나타낸 것이 다음의 Fig. 4이다.

Fig. 4에서 나타난 바와 같이 정반이 할당된 선실은 동일한 기간에 할당 가능한 PE장이 있는가를 판단하게 되고 할당 가능한 PE장이 있는 경우엔 정반과 PE장의 할당이 종료하게 된다. 이때 정

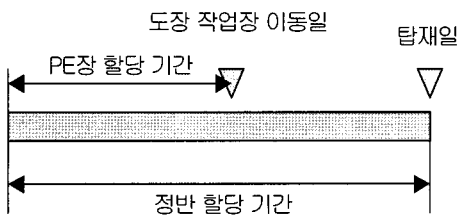


Fig. 3 Works of deck house fabrication

반과 PE장 둘 중 하나라도 없는 경우엔 해당 선실은 할당이 이루어지지 못하고 다음번 할당 대상 선실이 선택되어 동일한 절차를 거치게 된다.

두개의 할당 단계를 상세히 알아보면 다음과 같다.

◎단계 1-0 : 정반 할당 단계

◎단계 1-1 : 할당 대상인 선실을 착수 일자 순서대로 오름차순으로 정리한다. (동일한 날짜인 경우 블록의 탑재일이 빠른 것을 우선으로 하고 탑재일이 동일한 경우 블록 이동일이 빠른 것, 두 경우가 모두 같은 경우는 아무것이나 우선으로 한다.)

◎단계 1-2 : 정렬된 선실 중 우선순위가 가장 빠른 선실을 선택한다.

◎단계 1-3 : 선택된 선실이 할당 가능한 정반을 사용가능 일자를 기준으로 정리한다.

◎단계 1-4 : 선택된 선실이 할당 가능한 정반 중 사용가능한 일자가 빠른 순으로 정렬한다. 이때 날짜가 동일하면 아무것이나 선택한다.

◎단계 1-5 : 선택된 선실의 작업 개시일과 정반의 작업 가능일을 비교하여 정반의 작업 개시일이 빠른 정반에 선실을 할당한다. 동시에 해당 정반의 사용 가능일을 해당 선실의 탑재일로 변경한다.

단계 1-6 : 할당 가능한 경우엔 단계 2-0으로 넘어가고 할당이 안 된 경우엔 다음순서의 선실 선택하기 위해 단계 1-2로 간다.

단계 2-0 : PE장을 할당 단계

단계 2-1 : 정반이 할당된 선실이 할당 가능한 PE장들을 선택한다.

단계 2-2 : 선택된 PE장을 사용 가능일이 빠른 것으로 정렬한다. 이때 날짜가 동일하면 아무거나 선택 한다.

단계 2-3 : 사용가능 일이 가장 빠른 PE장과 선실의 일정을 비교하여 PE장의 일정이 작거나 같은 경우 할당한다. 동시에 해당 PE장의 사용 가능일을 해당 선실의 도장 공장 이동일로 변경한다.

◎단계 2-4 : 할당이 가능한 경우엔 해당 선실에 대한 할당을 완료하고 단계 1-2로 가고 할당이 불가능한 경우 할당된 정반의 정보도 지우고 단계 1-2로 이동한다.

이상과 같은 단계를 모든 할당 대상 기간안의 선실에 대해 수행하고 일정계획 알고리즘을 종료하게 된다. 이러한 알고리즘을 도입하여 사용하게 됨으로서 정반과 PE장이라는 두개의 제약조건을 만족하는 선실을 빠른 시간에 할당 할 수 있다.

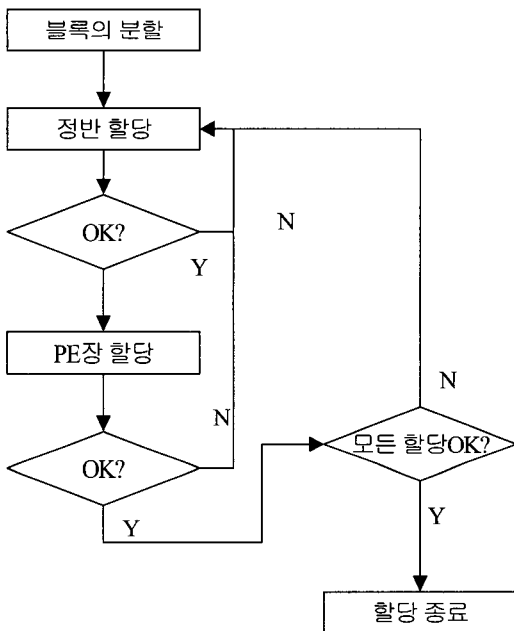


Fig. 4 Concept of block arrangement

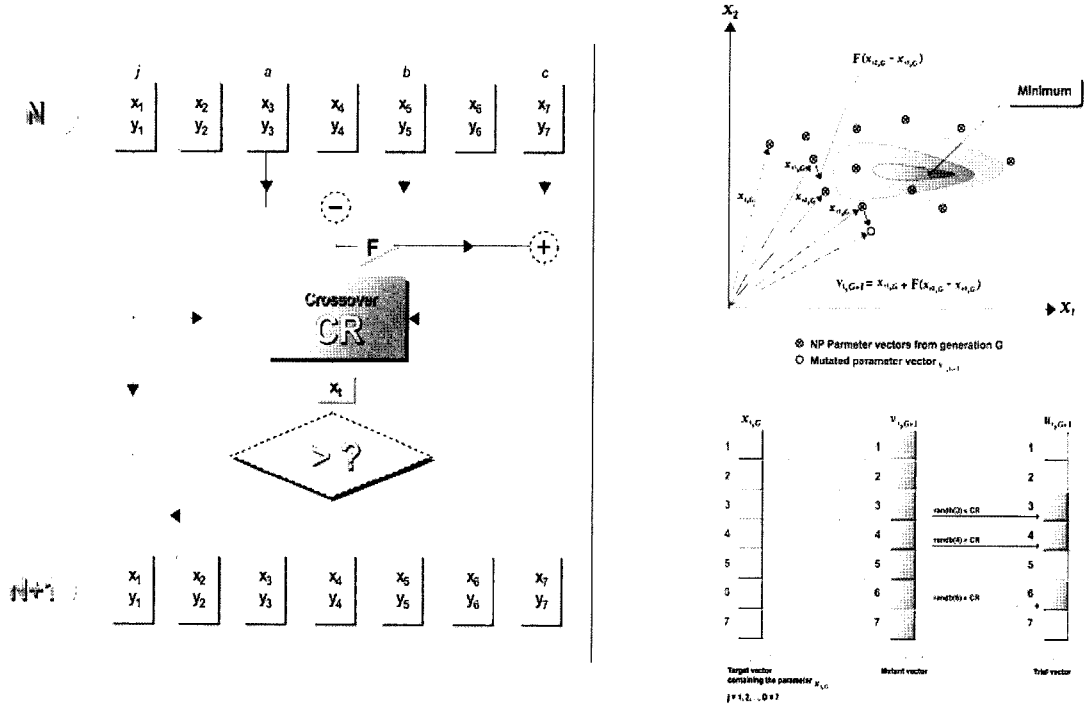


Fig. 5 Concept diagram of genetic algorithm

3.4 개발 일정계획 알고리즘의 수행도 평가

3.3절에서 제안된 알고리즘의 효율성에 대한 평가를 유전자 알고리즘을 이용하여 시행하였다. 이는 두 가지의 목적을 가지고 수행되었는데 첫째로 언급한 바와 같이 일정계획 수립을 위한 알고리즘의 성능을 평가하는 것이고 둘째는 제안된 경험적 알고리즘 외에 또 다른 계획수립 방안을 제시하는데 있었다.

본 연구에서 제안된 알고리즘의 수행을 평가하기 위해서 현재 유전자 알고리즘 중 가장 빠른 속도를 보여주는 것으로 알려진 Differential Evolution 알고리즘을 이용하였다.

본 GA 알고리즘의 특징 및 탐색 방법은 다음의 Fig. 3과 같다. 본 GA알고리즘은 1990년대 중반에 Ken Price & Rainer에 의해 개발된 알고리즘으로 실수형 벡터의 모집단을 발생시키고 제어인자의 수가 적어 알고리즘이 매우 간편하다. (F,CR) 또한 실수값 검증 함수의 빠르고 정확한 전역최적화로 수립이 가능하다.

Table 1 Result of algorithm

대상 선실	발견적 기법	GA 적용
114개	97개	97개
127개	105개	105개

두개의 알고리즘을 이용한 평가 기준은 전체 일정계획 대상 블록 중 어느 알고리즘이 더욱 많은 수의 선실을 PE장에 할당할 수 있는가를 기준으로 하였으며 이때 사용된 정보는 실제 선포 정보를 이용하였다.

두개의 알고리즘을 동일한 조건 데이터를 이용하여 평가한 결과 대상 선실의 할당 수에 있어 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 다만 할당 되지 못하는 선실에 있어서는 두 알고리즘이 차이를 보였는데 이는 실제 배치계획 수립에 있어 담당자의 판단에 의해 선택 될 수 있는 대안으로 사용될 수

정반계획시스템 개념도

사업기획부

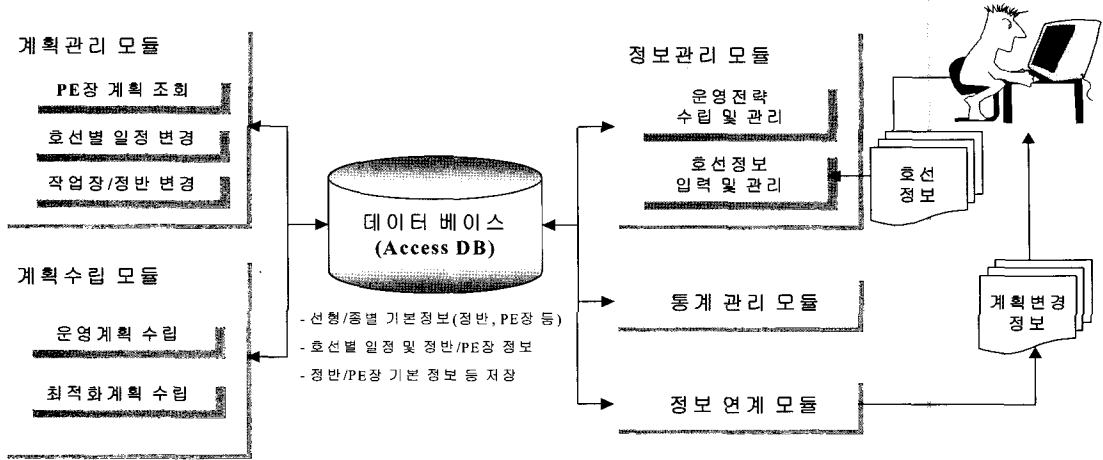


Fig. 6 Concept diagram of scheduling system

있을 것이다. 계산 시간에 있어서는 제안된 알고리즘이 좀더 작은 계산 시간을 요구 하였다. 따라서 제안된 알고리즘의 실적용에 있어 매우 효과적 일 수 있음을 알 수 있다. 단, 비교의 경우가 두 가지 경우 제한됨으로 인해 두개의 알고리즘 중 어느 한쪽이 절대 적으로 우수하다고는 할 수 없다.

4. 정반배치 계획 수립 시스템 개발

현장 계획 담당자의 경험을 응용한 알고리즘을 개발 하였으나 이의 복잡성에 의해 수작업으로 정반배치 계획을 수립한다는 것은 매우 어렵고 많은 시간을 요구한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 개발된 알고리즘들을 이용한 PE장의 정반배치 계획수립 시스템을 구축 하였다.

본 계획수립 시스템은 사용자의 계획 수립 편리성을 도모하기 위한 다양한 기능을 제공하고 있으며 정반부하 분석 및 PE장 부하 분석 기능 등을 도입하여 기존의 수작업 계획 수립시에는 할 수 없었던 다양한 분석 기능을 시스템 내에서 편리하게 수행 할 수 있도록 하였다.

Table 2 Modules of system

모듈	주요기능
정보 관리	- 운영 전략 수립 및 관리 - 호선 정보 입력 및 관리
계획 수립	- 운영 계획 수립 - 최적 계획 수립
계획 관리	- PE장 정반 계획 조회 - 호선별 일정 변경 - 작업장/정반 변경
통계 관리	- 정반별 일정 관리 - 작업장/정반 부하관리
정보 연계	- 정보의 공유 연계 - 계획 정보 출력

4.1 정반배치 계획수립 시스템 중요 모듈

계획 수립 시스템의 중요 모듈 및 기능은 아래의 Table 2와 Fig. 6과 같다.

여기서 정보관리 모듈은 동일 선종 또는 선형별 배치 가능한 정반과 PE장에 대한 정보를 사전에 입력 및 관리 하는 모듈로서 본 시스템의 기본 정보를 관리한다.

각 모듈별 상세 기능에 대해서는 다음 절4.2에서 에서 알아보도록 한다.

### 4.2 시스템 초기화면

Fig. 7은 본 시스템의 초기화면으로 사용자 인증 절차를 마치면 나타난다. 이 화면에서는 계획 수립, 계획조회, 정반분석 등의 버튼을 이용하여 해당 기능의 화면으로 이동할 수 있다.

### 4.3 계획수립 기능

계획 수립 기능은 본 연구에서 개발된 경험적 알고리즘(알고리즘 1) 및 유전자 알고리즘(알고리즘 2)을 이용하여 PE장 정반배치 계획을 수립하는 기능이다. 초기화면에서 계획수립 버튼을 누르면 Fig. 8과 같이 해당 화면이 표시된다.

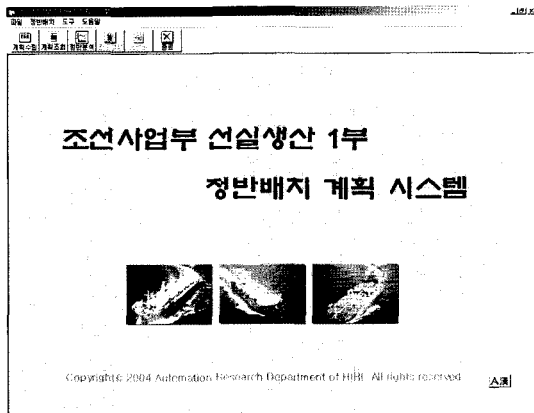


Fig. 7 Main frame of system

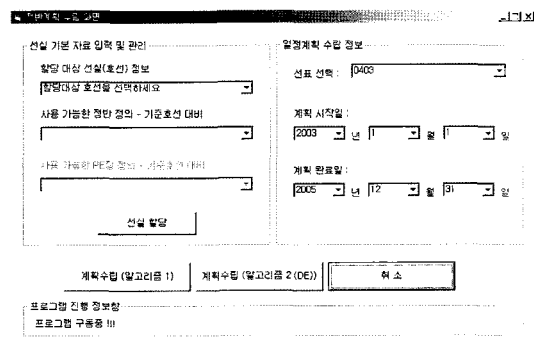


Fig. 8 Setting of scheduling factors

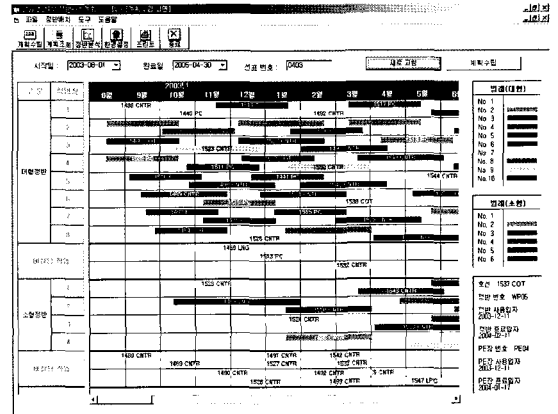


Fig. 9 Gantt chart of block arrangement

선실에 대한 기본 정보는 사전에 호선 타입별 할당가능 정반 및 장소를 정의하고 만약 어느 호선이라도 이러한 정보를 가지고 있지 못한 호선이 있으면 이에 대한 추가적인 정의를 수행하게 된다.

이는 모든 선실 할당의 가장 기초적인 정보로서 선실의 크기에 따른 분할 기준 등도 함께 관리되어진다.

이러한 정보의 할당이 완료되면 계획을 수립하고자 하는 선표를 선택하고 계획 기간을 선정하게 된다. 이를 이용하여 알고리즘 1, 2중에 하나를 선택하면 주어진 방법에 따라 정반배치 계획수립을 수립 한 후 데이터베이스에 저장한다.

### 4.4 계획조회 기능

계획조회 기능은 수립된 계획을 조회하고 수정하는 화면이다. 이 화면은 크게 계획을 조회하고 수정하기 위한 기능과 출력 기능으로 구성되어 있다.

#### 1) 계획조회기능 주화면

초기화면에서 계획조회 버튼을 클릭하면 Fig. 9 화면이 나타난다. 본 화면은 수립된 계획에 대하여 간트 차트 형식으로 화면에 표시한다. 본 화면은 사용자의 편의를 위하여 여러 개의 기능을 한 화면에 모두 표시하였다.

본 화면의 세부 정보창을 설명하면 다음과 같다.

가. 명령 수행창

- 시작일 : 수립된 계획을 조회할 시작 일자
- 완료일 : 수립된 계획을 조회할 완료 일자
- 선표번호 : 조회할 선표 번호
- “새로고침” 버튼 : 환경설정의 변화에 따른 화면 재정의
- “계획조회” 버튼 : 기간 및 선표 변경에 따른 화면 재정의

나. 범례 정보창

- 범례(대형) : 대형 정반 표시
- 범례(소형) : 소형 정반 표시

다. 호선별 상세 정보창

간트 차트의 할당 및 비할당 호선을 클릭하면 해당 호선에 대한 정보를 표시하여 준다.

다. 비할당 호선창

최대한 많은 선실을 할당하는 것이 본 알고리즘의 목적이나 결국 해당기간 동안의 PE장 부족 정반의 부족 등이 발생하여 배치가 불가능한 호선별 선실 블록이 발생하게 된다. 따라서 본 화면에서는 이러한 정보를 정반별 창 밑에 배치하여 계획 수립 담당자가 이를 참고 할 수 있도록 했다.

2) 환경설정 기능

최초 계획조회 화면은 대형 정반, 소형 정반 및 비할당 호선을 모두 표시하게 설정되어 있다. 환경 설정 기능은 화면 내에 사용자가 보고 싶은 정반만을 표시하여 화면에 나타낼 수 있는 기능이다. Fig. 10은 최초 대형정반, 소형정반, 비할당 호선 모두 표시하도록 체크된 상태를 보여준다. 이와 같이 표시되어 있으면 Fig. 9와 같이 모든 정보가 계획조회 화면에 동시에 표시된다.

Fig. 11은 사용자가 현재 화면에서 보고자 하는 정반만 표시한 경우이다. Fig. 11에서는 대형정반 1과 소형정반 2만을 표시하도록 설정한 경우이다. 이와 같이 설정하고 Fig. 9의 명령 수행창에서

“새로고침” 버튼을 누르면 변경된 환경에 따른 화면이 표시된다. Fig. 15는 변경된 환경에 따라 새로 나타난 계획조회 화면이다.

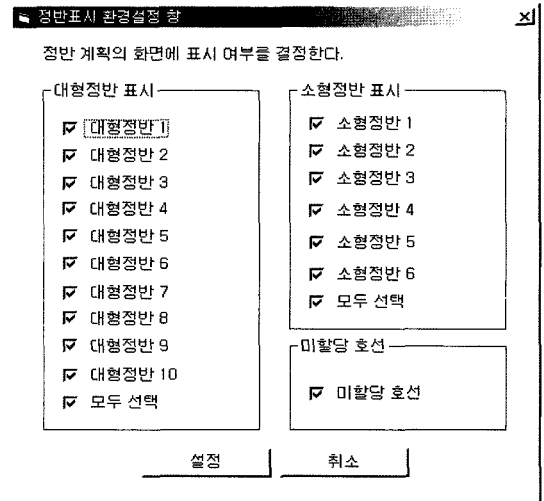


Fig. 10 Setting(All selected)



Fig. 11 Only two working plate selected

3) 계획조정 기능

수립된 계획을 사용자의 정의에 의하여 수정할 수 있는 기능이다. 계획 수립 알고리즘에 의해 정반이나 장소가 할당된 호선들과 비할당된 호선들을 상호 교환하는 기능이다. 화면에 표시된 할당 호선을 더블 클릭하거나 비할당 호선을 더블 클릭하면 해당 호선의 계획 수정 창이 화면에 나타나고 이를 이용하여 계획을 수정할 수 있다.



계획을 수정할 수 있는 방법은 이미 할당된 호선을 더블 클릭하여 이와 교체 가능한 비할당 호선과 교체하는 방법과 비할당 호선을 더블 클릭하여 이와 교체 가능한 할당 호선을 교체하는 방법이 있다.

가. 할당 호선 정보 변경 및 비할당 호선과의 교체

계획조회 화면에 표시된 할당 호선을 더블 클릭하면 할당 호선 정보변경 화면이 나타난다. 이 화면에서는 이미 수립된 할당 호선의 정반사용 기간을 수정할 수 있다. 정반사용 시작일자 및 종료일자를 수정한 후 “변경” 버튼을 누르면 수정사항이 반영된다.

또한, 이 화면에서는 선택된 호선과 이와 교체 가능한 비할당 호선을 모두 보여주는 기능이 있어 사용자는 이 정보를 이용하여 할당호선을 교체할 수 있다.

4) 정반별 계획조회 기능

정반별 계획조회 화면은 작업장(PE장)별로 표시되어 있는 계획조회 화면을 정반번호 별로 다시 조회할 수 있는 화면이다. 이 화면은 계획조회 화면의 좌측에 위치하고 있는 “대형정반” 및 “소형정반” 버튼을 클릭하면 나타난다. 본 화면은 처음 시작일로부터 12개월 까지만 표시한다.

4.5 정반 분석 기능

정반분석 기능은 정반의 사용 현황 및 작업장(PE장)의 사용 현황을 나타내는 화면이다. 이를 통해 계획된 기간 동안 PE장 활용율과 정반별 가동율이 나타나게 된다. 따라서 계획 담당자는 알고리즘을 이용한 초기해를 이용하여 담당자의 의지에 따라 할당 및 비할당 호선을 변경하거나 계획된 사용 기간 등을 변경한 후 본 화면을 통해 배치계획의 정도를 확인 할 수 있다.

4.6 계획 출력 기능

계획 출력 기능은 확정된 계획을 Excel 파일로 출력하는 기능이다. 이 기능은 계획조회 화면에서

정반사용 계획을 모두 확정된 후 툴바에 있는 “프린트” 버튼을 누르면 자동으로 Excel 파일을 생성한다.

4. 결론

선실의 PE장은 레이아웃 및 복잡한 운영방안으로 한 두 명의 부서내 전문가가 아니면 이에 대한 계획 수립 등이 어려웠다. 또한 수작업으로 계획을 작성하여 정반 중복 할당 등의 실현 불가능한 계획이 수립되어 많은 문제점들이 발생되고 배치 계획 수립에도 많은 시간이 소요되는 등의 문제점들이 있었다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 선실생산1부에서는 레이아웃의 개선과 본 시스템 개발에 우선적으로 착수 하게 되었다.

개발된 선실 PE장 정반배치 계획수립 시스템은 자동으로 계획을 수립하는 기능을 가지고 있어 빠른 시간 안에 연간 정반배치 계획수립이 가능하며 정반의 중복 등 수작업 계획으로 인해 발생 할 수 있는 문제점 등을 해결하고 생산 효율 증대에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 추진한 중점 내용은 다음과 같다.

- 선실 PE장 레이아웃 개선
- 선실 PE장 정반배치 알고리즘의 개발 및 평가
- 선실 PE장 정반배치 계획 수립 시스템 개발
- 선실 PE장 정반배치의 효율성 평가 지표 개발 및 시스템 구축
- 편리한 작업자 인터페이스를 이용한 계획 수정 및 출력 기능 개발

참 고 문 헌

- Storn, R., Differential Evolution, A Simple and Efficient Heuristic Strategic for Global Optimization over Continuous Space, *Journal of Global Optimozation*, Vol 11, Dordrecht, pp. 341-359, 1997
- 이동현, 이경근, 김재균, 박창권, 장길상, “납기

와 조립가능 시정을 고려한 병렬기계의 스케줄링을 위한 발견적 해법”, 한국경영과학회지, vol. 25, No. 2, 2000.



< 하 승 진 >



< 김 지 은 >



< 최 태 훈 >