

조선 탑재일정의 부하 평준화를 위한 유전 알고리즘

민상규¹ · 문치웅² · 이민우³ · 정귀준¹ · 박주철³

¹현대중공업(주) 산업기술연구소 / ²한양대학교 산업공학과 / ³울산대학교 산업공학부

A Genetic Algorithm Application for the Load Balancing of Ship Erection Process

Sang-Gyu Min¹ · Chi-Ung Moon² · Min-Woo Lee³ · Kuy-Hoon Chung¹ · Ju-Chull Park³

In this paper, we develop a genetic algorithm for the erection scheduling in shipbuilding. Erection, the final manufacturing stage of shipbuilding, involves the landing and joining of blocks at drydock. Since several ships are built simultaneously at the same drydock and they compete with the common constrained production resource such as labor, space, and crane, we should consider both ship-specifics and common resource constraints for the desirable erection scheduling. Ship erection should also satisfy the predetermined dock cycle given from higher level production planning. Thus, erection schedule of a ship can be represented as a PERT/CPM project network with its own deadline. Since production resources are shared, the erection scheduling become the so-called multi-project scheduling problem with limited resources, which can not be solved easily due to the large size of project network. We propose a function as a minimization of load index which represented the load deviation over time horizon considering the yard production strategy. For the optimal parameter setting, we tried various experiments. We verified that the proposed approach was effective to deal with the erection scheduling problem in shipbuilding.

1. 서론

조선에서의 탑재는 선박을 구성하는 주된 구성품들을 크레인으로 옮겨 건조도크에서 배의 형상대로 이들을 쌓아 선박을 형성하는 공정을 말한다. 이때 주된 구성품은 조립공장에서 만들어지며 블록(block)이라 부른다. 하나의 블록에 대한 탑재 공정은 두 단계로 나누어지는데, 첫번째 공정이 크레인에 의한 블록의 탑재이며, 다음 공정이 탑재하는 블록과 이미 탑재되어 있는 다른 블록과의 접합작업으로 구성된다. 이때 접합작업은 다시 블록을 고정하는 절목(sercing), 블록과 블록을 부분 용접하는 쥐부(fixing), 그리고 용접(welding)의 세 개의 세부 공정으로 구성된다.

선박의 건조과정은 크게 가공, 블록조립, 블록탑재의 대표적인 세가지 공정으로 구성(Storch, Hammon, 1995)되며 이 중 탑재공정은 최종공정에 해당된다. 선박의 건조는 그 기간이 9개월 이상이 소요되며 세부공정이 많고 계획해야 되는 블록의 수가 많아서 공정진행에 대한 계획을 탑재계획, 조립계획, 가공계획 등으로 나누어 순차적으로 이루어진다. 선박건조의 작

업개시(work commence), 기공(lay lay), 진수(launch) 그리고 인도(delivery)시점이 정해져 있는 조선에서는 일반적으로 납기를 중시하여 탑재계획부터 역으로 계획(backward)을 편성한다. 따라서 탑재계획은 공정과정에서는 최종공정이면서 계획으로는 최초로 수립된다(박주철, 1997).

탑재계획은 블록탑재의 선후행관계를 계획하는 순서계획과 탑재공정의 일정을 정하는 일정계획으로 구분된다. 탑재순서계획은 블록의 선박 내 공간적 위상과 야드의 건조공법을 고려하여 탑재순서를 표시해주는 것으로, 선박별로 이루어지며 PERT/CPM 네트워크의 형태로 표현될 수 있다. 이러한 네트워크는 탑재 네트워크(erection network)라 불린다. 이때 공간적 위상이란 바닥에 놓일 블록이 상부 갑판블록보다는 먼저 탑재되어야 한다는 등의 공간구성상 불가결한 순서를 의미한다(김도현, 1998). 또한 공법에 의한 순서는 야드의 설비구조에 따라 정해지는 순서이다. 예를 들면 선박의 진수조건 때문에 엔진룸 하부블록부터 탑재를 하여 선미, 그리고 선수방향으로 탑재를 전개해 나갈 수 밖에 없는 경우에 필연적으로 생기는 순서가 있다. 탑재 네트워크는 선박의 형상과 공법에 대해 전문적인 지식을 보유하고 있는 공정계획 전문가에 의해 작성되

며 탑재순서와 함께 블록과 블록의 탑재간에 필요한 최소의 소요기간이 함께 표시된다.

탑재일정계획은 탑재 네트워크에 의해서 주어지는 순서 제약 등을 만족하는 탑재공정의 일정을 정해주는 계획을 말하며, 보유 인적자원의 효율적인 활용을 위하여 인적자원을 보유하고 있는 부서별로 계획이 작성된다. 대형 조선소의 경우 다수의 권조도크가 있고 하나의 도크에도 여러 척의 선박에 대한 탑재작업이 동시에 진행된다. 일반적으로 한 탑재부서에서 하나 혹은 몇 개의 도크를 관리하기 때문에 탑재일정계획은 여러 척의 호선에 대해서 동시에 계획되며, 부서의 인적자원이 효율적으로 활용되도록 계획이 수립되어야 한다.

본 논문에서는 선박별로 주어지는 도크 사용기간과 탑재순서라는 제약을 만족하며 도크별로 배정된 인적자원의 한도 내에서 부하의 평준화가 이루어지는 바람직한 탑재 공정의 탑재 일정을 결정하는 방법에 관한 문제를 정의하고, 이 문제를 유전알고리즘을 이용하여 해를 구하는 방법을 제시하고자 한다. 부하를 평준화하는 탑재일정계획의 목적 함수는 부하의 편차를 최소화하는 것이며 이는 평균에 대비한 부하의 산포 정도를 나타내는 상대적인 척도이다. 또한 유전 알고리즘의 개발에 있어서 교차변이와 돌연변이 연산자를 새롭게 설계하고자 한다. 교차변이 연산자는 탑재일 상호교환을 통한 교배조작이 이루어지도록 하며, 이 경우 탑재선후관계의 조건이 보장된다. 두 가지 돌연변이 방법이 제시되는데, 그 하나는 탑재블록의 탑재일 변경 범위 내에서 임의로 일자를 변경하는 균등 돌연변이(uniform mutation)이고, 다른 하나의 방법은 탑재블록의 탑재일을 ENT (earliest node time) 혹은 LNT (latest node time)로 임의로 변경하는 한계 돌연변이 (boundary mutation) 방법이다. ENT는 각 블록의 가장 빠른 탑재 가능일이고 LNT는 가장 늦은 탑재 가능일이다.

2. 탑재일정의 부하평준화

2.1 문제 정의

탑재 일정계획에서 결정하고자 하는 것은 권조와 조립의 부하를 동시에 평준화하는 탑재일정이며, 이것이 탑재일정 결정의 주 목적이라고 할 수 있다. 이 문제의 결정 변수는 탑재일정이며 문제의 목적은 부하의 평준화이다. 이때 목적 함수는 다음과 같이 표현된다.

$$\text{Minimize } Z,$$

$$\text{where } Z = \sum W_i \times L_i$$

W_i : i 작업장의 가중치
 L_i : i 작업장의 부하지수

이 목적 함수에서 부하평준화 정도의 척도로 부하지수를 사

용한다. 부하지수는 부하의 표준편차를 부하의 평균으로 나눈 것이다. 이는 평균에 대비한 부하의 산포 정도를 나타내는 상대적인 척도로 이용된다.

2.2 블록리스트 구성

권조계획의 계획대상 블록은 권조계획기간에 탑재가 이루어지는 탑재블록들이다. 계획대상 블록의 추출을 위해서는 먼저 계획기간이 정해져야 한다. 기본적으로 계획기간은 사용자에 의해서 정해지며 권조를 기준으로 할 때 계획기간의 시작일은 계획이 이루어지는 시점에서 어느 정도의 여유시간을 갖고 수립하여야 한다. 현재의 생산계획에 의하면 조립일정은 계획시점 이후 3개월간은 그 일정이 이미 확정되어 있는 것으로 간주한다. 이는 강제발주리드타임을 고려할 때, 이 기간 동안의 일정조정이 현실적으로도 불가능하기 때문이다 (박주철, 1997). 권조계획의 경우 조립이 아니라 탑재를 중심으로 하기 때문에 조립 이후 탑재가 이루어지기까지 최소 1개월의 외업의 공기를 고려하여야 하며 계획이 이루어지는 시점 이후 최소 4개월을 일정확정기간으로 잡는다.

계획기간이 정해지면 계획 기간 내에 도크작업이 존재하는 호선을 선포로부터 모두 찾아 이들로부터 계획대상블록을 추출한다. 예를 들면 계획기간이 5월부터 7월까지일 때의 계획대상 호선을 찾는다면, 계획 대상 블록들은 <그림 1>의 하단부에 탑재네트워크가 표현되어 있는 호선별 탑재네트워크를 이용하여 추출한다. 호선별 탑재네트워크에서 탑재가 이루어지는 시점이 계획 기간 내에 존재하는 블록들이 계획대상 블록이 된다. 도크 기간이 계획 기간 내에 모두 포함되는 계획호선의 경우 조립일정변경 가능성만을 검토한 후, 변경이 가능하면 계획대상블록으로 하고 그렇지 않으면 기계계획블록으로 한다. 기공이나 진수가 계획기간의 초나 말에 걸쳐 있는 호선의 경우는 ENT 혹은 LNT가 계획기간의 범위에 속하면 계획대상으로 하고 그렇지 않으면 계획범위 밖으로 한다. 계획범위 밖의 블록들은 그 일정을 임시로 정해서 사용한다.

3. 유전 알고리즘

유전 알고리즘은 자연의 진화과정을 모방한 알고리즘으로서

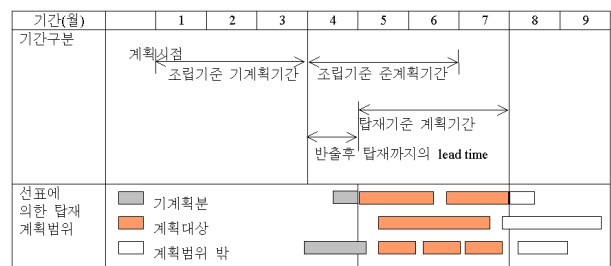


그림 1. 탑재 계획기간.

초기집단을 구성한 후 각 개체간의 교차변이와 돌연변이를 통해서 가장 좋은 해를 찾아가는 일종의 탐색기법이다 (Gen Mitsu, Cheng Runwei, 1999; Gen and Cheng, 1999; Goldberg, 1989). 교차변이는 복제를 통해 생성된 새로운 모집단의 가능 계획안들을 대상으로 새로운 가능 계획안을 만들어내는 연산을 수행한다. 돌연변이 연산자는 탐색가능한 해의 범위를 넓히고, 해가 국부최적해에 빠지지 않게 하기 위해 사용된다. 유전 알고리즘은 이들 연산자들을 통하여 가능 계획안들로부터 적합도가 우수한 계획안들을 골라 이들로만으로 새로운 모집단을 구성하고 이를 반복하여 가장 좋은 해를 찾아간다. 이때 교배확률과 돌연변이 확률, 초기 집단의 개체수, 진화하는 세대수 등 Parameter의 결정이 필요하다.

3.2 해의 표현 (representation)

하나의 가능 해는 계획기간에 속하는 모든 호선에 대해 탐제네트워크에서 결정된 탐제순서에 따른 탐제블록의 {ENT, LNT}와 일정을 가지는 2차원으로 표현된다. 일정은 초기 가능 해를 생성할 때 ENT/LNT범위 안에서 랜덤하게 구성된다.

3.2.1 Encoding

탐제 네트워크가 구성되면 호선의 탐제블록에 대해서 {ENT, LNT}가 정해진다. 이때 일정은 생성되지 않은 상태이며, 일정은 초기가능해를 생성할 때 ENT/LNT범위 안에서 랜덤하게 생성된다. 생성된 일정은 휴일을 제외한 작업일로 표현된다. 탐제 네트워크에서 마지막 탐제블록은 실제 블록이 아니라 배의 진수시점을 표현한 것이다.

배의 진수시점은 선주와의 계약시에 이미 정해져 있는 날로 만약 배의 진수시점이 1999년 6월 15일이고 {ENT, LNT}가 [25, 25] 이면 25는 1999년 6월 15일을 의미한다.

한 호선에 대해서 탐제네트워크가 <그림 2> 와 같이 구성되어 있다면 초기일정을 ENT로 선택했을 경우에 생성되는 초기 가능해는 <그림 3>과 같다.

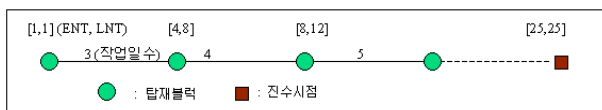


그림 2. 호선 A의 탐제네트워크.

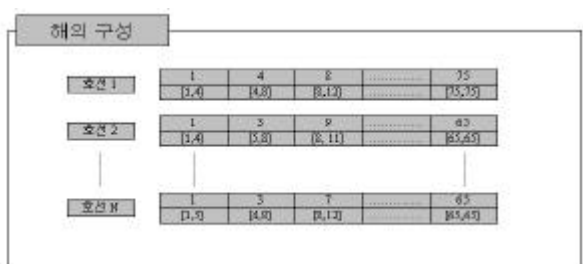


그림 3. 초기 가능해 표현(Encoding).

3.2.2 Decoding

최적해가 결정되면 각 호선의 탐제블록에 대한 탐제일정이 정해진다. 예를 들면 호선의 진수시점이 1999년 6월 15일이고 마지막 탐제블록의 {ENT, LNT}가 [74, 74]일때 일정은 74로 표현되어지고 이는 1999년 6월 15을 나타낸다. 실제 일정은 1999년 6월 15이 되는 것이다. 특정 탐제 블록의 일정이 35라면 이 탐제블록은 진수시점으로부터 (74 - 35) = 39 일전에 탐제가 이루어진다는 의미이다. 실제 년, 월, 일로 표현하면 진수시점에서 휴일을 제외하고 39일전의 일정을 나타낸다.

3.2 초기화

초기해를 생성하는 절차는 아래와 같다.

- 단계 1. 한 호선에 대한 탐제블록의 일정 생성순서를 랜덤하게 결정한다.
- 단계 2. 결정된 순서에 따라 ENT/LNT 범위 내에서 일정을 랜덤하게 생성하고 ENT/LNT를 재계산한다.
- 단계 3. 한 호선에 대한 탐제블록의 모든 일정이 생성될 때까지 단계 2를 반복한다.
- 단계 4. 적합도를 계산하고 노드별 ENT/LNT를 재계산한다.
- 단계 5. 모든 호선에 대해서 단계 1부터 반복 적용한다.
- 단계 6. 모집단 크기만큼 단계 1부터 반복 적용한다.

위의 단계를 간단히 나타내면 <그림 4>와 같다.

3.2.1 초기일정 생성 및 ENT/LNT 재구성

위의 단계 1과 2에서 계획대상블록의 탐제일 변경범위는 탐제네트워크에 의해서 주어지는 ENT와 LNT가 되며 이 사이의

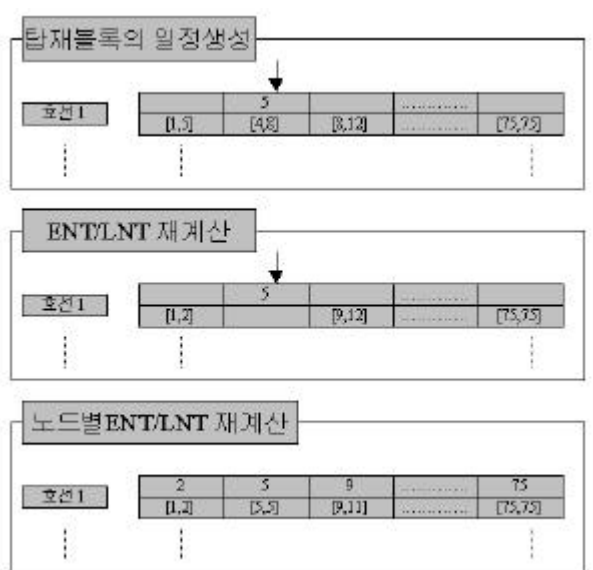


그림 4. 초기해 생성과정.

어떤 날도 탑재가 가능한 날이 된다. 그러나 이와 같은 변경 범위가 모든 블록에 독립적으로 적용될 수 있는 것은 아니다. 예를 들면 특정블록의 탑재일이 LNT로 정해지면 그 후속블록의 탑재일 또한 그 블록의 LNT로 정해질 수밖에 없다. ENT와 LNT는 특정블록의 독립적인 일정변경의 범위가 아니라 다른 블록과 같이 움직였을 때의 변경범위에 해당한다. 따라서 특정블록의 일정생성을 위해서는 다른 블록의 일정과 이에 따른 ENT/LNT의 변경범위 변화를 고려해야 한다. 일반적으로 한 호선에 대해서 어떤 순서에 의해 블록별로 탑재일정이 결정되면 남아 있는 블록들의 ENT/LNT에 의한 변경범위는 점점 축소된다.

제시되는 유전 알고리즘에서는 이와 같은 탑재 일정생성의 특성을 고려해서 일정생성의 순서를 결정하고 그 순서에 의해서 일정을 생성한다. 또한 한 블록의 일정이 정해지면 그에 따른 ENT와 LNT의 재계산을 실시하며, 이를 이용하여 블록의 일정을 계속해서 생성한다.

3.2.2 Node별 ENT/LNT재계산

단계4에서 모든 계획대상블록에 대해서 초기일정이 구해지고 이들이 계약을 만족하게 되면 이것은 하나의 가능해가 된다. 이러한 가능해는 알고리즘의 진행을 통해서 일정변경의 조작을 받게 되는데 이때 일정조작이 일정변경의 가능 범위 내에서 이루어져야 한다. 다른 블록의 일정에 영향을 주지 않고 블록 자체의 일정만을 변경할 수 있는 범위를 계산할 수 있다면 이를 이용해서 블록 일정변경이 가능 범위 내로 이루어질 수 있게 할 수 있다.

여기서 계산되는 블록자체의 변경가능범위는 일반적으로 블록의 집합에 대해서 적용되는 ENT/LNT에 비해서 변경범위가 작다. 이러한 측면은 알고리즘의 진행을 통하여 일정의 대폭적인 변화를 어렵게 하고 해의 개선을 느리게 하거나 개선 정도를 떨어지게 하는 작용을 한다. 알고리즘에서 블록자체의 변경범위를 사용할 경우 그 결과가 실제로 만족할 만한 정도는 아니다. 개선도의 향상을 위해 블록별 일정변경이 아닌 ENT/LNT를 이용한 블록집합의 일정변경방법을 택하여 탐색 가능한해를 늘림으로써 해의 개선을 도모하였다.

3.3 교차 변이

교차 변이는 복제를 통해 생성된 새로운 모집단의 가능 계획안들을 대상으로 특정 탑재블록의 탑재일을 상호 교환하도록 함으로써 새로운 가능 계획안을 만들어내는 연산을 수행한다. 본 논문에서는 이재원과 김훈주(1995)에 의해 연구된 탑재일 상호교환을 통한 교차 변이의 방법을 설계하였다. 이 방법은 탑재선우관계의 만족을 보장한다. 제시된 교차 변이 연산의 절차는 다음과 같다.

단계 1. 복제조작으로부터 생성된 새로운 모집단으로부터

교배조작을 할 가능 계획안을 임의로 두개를 선택한다.

단계 2. 선택된 가능 계획안의 탑재블록 일정과 선우관계로부터 각 블록고유의 ENT/LNT를 재계산한다.

단계 3. 가능 계획안의 탑재블록들 중 블록의 ENT/LNT 범위 내에서 교환이 가능한 탑재블록들을 모두 찾고 이들의 탑재일을 교환해서 새로운 계획안을 생성한다.

단계 4. 새로운 계획안이 계약조건을 만족하는 경우는 가능 계획안으로 해서 교배대상 가능계획안을 대체하며 하나의 가능 계획안만이 만들어지는 경우 나머지 원래 계획안을 대체하지 않는다.

단계 5. 교배를 통해 생성된 가능 계획안의 비율이 정해진 비율에 도달할 때까지 단계1터 반복수행한다.

교배연산을 통해서 새로운 가능해를 생성하는 과정을 예를 들면 <그림 5>와 같다. A경우는 탑재블록의 탑재일정이 가능 계획안들의 ENT/LNT 범위를 모두 만족하므로 상호 교환한다. B의 경우는 부모해 1의 탑재블록 일정이 부모해 2의 ENT/LNT 범위를 만족하므로 부모해 2의 탑재블록 일정을 부모해 1의 탑재블록 일정으로 대체할 수 있다. 그러나 부모해 2의 탑재블록 일정은 부모해 1의 ENT/LNT범위를 만족하지 못하므로 부모해 1의 탑재블록 일정은 대체되지 않는다.

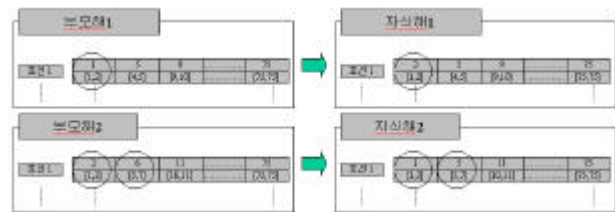


그림 5. 교배조작을 통한 새로운 가능해 생성.

3.4 돌연 변이

블록 탑재일의 경우 그 변경범위가 블록자체의 ENT/LNT 범위 내이기 때문에 돌연 변이를 통해 새로운 성격의 계획안이 만들어질 가능성이 크지 않을 것이다. 따라서 새로운 성격의 계획안을 만들어내기 위해서는 돌연 변이 확률이 일반적인 경우보다 높아야 할 것으로 기대된다. 본 논문에서 사용한 돌연 변이 방법은 다음과 같다.

Uniform Mutation : 블록의 탑재일 변경 범위 내에서 임의로 일자를 변경한다.

Boundary Mutation : 블록의 탑재일을 ENT쪽은 LNT로 임의로 변경한다.

돌연 변이의 적용절차는 다음과 같다.

단계 1. 모집단으로부터 임의의 가능 계획안을 선택한다.

단계 2. 선택된 가능 계획안의 각 호선에 대해서 돌연 변이

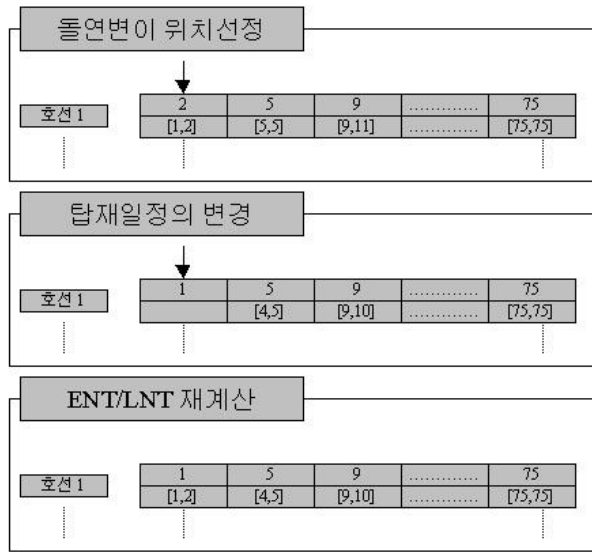


그림 6. 돌연변이(Mutation) 적용 과정.

비율만큼의 탑재블록을 임의로 선택한다.

단계 3. 선택된 탑재블록의 일정을 변경하고 노드별 ENT/LNT를 재계산한다.

단계 4. 선택된 모든 탑재블록에 대해서 단계 3을 실행한다.

단계 5. 선택된 가능 계획안의 모든 호선에 대해서 단계 2부터 반복 수행한다.

위의 돌연변이 절차에 의한 연산과정의 한 예를 그림으로 표현하면 <그림 6>과 같다.

3.5 선택연산

조작자는 모집단을 구성하는 가능 계획안들로부터 적합도가 우수한 계획안들을 골라 이들만으로 새로운 모집단을 구성하는 조작자를 말한다. 본 논문에서는 적용하기에 비교적 간편한 토너먼트 복제를 복제 조작자로 사용하며 복제 조작자의 절차는 다음과 같다.

단계 1. 기존 모집단으로부터 k개의 가능 계획안을 임의로 선택한다.

단계 2. 선택된 계획안 중에서 적합도가 가장 높은 계획안을 새로운 모집단에 복제한다.

단계 3. 새로운 모집단의 크기가 초기 모집단의 크기와 같아질 때까지 단계 1을 반복한다.

매개변수 k는 실험을 통해 가장 효율적인 값을 결정해서 사용할 수 있으며 일반적으로 k=2를 사용한다.

4. 수치실험

수치실험은 우선 유전 알고리즘의 수행도에 영향을 미치는 파

표 3. 부하

스테이지	공급	부하
건조 PE1/ PE2	탑재	개수/ 중앙
		크레인 시간(분)
	설비	공수
	허부	공수
음접	공수	음접량

라미터에 대해 알아보기 위해 여러 가지 대안을 두고 실험하여 그 결과를 분석하였다. 그리고 블록 자체의 일정변경과 ENT/LNT의 일정변경 두 가지의 경우에 대해 유전 알고리즘을 적용하여 이에 대한 실험을 통해 수행도의 결과를 비교하여 해의 개선에 대한 영향을 분석하였다. 수치실험을 위한 부하는 <표 1>과 같다.

유전 알고리즘을 적용하기 위해서는 모집단의 수와 진행횟수에 해당하는 세대수와 돌연변이, 교배 확률을 정하여야 한다. 부하 평준화를 도모할 수 있는 탑재 일정 생성을 위한 유전 알고리즘에서 적용되어야 하는 파라미터의 결정을 위해 몇 가지 대안을 두고 실험을 하였다. 실험을 위해 적용한 대안의 수는 다음과 같다.

최대 세대수	(100, 300, 500)
세대의 크기	(50, 100)
교배 확률	(0.1 ~ 0.8)
돌연변이 확률 (균등, 한계)	(0.05, 0.1 ~ 0.4)

가능한 모든 경우의 수는 120가지이다. 이 모든 경우에 대해 실험하여 파라미터가 유전 알고리즘의 수행도에 미치는 영향을 알아보고 가장 좋은 결과를 얻기 위한 파라미터를 선택하였다.

우선 최대 세대수의 크기와 개선율 간의 관계를 알아보기 위해 실험하였다. 아래 <그림 7>에서 X축 CASE는 세대의 크기

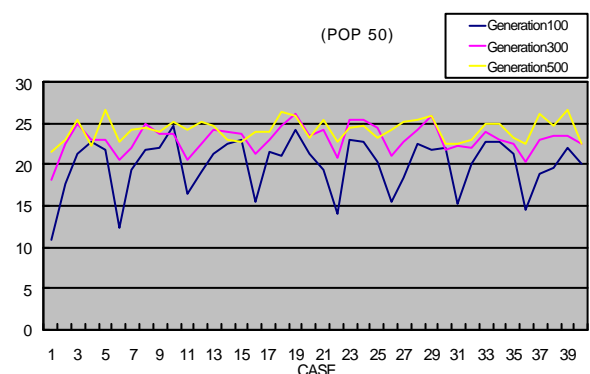


그림 7. 세대수와 개선율.

표 2. 세대수와 개선율 실험 결과 데이터

POPSIZE	Crit.Prob	Mut.Prob	Generation100	Generation300	Generation500
50	0.1	0.05	10.902	18.108	21.492
50	0.1	0.1	17.562	22.41	23.046
50	0.1	0.2	21.258	24.912	25.29
50	0.1	0.3	22.68	22.968	22.386
50	0.1	0.4	21.852	23.04	26.496
50	0.2	0.05	12.33	20.568	22.716
50	0.2	0.1	19.374	22.122	24.126
50	0.2	0.2	21.792	25.008	24.426
50	0.2	0.3	21.996	23.808	23.964
50	0.2	0.4	24.648	23.76	25.098
50	0.3	0.05	16.422	20.61	24.108
50	0.3	0.1	19.038	22.41	25.122
50	0.3	0.2	21.336	24.126	24.654
50	0.3	0.3	22.464	23.928	22.962
50	0.3	0.4	22.866	23.742	22.656
50	0.4	0.05	15.492	21.324	23.892
50	0.4	0.1	21.426	22.926	23.934
50	0.4	0.2	21.072	24.738	26.31
50	0.4	0.3	24.192	26.136	25.902
50	0.4	0.4	21.252	23.526	23.226
50	0.5	0.05	19.422	24.102	25.326
50	0.5	0.1	14.1	20.85	22.788
50	0.5	0.2	23.016	25.458	24.486
50	0.5	0.3	22.626	25.422	24.552
50	0.5	0.4	20.346	24.432	23.16
50	0.6	0.05	15.462	20.994	24.114
50	0.6	0.1	18.48	22.782	25.098
50	0.6	0.2	22.596	24.06	25.428
50	0.6	0.3	21.642	25.758	25.794
50	0.6	0.4	21.99	21.66	22.548
50	0.7	0.05	15.336	22.32	22.416
50	0.7	0.1	20.112	22.056	23.064
50	0.7	0.2	22.698	23.916	24.84
50	0.7	0.3	22.632	22.974	24.834
50	0.7	0.4	21.372	22.44	23.238
50	0.8	0.05	14.394	20.256	22.572
50	0.8	0.1	18.756	22.992	26.238
50	0.8	0.2	19.482	23.436	24.738
50	0.8	0.3	21.93	23.484	26.694
50	0.8	0.4	19.992	22.398	22.458

가 50일 때 돌연변이의 경우 5가지와 교차변이의 경우 8가지를 조합한 40가지의 모든 CASE를 나타낸다. 그 결과는 <그림 7>과 같다. <그림 7>에서 세대수가 커지면 커질수록 개선율이 높아짐을 볼 수 있다.

세대수와 개선율에 대한 가능한 모든 경우에 대한 실험 결

과는 <표 2>와 같다.

유전 알고리즘의 돌연변이와 개선율의 관계를 <그림 8>에 나타내었다. 돌연변이 확률은 탐색가능한 해의 범위를 넓히고 해가 국부최적해에 빠지지 않게 하기 위한 것으로 그래프를 보면 확률 0.2-0.3에서 고르게 일정한 개선율을 보임을 알 수 있다.

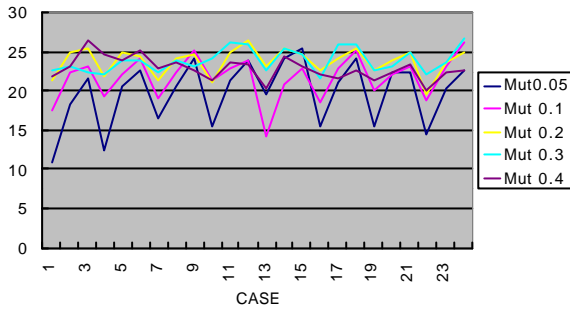


그림 8. 돌연변이와 개선율.

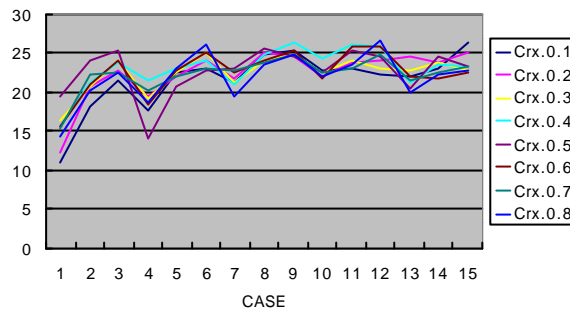


그림 9. 교차변이와 개선율.

교차변이 확률과 개선율 간의 관계를 <그림 9>에서 나타내었다. 결과를 보면 교차변이 확률과 개선율 간에는 고른 경향을 보이지 않음을 알 수 있다. 그러나 확률 0.4 정도에서는 기록이 크지 않은 결과를 나타낼 수 있었다.

유전 알고리즘의 개선율을 향상시킬 수 있는 파라미터의 설정을 위한 실험을 한 결과 돌연변이의 경우는 0.2-0.3, 교차변이의 경우는 0.3-0.4 수준이었다. 위의 실험을 통해 가장 높은 개선율을 보이는 파라미터의 조합으로 유전 알고리즘을 적용하였다. 적용된 파라미터는 다음과 같다.

최대 세대수	300세대
세대의 크기	100세대
교배 확률	0.4
돌연변이	0.3값등 돌연변이 : 0.2, 한계 돌연변이 : 0.1)

유전 알고리즘을 적용하여 최적해를 찾는 진행과정을 <그림 10>에 나타내었다.

유전 알고리즘의 적용 결과 약 25-30% 개선율이 향상되었다. 호선별 일정계획을 고려하지 않고 계획기간 내의 부하만 고려하여 일정을 계획할 경우에는 50% 이상으로 개선율이 향상됨을 볼 수 있었다. 그러나 이 일정은 호선단위로 보았을 때 일정이 고르지 못하였다. 현실적인 해의 도출을 위해 계획기간 내에 있는 모든 호선의 블록 탑재 일정의 유통범위를 호선별 계획의 개념을 우선 고려하여 유전 알고리즘을 적용하였다. 유전 알고리즘을 적용 후 일정생성결과로 <그림 11> 부하

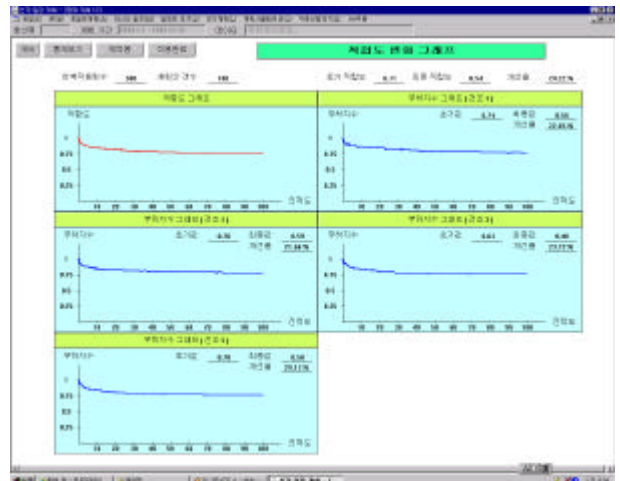


그림 10. 유전 알고리즘 진행화면.

신라 일정 계획 - (합계 계획(2))

호선별 (H00) 계획기간 (24) 대이력 (무히계산완료)

계속 (주제말기) 재작업 적용완료 **알고리즘**

반복 적용횟수	10	계획단 건수	10	초기 적합도	
부하 항목	합계	평균	표준편차	부하	
건조 1	합계 건수	90	1	121	7
	크레인 시간	7630	79	0	7
	일목 건수	0	0	0	0
	위부/중장 공수	9299	100	81	0
건조 2	합계 건수	2047	215	121	0
	크레인 시간	247	2	2	7
	일목 건수	0	0	0	0
	위부/중장 공수	0	0	0	0
건조 3	합계 건수	99	1	1	7
	크레인 시간	6060	60	153	2
	일목 건수	0	0	0	0
	위부/중장 공수	2557	27	87	2
합계	합계 건수	4671	49	126	2
	크레인 시간	436	5	0	0
합계	합계 건수	1360	143	170	7

그림 11. 알고리즘 적용 후 부하 통계치.



그림 12. 전조일정생성화면.

통계치, <그림 12> 전조일정생성, <그림 13> 탑재일정표와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

계획기간 내의 부하만을 고려한 기존의 방식보다는 개선율

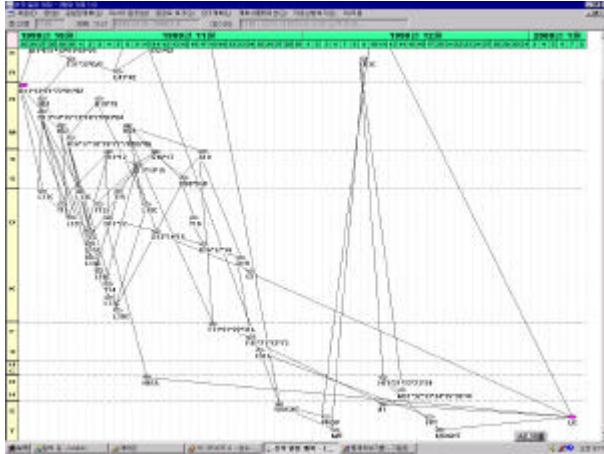


그림 23. 탑재일정표화면.

이 낮지만, 호선별 계획을 함으로 해서 기존방식보다는 현실적인 해를 구할 수 있었다.

유전 알고리즘의 적용으로 제한된 가용자원과 능력을 만족시키면서 작업장의 부하 평준화를 도모할 수 있는 탑재일정의 자동생성이 가능하였고, 호선별 계획을 적용함으로써 보다 현실적인 해를 생성할 수 있었다. 그리고 장기계획에 대한 최적의 탑재일정을 빠르게 얻을 수 있었다.

5. 결론

조선업에서 선박별로 주어지는 도크 사용기간과 탑재순서라는 제약을 만족하며 도크별로 배정된 한정된 인적자원의 효율적 활용을 위하여 부하의 평준화가 이루어지는 바람직한 탑재공정의 탑재일정을 결정하는 방법을 개발하였다. 작업장의 부하를 평준화하는 탑재일정을 생성하기 위한 유전 알고리즘과

복제, 교배, 돌연변이 등의 유전 조작자들을 제안하였으며, 개선율을 가장 높일 수 있는 파라미터의 결정을 위해 다양한 조합을 통하여 실험을 하였으며, 그 결과 제시된 방법이 본 논문의 모델에 적합하다는 것을 입증할 수 있었다.

교차변이 연산자는 탑재일 상호교환을 통한 교배조작이 이루어지도록 하여 탑재선후관계의 조건을 만족하였다. 돌연변이 연산자는 탐색가능한 해의 범위를 넓히고 해가 국부최적해에 빠지지 않게 하기 위한 것으로 탑재블록의 탑재일 변경 범위 내에서 임의로 일자를 변경하는 균등 돌연변이와, 탑재블록의 탑재일을 ENT 혹은 LNT로 임의로 변경하는 한계 돌연변이 방법을 사용하였다.

개발된 방법의 적용으로 제한된 가용자원과 도크기간, 탑재간의 선후관계, 능력을 만족시키면서 작업장의 부하 평준화를 도모할 수 있는 탑재일정의 자동생성이 가능하였으며, 특히 유전 알고리즘이라는 탐색 기법은 신속하게 여러 대안에 대한 조합의 시뮬레이션을 가능하게 하여 장기계획에 대한 최적의 탑재일정을 빠르게 얻을 수 있었다.

참고문헌

- 이재원, 김훈주 (1995), 유전 알고리즘을 이용한 탑재공정과 일정계획, *대한조선학회논문집*, 32(1).
- 박주철 (1997), 조선 선과중일정계획시스템 개발 보고서, *HYPROSS II Tech. Report*, 1997
- 김도현 (1998) 조선 탑재 네트워크의 자동생성에 관한 연구, *울산대학교 석사논문*.
- Gen Mitsu, Cheng Runwei (1999), *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Gen, M. and Cheng, R. (1999), *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley & Sons.
- Goldberg, D. E. (1989), *Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-wesley.
- Storch, R. L., Hammon, C. P. (1995), *Ship Production*, SNAME.

민상규

울산대학교 산업공학과 학사
울산대학교 산업공학과 석사
현재: 현대중공업 산업기술연구소 연구원
관심분야: 제조정보시스템 분석 및 설계, 일정 계획, MIS, CAIS/BC, 인터넷응용

문치용

전국대 산업공학과 공학박사
일본 Asahikaga공대 경영정보공학과 Post Doc.
현재: 한양대학교 산업공학과 연구교수
관심분야: SCM, 지능탐색 알고리즘 응용

이민우

울산대학교 산업공학과 학사
울산대학교 산업공학과 석사
울산대학교 산업공학과 박사
현재: 울산대학교 산업공학부 교수
관심분야: 생산정보시스템, 경제성공학

정귀훈

울산대학교 조선 및 해양공학과 학사
울산대학교 조선 및 해양공학과 석사
현재: 현대중공업 산업기술연구소 책임연구원
관심분야: 제조정보시스템 분석 및 설계, 물류 분석 및 설계, 컴퓨터 시뮬레이션 응용

박주철

서울대학교 산업공학과 학사

KAIST 산업공학과 석사

KAIST 산업공학과 박사

현재: 울산대학교 산업공학부 교수

관심분야: 경제성공학, 생산정보시스템