

조선 공정계획에서 탑재 순서 생성

Generation of Erection Sequence in Shipbuilding Process Planning

홍 윤기*, 정 은경**, 전 진**, 김 세영**

*한성대학교 산업공학과 **고려대학교 산업공학과

ABSTRACT

선박 건조는 선체를 수집에서 많게는 이백여 개에 블록으로 분할하여 각 블록에 해당하는 원자재를 처리 가공한 후 소조립, 중조립, 그리고 대조립의 과정을 거쳐 블록으로 완성하여 이들 블록을 정해진 순서에 맞추어 탑재하는 과정을 거치면서 기타 공정을 완료하여 마지막으로 진수에 이르게 된다. 본 연구에서는 선박 건조 과정에서 탑재 공정 계획을 위한 블록의 접속 관계를 체계적으로 확립하여 탑재 순서를 생성하는 방법론을 제시하고 이러한 방법론을 바탕으로 초기 탑재 네트워크를 생성 방안을 제시한다.

1. 서론

블록간 선후 관계를 이용하여 탑재 순서를 생성하는 방법으로 인접 블록의 정보를 가지고 탑재 가능 조건을 만족하는 블록을 찾아 탑재 순서를 생성한다. 인접 블록의 정보를 나타내기 위하여 블록에 관한 정보 입력시 인접 블록과 인접 블록의 탑재 여부를 표시하는 블록 VALUE의 개념을 이용한다. 배의 구조는 일반적으로 3차원 즉, 상하, 좌우, 전후의 블록 형태를 이루고 있기 때문에 일반적으로 인접 블록중 하측 블록, 좌우 블록중 한쪽 블록, 전후 블록중 한쪽 블록의 세 가지 탑재 상태를 만족하는 블록이 탑재 가능한 블록이 된다. 일반적인 형태에서 벗어난 경우에는 가상 블록 VALUE의 개념을 도입해서 탑재 가능 조건을 만족시키는 과정이 필요하다.

탑재 순서 결정 방법의 기본 골격은 K/L블록을 탑재한 후 기준에 의해 블록의 탑재 상태를 나타내는 선후 블록의 VALUE를 수정하고 조건에 맞는 탑재 가능한 블록을 찾는데 여러 블록이 탑재 가능한 경우에는 입력순으로 블록을 선택하여 차례로 탑재 순서를 생성한다. 이렇게 탑재 순서가 생성된 후에는 backtracking을 실시하여 가능한 모든 탑재 순서를 생성하는 것을 기본으로 하고 있다.

위에서 제시된 블록간 선후 관계로부터 탑재 순서를 생성하는 개념을 이용하여 초기 탑재 Network를 생성한다. 탑재 Network의 생성은 기준 블록에 대해 다음으로 탑재 가능한 블록들을 node로 표시하고 node들 사이에 arc(선후 관계)를 연결하여 확장시키는 과정을 반복하였다. 이때 각 단계별로 탑재 가능한 블록이 다수인 경우 탑재 노드의 선택 여부는 확률로 표시하였다.

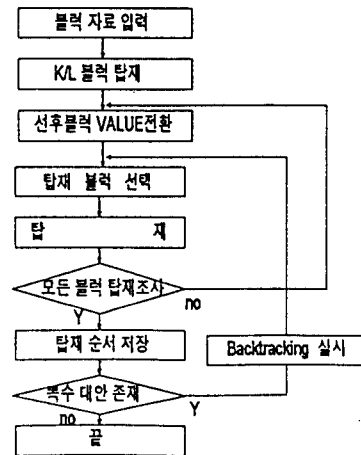
2. 탑재 순서 결정 절차

2.1 Input Data

탑재 순서를 결정하기 위한 Input Data로는 블록명, 그 블록의 인접 블록 개수와 인접 블록명이 필요하다.

2.2 Output Data

본 절차에서 Pitch와 같은 블록간 필요 기간의 개념 없이 순수하게 블록간 접속 관계만 고려했을 때의 가능한 모든 탑재 순서가 얻어진다.



< 그림 1 : 탑재 순서 생성 절차 >

2.3 절차

탐재 순서를 결정하는 방안을 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같으며 Algorithm을 간단히 정리하면 다음과 같다. 자세한 설명은 이후의 본문 내용에 나타나 있다.

탐재 순서 결정 Algorithm

단계 0 (K/L 블럭 선택)

K/L블럭을 선택하여 입력하면 이 블럭이 탑재된다.

단계 1 (블럭 VALUE 수정)

블럭이 탑재되면 기준에 의해 블럭 VALUE를 수정한다.

단계 2 (탐재 순서 결정)

여러 블럭 탑재 가능시 입력순에 의해 한 블럭을 선택한다. 선택된 블럭을 탑재하고 모든 블럭이 탑재될 때까지 단계 1과 단계 2를 반복한다.

단계 3 (탐재 순서 저장 및 탑재 상태 제거)

모든 블럭 탑재시 탑재 순서를 저장하고 역으로 첫번째 복수 대안이 나오는 곳까지 Backtracking을 실시한다. (depth-first search)

단계 4 (복수 대안)

먼저 선택한 블럭을 제외하고 입력 순서가 가장 빠른 블럭을 탑재한 후 단계 1, 단계 2, 단계 3을 반복한다.

단계 5

모든 복수 대안이 고려되면 Stop.

3. 블럭 입력 내용 및 세부 사항

3.1 블럭 명칭

블럭의 명칭을 정하는데 기존의 블럭 명칭을 그대로 사용하고 P.E블럭은 하나의 블럭으로 간주하여 블럭의 명칭을 표기한다. 다음은 배 구조의 일부 형태를 나타낸 것으로 블럭의 명칭은 임의로 정한 것이다. 블럭의 명칭은 탑재 순서를 결정하는데 아무런 영향을 미치지 않는다.

상

E23		
E21	E22	A13
A11	A12	

하

< 그림 2 : 블럭 CODE >

3.2 입력 내용 및 초기값

블럭의 기본 형태로는 블럭명, 이 블럭의 상하 좌우 전후 블럭을 나타내는 인접 블럭, 인접 블럭의 탑재 상태를 나타내는 블럭 VALUE의 형태로 표현되어 있다. 가상 좌블럭 VALUE와 가상 전블럭 VALUE를 모든 블럭에 초기 값으로 주어졌다. 이것은 하측 블럭만 탑재되면 어떠한 블럭이라도 탑재 가능한 블럭으로 만들어 주기 위함이다. 가상 좌블럭 VALUE와 가상 전블럭 VALUE는 실제로 선후 블럭의 좌블럭과 전블럭이 탑재되지 않았지만 탑재된 것처럼 가정해서 탑재 조건을 만족시키는 것이다. 이런 방식으로 탑재를 하고 삽입 블럭을 방지하기 위해 탑재 블럭의 전후를 따라 가상 전블럭 VALUE를 수정하고 마찬가지로 좌우를 따라 가상 좌블럭 VALUE를 수정하고 탑재된 인접 블럭의 탑재 여부를 나타내는 블럭 VALUE를 수정하여 탑재 가능 여부를 결정한다.

4. 탑재 블럭 선택 방법 및 블럭 VALUE 수정 방법

4.1 탑재 블럭 선택 방법

탐재 블럭을 선택할 때 삽입 블럭을 방지하기 위해 아래의 세 가지 모두를 만족해야 한다. 각각의 숫자는 탑재 여부를 나타낸다.

i) 하측 블럭의 VALUE: 1

숫자 1은 하측에 인접한 모든 블럭이 탑재되었음을 의미한다.

ii) 좌블럭 VALUE+우블럭 VALUE+가상 좌블럭VALUE :1

인접 블럭의 개수가 여러개인 경우가 생길 수 있으므로 인접 블럭의 모든 블럭이 탑재되었을 경우 블럭의 VALUE가 1이 된다.

좌블럭 VALUE + 가상 좌블럭 VALUE가 1 이든지 우블럭 VALUE + 가상 좌블럭 VALUE가 1이 된다. 탑재되지 않은 블럭은 상호 배타적으로 좌블럭 VALUE와 우블럭 VALUE 중 하나의 블럭 VALUE만 값을 가질 수 있다.

iii) 전블럭 VALUE+후블럭의 VALUE+가상 전블럭 VALUE: 1

이것은 위의 ii의 내용과 같은 형식이다.

4.2 블럭 VALUE수정

블럭이 탑재되면 다음과 같이 블럭의 탑재 상태를 표시하는 블럭 VALUE를 수정하여 인접 블럭의 탑재 여부에 대한 정보를 표현한다.

i) 가상 전, 좌블럭 VALUE 수정

기준 블럭의 가상 VALUE가 0이 아닌 동안 수행하는 것으로 일반적인 탑재 조건을 만족시키기 위해 부여했던 가상 블럭 VALUE를 수정해야 한다.

- ① 전, 후로 가상 전블럭 VALUE가 0이 아니면 탑재 표시 상관없이 전, 후블럭을 따라 (1/인접 블럭 개수)만큼 가상 전블럭 VALUE 감한다.
- ② 좌, 우로 가상 좌블럭 VALUE가 0이 아니면 탑재 표시 상관없이 좌, 우블럭을 따라 (1/인접 블럭 개수)만큼 가상 좌블럭 VALUE 감한다.

- ii) 인접 전, 후, 좌, 우, 상블럭 VALUE 수정
인접 블럭의 탑재 상태를 나타내기 위해 인접 블럭의 블럭 VALUE 수정이 필요하다. 본래의 블럭 VALUE에 (1/인접 블럭 개수)만큼 더해서 인접 블럭의 탑재 상태 여부를 표시한다.
 - ① 전으로 인접한 블럭에는 후블럭 VALUE에 더한다.
 - ② 후로 인접한 블럭에는 전블럭 VALUE에 더한다.
 - ③ 좌로 인접한 블럭에는 우블럭 VALUE에 더한다.
 - ④ 우로 인접한 블럭에는 좌블럭 VALUE에 더한다.
 - ⑤ 상으로 인접한 블럭에 하블럭 VALUE에 더한다.

- iii) 탑재 블럭이 1층인 경우 하블럭이 존재하지 않기 때문에 하블럭 VALUE를 일반적인 규칙에 의해 수정할 수 없다. 그래서 특별한 규칙을 적용 전, 후, 좌, 우 인접한 블럭 중 어느 한 블럭만 탑재시 하블럭이 탑재되었음을 의미하는 하블럭 VALUE를 1로 수정해야 한다.

<표 1. A12블럭 입력및 초기값>

A12블럭

블럭구분	선후블럭	VALUE
상측블럭	E22	
하측블럭	-	
가상좌블럭		1
좌블럭	-	
우블럭	-	
가상전블럭		1
전블럭	A11	
후블럭	A13	

<표 2. A11블럭 탑재시 A12블럭 VALUE전환>

A12블럭

블럭구분	선후블럭	VALUE
상측블럭	E22	
하측블럭	-	0->1
가상좌블럭		1
좌블럭	-	
우블럭	-	
가상전블럭		1->0
전블럭	A11	0->1
후블럭	A13	

4.3 Backtracking실시: 복수 대안 결정

첫 번째 탑재 순서가 결정되면 모든 가능한 대안을 찾아가기 위해서 복수 대안이 나오는 곳까지 역순으로 자신의 탑재 상태를 제거하고 블럭의 탑재 시와 반대 개념의 블럭 VALUE을 수정하는 과정이 필요하다. 먼저 기준 블럭의 탑재 상태를 제거하고 다음을 수행한다.

- i) 인접 전, 후, 좌, 우블럭 VALUE 수정
기준 블럭의 탑재 상태가 제거되면 인접 블럭의 블럭 VALUE에 영향을 미치게 된다. 그래서 탑재 시와는 정반대 개념으로 기존의 블럭 VALUE에 (1/인접 블럭 개수)만큼을 감한다.
 - ① 인접 전블럭은 후블럭 VALUE에 감한다.
 - ② 인접 후블럭은 전블럭 VALUE에 감한다.
 - ③ 인접 좌블럭은 우블럭 VALUE에 감한다.
 - ④ 인접 우블럭은 좌블럭 VALUE에 감한다.
 - ⑤ 인접 상블럭의 하측 블럭 VALUE에 감한다.

- ii) 1층의 블럭의 탑재 상태를 제거시 탑재 시와는 역으로 인접 전, 후, 좌, 우블럭 어느 한 블럭이 탑재되어 있지 않았다면 인접 블럭의 하블럭 VALUE를 0으로 수정한다.

- iii) 위의 세 가지를 수행하고 나면 복수 대안이 나오는 곳에서 탑재 가능 블럭은 탑재 가능 조건이 깨지는 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우에 가상 VALUE를 부여해서 탑재 조건을 만족시킨다.

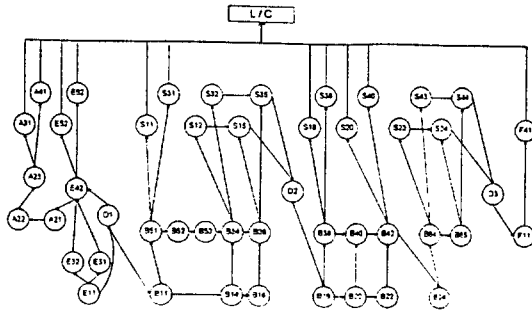
- ① 가상 전블럭 VALUE=1-(전블럭VALUE+후블럭 VALUE)
- ② 가상 좌블럭 VALUE=1-(좌블럭VALUE+우블럭 VALUE)

①, ②를 적용하면 복수 대안이 나오는 곳에서의 모든 블럭은 탑재 가능 블럭을 만족한다. 그래서 먼저 선택된 블럭을 제외한 입력 순서가 가장 빠른 블럭을 탑재하고 탑재 순서를 결정한다.

위의 <그림 2>와 같은 경우에 대한 프로그램 실행 결과 모든 탑재 순서는 다음과 같다.

<표 3. 탑재순서>

[1]:	[0:A11]-[1:A12]-[3:E21]-[4:E22] -[2:A13]-[5:E23]
[2]:	[0:A11]-[1:A12]-[4:E22]-[2:A13] -[3:E21]-[5:E23]
[3]:	[0:A11]-[1:A12]-[4:E22]-[3:E21] -[2:A13]-[5:E23]
[4]:	[0:A11]-[3:E21]-[1:A12]-[4:E22] -[2:A13]-[5:E23]



<그림 7 : 초기 탑재 네트워크>

7. 활용 방안

본 연구에서 제시된 방안에 대해서 활용 방안을 보면 다음과 같다.

블럭간 선후 관계를 이용한 탑재 순서 결정 방법의 경우, 블럭간 접속 관계를 기준 정보로 사용하기 때문에 물리적인 접속 관계를 정확히 표현할 수 있어서 삽입 블럭의 방지가 가능하고 특수한 형태의 접속 관계 또한 규정할 수 있으며 블럭의 탑재 안정성 등을 고려하는 데 별 무리가 없게 된다. 뿐만 아니라 제안된 알고리즘을 사용하여 초기 탑재 네트워크를 생성할 수도 있다.

블럭간 선후 관계를 이용한 탑재 순서 결정 방법의 활용 방안으로는 Dock 사용 기간이나 블럭간 Pitch가 변하게 될 때 초기 탑재 네트워크의 변경을 임의의 중간 노드를 중심으로 다시 생성할 수 있다.

일정별로 탑재 순서를 생성하는 방법의 경우 탑재 순서가 일자별로 얻어지기 때문에 부하 분석을 위한 기초 정보를 얻을 수 있어서 차후의 일정 관리를 하는 데 도움을 줄 수 있다.

일정별로 탑재 순서를 생성하게 되는 결과에 대해서는 부하 분석을 위한 기준 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있는 반면에 공정 계획의 수준이 아닌 일정 계획의 영역을 다루고 있다는 문제가 있다. 실제로 공정 계획에서 일정별로 순서를 생성한다고 하여도 실행이 이루어질 시점에서는 탑재 순서를 유지할 수 있을지라도 그 일자를 준수하기는 어려운 실정이기 때문이다.

8. 결론 및 향후 과제

본 연구에서 제안된 내용은 다음과 같다.

- 블럭간 선후 관계를 이용한 탑재 순서 결정 방안 수립 및 구현

- 위의 방안을 이용한 초기 탑재 네트워크 생성 방안 제시
- 초기 탑재 네트워크를 기초로 한 일자별 탑재 순서 결정 방안 제시
- 표준 선에 준하는 실험을 통하여 제시된 방안의 타당성 평가

선박의 설계 단계에서 선각 공정에 이르기까지 CAD에 의한 블럭 Data의 인식이 자동화되면 본 연구의 탑재 순서 결정에 별도로 블럭 Data의 입력이 필요하지 않게 된다.

본 연구의 결과로 얻어진 탑재 순서는 실제 생산 계획에서 사용될 일정 계획의 입력 자료로 사용되므로 추후의 연구 과제로는 이러한 일정 계획과의 연계성에 관한 고찰이 필요하다.

또한 본 연구에서 제안된 방안을 실제로 적용하게 될 중·대형 선박으로의 적용 가능성을 검증하는 작업이 요구된다.

참고문헌

1. Richard J. Neumann and David J. McQuade, "Application of PC-Based Project Management in an Integrated Planning Process," *Journal of Ship Production*, Vol. 8, No. 4, Nov. 1992, pp. 191-204
2. Markku Manninen and Jarli Jaatinen, "Productive Method and System to Control Dimensional Uncertainties at Final Assembly Stages in Ship Production," *Journal of Ship Production*, Vol. 8, No. 4, Nov. 1992, pp. 244-249.
3. Jon Gribskov, "A Group Technology Approach to Master Scheduling of Shipbuilding Projects," *Journal of Ship Production*, Vol. 5, Nov. 1989, pp. 249-255.
4. 과기처 연구 보고서, "선박 설계·생산 전산 시스템(VI) - 초기 일정·공정 계획 일관 시스템 개발," 1995.4.
5. 김 훈주, 이 재원, "유전 알고리즘을 이용한 탑재 공정과 일정 계획", '94 추계 조선 학회. 대한 조선학회편, 조선공학개론, 양서각, 1974, pp. 195-214.