

차량 운반선의 효율적인 선적 계획 수립에 관한 연구

A Study on Efficient Stowage Planning for Vehicle Carriers

김지연¹ · 김기환² · 강영진² · 정석찬^{3*} · 이훈⁴

동의대학교 대학원 인공지능학과¹, 동의대학교 인공지능그랜드ICT연구센터², 동의대학교 e비즈니스학과,
인공지능그랜드ICT연구센터, 부산IT융합부품연구소³, ㈜토탈소프트뱅크 물류시스템 연구소⁴

요약

물류 산업은 기업과 소비자에게 필요한 상품과 자원을 저장하고 운송하기 때문에 우리의 생활과 밀접하게 연관되어 그 중요성은 더욱 더 커지고 있다. 중요성에 커짐에 따라 물류 산업은 혁신과 변화를 통해 효율적이고 지속 가능한 서비스를 제공하기 위해 노력하고 있다. 기술적 혁신과 인공지능을 활용하여 물류 네트워크 최적화, 친환경적인 운송 등 다양한 영역에서 연구와 개선이 이루어지고 있으나 여전히 물류 산업의 일부 측면에서 미흡한 연구가 있다. 특히, 다양한 요소를 고려하여 차량 운반선의 최적화된 선적 계획을 효과적이고 신속하게 계획을 수립하는 것은 다양한 복잡성을 내포하고 있어 이 분야의 연구는 부족한 상태이다. 본 논문에서는 다양한 고려사항과 차량 운반선의 선적 계획 수립 규칙을 반영하여 작업자가 신속하고 효율적으로 선적 계획을 수립할 수 있도록 하는 선·하적 알고리즘에 관하여 연구하였다.

■ 중심어 : 차량 운반선, 선적 계획, 운송

Abstract

The logistics industry is becoming increasingly important as it is closely linked to our daily lives, storing and transporting the goods and resources that businesses and consumers need. With its growing importance, the logistics industry strives to provide efficient and sustainable services through innovations and artificial intelligence are being used to optimize logistics networks, make transport more environmentally friendly, and more. Research and improvements are being undertaken in various domains, such as logistics network optimization and environmentally friendly transportation through technological innovation and artificial intelligence; however, there still needs to be more research in certain aspects of the logistics industry. In particular, devising an optimized stowage plan for vehicle carriers, considering various factors, involves a significant degree of complexity and remains an under-researched area. This paper studies the loading and unloading algorithms that enable to quickly and efficiently establish stowage plans for vehicle carriers, reflecting a variety of considerations and rules for stowage planning.

■ Keyword : Vehicle Carriers, Stowage Plan, Transport

2023년 11월 07일 접수; 2023년 12월 03일 수정본 접수; 2023년 12월 21일 게재 확정.

* 이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20210275, 수출입 자율주행 차량 자동화역지원시스템 기술개발사업)

† 교신저자 (scjeong@deu.ac.kr)

I. 서론

물류 산업은 상품과 자원을 제조업체와 소비자에게 효율적으로 이동 및 관리하는 역할로 상품이나 자원의 공급과 소비의 다리 역할을 하며 상품의 운송을 조직하고 최적화하는데 중요한 역할을 한다. 이러한 연결 네트워크를 물류 공급망이라고 한다. 물류 공급망이 원활하게 작동하지 않거나 중단되면 막대한 피해와 불편함을 안겨줄 수 있다. 이는 생산 지연 등으로 이어지기 때문이다. 물류 공급망의 원활한 작동은 다양한 산업 분야에서 핵심 역할을 하고 있기 때문에 글로벌 시장에서 물류 산업의 중요성은 커지고 있다. 이에 따라, 물류 산업은 비용 절감, 빠른 운송, 고객 만족을 위해 다양한 변화를 시도하고 연구하고 있다.[1-4]

그러나 물류 산업의 몇몇 측면에서는 미흡한 연구가 있다. 특히, 다양한 화물을 고려해야 하는 복잡성을 가진 차량 운반선의 선적 계획 수립에 대한 연구는 부족하다. 이는 차량 운반선에 싣는 다양한 화물의 크기를 반영하여 선박의 공간을 최대한 효율적으로 사용해야 하고 이와 동시에 화물의 선적지와 하적지를 고려하여 효율적인 선·하적 동선을 확보를 고려해야 하는 복잡성을 완벽하게 다루기 어렵기 때문이다.

본 논문에서는 이러한 복잡성을 다루면서 빠른 속도를 확보할 수 있도록 선적 계획 수립 시 반영하는 규칙을 적용하여 작업자가 선적 계획 수립을 신속하고 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 선·하적 알고리즘에 관해 연구하였다.

본 논문은 2장에서 선적 계획 수립에 관련된 연구들에 대해 다루고 3장에서는 선적 계획을 수립하는 선·하적 알고리즘의 구현에 관하여 다룬다. 4장에서는 선·하적 알고리즘을 활용하여 수립한 선적 계획에 관해 설명한다. 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해 제시한다.

II. 관련 연구

지금까지 효율적인 선적 계획 수립에 관한 연구는 최적화 알고리즘을 사용해왔다. 이러한 연구 중 하나는 선박 내에 컨테이너를 효율적으로 배치하기 위해 2단계를 나눠 유전 알고리즘을 적용하여 최적 해를 도출하였다.[5] 또 다른 방식으로는 그리디 알고리즘과 트리 검색 방법을 이용하여 컨테이너 운송의 적재 계획 문제를 연구하였다.[6] 그리고 차량 운반선에서 차량을 효율적으로 배치하기 위해 유전 알고리즘에서 사용되는 보편적인 기법인 선택, 변이, 엘리트 보존을 사용하면서 교차의 경우에는 공간을 고려하여 최적의 해를 찾기 위해 병합 및 분할 알고리즘을 제안하였고 이를 적용해 화물 배치를 최적화하여 선적 계획을 수립하는 연구를 진행하였다.[7] 또한, MIP (Mixed-Integer Programming)를 활용해 선박의 한 데크에서의 차량을 선적과 하적에 용이하도록 적재하는 것과 출입 경로를 확보하기 위해 다른 차량을 이동하는 추가 고려사항을 포함하여 효율적인 적재 계획을 수립하고자 하였으며[8] 다수의 항만, 다층 데크, 선박의 안정성 등을 고려하기 위해 MIP를 통해 모델링하여 선적 계획을 최적화하였다.[9]

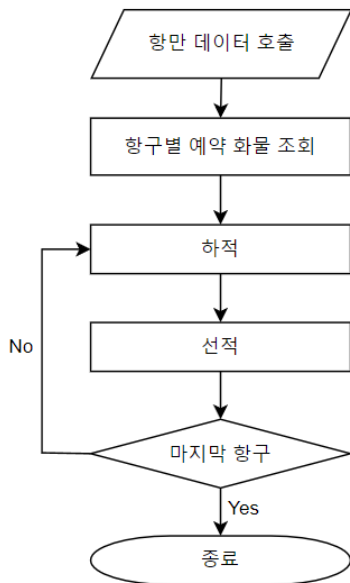
이러한 휴리스틱 알고리즘과 수학적 모델링은 최적의 해를 도출하지만, 복잡성이 커질수록 많은 시간을 소모하는 경향이 있다. 따라서 예약 화물이 자주 변경되는 차량 운반선에는 이러한 알고리즘을 실제로 적용하는데 있어서 어려움이 있다.

따라서, 본 논문에서는 결과 도출 시간을 단축하기 위해 휴리스틱 기법과 수학적 모델링과는 다른 접근 방식으로, 규칙을 기반으로 하여 선적 계획을 수립하는 알고리즘에 관하여 연구를 수행하였다.

III. 연구 방법

3.1 연구 개요 및 절차

본 연구는 차량 운반선의 선·하적에 관련된 정보를 활용하여 화물을 선적 규칙에 따른 위치에 적재하여 효율적인 선적 계획 수립에 관한 연구이다. 본 연구의 알고리즘 순서도는 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 선적 계획 수립 알고리즘 순서도

첫 번째로 항만 데이터를 호출한다. 항만 데이터는 차량 운반선이 방문하는 항만에 대한 정보와 항만별 예약 화물의 정보와 차량 운반선의 구조에 관한 정보로 구성되어있다. 각 정보에 대해서 정의 및 객체화하고 예약 화물 정보를 항만별로 분리한다.

항만별로 분리된 화물 정보를 활용하여 선적 계획을 수립하기 위해 선·하적 작업을 수행하게 되는데 먼저 하적 과정을 거치게 된다. 차량 운반선이 처음 방문하는 항만에서는 하적할 화물이 없어 선적 작업만을 수행하지만, 보편적으

로는 화물을 하적하여 적재 공간을 확보하고 난 후 선적 작업을 수행하기 때문이다. 하적 작업을 위해 현재 차량 운반선에 적재되어있는 화물 중 현재 항만에서 하적해야 할 화물이 있는 적재 노드를 선별하여 하적 작업을 수행한다. 하적 작업이 완료되면 예약 화물 중에 현재 항만에서 선적되어야 할 화물이 있는지 확인하고 선적 작업을 수행한다. 이러한 선·하적 작업이 마지막 항만까지 수행이 완료되면 알고리즘을 종료한다.

3.2 데이터 전처리 및 정의

선적 계획을 수립하기 위한 차량 운반선의 선·하적에 사용되는 데이터로는 첫째로 항만에 대한 정보와 예약 화물에 대한 정보가 있다. 항만에 대한 정보는 항만의 이름과 항만의 순서로 구성되어있다. 이러한 항만의 정보를 활용하여 차량 운반선이 방문하는 항만의 방문 순서를 알 수 있어 이를 바탕으로 예약 화물의 선적 계획을 수립할 수 있다. 항만의 방문 순서에 따라 선적 계획을 수립하기 위해 예약 화물의 선적지와 하적지 이름과 항만의 이름을 매칭하여 예약 화물의 선적지, 하적지 정보에 항만 정보를 활용하여 방문 순서를 할당하여준다. 그리고 예약 화물의 AEU에 대한 정보를 정의하여 예약 화물에 대한 객체를 생성한다. 이러한 전처리를 통해 예약 화물에 객체에는 화물의 AEU와 항만의 방문 순서로 할당된 선적지, 하적지에 대한 정보가 담겨있다.

두 번째 데이터는 차량 운반선의 구조에 대한 정보이다. 차량 운반선은 다양한 크기를 가진 화물을 적재하므로 차량 운반선의 구조를 파악하는 것이 선적 계획을 수립할 때 중요하다. 차량 운반선의 구조는 화물 적재 공간이 컨테이너 선처럼 규격화되어있는 것이 아니므로 매우 복잡하다. 따라서 본 연구에서는 차량 운반선의

구조를 명확하게 식별하기 위해 램프와 기둥을 기준으로 나눈 적재 공간과 이동 통로를 노드로 정의하여 차량 운반선의 구조를 정의 및 객체화 하였다. 객체화된 차량 운반선의 구조인 노드 정보에는 허용 AEU와 시각화에 활용할 수 있는 중심 좌표에 대한 정보가 담겨있다. 그리고 데이터 내에 차량 운반선의 데크에 대한 적재 우선순위에 대한 정보를 통해 적재 데크 순서를 정의한다.

3.3 선·하적 알고리즘

선·하적 계획에 활용되는 항만, 예약 화물, 차량 운반선의 구조에 대해 정의하고 객체화된 정보를 활용하여 선·하적 알고리즘을 구현한다. 선·하적 알고리즘을 구현하기 위해서는 선박 내의 적재 노드에 대해서 정렬을 수행하여야 한다. 앞서 정의한 데크에 대한 적재 우선순위를 리스트의 형태로 불러와 출입구로부터 먼 거리에 있는 적재 공간을 찾도록 한다.

출입구로부터 먼 거리에 있는 적재 노드를 정렬하기 위해서 너비 우선 탐색 알고리즘(Breadth-First Search, BFS)을 사용하였다. 최단 거리 혹은 최적 경로를 탐색하는 데에는 A* 알고리즘을 주로 사용하여 연구를 진행하지만[10-12], 본 논문에서 사용한 데이터에는 노드와 노드 간의 가중치에 대한 정보가 없기 때문에 모든 노드를 같은 선상에서 취급하여 최단 거리를 탐색할 수 있고 빠른 특성을 가진 너비 우선 탐색 알고리즘을 사용하였다.

너비 우선 탐색 알고리즘을 통해 출입구로부터 거리가 먼 순서대로 정렬된 노드를 반대로 정렬하여 하적 작업을 수행한다. 출입구로부터 거리가 먼 순서대로 정렬된 노드를 반대로 탐색하는 이유는 이동 동선의 방해 최소화로 줄이기 위함이다. 반대로 정렬된 적재 노드로부터 차량 운반선에 적재되어있는 화물 중에 현재 항만

에서 하적해야 하는 화물이 있는지 확인한다. 하적해야 하는 화물이 있다면 출입구에서 하적해야 하는 화물이 있는 적재 노드까지 이동 가능 여부를 판단하고 이동이 가능하다면 화물을 하적하고 적재 노드의 화물 적재 정보에서 삭제한다.

항만에서 하적 작업이 완료되고 나면, 현재 항만에서 선적해야 하는 예약 화물의 존재 여부를 확인한다. 선적해야 하는 예약 화물이 있다면 출입구로부터 먼 거리의 노드부터 예약 화물의 선적 가능 여부를 확인한다. 노드의 화물 선적 가능 여부는 화물의 크기를 현대 자동차 액센트 단위로 환산한 AEU를 통해 확인된다. 화물의 AEU가 노드의 허용 AEU보다 크다면 화물을 선적하지 못하고 기준치를 초과하지 않는다면 화물을 선적하여 화물을 선적한 노드의 정보에 화물 정보를 기입하여 준다. 허용 AEU의 기준을 초과하여 선적하지 못한 화물은 인접 노드에 동일한 방식으로 선적 가능 여부 확인을 선적이 가능해질 때까지 반복하여 동작한다. 만약 이동 동선을 가로막는 경우가 생긴다면 차량을 해당 노드에서 하적하였다가 다른 노드에 적재하는 재취급을 수행한다.

이러한 선·하적 작업을 차량 운반선이 마지막으로 방문하는 항만까지 수행되어지면 알고리즘을 종료한다.

3.4 선적 계획 출력 및 시각화

화물의 선적지, 하적지, 크기를 반영하여 수립한 선적 계획 결과를 제공하기 위해서는 선·하적 알고리즘을 통해 항만별로 수립한 계획을 기록하고 시각화하는 과정이 필요하다. 선적 계획 결과를 기록하기 위해 각 노드마다 선적된 화물의 정보를 JSON 형태로 저장하여 출력하였다. JSON 형태로 출력한 선적 계획 결과를 시각화하기 위해 화물을 적재하는 공간인 고정 노드, 가변 노드와 데크 사이의 통로이자 화물을 적재하

는 공간인 램프를 표 1과 같이 색상을 정의하여 구분하도록 하였다. 그리고 OpenCV 라이브러리를 활용하여 차량 운반선의 구조를 시각화하였다. 앞서 정의한 차량 운반선의 구조데이터로부터 기둥 단위로 나눈 노드들의 중심 좌표를 통해 원을 생성하고, 표 1에서 정의한 색상을 해당 노드의 속성에 따라 할당하여 시각적으로 구별할 수 있도록 시각화하였다. 차량 운반선의 구조물을 원의 형태로 시각화하여 노드 간의 상대적 위치를 명확하게 나타내고 노드 간의 거리 관계를 직관적으로 파악할 수 있도록 하였다. 이를 통해 적재 공간인 고정 노드와 가변노드, 램프를 명확하게 구분하여 나타내어 차량 운반선의 구조 파악과 노드의 적재 상태를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다.

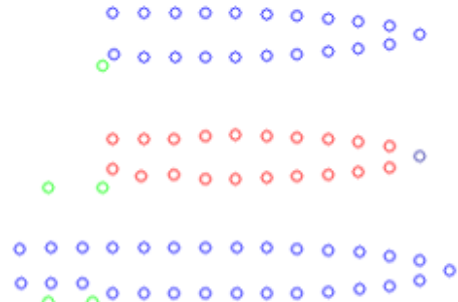
〈표 1〉 차량 운반선의 구성요소별 색상

속성	색상
고정 노드	빨강색
가변 노드	파랑색
램프	녹색

선적 결과에서 현재 노드의 사용 정도를 나타내기 위해 허용 AEU의 사용 정도의 50%를 초과하는지에 따라 원의 내부 색상을 채운다. 허용 AEU의 사용 정도가 50%를 초과한다면 원의 내부를 할당된 색상으로 모두 채우고 50%이하라면 일부만 채우도록 하였다.

그림 2는 예약 화물을 적재하기 전의 선박의 구조와 상태를 나타낸 시각화 결과이다. 가장 위에 그려진 데크가 1층 데크이며 아래로 갈수록 층이 높은 데크이고 2층 데크는 출입구를 가진 메인 데크이며 현재 화물을 적재하지 않아 모든 노드의 원 내부가 비어 있는 상태로 표시되어있다. 이러한 시각화 방법을 통해 차량 운반선의 구조와 화물이 노드에 화물이 적재되어 있는지 한눈에 확인할 수 있을 뿐만 아니라 노

드의 허용 AEU가 50%를 초과한 상태인지 또한, 확인이 가능하다.



〈그림 2〉 선박 구조 시각화

IV. 연구 결과

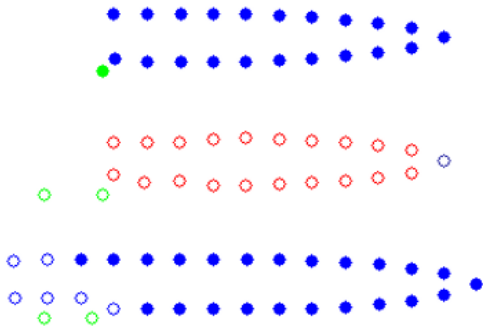
본 연구에서 쓰인 차량 운반선이 방문하는 항만은 총 6개로 표 2와 같이 3개의 항만에서 선적한 후 3개의 항만에서 하적하는 화물을 데이터 통해 선적 계획 수립을 진행하였다.

〈표 2〉 항만별 예약 화물 개수

선적지 \ 하적지	1	2	3
4	275	145	26
5	6	0	65
6	170	0	89

그림 3은 첫 번째 항만에서 예약 화물을 선적한 선박의 상태이다. 표 3의 첫 번째 항만에서 1층 데크의 선수의 5개의 노드를 우측 상단부터 시계 방향으로 번호를 매겨 각 노드의 적재 정보를 살펴보면 선적지가 첫 번째이고 하적지의 방문 순서가 마지막인 예약 화물이 선적되어있는 것을 알 수 있다. 반면에, 표 4의 1층 데크의 선미 적재 정보를 보면 항만의 방문 순서가 네 번째인 화물이 선적되어있다. 이를 통해, 데크의 적재 우선순위가 높은 1층 데크의 선수에 선적된 화물은

선미에 선적된 화물보다 하적지의 방문 순서가 늦은 화물이 선적되었음을 알 수 있고 하적지의 방문 순서가 늦은 화물은 출입구로부터 먼 거리에 선적되어야 하는 규칙을 지켜 올바르게 선적 동작을 수행되고 있음을 알 수 있다. 그리고 하적지가 네 번째인 화물이 3층 데크에 선적되어있는데 이는 데크의 적재 우선순위 또한 잘 반영되고 있음을 확인할 수 있다.



〈그림 3〉 첫 번째 항만에서의 선적 상태

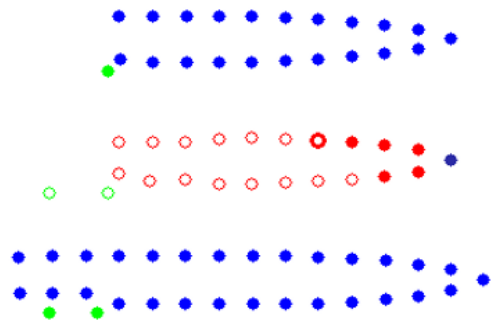
〈표 3〉 첫 번째 항만에서 1층 데크의 선수 적재 정보

노드	선적지	하적지	개수
1	1	6	9
2	1	6	6
3	1	6	8
4	1	6	7
5	1	6	9

〈표 4〉 첫 번째 항만에서 1층 데크의 선미 적재 정보

노드	선적지	하적지	개수
1	1	4	3
2	1	4	9
3	1	4	11
4	1	4	12
5	1	4	11

그림 4는 두 번째 항만에서 하적을 완료하고 예약 화물을 선적한 상태이다. 표 5와 표 6을 통해 선적된 화물 정보를 확인해보면 첫 번째 항만에서 화물을 적재하지 않아 비어있던 3층 데크의 선미와 2층 데크의 선수에 선적지가 두 번째이고 하적지가 네 번째인 화물이 선적되었음을 확인할 수 있다.



〈그림 4〉 두 번째 항만에서의 선적 상태

〈표 5〉 두 번째 항만에서 2층 데크의 선수 적재 정보

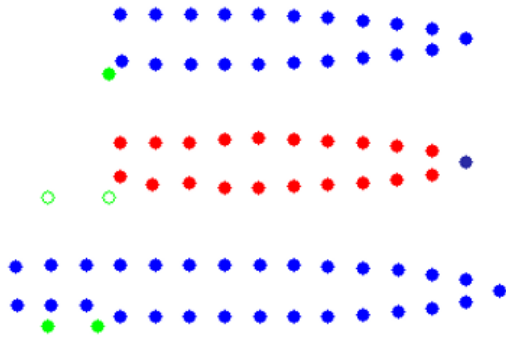
노드	선적지	하적지	개수
1	2	4	13
2	2	4	9
3	2	4	4

〈표 6〉 두 번째 항만에서 3층 데크의 선미 적재 정보

노드	선적지	하적지	개수
1	2	4	7
2	2	4	7
3	2	4	8

그림 5는 세 번째 항만에서 화물을 선적한 상태이고 표 7과 표 8은 2층 데크의 적재 정보를 나타낸다. 2층 데크의 중앙에는 선적지가 세 번째이고 하적지가 마지막 순서인 화물이 선적되어있고 1번 적재 노드에는 항만 방문 순서가 다섯 번째인 화물이 함께 선적되었다. 그리고 출입구와 가까운 위치에는 항만 방문 순서가 네 번째

인 화물이 선적되어 각 항만에서 예약된 화물들이 하적지의 방문 순서가 늦은 화물이 출입구로부터 먼 곳에 배치되고 있음을 알 수 있다.



〈그림 5〉 세 번째 항만에서의 선적 상태

〈표 7〉 세 번째 항만에서 2층 데크의 중앙 적재 정보

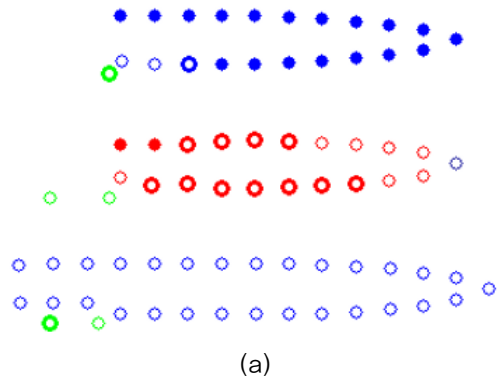
노드	선적지	하적지	개수
1	3	5, 5	5, 10
2	3	6	12
3	3	6	13

〈표 8〉 세 번째 항만에서 2층 데크의 선미 적재 정보

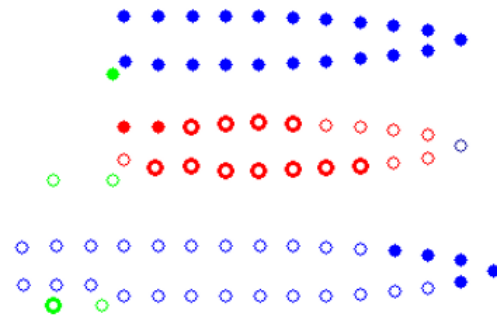
노드	선적지	하적지	개수
1	3	4	7
2	3	5	13
3	3	5	5

그림 6(a)는 네 번째 항만에서 화물을 하적 작업을 완료하고 난 후의 상태이다. 이를 통해 네 번째 항만을 하적지로 하였던 화물이 선적되어 있었던 3층 데크에서 모든 화물이 하적한 것을 알 수 있다. 2층 데크의 선미를 보면 세 번째 항만에서 선적되어있었던 마지막으로 방문하는 항만을 하적지로 하는 화물이 하적되어있는 상태임을 알 수 있다. 이는 하적지를 기준으로 첫 번째 항만을 하적지로 갖는 화물 하적 시에 출입구 근처에 마지막으로 방문하는 항만과 두 번째로

방문하는 항만을 하적지로 하는 화물이 적재되어 있어 이동 동선을 가로막아 하적에 방해가 되기 때문에 같이 하적하였고 하적 작업이 끝나고 난 후, 1층 데크의 선미와 3층 데크의 선수에 적재된 것을 그림 6(b)와 표 9와 표 10을 통해 알 수 있다.



(a)



(b)

〈그림 6〉 네 번째 항만에서의 하적 상태:
(a) 하적 후 (b) 재취급 후

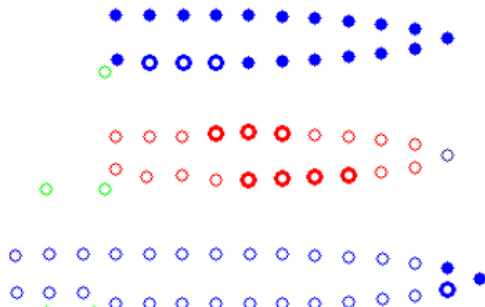
〈표 9〉 네 번째 항만에서 1층 데크의 선미 적재 정보

노드	선적지	하적지	개수
1	3	6	3
2	3	6	9
3	3	6	12

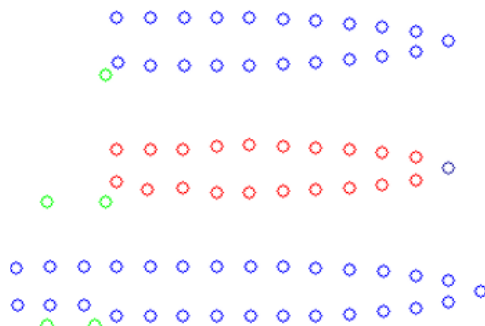
〈표 10〉 네 번째 항만에서 3층 데크의 선수 적재 정보

노드	선적지	하적지	개수
1	3	6, 5	1,5
2	3	6	6
3	3	6, 5	5, 1

이러한 선·하적 작업이 모든 항만마다 수행되어지고 그림 7과 그림 8은 각각 다섯 번째와 마지막 항만에서 하적을 완료한 선박의 상태이며 동시에 모든 선·하적 동작을 완료한 상태이다.



〈그림 7〉 다섯 번째 항만에서의 하적 상태



〈그림 8〉 마지막 항만에서의 하적 상태

선·하적 알고리즘을 수행하여 수립한 선적 계획 결과를 통해 이동 동선을 가로막아 하적에 방해가 되어 다른 위치에 적재하는 재취급을 최소화하여 이동 동선에 대한 효율을 확보하고 화물의 선적지와 하적지를 고려하여 선·하적에 효율적인 위치에 적재되는 동작을 수행하는 알

고리즘임을 확인할 수 있다. 또한, 이러한 선적 계획을 수립하는데 8초의 시간을 소요하여 굉장히 빠르게 계획 수립 작업을 완료하였다.

V. 결론

본 논문에서는 차량 운반선의 항만과 예약 화물에 대한 데이터를 활용하고 차량 운반선의 구조를 기둥을 기준으로 나눠 적재 공간을 노드로 정의하고 화물의 선적지, 하적지, 크기를 반영해 화물을 선·하적에 이로운 위치에 적재하여 선적 계획을 수립하는 알고리즘에 대해 연구하였다.

선적 계획 수립을 위해 차량 운반선과 관련된 데이터인 항만, 예약 화물, 차량 운반선의 구조에 관한 데이터를 활용하였다. 항만 데이터는 차량 운반선이 방문하는 항만들의 순서 정의와 예약 화물의 선적지와 하적지에 대한 방문 순서 값을 할당하기 위해 사용되었다. 예약 화물 데이터는 예약 화물에 대한 선적지, 하적지, AEU의 정보를 활용하였고 예약 화물의 선적지와 하적지에 따라 정렬하여 먼 거리의 화물부터 고려하도록 하였다. 예약 화물을 실을 수 있는 적재 공간과 이동 통로를 정의하기 위해 차량 운반선의 구조 데이터로부터 고정 노드와 가변 노드, 램프의 위치 정보와 허용 AEU의 정보를 정의하여 선적 계획 수립에 용이하도록 하였다.

선적 작업과 하적 작업을 위해 적재 공간을 출입구로부터의 거리에 따라 정렬하였고 화물을 선적지와 하적지의 순서에 따라 정렬하여 항만별로 선·하적 알고리즘 수행을 통해 선적 계획을 수립하여 시각화 및 선적 정보를 출력하였다. 선적 계획 수립에 있어 반영되어야 할 규칙인 하적지의 방문 순서가 낮은 화물이 출입구로부터 먼 거리의 적재 노드에 선적되어야 하고 방문 순서가 상대적으로 빠른 하적지를 가진 화물이 출입구로부터 가까운 거리에 선적되어야 하는 기본적인 규칙에 맞게 올바르게 알고리즘이

동작하는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 선적 규칙을 지킴으로써 효율적인 이동 동선을 확보할 수 있어 운송비용을 개선할 수 있다. 또한, 복잡한 선적 계획을 10초 내에 수립할 수 있는 빠른 실행 속도로 항만에 따라 예약 화물이 자주 변화하는 차량 운반선에 대하여 효과적으로 대응할 수 있게 해주어 작업 지연을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서 기술한 알고리즘은 휴리스틱 기법이 아닌 규칙을 기반으로 한 알고리즘으로, 빠른 속도로 화물의 정보와 차량 운반선의 구조 및 선적 규칙을 반영하여 효율적인 선적 계획을 수립하였지만 이러한 결과는 항상 최적의 선적 계획을 수립하는 것은 아니다. 이에, 예외사항이나 변동 사항을 반영하고 더욱 효과적인 계획을 수립하기 위해서는 최적화 알고리즘을 사용하는 것이 필요하다 느껴 향후 연구에서는 최적화 알고리즘을 추가하여 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 신상훈, 문일경. “컨테이너선의 경로를 고려한 공컨테이너 배송 문제에 관한 연구.” 대한산업 공학회 추계학술대회 논문집, pp.408-415, 2008.
- [2] 이상운. “화물열차 적재량 균형문제의 중량 내림차순 화물 적재와 교환 알고리즘.” 한국정보 기술학회논문지 12(12), pp. 171-179, 2014.
- [3] Ting, Ching-Jung, Kun-Chih Wu, and Hao Chou. “Particle swarm optimization algorithm for the berth allocation problem.” *Expert Systems with Applications*, 41(4), pp. 1543-1550, 2014.
- [4] Ouhaman, A. A., Benjelloun, K., Kenné, J. P., and Najid, N. The storage space allocation problem in a dry bulk terminal: A heuristic solution. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), pp. 10822-10827, 2020.
- [5] 이상완, 최형립, 박남규, 김현수, 박병주, 노진화. “유전알고리즘을 이용한 컨테이너 적하계획(Container stowage planning using genetic algorithm).” 한국지능정보시스템학회 학술대회 논문집, pp. 106-111, 2002.
- [6] Kang, Jun-Gyu, and Yeong-Dae Kim. “Stowage planning in maritime container transportation.” *Journal of the Operational Research Society* 53, pp. 415-426, 2002.
- [7] 차주형, 최진석, 배유수, 우영운. “효과적인 차량 선적을 위한 공간 배치의 최적화 기법.” 한국정보통신학회논문지 24(2), pp. 186-191, 2020.
- [8] Hansen, Jone R., et al. “2d-packing with an application to stowage in roll-on roll-off liner shipping.” *Computational Logistics: 7th International Conference, ICCL 2016, Lisbon, Portugal, September 7-9, 2016, Proceedings 7*. Springer International Publishing, 2016.
- [9] Parvasi, Seyed Parsa, Alastair Ronald Main, and Dario Pacino. “RoRo Ships Stowage Planning: Using a Novel MIP Model and Stability Constraints.” 2022 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), 1, 2022.
- [10] 옥승호, 안진호, 강성호, 문병인. “선호도 기반 최단경로 탐색을 위한 휴리스틱 융합 알고리즘.” 전자공학회논문지 47, pp.74-84, 2010.
- [11] Kala, Rahul, Anupam Shukla, and Ritu Tiwari. “Fusion of probabilistic A* algorithm and fuzzy inference system for robotic path planning.” *Artificial Intelligence Review*, 33, pp. 307-327, 2010.
- [12] 한수영. “A-Star 알고리즘을 이용한 능동형 위치 검출 시스템 구현.” 한국정보기술학회논문지 11(11), pp. 133-140, 2013.

저자 소개



김 지 연(Ji Yeon Kim)

- 2020년 2월: 한국해양대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 2023년 8월: 동의대학교 인공지능학과 (공학석사)
- 2023년 9월~현재: 동의대학교 인공지능학과 (박사과정)

<관심분야> 인공지능, 빅데이터, IoT 융합



김 기 환(Ki-Hwan Kim)

- 2013년 2월: 동서대학교 정보통신학과 (공학사)
- 2015년 2월: 동서대학교 유비쿼터스IT (공학석사)
- 2021년 2월: 동서대학교 유비쿼터스IT (박사)

- 2021년 3월~2023년 2월: 동서대학교 International College 컴퓨터공학과 초빙교수
- 2023년 3월~현재: 동의대학교 인공지능그랜드 ICT연구센터 연구교수

<관심분야> 인공지능, 암호학, 네트워크



강 영 진(Young-Jin Kang)

- 2013년 8월: 동서대학교 정보통신학과 (공학사)
- 2020년 8월: 동서대학교 유비쿼터스IT (공학석사, 박사)
- 2021년 3월~2022년 2월: 동서대학교 소프트웨어 융합대학

초빙교수

- 2022년 3월~현재: 동의대학교 인공지능그랜드 ICT연구센터 연구교수

<관심분야> 인공지능, 암호이론, IoT융합



정 석 찬(Seok Chan Jeong)

- 1987년 2월: 부산대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1993년 3월: 오사카부립대학 경영공학과 (공학석사, 박사)
- 1993년 2월~1999년 2월: 한국전자통신연구원 선임연구원

- 1999년 3월~현재: 동의대학교 e비즈니스학과 교수
- 2019년 1월~현재: 부산IT융합부품연구소 소장
- 2020년 7월~현재: 인공지능그랜드ICT연구센터 센터장

<관심분야> 정보시스템, IoT 융합, 빅데이터, 클라우드, 블록체인, 인공지능



이 훈(Hoon Lee)

- 1998년 2월: 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2009년 2월: 부산대학교 물류IT 협동과정 (공학석사, 박사)
- 1998년 9월~현재: (주)토탈소프트뱅크 물류시스템연구소

소장

- 2017년 3~12월: 동명대학교 항만물류시스템학과 겸임교수

<관심분야> 해운·항만 물류 정보 가시화, 지능화, 최적화