

내륙 운송 체계 하에서 컨테이너의 최적 운송관리에 관한 연구

† 윤 원 영* · 류 숙 재**

*부산대학교 산업공학과 교수, *부산대학교 산업공학과 대학원

요 약 : 본 논문은 내륙 운송 체계 하에서 공 컨테이너의 효율적인 운송관리 문제에 대하여 다루었다. 내부적으로 pickup and delivery 제약조건을 적용하여 특정 pick up 시간을 가지는 화물과 터미널에서의 적 컨테이너를 만족하는 차량의 스케줄링 문제이다. 차량의 내부 운송에서 공 컨테이너의 이동이나 공차의 이동 같은 불필요한 이동을 최소화함으로써 효율적 운송을 할 수 있다. 또한 모든 화물과 수입된 적 컨테이너의 pick up time 의 시간 제약으로 인한 차량의 이동 제약을 만족해야 한다. 이 문제를 해결하기 위해서 휴리스틱과 메타 휴리스틱 방법을 이용하여 근사해를 도출한다.

핵심용어 : 컨테이너, Pickup and delivery, Time window, 메타 휴리스틱, 터미널

문제정의 및 소개

문제 정의

- > 목적함수
 - 차량의 운송경로 최소화
 - = $\sum d_{ij}$ (공차 운송경로 + 공컨테이너 운송경로)
- > 결정변수
 - 모든 차량의 방문순서 결정
- > 가정
 - 특정 구간 동안에 화물 운송 요구량과 운송 시간은 주어졌다.
 - 트럭만 고려한다.
 - 차량의 수는 한정적이다.
 - 각 차량의 시작 출발 시점과 도착 시점은 동일한 Depot이다.
 - 40ft dry 컨테이너만 고려한다.
 - 두 지점간의 거리는 주어졌다.

문제정의 및 소개

자원 운송 흐름

> Vehicle Routing and Resource Allocation

The diagram illustrates the flow of resources. It starts at a Depot where trucks are parked. Trucks then move to a Demand/Supply Point (수요지/공급지) where they pick up or drop off containers. Finally, the containers are transported to a Terminal (터미널) via a ship.

문제정의 및 소개

내륙 운송 시스템

- 터미널 - and - ICD 네트워크
- ICD - and - 수요지/공급지 네트워크
- 터미널 - and - 수요지/공급지 네트워크
- 터미널 - and - ICD 네트워크

■ : 터미널/ICD
 ● : ICD (Inland Container Depot) / 수요지/공급지
 ○ : 수요지/공급지

기존연구 및 차별성

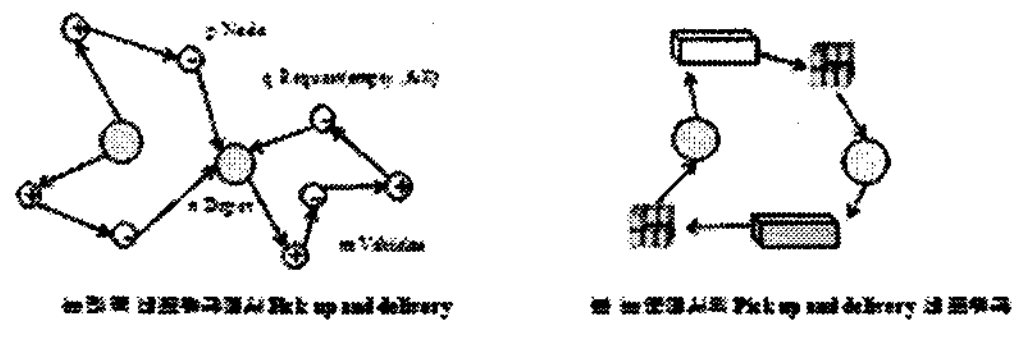
차별성

1. 컨테이너의 내륙 운송 중 공컨테이너의 접근성 고려
2. 동일한 수요지 컨테이너의 pick up 시점에서의 시간 창(time window)을 고려
3. 동일한 위치의 공 컨테이너의 하역과 반입(Pick up & Delivery)
4. Pick up & Delivery 네트워크 Time window를 동시에 고려
5. 터미널(부가)간의 공컨테이너 하역/반입 Depot-간의 하역/반입을 고려하였다.

Pick up and Delivery 문제와 시간창

Pick up and Delivery 문제

- 만약 PDP 문제에서 q 에서 수요가 발생했을시 Pick up 지점 = q^+ , delivery 지점 = q^- , 그래서 $q^+ \cup q^- = q$
- 모든 q^+ 는 한 개의 연결된 q^- 를 가지고 있다.
- 차량은 Depot에 공컨테이너를 가지고 출발하여 수요지로 출발은 먼저 해야 한다.
- 차량이 먼저 delivery 지점으로의 이동은 허락하지 않는다.



SOLUTION APPROACH

Meta-Heuristic

> Tabu Search 알고리즘

- 두 단계: 초기해 생성 단계 & 해 향상 단계

> 전체 알고리즘

- Step 1. 초기해 생성
- Step 2. 초기해로부터 충분한 수의 이웃해 생성
- Step 3. 이웃해 중에서 지역 최적해 선택
- Step 4. 가장 좋은 지역 최적해가 더부러 리스트에 존재하는지 확인
 - 만약 존재한다면, 두 번째로 좋은 해를 선택하고 단계 4를 반복
 - 가장 좋은 지역해를 현재 해로 변경
 - 가장 좋은 지역해가 전역해보다 좋으면 전역해로 변경
- Step 5. 현재해로부터 종료 조건이 만족될 때까지 단계 2-4를 반복

Meta-Heuristic

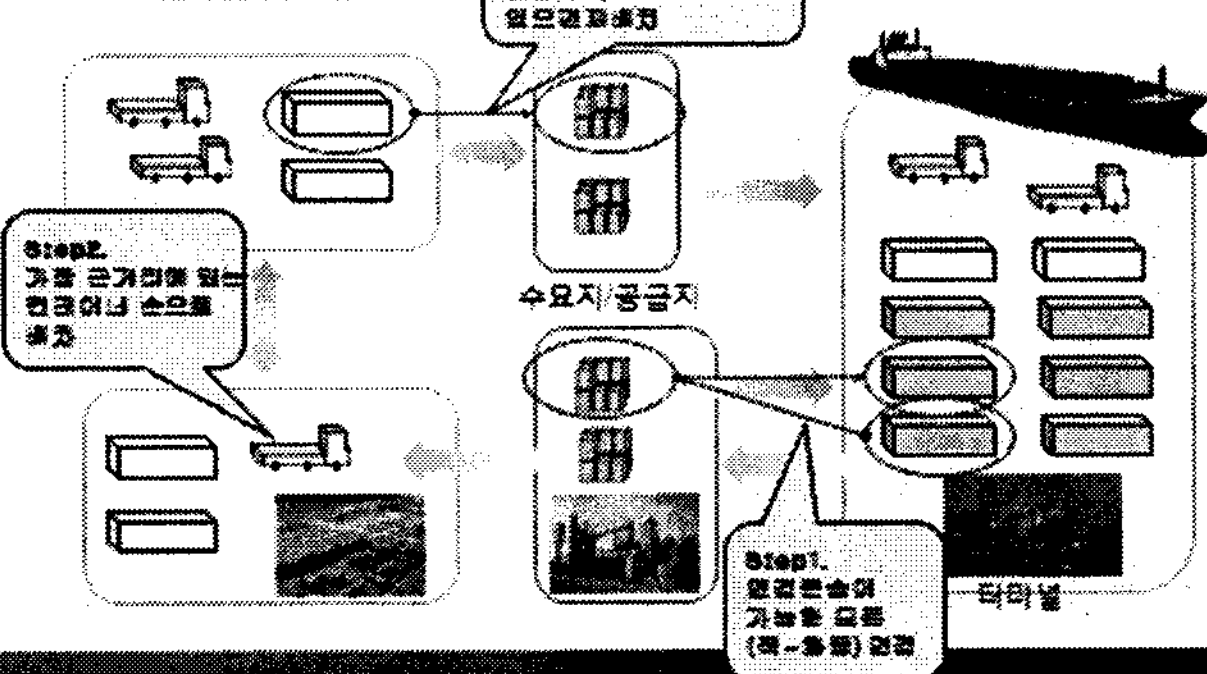
Tabu Search

> 초기해 생성 단계

- Step 1-1. 시간 제약 조건을 만족하는 화물과 적컨테이너를 연결 (연결 순서 우선 순위)
- Step 1-2. 시간 제약 조건을 만족하는 화물과 공컨테이너를 연결
- Step 1-3. 각 차량의 첫 방문지를 탐색
 - 만약, 차량이 터미널에 있으면, Pick Up 시간이 가장 빠른 적컨테이너를 차량의 첫 경로로 선택
 - 없으면, 화물에 연결된 공컨테이너를 선택
 - 선택된 컨테이너를 리스트로부터 제거
- Step 1-4. 모든 차량이 첫 번째 경로를 가질 때까지 단계 1-1~1-3을 반복
- Step 1-5. Pick Up 시간이 가장 빠른 컨테이너 순으로 이후의 경로를 할당

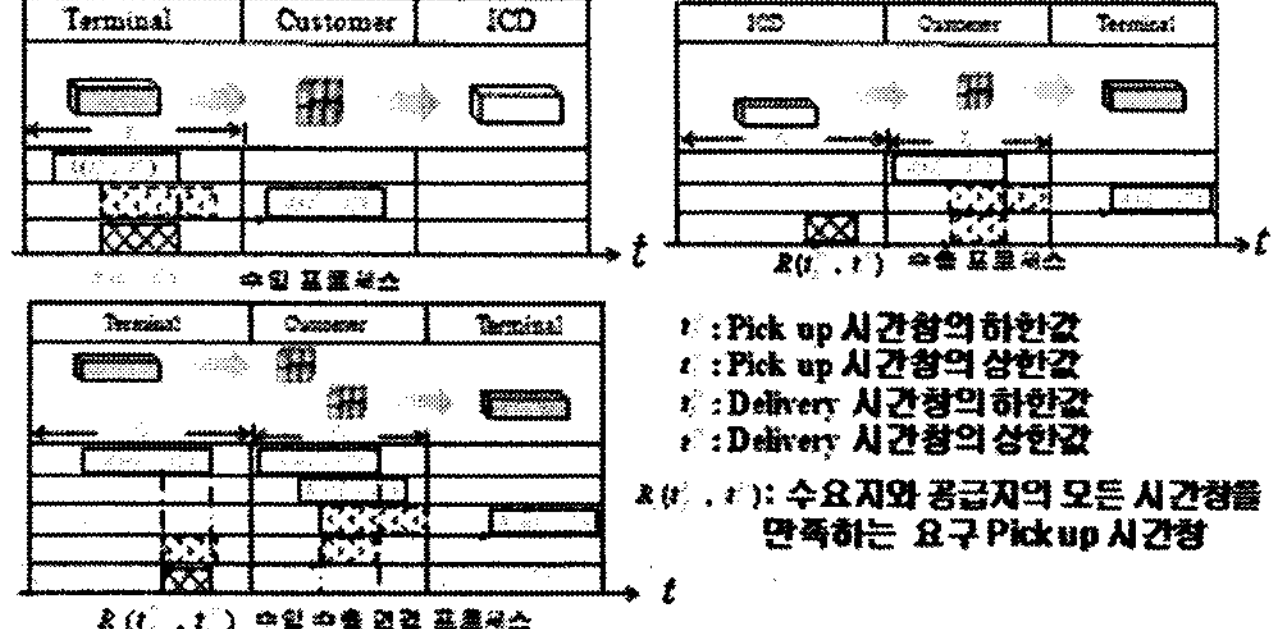
Meta-Heuristic

초기해 과정



Pick up and Delivery 문제와 시간창

시간창



- t_1 : Pick up 시간창의 하한값
- t_2 : Pick up 시간창의 상한값
- t_3 : Delivery 시간창의 하한값
- t_4 : Delivery 시간창의 상한값
- $R(t_1, t_4)$: 수요지와 공급지의 모든 시간창을 만족하는 요구 Pickup 시간창

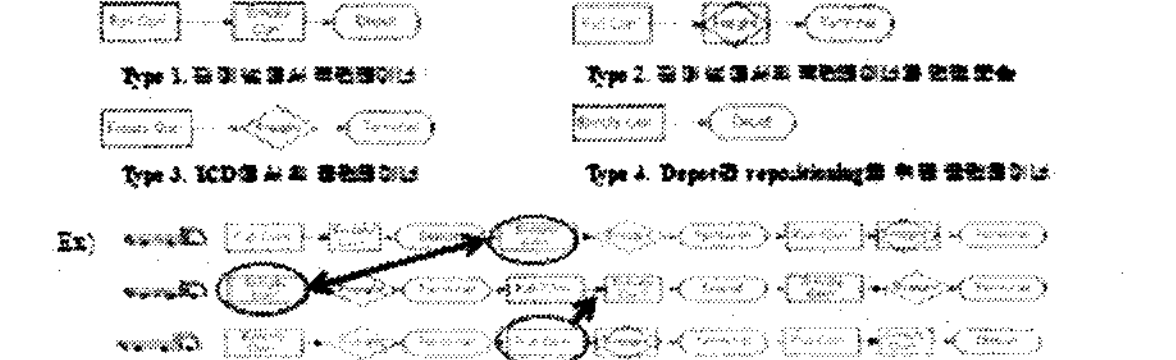
Meta-Heuristic

Tabu Search

> 해 향상 단계

- 이 단계의 목적은 (pick up & delivery 시간)으로 인한 불균형을 해결하는 것
- 현재 해에서 가장 높은 비용 감소가 있을 때까지 그 해를 개선하는 반복적인 과정을 통해 해를 향상시킬 수 있다.

> linked node의 형태

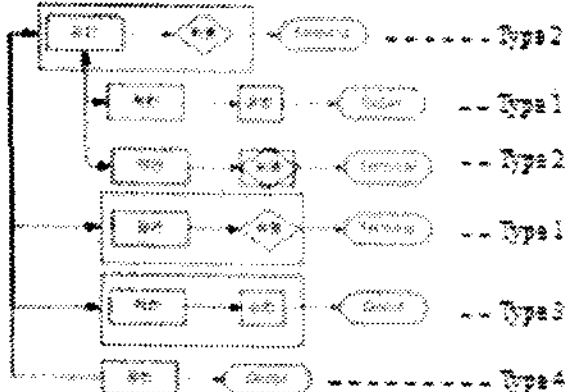


† 교신저자 : 윤원영(중신회원), wonyun@pusan.ac.kr 051)510-2421
 * 류숙재(일반회원), ryu21sky@pusan.ac.kr 051)510-1472

SOLUTION APPROACH

Meta-Heuristic

> 교환 가능한 패턴



2. Type 2로 교환 가능한 Type 2 노드

- ◆ Type 2에서 적 컨테이너를 운송하는 차량은 아래의 값이역할 교환을 할 수 있다.
1. Type 1에서 적 컨테이너
 2. 다른 Type 2에서 적 컨테이너
 3. Type 1에서 연결된 노드 (적컨-공컨)
 4. Type 3에서 연결된 노드 (공컨-화물)
 5. Type 4에서 공컨테이너 (Depot간 공컨테이너 먼저운송)

SOLUTION APPROACH

Meta-Heuristic

> Insertion 가능한 패턴

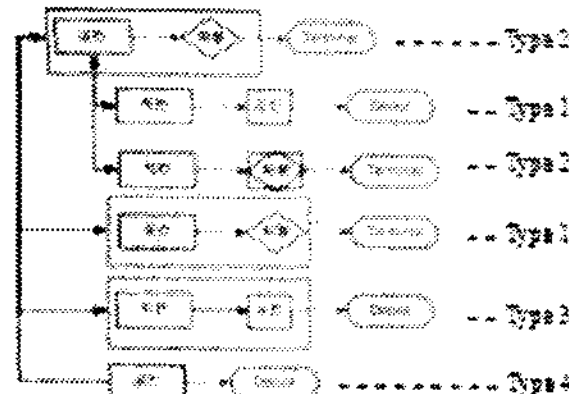


1. 공 컨테이너 또는 적 컨테이너는 타입 1 내의 공 컨테이너 앞에 삽입될 수 있다.
2. 공 컨테이너 또는 적 컨테이너는 타입 2 내의 화물 앞에 삽입될 수 있다. 그러나, 삽입된 컨테이너의 목적지가 화물의 적업 지점과 같아야 한다.
3. 공 컨테이너 또는 적 컨테이너는 타입 3 내의 화물 앞에 삽입될 수 있다. 그러나 만약에 삽입이 수행되면, 이전 공 컨테이너 운송은 의미가 없다.

SOLUTION APPROACH

Meta-Heuristic

> 교환 가능한 패턴



2. Type 2로 교환 가능한 Type 2 노드

- ◆ Type 2에서 적 컨테이너를 운송하는 차량은 아래의 값이역할 교환을 할 수 있다.
1. Type 1에서 적 컨테이너
 2. 다른 Type 2에서 적 컨테이너
 3. Type 1에서 연결된 노드 (적컨-공컨)
 4. Type 3에서 연결된 노드 (공컨-화물)
 5. Type 4에서 공컨테이너 (Depot간 공컨테이너 먼저운송)

수치 실험

Input Data

Yard	Empty container		Full container				Freight				
	ID	Location	ID	Location	Destination	Weight (kg)	ID	Location	Destination	Weight (kg)	Cost
1	1	1	1	1	2	100	1	1	2	100	10
1	2	1	2	1	3	150	2	1	3	150	15
1	3	1	3	1	4	200	3	1	4	200	20
1	4	1	4	1	5	250	4	1	5	250	25
1	5	1	5	1	6	300	5	1	6	300	30
1	6	1	6	1	7	350	6	1	7	350	35
1	7	1	7	1	8	400	7	1	8	400	40
1	8	1	8	1	9	450	8	1	9	450	45
1	9	1	9	1	10	500	9	1	10	500	50
2	1	2	1	2	3	100	1	2	3	100	10
2	2	2	2	2	4	150	2	2	4	150	15
2	3	2	3	2	5	200	3	2	5	200	20
2	4	2	4	2	6	250	4	2	6	250	25
2	5	2	5	2	7	300	5	2	7	300	30
2	6	2	6	2	8	350	6	2	8	350	35
2	7	2	7	2	9	400	7	2	9	400	40
2	8	2	8	2	10	450	8	2	10	450	45
2	9	2	9	2	11	500	9	2	11	500	50

● 수송차량 정보 (Type 1 차량 정보)

ID	Cap	Cost
1	10	100
2	15	150
3	20	200
4	25	250
5	30	300

● 수송차량 정보 (Type 2 차량 정보)

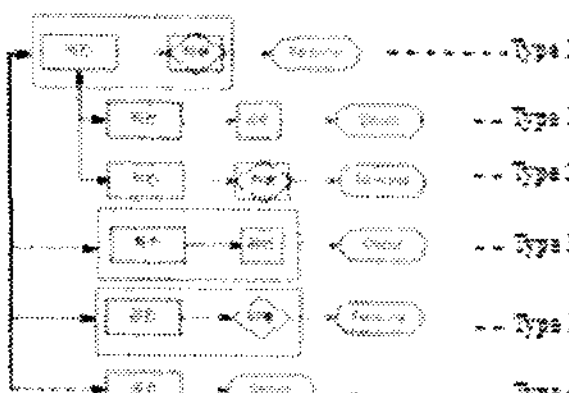
ID	Cap	Cost
1	10	100
2	15	150
3	20	200
4	25	250
5	30	300

> 목적지 (배출지점) : 0 (Depot) / 1 (Customer)
 > 차량종류 (용량) : 10, 15, 20, 25, 30
 > 차량종류 (용량) : 10, 15, 20, 25, 30

SOLUTION APPROACH

Meta-Heuristic

> 교환 가능한 패턴



2. Available Swap node with type 3

- ◆ Type 3에서 공 컨테이너를 운송하는 차량은 아래의 값이역할 교환을 할 수 있다.
1. Type 1에서 적 컨테이너
 2. Type 2에서 적 컨테이너
 3. 다른 Type 3에서 연결된 노드 (공컨-화물)
 4. Type 1에서 연결된 노드 (적컨-공컨)
 5. Type 4에서 공컨테이너 (Depot간 공컨테이너 먼저운송)

결론 및 향후 연구

결론

- > 본 논문은 다수의 Depot와 차량을 고려한 차량 스케줄링과 자원 할당 문제에 해법을 제시하였다.
- > Pick up & Delivery 문제의 시간상 제약하에서 효과적인 해 도출 방법인 Heuristic과 Meta-Heuristic 모두를 이용하여 근사해를 제시하였다.
- > 허브간 자원(공컨테이너) 재배치와 Depot간 자원 재배치를 고려한 차량 경로를 제시하였다.

향후 연구

- > 20피트 또는 냉동 컨테이너 등과 같은 다른 형태의 컨테이너의 운송을 고려한 문제
- > 발송과 비저 등과 같은 다른 형태의 운송시스템을 고려한 문제 많은 사례 분석과 비교