

Dual Fork형 지게차의 동적경로할당에 관한 연구

† 김 환성 · 최 형식* · Tran Xuan Thoung**

† 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수, *한국해양대학교 기계정보공학부 교수, **한국해양대학교 동북아해운항만물류연구센터

요약 : 물류센터내에서는 작업자에 의한 지게차 작업이 주를 이루고 있으나, 점차 물류센터의 대형화, 자동화 및 능률화에 의해 무인지게차에 의한 작업에 관한 연구가 진행되고 있다. 최근 작업 생산성을 높이기 위해, 본 연구진에 의해 이중 포크 (Dual Fork) 장착형 무인지게차에 대한 검토가 이루어지고 있으며, 이중 포크형 무인지게차에 대해서는 새로운 방법의 동적경로할당이 요구된다. 본 연구에서는 4단계 심플한 동적 경로 할당 알고리즘을 제안하였으며, 실제 물류센터에서 유용하게 사용될 수 있도록 하였다. 마지막으로 시뮬레이션을 통하여 그 유효성을 검증하였다.

핵심용어 : 이중 포크형 지게차, 동적경로, 작업할당

한국해양대학교 추계학술대회 2012년 10월 25일 - 27일

Dual Fork형 무인지게차의 동적 경로할당에 관한 연구
일시 : 2012. 10. 25(목) - 27(토)

한국해양대학교
김 환성, 최형식, Tran Xuan Thoung
E-mail : kimhs@hhu.ac.kr

1. 연구 배경 및 목표 연구 배경

연구 배경

- 물류센터의 고효율화, 무인화, 화물처리의 다양화에 대비한 지능형 물류센터 증가요구
 - 물류센터의 유인 지게차의 UP-Grade
 - 기본 배터리를 장착하고 배터리를 교체하는 기능
 - 화물의 입고고시에 2개의 팔레트를 한꺼번에 이동시키며, 듀얼사이클 운영으로 작업의 효율화를 극대화하는 기능
 - 무인지게차의 자동인식 및 자율통제 기능
 - 경량화를 통한 신속이송 및 에너지 절감 기능

→ 24시간 연속 작업하는 고단적재 무인지게차 개발

As - is	To - be
<ul style="list-style-type: none"> 하역 작업의 인력 의존도 높음 물류비가 상승 노동력 부족 현상 안전사고 발생 운영효율 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> 24시간 운용 지게차 표준 팔레트 기준 5.4m(1.8m×3단) 이상 적재형 포크리프트 자동배터리 교환 무인지게차 이중 포크형 무인지게차

한국해양대학교 추계학술발표대회 3 '12.10.25(목)-27(토)

목 차

- 1. 연구 배경 및 목표**
- 연구배경, 필요성 및 연구목표
- 2. 연구내용**
- 연구내용, 연구방법
- 3. 연구결과 및 고찰**
- 주된 연구결과 및 고찰
- 4. 결론**

한국해양대학교 추계학술발표대회 2 '12.10.25(목)-27(토)

1. 연구 배경 및 목표 연구 필요성 및 목표

연구 필요성

- 물류센터내의 임하/출하 작업을 효율적으로 행하기 위한 무인지게차의 통제기법 개발 필요
 - 물류센터내의 작업시의 시간과 비용을 고려한 무인지게차 선정 필요
 - 임하/출하 작업조건을 고려한 운영모드 선정 필요
 - 이중모드 작업시의, 최적 작업순서 결정 필요
 - 작업지점간의 최적 경로 선정 필요

연구목표

- 지능형 물류센터에 적합한 듀얼 캐리지(Dual Carriage)형 무인지게차의 통제알고리즘 개발
 - Dual Fork 장착
 - Dual Fork의 효율적인 제어/통제

한국해양대학교 추계학술발표대회 4 '12.10.25(목)-27(토)

† 교신저자 (충신회원) kimhs@hhu.ac.kr

2. 연구내용

연구내용

- 물류센터에서의 입하/출하작업시의 최적의 F-AGV를 선택하며, 각 작업에 적합한 운영모드(단일/이중) 선택하고, 작업순서(적재 및 반출) 및 이동방법을 연구함
- 이동비용, 이동시간, 각 장비의 부하를 고려

- 조건 : 물류센터의 입하/출하 작업리스트

- 단계별 연구내용
- 1단계 : 입/출하 작업에 적합한 F-AGV 선택
- 2단계 : 입/출하 작업을 고려하여 단일모드/이중모드 중 어떤 것이 바람직한지?
- 3단계 : 작업시 어떤 순서로 작업하는 것이 좋은지?
- 4단계 : 각 경로 이동시 어떤 경로를 택하는 것이 좋은지?



한국해양대학교 추계학술발표대회

6

'12.10.25(목)-27(토)

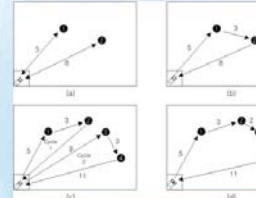
2. 연구내용

2 단계

F-AGV 운영모드 할당모형

- 입하작업과 출하작업을 동시에 행하는 경우, 단일모드 와 이중모드 어느 것이 적합한지를 판단하여 운영모드를 할당하는 것임

1. 작업내용 설정 (운영모드에 의해 작업 모드 설정)
2. F-AGV의 작업비용 최소화 목적함수 (이동시간과 이동을 작업비용으로 환산)



Case	Route	Distance	
		Total	per Pallet
(a) Single mode for 1 pallet	(0)-(1)-(2)-(0)	28	13
(b) Single mode for 2 pallets	(0)-(1)-(2)-(0)	16	8
(c) Dual mode for 1 pallet	(0)-(1)-(2)-(0)-(0)-(0)	31	7.75
(d) Dual mode for 2 pallets	(0)-(1)-(2)-(2)-(0)-(0)	24	8

한국해양대학교 추계학술발표대회

8

'12.10.25(목)-27(토)

2. 연구내용

모델 가정

모델 가정

- 물류센터에서의 입하/출하작업시의 최적의 F-AGV를 선택하며, 각 작업에 적합한 운영모드(단일/이중) 선택하고, 작업순서(적재 및 반출) 및 이동방법을 연구함
- F-AGV 대수는 고정이며, 사용 중 고장이 없음
- 입하/출하 작업지시서는 할당 이전에 주어진 양식에 의해 주어짐
- 입하/출하 작업시, 보충영역, 피킹영역, 직출하 영역은 고정이며, 각 작업경로는 사전에 주어지며 불변임
- F-AGV의 가속, 감속, 직진 및 회전시의 주행속도는 고정이며 불변
- 출하작업 예정시간은 선택사항임
- 모든 F-AGV의 사양은 동일하며, 작업장내에 방해요소가 없음
- 모든 F-AGV는 자체 위치정보를 통해관리용 서버에 실시간으로 알려줌
- 모든 F-AGV의 위치좌표는 단위거리로 표현됨

한국해양대학교 추계학술발표대회

6

'12.10.25(목)-27(토)

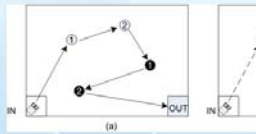
2. 연구내용

3 단계

F-AGV 방문순서 결정모형

- 화물 2개를 동시에 운반하여 각각 다른 목적지로 이동하는 경우, 방문 순서에 따라서 비용에 차이가 발생하게 되므로, 이를 고려하여 최적의 방문순서가 되도록 경로를 정하는 것임

1. 방문순서에 대한 모형 설정 (운영모드 고려)
2. F-AGV의 작업비용 최소화 목적함수 (이동시간과 이동을 작업비용으로 환산)



Case	Route	Distance
(a) Case	In-(1)-(2)-(1)-(2)-Out	22
(b) Case	In-(1)-(2)-(2)-(1)-Out	20

한국해양대학교 추계학술발표대회

9

'12.10.25(목)-27(토)

2. 연구내용

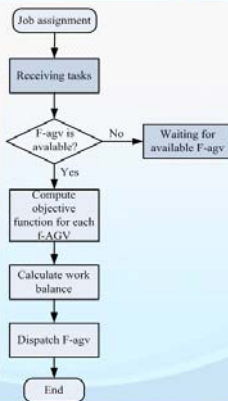
1 단계

F-AGV 작업할당모형

- F-AGV 작업할당모형에서는 현재 F-AGV 위치에서 입하장/출하장까지의 이동거리, 이동시간, 각 F-AGV의 부하균등을 고려하여 산출

1. F-AGV의 예상 이동시간 및 예상 비용 산출 (직선부와 곡선부 및 이에 대한 가산속 고려)
2. F-AGV의 작업비용 최소화 목적함수 (이동시간과 이동을 작업비용으로 환산)
3. F-AGV의 작업 균등화
4. F-AGV의 작업 할당모형

- 각 작업장에서 작업리스트가 주어지며, 이후, 가장 가능한 F-AGV 대상을 파악
- 이때, 가장 가능한 F-AGV가 주어지지 않으면 일정시간 대기후 다시 체크하도록 함
- 상기에서 도출된 비용 목적함수 및 작업균등화 목적함수를 산출하며, 최소가 되는 F-AGV를 배정함



한국해양대학교 추계학술발표대회

7

'12.10.25(목)-27(토)

2. 연구내용

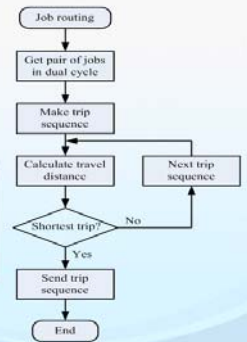
4 단계

F-AGV 구간내 경로 할당모형

- 화물의 방문순서에 의해 결정된 각 방문지간의 최적 이동경로를 할당하는 모형

1. 각 경로에 대한 이동비용 최소화 목적함수 (이동시간과 이동을 작업비용으로 환산)

참고 : 경로상 트래픽은 현재 미고려



한국해양대학교 추계학술발표대회

10

'12.10.25(목)-27(토)

3. 연구결과 및 고찰

시뮬레이션 조건

- 입하장 및 출하장은 분리
- 입하장 및 출하장의 도크는 각각 3개임
- 입하/출하 작업장에는 팔레트만을 처리
- 컨테이너는 입방통형
- 각 집지점에서는 3단으로 각 열에는 21개씩 총 6열로 126개를 적재

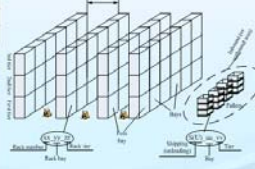
	Motions	Units	Manual	F-AGV
Speed	Travel, loaded/unloaded	km/h	10.0/11.0	12/11
	Lift, loaded/unloaded	mm/s	295/535	295/535
	Lowering, loaded/unloaded	mm/s	500/450	500/450
Number of vehicles			6	6

입하작업

Job No.	From	To	Vehicle	Start Time	End Time
1	1	1	1	1.00	1.10
2	1	1	2	1.10	1.20
3	1	1	3	1.20	1.30
4	1	1	4	1.30	1.40
5	1	1	5	1.40	1.50
6	1	1	6	1.50	2.00
7	1	1	1	2.00	2.10
8	1	1	2	2.10	2.20
9	1	1	3	2.20	2.30
10	1	1	4	2.30	2.40
11	1	1	5	2.40	2.50
12	1	1	6	2.50	3.00
13	1	1	1	3.00	3.10
14	1	1	2	3.10	3.20
15	1	1	3	3.20	3.30
16	1	1	4	3.30	3.40
17	1	1	5	3.40	3.50
18	1	1	6	3.50	4.00

출하작업

Job No.	From	To	Vehicle	Start Time	End Time
1	1	1	1	1.00	1.10
2	1	1	2	1.10	1.20
3	1	1	3	1.20	1.30
4	1	1	4	1.30	1.40
5	1	1	5	1.40	1.50
6	1	1	6	1.50	2.00
7	1	1	1	2.00	2.10
8	1	1	2	2.10	2.20
9	1	1	3	2.20	2.30
10	1	1	4	2.30	2.40
11	1	1	5	2.40	2.50
12	1	1	6	2.50	3.00
13	1	1	1	3.00	3.10
14	1	1	2	3.10	3.20
15	1	1	3	3.20	3.30
16	1	1	4	3.30	3.40
17	1	1	5	3.40	3.50
18	1	1	6	3.50	4.00



한국해양연구원 인공 지능기술개발사업

11

'12.10.25(목)-27(토)

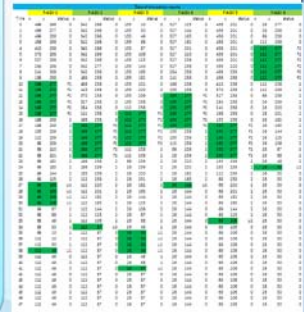
4. 결론

1. F-AGV의 작업할당모형 개발 : 작업할당모형에서는 이동시간, 이동비용 및 부하균등율을 적용하여 최적의 F-AGV를 할당 수행
2. F-AGV의 운영모드 할당모형 개발 : 개별 입하/출하 작업 및 동시에 입하와 출하작업을 행하는 경우에 대해서 각각 2가지 및 3가지의 작업모드를 개발하였으며, 운영모드 할당 방법을 단순화하여 효율을 증대시킴
3. F-AGV의 경로할당모형 개발 : 단일모드에서는 1가지의 경로할당모형을 제시하였으며, 이중모드에서는 8가지의 경로할당모형을 제시하였음.

- 상기 모드에 대한 경로 할당에서는 본 연구의 F-AGV 컨셉에서는 이중모드에서는 4가지로 제한되므로, 단순화되어 개발 완료

- 구간내의 경로에서는 이동시간, 이동비용을 고려하여 최적경로설정모형으로 행하였음

- 추후연구 : 경로상의 트래픽 예측 모델 개발을 통한 통제 기술 수행



한국해양연구원 인공 지능기술개발사업

14

'12.10.25(목)-27(토)

3. 연구결과 및 고찰

시뮬레이션 결과

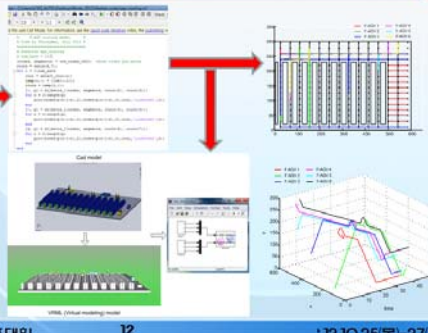
- 입하/출하작업 스케줄 → 작업할당모형 → 운영모드 할당모형 → 경로할당모형 → Matlab 연동 통합 시뮬레이션 → 가시화 작업

입하작업

Job No.	From	To	Vehicle	Start Time	End Time
1	1	1	1	1.00	1.10
2	1	1	2	1.10	1.20
3	1	1	3	1.20	1.30
4	1	1	4	1.30	1.40
5	1	1	5	1.40	1.50
6	1	1	6	1.50	2.00
7	1	1	1	2.00	2.10
8	1	1	2	2.10	2.20
9	1	1	3	2.20	2.30
10	1	1	4	2.30	2.40
11	1	1	5	2.40	2.50
12	1	1	6	2.50	3.00
13	1	1	1	3.00	3.10
14	1	1	2	3.10	3.20
15	1	1	3	3.20	3.30
16	1	1	4	3.30	3.40
17	1	1	5	3.40	3.50
18	1	1	6	3.50	4.00

출하작업

Job No.	From	To	Vehicle	Start Time	End Time
1	1	1	1	1.00	1.10
2	1	1	2	1.10	1.20
3	1	1	3	1.20	1.30
4	1	1	4	1.30	1.40
5	1	1	5	1.40	1.50
6	1	1	6	1.50	2.00
7	1	1	1	2.00	2.10
8	1	1	2	2.10	2.20
9	1	1	3	2.20	2.30
10	1	1	4	2.30	2.40
11	1	1	5	2.40	2.50
12	1	1	6	2.50	3.00
13	1	1	1	3.00	3.10
14	1	1	2	3.10	3.20
15	1	1	3	3.20	3.30
16	1	1	4	3.30	3.40
17	1	1	5	3.40	3.50
18	1	1	6	3.50	4.00



한국해양연구원 인공 지능기술개발사업

12

'12.10.25(목)-27(토)

감사합니다

후기

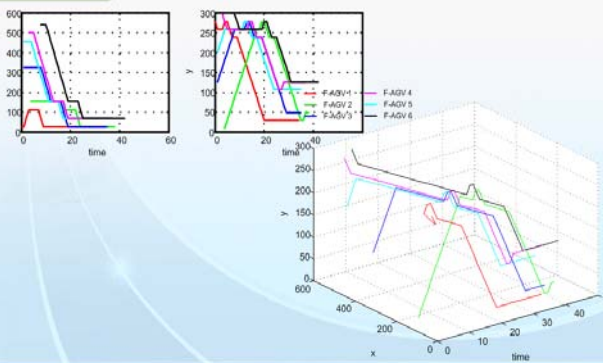
본 연구는 국토해양부 교통체계효율화연구개발 사업의 연구비지원 (11교통체계-물류02) 에 의해 수행되었습니다.

한국해양연구원 인공 지능기술개발사업

'12.10.25(목)-27(토)

3. 연구결과 및 고찰

시뮬레이션 결과



한국해양연구원 인공 지능기술개발사업

13

'12.10.25(목)-27(토)