

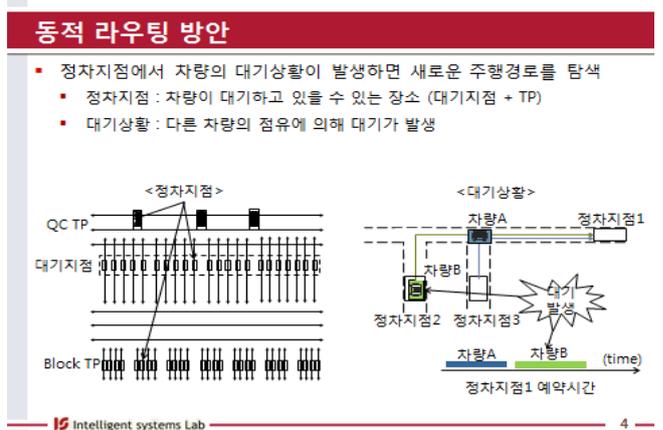
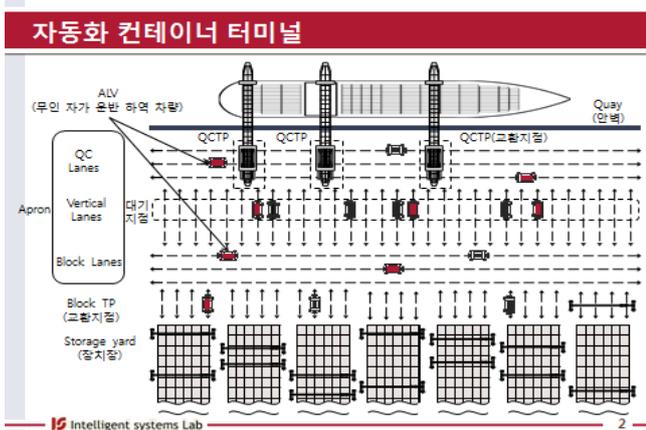
자동화 컨테이너 터미널에서의 무인 자가 운반 하역차량의 동적 라우팅 방안

황 진근* · 김 정민** · 류 광렬†

* 부산대학교 컴퓨터공학부 석사, ** 부산대학교 컴퓨터공학부 박사, † 부산대학교 컴퓨터공학부 교수

요 약 : 무인 자가 운반 차량은 컨테이너 터미널 내 선박과 장치장 사이를 오가며 컨테이너를 운반하는 무인 장비로 컨테이너를 집고 내리는 하역 능력을 갖고 있다. 터미널에서 컨테이너의 처리량을 극대화하기 위해서는 컨테이너 운송 시간을 최소화하여야 하는데, 이를 위해서는 차량의 효율적인 주행 경로 설정이 필요하다. 최적의 주행경로를 설정하기 위한 방법으로 A*, ant colony optimization과 같은 탐색알고리즘을 이용해서 주행경로를 찾는 방안이 연구된바 있다. 하지만 교통 상황에 따라 최적의 주행 경로는 바뀌게 되는데 기존의 연구에서는 결정된 주행 경로에 대한 수정이 없기 때문에 이러한 변화를 반영하지 못하는 문제가 있었다. 이에 본 논문에서는 주행 중인 차량이 다른 차량의 간섭에 의하여 대기하는 경우 대기 시간을 이용하여 새로운 주행 경로를 탐색하여 현재 교통 상황에 맞는 최적의 경로를 찾는 방안을 제안하였으며 실험을 통해 기존 방안보다 더 효율적임을 확인하였다.

핵심용어 : 자동화 컨테이너 터미널, ALV, 동적 라우팅



라우팅 문제

- 차량이 목적지까지의 주행시간이 최소가 되는 주행경로를 찾는 것
- 운영 목표
 - 크레인의 생산성 향상 : 차량의 주행시간 최소화를 통한 크레인작업지연 최소화
 - 차량의 연료 절감 : 차량의 주행시간, 주행거리 최소화
- 기존방안
 - Dijkstra, Ant Colony Optimization(ACO)등의 탐색알고리즘 적용한 경로 탐색

알고리즘	특성
Dijkstra	현재 위치에서 다른 모든 지점까지의 최단시간 경로를 탐색, Optimal보장
ACO	제한된 시간 동안 경로를 탐색, Local Optimal

- 주행경로가 정해지면 목적지 도착까지 경로의 변화가 없음

동적 라우팅 방안

- 대기상황에서의 라우팅 방법
 - 대기 상황이 발생하면 새로운 주행경로 탐색
 - 예상대기시간 보다 평균 라우팅 시간이 작을 경우 새로운 주행경로 탐색
 - 예상대기시간 : 주행을 방해하는 차량의 정차지점 예약 해제 시간과 현재시간의 차이

$$AvailableTime(roadID, vehicleID) - CurrentTime$$

$$AvailableTime: \text{정차지점의 예약해제시간}, CurrentTime: \text{현재시간}$$

$$VehicleID: \text{정차지점 번호}, RoadID: \text{차량 번호}$$

- 평균 라우팅 시간 : 완료된 작업들의 평균 라우팅 시간

$$\frac{\sum_{i=1}^{JobCount} RoutingTime_i}{JobCount}$$

JobCount: 완료된 작업의 수, RoutingTime: 완료된 작업들의 라우팅 소요시간

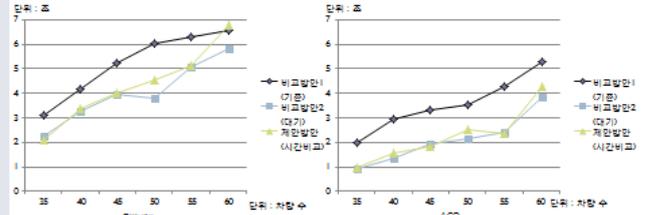
실험설정

설정요소	설정값
컨테이너 터미널 선택	3
QC	9
QC당 TP	3
Block	21
Block당 TP	4
수직레인	126
층 노드 수	641
컨테이너 수	3000
ALV	35/40/45/50/55/60

<컨테이너 터미널 설정>

- 비교방안1(기준) : 목적지까지 경로의 변화가 없는 방법(기준연구)
- 비교방안2(대기) : 차량의 대기가 발생하면 매번 새로운 주행경로 탐색
- 제안방안(시간비교) : 대기시간 보다 라우팅 시간이 작을 경우 새로운 주행경로 탐색

실험결과 - 정차지점 대기시간



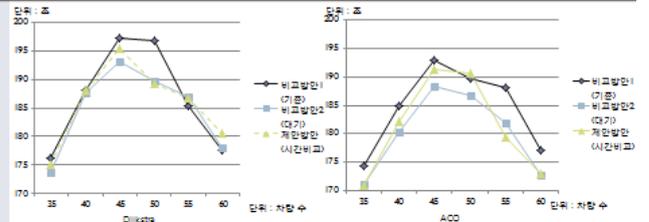
- 비교방안1, 제안방안의 경우 주행 경로 갱신을 통해 대기시간이 감소
- 차량 수가 증가하면 교통혼잡으로 인해 정차지점 대기시간 증가
- ACO 적용 시 Dijkstra에 비해 정차지점 대기시간이 짧아짐
 - ACO를 적용할 경우 Dijkstra보다 라우팅 시간이 적게 소요
 - 라우팅 시간이 줄면 차량이 빨리 정차지점을 떠나므로 대기시간이 감소

평가요소 및 평가방법

평가요소	설명
평균주행거리	차량의 작업당 평균 주행시간
정차지점 대기시간	차량의 작업당 평균 주행거리
평균주행시간	정차지점에서 다른 차량에 의해 대기하는 시간의 작업당 평균
작업처리시간	작업대상인 컨테이너를 전부 처리하는데 걸린 시간

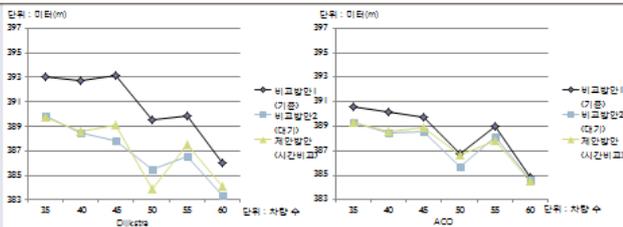
평가방법	설명
시나리오 설정	각 크레인에 할당된 작업 분포는 균일하고, 양하 작업 위주의 시나리오
작업수행 방법	시뮬레이터를 이용하여 주어진 환경과 작업계획을 적용
평가횟수	10회
적용 알고리즘	ACO, Dijkstra

실험결과 - 평균주행시간



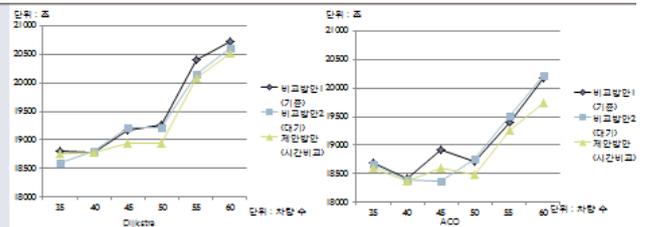
- 비교방안2, 제안방안의 경우 주행 경로 갱신을 통해 주행시간이 감소
- ACO 적용 시 Dijkstra에 비해 평균 주행시간이 짧아짐
 - ACO를 적용할 경우 Dijkstra보다 라우팅 시간이 적게 소요
 - 라우팅 시간이 줄면 차량이 빨리 정차지점을 떠나므로 주행시간이 감소

실험결과 - 평균주행거리



- 비교방안2와 제안방안은 대기상황 발생시 최적의 경로를 재탐색 하여 주행거리 감소
- 차량 수가 증가하면 작업을 할당 받을 때 차량과 가까운 작업이 선택될 가능성이 증가

실험결과 - 작업처리시간



- 차량이 적정 대수 이상 증가하면 차량간의 간섭이 자주 발생, 따라서 대기시간의 증가로 인해 작업처리시간 증가
- 제안 방안이 비교방안1, 비교방안2 보다 효과적
- 라우팅 시간에서 이점을 가지는 ACO가 Dijkstra 보다 효과적

결론

- 라우팅 문제
 - 운영목표 : 크레인 생산성과 차량의 연료 소비 감소
 - 기존방법 : 주행경로가 정해지면 목적지까지 주행경로가 변하지 않음
 - 동적 라우팅 방안 : 대기상황 발생시 예상 대기시간보다 평균 라우팅 시간이 적을 경우 새로운 주행 경로 탐색
- 시뮬레이션 실험을 통해 제안 방안의 우수성 확인
 - 동적 라우팅 적용 시 주행거리 및 시간, 대기시간, 작업처리시간이 감소
 - 탐색 알고리즘으로는 라우팅 시간이 짧은 ACO가 Dijkstra 보다 효과적임
- 향후 연구과제
 - 라우팅 시간 추정 방법의 개선 : 주행경로의 거리 반영
 - 라우팅 시간을 반영한 최적경로 탐색