

장치장 점유율을 고려한 자동화 컨테이너 터미널의 장치 위치 결정 전략 최적화

손민제[○] 박대진 류광렬

부산대학교 컴퓨터공학과

terpg@pusan.ac.kr, parktj@pusan.ac.kr, kr Ryu@pusan.ac.kr

Optimization of Stacking Strategies Considering Yard Occupancy Rate in an Automated Container Terminal

Minje Sohn[○] Taejin Park Kwang Ryel Ryu

Department of Computer Engineering, Pusan National University

1. 서론

컨테이너 터미널에서 장치장은 수출입 컨테이너를 임시로 쌓아두는 공간이다. 장치장에서는 여러 개의 컨테이너를 같은 위치에 겹쳐서 쌓는다. 그러므로 밀단에 있는 컨테이너를 꺼내기 전에 그 위에 있는 모든 컨테이너를 다른 위치로 치워야 하는데, 이러한 재취급 작업이 많을수록 장치장의 성능은 떨어진다. 그러므로 애초에 해당 컨테이너가 장치장에 들어올 때 재취급 작업의 발생이 최소화되는 곳에 컨테이너를 적치해야 한다. 이를 위해 장치장에 들어오는 컨테이너의 장치 위치를 결정할 장치 위치 결정 전략이 필요하며, 이러한 장치 위치 결정 전략은 최적화를 통해 그 성능을 향상시킬 수 있다. 일반적으로 컨테이너 터미널에서는 선사와의 계약 관계 때문에 해측의 선박 작업을 지연 없이 수행하는 것이 육측의 외부 트럭의 대기 시간을 줄이는 것보다 중요하다. 하지만 이들 두 목표의 상대적 중요성은 각 터미널마다 다르며 정확히 결정하는 것 또한 쉽지 않은 일이다. 그러므로 본 논문에서는 다목적 진화 알고리즘(MOEA: Multi-Objective Evolutionary Algorithm)을 이용해 장치 위치 결정 전략을 최적화하고 두 목표의 상대적 가중치 조합에 따른 파레토 최적해 집합(Pareto optimal set)을 얻는 방법을 사용하였다. 하지만 초기 실험 결과에서 상대적으로 많은 작업 물량으로 인해 평균 장치장 점유율이 높은 어려운 문제의 경우 MOEA의 집단이 충분한 다양성을 유지하지 못하고 지역해로 수렴하여 최적화가 잘 되지 않았다. 이에 본 논문에서는 하나의 후보 해 평가시 장치장의 점유율이 서로 다른 두 개의 문제를 동시에 평가함으로써 집단의 다양성을 유지하는 방안을 제안하였으며, 실험을 통해 제안 방안이 단일 문제만 최적화하는 방안에 비해 동일한 계산비용으로 더 좋은 장치 전략을 얻을 수 있음을 확인하였다.

2. 본론

본 논문에서는 표 2와 같이 작업의 종류에 따라 7가지의 장치 위치 결정 규칙을 정의하였으며, 각각은 표 1의 장치 위치 결정 요소의 가중치 합으로 구성하였다. 장치 위치를 결정해야 하는 상황은 장치장 외부에서 내부로 컨테이너가 들어오거나, 재취급 작업과 같이 장치장 내부에서 컨테이너를 임시로 다른 위치로 옮겨야 하는 경우이다. 이러한 컨테이너를 이동하기에 앞서 컨테이너 운반 작업의 종류에 따라 적당한 장치 위치 결정 규칙을 하나 선택한다. 그리고 장치장의 모든 후보 위치에 대해서 각각 해당 규칙을 통해 평가하고, 가장 평가 값이 좋은 위치를 선택한다.

이러한 각 규칙을 구성하는 요소의 가중치 값이 달라지면 후보 위치의 평가 결과가 달라지기 때문에 결국 장치 위치 결정 전략이 달라지며, 가중치 조합의 변화에 따라 수많은 장치 위치 결정 전략이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 장치 위치 결정 전략의 성능을 평가하기 위해서 장치장 시뮬레이션 시스템을 사용하였다. 성능 평가시 해측과 육측 작업의 지연 정도를 가늠할 수 있게 23일 간 터미널 내부 운송 차량(AGV: Automated Guided Vehicle)의 지연 시간과 터미널로 들어오는 외부 트럭의 대기 시간을 각각 측정하였다. 이 두 평가 값은 서로 반비례하기 때문에 동시에 최소화시킬 수 없다. 그러므로 본 논문에서는 가장 많이 사용되는 MOEA 중 하나인

표 1. 장치 위치 결정 요소

결정 요소	정 의
D	컨테이너 이동 거리
H	스택의 컨테이너 적재 단수
E	해당 스택이 빈 스택인지 여부
T	리포지션 작업에 대해 해당 스택에 임시 적치 중인 컨테이너가 있는지 여부
S	컨테이너 적치 시 블록의 가용 공간 변화
G	스택에 적치된 컨테이너의 그룹 정보
P	컨테이너의 반출 시점에 따른 지역 선호도

표 2. 작업의 종류에 따른 장치 위치 결정 규칙

작업 종류		장치 위치 결정 규칙을 구성하는 결정 요소
일반 컨테이너	일반양하	D, H, E, S
	반입	D, H, E, G, S, P
	환적양하	D, H, E, G, S
재취급 컨테이너	반출	D, H, E, S
	적하	D, H, E, G, S
리포지션 컨테이너	반출	D, H, E, T, S
	적하	D, H, E, T, G, S

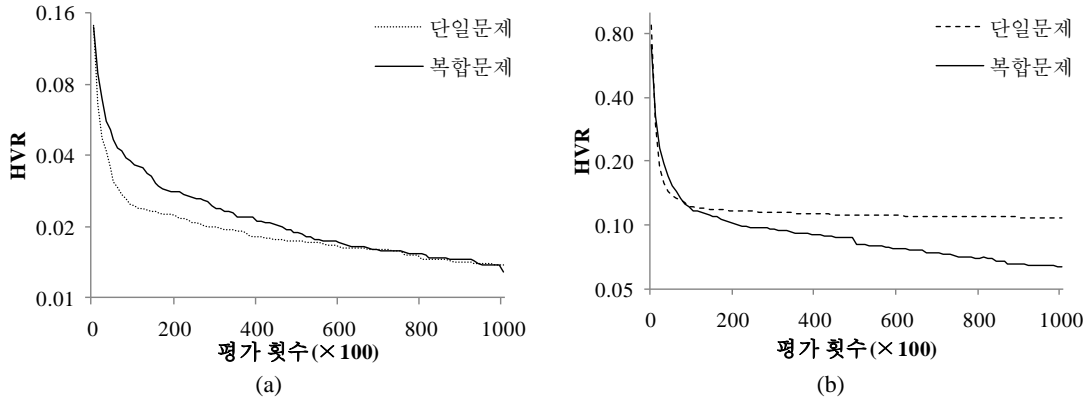


그림 1. HVR 변화 추이: (a) 쉬운 문제, (b) 어려운 문제

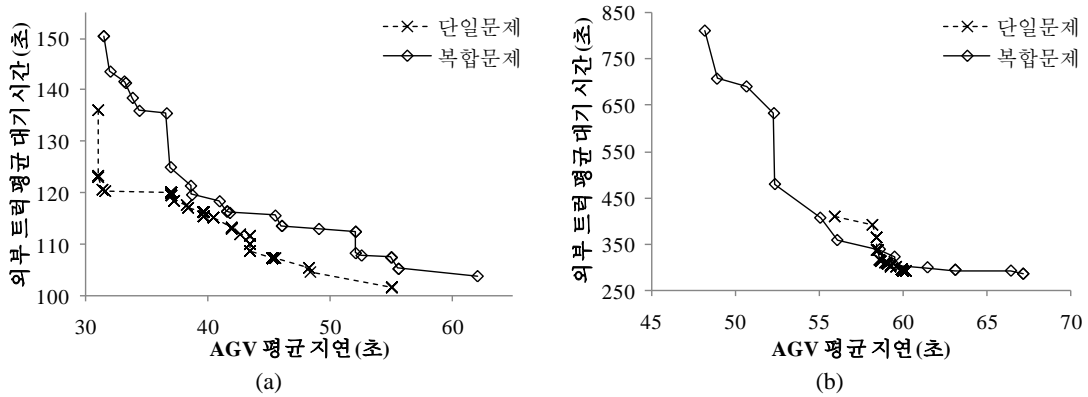


그림 2. 최종 파레토 최적해 집합: (a) 쉬운 문제, (b) 어려운 문제

NSGA-II[1]를 사용하여 파레토 최적해 집합을 구하였다. NSGA-II의 실험 설정 값은 원 논문에서 사용한 것과 동일하며, 최대 장치장 점유율이 약 63% 정도 되는 컨테이너 물량의 문제에 대해서 실험을 진행하였다.

하지만 초기 실험 결과에서 탐색 초기에 상대적으로 집단에서 좋은 평가를 받은 소수 해가 전체 집단으로 퍼지면서, 집단이 빠른 속도로 다양성을 잃고 지역 최적해로 수렴하는 문제가 있었다. 그러므로 본 논문에서는 최대 장치장 점유율이 30% 정도의 상대적으로 쉬운 문제를 추가 생성하여 하나의 해 평가시 장치장 점유율이 다른 두 가지 문제를 각각 동시에 평가하는 방법을 고안하였다. 이를 통해 비록 어려운 문제에서 나쁜 평가를 받은 해라도 쉬운 문제의 평가치에 따라 탐색 과정에 유지될 수 있기 때문에 탐색이 지역해로 수렴하는 문제에 대처할 수 있었다.

제안한 방안의 성능을 기존 방안과 비교하기 위해 객관적인 알고리즘 성능 지표로 HVR(Hyper Volume Ratio)[2]을 사용하였다. HVR 값이 작을수록 알고리즘이 구한 해의 품질이 좋음을 뜻한다. 실험 결과는 총 10번을 개별 실험한 후 평균하였다. 그림 1은 탐색 진행에 따른 평균 HVR의 변화를 나타낸 것이며, 그림 2는 최종적으로 구한 파레토 최적해 집합을 나타낸 것이다. 실험 결과를 보면 쉬운 문제에서는 두 알고리즘의 최종 파레토 최적해의 품질이 비슷하나 오히려 해의 수렴 정도는 비교 방안이 더 좋음을 확인할 수 있다. 그러나 어려운 문제의 경우 비교 방안은 탐색이 어느 순간부터 지역해로 수렴하여 HVR의 변화가 거의 없고 최종적으로 구한 해들도 한곳에 조밀하게 밀집하여 있는 것을 확인할 수 있다. 반면에 제안 방안에서는 탐색의 진행에 따라 다양성을 유지하면서 해의 품질이 꾸준히 향상됨을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 자동화 컨테이너 터미널의 장치장에서 난이도가 서로 다른 두 개의 문제를 동시에 탐색에 고려하여 장치 위치 결정 전략을 최적화하는 방법을 제안하였다. 시뮬레이션 시스템을 통한 실험 결과에서 단일 문제를 고려하는 것보다 난이도가 다른 다수개의 문제를 동시에 고려하는 방법이 더 좋은 성능을 보였으며, 이를 통해 여러 문제를 탐색에 동시에 고려함으로써 탐색이 지역해로 수렴하는 문제를 해결할 수 있었다.

참고문헌

- [1] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, "A Fast Elitist Multi-objective Genetic Algorithm: NSGA-II", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 6, pp. 182-197, 2002.
- [2] D. A. V. Veldhuizen and G. B. Lamont, "Multiobjective Evolutionary Algorithm Test Suites", *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, pp. 351-357, 1999.