

## 유전 알고리즘을 활용한 이기종 함대 배송 경로 설계

이재호<sup>1\*</sup>, 박준우<sup>1</sup>, 방효충<sup>1</sup>

한국과학기술원<sup>1</sup>

### Delivery path planning for heterogeneous fleet using genetic algorithm

Jaeho Lee<sup>1\*</sup>, Junwoo Park<sup>1</sup>, Hyochoong Bang<sup>1</sup>

**Key Words** : Drone Delivery (드론 배송), Genetic Algorithm (유전 알고리즘), Vehicle Routing Problem (차량 경로 문제)

#### 서론

드론 배송 문제는 떠오르는 문제 중의 하나이다. 현재 여러 회사가 드론 배송을 시작하거나 준비하고 있으며 아마존 (Amazon) 의 정보에 따르면 전체 물류의 70% 이상을 드론으로 배송할 수 있다고 한다. 이러한 드론 배송 문제에서 가장 중요한 것은 차량 경로 문제 (Vehicle Routing Problem) 을 푸는 것이라고 할 수 있다. 기존의 차량 경로문제에서 좀 더 확장된 트럭-드론 경로 문제 (Truck-drone Routing problem) 가 있고 이를 좀 더 확장하여 항공우주 분야에서의 모선-드론 경로 문제 (The Motehrship and multiple drones) <sup>(1)</sup> 가 있다. 여기서 모선은 수송기로서 드론 및 물류 창고로 작용을 한다. 모선을 이용하면 드론의 이동경로를 줄일 수 있어 전체 이동 경로를 줄일 수 있다. 하지만 현실적인 문제로 인하여 모선-드론 경로 문제는 잘 다루어지지 않고 있지만 미래 항공 교통을 위해서는 이러한 문제 역시 당연히 다루어져야 한다. 따라서 본 논문에서는 모선-드론의 배송 경로 최적화를 다룬다.

모선-드론 문제는 기존의 차량 경로 문제에서 항공우주 분야로 발전된 형태이다. 모선은 시작점과 도착점이 정해져있으며 그 사이에 어떻게 움직이는 지에 대한 제약은 정해져 있지 않다. 드론은 모선에서 물류를 싣고 출발하여 고객 노드에서 배송/수거 후 다시 모선으로 복귀한다. 이러한 문제는 아직 초기 단계이므로 문제를 간략화하여 2차원상에서 물류 배송을 가정하였다. 드론은 모선에 비해서 3배의 속도를 가지고 있으며 드론충전시간, 물류 수거시간등의 추가 시간은 고려하지 않았다. 또한 드론은 한번에 한개의 물류만 수거/배송 할 수 있도록 가정하였다.

기존의 차량 경로 문제는 주로 NP hard 문제이며 이러한 문제를 푸는 방법은 여러가지가 있지만 주로

메타휴리스틱한 알고리즘과 강화학습을 사용한다. 강화학습을 사용하면 좋은 결과를 얻을 수 있지만 학습시간이 오래 걸린다는 점과 신뢰도가 떨어진다는 단점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 메타휴리스틱 알고리즘 중에서도 유전 알고리즘을 이용하여 본 문제에 접근을 하였다.

#### 본론

모선-드론 경로 문제는 크게 두 가지 부분으로 이루어져 있다. 첫번째로는 모선의 경로 최적화, 두번째로는 드론의 경로 최적화. 이는 드론이 언제 모선에서 나와 모선이 어디에 위치해 있을 때 모선으로 들어가는지를 나타낸다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법은 유전 알고리즘과 휴리스틱한 방법을 조합하여 이 문제를 해결하였다.

우선 유전 알고리즘에서 유전자는 모선의 경로점의 위치를 나타낸다. 그 후 유전자가 나타내는 경로점들과 고객 노드를 이용하여 휴리스틱한 방법으로 최적의 경로를 탐색한다. 드론의 이동길이와 모선의 이동길이가 비슷하여야 효율적으로 드론을 운용할 수 있으므로 Q 행렬을 도입하였다.

$$Q_{ij} = d_{drone} - d_{motehrship} \quad (1)$$

$d_{drone}$  은 단일 배송의 드론 이동거리  $d_{motehrship}$  은 단일 배송의 모선 이동거리이다. 휴리스틱한 방법으로 탐색을 진행할 때 이 Q 행렬에서 가장 작은 값을 가지는 node 들로 선택하였다.

유전자의 cost 즉, L 값은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$L = d_{total} + \text{sum}(Q_{nodes}) + \text{penalty} \quad (2)$$

여기서 패널티는 비행 가능한 드론 대수보다 많은 드론을 할당하였을 때 패널티를 주었다. 유전 알고리즘의 목적 함수는 다음과 같다.

$$\min L \quad (3)$$

유전 알고리즘은 부모 유전자를 5%, 부모 유전자를 교배해서 나온 자손 유전자 45%, 나머지는 돌연변이로 생성을 하였다. 이는 경로점을 선택할 수 있는 가지수가 많기 때문에 좀 더 탐색을 잘할 수 있도록 다음과 같은 비율로 선택하였다.

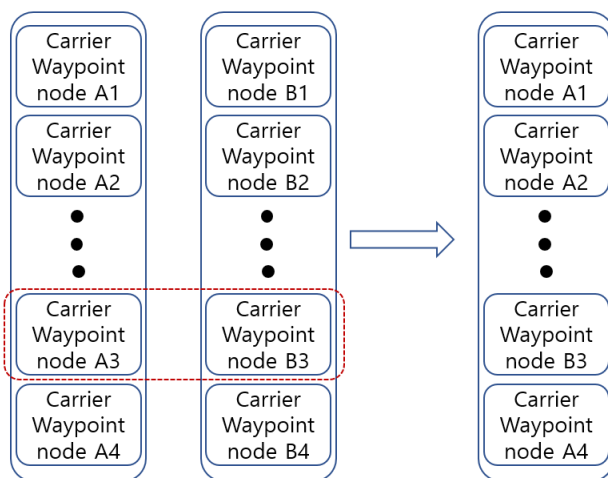


Fig. 1. 유전 알고리즘 교배 방식

유전 알고리즘 교배 방식은 Fig. 1.에 나와있는 대로 부모 유전자를 기본으로 유전자를 교체하는 방식으로 이루어졌다. 이때 바뀌는 유전자의 개수는 무작위로 선택되었으며 위치도 무작위로 선택이 된다. 또한 부모 유전자에서 고객 노드에 배송을 시작하는 노드, 배송을 끝내고 돌아오는 노드 조합중 가장 짧은 거리를 가지는 조합은 그대로 유전되게 하였다. 또한 일정 확률로 이는 탐색 범위가 넓은 본 문제를 풀기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다.

모선-드론 문제에 대해서 경로점 노드 30개, 배송 고객수 10개, 가용드론 4대에 대하여 본 알고리즘을 사용하여 문제를 풀어보았다.

## 결 론

시행 횟수에 따라 목적함수가 감소하는 것을 볼 수 있었다. 또한 결과의 한가지 특징은 노드수가 많게 되어도 유전 알고리즘을 통하면 같은 점을 나타내는 노드가 생기기에 불필요한 노드는 줄일 수 있었다. 따라서 하이퍼파라미터 조정 작업 없이 알고리즘을 통해 최적의 노드수 역시 찾을 수 있다는 장점이

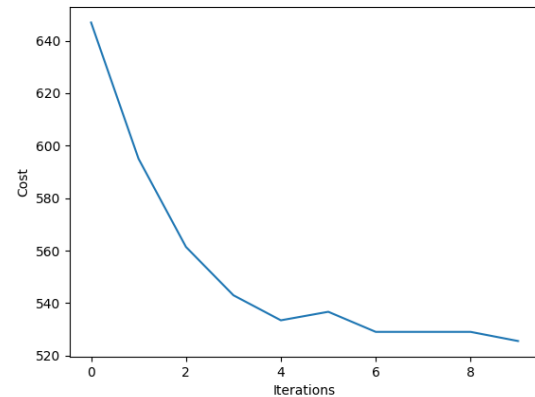


Fig. 2. 시행 횟수에 따른 목적함수

있었다. 본 논문에서는 드론이 움직이는 시간과 그동안 모선이 움직이는 시간이 비슷한 제약 조건을 걸어 불필요하게 먼 곳까지 날아가는 경우가 있었지만 최소 경로로 목적 함수를 바꾼다면 이러한 문제를 줄일 수 있을 것이다.

## 후 기

제약조건이 거의 없는 아주 간단한 문제에 대해서 본 논문의 알고리즘이 적용될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 후속 연구로 모선의 다이내믹스, 제어기 등을 고려하여 제약조건을 추가한 후 실제 갈 수 있는 경로 생성에 대한 연구가 필요하다.

## 참고문헌

(참고문헌은 5개 이내로 작성한다)

- 1) L. Amorosi, J. Puerto, C. Valverde, "Coordinating drones with mothership vehicles: The mothership and multiple drones routing problem with Graphs", Computers and Operations Research, Vol. 136, 2021 : 105445
- 2) Rojas. V, Daniela, "Unmanned aerial vehicles/drones in vehicle routing problems: a literature review", International Transactions in Operational Research, 2021, vol 28(4), pp. 1626-1657
- 3) Wang, Zheng, J.B. Sheu, "Vehicle routing problem with drones", Transportation research part B, methodological, 2019, vol 122, pp. 350-364