

# 해양 표류 이동 입자의 최대 커버를 위한 유전 알고리즘 기반 수색 경로 최적화

이소정, 김용혁  
광운대학교 소프트웨어학부

sojung020924@kw.ac.kr, yhdfly@kw.ac.kr

## Search Path Optimization for Maximal Coverage of Drifting Oceanic Particles Using a Genetic Algorithm

So-Jung Lee, Yong-Hyuk Kim  
Sch. Software., Kwangwoon Univ

### 요약

본 논문에서는 해상사고가 일어났을 때 긴 수색시간으로 인한 사상자를 줄이는 최적의 경로를 찾기 위해 해양 상에서 입자의 움직임을 나타낸 데이터를 기반으로 격자를 생성했으며, 격자 내에서 시간에 따라 최대한 많은 입자를 포함하는 경로를 유전 알고리즘을 통해 찾는 실험을 진행했다. 성능 향상을 위해 유전 알고리즘과 지역 탐색 알고리즘인 '2-Opt'와 '3-Opt'을 결합해 순수 유전 알고리즘만 사용했을 때보다 171% 더 많은 입자를 포함하고, 그 결과 간단한 패턴보다 입자의 개수를 2 배 더 포함시킬 수 있다. 또한, 실험에서는 최적의 알고리즘을 찾고자 사이클 교차, 균등 교차, 부분 매핑 교차, 순서 교차로 4 가지 교차 방법을 시도했다. 유전 알고리즘을 10 번 실행했을 때 나온 결과 중 가장 좋은 경로의 입자 수는 차이가 없지만 평균적으로 부분 매핑 교차가 가장 좋은 결과값이 나왔으며 커버하는 입자 개수가 단순 경로보다 95.1% 향상됨을 나타냈다.

### I. 서론

국제적인 경제 상황의 발전으로 국제 화물 운송의 수가 늘어남과 동시에 해양상에서 화물을 운반하는 선박의 수가 늘어나 항로의 밀도가 지속해서 증가하고 있으며 이로 인해 기상, 항행 상태, 선박과 해상 관리 수준 등으로 해상 조난 사고가 늘어나고 있다. 이러한 많은 해상사고에 대한 분석에서는 배 밖에 있는 대부분의 사람이 긴 수색시간으로 인해 실종되거나 사망하였음을 밝혔다. 따라서 조난자를 찾기 위한 해양 수색 경로가 중요함을 나타내고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 해양의 해류, 바람 등의 요소로 움직임을 예측한 해양 표류 입자 데이터를 기반으로 격자를 생성한 뒤, 격자 내에서 최대한 많은 입자를 포함하는 최적의 경로를 찾는 데에 중점을 두고 있다.

본 논문의 실험을 진행하기 전, 위의 데이터를 기반으로 만든 격자 내에서 가로 방향을 기준으로 한 지그재그 모양의 단순한 경로를 총 4 개를 추출했으며, 추출된 경로에서는 총 탐색된 입자의 개수가 최대 1,376 개로, 2,000 개가 넘지 않는 부족한 결과가 나왔다. 또한, 입자의 데이터를 기반으로 생성한 격자에서 해밀턴 경로(Hamiltonian path)를 찾는 문제는 단순 알고리즘으로 풀기 어려운 문제다. 따라서 미리 추출한 단순 경로보다 많은 입자를 포함한 격자의 모든 칸을 지나가는 경로를 구하기 위해 유전 알고리즘으로 실험을 진행했으며 더 나아가 알고리즘의 성능을 높이기 위해 지역 탐색인 '2-Opt'와 '3-Opt' 기법을 추가적으로 진행했다. 최종적으로 단순 경로보다 입자가 500 개 이상 포함된 경로를 추출하는 것에 목표를 두고 있다.

### II. 본론

본 논문에서는 바람과 해류 등에 의한 수치모델을 시뮬레이션 한 결과로 얻어진 해양 상에서 움직이는 입자의 데이터를 중점으로 실험을 진행했다. 데이터는 총 6 시간 동안의 움직임을 나타내고 있으며, 각 시간당 하나의 'CSV' 파일로 저장되어 있다. 하나의 'CSV' 파일에는 총 1,000 개의 입자가 들어있으며, 모두 위도와 경도로 표현되어 있다. '구글 맵스(Google Maps)'를 통해 시각화한 결과인 그림 1 을 보면 각 시간대마다 색이 다르게 표현되어 있는데, 이를 통해 입자가 영역 안에서 밑에서 위의 방향으로 움직이는 것을 확인할 수 있다.

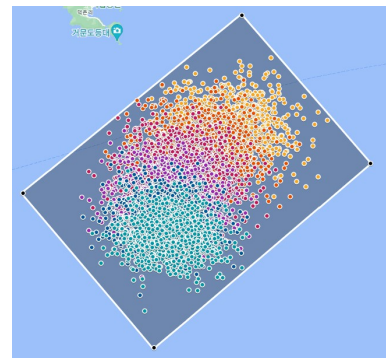


그림 1. '구글 맵스(Google Maps)'를 이용한 입자 시각화

그림 1의 데이터를 기반으로 탐색 공간의 크기를 계산한 결과 세로 약 10km, 가로 약 15km 가 나왔으며, 같은 2:3 비율인 가로와 세로 각각 9 칸, 6 칸으로 격자를

생성해왔다. 위도와 경도를 기준으로 시간당 각 격자 칸에 포함되는 입자의 개수를 세어 계산에 사용했다.

본 논문에서는 최적의 경로를 찾기 위해 유전 알고리즘을 사용했다. 유전 알고리즘에서는 방문하는 격자 칸의 순서대로 유전자를 표현했으며, 유전자에 대한 평가 값은 경로의 길이와 포함되는 입자의 개수의 역수를 합함으로써 계산을 진행했다. 각 값에 곱해지는 가중치는 0.5 로 동일하게 설정했다. 경로의 길이의 경우 각 지점 사이마다 유클리디안 거리 공식(Euclidean Distance)을 사용해 거리를 계산해주었다. 공식을 현재 지점과 다음 지점의 가로와 세로의 차를 각각 제곱해주고 더한 뒤, 루트를 씌워 거리를 계산하는 방식으로 적용해 실험을 진행했다. 따라서 평가 값이 낮을수록 좋은 해임을 나타내며, 입자의 개수를 역수로 바꿔 계산식에 넣는 이유도 위와 같다. 6\*9 격자를 기준으로 거리 값만 봤을 때, '53'이 최적해이며, 최종적으로 추출되는 경로는 모두 길이가 '53'이 되어야 한다. 이는 길이가 '53'이 아닌 경우에 경로 중간이 끊어져 있는 부분이 존재한다는 뜻이므로 유의미하지 않는 경로가 된다.

유전 알고리즘의 파라미터의 경우 세대수를 50, 개체수를 100, 돌연변이 확률을 50%, 엘리트 비율을 5%로 설정했으며 유전알고리즘을 전체 10 번 돌려 실험을 진행했다. 또한 선택 연산의 경우 룰렛 휠 선택(Roulette wheel Selection)으로 설정했다. 룰렛 휠 선택을 사용한 이유는 평가 값이 좋지 않은 부모도 선택될 수 있는 확률을 부여함으로써 개체 간의 다양성을 유지하고자 사용했다. 순수 유전 알고리즘만으로 경로를 추출한 결과, 표 1 에서 확인할 수 있듯이 평균 길이가 121 로 완벽한 경로가 생성되지 않았을뿐더러 점 개수의 평균이 996.3 으로 매우 낮은 결과값이 나왔다. 성능 개선을 위해 지역 최적화인 '2-Opt'와 '3-Opt'를 추가했다. '2-Opt'는 간선을 바꾸는 방법으로 진행했으며, '3-Opt'는 노드의 순서를 바꾸는 방법으로 진행했다. 이때, 종료조건은 똑같은 평가 값이 10 세대 이상 반복될 경우 또는 100 세대로 설정해주었다.

지역 최적화를 추가한 결과 결과값들의 경로 길이가 모두 53 이 나왔고, 점 개수의 평균이 2707 로 높은 값이 나왔다. 아래 표 1 은 교차 연산에 부분 매핑 교차 (Partially Mapped Crossover, PMX)를 기준으로 도출한 결과값이다. 또한 본 실험은 프로세서(CPU)의 경우 'Intel Core i7-9700(8 cores, 3.00GHz)', 메모리의 경우 '16.0GB 2666MHz' 인 환경에서 진행했다.

표 1. 순수 유전 알고리즘과 지역 탐색 기법이 추가된 유전 알고리즘의 결과값 비교

	Coverage			Length	Time(m)
	Best	Avg	SD	Avg	
GA	1322	996.3	211.8	121.4	1.7
GA + Local Search	2748	2707.6	39.9	53	196.4

본 실험에서는 최적의 경로를 찾기 위해 여러가지 방법의 교차 연산을 진행해 비교 실험을 했다. 총 사용된 비교 연산은 4 가지로 사이클 교차(Cycle Crossover), 균등 교차 (Uniform Crossover), 부분 매핑 교차 (Partially Mapped Crossover, PMX), 순서 교차 (Order Crossover)가 있다. 표 2 는 4 가지 교차 연산을 실행한 결과를 나타내고 있다. 10 번 중 가장 좋은 값은 전체적으로 큰 차이가 없지만, 평균 값을 중심으로 평가를 했을 경우 부분 매핑 교차 (Partially Mapped Crossover, PMX)가 가장 결과값이 좋다고 볼 수 있다. 또한, 가장

성능이 좋지 않았던 교차 연산은 속도와 평균값을 통틀어 사이클 교차(Cycle Crossover)와 균등 교차 (Uniform Crossover) 라고 평가할 수 있다. 결론적으로 전체적으로 결과값만을 봤을 때 차이가 없지만 속도면에서는 많이 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다.

표 2. 네가지 교차연산에 대한 실험 결과값

	Coverage			Time(m)
	Best	Avg	SD	
Cycle Crossover	2748	2674.7	35.8	240.2
Uniform Crossover	2748	2680.8	37.1	330.6
PMX	2748	2707.6	39.9	196.4
Order Crossover	2746	2675.1	41.1	154.8

### III. 결론

본 논문에서는 지역 탐색을 결합한 유전 알고리즘을 통해 해양 표류 이동 입자가 최적으로 커버가 되는 수색 경로를 추출하는 실험을 진행했다. 순수 유전 알고리즘 만을 이용한 결과가 좋지 않아 지역 탐색 기법을 유전 알고리즘과 결합해 실험을 진행했다. 그 결과 단순 경로에 비해 커버되는 입자의 개수가 171% 늘어나는 결과가 나왔다. 더 성능을 높이고자 다양한 교차 연산을 시도해본 결과 평균 입자의 개수를 기준으로 PMX 가 가장 좋은 것으로 나타났다. 4 가지 결과값을 통합하면, 단순 결과에 비해 평균값을 기준으로 95.1%, 최대값을 기준으로 99.7%가 향상됨을 보였다. 하지만 실험을 진행하면서 세대수에 비해 빨리 수렴하는 것을 확인할 수 있었다. 향후 파라미터 값을 튜닝(Tuning)하는 과정을 통해 수렴 정도를 더 조절하는 과정이 필요하다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023 년도 해양경찰청 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20220463, 지능형 해양사고 대응 플랫폼 구축).

### 참고 문헌

[1] Taewan Noh, Hayoung Oh, Chong-Kwon Kim. (2014). An Light-weight Genetic Algorithm based scheme for Traveling Salesman Problem. Korea Computer Congress 2014, 1222-1224.

[2] Bo Ai, Maoxin Jia, Hanwen Xu, Jiangling Xu, Zhen Wen, Benshuai Li, Dan Zhang, Coverage path planning for maritime search and rescue using reinforcement learning, Ocean Engineering, Volume 241, 2021, 110098, ISSN 0029-8018.

[3] Jonghwui Yun, Moonjin Lee, Hayong Jang, Sungjung Koh (2001). A Study on the Improvement of SAR Capabilities in Korea -Analysis of marine casualties and leeway field experiment-. Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety, 7(2), 13-22.