

## ACO와 PSO 기법을 이용한 이동로봇 최적화 경로 생성 알고리즘 개발

이 준 오, 고 종 훈, 김 대 원  
 명지대학교, 정보공학과

### DEVELOPMENT OF A NEW PATH PLANNING ALGORITHM FOR MOBILE ROBOTS USING THE ANT COLONY OPTIMIZATION AND PARTICLE SWARM OPTIMIZATION METHOD

Jun-Oh LEE, Jong-Hoon Ko, Dae-Won Kim  
 Dept. of Information Engineering, Myong Ji University

**Abstract** - This paper proposes a new algorithm for path planning and obstacles avoidance using the ant colony optimization algorithm and the particle swarm optimization. The proposed algorithm is a new hybrid algorithm that composes of the ant colony algorithm method and the particle swarm optimization method. At first, we produce paths of a mobile robot in the static environment. And then, we find midpoints of each path using the Maklink graph. Finally, the hybrid algorithm is adopted to get a shortest path. We prove the performance of the proposed algorithm is better than that of the path planning algorithm using the ant colony optimization only through simulation.

확률적인 기법이기에 때문에 경로를 빠르게 탐색할 수는 있어도 경로가 바뀔 수 있기 때문에 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 생성된 모든 경로에 인자 군집 최적화 기법을 접목시켜 최단 경로를 생성한다.

#### 1. 서 론

이동로봇의 경로 생성에 대해 지금까지 발표된 포텐셜 필드[1], 퍼지 논리[2], 신경망[3], 유전자 알고리즘[4] 등 많은 알고리즘은 복잡한 환경에서의 최적 경로 생성에는 어려움이 있다. 본 연구에서는 이전 연구들의 어려움을 극복하고자, 진화 알고리즘인 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법을 사용하여 최적화 경로를 생성한다. 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법은 최적화 분야에서 최단 경로 생성으로 많이 사용된다. 기존의 정점 그래프인 MAKLINK 그래프를 사용하여 장애물의 정보 파악 및 회피를 하고, 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 빠르게 모든 경로를 파악한 후, 입자 군집 최적화 기법을 사용하여 최단경로 생성을 고려한다. 본 논문에서는 기존의 정점 그래프인 MAKLINK 그래프를 사용하므로 각 정점들간의 중심점을 만들어 이동을 하기 때문에 정적인 환경에서의 장애물을 안전하게 회피한다. 그리고 MAKLINK 그래프에서 추출된 중심점들에 개미 집단 최적화 기법을 적용하여 모든 경로를 빠르게 파악하고, 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 파악된 경로들에 대하여 입자 군집 최적화 기법을 적용하므로 개미 집단 최적화 기법의 확률적인 문제를 해결하고 최단 경로를 생성한다. 본 논문에서는 MAKLINK 그래프에서 추출된 정적인 장애물간의 중심점에 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법을 접목하므로 이동로봇의 경로 생성에 대해 장애물 회피 및 최단 경로 생성의 문제점을 극복하는 알고리즘을 제안한다.

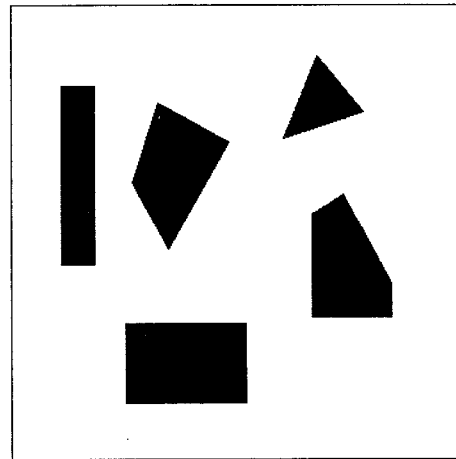
#### 2. 본 론

##### 2.1 문제 정의 및 해결방안

이동로봇의 경로 생성에 있어서 중요한 것은 처음 지점에서 끝 지점까지 장애물을 회피하여 최단 경로를 생성하여 처음 지점에서 끝 지점까지 최단 경로로 이동하는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법을 접목시켜 사용하도록 한다. 본 논문에서는 기존 정점 그래프 기법인 MAKLINK 그래프를 사용하여 장애물 회피의 문제점을 보완한다. <그림 1>과 같이 장애물이 정의되었다고 가정할 때, MAKLINK 그래프를 사용하여 각 정점을 연결하여 생성된 중심점들을 이용하여 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 모든 경로를 빠르게 탐색한다. 하지만, 개미 집단 최적화 기법에 의해 생성된 모든 경로는 확률적이기 때문에 입자 군집 최적화 기법을 접목시켜 정확한 최단 경로를 생성한다. 개미 집단 최적화 기법은 빠르게 모든 경로를 탐색할 수 있고, 입자 군집 최적화 기법은 최단 경로를 생성할 수 있기 때문에 이러한 방법을 사용하므로 장애물 회피의 문제점을 보완하고 정적인 환경이 더욱 복잡해지더라도 빠르게 모든 경로를 파악하고 최단 경로의 문제점을 해결할 수 있다.

##### 2.2 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법의 접목을 이용한 최단경로 생성 알고리즘

본 논문에서는 정적 장애물들의 정점에 MAKLINK 그래프를 사용하여 연결된 각 정점간의 중심점들을 만들고 각 중심점들에 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 모든 경로를 빠르게 탐색한다. 개미 집단 최적화 기법은



<그림 1> 정적인 환경에서의 장애물 정의

##### 2.2.1 MAKLINK 그래프 [5]

정점 그래프인 MAKLINK 그래프는 이동로봇의 경로 생성에서 장애물을 회피하기 위하여 사용된다. MAKLINK 그래프를 사용하므로 정적인 환경에서 장애물간의 거리를 두고 안전하게 회피할 수가 있다. MAKLINK 그래프의 방법으로는 각각의 정적인 장애물들의 좌표를 파악한 후에, 좌표를 이용하여 정점을 추출한다. 추출된 정점들은 근접한 다른 정점들과 연결한다. 다른 정점과 연결할 때 교차점이 생기지 않도록 한다. 하나의 정점에서 90° 안에 다른 정점과 연결이 되어있으면 두 정점의 중심점을 찾고 하나의 정점에서 180° 안에 두 개 이상의 정점이 연결이 되어있으면 연결된 선의 개수만큼 중심점을 찾는다.

##### 2.2.2 개미 집단 최적화 기법 [6]

개미 시스템이라고 불리는 첫 번째 개미 집단 최적화 알고리즘은 1991년에 개미의 행동에서 영감을 받아 만들어 졌다. Jean-Louis Deneubourg와 그의 동료들은 개미들이 흔히 먹이를 향하는 지름길을 찾아내는 특성이 다른 개미를 유인하는 페로몬이라는 화학 분비물을 분비함으로써 가능하다는 사실을 밝히고, 개미들이 다른 동료가 따라올 수 있도록 페로몬을 배출하는 것이 개미굴로부터 먹이에 이르는 최단거리를 찾는데 대단히 효과적인 방법임을 보여주었다. 즉, 개미 집단 최적화는 조합 최적화 문제를 해결하기 위한 기법으로 생물학적 기반의 메타 휴리스틱 접근법이다. 개미 집단 최적화는 페로몬을 분비하고 통신 매개 물로서 페로몬을 사용한 실제 개미들의 추적행위에 기반한 알고리즘이다. 생물학적 유사성으로 개미 집단 최적화는 개미라 불리는 간단한 에이전트 집단의 간접적인 통신에 기반을 두고 있다. 결국, 각 에이전트들은 짧은 경로로 선택하려는 휴리스틱정보와 많은 양의 페로몬을 가진 간선을 선택하려는 페로몬 정보에 따라 탐색경로를 완성한다.

본 논문에서는 정적인 환경에서 MAKLINK 그래프를 이용하여 얻은 장애물들 간의 중심점을 연결하여 모든 경로를 빠르게 탐색한다.

##### 2.2.3 입자 군집 최적화 기법 [7]

1995년도에 J.Kennedy와 R.C.Eberhart에 의하여 개발되어 현재까지 활발한 연구 중에 있는 입자 군집 최적화 기법은 자연선택의 진화 메커니즘이 아닌 새 떼와 물고기 떼와 같은 생체군집의 사회적 행동양식을 바탕으로 하고 있다. 입자 군집 최적화 기법은 병렬처리

특징을 가진다. 개미 집단 최적화 기법에 의하여 생성된 모든 경로는 확실적인 경로이기 때문에 모든 경로에 대하여 입자 군집 최적화 기법을 사용하여 정확한 최단 경로를 생성한다. 다음은 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법의 접목하는 방법에 대해 설명한다.

1. 시작점을 초기화 및 페로몬을 0 보다 큰 값으로 초기화한다.

**입자 군집 최적화 기법**

2. 개미 집단 최적화 기법의  $\alpha, \beta$  파라미터 값을 입자 군집 최적화 기법을 사용하여 최적화함.

**개미 집단 최적화 기법**

3. 최적화된  $\alpha, \beta$  파라미터 값을 상태 전이 규칙을 사용하여 각 중심점간의 거리를 계산한다.

4. 각 중심점에 대한 모든 경로를 완성한 후 경로를 구성한 모든 간선에 대해 페로몬을 업데이트한다.

5. Elitist Strategy를 사용한다. Elitist Strategy는 모든 경로를 완성 후, 최적 경로의 길이를 추가 강화하는 방법이다.

6. Elitist Strategy 후에 지역 갱신 규칙을 사용하므로 Strategy가 추가된 경로의 페로몬을 업데이트 시킨다.

7. 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 나온 각 경로들에 거리를 평가한다.

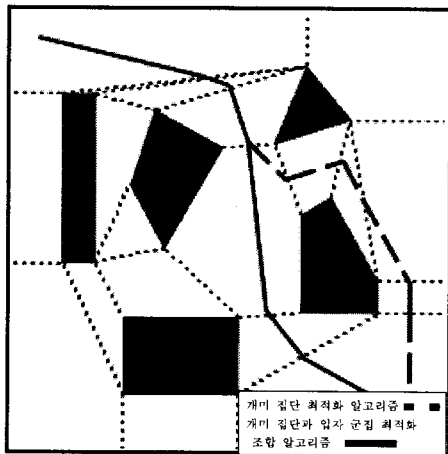
8. 생성되는 경로들을 평가하여 최단 경로가 Pbest가 된다.

9. 반복 시 생성되는 Pbest 값들을 평가하여 Gbest를 결정한다. Gbest는 최적화된 최단 경로이다.

10. 최단 경로가 생성되기까지 2단계부터 반복한다.

**2.3 모의실험**

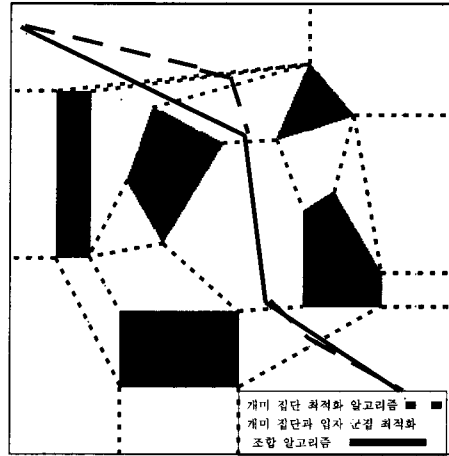
<그림 1> 과 같이 맵 크기가 350m x 350m 인 정적인 환경에서 5개의 장애물을 두고 MAKLINK 그래프를 이용하여 각 장애물들의 정점을 연결 후, 정점들의 중심점들을 추출하였다. 추출된 중심점들을 이용하여 단일화된 개미 집단 최적화 알고리즘과 입자 군집 최적화 기법과 접목된 알고리즘을 적용하여 비교한다. 비교대상은 최단 경로 길이와 최단 경로 생성까지 걸리는 반복 횟수 및 노드의 개수, 오차율이다. 여기서 오차율은 반복 시 같은 최단 경로 생성 여부의 확률로 정의된다. 각각의 알고리즘을 적용 시 반복되는 횟수에 따라 생성되는 경로는 <그림 2>, <그림 3> 와 같으며, 최단 경로의 길이와 지나간 노드의 수는 표1과 표 2와 같다. 시뮬레이션 결과 제안된 알고리즘의 우월함을 볼 수 있다.



<그림 2> 반복 횟수 10 일 때 알고리즘 비교

<표 1> 반복 횟수 10 일 때 알고리즘 비교

구분	최단 경로 길이 [m]	노드의 개수	오차율 (%)
개미 집단 최적화 알고리즘	520.963	11 개	30 %
개미 집단과 입자 군집 최적화 조합 알고리즘	485.698	8 개	0 %



<그림 3> 반복 횟수 50 일 때 알고리즘 비교

<표 2> 반복 횟수 50 일 때 알고리즘 비교

구분	최단 경로 길이 [m]	노드의 개수	오차율 (%)
개미 집단 최적화 알고리즘	485.698	8 개	45 %
개미 집단과 입자 군집 최적화 조합 알고리즘	360.154	4 개	0 %

**3. 결 론**

본 논문에서는 최적화 기법에서 사용되는 개미 집단 최적화 기법과 입자 군집 최적화 기법을 조합하여 이동로봇의 최단 경로 생성 및 장애물 회피 문제에 적용시켰다. 기존의 정점 그래프 기법에서 중심점들을 찾아내고, 중심점들을 사용하여 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 모든 경로들 빠르게 탐색하고 입자 군집 최적화 기법을 사용하여 개미 집단 최적화 기법의 확실적인 문제를 보완하고 최단 경로를 생성하였다. 차후에는 본 논문에서 사용된 기법을 정적인 환경에서 뿐만 아니라 동적인 환경에서도 장애물의 위치를 빠르게 탐색하고 최단 경로를 빠르게 생성하게 될 것이다.

**[참 고 문 헌]**

- [1] Zhiye Li, Xiong Chen and Wendong Xiao. "A New Motion Planning Approach Based on Artificial Potential Field in Unknown Environment" PDCAT 2004, LNCS 3320, pp. 376-382, 2004.
- [2] Ni Bin, Chen Xiong, Zhang Liming, and Xiao Wendong "Recurrent Neural Network for Robot Path Planning" PDCAT 2004, LNCS 3320, pp.188-191, 2004.
- [3] Shuhua Liu, Yantao Tian, Jinfang Liu. "Multi Mobile Robot Path Planning Based on Genetic Algorithm" Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, pp.4706-4709, 2004.
- [4] Yan Meng "A Hybrid ACO/PSO Control Algorithm for Distributed Swarm Robots" Proceedings of the 2007 IEEE Swarm Intelligence Symposium, 2007.
- [5] Habib M K, Asama H. "Efficient method to generate collision free paths for autonomous mobile robot based on new free space structuring approach" IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems IROS'91.Osaka, Japan, pp.563-567, 1991.
- [6] Dongbin Zhao and Jianqiang Yi "Robot Planning with Artificial Potential Field Guided Ant Colony Optimization Algorithm"
- [7] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization." Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, pp.1942-1948, 1995.
- [8] M Kose, A Acan "Knowledge Incorporation into ACO-Based Autonomous Mobile Robot Navigation" LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, Springer, 2004.
- [9] H Mei, Y Tian, L Zu "A Hybrid Ant Colony Optimization Algorithm for Path Planning of Robot in Dynamic Environment" International Journal of Information Technology, 2006.
- [10] M. Dorigo, V. Maniezzo and A. Coloni "The ant system: optimization by a colony of cooperating agents." IEEE Trans on Systems, Man & Cybernetics-B, pp.29-41, 1996.
- [11] K. Socha "ACO for continuous and mixed-variable optimization" in: M. Dorigo et al. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, vol.3172, Springer-Verlag, Berlin, pp. 25-36, 2004.