

개미 집단 최적화 기법을 이용한 이동로봇 최적 경로 생성 알고리즘 개발

이 준 오, 고 종 훈, 김 대 원
 명지대학교, 정보공학과

DEVELOPMENT OF A NEW OPTIMAL PATH PLANNING ALGORITHM FOR MOBILE ROBOTS USING THE ANT COLONY 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. The proposed algorithm is a new hybrid algorithm that composes of the ant colony algorithm method and the Maklink graph method. At first, we produce the path of a mobile robot a the static environment. And then, we find midpoints of each path using the Maklink graph. Finally the ant colony optimization algorithm is adopted to get a shortest path. In this paper, we prove the performance of the proposed algorithm is better than that of the Dijkstra algorithm through simulation.

정점을 연결하여 중심점을 구한다. 그 중심점들을 이용하여 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 최단 경로를 생성한다. 이러한 방법을 사용하므로 최단 경로의 문제점을 보완하고 중심점들을 이용하므로 확률적인 기법의 문제점을 해결한다.

1. 서 론

이동로봇의 경로 생성은 로봇 분야에서 상당히 큰 분야를 차지하고 있다. 이동로봇의 경로 생성에 대해 포텐셜 필드[1], 퍼지 논리[2], 신경망[3], 유전자 알고리즘[4] 등 많은 알고리즘들이 발표되었다. 그러나 이러한 알고리즘은 복잡한 환경에서의 경로 생성에는 어려움이 있다. 예를 들면, 포텐셜 필드의 경우에는 포텐셜 함수가 감소하는 방향으로 경로를 설계하기 때문에 포텐셜 함수의 지역적인 변화가 음이 아닌 국소 최소 점에 빠질 가능성이 높다[5]. 퍼지 논리의 경우에는 입력 값이 많아질 경우 퍼지 법칙이 급격히 증가하기 때문에 연산량이 기하급수적으로 많아지게 되므로 초기경로생성이 어렵다[6]. 신경망은 실존하는 지식을 습득하므로 학습을 하지만, 습득된 지식을 재 표현하기에 어려움이 있다[7]. 유전자 알고리즘은 진화 알고리즘으로서 최적화 문제에 사용이 되고 있지만, 기존의 유전자 알고리즘을 이용한 진역경로 설정방법은 가능 경로를 미리 결정하고 부적절한 경로를 도태시키는 방법의 접근이 이루어졌으며, 정적환경에서의 오목 다면체나 원형 또는 복잡한 환경에는 적용이 어렵다[8]. 본 논문에서는 이전 연구들의 단점을 극복하고자, 진화 알고리즘인 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 최적화 경로를 생성한다. 기존의 정점 그래프인 MAKLINK 그래프를 사용하여 장애물의 정보 파악 및 회피를 하고, 최단 경로 생성에는 개미 집단 최적화 기법을 사용하여 장애물 정보 파악 및 회피와 최단경로 생성을 함께 고려한다. 본 논문에서는 기존의 정점 그래프인 MAKLINK 그래프를 사용하므로 각 정점들 간의 중심점을 만들어 이동을 하기 때문에 정적인 환경에서의 장애물을 안전하게 회피한다. 그리고 MAKLINK 그래프에서 추출된 중심점들을 이용하여 개미 집단 최적화 기법을 적용하여 최단 경로를 생성한다.

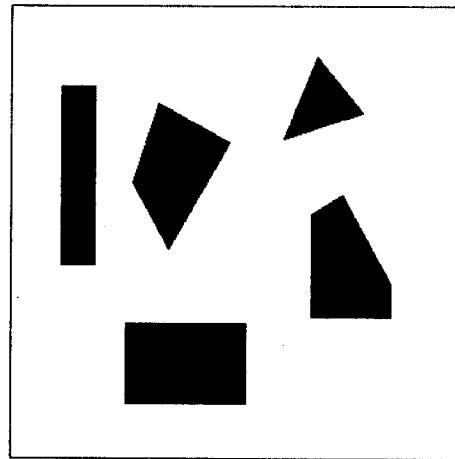
본 논문에서는 MAKLINK 그래프와 개미 집단 최적화 기법을 접목하므로 이동로봇의 기존의 경로 생성 및 장애물 회피의 연구 분야에서 어느 한 부분만을 고려하여 연구하였던 문제점을 극복 하는 데 있어서 필요한 연구이다.

2. 본 론

2.1 문제제의 및 해결방안

이동로봇이 정적인 환경에서 장애물을 회피하여 이동하는데 있어서 중요한 것은 안전하게 장애물을 회피하여야 하며, 최단 경로를 생성하여 처음 지점에서 끝 지점까지 최단경로로 이동을 하는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 개미 집단 최적화 기법을 사용하도록 한다. 하지만, 개미 집단 최적화 기법을 로봇 경로 생성에 접목하는데 있어서 가장 큰 문제점은 장애물 회피가 어렵다는 점이다. 또한 개미 집단 최적화 기법이 확률적인 기법이기 때문에 경로가 바뀔 수 있다는 점이다. 그렇기 때문에 최단 경로를 생성할 수는 있어도 장애물을 회피할 수 있다는 보장이 없다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 기존 정점 그래프 기법인 MAKLINK 그래프를 사용하여 장애물 회피의 문제점을 보완한다. <그림 1>과 같이 장애물이 정의되었다고 가정할 때, 정적인 환경에서의 장애물들에 근접한 장애물들의 정점을 구한 후, 각



<그림 1> 정적인 환경에서의 장애물 정의

2.2 개미 집단 최적화 기법을 이용한 최단 경로 생성 알고리즘 설계

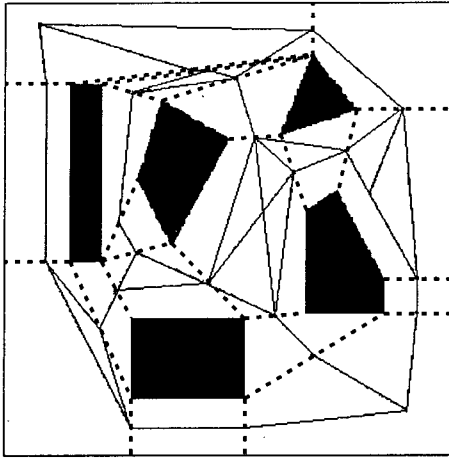
본 논문에서는 정적 장애물들의 정점에 MAKLINK 그래프를 사용하여 연결된 각 정점간의 중심점들을 만들고 각 중심점들에 개미 집단 최적화 기법을 접목하므로 최단경로를 생성한다. MAKLINK 그래프만으로는 장애물 회피에는 좋은 효과를 얻을 수 있지만 최단 경로를 생성하기는 어려우므로, MAKLINK 그래프를 실행 후, 개미 최적화 기법을 사용하여 최단 경로를 생성한다.

2.2.1 MAKLINK 그래프 [9]

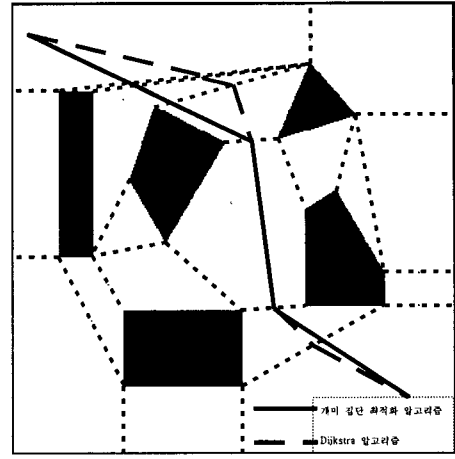
정점 그래프인 MAKLINK 그래프는 이동로봇의 경로 생성에서 장애물을 회피하기 위하여 사용된다. MAKLINK 그래프를 사용하므로 정적인 환경에서 장애물간의 거리를 두고 안전하게 회피를 할 수가 있다. MAKLINK 그래프의 방법으로는 각각의 정적인 장애물들의 좌표를 파악한 후에, 좌표를 이용하여 정점을 추출한다. 추출된 정점들은 근접한 다른 정점들과 연결한다. 다른 정점과 연결할 때 교차점이 생기지 않도록 한다. 하나의 정점에서 90° 안에 다른 정점과 연결이 되어있으면 두 정점의 중심점을 찾고 하나의 정점에서 180° 안에 두 개 이상의 정점이 연결이 되어있으면 연결된 선의 개수만큼 중심점을 찾는다. 그 후에 각 중심점들을 연결하고 각 중심점들이 연결된 상태는 <그림 2>와 같다.

2.2.2 개미 집단 최적화 기법

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 개미굴로 부터 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



<그림 2> MAKLINK 그래프를 이용하여 각 중심점들이 연결된 상태



<그림 3> 개미 최적화 집단과 Dijkstra 알고리즘 비교

실제 개미들의 추적행위에 기반한 알고리즘이다. 생물학적 유사성으로 개미 집단 최적화는 개미라 불리는 간단한 에이전트 집단의 간접적인 통신에 기반을 두고 있다. 결국, 각 에이전트들은 짧은 경로를 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 각 경로의 페로몬을 비교하며 페로몬의 양이 가장 많은 경로를 최단 경로로 정의하여 각각의 경로에 적용시키므로 최단경로를 생성한다. 다음은 개미 집단 최적화 기법을 설명한다.

1. 시작점을 초기화하고 페로몬을 0 보다 큰 값으로 초기화한다.
2. 상태 전이 규칙을 사용하여 각 중심점간의 거리를 계산한다.

$$P_k(r,s) = \frac{[\tau(r,s)] \cdot [\eta(r,s)]^\beta}{\sum_{u \in j_k(r)} [\tau(r,s)] \cdot [\eta(r,s)]^\beta}$$

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

$$\tau(r,s) = (1 - \rho) \cdot \tau(r,s) + \sum_{k=1}^m \frac{Q}{L_k}$$

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

$$\tau(r,s) = (1 - \rho) \cdot \tau(r,s) + \sum_{k=1}^m \frac{Q}{L_k} + \sum_{k=1}^m \sigma \frac{Q}{L^*}$$

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

$$\tau(r,s) = (1 - \rho) \cdot \tau(r,s) + \rho \cdot \Delta\tau(r,s)$$

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 기존의 최단 경로 탐색 알고리즘인 Dijkstra 알고리즘과 개미 집단 최적화 알고리즘을 적용하여 비교한다. 비교대상은 최단 경로 길이와 노드의 개수이다. 각각의 알고리즘을 적용 시 생성되는 경로는 <그림 3>와 같으며, 최단 경로의 길이와 지나간 노드의 개수는 표1과 같다. 시뮬레이션 결과 제안된 알고리즘의 우월함을 볼 수 있다.

<표 1> Dijkstra 알고리즘과 개미 집단 최적화 알고리즘 비교

구분	최단 경로 길이 [m]	노드의 개수
Dijkstra 알고리즘	485.698	8 개
개미 집단 최적화 알고리즘	360.154	4 개

3. 결 론

본 논문에서는 최적화기법에서 사용되는 개미 집단 최적화 기법을 이동로봇의 최단 경로 생성 및 장애물 회피 문제에 적용시켰다. 기존의 정점 그래프 기법에서 중심점을 찾아내고, 중심점을 사용하여 개미 집단 최적화 기법을 적용함으로써 확실적인 결과 값과 장애물 회피에 대한 문제를 보완하였다. 차후에는 본 논문에서 사용한 기법을 이용하여 정적인 환경에서 이동로봇이 센서와 융합하여 실시간으로 데이터를 받아들일므로 장애물과 근접하게 경로를 생성하여 이동로봇이 처음 지점에서 마지막 지점까지 안전하게 장애물을 회피하며 최단 경로를 생성하여 지금보다 상대적으로 좋은 결과 값을 구하고, 차후에는 정적인 환경뿐만 아니라 동적인 환경에서도 실시간으로 빠르게 경로를 생성하게 될 것이다.

[참고 문헌]

- [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] 장민근, 기창두 "먹 포텐셜 방법을 이용한 이동 로봇의 네비게이션" 대한기계학회 1997년도 춘계학술대회논문집 A pp.456-461, 1997.
- [6] 김영철, 조성배 "Dempster-Shafer 이론을 이용한 퍼지 자율이동 로봇의 지도 자동 구축" 2001년도 한국정보 과학회 봄 학술발표 논문집 Vol.28, No1,2001.
- [7] 김병호, 오영석 "로봇경로제어를 위한 새로운 구조의 리커런트 신경망에 관한연구" 전자공학회논문지 제32권 B편 제2호, pp. 19 8-207, 1995. 2
- [8] 최환수 "유전자알고리즘을 이용한 이동로봇의 주행알고리즘 개발" 대한 전기 학회 논문지 전력기술부문 A, 1999.
- [9] 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.5 63-567,1991.
- [10] Dongbin Zhao and Jianqiang Yi "Robot Planning with Artificial Potential Field Guided Ant Colony Optimization Algorithm"
- [11] M Kose, A Acan "Knowledge Incorporation into ACO-Based Autonomous Mobile Robot Navigation" LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, Springer, 2004.
- [12] 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.
- [13] 최규중 "Study on Mobile Robot's Navigation Problem Using Jacobian and Fuzzy Inference System" 제어 · 자동화 · 시스템 공학 논문지 제 12 권, 제 6 호 2006. 6.