

효과적으로 미로를 찾기 위한 적응적 체인로봇

조창권*, 우균*

*부산대학교 컴퓨터공학과

e-mail: ckcho@pusan.ac.kr

Adaptive Chain Robots for Effectively Exploring Maze

Chang-Kwon Cho*, Gyun Woo*

*Dept of Computer Science and Engineering, Pusan National University

요 약

체인로봇은 단일 로봇보다 강인성 측면에서 유리하기 때문에 무인탐사 환경에 적합하다. 체인로봇을 관리하기 위해서는 선두 로봇을 선정하고 군집을 관리하는 방법이 사용된다. 본 논문에서는 군집로봇의 효과적인 미로 탐색을 위해 체인로봇 그룹의 순위를 미로 환경에 맞게 적응적으로 순위를 재지정하는 방법인 적응적 체인로봇 알고리즘을 제안한다. 그리고 체인 알고리즘을 적용한 경우와 적응적 체인 알고리즘을 적용한 경우로 나누어 2차원 맵을 탐색하는 실험을 수행하였다. 군집로봇이 맵을 이동하는 과정에서 선두 로봇이 동작 불능 상태가 되는 경우가 발생할 수도 있다. 이때 체인로봇을 적응적으로 순위를 재지정하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서 제시한 방법을 시뮬레이션 환경에서 실험하였는데 실험 결과에 따르면 100%의 성공률을 얻을 수 있었다.

1. 서론

체인로봇은 로봇 간 위치와 이동 경로를 다른 로봇들에게 알려 줌으로써 최적의 길을 찾아내는 군집 로봇이다. 무인탐사와 같은 예측 불가능한 상황에서는 단일 로봇으로 모든 상황을 예측하여 처리하기가 매우 어렵다. 그래서 기존의 단일 로봇으로만 작업 처리하는 방법 벗어나 체인로봇 알고리즘 같은 여러 로봇을 이용하여 로봇 간의 상호작용을 통한 처리방법이 요구된다. 왜냐하면, 동적인 환경에서 복잡한 작업을 수행하면서 고성능의 단일 자율 이동로봇을 이용하는 것보다 단순한 작업을 수행하는 여러 개의 이동로봇이 협동하여 복잡한 작업을 수행하게 함으로써 높은 성취도를 이루어 낼 수 있기 때문이다[1]. 이와 같은 특징은 개체별로 단순하지만, 군집화되면 지능을 가지는 집단 생명체의 행위와 유사하다고 볼 수 있다.

한 마리의 새나 벌은 아주 간단한 규칙에 따라 본능적인 행동을 계속하는 데도, 전체 집단으로 보면 복잡한 작업을 대규모 계획에 따라 수행하는 듯 보인다. 또한, 개미 공동체는 페로몬 흔적을 남겨 둠으로써 음식을 찾는 최적의 길을 발견하는 것으로 알려져 있다. 군집지능 기술은 1989년에 Beni와 Wang의 셀룰러 로봇 시스템에 대한 연구에서 처음 소개되었다[2]. 그러나 로봇은 페로몬 같은 물질을 갖지 못하기 때문에 모든 체인로봇의 위치를 알려주는 신호를 방출하여 이동하는 연구가 진행되고 있다.[4] 하지만, 현재 이러한 연구는 장애물이 없는 공간을 대상으로 길을 찾는 수준에 머물러 있다. 실질적으로 체인로봇 알고리즘의 효과를 파악하기 위해서는 어려움이 따른다.

본 논문에서는 가상의 환경에서 군집 지능 로봇을 위한 적응적인 체인로봇 알고리즘에 관한 연구이다. 구체적으로 군집화된 생명체의 지능을 기반으로 동적으로 변하는 상황에 적응적으로 대처함으로써, 모든 체인로봇의 위치를 알려주는 신호를 방출하는 체인로봇 알고리즘을 이용해 무사히 목적지에 대한 탐사를 효과적으로 수행할 수 있는 적응적 체인로봇 알고리즘을 제시하고자 한다. 본 논문에서 연구한 알고리즘을 효과를 확인하기 위해 간단한 실험을 진행하였다. 먼저 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않는 군집로봇을 실험하고 발생하는 문제점을 보완하기 위해 체인 알고리즘 적용하였다. 그리고 체인 알고리즘의 효과적으로 적용하기 위해 적응적 체인 알고리즘을 적용하여 실험하였다.

2. 관련 연구 및 배경

2.1 군집 지능

군집 지능(swarm intelligence)은 단순한 지능을 가진 개체의 집단에서 개체 사이의 상호작용을 통해 나타나는 복합적 지능을 의미한다. 단순한 지능의 상호작용을 통해 마치 고도의 지능을 지닌 것과 같은 군집 개체가 생겨나는 상황에 착안한 것이다.

이러한 군집 지능을 로봇에 적용한 것이 군집 지능 로봇이다. 군집 지능 로봇은 자연에 실재하는 집단 생명체의 행위와 유사하다고 볼 수 있다. 한 마리의 새나 벌은 아주 간단한 규칙에 따라 본능적인 행동을 계속하는 데도, 전체 집단으로 보면 복잡한 작업을 대규모 계획에 따라 수행하

는 것과 같은 결과를 낸다. 개미 공동체는 페로몬 흔적을 남겨 둌으로써 음식을 찾는 최적의 길을 발견하는 것으로 알려져 있다. 군집 지능 기술은 1989년에 Beni와 Wang의 셀룰러 로봇 시스템에 대한 연구에서 처음 소개되었으며 현재 다양한 분야의 지능형 로봇에 대해 활발히 연구되고 있다[2].

2.2 군집 로봇 제어 방법

군집 로봇 모델은 주로 동물들의 군집 행동을 묘사하는 방법을 이용한다. 대표적인 모델로 Boid 모델[5]을 들 수 있다. Boid 모델은 비행하는 새들을 모방하여 군집 행동을 묘사한 모델로서 적이나 돌발 상황이 발생하면 두 그룹으로 나누어졌다가 반대쪽으로 다시 그룹을 형성한다. 하지만, Boid 모델은 리더가 없이 개인과 개인의 상호 작용이 전체의 큰 무리에게 영향을 주게 된다. 이때 무리의 움직임을 예측할 수 없다.

하지만, 기러기 떼와 같은 리더가 있기 때문에 전혀 다른 모습을 보인다. V자 형태로 대열을 흐트리지 않고 날아가는데 무리를 이끌던 리더 기러기가 지치면 무리 중 어느 누군가가 리더 역할을 수행하며 날아간다. 이 무리는 리더가 있고 리더의 관리 아래 목적의식과 규율을 가지고 무리를 이끌어 가게 된다.

3. 알고리즘

체인로봇이 적응적인 맵 탐사를 하기 위해 로봇의 순위를 지정하였다. 순위 지정 방법은 각 로봇의 포트 번호를 로봇의 ID로 사용하였다. 체인로봇은 순위에 따라 군집 로봇 그룹이 이동을 하는데, 예측이 불가능한 상황에서도 적응적으로 문제를 해결해야 한다. 그러나 예측이 불가능한 상황에서 그룹을 이끄는 선두 로봇에 문제가 생길 수도 있다. 이런 상황에서는 적응적으로 순위를 재지정하는 작업이 필요하다.

3.1 체인로봇 알고리즘

체인로봇은 선두 로봇으로부터 군집 로봇을 관리하고 임무를 무사히 완수하기 위해서는 선두로봇이 중요한 역할을 한다. 또한, 체인로봇의 강인성은 선두를 필두로 위험 상황이나 장애물의 정보들을 서로 통신하여 위험 상황을 적절히 대처하는 데서 비롯된다. 군집 로봇 그룹을 리드하여 주어진 임무를 완수하기 위해서는 선두 로봇이 중요한 역할을 한다. 그러나 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않았을 때 로봇 간 개별적으로 임무를 수행하게 되므로 로봇 간의 충돌이 발생하게 되고 탐사를 진행할 수가 없는 경우가 생긴다. 이런 문제를 해결하기 위해 그룹을 이끌어 가는 선두 로봇과 선두를 따라가는 추종 로봇으로 나누었다.

본 논문에서는 Pyro[6]에서 제공하는 Pioneer 로봇을 사용하였다. Pioneer 로봇은 로봇마다 포트 번호가 부여된다. 기본 값으로 6665번 포트 번호가 사용되는데 로봇의

각 포트 번호를 이용해 로봇마다 순위를 주었다. 포트 번호가 빠를수록 높은 순위를 주었고 가장 높은 우선순위를 가지고 있는 로봇을 선두 로봇으로 지정하였다. 선두 로봇이 정해지면 다른 로봇들은 모두 추종 로봇으로 정하였다. 체인로봇 알고리즘은 그림 1과 같다.

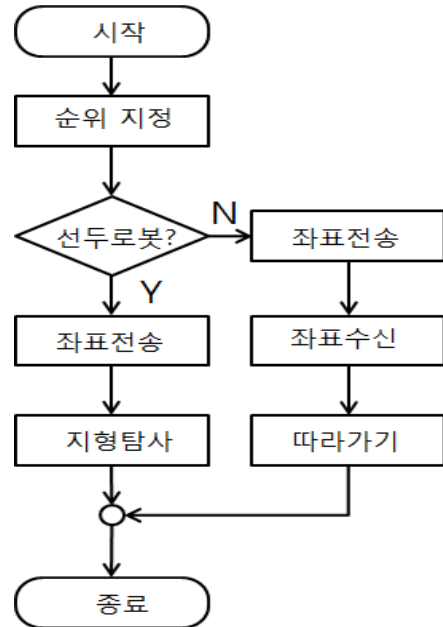


그림 1 체인로봇 알고리즘 순서도

포트 번호에 따라 우선순위를 정하고 선두 로봇이 선출되면 선두 로봇은 지형의 따라 탐사를 시작한다. 탐사를 하면서 선두 로봇은 공유 메모리에 자신의 x, y좌표를 저장한다. 추종으로 지정된 로봇들은 선두 로봇의 좌표를 받아와 그 좌표로 이동을 하면서 선두 로봇을 따라간다. 또한, 로봇 간 충돌과 위험 상황을 방지하기 위해 추종 로봇 간 통신도 수행한다.

3.2 적응적 체인로봇 알고리즘

군집 로봇 그룹이 예측이 불가능한 상황에서도 적응적으로 문제를 해결해야 하는데 선두 로봇에 문제가 생기는 경우가 있다. 이 문제는 기러기 대형과 같이 상황에 따라 선두를 교체하는 방법과 비슷하다. 또 다른 문제로 로봇들 간의 교착상태로 인해 무한 대기 상태에 빠지면서 업무 수행이 제대로 이루어지지 않는 경우가 있다. 이런 여러 가지 상황에서 적응적으로 선두 로봇을 교체하는 작업이 필요하다. 적절한 순위 재지정 방법으로 전체 그룹의 임무가 제대로 수행될 수 있다. 순위 재지정 알고리즘은 그림 2와 같다

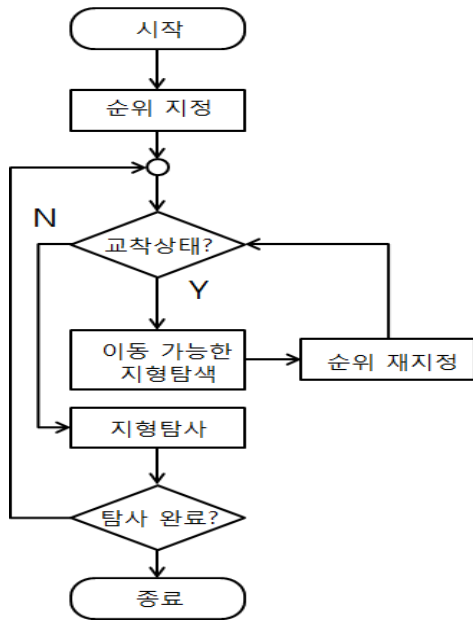


그림 2 적응적 체인로봇 알고리즘 순서도

체인로봇 알고리즘을 이용하여 지형을 탐사하면서 로봇 간의 교착상태가 탐지되는지 확인한다. 교착상태가 확인이 되면 선두 로봇의 역할이 불가능하다고 판단하고 순위를 재지정한다. 순위 재지정 알고리즘은 선두 로봇을 제외한 다른 로봇에 대해 차례로 이동 가능한 지역이 있는지 검사한다. 제일 먼저 이동 가능한 지형을 탐색한 로봇을 선두 로봇으로 선발한다. 그리고 새로운 선두 로봇을 따르는 로봇들은 차례로 순위를 부여받게 된다. 이후 일반 체인로봇 이동 방식과 동일하게 탐사하다.

4. 구현 및 실험

군집 로봇에서 체인로봇의 효과를 알아보기 위해 크게 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 그룹과 체인로봇 알고리즘을 적용한 그룹, 그리고 본 저자가 제시하는 적응적 체인로봇 알고리즘을 사용하여 실험하였다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 연구는 리눅스 환경에서 구동되는 Player/Stage를 위해 윈도우용 가상머신인 VMware를 바탕으로 실험을 진행하였다. 로봇관련 명령어를 처리하기 위해 Python 언어를 사용하였다. 또한, 로봇의 작업 환경 시뮬레이션을 위한 이동 경로의 장애물은 직접 이미지 파일로 만들어 주위환경을 설정하였다.

4.2 시뮬레이션

본 연구에서는 적응적 체인 알고리즘을 이용하여 로봇의 능력을 비교하는 실험을 하였다. 로봇 4대를 이용해 Start 지점에서 탐사를 시작하여 A 지점을 지나 로봇 4대가 전부 End 지점으로 이동을 하면 임무를 완료하였다고 판단하였다. 로봇들은 16개의 range 센서를 이용해 왼쪽 벽을 따라 이동한다. 먼저 체인로봇 알고리즘을 적용하지

않은 군집 로봇을 실험하고 체인로봇 알고리즘을 적용하여 실험하였다.

체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 군집 로봇은 제각각 따로 움직이는 모습을 보였다. 군집 로봇 그룹이 목표 지점으로 제대로 이동을 하는 경우도 있지만, 로봇 간의 충돌을 일으켜 이동하지 못하는 경우도 생긴다. 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 그룹은 “T” 자 모양의 지형의 좁은 지형에서 로봇 간의 충돌이 많이 일어나 그룹의 이동이 잘 이루어지지 않는다. 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 그룹의 이동과 로봇 간의 충돌을 그림 3에서 볼 수 있다.

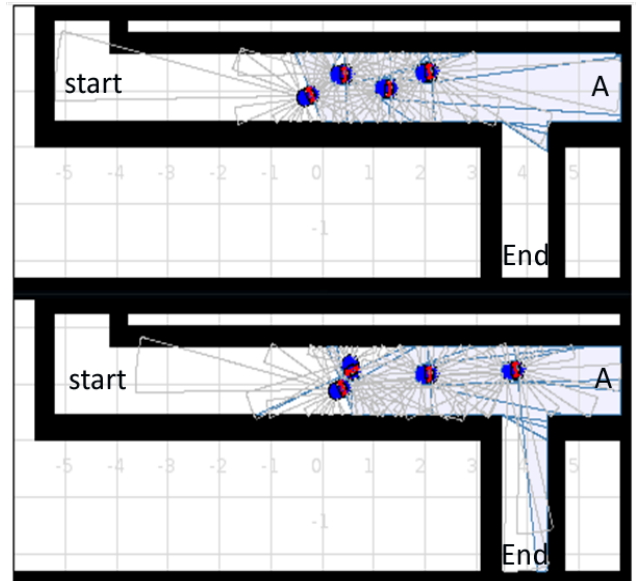


그림 3 체인로봇 알고리즘 미적용 그룹 이동

그림 3과 같이 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 군집 로봇 그룹의 로봇 간 충돌을 줄이기 위해서 체인로봇 알고리즘을 적용하였다. 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 군집로봇과 다르게 추종 로봇들이 선두 로봇을 따라 일렬로 잘 정렬하여 이동하였다. 하지만, “T” 자 모양의 움푹 파인 지형에서 추종 로봇들이 선두 로봇의 좌표로 이동하려고 하기 때문에 로봇 간의 교착 상태가 발생하였다. 군집 로봇의 선두를 선출하여 선두를 따라 일렬로 이동하고 “T” 자 모양의 움푹 파인 지형으로 가기 위해 진행하다가 로봇 간의 교착상태가 발생하는 모습을 그림 4에서 볼 수 있다.

군집 로봇의 선두로봇을 따라 이동할 때 로봇 간의 교착상태가 발생하여서 그룹이 임무 수행을 제대로 하지 못하였는데 적응적 체인로봇 알고리즘을 적용하여 문제를 해결하였다. 교착상태가 발생하면 즉, 선두 로봇이 움직이지 못하는 상황이 발생하면 선두를 제외한 다른 추종 로봇이 차례로 이동 가능한 지역을 탐색하고 제일 먼저 탐색한 로봇을 선두 로봇으로 선발한다. 나머지 로봇들은 추종 로봇이 된다. 이렇게 적응적 체인로봇 알고리즘을 적용하면 기존의 체인로봇 알고리즘에서 발생하는 교착 상태

에서 벗어나 제대로 이동을 하게 된다. 적응적 체인로봇 알고리즘을 통해 교착 상태에서 벗어나 이동하는 모습은 그림 5에서 볼 수 있다.

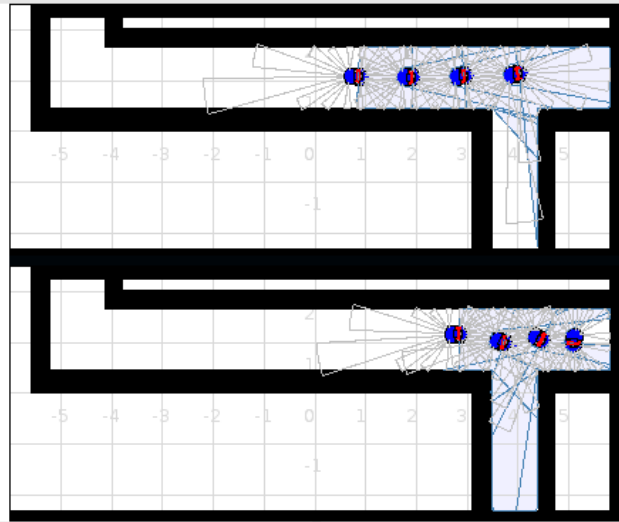


그림 4 체인로봇 알고리즘 적용한 그룹 이동

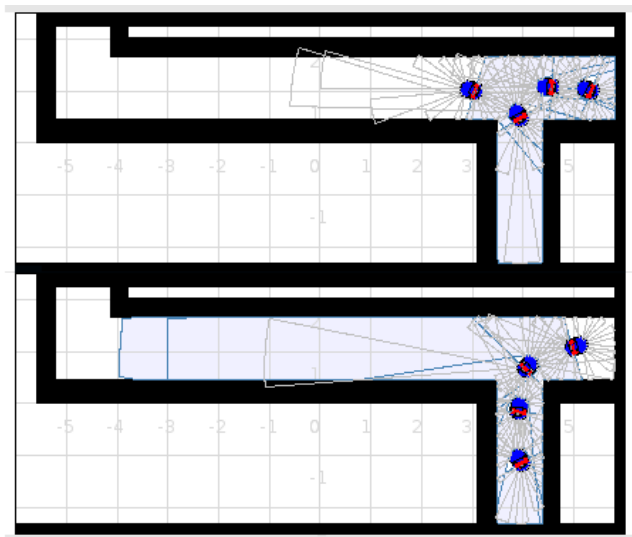


그림 5 적응적인 체인로봇 알고리즘 적용한 그룹 이동

체인로봇을 적용했을 때와 적용하지 않았을 때의 그룹 임무 수행 성공률은 표 1과 같다. 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 군집 로봇 그룹에서는 27%의 성공률을 보였고 체인로봇 알고리즘을 적용한 군집 로봇은 성공률이 0%로 떨어졌다. 체인로봇의 0% 성공률을 개선하기 위해서 적응적 체인로봇 알고리즘을 적용하여 실험하였다. 적응적 체인로봇 알고리즘을 통해 교착상태를 없애고 100%로 성공률을 높였다.

<표 1> 체인로봇 알고리즘 따른 그룹의 탐사 성공률

	성공률	시간(초)
체인로봇 알고리즘 무	21%	25
체인로봇 알고리즘 유	0%	-
적응적 체인 로봇 알고리즘 유	100%	15

5. 연구 결과 및 결론

본 논문은 군집형태를 가지고 있는 생명체의 행위를 모방하여 효과적인 미로 탐사를 위한 적응적 체인로봇 알고리즘을 제시하였다. 그리고 체인로봇 알고리즘을 적용하지 않은 군집 로봇과 체인로봇을 적용한 체인로봇 그리고 적응적 체인로봇 알고리즘을 2차원 맵에서 실험을 해보았다.

체인로봇을 적용하지 않은 군집로봇은 이동할 때는 제각각 이동하여 로봇 간의 충돌이 발생하였다. 로봇 간의 충돌을 피하기 위해 그룹에 체인로봇 알고리즘을 적용하였다. 체인로봇을 적용한 군집 로봇은 일렬로 정렬하여 로봇 간의 충돌을 없앴다. 하지만, 좁은 지역에서 선두 로봇이 움직이지는 못하는 상황이 발생하여 교착상태가 발생하였다. 교착 상태를 해결하기 위해 적응적 체인로봇 알고리즘을 적용하였다. 실험 결과 탐사 성공률을 100%로 올릴 수 있었다.

본 논문의 시험에서는 간단한 “T”형 미로를 이용하였다. 그래서 성공률을 100%로 올릴 수 있었다. 더 정확히 효과를 가늠하기 위해서는 더 복잡한 미로에 대해 실험해 보아야 할 것이다. 이는 현재 향후 연구로 진행 중이다.

참고문헌

- [1] 김상철, 이지원, 김정인, 신기현, “이동 특별 네트워크와 객체 엔트로피를 이용한 이동 로봇의 그룹 리더 선택 알고리즘”, 제어자동화시스템 심포지엄(CASS 2006), 2006
- [2] Gerardo Beni and Jing Wang, “Swarm Intelligence in Cellular Robotics Systems”, In Proceedings of the NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems, 1989
- [3] Shervin Nouyan, Marco Dorigo, “Chain Based Path Formation in Swarms of Robots”, IRIDIA, CoDE, Universite Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium, 2006
- [4] Shervin Nouyan and Marco Dorigo, “Chain Based Path Formation in Swarms of Robots”, Ant colony optimization and swarm intelligence: 5th international workshop, pages 120-131, 2006
- [5] Craig Reynolds, “Boids: Background and Update”, <http://www.red3d.com/cwr/boids/>, 1986
- [6] Douglas Blank, Deepak Kumar, Lisa Meeden and Holly Yanco, “The Pyro toolkit for AI and robotics”, AI Magazine Vol27(1), pages 30-50, 2006