진화 로봇 군집에서의 리더십 현상 관찰

이승현[aO] 김경중[b] 조성배[a]
연세대학교 컴퓨터과학과[a], 세종대학교 컴퓨터공학과[b]
ocworld@sclab.yonsei.ac.kr, kimkj@sejong.ac.kr, sbcho@cs.yonsei.ac.kr

Observation on Leadership in Evolving Robot Colony

Seung-Hyun Lee[aO] Kyung-Joong Kim[b] Sung-Bae Cho[a]
Dept. of Computer Science, Yonsei University[a]
Dept. of Computer Engineering, Sejong University[b]

1. 서 론

근래 다수의 로봇을 이용한 사회현상분석 방법이 다양하게 활용되고 있다. 그 중 로봇 행동의 진화를 통한 개체간의 커뮤니케이션 및 정보 억제 등의 시도가 주목할 만 하다[1][2]. 더 나아가 로봇 군집에서의 리더십 현상을 분석하는 것 또한 흥미를 끌 수 있는 다뤄지지 않은 주제중의 하나이다. Krause는 리더십을 어떠한 개체가 새로운 행동 방식을 창발하여 다른 그룹 조직원들에게 즉시 채택되게 하는 것이라고 정의하였다[3]. 이러한 리더십을 보여주는 행동의 증거는 비단 인간뿐만 아니라 동물 집단에서 꾸준히 관측되는데, 다수의 척추동물의 군집에서 리더십을 발휘하는 현상이 관찰되었으며[4], 일부 연구에서는 이를 수학적으로 모델링 하고자 하는 노력도 있었다[5].

본 논문에서는 로봇 군집의 행동 진화를 통해 로봇 사회에서의 리더십 발현과 그 발달 형태를 알아본다. 로봇 개체는 지도자, 추종자, 방랑자, 세 가지의 사회적 지위를 가지고 다른 개체들과 관계를 형성하고 행동한다. 로봇 개체의 행동은 신경망을 통해 조절되며, 신경망에 진화 연산을 적용하여 로봇 군집의 행동 전략을 발전시킨다. 로봇 군집은 위험도가 큰 과제와 적은 과제를 독립적으로 수행하고, 이 때의 조직의 구조와 개체의 행동으로부터 리더십이 발현되기 좋은 환경적 조건을 분석한다.

2. 제안하는 방법 및 실험

다수 로봇으로 구성된 군집에서 사회적 행동의 진화양상을 살펴보기 위해 본 논문에서는 사회적 지위 결정, 행동, 행동전략의 진화의 세 가지 단계를 반복적으로 수행한다. 먼저 사회화 단계에서 로봇은 현재 상황 값에 기반하여 확률적으로 지도자, 추종자, 방관자 중 하나의 사회적 지위를 결정하게 되고, 역학 구조에 따라 목적을 공유하는 조직을 형성하게 된다. 형성된 사회적 관계에 따라 먹이활동이라는 공통된 목적을 달성하기 위해 행동하는 과정을 거친다. 행동 결과를 바탕으로 우수한 로봇 개체의 전략은 진화연산을 통해 비효율적인 로봇의 행동전략을 갱신하는데 사용되며, 위 세 단계의 반복적 수행을 통해 로봇 군집의 행동의 진화 양상을 살핀다.

각 개별 로봇의 행동 제어는 신경망 모델을 통해 이루어진다. 신경망 모델은 총 8개의 입력과 2개의 결과 노드, 이들을 연결하는 16개의 가중치 연결로 구성된다. 상대 로봇까지의 거리, 상대적인 위치, 상대 로봇의 x와 y축의 속도 정보를 입력으로 받으며, 이중 절반은 로봇 자신의 정보로, 나머지는 지도자 로봇에 대한 정보가 입력된다. 따라서 추종자 로봇은 신경망 전체의 입력을 사용하며, 지도자나 방랑자 로봇은 지도자를 제외한 정보만을 사용한다. 입력 값의 범위는 최대와 최소값의 영역을 기준으로 정규화하여 입력 노드에 전달되며, 두 개의 결과 노드(좌우측 바퀴 속도)는 입력 노드의 값과 연결 가중치 곱들의 합을 시그모이드 함수로 필터링하여 계산되어 이동 속도 및 방향을 조절한다.

행동 전략은 진화 알고리즘의 기본적 연산인 개체선택, 교차연산, 돌연변이를 적용하여 점진적으로 발달한다. 신경망 구조의 입력 노드와 출력노드를 연결하는 가중치를 탐색 공간으로 하여 전략을 탐색한다. 신경망의 입출력 구조는 변하지 않으며, 오직 입력과 결과 노드를 연결하는 가중치만을 진화 대상으로 한다.

실험의 목적은 군집이나 개별 활동을 통해 먹이 로봇을 사냥하는 것이다. 각 로봇 개체의 초기 위치는 먹이로봇을 중심으로 같은 거리에 임의의 각도의 위치에 배치되며, 같은 군집의 로봇간은 사냥한 먹이를 공유하며 다른 군집에게는 배타적이다. 과제는 먹이 로봇의 위험도에 따라 크게 어려움, 쉬움의 2가지로 구분된다. 어려운 난이도의 과제에서는 먹이 로봇과의 정면 충돌로 인한 부상의 피해가 큰 반면, 쉬운 난이도의 과제에서는 상대적으로 적게 된다. 부상의 정도 뿐만 아니라, 먹이 로봇의 방향전환 또한 어려운 난이도의 과제에서 빠르게 된다. 로봇의 적합도는 사냥 성공여부, 먹이까지의 거리, 부상여부, 사

냥수행 시간을 고려하여 다음과 같이 계산된다.

$$Fitness(i) = V_{success} + \frac{V_{group}}{Dist(i,p)} - Injury(i) + \frac{Time_{rest}}{Dist(i,p)} \qquad (1)$$

로봇 군집의 행동 시뮬레이션은 EPuck의(http://www.e-puck.org/) 물리기반 2-D 로봇 시뮬레이터인 Enki(http://home.gna.org/enki/)를 이용하여 수행하였다. 우분투 10.04 위에서 실험을 수행하였으며, 각 세대별로 100초간 로봇이 활동할 수 있도록 하였다.

그림 1, 2는 로봇 군집의 사회적 구성 속에서 행동전략의 발현을 보여주는 주요 세대수 별, 과제 난이도별 이동 경로를 나타낸다. 작은 점은 로봇 개체의 초기 위치를, 선은 이동 경로, 그리고 가운데 굵은 원은 먹이로봇의 위치를 각각 의미한다. 안전한 먹이를 대상으로 하는 경우, 무질서하고 굵직한 움직임이 나타난다. 특히 지도자 개체가 가운데에 위치한 먹이에 접근할 때, 추종자 로봇이 먹이를 향하여 지도자가 움직이지 않는 다른 경로로 보조하며 접근하는 것이 관측되었다. 한편 위험한 먹이의 경우, 타원적인 움직임이 많고 전반적으로 움직임의 양도 크지 않은 것으로 나타났다. 매우 초기에는 지도자와는 다른 방향에서 먹이에 접근하였지만 이후 일정한 거리를 유지하여 접근하였으며, 3348세대에서는 지도자의 뒤를 따르는 모습이 나타났다. 궁극적으로 오직 지도자 개체만이 사냥을 하고 다른 개체는 거의 움직이지 않았다.

그림 1. 안전한 먹이: 로봇 개체의 보다 무질서한 행동의 발현되었다.

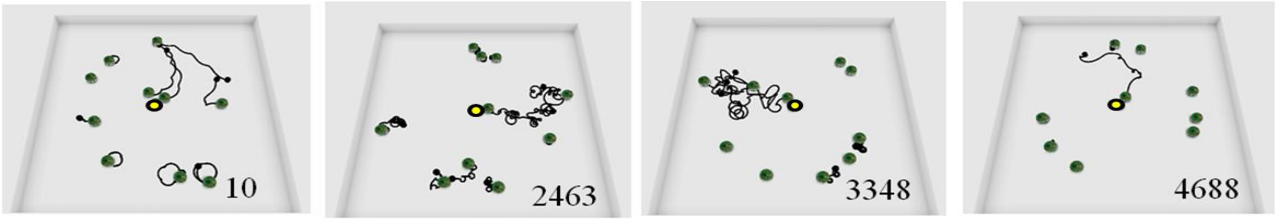

그림 2. 위험한 과제: 보다 조심스러운 행동전략이 발현되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 로봇 군집의 사회적 지위 구조의 변화에 따른 리더십 발달 양상을 살펴보았다. 활동 상황에 따라 확률적으로 지도자, 추종자, 그리고 방랑자 세 가지의 지위를 선택할 수 있도록 하였으며, 진화 신경망을 이용하여 로봇의 먹이활동을 제어하고 진화시켰다. 실험결과 어려운 과제를 수행할수록 다수의 추종자 로봇을 이끄는 소수의 지도자에게 집중적인 권력지위가 부여되었으며, 반대의 경우 리더십은 분산되고 다수의 소수집단이 치열하게 경쟁하는 현상이 나타남을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010K001173).

참고문헌

[1] D. Floreano, *et al.* "Evolutionary conditions for the emergence of communication in robots," *Current Biology*, vol. 17, pp. 514-519, 2007.
[2] S. Mitri, "The evolution of information suppression in communicating robots with conflicting interests," *PNAS*, vol. 106, pp. 15786-15790, 2009.
[3] J. Krause, *et al.*, "Leadership in fish shoals," *Fish and Fisheries*, vol. 1, pp. 82-89, 2000.
[4] J. Dyer, *et al.*, "Leadership, consensus decision making and collective behavior in humans," *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, pp.781-789, 2009.
[5] B. Nabet, *et al.*, "Leadership in animal group motion: a bifurcation analysis," *In Proc. of the 17th Int. Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems*, 2006.