

급회전을 이용한 희생자의 추격 피하기 행동 분석

이재문

한성대학교 멀티미디어공학과
jmlee@hansung.ac.kr

Analysis of Behaviour of Prey to avoid Pursuit using Quick Rotation

Jae Moon Lee

Dept. of Multimedia Engineering, Hansung University

요 약

본 논문은 동물들의 집단행동에서 나타나는 포식자-희생자 관계에서 포식자에 대한 희생자의 추격회피 행동을 분석한다. 희생자가 포식자의 추격을 피하는 하나의 방법이 인접거리에서 급회전을 하는 것이다. 그때 희생자가 추격으로부터 살아남기 위해서는 임계거리와 회전각은 매우 중요하다. 여기서 임계거리는 회전 시작 직전 포식자와 희생자 사이의 거리이다. 이러한 임계거리와 회전각을 분석하기 위하여 본 논문은 추격의 시작에서 보유한 포식자의 에너지와 추격동안 소비한 포식자의 에너지를 이용한다. 시뮬레이션을 통하여, 임계거리가 짧을수록 희생자가 추격으로부터 살아남을 수 있는 회전각은 커진다는 것과 포식자의 질량에 대한 희생자의 질량의 비율이 작아지는 경우에도 역시 회전각 커진다는 것을 알 수 있었다. 시뮬레이션 결과는 자연에서 나타나는 현상과 유사하며, 따라서 이것은 본 논문에서 분석한 방법이 옳다는 것을 의미한다.

ABSTRACT

This paper analyzes the behaviour of a prey to avoid the pursuit of a predator at predator-prey relationship to be appeared in the collective behavior of animals. One of the methods to avoid the pursuit of a predator is to rotate quickly when a predator arrives near to it. At that moment, a critical distance and a rotating angular are very important for the prey in order to survive from the pursuit, where the critical distance is the distance between the predator and the prey just before rotation. In order to analyze the critical distance and the rotating angular, this paper introduces the energy for a predator which it has at starting point of the chase and consumes during the chase. Through simulations, we can know that the rotating angle for a prey to survive from the pursuit is increased when the critical distance is shorter and when the ratio of predator's mass and prey's mass is also decreased. The results of simulations are the similar phenomenon in nature and therefore it means that the method to analyze in this paper is correct.

Keywords : Simulation(시뮬레이션), Flocking(무리짓기), Agent(에이전트), Predator(포식자), Prey(희생자), Energy(에너지)

Received: Nov. 25, 2013 Accepted: Dec. 10, 2013
Corresponding Author: Jae Moon Lee(Hansung University)
E-mail: jmlee@hansung.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

1. 서론

최근 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 게임 등에서 포식자-희생자 환경에서 동물들의 집단행동들에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 특히, 동물들의 집단 행동은 컴퓨터 시뮬레이션 분야에서 많이 연구되어 왔다[1,2,3]. 이러한 모델중의 하나인 에이전트 기반 모델은 그들의 위치에 따라 다른 에이전트와 상호 작용한다[1,4,6,7]. 이 모델에서는 일반적으로 뉴턴의 운동방정식인 힘에 대한 법칙을 사용한다. 이러한 힘은 에이전트들을 모아서 군집을 이루도록 먼 거리에서 작용하는 인력함과 다른 에이전트와 충돌하지 않도록 가까운 거리에서 작용하는 척력함이 있다[1,5]. 그 외에 원하는 속도로 앞으로 나아가게 하는 자체 추진력, 방해물을 피하는 방해물 피하는 힘 등도 제안되었다[1,2]. 더하여 무리 짓기에서는 서로 같은 에이전트들끼리 무리를 이루도록 정렬힘을 적용하기도 한다[4,8]. 이러한 모델들은 자연에서 관찰되는 무리에 대한 무리 짓기를 자연스럽게 재현하는데 성공적으로 적용되었다. 또한 이러한 연구의 결과는 보행자 제어와 같은 유사한 문제를 해결하는데도 사용된다[5].

본 논문은 기본적으로 기존의 집단행동 연구를 바탕으로 포식자와 희생자 사이에서 포식자의 에너지 제어에 대한 모델이다. 일반적으로 포식자와 희생자의 경우 포식자는 호시탐탐 희생자를 노릴 것이고 희생자는 먹이 등의 획득을 위하여 포식자 근처로 가야하나 포식자로부터 일정한 거리를 유지하려 한다. 그러나 이러한 거리에도 불구하고 포식자는 충분한 휴식으로 일정 이상의 거리를 추격할 수 있다고 판단하는 경우 희생자를 추격하기 시작할 것이다. 포식자는 희생자들을 유인하기 위하여 희생자에게 반드시 필요한 먹이나 물 등이 있는 곳을 선점하여 희생자들이 가능한 가까운 거리내로 오도록 유인한다. 반면 희생자는 먹이, 물 등의 필요로 어쩔 수 없이 포식자 주변으로 접근하여야 하나, 최대한 안전거리를 유지하려고 할 것이다. 어찌든 이러한 안전거리는 주변에 있는 포식자의

에너지 상태와 희생자의 에너지 상태에 따라 달라질 것이다. 본 논문에서는 포식자-희생자 환경에서 포식자와 희생자의 에너지 상태를 분석하고 이를 기반으로 희생자의 안전거리 확보 및 추격피하기 행동을 분석한다. 또한 시뮬레이션을 통하여 이러한 분석의 올바름도 보인다. 본 논문에서의 연구 결과는 보다 사실감 있는 게임 개발을 위한 인공지능 기술로 활용될 수 있을 것이다.

2장에서는 기존의 연구에서 제안된 포식자의 에너지 모델을 소개하며, 3장에서는 이러한 에너지 모델 하에서 희생자의 추격회피 행동을 소개하며 구현 근거를 설명한다. 4장에서는 3장에서는 행동 모델에 따라 희생자의 행동 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 논한다.

2. 포식자의 추격 에너지 모델

[9,10]에서는 포식자가 희생자를 잡기위해 포식자와 희생자간의 거리, 속도, 질량 등을 고려하여 포식자가 희생자를 쫓기 위한 필요에너지를 구했으며 시간당 소비 에너지를 구하여 포식자의 에너지 소모 모델을 제안하였다.

일반적으로 포식자가 희생자를 사냥할 때 항상 성공하는 것은 아니다. 통계적으로 포식자의 사냥 성공 확률은 많아야 30퍼센트를 넘지 못한다. 그에 대한 여러 가지 이유 중 하나는 포식자가 희생자를 쫓을 때는 최대속력으로 달러가게 되는데 최대속력으로 달릴 때는 에너지 소비가 극심하여 금방 포식자를 지치게 만들어 결과적으로 속도가 느려지게 되며 결국 멈추게 된다. 이러한 에너지 문제는 포식자와 희생자간의 추격-도망 모델에서 중요한 문제 중 하나이다. 일반적으로 포식자가 희생자를 공격하는 경우는 포식자가 희생자를 추격하기에 충분한 에너지가 있다고 판단하는 경우 희생자를 추격하기 시작할 것이다. 이 경우 포식자와 희생자는 최대속력에 도달하기 위해 최대한 힘을 사용할 것이다. 따라서 포식자의 경우 이 힘을 사용하기 위

한 에너지가 필요할 것이고, 희생자의 경우 포식자의 공격으로부터 도망가기 위해 최소한의 에너지가 필요할 것이다.

[9]에서는 포식자가 희생자를 추격하는데 필요한 에너지 $E_n(i, j)$ 를 물리적 이론을 바탕으로 다음과 같다고 제안하였다.

$$E_n(i, j) = \frac{1}{2}m_i(v_{mi}^2 - v_{oi}^2) + m_i\mu \frac{v_{mi}d}{v_{mi} - v_{mj}} + m_i\mu \frac{\beta v_{mi}v_{mj}}{2(v_{mi} - v_{mj})} \quad (\text{eq. 1})$$

여기서 i, j 는 포식자와 희생자를 의미하며, m_x, v_{mx}, v_{ox} 는 각각 x 의 질량, 최대 속도, 초기 속도를 의미하며, d 는 추격 직전 포식자와 희생자의 거리를 나타내며, μ 는 마찰계수(감속도)를 의미하며, β 는 포식자와 희생자가 정지 상태에서 최대 속도 v_{mi}, v_{mj} 에 도달하는 시간을 각각 t_{mi}, t_{mj} 라 할 때, $\beta = t_{mi} - t_{mj} (\geq 0)$ 이다. (eq. 1)에서 알 수 있듯이 현재의 속도(v_{oi})가 상당히 빨라서 $v_{mi}^2 - v_{oi}^2$ 이 작게 되면 필요한 에너지가 적게 된다. 또한 현재 포식자와 희생자의 거리가 멀면 필요한 에너지는 증가되는데 이것은 두 번째 항에 나타나 있다. 최대속도차이 ($v_{mi} - v_{mj}$)가 비슷하면 추격에 필요한 시간이 많이 들어가므로 필요한 에너지가 많이 소요될 것이다. 이것도 두 번째 항에 포함되어 있다. 마지막으로 세 번째 항은 β 값에 비례하는데 이 값이 희생자와 포식자간 최고 속도에 도달하는 시간 차이이므로 이것이 큰 경우 희생자가 훨씬 빨리 최고 속도에 도달한다는 것이므로 포식자 관점에서 더 많은 에너지가 필요하다. (eq. 1)은 포식자가 희생자를 추격하기 위한 판단을 하는데 사용될 수 있다. 즉, 포식자가 자신의 현재 에너지 상태를 의식할 수 있고, 희생자와의 거리를 측정할 수 있다면 자신이 가진 에너지와 (eq. 1)에 의하여 계산된 에너지를 비교하여 추격을 할 것인지 아닌지를 판단할 것이다.

[9]에서는 (eq. 1)과 더불어 뉴턴의 힘의 법칙에 기반하여 포식자가 추격할 때 소비되는 에너지를 계산하였다. 즉, 포식자가 일반적으로 희생자를 추격할 때 일정 시간 간격으로 자신의 에너지를 체크하고 이 에너지를 바탕으로 추격을 계속할 것인지 아니면 포기할 것인지를 결정할 것이다. 시뮬레이션에서 이러한 판단을 하기 위해서는 일정 시간 간격으로 소비된 에너지를 계산하고, 현재 보유하고 있는 에너지에서 지속적으로 삭감해 나가야 할 것이다. 다음 에너지는 포식자가 추격의 임의의 작은 구간을 이동하는데 필요한 힘이 $f_p(i, j) + m_i\mu$ 일 때 소비되는 에너지를 나타낸다.

$$E_u(i, j) = (f_p(i, j) + m_i\mu) \times (v_i\Delta t + \frac{1}{2} \frac{[f_p(i, j) + m_i\mu]}{m_i} \Delta t^2) \quad (\text{eq. 2})$$

여기서 $f_p(i, j)$ 는 [1,2,9]에서 제시한 추격 힘이다. (eq. 2)의 두 곱의 항에서 첫 번째 항은 이동에 필요한 힘이고, 두 번째 항은 이동 거리를 의미한다.

[9]에서는 상기 두 (eq. 1)과 (eq. 2)를 기초로 게임에서 포식자가 희생자를 추격하기 위하여 필요 에너지와 실제로 추격하는데 소비되는 에너지를 비교 하였다.

3. 희생자의 추격 피하기 행동

3.1 급격한 회전으로 추격 피하기

일반적으로 희생자가 포식자를 피해 도망갈 때에는 최대한 포식자가 쫓아오지 못하도록 희생자가 유리한 환경으로 도망갈 것이며 생사와 관련되어 있기 때문에 필사적일 것이다. 최대한 효율적으로 도망가기 위해서는 일정거리 안에 포식자가 접근해 온다면 희생자는 도망가는 방향에서 일정각도로 방향을 변경하면 포식자를 따돌릴 수 있을 것이다. 그 이유는 두 가지로 설명 할 수 있다. 첫 번째로

는 뉴턴의 관성의 법칙을 들어 설명 할 수 있다. 관성의 법칙은 외부에서 힘이 작용하지 않으면 운동하는 물체는 계속 그 상태로 운동하려고 하고, 정지한 물체는 계속 정지해 있으려고 한다. 뉴턴의 운동방정식인 $F=ma$ 는 기본적으로 힘과 질량과 가속도에 관한 간단한 관계를 담고 있다[10]. 우선 똑같은 힘을 주는 경우 질량이 클수록 가속도는 작아진다. 따라서 질량이 큰 경우 가속도가 작기 때문에 속도의 변화는 크지 않게 된다. 반대로 질량이 작으면 같은 힘을 줘도 속도의 변화가 크다. 그렇기 때문에 포식자보다 상대적으로 질량이 적은 희생자는 감속 및 가속에 대한 운동 상태를 더 쉽게 바꿀 수 있다는 것이다. 두 번째로는 포식자가 (eq. 1)에서 처음 추격에 필요한 에너지를 계산했던 에너지가 전보다 더 요구되어 진다는 것이다. 앞에서 설명한 운동 상태를 쉽게 바꿀 수 있다는 것은 추격자와 희생자간의 거리가 멀어진다는 것을 의미한다. 즉 처음 계산했던 필요에너지와는 차이가 생김으로 추격 에너지가 부족하게 되어 추격에 실패할 확률이 높아진다는 것이다.

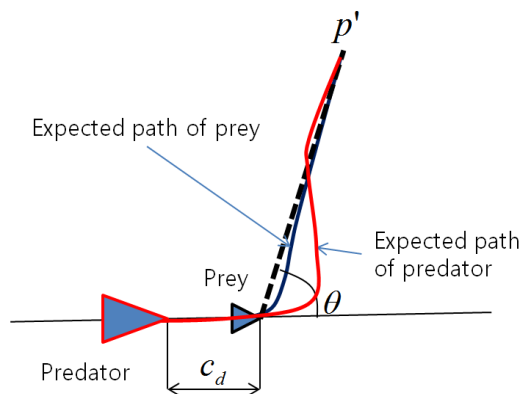
포식자는 일반적으로 희생자 보다 속도와 질량 등이 월등히 높기 때문에 순간적으로 희생자가 방향을 틀게 된다면 포식자는 희생자 보다 더 많은 에너지를 소모할 것이며 또한 회전 방향도 희생자의 회전 방향보다 작게 돌기 때문에 희생자는 도망가는 거리를 벌릴 수 있을 것이다. 본 논문에도 희생자의 추격회피 행동방식을 이와 같은 방법을 채택하였는데 이것은 자연에서 자주 관찰되는 현상이다. 포식자는 보유 에너지 량을 판단하여 추격 가능한 거리에 희생자가 위치해 있다면 희생자를 추격하게 되고 희생자는 포식자로부터 도망가기 시작한다. 그 후 희생자는 일정거리 내에 포식자가 접근하면 갑작스레 방향을 틀게 된다. 이렇게 희생자가 급격한 회전을 하기 직전 포식자와 희생자 사이의 거리를 임계거리(c_d)라 한다.

3.2 추격회피 방법 구현

본 논문에서의 연구에 대한 시뮬레이션은 [9]에

서 제공하는 자동적으로 움직이는 게임 에이전트 생성 방법에 근거하여 구현하였다. [9]에서는 뉴턴의 운동방정식을 기초로 에이전트에 대한 다양한 조종함의 계산 방법을 제안하였고, 이를 토대로 에이전트의 움직임을 제어하였다. [9,10]에서 제안한 가장 기본적인 힘이 찾아가기(Seek Force)이다.

포식자와 희생자는 기본적으로 추격힘과 도망힘을 기반으로 추격과 도망을 시작한다. 추격하기는 희생자가 t' 후에 이동할 위치를 예측한 위치로 찾아가기를 한다. 희생자의 현재 위치로 직접 추격하기를 하지 않고 예측된 위치로 추격함으로써 보다 자연스런 추격 행위가 이루어진다. 반대로 희생자의 경우는 t' 후의 포식자의 위치를 예측하여 그 위치와 가장 멀리 떨어질 수 있는 방향으로 도망한다. 이러한 추격과 도망 과정에서 [Fig. 1]에서와 같이 포식자가 희생자를 거리 c_d 만큼 추격했을 때 희생자는 추격을 회피하기 위하여 θ 만큼 회전한다고 하자. 이 경우 희생자는 θ 방향으로 충분히 먼 거리의 위치, 즉 [Fig. 1]에서 p' 지점을 선택한 후 찾아가기를 한다. 이렇게 급격하게 희생자가 방향을 틀면, 포식자도 따라서 방향을 틀어야 하는데 앞서 설명하였듯이 희생자보다 포식자가 더 많은 에너지를 소비하게 되고, 포식자와 희생자의 거리도 다시 어느 정도 늘어나게 된다. 희생자 관점에서 c_d 거리 이상 거리를 벗어나면 다시 도망하기로 전환한다.



[Fig. 1] Behaviour for prey to evade

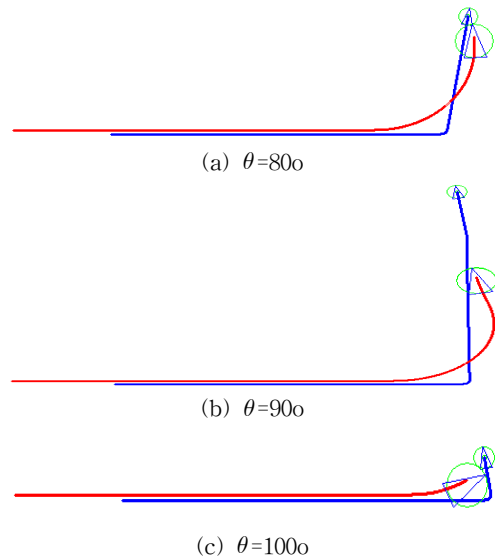
4. 시뮬레이션을 이용한 행동 분석

실험을 위하여 포식자-희생자 환경을 구현하였다. 구현 및 시뮬레이션은 운영체제로 윈도우즈7 상에서 수행되었고, 개발 언어로는 C++를 사용하였다. 또한 “찾아가기”, “달아나기”, “추격하기” 및 “도망가기”는 [2]에서 제공하는 알고리즘을 그대로 사용하였다. 실험은 물리적 이론의 기초로 구해진 포식자의 필요 에너지와 추격에 따른 소비 에너지 그리고 희생자의 필요에너지와 도망 또는 찾아가기에 대한 소모 에너지를 통하여 추격, 도망의 성공 여부를 확인하는 것이 이 실험의 목적이다.

실험에서는 한 마리의 포식자와 한 마리의 희생자만 존재한다고 가정하였고, 이들은 2D 공간에서 움직이는 것으로 시뮬레이션 하였다. 포식자가 희생자를 추격하기 위해서는 희생자를 따라 잡을 수 있는 충분한 에너지가 있다고 판단할 때 추격하며 희생자는 포식자가 자신에게 위협을 느낄만한 거리에 접근함을 알게 된다면 도망갈 것이다. 이는 실제로 포식자나 희생자가 경험적으로 알 수 있는 사항이다. 추적이 시작되면 이들은 주변의 다른 포식자나 다른 희생자의 영향이 없으므로 포식자는 희생자의 방향으로만 추격하고, 희생자는 포식자의 반대 방향으로 달아나게 되며 일정거리 반경 안에 포식자가 접근하는 경우 원하는 방향의 무한대만큼의 목표지점으로 이동하여 포식자를 따돌리거나 포획된다. 이 때 일정거리 반경 밖으로 벗어나지 못하고 포식자가 희생자를 충분히 따라잡을 만한 에너지가 남아 있다면 희생자는 결국 무한대만큼의 목표지점을 향해 이동하다 포식자에게 잡히고 말 것이다. 반대로 포식자가 희생자를 충분히 따라잡을 만한 에너지가 남아있지 않다면 희생자는 도망에 성공하게 될 것이다. 실험에 대한 기본 환경으로 실제 자연 환경과 비슷하게 하기 위해 포식자는 사자, 희생자는 포식자가 충분히 개인사냥 가능한 임의의 한 개체라고 가정하여 개체의 평균에 대한 크기, 질량, 최대속도 등을 일정비율로 곱하여 결정하였다. 시뮬레이션에서 10 픽셀을 1m 크기로

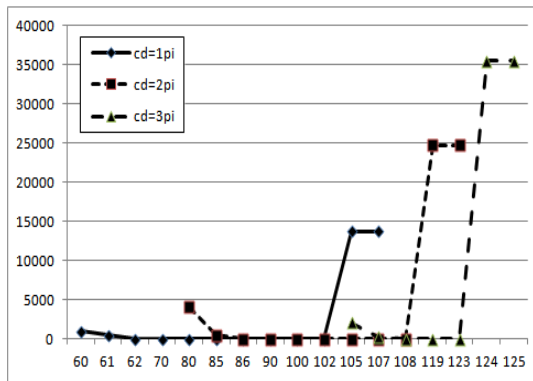
설정하였다. 사자의 평균 크기가 약2m이고 최대 초속 13.8m 달린다고 할 수 있으므로 사자의 크기는 20픽셀이 하고, 최대 속도는 138픽셀/sec로 하였다. 사자의 질량은 175kg으로 하였다. 일반적으로 포식자는 희생자를 사냥할 때 크기, 질량, 최대 속도, 최대 힘이 열후하기 때문에 희생자의 질량 및 크기는 포식자의 질량 및 크기의 $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$ 비율로 설정하였고, 희생자의 최대속도는 포식자의 최대 속도의 $\frac{4}{5}$ 비율로 설정 하였다. 실험에서 p_i 를 포식자의 크기라고 하고, c_d , θ 를 [Fig. 1]에서와 같이 각각 임계거리 및 회전각이라 한다.

실험은 c_d 와 θ 를 매개변수 각각 어떤 값에서 희생자가 추격을 피할 수 있는지 실험적으로 알아본다. 이 실험에서 포식자는 추격에 필요한 최소에너지 즉, (eq. 1)의 에너지를 가지고 있다고 가정하고, 희생자의 경우 무한대의 에너지를 가지고 있다고 가정한다. 거리 c_d 의 p_i 단위는 포식자 크기만큼의 거리를 의미 한다.



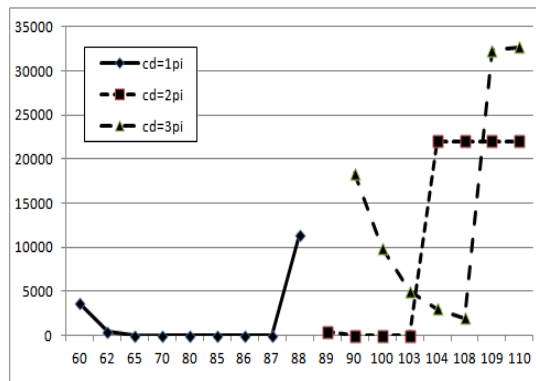
[Fig. 2] Path of Predator and Prey According to θ

첫 번째 실험은 포식자가 희생자를 추격할 때 [Fig. 1]과 같이 포식자와 희생자의 이동 경로를 관찰하는 것이다. 이러한 경로는 회전 임계거리와 회전각에 따라 달라질 것이며 또한 희생자 관점에서 추격을 피하기도 하고 결국 포획되기도 할 것이다. [Fig. 2]는 시뮬레이션 결과를 보인다. 여기서 임계거리 c_d 는 $1p_i$ 라 하였다. 그림에서 큰 삼각형은 포식자를 나타내며 작은 삼각형은 희생자를 나타낸다. 또한 붉은색 선은 포식자의 이동 경로를 의미하며, 파란색 선은 희생자의 이동 경로를 의미한다. [Fig. 2](a)의 경우는 회전 각도가 80도인 경우이다. 그림에서 볼 수 있듯이 80도인 경우는 회전각이 너무 작아 얼마가지 못하여 희생자가 포획되는 경우이다. 즉, 회전의 효과가 없는 현상이다. 반대로 [Fig. 2](b)의 경우는 회전각이 90도인 경우인데 그림에서 포식자는 더 이상 에너지가 부족하여 정지한 상태이고 희생자는 계속하여 도망을 가고 있는 상태이다. [Fig. 2](b)의 상단 부분에서 희생자의 경로가 약간 꺾인 이유는 희생자가 포식자와 거리가 $1p_i$ 이상이면 다시 도망가기 모드로 전환되었기 때문이다. [Fig. 2](c)는 [Fig. 2](a)와 반대의 경우이다. 이것은 희생자가 너무 큰 각으로 회전하였기 때문에 회전하면서 포획되는 현상이다. [Fig. 2]에서 볼 수 있듯이 희생자의 추격피하기 행동은 임계거리와 회전각에 따라 그 결과가 달라짐을 알 수 있다.



[Fig. 3] Results of experiments with $m_i/m_j=10$

[Fig. 3]은 희생자와 포식자간의 질량 및 크기가 10:1, 최대속도가 5:4 비율일 때의 실험결과이다. 먼저 실험 환경으로 추격자가 희생자를 추격하기 시작하여 두 에이전트 모두 최대 속도에 도달한 상태이다. 여기서 임계거리가 $1p_i$, $2p_i$, $3p_i$ 일 때 회전각에 따른 포식자의 에너지를 측정한 것이다. 이때 포식자의 에너지가 남아 있다는 것은 포식자가 희생자의 포획에 성공하였다는 것을 의미하며, 반대로 포식자의 에너지가 없다는 의미는 희생자가 추격 회피에 성공하여 무사히 살아남았다는 것을 의미한다. 임계거리가 $1p_i$ 일 때를 분석해 보면 회전각이 60도~102도 사이의 포식자 에너지 값이 0이다. 즉, 이러한 각도에서만 희생자가 살아남을 수 있다는 것이다. $2p_i$ 및 $3p_i$ 인 경우는 각각 86도~108도, 108도~123도에서 희생자가 추격에 회피하는 것을 관찰할 수 있다. [Fig. 3]의 결과를 보면 $1p_i$, $2p_i$, $3p_i$ 일 때 각각의 회전각의 범위를 보면 42도, 22도 및 15도이다. 즉, 임계거리가 가까울수록 살아남을 회전각의 범위가 넓어진다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 자연에서 발견되는 현상과 매우 유사하다고 하겠다.



[Fig. 4] Results of experiments with $m_i/m_j=5$

[Fig. 4]는 희생자와 포식자간의 질량 및 크기가 5:1, 최대속도가 5:4 비율일 때의 실험결과 테이블이다. 임계거리는 [Fig. 3]의 환경과 동일하다. 실험 결과를 분석해 보면 임계거리가 $1p_i$, $2p_i$ 인 경

우 희생자가 살아남을 회전각은 각각 65도~87도, 90도~103도이고 임계거리가 $3p_i$ 인 경우에는 살아남을 수 있는 회전각이 없다. 즉, 이 경우에는 살아남기 위해서는 보다 더 근접거리까지 버틴 후 회전하여야 한다는 것을 의미한다. [Fig. 4]에서 나타난 희생자가 살아남을 수 있는 회전각의 범위는 $1p_i, 2p_i, 3p_i$ 일 때 각각 22도, 13도, 0도이다. 임계거리가 길면 회전각의 범위가 좁아진다는 것은 [Fig. 3]의 결과와 동일하다. 그러나 [Fig. 3]의 결과와 비교할 때 각 임계거리별 살아남을 회전각의 범위가 반 이상으로 줄어든 것을 볼 수 있다. 이것은 3장에서 설명하였듯이 $F=ma$ 이고, 이러한 힘을 얻기 위하여 소비하여야 하는 에너지가 이 힘에 비례하므로 질량의 비가 큰 경우인 [Fig. 3]의 경우는 희생자에 비하여 포식자의 에너지가 더 많이 소비되고, [Fig. 4]의 경우는 [Fig. 3]에 비하여 상대적으로 희생자에 비하여 포식자의 에너지가 덜 소비되기 때문이다. 질량의 비율에 따른 이러한 현상도 우리가 물리적으로 쉽게 이해되는 현상이다.

5. 결 론

본 논문에서는 포식자가 희생자를 추격할 때 희생자가 추격을 회피하기 위한 행동을 분석하였다. 또한 포식자의 에너지 상태에 따라 희생자의 추격 회피 행동의 성공 여부를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 희생자가 자신이 가진 에너지가 충분하다는 것을 이용하여 포식자가 일정 거리 이내로 접근하면 급격히 회전함으로써 포식자의 에너지 소비를 촉진시키고 궁극적으로 에너지를 과도하게 소비한 포식자의 추격을 회피하는 행동을 분석한 것이다. 분석은 포식자와 희생자의 임계거리와 희생자의 회전각에 따라 추격회피의 성공 여부를 시뮬레이션을 통하여 파악하는 것이다. 분석 결과 임계거리가 짧거나 질량의 비율이 커면 희생자의 살아남을 회전각의 범위가 넓음을 관찰할 수 있었다.

실험을 통하여 분석 결과가 자연에서 나타나는

현상과 유사함을 볼 수 있었다. 컴퓨터 게임, 컴퓨터 그래픽을 이용한 영상 콘텐츠 등에서 사실감에 대한 요구는 급격히 증가하고 있다. 본 연구의 결과도 동물들의 집단행동에서 발생하는 포식자와 희생자의 관계를 사실감 있게 표현하여야 하는 게임 등에 인공 지능 기술로 사용할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was financially supported by Hansung University.

REFERENCES

- [1] Reynolds, C. W., "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model", SIGGRAPH, 21(4), pp. 25-34, 1987.
- [2] Mat Buckland, "Programming Game AI by Example", ISBN 1556220782, Wordware Publications, 2005.
- [3] Gianluigi Folino, Agostino Forestiero, Giandomenico Spezzano, "An adaptive flocking algorithm for performing approximate clustering", Inf. Sci., 179(18), pp. 3059-3078, 2009.
- [4] Jae Moon Lee, "An Efficient Algorithm to Find k-Nearest Neighbors in Flocking Behavior", Information Processing Letters, pp. 576-579, 2010.
- [5] Xiaoyuan Luo, Shaobao Li, Xinpeng Guan, "Flocking algorithm with multi-target tracking for multi-agent systems", Pattern Recognition Letters, pp. 800-805, 31, 2010.
- [6] Vladimir Zhdankin and J. C. Sprott, "Simple predator-prey swarming model", PHYSICAL REVIEW E 82, 056209-1~7, 2010.
- [7] Dal-ho Cho, Yong ho Lee, Jin Hyung Kim, So-Young Park and Dae-Woong Rhee, "NPC Control Model for Defense in Soccer Game Applying the Decision Tree Learning Algorithm", Journal of Korea Game Society,

v.11, no.6, pp.61-70 , 2011.

- [8] Sung Hyun Cho and Jae Moon Lee, “Group Behavior Simulation of Multi-Agents by Using Steering Forces in an Enclosed Space”, Journal of Korea Game Society, v.11, no.1, pp.111-120, 2011.
- [9] Jae Moon Lee, Young Mee Kwon, “A Model of Pursuing Energy of Predator in Single Predator-Prey Environment”, Journal of Korea Game Society, v.13, no.1, pp.41-48, 2013.
- [10] Seong Kyu Lim, Se Young Jeon, Jun Min Park, Jae Moon Lee, Kitae Hwang, “Analysis of Behaviors for Prey to Evade”, Proc. of Korea Game Society, Autumn, 2013.



이재문 (Lee, Jae Moon)

1986년 한양대학교 전자공학과(학사)
1988년 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)
1992년 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사)
1994년-현재 한성대학교 멀티미디어공학과 교수

관심분야 : 기계학습, 게임프로그래밍, 감성컴퓨팅
