

퍼지 플로킹 기반의 보이드 행동 모델링

Boids' Behavioral Modeling based Fuzzy Flocking

권일경*&**, 이상용**

Il-Kyoung Kwon and Sang-Yong Lee

* 한국표준과학연구원 인간정보그룹

** 공주대학교 컴퓨터공학과

요 약

컴퓨터 게임은 보이드들의 군집 행동 모델링을 위하여 플로킹이라는 지능적인 기법을 사용하고 있다. 플로킹은 약간의 컴퓨터 자원만을 이용하여 조류나 물고기와 같은 예측할 수 없는 형태의 군집 행동 패턴을 자연스럽게 모델링할 수 있다. 본 논문에서 우리는 사실적인 수중 생태계 군집 행동 모델링을 위하여, 포식자 및 먹이로 구성되는 생태계를 구현하였다. 또한 퍼지 논리를 생태계 요소들의 본능적인 욕망을 구현하기 위하여 적용하였다. 그 결과 본 모델은 생태계의 파괴를 극복하고, 자연스럽게 생태계 행동을 모델링할 수 있다는 것을 확인하였다.

Abstract

Computer games use an intelligent method called flocking for boids' group behavioral modeling. Flocking can naturally model group behavioral patterns of unpredictable forms such as birds and fishes using some computer resource. In this paper, we implemented an ecosystem which is composed of predator and prey for group behavioral modeling of real underwater ecosystem. Also fuzzy logic is applied to implement instinct desire of ecosystem elements. As the result, we confirmed that the model can overcome breakdown of ecosystem and model naturally ecosystem behavior.

Key words : game, boid, flocking, fuzzy logic, group behavioral modeling

1. 서 론

온라인 게임의 등장은 수많은 게임 개발자들에게 더 이상 인간 플레이어를 상대할 지능적인 게임 제작에 열중하지 않아도 된다는 잘못된 생각을 갖게 하였다. 그 이유는, 현재까지 혼자 컴퓨터 플레이어와 상호 작용하며 즐기며 만족해야 했던 게임을 온라인을 통해 인간 플레이어와 직접 즐길 수 있게 됨으로써 더 이상 지능적인 컴퓨터 플레이어가 필요하지 않다고 여겼기 때문이다. 그러나 게임이 멀티플레이 성격을 갖추수록 인공지능의 필요성은 더욱 크게 자리 잡기 시작하였으며 이제는 지능적이지 못한 게임은 외면 받는 실정이 되었다. 특히 최근에 유행하는 장르인 온라인 RPG(Role Playing Game)에서 NPC(Non Player Character) 및 보이드(boid)들의 인간과 상호 작용하는 움직임은 다양한 지능적인 면을 갖추기 시작하였다. 더불어 이러한 게임 요소들은 인공생명이라는 예측 불가능한 인간과 같은 생명체의 인지적 모습과 행동 그리고 신체를 진화적인 측면에서 묘사하거나 모방하기 위한 방법을 통해 게임에 적용되기 시작하였다.

본 연구에서는 온라인 게임에 등장하는 수많은 보이드들의 자연스러운 생태계 행동 모델링을 수행한다. 특히 수중 보이드들의 예측 불가능한 군집행동을 모델링 하기 위하여 몇 가지 간단한 조타 행동 규칙만으로 군집행동을 모델링하

는 플로킹(flocking)을 적용한다. 플로킹은 약간의 컴퓨터 자원만으로도 성공적인 군집행동을 모델링할 수 있는 이점을 제공함으로써, 지능적인 군집행동 모델이 필요한 게임에서 매우 효과적으로 적용될 수 있다.

또한 플로킹에서 보이드들에게 생명체의 본능적인 욕구를 부여함으로써 생태계의 먹고 먹히는 관계를 모델링할 수 있다. 그러나 이러한 욕구 부여는 자칫 포식자가 모두 굶어죽는 등의 생태계 파괴를 가져올 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위한 본능적 욕구를 조절할 수 있는 퍼지 논리를 모델링하고 이를 플로킹에 도입함으로써 생태계의 먹이 사슬 구조의 파괴를 효과적으로 개선하며 자연스럽게 동작하는 보이드의 군집 행동 모델링을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 플로킹

플로킹은 일종의 무리를 모델링하는 기법으로 1987년 Reynolds가 처음으로 발표하였다. 플로킹의 아버지로 불리는 Reynolds는 조타 행동이라 불리는 그림 1의 세가지 간단한 기본 규칙들과 회피 규칙을 추가 적용하여 보이드라고 불리는 존재들이 생태계에 존재하는 생물과 유사한 집단행동 패턴을 취하게 됨을 보여주었다[1,11].

접수일자 : 2003년 12월 9일

완료일자 : 2004년 3월 8일



그림 1. 플로킹 기본 규칙(분리, 정렬, 응집)

- 분리 : 주변 보이드들과 충돌하지 않도록 방향 전환
- 정렬 : 주변 보이드들과 같은 방향을 가리키도록 함
- 응집 : 주변 보이드들과 평균 위치 쪽으로 방향 전환

회피(Avoidance) 규칙은 천적 장애물 및 지형 장애물로 인해 충돌이 발생할 경우를 대비한 조타 행동 규칙이다. 그림 2와 같이 천적 장애물과의 충돌을 피하기 위해 장애물 근처에서 군집들이 자연스럽게 작은 군집들로 나뉘어 흩어지며 이렇게 떨어지나간 보이드들은 서서히 다른 주변 보이들과 다른 군집을 형성하게 된다[2,11].

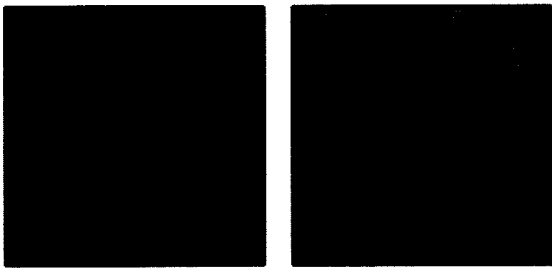


그림 2. 수중 생태계의 천적 장애물이 존재하는 플로킹

대부분의 게임에서 등장하는 NPC 및 보이드들의 행동은 FSM(Finite State Machine)에 의해 모델링된다. 그러나 플로킹은 매번 이동 갱신 사이에서 정보를 유지할 필요가 없는 알고리즘을 사용함으로써, FSM과 같은 자신에 대한 정보를 계속 지니고 다니게 하는 경우보다 메모리를 덜 소비하게 만들고 좀더 실시간으로 반응하도록 만들 수 있다. 플로킹의 이러한 특징은 인공지능 구현에 많은 자원을 할당하기 어려운 게임 장르인 RPG 및 RTS(Real Time Strategy)의 유닛 대형 유지 문제와 자연 유닛 등의 사실적 행동 구현에 유용하게 사용한다[8, 9].

2.2 퍼지이론 및 FFL

컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 애매한 표현도 처리할 수 있어야 한다. 이러한 인간의 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적인 바탕을 제공하는 것이 퍼지 이론이다. 퍼지 이론은 애매하게 표현된 자료를 유용한 자료로 만들기 위해서, 퍼지 집합, 퍼지 논리, 퍼지 관계등의 개념을 포함하고 있으며 수학적인 계산 방법도 잘 개발되어 있다[3].

예를 들어, 그림 3과 같이 게임에서의 퍼지 논리는 NPC의 포만감과 같은 감정을 흉내내는 데 사용할 수 있다. 게임의 NPC가 단순히 “배고픔” 과 “배부름”의 느낌을 가지는 것이 아니라, “매우 배고픔”, “조금 배부름” 등의 애매한 감정을 가질 수 있게 한다.

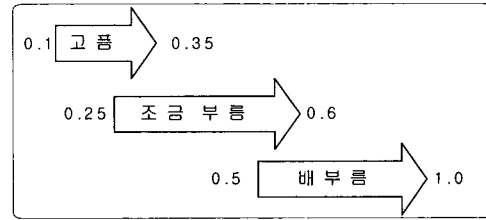


그림 3. NPC의 포만감을 나타내는 퍼지 값

퍼지 논리는 의사 결정과 행동 선택을 포함한 유연한 게임 인공지능 시스템의 구현에 유용하게 쓰이는 등 게임 개발에 적합한 많은 특성들을 가지고 있으나, 다음과 같은 성능상의 문제들도 존재한다. 특히 퍼지 집합의 개수가 늘어남에 따라 제어구조(if-then문)도 지수적으로 늘어나게 되며 퍼지 논리의 체계가 느려지거나 이해 및 유지보수가 어려워지게 된다. 하지만 이러한 단점을 극복하기 위하여 FFL(Free Fuzzy Logic Library)과 같은 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

FFL은 오픈소스 퍼지 논리 클래스 라이브러리이며, 비디오게임과 같은 제한된 자원과 속도가 중요한 어플리케이션을 위해 최적화된 API이다. FFL은 lookup 테이블을 작성하기 위해 약간의 메모리를 할당하는 설계 구조를 사용하므로 매우 빠른 수행이 가능하며 일반적인 삼각형 모양의 소속 함수뿐만 아니라 사다리꼴 모양, S자 모양 등 다양한 형태의 소속 함수를 사용할 수 있으며, 본 연구에서는 삼각형 모양과 사다리꼴 모양을 사용하였다. 또한 퍼지 모델의 생성은 FFL의 익스포트된 클래스를 사용하여 작성할 수 있으나, 일반적인 퍼지 제어언어인 FCL을 사용하여 생성한다. FFL은 BSD 오픈소스 라이선스 하에서 발표되어, 바이너리 및 소스코드의 자유로운 사용과 재배포를 허가한다[4, 6].

3. 수중 생태계 행동 모델링

생태계의 행동 모델링을 위해 먼저 수중 생태계에서 나타날 수 있는 보이드 행동 규칙을 정의하고 이에 맞춰 포식자와 먹이관계에서 발생하는 생태계 보이드들의 본능적 행동을 모델링한다.

3.1 생태계 행동 모델링 규칙

생태계의 행동 모델링을 위한 새로운 규칙을 추가하여야 한다. 플로킹을 위한 규칙은 군집을 이루기 위한 규칙일 뿐이며 생존을 위해선 새로운 규칙을 도입하여야만 한다. 따라서 단순한 형태의 보이드 행동 모델링에 새로운 규칙인 “생존”을 추가함으로써 생태계에서 볼 수 있는 본능적인 보이드 행동을 모델링 한다. 생존 규칙은 먹이가 보이면 먹이 방향으로 향하고 천적이 보이면 회피한다는 단순한 원리이지만, “회피” 규칙과는 다르게 천적 관계의 움직이는 장애물을 만날 경우 효과적으로 작동한다. 특히 생존을 위해서 보이드는 필사적으로 먹이 탐색을 하며 사냥에 나서야 한다. 하지만 배고프지 않을 때 이유없이 빠르게 움직이는 것은 그리 좋은 행동이 아니며, 먹이 관계의 보이드 역시 근처에 적이 없을 때 빠르게 움직일 필요는 없다.

생존 규칙을 적용하더라도 포식자가 반드시 먹이를 사냥한다는 보장은 없다. 장애물이 많은 지형의 장애물 근처에서 먹이 사냥이 이루어질 경우 장애물을 피하다 목표한 먹이를

놓치는 경우가 발생할 수 있다.

3.2 보이드들의 생태계 관계

생태계는 다양한 종류의 생물체들이 물, 공기, 토양을 근거로 물과 산소 그밖에 영양분을 섭취하고 환경에 적응하며 살아가는 생명 유지 체계를 뜻한다. 생태계를 유지하기 위한 조건 중 가장 중요한 것이 환경과 먹이사슬이며, 이것이 깨질 경우 더 이상의 생태계를 유지하는 것은 힘들다. 먹이 사슬은 다양한 종류의 생물체들이 서로 쫓고 먹고 먹히며 그 개체 수를 적당하게 유지하는 것이 가장 중요하다.

본 연구에서는 수중 생태계 구조의 최상위에 속하는 포식자1과 중간 포식자2 및 최하위에 속하는 먹이 보이드를 설정하여 생태계 먹이 사슬을 표현한다.

플로킹에서 보이드의 이동속도와 시야는 매우 중요하다. 빠른 속도가 너무 빠르거나 시야가 너무 좁아 군집이 분리되기도 한다. 따라서 적당한 군집을 이룰 수 있는 시야와 속도를 조절하는 것이 필요하다. 만약 하나의 먹이 보이드가 포식자에게 쫓겨 빠르게 도망칠 경우, 먹이 보이드는 군집으로부터 떨어져 나와 포식자 보이드를 피해 홀로 도주하는 경우가 발생한다. 포식자보이드는 항상 먹이 보이드 보다 빠르며 멀리 볼 수 있다. 따라서 먹이 보이드는 포식자 보이드가 근처에 있을 경우 언제든 먹힐 수 있다.

그림 4에 보이드의 일반적인 시야 (a)와 장애물 지형에서의 시야 (b)가 나타나 있다. (b)의 경우처럼 장애물 지형에서 먹이 보이드가 장애물 지형 뒤에 있거나 뒤로 숨어버릴 경우, 포식자 보이드가 먹이 보이드를 인식하지 못하거나 사냥에 실패하는 경우가 발생한다[7].

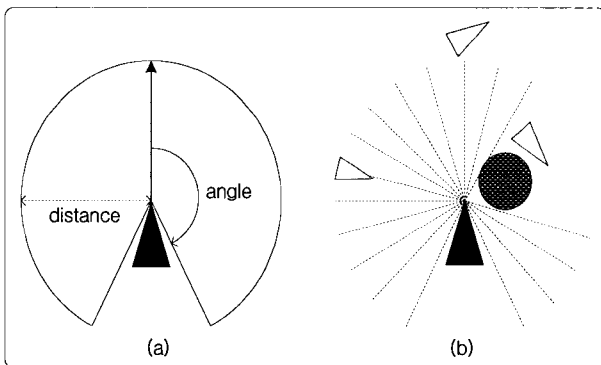


그림 4. (a) 보이드의 시야. (b) 장애물지형과 시야

표 1과 같이 최상위 포식자1은 포식자 2만을 먹이로 취하며 먹이의 경우 생태계의 최하위 군집에 속하고 그 개체 수는 임의 재생 방법을 통해 조절된다. 물론 포식자 역시도 새끼를 낳는 방법으로 임의 재생이 이루어져야만 생태계가 파괴되지 않는다. 하지만 한번 멸종된 포식자 보이드를 다시 재생시키는 것은 전혀 사실적이지 못하므로 더 이상 재생시키지 않는다.

표 1. 먹이사슬 모델링

	포식자1	포식자2	먹이
이동속도	평균속도 이상	평균속도	평균속도 이하
시야	평균시야 이상	평균시야	평균시야 이하
먹이	포식자2	먹이	먹히기만 함

3.3 생존을 위한 제어 변수

보이드들 간의 먹고 먹히는 관계를 만들기 위해 “식욕”에 대한 제어 변수가 필요하다. 식욕은 살기 위해 반드시 필요한 생존 본능 중 한가지이다. 포식자는 배가 고파지면 언제나 근처의 먹이 보이드를 사냥할 수 있다. 하지만 하나의 보이드가 수십마리의 먹이 보이드들을 순식간에 먹어치울 경우, 전혀 사실적이지 못하므로 이러한 문제를 해결하기 위해 보이드들의 “식욕” 욕구 수준을 나타내는 멤버 변수를 추가하여 일정 시간이 흐르면 감소하는 형태로 구현한다. 식욕은 0과 100사이의 값을 가지며, 0일 때 식욕이 가장 왕성(가장 배고픈 상태)해진다. 특히 포식자 보이드들은 식욕과 먹이 보이드와의 거리변화, 포식자 보이드 자신의 속도에 의해 모델링된다.

먹이 보이드들은 포식자 보이드로부터 잘 도망칠 수 있어야 한다. 먹이 보이드가 포식자 보이드로부터 잘 도망치기 위해서는 포식자 보이드의 속도와 움직임에 따른 거리 변화에 민감하게 동작할 수 있어야 한다. 그러기 위해 포식자 보이드와의 거리와 자신과의 거리변화, 그리고 자신의 속도를 이용하여 모델링한다. 그러나 아주 빠르고 매우 굶주린 포식자 보이드로부터 완벽하게 회피하는 경우는 매우 드물 것이다.

4. 퍼지 제어

생태계에 존재하는 포식자 보이드와 먹이 보이드의 자연스러운 행동 모델링을 위해 퍼지 논리를 적용한다. 특히 보이드들의 “식욕”과 “생존” 본능 표현에 퍼지 논리를 적용하여 보다 현실적인 보이드 행동 패턴을 구현한다.

4.1 포식자 보이드 행동 시나리오 모델링

수중 생태계 행동 모델링을 위한 포식자 퍼지 논리 모델링을 위하여 다음의 두 가지 사항(언어적 변수)을 고려한다.

- 포식자 보이드 자신과 먹이 보이드 사이의 “거리 변화 (Distance)”
- 포식자 보이드 자신의 “식욕(Appetite)” 정도

앞서 고려된 사항에 의해 표 2와 같은 포식자 보이드가 가질 수 있는 퍼지 규칙을 얻을 수 있다. “식욕(Appetite)”과 “거리 변화(Distance)”에 의한 포식자 보이드의 “속도(Speed)”의

표 2. 포식자의 행동 시나리오 규칙 테이블

		거리 변화				
		F_D	D	L	I	F_I
식욕	F	급감속	급감속	감속	감속	유지
	V_G	급감속	감속	감속	유지	가속
	G	감속	감속	유지	가속	가속
	P	감속	유지	가속	가속	급가속
	V_P	유지	가속	가속	급가속	급가속

변화라는 5행 5열의 25개 평가 규칙을 갖는 행동 퍼지 집합이 정의된다.

표 2의 거리 변화 및 식욕과 관계된 평가 규칙 표현의 의미는 표 3, 표 4, 표 5에 정의된 개별적인 퍼지 집합을 참고하기 바란다.

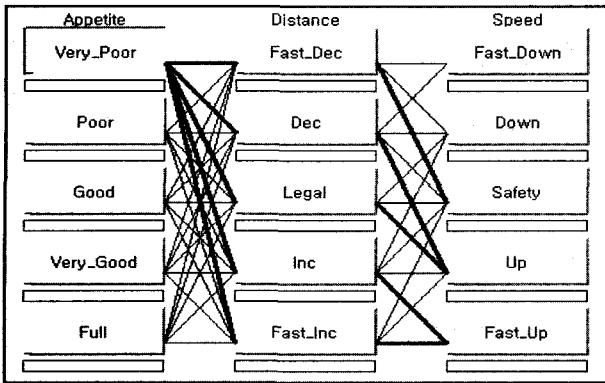


그림 5. 포식자의 행동 시나리오 규칙 맵

그림 5의 짙은 색의 선은 현재 포식자 보이드가 매우 배고픈 상태에서 먹이 보이드와의 거리 변화에 따른 자신의 속도를 나타내며, 표 3의 규칙 테이블을 맵 형태로 변환한 것이다.

표 3, 표 4, 표 5는 그림 5의 규칙들을 설명하는 변수들로부터 개별적인 퍼지 집합을 만들어낸 것이다. 집합 모두 삼각형과 사다리꼴 형태의 일반적인 소속 함수를 사용하였다.

표 3. "식욕" 퍼지 집합 정의

"식욕"	퍼지 집합
Very_Poor(V_P)	먹이 75~100 정도 섭취 가능
Poor(P)	먹이 15~45 정도 섭취 가능
Good(G)	먹이 35~65 정도 섭취 가능
Very_Good(V_G)	먹이 55~85 정도 섭취 가능
Full(F)	먹이 0~25 정도 섭취 가능

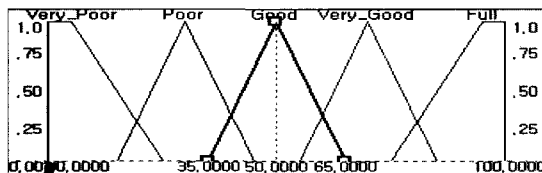


표 4는 포식자 보이드와 먹이 보이드 사이의 거리 변화로, 만약 포식자 보이드가 전혀 식욕이 없을 경우 사냥할 필요가 없으므로 먹이 보이드와의 거리 변화를 오히려 줄이도록 모델링 한다.

표 4. "거리변화" 퍼지 집합 정의

"거리 변화"	퍼지 집합
Fast_Dec(F_D)	보이드 속도 반(-) 수준
Dec(D)	0보다 작음
Legal(L)	0 정도
Inc(I)	0보다 큼
Fast_Inc(F_I)	보이드 속도 반(+) 수준

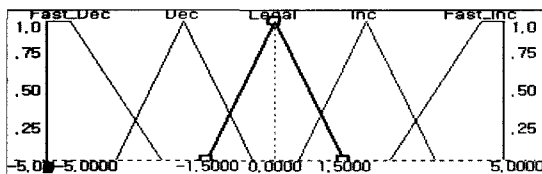
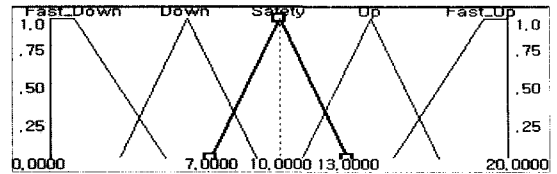


표 5. "속도" 퍼지 집합 정의

"속도"	퍼지 집합
Fast_Down(급감속)	속도를 반으로
Down(감속)	현재속도의 반 정도 감속
Safety(유지)	아무것도 행동하지 않음
Up(가속)	현재속도의 반 정도 가속
Fast_Up(급가속)	속도를 두배로



이제 만들어진 하나의 퍼지 제어 시스템은 비퍼지화 방법을 통해 최종적인 결과를 얻을 수 있다. 비퍼지화 방법에는 무게 중심(Center of Gravity)법과 최대 값 평균(Mean of Maximum)방법이 있으며 FCL을 이용하여 퍼지 모델을 작성하였기 때문에 간단하게 결과값을 비교할 수 있었다.

4.2 먹이 보이드 행동 시나리오 모델링

먹이 보이드의 먹이지 않기 위한 퍼지 행동 모델링을 위하여 다음과 같이 두 가지 사항을 고려한다.

- 먹이 보이드 자신과 포식자 보이드 사이의 "거리"
- 먹이 보이드 자신과 포식자 보이드 사이의 "거리 변화"

먹이 보이드는 포식자 보이드가 다가올 경우 더욱 빠르게 회피하여야 할 수 있다. 그러나 매우 굶주린 포식자 보이드에게 쫓길 경우 살아남 가능성은 매우 희박해진다.

포식자 보이드의 먹이 행동 시나리오 모델링과 마찬가지로 5행 5열의 규칙 테이블이 존재하며 그림 6과 같은 규칙 맵을 얻을 수 있었다.

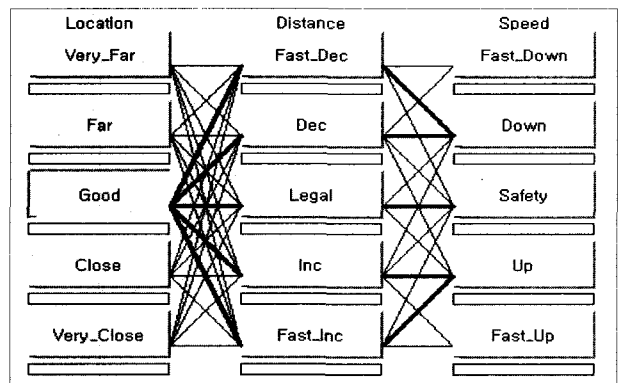


그림 6. 먹이 행동 시나리오 규칙

표 6은 그림 6의 규칙을 설명하는 포식자 보이드와 먹이 보이드 사이의 거리와 관계된 퍼지 집합을 나타낸다.

표 6. "거리" 퍼지 집합 정의

"거 리"	퍼지 집합
Very_Far	포식자의 평균시야 이상 거리
Far	포식자의 평균시야 정도 거리
Good	자신의 평균시야 이상 거리
Close	자신의 평균시야 정도 거리
Very_Close	자신의 평균시야 이하 거리

포식자 보이드와 마찬가지로 먹이 보이드의 퍼지 제어 모델링을 수행하였다. 먹이 보이드의 퍼지 제어 모델링이 완성됨으로써 플로킹 기반의 포식자 보이드와 먹이 보이드간의 쫓고 쫓기는 관계를 군집 행동 모델링을 통하여 표현하였다. 특히 먹이에 관심이 없는 배부른 포식자로부터 회피에 성공할 가능성을 높일 수 있어 포식자의 의도와는 관계없는 남획을 방지할 수 있다.

5. 실험 방법 및 결과

실험은 Pentium IV, 2.0GHz 환경의 마이크로소프트 윈도우즈 XP에서 Visual C++을 사용하여 진행하였으며, 3D 렌더링을 위해 Direct 3D를 사용하였다. 또한 플로킹 기법의 생명인 적은 자원 소모와 더불어 빠른 속도를 유지하기 위하여 오픈소스 퍼지 논리 클래스 라이브러리(FLL : Free Fuzzy Logic Library)를 사용하여 실험하였다[4]. 그리고 포식자와 먹이의 퍼지 모델을 생성하기 위하여 퍼지 제어 언어(FCL : Fuzzy Control Language)를 이용하였다.

그림 6은 포식자의 행동을 하나의 퍼지 모델로 생성하기 위한 FCL을 보여준다. FUZZIFY 블록에 두 개의 입력으로 Appetite와 Distance가 있으며 출력으로 Speed가 있다. RULEBLOCK엔 앞서 생성한 규칙들이 상술되어 있다. 마찬가지로 먹이의 FCL엔 입력인 Location과 Distance가 있으며 출력은 Speed이다. 또한 FCL에서는 DEFUZZIFY방법을 상술 하였으며 무게중심법과 최대 값 평균법을 번갈아 적용하여 테스트하였다[5].

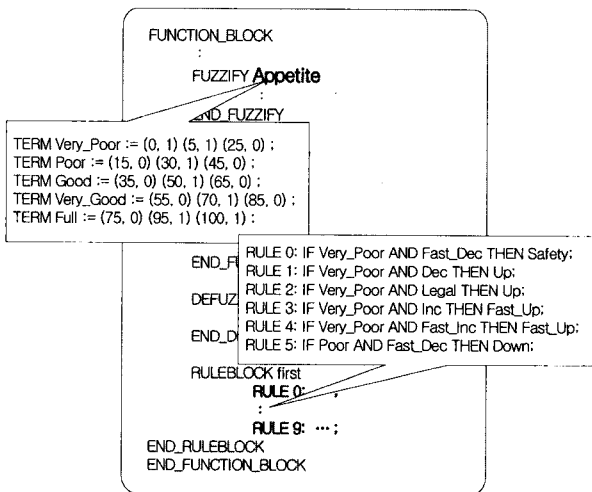


그림 7. 포식자의 행동 퍼지 모델 생성을 위한 FCL

API 형태의 FLL을 사용하여 모델링된 FCL 파일을 임포트하고 모델을 테스트하였다. 그림 8은 Visual C++ 개발 환경에서 작성한 식욕과 거리변화에 대한 모델의 개별적인 동작 테스트의 콘솔 결과 화면이다.

그림 8의 결과는 포식자 보이드가 매우 굶주려(표 3 참조) 식욕(20)이 매우 왕성한 상태임을 의미하며, 먹이 보이드와의 거리 변화가 4(+)로 증가하고 있음을 보여준다. 이때 포식자 보이드의 최고 속도(20)에 가까운 19의 속도(표 5 참조)로 급히 추격하는 것을 의미한다.

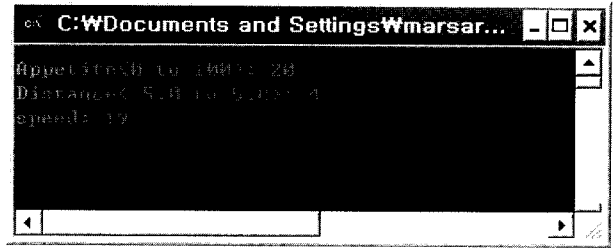


그림 8. 모델의 테스트 결과

그림 9와 그림 10은 최대값 평균법을 이용하여 비퍼지화 한 포식자 보이드의 식욕과 속도에 따른 먹이 보이드와의 거리 변화를 차트로 나타낸 것이다. 특히 그림 9는 거리 변화가 양인 0~4의 값의 범위만을 나타내고 그림 10은 거리 변화가 음인 -4~0의 값의 범위를 나타낸다. 포식자 보이드의 속도 변화에서 알 수 있듯이 식욕이 왕성한 상태이고(0에 가까울수록) 거리 변화가 클수록 빠르게 먹이를 추격하고 사냥하게 된다.

포식자 보이드의 식욕과 속도 그리고 먹이 보이드와의 거리 변화 관계

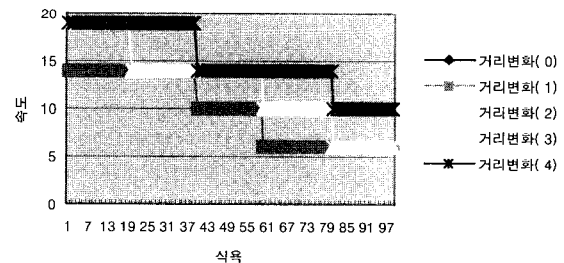


그림 9. 포식자 보이드의 식욕, 속도와 거리 변화(양의 값)

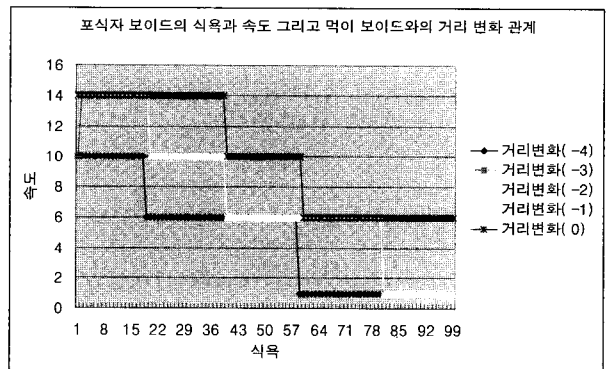


그림 10. 포식자 보이드의 식욕, 속도와 거리 변화(음의 값)

6. 결론 및 향후 연구 방향

플로킹을 이용한 일반적인 생태계 행동 모델의 경우, 포식자의 배고픔 정도나 회피를 난수 발생 방법을 통하여 간단히 해결하고자함으로써 생태계의 균형이 무너지는 경우가 빈번하게 발생한다. 특히 포식자의 먹이 사냥에 대한 제어가 까다로워 결국엔 먹이 부족 현상을 초래하고 포식자마저 굶어 죽는 경우가 발생하였다. 그러나 플로킹에 생존을 위한 규칙을 추가하고 퍼지 논리를 이용하여 보이드들의 행동을 모델링 함으로써 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

먼저, 포식자 보이드의 먹이 사냥과 식욕에 대한 본능적인 욕구를 조절할 수 있었다. 포식자 보이드는 굶주릴 경우 빠르게 먹이를 찾아 이동하는 모습을 보였으며, 대상 먹이 보이드를 발견하면 사냥이 성공할 때까지 계속 쫓는 것을 볼 수 있었다. 그리고 포만하여 먹이에 관심이 없는 경우, 먹이 보이드들 근처를 천천히 배회하며 위협하는 듯한 행동만 보였다. 이는 퍼지 논리를 이용하여 포식자 보이드의 식욕과 먹이 사냥 속도사이의 관계를 퍼지 논리를 이용해 제어함으로써, 먹이 보이드가 출몰하는 지역 근처에서 멀리 떠나지 않으며 배회 하는 것이 가능한 것을 알 수 있었다. 하지만 먹이 보이드는 포식자를 피하기 위해 최대한 빠른 속도로 이동하였으며, 따라서 포식자 보이드의 대상 먹이 보이드가 빈번히 바뀌는 것을 알 수 있었다.

다음으로, 먹이 보이드의 자연스러운 군집 행동과 생존 본능을 볼 수 있었다. 먹이 보이드는 포식자 보이드와는 달리 많은 개체의 군집을 이루며 유명하다가 포식자가 나타날 경우 여러 갈래로 흩어졌다가 다시 군집을 이루는 과정을 반복하였다. 먹이 보이드가 보이는 가장 큰 특징은 배고픔을 모르도록 모델링되어 생기는 현상으로, 주변에 포식자 보이드가 없을 경우 군집을 이룬 상태에서 매우 천천히 유명하다는 것이다. 하지만 포식자 보이드가 나타날 경우 포식자의 이동 방향과 반대의 방향으로 빠르게 흩어지며 또다시 새로운 군집을 이루고 오로지 포식자의 사냥 대상이 되어버린 하나의 먹이 보이드만 군집을 이루지 못하고 쫓기게 되는 현상을 발견하였다. 그리고 포만한 포식자 보이드가 잠시 먹이 보이드를 쫓을 경우 먹이 보이드가 회피에 성공하는 모습도 볼 수 있었다.

앞서 살펴본 바와 같이 본 연구는 생태계 구성원의 본능적 욕구에 기반한 행동을 퍼지 논리를 통해 제어함으로써, 조금 더 현실에 가까운 행동 패턴을 얻을 수 있었으며 자연스러운 군집 행동과 먹이 활동을 보여 주었다.

앞으로 효과적인 대형을 유지하며 집단적인 먹이 활동을 보여주는 생태계 퍼지 행동 모델을 실험함으로써 다양한 형태의 군집 행동 모델링이 가능함을 연구하고자 한다[8].

참고문헌

- [1] Reynolds, C. W., "Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral model" Computer Graphics, 21(4), SIGGRAPH '87 Proceedings, pp. 25-34, 1987.
- [2] Woodcock, Steven, "Flocking: A Simple Technique for Simulating Group Behavior" Game Programming Gems, Charles River Media, pp. 305-318, 2000.

- [3] 이상용, "인공지능", 도서출판 창조사, pp. 161-188, 2000.
- [4] Steve Rabin, "AI Game Programming Wisdom," Charles River Media, pp. 90-102.
- [5] Free Fuzzy Logic Library, "http://ffll.sourceforge.net"
- [6] O'Brien, Larry, "Fuzzy Logic in Games," Game Developer Magazine, April/May 1996, pp. 53.
- [7] Demetri Terzopoulos, Xiaoyuan Tu, Radek Grzeszczuk, "ARTificial Fishes: Autonomous Locomotion, Perception, Behavior, and Learning in a Simulated Physical World" Published in Artificial Life, 1(4), pp. 327-351, 1994
- [8] RiverSoftAVG, "http://www.riversoftavg.com/flocking.htm"
- [9] Finite State Machine Tutorial "http://www.generation5.org/content/2003/FSM_Tutorial.asp"
- [10] Boids, "http://www.red3d.com/cwr/boids"
- [11] Flock, Herds, and School: A Distributed Behavioral Model, "http://www.cs.toronto.edu/~dt/siggraph97-course/cwr87/"

저 자 소 개



권일경(Il-Kyoung Kwon)

1999년 : 공주대학교 전자계산학과 (이학사)

2001년 : 공주대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사)

현재 : 공주대학교 대학원 컴퓨터 공학과 박사과정

관심분야 : 게임 AI, 에이전트, 기계학습, 인공생명
e-mail : psent95@kongju.ac.kr



이상용(Sang-Yong Lee)

1984년 : 중앙대학교 전자계산학과(공학사)

1988년 : 일본동경공업대학 총합이공학연구과 (공학석사)

1988년~1989년 : 일본 NEC 중앙연구소 연구원

1993년 : 중앙대학교 일반대학원 전자계산학과(공학박사)

1993년~현재 : 공주대학교 정보통신공학부 교수
1996년~1997년 : University of Central Florida 방문교수

관심분야 : 인공지능, 기계학습, 에이전트, 바이오인포매틱스
e-mail : sylee@kongju.ac.kr