

행동기반 그룹 애니메이션

김선욱 변혜란
연세대학교 컴퓨터과학과
{tooduli, hrbyun}@aipiri.yonsei.ac.kr

Behavioral-based Group Animation

SunWook Kim HyeRan Byun
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

프레임(Key Frame) 애니메이션 방법은 많은 수의 개체들을 동시에 움직여야 하는 애니메이션을 수행 시에 이를 모두 수작업을 통해서 움직여야 하는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해서 행동기반 그룹 애니메이션에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 애니메이션되는 각각의 개체에 자신의 내적 상태와 외부의 환경에 의해서 영향을 받아서 다음에 취해야 할 행동을 확장 가능한 구조로 설계된 행동구조(Behavior Architecture)에 이미 프로그램 되어 있는 모듈을 삽입하였다. 그리고 이에 따라서 판단하고 수행될 수 있도록 한 후에, 각각의 개체가 자신의 고유한 행동을 취해서 움직이면서도 그룹의 특성을 가지는 행동을 수행할 수 있도록 구현하였다.

1. 서론

아직까지 컴퓨터 애니메이션 중에서 애니메이터에 의해서 생성된 키프레임(Key Frame)의 보간을 통해서 행하여지는 애니메이션이 절대적인 비중을 차지하고 있다. 숙련된 애니메이터에 의해서 수행되는 키프레임 애니메이션은 매우 섬세하고 사실적인 표현이 가능하다. 그러나 수많은 개체가 움직여야 하지만, 세밀한 오브젝트 컨트롤보다는 그룹으로서 특성을 가지면서 사실적인 움직임을 요하는 경우, 즉 지상의 동물들의 움직임, 새들 무리의 움직임, 그리고 물 속의 물고기들 무리의 움직임과 같이 공통된 성격을 가지면서 집단으로 움직임이 필요한 애니메이션에 대해서 애니메이터가 각각의 개체에 대해서 움직임 패스를 설정한다는 것은 매우 번거로운 일이다. 그리고 모든 개체의 움직임에 대한 키프레임을 모두 설정하였다 하더라도 중간에 보간에 의해서 생성되는 프레임 중에서 각각의 개체가 움직임 중에 서로 충돌을 방지한다든지 그러면서도 개체간의 연결성을 보장한다든지 하는 등의 그룹의 움직임을 보장하는 것은 어려운 일이다.

그러므로 본 논문에서는 그룹 안에서의 관계와 두개의 그룹 사이의 관계에 중점을 두어 각각의 그룹에 속해 있는 개체에 대한 내적 상태를 부여하고 외적환경을 인식하게 하여 그룹 안의 다른 개체와의 관계, 다른 그룹

간의 개체와의 관계, 그리고 주변의 장애물에 대해서 반응하고, 그룹의 특성을 유지하기 위해서 그룹 구성원 간의 속도 조절과 충돌 방지, 그리고 거리 유지를 구현하여 보았다.

2. 관련연구

행동 애니메이션(Behavioral Animation)에 대한 연구는 오래 전부터 최근까지 꾸준히 연구되어 오고 있다.

그 중 Reynolds의 논문[4]에서는 주변의 환경을 탐색하는 독립적인 개체, "Boid"라고 불리는 개체들은 충돌 회피(Collision Avoidance), 속도 균형 조절(Velocity Matching), 그리고 그룹간의 결합력 유지의 행동을 취하고 있다. Reynolds의 "Boid"는 파티클 시스템(particle system)과 유사성이 있으나, 다음과 같은 차이점이 있다. 각각의 개체가 내적 상태 정보를 보유하고 있으며, 또한 움직이는 방향, 그리고 각각 개체간의 관계에 대해서 고려한다. 또한 각각의 개체는 이웃하는 개체들과의 거리, 그리고 장애물을 감지하여 이를 통해서 다음의 행동을 선택하게 된다. 그러나 여기에서 쓰인 방법은 개체에 대한 행동에 대해서 확장성에 문제점을 가지고 있다.

Tu와 Terzopoulos[6]의 논문에서 운동학적 모델(Dynamic Model)을 이용하여 사실적인 물고기의 움직임

을 선보였다. 운동학적인 계산을 통해서 물고기의 기하학적 모델의 움직임을 생성하는 하위 계층, 그리고 움직임을 좀 더 추상화해서 특정 움직임으로 분류하여 모터 조정자(Motor Controller)를 만들었다, 그리고 마지막으로 최상위 계층에는 인식 시스템(Perception System)으로부터 입력받은 주위의 환경에 대한 정보를 분석하여 가장 합당한 행동을 선택할 수 있도록 행동 시스템(Behavior System)을 만들었다. 이 연구에서 애니메이션이 매우 사실적이고 자연스러운 장점이 있다. 그러나 이 시스템에서도 전의 Reynolds의 결과와 같이 Behavior 구현에 있어 코드에 매우 의존적이고, 확장성이 떨어지는 단점이 있다.

Blumberg[1][5]와 Kline[3]은 "ALIVE(Artificial Life Interactive Video Environment)"라는 Project와 "Swamped!"에서 실시간 상호작용이 가능한 가상환경에서 캐릭터 애니메이션을 수행하기 위해서 "Behavior", "Motor System", "Geometry"로 구조(Architecture)를 나누고 "Motor System"을 다시 "Controller", "Motor Skill", "Degree of Freedom"로 나누어서 보다 정밀하고 안정적인 상호작용이 가능한 애니메이션을 수행하고자 했다. 그의 연구에서 "Behavior"계층에서는 동물의 행태학에 근거하여 Behavior들을 Behavior Group으로 나누고 트리 구조를 이용하여 각각 Group간에 경쟁하고 선택된 Group안에서 각각의 Behavior들끼리 경쟁하여 "winner takes all" 식의 정밀하고 복잡한 행동 선택(Action Selection)과정을 수행한다. 그러나 이러한 시스템은 많은 수의 행동단위들이 존재하거나 그룹 애니메이션을 수행하기 위해서 내부 Behavior들간의 경쟁과정이 복잡하고 많은 연산을 필요로 하게 된다.

Brogan과 Hodgins[2]는 운동학적으로 시뮬레이션된 한 다리 로봇의 그룹 애니메이션을 수행하였다. 물리학적 특징을 가지는 로봇에 대해서 수행되므로 가속도, 속도의 한계, 그리고 회전각들이 제한된다. 또한 로봇의 착지 및 도약, 그리고 비행 상태에 따라 가해지는 속도 및 조절이 달라지므로 매우 사실적인 움직임을 선보였다. 그러나 개체들의 행동에 대한 확장성과 각각의 개체의 독립된 행동(Behavior)에 대한 고려가 부족하다.

3. 그룹 행동 구현

본 논문에서는 우선 각각의 개체들의 행동선택(action selection)을 위한 Behavior구조를 정의하고 정의된 구조로 구현된 그룹 행동을 모듈로 입력하여 상위 레벨 애니메이션을 구현하였다.

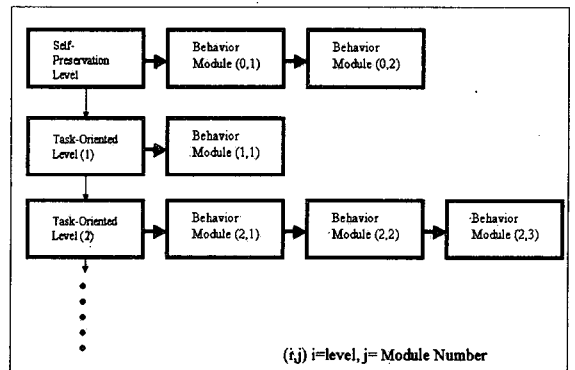
3.1 구조(Architecture)

행동 선택을 위한 구조는 <그림 1>과 같다. 구조는 몇 단계로 구분되어있으며 같은 단계의 행동 모듈들은 링크드 리스트로 연결되어 있다. 그리고 첫 번째 단계는 자기 보존 행위(Self-Preservation Behavior)를 목적으로 하는 행동들이 삽입되며, 2단계 이상의 행동들은 특정 목적(task-oriented goals)을 처리하기 위한 행동 모듈

들이 삽입된다. 낮은 단계의 연결 리스트에 위치할수록 높은 우선 순위를 가지고 수행된다.

행동 선택을 위한 구조의 운영 방법은 우선 자기 보존 행위 단계인 처음 단계에서부터 수행하며, 각각의 단계마다 연결 리스트의 처음부터 끝까지 행동 모듈을 수행하게 된다. 각각의 행동 모듈들은 가상환경의 정보에 대해서 자신의 행동이 선택되어야 할지 판단하고, 각각의 행동 모듈이 실행될 조건이 만족되면 취해야할 해당 행동에 대한 정보를 결과 큐에 삽입한다. 삽입된 정보는 각 단계가 끝나면 처리되는데, 결과 큐에 삽입된 정보가 있으면 결과 큐에 있는 정보에 대해서 각각의 해당 행동(Behavior)에 대해 식(1)과 같이 가중치 값을 곱해서 이를 전체 가중치들의 합으로 나눈다. 그래서 최종 행동 정보로 이용하게된다. 만약 삽입된 정보가 없을 시에는 다음 단계의 행동단위들을 수행한다. 이 때 가중치(w_i)는 0부터 1사의 실수를 가지며, 이 값은 사용자에게 의해서 임의로 정해질 수 있다.

$$I_{final} = \frac{\sum_{i=0}^n w_i I_i}{\sum_{i=0}^n w_i}, 0 \leq w_i \leq 1 \quad (1)$$



<그림 1> Action Selection을 위한 Behavior 구조

그러나 만약 특정 행동을 목적을 하는 두 번째 단계 이후부터 실행되는 행동모듈이 상호 배타적인 행동으로 선언된 경우에 선택된 여러 행동 중 높은 가중치를 가진 행동이 먼저 수행되도록 하였으며, 같은 가중치의 행동 모듈이 있는 경우에는 이전 실행된 기간이 긴 경우를 선택하도록 하였다. 또한 배타적인 행동 모듈은 실행 후에 가중치를 0으로 설정하고, 실행시간에 비례하여 가중치 회복 상수에 의해서 처음 설정된 가중치까지 회복하도록 하였다.

이렇게 구현된 행동 정보는 애니메이션을 위해서 모터 시스템과 같은 하위 계층에 제공하여 최종 애니메이션을 수행하도록 하였다.

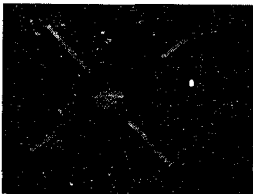
3.2 그룹 행동 특성

본 논문에서 Reynolds[5]에서와 마찬가지로, 4가지 행동단위 즉, 주변에 정지해 있는 장애물에 대한 충돌 방지, 이웃하는 다른 개체에 대한 충돌 방지, 이웃 개체들과의 속도 조정, 그리고 그룹을 모이게 하도록 이웃 개체들과의 일정 거리 유지에 대해서 그룹 행동을 수행하여 보았다. 그러므로 그룹 구성원 각각의 개체가 이웃하는 개체에 대한 일정거리를 유지하고 속도를 맞추면서 장애물을 피할 때에도 최대한 이를 유지하여 그룹의 형태를 유지하도록 하였다.

4. 실험 및 결과

본 실험에서는 3.2절에서 언급했던 그룹행동에 대해서 3.1절에서 제안한 구조를 이용하여 구현해 보았다. 각각의 개체들을 두 개의 그룹으로 나누었다. 그리고 두 그룹은 3.2절에서 설명했던 행동을 각각 수행한다. 두 그룹은 각각의 개체의 자기 보존 행동인 장애물에 대한 충돌방지, 다른 개체와의 충돌방지를 수행하고, 그룹간의 그룹 유지를 위한 이웃 개체와의 속도유지조정, 그리고 이웃 개체와의 거리 유지 기능을 수행한다.

각각의 두 그룹은 각각 20개의 개체를 포함하고 있으며 각각의 개체는 3.1절에서 설명한 행동선택구조에 의해서 취해야 할 행동을 선택하고, 선택된 행동에서 구해진 정보를 이용하여, 가속도를 계산하고, 이를 이용하여 다음 프레임에서의 위치를 계산하였다. 결과는 <그림 2>와 같다.



<그림 2.a> 장애물에 대한 충돌방지



<그림 2.b> 두 그룹간의 관계모습



<그림 2.c> 한 그룹안에서 속도 및 거리유지



<그림 2.d> 두 그룹의 장애물 회피 및 속도 조정, 거리 유지

<그림 2> 결과

5. 결론 및 향후 과제

본 과제에서는 여러 가지 독립된 행동들 사이에서 적합한 행동이 수행될 수 있는 구조를 고안하고, 이 구조

를 이용하여 여러 개체들이 그룹의 성격을 유지하며 애니메이션이 수행될 수 있는 시스템을 구현하였다.

향후 과제로는 보다 다양하고 복잡한 기하학적 구조를 가지는 개체들에 대해서 여러 가지 행동을 취해 나갈 수 있도록 할 것이다.

6. 참고 문헌

1. Bruce M. Blumberg, Tinsley A. Galyean "Multi-Level Direction of Autonomous Creatures for Real-Time Virtual Environments", Proceedings of SIGGRAPH 95, ACM Computer Graphics, 1995.
2. David C. Brogan, Jessica K. Hodgins, "Group Behaviors for Systems with Significant Dynamics", Autonomous Robots, 4, 137-153(1997)
3. Christopher Kline and Bruce Blumberg, "The Art and Science of Synthetic Character Design", Proceedings of the AISB1999 Symposium on AI and Creativity in Entertainment and Visual Art, Edinburgh, Scotland.
4. Craig W. Reynolds, "Flock, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model", Proceedings of SIGGRAPH 87, ACM Computer Graphics 21(4) July 1987, pp.25-34
5. Kenneth B. Russell and Bruce Blumberg, "Behavior-Friendly Graphics", Presented at Computer Graphics International 1999.
6. Xiaoyuan Tu, "Artificial Animals for Computer Animation: Biomechanics, Locomotion, Perception, and Behavior", PhD University of Toronto, 1996