

개체의 감정기반 행동제어를 통한 동적 군중 시뮬레이션

Dynamic Crowd Simulation by Emotion-based Behavioral Control of Individuals

안은영*, 김재원**, 한상훈**, 문찬일****
한밭대학교 멀티미디어공학과*, 선문대학교 기계공학과**
한국재활복지대학**, (주)이노에이스****

Eun-Young Ahn(aey@hanbat.ac.kr)*, Jae-Won Kim(jw k@sunmoon.ac.kr)**,
Sang-Hoon Han(shhan@hanrw.ac.k)***, Chan-II Moon(mci@innoace.co.kr)****

요약

본 논문은 게임 또는 애니메이션과 같이 가상 환경 속에서의 군중 행동을 구현함에 있어 군중 전체의 움직임을 제어하기 보다는 군중을 구성하고 있는 각 개체들의 감정요소를 개별적으로 제어하는 방식을 사용함으로써 군중의 형태 및 행동 양식에 사실감과 다양성을 부여하는 새로운 방안을 제시한다. 인간의 행동을 모사하기 위해 군중을 구성하고 있는 개체들이 각자의 감정과 기질에 따라 이동경로를 결정하도록 행동패턴을 설계한다. 제안된 방법은 군집을 구성하는 개체들이 제각기 주어진 기질과 환경에 따라 변화하는 감정을 기반으로 이동 경로뿐 아니라 군집간의 이동을 자유롭게 결정하기 때문에 다양한 군집이동을 표현할 수 있다. 이를 위해, 감정과 기질을 정의하고 행동제어 규칙을 정의한다. 또한 인간의 감정과 같은 모호한 정보를 처리하기 위하여 퍼지이론을 적용함으로써 기질과 감정에 대한 모호한 언어적 표현을 자연스럽게 정의하도록 한다. 실험을 통해 제안된 방법으로 자연스럽게 다양한 형태의 군중 시뮬레이션이 가능함을 보인다.

■ 중심어 : | 감정기반 행동제어 | 군중시뮬레이션 | 애니메이션 | NPC(Non-Player Character) |

Abstract

In virtual environments, such as computer game and animation, we need to enhance naturalness of crowd simulation. So, we propose a method to generate dynamically moving crowd patterns by applying emotional factors to the individual characters of a crowd in the determination of their behavior. The proposed method mimics human behavior and controls each character in a group to decide its own path according to its individual status. And it is able to generate various moving patterns as a result of letting the individuals go to another group depending upon their conditions. In this paper, some temperament and feeling factors are defined and determination rules for calculating the emotional status are also proposed. Moreover we use a fuzzy theory for accurate representation of the ambiguous expressions such as feeling bad, feeling good and so on. Our experiments show that the suggested method can simulate virtual crowd in more natural and diverse ways.

■ Keyword : | Emotion-based Behavioral Control | Crowd Simulation | Animation | NPC(Non Player Character) |

I. 서론

군중 시뮬레이션은 애니메이션 영화나 게임 등의 관련 산업 분야에서 제작비를 줄이고 자연스러운 가상환경을 만드는데 매우 중요한 기술로 오늘날 매우 많은 진전을 거듭해왔으며 그 결과, 군중에 대한 개별적 움직임을 자연스럽게 묘사할 수 있는 다양한 기법들이 제시되었다. 1987년에 Reynolds가 동물 무리의 행동 모델을 처음으로 제안하였는데 이 논문에서는 무리의 행동을 제어하기 위한 행동규칙으로 크게 충돌을 회피하기 위한 『분리』(separation), 무리 전체에 개별 속도를 맞추는 『일치』(Cohesion), 무리의 중심으로 이동하려는 『정렬』(Alignment)의 세 가지로 분류하고 이를 구현하였다[1][2].

90년대를 중심으로 컴퓨터그래픽스 기술의 급속한 성장에 따라 군중 시뮬레이션에 대한 관심과 연구가 증대되고 이에 따라 동물에 대한 무리 이동이 아닌 군중의 움직임을 시뮬레이션하기 위한 연구가 활발하게 진행되었다. 1996년 Perlin은 사용자 입력을 통한 행동엔진과 애니메이션 여과를 통한 행동제어 방식을 제안하였으며[3] Brogan은 1997년 논문에서 복잡한 개체간의 충돌 회피와 상호작용 및 시뮬레이션을 제안하였고 2000년 Helbing은 위급상황에서의 군중 이동을 시뮬레이션하는 방안을 제시하였다[4][5]. 한편, 시뮬레이션의 성능 향상에 초점을 맞춘 연구로는 Carlson이 1997년에 시뮬레이션 레벨을 세단계로 나누어 카메라의 거리에 따라 개체의 시뮬레이션 레벨을 다르게 설정하는 방식을 제안하였다[6].

그러나 앞서 제안된 방법들은 군중의 전체적인 움직임 제어에 중점을 둔 연구들로, 군중을 구성하고 있는 각 개체들의 개별적 특성을 행동패턴의 결정요소로 크게 고려하고 있지 않다. 즉, 같은 환경에 처한 모든 개체는 똑같은 행동패턴을 갖게 된다. 그러나 실제로 군중에 속해 있는 개개의 개체는 같은 목적으로 같은 장소에 있다 하더라도 각기 다른 특징을 가지며 이에 따라 같은 상황에 대해서도 다른 행동패턴을 보이게 되는데 본 논문에서는 이러한 인간의 개별적 특성을 고려한 개체들의 행동패턴 결정규칙을 설계하고자 한다. 본

논문에서는 군중을 구성하는 개체들이 각자의 특성에 따라 개별적으로 행동 패턴을 결정하기 위한 결정인자로서 선천적 요소인 ‘기질’과 환경적 요소인 ‘기분’이라는 두 가지요소를 고려한다. 개체의 감정을 표현함에 있어 퍼지함수를 사용하는데 이는 인간이 느끼는 감정에 대한 모호한 언어적 표현을 퍼지 함수로 잘 표현할 수 있기 때문이다.

2장에서 군중 시뮬레이션에 관한 관련 연구와 제안된 방법들의 제약점을 살펴보고 3장에서는 군중의 개별적 개체의 움직임 제어를 위한 행동규칙과 행동패턴의 설계 방법에 대해 설명한다. 4장에서 실험을 통해 제안된 방법에 대한 결과를 검증하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

군중 시뮬레이션의 성능을 결정하는 요인을 ‘사실적 표현’, ‘효율적 연산시간’, ‘사용자와의 상호작용성’을 중심으로 나누어 본다면, 앞에서 언급한 기존에 제안된 방식들은 [표 1]과 같이 분류할 수 있을 것이다[7].

표 1. 연구 중점분야에 따른 군중 시뮬레이션 분류

Research Issue	Publication
Scene Reality	Crowd Modeling [TU 94][BOUVIER 97][MUSSE 99 01]
	Flow Analysis [SHAW 70 75][HANDERSON 74] [GIPPS 85] [HELBING 92 00][THOMPSON 95][SHEKHAR 02][SCHRECKENBERG 02]
	Behavioral Rules [TU 94][BROGAN 97 98][MUSSE 97 98 99 00][REYNOLDS 99]
	Collision Avoidance [REYNOLDS 87][BROGAN 97 98][MUSSE 97][KIM 03]
	Motion Transition [REYNOLDS 87][TU 94][KIM 03]
	Image-based Technique [AUBEL 00][TECCHIA 00 01][LASCOS 01]
Performance	Motion Dynamics [CARLSON 97] [SULLIVAN 02][AHN 03]
	Guided Control [BLUMBERG 95][PERLIN 96][MUSSE 99 01]
Interactivity	Scripted Control [TU 94][MUSSE 99 01][REYNOLDS 00]

그런데 본 논문은 군중에 속해 있는 개체의 개별적 행동에 대한 이동패턴에 관한 것이므로 [표 1]의 선행 연구 중에서 본 연구와 비교될 만한, 즉 군중의 개별적 행동제어에 주안점을 둔 논문을 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

1999년 Reynolds가 기존의 무리이동(flocking)규칙에 충돌(collision), 배회(Wandering), 추종(Following) 등의 규칙을 추가하여 개체 주위에 존재하는 무리들의 상황에 맞는 행동결정과 장애물 및 개체간의 충돌을 피하여 개별적인 이동이 가능하도록 하였다[2]. 이러한 개체의 행동 생성에 관한 연구에 이어 간접적인 상호작용에 의한 개체의 움직임에 관한 연구가 2000년 발표되었다[8]. Musse는 1999년에 보다 규모가 큰 군중의 행동제어를 위해서 군중의 계층을 군중, 집단, 개인으로 나누어 제어하는 방식을 제안하였다[9][12]. 그가 제시한 개인의 행동은 다음과 같은 과정에 의해서 이루어진다. 개개의 움직임 제어를 위해 먼저 개인이 속해 있는 집단에 대한 행동을 제시하고 개인은 가상공간에 존재하는 물체들과의 상관관계를 인지하는 센서로부터 행위의 순서를 결정하여 행동제어가 일어나게 된다. 그러나 이 방법은 군중에 속해 있는 객체가 상황에 따라 개별적 행동제어를 보이기는 하지만, 객체의 고유특성을 고려한 것이 아니기 때문에 같은 입력 값에 대해서는 같은 행동패턴을 보이는 한계점이 있다.

본 논문은 규모가 큰 군중의 행동제어에 있어서 앞에서 언급한 제약점을 극복하기 위한 것이다. 개선방법의 주안점은 개체의 개별적 특성에 따라 같은 주변 환경에 대해서도 다른 행동패턴을 보일 수 있다는 것이고 이러한 자연적 현상을 모사하여 군중 시뮬레이션을 보다 자연스럽게 구현하고자 하는데 있다. 개체의 개별적 특성을 정의하기 위한 요소를 크게 '기질'과 '감정'으로 나누어 정의한다. 기질은 개체가 생성될 때 각 개체마다 결정되는 값으로 한번 생성되면 개체가 소멸될 때까지 같은 값을 가진다. 반면에 감정은 개체가 이동을 진행하면서 주변 개체들과의 상호작용을 통해 얻어지는 값으로 상황에 따라서 동적으로 변화한다. 감정, 기질 그리고 그것에 의한 기본요소를 효과적으로 표현하기 위하여 퍼지이론을 적용한다.

III. 군중의 행동 패턴 설계

군중의 이동에서 군중 전체의 이동은 전체적인 행동 패턴이라고 할 수 있고, 군중에 속한 인물들이 이동을 하는 것은 국소적인 행동패턴이라고 할 수 있다. 본 장에서는 다양하고 자연스러운 형태의 군중 이동이 가능하도록 감정에 기반을 둔 개체의 국소적 행동패턴이 개체를 포함하는 집단뿐만 아니라 전체 이동패턴에 반영되는 동적 군중 시뮬레이션을 제안한다. 먼저, 감정을 고려한 군중이동 제어시스템 전체에 대해 설명하고 군중 시뮬레이션에서의 최소 단위인 군중에 속해 있는 개별 개체들의 행동 패턴에 대한 설계와 개체들을 인도하여 이동하는 리더-개체의 행동 패턴에 대한 설계를 한다.

3.1 감정기반의 군중제어 시스템

[그림 1]은 군중의 행동 생성 과정을 보인 것이다. 사용자는 초기에 군중을 구성하는 군집의 수를 설정한다. 또한 군집을 구성하는 캐릭터의 최대/최소수와 특성 및 군집의 우두머리 개체의 방향이나 속성 및 기질을 제어하고 일반 개체에 대한 초기 기질을 조정한다. 초기에 주어진 개체의 특성들 때문에 동적인 환경에서 같은 조건에 대해서도 서로 상이한 상호작용을 하게 된다. 이러한 상호작용은 감정 제어기에서 담당하여 개체의 감정 수준과 행동양식을 결정하고, 그룹이동 제어기를 통해서 군집간 이동을 조절하면서 다양한 형태의 군중 유동을 형성하게 된다.

감정 모델에 근거하면 기질은 사람의 타고난 성격과 유사하므로 개체의 속성으로 미리 정의될 수 있다. 따라서 개체의 기질이라는 속성은 앞서 언급한 바와 같이 군중의 전체 이동형태를 고려하여 초기에 설정하게 된다. 반면에 기분은 가변적이므로 상황에 따라 다르게 적용되어야 하는데 본 연구에서는 기분의 변화를 신체의 상태에 근거하도록 한다. 개체의 신체 상태는 경로의 혼잡도와 진행방향의 혼잡지수로 수치화가 가능한데, 경로의 복잡도와 이동방향에 대한 주변의 혼잡도가 높을수록 신체적 피로도가 높아지므로 기분을 하향 조정하게 된다. 감정은 기질과 기분에 근거하여 책정되므

로 산정 지표가 필요하다. 본 연구에서는 확실적인 결과가 나오지 않도록 지표를 산정함에 있어 감정 결정 규칙을 이용한다.

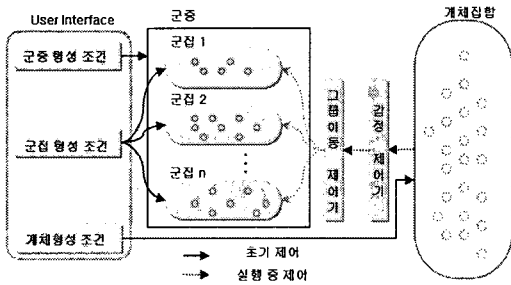


그림 1. 감정기반으로 한 개체의 행동제어

3.2 감정 결정 규칙

감정 결정 규칙은 사실의 여부를 참 또는 거짓이라는 이분법적인 값을 사용하기에 부적합하다. 따라서 정확화하기 어려운 감정이라는 요소를 처리하기 위해서 퍼지이론을 사용한다. 즉, 개체의 감정 상태에 대한 값은 퍼지함수에 의해 결정된다. 감정 상태를 결정하는 요인으로 기질과 기분이라는 두 가지 요소에 대해 멤버쉽 함수를 정의한다.

3.2.1 기질에 대한 멤버쉽 함수의 정의

기질은 개체를 생성하는 과정에서 부여하도록 하며, 기질은 '매우 사교적', '사교적', '평범', '비사교적', '매우 비사교적'의 다섯 가지로 나누도록 한다. 즉, 기질에 대한 5가지 언어항(fuzzy term)을 사용하게 되며 임의의 실수 x 에 대한 퍼지값은 식(1)의 삼각형 멤버쉽 함수 (Triangular membership function)를 사용한다. 여기서 p, r, q 는 기질에 대한 값 x 의 등급을 결정짓는 구간을 나타낸다. 만약 기질을 나타내는 값이 3인 경우에는 퍼지 등급 '사교적'이 100%가 되며 그 값이 증가하면 '사교적'의 정도는 감소하고 매우 '매우 사교적'일 가능성이 점점 증가하게 된다. 그 결과는 [그림 2]와 같다.

$$\mu_r(x) = \begin{cases} \frac{1}{(r-p)}(x-p) & p < x \leq r \\ -\frac{1}{(q-r)}(x-r) + 1 & r < x \leq q \end{cases} \quad \text{식(1)}$$

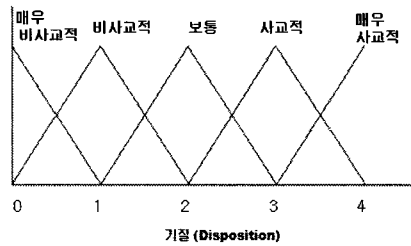


그림 2. 기질에 관한 멤버쉽 함수

3.2.2 기분에 대한 멤버쉽 함수의 정의

기분을 표현하기 위한 언어항은 '매우양호', '양호', '불량', '매우불량'으로 나눈다. [그림 3]은 식(1)을 이용한 기분에 대한 멤버쉽 함수이다.

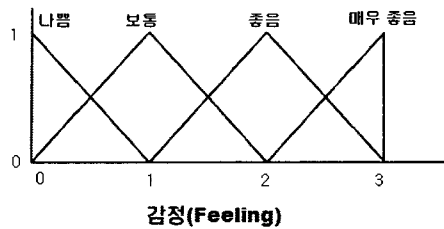


그림 3. 감정에 대한 멤버쉽 함수

[그림 4]는 개체의 기분지수 조절을 위한 간략화된 알고리즘의 흐름도이다. 균중을 이루는 각 개체의 기분은 경로상의 혼잡도와 목적지를 향하는 이동벡터의 변경회수 및 체력지수를 고려하여 결정된다. 이 때, 혼잡도는 일정 반경 $R_i(\tau)$ 내에서 감지된 장애물이나 다른 개체의 수에 의해 결정된다. 또한 이들 중 충돌이 예상되는 물체에 대해 충돌회피를 위한 이동벡터의 변경이나 속도제어 등의 행동제어가 일어나면 이로 인해 기분 지수가 하향 조정된다. 반면에 일정 시간 동안 장애물과의 접촉이 없는 경우에는 이로 인한 개체의 스트레스가 없으므로 기분 지수가 증가한다.

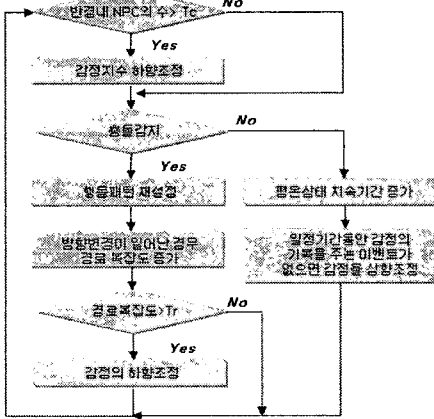


그림 4. 기본지수 조정 알고리즘

3.2.3 행동규칙 행렬

앞에서 기질, 기본을 정의했으므로 이들을 연결하여 실제로 개체들이 행동할 수 있는 규칙을 정의한다. 다시 말해서, 모든 소속도 집합(member set)을 시뮬레이션에서 가능한 규칙들과 연결을 시켜야 비로소 실제 행동으로 표현 가능하다.

표 2 퍼지 행동 제어규칙 행렬

기질 \ 기본	매우 사교적	사교적	보통	비사교적	매우 비사교적
매우 양호	C	C	N	N	N
양호	C	N	N	L	L
불량	N	N	L	L	M
매우 불량	N	L	L	M	M

행동의 집합을 살펴보면 최대 거리를 유지하도록 하여 감정 상태가 매우 불량함을 표현하고, 소속되어 있는 군집에서 다른 군집으로 이동할 수 있도록 하여 감정 상태가 매우 양호함을 표현한다[표 2].

3.2.4 개체의 행동결정

비퍼지화(Defuzzifier)는 퍼지 규칙에 의한 퍼지 추론으로부터 얻어진 가능성 분포로부터 가장 효과적인 제어 출력을 결정하는 과정이다. 개체의 기질과 기본이 결정되면 그에 따르는 개체의 이동속도와 경로를 결정

해야 한다. 개체의 이동속도는 식 2와 같이 현재 속도에 수정치를 더한 값이 된다. 이를 위해 비퍼지화기를 [표 3]과 같이 정의하고 식 3의 무게 중심법(Center of Gravity)을 사용하여 개체의 속도 조정값을 추론하여 새로운 이동속도를 결정한다.

$$v = v_0 + \Delta v \tag{식(2)}$$

$$\Delta v = \frac{\mu_1 C + \mu_2 M + \mu_3 L + \mu_4 N}{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4} \tag{식(3)}$$

표 3. 비퍼지화기

구분	범 위	행 동	조정 값
C	다른 군집	다른 군집으로 이동	6
N	같은 군집	보통 거리를 유지	3
L	같은 군집	조금 먼 거리를 유지	2
M	같은 군집	최대 거리를 유지	1

3.3 군중의 재구성 규칙

군중은 여러 개의 집단으로 나누어 제어한다. 집단의 이동을 결정하는 리더 개체가 존재하고 집단에 속해 있는 개체는 리더 개체의 이동방향을 따라 이동하는 리더-추종자(Leader-Follower) 이동 모델을 사용한다[10]. 집단의 이동에 있어서 같은 경우지와 목적지를 가지는 집단이 여러 개 있을 수 있다. 이런 경우 집단에 속해 있는 개체들은 개별적 상태에 따라 다른 집단으로 이동할 수 있도록 하여 사실감 있는 군중을 표현할 수 있다. 재편성 규칙으로 인하여 같은 방향과 목적지를 가진 다른 군집의 리더 개체가 인식 영역 내에 포착되면 리더의 기질을 파악하여 비슷한 성향을 보이는 경우에 해당 집단으로 소속을 옮기게 된다. 또한, 감정 결정 규칙을 도입하여 개체의 감정상태(Emotional state)가 환경의 변화에 적응할 만큼 긍정적인 경우에만 다른 집단으로 이동할 수 있도록 제한한다. 이렇게 집단간의 이동조건을 가함으로써 같은 방향과 목적지를 가진 집단이 근처에서 같이 이동하게 되면 해당 개체는 빈번하게 다른 군집으로 이동하는 일 없이 안정적으로 집단간의 이동이 가능하다. 결국, 인식 영역 내에 비슷한 성향의 다른 군집의 리더 개체가 위치하고, 같은 목적지와 방향을 가지며, 개체의 상태가 '타 군집으로 이동 가능'한 경우

에만 개체의 군집간 이동이 가능하게 된다[알고리즘 1].

```

IF (NPCi의 인식 영역 내에 타 군집의 leader_NPCj가 위치) {
    IF(leader_NPCj.goal==NPCi.goal &&
        leader_NPCj.property == NPCi.property) {
        IF (NPCi.emotion > Te) { //타 군집으로 이동
            NPCi가 속한 군집리스트에서 제거
            NPCi 군집의 리스트에 추가
            NPCi.emotion -= e
        }
    }
}
    
```

[알고리즘 1] 감정에 기반을 둔 재편성 규칙

3.4 리더 개체의 행동 패턴

본 절에서는 하나 이상의 목적지를 가지고 다른 개체들을 인도하여 이동하는 우두머리 개체(Leader-character)에 대해 설계 한다. 대개의 경우, 우두머리 개체는 일반 개체들과는 다른 행동 규칙을 가진다. 일반 개체들은 주변 개체들과의 관계를 유지하기 위해서 [알고리즘 1]의 행동규칙을 적용하는 반면, 우두머리 개체는 주변 개체들과의 관계 유지보다는 지정된 경유지 및 목적지로 이동하는 것이 주 임무가 된다. 또한 우두머리 개체는 군집을 유지하기 위한 최소 단위이므로 재편성 규칙이 적용되지 않는다. 우두머리 개체 또한 감정과 기질 정보를 이용하여 충돌이 예상되는 경우에 대한 방향결정이나 이동속도를 결정하게 된다.

경유지는 좌표를 지정하여 생성할 수도 있고, 무작위 생성도 가능하다. 생성된 경유지의 좌표는 리스트에 저장되어 우두머리 개체의 이동에 이용된다. 목표로 설정된 경유지의 좌표와 현재 우두머리 개체의 위치에 대한 상호 연산을 통하여 이동 속도를 결정하게 된다. 이 때, 우두머리 개체의 이동 속도는 우두머리 개체의 감정 상태에 따라 가중치를 주어 조절하게 된다[알고리즘 2].

```

IF (Reach Target Location) THEN Delete the Crowd
ELSE {
    // 우두머리 개체와 목표지점간의 방향벡터 생성
    Direction = TargetLocation - LocationOfNPC
    N_direction = Normalize(Direction)
}
//충돌 회피
IF(Collision() == TRUE)
    modify N_direction & Weight

Velocity = Current_Speed * Weight
Movement= N_direction * Velocity
    
```

[알고리즘 2] 우두머리 개체의 이동 규칙

IV. 실험 및 결과

감정에 기반을 둔 개체의 행동규칙 설계 및 이를 통한 군중의 국소적 속성에 대한 동적 제어 및 군중의 재편성이 효과적으로 이루어지는지를 확인하기 위하여 제안된 방법으로 군중 시뮬레이션을 구현하였다. 개발환경은 HP XW9300 그래픽워크스테이션에서 Microsoft Visual C++ 6.0과 DirectX 9.1 SDK를 사용하였다.

사용자가 가상 환경을 관찰할 수 있도록 간단한 조작으로 시점을 자유롭게 바꿀 수 있도록 하였다. 감정을 갖는 개체로 구성된 다수의 군집이 각자 설정된 목표 지점으로 이동하도록 하였으며 이 때, 감정에 기반을 둔 군중의 재편성 규칙을 적용하였다. 3유닛의 군집을 사용하였고 군집 하나당 개체의 수를 20유닛으로 설정하였다. 본 연구에서 제시하는 기질과 기분에 따른 이합, 집산의 결과를 보면 일반적인 무리이동 알고리즘과 제안된 방법을 적용하는 경우를 보면, 일반적인 방법에 비해 제안된 방법이 같은 부류끼리 군집화 하는 과정에서 집단을 변경하는 비율이 현저하게 낮아진다. 실험은 감정 데이터를 적용하지 않은 일반적인 경우와 기질 정보만을 적용한 경우, 기질과 기분 정보를 적용한 경우의 군집 변경회수를 비교해 보기 위해 각각 20분 정도 수행하여 그 결과를 비교한다. [표 4]는 개체들의 1분간 군집 변경회수의 평균값을 나타낸 것으로 개체들의 기질, 기분정보를 이용하여 재편성 규칙을 적용 한 경우

에 군집 변경회수가 현저하게 줄어들었음을 볼 수 있다. 감정 정보를 적용하지 않는 경우에는 다른 군집으로 이동이 매우 잦은 반면에, 감정 정보에 의해서 리더 개체와의 거리가 가깝더라도 군집변경을 하지 않기 때문에 군집변경의 회수가 현저하게 줄어들게 된다. 이것은 감정변화가 개체의 행동결정 및 대인관계에 영향을 미치는 현상이 반영된 것이라 볼 수 있다.

표 4. 개체들의 1분간 군집 변경 평균회수 비교

내용	군집변경회수	비고
일반 방법	470.8회	
기질 적용	172.4회	
기질, 기본적용	41.0회	

[그림 5]~[그림 7]을 통해서 [표 5]의 내용을 좀 더 자세하게 살펴보면 다음과 같다. 그림 5는 8개의 개체들에 감정을 적용하지 않고 이합집산 형태를 나타낸 것으로, 모든 개체들이 비슷한 비율로 군집변경을 하고 있으며 같은 목적지의 리더 개체와의 거리가 가까워지면 모든 개체들은 군집을 변경하고 있다.

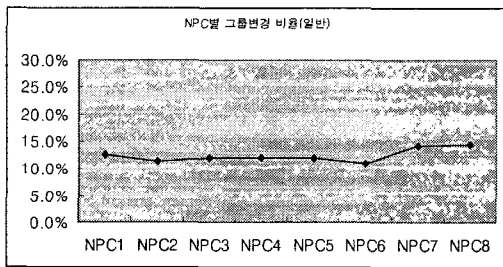


그림 5. 개체별 군집변경 결과(일반)

[그림 6]은 8개의 개체에 기질만을 부여하여 실험하였다. 개체1을 매우 사교적인 기질, 개체2를 사교적, 개체3, 4, 5를 보통, 개체 6, 7을 비사교적, 개체8을 매우 비사교적 기질로 설정하였다. 사교적인 개체들은 같은 목적지의 리더 개체와의 거리가 가까워지면 바로 군집 변경을 하고 있으며, 비사교적인 개체들은 리더 개체와의 거리가 근접한 경우에도 군집변경을 하지 않고 있다. 본 실험에서는 군집 변경에 대한 상황을 보여주기 위해 같은 목적지를 갖는 리더 개체가 매우 가까워지는

경우에는 기질에 관계없이 군집 변경을 하도록 하였다.

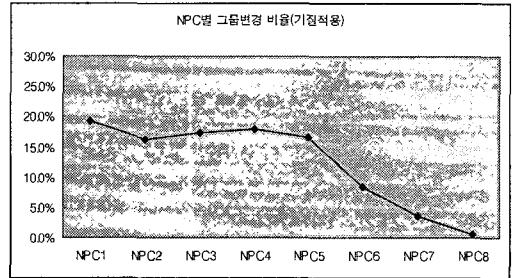


그림 6. 개체별 군집변경 결과(기질적용)

[그림 7]은 8개의 개체들에게 기본과 기질 특성을 모두 부여하여 실험하였다. 개체1, 개체5는 매우 비사교적, 개체 2, 6을 비사교적, 개체3, 7을 사교적, 개체4, 개체8을 매우 사교적으로 특성을 부여하였으며, 기본은 타 물체와 충돌 등에 따라 조절하였다. 기본적으로 사교적인 개체들이 군집변경 회수가 높았으며, 비사교적인 개체들도 기본에 따라 군집변경이 일어남을 알 수 있으며, 기질에 따라서 군집 변경의 빈도가 달라지며 특히 사교적인 개체들이 군집변경을 많이 하고 있음을 알 수 있다.

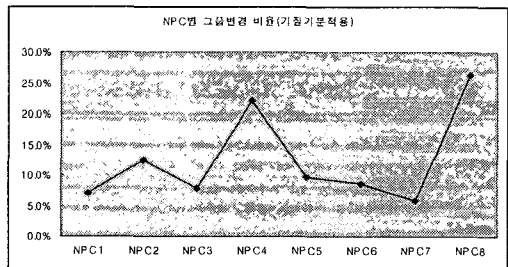
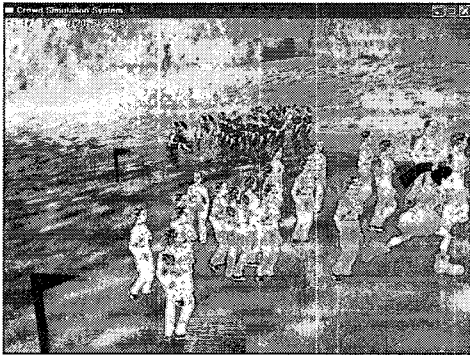


그림 7. 개체별 군집변경 결과(기질기본적용)

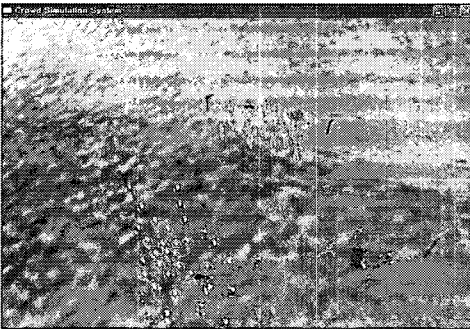
[그림 8]은 감정에 의해 재편성되는 과정을 시뮬레이션을 통해 보인 것이다. 각 개체에 지정된 기질, 기본에 따라 이합, 집산을 하면서 같은 부류끼리 군집화 되고 있는 상황을 렌더링하여 보여주고 있다. 실험에서의 렌더링 속도는 시스템의 성능 및 그래픽 카드의 성능, 그리고 실험에 사용된 모델링 데이터의 복잡 정도 등을 고려할 때 군중 시뮬레이션에 적합하였다.

또한, 개체의 개별적 속성들이 군중 전체의 유동을

결정하기 때문에 개체에 대한 개별적 속성과 더불어 같은 속성 값을 갖는 개체수를 조절함으로써 군중의 이동 경로와 집단 형성이 보다 다양한 형태로 표현 가능하다는 것을 실험을 통해서 확인할 수 있었다.



(a) 군집1:21유닛, 군집2:20유닛, 군집3:19유닛



(b) 군집1:5유닛, 군집2:20유닛, 군집3:35유닛

그림 8. 재편성된 군중

V. 결론

본 논문은 가상현실이나 게임 분야에서 군중 시뮬레이션의 사실감을 높이기 위한 방안으로 군중을 이루는 개체들의 개별적 행동패턴을 제어함으로써 보다 다양한 형태의 군중 시뮬레이션이 가능하도록 하였다. 군중에 속해 있는 개체들이 이동패턴을 결정함에 있어서 감정이라는 요소를 사용하며 각자의 감정을 기반으로 이동 속도나 방향 또는 집단간의 이동이 일어나는 상향식(bottom-up) 군중 제어방식을 사용한다. 그 결과, 개인의 행위 규칙이 개인을 포함하는 집단으로부터 결정

되고 집단의 행위가 군중의 유동성향에 영향을 받는 하향식(top-down) 제어규칙을 갖는 기존의 방식보다 집단을 구성하는 개체의 다수의 특성을 제어함으로써 더욱 다양한 유동 제어가 가능하다는 장점이 있다. 또한 사용자 인터페이스를 통해 군중을 이루는 집단에 대한 이동방향과 우두머리 개체의 특성 등을 설정할 수 있기 때문에 사용자 인터페이스를 통한 제어도 용이하다. 또한 실험에서 나타난 것처럼 매우 사실감 있는 군집의 모습이 표현 가능하므로 최적화를 통하여 가상현실 분야 및 게임 분야에서 충분히 활용이 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] C. W. Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model," *Proceeding Computer Graphics (SIGGRAPH'87)*, Vol.21, No.4, pp.25-34, 1987.
- [2] C. W. Reynolds, "Steering Behaviors For Autonomous Characters," *GDC*, pp.763-782, 1999.
- [3] K. Perlin and A. Goldberg, "Improve: A system for scripting interactive actors in virtual worlds," *ACM SIGGRAPH 96*, pp.205-216, 1996.
- [4] D. Brogan and J. Hodgins, "Group Behaviors for Systems with Significant Dynamics," *Autonomous Robots*, Vol.4, pp.137-153, 1997.
- [5] D. Helbing, "A fluid-dynamic model for the movement of pedestrians," *Complex Systems*, pp.391-415, 2000.
- [6] D. Carlson and J. Hodgins, "Simulation Levels of Detail for Real-Time Animation," *Proceedings of the Conference on Graphics Interface*, pp.1-8, 1997.
- [7] J. Ahn and K. Won, *Survey on Crowd Animation*, Kaist Tech. memo 2003-4, 2003.
- [8] C. Reynolds, "Interaction with Groups of Autonomous Characters," *GDC*, 2000.
- [9] S. Musse, F. Garat, and D. Thalmann, "Guiding

and interacting with virtual crowds," Eurographics Computer Animation and Simulation, pp.23-34, 1999.

[10] Tsai-Yen Li, Ying-Jiun Jeng, and Shih-I Chang, "Simulating Virtual Human Crowds with a Leader-Follower Model," Computer Animation, pp.93-102, 2001. Conference on Computer Animation. Proceeding, pp.93-102, 2001.

[11] S. Musse, Cbakski, Tcapin and D. Thalmann, "Crowd Modeling in Collaborative Vrtual Environments," ACM Virtual Reality Software and Technology, pp.115-123, 1998.

[12] S. Musse and D. Thalmann, "Hierarchical Model for Real Time Simulation of Virtual Human Crowds," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics Vol.7, No.2, pp.152-164, 2001.

[13] E. Schweiss, S. R. Musse, F. Garat, and D. Thalmann, "An Architecture to Guide Crowds Using a Rule-Based Behaviour System," Proceeding, of Autonomous Agents, pp.334-335, 1999.

[14] E. Ahn, J. Kim, S. Han, and N. Kwak, "Emotion-Based Crowd Simulation Using Fuzzy Algorithm," AI2005: Advances in Artificial Intelligence, Springer, pp.330-338, 2005.

김 재 원(Jae-Won Kim)

정회원



- 1991년 : KAIST 기계공학과 졸업(공학박사)
 - 1990년 ~ 1995년 : 대우전자 (주) 선임연구원
 - 1991년 ~ 1992년 : 스웨덴 왕립 공대 초빙연구원
 - 1995년 ~ 현재 : 선문대학교 기계공학부 교수
- <관심분야>: 영상처리, 회전유동, 수치해석, 유체기계

한 상 훈(San-Hoon Han)

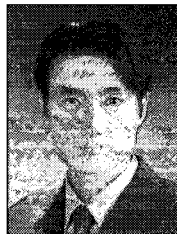
정회원



- 1995년 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 - 2002년 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 - 2003년 ~ 현재 : 한국재활복지 대학 컴퓨터정보보안과 부교수
- <관심분야> 정보보안, 형태인식, 컴퓨터 비전, 멀티미디어

문 찬 일(Chan-Il Moon)

정회원



- 2004년 : 동국대 컴퓨터공학과 대학원 석사 졸업
 - 2004년 ~ 2005년 : 한국교육학술정보원
 - 2005년 ~ 현재 : 이노에이스 과장
- <관심분야> : 3D 그래픽스, 가상현실, 멀티미디어콘텐츠

저 자 소 개

안 은 영(Eun-Young Ahn)

종신회원



- 2000년 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2000년 ~ 2006년 : 백석대학교 정보통신학부 조교수
- 2006년 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신, 컴퓨터공학부 조교수

<관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 이터닝, 가상현실