

게임환경에서 AB 와 CA 수확모델을 이용한 보행자들의 집단행동 구현

김성동*, 김종현*
계원예술대학교 게임미디어과*
sdkim@kaywon.ac.kr, hyoun@kaywon.ac.kr

Implementation of Crowd Behavior of Pedestrian based AB and CA
mathematical model in Intelligent Game Environment

Seongdong Kim*, Jonghyun Kim*
Dept. of Game Media, Kaywon University of Art and Design*

요약

본 논문에서는 게임 환경에서 Agent Based 와 Cellular Automata 모델 시스템을 이용한 보행자들의 집단행동 움직임에 대한 모델링과 그 시뮬레이션을 제안한다. 군중들의 사회적 행동은 복잡하고 중요하며, 이를 근거로 게임 환경에서 AB와 CA모델 시스템을 바탕으로 어떤 목적을 가진 군중 상호작용을 나타내는 모습을 게임 프로토타입 모델로 구현하였다. 본 실험은 실제 보행자들이 있는 위험상황에서 군중행동을 연구하기 위하여 효율적이고 정확한 플랫폼으로서 집단 움직임의 가능성을 보여주었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a modeling and simulation of group behavioral movement of pedestrians using Agent based and Cellular Automata model in intelligent game environment. The social behaviors of the crowds are complex and important, and based on this, the prototype game-model was implemented to show the crowd interaction on AB and CA in the game environment. Our experiment revealed the promise of group behaviour as a cost-efficient, yet accurate platform for researching crowd behaviour in risk situations with real models.

Keywords : Group behavior(집단행동), Obstacle-avoiding(장애물회피), Cellular Automata(셀룰라 오토메타), Agent based(에이전트 기반)

Received: Sep. 02. 2019 Revised: Nov. 12. 2019
Accepted: Dec. 02. 2019
Corresponding Author: Jonghyun Kim
E-mail: hyoun@kaywon.ac.kr

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

© 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.

1. 서론

군중의 정의는 많은 사람들이 물리적으로 그룹화(군집화)되어 있다는 의미이다. 군중속을 보면 개인들 각각의 행동이 서로 다르며 거기에는 군중들 나름의 어떤 행위가 존재하게 된다. 집단적 행동은 새떼나 동물들이 이동할 때도 마찬가지이며, 서로들 간의 충돌회피를 유지하며 자신들끼리 응집력을 유지하면서 살아가게 된다[1].

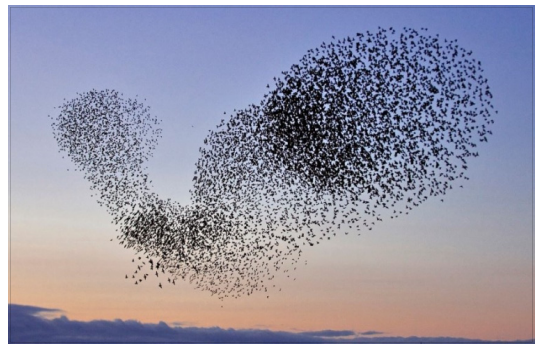
스트레스가 많은 현대 사회에서 군중들의 집단 행동에 대한 집단적 역학 관계를 이해한다는 것은 쉬운 일이 아니라고 판단된다. 그것을 이해한다고 하여도 치명적인 군중 움직임에 위협적 요소를 줄이는 데는 다소 어려운 것이 사실이다. 그러나 이들에 대한 체계적인 실험연구는 윤리적, 방법론적 제약으로 인해 아직 여전히 실험적인 과제로 남아 있다[2,3].

현대 사회 군중심리학 창시자인 무자퍼 셰리프(Muzafer Sherif)는 어두운 방 안에서 작은 불빛을 이용한 자동운동 실험을 통해 사람들은 지배적인 의견을 따라간다는 사실을 발견했는데, 이를 동조라고 정의했다[4]. 어떤 특정한 장소·집단·사회의 지배적인 가치와 규범에 순응하는 행동양식을 말한다. 이 실험에서 발견한 하나의 사실은 정답이 없거나 모호한 상황에서는 집단의 의견을 하나의 정보로 활용해 개인의 의사결정이 이루어진다는 것이다[4].

심리학자인 솔로몬 애쉬(Solomon Asch)는 실험에서 동조효과가 발생한 것은 집단압력 때문이 아니라 실험자극이 가지고 있는 모호성 때문이라고 했다. 따라서 애쉬는 정답이 분명한 상황에서는 이와 같은 동조현상이 발생하지 않을 것이라고 보고 정확한 정답이 존재하는 자극을 통해 동조효과를 확인하고자 했다. 그것이 유명한 애쉬 동조실험이다. 군중들의 움직임은 개인이나 집단의 심리적 요인에 따라 작용하는 경우가 많은데 이것이 바로 집단적 동조현상이다. 즉 군중들이 지배적 의견에 따라 행동하고 개인의 이성이나 판단은 무시하는

것이다. 그 결과 군중은 이성보다는 감정에 따라 움직이게 된다[2].

심리학자들에 따르면 이러한 군중심리는 인간의 생존본능과 관련이 있다고 한다. 즉 [Fig. 1]에서 처럼 인간도 새떼들과 마찬가지로 사회적 관계를 맺음으로써 위험을 피하거나 도움을 얻을 수 있기 때문에 집단의 지배적인 의견에 동조하고 집단행동을 한다. 그럼 군중의 심리요소는 약일까, 독일까? ‘군중심리’라는 말은 ‘다수의 사람들이 자제력을 잃고 특정 이념이나 주장에 따라 비이성적인 집단행동을 하는 현상’이라는 식으로 인식되어 있어 통상 부정적인 맥락으로 사용된다. 그러나 군중심리 그 자체는 가치중립적이다. 그것은 약도 아니고 독도 아니다. 어떻게 쓰이느냐에 따라 약도 되고 독도 된다. 만일 특정 세력이 자신들의 사익추구를 위해 군중심리를 이용한다면 이견 엄청난 독이 될 수 있다[3,5].



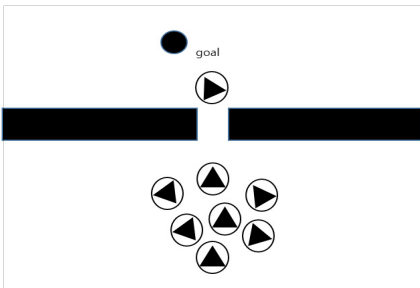
[Fig. 1] Group behavior of Gachang Geese[6]

리더의 위치에 있는 사람이 군중에게 합리적인 방향을 제시하고 올바른 행동을 하도록 유도한다면 군중심리는 개인이 해낼 수 없는 엄청난 일을 해낸다. 슈퍼 시너지 효과를 거둘 수 있다고 판단된다. 네트워크 마케팅 사업도 마찬가지 일 것이다. 수천 또는 수만 명의 스폰서와 파트너들로 이뤄진 휴먼 네트워크는 리더십의 질에 따라 긍정적인 군중심리를 발현해 개인으로서 감히 상상할 수 없는 성과를 거둘 수도 있고 부정적인 군중심리가 작동해 개인과 사회에 엄청난 물의를 일으킬 수도 있다.



[Fig. 2] Crowd behavior of Shibuya, Tokyo[7]

여기에 리더의 심리적 행동역량과 인격의 중요성이 존재하게 된다. 같은 목적으로 같은 장소에 있는 군중이라고 하더라도 [Fig 2]처럼, 군중에 속해있는 개개의 사람들은 각각 다른 생각과 행동을 할 수 있다[3].



[Fig. 3] Congestion model for human behaviors

많은 캐릭터가 [Fig. 3]처럼 서로 같은 환경조건에 있는 것은 게임에서는 흔히 볼 수 있다. 비디오 게임에서는 간단한 상황에서부터 복잡한 상황에 까지 이런 비슷한 경우를 발견 할 수 있다. 2개 이상의 AI 캐릭터가 있고, 같은 공간을 공유한다면 서로 부딪히는 경우가 흔히 발생 할 수 있다. 이러한 환경에서 같은 일을 동시에 하려고 할 때 그것을 허용해야 하는지 아니면 버그(bug)로 간주해야 하는지는 콘텐츠 제작자에게 달려 있다고 본다. 문제를 해결하려면, 같은 공간 안에서 현실감 있게 동작하기 위해서 끊임없이 생각해 보아야 한다.

군중상호작용은 현실에 존재하는 여러 가지 문제가 있지만 인간처럼 행동하는 캐릭터가 주를 이루

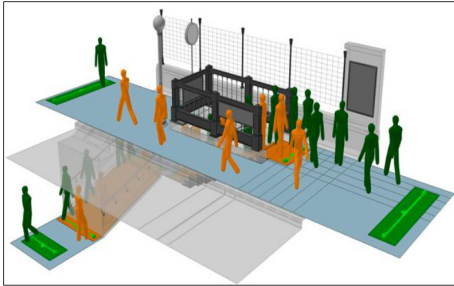
는 것은 게임콘텐츠 안에서 많이 존재한다. 특히 게임의 인기가 늘어나면서 AI 객체들이 같은 공간을 끊임없이 공유하기 때문에 군중상호 작용 관리가 중요하다고 판단된다. 대부분 콘텐츠에서는 이러한 군중상호작용 시스템을 흥미롭게 도입하여 사용하고 있다. 게임 또는 가상 환경 속에서의 군중의 행동을 구현함에 있어 기존 연구들에서 효율적인 측면의 접근을 배제하고, 사람들의 성격이 군중형태로부터 표현 가능하도록 군중캐릭터를 이용하여 군중 시뮬레이션의 사실감과 자연스러움을 표현하고자 한다. 본 연구의 목적은 넓고 다양한 공간에서 장애물회피를 통한 군중이동 과정을 시뮬레이션 하여 보고, 좁은 공간에서는 응급발생시 군중들이 어떤 행동을 보이는지 그 출구전략 방법을 고찰 해보려 한다. 먼저 군중 모델의 대피 과정을 설명하기 위하여 수치모델 시뮬레이션 방법 인 CA 모델인 셀룰러 오토마톤 군중 경로의 수학적 모델을 제안한다. 실험 데이터는 CA 모델을 검증하여 향후 추가 연구를 개발하는 할 때 도 도입하여 사용 할 것이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 3장에서는 논문주제와 관련된 군중 시뮬레이션의 모델연구의 이론적 설계 접근방법을 수학적으로 제시하며, 이들의 기법들에 대하여 자세히 논의한다. 4장에서는 3장에서 논의된 기법들을 바탕으로 구현할 군중 시뮬레이션의 실험방법, 환경 및 결과에 대해 살펴보고, 고찰 할 것이다. 끝으로 5장에서는 연구를 통해 얻은 결과에 대하여 종합적으로 결론을 내리면서 향후 필요한 연구 과제를 생각해 보려 한다.

2. 관련연구

군중의 이동처리 알고리즘의 역사는 1980년대 중반으로 거슬러 올라간다. 가장 먼저 개발한 사람은 크레이그 레이놀즈(Craig Reynolds)로 영화제작을 목적으로 개발하였으며 가장 유명한 활용사례는 1992년 오스카상 수상작인 Batman Returns

에서 새떼 (flock) 연출이었다. 그 이후로 군집처리 알고리즘은 영화와 게임 과학 분야에 널리 적용되기 시작하였다[8].



[Fig. 4] Subway model for natural behavior[8]

몇 년간 집단행동 시뮬레이션은 사실상 엄청난 연구 분야였다. 최초의 에이전트 기반 시뮬레이션 알고리즘이었던 레이놀즈는 14, 15 마리의 새떼를 가지고 분산, 정렬, 응집에 초점을 맞추었으며, 나중에 추가적으로 개발되어 게임 애플리케이션용으로 정의되었다[1].

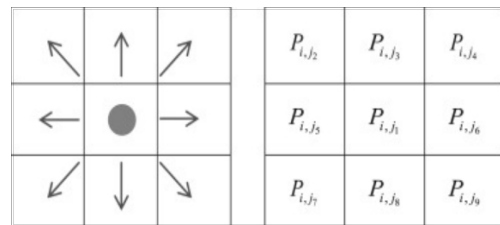
헬빙 (Helbing) 등은 사회적 강제 모델 (Social Force Model, SFM)을 도입했다. 이것은 넓게 보게 되면 [Fig.4] 처럼, 보행자 움직임과 응집행동에서 볼 수 있는데, 공통 속성을 모방 할 수 있는 부분으로 인하여 주목을 받게 되었다. 특히 좁은 지역부분에서 동일한 성질을 가진 군중들이 라인을 형성하는데, 이러한 모델의 주요 이점은 관련된 변수들의 활용에 있다고 하겠다[9,10]. 특히 시뮬레이션을 위해 개발 된 지능형 에이전트는 다양한 적용 기능을 갖추고 있다. 그들은 현재 상황에서 최고의 성과를 내는 것으로 보이는 시뮬레이션 전략을 선택하게 되었으며, 적응형 에이전트는 실제 실험에서 그룹과 비슷한 성능 특성을 가진 그룹 수준의 동작을 생성했다. 이 분야는 심층강화 (Deep Research)의 맥락에서 전체적으로 재 연구되기 시작했다[11,12]. 다양한 문헌고찰을 통하여 집단행동 연구는 개별 행동 및 집단행동의 성능을 이해하기 위한 도구로서 지능형 에이전트 기반 모델링 및 시뮬레이션의 가능성을 고찰하게 되었다.

3. 모델연구의 이론적 설계

3.1 CA model

CA (Cellular Automata) 모델은 1950년 Stanislas Ulam, John Von Neumann과 Zuse에 의해서 처음 제안되었다[5]. CA 는 무한이며 규칙적인 격자형태(grid type)의 세포로 구성되는데, 각 세포는 유한한 개수의 상태중 하나를 가진다. 연속된 개체들은 서로 상호작용하고 있으며, 최근 여러 연구에서는 각 셀들의 상호작용을 두 가지 형태로 나눌 수 있다.

첫 번째는 물체와 사람의 관계이며, 두 번째는 사람과 사람사이의 관계이다. 시간은 이산적 (discrete)이며, 시간 t 에서의 cell 의 상태는 $t-1$ 에서 이웃 cell 들의 상태함수 이다. [Fig. 5]에서는 이동가능 확률분포를 보여주고 있는데, 사람의 위치는 행과 열 (i, j)로 표시하였다. 각 셀에는 한번에 한 셀만 인접하게 이동할 수 있는 사람이 한 명 있으며, 모델은 $n \times n$ 계획 매트릭스로 표현될 수 있다[2,13].



[Fig. 5] Probability distribution[2]

이 행렬의 각 위치 (i, j)는 사람으로 채워졌을 때 1이고 비어있을 때 0 으로 간주한다. 위치 (i, j)에서 위치 ($i, j + 1$)로 이동하면 사람의 위치가 한 단계 더 변경되었음을 나타내게 된다. CA 모델에서 Moore는 계산을 단순화하기 위해 각 사람의 이웃으로 선택되었으며, 각 셀에는 그룹이라고 하는 여러 이웃이 포함되어 있다. 우선 각 격자 그리드 j 에 수용 할 현재 수와 격자 그리드 j 에 수용 할 최대 수로 정의하며, 건물에서 평면 분할의 그

리드 번호로 M을 정의한다. 이 값을 초과하면 동일한 그리드에 있는 피난자가 서로를 방해 하게 된다. 변수와 시뮬레이션을 위하여 필요한 파라미터 수식 (1)에 나타내었다. 그리고 (1)에서 그룹 i의 피난자가 그리드 j로 이동할 확률을 보여준다. 그 확률은 다음 식으로 표현한다.

$$P_{ij} = \frac{\exp k_s \cdot S_{ij} + k_D \cdot D_{ij} \cdot (n_{\max} - n_j)}{\sum_{j \in M} [\exp k_s \cdot S_{ij} + k_D \cdot D_{ij} \cdot (n_{\max} - n_j)]} \quad (1)$$

여기서 k_D 는 동적 가변계수이며, $S_{i,j}$ 와 $D_{i,j}$ 는 그리드 격자 i에서 j까지 사용된 정적 변수와 동적 정보변수이다. 그룹은 특정 시각범위 내에서만 상태를 감지하며, 각 에이전트는 식(1)에 표시된 경로 선택 식을 사용하여 다음 대상 그리드를 선택하게 된다[2].

제안된 모델에서는 하나의 그리드에 그룹 안에서 한 번에 여러 에이전트를 포함 할 수 있으며, 하나의 격자 그리드에는 자체 최대 조정 수량이 있다고 가정한다. 에이전트 수가 동일한 그리드로 이동할 때 최대 수용 인원을 초과하는 경우 (충돌을 의미) 일부 에이전트는 원래 그리드에 머무르거나 우회를 위해 측면으로 이동하게 된다.

위에서 언급 한 바와 같이, 수식(1)은 그리드 격자 j에서 에이전트 i까지의 정적정보이며, 장애물 위치 및 물리적 경계를 포함하여 공간 위치 정보가 변경되지 않은 것으로 전제하고 공간 내부 에이전트의 안전계수(문 혹은 벽 의미)를 나타내고 있다.

$$S_{ij} = a_{i,e_k} \cdot r_{ij} \quad (2)$$

수식(2)에서 a_{i,e_k} 는 방해계수 (hindrance factor)를 의미하는데, 현 위치지점에서 사람이 출구 e_k 로 움직일 때 벽과 문(door) 등의 방해 정도를 나타낸다.

$$a_{i,e_k} = \alpha \frac{r_f}{r_{ij}} + \beta \frac{r_s}{r_{ij}} \quad (3)$$

수식(3)의 r_f 는 격자 그리드 j에서 출구 e_k 까지의 수평 거리이며, r_s 는 그리드 j에서 출구까지의 계단의 경사길이(slope length)를 의미한다. α 와 β 는 계수를 나타내며, $r_{i,j}$ 는 격자 그리드 j에서 출구까지의 거리를 의미한다.

$$r_{i,j} = \max_{(ij)} \min_{e_k} [|x_j - x_{e_k}| + |y_j - y_{e_k}|] - \min_{e_k} [|x_j - x_{e_k}| + |y_j - y_{e_k}|] \quad (4)$$

여기서 (x_j, y_j) 는 현재위치의 좌표를 나타내며, $(x_{e_k} - x_j)$ 는 출구 위치좌표를 의미하며, 정적정보의 핵심요소는 많은 요소(factor)가 포함되어 있다는 점이다.

3.2 수학적 AB model

AB(Agent-based) model은 1940년대 후반 처음 제시 되었지만 너무 계산적인 많은 절차를 요구하기 때문에 1990년대까지 널리 알려지지 않았다. 이 모델은 대상 시스템의 구성주체들을 면밀히 관찰하여 주요한 속성과 행동규칙을 추출해내고, 이를 기반으로 다수의 간략화 된 행위자를 설정한다. 그리고 주어진 환경과 공간에서 이들이 직접상호작용을 하도록 시뮬레이션 하여 나타나는 현상들을 관찰하게 한다. 여기서 관찰된 현상이 실제 시스템 현상과 부합하지 않는다면 행위자의 속성과 행동규칙을 수정해가면서 최종적으로 유효성이 확인된 모델을 얻게 된다. 이를 우리는 행위자기반 모형 AB(Agent-based) 모델이라 한다[13].

복잡한 집단행동(group behavior)을 간단한 개별행동전략으로 분석하여 보면 프로세스의 수학적 모델을 만들고 모형을 정량적으로 분석 할 수 있다. 에이전트는 문제가 될 수 있는 중요한 매개변

수가 시스템의 특성에 어떤 영향을 미치는지 분석을 먼저 하게 된다. 우리는 집단행동을 직접 설명하는 모델에 중점을 둘 것이다. 일부 연구자들은 에이전트 기반 행동을 정량적으로 연구하여, 에이전트 간의 상호 작용을 모델링하기 위해 분자이론이나 세포이론과 같은 미세한 시뮬레이션을 하는데 도입한 적도 있다[5].

AB의 수학적 이론모델을 도입하여보면 다음과 같다. 초기($t=0$)에 모델은 N 개의 에이전트로 구성되며 서로 공유하는 것은 없다. 우리는 여기서 에이전트 분포에 대한 공간 의존성은 서로간 없다고 가정한다[5].

$$\frac{dr_1(t)}{dt} = -2D_1r_1^2(t) - \sum_{n=2}^{m-1} D_n r_n(t) + 2B_2r_2(t) + \sum_{n=3}^m B_n r_n(t) \quad (5)$$

$$\frac{dr_n(t)}{dt} = r_1(t) (D_{n-1}r_{n-1}(t) - D_n r_n(t)) - B_n r_n(t) + B_{n+1}r_{n+1}(t) \quad (6)$$

$$\frac{dr_m(t)}{dt} = D_{m-1}r_1(t)r_{m-1}(t) - B_m r_m(t) \quad (7)$$

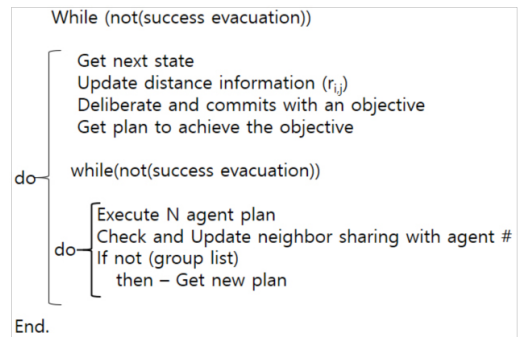
여기서 $r_n(t)$ 는 시간 t 일 때 n 크기이며, 에이전트간의 협력수(coalition number)이며 dr_n/dt 는 이 협력 수의 변화율이다. 파라미터 D_n 은 속도를 제어하는데, 이는 서로 협력하지 않은 에이전트는 크기 n 일 때, 서로 협력하도록 만드는 부착율(attachment rate)을 말한다. B_n 은 크기 n 일 때 에이전트 간의 이탈율을 의미한다. 주어진 초기 조건은 $r_1(t=0)=N$ 이며, $n > 1$ 일 때 $r_n(t=0)=0$ 이다.

4. 실험방법 및 구현

4.1 캐릭터 실험환경

본 논문에서 제안된 AB와 CA 모델이론을 근거로 집단행동(group behavior)을 구현하기 위하여, 실험환경을 다음과 같이 고려하였다.

데스크톱은 Window 8 64bits, GPU, Nvidia Quadro 600 을 사용하였다. 시뮬레이션을 위하여 게임엔진은 유니티 2017.1.0 f3을 사용하였으며 [14], 보행자 남. 여 모델링 캐릭터는 110개의 초기 데이터로 형성하였고, 시뮬레이션 실험을 위해 모델링캐릭터 일부를 중복하여 사용하였다. 캐릭터 종류로는 길거리 보행자 움직임과 군중들의 응급집단 움직임 캐릭터이며, 사용한 숫자는 각각 캐릭터 수 60개, 104개로 모델링 데이터셋을 구성하였다. 렌더링 환경은 Batches 778, Tris 3.7M Verts 2.2M, Screen 563x272, 24 FPS 이다.



[Fig. 6] Algorithm for group behaviour

4.2 실험과정 및 결과

[Fig. 7] 에서는 도로위 컨테이너를 모델링하여 배경환경 오브젝트로 사용하였고, 여기에 보행자 움직임 캐릭터들을 이용하였다. 여기에 AB 모델규칙 (agent $N=6$)을 적용하여 약간은 복잡하여 보였지만 $N=60$ 개 캐릭터들이 자연스런 움직임을 유발할 수 있었으며, 알고리즘 [Fig. 6]을 도입하여 에이전트 기반 모델의 중심이 되는 세 가지 아이디어, 객체, 출현 및 복잡성으로 간주하였다. [Fig. 8]에서

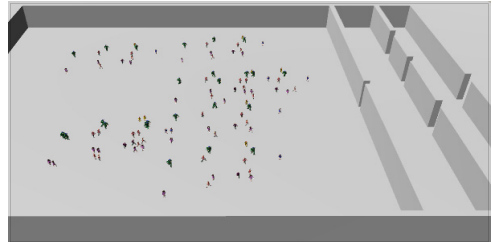
[Fig. 10]까지는 서로간 군중충돌이라는 문제를 동반하게 되었다. 여기서 인공지능(AI) 이동법을 구현할 때 적용된 기본 장애물 회피 알고리즘은 A-star와 레이캐스팅(raycasting)방식을 사용하였는데, 경로 이동 중 정면을 가로막는 장애물만 피해 갈 수 있었다[6]. 만약 여러 캐릭터들이 동시에 같은 목적지를 향한다면, 서로 충돌 할 뿐만 아니라 목적지까지의 길을 서로 막게 된다. 실험과정은 1-3 단계 과정으로 거처으며, t=0.5 sec, t=15 sec, t=60.5 sec 시간경과 후, 차단된 좁은 방에서 탈출과정을 군중 시뮬레이션 하였다. 그리고 각 실험 그림마다 렌더링 시간과 CPU 연산시간을 기록하였다. t= 0.5 sec 시점에서는 [Fig. 8] 처럼 폐쇄된 공간에서 다양한 군중이 모여 있다고 가정하였다.



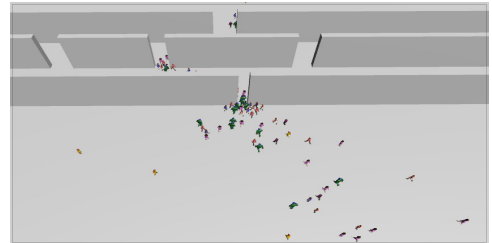
[Fig. 7] Group behavior of pedestrian distribution with agent # N=6

응급상황 발생시(emergency)를 가정한다면, 폐쇄된 방에서 군중들이 탈출하게 될 때, 동일한 출구 지점으로 몰리게 된다. 실험모델에서는 1~2 캐릭터만 출구(exit)을 통과 할 수 있는 좁은 입구라는 것을 전제하였기 때문에, t=15 sec 경과 후에는 [Fig. 9], [Fig. 10] 처럼 많은 군중들이 줄을 지어서 기다리게 된다. AB 수학모델에서 언급한 것처럼, 군중간 상호작용을 통해 줄을 서서 지나가기를 기다리거나, 우회출구를 찾거나 하는 약간의 시간을 낭비해야 된다. t=60.5 sec 경과후 군중 캐릭터들은 [Fig. 11] 처럼 폐쇄된 좁은 방을 거의 탈출하게 된다는 것을 알 수 있었다. 여기서 우리는 본 실험을 몇 차례 반복하면서, 집합적인(collection) 군중이동

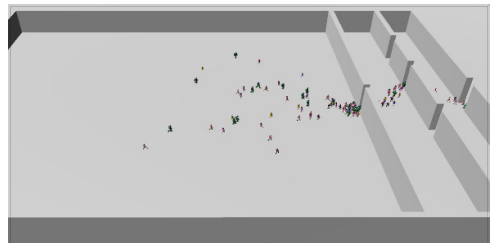
과 군중밀집(crowd density)정도를 분석하여 경로 찾기 방법을 적용할 수 있다는 점을 깨닫게 되었다.



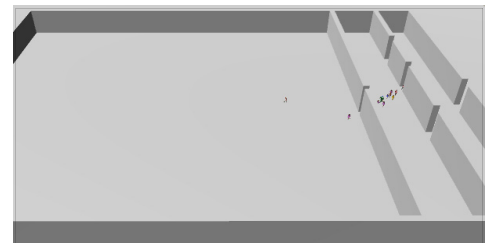
[Fig. 8] 3D probability random distribution of model (t= 0.5s random CPU main 40ms render thread 19.0 ms)



[Fig. 9] 3D action display of top view



[Fig. 10] 3D visualization actions of model (t= 15 sec random CPU main 37.7 ms render thread 43.3 ms)



[Fig. 11] 3D exit stragey of agent (t= 60,5 sec CPU main 29,3ms, render thread 16.0 ms)

[Fig. 3]에서 언급한 군중행위의 이동방향을 산정해야 한다. 혼잡도를 나타내는 맵을 사용하는 방법은 방향(direction)을 나타내는 맵을 이용하는 길 찾기 방법과 유사하게 보이지만, 몇 가지 면에서 약간 다르다. 아울러 관련연구자들은 다양한 변수들을 가진 다이내믹한 군중이동의 해결을 위해, 깊이 있게 많은 연구를 하고 있지만 뚜렷한 해결법은 없는 상태이다. 하지만 질 높은 연구를 위하여 많은 연구자들이 노력하고 있는 것은 사실이다.

4.3 실험고찰

Boid 라는 용어는 크레이그 레이놀즈가 만들어 낸 용어로 새처럼 움직이는 객체를 의미한다. 우리는 실험을 통하여 한번 고찰했던 점은 혼잡도를 이용하는 방법이나 방향을 나타내는 맵 방법을 이용하는 방법 모두 경로를 찾을 때, 군중의 전체이동 정보를 적용한다는 점은 서로 비슷하였다.

실험을 하면서 도입된 각 에이전트들은 이동하면서 파라미터 간의 이동을 위한 소통과정이 발생하게된다. 사용된 파라미터를 공유함으로써 에이전트간 정보가 공유되는데, 상황판단으로는 각 개인의 에이전트가 효율적으로 행동함으로써 보상을 극대화 하는데 중요한 역할을 하게된다. 둘이상의 에이전트가 효율적인 에이전트를 통해 상호협력하게 되는데, 에이전트 상호협력없이는 어떠한 장애물 회피도 해결할수 없다.

혼잡도 방법은 크기와 다양한 모양의 캐릭터가 서로 다를 수 있는 반면에 방향맵 방법은 같은 종류 캐릭터의 군중을 주로 다룬다. 혼잡도와 방향맵에는 큰 차이점이 있었다. 혼잡도 맵 방식은 군중의 밀도에 따라 이동결과에 영향을 주는 반면, 방향맵 방법은 경로 찾기 결과를 보수적으로 산정하고 이를 계산하게 된다는 사실이었다. 이러한 문제 때문에 최적의 경로가 존재함에도, 적은 군중 (small group)이라 할지라도 출구를 막고 있는 경우가 있어서, 출구를 지나갈 수 있음에도 불구하고, 다른 방도를 찾게 된다. 방향맵은 시간변화에 따라 군중 이동패턴을 분석하며, 현재 캐릭터가 군중과

함께 이동하게 되는 것을 알게 된다. 이렇게 되면 혼잡도에서 볼 수 있었던 군중 밀집현상은 일부 해결될 수 있으리라 판단은 되지만, 배경환경이나 군중행동 변화에 빠르고 정확하게 반응하지 못하기 때문에 일시적 완화방법으로는 적절하지 않다.

5. 결 론

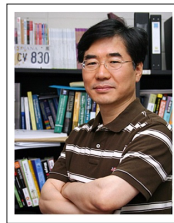
우리는 실험적으로 군중들의 개인행동과 군중행동의 움직임을 시뮬레이션을 통하여 살펴보았다. 본 논문에서는 게임분야에 많이 적용되는 군중이동을 CA와 AB의 수학적 모델을 이용하여 상호작용 및 시뮬레이션결과를 개발자 관점에서 살펴보았다. 군중모델에서 여러 캐릭터가 같은 목적지를 향해 갈 때 과부하를 막기 위해서는 우회하거나 한 줄로 서서 다른 캐릭터가 지나가기를 기다리는 방법을 제안하기도 한다.

AI 군중모델 및 상호작용은 가능한 모든 경우를 미리 계획하고 얼마나 알맞은 모델 시스템을 설계 및 적용하느냐에 따라 전혀 다른 시뮬레이션 결과를 얻기 때문에 아주 중요하고 신뢰감 있는 연구 결과를 만들게 된다. 성공적인 군중게임모델이 매끄럽게 진행되는 이유는 개발의 모든 단계가 첫 단계부터 계획이 만들어져 AI의 여러 방면에서 기능들이 잘 진행되도록 하여야 기능이 강한 군중게임을 제작할 수 있다.

향후 실시간 군중밀집도 처리, 목표물 이동 및 혼잡도 분석과 같은 수학적 이론을 근거로 매끄러운 군중 시뮬레이션을 달성하기 위해서는 군중과 개별 오브젝트의 더 많은 군중이동 요소를 파악하여 철저한 수학적 모델 설계 및 실험과정이 필요하다고 본다[16]. 조만간 시뮬레이션 정확도를 향상시키기 위하여 군중 데이터 세트와 여러 보행자 및 군중 시뮬레이션 알고리즘의 비교를 검증하는 작업도 수행하여 볼 것이다.

REFERENCES

- [1] C. Reynolds, "The OpenSteer Library", 2004, <http://opensteer.sourceforge.net/>
- [2] Y.Wu, J Kang, C.Wang, "A crowd route choice evacuation model in large indoor building spaces", *Frontiers of Architectural Research* 2018(7), pp.135-pp.150
- [3] Chris Cocking¹, John Drury², & Steve Reicher, "The psychology of crowd behaviour in emergency evacuations: Results from two interview studies and implications for the Fire and Rescue Services", *Irish Journal of Psychology*, Vol. 30 No. 1 2009 pp. 59-72
- [4] Nicole Ronald, Leon Approach, Michael Kirley "An agent-based approach to modelling pedestrian behaviour", *I.J. of Simulation* Vol. 8 No. 1, 2007 pp.25-pp.38
- [5] Kristina Lerman, "Design and Mathematical Analysis of Agent-based systems", LNCS April 2000
- [6] <https://blog.naver.com/beeman11/220144570346>
- [7] <https://www.canstockphoto.ca/tokyo-japan-interection-13757073.html>
- [8] Seongdong Kim, C. Hoffmann, J. M. Lee, "An Experiment in Rule-based Crowd Behavior for Intelligent Games", *Proc. ICCIT09*, Vol 2 No 3 Seoul, Korea, November 2009
- [9] Uvais Karni, "Implementation of artificial Intelligence to simulate human and social behaviors for egress", *Nesapakkam*, 2018 pp.1-pp.7
- [10] Pablo Cristian Tissera, Alicia Castro and et al., "Simulating Behaviours to face up an Emergency Evacuation", *ResearchGate*, 2014 01
- [11] Rob Dupre and Vasileios Argyriou, "A human and group behavior simulation evaluation framework utilizing composition and video analysis", *Comput Anim Virtual Worlds* 2019 pp.2-pp.18
- [12] A.T Crooks, A.Hudson-Smith, A Patel, "Advances and Techniques for Building 3D Agent-based Models for Urban Systems", *Advanced Geosimulation Models*, 2011 pp.49-pp.65
- [13] Lee Ho-yeon, Lee soo-ho, Choi Jun-ho, and Won-hwa, "A study on Crowd Evacuation Modeling Methodology to develop a Egree simulation Tool", *Architectural Institute of Korea* 2013.4, pp227-pp.228
- [14] Arthur Juliani, et al., "Unity:A general platform for Intelligent Agents", <http://github.com/unity-Technologies/ml-agents2018> 09
- [15] Seongdong Kim, C. Hoffmann, J. M. Lee, "An Experiment in Rule-based Crowd Behavior for Intelligent Games", *Proc. ICCIT09*, Vol 2 No 3 Seoul, Korea, November 2009
- [16] Dupre, R, Argyriou, V. A, "human and group behavior simulation evaluation framework utilizing composition and video analysis", *Comput Anim Virtual Worlds.*; 30:e1844,<https://doi.org/10.1002/cav.1844>, 2019



김성동 (Kim, Seong dong)

약 력 : 1981/2001 광운대학교 전자공학과 학사 /박사
1992 City University of New York 전산학석사
2001-2002 University of Notre Dame 연구과학자
2010-2011 Purdue University 방문연구교수
1995- 계원예술대학교 게임미디어과 교수

관심분야 : 게임물리기반 렌더링, 게임물리엔진,
게임 application 플랫폼, Virtual Reality, AR



김종현 (Kim, Jong hyun)

약 력 : 1990 서울대학교 자연과학대학 이학사
1992 서울대학교 전산과학과 이학석사
2004 성균관대학교 컴퓨터공학부 공학박사
2007 Univ. of Southern California 연구교수
1998- 계원예술대학교 게임미디어과 교수

관심분야 : 증강현실, 가상현실, 사용자 인터페이스

— 게임환경에서 AB 와 CA 수학모델을 이용한 보행자들의 집단행동 구현 —