

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2023년 6월 29일 (29.06.2023) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호
WO 2023/120822 A1

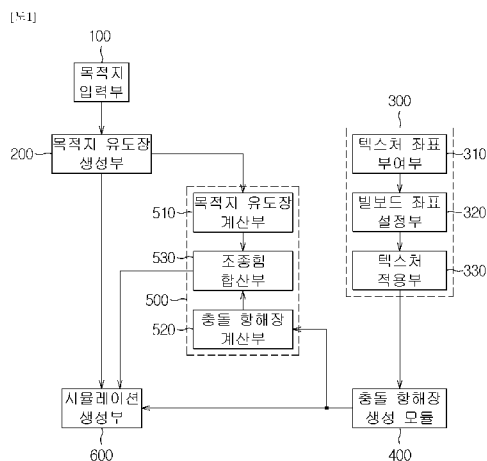
- (51) 국제특허분류:
G06T 19/00 (2011.01) G06T 17/20 (2006.01)
G06T 15/04 (2011.01) G09B 9/00 (2006.01)
G06T 7/73 (2017.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2022/005765
- (22) 국제출원일: 2022년 4월 22일 (22.04.2022)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2021-0184265 2021년 12월 21일 (21.12.2021) KR
- (71) 출원인: 동아대학교 산학협력단 (DONG-A UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION FOR INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION) [KR/KR]; 49315 부산광역시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교 산학협력단, Busan (KR).
- (72) 발명자: 옥수열 (OK, Soo Yol); 48059 부산광역시 해운대구 센텀동로 26, A-704호, Busan (KR).
- (74) 대리인: 전용철 (JUN, Yong Cheul); 47823 부산광역시 동래구 충렬대로 134-1 2층, 마이스타24특허법률사무소, Busan (KR).

- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: 3D VIRTUAL SPACE-BASED CROWD BEHAVIOR SIMULATION DEVICE

(54) 발명의 명칭: 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치



- 100 ... Destination input unit
200 ... Destination affordance field generating unit
310 ... Texture coordinate assignment unit
320 ... Billboard coordinate setting unit
330 ... Texture application unit
400 ... Collision navigation generating unit
510 ... Destination affordance field calculation unit
520 ... Collision navigation calculation unit
530 ... Steering force summation unit
600 ... Simulation generating unit

(57) Abstract: The present invention relates to a 3D virtual space-based crowd behavior simulation device comprising: a destination input unit that receives input, from a user, of a selection of one among a plurality of vertices constituting a stacked-type multi-story building model as a destination vertex; a destination affordance field generating unit for generating a destination affordance field corresponding to a vector field representing a slope of a scalar field according to a distance between an arbitrary vertex and the destination vertex when a heat transfer amount on the basis of a predetermined scalar-based heat transfer amount function is assigned to the plurality of vertices; a collision avoidance affordance field generating unit for, when a plurality of agents are disposed on a plane with normal vectors in different directions included in the multi-story building model, generating a collision avoidance affordance field for inducing collision avoidance according to a repulsive force acting on at least one agent adjacent to each other on the basis of the positions of the respective plurality of agents; and a simulation generating unit that generates a simulation image of a movement in which the plurality of agents move toward a predetermined destination inside the multi-story building model according to a steering force acting on the plurality of agents by a combination of the destination affordance field and the collision avoidance affordance field.

(57) 요약서: 본 발명은 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 관한 것으로서, 사용자로부터 적층식 다층 건물 모델을 구성하는 복수의 정점들 중 어느 하나를 목적지 정점으로 선택 입력받는 목적지 입력부와, 복수의 정점들에 대하여 기설정된 스칼라 기반 열전도량 함수에 기초한 열전도량을 부여할 때 임의의 정점과 목적지 정점 간의 거리에 따른 스칼라장의 기울기를 나타내는 벡터장에 대응하는 목적지 유도장을 생성하는 목적지 유도장 생성부와, 복수의 에이전트들이 다층 건물 모델에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때 복수의 에이전트들 각각의 위치를 기준으로 인접한 적어도 하나의 에이전트에 대하여 작용하는 척력힘에 따른 충돌 회피를 유도하기 위한 충돌 회피 유도장을 생성하는 충돌 회피 유도장 생성부와, 목적지 유도장 및 충돌 회피 유도장의 결합에 의해 복수의 에이전트들에 대하여 작용하는 조종힘에 따라 복수의 에이전트들이 다층 건물 모델의 내부에서 기설정된 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성하는 시뮬레이션 생성부를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 3차원 가상 공간에서 화재 대피 상황과 같이 실시간으로 상황이 변화하는 환경에서의 군중 행동을 표현하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 대규모 군중행동 시뮬레이션은 군중의 행동 특성을 사실적으로 표현하는 시뮬레이션을 의미하는 것으로서, 영화, 애니메이션, 게임과 같은 영상 제작 분야나 재난 및 도시 교통과 같은 사회적인 현상 해석 분야 등의 많은 분야에서 연구가 진행되고 있다.
- [3] 특히, 최근 센서 기술이 발달하면서 다양한 환경 데이터가 수집되고 많은 양의 지형 데이터가 축적되면서 실시간으로 변화되는 상황을 즉각적으로 반영하는 대규모 군중행동 시뮬레이션 기술이 요구되고 있다.
- [4] 이러한 군중행동 시뮬레이션을 구현하는 방법으로는 입자 시스템(particle system) 방법, 다중 에이전트 시스템(multi-agent system) 방법 및 유도 포텐셜 장(affordance potential field) 방법이 있다.
- [5] 이 중에서 입자 시스템 방법은 병렬처리가 용이하여 대규모 개체 움직임을 실시간으로 표현할 수 있지만 각 에이전트 개체의 다양한 특성과 상태를 반영하기 어렵고, 다중 에이전트 시스템 방법은 에이전트 간 상호작용을 반영하여 세밀한 움직임의 표현이 가능하나 움직임 생성에 많은 계산 비용이 요구된다.
- [6] 또한, 유도 포텐셜장 방법은 에이전트의 특성을 표현하기 위하여 이미지 기반 유도 포텐셜장을 사용하는 것으로서, 유도 포텐셜 장은 에이전트 위치에 따라 항해 포텐셜 장(navigation potential field)을 생성하고, 항해 포텐셜 장은 입자 시스템에서 사용하는 역장(force field)으로 표현되는 특징을 가진다.
- [7] 이러한 방법은 에이전트가 갖는 미시적 행동 특성과 입자 시스템의 거시적 행동 특성을 모두 표현할 수 있고, 에이전트의 행동 특성이나 공간 환경을 2차원 배열 형태로 구성하여 GPU에서 효율적으로 처리하는 것이 가능한 장점이 있긴 하나, 다양한 내외부 환경을 반영하기 위하여 다수의 항해 포텐셜장을 사전에 생성하여야 하고, 복층 구조의 건물이나 경사로와 같은 3차원 지형에서 유도장을 생성하기 어려운 문제점이 있다.
- [8] 즉, 전술한 방법들 중 어느 것으로도 3차원 구조물을 대상으로 하는 사실적인 군중 행동을 표현하는 시뮬레이션을 구현하기가 현재로서는 쉽지 않은 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명의 목적은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 3차원 가상 공간에서 화재 대피 상황과 같이 실시간으로 상황이 변화하는 환경에서의 군중 행동을 표현하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [10] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일면에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치는, 3차원 가상공간에서 모델링된 적층식 다층 건물 모델 내부에 배치된 복수의 에이전트들이 해당 건물 모델의 출구 정보에 대응하도록 기설정된 목적지를 향해 이동하는 대피 동작을 시뮬레이션하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 있어서, 사용자로부터 상기 다층 건물 모델을 구성하는 복수의 정점들 중 어느 하나를 목적지 정점으로 선택 입력받는 목적지 입력부와, 상기 복수의 정점들에 대하여 기설정된 스칼라 기반 열전도량 함수에 기초한 열전도량을 부여할 때 임의의 정점과 상기 목적지 정점 간의 거리에 따른 스칼라장의 기울기를 나타내는 벡터장에 대응하는 목적지 유도장을 생성하는 목적지 유도장 생성부와, 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때 상기 복수의 에이전트들 각각의 위치를 기준으로 인접한 적어도 하나의 상기 에이전트에 대하여 작용하는 척력함에 따른 충돌 회피를 유도하기 위한 충돌 회피 유도장을 생성하는 충돌 회피 유도장 생성부와, 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 회피 유도장의 결합에 의해 상기 복수의 에이전트들에 대하여 작용하는 조종힘에 따라 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델의 내부에서 상기 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성하는 시뮬레이션 생성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [11] 본 발명에 따르면, 인적·물적 피해가 예상되는 긴급 재난상황에서의 개인 및 군중 특성에 따른 행동 예측 모델을 구축 및 훈련할 수 있어 예기치 못한 재난 발생으로 인한 피해와 손실을 미연에 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [12] 또한, 본 발명에 따르면, 개별 에이전트의 의사결정 시스템과 파티클 시스템의 역장 개념을 기반으로 하여 대규모 군중 시뮬레이션에서 거시적인 행동 표현과 미시적인 행동 표현의 두 가지 특성을 모두 시뮬레이션 형태로 표현할 수 있어 대규모 군중의 동작을 실시간 환경에서 구현하는 영상 콘텐츠 분야에 적용 시 현실감 있는 시뮬레이션 영상을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [13] 또한, 본 발명에 따르면, 대규모 에이전트에 대한 조종 행동에 적용되는 이미지 기반 유도장 기법을 2차원 평면뿐만 아니라 복잡한 구조를 가진 3차원 구조물에도 효과적으로 적용 가능하도록 개선하여 수치 계산을 줄이고 병렬성을 높여 시뮬레이션 성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [14] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치의 구성을 나타낸 블록도이고,
- [15] 도 2는 도 1의 목적지 유도장 생성부에 의해 스칼라장의 기울기에 따른 목적지 유도장이 생성된 일례를 나타낸 도면이고,
- [16] 도 3은 도 1의 충돌 회피 유도장 생성부에 의해 생성되는 충돌 회피 유도장의 구조를 설명하기 위한 도면이고,
- [17] 도 4는 도 1의 충돌 항해장 생성 모듈에 의해 생성되는 충돌 항해장을 설명하기 위한 도면이고,
- [18] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 각 에이전트에 대한 뷰포트 영역의 설정이 완료된 상태의 일례를 나타낸 도면이고,
- [19] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층식 다층 건물 모델의 일례를 나타낸 입면도 및 투시도이고,
- [20] 도 7은 도 6에 도시된 다층 건물 모델 내부의 중간 이동 경로를 나타낸 도면이고,
- [21] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 에이전트들이 도 7에 도시된 중간 이동 경로를 따라 목적지를 향해 이동하는 대피 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 시간 순서대로 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [22] 본 발명의 일면에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치는, 3차원 가상공간에서 모델링된 적층식 다층 건물 모델 내부에 배치된 복수의 에이전트들이 해당 건물 모델의 출구 정보에 대응하도록 기설정된 목적지를 향해 이동하는 대피 동작을 시뮬레이션하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 있어서, 사용자로부터 상기 다층 건물 모델을 구성하는 복수의 정점들 중 어느 하나를 목적지 정점으로 선택 입력받는 목적지 입력부와, 상기 복수의 정점들에 대하여 기설정된 스칼라 기반 열전도량 함수에 기초한 열전도량을 부여할 때 임의의 정점과 상기 목적지 정점 간의 거리에 따른 스칼라장의 기울기를 나타내는 벡터장에 대응하는 목적지 유도장을 생성하는 목적지 유도장 생성부와, 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때 상기 복수의 에이전트들 각각의 위치를 기준으로 인접한 적어도 하나의 상기 에이전트에 대하여 작용하는 척력함에 따른 충돌 회피를 유도하기 위한 충돌 회피 유도장을 생성하는 충돌 회피 유도장 생성부와, 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 회피 유도장의 결합에 의해 상기 복수의 에이전트들에 대하여 작용하는 조종힘에 따라 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델의 내부에서 상기 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성하는 시뮬레이션 생성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [23] 바람직하게는, 상기 3차원 가상공간에서의 상기 복수의 에이전트들 각각에 대한 접공간 내 텍스처 좌표에 기초하여 상기 복수의 에이전트들 각각에 대응하여 생성된 복수의 충돌 회피 유도장을 2차원 평면 프레임 버퍼상에 직교 투영하여 텍스처 매핑함에 따라 하나로 결합된 충돌 항해장을 생성하는 충돌 항해장 생성 모듈을 더 포함하며, 상기 조종힘은 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 항해장의 결합에 의해 상기 복수의 에이전트들에 대하여 작용하는 것을 특징으로 한다.
- [24] 또한, 상기 충돌 항해장 생성 모듈은, 각각의 상기 에이전트에 대한 뷰포트 영역을 해당 에이전트가 위치한 평면의 법선벡터 방향과 일치하도록 설정한 후 상기 복수의 충돌 회피 유도장을 상기 평면 프레임 버퍼상에 직교 투영하는 것을 특징으로 한다.
- [25] 바람직하게는, 상기 충돌 회피 유도장 생성부는, 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때, 각각의 상기 에이전트의 정규화 벡터 및 중법선 벡터의 조합에 기초하여 해당 에이전트가 위치한 면에 접하는 평면 공간에 대한 텍스처 좌표를 부여하는 텍스처 좌표 부여부와, 상기 부여된 텍스처 좌표에 대응하는 접공간 벡터와 상기 에이전트의 이동 속도에 기초하여 기설정된 빌보드 기법을 통해 상기 에이전트에 대응하는 메쉬 객체의 빌보드 좌표를 설정하는 빌보드 좌표 설정부와, 상기 복수의 에이전트들 각각에 대응되는 메쉬 객체의 좌표에 텍스처를 적용함에 따라 상기 충돌 회피 유도장을 생성하는 텍스처 적용부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [26] 바람직하게는, 상기 복수의 에이전트들 각각에 대한 평면 좌표, 접공간 내 텍스처 좌표 및 로컬 벡터와 해당 에이전트의 현재 위치에 따른 색상 및 속도를 선형 보간한 값에 기초하여 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 항해장을 각각 계산하고 이를 기설정된 가중치와 곱하여 합산함에 따라 상기 조종힘을 연산하는 조종힘 연산부를 더 포함하며, 상기 시뮬레이션 생성부는, 상기 연산된 조종힘에 따라 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델의 내부에서 상기 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [27] 또한, 상기 조종힘 연산부는, 상기 복수의 에이전트들 각각이 위치한 평면 좌표와 해당 에이전트에 대한 접공간의 텍스처 좌표 각각에 대한 무게중심 좌표를 기준으로 보간된 색상값의 차이와 상기 텍스처 좌표의 로컬 벡터의 곱들을 합산하여 상기 목적지 유도장을 계산하는 목적지 유도장 계산부와, 상기 복수의 에이전트들 각각이 위치한 평면 좌표와 해당 에이전트에 대한 접공간의 텍스처 좌표 각각에 대하여 상기 에이전트의 현재 속도를 선형 보간함에 따른 스칼라값의 차이와 상기 텍스처 좌표의 로컬 벡터의 곱들을 합산하여 상기 충돌 항해장을 계산하는 충돌 항해장 계산부와, 상기 목적지 유도장과 상기 충돌 항해장에 기설정된 가중치를 곱하여 합산함에 따라 상기 조종힘을 연산하는

조종힘 합산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [28] 이상과 같은 본 발명에 대한 해결하려는 과제, 과제의 해결수단, 발명의 효과를 포함한 구체적인 사항들은 다음에 기재할 실시예 및 도면에 포함되어 있다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [29] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치의 구성을 나타낸 블록도이고, 도 2는 도 1의 목적지 유도장 생성부에 의해 스칼라장의 기울기에 따른 목적지 유도장이 생성된 일례를 나타낸 도면이고, 도 3은 도 1의 충돌 회피 유도장 생성부에 의해 생성되는 충돌 회피 유도장의 구조를 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 도 1의 충돌 항해장 생성 모듈에 의해 생성되는 충돌 항해장을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 각 에이전트에 대한 뷰포트 영역의 설정이 완료된 상태의 일례를 나타낸 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 적층식 다층 건물 모델의 일례를 나타낸 입면도 및 투시도이고, 도 7은 도 6에 도시된 다층 건물 모델 내부의 층간 이동 경로를 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 에이전트들이 도 7에 도시된 층간 이동 경로를 따라 목적지를 향해 이동하는 대피 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 시간 순서대로 나타낸 도면이다.
- [30] 이하, 전술한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 대해 설명하도록 한다.
- [31] 본 발명에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치는, 3차원 가상공간에서 모델링된 적층식 다층 건물 모델(M_B) 내부에 배치된 복수의 에이전트들(A_t)이 해당 건물 모델(M_B)의 출구 정보에 대응하도록 기설정된 목적지를 향해 이동하는 대피 동작을 시뮬레이션하기 위한 것이다.
- [32] 여기서, 적층식 다층 건물 모델(M_B)은 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이 다수의 층이 소정 높이 간격을 사이에 두고 적층된 건물 형태로서 각 층을 연결하는 계단 등의 층간 통로가 건물 외부의 지상과 바로 연결되는 1층 출입구까지 연결되는 구조로 모델링될 수 있다.
- [33] 여기서, 에이전트(A_t)는 컴퓨터상에서 애니메이션이 되는 가상 캐릭터(사람 등)들로서 이들은 가상의 위치정보(좌표값) 및 움직임 정보(질량, 속도, 가속도)를 가지고 있으며, 본 발명에서 언급하는 복수의 에이전트들(A_t)은 가상 군중에 대응되는 것일 수 있다.
- [34] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치는 크게 목적지 입력부(100), 목적지 유도장 생성부(200), 충돌 회피 유도장 생성부(300), 충돌 항해장 생성 모듈(400), 조종힘 연산부(500) 및 시뮬레이션 생성부(600)를 포함하여 구성된다.

- [35] 목적지 입력부(100)는 건물 내 화재가 발생하여 건물 내부에 배치된 복수의 에이전트들(A_t)에 대응하는 가상 군중이 해당 건물의 출입구로 대피하는 동작을 시뮬레이션하기 위하여 상기 출입구에 대응하는 목적지 정보를 사용자로부터 입력받기 위한 것이다.
- [36] 목적지 입력부(100)는 사용자로부터 다층 건물 모델(M_B)을 구성하는 복수의 정점들 중 어느 하나를 목적지 정점(V_d)으로 선택 입력받는다.
- [37] 예컨대, 도 7에 도시된 다층 건물 모델(M_B)의 경우, 목적지 입력부(100)는 사용자로부터 제1 출입구(Goal A) 또는 제2 출입구(Goal B) 중 어느 하나에 대응하는 정점을 목적지 정점(V_d)으로 선택 입력받을 수 있다.
- [38] 목적지 유도장 생성부(200)와 충돌 회피 유도장 생성부(300)는 가상 군중을 이루는 복수의 에이전트들(A_t)이 동일한 목적지를 향해 이동할 때 발생하는 상호작용에 따른 인력함 또는 척력함에 각각 대응하는 유도장을 생성하는 역할을 한다.
- [39] 여기서, 상기 유도장은 파티클 시스템의 역장(Force Field) 개념을 기반으로 하여 에이전트(A_t)가 가지는 영향도의 특성(범위,세기)을 자기장이나 전기장과 같은 장(field)의 형태로 바꿔 이를 이미지화한 것을 나타내며, 이러한 유도장은 사용자가 각 에이전트(A_t)의 특성에 맞추어 다르게 설정할 수 있고 유도장의 형태, 크기, 색상 등에 따라 다양한 움직임을 표현할 수 있다.
- [40] 이때, 사용자가 설정한 각 에이전트(A_t)의 특성 및 유도장 정보는 별도의 유도장 데이터베이스(미도시)에 저장하여 필요시 언제든지 사용할 수 있도록 할 수 있다.
- [41] 목적지 유도장 생성부(200)는 복수의 에이전트들(A_t)이 목적지 입력부(100)에 의해 사용자로부터 입력받은 목적지 정점(V_d)을 향해 이동할 때 발생하는 상호작용에 따른 인력함에 대응하는 목적지 유도장을 생성한다.
- [42] 목적지 유도장 생성부(200)는 다층 건물 모델(M_B)을 구성하는 복수의 정점들에 대하여 기설정된 스칼라 기반 열전도량 함수에 기초한 열전도량을 부여할 때 도 2에 도시된 바와 같이 임의의 정점(V_x)과 목적지 정점(V_d) 간의 거리에 따른 스칼라장의 기울기(G ; gradient)를 나타내는 벡터장에 대응하는 목적지 유도장(f_a)을 생성할 수 있다.
- [43] 여기서, 목적지 유도장(f_a)은 가상 군중에 대응하는 복수의 에이전트들(A_t)의 움직임을 거시적인 관점에서 제어하여 3차원 공간상에서 놓인 목적지를 향해 이동하도록 하기 위한 유도장으로서, 목적지로부터의 거리가 멀어질수록 스칼라 값이 점점 높아지거나 낮아지도록 생성되어야 한다.
- [44] 이때, 목적지 유도장(f_a)은 기설정된 함수 및 수식 또는 미리 그려진 그림파일을 이용하여 프레임 버퍼(Frame Buffer) 메모리 공간에 2D 텍스처(Texture)를 생성함에 따라 이미지화된 형태로 생성될 수 있다.
- [45] 구체적으로, 목적지 유도장 생성부(200)는 아래의 수학식 1에 따라 임의의 정점(V_x)과 목적지 정점(V_d) 간의 거리를 계산할 수 있다.

[46] [수식1]

$$\Phi(x,y) = \lim_{t \rightarrow 0} \sqrt{-4t \log k_{t,x}(y)}$$

[47] 여기서, t는 시간, x는 열원, y는 목적지를 각각 나타내고,

$$k_{t,x}(y)$$

는 열원 x에서 t시간 후에 목적지 y까지 전달된 열 전도량을 측정하는 열 커널(heat kernel) 함수를 나타내고, $\Phi(x,y)$ 는 임의의 정점과 목적지 정점 간의 열 확산 거리에 대응하는 측지거리(geodesic distance)를 나타낸다.

[48] 충돌 회피 유도장 생성부(300)는 복수의 에이전트들(A_t)이 다층 건물 모델(M_B)에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때 복수의 에이전트들(A_t) 각각의 위치를 기준으로 인접한 적어도 하나의 에이전트에 대하여 작용하는 척력힘에 따른 충돌 회피를 유도하기 위한 충돌 회피 유도장을 생성한다.

[49] 여기서, 상기 충돌 회피 유도장은 각 에이전트(A_t)의 충돌 범위와 행동 특성을 나타내기 위해 이미지로 표현한 것으로, 충돌 회피 유도장 생성부(300)에 의해 생성되는 복수의 에이전트들(A_t) 각각에 대한 충돌 회피 유도장을 하나로 결합한 형태인 항해장(Navigation Field)에 의한 충돌 범위의 스칼라 값 차이를 통해 척력힘을 유도하는 것일 수 있다.

[50] 이와 관련하여, 충돌 회피 유도장 생성부(300)는 도 1에 도시된 바와 같이 텍스처 좌표 부여부(310), 빌보드 좌표 설정부(320) 및 텍스처 적용부(330)를 포함할 수 있다.

[51] 텍스처 좌표 부여부(310)는 복수의 에이전트들(A_t)이 다층 건물 모델(M_B)에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때, 각각의 에이전트(A_t)의 정규화 벡터 및 중법선(binormal) 벡터의 조합에 기초하여 해당 에이전트가 위치한 면에 접하는 평면 공간에 대한 텍스처 좌표를 부여한다.

[52] 텍스처 좌표 부여부(310)는 도 3에 도시된 바와 같이 특정 에이전트(A_t)가 위치한 평면의 법선 벡터

$$\vec{n}$$

와 해당 에이전트의 진행방향

$$\vec{v}$$

이 주어졌을 때, 벡터

$$\vec{n}$$

와

$$\vec{v}$$

에 모두 수직인 중법 벡터

$$\vec{b}$$

를 구할 수 있고,

$\vec{v}$

의 크기인 속도 s 에 따라

$\vec{v}$

의 정규화 벡터

$\vec{a}$

와 중첩 벡터

$\vec{b}$

의 조합으로 접공간 내 텍스처 좌표를 부여할 수 있다.

[53] 빌보드 좌표 설정부(320)는 텍스처 좌표 부여부(310)에 의해 부여된 텍스처 좌표에 대응하는 접공간 벡터와 에이전트(At)의 이동 속도에 기초하여 기설정된 빌보드(billboard) 기법을 통해 에이전트(At)에 대응하는 메쉬 객체의 빌보드 좌표를 설정한다.

[54] 텍스처 적용부(330)는 복수의 에이전트들(At) 각각에 대응되는 메쉬 객체의 좌표에 텍스처를 적용함에 따라 충돌 회피 유도장을 생성한다.

[55] 충돌 항해장 생성 모듈(400)은 충돌 회피 유도장 생성부(300)에 의해 복수의 에이전트들(At) 각각에 대하여 개별적으로 생성된 복수의 충돌 회피 유도장을 각 에이전트의 접공간을 기준으로 프레임 버퍼(Frame Buffer) 메모리 공간에 담기 위한 것이다.

[56] 충돌 항해장 생성 모듈(400)은 3차원 가상공간에서의 복수의 에이전트들(At) 각각에 대한 접공간 내 텍스처 좌표에 기초하여 복수의 에이전트들(At) 각각에 대응하여 생성된 복수의 충돌 회피 유도장을 2차원 평면 프레임 버퍼상에 직교 투영하여 텍스처 매핑함에 따라 하나로 결합된 충돌 항해장(f_i)을 생성한다.

[57] 예컨대, 도 4를 참조하면, 제1 에이전트에 대응되는 제1 충돌 회피 유도장의 법선벡터가

$\vec{n}_1$

이고 제2 에이전트에 대응되는 제2 충돌 회피 유도장의 법선벡터가

$\vec{n}_2$

인 경우, 충돌 항해장 생성 모듈(400)은 제1 및 제2 충돌 회피 유도장을 가상 카메라(Virtual camera)의 프레임 버퍼(Frame buffer)상에 직교 투영(Orthographic project)함에 따라 하나로 결합된 충돌 항해장(f_i)을 생성하게 된다.

[58] 이때, 충돌 항해장 생성 모듈(400)은 복수의 충돌 회피 유도장을 평면 프레임 버퍼상에 직교 투영함에 있어서, 각각의 에이전트(At)에 대한 뷰포트 영역을 해당 에이전트가 위치한 평면의 법선벡터 방향과 일치하도록 설정할 수 있다.

[59] 이 경우, 만일 각 에이전트(At)에 대한 뷰포트 영역의 설정이 완료되면, 도 6에 도시된 한 쌍의 에이전트에 대한 충돌 항해장은 두 에이전트의 접공간에

대응하는 육면체 범위(50)에서 획득하게 된다.

- [60] 조종힘 연산부(500)는 목적지 유도장(f_a) 및 충돌 항해장(f_r)의 결합에 의해 복수의 에이전트들(A_t)에 대하여 작용하는 조종힘(f_s)을 연산하기 위한 것이다.
- [61] 조종힘 연산부(500)는 복수의 에이전트들(A_t) 각각에 대한 평면 좌표, 접공간 내 텍스처 좌표 및 로컬 벡터와 해당 에이전트의 현재 위치에 따른 색상 및 속도를 선형 보간한 값에 기초하여 목적지 유도장(f_a) 및 충돌 항해장(f_r)을 각각 계산하고 이를 기설정된 가중치와 곱하여 합산함에 따라 조종힘(f_s)을 연산한다.
- [62] 이와 관련하여, 조종힘 연산부(500)는 도 1에 도시된 바와 같이 목적지 유도장 계산부(510), 충돌 항해장 계산부(520) 및 조종힘 합산부(530)를 포함할 수 있다.
- [63] 목적지 유도장 계산부(510)는 복수의 에이전트들(A_t) 각각이 위치한 평면 좌표와 해당 에이전트에 대한 접공간의 텍스처 좌표 각각에 대한 무게중심 좌표를 기준으로 보간된 색상값의 차이와 상기 텍스처 좌표의 로컬 벡터의 곱들을 합산하여 목적지 유도장(f_a)을 계산한다.
- [64] 전술한 바와 같이 무게중심 좌표를 이용하는 목적은, 에이전트의 위치가 임의의 3차원 공간상에 있을 때, 단순히 인접 정점의 값을 얻는 경우라면 지오메트리의 규모에 따라 값의 차이가 너무 크거나 또는 값의 차이가 없을 수 있어 정확한 목적지 이동 힘을 유도하기 어렵고, 목적지 유도장을 색상으로 표현하여 유도장의 센서를 평면공간에서 구하려 할 경우에도 동일한 문제점이 발생할 수 있음을 고려한 것으로, 무게중심 좌표계(barycentric coordinates)를 통해 에이전트의 위치에 있는 스칼라 값을 보간하기 위함이다.
- [65] 구체적으로, 목적지 유도장 계산부(510)는 아래의 수학식 2에 따라 목적지 유도장(f_a)을 계산할 수 있다.

[66] [수식2]

$$\vec{f}_a = \sum_{i=0}^n \frac{\vec{p}_{si} - \vec{p}_a}{\|\vec{p}_{si} - \vec{p}_a\|} (c_a - c_{si})$$

[67] 여기서,

$$\vec{f}_a$$

는 목적지 유도장을 나타내고, p_a 는 에이전트가 위치한 평면 좌표를 나타내고, p_{si} 는 에이전트에 대한 접공간의 텍스처 좌표를 나타내고,

$$\vec{p}_{si} - \vec{p}_a$$

는 텍스처 좌표의 로컬 벡터를 나타내고, c_a 는 p_a 에 대한 무게중심 좌표를 기준으로 보간된 제1 색상값을 나타내고, c_{si} 는 p_{si} 에 대한 무게중심 좌표를 기준으로 보간된 제2 색상값을 나타낸다.

- [68] 또한, 상기 수학식 2의 파라미터로 사용된 제1 색상값(c_a) 및 제2 색상값(c_{si})은 아래의 수학식 3 내지 수학식 6에 기초하여 계산될 수 있다.

[69] [수식3]

$$\omega_{v1} = \frac{(v2_y - v3_y)(p_x - v3_x) + (v3_x - v2_x)(p_y - v3_y)}{(v2_y - v3_y)(v1_x - v3_x) + (v3_x - v2_x)(v1_y - v3_y)}$$

[70] [수식4]

$$\omega_{v2} = \frac{(v3_y - v1_y)(p_x - v3_x) + (v1_x - v3_x)(p_y - v3_y)}{(v2_y - v3_y)(v1_x - v3_x) + (v3_x - v2_x)(v1_y - v3_y)}$$

[71] [수식5]

$$\omega_{v3} = 1 - \omega_{v1} - \omega_{v2}$$

[72] [수식6]

$$c_p = \frac{\omega_{v1}c_{v1} + \omega_{v2}c_{v2} + \omega_{v3}c_{v3}}{\omega_{v1} + \omega_{v2} + \omega_{v3}}$$

[73] 여기서, $v1, v2, v3$ 은 동일한 면 위에 있는 세 점을 나타내고, w_{v1} 은 $v1$ 을 기준으로 한 무게중심 좌표를 나타내고, w_{v2} 은 $v2$ 를 기준으로 한 무게중심 좌표를 나타내고, w_{v3} 은 $v3$ 를 기준으로 한 무게중심 좌표를 나타내고, p 는 정점을 나타내고, c_p 는 정점 p 에 대하여 보간된 색상값을 나타낸다.

[74] 충돌 항해장 계산부(520)는 복수의 에이전트들(At) 각각이 위치한 평면 좌표와 해당 에이전트에 대한 접공간의 텍스처 좌표 각각에 대하여 상기 에이전트의 현재 속도를 선형 보간함에 따른 스칼라값의 차이($f(ix_a) - f(ix_{si})$)와 상기 텍스처 좌표의 로컬 벡터의 곱들을 합산하여 충돌 항해장(f_r)을 계산한다.

[75] 구체적으로, 충돌 항해장 계산부(520)는 아래의 수학적 식 7에 따라 충돌 항해장(f_r)을 계산할 수 있다.

[76] [수식7]

$$\vec{f_r} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\vec{p_a} - \vec{p_{si}}}{\|\vec{p_a} - \vec{p_{si}}\|} (f(ix_a, iy_a) - f(ix_{si}, iy_{si})) \right]$$

[77] 여기서,

$$\vec{f_r}$$

은 충돌 항해장을 나타내고, p_a 는 에이전트가 위치한 평면 좌표를 나타내고, p_{si} 는 에이전트에 대한 접공간의 텍스처 좌표를 나타내고,

$$\vec{p_{si}} - \vec{p_a}$$

는 텍스처 좌표의 로컬 벡터를 나타내고, $ix_{a,si}$ 및 $iy_{a,si}$ 는 충돌 항해장의 프레임 버퍼에 접근하기 위한 인덱스(index)를 나타내고, $f(ix, iy)$ 는 충돌 항해장의 스칼라 값을 나타낸다.

[78] 이때, 충돌 항해장(f_r)과 목적지 유도장(f_a)은 복수의 에이전트들(At) 간의 상호작용에 따른 척력 및 인력에 각각 대응하므로 서로 반대방향으로 적용될 수 있다.

[79] 조중힘 합산부(530)는 아래의 수학적식 8과 같이 목적지 유도장 계산부(510)에 의해 계산된 목적지 유도장(f_d)과 충돌 항해장 계산부(520)에 의해 계산된 충돌 항해장(f_r)에 각각 기설정된 가중치(w)를 곱하여 합산함에 따라 조중힘(f_s)을 연산한다.

[80] [수식8]

$$\vec{f}_s = w_a \vec{f}_a + w_r \vec{f}_r$$

[81] 여기서,

$$\vec{f}_s$$

는 조중힘,

$$\vec{f}_a$$

는 목적지 유도장,

$$\vec{f}_r$$

는 충돌 항해장을 각각 나타내고, w_a 는 인력힘에 대한 가중치를 나타내고, w_r 는 척력힘에 대한 가중치를 나타낸다.

[82] 시뮬레이션 생성부(600)는 복수의 에이전트들(A_i)이 다층 건물 모델(M_B)의 내부에서 해당 건물 모델(M_B)의 출구 정보에 대응하도록 기설정된 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성하기 위한 것이다.

[83] 시뮬레이션 생성부(600)는 목적지 유도장(f_s) 및 충돌 항해장(f_r)의 결합에 의해 복수의 에이전트들(A_i)에 대하여 작용하는 조중힘(f_s)을 조중힘 합산부(530)에 의해 연산한 결과에 따라 복수의 에이전트들(A_i)이 다층 건물 모델(M_B) 내부의 임의의 정점(V_x)에서 목적지 입력부(100)에 의해 사용자로부터 입력받은 목적지 정점(V_d)을 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성한다.

[84] 예컨대, 사용자가 에이전트에 대한 특성 정보로서 " F_A (인력) : F_R (척력) = 5 : 5", " $\text{Minimum speed} = 1.0$ ", " $\text{Maximum speed} = 4.0$ "을 설정한 상태에서 도 7에 도시된 바와 같이 두 개의 출입구(Group A, Group B)를 포함하는 다층 건물 모델(M_B)에 대하여, 제1 출입구(Group A)를 목적지로 이동하는 복수의 에이전트들을 포함하는 '그룹 A'와 제2 출입구(Group B)를 목적지로 이동하는 복수의 에이전트들을 포함하는 '그룹 B'가 도 8a와 같이 배치하는 경우에 시뮬레이션 생성부(600)에 의해 생성되는 시뮬레이션 영상을 시간에 따라 순차적으로 설명하면 다음과 같다.

[85] 먼저, 소정 시간이 경과한 제1 시점에는 도 8b와 같이 층간 이동 통로인 계단 지역에서 군집되는 현상을 나타내고, 다음으로, 상기 제1 시점 이후의 제2 시점에는 도 8c에 도시된 바와 같이 서로 다른 인력힘을 유도하는 2층의 분기점 지역에서 '그룹 A'와 '그룹 B'가 각자의 목적지를 향해 분기되어 이동하는 현상을 나타내고, 다음으로, 상기 제2 시점 이후의 제3 시점에는 도 8d에 도시된 바와 같이 지형 데이터의 구조에 따라 분기점이 되는 2층 계단에서 가까운 '그룹 A'가

먼저 건물 밖으로 빠져나가 동작이 종료됨을 확인할 수 있다.

- [86] 이에 따라, 전술한 본 발명에 의하면, 인적·물적 피해가 예상되는 긴급 재난상황에서의 개인 및 군중 특성에 따른 행동 예측 모델을 구축 및 훈련할 수 있어 예기치 못한 재난 발생으로 인한 피해와 손실을 미연에 방지할 수 있다.
- [87] 또한, 본 발명에 의하면, 개별 에이전트의 의사결정 시스템과 파티클 시스템의 역장 개념을 기반으로 하여 대규모 군중 시뮬레이션에서 거시적인 행동 표현과 미시적인 행동 표현의 두 가지 특성을 모두 시뮬레이션 형태로 표현할 수 있어 대규모 군중의 동작을 실시간 환경에서 구현하는 영상 콘텐츠 분야에 적용 시 현실감 있는 시뮬레이션 영상을 제공할 수 있다.
- [88] 또한, 본 발명에 의하면, 대규모 에이전트에 대한 조종 행동에 적용되는 이미지 기반 유도장 기법을 2차원 평면뿐만 아니라 복잡한 구조를 가진 3차원 구조물에도 효과적으로 적용 가능하도록 개선하여 수치 계산을 줄이고 병렬성을 높여 시뮬레이션 성능을 향상시킬 수 있다.
- [89] 이상, 바람직한 실시예를 통하여 본 발명에 관하여 상세히 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며 특허청구범위 내에서 다양하게 실시될 수 있다.
- [90] 특히, 전술한 내용은 후술할 발명의 청구범위를 더욱 잘 이해할 수 있도록 본 발명의 특징과 기술적 강점을 다소 폭넓게 상술하였으므로, 상술한 본 발명의 개념과 특정 실시예는 본 발명과 유사 목적을 수행하기 위한 다른 형상의 설계나 수정의 기본으로써 즉시 사용될 수 있음이 해당 기술 분야의 숙련된 사람들에 의해 인식되어야 한다.
- [91] 또한, 상기에서 기술된 실시예는 본 발명에 따른 하나의 실시예일 뿐이며, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술적 사상의 범위에서 다양한 수정 및 변경된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 개시된 실시예는 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 이러한 다양한 수정 및 변경 또한 본 발명의 기술적 사상의 범위에 속하는 것으로 전술한 본 발명의 청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

- [92] 본 발명은 3차원 가상 공간에서 화재 대피 상황과 같이 실시간으로 상황이 변화하는 환경에서의 군중 행동을 표현하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 관한 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 3차원 가상공간에서 모델링된 적층식 다층 건물 모델 내부에 배치된 복수의 에이전트들이 해당 건물 모델의 출구 정보에 대응하도록 기설정된 목적지를 향해 이동하는 대피 동작을 시뮬레이션하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치에 있어서,
 사용자로부터 상기 다층 건물 모델을 구성하는 복수의 정점들 중 어느 하나를 목적지 정점으로 선택 입력받는 목적지 입력부;
 상기 복수의 정점들에 대하여 기설정된 스칼라 기반 열전도량 함수에 기초한 열전도량을 부여할 때 임의의 정점과 상기 목적지 정점 간의 거리에 따른 스칼라장의 기울기를 나타내는 벡터장에 대응하는 목적지 유도장을 생성하는 목적지 유도장 생성부;
 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델에 포함되는 서로 다른 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때 상기 복수의 에이전트들 각각의 위치를 기준으로 인접한 적어도 하나의 상기 에이전트에 대하여 작용하는 척력힘에 따른 충돌 회피를 유도하기 위한 충돌 회피 유도장을 생성하는 충돌 회피 유도장 생성부; 및
 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 회피 유도장의 결합에 의해 상기 복수의 에이전트들에 대하여 작용하는 조종힘에 따라 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델의 내부에서 상기 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션 영상을 생성하는 시뮬레이션 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 3차원 가상공간에서의 상기 복수의 에이전트들 각각에 대한 접근공간 내 텍스처 좌표에 기초하여 상기 복수의 에이전트들 각각에 대응하여 생성된 복수의 충돌 회피 유도장을 2차원 평면 프레임 버퍼상에 직교 투영하여 텍스처 매핑함에 따라 하나로 결합된 충돌 항해장을 생성하는 충돌 항해장 생성 모듈;을 더 포함하며,
 상기 조종힘은 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 항해장의 결합에 의해 상기 복수의 에이전트들에 대하여 작용하는 것을 특징으로 하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 충돌 항해장 생성 모듈은,
 각각의 상기 에이전트에 대한 뷰포트 영역을 해당 에이전트가 위치한 평면의 법선벡터 방향과 일치하도록 설정한 후 상기 복수의 충돌 회피 유도장을 상기 평면 프레임 버퍼상에 직교 투영하는 것을 특징으로 하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,

상기 충돌 회피 유도장 생성부는,
 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물 모델에 포함되는 서로 다른
 방향의 법선벡터를 갖는 평면상에 배치될 때, 각각의 상기 에이전트의
 정규화 벡터 및 중법선 벡터의 조합에 기초하여 해당 에이전트가 위치한
 면에 접하는 평면 공간에 대한 텍스처 좌표를 부여하는 텍스처 좌표
 부여부;
 상기 부여된 텍스처 좌표에 대응하는 접공간 벡터와 상기 에이전트의
 이동 속도에 기초하여 기설정된 빌보드 기법을 통해 상기 에이전트에
 대응하는 메쉬 객체의 빌보드 좌표를 설정하는 빌보드 좌표 설정부; 및
 상기 복수의 에이전트들 각각에 대응되는 메쉬 객체의 좌표에 텍스처를
 적용함에 따라 상기 충돌 회피 유도장을 생성하는 텍스처 적용부;를
 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동
 시뮬레이션 장치.

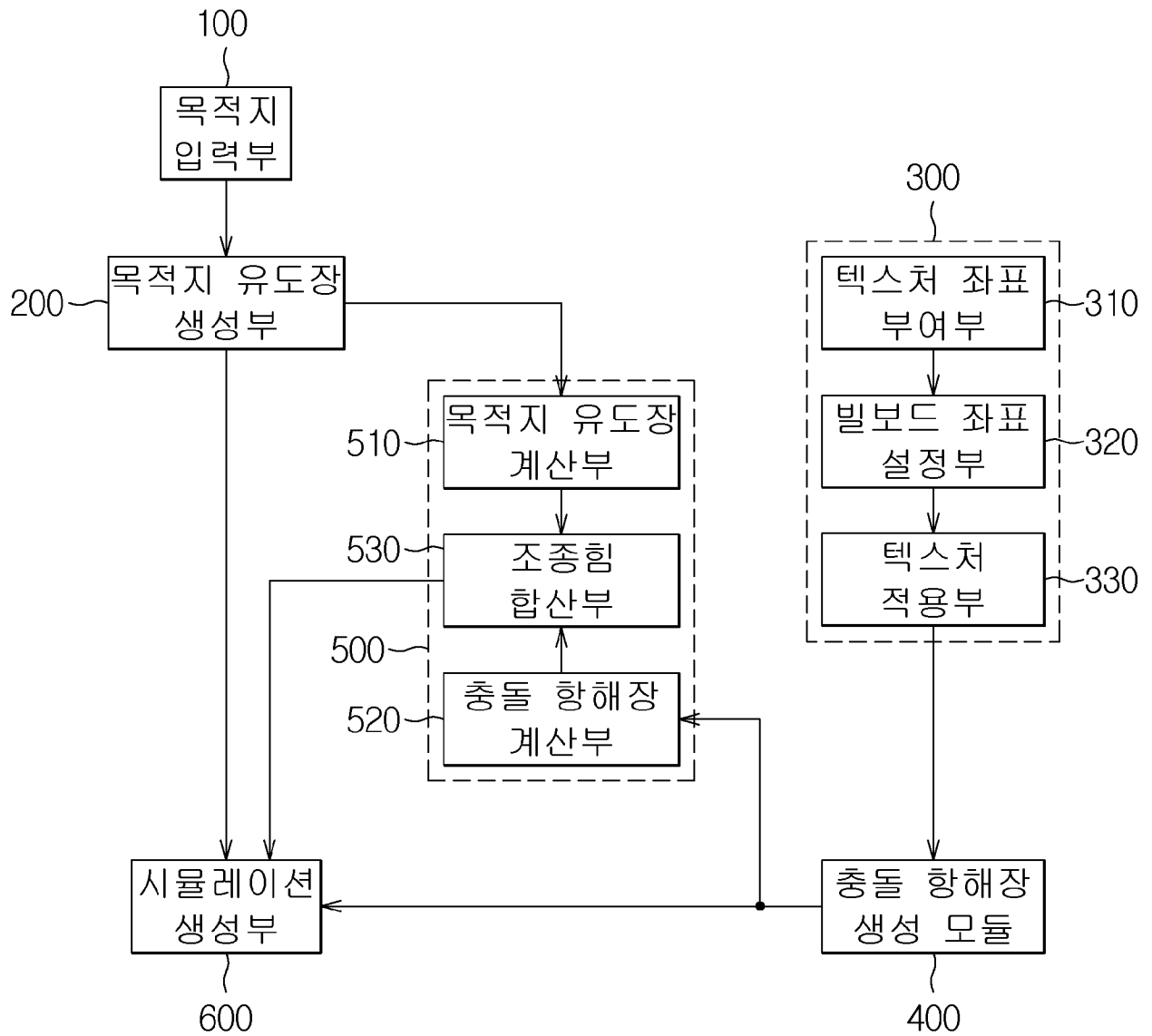
[청구항 5]

제2항에 있어서,
 상기 복수의 에이전트들 각각에 대한 평면 좌표, 접공간 내 텍스처 좌표
 및 로컬 벡터와 해당 에이전트의 현재 위치에 따른 색상 및 속도를 선형
 보간한 값에 기초하여 상기 목적지 유도장 및 상기 충돌 항해장을 각각
 계산하고 이를 기설정된 가중치와 곱하여 합산함에 따라 상기 조종힘을
 연산하는 조종힘 연산부;를 더 포함하며,
 상기 시뮬레이션 생성부는,
 상기 연산된 조종힘에 따라 상기 복수의 에이전트들이 상기 다층 건물
 모델의 내부에서 상기 목적지를 향해 이동하는 동작에 대한 시뮬레이션
 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동
 시뮬레이션 장치.

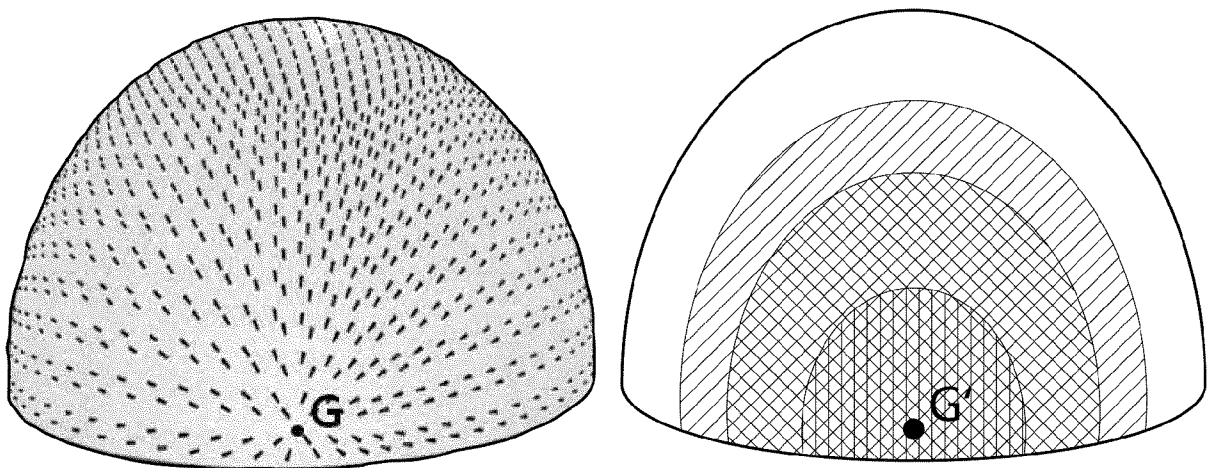
[청구항 6]

제5항에 있어서,
 상기 조종힘 연산부는,
 상기 복수의 에이전트들 각각이 위치한 평면 좌표와 해당 에이전트에
 대한 접공간의 텍스처 좌표 각각에 대한 무게중심 좌표를 기준으로
 보간된 색상값의 차이와 상기 텍스처 좌표의 로컬 벡터의 곱들을
 합산하여 상기 목적지 유도장을 계산하는 목적지 유도장 계산부;
 상기 복수의 에이전트들 각각이 위치한 평면 좌표와 해당 에이전트에
 대한 접공간의 텍스처 좌표 각각에 대하여 상기 에이전트의 현재 속도를
 선형 보간함에 따른 스칼라값의 차이와 상기 텍스처 좌표의 로컬 벡터의
 곱들을 합산하여 상기 충돌 항해장을 계산하는 충돌 항해장 계산부; 및
 상기 목적지 유도장과 상기 충돌 항해장에 기설정된 가중치를 곱하여
 합산함에 따라 상기 조종힘을 연산하는 조종힘 합산부;를 포함하는 것을
 특징으로 하는 3차원 가상 공간 기반의 군중 행동 시뮬레이션 장치.

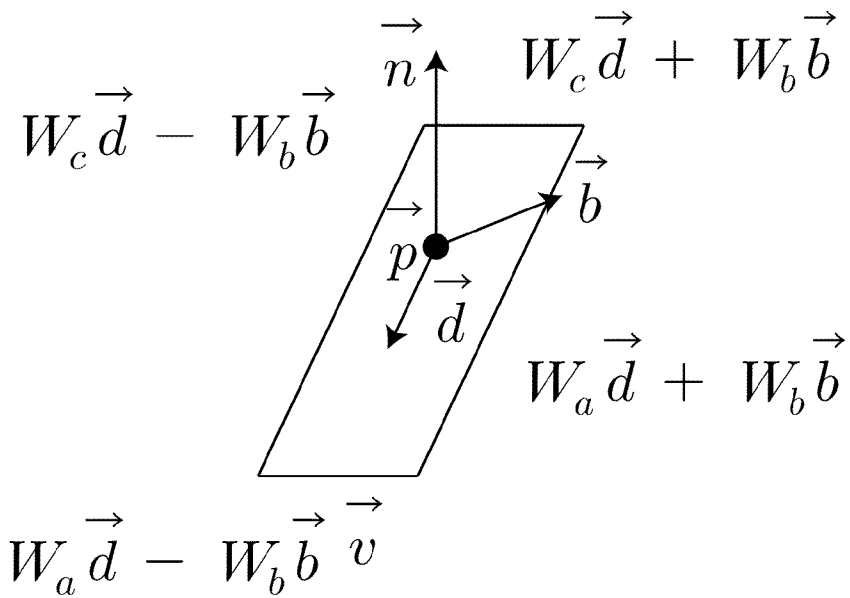
[도1]



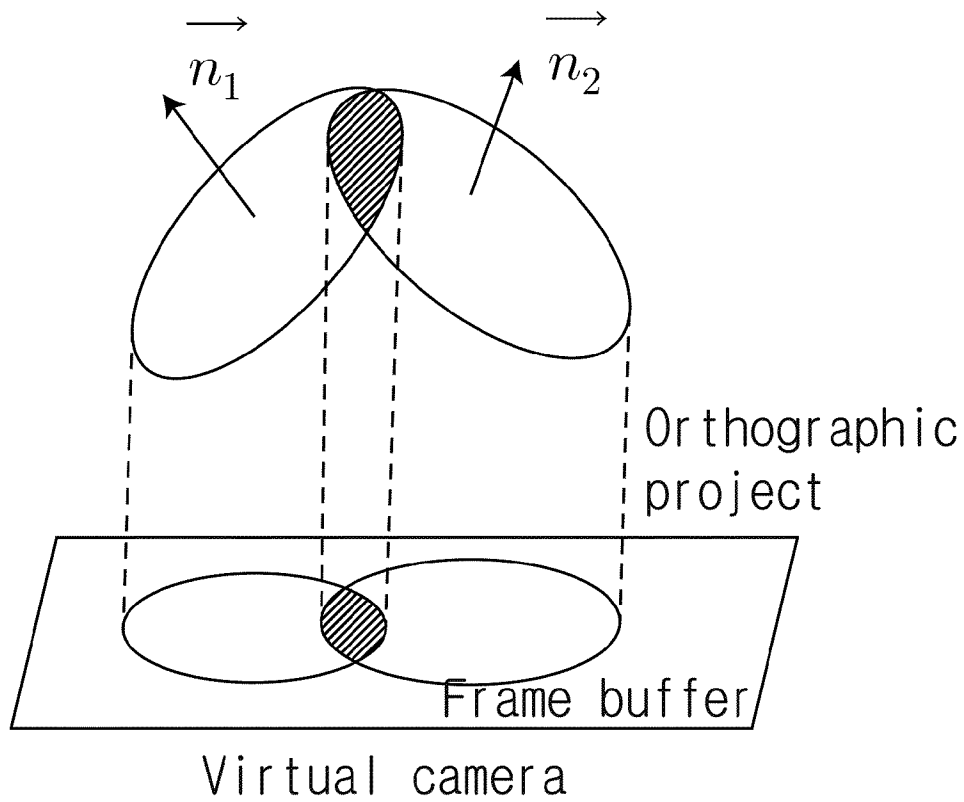
[도2]



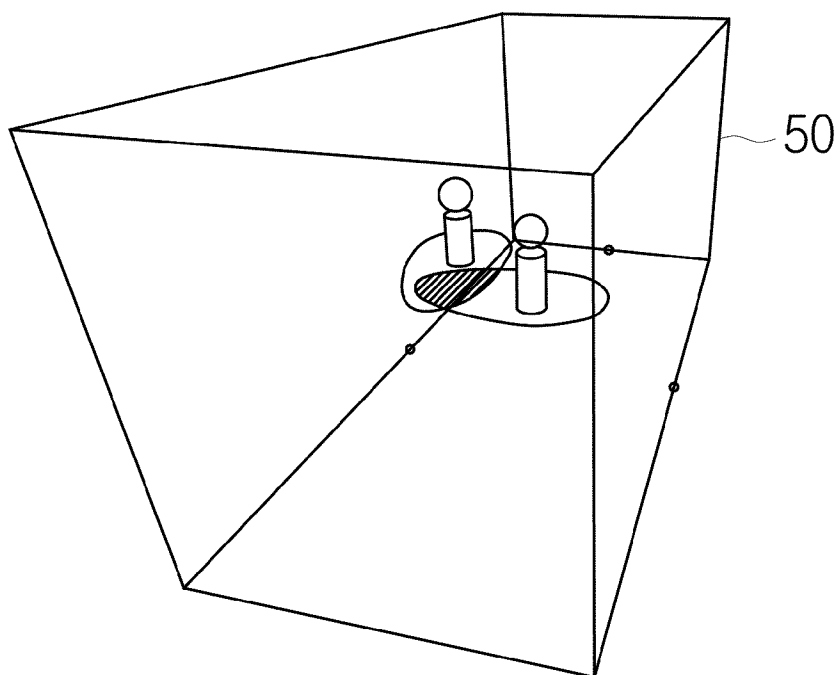
[도3]



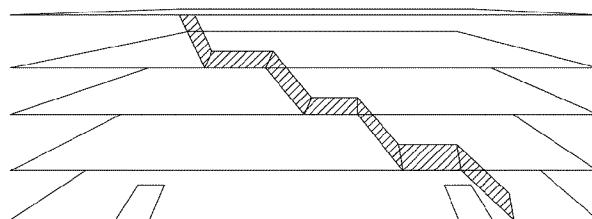
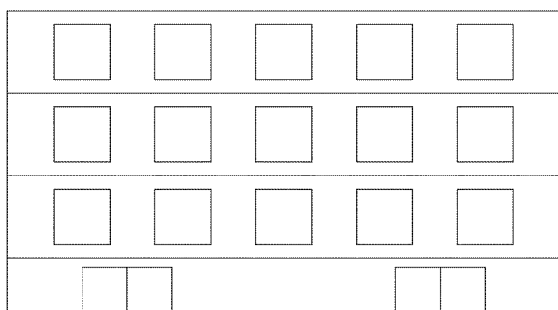
[도4]



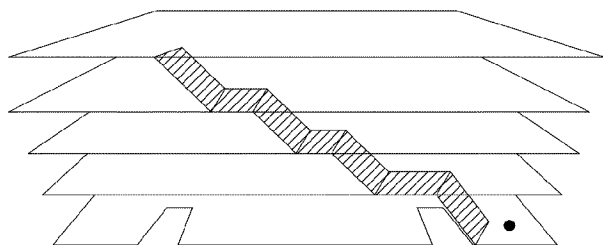
[도5]



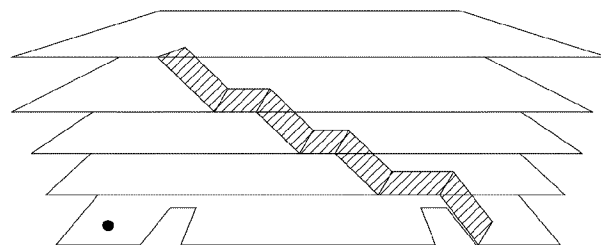
[도6]



[도7]

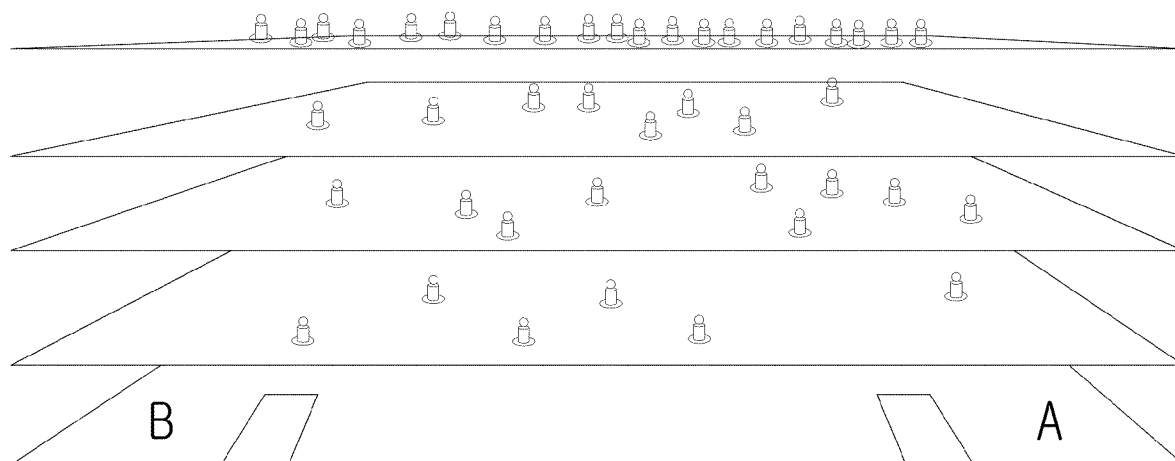


Goal A



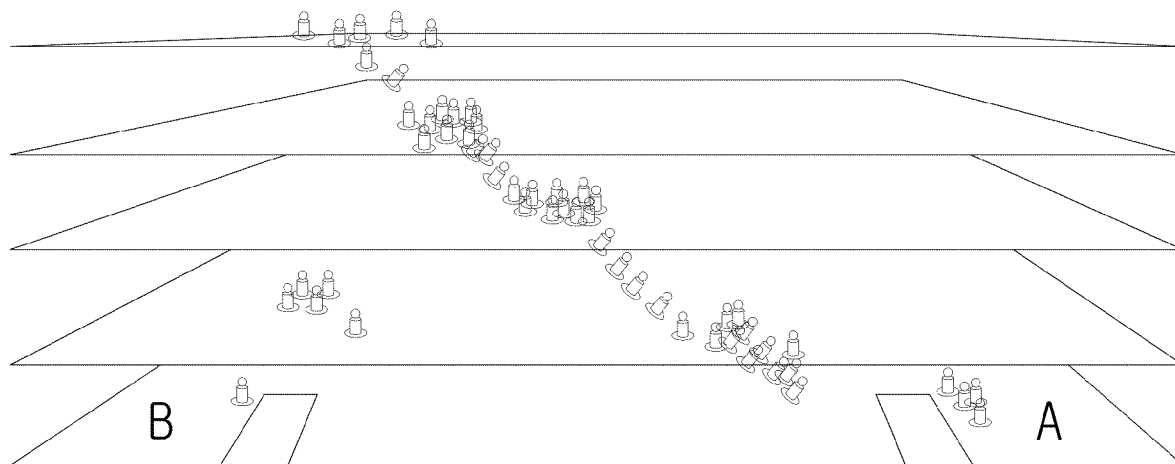
Goal B

[도8a]



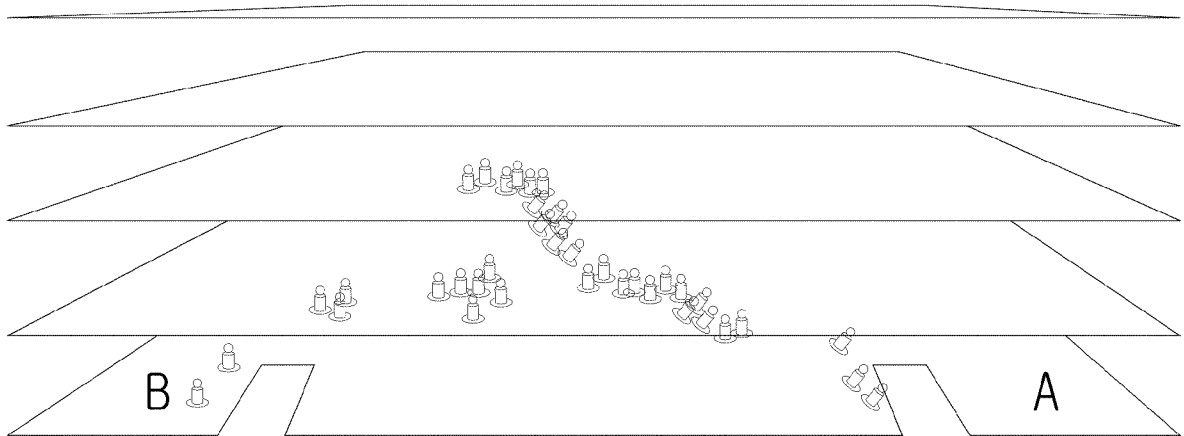
time:0.5970558

[도8b]



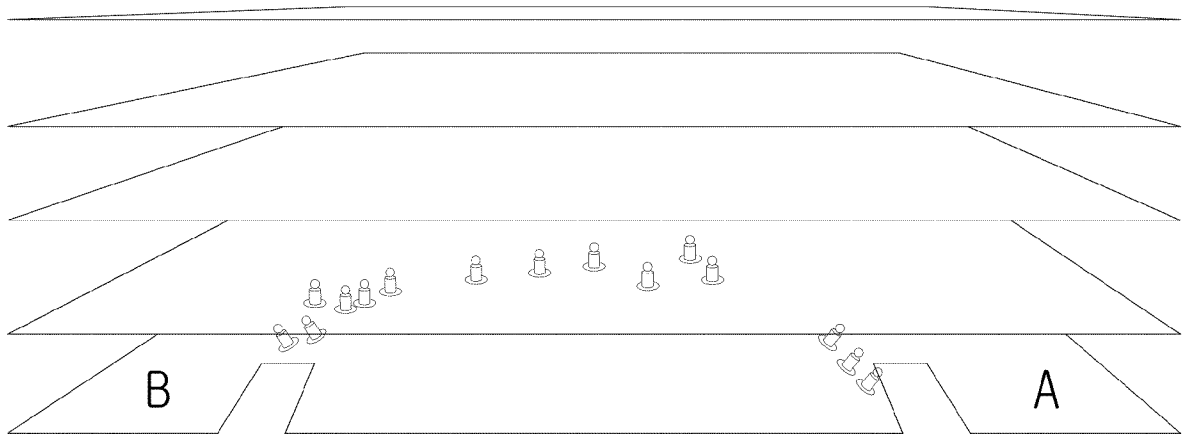
time:20.5983

[도8c]



time:40.19456

[도8d]



time:60.44864

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/005765

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06T 19/00(2011.01)i; G06T 15/04(2011.01)i; G06T 7/73(2017.01)i; G06T 17/20(2006.01)i; G09B 9/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06T 19/00(2011.01); G06F 17/00(2006.01); G06T 11/00(2006.01); G06T 17/05(2011.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 3차원(three dimension), 가상 공간(virtual space), 군중 시뮬레이션(crowd simulation), 에이전트(agent), 유도장(affordance field), 항해장(navigation potential field)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	옥수열 등. 3D 행동 유도장 기반 대규모 에이전트 행동 시뮬레이션. 멀티미디어학회논문지. 24(5), pp. 629-641, May 2021 (OK, Sooyol et al. 3D Affordance Field based Crowd Agent Behavior Simulation. Journal of Korea Multimedia Society). [Retrieved on 25 October 2022]. Retrieved from < https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10560710 >. See pages 630-640. ※ This document is a document 'declaring exceptions to lack of novelty' in an earlier application that serves as a basis for claiming priority of the present international application.	1-6
Y	옥수열. 이미지 기반의 유도장과 항해장을 활용한 실시간 대규모 군중 시뮬레이션. 멀티미디어학회논문지. 17(9), pp. 1104-1114, September 2014 (OK, Soo-Yol. Large-Scale Realtime Crowd Simulation Using Image-Based Affordance and Navigation Potential Fields. Journal of Korea Multimedia Society). [Retrieved on 25 October 2022]. Retrieved from < https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02479629 >. See pages 1106-1111.	1-3
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 02 November 2022		Date of mailing of the international search report 03 November 2022
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/005765

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2009-0038127 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 20 April 2009 (2009-04-20) See claim 3.	1-3
Y	김재흠. Heat 방정식 기반의 군중 에이전트 경로 탐색 방법 연구. 국내석사학위논문 동명대학교 대학원. pp. 1-25, February 2018 (KIM, Jae Heum. A study on crowd agent path finding method based on heat equation for massive crowd simulation. National thesis, Graduate School of Tongmyong University). [Retrieved on 25 October 2022]. Retrieved from < http://tu.dcollection.net/public_resource/ pdf/200000018768_20221025143325.pdf >. See page 10.	1-3
A	KR 10-1267570 B1 (TONGMYONG UNIVERSITY INDUSTRIAL-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 24 May 2013 (2013-05-24) See claim 1.	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/005765

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2009-0038127	A	20 April 2009	KR	10-0911931	B1	13 August 2009
KR	10-1267570	B1	24 May 2013	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G06T 19/00(2011.01)i; G06T 15/04(2011.01)i; G06T 7/73(2017.01)i; G06T 17/20(2006.01)i; G09B 9/00(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G06T 19/00(2011.01); G06F 17/00(2006.01); G06T 11/00(2006.01); G06T 17/05(2011.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 3차원(three dimension), 가상 공간(virtual space), 군중 시뮬레이션(crowd simulation), 에이전트(agent), 유도장(affordance field), 항해장(navigation potential field)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	옥수열 등, 3D 행동 유도장 기반 대규모 에이전트 행동 시뮬레이션, 멀티미디어학회논문지 24(5), pp. 629-641, 2021.05 [검색일: 2022-10-25], 출처: <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10560710> 페이지 630-640 ※ 위 문헌은 본 국제출원의 우선권주장의 기초가 되는 선출원에서 ‘공지예외주장’된 문헌임	1-6
Y	옥수열, 이미지 기반의 유도장과 항해장을 활용한 실시간 대규모 군중 시뮬레이션, 멀티미디어학회논문지 17(9), pp. 1104-1114, 2014.09 [검색일: 2022-10-25], 출처: <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02479629> 페이지 1106-1111	1-3
Y	KR 10-2009-0038127 A (한국전자통신연구원) 2009.04.20 청구항 3	1-3
☒ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2022년11월02일(02.11.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년11월03일(03.11.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 양정록 전화번호 +82-42-481-5709

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	김재흠, Heat 방정식 기반의 군중 에이전트 경로 탐색 방법 연구, 국내식사학위논문 동명대학교 대학원, pp. 1-25, 2018.02 [검색일: 2022-10-25], 출처: < http://tu.dcollection.net/public_resource/pdf/200000018768_20221025143325.pdf > 페이지 10	1-3
A	KR 10-1267570 B1 (동명대학교산학협력단) 2013.05.24 청구항 1	1-6

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009-0038127 A	2009/04/20	KR 10-0911931 B1	2009/08/13
KR 10-1267570 B1	2013/05/24	없음	