

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2025년 5월 8일 (08.05.2025)



(10) 국제공개번호
WO 2025/095256 A1

(51) 국제특허분류:

G05D 1/246 (2024.01) G06T 15/06 (2011.01)
G05D 1/243 (2024.01) G06T 7/30 (2017.01)
G06T 17/00 (2006.01) G06V 10/764 (2022.01)
G06T 15/08 (2011.01) G06V 20/56 (2022.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2024/007060

(22) 국제출원일: 2024년 5월 24일 (24.05.2024)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2023-0146950 2023년 10월 30일 (30.10.2023) KR

(71) 출원인: 이화여자대학교 산학협력단 (EWH
UNIVERSITY - INDUSTRY COLLABORATION
FOUNDATION) [KR/KR]; 03760 서울특별시 서대문구
이화여대길 52 (KR).

(72) 발명자: 김영준 (KIM, Young Jun); 06521 서울특별시
서초구 잠원로 46-38, 101동 1006호 (KR). 민혜정 (MIN,

Hea-Jung); 06049 서울특별시 강남구 언주로147길 29,
302호 (KR).

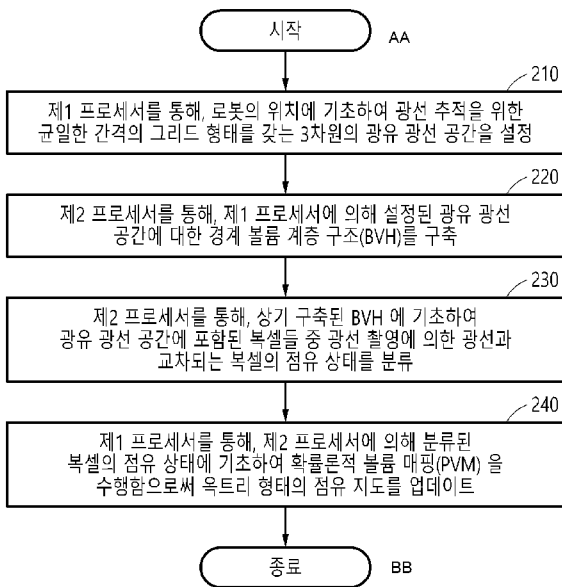
(74) 대리인: 특허법인 무한 (MUHANN PATENT & LAW
FIRM); 06144 서울특별시 강남구 언주로 560, 8층 (KR).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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,

(54) Title: METHOD FOR GENERATING OCCUPANCY MAP AND COMPUTING DEVICE FOR PERFORMING METHOD

(54) 발명의 명칭: 점유 지도 생성 방법 및 상기 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치



210 ... Set, through first processor, three-dimensional shared ray space having
grid shape of uniform interval for ray-tracing on basis of position of robot
220 ... Construct, through second processor, bounding volume hierarchy (BVH)
for shared ray space set by first processor
230 ... Classify, through second processor by using ray photography,
occupancy state of voxel, intersecting with ray, among voxels included
in shared ray space on basis of constructed BVH
240 ... Update, through first processor, occupancy map in form of octree
by performing probabilistic volumetric mapping (PVM) on basis of occupancy
state of voxel classified by second processor
AA ... Start
BB ... End

(57) Abstract: Disclosed is a method for generating an occupancy map. The method for generating an occupancy map may include the steps of: setting, through a first processor of a serial processing method, a three-dimensional shared ray space having a grid shape of a uniform interval for ray-tracing on the basis of a position of a robot; constructing, through a second processor of a parallel processing method, a bounding volume hierarchy (BVH) for the set shared ray space; classifying, through the second processor by using the ray-tracing, an occupancy state of a voxel, intersecting with a ray, among voxels included in the shared ray space on the basis of the constructed BVH; and updating, through the first processor, an occupancy map in the form of an octree by performing probabilistic volumetric mapping (PVM) on the basis of the occupancy state of the classified voxel.

[다음 쪽 계속]



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
ME, 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).

규칙 4.17에 의한 선언서:

— 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의
예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 점유 지도 생성 방법이 개시된다. 점유 지도 생성 방법은 직렬 처리 방식의 제1 프로세서를 통해, 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적(Ray-Tracing)을 위한 균일한 간격의 그리드(Grid) 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간(Shared ray space)을 설정하는 단계; 병렬 처리 방식의 제2 프로세서를 통해, 상기 설정된 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축하는 단계; 상기 제2 프로세서를 통해, 상기 구축된 BVH에 기초하여 상기 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 상기 광선 추적에 의한 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계; 및 상기 제1 프로세서를 통해, 상기 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM)을 수행함으로써 옥트리(Octree) 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 단계를 포함할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 점유 지도 생성 방법 및 상기 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 광선 추적(Ray-Tracing)을 이용한 점유 지도 생성 방법 및 해당 점유 지도 생성 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 3D 매핑(Mapping)은 센서가 수집한 공간 데이터를 현실 세계와 유사한 가상 공간에 재구성하는 것으로, 로봇 배치의 신뢰성과 안전성에 결정적인 영향을 미칠 수 있다. 대규모 실내 공간을 위한 3D 매핑, 지하 탐사를 위한 실시간 매핑, 동시적 위치추정 및 지도작성(Simultaneous Localization And Mapping, SLAM) 등 3D 매핑의 로봇 응용 분야는 다양하다.
- [3] 이러한 로봇 응용 분야의 경우, 3D 매핑을 빠르게 실행하는 것이 중요하며, 이를 위해 복셀(Voxel)을 사용하여 공간을 표현하는 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM)이 이용될 수 있다.
- [4] 다만, 종래의 중앙 처리 장치(Central Processing Unit, CPU) 기반 PVM은 광선 추적을 통해 각 복셀의 점유 상태를 식별하는 과정에서 센서의 센싱 범위가 넓거나, 입력 포인트 클라우드 데이터의 크기가 큰 경우, 많은 시간이 소요되는 문제가 있었다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명은 광선 추적을 이용한 PVM을 통해 점유 지도를 생성하는 방법 및 장치를 제공할 수 있다.
- [6] 본 발명은 CPU와 그래픽 처리 장치(Graphics Processing Unit, GPU)가 결합된 하이브리드 접근 방식을 통해 PVM의 성능을 향상시켜 점유 지도를 보다 빠르고 정확하게 생성하는 방법 및 장치를 제공할 수 있다.
- [7] 다만, 기술적 과제는 상술한 기술적 과제들로 한정되는 것은 아니며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 일실시예에 따른 점유 지도 생성 방법은 직렬 처리 방식의 제1 프로세서를 통해, 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적(Ray-Tracing)을 위한 균일한 간격의 그리드(Grid) 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간(Shared ray space)을 설정하는 단계; 병렬 처리 방식의 제2 프로세서를 통해, 상기 설정된 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축하는 단계; 상기 제2 프로세서를 통해, 상기 구축된 BVH에 기초하여 상기 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 상기 광선 추적에 의한 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태

를 분류하는 단계; 및 상기 제1 프로세서를 통해, 상기 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM)을 수행함으로써 옥트리(Octree) 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 단계를 포함할 수 있다.

- [9] 상기 공유 광선 공간을 설정하는 단계는 상기 광선 추적을 수행하는데 이용되는 센서의 최대 측정 범위 및 주파수의 크기에 기초하여 상기 균일한 크기의 복셀들로 세분화된 공유 광선 공간을 설정할 수 있다.
- [10] 상기 BVH를 구축하는 단계는 상기 설정된 공유 광선 공간을 미리 설정된 크기의 기본 BVH를 이용하여 인스턴싱(Instancing) 함으로써 2레벨(Two-level) BVH를 구축할 수 있다.
- [11] 상기 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계는 두 개의 비트들을 통해 상기 복셀의 점유 상태를 인코딩 할 수 있다.
- [12] 상기 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계는 상기 두 개의 비트들 중 최하위 비트(Least Significant Bit, LSB)의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유(Occupied)로 분류할 수 있다.
- [13] 상기 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계는 상기 두 개의 비트들 중 최상위 비트(Most Significant Bit, MSB)의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 자유(Free)로 분류할 수 있다.
- [14] 상기 점유 지도를 업데이트 하는 단계는 상기 복셀의 점유 상태를 나타내는 최상위 비트 및 최하위 비트가 모두 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유로 업데이트 할 수 있다.
- [15] 본 발명의 일실시예에 따른 직렬 처리 방식의 제1 프로세서가 수행하는 점유 지도 생성 방법은 병렬 처리 방식의 제2 프로세서에 의해 구축된, 공유 광선 공간에 대한 BVH에 기초하여 상기 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 광선과 교차되는 복셀에 대한 점유 상태를 식별하는 단계; 및 상기 식별된 점유 상태를 나타내는 두 개의 비트들의 비트 값에 따라 옥트리 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 단계를 포함할 수 있다.
- [16] 상기 공유 광선 공간은 광선 추적을 수행하는데 이용되는 센서의 최대 측정 범위 및 주파수의 크기에 기초하여 균일한 크기의 복셀들로 세분화 될 수 있다.
- [17] 상기 BVH는 상기 공유 광선 공간을 미리 설정된 크기의 기본 BVH를 이용하여 인스턴싱 함으로써 2레벨 BVH로 구축될 수 있다.
- [18] 상기 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태는 상기 두 개의 비트들 중 LSB의 비트 값 및 MSB의 비트 값에 기초하여 (i)미식별(Unknown), (ii)점유(Occupied), (iii)자유(Free) 및 (iv)점유 또는 자유 중 어느 하나로 분류될 수 있다.
- [19] 상기 점유 지도를 업데이트 하는 단계는 상기 복셀의 점유 상태를 나타내는 LSB 및 MSB가 모두 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀에 대한 점유 상태를 점유로 업데이트 할 수 있다.

- [20] 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치는 하나 이상의 프로세서; 및 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램을 로드(load)하거나 저장하는 메모리를 포함 하되, 상기 프로그램은 직렬 처리 방식의 제1 프로세서를 통해 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적을 위한 균일한 간격의 그리드 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간을 설정하는 동작, 병렬 처리 방식의 제2 프로세서를 통해 상기 설정된 공유 광선 공간에 대한 BVH를 구축하는 동작, 제2 프로세서를 통해 상기 구축된 BVH에 기초하여 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 광선 추적에 의한 광선과 교차 되는 복셀의 점유 상태를 분류하는 동작 및 제1 프로세서를 통해 상기 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 PVM을 수행함으로써 옥트리 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 동작을 수행하도록 하는 인스트럭션들을 포함할 수 있다.
- [21] 상기 제1 프로세서는 상기 광선 추적을 수행하는데 이용되는 센서의 최대 측정 범위 및 주파수의 크기에 기초하여 상기 균일한 크기의 복셀들로 세분화된 공유 광선 공간을 설정할 수 있다.
- [22] 상기 제2 프로세서는 상기 설정된 공유 광선 공간을 미리 설정된 크기의 기본 BVH를 이용하여 인스턴싱 함으로써 2레벨 BVH를 구축할 수 있다.
- [23] 상기 제2 프로세서는 두 개의 비트들을 통해 상기 복셀의 점유 상태를 인코딩함으로써 상기 복셀에 대한 점유 상태를 분류할 수 있다.
- [24] 상기 제2 프로세서는 상기 두 개의 비트들 중 LSB의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유(Occupied)로 분류할 수 있다.
- [25] 상기 제2 프로세서는 상기 두 개의 비트들 중 MSB의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 자유(Free)로 분류할 수 있다.
- [26] 상기 제1 프로세서는 상기 복셀의 점유 상태를 나타내는 LSB 및 MSB가 모두 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유로 결정하여 상기 점유 지도를 업데이트 할 수 있다.

발명의 효과

- [27] 본 발명의 일실시예의 의하면, 광선 추적을 이용한 PVM을 통해 점유 지도를 생성할 수 있다.
- [28] 본 발명의 일실시예에 의하면, CPU와 GPU가 결합된 하이브리드 접근 방식을 통해 PVM의 성능을 향상시켜 점유 지도를 보다 빠르고 정확하게 생성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [29] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 구성도를 도시한 도면이다.
- [30] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 점유 지도 생성 방법을 플로우차트로 나타낸 도면이다.
- [31] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 로봇의 현재 위치를 기준으로 복셀을 광선 공간에 매핑하는 방법을 나타낸 도면이다.

[32] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 BVH 인스턴싱을 이용한 BVH 구축 방법을 나타낸 도면이다.

[33] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 복셀의 점유 상태 판단 방법을 나타낸 도면이다.

[34] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 공유 광선 공간 설정 방법을 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[35] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[36] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[37] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[38] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[39] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[40] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[41]

[42] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 구성도를 도시한 도면이다.

[43] 도 1에 도시된 바와 같이, 컴퓨팅 장치(100)는 하나 이상의 프로세서(110), 프로세서(110)에 의하여 수행되는 프로그램(130)을 로드(load)하거나 저장하는 메모리(120)를 포함할 수 있다. 도 1의 컴퓨팅 장치(100)에 포함된 구성 요소는 일례에 불과하고, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 기술자라면 도 1에 도시된 구성 요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 더 포함될 수 있음을 알 수 있다.

[44] 프로세서(110)는 컴퓨팅 장치(100)의 각 구성의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(110)는 CPU(Central Processing Unit), MPU(Micro Processor Unit), MCU(Micro Controller Unit), GPU(Graphic Processing Unit), NPU(Neural Processing Unit), DSP(Digital Signal Processor) 또는 본 발명의 기술 분야에 잘 알려진 임의의 형태의 프로세서 중 적어도 하나를 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작을 실행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있다. 컴퓨팅 장치(100)는 하나 이상의 프로세서를 구비할 수 있다.

[45] 메모리(120)는 컴퓨팅 장치(100)에 포함된 구성요소(예: 프로세서(110))에 의해 사용되는 다양한 데이터, 명령 및 정보 중 하나 또는 둘 이상의 조합을 저장한다. 메모리(120)는 휘발성 메모리 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.

[46] 프로그램(130)은 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작들이 구현된 하나 이상의 동작(action)들을 포함할 수 있으며, 메모리(120)에 소프트웨어 형태로 저장될 수 있다. 여기서, 동작은 프로그램(130)에서 실행되는 명령어에 대응한다. 예를 들어, 프로그램(130)은 직렬 처리 방식의 제1 프로세서를 통해 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적(Ray-Tracing)을 위한 균일한 간격의 그리드(Grid) 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간(Shared ray space)을 설정하는 동작, 병렬 처리 방식의 제2 프로세서를 통해 상기 설정된 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축하는 동작, 제2 프로세서를 통해 상기 구축된 BVH에 기초하여 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 광선 추적에 의한 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태를 분류하는 동작 및 제1 프로세서를 통해 상기 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM)을 수행함으로써 옥트리(Octree) 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 동작을 수행하도록 하는 인스트럭션들을 포함할 수 있다.

[47] 프로그램(130)이 메모리(120)에 로드 되면, 프로세서(110)는 프로그램(130)을 구현하기 위한 복수의 동작들을 실행시킴으로써 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작들을 수행할 수 있다.

[48] 프로그램(130)의 실행 화면은 디스플레이(140)을 통해 표시될 수 있다. 도 1의 경우, 디스플레이(140)는 컴퓨팅 장치(100)와 연결되는 별도의 장치로 표현되나, 스마트폰, 태블릿 등 사용자가 휴대할 수 있는 단말기와 같은 컴퓨팅 장치(100)의 경우 디스플레이(140)가 컴퓨팅 장치(100)의 구성 요소로 될 수 있다. 디스플레이

(140)에 표현되는 화면은 프로그램에 정보를 입력하기 전이나 프로그램의 실행 결과일 수 있다.

[49]

[50] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 점유 지도 생성 방법을 플로우차트로 나타낸 도면이다.

[51] 도 2에 도시된 점유 지도 생성 방법은 도 1에 도시된 컴퓨팅 장치(100)의 프로세서(110)에 의해 수행된다. 이때, 프로세서(110)는 직렬 처리 방식의 제1 프로세서(예: CPU) 및 병렬 처리 방식의 제2 프로세서(예: GPU)를 포함할 수 있다.

[52] 단계(210)에서, 제1 프로세서는 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적(Ray-Tracing)을 위한 균일한 간격의 그리드(Grid) 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간(Shared Ray space)을 설정할 수 있다. 이때, 로봇은 점유 지도 생성을 위한 포인트 클라우드 데이터를 수집하기 위해 RGB-D 카메라 또는 라이다(LiDAR) 등의 다양한 센서를 포함할 수 있다. 로봇은 센서를 통해, 광선 추적을 위한 광선을 삼각형 또는 기저 축에 정렬된 충돌 박스(Axis-Aligned Bounding Box, AABB) 등과 같은 기하학적 형태의 공유 광선 공간에 출력할 수 있다.

[53] 제1 프로세서는 이와 같이 공유 광선 공간으로 출력되는 광선의 광선 추적을 위해 옥트리의 3차원 복셀을 3차원의 공유 광선 공간으로 변환할 수 있다. 이때, 제1 프로세서는 광선 추적을 위해 옥트리의 모든 복셀을 공유 광선 공간으로 변환하는 것이 아닌, 로봇의 현재 위치를 기준으로 광선 추적을 위해 출력되는 광선과 교차할 수 있는 리프 레벨의 복셀만을 공유 광선 공간으로 변환할 수 있다. 이러한 리프 레벨의 복셀은 상향식 방식으로 옥트리의 확률적 점유 상태를 업데이트 하는데 이용될 수 있다.

[54] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 로봇의 현재 위치를 기준으로 복셀을 광선 공간에 매핑하는 방법을 나타낸 도면이다. 일례로, 도 3a 및 도 3b는 설명의 단순화를 위해 옥트리 대신 쿼드트리(Quadtree)를 사용하여 복셀을 광선 공간으로 매핑하는 방법을 보여준다.

[55] 먼저, 제1 프로세서는 도 3a와 같이 로봇의 현재 위치(310) 및 광선에 의해 수집되는 포인트 클라우드 데이터(320)를 둘러싸는 경계 볼륨(Bounding volume)(330)을 식별하고, 식별된 경계 볼륨(330)을 포함하는 리프 레벨의 최소 복셀 수를 결정할 수 있다. 복셀은 제2 프로세서에 의한 광선 추적 시 필요한 공유 광선 공간으로 매핑될 수 있으며, 이러한 공유 광선 공간은 제2 프로세서에 의해 저장되어 관리될 수 있다. 또한, 제2 프로세서는 공유 광선 공간을 이용하여 추후 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축할 수 있는데 BVH의 사이즈가 크면 BVH의 구축 시간 및 트래버스(Traverse) 시간이 늘어나 결과적으로 광선 추적 속도가 저하될 수 있다. 따라서, 제1 프로세서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 공유 광선 공간에 매핑되는 복셀을 최소한의 수로 최적화할 수 있다.

- [56] 제1 프로세서는 이와 같이 결정된 리프 레벨의 최소 복셀 수에 대응하는 복셀들을 광선과 교차할 가능성이 있는 후보 복셀로 식별하고, 식별된 후보 복셀을 이용하여 광선 공간(340)을 설정할 수 있다.
- [57] 일례로, 도 3a를 참고하면, 광선 공간 내 후보 복셀들이 모두 광선과 교차되었기 때문에 모두 쿼드트리의 확률적 점유 상태 업데이트 대상이 될 수 있다. 도 3b를 참고하면, 해당 후보 복셀들이 쿼드트리의 리프 노드 16개 중 특정 리프 노드가 될 수 있으며, 이와 같이 리프 노드의 상태가 바뀐 쿼드트리는 상향식 방식으로 확률적 점유 상태가 업데이트 될 수 있다.
- [58] 제1 프로세서는 이와 같이 설정된 광선 공간(340)을 광선 추적을 위한 제2 프로세서로 업로드 할 수 있다. 이때, 제2 프로세서는 대규모 병렬 광선 촬영에 빠른 성능을 발휘하는 RTX GPU와 같은 광선 추적 전용 GPU 일 수 있다. 다만, 이와 같은 GPU의 종류는 하나의 예시일 뿐 상기의 예에 한정되지 않는다.
- [59] 단계(220)에서, 제2 프로세서는 제1 프로세서에 의해 설정된 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축할 수 있다. 대규모 스캔 환경 또는 고해상도 센서는 많은 수의 후보 복셀을 유도할 수 있으며, 이는 제2 프로세서의 메모리 소비 뿐만 아니라 BVH 구축 성능에 상당한 영향을 미칠 수 있다.
- [60] 이러한 문제를 해결하기 위해 본 발명의 제2 프로세서는 BVH 구축을 위한 계산 시간과 메모리 사용량 측면에서 공유 광선 공간에 대한 BVH를 효율적으로 구축하기 위한 BVH 인스턴싱(Instancing)을 이용할 수 있다.
- [61] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 BVH 인스턴싱을 이용한 BVH 구축 방법을 나타낸 도면이다. 보다 구체적으로 제2 프로세서는 BVH 인스턴싱을 구현하기 위해 2 레벨(Two-level) BVH를 사용할 수 있다.
- [62] 보다 구체적으로 도 4a와 도 4b를 참고하면, 제2 프로세서는 미리 설정된 크기의 공유 광선 공간(예: 2×2 공유 광선 공간)을 최하위 레벨 가속 구조체(Bottom Level Acceleration Structures, BLAS)로 그룹화하여 기본 BVH를 구축할 수 있다.
- [63] 이후 제2 프로세서는 이와 같이 구축된 기본 BVH를 최상위 레벨 가속 구조체(Top Level Acceleration Structure, TLAS)에 인스턴싱 함으로써 대용량 공유 광선 공간(예: 4×4 공유 광선 공간)에 대한 BVH를 보다 효율적으로 구축할 수 있다.
- [64] 즉, 본 발명에서 제공하는 공유 광선 공간은 모두 동일한 크기의 복셀들로 이루어져 있으므로, 제2 프로세서는 최적화된 하나의 기본 BVH를 생성하고, TLAS의 인스턴스(Instance)들이 최적화되어 생성된 BLAS, 즉 기본 BVH를 공통적으로 참조하여 광선 추적에 필요한 BVH를 구축함으로써 BVH의 구축 시간 단축은 물론 메모리 사용의 최적화를 제공할 수 있다.
- [65] 단계(230)에서, 제2 프로세서는 구축된 BVH에 기초하여 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 광선 촬영에 의한 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태를 분류할 수 있다. 이때, 광선 촬영에 의한 광선은 센서 원점에서 스캔된 포인트 클라우드 데이터의 각 지점까지 병렬로 대량 출력될 수 있다.

- [66] 보다 구체적으로 제2 프로세서는 두 개의 비트들을 통해 복셀에 대한 점유 상태를 인코딩할 수 있다. 일례로, 제2 프로세서는 두 개의 비트들 중 최하위 비트(Least Significant Bit, LSB)의 비트 값이 1인 경우, 해당 복셀의 점유 상태를 물체가 존재하는 상태를 의미하는 점유(Occupied)로 분류할 수 있다.
- [67] 다른 일례로, 제2 프로세서는 두 개의 비트들 중 최상위 비트(Most Significant Bit, MSB)의 비트 값이 1인 경우, 해당 복셀의 점유 상태를 물체가 존재하지 않는 비어 있는 상태를 의미하는 자유(Free)로 분류할 수 있다.
- [68] 따라서, 각각의 복셀은 (i)00(미식별-Unknown), (ii)01(점유-Occupied), (iii)10(자유-Free) 및 (iv)11(점유 또는 자유)의 4가지 점유 상태 중 어느 하나로 분류될 수 있으며, 이와 같은 복셀의 점유 상태는 제2 프로세서에서 제1 프로세서로 전송될 수 있다.
- [69] 단계(240)에서, 제1 프로세서는 제2 프로세서에 의해 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 PVM 을 수행함으로써 옥트리 형태의 점유 지도를 업데이트 할 수 있다. 보다 구체적으로 제1 프로세서는 복셀의 점유 상태를 나타내는 최상위 비트 및 최하위 비트가 모두 0 으로 인코딩된 경우, 옥트리 형태의 점유 지도에서 해당 복셀의 점유 상태를 미식별(Unknown)로 업데이트 할 수 있다.
- [70] 또는, 제1 프로세서는 복셀의 점유 상태를 나타내는 최상위 비트가 0, 최하위 비트가 1 로 인코딩된 경우, 옥트리 형태의 점유 지도에서 해당 복셀의 점유 상태를 점유(Occupied)로 업데이트 할 수 있다.
- [71] 또는, 제1 프로세서는 복셀의 점유 상태를 나타내는 최상위 비트가 1, 최하위 비트가 0 으로 인코딩된 경우, 옥트리 형태의 점유 지도에서 해당 복셀의 점유 상태를 자유(Free)로 업데이트 할 수 있다.
- [72] 한편, 공유 광선 공간에 포함된 복셀은 서로 다른 광선에 의해 점유 상태가 동시에 점유 및 자유로 분류될 수 있다. 일례로, 도 5a를 참고하면, 공유 광선 공간의 일부분(500)에 포함된 복셀(510)은 제1 광선(520)에 의해 점유 상태가 점유로 분류될 수 있다. 그러나 복셀(510)은 제2 광선(530) 및 제3 광선(540)에 의해 점유 상태가 자유로 분류될 수 있다.
- [73] 따라서, 도 5b를 참고하면, 제2 프로세서에 의해 복셀(510)은 점유 상태가 점유와 자유를 모두 나타낼 수 있도록 최상위 비트 및 최하위 비트가 모두 1로 인코딩될 수 있다.
- [74] 본 발명의 제1 프로세서는 이와 같이 최상위 비트 및 최하위 비트가 모두 1로 인코딩되어 복셀의 점유 상태가 점유와 자유로 모두 해석되는 경우, 점유를 자유보다 우선하여 해석할 수 있다. 즉, 제1 프로세서는 복셀의 점유상태를 나타내는 최상위 비트 및 최하위 비트가 모두 1로 인코딩 된 경우, 도 5c와 같이 해당 복셀(510)의 점유 상태를 점유로 업데이트 할 수 있다.
- [75]
- [76] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 공유 광선 공간 설정 방법을 나타낸 도면이다.

- [77] 광선 추적이 수행되는 광선 공간은 센서를 포함하는 로봇의 위치가 변경될 때마다 변경될 수 있다. 일례로, 도 6a와 같이 센서가 세 개의 다른 위치에서 스캔을 수행하는 경우, 제1 프로세서는 세 개의 독립적인 광선 공간을 설정할 수 있으며, 이로 인해 제2 프로세서는 세 개의 독립적인 광선 공간 각각에 대해 BVH를 구축해야 한다. 그러나, 이러한 경우, 센서의 위치는 임의로 늘릴 수 있기 때문에 광선 공간의 개수와 BVH 구축 시간이 모두 길어지는 문제가 발생할 수 있다.
- [78] 본 발명의 제1 프로세서는 이러한 문제를 해결하기 위해 도 6b와 같이 공유 광선 공간을 정의할 수 있다. 센서 스캔 시 센서 위치가 센서 좌표(sensor coordinates) 상에서 좌표축의 원점이 되며, 센서의 기울기에 따라 좌표축이 기울어질 수 있다. 이러한 센서 좌표 상에서 센서는 (0,0,0)의 좌표 값이 정해지고, 센서에 의해 수집되는 각 포인트 클라우드는 해당 센서 좌표 상에서 좌표 값이 정해질 수 있다.
- [79] 제1 프로세서는 공유 광선 공간을 정의하기 위해 도 6a와 같이 서로 다른 센서 위치를 모든 센서 위치를 도 6b와 같이 글로벌 좌표(global coordinates) 상의 원점으로 모을 수 있다. 이때 글로벌 좌표는 복셀화된 공간이기 때문에 모아진 센서 위치는 (0,0,0)이 아닌 센서 좌표 상 복셀화 공간 내에서 센서 위치를 고려하여 미세하게 변경(translate)될 수 있다. 이때, 좌표계의 기울기는 변하지 않는다.
- [80] 그 결과 센서 좌표 상에서의 광선 촬영(Ray shooting)과 글로벌 좌표 상에서의 광선 촬영의 결과 얻어지는 교차 복셀들은 위치만 변경될 뿐 동일할 수 있다.
- [81] 제1 프로세서는 이러한 공유 광선 공간을 센서의 최대 측정 범위와 주파수의 크기에 따라 미리 계산할 수 있다. 이때, 센서의 최대 측정 범위는 광선의 길이 및 광선이 퍼져 있는 폭을 의미하고, 주파수는 센서에 의해 수집되는 포인트 클라우드 수를 의미할 수 있다. 따라서, 제1 프로세서는 포인트 클라우드가 존재할 수 있는 공간을 예측할 수 있고 그에 따라 공유 광선 공간을 미리 정의할 수 있다.
- [82] 만약 센서의 위치를 미리 알고 있는 경우(예: 감지 궤적이 미리 계획된 경우), 제1 프로세서는 공유 광선 공간의 범위를 보다 정확하게 결정할 수 있다. 이 경우 제2 프로세서는 공유 광선 공간에 대한 BVH를 미리 계산하여 캐시한 다음 다양한 센서 위치에 대해 동일한 BVH를 재사용할 수 있다.
- [83] 이와 같은 공유 광선 공간에 대한 BVH를 공유하는 전략은 공유 광선 공간을 설정하기 위해 필요한 메모리 사용량은 물론 제2 프로세서의 BVH 구축 시간도 크게 줄일 수 있다.
- [84]
- [85] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른

어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

- [86] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치로 저장될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [87] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 저장할 수 있으며 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [88] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [89] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과

다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[90] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

청구범위

- [청구항 1] 점유 지도 생성 방법에 있어서,
직렬 처리 방식의 제1 프로세서를 통해, 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적(Ray-Tracing)을 위한 균일한 간격의 그리드(Grid) 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간(Shared ray space)을 설정하는 단계;
병렬 처리 방식의 제2 프로세서를 통해, 상기 설정된 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축하는 단계;
상기 제2 프로세서를 통해, 상기 구축된 BVH에 기초하여 상기 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 상기 광선 추적에 의한 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계; 및
상기 제1 프로세서를 통해, 상기 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM)을 수행함으로써 옥트리(Octree) 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 단계를 포함하는 점유 지도 생성 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 공유 광선 공간을 설정하는 단계는,
상기 광선 추적을 수행하는데 이용되는 센서의 최대 측정 범위 및 주파수의 크기에 기초하여 상기 균일한 크기의 복셀들로 세분화된 공유 광선 공간을 설정하는 점유 지도 생성 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 BVH를 구축하는 단계는,
상기 설정된 공유 광선 공간을 미리 설정된 크기의 기본 BVH를 이용하여 인스턴싱(Instancing) 함으로써 2레벨(Two-level) BVH를 구축하는 점유 지도 생성 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계는,
두 개의 비트들을 통해 상기 복셀의 점유 상태를 인코딩하는 점유 지도 생성 방법.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
상기 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계는,
상기 두 개의 비트들 중 최하위 비트(Least Significant Bit, LSB)의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유(Occupied)로 분류하는 점유 지도 생성 방법.
- [청구항 6] 제4항에 있어서,
상기 복셀의 점유 상태를 분류하는 단계는,

상기 두 개의 비트들 중 최상위 비트(Most Significant Bit, MSB)의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 자유(Free)로 분류하는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 7] 제4항에 있어서,
상기 점유 지도를 업데이트 하는 단계는,
상기 복셀의 점유 상태를 나타내는 최상위 비트 및 최하위 비트가 모두 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유로 업데이트 하는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 8] 직렬 처리 방식의 제1 프로세서가 수행하는 점유 지도 생성 방법에 있어서,
병렬 처리 방식의 제2 프로세서에 의해 구축된, 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)에 기초하여 상기 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 광선과 교차되는 복셀에 대한 점유 상태를 식별하는 단계; 및
상기 식별된 점유 상태를 나타내는 두 개의 비트들의 비트 값에 따라 옥트리(Octree) 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 단계를 포함하는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 공유 광선 공간은,
광선 추적을 수행하는데 이용되는 센서의 최대 측정 범위 및 주파수의 크기에 기초하여 균일한 크기의 복셀들로 세분화되는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 10] 제8항에 있어서,
상기 BVH 는,
상기 공유 광선 공간을 미리 설정된 크기의 기본 BVH를 이용하여 인스턴싱(Instancing) 함으로써 2레벨(Two-level)로 구축되는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 11] 제8항에 있어서,
상기 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태는,
상기 두 개의 비트들 중 최하위 비트(Least Significant Bit, LSB)의 비트 값 및 최상위 비트(Most Significant Bit, MSB)의 비트 값에 기초하여 (i)미식별(Unknown), (ii)점유(Occupied), (iii)자유(Free) 및 (iv)점유 또는 자유 중 어느 하나로 분류되는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 점유 지도를 업데이트 하는 단계는,
상기 복셀의 점유 상태를 나타내는 최하위 비트 및 최상위 비트가 모두 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀에 대한 점유 상태를 점유로 업데이트 하는 점유 지도 생성 방법.

[청구항 13] 컴퓨팅 장치에 있어서,

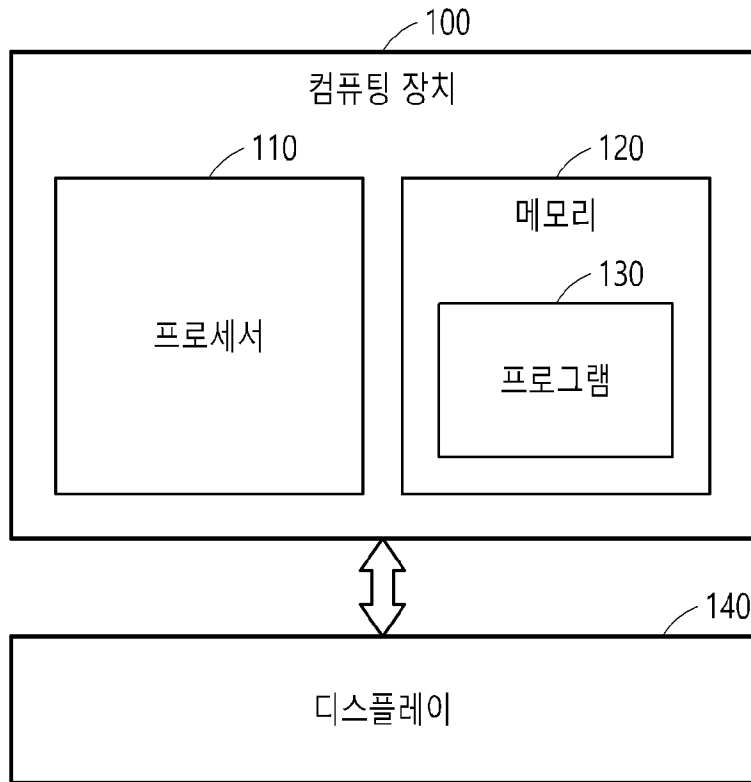
하나 이상의 프로세서; 및
 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램을 로드(load)하거나 저장하는 메모리를 포함하되,
 상기 프로그램은,
 직렬 처리 방식의 제1 프로세서를 통해 로봇의 위치에 기초하여 광선 추적(Ray-Tracing)을 위한 균일한 간격의 그리드(Grid) 형태를 갖는 3차원의 공유 광선 공간(Shared ray space)을 설정하는 동작, 병렬 처리 방식의 제2 프로세서를 통해 상기 설정된 공유 광선 공간에 대한 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH)를 구축하는 동작, 제2 프로세서를 통해 상기 구축된 BVH에 기초하여 공유 광선 공간에 포함된 복셀들 중 광선 추적에 의한 광선과 교차되는 복셀의 점유 상태를 분류하는 동작 및 제1 프로세서를 통해 상기 분류된 복셀의 점유 상태에 기초하여 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM)을 수행함으로써 옥트리(Octree) 형태의 점유 지도를 업데이트 하는 동작을 수행하도록 하는 인스트럭션들을 포함하는 컴퓨팅 장치.

- [청구항 14] 제13항에 있어서,
 상기 제1 프로세서는,
 상기 광선 추적을 수행하는데 이용되는 센서의 최대 측정 범위 및 주파수의 크기에 기초하여 상기 균일한 크기의 복셀들로 세분화된 공유 광선 공간(Shared ray space)을 설정하는 컴퓨팅 장치.
- [청구항 15] 제13항에 있어서,
 상기 제2 프로세서는,
 상기 설정된 공유 광선 공간을 미리 설정된 크기의 기본 BVH를 이용하여 인스턴싱(Instancing) 함으로써 2레벨(Two-level) BVH를 구축하는 컴퓨팅 장치.
- [청구항 16] 제13항에 있어서,
 상기 제2 프로세서는,
 두 개의 비트들을 통해 상기 복셀의 점유 상태를 인코딩함으로써 상기 복셀에 대한 점유 상태를 분류하는 컴퓨팅 장치.
- [청구항 17] 제16항에 있어서,
 상기 제2 프로세서는,
 상기 두 개의 비트들 중 최하위 비트(Least Significant Bit, LSB)의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유(Occupied)로 분류하는 컴퓨팅 장치.
- [청구항 18] 제16항에 있어서,
 상기 제2 프로세서는,

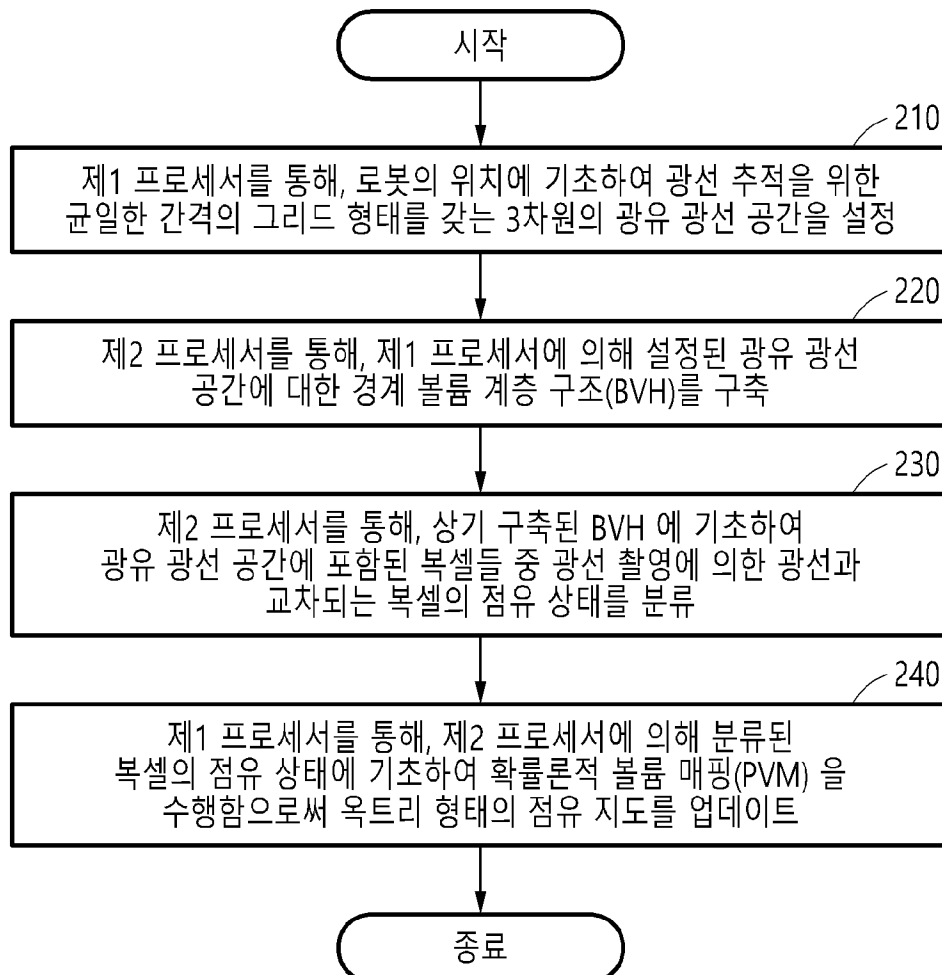
상기 두 개의 비트들 중 최상위 비트(Most Significant Bit, MSB)의 비트 값이 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 자유(Free)로 분류하는 컴퓨팅 장치.

- [청구항 19] 제16항에 있어서,
상기 제1 프로세서는,
상기 복셀의 점유 상태를 나타내는 최하위 비트 및 최상위 비트가 모두 1로 인코딩된 경우, 상기 복셀의 점유 상태를 점유로 결정하여 상기 점유 지도를 업데이트 하는 컴퓨팅 장치.

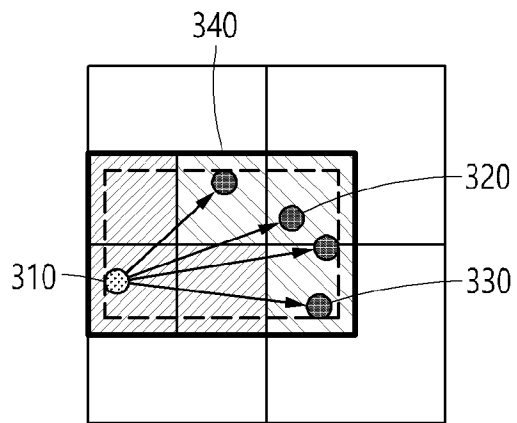
[도1]



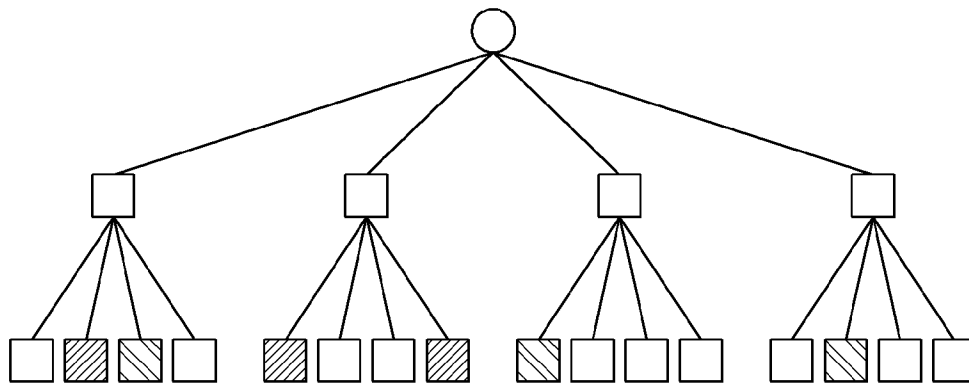
[도2]



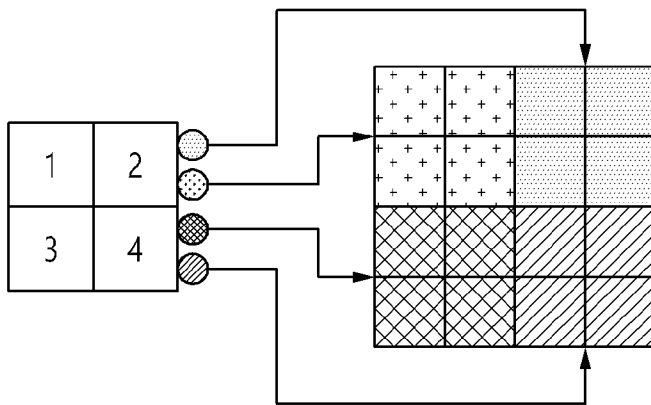
[도3a]



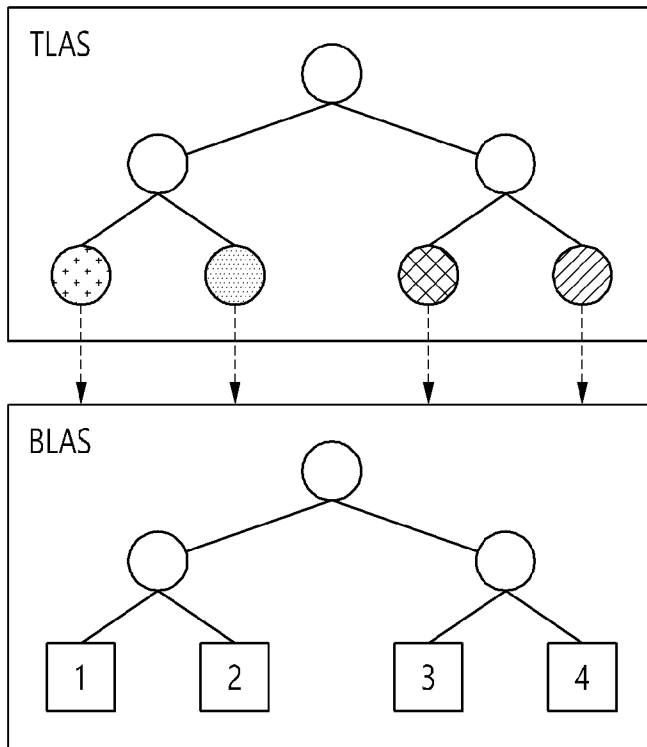
[도3b]



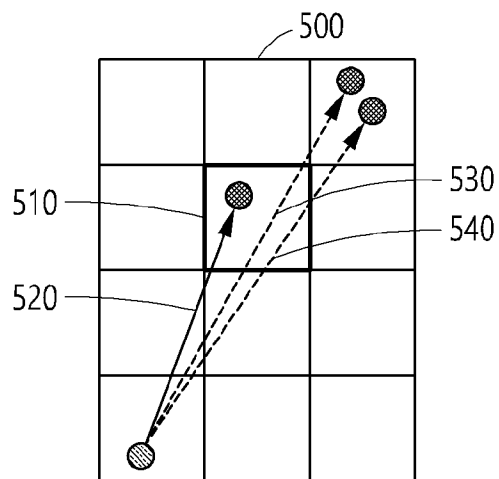
[도4a]



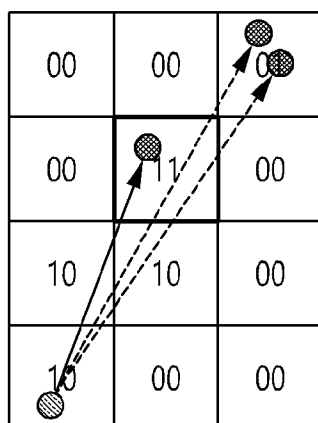
[도4b]



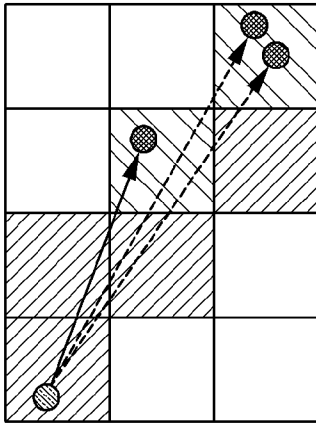
[도5a]



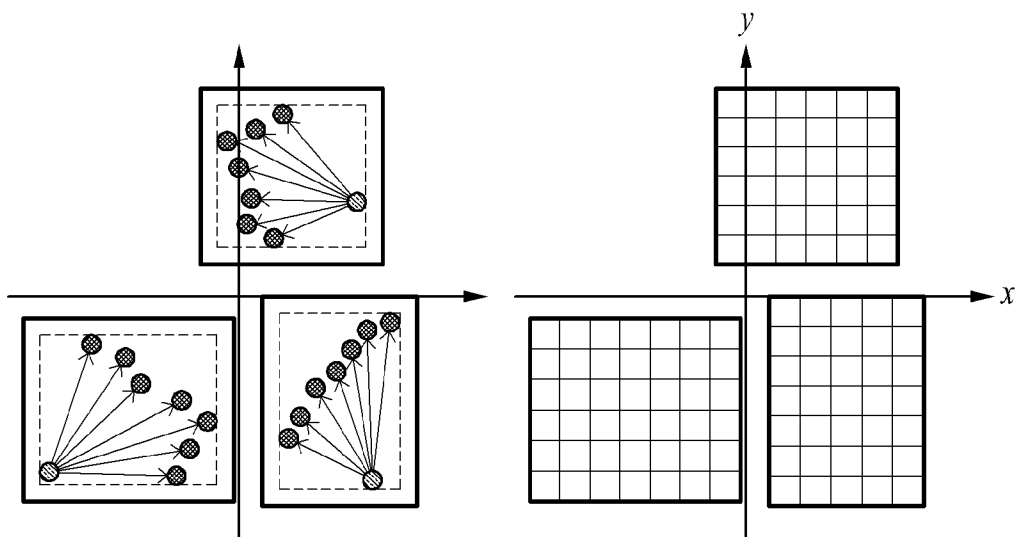
[도5b]



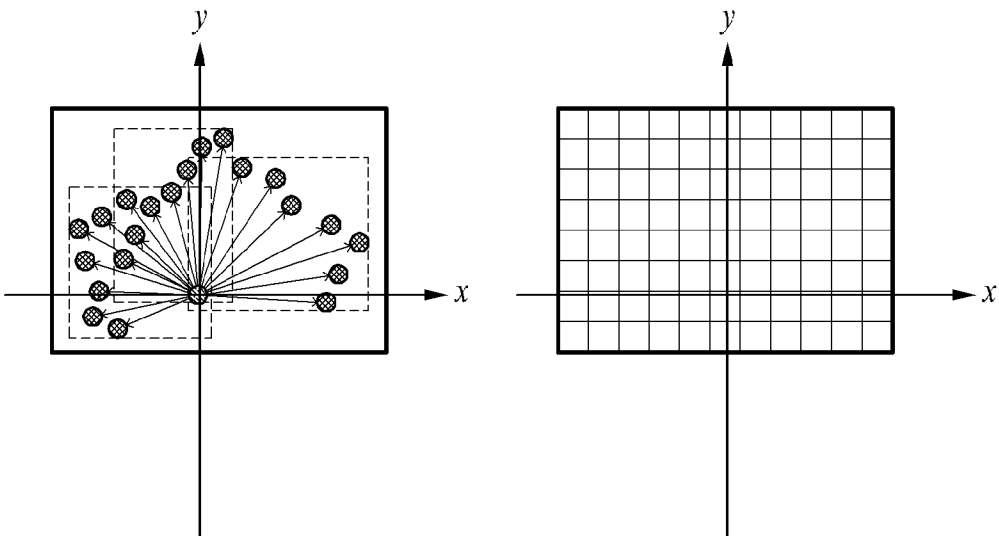
[도5c]



[도6a]



[도6b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/007060

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G05D 1/246(2024.01)i; G05D 1/243(2024.01)i; G06T 17/00(2006.01)i; G06T 15/08(2011.01)i; G06T 15/06(2011.01)i; G06T 7/30(2017.01)i; G06V 10/764(2022.01)i; G06V 20/56(2022.01)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) G05D 1/246(2024.01); G06T 15/06(2011.01); G06T 15/50(2006.01); G06T 7/64(2017.01) 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: 점유 지도(occupancy map), 광선 추적(Ray-Tracing), 그리드(Grid), 공유 광선 공간 (Shared ray space), 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH), 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM), 옥트리(Octree), 업데이트(update)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2018-0071928 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 28 June 2018 (2018-06-28) See paragraphs [0061] and [0083]; claim 1; and figures 2 and 5.	1-19
A	US 2022-0020200 A1 (IMAGINATION TECHNOLOGIES LIMITED) 20 January 2022 (2022-01-20) See claims 1 and 8.	1-19
A	KR 10-2021-0125732 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 19 October 2021 (2021-10-19) See paragraphs [0022]-[0029]; and figure 1.	1-19
A	KR 10-2012-0092926 A (SILICONARTS, INC. et al.) 22 August 2012 (2012-08-22) See claims 1 and 3-4.	1-19
☒ 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 28 August 2024		Date of mailing of the international search report 28 August 2024
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/KR2024/007060

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HORNUNG, Armin et al. OctoMap: an efficient probabilistic 3D mapping framework based on octrees. Autonomous Robots (2013). 07 February 2013. [Retrieved on 19 August 2024]. Retrieved from <URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10514-012-9321-0.pdf >. See pages 189-204.	1-19
X	유튜브 (Youtube). OctoMap-RT: Fast Probabilistic Volumetric Mapping Using Ray-Tracing GPUs. 27 July 2023. [Retrieved on 19 August 2024]. Retrieved from <URL: https://youtu.be/rZoAy-rKdEw?si=kLNXPJJIZ6yOITr >. See entire video. * This document is a known document declaring exceptions to lack of novelty by the applicant.	1-19
X	MIN, Heajung et al. OctoMap-RT: Fast Probabilistic Volumetric Mapping Using Ray-Tracing GPUs. IEEE Robotics and Automation Letters. Volume: 8, Issue: 9, 31 July 2023. See entire document. * This document is a known document declaring exceptions to lack of novelty by the applicant.	1-19
X	인터넷 홈페이지 (Internet Homepage). OctoMap-RT: Fast Probabilistic Volumetric Mapping Using Ray-Tracing GPUs. 24 August 2023. [Retrieved on 19 August 2024]. Retrieved from <URL: http://graphics.ewha.ac.kr/OctoMap-RT ></URL:>. See entire document. * This document is a known document declaring exceptions to lack of novelty by the applicant.	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2024/007060

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
KR	10-2018-0071928	A	28 June 2018	US	11300964	B2	12 April 2022
				US	2018-0173239	A1	21 June 2018
US	2022-0020200	A1	20 January 2022	CN	113936091	A	14 January 2022
				CN	114004924	A	01 February 2022
				EP	3940649	A1	19 January 2022
				EP	3940650	A1	19 January 2022
				GB	2593946	A	13 October 2021
				GB	2593946	B	27 April 2022
				US	11810240	B2	07 November 2023
				US	12008703	B2	11 June 2024
				US	2022-0020201	A1	20 January 2022
				KR	10-2021-0125732	A	19 October 2021
KR	10-2012-0092926	A	22 August 2012	KR	10-1281156	B1	02 July 2013
				US	2013-0314420	A1	28 November 2013
				US	2014-0347355	A1	27 November 2014
				US	8836702	B2	16 September 2014
				WO	2012-111864	A1	23 August 2012

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G05D 1/246(2024.01)i; G05D 1/243(2024.01)i; G06T 17/00(2006.01)i; G06T 15/08(2011.01)i; G06T 15/06(2011.01)i;
G06T 7/30(2017.01)i; G06V 10/764(2022.01)i; G06V 20/56(2022.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G05D 1/246(2024.01); G06T 15/06(2011.01); G06T 15/50(2006.01); G06T 7/64(2017.01)

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: 점유 지도(occupancy map), 광선 추적(Ray-Tracing), 그리드(Grid), 공유 광선 공간(Shared ray space), 경계 볼륨 계층 구조(Bounding Volume Hierarchy, BVH), 확률론적 볼륨 매핑(Probabilistic Volumetric Mapping, PVM), 옥트리(Octree), 업데이트(update)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2018-0071928 A (한국과학기술원) 2018.06.28 단락 [0061], [0083]; 청구항 1; 및 도면 2, 5	1-19
A	US 2022-0020200 A1 (IMAGINATION TECHNOLOGIES LIMITED) 2022.01.20 청구항 1, 8	1-19
A	KR 10-2021-0125732 A (한국과학기술원 등) 2021.10.19 단락 [0022]-[0029]; 및 도면 1	1-19
A	KR 10-2012-0092926 A (주식회사 실리콘아츠 등) 2012.08.22 청구항 1, 3-4	1-19
A	ARMIN HORNUNG 등, 'OctoMap: an efficient probabilistic 3D mapping framework based on octrees', Autonomous Robots (2013), 2013.02.07 [검색일: 2024.08.19]. 출처: <URL: https://link.springer.com/ content/pdf/10.1007/s10514-012-9321-0.pdf > 페이지 189-204	1-19

☒ 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

2024년08월28일(28.08.2024)

국제조사보고서 발송일

2024년08월28일(28.08.2024)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동,
정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김성희

전화번호 +82-42-481-3516

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	유튜브, `OctoMap-RT: Fast Probabilistic Volumetric Mapping Using Ray-Tracing GPUs`, 2023.07.27 [검색일: 2024.08.19]. 출처: <URL: https://youtu.be/rZoAy-rKdEw?si=kLNXPsJJIZ6yO1Tr > 전체 시간 * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-19
X	HEAJUNG MIN 등, `OctoMap-RT: Fast Probabilistic Volumetric Mapping Using Ray-Tracing GPUs`, IEEE Robotics and Automation Letters, Volume: 8, Issue: 9, 2023.07.31 전체 문서 * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-19
X	인터넷 홈페이지, `OctoMap-RT: Fast Probabilistic Volumetric Mapping Using Ray-Tracing GPUs`, 2023.08.24 [검색일: 2024.08.19]. 출처: <URL: http://graphics.ewha.ac.kr/OctoMap-RT ></URL:> 전체 문서 * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-19

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2018-0071928 A	2018/06/28	US 11300964 B2	2022/04/12
		US 2018-0173239 A1	2018/06/21
US 2022-0020200 A1	2022/01/20	CN 113936091 A	2022/01/14
		CN 114004924 A	2022/02/01
		EP 3940649 A1	2022/01/19
		EP 3940650 A1	2022/01/19
		GB 2593946 A	2021/10/13
		GB 2593946 B	2022/04/27
		US 11810240 B2	2023/11/07
		US 12008703 B2	2024/06/11
		US 2022-0020201 A1	2022/01/20
KR 10-2021-0125732 A	2021/10/19	KR 10-2319015 B1	2021/10/29
KR 10-2012-0092926 A	2012/08/22	KR 10-1281156 B1	2013/07/02
		US 2013-0314420 A1	2013/11/28
		US 2014-0347355 A1	2014/11/27
		US 8836702 B2	2014/09/16
		WO 2012-111864 A1	2012/08/23