



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0019559
(43) 공개일자 2024년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 21/20 (2006.01) B63G 8/00 (2006.01)
G01C 21/00 (2006.01) G06T 17/05 (2011.01)
(52) CPC특허분류
G01C 21/203 (2013.01)
B63G 8/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0097378
(22) 출원일자 2022년08월04일
심사청구일자 2022년08월04일

(71) 출원인
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
김홍섭
경상남도 창원시 의창구 용동로 45, H동 408호(사립동)
유승현
경상남도 창원시 성산구 원이대로863번길 7, 305동 2201호(가음동, 창원더샵센트럴파크3단지)
최병호
경상남도 거제시 일운면 거제대로 2454-6, 208호(거원비취맨션)
(74) 대리인
양정보

전체 청구항 수 : 총 14 항

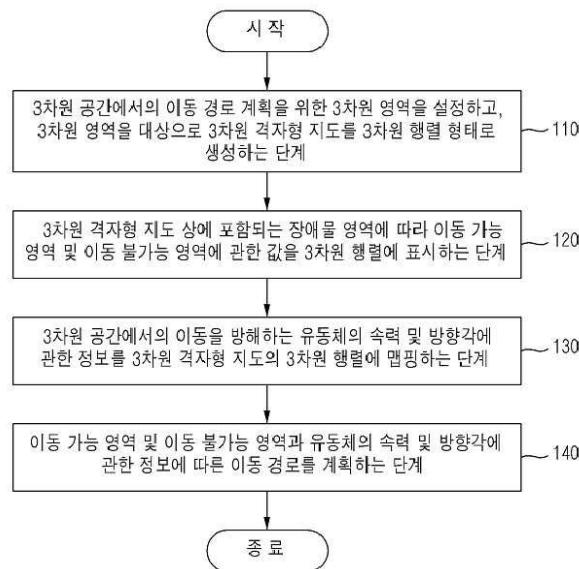
(54) 발명의 명칭 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로계획 알고리즘

(57) 요약

해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 방법 및 시스템이 제시된다. 본 발명에서는 육지, 섬, 압초 등의 수중지형 등에 대한 3차원 지형정보와 시간에 따라 변화되는 해류 정보를 이용하여 사전에 지정된 출발지점부터 도착지점까지 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비를 최소화할 수 있는 항해 경로를 계

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



획하기 위한 알고리즘을 제안한다.

본 발명과 관련된 연구과제의 정보는 아래와 같다.

- 사업명: 방산혁신클러스터지원사업
- 과제명: 첨단방산소재부품연구실(센터)
- 과제고유번호: DCL2020L
- 기관세부과제번호: 2021-0669
- 총연구기간: 2020-12-16 ~ 2022-12-15
- 당해연구기간: 2021-12-16 ~ 2022-12-15
- 부처명: 방위사업청
- 주관기관: 국방기술진흥연구소
- 과제수행기관: 창원대학교 산학협력단

(52) CPC특허분류

G01C 21/3804 (2020.08)

G01C 21/3863 (2020.08)

G06T 17/05 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2021066900
과제번호	DCL2020L
부처명	방위사업청
과제관리(전문)기관명	국방기술진흥연구소
연구사업명	방산혁신클러스터지원사업
연구과제명	첨단방산소재부품연구실(센터)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2021.12.16 ~ 2022.12.15

명세서

청구범위

청구항 1

지도 생성부를 통해 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하는 단계;

지도 생성부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시하는 단계;

지도 생성부를 통해 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 단계; 및

에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하고, 최적 경로 생성부를 통해 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 생성하는 단계

를 포함하는 수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 지도 생성부를 통해 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하는 단계는,

상기 3차원 행렬의 모든 노드에 0을 할당하고, 이후 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당하는

수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하지 않는 이동 가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 0을 할당하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당함으로써 수송체의 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역을 구분하는

수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 지도 생성부를 통해 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 단계는,

상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 극좌표계(Polar coordinate system) 형식으로 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는

수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하고, 최적 경로 생성부를 통해 에너지 소비 최소

화를 위한 이동 경로를 생성하는 단계는,

상기 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에서 상기 수송체의 현재 위치 노드에서 인접 노드들을 탐색하고, 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 상기 현재 위치 노드에서 상기 인접 노드들까지의 이동에 따른 에너지 소비량을 계산하고,

상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 계산된 에너지 소비량에 따라 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하는 것을 반복함으로써 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 최적 이동 경로를 생성하는

수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하기 위해 상기 수송체의 현재 위치 노드로부터 각 인접 노드들까지의 이동시간을 비교하고,

상기 최적 경로 생성부를 통해 가장 빠른 이동시간을 갖는 인접 노드를 다음 이동할 노드로 결정하는

수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 에너지 소비량 산출부를 통해 직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 상기 수송체의 속도 벡터와 상기 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 벡터의 합을 이용하여 계산되는 상기 수송체의 속력과 상기 수송체의 현재 위치 노드와 각 인접 노드들 간의 거리를 이용하여 상기 이동시간을 계산하고,

상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 이동 시간을 최소화하는 경로를 에너지 소비 최소화를 위한 최적 이동 경로로 판단하는

수송체의 이동 경로 계획 방법.

청구항 8

3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시하며, 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 지도 생성부;

상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하는 에너지 소비량 산출부; 및

상기 계산된 수송체의 에너지 소비량에 따라 상기 수송체의 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 계획하는 최적 경로 생성부

를 포함하는 수송체의 이동 경로 계획 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 지도 생성부는,

상기 3차원 행렬의 모든 노드에 0을 할당하고, 이후 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당하는

수송체의 이동 경로 계획 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 지도 생성부는,

상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하지 않는 이동 가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 0을 할당하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당함으로써 수송체의 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역을 구분하는

수송체의 이동 경로 계획 시스템.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 지도 생성부는,

상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보를 극좌표계(Polar coordinate system) 형식으로 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는

수송체의 이동 경로 계획 시스템.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 에너지 소비량 산출부는,

상기 3차원 격자형 지도 상에서 상기 수송체의 현재 위치 노드에서 인접 노드들을 탐색하고, 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 상기 현재 위치 노드에서 상기 인접 노드들까지의 이동에 따른 에너지 소비량을 계산하고,

상기 최적 경로 생성부는,

상기 계산된 에너지 소비량에 따라 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하는 것을 반복함으로써 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 최적 이동 경로를 생성하는

수송체의 이동 경로 계획 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 에너지 소비량 산출부는,

상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하기 위해 상기 수송체의 현재 위치 노드로부터 각 인접 노드들까지의 이동시간을 비교하고,

상기 최적 경로 생성부는,

가장 빠른 이동시간을 갖는 인접 노드를 다음 이동할 노드로 결정하는

수송체의 이동 경로 계획 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 에너지 소비량 산출부는,

직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 상기 수송체의 속도 벡터와 상기 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 벡터의 합을 이용하여 계산되는 상기 수송체의 속력과 상기 수송체의 현재 위치 노드와 각 인접 노드들 간의 거리를 이용하여 상기 이동시간을 계산하고,

상기 최적 경로 생성부는,

상기 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 이동 시간을 최소화하는 경로를 에너지 소비 최소화를 위한 최적

이동 경로로 판단하는

수송체의 이동 경로 계획 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 해양환경을 고려한 잠수함 또는 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로계획 알고리즘에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 수중에서 운행되는 잠수함 등의 수중 운동체는 해저 운행에 안전을 기해야 한다. 수중 운동체에는 음파탐지가 장착되는 것이 일반적이지만, 음파탐지는 바다에 존재하는 소리를 탐지하는 장치이므로, 수중에 존재 가능한 무소음 부유 물체 즉, 빙하, 암석 등을 탐지하는 것에 곤란함이 있으며, 수중 운동체가 운행되는 해저 항로에 존재 가능한 불규칙적인 해저지형을 실시간으로 확인하는 것에 어려움이 있다.

[0003] 또한, 난류와 해류의 영향으로 수중 운동체가 운행되는 해저에는 지속적인 해류흐름이 존재하며, 수중에 존재 가능한 무소음 물체, 해저지형, 또는 다른 수중 운동체에 의해서 해류흐름이 실시간으로 변할 수 있어 해류흐름의 변화를 감지하고 대처하는 것이 바람직하다.

[0004] 잠수함 및 잠수정의 에너지 사용은 이동을 위한 에너지와 해류 등에 의한 항력(Drag)에 의해 발생한다. 항력은 잠수함 및 잠수정의 형상과 속도에 따라 변화되며, 이에 대한 정보는 잠수함 및 잠수정 개발단계에서 확인되는 항력계수(C_D) 등을 통해 계산될 수 있다.

[0005] 종래기술에 따른 지정된 출발지점부터 도착지점까지의 최단 경로(Shortest path)를 탐색하기 위한 알고리즘으로는 다익스트라(Dijkstra), A^* 계열, D^* 계열의 알고리즘 등이 다양하게 개발되어왔다. 이러한 알고리즘들은 최단 경로를 결정하기 위해 인근 격자들을 탐색하는 방법에 따라 깊이 우선 탐색(Depth-First-Search; DFS), 너비 우선 탐색(Breadth-First-Search; BFS)으로 구분된다. 대표적으로, A^* 계열 알고리즘은 깊이 우선 탐색(DFS), 다익스트라 알고리즘은 너비 우선 탐색(BFS) 방법을 채택하고 있다.

[0006] 이와 같이, 지형정보와 시간에 따라 변화되는 해류 정보를 이용하여 항해 경로를 계획하기 위한 알고리즘을 필요로 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-1486409호(2015.01.20)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 육지, 섬, 암초 등의 수중지형 등에 대한 3차원 지형정보와 시간에 따라 변화되는 해류 정보를 이용하여 사전에 지정된 출발지점부터 도착지점까지 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비를 최소화할 수 있는 항해 경로(Navigation path)를 계획하기 위한 알고리즘을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 방법은 지도 생성부를 통해 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하는 단계, 지도 생성부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시하는 단계, 지도 생성부를 통해 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속

력 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 단계 및 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하고, 최적 경로 생성부를 통해 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 생성하는 단계를 포함한다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부를 통해 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하는 단계는 상기 3차원 행렬의 모든 노드에 0을 할당하고, 이후 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당한다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하지 않는 이동 가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 0을 할당하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당함으로써 수송체의 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역을 구분한다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부를 통해 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 단계는 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보를 극좌표계(Polar coordinate system) 형식으로 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑한다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하고, 최적 경로 생성부를 통해 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 생성하는 단계는 상기 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에서 상기 수송체의 현재 위치 노드에서 인접 노드들을 탐색하고, 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 상기 현재 위치 노드에서 상기 인접 노드들까지의 이동에 따른 에너지 소비량을 계산하고, 상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 계산된 에너지 소비량에 따라 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하는 것을 반복함으로써 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 최적 이동 경로를 생성한다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따르면, 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하기 위해 상기 수송체의 현재 위치 노드로부터 각 인접 노드들까지의 이동시간을 비교하고, 상기 최적 경로 생성부를 통해 가장 빠른 이동시간을 갖는 인접 노드를 다음 이동할 노드로 결정한다.

[0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 에너지 소비량 산출부를 통해 직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 상기 수송체의 속도 벡터와 상기 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 벡터의 합을 이용하여 계산되는 상기 수송체의 속력과 상기 수송체의 현재 위치 노드와 각 인접 노드들 간의 거리를 이용하여 상기 이동시간을 계산하고, 상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 이동 시간을 최소화하는 경로를 에너지 소비 최소화를 위한 최적 이동 경로로 판단한다.

[0016] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 시스템은 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시하며, 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 지도 생성부, 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속도 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하는 에너지 소비량 산출부 및 상기 계산된 수송체의 에너지 소비량에 따라 상기 수송체의 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 계획하는 최적 경로 생성부를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시예들에 따르면 육지, 섬, 암초 등의 수중지형 등에 대한 3차원 지형정보와 시간에 따라 변화되는 해류 정보를 이용하여 사전에 지정된 출발지점부터 도착지점까지 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비를 최소화할 수 있는 항해 경로(Navigation path)를 계획할 수 있다. 본 발명의 실시예들에 따르면 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비를 최소화하여 하드웨어의 성능개량 없이 잠항 가능시간을 연장할 수 있고, 무기체계로서의 잠수함 및 잠수정의 잠항시간 연장을 통해 작전반경 확대 등 작전능력을 향상시킬 수 있다. 또한, 실시간 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 항해 경로 자동화를 통해 의사결정 시간을 단축할 수 있고, 잠수함 및 잠수정의 항

해 경로 생성의 인공지능화를 통해 무인 잠수함 및 잠수정 개발에 기여할 수도 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자형 지도를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 지형 지도를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 시간대별 해류의 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 종래기술에 따른 경로계획 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 최소화 경로 계획 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 해류에 따른 항해속도 영향에 대해 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 종래기술에 따른 최단 경로 탐색 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 해류변화에 따른 추천 항해경로를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 해류를 고려하지 않을 때의 최소 에너지(최단 시간) 경로의 수치실험 결과이다.
- 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 도 5(a)의 해류 상황을 고려한 최소 에너지(최단 시간) 경로의 수치 실험 결과이다.
- 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 도 5(b)의 해류 상황을 고려한 최소 에너지(최단 시간) 경로의 수치 실험 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 잠수함 및 잠수정은 에너지(예를 들어, 연료 등) 적재에 제한이 많이 따르며, 항해 중 에너지 재보급에 제한이 따른다. 이에 따라 잠수함 및 잠수정이 행해 중 에너지 관리는 상당히 중요한 문제이다.
- [0020] 특히, 군사용 잠수함 및 잠수정은 비밀 작전을 수행하는 중요한 비닉 무기체계이며, 제한된 에너지는 잠수함 및 잠수정의 잠항시간을 단축시켜 작전 가능한 시간과 영역의 감소로 이어진다. 따라서 본 발명에서는 작전(다시 말해, 항해) 간 추진 에너지 소비의 절약은 하드웨어적 성능개량과 무관하게 잠항시간을 연장시킬 수 있는 방안을 제안한다.
- [0021] 해류는 수상함, 잠수함 및 잠수정 등 해상 수송체의 항해 에너지(예를 들어, 연료량 등) 소비에 지대한 영향을 미치게 되며, 특히, 수중에서 기동하는 잠수함 및 잠수정은 해류에 의한 항력에 더욱 큰 영향을 받게 된다.
- [0022] 하지만, 해류가 수상함, 잠수함 및 잠수정 등의 항해에 항상 부정적 영향을 미치는 것은 아니다. 해류의 방향을 잘 이용하면, 오히려 동일한 항해 경로에서 에너지 소비를 절약할 수 있다.
- [0023] 따라서, 본 발명에서는 육지, 섬, 암초 등의 수중지형 등에 대한 3차원 지형정보와 시간에 따라 변화되는 해류 (Ocean current) 정보를 이용하여 사전에 지정된 출발지점부터 도착지점까지 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비를 최소화할 수 있는 항해 경로(Navigation path)를 계획하기 위한 알고리즘을 제안한다. 또한, 본 발명의 실시예 들은 잠수함 및 잠수정에 국한되지 않고, 3차원 공간(예를 들어, 지상 또는 공중)에서의 수송체의 에너지 최소화 경로계획에도 응용될 수 있다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0026] 제안하는 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 방법은 지도 생성부를 통

해 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하는 단계(110), 지도 생성부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시하는 단계(120), 지도 생성부를 통해 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑하는 단계(130) 및 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하고, 최적 경로 생성부를 통해 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 생성하는 단계(140)를 포함한다.

[0027] 이하, 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 방법은 해양환경에서의 잠수함 및 잠수정의 경로 계획을 예시로서 설명하지만, 본 발명의 실시예들은 잠수함 및 잠수정에 국한되지 않고, 3차원 공간(예를 들어, 지상 또는 공중)에서의 수송체의 에너지 최소화 경로계획에도 응용될 수 있다.

[0028] 단계(110)에서, 지도 생성부를 통해 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성한다.

[0029] 이때, 상기 3차원 행렬의 모든 노드에 0을 할당하고, 이후 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당한다.

[0030] 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하지 않는 이동 가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 0을 할당하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당함으로써 수송체의 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역을 구분할 수 있다.

[0031] 단계(120)에서, 지도 생성부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시한다.

[0032] 단계(130)에서, 지도 생성부를 통해 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑한다.

[0033] 이때, 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 극좌표계(Polar coordinate system) 형식으로 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑할 수 있다.

[0034] 단계(140)에서, 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산하고, 최적 경로 생성부를 통해 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 생성한다.

[0035] 상기 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 3차원 격자형 지도 상에서 상기 수송체의 현재 위치 노드에서 인접 노드들을 탐색하고, 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 상기 현재 위치 노드에서 상기 인접 노드들까지의 이동에 따른 에너지 소비량을 계산한다.

[0036] 상기 에너지 소비량 산출부는 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하기 위해 상기 수송체의 현재 위치 노드로부터 각 인접 노드들까지의 이동시간을 비교한다.

[0037] 이때, 상기 에너지 소비량 산출부는 직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 상기 수송체의 속도 벡터와 상기 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 벡터의 합을 이용하여 계산되는 상기 수송체의 속력과 상기 수송체의 현재 위치 노드와 각 인접 노드들 간의 거리를 이용하여 상기 이동시간을 계산할 수 있다.

[0038] 이후, 상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 계산된 에너지 소비량에 따라 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하는 것을 반복함으로써 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 최적 이동 경로를 생성한다.

[0039] 상기 최적 경로 생성부는 가장 빠른 이동시간을 갖는 인접 노드를 다음 이동할 노드로 결정할 수 있다. 상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 이동 시간을 최소화하는 경로를 에너지 소비 최소화를 위한 최적 이동 경로로 판단한다.

[0041] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

[0042] 제안하는 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 시스템은 지도 생성부

(230), 에너지 소비량 산출부(240), 최적 경로 생성부(250) 및 이동 경로 시연기(260)를 포함할 수 있다.

- [0043] 이하, 해양환경을 고려한 잠수함 및 잠수정의 추진 에너지 소비 최소화 경로 계획 시스템은 해양환경에서의 잠수함 및 잠수정의 경로 계획을 예시로서 설명하지만, 본 발명의 실시예들은 잠수함 및 잠수정에 국한되지 않고, 3차원 공간(예를 들어, 지상 또는 공중)에서의 수송체의 에너지 최소화 경로계획에도 응용될 수 있다.
- [0044] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부(230)는 해양정보 시스템(210) 및 수중지형 정보 시스템(220)으로부터 해류 정보 및 수중지형 정보를 제공받을 수 있다.
- [0045] 본 발명의 실시예에 따르면, 해양정보 시스템(210)은 국립해양조사원의 바다누리 해양정보 서비스 등을 바탕으로 실시간 해류(예를 들어, 유속, 유향 등) 정보를 수집할 수 있다.
- [0046] 본 발명의 실시예에 따르면, 수중지형 정보 시스템(220)은 잠수함 및 잠수정의 항해 공간에 대한 육지, 섬, 암초 등 수중 지형들을 3차원 지도 형태로 제공할 수 있다.
- [0047] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부(230)는 3차원 공간에서의 수송체의 이동 경로 계획을 위한 3차원 영역을 설정하고, 상기 3차원 영역을 대상으로 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성한다.
- [0048] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부(230)는 상기 3차원 행렬의 모든 노드에 0을 할당하고, 이후 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당한다.
- [0049] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부(230)는 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하지 않는 이동 가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 0을 할당하고, 상기 3차원 격자형 지도 상에서 장애물이 존재하는 이동 불가능 영역에 해당하는 3차원 행렬의 노드에 1을 할당함으로써 수송체의 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역을 구분할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부(230)는 상기 3차원 격자형 지도 상에 포함되는 장애물 영역에 따라 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값을 상기 3차원 행렬에 표시한다.
- [0051] 본 발명의 실시예에 따른 지도 생성부(230)는 상기 3차원 공간에서의 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑한다.
- [0052] 이때, 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보를 극좌표계(Polar coordinate system) 형식으로 상기 3차원 격자형 지도의 3차원 행렬에 맵핑할 수 있다.
- [0054] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 격자형 지도를 설명하기 위한 도면이다.
- [0055] 본 발명의 실시예에 따르면, 지형정보를 바탕으로 3차원 격자형 지도를 생성할 수 있다. 먼저, 잠수함 및 잠수정의 항해 영역을 설정하고 해당 영역을 대상으로 도 3과 같은 3차원 격자형 지도를 3차원 행렬 형태로 생성하고, 모든 노드에 숫자 0을 할당한다. 이후, 잠수함 및 잠수정이 항해할 수 없는 육지, 섬, 암초 등의 장애물 영역에 숫자 1을 할당한다.
- [0056] 이와 같이, 잠수함 및 잠수정이 항해 가능한 지점(다시 말해, 노드)과 불가능한 지점을 구분하고, 추후 잠수함 및 잠수정의 항해 경로를 계획할 때 항해가 불가능한 지역들은 경로 탐색 후보에서 제외된다.
- [0058] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 지형 지도를 설명하기 위한 도면이다.
- [0059] 도 4를 참조하면, 3차원 격자형 지도에서 임의의 깊이에 대한 2차원 격자형 지도에 지형정보를 맵핑한 예시를 도시하였다.
- [0061] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 시간대별 해류의 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- [0062] 도 5(a)는 2022년 4월 27일 11:30 기준 해류를 나타내는 지도이고, 도 5(b)는 2022년 4월 27일 19:30 기준 해류를 나타내는 지도이다.
- [0063] 동일한 지역에서도 도 5(a) 및 도 5(b)와 같이 해류는 시간에 따라 변화되기 때문에 해류에 대한 3차원 격자형 지도는 항해 예정 시간대의 해류 정보를 활용한다.

- [0064] 해류에 대한 3차원 격자형 지도는 해류 정보의 형태에 따라 다양한 형태로 구성될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 국립해양조사원에서 제공하는 해류 정보를 활용하는 것을 가정하여 제시한다. 국립해양조사원에서는 도 5와 같은 해류 정보를 각 지점에서의 해류 속력(v)과 방향각(ϕ), 즉, 극좌표계(Polar coordinate system) 형식으로 제공하고 있다.
- [0065] 따라서 해류에 대한 3차원 격자형 지도는 해류 속력(v)과 방향각(ϕ) 지도로 구분하여 구성되며, 도 3과 같은 3차원 행렬에 각 지점의 해류 속력(v)과 방향각(ϕ)을 맵핑하여 구성할 수 있다.
- [0067] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 소비량 산출부(240)는 에너지 소비량 산출부를 통해 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 수송체의 에너지 소비량을 계산한다.
- [0068] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 소비량 산출부(240)는 상기 3차원 격자형 지도 상에서 상기 수송체의 현재 위치 노드에서 인접 노드들을 탐색하고, 상기 이동 가능 영역 및 이동 불가능 영역에 관한 값과 상기 유동체의 속력 및 방향각에 관한 정보에 따라 상기 현재 위치 노드에서 상기 인접 노드들까지의 이동에 따른 에너지 소비량을 계산한다.
- [0069] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 소비량 산출부(240)는 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하기 위해 상기 수송체의 현재 위치 노드로부터 각 인접 노드들까지의 이동시간을 비교한다.
- [0070] 이때, 상기 에너지 소비량 산출부는 직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 상기 수송체의 속도 벡터와 상기 수송체의 이동을 방해하는 유동체의 속도 벡터의 합을 이용하여 계산되는 상기 수송체의 속력과 상기 수송체의 현재 위치 노드와 각 인접 노드들 간의 거리를 이용하여 상기 이동시간을 계산할 수 있다.
- [0071] 본 발명의 실시예에 따른 최적 경로 생성부(250)는 에너지 소비 최소화를 위한 이동 경로를 생성한다.
- [0072] 본 발명의 실시예에 따른 최적 경로 생성부(250)는 상기 계산된 에너지 소비량에 따라 상기 인접 노드들 중 다음 이동할 노드를 결정하는 것을 반복함으로써 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 최적 이동 경로를 생성한다.
- [0073] 본 발명의 실시예에 따른 최적 경로 생성부(250)는 가장 빠른 이동시간을 갖는 인접 노드를 다음 이동할 노드로 결정할 수 있다. 상기 최적 경로 생성부를 통해 상기 수송체의 출발지점부터 도착지점까지의 이동 시간을 최소화하는 경로를 에너지 소비 최소화를 위한 최적 이동 경로로 판단한다.
- [0074] 본 발명의 실시예에 따른 이동 경로 시연기(260)는 최적 경로 생성부(250)에서 생성된 최적 이동 경로와 수송체의 실제 이동 경로를 모니터링할 수 있다.
- [0076] 도 6은 종래기술에 따른 경로계획 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- [0077] 기존 경로 계획 알고리즘들은 주로 이동 거리, 비용 등을 최소화하는 경로를 탐색하도록 설계되어 있으며, 인접 지점들을 탐색하여 다음에 이동할 지점을 선택할 때 도 6(a)에 도시된 바와 같이 거리, 비용 등을 기준으로 하고 있다. 이때, 다음에 이동할 지점이 선택되면 그 지점에 할당된 거리, 비용 등이 추가된다.
- [0079] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 최소화 경로 계획 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- [0080] 도 7(a)는 해류와 항해 방향에 따른 에너지 소비량 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [0081] 도 7(a)와 같이 잠수함 및 잠수정의 항해 방향과 해류의 방향이 일치하는 경우는 해류에 의한 항력이 오히려 잠수함 및 잠수정의 추력에 긍정적인 영향을 미치는 상황으로, 해류가 고려되지 않을 때보다 더 적은 에너지를 사용하여 동일한 거리를 이동할 수 있다. 하지만, 항해 방향과 해류가 완벽하게 반대인 경우에는 잠수함 및 잠수정은 해류에 의한 항력만큼의 에너지를 추가적으로 소비하여야 한다. 또한, 이동을 위한 에너지 소비량은 잠수함 및 잠수정의 항해 벡터(다시 말해, 속력 및 방향)와 해류의 벡터(다시 말해, 속력 및 방향) 간의 관계에 따라 다르게 산정된다.

- [0082] 이러한 상황으로 인해 제안하는 잠수함 및 잠수정의 항해 에너지 소비를 최소화하기 위한 경로를 탐색하는 방법은 기존의 알고리즘들이 최단 경로를 탐색하는 방법과 차이를 가질 수 있다.
- [0083] 도 7(b)는 본 발명의 실시예에 따른 에너지 소비 최소화 경로 계획 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- [0084] 제안하는 3차원 공간에서 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비 최소화를 위한 항해 경로 탐색 알고리즘은 다익스트라(Dijkstra), A* 계열, D* 계열의 알고리즘 등 다양한 경로 계획 알고리즘에 적용될 수 있다.
- [0085] 다양한 경로 계획 알고리즘들은 도 7(b)와 같이 현재 위치 노드(Current node)에서 인접 노드들(Neighbor nodes)을 탐색하여 다음 이동할 노드(Node)를 결정하는 것을 반복하여 출발지점(s)으로부터 도착지점(t)까지의 경로를 생성한다. 즉, 출발지점에서 시작하여 다음 이동할 노드를 선택하고, 선택된 노드에 인접한 노드들 중 하나를 선택하는 과정을 도착지점이 선택될 때까지 반복한다. 그리고 선택된 노드들을 연결한 것이 출발지점(s)부터 도착지점(t)까지의 최적 경로로 결정된다.
- [0086] 본 발명에서는 잠수함 및 잠수정이 해수와의 마찰에 의한 항력과 동일한 추력(Thrust)을 유지, 즉, 단위 시간당 동일한 에너지를 소비하고 있고, 이에 따라 등속력 운동을 하는 상황으로 가정한다. 따라서 출발지점부터 도착지점까지의 이동 시간을 최소화하는 것이 에너지 소비를 최소화하는 것으로 판단한다.
- [0087] 도 7(b)는 본 발명의 인접 지점 탐색 개념을 임의 깊이의 2차원 환경에서 예시적으로 보여주고 있다. 본 발명에서 인접 노드의 선택은 현재 노드(Node i)로부터 인접 지점(Node j)까지의 이동시간(T_{ij})을 기준으로하며, 이동시간은 직교좌표계(Cartesian coordinate)에서 식 (1)과 같은 잠수함 및 잠수정의 속도 벡터($\vec{V}$)와 식 (2)와 같은 해류 벡터($\vec{v}$)의 합으로 식 (3)과 같이 계산되는 잠수함 및 잠수정의 속력($|\vec{G}|$)과 두 지점 간의 거리(d_{ij})를 이용하여 식 (4)와 같이 계산된다. 식 (3)에서 $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ 는 잠수함 및 잠수정의 설계 형상에 의한 항력계수(C_D), 단면적(A), 부력(B) 등을 고려한 해류 영향 계수(Influence coefficient of ocean current)이다.
- [0088] 또한, 잠수함 및 잠수정의 이동 경로를 도 3과 같은 3차원 격자형 지도에서 계획하게 됨에 따라 인접 지점에 대한 탐색은 26개(3^3 노드 중 현재 위치 노드 제외) 방향의 인접 지점들을 대상으로 하며, 지형정보 격자형 지도에서 육지, 섬, 암초 등으로 표기된 지점은 제외된다.
- [0089]
$$\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} + V_z \vec{k} \quad \text{식(1)}$$
- [0090]
$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k} \quad \text{식(2)}$$
- [0091]
$$|\vec{G}| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2 + G_z^2}; G_x = V_x + \delta_x v_x, G_y = V_y + \delta_y v_y, G_z = V_z + \delta_z v_z \quad \text{식(3)}$$
- [0092]
$$T_{ij} = d_{ij} / |\vec{G}| \quad \text{식(4)}$$
- [0094] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 해류에 따른 항해속도 영향에 대해 설명하기 위한 도면이다.
- [0095] 도 8(a)는 유속 및 유향의 예시를 나타내는 도면이고, 도 8(b)는 잠수함의 이동방향을 나타내는 도면이고, 도 8(c)는 해류를 고려하지 않은 잠수함의 속도를 나타내는 도면이고, 도 8(d)는 해류를 고려한 잠수함의 속도를 나타내는 도면이다.
- [0096] 본 발명의 실시예에 따르면, 해류에 의한 항해속도 변화는 x-y 좌표계를 사용하여 아래와 같이 나타낼 수 있다:
- [0097]
$$\Delta V_x = V \cos \theta + \alpha * v \cos \theta'$$
- [0098]
$$\Delta V_y = V \sin \theta + \alpha * v \sin \theta'$$

- [0099] 여기서, V_x, V_y 는 잠수함의 속도, θ 는 잠수함의 추력 방향각, α 는 항력계수, v 는 해류의 속도, θ' 는 해류의 방향각을 나타낸다.
- [0100] 잠수함은 일정한 속도(15knot)로 기동하다가 해류의 영향으로 인해 다음 노드로 이동 시 잠수함의 속도가 변화할 수 있고, 이는 도착시간에 영향을 줄 수 있다.
- [0102] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 최단 경로 탐색 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0103] 본 발명의 기존 최단 경로 탐색 알고리즘들과의 차별성은 다음과 같다. 기존 최단 경로 탐색 알고리즘들은 장애물들을 회피하면서 물리적인 이동거리를 최소화하는 것을 목표로 한다. 하지만, 본 발명은 물리적인 장애물들에 대한 회피를 포함하여 도 9와 같이 해류와 잠수함 및 잠수정의 속도와 방향에 따른 에너지 소비량을 추가적으로 고려한다.
- [0105] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 해류변화에 따른 추천 항해경로를 설명하기 위한 도면이다.
- [0106] 도 5의 시간대별 해류의 변화를 참조하여 임의적으로 생성한 수중 지형 예시를 도 10(a) 및 도 10(b)에 도시하였다.
- [0107] 도 10(a)는 Z축의 1~3까지의 수중지형을 나타내고, 도 10(b)는 Z축의 4~10 까지의 수중지형을 나타낸다.
- [0108] 예시적으로, 도 10과 같이 임의적으로 생성한 육지, 섬, 암초 등의 수중 지형과 도 5에 도시된 해류 상황에 A* 알고리즘을 적용하여 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비를 최소화하는 항해 경로를 탐색하였다.
- [0109] A* 알고리즘의 경로 탐색 절차는 잠수함 및 잠수정이 대마도 부근에서 서귀포 부근까지 항해하는 시나리오로 고려하였다. 이때, 잠수함 및 잠수정은 해류가 고려되지 않을 때, 즉, 정지해있는 해수의 항력만큼의 추력(Thrust)을 내어 15노트(knot)로 등속운동을 하고 있는 것으로 가정한다.
- [0110] A* 알고리즘의 경로 탐색 절차는 다음과 같다:
- [0111]
$$f(x) = g(x) + h(x)$$
- [0112] 여기서, $g(x)$ 는 출발지점에서 지점 x에 이르는 최소비용 의미하고, $h(x)$ 는 지점 x에서 목표지점까지 총 경로 최소비용을 추정된 값을 의미한다.
- [0113] Step 1 출발지점(s)과 목표지점(t)을 결정
- [0114] Step 2 CLOSED 목록 생성, 출발지점을 OPEN 목록에 추가 후 목적함수(f) 계산
- [0115] Step 3 출발지점을 OPEN 목록에서 삭제, CLOSED 목록에 추가 후 출발지점의 이웃 셀을 OPEN 목록에 위치
- [0116] Step 4 OPEN 목록의 셀 중 탐색되지 않은 셀들에 대한 목적함수 계산, 탐색이 완료된 셀은 목적함수 갱신
- [0117] Step 5 OPEN 목록의 셀 중 가장 낮은 목적함수를 갖는 셀을 선정하여 OPEN 목록에 삭제 후 CLOSED 목록에 추가
- [0118] Step 6 선정된 셀이 도착지점이면 종료, 그렇지 않으면 이웃 셀 중 탐색되지 않은 셀을 OPEN 목록에 위치
- [0120] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 해류를 고려하지 않을 때의 최소 에너지(최단 시간) 경로의 수치실험 결과이다.
- [0121] 도 11(a)는 3차원 항해경로, 도 11(b)는 평면도(면), 도 11(c)는 정면도(면) 및 도 11(d)는 측면도(면)를 나타낸다.
- [0122] 해류가 없는 경우, 즉, 해수가 정지해있는 상황을 가정했을 때의 잠수함 및 잠수정의 최소 에너지 소비 경로는 도 11(a)와 같이 계획되었다. 도 11(b), 도 11(c)와 도 11(d)를 통해 육지, 섬, 암초 등의 수중 장애물을 회피하여 항해 경로가 계획된 것을 확인할 수 있으며, 총 항해 시간은 약 15.54시간이었다. 즉, 동일한 추력을 위해 사용되는 단위 시간 당 에너지를 E라 할 때, 해류를 고려하지 않고 경로를 계획했을 때에는 약 15.54E만큼의 에

너지를 사용하게 된다.

- [0124] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 도 5(a)의 해류 상황을 고려한 최소 에너지(최단 시간) 경로의 수치 실험 결과이다.
- [0125] 도 12(a)는 3차원 항해경로, 도 12(b)는 평면도(면), 도 12(c)는 정면도(면) 및 도 12(d)는 측면도(면)를 나타낸다.
- [0126] 도 5(a)와 같은 2022년 4월 27일 11:30분의 해류 상황을 고려한 잠수함 및 잠수정의 경로 계획 수치실험 결과는 도 12와 같다. 도 11에서와 동일하게 수중 장애물들을 회피하여 경로가 계획되고 있음을 확인할 수 있다. 또한, 도 12의 수치실험에서 생성된 경로의 평면도(도 12(b)와 측면도(도 12(d))를 통해 도 11의 수치실험에서의 경로 대비 해류를 이용함에 따라 수중 장애물 회피경로와 목적지점에 도달하기 위한 잠항심도를 낮추는 시점이 변화됨을 확인할 수 있다. 이러한 경로 계획의 변화에 대한 효과는 항해 시간의 감소를 통해 확인될 수 있다. 도 12의 수치실험에서의 항해 시간은 도 11의 수치실험 대비 2.73시간 감소하여 약 12.81시간으로 측정되었으며, 이는 해류의 방향이 잠수함 및 잠수정의 이동방향과 유사함에 따라 해류가 잠수함 및 잠수정의 이동에 긍정적인 영향을 미쳐 동일한 거리를 이동함에도 도 11의 수치실험대비 에너지 소비량을 17.6% 감소시킬 수 있었음을 의미한다.
- [0128] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 도 5(b)의 해류 상황을 고려한 최소 에너지(최단 시간) 경로의 수치 실험 결과이다.
- [0129] 도 13(a)는 3차원 항해경로, 도 13(b)는 평면도(면), 도 13(c)는 정면도(면) 및 도 13(d)는 측면도(면)를 나타낸다.
- [0130] 도 5(b)와 같은 2022년 4월 27일 19:30분의 해류 상황을 고려한 잠수함 및 잠수정의 경로 계획 수치실험 결과는 도 13과 같았다. 도 13의 수치실험에서 생성된 경로의 평면도(도 13(b))를 통해 수중 장애물 회피 경로가 도 11의 수치실험과 유사한 것으로 보이지만, 정면도(도 13(c))와 측면도(도 13(d))를 통해 도 11의 수치실험과 도 12의 수치실험에서 생성된 경로 대비 빠르게 잠항심도를 낮추는 모습을 확인할 수 있다. 또한, 도 13의 수치실험에서의 항해 시간은 약 15.06시간으로 측정되어 도 11의 수치실험 대비 0.48시간 감소, 도 12의 수치실험 대비 2.25시간 증가한 것으로 확인된다. 즉, 동일한 출발지점부터 도착지점으로 이동함에 있어 해류의 영향으로 에너지 소비량이 변화됨이 확인되었다. 결과적으로, 해류의 변화로 인해 잠수함 및 잠수정의 에너지 소비 최소화 경로가 변화된다.
- [0132] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 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, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 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 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0133] 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 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크

로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

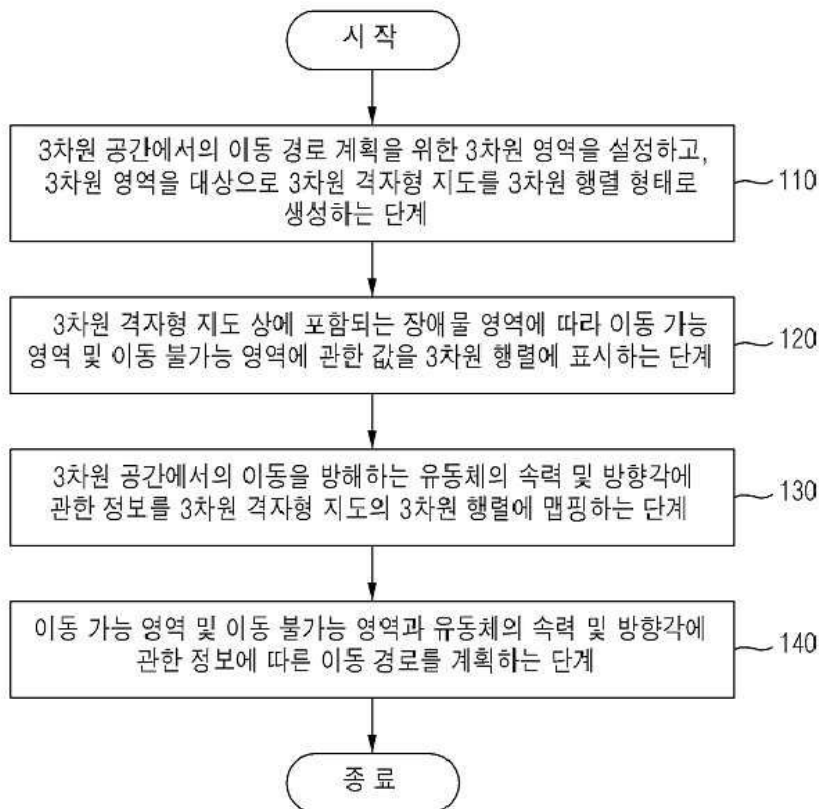
[0134] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0135] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 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.

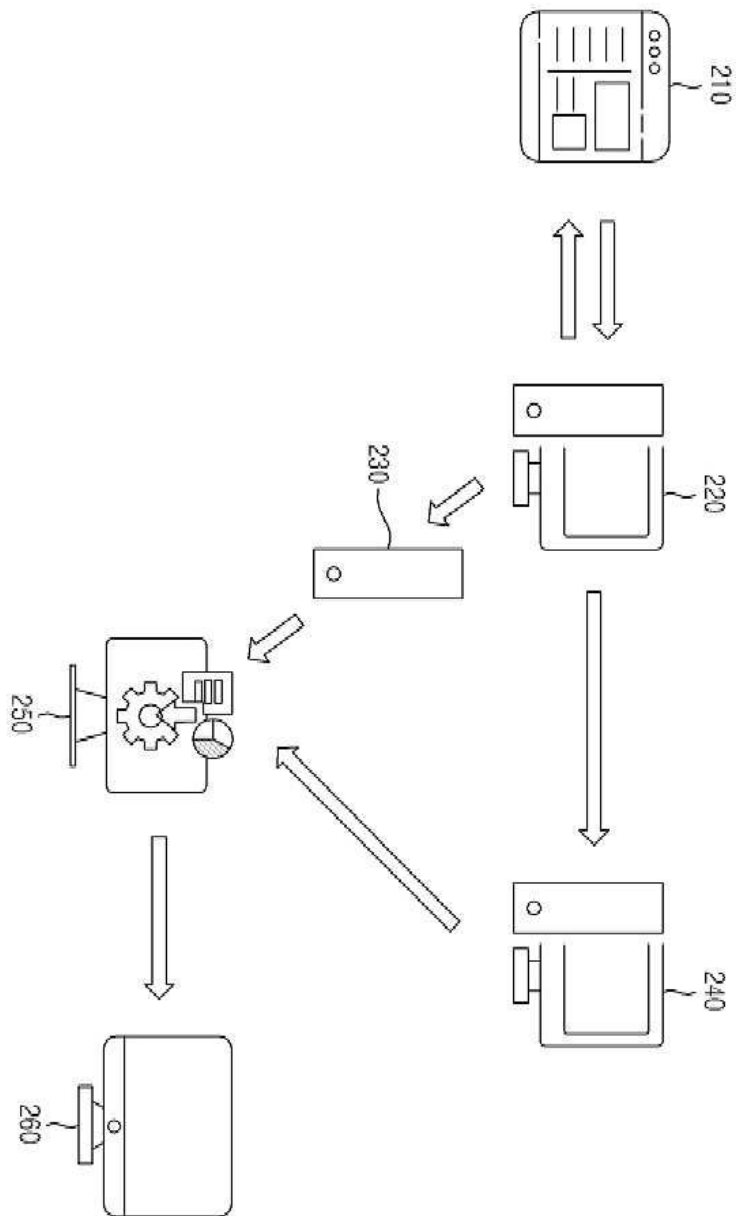
[0136] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

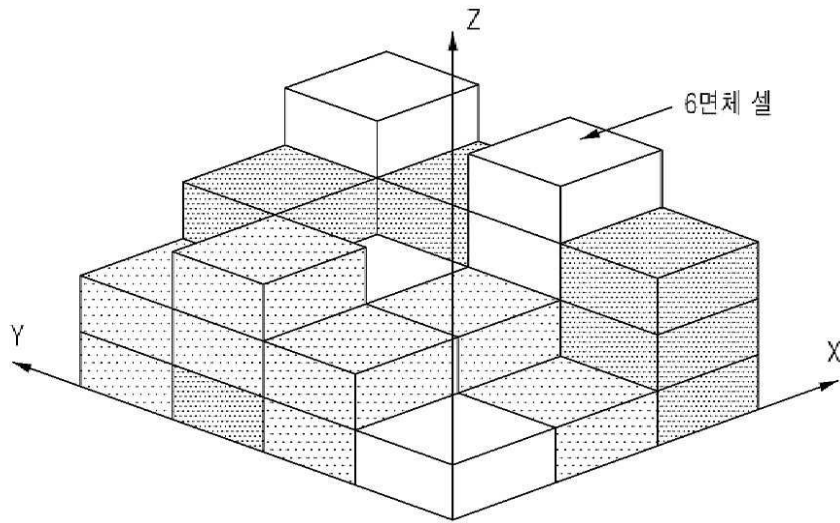
도면1



도면2



도면3



도면4

0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

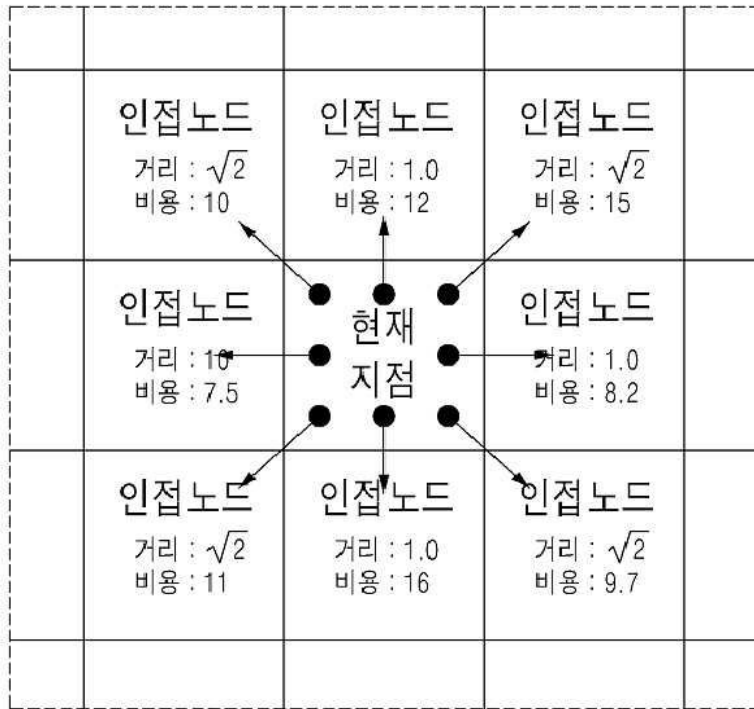
도면5a



도면5b



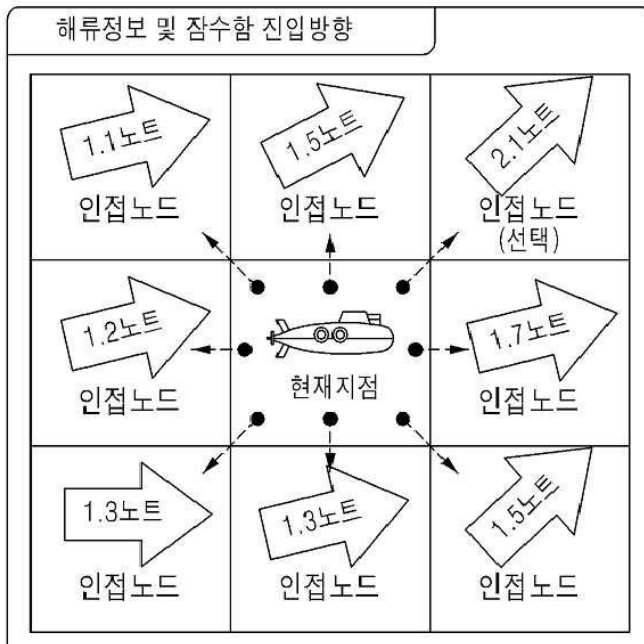
도면6



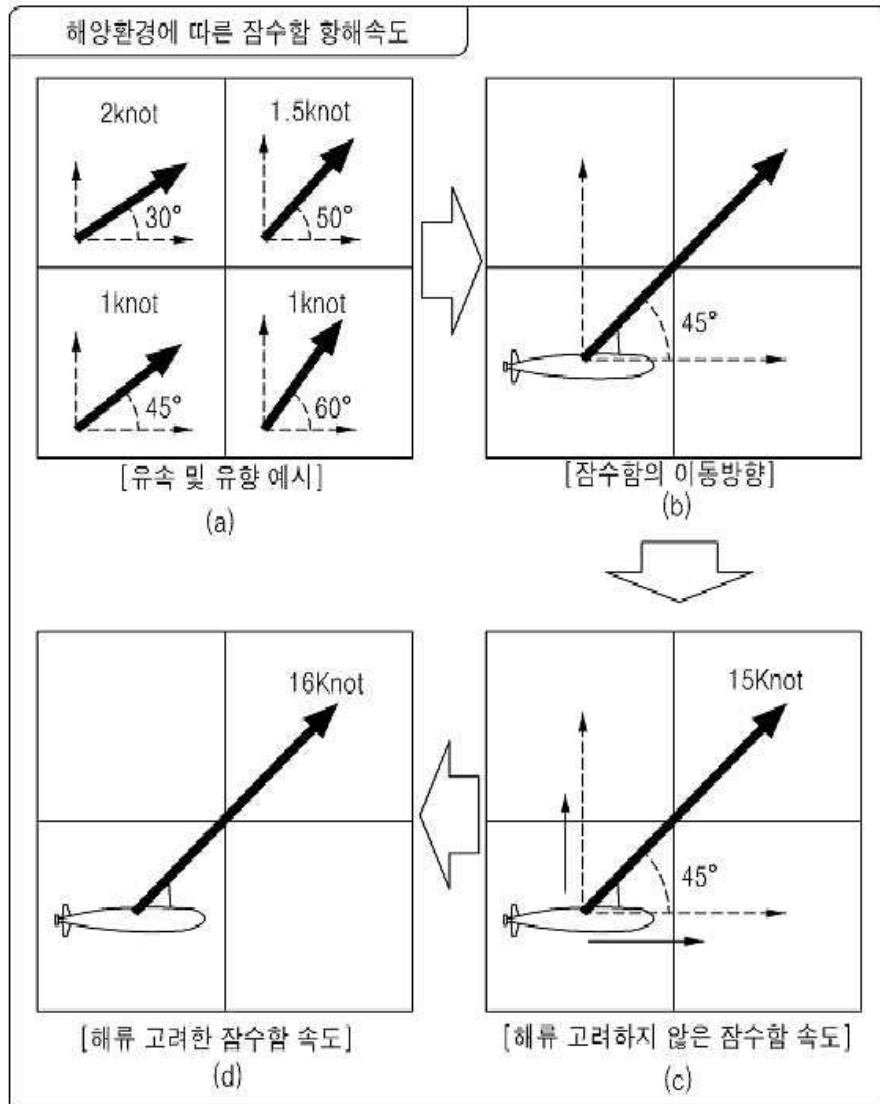
도면7a



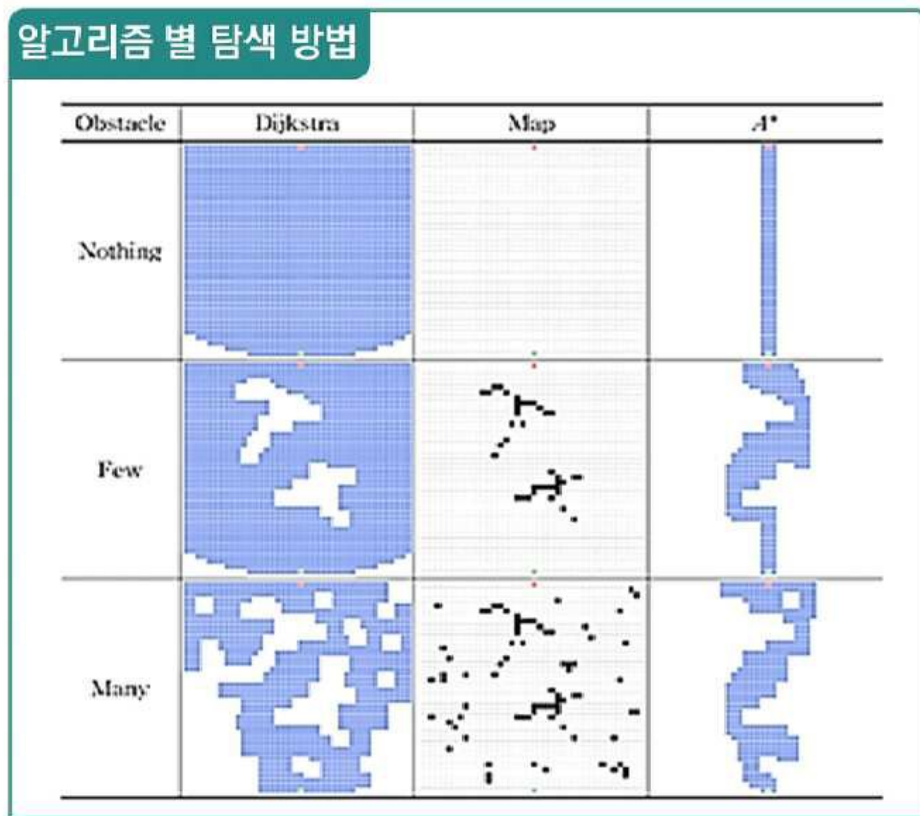
도면7b



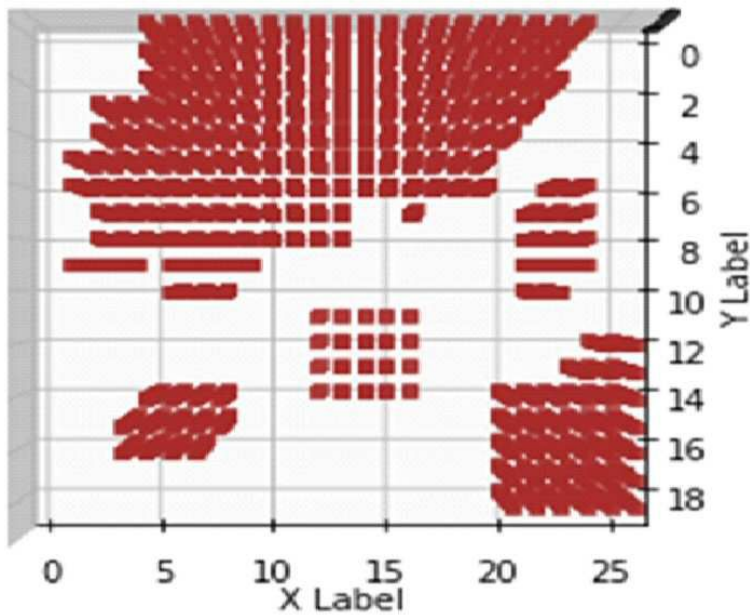
도면8



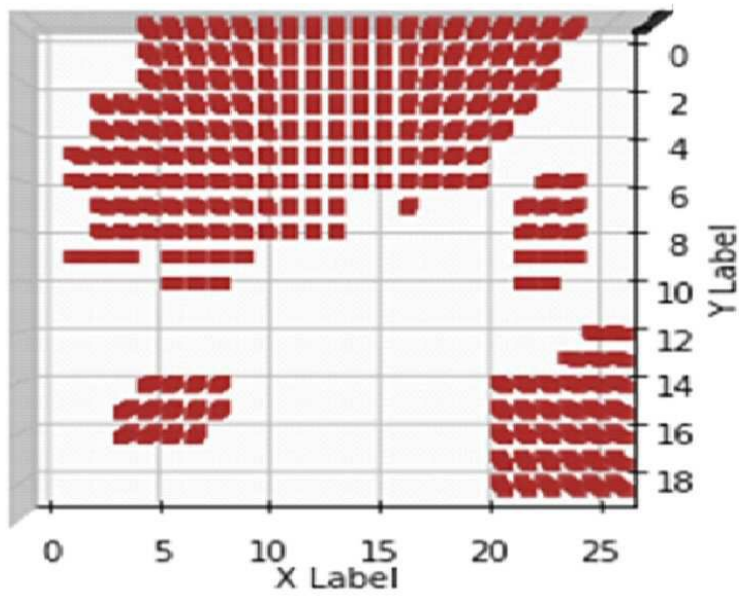
도면9



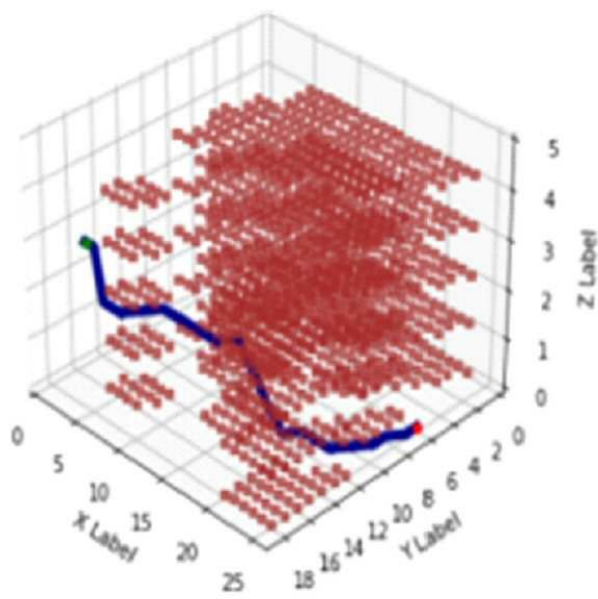
도면10a



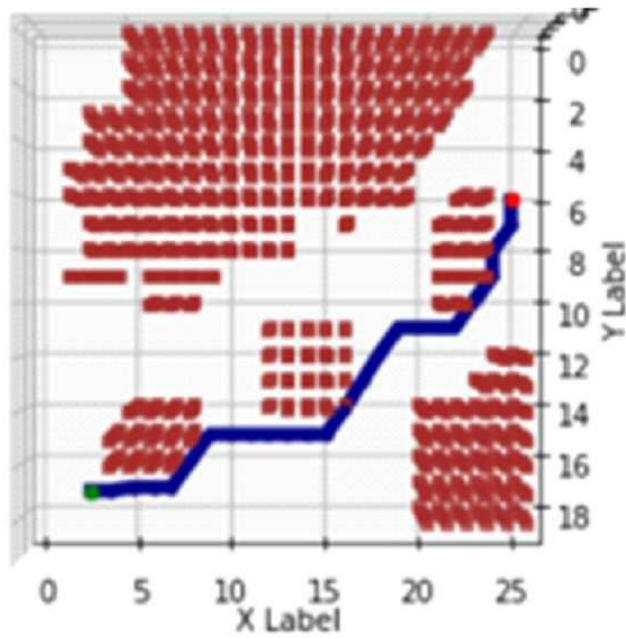
도면10b



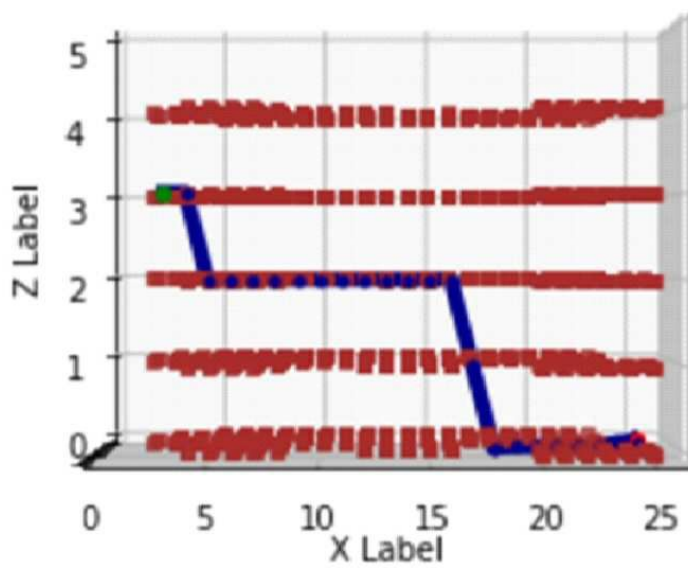
도면11a



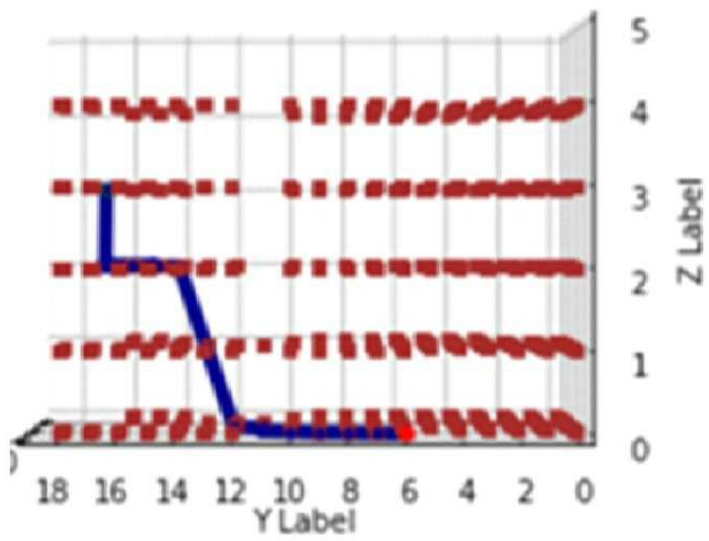
도면11b



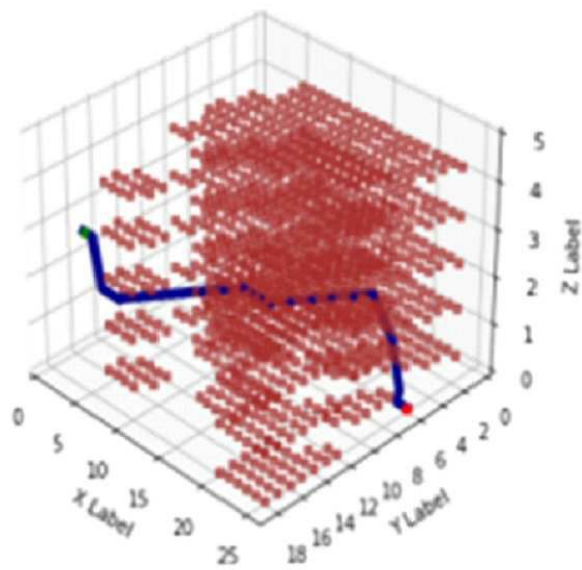
도면11c



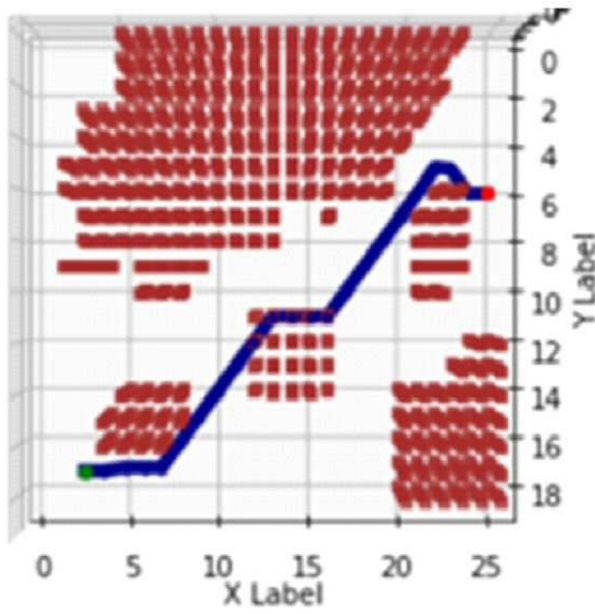
도면11d



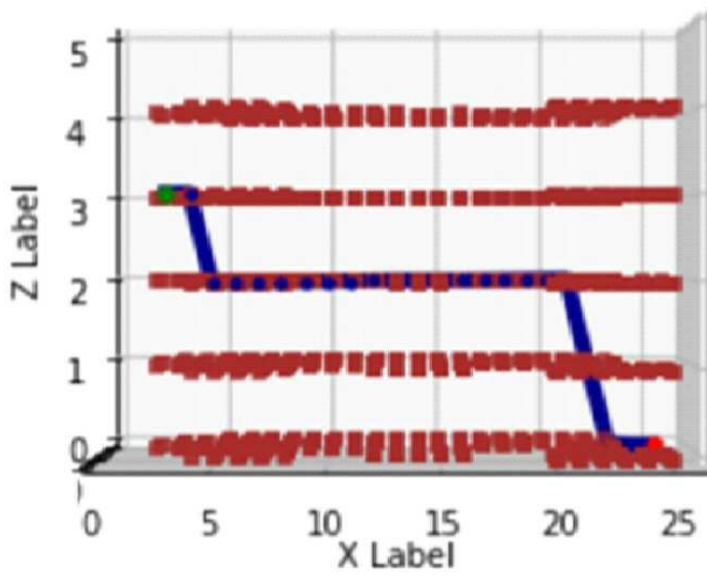
도면12a



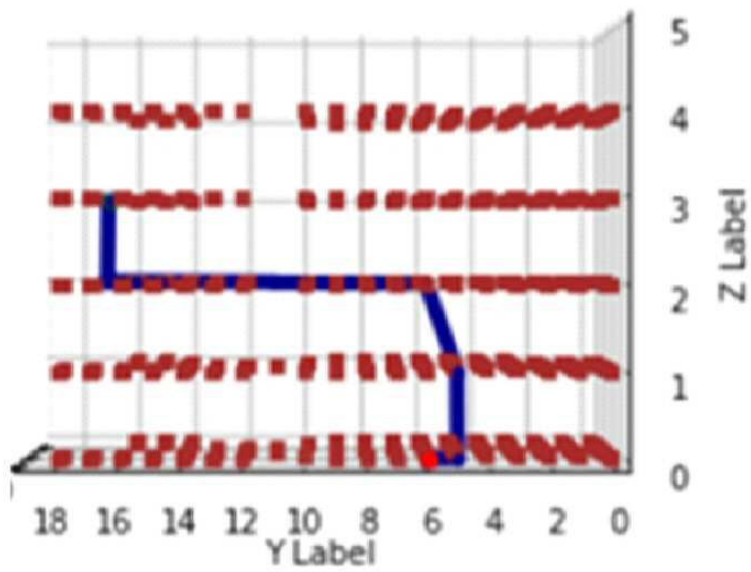
도면12b



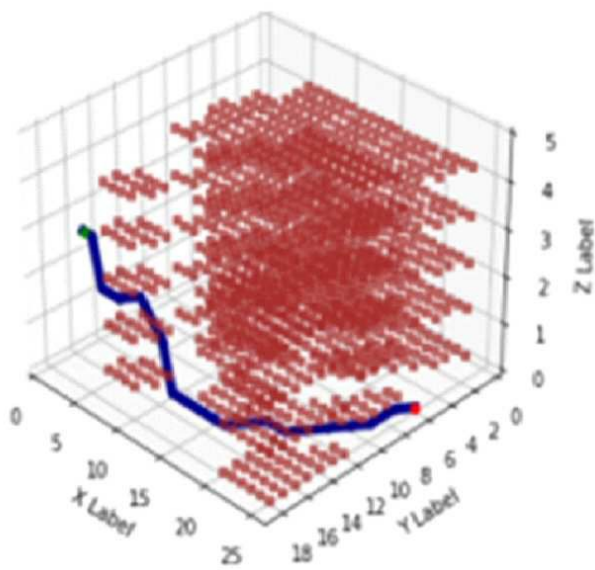
도면12c



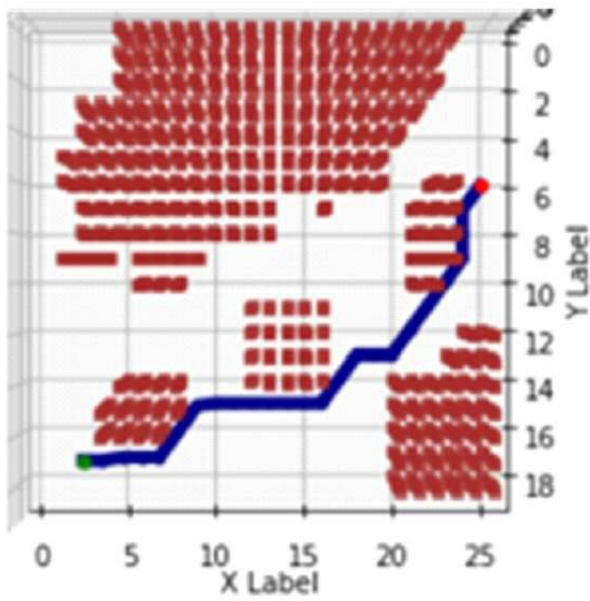
도면12d



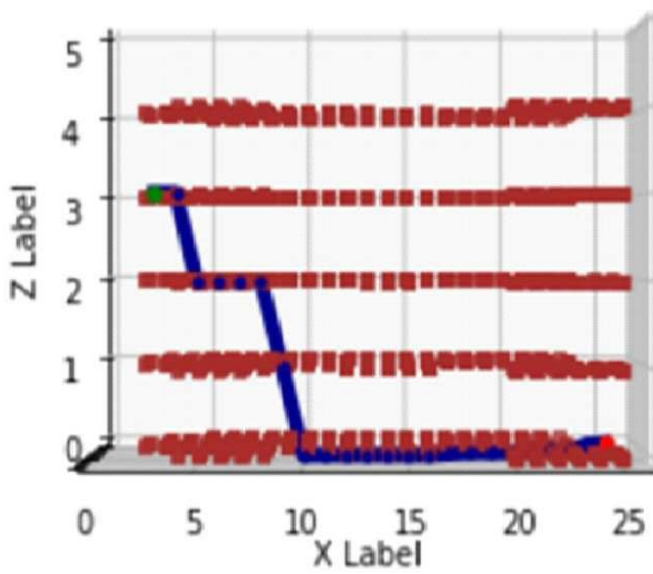
도면13a



도면13b



도면13c



도면13d

