



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0159125
(43) 공개일자 2023년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/16 (2006.01) G05D 1/02 (2020.01)
(52) CPC특허분류
B25J 9/1664 (2013.01)
B25J 9/1682 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0059094
(22) 출원일자 2022년05월13일
심사청구일자 2022년05월13일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
양투안 비네론
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
양혜윤
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

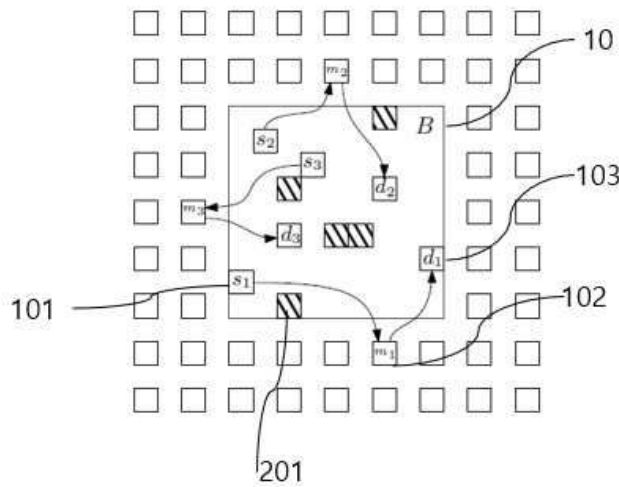
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 로봇 경로 탐색 방법

(57) 요약

본 개시의 실시 예에 있어서, 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계, 상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계, 상기 재탐색된 경로를 이용하여 상기 특정로봇에 대한 경로를 업데이트 하는 단계 및 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계를 포함하는 경로탐색 방법을 개시한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G05D 1/0212 (2013.01)

G05D 1/0287 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계;

상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계;

상기 재탐색된 경로를 이용하여 상기 특정로봇에 대한 경로를 업데이트 하는 단계 및

업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계를 포함하는,

경로탐색 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 로봇의 경로 탐색 방법은 2차원 좌표 그리드상에서 이루어지는,

경로탐색 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 특정지점은,

상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치 및 목표위치를 포함하는 바운딩 박스 외부의 중간지점을 포함하는,

경로 탐색 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는,

(1) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계;

(2) 상기 (1)을 상기 특정지점에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제1 경로를 도출하는 단계;

(3) 상기 로봇이 상기 특정지점에 도달하면, 상기 (1)을 목표위치에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제2 경로를 도출하는 단계 및

(4) 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 상기 제1 경로 및 상기 제2 경로의 합 중 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함하는,

경로 탐색 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는

(1) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계;

(2) 상기 (1)을 반복하여, 상기 목표위치에 도달할 때까지 적어도 하나 이상의 경로를 도출하는 단계 및

(3) 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 도출된 경로 중 길이가 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로

결정하는 단계를 포함하는,
경로 탐색 방법.

청구항 6

제 4항 또는 제5항에 있어서,
상기 이동가능한 방향은 2차원 그리드 상의 상,하,좌,우 및 제자리를 포함하는,
경로 탐색 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,
상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는,
상기 복수개의 로봇 각각의 경로탐색 순서를 결정하는 단계를 포함하고,
상기 순서는 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치로부터, 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치 및 목표위치를 포함하는 바운딩 박스 외부의 임의의 지점의 경로거리에 기초하여 결정되는,
경로 탐색 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,
상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는,
상기 특정로봇의 가상의 경로 중 제1 시간 및 제2 시간사이의 경로를 삭제하는 단계;
상기 제1 시간 및 제2 시간 사이의 제3 시간에서 상기 특정로봇이 위치할 수 있는 후보위치를 추출하는 단계 및
상기 특정로봇의 제1 시간 위치에서 상기 후보위치까지 경로와 상기 후보위치에서 제2 시간 위치까지의 경로의 최단거리를 탐색하는 단계를 포함하는,
경로 탐색 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,
상기 복수개의 로봇 각각에 대한 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계는,
상기 복수개의 로봇 각각의 경로 길이의 합 또는 경로 탐색시간이 최소인 경우를 최종경로로 선택하는,
경로 탐색 방법.

청구항 10

컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은 하나 이상의 프로세서로 하여금 로봇의 경로탐색을 수행하게 하기 위한 명령들을 포함하며, 상기 명령들은
복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계;
상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계;
상기 재탐색된 경로를 이용하여 상기 특정로봇에 대한 경로를 업데이트 하는 단계 및
상기 복수개의 로봇 각각에 대한 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계를 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는,

(1) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계;

(2) 상기 (1)을 상기 특정지점에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제1 경로를 도출하는 단계;

(3) 상기 로봇이 상기 특정지점에 도달하면, 상기 (1)을 목표위치에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제2 경로를 도출하는 단계 및

(4) 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 상기 제1 경로 및 상기 제2 경로의 합 중 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함하는,

컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 12

제 10항에 있어서,

상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는

(1) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계;

(2) 상기 (1)을 반복하여, 상기 목표위치에 도달할 때까지 적어도 하나 이상의 경로를 도출하는 단계 및

(3) 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 도출된 경로 중 길이가 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함하는,

컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 13

제 10항에 있어서,

상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는,

상기 특정로봇의 가상의 경로 중 제1 시간 및 제2 시간의 경로를 삭제하는 단계;

상기 제1 시간 및 제2 시간 사이의 제3 시간에서 상기 특정로봇이 위치할 수 있는 후보위치를 추출하는 단계 및

상기 특정로봇의 제1 시간 위치에서 상기 후보위치까지 경로와 상기 후보위치에서 제2 시간 위치까지의 경로의 최단거리를 탐색하는 단계를 포함하는,

컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 개시는 복수개의 로봇의 경로 탐색 방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로 로컬서치(Local Search) 또는 시뮬레이티드 어닐링(Simulated Annealing)을 이용한 경로 탐색 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근 로봇의 자동화 및 무인화를 위한 기술이 개발되면서 로봇의 자동 경로탐색 기술 또한 발전하고 있다. 설정된 일정 경로를 반복적으로 주행하는 기술부터 로봇의 위치 인식에 관한 개발이 이루어졌으며, 최근에는 로봇의 위치 인식에 관한 개발 뿐만 아니라 경로탐색 및 이동에 관한 개발도 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 기술개발에 따라 실제 지능형 물류센터에서 로봇이 활용되고 있으며, 일반 음식점에서 서빙 로봇이 등장하는 등 기술의 실제 적용에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003] 한편, 이러한 관심에 따라 로봇 경로 탐색에 대한 다양한 챌린지 또한 존재하며, 임의의 기하학적 구조물이 배치된 상황에서 최적화된 경로를 찾고자 하는 챌린지가 끊임없이 개척되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는 임의의 구조물이 배치된 환경에서 로봇의 출발지점에서 목표지점까지 최적의 로봇의 경로를 도출하기 위함이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시는 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계, 상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계, 상기 재탐색된 경로를 이용하여 상기 특정로봇에 대한 경로를 업데이트 하는 단계 및 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계를 포함하는 경로탐색 방법을 개시한다.

[0006] 또한, 상기 로봇의 경로 탐색 방법은 2차원 좌표 그리드상에서 이루어질 수 있다.

[0007] 또한, 상기 특정지점은, 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치 및 목표위치를 포함하는 바운딩 박스 외부의 중간 지점을 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는, (1) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계, (2) 상기 (1)을 상기 특정지점에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제1 경로를 도출하는 단계, (3) 상기 로봇이 상기 특정지점에 도달하면, 상기 (1)을 목표위치에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제2 경로를 도출하는 단계 및 (4) 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 상기 제1 경로 및 상기 제2 경로의 합 중 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계, 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계를 반복하여, 상기 목표위치에 도달할 때까지 적어도 하나 이상의 경로를 도출하는 단계 및 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 도출된 경로 중 길이가 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 이동가능한 방향은 2차원 그리드 상의 상,하,좌,우 및 제자리를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는, 상기 복수개의 로봇 각각의 경로탐색 순서를 결정하는 단계를 포함하고, 상기 순서는 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치로부터, 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치 및 목표위치를 포함하는 바운딩 박스 외부의 임의의 지점의 경로거리에 기초하여 결정될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는, 상기 특정로봇의 가상의 경로 중 제1 시간 및 제2 시간 사이의 경로를 삭제하는 단계, 상기 제1 시간 및 제2 시간 사이의 제3 시간에서 상기 특정로봇이 위치할 수 있는 후보위치를 추출하는 단계 및 상기 특정로봇의 제1 시간 위치에서 상기 후보위치까지 경로와 상기 후보위치에서 제2 시간 위치까지의 경로의 최단거리를 탐색하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 복수개의 로봇 각각에 대한 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계는, 상기 복수개의 로봇 각각의 경로 길이의 합 또는 경로 탐색시간이 최소인 경우를 최종경로로 선택할 수 있다.

[0014] 또한, 컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은 하나 이상의 프로세서로 하여금 로봇의 경로탐색을 수행하게 하기 위한 명령들을 포함하며, 상기 명령들은 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계, 상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계, 상기 재탐색된 경로를 이용하여 상기 특정로봇에 대한 경로를 업데이트 하는 단계 및 상기 복수개의 로봇 각각에 대한 업데이트

이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계를 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 컴퓨터 프로그램은 앞서 설명한 방법을 포함하는 프로그램으로 구현될 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 임의의 구조물이 배치된 환경에서 로봇의 출발지점에서 목표지점까지 최적화된 경로를 도출함으로써 모든 로봇이 충돌없이 이동가능하다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 로봇의 경로탐색 방법을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 구조를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 순서도를 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 경로 삽입 및 삭제 방법을 나타낸다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 로봇 순서 결정 방법을 나타낸다.

도 6는 본 발명의 일 실시 예에 따른 경로 최적화 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 '모듈' 및 '부'는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0020] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나 '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0021] 본 개시의 각 구성부들은 서로 다른 특징적인 기능들을 나타내기 위해 독립적으로 도시한 것으로, 각 구성부들이 분리된 하드웨어나 하나의 소프트웨어 구성단위로 이루어짐을 의미하지 않는다. 즉, 각 구성부는 설명의 편의상 각각의 구성부로 나열하여 포함한 것으로 각 구성부 중 적어도 두 개의 구성부가 합쳐져 하나의 구성부로 이루어지거나, 하나의 구성부가 복수개의 구성부로 나뉘어져 기능을 수행할 수 있고 이러한 각 구성부의 통합된 실시예 및 분리된 실시예도 본 발명의 본질에서 벗어나지 않는 한 본 발명의 권리범위에 포함된다.

[0022] 또한, 일부의 구성 요소는 본 발명에서 본질적인 기능을 수행하는 필수적인 구성 요소는 아니고 단지 성능을 향상시키기 위한 선택적 구성 요소일 수 있다. 본 발명은 단지 성능 향상을 위해 사용되는 구성 요소를 제외한 본 발명의 본질을 구현하는데 필수적인 구성부만을 포함하여 구현될 수 있고, 단지 성능 향상을 위해 사용되는 선택적 구성 요소를 제외한 필수 구성 요소만을 포함한 구조도 본 발명의 권리범위에 포함된다.

[0023] 본 개시는 로봇의 경로 탐색 방법에 대한 것이며, 구체적인 본 개시의 경로 탐색 조건으로 2차원 좌표 그리드상의 시작지점에서 목표지점까지 각각의 그리드에서 로봇 간 또는 로봇과 장애물간의 충돌 없이 이동할 수 있는 경로탐색 방법을 개시하고자 한다.

[0024] 본 발명의 실시 예에 따른 상기 경로탐색 방법을 이용하여 성능을 측정한 결과 복수의 로봇 중 마지막에 도착하

는 로봇의 시간을 단축하거나 또는 복수개의 로봇 각각의 경로 합을 최소화하는 로봇의 경로를 도출하였다.

- [0025] 이하 도 1에서 본 개시의 경로탐색 방법을 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 로봇의 경로탐색 방법을 나타낸다. 그리고 도 2는 본 개시의 실시 예에 따른 경로 탐색 방법에서 데이터 구조를 나타낸 도면이다.
- [0027] 도 1을 참고하면, 2차원 그리드 상에 존재하는 복수개의 로봇이 있으며 각
- [0028] 모델링된 N 로봇 세트에 포함된 로봇 각각은 시작위치 s_1 내지 s_N 에서 목표위치 d_1 내지 d_N 으로 이동하여야 한다.(도 1은 $N=3$ 일 경우를 예시로 도시하였다.)
- [0029] 예를 들어, 복수개의 로봇 중 제1 로봇은 현재위치 s_1 에서 목표위치 d_1 으로 이동하고, 제2 로봇은 현재위치 s_2 에서 목표위치 d_2 로 이동하고, 제3 로봇은 현재위치 s_3 에서 목표위치 d_3 으로 이동하여야 한다. 2차원 그리드 상에는 장애물(201)도 존재할 수 있다.
- [0030] 본 개시의 실시 예에 따르면, 임의의 시간 t 에서, N 로봇 세트에 포함된 로봇 각각의 위치를 $pi(t)$ 로 표시하는 경우 로봇의 위치 좌표는 $pi(t) = (xi(t), yi(t))$ 로 표현될 수 있으며, 시간 t 에서 로봇은 동일한 위치에 머물거나 4개의 인접한 사각형 중 하나로 이동하므로 $pi(t+1) - pi(t) \in \{(0, 0), (1, 0), (0, -1), (0, 1), (1, 0)\}$ 로 표현될 수 있다. 이는 도 2에서 즉, 복수개의 로봇 각각은 2차원 그리드 상에서 시간의 흐름에 따라 제자리에 위치하거나, 상,하,좌,우 방향으로 이동할 수 있다.
- [0031] 도 2를 참고하면, 데이터 그리드(20) 상에 $W_x W_y W$ 크기의 공간좌표가 존재하며, 데이터 그리드(20)는 위치(x,y) 및 시간(t)의 흐름에 따라 경로를 저장할 수 있다.
- [0032] 예를 들어, 도 2는 두개의 로봇이 특정시간 $t(i)$ (21)에서 $t(i+1)$ (22)로 이동한 뒤에 $t(i+1)$ 에 머무르는 경우를 나타낸다. 도 2를 참고하면, $t(i)$ 에서 제1 로봇은 y좌표 양의 방향으로 1만큼 이동하여 $t(i+1)$ 일 때 위치에 도달하게 되므로 '4'의 값으로 매핑되고, 다른 로봇은 x좌표 양의 방향으로 1만큼 이동하므로 $t(i+1)$ 일 때 위치에 도달하게 되므로 '1'으로 매핑될 수 있다.
- [0033] 그리고 해당 경로 데이터는 시간(t)의 흐름에 따라 저장될 수 있다. 이후 임의의 로봇의 경로를 '삽입' 또는 '삭제'하는 경우, 상기 임의의 로봇의 데이터구조 상에 업데이트 될 수 있다.
- [0034] 이하, 앞서 설명한 이동 방식을 통한 로봇의 경로 탐색 방법을 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0035] 도 3은 본 개시의 실시 예에 따른 로봇의 경로 탐색 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0036] 도 3을 참고하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 복수개의 로봇의 경로탐색 방법에 있어서, 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계를 포함할 수 있다(S201).
- [0037] 복수개의 로봇 각각은 서로 다른 위치에 존재하며, 로봇 각각의 위치는 현재위치(s_1, s_2, s_3)로 정의될 수 있다. 복수개의 로봇 각각은 2차원 그리드 상의 서로 다른 목표위치(d_1, d_2, d_3)를 향해 이동하게 되며, 2차원 그리드 상에서 시간의 흐름에 따라 이동할 수 있다.
- [0038] 상기 시간의 흐름에 따라 이동한 좌표는 도 2에 나타난 바와 같이 데이터 구조에 저장됨으로써 경로가 생성될 수 있다.
- [0039] 구체적으로 본 개시의 실시 예에 따른 로봇의 경로탐색 방법은 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동할 수 있다.
- [0040] 도 1을 참조하면, 복수개의 로봇 각각이 미리 정해진 바운더리(B, 10) 외부의 특정지점(102)을 통과하여 목표위치로 경로를 탐색할 수 있다.
- [0041] 이는 곧바로 시작위치(s_N)에서 목표위치(d_N)으로 이동할 경우, 복수개의 로봇 각각이 경로를 방해하는 경우가 발생하며, 복수개의 로봇 및 장애물간의 경로 방해가 발생할 수 있기 때문이다.
- [0042] 이때, 특정지점(102)은 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치 및 목표위치를 포함하는 바운딩 박스 외부의 중간지점을 포함할 수 있다.
- [0043] 더욱 구체적으로 복수개의 로봇 각각은 서로 다른 중간지점을 거쳐 목표위치로 이동할 수 있으며 중간지점은 로봇의 경로를 탐색하는 2차원 그리드 상에서 현재위치에서 중간지점까지의 거리 및 중간지점에서 목표지점까지의 거리의 합이 최소가 되는 지점일 수 있다.

- [0044] 본 개시의 실시 예에 따른 경로 탐색 방법은 상기 데이터 구조에 경로를 '삽입' 또는 '삭제'함으로써 이루어 질 수 있다.
- [0045] 이때, '삽입'은 'Insertion'에 해당하고, 2차원 그리드 상에 존재하는 복수개의 로봇 각각의 현재위치에서 목표 지점까지 로봇이 이동가능한 모든 지점을 표시하여 최단거리를 찾는 방법을 의미할 수 있다.
- [0046] 예를 들어, '삽입'은 (1) 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계 및 (2) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 동작을 상기 특정지점에 도달할 때 까지 반복 수행하여, 경로를 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0047] 또한 '삭제'는 'deletion'에 해당하고, '삽입'과정을 통하여 생성된 2차원 그리드 상에 존재하는 복수개의 로봇 각각의 경로를 데이터 구조에서 삭제하는 방법을 의미할 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 도 4를 참조하면, 로봇은 현재위치(31)에서 목표위치(33)까지 이동하고자 한다. 설명의 편의를 위하여, 로봇의 이동 경로를 상하좌우 '4', '3', '2', '1' 로 각각 나타내고 현재위치를 유지하는 경우를 '5'로 나타내었다. 이때, t1의 시간에서 로봇이 이동가능한 모든지점을 나타내는 t2와 같다. t2에 나타난 위치(14,12,13)는 t1의 시간에 존재하는 로봇이 이동가능한 후보지를 나타내는 것이다. 또한 t3에 나타난 위치는 t2의 시간에 존재하는 로봇이 이동 가능한 후보지를 나타낸 것이다.
- [0049] 상기 로봇은 삽입(Insertion)을 통하여 목표지점(33)에 도달한 뒤에, backward로 시작지점(31)까지 돌아가면서 해당 위치에 남는 방향정보를 저장할 수 있다. 예를 들어 상기 방향정보는 t1 내지 t3의 시간의 흐름에 따라 '4-1-5'일 수 있다.
- [0050] 즉, 삽입(Insertion)으로 최종적으로 데이터 그리드(Grid)에 저장되는 방향은 현재 위치에서 다음 위치로 도달하는 방향을 나타낼 수 있다. t1 시간에서는 북쪽으로 움직여서 t2 시간 위치에 도달하기 때문에 t1에는 4가 저장될 수 있다. t3 시간에서는 이미 목표지점에 도달했기 때문에 다음 위치는 제자리가 됩니다. 따라서 5가 저장될 수 있다.
- [0051] 위와 같이, 본 개시의 실시예에 따르면 로봇의 경로탐색 방법은 로봇이 이동가능한 모든 지점을 표시하고 난 이후, 표시된 모든 지점에서 다음지점으로 이동가능한 모든 지점을 표시할 수 있다. 상기 과정을 반복하여 로봇이 현재위치에서 목표위치로 도달한 경우, 해당 경로 중 최단 경로를 데이터 구조에 저장할 수 있다.
- [0052] 본 개시의 실시 예에 따른, 상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는, (1) 상기 로봇이 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계, (2) 상기 (1)을 상기 특정지점에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제1 경로를 도출하는 단계, (3) 상기 로봇이 상기 특정지점에 도달하면, 상기 (1)을 목표위치에 도달할 때 까지 반복하여, 적어도 하나 이상의 제2 경로를 도출하는 단계 및 (4) 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 상기 제1 경로 및 상기 제2 경로의 합 중 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0053] 즉, 복수개의 로봇 각각의 현재위치에서 중간지점까지 삽입(Insertion)을 수행하여 제1 경로를 도출하고, 중간지점에서 목표위치까지 삽입(Insertion)을 수행하여 제2 경로를 도출하여, 상기 제1 경로 및 제2 경로의 합이 최소가 되는 것을 가상의 경로로 결정할 수 있다.
- [0054] 한편, 상기 제1 경로 및 제1 경로를 도출하는 과정에서 복수개의 로봇 각각이 시간의 흐름에 따라 동시에 이동하여야 하는데, 이때, 특정 로봇이 다른 로봇에 의해 이동가능한 경로가 차단될 수 있으므로 적절한 순서로 로봇을 이동해야 하는 필요성이 존재하였다.
- [0055] 본 개시의 실시 예에 따르면, 상기 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는, 상기 복수개의 로봇 각각의 경로탐색 순서를 결정하는 단계를 포함하고, 상기 순서는 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치로부터, 상기 복수개의 로봇 각각의 현재위치 및 목표위치를 포함하는 바운딩 박스 외부의 임의의 지점의 경로거리에 기초하여 결정되는 경로 탐색 방법을 포함할 수 있다.
- [0056] 구체적으로, 본 발명은 로봇의 지오데식 거리(geodesic distance)를 이용하여 복수개의 로봇의 이동 순서를 결정하고, 상기 순서대로 '삽입'을 수행할 수 있다. 상기 과정을 통하여 현재위치(si)에서 중간지점(mi)까지의 실행 가능한 경로가 항상 있음을 보장할 수 있다.
- [0057] 그리고 도 5를 참고하면, 바운딩 박스 외부의 임의의 지점(o,51)에서 목표 지점(di)까지의 지오데식 거리에 기초하여 로봇의 이동순서를 결정하고 상기 순서대로 '삽입'을 수행할 수 있다. 이를 통해 복수개의 로봇 각각의

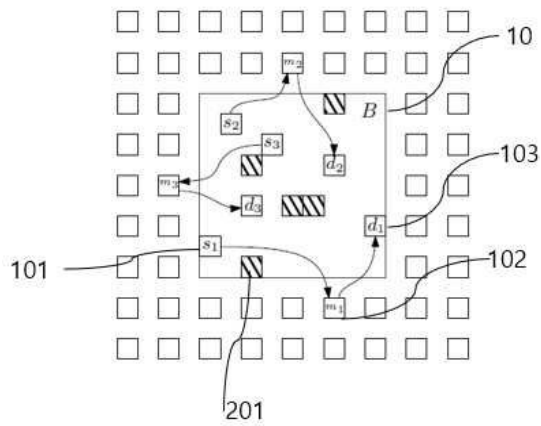
실행가능한 경로 솔루션을 찾을 수 있다.

- [0058] 이하 가상의 경로를 최적화하는 방법을 설명한다.
- [0059] 다시 도 3을 참고하면, 본 개시의 실시 예에 따른 경로탐색 방법은, 상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제(Deletion)하고, 상기 특정로봇이 현재위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계를 포함할 수 있다(S203).
- [0060] 앞서 설명한 바와 같이, 본 개시의 실시 예에 따른 경로 탐색 방법은 상기 데이터 구조에 경로를 '삽입' 또는 '삭제'함으로써 이루어 질 수 있다.
- [0061] 구체적으로 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하고 난 이후, 로봇의 최적 경로를 도출하기 위하여 아래의 과정이 수행될 수 있다.
- [0062] 본 개시의 실시 예에 따르면, 복수개의 로봇 각각이 특정지점을 통과하여 상기 목표위치로 이동하는 가상의 경로를 탐색하는 단계는, 상기 로봇이 특정시간에 적어도 하나 이상의 이동가능한 방향을 결정하고 상기 이동가능한 방향으로 이동하는 단계, 상기 이동가능한 방향을 결정하고 이동하는 단계를 반복하여, 상기 목표위치에 도달할 때까지 적어도 하나 이상의 경로를 도출하는 단계 및 상기 로봇이 상기 목표위치에 도달한 경우, 도출된 경로 중 길이가 최소가 되는 경로를 상기 로봇의 경로로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0063] 또한, 상기 복수개의 로봇 각각의 이동가능한 방향은 2차원 그리드 상의 상,하,좌,우 및 제자리를 포함할 수 있다.
- [0064] 이때, 로봇이 이동가능한 방향은 로봇과 로봇, 로봇과 장애물간의 경로방해가 없는 경우를 의미할 수 있다.
- [0065] 상기 과정은 복수개의 로봇 각각에 대하여 '삽입' 및 '삭제'가 반복되는 로컬 서치(Local Search)에 해당하며 경로 축약(tighten) 과정일 수 있다.
- [0066] 본 개시의 실시 예에 따른 경로축약(tighten)과정은 복수개의 로봇 각각의 시작 위치에서 목표위치까지 이미 경로가 구해진 이후 수행될 수 있으며, 복수개의 로봇 각각이 현재 위치에서 미리 정해진 목표위치까지 도달할 때까지 반복적으로 수행될 수 있다.
- [0067] 상기 과정은 복수개의 로봇 각각 반복적으로 수행될 수 있으며 이를 통해 최적화된 경로를 도출할 수 있다. 로봇이 더 이상 중간 지점을 통과할 필요가 없으므로 솔루션의 품질이 향상될 수 있다.
- [0068] 한편, 로컬서치를 사용하는 경우 더 이상 경로가 업데이트 되지 않는 로컬미니멈이 발생하는 경우가 존재하였으며, 이에 따라 시뮬레이티드 어닐링을 통하여 로컬 검색의 한계를 극복하고자 하였다.
- [0069] 본 개시의 실시 예에 따르면, 상기 복수개의 로봇 중 특정로봇에 대한 경로를 삭제하고, 상기 특정로봇이 현재 위치에서 상기 목표위치로 이동하는 경로를 재탐색하는 단계는, 상기 특정로봇의 가상의 경로 중 제1 시간 및 제2 시간 사이의 경로를 삭제하는 단계, 상기 제1 시간 및 제2 시간 사이의 제3 시간에서 상기 특정로봇이 위치할 수 있는 후보위치를 추출하는 단계 및 상기 특정로봇의 제1 시간 위치에서 상기 후보위치까지 경로와 상기 후보위치에서 제2 시간 위치까지의 경로의 최단거리를 탐색하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0070] 상기 단계는 경로 스트레치(stretch) 단계일 수 있다. 상기 경로 스트레치를 통하여 경로를 의도적으로 늘려줌으로써 경로 축약에서 로컬 미니멈에 갇히는 문제를 해결할 수 있다.
- [0071] 도 6은 본 개시의 실시 예에 따른 시뮬레이티드 어닐링에 기초한 경로 탐색 과정을 예시로 나타낸 것이다.
- [0072] 구체적으로 본 개시의 실시 예에 따르면, 상기 언급한 로컬 미니멈에서 빠져나오기 위해서 시뮬레이티드 어닐링 방법에서는 의도적으로 최적화되지 않은 경로(worse solution)를 생성하고, 이를 확률적으로 반영(accept)할 수 있다.
- [0073] 이때, 경로 스트레치(stretch)를 이용하여 최적화되지 않은 경로(worse solution)를 생성할 수 있다
- [0074] 도 6을 참고하면, 경로축약과 경로 스트레치 두 가지를 각각 (61)에서 적용했을 때 어떤 경로가 도출되는지 설명하기 위한 예시를 나타낸다. 즉 데이터 구조상에 저장된 가상의 생성된 경로(61)에서 경로축약(tighten)을 사용하면 지금보다 더 좋은 최적화된 경로(62)를 도출할 수 있으며, 경로 스트레치(stretch)를 사용하여 의도적으로 최적화되지 않은 경로(64)를 도출 할 수 있다.
- [0075] 구체적으로 경로 스트레치를 통하여 경로를 의도적으로 최적화되지 않은 경로(64)를 도출하는 과정을 설명한다.

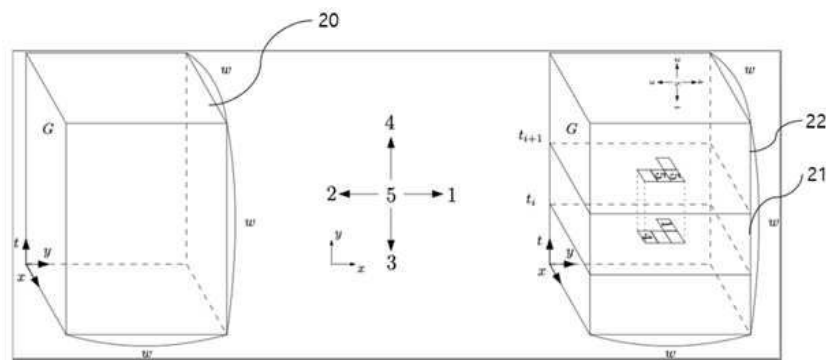
- [0076] 도 6의 63은 경로 스트레치 과정을 나타낸 것이다. 본 개시의 실시 예에 따른 경로탐색 방법은 제1 시간(t_1)과 제2 시간(t_2) 사이의 특정 로봇 i 의 경로를 삭제할 수 있다. $pi(tm)$ 은 t_1 과 t_2 사이에서 무작위로 선택된 특정 시간에서 존재할 수 있는 로봇 i 의 위치에 해당할 수 있다. 로봇 i 는 $pi(t_1)$ 에서 도달할 수 있고 $pi(t_2)$ 에서 도달할 수 있는 데이터구조(G)의 모든 후보위치(x, y, tm)을 계산할 수 있다.
- [0077] 즉, 상기 경로 탐색 방법은 $pi(tm)$ 은 $pi(t_1)$ 에서 도달할 수 있고 $pi(t_2)$ 에서 도달할 수 있는 데이터구조(G)의 모든 후보위치(x, y, tm) 중 어느 하나를 이용하여, $pi(t_1)$ 에서 도달할 수 있고 $pi(t_2)$ 에서 도달할 수 있는 데이터구조(G)의 모든 후보위치(x, y, tm)를 계산할 수 있다.
- [0078] 본 개시의 실시 예에 따라 상기 후보위치 중 하나를 무작위로 추출할 수 있다. 이후, 동일한 방식으로 '삽입'을 통하여 계산된 최단 경로를 통해 $pi(tm)$ 을 $pi(t_1)$ 및 $pi(t_2)$ 에 연결하는 방식을 통하여 최단경로를 도출할 수 있다.
- [0079] 상기 예시는 복수개의 로봇 중 특정 로봇 i 를 예시로 설명한 것이며, 상기 최단경로 도출 방법은 복수개의 로봇 각각에 적용될 수 있을 것이다.
- [0080] 또한 상기 과정은 시뮬레이티드 어닐링(Simulated Annealing)일 수 있다.
- [0081] 즉, 시뮬레이티드 어닐링은 상기 로컬 탐색에 따른 과적합 상태가 발생하는 것을 방지하기 위하여 의도적으로 최적의 경로가 아닌 로봇의 경로를 반영하는 모델을 의미할 수 있다.
- [0082] 구체적으로 최적의 경로가 아닌 로봇의 경로를 반영하는 비율(accept 비율)을 설정할 수 있다.
- [0083] 본 개시의 실시예에 따른 최적화 경로 탐색 방법 여러 번 반복하여 수행될 수 있다. 이때, 시뮬레이티드 어닐링이 여러 번 수행될 때 마다 최적의 경로가 아닌 로봇의 경로를 반영하는 비율은 이전 과정보다 작은 값을 가질 수 있다. 이를 통하여 오차 범위를 줄여나갈 수 있다.
- [0084] 상기 방법을 통하여 로봇이 더 이상 중간 지점을 통과할 필요가 없으므로 솔루션의 품질이 향상될 수 있을 것이다.
- [0085] 다시 도 3을 설명한다.
- [0086] 본 개시의 실시 예에 따른 경로탐색 방법은, 상기 재탐색된 경로를 이용하여 상기 특정로봇에 대한 경로를 업데이트 하는 단계(S205) 및 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계(S207)를 포함할 수 있다.
- [0087] 구체적으로 S203을 통하여 재탐색된 경로를 도 2의 데이터 구조에 업데이트 할 수 있다. 또한, 상기 복수개의 로봇 각각에 대한 업데이트된 경로를 이용하여 상기 복수개의 로봇의 경로를 결정하는 단계는, 상기 복수개의 로봇 각각의 경로 길이의 합 또는 경로 탐색시간이 최소인 경우를 최종경로로 선택할 수 있다.
- [0088] 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 여기에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 프로세서들, 수단들, 회로들 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, (편의를 위해, 여기에 소프트웨어로 지칭되는) 다양한 형태들의 프로그램 또는 설계 코드 또는 이들 모두의 결합에 의해 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- [0089] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다.

도면

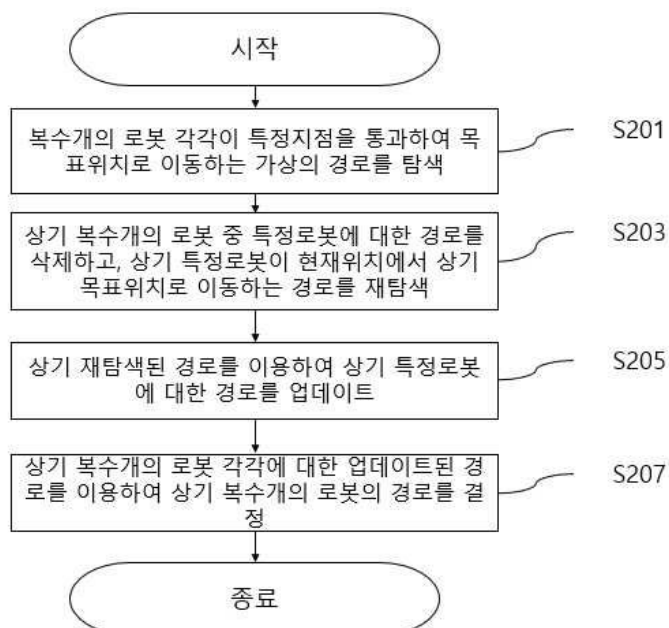
도면1



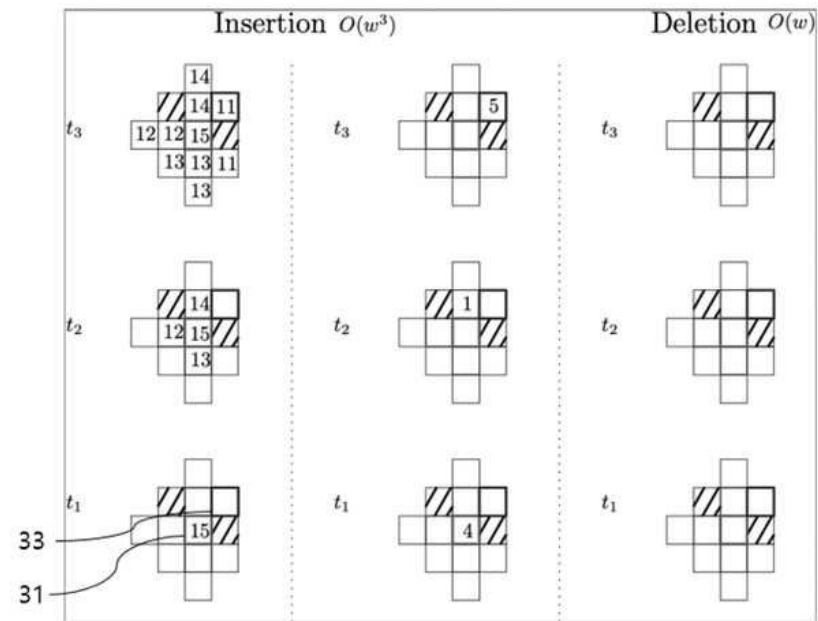
도면2



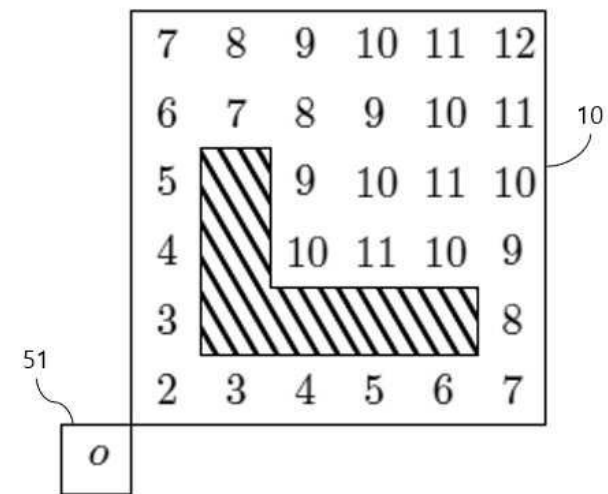
도면3



도면4



도면5



도면6

