



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0021161

(43) 공개일자 2016년02월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/16 (2006.01) B25J 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
B25J 9/1664 (2013.01)
B25J 5/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0012337(분할)

(22) 출원일자 2016년02월01일

심사청구일자 2016년02월01일

(62) 원출원 특허 10-2014-0064280

원출원일자 2014년05월28일

심사청구일자 2014년05월28일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

정우진

서울시 종로구 경희궁길 57, 106-701 (사직동, 광화문스페이스본)

권현기

서울특별시 도봉구 쌍문1동 414 ~437 성봉주택 301호

진지용

전라북도 전주시 덕진구 산정2길 31

(74) 대리인

특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 8 항

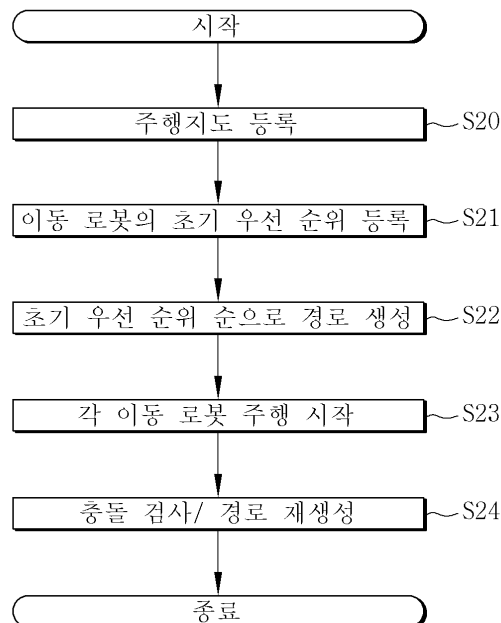
(54) 발명의 명칭 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법

(57) 요약

본 발명은 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에 관한 것으로, (a) 상기 복수의 이동 로봇이 주행하는 주행 지도가 등록되는 단계와; (b) 각각의 상기 이동 로봇에 대해 초기 우선 순위, 출발지 및 목적지가 등록되는 단계와; (c) 각각의 상기 이동 로봇의 출발지로부터 목적지까지의 경로가 상기 주행 지도에 기초

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



하여 생성되되, 상기 초기 우선 순위 순으로 순차적으로 생성되어 상기 이동 로봇의 경로 간의 충돌이 회피되어 생성되는 단계와; (d) 상기 (c) 단계에서 생성된 경로에 따라 각각의 상기 이동 로봇이 주행하는 단계와; (e) 상기 이동 로봇들의 주행 과정에서 상기 이동 로봇 간의 충돌을 예측하는 단계와; (f) 상기 (e) 단계에서 상기 이동 로봇 간의 충돌이 예측되는 경우, 충돌이 예측되는 한 쌍의 이동 로봇 간의 주행 우선 순위에 기초하여 상기 주행 우선 순위가 낮은 이동 로봇의 경로가 재생성되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 분산화된 방법을 적용하여 복수의 이동 로봇의 경로를 생성하는데 있어, 서로 충돌이 일어나거나 겹치지 않는 경로를 생성할 수 있다.

(52) CPC특허분류

B25J 9/1666 (2013.01)

B25J 9/1676 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에 있어서,

- (a) 상기 복수의 이동 로봇이 주행하는 주행 지도가 등록되는 단계와;
- (b) 각각의 상기 이동 로봇에 대해 초기 우선 순위, 출발지 및 목적지가 등록되는 단계와;
- (c) 각각의 상기 이동 로봇의 출발지로부터 목적지까지의 경로가 상기 주행 지도에 기초하여 생성되되, 상기 초기 우선 순위 순으로 순차적으로 생성되어 상기 이동 로봇의 경로 간의 충돌이 회피되어 생성되는 단계와;
- (d) 상기 (c) 단계에서 생성된 경로에 따라 각각의 상기 이동 로봇이 주행하는 단계와;
- (e) 상기 이동 로봇들의 주행 과정에서 상기 이동 로봇 간의 충돌을 예측하는 단계와;
- (f) 상기 (e) 단계에서 상기 이동 로봇 간의 충돌이 예측되는 경우, 충돌이 예측되는 한 쌍의 이동 로봇 간의 주행 우선 순위에 기초하여 상기 주행 우선 순위가 낮은 이동 로봇의 경로가 재생성되는 단계를 포함하며,

상기 주행 우선 순위는

현재 상기 이동 로봇의 위치로부터 충돌이 예측되는 노드 또는 에지까지의 경로 비용이 반영된 비용 기반 우선 순위와,

상기 이동 로봇의 임무 중요도가 반영되는 임무 기반 우선 순위와,

현재 상기 이동 로봇의 위치로부터 충돌이 예측되는 노드를 제외하고 재생성될 경로의 경로 비용이 반영된 재생성 경로 기반 우선 순위와,

상기 초기 우선 순위, 상기 비용 기반 우선 순위, 임무 기반 우선 순위 및 상기 재생성 경로 기반 우선 순위 중 적어도 둘 이상의 조합에 기반한 조합 우선 순위 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 상기 주행 지도는 복수의 노드와 상기 노드 간을 연결하는 에지로 구성되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 생성되는 경로는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, D* 알고리즘 중 어느 하나에 기초하여 생성되고;

상기 (c) 단계에서 생성되는 경로는 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 대한 정보를 포함하며;

상기 (c) 단계에서는 상기 초기 우선 순위에 따라 먼저 생성된 경로 상의 노드 및 에지의 상기 점유 시간에 따른 점유 여부가 저장되어, 이후의 경로 생성시 해당 점유 시간에서 점유된 노드 및 에지는 경로 생성에서 배제되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 상기 복수의 이동 로봇 중 충돌의 회피가 가능한 경로가 존재하지 않는 이동 로봇이 존재하는 경우, 해당 이동 로봇은 주행 대기 상태로 유지되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를

위한 경로 생성 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 (e) 단계에서는 상기 복수의 이동 로봇 중 어느 하나의 이동 로봇과 나머지 이동 로봇 간의 충돌이 순차적으로 예측되며;

상기 (f) 단계는

(f1) 상기 (e) 단계의 수행 과정 중 상기 어느 하나의 이동 로봇과 충돌이 예측되는 경우, 해당 두 이동 로봇 간의 상기 주행 우선 순위가 비교되는 단계와,

(f2) 상기 (f1) 단계에서 상기 어느 하나의 이동 로봇의 상기 주행 우선 순위가 낮은 경우, 상기 어느 하나의 이동 로봇의 경로가 재생성되는 단계를 포함하며;

모든 이동 로봇에 대해 상기 (e) 단계, (f1) 단계 및 상기 (f2) 단계가 순차적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 (f1) 단계에서 상기 어느 하나의 이동 로봇의 상기 주행 우선 순위가 높은 경우, 다음 순서의 이동 로봇에 대해 상기 (e) 단계, (f1) 단계 및 상기 (f2) 단계가 수행되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 생성되는 경로와 상기 (f) 단계에서 재생성되는 경로는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, D* 알고리즘 중 어느 하나에 기초하여 생성되고;

상기 (c) 단계 및 상기 (f) 단계에서 생성 및 재생성되는 경로는 해당 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 대한 정보를 포함하며;

상기 (f) 단계에서는

상기 복수의 이동 로봇에 대해 기 생성된 경로 상의 노드 및 에지의 상기 점유 시간에 따른 점유 여부가 저장되어, 경로 재생성시 해당 점유 시간에서 점유된 노드 및 에지는 경로 생성에서 배제되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (f) 단계에서 재생성되는 경로가 기 등록된 대기 조건을 만족하는 경우, 해당 이동 로봇의 주행이 대기 상태로 전환되는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 동일한 주행 공간을 주행하는 복수의 이동 로봇들의 경로를 생성하는데 있어 이동 로봇들 간의 충돌을 회피하면서 경로 생성이 가능한 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

건물 내부나 전시회 등과 같은 동일한 주행 공간 내에서 복수의 이동 로봇이 주행할 때, 각각의 이동 로봇들이

다른 이동 로봇의 움직임을 고려하지 않고 각자 최단 거리를 계산하여 주행하게 되면, 이동 로봇 간에 충돌이 발생할 가능성이 있다.

- [0003] 이와 같은 경우, 이동 로봇이 계산된 경로 경로를 따라 주행하는 도중 다른 이동 로봇과의 충돌을 회피하기 위해 정지하게 되면, 작업 효율이 저하되거나 여러 대의 이동 로봇이 자칫 교착 상황(Dead lock)에 빠져 작업 목적을 달성하지 못할 경우가 발생하게 된다.
- [0004] 이와 같은 다개체 로봇 시스템에서 충돌이 회피할 수 있는 개별적인 이동 로봇의 경로를 생성하는 방법은 크게 두가지로 분류되고 있다. 첫 번째는 중앙화된 방법(Centralized method)이고, 다른 하나는 분산화된 방법(Decoupled method)이다.
- [0005] 중앙화된 방법은 한번의 사이클에서 모든 이동 로봇의 경로를 동시에 생성하며, 각각의 이동 로봇의 경로를 생성할 때 다른 모든 이동 로봇의 모든 경우의 수를 고려하여 경로를 생성하게 된다. 그러나, 중앙화된 방법은 최적의 경로를 생성할 수 있는 장점을 제공하고 있으나, 이동 로봇의 숫자가 많아질수록 계산량이 지수적으로 증가하여 많은 수의 이동 로봇이 적용되는 경우 적합하지 않은 단점이 있다.
- [0006] 또한, 중앙화된 방법은 사전에 모든 이동 로봇의 경로를 고려하여 최적 경로를 생성했다 하더라도, 실제 주행도 중 장애물이나 작업의 지연에 의해 이동 로봇의 경로주행시간이 사전 예상과 달라지면 수시로 모든 이동 로봇의 경로를 재생성해야 하며, 이럴 경우 앞서 말한 계산의 복잡성이 주행 중에도 발생하게 되어, 전체 시스템의 성능을 저하시키는 원인으로 작용하게 된다.
- [0007] 한편, 분산화된 방법은 각각의 이동 로봇의 경로를 개별적으로 생성한 후 이동 로봇 간의 충돌이 일어나는 상황을 감지한 후 충돌이 일어나는 경로를 변형시키거나 속도를 제어하여 충돌을 회피하는 방식이다. 분산화된 방법은 개별 계산량이 낮은 장점이 있으나 경로의 최적성은 보장하기 어려운 문제점이 있다.
- [0008] 일 예로, 한국등록특허 제10-0670565호에 개시된 기술은 분산화된 방법의 하나로, 충돌이 일어나는 영역을 계산하여 우선 순위에 따라 속도 프로파일을 조절하여 충돌을 회피하는 기법을 제안하고 있다. 그러나, 상기 한국 등록특허에 개시된 방법은 고정된 경로에서 이동 로봇의 속도만을 조절하여 충돌을 회피하기 때문에 이동 로봇들이 교착 상태에 빠질 가능성이 있다. 예를 들어, 두 대의 이동 로봇이 서로 마주보고 자리를 바꾸는 경우, 상기 방법으로는 충돌을 회피할 방법을 제시하지 못하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 분산화된 방법을 적용하여 복수의 이동 로봇의 경로를 생성하는데 있어, 서로 충돌이 일어나거나 겹치지 않는 경로를 생성할 수 있는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0010] 또한, 주행 중 이동 로봇이 만나는 동적인 장애물과 작업 시간의 연장 등으로 인해 작업 계획의 변화에 대응하기 위해 충돌 검사 및 경로 재생성을 통해 주행 중 발생하는 주행 환경의 변화에서도 작업 효율을 유지하고 충돌 상태나 교착 상태를 방지할 수 있는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법을 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적은 본 발명에 따라, 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에 있어서, (a) 상기 복수의 이동 로봇이 주행하는 주행 지도가 등록되는 단계와; (b) 각각의 상기 이동 로봇에 대해 초기 우선 순위, 출발지 및 목적지가 등록되는 단계와; (c) 각각의 상기 이동 로봇의 출발지로부터 목적지까지의 경로가 상기 주행 지도에 기초하여 생성되되, 상기 초기 우선 순위 순으로 순차적으로 생성되어 상기 이동 로봇의 경로 간의 충돌이 회피되어 생성되는 단계와; (d) 상기 (c) 단계에서 생성된 경로에 따라 각각의 상기 이동 로봇이 주행하는 단계와; (e) 상기 이동 로봇들의 주행 과정에서 상기 이동 로봇 간의 충돌을 예측하는 단계와; (f) 상기 (e) 단계에서 상기 이동 로봇 간의 충돌이 예측되는 경우, 충돌이 예측되는 한 쌍의 이동 로봇 간의 주행 우선 순위에 기초하여 상기 주행 우선 순위가 낮은 이동 로봇의 경로가 재생성되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에 의해서 달성된다.
- [0012] 여기서, 상기 (a) 단계에서 상기 주행 지도는 복수의 노드와 상기 노드 간을 연결하는 에지로 구성될 수 있다.

- [0013] 또한, 상기 (c) 단계에서 생성되는 경로는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, D* 알고리즘 중 어느 하나에 기초하여 생성되고; 상기 (c) 단계에서 생성되는 경로는 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 대한 정보를 포함하며; 상기 (c) 단계에서는 상기 초기 우선 순위에 따라 먼저 생성된 경로 상의 노드 및 에지의 상기 점유 시간에 따른 점유 여부가 저장되어, 이후의 경로 생성시 해당 점유 시간에서 점유된 노드 및 에지는 경로 생성에서 배제될 수 있다.
- [0014] 그리고, 상기 (c) 단계에서 상기 복수의 이동 로봇 중 충돌의 회피가 가능한 경로가 존재하지 않는 이동 로봇이 존재하는 경우, 해당 이동 로봇은 주행 대기 상태로 유지될 수 있다.
- [0015] 그리고, 상기 (e) 단계에서는 상기 복수의 이동 로봇 중 어느 하나의 이동 로봇과 나머지 이동 로봇 간의 충돌이 순차적으로 예측되며; 상기 (f) 단계는 (f1) 상기 (e) 단계의 수행 과정 중 상기 어느 하나의 이동 로봇과 충돌이 예측되는 경우, 해당 두 이동 로봇 간의 상기 주행 우선 순위가 비교되는 단계와, (f2) 상기 (f1) 단계에서 상기 어느 하나의 이동 로봇의 상기 주행 우선 순위가 낮은 경우, 상기 어느 하나의 이동 로봇의 경로가 재생성되는 단계를 포함하며; 모든 이동 로봇에 대해 상기 (e) 단계, (f1) 단계 및 상기 (f2) 단계가 순차적으로 수행될 수 있다.
- [0016] 그리고, 상기 (f1) 단계에서 상기 어느 하나의 이동 로봇의 상기 주행 우선 순위가 높은 경우, 다음 순서의 이동 로봇에 대해 상기 (e) 단계, (f1) 단계 및 상기 (f2) 단계가 수행될 수 있다.
- [0017] *또한, 상기 (c) 단계에서 생성되는 경로와 상기 (f) 단계에서 재생성되는 경로는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, D* 알고리즘 중 어느 하나에 기초하여 생성되고; 상기 (c) 단계 및 상기 (f) 단계에서 생성 및 재생성되는 경로는 해당 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 대한 정보를 포함하며; 상기 (f) 단계에서는 상기 복수의 이동 로봇에 대해 기 생성된 경로 상의 노드 및 에지의 상기 점유 시간에 따른 점유 여부가 저장되어, 경로 재생성시 해당 점유 시간에서 점유된 노드 및 에지는 경로 생성에서 배제될 수 있다.
- [0018] 그리고, 상기 (f) 단계에서 재생성되는 경로가 기 등록된 대기 조건을 만족하는 경우, 해당 이동 로봇의 주행이 대기 상태로 전환될 수 있다.
- [0019] 여기서, 상기 초기 우선 순위는 상기 복수의 이동 로봇 각각에 대해 초기에 등록된 초기 우선 순위를 포함하고; 상기 주행 우선 순위는 상기 초기 우선 순위와, 현재 상기 이동 로봇의 위치로부터 충돌이 예측되는 노드 또는 에지까지의 경로 비용이 반영된 비용 기반 우선 순위와, 상기 이동 로봇의 임무 중요도가 반영되는 임무 기반 우선 순위와, 현재 상기 이동 로봇의 위치로부터 충돌이 예측되는 노드를 제외하고 재생성될 경로의 경로 비용이 반영된 재생성 경로 기반 우선 순위와, 상기 초기 우선 순위, 상기 비용 기반 우선 순위, 임무 기반 우선 순위 및 상기 재생성 경로 기반 우선 순위 중 적어도 둘 이상의 조합에 기반한 조합 우선 순위 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면 분산화된 방법을 적용하여 복수의 이동 로봇의 경로를 생성하는데 있어, 서로 충돌이 일어나거나 겹치지 않는 경로를 생성할 수 있는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법이 제공된다.
- [0021] 또한, 주행 중 이동 로봇이 만나는 동적인 장애물과 작업 시간의 연장 등으로 인해 작업 계획의 변화에 대응하기 위해 충돌 검사 및 경로 재생성을 통해 주행 중 발생하는 주행 환경의 변화에서도 작업 효율을 유지하고 충돌 상태나 교착 상태를 방지할 수 있는 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명에 따른 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 시스템의 구성을 나타낸 도면이고, 도 2 및 도 3은 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 이동 로봇 간에 충돌이 예측되거나 교착 상태에 빠지는 예를 나타낸 도면이고, 도 5는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 설명하기 위한 도면이고, 도 6 내지 도 8은 본 발명에 따른 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에서 우선 순위에 따른 경로 생성 과정을 설명하기 위한 도면이고,

도 9는 본 발명에 따른 복수의 이동 로봇 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 방법에서 주행 우선 순위의 예를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들에 대해 상세히 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 복수의 이동 로봇(200) 간의 충돌 회피를 위한 경로 생성 시스템의 구성을 나타낸 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 경로 생성 시스템은 복수의 이동 로봇(200)과, 복수의 이동 로봇(200)을 관제하는 관제 센터(100)를 포함한다.
- [0025] 복수의 이동 로봇(200)은 각각 동일한 주행 공간 내에서 주행한다. 본 발명에서는 이동 로봇(200)이 2륜 이동 로봇(200) 형태로 마련되는 것을 예로 한다. 관제 센터(100)는 이동 로봇(200)과 무선 통신을 통해 상호 데이터를 교환하며, 필요에 따라 이동 로봇(200)에 특정 명령을 전송할 수 있다.
- [0026] 여기서, 관제 센터(100)는 이후에서 설명할 본 발명에 따른 경로 생성 방법을 이용하여, 각각의 이동 로봇(200)의 경로를 생성하여 이동 로봇(200)의 이동을 제어함으로써, 이동 로봇(200)들이 주행 공간 내에서 주행하는 데 있어 상호 충돌이나 교착상태에 빠지는 것을 방지하게 된다.
- [0027] 이하에서는, 본 발명에 따른 경로 생성 방법을, 도 2 및 도 3을 참조하여 상세히 설명한다. 여기서, 본 발명에 따른 경로 생성 방법에 적용되는 주행 지도는 도 5 지 도 9에 도시된 바와 같이, 복수의 노드(Node)와, 인접한 노드를 연결하는 에지(Edge)로 구성된 주행 지도를 이용하는 것을 예로 한다.
- [0028] 도 4는 이동 로봇(200) 간에 충돌이 예측되거나 교착 상태에 빠지는 예를 나타낸 도면이다. 도 4의 (a)는 이동 로봇(200)의 다음 목적지 노드가 다른 이동 로봇(200)에 의해 점유되는 상태를 나타낸 도면이다. 도 4의 (b)는 두 대 이상의 이동 로봇(200)이 하나의 에지를 공유하면서 서로 마주하게 주행하는 상태를 나타낸 도면이다. 그리고, 도 4의 (c)는 한 대 이상의 이동 로봇(200)이 모서리에 갇힌 상태를 나타낸 도면이다.
- [0029] 도 4에 도시된 바와 같은 교착 상태에서 둘 이상의 이동 로봇(200)이 원래의 경로를 따라 이동하게 되면, 해당 이동 로봇(200) 간에 충돌이 발생하게 되는 바, 도 4에 도시된 예에서와 같은 상태가 발생하게 되면, 이를 충돌로 예측 가능하게 되어, 후술할 과정을 통해 충돌 회피를 위한 경로 재생성 과정을 거치게 된다.
- [0030] 다시, 도 2를 참조하여 본 발명에 따른 경로 생성 방법에 대해 상세히 설명한다. 먼저, 본 발명에 따른 경로 생성 시스템에 주행 지도가 등록된다(S20). 여기서, 주행 지도는 상술한 바와 같이, 복수의 노드와 에지로 구성되는데, 주행 지도는 관제 센터(100)와 각각의 이동 로봇(200)에 등록될 수 있다.
- [0031] 그런 다음, 각각의 이동 로봇(200)에 대해 초기 우선 순위가 등록된다(S21). 본 발명에서는 초기 우선 순위는 각각의 이동 로봇(200)에 대해 일률적으로 초기에 우선 순위가 결정되어 등록되는 것을 예로 한다. 여기서, 초기 우선 순위의 등록 외에도 이동 로봇(200)의 경로 생성과 주행을 위한 다른 변수, 각각의 이동 로봇(200)의 출발지와 목적지, 이동 속도, 가감속 속도 등의 변수도 함께 등록될 수 있다.
- [0032] 상기와 같이, 초기 우선 순위, 목적지 및 출발지 등의 값이 등록되면, 각각의 이동 로봇(200)의 출발지로부터 목적지까지의 경로가 주행 지도에 기초하여 생성되는데, 본 발명에서는 이동 로봇(200)의 초기 우선 순위 순으로 순차적으로 각각의 이동 로봇(200)의 경로가 생성되는 것을 예로 한다(S22).
- [0033] 여기서, 본 발명에 따른 경로 생성 방법에서 이동 로봇(200)의 경로는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, 그리고 D* 알고리즘 중 어느 하나에 기초하여 생성되는 것을 예로 한다.
- [0034] 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, 그리고 D* 알고리즘은 최단 거리의 경로를 생성하는데 적용되는데, 도 5를 참조하여 간략히 설명하면, 출발지인 a 노드에서 목적지인 b 노드로 가는 최단 거리의 경로를 생성하는데 있어, 노드와 노드를 연결하는 에지를 따라 모든 가능한 경로를 생성하고, 해당 경로의 거리를 누적하여 최단 거리의 경로를 탐색하게 된다.
- [0035] 여기서, 본 발명에서는 초기 우선 순위에 따라 경로를 생성하는 과정에서, 먼저 생성된 경로는 경로 상의 노드 및 에지의 점유와, 점유 시간에 대한 정보를 포함하게 된다.
- [0036] 그리고, 초기 우선 순위에 따라 먼저 생성된 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 따른 점유 여부가 저장된 상태에서, 이후의 초기 우선 순위에 따라 경로를 생성할 때, 해당 점유 시간에서 점유된 노드 및 에지는 현재 이동 로봇(200)의 경로 생성에서 배제된다.

- [0037] 도 6 내지 도 8을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 도 6에 도시된 예에서, 이동 로봇(200) R1이 노드 G2 위치에 위치하고, 이동 로봇(200) R2가 노드 G1에 위치한 상태에서, 이동 로봇(200) R1의 목적지를 노드 G1으로, 이동 로봇(200) R2의 목적지를 노드 G2로 하는 경로를 생성한다고 가정하고, 이동 로봇(200) R1의 초기 우선 순위가 이동 로봇(200) R2의 초기 우선 순위보다 높다고 가정하여 경로를 생성하는 것을 예로 한다.
- [0038] 초기 우선 순위가 높은 이동 로봇(200) R1의 경로가 먼저 생성되는데, 최단 거리의 경로를 찾는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘에 따라 도 7의 (a)에 도시된 바와 같이, 이동 로봇(200) R1에 대한 최단 거리 경로 P1이 생성된다. 이 때, 상술한 바와 같이, 이동 로봇(200) R1의 경로가 생성되면 해당 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 대한 정보가 함께 저장되는데, 도 7의 (b)는 경로 P1의 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간을 도식화하여 나타낸 것이다.
- [0039] 그런 다음, 다음 우선 순위인 이동 로봇(200) R2의 경로가 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 통해 생성되는데, 도 7의 (c)에 도시된 바와 같이, 점유 시간 3.5s ~ 4.5s 구간의 에지인 A 영역에서 경로가 중복되어 충돌이 예측되는 바, 해당 점유 시간에서의 에지를 경로 생성에서 배제하게 된다.
- [0040] 따라서, 이동 로봇(200) R2의 경로 생성에서 A 영역 상의 에지가 배제된 상태에서 다른 최단 거리의 경로를 생성하게 되는 바, 도 8에 도시된 바와 같은 경로 P2가 생성 가능하게 된다.
- [0041] *여기서, 복수의 이동 로봇(200)에 대해 초기 우선 순위 순으로 경로를 생성하는 과정에서 이전 이동 로봇(200)의 경로 생성으로 인해 점유되는 노드와 에지에 의해 후순위의 이동 로봇(200) 중 충돌의 회피가 가능한 경로가 존재하지 않는 이동 로봇(200)이 존재하는 경우, 해당 이동 로봇(200)의 주행은 현재 주기에서 대기 상태로 유지될 수 있으며, 다음 주기에서의 경로 생성 또는 후술할 충돌 검사 및 경로 재생성 과정에서 다시 경로 생성 과정을 수행하게 된다. 여기서, 경로 생성과 관련된 주기에 대한 설명은 후술한다.
- [0042] 상기 과정을 통해, 각각의 이동 로봇(200)의 경로 생성이 완료되면(대기 상태의 이동 로봇(200)이 존재할 수 있음), 각각의 이동 로봇(200)이 생성된 경로를 따라 주행을 시작하게 된다(S23).
- [0043] 그리고, 이동 로봇(200)들의 주행 과정에서 이동 로봇(200) 간의 충돌을 예측하고, 충돌이 예측되는 경우 경로를 재생성하는 충돌 검사 및 경로 재생성 과정을 수행하면서(S24), 이동 로봇(200)의 주행이 진행된다.
- [0044] 이와 같은 충돌 검사 및 경로 재생성 과정은 상술한 방법을 통해 충돌이 회피된 경로가 각각의 이동 로봇(200)에 대해 생성되더라도, 이동 로봇(200)의 주행 과정에서 발생하는 주행 환경 변화, 예를 들어 주행 중 동적 장애물을 피하기 위해 경로를 변경하거나 속도를 줄이는 등의 동작을 수행하거나, 작업 시간의 연장 등으로 인해 원래의 작업 계획에 변화가 발생하는 경우, 초기의 경로 생성 과정에서 점유하는 노드와 에지의 점유 시간에 변화가 발생하게 되어, 다른 이동 로봇(200)과의 충돌이 발생할 수 있기 때문에 이를 반영하기 위한 것이다.
- [0045] 본 발명에 따른 충돌 검사 및 경로 재생성 방법을 개념적으로 설명하면, 먼저, 복수의 이동 로봇(200) 중 어느 하나의 이동 로봇(200)(이하, '대상 이동 로봇(200)'이라 함)과 나머지 이동 로봇(200)(이하, '비교 이동 로봇(200)'이라 함) 간의 충돌이 순차적으로 예측된다.
- [0046] 그런 다음, 예측 과정에서 대상 이동 로봇(200)과 충돌이 예측되는 비교 이동 로봇(200)이 발생하면, 두 이동 로봇(200) 간의 기 설정된 주행 우선 순위의 기초하여 두 이동 로봇(200) 중 어느 하나의 경로가 재생성된다. 이 때, 대상 이동 로봇(200)의 주행 우선 순위가 낮은 경우 대상 이동 로봇(200)의 경로를 재생성되는 것을 예로 하는데, 이는 현재 대상 이동 로봇(200)과 충돌이 예측되는 비교 이동 로봇(200)의 경로 재생성은 해당 비교 이동 로봇(200)이 대상 이동 로봇(200)의 지위에 있을 때 고려할 수 있기 때문이다.
- [0047] 상기과 같은 과정을 모든 이동 로봇(200)에 대해 수행하게 되면, 다시 충돌을 회피할 수 있는 경로가 충돌이 예측되는 이동 로봇(200)에 대해 생성 가능하게 된다.
- [0048] 도 3은 상술한 바와 같은 충돌 감지 및 경로 재생성 과정을 수행하기 위한 알고리즘을 나타낸 도면이다. 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 충돌 검사 및 경로 재생성 과정을 보다 구체적으로 설명한다. 여기서, 충돌 검사 및 경로 재생성 과정의 수행 주기는 어느 하나의 이동 로봇(200)이 다음 노드에 도착했을 때마다 수행되는 것을 예로 하는데, 이에 국한되지 않음은 물론이다. 또한, 상술한 바와 같이, 초기 경로 생성시 경로가 생성되지 않은 이동 로봇(200)의 경우 경로 재생성 과정에서 최단 경로를 생성하는 과정을 거치게 된다.
- [0049] S30 단계 및 S31 단계는 변수의 초기화 과정을 나타낸다. n은 대상 이동 로봇(200)의 인덱스를 의미하고, m은 비교 이동 로봇(200)의 인덱스를 의미하고 있다. n과 m이 각각 1로 설정된 상태에서 첫 번째의 대상 이동 로봇(200)과 첫 번째의 비교 이동 로봇(200) 간의 충돌이 예측된다(S32). 여기서, 충돌 예측은, 도 4에 도시된 예

와 같은 상황이 대상 이동 로봇(200)과 비교 이동 로봇(200) 간에 발생하는지 여부를 검사하게 되는데, 상술한 바와 같이 두 이동 로봇(200)의 경로 상의 노드 및 에지와, 해당 노드 및 에지의 점유 시간의 비교를 통해 충돌의 예측이 가능하게 된다.

[0050] S32 단계에서 현재의 대상 이동 로봇(200)과 비교 이동 로봇(200) 간의 충돌이 예측되면, 대상 이동 로봇(200)과 비교 이동 로봇(200) 간의 주행 우선 순위가 비교된다(S33). 여기서, 주행 우선 순위는 상술한 초기 우선 순위와 동일하게 설정될 수 있다.

[0051] 또한, 주행 우선 순위는 초기 우선 순위와 다른 형태로 마련될 수 있다. 일 예로, 각각의 이동 로봇(200)에게 주어진 임무의 중요도가 반영되는 임무 기반 우선 순위가 적용 가능하다. 일 예로, 본 발명에 따른 이동 로봇(200)이 물류 창고에서 물류를 운반하는데 적용되는 경우, 물건을 이송 중인 이동 로봇(200)이 물건의 이송이 완료되어 복귀하는, 즉 물건을 나르지 않고 있는 이동 로봇(200)보다 우선 순위가 높게 설정될 수 있다.

[0052] 다른 예로, 현재 이동 로봇(200)의 위치로부터 충돌이 예측되는 노드를 제외하고 재생성될 경로의 경로 비용이 반영된 재생성 경로 기반 우선 순위가 적용 가능하다. 도 9를 참조하여 설명하면, 도 9의 (a)에 도시된 바와 같이, 이동 로봇(200) R1의 원래 경로가 P1(실선)이고, 이동 로봇(200) R2의 원래 경로가 P2(점선)라고 가정할 상태에서 두 이동 로봇(200)은 충돌이 예측되는 상황이다. 이 때, 이동 로봇(200) R1의 경로를 재생성하여 P1'(일점 쇄선)가 생성되고, 이동 로봇(200) R2의 경로를 재생성하여 P2'(이점 쇄선)를 생성한 후, 새로이 생성된 경로 P1'와 P2'의 경로 비용을 재생성 경로 기반 우선 순위로 하여 비교한 후, 경로 비용이 적은 경로인 P2'가 재생성 경로 결정되어 이동 로봇(200) R2의 경로가 재생성될 수 있다.

[0053] 또한, 현재 이동 로봇(200)의 위치로부터 충돌이 예측되는 노드 또는 에지까지의 경로 비용이 반영된 비용 기반 우선 순위가 적용될 수 있다. 일 예로, 충돌이 현 위치에서 인접한 노드나 에지에서 발생하는 경우, 어느 하나를 단순히 우회시키는 경로를 생성하여 쉽게 충돌 회피가 가능한 경우에 해당 노드나 에지까지의 거리가 먼 이동 로봇(200)의 경로를 재생성하도록 마련될 수 있다.

[0054] 여기서, 주행 우선 순위는 초기 우선 순위, 비용 기반 우선 순위, 임무 기반 우선 순위 및 경로 기반 우선 순위 중 적어도 둘 이상의 조합을 기반으로 하는 조합 우선 순위 형태로 마련될 수 있다. 예를 들어, 상술한 4개의 우선 순위에 일정 가중치를 부여한 후 수치적으로 합산함으로써, 현재 이동 로봇(200)의 우선 순위를 새로이 반영할 수 있다.

[0055] 이와 같이, 이동 로봇(200)의 주행 우선 순위를 현재 이동 로봇(200)의 작업 상태나 주행 거리 등을 반영하여 이를 경로 재생성에 반영함으로써, 경로 계획을 보다 효율적으로 생성하는 것이 가능하게 된다.

[0056] 다시, 도 3을 참조하여 설명하면, S33 단계에서 주행 우선 순위의 비교를 통해 대상 이동 로봇(200)인 n의 주행 우선 순위가 낮은 것으로 판단되면, 대상 이동 로봇(200)의 경로를 재생성한다(S34). 여기서, 경로 재생성 방법은, 도 2에 도시된 초기 경로 생성 방법과 마찬가지로, 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, D* 알고리즘 중 어느 하나에 기초하여 생성되며, 이미 생성된 경로 상의 노드 및 에지의 점유 시간에 대한 정보에 기초하여, 경로 재생성 시 해당 점유 시간에서 점유된 노드 및 에지는 경로 생성에서 배제시킴으로써, 재생성된 경로가 기존의 경로와 다시 충돌하는 경우를 사전에 차단할 수 있게 된다.

[0057] 한편, 경로 재생성 후에 대상 이동 로봇(200)이 대기 조건에 해당하는지 여부를 판단하게 된다(S35). 여기서, 대기 조건은 경로 재생성 과정에서 충돌 회피가 가능한 경로가 생성되지 않는 경우를 의미하게 된다.

[0058] S35 단계에서 대기 조건에 만족하지 않는 경우, 즉 경로가 재생성되는 경우에는 재생성 경로가 대상 이동 로봇(200)의 새로운 경로로 결정되고, 대상 이동 로봇(200)은 재생성 경로로 주행하게 된다(S36). 반면, S35 단계에서 대기 조건을 만족하는 경우 해당 대상 이동 로봇(200)에는 대기 명령이 전송되어 대상 이동 로봇(200)은 현재 주기에서 대기 상태가 된다(S37).

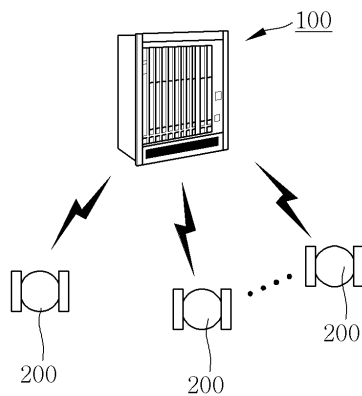
[0059] 상기와 같이 현재의 대상 이동 로봇(200)이 비교 이동 로봇(200) 중 어느 하나와 충돌이 예측되고, 해당 비교 대상 로봇보다 대상 이동 로봇(200)의 주행 우선 순위가 낮아 경로 재생성 또는 대기 상태가 된 후, 모든 이동 로봇(200)에 대한 충돌 검사 및 경로 재생성 과정이 완료되었는지 여부를 판단하고(S38), 모든 이동 로봇(200)에 대한 판단이 완료되지 않은 경우, 다음 차순의 이동 로봇(200)을 대상 이동 로봇(200)으로 하여(S39), 상술한 바와 같은 충돌 검사 및 경로 재생성 과정을 진행하게 된다.

[0060] 한편, S32 단계에서 현재의 비교 이동 로봇(200)과 대상 이동 로봇(200)의 충돌이 예측되지 않는 경우에는, 현재 대상 이동 로봇(200) 이외의 이동 로봇(200) 모두에 대해 충돌 예측이 진행되었는지 여부를 판단하고(S40),

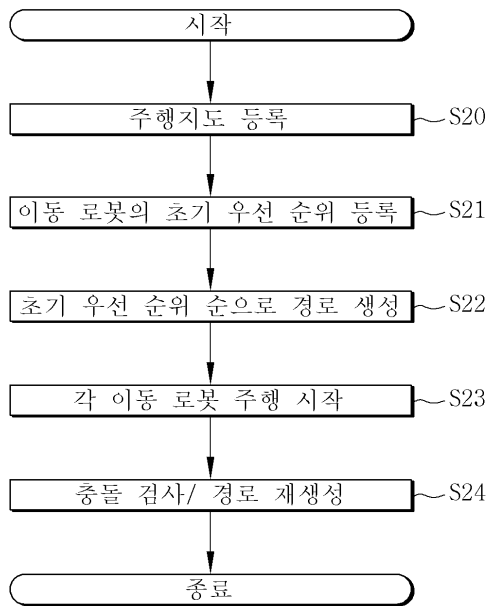
부호의 설명

도면

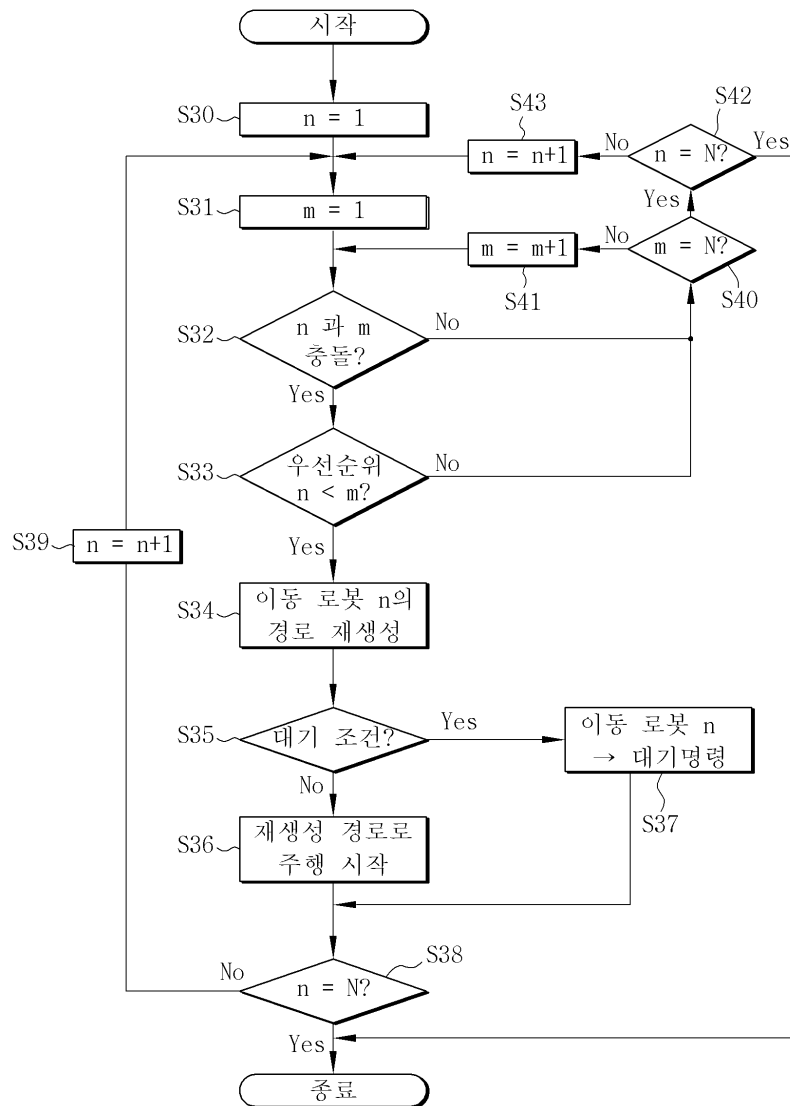
도면1



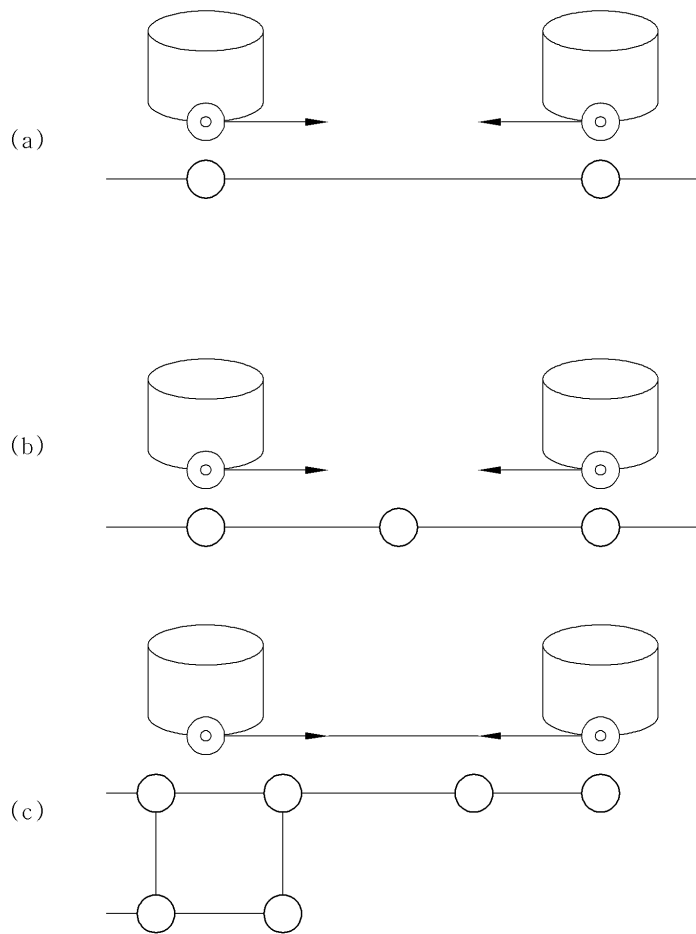
도면2



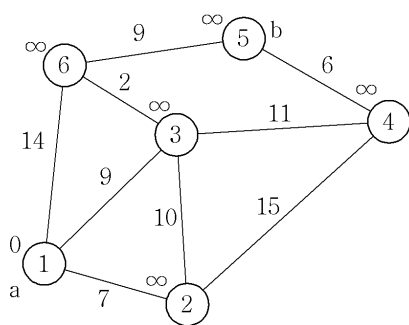
도면3



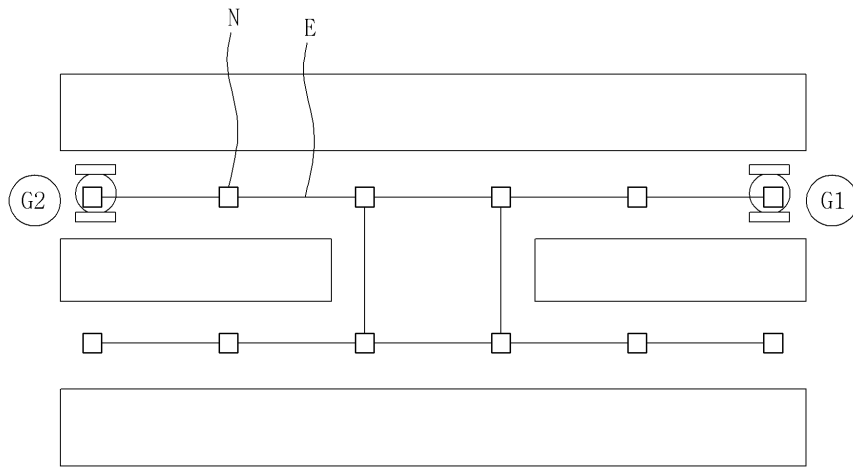
도면4



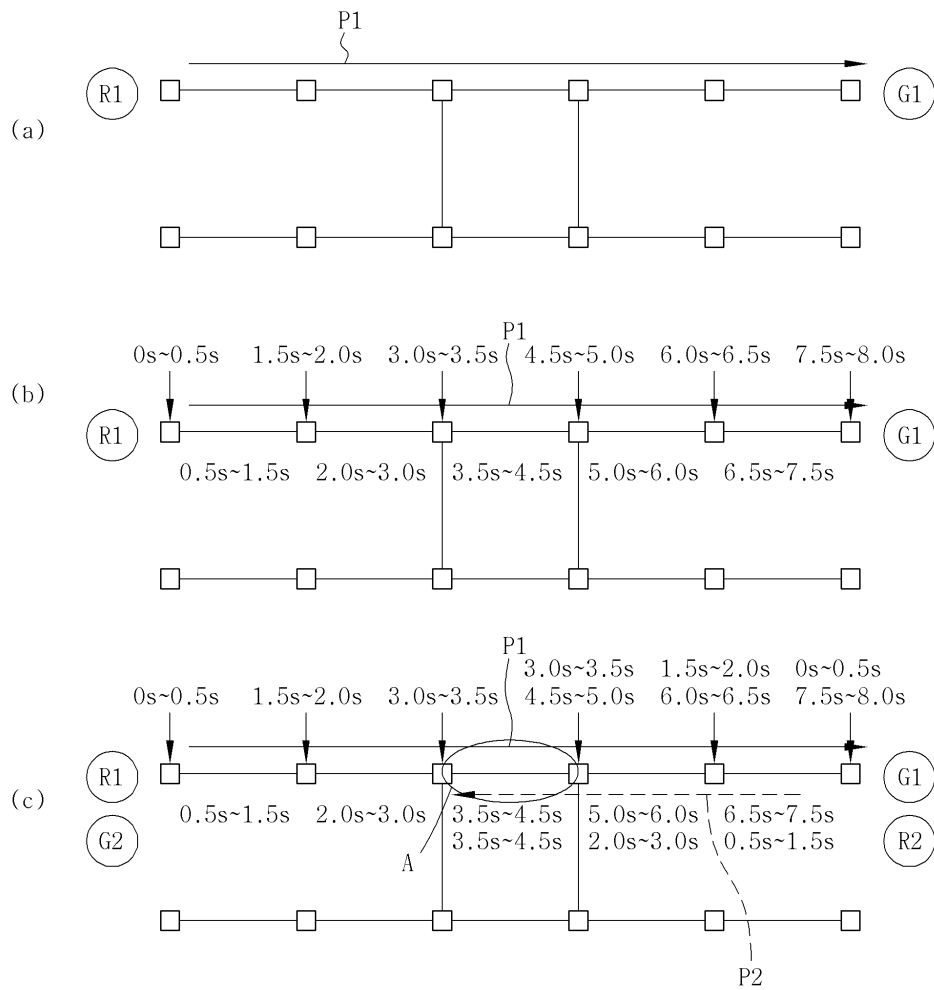
도면5



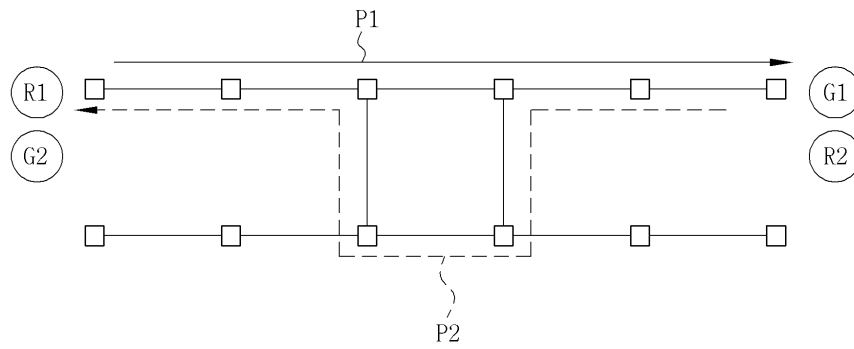
도면6



도면7



도면8



도면9

