



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0069949
(43) 공개일자 2012년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 9/16 (2006.01) *G05D 1/02* (2006.01)

B25J 13/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0131295

(22) 출원일자 2010년12월21일

심사청구일자 2010년12월21일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

정우진

서울특별시 종로구 사직로8길 4, 광화문스페이스 본 105-509 (사직동)

김호연

인천광역시 부평구 부개로 58, 삼부아파트 102동 1202호 (부개동)

문창배

서울특별시 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 창의관 433호 (안암동5가, 고려대학교)

(74) 대리인

특허법인남춘

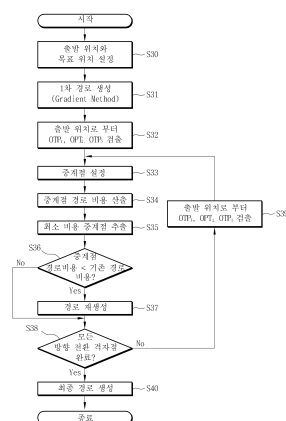
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법 및 이를 이용한 이동 로봇

(57) 요약

본 발명은 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법 및 이를 이용한 이동 로봇에 관한 것이다. 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법은 격자 지도를 구성하는 각각의 격자점에 할당된 격자 비용에 기초한 제1 경로 생성 방법을 통해 출발 위치로부터 목표 위치까지의 1차 경로가 생성되는 단계와, 상기 1차 경로 상의 적어도 일부 경로가 상기 격자 비용에 기초한 제2 경로 생성 방법을 통해 재생성되어 최종 경로가 생성되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 그라디언트 방법(Gradient method)과 같은 제1 경로 생성 방법에 따라 생성된 1차 경로를 제1 경로 생성 방법을 통해 수정하여 보다 매끄러운(Smooth) 형태의 경로로 재생성할 수 있다.

대 표 도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 ITAC7000100100050001000100100

부처명 정보통신산업진흥원

연구사업명 융복합형 로봇 전문인력 양성...

연구과제명 실내외 로봇자율주행 기술개발을 통한 수요지향적 글로벌 리더 양성

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2010.05.01 ~ 2011.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에 있어서,

격자 지도를 구성하는 각각의 격자점에 할당된 격자 비용에 기초한 제1 경로 생성 방법을 통해 출발 위치로부터 목표 위치까지의 1차 경로가 생성되는 단계와,

상기 1차 경로 상의 적어도 일부 경로가 상기 격자 비용에 기초한 제2 경로 생성 방법을 통해 재생성되어 최종 경로가 생성되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 경로 생성 방법은 그라디언트 방법(Gradient method)이 적용되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 3

제12항에 있어서,

상기 제2 경로 생성 방법은,

(a) 상기 목표 위치 방향으로 상기 제1 경로 상에 순차적으로 위치하는 제1 방향 전환 격자점, 제2 방향 전환 격자점, 제3 방향 전환 격자점을 검출하는 단계와;

(b) 상기 제2 방향 전환 격자점과 상기 제3 방향 전환 격자점 사이의 상기 제1 경로 상에서 적어도 하나의 중계점을 설정하는 단계와;

(c) 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 각 중계점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 각각의 후보 경로에 대한 중계점 경로 비용을 상기 격자 비용에 기초하여 산출하는 단계와;

(d) 최소의 중계점 경로 비용을 발생하는 최소 비용 중계점을 추출하는 단계와;

(e) 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 최소 비용 중계점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 후보 경로가 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 제2 방향 전환 격자점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 경로를 대체하여 재생성되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제2 경로 생성 방법은 상기 출발 위치를 첫 번째 상기 제1 방향 전환 격자점으로 하여 상기 1차 경로 상의 방향 전환 격자점들에 대해 상기 (a) 단계 내지 상기 (e) 단계를 수행하여 경로가 재생성되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 경로 생성 방법은,

(f) 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 제2 방향 전환 격자점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 경우의 경로 비용을 추출하는 단계와,

(g) 상기 (f) 단계에서 산출된 경로 비용과 상기 최소 중계점 경로 비용을 비교하는 단계를 더 포함하고;

상기 (e) 단계는 상기 최소 중계점 경로 비용이 상기 (f) 단계에서 산출된 경로 비용보다 작은 경우 수행되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 (b) 단계에서는 상기 제3 방향 전환 격자점이 상기 중계점의 하나로 설정되며;

상기 (c) 단계에서는 상기 제1 방향 전환 격자점과 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 후보 경로에 대한 중계점 경로 비용이 산출되며;

상기 (d) 단계에서 상기 최소 비용 중계점으로 상기 제3 방향 전환 격자점이 추출되는 경우, 상기 (e) 단계에서 상기 제1 방향 전환 격자점과 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 상기 후보 경로가 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 제2 방향 전환 격자점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 경로를 대체하여 재생성되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 격자 비용은 그라디언트 방법 상의 고유 비용(Intrinsic cost)과 근접 비용(Adjacent cost)을 포함하며;

상기 (c) 단계에서 상기 중계점 경로 비용은 상기 후보 경로가 통과하는 격자 공간을 형성하는 격자점들의 상기 고유 비용에 기초하여 산출되는 공간 고유 비용과, 상기 제1 방향 전환 격자점과 상기 중계점 간의 상기 근접 비용의 합에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

(c1) 상기 격자 공간을 형성하며 한 방향으로 배열되는 변들과 상기 후보 경로가 교차하는 적어도 하나의 교차점을 추출하는 단계와;

(c2) 상기 변을 형성하는 한 쌍의 격자점에 할당된 상기 고유 비용과, 상기 한 쌍의 격자점 각각과 상기 교차점 간의 거리에 기초하여 상기 교차점에 대한 교차점 고유 비용을 산출하는 단계와;

(c3) 상기 교차점에 대해 산출된 상기 교차점 고유 비용을 합산하여 상기 공간 고유 비용을 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 교차점 고유 비용은 수식식 $IC_{cp} = IC_{g1} \times L_2 + IC_{g2} \times L_1$ (여기서, IC_{cp} 는 상기 교차점 고유 비용이고, IC_{g1} 과 IC_{g2} 는 상기 한 쌍의 격자점 각각의 상기 고유 비용이고, L_1 은 상기 고유 비용이 IC_{g1} 인 격자점과 상기 교차점 간의 거리이고, L_2 는 상기 고유 비용이 IC_{g2} 인 격자점과 상기 교차점 간의 거리이다)에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 최적 경로 생성 방법이 적용된 이동 로봇.

명세서

기술분야

본 발명은 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법 및 이를 이용한 이동 로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 그라디언트 방법(Gradient method)과 같은 기존의 경로 생성 방법에 따라 생성된 경로를 수정하여 보다 매끄러운(Smooth) 형태의 경로로 재생성하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법 및 이를 이용한 이동 로봇에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 로봇이 실생활에 적용되기 위해서는 로봇 기술 분야에서 해결하여야 하는 다양한 문제들이 아직 존재하고 있는 것이 현실이다. 특히, 자율형의 이동 로봇이 사람과 비슷한 신뢰성 있는 주행이 이루어지지 않는 경우에는 로봇의 실용화는 현실적으로 많은 어려움에 직면하게 된다.
- [0003] 이와 같은 이동 로봇의 신뢰성 있는 주행이 이루어지기 위해 선행되어야 하는 것이 이동 로봇이 원하는 목표 위치까지 센서를 통해 자신의 위치를 추정해 가면서 최적의 경로 계획을 세우는 것이다. 그리고, 수립된 경로 계획에 따르면서 실시간 상황에 알맞게 움직일 수 있도록 모터나 바퀴의 방향을 제어하여 목표 위치에 도착하는 일련의 과정이 완벽히 이루어져야 한다.
- [0004] 여기서, 경로 계획을 세우는 방법, 즉 경로 생성 방법으로는 로드맵(Roadmap) 방법, 셀 분할(Cell decomposition) 방법, 포텐셜 필드(Potential field) 방법이 있으며, 근래에는 Konolige가 발표한 그라디언트 방법(Gradient method)가 경로 생성 방법을 널리 활용되고 있다.
- [0005] 그라디언트 방법에서는, 장소에 대해 일정한 크기의 격자 공간으로 만들어진 격자 지도가 주어진 상태에서, 먼저 각 격자 공간 또는 격자점에 대한 고유 비용(Intrinsic cost)이 수치적으로 계산된다. 여기서, 고유 비용은 각 격자 공간과 장애물 간의 거리나, 해당 격자 공간의 바닥 상태, 예를 들어 미끄러짐 정도 등의 위험도에 대한 비용이다.
- [0006] 그런 다음, 목표 위치가 주어지고, 해당 목표 위치로부터, 도 1에 도시된 바와 같이, 주변 8개 방향으로 이동할 격자점에 대해 근접 비용(Adjacent cost)이 격자 지도 상에 있는 모든 격자점에 대해 수치적인 값으로 주어진다. 여기서, 근접 비용은 하나의 격자점에서 다른 격자점으로 이동하는데 발생하는 거리에 대한 비용이다.
- [0007] 그리고, 모든 격자 공간과 격자점에 대해 고유 비용과 근접 비용이 수치적인 값으로 주어진 상태에서, 각 격자점이 가지고 있는 수치적 값을 이용하여 생성되는 등로선인 웨이브프론트(Wavefront)를 생성하게 된다. 이에 따라, 이동 로봇은 격자 지도 상의 어느 위치에 있더라도 자신의 위치로부터 목표 위치까지 최소 비용이 드는 격자점을 찾아서 이동 가능하게 한다.
- [0008] 그런데, 그라디언트 방법(Gradient method)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 한 격자점으로부터 8개 방향으로 존재하는 다른 격자점까지 이동하는 비용을 계산하기 때문에, 웨이브프론트(Wavefront)에 의해 최소의 비용이 드는 상, 하, 좌, 우, 대각선(즉 45° 방향)에 위치하는 다음 격자점으로부터 이동이 가능하게 경로를 생성한다.
- [0009] 이는 그라디언트 방법(Gradient method)이 지역적인 최소 비용의 경로를 찾아서 전체 경로를 찾는 방식을 사용하고 있으므로, 전역적인 관점에서 볼 때 최적의 경로, 예컨대, 전역적으로 더 근접하고 적은 회전 횟수와 다양한 각도로 이동할 수 있는 최적의 경로를 생성해 주지 못하는 단점으로 작용하게 된다.
- [0010] 도 2는 그라디언트 방법(Gradient method)에 의해 생성된 경로의 예를 도시한 도면으로, 출발 위치로부터 목표 위치까지 이동할 때 벽 쪽으로 방향을 전환한 뒤 벽을 따라 직진을 하는 경로를 생성함을 확인할 수 있다. 이러한 한계는 격자 지도가 사각형 셀을 기본으로 하고 그 기본을 바탕으로 지역적으로만 계산을 하기 때문에 발생하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 그라디언트 방법(Gradient method)과 같은 기존의 경로 생성 방법에 따라 생성된 경로를 수정하여 보다 매끄러운(Smooth) 형태의 경로로 재생성하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법 및 이를 이용한 이동 로봇을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 목적은 본 발명에 따라, 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에 있어서, 격자 지도를 구성하는 각각의 격자점에 할당된 격자 비용에 기초한 제1 경로 생성 방법을 통해 출발 위치로부터 목표 위치까지의 1차 경로가 생성되는 단계와, 상기 1차 경로 상의 적어도 일부 경로가 상기 격자 비용에 기초한 제2 경로 생성 방법을 통해 재생성되어 최종 경로가 생성되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에 의해서 달성된다.
- [0013] 여기서, 상기 제1 경로 생성 방법은 그라디언트 방법(Gradient method)이 적용될 수 있다.
- [0014] 그리고, 상기 제2 경로 생성 방법은 (a) 상기 목표 위치 방향으로 상기 제1 경로 상에 순차적으로 위치하는 제1 방향 전환 격자점, 제2 방향 전환 격자점, 제3 방향 전환 격자점을 검출하는 단계와; (b) 상기 제2 방향 전환 격자점과 상기 제3 방향 전환 격자점 사이의 상기 제1 경로 상에서 적어도 하나의 중계점을 설정하는 단계와; (c) 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 각 중계점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 각각의 후보 경로에 대한 중계점 경로 비용을 상기 격자 비용에 기초하여 산출하는 단계와; (d) 최소의 중계점 경로 비용을 발생하는 최소 비용 중계점을 추출하는 단계와; (e) 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 최소 비용 중계점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 후보 경로가 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 제2 방향 전환 격자점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 경로를 대체하여 재생성되는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 그리고, 상기 제2 경로 생성 방법은 상기 출발 위치를 첫 번째 상기 제1 방향 전환 격자점으로 하여 상기 1차 경로 상의 방향 전환 격자점들에 대해 상기 (a) 단계 내지 상기 (e) 단계를 수행하여 경로가 재생성될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 제2 경로 생성 방법은 (f) 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 제2 방향 전환 격자점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 경우의 경로 비용을 추출하는 단계와, (g) 상기 (f) 단계에서 산출된 경로 비용과 상기 최소 중계점 경로 비용을 비교하는 단계를 더 포함하고; 상기 (e) 단계는 상기 최소 중계점 경로 비용이 상기 (f) 단계에서 산출된 경로 비용보다 작은 경우 수행될 수 있다.
- [0017] 그리고, 상기 (b) 단계에서는 상기 제3 방향 전환 격자점이 상기 중계점의 하나로 설정되며; 상기 (c) 단계에서는 상기 제1 방향 전환 격자점과 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 후보 경로에 대한 중계점 경로 비용이 산출되며; 상기 (d) 단계에서 상기 최소 비용 중계점으로 상기 제3 방향 전환 격자점이 추출되는 경우, 상기 (e) 단계에서 상기 제1 방향 전환 격자점과 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 상기 후보 경로가 상기 제1 방향 전환 격자점, 상기 제2 방향 전환 격자점 및 상기 제3 방향 전환 격자점을 연결하는 경로를 대체하여 재생성될 수 있다.
- [0018] 그리고, 상기 격자 비용은 그라디언트 방법 상의 고유 비용(Intrinsic cost)과 근접 비용(Adjacent cost)을 포함하며; 상기 (c) 단계에서 상기 중계점 경로 비용은 상기 후보 경로가 통과하는 격자 공간을 형성하는 격자점들의 상기 고유 비용에 기초하여 산출되는 공간 고유 비용과, 상기 제1 방향 전환 격자점과 상기 중계점 간의 상기 근접 비용의 합에 의해 산출될 수 있다.
- [0019] 그리고, 상기 (c) 단계는 (c1) 상기 격자 공간을 형성하며 한 방향으로 배열되는 변들과 상기 후보 경로가 교차하는 적어도 하나의 교차점을 추출하는 단계와; (c2) 상기 변을 형성하는 한 쌍의 격자점에 할당된 상기 고유 비용과, 상기 한 쌍의 격자점 각각과 상기 교차점 간의 거리에 기초하여 상기 교차점에 대한 교차점 고유 비용을 산출하는 단계와; (c3) 상기 교차점에 대해 산출된 상기 교차점 고유 비용을 합산하여 상기 공간 고유 비용을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 교차점 고유 비용은 수학적식 $IC_{cp} = IC_{g1} \times L_2 + IC_{g2} \times L_1$ (여기서, IC_{cp} 는 상기 교차점 고유 비용이고, IC_{g1} 과 IC_{g2} 는 상기 한 쌍의 격자점 각각의 상기 고유 비용이고, L_1 은 상기 고유 비용이 IC_{g1} 인 격자점과 상기 교차점 간의 거리이고, L_2 는 상기 고유 비용이 IC_{g2} 인 격자점과 상기 교차점 간의 거리이다)에 의해 산출될 수 있다.
- [0021] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 상기 최적 경로 생성 방법이 적용된 이동 로봇에 의해서도 달성될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 상기와 같은 구성을 통해, 본 발명에 따르면 그라디언트 방법(Gradient method)과 같은 제1 경로 생성 방법에

따라 생성된 1차 경로를 제1 경로 생성 방법을 통해 수정하여 보다 매끄러운(Smooth) 형태의 경로로 재생성하는 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법 및 이를 이용한 이동 로봇이 제공된다.

[0023] 여기서, 경로 비용 측면에서도 전체 경로 비용을 줄여 보다 효율적인 최종 경로의 생성이 가능하며, 전체 경로를 주행하는데 있어 이동 로봇의 회전 각도가 보다 다양해짐과 동시에 회전 횟수 또한 감소되어 보다 매끄러운 주행이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 기존의 그라디언트 방법(Gradient method)에 적용된 이동 로봇의 회전 방향을 설명하기 위한 도면이고,

도 2는 기존의 그라디언트 방법에 의해 생성된 경로의 예를 나타낸 도면이고,

도 3은 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법을 설명하기 위한 제어 흐름도이고,

도 4는 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에서 중계점을 설정한 예를 설명하기 위한 도면이고,

도 5는 본 발명에 따른 이동 로봇이 최적 경로 생성 방법에서 중계점 경로 비용의 산출 방법을 설명하기 위한 도면이고,

도 6 및 도 7은 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에 따른 시뮬레이션 예를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

[0026] 도 3은 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법을 설명하기 위한 도면이다. 여기서, 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법의 적용에 있어, 이동 로봇에는 이동 로봇의 주행 환경에 대한 격자 지도가 등록된 상태로 적용된다.

[0027] 먼저, 격자 지도 상에서 출발 위치와 목표 위치가 설정되면(S30), 격자 지도를 구성하는 각각의 격자점에 대해 할당된 격자 비용에 기초한 제1 경로 생성 방법을 통해 출발 위치로부터 목표 위치까지의 경로가 생성된다.(S31). 여기서, 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에서는 제1 경로 생성 방법으로 그라디언트 방법(Gradient method)이 적용되는 것을 예로 한다.

[0028] 보다 구체적으로 설명하는 격자 지도 상의 각각의 격자점에 대한 격자 비용은 고유 비용(Intrinsic cost)과 근접 비용(Adjacent cost)을 포함한다. 여기서, 고유 비용은 각 격자 공간과 장애물 간의 거리나, 해당 격자 공간의 바닥 상태, 예를 들어 미끄러짐 정도 등의 위험도에 대한 비용을 의미하며, 근접 비용은, 도 1에 도시된 바와 같이, 8개 방향으로 이동할 격자점에 대한 이동 거리에 대한 비용을 의미한다. 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법의 제1 경로 생성 방법으로 적용되는 그라디언트 방법(Gradient method)에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0029] 상기와 같이, 그라디언트 방법(Gradient method)을 통해 출발 위치로부터 목표 위치까지의 1차 경로(P1, 도 7 참조)가 생성되면, 1차 경로(P1) 상의 적어도 일부 경로를 격자 비용에 기초한 제2 경로 생성 방법을 통해 재생성하여 최종 경로(P_{opt})를 생성하는 과정을 수행하게 된다.

[0030] 도 3을 참조하여 최종 경로(P_{opt})를 생성하기 위한 제2 경로 생성 방법에 대해 보다 구체적으로 설명하면, 먼저, 출발 위치로부터 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 제2 방향 전환 격자점(OTP2) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 추출한다(S32). 최초 경로 재생성 과정에서 제1 방향 전환 격자점(OTP1)은 이동 로봇의 초기 위치로 설정된다.

[0031] 그리고, 각각의 방향 전환 격자점은 제1 경로 생성 방법을 통해 생성된 1차 경로(P1) 상에서 이동 로봇의 방향이 전환되는 위치의 격자점들이 선택된다. 도 4를 참조하여 설명하면, 출발 위치가 제1 방향 전환 격자점(OTP1)으로 설정되고, 1차 경로(P1) 상에서 첫 번째 방향 전환이 발생하는 격자점이 제2 방향 전환 격자점(OTP2)으로 설정되고, 두 번째 방향 전환이 발생하는 격자점이 제3 방향 전환 격자점(OTP3)으로 설정된다.

- [0032] 상기와 같이, 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 제2 방향 전환 격자점(OTP2) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)이 설정되면, 제2 방향 전환 격자점(OTP2)과 제3 방향 전환 격자점(OTP3) 사이의 제1 경로 상에서 적어도 하나의 중계점(TP1,TP2,TP3)을 설정한다(S33). 이 때, 중계점(TP1,TP2,TP3)은 제2 방향 전환 격자점(OTP2)과 제3 방향 전환 격자점(OTP3) 사이의 제1 경로 상에 존재하는 격자점들로 설정되는 것을 예로 한다. 또한, 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에서는 제3 방향 전환 격자점(OTP3)도 중계점(TP1,TP2,TP3)의 하나로 설정되는 것을 예로 한다.
- [0033] 그런 다음, 각각의 중계점(TP1,TP2,TP3)에 대해, 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 중계점(TP1,TP2,TP3) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 후보 경로에 대한 중계점 경로 비용을 격자 비용에 기초하여 산출한다(S34).
- [0034] 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에서는, 중계점 경로 비용이 해당 중계점(TP1,TP2,TP3)에 대한 후보 경로가 통과하는 격자 공간을 형성하는 격자점들의 고유 비용에 기초하여 산출되는 공간 고유 비용과, 제1 방향 전환 격자점(OTP1)과 중계점(TP1,TP2,TP3) 간의 근접 비용의 합에 의해 산출되는 것을 예로 한다. 여기서, 중계점 경로 비용의 산출에 적용되는 근접 비용은 상술한 그라디언트 방법(Gradient method)에 의해 산출되는 바, 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0035] 이하에서는, 도 5를 참조하여 본 발명에 따른 공간 고유 비용의 산출 방법에 대해 설명한다.
- [0036] 먼저, 격자 공간을 형성하는 4개의 변 중 일 방향으로 배열된 변들과, 후보 경로가 교차하는 교차점(CP1,CP2,CP3)들을 추출한다. 도 5에서는 가로 방향으로 배열된 변들과 후보 경로가 교차하는 교차점(CP1,CP2,CP3)을 추출하는 것을 예로 하고 있으며, 3개의 교차점(CP1,CP2,CP3)이 형성되는 예를 도시하고 있다.
- [0037] 그런 다음, 해당 변을 형성하는 한 쌍의 격자점에 할당된 고유 비용과, 한 쌍의 격자점 각각과 교차점(CP1,CP2,CP3) 간의 거리에 기초하여, 해당 교차점(CP1,CP2,CP3)에 대한 고유 비용인 교차점 고유 비용이 산출된다. 여기서, 하나의 교차점(CP1,CP2,CP3)에 대한 교차점 고유 비용은 [수학식 1]을 통해 산출되는 것을 예로 한다.
- [0038] [수학식 1]
- [0039]
$$IC_{cp} = IC_{g1} \times L_2 + IC_{g2} \times L_1$$
- [0040] [수학식 1]에서, IC_{cp} 는 교차점 고유 비용이고, IC_{g1} 과 IC_{g2} 는 한 쌍의 격자점 각각의 고유 비용이고, L_1 은 고유 비용이 IC_{g1} 인 격자점과 교차점(CP1,CP2,CP3) 간의 거리이고, L_2 는 고유 비용이 IC_{g2} 인 격자점과 교차점(CP1,CP2,CP3) 간의 거리이다
- [0041] 상기와 같이 하나의 후보 경로 상의 교차점(CP1,CP2,CP3)들에 대해 교차점 고유 비용이 산출되면, 교차점 고유 비용을 합산하여 공간 고유 비용을 산출하며, 공간 고유 비용과 근접 비용의 합을 통해 해당 중계점 경로 비용이 산출된다. 이 때, 산출된 중계점 경로 비용은 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 중계점(TP1,TP2,TP3) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 전체 경로에 대한 경로 비용으로 산출됨은 상술한 바와 같다.
- [0042] 한편, 각각의 중계점(TP1,TP2,TP3)에 대한 중계점 경로 비용이 산출되면, 중계점(TP1,TP2,TP3) 중 최소의 중계점 경로 비용을 발생하는 중계점(TP1,TP2,TP3)을 최소 비용 중계점으로 추출한다(S35). 여기서, 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에서는 최소 비용 중계점의 중계점 경로 비용과 1차 경로(P1)의 경로 비용을 비교한다(S36).
- [0043] 이 때, 1차 경로(P1)의 경로 비용은 제1 방향 전환 격자점(OTP1)으로부터 제2 방향 전환 격자점(OTP2)을 거쳐 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 1차 경로(P1)의 일부이며, 해당 경로 비용은 그라디언트 방법(Gradient method)을 이용한 1차 경로(P1)의 생성시 계산된 경로 비용들로부터 추출될 수 있다.
- [0044] 여기서, 중계점 경로 비용이 1차 경로(P1)의 경로 비용보다 작은 경우 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 최소 비용 중계점 및 제2 방향 전환 격자점(OTP2)을 연결하는 경로가 기존의 1차 경로(P1)를 대신하여 새로운 경로로 재생된다(S37). 반면, 중계점 경로 비용이 1차 경로(P1)의 경로 비용보다 큰 경우에는 해당 경로 구간에서는

1차 경로(P1)가 그대로 유지된다.

- [0045] 상술한 바와 같이, 출발 위치를 첫 번째 제1 방향 전환 격자점(OTP1)으로 하는 경로 재생성 과정이 완료되면, 다른 방향 전환 격자점들에 대한 경로 재생성 과정을 진행한다. 먼저, 다음번의 경로 재생성을 위한 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 제2 방향 전환 격자점(OTP2) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 검출한다(S39). 그리고, 상술한 바와 같이, S33 단계 내지 S37 단계를 수행하여 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 제2 방향 전환 격자점(OTP2) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 1차 경로(P1)의 재생성 여부가 결정된다.
- [0046] 여기서, 경로 재생성을 위한 제1 방향 전환 격자점(OTP1)의 선택은, 이전 단계의 경로 재생성 과정에서의 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 다음 단계에서의 제1 방향 전환 격자점(OTP1)으로 설정하는 방법으로 수행하여, 1차 경로(P1) 전체에 대해 순차적으로 진행하는 것을 예로 한다.
- [0047] 그리고, 1차 경로(P1)의 각 구간별로 새로운 경로가 부분적으로 재생성되는 과정이 완료되면, 전체 재생성된 구간과 1차 경로(P1)의 기존 구간을 연결하여 새로운 최적 경로를 생성(S40)함으로써, 경로 생성을 종료하게 된다.
- [0048] 한편, 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법에서는 제3 방향 전환 격자점(OTP3)이 중계점(TP1, TP2, TP3)의 하나로 설정되는 것을 예로 한다. 즉, 제1 방향 전환 격자점(OTP1)과 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 경로가 후보 경로가 되며, 이 후보 경로에 대한 중계점 경로 비용이 산출된다.
- [0049] 이 때, 제1 방향 전환 격자점(OTP1)과 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 후보 경로가 최소의 중계점 경로 비용으로 판단되고, 해당 중계점 경로 비용이 기존의 1차 경로(P1)의 경로 비용보다 적은 경우 제1 방향 전환 격자점(OTP1)과 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 후보 경로가, 기존의 1차 경로(P1) 구간, 즉 제1 방향 전환 격자점(OTP1), 제2 방향 전환 격자점(OTP2) 및 제3 방향 전환 격자점(OTP3)을 연결하는 경로를 대체하여 재생성된다.
- [0050] 이하에서는 도 6 및 도 7을 참조하여 본 발명에 따른 이동 로봇의 최적 경로 생성 방법의 시뮬레이션 예에 대해 설명한다. 먼저, 제1 경로 생성 방법 및 제2 경로 생성 방법에 적용되는 고유 비용은, 도 6에 도시된 바와 같이, 장애물로부터 거리가 20cm까지는 100으로 설정하고, 20cm 이상의 거리에 대해서는 1차 함수로 감소하도록 설정한다.
- [0051] 그리고, 시뮬레이션을 위한 격자 지도의 사이즈는, 도 7에 도시된 바와 같이, 104cm × 150cm로 설정하고, 목표 위치를 (57,58)로 두어 시뮬레이션을 수행하였다. 도 7에서 실선으로 표시된 경로가 그라디언트 방법(Gradient method)을 통해 생성된 1차 경로(P1)를 나타낸 것이고, 파선으로 표시된 경로가 제1 경로 생성 방법에 따라 재생성된 경로를 나타내고 있다.
- [0052] [표 1]은 도 6의 A 구간에서 1차 경로(P1)의 경로 비용과 각각의 중계점을 기준으로 하는 후보 경로의 중계점 경로 비용을 나타낸 것이다. [표 1]에 나타난 바와 같이, 중계점 4의 중계점 경로 비용이 최소로 나타나 중계점 4가 최소 비용 중계점으로 결정되며, 기존 비용보다 작으므로 중계점 4를 거치는 경로가 재생성된다.

[0053] [표 1]

	기존 경로 비용	중계점 경로 비용		기존 경로 비용	중계점 경로 비용
중계점 1	47.207	38.234	중계점 10	47.207	96.691
중계점 2	47.207	30.456	중계점 11	47.207	108.21
중계점 3	47.207	27.473	중계점 12	47.207	118.23
중계점 4	47.207	26.721	중계점 13	47.207	126.73
중계점 5	47.207	31.796	중계점 14	47.207	134.57
중계점 6	47.207	44.037	중계점 15	47.207	144.18
중계점 7	47.207	57.17	중계점 16	47.207	153.47
중계점 8	47.207	71.824	중계점 17	47.207	161.41
중계점 9	47.207	84.414			

[0054]

[0055] 한편, [표 2]는 도 6의 A 구간에서 1차 경로(P1)에 따른 이동 로봇의 헤드 방향에 대한 회전 각도의 변화와, 중계점 4를 통해 재생성된 경로에 따른 이동 로봇의 헤드 방향에 대한 회전 각도의 변화를 나타내고 있다. 1차 경로(P1), 즉 그라디언트 방법(Gradient method)을 통해 생성된 경로에서는 총 36회의 회전 횟수를 나타냈으며 이중 일부 만을 [표 1]에 기록한 것으로, 도 1에 도시된 바와 같이, 대부분 45°의 회전 각도를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

[0056] 반면, 재생성된 경로에서는 대부분 45°보다 작은 다양한 회전 각도로 회전함을 확인할 수 있으며, 회전 횟수도 총 23회로 기존 경로보다 방향 전환 횟수 또한 감소되어 보다 최적화된 경로를 생성함을 확인할 수 있다.

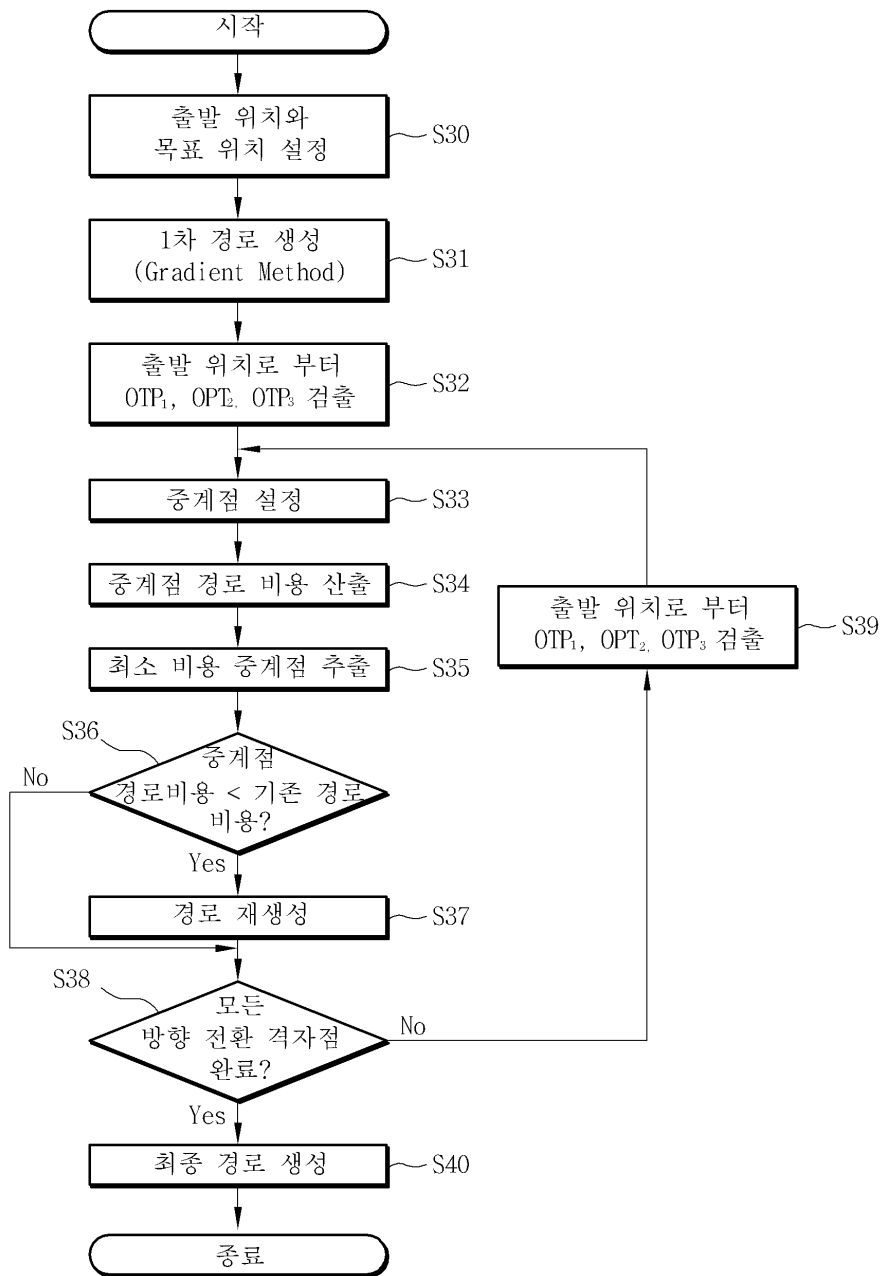
[0057] [표 2]

기존 경로	재생성 경로	기존 경로	재생성 경로
45°	9.46	-45°	-32.471
45°	59.657	45°	-15.524
45°	29.86	-45°	-21.346
45°	26.565	-45°	18.435
45°	-26.565	45°	-8.1301
-45°	48.013	-45°	-23.629
45°	23.552	45°	-39.806
45°	12.095	-45°	-45
-45°	24.775	45°	-45
45°	8.1301	-45°	23.629
-45°	-11.634	-45°	-5.1944
45°	17.54	...	

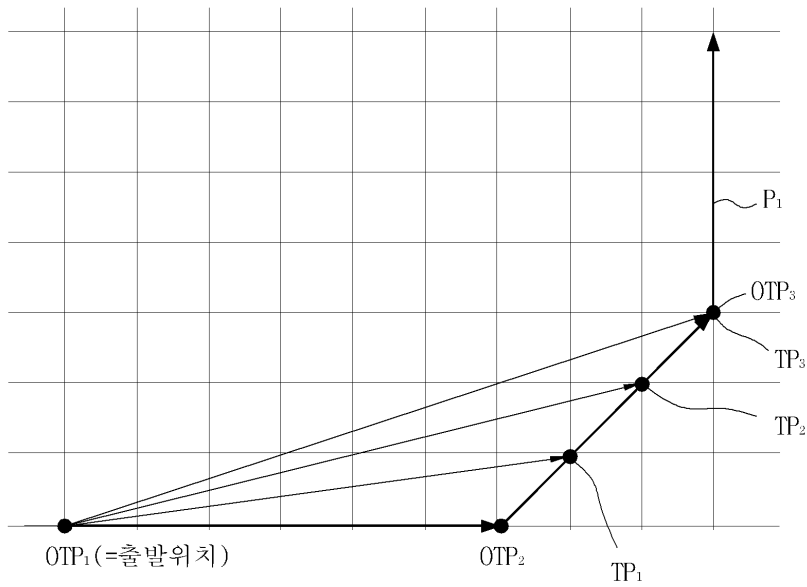
[0058]

[0059] 전술한 실시예에서는 제1 경로 생성 방법으로 그라디언트 방법이 적용되는 것을 예로 하여 설명하였다. 이외에도, S. Koenig, M. Likhachev 및 D. Furcy의 논문 "Lifelong Planning A* (Artificial Intelligence Journal, 155, (1-2), 93-146, 2004.)"에 기재된 Lifelong Planning A* 방법이나, Stentz, Anthony의 논문 "The Focussed D* Algorithm for Real-Time Replanning(In Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence: 1652-1659, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.41.8257>)에 기재된 Focussed D* 알고리즘도 제1

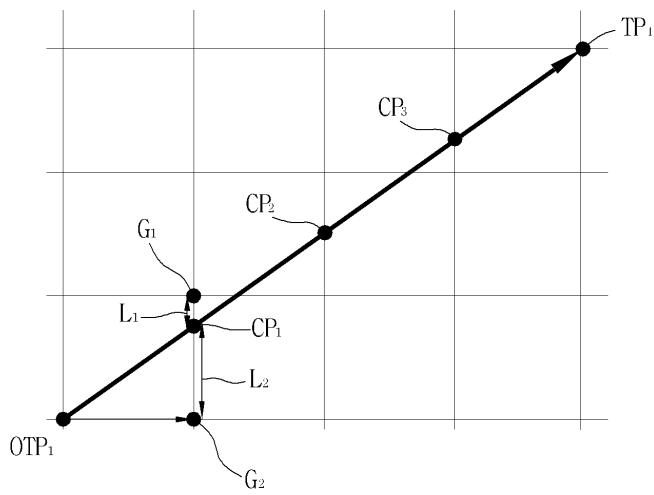
도면3



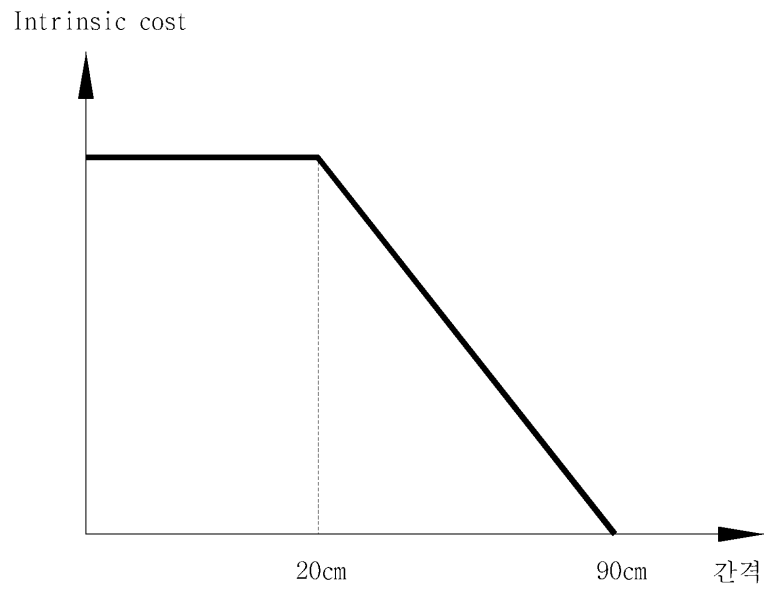
도면4



도면5



도면6



도면7

