(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0012285
(43) 공개일자 2012년02월09일

(51) Int. Cl.
B25J 13/00 (2006.01) *G05D 1/02* (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0074350
(22) 출원일자 2010년07월30일
심사청구일자 2010년07월30일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
조진성
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교)
김학수
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교)
신상배
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교)
(74) 대리인
특허법인다울

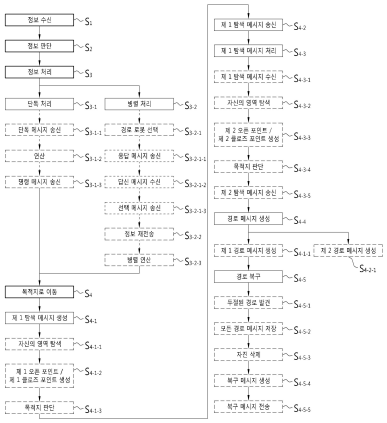
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법

(57) 요 약

본 발명은 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법에 관한 것으로서, 특히, 이동하는 다수의 분산 로봇이 병렬적인 연산에 의해 경로를 탐색하는 방법에 대한 것이다. 본 발명은 다수의 로봇이 정보를 병렬 연산하여 적은 통신량과 계산량으로 최적의 경로를 설정할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 경로에 대한 정보를 보로노이 다이어그램을 점으로 표현한 보로노이 포인트를 사용하여 적은 통신량과 계산량으로 최적의 경로를 설정할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 경로가 두절되는 경우, 경로 로봇이 경로 설정에 이용한 정보를 이용하여 지역적으로 두절된 경로를 연결할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NIPA-2010-(C1090-1021-0003)
부처명 지식경제부 및 정보통신산업진흥원
연구관리전문기관 정보통신산업진흥원
연구사업명 대학IT연구센터육성지원사업
연구과제명 동서신의학 u-라이프케어 기술 연구
기여율 1/1
주관기관 경희대학교(수원)
연구기간 2006.09.01 ~ 2014.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

상황이 발생되는 목적지로부터 근접한 소스 로봇과, 상기 소스 로봇을 제외한 하나 이상의 경로 로봇을 포함하는 다수의 로봇이 경로를 탐색하는 경로 탐색 방법으로서,

상기 목적지로부터 상기 소스 로봇이 정보를 수신하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 정보의 양을 판단하는 단계와,

상기 정보의 양에 따라 상기 소스 로봇 또는, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계, 및

상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 목적지로 이동하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 정보의 양에 따라 상기 소스 로봇 또는, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계에서, 상기 소스 로봇이 상기 정보를 단독으로 연산할 경우,

상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇에 단독 처리 메시지를 송신하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계, 및

상기 연산된 결과를 기초로 상기 경로 로봇에 명령 메시지를 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 정보의 양에 따라 상기 소스 로봇 또는, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계에서, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 병렬 연산을 수행할 경우,

상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇에 응답 메시지를 송신하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 소스 로봇에 답신 메시지를 송신하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 답신 메시지를 기초로 상기 경로 로봇 중 하나 이상을 선택하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇 중 선택된 하나 이상의 경로 로봇에 상기 정보를 재전송하는 단계, 및

상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇 중 선택된 하나 이상의 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 병렬 연산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 소스 로봇이 상기 답신 메시지를 기초로 상기 경로 로봇 중 하나 이상을 선택하는 단계는,

상기 답신 메시지에 포함된 상기 경로 로봇의 사양 정보를 판단하는 단계와,

상기 소스 로봇과 상기 답신 메시지를 송신한 경로 로봇과의 거리를 판단하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇 중 상기 정보를 처리할 수 있는 사양의 경로 로봇과, 상기 경로 로봇 중 상기 소스 로봇과 근거리에 위치한 경로 로봇에 선택 메시지를 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 목적지로 이동하는 단계는,

상기 소스 로봇이 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇에 제 1 탐색 메시지를 전송하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 탐색 메시지를 처리하는 단계와,

상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 목적지까지의 경로 정보가 포함된 제 1 경로 메시지를 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 소스 로봇이 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계는,

상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와,

상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 1 오픈 포인트와, 상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 1 클로즈 포인트를 생성하는 단계와,

상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와,

상기 소스 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재할 경우,

상기 소스 로봇이 상기 목적지까지 이동할 때 생성한 제 1 오픈 포인트와 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계와,

상기 소스 로봇이 상기 제 1 경로 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇은, 상기 경로 로봇의 리스트가 저장된 경로 로봇 리스트를 보유하며,

상기 소스 로봇이 상기 제 1 경로 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지를 수신하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트를 기초로 상기 목적지까지의 최단 경로를 선택하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 최단 경로를 기초로 상기 목적지까지의 제 1 오픈 포인트를 포함하는 제 2 경로 메시지를 저장하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 제 2 경로 메시지를 자신을 제외한 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트를 기초로 상기 목적지까지의 최단 경로를 선택하는 단계는,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇 자신이 보유한 제 2 오

픈 포인트를 비교하는 단계와,

상기 제 2 오픈 포인트 중 상기 제 1 오픈 포인트와 동일한 제 2 오픈 포인트를 최단 경로로 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 9

청구항 5에 있어서,

상기 소스 로봇이 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계는,

상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와,

상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 1 오픈 포인트와, 상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 1 클로즈 포인트를 생성하는 단계와,

상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와,

상기 소스 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하지 않을 경우,

상기 소스 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트와 상기 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 탐색 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 소스 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트와 상기 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 탐색 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 탐색 메시지를 수신하는 단계와,

상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와,

상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 2 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계와,

상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와,

상기 경로 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재할 경우,

상기 경로 로봇이 상기 목적지까지 이동할 때 생성한 제 2 오픈 포인트와 제 2 클로즈 포인트를 포함하는 제 2 경로 메시지를 생성하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 제 2 경로 메시지를 상기 소스 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 소스 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트와 상기 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 탐색 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 탐색 메시지를 수신하는 단계와,

상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와,

상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 2 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계와,

상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와,

상기 경로 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하지 않을 경우,

상기 경로 로봇이 상기 제 2 오픈 포인트와 상기 제 2 클로즈 포인트를 상기 제 1 탐색 메시지에 추가하여 제 2

탐색 메시지를 생성하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 제 2 탐색 메시지를 근접한 다른 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 12

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,

상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 2 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계, 이후,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트와, 상기 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트를 각각 비교하여 두절 경로를 판단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇은, 상기 경로 로봇의 리스트가 저장된 경로 로봇 리스트를 보유하며,

상기 경로 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트와, 상기 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트를 각각 비교하여 두절 경로를 판단하는 단계에서, 상기 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트가 상기 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트와 일치하지 않을 경우,

상기 경로 로봇이 상기 경로 메시지를 저장하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하는 단계와,

상기 경로 로봇이 복구 메시지를 생성하는 단계와,

상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후,

상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 수신하는 단계와,

상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 두절 경로의 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 알고 있을 경우, 상기 두절 경로의 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후,

상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 수신하는 단계와,

상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 두절 경로의 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 알지 못할 경우,

상기 복구 메시지를 수신한 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하는 단계와,

상기 복구 메시지를 수신한 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 복구 메시지를 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

청구항 16

청구항 5에 있어서,

상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 목적지까지의 경로 정보가 포함된 제 1 경로 메시지를 전송하는 단계에서,

상기 경로 정보는 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 오픈 포인트와, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 클로즈 포인트를 포함하고,

상기 오픈 포인트와 상기 클로즈 포인트는 보로노이 다이어그램을 점으로 표현한 보로노이 포인트인 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법에 관한 것으로서, 특히, 이동하는 다수의 분산 로봇이 병렬적인 연산에 의해 경로를 탐색하는 방법에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현재 로봇을 이용한 응용은 빠르게 발전하고 있다. 로봇공학은 한 개의 로봇이 아닌 여러 로봇이 협력, 협동을 통해 각 로봇의 한계 이상의 일을 할 수 있는 네트워크 로봇(Networked Robots)으로 발전하였다. 협력, 협동함으로써 다양한 응용에 유연한 일의 처리가 가능하다. 여러 로봇들이 효과적으로 일을 처리하기 위해서는 정보 교환을 위한 통신 능력과 원하는 위치까지의 경로 설정과 이동능력이 필요하다.

[0003] 통신을 이용한 로봇 시스템은 인터넷을 통한 로봇의 개발을 통하여 센서네트워크에서 확장된 개념을 통해 유비쿼터스 시스템을 지나 현재 통신을 통해 협력, 협동하는 로봇 시스템의 형태인 네트워크 로봇으로 발전하였다. 이는 로봇끼리의 통신뿐만 아니라 센서 혹은 다른 장치와 통신할 수 있고, 기존의 통신망을 이용 할 수 있다. 이러한 네트워크 로봇 시스템은 통신을 통하여 정보를 주고받아 정보의 처리를 통하여 명령을 내리게 되며, 유선 통신을 이용하는 경우와 달리무선 통신을 이용함으로써 자유로운 이동이 가능하다.

[0004] 로봇은 다양한 어플리케이션이 이용되며 창고, 위험지역에서의 이동로봇의 경우 넓은 지역에 많은 로봇이 분산 배치된다. 로봇은 제한된 주위인식과 통신거리를 가지고 있기 때문에 로봇간 통신을 통해 효율적인 이동이 필요하다.

[0005] 최근, 네트워크 로봇의 발전에 따라 여러 로봇들이 협력하는 경로 찾기 알고리즘에 대해 많은 연구가 되었다. 경로 찾기 문제는 공간을 어떻게 공유할 것인가를 해결하는 것으로서 여러 로봇이 최단 거리, 최소 이동시간을 가지기위해 크게 두 가지 문제가 해결되어야 한다.

[0006] 첫 번째, 여러 로봇이 경로를 설정하는 문제와 두 번째, 다른 로봇과 장애물의 충돌방지와 교착상태를 피해야 한다. 경로를 설정하는 방법을 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 모든 정보를 이용하는 중앙 집중 방식은 최적경로를 찾을 수 있지만 두 가지 문제를 가지고 있다. 첫 번째, 확장성이 떨어지게 된다. 한 개의 로봇이 목적지까지 경로를 계산함으로 인하여 많은 계산량을 가지게 되며, 환경이 커짐에 따라 경우 계산량은 계속 증가한다. 두 번째, 통신 사용량이 증가한다. 국부적인 환경 변화에 시작로봇까지 정보를 전송하기 위해 메시지를 전송함으로서 전체적인 통신 사용량이 증가한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 적은 통신량과 적은 계산량으로 최적의 경로를 탐색할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 상황이 발생되는 목적지로부터 근접한 소스 로봇과, 상기 소스 로봇을 제외한 하나 이상의 경로 로봇을 포함하는 다수의 로봇이 경로를 탐색하는 경로 탐색 방법으로서, 상기 목적지로부터 상기 소스 로봇이 정보를 수신하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 정보의 양을 판단하는 단계와, 상기

정보의 양에 따라 상기 소스 로봇 또는, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계, 및 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 목적지로 이동하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공한다. 상기 정보의 양에 따라 상기 소스 로봇 또는, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계에서, 상기 소스 로봇이 상기 정보를 단독으로 연산할 경우, 상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇에 단독 처리 메시지를 송신하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계, 및 상기 연산된 결과를 기초로 상기 경로 로봇에 명령 메시지를 송신하는 단계를 포함한다. 하지만, 상기 정보의 양에 따라 상기 소스 로봇 또는, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 연산을 수행하는 단계에서, 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 병렬 연산을 수행할 경우, 상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇에 응답 메시지를 송신하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 소스 로봇에 답신 메시지를 송신하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 답신 메시지를 기초로 상기 경로 로봇 중 하나 이상을 선택하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇 중 선택된 하나 이상의 경로 로봇에 상기 정보를 재전송하는 단계, 및 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇 중 선택된 하나 이상의 경로 로봇이 상기 정보를 기초로 병렬 연산하는 단계를 포함한다. 상기 소스 로봇이 상기 답신 메시지를 기초로 상기 경로 로봇 중 하나 이상을 선택하는 단계는, 상기 답신 메시지에 포함된 상기 경로 로봇의 사양 정보를 판단하는 단계와, 상기 소스 로봇과 상기 답신 메시지를 송신한 경로 로봇과의 거리를 판단하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇 중 상기 정보를 처리할 수 있는 사양의 경로 로봇과, 상기 경로 로봇 중 상기 소스 로봇과 근거리에 위치한 경로 로봇에 선택 메시지를 송신하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇이 상기 목적지로 이동하는 단계는, 상기 소스 로봇이 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 경로 로봇에 제 1 탐색 메시지를 전송하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 탐색 메시지를 처리하는 단계와, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 목적지까지의 경로 정보가 포함된 제 1 경로 메시지를 전송하는 단계를 포함한다. 상기 소스 로봇이 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계는, 상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와, 상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 1 오픈 포인트와, 상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 1 클로즈 포인트를 생성하는 단계와, 상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와, 상기 소스 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재할 경우, 상기 소스 로봇이 상기 목적지까지 이동할 때 생성한 제 1 오픈 포인트와 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계와, 상기 소스 로봇이 상기 제 1 경로 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함한다. 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇은, 상기 경로 로봇의 리스트가 저장된 경로 로봇 리스트를 보유하며, 상기 소스 로봇이 상기 제 1 경로 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지를 수신하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트를 기초로 상기 목적지까지의 최단 경로를 선택하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 최단 경로를 기초로 상기 목적지까지의 제 1 오픈 포인트를 포함하는 제 2 경로 메시지를 저장하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 제 2 경로 메시지를 자신을 제외한 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함한다. 상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트를 기초로 상기 목적지까지의 최단 경로를 선택하는 단계는, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇 자신이 보유한 제 2 오픈 포인트를 비교하는 단계와, 상기 제 2 오픈 포인트 중 상기 제 1 오픈 포인트와 동일한 제 2 오픈 포인트를 최단 경로로 선택하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 소스 로봇이 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계는, 상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와, 상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 1 오픈 포인트와, 상기 소스 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 1 클로즈 포인트를 생성하는 단계와, 상기 소스 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와, 상기 소스 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하지 않을 경우, 상기 소스 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트와 상기 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 탐색 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함한다. 여기서, 상기 소스 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트와 상기 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 탐색 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 탐색 메시지를 수신하는 단계와, 상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 2 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계와, 상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와, 상기 경로 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재할 경우, 상기 경로 로봇이 상기 목적지까지 이동할 때 생성한 제 2 오픈 포인트와 제 2 클로즈 포인트를 포함하는 제 2 경로 메시지를 생성하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 제 2 경

로 메시지를 상기 소스 로봇에 송신하는 단계를 포함할 수도 있다. 상기 소스 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트와 상기 제 1 클로즈 포인트를 포함하는 제 1 탐색 메시지를 상기 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 탐색 메시지를 수신하는 단계와, 상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역을 탐색하는 단계와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 2 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계와, 상기 경로 로봇이 자신이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하는지 판단하는 단계와, 상기 경로 로봇이 위치한 지역 내에 상기 목적지가 존재하지 않을 경우, 상기 경로 로봇이 상기 제 2 오픈 포인트와 상기 제 2 클로즈 포인트를 상기 제 1 탐색 메시지에 추가하여 제 2 탐색 메시지를 생성하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 제 2 탐색 메시지를 근접한 다른 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함한다.

[0011] 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 제 2 오픈 포인트와, 상기 경로 로봇이 탐색한 자신이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 경로인 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계, 이후, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트와, 상기 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트를 각각 비교하여 두절 경로를 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇은, 상기 경로 로봇의 리스트가 저장된 경로 로봇 리스트를 보유하며, 상기 경로 로봇이 상기 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트와, 상기 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트를 각각 비교하여 두절 경로를 판단하는 단계에서, 상기 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트가 상기 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트와 일치하지 않을 경우, 상기 경로 로봇이 상기 경로 메시지를 저장하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하는 단계와, 상기 경로 로봇이 복구 메시지를 생성하는 단계와, 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함한다. 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 수신하는 단계와, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 두절 경로의 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 알고 있을 경우, 상기 두절 경로의 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 상기 소스 로봇과 상기 경로 로봇에 송신하는 단계를 포함한다. 여기서, 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 송신하는 단계, 이후, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 복구 메시지를 수신하는 단계와, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 두절 경로의 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 알지 못할 경우, 상기 복구 메시지를 수신한 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하는 단계와, 상기 복구 메시지를 수신한 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 근접한 소스 로봇 또는 경로 로봇에 복구 메시지를 송신하는 단계를 포함할 수도 있다.

[0012] 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 상기 목적지까지의 경로 정보가 포함된 제 1 경로 메시지를 전송하는 단계에서, 상기 경로 정보는 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 위치한 지역에서 이동할 수 있는 경로인 오픈 포인트와, 상기 소스 로봇 또는 상기 경로 로봇이 위치한 지역에서 이동할 수 없는 클로즈 포인트를 포함하고, 상기 오픈 포인트와 상기 클로즈 포인트는 보로노이 다이어그램을 점으로 표현한 보로노이 포인트이다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 다수의 로봇이 정보를 병렬 연산하여 적은 통신량과 계산량으로 최적의 경로를 설정할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 경로에 대한 정보를 보로노이 다이어그램을 점으로 표현한 보로노이 포인트를 사용하여 적은 통신량과 계산량으로 최적의 경로를 설정할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 경로가 두절되는 경우, 경로 로봇이 경로 설정에 이용한 정보를 이용하여 지역적으로 두절된 경로를 연결할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 순서도.

도 2는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법에서 소스 로봇이 단독으로 정보를 처리할 때의 개념도.

도 3은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법에서 소스 로봇과 경로 로봇이 병렬적으로 정보를 처리할 때의 개념도.

도 4는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 보로노이 포인트를 이용한 메시지 전송을 나타낸 개념도.

도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 보로노이 다이어그램을 이용한 보로노이 포인트(오픈 포인트/클로즈 포인트)의 생성을 나타낸 개념도.

도 7은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 경로 설정을 나타낸 개념도.

도 8은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 통신량 그래프.

도 9는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 통신량 그래프.

도 10은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 통신량 그래프.

도 11은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 통신량 그래프.

도 12는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 계산량 그래프.

도 13은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 계산량 그래프.

도 14는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 계산량 그래프.

도 15는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 계산량 그래프.

도 16은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 계산 시간 그래프.

도 17은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 계산 시간 그래프.

도 18은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 계산 시간 그래프.

도 19는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 계산 시간 그래프.

도 20은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 이동 거리 그래프.

도 21은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 이동 거리 그래프.

도 22는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 이동 거리 그래프.

도 23은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 이동 거리 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0018] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 도면상의 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[0019] 도 1은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 순서도이고, 도 2는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법에서 소스 로봇이 단독으로 정보를 처리할 때의 개념도이다. 도 3은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법에서 소스 로봇과 경로 로봇이 병렬적으로 정보를 처리할 때의 개념도이다. 또한, 도 4는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 보로노이 포인트를 이용한 메시지 전송을 나타낸 개념도이고, 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 보로노이 다이어그램을 이용한 보로노이 포인트(오픈 포인트/클로즈 포인트)의 생성을 나타낸 개념

도이다. 도 7은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 경로 설정을 나타낸 개념도이다.

[0020] 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 도 1에 도시된 바와 같이, 정보를 수신하는 단계(S_1)와, 정보를 판단하는 단계(S_2)와, 정보를 처리하는 단계(S_3), 및 목적지로 이동하는 단계(S_4)를 포함한다.

[0021] 정보를 수신하는 단계(S_1)는 소스(목적지)에서 송신된 정보를 로봇이 수신한다. 이때, 송신된 정보는 모든 로봇들이 수신하지만 소스(목적지)와 가장 가까운 로봇이 해당 정보를 처리한다. 여기서, 본 실시예는 소스(목적지)와 가장 가까운 로봇을 소스 로봇으로 정의하고, 소스 로봇을 제외한 다른 로봇들은 경로 로봇으로 정의한다. 여기서, 소스 로봇은 하나의 로봇이며, 경로 로봇은 하나 이상의 로봇을 포함한다. 또한, 정보를 송신한 소스는 별도의 센서 또는 로봇일 수 있다. 여기서, 정보는 화재, 운반할 물건 등에 의해 발생된 정보, 예를 들어, 화재일 경우 화재 경보, 운반할 물건일 경우, 사람의 지시에 의해 발생된 명령일 수 있다.

[0022] 정보를 판단하는 단계(S_2)는 수신된 정보가 소스 로봇이 단독으로 처리할 수 있는지, 경로 로봇과 함께 병렬적으로 처리해야 되는지를 판단한다. 즉, 수신된 정보의 양으로 소스 로봇이 단독으로 처리할 수 있는지, 경로 로봇과 함께 병렬적으로 처리해야 되는지 판단한다.

[0023] 정보를 처리하는 단계(S_3)는 정보를 판단하는 단계(S_2)에서 판단된 결과에 따라 소스 로봇이 정보를 처리하는 단계(S_{3-1}) 또는 소스 로봇과 경로 로봇이 정보를 병렬적으로 처리하는 단계(S_{3-2})를 수행한다.

[0024] 소스 로봇이 정보를 처리하는 단계(S_{3-1})는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 정보의 양이 소스 로봇 단독으로 처리할 수 있는 경우 소스 로봇 단독으로 정보를 처리한다. 이러한 소스 로봇이 정보를 처리하는 단계(S_{3-1})는 단독 처리 메시지를 전송하는 단계(S_{3-1-1})와, 연산하는 단계(S_{3-1-2}), 및 명령 메시지를 전송하는 단계(S_{3-1-3})를 포함한다.

[0025] 단독 처리 메시지를 전송하는 단계(S_{3-1-1})는 소스 로봇이 단독으로 정보를 처리하기 위해 자신을 제외한 경로 로봇에 단독 처리 메시지를 전송한다. 이에 따라, 소스 로봇이 처리하는 정보는 소스 로봇만이 처리하게 되며, 단독 처리 메시지를 수신한 경로 로봇은 소스 로봇이 처리하는 정보에 관여하지 않는다.

[0026] 연산하는 단계(S_{3-1-2})는 소스 로봇이 정보를 기초로 단독으로 연산을 수행한다.

[0027] 명령 메시지를 전송하는 단계(S_{3-1-3})는 연산하는 단계(S_{3-1-2})에서 연산된 결과에 따라 경로 로봇에 필요한 명령 메시지를 전송한다.

[0028] 다수의 로봇이 정보를 병렬적으로 처리하는 단계(S_{3-2})는 도 1 및 도 3에 도시된 바와 같이, 소스 로봇 단독으로 수신된 정보를 처리할 수 없을 경우, 경로 로봇과 함께 정보를 처리한다. 이를 위해 다수의 로봇이 정보를 병렬적으로 처리하는 단계(S_{3-2})는 로봇을 선택하는 단계(S_{3-2-1})와, 정보를 재전송하는 단계(S_{3-2-2}), 및 병렬 연산을 수행하는 단계(S_{3-2-3})를 포함한다.

[0029] 로봇을 선택하는 단계(S_{3-2-1})는 소스 로봇과 가장 근접한 경로 로봇을 선택한다. 이를 위해 로봇을 선택하는 단계(S_{3-2-1})는 응답 메시지를 전송하는 단계($S_{3-2-1-1}$)와, 답신 메시지(acknowledgement message, Ack message)를 수신하는 단계($S_{3-2-1-2}$)와, 선택 메시지를 전송하는 단계($S_{3-2-1-3}$)을 포함한다.

[0030] 응답 메시지를 전송하는 단계($S_{3-2-1-1}$)는 소스 로봇이 경로 로봇에 응답 메시지를 전송한다. 여기서, 응답 메시지는 소스 로봇이 자신(소스 로봇)이 가지고 있는 정보를 함께 처리할 수 있는 경로 로봇을 판단하기 위한 메시지이며, 응답 메시지는 소스 로봇을 제외한 모든 경로 로봇에 전송된다.

[0031] 답신 메시지를 수신하는 단계($S_{3-2-1-2}$)는 응답 메시지를 수신한 경로 로봇이 소스 로봇에 답신 메시지를 송신한다. 이때, 경로 로봇이 송신한 답신 메시지를 수신한 소스 로봇은 답신 메시지에 의해 경로 로봇과 자신(소스 로봇)의 거리 및 경로 로봇의 사양 정보를 알 수 있다.

[0032] 선택 메시지를 전송하는 단계($S_{3-2-1-3}$)는 답신 메시지를 수신한 소스 로봇은 조건에 맞는 경로 로봇에 선택 메시지를 전송한다. 즉, 답신 메시지에 의해 판단된 소스 로봇과 경로 로봇의 거리 및 경로 로봇의 사양 정보에 의해 소스 로봇은 자신과 근거리에 있으면서 정보를 처리할 수 있는 사양을 가진 경로 로봇에 선택 메시지를 전송

한다. 여기서, 선택 메시지는 자신(소스 로봇)과 함께 정보를 병렬 연산할 경로 로봇에 해당 경로 로봇이 병렬 연산을 위해 선택됨을 인지시키는 메시지이다.

[0033] 정보를 재전송하는 단계(S_{3-2-2})는 소스 로봇이 선택된 경로 로봇에 자신이 가지고 있는 정보 또는 자신이 정보를 기초로 연산한 결과를 재전송한다.

[0034] 병렬 연산을 수행하는 단계(S_{3-2-3})는 선택된 경로 로봇과 병렬 연산을 수행한다.

[0035] 목적지로 이동하는 단계(S_4)는 도 4에 도시된 바와 같이, 보로노이 포인트(오픈 포인트(도 4의 ◎표시)와 클로즈 포인트(도 4의 ㅅ표시)를 포함하는 메시지 생성 및 전송을 통해 소스 로봇과 경로 로봇이 상황이 발생된 목적지(소스)로 이동한다. 이때, 도 4에서 이러한 목적지로 이동하는 단계(S_4)는 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계(S_{4-1})와, 제 1 탐색 메시지를 송신하는 단계(S_{4-2})와, 제 1 탐색 메시지를 처리하는 단계(S_{4-3}) 또는 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4})를 포함한다.

[0036] 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계(S_{4-1})는 소스 로봇이 경로 로봇이 자신의 주변을 탐색하도록 하기 위한 제 1 탐색 메시지를 생성한다. 이러한 제 1 탐색 메시지를 생성하는 단계(S_{4-1})는 자신의 영역을 탐색하는 단계(S_{4-1-1})와, 제 1 오픈 포인트와 제 1 클로즈 포인트를 생성하는 단계(S_{4-1-2})와, 목적지를 판단하는 단계(S_{4-1-3})를 포함한다.

[0037] 자신의 영역을 탐색하는 단계(S_{4-1-1})는 소스 로봇이 자신이 위치한 영역을 탐색하여 이동이 가능한 지점과 이동이 불가능한 지점을 판단한다. 여기서, 이동이 가능한 지점은 장애물이 없는 지점을 의미하며, 이동이 불가능한 지점은 장애물이 존재하여 해당 지점을 통과할 수 없는 지점을 의미한다.

[0038] 제 1 오픈 포인트와 제 1 클로즈 포인트를 생성하는 단계(S_{4-1-2})는 자신의 영역을 탐색한 소스 로봇은 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 자신의 영역에서 이동이 가능한 지점을 점으로 표현한 제 1 오픈 포인트와 자신의 영역에서 이동이 불가능한 지점을 보로노이 포인트로 표현한 제 1 클로즈 포인트를 생성한다.

[0039] 목적지를 판단하는 단계(S_{4-1-3})는 자신의 영역을 탐색한 소스 로봇은 자신의 영역 내에 목적지가 존재하는지 판단한다. 만약, 자신의 영역 내에 목적지가 존재할 경우, 후술될 제 1 탐색 메시지를 전송하는 단계(S_{4-2})와 제 1 탐색 메시지를 처리하는 단계(S_{4-3})는 생략될 수 있다. 또한, 이 경우, 후술될 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4})를 수행한다.

[0040] 제 1 탐색 메시지를 송신하는 단계(S_{4-2})는 소스 로봇이 위치한 영역 내에 목적지가 존재하지 않을 경우, 소스 로봇은 제 1 오픈 포인트와 제 1 클로즈 포인트 및 목적지 주소 등이 포함된 제 1 탐색 메시지를 자신과 근접한 위치에 존재하는 경로 로봇에 전송한다.

[0041] 제 1 탐색 메시지를 처리하는 단계(S_{4-3})는 경로 로봇이 제 1 탐색 메시지에 수신함에 따라 이를 처리한다. 이때, 제 1 탐색 메시지를 처리하는 단계(S_{4-3})는 제 1 탐색 메시지를 수신하는 단계(S_{4-3-1})와, 자신의 영역을 탐색하는 단계(S_{4-3-2})와, 제 2 오픈 포인트와 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계(S_{4-3-3})와, 목적지를 판단하는 단계(S_{4-3-4})와, 제 2 탐색 메시지를 송신하는 단계(S_{4-3-5})를 포함한다.

[0042] 제 1 탐색 메시지를 수신하는 단계(S_{4-3-1})는 소스 로봇이 생성하여 송신한 제 1 탐색 메시지를 모든 경로 로봇 또는 소스 로봇과 근접한 경로 로봇이 수신한다.

[0043] 자신의 영역을 탐색하는 단계(S_{4-3-2})는 제 1 탐색 메시지를 수신한 경로 로봇이 자신이 위치한 영역을 탐색하여 이동이 가능한 경로와 이동이 불가능한 경로를 판단한다.

[0044] 제 2 오픈 포인트와 제 2 클로즈 포인트를 생성하는 단계(S_{4-3-3})는 자신의 영역을 탐색하는 단계(S_{4-3-2})에서 판단된 이동이 가능한 경로를 제 2 오픈 포인트로 표현하고, 이동이 불가능한 경로를 제 2 클로즈 포인트로 표현하여 생성한다.

[0045] 목적지를 판단하는 단계(S_{4-3-4})는 자신의 영역을 탐색한 소스 로봇은 자신의 영역 내에 목적지가 존재하는지 판

단한다. 만약, 자신의 영역 내에 목적지가 존재할 경우, 후술될 제 2 탐색 메시지를 송신하는 단계(S_{4-3-5})는 생략될 수 있다. 또한, 이 경우, 후술될 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4})를 수행한다.

[0046] 제 2 탐색 메시지를 송신하는 단계(S_{4-3-5}) 경로 로봇이 수신한 제 1 탐색 메시지에 경로 로봇 자신이 생성한 제 2 오픈 포인트와 제 2 클로즈 포인트를 추가하여 제 2 탐색 메시지를 생성하여 근접한 경로 로봇에 송신한다.

[0047] 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4})는 전술된 목적지를 판단하는 단계(S_{4-1-3}) 또는 목적지를 판단하는 단계(S_{4-3-4})에서 소스 로봇 또는 경로 로봇이 위치한 영역 내에 목적지가 존재할 경우, 제 1 경로 메시지를 생성한다. 이러한 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4})는 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-1}) 또는 제 2 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-2})를 포함한다.

[0048] 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-1})는 전술된 목적지를 판단하는 단계(S_{4-1-3})에서 목적지를 판단한 주체인 소스 로봇이 위치한 영역 내에 목적지가 존재할 경우, 자신이 알고 있는 오픈 포인트가 포함된 제 1 경로 메시지를 생성한다. 또한, 생성되어 송신된 제 1 경로 메시지에 포함된 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트를 수신한 경로 로봇은 자신이 알고 있는 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트를 비교하여 도 7에 도시된 바와 같이, 최단 경로를 설정할 수 있다. 물론, 이러한 제 1 오픈 포인트 및 제 1 클로즈 포인트와, 제 2 오픈 포인트 및 제 2 클로즈 포인트의 비교는 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-1}) 뿐만 아니라, 탐색 메시지의 송신/수신시 및 후술될 제 2 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-2})에서도 수행될 수 있다.

[0049] 제 2 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-2})는 전술된 목적지를 판단하는 단계(S_{4-3-4})에서 목적지를 판단한 주체인 경로 로봇이 위치한 영역 내에 목적지가 존재할 경우, 자신이 알고 있는 오픈 포인트가 포함된 제 2 경로 메시지를 생성한다.

[0050] 또한, 전술된 제 1 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-1})와 제 2 경로 메시지를 생성하는 단계(S_{4-4-2})에서 생성된 제 1 및 제 2 경로 메시지는 다른 로봇들에게 전파된다.

[0051] 한편, 본 발명은 장애물 등의 위치 이동에 의해 발생되는 경로 두절에 대비하여 경로를 복구하는 단계(S_{4-5})를 더 포함할 수 있다.

[0052] 경로를 복구하는 단계(S_{4-5})는 장애물이 변화됐을 경우, 다른 경로를 설정하기 위해 복구 메시지를 전송한다. 이러한 경로를 복구하는 단계(S_{4-5})는 두절된 경로를 판단하는 단계(S_{4-5-1})와, 모든 경로 메시지를 저장하는 단계(S_{4-5-2})와, 자신을 삭제하는 단계(S_{4-5-3})와, 복구 메시지를 생성하는 단계(S_{4-5-4}), 및 경로 로봇에 복구 메시지를 전송하는 단계(S_{4-5-5})를 포함한다.

[0053] 두절된 경로를 판단하는 단계(S_{4-5-1})는 소스 로봇 또는 경로 로봇이 다른 로봇(경로 로봇 또는 소스 로봇)으로부터 전송받은 탐색 메시지 또는 경로 메시지에 포함된 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 자신이 탐색한 영역의 오픈 포인트 및 클로즈 포인트와 비교하여 매칭되지 않을 경우, 두절된 경로로 판단한다. 이때, 두절된 경로가 자신이 알고 있는 경로일 경우, 경로를 전송하는 단계를 수행하며, 두절된 경로가 자신이 알지 못하는 경로일 경우, 모든 경로 메시지를 저장하는 단계(S_{4-5-2})와, 자신을 삭제하는 단계(S_{4-5-3})와, 복구 메시지를 생성하는 단계(S_{4-5-4}), 및 경로 로봇에 복구 메시지를 전송하는 단계(S_{4-5-5})를 수행한다.

[0054] 경로를 전송하는 단계는 두절된 경로를 판단하는 단계는 두절된 경로가 자신이 알고 있는 경로일 경우, 자신이 알고 있는 경로를 해당 복구 메시지를 전송한 로봇에 전송한다. 물론, 전송되는 경로는 보로노이 포인트로 표현된 오픈 포인트와 클로즈 포인트를 포함한다.

[0055] 모든 경로 메시지를 저장하는 단계(S_{4-5-2})는 자신이 알고 있는 모든 경로 메시지를 저장한다.

[0056] 자신을 삭제하는 단계(S_{4-5-3})는 두절된 경로가 자신이 알지 못하는 경로일 경우, 경로 로봇에서 자신을 삭제한다. 즉, 본 발명에서 소스 로봇과 경로 로봇은 경로 로봇들의 리스트인 경로 로봇 리스트를 보유하고 있으며, 자신을 삭제하는 단계(S_{4-5-3})에서는 상기 경로 로봇 리스트에서 자신을 삭제하여 자신은 두절된 경로를 알지 못함을 알린다.

[0057] 복구 메시지를 생성하는 단계(S_{4-5-4})는 자신이 알고 있는 경로(오픈 포인트/클로즈 포인트)가 포함된 복구 메시지를 생성한다.

[0058] 경로 로봇에 복구 메시지를 전송하는 단계(S_{4-5-5})는 자신의 경로를 추가한 복구 메시지를 이웃한 경로 로봇에 전송한다. 이때, 상기 복구 메시지를 수신한 경로 로봇은 경로를 복구하는 단계(S_{4-5})를 재수행한다.

[0059] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 경로의 계산을 경로 로봇이 분산 계산하여 적은 시간 안에 경로를 만들 수 있다. 두절된 경로를 재설정함에 따라 짧은 시간 내에 최단거리를 만들 수 있으며, 보로노이 포인트를 이용하여 전체 통신량을 줄인다. 이하에서는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법과 기존의 중앙집중 기법에 대해 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 분석하였다. 또한, 공간의 크기와 로봇의 수의 변화에 따른 결과를 얻기 위해 아래의 표1과 같은 4가지 시나리오에서의 성능평가를 실시하였다.

표 1

[0060]

시나리오1	적은 수의 로봇(6대의 로봇) 작은 영역(40m×40m)
시나리오2	적은 수의 로봇(6대의 로봇) 큰 영역(80m×80m)
시나리오3	많은 수의 로봇(12대의 로봇) 작은 영역(40m×40m)
시나리오4	많은 수의 로봇(12대의 로봇) 큰 영역(80m×80m)

[0061] 정확한 성능평가 및 장애물의 변화에 따른 성능평가를 위해 각각의 시나리오는 아래의 표2와 같이 배치가 다른 4가지의 배치에서 장애물이 3번 변화한다.

표 2

[0062]

	기본	재배치	재배치	재배치
기본	1	2	3	4
첫 장애물 변화	5	6	7	8
두 번째 장애물 변화	9	10	11	12
세 번째 장애물 변화	13	14	15	16

[0063] 다수의 로봇이 한쪽에 배치되어 정확한 성능이 나오지 않는 경우를 방지하기 위해 절반의 로봇은 보로노이 다이어그램을 통해 배치되며, 나머지 절반의 로봇은 임의로 배치된다. 또한, 로봇은 1m/s로 이동한다. 주변 정보 센싱은 실제 초음파 거리센서의 거리와 동일한 3m로 가정하며, 통신거리는 실내에서의 무선랜 통신거리인 25m로 가정한다. 또한, 모든 로봇은 절대 위치를 오차 없이 알고 있으며, 장애물 센싱에 오차가 없다고 가정한다. 시뮬레이션은 C++을 이용하여 구현하였다.

[0064] 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 오픈 포인트로 이루어진 아래의 수학식1과 같은 경로를 이용하므로 아래의 수학식2를 이용하여 각 로봇의 이동거리를 계산한다. 또한, 모든 로봇의 이동거리는 수학식3을 이용한다.

수학식 1

[0065]

$$O_{ij}^{(1)} \cdots i_j^{(k)}$$

수학식 2

[0066] $$P_i = \sum_{i=1}^{N-1} \| O_{i+1,j+1}^{(k)} - O_{i,j}^{(k)} \|$$

수학식 3

[0067] $$T = \sum_{i=1}^{N} P_i$$

[0068] 중앙집중 기법은 주변 환경정보를 그대로 전송하므로 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법보다 많은 전송량을 가지게 된다. 전송량은 아래의 수학식4 및 수학식5와 같이 같은 크기의 요청과 다른 크기의 답변 메시지(Ack)의 합으로 구해진다.

수학식 4

[0069] $$CA = \sum_{i=1}^{N} C_i$$

수학식 5

[0070] $$DA = \sum_{i=1}^{N} D_i$$

수학식 6

[0071] $$TC = \alpha \cdot \Sigma R_i + \beta \cdot \Sigma CA_i$$

수학식 7

[0072] $$TD = \alpha \cdot \Sigma R_i + \gamma \cdot \Sigma CD_i$$

[0073] 여기서, α는 응답 메시지의 크기이고, β는 중앙집중 기법의 답변 메시지(Ack) 크기이며, γ는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법의 답변 메시지(Ack) 크기이다.

[0074] 계산량은 각 답변 메시지(Ack)에 대한 데이터 크기를 곱하여 아래의 수학식8 및 수학식9와 같이 얻을 수 있다.

수학식 8

[0075] $$CC = \lambda \bullet \Sigma C_i$$

수학식 9

[0076] $$CD = \mu \bullet \Sigma D_i$$

[0077] 여기서, λ는 CA를 위한 필요조건이며, μ는 DA를 위한 필요조건이다.

[0078] 전술된 환경에서 시뮬레이션 모델과 시나리오를 통해 성능을 분석한 결과, 로봇이 많을수록, 장애물 지도가 커질수록 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 중앙집중 기법보다 좋은 성능을 보였다.

[0079] 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 보로노이 포인트를 이용하여 같은 크기의 환경 정보를 전송할 때 데이터의 크기를 줄였다. 그래프 상에서는 상대적으로 적은 통신량을 보이지만 중앙집중 기법은 많은 공간을 고려하지 않기 때문에 가장 중요한 최단 경로를 구하지 못하였다. 하지만 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 탐색되지 않은 지역까지 정보를 전송하여 통신량은 늘어났지만 최단경로를 구할 수 있었다.

[0080] 도 8은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 통신량 그래프이고, 도 9는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 통신량 그래프이다. 도 10은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 통신량 그래프이고, 도 11은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 통신량 그래프이다.

[0081] 도 8을 참조하면, 적은 수의 로봇과 작은 공간으로 이루어진 시나리오1에서의 통신량은 중앙집중 기법에서 고려된 환경의 크기가 분산 기법에서 고려된 환경 크기에 비해 작고, 같은 환경정보를 보낼 때 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 적은 데이터를 보내기 때문에 큰 차이는 보이지 않는다.

[0082] 도 9를 참조하면, 넓은 환경에 적은 수의 로봇의 이동에서는 변화가 없을 때에는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 많은 환경을 고려하여 더 많은 데이터 전송을 보인다. 하지만, 중앙집중 기법은 적은 환경을 고려함에도 불구하고 변화할 때마다 더 많은 데이터 전송을 요구하는 것을 알 수 있다.

[0083] 도 10을 참조하면, 같은 수의 로봇이 전체 환경 크기가 커진 환경에서는 중앙집중 기법이 고려된 환경의 크기가 작음에도 불구하고 많은 이동으로 인해 많은 데이터 전송량을 보인다.

[0084] 도 11을 참조하면, 넓은 공간에 많은 로봇이 있는 환경에서 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 줄어든 환경데이터를 이용함으로서 많은 공간을 고려했음에도 불구하고 변화하지 않을 때도 중앙집중 기법과 비슷한 전송량을 보였다. 그리고 전체 환경이 변화함에 따라 지역적인 해결을 이용하여 큰 통신량의 증가 없이 경로를 찾을 수 있었다.

[0085] 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 보로노이 포인트를 이용하여 같은 크기의 환경 정보를 전송할 때 데이터의 크기를 줄였다. 이를 위해서 전송하기 전에 보로노이 포인트를 구하는 오버헤드를 가진다. 하지만, 본 발명은 A*알고리듬에 비해 복잡도가 낮다. 중앙집중 기법은 탐색되지 않은 공간을 고려하지 않기 때문에 그래프 상에서 볼 대 작은 공간에서는 중앙집중 기법과 비슷한 계산량을 가진다. 그리고 넓은 공간에서는 계산량이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 계산량의 결과를 분석하면 보로노이 포인트를 이용하였음에도 불구하고 더 많은 계산량을 보인다. 하지만 더 많은 지역을 계산함에 따라 발생되는 계산량이므로 더 중요한 요소인 최단거리를 구하기 위한 상반관계(trade-off)이다.

[0086] 도 12는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 계산량 그래프이고, 도 13은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 계산량 그래

프이다. 도 14는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 계산량 그래프이고, 도 15는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 계산량 그래프이다.

[0087] 도 12를 참조하면, 많은 주변정보를 처리함에 따라 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 더 많은 계산량을 가진다. 하지만 한 곳에서 계산되는 중앙집중 기법과 달리 경로에 있는 로봇들의 계산량의 합이므로 실제 한 로봇의 계산량은 크게 줄어들게 되며, 이를 통해 짧은 시간 내에 결과를 구할 수 있다.

[0088] 도 13을 참조하면, 중앙집중 기법의 넓은 공간에서의 이동은 두절된 공간이동 시 통신을 이용하지 않기 때문에 통신량이 줄어들며, 적은 환경내의 경로를 설정하므로 적은 계산량을 가진다. 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 넓은 공간을 고려하여 최단거리를 구하기 위해 많은 계산량을 가지지만, 분산된 계산을 통하여 짧은 계산시간을 가질 수 있다.

[0089] 도 14를 참조하면, 작은 공간에 많은 로봇에 의해 거의 모든 공간이 고려되는 경우에는 중앙집중 기법과 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 비슷한 계산량을 보인다. 경로에 변화가 없는 경우에는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 약간 더 많은 계산을 하지만, 변화함에 따라 중앙집중 기법보다 적은 계산량을 가진다.

[0090] 도 15를 참조하면, 넓은 공간에서는 적은 환경만을 고려하기 때문에 중앙집중 기법이 적은 계산량을 가지지만, 많은 환경을 고려하여 로봇의 이동에서 중요한 최단거리를 구하기 위한 오버헤드이다.

[0091] 로봇의 경로 탐색 방법에서 제한된 시간 내에 결과를 구하는 것은 중요한 요소이다. 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 한 로봇에 집중되는 계산이 아닌 소스 로봇과 경로 로봇을 포함하는 다수의 로봇이 분산된 계산을 통해 빠른 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0092] 도 16은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 계산 시간 그래프이고, 도 17은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 계산 시간 그래프이다. 도 18은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 계산 시간 그래프이고, 도 19는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 계산 시간 그래프이다.

[0093] 도 16 내지 도 19에서 중앙집중 기법과 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 비슷한 계산시간을 보인다. 중앙집중 기법은 한 곳에서 계산된 시간이지만 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 경로 로봇의 계산 시간의 총합이기 때문에 분산 계산을 통해 짧은 시간 내에 결과를 얻을 수 있다. 도 18 및 도 19와 같이 많은 수의 로봇에서는 고려된 공간이 많아짐에 따라 중앙집중 기법이 많은 시간을 보이는 것에 비해 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 적은 계산시간을 가짐을 확인할 수 있다.

[0094] 로봇 계산능력과 통신능력, 에너지의 제약이 적은 편이기 때문에 경로 찾기에서 최단거리를 찾는 것은 가장 중요한 요소이다. 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 짧은 시간 내에 많은 공간에 대한 계산을 통하여 최단거리를 구한다.

[0095] 도 20은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오1의 총 이동 거리 그래프이고, 도 21은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오2의 총 이동 거리 그래프이다. 도 22는 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오3의 총 이동 거리 그래프이고, 도 23은 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 이용한 시나리오4의 총 이동 거리 그래프이다.

[0096] 도 20 내지 도 23에 도시된 바와 같이, 작은 공간에 많은 로봇이 있는 경우에는 중앙집중 기법과 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법이 큰 차이가 없지만, 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 로봇이 적을 때에도 넓은 공간에서 최단거리를 구할 수 있다.

[0097] 도 20을 참조하면, 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 넓은 환경을 고려하여 경로의 변화가 없을 때에는 짧은 경로를 얻을 수 있으며, 경로가 변화하는 환경에서도 큰 거리의 증가가 없음을 알 수 있다.

[0098] 도 21을 참조하면, 중앙집중 기법은 연결된 경로를 찾지 못하여 환경정보를 받지 못하고 이동하며, 이에 따라

큰 이동거리를 가진다.

[0099] 도 22를 참조하면, 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 이미 모든 환경을 고려하므로 이동거리가 짧아지지 않았으나, 중앙집중 기법은 많은 수의 로봇으로 이동거리가 줄어들었음을 알 수 있다.

[0100] 도 23을 참조하면, 중앙집중 기법은 로봇이 증가함에 따라 약간의 거리가 줄어들었지만 로봇이 두 배가 증가함에도 불구하고 큰 이동거리의 감소를 볼 수 없다. 하지만, 본 발명에 따른 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법은 많은 환경을 고려하여 환경 변화가 없을 때에도 짧은 경로를 구할 수 있었으며, 환경이 변화함에도 큰 거리의 변화 없이 목적지까지의 경로를 구할 수 있다.

[0101] 상술한 바와 같이 본 발명은 다수의 로봇이 정보를 병렬 연산하여 적은 통신량과 계산량으로 최적의 경로를 설정할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 경로에 대한 정보를 보로노이 다이어그램을 점으로 표현한 보로노이 포인트를 사용하여 적은 통신량과 계산량으로 최적의 경로를 설정할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 경로가 두절되는 경우, 경로 로봇이 경로 설정에 이용한 정보를 이용하여 지역적으로 두절된 경로를 연결할 수 있는 동적 환경에서 분산 로봇의 경로 탐색 방법을 제공할 수 있다.

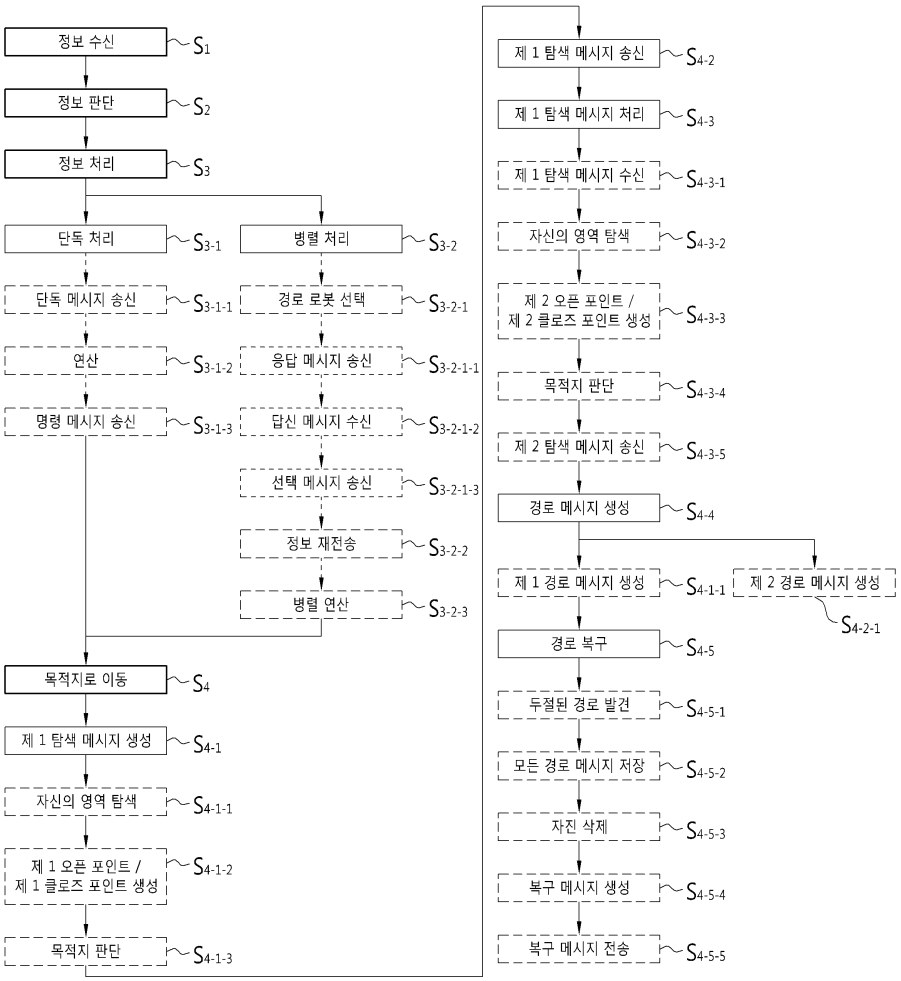
[0102] 이상에서는 도면 및 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

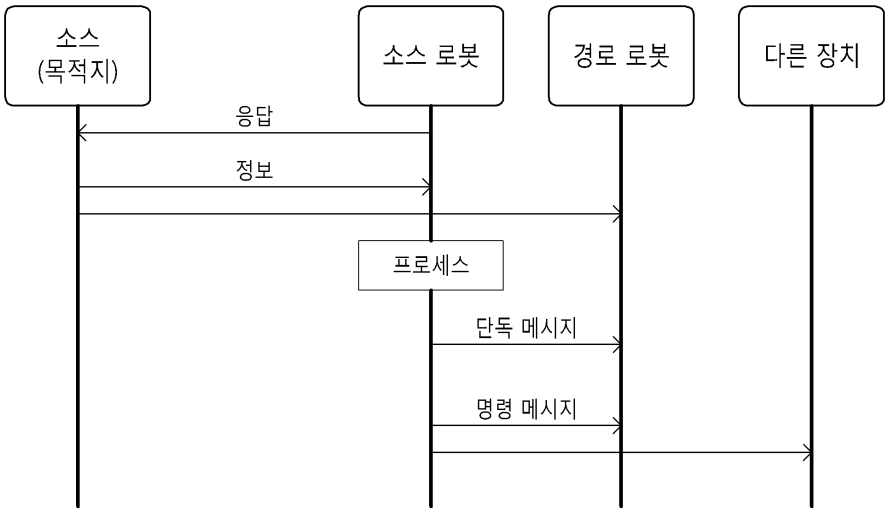
[0103] ◎: 오픈 포인트 ×: 클로즈 포인트

도면

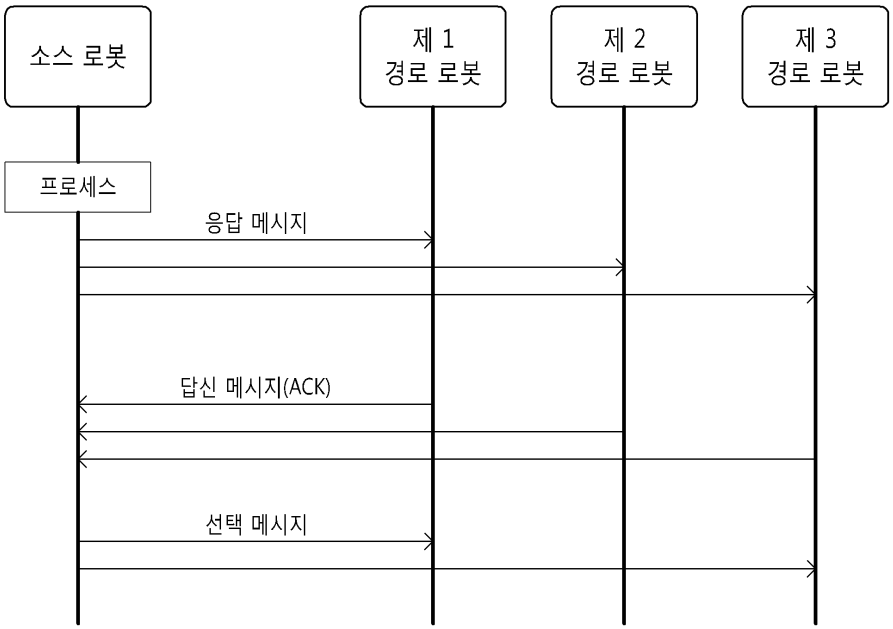
도면1


정보 수신
S1
정보 판단
S2
정보 처리
S3
단독 처리
S3-1
병렬 처리
S3-2
단독 메시지 송신
S3-1-1
경로 로봇 선택
S3-2-1
연산
S3-1-2
응답 메시지 송신
S3-2-1-1
명령 메시지 송신
S3-1-3
답신 메시지 수신
S3-2-1-2
선택 메시지 송신
S3-2-1-3
정보 재전송
S3-2-2
병렬 연산
S3-2-3
목적지로 이동
S4
제 1 탐색 메시지 생성
S4-1
자신의 영역 탐색
S4-1-1
제 1 오픈 포인트 / 제 1 클로즈 포인트 생성
S4-1-2
목적지 판단
S4-1-3
제 1 탐색 메시지 송신
S4-2
제 1 탐색 메시지 처리
S4-3
제 1 탐색 메시지 수신
S4-3-1
자신의 영역 탐색
S4-3-2
제 2 오픈 포인트 / 제 2 클로즈 포인트 생성
S4-3-3
목적지 판단
S4-3-4
제 2 탐색 메시지 송신
S4-3-5
경로 메시지 생성
S4-4
제 1 경로 메시지 생성
S4-1-1
제 2 경로 메시지 생성
S4-2-1
경로 복구
S4-5
두절된 경로 발견
S4-5-1
모든 경로 메시지 저장
S4-5-2
자진 삭제
S4-5-3
복구 메시지 생성
S4-5-4
복구 메시지 전송
S4-5-5

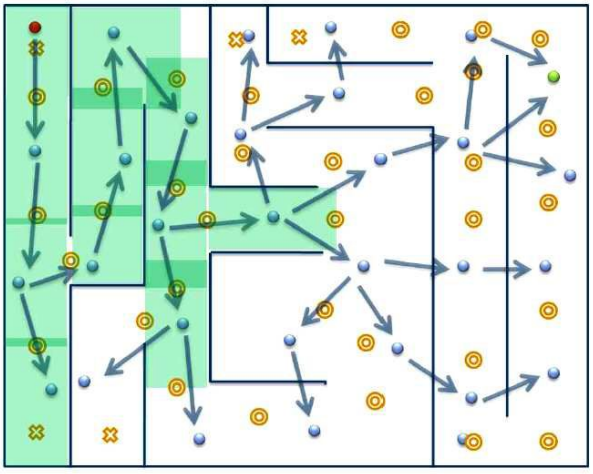
도면2


소스 (목적지)
소스 로봇
경로 로봇
다른 장치
응답
정보
프로세스
단독 메시지
명령 메시지

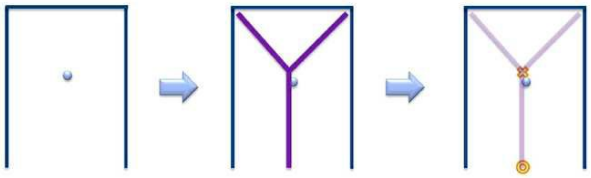
도면3



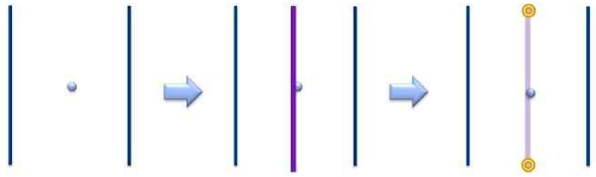
도면4



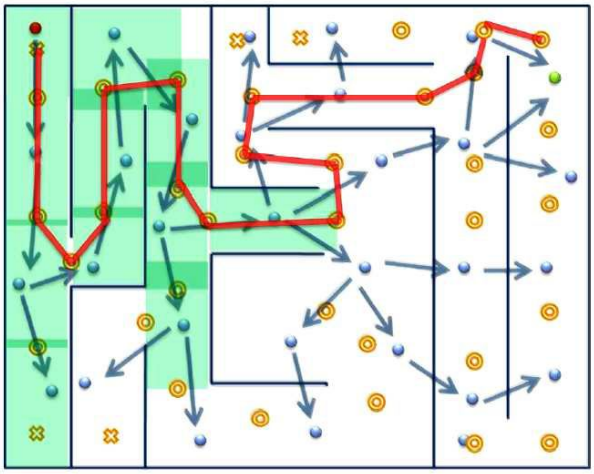
도면5



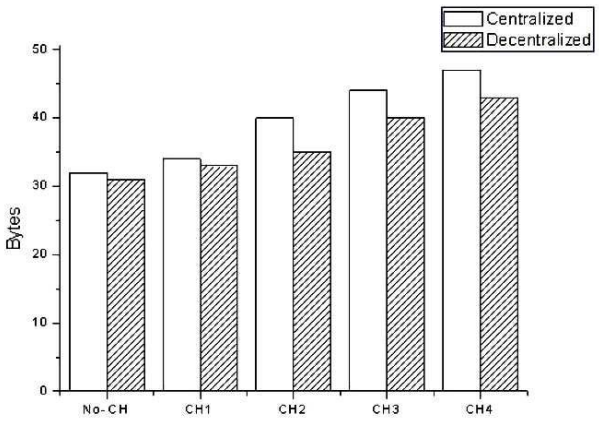
도면6



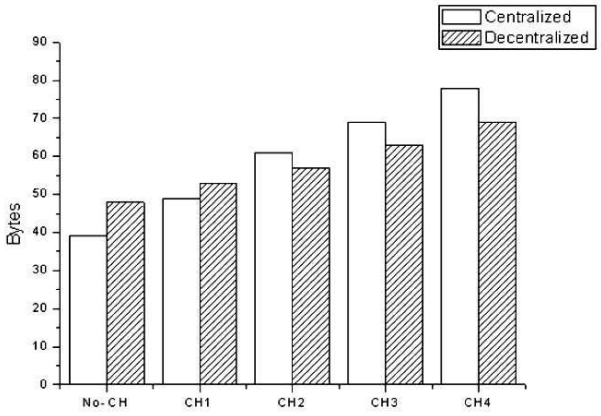
도면7



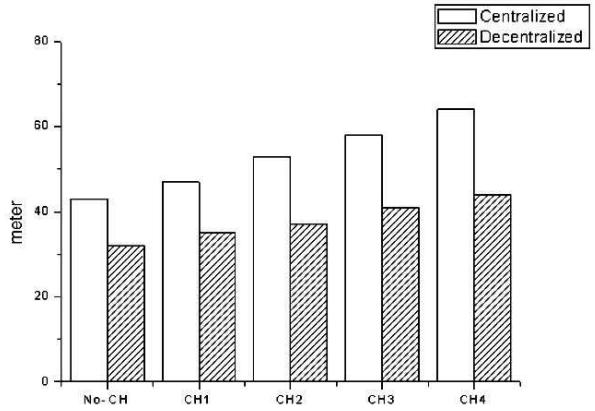
도면8


Centralized
Decentralized
Bytes
50
40
30
20
10
0
No-CH
CH1
CH2
CH3
CH4

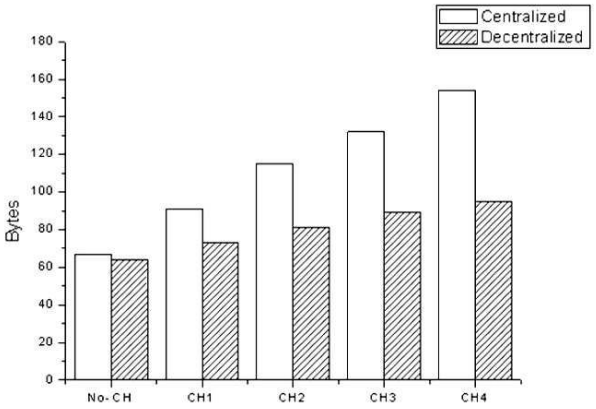
도면9



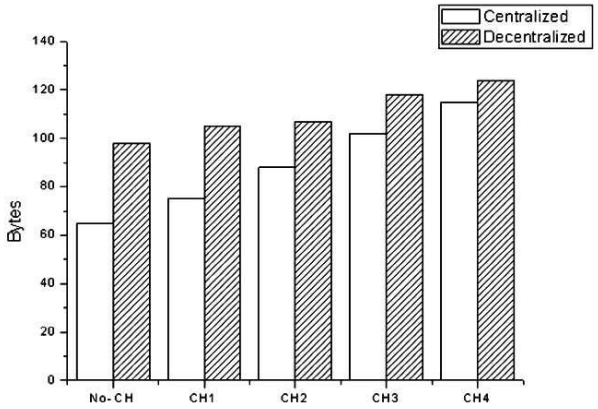
도면10



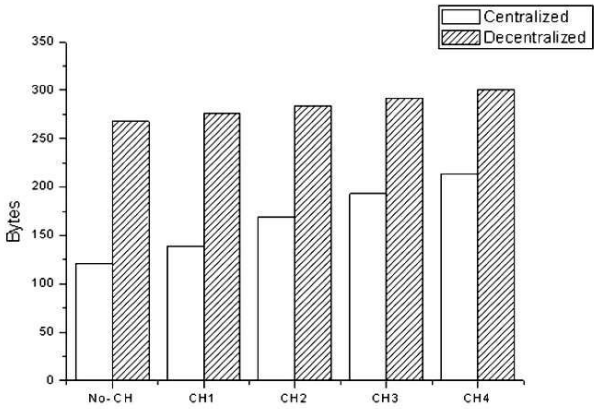
도면11



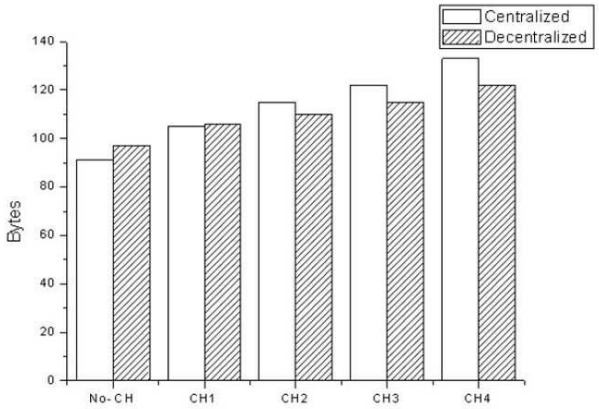
도면12



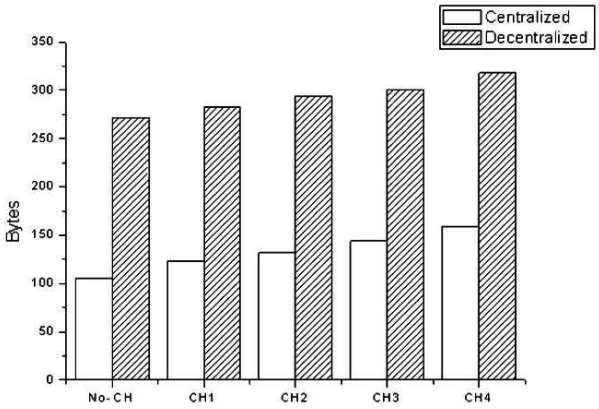
도면13



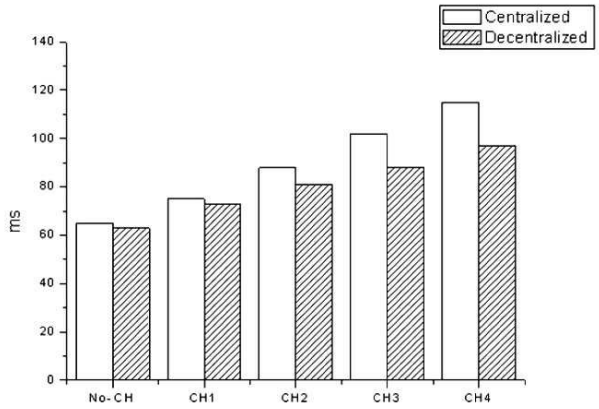
도면14



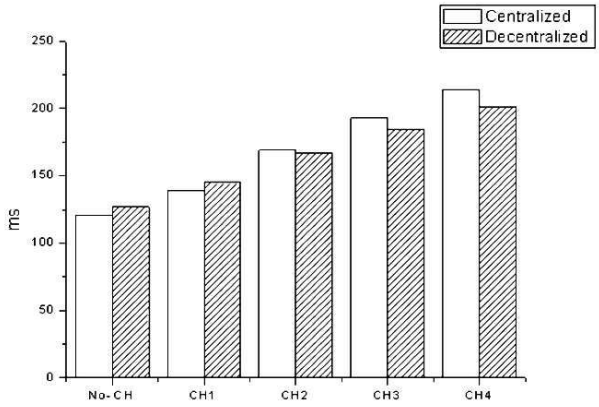
도면15



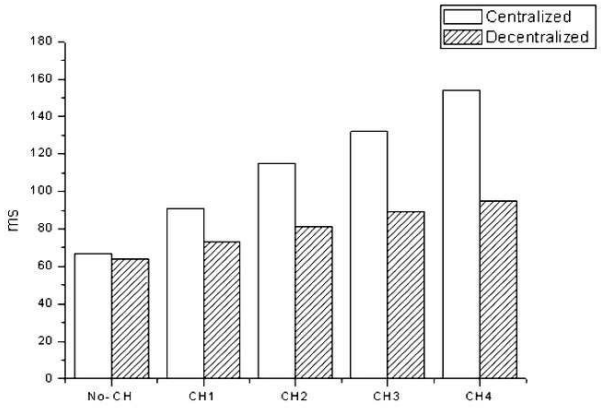
도면16



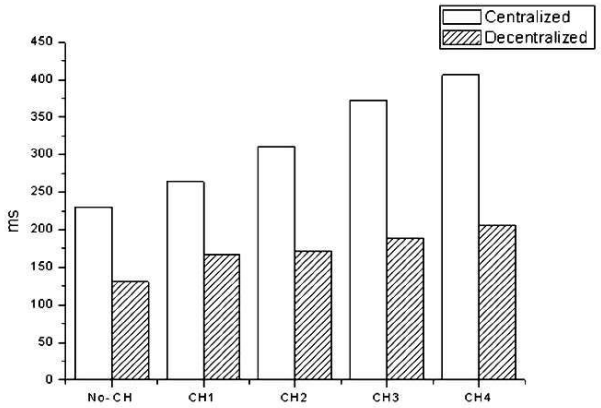
도면17



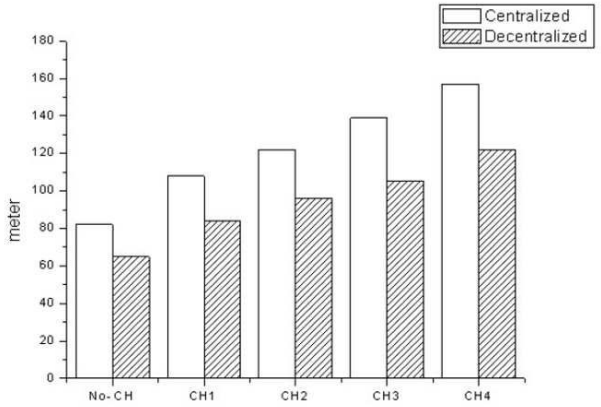
도면18



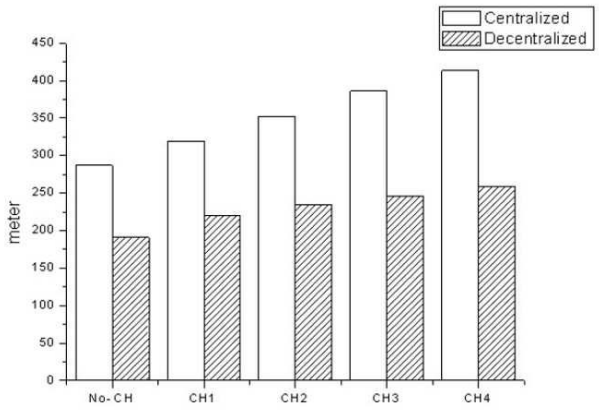
도면19



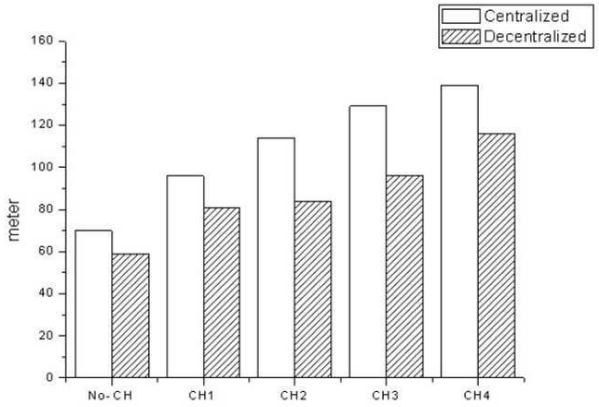
도면20



도면21



도면22



도면23

