

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0156225
(43) 공개일자 2024년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05D 1/20 (2024.01) B25J 11/00 (2006.01)

B25J 9/16 (2006.01) G01C 21/34 (2006.01)

G06Q 10/08 (2024.01)

(52) CPC특허분류

G05D 1/0217 (2013.01)

B25J 11/008 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0052957

(22) 출원일자 2023년04월21일

심사청구일자 2023년04월21일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

정호상

서울특별시 강남구 삼성로 150, 202동 1006호 (대치동, 한보미도맨션)

김준수

서울특별시 강서구 양천로77길 45, 102동 502호 (염창동, 무학아파트)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 9 항

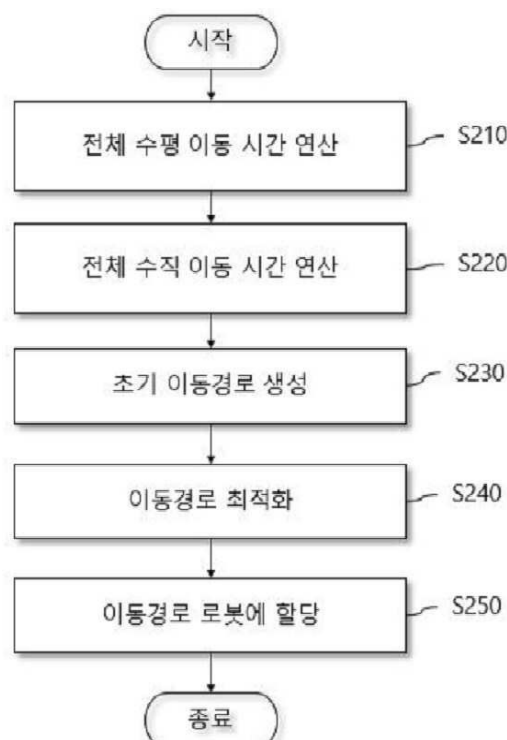
(54) 발명의 명칭 배송로봇의 이동경로 결정 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 배송로봇 이동경로 결정 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산하는 단계; 전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산하는 단계; 상기 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 알고리즘에 적용하여 초기 이동 경로를 생성하는 단계; 상기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화하는 단계; 그리고 상기 최적화된 이동경로를 로봇에 할당하여 로봇의 이동경로를 제어하는 단계;를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 로봇 움직임의 특성, 엘리베이터 이동 시간, 건물 층수, 로봇 적재 가능량 및 고객수를 포함하는 변수들을 고려하여 배송로봇 이동시간을 연산하여 효율적인 배송로봇의 이동경로를 결정할 수 있다.

또한 배송로봇 이동 시간을 연산하고 이를 이동경로 생성 알고리즘에 적용함으로써 신속하게 이동경로를 생성하여 라스트-마일 배송에 드는 비용을 감소 시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

B25J 9/1664 (2013.01)

G01C 21/3446 (2013.01)

G05D 1/0223 (2013.01)

G06Q 10/08 (2023.01)

G06Q 10/08355 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711168773
과제번호	2020R1F1A1070790
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	인도어 환경에서의 수직/수평 경로 및 불확실성을 고려한 로봇 기반 라스트 마일 딜리버리 최적화
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2020.06.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산하는 단계;

전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산하는 단계;

상기 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 알고리즘에 적용하여 초기 이동 경로를 생성하는 단계;

상기 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화하는 단계; 그리고

상기 최적화된 이동경로를 로봇에 할당하여 로봇의 이동경로를 제어하는 단계; 를 포함하는 이동경로 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전체 수평 이동 거리는,

이동 시작점에서 도착점까지의 거리이며, 가속 구간, 일정 구간 또는 감속 구간을 포함하고,

상기 수평 이동 시간을 연산하는 단계는,

가속 구간에 대해서는, 배송로봇의 이동 속력이 0에서 최대 속력(V_{max})에 도달하기까지 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하고, 이를 이용하여 가속 구간의 이동 거리를 계산하고,

감속 구간에 대해서는, 배송로봇이 코너링 하는 경우에는 최대 속력에서 안전 속력(V_{safe})까지 도달하기까지 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하고, 배송로봇이 도착점에 도착하는 경우에는 최대 속력(V_{max})에서 0까지 도달하는데 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하며, 이를 이용하여 감속 구간의 이동 거리를 계산하며,

일정 구간에 대해서는, 전체 수평 이동 거리에서 가속 구간의 이동 거리와 감속 구간의 이동 거리를 제하여 일정 구간의 이동 거리를 산출하고 일정 구간의 이동 거리를 속력으로 나누어 이동 시간을 연산하는 이동경로 결정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수평 이동 시간을 연산하는 단계는,

하기의 수학식에 따라 수평 이동 시간을 연산하고;

$$t_{ij}^h = \frac{V_{max}}{A} + \frac{V_{max}}{D} + c_{ij} \left(\frac{V_{max} - V_{safe}}{A} + \frac{V_{max} - V_{safe}}{D} \right) + \frac{\sum_{m=1}^{c_{ij}+1} L_m - \sum_{m=1}^{c_{ij}+1} \left\{ \frac{(V_{max} - V_{min_A}^m)^2}{2A} + \frac{V_{min_A}^m (V_{max} - V_{min_A}^m)}{A} + \frac{(V_{max} - V_{min_D}^m)^2}{2D} + \frac{V_{min_D}^m (V_{max} - V_{min_D}^m)}{D} \right\}}{V_{max}}$$

이때, t_{ij}^h 는 수평 이동 시간을 의미하고, A는 가속도를 의미하고, U는 일정 속도를 의미하고, D는 감속도를 의미하고, L_{ij} 는 두 노드 사이의 이동 거리를 의미하며 i'는 코너를 기준으로 분리된 이동거리의 인덱스를 나타내는 것이고, $L_{ij'}$ 는 i'는 코너를 기준으로 분리된 이동거리의 인덱스를 나타내는 것이고, j'는 A(가속구간), U(일정

속도 구간), D(감속구간) 중에서 적어도 하나를 포함하는 속도 구간의 인덱스를 나타내는 것이고, T_{ij}' 는 이동 거리에 따른 이동 시간을 의미하고, V_{max} 는 배송로봇의 최대 속도를 의미하고, V_{safe} 는 코너를 안전하게 돌 수 있도록 감속을 통해 얻은 로봇 안전 속도를 의미하는 이동경로 결정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수직 이동 시간을 연산하는 단계는,

대기 시간(w_ω) 및 이동 시간(T_4')을 합산하여 배송로봇의 엘리베이터 이용시간을 연산하고,

상기 대기 시간은 피크, 보통 및 여유 중에서 적어도 하나를 포함하는 건물의 인구 밀도 상황(ω)에 따른 소요 시간을 의미하며,

상기 이동 시간은 층 간 이동하는데 소요되는 시간과 이동 중 엘리베이터가 정지하는데 소요되는 시간을 포함하는 이동경로 결정 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 수직 이동 시간을 연산하는 단계는,

층별로 엘리베이터 정지 여부를 베르누이 시행으로 모형화 하고, 기 설정된 층 이상의 고층 건물에서는 이항분포로 엘리베이터 정지여부를 모형화하는 이동경로 결정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 수직 이동 시간을 연산하는 단계는,

하기의 수학적식에 따라 수직 이동 시간을 연산하고;

$$t_{ij}^v = w_\omega + 2s + (r \cdot p_\omega \cdot s') + \frac{L_4}{V_e}$$

t_{ij}^v 는 수직 이동 시간을 의미하고, h는 층간 거리를 의미하고, L_4 는 n층과 m층까지 수직 이동거리를 의미하고, ω 는 건물의 인구 밀도 상황을 의미하고, w_ω 는 ω 에 따른 엘리베이터 대기 시간을 의미하고, s는 정지 소요시간을 의미하고, s'는 중간에 정지하는 소요시간을 의미하고, V_e 는 엘리베이터의 속도를 의미하고, T_4' 는 n층과 m층까지 이동하는 총 이동시간을 의미하는 이동경로 결정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 초기 이동경로를 생성하는 단계는,

제1 시작점으로부터 건물 내 복수의 도착점 별로 이동시간을 연산하는 단계,

상기 제1 시작점으로부터 이동시간이 가장 긴 도착점을 선별하는 단계,

상기 선별된 도착점에 대응하는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는지 판단하는 단계,

상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는 경우에는 선별된 도착점을 제외하고, 이동시간이 가장 길고 대응되는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 미만인 도착점을 제1 도착점으로 선택하고,

상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 경우에는 선별된 도착점을 제1 도착점으로 선택하는 단계,
 상기 제1 도착점을 제2 시작점으로 설정하고, 상기 제2 시작점으로부터 건물 내 복수의 도착점 별로 이동시간을 연산하는 단계,
 상기 제2 시작점으로부터 이동시간이 가장 짧은 도착점을 선별하는 단계,
 상기 선별된 도착점에 대응하는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는지 판단하는 단계,
 상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는 경우에는 선별된 도착점을 제외하고, 이동시간이 가장 짧고 대응되는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 도착점을 제2 도착점으로 선택하고,
 상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 경우에는 선별된 도착점을 제2 도착점으로 선택하는 단계,
 상기 건물 내의 모든 도착점을 포함하도록 하나 이상의 방문 묶음을 생성하는 단계, 그리고
 상기 방문 묶음을 이용하여 초기 이동경로를 생성하는 단계를 포함하는 이동경로 결정 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 경로를 최적화하는 단계는,
 최적화 알고리즘으로 유전 알고리즘을 사용하며,
 유전 알고리즘의 교차 연산자에서 같은 층을 하나의 그룹으로 유지하고,
 돌연변이 연산자에서 배송로봇의 적재 용량을 초과하지 않도록 방문 고객의 수요를 고려하는 이동경로 결정 방법.

청구항 9

배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산하는 수평 이동 시간 연산부;
 상기 배송로봇의 전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산하는 수직 이동 시간 연산부;
 상기 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 알고리즘에 적용하여 초기 이동경로를 생성하는 경로 생성부;
 상기 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화하는 경로 최적화부; 그리고
 상기 최적화된 이동경로를 로봇에 할당하여 로봇의 이동경로를 제어하는 제어부; 를 포함하는 이동경로 결정 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 배송로봇의 이동경로 결정 방법 및 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 다층 구조를 가진 실내 환경에서 배송로봇의 수평 이동 및 수직 이동을 고려하여 배송로봇의 이동경로를 결정하는 배송로봇의 이동경로 결정 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 온라인 쇼핑 및 비대면 배달 서비스의 수요가 증가하고 로봇 기술이 발달함에 따라서 라스트-마일(last-mile) 배송에 드론 및 로봇을 적용하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 드론을 이용한 라스트-마일 배송은 농촌 지역에 적합하며, 로봇을 이용한 라스트-마일 배송은 다층건물이 밀집된 도시 지역에 적합한 배송방식으로 채택된다. 기존의 로봇을 이용한 배송은 이동 시간만을 이용하여 배송 경로를 채택하게 되어 이동 시간에 영향을 미치는 여러 요소에 대해 고려하지 않는다는 한계가 있다.

[0003] 따라서, 로봇 움직임의 특성을 고려하여 효율적인 배송로봇의 이동경로를 결정할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

[0004] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국등록특허 제10-2088415호(2020.03.12. 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 로봇 움직임의 특성을 고려하여 배송로봇 이동시간을 연산하여 효율적인 배송로봇의 이동경로를 결정할 수 있는 배송로봇 이동경로 결정 방법 및 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산하는 단계; 전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산하는 단계; 상기 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 알고리즘에 적용하여 초기 이동경로를 생성하는 단계; 상기 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 경로를 최적화하는 단계; 그리고 상기 최적화된 이동경로를 로봇에 할당하여 로봇의 이동경로를 제어하는 단계; 를 포함한다.

[0007] 상기 전체 수평 이동 거리는, 이동 시작점에서 도착점까지의 거리이며, 가속 구간, 일정 구간 또는 감속 구간을 포함하고, 상기 수평 이동 시간을 연산하는 단계는, 가속 구간에 대해서는, 배송로봇의 이동 속력이 0에서 최대 속력(V_{max})에 도달하기까지 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하고, 이를 이용하여 가속 구간의 이동 거리를 계산하고, 감속 구간에 대해서는, 배송로봇이 코너링 하는 경우에는 최대 속력에서 안전 속력(V_{safe})까지 도달하기까지 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하고, 배송로봇이 도착점에 도착하는 경우에는 최대 속력(V_{max})에서 0까지 도달하는데 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하며, 이를 이용하여 감속 구간의 이동 거리를 계산하며, 일정 구간에 대해서는, 전체 수평 이동 거리에서 가속 구간의 이동 거리와 감속 구간의 이동 거리를 제하여 일정 구간의 이동 거리를 산출하고 일정 구간의 이동 거리를 속력으로 나누어 이동 시간을 연산할 수 있다.

[0008] 상기 수평 이동 시간을 연산하는 단계는, 하기의 수학적식에 따라 수평 이동 시간을 연산하고;

$$t_{ij}^h = \frac{V_{max}}{A} + \frac{V_{max}}{D} + c_{ij} \left(\frac{V_{max} - V_{safe}}{A} + \frac{V_{max} - V_{safe}}{D} \right) + \frac{\sum_{m=1}^{c_{ij}+1} L_m - \sum_{m=1}^{c_{ij}+1} \left\{ \frac{(V_{max} - V_{min,A}^m)^2}{2A} + \frac{V_{min,A}^m (V_{max} - V_{min,A}^m)}{A} + \frac{(V_{max} - V_{min,D}^m)^2}{2D} + \frac{V_{min,D}^m (V_{max} - V_{min,D}^m)}{D} \right\}}{V_{max}}$$

[0009]

[0010] 이때, t_{ij}^h 는 수평 이동 시간을 의미하고, A는 가속도를 의미하고, U는 일정 속도를 의미하고, D는 감속도를 의미하고, L_{ij} 는 두 노드 사이의 이동 거리를 의미하며 i'는 코너를 기준으로 분리된 이동거리의 인덱스를 나타내는 것이고, $L_{ij'}$ 는 i'는 코너를 기준으로 분리된 이동거리의 인덱스를 나타내는 것이고, j'는 A(가속구간), U(일정 속도 구간), D(감속구간) 중에서 적어도 하나를 포함하는 속도 구간의 인덱스를 나타내는 것이고, $T_{ij'}$ 는 이동 거리에 따른 이동 시간을 의미하고, V_{max} 는 배송로봇의 최대 속도를 의미하고, V_{safe} 는 코너를 안전하게 돌 수 있도록 감속을 통해 얻은 로봇 안전 속도를 의미할 수 있다.

[0011] 상기 수직 이동 시간을 연산하는 단계는, 대기 시간($W\omega$) 및 이동 시간(T_4')을 합산하여 배송로봇의 엘리베이터 이용시간을 연산하고, 상기 대기 시간은 피크, 보통 및 여유 중에서 적어도 하나를 포함하는 건물의 인구 밀도 상황(ω)에 따른 소요시간을 의미하며, 상기 이동 시간은 층 간 이동하는데 소요되는 시간과 이동 중 엘리베이터가 정지하는데 소요되는 시간을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 수직 이동 시간을 연산하는 단계는, 층별로 엘리베이터 정지 여부를 베르누이 시행으로 모형화 하고, 기 설정된 층 이상의 고층 건물에서는 이항분포로 엘리베이터 정지여부를 모형화할 수 있다.

[0013] 상기 수직 이동 시간을 연산하는 단계는, 하기의 수학적식에 따라 수직 이동 시간을 연산하고;

$$t_{ij}^v = w_{\omega} + 2s + (r \cdot p_{\omega} \cdot s') + \frac{L_4}{V_e}$$

[0014]

[0015] t_{ij}^v 는 수직 이동 시간을 의미하고, h 는 층간 거리를 의미하고, L_4 는 n 층과 m 층까지 수직 이동거리를 의미하고, ω 는 건물의 인구 밀도 상황을 의미하고, w_{ω} 는 ω 에 따른 엘리베이터 대기 시간을 의미하고, s 는 정지 소요시간을 의미하고, s' 는 중간에 정지하는 소요시간을 의미하고, V_e 는 엘리베이터의 속도를 의미하고, T_4' 는 n 층과 m 층까지 이동하는 총 이동시간을 의미할 수 있다.

[0016] 상기 초기 이동경로를 생성하는 단계는, 제1 시작점으로부터 건물 내 복수의 도착점 별로 이동시간을 연산하는 단계, 상기 제1 시작점으로부터 이동시간이 가장 긴 도착점을 선별하는 단계, 상기 선별된 도착점에 대응하는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는지 판단하는 단계, 상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는 경우에는 선별된 도착점을 제외하고, 이동시간이 가장 길고 대응되는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 미만인 도착점을 제1 도착점으로 선택하고, 상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 경우에는 선별된 도착점을 제1 도착점으로 선택하는 단계, 상기 제1 도착점을 제2 시작점으로 설정하고, 상기 제2 시작점에서부터 건물 내 복수의 도착점 별로 이동시간을 연산하는 단계, 상기 제2 시작점으로부터 이동시간이 가장 짧은 도착점을 선별하는 단계, 상기 선별된 도착점에 대응하는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는지 판단하는 단계, 상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는 경우에는 선별된 도착점을 제외하고, 이동시간이 가장 짧고 대응되는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 도착점을 제2 도착점으로 선택하고, 상기 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 경우에는 선별된 도착점을 제2 도착점으로 선택하는 단계, 상기 건물 내의 모든 도착점을 포함하도록 하나 이상의 방문 묶음을 생성하는 단계, 그리고 상기 방문 묶음을 이용하여 초기 이동경로를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 경로를 최적화하는 단계는, 최적화 알고리즘으로 유전 알고리즘을 사용하며, 상기 생성된 초기 이동경로를 초기해로 사용하고, 유전 알고리즘의 교차 연산자에서 같은 층을 하나의 그룹으로 유지하고, 돌연변이 연산자에서 배송로봇의 적재 용량을 초과하지 않도록 방문 고객의 수를 고려할 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산하는 수평 이동 시간 연산부; 상기 배송로봇의 전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산하는 수직 이동 시간 연산부; 상기 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 알고리즘에 적용하여 초기 이동경로를 생성하는 경로 생성부; 상기 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화하는 경로 최적화부; 그리고 상기 최적화된 이동경로를 로봇에 할당하여 로봇의 이동경로를 제어하는 제어부;를 포함한다.

발명의 효과

[0019] 이와 같이 본 발명에 따르면, 로봇 움직임의 특성, 엘리베이터 이동 시간, 건물 층수, 로봇 적재 가능량 및 고객 수를 포함하는 변수들을 고려하여 배송로봇 이동시간을 연산하여 효율적인 배송로봇의 이동경로를 결정할 수 있다.

[0020] 또한 배송로봇 이동 시간을 연산하고 이를 이동경로 생성 알고리즘에 적용함으로써 신속하게 이동경로를 생성하여 라스트-마일 배송에 드는 비용을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이동경로 결정 시스템의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이동경로 결정 시스템을 이용한 이동경로 결정 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 3은 도 2의 S210 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 4는 도 2의 S220 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 5는 도 2의 S230단계를 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0024] 먼저 도 1을 통해 본 발명의 실시예에 따른 이동경로 결정 시스템에 대해 살펴보도록 한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이동경로 결정 시스템의 구성도이다.
- [0026] 도 1에서 보는 바와 같이, 이동경로 결정 시스템(100)은 수평 이동 시간 연산부(110), 수직 이동 시간 연산부(120), 경로 생성부(130), 경로 최적화부(140) 및 제어부(150)를 포함한다.
- [0027] 먼저 수평 이동 시간 연산부(110)는 배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산한다.
- [0028] 전체 수평 이동 거리는 가속 구간, 일정 구간 또는 감속 구간을 포함하는 이동 시작점에서 도착점까지의 수평 이동 거리이다.
- [0029] 그리고 수직 이동 시간 연산부(120)는 배송로봇의 전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산한다.
- [0030] 그리고 경로 생성부(130)는 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 이동경로 생성 알고리즘에 적용하여 초기 이동 경로를 생성한다.
- [0031] 이때 경로 생성부(130)는 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 최근접 이웃 삽입 알고리즘에 적용하여 초기 이동경로를 생성할 수 있다.
- [0032] 경로 최적화부(140)는 생성된 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화한다.
- [0033] 이때 경로 최적화부(140)는 생성된 초기 이동경로를 유전 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화할 수 있다.
- [0034] 그리고 제어부(150)는 생성된 이동경로를 로봇에게 할당하여 로봇의 이동경로를 제어한다.
- [0035] 이하에서는 도 2 내지 도 5를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 배송로봇 이동경로 결정 시스템을 이용한 배송로봇 이동경로 결정 방법에 대하여 설명한다.
- [0036] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이동경로 결정 시스템을 이용한 이동경로 결정 방법을 설명하기 위한 순서도이고, 도 3은 도 2의 S210 단계를 설명하기 위한 예시도이고, 도 4는 도 2의 S220 단계를 설명하기 위한 예시도이고, 도 5는 도 2의 S230단계를 설명하기 위한 순서도이다.
- [0037] 도 2 및 도 3에서 보는 바와 같이, 먼저 수평 이동 시간 연산부(110)는 배송로봇의 전체 수평 이동 거리를 고려하여 수평 이동 시간을 연산한다(S210).
- [0038] 여기서, 전체 수평 이동 거리는 가속 구간, 일정 구간 또는 감속 구간을 포함한다.
- [0039] 가속 구간에 대해서는, 수평 이동 시간 연산부(110)는 배송로봇의 이동 속력이 0에서 최대 속력(V_{max})에 도달하기까지 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하고, 이를 이용하여 가속 구간의 이동 거리를 계산한다.
- [0040] 감속 구간에 대해서는, 수평 이동 시간 연산부(110)는 배송로봇이 코너링 하는 경우에는 최대 속력에서 안전 속력(V_{safe})까지 도달하기까지 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하고, 배송로봇이 도착점에 도착하는 경우에는 최대 속력(V_{max})에서 0까지 도달하는데 필요한 시간을 이동 시간으로 연산하며, 이를 이용하여 감속 구간의 이동 거리를 계산한다.

[0041] 마지막으로 일정 구간에 대해서는, 수평 이동 시간 연산부(110)는 먼저 전체 이동 거리에서 가속 구간의 이동 거리와 감속 구간의 이동 거리를 제하여 일정 구간의 이동 거리를 산출하고 일정 구간의 이동 거리를 속력으로 나누어 이동 시간을 연산한다.

[0042] 그리고 가속 구간 및 감속 구간의 개수는 코너의 개수(C_{ij})에 따라 정해지며, 이에 따라 수평 이동 시간의 추정식이 결정된다.

[0043] 수평 이동 시간 연산부(110)는 하기의 식에 적용하여 전체 수평 이동 시간을 연산한다.

수학식 1

$$t_{ij}^h = \frac{V_{max}}{A} + \frac{V_{max}}{D} + C_{ij} \left(\frac{V_{max} - V_{safe}}{A} + \frac{V_{max} - V_{safe}}{D} \right) + \frac{\sum_{m=1}^{C_{ij}+1} L_m - \sum_{m=1}^{C_{ij}+1} \left(\frac{(V_{max} - V_{min_A}^m)^2}{2A} + \frac{V_{min_A}^m (V_{max} - V_{min_A}^m)}{A} + \frac{(V_{max} - V_{min_D}^m)^2}{2D} + \frac{V_{min_D}^m (V_{max} - V_{min_D}^m)}{D} \right)}{V_{max}}$$

[0044]

[0045] 이때, t_{ij}^h 는 수평 이동 시간을 의미하고, A는 가속도를 의미하고, U는 일정 속도를 의미하고, D는 감속도를 의미하고, $L_{i'}$ 는 두 노드 사이의 이동 거리를 의미하며 i' 는 코너를 기준으로 분리된 이동거리의 인덱스를 나타내는 것이다. $L_{i'j'}$ 는 i' 는 코너를 기준으로 분리된 이동거리의 인덱스를 나타내는 것이고, j' 는 속도 구간을 나타내는 것으로 j' 은 A(가속구간), U(일정속도 구간), D(감속구간)로 구분되어질 수 있다. $T_{i'j'}$ 는 이동거리에 따른 이동 시간을 의미하고, V_{max} 는 배송로봇의 최대 속도를 의미하고, V_{safe} 는 코너를 안전하게 돌 수 있도록 감속을 통해 얻은 로봇 안전 속도를 의미한다.

[0046] 이때, 코너의 개수가 0일 경우에는 $V_{min_A}^m = V_{min_D}^m = 0$ 이고, 코너의 개수가 1일 경우에는 $V_{min_A}^1 = 0, V_{min_D}^1 = V_{safe}$ 이며 $V_{min_A}^{C_{ij}+1} = V_{safe}$, and $V_{min_D}^{C_{ij}+1} = 0$ 및 $V_{min_A}^{C_{ij}+1} = V_{safe}$, and $V_{min_D}^{C_{ij}+1} = 0$ 이다.

[0047] 그리고 코너의 개수가 2개 이상일 경우에는 $V_{min_A}^1 = 0, V_{min_D}^1 = V_{safe}$, $V_{min_A}^m = V_{min_D}^m = V_{safe}$, $V_{min_A}^{C_{ij}+1} = V_{safe}$, and $V_{min_D}^{C_{ij}+1} = 0$ 및 $V_{min_A}^{C_{ij}+1} = V_{safe}$, and $V_{min_D}^{C_{ij}+1} = 0$ 이다.

[0048] 도 2 및 도 4에서 보는 바와 같이, 수직 이동 시간 연산부(120)는 배송로봇의 전체 수직 이동 거리를 고려하여 수직 이동 시간을 연산한다(S220).

[0049] 수직 이동 시간 연산부(120)는 대기 시간(W_{ω}) 및 이동 시간(T_4')을 합산하여 배송로봇의 엘리베이터 이용시간을 연산한다.

[0050] 이때, 대기 시간은 피크, 보통 및 여유 중에서 적어도 하나를 포함하는 건물의 인구 밀도 상황(ω)에 따른 소요시간을 의미할 수 있다.

[0051] 그리고 이동 시간은 실질적인 층 간 이동하는데 소요되는 시간(s 또는 s')과 이동 중 엘리베이터가 정지하는데 소요되는 시간을 포함할 수 있다.

[0052] 그리고 수직 이동 시간 연산부(120)는 층별로 엘리베이터 정지 여부를 베르누이 시행으로 모형화 할 수 있으며, 고층 건물에서는 이항분포로 엘리베이터 정지여부를 모형화 할 수 있다.

[0053] 수직 이동 시간 연산부(120)는 하기의 식에 적용하여 전체 수평 이동 시간을 연산한다.

수학식 2

$$t_{ij}^v = w_{\omega} + 2s + (r \cdot p_{\omega} \cdot s') + \frac{L_4}{V_e}$$

[0054]

[0055] 이때 t_{ij}^v 는 수직 이동 시간을 의미하고, h 는 층간 거리를 의미하고, L_4 는 n층과 m층까지 수직 이동거리를 의미하고, ω 는 건물내 혼잡도를 나타내고, w_{ω} 는 ω 에 따른 엘리베이터 대기 시간을 의미하고, s 는 정지 소요 시간을 의미하고, s' 는 중간에 정지하는 소요시간을 의미하고, V_e 는 엘리베이터의 속도를 의미하고, T_4' 는 n층과 m층까지 이동하는 총 이동시간을 의미한다.

[0056] 즉, 수직 이동 시간 연산부(120)는 대기 시간, 시작층에서 엘리베이터 정지 시간 및 도착층에서 엘리베이터 정지 시간, 중간에 정지하는 횟수에 따른 정지 시간 및 실제 이동 시간을 이용하여 수직 이동 시간을 추정한다.

[0057] 그리고 경로 생성부(130)는 수평 이동 시간 또는 수직 이동 시간을 이동경로 생성 알고리즘에 적용하여 초기 이동경로를 생성한다(S230).

[0058] 도 5에서 보는 바와 같이 건물 내에 복수의 도착점이 있는 경우 경로 생성부(130)는 제1 시작점(출발 지점)에서부터 건물 내 복수의 도착점 별로 이동 시간을 연산한다(S231).

[0059] 건물 내 복수의 도착점 별 이동 시간은 수평 이동 시간 및 수직 이동 시간을 포함할 수 있다.

[0060] 그리고 경로 생성부(130)는 연산된 이동시간 중에서 가장 이동시간이 긴 도착점을 선별한다(S232).

[0061] 그리고 경로 생성부(130)는 가장 이동시간이 긴 도착점에 할당된 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는지 판단한다(S233).

[0062] 경로 생성부(130)는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는 경우에는 선별된 도착점을 제외하고(S234), 다음으로 이동시간이 가장 길고 할당된 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 미만인 도착점을 제1 도착점으로 선택한다.

[0063] 경로 생성부(130)는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 경우에는 선별된 도착점을 제1 도착점으로 선택한다.

[0064] 경로 생성부(130)는 선택된 제1 도착점을 제2 시작점으로 설정하고 다른 복수의 도착점 별로 이동 시간을 연산한다(S235).

[0065] 그리고 경로 생성부(130)는 제2 시작점으로부터 가장 이동시간이 짧은 도착점을 선별한다(S236).

[0066] 그리고 경로 생성부(130)는 선별된 도착점에 대응하는 배송상품을 추가했을 때 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는지 판단한다(S237).

[0067] 경로 생성부(130)는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량을 초과하는 경우에는 선별된 도착점을 제외하고(S238), 다음으로 이동시간이 가장 짧고 대응하는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 도착점을 제2 도착점으로 선택한다.

[0068] 경로 생성부(130)는 배송상품이 배송로봇의 적재 가능량 이하인 경우에는 선별된 도착점을 제2 도착점으로 선택한다.

[0069] 그리고 경로 생성부(130)는 배송로봇의 적재 가능량을 초과하기 전까지 S236단계를 반복하여 하나 이상의 방문 묶음을 생성한다(S239).

[0070] 그리고 경로 생성부(130)는 건물 내의 모든 도착점을 포함시킬 수 있도록 상기 과정을 반복하여 하나 이상의 방문 묶음을 생성하여 초기 이동경로를 생성한다.

[0071] 경로 최적화부(140)는 생성된 초기 이동경로를 최적화 알고리즘에 적용하여 이동경로를 최적화한다(S240).

[0072] 여기서, 최적화 알고리즘으로 유전 알고리즘을 사용할 수 있으며, 유전 알고리즘은 통상의 기술자에게 공지된

사항이므로 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다. 다만, 본 발명의 실시예에 따르면, 이동경로 최적화부(140)는 이동경로를 최적화함에 있어서 이동경로 생성부(130)에 의해 생성된 초기 이동경로를 초기해로 사용함으로써 최소한의 성능을 보장하고 계산시간을 크게 단축하였다.

[0073] 또한, 경로 최적화부(140)는 로봇을 사용한 배송과 실내에서의 층간 이동이라는 특징을 고려하여, 기존의 유전 알고리즘의 연산자를 일부 변형할 수 있다. 예를 들어, 교차(Crossover) 연산자에서 임의로 기준치(cut point)를 잡는 대신 같은 층에 있으면 하나의 그룹으로 보고 유지시키도록 한다. 또한, 돌연변이(mutation) 연산자에서는 로봇의 적재 용량을 초과하지 않도록 방문 고객의 수요를 고려하여 계산하는 로직을 추가할 수 있다.

[0074] 그리고 제어부(150)는 최적화된 이동경로를 배송로봇에 할당한다(S250).

[0075] 제어부(150)는 최적화된 이동경로를 하나 이상의 배송로봇에게 각각 할당한다.

[0076] 이와 같이 본 발명에 따르면, 로봇 움직임의 특성, 엘리베이터 이동 시간, 건물 층수, 로봇 적재 가능량 및 고객 수를 포함하는 변수들을 고려하여 배송로봇 이동시간을 연산하여 효율적인 배송로봇의 이동경로를 결정할 수 있다.

[0077] 또한 배송로봇 이동 시간을 연산하고 이를 이동경로 생성 알고리즘에 적용함으로써 신속하게 이동경로를 생성하여 라스트-마일 배송에 드는 비용을 감소시킬 수 있다.

[0078] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

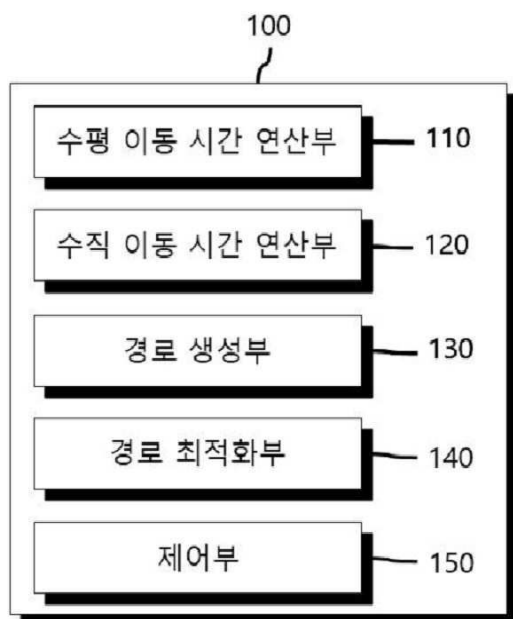
[0079] 100: 이동경로 결정 시스템 110: 수평 이동 시간 연산부

120: 수직 이동 시간 연산부 130: 경로 생성부

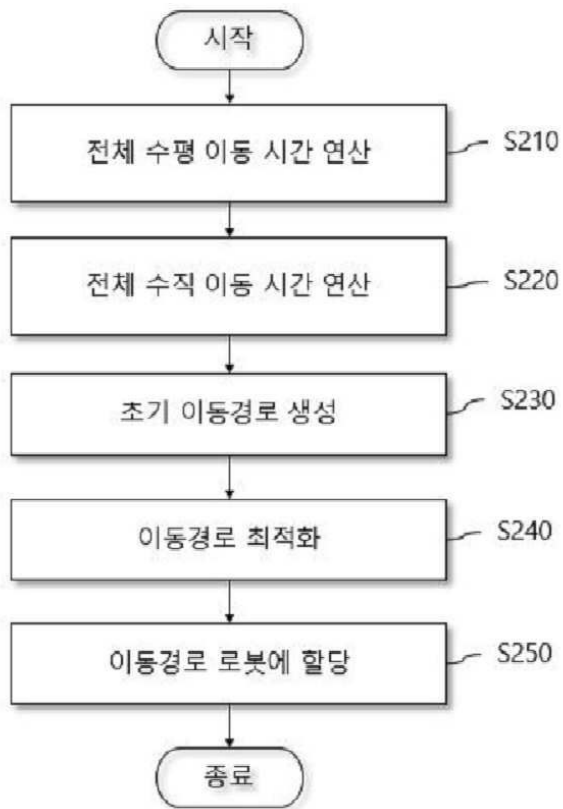
140: 경로 최적화부 150: 제어부

도면

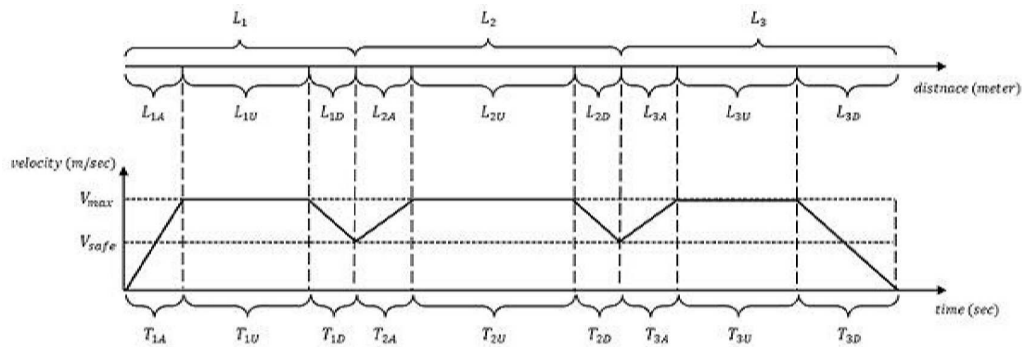
도면1



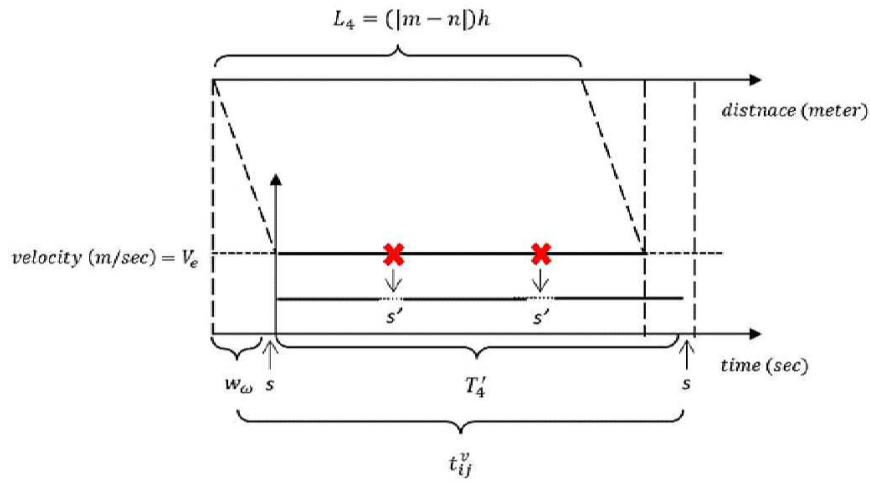
도면2



도면3



도면4



도면5

