

【직무발명 기안서】

【발명의 명칭】 {Title of The Invention}

기존의 구역분할 이동 경로 계획에 비해 보다 생성되는 구역의 숫자를 줄일 수 있는 향상된 구역분할 이동 경로 계획 방법 및 장치.

【기술분야】

본 발명은 이동 로봇의 경로계획 기술과 관련된 발명이다.

10 【배경기술】 {Background of The Invention}

최근 로봇 관련 기술들의 연구 개발 성과가 나타나면서 로봇 기술의 활용이 산업 분야뿐만이 아닌 의료용, 가정용, 교육용, 심해용, 우주용 등의 다양한 분야로 넓어지고 있다. 이렇게 로봇 기술의 활용 범위가 넓어짐에 따라 이동 로봇의 경로계획 알고리즘의 중요성은 날로 강조되고 있다.

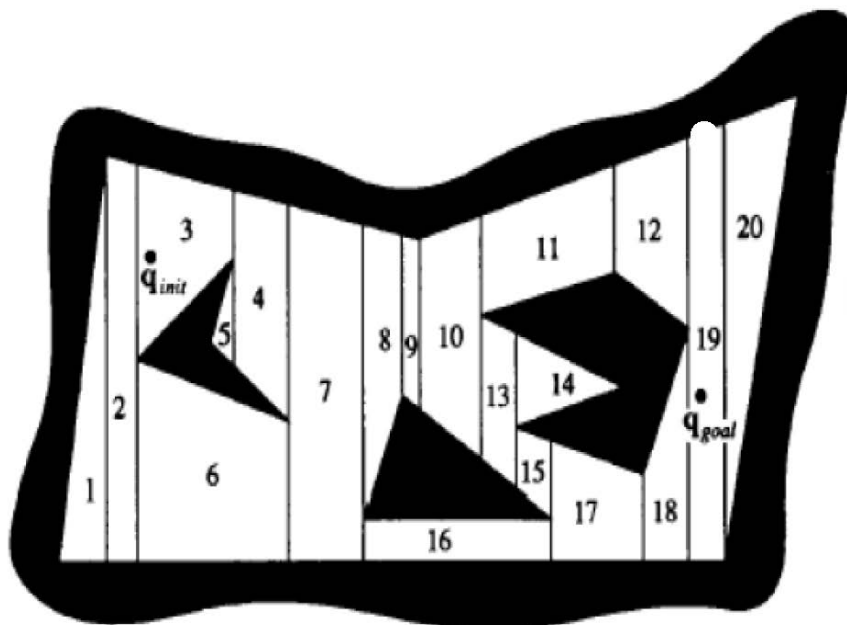
15 이동 로봇의 경로계획을 위한 중요한 개념들 중 하나가 형태 공간 (Configuration space) 이다. 이동 로봇들은 각각 다른 형태를 가지며, 이러한 차이는 이동 로봇 간에 지도상에서의 시작 지점과 목표 지점이 같더라도 사용할 수 있는 이동 경로 계획 알고리즘은 그 이동 로봇의 형태에 따라서 달라져야 하는 문제를 야기하게 된다. 형태 공간은 이러한 문제점에 대한 해결책이 될 수가 있다. 형태 공간은 이동 로
20 봇의 형태 및 이동 메커니즘에 기반하여 공간상에 존재하는 장애물들을 확장하여 로봇

을 그 형태에 상관없이 하나의 점으로 인지할 수 있게 해주는 공간이다. 이러한 형태 공간의 차원의 개수는 이동 로봇이 가지는 자유도 (Degree of freedom) 의 개수와 같다. 또한, 형태공간 상에서 가상으로 그 크기가 확장된 장애물들은 형태 장애물 (Configuration obstacle) 이라고 불린다. 이러한 형태 공간과 형태 장애물이라는 개념은

5 이동 로봇에게 충돌에서 자유로운 (Collision free) 이동 경로를 찾아내는데 이동 경로 계획 알고리즘의 기반이 된다.

이러한 형태 공간을 사용하는 자율 이동 로봇의 대표적인 경로 알고리즘으로서 [그림 1] 과 같은 구역 분할 (Cell Decomposition) 방식이 있다. 구역 분할 방식은 전체 환경을 특정 기준에 따라 일정한 구역으로 나눈 다음 나뉘어진 구역을 그래프의 정점

10 으로 표현하여 생성된 구역에서 경로가 될 수 있는 구역들을 선택해 이동 경로를 생성하는 방식의 알고리즘을 말한다.



[그림 1] 기존의 구역 분할 알고리즘 예시

구역 분할 알고리즘을 수행 하기 위해 선을 수직 또는 수평으로 그을 시의 두 경우가 상호 생성된 구역의 수가 같을 것이라는 보장은 없으며, 선을 긋는 방향에 따라 구역의 수를 더욱 줄이는 것도 가능하기 때문에 생성되는 구역의 수를 줄이면 줄일 수록 이는 경로 계획 성능의 향상으로 이어질 수 있다.

- 5 따라서 본 특허에서는 생성되는 구역의 수를 줄일 수 있는 향상된 구역 분할 알고리즘을 제안한다. 지도상에 다각형으로 구성된 장애물들이 존재하고 자율 이동 로봇의 경로를 계획하기 위하여 형태장애물을 생성한 후 구역 분할 알고리즘을 적용할 시 형태장애물의 꼭지점에 대하여 수직 또는 수평의 하나의 방향으로만 선을 그어서 구역을 나누는 것이 아닌 다양한 각도로 선을 그어서 기존의 구역 분할 방식보다 구역
10 이 생성되는 개수를 줄이는 것이다

【발명의 목적】 {Objects of The Invention}

본 발명의 목적은 기존의 구역 분할 방식에 비해 보다 적은 구역만으로 공간상의 전체 공간을 나누는 것이며 가능하며 이는 크게 다음 수순을 통하여 수행된다

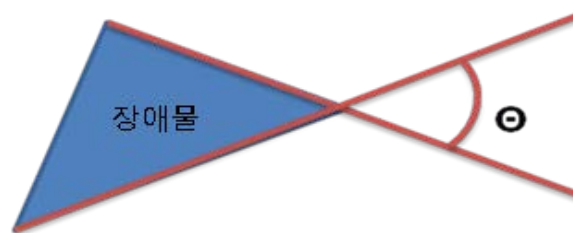
- 15 첫 번째 단계에서는 공간상에 존재하는 장애물들의 탐색 순서를 정한다. 이는 기본적으로 왼쪽-위에서 오른쪽-아래 (From top-left to bottom-right) 순으로 탐색이 행해지게 된다.

- 두 번째 단계에서는 기존의 구역 분할 방식에 비하여 적은 수의 구역을 생성하는 향상된 구역 분할 알고리즘을 적용하여 공간을 구역으로 나누어서 기존의 구역 분
20 할 알고리즘에 비하여 효율적인 이동 경로의 탐색이 가능하도록 한다.

【발명의 실시를 위한 구체적인 내용】 {Detailed Description of Embodiments}

기존의 구역 분할 알고리즘의 방식은 위에서 논했던 것과 같이 공간상에 존재하는 장애물의 꼭지점과 만나는 선들을 모두 같은 방향으로 그어서 구역을 생성하는 방식이다. 하지만 이러한 방법은 장애물의 꼭지점 하나에서 두 개의 선이 나갈 수가
5 있으며 이는 꼭지점에서 하나의 선이 나갔을 때보다 보다 많은 구역이 환경상에 생성이 되게 되는 부작용을 가지고 온다. 따라서 가능하다면 장애물의 꼭지점을 시작으로 하나의 선만을 긋는 것이 보다 적은 구역을 생성하게 되므로 좋다는 것을 알 수 있다.

또한 구역 분할 방식을 이용해서 만들어지는 모든 구역은 모두 볼록한 모양을 가져야 한다. 만약 생성되는 구역이 볼록한 다각형의 모양이 아니라면 구역을 나누는
10 선의 중점과 중점을 이어주는 경로가 중간에 공간 상에 존재하는 장애물에 의해서 가로막힐 수가 있기 때문이다. 따라서, 장애물의 꼭지점에서 그어지는 선은 반드시 [그림 2] 와 같이 그 장애물의 꼭지점이 이루는 반각의 안에 들어가야 하며 이는 생성되는 구역이 볼록한 모양이 되는 것을 보장한다. 이 때 오목한 점은 선을 긋는 대상으로 고려하지 않는다. 장애물의 오목한 점은 생성되는 구역의 기준에서 봤을 때는 이미 볼록
15 한 점이기 때문이다.

[그림 2] 반각 Θ 에 대한 예제

그리고 마지막으로 장애물의 꼭지점에서 그어지는 선은 가능하다면 가장 최단 거리에 위치해있는 장애물의 꼭지점으로 이어지는 것이 좋다. 이는 선과 선이 교차하는 경우를 가능한 방지하여 구역을 이루는 선의 수를 줄이기 위함이다. 만약 그어지는 선의 반대편에 존재하는 장애물의 꼭지점의 반각 범위 안에 또한 선이 들어간다면 그
5 반대편의 꼭지점에서는 더 이상 선을 그을 필요가 없으므로 최적의 경우라고 볼 수가 있다.

이와 같은 요소들을 근거로 향상된 구역 분할 알고리즘을 다음의 [그림 3] 과 같이 정의할 수 있으며 이는 총 세 단계로 이루어진다.

N : The total number of polygons
 K_i : The total number of vertexes of polygon ($i = 1 \sim N$)
V : Vertex L :Line
 V_s : The vertex have shortest pass from V
U : The total set of vertex
P : The array of vertex ($P = \{ V_{ij} \mid 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq K_i \}$)
 S_1, S_2, S_3 : The list of vertex that is used in each step

1. Determine the search order of the polygons

2. Algorithm of 1-step

```

FOREACH V in P
    IF V = concave vertex THEN
        Remove V from P
        Continue
    END IF
    Clear vertexes from  $S_1$ 
    Insert all of vertex in U to  $S_1$  except V
    Sort vertexes in  $S_1$  based on distance between each vertex and V by ascending
    WHILE  $S_1 > 0$  THEN

```

```

    Get Vs from S1 and draw virtual line VL from V to Vs
    IF VL and all of C-obstacle don't intersect THEN
        IF VL is included in range of opposite angle of V THEN
            Draw real line from V to Vs
            Remove V from P
            IF VL is included in range of opposite angle of Vs THEN
                Remove Vs from P
            ELSE IF Vs has more two lines THEN
                IF all of angle of each two lines <= 180 degree THEN
                    Remove Vs from P
                END IF
            END IF
        ELSE
            Break
        END IF
    ELSE
        Remove Vs from S1
    END IF
END WHILE
END FOREACH

```

3. Algorithm of 2-step

```

FOREACH V in P
    Clear all of vertex from S2
    Insert vertexes that is subset of U included in range of opposite angle of V to S2
    IF size of S2 = 0 THEN
        Continue
    END IF
    Sort vertexes in S2 based on distance between each vertex and V by ascending
    WHILE S2 > 0 THEN
        Get Vs from S2 and draw virtual line VL from V to Vs
        IF VL and all of C-obstacle or lines don't intersect THEN
            Draw real line from V to Vs
            Remove V from P
            IF VL is included in range of opposite angle of Vs THEN
                Remove Vs from P
            END IF
        END IF
    END WHILE
END FOREACH

```

```

ELSE IF Vs has more two lines THEN
    IF all of angle of each two lines <= 180 degree THEN
        Remove Vs from P
    END IF
END IF
ELSE
    Remove Vs from S2
END IF
END WHILE
END FOREACH

4. Algorithm of 3-step
FOREACH V in P
    Draw line from V in direction of half opposite angle of V until intersect with C-obstacle,
    line and contour line of map
END FOREACH

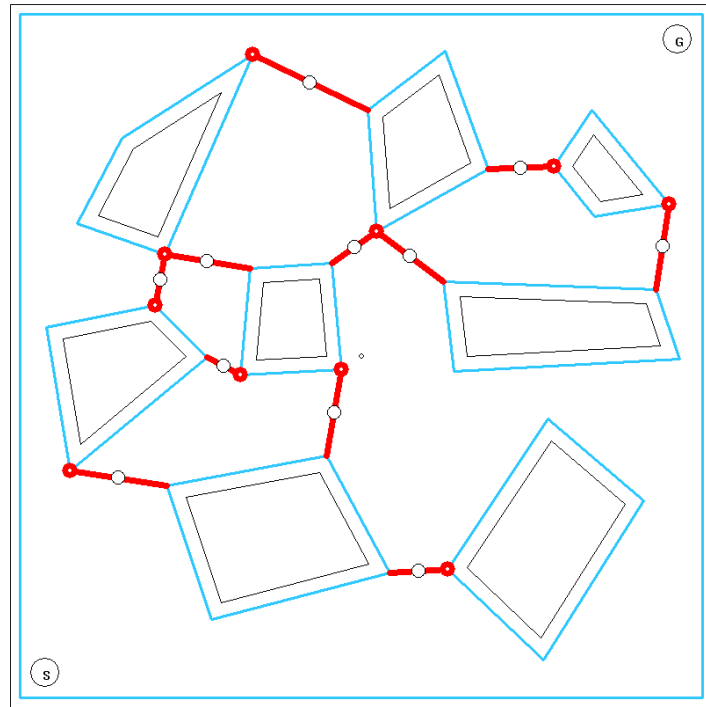
```

[그림 3] 향상된 구역 분할 방법의 알고리즘

첫 번째로 공간상에 존재하는 장애물들의 탐색 순서를 정한다. 이는 기본적으로 왼쪽-위에서 오른쪽-아래 (From top-left to bottom-right) 순으로 탐색이 행해지게 되며 또 한 사용자가 원하는 대로 정의를 하는 것이 가능하다.

두 번째로 정해진 장애물들의 탐색 순서에 따라 향상된 구역 분할 알고리즘을 공간에 적용하게 되며, 이 알고리즘은 세가지 단계로 구성이 되게 된다. 첫 번째 단계에서는 현재 계산 대상이 되는 장애물의 꼭지점과 다른 장애물들에 속하는 꼭지점들 사이의 거리를 비교하여 현재 계산 대상이 되는 꼭지점과 가장 가까운 거리에 위치해 있는 꼭지점을 찾아낸 다음 그 꼭지점이 현재 계산 대상이 되는 꼭지점의 반각 안에 속해 있다면 공간을 나누기 위해서 선을 긋게 된다. 이와 같은 과정을 수행 후 생성되

는 공간은 [그림 4] 와 같다.



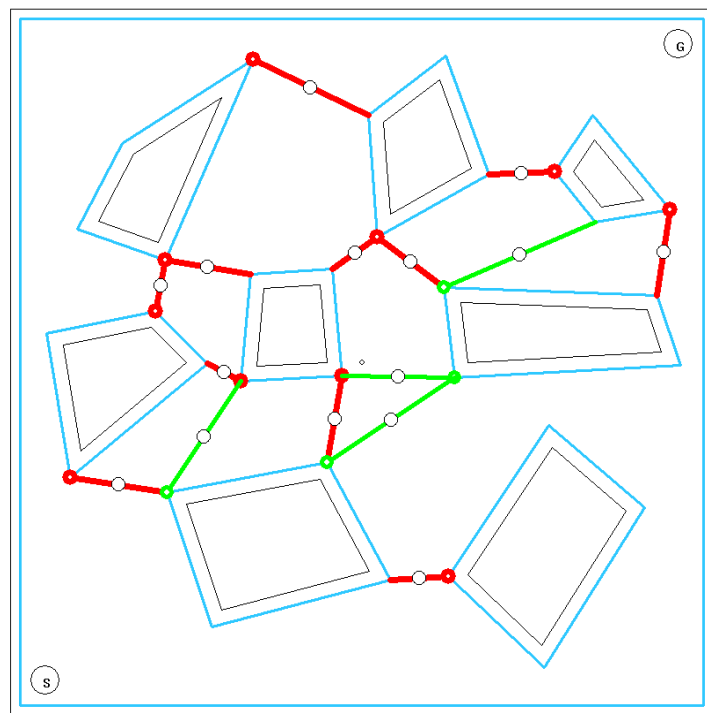
[그림 4] 첫 번째 단계 알고리즘 수행 후 분할 된 공간

5

위의 [그림 4]에서 ‘S’ 와 ‘G’를 포함하는 원은 각각 ‘시작 지점’과 ‘목표 지점’
을 나타내며 각 장애물을 감싸듯이 그려져 있는 하늘색 테두리는 이동 로봇의 모양을
고려해서 생성된 형태 장애물을 나타낸다. 또한 [그림 4]에 그려져 있는 붉은 색 선은
첫 번째 단계 알고리즘 수행 시 공간을 나누기 위해 그어진 선을 나타낸다. 선의 끝에
10 그어져 있는 원은 선의 방향을 뜻하며, 원이 그어져 있는 방향이 선이 그려지는 방향
이다. 그어진 선의 중간에는 그려져 있는 원은 그래프의 정점을 나타낸다.

두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 선이 그어진 꼭지점을 제외하고 현재 계

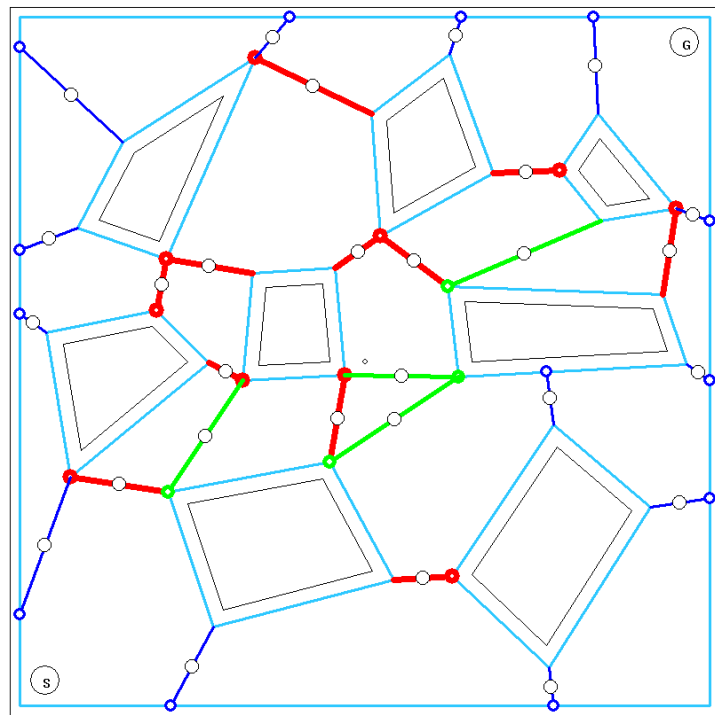
- 산 대상이 되는 장애물의 꼭지점과 다른 장애물들에 속하는 꼭지점들 사이의 거리를 비교 하여 현재 계산 대상이 되는 꼭지점과 가장 가까운 거리에 위치해있는 꼭지점을 시작으로 거리를 기준으로 한 오름차순으로 각 꼭지점들에 그은 선들 중 반각에 선이 속하는 경우가 있는지 검사한다. 그 중 하나의 꼭지점이라도 현재 계산 대상이 되는
- 5 꼭지점의 반각 안에 속해 있다면 공간을 나누기 위해서 선을 긋게 된다. 이와 같은 과정을 수행 후 생성되는 공간은 [그림 5] 와 같다.



[그림 5] 두 번째 단계 알고리즘 수행 후 분할 된 공간

위의 [그림 5]에서 붉은 색 선은 첫 번째 단계 알고리즘 수행 시 공간을 나누기 위해 그어진 선을 나타내며 초록색 선이 두 번째 단계 알고리즘 수행 시 공간을 나누

기 위해 그려진 선이다. 마지막으로 세 번째 단계에서는 아직 선이 그려지지 않은 장애물의 꼭지점들에 대하여 계산이 수행되게 된다. 생성되는 구역을 블록한 다각형 모양으로 만들기 위해 남아있는 꼭지점들에 대하여 선이 반각의 중간 값 방향으로 그려지게 되며 이는 공간의 외곽선, 공간상에 존재하는 다른 장애물의 변, 또는 공간을 나누기 위해 그려진 선과 교차할 때까지 그려지게 되어 공간을 나누게 된다. 이렇게 마지막 단계까지 수행한 후 생성되는 공간은 [그림 6] 과 같다.

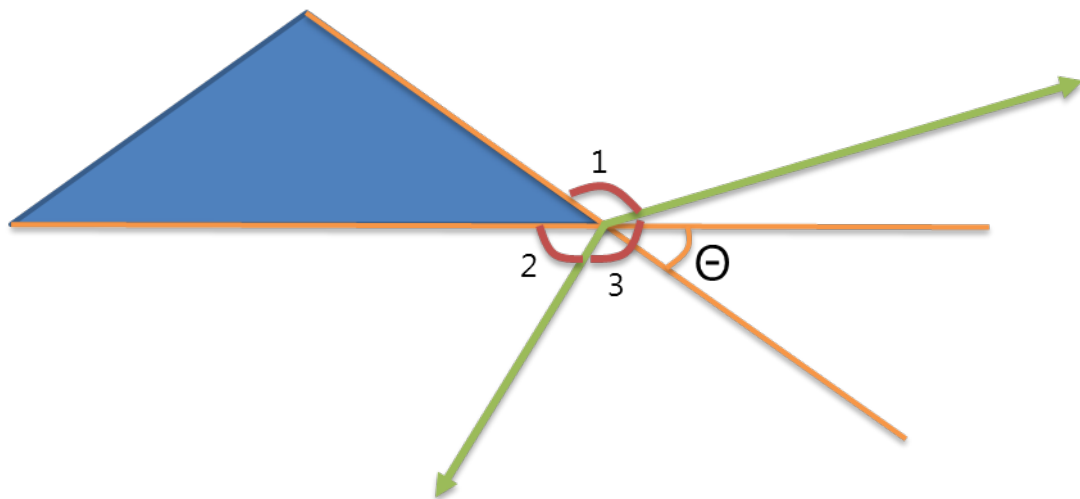


[그림 6] 세 번째 단계 알고리즘 수행 후 최종적으로 생성된 공간

추가적으로 첫 번째 단계 및 두 번째 단계에서는 생성되는 구역을 개수를 보다 줄이기 위하여 다음과 같은 방법을 사용한다. 먼저, 하나의 꼭지점에서 선의 방향이

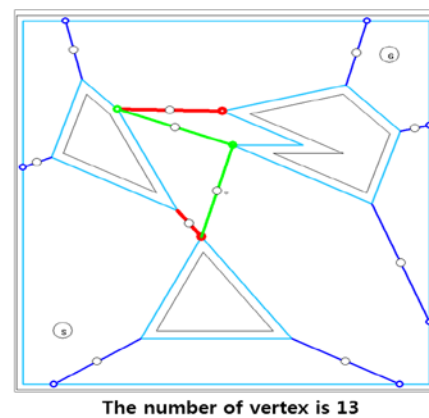
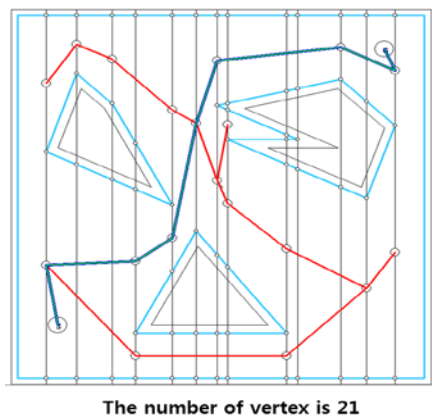
반각의 내부로 들어오도록 선을 그어서 다른 꼭지점에 이어졌을 시, 그 선이 도착한 지점의 꼭지점의 반각 안에 또한 선의 방향이 포함 된다면 현재 계산 대상이 되는 꼭지점은 물론 선이 그어진 측의 꼭지점도 더 이상 선을 긋지 않도록 한다. 이는 꼭지점의 반각 안에 선의 방향이 포함된다면 비록 이것이 계산 대상이 되는 꼭지점에서부터
5 그은 게 아니더라도 추가적으로 선을 그을 필요는 없기 때문이다.

또한 어떠한 꼭지점에 이미 선이 두 개 이상 있으면서 비록 그 두 개의 선이 그 꼭지점의 반각안에 속하지 않더라도 그 두 개의 선과 현재 꼭지점이 포함되는 다각형의 변이 이루는 각이 전부 180도 이하라면 이 꼭지점에서부터는 선을 긋지 않도록 한다. 이는 반각방향으로 선을 긋지 않더라도 이루는 각이 180도 이하라면 외부에 생
10 성되는 구역은 볼록한 모양을 유지할 수 있기 때문이다. 이에 대해서는 [그림 7]에 그 예시가 나와있다.

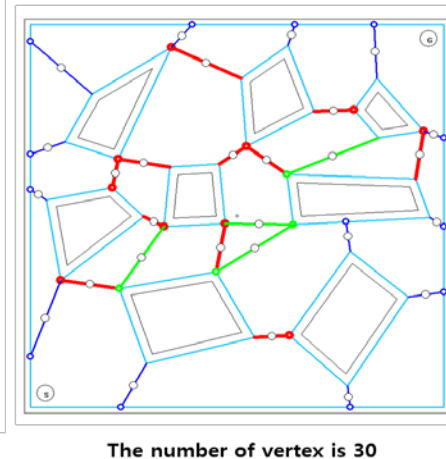
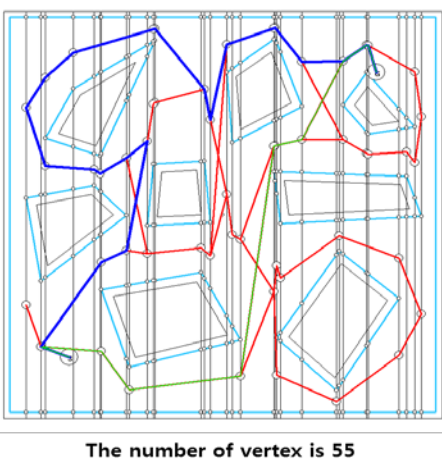


[그림 7] 장애물의 한 꼭지점에서 두 개의 선이 나갔을 시의 최적화 예제

[그림 7]에서 장애물의 한 꼭지점에서 연두색의 두 개의 선이 뻗어나가 있고 이 중 하나의 선의 방향도 반각 Θ 안에 속하지 않으나 이 선에 접하는 1, 2, 3구역들은 모두 불록한 모양을 가지게 된다는 것을 알 수 있다. 이제 다음의 [그림 8], [그림 9]들은 기존의 구역 분할 기법과 비교했을 시 현재 본 특허에서 제시하는 향상된 구역 분할 기법이 어느 정도로 구역의 수를 줄일 수 있는지에 대한 예시를 보여준다.



[그림 8] 기존의 알고리즘과 본 특허에서 제시하는 알고리즘의 비교 1



[그림 9] 기존의 알고리즘과 본 특허에서 제시하는 알고리즘의 비교 2

【효과】 {Effects}

기존의 구역 분할 기법이 가지는 단점을 보완하여 보다 적은 구역을 생성할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 이동 로봇의 경로 계획을 세우는데 있어 충돌에서 자유로운 이동 경로를 산출해내는 것은 매우 중요한 문제이며, 이를 위하여 이동 로봇을 지도상에서 하나의 점으로 볼 수 있는 형태공간을 기반으로 하는 이 향상된 구역 분할 기법 방법은 기존의 구역 분할 기법보다 개념적으로 매우 효율적이므로, 기술적으로도 그 우수성을 인정받을 수 있을 것으로 판단된다.

【보호받고자 하는 아이디어】 {Claims}

10 【claim 1】

향상된 구역 분할 알고리즘의 수행 중 첫 번째 단계 공간 분할을 수행하는 장치 및 방법

【claim 2】

15 향상된 구역 분할 알고리즘의 수행 중 두 번째 단계 공간 분할을 수행하는 장치 및 방법

【claim 3】

향상된 구역 분할 알고리즘의 수행 중 세 번째 단계 공간 분할을 수행하는 장치 및 방법