



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0039965
(43) 공개일자 2011년04월20일

(51) Int. Cl.

G01S 15/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0097053

(22) 출원일자 2009년10월13일

심사청구일자 2009년10월13일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 가전리 307 한국기술
교육대학교 내

(72) 발명자

한연희

대전광역시 서구 월평동 한아름APT 105-602

이현중

충청북도 청주시 흥덕구 복대2동 1336

김용환

충청북도 영동군 황간면 노근리 525

(74) 대리인

정희환

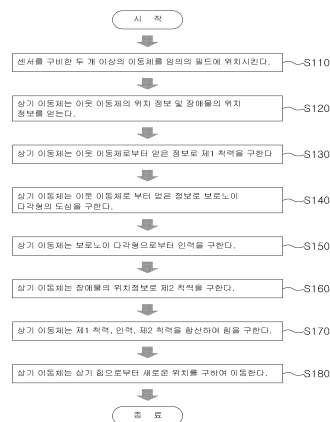
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법

(57) 요약

본 발명은 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 포텐셜 필드에 의해 발생하는 반발력(Repulsive Force)과 보로노이 다각형에서 발생하는 인력(Attrazctive Force)을 동시에 활용하여 이동체를 배치하는 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

센서를 구비한 두 개 이상의 이동체를 임의의 필드에 위치시키는 제1 단계와;

상기 이동체는 이웃 이동체의 위치정보 및 장애물의 위치 정보를 얻는 제2 단계와;

상기 이동체는 이웃 이동체로부터 얻은 정보로 제1 척력(Fnei)을 구하는 제3 단계와;

상기 이동체는 이웃 이동체로부터 얻은 정보로 보로노이 다각형을 그려 도심(Centroid)을 구하는 제4 단계와;

상기 이동체는 보로노이 다각형으로부터 인력(Fatt)을 구하는 제5 단계와;

상기 이동체는 장애물의 위치정보로 제2 척력(Fobs)을 구하는 제6 단계와;

상기 이동체는 제1 척력(Fnei), 인력(Fatt), 제2 척력(Fobs)을 합산하여 힘을 구하는 제7 단계; 및

상기 이동체는 상기 힘으로부터 새로운 위치를 구하여 이동하는 제8 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 센서를 구비한 이동체의 센싱 영역에 보로노이 다각형이 포함되지 않는 동안 제2 단계 내지 제8 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법.

청구항 3

제1항에 있어서

상기 제3 단계의 제1 척력은 하기의 [수학식 1]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법.

[수학식 1]

$$F_{nei} = -K_{nei} \sum_i \frac{1}{r_i^2} \cdot \frac{\mathbf{r}_i}{r_i}$$

여기서, Knei는 제1 척력(Fnei)을 조율하기 위한 상수이고, r_i 는 센서를 구비한 이웃 이동체(i)에서 현재 이동체까지의 유클리디안 거리이며, r_i 는 이웃 이동체(i)에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제5 단계의 인력은 하기의 [수학식 2]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법.

[수학식 2]

$$F_{att} = \begin{cases} K_{att} \cdot r^2 \cdot \frac{\mathbf{r}}{r} & \text{if voronoi cell is not fully covered;} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

여기서, Katt는 인력(Fatt)을 조율하기 위한 상수이고, r 은 상기 센서를 구비한 이동체가 그린 보로노이 다이어그램의 도심에서 현재 이동체까지의 유클리디안 거리이며, r 은 도심에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

청구항 5

제1항에 있어서

상기 제6 단계의 제2 척력은 하기의 [수학식 3]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법.

[수학식 3]

$$F_{obs} = -K_{obs} \sum_i \frac{1}{r_i^2} \cdot \frac{\mathbf{r}_i}{r_i}$$

여기서, K_{obs} 는 제2 척력(F_{obs})을 조율하기 위한 상수이고, r_i 는 장애물(i)에서 현재 이동체까지의 유클리드 안 거리이며, r_i 는 장애물(i)에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 센서 노드들이 기본적인 센싱, 데이터 처리, 통신하는 기능 이외에 이동 기능까지 겸비하여 주변상황을 인식하고 스스로 배치되도록 하는 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 이동 및 센싱 기능을 겸비한 로봇들이 사람이 직접 탐지하기 어려운 재난 지역, 미개발 지역, 및 군사 지역 등에서 활용할 수 있다.

[0004] 예를 들어, 빌딩 안에 유독가스가 유출되었을 경우, 창문을 통해 복수의 센서를 구비한 이동체를 투입시켜 각각 스스로 상황을 인지하면서 이동하여 건물 전체의 유독 가스 유출 정도를 분석하여 알려줄 수 있다.

[0005] 종래의 연구 중에는 장애물을 인지하면서 전체 센싱 영역을 확장하도록 센서 스스로 이동하는 방법으로서 포텐셜 필드를 활용하였다. 포텐셜 필드는 장애물의 거리에 따른 가상의 반발력을 나타내는 것으로써 임의의 센서와 장애물과의 거리가 가까울수록 많은 반발력이 발생된다. 센서들은 포텐셜 필드를 활용하여 장애물과 이웃 센서들로부터 나오는 반발력을 계산하고 그 힘에 의해 점차 퍼져나가 네트워크의 전체의 관측 영역을 최대화한다.

[0006] 그러나 이 연구들은 초기 위치가 모여 있다는 가정을 하고 있으며, 무작위한 배치 상황을 고려하지 않았다는 단점이 있다.

[0007] 또한, 종래의 포텐셜 필드만 이용하여 센싱영역을 확장하는 센서를 구비한 이동체의 에너지 소모량이 많으며, 센싱영역 확장 속도 느리다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자 하는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 센서를 구비한 이동체들이 이웃한 이동체의 위치를 감지하여 센싱범위를 확장하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 센서를 구비한 이동체들의 이웃한 이동체로부터 보로노이 다각형의 도심을 구하여 이동체의 이동방향을 결정하는 것이다.

[0010] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 짧은 이동 거리로 에너지 소모량을 줄이고, 빠른 시간 내에 센싱 영역 확장을 최대화 하는 것이다.

과제 해결수단

[0011] 본 발명의 한 특징에 따른 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 센서를 구비한 두 개 이상의 이동체를 임의의 필드에 위치시키는 제1 단계와; 상기 이동체는 이웃 이동체의 위치정보 및 장애물의 위치 정보를 얻는 제2 단계와; 상기 이동체는 이웃 이동체로부터 얻은 정보로 제1 척력(Fnei)을 구하는 제3 단계와; 상기 이동체는 이웃 이동체로부터 얻은 정보로 보로노이 다각형을 그려 도심(Centroid)을 구하는 제4 단계와; 상기 이동체는 보로노이 다각형으로부터 인력(Fatt)을 구하는 제5 단계와; 상기 이동체는 장애물의 위치정보로 제2 척력(Fobs)을 구하는 제6 단계와; 상기 이동체는 제1 척력(Fnei), 인력(Fatt), 제2 척력(Fobs)을 합산하여 힘을 구하는 제7 단계; 및 상기 이동체는 상기 힘으로부터 새로운 위치를 구하여 이동하는 제8 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 특징에 따른 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 상기 센서를 구비한 이동체의 센싱 영역은 가변되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 특징에 따른 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 상기 센서를 구비한 이동체의 센싱 영역에 보로노이 다각형이 포함되지 않는 동안 제2 단계 내지 제8 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 특징에 따른 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 상기 제3 단계의 제1 척력은 하기의 [수학식 1]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0015] [수학식 1]

$$F_{nei} = -K_{nei} \sum_i \frac{1}{r_i^2} \cdot \frac{r_i}{r_i}$$

[0016]

[0017] 여기서, Knei는 제1 척력(Fnei)을 조율하기 위한 상수이고, r_i 는 센서를 구비한 이웃 이동체(i)에서 현재 이동체까지의 유클리디안 거리이며, ri는 이웃 이동체(i)에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

[0018] 상기 특징에 따른 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 상기 제5 단계의 인력은 하기의 [수학식 2]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0019] [수학식 2]

$$F_{att} = \begin{cases} K_{att} \cdot r^2 \cdot \frac{r}{r} & \text{if voronoi cell is not fully covered;} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0020]

[0021] 여기서, Katt는 인력(Fatt)을 조율하기 위한 상수이고, r 은 상기 센서를 구비한 이동체가 그린 보로노이 다이어그램의 도심에서 현재 이동체까지의 유클리디안 거리이며, r은 도심에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

[0022] 상기 특징에 따른 포텐셜 필드와 보로노이 다각형을 이용한 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 상기 제6 단계의 제2 척력은 하기의 [수학식 3]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0023] [수학식 3]

$$F_{obs} = -K_{obs} \sum_i \frac{1}{r_i^2} \cdot \frac{r_i}{r_i}$$

[0024]

[0025] 여기서, Kobs는 제2 척력(Fobs)을 조율하기 위한 상수이고, r_i 는 장애물(i)에서 현재 이동체까지의 유클리디안

거리이며, r_i 는 장애물(i)에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

효 과

[0026] 이러한 본 발명의 특징에 따르면,

[0027] 본 발명은 센서를 구비한 이동체들이 놓여지는 지역의 사전 정보 없이 이동체 스스로 장애물과 이웃한 이동체를 인지하여 이동체 서로가 센싱되는 영역내에서 지역 전체에 고루 배치되어 효율적으로 이동체의 센싱범위를 확장 하는 효과가 있다.

[0028] 또한, 본 발명은 센서를 구비한 이동체의 이동 시간 및 이동 거리를 줄여 에너지 소비를 줄이는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법을 나타낸 흐름도이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에서 보로노이 다각형이 형성된 모습을 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에서 보로노이 다각형이 형성되지 않는 모습을 나타낸 도면이다.

[0031] 도 1 내지 도 3에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 포텐셜 필드 와 보로노이 다각형을 이용한 센서 를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법은 먼저, 센서를 구비한 두 개 이상의 이동체를 임의의 필드에 위치시 킨다(S110).

[0032] 이때, 본 발명의 실시 예에서 상기 센서를 구비한 이동체의 둘레에 초음파 센서를 부착하여 구현했으나, 초음파 센서로 한정하지 아니한다.

[0033] 이어서, 상기 이동체는 이웃 이동체의 위치정보 및 장애물의 위치 정보를 얻는다(S120).

[0034] 이때, 상기 이동체는 둘레에 부착된 초음파 센서의 파장이 직선으로 장애물에 닿아 되돌아오는 지점에 가상의 이동체가 있다고 판단하고, 그 지점의 위치 정보를 기록하여 장애물의 위치 정보를 활용한다.

[0035] 이어서, 상기 이동체는 이웃 이동체로부터 얻은 정보로 제1 척력(F_{nei})을 구한다(S130). 이때, 상기 제1 척력 (F_{nei})은 하기의 [수학식 1]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

수학식 1

$$F_{nei} = -K_{nei} \sum_i \frac{1}{r_i^2} \cdot \frac{r_i}{r_i}$$

[0036]

[0037] 여기서, K_{nei} 는 제1 척력(F_{nei})을 조율하기 위한 상수이고, r_i 는 센서를 구비한 이웃 이동체(i)에서 현재 이 동체까지의 유클리디안 거리이며, r_i 는 이웃 이동체(i)에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

[0038] 이때, 상기 제1 척력(F_{nei})는 이웃 이동체들로부터 발생하는 반발력을 의미한다.

[0039] 이어서, 상기 이동체는 이웃 이동체로부터 얻은 정보로 보로노이 다각형을 그려 도심(Centroid)을 구한다 (S140).

[0040] 이때, 도 2는 센서를 구비한 이동체(0)와 이웃 이동체에 의해 형성된 보로노이 다각형의 도심(G)를 나타내며, 도심(G)는 센서를 구비한 이동체(0)가 만들어낸 보로노이 영역을 최대한 관측할 수 있는 위치이다.

[0041] 그러나, 센서를 구비한 이동체의 보로노이 영역이 전부 R_s 내부로써 모두 관측 가능하다면 그 영역의 도심은 현 재 자신의 위치와 비슷할 가능성이 많으므로 그 도심을 구하지 않는다.

[0042] 상기 보로노이 다각형의 도심(G)는 센서를 끌당기는 인력을 발생시킨다.

[0043] 또한, 도 3의 센서를 구비한 이동체(0)는 외각 센서의 이동방법을 보여주는 것으로 임의의 센서가 네트워크의 가장자리에 위치하여 주변에 이웃들이 부족하거나 장애물까지의 거리가 R_w 이상이어서 외각의 장애물을 인지하지 못할 경우 완벽한 보로노이 다각형을 그릴수 없게 된다. 이때, 제2 척력(F_{obs})와 제1 척력(F_{nei})의 합 벡터의 방향에서 자신과 가장 가까운 이웃 센서와의 거리가 R_c 가 되는 지점을 도심(G)로 정한다. 자신과 가장 가까운 이웃 센서와 R_c 의 거리를 둔 이유는 적어도 하나 이상의 이웃을 확보하여 통신이 끊어지지 않도록 유지하기 위함이다.

[0044] 이어서, 상기 이동체는 보로노이 다각형으로부터 인력(F_{att})을 구한다(S150).

[0045] 이때, 상기 인력(F_{att})은 하기의 [수학식 2]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

수학식 2

$$F_{att} = \begin{cases} K_{att} \cdot r^2 \cdot \frac{r}{r} & \text{if voronoi cell is not fully covered;} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0046]

[0047] 여기서, K_{att} 는 인력(F_{att})을 조율하기 위한 상수이고, r 은 상기 센서를 구비한 이동체가 그린 보로노이 다이어그램의 도심에서 현재 이동체까지의 유클리디안 거리이며, r 은 도심에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

[0048] 이때, 상기 인력(F_{att})는 보로노이 다각형의 도심(Centroid)에서 센서를 구비한 이동체를 끌어당기는 힘을 의미하며, 이동체에 따른 보로노이 다각형이 이동체의 센싱영역 내에 위치하면 인력(F_{att})는 0이 된다.

[0049] 이어서, 상기 이동체는 장애물의 위치정보로 제2 척력(F_{obs})을 구한다(S160). 이때, 상기 제2 척력(F_{obs})은 하기의 [수학식 3]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

수학식 3

$$F_{obs} = -K_{obs} \sum_i \frac{1}{r_i^2} \cdot \frac{r_i}{r_i}$$

[0050]

[0051] 여기서, K_{obs} 는 제2 척력(F_{obs})을 조율하기 위한 상수이고, r_i 는 장애물(i)에서 현재 이동체까지의 유클리디안 거리이며, r_i 는 장애물(i)에서 현재 이동체와의 좌표차이다.

[0052] 이때, 상기 제2 척력(F_{obs})는 주변의 장애물로부터 발생하는 반발력을 의미한다.

[0053] 이어서, 상기 이동체는 제1 척력(F_{nei}), 인력(F_{att}), 제2 척력(F_{obs})을 합산하여 힘(F)을 구한다(S170).

[0054] 이때, 상기 힘(F)을 구하는 공식은 [수학식 4]와 같다.

수학식 4

$$F = F_{obs} + F_{nei} + F_{att}$$

[0055]

[0056] 마지막으로, 상기 이동체는 상기 힘으로부터 새로운 위치를 구하여 이동한다(S180).

[0057] 또한, 상기 센서를 구비한 이동체가 이웃 이동체의 위치정보 및 장애물의 위치 정보를 얻는 단계(S120)에서 센서를 구비한 이동체가 제1 척력, 인력, 제2 척력을 합하여 구해진 새로운 위치로 이동하는 단계(S180)을 상기 센서를 구비한 이동체의 센싱 영역에 보로노이 다각형이 포함되지 않는 동안 반복하여 실행한다.

[0058] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법을 시뮬레이션한 캡처화면이다.

[0059] 도 4에서 빨간색으로 나타낸 이동체는 인력(F_{att})이 0에 해당한다. 즉, 각 이동체에 따른 보로노이 다각형이 이

동체의 센싱영역 내에 포함되어 있다.

[0060] 또한, 파란색으로 나타낸 이동체는 인력(Fatt)가 적용된 센서로 보로노이 다각형이 이동체의 센싱영역에 벗어나 있다.

[0061] 또한, 이동체 외의 숫자는 숫자에 해당하는 이동체가 계산한 보로노이 다각형 영역의 도심을 의미한다.

[0062] 상기에서 설명한 본 발명의 실시 예와 종래의 확장방법으로 이동 거리 및 이동 시간에 따른 성능을 비교한 하기 [표 1]은 센서를 구비한 이동체의 평균 이동 거리(m)와 배치가 완료 될때까지의 이동 시간(sec)을 나타내며, 이동체의 센싱 영역이 99%가 되는 시점을 배치완료로 하였으며, 조건은 다음과 같다.

[0063] 60m * 60m의 영역에 25개의 센서가 임의로 배치되며 각 센서의 장애물을 인식하는 초음파의 반경(Rw)은 10m, 센싱반경(Rs)은 10m, 통신반경(Rc)은 20m를 가지는 것으로 하고 상수값은 실험의 의한 경험치로서 Kobs는 200, Knei는 50, Katt는 0.005이다.

표 1

	실시 예		종 래	
	Time(sec)	Distance(m)	Time(sec)	Distance(m)
1	53.8	6.23	66.5	6.55
2	30.7	4.56	33.2	4.75
3	28.4	5.65	50.4	5.84
4	26.3	6.92	47.0	7.30
5	23.7	4.72	37.0	4.88
6	32.5	6.71	54.5	6.31
7	57.9	7.05	126.3	8.28
8	34.5	5.96	54.4	6.42

[0064]

[0065] 상기 [표 1]을 보면 각 배치된 경우에 따라 이동 시간 및 이동 거리가 차이가 있지만 종래의 센싱범위 확장 방법보다 38.78% 빨리 전체 영역을 관측할 수 있으며, 이동 거리 역시 5.03% 단축 되어 에너지 소모를 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0066] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 상세한 설명에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 관하여 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 따라서 본 발명의 권리 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라, 이와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

[0067] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법을 나타낸 흐름도이다.

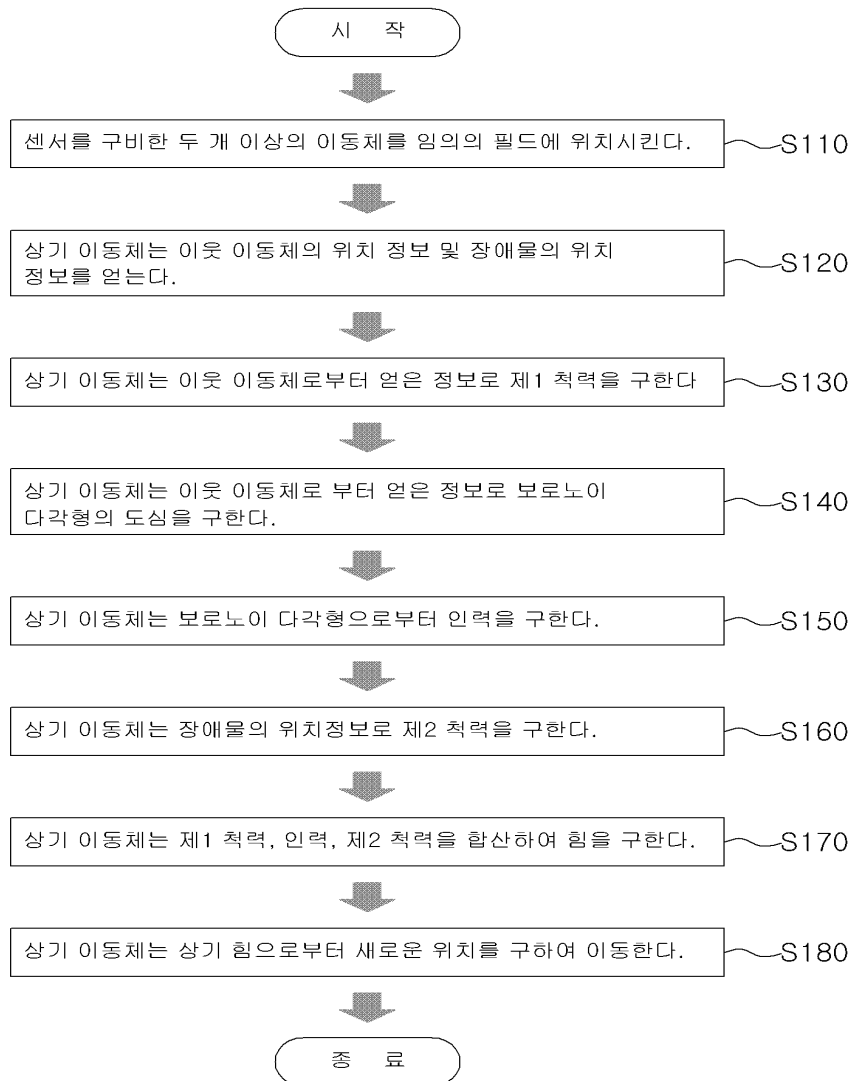
[0068] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에서 보로노이 다각형이 형성된 모습을 나타낸 도면이다.

[0069] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법에서 보로노이 다각형이 형성되지 않는 모습을 나타낸 도면이다.

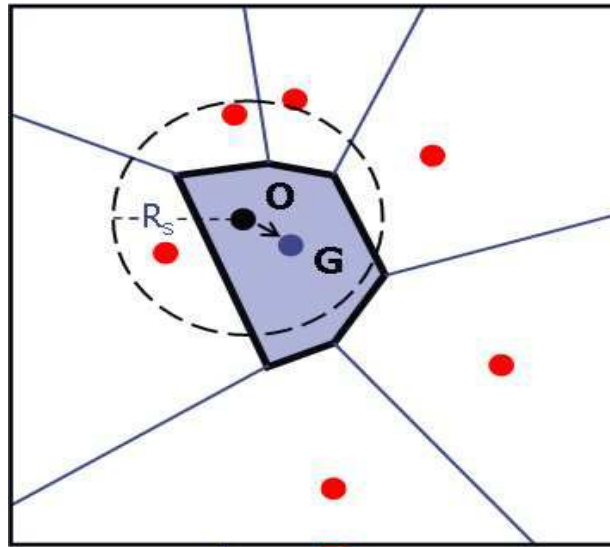
[0070] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 센서를 구비한 이동체의 센싱 범위 확장 방법을 시뮬레이션한 캡처화면이다.

도면

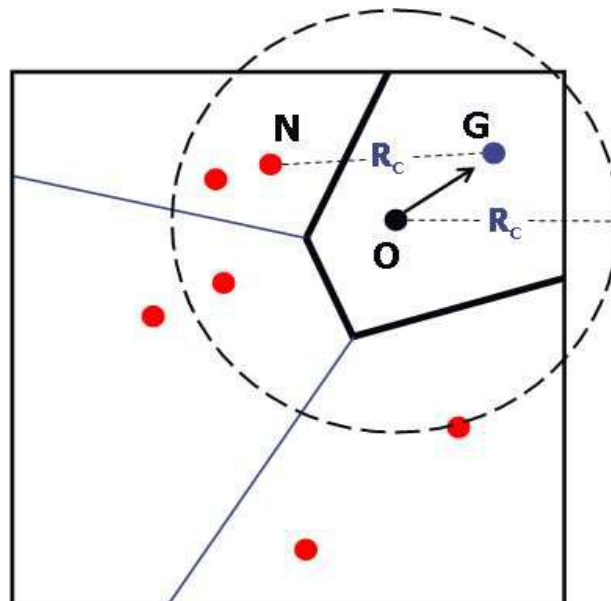
도면1



도면2



도면3



도면4

