IRCT 기법을 이용한 가정용 청소로봇의 경로탐색

A path planning for home cleaning robots using IRCT technique

이성훈, 김도연, 김용기

경상대학교 컴퓨터과학과
E-mail: ygkim@gsnu.ac.kr

요 약

본 논문은 일반적인 경로탐색기법의 사용으로 인한 단점들을 보완하며 공간적, 시간적, 안정성을 만족하는 효율적인 경로탐색기법인 IRCT기법을 소개하고, 이를 가정용 청소로봇에 적용한다. 기존의 경로탐색 기법인 A*알고리즘은 격자이동을 하여야만 하는 한계로 인하여 이동거리에 있어서 비효율적이고, 그에 따른 시간적 손실과 에너지의 손실 등이 따른다. IRCT 기법은 A* 알고리즘에서 사용하는 격자이동에 대한 문제점을 장애물과 비장애물을 재 정의하여, 격자이동이 아닌 노드와 노드 사이를 이동함으로써 효율성과 안정성을 동시에 만족시킨다. 청소용 로봇에 IRCT기법을 적용하기 전 실험을 통하여 IRCT기법과 A*알고리즘을 비교함으로써, 두 기법사이의 이동거리와 시간적 효율성을 확인하고, IRCT기법의 안정성을 보인다.

Key Words : 경로탐색, IRCT기법, 가정용 청소로봇, 경유점 트리

1. 서 론

현재 많은 가정에서 청소용 로봇을 가사업무의 한 부분으로 사용하고 있다. 대형 청소물을 처리하기에는 무리가 있지만 머리카락이나 종이조각 또는 작은 물체 등은 쉽게 청소가 가능하고, 바쁜 현대인에게 청소라는 가사의 부담이 청소로봇이라는 기계에 의해서 어느 정도 부담이 덜어지고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 청소로봇의 경우 무작위적인 경로를 선택하여 청소를 진행하고 있으며, 경로선택의 방법이 단순한 충격이나 초음파 또는 적외선 센서에 의해서만 다음 경로를 설정하는 수준에 있다. 청소를 완료한 지역을 저장하지 않기 때문에 다음 경로가 청소가 되어진 부분 일 수도 있다.

또한, 개개인의 집안구조는 가구에 의해 구조가 다르기 때문에 동일한 패턴을 적용하여 사용하는 데에는 무리가 있으며, 청소 로봇이 충분히 청소 할 수 있지만, 청소로봇의 경로 설정과 패턴 청소 방식의 한계 때문에, 사람이 직접 청소해야하는 단점이 있다.

그러나 시간적 여건과 상황이 적절치 않는 현실 또는 도래할 유비쿼터스 시대에는 집안가사의 일정 부분이 로봇으로 대체 될 것이고, 청소로봇은 필수적인 부분이 될 것이다. 효율적이고 기능에 충실한 작업을 위해서는 청소로봇의 기능을 효율적으로 작동 되어질 수 있게 만들어 줄 수 있는 경로계획기법과 청소방법이 마련되어야 할 것이다.

경로계획 기법에 많이 사용되어온 A*알고리즘은 격자기반을 통한 경로 계획기법으로 그 효율성은 많은 실험에 의해 입증되었다[1][2][3]. 그러나 집안의 구조와 가구의 배치는 청소로봇의 이동경로를 격자 기반으로 구성하기에는 많은 제약이 따른다. 이의 A*알고리즘을 청소로봇에 사용하기에는 효율적이라 말할 수 없다. 그 외에도 많은 경로 계획 기법이 존재 하고 있다[4][5].

IRCT(Intelligent Route Planning Using the Point of Obstacle Contact And Waypoint-Tree)기법은 A* 알고리즘의 단점이 격자기반을 채택하지 않고 노드간의 접점을 다음 경로로 설정하기 때문에 격자기반을 이용한 경로계획을 수립하지 않고 적절한 경로계획을 수립할 수 있다[6][7].

본 논문의 구성은 2절에서 일반적인 청소로봇의 청소로봇의 경로계획법을 살펴보고, 3절에서 A*알고리즘의 경로계획기법을 소개한다. 4절에서는 IRCT기법을 이용한 경로계획기법을 소개하며, 5절에서는 A*알고리즘과 IRCT기법을 실험을 통하여 그 성능의 우수성을 비교하고, 6절에서 결론과 향후 개선해야 할 과제를 살펴본다.

2. 일반청소 로봇의 경로탐색 방법

2.1 일반 청소로봇의 운영방법

현재 시판되고 있는 청소로봇의 경우 그 운영방법이 매우 단순하다. 운영 방법은 패턴에 의존하고 있으며, 일반적인 패턴은 그림 1과 같이 지그재그를 왕복하여 원하는 청소구역을 운영하는 방법과 회전을 하면서 원의 지름을 넓혀가는 방법을 사용하고 있다[8]. 그러나 이런 패턴의 방식은 획일화 된 공간이나 구조에 적합한 방법이며, 효율적이지 못하다.

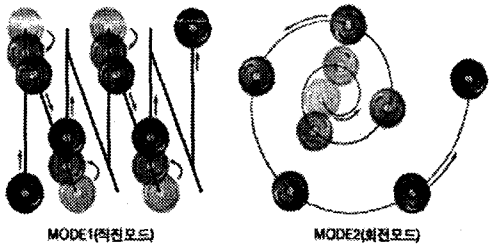

그림 1. 일반청소로봇 청소 패턴

2.2 일반 청소로봇의 경로계획 방법

일반적인 청소로봇의 경우 현재의 작업에 대한 경로계획은 장애물을 탐지하여 장애물이 없는 곳으로 방향을 전환하는 것으로 다음 경로를 계획하고 있다. 장애물 탐지 방법은 직접적인 충돌에 의한 것과 간접적으로 적외선 센서를 이용하는 방법이 있다. 장애물이 탐지 되었을 경우 좌우 70~90도 사이의 각으로 운동 방향을 바꾼다거나, 예정된 각도 이상으로 방향을 전환하지 못할 경우 후진을 하도록 되어 있다[8]. 이와 같은 방식을 사용 할 경우 충돌로 인한 기기의 손상이나 오작동 등이 유발 될 수 있으며, 패턴운행 중 장애물에 의해 다음 경로가 패턴의 처음부터 다시 시작되므로 효율적이고 완벽한 청소가 이루어 질 수 없다. 경로를 계획하기 보다는 단순한 반응을 보일뿐이다.

3. A* 알고리즘의 제약성

A*알고리즘은 그림 2에서와 같이 출발지점에서 목표지점까지 최소의 경유값을 가지는 경로를 탐색하여 이동하게 된다[9].

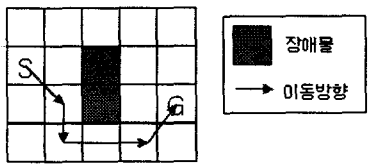

그림 2. A* 알고리즘을 이용한 목표지점 탐색

각 노드에서 다른 노드로 이동할 경우 그에 대한 이동 소비값을 계산하고, 이동할 노드에서 목표지점까지 예상 경로 비용을 산출한다. 이 두 값을 합산하여 가장 작은 값을 가지는 노드로 이동할 경우 목표지점까지 최소의 값을 가지고 이동이 가능하다. 모든 장애물은 이동 가능 영역에서 제외된다.

그러나 A*알고리즘은 격자기반으로 움직이므로 그림 3와 같은 비효율성을 보일 수도 있다[2][7].

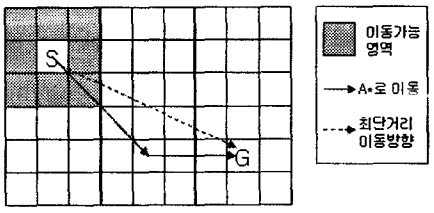

그림 3. A* 적용 시 문제점

물론 격자의 크기를 줄여 그 효율성을 향상할 수 있으나, 격자의 크기를 줄이면 탐색해야 하는 노드의 수가 기하급수적으로 늘어나므로 격자의 크기를 축소하기에는 한계가 있다.

또한 격자기반의 한계 때문에 그림 4와 같이 물체가 타원이나 곡선을 가지는 경우 그 장애물의 외형이 왜곡 될 수 있다[7].

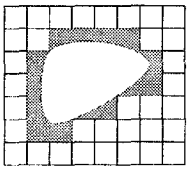

그림 4. A* 적용 시 장애물 범위 왜곡

이 같은 경우에 청소용 로봇이 청소가 가능한 지역임에도 불구하고 청소가 불가능한 지역이라고 판단할 수 있다.

4. 경유점 트리를 이용한 경로탐색 기법

출발지점과 목표지점을 설정하고 그 두 지점 사이에 직선을 그었을 때 장애물이 있을 경우 장애물에 대한 외형의 최외각 노드를 장애물 노드로 설정하고 그 노드들을 경유하는 최단 노드들의 집합을 트리형태로 작성한다. 작성되어진 트리를 깊이 우선 탐색을 이용하여 최단거리를 탐색하고, 그 결과를 산출하여 최적의 경로를 도출해 내는 기법을 IRCT기법이라 한다[6][7].

그림 5는 IRCT를 청소용 로봇에 적용하였을 경우에 그 흐름을 순서도로 나타낸 것이다.

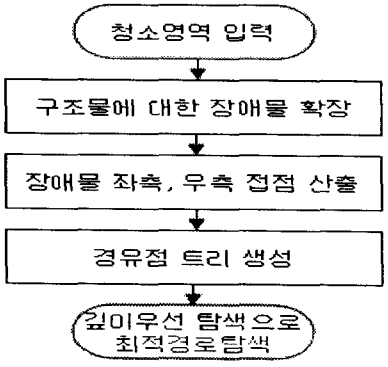

그림 5. 청소용 로봇의 경로계획 순서도

4.1 장애물의 확장

IRCT기법은 장애물을 확장하여 장애물에 충돌하지 않고 우회할 수 있는 노드를 작성한다.

그림 6은 장애물이 존재 할 경우 그 장애물에 대한 안전거리를 확보한 상태에서 장애물에 대하여 확장함을 보이고 있다.

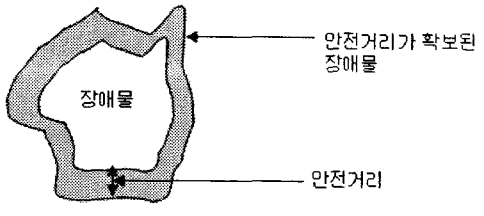

그림 6. 장애물의 확장

4.2 장애물의 노드 생성

장애물의 경우 장애물을 우회하여 움직일 경우 원하는 다음노드까지 이동을 위하여 최단으로 움직일 수 있는 노드들을 선택한다. 2차원 평면에서는 장애물이 정면에 존재 할 경우 왼쪽과 오른쪽만을 움직여 우회할 수 있으므로 장애물에 대한 좌측 및 우측 접점 노드를 만들어 낸다.

그림 7은 노드의 구성을 나타낸 것이다.

그림 7. 노드구성

장애물 확장으로 만들어진 장애물은 그림 8과 같이 노드에 좌측 및 우측 노드를 출발지점과 목표지점 연장선을 기준으로 두 방향 노드의 데이터를 저장한다.

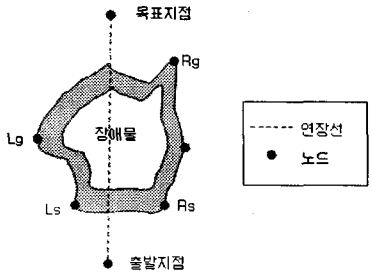

그림 8. 확장된 장애물에 노드 확장

4.3 트리생성

장애물에 대한 각각의 노드들을 트리로 작성한다. 출발지점과 목표지점과의 연장선상에서 가장 처음 만나는 장애물을 루트(root)노드로 선택하고, 경유를 필요로 하는 장애물에 대해서는 트리에 포함시킨다. 그림 9에서는 복수개의 장애물들이 트리로 생성되는 것을 보여주고 있다.

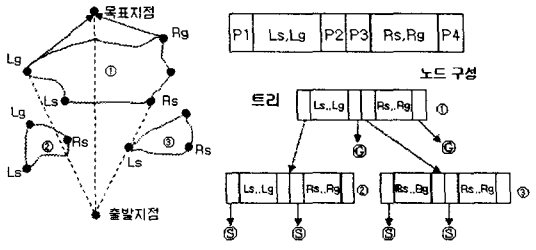

그림 9. 장애물 노드를 이용하여 경유점트리 생성

4.4 깊이우선탐색을 통한 최적 경로 탐색

트리로 만들어진 경로 노드들의 트리를 깊이우선탐색을 통하여 최단값을 가지는 최적 경로를 산출 해 낸다.

5. 비교 및 실험

일반 가정에서 사용하는 의자와 가구들을 이

용하여 평면도를 그리고 그 데이터를 지능청소 경로 탐색기에 입력하고 각각의 상황에 대한 실험을 진행하고, A* 알고리즘과 제안하는 IRCT기법의 경로길이를 비교하였다. 그림 10과 그림 11은 경로계획을 위한 두 가지 경우를 설정하고, 실험하였다.

그림 10은 하나의 장애물을 고려한 것이고, 그림 11은 두 개의 장애물을 고려하여 실험한 것이다.

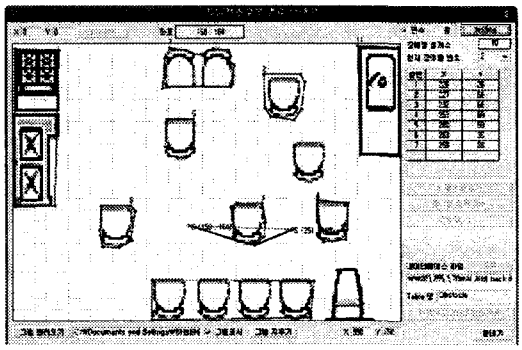

그림 10. 장애물이 하나 인 경우

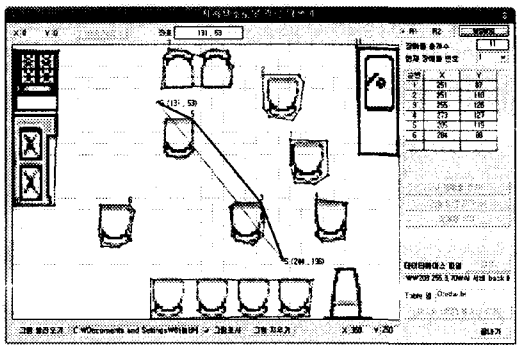

그림 11. 장애물이 두 개인 경우

표 1은 두 실험에 대한 결과 값을 나타내며, A*와 비교하여 경로의 총 경유 길이를 비교하였다.

	적용기법	경로길이
산출1	A*	122
	IRCT	98
산출2	A*	222
	IRCT	189

표 1. A*와 IRCT 비교표

6. 결론 및 향후 과제

그 노드들을 경유점트리로 생성하여 최적의 경로를 탐색하는 IRCT기법을 지능형 청소로봇에 적용하였을 때 그 효율이 격자기반의 A* 알고리즘보다 성능이 뛰어난 것을 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

그러나 지능형 청소로봇에 IRCT기법을 적용하기 위해서는 청소구역의 완벽한 지역데이터가 필요하며, 현재 상황의 변화를 감시 하고 명령을 내려 줄 감독자가 필요하다. 또한 정적인 데이터를 바탕으로 경로를 탐색하기 때문에 실시간적인 데이터에 바탕을 둔 경로탐색기법의 연구가 필요하다. 또한, 이러한 과제를 바탕으로 청소로봇에 대한 명령과 청소로봇이 동작할 수 있는 환경정보를 수집할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Szczerba, Robert J. ,"Robust Algorithm for Real-Time Route Planning", IEEE Transcations on Aerospace and Electronic Systems Vol. 36, No. 3 July 2000.

[2] 하희천, 전자해도를 이용한 최적항로결정 시스템에 관한 연구, 한국해양대학교, 1997. 2.

[3] S. Al-Hasan and G. Vachtsevanos, "Intelligent route planning for fast autonomous vehicles operating in a large natural terrain", Volume 40, Issue 1, Pages 1-24 , 2002

[4] Noguchi, N, , "Path planning of an agricultural mobile robot by neural network and genetic algorithm", Computers and electronics in agriculture, v.18 no.2/3, 1997, pp.187-204

[5] Juidette, H, Youlal, H, "Fuzzy dynamic path planning using genetic algorithms", Electronics letters, v.36 no.4, 2000, pp.374-376

[6] 김용기, 지능형 자율운항제어기술, 국방과학연구소 보고서, 2002, 12.

[7] 조재희, 지민수, 김용기, "무인선박의 항해시스템을 위한 항로계획 기법", 한국퍼지및지능시스템학회논문지 , 1598-7078 , 제15권4호 , pp.418-424 , 2005

[8] http://www.roboimoyo.com/

[9] http://www.gamedev.net/reference/programming/features/astar/