

이동로봇을 위한 넓은 공간에서의 효과적 지도작성 및 이동기술

도낙주, 나상익, 유원필, 조영조
한국전자통신연구원

An efficient method for mapping and motion of mobile robots in large environments

Doh, Nakju Na, Sangik Yu, Wonpil Cho, Young-Jo
Electronics and Telecommunications Research Institute
e-mail : {nakju,nsi,ywp,youngjo}@etri.re.kr

요 약

넓은 공간에서 로봇의 지도를 만드는 것은 고가의 센서와 복잡한 알고리즘을 필요로 한다. 이의 주된 이유는 모든 공간을 하나의 좌표계에 대해 일관성을 가지도록 표현하기 때문이다. 하지만 본 논문은 이러한 하나의 좌표에 대한 일관성이 로봇 이동에 반드시 필요한 것이 아니라는 것을 보인다. 대신 본 논문에서는 공간과 공간사이의 상대적 위치만이 기록된다면, 넓은 공간에서도 저가의 센서를 이용해서도 손쉽게 지도를 작성할 수 있고, 이 지도를 이용하여 자연스러운 로봇 주행이 가능하도록 하는 방법을 제안한다.

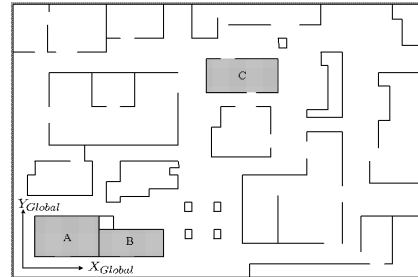
1. 서론

이동로봇이 넓은 공간에 대해 지도를 작성할 경우, 많은 어려움이 발생한다. 그 중에서 가장 큰 어려움은 전체 지도를 하나의 전역좌표(global coordinate)에 대해 표현해야 하는 것이다. 만약 지도를 작성할 공간의 크기가 넓지 않다면, 하나의 전역좌표에 대한 지도형성은 어렵지 않다.

일례로, 그림 1에서 공간 A와 공간 B를 하나의 전역좌표계 (X_{Global}, Y_{Global})에 대해 표현하기는 어렵지 않다. 그러나, 지도의 크기가 증가할수록 로봇의 위치 인식 오차도 함께 증가하고, 이로 인해 하나의 전역좌표계에 대하여 일관되게 표현 하는 것은 무척이나 어려운 작업이다. 즉, 아래 그림 1에서 공간 A와, 공간 C 사이의 거리가 멀다고 할 때, 로봇의 전역좌표계에 대한 위치 오차 역시 이 거리에 비례해서 증가하기 때문에, A와 C의 계측일관성을 유지하는 지도를 작성하는데 많은 어려움이 발생한다. M.Bosse [1]은 고가의 레이저 스캐너를 사용하여 지도 작성의 어려움을 극복하려 하였으나, 고가의 레이저 스캐너를 사용하고서도 2시간 30여분의 사후작업(post-processing)을 수행하여야만 했다.

그러나, 로봇의 상용화를 위해서는 고가의 장비와 장시간을 들여 지도를 작성하는 것은 바람직하지 않다.

한편, 폐쇄된 좁은 공간에 대해서 환경지도를 작성하는



[그림 1] 넓은 공간의 일례

기술은 이미 제안된 바 있다[2-4]. 그러나, 이상의 기술들은 모두 넓지 않은 폐쇄공간을 대상으로 하고 있으므로, 넓은 공간에서 활용은 위에서 기술한 어려움에 직면하게 된다.

본 논문에서는 넓은 공간에서도 저가의 센서를 이용하여 단시간 내에 환경을 표현해 낼 수 있는 방법을 제안한다. 본 방법은 저가의 인공표식을 사용하며, 하나의 전역좌표계가 아닌 각 인공표식에 대한 상대적으로 기록되는 지역좌표계를 사용한다. 이렇게 표현된 지도는, 로봇의 이동을 위해서도 자연스럽게 응용될 수 있는 장점을 가진다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 우선 2장에서는 넓은 공간에 대한 지도 작성 및 이동 방법을 기술한다. 3장에서는 이를 이용한 로봇의 응용예를 기술하며, 4장에서

는 결론 및 추후 연구방향에 대해 기술한다.

2. 넓은 공간에 대한 지도 작성 및 이동 방법

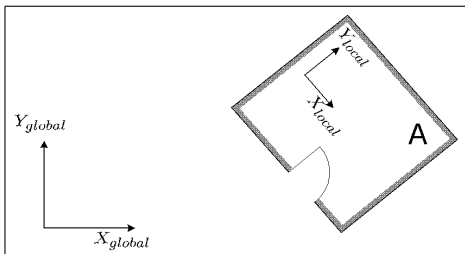
넓은 공간에서의 지도를 작성하기 위해, 본 논문에서는 인공표식을 사용한다. 이러한 인공표식은 그 종류에 제한을 받지 않지만, 그 자체로부터 좌표계가 제공되는 것으로 한정하며, 그러한 인공표식으로부터 표현된 좌표계를 “지역 좌표계(local coordinate)”라고 명명한다.

물론 넓은 공간에 수많은 인공표식을 부착한다면, 하나의 전역좌표계(global coordinate)에 대해 “계측 일관성(metric consistency)”을 가지는 지도를 만드는 것은 어려운 일이 아닐 것이다. 하지만 이러한 경우, 많은 인공표식으로 인한 가격의 상승이 우려되므로 바람직한 방법은 아니라고 할 수 있다. 보다 상세한 방법을 기술하기 전에 먼저 용어를 다음과 같이 정의하기로 한다.

2.1 용어정의

2.1.1 지도형성의 기준 좌표계

본 논문에서는 크게 두가지 좌표계를 정의한다. 하나는 전체 공간의 기준이 되는 전역좌표계(global coordinate)이다. 이 좌표계는 하나의 공간상에 하나만이 존재한다. 다른 좌표계는 지역좌표계(local coordinate)이다. 이 좌표계는 인공표식으로부터 추출되는 좌표계이며, 그러므로 인공표식의 개수만큼 좌표계가 존재하게 된다 (그림 2).



[그림 2] 전역좌표계와 지역좌표계

2.1.2 위상학 지도에서의 노드와 예지

큰 건물은 수많은 복도와 이들의 교차점(junction)으로 구성되어 있다. 일례로 병원같이 큰 건물들은 많은 입원실을 가지고 있는 관계로 대부분이 복도와 교차점으로 구성되어 있다. 이러한 공간을 효과적으로 추상화 할 수 있는 방법은, 복도를 그래프의 예지(edge)로, 교차점을 그래프의 노드(node)로 표현하는 위상학 지도(topological map)이다.

2.1.3 계측일관성과 위상일관성

넓은 지도를 하나의 전역좌표계에 대한 위치정보로만 표시를 하는 경우, 이를 “계측 일관성(metric consistency)”이 확보되었다고 표현한다. 즉, 모든 공간의 정보들이 하나의 고정된 좌표계에 대해서 표현되게 되고,

실제 공간의 모양이 가장 정확하게 모델되게 된다.

이에 반하는 개념은 “위상 일관성(topological consistency)”이다. 위상 일관성은 위상학 지도에 적용이 가능한 개념이며, 위상학 지도에서 노드와 노드의 연결순서와 방향이 일관성을 가지는 경우 지도의 위상일관성이 확보되었다고 기술할 수 있다. 그러므로, 위상일관성은 확보되었으나, 계측일관성은 유지되지 않은 지도의 경우에는, 각 노드와 노드의 연결은 실제 환경을 모사하고 있으나, 그 노드의 전역좌표계에 대한 방향 및 위치는 부정확할 수 있다.

2.2 공간의 분리: 이동공간과 작업공간

로봇의 지능형 알고리즘을 개발하기 위해서는 인간의 행동 패턴을 분석하는 것이 효과적이다. 본 논문에서도 넓은 공간에 대한 지도작성 방법을 연구함에, 인간의 방법에 대한 분석과 이에 대한 응용을 활용하고자 한다.

우선 인간의 행동을 유사히 관찰해보면, 공간을 두가지 개념으로 분리해서 생각하는 것을 알 수 있다. 그 첫 번째는 “이동공간”이며, 그 두 번째는 “작업공간”이다. 이동공간이란 문자 그대로 이동만을 위한 공간이다. 이 공간은 주로 복도로 구성된다. 사람이 한 공간에서 다른공간으로 지나가기 위해 복도를 지나갈 경우, 복도의 형태나 모양에는 관여하지 않고, 오직 장애물만을 피해감을 알 수 있다. 물론, 복도뿐만 아니라, 넓은 광장이 목적지와 출발지 사이에 있는 경우에도, 넓은 광장을 지나갈 목적이라면, 넓은 광장의 형태나 모양에 큰 관심을 두지 않게된다. 두 번째로 “작업공간”에서의 인간의 활동은 특정 목적을 수행하고자 함이므로, 공간의 배치나 형태에 관심을 가지게 된다.

이 개념을 로봇에도 동일하게 적용할 수 있다. 로봇에게도 순수하게 이동만을 위한 공간이 존재할 수 있고, 또한 작업을 위한 공간이 필요할 수도 있다. 이러한 경우 이동만을 위한 공간에서는 주변의 자세한 지도정보는 필요하지 않게된다. 하지만 로봇의 작업이 계획된 작업공간에서는 공간내의 2차원적 지도가 잘 묘사되어야 할 것이다.

이상과 같이 공간을 “이동공간”과 “작업공간”으로 나누어 생각하면, 이동공간은 위상학적 지도로 표현해 낼 수 있고, 작업공간은 일반적인 2D map으로 표현할 수 있다. 따라서, 이동공간에서는 위상학적 지도에서의 노드위치에만 인공표식을 부착하면 되고, 작업공간에서는 공간 어디에서도 로봇의 위치를 알 수 있도록 다수의 인공표식을 부착할 필요가 있다.

하지만 넓은 빌딩에서의 대부분의 공간은 복도등의 이동공간으로 구성되어 있으므로, 상기와 같이 공간개념을 나누어 접근할 경우, 사용되는 인공표식의 수를 획기적으로 줄일 수 있다.

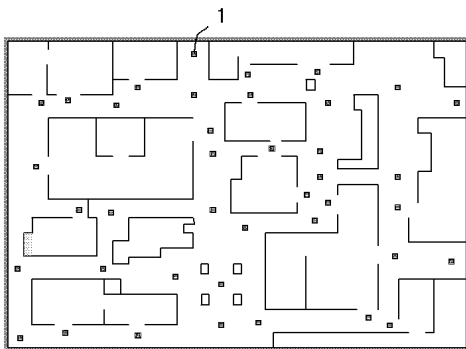
2.3 이동공간에 대한 지도 작성법

이동공간은 위상학적 지도, 즉 그래프 형태로 표현된다. 위상학적 지도로 표현되는 공간은 당연히 위상학적 일관성을 확보해야 한다. 그러나, 이 지도가 계측 일관성까지 확보할 필요는 없다.

일례로, 인간의 행동을 살펴보자. 사람은 한 공간에서 자신의 시선이 북쪽 혹은 다른 어떤 방향을 향하고 있는지에 대해 전혀 의식하지 않고 있다. 즉, 사람은 전역 좌표계에 대해 자신의 위치를 인식하는 것이 아니라는 말이 된다. 대신 인간은 현재 자신이 속한 공간상에서 어떤 방향을 향하고 있는지에 관심을 둔다. 즉 공간상의 지역좌표계에 대해 자신의 위치를 인식한다는 말이다.

이를 로봇에 동일하게 적용할 수 있다. 로봇의 이동공간을 묘사할 때에도, 모든 노드와 에지의 위치정보를 전역 좌표계에 대해 계측 일관성을 유지하게 할 필요가 없는 것이다. 대신 각 노드에 부착된 인공 표식이 제공하는 지역좌표계에 대해서, 노드와 노드의 상대 위치만을 표현한다고 할지라도, 로봇의 이동에 전혀 문제가 없게 된다.

구체적인 지도 작성방법은 다음과 같다. 우선, 노드를 정의해 주어야 한다. 노드를 정의하는 가장 실체적인 방법은 사람이 몇몇 장소들을 그림 3과 같이 표시해 주는 방법이다. 노드로 정의될 장소에는 인공표식이 부착될 수 있고, 로봇은 이 인공표식을 인식함으로써 노드의 위치와 그 노드에서의 지역좌표계를 추출하게 된다.



[그림 3] 이동공간에 부착된 인공표식(회색사각형)

이상과 같이 노드를 정의 한후, 아래의 형식으로 노드 정보를 저장할 수 있다 (그림 4).

- 인식된 인공표식의 지역좌표계에 대한 노드의 위치
- 각 에지의 형상 및 에지의 길이
- 에지를 통해 도달하게 되는 노드의 ID
- 노드에 연결된 에지의 개수

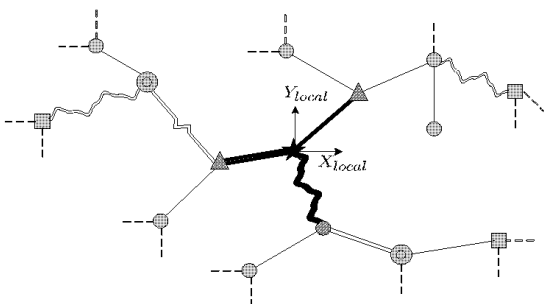
이중 첫째로, “인식된 센서의 지역좌표계에 대한 노드의 위치”는 인공표식 인식과 이를 이용한 지역좌표계 추출을 통해 쉽게 얻어질 수 있다. 일례로, 로봇이 인공표식을 인식할 수 있는 범위 안에서, 사용자가 특정 명령을 내려 현재 로봇의 위치를 노드로 저장하라는 명령을 내릴 수 있고, 이 경우 로봇은 인공표식에 대한 자신의 상대 위치값을 노드라고 저장하게 된다.

둘째로, “각 에지의 형상 및 에지의 길이”는 로봇이 하나의 노드에서 연결되는 다른 노드까지 수동 혹은 자동으로 이동하고, 그 동안 얻어진 양바퀴 혹은 여러 센서들로부터의 지역좌표계에 대한 위치정보를 저장함으로써 얻어질 수 있다.

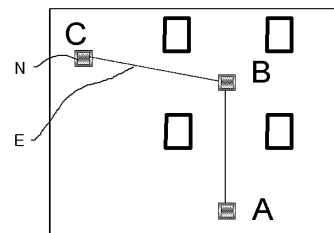
셋째로, “에지를 통해 도달하게되는 노드의 ID”는 로봇이 하나의 에지에 대해 주행을 끝내는 순간 그 곳에서 인식한 인공표식을 통해 얻어진다.

마지막으로, “노드에 연결된 에지의 개수”는 하나의 노드에 대한 이상의 정보들이 모두 얻어진 경우, 쉽게 계산될 수 있다. 일례로, “각 에지의 형상 및 에지의 길이” 정보가 추가될 때 마다, 노드에 연결된 에지의 개수를 하나씩 증가시키므로써, “노드에 연결된 에지의 개수”를 구할 수 있다.

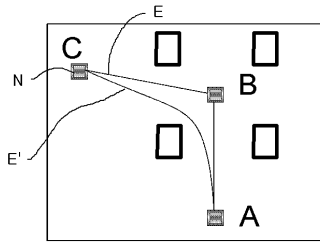
여기에서 주목할 점은, “노드의 위치”나 “에지의 형상” 정보들이 노드의 지역좌표계를 중심으로 기술된다는 점이다. 이 때, 에지는 실제 공간의 위상학적 연결 형태를 바탕으로 하되, 위상학적 형태상 하나 이상의 노드를 거쳐야 하는 경우에 대해서도 직접 연결 될 수 있다. 일례로 그림 5는 위상학지도에 기반한 에지(E)의 연결 모습이다. 이 경우 노드(N) A에서 노드(N) C로 갈 경우, 노드(N) B를 경유하여 노드(N) C로 도달해야 한다.



[그림 4] 지역좌표계를 중심으로 표현된 노드정보들



[그림 5] 위상학적 지도에 기반한 에지의 연결모습



[그림 6] 자연스러운 주행을 위한 에지연결의 응용법

그러나, 제안하는 에지의 형태는 위상학적 연결을 확장하여, 그림 6에 도시된 바와 같이 노드(N) A에서 바로 노드(N) C로 가는 에지(E')를 만들 수 있다. 이와 유사한 개념이 이전 논문 [5]에 제안된 바 있다. 그러나, 이 논문에서는 노드로 들어오는 로봇의 각도와 노드를 나갈 때의 로봇의 각도가 유사한 경우에 대해서만 연결이 가능하다는 단점이 있다. 하지만 본 방법에서의 제안은 로봇의 각도에 관계없이, 사용자 의도에 따라 얼마든지 에지의 확장 연결이 가능하다.

이와 같이, 모든 노드에 대한 정보를 입력하면, 이동공간에 대한 로봇의 환경지도가 작성 완료된다. 이상과 같은 지도 작성은 각각의 노드들의 지역좌표계에 대해 기술된다. 따라서 한노드와 다른 노드들간의 전역 좌표계상에서의 관계에 대한 추가적 작업이 불필요하게 되며, 이를 통해 저가의 센서만을 이용하면서도 빠른 시간안에 로봇의 주행이 필요한 충분한 정보가 포함된 환경지도를 작성할 수 있다.

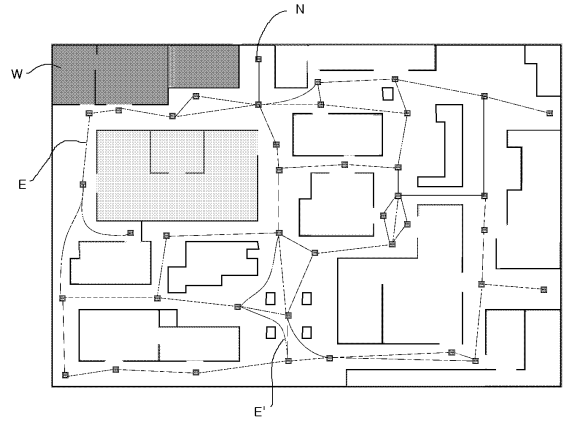
2.4 작업공간에 대한 지도 작성법

작업공간에서는 넓은 반경에서의 작업을 수행해야 하고, 모든 공간이 연결되어 있으므로, 일정 부분을 노드로 정하기 보다는, 공간 전체를 하나의 노드로 인식하는 것이 편리하다. 또한 전체 공간에 인공표식을 충분히 부착하여, 로봇이 어디에서든지 지역좌표계에 대한 위치를 인식할 수 있도록 해야 전체 영역 커버를 필요로 하는 청소 등의 작업이 가능할 것이다. 작업공간 전체를 위와 같이 하나의 노드로 인식시키고, 전체가 인공표식을 인식할 수 있는 공간화가 이루어지면, 로봇이 작업공간에 도착한 경우, 자동으로 작업공간에 도착했음을 인식할 수 있다.

본 방법의 핵심적인 특징은 이러한 작업공간의 지도를 만들 때에도, 작업공간의 지역좌표계를 사용하여 지도를 만든다는 것이다. 이러한 작업공간은 일반적으로 격자맵(grid map)으로 표현되며 이를 위해 레이저 스캐너나 초음파 센서링 등의 거리센서가 많이 사용되어 왔다. 실례로, X.Zezhong [6], A.Censi [7], 이세진 [8] 등이 발표한 논문에서 다양한 센서를 이용한 격자맵 구성을 찾아볼 수 있다.

이상과 같이 작성된 이동공간과 작업공간에 대한 지도는 지역좌표계를 중심으로 기술되어 있기 때문에 모두를

동시에 표현하기는 어렵다. 하지만 이해를 돕기 위해 로봇의 위치오차를 무시한 상태에서 작성된 지도를 모두 중첩시켜 표현하면 그림 7과 같은 지도를 얻을 수 있다. 도 7에서 참조부호 W(빛금영역)는 작업영역이며, N(사각형)은 노드, E(점선)는 선입력된 에지에 해당한다.



[그림 7] 위치 오차가 없다는 가정 하에, 넓은 공간에서 작성된 전체 지도의 투시도

2.5 로봇의 이동 방법

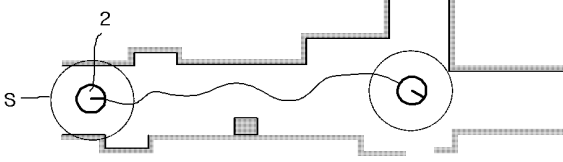
그림 7에서와 같이 얻어진 지도를 이용하여 로봇의 이동 작업은 다음과 같이 수행될 수 있다. 우선 로봇의 목표지점은 2가지 방법으로 기술된다.

첫째 방법은 목표노드만 알려주는 것이다. 이는 위에서 기술한 바와 같이 노드로의 단순이동 혹은 노드에서 작은 반경의 움직임 내에서 작업 수행이 목적인 경우 실시될 수 있다.

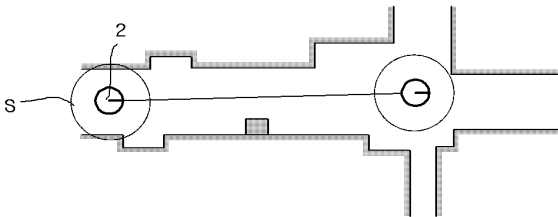
둘째 방법은 목표노드와 그 노드의 지역좌표계에 대한 지령을 함께 내려주는 것이다. 이 경우는 작업공간으로 이동하여 그 안에서 작업을 수행해야 할 경우에 작업공간의 노드와 그 공간 내에서 지역좌표계에 대한 좌표점을 목표점으로 지정해 준다. 일단 목표지점이 설정되면, 로봇은 현재 위치에서 가장 근접한 노드로 이동한다. 로봇은 이동 후 그 노드로부터 목표 노드까지의 경로를 계획한다. 각 노드에서 다른 노드로의 이동시에는 각 노드에 저장된 에지의 형상을 따라 이동하고, 다음 노드에의 도착여부는 인공표식인지를 통해 확인할 수 있다.

한편, 위에서와 같이 에지의 형태를 선입력해 줌으로써 로봇의 이동을 보다 자연스럽게 구현할 수 있는데, 일례로 그림 8에서와 같이 로봇이 에지를 이동할 때, 로봇의 센서로 감지가 가능한 영역이 로봇 주위의 원(S)으로 제한된다고 하자. 이 경우 에지정보가 알려져 있지 않으면, 로봇은 감지된 영역 내의 가장 안전한 중간점을 따라가게 되고, 이 경우에는 로봇의 이동이 자연스럽게 못하게 된다. 하지만 그림 9와 같이 에지정보가 미리 입력된 경우, 로봇

은 짧은 감지거리 센서를 이용하면서도, 자연스러운 이동을 수행할 수 있다. 설사 로봇이 레이저 스캐너와 같이 긴 센서정보를 이용하더라도, 긴 에지 전체에서 가장 자연스러운 이동 경로를 예측하기는 쉽지 않으므로, 에지 정보를 미리 입력해 두는 것이 바람직하다.



[그림 8] 에지 정보가 없을 경우의 로봇 이동



[그림 9] 에지 정보가 있을 경우의 로봇 이동

3. 응용 예제

본 논문에서는 3가지 실시예를 제시한다. 첫 번째 실시예로서, 로봇이 이동공간내에서만 이동을 수행할 경우에 대한 실시예를 제시한다.

이동공간 내에서 로봇은 특정 노드로 이동하라는 명령 혹은 특정 노드와 인접한 곳으로 이동하라는 명령을 받게 된다. 이 2가지 경우 모두, 특정 노드로 이동하는 것이 로봇의 주된 작업이 된다.

로봇은 이미 모든 노드들의 지역좌표계에 대한 노드의 ID정보와 노드간의 연결 에지(edge)의 길이를 가지고 있으며, 이는 전체 지도에 대한 에지의 길이정보가 포함된 그래프(graph)를 가지고 있는 것과 동일하다. 상기 그래프(graph)가 주어진 경우, 일반적인 A* 혹은 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 최단 경로 추출이 가능하다. 최단 경로에는 거쳐 지나가야 할 노드의 ID와 각 노드에서 다음 노드까지 이동하기 위해 필요한 에지(edge)의 번호가 기록된다. 상기 정보를 바탕으로 로봇은 현재 위치에서 가장 가까운 노드(node)로 이동한다. 로봇은 이동 후, 다음 노드로 가기 위한 에지(edge)방향으로 자신을 회전시킨다. 그 후 로봇은 지도상에 저장된 해당 에지(edge)의 형태(shape)를 따라 이동을 한다. 이동이 끝날 때 즈음, 로봇은 다음 노드(node)를 인식할 수 있고, 이를 통해 다음 노드에 도착했음을 인지한다. 이상의 과정을 최종 목적 노드에 도착할 때까지 반복 수행함으로써, 로봇은 이동 공간에 대한 이동을 수행할 수 있다.

두 번째 실시예로서, 로봇의 작업공간 내에서의 이동을 기술하기로 한다. 작업공간에는 공간 전체를 아우를 수 있

는 인공표식들이 충분히 설치되어 있다. 그러므로, 작업공간 안에서 하나의 대표 노드를 정하고, 그 대표노드의 지역좌표계에 대해 전체 작업공간을 기술할 수 있다. 이러한 환경에서의 로봇 주행은 일반적인 A* 알고리즘 등의 경로 계획을 통해 구현될 수 있다.

세 번째 실시예로서, 로봇이 이동공간과 작업공간간의 전이를 수행할 경우에 대한 실시예를 설명하기로 한다. 경로계획의 입장에서 볼 때, 작업공간은 1개의 노드에 해당한다. 그러므로 경로계획시에는 작업공간의 존재 여부에 큰 영향을 받지 않는다. 작업공간은 하나의 노드로 인식되기 때문에, 이동공간의 노드와 작업공간의 노드를 연결해주는 에지(edge)가 존재한다. 이러한 에지(edge)를 지나갈 때, 로봇은 다음 공간이 작업공간임을 알 수 있고, 따라서 작업공간에 해당하는 ID의 노드가 발견될 경우, 작업공간에서의 이동 방법에 따라 이동할 수 있다. 반대의 경우에도 마찬가지로의 방법을 통해 로봇을 구동시킬 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 넓은 공간에서 지역좌표계와 인공표식을 이용하며 저가의 거리센서를 통해서도 구현이 가능한 지도작성 및 로봇 이동 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 아래와 같은 특징을 가진다.

첫째, 만약, 모든 공간을 단순히 격자맵 형태로 표현한다면, 모든 공간에 인공표식을 부착하여야 하는데 반해, 제안된 방법은 이동공간과 작업공간을 분리함으로써 인공표식을 부착해야 할 공간을 최소화한다.

둘째, 제안된 방법은 넓은 공간에서 위상지도와 격자맵을 혼용 사용함으로써, 로봇 지도 작성에 필요한 메모리 양을 줄이며, 이를 통해 실시간 로봇 경로 생성이 가능하다. 일반적으로 넓은 공간에 대해 전체 격자맵을 만들면, 격자를 이용한 실시간 경로생성이 어려운데 반해, 본 발명은 작업공간에만 격자맵을 적용함으로써 실시간 경로 생성이 가능하다.

셋째, 제안된 방법은 계측일관성을 대체하여 위상일관성만 유지하게 함으로써, 로봇의 이동에 필요한 충분한 정보는 지도에 담아내면서도, 지도 작성에 필요한 시간은 줄이고 고가센서 사용의 부담은 덜어준다.

넷째, 제안된 방법은 에지의 형태를 선입력해 둬으로써, 로봇의 이동을 보다 자연스럽게 구현할 수 있다.

제안된 방법은 그 개념만으로도 충분히 구현이 가능하다는 것이 증명될 수 있다. 허나, 보다 정량적인 비교를 위해 제안된 방법과 기존 방법을 비교하는 실제적인 실험이 추가되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] M.Bosse, P.Newman, J.Leonard, and S.Teller, "SLAM in Large-scale cyclic environments

- using the atlas frame," vol. 23, pp.1113-1140, International Journal of Robotics Research, 2004.
- [2] 한국공개특허, "이동 로봇의 경로자취에 의한 폐쇄된 공간에 유용한 맵핑방법", 공개번호: 10-2004-0087171.
- [3] 한국공개특허, "이동로봇의 직사각형 영역 맵핑방법", 공개번호: 10-2004-0087174.
- [4] 한국공개특허, "충전기를 이용한 이동로봇을 이용한 작업공간 맵핑방법" 공개번호: 10-2004-0023925.
- [5] Nakju Lett Doh, Kyoungmin Lee, Jinwook Huh, Namyong Cho, Jung-Suk Lee, and Wan Kyun Chung, A Robust Localization Algorithm in Topological Maps with Dynamics, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4372-4377, 2005.
- [6] X.Zezhong, et. al. "Scan matching based on CLS relationships", IEEE/RJS international conference on intelligent systems and signal processing, 2003.
- [7] A.Censi, et.al., "Scan matching in the hough domain", IEEE International conference on robotics and automation, 2005.
- [8] 이세진등, "A new feature map building from grid association, Internationl conference on ubiquitous robots and ambient intelligence, 2005.