

로봇의 최단경로탐색을 위한 미로의 순회 및 표현방법 설계

홍기천

전주교육대학교 컴퓨터교육과
kchong@jnue.ac.kr

요 약

그래프는 현재 GIS, 네트워크, 인공지능 등과 같은 다양한 분야에 응용되고 있다. 우리의 일상에서도 여행등과 같은 상황에서 무의식중에 그래프의 개념을 사용하고 있다. 그래서 본 논문에서는 미로내에서 로봇이 서로다른 두 개의 정점간 최단경로를 탐색할 때, 그래프라는 개념이 어떻게 사용되는지에 대해서 알아보고자한다. 우리가 자료구조 과목에서 배웠던 내용처럼 이상적인 상황이 아니고 좀더 현실적인 상황이다. 로봇이 최단경로탐색이라는 미션을 수행하기 위해서는 미로순회, 그래프 생성, 최단경로탐색의 세 단계를 거친다. 미로순회 단계는 로봇이 직접 미로를 탐색해야하는 단계로서 가장 어려움이 많은 단계라고 볼 수 있다. 그래프 생성 단계는 로봇이 미로가 가지는 구조적인 정보를 그래프로 표현하고, 이를 2차원 배열에 저장하는 단계이다. 최단경로탐색단계는 서로 다른 두 개의 정점을 입력하여 로봇이 실제로 이동하도록 하는 단계이다. 아직 구현이 완료된 상황이 아니기 때문에 로봇의 최단경로탐색을 위한 전체 과정의 설계에 대해서만 기술하기로 한다.

A Design of Traverse and Representation Method of Maze for Shortest Path Search with Robots

Ki-Cheon Hong

Dept. of Computer Education, Jeonju National University of Education

Abstract

Graph is applied to GIS, Network, AI and so on. We use graph concept in our daily life unconsciously. So this paper describe how graph concept is used when robot searches shortest path between two distinct vertices. It is performed in real world. For this, it consists of three step: maze traverse, graph generation, and shortest path search. Maze traverse steps is that robot navigates maze. It is most difficult step. Graph generation step is to represent structural information into graph. Shortest path search step is to that robot move between two vertices. It is not implemented yet. So we introduce process in design level.

1. 서 론

우리가 살고있는 21세기는 정보사회, 지식사회, 학습사회, 디지털 사회등으로 일컬어진다. 이러한 사회에서는 획일적이고 규격화된 인간이 아니라, 보다 창의력있고 변화에 적응력이 높은 인간을 요구한다. 그러므로 변화하는 미래사회에서의 교육은 종래와 같은 주입식, 암기식 교육이 아니라 창의성개발에 중점을 두어야 할 것이다. 창의성을 바탕으로 한 창조적 대응력은 사고력에 의존하고 있으며,

정보화 사회에서 고도의 정보처리 능력 즉, 홍수와 같이 쏟아지는 수많은 정보들을 탐색, 수집, 분류, 분석, 조직, 비판하고 새로운 정보를 산출해내는 능력과 새로운 문제를 발견하여 성공적으로 해결할 수 있는 창의적 문제 해결 능력을 배양시켜주는 교육이 필요한 것이다[1].

이를 위해서 학교 컴퓨터교육의 필요성이 강조되고 컴퓨터교육은 단순히 응용 프로그램의 활용에 그치는 것이 아니라 컴퓨터를

활용하여 실생활의 여러 문제들을 논리적으로 해결할 수 있는 능력을 함양시킬 수 있어야 한다. 프로그래밍은 컴퓨터를 통해 사고력과 문제해결력을 기를 수 있는 유일한 도구이며 충분한 교육적 가치를 지니고 있다[2].

그래서 우리나라에서는 2001년부터 초·중·고등학교에서 ICT교육 운영지침에 따라 컴퓨터교육이 실시되고 있다. 그러나 여러 가지 문제점이 제기되어서 2005년에 ICT교육 운영지침이 개정되었다. 개정된 ICT교육과정에서는 정보통신윤리 교육의 강화, 창의적, 문제해결력, 논리적 사고력등의 고등사고능력의 함양의 필요성이 제기되었고, 단순히 소프트웨어를 활용하는 기존의 교육관점에서 벗어나 정보통신기술의 원리, 개념 등을 이해하며 응용하는 컴퓨터과학적인 교육이 강화되었다[3].

개정된 ICT교육 운영지침에 컴퓨터과학 요소가 많이 포함된 것은 기존의 운영지침이 가지고 있는 문제점을 보완하는 의미도 있지만, 더 중요한 것은 ICT교육의 새로운 비전을 제시하였다는 것이다. 컴퓨터교육의 목표는 문제해결력 향상에 있다. 이를 위해서 ICT운영지침에서는 알고리즘과 프로그래밍 교육을 강조하고 있다. 이 두 가지 하위요소 사이에는 자료구조라는 요소가 있다. 알고리즘이 비정형화된 것이라고 한다면 이것을 정형화시키기 위한 틀이 바로 자료구조이다. 이러한 정형화된 틀을 프로그래밍 단계에서 이용하게 된다. 현실세계에서 일어나는 모든 현상을 자료구조에 넣기만 한다면 프로그래밍은 그만큼 단순해진다. 이렇듯 변수, 배열, 스택, 큐, 그래프, 트리등과 같은 자료구조의 이해는 매우 중요하다.

그 중 그래프는 GIS, 네트워크, 인공지능과 같은 분야에서 많이 응용되고 있다. 특히 GIS와 같은 분야가 많이 발달하면서 우리가 현재 사용하고 있는 네비게이션에서는 지도의 모든 지점과 지점간의 경로는 그래프의 속성으로 표현되고 있다. 미로도 그래프의 속성을 가지는 구조물로 생각할 수 있다.

우리가 살고있는 주변환경을 돌아보면 도로와 건물로 가득하다. 이러한 환경을 미로로 축소시켜 단순화시킬 수 있다. 우리가 여행을 갈 때 출발점에서 시작하여 도착점까지 비용, 거리, 시간과 같은 여러 가지 조건을 선택하여 그 중 최적의 경로를 택하게 된다. 그래서 본 논문에서도 현실세계에서의 이러한 상황을 로봇이 최적의 경로를 탐색하여 이동해보도록 하고, 이러한 상황에서 그래프가 어떻게 사용되는지를 알고자함이 목적이다.

로봇이 미로내에서 한 지점에서 다른 한 지점으로 최적의 경로를 찾기 위한 전체적인 과정은 미로순회, 그래프 생성, 최단경로탐색의 3 단계이다.

미로순회는 로봇이 미로내의 모든 통로를 순회(traverse)하여 미로에 대한 구조적인 정보를 수집하는 단계이다. 위의 3 단계 중 가장 어려움이 많은 단계이다. 컴퓨터 프로그램이 가상의 그래프를 순회하는 상황이 아니고 로봇이 직접 미로를 순회해야 하기 때문이다. 이 단계만 해결된다면 다음 단계들은 매우 쉽게 해결될 수 있다.

그래서 본 논문에서는 미로라는 현실적인 구조물을 제작하고 로봇이 최단경로를 탐색하는 방법에 대해서 논해 보기로 한다. 아직 구현된 상황이 아니므로 설계차원에서 기술한다.

2. 관련연구

김신엽, 강성현은 정보영재를 교육시키기 위한 프로그래밍 교육방법의 많은 문제점에도 불구하고 프로그래밍 교육을 통해 얻을 수 있는 잠재적인 교육효과를 인식하고 문제해결력, 창의력, 사고력, 판단력을 신장시키기 위한 정보영재 로봇 프로그래밍 교육과정을 개발하였다[4,5]

Hong은 로봇을 활용하여 예비교사에게 프로그래밍 수업을 재밌게 할 수 있는 방안을 제시하였다. 로봇이 미로를 탈출할 때, 스택이라는 자료구조를 어떠한 상황에서 어떻게

사용되는지를 보여주었다. 사용된 교수학습 전략으로는 알고리즘 작성, 순서도 작성, 프로그래밍으로 구성하였다[6].

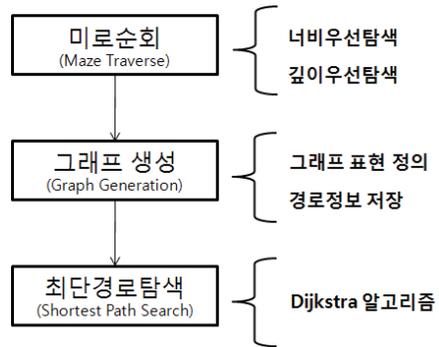
유영대는 군집로봇 협동작업 통신구조를 설계하였다. 다수의 로봇이 임무를 완수하기 위해 협동하는 상황을 제시하고 로봇간 통신 구조를 설계하였다. 로봇들에게 주어진 임무는 길찾아가기와 역할바꿈이다. 특히 역할바꿈은 마스터 로봇이 미로 탐색 중 기능을 상실했을 때, 슬레이브 로봇이 그 역할을 대신하는 상황이다[7].

이태준은 전국에 있는 초등학교 방과후학교 로봇교실 운영실태를 조사하였다. 전국에 있는 초등학교 중 서울특별시가 81%, 인천광역시 69.6%, 울산광역시 69.2%, 부산광역시 60%가 방과후에 로봇교실을 운영하고 있었다. 그 외에 전북 7%, 전남 6.9%, 경북 15% 정도로 운영하고 있다. 특별시와 광역시가 대체적으로 높은 운영비율을 보이고 있었으며, 도 단위는 매우 낮은 것으로 조사되었다[8].

이렇듯 로봇을 이용한 연구는 활발하게 진행되고 있다. 로봇활용수업이 그만큼 교육효과가 뛰어나다는 것을 말해주는 것이다. 그래서 본 논문에서는 로봇이 미로속을 실제로 움직이면서 서로 다른 두 지점 사이의 최단 경로를 탐색하는 방법에 대해서 논해본다. 그리고 최단경로를 탐색할 때 그래프라는 자료 구조를 사용하게 된다. 본 논문과 기존의 연구들과의 차이점은 학생들로 하여금 그래프의 활용범위를 알도록 하는 것이다.

3. 최단경로탐색을 위한 전체 과정

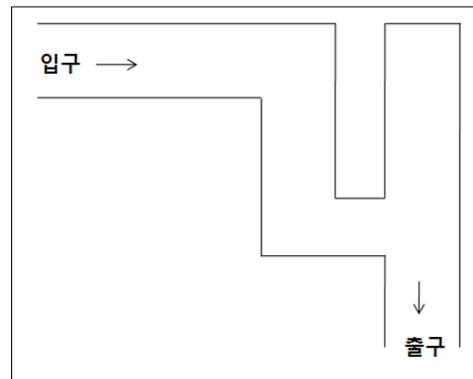
로봇이 미로내의 한 지점에서 다른 한 지점으로 최단경로를 탐색하기 위해서는 다음과 같은 과정이 있어야 한다.



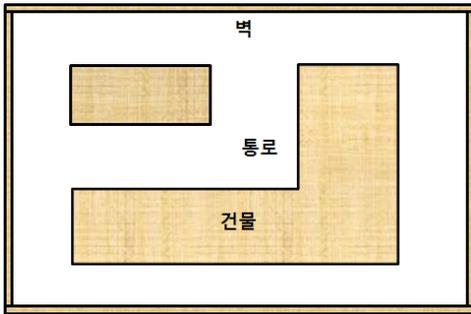
<그림 1> 최단경로탐색의 전 과정

3.1 미로 순회

우리가 일반적으로 알고 있는 미로는 (그림 2)의 (a)와 같이 입구(entry)와 출구(exit)가 모두 존재하는 구조물이다. 그러나 본 논문에서 사용된 미로는 (그림 2)의 (b)와 같이 입구와 출구가 없는 완전히 닫힌 미로이다. 즉, 한 지점에서 다른 한 지점으로 가장 빠른 경로를 찾아가기 위함이 목적인 미로이다.



(a) 일반적인 미로



(b) 본 논문에서 사용된 미로
 <그림 2> 미로의 차이점

미로는 크게 기지의 미로(known maze)와 미지의 미로(unknown maze)와 같이 두 가지로 나눌 수 있다. 기지의 미로란 로봇이 미로내에 있는 정점(vertex), 거리등과 같은 정보를 미리 알고 있는 경우를 말한다. 이러한 경우는 로봇이 굳이 미로를 순회할 필요가 없기 때문에 최단경로탐색을 손쉽게 할 수 있다. 미지의 미로란 로봇이 미로내에 있는 정점(vertex), 거리등과 같은 정보를 미리 알고 있지 않은 경우를 말한다. 이러한 경우에는 로봇이 반드시 순회하여 정보를 수집해야 한다.

우리가 이제까지 공부해왔던 자료구조의 그래프 단원에서는 인접행렬이라는 정보를 미리 제공하고 있다. 즉, 기지의 미로의 경우라고 볼 수 있다. 그러나 우리 현실세계에서는 그렇지 못하다. <그림 2>의 (b)에서 보는 바와같이 로봇이 미로를 미리 탐색해서 정보를 수집해야하는 상황이다.

본 논문에서 다루는 미로는 미지의 미로이다. 이 미로를 로봇이 순회하며 정보를 수집하고, 일정한 틀에 저장한 후, 최단경로탐색 요청이 왔을 때 로봇이 이동하는 것이다. 가장 어려운 과정은 로봇이 미지의 미로를 순회하여 정보를 수집하는 작업이다. 이 과정만 제대로 마칠 수 있다면 그 다음 과정은 매우 수월해질 것이다. 그래서 본 논문에서는 <그림 3>에서 보는 바와 같이 알파벳 부분을 그래프의 정점(vertex)으로 간주하고 이웃한 정점은 간선(edge)로 정의하고 점선으로 표시

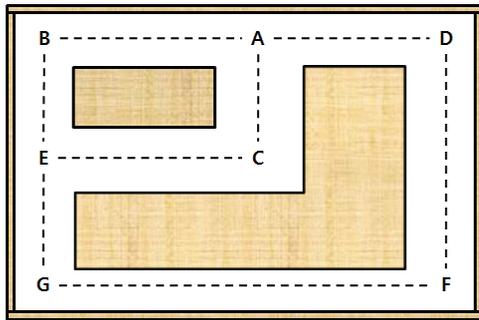
하였다. 정점 A에서 순회를 시작하는 것으로 가정하였다. 순회방법에 있어서도 깊이 우선 순회 방법이나 너비 우선 순회 방법을 사용하면 된다. 교과서에 나와있는 이 두 가지의 탐색방법과 본 논문에서 기술한 방법과는 많은 차이가 있을 것으로 생각된다. 교과서에 나와있는 방법은 컴퓨터 프로그램이 그래프를 순회하지만 본 논문에서 사용하는 미로는 현실세계의 구조물이기 때문이다.

<그림 3>의 미로를 너비 우선 방법으로 순회하면 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G$ 의 순서가 될 것이고, 깊이 우선 방법으로 순회하면 $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow D$ 가 될 것이다. 여기에서는 출발점이 A로 국한하였다. 만약 출발점이 B라고 한다면, 너비 우선 순회 방법에서는 $B \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow G \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow F$ 가 되고, 깊이 우선 순회 방법에서는 $B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow C$ 가 될 것이다. 이렇듯 출발점이 바뀌면 순회 순서도 바뀌고 순회하는 횟수도 바뀔 수 있다. 여기에서 연구해야할 문제는 바로 정점을 구별하는 방법이다. 예를 들어, 정점 A에서 출발한다고 가정하면 A의 위치는 정해진다. 그러나 A의 왼쪽에는 B이고, 앞에는 C가 있고, 오른쪽에는 D가 있다는 것을 현재로서는 알 수 있는 방법이 없다.

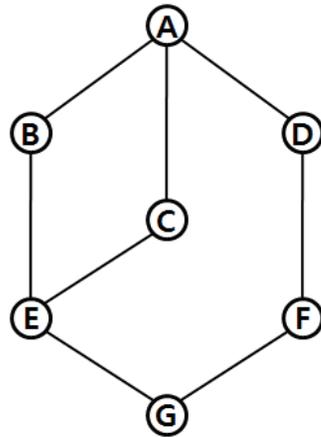
이것을 해결하기 위한 방법으로는 두 가지가 있을 것으로 생각된다. 첫 번째 방법은 미로상의 정점에 색깔로 표시해서 구별하는 방법이다. 이를 위해서는 로봇에 탑재된 빛센서나 컬러센서를 이용할 수 있다. 그러나 과거의 실험 경험에 의하면 빛센서나 컬러센서가 주변의 조명 정도에 매우 민감하게 작동하는 경우가 많다.

두 번째 방법으로는 로봇에 영상처리 모듈을 탑재하는 것이다. 즉, 정점에 알파벳을 써 놓고 영상처리 모듈이 이 알파벳을 인식하는 방법이다. 이 방법의 장점은 정점 인식의 신뢰도를 높일 수 있다는 것이다. 단점으로는 비용이 많이 든다는 것과 로봇의 단독 실행보다는 컴퓨터와 통신을 통한 메커니즘을 설계해야한다는 것이다.

위의 두 가지 순회 방법중에서 로봇의 움직임이 최소화가 되는 방법을 선택해야 할 것이다. A를 출발점으로 했을 때, 너비 우선 순회 방법에는 총 9번의 로봇의 움직임이 필요하고, 깊이 우선 순회 방법에서는 총 6번의 움직임이 필요하다. 또한 움직이는 거리도 너비 우선 방법이 깊이 우선 방법보다 길다. 그래서 깊이 우선 방법을 선택하는 것이 좋다고 판단된다.



<그림 3> 미로내의 정점 및 간선



<그림 4> 미로의 그래프 표현

그 다음에는 그래프를 일정한 틀에 저장해야 한다. 이때 배열, 링크드 리스트등과 같은 자료구조를 사용할 수 있다. 본 논문에서는 사용하기 편리한 배열을 사용한다. 이 배열을 일반적으로 인접 행렬이라고 정의한다. 인접 행렬은 다음과 같은 수식에 의해서 <표 1>과 같이 표현할 수 있다.

3.2 그래프 생성

로봇이 미로를 모두 순회하면 미로의 정보를 개념적으로 표현을 해야 한다. 이때 사용되는 개념이 바로 그래프이다. 그 다음에 이러한 표현을 일정한 틀에 집어넣어야 한다.

그래프는 표현력이 풍부하기 때문에 실제 응용에 많이 이용되고 있다. 그래프 G는 (V, E)로 정의된다. V는 공백이 아닌 노드(node) 또는 정점(vertex)이고, E는 상이한 두 정점을 잇는 간선(edge)이다. 그래프는 무방향 그래프와 무방향 그래프로 구분된다. <그림 3>에 있는 미로는 <그림 4>과 같이 무방향 그래프로 나타낼 수 있다.

$$a[i, j] = \begin{cases} 1, & (i, j) \in E(G) \\ 0, & (i, j) \notin E(G) \end{cases}$$

<표 1> 미로의 인접행렬

	A	B	C	D	E	F	G
A		1	1	1			
B	1				1		
C	1				1		
D	1					1	
E		1	1				1
F				1			1
G					1	1	

3.3 최단경로탐색

<그림 3>의 미로를 보면, 정점 A에서 G까지 이동하는 경로는 여러 가지가 존재하지

만 모든 경로의 길이가 같다. 그래서 로봇이 최단경로를 탐색하기 위해서 두 가지의 행렬이 필요하다. 첫 번째는 <표 2>와 같은 가중치 행렬이고 두 번째는 <표 3>과 같은 실제 거리를 나타내는 거리행렬이다. 가중치 행렬이 필요한 이유는 <그림 3>의 경우에 정점 A에서 G까지의 거리가 모두 같아 보인다. 이것은 최단경로를 탐색하는 의미가 없다. 즉, 가중치 행렬은 경로의 유무를 나타내고 있기 때문에 인접행렬로는 최단경로를 찾기가 불가능하기 때문이다. 실제거리행렬은 로봇이 미로내에서 정점과 정점사이를 실제로 이동해야하기 때문에 필요하다.

<표 2> 정점간 가중치 행렬

	A	B	C	D	E	F	G
A		15	7	7			
B	15				6		
C	7				10		
D	7					10	
E		6	10				12
F				10			13
G					12	13	

<표 3> 정점간 실제거리 행렬

	A	B	C	D	E	F	G
A		300	150	150			
B	300				150		
C	150				300		
D	150					500	
E		150	300				350
F				500			450
G					350	450	

최단경로를 찾아내는 알고리즘으로는 Dijkstra의 shortestPath()알고리즘을 사용하면 된다.

4. 결론 및 향후연구과제

아직 구현 단계는 아니지만 본 논문에서는 로봇이 미로를 순회하면서 그래프를 생성하고, 마지막에는 최단경로를 탐색할 수 있는 방안에 대해서 모색해보았다. 본 논문의 목적은 미로를 탐색하는데 있어서 그래프가 어디에서 어떻게 사용되는지를 학습할 수 있도록 하는 것이다. 그래서 로봇이 최단거울을 탐색하는 과정으로서 미로순회, 그래프 생성, 그리고 최단경로탐색의 3 단계로 구분하였다. 미로순회 단계에서는 로봇이 실제로 미지의 미로를 순회하면서 그래프를 생성해야 한다. 이 단계가 가장 어려움이 많은 단계일 것이다. 로봇과 미로라는 현실적인 객체가 본질적으로 가지고 있는 문제점도 있을 것이라고 생각된다. 구현하는 단계에서도 스택과 같은 자료구조도 사용해야하는 어려움도 있을 것으로 생각된다.

앞서 기술했듯이 로봇이 이러한 미션을 성공적으로 수행하기 위해서 가장 중요한 것은 미로의 탐색 방법으로 판단된다. 이 부분은 향후에 계속 연구되어야 하는 부분이다.

5. 참고문헌

- [1] 이점순. LOGO프로그래밍 언어가 초등학생의 창의성 발달에 미치는 영향, 전주교육대학교 교육대학원, 2008.
- [2] 박성진. 웹기반 베이식 프로그래밍 튜터 시스템, 대구교육대학교 교육대학원, 2002.
- [3] 한규정, 초등학교 정보통신기술 교과서의 분석, 한국정보교육학회 논문지, 제12권 3호, 347-354, 2008
- [4] 강성현, 이재호. 정보과학영재를 위한 로봇 프로그래밍 교육 프로그램의 설계, 한국정보교육학회 하계 학술발표논문집, 2007.
- [5] 김신엽, 유인환. 초등 정보영재를 위한 로봇프로그래밍 교육과정 개발, 한국정보교육학회 하계 학술발표논문집, 2007
- [6] Ki-Cheon Hong, Learning Computer

Engineering with Robots, 2nd International Symposium on Robotics in Science and Technology Education in Korea, 19-22, 2009.

[7] 유영대, 군집로봇 협동작업 통신구조 설계, 울산대학교 대학원, 2008.

[8] 이태준, 초등학교 방과후학교 로봇교실 운영실태 분석, 한국정보교육학회 논문지, 제 14권 1호, 25-33, 2010.