
게임 트리에 기반한 정보영재의 사고력 신장을 위한 교육 프로그램 모형

정덕길* · 김병조**

The Education Program Model for the Thinking Extension Ability of the Gifted in Information Based on Game Tree

Deok-Gil Jung* · Byung-Joe Kim**

이 논문은 2005년도 동의대학교 연구비를 지원받았음

요 약

이 논문에서는 정보영재 교육 중에서 프로그래밍을 위한 사고력 신장에 적합한 교육 프로그램 모형을 개발하고, Tic-tac-toe 문제를 실제적인 예로 보여 제안된 교육 프로그램의 타당성과 유효성을 검증하였다. 이 논문에서 제안된 모델에서는 자료구조로는 게임 트리를 사용하며 제어구조로는 게임 트리의 탐색에 기반한 사고력 신장 교육 프로그램으로 4단계로 구성되는 모형으로 구성된다. 이 모델을 통하여 학생들은 문제를 게임 트리로 표현하는 방법을 학습하게 되며, 게임 트리의 탐색 방법을 통하여 트리로 구성된 문제를 해결하는 방법을 배우게 된다. 이 교육 프로그램에서 목표로 하는 사고력 신장을 위한 정보영재의 내적 능력에는 유창성, 직관력, 독창성, 집중력, 상상력, 분석력, 도형력, 공간력, 종합력, 문제해결력 등이 포함된다.

ABSTRACT

In this paper, we develop the thinking extension education program for the gifted students of information, and prove the validity and effectiveness of the proposed model by presenting the Tic-tac-toe problem as the practical example of the information-gifted students. This model consists of four phases which has the game tree as data structure and the search of game tree as control structure. And the search of game tree becomes the basis of the thinking extension education program. This model gives the help for students to learn representing the problem as tree structure and solving the problem of tree structure using the search method of game tree. The internal ability of the information-gifted for thinking extension of this education program contains the fluency, perceptiveness, originality, power of concentration, imaginative power, analyzing skills, pattern recognition, space sense, synthesizing, problem-solving

키워드

Gifted in Information, Thinking Extension Ability, Tic-tac-toe, Game tree, Evaluation function

* 동의대학교 컴퓨터과학과 교수
** 동의대학교 대학원 전산통계학과 박사과정

I. 서론

미래의 급변하는 과학 기술 및 정보화 시대에 대처하여 생활할 수 있는 인재를 양성하는 교육은 앞날을 예상하고 새로운 것을 창조하는 능력과 태도를 기르는 교육이 되어야 한다. 또한, 창의적 사고력은 인간이 태어날 때부터 가지고 있는 잠재력을 최대한 계발하기 위한 교육이기도 하다.[1]

이러한 창의적 사고력을 지닌 학생의 교육이 국가 경쟁력을 증진시키는데 무엇보다 중요하며, 그 기초에 정보에 대한 영재교육이 무엇보다 강조되고 있다. 그리하여 정보 영재들의 창의적인 성향을 최대한으로 발휘되게 하기 위해서는 영재의 조기 발굴과 적절한 교육 프로그램의 개발이 무엇보다도 중요하다. 특히 그 프로그램은 정보 영재들의 사고력 신장에 목적을 두어야 한다.[2,3]

따라서 본 논문에서는 사고력 신장을 위한 정보영재 교육 프로그램 모형을 개발하고 실제적인 교수-학습의 예를 제시하며 분석한다. 이 논문에서 제시되는 교육 모형에서는, 정보영재의 사고력 신장을 위한 활동에서 공통적으로 활용되고 있는 문제들 중에서 Tic-tac-toe 문제를 실제적인 예로 제시함으로써 정보 영재 교육 현장에서 사용할 수 있는 실제적이고 유효한 모델이 될 것으로 기대된다.

II. 관련 연구

2.1 정보영재의 사고력 신장 교육

정보영재의 사고력 신장 교육은 컴퓨터 분야에서 활용되는 다양한 형태로 제시된 여러 가지 문제를 해결하기 위한 창의적인 알고리즘을 만들어내고, 이를 프로그래밍 할 수 있도록 두뇌를 개발하고자 하는 과정이라고 할 수 있다. 사고력 신장 교육을 통하여 계발 또는 증진시키고자 하는 정보 영재의 내적 능력을 나타내는 영역에는 직관력, 유창성, 독창성, 집중력, 상상력, 분석력, 도형 인식력, 공간 인식력, 종합력, 문제 해결력 등 10개 영역들이 포함될 수 있다.[4]

표 1의 내용은 사고력 신장 교육을 통하여 계발 또는 증진시키고자 하는 정보영재의 내적 능력을 나타낸 것이며 각 영역에 해당되는 활동을 제시하였다. 표 1에 제

시된 각 영역에 공통적으로 포함되어 있는 교육 주제에는 하노이 타워, 프랙탈 도형, 8-Queen, 8-Puzzle 그리고 Tic-tac-toe 문제 등이 있다. 이 논문에서는 이들 예제 문제에 공통적으로 적용할 수 있는 교육 프로그램 모델을 제안한다.

표 1. 사고력 신장 교육의 영역별 교육 내용
Table 1. Education Content for Fields of Thinking Extension Ability

영역	내 용	
유창성 신장 활동	· 브레인스토밍 · 하노이 타워	· 8-puzzle · 프랙탈 도형
직관력 신장 활동	· 하노이 타워 · 마방진 만들기	· 프랙탈 도형 · 8-puzzle
독창성 신장 활동	· 하노이 타워 · 8-puzzle	· 프랙탈 도형 · Tic-tac-toe
집중력 신장 활동	· 8-puzzle · 하노이 타워	· Tic-tac-toe · 프랙탈 도형
상상력 신장 활동	· 하노이 타워 · 8-puzzle	· 프랙탈 도형 · Tic-tac-toe
분석력 신장 활동	· 8-puzzle · 하노이 타워	· Tic-tac-toe · 프랙탈 도형
도형 인식력 신장 활동	· 같은 그림 찾기 · 다각형의 넓이 구하기 · 한 붓 그리기	· 하노이 타워 · 프랙탈 도형 · Tic-tac-toe
공간 인식력 신장 활동	· 바둑돌 옮기기 · 8-puzzle · 하노이 타워	· Tic-tac-toe · 그림 조각 맞추기 · 프랙탈 도형
종합력 신장 활동	· Tic-tac-toe · 8-queen · 하노이 타워	· 추리 퀴즈 · 8-puzzle · 프랙탈 도형
문제 해결력 신장 활동	· 강 건너기 · 프랙탈 도형 · 8-queen	· 하노이 타워 · Tic-tac-toe · 8-puzzle

2.2 게임 트리의 탐색 방법

(1) 게임 트리(game tree)

퍼즐과 같은 1인용 게임에 비하여 바둑, 체스 등과 같이 상대방이 있는 게임의 탐색 트리는 그 형태가 다르다. 트리의 각 레벨(level)은 나와 상대방이 두게 되는 경우가 번갈아 오게 된다.[5]

게임 트리에서 게임의 두 플레이어를 MAX와 MIN이라 한다. 주어진 임무는 MAX에게 최상인 행동을 찾는 것이다. MAX가 먼저 행동하고 난 후에 두 플레이어가 번갈아 행동한다. 따라서 깊이(depth)가 짝수이면 MAX가 행동할 차례로 이를 MAX 노드(node)라고 하고, 깊이가 홀수이면 MIN이 행동할 차례로 이를 MIN 노드라고 한다. (게임 트리에서 제일 위 노드의 깊이는 0이다.)

(2) Minimax 탐색 방법

만일 MAX가 탐색 트리의 단말 노드 중에서 하나를 선택한다면 평가 값이 가장 큰 것을 선호한다. MAX는 자신의 차례가 되면 실제로 그 노드를 선택할 것이기 때문에 MIN 단말 노드의 부모 노드인 MAX 노드의 전달 값은 단말 노드들에 대한 평가 값들 중에서 최대값이 된다. 반면에, 만일 MIN이 단말 노드 중에서 하나를 선택한다면 가장 작은 값(음수로 가장 큰 값)을 가진 노드를 선택할 것이다. MIN은 자신의 차례가 되면 실제로 그 노드를 선택할 것이기 때문에 MAX 단말 노드의 부모 노드인 MIN 노드는 단말 노드들에 대한 평가 값들 중에서 최소값을 전달 값으로 받게 된다.

모든 단말 노드의 부모 노드들에 전달 값이 지정된 다음에는 MAX는 자식 MIN 노드들 중에서 전달 값이 최대인 노드를 선택하고, MIN은 자식 MAX 노드들 중에서 전달 값이 최소인 노드를 선택한다는 가정 하에서 이 값들을 한 단계 위로 다시 전달한다. 이 전달 과정을 시작 노드의 자식 노드들이 모든 전달 값들을 받게 될 때까지 한 단계씩 진행한다. 시작은 MAX의 차례라고 가정하였으므로 MAX는 가장 큰 전달 값을 가진 자식 노드에 해당하는 행동을 선택한다.

III. 사고력 신장 교육 프로그램 모형

3.1 사고력 신장 교육 프로그램 개발 과정

이 논문에서는 사고력 신장을 위한 교육 프로그램의 개발 과정을 그림 1에 도시한 바와 같이 세 가지 단계로 나누어 제시한다. 영재 학생들을 위한 교육 프로그램의 내용은 표준 주제 보다 더욱 심화된 내용을 포함한 주제

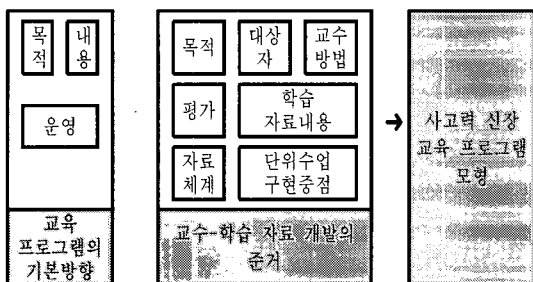


그림 1. 사고력 신장 교육 프로그램 개발 단계
Fig 1. Development Stages for Thinking Extension Education Program

여야 하며, 영재들에게 지식 기반적 대화의 기회를 제공하고, 학문적 완결성을 가질 수 있도록 심화되어야 한다.

3.2 정보영재의 사고력 신장을 위한 교수-학습 모형

앞의 표 1에 제시된 바와 같이 정보영재의 사고력 신장을 위하여 각 영역에 공통적으로 포함되어 있는 교육 주제에는 하노이 타워, 프랙탈 도형, 8-Queen, 8-Puzzle 및 Tic-tac-toe 문제 등이 있다. 이 논문에서는 이들 예제 문제들 중에서 게임 트리를 통해 사고력을 신장시킬 수 있는 Tic-tac-toe 문제를 중심으로 교육 프로그램을 제안한다.

이 논문에서는 사고력 신장 교육 프로그램 개발을 위해 그림 2에 도시되어 있는 바와 같이 4단계의 교수-학습 모형을 제시한다.



그림 2. 정보영재의 사고력 신장을 위한 교수-학습 모형

Fig 2. Teaching-Learning Model for Thinking Extension Ability of the Gifted in Information

(1) 문제 이해 단계

1단계는 문제의 주제 및 내용과 원리를 이해하는 단계로, 정보영재들이 문제에 대해 내적 동기를 유발할 수 있는 활동으로 구성된다.

(2) 시각화 단계

2단계는 문제의 내용을 그림과 같은 시각적인 자료로 표현해 보면서 내용을 확실하게 이해하는 단계이다. 1단계에서 구체적인 활동을 통해 파악한 개념이나 원리를 그림으로 나타내보면서 문제를 좀 더 명확하게 파악할 수 있는 단계이다.

(3) 트리 구성 단계

3단계는 트리(tree) 구조를 이용해서 문제를 재정리 해보는 단계로서, 문제를 그림으로 표시하는 활동보다 더욱 추상화하는 활동으로 지금까지의 활동을 통해 인지한 개념이나 원리를 트리 구조로 표현해 보는 활동이다. 정보영재의 교육에 있어서 트리는 문제의 내용을 표현하는 매우 핵심적인 자료 구조이며, 정보 영재의 사고력 신장을 위한 많은 예제들이 트리 구조로 표현될 수 있다.

(4) 트리 탐색 단계

4단계는 3단계의 트리 구조에서 목표 노드(node)를 탐색하는 단계이다. 앞선 3단계까지의 활동은 문제 해결 과정을 이해하고 이를 형식화하며 추상화하는 단계이다. 이 단계에서는 목표 노드를 탐색하는데 좀 더 효율적으로 목표 노드로 찾을 수 있는 판단 단계를 포함하는 활동으로 진행된다. 즉, 문제에 내재된 정보인 Heuristic[6]을 활용하여 효과적으로 트리를 탐색하여 문제를 해결하는 방안을 제시한다.

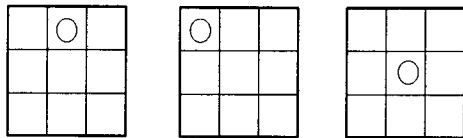
IV. 사고력 신장 교육 프로그램의 실제 : Tic-tac-toe 문제

4.1 [1단계] 문제 이해

Tic-Tac-Toe 게임은 가로 3행, 세로 3열로 이루어진 판에 ○와 ×가 교대로 수를 놓는 게임이다. 이때 어느 한 행 또는 열, 또는 대각선을 ○로 채우면 ○이 이기고, 반대로 ×가 채우면 ×가 이기는 게임이다.

4.2 [2단계] 시각화 단계

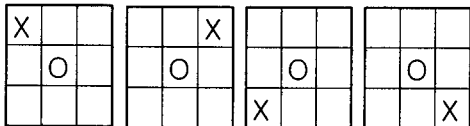
먼저 놓는 경우와 나중에 놓아 이길 가능성의 경우의 수를 분류하면 다음과 같다.



2가지 3가지 4가지

먼저 놓은 경우(○)이길 가능성의 경우의 수

자식 노드를 생성할 때는 대칭성을 고려한다. 그러면 다음의 상태들은 모두 동일한 것으로 간주한다.



4.3 [3단계] 게임 트리 구성

Tic-tac-toe 문제에서 MAX(○) 노드가 먼저 시작하는 것으로 가정하여 게임 트리로 표현한 내용이 그림 3에 도시되어 있다.

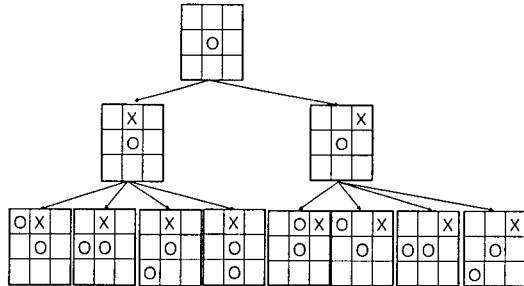


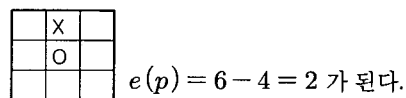
그림 3. Tic-tac-toe 문제의 트리 표현
Fig 3. Tree Representation for Tic-tac-toe Problem

4.4 [4단계] 게임 트리 탐색

경험적(Heuristic) 탐색 방법을 사용하여 트리를 탐색한다. 여기에서 사용하는 평가 함수(evaluation function)는 어떠한 상태에서 내(○)가 채울 수 있는 행, 열, 혹은 대각선의 수에서 상대방(x)이 채울 수 있는 행, 열, 또는 대각선의 수를 뺀 값으로 정의한다. 즉, 상태 p 에 대한 평가함수 $e(p)$ 는 다음과 같다.

$$e(p) = \begin{cases} (\text{○에게 가능한 행, 열, 대각선의 수}) \\ - (\text{×에게 가능한 행, 대각선의 수}) \\ \infty & (\text{○가 이기는 상태}) \\ -\infty & (\text{×가 이기는 상태}) \end{cases}$$

만일 상태 p 가 다음과 같다면



이와 같은 평가함수를 갖는 Minimax 탐색 방법을 적용한 Tic-tac-toe 게임 트리가 그림 4에 도시되어 있다. 트리의 노드 우측에 표기되어 있는 숫자는 앞에서 정의한 평가함수 값을 표시하고 있다.

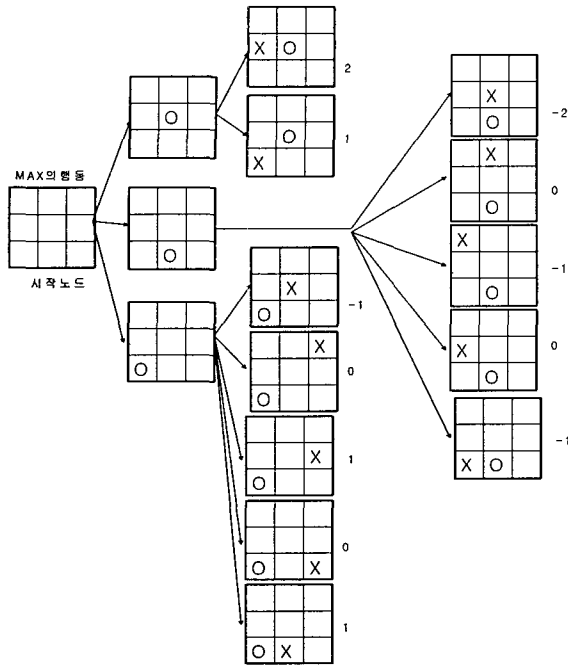


그림 4. Tic-tac-toe 게임 트리의 탐색
Fig 4. Search for Tic-tac-toe Game Tree

II장의 Minimax 탐색 방법에서 기술한 바와 같이 만일 MAX가 탐색 트리의 단말 노드 중에서 하나를 선택한다면 평가(함수) 값이 가장 큰 것을 선호한다. 따라서 MAX는 자신의 차례가 되면 자식 MIN 노드들 중에서 전달 값이 최대인 노드를 선택하게 된다. MAX의 행동은 MAX의 선택 다음에 이어지는 MIN의 평가 값이 최소가 되기를 원하므로 단말 MIN 노드들의 평가 값들 중에서 최소 값이 부모인 MAX 노드로 전달되는 값으로 결정된다.

그림 4에서 첫 번째 MAX 노드의 전달 값은 자식인 MIN 단말 노드들의 평가(함수) 값 (2, 1) 중에서 최소 값인 1로 결정되며, 두 번째 MAX 노드의 전달 값은 자식인 MIN 노드들의 평가 값 (-2, 0, -1, 0, -1) 중에서 최소 값인 -2로 결정되고, 마지막 세 번째 MAX 노드의 전달 값은 자식인 MIN 노드들의 평가 값 (-1, 0, 1, 0, 1) 중에서 최소 값인 -1로 결정된다. 따라서 MAX의 다음 행동은 세 개의 MAX 노드들 중에서 최대의 전달 값을 갖는 첫 번째 노드를 선택하는 결정을 하게 된다.

V. 사고력 신장을 위한 교수-학습 모형의 단계별 분석

5.1 사고력 하위 요소와의 관계

사고력 신장을 위한 교육 프로그램의 각 단계에서 신장하고자 하는 사고력의 하위 요소를 살펴보면 [표 2]에 제시되어 있는 내용과 같다.

표 2. 사고력 신장 교육 프로그램의 단계별 사고력 하위 요소
Table 2. Low Components for the Thinking Extension Education Program by Stages

사고력 하위 요소	단계			
	1 문제 이해	2 시각화	3 게임트리 구성	4 게임트리 탐색
유창성			○	○
직관력	○	○		
독창성			○	○
집중력		○		
상상력	○	○		
분석력	○	○	○	○
도형 인식력	○	○		
공간 인식력	○			
종합력			○	○
문제 해결력	○		○	○

5.2 단계별 교육 프로그램 유형

사고력 신장을 위한 교육 프로그램의 각 단계에 적절한 프로그램 유형별로 살펴보면 [표 3]에 제시되어 있는 내용과 같다.

표 3. 사고력 신장 교육 프로그램의 단계별 프로그램 유형
Table 3. Types for the Thinking Extension Education Program by Stages

프로그램 유형	단계			
	1 문제 이해	2 시각화	3 게임트리 구성	4 게임트리 탐색
문제 해결형	○			
주제 탐구형		○	○	
과제 개발형				○

5.3 단계별 수업 전략

사고력 신장을 위한 교육 프로그램의 각 단계에 적절한 수업 전략을 살펴보면 [표 4]에 제시되어 있는 내용과 같다. 각 단계별 수업 전략은 학습 형태와 학습 활동 유형별로 구분하여 제시해 놓았다.

표 4. 사고력 신장 교육 프로그램의 단계별 수업 전략
Table 4. Teaching Strategies for the Thinking Extension Education Program by Stages

단계		1	2	3	4
		문제 이해	시각화	게임트리 구성	게임트리 탐색
수업 전략	일제학습-면대면	○	○	○	
	일제학습-온라인				
	개별학습	○	○	○	○
	협동학습				○
	프로젝트 학습				
학습 형태	지필활동	○	○	○	
	실험활동	○			
	탐구활동	○	○	○	○
	놀이활동	○			
	기타		○		

VI. 결 론

이 논문에서는 정보 영재들의 영재성을 계발시키기 위한 사고력 신장 교육 프로그램을 개발·적용하고 분석하는 것이 주된 연구 목적이었다. 여러 가지 선행 연구들을 분석한 결과 정보 영재에게 적용할 수 있는 교육 프로그램의 모델이 부족하고 그나마 개발되어 있는 교수-학습 자료들에는 사고력 신장의 어떤 하위 요소와 관련이 있는지 명확하게 제시되어 있지 않았다.

이 논문에서는 정보 영재의 사고력 신장을 위한 교

육 프로그램의 개발 과정을 (1) 교육 프로그램의 기본 방향 설정, (2) 교수-학습 자료 개발의 준거 설정, (3) 사고력 신장 교육 프로그램 설정의 세 가지 단계별로 구분하여 개발하는 과정으로 설계하였다. 특히, 이 논문에서는 이러한 세 가지 개발 단계 중에서 “사고력 신장을 위한 교육 프로그램 모형”을 “문제 이해 → 시각화 → 트리 구성 → 트리 탐색”의 4단계로 제시하였다. 이 논문에서 제시된 모형 중에서 트리는 게임 트리를 예로 들어 기술하였으며, 트리 탐색을 위해서는 문제에 내재되어 있는 정보를 활용할 수 있는 게임 트리 탐색 방법을 활용하도록 하여 학생들의 사고력을 향상시킬 수 있는 방안을 추구하였다. 이러한 모형은 구체적 활동에서 점차적으로 추상화되는 단계를 통해 사고력을 신장시키는 모형이다.

사고력의 신장은 학습 내용·자료 그리고 교사의 학습에 대한 지도를 통해 보다 강화될 수 있을 것이다. 또한, 게임 트리를 구성하고 평가 함수를 찾아내어 적용하는 방법 등에 대한 지속적인 연구와 적용, 분석을 통해 사고력 신장의 하위요소와 연결 짓는 연구가 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

[1] 박용현, *창의적 사고에 미치는 인성 요인의 영향에 관한 연구*, 교육학 연구, 1996.
 [2] 예홍진, *정보과학분야의 영재아 정의, 선발 및 교육 프로그램에 대한 토론*, 한국영재학회, pp. 213-214, 2000.
 [3] 이재호, *정보과학 분야의 영재아 정의, 선발 및 교육 프로그램*, 한국영재학회, pp. 203-212, 2000.
 [4] 나동섭, *초등정보과학영재 교육을 위한 교육과정의 개발*, 인천교육대학교, 2003.
 [5] Nils J Nilson, *Artificial Intelligence : A New Synthesis*, Morgan Kaufmann, 1998
 [6] Pearl, *HEURISTICS: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley Publishing Company, 1984.

저자 소개



정 덕 길(Deok-Gil Jung)

1983 부산대학교 계산통계학과
(전산과학전공, 이학사)

1986 서울대학교 전산과학과
(이학석사)

1994 서울대학교 전산과학과(이학박사)

1986~현재 동의대학교 컴퓨터과학과 교수

※관심분야: 프로그래밍언어, 컴퓨터교육



김 병 조(Byung-Joe Kim)

1987 부산대학교 수학교육과
(이학사)

2003 부경대학교 교육대학원
(교육학 석사)

2006 동의대학교 전산통계학과 박사과정 수료

2007~현재 동래고교 수학교사

※관심분야: 프로그래밍언어, 컴퓨터교육, 수학교육