

Recursion을 활용한 정보 영재의 사고력 신장을 위한 교수-학습 모형에 대한 적용 및 분석

김병조* · 정덕길* · 노영욱**

*동의대학교 컴퓨터학과 · **신라대학교 컴퓨터교육학과

An Application and Analysis of the Teaching-Learning Model to Enhance the Thinking Ability of Information-Gifted Using Recursion

Byung-Joe Kim · Deok-Gil Jung · Young-Uhg Lho**

*Dept. of Computer Science, Dong-eui University

**Dept. of Computer Education, Silla University

E-mail : dgjung@deu.ac.kr

요 약

교육에서 수월성의 문제가 처음 제기된 문제는 아니지만 국가 간의 경쟁력이란 차원에서 뿐만 아니라 교육환경의 개선이란 차원에서도 현대사회에서 창의적인 사고력을 지닌 학생의 교육이 무엇보다 강조되고 있다. 이 논문에서는 정보 영재의 교육 중에서 프로그래밍을 위한 사고력 신장에 적합한 교수-학습 모형 개발 및 적용에 목적을 두고 있다. 제안된 교수-학습 모형에서 자료구조로는 트리를 구성하고 제어구조로는 recursion 개념을 학습하도록 하고 있다. 정보 영재 지도에 도입할 수 있는 가능성을 모색하기 위해 교수-학습 모형을 현장에 적용하여 교육 프로그램 개발의 타당성을 검증한다. 예제로 선택한 하노이 타워를 트리로 구성하는 방법과 트리 탐색의 방법으로서 recursion 개념을 적용하는 교수-학습 활동으로 사고력 신장을 위한 교육 프로그램 개발의 타당성을 검증한다.

키워드

정보영재, 사고력 신장, 트리, recursion, 교수-학습

1. 서 론

우리나라에서는 교육의 평준화 정책이 실시된 이후부터 교육의 양적인 확장은 이루어졌을지언정 질적 개선은 미미한 상태이다. 학생 개인의 잠재력을 발휘할 수 있는 기회의 제한 및 학생 개성에 따른 적절한 자료를 제공하지 못함으로써 능력 있는 학생들에게 자기실현의 기회를 상실하게 만들었다. 따라서 수월성 교육의 문제가 꾸준히 제기되고 또한 국가 경쟁력 제고라는 차원에서 창의적인 사고력을 지닌 인재의 육성이 무엇보다 강조되고 있는 실정이다.[1]

우리나라에서는 영재학생에게 사용하기에 적합한 교육 프로그램이나 교수-학습 자료가 매우 부족함으로 말미암아 영재 교육을 영재를 대상으로 하는 속진 또는 심화과정의 영재 교육이 아닌 각종 대회에서 좋은 성적을 거두기 위한 문제풀이로의 영재 교육으로 전락하게 하는 실정이다. 이러한 여러 가지 이유로 영재에게 적합한 교육 프

로그램의 개발이 필요하며 특히 그 프로그램은 영재들의 사고력 신장을 목적으로 해야 할 것이다.[2]

이 논문에서는 정보 영재의 교육 중에서 프로그래밍을 위한 사고력 신장에 적합한 교수-학습 모형 개발 및 적용에 목적을 두고 있다. 제안된 교수-학습 모형에서 자료구조로는 트리를 구성하고 제어구조로는 recursion 개념을 학습하도록 하고 있다. 정보 영재 지도에 도입할 수 있는 가능성을 모색하기 위해 교수-학습 모형을 현장에 적용하여 교육 프로그램 개발의 타당성을 검증한다. 예제로 선택한 하노이 타워를 트리로 구성하는 방법과 트리 탐색의 방법으로서 recursion 개념을 적용하는 교수-학습 활동으로 사고력 신장을 위한 교육 프로그램 개발의 타당성을 검증한다.

II. 관련 연구

II.1 사고력 신장 교육

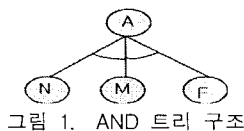
표 1에서는 사고력 신장 교육을 통하여 개발 또는 증진시키고자 하는 영재의 내적 능력을 나타낸 것이며 각 영역에 해당되는 활동을 제시하였다.[3] 이 논문에서는 사고력 신장을 위한 10가지 하위 요소를 분석하여 자료 구조로써 트리의 구성과 제어 구조로 트리 탐색에 기반을 둔 교수-학습 모형을 4단계로 구성할 수 있는 모형을 표 1에 표시된 10개 영역별 교육 내용을 중심으로 개발한다.

표 1. 사고력 신장 교육의 영역별 교육 내용

영역	내용
유창성 신장 활동	· 브레인스토밍 · 8-puzzle · 하노이 타워 · 프랙탈 도형
직관력 신장 활동	· 8-puzzle · 프랙탈 도형 · 마방진 만들기 · 하노이 타워
독창성 신장 활동	· 하노이 타워 · 여러 가지 물건 설계하기 · 프랙탈 도형 · 8-puzzle
집중력 신장 활동	· 8-puzzle · 짝그림 맞추기 · 하노이 타워 · 프랙탈 도형
상상력 신장 활동	· 새로운 단어 만들기 · 하노이 타워 · 8-puzzle · 프랙탈 도형
분석력 신장 활동	· 8-puzzle · 그림의 공통점 찾아내기 · 하노이 타워 · 프랙탈 도형
도형 인식력 신장 활동	· 같은 그림 찾기 · 하노이 타워 · 다각형의 넓이 구하기 · 프랙탈 도형 · 한 붓 그리기
공간 인식력 신장 활동	· 바둑돌 옮기기 · 상자 옮기기 · 8-puzzle · 그림 조각 맞추기 · 하노이 타워 · 프랙탈 도형
종합력 신장 활동	· 조건에 맞는 그림 찾기 · 추리 퀴즈 · 8-queen · 8-puzzle · 하노이 타워 · 프랙탈 도형
문제 해결력 신장 활동	· 강 건너기 · 하노이 타워 · 바둑돌 옮기기 · 프랙탈 도형 · 8-queen · 8-puzzle

II.2 트리 구성과 탐색 방법

부모 노드를 해결하기 위해서 자식 노드를 모두 탐색하여 해결해야만 하는 트리를 AND 트리 혹은 AND 그래프라 한다. 그림 1에서는 부모 노드 A를 해결하기 위하여 자식 노드인 N, M, F 모두를 탐색하여 해결하여야만 하는 AND 트리를 표시하고 있다.[4] 부모 노드의 문제를 해결하기 위하여 문제 축소의 단계를 거쳐 하위 노드들을 탐색하기 위한 방법으로 recursion을 활용하는 탐색 방법이 있다.[5]



III. 사고력 신장 교수-학습 모형

III.1 교수-학습의 단계별 모형

사고력 신장을 위한 교수-학습 모형으로 그림 2와 같은 4단계의 모형을 제시한다.

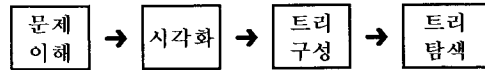


그림 2. 정보영재의 사고력 신장을 위한 단계별 교수-학습 모형

1. 1단계 - 문제 이해

1단계는 문제를 이해하는 단계로, 문제의 규칙 제시나 그 유래를 제시함으로써 정보영재들이 문제에 대해 호기심과 흥미를 가질 수 있는 활동으로 구성된다.

2. 2단계 - 시각화

2단계는 문제를 이해하고 난 후 그 해결 방법으로 그림과 같은 시각적인 자료로 표시해 보면서 내용을 이해하는 단계이다. 1단계에서 구체적인 활동을 통해 파악한 개념이나 원리를 그림으로 나타내보면서 이해하고 정리해 볼 수 있다.

3. 3단계 - 트리 구성

3단계는 기호와 트리 구성을 통해 문제를 재정리해보는 단계이다. 그림으로 나타내는 활동보다 한 단계 더 추상화하는 활동으로 지금까지의 활동을 통해 인지한 개념이나 원리를 트리를 통해 표현해 보는 활동이다.

4. 4단계 - 트리 탐색

4단계는 트리 탐색으로 앞선 3단계 활동을 통해 문제 해결과정을 이해하고 이를 트리 구성을 하여 문제를 해결하는 트리 탐색의 단계이다.

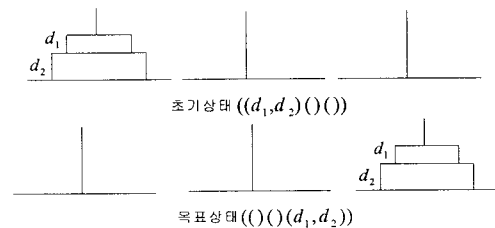


그림 3. 하노이 타워의 초기 상태와 목표 상태

III.2 교수-학습 예제: 하노이 타워

III.2.1 1단계 - 문제 이해의 단계

하노이 타워 문제는 세 개의 기둥에 크기가 서로 다른 원반을 옮기는 작업으로 구성된다. 그림

3에서는 하노이 타워의 규칙에 따라 2개의 원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 옮기는 문제의 초기 상태와 목표 상태를 표시하고 있다.

III.2.2 2단계 - 시각화 단계

1단계에서 이해된 하노이 타워의 규칙으로 1개와 2개의 원반을 옮기는 과정이 그림 4에 표시되어 있다. 3개의 원반을 이동시키는 과정은 2개의 원반을 2번 기둥으로 이동시키고 1개의 원반 이동, 다시 2개의 원반 이동의 세 가지 과정으로 나누어짐을 이해하는 문제축소의 과정인 recursion의 개념을 익힐 수 있다.

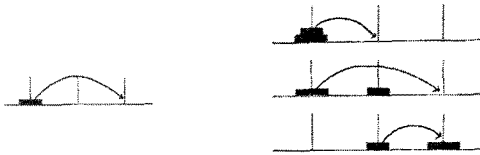


그림 4. 하노이 타워 원반(1개, 2개) 옮기는 과정

III.2.3 3단계- 트리 구성 단계

AND 트리 구성의 단계로 교수-학습 내용은 문제의 축소과정을 거쳐 2, 3개의 원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 옮기는 과정을 트리로 나타내고, 그 과정이 AND 트리 구조임을 알 수 있는 내용으로 구성한다. 그림 5에는 2개의 원반을 옮기는 과정을 트리로 구성한 것이다. 1번 기둥에 있는 2개의 원반 중 원반 한 개를 2번 기둥으로 옮기고, 다시 1번 기둥의 원반을 3번 기둥으로 옮기고, 끝으로 2번 기둥의 원반을 3번 기둥으로 옮기는 과정을 트리로 구성한 것이다.

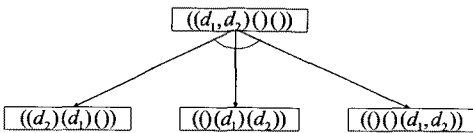


그림 5. 하노이 타워 원반(2개) 이동의 AND 트리

III.2.4 4단계 - AND 트리 탐색 방법

하노이 타워 문제는 상대적으로 이해하기가 쉽고, 효율적이며, 복잡한 데이터 구조를 가지지 않는 전통적인 recursion 문제이다.

- (1) 1개의 원반 옮기기
원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 옮긴다.
- (2) 2개의 원반 옮기기

1개의 원반은 1번 기둥에서 2번 기둥으로, 나머지 1번 기둥의 원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 옮기고, 끝으로 2번 기둥의 원반을 3번 기둥으로 옮긴다.

(3) 3개의 원반 옮기기

1번 기둥의 2개의 원반을 2번 기둥으로, 1번 기둥의 원반을 3번 기둥으로 옮기 후, 2번 기둥의 2개를 3번 기둥으로 옮기는 recursion이 이루어진다.

그림 6에서는 3개의 원반 이동을 recursion을 이용한 트리 탐색을 표시하고 있다.

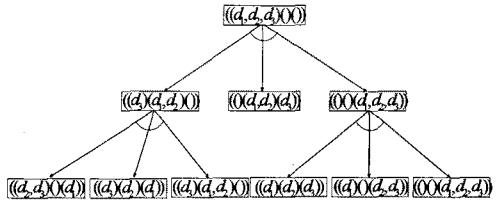


그림 6. 하노이 타워 원반 3개의 AND 트리

IV. 사고력 신장 교수-학습 모형 적용 및 결과 분석

IV.1 실험 대상자 선발

이 논문에서 정보영재의 사고력 신장을 위한 교수-학습 모형 적용 분석을 위해 마련한 정보영재 선발기준은 표 2와 같다.

표 2. 정보영재의 선발 기준

선발 단계	선발 기준	
1차	-수학, 과학 성적 상위 10% -학생 본인의 희망 -담임 추천	
2차	-수학문제 해결력 -과학 탐구능력 -컴퓨터 활용능력 -창의성 및 논리성 검사	평가 결과 상위 10%
3차	-과제 집착력 -학생의 학업 열의	

이러한 방법에 따라 이 논문에서 실험 대상으로 선발한 학생들은 30명으로 인원수로는 고교1학년 전체 정원의 5.6%정도에 해당하나 정보 분야에 탁월한 영재성을 나타내는 학생들이라기보다는 정보에 많은 흥미와 관심을 가지고 있으며 과제 집착력이 우수한 학생들이다.

IV.2 교수-학습 모형의 적용 결과 분석

IV.2.1 문제 이해 단계

하노이 타워의 규칙을 알아보고, 그 규칙에 따라 1~3개의 원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 이동시켜 보도록 하였다. 정보학영재의 '하노이 타워 규칙 찾기' 채점 결과는 표 3과 같다.

학생들은 하노이 타워의 전설에서 직관력과 상상력을 사용해 규칙을 쉽게 발견했으며, 규칙에 따라 1, 2개의 원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 비교적 쉽게 이동시킬 수 있었다. 그러나 3개의 원반을 이동시킬 때는 여러 번의 시행착오를 겪었으며, 처음부터 규칙을 찾아내기보다는 직관력을 사용하여 옮기기를 반복하였다.

하노이 타워의 이동과정은 학생들의 상상력을 자극하며, 하노이 타워의 학습지로 직접 그려보며 규칙에 따라 문제를 해결하기에 적합하였으나, 학생들이 원반의 개수를 늘여서 이동할 때 규칙을 스스로 발견해 낼 수 있도록 교사의 적절한 발문과 안내가 매우 중요하였다.

표 3. '하노이 타워' 원반 수에 따른 시행착오 횟수

시행착오 횟수 원반 수	0	1	2	3	4	5회 이상
2	22	8	0	0	0	0
3	8	11	7	3	0	1

IV.2.2 시각화 단계

'그림으로 나타내는 하노이 타워'에서는 하노이 타워에서 원반을 이동시키는 과정을 그림으로 나타내보면서 그 과정이 세 가지의 과정으로 나누어짐을 이해하고, 그 이동과정에서 recursion 개념을 이해할 수 있도록 했다. '하노이 타워의 이동과정에서 recursion의 개념을 알고 있습니까?'라는 질문에 대한 학생들의 채점 결과는 표 4와 같다.

하노이 타워의 이동과정에서 recursion의 개념을 이해하고 알고 있는지에 대한 질문에서 매우 잘하거나 잘하는 학생이 21명으로 하노이 타워의 이동 과정에서 recursion 개념을 많은 학생이 잘 이해하였으나, 1/3 정도의 학생이 어려움을 느껴 수학 교육과정의 귀납적 정의를 설명하고 학생들끼리 토론을 통한 협동 학습으로 recursion의 개념을 이해할 수 있었고 학생들은 집중력과 분석력을 통해 recursion 개념을 익힐 수 있었다.

표 4. '하노이 타워의 이동과정에서 recursion개념 알기' 채점 결과

평가척도 내용	매우 잘함	잘함	보통	조금 어려움	잘 모르겠음
학생 수	16	5	5	3	1

IV.2.3 트리 구성 단계

'하노이 타워의 트리 구성'에서는 먼저 원반 이동을 트리 구조로 나타내 보고 그 구조가 AND 트리 구조임을 알도록 하였다. '2, 3개의 원반을 1번 기둥에서 3번 기둥으로 옮기는 과정을 트리 구성 할 수 있습니까?'라는 질문에 대한 학생들의

채점 결과는 표 5와 같다.

이 사실로 하노이 타워의 원반 이동을 트리로 구성하는 활동을 비교적 쉽게 할 수 있었고, 학생들은 분석력과 종합력, 문제해결력을 이용해 트리 구성을 할 수 있었다. 학생들이 트리 구성을 통해 이전 단계의 원반 이동과정이 세 가지의 과정으로 나뉘짐을 더욱 더 확실하게 이해할 수 있었고, 이를 쉽게 할 수 있었다. 트리 구성을 해보는 활동은 학생들이 recursion의 개념을 이해하는데 쉽고도 중요한 활동이었다.

표 5. '하노이 타워의 원반 이동을 트리 구성하기' 채점 결과

평가척도 내용	매우 잘함	잘함	보통	조금 어려움	잘 모르겠음
학생 수	19	5	3	3	0

IV.2.4 트리 탐색 단계

'하노이 타워 트리 탐색'에서는 먼저 2, 3개의 원반 이동을 세 가지의 과정으로 단순화해 보고, n개의 원반 이동을 세 가지의 과정으로 단순화해 보도록 하였으며, 이를 통해 원반 이동을 위한 트리 탐색을 해 보도록 하였다. '3개의 원반 이동을 세 가지의 과정으로 단순화 할 수 있습니까?'라는 질문에 대한 학생들의 채점 결과는 표 6과 같다.

이 사실로 하노이 타워의 3개의 원반 이동을 세 가지 과정으로 단순화하여 나타내는 활동을 많은 학생이 쉽게 할 수 있었으나 recursion의 개념을 이해하지 못하는 학생이 다수 있어 보충 학습이 실시되었다. 이미 이전 단계 활동들에서 2개의 원반을 세 가지의 과정으로 나뉘짐을 이해했던 터라 세 가지의 과정으로 나타내는 활동은 쉽게 할 수 있으리라 예상했으나 지속적인 안내 학습이 이루어져야 했다.

표 6. '3개의 원반 이동 세 가지 과정으로 단순화하기' 채점 결과

평가척도 내용	매우 잘함	잘함	보통	조금 어려움	잘 모르겠음
학생 수	16	5	5	3	1

IV.3 적용 결과 분석에 의한 시사점

총 12차시의 수업을 통해 사고력 신장을 위한 정보영재의 교수-학습 모형의 개발에 대하여 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다.

첫째, '하노이 타워' 문제와 같이 정규 교육과정에서 직접적으로 다루어지지 않는 생소한 주제의 교수-학습 모형은 정규 교육과정 내용에 비해 보다 도전적이고, 복잡하고, 추상적인 개념과 내용이 포함되도록 교수-학습 모형을 개발함으로써, 학생들의 지적 호기심을 자극하고, 사고력 신장

및 수업의 활성화를 이룰 수 있었다.

둘째, 하나의 학습 주제 안에서 각 활동 내용들이 '문제 이해→시각화→트리 구성→트리 탐색'의 네 단계의 순차적인 계열성을 가지도록 교수-학습 모형을 제작함으로써 학생들의 사고력이 보다 계열성을 가지고 신장할 수 있었다.

V. 결론

이 논문은 중등학교 정보영재 학생의 수준에서 정보영재들의 영재성을 발현시키기 위한 일환으로 문제해결의 기본인 트리 구성과 트리 탐색을 위한 사고력 신장 교수-학습 모형을 개발하고, 그에 따른 적용과 분석을 제시하는 것이 주된 연구 목적이었다. 이 논문에서는 중등학생이라는 수준과 특성을 고려하였고, 학생들이 문제 해결을 위한 트리 구성과 트리 탐색을 하는데 필요한 사고력 신장 교수-학습 모형을 '문제 이해→시각화→트리 구성→트리 탐색'의 4단계로 제시하였다.

사고력 신장을 위한 교수-학습 모형의 적용 결과, 이 논문에서 제시한 사고력 신장을 위한 모형은 4단계의 활동을 통해 점진적으로 추상적인 개념을 익히도록 하여 중등학생이라는 수준과 특성에 알맞았으며, 정보영재의 사고력 신장에 크게 도움을 주는 것으로 확인되었다. '하노이 타워' 문제와 같이 정규 교육과정에서 직접적으로 다루어지지 않는 생소한 주제의 학습은 학생들의 지적 호기심을 자극하고, 사고력 신장 및 협동적 학습을 활성화 할 수 있었다.

향후, recursion 개념을 이용하여 AND 트리를 탐색함으로써 사고력을 신장시키는 것을 목적으로 하는 둔 교수-학습 모형 외에 다른 프로그래밍 기법을 이해하기 위한 교수-학습 모형을 이 논문에서 제시한 4단계 교육 모형에 맞춘 자료 개발이 필요할 것이다. 또한, 정보영재를 위한 4단계 교수-학습 모형을 중·고등학교 정보영재에게 적용할 수 있는 새로운 교수-학습 모형의 개발 및 적용하기 위한 교육과정이 요구된다.

참고문헌

- [1] 송찬원, *중등 영재 교육의 판별·교육 프로그램과 운영에 관한 연구*, 대구교육대학교 석사학위논문, pp.9-10, 2001.
- [2] 황유진, *수학 영재 교육 프로그램 평가에 대한 연구*, 전남대학교 교육대학원, 석사학위논문, p49, 2002.
- [3] 나동섭, *중등정보과학영재 교육을 위한 교육과정의 개발*, 인천교육대학교 석사학위논문, pp.33-59, 2003.
- [4] 이광형, 이병래, *인공지능*, 한국방송통신대학교, pp.40-52, 86-100, 1996.
- [5] K. W. Smillie, "Recursive and iterative algorithms for the tower of hanoi puzzle", ACM SIGAPL APL Quote Quad archive, Volume 4, pp.12-14, 1973.