구체적 조작기의 초등학생을 위한 정렬 알고리즘 교수-학습에 관한 연구

이주희°, 김갑수
서울교육대학교 컴퓨터교육과
comeon99@empal.com, kskim@snue.ac.kr

A Study on Teaching and Learning in Sort-Algorithm for Concrete Operational Stage Students

Ju-Hee Lee°, Kap-Su Kim
Dept. of Computer Education, Seoul University of Education

요 약

현재의 초등 컴퓨터 교육은 재량시간을 통해 컴퓨터의 개념과 원리의 이해보다는 도구로서의 활용교육에 집중되어있다. 이에 본 연구는 컴퓨터의 중요한 원리 중 하나이며 자료처리의 기본이 되는 알고리즘을 초등학생에게 교수-학습하는 모형을 제안하는 것을 목적으로 하였다. 특히 본 연구에서는 구체적 조작기의 초등학생의 지적수준을 고려하여 다양한 알고리즘 중 정렬 알고리즘을 중심으로 지도 방안을 연구하였으며. 활동 중심의 수업을 통해 아동들이 알고리즘에 대한 흥미와 관심을 유지하면서 자기 주도적으로 알고리즘의 방법을 찾고 이해하는 것에 중점을 두었다. 본 연구에서 설계한 수업의 단계를 따라 교수-학습한다면 알고리즘의 이해와 컴퓨터 개념학습에 도움을 줄 것으로 기대된다.

1. 서론

컴퓨터와 정보통신 기술의 발달에 따른 지식 정보화 사회를 살아갈 현대인에게 가장 유용한 도구는 바로 컴퓨터이다. 이러한 시대적 흐름의 요구에 따라 7차 교육과정에서는 컴퓨터 교육을 통해 '정보소양능력'과 '문제해결력'을 키우는 것을 목표로 하고 있다. 그러나 현재의 학교 컴퓨터 교육은 타자연습, 인터넷 검색 및 몇몇 소프트웨어의 활용이 중심이 되고 있어 이를 통해서는 미래사회를 위한 고차원적 사고력을 기르기가 쉽지 않다.

또한 KERIS에서는 '2006년 교육과정과 ICT 통합 연구보고'를 통해 '정보' 과목을 독립교과로 신설해야 한다고 주장했으며 정보 교과의 내용 중 한 부분을 프로그래밍 · 알고리즘 등 문제 해결 절차로 선정하였다.

즉 앞으로의 컴퓨터 교육은 컴퓨터를 통해 자료를 수집하고 분석, 활용, 창조하여 문제를 해결할 수 있는 능력을 기르는 것에 중점을 두어야 할 것이다. 또한 교육 내용의 측면에서는 연계성 있는 알고리즘과 프로그래밍 교육이 필요하다. [1][2]

이에 본 연구에서는 프로그래밍의 기초가 되며 컴퓨터에 대한 이해를 높이고, 정보 소양 능력을 향상시킬 것으로 기대되는 알고리즘에 대한 교수-학습 방안을 제안하고자 한다. 특히 본 연구는 활동 중심의 수업과정을 통해 구체적 조작기의 초등학생들의 인지수준에 적합한 알고리즘 학습 내용을 선정하고 그에 알맞은 교수학습 방안 제시하여 학습자가 자기 주도적이며 흥미를 가지고 학습할 수 있는 교수-학습 방안을 연구하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 피아제의 인지 발달 이론

피아제는 인간은 모두 4단계의 발달 단계를 거친다고 주장하고 발단단계를 감각 동작기(0~2세), 전 조작기 (2~7세), 구체적 조작기(7~11세), 형식적 조작기(12세~)의 4단계로 나누었다. 이를 통해 살펴보면 초등학교 저, 중학년은 구체적 조작기에 고학년은 형식적 조작기에 해당한다고 할 수 있다.

구체적 조작기의 단계에 속하는 아동들은

첫째, 구체적인 사물에 대한 논리적인 조작을 수행할 수 있게 되며

둘째, 추론을 토대로 결론에 도달하며

셋째, 배열과 분류의 능력이 발달되어 유목화와 서열화의 개념이 발달한다.

그러나 이 시기의 논리적 사고는 실제적이고 물질적인 것에 한정되어 있다. [3]

2.2 알고리즘 교육

1) 알고리즘의 정의

알고리즘이란 문제를 푸는 방법을 의미한다. 그리고 컴퓨터는 문제해결을 위한 도구이며 문제의 해결이란 입력된 데이터를 사용가능한 또 다른 형태의 데이터로 변환시키는 데이터의 처리를 의미한다. 이러한 맥락에서 알고리즘을 정의하자면 "주어진 조건에서 컴퓨터를 이용해 효율적으로 문제를 해결하는 방법"을 의미한다고 할 수 있다. [4]

2) 컴퓨터 교육에서 알고리즘 교육의 가치

미래 사회를 위한 고차원적 사고력 중 문제분석 및 해결 능력, 논리적 사고력, 절차적 문제 해결 방식을 습득하는 데 프로그래밍 학습이 중요한 역할을 하고 있다. 또한 프로그래밍 자체가 컴퓨터 과학의 중요한 부분을 차지하므로 컴퓨터를 이해하는데 빼 놓을 수 없는 중요한 부분이며, 프로그래밍을 통해서 다른 응용 프로그램을 더욱 깊이 이해하고 잘 활용할 수 있는 기초를 닦을 수 있다.

또한 컴퓨터 프로그래밍은 주어진 정보를 정확하고 체계적인 방법으로 구상하고, 그 정보에 대한 논리적인 조작을 할 수 있는 환경을 마련해 줌으로써 개인의 지적 능력 개발을 도울 수 있다. 따라서 컴퓨터 프로그래밍의 과정에서 학습자는 지식의 수용자라기보다는 지식의 체제를 설계, 구축하는 입장에 놓이게 된다. [5]

이러한 프로그래밍의 교육적 가치와 효과를 통해 알고리즘 교육의 가치를 살펴보면

첫째, 알고리즘 교육은 컴퓨터 프로그래밍의 가장 핵심이 되는 과목이다.

둘째, 알고리즘을 통해 프로그래밍을 위해 필요한 논리적 사고력을 신장시킬 수 있다.

셋째, 알고리즘은 프로그래밍과 그 외의 컴퓨터에 대한 기본 개념이다.

3. 선행연구

배정은은 내부 정렬 알고리즘 학습을 위한 웹 코스웨어를 개발 적용한 결과 각 정렬의 과정을 실습함으로써 반복학습의 기회를 가지게 되었으며 내부 정렬의 개념과 원리의 이해도를 높일 수 있게 되었다고 하였다. [6]

신인경은 알고리즘 교수-학습 모형에 따라 아동들을 지도한 결과 알고리즘의 이해와 사고의 향상을 보였으며, 알고리즘 교육에 대한 흥미와 관심을 보였다고 했다.[5]

임화경, 김진아, 배진호, 백대현, 김현배는 정렬 알고리즘을 실생활 사례를 이용하여 역할놀이를 통해 수행한 결과 학생들이 정렬 알고리즘 중 선택 알고리즘을 유도해 내고 컴퓨터 기반 개념 학습이 학생들에게 효과가 있음을 확인했다고 하였다.[7]

임민영은 자료구조 중 검색과 정렬 알고리즘의 학습내용을 초등학생 수준에 맞게 가르칠 경우 아동들이 내용을 이해할 수 있다고 했다. [8]

이와 같이 선행연구를 분석한 결과 알고리즘 교육이 학습자 수준에 적합하게 이루어졌을 때 아동들이 컴퓨터 개념교육과 알고리즘의 원리를 잘 이해할 수 있음을 알 수 있다.

그러나 대부분의 연구들이 이미 형식적 조작기에 도달한 학습자를 대상으로 하고 있으므로 구체적 조작기의 학습자들에게 그대로 적용하기는 무리가 있다. 이에 본 연구는 구체적 조작기의 인지수준에 적합한 알고리즘 교수-학습 방안을 제안하고자 한다.

4. 수업의 설계

4.1 설계의 기본 방향

컴퓨터의 기본 개념인 알고리즘을 컴퓨터 없이, 활동 중심의 수업을 통해 알고리즘의 방법을 찾고 알고리즘에 대한 이해도를 높이려고 하는 것은 구체적 조작기 아동들의 지적 사고 능력이 형식적 조작기에 도달하지 못했기 때문이다. 그러므로 수업은 아동들의 인지 수준에 적합한 과제와 활동이 중심이 되어야 하고 교사 중심이 아닌 아동 중심의 수업이 되어 아동들이 알고리즘의 방법을 찾을 수 있도록 하였다.

1) 학습자의 흥미와 관심을 고려해 실생활에서 접할 수 있는 문제 상황을 제시한다.
2) 문제 제시 시 적합한 알고리즘 방법을 찾을 수 있도록 하는 조건들을 제시한다.
3) 모둠별 논의 과정을 통해 컴퓨터 프로그래밍의 사고 과정을 체험하고 문제 해결 절차를 숙지할 수 있도록 한다.
4) 아동들이 활동을 통해 알고리즘의 과정을 직접 체험할 수 있도록 한다.
5) 활동 이후 정리와 활용단계를 통해 알고리즘의 방법과 원리를 내면화하도록 한다.
6) 교사는 보조자이면서 동시에 조언자가 되어야 한다. 주체는 아동이어야 한다.

4.2 알고리즘 수업 내용의 선정 및 계열

정렬은 모든 프로그래머들이 다양한 상황에서 사용하기 위해 반드시 기억해야하는 기초적인 도구라고 하였다. [9]

이에 구체적 조작기 아동의 인지수준인 서열화, 유목화, 가역적 사고 등을 고려해 다양한 알고리즘 중 정렬 알고리즘 학습 주제로 선정하였고 정렬 알고리즘 중 가장 기본이 되는 알고리즘 중심으로 <표 1>과 같이 수업을 구성하였다.

<표1> 정렬 알고리즘 수업의 계열

차시	주 제	학 습 활 동
1	정렬	· 정렬이 무엇인지에 대한 의견 나누기 · 오름차순과 내림차순
2	정렬 알고리즘	· 알고리즘과 정렬 알고리즘의 소개 · 생활 속의 다양한 규칙 찾기
3~4	선택 · 삽입 정렬	· 학기 초 명찰을 달고 있는 반 아동들이 이미 교실에 앉아 있고, 선생님이 이름순으로 자리를 배정하는 문제 상황 제시
5~6	버블 정렬	· 한 줄로 서있는 8명이 손바닥이 작은 순서에서 긴 순서로 다시 줄을 서야하는 문제 상황 제시
7~8	단원 정리	· 정렬 알고리즘의 장점 토의하기 · 각 상황에 적합한 정렬 알고리즘 찾기
9	더 나아가기	· 각 정렬 알고리즘의 이해를 토대로 제시한 문제 상황에서의 적합한 나만의 정렬 알고리즘 만들어 보기

4.3 알고리즘 교수 학습 모형 단계 설계

하나의 정렬방법에 대해 2차시로 구성하였는데 1차시는 활동과 논의를 중심으로 알고리즘 방법을 스스로 찾을 수 있도록 하고 2차시는 전 차시에서 발견한 알고리즘 방법을 다른 것에도 적용해 봄으로서 내면화하고 추상화하는 과정을 통해 사고 능력을 한 단계 위로 끌어올리기 위함이다.

<표 2> 1차시 수업의 단계

단계	중심 내용	교수 전략
문제 제시	· 동기 유발 · 문제 제시	비슷한 상황의 간단한 정렬과정을 살펴보고 본 수업에서 해결해야 할 문제를 제시한다.
문제 분석	· 문제 이해 · 조건 고려	제시된 문제 상황에서 해결해야할 문제는 결국 무엇인지 무엇을 고려해야하는지를 토의한다.
문제 해결 방법 탐색	· 모둠별 토의	프로그래밍 과정에서 프로그래머의 머리에서 일어나는 문제 해결의 과정을 모둠원 토의를 통해서 이루어지게 한다.
문제 해결 및 반성	· 해결 방법 시연 및 검토	모둠별로 결정된 문제 해결 방법을 시연하고 조건에 부합하지 않는 것은 없는지 살펴본다.
문제 해결 및 개선	· 문제의 해결 방법 찾기	모둠별로 제안된 해결법을 통합과 개선하여 하나의 알고리즘 방법을 찾는다.

특히 1차시 알고리즘의 방법 찾기 활동은 프로그래밍의 문제 해결과 과정을 토대로 재구성하였다. 먼저 프로그래밍 과정을 대략적으로 보면 문제 분석 단계, 설계 단계, 코딩 단계, 시험 단계 및 유지 보수 단계로 나눌 수 있다. 이를 토대로 1차시 학습의 과정을 다음과 같이 설계하였다.

이러한 1차시의 수업 단계를 통하여 아동은 문제 해결을 위한 논리적 사고력을 향상하고 컴퓨터 교육의 측면에서는 프로그래밍의 기초적 사고력을 향상하고 미래 사회를 위한 정보적 사고를 함양할 수 있을 것이다.

<표 3> 2차시 수업의 단계

단계	중심 내용	교수 전략
도입	· 동기 유발 · 학습 안내	전 차시의 활동을 살펴보고 찾아낸 방법을 되새기고 일반화 할 수 있는 여러 방법들을 제안한다.
전개	· 모둠 활동 · 개별 활동	모둠활동을 통해 지난 시간의 방법이 적용됨을 알고 일반화하고 개별 활동을 통해 정렬 알고리즘을 내면화 한다.
정리	· 학습 내용 정리 · 더 나아가기	일반화한 정렬 알고리즘 방법을 다시 한 번 확인하고 학습한 알고리즘 방법의 좋은 점을 찾아보고 더 개선해야 하는 방법은 없는지의 토의를 통해 다음 차시를 자연스럽게 예고하도록 한다.

또한 2차시의 수업에서는 전 차시에 아동들이 활동을 통해 찾아낸 방법을 정리하고 다양한 상황에 적용하여 일반화 하여 내면화 하는 과정을 거치도록 하였다.

4.4 수업의 사례

아래의 수업 모형은 서울의 한 초등학교 3학년 32명에게 적용한 수업 모형의 예이다.

1) 1차시 모형 교수학습 과정안의 예

학습 주제	버블 정렬의 방법 찾기	차시 5/11
학습 목표	모둠별 활동과 토의과정을 통해 주어진 문제를 해결할 수 있는 방법을 찾을 수 있다.	
단계	학습의 흐름	
문제 제시	<동기 유발> ○ 연필 길이 순으로 정렬하기 - 각자의 필통에서 모든 필기구를 꺼낸다. 그 중에서 연필만을 선택한다. 모둠원들의 연필을 모두 모아서 순서대로 세워본다. - 어떻게 세웠나요? (유목화, 서열화 과정) <오늘의 활동 소개 > 정렬하기 <문제 상황 제시> - 8명이 키 순으로 서기 - 이제 손바닥 길이가 짧은 순서에서 긴 순서대로 서야한다. 어떻게 해야 할까? - 가장 효과적인 방법을 찾아보자 - 조건 제시 ① 자리를 옮기는 동안은 서로 말을 할 수 없다. (서로 대화를 이용해 자리를 이동하지 않고 직접 비교 하게 하기 위한 조건) ② 옮기는 동안 일렬을 항상 유지해야 한다. ③ 손바닥 길이 비교는 제자리에서만 가능.	
문제 분석	<문제의 이해 및 조건 고려하기> - 어떻게 서야 하는가? 손바닥 길이가 짧은 순서대로 - 비교해야 하는 것은 무엇인가? 손바닥 길이 - 손바닥 길이는 어떻게 비교할 수 있는가? (앞, 뒤로) 직접 비교 하기 - 주어진 조건 확인 하기	
문제 해결 방법 탐색	<모둠별 토의> - 문제 분석 과정을 토대로 해결 방법 토의 - 1분 생각하기 - 4명이 모두 1개씩 제안하기 - 토의를 통해 한 가지 방법 선택하기 <모둠별 활동> - 직접 해보기 - 더 나은 방법 생각해보기	
문제 해결 및 탐색	<해결 방법 시연하기> - 모둠별로 방법 설명과 시연 <살펴보기> - 아동과 교사가 오류나 조건에 맞지 않는 부분 찾기 - 아동들이 스스로 조건에 맞지 않는 부분을 찾을 수 있도록 한다. - 다른 조에서 잘된 점, 잘못된 점 찾아보기 - 해결방법에서 서로 비슷한 점 발견하기 - 가장 효과적 방법 찾기	
문제 해결 및 개선	<문제의 해결> - 모둠별 의견을 종합해 학급 당 1가지의 방법 찾아내기 - 방법 정리	

2) 2차시 모형 교수학습 과정안의 예

학습 주제	버블 정렬의 방법 일반화 하기	차시 6/11
학습 목표	찾아낸 버블 정렬의 방법을 다양하게 적용하고 활용할 수 있다.	
단계	학습의 흐름	
도입	<동기 유발> ○ 2모둠별 손바닥 길이 순으로 서기 - 우리 반 전체가 2모둠씩 짝을 지어 손바닥 길이 순으로 서기 - 전체 비교 시 혼란을 예방해 각 회전별로 교사가 적절한 신호를 주도록 한다. <오늘의 공부> 버블 정렬의 방법을 알고 활용해보자. <전 차시 상기하기> - 지난 시간에 했던 줄 세우기 방법의 이름이 "버블정렬"이다. - 지난 시간에 했던 정렬 방법이 어떤 규칙이 있었는지 생각해보자. ① 가까이에 있는 두 사람을 비교해서 큰 사람을 뒤로 보냈다. ② 한 번만 돌고 나면 제일 마지막에는 제일 손바닥이 긴 사람이 서 있었다.	
전개	<모둠활동> ○ 숫자카드 정렬하기 - 준비물 : 숫자카드세트 × 9 - 카드를 엎어서 섞은 채로 차례대로 놓는다. - 모둠원끼리 돌아가면서 한 회전씩 담당하여 정렬한다. - 숫자카드 정렬로 인해 미리 끝나는 조는 카드를 뒤집은 상태에서 한 번 더 정렬한다. - 숫자가 눈에 보이므로 발견했던 규칙을 무시하고 정렬하지 않도록 주의를 준다. - 정렬이 끝났는지는 어떻게 알 수 있나요? 앞에서부터 카드를 비교했을 때 더 이상 자리를 바꾸는 카드가 없는 경우 <개별활동> ○ 학습지 해결하기 - 준비물 : 학습지 × 32 - 구체물을 통하는 것이 아닌 머리 속에서의 사고과정을 통한 추상화 단계 ① 개별로 학습지를 통해 정렬하기 - 짝, 모둠원끼리 비교 시 결과가 아니라 과정을 확인하도록 한다. - 비교하면서 수정할 때 다른 색으로 수정해 교사가 확인할 수 있도록 함. ② 버블정렬의 규칙과 과정을 말로 설명하기	
	- 현재의 문제 말고 어떠한 문제에도 적용가능하게 설명함	
정리	<더 나아가기> - 버블정렬이 우리 생활에서 언제 쓰이면 좋을까? - 버블 정렬이 쓰인 경우를 수정해 더 빠르게 (회전수가 작게) 할 수 있는 방법이 있을까?	

4.5 개별 학습지

컴퓨터 교육 학습의 컨텐츠 구성에 있어서 교육 대상에 대한 형상화와 직관적 이해는 매우 중요하다. [10] 수업 시간에 사용한 개별 학습지를 통해 직관적 이해를 강조하였으며 동시에 개인별 버블 정렬의 이해 정도를 평가하였다.

<표 6> 개별 학습지

<보글보글 : 버블정렬이라구?>

3학년 4반_____

1. 우리가 익힌 버블정렬의 규칙대로 아래의 숫자카드를 정렬해봅시다.

	1번 방	2번 방	3번 방	4번 방	5번 방	6번 방	7번 방	8번 방	9번 방	10번 방
	9	6	5	2	1	8	10	3	4	7
1										
2										
3										
4										
5										

2. <도전! 꼬마 선생님> 내가 정렬한 과정을 예로 들어 누구나 알 수 있도록 버블정렬을 하는 방법을 설명해보세요. 말로 해도 되고 반복되는 것은 기호를 사용해도 좋습니다.

3. 혹시 버블 정렬을 하면서 불편한 점이 있나요? 어떤 규칙을 어떻게 고치면 더 편리할까요? 회전수를 줄여서 정렬할 수 있는 나만의 방법을 생각해보세요.

5. 결론 및 기대효과

본 연구에서는 시대적 상황의 요구에 따른 컴퓨터 교육의 필요성 중 가장 근간이 되는

정보 소양 능력을 향상 시킬 수 있는 알고리즘 교육을 구체적 조작기에 속한 학습자들의 인지수준을 고려한 학습 방안을 연구했다. 그 결과 학습자이 흥미를 가지고 학습활동에 참여하여 자기 주도적으로 문제를 해결하고 정렬 알고리즘의 직관적으로 이해할 수 있었다.

수업 후 많은 아동들이 정렬 알고리즘에 대해 관심과 흥미를 나타내었으며 문제 해결 절차의 사고과정에 적극적으로 참여하였다. 또한 66%의 아동이 버블정렬의 원리를 이해하였으며 몇몇의 아동들은 좀 더 발전된 정렬 알고리즘 방법을 제안하기도 하였다.

이에 본 연구의 설계에 따라 수업을 재량활동 시간을 이용해 초등학교 현장에서 적용한다면 다음과 같은 효과를 거둘 수 있을 것이다.

첫째, 구체적 조작기에 있는 초등학생 수준에 맞는 알고리즘 학습이 가능하다.

둘째, 주어진 문제 상황이 현실 세계와 비슷하여 아동들이 흥미를 가지고 학습에 참여한다.

셋째, 알고리즘 교육을 통해 문제 해결에 필요한 논리적 사고력과 창의적 사고력이 향상된다.

넷째, 향후 상위 학교 컴퓨터 교육에 따라 연계성 있는 알고리즘 교육이 이루어 질 것이다.

앞으로 정렬 알고리즘에 적합한 구체적 상황과 활동을 연구하여 비교 적용해 더욱 효과적인 방안을 찾아야 하며 이 활동을 직접 적용할 교사들에 대한 기본적인 알고리즘에 대한 교육이 이루어질 수 있는 방안을 연구해야 할 것이다.

더 나아가 정렬 알고리즘뿐만 아니라 알고리즘 교육에 대한 전반적인 연구를 통해 구체적 조작기에 있는 초등학생 수준에 적합한 교수-학습 계획이 설계되어야 할 것이다. 또한 이를 통해 연계성 있는 알고리즘 교육이 될 수 있도록 많은 교수-학습 방안이 연구되어야 할 것이다.

6. 참고 문헌

[1] 교육부, 초등학교 교사용 지도서 컴퓨터 교육지도 자료, 1997

[2] 이태욱, 컴퓨터 교육론, 좋은소프트, 1999

[3] 임규혁, 교육심리학, 학지사, 2004

[4] 여인춘, 한눈에 보인는 C알고리즘, 길벗출판사, 2004

[5] 신인경, 컴퓨터 교육을 위한 알고리즘 지도방안 연구, 경인교육대학교 석사학위논문, 2004

[6] 배정은, 내부 정렬 알고리즘 학습을 위한 웹기반 교육 프로그램의 설계 및 구현, 성신여자대학교 석사학위논문, 2001

[7] 임화경, 김진아, 배진호, 백대현, 김현배, 초등 컴퓨터 교육에서 역할놀이를 통한 정렬알고리즘의 교수학습, 한국정보과학회 학술발표논문집 31권 1호, 2004

[8] 임민영, 초등학교 컴퓨터 교육에서 자료구조의 검색과 정렬 알고리즘 학습가능성에 관한 연구, 진주교육대학교 석사학위논문, 2006

[9] Donald Knuth, The Art of Computer Programming volume 3, Addison-Wesley, 1998

[10] 김갑수, 구성주의 이론을 기반으로 컴퓨터 교육의 수업 모델에 관한 연구, 한국초등교육 제12권 제2호 통권 제44호, 2001