

초등학교의 자료구조와 알고리즘 수업에서 알고리즘 시각화의 교육적 효과*

전석주

서울교육대학교 컴퓨터교육과

요약

정보화 사회에서 우수한 S/W 인력을 양성하기 위해 알고리즘의 조기 교육은 매우 중요하다. 그러나 초등학교생에게 알고리즘을 교육하는 것은 큰 도전인데 왜냐하면 텍스트형태의 컴퓨터 알고리즘이 어떻게 동작하는지를 어린 학생들이 이해하기가 매우 어렵기 때문이다. 애니메이션을 활용한 수업 통해 알고리즘 수업을 실시한다면 학생들이 좀 더 쉽게 알고리즘을 시각화 할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 초등학교에서 기초적인 자료구조와 알고리즘을 교육하는데 있어서 알고리즘 시각화의 교육적 효과를 평가하고자 한다. 이를 위해 '알고리즘 시각화 팩터'라는 새로운 측정도구를 정의하고 알고리즘 교육요소 즉, 스택, 큐, 버블정렬, 힙정렬, BFS, 및 DFS에 대해 텍스트 기반과 애니메이션 기반의 강의 자료를 각각 개발하였다. 다양한 학생 그룹에 대해 실험을 하고 평가를 하였다. 폭넓은 실험을 통해 애니메이션 기반의 강의 자료를 사용한 그룹의 평균 점수가 텍스트기반의 강의 자료를 사용한 그룹에 대해 22.2% 이상 더 높은 점수 결과를 보였다.

키워드 : 알고리즘, 자료구조, 시각화, 애니메이션

Pedagogical effectiveness of algorithm visualizations in teaching the data structures and algorithms in elementary schools

Seok-Ju Chun

Dept. of Computer Education, Seoul National University of Education

ABSTRACT

Early algorithm education is very important in order to nurture excellent S/W developers in an information society. However a algorithm learning is a great challenge to elementary school students since understanding what a computer algorithm written in a static text format meant to do is difficult. It is expected that a student can easily visualize a algorithm through animations. In this study, we

* 이 논문은 2010년도 서울교육대학교 교과교육공동연구비 지원에 의해 수행되었음.

논문투고 : 2012-05-15

논문심사 : 2012-05-16

논문완료 : 2012-06-19

evaluate the pedagogical effectiveness of algorithm visualizations in teaching the fundamental data structures and algorithms in elementary schools. Thus we defined a new measure called 'Algorithm Visualization Factor(AVF)' and developed both text-oriented and animation-oriented PPTs of algorithm education elements, that is, Stack, Queue, Bubble Sort, Heap Sort, BDF, and DFS. We have conducted experiments and evaluations on diverse students groups. Extensive experiment results show that the average score of the student groups using animation-oriented PPT is greater(22%) than the one of the student groups using text-oriented PPT.

Keywords: Algorithm, Data Structure, Visualization, Animation

1. 서론

최근에 구글을 비롯한 정보중심의 글로벌 기업들이 창의적인 아이디어를 가진 우수한 S/W 개발 인력을 기반으로 폭발적인 성장을 하며 세계 경제에서 중요한 역할을 하고 있다. 우리나라가 계속 증가하고 있는 정보중심의 글로벌 경제에 기여할 창의적이고 우수한 S/W 개발 인력을 양성하기 위해서는 어린 학생 때부터 컴퓨터과학의 핵심 원리인 자료구조와 이와 연관된 알고리즘의 원리를 배우는 것이 매우 필요하다.

자료구조와 알고리즘과목은 컴퓨터과학 교육과정에서 가장 핵심적인 기초가 되는 필수과목이다. 그동안 컴퓨터교육 관련 학회를 중심으로 자료구조와 알고리즘의 핵심요소를 컴퓨터과학 교육과정에서 효과적으로 교육하기 위한 많은 노력을 해왔다. 그러나 어린 학생들에게 자료구조와 알고리즘을 교육하는 것은 매우 어렵다는 인식이 많다. 왜냐하면 다양한 자료구조를 먼저 익히고 이와 연관된 알고리즘의 진행 순서를 이해하기 위해서는 계산학적인 사고 훈련이 필요하며 이러한 훈련은 다양한 컴퓨터 알고리즘을 만드는 과정에서 발생한 수많은 시행착오의 다양한 경험을 통해 얻을 수 있기 때문이다.

최근에는 복잡한 알고리즘의 원리를 애니메이션이나 그래픽으로 시각화하여 보여주는 다양한 연구가 많이 행해져왔다. 이러한 연구 결과를 통해 얻은 교훈 중 하나는 효과적인 알고리즘 교육을 하기 위해서는 텍스트 및 오디오와 함께 애니메이션 형태로 수행과정을 학생들에게 시각적으로 보여주는 것이 학습 효과를 매우 높일 수 있다는 것이다[5]. 이

와 같이 컴퓨터 알고리즘을 효과적으로 교육하기 위해 텍스트와 애니메이션을 적절히 조합하여 강의 내용을 구성하는 것이 매우 중요하다. 컴퓨터 알고리즘의 시각화가 얼마나 교육적으로 효과가 있는지를 파악하기 위해서는 어떠한 비율로 텍스트와 애니메이션의 강의 요소를 구성하는 것이 좋은지와 자료구조와 알고리즘의 어떠한 교육요소가 알고리즘의 시각화에 효과적인지에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 알고리즘 강의 자료의 시각화(visualization) 정도를 나타내는 기준으로 알고리즘 시각화 팩트(algorithm visualization factor)를 개발하였다. 초등학생들에게 컴퓨터 알고리즘을 교육하는 데 있어서 모두 여섯 종류의 자료구조와 알고리즘의 교육요소를 선정하였고 각각의 교육요소에 대해 알고리즘의 시각화가 알고리즘 수업에서 미치는 교육적 효과를 실험하였다. 본 연구와 같이 초등학생들에 알고리즘 교육요소를 어느 학년 단계에서 어떻게 수업하는 것이 좋은지를 알아보는 것은 매우 의미 있는 연구가 될 것이다. 본 연구가 초등학생들을 대상으로 한 알고리즘의 교육과정을 개발하는 데 있어서 조금이라도 도움이 되기를 기대한다.

2. 이론적 고찰

2.1 자료구조와 알고리즘 요소

자료구조는 자료의 표현 및 자료를 저장하기 위한 논리적인 구조와 그것과 관련된 연산이다[1]. 그동안 출판된 자료구조 관련서적의 구성을 살펴보면 대부분 표 1의 내용과 같다. 즉, 자료구조를 형태에 따라 분류하고 각각의 자료구조에 대해 구조와 동

작원리를 설명하고 이를 적용하는 알고리즘의 원리를 소개하는 부분으로 구성되어 있다.

자료구조의 형태는 크게 선형구조와 비선형구조로 나눌 수 있다. 선형구조의 형태는 선과 같이 일렬로 된 구조로 쉽게 그려 볼 수 있고 이해하기도 쉽다. 선형구조로는 대표적인 것이 배열, 리스트, 스택, 큐 등이다. 비선형구조는 선형이 아닌 모양으로 대표적인 자료구조로 트리와 그래프가 있다 [1][2][7].

<표 1> 자료구조의 형태

단순구조	정수(integer)
	실수(real)
	문자(character)
	문자열(string)
선형구조	배열(array)
	연결리스트(linked list)
	원형연결리스트(circular linked list)
	이중연결리스트(doubly linked list)
	스택(stack)
	큐(queue)
	데큐(deque)
비선형구조	트리(tree)
	그래프(graph)
파일구조	순차파일(Sequence file)
	색인파일(index file)
	직접파일(direct file)
기타 알고리즘	정렬(sorting)
	검색(search)

본 연구에서는 초등학생들에게 교육하기에 적절한 자료구조와 알고리즘 교육요소를 선정하는데 있어서 기초적인 단순구조와 좀 더 복잡한 파일구조를 제외하였고 모두 여섯 종류의 자료구조와 알고리즘을 선정하였다. 먼저 선형구조에서 스택과 큐를 선정하였으며 비선형구조에서는 그래프와 연관된 알고리즘으로 DFS(Depth First Search)와 BFS(Breath First Search)를 선정하였다. 그리고 기타 알고리즘으로는 정렬알고리즘을 선정하였는데 정렬알고리즘은 버블(bubble)정렬과 힙(heap)정렬을 선정하였다.

2.2 선행연구 고찰

자료구조과목은 컴퓨터과학 교육과정에서 가장 핵심

적인 기초가 되는 과목이다. 그러나 많은 복잡한 개념과 이와 연관된 알고리즘은 이 과목을 매우 어렵다고 인식하도록 만들고 있다[11]. 그동안 자료구조와 알고리즘을 학생들에게 효과적으로 교육하기 위한 다양한 연구가 행해졌다[3][4][6][8][10]. Andrew 등은 어떻게 하면 학생들에게 자료구조와 알고리즘을 교육할 때 학생들의 흥미를 많이 유발할 수 있는가에 대한 연구를 하였다. 그래서 이들은 컴퓨터 그래픽을 활용하여 자료구조와 알고리즘을 효과적으로 교육하는 방법을 제안했다[4]. Ricardo 등은 ACM/IEEE 컴퓨터교육 과정을 기본으로 해서 어떻게 하면 효과적으로 알고리즘 가르칠 것인가에 대해 내용면, 방법론, 실습 등으로 분류하였다. 이 논문에서 이들은 알고리즘 교육을 위한 가장 효과적인 방법으로 문제 중심의 알고리즘을 교육해야한다고 주장하였다[10]. Ali Erkan 등은 자료구조 교육과정이 추상화와 동적 유형을 내재하므로 학습자가 충분한 이해를 가지도록 교육하는 것이 매우 어렵다고 분석하였고 이를 위해 이미지 기반의 추상화 지식을 이해하고 기억하도록 하는 데모시스템을 개발하였다[3]. Ljubomir 등은 일반 교육학과목에서 계산학적인 사고를 교육하기위한 방안을 마련하였다. 이들은 다양한 교육학 과목에서 계산학적인 사고를 할 수 있도록 알고리즘 예제를 포함하도록 강의체계를 구성하였다 [8].

이와 같이 컴퓨터 알고리즘을 이해하기가 매우 어렵기 때문에 어린학생들에게 알고리즘이 무엇을 의미하는지를 쉽게 이해할 수 있도록 알고리즘의 실행단계를 시각적으로 보여주는 노력이 필요하다. 또한 학생들이 흥미를 잃지 않도록 하면서 보다 쉽게 자료구조와 이와 연관된 알고리즘을 효과적으로 마스터하도록 하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

3. 연구 내용 및 연구 방법

복잡한 컴퓨터 알고리즘을 단순히 텍스트위주의 수업을 통해 학생들이 완전히 이해하도록 하는 것은 큰 도전인데 왜냐하면 텍스트위주의 알고리즘 수업에서 학생들이 알고리즘의 각 단계를 머리로 실행하면서 이해하기 위해서는 학생들에게 더 많은 노력을 요구하기 때문이다[9]. 따라서 학생들에게

컴퓨터 알고리즘을 쉽게 이해하고 마스터하기 위해서는 알고리즘의 각 단계를 애니메이션을 통해 시각적으로 보여주는 노력이 필요하다. 본 연구에서는 알고리즘 수업에서 애니메이션위주의 수업과 텍스트위주의 수업을 동일한 집단의 실험을 통해 애니메이션 기반의 수업이 알고리즘 수업에서 얼마나 교육적으로 효과가 있는지를 정량적으로 판단하기 위한 연구를 수행하였다.

3.1 연구 내용

본 연구는 초등학교에서 학생들에게 자료구조와 알고리즘 교육을 하는데 있어서 애니메이션의 교육적 효과를 알아보고 이를 분석하여 초등학생들에게 적합한 자료구조와 알고리즘의 교육요소와 교육방법에 대한 가이드라인을 제공하고자한다.

본 연구에서는 초등학생을 대상으로 알고리즘을 교육하기위한 기초적인 자료구조와 알고리즘의 교육내용으로 선형자료구조(Linear Structures), 정렬알고리즘(Sort Algorithm) 및 그래프 알고리즘(Graph Algorithm)을 선택하였다. 선형자료구조는 스택(Stack)과 큐(Queue), 정렬알고리즘은 버블(Bubble)정렬과 힙(Heap)정렬을 선택하였으며 그래프 알고리즘은 깊이우선탐색(DFS: Depth First Search)과 너비우선탐색(BFS: Breath First Search)을 각각 선택하였다.

자료구조와 알고리즘 수업을 하는데 있어서 단계별 진행을 애니메이션 형태로 학생들에게 보여주는 것은 상당히 교육적으로 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다. 그러나 무조건 애니메이션 위주의 강의 자료를 많이 사용한다고 해서 그 만큼 비례해서 교육적 효과가 증가한다고 판단 할 수는 없다. 그래서 초등학생들에게 알고리즘을 교육하는 데 있어서 각각의 알고리즘의 교육요소에 대해서 애니메이션 수업자료의 교육적 효과를 실험해보고 또한 초등학생들에 어떠한 알고리즘 교육요소를 어느 학년 단계에서 수업하는 것이 적절할 지를 알아보는 것은 알고리즘의 교육과정을 개발하는 데 있어서 반드시 필요한 연구가 될 것으로 기대한다.

본 연구에서는 컴퓨터 알고리즘 수업을 위해 만든 알고리즘 강의 자료의 시각화(visualization) 정

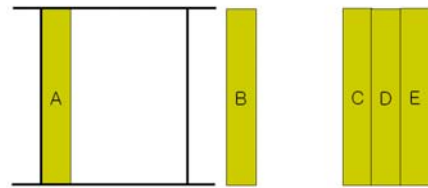
도를 나타내는 기준으로 알고리즘 시각화 팩트를 개발하였다. 알고리즘의 시각화 팩트를 정하는 기준은 알고리즘 강의자료 각각의 슬라이드에 얼마만큼의 텍스트문장, 이미지, 애니메이션들이 포함되었는지를 장할 수 있다. 알고리즘의 시각화 팩트는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

[정의 1] (알고리즘 시각화 팩터: AVF)

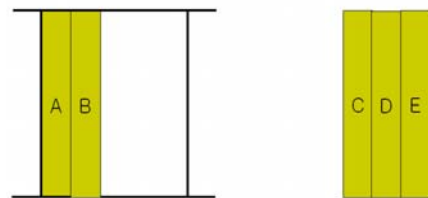
강의 슬라이드에서 얼마만큼의 텍스트 요소에 대해 애니메이션 요소가 사용되었는지를 나타내는 측정단위로 알고리즘 시각화 팩터는 다음과 같이 정의된다.

$$AVF = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} \frac{C_i^A}{\text{Max}(1, C_i^T)}$$

여기서 N_s 는 알고리즘 수업을 위한 사용된 PPT의 전체 슬라이드의 총 개수이다. 따라서 모든 강의 슬라이드에 대해 슬라이드의 시각화 값을 측정하여 더한 후에 N_s 로 나누어 평균값을 구한다. 다만 제목이나 목차 슬라이드와 같이 알고리즘의 수업내용과 관계가 없는 슬라이드는 N_s 에 포함시키지 않는다. C_i^A 와 C_i^T 는 각각 i 번째 PPT 슬라이드의 애니메이션 동작의 수와 텍스트 문장의 수를 나타낸다. 일반적으로 각각의 슬라이드에서 하나의 그래픽 이미지는 하나의 애니메이션 동작으로 간주한다.



(a) 큐에 새로운 데이터(B)가 추가되는 장면



(b) 큐에 데이터(B) 값이 저장된 후의 장면
(그림 2) 큐에서 애니메이션의 한 동작

[예제 1] 예를 들어 그림 2에서 큐에 새로운 데이터(B)가 추가되는 알고리즘의 동작을 애니메이션으로 보여주고 있다. 그림 2(a)에서의 한 번의 애니메이션이 되는 동작을 나타내므로 C_i^A 의 값이 1 증가된다. 따라서 5개의 데이터가 모두 큐에 추가되는 모양을 나타내기 위해서는 5번의 애니메이션 액션이 있음을 알 수 있다.

알고리즘 시각화 팩터의 교육적 효과를 알아보기 위해 총 여섯 종류의 자료구조와 알고리즘 교육요소에 대해 텍스트기반의 PPT 자료와 애니메이션기반의 PPT 자료, 즉 모두 12 종류의 수업용 PPT를 만들었다. 만들어진 수업용 PPT에서 알고리즘 시각화의 정도를 측정하기 위해 정의 1에 나타난 수식을 이용하여 각각의 알고리즘 시각화 팩터 값을 계산하였다. 표 1에서와 같이 $AVF(T)$ 는 텍스트기반의 PPT에 대해 계산한 알고리즘 시각화 팩터 값이고 $AVF(A)$ 는 애니메이션기반 PPT에 대한 알고리즘 시각화 팩터 값을 각각 나타낸다.

<표 1> 수업용 PPT의 알고리즘 시각화 팩터 값

내용 팩터값	스택	큐	버블	힙	DFS	BFS
$AVF(T)$	0.36	0.42	0.26	0.46	0.28	0.33
$AVF(A)$	6.00	5.50	1.03	2.23	0.96	1.54
$AVF(A)/AVF(T)$	16.62	13.20	4.01	4.87	3.45	4.63

$AVF(A)/AVF(T)$ 값은 텍스트기반의 PPT에 대한 애니메이션기반 PPT의 AVF 비율을 나타낸다. 이 비율은 스택이 가장 큰 값인 16.62를 나타내는데 텍스트 기반의 강의 자료에 비해 애니메이션기반 강의 자료의 시각화가 16.62 배만큼 많다는 의미를 나타낸다. 반면 DFS는 비율이 가장 작은 값인 3.45를 나타내는데 텍스트 기반의 강의 자료에 비해 애니메이션기반 강의 자료의 시각화가 3.45 배만큼 차이가 난다는 것을 의미이다. 표 1에서 보이는 것과 같이 스택과 큐의 AVF 비율이 10 이상으로 매우 큰 값을 가지는데 이것은 스택과 큐는 은행의 줄서기

등 실생활에서 많이 접할 수 있는 예가 많으므로 텍스트 문장을 많이 사용하지 않았고 애니메이션의 동작위주로 PPT자료를 만들었다. 나머지 버블정렬, 힙정렬, DFS, BFS의 AVF가 4 정도로 비슷한 값을 가지도록 PPT자료를 작성하였다.

3.2 연구 방법

본 연구를 위해 서울지역 초등학교 2개 학교와 경기도 지역 초등학교 2개 학교에서 각각 한 학급씩 총 4개 학급이 실험에 참여하였다. 동일한 수준의 학생 집단에 대해 알고리즘 시각화의 교육적 효과를 측정하기 위해서 각각의 학급의 학생들을 무작위로 추출하여 거의 동일한 크기로 두 그룹으로 나누어 총 8개 그룹으로 만들어 실험에 참여하였다. 실험에 참여한 학교, 학생 및 교사에 대한 정보는 표 2에 자세히 표시 되어 있다. 실험에 참여한 학생들은 동일한 지역, 학년, 학급에서 무작위로 두 그룹으로 나누었으므로 학생들의 수준은 거의 동일하다고 볼 수 있다. 그러나 실험에 참여한 교사들의 교육경력이나 알고리즘 이해도에 따라 수업 내용이나 평가 결과가 달라 질수 있으므로 교사들의 경력, 알고리즘 교육경험 및 지식에 따라서 상중하로 나누어 표에 제시하였다.

각각의 동일한 학년 및 학급인 두 그룹에 대해 한 그룹은 텍스트기반, 다른 그룹은 애니메이션기반의 PPT자료를 이용하여 수업을 실시하였다. 수업 실시 후 학생들이 알고리즘을 잘 이해하였는지를 평가하기 위해 평가내용은 수업에서 사용하지 않은 새로운 예를 가지고 문제를 만들어 평가를 하였다. 모두 8개 그룹에 대한 평가한 결과는 표 3과 같다.

<표 2> 연구에 참여한 학교의 학생 및 교사

학교	지역	학년	남자	여자	계	교사	
						경력 (성별)	알고리 즘 지식
A	서울	1	19	19	38	8년 (남)	중
B	경기도	3	17	17	34	16년 (남)	상
C	경기도	4	19	13	32	5년 (남)	중
D	서울	6	16	13	29	10개월 (여)	하

<표 3> 8개 학생 그룹에 대한 알고리즘 수업 후의 평가 결과

그룹	성별	학생수	스택	큐	버블	힙	DFS	BFS
A 초등학교 1학년(텍스트)	계	19	0.95	1.26	1.11	1.63	-	-
	남	9	0.78	1.11	0.89	1.56	-	-
	여	10	1.10	1.40	1.30	1.70	-	-
A 초등학교 1학년(애니메이션)	계	19	0.74	2.21	1.37	1.58	-	-
	M	10	0.70	2.10	1.20	1.40	-	-
	F	9	0.78	2.33	1.56	1.78	-	-
B 초등학교 3학년(텍스트)	계	16	1.61	2.19	1.19	0.88	1.00	1.13
	M	8	2.13	1.50	0.50	0.25	0.38	0.25
	F	8	2.50	2.88	1.88	1.50	1.63	2.00
B 초등학교 3학년(애니메이션)	계	18	2.31	2.22	1.06	1.17	1.17	1.44
	M	9	1.22	2.00	1.22	0.89	0.78	1.33
	F	9	2.00	2.44	0.89	1.44	1.56	1.56
C 초등학교 4학년(텍스트)	계	16	1.69	2.44	0.94	1.31	1.38	0.88
	M	9	1.56	2.44	1.00	1.33	1.67	1.00
	F	7	1.86	2.43	0.86	1.29	1.00	0.71
C 초등학교 4학년(애니메이션)	계	16	2.19	2.88	1.00	1.81	1.63	1.44
	M	10	2.40	2.80	1.00	1.60	1.40	1.50
	F	6	1.83	3.00	1.00	2.17	2.00	1.33
D 초등학교 6학년(텍스트)	계	15	1.27	1.27	1.00	1.40	1.00	1.13
	M	8	0.88	0.88	0.88	1.00	0.88	1.13
	F	7	1.71	1.71	1.14	1.86	1.14	1.14
D 초등학교 6학년(애니메이션)	계	14	1.86	2.21	1.43	1.79	1.36	1.57
	M	8	1.63	2.00	1.25	1.75	1.25	1.38
	F	6	2.17	2.50	1.67	1.83	1.50	1.83

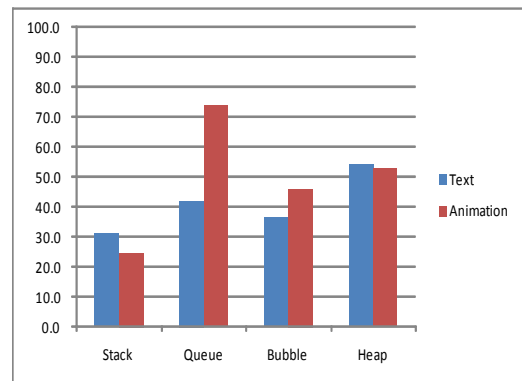
표 3에서 평가의 최고점은 3이고 최저점은 0이다.

생들의 수준에 따라 실시하여 효과를 볼 수 있으나 전반적으로 실시하기에는 너무 이르다고 판단된다.

4. 실험 및 분석

4.1 1학년 그룹에 대한 실험 및 결과

초등학교 1학년 학생 그룹에 그래프 알고리즘을 교육하는 것은 매우 이르다고 판단하여 DFS와 BFS에 관한 실험은 제외하고 스택, 큐, 버블 정렬, 힙 정렬에 대해서만 실험을 실시하였다. 결과적으로 애니메이션을 활용한 수업이 텍스트위주의 알고리즘 수업보다 알고리즘 시각화의 교육적 효과가 평균 20.4% 성적이 좋게 나타났다(그림 3). 텍스트 위주의 수업에서는 남학생 보다는 여학생의 성적이 26.9% 더 나았으며 애니메이션 위주의 수업에서는 19.3%가 여학생의 성적이 좋았다. 따라서 애니메이션위주의 수업을 통해 남녀 간의 격차가 감소함을 알 수 있었다. 그러나 1학년은 알고리즘 수업에서 평가 결과가 다소 일관성이 없으며 평가 성적도 낮게 나와서 1학년 학생들에게 알고리즘의 교육은 교사의 능력과 학

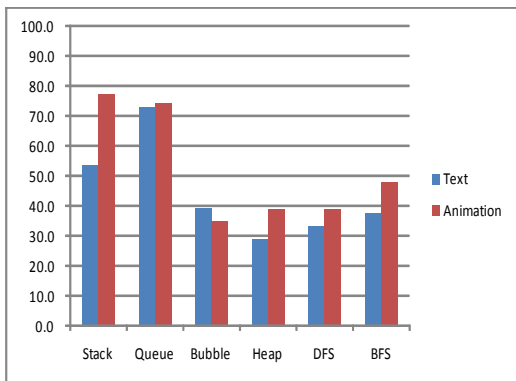


(그림 3) 1학년 그룹에 대한 평가 결과

4.2 3학년 그룹에 대한 실험 및 결과

초등학교 3학년 학생 그룹은 그래프 알고리즘인 DFS와 BFS에 관한 내용을 포함하여 스택, 큐, 버블정렬, 힙정렬에 대해서 모두 실험을 실시하였다. 애니메이션을 활용한 수업이 텍스트위주의 알고리

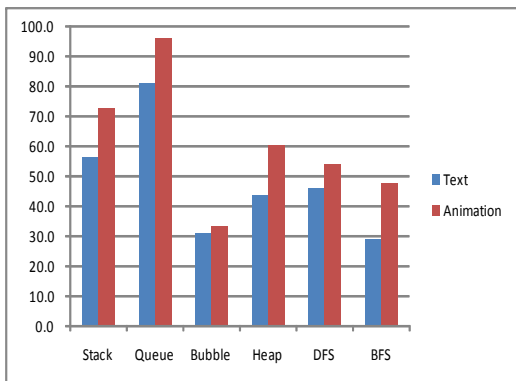
즘 수업보다 알고리즘 시각화의 교육적 효과가 평균 17.3% 성적이 좋게 나타났다(그림 4). 텍스트 위주의 수업에서는 남학생 보다는 여학생의 성적이 1.4배 정도 높게 나타났으며 애니메이션 위주의 수업에서는 여학생의 성적이 32.8%가 높게 나왔다. 3학년은 전반적으로 평가 점수가 높게 나왔다. 이것은 알고리즘 수업을 담당한 교사의 경력이 많고 알고리즘에 대한 사전 지식이 높을 수로 교육적 효과가 높게 나타남을 의미한다.



(그림 4) 3학년 그룹에 대한 평가 결과

4.3 4학년 그룹에 대한 실험 및 결과

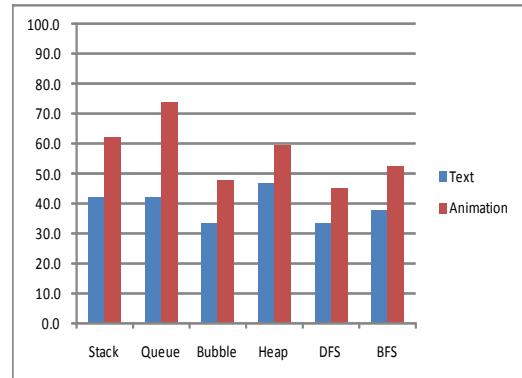
초등학교 4학년 학생 그룹 역시 그래프 알고리즘인 DFS와 BFS에 관한 내용을 포함하여 스택, 큐, 버블 정렬, 힙 정렬에 대해서 모두 실험을 실시하였다. 애니메이션을 활용한 수업이 텍스트위주의 알고리즘 수업보다 알고리즘 시각화의 교육적 효과가 평균 26.8% 성적이 좋게 나타났다(그림 5).



(그림 5) 4학년 그룹에 대한 평가 결과

4.4 6학년 그룹에 대한 실험 및 결과

초등학교 6학년 학생 그룹 역시 스택, 큐, 버블 정렬, 힙 정렬, DFS와 BFS에 관한 내용을 포함하여 모두 실험을 실시하였다. 애니메이션을 활용한 수업이 텍스트위주의 알고리즘 수업보다 알고리즘 시각화의 교육적 효과가 평균 44.5% 성적이 좋게 나타났다(그림 6). 텍스트 위주의 수업에서는 남학생 보다는 여학생의 성적이 54.9% 정도 높게 나타났으며 애니메이션 위주의 수업에서는 여학생의 성적이 24.3%가 좋게 나왔다. 6학년은 전반적으로 평가 점수가 낮게 나왔다. 이것은 교사의 경력이 1년 미만이고 알고리즘에 대한 교사의 지식이 낮으므로 학생들의 수업에 영향을 주어 평가결과가 낮게 나온 것으로 판단된다. 여기에서도 1학년과 3학년의 평가 결과와 유사하게 텍스트 위주의 수업에서의 남녀 격차가 애니메이션위주의 수업에서 많이 줄어 든 것을 알 수 가 있었다.



(그림 6) 1학년 그룹에 대한 평가 결과

5. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교에서 학생들에게 자료구조와 알고리즘 교육을 하는데 있어서 알고리즘 시각화의 교육적 효과를 알아보기 위해 강의 자료의 시각화 정도를 나타내는 기준으로 알고리즘 시각화 팩트를 개발하였다. 실험에 사용된 대상은 서울지역과 경기 지역의 4개교의 학교의 총 8개 그룹에 대해 모두 여섯 종류의 자료구조와 알고리즘의 교육요소 즉, 스택, 큐, 버블정렬, 힙정렬, DFS, BFS에 대한 수업

을 실시하였으며 수업결과를 평가하였다.

연구결과를 정리하면 첫째, 알고리즘 수업에서 애니메이션기반의 수업이 텍스트기반의 수업보다 수업 실시 후의 동일한 그룹에 대한 평가 결과가 전체 평균 22.2% 높게 나왔다. 즉, 1학년 수업은 20.4%, 3학년 수업은 17.3%, 4학년 수업은 28.6%, 그리고 6학년 수업은 24.3% 만큼 애니메이션기반의 수업의 평가 점수가 더 높았다. 따라서 알고리즘의 수업에서는 애니메이션 기반의 수업자료를 활용한 알고리즘 시각화가 교육적으로 상당히 효과적임을 알 수가 있다.

둘째, AVF 값의 비율이 10이상인 스택과 큐에 대한 평가 결과와 AVF 값의 비율이 4정도인 버블정렬, 힙정렬, DFS, BFS에서의 평가 결과가 별 차이가 없었다. 따라서 알고리즘 수업이라고 해서 반드시 애니메이션 위주의 수업자료를 만들지 않더라도 AVF 값의 비율이 4 정도라도 알고리즘 시각화의 교육적 효과를 충분히 얻을 수 있다고 판단된다.

셋째, 실험 결과에서와 같이 초등학교에서의 알고리즘 수업은 초등학교 1-2학년에서는 다소 어렵다고 판단되므로 적어도 초등학교 3학년부터 알고리즘 교육을 하는 것이 적당하다고 판단된다. 또한 교사의 알고리즘 이해도에 따라 학생들의 평가 결과가 상대적으로 높거나 낮게 나온 것을 볼 때 초등학교에서의 효과적인 알고리즘 수업을 위해서는 알고리즘 수업을 담당할 교사들의 알고리즘 이해능력을 키우기 위한 교사교육 등의 노력이 필요하다. 또한 초등학교에서 가르칠 수 있는 적합한 알고리즘 교육 요소를 선정하고 각각의 알고리즘 교육 요소에 대해 애니메이션과 텍스트가 잘 조화된 좋은 강의 동영상이나 강의 자료를 제작하여 초등학교에 보급하는 노력이 필요하다고 생각된다.

넷째, 알고리즘의 시각화를 높이기 위해 애니메이션 기반의 수업에서 전반적으로 남녀 학생들 간의 평가 격차가 줄어드는 현상을 발견하였다. 이는 알고리즘의 시각화를 높이므로 전체적으로 알고리즘의 이해도를 높여 평가 결과를 좋게 하는 결과를 가져오면서 또한 텍스트기반의 수업에서 이해도가 떨어지는 집단의 학생들이 애니메이션 기반의 수업을 통해 알고리즘의 이해도가 더 많이 향상될 수 있음을 암시하고 있다.

최근의 학교교육에서 컴퓨터수업의 시수가 줄어들고 있는 등 컴퓨터 교육의 상당한 위기를 맞고 있다. 이제는 단순한 도구 사용법이나 자격증 취득을 위한 컴퓨터교육에서 탈피하여 컴퓨터과학의 핵심원리인 알고리즘에 대한 교육을 초등학교생부터 실시하여 학생들의 창의력과 계산학적인 사고를 높일 수 있는 교육을 할 필요가 있다. 앞으로 초등학교생단계에 적합한 알고리즘 교육요소들을 추출하고 이들을 학교 현장에 잘 적용하기위한 알고리즘의 교육과정을 개발하기 위한 다각적인 노력이 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 오용철, "쉽게 배우는 자료구조", 이프레스, 2006.
- [2] 이석호, "자료구조론", 홍릉과학출판사, 1989.
- [3] Ali Erkan, Diyan Gochev(2008), An image background detection project for a visual exploration of DFS and BFS. Proceedings of the 39th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE 2008, Portland, USA, 483-487.
- [4] Andrew T. Duchowski and Timothy A. Davis(2007), Teaching Algorithms and Data Structures through Graphics, Eurographics 2007, 26-3.
- [5] Clifford A. Shaffer, Matthew Cooper, Stephen H Edwards(2007), Algorithm Visualization, A Report on the State of the Field, Proceedings of the 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE 2007, Kentucky, USA, 150-154.
- [6] Deng Rui, John T. Thompson, Yang Hong, Zhou Xing-sheng, Liu Ke-jing, Neil Alexander Macintyre(2008), Imagery training in the teaching of the data structure curriculum, SIGCSE Bulletin 40-4, 92-94.
- [7] Ellis horowitz, sartaj sahani, "Fundamentals of Computer Algorithms", Computer Science Press, 1978.

- [8] Ljubomir Perkovic, Amber Settle, Sungsoon Hwang, Joshua Jones(2010), A frame work for computational thinking across the curriculum, Proceedings of the 15th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITICSE 2010, Darmstadt, Germany, 123-127.
- [9] Moon-Chuen Lee(1992), An Algorithm Animation Programming Environment. Proceedings of the 4th International Conference of Computer Assisted Learning, ICCAL 1992, Wolfville, Nova Scotia, Canada, 367-379.
- [10] Ricardo A. Baeza-Yates(1995), Teaching algorithms. SIGACT News, 1995, 26-4, 51-59.
- [11] Zhi Liu(2008), Research on the Teaching

Method of Combining the Theory and Practice in Data Structure Course, Proceedings of the 9th International Conference for Young Computer Scientists, ICYCS 2008, Hunan, Chana, 2501-2506.

저 자 소 개



전 석 주

2002년 8월 : 한국과학기술원
컴퓨터 공학박사

2004년~현재 : 서울교육대학교
컴퓨터교육과 교수

관심분야 : 컴퓨터교육, 프로그래밍방법, 데이터마이닝,
멀티미디어DB

email : chunsj@snue.ac.kr