

# 정렬 프로그래밍 교육을 위한 시각화 도구의 개발

정인기<sup>†</sup>

## 요 약

자료구조 및 알고리즘 분야는 컴퓨터 프로그래밍 교육의 기반이 되는 과목이다. 그러나 교육 방법이 현재의 추세인 비주얼 프로그래밍과 윈도우 프로그래밍 방법을 따라가지 못하여 학생들의 흥미를 유발하지 못하고 있다. 정렬 프로그래밍도 다른 자료 구조와 상황은 마찬가지이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 교육자가 효과적으로 정렬 알고리즘을 교육할 수 있는 VTSPi (Visualization Tool for Sorting Programming Instruction)를 개발하였다. 뿐만 아니라 VTSPi는 비주얼 프로그래밍에 기반을 둔 소프트웨어 컴포넌트이기 때문에 학생들이 쉽게 프로그래밍할 수 있고, 자신의 프로그램을 이해할 수 있고, 디버깅을 쉽게 할 수 있게 해준다.

키워드 : 알고리즘 교육, 소프트웨어 컴포넌트

## Development of Visualization Tool for Sorting Programming Instruction

InKee Jeong<sup>†</sup>

### Abstracts

Data structure and algorithm are primary courses for computer programming instruction. However, now those are not interesting courses for students because the programming instruction methodologies that used these courses are not the proper methodologies for the visual and windows programming. The Sorting programming is the same as other data structures. Therefore, we developed the VTSPi (Visualization Tool for Sorting Programming Instruction) which is a software component to instruct sorting program effectively for solving these problems. As a result, students can code, understand and debug their programs because VTSPi is software components based on visual programming.

Keywords : Algorithm Instruction, Software Component

### 1. 서론

컴퓨터 프로그래밍은 컴퓨터 교육의 기반이 되는 분야이다. 특히, 자료 구조와 알고리즘 과목은 컴퓨터 프로그래밍 교육의 가장 핵심이 되는 과

목이라고 할 수 있다. 그러나, 학생들에게는 다른 과목에 비하여 과목에 대한 흥미와 이해가 점점 떨어지고 있는 실정이다. 프로그래밍 패러다임이 바뀌고, 비주얼 프로그래밍 시대로 변화하면서 이러한 현상은 더욱 심화되어 가고 있다.

예전의 컴퓨터 프로그램은 문자로 되어있어서 이해하기 어려울 때가 있으며, 또한 문자 형태의

<sup>†</sup> 정회원: 춘천교육대학교 컴퓨터교육과 교수  
논문접수: 2004년 9월 2일, 심사완료: 2004년 10월 20일  
\* 이 논문은 2003년도 춘천교육대학교 교내 지원 연구비에 의하여 연구되었음

표현은 프로그램의 기능을 모호하게 전달할 수 있다. 그에 비하여 프로그램의 애니메이션 형태의 표현은 그들의 의미, 방법 및 목적을 좀 더 잘 전달해 줄 수 있다. 애니메이션 형태는 프로그램의 이해, 기존 프로그램의 평가 및 새로운 프로그램의 개발과 같은 활동에 도움을 줄 수 있다[13].

뿐만 아니라 동적이고 추상적인 프로세스를 포함하는 컴퓨터 프로그램들은 그들의 행위를 그래픽 시뮬레이션을 통해 관찰하는 것이 가장 이해하기 쉬울 수 있다. 실행 시의 프로그램의 그래픽 표현은 이해하거나 주의하기에 어려운 몇몇 속성을 드러내게 해 준다. 또한, 이러한 전달 매체는 사람과 시뮬레이션되는 프로그램이 경로 정보의 제어에 의한 애니메이션으로 상호작용하는 경우에는 더욱 큰 힘을 발휘하게 된다. 알고리즘의 애니메이션 환경은 컴퓨터 프로그램에 대해서 이러한 패러다임에 따르는 것이다[15].

이에 따라 선진국에서는 자료 구조를 효과적으로 가르치기 위한 많은 노력이 있어왔다. 특히, 자료 구조의 시각화에 대한 많은 연구가 있었지만 이들 연구의 대부분도 Pascal이나 C와 같은 프로그래밍 언어가 주를 이루던 시대의 성과이기 때문에 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

첫째, 비주얼 프로그래밍에 맞게 개발된 것이 아니다. 기존의 자료 구조 교재에 있는 프로그램들을 Visual C++ 등에서 사용할 수 없는 것은 아니지만 텍스트 기반 프로그램에서의 입출력 코드와 윈도우즈 기반 프로그램에서의 입출력 코드는 많이 다르기 때문에 자료 구조를 배우는 초보 프로그래머들은 입출력 코드 작성에 많은 시간과 노력이 투입하여야 한다. 그러나, 대부분의 자료 구조 과목 시간이 이러한 모든 것을 교육할 수 있을 만큼 여유 있지 않기 때문에 좀 더 효율적인 방법을 찾는 것이 필요하다.

둘째, 자료 구조의 개념을 이해시키기 위하여 실행 동작을 단계적으로 시각화해서 보여주는 데 지나지 않고 있다. 따라서, 학생들이 자신이 작성한 프로그램을 시각화하여 볼 수 있는 것과는 거리가 있다. 물론, 자료 구조의 개념을 애니메이션 등을 통하여 보는 것도 상당한 효과가 있으나 이보다 더 효과적인 것은 자신의 프로그램을 볼 수

있도록 하는 것이다.

자료 구조 과목에서 교육되어지는 분야에는 여러 가지가 있으나 일반적으로 큐와 스택, 트리, 그래프, 정렬, 탐색 등의 분야를 대표적으로 언급할 수 있다. 이 중에서 정렬 알고리즘은 자료 구조 및 알고리즘 과목에서 가장 기본이 되는 알고리즘이다. 정렬 알고리즘은 실제 프로그래밍에서 대단히 많이 쓰이는 알고리즘이지만 학생들이 프로그램의 종류에 따라서는 개념의 이해에 어려움을 느끼는 분야이며, 자신이 작성한 프로그램의 디버깅에 상당한 부담을 갖는 분야로 알려져 있다.

이러한 현상은 자신이 작성한 프로그램을 시각적으로 볼 수 없는 데서 생기는 현상이며, 학생들은 시각적으로 자신의 프로그램이 수행되는 것을 볼 수 없기 때문에 자신이 작성한 프로그램에 대해서 확신을 가지지 못하고, 오류에 대하여 정확한 디버깅을 할 수 없게 된다.

특히, 정렬 알고리즘을 프로그래밍하는 경우에 첨자 연산과 같은 수식을 연산하는 경우가 발생하는데 학생들의 정확한 연산을 위한 프로그래밍 작성 능력 부족으로 인하여 정렬을 정확하게 하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 이러한 경우에 오류가 발생한 시점에서 프로그램의 수행 상태를 알게 되면 쉽게 디버깅할 수 있을 것이다. 물론, 프로그래밍 개발 시스템에서 제공하는 디버깅 도구를 이용하면 현재의 상태를 간단하게 알 수 있지만, 프로그램을 처음 공부하는 학생들은 이러한 도구를 사용하는데 익숙치 않다. 따라서, 학생들에게 가장 좋은 방법은 정렬이 수행되는 상태를 시각적으로 보여줄 수 있는 도구를 제공하는 것이며, 본 논문에서는 이를 위하여 비주얼 프로그래밍 도구에서 자료 구조에 대한 지식을 효과적으로 습득할 수 있는 소프트웨어 컴포넌트를 개발하였다.

## 2. 기존 자료 구조 교육용 시스템 분석

지금까지 자료 구조 및 알고리즘 교육을 위하여 많은 시스템들이 개발되었는데 이들의 특성을 분석해 보면 다음과 같이 분류해 볼 수 있다.

## 2.1 통계적 처리 형태

알고리즘을 수행하고 난 후 특정 연산에 대한 실행 결과를 통계적으로 처리하여 보여주며 학생들은 이것을 분석해 봄으로써 알고리즘의 성능 등을 비교해 볼 수 있다. 이러한 형태는 새로운 알고리즘을 개발하는 경우에는 좋은 도구로서 이용될 수 있으나 이미 개발된 알고리즘을 정확히 프로그래밍하는 것이 중요한 초보 프로그래머 및 학생들에게는 많은 도움을 주지 못하는 경우가 발생한다. 일반적으로 초기의 시스템에서 보여지며, Hebert L. Dershem 등[12]이 만든 시스템에서 일부 사용되어 지고 있다.

## 2.2 그래픽/애니메이션 형태

자료 구조 및 알고리즘의 수행 상태를 그래픽 혹은 애니메이션의 형태로 보여줌으로써 학생들이 개념을 이해하는데 도움을 주는 형태이다. 이와 같은 애니메이션 형태는 개념의 이해에는 도움을 주지만 학생들이 실제 프로그램을 작성하는 데는 큰 도움을 주지 못하게 되는 경우가 많다. 이러한 형태로는 Bruce R. Maxim 등[4], G. Michael Barnes 등[9], G. Scott Dwen[10], Moshe Augenstein 등[16]이 만든 시스템이 있으며, Hebert L. Dershem 등[12]이 만든 시스템은 그래픽/애니메이션 형태와 함께 통계적 처리 방법도 사용하고 있다. 이 중에서 G. Michael Barnes 등[9]이 만든 시스템과 G. Scott[10]이 만든 시스템은 이진 트리를 위한 시스템이다. 또한, Hebert L. Dershem 등[12]이 만든 시스템은 정렬 알고리즘을 위한 것이고, Bruce R. Maxim 등[4]이 만든 시스템과 Moshe Augenstein 등[16]이 만든 시스템은 스택, 정렬, 연결 리스트 등 다양한 자료 구조 및 알고리즘에 적용할 수 있는 시스템들이다.

## 2.3 고유 연산자를 포함한 형태

자료 구조 및 알고리즘 교육을 위한 별도의 시스템을 만들어 그 안에서 고유의 연산을 수행하도록 하는 형태인데, 이들은 자료 구조 및 알고리즘의 기본 연산에 대하여 고유의 구문 법칙을 가지고 이를 사용자가 입력 혹은 선택함으로써 연산의 수행 상태를 학생들에게 보여주도록 하고 있다. 이러한 방식은 각 연산에 대한 정확한 흐름을 학생들에게 보여주어 전체적인 개념뿐만 아니라 각 연산에 대한 정확한 이해를 할 수 있게 해주지만 학생들에게 또 다른 형태의 시스템에 대한 사용법을 익히도록 요구하게 되며, 범용 프로그래밍 언어로 구현하는 경우에는 학생들이 이를 응용 및 전환해야 하는 어려움이 생긴다. 이러한 형태의 시스템들로는 SWAN[5], VISAL[7], Tango[13], Balsa-II[15], webGAIGS[20], JAWAA[22] 등의 시스템과 Gerard K. Rambally[8]이 만든 시스템이 있다. 이들은 대부분 정렬, 트리, 연결 리스트 등 다양한 자료 구조와 알고리즘에 적용할 수 있도록 만들어졌다.

## 2.4 라이브러리/전처리기 형태

라이브러리/전처리기 형태는 학생들이 범용 프로그래밍 언어를 이용하여 자료 구조 및 알고리즘 과목에서 배운 프로그램을 구현하고자 하는 경우에 필요한 입출력 모듈이나 수행 상태를 표현하고자 할 때 전문 개발자에 의해 만들어진 라이브러리나 전처리기 모듈 형태를 이용하게 하여 학생들에게 프로그래밍에 대한 부담을 줄여 효과적으로 자료 구조 및 알고리즘 내용을 습득할 수 있게 해 준다. 범용 프로그래밍 언어를 사용하게 함으로써 별도로 시스템을 배울 필요가 없는 장점을 가지고 있지만, 학생들이 라이브러리의 사용법을 미리 인지하고 있어야 하며, 프로그램의 형태가 주어진 방식대로가 아니라면 원하는 결과를 나타내지 않을 가능성을 포함하고 있다. 이러한 형태의 시스템들로는 Balsa-II[15], GAIGS 3.0[19] 등의 시스템들과 Moshe Augenstein 등[17]의 연구가 있다. 이들 역시 다양한 자료 구조 및 알고리즘에 적용할 수 있는 시스템들이다.

## 2.5 소프트웨어 컴포넌트 형태

소프트웨어 컴포넌트는 최근에 비주얼 프로그래밍과 함께 새롭게 나타나고 있는 프로그래밍의 형태이다. 소프트웨어 컴포넌트는 컴포넌트 자체가 하나의 독립된 모듈을 이루고 있고, 비주얼 프로그래밍 개발 시스템에서는 만들어진 컴포넌트의 인터페이스에 대하여 프로그램 작성 시에 안내를 해 줌으로써 학생들이 사용하는데 불편함이 없도록 할 수 있다. 또한, 범용 프로그래밍 언어를 사용함으로써 별도의 교육 없이 이용할 수 있는 장점을 가진다. 이러한 개념의 시스템으로 정인기[2]의 탐색 프로그래밍 교육 분야 연구만을 뿐 정렬 프로그램 교육을 위해 개발된 예는 거의 전무한 상태이다.

지금까지 개발된 자료 구조 교육용 주요 시스템들의 내용을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 자료 구조 및 알고리즘 교육용 프로그램

연구자	시스템	대상 자료구조 및 알고리즘	시스템 형태
Bruce R. Maxim, Bruce S. Elenbogen (4)		Stack, Sorting, Linked List	그래픽 혹은 애니메이션 형태
Clifford A. Shaffer, Lenwood S. Health, Jun Yang (5)	SWAN	Sorting, Tree, Graph	독립 시스템 형태
Elena I. Giannotti (7)	VISAL	Linked List, Tree	독립 시스템 형태
Gerar K. Rambally (8)		Linked List	독립 시스템 형태
G. Michael Barnes, Gary A. Kind (9)	CABTO	Binary Tree	그래픽 혹은 애니메이션 형태
G. Scott Dwen (10)		Binary Tree	그래픽 혹은 애니메이션 형태
Herbert L. Dershem, Peter Brummund (12)		Sorting	통계적 처리 형태, 그래픽 혹은 애니메이션 형태
John T. Stasko (13)	Tango	sorting, searching, hashing, computational geometry, string, graph, tree, etc.	독립 시스템 형태
Marc H. Brown (15)	BALSA-II	Array, Stack, Queue, Linked List, Binary Tree, General Tree, Graph, etc.	독립 시스템 형태, 라이브러리/전처리기 형태
Moshe Augenstein, Yediyah Langsam (16)		Array, Stack, Queue, Binary Tree, Linked List	그래픽 혹은 애니메이션 형태
Moshe Augenstein, Yediyah Langsam (17)		Array, Stack, Queue, Tree, Linked List	라이브러리/전처리기 형태
Thomas L. Naps, Brian Swander (19)	GAICS 3.0	Array, Stack, Queue, Linked List, Binary Tree, General Tree, Graph	라이브러리/전처리기 형태
Thomas L. Naps, Eric Bressler (20)	webGAICS	Array, Stack, Queue, Linked List, Binary Tree, General Tree, Graph	독립 시스템 형태
Willard C. Pierson, Susan H. Rodger (22)	JAWAA	Array, Stack, Queue, Graph	독립 시스템 형태
정인기(2)	SCSA	Searching	컴포넌트 형태

<표 1>에서 보는 바와 같이 대부분의 시스템들이 그래픽/애니메이션 형태, 라이브러리/전처리기 형태 혹은 독립 시스템 형태를 가지고 있다. 특히, 소프트웨어 컴포넌트 형태는 현재 프로그래밍의 주류 형태임에도 불구하고, 아직은 정인기[2]의 연구 결과 정도만 발표되었을 뿐이다.

또한, 적용되는 자료 구조 및 알고리즘은 배열, 스택, 큐, 트리, 연결 리스트, 그래프 등이 있는데, 정렬 프로그램을 교육하기 위한 시각화 도구는 SWAN, TANGO 등을 위시하여 많은 연구가 있어왔다. 그러나 이러한 시스템들은 학생들로 하여금 정렬 알고리즘의 개념을 교육하기 위한 것으로 학생들이 직접 프로그램을 하는데 도움을 주는데 많은 도움을 주지 못한다. 자료 구조의 교육에 있어서 알고리즘의 개념 교육과 실제 프로그래밍 교육에는 어느 정도의 거리가 있다. 그 이유에는 여러 가지가 있을 수 있으나 학생들의 프로그래밍 능력 부족과 함께 자료 구조의 시각화 프로그래밍이 상대적으로 어렵기 때문이다. 즉, 자료 구조의 입출력 프로그램은 그 방법이 복잡할 뿐만 아니라 시간이 많이 소요되기 때문에 학생들의 자료 구조 프로그래밍 교육과 과제 부과에 걸림돌로 작용하고 있는 것이다.

따라서, 자료 구조의 프로그래밍에 필요한 입출력 부분을 컴포넌트화한다면 학생들이 자료 구조에 대한 프로그래밍을 하는데 노력을 줄일 수 있어 내용에 대한 학습을 좀 더 할 수 있는 시간을 가질 수 있고, 시각화 도구를 이용함으로써 자신의 프로그래밍의 검증에 이용할 수 있는 장점이 있다.

## 3. 정렬 프로그래밍 교육용 시각화 도구 (VTSPI: Visualization Tool for Sorting Programming Instruction)

정렬이란 기억장소에 저장된 자료들 중에서 각 레코드의 특정 부분을 키로 하여 키 값에 따라 오름차순 혹은 내림차순으로 파일의 레코드를 재배열하는 것을 말한다. 정렬은 자료 구조의 종류는 아니지만 자료 구조 과목에서 필수적으로 나

오는 기본 알고리즘이며, 외부 정렬과 내부 정렬로 크게 나누어진다. 내부 정렬의 대표적인 알고리즘에는 삽입 정렬, 선택 정렬, 버블 정렬, 셸 정렬, 콤프 정렬, 퀵 정렬, 2원 병합 정렬, 힙 정렬, 분산 정렬, 주소계산 정렬 등이 있다. 내부 정렬 알고리즘은 또한 그 방법에 따라 부류를 나누어 볼 수 있는데 이는 학자마다 약간씩 견해를 달리 하는 경우도 있다. 다만 정렬 알고리즘 중에 많은 종류들이 항목들의 크기를 비교하여 정렬하며, 그 외의 경우에는 주소 계산 등을 이용한 방법이 존재한다. 본 논문에서는 내부 정렬 알고리즘 중에서 항목들의 비교에 의해 정렬하는 알고리즘들만을 연구 대상으로 하고자 한다.

정렬 프로그램을 시각화하기 위해서는 비교 부분을 비롯한 주요 활동들을 시각화해 주어야 한다. 따라서 본 논문에서는 정렬 프로그램에서의 주요 활동을 분석하여 이를 시각화하였다.

먼저, 비교를 기본으로 하는 정렬 프로그램들을 분석한 결과 <표 2>와 같은 주요 메소드들을 추출하였다.

<표 2> VTSPI 컨트롤의 주요 메소드

메소드명	매개변수	정의
Pivot	i	비교 기준이 되는 항목의 위치
Compare	i, j	i번째 항목과 j번째 항목의 비교
Shift	i, j, k	i번째부터 j번째까지의 항목을 k만큼 이동

그리고, 정렬 프로그램의 수행 후에 학생들에게 프로그램 수행에 대한 통계를 보여주기 위하여 <표 3>과 같은 속성들을 추출하였다.

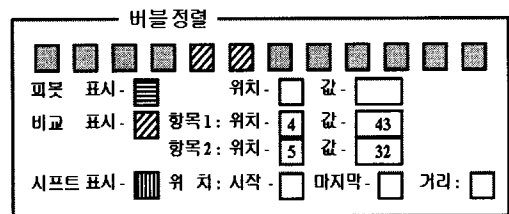
<표 3> VTSPI 컨트롤의 주요 속성

속성명	정의
NumberOfCompare	총 비교회수
NumberOfItem	전체 정렬 대상 데이터 수
StepMode	False - 전체 실행 True - 단계적 실행

정렬은 자료가 순서대로 배열되어가는 상태를 보여주는 것이 중요하다. 특히, 프로그래밍 교육

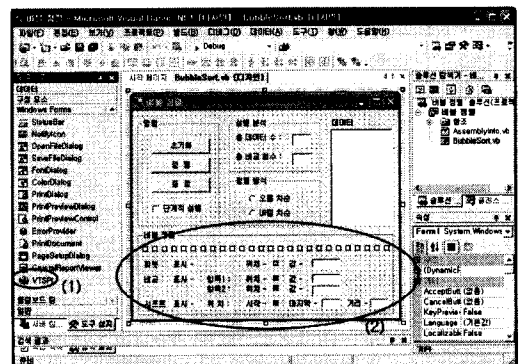
에 있어서 학생들의 프로그램에 의해서 항목들이 비교되어 교환되거나 이동될 때를 보여줄 때 학생들은 자신의 프로그램에 대한 이해와 디버깅에 매우 유용하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 프로그램의 진행 상태를 보여주기 위하여 항목들이 비교되고 교환되는 위치와 이동하는 위치 등을 표현하여 정렬 프로그램을 시각화하였다.

정렬에 있어서 배열의 상태 변화를 보여주는 가장 중요한 부분인 비교 및 교환의 대상이 되는 위치를 표현하기 위하여 (그림 1)과 같이 개발하였다.



(그림 1) 정렬 프로그램 시각화 컴포넌트의 구성

본 논문에서는 (그림 1)과 같은 형태의 소프트웨어 컴포넌트로서 VTSPI (Visualization Tool for Sorting Program Instruction)를 개발하였으며, Visual Basic 혹은 Visual C++에서 이용할 수 있도록 ActiveX를 이용하여 개발하였다. VTSPI를 실제 프로그래밍에서 사용하는 예는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) VTSPI를 사용한 VB 프로그래밍 작성 예

(그림 2)와 같이 Visual Basic 프로그래밍 도구에서 프로그래머가 VTSPI 컨트롤을 선택하게 되

면 컨트롤 도구 모음에 (1)과 같은 아이콘이 나타나며, 이를 일반 컨트롤처럼 프로그래밍하고 있는 폼 위에 끌어다 놓으면 (2)와 같은 컨트롤이 형성된다. 이후에는 다른 비주얼 프로그래밍의 컨트롤과 같이 프로그래밍하면 된다.

비주얼 프로그래밍의 경우에 기본적으로 제공하거나 제3자가 만들어서 제공하는 컨트롤을 사용하면 매우 빠르고 쉽게 프로그램을 작성할 수 있으나, 적당한 컨트롤을 구하지 못하는 경우에는 직접 화면 및 연산을 구성하여야 한다. 이러한 경우에 전체적인 프로그램 작성에 있어서 필요한 객체를 생성하고, 연산을 정의하는데 많은 시간과 노력이 들어가게 된다. 물론, 그 작업이 목표가 되는 경우라면 직접 작성하는 것이 좋을 것이지만 제한된 시간 안에 여러 분야를 교육해야 하는 경우라면 원래의 목적에서 벗어나는 시간과 노력은 줄여주는 것이 교육의 목적을 달성하는데 좀 더 효과적이 될 것이다. 본 논문에서 개발된 VTSPI 컨트롤을 사용하면 <표 4>와 <표 5>에서처럼 기존의 정렬 알고리즘에 몇 줄의 프로그램을 삽입함으로써 소기의 목적을 달성할 수 있다. <표 4>와 <표 5>는 각각 버블 정렬과 삽입 정렬 프로그램을 Visual Basic 언어로 작성하여 VTSPI 컨트롤 사용을 위한 코드를 삽입한 예이다.

<표 4> VTSPI 컨트롤 활용 코드를 삽입한 Visual Basic 프로그램의 예 (버블 정렬)

```
Private Sub btnBubbleSort_Click()
    Dim n, i, j, t As Integer

    vstBubbleSort.Init
    vstBubbleSort.StepMode = chkStep.Value
    n = DataNumber - 1
    For i = 0 To n - 1
        For j = 1 To n - i
            If x(j-1) > x(j) Then
                vstBubbleSort.Compare j-1, j
                t = x(j-1)
                x(j-1) = x(j)
                x(j) = t
            End If
        Next
    Next
End Sub
```

<표 5> VTSPI 컨트롤 활용 코드를 삽입한 Visual Basic 프로그램의 예 (삽입 정렬)

```
Private Sub btnQuickSort_Click()
    Dim n, i, j, t As Integer

    vstInsertSort.Init
    vstInsertSort.StepMode = chkStep.Value
    n = DataNumber - 1
    For i = 1 To n
        t = x(i)
        j = i
        vstInsertSort.Pivot = j
        Do While x(j-1) > t
            x(j) = x(j-1)
            j = j - 1
        If j < 0 Then
            Exit Do
        End If
        Loop
        vstInsertSort.Shift j, i-1, 1
        x(j) = t
    Next
End Sub
```

<표 4>와 <표 5>의 vstBubbleSort.Init 와 vstInsertSort.Init는 VTSPI 컨트롤의 속성 값을 초기화하는 명령이며, vstBubbleSort.StepMode와 vstInsertSort.StepMode는 알고리즘의 수행을 단계적으로 볼 수 있는 모드 설정 속성으로 True로 설정되면 프로그램은 한 단계씩 진행하며, False로 설정되면 전체 프로그램을 멈추지 않고 수행한다. 이 속성은 학생들이 자료 구조의 내용을 프로그래밍 하는데 있어서 단계별 실행을 수행함으로써 프로그램에 대한 이해를 높이고, 디버깅을 용이하게 한다.

<표 4>에서 vstBubbleSort.Compare는 비교가 되는 두 수의 위치와 값을 표현하도록 해 준다. Compare 메소드는 비교되는 두 항목을 시각적으로 보여줌으로써 프로그램의 흐름 상태를 파악하기 쉽게 해 준다. 이 메소드는 버블 정렬, 퀵 정렬 그리고 셸 정렬 등과 같이 두 수의 비교를 기본으로 하는 정렬 방법들을 시각화해 주는 메소드이다.

<표 5>에서는 vstInsertSort.Pivot은 삽입될 데이터의 위치와 값을 표현하도록 해 준다. Pivot

메소드는 정렬 단계별로 비교의 기준이 되는 항목을 표현하기 위한 메소드로 삽입 정렬, 선택 정렬, 퀵 정렬 그리고 콤 정렬 등과 같이 한 항목의 위치를 찾아가는 방법을 기본으로 하는 정렬 방법들을 시각화해 주는 메소드이다.

또한, <표 5>의 `vstInsertSort.Shift`는 삽입될 항목의 위치 확보를 위하여 나머지 항목을 이동시킬 때 이를 표현하도록 해 준다. `Shift` 메소드는 한 항목이 리스트의 중간에 삽입될 때 위치 확보를 위하여 여러 항목들이 이동하는 경우에 그 항목들을 시각적으로 보여주기 위한 메소드이다. 주로 삽입 정렬과 같은 정렬 방법들에 사용 되는 메소드이다.

이와 같이 자료 구조의 시각화를 위하여 프로그램 내에 삽입되는 코드를 최소화함으로써 기존 교재에 있는 알고리즘들을 거의 변경 없이 사용할 수 있다.

본 논문에서 개발된 VTSPI 컨트롤의 주된 사용자는 자료 구조를 공부하는 학습자이며, 자료 구조를 가르치는 교수자들 역시 학습자들에 대한 교육 방법의 개발과 과제 부여 등에 이용할 수 있다.

VTSPI 컨트롤을 이용하면 정렬 알고리즘을 교육할 때 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, 정렬 알고리즘의 시각화를 통하여 정렬 알고리즘의 개념에 대한 학습자의 직관적 이해를 증진시키고, 프로그램의 디버깅에 도움을 준다.

둘째, 정렬 알고리즘 상태를 변화시키는 연산 후의 모습을 학습자로 하여금 볼 수 있게 함으로써 자신의 프로그램에 대한 수행 결과를 확인할 수 있다.

셋째, 일반적인 프로그램 라이브러리가 아닌 소프트웨어 컴포넌트로 구성함으로써 사용자가 특별한 조치 없이 컨트롤들을 활용할 수 있다.

넷째, 비주얼 프로그래밍 도구에 맞는 소프트웨어 컴포넌트인 ActiveX 컨트롤로 구성함으로써 비주얼 프로그래밍에 익숙한 학습자들은 새로운 언어나 프로그래밍 도구 체계를 새로 습득할 필요 없이 정렬 알고리즘을 프로그래밍할 수 있다.

다섯째, 소프트웨어 컴포넌트로 제공하면서 최소한의 명령어로 자료 구조의 시각화를 구현하

여, 교수자들과 학습자들이 현재의 자료 구조 교재에 나타나 있는 정렬 알고리즘들을 거의 변경 없이 사용할 수 있도록 해 준다.

여섯째, 소프트웨어 컴포넌트로 제공하기 때문에 정렬 알고리즘의 시각화를 위한 별도 프로그램 작성이 필요 없으므로 학습자들은 정렬 알고리즘에만 신경 쓰면서 공부할 수 있다.

일곱째, 정렬 알고리즘 시각화를 위한 프로그램의 작성에 많은 시간을 낭비하지 않아도 되므로 교수자들은 주어진 교과 시간에 좀 더 많은 알고리즘을 효과적으로 강의할 수 있다.

#### 4. 결론

자료 구조 및 알고리즘 과목은 컴퓨터 관련 학과의 교육과정 중에서 가장 기본적인 과목으로 인식되어 왔고, 학생들의 프로그램에 대한 개념 이해 및 방법에 대한 교육 분야에서 많은 역할을 해왔다. 그러나, 프로그래밍에 대한 패러다임이 변화하는 현 시점에서 자료 구조 및 알고리즘 과목에 대한 교육 방법도 변화하여야 한다. 특히 비주얼 프로그래밍으로 대변되는 큰 흐름 속에서 자료 구조의 과목도 이러한 패러다임에 맞게 변화할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 비주얼 프로그래밍을 활용하면서 자료구조 및 알고리즘 과목을 교육할 수 있는 방법으로 소프트웨어 컴포넌트를 이용하는 방법을 제안하였다. 또한, 자료 구조 및 알고리즘의 여러 분야 중에서 정렬 알고리즘 교육을 위한 소프트웨어 컴포넌트로서 VTSPI를 개발하였고, 이를 정렬 알고리즘 교육에 적용하여 좋은 효과를 얻을 수 있었다.

앞으로 자료 구조 및 알고리즘의 다른 분야에서의 교육용 소프트웨어 컴포넌트들도 개발하여 다양한 분야의 자료 구조들을 학생들이 효과적으로 익힐 수 있는 환경을 만들 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] 이이표, 김병세(2001). Microsoft Visual

- Basic Bible 6.0. 삼양출판사.
- [2] 정인기(2002). 탐색 알고리즘을 위한 S/W 컴포넌트의 개발, 정보교육학회논문지. 제 6권. 제 2호. pp. 179-187.
- [3] 황종선, 손진곤(1994). 알고리즘. 정의사.
- [4] Bruce R. Maxim and Bruce S. Elenbogen(1987). Teaching Programming Algorithm Aided by Computer Graphics. *SIGCSE '87 Papers of the 18th SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 297-301.
- [5] Clifford A. Shaffer and Lenwood S. Health, Jun Yang(1996). Using the SWAN Data Structure Visualization System for Computer Science Education. *SIGCSE '96 Proceedings of the twenty-seventh SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 140-144.
- [6] David Scanlan(1987). Data-Structures Students May Perper to Learn Algorithms Using Graphical Methods. *SIGCSE '87 Papers of the 18th SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 302-307.
- [7] Elena I. Giannotti(1987). Algorithm Animator : A Tool for Programming Learning. *SIGCSE '87 Papers of the 18th SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 308-314.
- [8] Gerard K. Rambally(1985). Real-Time Graphical Representations of Linked Data Structures. *CSE '85 Proceedings of the sixteenth SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 41-48.
- [9] G. Michael Barnes, Gary A. kind(1987). Visual Simulations of Data Structures During Lecture. *SIGCSE '87 Papers of the 18th SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 267-276.
- [10] G. Scott Dwen(1996). Teaching of Tree Data Structures using Microcomputer Graphics. *SIGCSE '86 Papers of the seventeenth SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 67-72.
- [11] Guido Röbling, Markus Schüler and Bernd Freisleben(2000). The ANIMAL Algorithm Animation Tool. *SIGCSE '00 Proceedings of the thirty-first SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 37-40.
- [12] Herbert L. Dershem, Peter Brummund(1998). Tools for Web-Based Sorting Animation. *SIGCSE '98 Proceedings of the twenty-ninth SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 222-226.
- [13] John T. Stasko(1990). Tango: A Framework and System for Algorithm Animation. *IEEE Computer. Vol. 23. No. 9*. pp. 39-44.
- [14] Judith Wilson and Robert Aiken(1996). Review of Animation Systems for Algorithm Understanding. *SIGCSE '96 Proceedings of the twenty-seventh SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 75-77.
- [15] Marc H. Brown(1988). Exploring Algorithms Using Balsa-II. *IEEE Computer. Vol. 21. No. 5*. pp. 14-36.
- [16] Moshe Augenstein and Yedidyah Langsam(1986). Graphic Displays of Data Structures on the IBM PC. *SIGCSE '86 Papers of the seventeenth SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 73-81.
- [17] Moshe Augenstein and Yedidyah Langsam(1988). Automatic Generation of Graphic Displays of Data Structures Through a Preprocessor. *SIGCSE '88 Proceedings of the nineteenth SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*. pp. 148-152.
- [18] Robert L. Kruse(1987). Data Structures and Program Design. Prentice-Hall



International Editions.

- [19] Thomas L. Naps, Brian Swander(1994).  
An Object-Oriented Approach to Algorithm  
Visualization - Easy, Extensible, and  
Dynamic. *SIGCSE '94 Selected Papers of  
the twenty-fifth annual SIGCSE symposium  
on Computer Science Education*. pp. 46-50.
- [20] Thomas L. Naps and Eric Bressler(1998).  
A Multi-windowed Environment for  
Simultaneous Visualization of Related  
Algorithms on the World Wide Web.  
*SIGCSE '98 Proceedings of the  
twenty-ninth SIGCSE technical symposium  
on Computer Science Education*. pp.  
277-281.
- [21] Thomas L. Naps, James R. Eagan, Laura  
L. Norton(2000). JHAVÉ - An  
Environment to Actively Engage Students  
in Web-based Algorithm Visualizations.  
*SIGCSE '00 Proceedings of the thirty-first  
SIGCSE technical symposium on  
Computer Science Education*. pp. 109-113.
- [22] Willard C. Pierson and Susan H.  
Rodger(1998). Web-based Animation of  
Data Structures Using JAWAA. *SIGCSE  
'98 Proceedings of the twenty-ninth  
SIGCSE technical symposium on  
Computer Science Education*. pp. 267-271.



## 정 인 기

1988 고려대학교 전산학과  
(이학사)

1990 고려대학교 대학원  
수학과 전산학전공  
(이학석사)

1996 고려대학교 대학원 전산학과 전산학전공  
(이학박사)

1997~현재 춘천교육대학교 컴퓨터교육과 교수  
관심분야 : 컴퓨터과학교육, 원격교육

E-Mail : inkee@cnue.ac.kr