

영상처리에서 효율적인 교육과 연구를 위한 비주얼 프로그래밍 환경 개발

(Visual Programming Environment for Effective Teaching and Research in Image Processing)

이 정 현[†] 허 훈[†] 채 옥 삼^{**}
(JeongHeon Lee) (Hoon Heo) (OkSam Chae)

요약 멀티미디어 기기의 일반화로 여러 분야에서 영상처리 기술인력에 대한 수요가 증가하고 있으나, 실무능력을 가진 전문인력의 수는 시장의 요구에 비해 매우 적다. 영상처리 분야에 실무능력을 갖춘 전문인력을 양성하기 위해서는 이론교육과 함께 학습한 이론을 실제 영상에 적용하고 적용된 결과를 분석해 볼 수 있는 실습과정을 체계적으로 지원할 수 있는 비주얼 프로그래밍 환경이 필요하다. 본 논문에서는 효율적인 영상처리 교육이 이루어지도록 이론적인 내용과 이론에 따른 다양한 해법을 직접 체험해 볼 수 있고 학습과정에서 얻어진 새로운 아이디어를 쉽게 구현해 볼 수 있는 통합 환경인 비주얼 프로그래밍 환경을 제안한다. 제안된 시스템은 교육받은 내용을 실제 응용 시스템 개발 과정까지 일괄적으로 지원하는 통합 환경을 제공하고 있으며, 교재 및 학습자료들을 누적 관리하여 학생이나 교수자 모두에게 이상적인 영상처리 교육 및 연구 환경을 제공한다.

키워드 : 영상처리개발환경, 영상처리교육환경, 비주얼프로그래밍환경, 컴포넌트개발, 컴포넌트재사용

Abstract With the wide spread use of multimedia device, the demand for the image processing engineers are increasing in various fields. However there are few engineers who can develop practical applications in the image processing area. To teach practical image processing techniques, we need a visual programming environment which can efficiently present the image processing theories and, at the same time, provide interactive experiments for the theory presented. In this paper, we propose a visual programming environment of the integrated environment for image processing. It consists of the theory presentation systems and experiment systems based on the visual programming environment. The theory presentation systems support multimedia data, web documents and powerpoint files. The proposed system provides an integrated environment for application development as well as education. The proposed system accumulates the teaching materials and exercise data and it manages, an ideal image processing education and research environment to students and instructors.

Key words : Image processing development environment, Image processing education environment, Visual programming environment, Component development, Component reuse

1. 서 론

디지털 기술의 발달은 생활의 모습을 빠르게 변화시켜 나가고 있으며, 멀티미디어와 반도체 기술을 근간으로 한 캠코더, 카메라, MP3P, 핸드폰과 같은 기기들의

일반화는 멀티미디어 기술에 대한 필요성을 극대화시키고 있다. 이러한 현상은 디지털 기기 개발에 중요한 위치를 차지하게 된 영상처리 전문인력의 부족현상을 야기시켰으며, 전문인력 양성을 위한 영상처리 교육과 연구에 대한 관심을 높여지게 하였다[1]. 그러나, 이러한 관심에도 불구하고 일반화가 없다는 영상처리 분야의 특성으로 인하여 실무능력을 가진 전문인력 양성교육에는 많은 어려움이 있다[2-6]. 이것은 영상처리 기술들의 대다수가 수학적인 이론을 기초로 하고 있어 학습자는 수학적인 기초지식을 갖추고 있어야 이해가 가능하며, 이러한 특성으로 인하여 이론을 실제 영상 자료에 적용

[†] 학생회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과
opendori@paran.com
hhoon@naver.com

^{**} 종신회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
(Corresponding auther임)
oschae@khu.ac.kr

논문접수 : 2004년 8월 20일
심사완료 : 2004년 11월 11일

해보고, 적용결과를 분석해 보는 체험과정이 필요하기 때문이다. 또한, 체계적인 교육을 진행하기 위한 표준화된 교재와 이를 지원하는 교육과 연구가 일체화된 통합 개발 환경의 부재가 교육과 연구/개발 환경 사이의 차이를 발생시켜 교육의 효과를 반감시키고 있기 때문이다. 이러한 영상처리 교육의 어려운 점을 해결하기 위한 연구들이 CAI(Computer Aided Instruction) 기반으로 진행되었으며, 최근에는 시뮬레이션 환경을 교육에 적용하는 연구들이 진행되고 있다[1,3,5-7,9-14]. 이러한 연구들은 기존에 영상처리 기술을 개발하는데 사용되는 개발환경을 교육을 위한 실습환경으로 적용하는 것들이다. 이러한 실습환경으로 이용되는 도구는 크게 두 가지 형식으로 나누어 볼 수 있다. 하나는 CLIP[7], Data-Lab J[5], TuLIP[2]와 같이 라이브러리 형식을 기반으로 한 개발 환경과 다른 하나는 Khoros[8,15], Matlab[9,16], NeatVision[17], Ad-Oculus[18]와 같은 비주얼 프로그래밍 도구(Visual Programming Tool, 이후 'VPT'로 칭함)를 가진 개발 환경이다. VPT는 프로그래밍 언어의 구문이 다이어그램이나 아이콘과 같은 시각적인 형태로 표현되는 프로그래밍 도구로 쉽고 빠르게 아이디어를 확인할 수 있는 시뮬레이션 및 개발 환경으로 최적의 환경을 제공한다. 그러나, 이러한 시뮬레이션 환경의 경우 이론 교육과 실습이 하나의 환경에서 진행될 수 있도록 지원되지 않고 있으며, 이론 내용과 실습 내용 및 과제들을 체계적으로 관리할 수 있는 기능을 제공하지 않아 교육에 대한 노하우를 축적하기 어렵다. 뿐만 아니라 Wit, NeatVision, Ad-Oculus의 경우 연구나 교육시 필요한 컴포넌트를 개발하여 추가하는 과정이 매우 복잡하여 시스템에 익숙하지 않은 학생들의 경우 알고리즘의 교육을 하기 전에 사용법에서 많은 시행착오를 겪게되는 문제를 안고 있다. 또한, 비주얼 프로그래밍 환경 중 가장 많은 사용자를 확보하고 있는 Khoros[8,15]는 Unix 시스템으로 개발되어 Windows기반의 교육환경에 적용할 수 없는 문제가 있고, Matlab[9,16]은 많은 함수들이 숨겨져 있어 아이디어를 확인하는 시뮬레이션 환경으로는 적합하지만 개발에 사용하기에는 부적합하다. 이러한 두 시스템을 사용한 교육의 경우는 교육 과정과 실제 응용시스템 개발 과정이 이원화되어 있어 교육의 효과를 반감시키게 된다. 또한, 이러한 시스템들은 시뮬레이션 및 개발을 위한 환경으로 사용법이 복잡한 특징을 가지고 있어 사용법을 익히는 것 자체가 교육 과정에는 부담이다.

이러한 기존 시스템의 문제를 해결하고 영상처리 분야에 적합한 효율적인 교육 및 연구 환경이 되기 위해서는 다음과 같은 사항들을 만족하여야 한다.

① 이론 교육과 실습 교육을 하나의 환경에서 체계적으

- 로 진행할 수 있어야 한다.
- ② 다양한 해법이 제공되고 이들 해법들을 실제 자료를 바탕으로 비교 분석할 수 있는 직관적인 시뮬레이션 기능 제공되어야 한다.
- ③ 과제로 제출된 문제 해결을 위해 자신의 아이디어를 새롭게 구현하고 확인할 수 있는 프로그래밍 환경이 있어야 한다.
- ④ 교육 과정 중에 배운 내용을 실제 응용 시스템 개발로 연결할 수 있는 프로그래밍 환경이 있어야 한다.
- ⑤ 교육자가 교재를 쉽게 작성하고 등록할 수 있는 환경이 있어야 한다.

본 논문에서는 이러한 고려 사항들을 만족하는 영상처리 교육 및 연구에 적합한 VPE 환경을 제안한다. 제안된 비주얼 프로그래밍 환경은 교육받은 내용을 실제 응용 시스템 개발 과정까지 일괄적으로 이루어질 수 있는 통합 환경을 제공하고 있으며, 교재 및 학습자료들을 누적 관리하여 학생이나 교육자 모두에게 교육에서부터 연구와 개발까지를 이어주는 프로그래밍 환경을 지원하여 이상적인 영상처리 교육 및 연구 환경을 제공한다.

2. 영상처리 교육과 연구를 위한 비주얼 프로그래밍 환경의 설계

서론에서 전술한 이상적인 영상처리 교육 및 연구를 위한 비주얼 프로그래밍 환경을 구현하기 위해선 다음의 세부적인 기능이 전제되어야 한다.

- ① 통일성 및 일관성
 - (ㄱ) 이론과 실습교육이 하나의 환경에서 체계적으로 이루어져야 한다.
 - (ㄴ) 교육과 연구 개발 환경이 동일한 환경에서 이루어져 실무 적용이나 연구에서도 바로 사용할 수 있어야 한다.
- ② 이해성
 - (ㄱ) 교육이나 연구에 사용하는 알고리즘을 간편하게 구현할 수 있고 이해하기 쉬운 구조를 가져야 한다.
 - (ㄴ) 알고리즘이 구현된 컴포넌트를 조합한 응용시스템 개발시 컴포넌트를 쉽게 조합하고 직관적인 이해할 수 있는 개발도구가 필요하다.
 - (ㄷ) 영상처리 결과를 분석하기 위한 다양한 분석 도구가 지원되어야 하며, 분석도구들의 지속적인 추가가 가능해야 한다.
- ③ 재사용성 및 관리성
 - (ㄱ) 연구 개발에서 구현된 알고리즘을 교육에도 수정 없이 재사용할 수 있는 컴포넌트 구조를 가져야 한다.
 - (ㄴ) 다른 환경 및 응용 시스템으로 알고리즘 이식이 용이한 구조를 가져야 한다.

- (ㄷ) 개발된 컴포넌트들의 올바른 사용을 유도하여 사용성을 높여주기 위한 지능적인 체계가 필요하다.
- (ㄹ) 교육이나 연구시 개발한 알고리즘 및 강의자료를 체계적으로 누적 관리할 수 있는 관리 체계가 필요하다.

④ 간편성

- (ㄱ) 기본적인 프레임 코드들을 자동으로 생성되고 알고리즘 구현 부분만 추가하면 실행이 가능한 컴포넌트 개발 구조를 가져야 한다.
- (ㄴ) 개발된 알고리즘 컴포넌트들을 다양한 순서와 조합으로 쉽게 프로그래밍하고 시뮬레이션할 수 있는 직관적인 프로그래밍 도구가 필요하다.
- (ㄷ) 강의자가 강의자료를 쉽게 작성하고 실습자료와 더불어 간편히 구성할 수 있는 교육 도구가 필요하다.

전술한 특성을 만족하고 연구와 교육에 적합한 환경을 만들기 위해서는 독립성과 재사용성이 강한 새로운 컴포넌트 구조와 컴포넌트를 이용하여 효율적으로 알고리즘을 개발할 수 있는 개발 도구가 필요하다. 또한, 이러한 개발 도구를 교육 현장에서 효과적으로 이용할 수 있는 교육도구가 필요하다. 이를 위하여 다음과 같은 구조를 가진 비주얼 프로그래밍 환경을 개발하였다.

2.1 독립성과 재사용성이 강한 컴포넌트 구조 및 관리 방법

영상처리 알고리즘을 표현할 컴포넌트의 재사용성을 강화하기 위해서는 컴포넌트를 호출하는 호출부와 컴포넌트가 독립적으로 개발될 수 있어야 하고, 사용성과 이해성을 높이기 위해서는 컴포넌트를 구현하는 소스코드 부분이 이해하기 쉬운 구조를 가져야 한다. 그리고, 컴포넌트를 개발하기 위한 구현 부분에 있어서 알고리즘 부분만을 제외한 나머지 프레임 부분에 해당되는 코드들이 자동으로 생성되어 간편하게 알고리즘 개발이 가능해야 한다.

기존의 비주얼 프로그래밍 환경에서 사용하는 영상처리 컴포넌트들은 컴포넌트의 물리적인 위치 구조가 알고리즘 소스 코드 위치와 컴포넌트 호출부와의 연결을 담당하는 호출부 인터페이스 소스코드 위치, 매개변수 설정을 위한 GUI 소스 코드 위치들이 혼합되어 있어 프로그래밍에 익숙하지 않은 학생이나 연구자들은 이해하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 컴포넌트의 물리적인 구조를 소스코드의 용도에 따라 위치적으로 분리될 수 있도록 설계하였으며, 매개변수 수정이나 메모리 관리 부분을 컴포넌트 외부에서 자동으로 관리할 수 있도록 설계하여 알고리즘 구현의 부담을 줄일 수 있도록 하였다. 그림 1은 이해성과 구현

의 간편성을 가지도록 본 논문에서 제안한 컴포넌트의 구조를 나타낸다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 컴포넌트의 구조가 알고리즘 구현 부분과 그외의 코드 부분으로 분리될 수 있도록 설계하였다. 그리고, 컴포넌트 사이의 결과전달을 위한 메모리 관리 부분을 컴포넌트의 호출부에 위치시킴으로써 컴포넌트 내부에서 발생할 수 있는 에러를 최소화하고, 구현의 부담을 줄일 수 있는 구조로 설계하였다.

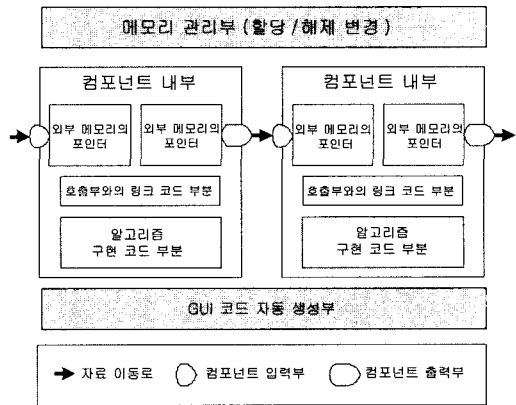


그림 1 제안된 VPE용 컴포넌트의 구조

그림 2는 컴포넌트의 실행과 관리에 필요한 컴포넌트 정보 관리 체계를 나타내고 있으며, 그림 1의 컴포넌트 구조를 지원하기 위하여 새로운 컴포넌트 등록시 컴포넌트의 등록정보를 기반으로 컴포넌트 구현을 위한 템플릿 소스 코드를 자동으로 생성할 수 있도록 하여 손쉽게 알고리즘 구현이 가능하도록 하였다. 그림 2를 보면 개발된 컴포넌트 정보를 모두 메모리 상에 관리할 수 없기 때문에 메모리 상에는 컴포넌트가 한번이상 호출된 컴포넌트에 대해서만 유지관리하는 해쉬(hash) 구조를 가지도록 하였다. 즉, 기 개발된 컴포넌트 관련정보들은 보조기억장치인 디스크 기록되어 있고, 컴포넌트 호출부를 통하여 한번이상의 호출이 일어나게 되면 해당 컴포넌트의 정보만 메모리에 유지하여 컴포넌트의 재실행시 빠른 호출이 가능하도록 하였다. 각 컴포넌트 정보들은 컴포넌트의 실행과 사용과 관련된 정보, 개발자들의 지식을 포함하는 종합적인 내용을 포함하도록 구성되어 있다.

2.2 런-타임 정보연결을 통한 효율적인 컴포넌트 실행 방법

일반적인 컴포넌트를 이용한 개발은 컴포넌트 구현시 발생하는 헤더파일과 동적링크를 위한 오브젝트 파일을 컴포넌트 호출부와 같이 컴파일함으로써 사용하는 구조로 구성되어 있다. 이러한 컴포넌트 연결방식은 컴포넌

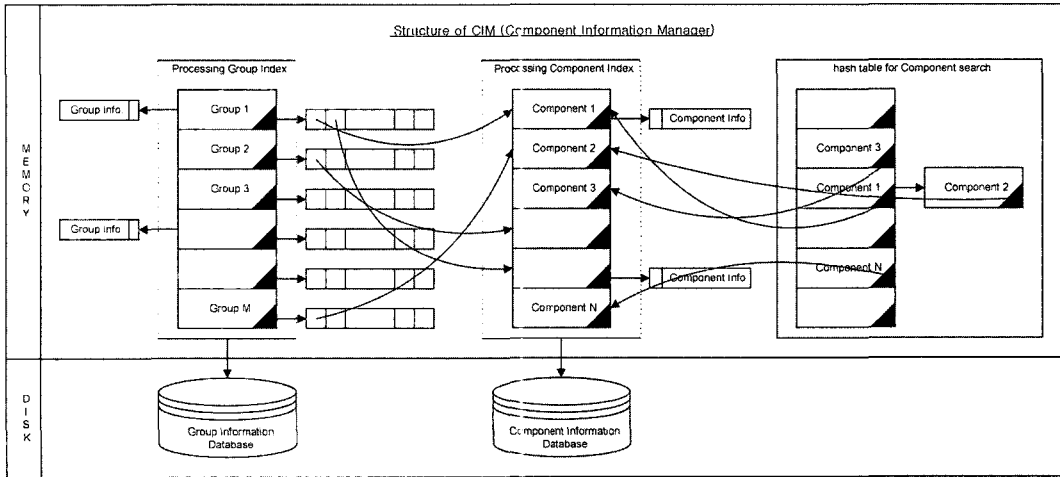


그림 2 컴포넌트 정보 관리를 위한 관리 체계

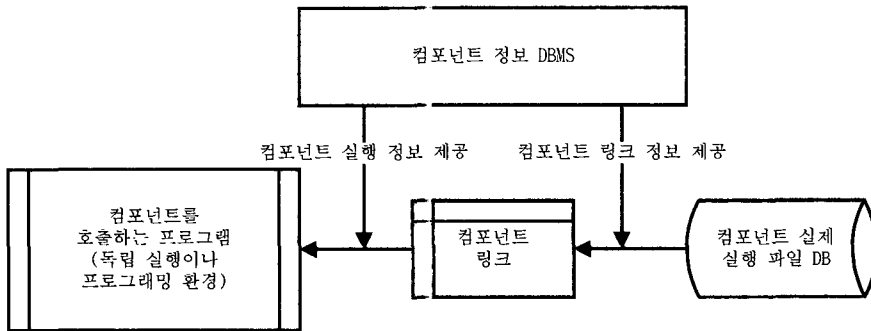


그림 3 온라인 컴포넌트 정보 DB를 이용한 런-타임 컴포넌트 링크 방법

트 호출부와 컴파일 시에 호출정보가 연결되도록 되어 있어 런 타임시에 이미 링크되어 동작하고 있는 컴포넌트를 중단시키고 새로운 컴포넌트로 대체하거나 컴포넌트 호출부에 다른 종류의 컴포넌트를 새롭게 링크시키는 동작이 어려워진다. 일반적인 사용방법은 컴포넌트를 재사용하는데 제약을 가하였으며, 컴포넌트 호출부와 컴포넌트를 관리하는데 한계가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 그림 3과 같은 구조의 런 타임 컴포넌트 링크 및 실행 방법을 개발하였다. 그림 3에서 보듯이 컴포넌트의 실제적인 내용과 컴포넌트 호출부와 연결하기 위한 컴포넌트 정보를 그림 2와 같은 관리 구조에 두어 컴포넌트 호출부가 런 타임시 실시간으로 사용자가 원하는 컴포넌트로 대체하거나 다른 종류의 컴포넌트로 바꿀 수 있도록 하였다. 이러한 컴포넌트 링크 방법을 통하여 실제 컴포넌트와 컴포넌트 호출부를 완전히 분리할 수 있어 컴포넌트의 독립성과 재사용성을 확보할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 이러한 구조는 컴포넌트 호출부를 런-타임 상태로 두고도 특정 컴포넌트 만을

수정작업하여 컴파일할 수 있어 전체적인 응용시스템의 개발속도를 최적화할 수 있는 장점을 가진다.

2.3 온라인 컴포넌트 정보 DB를 이용한 지능적인 비주얼 프로그래밍 도구

컴포넌트를 조합하여 새로운 컴포넌트를 개발하거나 컴포넌트를 이용하여 응용시스템을 개발하는 방법은 크게 두가지가 존재한다. 하나는 일반적으로 많이 사용하고 있는 텍스트 기반의 프로그래밍 환경이며, 다른 하나는 컴포넌트를 직관적으로 알아볼 수 있는 아이콘으로 표현하여 플로우 차트를 그리듯 컴포넌트를 조합하는 비주얼 프로그래밍 환경이다. 제안된 연구에서는 독립적인 어플리케이션의 특성을 가지는 컴포넌트의 특성과 교육에 효과적으로 이용할 수 있도록 직관적인 인터페이스를 가지는 VPT를 개발하였다.

기존의 컴포넌트를 이용하는 VPT의 경우 대부분 컴포넌트와 컴포넌트를 연결하는 임플렉 값들의 형식을 하나의 형식으로 만들거나, 이미지 파일의 형식을 빌어 결과를 전달하는 방식을 사용하였다[8,10,15-20]. 이러한

방식은 시스템 구현을 단순화 시킬 수 있는 장점을 가지는 대신 컴포넌트를 이용하여 조합하는 프로그래밍시에는 컴포넌트의 연결상태가 정확히 되어 있는지 확인할 수 있는 방법이 없어 컴포넌트를 실행하여야만 컴포넌트의 연결이 정확히 되어 있는지 알 수 있다는 문제를 안고 있었다. 즉, 컴포넌트 연결시 발생하는 에러를 막을 수 있는 방법이 없었던 것이다. 그러나, 대부분 영상처리를 배우는 학생들의 경우 영상처리에 대한 기초 지식이 없는 초보자들이어서 컴포넌트를 연결하는 과정에서 많은 에러를 발생하게 되어 교육을 받는 동안 많은 시행착오를 겪게 된다. 제안된 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 영상처리와 관련된 클래스 기반의 그림 4와 같은 자료형식을 정의하였으며, 정의된 클래스를 기반으로 컴포넌트 사이의 입출력 연결이 유효한지를 검사하는 방법을 개발하였다. 이 방법은 컴포넌트 사이의 입출력 연결시 연결이 불가능한 자료형식은 연결이 안되도록 차단하여 컴포넌트 연결시 발생할 수 있는 에러를 방지하는 방법이다. 예를들어 그림 5와 같이 앞에 위치한 컴포넌트 아이콘의 출력 매개변수와 뒤에 놓여진 컴포넌트 아이콘의 입력 매개변수를 연결하는 경우, 연결이 가능한 매개변수 형식이면 뒤의 아이콘 컴포넌트의 입력 매개변수 위에 'O' 표시가 되어 연결이 가능해진다. 그리고, 연결이 불가능한 형식일 경우 입력 매개변수 위에 '/'로 나타나며 연결이 안되도록 하였다. 이 기능은 컴포넌트 정보 DB에 등록되어 있는 컴포넌트 아이콘의 정보를 기초로 연결하고자 하는 컴포넌트 아이콘의 매개변수가 서로 같은 형식의 매개변수인지를 검사하는 방식으로 구현할 수 있다. 이 기능은 제안된 VPT가 기존 시스템들에 비해 신속하고 효과적으로 프로그래밍 할 수 있는 장점을 가지며 교육시에 학생들의 시행착오를 줄여 효과적인 교육이 이루어지도록 할 수 있다.

제안된 VPT는 그림 6은 크게 아이콘 생성부, 프로그래밍부, 스케줄링 및 수행부의 3가지 구성요소로 이루어진다.

아이콘 생성부의 온라인 컴포넌트 정보 DB 관리자는 그림 2의 구조를 가지고 있으며, 컴포넌트에 대한 정보와 아이콘 생성시에 필요한 정보들을 가지고 있고, 동적인 컴포넌트 아이콘 생성에 중요한 역할을 담당한다. 컴포넌트 아이콘 생성부는 온라인 컴포넌트 DB 내에 있는 컴포넌트들 중에서 프로그래머가 선택한 컴포넌트를 실제 작업 영역인 비주얼 워크스페이스상에 아이콘의 형태로 보여주는 역할을 한다. 컴포넌트 아이콘 저장부는 컴포넌트 아이콘 생성부에서 생성된 컴포넌트 아이콘을 리스트 형태로 저장하며, 컴포넌트 아이콘 관리부에서 비주얼 워크스페이스상에 나열된 컴포넌트 아이콘

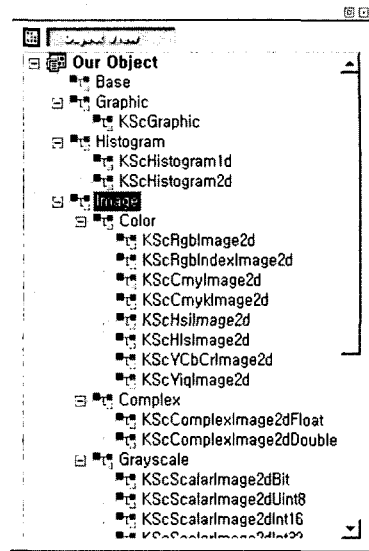


그림 4 영상처리에 기반한 자료형식의 계층적 트리구조

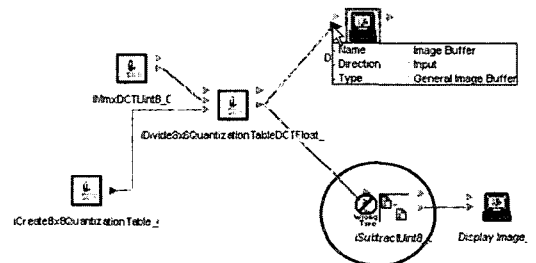


그림 5 매개변수 유효성 검사 예

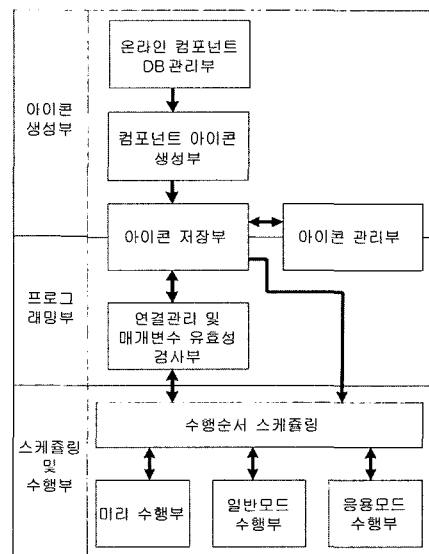


그림 6 제안된 환경의 VPT 구조

의 관리를 담당한다. 연결 관리 및 매개변수 유효성 검사부는 전술한 바와 같이 제한된 VPT의 가장 큰 특징으로 아이콘 사이의 자료 전달을 나타내는 매개변수간의 연결이 가능함에 대한 검사를 담당하는 부분으로 프로그래밍 시에 아이콘간 연결요류를 사전에 방지함으로써 프로그래밍 오류를 최소화하는 기능을 담당한다. 수행부는 프로그래밍된 작업 영역에 대한 수행을 담당하는 부분이며, 미리 수행부는 비주얼 워크스페이스의 실제 수행시 배치된 컴포넌트 아이콘들이 수행 가능성을 가상적으로 확인할 수 있는 부분이다. 일반 모드 수행부는 프로그래밍된 비주얼 워크스페이스에서 수행되는 절차를 개발자가 시각적으로 확인하면서 수행을 하는 부분이며, 개발자가 비주얼 워크스페이스 상에서 어느 부분이 수행되고 있으며, 오류 발생시 어디에서 오류가 생겼는지 시각적으로 알 수 있도록 해준다. 응용 모드 수행부는 실제 응용 모드 설계 단계에서 이루어진 인터페이스를 기반으로 실제 응용 시스템처럼 수행을 하는 역할을 담당한다.

VPT에서 사용되는 컴포넌트 아이콘이나 매개변수등 비주얼 워크스페이스 상의 모든 개체들은 서로간의 상

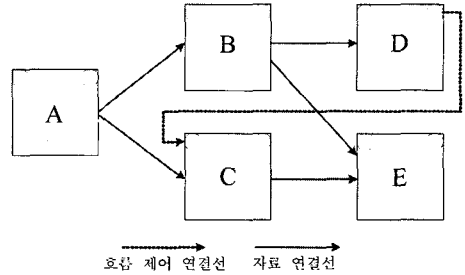


그림 8 수행 및 수행 순서 스케줄링 예제

관 관계를 가지지 않고 최대한 독립되도록 설계하였다. 컴포넌트 아이콘은 온라인 컴포넌트 정보 DB 내의 컴포넌트 정보를 기반으로 아이콘이 동적으로 생성되며, 컴포넌트DB에서 사용자가 원하는 컴포넌트를 선택한 다음, 사용자가 마우스를 이용하여 비주얼 워크스페이스 상의 해당 위치에 드래그 앤 드롭하면 생성되도록 하였다.

VPT에서 가장 중요한 것은 비주얼 워크스페이스 상에 배치된 아이콘 실행을 위한 수행 순서 스케줄링이다. 대부분의 VPT는 수행시에 현재 아이콘의 상태와 수행 결과를 중심으로 수행 순서 스케줄링을 하는데, 다양한 상태 검사를 위하여 복잡한 과정을 거쳐 수행 성능에 지장을 준다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 제한된 VPT에서는 비주얼 워크스페이스 수행 스케줄링 방법을 현재 수행할 아이콘의 상태만을 검사하여 단순한 절차를 통하여 이루어지도록 하였다. 수행 순서 스케줄링 및 수행은 그림 7과 같은 절차를 거쳐 이루어진다.

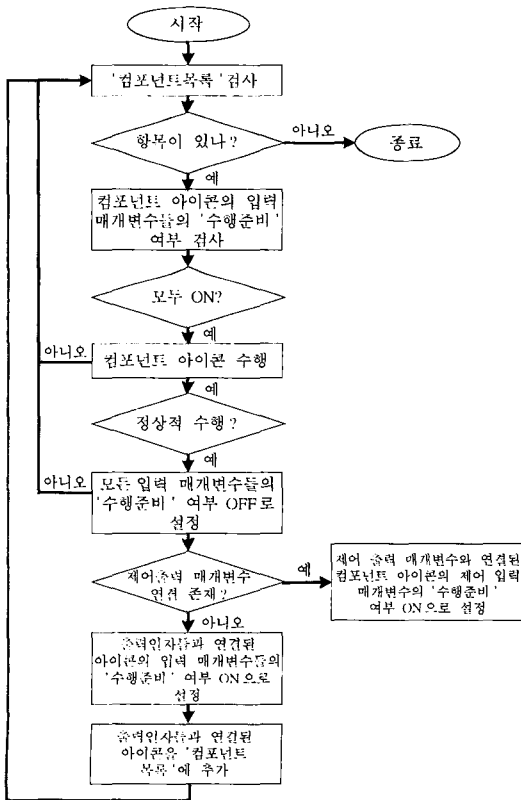


그림 7 세부적인 스케줄링 및 수행 과정

- ① 초기에는 컴포넌트 아이콘 A가 컴포넌트 목록에 추가되어 수행을 한다.(A)
- ② 컴포넌트 아이콘 A에 연결된 컴포넌트 아이콘 B와 C가 컴포넌트 목록에 추가되며, 컴포넌트 아이콘 A가 컴포넌트 목록에서 제거된다.(B-C)
- ③ 컴포넌트 아이콘 B가 수행되고, 이와 연결된 컴포넌트 아이콘 D와 E가 컴포넌트 목록에 추가된다. 그리고, 컴포넌트 아이콘 B가 컴포넌트 목록에서 제거된다.(C-D-E)
- ④ 컴포넌트 아이콘 C는 제어 입력 인자의 수행 준비 플래그가 OFF이므로 수행이 되지 않고 컴포넌트 목록에서 제거된다.(D-E)
- ⑤ 컴포넌트 아이콘 D가 수행되고, 이와 연결된 컴포넌트 아이콘 C가 컴포넌트 목록에 추가된다. 그리고, 컴포넌트 아이콘 D가 컴포넌트 목록에서 제거된다.(E-C)
- ⑥ 컴포넌트 아이콘 E에서 컴포넌트 아이콘 C와 연결된 입력 매개변수의 수행 준비 플래그가 OFF이므로 수행이 되지 않고 컴포넌트 목록에서 제거된다.(C)
- ⑦ 컴포넌트 아이콘 C가 수행되고, 이와 연결된 컴포넌트 아이콘 E가 컴포넌트 목록에 추가된다. 그리고, 컴포넌트 아이콘 C가 컴포넌트 목록에서 제거된다.(E)
- ⑧ 컴포넌트 아이콘 E가 수행되고, 이와 연결된 컴포넌트 아이콘이 더 이상 없으므로 비주얼 워크스페이스 수행을 종료한다.

예를들어 그림 8과 같은 비주얼 워크스페이스가 있다고 가정하고, 전술한 방법으로 수행 순서가 어떻게 되는가를 살펴보면 다음과 같다.

각 단계별로 수행을 위한 컴포넌트 목록에 들어가는 컴포넌트 아이콘들의 변화를 살펴보면 표1과 같다.(흐름 제어선이 없을 경우 A - B - C - D - E순으로 수행된다.)

표 1 그림 8의 스케줄링 단계

단계	수행할 컴포넌트 목록	컴포넌트 목록에서 제거된 컴포넌트
①	A	...
②	B - C	A
③	C - D - E	B
④	D - E	C
⑤	E - C	D
⑥	C	E
⑦	E	C
⑧	...	E

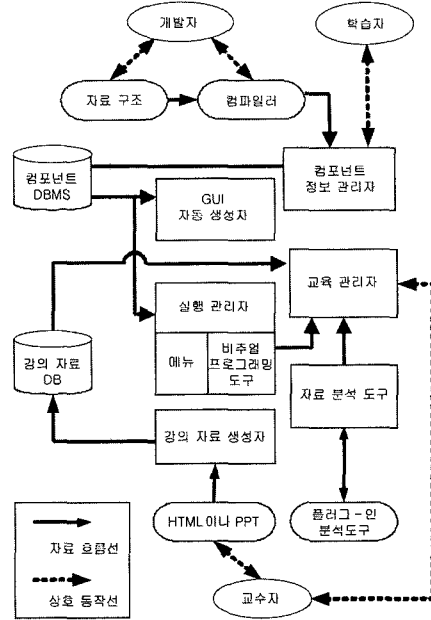


그림 9 제안된 환경의 전체 구조

2.4 이론과 실습 환경이 통합된 체감형 교육 환경

전술한 바와 같이 기존 교육 환경의 경우 교육 환경과 실제 연구 개발환경이 달라서 교육의 효과가 반감되는 문제와 이론의 내용에 맞게 적절한 실습을 유도해주고, 학생들로 하여금 다양한 영상 자료에 대하여 해당 장(chapter)의 이론에서 배운 내용과 기존에 배운 다양한 해법들을 여러가지 방식으로 적용하여보는 과정을 통하여 영상처리의 기술을 체감할 수 있는, 이론과 실습 환경이 통합된 체감형 교육 환경이 필요하다.

이를 위하여 제안된 환경이 교육 도구를 포함한 그림 9와 같은 구조를 가지도록 설계하였다. 교육 도구는 강의와 실습을 위한 교재를 생성하는 교수자 모듈을 제공하며, 강의와 실습이 유기적으로 연결되어 하나의 환경에서 강의와 실험(실습 및 예제)이 전자책의 형태로 표현되도록 하였다. 통합된 교재를 가진 교육도구를 통해서 학생들은 이론의 내용에 따른 체계적인 실습이 유도될 수 있도록 하였다. 교육 시에 교육도구에 내제되어 있는 많은 해법 중에서 실습을 통하여 직접 해법들을 비교 체험하면서 실제 응용 프로그램을 생성할 수 있는 감각을 익힌다는 것은 영상처리 분야에서 실무능력 개발을 위해 필수적이다.

제안된 교육 도구에서는 학생에게 이상적인 교육 환경을 제공하기 위하여 이론 내용과 예제 및 실습 내용이 전자책의 형태로 통합되어 학생들이 인터랙티브하게 사용할 수 있는 교재의 형태로 제공되도록 강의교재 생성 모듈과 학습 모듈인 두 부분으로 설계하였다.

강의 교재 생성 모듈은 교수자가 인터랙티브하게 교재를 생성하는데 필요한 도구이고, 학습 모듈은 온라인 강의 내용을 통하여 학생들이 이론 공부하면서 인터랙티브하게 이론에따른 예제와 응용 알고리즘을 구현할 수 있도록 하여 실제적인 문제를 해결하는데 적용함으로써 체험을 쌓도록 해준다. 통합된 교재를 생성하기 위해서 교수자가 파워포인트와 같은 상용 프로그램을 이용하여 만들어낸 강의 내용과 제안된 VPT에서 만들어낸 예제(비주얼 워크스페이스) 파일을 이용하도록 하였다.

그림 11은 강의내용과 예제가 결합된 전자책 형태를 가진 교육모듈의 사용자 인터페이스이다. 교육 모듈에서 교재를 관리(이론과 실습파일의 등록, 삭제, 수정)하기 위한 기능들은 강의 항목 트리 윈도우 부분에서 팝-업(pop-up)메뉴로 제공된다.

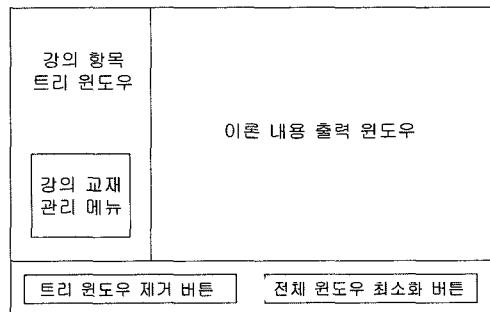


그림 10 명령 메뉴를 가진 강의 자료 브라우저(목록모드)

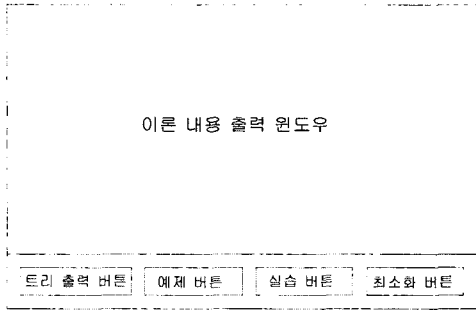


그림 11 강의자료 브라우저(전체화면모드)

교재는 그림 10과 같이 왼쪽에 전체 강의 항목의 차례가 있는 강의항목 트리 윈도우와 선택된 강의 항목의 이론 내용이 나타나는 이론 내용 출력 윈도우로 구성된 전통적인 교재의 구조를 가지도록 하였다. 하나의 장(chapter)은 한 주의 수업을 진행할 수 있게 정의되어있고, 각 장은 일주일 동안 진행될 이론, 예제, 실습 내용으로 구성하도록 하였다. 그림 11은 전체화면 모드로 바뀐 강의 화면의 인터페이스 구조를 보여준다. 학생과 교수는 강의 화면을 통하여 새로운 주제를 학습하고 학생들은 이론 내용과 관련된 예제와 실습 문제를 선택하여 인터랙티브하게 실습을 진행할 수 있도록 설계하였다.

제안된 환경의 실험 모드에서는 이론 윈도우, VPT 윈도우, MS Visual C++이 같이 사용된다. 그림 12는 실험모드를 위해 사용된 이론 윈도우와 VPT의 사용자 인터페이스 구조이다. 그림 11의 이론 윈도우에서 예제 버튼이나 실습 버튼에 등록되어 있는 교재 내용을 선택하게 되면 그림 11의 윈도우가 글자를 알아볼 수 있는 최소의 크기가 되어 좌측화면 밑으로 줄어들게 되고, 교재 내용에 해당되는 VPT 파일이나 MS Visual C++ 파일을 로딩하여 실험할 수 있는 환경을 만들게 된다. 이때 이론 윈도우에는 실습을 지시하는 내용이 나타나게 되고, 학생들은 이 지시사항에 따라 실습을 진행하도록 하였다.

예제나 실습시에 VPT 윈도우는 실험에 필요한 아이콘의 조합이 기록되어 있는 비주얼 워크스페이스(Visual Workspace)파일을 로딩한다. 새로운 알고리즘의 프로그래밍을 포함하는 실험을 하는 경우에는 알고리즘의 핵심 부분을 제외한 모든 코드를 포함하는 소스코드를 가진 MS Visual C++ 컴파일러 환경을 활성화시켜 학생들로 하여금 알고리즘 구현 연습을 시키도록 하였다. 이때 전술하였듯이 제안된 컴포넌트 구조의 특징으로 인하여 학생은 알고리즘의 핵심 논리 부분만을 코딩하게 되고, 컴파일한 후 VPT 윈도우를 활성화시켜 비주얼 워크스페이스 안에 로딩된 아이콘을 실행하여 자신이 개발한 알고리즘을 테스트할 수 있다. 제안된 환경에서

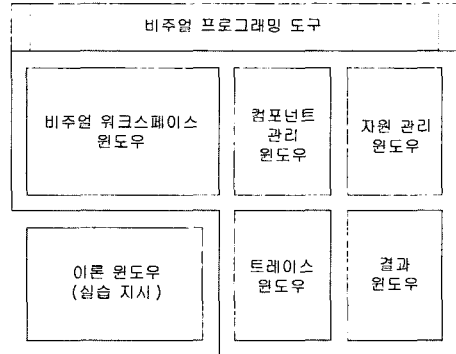


그림 12 실험모드의 화면 구조

이러한 실습 과정 중에 학생들에게 영상 입출력, 메모리 관리를 다루는 것과 같은 알고리즘 구현에 필요한 기본적인 소스 코드를 작성하는 부담을 없애 학생들이 영상처리 알고리즘의 논리를 개발하는 곳에 노력을 집중할 수 있게 하였다.

실험 모드에서는 사용자 정의 컴포넌트를 만들고 테스트 할 수 있는 알고리즘 개발 기능을 이용하도록 하였다. 제안된 환경의 알고리즘 개발 기능은 MS Visual C++과 같은 상용 컴파일러를 사용하여 영상처리 알고리즘을 개발할 수 있도록 하였고 제안된 VPT를 이용하여 컴포넌트 DB에 등록된 기존 컴포넌트들과 결합하여 새로운 응용 프로그램을 만들 수 있도록 하였다. 응용 프로그램의 결과는 시스템 내에 포함된 여러가지 영상 분석 기능을 이용하여 분석할 수 있도록 하였다. 실험 모드는 교수자가 학생들에게 이론적인 강의를 시작하기 전에 실제적인 예를 가진 새로운 영상처리 개념을 보여 줄 때 효과적으로 이용될 수 있다.

3. 구현 및 결과

제안된 비주얼 프로그래밍 환경은 일반적인 PC에 윈도우즈 환경에서 동작하도록 구현되었다. 비주얼 프로그래밍 환경을 실행하면 그림 13과 같이 제어관리자를 통하여 사용자로 하여금 교육, 실습, 개발 단계(새 워크스페이스, 기존 워크스페이스) 중 어느 단계에서 시작할 지를 묻는 대화상자가 나타난다. 이 대화상자는 제안된 비주얼 프로그래밍 환경에서 어떠한 기능에서 시작할 지를 결정하는 역할을 한다. 이론 강의를 하는 경우는 '교육' 항목을 선택하면 되고, 실습을 하는 단계에서는 '실습' 항목을, 일반적인 개발환경이나 시뮬레이션 환경으로써 비주얼 프로그래밍 환경을 이용하고자 경우에는 기타 항목을 선택하면 된다.

'교육' 항목을 선택하게 되면, 강의자료 DB에 등록되어 있는 내용이 강의자료 관리자를 통하여 그림 14와

예제 실행 단계가 끝나게 되면 실습 단계로 넘어가게 되는데, 그림 15의 실습버튼을 누르게 되면 해당되는 목록이 나타나게 되고, 목록을 선택하게 되면, 그림 16와 같은 실습환경으로 다시 전환되게 된다. 하지만 위에 예제 단계와 다른 점은 VPT에 나타난 비주얼 워크스페이스 파일의 컴포넌트 아이콘은 아이콘만 있는 빈 컴포넌트라는 것이다. 즉, 학습자로 하여금 직접 알고리즘을 구현해 볼 수 있도록 알고리즘 부분을 코딩 할 수 있는 실습 비주얼 워크스페이스 파일을 생성시켜준 것이다. 실습교육환경의 실습자료 생성자는 그림 18과 같은 VPT와 함께 비어있는 컴포넌트를 채울 템플릿 소스코드를 생성할 것인지 묻게 된다. 학습자가 소스코드의 생성을 선택하게 되면, 그림 18과 같은 템플릿 소스코드가 생성되게 되고, 소스 코딩과 컴파일 가능하도록 Visual C++를 실행하여 템플릿 소스코드를 로딩하여 학습자가 실습할 수 있는 환경을 설정하게 된다. 학습자는 빈 소스코드 부분을 채운 후 컴파일을 하게 되고, 컴파일이 끝난 후 VPT에 열려져 있는 비주얼 워크스페이스 파일을 실행시켜 바로 전에 코딩한 컴포넌트 아이콘

을 기존의 컴포넌트 아이콘과 연결하여 테스트 해볼 수 있어 매우 쉽게 실습 교육이 이루어 질 수 있다. 처리된 결과는 VPT의 분석 기능을 이용하여 바로 확인이 가능하므로 실무능력을 기르는 데에는 최적의 환경의 제공하고 있다. 또한, 학습자가 개발한 알고리즘을 기 개발된 컴포넌트아이콘과 조합하여 아이디어를 바로 확인할 수 있어 응용 능력을 배가 시킬 수 있다.

제안된 비주얼 프로그래밍 환경과 동일한 목적으로 개발된 비주얼 프로그래밍 환경이 없어 정확한 성능 비교가 어려워 표 2와 같은 기준에 알려져 있는 비주얼 프로그래밍 환경들과의 기능을 조사, 비교함으로써 제안된 비주얼 프로그래밍 환경의 특징과 성능을 제시하였다.

표 2에서 보면 제안된 환경은 기존의 환경에 비해 컴포넌트 연결시 오류방지 기능을 통하여 학습자의 시행착오를 줄일 수 있으며, 컴포넌트를 이용한 프로그래밍시 컴포넌트와 컴포넌트 호출부의 링크 상태를 선택적으로 변경할 수 있고, 다른 컴포넌트로의 대체가 가능하다는 점에서 기존 환경에 비해 빠른 개발속도를 지원할 수 있다는 장점을 가진다. 뿐만 아니라, 제안된 환경은 컴포넌트의 외부에 메모리 관리 부분을 둬으로써 다른 비주얼 워크스페이스에서 수행된 실행결과와 비교가 가능해지며, 이러한 기능을 통하여 영상처리 과정에서 나타나는 중간결과를 사용자가 신경쓰지 않더라도 언제나 분석할 수 있는 장점을 가진다. 또한, 컴포넌트 등록 정보를 기반으로 컴포넌트 구현에 필요한 프레임 코드들을 자동으로 생성하여줌으로써 학생들은 쉽게 알고리즘 구현이 가능해지고, 강의자에게는 교육 과정의 편의성을 극대화 시킬 수 있다. 그리고, 개발 도구와 교육 도구를 일원화시킴으로써 과정에서 개발된 컴포넌트를 교육 과정중에 효과적으로 사용할 수 있어 교육과 개발 환경의 이원화로부터 발생하는 반감효과를 줄일 수 있다.

이외에 본 논문에서 제안하는 컴포넌트의 재사용성을 정성적으로 측정하기 위하여 컴포넌트 재사용성 측정을 위한 직접적인 측정 매트릭 방법[21,22]을 이용하여 기

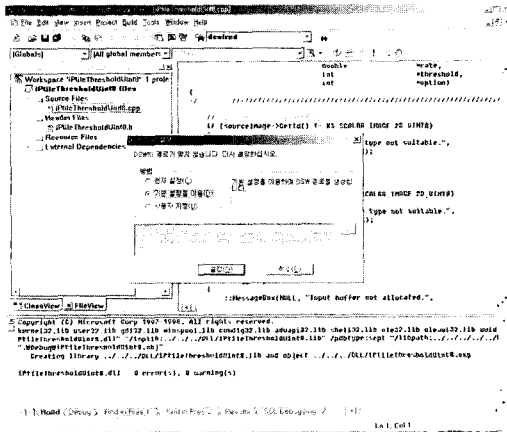


그림 18 템플릿 소스코드 생성과 컴파일러 실행

표 2 타 시스템과의 기능비교

① 제안된 연구 ② Khoros ③ Wit ④ Ad-Oculus ⑤ Neat Vision

항목	①	②	③	④	⑤
이론 학습 기능 제공 여부	○	×	×	○	○
실습을 유도해주는 안내 기능 여부	○	×	×	×	×
컴포넌트 개발을 위한 프레임 소스 코드 자동 생성 기능	○	×	×	×	×
강의자료 관리 기능 여부	○	×	×	×	×
컴포넌트 연결시 유효성 검사를 통한 오류방지 기능 제공 여부	○	×	×	×	×
다른 비주얼 워크스페이스와의 결과 비교 기능	○	×	×	×	×
하나의 비주얼 워크스페이스에서 선택적 컴포넌트 링크 및 릴리즈 가능 (최적의 개발속도 유지)	○	○	×	×	×

존의 비주얼 프로그래밍 환경의 컴포넌트들과의 재사용성 비교를 하였다. 그 결과 본 논문에서 제안한 컴포넌트 구조 및 재사용 방법이 물리적으로 분리된 그림 1의 컴포넌트 구조가 컴포넌트의 복잡도(CCN) 측면에서는 다른 컴포넌트 환경에 비해 항상 컴포넌트 C에 요구되어지는 인터페이스 Sreq(C)가 2 이상 낮은 값으로 나타났다. 그리고 컴포넌트 정보 DB를 이용한 프레임 코드의 자동 생성 기능으로 인하여 컴포넌트 내의 디자인 패턴(NOPC)에서는 일관성 있는 정형화된 개발 패턴으로 인하여 이해성이 높음을 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라, 기존 환경들에 비해 동일한 알고리즘을 구현하더라도 항상 적은 양의 소스코드로 구성됨으로써 이해성과 모듈화 정도가 높고, 실행 파일의 크기나 실행 속도 측면에서 효과적임을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 비주얼 프로그래밍 환경은 교육과 연구를 위한 알고리즘들을 독립적이고 재사용성이 강한 컴포넌트로 구성하고 실제 구현된 알고리즘들을 개발과 교육적인 측면에서 유기적으로 결합하여 영상처리를 위한 최적의 비주얼 프로그래밍 환경을 제공하고 있음을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제안된 환경은 현재 "MTES[19]"이라는 이름으로 10 여개 대학에서 강의 및 연구 환경으로 이용되고 있다.

4. 결론 및 향후 연구방향

영상처리 분야에 있어서 일반적인 해법 부재의 특성은 전문인력 양성에 가장 큰 걸림돌로 작용해 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위해선 교육과 연구가 하나의 환경에서 이루어질 수 있도록 유기적으로 결합된 비주얼 프로그래밍 환경이 필요하다. 제안된 연구에서는 기존의 교육과 연구과정이 별개로 진행되는 교육 환경을 개선하여 교육과 연구가 하나의 환경에서 진행되도록 하여, 이론 교육에서부터 응용 프로그램의 개발까지를 일괄적으로 진행할 수 있도록 재사용성이 강한 컴포넌트의 구조와 컴포넌트를 이용한 효율적인 비주얼 프로그래밍 환경을 개발하였다. 또한, 교육기능에는 학습자 수준에 따라 적합한 학습이 유도될 수 있도록 관련 주제를 통한 하이퍼링크와 목록을 제시하여 순차적, 선택적 학습이 가능하도록 하여 교육도구으로써 적합한 환경을 제공하였다. 제안된 비주얼 프로그래밍 환경은 재사용성이 강한 컴포넌트 개발 및 프로그래밍 도구를 가진 연구개발환경이면서 동시에 교육환경을 제공하였으며, 학습자 주도의 체계적인 실습을 진행할 수 있도록 하여 학습자의 문제해결 능력을 효과적으로 배양할 수 있는 환경을 확인할 수 있었다. 기존 시스템과의 기능 비교와 제안된 컴포넌트의 재사용성 측정을 통하여 교육과 연구를 지원하는 이상적인 비주얼 프로그래밍 환경으로써

가장 근접한 시스템임을 확인할 수 있었다. 제안된 시스템은 향후 웹과 연동하여 원격으로 교육이 가능하도록 확장되어야 하며, 보다 많은 사용자들이 체계적인 교육에 도움이 될 수 있는 여러 교육자료들을 개발하여 효율적인 교육 및 연구환경으로 자리잡을 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] J. Lee, O. Chae, "Multimedia data processing algorithm development environment(MADE)," Visual Data Exploration and Analysis VI, Proc. of SPIE, pp. 193-203, 1999.
- [2] A.Biancardi, V. Cantoni, D.Codega, M.Pini, "An interactive for C.V. tutorials," Proc. IEEE Computer Society, CAMP 97, Cambridge, 1997, pp. 170-174.
- [3] J. Lee, O. Chae, "The integrated development environment for the management and reuse of the compute vision and image processing algorithm," in Journal of KISS(The Korea Information Science Society), vol.24m no.3, 1997.
- [4] J. A. Robinson, "A software system for laboratory experiments in image processing," IEEE Trans. On Education, vol. 40, no. 4, Nov. 2000, pp.455-459.
- [5] J. Campbell, F. Murtagh, M. Kokuer, "DataLab-J: A signal and image processing laboratory for teaching and research," IEEE Trans. on Education, vol. 44, no. 4, Nov. 2001, pp.329-335.
- [6] R. Greenberg, et al, "Image processing for teaching," Journal of Science Education and Technology.
- [7] J. Rasure, et al, "Teaching image processing with Khoros," Int. Conf. on Image Processing 1994, No.1, pp.506-510.
- [8] K. Konstantinides, J. R. Rasure, "The Khoros software development environment for image and signal processing," IEEE Trans. on Image Processing, vol.3, no.3, pp.243-252, May 1994.
- [9] S. L. Eddin, "Using Matlab and C in an image processing lab course," Int. Conf. on Image Processing-1994, no.1, pp.515-519.
- [10] R. Greenberg, et al, "Image processing for teaching: A national dissemination program," Int. Conf. on Image Processing-1994, no.1, pp.511-514.
- [11] R. H. Bamberger, "Portable tools for image processing instruction," Int. Conf. on Image Processing-1994, no.1, pp.525-529.
- [12] V. L. Stonick, "Image processing as an instructional tool in introductory signals and systems," NSF MIP-9157221 and USE-9250595.
- [13] A. Biancardi, M. Pini, "A code based approach to image processing teaching," ICIAP-95, pp.145-150.
- [14] J. Campbell, F. Murtagh, "Signal and image processing in Java," IMVIP '97, 10-13 Sept. 1997.

- [15] Khoros, <http://www.khoral.com>
- [16] Matlab, <http://www.mathworks.com>
- [17] Neat Vision, <http://www.neatvision.com>
- [18] Ad-Oculus, <http://www.theimagingsource.com/prod/soft/adoculus/adoculus.htm>
- [19] MTEs, <http://www.mtes.co.kr>
- [20] Wit, <http://www.logicalvision.com>
- [21] I. Park, S. Kim, "Software Component Reusability Metrics," in Journal of KISS(The Korea Information Science Society), vol.31, no.6, 2004. 6, pp.760-772.
- [22] S. Lee, E. Cho, "Software Component Metrics for Complexiy, Customizability, and Reusability," in Journal of KSII(Korea Society for Internet Information), vol.3, no.4, 2002, pp.71-82.



이 정 현

1992년 경희대학교 전자계산공학과 학사 졸업. 1994년 경희대학교 전자계산공학과 석사 졸업. 1999년~2004년 MG Systems 부설 연구소 연구소장. 1994년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 2004년~현재 자르테크 연구소 연구소장. 관

심분야는 영상처리, 컴퓨터비전, 미디어센터, 소프트웨어 공학



허 훈

1994년 숭실대학교 전자공학과 학사 졸업. 1999년 성균관대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업. 1999년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 신호처리, 의료영상처리



채 옥 삼

1977년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업. 1982년 오클라호마주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과 석사 졸업. 1986년 오클라호마주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과 박사 졸업. 1986년~1988년 Texas Instrument Image Processing Lab. 선

임연구원. 1988년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 신호처리, 영상처리, 컴퓨터비전