

객체지향 기술을 이용한 화학공정의 웹기반 가상실험 시스템 개발

Development of a Web-Based Virtual Laboratory System for Chemical Processes Using an Object-Oriented Technology

이 경 용, 신 동 일, 이 의 수
(Kyung Yong Lee, Dongil Shin, Euy Soo Lee)

Abstract : The Internet technology has been recognized not only as a tool for communication in the 21st century but also as an environment for enabling changes in the paradigm of teaching and learning. This paper describes a web-based system development for chemical engineering education. Simulation and visualization of dynamic systems in the environment of a standard web-browser is made possible by extending its capabilities. ActiveX control is used to simulate the system tool for online representation of Virtual Lab. System that is developed using visual basic. The courseware is classified into tutorial, exercises, and virtual experiments.

Keywords : virtual education, batch distillation, internet, activeX control

I. 서론

급변하는 정보화 사회에서 공학 각 분야의 소프트웨어의 생명주기는 짧아지고 있다. 이의 해결책으로 소프트웨어 공학 연구자들은 하드웨어처럼 소프트웨어를 규격화하여 생산성과 정확성을 높이려는 접근을 시작하였으며 이러한 개념의 실현을 위하여 개발된 방법이 객체지향기술(Object-Oriented Technology) 이다[1].

객체지향 기술의 적용으로 개발된 소프트웨어는 몇 가지 장점을 가지게 된다. 우선 소프트웨어를 여러 계층의 클래스(class)로 분리하여 개발하게 됨으로써 각 클래스들은 기계의 부품처럼 서로 유기적으로 결합되어 하나의 소프트웨어를 완성하게 된다. 또 클래스의 일부를 바꾸거나 수정함으로써 용도에 따라 다른 소프트웨어로 자유롭게 바꾸어 사용할 수 있게 된다. 즉 지금까지는 새로운 용도의 소프트웨어를 개발하기 위하여는 처음부터 프로그램을 새로 코딩(coding)해야 하는 문제가 있었으나, 객체지향 기술을 이용할 경우, 기존의 소프트웨어 프로그램중 사용 가능한 클래스는 그대로 재사용하고 나머지 클래스만 프로그램을 수정하거나 새로운 기능이 추가된 클래스로 교체함으로써 소프트웨어의 개발과 변형을 보다 쉽게 할 수 있게 된다[2][3]. 다음으로 객체지향 소프트웨어 설계 방법론이 소프트웨어 재사용에 도움을 주는 점은 틀(form)을 이용하여 모듈을 구성한다는 점이다. 개발하고자 하는 소프트웨어 베이스가 방대해지는 경우 모듈 검색이 용이하지 못하게 되는 문제점이 발생되나, 객체지향 소프트웨어 개발 방법론에서는 틀을 이용하여 모

듈을 구성함으로써 이러한 문제를 해결하게 된다. 마지막으로 객체지향 소프트웨어 기술에 의해서 생성되는 클래스 혹은 클래스 계층구조(class hierarchical structure)는 객체지향 데이터베이스의 데이터 모델과 일치하므로, 클래스 혹은 클래스 계층구조를 효과적으로 저장 및 검색할 수 있어 소프트웨어 베이스를 객체지향 데이터베이스 관리 시스템으로 효과적으로 관리할 수 있다[3].

본 논문에서는 이러한 객체지향 기술을 이용하여 개발한 화학 단위공정 가상 실험 시스템에 관하여 기술하였다. 즉 실제 산업현장에서 활발히 이용되고 있으나 여러 가지 제약조건으로 인하여 학교 내에서 다양한 실험을 수행할 수 없었던 단위공정 실험 중 회분식 증류공정을 대상으로 웹기반 가상 교육 콘텐츠를 개발하였다. 가상실험시스템은 크게 기초이론 학습모듈, 실험모듈, 실험관리모듈 및 학습평가를 위한 모듈 등 4가지 형태로 구성되어 있다. 기초이론학습 모듈에서는 실제 산업현장에서 사용되는 실험 장치들의 사진과 대상 단위공정의 원리를 설명하는 내용으로 구성되어있으며, 실험모듈은 공정 조작에 따른 실험을 실시하고 그 결과를 시뮬레이션하여 시스템 관계의 이해를 도모할 수 있도록 구성하였다. 실험관리모듈에서는 실험자의 실험과정과 표준 운전 실험 시나리오를 비교하여 실험자가 수행한 실험의 이상 유무를 파악하고, 동시에 피교육자의 학습방향을 결정할 수 있는 분석이 가능하도록 구성하였다. 마지막으로 학습 평가모듈은 실험자의 학습 정도를 측정하는 선다형 문제들과 단답형 문제들로 이루어졌으며 본 시스템의 진행방향에 관한 설문도 포함되어 있다. 가상 실험시스템 개발은 VB(Visual Basic)와 ASP(Active Server Page)를 이용하여 이루어졌으며, 시스템의 구성 모듈들은 ActiveX control로 제작하였다. 또한 클라이언트/서버 환경에서 실시간으로 가상실험 시스템이 작동되도록 함으로써, 학생들이 시간과 장소에 관계없이 실험이 가능하도록 하였다.

접수일자: 2001. 9. 29., 수정완료: 2002. 2. 6.

이경용: 삼경정보통신(galore@chol.com)

신동일: 명지대학교 화학공학과(dongil@mju.ac.kr)

이의수: 동국대학교 화학공학과(eslee@dgu.ac.kr)

※ 본 연구는 학술진흥재단의 대학부설연구지원과제의 연구비 지원(1997-005-E00143)과 2001학년도 동국대학교 연구년 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

II. 가상실험 시스템의 구조

1. 시스템의 세부 구조

회분식 증류공정의 가상실험 시스템의 개발을 위하여, 우선 관련 기술과 본 연구와 연관된 교육/훈련 시스템을 조사 검토하였다. 이를 바탕으로 하여 가상현실을 이용한 교육시스템의 틀을 마련하고, 이의 수행을 위한 기본적인 시스템 구조설계를 실시하였다. 우선 단일 PC 상에서 실험실습을 수행할 경우를 대상으로, 가상실험시스템에 갖추어야 할 구성요소들을 확정하고 이들 구성 요소들의 효과적인 통합을 위한 시스템 설계를 실시하였다. 기본적으로 구축한 이들 시스템이 효율성과 교육적인 목적을 만족시키는지의 타당성을 알아보기 위한 prototype 시스템을 단일 PC에서 작동하는 프로그램으로 구현하였다. 이후 이들 실험시스템을 네트워크 상에서 수행하기 위한 보완 방안을 마련하고, 클라이언트/서버 환경에서 작동하는 시스템으로 구현하였다. 본 연구에 채택된 회분식 증류 공정의 모델링은 연속식 증류 공정 모델링을 기초 이론으로 하여 회분식 증류 공정에 맞게 수학적 식을 수정하고 보완하여 stand-alone으로 개발되었으며 상용프로그램과 비교하여 모델의 강건성을 확인하였다[4]. 이를 기초로 회분식 증류공정을 대상으로 한 구체적인 웹 기반 가상 실험시스템의 구성 및 구축에 착수하였다. 본 연구에서 구축한 가상실험 시스템의 구조는 그림 1과 같다.

개발된 웹 기반 가상 실험시스템에 대하여, 시스템 사용자를 대상으로 한 직접적인 설문조사를 통하여 그 교육적 효과와 편리성에 대해 검토하였으며 그 결과를 바탕으로 시스템을 더욱 향상시켰다[4][5]. 특히 개발된 가상실험 시스템은 기초적인 실험의 관리모듈로써 student model을 채택하고 있으며, 이와 함께 online test 및 실험에 대한 검증이 가능하도록 함으로써 보다 빠른 feedback을 학생들에 줄 수 있도록 하였다.

2. 사용자 인터페이스 및 입출력 시스템

본 연구에서 구축한 회분식 증류공정의 실험은 다음 단계로 실시될 수 있다. 우선 대상단위공정에 대한 설명의 단계이다. 본 단계에서는 실험 단계에 관한 교육과 설명을 목적으로 하고 있다. 즉 대상단위공정에 대하여 현재 채택하고

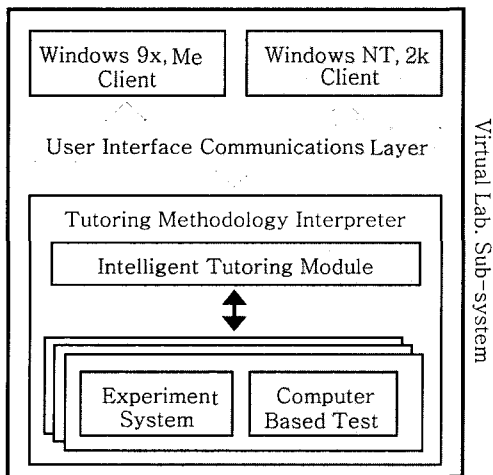


그림 1. 가상실험시스템의 구조.
Fig. 1. Architecture of the Virtual Lab. Sub-system.

있는 공정장치 뿐만 아니라 실제 산업현장에서 사용하고 있는 다양한 장치형태에 관한 실제의 모습을 예시하고 장치작동의 기본원리와 물리, 화학적인 관련식 등을 설명함으로써 실험에 대한 이해를 높이는 단계로서 이의 수행을 위한 학습 모듈을 개발 하였다. 그림 2는 학습자에게 증류에 관한 기본적인 이론을 습득할 수 있도록 한 예이다.

두 번째는 실험의 수행 단계이다. 본 단계에서는 실험자가 교육자의 지시에 의하여 자료를 입력, 단위공정 모사기를 직접 가동시킴으로써 각종 공정조작에 따른 실험결과를 얻고, 이로부터 단위공정의 작동원리에 관한 이해를 도모한다. 개발된 실험을 위한 공정조건 입력 창을 그림 3에 예시하였다.

기타 여러 실험 모듈에 대해 공통적으로 쓰일 수 있는 데이터베이스 및 웹 서버를 구축하였으며 ActiveX control로 개발 되어진 실험모사 모듈은 다른 웹기반 가상 실험시스템에서도 재 사용되어질 수 있다. 이외에 인터넷상에서 클라이언트/서버 환경에서의 시스템 구축을 위한 networking routine 들도 이 모듈에 포함된다.

3. 실험모듈

이 모듈은 우리가 실험대상으로 삼고있는 회분식 증류공정의 모사를 위한 동적모델과, 실험에 사용되는 화학 물질들의 물성치를 포함하고 있다. 본 가상실험 시스템에서 입력 성분으로 선택할 수 있는 성분은 톨탈 성분 위주로 36가지 성분이 있다.

특별히 공정모사 모델의 결과는 실제 실험 장치와 동일한 물리화학적 원칙 하에 작동되고, 실험 결과도 일치하도록 하는 것이 중요하다[6][7]. 회분식 증류공정을 모델링하기 위해서는 평형상수와 엔탈피 값이 필요하며 이 값들은 열역학

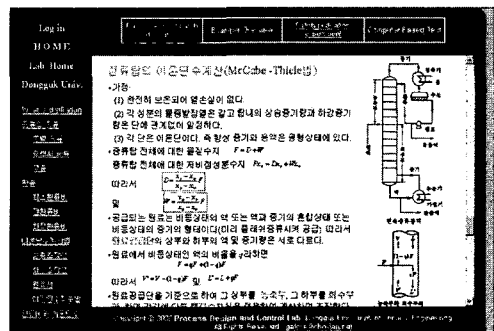


그림 2. 초기 학습을 위한 가상실험시스템.
Fig. 2. Screen shot of initial learning.

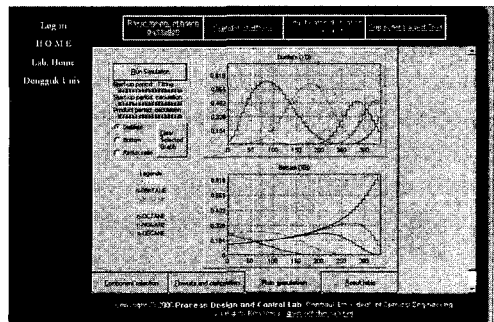


그림 3. 가상실험 실행 및 모사.
Fig. 3. Run and execution of a lab session.

표 1. 선택 가능한 성분들.

Table 1. List of selectable component.

n-Butane	Ethyl Benzene	Hydrindene
n-Pentane	Styrene	Indene
n-Hexane	Phenol	Acenaphthene
n-Heptane	o-Cresol	Carbozole
n-Octane	m-Cresol	Chrysene
n-Nonane	p-Cresol	Fluoranthene
n-Decane	Naphthalene	N-et Carbazole
Benzene	Al-Methyl Naph	Pyrene
Toluene	Be-Methyl Naph	Triphenylene
o-Xylene	Fluorene	Benzpyrene
m-Xylene	Phenanthrene	Perylene
p-Xylene	Antracene	Coronene

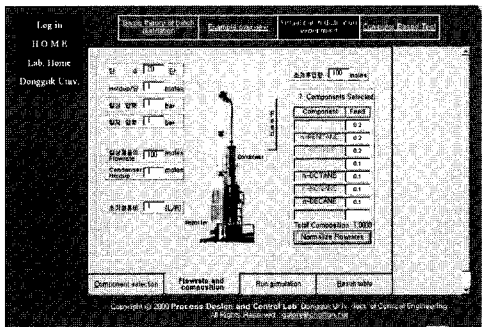


그림 4. 공정 조건의 입력.

Fig. 4. Selection of a lab setting : operating conditions.

적인 계산방법에 의해 계산된다. 평형상수와 엔탈피 값을 계산하기 위해서는 계산하고자 하는 성분에 대한 물성 값(T_c , P_c , MW , ...)이 필요하며, 순수한 성분의 경우 성분마다 고유한 물성 값을 갖지만 콜탈의 경우에는 성분이 다양하고 콜탈 내의 성분을 대부분 알 수 없으므로 가상성분으로 만들어 적절한 물성 예측식을 사용하여 물성 값을 계산해 주어야 한다. 본 연구에서는 기존의 물성 예측식에 의해 계산된 값과 이미 알려진 콜탈 유분의 실제 물성 값의 차이를 각 물성 예측식에 대해 비교하여 콜탈에 적합한 물성 예측식을 선택하였고 물성 예측식에 필요한 2개의 파라미터(NBP, SG) 중 측정이 어려운 SG파라미터가 필요 없는 물성 예측식을 도출하였다. 또한 이상기체 열용량 예측식의 경우에도 같은 방법을 이용하였다. 본 연구에서 개발한 회분식 증류공정 모델의 경우 상용 모사기와 비교하여 모델의 강건성을 확인하였으며[8] 실험의 결과가 실시간대로 나타나도록 시스템을 구성하여 사실감을 높였다. 그림 4는 본 시스템에서 개발한 회분식 증류공정의 동적모델을 이용하여 실험한 결과를 나타내었다. 이러한 이론에 기초를 둔 부분과 실험자가 실험 장치를 작동하면서 모아진 입출력 데이터 등의 측정치를 기반으로 User Interface와 결합되어 본 시스템이 구성된다. 본 시스템에는 동적모델의 해를 구하기 위한 numerical method가 포함되어 있으며, 또한 서버에 기록되어 있는 실험 data들을 직접 이용하는 방법들도 포함되어 있다.

4. 학습평가 모듈

학습능력의 평가는 실험을 비롯한 교육전반에서 중요한 부분으로 지금까지는 보고서, 퀴즈, 필기시험 등의 방법이 활용되어 왔다. 실험의 실습뿐만 아니라 피드백도 실시간으로 장소와 시간에 구애됨 없이 주어지려면 help와 아울러 웹상

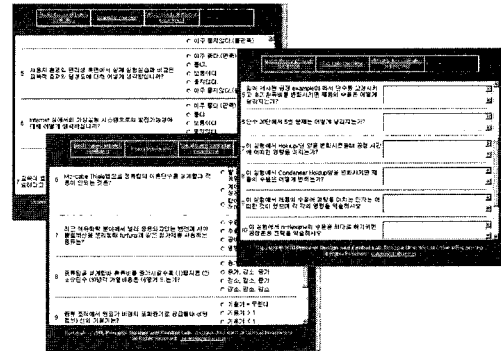


그림 5. 다양한 형태의 테스트 폼.

Fig. 5. various test forms.

에서의 자동문제 출제와 온라인 평가기능이 필요로 되는데 자동 문제출제 및 평가 프로그램이 그 역할을 하게 된다. 선 답형의 경우는 문제 출제 및 채점의 용이성으로 인해 많은 예가 보고되어 있으나 아직 단답형이나 주관식 문제의 경우는 사람의 도움을 받아 평가가 이루어지도록 되어 있다. 본 연구에서도 이 방법을 택하고 있으며 미리 만들어진 문제는행형식의 데이터베이스를 활용하여 만들어지도록 하고 있다.

5. 실험 관리 모듈

가상실험을 통해 실제 실험과 같은 목적을 달성할 수 있도록 실험의 진행을 관리하는 모듈이다. 교육 시나리오의 관리 및 수행, 실험 기록의 관리, 그리고 피드백 또는 interactive tutoring이 이곳에 포함된다. 교육적 가치를 가지는 실험 시나리오, user profile의 관리, 실험 기본 정보의 온라인 매뉴얼화 그리고 제 III장의 지능학습모듈 부분에서 자세히 언급할 사용자의 컴퓨터 조작정보에 기초한 student modeling 을 위한 정보 기록 부분을 개발하였다.

III. 시스템의 실행과 특징

1. 가상실험의 수행 절차

개발된 가상실험시스템의 모든 요소는 인터넷상에서 가동되며, 실험의 수행절차는 다음과 같다.

1. 정해진 실험 웹 페이지를 브라우저상에서 열어 사용자 ID와 password를 서버에 입력한다.
2. 선택할 수 있는 실험 메뉴가 나오거나 사용자의 진도에 따라 실험이 자동적으로 선택된다.
3. 사용자별로 다르게 실험 변수들이 설정된다.
4. VRML로 구현된 실험장치가 보이고 사용자는 사용자 인터페이스를 조정하여 장치를 돌려볼 수 있다.
5. 실험 관련 정보가 웹 페이지로 주어지고 진도에 따른 help message가 화면에 표시된다.
6. 사용자는 측정하거나 변수 값을 변화시키며 실험을 계속하고 장치의 사진이나 동영상 아니면 내부구조에 대한 정보를 얻을 수 있다.
7. 실험의 simulation은 animation이나 plot으로 표시된다.
8. 간단한 피드백이 정해진 실험순서를 벗어날 때 주어진다.
9. 실험을 마치면 결과를 서버에 입력하고, 때에 따라서는 얻어진 학습효과에 대한 검증을 위한 테스트 후, logout한다. 아울러 사용자는 실험자간의 온라인 토의나 제안사항을 관

리자에게 보낼 수 있다.

2. 지능학습모듈

현재 교육시스템을 막론하고 소프트웨어 개발의 추세는 어떻게 하면 사용자에게 적응해서 작동하는 시스템을 만들까 하는 것이다. 보통 지능형 사용자 인터페이스라고 할 때 여기서 지능이라는 것이 바로 이 사용자 적응(user-adaptive-ness)이다. 화학산업이 대량 생산체계에서 고객중심의 다품종 소량생산으로 이동하고 있듯이 소프트웨어도 표준화된 것을 대량생산하면 사용자가 매뉴얼 보고 거기에 맞추어나가야 했던 것에서 벗어나 소프트웨어 자체가 사용자에게 적응하면서 그 기능을 극대화 시키는 방향으로 발전해나가고 있다[9][4]. 이런 기능의 구현이 가능하도록 하는 방법이 student modeling(혹은 사용자 모델링 : user modeling)으로써, 기본 원리는 기존의 공정제어에서 사용하는 제어시스템의 작동원리 같다. 제어에서 우리가 입출력 신호에 기반해 공정에 대한 모델링을 하고 그 모델을 기반으로 제어 시스템을 설계하게 되는데, MPC(model predictive control)의 경우 그 모델의 파라미터 들을 실시간으로 제어를 반복하는 가운데 기존 시스템을 갱신 하면서 보다 정확한 시스템 모델을 끊임 없이 구축해 나가게 된다. 모델이 정확해지면 해결수록 제어의 피드백도 정확해지고 전체 제어계가 잘 작동되어 나가게 되는 것이다. 이 원리를 빌려 student modeling의 경우도 사람을 black box로 놓고 우리가 교육을 통해 사용자와 주고받는 데이터/정보들을 입력으로, 이에 대해 사용자가 나타내는 반응들을 output으로 놓고 사용자에게 대한 모델을 만들어 가는 것이다.

단순히 실험을 진행시키는데 만족하지 않고 사용자의 교육적인 효과를 높이기 위해 사용자에게 적응하는 지능학습 모듈은 student model을 이용하여 교육 시나리오를 기반으로 adaptive interactive 피드백을 제공하며 실험이 끝나면 시험을 통해 지식의 습득 정도도 점검한다[10]. 특히 웹상에서 제공되는 정보의 양이 많아짐에 따라 사용자는 어느 정보를 습득해야 하는지 선택하는데 많은 시간을 허비하게 되는데 사용자 모델을 바탕으로 이해하지 못하고 있는 부분에 대한 이론 공부 및 실습을 중점적으로 제공하게 된다. 지능학습 모듈의 작동을 위하여 참고하는 자료는, 가상실험시스템 사용자가 실험 과정에서 실행한 각종 실험조건 입력, 실험 진행 순서 등이며 이외에도 실험 평가 항목에 대한 사용자 응답 및 사용자 설문 등이 이용되어진다.

IV. 네트워킹 전략 및 공개 도메인으로의 배포

1. ActiveX control

ActiveX는 마이크로소프트가 전략적 객체지향 프로그래밍 기술 및 도구모음에 대해 붙인 이름이다. 그 주요 기술은 COM(component Object Model)이다. 디렉터리 및 기타 부가적인 지원과 함께 네트워크 내에서 사용되던 COM은 DCOM(Distributed Component Object Model)이 된다. ActiveX 환경에서 운영되는 프로그램을 개발할 때 생성하게 되는 중요한 것이 컴포넌트인데, 이것은 ActiveX 네트워크의 어느 부분에서나 실행되기에 스스로 충분한 하나의 프로그램이라 할 수 있다. 이 컴포넌트를 ActiveX control 이라 부른다. 윈도우 운

영체계가 설치된 PC에서 파일의 확장자에 "OCX"라고 붙은 많은 파일들이 발견되는데, OCX란 "Object Linking and Embedding Custom Control"의 약자이다. 개체연결 및 삽입(OLE ; Object Linking and Embedding)은 윈도우 데스크탑과 같은 복합문서를 지원하기 위한 마이크로소프트의 프로그램 기술이었으나, 이제 COM이 OLE를 커다란 개념의 일부로 흡수하였다. 현재 마이크로소프트는 컴포넌트 객체를 위해 OCX 대신에 "ActiveX control"이라는 용어를 사용한다. 컴포넌트의 주요 장점 중의 하나는, 많은 응용 프로그램에서 재 사용될 수 있다는 것이다. ActiveX control은 C++, 비주얼 베이직, 파워빌더 또는 VBScript와 같은 스크립트 도구 등을 포함, 여러 가지 언어나 개발도구를 사용해서 만들 수 있다.

2. 데이터 베이스 서버 및 네트워킹

본 연구에서 구축한 시스템의 서버는 운영체계가 윈도우 NT이며 펜티엄급 PC를 이용하였다. 개발에 이용된 클라이언트는 윈도우 계열이 탑재된 PC이며 서버에서 소스코드를 중앙 관리할 수 있는 네트워크로 연결된 개발 환경을 사용하여 팀 단위 개발이 가능하게 하였다. 또한 구축된 클라이언트/서버환경에서 서버 컴포넌트들의 동작을 실시간 확인할 수 있도록 하였다. 어플리케이션의 배치에 있어서는 윈도우 NT 서버와 마이크로소프트 IIS가 어플리케이션이 필요로 하는 플랫폼을 제공하게 된다. 이러한 모델에서 데이터베이스가 갖는 기능은 훨씬 더 강력하게 된다. 본 시스템에서는 MS-SQL서버를 이용하여 다수의 사용자가 사용할 수 있는 고성능의 어플리케이션을 지원하게 함으로써 진정한 의미에서 클라이언트/서버 데이터베이스를 사용할 수 있게 하였다.

3. ASP(Active Server Page)

기존의 HTML만으로 웹 페이지를 작성하는데 한계로 인하여 CGI, ISAPI 프로그램을 이용해서 각종 Database 정보를 제공할 수 있는 어플리케이션을 개발해왔다. 그 중 ASP는 서버 기반 기술로 WWW나 인트라넷에 사용될 수 있는 대화형 HTML 페이지를 제작할 수 있게 고안되었다. 자바 스크립트나 비주얼 베이직 스크립트가 웹 브라우저에서 실행되는 반면 ASP는 서버에서 실행되는 점이 다른 스크립트 언어와 다른 점이다. 따라서 클라이언트에서는 소스를 볼 수 없는 것이 특징이며, 웹 브라우저의 종류(Explorer 혹은 Netscape 등)에 제한을 받지 않는다. 또한 ASP는 비주얼 베이직 스크립트나 자바 스크립트 명령을 그대로 실행할 수 있다. 이외에도 ASP는 asp.dll을 이용하여 클라이언트 요청에 응답(In Process) 하는 특징을 가지며, 매번 프로세스를 생성하는 것이 아니라 쓰레드(thread)를 이용해서 사용자의 요청을 받아들이므로 CGI처럼 서버에 부하를 주지 않는 특징을 가지고 있다.

V. 결론

본 연구의 결과는 실제 산업 현장에서 활발히 이용되고 있으나 여러 가지 제약으로 인하여 학교 내에서 할 수 없었던 단위공정 실험들을 웹상에서 직접 수행할 수 있도록 하였다. 즉 장치의 구성이 학교에서 수행하기에는 너무 크거나, 단위 수업시간으로는 실험이 불가능할 정도의 긴 시간의 실험이 요구되는 경우, 안전의 문제로 학교에서의 실험이 불가

능한 경우, 실험재료가 다량으로 소모되거나 환경의 문제로 실험이 불가능한 경우 등 여러 가지 제약을 극복하면서도 실제 실험환경과 동일한 환경에서 실험이 가능하도록 하였다. 특히 객체지향기술을 이용한 ActiveX control 기법으로 시스템을 구축, Internet을 통한 실험이 가능하도록 함으로써 실험시간의 제약을 받지 않고 실험자가 편리한 시간에 장소에 구애됨이 없이 자유로이 실험을 수행할 수 있도록 하였다. 따라서 학습시간을 효과적으로 이용할 수 있을 뿐만 아니라, 학생들의 실험동기를 유발하는 효과가 있을 것으로 예상된다. 또한 실험자의 의지에 따라 다양한 형태의 변형된 실험도 가능하므로 학습의 성취도를 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다. 이외에도 시각적인 효과를 더하여 실제 산업현장에서 사용되는 다양한 형태의 단위공정 장치를 이해함으로써 학습효과를 높임은 물론 산업체에서 요구하는 산 교육의 장으로 활용할 수 있을 것이다. 그러나 일반적으로 가상실험은 피교육자가 인체의 5감을 통해 직접 느끼면서 행하여지는 실제실험보다 교육적 효과가 낮다고 할 수 있다. 이를 보완하기 위해 최근 각종 센서를 인체에 부착하여 가상실험을 하는 방법이 연구되고 있다. 가상실험이 실제 실험을 완벽하게 모사하지 못한다면 피교육자에게 잘못된 정보를 전달할 수 있으므로 가상실험의 도입에는 충분한 검증이 필요하다고 사료된다.

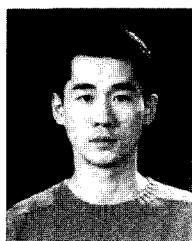
본 가상실험시스템이 일반적인 화학공정으로 확장하기에는 다음과 같은 선행 과제들을 수행해야 한다. 우선 각종 반응기의 가상실험 시스템의 구축이다. 대상 반응기는 형태별로 회분식, tubular, 연속식 반응기가 대상이 되며, 반응 형태뿐만 아니라 가열, 냉각, mixing 등의 각종 공정 조작이 모두 고려되는 형태의 시스템 개발이 요구된다. 이외에 gas-liquid 혼합공정, 가열로, tank-flow, 열 교환 시스템 등의 단위공정 실험시스템의 개발이 순차적으로 이루어져야 할 것이다.

개발된 시스템은 궁극적으로 조업자 교육시스템과의 접목을 통한 산업화로의 확대가 예상된다. 즉 본 시스템을 통하여 기본적인 단위공정장치의 작동원리에 관한 이해를 도모하고 보다 큰 규모의 조업자 교육시스템으로 연결됨으로써 공정의 운전, 유지, 긴급상황의 대처, 공정진단 등에 관한 일련의 공정관련 활동의 개념이 일관성 있게 확립됨으로써

공정의 운용, 개발 및 최적화를 위한 효과적인 수단으로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] W. J. Staats and T. Blum, "Enhancing an object-oriented curriculum : Metacognitive assessment and training," *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Session 13b7*, pp. 13-19, November, 1999.
- [2] C. Schmid and A. Ali, "A web-based system for control engineering education," *American Control Conference*, pp. 3463-3467, June, 2000.
- [3] H. S. Rzepa and A. P. Tonge, "VchemLab : A virtual chemistry laboratory. The storage, retrieval, and display of chemical information using standard internet tools," *J. Chem. Inf. Comput. Sci.*, vol. 33, pp. 1048-1053, September, 1998.
- [4] 이경용, 신동일, 이의수, "회분식 증류공정의 웹기반 가상 실험 시스템 개발", *화학공학의 이론과 응용*, vol. 6, no. 2, pp. 3037-3040, 2000.
- [5] B. Nicholas, "A virtual world for operator training," *Chem. Eng. Prog.*, vol. 102, no. 5, pp. 135-140, 1995.
- [6] J. T. Bell and H. S. Fogler, "Vicher : A virtual reality based educational module for chemical reaction engineering," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 4, no. 4, pp. 285-290, 1996.
- [7] Maria de los Angeles Constantino-Gonzalez, "A coached collaborative learning environment for entity-relationship modeling," *ITS2000*, pp. 325-333, 2000.
- [8] 이민호, 회분식 증류공정의 운용전략에 따른 최적 환류 비모델 개발, 공학석사논문, 동국대학교, 1998.
- [9] 신동일, 이경용, 이의수, "웹기반 화학단위공정 가상실험시스템 개발," *한국자동제어학술회의논문집(KACC-2000)*, pp. 313-316, 2000.
- [10] D. Shin, E. S. Yoon, S. J. Park, and E. S. Lee, "Web-based interactive virtual laboratory system for unit operations and PSE education," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 24, no. 2-7, pp. 1381-1385, 2000.



이 경 용
 1976년 06월 16일생. 1999년 한서대학교 화학공학과 (공학사). 2001년 동국대학교 화학공학과 (공학석사). 2001년~현재 삼경정보통신(주) 연구원. 관심분야는 컴퓨터이용제어시스템, 공정정보시스템, 영상처리.



신 동 일
 1965년 03월 24일생. 1987년 서울대학교 화학공학과 (공학사). 1989년 서울대학교 화학공학과 (공학석사). 1997년 Purdue Univ. (공학박사). 2002년~현재 명지대학교 화학공학과 교수 관심분야는 공정시스템, 지능시스템, 생체제어시스템.

**이 의 수**

1955년 03월 30일생. 1978년 서울대학교 화학공학과 (공학사). 1980년 한국과학기술원 화학공학과 (공학석사). 1988년 Purdue Univ. (공학박사). 1978년~1994 (주)제철화학 연구실장 1994년~현재 동국대학교 화학공학과 교수 관심분야는 화학공정 제어, 조업 스케줄링, 회분식증류.