

분무건조공정의 인터넷 가상실험시스템 개발

강준영 · 이승주

동국대학교 식품공학과

Internet Virtual Experimentation System for Spray Drying

Jun Young Kang and Seung Ju Lee

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

Abstract

A virtual experimentation system through internet was developed for spray drying simulation. First, on a designated web site, operation variables were inputted as initial conditions and transferred to a server. Then a cgi program in the server was called and simulation program worked to estimate the process variables during spray drying. The estimates were stored as a text file and transferred to client computer. A view program in the client showed the results of the simulation in the forms of graph and table. The system was programmed with text file editor, Visual C++ 4.0 and Visual Basic 5.0. The simulation algorithm was made with heat and mass balances and transfers between liquid drop and surrounding air in spray drying. Consequently, the client computer could show the simulation results successfully to the users, by which an education for students or professional workers could be possible in remote conditions.

Key words: internet, virtual experimentation, spray drying

서 론

최근의 급속한 컴퓨터 보급 및 통신망 환경의 확대에 의하여 원격교육이 가능하게 되었다(양영순과 조은순, 1998). 원격교육은 교사와 학습자 간에 활발한 상호작용을 제공할 수 있는 수단이 마련된다면 긍정적인 효과를 거둘 수 있다(강인애, 1996; 박경환과 문석원, 1998). 여러 대학에서는 원격교육시스템을 독자적으로 혹은 공동으로 구축하고 있으며 일부 웹 사이트에서도 구축하고 있는 실정이다(신동일 등, 1998; 서울대학교 가상대학 URL; 인터넷 가상 실험실 URL).

현재 원격교육에서는 교수/학습에 관한 사항만 주로 다루고 있을 뿐, 이공학 분야의 경우 기기 및 장치를 이용하여 실험하는 부분에서는 그 수단이 부족한 상태이다(박경환과 문석원, 1998). 현장 실험실습교육에서는 장비조작의 위험 가능성, 실험 장소, 실험실습장비 구비의 재정적 어려움 등으로 인한 제약 조건 따

르기 마련이다.

한편, 시뮬레이션(simulation, 모의실험)은 실험실습대상을 모델링하고 실험조건을 입력하여 컴퓨터로 가상적인 실험결과를 예측하는 과정으로서 공학계의 경우 일반적인 사례로 알려져 있다. 모의실험용 시뮬레이터는 특정 장소의 컴퓨터에서만 실행 가능하기 때문에 많은 실습자가 함께 사용하는데 한계가 있다. 만약, 인터넷 기반으로 컴퓨터 모의실험이 가능하게 된다면 여러 실습자가 장소에 제한없이 동시에 사용할 수 있는 가상의 실험실습이 가능하게 될 것이다. 그러나 식품분야에서 인터넷을 통한 가상실험은 일부 연구자에 의하여 시도는 되고 있으나 아직 그 결과들이 발표되어 있지 않다.

결과적으로 가까운 미래에 보편화될 수 있는 원격교육 환경 하에서 특히 실험실습교육을 중요시하는 식품분야에도 인터넷 가상실험의 도입이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 인터넷 가상실험의 적용을 식품분야에 시도하였다. 즉, 대학에서 장치의 구비 및 그 사용에 어려움이 있는 병류식 분무건조공정을 예로 하여 운전조건을 입력하고 실험 결과를 관찰할 수 있는

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

인터넷 가상실험시스템을 개발하였다.

가상실험시스템의 구조

인터넷을 통한 가상실험시스템은 일반적으로 세가지 부분으로 구성된다. 즉, 사용자가 컴퓨터상에서 실험할 수 있는 입출력을 위한 user interface(UI) 모듈, 실험을 시뮬레이션할 수 있는 시뮬레이션 모듈, 가상실험의 진행을 관리하는 실험관리 모듈을 들 수 있다(강태인 등, 1999; 박문규 등, 1998). 본 연구에서는 가상실험 시스템에 실질적으로 필요한 UI 모듈과 시뮬레이션 모듈만을 구축하였다.

UI 모듈은 사용자가 분무건조공정의 실험조건을 입력할 수 있고, 실험결과를 graph나 table로 가시적으로 보여주는 기능을 담당한다. 시뮬레이션 모듈은 주어진 실험조건에 대하여 결과를 산출한다.

Networking

가상실험시스템을 구현할 수 있는 server/client의 networking 방법으로는 크게 simulative 방식과 interactive 방식이 가능한데(강태인 등, 1999; 박문규 등, 1998), 본 연구에서는 simulative 방식을 적용하였다(Fig. 1). 즉, client 컴퓨터에서 인터넷 web browser인 Netscape나 Explorer를 통하여 server 컴퓨터에 접속이 되면 server의 cgi에 의하여 UI에 필요한 *.dll file이 client로 전송이 된다. Client의 사용자로부터 입력된 실험조건이 server로 전송되면 text file로 만들어지고, 분무건조공정 시뮬레이션 모듈에 의하여 생성된 실험결과와 text file이 client로 전송된다. 실험결과 file은 UI에 의하여 graph나 table로 표현된다.

분무건조공정 모델링

식품분야에 인터넷 가상실험시스템의 시도를 위한

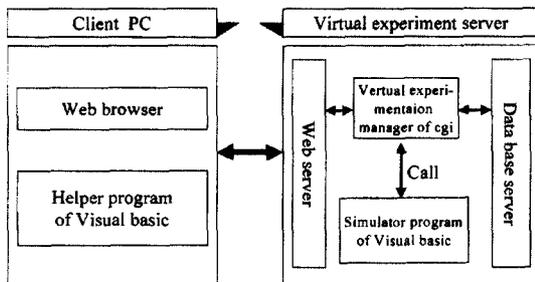


Fig. 1. Structure of virtual experiment through internet.

연구 목적에 따라 구체적인 분무건조 수학적 모델링 과정은 본문에서 생략하였다(Lijn, 1976; 김희택, 1978). 그 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

병류식 분무건조공정을 모델링 대상으로 하였다. 액적의 운동은 2차원 좌표계로서 수평방향과 수직방향을 고려하였고, 건조되는 과정에서 액적의 온도 및 수분함량 변화를 산출하기 위한 열 및 물질 수지식을 고려하였다. 특히 물질수지의 경우 감률건조구간에 대한 액적의 증기압 모델식을 적용하였다. 관련된 공기의 물리적 성질인 diffusivity, humid heat, 비열, humid volume, 밀도, 점도, 열전도계수는 실험식으로 대체하였다.

시뮬레이션을 위한 여러 가지 초기 조건 중 액적의 초기 수평분무속도(회전원반식에 해당), 수분함량, 직경과 공기의 초기 온도, 습도를 입력변수로 정하였고 그 결과로서 액적의 수분함량, 온도, 수평운동속도와 공기의 온도, 습도 변화가 산출되도록 하였다. 특히, 액적의 수평운동속도는 분무건조기의 건조실 직경을 설계하는데 중요한 인자로서 이에 관한 가상실험은 매우 큰 의미를 갖는다. 시뮬레이션의 수치해석에는 Runge-kutta법을 적용하였다.

컴퓨터 프로그램

프로그램은 크게 UI 모듈, cgi 모듈, 시뮬레이션 모듈로 나누어서 구성하였다. UI는 실험조건을 입력할 수 있는 html 문서와 실험결과를 보여주는 *.dll file로 작성하였다. *.dll file은 Visual Basic 5.0 graph 및

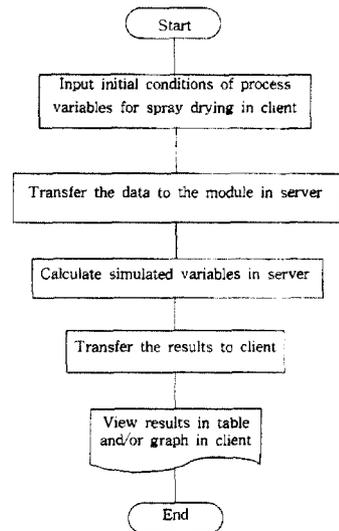


Fig. 2. Flowchart for virtual experimentation.

되어 이 조건에 따라 수행된 실험결과가 다시 client로 전송되어 table이나 graph 형태로 사용자에게 보여진다.

가상실험의 실시

인터넷 web browser를 사용하여 주소란에 url을 입력한 후 접속한다. 만일 처음으로 접속한 경우라면 가상실험에 앞서 UI를 위한 *.dll file을 전송받는다.

가상실험의 화면(Fig. 3)은 크게 세가지로 구성되어, 초기화면(Fig. 3-a)에서는 가상실험에 관한 설명을 볼 수 있으며, 입력화면(Fig. 3-b)에서는 사용자가 실험조건을 입력할 수 있다. 출력화면(Fig. 3-c)에서는 입력된 실험조건에 의하여 연산된 가상의 실험결과를 볼 수 있다. 출력화면은 분무건조의 진행과정을 graph와 table로 동시에 보여 준다. 또한 각 화면에서는 사용자의 프로그램 사용법과 분무건조공정의 이해를 돕기 위한 도움말을 열어 볼 수 있다. 실험 결과는 대상 button을 사용하여 선택적으로 관찰할 수 있다.

기대 효과

분무건조공정의 가상실험으로부터 건조기 작동조건에 따른 여러 공정변수의 변화 경향과 크기; 건조기의 설계 방향 등을 효과적으로 예측할 수 있었다. 그러나 본 연구의 보다 근본적인 효과는 식품 분야에 원격상에서 여러 실습자가 수행할 수 있는 가상적인 실험시스템 구축의 방법론을 소개하였다는데 둘 수 있다. 따라서 앞으로 실험 대상을 보다 확충해서 가상실험시스템을 개발한다면 21세기에 걸맞는 학생 또는 실무종사자의 실험실습교육이나 공정개선이 가능하게 될 것으로 기대된다.

요 약

인터넷을 통하여 시뮬레이션 프로그램을 가동할 수 있는 가상실험시스템을 분무건조공정에 적용하였다. 가상실험시스템은 UI 모듈, cgi 모듈, 시뮬레이션 모듈로 구성하였다. Web browser를 통하여 server에 접속되면 cgi에 의하여 UI를 위한 html과 *.dll file이 client로 전송된다. 실험조건이 client로부터 server로 전송되면 text file로 형성되며 다시 시뮬레이션 모듈로부터 생성된 text file이 client로 전송된다. 실험결과는 UI에 의하여 graph와 table의 형태로 표현된다. 분무건조공정 모델링은 병류식을 대상으로 2차원 좌표계의 액적 운동과 건조 과정의 열 및 물질 수지식을 고려하여 작성하였

Fig. 3. Screens shown during virtual experimentation through internet. (a), Start window view; (b), Input window view; (c), Output window view.

table의 active X 기능을 갖는다. 전송 기능을 위한 cgi 모듈은 Visual C++ 4.0 실행 file로, 그리고 시뮬레이션 모듈은 Visual Basic 5.0 실행 file로 작성하였다.

프로그램 작동 진행과정은 Fig. 2와 같이 client 컴퓨터에서 웹 브라우저를 통해 설정된 실험조건이 server 컴퓨터로 전송된 후, server의 가상실험 시뮬레이터가 실행

다. 그 결과 인터넷 가상실험시스템으로부터 여러 실험조건에 대한 가상실험이 가능하였고, 이로부터 분무건조공정 조건의 설정 및 설계에 대한 실험교육에 크게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 동국대학교 연구비 지원 및 한국학술진흥재단 대학 부설연구소 지원사업에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문헌

- 강인애. 1996. 컴퓨터 네트워크에 의한 수업과 구성주의: 교육적 활용과 의미. 정보과학회지 **14**(12): 15-29
- 강태인, 이태주, 신동일, 박상진, 이의수. 1999. WWW를 이용한 화학공정 가상실험시스템: Framework 설계 및 구축. 화학공학의 이론과 응용 **5**(1): 441-444
- 곽문규, 조형제, 박준영, 이의수, 이호용. 1998. 가상 실험 실습실 구현에 관한 연구. 한국공학기술학회 공학교육학술대회 논문집 1998년 11월호: 109-114
- 김희택. 1978. 회전원반식 분무건조기에 대한 수학적 모델링. 한양대학교 석사학위 논문
- 박경환, 문석원. 1998. 사용자간 상호작용 지향적 가상교육 시스템의 설계 및 구현. 멀티미디어 학회 논문지 **1**(2): 215-223
- 서울대학교 가상대학 URL: <http://snuvc.snu.ac.kr/>
- 신동일, 이태주, 강태인, 박상진, 이의수. 1998. Internet상에서의 화학공정 가상실험시스템 개발. 화학공학의 이론과 응용 **4**(2): 2321-2324
- 양영순, 조은순. 1998. 원격 교육의 이해와 적용. 예지각, 서울, 대한민국
- 인터넷 가상 실험실 URL: http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/
- Lijn, J. van der. 1976. Simulation of heat and mass transfer in spray drying. Ph.D. thesis, Technical University Wageningen, Netherlands