

가상 레이저가공 시뮬레이션 프로그램 구축

방세윤[#], 이호용^{*}, 임중연^{*}, 신귀성^{**}, 윤경구^{***}, 황경현^{***}

Development of a Simulation Program for Virtual Laser Machining

Se Yoon Bang[#], Ho Yong Lee^{*}, Joong Yeon Lim^{*}, Kui Sung Shin^{**}, Kyung Koo Yoon^{***}
and Kyung Hyun Whang^{***}

ABSTRACT

A simulator for virtual laser machining is developed to help understanding and predicting the effects of machining parameters on the final machined results. Main program is based on the model for polymer ablation with short pulse excimer lasers. Version I of the simulator is built using Visual Fortran to make the user work under visual environment such as Windows on PC, where the important machining parameters can be input via dialog box and the calculated results for machined shape, beam fluence, and temperature distribution can be plotted through the 2-D graphics windows. Version II of the simulator is built using HTML, CGI and JAVA languages, allowing the user to control the input parameters and to see the results plot through the internet.

Key Words : Virtual laser machining(가상 레이저가공), Polymer ablation(폴리머 어블레이션), Excimer lasers (엑사이머 레이저), Visual Fortran(비주얼 포트란)

1. 서론

레이저는 그 특징인 고출력성, 집속성, 단파장 성 등으로 인해 다른 재료 가공공정에 비해 많은 장점이 있다. 이러한 레이저의 장점을 이용한 레이저 응용 미세 가공기술은 현대의 고부가가치 제품 및 첨단기술제품 생산을 위한 필수적인 요건이다. 실리콘이나 유리 위의 금속 코팅층에서의 레이저빔을 이용한 어블레이션 가공기술은 미세 기계요소 제작에 필수적인 기술로서 여러 선진국에서 연구되어 왔다. 국내에서도 비금속의 미세가공기술에 대하

여 자외선 레이저를 이용한 어블레이션 가공¹ 등 여러 가지 관련기술에 관한 관심이 증대됨에 따라 갖가지 레이저 가공에 관한 실험데이터의 구축 및 초보자의 이해를 돋기 위한 가공관련 시뮬레이션 프로그램의 구축이 절실히 필요한 상태이다. 최근 들어 가상 가공 시스템을 구축해 사용자의 이해와 편의를 돋거나 인터넷 환경에서 여러 사용자가 이용할 수 있도록 하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.^{2,3,4} 레이저 가공에 관해서도 가상 가공 시스템을 구축하여 실제 실험시 장비 구축 및 실험 진행에 소요되는 경비 및 시간을 절감하고자 하는 노

접수일: 2005년 2월 11일; 게재승인일: 2005년 5월 13일

교신 저자: 동국대학교 기계공학과

E-mail sybang@dgu.edu · Tel. (02) 2260-3704

* 동국대학교 기계공학과

** 동국대학교 대학원

*** 한국기계연구원

력이 요구되고 있다. 가상 가공 시스템을 설계하기 위해서는 기 발표된 여러 가지 레이저 가공실험 데이터를 데이터 베이스화하는 과정을 필요로 한다. 또한, 사용자가 이미 개발된 시뮬레이션 프로그램 코드를 이용하여 여러 가지 가공변수 및 실험재료의 물성치를 이용, 원하는 결과값을 산출하기 위해서는 보다 더 비주얼한 형태로 시뮬레이션 결과 데이터를 출력하는 과정이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 과정중의 하나로 기 발표된 폴리머의 레이저 어블레이션 가공 모델⁵과 실험 데이터를 이용하여 사용자가 보다 더 쉽고 사용하기 편리하게 가상의 레이저 가공실험을 시뮬레이션 하기 위한 프로그램을 구축하였다. 대상 소재는 PI, 폴리우레탄, PMMA 등의 폴리머이며, 광범위한 레이저 에너지 범위에서 정지된 상태로 어블레이션 가공하는 경우에 적용할 수 있도록 하였다. 시뮬레이터는 크게 두 가지 다른 버전으로 구축되었는데, 첫 버전은 PC(personal computer)의 윈도우(Windows) 환경에서 비주얼 언어를 활용하여 기존의 포트란으로 작성된 레이저 가공 시뮬레이션 소스 프로그램을 이용하면서 동시에 사용자의 편의를 고려한 GUI를 구축하였으며, 계산된 결과를 2차원 그래프로 출력하기 위해 내장된 Scigraph 모듈을 적용하였다. 두 번째 버전은 인터넷을 통해 웹상에서 직접 사용자가 대화형식으로 입력과 출력을 제어하고 체험할 수 있도록 구축하였다.

2. 윈도우 환경에서의 GUI 구축

일반적으로 실제의 현상을 해석하는 과정에서 특히 엄밀해를 구하기 어렵거나 실험적으로 해석하기 곤란한 경우에는, 수학적인 모델을 구축하고 컴퓨터를 이용해 수치적으로 변수의 영향을 살펴보는 수치모사 방법이 애플리케이션되고 있다. 그러나 컴퓨터를 이용해 단순히 계산 결과를 수치값으로 보여주는 것은 결과 해독의 곤란함과 미숙련 사용자의 접근성 제한 등의 문제를 일으킨다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 그래픽 사용자 인터페이스(Graphical user interface, 이하 GUI로 칭함)를 통해 보다 시각적인 환경에서 사용자가 입력 및 변수를 제어하고 출력도 그래프나 표의 형태로 보다 해석하기 쉽게 보여주는 형태가 보편화하고 있다. C 언어나 비주얼 베이직 언어를 사용하면 이러한 비주얼 환경의 구축에 효과적이기는 하지만,

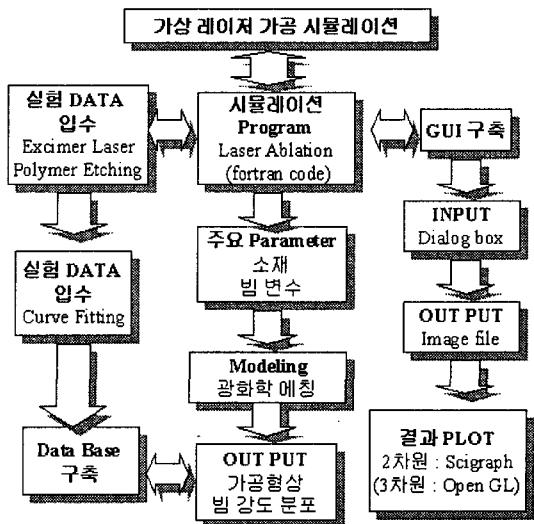


Fig. 1 Development procedure for the simulator

지금까지 계산의 효율성 측면에서 풍부하게 개발되었던 포트란 프로그램을 버리기는 너무나 아까운 설정이다. 따라서 비주얼 포트란 언어⁶를 활용해서 기존의 포트란으로 작성된 레이저 가공 시뮬레이션 소스 프로그램을 이용하면서 동시에 사용자의 편의를 고려한 GUI를 구축하였으며, 계산된 결과를 2차원 그래프로 출력하기 위해 Scigraph 모듈을 적용하였다.

2.1 프로그램의 구성

적절한 가공변수를 입력할 때, 모델로부터 구한 계산결과를 그래프로 출력하는 전 과정을 윈도우 환경에서 구현하기 위하여 비주얼 포트란 언어를 사용하여 시뮬레이터를 구축하였다. 전체적인 시뮬레이터의 기본적인 구조는 Fig. 1과 같다. 프로그램에 사용된 소재의 물성 변수값은 기존에 발표된 문헌 및 실험 데이터를 별도로 곡선 맞춤해 구하게 되며, 결과값은 프로그램의 데이터 베이스에 저장되어 사용자가 선택 가능하도록 한다.

메인 프로그램은 비주얼 포트란으로 작성되었으며 소재와 빔 변수 등에 관한 입력 데이터를 이용해 가공 형상 및 표면에서의 빔강도 분포를 산출하고 결과를 출력한다. 레이저 가공 과정을 시뮬레이션하기 위해 펄스레이저에 의한 폴리머재료의 어블레이션 가공 모델⁵을 채택하였다. 이 모델은 폴리머를 짧은 펄스의 엑사이머 레이저로 어블

레이션 가공할 때, 빔변수가 가공 결과에 미치는 영향을 파악하기 위해 빔의 집속 효과와 단순 어블레이션 모델⁷을 동시에 고려하고 있다. 상세한 모델링 과정은 선행 연구에 정리되어 있다.

데이터의 입출력은 기본적으로 텍스트 형태로 작성되었지만, 새롭게 GUI에 의해 사용자와 상호 대화 형태로 데이터를 입력하게 하고, 계산 결과는 비주얼 포트란에 내장된 Scigraph 모듈을 이용해 2차원 그래프로 화면에 출력하였다.

2.2 Quickwin

비주얼 포트란에서는 프로그래머가 그래픽 등 사용자 전용의 모듈을 구축하기 위한 여러 가지

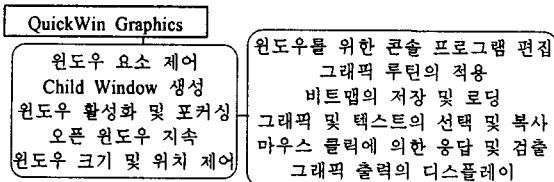


Fig. 2 Capabilities of QuickWin

지원을 하고 있는데 QuickWin 그래픽스나 Standard 그래픽스를 예로 들 수 있다. 그 중 윈도우 환경에서 간단하면서도 강력한 적용을 위해서는 QuickWin 라이브러리를 이용하는 것이 가장 배우기 쉽고 적용하기 쉬운 루틴이 된다. QuickWin은 실제 좌표계의 그래픽스, 텍스트 윈도우, 사용자 지정 메뉴, 마우스 이벤트 등 사용자가 익숙한 윈도우 체제로 이루어져 있으며 이러한 루틴은 프로그램 상에서 USE MSFLIB라는 명령어로 지정되어 제어된다. Fig. 2 에서는 이러한 QuickWin의 구성과 기능을 보여준다. 본 연구를 통해 구축된 시뮬레이터에서도 이를 채택하였다.

2.3 Input Dialog Box

종래의 포트란에서는 프로그램 수행시에 입력해주어야 할 여러 가지 변수 혹은 데이터 값을 프로그램 코드 자체에서 지정하는 방법과 파일을 통해 읽어들이거나 도스 창을 이용하여 사용자가 직접 입력하여주는 방식으로 수행되었다. 이러한 방식으로 입력 값을 주는 것이 사용자에게는 프로그램 전체의 구성을 정확히 이해하기가 힘들며 더욱 이 미숙련자에게는 매우 어려운 부분일 수 있다. 따라서, 좀더 시각적인 측면에서 이해하기 쉬우며

입력방법이 보다 더 효과적인 다이얼로그 박스를 이용하여 구성하였다. 실험에 사용된 가공시편의 물성치와 레이저빔변수 및 가공변수를 정의할 수 있도록 하였으며, 가공에 대한 참고 그림 및 다이얼로그를 선택하여 PC상에 구현하도록 구성하였다. 입력모듈은 사용자의 입장에서 쉽게 선택할 수 있도록 하기 위하여 비주얼 포트란에서 지원하는 resource 루틴인 dialog 창을 이용하여 구성하였으며, 한 가지 경우에 대한 결과를 그래프로 출력한 후에는 다시 입력값을 변경할 수 있도록 함으로써 사용자가 원하는 바에 따라 프로그램이 연속으로 수행될 수 있게 구성하였다.

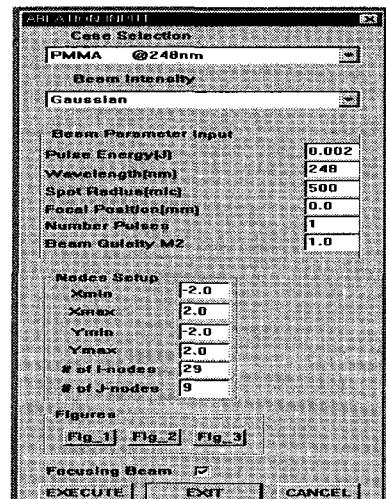


Fig. 3 Data input dialog box

다이얼로그 박스를 구성하기 위해서 프로그래머는 비주얼 포트란에서 지원하는 Resource 편집기를 이용하며, 전반적인 위치의 설정 및 박스 내에서 사용자가 인식하게 되는 요소의 형태를 지정하여 주는 편집 작업을 통해 비주얼한 대화 상자의 형태를 만들어주게 된다. 이러한 일종의 비주얼 편집기는 비주얼 베이직에서와 유사하게 scroll bars 및 button과 같은 여러 가지 입력형태로 구성되어 있다. 일반 사용자는 프로그램을 실행한 후 입력값을 선택하기 위해 화면의 좌측상단에 위치한 Fig. 3과 같은 다이얼로그 박스를 이용한다. 레이저 가공에 관련된 변수는 가공소재의 물성치, 레이저 파장, 빔에너지, 강도분포, 빔 quality factor M^2 , 빔의 초점 위치 등과 같은 빔변수와 그리고

대상 소재의 가공 및 계산범위 등을 조절하는 측정변수 등이 있으며, 다이얼로그 박스에 이러한 변수들을 설정하도록 구성되어 있다. List case control로 꾸며진 case selection, 범 강도분포 선택창을 이용해 소재의 종류 및 범의 파장과 범 강도를 마우스로 선택할 수 있다. Edit box로 이루어진 범변수 입력과 절점 설정 편집창을 이용하여 사용자 자신이 원하는 변수값들을 입력한다.

2.4 Child Windows

프로그램 수행 후 계산된 결과를 일정한 그래프 혹은 다른 여러 가지 형태로 출력시키고자 할 때는 사용자가 원하는 순서대로 작업창을 만들어 화면에 나타내는 과정이 필요하다. 프로그래머는 프로그램 내의 결과를 출력하는 출력 작업창을 만들어 주어야 하며, 특히 QuickWin 그래픽 사용시에는 일종의 child 윈도우를 생성시켜 사용할 수 있다. 비주얼 포트란에서는 간단한 open 문장을 이용해 30개까지의 child 윈도우를 생성시킬 수가 있으며 이러한 창들은 윈도우 properties를 지정하여 구성할 수 있고 PC 화면내에서 차지하는 위치와 크기를 프로그래머가 적절히 정하여 사용자가 보기 쉬운 형태로 구성할 수 있다. 윈도우 체제에서는 각각의 창들이 동시에 활성화가 되어있지는 않으므로 프로그램 구동중에는 가장 마지막에 열었던 윈도우가 활성화된 것으로 인식할 수 있기 때문에, 업데이트되는 결과값들을 적절한 child 윈도우로 출력하기 위해서는 해당되는 창을 활성화 시켜 주어야 한다. 이러한 창을 효율적으로 이용하면 여러 종류의 결과 출력을 동시에 할 수 있으며 사용자에게 좀더 가시적인 효과까지 얻어낼 수 있다. 한편 실험에 연관된 이미지 파일 및 첨부파일을 사용자가 선택시 image loading 루틴을 이용해 프로그램 수행중 화면상에 출력할 수 있다.

2.5 내장된 Scigraph를 이용한 2차원 출력

구축된 시뮬레이터에서는 계산모듈에서 얻어진 출력 데이터 파일로부터 비주얼 포트란의 QuickWin과 그래픽 라이브러리를 이용하여, 소재의 표면위치에 따른 가공형상과 범강도 분포의 2차원 그래프 출력을 수행한다. 특히 펠스수의 증가에 따라 형상이 변화하는 과정을 연속적으로 그래픽창에 업데이트할 수 있도록 구성하였다. 2차원 결과 출력창은 비주얼 포트란의 내장 그래픽

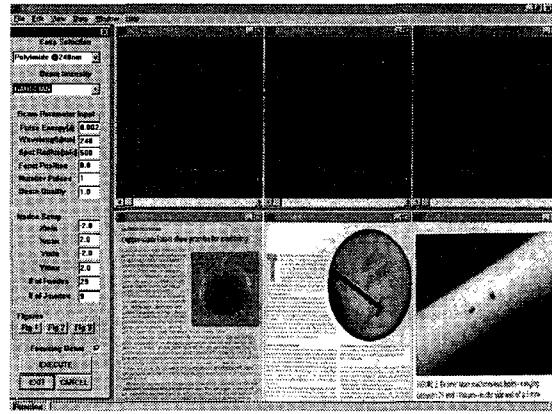


Fig. 4 Window output during execution of simulation program

모듈인 Scigraph를 이용하였다.

Fig. 4는 프로그램 수행시 디스플레이 되는 GUI 화면으로 화면 좌측의 다이얼로그 박스는 사용자가 프로그램에서 제한하는 각각의 변수값을 지정시켜 주는 부분이며, 우측 상단의 그래프는 가공된 소재의 깊이와 레이저 조사량을 표현해준다. 우측 하단의 이미지는 레이저 가공에 관련된 이미지로 사용자 나름대로의 지정으로 구성된다. 사용자는 프로그램 수행시에 초기화면으로 메시지 박스를 통해 기본적인 도움 지식을 갖게 되고, 이어서 다이얼로그박스를 통해 자신이 원하는 변수값 및 참고그림을 입력 및 출력할 수 있게 된다. 이때 프로그램 내에서 허용되는 가공변수를 입력시킨 후 실행 버튼을 마우스로 클릭하게 되면 가공에 따른 결과 데이터를 2차원 Scigraph를 이용한 xy-그래프 형태로 화면에서 볼 수 있게 된다.

3. 웹 환경에서의 시뮬레이터 구축

최근 인터넷의 발전과 더불어 전 세계의 많은 사람들이 컴퓨터를 이용한 가상공간에서 서로의 정보를 교환하며 정보화 시대의 매체로서의 인터넷을 주요 도구로 이용하고 있는 실정이며 특히, 이러한 정보매체도구로서의 인터넷은 꾸준히 발전하게 되어 과거 자료 교환만을 목적으로 하던 인터넷이 이제는 사용자가 실제적으로 체험할 수 없었던 여러 상황을 가상현실^{2,3}이라는 매체를 이용하여 웹 상에서 직접 체험할 수 있게 하는 정보의

상호 대화 형식으로까지 발전하게 되었다.

이러한 인터넷의 범용성에 착안하여 2장에 서술된 PC의 윈도우 환경에서의 GUI 구축에 이어, 두 번째 버전으로 인터넷상에서 가상적으로 레이저 어블레이션 실험을 하기 위한 웹 상에서의 가상 실험 시스템을 구현하였다.

3.1 웹 상에서의 가상실험실 및 서버구축

일반적으로 웹 상에서의 가상 공간을 만들기 위하여 먼저, 서버는 홈페이지라고 하는 기본적인 웹 주소를 가지고 있어야 한다. 이러한 웹 주소는 가상실험실을 구축하기 위하여 필요한 서버와 이를 이용하여 실험을 할 클라이언트간의 상호자료교환이 가능하게 하며, 클라이언트는 서버에 있는 실험도구를 이용하여 자신의 PC를 통하여 가상실험을 할 수 있게 된다.

이러한 시스템은 Fig. 5에서 보는 것처럼 구성되어 있으며, 클라이언트가 요구하는 데이터를 서버의 PC에 전달, 시뮬레이터를 구동시키는 역할을 위하여 CGI(Common Gateway Interface)라는 인터페이스용 언어를 이용한다.⁸ 본 연구에서는 Microsoft사의 운영체제중 하나인 윈도우 NT 서버를 이용하여 가상실험 서버를 구축하였고 웹 주소는 서버의 IP 주소를 이용하였으며 이러한 서버는 실험에 필요한 시뮬레이터를 보유하여 사용자가 요구하는 가상실험을 수행하는 역할을 갖는다. 본 연구에서는 가상 실험을 구축하기 위하여 기본적으로 HTML 언어를 이용하여 홈페이지의 틀을 구축하였다. HTML은 웹상에서 인터넷 사용자들에게 운용자가 자신의 웹사이트를 보여주기 위한 기본적인 코딩언어이다. 사용자가 가상실험실 웹사이트에 들어오면 먼저 레이저 가공실험에 대한 기본적인 설명과 함께 실험에 쓰인 여러 가지 장

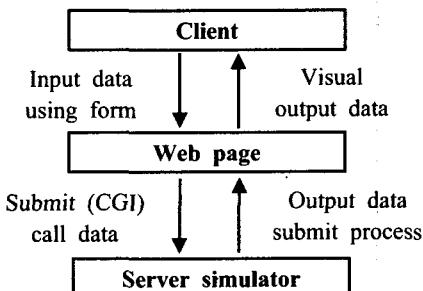


Fig. 5 Concern client with server on Web

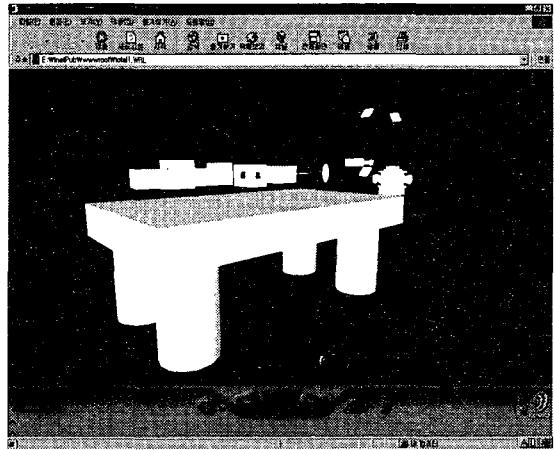


Fig. 6 3-D Introduction of laser ablation experimental set-up using VRML

비의 스펙에 관한 설명을 볼 수 있으며 Fig. 6은 솔리드웍스(Solidworks)를 활용하여 레이저 가공실험에 사용되는 장비 및 시스템을 구축하고, VRML을 이용하여 3차원 형태로 구현하여 보여주는 부분이다.

3.2 가상 가공 시뮬레이터

서버가 보유하여 웹 상에서의 레이저 가공 가상실험에 사용되는 시뮬레이터는 2장에서 설명한 폴리머재료에 대한 레이저 어블레이션 가공 시뮬레이터와 어블레이션 가공에서 사용하게 되는 재료 물성치 맞춤(fitting) 시뮬레이터⁵를 이용하였다.

레이저 가공에 관련된 가공소재의 물성치, 빔 변수와 그리고 대상 소재의 가공 및 계산범위 등을 조절하는 측정변수 등의 입력변수는 데이터 파일 형식으로 입력되게 하였다. 이러한 입력조건에 따라 시뮬레이터 내에서 계산이 수행되고, 각각 재료가공부 표면의 레이저 조사량, 가공깊이의 분포 값으로 출력된다.

레이저 가공 시뮬레이터를 이용하기 위해서는 실험으로 얻은 에칭깊이로부터 모델에 필요한 소재의 소재의 물성치에 해당하는 임계 레이저 조사량, 빔 흡수계수, 유효 활성화 에너지값, 관련 계수값을 구하여 변수값으로 넣어주어야 한다. 보다 상세한 내용은 저자의 별도 논문⁶에 상세히 정리되어 있다. 이러한 소재의 물성치는 실험데이터에 따른 피팅 시뮬레이터에서 계산되며, 모델식에 따

라 최소자승법에 의한 맞춤 과정을 거쳐 계산된 결과는 각각의 폴리머 재료에 해당하는 변수 물성치와 그에 따른 곡선맞춤 데이터로 출력된다.

이 두 가지 시뮬레이터는 실행파일로 구동되며, 입력되는 데이터 파일은 시뮬레이터 안에서 계산되고 결과 출력 값은 데이터 파일로 표현되는데 각각 (i)가공부 표면의 레이저 조사량, 가공깊이 분포값, (ii)곡선 맞춤을 통해 구한 변수값과 곡선 맞춤 데이터 값으로 구성되어 있다.

3.3 CGI를 이용한 입력부분

인터넷상에서의 가상실험실의 가장 중요한 요소는 위에 요약한 것과 같이 서버를 웹 상에서 구축한 후에 가상실험에 사용할 시뮬레이터를 서버에서 보유하고, 웹 상에서 사용자들이 시뮬레이터를 운용하여 결과를 확인하는 것이라 할 수 있다.

이러한 일련의 작업을 수행하기 위하여는 상호대화를 할 수 있는 인터페이스가 구축이 되어있어야 하는데 이를 구현하여 주는 것이 CGI 파일이다. 본 연구에서의 모든 CGI 파일들은 Perl 스크립트를 사용하여 작성하였으며 방식은 GET 방식을 사용하여 구성하였다. 이러한 파일들은 인터넷상에서의 클라이언트가 요구하는 데이터를 서버에 전송하여 주게 하며 반대로 서버가 응답하는 데이터를 다시 클라이언트에게 전달하는 역할을 하게 하여 가상실험을 구현하였다. Fig. 7 및 Fig. 8은 이러한 CGI를 이용하여 가상실험실내에서의 입력 품을 설정하여 주는 부분을 보여준다. Fig. 7은 곡선 맞춤을 통해 소재 물성치 변수를 계산할 수 있도록 실험을 통해 얻은 레이저 조사량에 대한 편스당 에칭 깊이의 데이터를 입력하는 창이다. Fig. 8은 PC의 원도우 환경에서의 데이터 입력창인 Fig. 3과 유사한 기능을 수행하는 빔변수 및 계산을 위한 그리드를 설정하는 입력창이다. 그림의 왼쪽은 사용자의 이해를 돋도록 설정해야 하는 입력부분에 대해 부가적으로 설명한 도움말창이다.

3.4 계산 및 출력부분

CGI를 이용하여 사용자가 입력한 변수들은 이제 3개의 데이터 파일형식- 조사량이 낮은 영역에서의 편스당 에칭 결과, 조사량이 높은 영역에서의 편스당 에칭결과, 계산을 위한 빔변수 및 그리드 설정값 파일 -으로 서버에 저장되며, 사용자가

Fig. 7 Fitting simulator input form using CGI

Fig. 8 Laser ablation input form using CGI

실험에 사용하게 되는 두 개의 시뮬레이터를 구동하게 되면, 이 시뮬레이터는 계산 후에 다시 4개의 데이터 파일형식의 결과물을 서버에 저장한다.

레이저 가공 시뮬레이터와 변수 fitting 시뮬레이터는 결과를 데이터 파일로 출력하기 때문에 실험결과를 사용자가 바로 확인할 수 없다. 때문에 웹 상에서 바로 결과를 확인하기 위하여 2차원의 그래프 형태로 결과를 화면상에 뿐려주는 장치가 필요하다. 본 연구에서는 기존에 자바 개발자들이 만들어 놓은 자바 프로그램⁹을 이용하여 이를 구현하였는데 2차원 xy 그래프의 형태를 출력하여 화면상에 디스플레이 하게 하는 자바애플릿을 선택하여 결과물을 출력하도록 하였다. Fig. 9 및 Fig. 10은 시뮬레이터가 사용자의 데이터를 받아들여 실행한 후에 나오는 결과물을 2차원 형태의 xy 그래프로 화면상에 출력을 하는 부분으로 자바

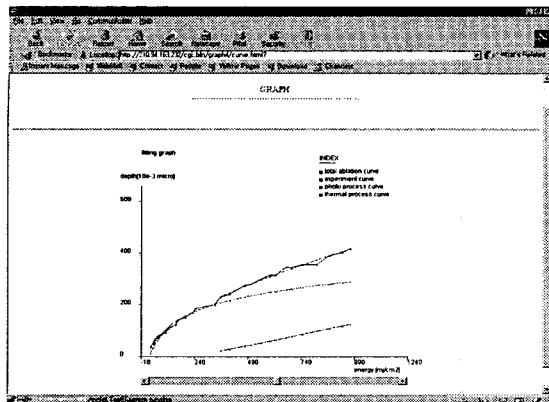


Fig. 9 Fitting data graph using JAVA

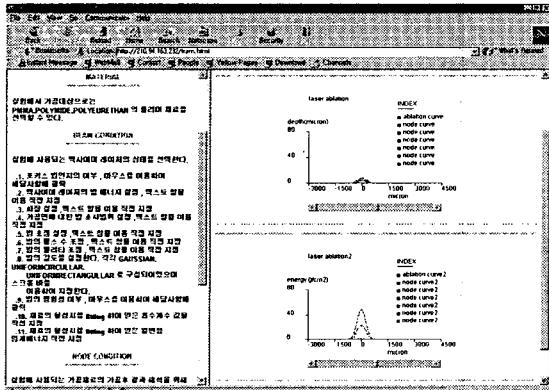


Fig. 10 Ablation data graph using JAVA

애플릿을 이용한 것이다. Fig. 9는 특정 폴리머 소재에 대해 레이저 조사량이 낮은 영역을 나타내는 광화학 에칭과 레이저 조사량이 높은 부분을 설명하는 열에칭 모델을 적용해 계산한 맞춤 결과를 보여 주고 있다. 실제 어플레이션 프로그램에서 사용하는 펜스당 에칭 예측 깊이는 두 결과를 합해 구해지는 값이 되며, 그림 중 검은 실선으로 보인 실험 결과를 잘 예측하고 있음을 확인할 수 있다. Fig. 10은 어블레이션 계산 결과 구해지는 가공 형상과 레이저 조사량을 나타내고 있으며, 각각의 x-위치에서 y-값에 따른 가공 깊이(μm) 및 레이저 조사량(J/cm^2)를 보여 준다.

3.5 가상 레이저 가공 실험 시스템

앞에서 언급하였듯이 레이저 가공 가상실험은 미리 제작된 2개의 포트란 시뮬레이터를 이용하여

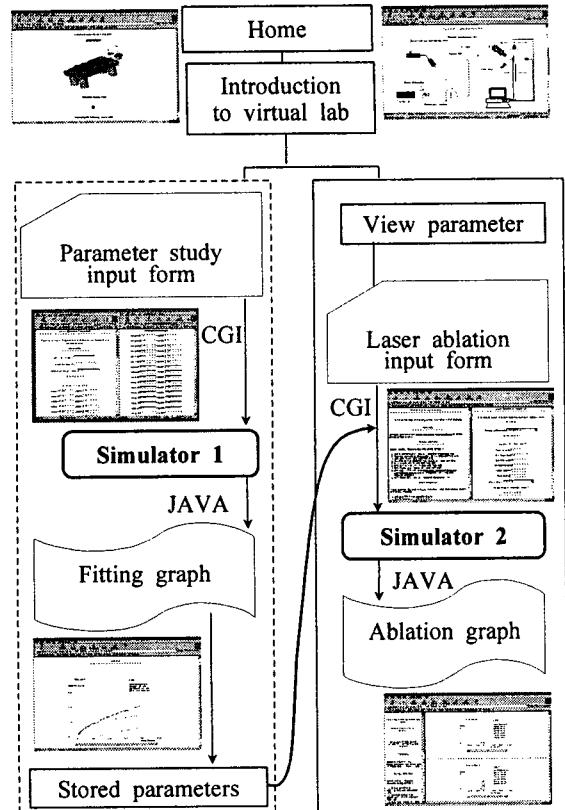


Fig. 11 Diagram of virtual laser experiment

인터넷 사용자가 입력형식을 바탕으로 넣어주는 변수값을 읽어 들여 이를 데이터 파일로 저장한 후 저장된 결과값을 CGI 인터페이스를 활용하여 시뮬레이터를 구동하고 결과값을 사용자의 PC상에 넘겨주는 형식으로 구성되어 있다. 그러한 일련의 과정들은 Fig. 11과 같이 구성되어 있으며, 그림은 현재 구성된 가상레이저 가공 실험 시스템의 순서를 나타내고 있다.

- (1) 사용자가 가상 레이저 가공실험실에 접속하면 먼저 실험실 전반에 관한 소개를 받게 된다. 대표적인 자외선 레이저를 이용한 어블레이션 실험 장치의 구성을 Fig. 11의 가장 위쪽 그림의 왼쪽 및 오른쪽과 같이 VRML을 이용한 3차원 형상 및 2차원 구성도 형태로 보여주게 된다.
- (2) 소재의 물성치 변수를 구하기 위해서는 피팅 시뮬레이터 (시뮬레이터 1)을 이용하며, 레이저 조사량에 따른 펜스당 에칭 깊이의 실험 데이터를 입력하게 된다.

- (3)이 입력은 CGI를 이용해 서버에 전송되고, 사용자가 피팅 시뮬레이터를 구동하면 결과가 데이터 파일로 저장된다.
- (4)한편 가상 실험을 진행하기 위해서는 어플레이션 가공 시뮬레이터 (시뮬레이터 2)를 이용하며, 범변수 및 그리드 설정 등에 관한 도움말과 함께 입력창을 통해 사용자가 직접 변수를 설정 및 입력하게 된다. 소재의 물성치는 위의 (3)단계에서 저장된 데이터를 활용하며, 물성치를 이미 알고 있으면 (2), (3)단계는 생략하고 직접 입력하면 된다.
- (5)위의 데이터 파일은 CGI를 이용해 서버에 전송되고, 사용자가 계산 시뮬레이터를 구동하면 결과가 데이터 파일로 저장된다.
- (6)JAVA 애플릿을 이용해 위의 (3) 및 (5)단계에서 계산된 결과 데이터를 2차원 그래프 형태로 사용자의 화면에 출력하게 된다.

4. 결론

본 연구에서는 기 발표된 폴리머의 레이저 어플레이션 가공 모델과 실험 데이터를 이용하여 사용자가 보다 더 쉽고 사용하기 편리하게 가상의 레이저 가공실험을 시뮬레이션하기 위한 프로그램을 구축하였다. 시뮬레이터는 다음과 같이 크게 두 가지 다른 버전으로 구축되었다.

- (1)비주얼 포트란을 이용해 기존의 포트란으로 작성된 레이저 가공 시뮬레이션 소스 프로그램을 이용하면서 동시에 사용자의 편의를 고려한 GUI를 구축하였으며, 내장된 2차원 그래픽 모듈을 이용해 계산결과를 화면상에 2차원 그래프로 출력하였다. 사용자는 데이터 입력 창을 통해 도움을 받아가며 편하게 설정 변수를 입력할 수 있으며, 계산 결과는 그래프로 화면에 출력되어 물리적인 의미의 이해를 도울 수 있다.
- (2)두 번째 버전은 인터넷을 통해 웹상에서 직접 사용자가 대화형식으로 입력과 출력을 제어하고 체험할 수 있도록 구축하였다. PC 윈도우 상에서 GUI를 이용해 시뮬레이터를 직접 활용하였던 부분을 확장하여, 다수의 사용자가 웹 상에서 손쉽게 입력조건을 변화시켜 가며 계산을 수행하고 계산 결과를 인터페이스 언어인 CGI와 JAVA를 이용하여 그래프형태로 디스플레이 하게 하였다.
- (3)레이저 조사량에 대한 폴스당 예칭 깊이의 기초

실험 데이터를 직접 시뮬레이션 창에 입력하고 최소 자승 맞춤을 이용하여 예상되는 물성치를 구할 수 있는 피팅 시뮬레이터를 개발하여 웹 상에서 자유로이 실험할 수 있는 시스템을 구축하였다.

개발된 시스템은 처음 실험에 접하는 사용자를 위해 여러 실험에 관련된 사항이나 내용을 보여줌으로써 교육의 효과도 기대할 수 있다. 또한 사용자가 네트워크 및 다른 가상공간상에서 가상 실험에 활용할 수 있는 하나의 시뮬레이터로서의 역할을 기대할 수 있으며, 실제 실험시의 비용이나 시간상의 비효율을 덜어주는데 큰 도움을 줄 것이다.

참고문헌

1. Bang, S. Y., Shin, K. S., Yoon, K. K. and Whang, K. H., "Modeling of Laser Micromachining of Quasi-three-dimensional Shapes," submitted to J. of KSPE.
2. Kong, S. H., Lee, S. D., Noh, S. D. and Lee, K. I., "Development of a Virtual Factory on Internet for a Virtual Manufacturing System," Proceedings of the KSME 1997 Fall Annual Meeting A, pp.927-932, 1997.
3. Yun, T. S., Cho, J. W., Kim, S. I. and Kwak, B. M., "Development of a Geometric Analysis and Virtual Manufacturing System for Gantry-Type 5-Axis Machining Centers," J. of KSPE, Vol. 15, No. 10, pp172-179, 1998.
4. Lee, S. D., Choi, H. J., Bang, S. Y., Lim, J. Y and Lee, H. Y., "A Study on the Real Time Analysis of Plastic Deformation Process using WWW (World Wide Web)," Transactions of Materials Processing, Vol. 12, No. 2, pp110-115, 2003.
5. Bang, S. Y. and Yoon, K. K., "Modeling of Polymer Ablation with Excimer Lasers," submitted to J. of KSPE.
6. Compaq, "Compaq Digital Visual Fortran Programmer's Guide," 1999.
7. Srinivasan, V., Smrtic, M.A. and Babu, S.V., "Excimer Laser Etching of Polymers," J. Applied Physics, Vol. 59, No. 11, pp3861-3867, 1986.
8. "CGI Bible," Youngjin Publishing Co.
9. "JAVA and JAVA Applet," Sigma Press.