

## 광학 부품의 웹 기반 쾌속제작 시스템

백창일, 추원식, 정우벽, 전우, 김치완, 성미정, 강지영, 안성훈\*  
(경상대학교 기계항공공학부)

### A Web-based Rapid Fabrication System for Optical Components

C. Baek, W. S. Chu, W. B. Jeong, W. Jeon, C. W. Kim, M. J. Seong, J. Y. Kang, and S. H. Ahn  
(School of Mechanical & Aerospace Engineering, Gyeong Sang National University)

#### ABSTRACT

In this paper the advantage of web technology applied to Rapid Prototyping is discussed. Two fabrication processes are chosen to be web-enabled. One, a post-process of FDM is developed to provide translucent plastic parts made of medical grade ABS material. The other, a system to fabricate laser machined Light Guide Panel is developed. In order to show the timesaving characteristics of the web-based tools, two websites are implemented (<http://nano.gsnu.ac.kr/fdm> & <http://nano.gsnu.ac.kr/laser>). The 3-tier architecture is applied for the Internet communication between designers and manufacturing sites. The integrated design tools and physical manufacturing processes enable designers to submit a new design and to receive the fabricated parts in an expedited manner. Example parts are fabricated using the web-based system to prove the concept of the web-based design and Rapid Prototyping.

**Key Words** : Rapid Prototyping (쾌속제작), World Wide Web (WWW), Internet (인터넷), Back Light Unit (BLU), Light Guide Panel (도광판), Fused Deposition Modeling (FDM), Translucent (반투명)

#### 1. 서론

쾌속조형(Rapid Prototyping) 또는 신속제작은 CAD 로 설계된 형상의 시작품을 신속하게 제작하여 제품개발에 소요되는 시간과 비용을 절감한다. 본 논문에서는 반 투명 FDM 과 도광판이라는 두 가지 광학적인 부품을 신속하게 생산할 수 있는 물리적인 공정에 대하여 기술한다. 그리고 이러한 공정들을 웹환경을 통하여 사용할 수 있는 웹기반 소프트웨어의 개발을 다루고자 한다.

#### 2. 반투명 FDM 공정

쾌속조형물의 기계적 강도나 색상 등이 대량생산공정으로 제작된 제품과 유사한 기능성 쾌속조형물을 제작하는 시도가 계속되었으며 여러 공정들이 개발되고있다. 대표적인 대량생산기술인 플라스틱 사출성형의 경우 반투명 또는 투명한 부품의 사용이 증가되면서 사출금형을 제작하기 전에 시작품의 광학적 특성, 예를 들어 투명도를 완성품과 유사하

게 제작하는 것이 관심의 대상이 되고 있다.

Stratasys 사의 FDM(Fused Deposition Modeling)은 ABS, 의료용 ABS(ABSi), 폴리카보네이트를 적층재료로 사용한다. 이 중 FDM 으로 제작된 ABSi 는 약간의 투명도를 제공하여(800nm 파장에서 투과율 1%미만) 후처리를 통해 투명도를 높일 가능성이 있다. 본 논문에서는 ABSi 로 시편을 제작하고 수지의 침투(infiltration)로 후처리(post-process) 하여 FDM 으로 제작된 시작품의 투명도를 향상시키는 실험에 대하여 설명하고자 한다.

#### 2.1 후처리 공정

광학적으로 투과율을 향상시키기 위해 ABSi 시편에 비결정질을 갖는 아크릴 수지를 침투시켰다. 시편을 진공에서 1분간 수지에 담근 후 30 초간 건조를 하고 이를 10 번 반복하였다(Fig. 1).

Fig. 2 는 아크릴 수지가 침투된 후의 시편의 마이크로 구조를 보여준다. 수지침투 후 공기 갭이 수지로 채워져서 ABSi 와 아크릴 수지의 경계가 잘 구별되지 않는다. 이렇게 충전된 수지로 인해 빛의

산란이 감소하여 결과적으로 투명도가 향상된다. 여러 가지 다른 공정조건의 시험시험 결과 약 26%의 투과율을 얻을 수 있었다 [1].

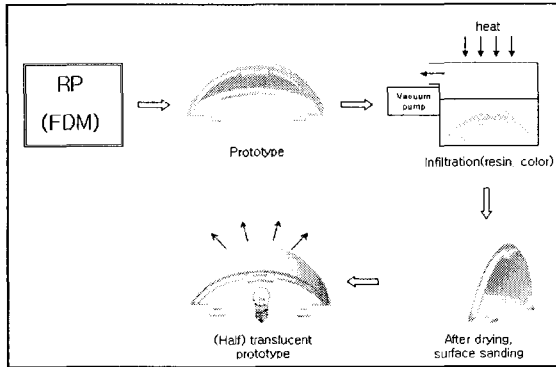


Fig. 1. The post-process of FDM ABS to obtain improved transmissivity.

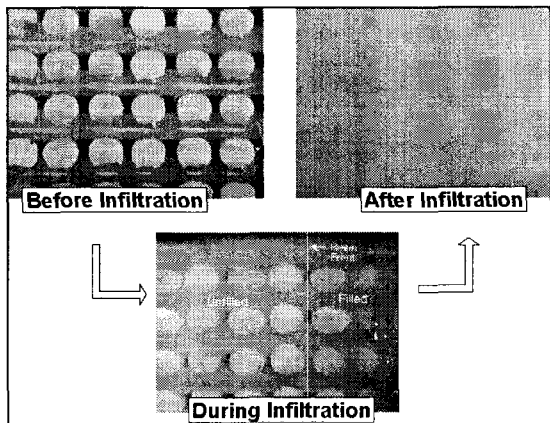


Fig. 2. Microscopic view of the resin infiltration process.

### 3. 레이저 가공 도광판

디스플레이 장치 중 TFT-LCD 는 자가 발생하는 광원이 없기 때문에 반드시 광원을 필요로 하고 Back Light Unit (BLU, Fig. 3 참조)은 TFT-LCD 의 뒤쪽에서 배면 광원으로 사용되고 있다.

BLU 의 주요 부품이라 할 수 있는 도광판(Light Guide Panel)은 광 반사 패턴으로 램프의 선 광원을 면 광원의 형태로 확산시키는 역할을 하며 재료로는 PMMA 수지가 주로 사용되고 있다. 현재 도광판의 광학적 패턴 형성을 위하여 적용되고 있는 제조 공법으로는 스크린 인쇄 방식, 사출 방식, 스텝핑 방식과 V 커팅 방식 등이 있다. 기존의 이러한 제조 방식들은 각 제품의 성능, 재현성, 제작 가격, 생산성과 관련하여 나름대로의 장단점을 지니고 있으며 일반적으로 전·후처리 공정이 필요하다.

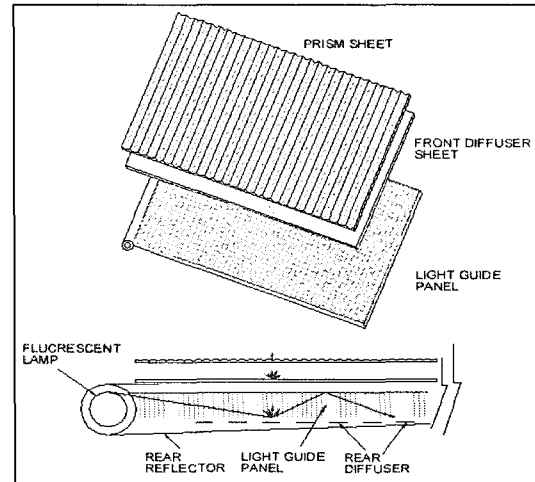


Fig. 3. Schematic diagram of a Back Light Unit.

본 연구에서는 빔 스캐닝 방식의 레이저 마킹 기술을 도광판 패턴 제작에 도입함으로써 고속, 고정도, 비접촉식 가공 방법을 시도하였다.

### 3.1 시스템 구성

Fig. 4 는 사용된 실험 장치의 개략적인 그림이다. 본 연구에서는 투명 재질인 PMMA 의 광 투과율을 고려하여 파장이 10.6 $\mu\text{m}$  인 CO<sub>2</sub> 레이저를 선정하였다. 위치제어방식은 안정성과 고정도화를 위하여 스테이지 방식을 사용하였다. CNC 컨트롤러와 레이저 컨트롤러의 동시제어를 위하여 하드웨어적인 인터페이스를 구축하였다.

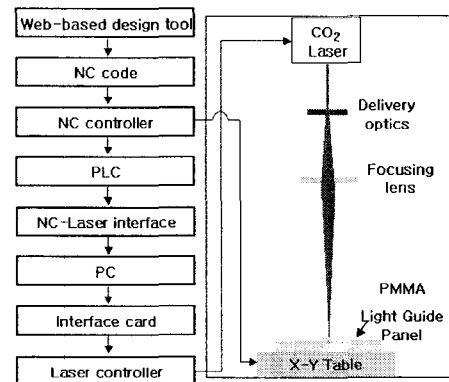


Fig. 4. Schematic diagram of the system configuration for laser machining.

Fig. 5 는 레이저에 의해 약 200 $\mu\text{m}$  의 폭으로 가공된 PMMA 의 단면을 보여준다. 단면의 형상은 V 커팅 등의 기계식 가공에 비해 손색이 없는 홈을 보여주며 레이저의 펄스와 파워를 제어하여 단면형상을 어느 정도 조절할 수 있다.



Fig. 5. Microscopic view of laser machined grooves for LGP.

#### 4. 웹 기반 디자인 시스템

위의 두 공정을 웹환경에서 사용하기 위하여 홈페이지를 개설하였으며 각 공정을 사용하는 시나리오는 다음과 같다.

##### 4.1 반투명 FDM

반투명 FDM 시작품을 제작하기 위해서 사용자는 먼저 CAD 로 제작하고자 하는 형상의 stl 파일을 생성한다. 이 stl 파일을 FDM 제작용 웹사이트인 Fused Deposition Modeling Advisory Service (FDMAS, <http://nano.gsnu.ac.kr/fdm>)에서 업로드하여 서버로 전송한다. 반투명 FDM 을 제작하기 위하여 ABSi 를 재료로 사용하고 후처리(post-process)에서 Acrylic Resin 을 선택한다(Fig. 6). 이러한 공정변수들은 제조자에게 전달되고 물리적인 후처리 공정을 거친 후 제작된 부품은 주문자에게 전달된다.

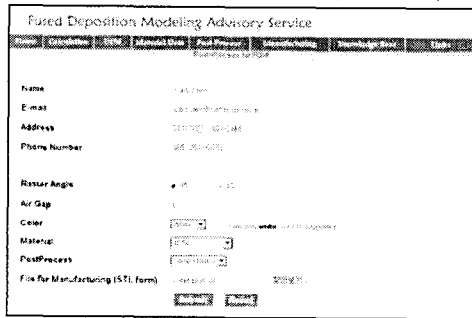


Fig. 6. User interface of FDMAS to fabricate translucent FDM parts.

##### 4.2 도광판 가공

사용자는 웹페이지(<http://nano.gsnu.ac.kr/laser>)에서 제공되는 도광판 패턴디자인 도구를 사용하여 홈의 간격을 설계한다. 이 도구는 웹상에서 베지에(Bezier) 커브를 사용하여, CAD 를 사용하지 않고 수 분 이내에 x 방향과 y 방향의 패턴을 생성할 수 있다(Fig. 7). 인터넷을 통해 도광판의 제작을 요청

하면 설계된 패턴은 레이저가공을 위한 NC 코드로 변환된다. 생성된 NC 코드는 웹브라우저로 즉시 확인 할 수 있고 다운로드 받을 수도 있다(Fig. 8).

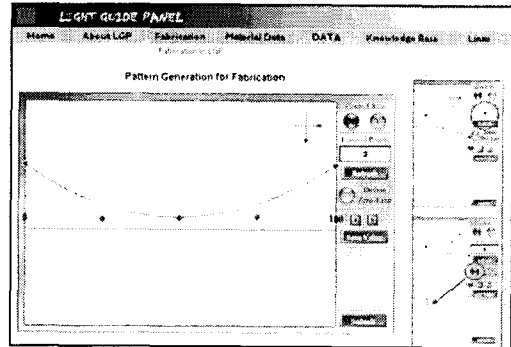


Fig. 7. User interface of web-based LGP design tool.

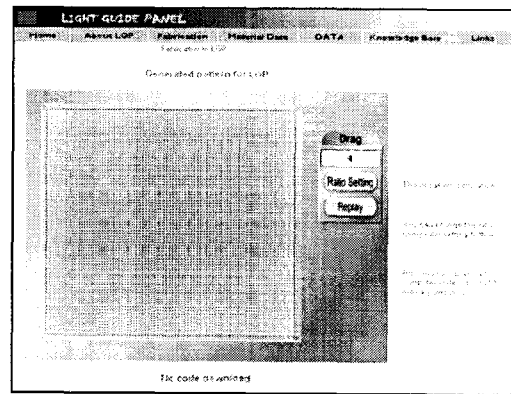


Fig. 8. Generated tool path for laser machining of LGP.

##### 4.3 통신체계

이러한 인터넷기반의 통신을 위하여 3 단계(3-tier) 통신체계를 사용하였다(Fig. 9). 제 1 단계는 웹 브라우저이며 공정변수의 선택과 웹기반 설계도구로 사용된다. 제 2 단계는 웹서버와 FDMAS 서버, 그리고 LGP 서버로서 웹페이지의 송신과 입력된 자료를 제 3 단계로 전달하는 중개역할을 맡는다. 제 3 단계는 공정관련 자료들을 제공하며 공정계획과 NC 코드를 생성하는 역할을 한다.

구체적인 부분에는 차이가 있겠으나 FDMAS 와 LGP 통신체계는 이러한 공통적인 요소들을 포함하여 웹기반 시스템을 형성한다. 웹기반의 통신은 설계자와 제작자를 연결하여 제 4 의 단계라고 할 수 있는 제작(fabrication)단계가 원거리의 제작자에 의해 이루어 질 수 있게 한다 [2]. 또는 설계자가 제작장비를 보유한 경우 웹기반의 공정계획만을 사용하여 현지에서 신속한 제작을 시도할 수 있다.

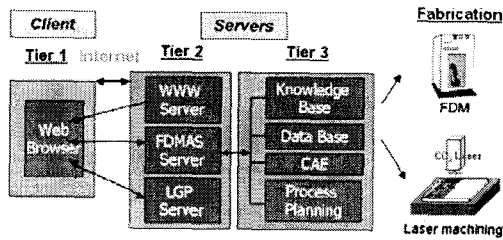


Fig. 9. Communication architecture of the web-based systems.

### 5. 시작품의 예

반투명 FDM 제품과 레이저로 가공된 도광판의 예가 Fig. 10 과 Fig. 11 에 각각 보여진다. Fig. 10 은 ABSi 로 제작되고 아크릴 수지와 푸른색 안료를 사용하여 후처리된 플래시메모리 카드리더용 패키지의 사진이다. 상하부분의 패키지를 통해 내부의 PCB 보드와 전자부품의 형상을 들여볼 수 있는 “누드스타일” 패키지의 한 예이다. 안료를 사용하지 않고 아크릴 수지만으로 후처리한 원통형의 무색반투명 부품은 내부의 붉은색 LED(Light Emitting Diode)를 외부에서 볼 수 있게 하는 역할을 한다. CATIA 로 패키지의 형상을 설계하는 시간부터, FDM 공정, 후처리, 건조, 조립을 완료하여 시작품을 제작하는데 약 39 시간이 소요되어 신속한 반투명 플라스틱 부품의 가능성을 보여준다.

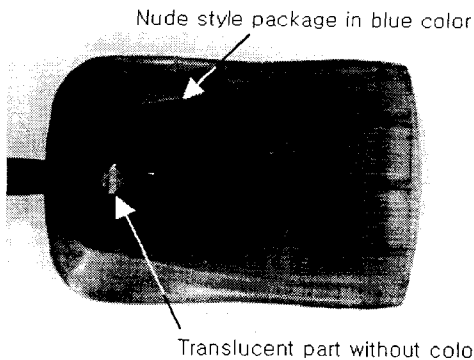


Fig. 10. An example of translucent FDM part: package of flash memory card reader.

Fig 11 은 레이저 가공된 도광판과 패턴의 확대된 모습을 보여준다. 10cm x 10cm 의 면적에 100 개 x 100 개의 패턴을 가공하는데 약 7 분이 소요 되었다. 동일 간격을 가진 패턴으로 가공된 도광판의 경우 기존의 인쇄방식보다 높은 약 5000cd/m<sup>2</sup> 의 휘도(luminance)가 측정되었다 [3]. 더욱 높은 휘도를 갖는 도광판을 제작하기 위하여 패턴의 간격과 흠의 형상을 파라미터로 하는 연구가 필요하다.

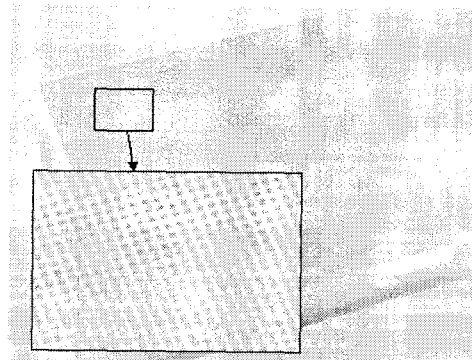


Fig. 11. An example of laser machined LGP and its magnified patterns.

### 6. 결론

반투명 FDM 과 도광판의 캐속제작시스템이 시도되었다. 후처리를 거친 FDM ABSi 의 투명도를 향상시키는 공정이 개발되었으며, 레이저로 가공된 도광판은 인쇄방식에 비해 높은 휘도를 보여주었다. 이러한 광 부품을 신속하게 제작하기 위한 웹 인터페이스와 인터넷기반 통신체계가 구축되었다. 웹은 설계와 생산을 연결하는 기능을 제공하여 캐속제작 공정의 제작시간을 한 층 더 줄일 수 있다.

### 후기

본 연구는 BK21 사업단과 대학기술산업지원단 (UNITEF)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 정우벽, 안성훈, “후가공을 통한 반투명 RP 재료의 개발,” 대한기계학회 논문집 (계재승인).
2. Ahn, S. H., Sundararajan, V., Smith, C. E., Kannan, B., D’Souza, R., Sun, G., Kim, J., McMains, S., Smith, J., Mohole, A., Sequin, C. H., and Wright, P. K., “CyberCut: An Internet Based CAD/CAM System,” ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol. 1, No. 1., pp. 52-59, 2001.
3. 김경동, 백창일, 송철기, 안성훈, “LCD 백라이트 도광판 제조용 마킹에 관한 연구,” 한국정밀공학회지, 제 20 권, 제 1 호, pp. 79-84, 2003.