한국산학기술학회논문지
Vol. 8, No. 4, pp. 775-780, 2007

쾌속조형기술의 구현을 위한 3차원 제어시스템 개발

조성목[1*]

Development of a Three Dimensional Control System for Implementing Rapid Prototyping Technology

Sung-Mok Cho[1*]

요 약 쾌속조형기술(Rapid Prototyping Technology)은 설계단계에 있는 3차원 모델을 시제품(Prototype)으로 다른 중간과정 없이 빠르게 생성하는 새로운 기술을 말한다. CAD 모델 데이터는 3차원 형상 시스템이지만 모니터 화면이나 문서로 출력할 때는 2차원으로 밖에 표시되지 않는다. 반면에 쾌속조형기술은 설계된 3차원 CAD데이터를 2차원 단면 데이터로 변환한 후 RP(Rapid Prototyping)공정을 적용하여 순차적으로 적층해 감으로써 CAD데이터와 같은 3차원 입체 형상을 제작하게 된다. 그러나 RP 시스템은 매우 가격이 비싸서 칫솔이나 완구 등과 같은 생활용품을 제작하는 중소기업에서는 구입하기 어려운 상황이다. 본 논문에서는 오픈소스를 사용하여 RP 기술을 구현함으로써 저렴한 가격으로 구매할 수 있는 RP 시스템을 개발하기 위한 3차원 제어시스템을 제안하였다.

Abstract Rapid Prototyping (RP) is a technology that produces prototype parts from 3D computer aided design model data without intermediate processing technology rapidly. CAD model data are created from 3D object digitizing systems but presented just as 2D data when they are printed as a hard copy or displayed on a monitor. However, Rapid Prototyping Technology fabricates 3D objects the same that CAD data because it transforms designed 3D CAD data into 2D cross sectional data, and manufactures layer by layer deposition sequentially. But most of all the small and medium scale companies which produce a toothbrush, a toy and such like provisions are in difficult situations to buy RP system because it is very expensive.

In this paper, we propose a 3D control system adopting open source programs for implementing Rapid Prototyping Technology in order that RP system can be purchase at a moderate price.

Key words : Rapid Prototyping Technology(쾌속조형기술), 3D object digitizing system(3차원 형상시스템), layer deposition(적층), open source programs(공개 소스 프로그램)

1. 서론

오늘날 모든 제품은 유행 주기가 생산기간에 비하여 점점 더 단축됨에 따라 제품의 빠른 생산주기가 요구되고 있다. 특히, 다양한 소비자의 기호를 충족시키기 위해서 제품의 디자인은 더욱 복잡해지고 있다. 따라서 제품의 가격과 품질 뿐만 아니라 제품의 디자인과 제품을 개발하는데 걸리는 시간이 제품의 성공과 시장점유율을 결정하는데 매우 중요한 요인으로 작용하고 있다.

3차원 CAD 기술의 발달과 컴퓨터 하드웨어의 발달은 소품종 대량생산 방식에서 다품종 소량 생산 방식으로 급속한 전환을 가능하게 하였고, 복잡한 디자인의 가공과 가공 시간 및 비용을 단축시킬 수 있게 하였다. 그런데 CAD 모델 데이터는 3차원 형상 시스템이지만 모니터 화면이나 문서로 출력할 때는 2차원으로 밖에 표시되지 않으므로 3차원 데이터로 표현되고 적용되는 새로운 기술이 요구된다. 쾌속조형기술(Rapid Prototyping Technology)은 설계된 3차원 CAD 데이터를 2차원 단면 데이터로 변환한 후 RP(Rapid Prototyping)공정을 적용하여 순차적으로 적층해 감으로써 CAD 데이터와 같은 3차원 입체 형상을 제작할 수 있도록 제안된 기술이다.[1-4] 이 기술은 1986년 3D Systems에 의해 SLA (Stereo Lithography Apparatus) 방식으로 최초 제안된 첨단 가공기술로써 기존의 제조기술과 달리 CAD 시스템으로부터 생성된 3차

[1]동명대학교 정보보호학과
*교신저자: 조성목(smcho@tu.ac.kr)

원 데이터를 입력받아 이에 해당하는 실물 모형을 빠른 시간 내에 만들어 줌으로써 초기 디자인 과정 중에 발생하는 비용과 시간을 절약시켜 줄 수 있다. RP 시스템을 활성화시키기 위해서는 CAD 프로그램을 이용한 3D 모델링 작업이 필요하다. 현재까지 RP 시스템은 자동차, 전자, 항공, 중공업 등 기계관련 제품생산에 주로 이용되고 있으며, 이 시스템에 이용되고 있는 CAD 프로그램에는 Pro-Engineering, Unigraphics, CATIA 등이 주류를 이루고 있다. 그런데 그림 1 및 그림 2에서 보는 바와 같이 국내에서 판매된 RP 시스템은 미국, 독일, 일본, 이스라엘 등에서 개발된 시스템으로 가격이 10만 불에서 50만 불 정도로 매우 비싸고, 유지보수 비용이 많이 들기 때문에 RP 시스템을 설치한 곳이 많지 않은 실정이다.[5]

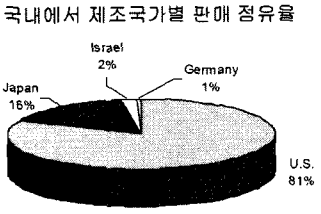

그림 1. RP 시스템의 제조 국가별 국내시장 점유율

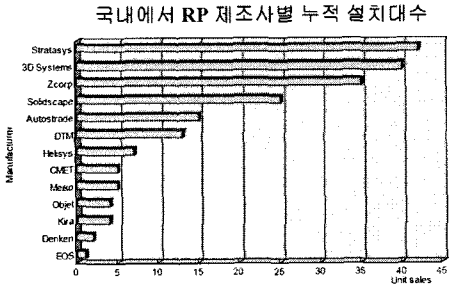

그림 2. 제조사별 RP 시스템의 국내 설치대수

그런데, 완구나 생활용품의 디자인 특성은 복잡하거나 정밀한 자유 곡선이 없고, 비교적 디자인이 간단하다. 따라서 고가의 CAD 프로그램을 사용하는 대신 리눅스 기반의 공개 소프트웨어인 오픈 소스 프로그램을 사용하여 디자인할 수 있고, 이를 기반으로 3D 프로토타입을 제작할 수 있게 된다면 경제적 비용부담이 없이 중소기업에서도 이 시스템을 도입할 수 있게 되어 기업 경쟁력 확보에도 도움이 될 것이다. 이를 위해서는 먼저 오픈 소스 프로그램을 탑재할 수 있는 하드웨어의 제작이 필요하며, 제작된 하드웨어와 오픈 소스 프로그램 사이의 파일변환 등에 필요한 인터페이스의 개발이 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 완구나 생활용품과 같이 고도의 정밀도가 요구되지 않아도 되는 분야에서 활용될 수 있는 RP 시스템을 개발하기 위해 3차원 제어 시스템을 개발하였고, 이를 제어하고 구동시켜 오픈 소스 CAD 프로그램을 탑재시킬 수 있도록 하였다.

2. 3차원 프린팅과 제어시스템 구성

1) 3차원 프린팅

3차원 프린팅 기법은 CAD 모델을 적용해서 층(layer)으로 부품을 제작하는 기법이다. 3차원 프린팅을 위한 프로토타이핑 기법을 기존의 기법과 비교해 볼 때, 기하학적 측면과 제작 시간이 월등히 우수하다. 즉, 3차원 프린팅 기법은 어떠한 기하학적 형상의 부품도 만들 수 있고, 소재적인 측면에서 세라믹이나 폴리머 등 모든 소재를 사용할 수 있으며, 생산 수율적 측면에서 볼 때 기존의 방법보다 프로토타입과 단기간 사용할 제품을 만드는데 걸리는 시간을 획기적으로 줄임으로서 경제적인 효과도 거둘 수 있다.

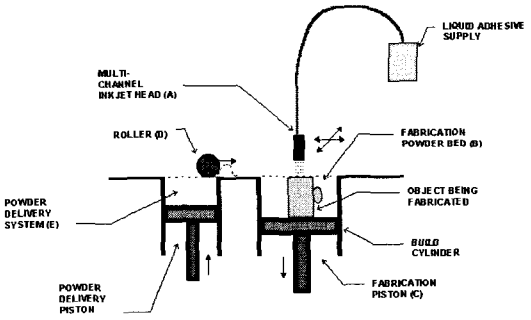

그림 3. 3차원 프린팅 기법

3차원 프린팅 기법은 그림 3에서와 같이 잉크젯 헤드로부터 바인더를 원하는 부위의 파우더에 떨어뜨려 결합시킴으로써 한 층을 고화시키고, 모든 층이 조형된 후 물리적 강도를 높이기 위해 후경화 과정을 거쳐 디자인된 제품을 재조하게 된다.

2) 3차원 제어 시스템의 구성도

그림 4는 제안된 3차원 시스템의 구성도이며, 이는 3축 제어 시스템의 전반적 기능을 수행할 수 있도록 설계되어 있다. 그림 4의 3축 제어 시스템 모듈은 기계적으로 설계되고 가공되어 제작되었으며, 이 시스템위에 모터 구동을 위한 제어회로가 제작되어 3축 모터 구동부로 탑재되었다. 또한, 제작된 각 모듈은 시스템 전원부 모듈에서 공급되는 전원에 의해 동작되고, IBM-PC로부터 입력된 데이타는 입출력 인터페이스 모듈을 거쳐 모터 구동부로

신호가 전달되어 모터를 구동시키게 된다. 이때 리미트, 근접센서 등의 동작에 따라 모터의 동작 범위가 체크되어 시스템이 안정적으로 동작되도록 하였다.

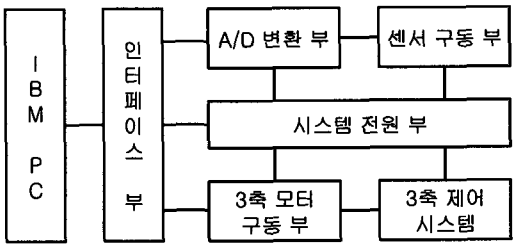

그림 4. 3차원 제어 시스템의 구성도

3. 3차원 제어 시스템의 설계 및 구현

그림 4의 시스템을 구현하기 위한 각 모듈의 구현기술은 다음과 같다.

1) 병렬 인터페이스 모듈

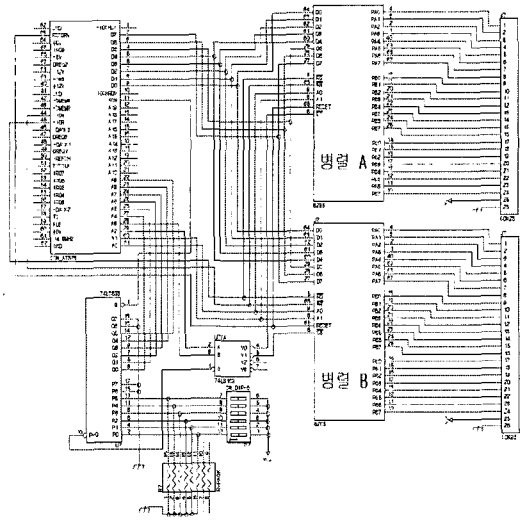

그림 5. 인터페이스부 회로 구성도

그림 5는 확장슬롯 단자 배치도, 8255 2개와 74LS688, 74LS139, DIP SWITCH 및 어레이저항으로 구성되어 있다. 8255는 범용 입출력 인터페이스로 CPU와 주변장치 사이에서 신호들을 해석하여 전달 해주는 장치이다. 74LS139는 입력 값이 2개이고 그에 대한 출력 값의 가지 수가 4개(2^2 = 4)인 디코더로 .병렬 A 부분과 B부분 중 한 개의 8255를 선택하여 주는 역할을 한다. DIP 스위치는 어드레스 디코딩을 위해 사용되고 풀업 형태로 연결된다. 74LS688 는 P와 Q가 일치하면 P=Q 신호에서 LOW신호를 만들어 74139의 칩을 동작하게 한다. 8비트 병렬 인터페이스 카드를 사용하는 순서는 카드를 확장슬롯에 꼽기 전에 DIP-6 SWITCH Setting 해주어야 한다. 어드레스를 잡아 주고 사용하기 위함이다.

2) AD 변환부

그림 6의 ADC 0809를 이용한 A/D 변환기는 칩 한 개만으로 ADC 구성이 가능하여 인터페이스와 연결하면 각종 센서의 접속에 따라 온도, 습도, 압력, 광등의 측정이 가능하다. DIP SWITCH를 연결한 이유는 멀티플렉서에 의해 채널이 설정되어지지만 사용하지 않는 채널은 외부 신호에 영향을 받지 않기 위해 보호 장치로 만들어 두었다.

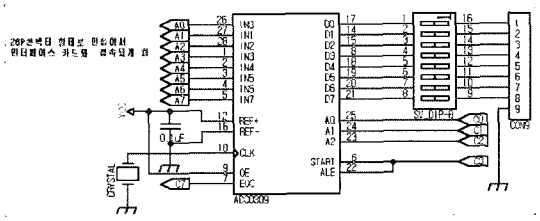

그림 6. AD 변환부 회로 구성도

3) 3축 모터 구동부

모터제어는 여러 가지 방법으로 가능하지만[9] 그림 7에서 PMM8713은 상여자(勵磁) 발생 IC로서 최대 1MHz까지 스텝 펄스입력이 가능하며, 각 상의 출력 전류는 20mA까지 흘릴 수 있으므로 일반적으로는 구동 트랜지스터를 직접 드라이브 할 수 있고, Co와 Em은 입력 펄스의 확인과 여자모니터로서 사용된다. Qc단자로 3상 모터와 4상 모터에 맞는 상여자 신호를 만들 수 있으며 Ea, Eb 두 단자로 1상 여자방식, 2상 여자방식, 1-2상 여자 방식으로 변환 할 수 있다.

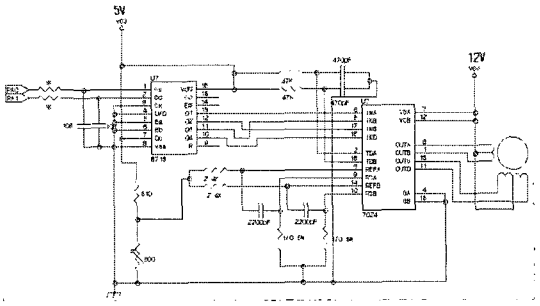

그림 7. 3축 모터 구동부 회로 구성도

4) 센서 구동부

센서 구동부는 센서 구동을 위한 전원부, 적외선 직접반사 센서, 근접 센서 및 마그네틱 스위치로 구성되어 있다.

① 전원부

그림 8은 센서를 구동하기 위한 전원부 회로이다. 여기서 7812는 출력이 12V로 안정시킨다.

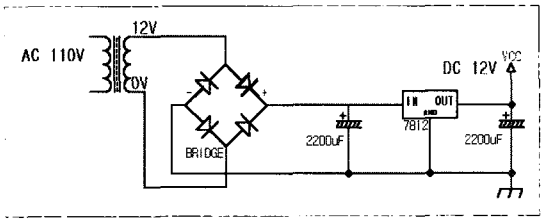

그림 8. 센서 구동을 위한 전원부 회로 구성도

② 적외선 직접반사 센서

적외선 센서는 12V 전원을 사용하며 오픈 컬렉터 출력을 갖는다. 이 센서는 DARK ON, LIGHT ON 형태가 있다. 여기서는 LIGHT ON형태를 사용하여 물체를 인식하였을 때 반사되는 광으로 출력단자에 LOW 신호가 출력되게 한다. 이 신호는 릴레이 단자로 연결되고 릴레이 작동과 동시에 콘넥터를 통하여 8255 PORT B2로 입력되어진다. 릴레이를 사용한 이유는 센서가 사용하는 전원은 12V이고 8255 입력값은 5V이어야 되기 때문이다. 이것은 Y축의 한 쪽 리미터 스위치로 사용된다.

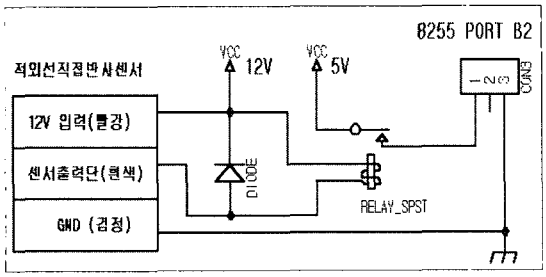

그림 9. 적외선 직접반사 센서 회로 구성도

③ 근접 센서

근접센서 구동부는 적외선 직접반사 센서와 같은 역할을 하지만 물체를 인식하는 방식에 차이가 있다. 근접센서 주위에는 인식하는 물체 이외에는 금속성 물체가 없어야 한다. 이렇게 하여 Y축의 나머지 리미터 스위치가 완성된다.

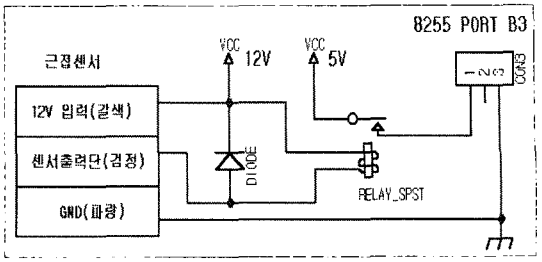

그림 10. 근접 센서 회로 구성도

④ 마그네틱 스위치

마그네틱 스위치는 두 개로 이루어진다. 한쪽은 아무것도 연결되어 있지 않은 것과 단자가 연결되어 있는 것으로 되어 있다. 스위치가 ON 되어지면 컨넥터를 통해 8255 B0로 입력되어 진다. X축과 Z축에 마그네틱 스위치를 이용하고 두개를 한 쌍씩 X, Z축에 사용하여 리미터 스위치로 사용하였다. X, Y, Z축에서 X축(8255 B0, B1), Z축(8255 B4, B5)은 마그네틱 스위치로 이루어지고, Y축(8255 B2, B3)의 한 쪽은 적외선 직접반사 센서로, 또 다른 한쪽은 근접센서로 이루어진다.

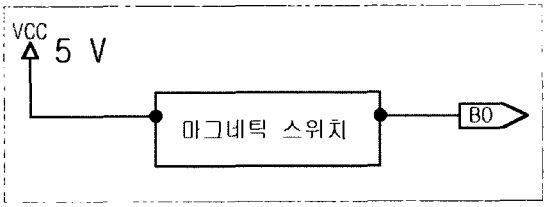

그림 11. 마그네틱 스위치 회로 구성도

⑤ 시스템 전원부

3차원 제어 시스템을 구성하는 각 모듈에 공급되는 전원을 위해 그림 12와 같은 시스템 전원부를 구성하였다.

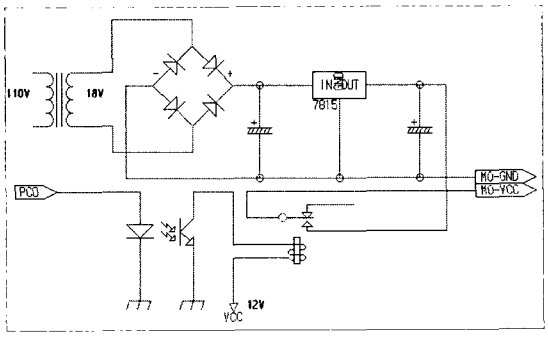

그림 12. 시스템 전원부 회로 구성도

5) 제작된 3차원 제어시스템

CPU와 주변장치 사이에서 신호들을 해석하여 전달해 주기 위해 설계된 그림 5의 병렬 인터페이스 모듈, 각종 센서의 접속에 따라 신호 값을 측정하고 외부신호에 영향을 받지 않도록 보호 장치를 둔 AD 변환부, 3축 위치 및 속도 제어를 위한 모터 구동부, 센서 구동을 위한 전원부, 적외선 직접반사 센서, 근접 센서 및 마그네틱 스위치로 구성된 센서 구동부 및 시스템 전원을 공급하는 시스템 전원부의 설계에 따라 제작된 3차원 제어시스템은 그림 13과 같다.

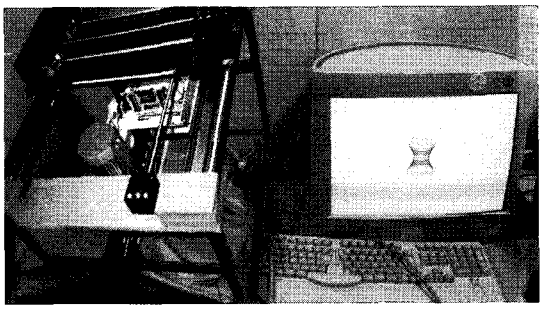

그림 13. 제작된 3차원 제어 시스템

6) 제작된 3차원 제어시스템을 구동하기 위한 소프트웨어와 실험 결과

제작된 시스템은 그림 14와 같은 소프트웨어에 의해 제어된다.

```
class MainData
{
        protected
                InitData dbdata[100], Acc,
                byte Count

        public
                byte MaxX, MaxY,
                MainData(void),
                void Write(InitData TempData),
                InitData Read(long num),
                void Delete(long num),
                long WCount(void),
                void XYMax(byte x, byte y),
                void LineInput(byte x1, byte y1, byte x2, byte y2),
                void RectInput(byte x1, byte y1, byte x2, byte y2),
                void CircleInput(byte x1, byte y1, byte Rad),
                InitData MotRead(long num),
} HData

class Moter
{
        unsigned long MotX, MotY, MotZ, MaxX, MaxY, MaxZ, PoX, PoY, PoZ,
        void IncDec(unsigned char Cut),
        void Delay(byte aa),
        void CutPower(unsigned k, int a),
        public
                void Init(),
                void YUp(void),
                void YDown(void),
                void XLeft(void),
                void XRight(void),
                void ZUp(void),
                void ZDown(void),
                void Move(unsigned long x, unsigned long y),
                void ZMove(unsigned long z),
                void Line(unsigned long x1, unsigned long y1, unsigned long x2, unsigned long y2),
                void Box(unsigned long x1, unsigned long y1, unsigned long x2, unsigned long y2),
                void Circle(unsigned long x, unsigned long y, unsigned long rad),
                void MoterStart(void),
                void MoterStop(void),
                void MoterMax(void),
                void MoterPosion(void),
                void MoterZMax(void),
                void MoterZero(void),
                void FirstMove(unsigned long x, unsigned long y),
} Mot
```

그림 14. 제작된 시스템을 구동하기 위한 소프트웨어.

개발된 소프트웨어는 C++로 제작되었으며, 그림 14에서는 직선과 원으로 된 각종 도형을 입력으로 받아들이는 main 클래스와 모터의 구동을 위한 motor 클래스 부분을 나타내었다.

그림 14의 프로그램에 따라 다양한 형태의 입력에 대하여 정확하게 동작하는지 확인한 실험결과를 그림 15에 나타내었다. 그림 15(a)는 개발된 RP 시스템으로 전달되는 컴퓨터 입력 데이터이며, 그림15(b)는 입력에 대한 RP 시스템의 출력 데이터를 나타내고, 그림 15(c)는 입력과 출력의 합으로 구성된 데이터를 나타낸다. 즉, 그림 15(c)를 살펴보면 개발된 RP 제어 시스템이 컴퓨터로부터 입력되는 데이터에 따라 매우 잘 동작하고 있음을 알 수 있다. 또한, 그림 16을 살펴보면 3차원 컴퓨터 입력 데이터인 16(a)에 따라 출력되는 RP 시스템의 출력 데이터가 16(b)에서와 같이 입력 데이터에 따라 매우 잘 동작하고 있음을 확인할 수 있다.

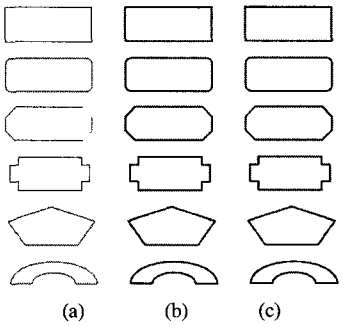

그림 15. 제작된 시스템의 2차원 데이터에 대한 입출력 실험결과. (a) 입력 데이터, (b) 출력 데이터, (c) 입출력 데이터의 합

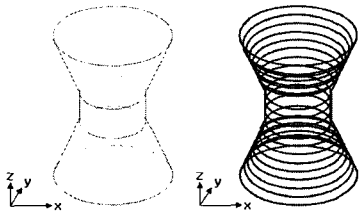

그림 16. 제작된 시스템의 3차원 데이터에 대한입출력 실험결과: (a) 입력 데이터, (b) 출력 데이터

4. 결론

본 논문에서는 설계단계에 있는 3차원 모델을 시제품(Prototype)으로 중간과정 없이 빠르게 생성하는 쾌속조형기술(Rapid Prototyping Technology)을 가능하게 하는

3차원 제어 시스템을 설계하고 제작하였다. 이 시스템은 설계된 3차원 CAD 데이터를 2차원 단면 데이터로 변환한 후 RP(Rapid Prototyping)공정을 적용하여 순차적으로 적층해 감으로써 CAD 데이터와 같은 3차원 입체 형상을 제작하게 된다. 제작된 시스템을 IBM PC에 연결하여 구동시킨 결과 입력 데이터에 따라 X, Y 및 Z 축으로 잘 동작하고 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서, 본 논문에서 제안된 시스템으로 인해 다음과 같은 기대효과가 예상된다.

1) 오픈 소스를 탑재할 수 있는 자체적 하드웨어를 제작하게 됨으로써 고가의 RP 시스템을 중소기업에서도 경제적인 부담이 없이 구입할 수 있는 가능성을 열었다.
2) 향후 CAD 데이터를 본 논문에서 개발된 3차원 제어시스템의 입력으로 변환하는 인터페이스 시스템을 구성하고 통합함으로써 각종 완구와 생활용품의 개발에 사용될 수 있는 모델을 개발할 수 있는 기반을 갖추었다.
3) 개발된 시스템은 완구나 생활용품 등 정밀도를 크게 요구하지 않은 분야에 적용시켜 이 분야의 경쟁력을 확보할 수 있는 하나의 계기가 될 것으로 판단되고, 나아가 관련 산업 분야에도 RP 시스템 도입이 확대될 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

[1] Willis, A., et al, "Rapid Prototyping 3D Objects from Scanned Measurement Data", Image and Vision Computing, v.25, no.7, pp.1174-1184, 2007.

[2] Yelundur, V. et al., "Improved String Ribbon Silicon Solar Cell Performance by Rapid Thermal Firing of Screen-printed Contacts", IEEE transactions on electron devices, v.49, no.8, pp.1405-1410, 2002.

[3] Jeong, Ji-Weon et al., " Enhanced Silicon Solar Cell Performance by Rapid Thermal Firing of Screen-printed Metals", IEEE transactions on electron devices, v.48, no.12, pp.2836-2841, 2001.

[4] Jee, H.J. and Sachs, E., "A Visual Simulation Technique for 3D Printing", Advances in engineering software, v.31, no.2, pp.97-106, 2000.

[5] 정일용, "국내 RP 산업 현황", 한국생산기술연구원, 2003. 7.

[6] K. Alaadien et al., "Development of a New Calcium Phosphate Powder-binder System for the 3D Printing of Patient Specific Implants", Journal of materials science, Materials in medicine, v.18, no.5. pp.909-916, 2007.

[7] Chen, V.J., et al., "Bone Regeneration on Computer -designed Nano-fibrous Scaffolds", Biomaterials, v.27, no.21, pp.3973-3979, 2007.

[8] Sachs, E. and Vezzetti, E., "Numerical Simulation of Deposition Process for a New 3D Printhead Design", Journal of materials processing technology, v.161, no.3, pp.509-515, 2005.

[9] 홍상은, 강훈석, 김도형, 김장현, "인터넷 기반에서 서보모터의 원격제어 시스템 구현", 한국산학기술학회, 한국산학기술학회 03 춘계학술발표논문집, pp.165-167 , 2003

조 성 목(Sung-Mok Cho) **[정회원]**

- 1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 정보보호학과 부교수

<관심분야>
영상처리, 퍼지이론, 뉴럴 네트워크