

초고속 레이저 프린터 시스템의 개발

(Development of Laser Printing System for High Speed)

吉相瑾*, 殷在定*, 白南湜*, 全石熙**, 金 男*, 朴漢奎*

(Sang Geun Gil, Jae Jeong Eun, Nam Sik Baek, Seok Hee Jeon, Nam Kim and Han Kyu Park)

要 約

컴퓨터 출력을 인쇄하는 새로운 방식으로 레이저를 이용한 프린팅 시스템을 제시하였다. 대용량의 정보를 처리할 수 있도록 고속이며 고해상력을 갖는 레이저 프린터를 설계 개발하였다. 광신호 처리와 데이터 제어에 대해 기술하고 광학부품의 설계 조건과 향상 방안에 대해 논의하였으며, 임의의 도형과 한자, 한글 처리가 가능함을 실제 프린트된 결과로 보였다.

Abstract

In this paper, we represent the laser printing system as the new technique in computer output printing. Laser printer, which can process a lot of information for high speed and high resolution, has been designed and realized in our design performance. Optical signal processing and data processing technique are described. Also the requirements for the optical components and their implementations are discussed.

The arbitrary patterns, Korean and Chinese characters are given as printed outputs actually.

I. 서 론

오늘날 반도체 산업의 급격한 발달과 함께 대용량의 정보를 고속으로 처리할 수 있는 컴퓨터 시스템이 개발되고 있으며, 이러한 정보처리를 위해 기존의 충격식 프린터(impact printer)로는 고속 프린팅 능력을 갖추지 못하므로 상대적으로 시스템의 능률이 저하되어 새로운 방식의 고속 프린팅 방법이 필요하게 되었다.

해머로 두드리는 종래의 충격식 프린터는 해머의 관성으로 고속 인쇄에 한계가 있고 소음이 큰 반면에 비충격식 프린터(nonimpact printer)는 인쇄음이 없는 조용한 프린터이다.^{1,2)}

1975년 봄 IBM모델 3800 레이저 프린터는 1분에 13,360행을 인쇄할 수 있다고 발표하였다. 그후 사무 자동화(OA)가 유행됨에 따라 소형 레이저 프린터의 보급이 급격하게 늘어났으며, 1984년 Canon사에서는 복사기 기술에서 얻은 경험을 토대로 당사 제품 PC-10 Cartridge 복사기를 이용하여 저렴한 가격(약1,000달러)으로 해상도가 240 DPI(dot/inch) 이상인 제품을 생산하였다.

비 충격식 프린터는 활자와 달리 문자나 기호를 화소(pixel)로 절단하여 조립하고, 겹쳐서 인쇄함으로써 고해상도(high resolution)를 얻을 수 있어 한자, 기호, 도형등 자유로운 형상을 인쇄할 수 있다.

레이저를 이용한 광 정보처리와 컴퓨터 데이터 처리 기술을 바탕으로 고속 인쇄능력과 고해상도를 갖는 사무 자동화용 소형레이저 프린터를 다음 단계로 개발하였다.

- ① 광학부품(레이저, f/θ 렌즈, A/O 변조기, 다면경등)의 연구 및 설계

*正會員, 延世大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Yonsei Univ.)

**正會員, 東洋工業專門大學 通信工學科
(Dept. of Telecom. Eng., Dong Yany Tech. College)
接受日字: 1986年 9月 8日

- ② 데이터 제어 시스템(DCS)의 소프트 웨어 연구 및 개발
- ③ 기계 제어 시스템(MCS)의 소프트 웨어, 하드웨어 연구 및 개발
- ④ 감광드럼의 이미지 형성 연구
- ⑤ 전체 시스템의 제작

위의 단계를 거쳐 개발된 레이저 프린터의 전체 시스템 개략도는 그림 1 과 같다.

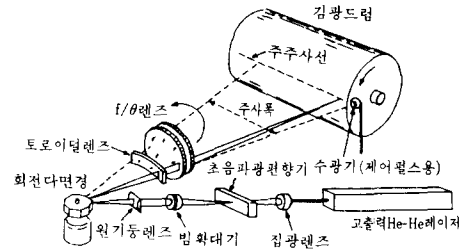


그림 2. 레이저 프린터 광학시스템
Fig. 2. Laser printer optical system.

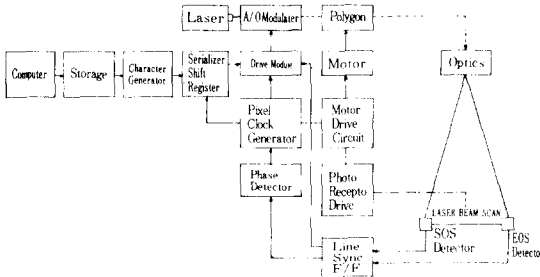


그림 1. 레이저 프린터 전체 개략도
Fig. 1. Laser printer block diagram.

II. 레이저 프린터 광학 시스템 구성

본 연구에서는 고속 레이저 프린터를 실현하기 위해 그림 2와 같이 광학시스템을 구성하였다.¹³⁾

레이저 광원으로는 He-Ne 레이저를 사용하였으며 컴퓨터 출력신호에 의해 음향광학(acousto-optic) 변조기를 구동시킴으로써 음향광학 변조기에서 빔이 회절하게 된다. 이때 0 차 빔은 핀홀(pin hole)로 차단시키고 1 차(first order) 회절빔을 이용해 프린트하고자 하는 신호를 도트형태로 on/off 하게 되며 회전다면경을 고속 회전시킴으로써 감광드럼에 주사(scanning)시킨다.

주사선(scan line)을 따라서 도트의 크기를 일정하게 하고 초점제적을 회전각에 따라 일정하게 보정해 주기 위해 f/θ 렌즈를 배열하였으며 다면경의 평면도(facet flatness) 오차 및 모터의 고속회전으로 인한 떨림(wobble)등을 방지해 주기 위해 원통형(cylindrical) 렌즈(L3, L4)를 다면경 앞, 뒤에 위치시켰다.¹⁴⁾

또한 감광드럼의 좌, 우측에 광검출기를 설치해 데이터를 정확하게 배열하기 위한 동기신호로 사용하였으며 감광드럼으로는 신도리코 FT-3020 복사기의 감광드럼을 이용하였다.

1. 광 스캐닝 시스템

레이저 프린터를 구성하기 위한 광스캐닝 시스템으로는 post-objective와 pre-objective, overfilled와

underfilled 방식이 있다.¹⁵⁾

Post-objective 주사 시스템(scanning system)은 곡면(curved field)을 구성하여 주사속도와 도트의 크기(spot size)가 일정하지 않지만 구성이 간단한 장점이 있으며 pre-objective 주사시스템은 평면(flat field)을 형성할 뿐 아니라 일정한 주사속도와 도트크기를 얻을 수 있기 때문에 최근에 많이 사용되고 있는 방법이다.

Overfilled 주사시스템은 한개 이상의 거울면에 빔이 조사되기 때문에 효율이 떨어지고 파워 손실이 크다. 그러나 여러면에 빔이 조사되기 때문에 면과 면사이의 회귀시간(flyingback time)을 고려하지 않아도 되는 장점이 있다.

Underfilled 주사 시스템은 다면경의 면보다 조사되는 빔의 크기가 작기 때문에 거울면에 의해 빔 전부가 반사된다. 따라서 빔의 세기가 주사선상을 통해 균일하게 분포되며 다면경에 의해 빔 전체가 반사되므로 전체 효율이 높다. 그러나 다면경이 overfilled 주사시스템 보다 커야하며 빔이 한 면에서 다른 면으로 넘어 갈때 빔의 천이로 인한 손실시간(dead time)이 존재한다.

레이저 프린터를 구성하기 위해 본 연구에서는 pre-objective 주사방식과 underfilled 주사 방식을 이용하였다.

2. 레이저 광원

레이저 프린터를 실현하기 위한 광원으로는 연속 발전하며 5~50mW 정도의 출력을 갖는 레이저 광원을 사용하고 있다. 현재 상업용으로 사용되는 레이저로는 He-Ne 레이저, He-Cd 레이저, Ar 레이저, 반도체 레이저등이 많이 사용되고 있으며 본 연구에서는 경제적이고 효율이 높은 He-Ne 레이저(본 연구에서는 20mW NEC제품)를 이용하였다.

3. 음향 광학변조기(acousto-optic modulator)

레이저 프린터의 출력물이나 도형등은 도트로 구성되어 있으며 1도트씩 감광드럼의 전하에 대응하여 토

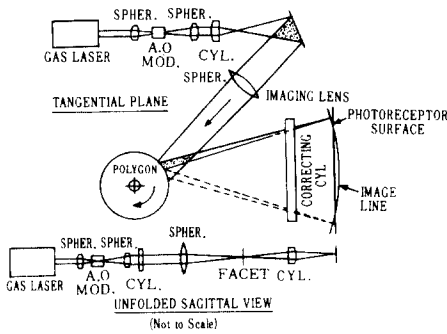


그림 3. 광 스캐닝 시스템
Fig. 3. Optical scanning system.

너(toner)를 부착시키는 원리를 사용한다. 레이저 빔이 닿는 미소부분이 검은 도트에 대응하며 복사기 경우의 반대현상이 나타난다.

회전다면경이 고속 회전함에 따라 1도트에 대하여 백만분의 일초라는 짧은 순간에 레이저 빔이 on/off 되어 조사되기 때문에 수 MHz의 고속 스위칭이 필요해진다. 이와 같이 레이저 빔을 외부에서 고속 스위칭하기 위한 소자로 음향광학 변조기를 사용하여 지나가는 빔을 on/off 시켜주게 된다.⁷⁾

음향광학 효과란 물질내에서 음파와 광파의 상호작용(interaction)을 말하며 음파에 의해 형성된 회절격자에 입사된 광파가 회절을 일으킨다. 브라그 각도(Bragg angle)로 입사된 빔을 매질내에서 음파와 상호작용을 일으켜 회절하게 되며 변조기 구동회로를 외부에서 on/off 시킴에 따라서 회절광이 자연히 on/off 하게 된다. 따라서 프린트 하고자 하는 문자나 도형의 도트를 음향광학 구동회로에 디지털 변조시킴에 따라 1차 회절광으로부터 원하는 형태의 빔을 고속 스위칭할 수 있게 된다.⁸⁾ 본 연구에서는 음향광학 변조기로 ISOMET 1206C와 D323B 드라이버를 사용하였다.

4. 회전다면경(rotating polygon)

본 연구에서는 레이저 프린팅을 하기 위한 스캐닝

방법으로 고속이며 해상도가 뛰어난 회전다면경을 이용하였다.

회전다면경을 설계하기 위해서는 프린트 하고자 하는 길이, 프린트 속도, 해상력, 도트 크기 뿐만 아니라 기계적, 광학적, 물리적인 요소까지 복합되기 때문에 각 파라메타 사이의 상호 관계를 고려하여 설계하여야 한다.^{9,10)}

본 연구에 사용한 스캐너 COPAL PD 60 제품의 사양 및 특성은 표 1에 나타내었다.

표 1. 다면경 사양

Table 1. Polygon specification.

다면경면수	8 면	
tracking 오차	최대 10 arc sec	
면의 두께	11mm	유효두께 10mm
면의 폭	26.9mm ± 0.1	유효폭 24.9mm
면과 면사이의 각도오차	최대 10arc sec	
평면정도	$\lambda/6$	$\lambda=632.8nm$
반사율	최소 85% 이상	
모터종류	무정류자·DC모터	PLL 제어
회전수	3000~10000 rpm	외부제어가능
지터	최대 0.015% 이하	
회전방향	CW, CCW	
무게	1050g	

5. f/θ 렌즈

회전다면경에 의해 감광드럼상에 주사되는 초점 제적은 중심으로부터 멀어질수록 도트의 크기가 커지게 되며 각도에 대해 초점이 곡면을 이루게 되어 f/θ 렌즈를 이용해 이를 보정해 주어야 한다.¹¹⁾

f/θ 렌즈를 설계하기 위한 주요 파라메타로는 주사 폭, 주사선상에 맺히는 도트의 크기, 회전다면경으로부터 f/θ렌즈로 입사되는 빔폭(beam width), f수(f-number)등에 의해 주로 결정된다. 본 연구에서 사용한 f/θ 렌즈의 설계도 모형은 그림 4에 나타내었고 관계되는 여러 수치들은 표 2와 같다.

III. 레이저 프린터 제어 시스템

레이저 프린터에는 크게 두개의 제어 과정으로 나눌 수 있으며 하나는 프린팅과정, 용지의 이동, 전자사진 과정, 키 보드를 통한 사용자 입력 과정 및 포시(display)과정등 모든 기계제어 부분을 제어하는 MCS(Machine Control System)와 다른 하나는 컴퓨터와의 정보교환, 음향광학 변조기의 입력 정보 제어 및

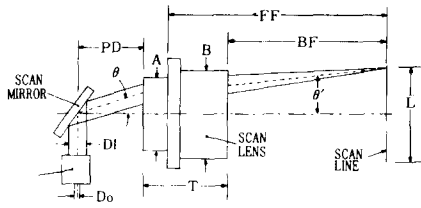


그림 4. f/θ 렌즈 설계 파라미터
Fig. 4. f/θ lens design parameter.

표 2. f/θ 렌즈 설계치
Table 2. f/θ lens design values.

Specification	
Laser source	He-Ne laser (632.8nm)
Entrance beam diameter	$D_0 = 13\text{mm}$
Max. scan angle	$I_0 = 26^\circ$
Scan width	$L = 256\text{mm}$
Effective focal length	$Ef1 = 288.1\text{mm}$
$1/e^2$ spot diameter	$w_0 = 25\mu\text{m}$
Spot size tolerance	$w_0/w_0 = 5\%$
Incident beam angle	$\theta' < 20^\circ$
Distance between polygon and lens barrel	$PD > 25\text{mm}$
Distance between lens mount & image surface	$Bf > 255\text{mm}$
Lens barrel	$A = 30\text{mm}$
	$B = 50\text{mm}$
	$T = 50\text{mm}$
	$FF = 29.5\text{mm}$

광학 시스템과의 동기동을 제어하는 DCS(Data Control system)로 나눌수 있다.^[12]

1. 컴퓨터 인터페이스

레이저 프린터 시스템은 컴퓨터로부터 받은 ASCII 데이터를 레이저 빔을 변조시키기 위한 형태로 데이터 변환이 필요한데 이의 수행을 담당하는 것이 DCS이다.

DCS의 기능은 첫째, 전체 프린터를 동기시키기 위해서 MCS와 정보를 교환한다. 즉, 페이지 크기등과 같은 정보를 컴퓨터로부터 MCS로 내보내거나 프린트 상태등의 정보를 MCS로부터 컴퓨터에 전달한다. 둘째, 프린터의 상태를 진단하여 그 결과를 MCS로 보내어 제어하게 한다. 따라서 프린터와 컴퓨터간의 인터페이스가 필요하게 되며 개략도는 그림 6과 같다.^[13]

프린트하고자 하는 정보를 프린터로 보내어 프린터에서의 적절한 DCS와 MCS를 거쳐 프린터의 광학 시스템으로 보내기위해 RS232C 표준 케이블을 사용하

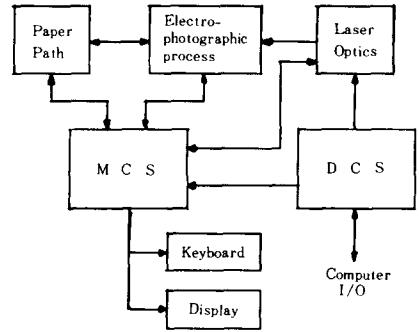


그림 5. MCS와 DCS의 제어관계
Fig. 5. Control system block diagram of MCS & DCS

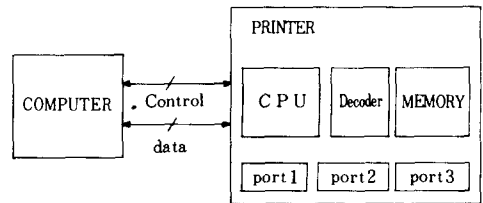


그림 6. 인터페이스 개략도
Fig. 6. Interface block diagram.

여 접속시키게 되는데 이 때 전송방법은 비동기 전송 방식(asynchronous communication)에 따라 정보를 주고 받게 되는 방식을 선택하였다.

2. 문자 형성 과정과 데이터 직렬 출력기(data serializer)

DCS의 전체 개략도는 그림 7과 같다. 호스트 컴퓨터로부터 전송되어진 ASCII 데이터는 적절한 처리과정을 통해 직렬출력되어 음향광학 변조회로로 보

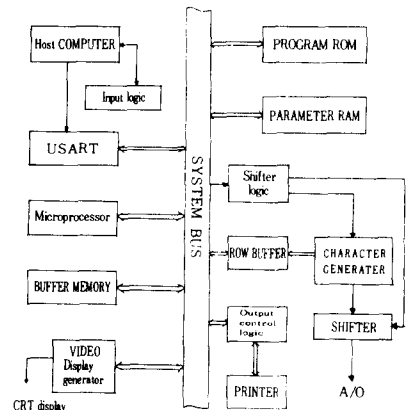


그림 7. 데이터 제어시스템 개략도
Fig. 7. Data control system block diagram.

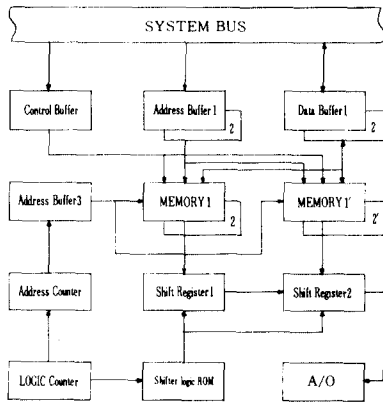


그림 8. 데이터 직렬출력 시스템 개략도
Fig. 8. Data serializer system block diagram.

내지게 되며 그림 8의 개략도로 도시하였다. ASCII 코드로 전송되어지는 모든 데이터는 문자발생기 ROM의 해당되는 어드레스로 변환되고 이러한 어드레스는 메모리에 저장되어 수행되는 프로그램에 의해서 지정되는 어드레스의 문자발생기 ROM으로부터 읽혀지게 된다. 이와같이 읽혀진 데이터는 쉬프트 레지스터(shift register) 앞단에 연결된 메모리에 수록되며 주사의 시작(start of scan, SOS)과 주사의 끝(end of scan, EOS)의 제어신호에 의해 만들어지는 logic(window라고 부름)에 실려 음향광학 변조회로로 보내는데 이 때에 메모리의 어드레스는 어드레스 카운터에 의해 만들어지게 된다. 또한 쉬프트 레지스터에 적당한 logic 신호를 보내주기 위해 logic 카운터와 쉬프트 logic ROM을 사용하여 회로를 구성하였다. 그러나 실제로 이것은 16진 계수기의 리플 신호를 역으로 하여 대체 시킴으로써 간소화시킬 수 있다.

3. 데이터 동기화 주사폭(scan width)

음향광학 변조기는 컴퓨터 신호에 의해 변조되며 감광드럼상의 정확한 위치에 데이터를 on/off 시켜야 한다. 따라서 회전 다면경이 고속으로 회전함에 따라 데이터 동기를 맞추어야 하며 한 주사선에서 주사 위치가 SOS 광 검출기 상에 왔을 때부터 레이저 빔을 변조시켜 일정한 주사폭을 유지해야 하고 주사폭을 벗어난 경우에는 변조신호를 내보내지는 않는다.

본 연구에서는 데이터 동기를 맞추기 위해 감광드럼의 왼쪽에 광검출기를 달아 마이크로 프로세서로부터 주사 시작점을 인식케 하였고 계수기 회로를 구성하여 A4 용지의 중앙부분에 주사폭을 잡아 주도록 설계하였다. 데이터 동기화 주사폭을 결정해 주기 위한 회로의 개략도는 그림 9에 나타내었다.¹⁴⁾

광 검출기로부터 SOS 신호를 받아 계수를 시작하

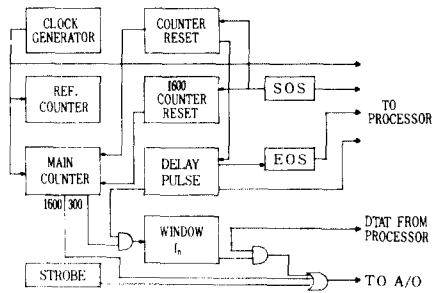


그림 9. 데이터 동기화 주사폭 결정 관계
Fig. 9. Block diagram for deciding data sync. and scan width.

여 임의로 정해진 주사폭(여기서는 window로 표시)내에서만 컴퓨터 신호에 의해 음향광학 변조기가 동작하도록 하였고 EOS 신호로써 주사가 끝났음을 마이크로 프로세서에게 알려 제어신호로 사용하도록 하였다.

4. 흐름도(flow chart)

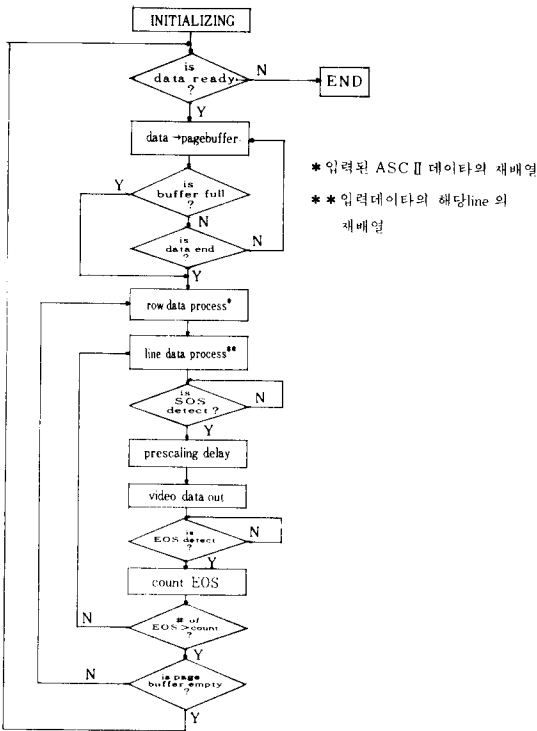
그림10의 흐름도는 1 문자당 16×16으로 설계된 문자를 음향광학 변조회로로 전송하는 프로그램으로써 1 line processing은 문자의 상위 line만을 처리하여 전송하고, row processing은 16line의 데이터를 전부 메모리에 기억시킨 후 SOS 신호에 의해 한 line씩 전송하는 방식을 나타낸 것이다.¹⁵⁾

IV. 실험 및 결과고찰

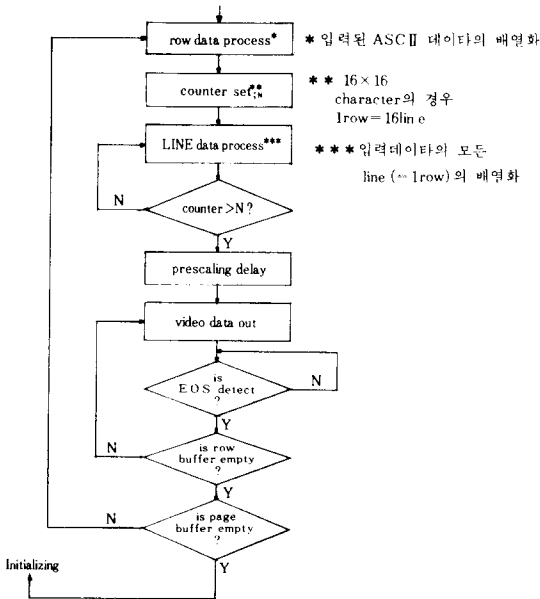
1. 실험방법

레이저 프린터를 실현하기 위해 다음과 같이 단계별로 실험을 하였다.

- (1) 그림 2와 같이 광학 시스템을 구성한다 음향광학 변조기는 X, Y, Z방향으로 미세 조정하여 브라고 조건에 맞도록 빔을 입사시킨다.
- (2) 1차 회전된 빔만 핀홀로 통과 시키고 나머지 회절빔은 차단시킨다.
- (3) Underfilled 주사 방식을 이용하기 위해 회전 다면경의 유효면적에 입사빔이 잘리지 않도록 하고 다면경으로 부터의 반사빔이 감광드럼에 맺히도록 한다.
- (4) ND필터로 입사빔의 세기를 줄여주고 ND렌즈를 광 축방향으로 미세 조정하여 감광드럼에 맺히는 빔의 위치를 맞춘다.
- (5) ND 필터를 제거한 후 음향광학 변조기를 on 상태에 놓고 회전 다면경을 고속 회전시킨다. 이때 광검출기는 감광드럼의 옆 주사선상에 위치하여야 한다.
- (6) 계수회로를 동작시키고 데이터 동기를 맞추기 위한 SOS, EOS, window 신호를 오실로스코프로 점검한다.



(a)



(b)

그림 10. (a) Line processing 흐름도
(b) Row processing 흐름도
Fig. 10. (a) Line processing flow chart.
(b) Row processing flow chart.

(7) SOS 신호에 의해 마이크로 프로세서는 데이터를 내보낼 준비를 하고 주사폭(window) 내에서 음향광학 변조기를 통해 원하는 데이터를 직렬로 내보낸다.

EOS 신호에 의해 한 line 주사를 끝내고 다음 line에 해당하는 데이터를 내보낼 준비를 하게 된다.

(8) 호스트 컴퓨터와 인터페이스된 마이크로 프로세서로부터 동기신호를 받아 음향광학 변조기로 데이터를 직렬로 내보내기를 확인한 후 복사기를 동작시킨다.

(9) 데이터 종류를 달리하여 (1)~(8) 과정을 반복한다. 이와 같은 실험방법에 의해 한글, 한자, 그래픽등 인쇄된 실험결과는 그림 11과 같다.

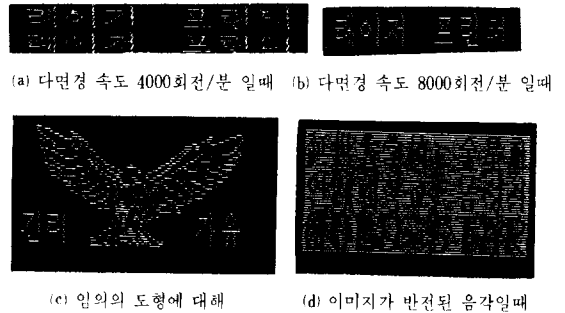


그림 11. 레이저 프린터로 형성된 도형
Fig. 11. Printed results.

2. 결과 고찰

그림 11에 나타난 문자 및 도형을 형성시킨 도트의 크기는 데이터 변조속도, 감광드럼의 회전 속도등을 고려하여 100 μ m로 설정하였다. 그림 11(a)는 다면경 모터의 회전속도가 4000회전/분 일때이고, 그림 11(b)는 다면경 모터의 회전속도가 8000회전/분 일때이다. 그림 11(c)는 임의의 도형을 그린것이며, 그림 11(d)는 이미지를 반전시켜 음각으로 한글, 한자, 영문글자를 형성시킨 것으로서, 전체 시스템의 클럭 주파수는 수정 발진기를 이용하여 1.25MHz로 발진시켰다. 이와같은 수치는 본 연구에 사용한 이미지 형성 시스템(신도리코 FT 3020 복사기)에 이미지를 형성시킬 수 있는 최적 값이 되겠다. FT 3020은 연속 복사의 경우 1분에 12매로써 실제 복사물이 주사되어 드럼에 맺히는 시간은 A4용지 한장당 3초이내가 되므로 수직방향으로 사물이 주사되는 시간은 매우 빠르다. 그림 11에서 보듯이 수직 방향으로의 드럼속도가 빨라서 중첩되지 않았으나, 수평 방향으로의 중첩되어 매우 해상도가 좋은 것을 볼 수 있다. 이와같은 이유로 계속적인 실험 결과, 클럭 주파수는 1.25MHz로 다면경 모터의 회전 속도가 4,000회전/분 정도일 때 도트와 도트를 정확

히 구별할 수 있었다. 그림 11의 실제 형성된 도형의 해상도는 $120\mu\text{m}$ 이나 주파수를 높이거나 모터 회전수를 높인다면 도트와 도트 간격은 더 줄어 겹치게 할 수도 있어 더 좋은 해상도를 가질 수 있다.^{15,16}

그러나 본 연구에서는 이미지 형성을 위해 복사기의 감광드럼을 이용하였기 때문에 클럭 주파수나 모터의 회전속도가 제한 되었다. 이를 해결하기 위해서는 광원의 파장에서 높은 감도를 갖는 레이저 프린터 전용 감광드럼을 사용하여야 한다.

프린팅 속도에 가장 문제가 되는 것중 하나는 다면경에 의해 한줄씩 주사할 때 주사선과 주사선 사이의 시간에 컴퓨터의 출력 폰트 이미지를 직렬로 바꿔 음향광학 변조기를 on/off 시키는데 있다. 이 문제를 해결하는 방법은 여러가지가 있으나 본 연구에서는 메모리 용량을 적게 들이며 변환속도를 충분히 감당할 수 있는 방식으로 개발하였다.¹⁵

앞으로 He-Ne 레이저 대신 반도체 레이저를 사용하면 전류에 의해 직접 변조가 가능하므로 음향광학 변조기와 구동회로가 필요없이 가격이 저렴해지리라 생각된다.¹⁷ 또한 다면경을 사용할 경우 성능은 매우 뛰어나지만 고도의 정밀성이 요구되는 보조 광학부품들이 필요하기 때문에 최근에는 전자 계산기 홀로그래프 (computer generated hologram, CGH)을 이용하는 기술이 계속 연구되고 있다.¹⁸

V. 결 론

본 논문에서는 새로운 방식인 비 충격식 레이저 프린터를 설계, 제작하여 문자 및 임의의 도형을 고속 인쇄할 수 있는 가능성을 제시하였다. 기존의 충격식 프린터와는 다른 방식으로 광학 시스템을 구성하여 문자등을 작은 화소로 절단한 후 음향광학 변조기로 편향시켜 감광드럼에 이미지를 형성하도록 하였다.

레이저 빔의 도트를 감광시키기 위한 한 방법으로 복사기의 감광드럼을 사용하였기 때문에 감도나 해상도등이 다소 떨어지므로 광원의 파장에 맞는 고감도의 감광드럼이 사용되어야 하며, 회전 다면경의 속도와 감광드럼의 속도를 한 도트에 대해 정확히 동기시킬 수 있는 새로운 모델이 제시 되어야 한다.

앞으로 높은 감도를 갖는 이미지 형성 시스템에 대한 연구와 반도체 레이저, 전산계산기 홀로그래프 (CGH) 등을 이용한 광학 시스템이 연구 개선된다면, 레이저를 이용한 비충격 프린터 방식은 고속처리 및 높은 해상도의 장점을 살려 컴퓨터 주변장치 및 사무 자동화에 효율적으로 응용되리라 전망된다.

參 考 文 獻

- [1] R.A. Sprague, et al., *Advances in Laser & E/O Printing Tech.*, Laser Focus, Oct. 1984.
- [2] M.H. Lee, et al., *Technology Trends in Electrophotography*, IBM J. Res. develop. vol. 28, no. 3, pp. 241-251, May 1984.
- [3] J.R. Lewis & L.M. Hubby, *Optical System Design for the Laser Printing System*. Hewlett Pack. J., pp. 3-10, July 1982.
- [4] W.F. Schreiber, "Laser scanning for the graphic art", *Proc of SPIE.*, vol. 84, no. 1, pp. 21-27, Aug. 1976.
- [5] T.S. Fisli, "Multifunction document processor", *Proc. of SPIE.*, vol. 390, pp. 20-27, April. 1983.
- [6] J.C. Urbach, et al., "Laser scanning for electronic printing", *IEEE Proc.*, vol. 70, no. 6, pp. 597-618, June 1982.
- [7] A. Korpel, "Acousto-optic: A review of fundamentals", *IEEE Proc.*, vol. 69, no. 1, pp. 48-53, June 1981.
- [8] B. Grosman, *How to select A/O modulators*, Laser focus, pp. 49-53, April 1983.
- [9] R. Sherman, *Specifying a Rotating Scanner*, Laser focus, pp. 42-46, July 1979.
- [10] G. Allegro, et al, "Method for measuring rotating scanner parameter", *Proc. of SPIE.*, vol. 396, pp. 86-92, April 1983.
- [11] M. Westcott, *Sorting out the Scan Lens Puzzle*, Photo. Spec., pp. 91-93, May 1984.
- [12] G.L Holland, *Laser Printer Optics Control and Diagnostic Circuit*. Hewlett Pack. J., pp. 5-7, July 1982.
- [13] J.D. Crumly & V.L. Hansen, *Laser Printer Machine Control System*. Hewlett Pack. J., pp. 11-12, June 1982.
- [14] R.E. Best, *Phased-Locked Loops*. McGraw-Hill, New York, 1984.
- [15] 박한규외, "초고속 Laser Printer System 개발연구" 최종 보고서 연세대학교 산업기술연구소, 1985.
- [16] 박한규외, "고 해상도 레이저 프린터 시스템 실현" 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집 제 8 권 제 2 호, pp. 338-341, , 1985년
- [17] C.J. Kramer, "Hologon laser scanners for laser printer", *Proc. of SPIE.*, vol. 390, pp. 165-173, Jan. 1983.
- [18] J. Cavuoto, *Laser Printer: a Status Report*. Laser & Appli., pp. 69-72, Oct. 1984.*