

## Laser Beam Printer 技術 開發 動向

具 庸 根

(株)金星社 事務機器研究所

## I. 서 론

Printer는 computer에서의 전기 신호를 종이 위에 기록하는 장치이다. 이것은 크게 충격식과 비충격식으로 나눌 수가 있는데 본고에서는 비충격식중 toner를 현상제로 하고 보통용지를 사용하는 printer에 대해서 살펴보기로 한다. Toner를 현상제로 사용하는 비충격식 printer도 그림1에 표시된 광학계의 광원에 따라서 laser, LED, LCS printer로 구분되지만 그외 모든 system은 동일하기 때문에 이 방식의 printer를 모두 laser beam printer(이하 LBP라고 함)라고도 말한다. LBP는 현재 OA기기의 꽃이라고 불릴 정도로 기술 개발이 급속히 진행되고 있고 각 분야에 미치는 파급효과도 크다고 본다. 조용하고 선명하며 고속으로 인자할 수 있다는 장점 때문에 dot matrix printer를 일반 사무실에서 추방할 수 있는 날도 멀지 않았으며 향후 도래가 예상되는 OA기기의 color화에 대비하여 착실한 기술 전진을 계속하고 있다. 또한 LBP는 기술 구성 측면에서 전기/전자, 기계, 금속, 물리, 화학, 전산학등이 집약된 복합 기술로 이루어진 제품으로 본고에서는 LBP의 핵심기술 및 중요 unit

들의 현황을 살펴보고 향후의 발전 전망도 아울러 검토해 보기로 한다.

## II. 핵심 기술 현황 및 향후 동향

LBP는 mechanism(이하 engine이라고 함)과 controller(S/W 및 font 포함)로 크게 두 부분으로 나눌 수가 있다. Engine은 해상도, speed등 LBP의 성능을 규정 짓고, controller는 사용자의 편의성을 향상시킨다. Engine에 관계가 있는 핵심 기술로는 전자사진 현상방식(electro-photographic process; 이하 EP-process라고 함)이 있고 중요 unit(부품)로는 광학계, 감광체, 현상제, 급배지계가 있으며 controller는 engine controller와 printing controller로 세분한다.

## 1. EP Process

전자 사진 process는 광도전 현상을 이용해서 감광체 위에 정전잠상을 형성하고, 착색한 대전 머릿자(toner)를 정전잠상에 부착시켜서, 가시상을 나타내게 하는 process이다. 이 전자사진 기술은 ZnO등을 도포한 감광체 위에 toner 화상을 직접 형성하는 CPC(coated paper copy)법과 감광체 위에 형성한 toner 화상을 기록지에 전자하는 PPC(plain paper copy)법이 있다. PPC법으로는 감광층 표면에 화상을 형성하는 xerography법으로 감광층 위에 유전층을 만든 감광체를 이용한 NP법, KIP법 등이 있다. 현재는 xerography법이 주류를 이루며 발명자의 이름을 따서 Carlson process라고도 불리워진다. 전자사진 process의 기본 구성은 그림1에 나타낸 바와 같이 ① 감광체 drum ② 대전기 ③ 노광기 ④ 현상

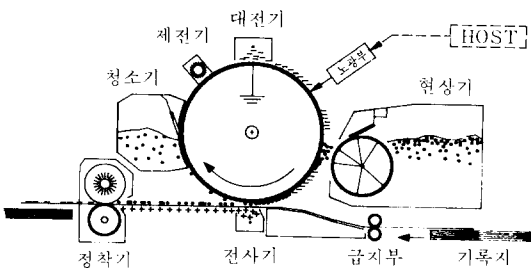


그림 1. 전자사진 process 기본 구성도

기 ⑤ 전사기 ⑥ 정착기 ⑦ 세진기 ⑧ cleaner로 구성되어 있다. Process는 먼저 대전기로 감광체 표면을 균일하게 대전시킨다. 다음으로 노광기에 의해 화상부에 빛을 조사하여 감광체에 정전잠상을 형성한다. 현상부에서는 정전잠상과 역극성으로 대전된 착색미립자인 toner를 잠상에 부착시켜서 가지상이 된다. 다음으로 기록지를 이 toner상에 중첩시켜, 기록지 이면쪽의 corona 대전기에서 toner의 대전극성과는 역극성의 전하를 기록지에 부여해, 정전력에 의해 toner상을 기록지로 전사한다. 전사된 toner상은 일 또는 압력을 가해, 기록지에 융착시켜서 영구적인 상을 만든다. 한편 전사후의 감광체 drum상의 잠상 전하는 광에 의해 제진되고 전사되지 않은 감광체 drum상의 남은 잔류 toner는 cleaner에 의해 제거된다. 이와같이 대전으로부터 cleaning까지의 일련의 process를 반복해 연속적인 인자를 행한다. Printer의 경우는 감광체에 laser등으로 광조사하여 정전잠상을 형성하는 것이 많으며, 이것은 복사기와는 달리 negative 잠상이라 부른다. 따라서 negative 잠상에는 정전잠상과 동극성으로 대전한 toner를 부착시키는 반전현상법이 이용되고 있다. 이와 같이 전자사진 process는 감광체를 중심으로 주변부의 여러 unit에 의해 구성되고 각 광성을 거쳐 하나의 화상을 기록지 위에 영구적으로 형성시키는 과정이다. 이러한 process는 각 unit별, 구성별로 여러가지의 방안이 고안되어 실용화되고 있다. 그 중 특히 전자사진 process의 핵심인 감광체와 현상기를 중심으로 현재 여러가지의 현상방식이 고안, 특허화되어 상품화되고 있다. 현상방식으로는 건식현상법과 습식현상법으로 나누어지며, 현재는 거의 대부분이 건식현상법을 사용하고 있다. 건식현상법에는 ① cascade현상법 ②이성분 자기 brush현상법 ③일성분 절연 toner 현상법 ④일성분 도전 toner현상법 등으로 구분되며 cascade 현상법은 현재 거의 이용되고 있지 않다. 현재로서는 이성분 자기 brush현상법과 일성분 절연 toner현상법이 주류를 이루고 있다. 이성분 자기 brush현상법은 직경 100  $\mu\text{m}$  정도의 충전 carrier에 toner가 부착되어 현상되는 방법이며, 일성분 절연 toner현상법은 이성분과는 달리 toner만을 이용해 현상하는 방법으로 BMT(bipolar magnetic toner)법, jumping현상법, FEED현상법등이 있다. 일성분 도전 toner현상법의 경우는 가장 간단한 현상법이다. 향후 전자사진 process의 방향은 현재 사용되고 있는 toner를 이용한 일성분 또는 이성분 건식 현상방식이 계속적으로 발전, 개선될 것이며, 개발의 point는 현재의 전자사진 process의 해상도를 증가시키는 것과 기록 process의 부품수를 줄이는 방향으로 진행될 것

이다. 이것의 일환으로 최근에 고안된 기록 방식중 광유기형 전자사진 기록방식이란 것이 있다(그림2참조). 이 방식은 그림1에 표시된 cleaner와 대전기가 없어지고 그림2와 같이 cleaning, 대전, 노광, 현상을 거의 동시에 할 수 있는 간단한 방식으로 부품수 및 size를 기존의 약 1/2로 줄일 수가 있다. 노광부는 주로 LED head를 이용하며 소형이기 때문에 감광체 내부에 설치한다. 대전 전압과 전사 전압은 대부분 현상 bias 전압과 동일한 저전압을 사용하므로 인체에 영향을 주는 ozon 발생을 최대한 억제시킬 수가 있다. 이밖에 감광체 drum 및 광학계를 없앤 획기적 방식의 새로운 printer 개발을 일부 업체들은 실험실 level로 개발 진행중에 있다.

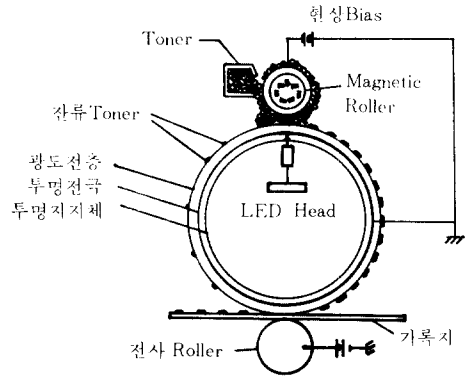


그림 2. 광유기형 전자사진 기록방식

## 2. 광학계

전자 사진 방식을 이용하는 printer는 필수적으로 감광체에 빛을 주사하는 장치를 갖추어야 하기 때문에 광 printer라고도 한다. 이때 이용하는 빛의 종류에 따라서 laser printer, LED printer, LCS(liquid crystal shutter) printer 등으로 나눌 수 있다. 여기서는 각 printer의 광학계에 대하여 간단히 서술하도록 하겠다.

### 1) 회전 다면경 주사 방식

Laser printer란 gas laser(He-Ne, He-Cd)나 반도체 laser를 감광체 위의 원하는 위치에 주사함으로써 잠상을 형성시켜서, 이 잠상을 현상시키고 종이에 전사, 정착시키는 과정을 거친다. 이때 주사하는 방식에 따라서 회전 다면경 방식, hologram 방식, galvanometer 방식 등이 있다. 이 중 반도체 laser를 사용하는 회전 다면경 주사 방식이 가장 보편화되어 있고 현재 20PPM 이하의 중저

속기종의 거의 모두가 이 방식을 사용하고 있다. 그 구조는 그림3과 같으며 회전 다면경의 한면이 drum상의 한개의 축방향의 선을 주사한다. 제조 회사별 기술에 따라 lens계 1과 lens계 2가 달라지게 되며, 300dpi, 10PPM의 laser printer가 되려면 회전 다면경(6면 기준)은 약 8,000rpm의 속도가 필요하게 된다. Lens계 1을 통과한 광선은 평행 광선으로 되며, lens계 2는 drum상의 A, B, C 위치에 맞는 초점거리를 형성하는  $f-\theta$  lens이다.

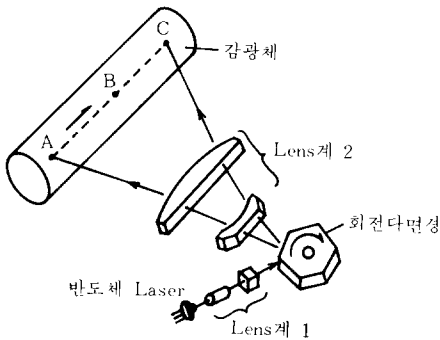


그림 3. 회전다면경 주사방식

2) Hologram 방식

회전 다면경 주사 방식의 광학계를 더욱 저립하고 간단하게 하기 위하여 lens계 2와 회전 다면경을 hologram disc 하나로 배치하려는 연구가 계속되고 있으나 아직 실용화는 되지 않고 있다. 그 원리는 laser의 회절의 원리를 이용하여 drum상의 원하는 위치로 빛이 주사되도록 hologram을 만든후 그림4와 같이 hologram의 뒷면으로부터 laser를 쏘면서 hologram을 회전시키면 회전 다면경과 같이 drum상에 주사가 가능하다. 회사에 따라서 hologram 전후에 광학 unit가 포함된 것이 발표되고 있으며, 파장에 따라서 회절각도가 바뀌기 때문에 안정된 laser unit를 써야 하는등 해결해야 할 문제가 아직 있는 것으로 알려져 있다.

3) Galvanometer 주사방식

Laser를 사용하는 광학계 중 마지막으로 거울이 회전하는 것이 아니라 좌우로 각도만 바꾸면서 왕복 운동을 하고 여기에 laser를 주사하는 장치가 galvanometer 주사 장치이다(그림5 참조). 이 방식 또한 연구는 진행되고 있고 가격과 크기에서 장점을 갖고는 있으나 몇가지 문제점을 안고 있어서 중저속 기종에서 실용화는 아직 되지 않고 있다.

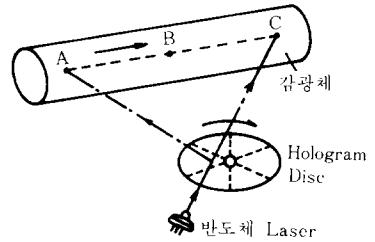


그림 4. Hologram 주사 방식

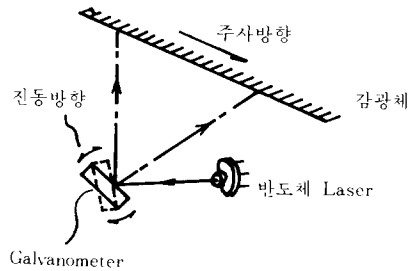


그림 5. Galvanometer 주사 방식

4) LED printer head

다음으로 요즘은 laser printer와 함께 광 printer의 주된 비중을 차지하는 LED printer에 대해 살펴보자. LED printer는 1981년 약 250dpi, 20PPM의 사양으로 일본 NTT에서 발표되었고, 고속, 고해상도의 LED printer head가 계속 발표되고 있으며, 장착하는 기종도 증가하고 있다. 그 원리는 반도체 제조 원리를 이용한 GaAsP계로 고해상도 발광부를 형성하고 감광체와의 사이에 미세한 lens군을 형성하여, 각각의 LED를 on/off시키고 SLA가 초점을 맞추어서 감광체에 주사하는 장치로, printer를 소형화 할 수 있고, 복잡한 광학계가 필요없는 등의 장점이 있으나 회전다면경에 비해 화상의 불균일, 비싼점등 단점도 있다. 현재 반도체 제조기술의 향상에 따라 가격 및 성능의 개선이 기대되고 있다.

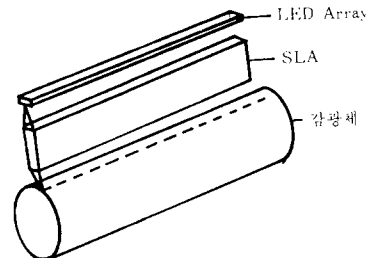


그림 6. LED head 주사방식

5) LCS

LED printer의 LED array부를 액정 shutter와 형광등으로 대체한 것이 LCS printer이다. 현재 Casio에서 실용화한 제품이 나오고 있으며, 중저속에서는 회전다면경이나 LED와 거의 같은 성능이나, 고급 기종에서는 속도와 해상도 면에서 뒤떨어진다고 보는 것이 일반적이다.

이상에서 광 printer의 광학계의 종류와 기본 원리에 대해서 살펴보고, 향후 더 싸고 작은 고성능의 광학계 개발은 계속되리라 보여진다.

3. 감광체

지금까지의 LBP 감광체로는 OPC(opto photo-organic conductor) drum을 주로 사용하여 왔으나 최근에는 amorphous silicon계(이하 a-Si라고 함) 재료가 뛰어난 특성을 갖고 있기 때문에 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 이 a-Si은 silane(SiH<sub>4</sub>) gas의 grow방전 분해에 의하여 만들어 질때 막중에 다량의 수소(5~35%)를 함유하므로 수소화 a-Si이라고도 부른다. 이 a-Si의 장점은 여러가지 있으나 대체로 다음 다섯가지로 들 수 있다.

- 적은 광량으로 전하잠상을 형성 할 수 있는 즉 양자 효율(quantum efficiency)면에서 이상적인 감광체라고 할 수 있다.
- 광감도는 그림7에서 보는 바와 같이 가시광선 전대역에서 높게 나타나며 peak는 650nm이지만 장파장역(750~800nm)에서는 광감도는 급격히 떨어지나 0.1~0.2cm<sup>2</sup>/erg의 광감도를 가지므로 반도체 laser(780nm)를 광원으로 하는 LBP에서도 사용 가능하다.
- 환경 변화(주위 온도: 50℃, 습도 95%RH 이하)에 대

해서 대전능력, 광감도, 잔류전위등 전기적 특성이 뛰어나다.

- 막표면 경도가 Vickers 경도로 1500~2000정도여서 신뢰성이 높고 장수명이다. (100만매 print후의 마모 정도가 0.2μm임)
- 무공해 재료로 만들어서 환경 보호 측면에서 유리하다.

이상과 같은 많은 장점을 갖고 있지만 아직도 실용적인 측면에서 해결해야 될 과제도 있다. 즉 경제성이 있어야 되며 장파장역(780nm)에서의 광감도 최적화이다. 이 과제들은 몇년 이내에 해결될 것으로 생각되며 따라서 향후 LBP의 감광체는 a-Si drum이 큰 비중을 차지할 것으로 보인다.

4. Controller

LBP controller는 크게 H/W, S/W, font로 구분지을 수 있다. 먼저 controller에 주로 사용되는 processor들을 알아보고, 해상도 향상 기술(RET: resolution enhancement technology)에 대해 기술한 뒤, font, PCL-5 (printer command language level 5), PDL(page description language)에 관해 간략히 살펴보겠다.

1) Processor

Printing controller에 사용되는 processor로는 Motorola사의 MC68000 16-bit processor를 들 수 있다. LBP 시장을 주도하고 있는 HP사에서 이 process를 사용하고 있다. 이외에도 NS사의 NS32CG160, AMD사의 Am29000 32-bit RISC processor, Intel사의 i960 32-bit RISC chip, Weitek사의 XL-8220 RISC chip, Motorola사의 MC68020 32-bit processor등이 있다. Printing controller의 기능이 복잡해짐에 따라 차차 32-bit RISC processor를 사용하는 경우가 늘고 있다. 그러나 32-bit processor의 높은 가격이 해결해야 할 문제점으로 남아 있으며, PCL-5를 탑재한 HP사의 LaserJet Series III에서 MC68000 16-bit CPU를 사용하고 있는 점은 주목할 만 하다.

2) 해상도 향상 기술 : RET

LBP에서 해상도를 향상시키는 방법으로는 laser beam의 on/off 시간을 빨리 함으로써 수평 방향으로 해상도를 증가시키는 방법과 laser beam의 timing을 변화시켜 dot의 위치를 이동하고, duration을 변화시켜 dot의 크기를 조절함으로써 수직 방향으로 해상도를 증가시키는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법들은 복잡한 software와 시간 지연을 가져왔다. 이에 HP사에서는 해상

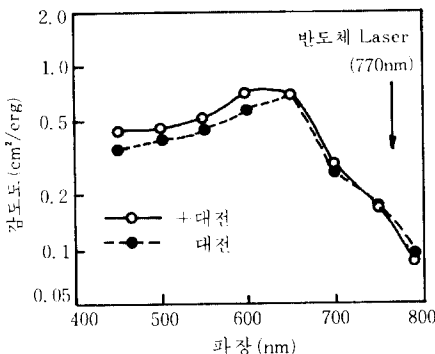


그림 7. a-Si의 감광체 분광 감도

도 향상을 위한 베타 ASIC을 개발, 이를 사용하여 laser diode로 전송되는 video data의 dot clock을 조절함으로써 해상도 향상 효과를 가져왔다. 이는 사용되는 언어가 PCL이든 PostScript이든 상관없이, 이미 형성된 bit image가 전송되는 중간에 이를 가로재이 조절하므로 별도의 추가 memory를 필요로 하지 않는다는 장점이 있다(그림8 참조). HP사의 해상도 향상 기술은 인자한 각 dot의 주위 7×7 dot의 on/off 상태를 비교, 어떻게 인자한 것인지를 결정하게 된다. 해상도 향상을 위해 dot의 위치를 좌우로 1/3 dot씩 이동하는 방법과 dot의 크기를 20%로부터 100%까지 5단계로 조절하는 방법(그림9 참조)을 경우에 따라 적절히 사용하고 있다.

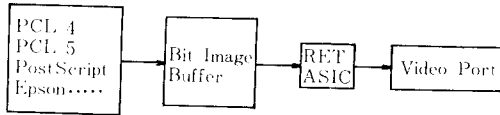


그림 8. RET flow chart

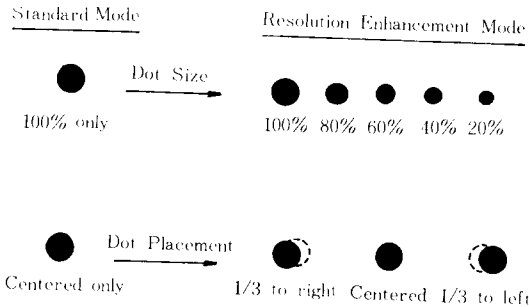


그림 9. RET mode

3) Font

Font란 일정한 크기와 일정한 꼴을 갖춘 글자들의 집합으로, LBP에 사용되는 font로는 dot의 위치배열 상태로 글자를 나타내는 bit mapped font와 수식에 의해 표현되는 직선과 곡선들의 집합으로 글자의 외곽을 나타내는 outline font가 있다. 일반 dot printer나 HP사의 Laser Jet Series II에 사용되었던 font들이 bit mapped font이며, PostScript가 지원되는 Apple사의 LaserWriter II NT에 사용되었던 font들이 out line font이다. Out line font는 확대, 축소 및 임의의 각도로 회전할 수 있는 등 bit

mapped font의 제약을 극복하고 있으나, 그 처리 속도에 있어서 개선을 요한다. 현재 널리 사용되고 있는 out line font로는 PostScript에 사용되는 Adobe사의 Type 1, PCL-5에 사용되는 Agfa사의 Intellifont, 그리고 Microsoft사의 PDL인 True Image에 사용되는 Apple사의 True Type의 3가지가 있다. 현재는 bit mapped font 뿐만 아니라 out line font까지도 지원해야 하는 경향이며 향후에는 상기 열거한 3가지의 out line font를 모두 지원 하는 것이 최상의 해결책이 될 전망이다.

4) PCL 5

PCL이란 HP사의 printer command language의 약어로 이제까지 5 level의 PCL이 발표되었다. 일반 dot printer 수준의 word processing 기능을 갖춘 PCL 3와 이에 page formatting기능과 간단한 graphic 기능을 추가한 PCL 4, 그리고 PCL 4의 기능을 포함하면서 out line font와 HP-GL/2(Hewlett-Packard graphics language)를 지원하는 전자출판(desk top publishing) level의 PCL 5 등이다. HP사의 LaserJet Plus, LaserJet Series II 등이 PCL 4를 탑재한 model이며, 지난해 선보인 LaserJet Series III에 PCL 5가 탑재되어 있다. PCL 5는 PDL이 아니면서도 기존 Adobe사의 PDL인 PostScript가 지닌 기능의 90% 이상을 만족해 PCL과 PDL로 양분된 LBP 시장에서 PostScript에 대한 위협이 되고 있다. 또한, controller 가격 구성에 있어서도 기존 PostScript를 지원하기 위해서는 2M byte 이상의 memory가 필요한데 비해, PCL 5는 1M byte memory만 있으면 되므로 가격 면에서 유리하며, 성능면에서도 bit mapped font와 out line font를 모두 지원할 수 있고, raster data 전송에 있어서는 compression 기능을 사용, 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나, 기능면에서 볼때 PostScript에 비해 처리할 수 있는 기능이 제한되는데, color가 지원되지 않고, gray scales이 8단계로 제한되며, out line font가 999.75 point까지만 확대 가능하다는 단점을 지니고 있다.

5) True Image


1985년 Adobe사의 PostScript를 탑재한 Apple LaserWriter가 LBP시장에 선보인 이래 수년동안 여러 PostScript clone 제품들이 발표되었다. 그러나 1989년 Apple사가 MicroSoft사와 손을 잡고 새로운 PDL 개발에 착수, 1990년 MicroSoft사에서 True Image라는 PDL을 발표하기에 이르렀다. Apple사의 True Type font를 사용하고 있는 True Image는 True Type 뿐만 아니라 Adobe사의 Type1 font까지 지원 가능하고, 수많은 사용자를 확보하고 있는 windows 환경하에서 사용 가능하다

는 장점을 지니고 있다. 향후 Windows V3.1, OS/2, Apple의 Macintosh System 7 환경하에서도 지원할 계획이어서 그 귀추가 주목된다.

#### 6) 향후 전망

LBP 시장은 이제까지와 마찬가지로 크게 PCL과 PDL 시장으로 양분되며, 1994년까지 계속 PCL 시장이 70% 이상을, PDL 시장이 20% 이하를 유지할 전망이다. MicroSoft사는 폭넓은 PC 사용자를 대상으로 True Image로, LBP시장을 주도하고 있는 HP사는 PCL5로 기존 PostScript시장을 공략할 것이고, 승부의 주요 관건은 폭넓은 지원 software와 다양한 font가 될 것으로 예상된다.

### Ⅲ. 결 언

전술한 바와 같이 LBP는 system 전체로서 뿐만 아니라 unit 자체로서도 끊임없이 발전, 개량되고 있다. LBP는 향후 사용자에게 따라서 개인용과 일반 사무용으로 특징 지워질 것이다. 개인용은 더욱 간단하게, 적게, 편리하게 발전되고, 일반 사무용은 고기능화, 고급화, 복합화 되어갈 것이다. 아울러 color 시대에 대비한 기술개발이 필요하다. Ozon 및 toner의 처리 문제, 재생지를 사용할 수 있는 system 개발등 환경보호, 공해 방지 측면을 고려한 기술개발도 중요하다고 생각된다. 

#### 筆者紹介



具庸根

1950年 9月 8日生

1976年 부산대학교 공과대학 전자공학과 졸업

1976年 1月~ 현재 (주)금성사 사무기기연구소

주관심분야 : LBP, PPF, Digital Copier 개발