

## LBP 의 Acoustic Noise 와 Motion Quality

### Acoustic Noise and Motion Quality of Laser Beam Printer

\*차덕순, 전진영, 윤상필, 한상용

Douksoon Cha, Jinyoung Jeon, Sangpil Yoon, Sangyong Han

#### ABSTRACT

The performance of printer can be determined lots of factors such as the printing speed, resolution, image quality, first page out time, paper handling performance and acoustic noise. Among them, acoustic noise and image quality are closely related to the mechanism vibration in the printing operation. To improve these quality, it is important to understand the functions of all individual parts and their relations to entire system. In this paper, the principle of LBP is briefly explained and then the characteristics of printing noise and image banding are explained.

#### 1. 서 론

레이저 프린터의 품질을 나타내는 주요한 요소로는 해상도 및 화상품질, 인쇄속도, FPOT(First Page Out Time, 첫 장 인쇄 시간), 급/배지 안정성, 인쇄소음 등을 들 수 있다. 그 중에서 프린터의 mechanism 의 작동에 의한 진동에 의한 영향을 많이 받는 성능은 인쇄소음과 화상품질이라고 할 수 있다.

현재 인쇄소음에 대한 환경규격은 점점 엄격해지고 있으며 화상품질에 대한 소비자의 기대수준도 높아지고 있다. 또한 인쇄속도는 점점 빨라지므로

이러한 문제를 해결하기 위한 기술수준은 계속 어려워지고 있다. 그런데 프린터의 인쇄소음과 화상품질은 단순히 구동 Mechanism 의 진동에 의해서

만 결정되는 것이 아니라 많은 다양한 부품과 전체 시스템의 특성 및 설계에 의하여 결정된다. 따라서 프린터의 인쇄소음의 저감과 화상품질의 향상을 위하여는 관련되는 부품의 특성을 파악하고 전체 시스템과의 관계를 충분히 고려하여 설계변경을 하여야 한다.

본 논문에서는 먼저 레이저 프린터의 구성 요소를 간단하게 소개하고 프린터의 소음원에 대한 설명과 화상의 banding 에 대한 측정과 발생원인에 대하여 설명하였다.

#### 2. 레이저 프린터의 구성 요소 및 작동 원리

레이저 프린터의 구성요소는 Fig.1 과 같이 Cassette, Paper Feeding Mechanism, LSU, Toner cartridge, Fuser, Exit & Duplex 로 나눌 수 있다.

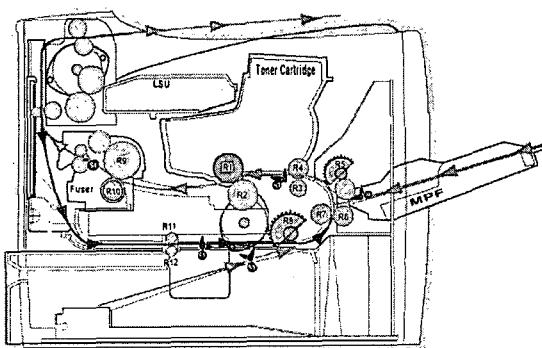


Fig.1 레이저 프린터의 구성요소

인쇄과정을 살펴보면 균일하게 대전된 OPC Drum(Organic Photo Conductive Drum)에 LSU로부터 Laser Beam이 주사되면 주사된 부분에만 전기적으로 대전된 토너 입자들이 달라붙어 화상을 형성한다. 이러한 과정을 현상과정이라고 한다. OPC Drum에 현상된 이미지는 고전압을 이용한 전기적인 제어에 의하여 종이로 전사되고 정착기의 압력과 온도에 의하여 용지에 용착된다. 용지로 전사되지 않고 일부 OPC Drum에 남아 있는 토너는 Cleaning 과정에서 폐기되어 새로 시작되는 인쇄과정에 영향을 주지 않도록 한다.

PC로부터 보내지는 모든 이미지는 인쇄속도에 의하여 결정되는 OPC Drum의 회전속도와 이에 연계되어 회전하는 LSU polygon Mirror의 회전 속도를 고려한 LSU의 Laser Beam의 On/Off 동작에 따라 생성되는 Dot의 조합으로 처리된다.

### 3. 레이저 프린터의 Acoustic Noise

레이저 프린터의 인쇄시의 소음은 크게 Frame 의 진동에 의한 소음과 용지이송에 의한 소음으로 나눌 수 있다.

### 3-1. 구조 진동에 의한 소음

프린터의 구조 진동에 의한 소음은 구동 모터의 진동, Roller 및 기어의 구동시 발생하는 외력에 의하여 Frame이나 외장 Cover의 진동을 유발하여

소음이 발생하는 경우이다. 구동소음은 대부분의 경우 모터의 작동 소음이 가장 크게 들린다. 개인용 프린터의 경우, 구동 모터는 7.5 도의 스텝 angle을 가진 PM 형 스텝모터를 가장 많이 사용하는데 사용대역은 대략 750 ~ 850 Hz 이다. 그리고 frame 을 포함한 대부분의 구조물은 플라스틱으로 제작되어 있는데 그 형태가 매우 복잡하여 CAE 해석이 어렵고 damping 이 많은 재질이어서 modal 실험에 의한 동특성 파악도 어려운 조건이다. Frame 의 경우 750 ~ 850 Hz 의 대역에서는 15 차 이상의 고차모드가 존재하고 이러한 고유모드가 밀집되어 있어서 진동 특성을 파악하기가 힘든 상태이다.

또한 사출성형시의 수축 때문에 일정하지 않은 외형치수의 변동이 발생하여 각종 Roller 류의 조립에서 조립편차로 인하여 각각의 동특성이 다르다고 할 수 있다.

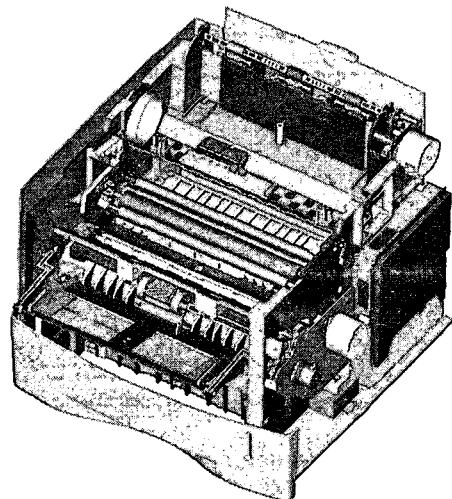


Fig.2 레이저 프린터의 구조

비선형이 심한 구조물의 특성으로 인하여 이론적인 접근보다는 반복적인 실험에 의한 시행착오법으로 소음 저감을 수행하고 있으나 점차 엄격해지는 환경규격으로 인하여 체계적인 연구가 필요

요한 상황이다.

### 3-2. 용지 이송 소음

프린터의 인쇄과정에서 용지와 guider 와의 마찰 및 충돌로 인하여 용지자체에서 발생하는 진동으로 인한 소음이다. 용지는 종류에 따라 특성이 다를 뿐만 아니라 외부의 습도에 따른 물성치의 변동도 커므로 동일한 세트에서도 용지의 종류 및 외부 조건에 따라 인쇄소음의 크기가 달라질 수 있다. 현재의 기술수준은 RecurDyn 등의 CAE 를 이용하여 가장 일반적인 용지의 물성치를 사용하여 용지이송시의 거동해석을 수행하고 그 결과를 참고하여 Paper Path 를 설계하는 수준이다. 그러나 실제의 용지는 이송 Roller 의 Nip 에서 압력의 차이로 인한 속도변동으로 발생하는 주름으로 인하여 용지의 강성이 증가되어 해석결과와는 다른 형태의 거동을 나타내고 있으며, 현상과정에 나타나는 정전기에 의하여도 많은 영향을 받는다.

따라서 최적의 Paper path 와 Roller 위치, 각 Roller 의 이송속도의 등에 대한 계속적인 실험자료의 축적이 필요하다.

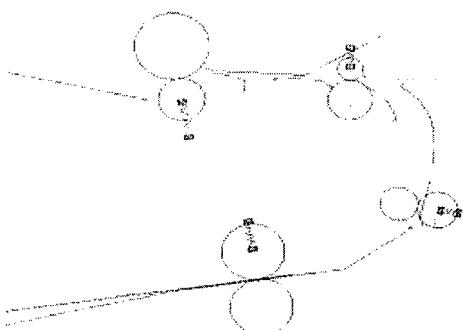
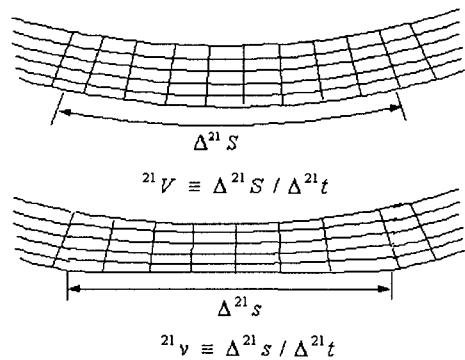


Fig.3 용지이송 해석 (RecurDyn 이용)



$$\text{Speed ratio: } \Gamma = {}^{21}v / {}^{21}V = \Delta^{21}s / \Delta^{21}S$$

Fig.4 이송 Roller 의 변형과 용지이송 속도

### 4. 레이저 프린터의 Motion Quality

화상품질을 결정하는 다양한 기준 중에서 가장 대표적인 것이 banding 이라고 할 수 있다. 일정한 농도를 가진 이미지가 인쇄과정의 다양한 원인으로 인하여 농도의 불균일로 나타나는 경우에 이러한 현상을 banding 이라고 한다. 일반적으로 사람이 가장 민감하게 느끼는 대역은 0.5mm ~ 1.5mm 주기의 Banding 이다.

Banding 의 원인으로는 OPC 의 회전속도변동, OPC drum 과 현상 Roller 사이의 간격의 변동, 용지이송 Roller 사이의 속도 편차, 각종 Roller 들의 runout, 기계적 진동, 현상 Roller 에서의 유동량의 변동, 현상전압의 불안정 등을 들 수 있다.

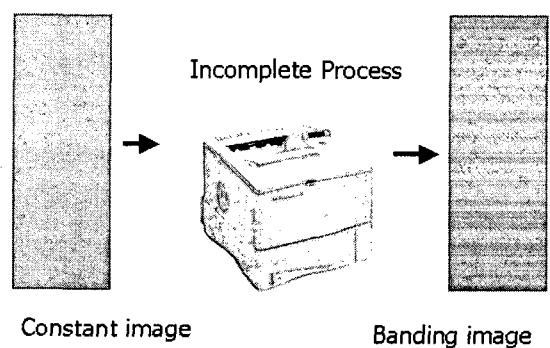


Fig.4 인쇄 화상의 Banding

이러한 다양한 원인은 크게 Mechanism 의 불완전성에 의한 인쇄 dot 의 간격의 변화 (Line spacing variation) 와 현상 Process 의 불안정성으로 인한 이미지 농도의 변동(Density variation)으로 나눌 수 있다. 그리고 line spacing variation 에 의한 영향이 banding 의 많은 부분을 차지하고 그 원인으로는 OPC 의 회전속도의 변동이 원인인 경우가 많다. 레이저 프린터의 동력전달에는 플라스틱 성형기어를 많이 사용하는데 사출성형과정의 수축으로 치형의 정밀도가 저하되고 습도에 따라 기어의 크기의 변동이 있으며 이러한 원인으로 조립유격이나 backlash 가 금속기어에 비하여 헐거운 경우가 많다. 그 결과로 부하가 큰 부분에서는 기어의 맞물림 주기로 진동이 발생하여 OPC 의 구동 속도에 외란으로 작용하여 화상에 band 를 발생시키는 상황이 발생한다.

그런데 banding 은 인쇄시의 농도와 화상처리기법과도 관련이 있다. 그래서 동일한 제품에서도 농도가 너무 연하거나 혹은 너무 진한 화상에서는 banding 이 잘 나타나지 않고 halftone 기법에 따라 화상의 정밀도가 다르게 나타난다.

다양한 원인에 의하여 발생하는 Banding 의 원인분석을 위하여 특정한 화상 Pattern 의 농도변화를 측정하거나 Pattern 간의 간격변화를 측정하는 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 동일한 세트에서도 pattern 의 형태에 따라 측정값의 변동이 심한 특성이 있어서 현재로는 아직 표준화된 측정방법이 없는 상황이다. 따라서 체계적인 banding 의 원인 분석 방안도 수립되어 있지 않아서 개발자의 경험과 반복적인 실험에 많이 의존하고 있는 상태이다. 화상의 개선을 위하여는 동력전달구조, 현상기의 장착안정성, frame 의 구조 안정성 등 전체 mechanism 의 안정성이 기본적으로 필요하므로 이에 대한 꾸준한 연구가 필요하다.

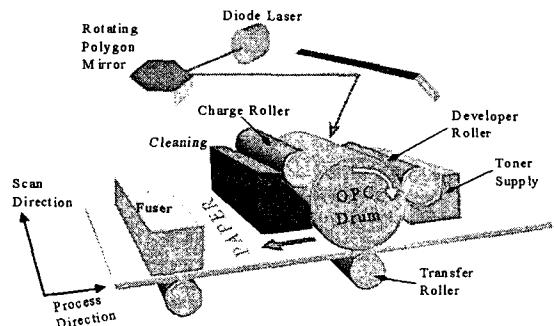


Fig.5 화상 Banding 의 원인

## 5. 결론 및 토의 사항

프린터의 인쇄소음과 화상 Banding 에 대하여 간략히 설명하였다. 이러한 성능은 많은 부품들의 복잡한 상호작용에 의하여 결정되므로 성능향상을 위한 설계 변경을 위하여는 프린터의 구성과 각 부품에 대한 충분한 지식이 필요하다. 그리고 다양한 분야의 지식을 필요로 하고 비선형적인 특성과 물성치의 다양한 분포, 치수변동 등의 문제가 포함되어 있어서 해석적인 접근은 어려우나 다양한 실험자료를 축적한다면 체계적인 연구방법을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- (1)Stolte, J., and Benson, R.C., "An Extending Dynamic Elastica: Impact With a Surface," ASME Journal of Vibration and Acoustics, Vol. 115, July 1993, pp. 308-313.
- (2)C.-L. Chen, G.T.-C. Chiu, and Jan P. Allebach, "Banding Reduction in Electrophotographic Processes Using Human Contrast Sensitivity Function Shaped Photoconductor Velocity Control," Journal of Image Science and Technology, Vol. 47, No. 3, pp. 209-223, May/June 2003
- (3)RecurDyn 매뉴얼, FunctionBay(사)