

레이저 프린터용 광스캔유닛(LSU)의 동특성 개선

°조문선, 차덕순

Dynamic Characteristic Improvement of Laser Scanning Unit for Laser Beam Printer

Mun-Son Cho, Douksoon Cha

ABSTRACT

The performance of printer can be determined by the printing speed, noise level, printing quality which includes the resolution, regularity of printed matter and etc. Among them, printing quality mostly depends on the irregularity of the line spacing and dot size. The irregular line spacing and dot size in laser beam printer are mainly from the jitter which comes from the vibration of Organic Photo Conductive(OPC) drum and the Laser Scanning Unit(LSU). Jitter due to the vibration of LSU appears as high-frequency component which occurs 100-300 μm interval in printed matter and the causes of it can be estimated as the vibration of polygon motor, case, reflecting mirror and etc. In this paper, vibration characteristics of the LSU under development are investigated and the strategy for improvement of the dynamic characteristics is established and its validity is demonstrated.

1. 서론

프린터의 성능을 결정짓는 요소는 인쇄속도, 해상도, 인쇄균일도, 소음수준 등이다. 인쇄의 질은 줄간격 및 dot 크기의 균일도에 의해 주로 결정된다. 레이저 프린터에서 불균일한 줄간격 및 dot 크기는 주로 물러나 현상기의 부하변동으로 인한 감광드럼(Organic Photo Conductive 드럼 : 이하 OPC 드럼)의 진동이나 광스캔유닛(Laser Scanning Unit : 이하 LSU)의 진동으로 인한 지터에 기인한다. LSU의 진동으로 인한 지터는 인쇄물에서 수

삼성전자(주) 디지털프린팅사업부

백 μm 간격의 밴드형태로 나타나며, 다면경 모터 (polygon motor), 케이스, 반사경의 진동에 기인한다. 이 논문에서는 현재 개발중인 LSU를 대상으로 동특성을 파악한 뒤, 이를 개선하기 위한 방법을 수립한 뒤 그 효용성을 검토하였다.

2. LSU의 진동특성 검토

2-1. LSU의 작동원리

레이저 프린터의 광학 시스템은 Fig.1과 같이 레이저 광원에서 나오는 빔을 컴퓨터 출력 신호에 의한 음향광학(acoustic-optic) 변조기를 이용하여

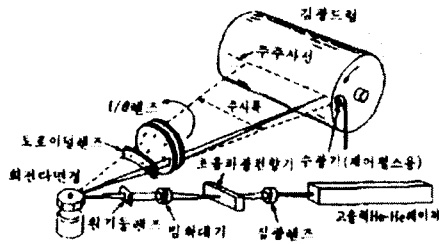


Fig.1 레이저 프린터 광학시스템

고속 스위칭 시켜주게 되며, 이렇게 스위칭 된 빛은 고속으로 회전하는 다면경에 의해 주사(scanning)하게 된다[1]. 레이저 프린터의 LSU는 레이저 빔의 발생에서부터 OPC 드럼에 주사하기 직전까지 필요한 모든 부분을 포함하게 되는데, 소형 레이저 프린터의 경우 공간상의 제약으로 인해 OPC 드럼을 LSU 하단부에 위치시키고, f/θ렌즈를 통과한 빔을 반사경을 이용하여 OPC 드럼에 주사하는 방식을 취하고 있다.

2-2. 지터 검사용 화상패턴

지터 검사를 위해서는 2×2 패턴을 사용한다. LSU는 보통 5각~7각의 회전 다면경을 사용하는 데 각각의 면은 화상 line 한 줄에 해당하는 dot를 형성한다. 즉, 6각 다면경의 경우 다면경 모터가 1회전 함에 따라 감광드럼에 6개의 화상 line이 주사된다. Fig. 2에서와 같은 지터검사용 2×2 패턴을 사용하게 되면, LSU에서 주사된 가로, 세로 각각 2개의 dot가 하나의 인쇄 dot로 나타나기 때문에, 회전 다면경이 2회전 하는 동안 모두 세개의 줄이 나타나게 된다.

그림에서 dot 옆의 숫자는 다면경의 한 면에 해당하는 숫자이다. LSU에 기인하는 지터 중 각 면의 회전주기로 발생하는 지터는 그림에서 인쇄

dot 반개에 해당하는 주기로 발생하기 때문에 나안(裸眼)으로는 거의 구별할 수 없다. 따라서, LSU에서 문제가 되는 지터는 주로 모터의 회전주기와 관련된 성분, 즉 6각 다면경을 사용하는 LSU의 경우 인쇄 dot 1.5 개에 해당되는 성분이 되며, 이는 화상패턴에서 세 줄 간격으로 나타난다.

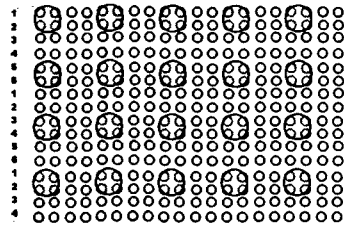


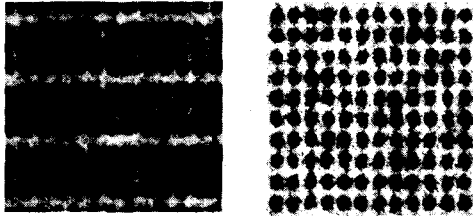
Fig.2 지터검사용 2×2 화상패턴

2-3. LSU 진동 특성 검토

지터는 인쇄물에서 불균일한 줄간격으로 나타나며, 이는 마치 흰색 밴드(white band)가 발생한 것처럼 관찰된다. 지터의 원인은 이 밴드의 발생간격을 관찰함으로써 추정해 볼 수 있는데, 수십 mm 간격으로 발생하는 밴드는 대개 현상기의 부하변동에 의한 OPC 드럼의 속도변동에 기인하며, 수 백 μm 간격으로 발생하는 밴드는 일반적으로 LSU에서 그 원인을 찾아볼 수 있다.

본 논문에서는 12ppm(pages per minute)의 인쇄속도를 가지는 소형 레이저 프린터 용 LSU를 개발하는 도중에 발생한 지터 문제를 다루고 있다. 대상 LSU는 17130 rpm의 회전속도를 가지는 6각 다면경을 채용하고 있기 때문에, 이에 의한 지터는 화상 패턴상에서 세 줄 간격으로 관찰된다. 지터와 관련하여 개발과정 중의 가장 큰 문제점은 시료에 따라 상당한 편차를 가지고 있다는 데에 있다. Fig. 3에 대상 LSU의 지터패턴이 나타나 있는데, 두 화상을 비교해 보면 불량시료의 경우

주기적으로 line 간격이 벌어지는 것을 볼 수 있으나, 정상시료의 경우에는 그러한 현상이 발견되지 않는다.



(a) 불량시료 (b) 정상시료

Fig.3 LSU 지터에 의한 화상패턴

먼저 시료에 따른 편차의 발생원인을 규명하기 위해, 화상패턴 검사를 통해 대표적인 불량시료와 정상시료를 뽑아낸 뒤, 이들에 대한 동특성을 검토하였다. 인쇄시 발생하는 진동을 측정하기 위한 위치로 Fig. 4와 같이 4개의 지점을 선정하였다. 선정된 위치는 각각 Frame 과의 체결부위, 반사경 위, 다면경 모터 위, 레이저 광원 윗 부분이다.

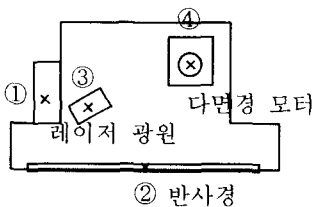


Fig.4 LSU의 진동측정 위치

관심을 가지고 있는 LSU 지터는 다면경 모터의 회전주기로 나타나므로, 이 주파수에 해당하는 성분만을 대상으로 선정된 위치에서의 진동수준을 비교하였다. 진동은 두 시료를 본체에 장착한 뒤, random pattern 을 연속적으로 인쇄하면서 측정하였다.

모터의 회전 주파수(285.5 Hz)에서의 진동레벨

을 측정된 결과가 Fig.5에 나타나 있다. 이 결과를 살펴보면 LSU와 Frame 과의 체결위치(①위치)와 다면경 모터(④위치)에서의 진동레벨은 크게 차이가 나지 않는 것을 관찰할 수 있으며, 반사경 중앙부위(②위치)와 레이저 광원(③위치)쪽은 비교적 큰 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 그 중에서도 특히 반사경 중앙부위의 진동레벨에서 가장 크게 차이가 나는 것을 관찰할 수 있다. 이는 이 부위의 진동특성이 LSU의 지터발생에 직접적인 영향을 주고 있음을 의미한다. 즉, 다면경 모터로부터 전파되어 나온 가진력이 반사경을 가진함으로써, 지터가 발생하는 것으로 유추해 볼 수 있다.

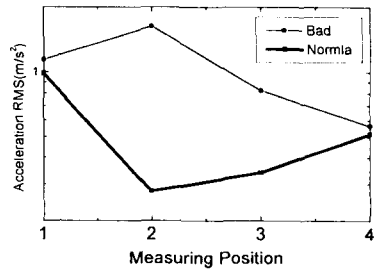


Fig.5 측정위치에서의 두 시료의 진동레벨

이를 확인해 보기 위해 반사경을 대상으로 가진 주파수 부근위치에 고유 진동수가 존재하는지를 검토해 보았다. LSU를 Frame에 체결한 상태에서 충격실험을 통하여 주파수 응답함수(FRF)를 측정하였으며, 반사경의 끝단을 가진하고, 중앙부위에서 응답을 측정하였다.

Fig. 6에 두 시료간의 FRF를 비교해 보면, 불량시료의 경우 피크가 280~295 Hz 사이에 넓게 퍼져 있어 정상시료보다는 가진 주파수에 의해 영향을 쉽게 받는 것으로 판단된다.

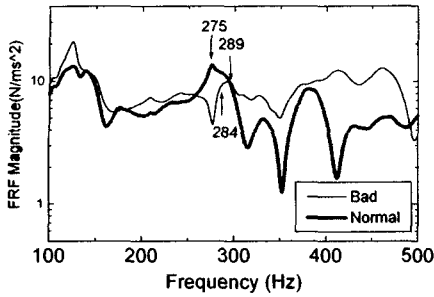


Fig. 6 두 시료의 FRF 비교

3. LSU의 동특성 개선

3-1. 반사경 부착부위의 보강

진동특성 검토 결과 반사경 부착부위의 진동이 지배적이며, 다면경 모터의 회전 주파수 부근에 모드가 존재함으로써 이 부분의 진동에 의한 광경로(光經路)의 뒤틀림이 지터에 직접적인 영향을 주는 것으로 파악되었다.

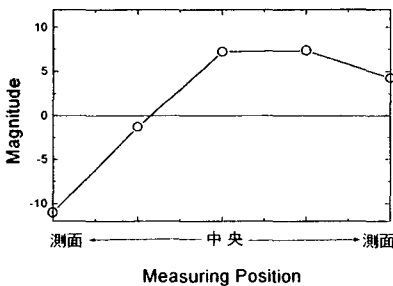


Fig. 7 285.5 Hz에서의 모드형상(불량시료)

Fig. 7에서 285.5 Hz에서의 모드형상을 살펴보면 중앙부의 변위가 크게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 이로부터 효율적으로 진동을 억제하기 위해서는 반사경 중앙부의 진동을 억제해 주는 것이 효과적임을 알 수 있다. 현재 반사경은 양 끝단에

판 스프링으로 지지되어 있으므로, 중앙에 rib를 추가하였다. 삽입 전/후 앞장과 동일한 위치에서의 FRF를 살펴보면 Fig. 8과 같다.

결과를 살펴보면 rib 삽입 후 가진 주파수 부근의 모드가 잘 나타나지 않는 것을 살펴볼 수 있으며, 화상출력 결과 LSU와 관련있는 지터는 거의 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이 방법은 그 효과가 확실하나, rib를 추가하는 과정에서 반사경의 곡률반경이 달라지기 때문에 광경로에 대한 검토를 다시 수행해야 하는 어려움이 두께를 증가시키는 방법을 추가로 검토하였다.

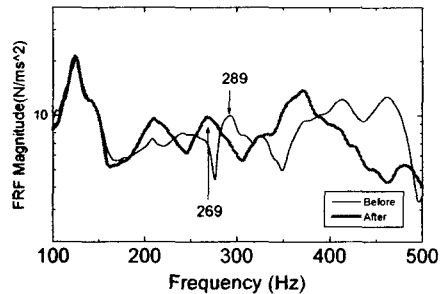


Fig. 8 rib 추가 전/후의 FRF 비교

3-2. 반사경의 두께 증가

앞 절에서 기술한 대로 rib를 추가하는 대신에 반사경의 두께를 증가시키는 것이 보다 현실적인 방법이다. 두께 증가에 따른 반사경 진동을 평가하기 위해, 반사경의 두께를 현재의 3mm에서 4mm, 5mm로 증가시켜가면서 LSU의 작동중 진동레벨을 측정하였다. Laser Vibrometer를 사용하여 변위 및 속도를 측정하였으며, 그 결과가 Fig. 9에 나타나 있다. 그 결과를 살펴보면, 반사경의 두께를 1mm만 증가되더라도 변위가 90%이상 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 두께를 증가시킨 후 화상 출력한 결과 LSU의 지터는 거의 사라지는

것을 관찰할 수 있었으며, 그 결과로부터 반사경의 두께를 증가시키는 것이 LSU의 지터를 감소시키는 데에 상당히 효과적임을 알 수 있다.

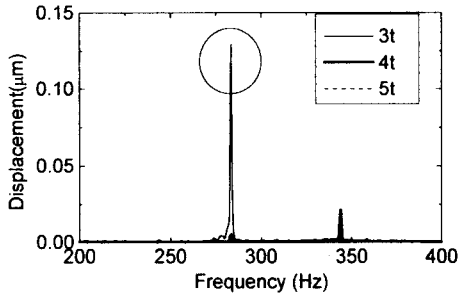


Fig. 9 반사경 두께 변경에 따른 진동레벨비교

4. 결론

지터는 프린터의 인쇄성능을 결정하는 가장 중요한 요인 중의 하나이다. LSU에 기인하는 지터는 수 백 μm 간격으로 발생하며, 이는 다면경 모터, 레이저 광원, 반사경의 진동으로 나타난다. 본 연구에서는 LSU 지터의 동특성 검토를 통하여 그 원인을 분석하였으며, 주 원인이 반사경의 공진인 것으로 나타났다. 공진으로 인한 지터를 감소하기 위하여 반사경 중앙부위에 리브를 추가하는 방법과 반사경의 두께를 증가시키는 방법을 제안하였으며, 확인결과 두 방법 모두 지터감소에 큰 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 길상근 외 5인, 1987, "초고속 레이저 프린터 시스템의 개발", 전자공학회 논문지, v.24, n.2
- [2] 오재응, 1985, 구조물 모드해석의 기초와 응용, 회성출판사