

고속카메라를 이용한 잉크젯 초기 거동 측정 Measurement of Inkjet First Drop behavior using High Speed Camera Camera

*이전아¹, #권계서²,

*J. A. Lee¹, #K. S. Kwon(kswon@sch.ac.kr)¹

¹순천향대학교 기계공학과

Key words : inkjet, First Drop, High Speed Camera

1. 서론

잉크젯 공정을 위해서는 정밀한 스테이지(stage), 잉크젯 헤드(Inkjet head), 잉크 및 재료, 기판(substrate) 이 중요한 요소가 되고 있다. 그 중에서 잉크를 직접 토출시키는 헤드의 특성이 생산성과 신뢰성을 위하여 가장 중요한 요소가 된다. 전자 인쇄 공정의 도구로서 잉크젯의 신뢰성 확보를 위하여 토출 상태를 모니터링하고 토출 이상이 생겼을 때는 즉시 대처해야 하는 필요성이 증대되고 있다. 기존의 잉크 토출을 모니터링 하기 위한 시스템 또는 방법으로는 CCD 카메라를 이용한 스트로브 엘이디(strobe LED) 로 토출되는 잉크 액적(Ink dropjet) 이미지를 직접 관찰하는 방법이 많이 사용되어 왔다. 종래의 시스템의 CCD 카메라는 낮은 frame per second (fps)로 이미지를 촬영하기 때문에 고속의 토출 현상이 정확히 반복이 되어야 정확한 이미지를 관찰할 수 있고, 짧은 시간에 강한 빛을 정확히 동기화 시키지 않으면 안 되는 단점이 있다. 따라서 잉크젯 토출 문제에서 퍼스트 드롭 (First Drop, 초기 몇 방울의 경우 토출이 정상적으로 안 되는 문제점) 또는 잉크 방울간의 편차 (Drop by Drop 편차)를 측정하지 못하는 문제점이 있다. 그에 반해서 고속카메라는 가격은 고가이지만 잉크 방울에 따른 토출의 변화를 정확하게 측정하는 것이 가능하다. 또한 스트로브가 아닌 할로겐 램프 등의 조명을 사용하기 때문에 조명의 복잡한 전기적인 동기화 (synchronization) 등이 불필요하다.

본 연구는 잉크젯 프린팅 장치의 헤드 노즐에서 토출 되는 잉크 방울의 거동을 분석 하기 위하여 빠르게 거동하는 잉크 방울의 이미지를 획득하고 그 이미지에 포함된 다양한 정보를 정확하게 분석할 수 있는 고속카메라를 이용한 이미지 분석 방법을 제안한다.

2. 하드웨어 구성

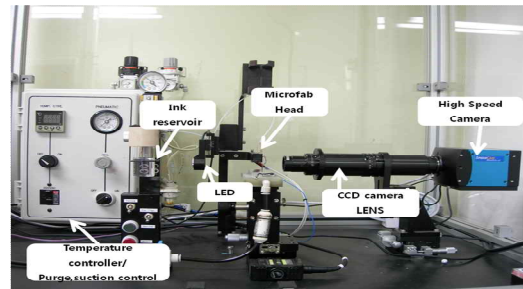


Fig. 1 Hardware of jetting system

실험을 위한 하드웨어 구성은 Fig. 1 와 같다.¹ 잉크젯 헤드로는 Microfab 의 단일 노즐(single Nozzle) 을 사용하였다. 잉크의 고속 액적 거동을 관찰하기 위한 고속 카메라는 Speed Cam Minivis e2-ECO-3C 를 사용하였다. 잉크 액적을 관찰하기 위하여 Zoom Lens 인 MORITEX-ML-Z07545 와 Lens Adaptor 인 MORITEX-ML-Z20 을 사용하여 확대된 잉크 액적을 관찰하였다.

3. 잉크 액적 간의 편차 측정 및 분석

토출 되는 잉크젯 토출 특성은 시간에 따라 변화하지 않고 일정하여야 고품질의 인쇄특성을 얻을 수 있다. 그러나 대부분의

잉크젯에서는 토출 초기 부분에서 토출 불량이 발생한다. 이는 토출 되지 않아 노즐의 끝에서 solvent 의 증발이됨으로 잉크의 상태 등이 정상 토출 상태와 다르기 때문이다. 이러한 특성은 잉크와 토출 하지 않고 기다리는 시간에 따라서 달라질 수 있고 잉크 특성에 따라 달라질 수 있다. 이를 효과적으로 측정해야 프린팅 알고리즘 및 잉크 개선 등에 활용이 가능하다.

고속카메라는 토출 되는 잉크 액적 사이의 편차를 측정 하는데 유용한 측정 수단이 된다. 토출 특성은 토출 drop 과 drop 간에 변화가 없도록 되어야 하고, 변화가 있다면 이를 정량화하는 것이 필요하다. 반복적인 잉크 액적의 측정을 위해서는 측정이미지의 시점이 토출 drop 에 대해서 반복되는 것이 필요하다. 이를 위해 토출 주기와 이미지 획득을 배수로 하였다. 이미지 획득을 위한 토출 실험을 위하여 Fig 2. 같이 토출 신호 트리거와 고속 카메라의 이미지 획득의 동기화를 이용하여 디지털 트리거를 사용하여 토출 시점과 이미지 획득 시점을 정확하게 맞추었다. 여기서 고속 카메라의 프레임 레이트는 “F”, 이미지 간격은 “Tc”, 잉크젯 헤드의 토출 주파수 “f”, 토출 주기 “Ti” 이다.

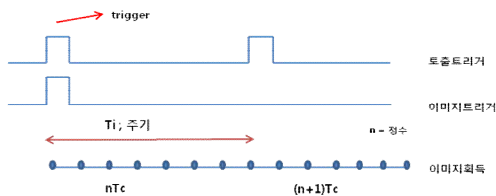


Fig 2. Synchronization of trigger for jetting and camera

실험을 위하여 고속카메라의 프레임 레이트 F 가 7000fps (frame per second), 잉크젯 헤드의 토출 주파수 f 가 1000Hz 로 설정하였다. 이때는 고속카메라에서 같은 시점의 토출 액적이 반복되는 주기는 F/f 가 되므로 7 장이 한 주기가 된다. 또한 관찰되는 이미지 프레임이 발생하는 시간은 각각의 잉크 방울 토출 시점에서부터 소정 시간이 경과한 시간이며, 이 시간은 다음식으로부터 구할 수 있다.

$$\frac{(n \times T_c)}{T_i} \quad (1)$$

여기서 n 은 고속카메라에서 얻은 n 번째 이미지를 나타낸다. 식 (1)의 몫은 관찰되는 잉크방울의 이미지가 몇 번째 방울에 해당하는지에 대한 정보이며, 나머지는 관찰 되는 잉크 방울의 이미지가 얻어진 시간에 대한 정보라 할 수 있다. 고속 카메라에서 얻은 이미지를 순차적으로 파일 이름이 되어있다. 이를 자동으로 불러오고 이미지 프로 세싱을 통하여 각 시간에 따른 drop 의 위치를 측정할 수 있는 software Fig 3.을 개발하였다.

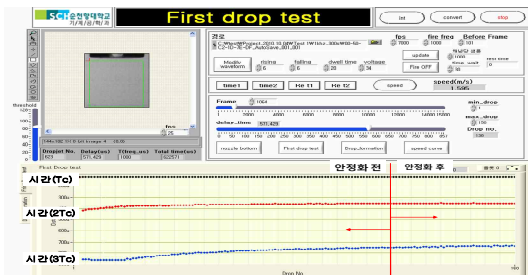


Fig 3. Software for Analyzing First Drop Effects

Fig 3.에서 얻은 결과로 초기 방울 부분에서는 토출이 되고 있지 않다가 초기 토출 부분에서는 속도가 빠르다가 (속도가 빠른 것은 간격이 멀어진 것을 이용하여 알 수 있었다) First Drop 이후에는 안정화됨을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발된 소프트웨어를 사용하여 초기 부분의 토출 거동을 정량화하는 것이 가능하다. 추후 연구과제로서 다양한 잉크를 사용하여 잉크의 토출 초기 거동 현상을 측정 및 분석할 예정이다.

4. 결론

잉크젯 헤드에서 초기 거동의 현상을 측정하고 분석할 수 있도록 고속카메라를 사용하여 이미지를 획득하였다. 획득된 이미지를 사용하여 토출 거동을 효과적으로 분석할 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어를 개발하였다. 향후 다양한 잉크 및 토출 조건에 따른 토출 거동 분석 및 비교를 추후의 연구 과제로 진행 될 예정이다.

참고문헌

1. 권계시, “잉크젯 토출 특성 평가 장치 개발”, 한국 정밀공학회지, 25, 45-50, 2008