

상용 프린터를 이용한 마이크로어레이 제작 Microarra Manufacturing Using a ommercial In et Printer

*#김경태, 박영우

*#K. T. Kim(nix1468@hanmail.net)¹, Y. W. Park¹

¹충남대학교 BK21메카트로닉스 사업단 메카트로닉스 공학과

Key words : Microarray, Inkjet printing, DNA

1. 서론

DNA microarray는 수 cm^2 정도의 면적을 갖는 고형체 위에 oligonucleotide, cDNA로 된 유전자 조각(gene fragment)를 고밀도로 배열한 것을 의미하며, 제작 기술에는 photolithography, impact pins, inkjet printing 등이 있다. photolithography 기술은 고형체 위에 oligonucleotide를 직접 합성할 수 있으며, 비교적 높은 probe 집적률과 신뢰성을 갖는다. 하지만, 구성과 제작이 복잡하고 소요 경비가 많아 중소 규모의 연구에서는 부적절하다. impact pin은 제작이 유연하고 단순하다는 장점을 가지고 있지만, 정량의 유전물질을 printing 할 수 없으며 missing spot과 형태가 일정치 않은 spot 이르는 경향이 있다. 또한, 버려지는 유전물질이 많아 제작 단가를 높이는 등의 여러 단점을 가지고 있다. inkjet printing 기술은 고형체와의 접촉없이 정량의 유전물질을 고형체 위에 분사할 수 있어 contact printing에서 오는 여러 단점을 극복할 수 있다. 하지만 이 기술은 아직 spot size가 $100\mu\text{m}$ 이상이며, nozzle이 쉽게 막히는 경향을 가지고 있고, spot의 형태가 일정하지 않는 등의 단점을 가진다. 또한 이 기술은 현재 고형체 위에 oligonucleotide를 직접 합성하지 않고 이미 합성된 oligonucleotide와 cDNA를 고형체 위에 분사하는 한계점을 가진다. 이러한 단점과 한계성을 극복하기 위하여 상업용 inkjet printer를 이용한 microarray 제작은 나노리터 수준의 정량의 ink를 분사할 수 있고, spot이 일정한 형태를 가질 수 있으며, 높은 집적률로 probe를 printing 할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 제조 시간을 상당히 줄일 수 있으며, dynamic range를 극대화 할 수 있는 장점을 가질 것으로 예상된다. 이에 본 논문에서는 상업용 inkjet printer를 이용한 microarray를 제작함으로써 contact printing에서 발생하는 문제점을 극복하고, 제작이 유연하며 제작 단가를 낮추고 높은 성능을 갖는 microarray 제작과 고형체 위에 염기를 분사하여 oligonucleotide를 직접 합성하는 것을 제안한다.

2. 상용 프린터의 nozzle 구성 및 잉크 분사 제어

상용프린터의 잉크 분사 방식은 piezo를 이용한 압력분사 방식과 열을 이용한 bubble jet 분사방식, thermal 분사방식으로 구분된다. 열을 이용한 분사방식의 상용프린터는 유전물질의 변형을 일으키므로 본 논문에서는 piezo를 이용한 압력분사 방식의 상용프린터가 적합하다. Fig. 1은 piezo의 압전효과에 의한 압력분사 방식의 상용프린터(Epson) 노즐 구조이다[1].

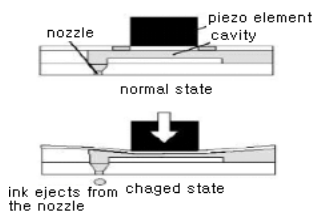


Fig. 1 Ink ejection using piezo actuating at nozzle

piezo를 이용한 상용 프린터의 헤드에는 데이터를 입력받아 각 nozzle에서의 잉크 분사량을 제어하는 HC(Head Controller)가 있다. HC는 CLK(Clock)과 동기화하여 프린터 데이터(SI data)를 shift register에 순차적으로 저장하며, 저장된 data는 LAT(Latch) 신호에 의해 latch circuit에 전송한다. 전송된 데이터는 CH(change signal)에 의해 switch의 개폐를 결정하며, switch는 piezo를 구동시키

는 COM signal 과 piezo와의 연결을 on/off 시킨다. Fig. 2는 HC의 도식도이다.

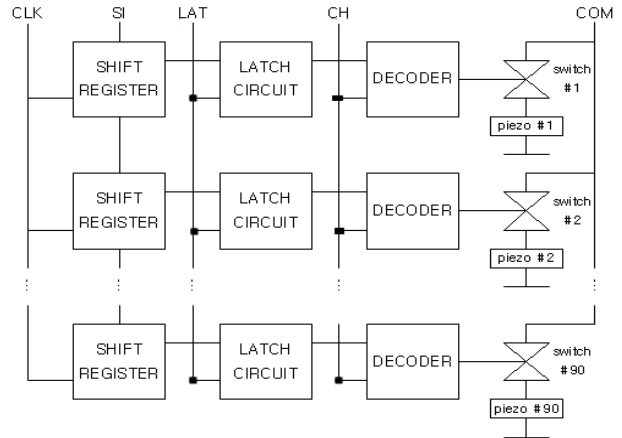


Fig. 2 Schematic of HC

프린터 헤드의 각 노즐은 2bit의 SI data에 따라 piezo를 구동시키는 COM signal의 입력을 제어함으로써 노즐에 분사되는 잉크의 양을 조절을 한다. Fig. 3과 같이 각 노즐에서의 SI data가 "00"인 경우 COM signal과 piezo를 연결시키는 switch가 off 되어 COM signal이 piezo에 적용되지 않아 잉크가 분사되지 않으며, SI data가 "01"인 경우 COM signal이 piezo에 1개의 펄스만 적용되어 piezo가 1번 진동함으로써 잉크는 small dot가 프린트 된다. 이와 같은 방법으로 SI data가 "10"인 경우 2개의 COM signal 펄스가 적용되어 piezo가 2번 진동함으로써 medium dot이 프린트 되고, "11"인 경우 6개의 COM signal 펄스가 적용되어 piezo가 6번 진동함으로써 large dot가 프린트 된다. 노즐은 각각의 색깔마다 90개가 일직선으로 정렬된 nozzle row를 구성하며, 각각의 노즐이 2bit의 SI data가 필요하므로 하나의 nozzle row는 180bit의 SI data가 필요하다.

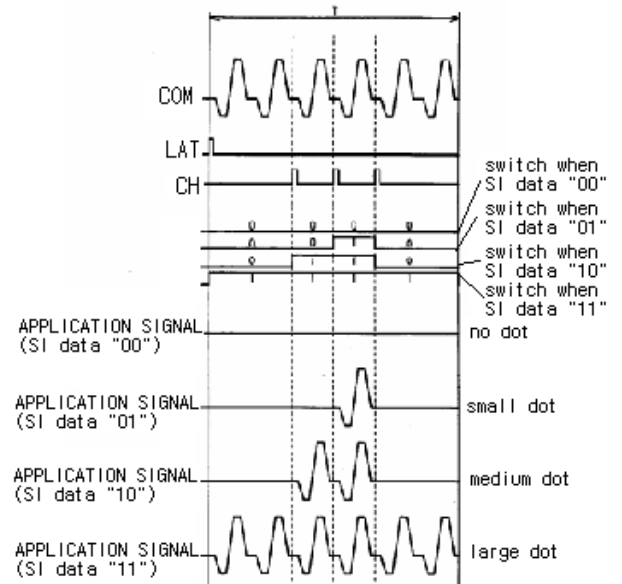


Fig. 3 Volume control of ejected ink according to SI data

3. 의 입력신호 분석 및 분류

본 연구에서 사용되는 실제 프린터(EPSON R230) 노즐에서의 잉크 분사를 직접 제어하기 위해서는 HC의 입력신호 분석 및 분류가 필요하다. Fig. 4는 HC의 입력신호 중 COM signal과 clock 신호로써, COM signal은 대략 2V ~ 24V의 전압 변화를 보이며, 1주기에 3개의 펄스를 갖는다. 따라서 본 연구에 사용되는 프린터는 large dot는 piezo가 3번의 진동을 통해 이루어지고 medium dot는 2번, small dot는 1번의 진동을 통해 생성됨을 예상할 수 있다. SI data는 clock이 생기는 구간에서 clock과 동기화하여 HC로 전송된다.

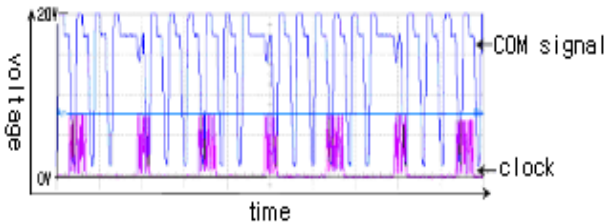


Fig. 4 Input signal of HC (COM signal, clock)

Fig. 5는 노즐에서의 잉크 분사에 필요한 HC 신호를 가려내고, 각 신호에 대한 기능을 알아보는 실험으로써 PC를 통해 프린터 데이터를 첫 번째 프린터에 전송하여 정상적인 프린트 작업을 수행시키고, 이때 발생하는 HC 입력신호를 두 번째 프린터의 HC에 직접 전송한다. 실험은 두 번째 프린터의 HC에 전송되는 입력신호를 하나씩 제거하면서 첫 번째 프린터와 두 번째 프린터의 인쇄 차이점을 비교한다.

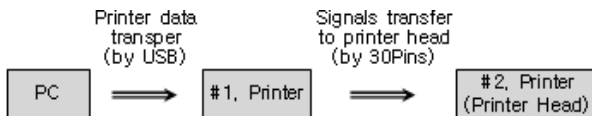


Fig. 5 Experiment to classify for HC input signal

이 실험을 통해 HC 각 입력신호의 기능을 찾고, 그 기능에 따른 분류 결과는 Table. 1과 같다.

Table 1 Analysis and classification of HC input signal

ignals		
round	1, 3, 6, 8, 12	3, 5, 7, 9, 11, 12, 14
om signal	2, 4	.
	7	.
	.	8
T	.	10
I data	11 (Black) 13 (Cyan) 15 (Light Cyan)	2 (Yellow) 4 (Light Magenta) 6 (Magenta)
D Voltage	5 (41V) 10, 14 (3.2V)	13, 15 (1.4V)
Unsure signal	9	1

4. 잉크분사 제어실험

노즐에서의 잉크분사 제어를 위해서 PC 기반의 Lab windows CVI를 통해 HC 입력신호를 생성하고 DAQ card를 통해 PC에서 생성된 입력 신호를 HC로 전송하였다. 입력신호는 Fig. 3에서와 같이 전송된 SI data를 기반으로 LAT에 의해서 노즐에서 잉크분사가 이루어지므로 LAT 신호 이전에 SI data를 clock과 동기화하여 HC에 전송하고, 데이터의 전송이후 LAT, CH, COM signal 등의 신호를 HC에 입력함으로써 노즐에서 잉크분사 제어실험을 실시하였다. Fig. 6은 연구에서 진행된 잉크분사 제어실험 나타낸다.

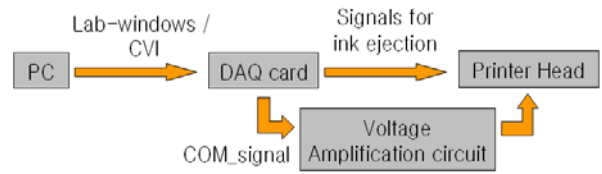


Fig. 6 Experiment to control for ink ejection

Fig. 4에서 보는바와 같이 노즐에서 잉크가 분사하기위해 piezo에 입력되는 COM signal은 최대 24V 이상의 전압이 필요하다. 하지만 DAQ card에서 생성할 수 있는 최대 전압은 10V 이므로 전압 증폭 회로를 요한다. 위의 실험을 통해서 실제 본 연구에서 사용하고 있는 프린터(EPSON R230)가 SI data에 따른 잉크분사 특성을 분석한 결과, 노즐에서 잉크가 분사하기 위해 필요한 SI data는 49bit 임을 확인할 수 있다. 하나의 색을 분사하는 한 nozzle row가 90개의 nozzle과 piezo를 구성하지만 45bit의 SI data를 통해서 제어되고 있으며, 1bit의 데이터에 따라 2개 노즐에서의 잉크분사 여부를 제어한다. 잉크 분사량의 제어는 2bit의 SI data로 이루어지며, 2bit의 데이터가 “00”일 때 잉크가 분사되지 않으며, “01”일 때 약한 농도, “10”일 때 중간 농도, “11”일 때 높은 농도가 프린트됨을 미루어 분사량이 증가함을 알 수 있다. 또한, 노즐에서의 잉크분사제어에 2bit의 SI data가 추가적으로 존재하는데 이 데이터는 45bit에 결정되지 않은 nozzle에서의 잉크 분사량을 제어한다. 예를 들면, 45bit에 의해 1번과 2번 노즐을 선택하면, 분사량 조절을 위한 4bit 중에서 2bit는 1번과 2번 노즐에서의 분사량을 제어하고, 나머지 2bit는 3번에서 90번 노즐의 분사량을 제어한다. 즉, 위의 예에서 분사량 조절을 위한 4bit의 데이터가 “0111”인 경우 1, 2번 노즐에서는 medium dot가 프린트되고 3~90번 노즐에서는 large dot가 프린트된다. Fig. 7은 small dot, medium dot, large dot의 프린트 결과와 45bit에 의한 프린트 패턴 변경을 보여준다.

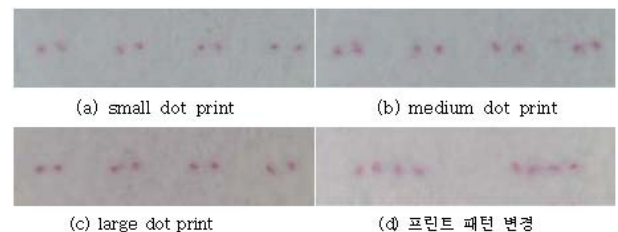


Fig. 7 Result of ink ejection experiment

. 결론

본 논문에서는 상용 프린터가 평면에서의 프린트만 가능하다는 단점을 극복하고 입체적인 프린트를 하기 위해서 프린터 개량을 하였으며, 이를 통해 상업용 프린터를 이용한 마이크로어레이 제작에 있어 프린터 헤드에서의 잉크분사 실험 및 결과 비교를 하였다.

실험 결과 SI data에 따라 임의의 패턴을 구현할 수 있으며, 노즐에서 분사되는 잉크양을 piezo의 구동 횟수에 의해 결정할 수 있음을 확인하였다. 또한, 실제 프린터에서는 각각 노즐에서 잉크분사 여부 결정과 분사량 조절이 이루어지지 않고, 2개의 노즐이 쌍을 이루어 잉크분사 여부를 결정하며 노즐 전체에 대한 분사량 조절이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Shinya Komatsu, Nagano-ken, "Ink jet recording apparatus, nozzle inspection method and program thereof", United States Patent Application Publication, Pub. no. US 2007/0076029 A1
2. Yuichi Nishihara and Nagano-ken, "Method of Detecting Liquid Amount, Prinrer, and Printing System", United States Patent Application Publication, Pub. no. US 2006/0187249 A1