

# 음향방출을 이용한 바이오 매니플레이션용 촉각센서 Tactile sensor for bio manipulation using acoustic emission

\*오소민<sup>1</sup>, 이희환<sup>1</sup>, #이성환<sup>2</sup>

\*S. M. Oh<sup>1</sup>, H.H.Lee<sup>1</sup>, #S. H. Lee(sunglee@hanyang.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 기계설계·메카트로닉스 공학과, <sup>2</sup>한양대학교 기계공학과

Key words : cell injection, acoustic emission, force sensor

## 1. 서론

최근 micro/nano 기술의 발전과 더불어 바이오 분야에 대한 관심이 고조되면서 다양한 분야와의 융합기술이 활발하게 개발되고 있다. 바이오 분야와 기계공학분야와의 융합기술로는 cell injection과 같은 세포조작 시스템이 대표적으로 개발 및 적용되고 있다. micro/nano 사이즈의 대상물체를 조작하기 위한 manipulation 기술이 급속하게 발달하여 MEMS 가공 등의 기계가공뿐만 아니라 Bio 재료들의 조작까지도 가능하게 되었다. Biological cell injection technology는 시험관아기수술 (in vitro fertilization, IVF), 정자 직접주입술 (Intracytoplasmic sperm injection, ICSI)등 다양한 분야를 통해서 발전하고 있다.

촉각센서는 방식에 따라 크게 접촉식과 비접촉식으로 분류된다. vision microscope나 optical system이 적용된 비접촉식에 반해 접촉식은 센서 재료에 따라 실리콘 기반 촉각센서/폴리머 기반 촉각센서로 분류한다. 생체 및 바이오 분야에 적용될 촉각센서는 미세한 접촉력을 감지하고 이에 대응할 수 있는 높은 민감도를 보유해야 한다.

본 연구에서는 폴리머 기반의 힘센서와 음향방출 (Acoustic emission, AE) 센서의 민감도 특성을 활용하여 다양한 크기의 cell에 공통적으로 적용 가능한 촉각센서 시스템의 개발을 목적으로 한다.

## 2. SYSTEM DESIGN

촉각센서 시스템은 Fig. 1과 같이 AE 센서부와 힘 센서부, cell holding device, motor driven stage 및 데이터 처리용 컴퓨터로 구성한다. 힘센서란 외부 힘에 의해 감지부가 압축되거나 늘어나는 기계적인 변형을 전기적인 신호로 변환하여 전자 회로 등을 통해 힘으로 산출하는 센서로,

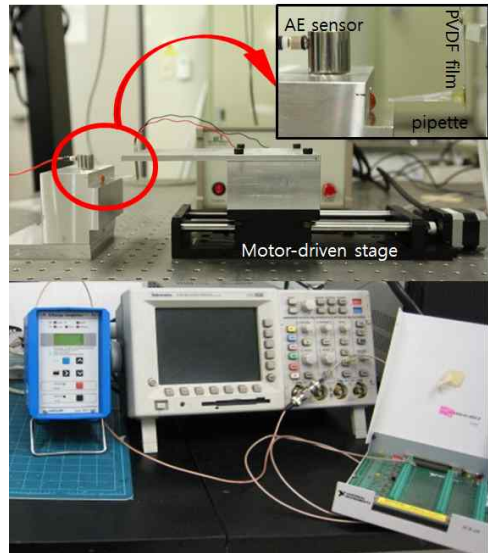


Fig. 1 Experimental setup

상용 스트레인 게이지 센서에 비해 선형성이 좋고, 넓은 대역폭과 높은 S/N비를 갖는 폴리머 기반의 PVDF film을 적용한다. 힘센서부는 PVDF (LDT1-028k, MSI Inc)와 Charge amplifier (Type 6011A, KISTLER) 등으로 구성된다. AE 센서는 음파의 형태로 방출되는 변형에너지를 압전소자를 통해 검출하는 센서로, AE 변환자, 프리앰프, 신호처리보드로 구성한다. cell 파괴 시 발생하는 탄성파를 획득하기 위해 광대역 타입 AE 센서 (UT-1000, MISTRAS)를 사용하였다.

## 3. CELL INJECTION EXPERIMENT

힘과 같은 입력변수와 출력간의 교정은 센서의 성능을 결정하기 위해 필수적이다. 분동에 의한 힘과 출력전압신호간의 관계를 보정하여 결정된

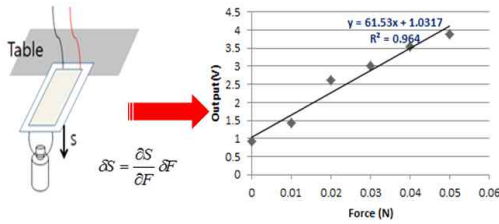


Fig. 2 Calibration of force sensor

선형회귀직선을 Fig. 2에 나타내었다. 힘센서는 cell의 접촉시기, 투과력 및 투과시기 등의 정보를 얻는다. 1kHz의 sampling rate로 약 25 초간 얻어진 신호는 데이터 처리용 컴퓨터를 통해 접촉 인지시기와 투과력 그리고 투과시기를 알 수 있다.

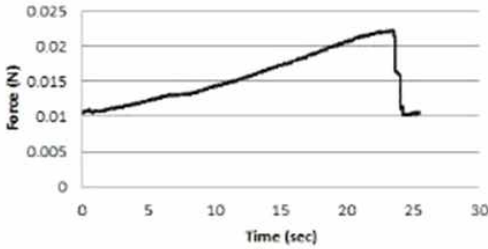


Fig. 3 Force signal

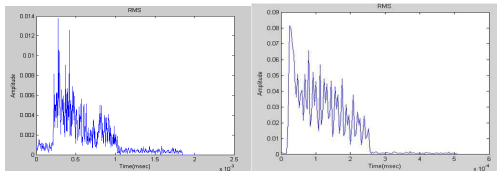
AE sensor를 통해 피펫이 cell을 투과하는 순간의 신호추출을 위해 Table 1과 같이 조건을 두었다. 문턱값이 낮을수록 미세한 신호까지 감지 할 수 있지만 이와 비례하게 노이즈 신호가 유입되므로 적절한 문턱값의 선택이 중요하다.

#### 4. 결론

Fig. 3과 같이 20~25 초 구간에서 힘센서 신호의 급격한 감소를 볼 수 있는데 이 시점을 피펫이 연어알을 뚫고 들어가는 시점임을 알 수 있다. 연어

Table 1 AE data setup

Threshold	Pre-amp	HPF	LPF	Sampling rate	Hit length
25~26 dB	40 dB	20 kHz	1200 kHz	4 MHz	2 k



(a) 25dB (b) 26dB

Fig. 4 AE RMS

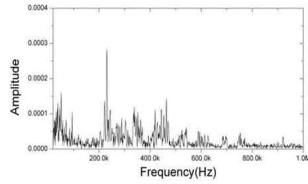


Fig. 5 AE FFT at threshold 25 dB

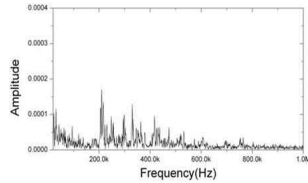


Fig. 6 AE FFT at threshold 26 dB

알이 터지는 순간에 가해진 힘은 평균 19.24 mN ± 2.11mN 이다. 문턱값이 각 25 dB 및 26 dB에 대한 AE 신호를 Fig. 4~Fig. 5에서 RMS와 FFT를 통해 분석하였다. AE RMS는 8~12 mV의 전압신호로 나타났다. 또한 FFT변환한 결과, 200~500 kHz에서 유효주파수를 확인하였으며 200kHz에서 최대 주파수를 가짐을 확인하였다.

#### 후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2011-0012171)

#### 참고문헌

1. Y. Zhang, K. Tan, S. Huang "Vision-Servo System for Automated Cell Injection", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 2009.
2. UC. Wejinya, Y. Shen, N. Xi, "In situ micro-force sensing and quantitative elasticity evaluation of living Drosophila embryos at different stages" 2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2008