

# 에너지 수확 효율 향상을 위한 압전 캔틸레버 설계

## Design of a piezoelectric cantilever for improvement of energy harvesting efficiency

\*황범석<sup>1</sup>, 김문근<sup>1</sup>, 권광호<sup>1</sup>, 민남기<sup>1</sup>, #정제화<sup>1</sup>

\*B. Hwang<sup>1</sup>, M. Kim<sup>1</sup>, K. Kwon<sup>1</sup>, N.K. Min<sup>1</sup>, #J. Jeong(jaehwa@korea.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 제어계측공학과

Key words : Energy harvest, Piezoelectric, Cantilever

### 1. 서론

에너지 수확이란 기기 주변의 환경에너지나 태양, 바람과 같은 자연에너지 등으로부터 수거하여 사용하는 것으로 최근 무선 센서 시스템 분야에서 활발한 연구가 진행되어지고 있다. 대표적인 에너지원으로서 태양에너지와 진동에너지가 가장 각광받고 있지만, 태양에너지의 경우 무선 센서 시스템에 적용하기에는 많은 제약이 따르기 때문에 진동에너지를 활용하는 것이 더 현실적인 방안으로 판단되고 있다. 진동에너지를 이용하는 경우 소재/변환 방식에 따라 압전효과 방식, 정전효과 방식, 전자기 효과 방식 등이 있으며 이들 중에서 전력밀도가 가장 높은 압전효과 방식은<sup>[1]</sup> 국내·외에서 외팔보의 형태로 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 형태로 에너지 수확을 하는 경우 외부 진동 주파수와 에너지 수확 시스템의 공진주파수가 일치할 경우에 에너지 수확률은 최대가 되며 이때 수확되는 에너지는 공진주파수에서 발생하는 외팔보의 변형률에 많은 영향을 받는다.

이에 본 연구에서는 무선 센서 시스템에 적합한 진동에너지를 이용한 에너지의 수확 소자의 설계에 초점을 두었으며, 이 중에서 압전소자를 이용한 에너지 수확 소자의 효율 증가를 위해 수확 소자의 형상에 따른 공진주파수 및 변형률의 경향을 확인하고 그 효율에 대한 연구를 진행하였다.

### 2. 에너지 수확소자 모델링

본 연구에서는 최근 연구에서 일반 빔의 형태보다 좀 더 효과적이라고 보고된 형상<sup>[2]</sup>에 대한 정보를 토대로 에너지 수확의 효율 향상을 위해 Fig. 1과 같은 형상을 설계 하였다. 에너지 수확소자의 기하학적인 정보는 Table 1과 같으며 주변에서 발

생되는 주파수 대역에 적합<sup>[3-4]</sup> 100Hz 이하의 낮은 공진주파수를 가지도록 설계하였다. 두 수확 소자의 효율을 비교하기 위해서 전체적인 크기는 길이가 50mm, 너비가 10mm로 외형 조건을 동일하게 하였다.

Table 1 Geometry information for each cantilever

	Rectangular beam (mm)	E-rectangular beam (mm)
Material	SUS 304	SUS 304
Total length	50	50
Total width	10	10
Thickness	0.3	0.3
Outside beam width	-	3
Inside beam width	-	3
Inside beam length	-	44

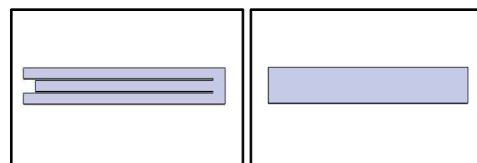


Fig. 1 Model of each cantilever sample

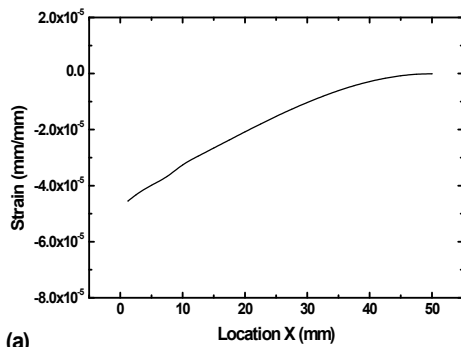
설계된 형상의 해석은 유한요소 해석 방법을 이용하여 수행하였으며 해석을 통해 설계한 샘플의 공진 주파수 및 공진 주파수에서 발생하는 최대 변형률을 확인하였다. 해석 기본 조건으로는 감쇠비 0.005, 가진 가속도 크기  $-500\text{mm/s}^2$  가 적용되었다.

### 3. 모델 해석 결과

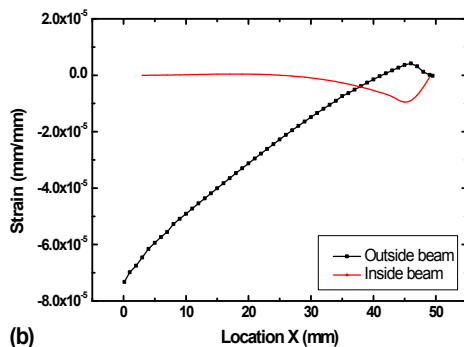
유한요소 해석 방법을 통해서 확인한 두 에너지 수확소자의 공진주파수는 Table 2에서처럼 rectangular beam이 97.16Hz이고 E-rectangular beam이 77.48Hz 로 낮은 공진주파수 대역에 적합하게 설계된 것을 확인 하였다. 하모닉 해석을 통해 확인한 공진주파수에서의 최대 변형률은 E-rectangular beam이 rectangular beam보다 약 1.6배 정도 높은 것을 확인하였으며, Fig. 2에서 보면, 두 수확소자 모두 고정점에서 최대량이 발생하며 E-rectangular

Table 2 Results of finite element analysis

Damping ratio	Cantilever type			
	Rectangular		E-rectangular	
	resonant frequency (Hz)	Strain (mm/mm)	resonant frequency (Hz)	Strain (mm/mm)
0.005	97.16	$\pm 4.55 \times 10^{-5}$	77.48	$\pm 7.32 \times 10^{-5}$



(a)



(b)

Fig. 2 Strain at the location x for (a) rectangular beam and (b) E-rectangular beam

beam의 경우 자유단 끝단에서도 변형이 일어난다는 것을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 주변 주파수 환경에 적합하며 에너지 수확소자의 효율을 향상시킬 수 있는 형상을 설계하고 유한요소 해석을 이용하여 이를 확인 하였다. 해석 결과를 통해, 새롭게 설계한 형상의 빔이 일반적인 형상의 빔보다 더 낮은 공진주파수 대역에서 더 높은 최대 변형률이 발생하며, 빔의 고정단 이외의 부분인 자유단에서도 변형률이 발생하므로 에너지 수확효율 증대에 기여할 것으로 기대된다.

### 후기

이 논문은 2009년도 교육과학기술부 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었습니다. (No. 2009-0085863)

### 참고문헌

1. Steve C.L. Yuen, Johnny M.H. Lee, Wen J. Li, and Philip H.W. Leong, "An AA-Sized Vibration-Based Microgenerator for Wireless Sensors", *Pervasive Computing*, 6, Jan.-Mar. 64~72, 2007
2. Miller, L. M., Emley, N.C., Shafer, P. and Wright, P.K., "Strain Enhancement within Cantilevered, Piezoelectric MEMS Vibrational Energy Scavenging Devices", *Advances in Science and Technology*, 54, 405, 2008.
3. S. Roudy, "On the Effectiveness of vibration-based Energy Harvesting", *Journal of Intelligent Material System and Structures*, 16, 809, 2005.
4. S. Roundy, P. K. Wright, and J. Rabaey, "A study of low level vibrations as a power source for wireless sensor nodes", *Comput. Commun.* 26, 1131, 2003.