

검지의 효율적 화면접촉감응을 위한 압전-구조물계의 동적설계

Dynamic design of piezoelectric structures
for an efficient tactile feedback of index finger on touch screen

박영민* · 김광준**
Young-Min Park, Kwang-joon Kim

Key Words : Piezoelectric vibrator(압전 진동기), tactile feedback(접촉감응)

ABSTRACT

Piezoelectric vibrators can be good replacements of electric motors to excite touch screen of a mobile device owing to small volume and low power consumption. One problem to be solved yet for real application is larger excitation force or moment than available currently. More efficient excitation by a piezoelectric vibrator could be achieved by operating at one of resonance frequencies of the system, which must also be as close as possible to frequency range where index finger is most sensitive and increasing transmission force or moment at that frequency.

In this study, dynamic models are derived for the piezoelectric exciter and an adhesive viscoelastic layer, which connect the exciter to the screen. The adhesive layer is modeled as distributed stiffness by considering its geometric shape to relative to the piezoelectric exciter. Then, equations of motion for the piezoelectric exciter and the adhesive layer are derived using Hamilton's principle. Based on this model, dynamic characteristics of the exciter will be designed to maximize the force or moment transmitted onto the screen structure.

1. 서론

터치스크린은 손가락 또는 펜 등을 접촉하여 입력하는 방식으로 누구나 쉽게 조작할 수 있는 장점 때문에 현금인출기 등의 공공기기에 많이 사용되어 왔으며, 최근에는 휴대폰과 같은 개인정보기기로 활용 분야를 넓혀가고 있다.

휴대폰에 터치스크린을 적용할 경우, 스크린에서의 질감이 없기 때문에 입력 시 오작동이 발생하기 쉬운 문제점을 가지고 있다. 이를 방지하기 위해 현재 선형진동모터를 사용하여 진동을 발생시키고 있다. 그러나 진동모터는 두께의 감소가 어렵고 소비전력이 높아 휴대폰의 기능이 다양화 되고 두께가 얇아지고 있는 추세에 적합하지 않다. 이에 대한 대안으로 압전 재료를 사용한 진동기가 연구되고 있으며, 그 중 얇은 두께로 제작이 가능한 압전벤더가 휴대폰 진동 유발용 가진기로 적당하다. 압전벤더는 그 층의 개수와 종류에 따라 유니모프(unimorph), 바이모프(bimorph), 트리플 레이어(triple-layer), 멀티레이어(multi-layer) 등으로 구분한다. 그러나 압전벤더 적용시 가진력이 적어 실적용이 어려운 상황이며, 압전 진동기의 적용을 위해 가진력 개선에 관한 연구가 필요하다.

진동기의 가진력은 그 공진주파수로 가진할 때 증가한다. 한편, 경기옥은 터치스크린의 진동을 감지하는 손가락이 250Hz의 주파수 성분에 민감하다는 것을 실험적으로 도출하였는데 이로부터 압전 진동기의 고유진동수를 민감주파수 근처로 변경하는 것이

휴대폰 구조물을 효율적으로 가진하는데 바람직하다.

본 연구에서는 트리플 벤더형 압전진동기를 대상으로 진동기 설계를 위해 필요한 수학적 모형화 과정에 대해 논한다. 이를 위해 모형화 시 반영할 계의 특성파악을 위한 실험을 수행하고, 압전진동기 및 접착제에 대한 모형화를 수행한다. 이는 향후, 진동기의 가진력 증가를 위한 설계안 제시에 사용된다.

2. 압전구조물계에 특성 파악실험

2.1 압전구조물계에 특성 파악실험

Fig.1은 압전 구조물계에 대한 사진과 개략도를 보여준다. 압전 구조물계는 크게 압전 진동기에 해당하는 가진부와 접착층에 해당하는 전달부, 휴대폰 구조물에 해당하는 수진부로 나눌 수 있다. 전압이 가진부로 가해질 때, 가진부에서 발생한 힘(또는 모멘트)이 전달부를 통해 수진부로 전달된다. 즉, 수진부 측면에서는 전달력에 의한 강제진동이 발생한다.

한편, 수진부에 해당하는 휴대폰 구조물은 지정된 대상물이 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 수진부에서의 가속도 응답을 직접적으로 측정하는 것이 아니라 수진부로 전달되는 힘을 진동기의 성능으로 다룰 것이다.

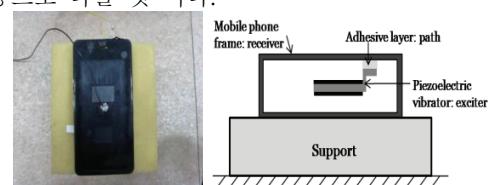


Fig.1 Photograph and schematic diagram for piezoelectric structure

* 한국과학기술원 기계공학과

E-mail : an-ssem@kaist.ac.kr

Tel : (042) 350-3076, Fax : (042) 350-8220

** 한국과학기술원 기계공학과

2.2 전달부 특성에 따른 압전 진동기의 고유진동수 변화 및 가속도 응답 변화

구조물의 고유진동수는 경계조건에 큰 영향을 받는다. 그리고 구조물이 고유진동수로 진동할 때 시스템 매개변수 중 감쇠가 큰 영향을 미친다. 전달부 접착제의 영향을 관찰하기 위해 접착을 위해 사용하는 양면 테잎을 1층과 2층으로 구분하여 고유진동수와 수진부에서의 가속도 응답을 측정하였다. 고유진동수 측정을 위해 가진신호는 12VRms의 크기를 갖는 swept sine신호를 입력으로 주었고 진동기의 끝단에서 LDV(Laser Doppler Vibrometer)를 이용하여 속도를 측정하였다. Fig.2는 그 결과를 보여주며, 고유진동수가 접착층이 1층일 때 190Hz, 2층일 때 212Hz로 측정되었다. 그리고 가속도 응답의 경우는 1층일 때 212Hz에서 0.158G, 2층일 때 0.075G가 발생하였다. 이를 통해 진동기 해석 시 접착층을 고려해야 한다는 것을 알 수 있다.

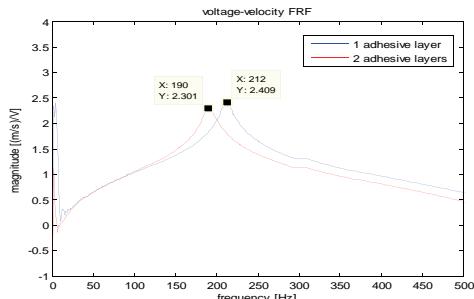


Fig.2 Voltage-velocity frequency response function of piezoelectric vibrator

3. 가진부-전달부 모형화

Fig.3-(a)는 가진부와 전달부로 구성된 시스템을 보여준다. 가진부는 세 개의 보 요소와 하나의 접착질량으로 구성되고 전달부는 접착강성으로 표현하는데 무리가 있어 분포강성으로 고려한다. 단위길이당 강성계수는 Hook's law로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$k = \frac{EA}{tL} \quad [(N/m)/m] \quad (1)$$

여기서 E는 접착제의 텐성계수, A는 단면적, t는 두께, L은 길이를 나타낸다.

Fig.3-(b)에 나타낸 좌표계에 대해 각 보 요소에서의 운동에너지와 변형에너지를 구한 후, 횡방향 변위와 회전 변형은 작다는 가정하에 선형화를 하고 Hamilton 정리를 이용하여 운동방정식을 유도하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

$$EI_1 \ddot{w}_1''' + kw_1 + m_1 \ddot{w}_1 = 0 \quad (2)$$

$$EI_2 \ddot{w}_2''' + m_2(x_2 \ddot{\alpha} + \ddot{w}_2) = 0 \quad (3)$$

$$EI_3 \ddot{w}_3''' + m_3\{\ddot{w}_1(L_1, t) - x_3(\ddot{\beta} - \ddot{\alpha}) + \ddot{w}_3\} = 0 \quad (4)$$

여기서 EI_i 는 보의 굽힘강성, m_i 는 단위길이당 질량, w_i 는 횡방향 변위를 나타낸다.(i=1,2,3) 그리고 보 요소의 끝 단 각변위는 다음과 같다.

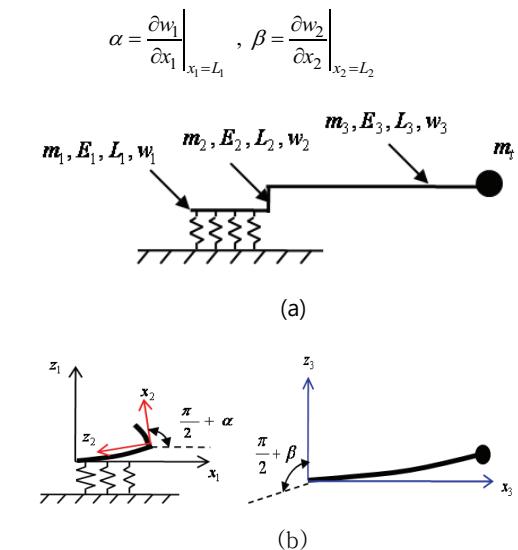


Fig. 3 (a) Undeformed and (b) deformed schematics of the subsystem.

4. 결론 및 향후 계획

압전 진동기의 부착을 위해 사용되는 접착제를 변화시키면서 고유진동수와 가속도 응답의 측정을 통해 접착제의 영향은 무시할 수 없음을 확인하였다. 이에 접착제를 분포 강성으로 고려하고 Hamilton 정리를 이용하여 압전진동기의 운동방정식을 유도하였다. 향후, 유도한 운동방정식을 이용하여 고유진동수에 대한 설계 변수의 영향을 분석하고 압전 진동기의 가진력 개선을 위한 구조적 설계에 대한 연구를 수행하고자 한다.

참고 문헌

- (1) Qing-Ming Wang, L.Eric Cross, "Constitutive equation of symmetrical triple layer piezoelectric benders", IEEE, Vol.46, No. 6, November 1999.
- (2) D.C.D Oguamanam, J.S.Hansen, "Vibration of arbitrary oriented two-member open frames with tip mass", Journal of Sound and vibration (1998) 209(4), 651-669.
- (3) C.Kusakabe, Y.Tomikawa,"Thin Vibrator Alarm Using a Cantilever Piezoelectric Actuator", JJAP, 35, 5018(1996)