

진행파를 이용한 쌍방향 초음파 리니어 모터 설계 및 제작

Design and Fabrication of Traveling Wave Type Bi-directional Ultrasonic Linear Motors

한 우 석*, 김 연 보*, 노 용 래**

(Woo Seok Han*, Yeon Bo Kim*, Yong Rae Roh**)

요 약

본 논문에서는 진행파를 이용하여 쌍방향으로 움직일 수 있는 새로운 구조의 초음파 리니어 모터를 개발하고, 그 시제품을 제작하였다. 설계과정에서는 유한요소해석법을 이용해 모터구조의 타당성을 검증하였고, 진행파가 왜곡되지 않는 최적구조, 재질, 크기, 경계조건을 결정하였다. 설계 결과에 따라 리니어 모터를 실제로 제작하고, 특성을 평가함으로써 개발된 새로운 구조의 이용 가능성을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper describes design and fabrication of a new bi-directional ultrasonic linear motor working by means of a traveling wave. With the finite element method, we design and verify validity of the new structure, and determine its optimal structure, material, size, and boundary conditions for proper generation of the traveling wave. Based on the results, a prototype of the motor has been fabricated and characterized, which thereby proves practical applicability of the new structure.

I. 서 론

압전소자를 이용한 초음파 모터는 저속에서 큰 출력을 가지며 정확한 위치 제어가 가능하고 주위 자기장의 영향을 받지 않을 뿐만 아니라 구조가 간단하여 소형화 할 수 있으며, 동작시 소음이 무시 할 수 있을 정도로 작다는 등의 많은 장점들을 가지고 있다. 이러한 장점들 때문에 카메라나 시계와 같은 정밀기기, 복사기나 프린터와 같은 사무기기, 자동차의 사이더 미러, 그리고 산업용 로봇 등 여러 분야에 널리 활용되고 있다[1, 2].

현재 주로 사용되고 있는 초음파 모터는 회전형인 로우터 모터가 주종을 이루고 있으며 특수한 용도로 직선형 초음파 모터가 일부 사용되고 있으나 아직 초보적인 단계이다[3, 4]. 이 회전형 모터를 직선 운동을 필요로 하는 곳에 적용시키기 위해서는 기어와 같은 부수적인 매체를 사용해야 하므로 큰 부피와 중량을 피할 수 없고, 따라서 시스템의 소형화와 정밀성을 높이기 위하여 구조가 간단한 직선형 초음파 모터를 필요로 하게 되었다. 본 연구에서는 이러한 어려움을 극복할 수 있도록 기어와 같은 부수적인 장치 없이도 일직선상에서 쌍방향으로 쉽게 이동할 수 있는 진행파(Traveling wave)를 사용한 쌍방향 초음파

리니어 모터를 개발하고자 한다. 일반적으로 진행파를 이용한 초음파 모터는 에너지 효율이 높고 간단한 구조를 가진다[5, 6]. 그러므로 이것을 이용한 직선형 초음파 리니어 모터는 소형화, 정밀화가 가능하다는 이점이 있다. 본 연구에서는 진행파를 이용한 새로운 형태의 쌍방향 초음파 리니어 모터의 구조를 모델링하고, 이 모델의 역학적 타당성과 최적 구조를 유한요소법(FEM)으로 검증하였다. 그 결과에 따라 초음파 리니어 모터를 설계하여 제작하고, 성능을 평가하여 제작된 쌍방향 초음파 리니어 모터의 구동능력 및 실용가능성을 제시하였다.

II. 이 론

본 연구에서는 위치 위상과 구동 위상이 다른 두 개의 정재파를 합성하여 하나의 진행파를 생성시키고, 이것을 초음파 모터의 구동원으로 사용하였다.

압전소자는 외부의 전기신호가 가해지면 그에 따른 신축 운동이 일어나서 기계적 파형을 발생시킨다. 초음파 모터는 이 압전소자에 의한 탄성파를 이용하는 기기로서, 초음파 모터에 주로 사용되는 파는 Rayleigh파 및 굽곡파(bending wave) 2 종류가 있다[1, 2]. 전자를 이용한 초음파 모터는 효율이 낮으며, 저주파 구동을 하기 위해서는 큰 부피를 줄여가기가 어렵다. 후자는 전자에 비해 모터의 부피를 작게 할 수 있으며, 저주파 구동을 할 수 있다는

* 대구대학교 정보통신공학부

** 경북대학교 센서공학과

접수일자: 1999년 4월 6일

점에서 본 연구에서는 굴곡파를 이용하였다.

초음파 리니어 모터의 구조는 그림 1에 나타내는 것과 같이 금속 스테이터의 상부에 압전소자를 분극 방향이 서로 교차되게 교대로 부착하고, 하부의 압전소자는 상부와 $\lambda/4$ 에 해당하는 위치차이를 두고 부착하여 굴곡파 발생부를 구성한다. 구성된 모터의 발생부에 진행파를 발생시키기 위해서, $\pm 90^\circ$ 위상차를 갖는 두 제통의 고주파 고전압 발생회로를 스테이터에 부착된 상·하 압전소자에 각각 연결한다. 구동회로는 발전기와 $\pm 90^\circ$ 의 위상 시프터 및 두개의 파워 앰프와 전·후 제어기로 구성된다.

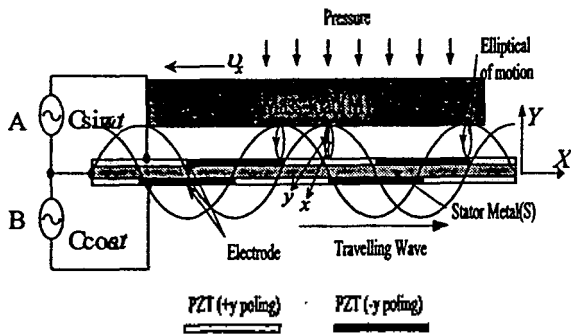


그림 1. 진행파형 리니어 모터의 구조와 구동 원리
Fig. 1. Structure and principle of a travelling wave type ultrasonic linear motor.

그림 1은 진행파형 모터의 원리도 동시에 나타내는데 스테이터의 표면을 종파와 횡파가 합성된 굴곡파가 전파하면, 이 표면상의 한 질점은 타원 궤적을 그리며 진동한다. X축을 스테이터 표면의 접선방향, Y축을 법선 방향으로 하면, 굴곡파의 진행방향을 +X방향으로 한 경우에 질점 P는 종진동 x, 횡진동 y가 합성된 반 시계 방향의 타원 진동을 한다. 이 때 탄성파 정점에서는 $y = 0$ 이므로, 속도 성분은 X방향뿐이며

$$v_x = \frac{dx}{dt} \tag{1}$$

로 된다.

이와 같은 굴곡파를 일으키는 평판에 동체(M)를 가압 접촉시키면 동체 표면은 각 정점 부근에서 접촉한 것으로 되기 때문에 그 결과 상호 마찰력에 의해 동체는 -X방향으로 v_x 의 속도로 움직인다(non-self motion). 또는 고정된 평판에 스테이터를 가압 접촉시키면 정점 부근에서의 상호 마찰력에 의해 스테이터는 X방향으로 v_x 의 속도로 움직인다(self motion).

그림 2와 같이 스테이터 표면상의 한 질점의 동작을 세부적으로 살펴보면, 스테이터 표면상의 임의의 기준점 P에서 P'로 변위 할 때 Y방향의 변위를 y, X방향의 변위를 x, 그리고 굴곡각을 θ 라 하면 굴곡 탄성파의 식은

일반적으로 다음과 같이 나타낸다.

$$y = \epsilon_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \cdot \sin \omega t \tag{2}$$

여기서, ϵ_0 , λ , t , ω 는 각각 진폭, 파장, 시간, 주파수이다.

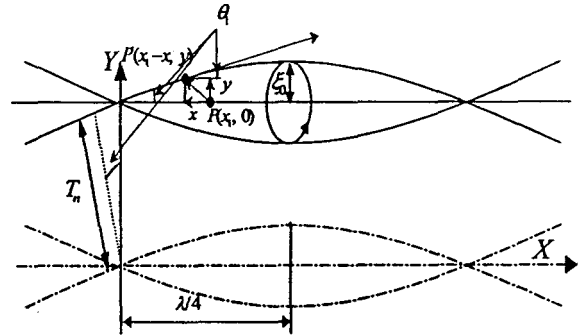


그림 2. 스테이터상의 한 점의 변형
Fig. 2. Deformation of a point on the stator.

그림 2의 $P(x_1, 0)$ 에서 P' 점에서의 굴곡을 고려하면 굴곡각 $\theta(x_1)$ 은 즉 굴곡파의 접선의 기울기인

$$\theta(x_1) = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_1} = \frac{2\pi}{\lambda} \epsilon_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cdot \sin \omega t \tag{3}$$

이고, X방향 변위는 스테이터의 Neutral Plane에서 표면까지의 두께인 T_n 에 굴곡각인 $\theta(x_1)$ 을 곱한

$$x(x_1) = T_n \cdot \theta(x_1) = T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \epsilon_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cdot \sin \omega t \tag{4}$$

이며, Y방향의 변위는

$$y(x_1) = \epsilon_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cdot \sin \omega t \tag{5}$$

로 된다.

이상의 변위를 나타낼 수 있는 모터의 발생부에 그림 1에 보인 것처럼 $\pm 90^\circ$ 의 위상차를 가지는 2종의 고주파 정현파 전압(A, B)을 스테이터의 상·하 압전소자층 각각에 인가하면 각 전압신호에 대응하는 2개의 정재파가 생성되어지고, 이들 정재파가 서로 합성하여 진행파를 발생시킨다. 진행파의 방향은 인가되어지는 전압 A에 대한 B의 위상차이가 $+90^\circ$ 이면 +X로, -90° 이면 -X로 결정되어, 필요에 따라 쌍방향으로 생성시킬 수 있다. 즉, 정현파 전압 A가 스테이터의 상부의 압전소자에 인가되었을 때 생성되어지는 기준 정재파(0°)에 의한 P점의 변위는

$$x_A(x_1) = T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \sin \omega t \quad (6)$$

$$y_A(x_1) = \xi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \sin \omega t \quad (7)$$

이다. 또한 A에 대해 시간 위상차 +90°를 가지는 정현파 전압 B가 스테이터의 상부의 압전소자층에 대해 위치위상차 +90°(λ/4)를 가지는 하부의 압전소자층에 인가되었을 때 생성되어지는 다른 정재파에 의한 P점의 변위는,

$$\begin{aligned} x_B(x_1) &= T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1 + 90^\circ\right) \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \\ &= -T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cdot \cos \omega t \end{aligned} \quad (8)$$

$$y_B(x_1) = \xi_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cdot \cos \omega t \quad (9)$$

와 같이 된다.

P점에서는 이 2개의 파가 합성되기 때문에, 식 (6)-(9)로부터

$$\begin{aligned} x(x_1) &= x_A(x_1) + x_B(x_1) \\ &= T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \sin \omega t \\ &\quad - T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cos \omega t \\ &= -T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \omega t\right) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} y(x_1) &= y_A(x_1) + y_B(x_1) \\ &= \xi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \sin \omega t + \xi_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1\right) \cos \omega t \\ &= \xi_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \omega t\right) \end{aligned} \quad (11)$$

로 되며 이것은 x, y방향 성분이 진행파임을 나타낸다. 또한

$$\begin{aligned} \frac{x(x_1)^2}{\left(T_n \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \xi_0\right)^2} + \frac{y(x_1)^2}{\xi_0^2} &= \sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \omega t\right) \\ &\quad + \cos^2\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \omega t\right) = 1 \end{aligned} \quad (12)$$

로 되어 이들 두 변위는 합성되어 종진폭 $T_n \cdot 2\pi/\lambda \cdot \xi_0$, 횡진폭 ξ_0 의 타원진동을 하고 있음을 알 수 있다.

III. Ultrasonic Linear Motor의 최적 구조설계

3.1 Ultrasonic Linear Motor의 구조설계

본 연구에서는 2절에서 설명한 이론과 원리를 이용하여

새로운 쌍방향 초음파 리니어 모터의 구조를 모델링 하였다. 위와 같은 원리로 소형이면서 쌍방향으로 진행파를 생성하기 위하여 그림 3에서 볼 수 있듯이 스테이터(Aluminum)를 중심으로 압전소자를 분극방향이 반대가 되도록 교대로 배열하고 상·하에도 위치 위상이 λ/4의 차이가 나게 압전소자를 배열하였다. 본 연구에서 이용된 압전 재료로는 고출력에 적합한 PZT를 사용하였으며, PZT 중에서도 큐리온도가 높고 상대 내전력이 높은 PZT-5A를 사용하여 모터를 제작하고 그 성능을 평가하고자 한다. 또한 스테이터는 이동체에 힘을 전달하기 위하여 이빨(teeth) 구조와 비슷하게 하였고, 스테이터의 양끝인 경계면에 의해 진행파가 반사 되어오는 것을 막기 위해 감쇠재질인 실리콘 고무를 적절한 크기로 두어서 진행파가 감쇠되도록 하였다. 그리고 압전소자의 끝 부분에서 단순지지 경계면까지 스테이터의 재질로 λ/8을 두어 감쇠층까지 진행파가 잘 전달되게 만들었다.

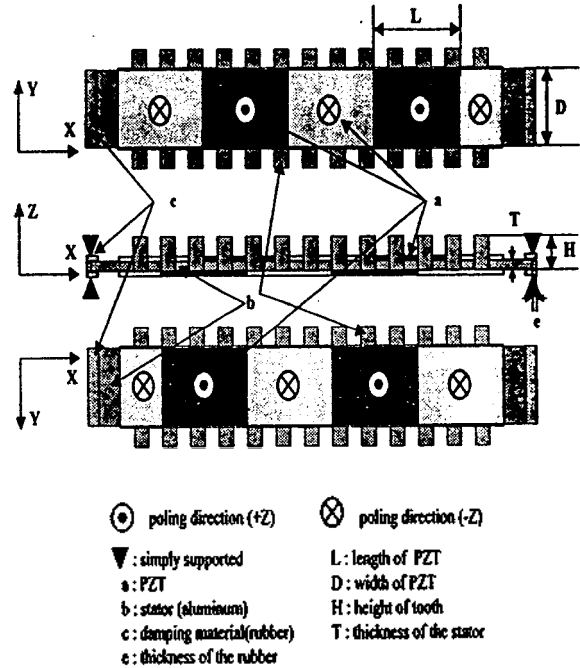


그림 3. 쌍방향 초음파 리니어 모터의 구조

Fig. 3. Structure of the bi-directional ultrasonic linear motor.



그림 4. 초음파 리니어 모터의 유한요소 모델

Fig. 4. FEM Mesh configuration of the ultrasonic linear motor.

이러한 구조의 초음파 모터의 작동 상태를 검증하기 위해 유한요소법을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 모델은

총 431개의 element와 992개의 노드(node)로 형성되어 있다. 그리고, 구조체 양 끝단의 실리콘 고무부분을 단순지지 경계조건으로 잡아 모델링 하였으며, 그림 4는 완성된 모델을 나타낸다. 본 연구에서 새롭게 고안한 구조에 글곡 탄성파의 진행파가 원활히 생성되는 가를 알아보기 위해 Transient 해석을 실시하였다. 유한요소법에 의한 모달해석에서 구해진 모터의 공진주파수에 맞추어 인가되는 정현파 신호에 대한 모터의 반응을 일정한 시간 간격으로 관찰하는 방법으로 행하였으며, 그림 5는 연속된 두 구간에서의 변형상태를 보이고 있다. 그림 5에서 진행파가 왼쪽에서 오른쪽으로 움직이는 것을 볼 수 있고, 이 때 한 점 P는 진행파방향의 반대방향으로 움직이는 것으로 진행파가 형성되는 것을 검증할 수 있다.

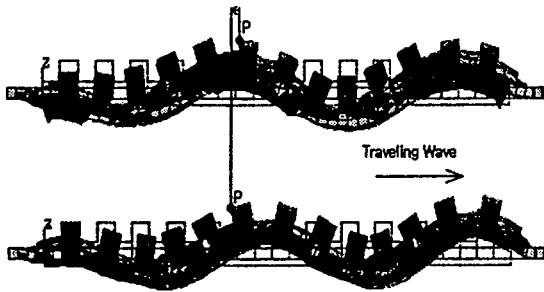


그림 5. Transient 해석 결과
Fig. 5. Result of the transient analysis.

3.2 최적구조 설정

다음으로는 이상에서 작동 개념이 증명된 쌍방향 초음파 리니어 모터가 안정된 진행파를 생성하고, 소형이면서도 우수한 효율을 가지기 위한 모터의 최적 구조를 설정하고자 하였다. 즉, 구동 주파수, 압전소자 두께, 알루미늄 두께, 감쇠층 두께 등을 설계변수로 설정하고, 실험실에서의 제작성과 유한요소법으로 시뮬레이션 한 결과로부터 다음과 같이 설계변수들의 값을 설정하였다. 구동주파수는 구동시 모터의 저소음화를 이루고 구조체의 안정된 진동모드를 구현하기 위한 20kHz에 가장 가까운 모터의 공진주파수로서 23.5kHz를 설정하였다. 그리고 PZT-5A의 두께는, 두꺼울수록 구동력은 크겠지만 인가전압을 생성하는 구동회로 면에서는 아주 큰 트랜스를 필요로 하고, 반면에 얇을수록 인가전압에 대한 트랜스 제작은 편리하나 구동력은 아주 낮아지므로 구동주파수와 구동 전압 및 트랜스 제작성을 고려하고 실험실에서 안정적으로 구현할 수 있는 최소 값으로 두께를 0.5mm로 결정하였다. 이상의 결과에 맞추어 그림 6에서 알루미늄의 두께를 1.0mm로 결정하였다. 또한 감쇠층 두께(e)의 변화에 따라 진행파의 안정성이 변화하는 것을 그림 7에 나타내었다. 여기서 안정성이란 생성된 진행파에 왜곡이 적게 발생한 정도를 뜻하는 것으로서, 가장 안정된 상태는 스테이터 전역에 걸쳐 구조체의 중심주파수를 정확히 유지하는 상태이며,

왜곡이 심할수록 스테이터의 끝단에서 진행파의 중심주파수가 틀어지게 된다. 따라서 그림 7의 안정성은 다음 식 (13)에 의해 평가한 값이다.

$$\text{안정성}(\%) = \frac{\lambda_{\text{traveling wave}}}{\lambda_{\text{standard wave}}} \times 100 \quad (13)$$

여기서, $\lambda_{\text{traveling wave}}$: 스테이터의 끝단에서 진행파의 파장
 $\lambda_{\text{standard wave}}$: 23.5 kHz에서의 파장

그 결과 감쇠층 두께를 0.5mm로 했을 때 안정성이 그림 7의 그래프에서 가장 좋은 특성을 보였다. 단, 이상은 본 논문에서 설정한 값이고, 주어진 경계조건과 압전소자, 알루미늄, 그리고 감쇠층의 두께가 변하면 공진주파수 및 파형의 형태가 달라질 수 있을 것이다.

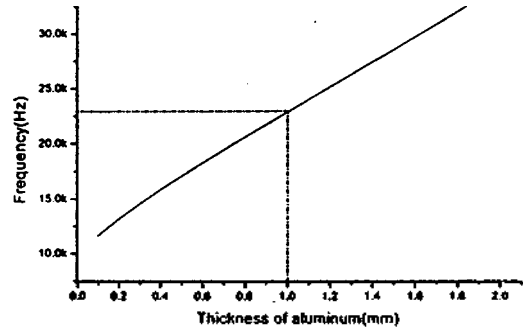


그림 6. 알루미늄판 두께 변화에 따른 공진주파수 변화
Fig. 6. Variation of the resonant frequency in relation to thickness of the aluminum plate.

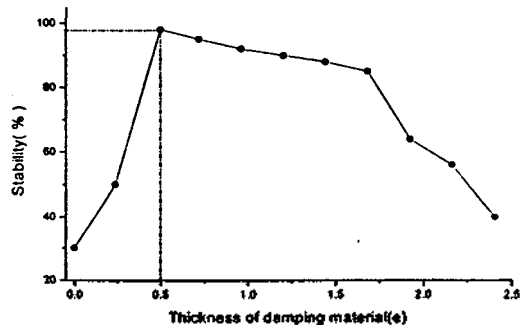


그림 7. 감쇠층의 두께에 따른 진행파의 안정성 변화
Fig. 7. Variation of the stability of the traveling wave in relation to damping material thickness.

IV. Ultrasonic Linear Motor 제작 및 실험

4.1 Ultrasonic Linear Motor 제작

3절의 결과를 토대로 초음파 모터를 직접 제작하였다.

먼저 그림 3에서와 같이 알루미늄 스테이터(b)의 아래에 압전소자(a)를 분극방향이 +Z, -Z 순서로 엇갈리게 하여 순서대로 접착하였다. 다음으로 스테이터의 위 부분에는 전자의 분극방향순서와 반대로 엇갈리게 하며, 부착위치는 아래 배열과 위치 위상이 $\lambda/4$ 의 차이(6mm)를 가지도록 배열하였다. 감식재질(c)로는 실리콘 고무를 사용하였다. 경계조건은 단순지지형태로 실리콘 고무를 알루미늄지지 케이스에 적절한 압력으로 가압하여 접착하였다. 그림 8은 실제 제작된 모터의 사진이다. 모터의 크기는 75mm × 14mm × 8mm이다. 그림 9는 제작된 구동회로의 개략도를 나타내는데, Oscillator에서 나오는 신호는 스위치(S/W)의 신호에 의해 동기 되면서 구동하게 되어있다. 그리고 위상 차이를 조절하기 위한 Phase Shifter를 사용하였고, 구동할 때 고전압을 필요로 하기 때문에 트랜스를 이용하여 증폭하였다. 또한 전·후 구동을 위하여 쌍방향 제어를 사용하였다.

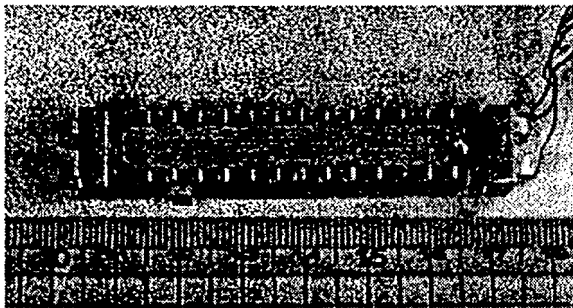


그림 8. 제작된 초음파 리니어 모터
Fig. 8. Fabricated ultrasonic linear motor.

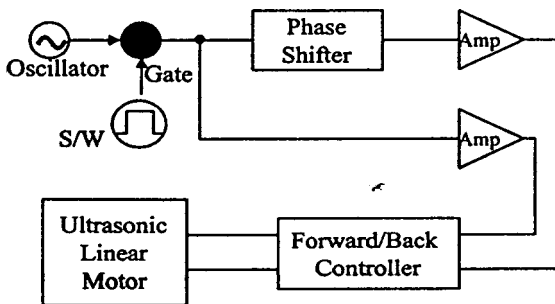


그림 9. 구동회로의 Block Diagram
Fig. 9. Block diagram of the driving-circuit.

4. 2 구동 실험 및 특성

4. 2. 1. Non-Self-Moving 실험 및 특성

제작되어진 초음파 모터와 구동회로를 사용하여 구동 주파수 특성인 임피던스를 측정한 결과 구조체의 공진주파수가 23.5kHz에서 나타나는 것을 확인하였다(그림 10). 모터의 Non-Self moving 실험을 위해 초음파 모터에 부하 질량(100g)을 올려놓고 실험하였다. Non-Self-Moving이란 모터 자신이 움직이는 것이 아니고, 모터가 고정되어 있는

상태에서 다른 물체를 움직이는 것을 말한다. 그 결과로서 주파수에 대한 속도 변화 특성을 그림 11에 보인 바와 같이 측정하였으며, 구조체의 공진주파수에서 속도가 가장 높은 것을 알 수 있는데, 이것은 본 모터가 구조체의 공진을 이용한 진행파 형태의 모터임을 증명하는 것이다. 이때 인가된 전압은 100Vp-p이며 사용되는 전력은 1W정도였다.

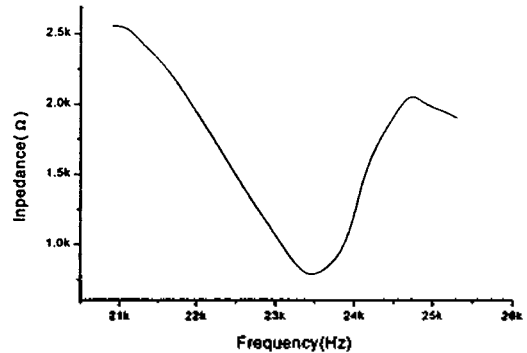


그림 10. 주파수에 따른 임피던스 변화 특성
Fig. 10. Frequency spectrum of the motor impedance.

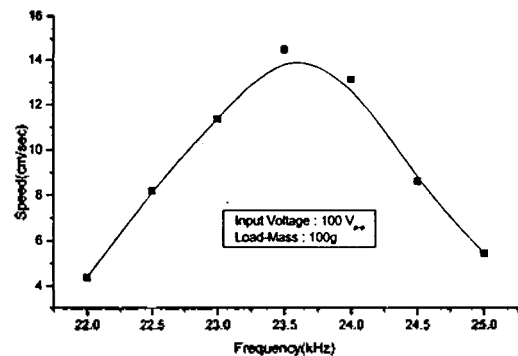


그림 11. 주파수/속도 특성 (Non-self moving)
Fig. 11. Characteristic of frequency/speed at the non-self moving test.

4. 2. 2. Self-Moving 실험 및 특성

제작한 초음파 리니어 모터를 이용하여 다른 물체를 이동시키는 것이 아니라, 고정된 바닥 지지대로 삼아서 모터 자신이 움직이는 Self-Moving 실험을 하였다. 이때도 인가된 부하질량에 대한 속도 특성의 변화를 측정하였고, 나아가 인가전압 변화에 대한 속도 변화도 함께 조사하였다. 그림 12는 인가되는 부하질량에 대한 속도특성과 효율특성을 측정한 결과를 나타낸다. 결과에서 부하질량이 100g일 때 가장 높은 속도를 구현할 수 있었으며, 속도는 어느 정도까지는 인가전압에 비례하여 높아지는 경향을 보이나 그 이상의 전압에서는 포화되는 현상을 보였다. 그리고 부하질량이 100g일 경우 효율이 16.81(%), 300g일

경우 효율이 23.13(%)이었다. 따라서 부하질량이 클수록 효율이 높아지는 것을 알 수 있다. 다음으로 인가전압에 따른 효율의 변화를 측정한 결과, 그림 13에서 인가전압이 100Vp-p일 때 효율이 가장 높게 나타내는 것을 알 수 있다. 여기서 효율이란 모터에 공급된 전력에 대한 모터가 한 일의 에너지 비를 뜻하며, 식 (14)에 의해 구해진 값이다.

$$\text{효율}(\%) = \frac{\text{부하질량을 움직인 운동에너지}}{\text{모터로 입력된 전력}} \times 100 \quad (14)$$

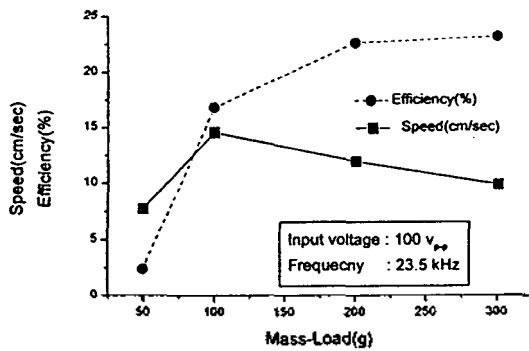


그림 12. 입력전압이 100 V일 때 부하질량에 따른 속도변화 및 입 효율변화

Fig. 12. Variation of the speed and efficiency in relation to load mass with 100 V input voltage.

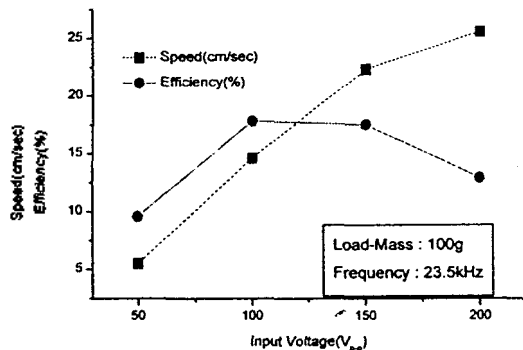


그림 13. 부하질량 100g일 때 입력전압에 따른 속도 및 효율 변화

Fig. 13. Variation of speed and efficiency in relation to input voltage with 100g load mass.

그림 14는 제작한 초음파 리니어 모터의 응답특성을 적외선 측정장비를 이용하여 측정한 결과이다. 그림에서 수평축은 시간, 수직축은 변위를 나타내며 t_1 에서 t_2 까지는 가속도 구간이며, t_2 에서 t_3 까지는 등속도 구간이다. 그림 14에서 모터의 응답시간이 부하질량에 따라 변화함을 알 수 있고, 부하질량이 100g일 경우 응답시간은 약 14ms 정도이고, 300g일 경우 약 27ms임을 보여주고 있다. 일반적으로 권선형 모터인 경우 응답시간은 수십~수백ms 정도이며, 원판형 초음파 모터의 경우는 수~수십ms 정도임을

고려할 때, 본 연구의 초음파 리니어 모터도 상당히 우수한 응답특성을 보여준다고 할 수 있다.

이상의 실험 결과들은 본 논문에서 새롭게 설계, 제작되어진 진행파형 초음파 리니어 모터의 구현가능성을 확인하여준다 할 수 있다.

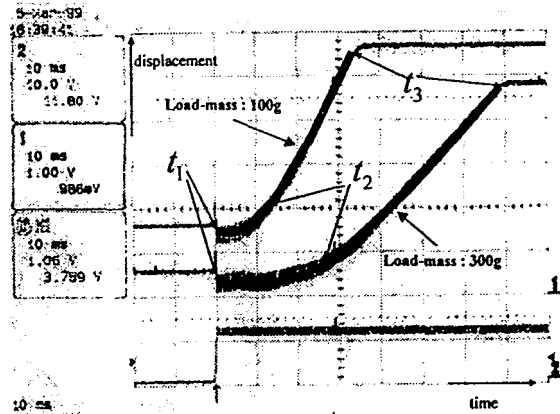


그림 14. 초음파 리니어 모터의 응답특성
Fig. 14. The response characteristic of the ultrasonic linear motor.

V. 결론

본 연구에서는 압전 세라믹을 이용하여 쌍방향으로 이동할 수 있는 진행파형 초음파 리니어(Linear) 모터를 고안, 제작하였다. 새로운 구조에 대한 검토 및 고찰을 위해 유한요소법을 통하여 모터 구조의 타당성을 검증하였고, 모터 구조의 변화에 따른 특성변화를 조사하여 그 구현가능성을 확인하였다.

본 모터는 기존의 권선형 모터를 적용하기 어렵거나 보다 정밀한 위치 제어가 필요한 다양한 분야에 응용될 수 있을 것이다. 쉬운 응용 예로서 프린터 용지 리더나, 신용카드 및 전화카드 등과 같은 카드 리더기에 사용할 수 있으며, 빠른 응답성과 정확성을 이용한 탐침 및 플레이트 미소위치 제어 등에 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 단순한 구조로서 직선 형태의 운동을 하므로 이러한 용도의 기존의 액추에이터를 대용할 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. T. Sashida, T. Kenjo, : An Introduction to Ultrasonic Motors, Oxford, Clarendon Press, 1993
2. S. Ueha, Y. Tomikawa, M. Kurosawa, N. Nakamura, : Ultrasonic Motors ; Theory and Applications, Oxford, Clarendon Press, 1993.
3. 伊勢整紀彦, "超音波 モーター", 일본음향학회지, 43권, 3호, pp.184-188, 1987.
4. 大トルクで低速回転する表面波モーター를 자동無點 考

ラで 实用へ, Nikkei Mechanical, 1983.

5. M. Kurosawa, M. Takahashi, T. Higuchi, "Ultrasonic Linear Motor using surface Acoustic-Waves", IEEE Tran. on Ultra. Ferro. & Freq. control, Vol. 43, pp.901-906, 1996.
6. H. Hirata, S. Ueha, "Characteristics Estimation of a Traveling-Wave Type Ultrasonic Motor", IEEE Tran. on Ultra. Ferro. & Freq. control, pp.402-406, 1993.

▲한 우 석(Woo Seok Han)

1998년 2월 : 대구대학교 제어계측공학과 졸업 (공학사)

1998년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 대학원 정보통신공학과
(석사과정)

※ 주 관심분야 : 압전세라믹 소자, 초음파 모터, 모터 제어

▲김 언 보(Yeon Bo Kim)

한국음향학회지 제16권 7호 참조

▲노 용 래(Yong Rae Roh)

한국음향학회지 제17권 3호 참조