

Bimorph 형 선형 초음파 모터

서산동, 박태곤

창원대학교

Linear Ultrasonic Motor by Bimorph

San-dong Seo, Tae-gon Park

Changwong National Univ.

Abstract

Linear ultrasonic motor by bimorph. Transducer for linear ultrasonic motor with symmetric and anti-symmetric modes was studied. The transducer was composed of two piezoelectric ceramic that cross at right angles with each other at tip. In order to exist length vibration mode two piezoelectric ceramics must have 90-degree phase difference with each other. As a result, tip of transducer moves in elliptical motion. Elliptical trajectory of transducer was analyzed by employing the finite element method(FEM). From the result, the linear ultrasonic motor was measured for characteristics. In this paper, vibration shape of transducer was simulated and the resonant frequency, stabilization frequency and maximum displacement were calculated using the FEA.

Key Words : Ultrasonic Motor, Piezoelectric, Bimorph,

1. 서론

자기공명 모터와 초음파 모터가 디지털 카메라의 렌즈부분 구동 모터로 서로 경쟁을 하고 있다.

코일과 마그넷을 배치, 전기를 가할 때 생기는 자기장으로 렌즈를 움직이는 자기장 방식은 이동 거리를 미세하게 제어할 수 있고, 초음파 방식은 자기 공명 모터 보다 정밀 제어도가 떨어지는 단점이 있다고 자기공명 모터를 지지하는 쪽은 이야기 한다. 특히 자기장 방식은 1만 시간으로 장수명 이면서 구동력이 크지만 초음파 모터 방식은 구동 시 마모로 인해 수명이 짧아지고 열화현상으로 특

정한 입력 주파수대의 초음파 신호에 반응하지 않거나 구동력이 약한 문제점이 있다고 설명 했다.

초음파 방식의 선형 모터는 전자파를 발생하지 않지만 자기장 방식은 인체에 유해한 것으로 알려진 전자파 장애를 발생하는 문제점이 있다고 강조 하고 있다. 자기장 방식은 광학 줌 모듈을 일정 크기 이하로 줄이는 데 있어 물리적인 한계가 있을 뿐더러 렌즈를 전후좌우로 구동하지 못하고 앞뒤로만 움직이는 단점이 있다고 설명했다.[1]

둘 중 어느 것이 기술적으로 단점을 먼저 보완 하느냐가 중요하다.

현재 초음파 모터(Ultrasonic Motor)는 소형디지털 카메라의 렌즈 고급 카메라 렌즈의 USM 우주항공 의학 분야 등에서 응용 그리고 계속 연구되고 있다.

이 논문에서 설계하고 해석하고자 하는 초음파 모터는 자기장이 발생하지 않고 미소제어가 가능하며 구조 간단하여 소형화가 가능하며 그리고 진동이 없음을 장점으로 한다. 그리고 구조의 단순함으로 소형이며 다양한 형태의 motor 제작이 가능하다.

이 논문에서는 단순한 bimorph 형의 초음파 선형 모터(Ultrasonic linear Motor)를 설계하고 해석하였다. 그리고 이를 반복하여 가장 좋은 형태의 초음파 선형 모터를 설계하였다.

2. Ultrasonic motor 설계

2.1 Bimorph

Unimorph와 bimorph device는 압전 세라믹(piezoelectric ceramic)의 판수에 의해 정의 된다. Unimorph는 하나의 압전 세라믹 판이 elastic shim에 접착하고 bimorph는 두장의 압전 세라믹을 elastic shim에 접착하였다.[2]

일반적으로 bimorph는 전계하에서 길이 방향으로 신축하는 압전 세라믹(piezoelectric ceramic) 두장을 붙여서 놓은 구조로서 한쪽이 늘어나면 다른 한쪽이 줄어들어 전체적으로 굴곡변위(bending)를 일으킨다.

2.2 변형된 bimorph

이 논문에서 설계할 압전 선형 모터는 이를 기본으로 해서 조금씩 변형된 형태를 이용하였다.

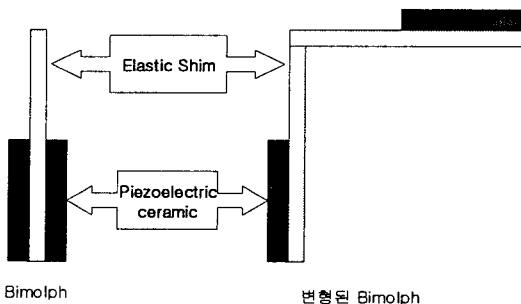


그림 1 Ultrasonic Motor의 구조

Elastic shim을 ㄱ자 형태로 구부리고 같은 면의 끝단에 압전 세라믹이 부착되어 있는 형태로

design 하였다. 이때 분극 방향도 같게 하였다.

2.2 구동원리

이 압전 선형 모터는 압전 세라믹의 length vibration mode을 이용한다. 각각의 ceramic에 90도 위상의 차가 나는 전원을 인가한다. 그러면 같은 위상일 때는 대칭모드로 slider면에 수직으로 움직이고 다른 위상일 때는 비대칭 모드로 slider면에 수평으로 움직인다. 이 두 모드의 조합으로 타원 궤도의 진동을 발생시켜 모터를 동작하게 한다.[3] 이 원리를 논문에 사용된 압전 선형 모터 해석에 적용 하였다.

3. Ultrasonic motor 해석

3.1 Piezoelectric ceramic analysis

먼저 압전 세라믹 한 장을 ANSYS를 이용해 유한 요소 해석(FEM)을 수행 하였다. 이를 통해 다양한 형태의 진동모드를 보았다. 그리고 이 논문에 사용된 모터의 진동 모드인 length vibration mode를 찾고 이때의 동작 주파수를 알았다. 세라믹의 크기는 길이(L)*두께(T)*폭(W)(20*1*4[mm])이다. 이때 세라믹의 크기는 길이(L)가 두께(T)나 폭(W)보다 10배 이상의 크기가 되어야 진동 특성이 잘 나타난다.[4]

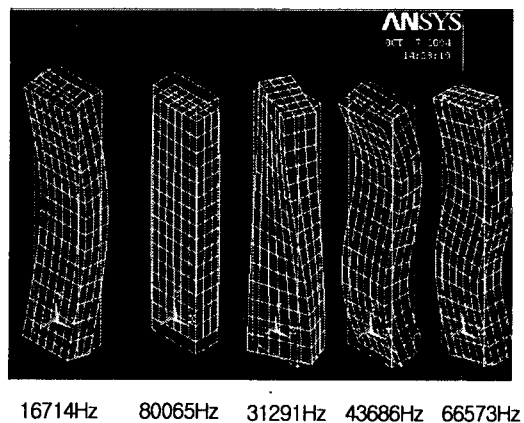


그림 2 Piezoelectric ceramic FEM analysis

그림 2는 압전 세라믹을 유한 요소 해석 프로그램인 ANSYS를 이용해 FEM을 수행한 것이다. 아래의 숫자는 세라믹 각각의 동작에서의 주파수이

다. 즉 특정 주파수일 때 특정한 형태의 진동을 보인다. Motor에 사용하고자 하는 진동모드는 length vibration mode 즉 그림 2에서 두 번째 형태이다. 이 때의 주파수는 80,065[Hz]이다. 나머지는 일차 banding 2차 banding 뒤틀림 vibration등 이 나타나 있다.

3.2 Ultrasonic motor analysis

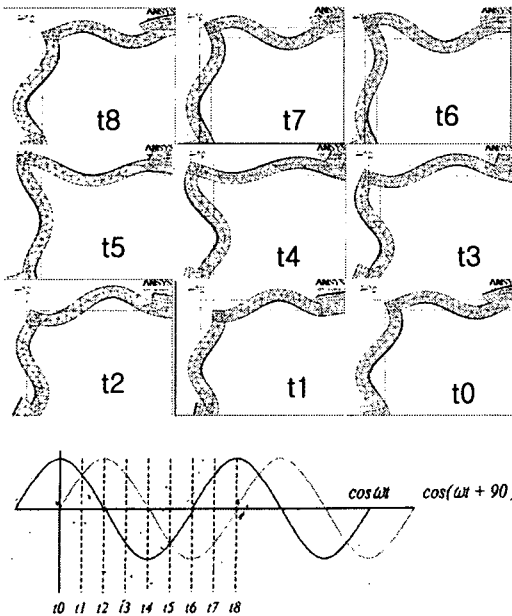


그림 3 Ultrasonic motor FEM

그림 1의 초음파 모터의 치수를 세라믹은 3.1에서 FEM한 것과 같은 크기를 사용 하였다. Elastic shim은 L*T*W 각각(30*1*4[mm])로 하였다. 우선 ANSYS에서 modal analysis를 수행 한 후 원하는 형태, 즉 타원 궤도의 변위를 찾은 다음 이 때의 주파수를 이용해 harmonic analysis를 수행 하였다.

2.2절의 구동원리를 적용하여 초음파 모터를 유한 요소 해석을 하였다. 그림 3에서 t1과 t5는 대칭모드로 슬라이드 면과 수직으로 움직였다. 그 나머지는 비대칭 모드로 수평으로 움직임을 알 수 있다. 이런 운동들의 조합이 타원 궤도를 만들어 초음파 모터를 구동하는 원리가 된다. 전원을 역으로 걸어 주었을 때 타원 궤도의 움직임이 반대가 됨을 볼 수 있다. 즉 역방향 운전은 전원의 위상을 바꿈으

로 해결할 수 있다. 그림3의 해석 주파수는 80,065[Hz]이다. 이는 압전 세라믹의 length vibration mode 주파수이다.

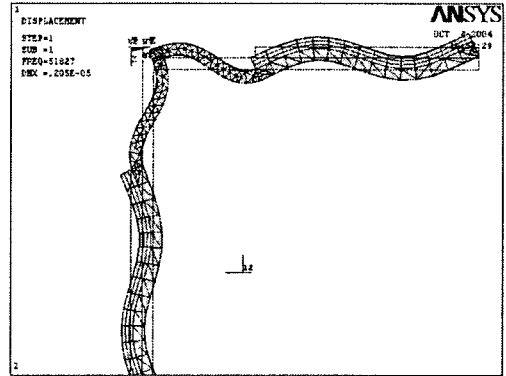


그림 4 Ultrasonic motor의 전체 FEM

그림 4는 전체적인 모습을 보여 준다. 세라믹에 length vibration mode 동작 주파수대인 80,065[Hz]를 걸었다. 하지만 모터 전체의 모습은 length vibration mode의 모습을 보이지 않고 4차 bending mode의 형태를 보인다.

4. 결과 및 고찰

초음파 모터를 modal analysis를 수행한 결과 타원궤도를 보이는 주파수대가 4곳이 있었다. 이것과 압전 세라믹의 length vibration mode 주파수대의 타원 궤도의 형태를 harmonic analysis를 수행하여 비교해 보았다.

Modal analysis시 타원궤도를 보이는 주파수대는 18,534 52,087 64,281 109,71[Hz] 이었다. 그리고 세라믹의 length vibration mode 주파수는 80,146[Hz] 이었다. 이때 해석 방법에 따라서 해석 결과가 조금씩 다르게 나타났다. 이 중에서 18,534 [Hz]는 harmonic analysis 수행한 결과 타원궤도가 나오지 않았고 109,71 [Hz]는 동작 주파수가 높아서 결과에 넣지 않았다.

그림 5에서주파수에 따라 타원변위의 모양과 크기 그리고 방향이 달랐다. 방향은 그래프에서 찍힌 점의 색깔들이 검정 빨강 녹색 이러한 순서이다. 즉 52,078[Hz]와 64,281[Hz]는 시계방향으로 운동

하고 80,146[Hz]는 반시계 방향으로 운동한다. 삼각형의 점이 위에서 4번째 그래프 즉 동작 주파수가 64,281[Hz]일 때 가장 큰 변위를 보인다. 그리고 세라믹의 length vibration mode인 80,146[Hz]일 때는 크기는 작지만 가장 안정적인 형태의 변위를 보인다.

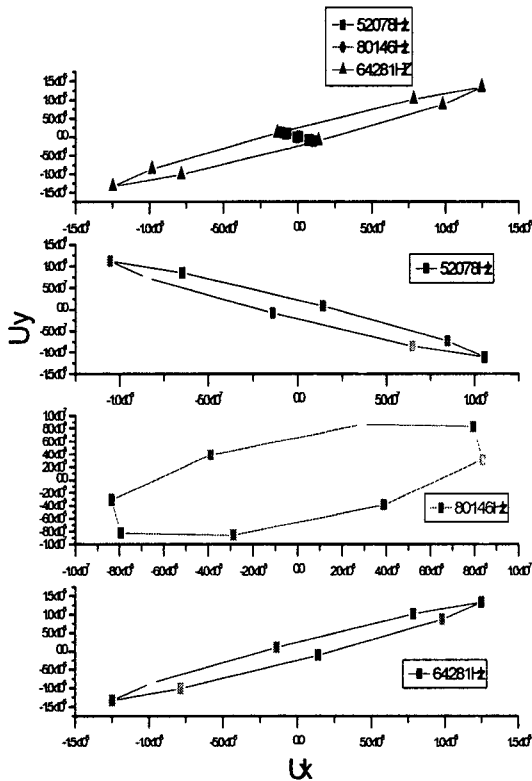


그림 5 Ultrasonic motor의 주파수에 따른 타원변위 해석

5. 결론

압전 세라믹 device를 이용한 bimorph 형태의 초음파 모터의 주파수대에 따른 특성을 해석하고 비교 하여 가장 좋은 형태의 운동을 찾았다. 세라믹 자체의 length vibration mode 주파수로 harmonic analysis를 수행하여 얻은 궤적은 다른

동작 주파수에 비해 변위는 작지만 안정적이다. 하지만 동작 주파수가 80,000[Hz] 정도로 다소 높다. Modal analysis를 수행하여 얻은 타원 형태의 움직임 중에서 64,281[Hz]를 harmonic analysis 한 결과 가장 큰 타원 변위를 나타낸다. 하지만 변위의 형태가 길쭉한 타원의 형태이다. 변위는 크지만 안정적인 운동을 보이지 않는다.

고속의 모터가 필요할 때는 변위가 큰 주파수대를 안정적인 정밀 제어를 필요로 하는 곳에서는 안정적인 변위를 가지는 주파수대를 사용해야 한다.

참고 문헌

- [1] 전자신문2004-4-15 http://news.naver.com/news/read.php?mode=LSD&office_id=030&article_id=0000066916§ion_id=105&menu_id=105
- [2] Ferroelectric Devices, Kenji Uchino, Marcel Dekker, Inc. p 77.
- [3] S. Ueha, Y. Tomikawa, "Ultrasonic Motor Theory and Application", OXFORD, p.93-196, 1993
- [4] 김진수, 압전 액츄에이터와 초음파 전동기, 명현, p 60-61, 2000