

2-Mode 초음파를 이용한 물체 이송에 관한 연구

정상하(조선대 기계공학과), 김택현(조선대 기계정보공학과), 신병수*, 차경래(조선대 대학원 기계공학과)

A Study on Object Transport System Using 2-Mode Ultrasonic Wave

S. H. Jeong(Mech. Eng. Dept., CSU), T. H. Kim(Mech. Info. Eng. Dept., CSU), B. S. Shim*, K. R. Cha(Mech. Eng. Dept., CSU)

ABSTRACT

In the semiconductor and the optical industry a new transport system which can replace the common system is required. The common systems are driven by magnetic field and conveyer belt. The magnetic field damages semiconductor and contact force scratches the optical lens. The ultrasonic wave driven system solve these problem. In this paper the object transport system using the excitation of ultrasonic wave is proposed. The experiments for finding the optimal excitation frequency, finding phase-difference between two ultrasonic wave generators are performed. The effect of transporting speed according to the change of amplification voltage is verified. In addition, the system performance for actual use is evaluated.

Key Words : The object transport system (물체이송장치), Ultrasonic wave generator (초음파발생장치), Excitation frequency (가진주파수), Ultrasonic wave excitation (초음파여기), Phase-difference (위상차), Progressive frequency (진행주파수)

1. 서론

현대 산업에서는 보다 빠르고, 보다 정교한 이송 시스템이 요구되고 있으며, 이는 생산성 향상과 생산 자동화에 직접 관련된 사항으로 이에 대한 연구자의 개발이 병행되고 있다. 초음파를 이용한 이송 시스템은 기존의 대표적인 이송시스템인 키패더 방식의 이송시스템에 비하여 설치하고 운전에 필요한 부품들의 이송에 적합한 좋은 특성을 가지고 있다. 최근에는 반도체 및 용산업의 발달함에 따라 자기에 영향을 받는 반도체 부품이나 집속력에 따라 표면손상을 일으키는 상소자들을 용접 없이 이송하기 위한 새로운 시스템의 개발이 요구되고 있다. 집속력에 의한 렌즈표면 손실, 자력에 의한 정지적 배열의 손상으로부터 일정한 이송방법이 바로 초음파 여기를 이용한 이송방법이다. 초음파를 이용한 구동기에 대한 연구는 1980년 말부터 미국계 학문을 중심으로 진행되고 있다. Yoshiro Tomikawa와 Kazunari Aizuchi는 1989년 진행파의 자전에 대한 연구를 하였

고¹⁾. Toshiiku Sashida는 1993년에 초음파모터를 지출하였다. 그리고 최근에 이송하고자 하는 물체를 직접 초음파로 여기하여 이송하는 방식의 실험이 연구중에 있으나 아직 실용화되지 않았다.

본 연구에서는 초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템을 개발하기 위한 연구를 수행하였다. 또한 개발된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 물체를 진행시키는 진행주파수 및 위상차, 진행각 이송속도와의 관계, 가진주파수와 이송방향과의 관계, 위상차와 이송방향과의 관계 등을 실험을 통해 살펴보았다.

2. 실험 장치 구성

초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템을 Function synthesizer, Power amplifier, Flexural beam 그리고 초음파 발생 장치로 구성한다. Fig. 1은 실험장치의 구성도이다. 초음파 발생장치는 본 연구는 통해 개발한 장치로 초음파를 발생시키는 PZT actuator로 구성된다²⁾. Flexural beam은 Node

Line의 이면 부분에 초음파 발생장치와 물체로 연결되어 있다. 초음파 발생장치의 Flexural beam은 음향학적 효과가 뛰어난 재료로 제작되었다.

본 논문에서는 개발된 장치의 성능을 평가하고 최적의 이송조건을 찾기 위해 진행주파수, 전압, 위치의 관계, 위상차를 각각 변화시키면서 시스템의 반응결과를 관찰하였다.

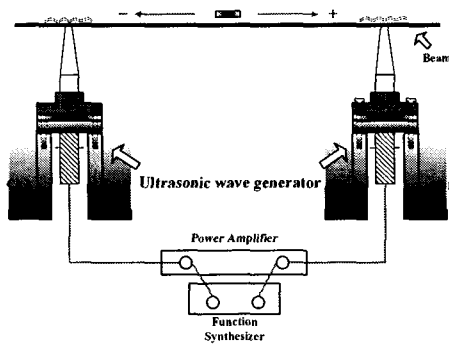


Fig. 1 Experimental apparatus of an object transport system

3. 실험방법 및 실험결과

3.1 물체가 이송하기 위한 진행주파수

초음파 어레이를 이용하여 물체를 이송하기 위해서는 초음파 발생장치의 정확한 진행주파수를 찾아야 한다^[20]. 진행주파수를 찾기 위해 $\pm 500V$ 의 일정한 입력전압의 두 개의 초음파 발생장치 사이에 90° 의 위상차를 주어 20g의 물체의 이송하는 실험을 수행하였다. 이 때 주파수를 변화시키면서 물체의 이송변화를 관찰하였다. 주파수는 25.5 kHz부터 28.4 kHz까지 100 Hz씩 변화시켰다.

Fig. 1은 주파수 변화에 따른 물체의 이송변화를 나타낸 그림이다. 속도값의 (+)부분은 물체의 이송방향이 왼쪽에서 오른쪽으로 진행되는 것을 나타내고 (-)부분은 이송방향이 반대인 경우를 나타낸다. 그리고 속도값이 0인 부분은 물체가 움직이지 않은 부분이다. Fig. 2에서 보는 것과 같이 물체는 28.0 kHz에서 이송속도가 32.2 mm/s로 가장 빨랐으며 안정적인 이송을 보였다. 그러므로, 물체를 이송시키기 위한 최적 주파수는 28.0 kHz 부분임을 알 수 있었다.

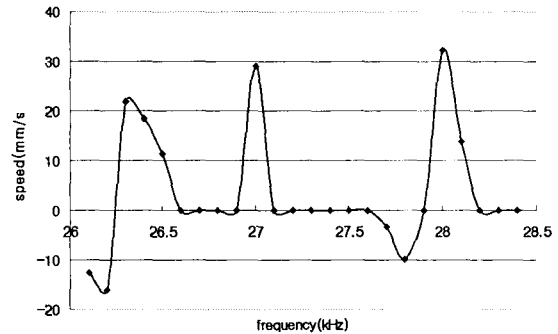


Fig. 2 Speed according to frequency

3.2 출력전압 변화에 따른 물체 이송의 변화

초음파 발생장치의 입력전압 변화에 따른 물체의 이송변화를 파악하기 위한 실험을 수행하였다. 입력주파수 28.0 kHz, 두 초음파 발생장치 사이의 위상차 90° 의 일정한 조건에서 입력전압을 변화시키면서 20g의 물체의 이송변화를 관찰하였다. 입력전압은 $\pm 0V$ 부터 $\pm 50V$ 까지는 $\pm 10V$ 씩, $\pm 50V$ 부터 $\pm 650V$ 까지는 $\pm 20V$ 씩 증가시키며 실험하였다. Fig. 3은 전압변화에 따른 물체 이송속도 변화를 나타낸 그래프이다.

실험결과 전압을 증가시켰을 때 $\pm 50V$ 에서 물체가 처음 이송되었고 이때의 이송속도는 5.4 mm/s였다. 그리고 최고입력전압인 $\pm 650V$ 에서 39.2 mm/s로 가장 빠른 이송속도를 보였다. 그러므로 물체 이송속도는 전압의 증가와 비례함을 알 수 있었다.

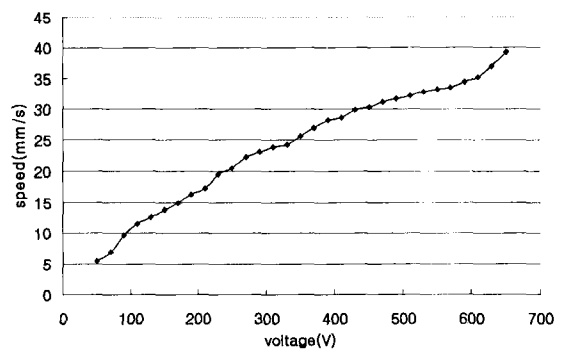


Fig. 3 Speed according to voltage

3.3 위상차 변화에 따른 물체 이송의 변화

일정한 주파수의 전압에서 위상차를 변화시켰을 때 물체의 이송변화를 파악하기 위한 실험을 수행하였다. 실험조건은 주파수 28.0 kHz, 입력전압 $\pm 500V$ 로 일정하게 하고 물체의 무게는 20g으로 하였다. 이

려 두 조음과 발생장지 사이의 위상차는 0° 부터 360° 대역으로 10° 씩 증가, 감소시키면서 4개의 Case로 각각 실험하였다. Function synthesizer 함수 발생 조건의 다음과 같다.

- Case 1 ; Ch1 : 0° 로 일정, Ch2 : 10° 씩 감소
- Case 2 ; Ch1 : 10° 씩 증가, Ch2 : 0° 로 일정
- Case 3 ; Ch1 : 10° 씩 감소, Ch2 : 0° 로 일정
- Case 4 ; Ch1 : 0° 로 일정, Ch2 : 10° 씩 증가

Fig. 4는 위상차 변화에 따른 물체의 이동속도 및 방향의 변화를 나타낸 그래프이다.

실험결과 Case 1, 2의 조건으로 실험을 수행했을 때 조음과 발생장지 사이의 위상차가 30° 에서 (a)방향으로 48.1 mm/s의 가장 빠른 이동속도를 보였고 위상차가 140° 일 때 (b)방향으로 58.0 mm/s의 가장 빠른 이동속도를 보였다. 그리고 Table 1은 Case 1, 2 조건에서의 장치의 이동방향 변화를 나타낸 것이다. Case 3, 4의 조건에서는 위상차가 330° 일 때 (a)방향으로 47.6 mm/s의 가장 빠른 이동속도를 보였고 위상차가 220° 일 때 (b)방향으로 59.2 mm/s의 가장 빠른 이동속도를 보였다. 물체의 이동방향 변화는 Table 2에 나타내었다.

이 결과로부터 물체 이동방향과 이동속도가 조음과 발생장지 사이의 위상차를 변화시킴으로써 방향과 속도를 변화시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

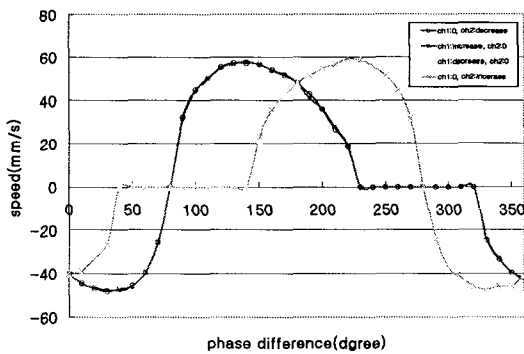


Fig. 4 Speed according to phase difference

Table 1 Direction change of an object (Case 1, 2)

Phase difference	Direction
0° ~ 70°	-
80°	0
90° ~ 220°	-
230° ~ 300°	0
310° ~ 360°	-

Table 2 Direction change of an object (Case 3, 4)

Phase difference	Direction
0° ~ 30°	-
40° ~ 140°	0
150° ~ 270°	-
280°	0
290° ~ 360°	-

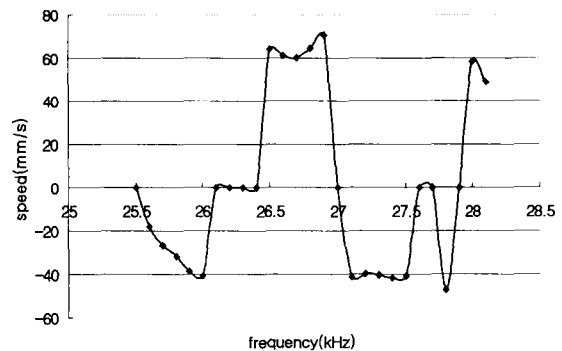
3.4 주파수 변화에 따른 물체 이동의 변화

주파수 변화에 따른 물체 이동변화를 파악하기 위해 앞 실험에서 가장 좋은 결과를 보였던 30° 의 140° 의 위상차에서 임의진폭을 ±500V로 일정하게 유지하고, 이 때 주파수를 25.5 kHz~28.1 kHz까지 100 Hz씩 증가시키면서 물체의 이동변화를 관찰하였다. Fig. 5(a)는 위상차를 30° 로 일정하게 유지시켰을 때 주파수 변화에 따른 이동변화를 나타낸 그래프이고, Fig. 5(b)는 140° 로 일정하게 유지시켰을 때 주파수 변화에 따른 이동변화를 나타낸 그래프이다.

실험결과 Fig. 5(a)에서 보는 것과 같이 위상차를 30° 로 일정하게 했을 때 26.1 kHz에서 (a)방향으로 60.0 mm/s의 가장 빠른 이동속도를 보였고, 26.5 kHz 에서 (b)방향으로 49.1 mm/s의 가장 빠른 이동속도를 보였다.

Fig. 5(b)에서 보는 것처럼 위상차가 140° 로 일정했을 때 26.9 kHz에서 (a)방향으로 70.7 mm/s의 최대 이동속도를 보였고, 27.8 kHz에서 (b)방향으로 47.3 mm/s의 최대 이동속도를 보았다. Table 3과 Table 4은 위상차가 30° 일때와 140° 일때의 방향변화를 나타낸 것이다.

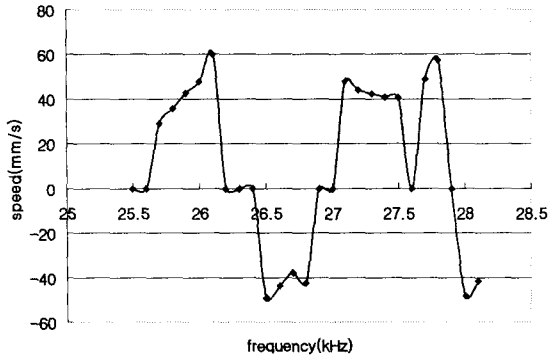
이로부터 주파수의 변화로 물체의 이동방향과 이동속도로 변화시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.



(a) Phase difference : 30°

참고문헌

1. Y. Tomikawa, K. Adachi, H. Hirata, T. Suzuki, and T. Takano, "Excitation of progressive wave in a flexurally vibrating transmission medium", Proc. 10th Symp. Ultrason. Electron., Vol. 29-1, pp. 179-181, 1989.
2. P. I. Ra, B. G. Loh, "Feasibility of Using Ultrasonic Flexural Waves as a Cooling Mechanism", IEEE Transactions on Industrial Electronics., Vol. 48, No. 1, pp. 143-150, 2001.
3. M. Kurosawa, K. Nakamura, T. Okamoto, and S. Ueha, "An Ultrasonic Motor Using Bending Vibrations of a Short Cylinder", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control., Vol. 36, No. 5, pp. 517-521, 1989.
4. K. Nakamura, M. Kurosawa, and S. Ueha, "Characteristics of a Hybrid Transducer-Type Ultrasonic Motor", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control., Vol. 38, No. 3, pp. 188-193, 1991.
5. W. C. Ulmer, Physics of Waves, New York, McGraw-Hill, pp. 5-13, 1991.
6. K. F. Graff, Wave Motion in Elastic Solids, New York, Dover Publication, pp. 163, 167, 180-187, 1991.



(b) Phase difference : 140°

Fig. 5 Speed according to frequency

Table 3 Direction change of an object
(Phase difference : 30°)

Frequency (kHz)	Direction
25.7 - 26.2	-
26.3 - 26.9	-
27.0 - 27.9	-
28.0 - 28.1	-

Table 4 Direction change of an object
(Phase difference : 140°)

Frequency (kHz)	Direction
25.6 - 26.1	-
26.3 - 26.9	-
27.1 - 27.8	-
28.0 - 28.1	-

4. 결론

본 연구에서는 초음파 에너지를 이용한 물체 이동 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템의 성능을 평가하기 위해 전압과 이동속도의 관계, 입력부력과 이동속도의 관계, 위상차와 이동방향의 관계 그리고 발진주파수와 이동방향과의 관계 등을 실험하였다.

실험결과 물체가 진동하고 이동방향이 변화하는 주 크음과 발생장치의 위상차 및 주파수만 변경하지 않고 진입면력의 물체의 무게변화는 물체 이동방향에는 영향을 미치지 않고 이동속도에만 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 그리고 위상차 및 주파수 변화에 따른 각 방향으로 가장 빠른 이동속도를 측정하였다.

본 연구의 통해 개발된 시스템은 실제 적용할 때에도 유용할 수 있으며 특히 초음파 방향을 받는 소정면 속도가 저가의 원형을 받는 면도면 조리의 이동에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.