

論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 45(2), 124-132(2017)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2017.45.2.124

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

순차적 초음파 신호 송출 방식을 이용한 다중 초음파 센서 실험

장재원*, 구분수**, 이상정***

Experiment of Multitudinous Ultrasonics Sensors using Sequentially Transmitting Ultrasonic Signal

Jae-Won Chang*, Bon-Soo Koo** and Sang Jeong Lee***

Korea Aerospace Research Institute* , **

Chungnam National University***

ABSTRACT

With the growth of interest in the UAVs, the study of the UAV collision avoidance is in progress. Lidar, Video camera, laser sensor, and ultrasonic sensor may be utilized for collision avoidance of UAV. In this paper, the characteristics of MB 1230 ultrasonic sensor is analyzed through the experiment. When concurrently using multitudinous ultrasonic sensors, ultrasonic sensors do not generate correct measurement values. To solve ultrasonic sensor interference, sequentially transmitting ultrasonics signal is suggested by using 'Enable' signal input of ultrasonic sensor, so by activating each ultrasonic sensor gradually. This proposed solution is also verified by experimentation.

초 록

무인기에 대한 관심이 급증하면서 무인기 충돌회피에 대한 많은 연구가 진행 중이다. 충돌회피를 위해서는 무인기 주변에 대한 상황인식이 이루어져야하며 이를 위해 라이다, 영상 카메라, 레이저 센서, 그리고 초음파센서 등이 활용되고 있다. 본 논문에서는 MB 1230 초음파 센서를 이용하여 초음파 센서의 특성을 분석하였다. 또한, 동시에 다수 초음파 센서를 사용할 경우 센서간의 간섭영향으로 정확한 거리 측정값을 획득하지 못함을 확인하였다. 이러한 초음파 센서 신호 간섭을 해결하기 위해 다수의 초음파 센서를 동시에 작동시키는 것이 아니라 초음파 센서의 Enable 신호 입력단을 이용하여 각 초음파 센서를 순차적으로 활성화시킴으로써 초음파 센서간의 간섭을 해결하는 방안을 제안하였으며 실험을 통해 제안한 방안의 효과를 확인하였다.

Key Words : UAV(무인기), Collision avoidance(충돌회피), Ultrasonic sensor(초음파센서)

1. 서 론

무인기에 대한 관심이 급증하면서 무인기 충돌 회피에 대한 연구들이 진행되고 있다. 무인기 충

돌회피를 위해서는 무인기 주변에 대한 상황인식 이 이루어져야하며 이를 위해 라이다, 영상 카메라, 레이저 센서, 초음파센서 등이 활용되고 있 다. 또한 이들 센서들을 융합하여 상황인식에

† Received : June 13, 2016

Revised : January 3, 2017

Accepted : January 11, 2017

* Corresponding author, E-mail : zdream@kari.re.kr

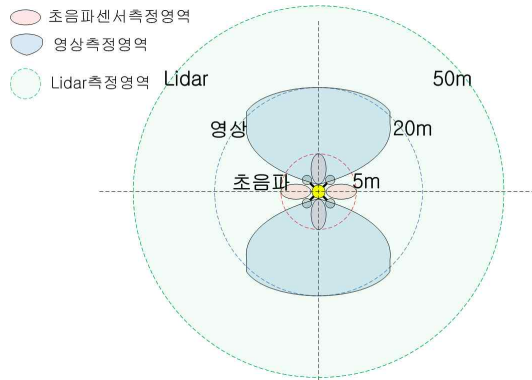


Fig. 1. Detection range

활용하는 연구들이 많이 진행되고 있다. 이러한 센서들의 운용범위는 Fig. 1과 같다. 라이다의 경우 상대적으로 먼 거리까지 장애물을 전방위적으로 탐지할 수 있으나 라이다의 스캔 채널의 한계로 정밀 탐지는 곤란하다. 이 경우 영상 카메라를 이용하여 중간 영역까지 정밀 탐지를 지원한다. 다만, 라이다와 영상 카메라의 경우 빛을 이용하는 관계로 유리나 같은 소재로 된 타겟에 대한 탐지가 곤란할 수 있다. 이를 보완하기 위해 빛이 아닌 음파를 사용하여 투명한 재질도 탐지할 수 있는 초음파를 통해 근거리 영역을 탐지한다.

초음파 센서는 측정 빔 폭이 넓어 각 분해능 (Angle resolution)이 나쁘고, 또 물체의 재질, 물체 표면의 균일 정도나 기울기에 따라 반사와 신호 탐지가 불가능하여 거리 측정에 실패하는 경우가 발생하는 단점이 있다. 하지만 다른 센서에 비해 값이 싸고, 구동 장치와 신호처리 장치가 비교적 간단하며, 광학센서로 측정할 수 없는 환경인 유리 또는 거울과 같이 빛을 투과시키거나 가스나 먼지 등으로 인해 빛이 산란되는 곳에서는 유효하게 활용될 수 있다. 또한, 시각 센서와는 달리 어두운 곳에서도 거리측정이 가능하다는 장점에 많이 사용된다[1]. 드론에는 일반적으로 다수의 초음파센서가 사용되는데, 짧은 시간에 많은 거리 정보를 얻을 수 있기 때문이다. 하지만 다수의 초음파 센서를 동시에 사용할 경우, 각각의 센서에서 송출되는 신호가 장애물에 반사되어 원치 않는 수신단에 영향을 주어 정확한 거리 계산이 어렵다. 이러한 신호의 간섭 현상을 피하기 위해 센서의 위치를 신호 간섭이 발생하지 않을 형태로 배치하거나, 하나의 센서에서만 전 방향으로 신호를 송신하고 다수의 센서에서는 신호를 수신만 하는 시스템이 이용된다.

본 논문에서는 다수의 초음파 센서에서 초음파 신호를 동시에 송출 시키는 방식이 아닌 순차적

으로 송출 시키는 방안을 제안하였다. 본 논문에서 제시한 순차적 초음파 신호 송출 방식은 기존 하드웨어의 변경 없이 초음파 신호간의 간섭을 제거할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 실험을 통해 MB 1230 초음파 센서의 특성을 분석하였다. 또한, 다수의 초음파 센서를 이용한 실험을 통해서 동시에 다수의 초음파 센서를 동작 시킬 경우 센서간의 간섭이 발생하여 정확한 거리 값을 측정하지 못하는 것을 확인하였으며 이러한 초음파 센서간의 간섭을 해결하기 위해 다수의 초음파 센서를 동시에 작동시키는 것이 아니라 초음파 센서의 Enable 신호 입력 단을 이용하여 각 초음파 센서를 순차적으로 활성화 시킴으로써 초음파 센서간의 간섭을 해결하는 방안을 제안하였으며 실험을 통해 제안한 방안의 효과를 확인하였다.

II. 본 론

2.1 초음파 센서

초음파란 음향 진동의 일종으로 공기 중 물체 감지에 적용되고 있다. 이러한 초음파 센서에 사용되는 주파수는 9[kHz] ~ 50[kHz] 정도이며 이 범위의 주파수는 강력한 초음파 펄스를 발생하기 쉽고 지향특성을 얻기가 용이하다[1].

Figure 2와 같이 공기 중에서는 초음파 센서에서 송출된 음파가 타겟에 반사되어 다시 초음파 센서에 수신되기 까지 소요되는 비행시간(Time of flight, TOF)을 이용하여 다음 식으로 초음파 센서와 장애물 사이의 거리를 구한다.

$$c_t = 331.5 + 0.6t_t \tag{1}$$

$$d_t = c_t \times t + e$$

여기서 c_t 는 공기에서 음파의 전달속도, t_t 는 대기온도, d_t 는 음파의 전달거리, t 는 음파의 전달시간, 그리고 e 는 잡음이다.

초음파센서 기반의 물체 검출은 반사체의 재질

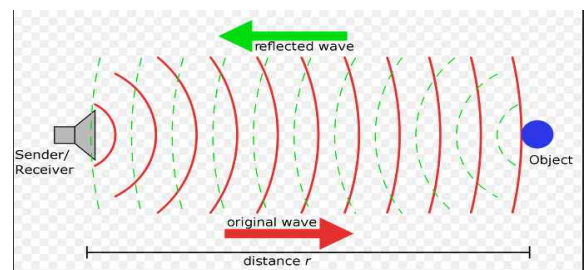


Fig. 2. Ultrasonic sensor principle

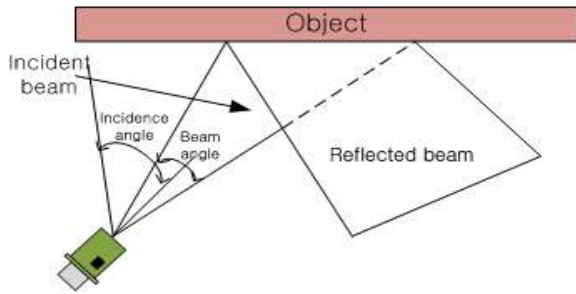


Fig. 3. Specular Reflection

과 관련이 있다. 광학센서로 측정할 수 없는 유리 또는 검은색 물체 등은 측정할 수 있지만, 음파를 흡수하는 카펫과 같은 물체에 대해서는 정확한 거리측정을 할 수 없다. 특히, 초음파 센서를 이용하여 거리를 측정할 때 발생하는 가장 큰 문제는 거울반사(Specular reflections)현상이다. 거울반사 현상이란 Fig. 3과 같이 음파의 입사각이 음파의 유효각의 절반보다 더 클 경우에 반사된 음파는 수신 센서로부터 더 멀리 전파되어 수신 센서에 도달하지 못하게 되는 현상이다. 이럴 경우 초음파 센서는 물체를 감지하지 못하게 된다[2].

2.2 적용 초음파 센서 특성 분석

실험에 사용된 초음파 센서는 XL MaxSonar EZ MB 1230 제품이며 3가지의 출력(Analog Voltage, Pulse Width, Serial)을 이용하여 거리 측정치를 제공한다. 초음파 센서의 특징 중 근거리 가용성을 나타내는 지표인 데드존의 경우 MB 1230 초음파 센서의 20cm이다. 또한, 보정된 빔 패턴, 안정적인 거리 측정, 저 전력 기능을 지원하는 초음파 센서이다[3]. Fig. 4는 MB1230의 형상과 특성이다.

Figure 5는 MB1230의 거리에 대한 빔 패턴이다. Fig. 6은 MB1230의 출력 단자에서 출력되는 신호의 실시간 동작에 대한 설명이다.

MB MaxSonar 초음파 센서는 총 7개의 핀으로 구성되어 있으며, 출력으로는 단자 2번 (Pulse

	Voltage	3.3 v~ 5 v
	Ampere	3.4mA
	Serial Baudrate	9600
	Resolution	1cm
	Reading rate	10 Hz
	Sensor operate	42KHz
	Minimum Distance	20cm
	Maximum Distance	765cm

Fig. 4. MB1230 XL-MaxSonar and Spec[3]

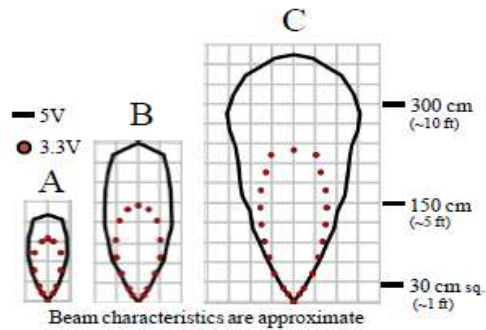


Fig. 5. Beam Pattern of MB1230[3]

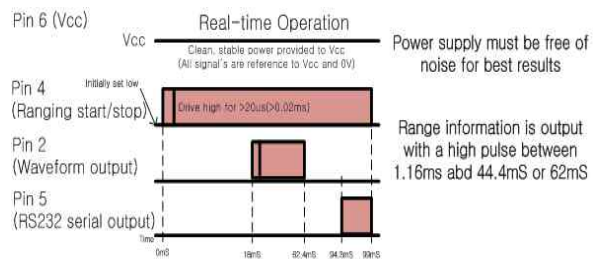


Fig. 6. Real-Time operation of MB1230

Width), 단자 3번(Analog Voltage), 그리고 단자 5번 (RS-232)으로 구성되어있다. 초음파 센서의 특징으로는 Enable 신호(단자 4번)를 이용하여 초음파센서 On/Off를 제어 할 수 있다. Enable 신호를 이용하여 초음파센서 동작 가능여부를 정할 수 있어, 순차적으로 초음파 센서를 동작 시킬 때, 다른 초음파 센서와의 영향을 최소화 시킬 수 있다. 본 실험에서는 단자 4번(Enable)과 단자 5번(RS-232)을 이용해서 진행 하였다.

III. 정적실험

3.1 초음파 센서 실험용 시스템 구현

초음파 센서 실험을 위해 드론에 장착하는 것과 같이 등근 원판에 7개의 초음파 센서를 부착하였고, 계측 S/W는 LabView를 이용하였다. LabView DAQ(6008)를 이용하여 Enable 신호를 생성하고 초음파 센서의 Enable 신호 단자에 제공하였다. 거리 정보는 초음파 센서의 RS-232를 통해서 획득하였다. 본 실험에서는 초음파 센서의 RS-232 시리얼 데이터(단자 5번)를 통해 거리 측정값을 획득하였다. Fig. 7은 실험을 위한 시스템 구성도이다.

Figure 8은 실험을 위한 초음파 센서 배치에 대한 개념도와 실제 배치이다.

초음파 센서 데이터 처리를 위해 LabView를

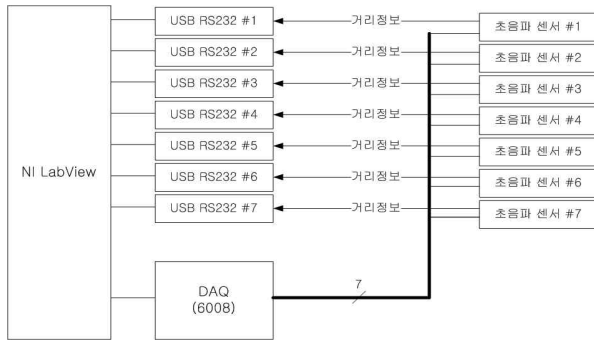


Fig. 7. Test environment block diagram

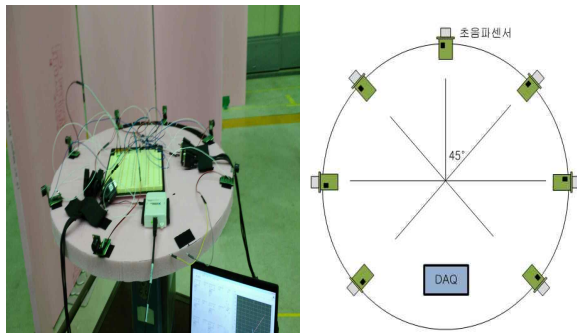


Fig. 8. Ultrasonic sensor layout

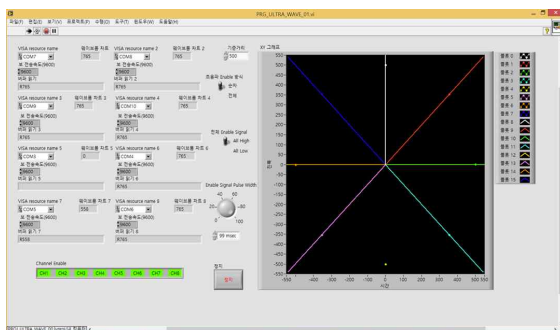


Fig. 9. UI(User Interface) of DAQ

이용하여 초음파 센서 Enable 제어 모듈과 초음파 센서에서 측정된 거리 디스플레이 모듈로 구분하여 Fig. 9와 같이 제작하였다. 실험 편의를 위해 각각의 초음파 센서 Enable 센서를 On/Off 제어 할 수 있는 기능과 초음파 센서들의 그룹을 설정하여 그룹별 On/Off 제어 할 수 있는 기능을 추가하였다. 또한, 사용자가 쉽게 초음파 센서의 동작을 인지하고 비교할 수 있도록 각 초음파 센서별 거리 값을 그래프적으로 표시할 수 있도록 디스플레이 모듈을 제작하였다.

초음파 센서 실험을 위해 한국항공우주연구원 격납고 안에 3T(30mm) 스티로폼을 이용하여 반사판을 제작하여 각 실험에 맞게 이동 배치할 수 있도록 하였다.

3.2 빔 패턴 분석 실험

2장에서 설명한 MB 1230 초음파 센서의 빔 패턴을 분석하기 위하여 Fig. 10과 같이 반사판을 배치하여 실험을 수행하였다.

빔 패턴 실험의 경우 하나의 초음파 센서를 기준으로 실험을 수행하였다. 이를 위해 나머지 초음파 센서의 Enable 신호를 Off로 제어하여 하나의 초음파 센서만 동작하도록 설정하였다. 1m 간격에서 반사판을 양쪽으로 배치하고 좌우로 이동하면서 초음파 센서에서의 수신 여부를 측정하여 초음파 센서의 빔 패턴을 확인하였다. 실제 초음파 센서 사양서와 같은 패턴은 아니지만 유사한 패턴임을 확인 하였다. 초음파 센서의 특징상 거리가 점차 멀어질수록 돌아오는 반사파의 세기가 약해져 빔 폭이 좁아짐을 확인하였다.

Table 1은 MB 1230 초음파 센서의 빔 패턴을 데이터 시트에 나온 특징 (Fig. 4)과 실험 결과를 수치상으로 비교한 것이고, Fig. 11은 실험결과를 그래프로 표현 하였다. 그래프의 위에 위치한 파

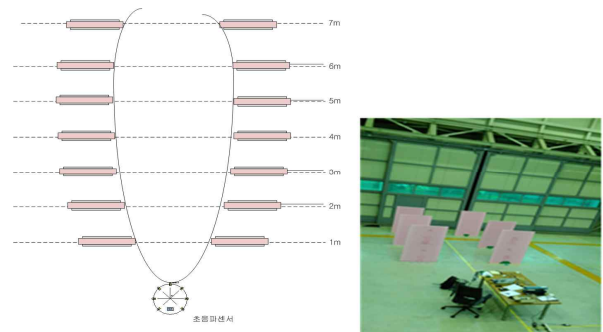


Fig. 10. Test environment of Beam Pattern

Table 1. Beam width per distance(cm)

빔폭	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
측정치	74	133	140	167	137	132	128
Data Sheet	90	150	180				
차	-16	-17	-40	-	-	-	-

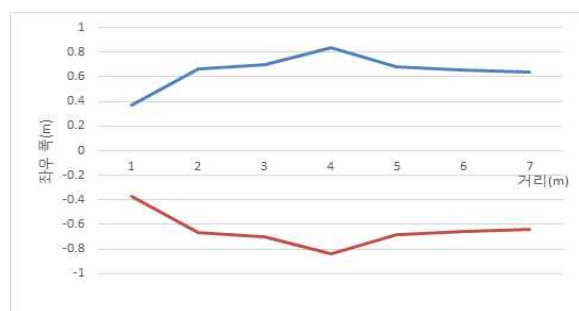


Fig. 11. Analysis result of beam pattern

란색 선은 실험 대상 초음파 센서의 좌측에 위치한 1m간격의 반사판에 의한 초음파 신호의 반사 신호를 초음파 센서의 수신측에서 측정된 위치를 표시하고 있다. 그래프의 아래에 위치한 적색 선은 실험 대상 초음파 센서의 우측에 배치한 반사판들에 대한 결과이다. 양 쪽 반사판에 대한 결과가 대칭성을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

3.3 다수의 초음파 센서 사용 시 간섭현상 실험

3.3.1 초음파 센서 동시 작동

다수의 초음파 센서를 동시에 사용할 경우, 각각의 센서에서 송출되는 신호가 장애물에 반사되어 원치 않는 수신단에 영향을 주어 정확한 거리 계산이 어렵다. 먼저 거리별 초음파 센서의 간섭 현상을 실험하기 위하여 반사판을 각각의 초음파 센서와 1m, 2m, 그리고 5m에 배치하여 실험을 수행하였다. Fig. 12는 초음파 센서로부터 1m에 반사판을 배치한 실험 환경이다.

빔 패턴 실험을 위해서는 하나의 초음파만을 사용하였으나 초음파 신호의 간섭을 실험하기 위하여 LabView DAQ를 이용하여 Enable 신호 제어기를 통해 7개 초음파 센서에서 초음파 신호가 동시에 송출 하도록 설정하였다. Fig. 13은 초음파 센서로부터 1m에 반사판을 배치하고 동시에 7개의 초음파 센서에서 송출토록 설정한 후 수신된 결과이다. 이 결과로부터 각 센서의 거리 측

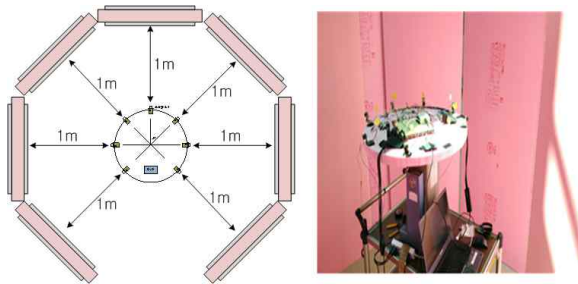


Fig. 12. Test environment-1m

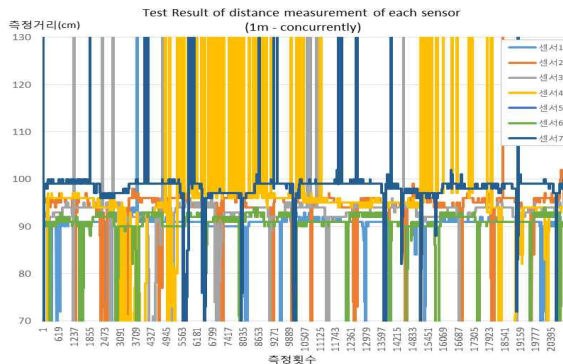


Fig. 13. Test result of 1m - concurrently

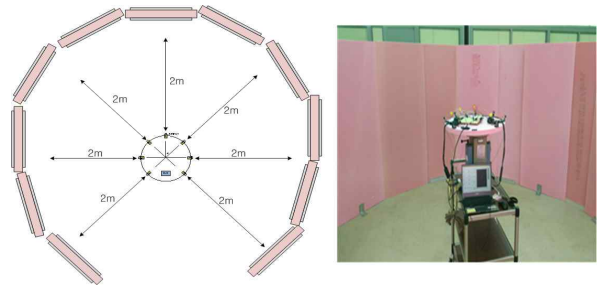


Fig. 14. Test environment-2m

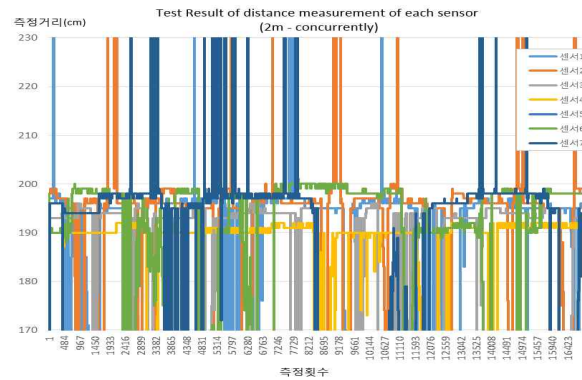


Fig. 15. Test result of 2m - concurrently

정값에 오차가 발생함을 확인하였다. 초음파 센서의 간섭 영향을 좀 더 분석하기 위하여 초음파 센서와 반사판과의 거리를 2m로 설정하였다. Fig. 14는 초음파 센서와 반사판과의 거리 2m에 대한 실험환경이다. 2m 실험환경에서도 1m 실험환경과 같이 송출 신호가 빈 공간으로 세어 나가지 않도록 밀폐형으로 반사판을 배치하였다.

Figure 15는 초음파 센서로부터 Fig. 13과 같이 2m에 반사판을 배치하고 동시에 7개의 초음파 센서에서 송출토록 설정한 후 수신된 결과를 분석한 것이다. 이 결과로부터 1m 실험과 유사하게 각 센서의 거리 측정값에 오차가 발생함을 확인하였다.

Figure 16은 초음파 센서와 반사판과의 거리 5m에 대한 실험환경이다. 5m 실험환경에서는 1m와 2m 실험환경과 달리 반사판을 7개만 설치하고 사이에 공간을 두었다.

Figure 17은 초음파 센서로부터 5m에 반사판을 배치하고 동시에 7개의 초음파 센서에서 송출토록 설정한 후 수신된 결과를 분석한 것이다. 이 결과로부터 1m와 2m 실험과 유사하게 각 센서의 거리 측정값에 오차가 발생함을 확인하였다.

다수의 초음파 센서의 출력 신호를 동시에 동작시키는 실험을 통해 동시에 초음파 신호를 송

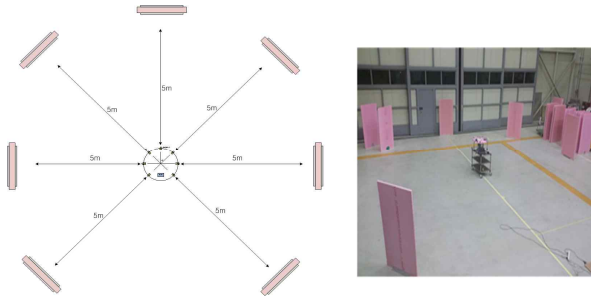


Fig. 16. Test environment-5m

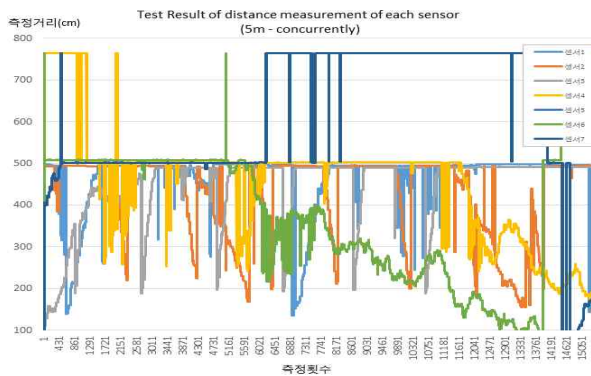


Fig. 17. Test result of 5m - concurrently

출할 경우 수신단에서 신호 간섭이 발생함을 확인하였다. 1m, 2m 그리고 5m 거리별 실험을 통해 반사판에 의한 초음파 신호 반사 신호의 세기가 약해도 수신측에 신호 간섭을 발생시킴을 확인하였다.

3.3.2 다수의 초음파 센서 그룹 및 순차 작동

위 실험결과로부터 확인 된 다수의 초음파 센서를 동시에 사용할 경우 간섭 현상이 발생함을 확인하였다. 이를 해결하기 위해 7개의 초음파를 동시에 사용하지 않고 아래와 같은 방식으로 초음파 센서의 송출을 제어하여 실험을 수행하였다.

- 그룹 순차 제어 방식
- 개별 순차 제어 방식

개별 순차 제어 방식은 초음파 신호 간섭 영향을 제거 할 수 있는 장점이 있지만, 초음파 센서별 탐지 속도가 초음파 수에 비례하여 감소하는 단점을 가지고 있다. 그룹 순차 제어 방식은 탐지 속도를 개별 순차 방식보다 높일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 초음파 센서의 간섭을 줄이기 위해 센서 배치를 고려하여야만 한다. 그룹 순차 제어 방식은 주변 센서로부터의 간섭이 가장 강할 수 있다는 가정 하에 1, 3, 5, 7 번 초음파 센서를 A 그룹으로 2, 4, 6 초음파 센서를 B

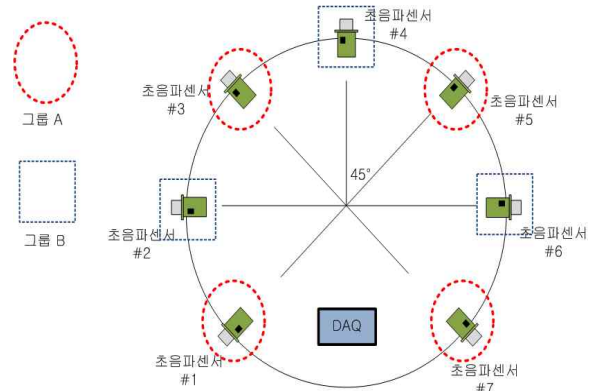


Fig. 18. Ultrasonic sensor layout

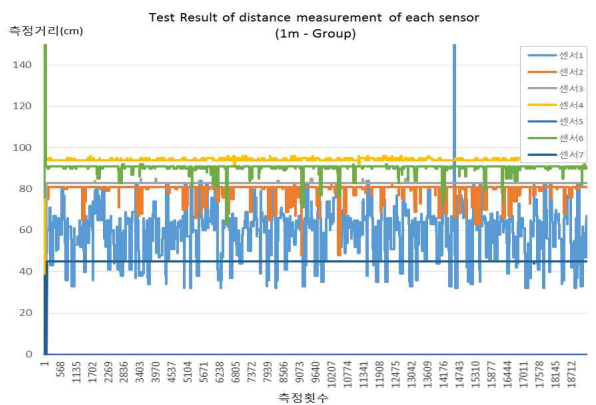


Fig. 19. Test result of 1m - group

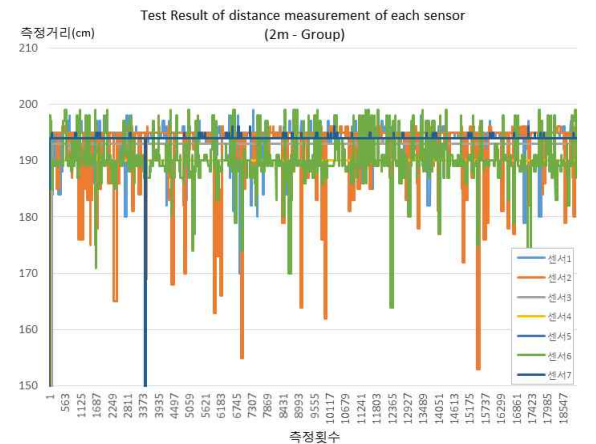


Fig. 20. Test result of 2m - group

그룹으로 설정하고 그룹별로 순차적으로 초음파 신호를 송출하도록 하였다.

Figure 19, 20, 21에서 보이는 것과 같이 그룹 순차 방식의 경우 동시에 초음파 센서를 송출하여 실험한 결과와 비교할 때 간섭 현상이 현저히 감소하여 튀는 값이 감소 했음을 확인할 수 있다. 하지만, 여전히 간헐적으로 간섭이 발생함을 확인하였다.

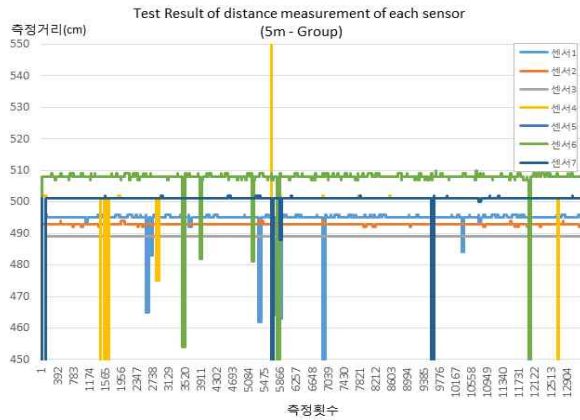


Fig. 21. Test result of 5m - group

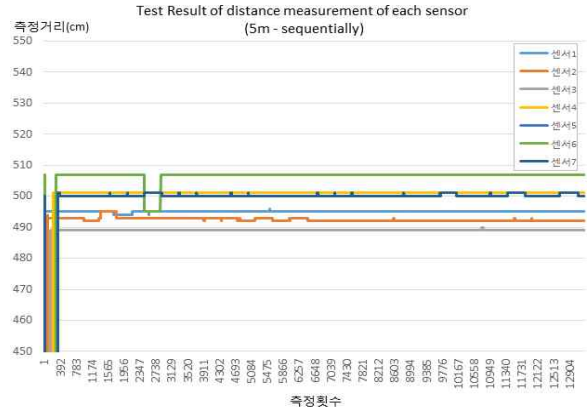


Fig. 24. Test result of 5m - sequentially

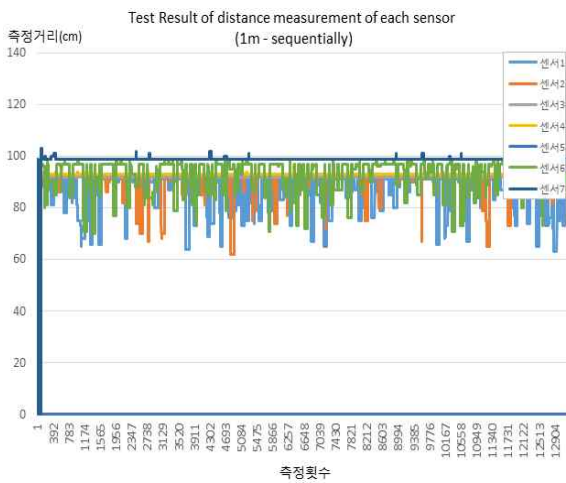


Fig. 22. Test result of 1m - sequentially

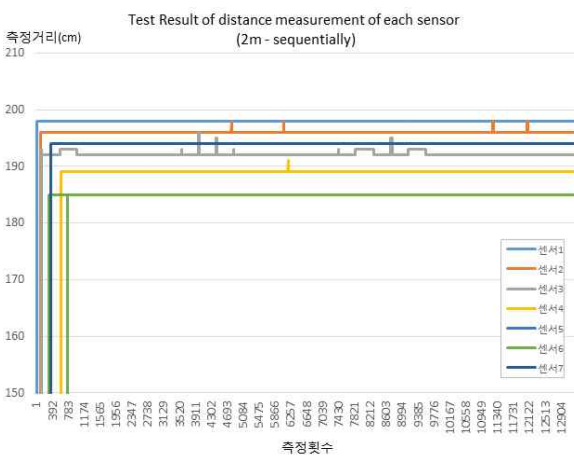


Fig. 23. Test result of 2m - sequentially

개별 순차 제어 방식의 경우에 대한 거리별 실험 결과는 Fig. 22, 23, 24와 같다.

3.4 실험 결과 분석

3.3에서 수행한 실험 결과를 아래와 같

Table 2. Analysis result of error probability per distance

	1 m	2 m	5 m
동시	8.59 %	18.94 %	31.29 %
그룹	4.42 %	2.18 %	1.79 %
순차	0.00 %	0.617 %	0.0001 %

이 종합적으로 분석하였다.

Table 2는 각각의 거리별 실험 결과를 기준 값의 $\pm 20\text{cm}$ 기준으로 하여 확률적으로 분석한 것이다. 각 초음파 센서당 10000개씩의 데이터 즉 거리당 7개의 센서에서 받은 70000개의 데이터의 거리 측정값에 대해 오류 발생 확률을 분석하여 각각의 송출 방식별 간섭 영향을 분석하였다.

실험 결과는 Table 2와 같이 거리가 멀수록 동시에 작동할 경우 오차 확률이 증가하고 그룹, 순차 방식을 적용할 경우 오차 확률이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다.

IV. 동 적 실험

4.1 초음파 센서 동적 실험 (7자 복도)

3장에서 실험한 결과를 타겟이 이동 할 경우에도 적용할 수 있는지 확인하기 위하여 7자 복도 실험 환경을 구현하고 타겟을 이동하면서 초음파 센서의 간섭 현상을 실험하였다. Fig. 25는 동적 실험을 위한 실험 환경이다.

Figure 26, 27, 28은 동시 송출, 그룹 순차 방식과 개별 순차 방식에 대한 실험 결과이다.

동시 송출과 그룹 순차 방식의 경우 간섭이 받

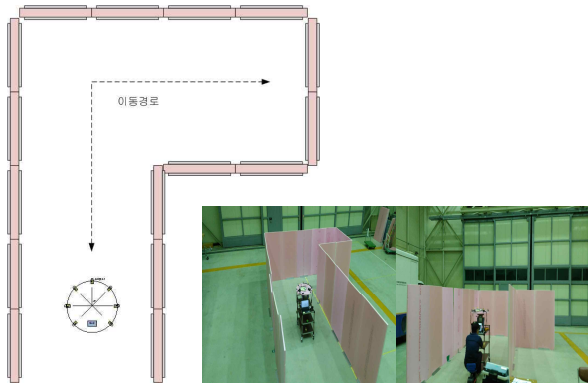


Fig. 25. Test environment of Γ corridor

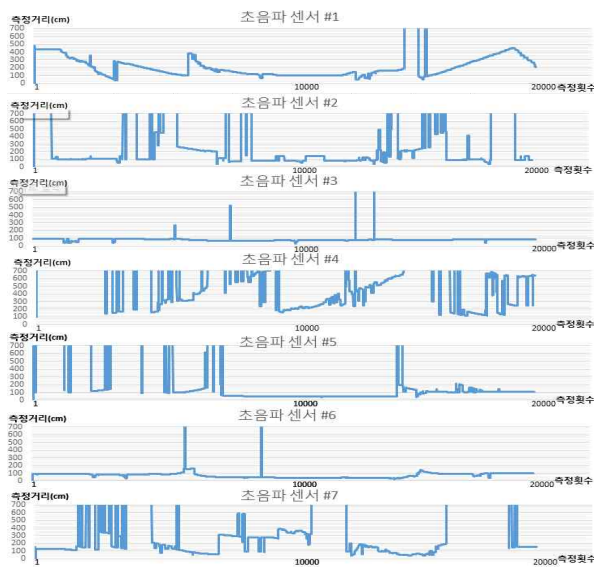


Fig. 26. Test result of Γ corridor- concurrently

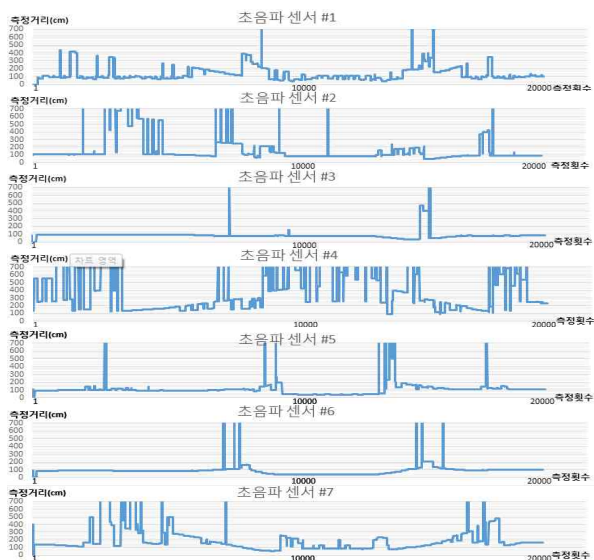


Fig. 27. Test result of Γ corridor- group

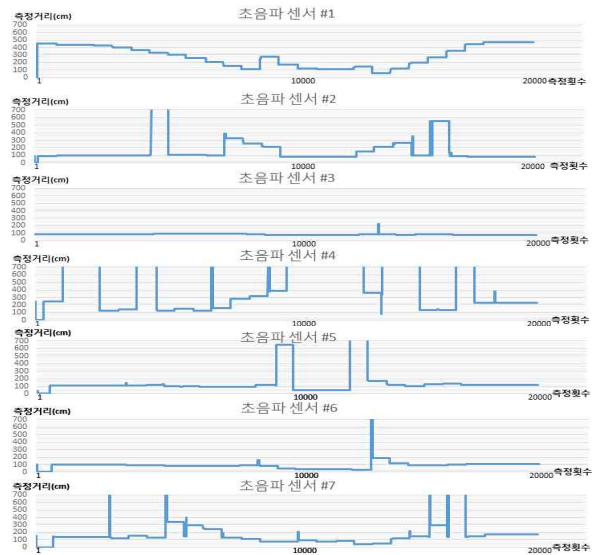


Fig. 28. Test result of Γ corridor- sequentially

생하나 개별 순차방식에서는 간섭이 거의 발생하지 않음을 확인 할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 MaxBotix 사에 초음파 센서를 이용하여 초음파의 특성을 분석하여 다수의 초음파 센서를 동시, 그룹 순차, 그리고 개별 순차 3가지 방식으로 실험을 하였다. 초음파 센서의 특징상 신호의 간섭이 발생하여 다수의 초음파 센서를 동시에 사용하기에는 무리가 있는 것을 확인 하였으며, 정확한 거리를 측정해야 하는 경우에는 개별 순차적으로 쓰는 것이 간섭 영향이 없어 정확한 거리 측정값을 획득할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다. 다만, 일반적인 초음파 센서의 거리 측정값의 출력 주기가 10Hz이며 이를 순차적 방식을 사용할 경우 출력 주기가 순차 방식에 따라 줄어들 수 있어 고속 출력을 요구하는 시스템에 적용하기에는 적절하지 않다. 고속 출력을 요구하는 시스템에 적용하기에는 초음파의 그룹을 간섭 영향을 고려하여 설정함으로써 순차방식보다는 고속의 출력을 제공할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

후 기

본 연구는 미래창조과학부의 정보통신·방송 연구개발 사업 “DMM 기반 장애물 회피 및 소형 무인기 조종 장치 기술 개발” 과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

Reference

- 1) C.S.Kim, B.J Choi, Y.J Lee, S.R Lee, "Simultaneous driving system of ultrasonic sensors using codes", JCASE, Vol.10.No.11, November 2004, pp 1028~1036
- 2) W.S Choi, "Obstacle avoidance of a mobile robot mounted with ultrasonic sensors with wide bam angle using DWA and ND navigation", Maseter's thesis Korea Uni. FEB.2009 p51
- 3) XL_MAXSonar-EZ3(MB1200) Data Sheet