

논문 97-6-4-07

다단 송출전압을 이용한 초음파센서 시스템의 분해능 개선

羅承裕*, 朴玟相*

Resolution Enhancement of an Ultrasonic Sensor System via Multiple Steps of the Transmitter Voltage

Seung You Na*, Min Sang Park*

요 약

초음파센서는 저렴성, 단순한 구조, 기계적 강인성, 사용상의 적은 제약 등의 이점 때문에 다양한 응용분야에 적용된다. 그러나 주요 사용 목적으로는 물체의 감지와 거리측정으로 제한된다.

물체의 인식에 초음파센서를 사용하기에는 낮은 분해능을 초래하는 불량한 방향성과 측정오류를 유발하는 반사성의 단점이 있다. 이런 문제를 극복하기 위해 센서의 배열이 사용되어왔다. 즉, 분해능을 개선하기 위해 다양한 센서의 배열형태에서 많은 수의 센서를 사용하거나, 일정 수의 센서를 사용할 경우에는 센서배열을 기계적으로 이동시킨다.

본 논문에서는 센서배열에 단순한 구동 전자회로를 추가하여 센서 시스템의 인식 분해능을 개선하는 실제적인 방법을 제안한다. 구동회로는 송출 구동전압을 다양하게 변화시켜 알려진 센서의 특성에 따라 서로 다른 수신신호의 진폭으로 부터 분해능의 개선을 얻는다. 제안된 방법에서는 사용하는 센서의 수를 증가하거나 추가되는 기계적인 구동기를 사용하지 않으며 분해능의 개선을 얻는다.

Abstract

Ultrasonic sensors are widely used in various applications due to advantages of low cost, simplicity in construction, mechanical robustness, and little environmental restriction in usage. But the main purposes of the noncontact sensors are rather narrowly confined within object detection and distance measurement.

For the application of object recognition, ultrasonic sensors exhibit several shortcomings of poor directionality which results in low spatial resolution of an object, and specularly which gives frequent erroneous range readings. To resolve these problems in object recognition, an array of the sensors has been used. To improve the spatial resolution, more number of sensors are used in essence throughout the various devices of the sensor arrays. Under the disguise of a fixed number of the sensors, the array can be shifted mechanically in several steps.

In this paper we propose a practical sensor resolution enhancement method using an electronic circuit accompanying the sensor array. The circuit changes the transmitter output voltage in several steps. Using the known sensor characteristics, a set of different return echo signals provide enhanced spatial resolution. The improvement is obtained without the cost of the increased number of the sensors nor extra mechanical devices.

I. 서 론

* 전남대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Eng., Chonnam Nat'l University)
<접수일자 : 1996년 12월 30일>

군사용의 SONAR(Sound Navigation And Ranging)
로 부터 산업용 제어시스템, 의료분야에서의 첨단의료

장비, 이동로봇의 주행시 장애물과의 거리측정, 자동차의 주행시 운전자에게 도움을 주는 백소나, 음료수 제조공장의 자동생산 라인에서 병의 형태를 구별하거나 액체의 높이 측정 등에 이르기까지 넓은 영역에서 초음파센서를 이용하고 있다. 특히 공장 자동화의 분야에서 물체를 인식하거나 주변 환경을 인식하기 위해서 비전 시스템이 많이 이용되고 있으나 비전 시스템을 이용할 경우는 환경이나 물체를 인식하는데 있어서 데이터의 양이 많아 처리 시간이 길어서 실제 적용상의 어려움이 있다. 또한 반사물체나 투명물체 등을 인식하는데는 어려움이 있고, 어두운 곳이나 빛의 양이 적거나 자주 변화하는 곳의 물체를 인식할때 주변의 명암의 변화로 인하여 오인식의 요인이 된다. 그리고 장비가 고가이기 때문에 일반적인 이용측면에서 어려움이 따른다. 이에 반하여 초음파센서는 TOF(Time of Flight) 방법을 이용하여 거리를 측정하기 때문에 빠른 시간 내에 거리를 직접 측정 가능하고, 주위의 명암이나 반사 물체 등에 대한 영향이 비교적 적고, 물리적으로 소형 경량이고 낮은 가격으로 시스템의 구현이 가능한 장점이 있다. 그러나 공기중에서 사용하는 보통의 초음파 센서는 비접촉 센서로서 넓은 빔폭과 불량한 지향성 때문에 물체의 공간적 위치를 정확히 측정하는데에 어려움을 내재하고 있다.

일반적으로 물체의 인식에 있어서 공간적 분해능을 개선하기 위해서 초음파센서 배열의 방법을 이용한다. 지금까지 초음파센서를 이용하여 물체를 인식하기 위해서 많은 수의 초음파센서를 평면 배열하여 인식분해능을 개선하거나, 초음파센서를 직선 배열시킨 후 액츄에이터를 이용하여 일정 간격을 이동시킴으로써 적은 수의 센서를 사용하여 많은 센서를 사용하는 효과를 낳게 함과 동시에 물체를 구별하거나 인식하는데 있어서 분해능을 개선시켰다^{[1][2]}.

본 논문에서는 배열된 센서에서 보다 좋은 분해능을 낼 수 있도록 간단하게 구성된 전자회로를 부가하여 초음파센서의 송출전압을 여러 단계로 변경시킴으로써 특히 물체의 인식에 있어서 시스템 분해능의 개선을 얻고자 한다. 2장에서는 진폭변화에 의한 거리변화를 나타내고, 3장에서는 폴라로이드(Polaroid) 초음파센서의 특징과, 초음파센서의 배열, 초음파센서의 송신과 수신, 거리측정, 송출전압의 변경 등의 전체적인 시스템 구성을 나타내고, 4장에서는 물체의 크기와 형태를 결정하기 위한 실험 데이터와 이를 이용한 분해능 개선 알고리즘을 제안하며, 이에 따른 개선된 결과를 보인다.

II. 음파 변환기

2.1. TOF(time of flight)

본 논문에서는 송신과 수신을 할 수 있는 조합형인 폴라로이드(Polaroid)사의 초음파센서를 사용하였고, 물체에 부딪쳐서 되돌아 오는 수신에코는 일반적으로 그림 1과 같다. 문턱 레벨(τ)은 고정되어서 노이즈 성분

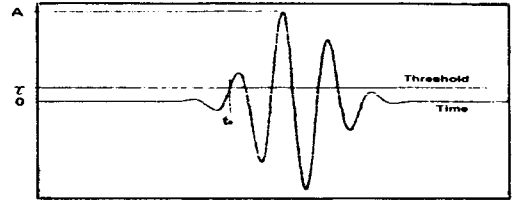


그림 1. 초음파 거리계 시스템에서 형성된 전형적인 에코

Fig. 1. Typical echo produced by ultrasound ranging system

을 제거하고 에코의 첫 번째 증폭이 기준레벨을 초과할 때의 거리값 z_0 을 넣는다.

$$z_0 = \frac{ct_0}{2} \quad (1)$$

c : 공기중에서의 음속(343 m/s at 20°C)

t_0 : 주행시간

내장된 시변이득 증폭기에 의하여 거리에 따른 수신 압력과 공기중의 음파의 감쇄를 보상할 수 있도록 수신기가 설계되었으므로 측정범위 내에서 거리에 따른 수신에코의 진폭은 일정하다.

2.2. 진폭변화에 의한 거리변화

본 논문에서는 물체인식에 있어서 분해능을 개선하는 방법으로서 다단 송출전압에 의한 초음파 송출방법을 이용한다. 일반적으로 트랜스듀서로부터 떨어져 있는 곳의 음압은^[3]

$$p_r(z, \theta) = (p_0/z) \cdot e^{-2\theta^2/\theta_0^2} \quad (2)$$

여기서, p_0 : 초기 음압, θ : 기울기

θ_0 : 대역폭, z : 물체와의 거리

떨어져있는 곳으로부터 반사되어온 수신에코의 크기는 $\frac{(e^{-2\alpha z})}{z^4}$ 에 비례하여 변하므로, 수신된 전압은 다음과 같다.

$$v_r(z, \theta) = \left(\frac{kw_0}{z^5}\right) \cdot e^{-2\theta^2/\theta_0^2} e^{-2\alpha z} \quad (3)$$

여기서, k : 비례계수 α : 감쇄계수($11.92 \times 10^{-11} \times f^2$)
 $v_r(z, \theta)$: 기울기가 θ 일때 수신된 전압

위의 식(3)과 같이 수신된 수신 진폭의 크기는 송출 전압과 물체와의 기울기 그리고 거리에 따라 각각 다음을 알 수 있다^{[3][4]}.

동일거리에 있는 물체에 대하여 송출전압을 다단계로 변경시키면 물체에 반사되어오는 수신에코의 진폭 역시 각각 다르고, 전압이 동일하더라도 물체의 크기나 형태에 따라서 수신되는 에코는 역시 각각 다르다. 그림 1 에서와 같이 수신된 에코신호가 문턱전압(τ)를 넘을 때 물체의 존재가 인식되고, 초음파가 송출된 후부터 이때까지의 시간(t_0)이 거리 계산식(1)에 의해서 거리가 산출된다. 수신에코의 진폭에 따라서 거리의 값이 각각 다르게되는 이유는 16개의 초음파 펄스열이 송출되고 수신될 때 동일거리에서도 구동전압, 물체의 크기나 형태에 따라서 자기 다른 진폭을 넣으므로 문턱치(τ)를 넘는 수신신호가 도달하는 시간(t_0)이 각각 다르므로 서로 다른 거리의 값을 넣는다.

본 논문에서는 전압 변경으로부터 얻은 각각 다른 거리의 값을 비교 조사하여 물체의 특징을 보다 정확히 표현하고, 물체를 인식할 때 향상된 분해능을 얻을 수 있는 방법을 제안한다.

III. 시스템 구성

시스템 구성은 초음파센서를 이용하여 물체의 형태 정보를 얻기 위해서 동일 센서를 직선에 배열한 센서 배열부분, 반사되어오는 에코신호를 검출하고 그리고 센서 간의 상호간섭을 적게 하기위해 센서를 순차적으로 동작할 수 있도록하는 트랜스듀서 제어부, 음파의 송출시 신호를 증폭하고 미약한 수신신호를 증폭하는 트랜스듀서 드라이브, 초음파의 송출전압을 430V에서 400V까지 변경하기 위한 송출신호 변환부 그리고 음파의 주행시간을 측정하여 물체와의 거리를 계산하기 위한 카운터부로 각각 나뉜다. 그림 2는 전체적인 시스템 구성을 나타낸다.

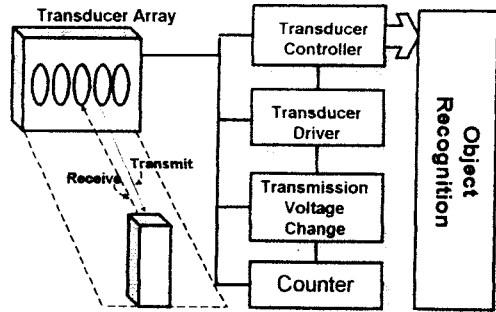


그림 2. 시스템 블럭도

Fig. 2. System block diagram

3.1. 폴라로이드(Polaroid) 초음파센서의 특징

폴라로이드사의 초음파센서는 송신과 수신이 가능한 조합형의 변환기(Electrostatic Transducer)이다. 정전 변환기는 전기적 용량을 형성하기 위해서 전도물질의 판이 병렬로 가까이 놓여있다. 그중 하나의 판은 고정되어있고 다른 하나는 판표면의 각 방향으로 자유로이 진동한다. 매가움의 높은 저항이 캐패시터와 직렬로 놓여있고 수백 볼트의 전위차는 판에 충전되어 유지된다. 그리고 이러한 동작은 반대로도 가능하기 때문에 송신기와 수신기로도 동작 가능하다. 송신기로 작용시에 일정 전위차를 넘지 않은 회망하는 신호가 판들에 가해지면 주기적으로 변화하는 전하는 움직일 수 있는 판을 진동한다. 수신기로 사용할 때는 움직일 수 있는 판은 음파를 수신할 수 있는 위치에 있고, 판의 계속적인 진동은 정전용량 변환기의 주기적인 변화를 낳는다. 그래서 높은 저항으로 흐르는 교류전류를 형성하고, 결과적으로 저항을 가로질러 형성되는 교류전압은 수신 전압의 세기와 관계가 있다^{[5][6][7]}.

3.2. 초음파 센서의 배열

본 논문에서는 직경이 3.58cm인 폴라로이드사의 초음파센서를 사용하며, 초음파센서의 배열은 그림 3과 같이 초음파센서 중심을 기준으로 5cm의 간격으로 5개의 센서를 직선 배열한다. 이렇게 배열된 초음파센서는 이동 없이 송신출력을 변경하여 수신된 다양한 신호를 융합하여 센서의 분해능을 개선한다.

3.3. 초음파센서의 송신

초음파센서의 송신은 초음파센서 제어기에서 제어신호를 받아 50Khz의 주파수로 16 펄스를 송신한다. 이

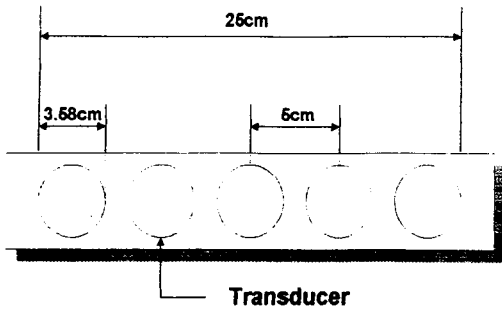


그림 3. 초음파센서의 배열
Fig. 3. Array of ultrasonic sensors

때 출력전압의 첨두치(Peak to Peak)가 약 430V 이다. 초음파센서의 구동은 초기전원이 입력되고, 약 0.9ms 후 전체 제어 신호인 INIT 신호로 초음파센서를 구동한다. 그리고 BINH(Blanking Inhibit)신호는 송·수신 겸용 초음파센서를 사용할 경우 송신후 바로 수신이 어려우므로 초음파 구동부에서 일정시간 초음파를 송신한 후 수신이 가능하도록 시간적 지연을 발생시키는 것을 말한다. 즉, 50Khz로 16펄스를 송신하는 시간이 320 μ s 보다 긴 최소 400 μ s 를 보장해 주어야만 수신 이 가능하다. 만약 이 시간이 보장되지 못하면 송신시 발생하는 잔여파를 반사파로 감지하여 거리의 에러를 발생하는 요인이 된다. 여기서는 송수신 겸용의 센서를 사용하므로 송신후 빠르게 수신 이 가능하도록 제어를 해야 근거리의 측정이 가능하다. BLNK(Blanking) 신호는 초음파 센서를 송신하여 되돌아오는 반사파 신호를 어떻게 처리할 것인가를 결정한다. 본 논문에서는 반사파를 여러개 처리하는 멀티플 에코 모드(Multiplexo-Mode)와 처음의 반사파만 처리하는 싱글 에코 모

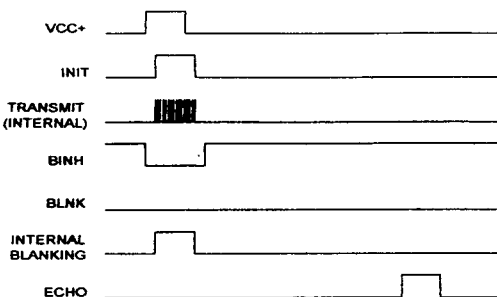


그림 4. 송신기와 수신기의 타이밍도
Fig. 4. Timing diagram of transmitter and receiver

드(Single-Echo-Mode)중에서 싱글 에코 모드를 사용하였다. 그림 4는 송신과 수신 타이밍도를 나타낸다.

3.4. 초음파센서의 수신

초음파센서의 수신은 반사되어오는 수신파를 감지하여 이 신호를 증폭시키고, 잡음 제거용 노이즈 필터를 사용하여 불필요한 성분을 제거시킨후, 구동 드라이버(Driver) 제어부의 수신여부 확인부로 입력된다. 시변이득 증폭기에 의하여 거리에 따른 수신압력과 공기중의 음속의 감쇄를 보상할 수 있도록 수신기가 설계되었으므로 측정범위 내에서 거리에 따른 수신에코의 진폭은 일정하다^{[8][9]}.

3.5. 초음파의 주행시간의 측정

초음파가 공기 중으로 송출될 때 RS 플립플롭이 셋(Set)됨과 동시에 하이(High 5V)신호에 의해서 카운터(8253)가 계수 할 수 있도록 게이트에 하이신호를 형성 시킨다. 물체에 반사되어 수신 신호가 수신기와 증폭부, 필터회로를 거쳐 물체의 존재가 확인되면 RS 플립플롭이 리셋(Reset)되어서 카운터의 게이트에 로우(Low) 신호를 형성시키므로 카운터는 동작을 정지하고, 컴퓨터에 의해서 카운터의 값이 읽혀진다. 이를 바탕으로 물체와의 거리계산식에 의해 거리가 계산된다. 그림 5는 센서시스템의 카운터 회로이다.

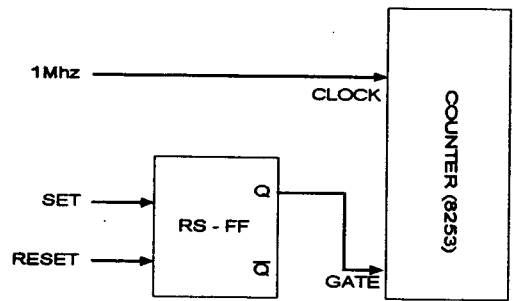


그림 5. 센서시스템의 카운터 회로
Fig. 5. Counter circuit of sensor system

3.6. 송출전압 변환부

동일한 환경조건에서 초음파 센서의 송출전압을 변화시키면 수신에코 진폭은 물체의 크기나 물체와의 각도에 따라서 각기 다른 수신에코의 진폭을 나타낸다. 이러한 수신에코의 변화는 각기 다른 측정 거리의 변화를 낳는다. 이는 수신기 내의 문턱치가 고정되어 있

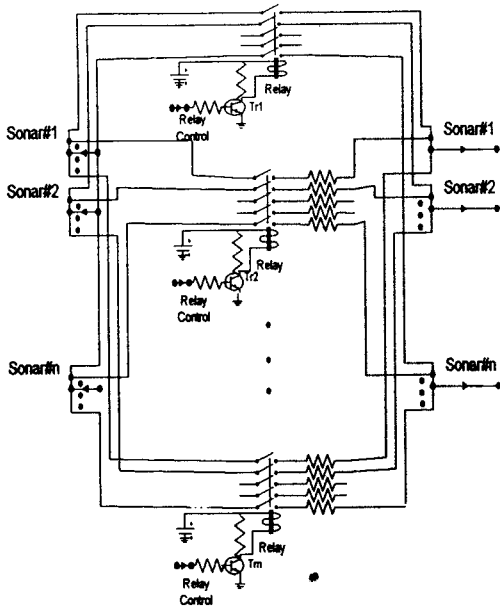


그림 6. 송출전압 변환회로
Fig. 6. Circuit of transmission voltage change

기 때문이다. 본 논문에서는 인식 분해능을 높이는 방법중의 하나로서 같은 조건에서 센서의 송출전압만을 5단계로 자동 변경하는 방법을 이용한다. 그리고 이를 위한 스위치 회로구성은 그림 6과 같다.

3.7. 순서도

본 논문에서 사용한 시스템의 전체적인 과정은 그림 7과 같다. 먼저 사용중인 시스템을 모두 초기화 시킨후 배열된 센서(5개)를 순차적으로 송출전압(5단계)을 변경해 가면서 동작시킨다. 물체와의 거리를 구한후 규칙 베이스(Rule Base)를 이용하여 거리 데이터로부터 먼저 물체의 기울어짐을 추론하고, 끝에 해당하는 센서에 대해서만 물체의 크기를 추론한다. 그리고 마지막으로 기울어짐과 크기를 바탕으로 물체의 형태를 복원한다.

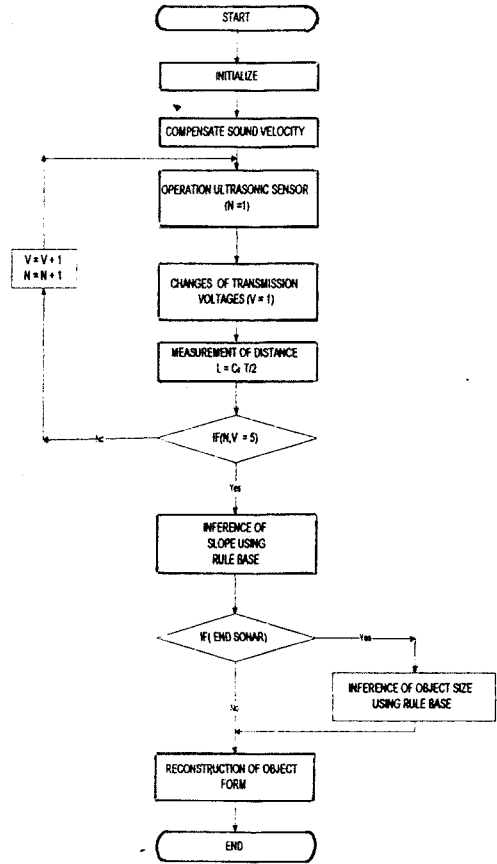


그림 7. 순서도
Fig. 7. Flowchart

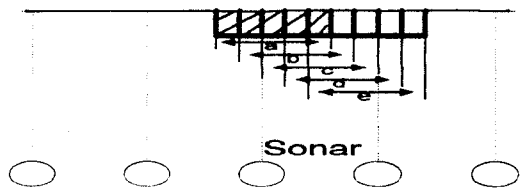


그림 8. 물체의 위치와 기울기
Fig. 8. Positions and angles of an object

IV. 실험 및 결과

4.1. 실험 방법

초음파센서를 이용하여 거리를 측정하는 방법으로 첫 번째로 돌아오는 반사파(One Pulse Echo Mode)를 이용하는 방법을 사용한다. 그리고 센서 사이의 간섭으로 인한 거리오차를 최소화하기 위해서 본 실험에서

는 센서를 순차적으로 동작하도록 하였고, 초음파센서의 구동시에 다중반사나 측정거리 이상의 물체의 인식으로 인하여 발생하는 오차를 없애기 위해서 센서 제어기에서 측정거리 이상의 범위에서 돌아오는 반사파는 무시한다. 3.58cm의 크기의 초음파 센서의 중심을 기준으로 5cm의 간격으로 센서를 직선 배열한다. 송

출전압을 5단계로 분리하여 각각에 대해 물체와의 거리를 측정한다. 물체의 위치와 각도에 따라 변하는 거리 데이터로부터 물체의 특징을 표현하기 위해서 그림 8과 같이 물체가 a, b, c, d, e의 위치에 있고(즉, 각 센서에 대해 물체의 5개 상대 위치), 기울기가 직각일 때, 3°, 6° 기울어져 있을 때의 송출전압의 변화에 따라 서로 다른 거리값을 나타내는 송출전압을 실험을 근거로 결정하며, 실제 물체의 인식시에 적용하여 물체의 크기와 형태의 인식에 적용한다.

4.2. 규칙 베이스(Rule Base) 구성 방법

그림 9 - 13은 물체의 위치(a, b, c, d, e)에 따라 송출전압을 5회 반복 변경하여 거리값의 변화를 조사한 것이다. 즉 뚜렷한 측정 거리값의 변화를 나타내는 전압치를 얻기위한 실험이다. “|”로 표시된 값은 각 물체

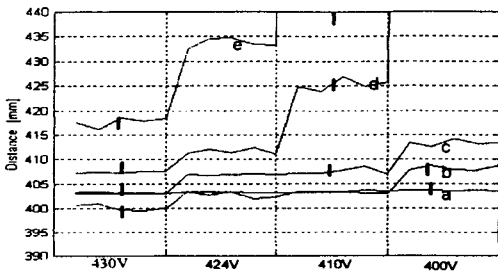


그림 9. 위치별 구동전압에 따른 거리값 (평면, 거리 : 40Cm)

Fig. 9. Distance readings for voltage steps (flat, 40Cm)

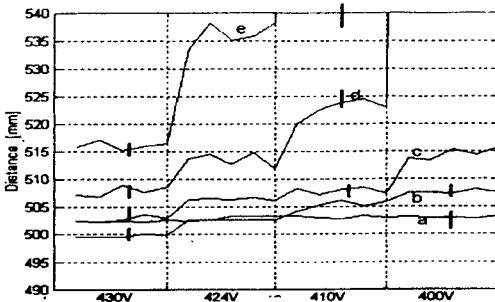


그림 10. 위치별 구동전압에 따른 거리값 (평면, 거리 : 50Cm)

Fig. 10. Distance readings for voltage steps (flat, 50Cm)

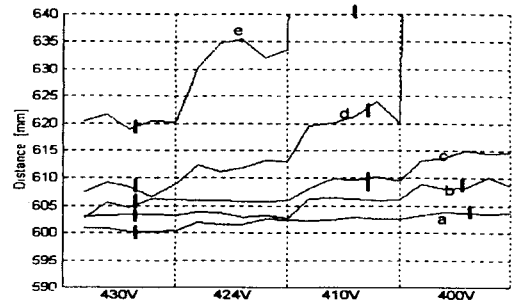


그림 11. 위치별 구동전압에 따른 거리값 (평면, 거리 : 60Cm)

Fig. 11. Distance readings for voltage steps (flat, 60Cm)

의 위치에 대하여 크기나 기울기의 특징을 결정하는데 사용되는 송출전압을 나타낸다. 이와 같은 특징 전압에서의 거리차를 비교 조사하여 규칙 베이스를 만들어 물체의 각도 추론과 크기 추론에 이용하여 물체의 형태를 인식한다.

그림 9(L=40Cm), 그림 10(L=50Cm), 그림 11(L=60Cm)에서 보듯이(물체의 위치 a, b, c, d, e에 대하여 송출전압을 5회씩 반복하여 변경) 물체와의 거리가 각각 다르더라도 수신부에서 시변이득 증폭기의 사용으로 물체의 크기와 전압의 변화에 의한 거리 변화의 특징은 일정함을 보여준다. 또한 50Cm의 물체거리에서 그림 10은 수직일 때, 그림 12는 물체와의 각도가 3° 일 때, 그림 13은 물체와의 각도가 6° 일 때의 실험결과로서, “|”으로 표시된 구동전압을 센서시스템에서 사용

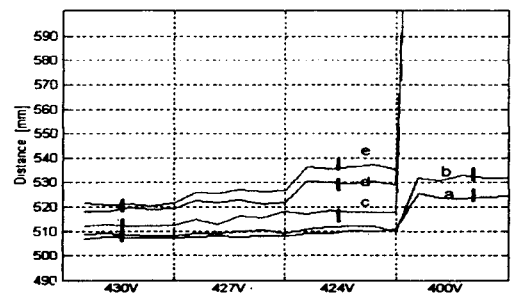


그림 12. 위치별 구동전압에 따른 거리값 (곡면, 기울기 3°, 거리 : 50Cm)

Fig. 12. Distance readings for voltage steps (curve, 3°, 50Cm)

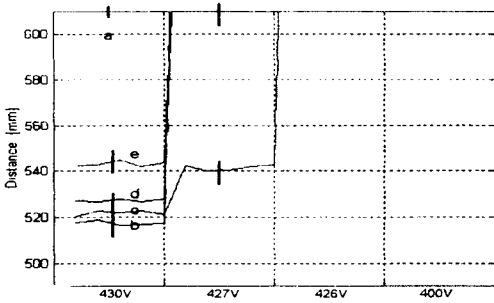


그림 13. 위치별 구동전압에 따른 거리값
(곡면, 기울기 6°, 거리 : 50Cm)

Fig. 13. Distance readings for voltage steps
(curve, 6°, 50Cm)

표 1. 송신 전압

Table 1. Transmission voltages

430V	427V	424V	410V	400V
------	------	------	------	------

표 2. 물체의 형태

Table 2. Object forms

종류	물체의 형태
1	폭 : 6cm, 길이 : 20cm, 평면
2	폭 : 8cm, 길이 : 20cm, 평면
3	폭 : 10cm, 길이 : 20cm, 평면
4	폭 : 14cm, 길이 : 20cm, 평면
5	폭 : 10cm, 길이 : 20cm, 곡면
6	폭 : 15cm, 길이 : 20cm, 곡면

한다. 이 특징 전압에서의 거리의 차를 비교 조사하여 규칙 베이스를 만들어 물체의 각도 추론과 크기 추론에 이용하여 물체의 형태를 인식한다.

규칙 베이스에는 물체의 각도를 측정하기 위한 규칙부와 물체의 위치를 결정하기 위한 규칙부로 구성된다. 각도측정을 위한 규칙부는 전압에 따른 거리변화가 최대전압일 때 물체가 e의 위치만 제외하고 모두 510mm 미만인 특성과 e의 위치에서는 최대전압이 각도가 있을때보다 적은점과 a의 위치시 최소전압에서의 거리의 값이 기울어짐이 적다는 특성을 이용한다. 또한 각각의 특징 전압의 차이 등을 조합하여 각도 추론에 대한 규칙을 구성한다. 크기 추론은 물체의 각도 추론이 된후 물체의 크기를 추론하는 것으로 이를 위한 규칙 베이스 구성 역시 동일한 방법으로 진행된다.

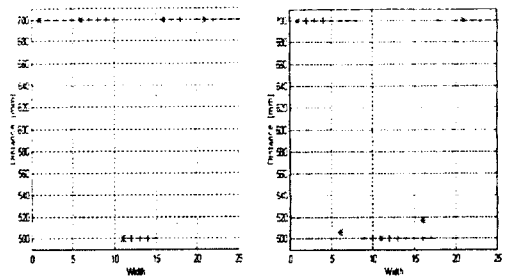
본 논문에서는 반복적인 실험을 거쳐 평면물체를 인식하기 위해서 송출전압을 430, 410, 400을 이용하고, 곡면인 물체를 인식하기 위해서는 430, 427, 424, 400을 이용한다. 표 1은 물체의 특징을 인식하는데 사용된 전압이고, 표 2는 피측정 물체의 형태를 나타낸다.

4.3. 알고리즘 및 실험 결과

본 논문에서 물체의 전체 형태를 결정하기 위해서 규칙 베이스로 부터 물체의 기울기와 물체의 크기 추론에 사용된 알고리즘은 다음과 같다.

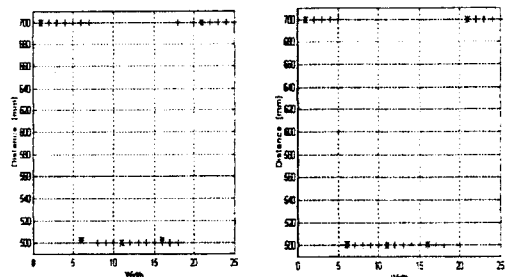
- 단계 1 : 규칙 베이스를 이용하여 물체의 기울어짐 추론
- 단계 2 : 끝에 해당하는 센서 검출
- 단계 3 : 끝에 해당하는 센서에 대하여 물체의 크기 추론
- 단계 4 : 물체의 형태 복원

그림 14의 (a)-(d)는 물체의 폭이 6cm, 8cm, 10cm, 14cm이고 평면의 물체가 50cm에 있을 때, 그리고 (e)와 (f)는 폭이 10cm, 15cm이고 곡면의 물체가 50cm에 있을 때 다단계 송출전압의 변화를 이용한 제안된 인식 알고리즘 방법을 사용하였을 때와 사용하지 않을 때의 물체에 대한 형태 인식의 상태를 나타낸다. 그림



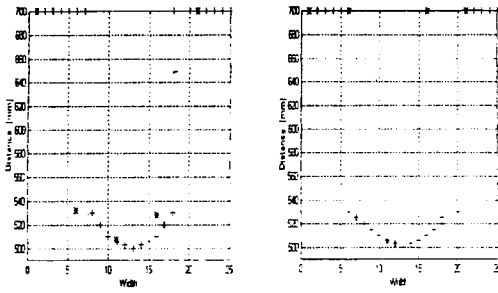
(a) 표2의 종류1 물체

(b) 표2의 종류2 물체



(c) 표2의 종류3 물체

(d) 표2의 종류4 물체



(e) 표2의 종류5 물체 (f) 표2의 종류6 물체

그림 14. 물체 인식의 비교

(* : 기존 방법, + : 제안된 방법)

Fig. 14. Object recognition comparison

(* : direct readings, + : proposed readings)

에서 알 수 있듯이 하나의 센서에서 각각 5개의 물체의 크기와 형태에 대한 각각의 거리 데이터를 얻어 실험을 바탕으로 구성된 규칙 베이스에 적용하여 송출전압을 변경하지 않을 때 보다 인식 분해능이 향상됨을 볼 수 있다.

V. 결 론

물체 인식시스템에서 초음파센서를 이용한 비전 시스템의 경우에 외부환경에 의해 인식이 어려운 점을 극복할 수 있으나 초음파센서 역시 몇 가지의 단점을 내재하고 있다. 이러한 단점은 물체의 인식시에 분해능을 저하시키는 직접적인 요인으로 작용하고, 또한 거리 측정시에 에러를 가져온다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 제시한 방법은 다단계 송출에 의해서 초음파 센서의 음파신호를 송출하고 간단한 규칙 베이스를 이용하여 물체의 인식시 인식 분해능을 개선하는 방법이다. 기존의 인식 분해능 개선의 방법으로는 많은 수의 초음파 센서를 평면 배열하거나, 초음파 센서를 직선 배열시킨 후 구동기를 이용하여 일정 간격을 이동시킴으로써 적은 센서의 사용으로 많은 센서를 사용하는 효과를 얻는 방법 등이다. 기존의 방법과 비교할 때 보다 적은 수의 센서를 사용하여 시스템의 구성이 간단할 뿐만 아니라 처리시간을 줄일 수 있고, 부수적인 구동기를 부가하지 않아 단순 소형화가 가능하다.

실험 결과에서도 알 수 있듯이 간단하게 구성된 송출 전압의 변경으로 인하여 물체의 형태를 인식하는데 시스템 분해능이 향상됨을 볼 수 있다.

※ 이 논문은 전남대 자동차연구소 학술연구비에 의하여 연구되었음.

VI. 참고 문헌

- [1] S. Watanabe and M. Yoneyama, "An Ultrasonic Visual Sensor for Three-Dimensional Object Recognition Using Neural Networks," *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 8, no. 2, April 1992.
- [2] Lee Keeseong, "3-D Object Recognition and Restoration Using an Ultrasound Sensor Array," *Trans. KIEE*, vol. 44, no. 5, 1995.
- [3] Ultrasonic Ranging System Handbook, Polaroid Cooperation.
- [4] Alois C. Knoll, "Ultrasonic holography techniques for localizing and imaging solid objects," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, vol. 7, no. 4, 1991.
- [5] Enrique Pelaez, Blake Langland, "Object recognition using sonar and fuzzy logic," *VIIFSA world Congress*, Sap Paule, Brazil, Vol. II, 1995.
- [6] C. Canali, et al. "A temperature compensated ultrasonic sensor operating in air for distance and proximity measurements," *IEEE Trans. Ind. Elec.*, vol. 24, pp. 336-341, Nov. 1982.
- [7] W. P. Mason, "Sonics and ultrasonics early history and application," *IEEE Trans. Sonic and Ultrasonic*, vol. 23, pp. 224-232, July 1976.
- [8] G. T. Clemence, "The application of acoustic ranging to the automatic control of a ground," *IEEE Trans. Vehi. Tech.*, vol. 32, no. 3, pp. 239-244, August 1983.
- [9] A. Elfes, "Sonar-based real-world mapping and navigation," *IEEE Journal of robotics and automation*, vol. 1, no. 3, pp. 249-265, June 1987.

著 者 紹 介



나 승 유 (羅承裕)

1954년 5월 1일생, 1977년 서울대 전자공학과 졸업 (공학사), 1986년 미국 University of Iowa 전기 및 컴퓨터공학과 졸업 (공학석사, 박사), 1987년~현재 전남대학교 전자공학과 부교수, 관심분야 : 지능제어, 뉴로퍼지 시스템, 신호처리

자공학과 부교수, 관심분야 : 지능제어, 뉴로퍼지 시스템, 신호처리



박민상 (朴玟相)

1972년 2월 27일생, 1993년 조선대학교 전자공학과 졸업 (공학사), 1996년 전남대학교 전자공학과 졸업 (공학석사), 1997년~현재 전남대학교 전자공학과 박사과정, 관심분야

: 지능제어, 뉴로퍼지시스템, 신호처리