

논문 2017-54-3-12

초음파 센서를 이용한 자동문의 물체인식 성능개선

(An Object Recognition Performance Improvement of Automatic Door using Ultrasonic Sensor)

김 기 두*, 원 서 연*, 김 희 식*

(Gi-Doo Kim, Seo-Yeon Won and Hie-Sik Kim[©])

요 약

자동문에 있어서 적외선과 마이크로파 센서는 물체인식 입력신호를 통해 모터 개폐동작 제어를 담당하는 핵심부품으로 많이 사용하고 있다. 적외선과 마이크로파 기반의 센서를 자동문에 적용한 기존 시스템 경우, 대부분 건물외부로 노출하여 설치하기 때문에 태양의 적외선 또는 가시광선에 의해 오동작이 발생하게 된다. 또한 실내·외의 온도 차로 인한 환경변화는 물체인식 검출신호에 잡음을 일으키는 원인이 되기도 한다. 이러한 문제점과 더불어 빠르게 이동하는 물체를 감지센서가 검출영역에 대한 처리속도를 따라가지 못하는 하드웨어 결함이 감지 사각지대를 만들게 된다. 이는 자동문을 이용하는 통행자의 안전 문제에 직접적인 영향을 주고 있기 때문에 빠른 개선방안이 필요한 시점이다. 본 논문은 기존의 감지센서 외에 초음파 센서를 추가 설치하여 검출영역을 개선하기 위한 실험을 진행하였다. 초음파 신호의 검출특성과 장점을 자동문에 적용하여 빠르게 이동하는 물체의 접근경로와 고정 장애물의 위치영역을 정확하고 신속하게 처리하는 연산회로와 검출 알고리즘을 구현하였다. 이를 통해 초음파 센서를 적용한 자동문이 사각지대를 감지하는 검출영역에서 성능개선으로 이어지는 결과를 현장실험을 통해서 확인하고 개선방안을 제안하였다.

Abstract

In the field of automatic door, the infrared rays and microwave sensor are much used as the important components in charge of the motor's operation control of open and close through the incoming signal of object recognition. In case of existing system that the sensor of the infrared rays and microwave are applied to the automatic door, there are many malfunctions by the infrared rays and visible rays of the sun. Because the automatic doors are usually installed outside of building in state of exposure. The environmental change by temperature difference occurs the noise of object recognition detection signal. With this problem, the hardware fault that the detection sensor is unable to follow the object moving rapidly within detection area makes the sensing blind spot. This fault should be improved as soon as possible. Because It influences safety of passengers who use the automatic doors. This paper conducted an experiment to improve the detection area by installing extra ultrasonic sensor besides existing detection sensor. So, this paper realize the computing circuit and detection algorithm which can correctly and rapidly process the access route of objects moving fast and the location area of fixed obstacles by applying detection and advantages of ultrasonic signal to the automatic doors. With this, It is proved that the automatic door applying ultrasonic sensor is improved detection area of blind spot sensing through field test and improvement plan is proposed.

Keywords : automatic door, ultrasonic sensor, microwave sensor, infrared rays sensor, sensing frequency, detection area, mask-map

* 정회원, 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과
(Department of Electrical and Computer Engineering,
University of Seoul)

© Corresponding Author(E-mail : drhskim@uos.ac.kr)

Received ; December 20, 2016 Revised ; February 6, 2017

Accepted ; February 13, 2017

I. 서 론

주거 및 상업기반으로 한 대형건물에서 불특정 다수의 사람들이 빈번하게 출입이 이루어지는 공간을 통제하고 시설을 보호하는 차원으로 사용자 편의를 목적으로

로 자동문이 설치되고 있다.^[1] 대표적으로 적용되고 있는 자동문의 기본 구조는 일반적으로 도어가 주행하는 상단 양옆 및 상단 중앙부에 감지센서를 설치하여 출입에 대한 안정성을 높이는 방법으로 이용하고 있다. 대표적인 감지센서는 적외선과 마이크로파를 이용하거나 유무선 터치 스위치 등을 자동문 제어에 가장 많이 활용하고 있다. 하지만 태양의 가시광선, 적외선, 기온차로 인한 온도변화, 미세먼지 등 외부환경 영향으로 자동문이 오동작 되는 문제점이 자주 발생하고 있다.^[1, 5] 적외선 센서를 적용한 감지는 물체가 빠르게 접근하거나 사각지대에 위치하고 있으면 반응속도가 늦고 반복적인 개폐가 자주 발생해 전력손실을 가져온다.^[1]



그림 1. 자동문 감지방식의 문제점과 안전사고에 대한 위험성 사례^[1, 8]

Fig. 1. The risk case about the problem of the automatic door sensing method and safety-related accident.^[1, 8]

또한 그림 1에서 보듯이 현재 적용된 자동문 시스템의 설치환경 특성상 부주의에 의한 충돌과 끼임 등으로 얼굴이나 손, 발 등에 부상을 당하는 안전사고 경위별 건수는 전체비율의 47%에 해당하는 것도 하나의 문제점으로 지적되고 있다.^[1, 8] 소비자 보호원의 조사결과 2007년부터 2009년까지 자동문 오동작 및 안전사고로 접수된 통계는 표 1과 같이 매년 20%이상 증가하는 추세를 나타내고 있다.^[1] 그리고 업계에 따르면 최근 2011년부터 5년 동안 자동문 고장건수에 대한 부분별 조사 결과는 그림 1에서 행거이탈이 14%, 마이크로파 센서 11% 적외선 센서 10% 순으로 가장 대표적으로 나타내고 있다.

본 논문에서는 근접거리에 있는 물체의 이동과 정지를 사전에 감지하여 문 열림을 유지시켜 안전한 보행을 유도하기 위해 초음파 센서를 자동문에 적용하여 기존의 감지센서를 보완하기 위한 과정을 서술하였다. 초음

파 센서를 통해 자동문에 근접하는 목표물의 거리는 송·수신 신호의 시간차에 의해서 물체 접근속도와 위치를 예측 계산함으로써 지능적인 시스템 운용이 가능해진다. 그리고 빈번하게 반복되는 개폐동작을 효율적 관리로 전력손실을 방지하고 물체의 상태 동작을 빠르게 적용하여 자동문 제어의 안정성을 높일 수 있다.^[2, 5]

표 1. 자동문 사고 건수(한국소비자보호원 : 2009)

Table1. The automatic door number of cases of accident. (Korean Consumer Protection Board. 2009)

구 분	2007년	2008년	2009년
사고율 [%]	22.5	27.5	50

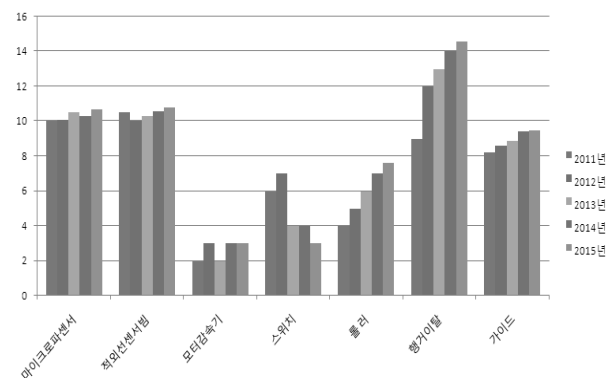


그림 2. 기존 자동문 시스템의 결함에 의한 문제점

Fig. 2. The problem due to defect of the existing automatic door system.

자동문에 적용하는 초음파 신호는 주파수가 높고 파장이 짧기 때문에 일정한 감지거리에서 일시적으로 인체에 노출되는 것은 무해하며, 통행자의 건강상에는 문제가 없음을 의학적으로도 입증되어 있다.

II. 본 론

1. 초음파 센서를 적용한 자동문 물체인식 동작원리

높은 음속과 음파를 가지는 $40kHz$ 이상 파장대의 주파수를 이용하는 초음파 센서는 같은 주파수 대역의 송신신호와 수신신호의 공진작용에 의해 물체의 유무를 검출하는데 높은 정확성을 가지고 있다.^[5, 7] 초음파 센서를 모듈로 구성한 신호처리회로에 입력되는 전압에 의해 물체 감지영역의 주파수로 변환하여 송신 소자를 통해 신호를 내보내게 된다.

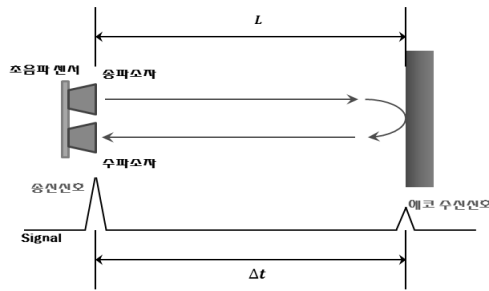


그림 3. 초음파 센서 동작 원리
Fig. 3. The ultrasonic sensor principles of operation.

그리고 이동 중에 있거나 정지되어 움직이는 대상의 굴곡과 특성을 파악하고 반사되어 나오는 신호를 수신 소자와 초음파 센서 모듈에서 거리와 방향을 그림 3과 같이 확인하게 된다.^[2~3, 5] 공기 중의 초음파의 전달 속도는 온도에 의해 왜곡 또는 다반사와 같은 영향을 많이 받기 때문에 초음파 정밀도를 높이려면 실시간으로 온도센서(Thermistor)를 읽어 보정이 필요하다.^[5, 7] 일반적인 실온에서 초음파 센서의 음파속도(V)는 식(1)에서 계산되어지며, 이때 t 는 섭씨온도를 나타낸다.^[5] 일반적으로 V 는 0°C 에서는 약 331m/sec 와 상온 25°C 에서는 약 346m/sec 로 표현하고 있다.^[3, 5]

$$V = 331.5 + 6.60714t \cong 331.5 + 0.6t [\text{m/s}] \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{2} \times \Delta t \times V \quad (\because V = 346\text{m/s}) \quad (2)$$

일반적으로 감지하고자 하는 물체와의 직선거리(L)를 측정하기 위해 초음파 센서를 많이 사용하며, 식 (2)에 의해 결정된다. 발신된 주파수가 물체에 부딪쳐 다시 수신되기까지의 시간(Δt)을 음파의 속도와 곱이 왕복거리가 되며, 물체와의 직선거리는 1/2배로 환산되어야 한다.^[2, 7] 초음파 센서를 적용한 지능적인 자동문 제어는 실제 현장의 환경적 변화를 고려하여 설치일 경우, 식 (3)을 활용하여 감지거리와 지연시간을 지정하여 정확성을 높여야 한다.

$$D = (331.5 + 0.6T [\text{m/s}]) \times \frac{\Delta t}{2} [\text{s}] [\text{m}] \quad (3)$$

정확한 물체인식을 위한 자동문 설계는 고정된 물체로 있는 영역에서 반사되어 나오는 일정한 수신신호와 특정한 물체에 의해 거리와 지연시간이 변화되는 수신신호로 구분하여 제어되도록 하는 것이 중요하다.^[2~3] 따라서 움직임을 있거나 정지하고 있는 물체를 정밀하게 분석할 필요성이 있는 수신신호는 시간당 연속으로 입력신호에 대한 동특성 분석이 되는 알고리즘 설계가

자동문 물체인식 기술의 핵심이 된다. 자동문 설치구역 내에서 인지되는 초음파 감지영역 설정은 방위각 15° , 거리 440mm 의 단위로 인식영역(Mask-Map)을 세부 구역으로 분할하고 연산결과를 데이터로 저장한다.

2. 기존 감지센서의 기술적 이론 및 문제점

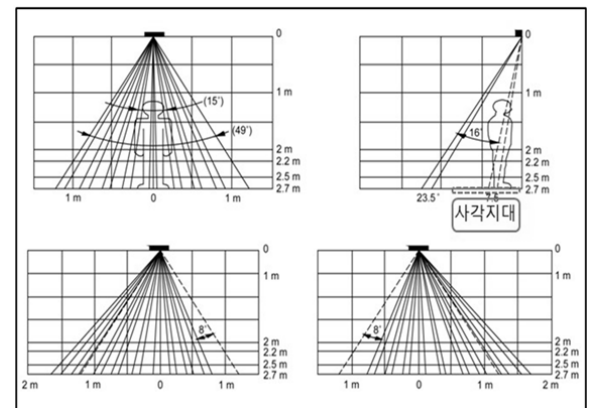
현재 자동문 출입제어를 위한 감지방식은 물체의 움직임을 판단으로 계폐동작을 하고 있으며, 일반적으로 극초단파(Microwave) 또는 적외선(Infrared Ray: IR)를 시스템에 적용하여 가장 많이 활용되고 있다. 두 가지의 센서 모두는 그림 4의 a, b와 같이 독립된 모듈로서 각각 또는 복합적으로 자동문 상부와 측면에서 물체 인식의 송수신 신호에 대하여 계폐동작 역할을 진행한다. 자동문 계폐동작 제어에 있어서 두 센서는 근접하고 있는 사람이나 동물에게는 빠른 반응속도와 정확성을 보이지만 사물이나 정지물체에 대해서는 전혀 감지하지 못하는 문제점이 단점으로 작용한다. 또한 감지범위 내로 진입한 물체가 자동문 사각지대에 이동하게 되면 적외선 방사신호가 돌아오지 않는 상태(대기)로 전환되고 계폐동작이 초기화(단합)로 이어져, 충돌사고로 이어지는 경우가 발생된다.



a) 자동문 모션 (적외선 또는 마이크로파)센서



b) 자동문 측면 적외선센서



c) 자동문 상단 모션 적외선 센서의 감지거리 및 방위각

그림 4. 마이크로파 및 적외선 센서의 물체인식 감지영역과 사각지대 형성^[5, 7]

Fig. 4. The object recognition sensing domain of the microwave and infrared sensor and blind spot formation.^[5, 7]

사고방지를 위한 방안으로 자동문 시스템에 센서 감지 각도범위를 넓게 설정하여 다수의 센서를 설치할 경우 공간 확보와 같은 설치환경의 문제점이 발생이 된다. 또한 다수의 센서를 설치함으로써 인하여 추가적인 비용이 발생하는 현실적인 어려움이 많다. 일반적인 마이크로파 센서의 사양은 설치된 정면으로 부터 최대 1~1.5m의 이격거리와 방위각 22~23.5° 이내에서 물체를 감지하고 모터 구동회로에 계폐 명령신호를 전달하도록 되어있다. 자동문의 개폐동작 제어를 전달하는 역할로서 대표적인 마이크로파 센서에 대하여 물체인식에 의한 신호 출력상태를 그림 5에서 나타내었다. 이때 사각지대의 물체이동 단계에서 명령신호는 감지방위각 밖에 위치한 신호와 다르지 않게 출력되어 동작에서 대기상태로 빠르게 전환되어 충돌사고가 발생할 수 있다.

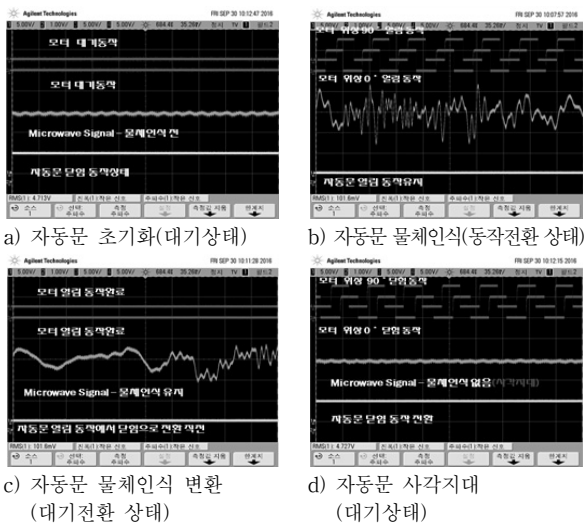


그림 5. 마이크로파 센서를 적용한 자동문 동작상태의 제어 신호 결과

Fig. 5. The results of control signal of the automatic door operation state where it applies the microwave sensor.

자동문의 계폐는 모터 회전방향에 따라 엔코더 연산을 통해 상태신호를 90° 위상에 의해 Low와 High로 각각 전환되며 동작되는 것은 변함이 없다. 그러나 물체가 사각지대에 진입할 때 나타나는 마이크로파 신호파형에 따라서 자동문의 개폐과정과 모터동작 전환이 빠르게 바뀌는 문제점이 나타나게 된다. 마이크로파 센서와 함께 양쪽 옆의 도어 주행부위의 적외선 센서는 자동문이 대기상태 전환 중에 있더라도 진입하는 물체가 감지되면 빠르게 동작 상태로 전환시키는 안전센서의 보조적인 사고방지 역할로 사용하고 있다. 그러나 입사

되는 적외선 위치에 물체가 존재해도 감지되지 않거나 자동문 열림 상태에서 물체를 인식하지 못하면, 그림 6과 같이 출력신호로 확인되며, 마이크로파 센서와 동일하게 안정성에 위험이 발생하게 된다.

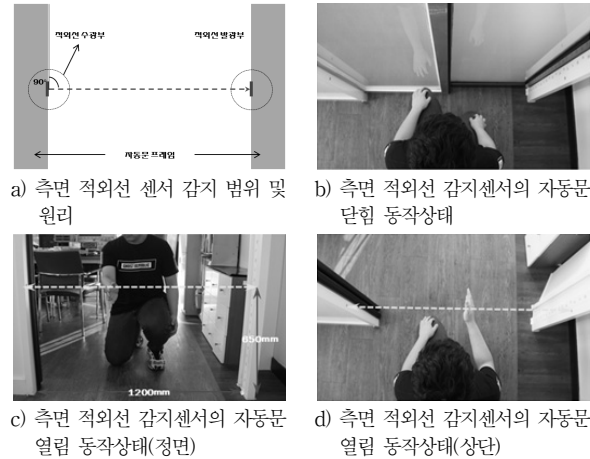


그림 6. 측면 적외선 센서의 감지영역에 따른 자동문 개폐동작 과정

Fig. 6. The automatic door open and close operation process according to the sensing domain of the side infrared sensor.

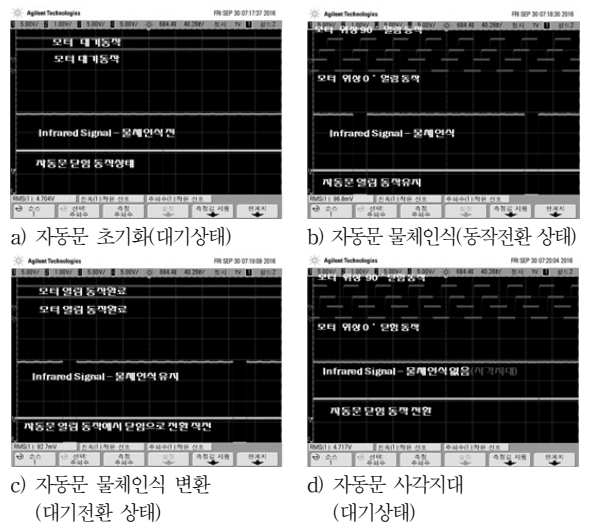


그림 7. 측면 적외선 센서의 감지영역에 따른 자동문 개폐신호 결과

Fig. 7. The automatic door control signal result according to the sensing domain of the side infrared sensor.

적외선 센서 내에서 물체인식의 차이는 그림 7에서 단파신호 형태로 동작되지만, 물체가 사각지대에 위치할 경우, 대기상태와 동일한 파형으로 모터 구동회로에 전달된다. 그리고 모터 구동제어 역시 닫힘 상태로 빠르게 전환되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 사각지대

에 진입 후 짧은 시간동안 움직이지 않는 경우, 두 센서 모두 감지하지 못하는 문제점이 있음을 확인하였다. 자동문 시스템 개선에 따른 초음파 센서의 활용은 물체와 자동문의 충돌을 사전에 방지하는 안정성 확보에 핵심적인 기술이 된다. 또한 65kg 무게를 가진 자동문의 경우, 일반적으로 월 평균 80W 내외의 전력을 소비한다. 그러나 자동문의 이상동작이 발생하는 경우 평균 전력 이상으로 전력이 추가 소모된다. 반면 제안된 시스템 경우는 물체인식 판단을 통해 자동문 개폐를 지능적으로 운영함으로써 월 평균 80W 이내에서 전력을 유지되도록 하는 저감 효과도 함께 작용할 것으로 판단된다.

3. 초음파 센서를 적용한 자동문의 회로 플로차트

가. 시스템 제어를 위한 플로차트

자동문의 제어회로에서 정확한 물체인식 거리와 방향에 대한 모터구동 정보는 $40kHz$ 초음파 감지 주파수의 $\pm 5V$ 전압신호를 ST232IC에서 $\pm 10V$ 의 증폭변환을 우선 거친 후에 송신하고 이에 반사된 수신신호를 받아 처리한다. 기존의 감지센서를 포함하여 초음파 방식을 자동문에 복합적으로 적용하게 되면 사각지대에 위치한 물체의 반사 신호를 조기에 검출 및 판별이 가능해져 안정성을 높일 수 있다. 모터 제어를 명령함과 동시에 반대로 자동문의 상태정보를 전달받는 프로그램의 논리흐름은 초음파 센서 모듈과 모터제어회로 간의 역할분담을 통해서 처리되며 그림 8에서 표현한다.

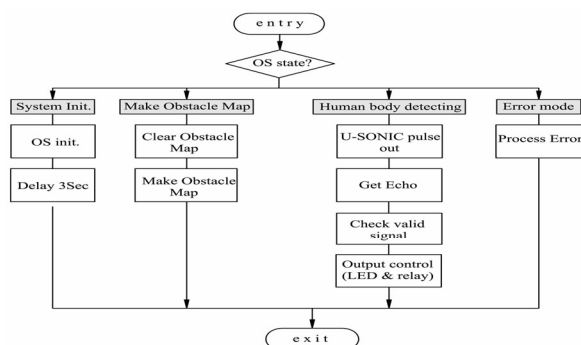


그림 8. 자동문 제어시스템의 플로차트

Fig. 8. The flowchart of the automatic door control system.

여기서 감지센서의 인식 범위 밖의 물체에 대하여 반사 신호가 없기 때문에 자동문은 닫힘 상태로 전환되어야 하며, 이때 첫 번째 모드는 프로그램에 의한 하드웨어 동작을 '0'으로 리셋 되어 초기화로 유지한다. 물체 인식범위 안에서의 초음파 센서의 감지영역은 신호를

받기 위한 다음 동작으로 수신대기 상태로 유지하며, 시간지연 상태로 다음 신호를 전달을 기다린다. 이때 초음파 신호의 특성상 고주파 성분을 가지고 있기 때문에 신호처리회로에서 저역통과 및 디지털 필터를 설계하여 노이즈를 제거해야 한다. 그리고 물체인식 주파수에 대하여 샘플링과 양자화 과정을 거친 후에 프로세서 연산을 하고 다음 단계에서 동작명령을 고속으로 처리하도록 소프트웨어가 개선되어야 한다. 둘째 모드에서는 사람에 대한 물체 감지영역과 고정 장애물에 대한 감지영역을 구분할 수 있도록 Mask-Map 방식을 적용하여 인식 테이블을 저장한다. 그리고 세 번째 모드에 의해 수신되는 에코 신호는 사람과 고정 장애물의 감지영역을 비교하여 자동문 개폐동작 출력신호 명령을 전달하고 네 번째 모드에서 명령전달 된 신호에 대하여 Error를 체크하는 기능을 수행한다.

다음으로 물체인식에 대하여 정확한 동작을 요구하는 초음파 센서의 내부 구동 프로세서는 그림 9와 같이 4개의 각기 다른 제어명령을 가지는 디바이스로 설계되고 서로 인터페이스 상호연계로 자동문을 제어하게 된다.

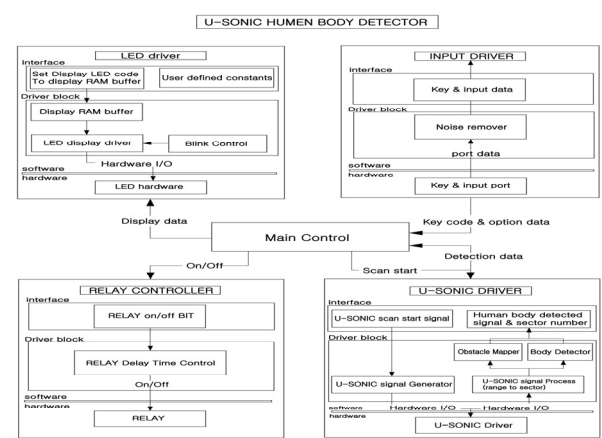


그림 9. 초음파 센서 모듈의 내부동작 구동 프로세서 블록다이어그램

Fig. 9. The inner action drive processor block diagram of the ultrasonic sensor module.

물체인식과 비 인식되는 공간상태의 감지영역에서 MCU와 초음파 센서 모듈의 주요 동작은 LED, INPUT, RELAY, U-SONIC 4가지의 Display 드라이버에 의해 이루어지도록 설계된다. 물체인식 유무에 따라서 전달되는 초음파 신호는 모듈의 Blink Control을 이용하여 LED ON/OFF 상태를 제어하고 식별되도록 구성할 수 있다. 이때 RELAY는 초음파 센서에서 감지된 신호를 처리하고 입력신호가 High이면 시간지연이 되고 그렇지 않은 Low인 경우, 지연되지 않도록 하는 역할

을 한다. 모터 구동부로 전달받는 신호와 초음파 센서의 감지영역을 스캔하여 노이즈 성분을 체크하고 정확한 동작제어를 구현하기 위해서 INPUT 드라이브 구성한다. U-SONIC 드라이브에서 받아들인 물체인식 정보는 신호 발생기(Signal Generator)를 통해 감지범위를 테이블로 나누어 인식하고 모터구동 자동문 제어에 입력신호로 전달하는 역할을 한다. 4가지 영역으로 구분 설계된 초음파 센서 모듈은 기존의 적외선, 마이크로파 방식의 감지영역 보다 정확성이 확장되어 안전관리 면에서 효율적 기능이 가능한 핵심기술이 된다.

나. 초음파 센서 모델 선정 및 제어모듈 구성

필터링 과정을 거쳐 잡음과 반사파의 제거는 감지 거리에 대한 신호파형을 추출하기 위해 필수적이기 때문에 모듈제어 구성과 동작 알고리즘 설계가 중요하다. 그림 10과 그림 11은 초음파 신호검출 영역 분할 및 연산을 담당하는 MCU회로와 송신신호 증폭회로를 분리하여 모듈을 설계한 것을 나타내고 있다.

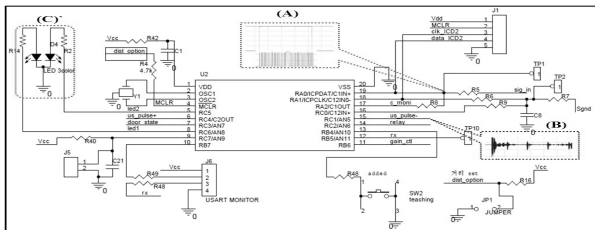


그림 10. 초음파 신호검출 및 송신을 위한 연산 MCU 회로도

Fig. 10. The Arithmetic production MCU circuit diagram for the ultrasonic wave signal detection and transmission.

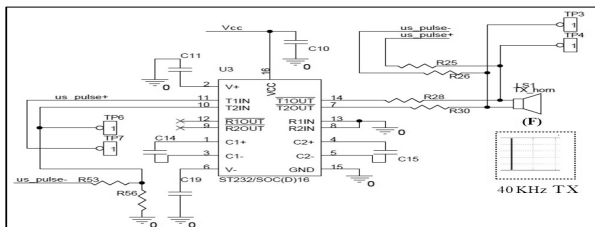


그림 11. 초음파 신호검출 및 송신을 위한 증폭회로도

Fig. 11. The amplification circuit diagram for the ultrasonic wave signal detection and transmission.

이때 신호필터의 증폭회로는 초음파 센서 송신소자와 수신소자를 분리한 구조이며, 송신소자의 신호는 파장대역이 높아야 물체감지의 정확성이 높아지므로 가급적이면 높은 전압으로 구동되어야 한다. MCU에서 연

산출력 되는 송신신호는 ST232IC를 통해서 증폭하고 그림 11에서 보여주는 F파형과 같이 40 kHz를 발신하도록 설계한다. 물체인식에 대한 신호처리 방법은 동작 처리 속도기능과 쉬운 코드 구현으로 가장 많이 활용되는 MICOM 프로그램으로 설계한다. 물체와의 거리계산은 MCU 제어신호의 주파수에 따른 전압 변화량에 대하여 엔빌로프(Envelope)를 추출하고 전압레벨이 기준 전압(V_{th}) 이상일 경우 High=1로 이하일 경우에는 Low=0으로 AD변환을 진행하였다. 그리고 다음 신호의 값이 다시 Low에서 High로 변하는 상승구간이 나타났을 때 시간을 측정하고 거리를 산출하게 된다. 물체가 위치한 거리를 Envelope에서의 전압 최대치(V_{pk})를 계산하여 이후에 검출된 물체의 실존여부와 불필요한 신호(Clutter)인지 구분되도록 알고리즘을 구성한다.^[4] 초음파 센서의 수신 장치회로는 그림 12에서 나타내고 있으며, D부분을 통해 입력된 신호는 아주 낮은 주파수의 에코 신호이기 때문에 OP-AMP와 저주파 필터에서 신호증폭과 노이즈를 제거한다. 신호검출 및 분할로 연산처리되어 저장되는 초음파 신호는 각각의 검출영역의 한계점(Threshold)에 따라서 디지털 필터 결과 값으로 변환된다. 평상시에는 Low(대기) 상태로 있지만 물체인식 판단에 의한 에코 신호의 스레쉬 홀드 값이 기준 이상 되면 출력은 High(동작)로 전환된다.

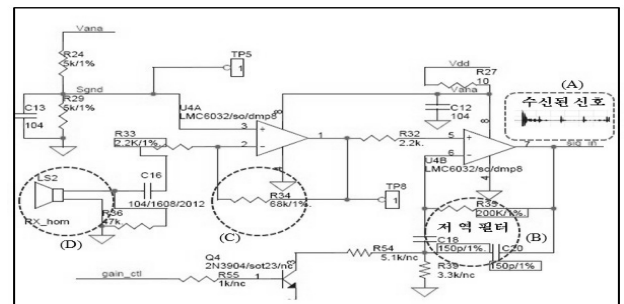


그림 12. 물체인식 여부를 확인하기 위한 초음파 모듈의 수신 장치 회로도

Fig. 12. The receiving device circuit diagram of the ultrasonic wave module checking the object recognition.

초음파 신호의 전압변화 입력에는 출력 단에서 게인 저항 값을 이용하여 정귀환을 걸어 히스테리시스를 갖게 하였다. 이때 수신 장치의 안정적인 동작 구현을 위해서 1% 이내의 RC회로를 적용한 저역필터를 이용하여 노이즈 발생으로 일어나는 부품의 오동작 신호를 줄이는데 집중하였다. 또한 안전관리자의 점검편리성을

위해 초음파 측정거리에 따라서 LED 동작표시를 3가지의 색상으로 구분하여 표시하는 기능을 추가하였다.

III. 자동문 제어를 위한 초음파 센서의 실험환경 구성

1. 초음파 센서의 잡음 제거를 위한 제어동작 순서
물체인식에 대한 초음파 신호의 연산처리 과정은 그림 13에서 나타낸 바와 같이 입력신호의 노이즈와 반사파의 신호를 제거하는 과정으로서 유효한 신호를 440 mm 의 단위로 인식영역을 구분하도록 순서도를 구성한다. 불규칙한 사항에서 입력되는 감지신호는 연산처리장치의 인터럽트 포트를 통해 소프트웨어적으로 각각 시간과 거리로 구분하여 처리하게 된다. 자동문 출입 감지신호는 반복적인 연산을 통해서 동작 상태를 구분하기 때문에 시스템 초기화 후 입력되는 거리와 지속시간의 두 개의 에코 구형파는 Delay Time으로 측정되어야 한다.

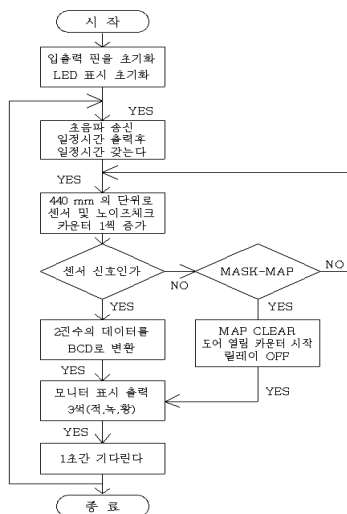


그림 13. 초음파 수신신호에 대한 거리와 지속시간에 대한 2차 연산처리 순서도

Fig. 13. The second calculating processing order about the ultrasonic reception signal distance and duration.

연산결과는 첫 번째 에코의 거리 값이 같고, 낮은 임계치를 통한 데이터 신호가 저장된 기준치 보다 클 경우 이를 유효한 정보로 분류하여 처리한다. 그러나 이 두 가지에 대한 연산조건에 만족하지 않을 경우에는 노이즈로 판단하여 제거한다. 감지거리에 대한 신호 검출은 초음파 센서가 설치된 자동문의 높이와 거리를 함께 포함시켜 프로그램 연산과정에 입력되어야 한다. 하지

만 거리측정 시 고지향각 초음파 센서의 출력 값을 측정하면 내부 유도간섭 신호와 거리펄스 이외에 잡음성분을 포함한 반사파가 함께 출력된다. 이 반사파들은 장애물에 반사되어 다른 곳으로 빠진 초음파가 다경로 (Multi Path)를 통해 돌아오는 신호이기 때문에 연산처리 과정으로 반드시 제거해야 한다.

2. 초음파 센서의 감지영역 측정 실험환경

그림 14은 자동문 시스템의 동작특성과 안전성 향상을 위해 초음파 센서를 적용한 물체인식 영역을 확인하는 실험환경이다. 초음파 센서는 물체인식 정확도를 높이기 위해 자동문 상단프레임에 노출하여 설치하였으며, MCU 메인보드와 분리하여 커넥터로 연결 할 수 있게 구성하였다. 그리고 MCU메인보드와 연결된 초음파 센서는 자동문 출입 시 고정 또는 이동 장애물에 대한 물체인식 영역에서 데이터 유효성을 확인하기 위해 LED display를 노출하여 회로를 구성하였다.

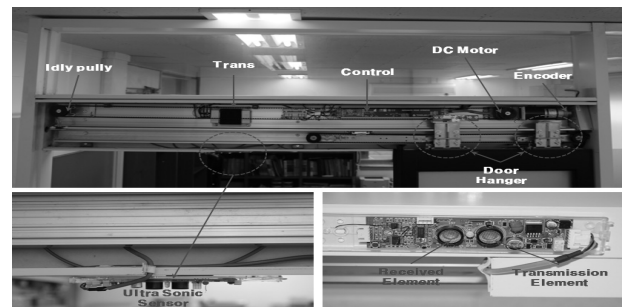


그림 14. 초음파 센서 감지거리에 따른 자동문 동작제어 상태 측정

Fig. 14. The automatic door operation control state measurement according to the ultrasonic sensor sensing distance.

표 2. 자동문에 적용되는 물체인식용 초음파 센서의 기술적 사양

Table2. The technical specification of the object recognition ultrasonic sensor applied to the automatic door.

초음파 센서 규격			회로 구성	
일반 사양	기판크기	110×80mm	Pin 1	VCC
	감지방식	40 KHz	Pin 2	GND
	감지거리	3 M	Pin 3	Door Open(+)
	동작온도	-20~+65℃	Pin 4	Door Open(-)
전기적 사양	입력전압	DC 12V	Pin 5	Door State(+)
	클럭주파수	4 MHz	Pin 6	Door State(-)
	소모전력	Max 5W		

초음파 센서의 기술적 사양은 항상 동작을 유지하는 자동문의 전원상태를 고려하여 저전력 회로모듈로 구성하였으며, 핵심 사양은 표 2와 같이 나타내었다.

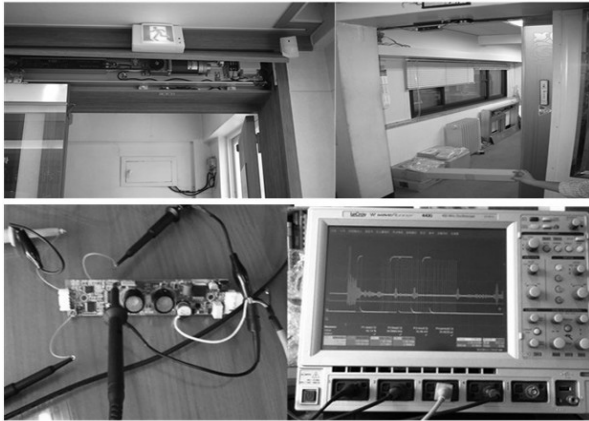


그림 15. 제안된 자동문 시스템의 동작 특성 실험과정
Fig. 15. The automatic door system operation characteristic test process where it is proposed.

적외선과 초음파 센서를 복합적으로 자동문에 적용하여 물체인식에 대한 동작특성을 실험하는 환경은 그림 15와 같이 폭 2400 mm와 높이 2300 mm의 프레임을 사용하였다. 그리고 자동도어는 넓이 1200 mm, 높이 2100 mm, 유리두께 12 mm, 무게 80 kg의 싱글도어를 사용하였다. 초음파 센서는 도어 상단 프레임 중앙에 위치시켜 감지영역의 정확도를 높이는 구조로 설치하고 동작 상태신호는 오실로스코프를 통해 초음파 입·출력 단에 연결하여 측정하였다. 그리고 기존감지 방식인 적외선 수광부와 발광부 센서는 물체 이동구간의 측면 프레임 양쪽으로 높이 600 mm 위치에 12 mm 구멍을 타공하여 설치하였다. 적외선 센서를 설치하는 이유는 초음파 센서가 추가로 적용될 경우, 자동문 사각지대에 위치한 물체인식의 정확도와 안정성을 비교/증명하기 위해 사용하였다.

IV. 초음파 센서 적용위치에 따른 시험결과

1. 초음파 센서의 감지거리에 대한 측정결과

자동문 양쪽 측면에 설치된 적외선 센서는 발광부에서 출력된 빔 신호가 수광부로 입력되지 않으면 자동문 제어회로에서 물체인식으로 받아들여 동작상태를 유지한다. 하지만 감지영역에 물체가 위치하게 되더라도 적외선 수광부와 발광부 사이에 적외선 빔이 통과하게 되면, 검출신호에 따라서 물체인식 유무를 판단하지 못하는 경우를 앞의 그림 6에서 확인하였다. 따라서 적외선

센서 단독으로 적용한 자동문 시스템의 경우는 사각지대의 안정성 개선에는 도움이 되지 않는 것을 증명하였다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 그림 16과 같이 실험을 하였을 경우, 적외선 감지영역을 벗어나더라도 초음파 센서에 의해서 자동문 개폐동작이 유지되는 것을 알 수 있다.

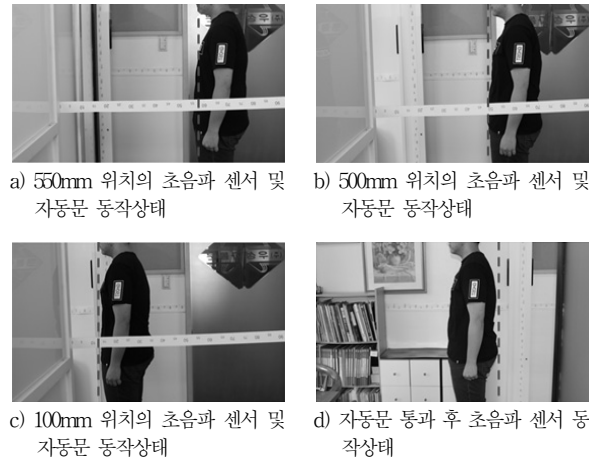


그림 16. 초음파 센서 감지거리에 따른 자동문 동작제어 상태 측정
Fig. 16. The automatic door operation control state measurement according to the ultrasonic sensor sensing distance.

자동문 사각지대인 500 mm 범위 안에서는 감지영역을 유지하기 때문에 출입 시 사고유발을 일으키는 문제점으로부터 보행자의 이동경로에 대한 안전을 보장되는 것을 알 수 있다. 또한 보행 자세 중에 다리나 머리 등 신체 일부가 먼저 진입하더라도 자동문 개폐 동선에서 벗어나거나 적외선 센서의 설치 위치에 따라 감지를 못하는 문제를 해결하는 결과를 보였다.

2. 초음파 센서의 감지제어 영역의 측정결과

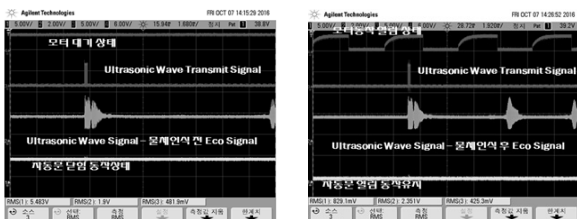
초음파 센서의 감지영역 개선은 자동문이 열린 상태에서 닫힘으로 전환 중에도 뒤이어 접근하는 물체인식 여부에 따라서 자동문 200 mm 지점에서 빠르게 열림 동작으로 전환 것을 확인할 수 있다. 초음파 센서와 자동문의 상태 정보는 물체인식 여부에 따라서 접근경로와 거리를 산출하여 각각의 물체검출영역별로 적, 녹, 황색으로 LED Display되어 센서의 동작을 인식시켜 주는 것을 알 수 있다. 그림 17은 초음파 센서의 감지영역에 위치한 사람이 자동문에 정지한 상태에 있더라도 개폐동작을 대기상태로 유지하는 것을 보여주는 결과를 나타내었다.



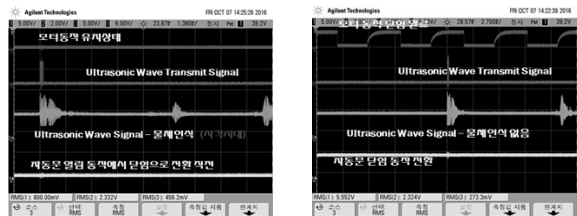
a) 초음파 센서 물체감지 전 자동문 동작상태(닫힘) b) 초음파 센서 물체감지 전 자동문 동작상태(열림 유지)

그림 17. 초음파 센서 물체인식 전후에 대한 자동문 동작 상태 화면

Fig. 17. The automatic door operation state screen about the ultrasonic sensor object recognition either before or after.



a) 자동문 초기화(대기상태) b) 자동문 물체인식(동작전환상태)



c) 자동문 물체인식 변환(사각지대) d) 자동문 닫힘 초기화 상태 (대기전환 상태)

그림 18. 초음파 센서 물체인식 전후에 대한 자동문 동작 상태 신호

Fig. 18. The automatic door operation state screen about the ultrasonic sensor object recognition either before or after.

그림 18은 물체인식 여부에 따라서 대기-열림-유지-닫힘 상태를 초음파 신호에 따라서 모터동작이 이루어진 순으로 각각 출력과형을 나타낸 측정결과이다. 사람이 매우 빠른 경우에는 반응속도가 늦은 측면 적외선 센서의 단점을 초음파를 설치하여 자동문 닫힘에 있어 사각지대와 가속도 감지를 해결하였다. 앞에서 다룬 마이크로파와 적외선 센서에서 측정하지 못하는 사각지대에 대한 물체인식 여부를 초음파 센서를 통해서 확인이 되는 것을 증명한 결과이다.

표 3. 기존시스템과 제안하고 있는 시스템의 실험결과 Table3. The experimental result of system it is suggesting with the existing system.

설치 내용	기존시스템 A	기존시스템 B	제안시스템	
Door 크기	넓이 1200 mm × 높이 2100 mm			
Door 구조	싱글		싱글	
검출 방식	센서	무선 스위치	센서	무선
가속도 감지	없음		있음	
측면 적외선	접촉 후 열림		비접촉 후 열림	
사각지 대감지	일부 동작	불가	동작	

따라서 기존에 마이크로파와 적외선을 이용하여 물체를 감지하는 자동문 시스템에서 벗어나 초음파 센서를 활용하게 되면 표 3과 같이 검출영역 성능 면에서 개선되는 것을 확인 할 수 있다.

V. 결 론

현재 건물 대부분에 설치되어 있는 자동문의 안전관리는 출입 시에 발생할 수 있는 충돌, 끼임, 오동작 등 높은 사고 가능성에 무방비한 상태이다.^[1,5] 이는 적외선, 마이크로파와 같은 기존의 물체인식 센서에 대한 동작특성이 자동문 감지영역 사각지대에서는 기술적 한계를 나타내고 있기 때문이다. 빠르게 사람이 접근하다가도 자동문 사각지대에서 순간 정지하게 되면, 감지센서는 순간 물체가 없는 것으로 판단하고 도어를 닫음으로서 충돌사고로 이어지게 된다. 따라서 기존 자동문의 물체인식 적용기술에서 효율성이 높은 센서로 대체하거나 감지영역을 보완하는 센서를 추가 설치하여 안정성을 높이는 방안이 필요하다.^[3,8]

본 논문은 이러한 충돌사고를 예방하는 차원에서 초음파 센서를 적용한 자동문 설계와 현장실험을 통해 안전관리 개선방안을 제안하였다. 기존 물체인식 센서의 정적 감지기능의 단점들을 보완하는 역할로 초음파 센서를 추가로 적용하게 되면 동작상태의 물체에 대하여 감지영역이 확대할 수 있게 된다. 또한 기존 자동문 사각지대에 대한 문제점이 최소화되는 것을 실험을 통해서 증명하였기 때문에 안정성과 신뢰성에서 높은 효율적인 개선 가치로 나타났다. 그러나 현재 물체의 접근 거리와 시간에 따른 크기변화 등을 구분하여 정밀한 인

식결과를 나타내는 감지영역 판별기준 데이터가 부족한 사항이다. 이에 대하여 자동문 안전사고 예방효과를 높이기 위해서는 물체인식 Mask-Map를 만들어 접근하는 대상에 대한 감지영역에 따라 지능적 동작이 가능한 시설로 보완하는 과정이 향후 중요한 연구가 될 것이다.

REFERENCES

- [1] Seokil Ruy, "Survey of Sliding Automatic Doors for Safety", Korea Consumer Agency Safety, pp. 1~25, 2010.07.
- [2] Hun Choi, Si-Woong Jang, "Front and Rear Vehicle Monitoring System using Ultrasonic Sensor", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 16, No. 06, pp. 1125~1132, June 2012.
- [3] Gidoo Kim, Seungho Han, and Hiesik Kim, "Directional motion detector of automatic Door System by using Microwave Sensor", Society of Mechanical Engineers, pp. 105~106, April 2014.
- [4] Yuyeong Sin, Younghun Song, Kyungchang Lee and Suk Lee, "Signal Processing Algorithm for Pedestrian Detection Ultrasonic Distance Sensor", Society of Automotive Engineers, pp. 747~749, May 2014.
- [5] Dong Hyuk Song and Byong Kun Chang, "Development of Intelligent Automatic Door System Using Ultrasonic Sensor", Journal of the Korea Institute of Liquidating and Electrical Installation Engineers, Vol. 23 No. 06, pp. 31~39, Jun 2009.
- [6] Sung Ho Kim "A Study on an Obstacle Recognition System for Excavator Using Ultrasonic Sensor", University of Ulsan Thesis, Polaroid, pp. 1~59, April 2001.
- [7] WOOSUNG AUTO DOOR CO., LTD. <http://woosungdoor.co.kr>
- [8] Premiere on KBS 2TV World "Safety First!", Oct 2010, office.kbs.co.kr/mylovekbs/archives/76901
- [9] Seoung You Na, Min Sang Park "Pattern Recognition Improvement of an Ultrasonic Sensor System Using Neuro-Fuzzy Signal Processing", IEEK, No. 12, pp. 17~26, Dec 1998.
- [10] Seoung won Choo, Kee seong Lee, "Object Recognition Using an Ultrasound Sensor Array", IEEK, Korea Automatic Control Conference, pp. 772~776, Jan, 1994.
- [11] Ju Sung Kim, Hyeong Seok Song, Young Chon Kim, "Analysis of Detectable Region according to the Placement of Ultrasonic for the Glasses of the Blind", IEEK, pp. 946~949, Nov, 2013.

저 자 소 개



김 기 두(정회원)

2012년 서울시립대학교 일반대학원
전자전기컴퓨터공학과(공학석사)

2013년~현재 서울시립대학교 일반
대학원 전자전기컴퓨터공
학과(박사수료)

1988년~현재 (주)우성자동문

<주관심분야: Automatic Door, Sensor Network,
Automatic Control Engineering, Sensor Application,
Image Processing>



원 서 연(정회원)

2011년 2월 경기대학교 전자공학과
(공학사)

2013년 2월 서울시립대학교 일반대
학원 전자전기컴퓨터공학과
(공학석사)

2013년~현재 서울시립대학교 일반대학원 전자전기
컴퓨터공학과(공학박사)

2002년~2010년 (주)TELSK 정보시스템 (주)SKC수
원공장 IT-지원팀 선임연구원.

<주관심분야: Sensor Network, Automatic Control
Engineering, Enterprise Management System>



김 희 식(정회원)-교신저자

1977년 서울대학교 기계공학과
(공학사)

1979년 한국과학기술원 생산공학과
(공학석사)

1987년 Germany Stuttgart
University Production
Engineering (공학박사)

1979년~1982년 과학기술부 원자력국 감사관실 사
무관.

1987년~1987년 한국과학기술원 CAD/CAM 연
구실 선임연구원

1989년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공
학부 (교수)

<주관심분야: Optical Measurement of Geometries,
Application of Sensor for Automation and Image
Processing>