

# ToF 센서를 이용한 스윙 자동문 안전 모듈 개발의 연구

이정익\*, 나기수\*\*

\*교수, 인하공전. 기계공학부. 기계설계과

\*\*연구소장, (주)리즈엔

e-mail:jilee@inhatc.ac.kr

## A Study on the Development of Swing Automatic Door Safety Module Using ToF Sensor

Jeong-Ick Lee\*, Gi-Soo Na\*\*

\*Dept. of Mechanical Design, INHA Technical College

\*\*RITS-N Company

### 요약

자동문 시스템은 모션 감지부가 출입을 원하는 사람을 감지면 제어부가 모터를 구동해 자동으로 문을 개폐하는 전자기계 장치이다. 이 자동문 시스템은 적외선센서 또는 레이더 센서 등을 사용하는 모션 감지부, AVR 등을 사용하는 제어부, DC모터 또는 AC 모터 등을 사용하는 모터부, 유무선 또는 접촉/비접촉식 스위치 및 안전 센서 모듈 등으로 구성되어 있다. 본 연구를 통해 스윙 자동문의 구조 해석, 역학 및 피로도 측정 방안, 감지 및 장치 모듈 소형화 방안, 힌지(암) 구조 변경 방안 및 모터 정격출력 대비 문 하중 관계 해석 등을 해결하고자 한다.

### 1. 서론

자동문 시스템은 모션 감지부가 출입을 원하는 사람을 감지면 제어부가 모터를 구동해 자동으로 문을 개폐하는 전자기계 장치이다. 자동문 시스템은 적외선센서 또는 레이더 센서 등을 사용하는 모션 감지부, AVR 등을 사용하는 제어부, DC모터 또는 AC 모터 등을 사용하는 모터부, 유무선 또는 접촉/비접촉식 스위치 및 안전 센서 모듈 등으로 구성되어 있다.

(오피레이터)를 장착하여 IR 센서/레이더 센서 혹은 접촉/비접촉 스위치 감지 모듈의 신호에 의해 자동으로 열리고 닫히게 만든 기계 자동화 시스템이다. 주로 공간이 협소하여 슬라이딩 자동문을 설치하기 어려운 곳이나, 박물관, 궁전, 병원, 도서관 등 오래된 건물의 기존 여닫이문을 자동문으로 교체하고자 할 때 사용된다. 스윙 자동문은 공간 효율성, 편의성 및 위생, 구조적 변경을 최소화한 유연한 설치, 가격 경쟁력 등을 갖으며, 미국 및 유럽 시장 등에서 큰 호응을 받고 있는 제품군이다. 본 연구는 수입을 대체하고 수출을 전략적으로 증대시킬 수 있는 스윙 자동문의 차별화 전략인 ToF 센서를 이용한 안전 모듈을 개발하고자 한다.

이를 위해 스윙 자동문의 구조 해석, 역학 및 피로도 측정 방안, 감지 및 장치 모듈 소형화 방안, 힌지(암) 구조 변경 방안 및 모터 정격출력 대비 문 하중 관계 해석 등을 실시하고자 한다. 해외 수출 전략형 제품군인 스윙 자동문 개발을 위한 차별화 전략 중에서 “힌지(암) 구조의 안정성 확인”을 선행 연구하였으며, “ToF 센서를 이용한 스윙 자동문의 안전 모듈을 개발”을 본 연구를 통해 진행한 후에 “스마트 ToF 센서 모듈을 갖는 스윙 자동문 성능 향상 제품 개발”을 최종적으로 만들 계획이다.

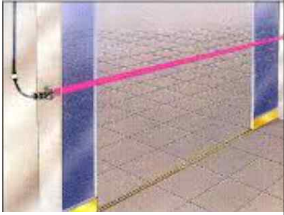

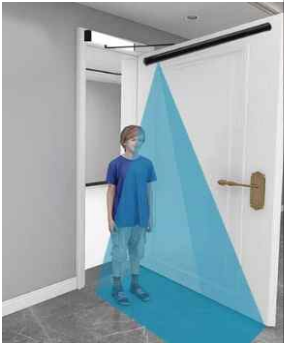


[그림 1] 스윙 자동문의 자동 개폐 장치 및 설치 예(출처 : 코르텍(주))

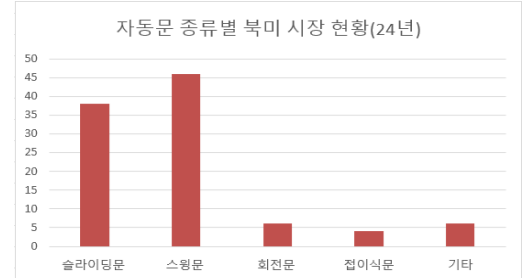
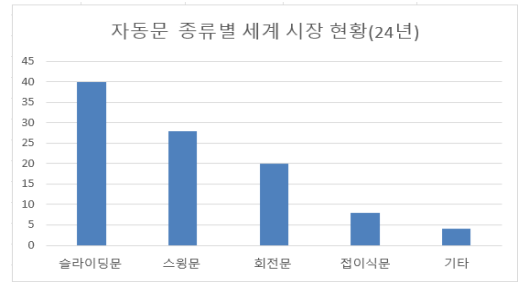
스윙 자동문은 일반적인 여닫이 방식의 문에 자동 개폐 장치

## 2. 안전센서 기존 제품군의 문제점 분석

기존 안전센서를 사용한 기존 제품군의 문제점 분석은 다음과 같다.

방식	기존 대표 제품군	방식 및 문제점
안전빔 IR 무릎 센서		<ul style="list-style-type: none"> <li>- IR 센서를 문 기둥의 무릎 위치에 부착하여 사용</li> <li>- 스윙 도어의 특성상 문 회전 반경 내의 사람을 인식할 수 없음.</li> </ul>
상부센서		<ul style="list-style-type: none"> <li>- IR 혹은 모션 센서 등을 문 위 상부에 부착하여 사람을 인식함.</li> <li>- 스윙 도어의 특성상 문 회전 반경 내의 사람을 인식할 수 없음.</li> </ul>
문 부착형 IR 센서		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 문 상단에 부착하여 문이 움직이는 경로상의 사람을 인식함.</li> <li>- IR 센서의 파장 외란에 의한 오동작율이 높음.</li> <li>- 문이 개방되는 뒤쪽의 사람을 인식할 수 없으며, 문 틈 끼임 등을 인식할 수 없음.</li> </ul>
필요한 안전센서 구성	<b>요구사항</b> 1. 문 뒤쪽에 위치 2. 문 틈 끼임 인식 3. 외란에 강인 4. 저가 제품	<b>해결 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ToF(Time of Flight) 센서를 이용</li> <li>- 사람과 정밀한 거리를 측정</li> <li>- 외란에 매우 강인</li> <li>- 매우 빠른 반응 속도</li> <li>- 저가 제품 구성</li> </ul>

이들 안전센서를 이용해야 하는 시의성은 다음과 같다. Global Market Insights(2024)에 따르면 24년 세계 자동문 시장은 137억 달러이며 2034년 236억달러로 성장할 것으로 예상하며, 연평균 5.6%의 성장률을 보일것으로 예측된다. 스윙 자동문 시장은 2024년 기준 전체 시장의 28%를 차지하고 있으며, 북미에서는 가장 높은 46%의 시장율을 보이고 있는 실정이다. 현재 시점에서 2034년까지 연평균 성장률이 약 13%로 예측되는 스윙 자동문 제품 개발은 가장 높은 가치 창출의 분야로 분류되며, 수출 전략 품목으로 선정되어 있다. 따라서 ToF 센서를 이용한 스윙 자동문 안전 모듈 개발은 필요한 실정이다.

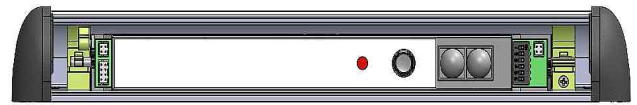


[그림 2] 2024년 자동문 종류별 시장 현황(출처 : Global Market Insights(2024))

## 3. 연구 추진 내용

### 3.1 연구 최종 목표물

ToF 센서를 이용한 스윙 자동문의 안전 모듈 개발에 있으며 그 형태는 다음과 같을 것으로 생각된다.



[그림 3] 개발 예상 이미지(출처 : ㈜리츠엔)

### 3.2 최종 목표물을 위해 연구 시 달성해야 할 성과지표

No	본 과제를 통한 달성 성능 지표명	시장 충족 성능 OR 기준이 되는 성능	본 과제를 통한 달성목표	달성여부 증명방법
1	방사성 방출 시험	이상없음	이상없음	KS C 9610-6-1:2019 KS C 9610-6-3:2023 공인 기관 시험 성적서 제출
2	전도성 방출 시험	이상없음	이상없음	
3	전원주파수 자기장시험	이상없음	이상없음	
4	방사성 RF 전자장시험	이상없음	이상없음	
5	정전기 방전시험	이상없음	이상없음	
6	전도성 RF 전자장시험	이상없음	이상없음	
7	전기적 빠른 과도현상 시험	이상없음	이상없음	
- ToF센서를 포함하는 IR 센서를 이용한 감지 모듈의 성능 인증은 <b>완제품 형태 비교 및 구조와 적용한 센서의 종류에 따라서 시험을 평가하는 방법과 기준이 설정</b> - 개발 완료되는 최종 목표물의 공인 시험기관의 시험성적서를 증빙서류로 제출.				

### 3.3 연구 추진 전략 또는 계획

#### 1. 추진체계 및 역량(조직, 인력, 협력네트워크 등)

##### 가. 추진체계

###### (㉠) 추진 전략

- 스마트 ToF 센서를 이용해서 안전 모듈을 개발 및 인증
- 기술, 가격 경쟁력 우위 및 차별화 전략 수립
- 스윙 자동문의 힌지(암) 구조와 ToF 안전 모듈에 대한 특허 선점

###### (㉡) 추진 방법

- ToF 센서의 특성을 파악하고 사물 감지 영역 설정
- 감지 영역에 문 사각지대 및 끼임 등을 고려
- 외란 특성에 강인한 ToF 센서 선정
- 사물과 거리를 측정할 수 있는 스마트 센서 기능을 추가
- Lab Test를 통한 성능 확인 및 신뢰도 향상
- 공인 시험 평가를 통한 성능 인증

##### (㉢) 추진체계도



[그림 4] 개발 추진 체계도

### 3.4 세부적인 연구 추진 내역

No.	추진항목	추진내용 및 방법
1	세부 수행 계획수립	- 세부 수행 계획 수립 - 기술, 시장 및 특허 분석
2	스마트 ToF 센서 특성 확인	- 거리 측정 정밀도 및 신뢰성 확인 - 고속 측정 및 3-D 정보 확인 - 물체 표면 및 색상에 따른 외란 인자 분석
3	동작 상태 알고리즘 설정	- 안전 확보를 위한 제어 동작 설정 - 무선 통신 동작 설정
4	센서 모듈 부품 선정	- ToF 센서, 통신 부품 및 기타 부품 선정
5	회로도 및 PCB Artwork	- 소형화 및 집적화 PCB 설계 - 확장성과 연동성을 고려한 설계 및 제작
6	SW 동작 구현	- 센서 모듈 및 컨트롤러 SW 구현
7	센서 모듈 기구부 설계 및 제작	- 소형화 모듈 구조 기구부 설계 - 기구부의 송수신 파 간섭 최소화
8	Lab Test 및 결	- 기본 성능 Test 진행

	과 분석	
9	공인시험 평가 및 결과 분석	- KS C 9832 및 KS C 9610-4 시험 진행 - 성능 확인 및 평가
10	결과보고서 작성	- 결과 보고서 작성

## 4. 연구 결과 및 기대효과

- 스마트 센서를 갖는 자동문 시스템 개발에 따른 고성능 특성을 갖는 자동문의 기술력을 확보가 가능하다.
- 수출 전략 제품인 스윙 자동문의 기술 경쟁력 및 가격 경쟁력 확보가 가능하다.
- 센서 모듈 및 활용 기술에서 선진국 대비 약 65%의 기술 격차를 75%로 끌어올릴 수 있다.
- 사업화 5년에 총매출액 약 280억 이상을 달성하고, 총 72억 이상의 수출증대 효과를 기대할 수 있다.
- 중저가 고급화 신시장 진출에 따른 신규 인력 고용 창출 효과로 사업화 5년 이내에 20명 이상의 신규 고용 인력을 창출할 수 있을 것으로 예상된다.
- 숙련된 연구인력 확보로 기업의 기술력 제고와 연구노하우 전수에 따른 후진 양성 및 기업의 지식 축적이 가능하다.
- 스마트 센서 모듈 제어 기술은 산업 안전을 위한 모노레일 감시기, 레저 놀이 시설의 독수리 요새 및 스피드 기록경기의 촬영 장비 등 다양한 산업 분야에 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

[1] Norton, R. L., *Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines*, 6th ed., McGraw-Hill, 2020.

[2] Shigley, J. E., Mischke, C. R., Budynas, R. G., *Mechanical Engineering Design*, 10th ed., McGraw-Hill, 2015.

[3] Cook, R. D., Malkus, D. S., Plesha, M. E., Witt, R. J., *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, 4th ed., Wiley, 2002.

[4] Bolton, W., *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*, 6th ed., Pearson, 2015.