The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 16, No. 6, pp.197-202, Dec. 31, 2016. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.6.197
JIIBC 2016-6-25

최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of Optimal Smart Home Security Monitoring System

이형로*, 인치호**

Hyoung-Ro Lee*, Chi-Ho Lin**

요 약 본 논문에서는 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 제안한다. 제안하는 최적의 스마트 홈 시큐리티 시스템을 위해 세 종류의 초음파 센서를 이용하여 신뢰도 높은 데이터를 얻기 위한 실험 하였으며, 메인 프로세서로는 오픈소스 하드웨어 플랫폼인 라즈베리 파이3를 이용하여 스마트 홈 시큐리티 시스템을 설계하였다. 또한, 실험을 통해 최적의 위치에 두 개의 초음파 센서를 위치함으로써 기존의 홈 시큐리티 시스템에 비해 적은 센서 양으로 최적의 효율성을 검증하였다. 두 개의 초음파 센서를 이용하여 침입자의 침입 여부를 효율적이고 신뢰도 높게 판단 할 수 있었으며, 침입자의 영상을 촬영하기 위해 카메라 하단에 서보 모터를 연결 하여 침입자의 위치에 맞게 조정하여 촬영할 수 있도록 하였다. 또한, 웹 서버를 이용하여 해당 기록된 영상과 두 개의 초음파 센서 데이터를 저장하고 사용자는 모든 원격지에서 모니터링 할 수 있도록 웹 페이지를 제공 하였다.

Abstract In this paper, we propose optimal smart home security monitoring system. Proposeed optimal smart home security system using the three types of ultrasonic sensors were tested to obtain reliable data. and Using Raspberry Pi3, the smart home security system was implemented. In addition, It was verified through experiments optimal efficiency with a small amount compared to the conventional sensor of the home security system by the two ultrasonic sensors located in the optimal position. It was able to use two ultrasonic sensors to determine whether the intruder's highly efficient and reliable intrusion, and connect the servo motor at the bottom of the camera so you can shoot adjusted to the attacker's location to shoot the intruder's image. In addition, by using a Web server and stored the recorded image and two ultrasonic sensor data and provide a Web page for a user to monitor at all remote locations.

Key Words : Raspberry pi, Home Security, Ultrasonic sensor, Monitoring system

Ⅰ. 서 론

최근 우리 생활 속에는 스마트 폰, 스마트 패드, 웨어러블 기기와 같은 첨단 디바이스들이 널리 확산되어 있으며, 유무선 초고속 통신을 통한 홈 네트워킹 기술과 무선 센서 네트워크기반 연구가 많은 발전이 이루어져 거주자의 편의성을 보장하며, 주거 공간의 범죄를 최소화하고 예방을 위한 스마트 홈이 보편화 되었다. 하지만 사회적으로 범죄의 지능화와 다양화로 인해 각종 범죄가 늘어남에 따라 범죄나 불법적 침입을 막고 거주자의 사

*준회원, 세명대학교 컴퓨터학부
**정회원, 세명대학교 컴퓨터학부
접수일: 2016년 11월 6일, 수정완료 : 2016년 12월 6일
게재확정일자 : 2016년 12월 9일

Received: 16 November, 2016 / Revised: 6 December, 2016 / Accepted: 9 December, 2016
**Corresponding Author: ich410@semyung.ac.kr
School of Computer, Semyung University, Korea

생활을 보호하기 위한 안전장치로 홈 시큐리티에 대한 전 세계적인 관심이 날로 급증하고 있다. 시장분석기관 TechNavio에 따르면 2012년 기준 전 세계 홈 시큐리티 시장 규모는 220억 달러 수준이며, 매년 8.9%의 성장세를 보인다고 발표했다. 향후 2016년에는 290억 달러 규모를 형성할 것으로 예상하였으며, 국내 시장 규모는 2012년 4,240억 원에서 연 평균 8.7%로 성장하여 2016년에는 6,334억 원이 될 전망이다. 이렇듯 스마트 홈 관련 시큐리티에 대한 관심이 전 세계적으로 높아지면서 CCTV 감시 시스템, 집안 모니터링 시스템, 출입 감지 시스템, 외출안전 시스템 등 다양한 부분으로 연구가 진행되고 있다.[1-3]

기존 보안 장비에 사용되는 센서는 보편적으로 적외선 센서, 초음파 센서를 사용하였다. 하지만 현재 여러 연구소나 기업체에서 다양한 센서들을 출시하여 IoT 디바이스들이 개발 중에 있다.

본 논문에서는 기존에 보편적으로 사용되고 연구 되었던 초음파 센서가 아닌 보다 다양한 초음파 센서를 이용하여 최적의 스마트 홈 시큐리티 시스템을 제안한다. 제안하는 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템은 마이크로 컨트롤러인 라즈베리 파이3를 이용하여 설계하였기 때문에 누구나 쉽게 제작이 가능하였다. 또한, 다양한 초음파 센서를 이용하여 각 위치에 적합한 초음파 센서 모듈을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템 구성 및 설계에 대하여 기술하고, 3장은 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 구현을 통해 효율성 검증을 위한 실험 결과에 대하여 기술하며, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템 설계

본 논문에서 제안한 스마트 홈 시큐리티 시스템은 마이크로 컨트롤러와 센서를 이용하여 침입자를 판별 하고, 사용자의 PC 및 스마트 디바이스를 통해 모니터링 하도록 설계하였다. 그리고 두 개의 두 개의 센서를 이용하여 실시간으로 침입 여부를 판단하고 파이 카메라와 서보 모터를 제어함으로서 보다 높은 신뢰도와 안정적인 모니터링을 할 수 있는 장점이 있다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 구성도를 나타낸다.

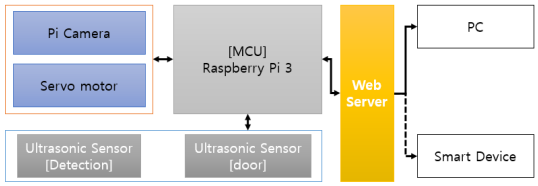


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Configuration

최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 메인 프로세서는 오픈소스 기반 라즈베리파이3를 사용하였고, 출입문의 개폐 여부를 판단하기 위해 초음파 센서를 사용하였다. 또한, 카메라의 촬영과 침입자의 판별에 대한 신뢰도 높은 데이터를 위해 별도의 초음파 센서를 사용하였다. 센서의 데이터와 촬영된 영상을 저장하기 위해 웹서버를 구축하였다. 웹 서버를 사용하여 저장된 센서 데이터와 촬영된 영상은 인터넷이 가능한 모든 원격지에서 사용자가 PC 및 스마트 디바이스를 통해 모니터링을 할 수 있도록 설계하였다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 순서도를 나타낸다.

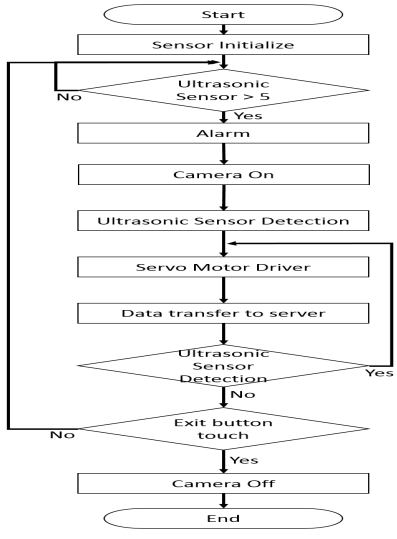


그림 2. 홈 시큐리티 시스템 알고리즘
Fig. 2. Home Security System Algorithm

스마트 홈 시큐리티 시스템이 시작 될 때, 두 개의 초음파 센서는 초기화를 진행되도록 하였으며, 침입자 판별을 위해 사용된 초음파 센서는 초기화를 진행 하면서 초기 장애물에 대한 거리를 저장하도록 하였다. 문의 개

폐 상태를 확인하기 위해 초음파 센서의 최대값을 5cm로 책정하여 5cm 이상일 경우 문이 열린 상태로 판단하였다. 개폐여부를 판단한 후 보다 정확하게 침입 여부를 판단하기 위해 별도의 초음파 센서를 사용하여 침입 여부를 판단하였으며, 별도의 초음파 센서는 초기화 작업에서 미리 저장한 초기 데이터와 비교를 하여 피사체와 거리가 가까워진 경우 침입자가 존재하는 것으로 판단하도록 하였다. 침입자가 존재하는 경우 서보모터를 조정하여 카메라 영상을 촬영한다. 촬영된 영상은 웹 서버에 전송되어 데이터베이스에 저장되고, 인체 감지 센서의 값이 0이 아닌 경우 지속적으로 영상을 촬영한다. 또한, 사용자는 인터넷이 가능한 모든 원격지에서 웹 서버에 접속하여 모니터링이 가능하다.

Ⅲ. 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템

본 논문에서 제안 된 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 효율성 검증을 위해 초음파 센서 HC-SR04와 HG-M40DNI, HG-M40DB를 이용하여 출입문 개폐 여부 실험과 침입자 감지 실험을 진행 하였다. 그림 3은 각각의 초음파 센서들의 스펙을 나타낸다.

표 1. 초음파 센서들의 스펙
Table 1. Specs of Ultrasonic Sensors

	HC-SR04	HG-M40DNI	HG-M40DB
Power supply	5V DC	5V DC	5V DC
Effectual angle	15°	9-12°	150°
Ranging distance	2cm-500cm	800cm-1000cm	700cm
Ultrasonic Frequency	40kHz	40kHz	40kHz

그림 3과 같이 세 개의 초음파 센서들의 데이터 신뢰도를 측정하기 위해 실험 환경을 구현하였다. 해당 실험에서는 정면에 위치하는 물체 측정에 대해 주변 물체대한 정확도와 주변 물체의 측정에 대한 정확도를 중점으로 실험을 진행하였다.

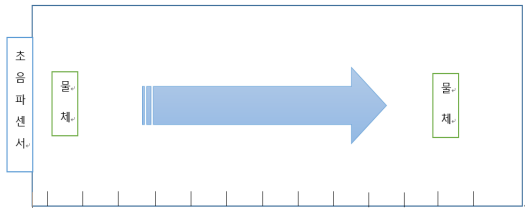
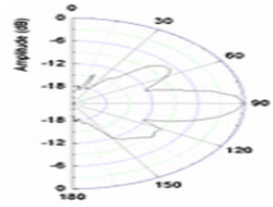
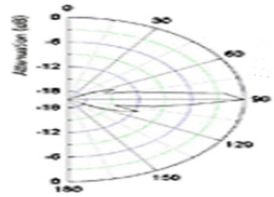


그림 3. 초음파 센서들의 실험 환경
Fig. 3. Experimental environment of ultrasonic sensors

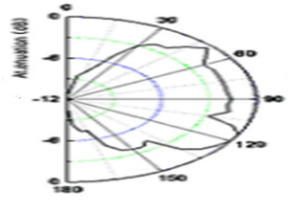
그림 4는 각 세 개의 초음파 센서의 지향 각을 나타낸다. 그림 4 (a) 초음파 센서 HC-SR04의 지향 각으로 보편적인 범위를 가지고 있었다. 그림 4 (b)는 HG-M40DNI의 지향 각으로 좁은 범위를 측정하기 때문에 침입자의 침입여부를 보다는 출입문의 개폐 여부를 판단하는데 적합하였으며, 그림 4 (c)는 HG-M40DB의 지향 각으로 넓은 범위를 측정한다. HG-M40DB는 넓은 지향 각을 가지고 있기 때문에 출입문의 개폐 여부를 판단하기 보다는 넓은 범위에서 침입자의 침입 여부를 판단하는 것이 보다 적합하였다.



(a) HC-SR04 지향 각



(b) HG-M40DNI 지향 각



(c) HG-M40DB 지향 각

그림 4. 각 초음파 센서들의 지향 각
Fig. 4. Each orientation of the ultrasonic sensor

그림 5는 세 개의 센서들의 실제 데이터 신뢰도를 실험한 결과를 그래프로 나타내고 있다. 정면에 위치한 물체를 측정하는 거리에 따른 데이터 오차 값을 나타낸다.

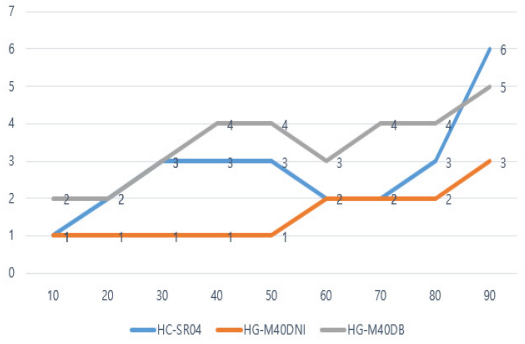


그림 5. 센서들의 데이터 오차 값 그래프
Fig. 5. Tolerance value graph of the sensors data

초음파 센서 HG-M40DNI는 비교적 지향 각의 범위가 좁기 때문에 정면에 있는 물체의 거리를 측정하는데 데이터 오차 값이 다른 초음파 센서들에 비해 낮았다. 또한, 초음파 센서 HG-M40DB는 지향 각이 넓어 주변에 놓여진 물체의 거리를 측정하여 정면에 있는 물체의 거리를 측정하는데 부적합하지만 넓은 범위를 탐색하면서 침입자의 침입을 판단하기에는 적합하였다.

본 논문에서 실험한 세 개의 초음파 센서는 물체에 부딪혀서 돌아오는 시간의 차이를 이용하여 물체까지의 거리를 측정한다. 하지만 라즈베리 파이에 송신된 신호는 음속의 속도로 출력되기 때문에 침입 판단을 위해서는 일련의 변환 식이 필요로 한다. 초음파 센서의 거리를 측정하기 위해 신호가 되돌아 올 때 까지 걸리는 시간은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$t = \frac{2 \times L}{Vs} \tag{1}$$

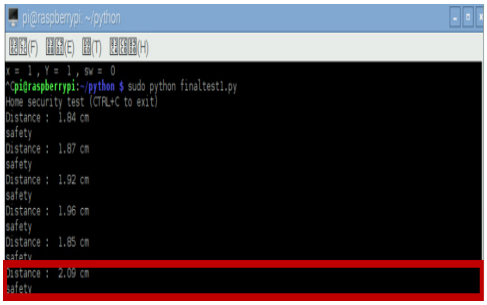
여기서, t :신호가 되돌아 올 때 까지 걸리는 시간(s), Vs : 음속 m/s, L : 물체와의 거리 m을 의미한다.

따라서 1cm를 왕복 하는데 걸리는 시간은 약 58㎲이고, 물체까지 도달하는 시간은 신호가 되돌아 올 때 까지 걸리는 시간 t를 1/2하여 약 29㎲임을 유추할 수 있으며, 일반적으로 식 (2)를 이용하여 물체까지의 거리를 계산한다.

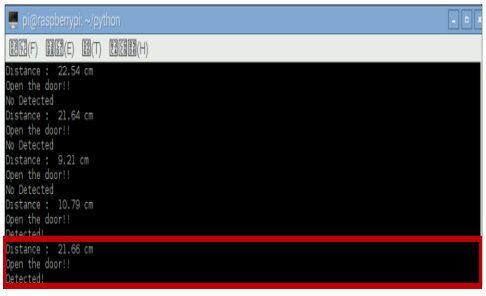
$$L = \frac{t \times Vs}{2} \tag{2}$$

여기서, L : 물체까지의 거리(m), t : 신호가 되돌아 올 때 까지 걸리는 시간(s), Vs : 음속 m/s를 의미한다.

그림 6은 초음파 센서들의 센서 데이터를 나타낸다. 그림 6 (a)는 출입문의 닫힘 상태를 나타내고 있으며, 그림 4 (b)를 참고하여 출입문 개폐여부를 판단하는 가장 적합한 지향 각을 가지고 있는 초음파 센서 HG-M40DNI를 사용하였다. 초음파 센서 HG-M40DNI의 지향 각은 비교적 정면으로 되어있기 때문에 주변 장애물에 많은 간섭을 받지 않고 신뢰도 높은 출입문의 개폐여부를 판단할 수 있었다. 그림 6 (b)는 초음파 센서로 출입문이 열린 상태를 나타내고 별도의 초음파 센서를 이용하여 침입자를 판단하는 센서 데이터를 나타낸다. 침입자를 판단하기 위해 비교적 지향 각이 넓은 초음파 센서 HG-M40DB를 사용하여 판단하였다.



(a) 침입자가 없는 경우 센서 데이터



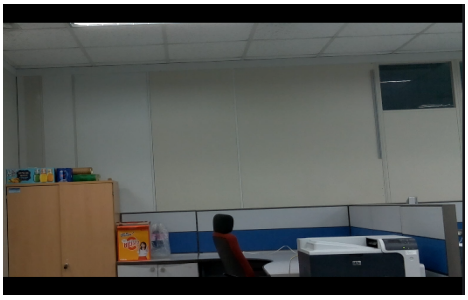
(b) 침입자가 발생한 경우 센서 데이터

그림 6. 상황에 따른 센서 데이터
Fig. 6. Sensor data according to the situation

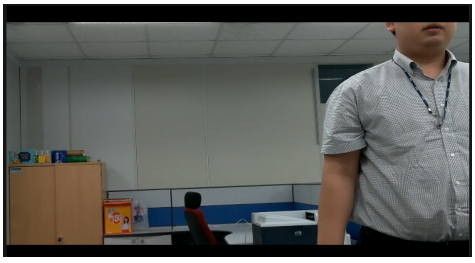
본 논문에서는 최적의 스마트 홈 시큐리티를 위해 카메라와 서보모터의 위치를 카메라의 시야각과 비슷한 지향 각을 가진 초음파 센서 HG-M40DB와 동일하게 위치

하여 침입자의 침입여부를 판단하여 바로 영상을 촬영할 수 있도록 하였다. 또한, 초음파 센서에 피사체가 판단되는 경우 카메라를 구동하기 때문에 카메라의 에너지와 영상 저장공간을 효율적으로 활용할 수 있었다.

그림 7은 초음파 센서 HG-M40DB를 이용하여 침입자가 침입하였을 때 카메라로 촬영한 영상을 나타낸다. 그림 7 (a)는 침입자가 없는 경우를 나타내기 위해 촬영한 그림이다. 그림 7 (b)는 초음파 센서 HG-M40DB를 이용하여 침입자의 침입여부를 판단하여 카메라를 구동하였을 때의 촬영한 영상을 나타낸다. 초음파 센서 HG-M40DB의 지향 각은 카메라의 시야각과 비슷하기 때문에 침입자의 영상을 촬영하는데 보다 수월하였다.



(a) 침입자가 없는 경우 화면



(b) 침입자 발생 한 경우 화면

그림 7. 카메라로 촬영한 영상
Fig. 7. Recorded screen according to the situation

표 2는 기존 아두이노를 이용한 논문인 “Design and Implementation of Arduino-based Efficient Home Security Monitoring System”에서 제안된 홈 시큐리티 시스템과 본 논문에서 제안한 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 비교 하였을 때, 여러 개의 센서들을 이용하는 것 보다 정확히 필요한 위치에 알맞은 센서를 위하였기 때문에 적은 비용으로 최적의 신뢰도 높은 데이터를 얻을 수 있었다. 또한, 본 논문에서 사용한 초음파 센서 HG-M40DB는 카메라의 시야각과 비슷한 지향각을 가지고 있어 카메라가 침입자를 촬영하는데 효율적인 배치를 할 수 있었다. 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 성능을 비교·분석한 결과이다.

표 2. 기능 비교 분석
Table 2. Capabilities Comparison

Item	Established Smart Home	In this paper Home Security
Number of sensors	4	2
Data Reliability	Low	High
Complexity	High	Low
Adaptation	Low	High
Readableness	Low	High

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 최적의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 설계하였으며, 실제 마이크로 프로세서인 라즈베리 파이3와 이에 호환되는 초음파 센서 HC-SR04와 HG-M40DNI, HG-M40DB를 이용하여 각 위치에 가장 적합한 초음파 센서를 선정 하였으며, 해당 센서를 이용하여 구현 함으로써 기존의 홈 시큐리티 시스템에 비해 적은 양의 센서들로 침입자를 판별하였다. 적은 양의 센서들로 홈 시큐리티를 구성하였기 때문에 복잡한 장비 설치 등이 요구 되지 않았고, 누구나 쉽게 제작이 가능하도록 하였다. 또한, 두 개의 초음파 센서를 이용하여, 두 개의 초음파 센서, 적외선 센서를 이용한 기존 논문 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템과 동일한 동작을 하였다.

또한, 기존의 논문과 동일하게 서보모터와 조이스틱을 이용하여 카메라의 사각지대를 촬영 할 수 있었으며, 웹 서버를 통해 사용자는 자신이 위치하고 있는 원격지에서 실시간으로 모니터링이 가능하였다.

향후 과제로는 초음파 센서 뿐만 아니라 다양한 센서를 이용하여 최적의 홈 시큐리티 시스템에 대해 연구하고자 하며, 웹 서버와 클라이언트를 구분하여 IoT 표준에 맞춘 미들웨어를 이용하여 시스템을 설계하고, 센서 데이터와 알람을 이용하는데 표준 메시지 프로토콜을 이용하여 구현하고자 한다.

References

[1] Ye-Jin Jang, Young-Tae Chun, "Technology trend of Smart-home Security System", Korean Security Science Review, no.30, pp.119-138, 2012.

[2] Han-Gook Kim, "Analysis of Entry Strategy and Market Trend of Home Security", Korea Entertainment Industry Association, pp.223-226, 2014.11.

[3] Woo-Sik Lee, Nam-Gi Kim, "Omnidirectional Distance Estimation using ultrasonic in Wireless Sensor Networks", The Journal of The Institute of Webcasting, Internet Television and Telecommunication vol.9, no.5, pp.85-91, 2009.

[4] S.J. Kim, H.S. Oh, "Implementation of Efficient Security System Using WebCAM", Korea Multimedia Society, vol.12, no.1, 2009.

[5] P. Bedi, R. Singh, and TK. Matharu, "Ensuring security in a closed region using robot", *ICCIC 2010*, pp.1-4, 2010.
DOI: https://doi.org/10.1109/iccic.2010.5705752

[6] B. Nahar, ML. Ali, "Development of mobile phone based surveillance system", *ICCIT 2010*, pp.506-510, 2010.
DOI: https://doi.org/10.1109/iccitechn.2010.5723909

[7] Kyu-su Lee, Hyeon Sim, and Jai-Cheol Oh, "The Design and Implementation of Intruder Access Control System by based of Ubiquitous Sensor Network", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol.7, No. 5, pp.1165-1171, 2012.

저자 소개

이 형 로(준회원)

- 2016년 : 세명대학교 컴퓨터학과 이학사
- 2016년 ~ 현재 : 세명대학교 일반대학원 석사과정 (컴퓨터학 전공)

<주관심분야 : SoC CAD, Embedded System, Real-time System, Mobile System>

인 치 호(정회원)

- 2014년 제14권 제6호 참조

※ 이 논문은 2016학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임