

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.5.131>

JIBC 2016-5-20

라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of Smart Home Security Monitoring System based on Raspberry Pi2

이형로*, 인치호**

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

요약 본 논문에서는 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 제안한다. 제안하는 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템은 비교적 다루기 쉬운 메인 프로세서인 라즈베리 파이2와 초음파 센서, 인체 감지 센서를 이용하여 침입 여부를 판단하도록 스마트 홈 시큐리티를 구성하였다. 또한, 침입자의 영상을 촬영하기 위해 라즈베리 파이2에 호환 되는 파이 카메라를 서보 모터에 연결하여 침입자의 위치에 맞는 촬영을 할 수 있도록 하였다. 웹 서버는 해당 기록된 영상과 센서들의 데이터를 저장하고 모든 원격지에서 모니터링이 가능하도록 웹 페이지를 제공한다. 본 논문에서 제안된 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 실제 구현함으로써 효율성 검증 결과 기존 홈 시큐리티 시스템에 비해 개인이 쉽게 구성이 가능하였으며, 서보 모터를 이용하여 카메라의 사각지대를 최소화 할 수 있었다. 또한, 초음파 센서와 인체 감지 센서를 이용함으로써 침입자 판별에 신뢰도 높은 데이터를 얻을 수 있었기 때문에 안정적인 시스템 운영이 가능하였다.

Abstract In this paper, we propose an Raspberry Pi2-based smart home security monitoring system. Proposed home security monitoring system was configured using a relatively tractable main processor raspberry pi2, ultrasonic sensors, and PIR sensors. In addition, The picamera is compatible with raspberry pi2 was connected to the servo motor. And by driving the attacker's location the video was recording. The Web server stores data of the recorded image and the sensor, and provides a web page to enable the monitoring at all remote locations. When examining efficiency of proposed home security monitoring system it was found that proposed system is easier to be made than existing home security system and is able to minimize the blind spot of the camera by using servo motor and is efficient and convenient and stable as it enables a user to handle an error in person and it uses reliable data.

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

1. 서론

최근 우리 생활 속에는 스마트 폰, 스마트 패드, 웨어러블 기기와 같은 첨단 디바이스들이 널리 확산되어 있으며, 유무선 초고속 통신을 통한 홈 네트워킹 기술과 무

선 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

접수일자 : 2016년 9월 21일, 수정완료 : 2016년 10월 5일

게재확정일자 : 2016년 10월 7일

Received: 21 September, 2016 / Revised: 5 October, 2016 /

Accepted: 7 October, 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 사용되었던 보안 장비인 CCTV나 DVR 등의 홈 시큐리티 장비들은 고가이며 복잡한 장비 설치가 요구되기 때문에 개인적으로 사용할 경우에 설치비 및 유지비용의 부담감 크며, 설치가 어려운 단점이 있다.^[5]

본 논문에서는 문제점 해결을 위하여 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 제안한다. 제안하는 홈 시큐리티 모니터링 시스템은 마이크로 컨트롤러인 라즈베리 파이2를 이용하여 설계하였기 때문에 누구나 쉽게 접근이 가능하고, 라즈베리 파이2에 호환되는 파이 카메라를 사용하여 쉽게 영상 편집이 가능하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 구성 및 설계에 대하여 기술하고, 3장은 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 구현을 통해 효율성 검증을 위한 실험 결과에 대하여 기술하며, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템

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

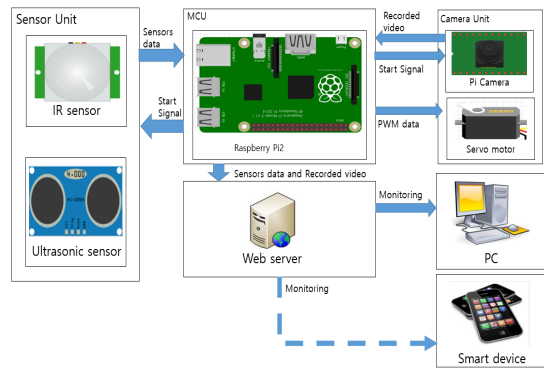


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Configuration

스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 메인 프로세서는 라즈베리 파이2를 사용하였고 침입 여부를 판단하기 위해 초음파 센서 HC-SR04와 인체 감지 센서 HC-SR501을 사용하였다. 센서 데이터를 전송하고 저장하기 위해 웹 서버를 구축하였으며, 웹 서버로 수신된 센서 데이터와 촬영된 영상은 인터넷이 가능한 모든 원격지에서 사용자가 PC 및 스마트 디바이스를 통해 모니터링 할 수 있도록 설계하였다.

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

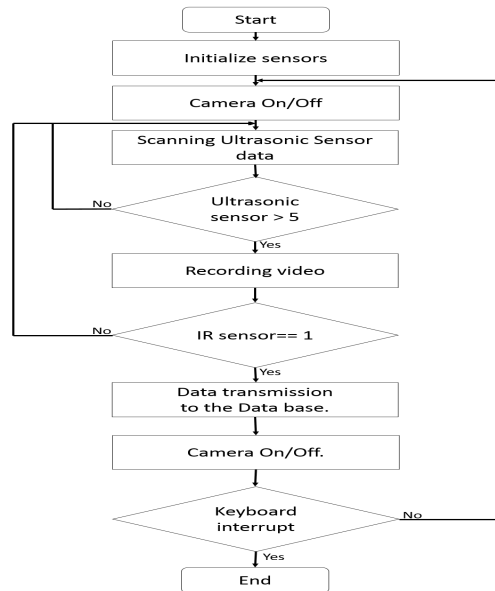


그림 2. 홈 시큐리티 모니터링 시스템 알고리즘
Fig. 2. Home Security Monitoring System Algorithm

스마트 홈 시큐리티 시스템이 시작 될 때, 초음파 센서와 인체 감지 센서의 초기화가 진행된다. 문의 개폐 상태를 확인하기 위해 초음파 센서의 최대 값을 5cm로 책정하여 5cm 이상일 경우 문이 열린 상태로 판단하였다. 초음파 센서로 문의 상태를 확인 한 후 보다 정확하게 침입 여부를 판단하기 위해 인체 감지 센서를 이용하여 확인하였다. 인체 감지 센서의 데이터 값이 1인 경우 침입자가 발생한 것으로 판단하여 파이 카메라를 구동 하여 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. 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템 구현

본 논문에서 제안 된 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템의 효율성 검증을 위해 그림 3과 같이 실험 환경을 구현 하였다. 초음파 센서와 인체감지 센서의 데이터를 정확하게 추출하고 확인하기 위해 설치 위치를 제한하였다.

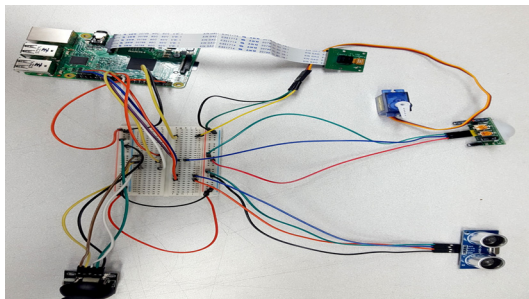


그림 3. 전체 실험 환경
 Fig. 3. All experimental environment

본 논문에서 제안하는 스마트 홈 시큐리티에서 사용된 초음파 센서를 이용한 침입 여부 판단을 5cm를 기준으로 실험 하였으며, 실험은 3가지 경우로 구분하여 실험을 진행 하였다. 표1은 초음파 센서와 인체 감지 센서 데이터에 따른 각 경우를 나타내고 있다.

표 1. 실험의 조건

Table 1. Case of a experiment

Case.	Ultrasonic Sensor	Motion Sensor	Circumstance
Case1.	5cm under	false	Clear
Case2.	5cm exceed	false	Open door
Case3.	5cm exceed	true	Attacker occurred

센서 데이터와 촬영된 영상을 웹 서버에 전송하기 위한 라즈베리 파이 프로그램 소스는 그림 4와 같다.

```
print "Home security test (CTRL+C to exit)"
while True:
    x = GPIO.input(VRX)
    y = GPIO.input(VRY)
    sw = GPIO.input(SW)
    Joystickcontrol1(x,y,sw) #joystick control1
    #Ultrasonic Sensor
    GPIO.output(TRIG, False)
    time.sleep(0.5)
    GPIO.output(TRIG, True)
    time.sleep(0.00001)
    GPIO.output(TRIG, False)
    while GPIO.input(ECHO) == 0:
        pulse_start = time.time()
    while GPIO.input(ECHO) == 1:
        pulse_end = time.time()
    distance = Ultrasoniccontrol1(pulse_start, pulse_end)
    print "Distance : ", distance, "cm"
    #check that the door is open
    if distance >= 5:
        print "Open the door!!"
    #make sure that an detector
    if GPIO.input(PIR_PIN): #PIR Sensor
        print "Detected!"
        PiCameracontrol1_start() #PI Camera Start
        time.sleep(1)
        if x == 1 and y == 1:
            PiCameracontrol1_end() #PI camera End
        else:
            Joystickcontrol1(x,y,sw) #joystick control1
            PiCameracontrol1_end()
    else:
        print "No Detected"
    else:
        print "safety"
```

그림 4. 라즈베리파이 소스 코드

Fig. 4. Raspberry Pi Source code

그림 4의 라즈베리 파이 소스는 Python으로 구현 하였으며, Ultrasonic_converter 함수는 초음파 센서의 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.

$$t = \frac{2 \times L}{Vs} \quad (1)$$

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 58μs이고, 물체까지 도달하는 시간은 신호가 되돌아 올 때 까지

걸리는 시간 t 를 $1/2$ 하여 약 $29\mu s$ 임을 유추할 수 있으며, 일반적으로 식 (2)를 이용하여 물체까지의 거리를 계산한다.

$$L = \frac{t \times V_s}{2} \quad (2)$$

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

인체 감지 센서는 인체의 온도는 $36.5^\circ C$ 로써 적외선 범위에 포함되기 때문에 IR로 표기를 하고 움직임이 있을 경우 센서가 감지하여 메인프로세서로 1을 보내거나 0을 보내게 되며, 이를 이용하여 최종적으로 침입자의 여부를 판단하였다.

```

pi@raspberrypi: ~/python
┌───(F) ───(C) ───(T) ───(H)───
pi@raspberrypi: ~/python
x = 1, y = 1, sw = 0
~/python $ sudo python finaltest1.py
Home security test (CTRL+C to exit)
Distance : 1.84 cm
safety
Distance : 1.87 cm
safety
Distance : 1.92 cm
safety
Distance : 1.96 cm
safety
Distance : 1.85 cm
safety
Distance : 2.09 cm
safety
    
```

(a) 침입자가 없는 경우 센서 데이터

```

pi@raspberrypi: ~/python
┌───(F) ───(C) ───(T) ───(H)───
pi@raspberrypi: ~/python
Distance : 22.54 cm
Open the door!!
No Detected
Distance : 21.64 cm
Open the door!!
No Detected
Distance : 9.21 cm
Open the door!!
No Detected
Distance : 10.79 cm
Open the door!!
Distance : 21.66 cm
Open the door!!
detected!
    
```

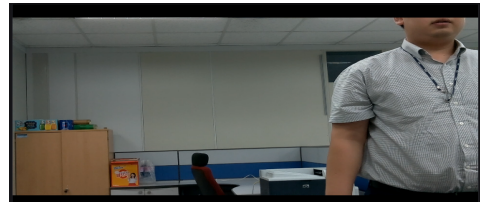
(b) 침입자가 발생한 경우 센서 데이터

그림 5. 상황에 따른 센서 데이터
Fig. 5. Sensor data according to the situation

그림 5 (a)와 (b), (c)는 각 상황에 따른 초음파 센서와 인체 감지 센서 데이터를 나타낸다. 실험 조건과 같이 초음파 센서의 값을 5cm로 기준하여 초과와 이하일 때 문 열림과 닫힘을 판단하여 실험하였다. 그림 5 (a)는 침입자가 없는 경우 각 센서들의 데이터를 나타낸다. 초음파 센서의 측정거리가 5cm 미만이므로 인체 감지 센서는 작동하지 않으며 False 값이 출력 되었다. 그림 (b)는 초음파 센서의 데이터 값이 5cm 초과로 문이 열려 침입의 우려가 있는 경우의 센서 데이터 값을 나타낸다. 그림 (c)는 최종적으로 문이 열려있으며 침입자가 발생한 상태를 나타내고 있다.

각각의 초음파 센서와 인체 감지 센서의 데이터는 침입자가 발생 시 라즈베리 파이2에 연결되어 있는 카메라 모듈을 동작 시킨다. 동작된 카메라 모듈은 침입자를 촬영하고 센서 데이터로 촬영된 영상은 웹 서버로 전송되어 저장되고, 사용자는 PC 및 스마트 디바이스를 통해 스마트 홈 시큐리티 모니터링이 가능하도록 구현하였다

그림 6은 침입자가 발생 하였을 때, 촬영된 영상을 나타내고 있다. 그림 6 (a)는 침입자가 발생 했을 때의 촬영된 영상이며, 그림 6 (b)는 사용자가 조이스틱을 조절하여 정확하게 침입자를 촬영한 영상을 나타낸다.



(a) 침입자가 발생한 화면



(b) 조이스틱 조작 후 화면

그림 6. 상황에 따라 기록된 화면
Fig. 6. Recorded screen according to the situation

그림 7은 스마트 디바이스 환경에서 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 작동 시킨 후 침입자가 발견된 상

황의 화면을 보여주고 있다. 상단에는 최근 기록된 영상을 표시하고 있으며, 중앙에는 센서의 데이터를 표시하고 있다. 또한 하단에는 이전 기록된 영상들을 표시하여 사용자가 원할 때 확인 할 수 있도록 모니터링 시스템을 구성하였다. 웹 서버를 기반으로 하여 모니터링 시스템을 구현 하였기 때문에 별도의 앱을 설치하지 않고 스마트 디바이스에서 확인 할 수 있었다.

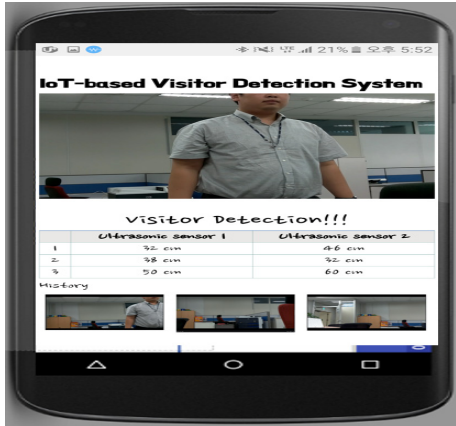


그림 7. 스마트 디바이스에서의 모니터링 화면
 Fig. 7. The Monitoring screen of the Smart Device

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 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
Data Reliability	Low	High
Complexity	High	Low
Adaptation	Low	High
Readableness	Low	High

IV. 결 론

본 논문에서는 라즈베리 파이2 기반의 스마트 홈 시큐리티 모니터링 시스템을 설계하였으며, 실제 마이크로

프로세서인 라즈베리 파이2와 이에 호환되는 초음파 센서, 인체 감지 센서를 이용하여 구현함으로써 기존의 홈 시큐리티 시스템과 같이 복잡한 장비 설치가 요구되지 않고 누구나 도면을 보고 쉽게 제작이 가능하도록 하였으며, 비교적 구성이 쉽게 이루어져 있어 오작동 발견 시 즉각적으로 빠른 대처가 가능하였다. 또한, 침입자 판단을 위해 초음파 센서와 인체 감지 센서를 이용하였기 때문에 하나의 센서만을 이용하여 침입자를 판단하였던 기존 홈 시큐리티 시스템에 비해 보다 신뢰도 높은 데이터를 이용하여 보다 안정적인 시스템 운영이 가능하였다. 그리고 CCTV나 DVR의 장비를 사용하지 않고 라즈베리 파이2에 호환되는 파이 카메라를 사용하여 쉽게 영상처리가 가능하였다. 또한, 서보모터와 조이스틱을 이용하여 카메라의 사각지대를 줄이도록 개선하였으며, 웹 서버를 이용한 모니터링 시스템을 통해 사용자는 자신이 위치하고 있는 원격지에서 실시간으로 침입 감지 시 스마트 디바이스를 통해 모니터링이 가능하였다.

향후 과제로는 두 개의 센서뿐만 아니라 다양한 센서를 통해 좀 더 신뢰성 높은 데이터를 이용하여 침입 여부를 판단하며, 영상처리 알고리즘을 추가 구성하여 침입자를 인식하고, 침입자의 정확한 정보를 관리자에게 전달이 연구하고자 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.

- [6] B. Nahar, M.L. Ali, “Development of mobile phone based surveillance system”, *ICCIT 2010*, pp.506-510, 2010.
- [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