

라즈베리파이 기반 미소 불꽃 감지를 이용한 스마트 경보 서비스 시스템 구현

이영민¹ · 손경락[†]

(Received September 8, 2015 ; Revised October 12, 2015 ; Accepted November 20, 2015)

Fabrication of smart alarm service system using a tiny flame detection sensor based on a Raspberry Pi

Young-Min Lee¹ · Kyung-Rak Sohn[†]

요약: 라즈베리파이는 복수개의 입출력 주변 장치를 지원할 수 있는 신용카드 크기 정도의 단일보드 컴퓨터로 이기종간 상호연동을 위한 완전한 플랫폼으로 사용할 수 있으므로 다양한 응용에 적용될 수 있다. 라즈베리파이와 와이파이 기능을 결합하면 원격통신이 가능하여 무선센서 노드를 구성하는데도 매우 적합하다. 또한 데이터처리와 의사결정을 인공지능에 기반을 둘 수 있으므로 화재 감지나 화재발생 신뢰도 판단 등과 같은 예제를 이미 개발된 테스트베드에서 수행해 볼 수 있다. 본 논문은 건물 내의 능동적 화재안전감지를 위한 센서 웹노드로서 라즈베리파이 이용에 대한 연구 결과이다. UV 불꽃감지센서가 촛불 크기 정도의 불꽃을 감지하면 라즈베리파이는 GCM 서버를 통해 지정된 스마트폰으로 현장상황을 알리는 푸쉬 메시지를 보낸다. 모바일 앱은 오작동 알람 여부를 판별하기 위한 실시간 비디오 영상을 제공할 수 있도록 개발되었다. 만약 긴급 상황이라면 긴급통화로 즉시 도움을 요청할 수 있도록 구현하였다.

주제어: 라즈베리파이, 화재, 미소불꽃감지센서, 스마트 알람

Abstract: Raspberry Pi is a credit card-sized computer with support for a large number of input and output peripherals. This makes it the perfect platform for interaction with many different devices and for usage in a wide range of applications. When combined with Wi-Fi, it can communicate remotely, therefore increasing its suitability for the construction of wireless sensor nodes. In addition, data processing and decision-making can be based on artificial intelligence, what is performed in developed testbed on the example of monitoring and determining the confidence of fire. In this paper, we demonstrated the usage of Raspberry Pi as a sensor web node for fire-safety monitoring in a building. When the UV-flame sensors detect a flame as thin as that of a candle, the Raspberry Pi sends a push-message to notify the assigned smartphone of the on-site situation through the GCM server. A mobile app was developed to provide a real-time video streaming service in order to determine a false alarm. If an emergency occurs, one can immediately call for help.

Keywords: Raspberry pi, Fire, Tiny flame detection sensor, Smart alarm

1. 서론

현대 물질문명의 발전, 생활권 확대 및 인구 과밀화로 인한 사회구조의 변화는 도시형 재난 발생요인을 복잡 다양하게 가중시키고 있다. 그 중 화재는 사람의 생명과 재산의 피해를 가장 많이 입히는 재난 중에 하나이다. 화재발생의 건수와 그 피해액은 최근 10년간 꾸준히 증가하고 있으므로 이러한 화재 재난 상황에 대한 대책을 마련하는 것이 매우 중요하다. 최근 이러한 안전관련 정보 서비스는 사물인터넷을 기반으로 활발하게 연구되고 있다[1][2].

사물인터넷은 사물지능통신, 사물통신, M2M (Machine to

Machine), IoT(Internet of Things) 등 다양한 형태로 표현되고 있다. 기존의 정의에 따르면 사물인터넷이란 사람의 직접적인 개입 없이 사물이 스스로 다른 사물 혹은 서버와 정보를 교환 하는 것으로 볼 수 있다. 최근에는 사람과 사물의 구분 없이 모든 것이 연결되어 사람·사물·데이터가 상호 정보를 교환하는 만물통신 (Internet of Everything, IoE)의 개념도 등장하였다[3][4]. 따라서 현재 사물인터넷 기술을 이용한 스마트 홈 시스템이 주목받고 있으며 스마트 홈 시스템을 구현하는 데 있어서 라즈베리파이는 더할 나위 없이 적합한 기능을 수행 할 수 있다. 싱글 보드 컴퓨터인 라

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8888-1241>): Major of Electronics and Communications Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 606-791, Korea, E-mail: krsohn@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4312

¹ Major of Electronics and Communications Engineering, Korea Maritime and Ocean University, E-mail: lym4402@gmail.com, Tel: 051-410-4908

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

즈베리파이는 센서를 통해 데이터를 받아 그 데이터를 통해 다른 기기를 작동시키는 것에 적합하다[5][6].

본 논문에서는 기존의 화재 감지기와 CCTV 기능을 라즈베리파이의 사물인터넷 구현기술에 적용시켜 시스템을 제작하였다. 한편 기존의 CCTV 시스템의 경우 스마트폰 어플리케이션이나 사용자의 컴퓨터를 이용하여 사용자가 실시간으로 설치 장소에 대한 확인이 가능하다. 그러나 다른 업무를 보거나, 잠시 화면에서 시선을 돌린 경우 화재가 발생한 순간에 대해서는 인식을 하지 못함으로써 즉각적인 대응 시점을 놓치는 바람에 큰 피해를 보는 경우가 적지 않게 발생하였다. 또한 기존의 화재감지기는 온도 상승 후 또는 연기 감지 후 화재 발생을 알림으로 화재 초기에 적절하게 대응하기 어려우며, 사용자가 화재발생지역을 벗어나 있을 경우에는 발생한 화재를 인식하는데 상당한 시간이 소요된다.

본 논문에서 보고한 스마트 알람시스템은 화재의 초기발화상태인 미세불꽃이 생기면 이를 즉각 감지할 수 있는 자외선 영역 불꽃감지센서와 인터넷 및 무선통신망 기반 영상모니터링과 알람 서비스를 위한 라즈베리파이로 구성된다[7]. 불꽃이 감지되면 라즈베리파이는 화재발생정보를 사용자의 스마트폰으로 알람 메시지 형태로 보낼 수 있게 구현되었으며, 화재 발생 시 알람서비스를 받은 사용자는 어플리케이션을 통해 화재 발생지점의 실시간 영상을 자신의 스마트폰으로 직접 확인하면서 긴급지원요청을 할 수 있다. 라즈베리파이와 연결된 웹캠으로 불꽃의 움직임과 화재의 진행 상태를 이미지 파일로 저장할 수 있는 기능을 통해 사후 화재의 원인 규명에 사용될 수 있다. 본 연구를 통해 개발된 시스템은 기존의 CCTV보다 화재 상황에 대해 좀 더 능동적이면서 빠르고 정확하게 대응할 뿐만 아니라 화재 신고 및 원인 규명에도 도움이 될 것이다[8].

2. 시스템 구성도

Figure 1은 영국의 라즈베리파이 재단에서 개발한 싱글보드 컴퓨터인 라즈베리파이를 보여준다. 저가형이지만 컴퓨터 기능을 모두 갖추고 있어 사물인터넷 기술을 접목한 시스템을 구현하기에 최적화되어 있다. 하드웨어 제어를 위한 입출력 핀인 GPIO를 내장하고 있으므로 추가적인 장비 없이도 기본적인 하드웨어 제어가 가능하며 그래픽 성능이 뛰어나 영상처리를 해야 하는 시스템을 구성하기에 유리한 점을 갖고 있다. 또한 리눅스 기반의 운영체제인 라즈비안을 이용하여 간단한 소스 코딩만 한다면 사용자의 조작 없이도 사물 간 정보교환 및 동작제어가 가능하다[9][10].

Figure 2는 불꽃감지센서, 라즈베리파이, 구글 클라우드 메시징 (Google cloud messaging: GCM) 서버, 웹캠 그리고 스트리밍 서버로 구성된 미소불꽃 감지 및 스마트 알람 서비스 시스템의 구성도이다. 화재 초기의 불꽃을 감지하기 위한 센서 모듈은 라즈베리파이의 GPIO를 통해 연결되고 라즈베리파이는 GCM 서버와 연동한다. GCM은 Google에서 제공하는 메시지 발송 서비스로서 독자적인 서버를 구축하지 않고도

라즈베리파이에서 실현한 화재감시 상황을 사용자들에게 메시지로 발송할 수 있는 수단으로 활용할 수 있다.

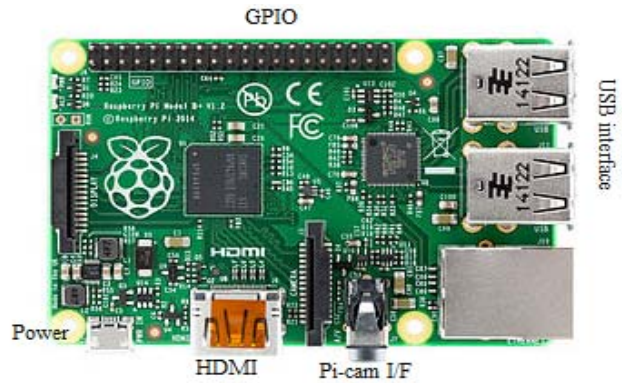


Figure 1: Raspberry Pi B+

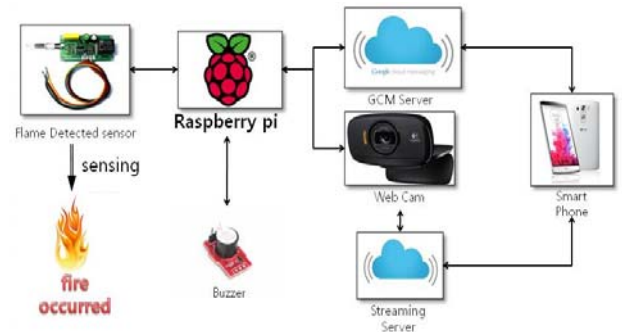


Figure 2: System configuration

Figure 3은 R2868을 이용한 불꽃 감지 센서 구동회로를 보여준다. R2868은 일본 Hamamatsu사에서 제공하는 자외선 영역에 반응하는 불꽃감지센서이다. 불꽃을 조기에 감지하기 위하여 화염의 방사에너지 중 자외선에 민감한 센서를 사용하였다. 고압회로에 의해 330V의 역 바이어스 전압이 R2868의 애노드와 캐소드 사이에 인가된 상태에서 자외선 영역대의 광자가 검출되면, 증배된 광전자 발생에 의해 센서에는 전류가 통하게 된다. 전류의 양에 따라 검출된 파장의 상대강도를 측정하여 불꽃에 대한 반응신호를 발생하게 되는데, 2Hz 발진주파수를 가진 발진기가 MOSFET의 게이트를 스위칭 할 수 있도록 설계되어 있다.

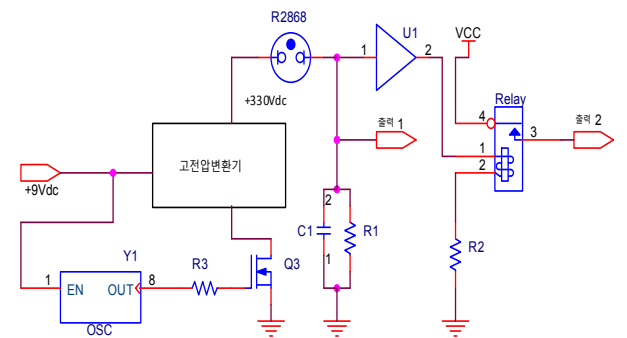
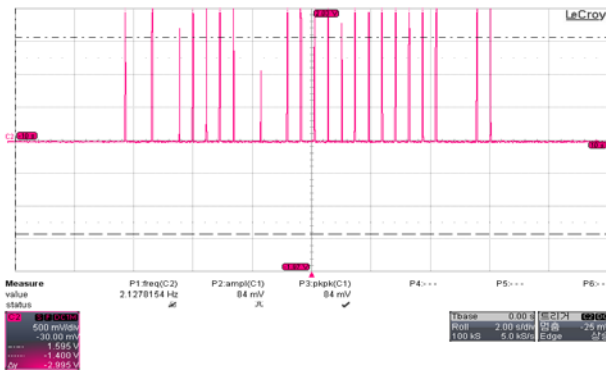
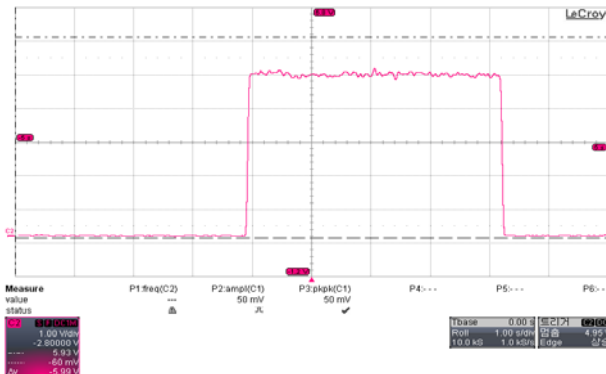


Figure 3: Driving circuit of R2868

R2868의 캐소드 부분인 출력 1에서 측정된 출력 파형은 **Figure 4 (a)**와 같다. 센서가 불꽃 파장을 감지하지 못하면 출력 전압은 기저상태를 보이지만, 불꽃을 감지하면 불꽃이 유지되는 동안 발진기가 MOSFET의 게이트를 0.5초 간격으로 스위칭 하므로 연속적인 펄스 신호를 발생한다. 라즈베리파이의 GPIO와 연결하기 위하여 릴레이를 통해 안정적인 출력 신호가 발생될 수 있게 하였으며 출력 2에서 측정된 출력파형은 **Figure 4 (b)**와 같다. 불꽃 신호가 검출되는 동안은 High 출력신호를 보내지만 불꽃 신호가 사라지면 Low 출력으로 돌아온다.



(a) Signal waveform at output port 1



(b) Signal waveform at output port 2

Figure 4: Output waveform of the R2868 sensor module

화재 감시 및 알림을 위한 중앙제어시스템은 라즈베리파이, 와이파이 모듈, GCM 서버로 구성되어 있다. 센서를 통하여 실시간으로 불꽃을 감지하다가 화재발생을 인식하게 되면 라즈베리파이에서 화재발생여부에 대한 판단을 하게 된다. 라즈베리파이는 와이파이 통신을 이용하여 인터넷에 연동되고 GCM 서버에 접속하여 사용자의 스마트폰으로 푸시메시지를 보낼 수 있는 서비스를 제공한다[11]. 이때 라즈베리파이에서는 특정 메시지를 자동으로 전송할 수 있는데 본 연구에서는 화재 발생 상황을 보고할 수 있도록 설계하였다. 그와 동시에 부저를 통해 경고음을 발생시켜 화재가 발생했다는 것을 주위에 알려 준다. 영상 처리부에서는 라즈베리파이 전용 카메라인 파이 카메라와 컴퓨터용 웹캠이 사용되었다. 파이카메라는 라즈베리파이를 서

버로 사용하여 IP 주소를 할당 받음으로서 실시간으로 시스템 설치 장소에 대한 영상 확인이 가능하다. 웹캠은 라즈베리파이 터미널의 'MOTION' 명령어를 통해 감시영역의 움직임이 감지될 경우 1초 간격의 사진으로 저장하여 추후 화재의 원인을 규명하는데 도움을 줄 있게 설계하였다.

Figure 5는 무선망을 통해 스마트폰에서 불꽃센서 설치영역을 실시간으로 확인할 수 있는 어플리케이션 프로그램의 초기화면이다. 어플리케이션 프로그램은 안드로이드 기반의 스마트폰에서 활용할 수 있도록 구성하였다. 기본적으로 사용자가 화재 발생에 관한 푸시메시지를 받을 경우 해당 앱을 실행하여 실시간으로 영상을 확인 할 수 있도록 구성되어 있으며, 긴급 상황으로 판단되어 긴급요청이 필요할 경우 전화 버튼을 누름으로써 자동으로 화재 신고가 가능하도록 구성하였다[12][13].



Figure 5: User application program

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 미소 불꽃 감지 시스템

불꽃 감지 센서의 위치와 불꽃의 크기에 대한 감도를 측정하기 위하여 R2868을 **Figure 6**과 같이 불꽃에 대하여 수직과 수평으로 설치하고 실험을 진행하였다. R2868의 애노드와 캐소드는 센서의 길이방향으로 제작되어 있으므로 **Figure 6 (a)**와 같이 모니터링할 대상과 수평방향으로 설치하는 것이 이상적이다. 그러나 예측할 수 없는 곳에서 화재가 발생할 수 있으므로 최악의 경우를 가정하여 **Figure 6 (b)**와 같이 수직방향의 화염에 대한 실험도 수행하였으며 각각에 대한 불꽃 민감도를 비교하였다.

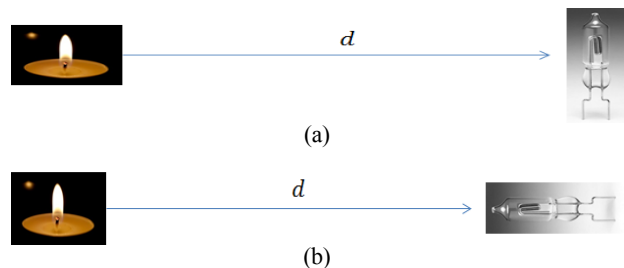


Figure 6: Directivity of R2868. (a) vertical and (b) horizontal direction against flame

Figure 7는 센서의 방향에 따른 불꽃 민감도 측정을 위한 실험장치도이다. 미소불꽃으로는 Figure 7 (a)와 같이 주위에서 흔히 구할 수 있는 초를 5개까지 활용하였다. 초의 불꽃 크기는 세로방향으로 30 mm 이며 1 m 거리에서 측정할 조도는 20 룩스이다. 실험을 위하여 Figure 7 (b)와 같이 제작된 알루미늄 프로파일에 센서를 부착하고 높낮이를 조절하면서 R2868을 통해 라즈베리파이의 알립 시스템을 감지할 수 있는 미소불꽃간 거리를 측정하였다. Figure 7 (c)는 라즈베리파이에 의해 불꽃이 감지된 경우를 확인하는 모니터 화면이다. 불꽃이 감지되면 “detected”라는 문자열을 보여준다.

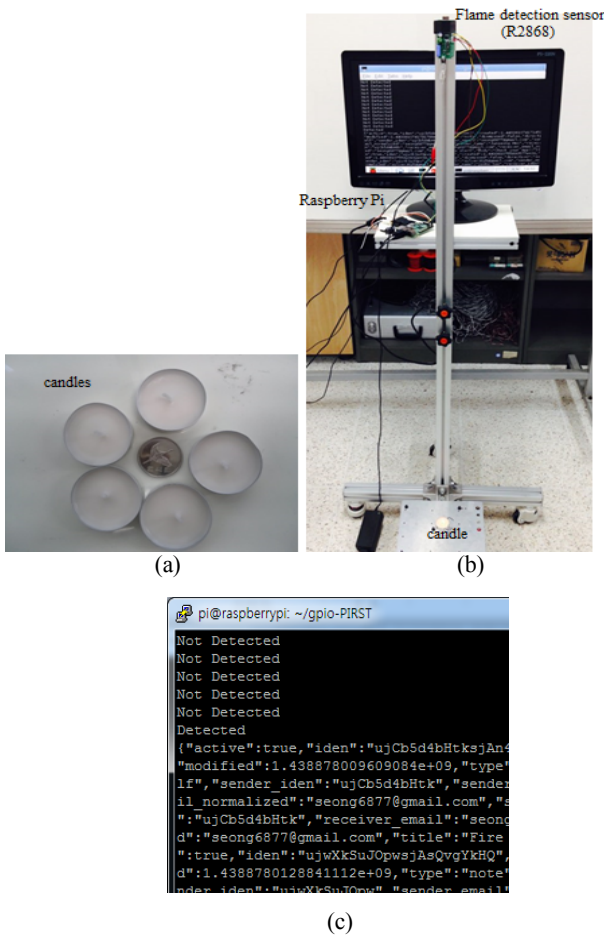


Figure 7: Sensitivity test of R2868. (a) candles used as a tiny flame (b) test setup (c) Monitoring screen to show the flame detection situation

Table 1: Measurement results of vertical sensing

distance(cm)	70	80	90	100	110	120	130
The no. of candles							
1	○	△	△	X	X	X	X
2	○	○	○	△	X	X	X
3	○	○	○	○	△	X	X
4	○	○	○	○	○	△	X
5	○	○	○	○	○	○	△
X : no detect, △ : unstable, ○ : good							

Table 2: Measurement results of horizontal sensing

distance(cm)	370	380	390	400	410	420
The no. of candles						
1	○	○	△	△	X	X
2	○	○	○	○	△	X
3	○	○	○	○	○	△
4	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○
distance(cm)	430	440	450	460	470	480
The no. of candles						
1	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X
3	△	△	△	X	X	X
4	○	○	○	△	△	X
5	○	○	○	○	○	△
X : no detect, △ : unstable, ○ : good						

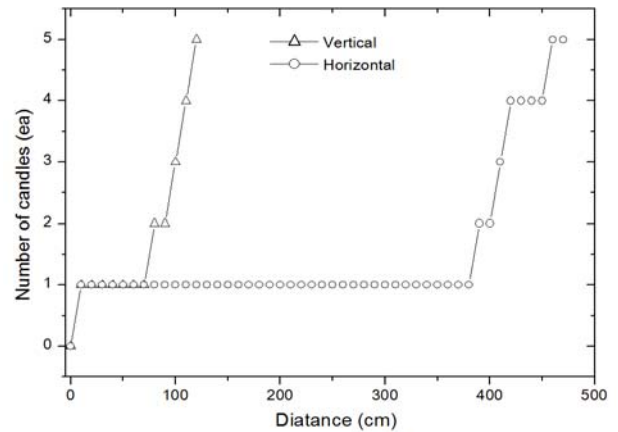


Figure 8: Sensing performance with respect to the vertical and horizontal direction

3.2 스마트 경보 서비스 시스템

Figure 9는 화재감지 시 사용자에게 스마트 경보 서비스를 위한 순서도이다. R2868 불꽃감지센서가 미세불꽃을 감지하여 화재 상황을 인식하면 라즈베리파이는 GCM 서버를 통해 사용자의 스마트 폰 어플리케이션으로 푸시메시지를 보내 화재에 대한 인식이 가능하게 한다. 이때 파이카메라는 화재 발생지역의 실시간 영상 스트리밍을 사용자 스마트폰에서 직접 확인할 수 있도록 한다. 동시에 웹캠은 시스템 설치 장소에 대한 이미지 저장 작업을 수행하여 FTP 서버에 저장하게 된다[10]. 이는 화재상황이나 화재원인을 규명할 때 사용할 수 있다. 사용자는 본 시스템의 위와 같은 과정을 통해 화재 상황에 대한 정확한 판단 및 긴급지원을 요청하는 등의 신속한 대응이 가능하다.

사용자가 스마트 알림 시스템 설치 장소에 화재가 발생하였다는 것을 알 수 있는 것은 Figure 10 (a)와 같은 푸시 메시지를 통해서이다. 불꽃감지센서가 화재를 감지한 후 GCM 서버를 통해 사용자의 스마트 폰으로 알림 서비스를 위한 푸시메시지를 전송되는 데 걸리는 시간은 평균 15초

정도로 측정되었다. 따라서 화재 상황 발생 시 사용자는 빠른 시간 안에 자신의 스마트폰으로 피카메라에 직접 접속하여 화재상황을 확인 가능하므로 오동작 유무를 판단하고 긴급 상황에 대한 신속 대처가 가능한 것이다.

사용자가 푸시메시지를 받은 후 스마트폰의 어플리케이션 프로그램을 이용하여 확인한 라즈베리파이의 피카메라 영상은 **Figure 10 (b)**와 같다. 라즈베리파이 터미널의 mjpg-streamer 명령어를 입력하여 IP 할당을 받아 서버를 구축하고, 촬영 중인 영상을 서버로 전송하여 영상 스트리밍이 가능하게 되도록 구현하였으므로 라즈베리파이 외부에서도 쉽게 영상 확인이 가능하다. 사용자는 영상 확인으로 오작동 유무를 판단할 수 있고, 화재가 발생 하였을 경우 어플리케이션 상의 긴급신고 버튼을 이용하여 손쉽게 화재 신고가 가능하다.

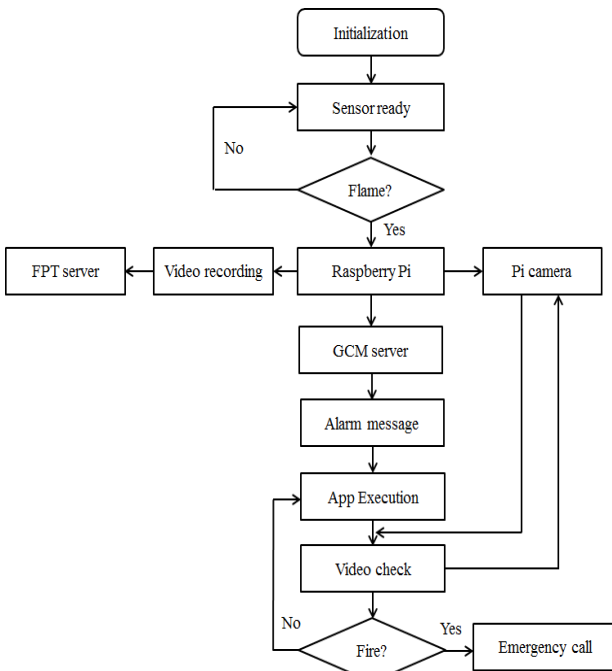


Figure 9: Procedure for smart alarm service

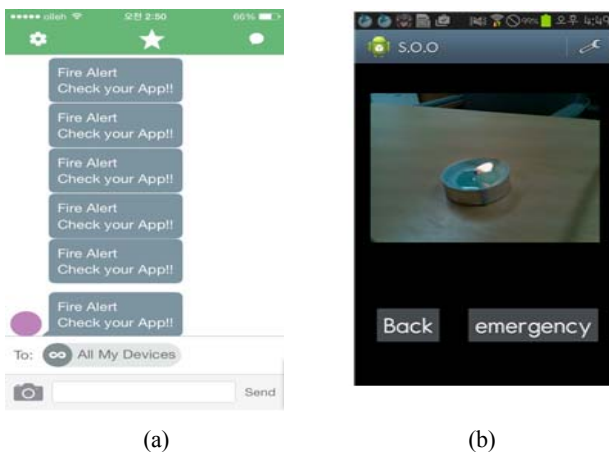


Figure 10: Mobile app for (a) push message and (b) video streaming on the Smart phone

또한 웹캠은 화재 상황에 대한 움직임을 감지하여 촬영 중인 영상을 라즈베리파이 내부에 이미지 파일로 저장한다. **Figure 11 (a)**는 FTP 프로그램을 통해 확인 한 라즈베리파이 내부의 이미지 파일 목록이다. 사용자는 FTP 서버를 통하여 외부 환경에서 라즈베리파이 내부로 원격 접속하여 저장된 이미지 파일 확인이 가능하다. **Figure 11 (b)**는 저장된 이미지 파일을 열어본 것이며, 이를 통해 화재의 원인 규명에 도움을 줄 수 자료로 제공되어 진다.

파일명	크기	파일 유형	최종 수정	권한	소유자/그룹
01-2015...	16,528	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	16,999	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	16,425	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	15,602	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	16,043	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	15,916	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	15,962	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root
01-2015...	15,961	JPEG 이미지	2015-08-07 ...	-rw-r--r--	root root

(a)



(b)

Figure 11: FTP Server. (a)local disk to show the JPEG image file, (b) flame image captured at the Webcam

4. 결 론

본 논문에서는 화재 발생 시 방사되는 자외선 영역의 파장에 반응하는 R2868 불꽃감지센서를 이용하여 사용자에게 화재여부를 초기에 알려주고 상황을 즉시 확인할 수 있는 스마트 알림 서비스 시스템을 구현하였다. 사물인터넷 기반 서비스 시스템 구현이 용이한 라즈베리파이를 이용하고 GCM 서버를 통해 사용자에게 직접 푸시메시지를 보낼 수 있는 시스템을 개발하여 원격지에서도 기존 인터넷 망과 이동통신망을 경유하여 15초 이내에 사용자가 화재 상황을 영상으로 인식할 수 있도록 하였다. 화재사고를 인지하고 시스템 설치 장소에 대한 실시간 영상 확인 후 긴급 구난 전화를 함으로써 정확한 정보에 기반을 둔 화재 상황에 초기대응하고 그 피해를 최소화하기 위한 시스템을 제시하였다. 이것은 기존의 시스템에 비해 화재 상황 인지를 더욱 빠르게 할 뿐만 아니라 즉각적인 대처가 가능하게 하

므로 인명피해와 재산피해를 최소화 할 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 한국산업기술진흥원의 2015년 도 지역주력산업육성사업과 교육부 한국연구재단의 2015년 도 산학협력선도대학 육성사업의 연구결과입니다.

References

- [1] D. Bradley, D. Russell, I. Ferguson, J. Isaacs, A. MacLeod, and R. White, "The internet of things-the future or the end of mechatronics," *Mechatronics*, vol. 27, pp. 57-74, 2015.
- [2] D. F. S. Santos, H. O. Almeida, and A. Perkusich, "A personal connected health system for the Internet of Things based on the Constrained Application Protocol," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 44, pp. 122-136, 2015.
- [3] I. Korkmaz, S. K. Metin, A. Gurek, C. Gur, C. Gurakin, and M. Akdeniz, "A cloud based and Android supported scalable home automation system," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 43 pp. 112-128, 2015.
- [4] S. Ferdoush and X. Li, "Wireless Sensor Network System Design using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications," *Procedia Computer Science*, vol. 34, pp. 103-110, 2014.
- [5] S. Monk, *Programming the Raspberry Pi Getting Started with Python*, Mc Graw Hill, 2013 (in Korean).
- [6] S. Monk, *Raspberry Pi Cookbook*, Hanbit Media, 2015 (in Korean).
- [7] P. Membrey and D. Hows, *Raspberry Pi + Linux*, Jpub, 2009 (in Korean).
- [8] J. G. Jeong, *Do it! Android App Programming*, easys publishing, 2012 (in Korean).
- [9] Y. S. Jang, G. O. Kim, and N. H. Seong, *Step by Step Android Programming*, INFINITY BOOKS, 2012 (in Korean).
- [10] J. Y. Yoon and K. Kim, *Raspberry Pi Smart Life*, Digital Books, 2013 (in Korean).
- [11] J. S. Lee and Y. S. Pyo, *Raspberry Pi Utilizing Paper*, BJPUBLIC, 2013 (in Korean).
- [12] D. Norris, *Raspberry Pi with Project*, Hanbit Media, 2015 (in Korean).
- [13] E. Upton and G. Halfacree, *Raspberry Pi User Guide*, Jinson, 2013 (in Korean).