

오픈소스 하드웨어를 사용한 저비용 열화상 잔불탐지 장치 개발

Development of a Low-Cost Thermal Image Hidden Fire Detector Using Open Source Hardware

Sangook Moon*

*Professor, Department of Electronic Engineering, Mokwon University, 88 Doanbuk-ro Daejeon, 35349 Korea

ABSTRACT

Hidden flame detection after allegedly extinguishing a fire cannot be emphasized enough. There are a few commercial hidden fire detection equipments which are imported, but the cost is relatively high. In this contribution, we propose a development of a low-cost, high-performance hidden flame detector using open-source hardware/software. We use Raspberry-pi based hardware board equipped with a TFT touch-screen LCD, a 3G modem, and an attachable battery device altogether integrated in a plastic case fabricated with a 3D printer. The proposed hidden flame detector shows the same performance of a commercial product FLIR E5 while consuming less than a half of the cost.

Keywords : Hidden flame detector, Thermal image, Open-source, Low-cost, 3D printer

I. 서 론

산불 진화 이후 길게는 일주일까지도 살아있는 잔불 탐지의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않으며 2005년에는 천년 문화재인 낙산사가 소실되었는데 그 직접적인 원인이 잔불로 인한 것으로 알려져 있다[1]. 잔불 탐지의 중요성은 널리 인식되고 있음에도 불구하고, 현실적으로 탐지 장비 연구 동향이나 시장은 크게

발달되어있지 않다. 최근에는 외산 상용 장비들이 시장에 등장하고 있으나, 소방대원들에게 공급하기에는 아직 고가이다[2]. 본 연구에서는 상용화 제품과 동급의 성능을 제공하며 오픈소스 하드웨어와 소프트웨어를 사용해서 비용을 최대한 절감하는 접근방식으로 잔불 탐지 장치를 설계하고 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본문에서 오픈소스를 사용한 시스템 구성과 소프트웨어 구성에 대해 기술한다. 그리고 실장에서 테스트한 결과와 상용 제품과의 성능 비교를 보이며 마지막으로 결론에서는 본 논문에서 설계한 잔불 탐지 시스템이 가져올 기대효과와 추후 연구 과제로의 발전 가능성에 대해 기술한다.

II. 시스템 구성

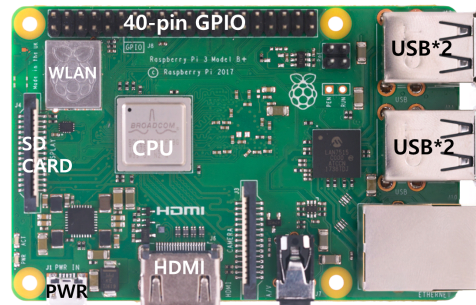


Fig. 1 Open-source main board - Raspberry pi

2.1. 메인 보드

시스템의 구성을 용이하게 하기 위해, 오픈소스 하드웨어로 많이 사용되고 있는 라즈베리파이3 B+를 선택하였다. 그림 1에서 보이는 40핀 GPIO는 터치스크린과 인터페이스하고, 열화상 센서와 3G 통신용 인터페이스를 위해 USB 포트를 사용한다. 운영체제 이미지를 SD 카드에 이식시키고, 무선랜과 HDMI를 사용하여 시스템에 필요한 모든 소프트웨어를 셋업한 이후, GPIO에 터치스크린을 장착하고 전원부에 배터리 장치를 연결

Received 18 November 2019, Revised 21 November 2019, Accepted 23 November 2019

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.12.1742>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

한다. 라즈베리파이의 초기 모델은 저전력 장치의 개념에서 출발하였으나, 모델3, 모델4로 진화하면서 저전력 보다는 다기능에 초점이 맞추어져 전압은 5V, 전류는 최소 2.5A의 전원을 공급하여야 하며 이를 충족시키지 못할 시, 무한 부팅이 반복되는 등 전력 부족 현상을 보인다.

2.2. 열화상 센서 및 인터페이스

본 연구 프로젝트의 가장 핵심적인 부품이며, 비용 면에서 고가의 비중을 차지한다. 상용 제품과 동급의 성능을 보유하기 위해, 상용 제품에 사용되는 센서인 FLIR Lepton-3.5 센서모듈을 사용한다. 표 1에서 보이듯 센서 모듈은 유효 프레임 8.7Hz을 보이고, 저전력에 대비한 25MHz 클럭을 사용하며, 다양한 비트 사이즈의 출력 포맷과 잔불탐지의 영상 표현에 충분한 동적 범위를 제공한다[3]. 그림 2는 라즈베리파이와 Lepton-3.5를 연결시키기 위한 인터페이스회로와 결합한 사진이다. Lepton-3.5의 영상을 라즈베리파이에 전달하기 위해 Video over SPI 프로토콜을 사용하며 마이크로USB 단자를 통해 연결한다.

Table. 1 Lepton-3.5 thermal sensor specification

Effective Frame Rate	8.7 Hz
Input Clock	25-MHz
Output Format	14-bit, 8-bit, or 24-bit RGB
Pixel Size	12 μ m
Scene Dynamic Range	Low Gain Mode: -10 to 400°C; High Gain Mode: -10 to 140°C
Spectral Range	Longwave infrared 8 μ m to 14 μ m
Thermal Sensitivity	<50 mK (0.050° C)
Video Data Interface	Video over SPI

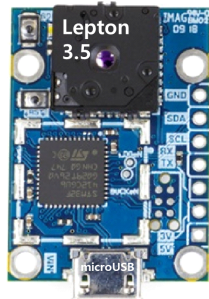


Fig. 2 Lepton-3.5 and interface board

2.3. 터치스크린 모니터

그림 3은 메인 시스템 보드와 연결하기 위한 터치스크린 모니터 PiTFT 320*240 2.8''이다. 라즈베리파이의 GPIO와 연결하기 위한 40핀 인터페이스가 있으며, 4개의 GPIO와 직접 연결 가능한 외부 버튼을 제공하고 있어 제안하고자 하는 잔불탐지기의 조작에 적합하다.



Fig. 3 Adafruit 2.8-inch TFT Touch-screen LCD

2.4. 이동식 배터리

라즈베리파이 시스템에 GPIO 인터페이스를 사용하여 층으로 결합하는 터치스크린과 아래쪽으로 적층구조로 배열시키기 위하여 견고한 배터리 장치인 CZ0121을 선택하였고(그림 4), 이는 두 개의 18650 Li-ion 배터리를 사용하여 5V 2A의 출력을 잔불탐지기 장치에 공급한다[4].

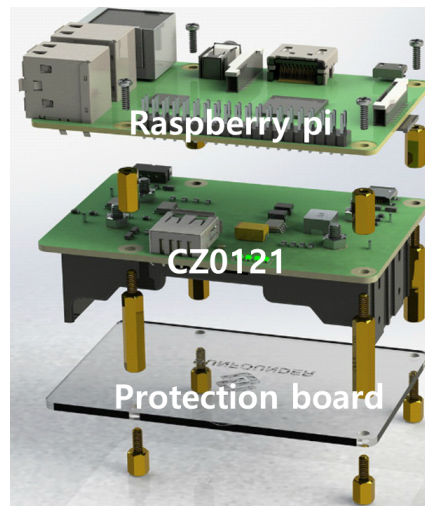


Fig. 4 CZ0121 battery equipment

2.5. 케이스 제작

잔불 탐지의 용이성을 위하여, 스크린이 위에 위치하는 구조가 용이하며 손잡이가 필요하다. 본 연구에서는 3D 프린터로 제작하기 위하여 손잡이부분과 스크린 및 본체 부분을 따로 만들어 합체하는 방식의 케이스를 그림 5와 같이 *.stl 파일 설계도면으로 mm 단위 수준으로 제작한다.

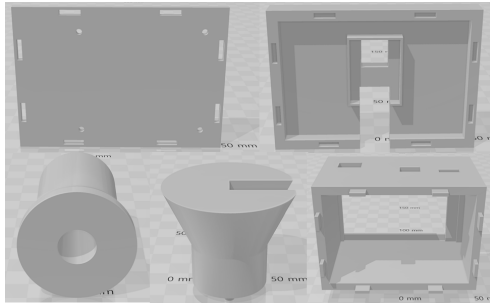


Fig. 5 3D Design Schematic for the proposed thermal image detector

III. 소프트웨어 구성

3.1. 운영체제 및 시스템 셋업

운영체제는 라즈베리파이 메인보드의 최신 오픈소스 리눅스 운영체제인 stretch 버전으로 설치하여, Raspbian의 설정의 디스플레이 가속 부분에서 OpenGL 커널 드라이버를 활성화시켜주어야 열화상 센서가 이미지 렌더링을 화면에 표시하는 데 속도에 무리가 없다[5][6]. 전체 시스템의 구성은 라즈비안 운영체제 아래 열화상 이미지 캡처 프로그램인 GetThermal, python 언어로 작성한 터치스크린과 3G 모뎀 하드웨어 제어 프로그램으로 구축한다. 전체 소프트웨어 구성은 그림 6과 같다.

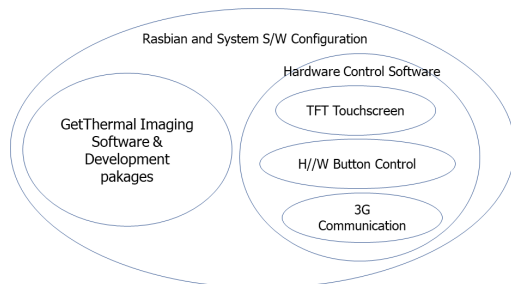


Fig. 6 Software hierarchy of the proposed hidden flame detector

3.2. 열화상 감지 소프트웨어 셋업

열화상 감지 센서의 이미지를 캡처하기 위한 공개 소프트웨어는 GetThermal이라는 이름으로 Github에 저장되어 있으며, 그림 7의 개발 도구들이 필요하다[7]. 코드는 qt 라이브러리를 사용하여 cmake와 qmake를 모두 사용하여 컴파일의 효율을 높인다[8].

```
sudo apt-get install qt5-default qtmultimedia5-dev
qtdeclarative5-dev \
qml-module-qtquick-controls2 qml-
module-qtmultimedia \
qml-module-qtquick-layouts qml-
module-qtquick-window2 \
qml-module-qtquick-templates2
qml-module-qtgraphicaleffects \
libusb-1.0-0-dev cmake git
```

Fig. 7 Development packages for installing GetThermal

3.3. 하드웨어 제어 소프트웨어 제작

하드웨어 제어 소프트웨어들은 크게 세 가지로 나누어 분류하였다. 첫 번째는 TFT 터치스크린을 사용하기 위한 소프트웨어로, Adafruit 사에서 제공하는 2.8인치 터치스크린용 드라이버를 설치하는데, 이 장치는 라즈베리파이의 GPIO 40 핀과 인터페이스 되며 이 중 4개의 SPI 통신용 핀을 사용하고, 24, 25번 핀을 사용하기 때문에 이 핀들이 겹쳐서 사용되지 않도록 설정하는 것이 매우 중요하다. 두 번째는 화웨이 3G 모듈을 위한 드라이버 설치로, 이를 위해서는 리눅스 소프트웨어 라이브러리의 ppp usb-modeswitch wvdial을 사용하고, 설정에서 한국의 sk 텔레콤용 유심을 인식시키기 위한 wvdial.conf파일에 lte.sktelecom.com서버 이름을 넣어주는 것이 중요하다. 마지막으로, 네 개의 하드웨어 버튼을 사용해서 통신모뎀과 GetThermal 프로그램을 구동시키기 위한 동작, 열화상 이미지를 저장하고 지정한 서버로 전송하는 동작, 리셋 동작을 구현하기 위한 파이썬 프로그램을 작성하여 사용자 하드웨어 인터페이스를 완성한다. 파일 전송을 위해 클라이언트와 서버에서는 ssh를 미리 설치하며, 전송 프로그램으로는 scp를 사용한다. 이를 위해 미리 RSA 2048 비도의 암호화 키[9]를 생성하여 서버에 저장시켜서, 잔불 탐지장치의 파일 전송의 편의를 위해 초기 등록 이후에는 사용자 인증을 생략할 수 있도록 한다.

IV. 테스트 및 성능 평가

그림 8은 위에 기술하여 제안한 하드웨어를 통합하고 조립하여 3D 프린터 제작 케이스에 조립한 형태와

(그림 8-a), 실내에서 화상을 캡처한 사진이다 (그림 8-b). 파일럿 시제품 형식으로 제작하여 USB 배선 등은 외부로 연결한다. 그림 8-c, 그림 8-d는 비교대상인 외산 제품 FLIR E5 모델의 장치와 영상의 모습이다[10]. 같은 센서를 사용하였기 때문에 열화상 이미지의 품질은 동일하며, 제작비용을 요약하면 표 2와 같으며, FLIR E5의 절반이 안되는 수준이다.

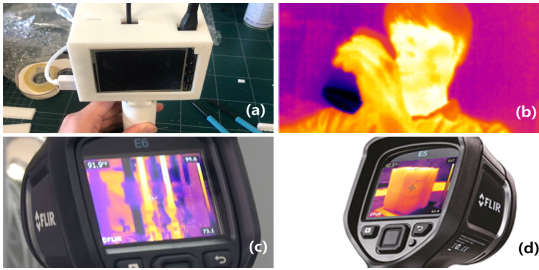


Fig. 8 Thermal image and device comparison with E5

Table. 2 Cost comparison with FLIR E5

	part list		cost (\$)
FLIR E5	Single product	150	1,500
Proposed equipment	Raspberry Pi	5	640
	Lepton3.5	48	
	TFT LCD	4	
	3G Modem	3	
	Battery pack wire	3	
		1	

V. 결론 및 고찰

본 논문에서는 화재 진화 이후, 잔불 탐지를 위하여 다이내믹 레인지를 넓게 가지는 잔불 탐지기를 오픈소스를 사용하여 최소한의 비용으로 제작하였다. 완성한 제품은 4개의 버튼으로 기본적인 조작을 수행할 수 있으며, 부가적인 조작은 터치스크린으로 수행할 수 있게 제작하였다. 상용 제품에 내장된 센서와 동급의 센서를 사용하여 잔불 탐지 능력은 동일 수준이라고 할 수 있으며, 비용 측면에서 절반이 안되는 수준에서 동급의 성능을 구현하였다. 다만 짧은 기간에 제작하다보니 조작 소프트웨어의 휴먼-인터페이스에는 편리성에서 차이가 있으며, 외부 배터리 장착부의 출력력이 라즈베리파이3이 요구하는 2.5A에 못 미치는 2.0A가 되어, 실제 그래픽 렌더링 시 OpenGL 하드웨어 가속 옵션을 활성화시키

기에 전류 공급이 부족하여 그래픽 처리속도에 열화를 보였다. 이는 추후 배터리 장치의 공급전류가 2.5~3.0A를 출력하는 장치로 교체하면 해결이 되어 국내 각 지역 소방서에 공급할 수 있는 잔불 탐지기의 역할을 충분히 할 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Technology Development Program (201900010001) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea)

REFERENCES

- [1] Forest fire anti-respreading management technology, National Institute of Forest Science, technical paper, vol. 371, registration number 11-1400377-000-350-01, 2009.
- [2] Thermal imaging for machine vision and industrial safety applications [Internet]. Available: <https://www.flir.com/>.
- [3] Lepton 3-3.5 datasheet [Internet]. Available: https://www.flir.com/globalassets/imported_assets/.
- [4] V. Muenzel, A. F. Hollenkamp, I. Bhatt, D. A. Thomas, and I. Mareelsa, "A Comparative Testing Study of Commercial 18650-Format Lithium-Ion Battery Cells," *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 162, no. 8, pp.1592-1600, May. 2015.
- [5] J. Newmarch, *Raspberry Pi GPU Audio Video Programming*, Apress, 2016.
- [6] S. L. Himg, and H. Shivkumar, "Implementation of Image Processing on Raspberry Pi," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Korean Neuropsychiatr Assoc*, vol. 4, no. 5, pp. 199-207, May. 2015.
- [7] Building for Raspberry Pi [Internet]. Available: <https://github.com/groupgets/GetThermal/wiki>.
- [8] J. C. Blanchette, and M. Summerfield, *C++ GUI Programming with Qt 4, Second Edition*, Prentice Hall Open Source Software Development Series, Feb. 2018.
- [9] S. Moon, "A High-Security RSA Cryptoprocessor Embedded with an Efficient MAC Unit," *Journal of information and communication convergence engineering*. vol. 7, no. 4, pp. 516-520, 2009.
- [10] Technical Data FLIR 5 [Internet]. Available : <http://www.termogram.cz/pdf/produktovelisty/>.