

# 라즈베리파이 기반 소리인식 보안카메라 개발

박대복, 김선혁, 김주영, 노영주  
한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

{ sweeteoqhr, phelian0307, kjkjy0128}@naver.com, yrho@kpu.ac.kr

## Development of Sound-sensible Security Camera based on Raspberry Pi

Dae-Bok Park, Sun-Hyuk Kim, Ju-Young Kim, Young J. Rho  
Dept of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

### 요 약

보안과 관련된 기술이 발전하여 대규모의 장소에 적합한 보안시스템들이 많이 개발되었다. 특히 CCTV를 이용한 감시카메라의 형태도 다양화되었다. 스마트폰의 어플리케이션이나 웹을 통해서 어디서든 감시할 수도 있어, 이를 통해 보안사고 시에 빠른 대처가 가능하다. 하지만 대규모 시스템이 아닌 경우에는 침입자 발견이 늦고, 뒤늦은 대처로 인해 큰 피해가 발생할 수 있다. 라즈베리파이, 실드보드 등 기타 하드웨어들을 통하여 침입자를 스스로 감지하여 사용자에게 즉시 알림을 전송함으로써 보안사고에 대한 대처를 빠르고 효율적으로 할 수 있는 보안카메라를 구현하였다. 본 보안 시스템은 소리의 방향을 계산하고 정확한 방향으로의 보정을 통하여 최초 침입자를 인식한다. 이후 이미지트래킹을 통하여 침입자를 추적한다. 무선 네트워크를 이용하기 때문에 네트워크가 지원되는 어느 장소에서든 사용이 가능하다. 대규모 보안시스템을 설치할 여건이 되기 어려운 작은 공장, 상가, 사무실 등에서 보안시스템으로 사용되면 유용할 것이다. 자세한 개발 내용은 본문에 기술한다.

### 1. 서론

현재 활용되고 있는 보안시스템은 상당히 많은 발전을 이루었다. 그러나 대규모의 장소에 적합한 시스템이 많으며 설치에 전문 인력을 필요로 한다. 따라서 작은 규모의 장소나 많은 인력을 사용할 수 없는 장소에서는 CCTV가 주로 사용된다. 이 또한 직접 감시를 해야 하며 실시간으로 확인을 할 수 있지만 스스로 보안에 대해 판단하는 역할을 하진 않는다. 따라서 작은 규모에서의 설치 용이성을 제공하고 기기 스스로 침입자를 감지하여 사용자에게 침입을 실시간으로 알려줄 수 있는 보안 카메라를 본 논문에서 설계 및 구현하였다.

이 시스템에는 소형의 싱글보드이며 작은 크기와 저렴한 가격을 가진 라즈베리파이2를 사용하였다.

본 논문에서는 소리의 방향을 인식하여 침입자의 방향을 계산하는 부분과 영상처리를 이용하여 침입자의 여부를 직접 판단하는 부분으로 크게 나눠 설명할 것이다. 이후 무선 네트워크를 이용하여 사용자에게 침입감지 여부를 전달하게 되고, 사용자는 카메라의 실시간 스트리밍 영상을 확인하게 된다.

이것은 효율적이고 경제적으로 보안 시스템을 강화할 수 있는 방법이며, 언제 어디서나 무선 네트워크만 연결되어 있다면 이용이 가능하다는 점들은 기존의 보안 시스템보다 효율적일 것이다.

### 2. 관련 소리감시 시스템

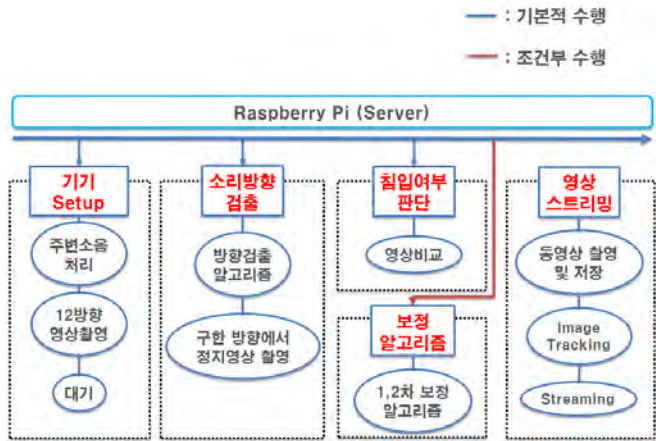
영상 감시의 경우 카메라의 시야범위 영역만을 감시할 수 있으므로, 시야 영역을 벗어나거나 어두운 곳에서 발생하는 상황은 감시할 수 없다. 만일 카메라를 필요한 시점에 원하는 방향으로 향하게 할 수 있다면 큰 도움이 될 것이다. 이를 위하여 카메라 주변의 소리를 분석하여 특정한 소리를 검출하고, 그 음원의 방향을 파악하여 카메라의 시야 범위를 변경하여 영상을 특정한 경우에만 얻어 온다면 전원이나 전송대역도 절약하면서 카메라의 제약 조건도 극복할 수 있다. 특정한 소리를 검출하고 그 방향을 파악하는 문제는 이동식 로봇 분야나 카메라 감시 분야에서 활발히 진행되고 있다 [1].

### 3. 시스템 설계

이 시스템은 라즈베리파이2를 서버로 활용한다. 추가적으로 아날로그 값들을 처리하기 위해 라즈베리파이 실드보드를 추가적으로 사용하였다. (그림 1)은 서버의 시스템 구성도를 보여준다. 실드보드로 들어오는 값을 라즈베리파이에서 처리하는데, 이때 실드보드와 라즈베리파이는 Serial 통신을 이용하여 연결하였다.

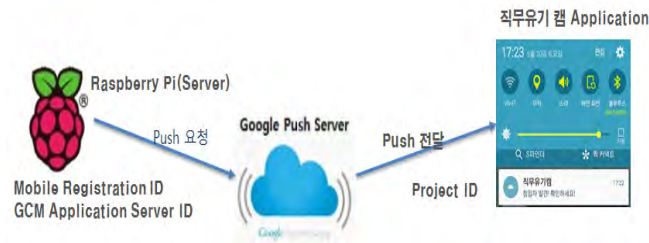
라즈베리 파이에서는 먼저 기기 Set-up이 이루어진다. 마이크로 들어오는 주변소음을 처리하고, 180도 구간에서 5방향의 정지영상을 촬영한 후 대기상태에 들어간다. 이후 입력되는 소리에 반응하여 소리방향을 검출한다. 검출된

방향에서 다시 한 번 정지영상의 촬영이 이루어지며 최초 저장해둔 정지영상과의 비교를 통해 침입자의 여부가 판단된다. 침입자 여부가 판단되면 (그림 2)와 같이 GCM(Google Cloud Messaging)을 이용하여 사용자에게 푸시알림을 전송한다.



(그림 1) 시스템 구성도

만약 침입자가 없다고 판단되면 보정 알고리즘을 통해 다른 방향에서도 침입자를 다시 판단하게 된다. 이것은 오차로 인한 오류를 제거하고, 더욱 정확도를 기하기 위한 방법이다. 이후 서버는 지속적으로 스트리밍을 지원하게 되며, 사용자 스트리밍 어플리케이션을 통해 실시간으로 이를 확인할 수 있다.



(그림 2) 침입감지 Push알림

## 4. 시스템 주요 기능

### 4.1 최초 영상 촬영

#### ○ Set-up

프로그램을 실행하면 카메라는 주위 환경에 대해 최초 Set-up영상을 촬영하게 된다. 이때 실행과 동시에 소리의 임계값을 사용자가 전달인자로 넘겨줄 수 있는데, 소리의 임계값은 알파벳 a부터 f까지 6단계로 설정되어 있으며 a가 가장 소리에 민감한 단계이고, 그 값들은 다음과 같다. (a = 0.5 / b = 0.6 / c = 0.7 / d = 0.8 / e = 0.9 / f = 1.0이고 여기서 e가 디폴트 값이다)

이제 프로그램을 실행하게 되면 최초 Set-up영상 촬영 전, 먼저 스트리머를 백그라운드로 실행시키고 기타 옵션 설정을 진행한다. 이와 관련한 내용은 해당 부분에서 자세히 설명한다.

### ○ 영상 촬영

초기설정이 끝나면 최초 카메라 시작 위치인 M1구간에서 M5구간까지 카메라가 45도 단위로 4번의 회전을 하며 각 구간의 정지영상을 1장씩 총 5장을 촬영한다. 이때 라즈베리 파이에서 시그널이 발생시켜 Serial 통신을 통해 실드보드가 모터를 제어하게 되고, 마이크로 입력되는 소리값은 계산 후 시그널로 변환되어 Serial 통신을 통해 라즈베리 파이로 리턴된다 [2].

촬영되는 모든 영상은 메모리에 저장되며 이는 영상의 비교, 전송에 사용된다. M5구간 촬영을 마친 카메라는 M1구간으로 다시 돌아와 임계값 이상의 소리입력을 기다리게 된다. (그림 4)와 같이 0.1초마다 새로운 값을 입력 받게 된다.



(그림 3) 각 구간과 마이크 배치



(그림 4) 임계값 이상의 소리입력을 대기 중인 화면

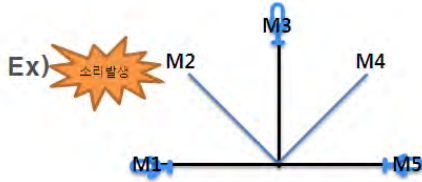
### 4.2 소리방향과 보정 알고리즘

#### ○ 소리방향 알고리즘

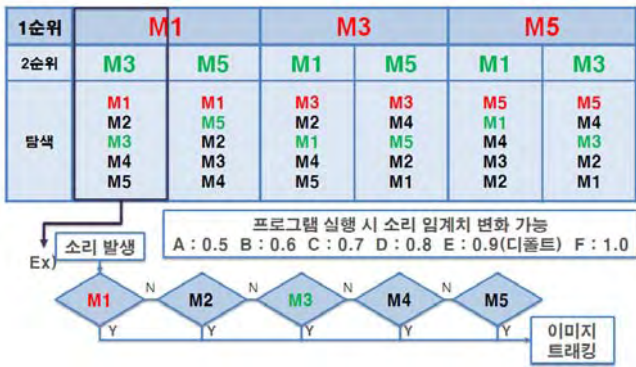
소리 감지를 위한 마이크는 M1, M3, M5 구간에 1개씩 3개가 배치되어 있다. 실행 시 마이크에 설정한 임계값 이상의 소리가 입력되면 카메라는 소리가 난 방향으로 회전한 후에 현재 정지영상을 촬영하고 최초에 찍은 정지영상과 비교한다. 비교 시에 영상 오차가 설정한 임계치보다 큰 경우 침입자로 규정하게 되는데, 이는 해당 부분에서 자세히 설명한다.

만약 최초 회전한 방향에서 침입자를 찾지 못하는 경우에는 마이크로 들어온 소리값을 비교하여 알고리즘에 의한 최적의 방향으로 카메라가 각 구간으로 회전하면서 영상을 비교하게 되는데, 그 알고리즘은 (그림 6)과 같다.

최종적으로 5구간에서 침입자를 찾지 못하는 경우에는 카메라는 처음 실행과 같이 다시 Set-up영상을 촬영하고 소리입력을 기다리게 된다. 만약 침입자 감지가 확인되면 먼저 사용자의 모바일폰으로 푸시알림을 전송하며, 이미지트래킹과 스트리밍을 시작하게 되는데 이는 해당 부분에서 자세히 설명한다.



(그림 5) 소리발생 예시

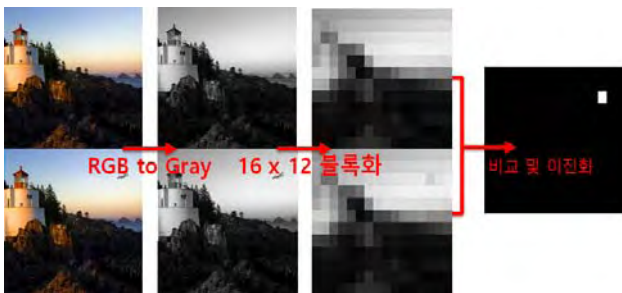


(그림 6) 소리방향 알고리즘

### 4.3 침입 여부 판단 및 사용자 알림

#### ○ 정지영상의 처리와 비교

임계값 이상의 소리가 감지되면 (그림 7)과 같이 기기 Set-up 시 이미지 센서를 통해 받은 각 방향의 최초 정지영상들을 먼저 흑백 이미지로 변환한다.



(그림 7) 영상 처리 예시

그리고 16 by 12의 크기로 흑백 이미지를 블록화 하여 블록 내 밝기의 평균값을 구한다. 소리 감지 이후 새로 촬영한 정지영상 또한 이와 같은 방식으로 처리하고, 최초 정지영상과 비교연산을 수행하게 된다. 연산은 각 위치에 대응되는 블록들을 비교하여 차이값을 산출하는데 0~255의 범위에서 그 차이값이 30 이상이라면 255, 30 미만이라면 0으로 처리한다. 블록의 차이값이 255인 경

우, 침입자가 있다고 판단하고 이후 이미지 트래킹 및 침입 경고 알림을 실행하게 된다 [3, 4].

#### ○ 정지영상 처리 시 오류 회복 기능

정지영상간의 비교 시 시간의 흐름에 따라 주변 밝기가 변화하기 때문에 미세한 오류가 발생 할 수 있다. 따라서 초기 Set-up영상의 재촬영 시간 간격을 두어 밝기 변화에 따른 영향을 덜 미치게 하는 기능을 구현하였다. 최초 Set-up시에 재촬영 시간간격을 사용자가 직접 입력함으로써 입력한 시간이 지날 때마다 정지영상을 계속 재촬영하여 오차를 줄이게 된다. 단위는 분단위이고, 1분에서 30분까지 설정할 수 있다.

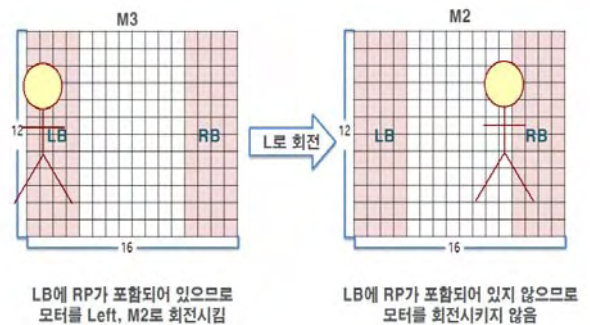
#### ○ 사용자에게 침입 경고 알림 전송

영상 처리를 통해 침입자가 발견되는 동시에 사용자에게 침입 감지 경고 알림이 전송된다. 이 알림은 사용자가 확인할 때 까지 계속 울리게 하여 보안성을 높일 수 있는 방법으로 설계하였다. 이것은 GCM(Google Cloud Messaging)을 이용하여 사용자의 모바일에 Push알림을 보내는 방식이다. <그림 2>와 같이 사용자의 Application에 Project ID를 입력하고 라즈베리파이에 Mobile Registration ID, GCM Application Server ID를 입력하여 상호를 연결한다. 라즈베리파이는 Push Server에 알림을 요청하고, Push Server는 모바일의 Application으로 알림을 전달하게 된다.

### 4.4 이미지 트래킹

#### ○ LB와 RB 설정

(그림 8)과 같이 12 by 16크기로 블록화 된 영상을 이용하여 이미지 트래킹을 수행한다. 침입 여부 판단과 마찬가지로 영상 비교에 의한 차이로 이미지 트래킹을 수행한다. 이를 위해 영상의 왼쪽과 오른쪽에 카메라 회전을 위한 블록을 설정한다. 왼쪽 블록을 LB, 오른쪽 블록을 RB로 설정하고 차이가 있는 부분이 LB나 RB에 들어오게 되면 카메라를 왼쪽 또는 오른쪽으로 회전시킨다.



(그림 8) 이미지 트래킹(Image Tracking)

#### ○ 이미지 트래킹 알고리즘

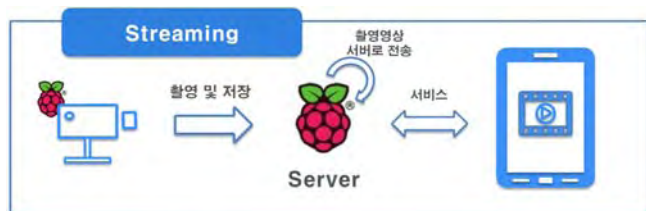
(1) 16 by 12 영상의 왼쪽과 오른쪽 영역을 각각 LB와

RB로 설정한다.

- (2) Set-up시의 최초영상과 최근에 입력 받은 영상을 비교하여 이진화를 수행한다.
- (3) 이진화 수행 이후 차이가 발생한 모든 픽셀이 RB나 LB로 들어오면 모터를 회전시킨다.
  - (3-1) 차이가 발생한 모든 픽셀이 LB 영역에 모두 포함된다면 모터를 왼쪽으로 회전시킨다.
  - (3-2) 차이가 발생한 모든 픽셀이 RB 영역에 모두 포함된다면 모터를 오른쪽으로 회전시킨다.
  - (3-3) 차이가 발생한 모든 픽셀이 LB나 RB에 모두 포함되어 있지 않으면 다음단계로 진행한다.
- (4) 다음 프레임에 대하여 (1)~(3) 계속 수행한다.

#### 4.5 영상 스트리밍

영상 스트리밍방식은 촬영 시 저장되는 정지영상(사진)을 연속적으로 전송하는 방식을 사용한다. 시스템 구조는 (그림 9)와 같이, mjpg-streamer를 이용하여 라즈베리파이 자체가 서버가 되어 작동하는 방식이다. 침입자 감지 시 촬영되는 영상은 라즈베리파이 내부에 전송용 파일인 temp.jpg로 지속적으로 저장되고 overwriting 되는데, 이 파일(temp.jpg)을 mjpg-streamer inputFile로 지정하고 output을 라즈베리 파이에서 생성한 서버로 지정하여 영상을 전송한다. (본 연구에서는 라즈베리파이의 성능을 감안하여 딜레이를 5ms로 설정하였다.) 사용자 측에서는 모바일 Application으로 라즈베리파이의 서버의 IP와 PORT를 통해 서버에 접속하여 영상을 획득한다. 동일한 방법으로 웹상에서도 영상 획득이 가능하다.



(그림 9) 영상 스트리밍(Image Streaming)

#### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 보안시스템을 강화하거나 소규모 사업장에서 보안시스템을 대체할 수 있는 소리감지현 회전 보안카메라를 다루었다. 이는 직접 감시를 하지 않아도 침입자의 발생을 모바일로 알려주며 이미지 트래킹을 통해 침입자를 계속적으로 추적하여 사각지대를 최소화 할 수 있다는 장점이 있다. 무선 네트워크만 갖추어져 있으면 어디서든지 사용이 가능하기 때문에 효율성을 가지며, 감시 인력을 줄일 수 있는 역할을 한다.

또한, 침입자의 내용을 가지고 있는 정지영상들을 라즈베리파이 에 (날짜\_시간) 명 파일로 저장함으로써 침입 감지 이후 대처를 확실히 할 수 있다.

추가적으로 최근 들어 작은 규모의 사무실이나 1인가구

가 증가하고 있는 추세에 따라 개인용 보안 시스템으로 사용이 가능하다.

최초 프로젝트 계획 시에는 적외선 카메라를 이용하여 야간을 위한 감시와 360도 감시를 통한 사각지대의 완전한 제거를 계획하였다. 하지만, 360도 감시에는 선의 꼬임이라는 하드웨어적 문제를 해결해야 했다. 그러나 이는 향후에 슬립 링(Slip-Ring)을 이용하여 차후 해결 가능할 것이다. 야간 감시를 위한 적외선 카메라의 사용 역시 차후 연구해야 할 과제이다.

추가적으로 소리 방향 인식 알고리즘의 경우 마이크의 Sampling Rate의 한계로 인해 음성 센서를 각각 멀리 설치하지 않고는 정확한 방향 인식이 불가능 하였다. 이를 보완하기 위해 Sampling Rate가 뛰어난 음성 센서를 사용하여 보완하기 위한 연구가 필요할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 응웬비엣쿱, 강호석, 정선대, 조성원, PTZ 카메라 감시를 위한 실시간 위험 소리 검출 및 음원 방향 추정 소리 감시 시스템, 멀티미디어학회 논문지 제16권 제11호, 2013년 11월
- [2] 이재상, 표윤석, 라즈베리파이 활용백서, 비제이퍼블릭, 2013년 10월
- [3] 김동근, OpenCV 컴퓨터비전프로그래밍, 가메출판사, 2014년 1월
- [4] OpenCV KOREA: <http://cafe.naver.com/opencv>