

레이더 센서를 이용한 산업용 소형 모션감지 스마트 CCTV 개발

김영훈, 임정엽, 우동식
대구가톨릭대학교 AI자동화로봇학과

Development of a small motion detection smart CCTV using radar sensor for industrial applications

Young-Hoon Kim, Jung-Yeop Lim, Dong Sik Woo
Daegu Catholic University, Department of AI Automated Robot

Abstract - 본 논문에서는 레이더 센서(MRS-10G)를 이용해 움직임을 감지하고, 감지된 시점에서 USB 카메라를 이용해 영상이 저장되는 스마트 CCTV를 설계하고, 제작 및 실험을 통하여 검증하였다. 상시녹화(All-Time Recording) 시스템에 비해 전력적 이면서, 저장기능을 길게 할 수 있는 장점을 실험을 통하여 확인 검증하였다.

1. 서 론

현대 사회에서는 광범위한 지역에서의 안전과 보안이 점차 중요성을 더해가고 있으며, 이에 따라 Closed-Circuit Television (CCTV) 시스템의 역할이 크게 부각되고 있다[1][2]. CCTV 시스템은 다양한 장소에서 사용되며, 이를 통해 실시간으로 영상을 모니터링하고 기록하는 것이 가능해짐으로써, 전반적인 범죄예방 및 검거를 향상에 효과적인 도구로 활용되고 있다[3]. 그러나 대부분의 CCTV 시스템은 지속적으로 녹화되어 저장되는 방식으로 운영되어 전력 사용 및 저장공간의 한계 등의 리소스를 비효율적으로 소비하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 움직임이 감지될 때에만 작동하는 "움직임 감지 기반 녹화" 방식에 대한 연구를 진행하였다. 이 방식은 움직임이 없는 정적인 환경에서는 녹화를 중단하고 움직임이 감지될 때에만 녹화를 하여 소모전력과 저장공간을 효율적으로 관리하며, 불필요한 영상 데이터의 생성을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 이를 통해 스마트 CCTV 시스템의 성능을 최적화하고, 운영 비용을 절감하는 것에 대한 검증을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

본 연구에서는 8 비트(bit) 마이크로컨트롤러인 상용 아두이노 우노(Arduino UNO) 보드와 레이더 센서, Arducam 사의 USB 카메라 모듈을 사용해 설계하였다. 본 논문에서 활용한 레이더 센서는 빌리브마이크로웨이브社의 주파수변조 연속파(FMCW:Frequency Modulation Continuous Wave) 방식의 MRS-10G 센서를 사용하여 움직임과 거리를 감지하였으며, 데스크탑 시스템에 USB 모듈을 연결하도록 하는 방식으로 전원은 +5V로 동작하도록 하였다.



〈그림 1〉 하드웨어의 구성

2.2 하드웨어 구성

본 연구에서는 움직임 감지 및 영상 녹화 시스템을 구성하기 위해 아두이노 우노(Arduino UNO) 8비트 마이크로컨트롤러, 레이더 센서, 그리고 Arducam 사의 USB 카메라 모듈을 활용하였다. 각 하드웨어 구성

요소는 시스템의 기능을 수행하며, 정확한 움직임 감지와 영상녹화를 가능하게 한다. 레이더 센서는 MRS-10G 을 사용하여 물체의 움직임을 식별하며, USB 카메라 모듈은 데스크탑 시스템과의 연결을 통해 영상 데이터를 취득한다.

1) 아두이노 우노

아두이노 우노는 본 시스템의 핵심 제어 장치로 사용되었다. 이 8비트 마이크로컨트롤러는 레이더 센서와 USB 카메라 모듈 간의 데이터 통신을 조정하며, 움직임 감지 여부에 따라 영상 녹화를 관리한다. 아두이노 스케치 프로그램을 통해 레이더 센서의 감지 데이터를 분석하고, 움직임이 감지되면 시리얼 값을 전송하여 녹화를 시작한다.

2) 레이더 센서(MRS-10G)

움직임 감지 기능은 MRS-10G 레이더 센서를 통해 이루어진다. MRS-10G는 10GHz에서 동작하는 도플러(Doppler) 방식의 레이더 센서 모듈이다. 객체의 모션을 감지하고, 모션 인식된 객체와의 거리를 검출하는 모션 감지 센서이다. 동작 범위는 RCS 1m² (성인 인체)를 기준으로 약 10m 정도이다. 모션 감지된 객체의 거리를 출력하므로 모션 감지 및 객체와의 거리 정보가 필요한 본 시스템에 적합하다. 동작 주파수는 10.50 ~ 10.55GHz X-band (전파규격) I2C인터페이스 지원하며 통합 DSP 실시간 신호 처리로 정확한 모션 감지 및 거리 측정하고 통합된 레이더 송신기, 수신기, ADC, DSP와 연결이 가능하다. 주변 환경에서 물체의 움직임을 감지하여 움직임이 있을 때 비트신호를 생성하여 모션의 거리를 측정할 수 있다. 레이더 센서 MRS-10G의 Micro USB와 연결하여 USB to Serial(UART)로 연결 되며 터미널 프로그램을 실행 후 COM port는 연결 후 확인한다. 아두이노 우노로 전송된 데이터를 통해 움직임의 패턴 및 특성을 파악하였다. MRS-10G 레이더 센서는 5V의 전원으로 동작하며, 아두이노 우노와의 연결을 통해 즉각적인 녹화 명령 전달이 가능하도록 하였다.

3) USB 카메라 모듈(Arducam)

USB 카메라 모듈은 Arducam 사의 제품으로, 데스크탑 시스템과 연결하여 영상 녹화를 수행한다. 움직임이 감지되면 아두이노 우노의 신호에 따라 카메라 녹화가 활성화되며, 움직임이 감지되지 않을 경우 녹화가 중지된다. USB 인터페이스를 통해 데스크탑 시스템과 연결되어 영상 데이터를 전송 및 저장한다.

2.3 소프트웨어 구성

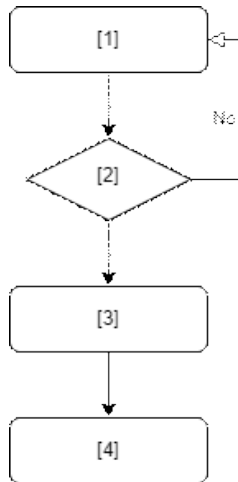
본 연구에서는 레이더 센서를 통하여 움직임 감지와 녹화를 수행하는 USB 카메라 모듈의 동작을 제어하기 위하여 Python과 아두이노를 통합개발환경으로 채택하였다.

1) 아두이노

아두이노 통합개발환경은 본 연구에서 레이더 센서를 통한 움직임 감지를 판별하기 위한 시리얼 값을 얻어내고 분석한 뒤 전송하여, Python 개발환경과의 연계를 통하여 USB 카메라 모듈의 제어를 위한 시스템 구축에 이용되었다.

2) Python

USB 카메라 모듈을 동작시키고, 영상녹화의 시작과 종료를 제어하는 일을 Python 통합개발환경을 통해 수행한다. 아두이노 통합개발환경에서 스케치한 프로그램으로부터 분석한 시리얼 데이터를 수신하여, USB 카메라 모듈의 영상을 녹화 시작 및 종료한다. 또한 녹화 종료된 후 영상파일을 선택한 저장공간에 저장하는 시스템을 구축하는데 이용되었다.

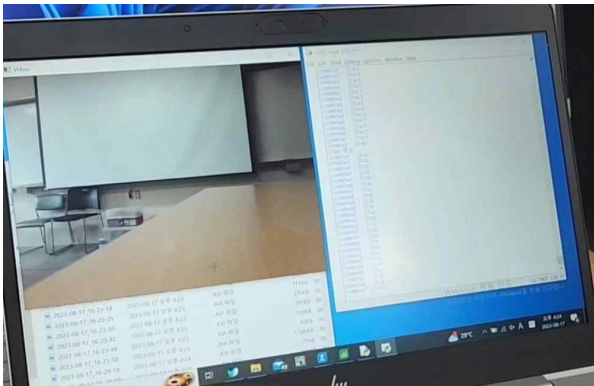


〈그림 4〉 공식 알고리즘

모션감지녹화는 레이더 센서를 제어하는 아두이노와, USB카메라를 제어하고 영상을 저장하는 Python 간의 통신이 필요하다. 통신의 순서는 <그림 4>를 따른다.

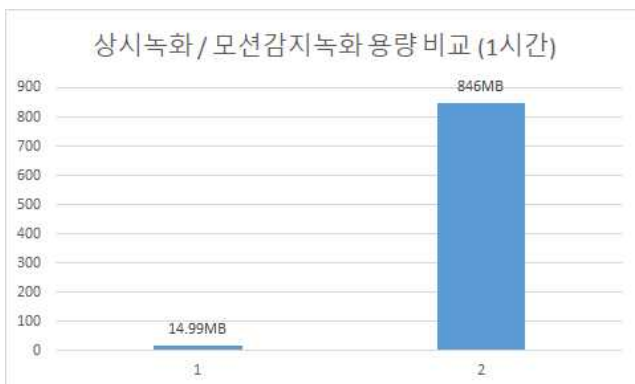
- [1] 녹화를 하기 위한 대기
- [2] 레이더 센서로 움직임이 감지
- [3] Python으로 카메라의 작동 시작
- [4] 해당 영상을 저장

2.4 실험 방법 및 결과



〈그림 2〉 영상 녹화 실험

실험은 유동 인구가 꾸준히 있다고 판단되는 강의실에 비치하였고, 1 시간 동안 진행하였다. 첫 번째 실험은 모션 감지 녹화로 진행하고, 두 번째 실험은 상시 녹화로 진행하여 저장된 용량의 차이를 표로 나타내었다. 모션 감지 녹화의 용량은 각 영상들의 용량을 합산하여 표기하였다. 표본은 각 1시간의 녹화로 작성하였다.



〈그림 3〉 상시녹화와 모션감지녹화의 용량비교

이름	날짜	유형
2023-08-17_10-00-15	2023-08-17 오전 10:00	AVI 파일
2023-08-17_10-00-19	2023-08-17 오전 10:00	AVI 파일
2023-08-17_10-00-26	2023-08-17 오전 10:00	AVI 파일
2023-08-17_10-00-30	2023-08-17 오전 10:00	AVI 파일
2023-08-17_10-00-31	2023-08-17 오전 10:00	AVI 파일
2023-08-17_10-00-42	2023-08-17 오전 10:00	AVI 파일
2023-08-17_10-01-00	2023-08-17 오전 10:01	AVI 파일
2023-08-17_10-01-02	2023-08-17 오전 10:01	AVI 파일
2023-08-17_10-01-07	2023-08-17 오전 10:01	AVI 파일
2023-08-17_10-01-09	2023-08-17 오전 10:01	AVI 파일
2023-08-17_10-01-21	2023-08-17 오전 10:01	AVI 파일
2023-08-17_10-03-47	2023-08-17 오전 10:03	AVI 파일
2023-08-17_10-04-02	2023-08-17 오전 10:04	AVI 파일
2023-08-17_10-04-14	2023-08-17 오전 10:04	AVI 파일
2023-08-17_10-07-54	2023-08-17 오전 10:07	AVI 파일
2023-08-17_10-08-56	2023-08-17 오전 10:08	AVI 파일
2023-08-17_10-08-57	2023-08-17 오전 10:08	AVI 파일
2023-08-17_10-11-44	2023-08-17 오전 10:11	AVI 파일
2023-08-17_10-13-23	2023-08-17 오전 10:13	AVI 파일
2023-08-17_10-13-26	2023-08-17 오전 10:13	AVI 파일

〈그림 4〉 모션감지녹화 실험 저장 내역

합산의 결과로, 모션 감지 녹화의 용량은 14.99 MB(메가바이트), 상시 녹화의 용량은 946 MB(메가바이트)로 용량적 이득을 확인할 수 있었다.. 같은 실험 환경에서 전압, 전류도 측정해보면, 시판되는 CCTV의 전압은 12V, 소비전력은 2.6W였다. 실험에 사용한 디바이스의 전압은 5V, 소비전력은 최대 1.75W로 저전력 특성을 가짐을 측정을 통하여 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 본 논문에서는 레이더 센서(MRS-10G)를 이용해 움직임을 감지하고, 감지된 시점에서 USB 카메라를 이용해 영상이 저장되는 스마트 CCTV를 설계하고, 제작 및 실험을 통하여 검증하였다. 움직임 감지 및 영상 녹화 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 구성을 제시하였고 실험 결과, 시스템이 전체적으로 효율적인 전력 소비와 용량 관리를 달성하는 것을 검증하였으며, 이는 지속적인 운영에 있어서 비용 및 자원 절약에 장점을 가짐을 확인하여 다양한 산업용 스마트 CCTV 및 모션감지, 원격모니터링 등에의 활용이 기대된다.

후 기

본 과제(결과물)는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업의 결과입니다.(2022RIS-006).

[참 고 문 헌]

- [1] 박창석, “범죄예방과 수사를 위한 경찰CCTV의 필요성과 문제점”, 조선대학교 법학논총, 3p, 2011
- [2] 김익희 외, “공공 방범 CCTV의 국내 확산을 위한 방안 연구”, 한국지리학회지, 8권, 1p~2p, 2019