

이벤트 감지 기반의 저에너지 DIY 감시카메라 설계

강철호, 이 강
 한동대학교 전산전자공학부
 e-mail : kbright0912@gmail.com

Design of Low-Energy Consumption Event-based DIY Surveillance Camera System

Chul-Ho Kang, Kang Yi
 Dept. of Computer Science and Electrical Engineering, Handong Global University

요 약

본 논문에서는 감시카메라의 에너지 효율성과 영상 감지의 효율성을 높이기 위해서 이벤트 기반으로 작동하는 저에너지 DIY (Do-It-Yourself) 감시 카메라 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 감시 카메라는 이벤트 감지 모드에서는 저전력 경량압축 모드로 작동하다가 움직임이 검출된 경우에만 고압축/고해상도 모드로 자동 전환되어 이벤트 발생시점 이후뿐만 아니라 이벤트 발생 3 초 전의 영상까지 압축하여 무선으로 서버로 전송한다. 또한, 서버에 저장된 영상은 사후에 추출할 수 있을 뿐 아니라 실시간으로 원격 단말로 스트리밍이 가능하여 원격지에서 이벤트 발생을 보고 받고 필요시에 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 시스템을 구성하여 실용성을 강화하였다.

1. 서론

최근 들어 1인 가구의 급격한 증가와 주거 지역의 강도/절도와 같은 범죄 증가 등으로 인해 사람들의 안전에 대한 관심이 늘어나고 있다. 감시 카메라는 범죄 예방 및 통제 기법으로서 가장 효과적인 방법으로 수요가 증가하고 있다. 이러한 DIY(Do-It-Yourself) 감시 카메라는 손쉽게 실내에 설치가 가능하기에 부족한 경찰 인력과 방법 장비를 보완해주는 역할을 하며 자연재해나 산업시설 보호에도 효과가 있다[1-3]. 현재 상용 실내 주요 DIY 감시카메라로는 Dropcam 과 LG U+사의 맘카 2 등이 있다. 이들은 주로 집안에 설치하여, 설치된 구간을 감시하고, 자체적으로 개발된 어플리케이션을 통하여 제어한다. 또한 움직임이 감지되었을 때 즉시 사용자에게 알려주고, 특정 시간 동안 영상을 녹화하여 저장한다. 하지만, 이러한 기존 감시 카메라는 상시 전원을 필요로 하고 유선네트워크로 연결되어야 하기 때문에 유선 네트워크가 닿기 어려운 곳은 설치하기가 힘들고 전원 공급에 대한 고려없이 설계되었기 때문에 배터리로 작동시켜야 하는 상황에서는 쓰기 어려운 한계가 있다.

본 논문에서는 무선랜으로 데이터를 전송하고 배터리로 구동되어 사용자가 직접 어느 장소에든지 설치가 간편하도록 하며 에너지 제어를 적절히 하여 배터리 교환 및 충전 주기를 최대화하는 감시카메라 시스템을 제안한다. 평상시 이벤트가 없을 때는 불필요한 에너지 소비를 최소화 시키기 위해 저전력 모드로 작동하고 영상을 압축하거나 저장하지 않는다. 그러나,

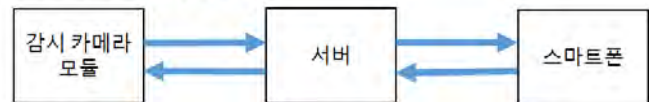
이벤트 감지 직전 3 초전의 영상도 중요한 정보를 가지고 있을 수 있기에 경량압축으로 최근 영상만 저장하고 있다가 이벤트 발생시에 다시 고압축하여 전송하는 방식으로 작동한다. 이벤트 감지 이후부터 일정 기간은 고압축으로 저장하고 무선으로 서버에 전송하여 실시간 감시 및 모니터링도 가능하도록 한다

2 장은 이벤트 기반 DIY 감시 카메라에 관한 구현 사항에 대해 기술하였고, 3 장은 이벤트 감지에 기반한 에너지 최소화 구현 및 실험 결과에 대해 기술한다. 4 장은 결론을 맺는다.

2. 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 감시카메라 시스템의 개요는 그림 1 과 같다.

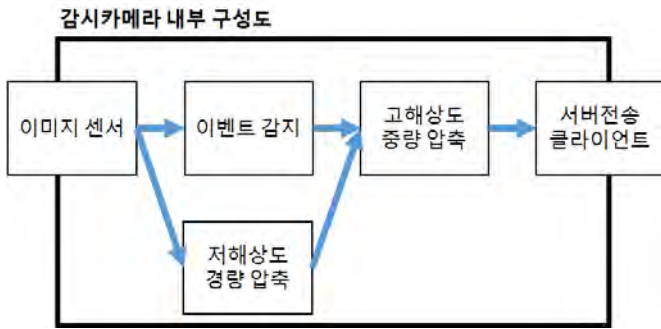
감시카메라 시스템 개요도



(그림 1) 감시 카메라 시스템 개요도

감시 카메라 모듈은 무선 및 배터리로 작동하는 카메라 노드이다. 이 노드는 특정 이벤트를 감지하였을 때 서버를 통해 스마트 폰 사용자에게 이벤트 시점과 녹화 내용을 무선 전송하는 기능을 가진다. 서버는 감시카메라 모듈에서 전달 받은 이벤트 영상을 저장하고 있으며 모바일 단말로 이벤트를 알리고 실시간으로 영상을 스트리밍으로 보내어 실시간 감시가 가

능하도록 한다.



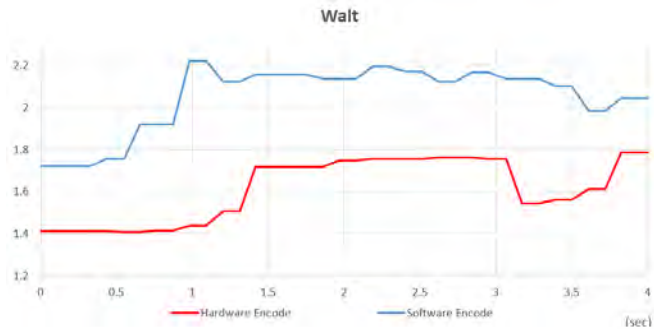
(그림 2) 감시 카메라 내부 구성도

감시 카메라 모듈의 내부 구성도는 그림 2 와 같다. 이미지센서에서 입력된 저해상도 영상 정보를 기반으로 움직임 기반의 이벤트 감지를 한다. 이 저해상도 영상은 M-JPEG 등의 경량 압축을 사용하여 최근 3 초 정도의 영상정보를 보관한다. 이벤트가 발생할 경우 이벤트 발생 시점직전의 5 초간 보관된 영상과 이벤트 발생 직후부터 영상을 고해상도 촬영하고 H.264 코덱을 이용한 고압축을 하여 사용자에게 전송한다. 이벤트 영상은 무선네트워크로 서버로 전달한다.

3. 이벤트 감지에 기반한 에너지 최소화

3.1 하드웨어 코덱을 이용한 영상 압축

감시 카메라의 에너지 소비를 최소화 하기 위해서 첫 째로 영상을 저장할 때 하드웨어 코덱을 이용하여 압축하도록 구현하였다. 에너지 감소에 대한 결과는 그림 3 과 같다.



(그림 3) Hardware Codec vs Software Codec

openCV 라이브러리를 이용하여 소프트웨어 코덱인 Divx 를 이용했을 땐 입력 전압이 5v 인 상황에서 전력은 평균 2.038W 가 측정되었고, openMAX 라이브러리를 이용하여 하드웨어 코덱인 h.264 를 사용했을 때 [4] 같은 입력 전압 상황에서 평균 1.844W 로 결과가 나왔다.

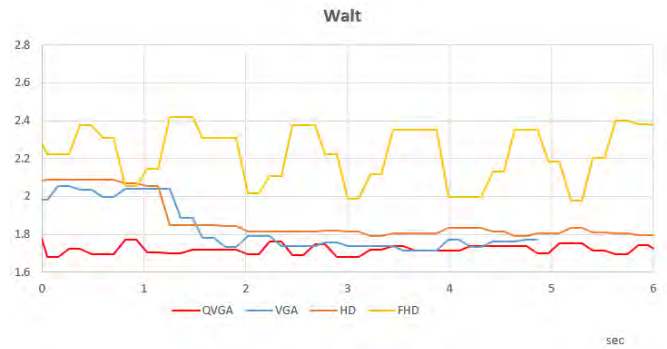
3.2 이벤트 감지 기반 에너지 최소화 구현

본 논문에서 제안하는 에너지 최소화에 대한 핵심

적인 구현 방법은 다음과 같다. 평소에는 에너지 소비를 최소화 하도록 이미지 센서로부터 저해상도 프레임 데이터를 가져와 이벤트를 감지하고, 특정 사건이 발생하였을 때, 감시 카메라의 성능을 최대로 높여 고해상도 고압축으로 영상을 저장하고 무선 전송을 하도록 구현하였다.

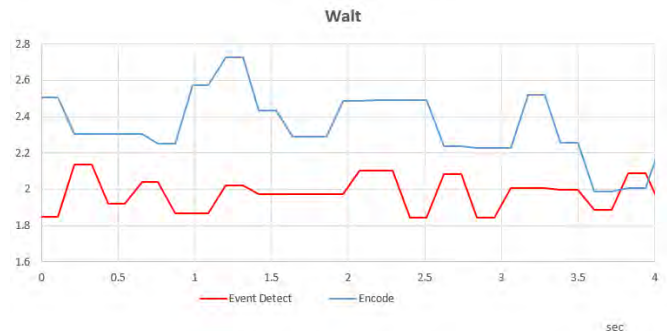
본 논문에서 사용한 움직임을 검출하는 방법으로는 카메라가 고정되어 있고 시차가 있는 두 YUV420 칼라 포맷 영상을 서로 비교하여 명암차가 첫 번째 threshold 값 이상인 픽셀의 개수가 두 번째 threshold 값보다 많을 때를 이벤트로 간주하는 차영상 기법이다.[5]

차영상을 적용할 때 사용할 프레임 데이터의 해상도를 정하기 위해서 그림 4 와 같은 조사를 하였다.



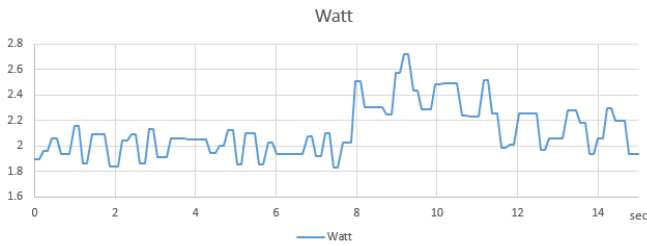
(그림 4) 해상도별 전력 소모량

실험결과 QVGA 는 1.722W, VGA 는 1.86W, HD 는 1.897W 그리고 FHD 는 2.259W 를 소비하였다. 따라서 정확한 이벤트 감지와, 에너지 소비를 모두 고려하여 QVGA 해상도에서 3.2 절에서 언급한 내용을 구현하였다. 그 결과 그림 5 와 같다.



(그림 5) Event Detect mode vs Encode mode

이벤트 감지 모드에서는 평균 1.975W 를 소비하였고, 이벤트를 녹화할 때에는 평균 2.219W 를 소비하였다. 이 자료에 근거하여 에너지 소비를 최소화 하기 위해 특정 상황일 때에만 시나리오로 감시 카메라를 운영하도록 구현하였다.

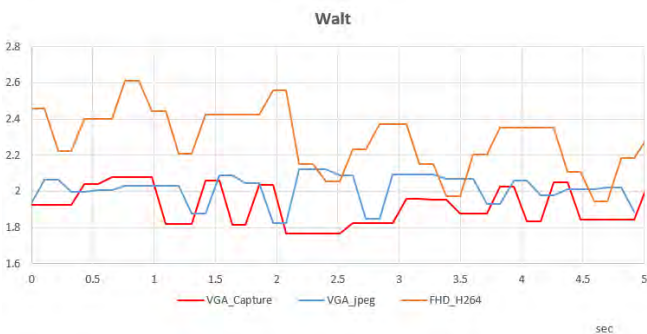


(그림 6) 스케줄링 시나리오

24 시간 하루 중 이벤트가 있는 시간과 이벤트가 없는 시간을 비교하면 일반적으로 이벤트가 없을 때가 많다. 따라서 그림 6 과 같이 카메라 운영 스케줄링을 하였다. 상황에 따라 감시카메라가 자동으로 모드가 전환되도록 하여 에너지 소비를 최소화할 구현하였다.

3.2 이벤트 감지 직전 3 초간의 영상을 저장하기 위한 에너지 절감 방안

2 장에서 언급한 바와 같이 만약 이벤트를 감지한 후부터 영상을 캡처한다면 이벤트 직전의 정보를 얻을 수 가 없기 때문에, 이벤트 직전의 주요 상황을 알기 위해서 이벤트 직전 3 초간은 정상시에 저해상도 이미지로 경량압축 방식으로 임시 메모리 버퍼에 저장해 둔다. 이 영상은 비교적 적은 용량이므로 jpeg 에 의한 저압축만으로도 메모리에 저장되기에 충분하다. H.264 등의 고압축에 비해서 압축 에너지가 적게 소비되지만 압축률이 낮아 메모리 에너지는 조금 더 소비한다. 그러나, 전반적으로 압축 에너지의 절감효과가 더 크기 때문에 에너지소비 측면에서 더 많은 절약을 할 수 있다. 이에 대한 feasibility 를 검증하기 위해 그림 7 과 같은 실험을 하였다.



(그림 7) Capture & jpeg encode & h264 encode

그림 7 의 실험결과와 같이, frame capture 소비 전력은 1.922W, 이 프레임 데이터를 jpeg 압축을 하였을 때 소비된 전력은 2.007W 로 전력소비량의 차이가 크지 않았다. 따라서 jpeg 압축을 이용하여 이벤트 발생 전 3 초간의 정지영상을 제공함으로써 보다 감시카메라의 보안성을 높일 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 일반 감시카메라와는 달리 어느 곳에나 사용자가 직접 간편히 설치할 수 있도록 배터리로 작동하고 무선으로 서버와 통신이 가능한 에너지 절감형 DIY 감시카메라 시스템을 제안하였다. 정상시에는 영상을 저해상도로 감시하고 저장은 하지 않다가 특정 이벤트가 발생하였을 때에만 이미지 센서 성능을 높여 고해상도로 샘플링하고 고압축 및 무선전송을 하도록 설계하였다. 향후에는 이벤트 감지의 정확도를 높여 오작동 확률을 줄이는 연구가 추가로 필요하다. 이벤트 감지에 비시각적 요소들을 감지하는 센서를 함께 사용하는 것을 고려할 것이다.

참고문헌

- [1] 송봉규, 박경민 “방법용 CCTV 정책의 평가와 한계” 한국행정학회, <한국행정학회 춘계학술발표논문집> 2010 권 0 호. 2010 pp.1-22
- [2] The Khronos Group Inc. “OpenMAX™ Integration Layer Application Programming Interface Specification” 2005, Version 1.0
- [3] 김계영, 이은주, 최형일 “차영상 분석에 의한 동작 정보의 추출” 한국정보과학회, (구)정보과학회논문지 21(8), 1994.8, 1480-1489 (10 pages)
- [4] The Khronos Group Inc. “OpenMAX™ Integration Layer Application Programming Interface Specification” 2005, Version 1.0
- [5] 김계영, 이은주, 최형일 “차영상 분석에 의한 동작 정보의 추출” 한국정보과학회, (구)정보과학회논문지 21(8), 1994.8, 1480-1489 (10 pages)

※ 본 연구과제는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원 지원에 의한 서울어코드활성화지원사업의 일환으로 수행되었음