

다중 동작 모드 기반의 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 적용한 개인용 저전력 라이프 로거의 설계 및 구현

김 범 준*, 이승진*, 서주희*, 백윤주°

Design and Implementation of Personal Low-Power Life Logger Using Multiple Operating Mode-Based Hierarchical Image Capture Algorithm

Beomjun Kim*, Seungjin Lee*, Juhee Seo*, Yunju Baek°

요 약

최근 사물 인터넷 장치에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있으며 개인의 일상을 기록하거나 상태를 감시할 수 있는 개인용 라이프 로거에 대한 관심이 높아지고 있다. 이 장치는 작은 배터리로 인해 에너지를 효율적으로 활용할 필요가 있다. 본 논문에서는 저전력을 고려한 개인용 라이프 로거를 설계하고 다중 모드 기반으로 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 활용하여 불필요한 에너지 소모를 막을 수 있는 방법을 제시하였다. 해당 알고리즘은 대기 상태에 비해 지나치게 많은 에너지를 소비하는 이미지 촬영 및 저장 과정이 불필요하게 발생하는 경우를 줄이는 방법이다. 또한 두 종류의 개인용 저전력 라이프 로거 장치를 구현하고 소비 전류 측정을 통해 성능을 확인하였다. 이후 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 적용할 때와 그렇지 않을 때의 성능 비교를 통해 이득을 확인하였다. 추가적으로 주기적 일상 감시를 수행하였을 때의 성능 확인을 위하여, 상용 제품과의 비교를 수행하였고 약 1.53배 더 긴 시간동안 동작함을 확인하였다.

Key Words : Life Logger, Low-Power, Wearable Device, Camera

ABSTRACT

Recently, there has been active research on small wearable devices, and there is a growing interest in personal life loggers capable of recording personal daily life or monitoring their status. Because of the small battery size of the device, it is necessary to utilize the energy efficiently. In this paper, we design a personal life logger considering low power consumption and suggest a method to prevent unnecessary energy consumption by using multiple operating mode based hierarchical image capture algorithm. This algorithm recognizes and excludes unnecessary image capture process. We implemented two kinds of personal low-power life-logger devices and confirmed the performance by measuring current consumption. After that, performance improvement was confirmed by comparing the performance when applying the hierarchical image capture algorithm and when not using it. In addition, when periodic personal life logging was performed, it was confirmed that it operated for about 1.53 times longer by comparison with commercial products.

* 이 논문(또는 저서)은 2017년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 (재)스마트 IT 융합 시스템 연구단(글로벌프런티어사업)의 지원을 받아 수행된 연구임 ((재)스마트 IT 융합시스템 연구단-2011-0031863)

♦ First Author : Pusan National University Dept. of Electrical and Computer Engineering, beomjun.kim@pusan.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Pusan National University Dept. of Electrical and Computer Engineering, yunju@pusan.ac.kr, 종신회원

* Pusan National University Dept. of Electrical and Computer Engineering, {seungjin.lee, juhee.seo}@eslab.re.kr

논문번호 : KICS2017-09-284, Received September 30, 2017; Revised December 6, 2017; Accepted December 6, 2017

I. 서 론

반도체 기술과 정보통신 기술의 발전에 따라 소형 하드웨어도 다양한 기능을 수행할 수 있으며, 사물 인터넷 시대에 발맞추어 유무선 통신 기술을 활용할 수 있게 되었다. 자연스럽게 이러한 소형 하드웨어를 활용하는 다양한 플랫폼과 서비스가 증가하고 있다. 이러한 하드웨어 중 개인의 일상이나 상태를 지속적으로 기록 및 관리할 수 있는 개인용 라이프 로거 장치^[1-3]의 연구 또한 이루어진다. 개인용 라이프 로거 장치는 착용이 가능할 정도의 소형 웨어러블 장치의 일종으로 센서나 카메라를 활용하여 개인의 주변 정보를 수집한다. 스마트폰을 활용한 라이프 로깅^[4,5] 또한 가능하다. 이 같은 장치들은 개인에게 수집한 정보를 분석하고 가공하여 사용자가 원하는 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

현재 상용화된 개인용 라이프 로거 중 일상 기록을 목적으로 하는 제품의 대표적인 예로는 iON사의 SnapCam^[6]과 Narrative사의 Narrative Clip 2^[7]가 있으며, 관리가 필요한 대상에 대한 모니터링을 목적으로 하는 제품으로는 Lively사의 Safety Watch^[8]가 있다. SnapCam과 Narrative Clip 2와 같은 장치는 카메라를 내장하여 개인의 일상을 주기적으로 촬영하고 관리 및 공유할 수 있는 서비스를 제공한다. 개인의 일상을 소셜 네트워크 서비스를 통해 공유하는 것을 더 간편하게 만들어 줄 수 있는 장치이다. 주로 클립이나 목걸이 형태로 착용하고, 장치를 두드리거나 버튼을 누르는 방법 등으로 제어를 수행한다. 촬영된 사진은 장치 내부의 메모리 혹은 외부 저장 장치에 저장되며, 원하는 사진을 스마트폰이나 컴퓨터로 전송받을 수 있다. 30초를 주기로 사진을 촬영하면 약 40시간의 동작시간을 가지게 된다. Safety Watch는 독거노인에 대한 모니터링을 통해 안전 서비스를 제공하는 것이 목표로, 하루의 운동량, 낙상과 같은 쓰러짐 등을 인식하고 상황에 따른 대처 서비스를 지원한다. 개인의 상태를 원격으로 실시간으로 모니터링하기 위해서 허브와 Bluetooth 통신을 하며, 최대 50일 정도를 동작할 수 있다. 앞서 설명한 2가지 개인용 라이프 로거는 동작 시간의 측면에서 많은 차이를 가지고 있다. 이는 카메라 기반의 일상 기록이 센서 기반의 정보 전달보다 많은 에너지를 소모하기 때문이다. 개인의 일상을 기록하여 활용하는 것이 기본적인 목표이기 때문에, 장치의 최대 동작 시간은 사용자에게 있어서 중요한 성능 지표가 된다.

이와 같은 장치의 동작 시간은 문제를 해결하는 것

은 쉽지 않다. 사용자가 착용하고 사용하는 웨어러블 장치의 특성상 제한적인 크기의 배터리를 사용할 수밖에 없으며, 배터리 기술의 혁신적인 발전이 없으면 용량이 늘리는 것에 한계가 있기 때문이다. 이전에도 유사한 문제들을 해결하기 위하여 저전력을 위한 다양한 동작 기법^[9-11]들이 연구되었지만 직접 적용하기에 부적합한 문제점이 있다. 이 때문에, 개인용 라이프 로거의 저전력 동작을 위해서는 장치에 대한 특성을 고려하여 동작을 설계할 필요성이 있다.

이에 본 논문에서는 카메라를 활용하는 개인용 라이프 로거 장치의 효율적인 동작을 통해 보다 긴 동작 시간을 확보하는 기술에 대해 연구하였다. 이를 위해 카메라 기반의 웨어러블 장치와 그 동작 모델을 설계하였고, 불필요하게 많은 에너지를 소모하게 되는 이미지 촬영의 횟수를 줄일 수 있는 알고리즘을 고안하였다. 저전력을 고려한 설계를 바탕으로 두 종류의 하드웨어를 제작하고, 성능평가를 통해 성능 개선을 확인하였다.

II. 관련 연구

2.1 개인용 라이프 로거 장치

개인용 라이프 로거 장치는 사용자의 일상이나 상황을 주기적으로 기록하기 위한 휴대용 웨어러블 장치를 말한다. 사용자는 이 장치를 활용하여 활용 목적에 따라 다양한 서비스 혜택을 누릴 수 있다. 대표적인 서비스 중 하나인 주기적 사진 촬영 서비스는 사진에 정해놓은 주기대로 이미지를 촬영하여 저장하고 공유할 수 있는 서비스이다. 이를 목적으로 하는 장치는 대부분 사용자의 시점에서 촬영하기 위하여 클립이나 목걸이 형태로 제작되어 상반신에 착용하게 된다. 개인용 라이프 로거를 활용한 또 다른 서비스로는 의료 및 헬스 케어 서비스가 있다. 장치에 내장한 센서를 활용하여 환자나 노약자의 건강 상태를 주기적으로 감시하고 기록하기 위하여 사용되며, 무선 네트워크를 통한 실시간 원격 모니터링 기능을 제공하는 경우가 많다^[12]. 이 서비스를 위해서는 지속적으로 상태를 확인하다가 갑작스러운 이상 발생 시 빠르게 대처하기 위하여 장치가 항상 켜져 있어야 한다. 개인용 라이프 로거 장치는 다른 휴대용 웨어러블 장치와 마찬가지로 하드웨어의 동작 시간이 중요한 성능 지표가 된다. 앞서 설명한 두 가지의 서비스 역시 장치가 충분한 시간동안 동작하지 않으면 사용자에게 불편함을 야기할 수 있다. 특히 의료 및 헬스 케어 서비스에서 잔여 배터리 문제로 장치가 동작을 하지 못할 경우,

감시의 대상인 노약자나 환자에 대한 위협을 감지할 수 없어 빠르게 대처하지 못하는 문제점이 존재한다.

2.2 저전력 동작에 대한 연구

휴대용 장치에 대한 저전력 동작은 크게 하드웨어적 연구와 소프트웨어적 연구로 나눌 수 있다. 하드웨어적 연구는 저전력 동작을 위하여 특정 부분으로 흘러 들어가는 전류를 차단하거나 더 낮은 전압과 전류로 동작할 수 있도록 하드웨어를 구성하는 연구를 말하며, 소프트웨어적 연구는 복잡한 연산이나 무선 통신과 같이 단기간에 많은 에너지를 소비하게 되는 동작 시간에 관여하는 방법과 같이 제공되는 하드웨어의 동작을 제어하는 연구를 뜻한다. 이 때, 하드웨어적 연구와 소프트웨어적 연구는 서로 깊은 상관관계를 가지고 있으며, 저전력을 목표로 하는 많은 연구에서 동시에 활용하게 된다^[13]. 저전력 동작을 수행하기 위한 대표적인 하드웨어적 연구의 예시로 다수의 프로세서를 활용한 설계^[14,15]와 부분적 전원 차단을 활용한 하드웨어 설계^[16,17]가 있다. 다수의 프로세서를 활용한 설계의 경우, 전류를 많이 소모하게 되는 복잡한 연산을 나누어 처리할 필요가 있을 때 활용된다. 다수의 서브 프로세서와 이에 대한 제어를 수행하는 하나의 메인 프로세서를 가지는 구조로 이루어져 있다. 주로 메인 프로세서는 간단한 연산과 제어 기능에 집중하며, 전류를 많이 소모하는 동작이나 복잡한 연산은 서브 프로세서가 수행하게 된다. 서브 프로세서의 동작이 필요치 않을 경우, 저전력 동작을 위하여 서브 프로세서는 더 낮은 소모 전류를 가지는 동작 모드를 활용할 수 있다. 부분적 전원 차단을 활용한 하드웨어 설계는 전원 설계에서부터 다수의 전원으로 구성되어 있으며, 프로세서가 각 전원부를 차단할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 프로세서의 소비 전력까지 아끼기 위해서 저전력으로 동작이 가능한 센서를 활용하는 경우도 존재한다.

III. 본 론

여기서는 제안하는 저전력을 고려한 라이프 로거의 설계 및 구현과 라이프 로거의 동작 모델의 설계 및 구현, 그리고 계층적 이미지 알고리즘에 대한 내용을 살펴본다.

3.1 저전력을 고려한 라이프 로거의 설계

라이프 로거의 동작 시간을 늘리기 위해서는 장치 설계 단계부터 저전력을 고려할 필요성이 있다. 제안

하는 저전력 라이프 로거의 고려사항은 크게 대기 상태에서의 소모 전류를 절약하는 부분과 카메라 촬영 동작의 효율성을 증대시켜 소모 전류를 절약하는 부분으로 나눌 수 있다. 라이프 로거 장치는 주기적으로 대상의 상태를 감시하는 경우가 대부분이므로 대기 시간이 차지하는 비율이 가장 높게 나타난다. 대기 상태의 소모 전류를 절약하는 것은 라이프 로거 장치의 최대 동작 시간을 늘릴 수 있는 효율적인 방법이다. 두 번째로 고려하는 카메라 촬영 동작은 이미지 센서의 촬영 동작과 메모리에 이미지를 저장하는 과정에서 높은 소모 전류를 가지게 된다. 또한 짧은 시간에 많은 에너지를 소비하게 되는 카메라 촬영 동작이 무의미해 지는 경우가 종종 발생한다. 무의미한 카메라 촬영 동작을 줄이는 것으로 인한 효율성의 증대는 라이프 로거 장치의 소모 전류 절약에 큰 도움이 된다.

본 논문에서 제안하는 라이프 로거 장치의 하드웨어 구성은 그림 1과 같이 나타난다. Bluetooth Low Energy (BLE)를 지원하는 저전력 System on Chip (SoC)인 메인 프로세서가 비교적 저전력으로 제어가 가능한 센서 정보를 주기적으로 수집하며, 복잡도가 높고 많은 에너지를 소모하는 카메라 촬영 동작은 메인 프로세서에 비해 훨씬 더 높은 성능을 가지는 서브 프로세서가 처리하게 된다. 메인 프로세서는 필요에 따라 서브 프로세서의 전원을 절약할 수 있도록 설계되었는데, 이는 서브 프로세서가 동작할 필요가 없을 때 잠들었다가 필요할 경우 깨어나는 방식과 전원의 차단과 연결을 제어할 수 있는 방식으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 설계 방식에 따른 소모 전류의 차이를 확인하기 위하여, 제안하는 장치를 두 가지 방식

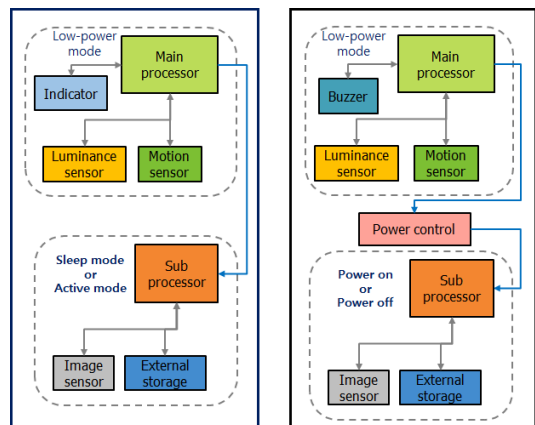


그림 1. 제안하는 라이프 로거 장치의 하드웨어 구성(왼쪽: sleep & wake 방식, 오른쪽: 전원 제어 방식)
Fig. 1. Architecture of proposed life logger device (left: sleep & wake mode, right: power control mode)

으로 각각 설계하고 구현하였다. 그림 1의 위쪽에 나타난 필요에 따라 잠들었다가 깨어나는 sleep & wake 방식의 하드웨어 구성과 아래쪽에 나타난 서버 프로세서의 전원을 직접적으로 제어할 수 있는 하드웨어를 구성한 방식은 각각 저전력 동작 방식 중 소프트웨어적 방법과 하드웨어적 방법에 중점을 두고 있다.

3.2 라이프 로거의 동작 모델 설계 및 구현

제안하는 라이프 로거의 동작은 그림 2와 같이 사용자 이벤트의 발생을 기다리는 상태인 대기 모드, 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 활용하여 판단을 내리는 이벤트 감지 모드, 마지막으로 이미지 센서를 활용한 사진 촬영과 이미지 데이터 전송을 수행하는 촬영 및 전송 모드 등의 3가지 모드로 나뉜다. 대기 모드는 서버 프로세서가 Sleep mode로 존재하거나 전원이 차단되어 있으며, 메인 프로세서 역시 저전력으로 동작하고 있어 가장 소비 전류를 절약할 수 있는 동작 모드이다. 대기 모드인 상태에서 센서로 인한 이벤트가 발생할 경우 이벤트 감지 모드로 전환되게 된다. 이벤트 감지 모드에서는 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 기반으로 이미지 촬영 여부를 결정하게 된다. 제안하는 라이프 로거 장치가 인식하는 이벤트로는 움직임 이벤트, 무단이탈 이벤트, 주기적 이벤트 등의 3가지 이벤트가 존재한다. 움직임 이벤트는 모션 센서를 통해 큰 움직임이 감지될 경우 발생하는 것으로, 사용자의 설정 및 활용 방법에 따라 환자의 쓰러짐 검출이나, 보행 검출 등 다양한 환경에서 활용할 수 있다. 무단이탈 이벤트는 사용자가 스마트폰이나 주변의 BLE 장치와 연동되어 있을 때 활용 가능하다. BLE 통신을 통해 신호 세기에 대한 감시와 연결 끊어짐을 인식하여 이벤트를 발생시킨다. 이를 적절히 활용할

경우, 장치에 대한 도난 방지나 주변에 존재하는 장치에 대한 탐색 등의 용도로 사용 가능하다. 주기적 이벤트는 사용자의 일상 기록에 가장 유용하고 활용성이 높은 이벤트로 미리 설정해놓은 주기에 맞춰 이벤트가 발생된다. 예를 들어, 사용자가 하루 동안 30초에 1번씩 사진을 촬영한다면 1시간에 120장, 하루에 총 2,880장의 사진을 촬영할 수 있다. 하지만, 무분별하게 사용자의 일상을 지속적으로 기록하는 것은 많은 에너지 소모를 일으키게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 활용할 수 있다. 계층적 이미지 촬영 알고리즘은 유의미한 사진 촬영만을 수행하도록 유도함으로써 에너지를 절약하고 저장 공간을 효율적으로 활용할 수 있다. 알고리즘을 활용하여 사진을 촬영하기로 했다면 장치는 마지막 동작 모드인 촬영 및 전송 모드로 전환되며, 촬영하지 않기로 했다면 다시 대기 모드로 동작하게 된다.

3.3 계층적 이미지 촬영 알고리즘

계층적 이미지 촬영 알고리즘은 발생한 이벤트 종류에 따라 사진을 촬영할지에 대한 여부를 결정하게 된다. 이미지를 촬영하고 저장하는 과정은 라이프 로거의 동작 중에서 가장 에너지 소비가 크다. 만약 라이프 로거가 30초마다 사진을 촬영하게 될 경우, 전류 소모의 94%가 사진 촬영 및 전송 과정에서 소모된다. 그렇기 때문에 센서 정보를 활용하여 불필요한 사진 촬영을 줄이는 것은 에너지 소비와 저장 공간 측면에서 효율성을 높일 수 있다. 이를 위해, 단순히 이벤트가 발생하면 사진을 촬영하는 것이 아니라 다수의 계층을 통해 사진을 찍지 않아도 되는 상황인지를 판단하게 된다. 무의미한 사진을 찍게 되는 대표적인 예는 그림 3의 세 가지 사진과 같이 나타난다. 첫 번째 사진은 라이프 로거 장치가 가방이나 주머니에 들어가 있는 것처럼 지나치게 어두운 환경에 놓여있을 때 촬영된 사진이다. 이미지 데이터가 포함하고 있는 정보가 매우 적기 때문에 사용자의 일상을 기록하거나 상태를 감시하기에 적절하지 않다. 이와 같은 촬영 결과물을 제외시키기 위해 내장된 조도 센서를 활용할 수

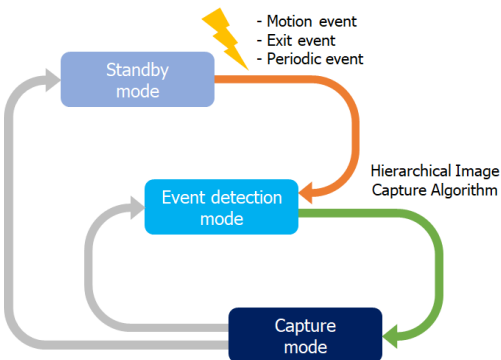


그림 2. 제안하는 라이프 로거 장치의 3가지 동작 모드
Fig. 2. Three operation modes of the proposed life logger device



그림 3. 무의미한 사진이 촬영된 대표적인 상황의 예시
Fig. 3. Examples of typical situations in which meaningless photographs were taken

있다. 사용자 설정을 통해 정해진 임계값 이하의 밝기를 가지는 사진들을 제외하는 방법은 이미지 파일에 대한 분석을 통하여 필터링하는 방법에 비하여 빠르면서 효율적으로 사진을 걸러낼 수 있다. 그림 3의 가운데 사진은 사용자의 움직임이 지나치게 커 이미지가 흔들리게 된 경우이다. 사용자의 일상을 정상적으로 기록할 수 없는 경우이므로 사진 촬영을 최소화해야 하지만, 사람이 활동하면서 자연스럽게 생기는 움직임까지 필터링 되지 않도록 주의해야 한다. 그림 3의 마지막 사진은 사용자에게 충격이 가해지거나 넘어지는 것과 같은 움직임 이벤트가 발생하지 않았음에도 사진이 찍힌 무의미한 사진이다. 이를 해결하기 위해서는 정해진 시간동안 모션 센서 값을 감시할 필요성이 있다. 또한 움직임 이벤트가 발생했을 경우 사진이 일정 이하로 흔들릴 경우 해상도 변경을 통해 정상적인 이미지를 획득할 수 있다. 이는 이미지의 해상도가 작아질수록 촬영 시간이 줄어들고, 그만큼 흔들림에 대한 간섭이 줄어들기 때문이다. 무단이탈 이벤트가 발생할 경우는 BLE 네트워크와의 연결이 끊어지거나 매우 약해진 경우이다. 이 경우에는 무단이탈 메시지를 만들고 추후 전송할 수 있도록 관리한 후에, 해당 이벤트가 발생한 순간의 사진을 촬영하게 된다. 이 경우에는 무단이탈에 대한 이미지 확보를 위해서 모듈이 움직임이 멎는 순간을 포착하여 이미지 촬영을 수행한다. 보호가 필요한 사용자에 대한 무단이탈 이벤트는 움직임 이벤트나 주기적 이벤트에 비하여 중요도가 높아 별도로 처리하게 된다. 설명한 계층적 이미지 촬영 알고리즘에 대한 의사 코드는 그림 4와 같이 나타난다. 기존의 저전력 동작에 관련 소프트웨어적 연구¹⁸⁾에서도 장치의 전류 소모를 줄이기 위하여 해

상도 조절 기법을 활용하였다. 이 연구는 여러 장치와 같은 대상을 촬영할 경우, 일부 장치는 고해상도로 촬영하고 일부는 저해상도로 촬영하는 방식으로 동작한다. 하지만, 여러 장치를 활용하여 동작하는 방식인 점과 센서 기반의 필터링과 같이 무의미한 사진을 걸러내는 과정이 없다는 부분에서 동작의 차이점이 존재한다.

3.4 저전력을 고려한 라이프 로거의 구현

저전력을 고려한 설계를 바탕으로 두 종류의 개인용 라이프 로거를 그림 5와 같이 제작하였다. 설계 및 제작 과정에서 활용한 각 구성요소는 표 1과 같이 나타난다. 제작한 하드웨어의 사이즈는 35.0mm × 40.5mm × 9.5mm로, 개인이 소지하면서 일상 및 상태를 지속적으로 감시할 수 있도록 소형으로 제작하였다. 그림 5와 같이 두 가지 하드웨어는 모두 전면에는 카메라가 위치하고 있으며 좌측에는 BLE 통신을 위한 안테나가, 후면에는 이미지 저장에 활용되는 MicroSD 소켓이 위치하고 있다. 두 하드웨어의 가장 큰 차이점은 메인 프로세서가 서브 프로세서를 제어할 수 있도록 하는 부분이며 저전력 측면에서 어떤 방법이 더 효율적인지를 검증할 수 있도록 설계하였다. 설계한 하드웨어보다 작은 크기의 리튬 폴리머 배터리를 활용하였으며, 배터리의 충전을 위한 회로와 Micro USB 커넥터를 포함하고 있다. 이미지는 JPEG

```

Algorithm 1 Hierarchical Image Capture
1: precondition MOTION_THRESHOLD, LUMINANCE_THRESHOLD
2: procedure HierarchicalCapture(Event e, Mode m, BatteryLevel b)
3:   m = EVENT_DETECTION, luminance = GetLuminance(), motion = GetMotion()
4:   network = GetNetworkState()
5:   if (luminance <= LUMINANCE_THRESHOLD)
6:     for (i=0, i < DETECT_TIME, ++i)
7:       motion_matrix[i] = GetMotion(), Delay(MILLISECOND)
8:     switch (e)
9:     case MOTION :
10:      if (SelectMotionFilter(motion_matrix))
11:        AdjustResolution(motion_matrix, b), InitializeImageSensor()
12:        break
13:     case EXIT :
14:      if (network == DISCONNECTED || network == RSSI_LOW)
15:        CreateExitMessage(network), WirelessSetting()
16:        while (motion > MOTION_THRESHOLD) motion = GetMotion()
17:        break
18:      m = CAPTURE, return true
19:      m = STANDBY, return false
20: end procedure
    
```

그림 4. 계층적 이미지 촬영 알고리즘에 대한 의사 코드
Fig. 4. Hierarchical Image Capture algorithm

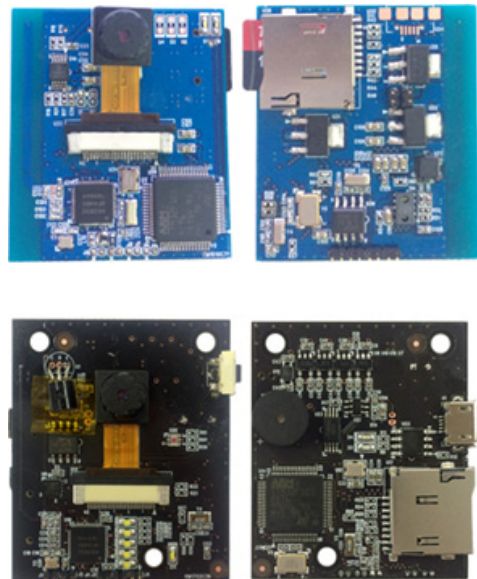


그림 5. 제안하는 라이프 로거 장치의 하드웨어(위쪽: sleep & wake 방식, 아래쪽: 전원 제어 방식)
Fig. 5. Hardware of proposed life logger device(upper: sleep & wake mode, lower: power control mode)

표 1. 제안하는 라이프 로거 장치의 하드웨어 상세
Table 1. Specification of proposed life logger device

Item	Description	
Processors	Main	Nordic nRF52832
	Sub	STM32F105
Sensors	Luminance	Si114x, OPT3001
	Motion	LIS331, ADXL362
	Image	Omnivision OV2640
External storage type	MicroSD card	
Battery	Li-poly 315mAh	

포맷으로 촬영되어 저장되며, 외부 저장장치에서 활용하는 파일시스템은 FAT32를 사용하고 있다. 라이프 로거 장치는 배터리의 전압을 기반으로 대략적인 배터리 잔량을 추정할 수 있으며, 이를 활용하여 저전력 동작에 활용할 수 있다. 또한 제안하는 장치는 전원확인이나 네트워크 연결, 배터리 상태 등을 표시하기 위하여 다수의 LED가 포함되어 있다. 하드웨어의 하단에는 프로그래밍과 디버깅을 위한 핀아웃과 배터리 연결을 위한 전원부가 있다.

메인 프로세서는 조도 센서와 모션 센서로부터 사용자 주변 정보를 수집할 수 있으며, 서브 프로세서와 직접적인 통신이 가능하다. 서브 프로세서는 이미지 센서를 활용하여 사진을 촬영할 수 있고, 이 데이터를 외부 저장장치에 저장함으로써 사용자의 일상을 기록할 수 있다. 장치가 부팅되면 각 센서의 초기화를 수행한 후 저전력 모드로 대기하게 된다. 저전력 모드에서는 RTC나 가속도 센서의 이벤트 인식을 위한 신호를 기다린다. RTC는 사용자가 설정한 주기에 맞춰 이벤트를 발생시키며 모션 센서는 일정 이상의 움직임이 발생할 경우 움직임 이벤트를 감지하게 된다. 또한 구현한 장치는 BLE 통신을 통해 연결을 수립하고 사용자 어플리케이션으로 데이터를 전송하는 기능을 포함하고 있다.

IV. 성능 평가

이 장에서는 개별 동작에 대한 소모 전류 분석과 계층적 이미지 촬영 기법의 이득, 상용 제품과의 비교를 통해 제안하는 장치의 성능을 평가한다.

4.1 저전력을 고려한 설계의 소모 전류 실험

이미지 센서를 활용하여 개인의 일상을 기록하거나 상태를 감지하는 장치에서 동작 시간은 안정성과 편리함 측면에서 매우 중요한 요소이다. 장치의 동작은

여러 개별 동작들의 조합으로 구성되는데, 장치의 평균 소모 전류를 낮춰 동작 시간을 늘리기 위해서는 높은 전류 소모를 가지는 동작의 수행 길이를 최소화해야 한다. 이를 위해서는 각 동작 과정별 소모 전류를 비교할 필요성이 있다. 각 기능별 동작 측정을 위하여 전원 인가 후 각기 다른 동작을 순차적으로 수행하여 소모 전류를 측정하였다. 그림 6은 실험 중일 때의 오실로스코프 화면이다. 부팅 직후에는 메인 프로세서와 서브 프로세서가 동시에 동작하고 있으며, 이후 이미지를 촬영하고 외부 저장장치에 저장하였다. 이후에는 서브 프로세서를 저전력 모드로 동작시킨 후 각 센서의 데이터를 수집하고 BLE를 통해 전송하는 동작 순으로 진행하였다. 두 하드웨어 중 sleep & wake 방식으로 동작하는 하드웨어의 동작 과정별 소모 전류는 그림 7과 같이 나타나는데, 가장 높은 소모 전류를 가지는 동작은 이미지 촬영과 저장 과정이다. 두 가지 동작의 소모 전류는 각각 78.8mA와 58.4mA로 대기 상태에서의 소모 전류에 비해 각각 5.2배, 3.8배 많은 전류를 소모하게 된다. 전체 동작 시간에서 가장 많은

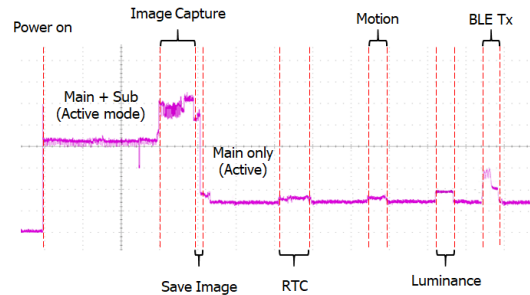


그림 6. 기능 동작에 따라 변화하는 전류 소모량
Fig. 6. Changes in current consumption over time

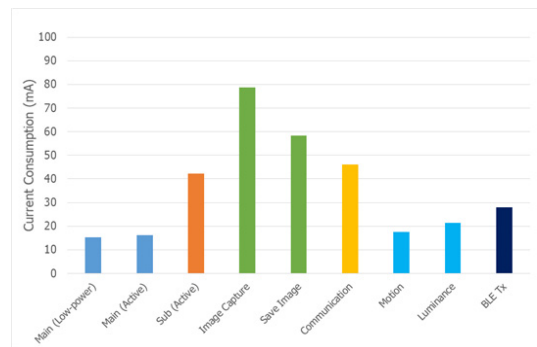


그림 7. 제안하는 라이프 로거 장치의 개별 동작에 대한 전류 소비량
Fig. 7. Current consumption by individual operation of the proposed life logger device

비율을 차지하는 모드는 이벤트를 기다리는 대기 모드로 각 프로세서가 저전력 모드로 대기하게 된다. 이때, 메인 프로세서를 사용하지 않을 경우의 소비 전류는 15.2mA이고 메인 프로세서를 활성화 시킬 경우의 소비 전류는 16.2mA이다. 여기에 추가적으로 서브 프로세서를 깨울 경우, 소모 전류는 42.2mA로 증가하여 대기 모드보다 2.8배 많은 전류를 소모한다. 이벤트 감지 모드에서 가속도 센서나 조도 센서로부터 정보를 수집할 때에는 메인 프로세서만을 활용하기 때문에 각각 17.6mA, 21.5mA만이 소모된다. 또한 BLE 통신을 수행할 때에는 28mA가 소모되며, 서브 프로세서를 깨워 프로세서 간 통신을 수행할 때에는 46mA가 소모된다. 실험을 통해 알 수 있듯이, 장치의 세 가지 동작 모드는 대기 모드, 이벤트 감지 모드, 촬영 및 전송 모드 순으로 높은 소비 전류를 가진다. 반면에, 전원 제어 방식으로 동작하는 하드웨어의 경우, 대체적으로 유사하지만 서브 프로세서의 동작이 필요하지 않으면 전원을 차단시켜 15.2mA만 나타나게 된다. 서브 프로세서의 전원 제어에 필요한 소모 전류는 매우 작아 소모 전류 측면에서는 장점을 가지지만, 전원 제어로 인해 휘발성 메모리에 있던 내용이 모두 사라지고 이미지 센서의 초기화에 시간이 조금 더 소요되는 단점들도 존재한다. 이와 같은 단점들은 라이프 로깅 목적의 장치에서는 주기적 동작이라는 특성으로 인해 동작에 부정적인 영향을 끼치지 않는다.

4.2 계층적 이미지 촬영 기법의 이득

계층적 이미지 촬영 기법은 불필요한 사진 촬영의 수를 줄여 소모 전류를 줄이는 알고리즘이다. 계층적 이미지 촬영 기법은 단순히 하나의 필터를 활용하여 이미지를 걸러내는 방법보다 센서 데이터를 더 많이 활용하지만, 더 정확하게 필요 없는 이미지들을 걸러낼 수 있다. 싱글 필터를 통해 걸러내지 못하는 움직임 이벤트가 발생하고 있을 때, 계층적 이미지 촬영 기법이 걸러낼 수 있는 이미지의 비율을 Skip Rate(SR)로 정의하면 전류 소모는 그림 8과 같이 나타난다. 싱글 필터로 걸러내지 못하는 움직임 이벤트를 계층적 이미지 촬영 기법이 걸러내는 비율은 환경의 변화로 인한 센서 값에 따라 달라지지만, 계층적 이미지 촬영 알고리즘은 추가적인 센서 정보들을 취합하기 때문에 보다 정확하게 이벤트를 감지할 수 있다. 만약 계층적 이미지 촬영 알고리즘이 1%의 이벤트를 걸러낸다면 싱글 필터를 활용하는 경우보다 약 0.3% 정도의 소모 전류를 더 소모하여 손해지만, 2% 이상의 이벤트를 걸러내게 될 경우 소모 전류를 절약

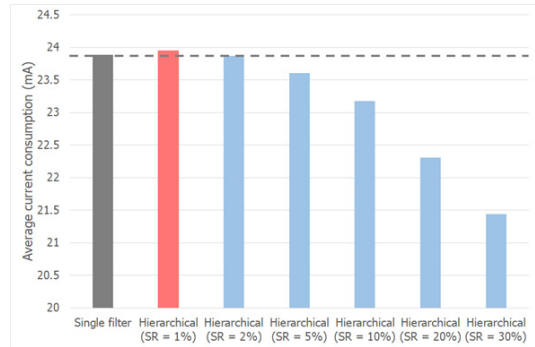


그림 8. 계층적 이미지 촬영 알고리즘의 전류 소모 비교
Fig. 8. Comparison of current consumption using Hierarchical Image Capture algorithm

하여 이득이 발생함을 알 수 있다. 계층적 이미지 촬영 기법이 추가적으로 10%의 이벤트를 분류하면 전류 소모가 3% 절약되고, 30% 더 걸러낼 경우에는 10%의 전류 소모가 감소된다. 따라서 전체 이미지 중 2% 이상의 이미지가 걸러질 경우에는 계층적 이미지 촬영 기법이 더 뛰어난 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 이와 같은 추세는 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 활용하여 추가적으로 걸러낼 수 있는 움직임 이벤트와 비례하여 소모 전류를 절약할 수 있다는 것을 의미한다. 불필요한 사진 촬영을 줄이는 것은 소모 전류 측면뿐만이 아니라 저장 공간과 편리성 측면에서도 이득을 가져온다. 사용자가 자신의 일상을 기록했을 경우, 의미 없는 정보가 기록될 확률은 매우 높다. 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 통해 걸러진 사진의 수에 비례하여 저장 공간을 절약할 수 있음은 사용자의 외장 메모리 관리를 용이하게 한다. 또한 기록된 정보 중에서 자신이 관심 있는 정보만을 추출하는 추가적인 노력을 줄일 수 있다는 측면에서 사용하기에 편리해진다.

4.3 상용 제품과의 비교

본 논문에서 제안하는 하드웨어는 저전력을 고려하여 설계되었으며, 이벤트에 따른 사진 촬영 과정에서 생기는 소모 전류의 절약을 위하여 계층적 이미지 촬영 기법을 활용하였다. 사용자가 착용하고 활용하기 위해서는 충분한 동작 시간을 확보해야하는데, 이에 대한 성능 검증을 위하여 상용 제품과의 비교를 수행하였다. 비교 군으로 활용된 하드웨어는 MeCam사의 MeCam HD 장치^[9]와 Narrative사의 Narrative Clip 2이다. 두 하드웨어가 주로 활용하게 되는 30초 주기로 일상을 감지하는 어플리케이션을 통하여 성능을 비교하였고, 315mAh의 배터리를 가진 상태에서 배터

리가 모두 소모될 때까지 동작 가능한 시간을 확인하였다. MeCam HD는 대기 상태에서의 전류 소모량이 높아 가장 먼저 배터리가 모두 소모되는 것을 알 수 있다. 제안하는 하드웨어 중 sleep & wake 방식으로 동작하는 하드웨어는 저전력을 고려한 설계 및 알고리즘으로 인해 MeCam HD보다 1.8배 더 오래 동작하지만, 서브 프로세서의 소모 전류가 높은 문제로 인하여 Narrative Clip 2보다 먼저 배터리가 방전된다. Narrative Clip 2는 sleep & wake 방식에 비해 1.45배 긴 동작 시간을 가진다. 하지만 전원 제어를 활용하여 설계된 하드웨어인 power management 방식의 라이프 로거가 대표적인 라이프 로거 장치인 Narrative Clip 2보다 1.53배 긴 동작 시간을 확보하여 가장 좋은 성능을 나타낸 것을 알 수 있다. 이 실험 결과를 통해 다수의 프로세서의 저전력 동작을 활용하여 소비 전류를 절감하는 기존의 sleep & wake 방식보다 필요에 따라 하드웨어의 전원을 일부 차단하는 power management 방식이 저전력 측면의 성능이 뛰어난 것을 확인하였다. 제안하는 sleep & wake 방식의 하드웨어와 power management 방식의 하드웨어는 315mAh 배터리를 활용하였을 때, 각각 약 21시간과 46시간 동안 일상 기록을 수행할 수 있음을 확인하였다. 제안하는 라이프 로거가 상용 제품에 비해 긴 시간동안 동작할 수 있는 저전력을 위한 하드웨어적 설계로 인하여 대기 상태에서 더 작은 소모 전류를 가지기 때문이다. 그림 9와 같이 하드웨어적 영향으로 인하여 더 긴 시간 동안 동작함을 알 수 있다. 또한, 불필요한 사진 촬영이 발생하여 사진 촬영의 횟수가 줄어들 경우 계층적 이미지 촬영 기법의 이득이 더해져 더 긴 동작시간을 확보할 수 있다.

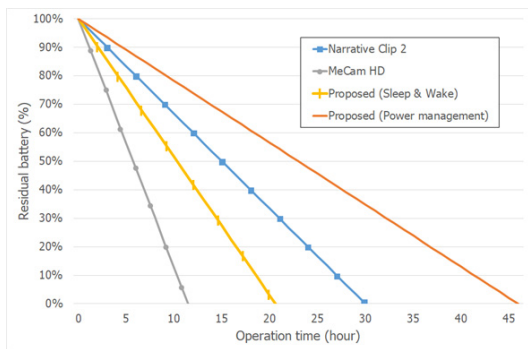


그림 9. 장치별 배터리 소모량에 따른 주기적 촬영 모드(30초)의 동작 시간
 Fig. 9. Operation time of periodic capture mode(30s) according to battery consumption by device

V. 결론

본 논문에서는 일상이나 상태의 기록 및 모니터링을 위해 활용할 수 있는 개인용 라이프 로거 장치를 설계하고 다중 동작 모드 및 계층적 알고리즘을 활용하여 저전력 동작이 가능하도록 구현하였다. 제안하는 라이프 로거 장치의 3가지 동작 모드인 대기 모드, 이벤트 감지 모드, 촬영 및 전송 모드를 설계하고 사용자가 활용할 수 있는 3가지 이벤트인 움직임 이벤트, 무단이탈 이벤트, 주기적 이벤트에 대하여 정의하였다. 또한 라이프 로거 장치의 저전력 성능 비교를 위하여 2가지 저전력 동작 기법을 활용하여 하드웨어를 설계하였다. 또한 불필요하게 이미지를 촬영하고 전송하는 과정에서 소모되는 소비 전류를 절감하기 위하여 센서 정보를 활용하여 이벤트 종류에 따라 추가적인 전류 소모를 막을 수 있는 계층적 이미지 촬영 알고리즘을 고안하여 적용하였다. 저전력을 위한 설계를 기반으로 하드웨어를 소형으로 구현하였으며, 해당 장치를 활용하여 각 기능별 전류 소모 실험을 진행하였다. 계층적 이미지 촬영 기법의 이득을 확인하기 위하여 싱글 필터 기반의 상황과 비교하여 SR이 2% 이상일 때 소비 전류를 절감할 수 있음을 확인하였다. 또한 상용화된 제품과의 비교를 수행하였고, 동일 배터리를 활용하여 30초 주기로 일상을 기록할 경우 1.53배 긴 시간동안 동작 가능함을 확인하였다.

References

- [1] K. H. Lee, K. J. Noh, and C. S. Bae, "Personal life logger and belonging monitor using reliable ZigBee networks," *Int. Conf. Human-Computer Interaction (HCI)*, pp. 961-970, Beijing, China, Sept. 2007.
- [2] M. Abe, Y. Morinishi, A. Maeda, M. Aoki, and H. Inagaki, "A life log collector integrated with a remote-controller for enabling user centric services," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 55, no. 1, pp. 295-302, Apr. 2009.
- [3] D. C. Kim, C. M. Yang, C. J. Song, and S. J. Park, "Life logging scheme for life media services," in *Proc. Symp. IEIE*, pp. 1863-1866, Jun. 2016.
- [4] H. Xu and S. B. Cho, "A semantic relation-based retrieval method in mobile

- life-log network,” *J. KISS : Softw. and Appl.*, vol. 41, no. 1, pp. 80-87, 2014.
- [5] Y. J. Nam, D. K. Shin, and D. I. Shin, “A study on the life log collection and analysis system using mobile,” in *Proc. Symp. KICS*, vol. 60, pp. 229-230, Jun. 2016.
- [6] SnapCam, Retrieved Oct. 21, 2017, from <http://usa.ioncamera.com/snapcam>
- [7] Narrative Clip 2, Retrieved Oct. 21, 2017, from <http://getnarrative.com>
- [8] Safety Watch, Retrieved Oct. 21, 2017, from <http://mylively.com>
- [9] K. Leuenberger and R. Gassert, “Low-power sensor module for long-term activity monitoring,” *2011 Annu. Int. Conf. IEEE EMBC*, pp. 2237-2241, Boston, USA Dec. 2011.
- [10] F. Fraternali, M. Rofouei, N. Alshurafa, H. Ghasemzadeh, L. Benini, and M. Sarrafzadeh, “Opportunistic hierarchical classification for power optimization in wearable movement monitoring systems,” *Ind. Embedded Syst. (SIES)*, pp. 102-111, Jun. 2012.
- [11] G. Y. Lee and S. J. Kang, “Design of reassembly unit modular wearable device,” *J. KICS*, vol. 41, no. 3, pp. 338-346, Mar. 2016.
- [12] A. Burns, B. R. Greene, and M. J. McGrath, “SHIMMER™ - A wireless sensor platform for noninvasive biomedical research,” *JIEEE Sensors J.*, vol. 10, no. 9, pp. 1527-1534, Sept. 2010.
- [13] C. Wang, W. Lu, M. R. Narayanan, S. J. Redmond, and N. H. Lovell, “Low-power technologies for wearable telecare and telehealth systems: A review,” *Biomed. Eng. Lett.*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, Apr. 2015.
- [14] R. Braojos, H. Mamaghanian, A. D. Junior, G. Ansaloni, D. Atienza, f. J. Rincon, and S. Murali, “Ultra-low power design of wearable cardiac monitoring systems,” *IEEE/ACM Annu. Design Automation Conf.*, vol. 1, no. 1, pp. 140-145, Jun. 2014.
- [15] C. Zhou, C. Tu, J. Tian, Y. Gao, and X. Ye, “A low power miniaturized monitoring system of six human physiological parameters based on wearable body sensor network,” *Sensor Rev.*, vol. 35, no. 2, pp. 210-218, Mar. 2015.
- [16] L. Ren, Q. Zhang, and W. Shi, “Low-power fall detection in home-based environments,” *2nd ACM Int. Wksp. Pervasive Wirel. Healthcare*, pp. 39-44, Jun. 2012.
- [17] J. Yuan, K. K. Tan, T. H. Lee, and G. C. H. Koh, “Power-efficient interrupt-driven algorithms for fall detection and classification of activities of daily living,” *IEEE Sensors J.*, vol. 15, no. 3, pp. 1377-1387, Mar. 2015.
- [18] S. Fang, K. Mayer-Patel, and S. Nirjon, “Distributed adaptive model predictive control of a cluster of autonomous and context-sensitive body cameras,” in *Proc. 2017 Wksp. Wearable Syst. and Appl.*, pp. 35-40, Jun. 2017.
- [19] MeCam HD, Retrieved Oct. 21, 2017, from <http://mecam.me/products/mecam-hd>

김 범 준 (Beomjun Kim)



2012년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 공학학사
 2014년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 2014년 3월~현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> 지능형 자동차, 저전력 기술, 임베디드 시스템

이 승 진 (Seungjin Lee)



2016년 8월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 공학학사
 2016년 9월~현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정
 <관심분야> 임베디드 시스템, 시스템 설계, 저전력 기술

서 주 희 (Juhee Seo)



2017년 2월 : 동의대학교 전자
공학과 졸업

2017년 3월~현재 : 부산대학교
컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> 임베디드 시스템,
하드웨어 설계, 통신

백 윤 주 (Yunju Baek)



1990년 2월 : 한국과학기술원 전
산학과 공학학사

1992년 2월 : 한국과학기술원 전
산학과 공학석사

1997년 2월 : 한국과학기술원 전
산학과 공학박사

1999년~2002년 : NHN 기술연
구소 소장

2003년~현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 정교수

<관심분야> RFID, WSN, RTLS, 임베디드 시스템