

# AHRS 알고리즘을 이용한 영유아 모니터링 시스템 개발

<sup>1</sup>김은, <sup>2</sup>김석훈, <sup>\*3</sup>김대영  
<sup>1</sup>경남대학교, sil7777@kyungnam.ac.kr  
<sup>2</sup>순천향대학교, seokhoon@sch.ac.kr  
<sup>\*3</sup>교신저자 대구가톨릭대학교, kimdy81@cu.ac.kr

## Implementation of Infant Monitoring System using AHRS Algorithm

<sup>1</sup>Eun Kim, <sup>2</sup>Seokhoon Kim, <sup>\*3</sup>Dae-Young Kim  
<sup>1</sup>Kyeongnam University, sil7777@kyungnam.ac.kr  
<sup>2</sup>Soonchunhyang University, seokhoon@sch.ac.kr  
<sup>\*3</sup>Corresponding Author Daegu Catholic University, kimdy81@cu.ac.kr

### 요약

영유아 관련 사고는 빈번하게 발생하고 있으며 초등 조치가 원활하지 않을 경우 더 큰 사고로 이어질 수 있다. 신속한 초등 조치를 위해서는 적절한 모니터링 시스템이 요구되며, 아동의 생체 상태에 대한 정확한 모니터링과 긴급한 상황 발생에 대해서 즉각적인 통보가 가능한 시스템의 구축이 필요하다. 최근 IoT 기술의 발전과 더불어 다양한 형태의 센서들이 초소형으로 개발되고 있으며 스마트 폰의 발전과 더불어 스마트 폰과의 연계된 웨어러블 디바이스의 개발이 가속화 되고 있다. 이러한 웨어러블 디바이스를 사용하여 영유아 사고의 위험을 줄이고 사고 발생시 신속한 대응이 가능해 진다. 본 논문에서는 영유아 상태에 대한 모니터링이 가능한 웨어러블 시스템을 제안하고 영유아 사고를 예방하기 위한 서비스를 제시한다.

### Abstract

Accidents involving infants and toddlers are occurring frequently, and if elementary measures are not smooth, they can lead to even greater accidents. Rapid elementary measures require an appropriate monitoring system, and it is necessary to build a system that can accurately monitor the child's living condition and notify the emergency situation immediately. Recently, with the development of IoT technology, various types of sensors are being developed in a very small size, and development of wearable devices connected with smart phones is accelerating with the development of smart phones. By using these wearable devices, it is possible to reduce the risk of infant accidents and to respond promptly in case of an accident. In this paper, we propose a wearable system that can monitor the infant condition and present a service to prevent infant accidents.

**Keywords:** AHRS algorithm, infant monitoring, IoT system, wearable system, healthcare

### I. 서론

영유아의 사고는 장소를 가리지않고 다양한 곳에서 빈번하게 발생하고 있으며, 매년 증가하고 있다. 상해 사고에서 사망 사고까지 가정을 비롯하여 공공의 장소에서도 빈번하게

\* Corresponding Author

Received: Oct. 22, 2018, Revised: Nov. 19, 2018, Accepted: Dec. 26, 2018

발생한다. 따라서 영유아 사고의 경우 영유아의 생존성을 높이기 위해 원활한 초동 조치가 요구된다. 이를 위해서는 영유아를 적절하게 모니터링을 위한 시스템이 필요하다. 최근 IoT 기술의 발전과 더불어 다양한 형태의 센서들이 초소형으로 개발되고 있으며 스마트 폰과 연계된 웨어러블 디바이스의 개발이 가속화 되고 있다. 이러한 웨어러블 디바이스를 통해서 영유아의 상태를 정확히 모니터링 할 수 있고, 사고발생시 적절하게 대응할 수 있게 된다 [1,2].

본 논문에서는 헬스 밴드 타입의 영유아 웨어러블 디바이스를 제안한다. 제안된 시스템은 영유아의 건강상태를 모니터링해서 부모의 스마트 폰 앱에 그 결과를 전송한다. AHRS (Attitude and Heading Reference System) [3,4] 알고리즘을 사용하여 영유아의 뒤집기 동작과 추락을 검출하고 사고 발생을 즉시 부모에게 알림으로써 즉각적인 대응이 가능하다.

## II. 관련연구

IoT 디바이스를 이용한 상태 모니터링은 IoT 시스템의 대표적인 애플리케이션이라고 할 수 있다. IoT 디바이스가 센싱한 정보는 네트워크 서버를 통해 수집되며, 이 정보를 바탕으로 서비스를 제공한다. IoT 상태 모니터링 서비스는 군사용으로 활용될 수도 있으나, 최근 스마트 시티, 스마트 홈, 스마트 공장, 헬스케어 등 다양한 응용 분야에서 활용되고 있다. 일반적으로 IoT 시스템은 제한된 자원을 가지고 동작하며 오랜 시간 사용하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 시스템 운용이나 통신 등 모든 측면에서 에너지 사용을 최소화 한다. 이미 헬스케어와 관련하여 제안하는 시스템과 유사한 사람의 건강 모니터링을 위한 시스템이 구축되어 일부 활용되고 있다 [5-8]. 그러나 헬스케어 시스템은 일반적으로 성인을 대상으로 개발된 시스템이기 때문에 영유아에 적용하는 것은 쉽지 않다. 특히, 영유아의 상태 모니터링의 가장 큰 부분이 아이의 자세, 또는 긴급한 이벤트에 대처하는 것이 가장 중요한데, 기존 헬스케어 시스템은 사용자의 주기적인 건강상태 체크에 목적을 두고 있다. 현재 국내 헬스밴드에는 영유아 상태 모니터링하기 위한 제품이 출시된 것이 없으며, 영유아 돌연사 방지를 위한 기술로서 단순한 베개 형태의 제품이 있으나 이는 영유아의 생체 정보를 획득할 수 없고, 단순히 영유아의 머리 또는 신체를 고정하는 형태로 사용된다. 비교적 큰 사이즈로 영유아의 기저귀 중 배꼽 부위에 장착하여 아이의 상태 모니터링을 위한 제품이 출시되어 있으나 AHRS 알고리즘과 같은 고도화된 알고리즘을 갖고 있지 않아 정확한 아이 상태에 대한 모니터링이 어렵다. 따라서 제안된 시스템은 영유아의 상태 예측에 최적화된 센서를 활용하고, 이를 기반으로 효과적으로 상태 예측이 가능한 시스템을 개발한다. 또한 통신을 통한 전력소비를 최소화하기 위한 방법으로 BLE 통신을 시스템에 적용함으로써 시스템의 에너지 소모를 최소화 한다.

## III. 영유아 모니터링 시스템

제안하는 영유아 모니터링 시스템은 AHRS 를 기반으로 구성된다. 시스템 내부 블루투스 4.0 통신을 위한 통신 모듈과 기압, 압력, 고도, 3축 자이로, 온도, 습도, 맥박 센서를 포함하고 있다. 제안하는 시스템은 각종 센서로부터 데이터를 수신하기위한 센서 통합 인터페이스와 AHRS 를 이용하여 영유아의 상태를 파악하기 위한 알고리즘으로 이루어진다. 그림 1 은 제안하는 시스템의 구성도를 보여준다.

영유아 모니터링 시스템을 위한 하드웨어 플랫폼은 아두이노 개발에서 활용되는 플랫폼 중 하나인 APM2.5 보드를 사용한다. APM2.5 는 다수의 확장 포트를 가지고 있어 다양한 센서 운용이 가능하고, 실시간 응답성이 뛰어나다. 또한 Atmega 2560 칩셋을 사용하고 있어 고속 연산이 가능하다. 영유아 모니터링 시스템의 센서 드라이버는 3축 자이로 센서, 가속도 센서, 지자기 센서, 온도 센서, 그리고 압력 센서를 지원한다. 센서 드라이버는 각 센서의 신호값을 시스템으로 전달하며, 센서 통합 인터페이스는 센서 드라이버에서 전달된 신호 레벨을 AHRS 알고리즘이 활용할 수 있도록 가공한다. 즉, 각 센서들의 신호 값을 구간화 하고 해당 값들 내에서 효과적으로 AHRS 가 의미를 찾아낼 수 있도록 정리하게 된다.

제안하는 AHRS 알고리즘은 추출된 센서들의 값을 바탕으로 영유아의 상태를 파악하기 위한 알고리즘이다. 잘못된 정보에 대한 판단은 영유아의 안전에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 AHRS 알고리즘의 중요성은 아주 높다고 할 수 있다. 특히, 자이로 센서, 가속도 센서에 의한 영유아 뒤집기에 대한 판단과 추락 및 충격에 대한 긴급 데이터 전송은 제안하는 시스템의 핵심적인 기능이다.

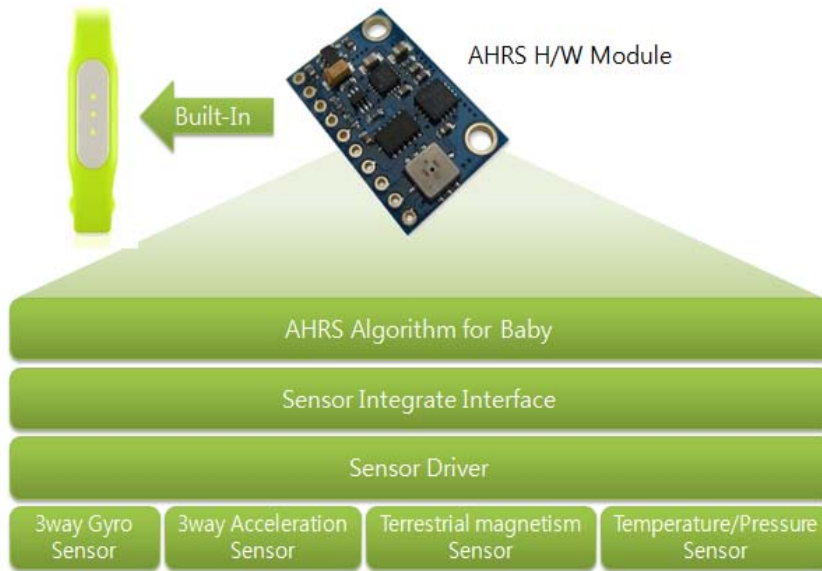


Figure 1. System architecture (시스템 구성도)

### 3.1. 영유아 뒤집기 동작 검출

영유아의 뒤집기 동작 검출을 위해서는 3 축 자이로 센서와 심장 박동(맥박)을 검출하는 알고리즘을 사용한다. 그림 2 에서 보는 것처럼 자이로 센서에 의해 확보된 위상변화에 따른 정보값을 통해서 1 차적으로 영유아의 뒤집어 짐을 판단하고, 맥박을 검출하여 심장의 뿔이 약해지거나 급속도로 느려질 경우 해당 위험을 인지 판단하여 부모가 가진 모바일 디바이스에 즉시 정보를 전송하고 진동 및 소리를 통해 알려준다.

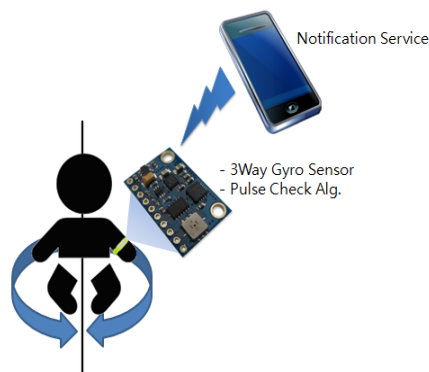


Figure 2. Infant Accident Inspection (영유아 뒤집기 검출)

### 3.2. 영유아 추락 검출

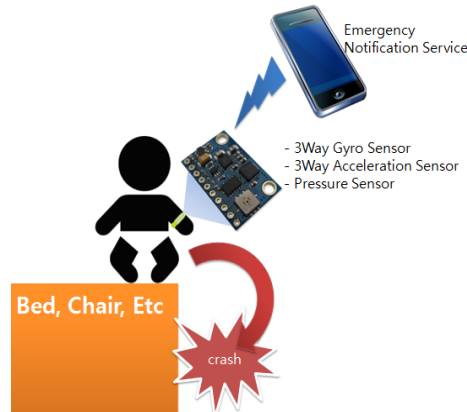


Figure 3. Infant Fall Detection (영유아 추락 검출)

영유아의 사고 중 빈번하게 발생하는 것은 뒤집기 과정의 호흡곤란과 추락이다. 그림 3에서 보는 것처럼 추락 검출을 위해서는 가속도 센서와 자이로 센서, 압력센서를 사용한다. 가속도 센서에 의해 영유아의 기본 속도 이상의 속도가 발생할 경우에 해당 영유아에 대한 특별한 이벤트가 발생한 것으로 인지하고, 자이로 센서는 영유아의 상태와 방향, 그리고 압력센서는 팔의 위치 및 특정한 위치에 물건이 있는지를 검출할 때 사용한다.

### 3.3. 심장박동(맥박) 검출

심장박동 검출을 위해서 소형화된 맥박센서로부터 정보를 추출하고 시스템 내부 메모리에 안전하게 저장한다. 맥박센서는 혈관의 흐름을 인식하여 맥박을 검증한다. 또한 부모의 모바일 디바이스로 정보를 백업하고 모바일 디바이스에서는 해당 정보를 바탕으로 시각화 서비스를 제공한다.

### 3.4. 체온 검출

체온을 검출하기 위하여 온도센서를 이용하여 지속적으로 온도를 체크한다. 체온 검출도 심장박동처럼 지속적으로 데이터를 측정하고 측정된 데이터를 저장한다. 또한 저장된 정보는 주기적으로 모바일 디바이스에 업데이트하여 모바일 디바이스에서 시각화 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

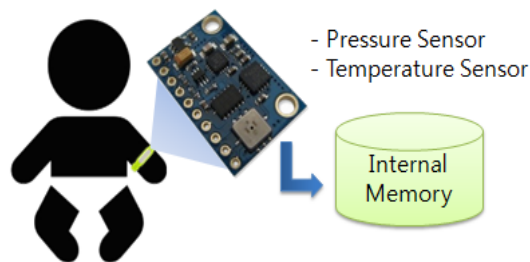


Figure 4. Infant Body Temperature Detection (영유아 체온 검출)

### 3.5. 긴급상황 검출

심장박동이 느려지거나, 체온이 평균이상으로 급작스럽게 올라가거나, 압력센서가 높은 압력을 감지, 그리고, 지자기 센서에 의해 갑작스런 방향전환, 자이로 센서 및 가속도 센서에

의한 급작스런 변환 값이 검출되면 해당 정보에 부모가 판단할 수 있도록 하기 위해 모바일 디바이스로 해당 정보에 대한 알람 신호를 송출한다.

긴급상황에서 정확한 정보를 판단하기 위해서는 시스템에서 다양한 형태의 센서들을 효과적으로 관리할 수 있어야 한다. 시스템이 부팅되고 초기 배터리 검사를 통과한 후 네트워크와 센서를 점검한다. 정보가 정상적으로 수신되는 경우, 센서 값을 읽어오고 정보 분석 및 처리를 수행한 후 모바일 디바이스의 애플리케이션으로 정보를 전송한다. 500ms 주기로 센서 값을 읽어오고, 센서 값을 모바일 디바이스로 전송하기 전에 센서의 상태를 점검한다. 이렇게 진행하는 이유는 센서와 배터리 상태를 모니터링 할 수 있어야 하지만, 소형 웨어러블 디바이스에서는 사용자와의 인터페이스로 LED를 제외하고는 존재하지 않는다. 또한 모바일 디바이스의 애플리케이션을 통해서 센서와 배터리 상태를 점검하는 것이 전력 효율 측면에서도 더 효과적이라고 할 수 있다. 그림 5는 센서 값을 전송하기 위한 절차를 순서도를 사용하여 나타낸다.

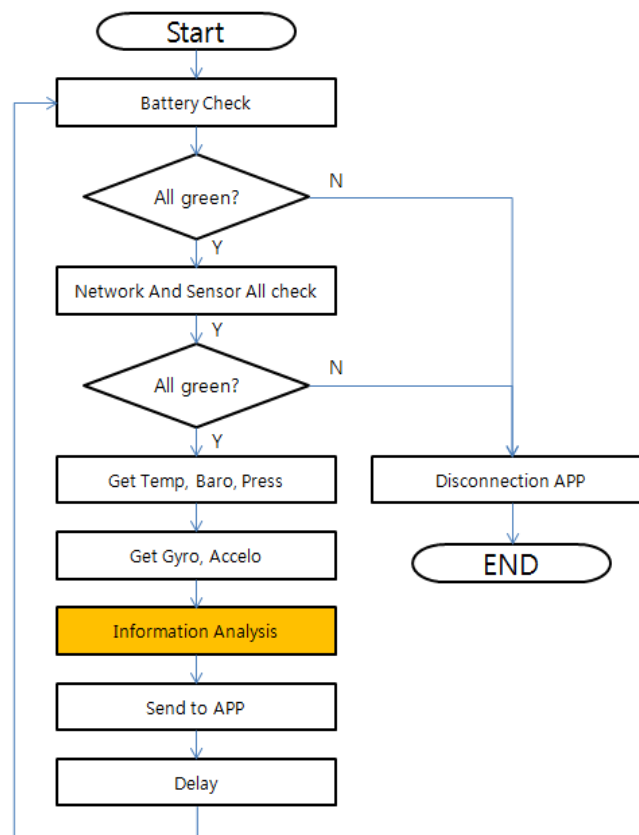
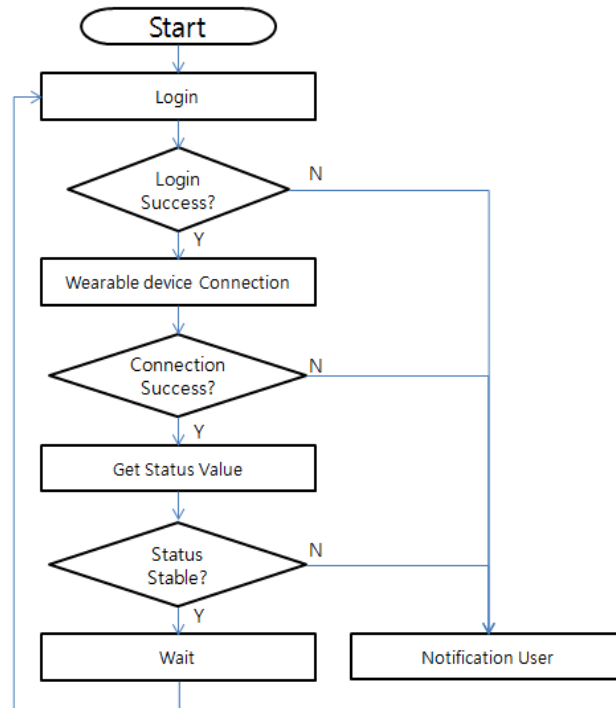


Figure 5. Transmission algorithm of sensing data (센서 데이터 전송 알고리즘)

### 3.6. 모바일 애플리케이션

센서 데이터 전송을 위해 블루투스 4.0 BLE 통신이 사용되며, BLE 통신을 사용함으로써 데이터 전송 중 소모되는 전력을 최소화 한다. AHRS 알고리즘에 의해서 판단된 정보와 그룹화된 데이터는 보호자의 모바일 디바이스로 전송되고, 해당 정보는 통계분석 된다. 분석된 정보를 통하여 영유아의 상태를 모니터링할 수 있다. 모니터링을 위한 모바일 애플리케이션은 로그인된 후 웨어러블 디바이스(영유아 모니터링 시스템)에 연결된다. 정상적인 연결이 후 모바일 디바이스는 센서 데이터를 수신하고 판단된 상태 정보를 화면에 디스플레이한다. 웨어러블 디바이스로부터의 분석된 센싱값이 이전과 큰 변화가 없으면 안정된 상태로

판단한다. 만약 영유아의 상태값이 안정적이지 않을 경우 보호자에게 알려주고, 그렇지 않은 경우 내부 DB에 정보를 저장하고 관리한다. 그림 6은 모바일 애플리케이션에서의 처리 알고리즘을 나타낸다.



**Figure 6.** Processing algorithm in a mobile application  
(모바일 애플리케이션 처리 알고리즘)

## IV. 구현

### 4.1. 웨어러블 디바이스

그림 1의 시스템 구성도를 가지는 웨어러블 디바이스는 시계타입으로 구현된다. 영유아의 손목 또는 발목에 체결할 수 있도록 하여 센서를 통해 다양한 영유아 상태정보를 수집하여 모바일 디바이스로 전송한다. 웨어러블 디바이스 센서들은 외부 공기와의 적절한 순환이 필요하며, 이를 위한 외부 공기 순환을 위한 공간이 디바이스 내부에 충분히 제공되어야 한다. 그림 7은 웨어러블 디바이스의 외부 케이스 모습을 보여준다.

웨어러블 디바이스의 착용 위치에 따라 센서 값의 차이는 있을 수 있으나, 체온이나 맥박 센서는 피부에 직접 접촉하여 센싱값을 읽어오고, 그 외 자이로 센서와 가속도 센서 값의 급격한 변화로 낙상 등의 상태를 판단한다. 또한 압력센서는 영유아에게 가해지는 외부 압력의 측정으로 볼 수 있다. 따라서 웨어러블 디바이스 착용 위치에 따른 서비스의 영향은 크지 않다.

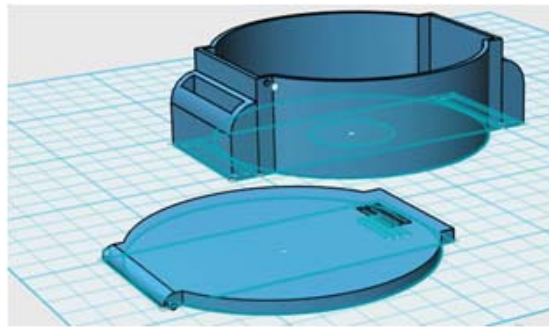


Figure 7. Wearable device case (웨어러블 디바이스 케이스)

#### 4.2. 모바일 애플리케이션

모바일 애플리케이션은 안드로이드 운영체제를 탑재한 스마트폰 애플리케이션으로 구현된다. 500 ms 주기로 센서 데이터를 업데이트하여 관리한다. 아이의 프로필을 확인할 수 있도록 하였으며, 그래프를 클릭할 경우 정상적인 아이의 상태인지 확인할 수 있도록 연령별 안정 상태에 대한 정보를 함께 제공한다. 또한 아이 상태의 긴급 변화가 있는 경우 센서 데이터를 바탕으로 한 Notification 서비스를 수행한다. 그림 8 은 모바일 애플리케이션에서 구현된 아이의 상태 정보를 보여준다.

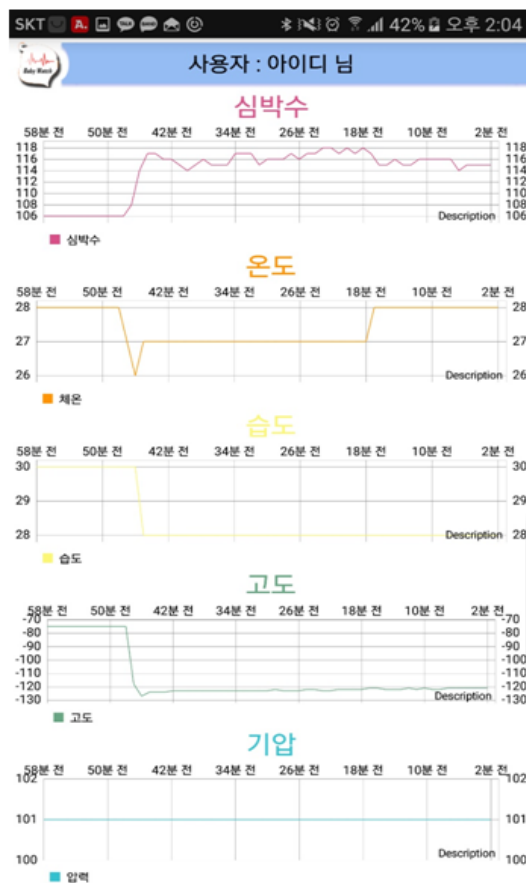


Figure 8. Monitoring graphs in the application software (모바일 애플리케이션의 모니터링 정보)

#### IV. 결론

영유아 사고는 장소를 가리지않고 빈번하게 발생하고 있다. 영유아 사고 예방을 위해서는 아이의 상태를 적절하게 모니터링하는 것이 매우 중요하다. 제안된 시스템은 AHRS 알고리즘을 영유아의 상태를 모니터링하기 위해 사용하였다. 특히, 영유아의 뒤집기 행위에 대한 정확한 상태 확인이 가능하였다. 또한 제안한 시스템은 영유아 상태 정보에 대한 다양한 센서 데이터를 블루투스 4.0 BLE 통신을 사용하여 전송함으로써 통신에서 소모되는 전력을 최소화 하였다. 제안된 시스템은 IoT 장치와 모바일 디바이스를 활용한 영유아 안전 관리체계라고 할 수 있으며, 증가하고 있는 영유아 사상 사고를 예방할 수 있는 시스템으로 기대할 수 있다.

#### V. 참고문헌

- [1] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," Elsevier Future Generation Computer Systems, Vol. 29, No. 7, pp. 1645-1660, 2013.
- [2] V. Gunes, S. Peter, T. Givargis, and F. Vahid, "A survey on concepts, applications, and challenges in cyber-physical systems," KSII Transactions on Internet Information Systems, Vol. 8, No. 12, pp. 4242-4267, 2014.
- [3] W. Jang and C. Park, "Design of AHRS using Low-Cost MEMS IMU Sensor and Multiple Filters," Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol. 7, No. 1, pp. 177-186, 2017.
- [4] L. Kang, L. Ye, K. Song, and Y. Zhou, "Attitude Heading Reference System Using MEMS Inertial Sensors with Dual-Axis Rotation," Sensors, Vol. 14, No. 10, pp. 18075-18095, 2014.
- [5] S.K. Kim, N. Sahu, and M. Preda, "Beginning of a New Standard: Internet of Media Things," KSII Transactions on Internet Information Systems, Vol. 11, No. 11, pp. 5182-5199, 2017.
- [6] D.S. Ko, "A Direction for Promoting IoT/Cloud-based Information for the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution," Journal of Platform Technology, Vol. 5, No. 1, pp. 41-47, 2017.
- [7] D.S. Ko, D. Lee, and P.W. Park, "A Study on the Network Design for IoT Services in Mountain Area," Journal of Platform Technology, Vol. 5, No. 3, pp. 32-39, 2017.
- [8] H.J. Park, M.H. Lee, S.C. Kim, and C.I. Yeo, "Efficient IoT interfacing method for broad communication systems based on context awareness," Journal of Platform Technology, Vol. 4, No. 4, pp. 3-9, 2016.