

노약자의 안전을 위한 스마트 시스템 구현 - 에너지 하베스트를 중심으로 -

고주영[†], 김현기^{††}

Implementing the Smart System for the Safety of the Elderly and the Weak

- Focus on Energy Harvest -

Jooyoung Ko[†], Hyenki Kim^{††}

ABSTRACT

Recently, as the proportion of the elderly population in Korea has increased rapidly, it has entered an aging society. As the scope of social activities of the elderly increases, the risk of safety accidents is also increasing. The traffic accident rate of elderly pedestrians is higher than ordinary people. Although various smart devices for the elderly are researched and developed, electronic components are often used. Electronic devices may not be able to be used if charging is not regularly. In this paper, a smart hat, a smart system for the elderly and the weak, was implemented using solar panels. The system uses solar energy to provide reliable use of smart devices. It is believed to be helpful not only for the elderly but also for the weak people by easy to wear the hat.

Key words: Elderly Safety, Smart Clothing, Lilypad, IoT, Smart Hat

1. 서 론

우리나라 노인의 비율은 최근 빠르게 증가하고 있다. 국제연합(UN, United Nations)에서는 65세 이상을 노인이라고 규정하고 노인이 7% 이상이면 고령화 사회, 14% 이상이면 고령사회라고 분류한다. 우리나라는 이미 2000년에 고령화 사회, 2017년에 고령화 사회로 진입하였다. 그리고 우리나라는 2025년도에는 초고령화 사회에 진입할 것으로 예상된다[1]. 노인 인구 비율의 증가와 노인의 사회 활동 범위가 증가하면서 노인들이 안전사고에 노출될 위험이 증가하고 있다. 특히 교통사고의 경우 경찰청 보고 따

르면 2018년의 전체 교통사고 사망자 3,718명 중 노인은 44.5%로 1,684명이며 노인사망자의 비율은 계속 증가하고 있다. 월별로는 10월(9.9%) 11월(9.0%) 9월(9.0%) 순으로 나타났는데 야외 활동하기 좋은 계절에 사고도 증가하고 있다[2].

사람은 나이가 들면서 신체적 정신적 변화를 겪는데 65세 이상의 노인들은 외부 변화를 신속하게 인지하지 못하는 경우가 있다. 노인 보행자의 교통사고는 일반 보행자의 사고에 비해 비율이 높다. 2018년도 행정안전부 자료에 따르면 노인 보행자 교통사고 발생 지역은 시장, 병원, 공공시설 등 자주 이용하는 곳에서 71.1%가 발생한다[3].

* Corresponding Author : Hyenki Kim, Address: (36729) 1375, Gyeongdong-ro, Andong-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea, TEL : +82-54-820-5747, FAX : +82-54-820-6257, E-mail : hkkim@anu.ac.kr
Receipt date : Sep. 4, 2020, Revision date : Oct. 20, 2020
Approval date : Nov. 11, 2020

[†] Dept. of Basic Convergence Education Center, Andong National University
(E-mail : sonice@andong.ac.kr)

^{††} Dept. of Multimedia Eng., Andong National University
* This research was supported by 2019 Academic Research Program of Andong National University in 2019.

정부에서도 노인 보행자 사망자 감소를 위해 여러 가지 정책을 펴고 있다. 사고가 자주 발생하는 지역에서는 노인보호구역 개선 등 안전관리는 강화하고 있다[4]. 각 지자체에서도 노인 보행자의 안전을 위해 다양한 시도를 하고 있다. 노인 보행자가 서둘러가기 위해 무단 횡단하는 것을 막기 위해 안전장치를 설치하거나 야간에 건널목 주변의 시야를 확보하기 위해 조명을 설치하기도 한다. 우리나라에서는 노인 보호구역을 지정하여 교통약자인 노인을 교통사고의 위험에서 보호하기 위해 실버 존(Silver Zone)을 지정하고 있다. 그래서 노인 보행자를 위한 방법이 개발되고 있다. 야간에 노인의 옷이나 모자 등에 LED를 부착하여 다른 사람이나 차량 운전자에게 잘 보이게 하는 연구가 있다[5]. 이 방법은 주변이 어두울 때 도움을 줄 수 있다.

또한, 노인이 외출할 때 사고의 위험에 노출될 수도 있으나 실내에서 생활할 때도 위험에 노출될 수 있다. 특히 독거노인의 경우 위험이 발생했을 때 즉시 도움을 받기 어려운 점이 있다. 그러므로 고[6]의 연구에서는 실내에서 독거노인의 생활을 관찰하여 응급 상황을 인식하기 위한 모니터링 시스템을 연구하였고 이 시스템을 사용자의 옷에 부착하는 방법을 제안하였다[6]. 그리고 사용자가 좀 더 간편하게 시스템을 적용하는 방법으로 모자에 스마트 시스템을 설치하여 노인 보행자의 안전에 도움이 되는 모자를 개발하였다[5]. 노인뿐 아니라 장애인을 위한 스마트 시스템도 개발되고 있다. 특히 스마트 지팡이는 센서를 이용하여 시각장애인들이 보행하는 데 도움을 준다[7-8].

앞선 연구에서는 노약자를 위한 효율적인 시스템의 적용에 중점을 두었는데 본 연구에서는 노약자 스스로 지속해서 사용할 수 있는 방법을 연구하였다. 이러한 연구와 제품들은 주로 효율적인 시스템 개발 제품들은 사용자가 직접 몸에 두르거나 차는 특징이 있다. 사용자가 몸에 직접 착용하는 장치인 웨어러블 시스템은 전자 장치가 부착되어 있고 장치를 구동하기 위해 전원공급이 필요하다. 웨어러블 시스템에 전원은 공급하는 방법은 건전지나 충전기를 사용할 수 있다. 이 방법은 간단하지만, 주기적으로 건전지 교체나 충전을 하지 못하면 문제가 발생한다. 웨어러블 시스템 사용 중에 전원이 소진되어 문제가 발생하는 것을 줄이기 위해 건전지 교체나 충전 없이 지속해서

전원을 공급하는 방법들이 제안되고 있다[9].

본 연구에서는 자연에너지를 사용하고 지속해서 공급 가능한 에너지 하베스팅 방식을 적용하고자 한다. 에너지 하베스팅은 자연이나 인체의 운동에너지로부터 에너지를 모으고 저장하는 기술이다. 박의 연구는 에너지 하베스팅을 이용한 연구에서 작은 에너지를 의복에 적용할 수 있는 연구를 진행하였다. 이 연구에서 가볍고 유연한 태양광과 압전소자는 의복이나 조형물에 적용하기 좋은 예로 소개하고 있다[10]. Chong의 연구에서 웨어러블 기기에 전원을 공급하려면 긴 수명이 고려되어야 한다고 하였다[11]. 그리고 이은영의 광에너지 하베스팅 아웃도어 의류 및 패션 제품의 상품기획 및 디자인 방향 연구에서 태양광 패널의 위치 중 선호하는 신체 부위는 머리(모자)로 나타났다[12]. 본 연구에서는 선행연구를 기반으로 충전 없이 지속적인 전원공급을 할 수 있게 태양광 패널을 적용하고 태양광 패널이 직접 태양광에 노출되기 쉬운 모자에 시스템을 적용하였다. 그리고 태양광 전원공급뿐 아니라 센서를 부착하여 주변의 소리로 위험을 감지하고 사용자의 스마트폰에 진동으로 알림을 주도록 하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 관해 기술하고 3장에서는 시스템의 구성 및 설계에 관해 기술하고 4장에서는 제안된 시스템의 구현 및 고찰에 관해 설명하고 5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 관련연구

2.1 웨어러블 기기

웨어러블 시스템은 전자 장치를 몸에 두르거나 손목에 차거나 목에 걸거나 할 수 있는 입는 전자 장치다. 주로 옷의 형태로 되어 있는 것은 스마트웨어, 스마트의류라고도 한다. 그리고 손목에 차는 시계 형태 또는 반지 형태 등 몸에 입거나 차는 형태의 스마트기기를 웨어러블 기기라고 한다. 웨어러블 기기는 건강관리나 운동 등 사용자의 건강 상태를 모니터링 제품이 다양하게 출시되어 있다. 최근에는 스마트폰이 대중화되어 건강을 관찰하는 다양한 기능이 스마트폰과 연동되어 앱 형태로 개발되었다[13-14].

또한, 안전을 위한 웨어러블 기기도 연구되었다. 특히 노인이 만성질환을 앓고 있는 경우 건강관리를

위한 스마트기기도 출시되고 있다. 평소 일상생활을 하면서 건강에 이상이 생기면 알람을 주거나 응급 호출을 할 수 있게 설계된 시스템도 있다[15].

Fig. 1은 일상에서 착용할 수 있는 웨어러블 의류이다. (a)는 블랙야크 야콘(YAKON)으로 우리나라 기업에서 출시한 발열 점퍼이고 (b)는 미국 올림픽 대표 팀 발열 파카도 발열 파카이다[16-17]. 이 두 발열 제품 모두 전용 배터리 건전지를 사용한다. (c)는 제일모직에서 2014년도에 개발한 스마트 슈트는 옷의 안감 부분에 센서를 부착하여 스마트폰을 주머니에 넣으면 자동으로 매너모드로 전환하도록 한 제품인데 NFC(Near Field Communication)를 사용한다. NFC는 10cm 이내의 거리에서 통신하는 특징이 있다.

최근 다양하게 출시되는 시계형 웨어러블 기기는 가볍고 간편하게 사용할 수 있으며 대부분 충전 방식을 사용하여 전원을 공급한다. 특히 건강 또는 안전과 관련된 웨어러블 기기는 사용자의 건강관리나 안전을 위해 사용되는 경우가 많아 전원공급을 주기적으로 해야 한다. 그러므로 장시간 안정적인 전원공급

이 필요하다[9].

2.2 노약자를 위한 웨어러블 디바이스

노약자를 위한 웨어러블 시스템이 다양하게 연구되고 제품으로 출시되었다. 노인을 위한 스마트 시스템은 노인의 건강을 모니터링하기 위한 것이 있다. 노인의 경우 나이가 들면서 만성질환이 있는 경우가 많다. 사용자의 건강관리를 위해 체온, 맥박 등을 주기적으로 확인하여 건강에 이상이 있는지 확인할 수 있다[13]. 이러한 스마트기기는 손목에 차는 형태, 몸에 두르는 형태 등 사용자의 몸에 부착하는 형태가 대부분이다. Fig. 2는 장애인을 위한 스마트기기의 예이다. Fig. 1의 (a)는 시각장애인을 위한 스마트 지팡이이며 길을 안내하거나 주변의 장애물을 피할 수 있도록 도와준다[7]. (b)는 청각장애인을 위한 스마트 기기며 작은 모양으로 만들어서 청각장애인들이 보청기로도 사용하고 일반 이어폰으로도 사용할 수 있도록 하여 사용성에 편리함을 주는 제품이다. 이러한 이동형 기기는 충전식 전원을 사용하고 있다[8].

그리고 노약자의 안전을 관찰하는 스마트 시스템



Fig. 1. Smart Wear. (a) YAKON(BLACKYAK), (b) U.S. Olympic team[13], (c) Smart Suit(ROGATIS).



Fig. 2. Example of wearable devices for the elderly. (a) Smart cane[7], (b) Smart earphone[8].

이 있다. 노인은 주로 가정에서 생활하다가 안전사고를 당하는 경우가 있다. 특히 독거노인이 안전사고 발생 시 주변에서 바로 도움을 받을 수 없는 경우가 많다. 그래서 우리나라의 경우 Fig. 3과 같이 지자체에서 독거노인의 안전을 모니터링하는 시스템을 설치하여 운영하기도 한다[18]. 이와 같은 시스템은 집안에 설치되어 있어 따로 전원공급을 하지 않아도 된다. 그러나 이동식 스마트기기를 사용하면서 위험이 발생한 것을 모니터링하기 위해서 스마트기기에 안정적인 전원공급이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 따로 충전하지 않고 지속해서 전원을 공급하기 위해 에너지 하베스트 방법을 연구하였다.

2.3 에너지 하베스트

에너지 하베스트는 자연이나 인체의 운동에너지를로부터 에너지를 모으고 저장하는 기술이다. 사람들은 예로부터 커다란 힘이 필요할 때 자연의 힘을 이용하여 기계를 돌아가게 한 경험이 있다. 풍차는 바람을 이용한 힘으로 기계를 동작시킨다. 물레방아는 물이 떨어지는 힘으로 커다란 나무 바퀴가 돌아가면 방아채가 아래위로 움직이면서 곡식을 찧는 기계이다. 이처럼 사람들은 바람, 물의 낙차 등 자연으로부터 얻을 수 있는 다양한 에너지를 사용해왔다. 현대에는 자연으로부터 전기 에너지를 얻기 위해 풍력 발전을 하기도 한다.

큰 에너지뿐 아니라 작은 에너지를 얻는 방법도 다양하다. 사람이 움직이는 힘을 이용한 운동에너지(Kinetic Energy)를 이용하여 동력을 얻는 방법이 있

다. 그리고 사용자가 길을 걸을 때 전기 에너지를 저장하는 운동화도 개발되었다[19]. 그리고 무선 주파수를 이용한 방법, 사람의 체온에서 나오는 열을 이용하는 방법 등 다양한 방법이 연구되고 있다. 그러나 대부분이 방법이 전압이 너무 낮거나 전류를 많이 생산하지 못해 스마트기기에 적용하기 어려운 점이 있다. Chong의 연구에서는 웨어러블 기기에 전원을 공급하기 위해서 긴 수명이 고려되어야 한다고 하였다[11]. 그러므로 안정적인 전원의 공급이 필요하다. 웨어러블 기기에 에너지 하베스트를 이용하여 전원을 공급하는 연구는 다양하게 진행되었다. 코오롱 스포츠에서 개발한 라이프텍(Lifetech) 재킷은 조난을 하거나 비상시 풍력(윈드터빈)을 이용하여 자가발전을 하여 전자기기에 충전할 수 있는 구조로 제작되었다[20]. 풍력을 이용하여 지속적인 전원을 얻어 조난 시에도 스마트폰을 사용할 수 있도록 한 것이다. Fig. 4는 풍력을 이용하여 전기를 발생하는 스포츠 점퍼이다.

또한, 태양광을 이용한 에너지 저장방법에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 태양광은 어디서든지 얻을 수 있고 무료로 사용할 수 있다. Fig. 5는 아마존 사이트에서 판매되고 있는 태양열 가방 모습이다. 이 가방은 태양열 패널을 이용하여 전기를 생산하여 스마트기기의 전원을 충전할 수 있는 가방이다[21].

최근에는 소형 태양광 전지가 개발되어 웨어러블 스마트기기에 적용되고 있으며 태양광 패널을 이용한 일상복 디자인도 다양하게 시도되었다[22].

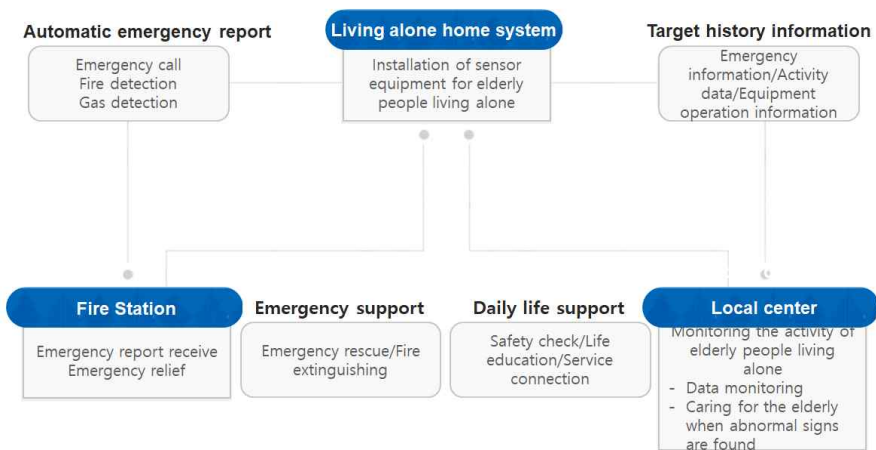


Fig. 3. A Schematic Design of U-Care Service for Elderly Living Alone in Seongnam City[14].



Fig. 4. LifeTech using wind-powered.

한국전기연구원 나노융합기술연구 센터에서는 세계 최초로 직조물 구조의 섬유형 유연 태양전지를 개발하였다[23]. 이 전지는 유연성이 있어 웨어러블 시스템을 만드는데 적용 가능한 장점이 있다. 그리고 태양광 패널을 모자에 적용한 연구와 관련된 등록된 특허는 태양광 모자[24]가 있다. 이 모자는 모자에 태양 에너지 판을 포함하여 전원을 공급하는 장치이다. 본연구에서 개발한 스마트 모자는 위 특허와는 달리 태양광으로 전원을 공급할 뿐 아니라 센서를 이용하여 위험을 감지하고 사용자에게 스마트폰으로 연결해주는 특징이 있다.

3. 태양광 패널의 특징

3.1 태양광의 종류와 특징

자연 친화적 에너지가 관심을 끌면서 태양광을 이용하여 전력을 생성하는 태양전지 기술이 주목을 받

고 있다. 우리 주변에서도 태양광을 설치한 주택이나 건물을 자주 볼 수 있다. 태양광을 이용한 발전기술은 상용화될 만큼 발전되어 왔다. 주택이나 건물은 필요한 전력이 많아 태양광 패널의 크기가 크고 전문가가 설치 및 관리해야 한다. 본 연구에서 구현하는 노약자를 위한 스마트 시스템에 적용하기 위한 태양광 시스템은 크기가 작고 의류에 부착 가능해야 한다.

태양전지는 재료에 따라 ‘실리콘 반도체’와 ‘화합물 반도체’로 나뉜다. 대부분의 태양광산업에서 사용하는 태양광전지는 실리콘 계열의 반도체로 이루어져 있다. 실리콘 계열의 태양광전지는 결정성에 따라 ‘단결정 실리콘(monocrystalline silicon) 태양전지’와 ‘다결정 실리콘(polycrystalline silicon) 태양전지’로 나누어 볼 수 있다. 단결정 태양전지는 에너지의 효율은 높지만, 가격이 높고, 다결정 태양전지는 효율이 떨어지지만, 가격이 저렴한 특징이 있다. Fig. 7은 단결정 실리콘 태양전지 중 하나로 태양광 전지는 무게가 상대적으로 무겁고 표면이 단단한 특징이 있다[22]. Table 1은 실리콘 태양광 패널과 유연성이 있는 태양광 패널의 외관 특징이다. 본 연구에서는 태양광 패널을 모자에 적용하기 때문에 유연성이 있고 얇은 태양광 패널을 적용하였다.

본 연구에서는 모자에 태양광 패널을 연결해야 하므로 Fig. 8과 같이 구부러지는 필름형 구부러지는 태양광 패널(Flexible Solar Panel)을 사용하였다. 필름형 태양광 패널은 얇은 막에 태양광 소자를 프린트 하듯이 발라 유연성을 높인 제품이다. 무게가 매우 가벼워 웨어러블 시스템에 적용하기 편리하다[25]. 모자는 실내에서는 벗고 실외에서 활동할 때 자연스럽게 착용할 수 있으며 태양광 패널을 부착하고 각종 부품을 연결하기에 편리한 장점이 있다.



Fig. 5. Solar Backpack at Amazon's.



Fig. 6. Solar shirt and Solar windbreaker[22].

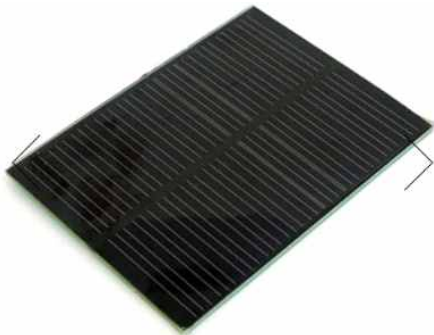


Fig. 7. Monocrystalline silicon solar Panel[26].

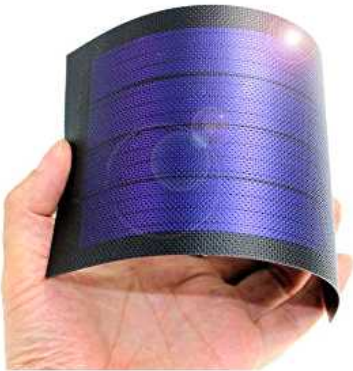


Fig. 8. Flexible solar pad[21].

Table 1. Comparison of solar panels

Features	Silicon Solar Panel	Flexible solar pad
Flexibility	Bad	Good
Thickness	> 3mm	1mm
Sewing	Impossible	Possible

3.2 태양광 패널의 구성

태양광을 이용하여 전원을 사용할 때는 두 가지 방법을 사용할 수 있다. 에너지를 충전하는 충전장치

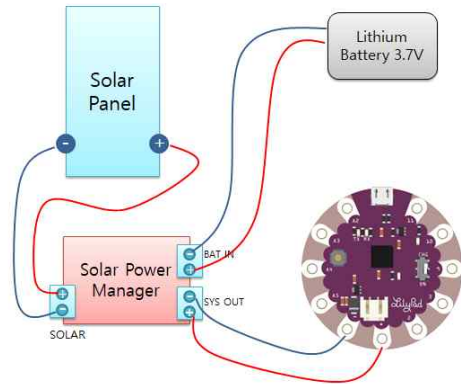


Fig. 9. Solar cell circuit.

를 사용할 수 있고 충전장치가 없이 사용할 수도 있다. 충전 전지가 없이 사용할 경우 출력 전압과 전류의 양을 일정하게 제어하기 어려우므로 충전 모듈과 충전 전지를 함께 사용한다.

Fig. 9는 태양광 패널과 충전 전지를 구성하는 모습이다. 태양광과 마이크로 컨트롤러를 연결할 때 태양광 전지에서 충전 모듈을 함께 사용한다. 본 연구에서 사용한 마이크로 컨트롤러는 웨어러블 시스템에 적용 가능한 릴리패드 아두이노를 사용하였다.

태양광 패널에 양극(+)과 음극(-) 표시가 되어있으며 태양전지 패널에 따라 점퍼선이 연결되어 있거나 점퍼 선이 연결되어 있지 않은 때도 있다. 점퍼선이 연결되어 있지 않으면 납땀을 하여 점퍼 선을 연결하여 사용한다.

4. 노약자의 안전을 위한 스마트 시스템 구성

본 연구에서는 노약자를 위한 스마트 시스템을 웨어러블 시스템으로 모자에 적용한다. 노인들의 경우 외출할 때 머리의 보온과 햇볕을 가리는 역할로 모자를 쓰는 경우가 많다. 또한, 모자는 태양 빛 쪽으로 노출이 되어있어 태양광을 사용할 때 유리한 측면이 있다. 그러므로 모자의 외관에 태양광 패널을 부착하고 스마트 시스템을 구성하여 노약자를 위한 스마트 시스템을 구성하고자 한다. Fig. 10은 태양광 전원을 이용하는 구성도이다. 태양광에 컨버터를 연결하고 충전지를 이용하여 전기 에너지를 저장한다. 저장된 에너지는 스마트기기를 작동하는 데 사용된다. 본 연구에서 구현한 모자뿐 아니라 쪼끼와 배낭 등에도 적용할 수 있다.

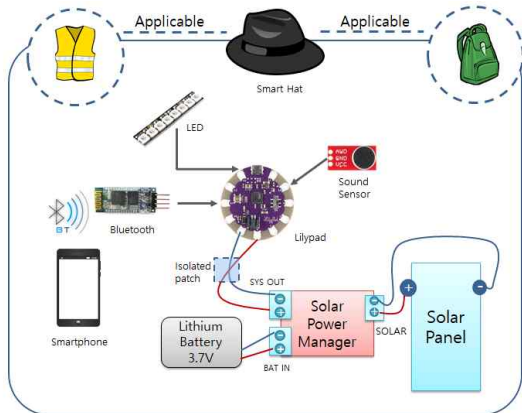


Fig. 10. The configuration on the Smart System for Elderly and Weak.

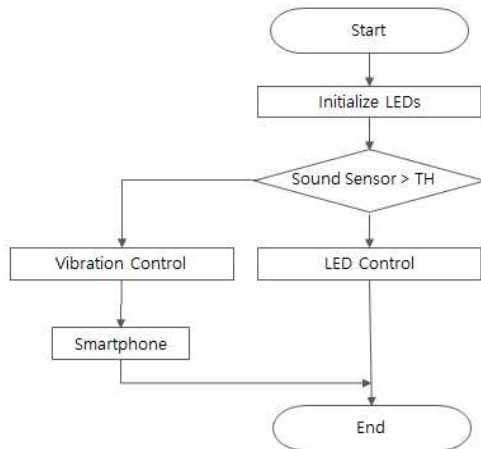


Fig. 11. Flow Chart.

본 연구의 노약자를 위한 스마트 시스템에서 소리 센서를 이용하여 주변의 소리가 클 때 스마트폰으로 진동이 발생하게 하여 사용자가 주변 환경에 주의할 수 있게 하였다. 그리고 띠 모양의 LED를 이용하여 불빛을 비추어 주어 상대방에게 빨리 인식되도록 하였다. Fig. 11은 시스템의 흐름도이다.

5. 실험 결과 및 고찰

5.1 개발환경

본 연구에서 노약자를 위한 스마트 시스템을 구현하기 위해 개발환경은 Table 2와 같다. 마이크로 컨트롤러는 릴리패드 아두이노 USB를 사용하였다. 릴리패드 아두이노는 아두이노 호환이 가능하며 프로

Table 2. Hardware and Development Environment[12]

Components	Device Model
MicroController	Lilypad Arduino USB
LED Module	Adafruit NeoPixel Digital RGB LED Strip
Bluetooth Module	HC-06
Smart Phone	Samsung Galaxy Note 10
Sound Sensor	LM 393 Sound sensor
Flexible Solar Panel	jiang Flexible Solar Panel
Lipo Battery Charging Power Supply	Solar Panel, Battery Powered

그램은 아두이노 IDE에서 개발한다. 릴리패드는 얇고 가벼워 직물에 부착할 수 있으며 세탁 가능한 마이크로 컨트롤러이다. 조도센서는 모자에 부착하기 편리한 릴리패드용 조도센서를 사용하였다. 스마트폰과 통신을 위해 블루투스 HC-06을 사용하였다. 태양광 패널은 필름형 패널을 사용하고 태양광 패널 전원 관리 모듈은 5V의 전압을 출력할 수 있는 모듈을 사용하였다.

본 연구에서 사용한 릴리패드는 동작 전압이 2.7~5.7V이고 I/O 핀의 동작 전류는 아두이노 호환 보드일 때 20 mA이다. Table 3에서와 같이 시스템 작동에 필요한 전류량은 전체 약 285 mA이다. 본 연구에서 사용한 충전 전지는 400 mA 용량이다. 본 연구에서는 태양광 충전 모듈을 사용하여 시스템이 동작하기에 충분한 전원을 안정적으로 공급할 수 있다. 그리고 태양광 패널을 이용하여 충전이 충분하게 되어야 전체 시스템이 작동한다.

Table 3. Amount of current required for system operation

Components	Current per Pin	Number of pins	Total
Arduino pin	20 mA	3	60 mA
LEDs	10 mA	16	160 mA
Bluetooth	~30 mA	1	~30 mA
Sound Sensor	~35 mA	1	~35 mA
Sum of current			~285 mA

5.2 구현

본 연구에서는 전류를 효율적으로 공급하기 위해 태양광 패널을 두 개 병렬로 그림과 같이 연결하였

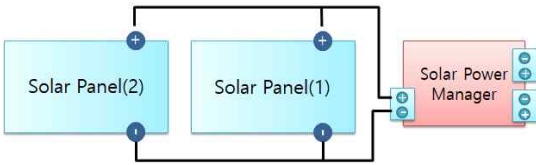


Fig. 12. Solar Panel Connection Diagram.

다. 그러므로 전압은 6V이고 전류량은 2W가 된다. 본 연구에서는 사용한 마이크로 컨트롤러는 3.7V 이상일 때 작동 할 수 있으므로 충분한 전압이 공급되며 안정적인 전원을 공급하기 위해 전원 매니저를 사용하였다. Fig. 12는 태양광 패널을 두 개 연결하는

방법이다.

사용한 프로그램은 아두이노 IDE를 사용하였다. 소리 센서에서 외부의 소리를 감지하였을 때 주변의 소리를 보정하여 고려하여 평상시보다 소리가 클 때 신호를 보내도록 하였다. Fig. 13은 프로그램 일부분인 소리를 보정하는 부분이다.

앱 프로그램은 앱인벤터로 구현하였다[27]. 시스템이 위험 신호를 모자의 LED에 보내고 스마트폰으로도 보내어 스마트폰이 진동을 울리게 하였다. 스마트폰에서 일정 시간마다 데이터를 받아서 처리하는 부분은 Fig. 14와 같다.

```

while (millis() - startMillis < sampleWindow) {
  sample = analogRead(A0);
  if (sample < 1024) // toss out spurious readings
  {
    if (sample > signalMax) {
      signalMax = sample; // save just the max levels
    }
    else if (sample < signalMin)
    {
      signalMin = sample; // save just the min levels
    }
  }
}
peakToPeak = signalMax - signalMin; // max - min = peak-peak amplitude
double volts = (peakToPeak * 3.3) / 1024; // convert to volts
Serial.print(" ");
Serial.println(volts);

```

Fig. 13. Part of the sound correction program.

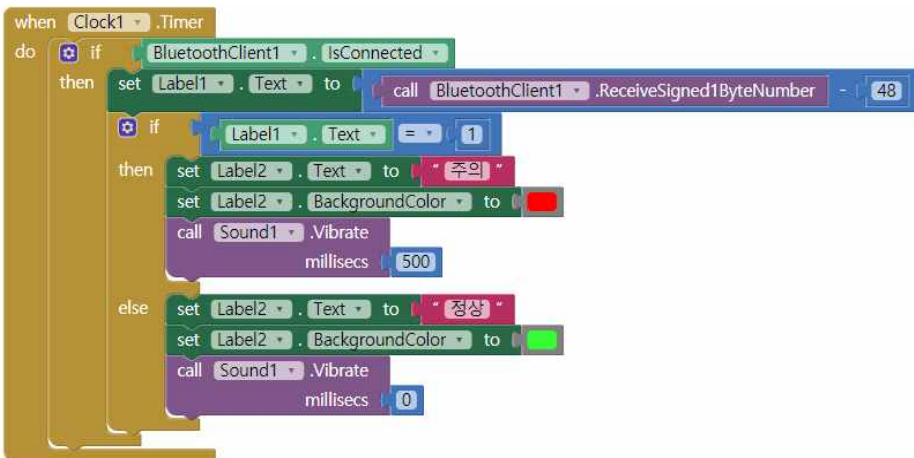


Fig. 14. The data processing part of the App.



Fig. 15. Voltage level according to solar panel angle.

Table 4. Specification of solar cell

Contents	Specification
Rated Power	1W
Maximum power	6V
Short circuit current	190mA
Output Type	DC Voltage
Size (with side) mm	200*100
Thickness	1mm
Weight	28g
Operating temp range	0 to +70°C
Material	Silicon PV

5.3 실험 결과

실험에 사용한 태양광 패널의 사양은 Table 4와 같다. 태양광 패널의 전력은 1W이고 전압이 6V까지 생성된다. 충전에 사용한 충전용 전지는 3.7V, 500mAh 리튬 전지를 사용하였다.

태양광 패널이 정상적으로 작동하는지 실험하기 위해 멀티테스터를 이용하여 전압을 측정하였다. 패널이 태양과 수직에 가까워질 때 높은 전압이 생성된다. 본 연구에서 구현한 스마트 시스템은 모자에 태양광 패널을 설치하였다. 모자는 계속 착용하고 있어서 태양광 패널의 위치는 계속 바뀐다. 효율적인 전원 생산을 위해 태양광 패널의 태양을 더 자주 노출될 수 있게 모자의 상단에 위치하도록 하였다. Fig. 15는 태양광 패널의 각도에 따른 전압의 변화를 나타낸다.

태양광 패널의 각도에 따라 전압의 변화 그래프는 Fig. 16과 같다. 태양과 패널의 각도가 태양 빛의 방향이 45도 이상이 되고 90도에 가까워지면 전압이 높아지는 것을 볼 수 있다. 태양광 패널의 각도는 태양의 고도와 지면의 경사에 따라 영향을 받을 수 있다.

스마트 웨어러블 시스템에서 전원공급은 충전형

건전지 또는 일반 건전지를 이용하는 경우가 대부분이다. 건전지를 이용할 때는 안정적인 전원공급의 장점이 있지만, 주기적으로 충전해야 하는 불편함이 있다. 태양광 패널을 직접 시스템에 연결한 경우 전원을 충전하는 장치가 없어서 지속해서 사용하기 어렵다. 충전식 전지를 사용할 경우 안정된 전원을 공급하지만, 주기적으로 충전해주어야 한다. 본 연구에서 적용한 태양광 패널과 충전 전지를 사용한 경우 안정적인 전원을 공급하면서 자동으로 충전할 수 있어 스마트 시스템을 지속해서 사용하기 편리한 장점이 있다. 각 전원 공급방식의 특징은 Table 5와 같다.

모자의 양옆에 태양광 패널을 연결하고 릴리패드와 다른 부품들은 모자의 위쪽에 연결하여 구성하였다. 태양광 패널은 두 장을 사용하고 모자의 양쪽에 연결하여 시스템을 완성하였다. 주변의 소리가 커지면 모자의 LED의 불이 켜지면서 사용자의 스마트폰에 진동이 울리도록 하였다. 모자의 LED가 켜지면 주변에서 사람이 있는 것을 발견하기 편리하고 또 사용자는 스마트폰의 진동으로 주변에 차량이 지나가는 것을 알 수 있게 도와줄 수 있다. Fig. 17은 주변 소리가 커지면 위험을 알리기 위해 스마트 모자의

Voltage level according to solar panel angle

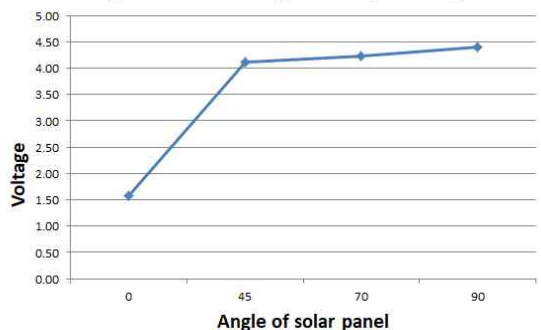


Fig. 16. Voltage level according to solar panel angle.

Table 5. Features of each power supply method

	Solar panel	Battery	Solar panel & Battery
Storage Mechanism	Direct Connection with solar panel	Chemical battery supply	Solar power Management control
Power Limitation	Limited by the amount and angle of sunlight	Sable Voltage supply	Sable Voltage supply by Solar power management control
Energy storage	None	Capacity limited	Continuously chargeable

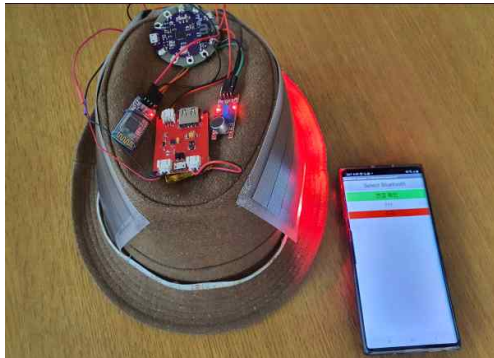


Fig. 17. When the ambient sound increases.

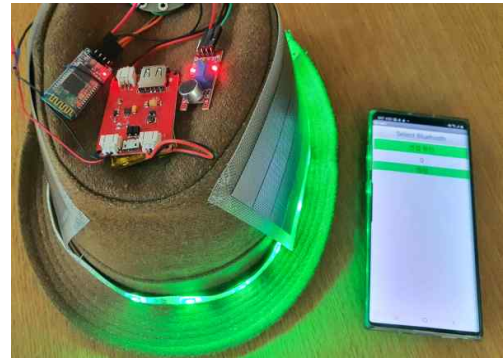


Fig. 18. When general circumstances.

LED가 빨간색이 되고 스마트폰의 진동이 반복해서 울리는 모습이고 Fig. 18은 일반 상황일 때 LED가 초록색으로 되는 모습이다.

스마트 모자와 스마트폰과의 동작과 통신 결과는 Table 6과 같다. 주변에 소음이 발생했을 때 스마트 모자의 센서에서 소리를 감지하고 블루투스 통신을 통해 스마트폰에 전달하는 과정에 성공하였다.

본 연구에서는 노약자를 위한 스마트 시스템에 적합한 에너지 하베스트로 태양광 패널을 이용한 방법을 적용하였다. 태양광은 야외 활동할 때 에너지를 얻을 수 있으며 최근에는 태양광 패널이 가볍고 얇은 제품이 생산되어 스마트 모자를 직접 구현할 수 있었다. 그리고 마이크로 컨트롤러로 작고 가벼운 릴리패드 아두이노를 사용하였다. LED를 모자 테두리에 연결하여 운전자나 다른 보행자가 노약자를 멀리서도 알아볼 수 있게 하였다. 주변의 환경 변화를 스마트폰에서도 알 수 있게 진동을 효과를 주게 하였다. 또

한, 시스템을 구현하면서 모자를 쓰고 벗을 때 부품에 직접 닿지 않게 하려고 모든 부품을 모자 밖에 설치하였다. 모자는 세탁을 자주 하지 않고 실내에서는 벗기 쉽고 외출할 때 쓰기 쉬워서 노약자의 안전을 위한 시스템으로 사용하기 편리하다고 판단된다. 그리고 태양광 패널을 이용한 에너지 하베스트 방법을 이용하여 스마트 시스템을 좀 더 편리하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결 론

우리나라의 노인 인구의 비율을 빠르게 증가하며 노인들의 활동 범위도 넓어지고 있다. 노인은 외부의 변화에 빠르게 반응하는 것이 어려워 사고의 위험에 쉽게 놓인다. 노인뿐 아니라 약자들이 외부 활동을 할 때 안전에 도움이 될 수 있는 스마트 시스템을 개발하였다. 기존의 노약자를 위한 스마트 시스템의

Table 6. Smart hat and smart phone communications

	Smart hat	Smart phone	Bluetooth communication
while noise	Red LED sign	Red color button & vibrating	Smart hat and smart phone
Result	Success	Success	Success

연구에서 기능에 중점을 둔 경우가 많아 전원의 공급 부족으로 계속 사용하는 데 불편함이 있었다. 따라서 본 연구에서는 노약자를 위한 스마트 시스템을 에너지 하베스트 방식 중 태양광을 이용하는 시스템으로 설계하고 구현하였다. 구현 형태는 웨어러블 시스템으로 쓰고 벗기 편리한 모자에 적용하였다. 모자에 시스템을 설치하여 부품들이 사용자의 몸에 직접 닿지 않게 하였다. 태양광을 효율적으로 이용하기 위해 태양광 패널의 방향은 태양 빛의 방향과 45도일 때 생성되는 전압이 약 1.58V이고 90도일 때 약 4.40V의 전압이 생성되었다. 태양 빛의 방향에 90도에 가까울 때 가장 높은 전압이 발생 되었다. 그러므로 태양광 패널을 모자의 상단에 부착하는 형태로 하였다. 그리고 태양광 패널만 사용했을 경우 안정적인 전원공급이 어려워 충전식 전지를 함께 사용하여 태양광에서 발생한 전원을 자동 충전할 수 있게 하였다. 또한, 모자에 설치된 소리 센서로 소음을 인식한 경우 스마트폰으로 블루투스 통신을 이용하여 데이터를 전달하여 위험 신호를 발생시키게 하였다. 본 연구에서 개발한 스마트 시스템을 이용하여 노약자의 안전에 도움이 되고자 한다. 추후 연구로 패널을 좀 더 넓은 부분에 설치하기 위해 모자의 형태 디자인에 맞는 태양광 패널을 사용하고 충전 모듈을 좀 더 간소화하는 연구를 하고자 한다.

REFERENCE

- [1] Statistic Korea(1996), <http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action> (accessed March 06, 2020).
- [2] KoROAD(2018), https://www.koroad.or.kr/kp_web/krPrView.do?board_code=GABBS_050&board_num=134227 (accessed March 05, 2020).
- [3] More than 7 Out of 10 Elderly Pedestrian Traffic Accidents Occurred while Crossing the Road, Ministry of the Interior and Safety(2008), <https://www.mois.go.kr> (accessed March, 03, 2020).
- [4] The Key to Reducing the Number of Elderly Pedestrian Deaths by Half in Traffic Accidents! (2008), <https://www.mois.go.kr>, (accessed March, 05, 2020).
- [5] J. Ko, "Smart Safety Hat for Elderly Pedestrians," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 8, pp. 1387-1394, 2017.
- [6] J. Ko and H. Kim, "A Study on the Monitoring System for Emergency Recognition of Elderly People Living Alone," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 12, No. 3, pp. 61-68, 2014.
- [7] WeWALK(2019), [https://wewalk.io/en/\(accessed March, 18, 2020\)](https://wewalk.io/en/(accessed March, 18, 2020)).
- [8] Olive Smart Ear(2016), <https://www.olive-store.kr/> (accessed March, 18, 2020).
- [9] E. Lee and J. Roh, "A Study on the User Needs for Developing Smart Fashion Items Using Energy-harvesting Technology Based on Outdoor Activity," *The Journal of Fashion and Textile Research*, Vol. 19, No. 2, pp. 221-229, 2017.
- [10] B. Park, "A Study on the Application of Plastic Arts and Industrial Design Using Energy Harvesting Device in Next Generation-focused on a Case Study of the Novel Solar Cells and Piezoelectric Device-," *Journal of Basic Design and Art*, Vol. 17, No. 3, pp. 161-174, 2016.
- [11] Y. Chong, W. Ismail, K. Ko, and C.Y. Lee, "Energy Harvesting For Wearable Devices: A Review", *IEEE Sensors Journal*, Vol. 19, No. 20, pp. 9047-9062, 2019.
- [12] E. Lee, "Research on Planning and Design of Solar Energy-harvesting Outdoor Clothing and Fashion Products", *Journal of The Korean Society Design Culture*, Vol. 24, No. 3, pp. 485-495, 2018.
- [13] Health Records(2020), iOS, [https://www.apple.com/kr/ios/health/\(accessed Mach 18, 2020\)](https://www.apple.com/kr/ios/health/(accessed Mach 18, 2020)).
- [14] Samsung Health(1995), [https://www.samsung.com/sec/apps/samsung-health/\(accessed March 18, 2020\)](https://www.samsung.com/sec/apps/samsung-health/(accessed March 18, 2020)).
- [15] Chosun.com Travel Life(2011), <http://bitly.kr/rLNW1aOb1>, (accessed March 18, 2020).
- [16] etnews(1996), <https://m.etnews.com/20180123000214> (accessed March 18, 2020).
- [17] JoongAng Ilbo Co.(2009), <https://news.joins>.

com/article/15973651 (accessed March 18, 2020).

[18] Seongnam City Hall, U-Care(2011), <https://www.seongnam.go.kr/city/1000424/10260/content.do>, (accessed May 12, 2020).

[19] J. Kymissis, C. Kendall, J. Paradiso, and N. Gershenfeld, "Parasitic Power Harvesting in Shoes," *Proceeding of IEEE 2nd International Conference Wearable Computer*, pp. 132-139, 1988.

[20] Kolon Sport(2016), <https://www.kolonsport.com/Content/61439> (accessed April 5, 2020).

[21] Amazon(1996), <https://www.amazon.com/> (accessed March, 26, 2020).

[22] P.V. Dongen, Solar Fashion(2010), <http://www.paulinevandongen.nl/project/solar-wind-breaker/> (accessed May 12, 2020).

[23] G. Liu, M. Wang, H. Wang, R.E.A. Ardhi, H. Yu, D. Zou, and J.K. Lee, "Hierarchically Structured Photoanode with Enhanced Charge Collection and Light Harvesting Abilities for Fiber-shaped Dye-sensitized Solar Cells," *Nano Energy*, Vol. 49, No. 1, pp. 95-102, 2018.

[24] E. Lee, *Solar Cap*, 10-2016-0078131, Korea, 2013.

[25] D.H. Lim, J.D. Lee, and D. Lee, "A Comparative Analysis of Flexible Solar Cells for Wearable Device," *Transactions Korean Society of Mechanical Engineers*, Vol. 23, No. 5, pp. 199-200, 2018.

[26] Value Creation Technology(2015), <http://vctec.co.kr/product/>(accessed March 26, 2020).

[27] App Inventor(2012), <https://appinventor.mit.edu/> (accessed March 18, 2020).



고 주 영

1989년 효성여자대학교 의류학과 학사
 1994년 효성여자대학교 의류학 전공 석사
 2004년 국립안동대학교 멀티미디어공학전공 석사

2010년 국립안동대학교 멀티미디어공학전공 박사
 2000년 3월~현재 국립안동대학교 강사
 관심분야 : 스마트의류, 사물인터넷, 멀티미디어응용



김 현 기

1986년 경북대학교 전자공학과 학사
 1988년 경북대학교 전자공학과 공학석사
 2000년 경북대학교 전자공학과 공학박사

1988년 2월~1995년 8월 한국전자통신연구원 선임연구원
 2002년 3월~현재 국립안동대학교 멀티미디어공학과 교수
 관심분야 : IoT, 임베디드시스템, 멀티미디어응용