

항암치료에 의해 탈모를 겪고 있는 환자들을 위한 스마트 가발

: 낙상감지 및 알림 기능을 중점으로

Smart Wig for Patient with Chemotherapy Induced Alopecia

: Emphasis on Fall Detection and Emergency Alert

김녹환

Nockhwan Kim

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
ournoodl3@naver.com

유지환

Ji Hwan Ryu

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
fowwow@hotmail.com

박민재

Minjae Park

성균관대학교 휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
vrotoss@gmail.com

김정호

Jeongho Keum

성균관대학교
휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
mirme16@naver.com

유준우

Junwoo Yoo

성균관대학교
휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
grochi@gmail.com

이지훈

Jihoon Lee

성균관대학교
휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
artstory21@naver.com

조준동

Jun Dong Cho

성균관대학교
휴먼 ICT 융합학과
Dept. of Human ICT
Convergence,
Sungkyunkwan Univ.
jdcho@skku.ac.kr

요약문

본고는 항암치료에 의해 탈모를 겪고 있는 환자들을 위한 스마트 가발을 제안한다. 스마트 가발은 항암치료에 의한 신체 기능 저하로 낙상사고 우려가 있는 환자들에게 높은 유용성 및 사용성을 가질 수 있도록 건강 관리 기능 위주로 구현된다. 특히 본고에서는 스마트 가발의 낙상감지 및 알림 기능을 중점적으로 구현한다.

스마트 가발은 낙상 상태 감지를 위하여 가속도 센서와 각속도 센서를 이용한다. 낙상감지 알고리즘은 두 센서에서 얻은 값을 분석하여 낙상 상태와 일상 상태를 구분한다. 또한, 실험 상황을 설정하고 기대되는 상태와 실제 상태를 비교 분석하여 낙상감지 알고리즘의 유효성을 실험으로 확인해 보았다.

ABSTRACT

This study proposes smart wig for patient with alopecia induced by chemotherapy. Smart wig is developed mainly for health management so that it can have high usability for chemotherapy patients. Especially, we focus on the function of fall detection and emergency alert in this paper.

Smart wig utilizes an acceleration sensor and a gyroscope to detect fall of a patient. We constitute a fall detection algorithm that identifies normal state and fall state based on acceleration and slope obtained from the two sensors. Also, we test the validity of the fall

detection algorithm to comparison expected state with actual state.

주제어

웨어러블 기기, 스마트 가발, 헬스케어, 낙상감지, 응급상황 알림

Wearable Device, Smart Wig, Health Care, Fall Detection, Emergency Alert

1. 서론

1999 년 이후 지속적으로 증가한 대한민국 암 발생자 수는 2011 년 기준 21 만명에 달한다[1]. 반면에 암 발생자의 생존율은 점차 증가하고 있다[2]. 암 환자 수가 증가함에 따라, 항암화학요법을 통한 항암치료 대상 환자 수 역시 증가하고 있다. 대부분의 항암제는 빠르게 성장하고 분열하는 암세포의 특징을 표적으로 삼아 세포를 파괴하고 재발을 방지한다. 모공세포는 정상 상태인 경우에도 성장 분열이 빠른 특징을 지니기 때문에 항암치료 과정에서 표적이 된다. 이로 인하여 항암치료를 받는 대다수의 환자들은 탈모 현상을 보인다.

탈모 현상은 항암치료 중 가장 눈에 띄게 나타나는 부작용으로, 환자에게 주는 심리적인 영향이 매우 크다[3]. 이로 인하여 가발은 항암치료 중의 환자와 치료 후 모발이 부족한 환자들에게 수요가 매우 높은 물품이다. 가발은 항암 환자들에게 외모를 가꿀 수 있는 기회를 제공하여 사회 생활 복귀에 도움을 주고, 탈모로 인한 심리적인 위축감을 극복하는데도 긍정적인 영향을 미친다.

항암치료를 받은 환자들은 탈모 외에도 백혈구 수치 감소에 따른 면역력 저하, 빈혈, 출혈, 골다공증 등의 부작용을 겪기 때문에 치료 중 긴급한 상황이 발생할 가능성이 있다. 따라서 치료 및 회복 기간 동안 꾸준히 몸 상태를 지켜보아야 한다. 그러나 환자들이 병실 내에만 있는 경우 신체 상황 추이를 관찰하는 것은 간단하나 퇴원 이후 재택치료와 야외활동을 할 경우에는 지속적인 관리에 어려움이 있다.

본 연구는 항암치료에 의해 탈모를 겪고 있는 환자들을 위한 가발 형태의 웨어러블 디바이스를 제안한다. 가발은 환자들이 밖에 나갈 때 일상적으로 착용하는 물품이기 때문에 가발에 신체 상황을 감지하고 문제 발생 시 알리는 시스템이 상비된다면 보호자의 눈이 닿지 않는 환경 속에서 발생한 위급 상황에 빠르게 대처할 수 있다. 또한, 가발은 착용시 두피 전부에 마주 닿는 물품의 특성 상 스마트 시계 등 여타 웨어러블 디바이스에 비하여 센서를 설치하고 감지할 수 있는 면적이 넓어 환자의 신체 상황을 보다 정확하게 인식할 수 있다.

스마트 가발은 헬스케어의 목적을 살리면서도 패션을 위한 물품이라는 목적에서도 벗어나지 않도록 세가지 조건을 우선적으로 만족하도록 설계한다. 첫째, 스마트 가발 착용자의 신체 상황을 항시 측정한다. 둘째, 측정된 신체 상황 정보에서 문제가 발견되면 병원과 지정한 연락처로 긴급 알림을 전송한다. 셋째, 가발의 착용에 불편함이 없으며 외관을 꾸민다는 본 목적에 부합된다.

스마트 가발은 체온 감지, 위치 모니터링 및 보행거리 측정, 낙상 사고 감지 및 알림 기능을 가지며 수집된 정보는 스마트폰을 통하여 확인할 수 있다. 본 논문은 스마트 가발의 낙상 상태 감지 및 알림 기능을 구현하고 검증한다.

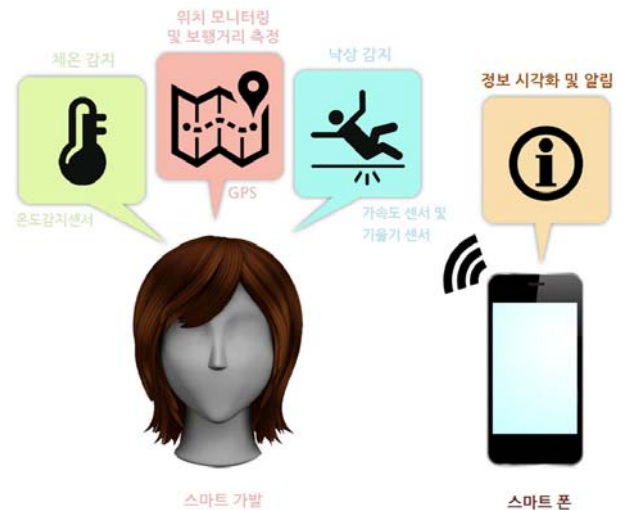


그림 1. 스마트 가발의 기능.

낙상 사고 감지 기능은 환자들의 건강관리에 필수적이다. 항암 치료를 받는 환자는 수술과 비 수술적인 치료를 받으며 신체기능 저하와 만성피로를 겪는다. 이로 인하여

투병 중의 환자는 골밀도가 감소하며, 평형 능력이 떨어지고, 신체의 제어가 어려워 건강할 때보다 낙상 사고 발생 빈도가 증가하게 된다. 낙상 시 골절과 상처가 발생할 수 있으며, 면역력이 약화되어 있는 암 환자는 상처 부위의 2 차 감염으로 상태가 악화될 수 있다. 따라서 낙상을 감지하고 응급상황을 알리는 기능은 위급상황에 빠르게 대처하고 피해를 최소화하기 위해 필수적이다.

2. 관련 연구

2.1. 스마트 가발

스마트 시계, 스마트 안경, 스마트 신발 등 각각의 목적에 알맞은 다양한 웨어러블 디바이스가 개발되고 있다. 가발 형태의 웨어러블 디바이스에 대한 연구 역시 Hiroaki Tobita 와 Takuya Kuzi 에 의해 진행된 바 있다[4]. 이들은 논문에서 스마트 가발의 장점과 적용 예를 제시하고 있다.

이전 연구는 가발의 활용 방안으로 네비게이션과 프레젠테이션 기능을 탑재했다. 네비게이션 기능은 가발 내에 방향을 나타낼 진동 모터를 부착하여 가발 착용자에게 방향을 알려주는 기능이다. 프레젠테이션 기능은 슬라이드를 앞뒤로 넘길 수 있는 버튼과 빔을 탑재하여 프레젠테이션에 활용하는 방식이다. 이러한 두 가지 기능은 스마트 가발의 장점을 살린 효과적인 기능이지만 가발의 주 사용자들에게 필수적이거나 자주 사용되는 기능이 아니기 때문에 제품의 유용성이 부족하다.

이전 연구에 의하면 항암치료에 의해 탈모를 겪고 있는 환자들을 위한 스마트 가발은 없었다. 본고는 기존에 컨셉으로 제시된 스마트 가발에서 건강관리 기능을 중점적으로 구현 및 발전 시킴으로써 제품의 유용성을 높였다.

2.2. 낙상 상태 감지

2.2.1. 낙상 상태의 정의

낙상은 본인의 의사와 무관하게 원래 신체의 위치보다 낮은 위치나 바닥으로 넘어지는 것을 의미한다[5]. 본고는 낙상 상태를 일상 상태와 구분하여 문턱 값 이상의 속도로 넘어져 지면과 신체 사이의 각도가 문턱 값 이하인 상태로

정의한다. 응급 상태란 그 낙상 상태가 일정 시간 이상 유지되는 상태로 정의한다.

2.2.2. 낙상 상태 감지의 방법

낙상 상태 감지 방법은 크게 영상을 분석하여 낙상 상황을 감지하고 구분하는 방식과 센서를 이용하여 낙상을 감출하는 방식 두 가지로 나뉜다.

영상 정보를 분석하여 낙상을 감출하는 방식은 영상에서 사건의 소요시간, 인체 중심의 이동, 인체의 수직높이 변화 값을 추출하여 분석하거나[6], 다수의 카메라에서 얻은 정보를 조합하여 감출한다[7]. 그리고 영상에서 인체 실루엣을 분류하여 동작을 알아내는 방식도 있다[8]. 그러나 영상 정보를 이용하는 방식은 카메라를 설치해야 하는 특성으로 인하여 주로 병원 내부나 집안과 같은 실내 공간에서 이용된다. 이와는 달리, 센서를 이용하여 낙상을 감출하는 방식은 대부분 웨어러블 디바이스의 형태이므로 실내, 실외에 관계 없이 이용할 수 있어 활용 범위가 넓다.

센서를 이용하여 낙상을 감출하는 방식에는 센서를 허리에 부착하거나[9], 가슴에 부착하거나[10], 귀에 부착하거나[11], 스마트폰 안의 센서를 활용하거나[12], 센서를 탑재한 손목시계를 제작하는[13] 등 다양한 접근 방법이 있다. 센서를 허리, 가슴, 귀에 부착하는 방식들은 낙상 상태는 효과적으로 감출해낼 수 있으나 외관 상 보기 좋지 않고 향시 소지하기가 불편하므로 사용성이 떨어진다. 스마트폰과 손목시계는 평상시에 지니고 다니는 물품이기 때문에 사용성이 높다. 하지만 사용 시 인체 중심으로부터의 위치가 매우 가변적이기 때문에 낙상 상태 감출 효율이 떨어진다. 이에 반해, 스마트 가발은 머리 위에 고정되어 있기 때문에 낙상 상태 감출 효율이 높고 환자들이 외출 시 반드시 착용하는 물품이라는 점에서 사용성이 높다.

2.2.3. 낙상 상태 감지 알고리즘

김성현, 박진, 김동욱, 김남균은 허리에 부착된 장치 내부의 3 축 가속도 센서와 2 축 기울기 센서의 감지 값을 바탕으로 낙상 상태를 감지하고 있다. 알고리즘은 가속도 합 벡터의 크기가 문턱 값보다 낮아지면 낙상 발생으로 간주하고, x 축 기울기 값과 y 축 기울기 값을 문턱 값과 비교하여 전방, 후방, 좌 방향, 우 방향, 제자리 낙상의

다섯 가지로 분류한다[9]. 류정택의 알고리즘 또한 가속도와 기울기 값을 이용하여 낙상을 검출하고 있다[14].

Bourke 와 Lyons 는 가슴에 부착된 2 축 각속도 센서를 이용하여 낙상 상태를 감지한다. 각속도 센서는 롤 각속도 값과 피치 각속도 값을 측정한다. 알고리즘은 각속도 값, 각속도 값을 적분한 각(기울기) 값과 미분한 각 각속도 값이 문턱 값을 넘어설 때 낙상으로 판별한다[10].

Lindemann, Hock, Stuber, Keck, Becker 는 귀에 부착한 x 축, y 축, z 축 세 개의 각속도 센서를 이용하여 낙상을 감지한다. 알고리즘은 두 가지 경우를 낙상으로 검출한다. 첫째는 가속도 값이 높은 문턱 값을 넘어섰을 때다. 둘째는 가속도 값이 낮은 문턱 값을 넘어서면 해당 시점부터 가속도 값을 적분해 속도 값을 구하여 문턱 값을 넘어서면 낙상으로 판별한다[11]. He, Li, Bao 의 알고리즘은 가속도 값만을 이용하여 낙상을 검출하고 있다[12].

김남섭은 3 축 가속도 센서와 오디오 센서를 탑재한 손목시계 형 장치를 제작하여 낙상을 감지한다. 알고리즘은 가속도 값과 소리 값이 문턱 값을 넘어서면 낙상으로 판별한다[13].

앞선 연구들에서 낙상 상태 감지 알고리즘에 주로 쓰이는 값이 가속도와 기울기 값이며 다른 값들을 추가로 활용한 것을 확인할 수 있다. 스마트 가발은 3 축 가속도 센서와 3 축 각속도 센서를 활용한다. 3 축 가속도 센서는 x, y, z 축 방향의 가속도 값을 측정할 수 있고 가속도 값을 적분하여 속도 값을 알 수 있다. 3 축 각속도 센서는 x, y, z 축을 중심으로 한 피치, 롤, 요우 각속도를 측정할 수 있고 적분하여 기울기 값을, 미분하여 각 가속도 값을 알 수 있다. 알 수 있는 값을 바탕으로 이전 연구들의 알고리즘을 참고하고 센서 부착 위치의 차이를 감안하여 스마트 가발에 알맞은 알고리즘을 구성하였다.

3. 시스템 구성 및 알고리즘

3.1. 시스템 구성

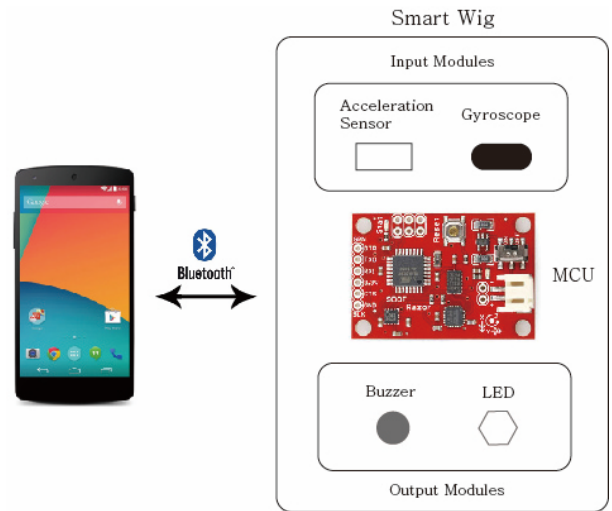


그림 2. 전체 시스템 구조. 스마트 가발은 센서가 위치한 입력 단, MCU가 위치한 메인보드, 버저와 LED로 구성된 출력 단으로 나뉘고 스마트폰과 블루투스로 통신할 수 있다.



그림 3. 프로토타입 제작 부품. 스마트 가발의 프로토타입의 제작에는 MPU, MCU, 블루투스 모듈, 버저, LED 등의 부품이 사용되었다.

스마트 가발에 탑재된 하드웨어는 세 부분으로 나뉜다. 첫째는 낙상 상태 감지에 필요한 데이터 수집을 위한 각종 센서들로 구성된 입력 단이다. 스마트 가발 프로토타입 구현을 위해 3 축 가속도 센서와 3 축 각속도 센서를 탑재한 MPU-6050 을 이용하였다. 둘째는 입력 단에서 수집한 데이터를 처리하여 낙상 여부를 검출하고 출력 단으로 명령을 내리는 메인보드이다. 메인보드에는 주 연산이 이루어지는 MCU로 ATmega328이 탑재되었고,

스마트폰과 상태정보를 주고 받기 위하여 RN42-I/RM 이라는 블루투스 통신 모듈을 추가하였다. 시스템에 필요한 전력은 메인보드를 거쳐 연결된 부품들로 공급된다. 셋째는 낙상 검출 시 위급 상황을 알리는 출력 단이다. 메인보드에서 낙상이 검출되면 출력 단의 CEM-12O3 버저와 LED 가 작동하여 주위에 위급 상황을 알린다. 스마트폰은 스마트 가발로부터 착용자의 낙상 상태 정보를 전송 받아 보여주며, 낙상 검출 시 스피커로 소리를 방출하여 출력 단과 함께 주변에 위급 상황을 알린다.

3.2. 낙상 상태 감지 알고리즘

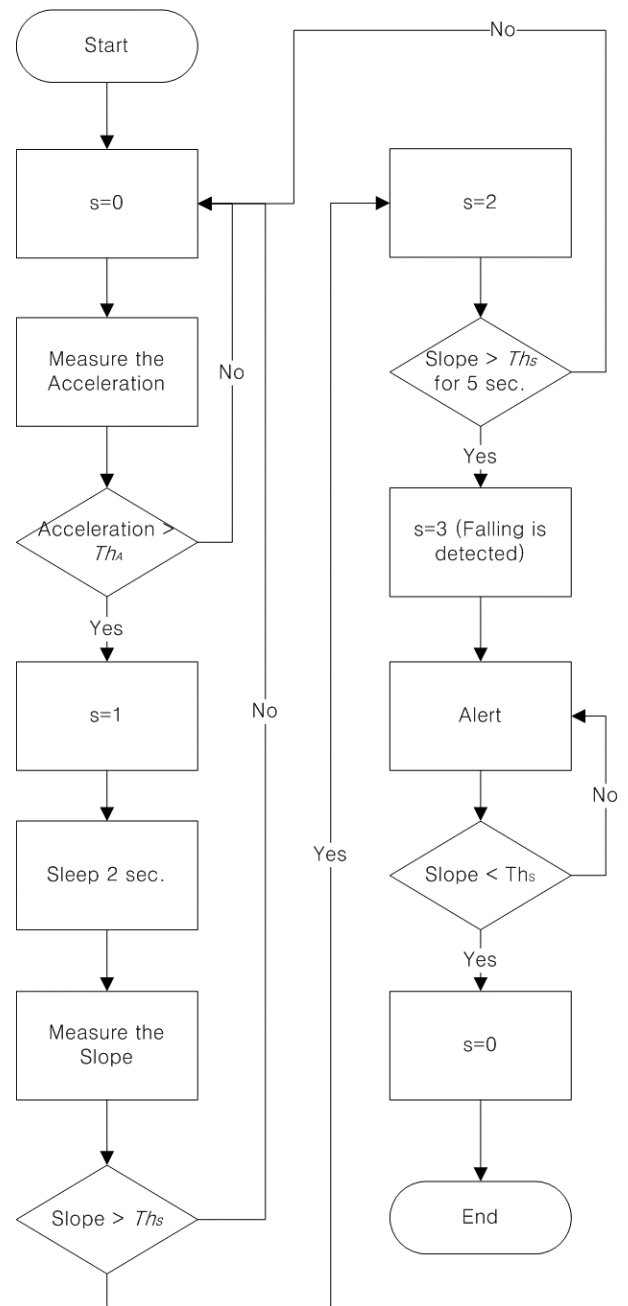


그림 4. 낙상 상태 감지 알고리즘. 알고리즘은 일상 상태, 유사 낙상 상태, 낙상 상태, 응급 상태의 네 가지 상태를 판별한다.

낙상 상태 검출에 필요한 데이터를 얻기 위해 낙상과 일상적인 행동을 수행하였을 때의 가속도 센서 값과 각속도 센서 값을 수집하였다. 수집한 센서 값을 수집하여 가속도, 속도, 각속도, 기울기, 각 가속도의 변화를 분석한 결과, 낙상 검출에 가속도 값과 기울기 값을 사용할 때 일상 상태와 낙상 상태를 유의미하게 구분할 수 있음을 알

수 있었다. 수집한 가속도와 기울기 값은 낙상 상태 감지 알고리즘에 적용할 문턱 값을 설정하는데 이용되었다.

낙상 상태 감지 알고리즘은 단계별로 상태 s 를 0에서 3 까지 네 가지로 분류한다. $s=0$ 은 일상 상태이다. $s=0$ 에서 가속도 값이 가속도 문턱 값 TH_A 를 넘어서면 $s=1$ 로 진행된다. $s=1$ 은 주저 않거나 넘어지는 등 급격한 움직임이 발생한 유사 낙상 상태이다. $s=1$ 에서 2 초가 지난 후, 기울기 값이 기울기 문턱 값 TH_S 를 넘어서면 상태 $s=2$ 로 진행된다. $s=2$ 는 빠른 움직임 후 누워있는 상황으로 이어진 낙상 상태이다. $s=2$ 에서 기울기 값이 기울기 문턱 값 TH_S 를 넘어서는 상태가 5 초 간 유지되면 상태 $s=3$ 으로 진행된다.

$s=3$ 은 낙상 상태에서 본인 스스로 회복할 수 없어 주변에 알림이 필요한 응급 상태이다. $s=3$ 에서 기울기가 TH_S 보다 작아지면 주변의 도움이나 상태 회복으로 움직임이 생긴 상태이므로 $s=0$ 으로 돌아간다.

4. 실험 및 결과

4.1. 실험 설계

낙상 상태 감지 알고리즘의 유효성을 평가하기 위하여 네 가지 실험 상황을 설정하고 각 상황 별 실험 데이터를 수집하였다. 설정한 실험 상황은 ‘누움’, ‘주저 않음’, ‘쓰러진 후 바로 일어남’, ‘쓰러진 후 움직임 없음’의 네 가지이다. 피험자는 각 실험 상황을 20 회씩 수행하고 기대되는 상태와 실제 상태를 비교 확인하였다.

표 1. 실험 상황 설정표

실험 상황	기대되는 상태
누움	$s=0$, 일상 상태
주저 않음	$s=1$, 유사 낙상 상태
쓰러진 후 바로 일어남	$s=2$, 낙상 상태
쓰러진 후 움직임 없음	$s=3$, 응급 상태

첫 번째 실험 상황은 기울기는 낙상 상태와 유사하지만 가속도 변화가 없어 $s=0$ 일상 상태로 기대된다. 두 번째

실험 상황은 가속도 변화는 있지만 기울기가 문턱 값을 넘지 않아 $s=1$ 유사 낙상 상태로 기대된다. 세 번째 실험 상황은 가속도 변화가 있고 기울기가 문턱 값을 넘어 $s=2$ 낙상 상태이며, 기울기 값이 문턱 값을 넘은 상태가 유지되지 않아 응급 상태로 전환되지 않을 것으로 기대된다. 네 번째 실험 상황은 $s=2$ 낙상 상태에서 기울기가 문턱 값을 넘은 상태가 5 초 간 유지되므로 $s=3$ 응급 상태로 기대된다.

4.2. 실험 결과 및 분석

표 2 는 각 실험 상황을 20 회씩 수행한 후, 실제로 검출된 상태의 횟수를 나타낸 것이다.

표 2. 실험 상황 별 실제 알고리즘 상태 검출 횟수

	$s=0$	$s=1$	$s=2$	$s=3$
누움	20	0	0	0
주저 않음	7	13	0	0
쓰러진 후 바로 일어남	1	1	18	0
쓰러진 후 움직임 없음	1	0	0	19

첫 번째 실험 상황은 기대 상태와 실제 상태가 20 회 모두 일치했다. 두 번째 실험 상황은 기대 상태와 실제 상태가 20 회 중 7 회가 일치하지 않아 가장 오류가 많았다. 모든 오류는 기대한 유사 낙상 상태가 아닌 일상 상태로 나타나는 경우이다. 세 번째 실험 상황에 측정되는 가속도의 범위가 낙상 상태를 검출하기 위하여 설정한 가속도 문턱 값 TH_A 주변에 위치함을 의미하는 것으로 실험 설계 단계에 설정한 가속도 문턱 값과 기대 상태의 예측이 잘 못 되었음을 보여준다.

네 번째 실험 상황은 낙상 상태를 일상 상태와 유사 낙상 상태로 검출하는 오류가 발생했다. 낙상 상태를 일상 상태로 검출한 오류는 실험자가 뒤로 주저앉으며 쓰러진 경우에 발생하였다. 이는 동일한 항목의 다른 실험 상황에 비하여 쓰러지는 데 걸린 시간이 길어 가속도가 문턱 값을 넘지 못 했기 때문이다. 실제 상황에서 환자가 주위 기물을

붙잡으며 천천히 쓰러지면 해당 오류처럼 낙상으로 검출되지 않을 수 있으므로 보완이 필요하다. 후속연구로 쓰러져서 움직이지 않는 상태와 다른 맥박과 체온정보를 종합해서 파악할 필요가 있다. 낙상 상태를 유사 낙상 상태로 검출한 오류는 실험자가 지나치게 빠르게 기상하여 발생하였다. 이와 같은 경우가 실제 상황에서 발생한다면 낙상 상태로 검출하지 않아도 될 정도로 신체의 제어가 가능한 것이기 때문에 무의미한 오류이다.

쓰러져서 움직이지 않는 실험 상황은 응급 상태를 일상 상태로 검출하는 오류가 발생했다. 이는 앞서 살펴본 낙상 상태를 일상 상태로 검출한 오류와 같은 범주의 오류이다.

5. 결론 및 논의

본고는 항암치료에 의해 탈모를 겪고 있는 환자들의 유용성과 사용성을 고려하여 낙상 상태 감지 기능을 가진 스마트 가발을 제작하였다. 스마트 가발의 하드웨어는 입력 단, 메인보드, 출력 단으로 나뉜다. 메인보드에는 낙상을 감지하기 위한 알고리즘이 프로그래밍 되어있고 스마트 가발 착용자의 사고 상태를 일상 상태, 유사 낙상 상태, 낙상 상태, 응급 상태로 구분한다.

낙상 감지 알고리즘을 평가하기 위한 총 80 회의 실험 중 10 회의 오류가 발생하였다. 저자의 예상대로 두 번째 실험 상황에서 일상 상태와 유사 낙상상태의 판별 오류가 7 회로 가장 많이 발생했다. 이는 가속도의 문턱 값 설정의 문제로 파악되므로 후속 연구에서의 보완이 필요하다.

후속 연구에서는 낙상 상태 감지 알고리즘의 완성도를 높이기 위하여 본고의 실험 상황 이외에 다양한 자세들에 대한 실험을 통하여 알고리즘을 보완할 것이다. 또한, 스마트 가발에 낙상 상태 감지 기능 외의 항암 치료를 받는 환자에게 필요한 체온 감지나 위치 모니터링과 같은 건강 관리 기능을 추가할 계획이다.

사사

이 논문은 2014 년도 산업통상자원부의 ‘창의산업융합 특성화 인재양성사업’의 지원을 받아 수행되었다 (과제번호 N0000717).

참고문헌

1. 보건복지부 암 등록통계, 국가승인 통계 11744호, 보건복지부.
2. Jung, K. W., Won, Y. J., Kong, H. J., Oh, C. M., Lee, D. H., and Lee, J. S. Cancer Statistics in Korea: Incidence, Mortality, Survival, and Prevalence in 2011. *Cancer Research and Treatment* 46.2 (2014): 109-123.
3. 항암화학요법의 일반적인 부작용과 관리방법, 국가암정보센터, <http://www.cancer.go.kr/mbs/cancer/subview.jsp?id=cancer_O2O4O3O2O0000>
4. Tobita, H., and Kuzi, T. SmartWig: wig-based wearable computing device for communication and entertainment. In *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*. ACM, (2012): 299-302.
5. Tinetti, M. E., Speechley, M., and Ginter, S. F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England journal of medicine* 319.26 (1988): 1701-1707.
6. Lin, C. W., and Ling, Z. H. Automatic fall incident detection in compressed video for intelligent homecare. In *Computer Communications and Networks, 2007. ICCCN 2007. Proceedings of 16th International Conference on*. IEEE, (2007): 1172-1177.
7. Auvinet, E., Reveret, L., St-Arnaud, A., Rousseau, J., and Meunier, J. Fall detection using multiple cameras. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International*

Conference of the IEEE, IEEE, (2008): 2554-2557

8. Juang, C. F., and Chang, C. M. Human body posture classification by a neural fuzzy network and home care system application. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, IEEE Transactions on, 37.6 (2007): 984-994.
9. 김성현, 박진, 김동욱, 김남균. 가속도센서와 기울기센서를 이용한 실시간 낙상 상태 감지 시스템에 관한 연구. *한국정밀공학회지*. 28.11 (2011): 1330-1338.
10. Bourke, A. K., and Lyons, G. M. A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor. *Medical engineering & physics*. 30.1 (2008): 84-90.
11. Lindemann, U., Hock, A., Stuber, M., Keck, W., and Becker, C. Evaluation of a fall detector based on accelerometers: A pilot study. *Medical and Biological Engineering and Computing*. 43.5 (2005): 548-551.
12. He, Y., Li, Y., and Bao, S. D. Fall Detection by built-in tri-accelerometer of smartphone. In *Biomedical and Health Informatics (BHI), 2012 IEEE-EMBS International Conference on IEEE*. (2012): 184-187
13. 김남섭. 유비쿼터스 헬스케어를 위한 효율적인 낙상 상태 감지 기법. *한국정보기술학회논문지*. 8.8 (2010): 133-140.
14. 류정탁. 3 축 가속도센서와 기울기 센서를 이용한 낙상감지시스템 개발. *한국산업정보학회논문지*. 18.4 (2013): 19-24.