모바일 헬스케어 지원을 위한 스마트폰을 이용한 낙상 감지 시스템*

정필성** · 조양현***

Fall Detection System using Smartphone for Mobile Healthcare*

Pil-Seong Jeong** · Yang-Hyun Cho***

■ Abstract ■

If we use a smartphone to analyze and detect falling, it is a huge advantage that the person with a sensor attached to one's body is free from awareness of difference and limitation of space, unlike attaching sensors on certain fixed areas. In this paper, we suggested effective posture analysis of smartphone users, and fall detecting system. Suggested algorithm enables to detect falling accurately by using the fact that instantaneous change of acceleration sensor is different according to user's posture. Since mobile applications working on smart phones are low in compatibility according to mobile platforms, it is a constraint that new development is needed which is suitable for sensor equipment's characteristics. In this paper, we suggested posture analysis algorithm using smartphones to solve the problems related to user's inconvenience and limitation of development according to sensor equipment's characteristics. Also, we developed fall detection system with the suggested algorithm, using hybrid mobile application which is not limited to platform.

Keyword : Fall Detection, Mobile Healthcare, Smartphone, Accelerometer, Hybird App

1. 서 론

정보통신기술과 의료기술의 발달로 모바일 헬스케어 위한 인프라 구축 및 기술 지원에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 모바일 헬스케어는 유비쿼터스 헬스케어의 일부분으로써 스마트폰 및 PDA(Personal Digital Assistant)와 같이 네트워크에 연결된 상태에서 이동이 자유로우며 필요할 때마다 무선 의료정보시스템에 연결하여 환자의 생체 정보 획득, 자동 진단 및 응급 정보가 가능한 무선통신을 이용한 헬스케어 서비스를 말한다[11].

낙상 감지 시스템은 인체 활동 모니터링 시스템으로써 인체 활동을 모니터링하고 낙상이 발생할 경우 경고 및 사후 대책에 대한 조치를 취함으로써 낙상 환자의 생명 및 신체 기능을 보호하기 위한 목적을 가지고 있다. 낙상은 일상생활을 하는 도중에 위치나 장소에 상관없이 언제나 발생할 수 있다. 낙상으로 인한 상해는 증가 추세에 있으며 낙상으로 인한 관절의 골절상은 일상생활에 지장을 가져오게 되며 질병 발생과 사망의 원인이 되기도 한다. 심지어 낙상으로 인한 상해가 발생하지 않더라도 균형 감각을 잃어버리고 신체 활동 수준의 감소와 사회적 역할을 수행하는 능력이 감소되게 된다. 특히 고령자들의 경우 더 많은 주의를 요하며 낙상이 발생할 경우 환자는 의식을 잃거나 신체 운동 기능이 저하되어 스스로 조치를 취하지 못하는 경우가 있기 때문에 낙상을 감지하고 응급 상황을 판별하여 빠른 응급 처치 및 후송이 필요하다. 최근 노인의 주요 사망원인 중 하나로 노화와 관련하여 기능적 장애로 인한 낙상이 고령자 건강 문제의 중요한 문제로 떠오르고 있으며 기능적 장애로 인한 독립적인 삶을 유지하기 위해 필요로 하는 기본적인 생활 활동의 형성에 대한 제한 또는 결함으로 정의하고 있다[10].

낙상을 감지하는 방법은 영상을 이용하는 방법과 낙상 감지용 센서를 부착하여 판별하는 방법이 대표적이다. 영상을 이용하는 방법은 공간의 제약과 감지 대상의 인식 여부에 의존하며 낙상 감지

용 센서를 부착하는 방법은 낙상 감지를 위하여 별도 개발된 센서를 신체에 부착하여 사용하기 때문에 이질감이나 일상생활에 부자연스런 활동을 가져올 수 있다는 단점이 있다. 본 논문에서는 센서 장치의 신체 부착에 따른 이질성 및 장치 특성에 맞는 개발의 한계점을 극복하기 위하여 스마트폰을 활용하여 인체 활동 모니터링 시스템을 제안하였다. 모바일 헬스케어 지원을 위해 스마트폰에 적용이 가능한 낙상 분석 알고리즘을 제안하고 개발 플랫폼의 이질성을 극복하기 위하여 하이브리드 앱 개발환경을 이용하여 애플리케이션을 개발하였다.

2. 관련 연구

2.1 낙상 감지 방법의 분류

낙상을 감지하는 방법은 영상 정보를 분석하여 낙상을 검출하는 방법과 센서 정보를 이용하여 낙상 감지 대상자의 움직임의 판별하여 낙상을 검출하는 방법으로 분류될 수 있다. 영상 정보를 분석하는 방법은 감지 대상의 움직임과 넘어지는 모양을 분석하여 낙상 여부를 판별하게 된다. 센서 정보를 분석하는 방법은 일반적으로 가속도 센서와 자이로스코프를 이용하여 낙상 감지 대상자의 움직임을 분석하여 낙상을 판별하게 된다.

2.1.1 카메라를 이용한 영상 분석

카메라로부터 얻은 영상 정보에서 객체 추출을 통해 움직이는 부분에 대한 낙상을 감지하는 방법은 93%의 높은 낙상 검출 비율을 가진다[7]. 하지만 카메라에 인식되는 대상에 대해서만 감지가 가능하며 대상의 행동반경이 큰 경우 여러 대의 영상 정보 습득 장비가 필요하다. 또한 근본적으로 낙상 감지 대상에 대한 사생활 침해 부분의 문제점이 있는 단점이 있다. 또한 네트워크를 이용하여 영상 정보를 전송하기 때문에 네트워크의 과다 사용과 데이터 전송률 그리고 네트워크의 신뢰도

에 의존하게 된다는 한계점을 가지게 된다.

2.1.2 가속도 센서 정보를 이용한 낙상 분석

센서의 정보를 분석하여 낙상을 감지하는 방법은 영상 정보를 사용하지 않기 때문에 사생활 침해의 우려가 적으며 영상 정보 분석법에 비해 비교적 자유로운 신체 활동이 가능하다는 장점이 있어서 널리 사용되고 있다. 센서를 이용하는 방법 중 대표적인 방법으로는 가속도 센서를 이용하는 방법이 있다. T. Zhang 외 3명은 허리에 가속도 센서를 부착하여 신체의 운동 패턴을 분석하여 낙상을 감지하는 알고리즘을 제안하였다[13]. 또한 휴대 전화에 가속도 센서를 연결하여 KFD(Kernel Fisher Discriminant) 알고리즘을 통해 낙상을 감지하는 방법을 제안하였다[12]. 그러나 이 방법은 기본적으로 휴대 전화에 가속도 센서가 부착되어야 하며 휴대 전화의 장비 특성에 따라 가속도 센서가 부착이 불가능한 경우 낙상 감지가 불가능하다는 단점을 가진다. U. Lindermann 외 4명은 가속도 센서를 귀에 부착하는 형태로 제안하여 가슴에 부착하는 경우보다 부착이 쉽도록 하였지만 안경을 쓰고 있는 사람의 경우 부착이 어려우며 이질감이 생길 수 있다는 단점을 가진다[8].

2.1.3 속도 정보를 이용한 낙상 분석

A. K. Bourke 외 1명은 자이로스코프를 이용하여 각속도의 변화 값을 이용하여 낙상을 감지하는 방법을 제안하였다. 회전률을 검출해낼 수 있는 자이로스코프가 연결된 장비를 가슴부위에 부착하여 각도의 변화 값을 알아낸 뒤 임계값과 비교하여 낙상을 검출해내는 기법으로 100%의 높은 정확도를 가진다[4]. 하지만 가슴 위치에 부착을 해야 하기 때문에 여성의 경우 착용에 제한을 가질 수 있다는 한계점을 가지고 있다.

2.1.4 그 외 낙상 분석

그 외 가속도 센서 정보와 오디오 센서 정보를 분석하여 낙상을 판별하는 방법, 스마트폰에 내장

되어 있는 가속도 센서 정보를 SVM(Signal Vector Magnitude) 및 SMA(Signal Magnitude Area)의 임계값과 비교하여 낙상을 검출하는 방법 등이 있다[5].

2.2 스마트폰 애플리케이션

2.2.1 웹 앱(Web App)

웹 앱은 기존에 웹 사이트 개발에 사용되던 개발 툴과 웹 디자인 및 웹 기술을 그대로 사용하여 스마트폰에 특화시킨 웹 사이트라고 할 수 있다. 윈도우뿐만 아니라 맥, 리눅스 같은 다양한 운영체제 환경에서 개발이 가능하며 모바일 기기의 특성을 반영해 최적화가 가능하다는 장점이 있다. 특히 스마트폰에 직접 설치가 필요 없고 앱스토어와 같은 모바일 마켓을 이용할 필요가 없다. 사용자는 브라우저를 통한 URL 접속을 이용하면 되므로 웹 브라우저가 있는 기기에서는 언제나 실행이 가능하다. 만약 수정사항이 있다면 해당하는 웹 파일의 내용만 수정하여 교체하면 되므로 실시간 유지 보수가 가능하다. 웹 앱 개발의 장점과 단점은 <표 1>과 같다.

<표 1> 웹 앱의 특징[6]

구분	설명
장점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 웹 개발자가 현재 사용하고 있는 개발 툴을 활용할 수 있음 ◦ 기존의 웹 디자인과 웹 개발 기술을 활용 ◦ 웹 브라우저만 있으면 실행이 가능 ◦ 개발 속도가 빠르고 실시간 버그 수정이 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 장치의 H/W(카메라, GPS 등)를 부분적으로 지원 ◦ 결제 기능의 제한되어 있음 ◦ HTML5를 이용하기 때문에 네이티브 앱에 비해 세밀한 UI 구성이 어려움

2.2.2 네이티브 앱(Native App)

네이티브 앱은 각각의 스마트폰 플랫폼 환경에서 별도로 제공되는 프로그래밍 언어와 SDK(Software Development Kit)를 이용해 제작되는 앱을 말한다. Object-C, 자바, C# 등의 프로그램 언어를 별도로

사용해야 하며 반드시 해당 운영체제 환경에서 개발을 해야만 하는 개발 환경의 제약이 존재한다. 웹 앱과는 달리 가속도계, 카메라 같은 스마트폰의 다양한 하드웨어 주변장치를 사용할 수 있지만 웹 앱에 비해 개발 기간이 길다. <표 2>는 네이티브 앱 개발의 장점과 단점이다.

<표 2> 네이티브 앱의 특징[6]

구 분	설 명
장점	<ul style="list-style-type: none"> 온라인 결제 기능을 이용해 앱을 손쉽게 다운로드할 수 있음 다양한 H/W를 이용한 애플리케이션 개발이 가능함 웹 브라우저만 있으면 실행이 가능 웹 앱에 비해 세밀한 UI 구성이 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> 개발 애플리케이션에 맞는 운영체제 환경이 필요 스마트폰 플랫폼에 따라 개발언어가 다르기 때문에 개발, 컴파일, 배포, 재개발 등을 포함해 개발 주기가 오래 걸림 판매를 위한 마켓 등록을 위해서는 기능 및 개발 소스에 대한 검증이 필요

2.2.3 하이브리드 앱(Hybrid App)

하이브리드 앱은 웹 앱과 네이티브 앱의 장점을 이용하여 웹 표준 기술을 그대로 사용하여 웹 앱을 개발한 후 오픈 소스 크로스 프레임 워크를 이용하여 네이티브 앱으로 변환시켜 배포하는 앱 형식을 의미한다. 오픈 소스 크로스 프레임 워크는 서로 다른 플랫폼의 개발 환경에서 한쪽이 다른 쪽의 환경에서 실행될 수 있도록 변환시켜 주는 무료 개발 환경을 의미한다. 대표적인 크로스 프레임 워크는 PhoneGap, Appspresso, Titanium이 있다. 웹 개발 언어인 HTML, CSS, Javascript를 이용하여 앱을 개발하기 때문에 소스코드의 변경 없이 크로스 프레임 워크를 위한 라이브러리 설치만으로 다양한 스마트폰 플랫폼에서 동작이 가능한 특징을 가진다[2].

2.3. 모바일 헬스케어

모바일 헬스케어란 환자 및 의사가 시간적, 공

간적 구애를 받지 않고 자유롭게 활동하면서 무선 의료정보 시스템에 접근하여 생체 신호 측정, 자동 진단 및 응급 정보가 가능한 휴대형 무선 생체 측정 시스템을 사용하여 의료 서비스를 지원하는 것을 의미한다. 무선 통신을 지원하기 위한 네트워크 환경에서는 이동형 무선 통신 및 컴퓨팅 장치를 사용하는 헬스케어를 의미하며 스마트폰과 같이 모바일 네트워크가 용이한 휴대용 컴퓨팅 장치를 활용하게 된다. [그림 1]은 이동형 헬스케어의 개념도를 나타내고 있다.

[그림 1] 모바일 헬스케어[3]

3. 낙상 감지 알고리즘

본 장에서는 스마트폰의 주변 하드웨어 기기 중 하나인 가속도계 정보를 이용하여 사용자의 낙상을 감지하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안한 낙상 감지 알고리즘은 스마트폰의 가속도 센서 정보를 효과적으로 활용하여 낙상을 검출하고 응급 상황을 알릴 수 있도록 정보 수집 단계, 정보 변환 단계, 정보 분석 단계로 구성되어 동작한다. 고정된 신체 부위에 부착되는 신체 부착형 장치와는 달리 바지 주머니에 넣고 측정을 하게 되는 스마트폰의 경우 기존의 가속도 센서 정보를 분석한 SVM과 ISVM(Integral Signal Vector Magnitude)만으로는 정확한 자세 예측이 불가능하다. 또한 임계값을 넘어서 낙상으로 판별되었을 경우에 신체 기능을 회복하고 일상적인 신체활동이 가능한 경우에는 낙상으로 판별해서는 안 된다. 따라서 1차 낙상을 검출했다라도 주기적인 모니터링을 통

해서 최종 낙상으로 판별하는 작업이 추가적으로 필요하며 최종 낙상이 판별되었을 경우에는 추가적인 신체 상해 예방을 위해 응급 상황 조치를 취할 수 있는 일련의 자동 처리 기능이 필요하다.

3.1 가속도 센서 정보 수집

낙상 감지를 위한 정보를 습득하기 위해서 스마트폰에 내장되어 있는 가속도 센서 정보를 10ms 단위로 수집하고 변환하였다. 가속도 센서는 사물의 움직임을 측정하는데 사용되는데 순수한 움직임만을 측정하기 위해서는 중력의 영향을 받고 있는 축의 정보에서 9.81을 빼주어야 하며, 가속도 측정을 위해서는 2개 이상의 정보를 모아서 연산을 해주어야 한다. 본 논문에서 가속도 센서의 정보 변화를 보완하고 중력을 고려하기 위해서 저속 통과 필터를 적용하였다. 저속 통과 필터는 식 (1)과 같다[1].

$$\alpha = \frac{t}{t + \Delta t} \quad (1)$$

$$g = \alpha \times g' + (1 - \alpha) \times x'$$

$$x = x' - g$$

α : 저속 통과 필터에 사용된 비율 값

t : 저속 통과 필터 시정수

Δt : 센서 값 전송률

g : 중력 값

g' : 이전에 구한 중력 값

x : 저속 필터가 적용된 가속도 값

x' : 측정된 가속도 값

3.2 가속도 센서 정보 변환

스마트폰의 가속도 센서 정보는 [그림 2]와 같다. X축은 기기의 측면을 향한 움직임을 측정하며 Y축은 기기의 전방 후방을 향한 움직임을 측정한다. Z축은 기기의 위 또는 아래를 향한 움직임을 측정하며 X축, Y축, Z축 모두 움직이는 방향에 따

라서 음수 또는 양수의 값을 갖는다[1].

[그림 2] 스마트폰의 가속도 센서 방향

가속도 센서 X축, Y축, Z축 정보는 식 (2)를 이용하여 정보를 수집할 때마다 SVM으로 변환하였다. 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 값을 측정하여 벡터의 크기를 제공하여 합을 미분함으로써 순수 움직임을 크기만을 구하였다[9].

$$SVM = \sqrt{|X|^2 + |Y|^2 + |Z|^2} \quad (2)$$

X : 가속도 센서 X축 값

Y : 가속도 센서 Y축 값

Z : 가속도 센서 Z축 값

사용자의 자세는 1초 단위로 판별하였으며 자세 분석을 위해서 SVM을 1초에 10개씩 수집하여 ISVM을 계산하였으며 식 (3)을 이용하여 SVM을 1초 단위로 적분하여 ISVM을 구하였다[9].

$$ISVM = \int_{t=0}^T (SVM) dt \quad (3)$$

고정된 위치에 부착된 센서는 움직임만을 고려하면 되지만 주머니에 넣은 스마트폰을 이용할 경우 주머니의 깊이와 폭에 따라서 값의 변화가 크기 때문에 식 (2)와 식 (3)을 이용한 SVM과 ISVM 값만으로 자세를 판별하기에는 정보가 부족하다.

본 논문에서는 기존에 다른 연구에서 제안된 SVM과 ISVM을 스마트폰에서 이용했을 때의 한계점을 해결하기 위해서 센서 정보의 변화를 이용한 새로

은 수식을 제안하였다. 사용자의 자세에 따라서 움직임의 변화량이 다른 점을 이용하기 위해서 현재 측정된 값과 이전에 측정된 값의 차를 제공하여 합을 미분하였다. 현재 측정된 가속도 센서 정보와 이전에 측정된 가속도 값과의 차이를 이용하여 식 (1)에 적용한 SVM_{Diff} 는 식 (4)와 같다.

$$SVM_{Diff} = \sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2} \quad (4)$$

X_n : 현재 측정된 가속도 센서 X축 값
 Y_n : 현재 측정된 가속도 센서 Y축 값
 Z_n : 현재 측정된 가속도 센서 Z축 값
 X_{n-1} : 이전에 측정된 가속도 센서 X축 값
 Y_{n-1} : 이전에 측정된 가속도 센서 Y축 값
 Z_{n-1} : 이전에 측정된 가속도 센서 Z축 값

서 있는 상태와 걷는 상태 그리고 뛰는 상태를 구별하기 위해서 사용자의 스마트폰에서 측정된 가속도 값의 SVM_{Diff} 를 식 (4)를 이용하여 1초 단위로 적분하여 사용하였다. SVM_{Diff} 를 1초 단위로 적분한 $ISVM_{Diff}$ 은 식 (5)와 같다.

$$ISVM_{Diff} = \int_{t=0}^T (SVM_{Diff}) dt \quad (5)$$

낙상이 발생하여 신체 활동이 불가능할 경우 사람이 누워 있는 자세를 취하게 되는 상황을 이용하여 최종 낙상을 판별하게 된다. 바지 주머니에 들어가는 스마트폰의 형태는 가로 폭이 좁고 세로 폭이 긴 형태의 세로 모드로 간주하였다. 세로 모드의 경우 사람이 서 있을 때와 누워 있을 때의 상황의 판단 기준을 가속도 센서 X축, Y축, Z축 중에서 정보 변화가 가장 큰 Z축 정보를 이용하였다. Z축 정보를 활용하기 위하여 식 (6)을 이용하여 Z축 정보를 1초 단위로 적분하여 구한 I_z 를 이용하였다.

$$I_z = \int_{t=0}^T (Z) dt \quad (6)$$

Z : 가속도 센서 Z축 값

3.3 가속도 센서 정보 분석

낙상을 판별하기 위한 정보 분석 알고리즘 흐름도는 [그림 3]과 같다. ISVM을 이용하게 되면 정적인 자세에서 좌우로 몸을 흔들거나 허리를 돌리는 것과 같은 상체 움직임이 있는 경우 하체에 움직임이 전달되어 서 있거나 누워 있는 자세에서도 SVM과 ISVM이 큰 값을 가지게 되어 임계값을 벗어나는 예외적인 상황이 발생할 수 있다. 또한 위로 뛰는 경우 낙상으로 판별하는 임계값보다 큰 값을 갖게 되어 잘못된 낙상 판별이 될 수 있다. 이를 해결하기 위해서 추가적으로 가속도 센서의 각 축의 변화량을 분석하고 SVM, ISVM, SVM_{Diff} , $ISVM_{Diff}$, I_z 를 이용하여 낙상을 판별하도록 하였다. 알고리즘에 사용된 임계값은 실험을 통하여 얻은 데이터를 분석하여 결정하였다. 사용자의 자세 분류 및 낙상을 감지하기 위해서 사용된 임계값은 <표 2>와 같다. 임계값을 구하기 위해 40명의 실험값을 토대로 결정하였다.

<표 2> 자세 분류 임계값

구 분	설명	임계값
Fth	낙상을 판단하기 위한 ISVM 임계값	200
Mth	걷기, 달리기 상태를 판단하기 위한 ISVM 임계값	100
Lth	누워 있는 상태를 판단하기 위한 ISVM 임계값	100
Rth_Diff	달리는 상태를 판단하기 위한 $ISVM_{Diff}$ 임계값	90
Lth_Iz	서 있는 상태와 누워있는 상태를 판단하기 위한 I_z 임계값	20

4. 가속도 센서 정보를 이용한 자세 분석

본 장에서는 SVM과 ISVM을 이용하여 자세를 예측할 때의 문제점을 분석하고 해결하기 위한 방안으로 SVM_{Diff} 과 $ISVM_{Diff}$ 을 이용하여 자세를 예측하는 방법에 대해서 설명한다.

[그림 3] 자세 분류 알고리즘 흐름도

4.1 서 있는 상태

[그림 4]는 상체 움직임이 있는 서 있는 상태와 상체 움직임이 없는 서 있는 상태 그리고 걷는 상태에서 가속도 센서 정보의 ISVM을 보여준다.

[그림 4] 서 있는 상태와 걷는 상태 ISVM 그래프

서 있는 상태에서 좌우로 몸을 흔들거나 허리를 돌리는 것과 같은 상체 움직임이 큰 경우 하체에 움

직임이 전달되어 가속도 센서 정보의 SVM과 ISVM이 큰 값을 가지게 되어 임계값을 벗어나는 예외적인 상황일 발생할 수 있다. [그림 4]는 특정 위치에 고정하여 측정하는 경우가 아닐 경우 가속도 센서 정보의 SVM과 ISVM만으로 자세와 낙상을 감지하는 것은 한계가 있다는 것을 보여준다.

[그림 5] 서 있는 상태와 걷는 상태 ISVM_Diff 그래프

[그림 5]는 상체 움직임 없이 서 있는 상태, 상체 움직임이 있는 서 있는 상태, 걷는 상태의 SVM_{Diff} 변화를 보여주는 그래프이다. 서 있는 상태에서 상체 움직임이 있는 경우 [그림 4]와 같이 걷는 상태의 ISVM의 값과 구분하기가 어렵지만 SVM_{Diff} 는 차이가 크기 때문에 이점을 이용하여 서 있는 상태와 걷는 상태를 구분할 수 있다.

4.2 걷는 상태와 달리는 상태

[그림 6]은 걷는 상태와 달리는 상태의 ISVM 변화 그래프를 나타낸다. 걷는 상태와 달리는 상태의 구분이 분명하지 않다는 것을 알 수 있다.

[그림 6] 걷는 상태와 달리는 상태 ISVM 그래프

[그림 7]은 걷는 상태와 이동하는 상태의 SVM_{Diff} 변화 그래프이다. 이동하는 상태는 다른 상태와 구분하기 위해서 ISVM을 이용하며 걷는 상태와 달리는 상태를 구분하기 위해서는 SVM_{Diff} 를 이용한다.

[그림 7] 걷는 상태와 달리는 상태 ISVM 그래프

4.3 누워 있는 상태

[그림 8]은 서 있는 상태와 누워 있는 상태의 ISVM 변화를 보여주는 그래프이다.

[그림 8] 서 있는 상태와 누워 있는 상태 ISVM 그래프

[그림 9]는 서 있는 상태와 누워 있는 상태의 가속도 센서 정보의 Z축을 1초 단위로 적분한 I_z 의 변화를 보여주는 그래프이다. 서 있는 상태와 누워 있는 상태는 ISVM과 I_z 의 차이를 이용해서 구분할 수 있다.

[그림 9] 서 있는 상태와 누워있는 상태 I_z 그래프

4.4 낙상 상태

[그림 10]은 모의실험을 통한 낙상이 발생했을 때의 가속도 센서 정보의 ISVM 변화 그래프를 나타낸다. 낙상의 경우 가속도 센서 정보의 ISVM의

수치가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 낙상 감지 시스템에서는 낙상이 발생하면 알람을 울려 위급한 상황임을 알린다. ISVM과 I_z 의 지속적인 변화를 감시하며 10초 이내에 자세의 변화가 있을 경우 사용자는 근력 회복단계로 돌입했음을 인지하고 응급 상황을 해제한다. 또한 사용자가 임의로 알람을 해제 시키게 되면 자동으로 응급 상황을 취소하게 된다.

[그림 10] 낙상 상태 ISVM 그래프

5. 낙상 감지 시스템

5.1 낙상 감지 시스템을 위한 네트워크 모델

제안하는 낙상 감지 시스템은 사용자의 실시간 움직임 분석과 낙상이 발생했을 때 바른 응급 처치를 위한 위치 확인을 위해서 사용자의 스마트폰의 가속도 센서 정보와 GPS 좌표 정보를 실시간으로 서버에 저장하도록 구현하였다. 제안하는 낙상 감지 알고리즘이 적용된 시스템의 네트워크 모델은 [그림 11]과 같다. 스마트폰의 가속도 센서 정보와 GPS 좌표 정보를 Ajax(Asynchronous Javascript and XML) 기법을 이용하여 웹 서버에 전달한다. 웹 서버는 이를 받아서 웹 프로그래밍 언어를 이용하여 데이터베이스 서버에 저장하거나 사용자의 요청이 있을 경우 위치 정보 및 자세에 대한 모니터링 정보를 출력할 수 있다.

[그림 11] 낙상 감지 시스템을 위한 네트워크 모델

5.2 낙상 감지 시스템을 위한 데이터베이스 서버

실시간 낙상 감지 모니터링을 위하여 사용자의 가속도 센서 정보와 GPS 좌표 정보를 저장하기 위한 목적으로 데이터베이스 서버를 이용하였다. PHP로 구현된 웹 서버에서 동작하는 API와의 상호 연동을 위한 목적으로 MySQL 서버를 활용하였다. 데이터베이스의 테이블 구조는 [그림 12]와 같다.

```

Database changed
mysql> desc fd_accelerometer;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field | Type | Null | Key | Default | Extra |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| no    | int(11) | NO | PRI | NULL | auto_increment |
| authID | varchar(20) | NO | | NULL | |
| acc_x  | float | NO | | NULL | |
| acc_y  | float | NO | | NULL | |
| acc_z  | float | NO | | NULL | |
| timestamp | int(11) | NO | | NULL | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.00 sec)

mysql> desc fd_gps;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field | Type | Null | Key | Default | Extra |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| no    | int(11) | NO | PRI | NULL | auto_increment |
| authID | varchar(20) | NO | | NULL | |
| latitude | float | NO | | NULL | |
| longitude | float | NO | | NULL | |
| timestamp | int(11) | NO | | NULL | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
5 rows in set (0.00 sec)

mysql>
    
```

[그림 12] 데이터베이스 테이블 구조

5.3 스마트폰용 낙상 감지 애플리케이션

[그림 13]은 낙상 감지를 위해 개발된 하이브리드 앱을 스마트폰에 설치하여 동작시킨 화면과 디바이스를 테스트하기 위한 메뉴 선택 화면이다. 애플리케이션에 구성된 동작 메뉴는 낙상 감지를

시작하는 메뉴와 낙상 감지를 시작 전에 낙상 감지에 사용되는 스마트폰의 주변 하드웨어 장치들에 대한 점검 및 다른 스마트폰의 정보를 모니터링할 수 있는 모니터링 시작으로 나눌 수 있다.

[그림 13] 하이브리드 앱 메뉴 화면

[그림 14]는 왼쪽에서는 낙상 감지를 위해 가속도 센서 정보를 읽어들이는 화면이고 오른쪽은 모니터링을 위해서 웹 서버를 이용해 감지 대상의 가속도 센서 정보와 GPS 좌표 정보를 읽어 들여 출력하는 화면이다.

[그림 14] 낙상 감지 모니터링 화면

낙상을 감지하기 위한 대상이 가지고 있는 스마트폰은 가속도 센서 정보를 분석하여 낙상을 판별함과 동시에 실시간으로 웹 서버의 API에 무선 연결하여 가속도 센서 정보 및 GPS 좌표 정보를 데이터베이스 서버에 저장한다. 낙상 감지 모니터링을 위한 스마트폰은 웹 서버의 API에 무선 연결하여 실시간으로 감지 대상의 가속도 센서 정보와

GPS 좌표 정보를 받아와서 화면에 출력하고 낙상이 발생할 경우 진동과 경고음을 발생하여 응급 상황을 알리게 된다.

[그림 15] 낙상을 감지한 화면

[그림 15]는 낙상이 발생하였을 상황에 대한 화면이다. 왼쪽은 낙상의 감지 대상이 지니고 있는 스마트폰의 낙상 경고 화면이고 오른쪽은 모니터링을 하는 스마트폰의 낙상 경고 화면이다. 낙상을 감지하게 되면 진동과 알람을 재생함으로써 주위에 낙상 상황을 알리고 도움을 요청하게 된다.

6. 결 론

기대 수명의 증가와 정보 통신 기술의 발달로 의료 서비스의 질적 향상을 위한 유비쿼터스 헬스케어에 대한 관심이 높아지고 있다. 노인 인구 비율 증가와 더불어 낙상 환자의 비율을 높아지고 있으며 이에 따라 낙상 감지 및 낙상 환자의 응급조치에 대한 서비스 또한 향상 되어야 한다. 본 논문에서는 기존의 고정된 위치에 센서를 부착하는 신체 부착형 낙상 감지 시스템의 이질성과 활동 제한성을 극복하고 모바일 헬스케어 지원을 위해서 스마트폰을 활용한 낙상 감지에 관한 알고리즘 및 하이브리드 앱을 제안하였다. 스마트폰을 활용한 낙상 감지 모니터링 서비스는 낙상 감지 대상자가 센서를 인식하지 않고 일상생활을 할 수 있으며 낙상 감지를 위한 센서가 동작하는 스마트폰과 모니터링을 위한 스마트폰은 3G, 4G 및 WiFi와 같

은 다양한 통신 환경을 지원하기 때문에 언제 어디서나 낙상 감지가 가능하다는 특징을 가진다.

네이티브 앱은 개발 기간이 오래 걸리고 스마트폰의 플랫폼에 따라서 각각 다른 언어를 이용하여 개발해야 하는 개발환경의 제약사항이 존재한다. 웹 앱은 기존의 개발 도구를 활용하여 웹 개발 언어를 이용하여 개발하기 때문에 유지보수가 빠르고 웹 브라우저만 있으면 언제나 접속이 가능하지만 스마트폰의 주변 하드웨어 장치는 제어하기 어렵다는 단점을 가진다. 본 논문에서는 웹 앱과 같이 기존의 웹 개발 기술과 개발 툴을 활용하여 개발하면서 스마트폰의 하드웨어를 제어하여 가속도 센서 정보와 GPS 좌표 정보를 불러 올 수 있는 하이브리드 앱을 이용하여 낙상 감지 애플리케이션을 제작하였다. 제작된 애플리케이션은 소스 코드의 변경 없이 안드로이드, iOS, 윈도우 모바일, 심비안 등 다양한 스마트폰 플랫폼에서 동작 가능한 특징을 가진다.

본 논문에서 구현된 하이브리드 낙상 감지 애플리케이션은 모바일 헬스케어의 일부분으로써 다양한 스마트 기기 및 센서 장비를 활용하여 사용자의 신체 정보 및 활동 정보를 모니터링 할 수 있도록 확장할 수 있다. 향후 스마트폰의 센서 정보를 좀 더 정확하게 도출할 수 있도록 센서 정보를 보정할 수 있는 필터 설계 알고리즘이 필요하며 다수의 사용자의 낙상 감지를 위한 게이트웨이 설계 및 보안 알고리즘에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김상형, 『안드로이드 프로그래밍 정복』, 한빛 미디어(주), 2011.
- [2] 신용권, 『모바일 웹앱』, 스마트미디어, 2012.
- [3] 조위덕, 허익현, 이찬호, 『스마트 모바일 헬스케어 서비스 트렌드』, 진한엠엔비, 2012.
- [4] Bourke, A. K. and G. M. Lyons, "A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor", *Medical Engineering and Physics*, Vol.30(2008), pp.84-90.
- [5] Kim, N., "An Efficient Methodology of Fall Detection for Ubiquitous Healthcare", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.8, No.8(2010), pp.133-140.
- [6] Lee, G. E. and J. W. Lee, "Comparison Study of Web Application Development Environments in Smartphone", *Journal of KO CON*, Vol.10, No.12(2010), pp.155-163.
- [7] Lin, C. W., Z. H. Ling, Y. C. Chang, and C. J. Kuo, "Compressed-domain Fall Incident Detection for Intelligent Homecare", *The Journal of VLSI Signal Processing*, Vol.49, No.3(2007), pp.393-408.
- [8] Lindermann, U., A. Hock, M. Stuber, W. Keck, and C. Becker, "Evaluation of a fall detector based on accelerometers : A pilot study", *Medical Biological Engineering and Computing*, Vol.43, No.5(2005), pp.548-551.
- [9] Noh, Y. H., S. Y. Ye, and D. U. Jeong, "System Implementation and Algorithm Development for Classification of the Activity States Using 3 Axial Accelerometer", *Journal of KIEEME*, Vol.24, No.1(2011), pp.81-88.
- [10] Organization for Economic Co-operation and Development, "Dependent Population", *OECE FACTBOOK*, (2010), pp.16-17.
- [11] Park, N. J., M. Lee, D. Han, and C. Cho, "A mobile healthcare questionnaire service framework using composite Web services", *e-health Networking, Applications and Services*, HealthCom, 10th International Conference on. IEEE, (2008), pp.8-12.
- [12] Zhang, T., J. Wang, P. Liu, and J. Hou, "Fall Detection by Embedding in Acceleration", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.56, No.10(2009), pp.2385-2392.

meter in Cellphone and Using KDF Algorithm”, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.6, No.10(2006), pp.277-284.

[13] Zhang, T., J. Wang, L. Xu, and P. Liu, “Fall Detection by Wearable Sensor and One-Class SVM Algorithm”, *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, (2006), pp.858-863.

◆ 저 자 소 개 ◆

정 필 성 (ibetter.kr@gmail.com)

서울과학기술대학교 전자 IT미디어공학과를 졸업하고, 광운대학교 전자통신공학과에서 공학석사와 공학박사학위를 취득하였다. 현재 계원예술대학교 디지털콘텐츠군 겸임교수로 재직 중이다. 주요 관심분야로는 무선 센서 네트워크, 모바일 헬스케어, 임베디드 시스템, 하이브리드 기반의 앱 기술이다.

조 양 현 (yhcho@syu.ac.kr)

광운대학교 전자통신공학과에서 학사, 석사, 박사 학위를 취득하고, LG정보통신에서 근무 후, 현재 삼육대학교 컴퓨터학부에서 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야로는 광대역 통신망, 프로토콜 분석, 인터넷워킹 구축, GMPLS 망 기술이다.