

## 6축 가속도 자이로 센서를 이용한 줄넘기 회전운동 검출

김완우<sup>1\*</sup> · 허경용<sup>2</sup>

### Detection of Rotation in Jump Rope using 6-axis Accelerometer Gyro Sensor

Wanwoo Kim<sup>1\*</sup> · Gyeongyong Heo<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Electronic Engineering, Dong-eui University, Busan 47340, Korea

<sup>2</sup>Department of Electronic Engineering, Dong-eui University, Busan 47340, Korea

#### 요 약

줄넘기는 줄을 돌리는 손동작과 뛰어오르는 동작이 결합된 운동으로 정확한 카운트를 위해서는 두 동작을 함께 고려해야 한다. 이전의 연구들에서는 단순 반복적인 운동인 윗몸일으키기, 팔굽혀펴기, 아령 운동과 함께 치부하여 하나의 동작만을 체크하여 카운트 하였다. 이것은 실제 줄넘기 동작과는 차이가 있으며 두 동작 중 하나의 동작만을 하고 있다면 확인해지지 못하는 문제가 있다. 본 논문에서는 6축 가속도 자이로 센서를 이용하여 두 동작을 모두 확인하고 카운트하는 방법을 제안한다. 가속도 센서를 이용하여 뛰어오르는 동작을 확인하며 자이로 센서를 이용하여 손동작을 확인한다. 이때 확인되는 값의 파형을 이용하여 줄넘기 횟수를 카운트하게 된다. 제안하는 방법은 실제 실험을 통하여 카운트 방법의 성능을 확인할 수 있다.

#### ABSTRACT

Jump rope has two motions. It starts as hand motion and ends as jump motion. Therefore, two motions should be considered together to detect rotations accurately. But previous researches only consider one of the two motions as in push-up, sit-up, lift dumbbells etc, which results in inaccurate detection of rotations. In this paper, detection of rotation in jump rope using two motions through 6-axis accelerometer gyro sensor is proposed. Jump motion is detected using accelerometer sensor and hand motion is detected using gyro sensor. Also start point and end point of jump rope is detected using magnitude and standard deviation of accelerometer and gyro sensor values. The count of rotation is detected using y-axis of gyro sensor value. Y-axis of gyro sensor value indicate hand motion of jump rope motion. The usefulness of the proposed method is confirmed through experimental results.

**키워드** : 줄넘기, 헬스케어, 가속도, 각속도

**Key word** : Jump rope, Healthcare, Acceleration, Angular velocity

Received 07 October 2016, Revised 24 October 2016, Accepted 09 November 2016

\* Corresponding Author Wanwoo Kim (E-mail:wwkim614@naver.com, Tel:+82-51-890-1674)

Department of Electronic Engineering, Dong-eui University, Busan 47340, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2017.21.2.285>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

현 시대는 다양한 종류의 스마트 용품들로 안 밖의 생활을 윤택하게 만들어가는 시대다. 안에서는 한 마디 말로 동작하는 홈 스마트 시스템이 들어서고 있고 밖에서는 자동차에 자동 주행기능이 추가되고 있다. 이렇게 생활은 점점 편리해지고 있지만 이 편리함으로 인한 부작용도 상당히 많이 발생하고 있다. 그 부작용 중 가장 큰 것이 건강에 관한 것이다. 생활이 편리해질수록 다양한 질병이 생겨나게 되고 사람의 건강 또한 서서히 나빠져 가고 있다. 그렇기 때문에 차세대에 가장 주목 받는 기술이 헬스케어(health care) 기술이다[1]. 헬스케어 기술에는 다양한 것들이 있지만 가장 손쉽게 접할 수 있는 것이 웨어러블 제품들이다[2].

웨어러블 제품들의 대표적인 기능은 현재의 심박수, 칼로리 소모량, 운동량 등을 표시하고 각종 보조를 해주는 제품이다[3,4]. 특히 운동과 관련하여 보조해주는 용도로 많이 사용되고 있다. 하지만 사람들이 일반적으로 하는 운동들은 제한적이지 않고 다양하게 분포되어 있다. 가장 간단한 조깅부터 팔굽혀펴기, 윗몸일으키기, 줄넘기, 사이클 등 다양한 운동들을 하고 있다. 이러한 상황에서 현재의 웨어러블 기기는 운동들을 모두 보조할 수 없어 몇 가지 동작들로 나눠서 보고 있다. 특히 줄넘기의 경우는 다양한 운동에서 기초체력 향상을 위한 보조 운동으로 많이 사용되고 있음에도 불구하고 윗몸일으키기, 팔굽혀펴기와 같은 단순 반복운동으로 치부하여 동작 횟수를 측정하고 있다. 그렇기 때문에 줄넘기는 많이 활용됨에도 제대로 측정이 되지 않고 있다. 줄넘기는 윗몸일으키기, 팔굽혀펴기와 같은 운동과 다르게 하나의 동작이 아닌 두 가지 동작이 결합된 운동이다. 제안하는 방법은 줄넘기를 단순 반복운동으로 치부하여 측정하는 것의 대안으로 줄넘기의 두 가지 동작인 줄넘기의 손을 돌리는 동작, 뛰어오르는 동작 모두를 고려하여 회전운동을 검출하도록 하는 것이다. 이 논문의 구성은 다음과 같다.

먼저 2장에서는 기존의 줄넘기 회전운동 검출 방식을 설명하고 3장에는 제안하는 방법을 소개한다. 4장에서는 제안하는 방법의 실험 및 결과를 통하여 유효성을 보이고 마지막 5장에서는 이를 바탕으로 결론 및 향후 연구방향에 대하여 언급한다.

## II. 본 론

기존에 연구되어졌던 줄넘기의 회전운동 검출법은 줄넘기만의 검출법이 아닌 반복 운동을 아우르는 검출 기법들이었다. 기존에 연구된 검출법들은 대다수가 웨어러블 기기와 함께 사용되어 많은 운동들을 검출해야 했기 때문에 동작 별로 세분화하지 않았던 것이다.

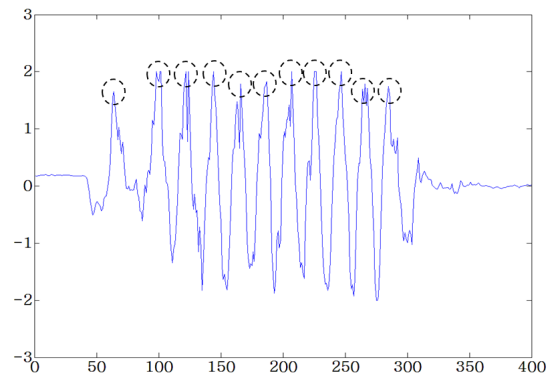


Fig. 1 y-axis value of accelerometer sensor

그림 1은 줄넘기 운동을 했을 때의 가속도 센서 y축 값을 파형으로 나타낸 것이다. 기존의 줄넘기 회전운동의 측정법은 그림 1과 같은 파형을 이용하여 반복 운동을 검출해내었다. 하지만 이것은 앞서 말했듯이 하나의 동작만을 이용하여 측정하였다. 그 중 대부분이 가속도 센서를 이용하여 측정을 하였다. 가속도 센서는 이동하는 물체의 가속도나 충격의 세기를 측정하는 센서로 보통 3개의 축의 값으로 나타난다. 기존의 측정법에서는 가속도 센서의 하나의 축을 지면을 향하게 하여 사용하였다. 줄넘기의 뛰어 오르는 동작이나 팔굽혀펴기, 아령운동과 같은 단순 반복 운동은 아래에서 위로 움직이는 동작이기 때문에 이 같은 간단한 방법으로 측정할 수 있다. 이때 지면을 향하고 있는 한 축은 그림 1과 같은 파형을 그리게 된다. 기존의 방법은 이때 형성된 파형에서 최댓값을 하나의 동작으로 보고 동작의 개수를 측정하였다[5,6]. 하지만 이 방법을 줄넘기 동작에서 사용하기에는 두 가지 문제점이 있다.

첫 번째는 하나의 축만을 고정적으로 이용하여 측정하였기 때문에 만약 내가 원하는 축이 아랫방향으로 되어 있지 않다면 제대로 된 측정이 어렵다는 것이다. 만

약 y축이 아래를 향해야 하는데 사용자가 줄넘기를 잘못 들어 x축이 아래방향으로 향하게 된다면 그림 1과 같은 파형을 기대하기 힘들다는 것이다. 두 번째는 줄넘기의 동작은 줄을 돌리는 손동작과 뛰어오르는 동작이 결합된 운동이라는 것이다. 앞서 언급한 방법으로는 이러한 두 가지 동작을 확인하지 못 한다. 반복 운동의 대표적인 예인 팔굽혀펴기, 윗몸일으키기, 아령 운동과 같은 운동은 단순히 아래에서 위로 움직이는 하나의 동작만을 반복하는 운동이다. 이러한 운동들과 같은 개념으로 줄넘기의 회전운동을 검출하게 되면 두 가지 동작 중 하나의 동작만을 확인하게 되는 것이다. 앞서 언급한 방법도 가속도 센서를 이용하여 줄넘기의 뛰어 오르는 동작만을 확인한 것이었다. 만약 줄넘기의 뛰어오르는 동작만을 하고 손동작은 하지 않고 있는 경우에는 줄넘기를 하는 것이 아님에도 불구하고 알아내지 못한다. 그렇기 때문에 이 논문에서는 두 동작을 모두 이용하여 줄넘기 동작을 확인하고 회전운동을 검출하는 방법을 제시하였다.

### III. 제안하는 방법

#### 3.1. 줄넘기 동작확인

줄넘기 운동은 줄넘기의 줄을 돌리는 손동작으로 시작해 줄을 피해 뛰어 오르는 동작으로 끝나는 운동이다. 이때 줄을 돌리는 손동작은 회전하는 물체의 각속도를 구할 수 있는 자이로 센서를 이용하여 나타낼 수 있고, 뛰어 오르는 동작은 물체의 가속도를 구할 수 있는 가속도 센서를 이용하여 나타낼 수 있다. 각 동작은 3축 즉, x y z 축의 값으로 얻을 수 있다. 각 센서를 이용하여 얻은 세 축의 값을 이용하여 크기(Magnitude)를 구하면 줄넘기 동작을 구별해 낼 수 있다. 크기는 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다. 식 (1)에서  $x_i$ 는 i번째 x축 값을,  $y_i$ 는 i번째 y축 값을,  $z_i$ 는 i번째 z축 값을 나타낸다.

$$magnitude = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (1)$$

그림 2는 줄넘기 운동을 했을 때의 자이로 센서의 각속도 값과 가속도 센서의 값의 크기를 파형으로 나타낸 것이다.

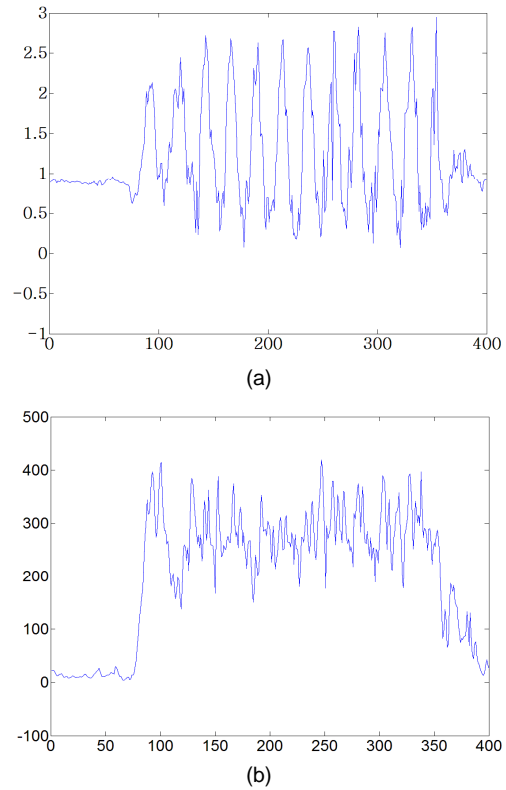


Fig. 2 Magnitude of accelerometer gyro sensor (a) Magnitude of accelerometer sensor value (b) Magnitude of gyro sensor value

그림 2를 보면 동작을 했을 때와 하지 않았을 때의 차이가 명확하다. 하지 않았을 때의 파형을 확대해서 보면 잡음으로 인한 파형이 보이겠지만 줄넘기를 했을 때와 같은 스케일로 보면 파형이 전혀 보이지 않는다. 이를 이용한다면 간단히 줄넘기 동작을 했는지 하지 않았는지를 판단할 수 있다. 하지만 여기서 한 가지 고려할 점이 있다. 그것은 줄넘기의 하나의 동작만을 했을 경우이다. 앞서 그림 2를 보면 확실한 파형이 나오므로써 줄넘기를 하지 않았을 때와 간단히 구별할 수 있다. 그렇지만 하나의 동작만을 했을 때는 다르다. 손을 돌리는 동작만을 했을 때는 손이 돌아가는 도중에 아래에서 위로 움직이게 된다. 그리고 이것은 가속도 센서에 반영되어 뛰어오르는 동작을 하지 않더라도 유사한 파형이 나오게 한다. 뛰어오르는 동작만을 했을 경우도 마찬가지이다. 단순히 가속도 센서의 값만 바뀌는 것이 아닌 자이로 센서의 값 또한 변화가 있다. 이처럼 두 센서는 서로 상호작용을 일으

킨다. 그런 이유로 좀 더 정확한 측정을 위해 하나의 동작만을 했을 경우의 파형 역시 염두에 두어야 한다. 이 문제를 해결하기 위해 이 논문에서는 파형의 표준편차를 이용하였다[7]. 파형의 표준편차를 이용하면 얼마나 파형이 크게 나타나는지 알 수 있어 한 가지 동작을 했는지 두 가지 동작을 했는지 알 수 있다. 한 가지 동작의 경우 가속도 센서와 자이로 센서의 파형은 한 가지 동작에 의해 생성되지만 두 가지 동작을 모두 한 경우 두 동작의 파형이 합쳐지게 되어 파형이 더 커지게 된다. 표준편차  $\sigma$ 는 식 (2)를 이용하여 구할 수 있다. 식 (2)에서  $m$ 은 평균을,  $x_i$ 는  $i$ 번째 측정값,  $n$ 는 측정값의 개수를 나타낸다. 표 1에서 표준편차를 이용하여 줄넘기 동작을 확인하는 것을 볼 수 있다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n}} \quad (2)$$

Table. 1 Standard deviation in sensor values

| acceleration standard deviation | Gyro standard deviation | motion           |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|
| 0.003                           | 9.061                   | no motion        |
| 0.721                           | 28.360                  | only jump motion |
| 0.190                           | 83.037                  | only hand motion |
| 0.584                           | 110.148                 | Jump rope motion |

### 3.2. 줄넘기 회전운동 검출

#### 3.2.1. 줄넘기 동작의 시작 및 끝 검출

줄넘기의 회전운동을 검출하기 위해 가장 먼저 해야 하는 것은 줄넘기 운동이 시작되는 곳과 끝나는 곳을 찾는 일이다. 이를 위해 줄넘기 운동을 하는 모습을 살펴보면 먼저 손을 돌리는 손동작을 취한다. 손동작으로 인해 줄이 한 바퀴 회전하여 내려오면 뛰어오르는 동작으로 줄을 넘어 동작을 마무리 한다. 이렇게 두 가지의 동작이 반복되는 것을 알 수 있다. 이를 우리가 사용할 센서를 이용하여 살펴보면 먼저 자이로 센서를 이용하여 손이 회전하는 각속도를 알 수 있고 이어서 가속도 센서를 이용하여 뛰어오르는 동작을 알아낼 수 있다. 이를 토대로 줄넘기 운동의 처음과 끝을 그림 3에 두 센서의 파형을 이용하여 나타내었다. 이때 나타난 파형은 뛰어오르는 동작에 직접적인 영향을 받는 가속도 센서

의 z축과 손을 돌리는 동작에 직접적인 영향을 받는 자이로 센서의 y축으로 하였다. 두 축은 움직이는 방향과 같은 방향으로 값을 측정하고 있다.

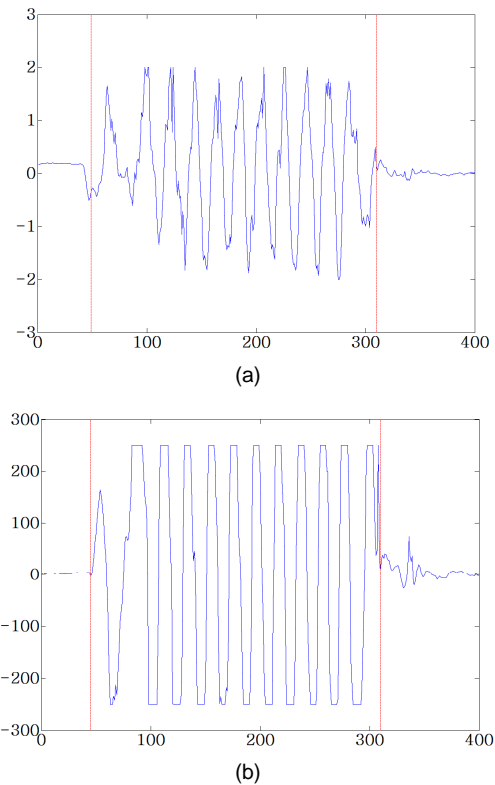


Fig. 3 Start point and Finish point of Jump Rope (a) Start and finish point of accelerometer Sensor value (b) Start and finish point of gyro sensor value

그림 3은 가속도 값의 z축과 각속도 값의 y축에 줄넘기의 시작과 끝점을 나타낸 것이다. 먼저 시작점은 앞서 설명한 것과 같이 손동작을 확인할 수 있는 자이로 센서를 이용하였다. 그림 3-(b)에 나타나 있는 것과 같이 자이로 센서의 값에서 줄넘기 운동을 시작하게 되면 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 이때 증가하는 시작점을 찾아내게 되면 그곳이 줄넘기 운동을 시작하는 곳이 된다. 이어서 줄넘기 운동의 끝점을 찾기 위해 가속도 센서를 이용하였다. 그림 3-(a)의 가속도 센서의 값을 보면 하나의 파형이 반복적으로 나타나 있는 것을 볼 수 있다. 이 파형을 이용하여 파형이 끝나는 지점이 바로 줄넘기 운동이 끝나는 지점이라는 것을 알 수 있

다. 이와 같은 방식으로 줄넘기 운동의 시작점과 끝점을 찾았지만 그림 3의 가속도 센서와 자이로 센서 값의 파형을 다시 보면 가속도 센서의 값이 자이로 센서의 값보다 먼저 변화하는 것을 볼 수 있다. 이것은 줄넘기 운동의 두 동작에 따라 먼저 손동작으로 인해 자이로 센서의 값에 변화가 생기고 이어서 뛰어오르는 동작을 함으로 가속도 센서의 값에 변화가 생긴다는 사실과 차이가 있다. 이 현상은 가속도 센서가 줄넘기를 돌리는 손동작에서 아래위로 움직이는 것에 가속도 센서가 먼저 반응하여 값이 변화하는 것으로 가속도 센서의 값을 보면 최댓값이 나오기 전에 작은 지역 최댓값이 나타나는데 이것이 손동작으로 인해 나타나는 현상이다.

### 3.3. 파형분석

그림 4는 줄넘기를 10번 뛰었을 때의 가속도, 각속도 값의 파형을 간략하게 표시한 것으로 가장 위에서부터 가속도 x y z축, 각속도 x y z축으로 구성되어 있다.

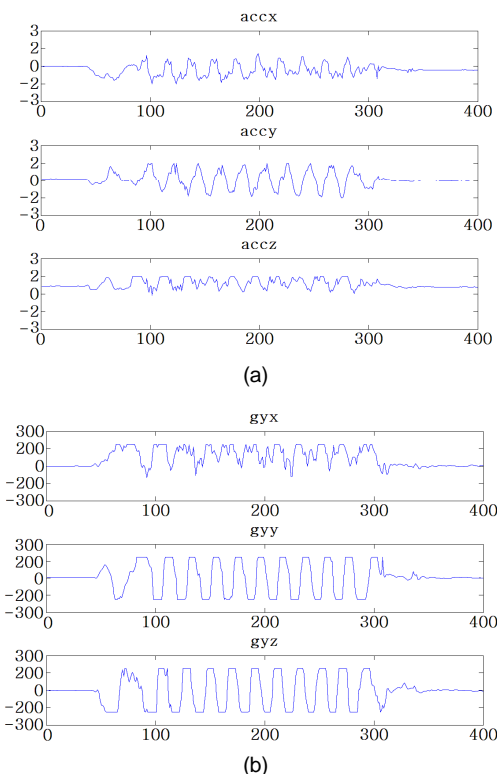


Fig. 4 6-axis wave of jump rope (a) 3-axis of accelerometer sensor value (b) 3-axis of gyro sensor value

그림 4에서 볼 수 있듯이 줄넘기 동작을 하게 되면 일정한 모습의 파형을 그리는 것을 볼 수 있다. 이 6가지 파형 중 이 논문에서는 각속도 y축의 값을 이용하여 줄넘기의 회전운동을 검출하였다. 이것은 6가지 파형 중 각속도의 파형이 가장 선명한 파형을 그리기 때문이다. 가속도 센서의 값의 경우 뛰어오르는 동작과 손동작에 의해 파형이 합쳐져 복잡해지는데 각속도의 파형의 경우 손동작의 영향을 크게 받지 때문에 파형이 더 선명하다. 각속도의 값 중에서는 줄넘기의 손동작에 직접적인 영향을 받는 y축 값을 이용하여 회전운동을 검출해 내었다. 그림 5는 줄넘기 동작에서 각속도 y축에 해당하는 그림이다.

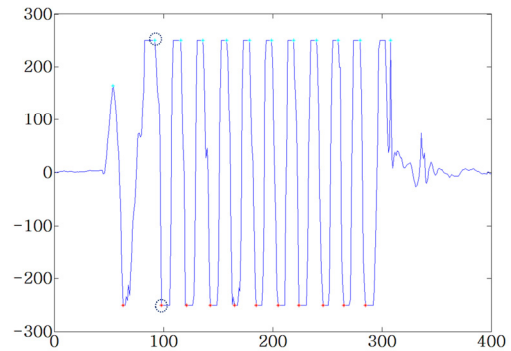


Fig. 5 y-axis wave of gyro sensor

가속도 y축의 파형은 손동작 회전에 의해서 나타난다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 줄넘기를 돌리는 손동작의 회전은 하나의 최솟값과 최댓값을 가진다. 이것을 토대로 그림 5에서 표시되어진 최댓값과 최솟값의 사이값을 통하여 회전운동의 한 주기를 파악할 수 있다.

파악한 주기를 나타내면 그림 6과 같이 10개의 회전운동 파형을 검출해 낼 수 있다. 또한 이를 다른 5축의 값에 대입해 보아도 10개의 파형으로 나누어지는 것을 볼 수 있다. 그림 6-(a)를 보면 각속도 y축의 파형이 검출된 것을 볼 수 있다. 이때 첫 번째 파형에서 다른 파형과의 차이점을 볼 수 있다. 첫 번째 파형의 시작점을 보면 값이 한번 뛰어 오르는 것을 볼 수 있다. 이것은 줄넘기 동작을 하기 전 준비 동작으로 줄을 한 번 팽팽하게 당기는 습관에 따라 발생한다. 본 실험에서 사용한 줄넘기에는 MPU 6050의 센서가 하늘을 바라보게 설계되어 있다.

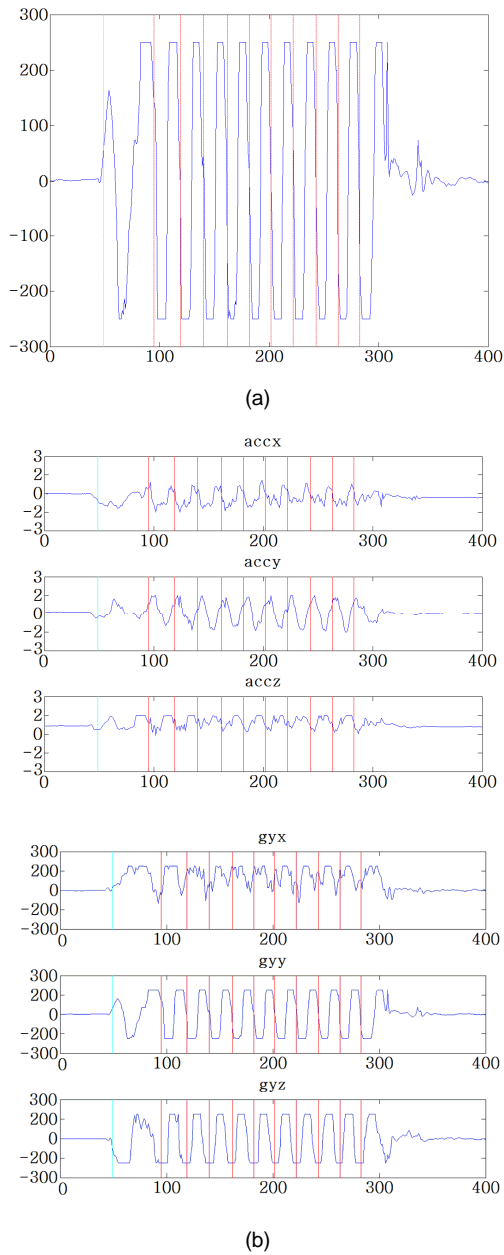


Fig. 6 Detection of rotation in jump rope (a) y-axis wave of Gyro sensor (b) 6-axis wave of Jump Rope

그렇기 때문에 정확한 줄넘기 동작을 하게 되면 각속도 y축의 경우 최저점이 먼저 나타나야한다. 하지만 이와 같은 이유로 실제 파형에서는 먼저 상승하는 경우가 나타난다. 각속도 y축의 파형과 z축의 파형을 비교해보

면 그 차이를 알 수 있다. 줄넘기 손동작의 회전 방향이 각속도 y축을 검출해 내는 회전 방향과 같기 때문에 이와 같은 습관으로 생기는 처음 피크 값은 y축에만 생기는 것이다. 이후의 파형은 같은 모습으로 동일하다. 또한 그림 6-(a)의 마지막 파형 이후를 보면 하나의 파형이 더 있는 것을 알 수 있다. 이 부분은 줄넘기를 하며 마지막 동작에서 줄넘기의 줄이 발에 걸린 것을 의미한다. 그렇기 때문에 그림 6-(b)를 보았을 때 뛰어오르는 동작을 감지하는 가속도 센서에서는 뛰어오르는 동작을 하기 전 줄넘기 동작이 멈추어 파형이 미미하지만 이미 손은 회전했기 때문에 손의 회전을 감지하는 자이로 센서의 값들에는 하나의 파형들이 더 검출되는 것이다. 제안하는 방법을 요약하면 그림 7과 같이 요약될 수 있다.

```

1: initialize MPU-6050
2: calculate magnitude of Accelerometer value and Gyro value using Eq.(1)
3: if magnitude is reached start point
4: do
5:   checking maximum and minimum point of Gyro y-axis
6:   if maximum point and minimum point satisfy qualification
7:     count ← count+1
8: while magnitude is not reached end point
9: return count
    
```

Fig. 7 Algorithm of proposed scheme

#### IV. 실험 결과

제안하는 방법의 실험을 위해 50명이 줄넘기를 10회 이상을 하여 총 50개의 데이터를 수집하였다. 50개의 데이터를 제안하는 방법을 통해 회전운동을 검출해내었고 정확도를 분석하였다. 정확도는 식 (3)과 같은 방식으로 검출해내었다.

$$Accuracy = \frac{Type\ 1\ error + Type\ 2\ error}{n} \times 100 \quad (3)$$

식 (3)과 같이 정확도를 측정하기 위해 제안하는 방법에서 오류는 두 가지 형태로 구분하였다. 먼저 50개

의 데이터를 제안하는 방법을 통해 측정했을 때 회전운동 횟수를 정확히 측정했을 때와 측정하지 못했을 때로 나누었다. 회전운동의 횟수를 정확히 측정하지 못했을 때의 경우에서 하나의 주기를 제대로 찾지 못한 경우를 Type 1 error로 하였다. 회전운동의 횟수를 정확히 측정했을 경우에 그림 7의 제대로 찾은 모습과 다르게 주기를 잘 못 찾았지만 횟수만이 맞았을 경우를 구분해냈다. 그리고 이 경우에서 주기를 잘 못 찾은 곳을 Type 2 error로 하였다. 식 (3)을 이용하기 위해 실험 결과를 대입해보면 전체 줄넘기 횟수  $n$ 은 541회이고 Type 1 error는 22회, Type 2 error는 14회를 대입할 수 있다. 이 실험값들을 토대로 정확도를 계산하면 93.3%의 정확도를 확인할 수 있다. 이때 오류들의 유형을 살펴보면 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 Type 1 error의 대다수가 속하는 것으로 그림 8와 같이 줄넘기 운동의 끝점을 정확히 파악해 내지 못하여 발생하는 오류다.

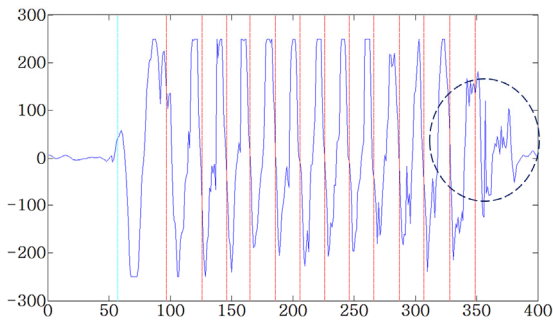
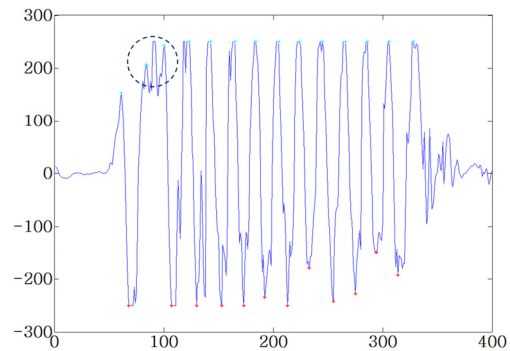


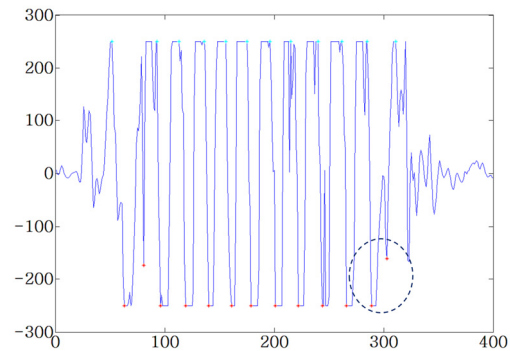
Fig. 8 Error of the proposed scheme

표시되어진 부분의 파형은 다른 부분의 파형과 확연히 차이점이 있다. 이 부분은 파형분석에서 언급한 것과 같이 줄넘기의 줄이 발에 걸렸을 때 생기는 파형이다. 하지만 그림 6(a)와 비교해보면 파형이 더욱 크고 선명하게 나타난 것을 알 수 있다. 이것은 줄넘기를 할 때 속도를 빠르게 하여 강하게 걸렸을 때 나타나는 현상이다. 빠르게 돌아가고 있어 손동작은 줄넘기의 줄이 걸렸더라도 이미 회전을 했기 때문에 파형이 나타났다. 또한 이때는 뛰어오르는 동작을 같이하여 걸리는 경우도 있기 때문에 가속도 센서의 값에도 앞서의 파형보다는 작지만 줄넘기 동작을 한 것과 마찬가지로 파형이 생긴다.

이런 경우에는 파형을 바탕으로 줄넘기 동작을 파악하기에는 어려움이 있다. 두 번째 오류 유형은 Type 2 error에서 많이 나타나는 것으로 제대로 된 파형의 최댓값과 최솟값을 파악하지 못하는 유형이다. 제안된 방법은 최댓값과 최솟값을 이용하여 주기를 발견하는 방법이기 때문에 이러한 오류는 제대로 된 회전운동 측정에 큰 영향을 끼친다.



(a)



(b)

Fig. 9 Errors of the proposed scheme (a) An error on the verification of the maximum value (b) An error on the verification of the minimum value

그림 9에 나타난 것처럼 최댓값과 최솟값이 한 주기에 여러 개를 찾아내어 실제 주기를 구하는데 방해한다. 이런 현상은 줄넘기를 시작하는 처음 부분과 마지막 부분에 많이 나타난다. 줄넘기를 시작할 때는 일반적으로 줄넘기를 천천히 돌리고 이후 리듬을 찾아 줄넘기의 줄이 일정한 주기를 가지고 움직이게 된다. 그렇기 때문에 줄넘기를 천천히 돌리는 첫 번째 주기에선 그림 6(a)나 그림 8의 파형과 같이 다른 주기들 보다 넓

은 주기를 가지는 것을 알 수 있다.

이때 넓은 주기에서 그림 9-(a)와 같이 파형의 일부가 일그러지는 일이 발생한다. 이것은 줄넘기가 천천히 돌아가기 때문에 발생하는 것으로 이후 줄넘기의 회전이 일정한 리듬을 찾아가면 사라지게 된다. 줄넘기를 끝내는 마지막 부분도 마찬가지다. 줄넘기 동작이 끝나는 경우는 두 가지 경우가 있다. 하나는 줄넘기를 하는 동작을 멈추는 것이고 다른 하나는 줄넘기의 줄이 발에 걸리는 경우다. 이 중 줄넘기가 발에 걸리는 경우는 상황에 따라 줄넘기의 줄이 출렁이며 센서가 부착된 손잡이 부분에도 영향을 미친다. 이 영향으로 그림 9와 같이 마지막 부분의 파형이 일그러지는 일이 발생하게 된다. 이것 또한 줄넘기의 회전운동을 측정하는 것에 방해요소가 된다.

## V. 결 론

이 논문에서는 줄넘기의 회전운동을 검출하기 위한 기법을 제안하였다. 기존의 방식과 다르게 줄넘기의 두 가지 동작을 고려하여 줄넘기의 동작 유무를 확인하고 줄넘기의 회전운동을 검출하였다. 실험 결과에서 제시한 것과 같이 93.3%라는 비교적 높은 정확도를 측정할 수 있었다. 하지만 실험 결과에서 밝힌 것과 같이 몇 가지 사항에 대한 보완점이 남아있다. 그 중 가장 중요한 보완점은 정확한 줄넘기의 시작점과 끝점을 확인하는 것이다. 실험결과에서는 두 가지 오류를 밝혔지만 두 가지 오류 중 두 번째 오류의 경우는 알고리즘을 개선하면 되는 문제지만 첫 번째 오류인 시작점과 끝점의 정확한 확인은 다른 효과적인 방법이 필요한 부분이다. 이 부분에 대해서는 현재 연구 중에 있다. 또한 지금의 파형 분석 방법은 가속도 센서와 자이로 센서에서 각속도 y축 값만을 기준으로 분석하고 있어 다른 축들의 상황을 충분히 반영해내지 못한다는 한계를 가지고 있다. 그렇기 때문에 다른 축들도 같이 이용하기 위한 방법이 필요하며 또는 상황에 맞춰 6개의 축 중 하나의 축을 선택하여 정확도를 높이는 방법 역시 고려해 보아야 한다[8-10].

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was financially supported by the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) of the Republic of Korea and Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) through the Regional Specialized Industry Development Program(Grant Number: R0005050)

## REFERENCES

- [ 1 ] I. Korhonen, J. Parkka, M. V. Gils, "Health monitoring in the home of the future," *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, vol. 22, pp. 66-73, July 2003.
- [ 2 ] K. Lorincz, B. Chen, G. W. Challen, A. R. Chowdhury, S. Patel, P. Bonato & M. Welsh, "Mercury: a wearable sensor network platform for high-fidelity motion analysis," in *SenSys*, vol. 9, pp. 183-196, Nov. 2009.
- [ 3 ] A. Pantelopoulos, N. G. Bourbakis, "A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C*, vol. 40, pp. 1-12, Jan. 2010.
- [ 4 ] R. Paradiso, G. Loriga, N. Taccini, "A wearable health care system based on knitted integrated sensors," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 9, pp. 337-344, Sept. 2005.
- [ 5 ] D. O. Choi, "Development of u-Healthcare Agent System using of 3-Axis Accelerometer Sensor," *Journal of the Korean contents*, vol. 10, no. 4, pp. 98-105, Apr. 2010.
- [ 6 ] J. H. Jo, "Self-Powered Jump-Rope with Embedded Bluetooth Link," in *proceeding of the HCI Society of Korea*, pp. 45-48, Feb. 2014.
- [ 7 ] J. Y. Lim, "Method of Activity Pattern Analysis in the Life Care System," *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, vol. 5, no. 2, pp. 115-118, Nov. 2011.
- [ 8 ] S. Y. Park, "Navigation based Motion Counting Algorithm for a Wearable Smart Device," *Journal of Institute of Control Robotics and Systems*, vol. 21, pp. 547-552, Jun. 2015.
- [ 9 ] B. J. Mortazavi, M. Pourhomayoun, G. Alsheikh, N. Alshurafa, S. I. Lee, "Determining the single best axis for



exercise repetition recognition and counting on smartwatches,” in *2014 11th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks* pp. 33-38, Jun. 2014.

[10] D. Morris, T. S. Saponas, A. Guillory, I. Kelner, “RecoFit: using a wearable sensor to find, recognize, and count repetitive exercises,” in *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pp. 3225-3234, Apr. 2014.



김완우(Wanwoo Kim)

전자공학과 공학사 (2015)  
동의대학교 전자공학과 공학석사 과정 (2015~현재)  
※관심분야 : 인공지능, 패턴인식



허경용(Gyeongyong Heo)

연세대학교 전자공학과 공학석사 (1996)  
University of Florida 컴퓨터공학과 공학박사 (2009)  
동의대학교 전자공학과 교수 (2012~현재)  
※관심분야 : 인공지능, 패턴인식, 로봇공학