

# 비평탄지형에서의 보행의지파악 센서 진동량 감쇠 알고리즘 개발

## Vibration Reduction Algorithm at the Walking-will Recognition Sensor on Uneven Terrain

이동광\* · 공정식\*\* · 고민수\* · 이응혁\*

Jung-Shik Kong, Dong-Kwang Lee, Min-Soo Goh and Eung-Hyuk Lee

\* 한국산업기술대학교 전자공학과

\*\* 인덕대학 기계설계과

### 요 약

본 논문은 비평탄 지형에서 능동형 보행보조기를 구동하고자 할 때, 바닥 지형에 의해 발생하는 보행의지 센서의 영향을 줄이기 위한 논문이다. 최근 보행보조기에 대한 관심이 증가되고 있으며, 외부 경사지형, 둔덕, 계단 등의 비평탄 지형에서도 안정적으로 차량을 이동시킬 수 있도록 고안된 능동형 보행보조기에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 실외에서 사용되는 능동형 보행보조기에 있어 진동해석 및 비평탄 지형을 이동하면서 발생하는 기계적 충격을 줄일 수 있는 알고리즘의 개발은 능동형 보행보조기에 있어 해결해야 할 문제 중 하나이다. 이에 본 논문에서는 비평탄 지형에서의 진동을 해석할 수 있도록 가속도 센서를 적용하였으며, 둔덕을 넘을 때 발생하는 진동에 의해 보행의지 센서에 가해지는 진동에 의한 충격을 감쇠시킬 수 있는 알고리즘을 제안하였으며, 이를 실험을 통해 검증하였다.

**키워드** : 보행보조기, 진동 해석, 충격 감쇠, 햅틱 센서, 보행 의지

### Abstract

This paper presents the vibration reduction algorithm at the walking-will recognition sensors on the uneven terrain. Recently, concern about walking assistant aids is increasing according to the increase in population of elder and handicapped person. However, most of walking aids don't have any actuators for its movement. So, general walking aids have weakness for its movement to upward/download direction of slope. To overcome the weakness of the general walking aids, many researches for active type walking aids are being progressed. Especially, vibration analysis and impulse reduction are one of the important elements of the active-type walking aid during moving on the outdoor area because the ground has many kinds of obstacles such as speed dumps, puddles and so on. So, we analyze the influence from vibration by uneven terrain. And then, we propose the impulse reduction algorithm to overcome the vibration. All the processes are verified experimentally in an active-type walking aid.

**Key Words** : Walking Aid, Vibration analysis, Impulse Reduction, Haptic Sensor, Walking Will

## 1. 서 론

오늘날 의학의 발달로 인한 삶의 질 향상으로 인해 고령자의 인구는 급격하게 증가하고 있고 이에 따라 실버 산업 및 노인들을 위한 다양한 기구들이 개발되고 있다. 그 중 보행 보조기는 하지 근력이 약한 노인들이 실내·외에서의 안정적인 활동을 도와 줄 수 있는 재활보조기로서 각광을 받고 있다. 하지만 대부분의 보행보조기의 경우 동력이 없는 시스템으로 경사 등의 공간에서 안정성에 취약성을 지니고 있으며, 이에 따라 능동형 보행보조기에 대한 관심이 증

가되고 있다. 대표적인 사례로는 일본 히타치 에서 개발된 Power Assisted Walking Support System[1], 아일랜드에서 개발된 PAM-AID[2], 미국 Carnegie Mellon 대학에서 개발한 Robotic Walker[3] 등이 있다. 노인 및 장애인을 위한 보행보조기에 대한 연구는 크게 노인들이 보행 보조기의 차량의 제어를 원활하게 수행할 수 있도록 고안된 센서를 개발하는 기술[3-6]과 차량을 안정적으로 제어할 수 있는 차량 이동 기술[7-11], 그리고 노인들이나 장애인들이 가지고 있는 순발력의 어려움 등을 해결하기 위한 장애물 회피 기술[1,12-13], 등이 대표적이라 할 수 있겠다. 이러한 연구들은 노인들의 차량 조종을 원활하게 수행하는 조작기술 및 사용자의 편리성을 향상 시키는 기술에 그 초점을 두고 있으며, 현재 능동형 보행보조기 연구들의 대부분은 실내의 평탄한 지형에서 이동할 때 센서 성능의 향상 방법 및 차량 제어 기법에 대한 연구가 대부분이다. 하지만 실외에서 보행보조기를 사용할 때는 과속방지턱, 웅덩이 등의 다양한

접수일자 : 2010년 8월 16일

완료일자 : 2010년 10월 20일

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음(10035201, 노약자/장애인을 위한 근력보조 시스템 개발).

비 평탄지형에서 사용하게 된다. 이러한 환경에서 고령자의 보행 의지력 파악 센서는 보행의지력에 의한 정보 이외에 지면 환경에 따른 외란 정보가 입력되어 차량 제어에 어려움이 발생하게 된다. 또한 차량의 급격한 속도 변화로 인해 사용자는 차량으로부터 기계적 충격을 받게 된다.

이에 본 논문에서는 능동형 보행보조기를 실외에서 사용할 경우 비 평탄지형에 의해 발생하는 외란에 의한 충격을 완화 시킬 수 있도록 가속도 센서를 이용하여 기계적 충격을 추정한다. 이를 토대로 보행보조기 사용 시 기계적 충격을 감쇠할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 이를 위해 먼저 평지와 둔덕에서의 보행의지력 파악 센서와 가속도 센서 정보를 분석하여 둔덕을 넘는 시점에서의 충격 정보를 추출한다. 가속도 센서 정보로부터 추출된 둔덕 추돌 시간을 기준으로 이동평균필터를 이용하여 추돌 시점 이후에 추정되는 사용자의 이동 정보를 차량에 제공함으로써 둔덕을 넘는 시점 이후로 발생하는 외란에 의한 차량 진동 및 충격을 줄일 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 본 논문의 2장에서는 본 논문에 적용된 능동형 보행보조기 및 보행 의지력 파악 센서, 이를 통한 차량 제어기 차량 제어 기법에 대해 설명하며, 3장에서는 노면 진동 측정 센서를 통한 사용자 충격량 측정 및 사용자 충격 감쇠 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서는 실제 실험을 통해 알고리즘 적용 전 및 적용 후에서의 성능 검증을 하며 이를 토대로 5장에서는 결론 및 알고리즘 향후 개선 방향에 대해 논하도록 한다.

## 2. 능동형 보행보조기

### 2.1 능동형 보행보조기 시스템

사용자가 보행 보조기를 사용함에 있어 사용자의 편의 및 사람이 이동하려는 의지력과 차량에 기대면서 생기는 지지력을 분리할 수 있도록 차량을 설계하였다. 보행보조기의 팔받침과 몸통받침에 사용자의 하중이 집중될 수 있도록 함으로써 지지력이 보행의지력 감지용 스마트 핸들바에 영향을 미치지 않도록 차량을 디자인하였다. 이에 힘센서가 장착된 스마트 핸들바를 잡고 앞으로 나아가고자 하면 자연스럽게 보행보조기가 전진할 수 있도록 하였다. 그림 1은 본 논문에서 적용된 보행 보조기 차량에 대한 구성도를 나타낸다.

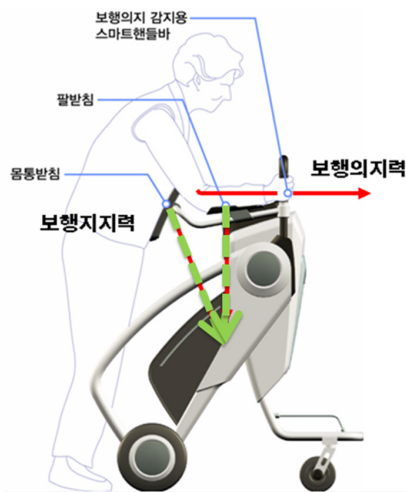


그림 1. 능동형 보행 보조기  
Fig. 1. Active-type walking aid

그림 1의 능동형 보행보조기에서 보행의지력을 지지력과 분리 한 후 사용자의 보행 의지력을 인식할 수 있도록 보행 의지 파악 센서로써 스마트 핸들바를 개발하였다. 그림 2는 스마트 핸들바의 3D 모델 및 실제 하드웨어를 나타낸다.

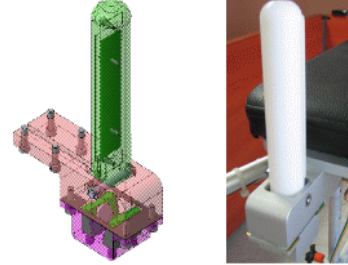


그림 2. 스마트 핸들바의 3D 모델 및 실제 하드웨어  
Fig. 2. 3D Model and real hardware of smart handle bar

그림 2에서 보행보조기에서 스마트 핸들바는 크게 두 개의 센서로 이루어져 있다. 하나는 사용자가 보행보조기를 사용하는지 여부를 파악하고 스마트 핸들바를 잡지 않았을 경우에 차량의 움직임을 제한할 수 있도록 정전용량 센서를 부착하였다. 또한 다른 하나는 사용자의 보행 의지에 사용자의 전, 후진 및 회전 여부 및 정도를 파악할 수 있도록 FSR(Force Sensing Resistor)를 적용하였다[15]. FSR 센서의 경우 앞뒤로 두 개의 센서가 부착되어 있으며 기구부적으로 적은 힘에 대해서 지렛대 효과가 날 수 있도록 받침축을 설계하였다. 이에 사용자가 전진하려고 할 때 스마트 핸들바는 전방으로 힘을 받게 되며 이에 따라 뒤쪽 센서가 눌리게 되며, 이와 반대로 후진하려는 의지를 표현할 때는 앞쪽 센서가 눌리게 된다. 이를 통해 보행보조기는 사용자의 보행의지력 방향을 측정할 수 있고 힘 센서의 눌린 정도를 파악하여 사용자의 전진 속도를 예측할 수 있게 된다. 또한 사용자가 회전하고자 할 경우 스마트 핸들바의 왼쪽 방향과 오른쪽 방향이 서로 반대가 되면서 사용자의 회전의지 정도를 측정할 수 있다. 이러한 스마트 핸들바에 적용되는 의지력에 대해 차량에 적용해야 할 전진 속도 및 회전 각도의 크기를 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$v_c = P_{LFSR} + P_{RFSR}$$

$$\theta = \begin{cases} 0 & P_{LFSR} \geq 0, P_{RFSR} \geq 0 \\ 180 & P_{LFSR} < 0, P_{RFSR} < 0 \\ \tan^{-1}\left(\frac{P_{LFSR}}{P_{MAX}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{P_{RFSR}}{P_{MAX}}\right) & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식(1)에서  $P_{LFSR}$ ,  $P_{RFSR}$ ,  $P_{MAX}$ 는 각각 현재 핸들바에 적용된 힘 센서의 크기와 핸들바에 걸리는 힘의 최대값을 나타낸다. 핸들바에 걸리는 센서의 크기에 대해 전진 방향으로 힘이 작용될 때의 센서의 힘의 크기를 양수로 후진 방향으로 적용되는 센서의 힘의 크기를 음수로 하였을 때, 핸들바에 걸리는 힘의 크기로부터 차량이 이동속도  $v_c$ 를 유추할 수 있다. 위의 수식으로부터 사용자가 전진하고자 할 경우, 차량의 회전방향은 '0'이 되며, 후진하고자 할 경우 회전방향은 '180'이 된다. 또한 사용자가 회전하고자 할 경우 차량의 회전방향  $\theta$ 는 왼쪽 핸들바와 오른쪽 핸들바에 적용되는 힘의 크기 및 방향에 따라 회전 각도가 변화하게 되며 이를 통해 사용자의 이동하고자 하는 속도 및 회전 방향을 유추할 수 있다.

### 2.2 능동형 보행보조기 시스템

스마트 핸들바를 통해 들어온 센서 데이터 입력 값을 기초로 사용자의 의지 파악에 따른 적절한 차량 구동을 위해 그림 3과 같이 차량 제어 알고리즘을 구축하였다.

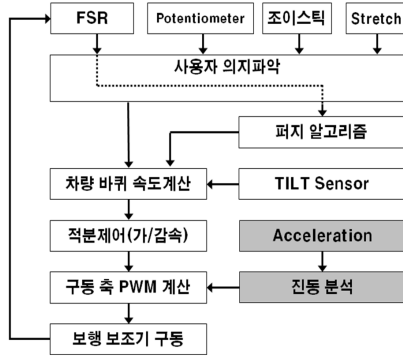


그림 3. 차량 제어 알고리즘 블록다이어그램  
Fig. 3. Block diagram of the control algorithm for a walking aid.

그림 3에서 FSR센서를 통해 들어온 데이터를 기초로 사용자의 보행 의지력을 식(1)을 통해 파악한 후 보다 정확한 보행의지력을 파악할 수 있도록 퍼지 알고리즘[15]을 적용하였으며, 이를 통해 현재 핸들바에 걸리는 힘의 크기를 토대로 사용자의 정확한 보행 의지력을 분석하였다. 후 분석된 사용자의 보행의지력을 기초로 차량의 각 바퀴에 적용되어야 할 회전 각속도를 계산한 후, 고령자의 특성을 반영할 수 있도록 적분 제어를 통해 현재 회전되어야 할 바퀴의 속도를 추정하여 차량을 제어할 수 있도록 하였다. 이러한 과정에 있어 보행의지력에 대한 차량의 자연스러운 방향을 결정하기 위해 Ackman 구동 방식을 사용하였다. Ackman 구동에 있어 기본적인 주행방향은 순간 회전 중심 (ICR : Instantaneous Center of Rotation)을 중심으로 하는 회전 운동으로 계산되며 4개의 바퀴가 회전 중심을 기준으로 동심원에 접하고 동일한 각속도를 가지도록 구동축 각 바퀴에 걸리는 회전속도를 계산함으로써 차량의 움직임이 미끄러짐 없이 이동 가능한 기법이다[14]. 그림 4는 차량의 Ackman 구동을 이용하였을 때의 회전중심을 나타내며 식 (2),(3)은 이때의 차량 바퀴의 속도를 나타낸다.

$$R = \frac{v_c}{\omega_c} \quad (2)$$

$$\omega_R = \frac{2v_c + l\omega_c}{2r}, \quad \omega_L = \frac{2v_c - l\omega_c}{2r} \quad (3)$$

식(2),(3)에서  $l$ 은 차량의 폭,  $r$ 은 차량의 바퀴의 반지름,  $R$ 은 차량의 중심에서 회전 중심(ICR)까지의 거리를 나타낸다. 또한  $\omega_c$ 는 차량의 중심에서 ICR을 기준으로 하였을 때의 각속도를 나타내며  $\omega_L, \omega_R$ 은 각각 왼쪽 바퀴와 오른쪽 바퀴의 각속도를 나타낸다. 위의 식으로부터 현재 차량의 속도로 추정된 의력 및 현재 차량의 움직임을 토대로 차량의 바퀴의 각속도를 추정할 수 있다.

사용자의 보행 의지에 대한 데이터를 기초로 차량의 각 바퀴에 걸리는 속도를 계산한 후 이 계산된 입력값을 바로 모터 속도로 적용할 경우 차량의 급격한 속도 변화로 인해 보행보조기 사용자들은 차량의 속도에 즉각 반응하기 어려

우며 조작성능이 좋지 않게 되므로 이를 극복할 수 있도록 차량 이동 입력값을 적분 형태로 처리하였다. 식 (4)는 차량 구동에 적용된 적분 제어 계산식이다.

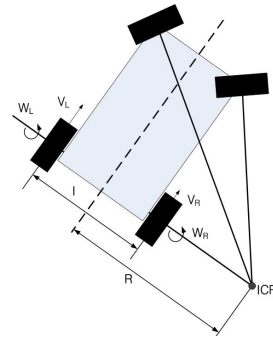


그림 4. Ackman 구동 모델  
Fig. 4. Ackman Driving Model

$$v_c(t) = \sum_{i=i_0}^t sgn(K_i) \quad (4)$$

$$sgn(K_i) = \begin{cases} K_i & v_i < v_c(t) \\ -K_i & v_i \geq v_c(t) \\ 0 & v_i = v_c(t) \end{cases}$$

식(4)에서 차량의 속도에 대해 임의의 상수  $K_i$  값으로 가감속시켜 사용자가 원하는 속도까지 도달하도록 입력값을 조정하여 사용자는 보다 안정적으로 보행보조기를 구동할 수 있게 된다.

### 3. 진동 감쇠 알고리즘

#### 3.1 진동량 분석 센서

차량의 진동 및 이를 통한 사용자의 충격량 분석을 위하여 가속도 센서를 설치하였다. 가속도 센서는 Freescale사의 MMA6270Q를 사용하였으며, 차량의 움직임등을 고려하여 각 축에 측정 가능한 가속도 최대값을 1.5G로 세팅하였다. 또한 능동형 보행보조기를 원활하게 제어할 수 있도록 차량 제어기는 TI사의 TMS320F2812 DSP를 적용하였으며 DSP의 12bit AD 변환기를 통해 데이터를 추출하였다. 그림 5는 가속도 센서의 부착위치 및 실제 부착 사진을 나타낸다.

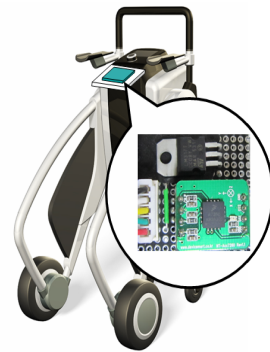


그림 5. 가속도 센서 모듈  
Fig. 5. Accelerometer module

아날로그 신호의 노이즈 성분 제거를 위해 하위 4bit의 데이터는 시프트 하여 8bit 데이터로 표현하였다. 그리고 능동형 보행보조기를 구동하면서 일정 시간 후 둔턱을 지나가면서 데이터를 측정하였다. 그림 6은 일반 노면에서 둔턱을 지나가는 동안의 핸들바에 걸리는 힘, 가속도 센서 및 이에 따른 차량 속도의 변화를 나타낸다.

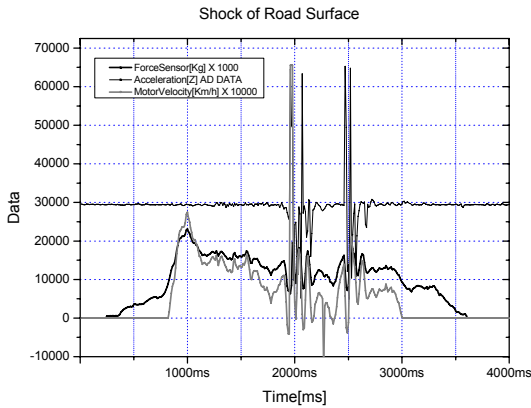


그림 6. 둔턱 이동시 가속도센서, 핸들바, 차량속도 결과  
Fig. 6. Results of the accelerometer, handle bar and velocity of the walking aid when moving the dump.

그림 6에서 차량을 움직이기 시작하여 2초 동안은 평지를 지나가게 되며, 2초에서 2.7초 구간에서 노면에 설치된 둔턱을 지나가게 된다. 그림 6에서 알 수 있듯이 평지 지형에서는 가속도 센서의 움직임 및 스마트 핸들바에 걸리는 외력은 보행의지력만 반영되지만, 둔턱을 만나게 되는 2초부터 약 0.7초 동안은 둔턱을 처음 만났을 때 발생하는 기계적 충격에 의해 심한 진동이 발생하게 되며 이에 따라 차량이 순간적으로 큰 가속도 성분이 발생하게 되며 이에 따라 보행보조기를 사용하는 사용자는 보행보조기를 통해 충격을 받게 된다. 그림 6의 가속도 센서 데이터 값을 미분하면 가가속도(Jerk)데이터를 추출할 수 있으며, 그림 7은 가속도 센서를 통한 가가속도 데이터를 나타낸다.

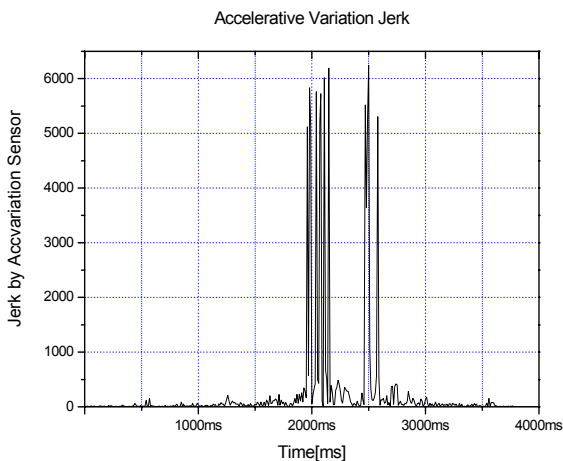


그림 7. 둔턱 이동시의 가가속도 데이터  
Fig. 7. Jerk data when moving the dump

그림 7에서 보행 보조기 사용자에게 걸리는 가가속도는 기계적 충격량으로써 보행보조기 사용 시 사용자에게 가해지

는 충격량으로 해석 가능하며 이에 가속도 센서의 변화량인 가가속도를 통해 사용자에게 가해지는 충격을 예측할 수 있게 된다.

### 3.2 진동량 감시를 위한 차량 제어 알고리즘

힘센서를 이용하여 보행보조기를 구동하고 가속도센서를 이용하여 진동을 분석 하였을 때 둔턱으로부터의 충격으로 인해 힘 센서의 데이터가 크게 흔들리는 것을 확인하였다. 또한 힘 센서의 데이터가 크게 흔들림으로 인하여 모터의 속도가 급격히 변하는 것을 그림 6을 통해 알 수 있었다. 이에 차량이 둔턱에 의해 충격을 받음으로써 스마트 핸들바에 가해지는 충격을 해소하기 위해 식(5)와 같은 충격 방지 알고리즘을 구축하였다.

$$y = \begin{cases} f(t) & t < t_0, t > t_0 + 0.2 \\ \hat{f}(t_0) = \frac{d}{dt} \int_{\tau=t_0-0.1}^{t_0} f(\tau) d\tau & otherwise \end{cases} \quad (5)$$

식(5)에서는 충돌시점인  $t_0$ 를 기준으로 충돌 시점부터 0.2초 사이를 제외한 시간에는 보행의지력에 의해 발생하는 힘 센서를 보행의지력 데이터로 직접 적용하여 차량을 제어하며, 충돌이 발생한 직후부터 0.2초 동안은 충돌 직전까지 0.1초까지의 사용자의 보행 의지력에 대해 이동평균필터를 적용한 데이터를 적용하도록 하였다. 이렇게 함으로써 차량이 둔턱등에 의해 충격이 발생하면서 생기는 핸들바의 가해지는 충격에 의해 차량의 각 바퀴에 전달되는 각속도가 급격히 변화되는 것을 방지할 수 있도록 하였다.

## 4. 실험

본 논문에서 적용된 보행보조기는 그림 8과 같다. 본 논문에서 실험에 적용된 보행보조기는 좌·우 800mm, 폭 1400mm, 최대 높이 1200mm 최저 높이 1400mm, 질량은 43Kg이며 이때 장애물로 사용된 둔턱의 높이는 60mm이다. 그림 8은 본 논문에 적용된 보행보조기 및 실험에 적용된 비평탄 지형용 둔턱을 나타낸다.



그림 8. 보행보조기 및 둔턱  
Fig 8. Walking Aid and Dump

본 논문에서는 실험 환경을 일정하게 유지하기 위해 평지에 둔턱을 설치 한 상태에서 보행보조기를 2m전방에 배치한 후 직진 주행만을 수행하였다. 그림 9는 제안된 알고리즘을 적용하였을 경우의 보행보조기에 적용된 가속도 센서, 핸들바 및 차량 속도를 나타낸다. 그림 9에서 제안된 알고리즘을 적용하였을 경우 알고리즘을 적용하지 않고 이동

시킨 그림 6과 비교하였을 때, 1.5초 구간에서 2.5초 구간까지 휠에 걸리는 차량 속도 변화가 급격히 줄어들었음을 알 수 있다. 그림 10은 알고리즘을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우에 대해 둔턱 이동시 발생하는 충격에 의한 진동량에 대한 비교 데이터를 나타낸다.

그림 10에서 둔턱 충격에 의한 충격량에 대해 알고리즘을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교해 보았을 때, 알고리즘을 적용한 경우 둔턱에 의한 충격이 급격하게 줄어들었음을 알 수 있었다. 본 논문에서는 사용자의 조작 특성 및 약간의 환경적인 변화가 일어날 수 있어 평가를 더 객관적으로 표현하기 위해 가중이동 평균법(WMA)을 이용하여 힘센서의 변화량의 평균치를 구하였으며 이는 표 1로 나타내었다. 표 1로부터 충격량을 분석하였을 경우 진동량 감쇠 알고리즘을 적용한 경우 가중평균이동법에 의해 측정된 가속도 평균은 4170.4이며, 알고리즘을 적용한 경우 2600.7이 된다. 이는 사용자가 개발된 알고리즘이 적용된 보행보조기를 가지고 둔턱과 같은 장애물을 넘어가게 될 경우 평균 37.63%정도 감소된 충격량을 받으면서 이동하게 된다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 가속도센서를 이용하여 둔턱이 있는 지점을 판단하였다. 또한 둔턱에 의한 충격이 발생하는 지점에서 둔턱을 통과하는 지점을 정확히 인식하고 충격량 감쇠 알고리즘을 개발 적용함으로써 사용자가 보다 자연스럽게 통과할 수 있도록 구현하였다. 데이터를 확인한 결과 충돌 보정을 하지 않았을 경우에 비해 알고리즘을 적용할 경우 평균 37.63%의 충격량을 받지 않으면서 비 평탄 지형을 넘어갈 수 있음을 실험을 통해 증명하였다.

향후 연속된 비 평탄에서의 보행보조기 사용자의 충격량을 분석하고 이를 토대로 충격을 최소화 하면서 비평탄 지형을 이동할 수 있는 다양한 알고리즘에 대한 연구가 지속되어야 할 것이며, 비평탄 지형에 의해 발생하는 노이즈 성분을 보다 정확하게 추정할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다 하겠다. 또한 비평탄 지형을 움직이면서 간혹 발생할 수 있는 전복등의 위험성을 회피하기 위한 보행보조기 시스템 및 알고리즘에 대한 연구가 향후 지속되어야 할 것이다.

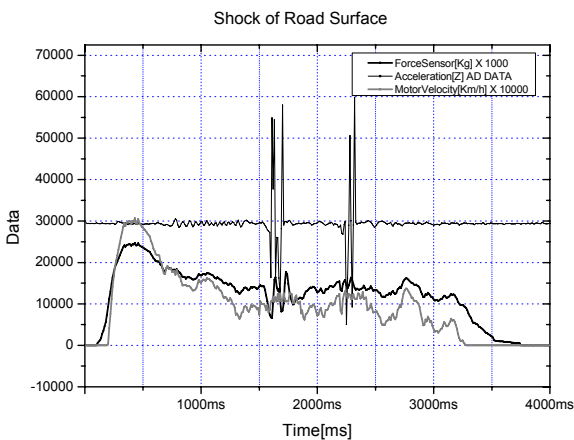
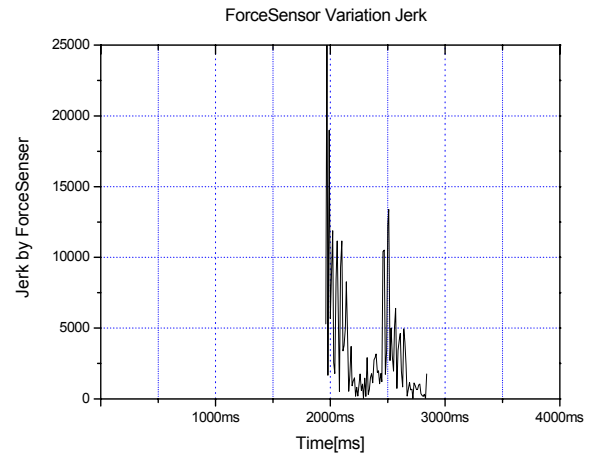
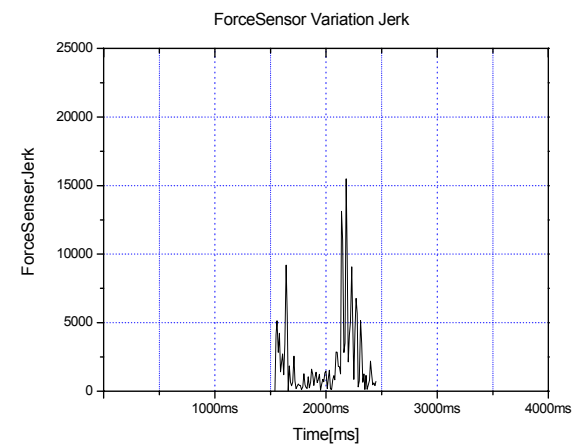


그림 9. 알고리즘 적용시의 가속도센서, 핸들바, 차량 속도 결과

Fig. 9. Result of accelerometer, handle bar, and velocity of the vehicle when applied the algorithm



(a) 알고리즘을 적용하지 않은 경우



(b) 알고리즘을 적용한 경우

그림 10. 가속도 데이터 비교

Fig. 10. Jerk data comparison

표 1. 충격 감쇠 알고리즘 실험 결과

Table 1. Experimental result from the vibration reduction algorithm

실험횟수	알고리즘 적용 여부	
	미적용	적용
1	4259.9	2026.7
2	4531.1	2542.3
3	3231.7	2458.7
4	4652.5	3125.9
5	4568.6	3255.7
6	4355.1	2353.2
7	3945.4	2484.1
8	3754.4	2486.3
9	3842.9	2921.2
10	4562.5	2353.3
평균	4170.4	2600.7

참 고 문 헌

[1] Yasuhiro Nemoto, Saku Egawa, Atshshi Koseki, Shizuko Hattori, Takeshi Ishii, and Masakatsu Fujie, "Power-Assisted Walking Support System for Elderly," *Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 20, No. 5, pp. 2693-2695, 1998.

[2] Shane MacNamara and Gerard Lacey, "A Smart Walker for the Frail Visually Impaired," *Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 1354-1359, 2000.

[3] Aaron Morris, Raghavendra Donamukkala, anuj Kapuria, Aaron Steinfeld, Judith T, Matthews, Jacqueline Dunbar-Jacob, and Sebastian Thrun, "A Robotic Walker That Provides Guidance," *Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.25-30, 2003.

[4] R. Thieffry, E. Monacelli, P. Henaff, and S. Delaplace, "Configurating Sensors by User Learning for a Locomotion Aid Interface," *Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 1509-1514, 2003.

[5] S. Dubowsky, F. Genot, S. Godding, H. Kozono, A. Skwersky, H. Yu, and L.S. Yu, "PAMM - a robotic aid to the elderly for mobility assistance and monitoring: a helping hand" for the elderly", *Proc. IEEE Internat. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 570-576, 2000.

[6] Oscar Chuy Jr., Yasuhisa Hirata, and Kazuhiro Kosuge, "A New Control Approach for a Robotic Walking Support System in Adapting User Characteristics," *IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics*, Vol. 36, No. 6, pp. 725-733, 2006.

[7] Oscar Chuy Jr., Yasuhisa Hirata, Zhidong Wang, and Kazuhiro Kosuge, "Motion Control Algorithms for a New Intelligent Robotic Walker in Emulating Ambulatory Device Function," *Int. Conf. on Mechatronics and Automation*, pp.1509-1514, 2005.

[8] Masashi Tani, Ryoishi Suzuki, Shigehiko Furuya, and Nobuaki Kobayashi, "Internal Model Control for Assisting Uint of Wheeled Walking Frame," *Int. Conf. on Control Applications*, pp.139-142, 2005.

[9] Oscar Chuy Jr, Yasuhisa Hirata, and Kazuhiro Kosuge, "Online approach in adapting user characteristic for robotic walker control.," *International Conference on Rehabilitation Robotics*, pp. 423-426, 1990.

[10] Angelo M. Sabatini, Vincenzo Genovese, Elena Pacchierotti, "A Mobility Aid for the Support to Walking and Object Transportation of People with Motor Impairments", *IEEE/RSJ Int Conf on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1349-1354, 2002.

[11] Hiroshi Kobayashi, Takeo Karato, and So

Nakayama, "Emergence of Gait by an Active Walker", *IEEE Int Conf on Robotics and Biomimetics*, pp. 1035-1040, 2010.

[12] Yasuhisa Hirata, Asami Hara, Kazuhiro Kosuge, "Motion Control of Passive-type Walking Support System based on Environment Information," *International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2921-2926, 2005.

[13] Y. Hirata, A. Hara, and K. Kosuge, "Passive-type intelligent walking support system 'RT walker'," *IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst.*, pp. 3871 - 3876. 2004.

[14] G. Dudek and M. Jenkin, "Computational Principles of Mobile Robot," *Cambridge university press*, pp.26-27, 2000.

[15] J.S. Kong, D.K. Lee, Y.S. Nam, B.H. Lee, and E.H. Lee, "Optimized Walking Will Recognizing System of the Walking Aid with the Fuzzy Algorithm," *Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 18, No. 5, 2008.

저 자 소 개



**이동광(Dong-Kwang Lee)**

2007년 : 한국산업기술대학교 전자공학과 학사  
 2009년 : 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지 대학원 정보통신과 석사  
 2010년 현재 : 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지 대학원 정보통신과 박사과정

관심분야 : 지능 제어, 재활 공학, 지능형 로봇 및 센서 제어  
 Phone : 032-327-8838  
 Fax : 032-327-8487  
 E-mail : ldk12345@nate.com



**공정식(Jung-Shik Kong)**

1998년 : 인하대학교 자동화공학과 학사  
 2006년 : 인하대학교 자동화공학과 박사  
 2010년 : 현재 인덕대학 기계설계과 전임강사

관심분야 : 지능제어, 건설제어, 재활공학, 지능형/산업용 로봇 및 제어  
 Phone : 02-950-7526  
 Fax : 02-950-7539  
 E-mail : jskong@induk.ac.kr



**고민수(Min-Soo Goh)**

1999년 : 인하대학교 전자공학과 학사  
2010년 : 인하대학교 전자공학과 박사  
2010년 : 현재 한국산업기술대학교 전자공학과 연구 교수

관심분야 : 지능형 서비스 로봇 제어, 컴퓨터 비전,  
Phone : 032-327-8838  
Fax : 032-327-8487  
E-mail : gomins@kpu.ac.kr



**이응혁(Eung-Hyuk Lee)**

1985년 : 인하대학교 전자공학과 학사  
1997년 : 인하대학교 전자공학과 박사  
2010년 : 현재 한국산업기술대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 지능형 서비스 로봇 제어, 재활 보조 시스템, 의  
용전자기기 및 신호처리, 임베디드 시스템  
Phone : 032-327-8838  
Fax : 032-327-8487  
E-mail : ehlee@kpu.ac.kr