

## 보행보조기기 사용 편리성 증진을 위한 보행의지 파악 기법에 관한 연구

### A Study on Walk Intention Identify Method for Convenience Improve of Walk Assistance Aids

이동광\*, 이재우, 장문석, 공정식, 이용혁

D. K. Lee, J. W. Lee, M. S. Jang, J. S. Kong, E. H. Lee

#### 요 약

최근 노인인구의 증가로 인해 고령자를 위한 보행 보조기에 대한 관심이 증가되고 있다. 하지만 대부분의 경우 동력이 없는 시스템으로 경사 등의 공간에서 취약성을 가지며, 사용자가 다리에 힘이 없을 경우 편하게 이동할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 동력형 보행보조기에 대한 관심이 증가되고 있다. 대부분의 보행보조기의 사용자는 고령자이며 사용이 간편하며 편리해야 한다. 따라서 본 논문에서는 사용자의 편리성 증진을 위해 다양한 센서 즉, 가변저항, 힘센서, 스트레치 센서 등을 사용하여 사용자의 보행의지를 파악하기 위한 장치를 개발하였다. 또한 개발된 장치에 대한 평가를 하기위해 센서의 응답성 및 복원성을 20ms단위로 측정하여 비교 평가하였다. 결과적으로 가변 저항형 핸들바의 응답성은 420ms 이며 복귀성은 380ms이고 힘센서를 이용한 핸들바 응답성은 320ms 이며 복귀성은 220ms이다. 스트레치 센서의 응답성은 160ms, 복귀성은 140ms으로 가장 뛰어난 것을 검증하였다.

#### ABSTRACT

Recently, the interest on walking assistances in order to assist aged people has increased due to the increase of the aged. However, most walking aid systems have a weakness for a slope because they don't have power. So, they have a weak point which makes users difficult to move when they are weak in the legs. That is why the interest on walking assistances with power has increased. The use of the walking aid systems should be easy because most users are old people. Thus, we produce module to grasp walking intent of users by using various sensors such as potentiometer, FSR(Force Sensing Resistance) Sensor and Stretch Sensor and calculate the response time to the module. Firstly, the response time of handlebar which is a kind of potentiometer is 420ms and Resilience of it is 140ms. Secondly, the response time of handlebar which use FSR Sensor is 320ms and Resilience of it is 220ms. Finally, the response time of the Stretch Sensor is 160ms and Resilience of it is 140ms. The performance of Stretch Sensor is the best among the three kind of sensors.

**Keyword** : Walking Assistance Aids, User's Walk Intention, FSR Sensor, Stretch Sensor, Handle Bar

접 수 일 : 2009. 11. 27

심사완료일 : 2009. 12. 28

\* 이동광 : 한국산업기술대학 전자공학과

ldk@kpu.ac.kr (주저자)

이재우 : 한국산업기술대학교 전자공학과

ahglee@kpu.ac.kr (공동저자)

장문석 : 인하대학교 전자공학과

sirius@hanmail.net (공동저자)

#### 1. 서론

오늘날 의학의 발달과 삶의 질 향상으로 인해 노인 인구가 급격하게 증가하고 있고 이에 따른 실버

공정식 : 인덕대학 기계설계공학과 교수

jskong@mail.induk.ac.kr (공동저자)

이용혁 : 한국산업기술대학교 전자공학과 교수

ehlee@kpu.ac.kr (공동저자)

산업 및 노인들을 위한 갖가지 기구들이 개발되고 있다. 그중 보행 보조기는 하지 근력이 약한 노인들을 위해 가장 필요한 기구 중에 하나이다. 대표적인 사례로는 일본 히타치에서 개발된 Power Assisted Walking Support System[1], 아일랜드에서 개발된 PAM-AID[2], 미국 Camegie Mellon 대학에서 개발된 Robotic Walker[3] 등이 있다. 이러한 노인 및 장애인을 위한 보행보조기에 대한 연구는 크게 노인들이 보행 보조기의 차량의 제어를 원활하게 수행할 수 있도록 고안된 센서를 개발하는 기술[3,4]과 차량을 안정적으로 제어할 수 있는 차량 이동 기술[5-6], 그리고 노인들이나 장애인들이 가지고 있는 순발력의 어려움 등을 해결하기 위한 장애물 회피 기술[1], 등이 대표적이라 할 수 있겠다.

이러한 대부분의 연구들은 보행 보조기의 안정적인 구동을 기반으로 로봇의 자유로운 움직임을 유도할 수 있도록 하는데 있으나, 아직 고령자 또는 하지 장애인들의 움직임에 대한 의지를 정확하게 파악하고 이를 기초로 자연스러운 구동을 하기에는 아직은 많은 노력이 필요한 상황이다.

본 논문에서는 노인 및 장애인의 활동을 보조하기 위한 보행보조기기의 중요 기술인 사용자의 진행하고자 하는 방향과 속도를 검출하는 세가지 형태의 보행보조기기의 보행의지 파악 장치를 구연하고자 한다. 첫 번째로 모터사이클의 손잡이 형태의 가변 저항형 보행의지 파악 장치를 구연 하였으며, 두 번째로 사용자의 힘이 보행보조기기에 전달됨을 이동한 힘센서를 이용하여 보행 의지 파악 장치를 구연 하였다. 세 번째로 사용자가 이동함으로써 센서의 늘어남을 이용하여 스트레치 센서를 사용한 보행의지 파악장치를 구현 하였다. 위 세가지 센서를 기초로 사용자가 이동하고자 하는 이동 방향과 이동속도 데이터를 기초로 보행보조기기의 차량 속도와 방향에 대해 구동 바퀴의 차동 구동을 통해 사용자의 의지에 맞춰 구동할 수 있도록 하였다.

## 2. 본론

### 2.1 가변 저항형 보행의지 파악 장치

가변저항형태의 핸들바를 자체적으로 기구 설계하여 보행 의지를 파악할 수 있도록 하였다. 보행보조기의 핸들바는 크게 그림 1과 같이 3가지 부분으로 나누어져 있다.

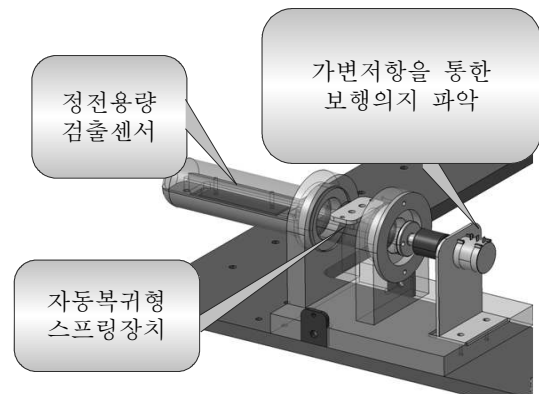


그림 1. 가변저항을 이용한 핸들바

사용자가 보행 보조로봇을 사용하는지에 대한 여부를 판단할 수 있도록 정전 용량 센서를 이용하여 사용자가 핸들바를 잡고 있는 지 여부를 판단할 수 있도록 하였으며, 가변저항을 이용하여 사용자의 의지를 파악할 수 있도록 고안하였다. 가변저항은 원상태로 복원 할 수 있는 힘을 가지고 있지 않기 때문에 자동 복귀형 스프링장치를 이용하여 사용자가 힘을 가하고 있지 않을 경우 원상태로 복원되어 지도록 하였다. 정전용량 센서의 경우 손잡이 부분에 붙어 있어 사용자가 핸들바를 잡게 될 경우에만 보행보조기가 작동할 수 있도록 구성하였다. 가변저항의 경우 앞으로 돌릴 경우 저항 값이 올라가며 뒤로 돌릴 경우 저항 값이 내려가도록 되어있다. 손목의 돌림 정도 데이터의 차이를 가지고 보행 의지를 파악할 수 있도록 하였다.

가변저항 형태의 핸들바는 손잡이를 앞뒤로 돌림으로 해서 저항 값이 변화한다. 노이즈를 제거하고 센서 힘의 크기를 명확하게 하기 위해 Moving - Averager Filter를 이용하여 노이즈를 제거하였다. 이렇게 해서 평활화된 데이터에 대해 회전각도 데이터를 분석하여 식(1)과 같이 데이터를 일반 물리량으로 선형화 하였다. 그림 2는 핸들바 특성곡선을 나타낸다.

식(1)에서 는 핸들바의 회전 데이터를 나타내며 는 측정된 일반화된 각도의 정도를 나타낸다.

$$\theta = \frac{ADDData - 27171}{965.6} \quad (1)$$

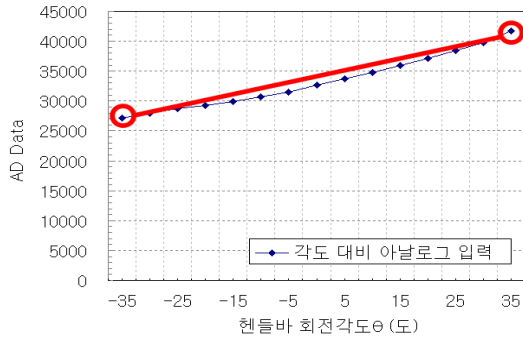


그림 2. 가변저항을 이용한 핸들바 특성곡선

가변저항은 핸들에 1개씩 총 2개가 사용되었으며 각각 각 손에 대한 전진 의지와 후진 의지를 파악할 수 있도록 구성되어 있다. 이에 따라 사용자가 차량을 전진하려고 하면 핸들바를 앞으로 돌리게 될 것이며 사용자가 후진하려는 의지를 보이면 핸들바를 뒤로 돌리게 된다. 또한 사용자가 좌회전이나 우회전을 하게 될 경우는 회전의 방향이 서로 반대 방향이 되며 이러한 회전의 정도를 파악하여 차량의 방향 및 진행 속도를 결정할 수 있다. 핸들바의 회전 데이터에 대한 수학적 정의는 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$v = P_{Lpt} + P_{Rpt}$$

$$\theta = \begin{cases} 0 & P_{Lpt} \geq 0, P_{Rpt} \geq 0 \\ 180 & P_{Lpt} < 0, P_{Rpt} < 0 \\ \tan^{-1}\left(\frac{P_{Lpt}}{P_{MAXpt}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{P_{Rpt}}{P_{MAXpt}}\right) & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

식(2)에서  $P_{Lpt}$ ,  $P_{Rpt}$  는 각각 현재 핸들바에 적용될 회전 크기를 나타내며 이는 한쪽 핸들바에 걸리는 센서의 크기에 대해 전진 방향으로 힘이 작용될 때의 회전의 크기는 양수로서 후진 방향으로 적용되는 회전의 크기를 음수로 하였을 때의 핸들바에 회전의 정도를 나타낸다. 는 핸들바를 최대로 돌렸음을 나타낸다. 위의 수식을 통해 핸들바에 회전정도를 이용하여 사용자의 전진 속도 및 방향 의지로 파악할 수 있다.[7]

## 2.2 힘(FSR) 센서를 이용한 보행의지 파악 장치

힘 센서를 이용한 핸들바를 자체적으로 기구설계하여 보행 의지를 파악할 수 있도록 하였다. 보행보조기의 핸들바는 그림 3과 같이 크게 두 가지 부분으로 나누어져 있다.

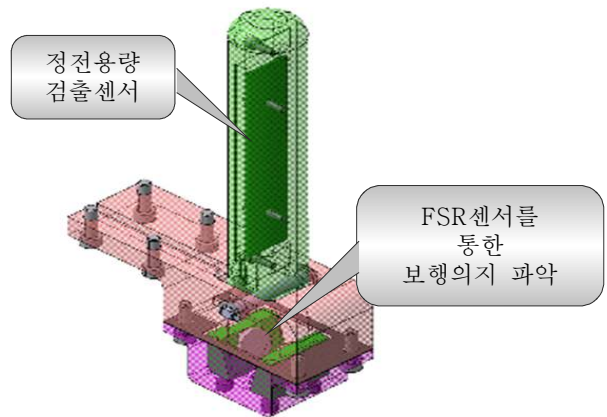


그림 3. FSR 센서를 이용한 핸들바

첫 번째는 사용자가 보행 보조기를 사용하는지에 대한 여부를 판단할 수 있도록 정전 용량 센서를 이용하여 사용자가 핸들바를 잡고 있는 지 여부를 판단할 수 있도록 하였으며, 두 번째는 사용자의 보행 의지에 대해 FSR 센서를 이용하여 사용자의 의지를 파악할 수 있도록 고안하였다. 정전용량 센서의 경우 손잡이 부분에 붙어 있어 사용자가 핸들바를 잡게 될 경우에만 보행보조기가 작동할 수 있도록 구성하였다. FSR 센서의 경우 앞뒤로 두 개의 센서가 부착되어 있으며 사용자가 전진하려고 할 때는 뒤쪽 센서가 눌리고 후진하려는 의지를 표현할 때는 앞쪽 센서가 눌리게 되며 의지의 정도에 따라 힘 센서 데이터의 차이를 가지고 보행 의지를 파악할 수 있도록 하였다.

보행보조기를 사용하는 사용자의 보행 의지를 정확하게 파악하기 위해서는 사용자가 핸들바를 잡고 이동하게 될 경우 사용자의 힘이 자연스럽게 보행보조기에 전달되어 앞으로 나아가고자 하는 의지가 판단되어 진다. 따라서 FSR센서를 사용하였다. FSR센서는 힘의 크기에 따라 저항값이 변화하는 센서로써 센서에서 들어오는 노이즈를 제거하고 센서 힘의 크기를 명확하게 하기 위해 Moving - Averager Filter를 이용하여 노이즈를 제거하였으며, 이렇게 해서 평활화된 센서 데이터에 대해 일반적인 힘의 크기와 비교하기 위해 데이터를 분석하여 식(3)과 같이 센서 데이터를 일반 힘의 물리량으로 선형화 하였다. 그림 4는 FSR 센서를 이용한 핸들바 특성 곡선을 나타낸다.

식(3)에서는 센서 원 아날로그데이터를 나타내며 는 측정된 일반화된 힘의 크기를 나타낸다.

$$F = \frac{ADData - 4371}{1951.3} \quad (3)$$

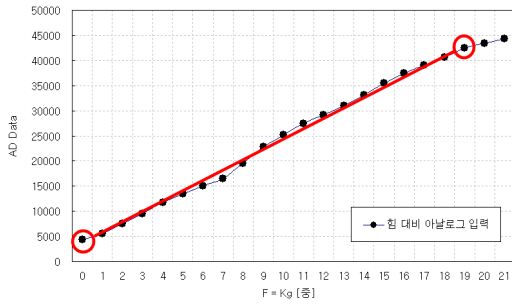


그림 4. FSR센서를 이용한 핸들바 특성곡선

FSR센서는 하나의 핸들에 2개씩 총 4개의 센서가 사용되었으며 각각 각 손에 대한 전진의지와 후진 의지를 파악할 수 있도록 구성되어 있다. 이에 따라 사용자가 차량을 전진하려고 하면 핸들바에 걸리는 힘은 모두 전진 방향으로 작용하게 될 것이며 사용자가 후진하려는 의지를 보이면 힘센서는 후진방향으로 힘 센서가 작용하게 된다. 또한 사용자가 좌회전이나 우회전을 하게 될 경우는 센서의 방향이 서로 반대 방향이 되며 이러한 센서의 좌우 힘 센서 작용 정도를 파악하여 차량의 방향 및 진행 속도를 결정할 수 있다. 이러한 힘 센서 데이터에 대한 수학적 정의는 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$v = P_{Lfsr} + P_{Rfsr}$$

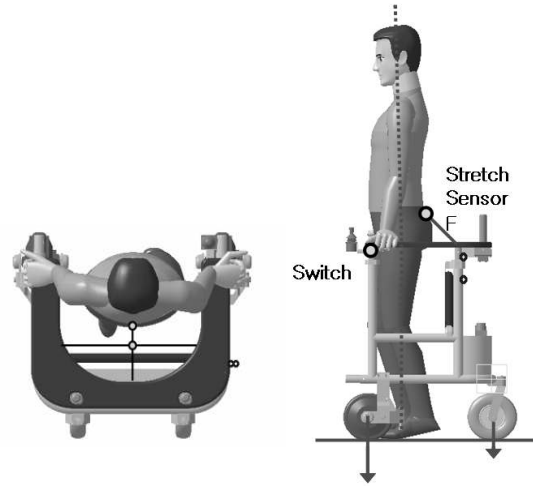
$$\theta = \begin{cases} 0 & P_{Lfsr} \geq 0, P_{Rfsr} \geq 0 \\ 180 & P_{Lfsr} < 0, P_{Rfsr} < 0 \\ \tan^{-1}\left(\frac{P_{Lfsr}}{P_{MAXfsr}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{P_{Rfsr}}{P_{MAXfsr}}\right) & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

식(4)에서  $P_{LFSR}$ ,  $P_{RFSR}$  은 각각 현재 핸들바에 적용된 힘 센서의 크기를 나타내며 이는 한쪽 핸들바에 걸리는 센서의 크기에 대해 전진 방향으로 힘이 작용될 때의 센서의 힘의 크기를 양수로 후진 방향으로 적용되는 센서의 힘의 크기를 음수로 하였을 때의 핸들바에 걸리는 힘의 크기를 나타낸다. 는 핸들바에 걸리는 최대 힘을 나타낸다. 위의 수식을 통해 핸들바에 걸리는 힘을 사용자의 전진 속도 및 방향 의지로 파악할 수 있다.[8]

### 2.3 스트레치 센서를 이용한 보행의지 파악 장치

스트레치 센서를 이용한 보행의지 파악 장치는 그림 5와 같이 구성되어 있으며 크게 두 가지의 구성으로 구연되어 있다. 첫 번째로 그림 5의 (a)와 같이 스트레치 센서3개를 장착하였으며 스트레치 센서는 단독으로 사용 할 수 없기 때문에 그림 5의

(b)와 같이 구동 스위치가 장착되어져 있다.



(a) 스트레치 센서의 구성 (b) 구동 스위치

그림 5. 스트레치(Stretch) 센서를 이용한 보행의지파악 장치 구성

스트레치센서의 특성을 파악하기 위해 분동 실험 장치를 이용하였다. 분동을 50g씩 더하면서 AD Data의 평균 측정결과를 그림 6과 같다. 이러한 센서의 특성을 식 (5)와 같이 나타내었다.

$$F = - \frac{(AD\ Data - 51745)}{67.1686} \quad (5)$$

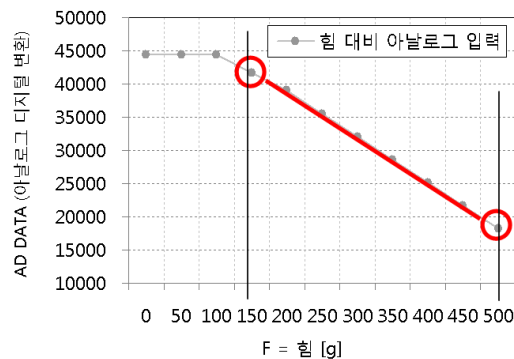
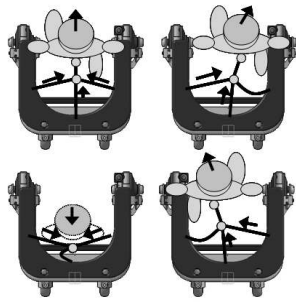
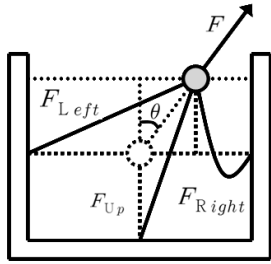


그림 6. 스트레치(Stretch) 센서특성

전진, 후진, 좌회전, 우회전에 대하여 스트레치 센서의 동작을 그림 7(a)와 같이 동작을 표현하였다. 우회전의 동작 예로 왼쪽의 스트레치 센서 힘과 정면 스트레치 센서 가 힘을 받게 되며 는 힘이 없으므로 무시한다. 따라서 스트레치 센서의 힘은 식(6)과 같으며, 회전각은 식(7)과 같다. 그림 7(b)는 우회전 센서동작의 예를 나타낸다.[9]



(a) 전진 · 후진 · 좌회전 · 우회전 동작



(b) 우회전의 스트레치 센서 동작

그림 7. 스트레치 센서의 힘의 크기 및 각도

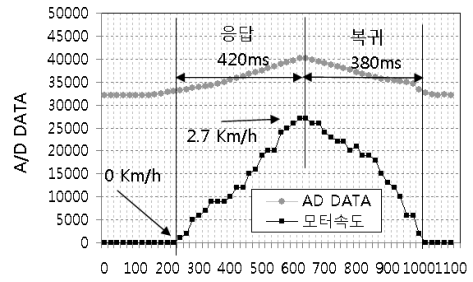
$$F = \sqrt{(F_{Left})^2 + (F_{Up})^2 + (F_{Right})^2} \quad (6)$$

$$\theta = \begin{cases} 0 & F_{Left} > 0, F_{Up} > 0, F_{Right} > 0 \\ 180 & F_{Left} > 0, F_{Up} = 0, F_{Right} > 0 \\ \tan^{-1} \frac{F_{Up}}{F_{Right}} & F_{Left} > 0, F_{Up} > 0, F_{Right} = 0 \\ \tan^{-1} \frac{F_{Up}}{F_{Left}} & F_{Left} = 0, F_{Up} > 0, F_{Right} > 0 \end{cases} \quad (7)$$

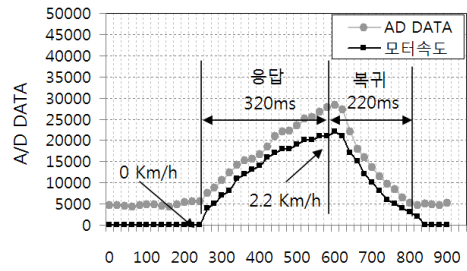
### 3. 실험

가변 저항형 센서는 사용자가 앞으로 전진 할 경우 손잡이가 돌아가는 현상을 측정하였으며, 힘 센서는 사용자가 센서에 힘이 가해지는 크기의 정도를 파악 하였으며, 스트레치 센서는 센서의 늘어난 힘을 측정하였다. 사용자의 보행 의지 파악을 비교분석하기 위해 각 센서를 10회 비교 분석하였다.

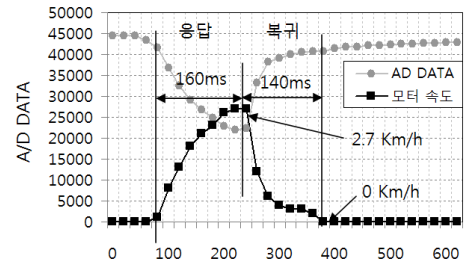
가변 저항형 센서와 힘 센서, 또한 스트레치 센서를 사용하여 사용자의 보행 의지력을 추출할 때, 센서의 응답성과 복구성이 뛰어나면 보다 빠른 보행 의지파악이 가능하다. 그림 8(a)-(c)에 힘 센서와 스트레치 센서의 응답성 및 복구성 특성을 나타낸다. 실험결과 가변저항 형태의 센서의 응답성은 420ms 이며 복구성은 380ms이다. 힘 센서의 응답성은 320ms 이며 복구성은 220ms이다. 스트레치 센서 응답성은 160ms, 복구성은 140ms이다.



(a) 가변저항 형태의 센서 특성



(b) 힘 센서 특성



(c) 스트레치 센서 특성

그림 8. 힘센서 와 스트레치 센서의 응답성 및 복구 특성

### 4. 결론

본 논문에서는 보행보조기기 사용자의 편리성 증진을 위해 시중에서 판매하고 시중에서 쉽게 구할 수 있는 센서를 이용하여 핸들바 시스템을 구현하고, 각 핸들바 시스템의 시스템 응답성을 고찰하였다. 본 논문에서 제작한 핸들바 시스템은 가변저항형 핸들바 및 힘센서를 이용한 핸들바와 스트레치 센서 모듈이며, 이의 시스템 성능 분석을 위해 실제 제작된 능동형의 보행보조기기를 구동하면서 시스템 응답 속도를 비교 분석하였다. 시스템 응답 속도를 분석한 결과, 스트레치센서를 이용하여 보행보조기를 구동하였을 때 응답성이 가변저항형 핸들바를 사용한 것 보다 38.09% 뛰어나며, 복구성은 36.34% 뛰어난 것을 확인할 수 있었다. 위의 다양한 보행의지파악 기법을 통하여 조작을 하기 보다는 보행보

조기가 사용자의 보행 의지를 반영하여 보행보조기를 구동할 수 있게 하였다. 따라서 노인이나 하지가 약한 장애인과 같은 거동이 불편한 사람들이 보행보조기를 활용함에 있어 보다 간편하고 편리하게 보행보조기를 이용할 수 있도록 하였다.

향후 사용자별로 힘을 쓰는 정도가 다르며 이에 따라 보행 보조기의 반응 또한 사용자별로 구동하도록 하여 다양한 주행 패턴을 가지는 구동 알고리즘의 구현이 필요 할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] Yasuhiro Nemoto, Saku Egawa, Atshshi Koseki, Shizuko Hattori, Takeshi Ishii, and Masakatsu Fujie, "Power-Asisted 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 Walkier That Provides Guidance," Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.25-30, 2003

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

[5] 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

[6] 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

[7] 이동광, 공정식, 권오상, 남윤석, 이응혁, "보행의

지를 파악하는 보행보조로봇 핸들바 구현", 2008년 정보 및 제어 심포지엄 (ICS'08) 논문집, pp.259-260, 2008. 4

[8] 공정식, 이동광, 남윤석, 이보희, 이응혁, "퍼지 알고리즘을 이용한 보행보조기의 최적화된 보행 의지 파악 시스템" 한국지능시스템학회 논문지, 제18권, 제5호, 한국지능시스템학회, pp. 692-699, 2008

[9] 이동광, 이재우, 공정식, 장문석, 이응혁 "고령자 및 신체장애자를 위한 보행보조로봇에 스트래치 센서를 적용한 사용자 보행의지 연구" 2009 대한의용생체공학회 춘계학술대회 논문집, pp.405-407, 2009. 5

### 이 동 광



2006년 한국산업기술대학교 전자공학과 졸업 (학사)  
2009년 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지 대학원 정보통신 졸업 (석사)  
2009년 - 현재 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지 대학원 정보통신 박사과정

관심분야 : 지능 제어, 재활 공학, 지능형 로봇 및 센서 제어

### 이 재 우



2009년 한국산업기술대학교 전자공학과 졸업 (학사)  
2009년 - 현재 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지 대학원 정보통신과 석사과정

관심분야 : 재활 공학, 지능형 로봇 및 제어, 서비스로봇 제어



**장 문 석**

1997년 건양대학교 컴퓨터공학과 졸업 (학사)

2000년 인하대학교 전자공학과 졸업 (석사)

2005년 - 현재 인하대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 센서네트워크, 위치 인식, 서비스로봇제어, 모바일 헬스케어시스템



**공 정 식**

1998년 인하대 자동화공학과 졸업 (학사)

2006년 인하대 자동화공학과 졸업 (박사)

2008년~현재 인덕 대학 기계설계과 전임강사

관심분야 : 지능 제어, 재활 공학, 지능형 로봇 및 제어



**이 응 혁**

1985년 인하대학교 전자공학과 졸업 (학사)

1997년 인하대학교 전자공학과 졸업 (박사)

2000년~현재 한국산업기술대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 지능형 서비스로봇 제어, 재활 보조시스템, 의용전자 기기 및 신호처리, 임베디드 시스템