한국지능시스템학회 논문지 2008, Vol. 18, No. 5, pp. 692-699

퍼지 알고리즘을 이용한 보행보조기의 최적화된 보행 의지 파악 시스템

Optimized Walking Will Recognizing System of the Walking Aid with the Fuzzy Algorithm

공정식* · 이동광** · 남윤석*** · 이보희**** · 이응혁**

Jung-Shik Kong*, Dong-kwang Lee**, Yun-Seok Nam***, Bo-hee Lee**** and Eung-Hyuk Lee**

* 대덕대학 마이크로로봇과

** 한국산업기술대학교 전자공학과

*** 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과

**** 세명대학교 전기공학과

요 약

본 논문은 보행보조기 사용자의 사용자 의지 파악을 통해 보행보조기의 최적 구동 방법을 제시하고자 한다. 최근에 노인인구의 증가로 인해 노인 및 장애인을 위한 보행 보조기에 대한 관심이 증가되고 있다. 그러나 대부분의 경우 동력이 없는 시스템으로써 경사 등의 공간에서 취약성을 가지고 있다. 이에 동력형 보행보조기에 대한 관심이 증가되고 있으나, 대부분의 경우 보행보조기 조종이 여의치 않다. 이에 본 논문에서는 사용자의 보행 의지를 파악할 수 있는 시스템을 도입하고 이를 기초로 보행자의 안정적인 구동을 수행할 수 있도록 퍼지 기반의 알고리즘을 적용한다. 먼저 사용자의 의지력은 FSR 센서를 이용하여 파악하고, 이를 기초로 사용자가 이동하고자 하는 이동 방향과 이동속도에 대해 퍼지 알고리즘을 적용하였다. 퍼지알고리즘으로부터 나온 데이터를 기초로 보행보조기의 차량 속도와 방향에 대해 구동 바퀴의 차동 구동을 통해 사용자의 의지에 맞춰 구동할 수 있도록 하였다. 이를 통해 사용자의 이동하려는 의지에 대해 안정적으로 차량을 이동시킬 수 있도록 최적의 보행 시스템을 구축하였다. 이 모든 과정을 실험을 통해 검증하였다.

키워드 : 보행 보조기, 퍼지 알고리즘, 최적 보행, 의지파악 시스템

Abstract

This paper describes optimal operation method using recognition of walker's will for a robotic walker. Recently, walking aid system has been required according to the increase of elder and handicapped person. However, most of walking aid system don't have actuator for its movement. Unfortunately, standard frames have weakness for the movement to upward/download direction of slope. So, active type walking aids are interested, but it is not easy to control. In this paper, we adapt user's will system that can recognize walking direction and speed. First, FSR(Force Sensing Register) is applied to measure user's will to walk. And then, fuzzy algorithm is used for determining optimal wheel velocity and direction of the walking aid. From the result, walking aid can move smoothly and safely following the user's will. The walking aid can help user to walk more optimally. Here, all the processes are verified experimentally in the real world.

Key Words : robotic walker, fuzzy algorithm, optimal walking, will recognition system

1. 서 론

최근 고령화 사회에 급속도로 진입하면서 세계적으로 노인 및 장애인을 위한 다양한 기술에 대한 사회적 요구가 증가되고 있다. 이러한 시점에 맞춰 노인 및 거동이 불편한 사람들의 외부 활동을 돕기 위한 많은 연구가 진행되어 지고 있다. 이러한 사회적 추세에 발맞춰 노령자 및 장애인을 위한 보행 보조기에 대한 다양한 기술 급격하게 발달되고 있다. 대표적인 사례로는 일본 히타치에서 개발된 Power Assisted Walking Support System[1], 아일랜드에서 개발된 PAM-AID[2], 미국 Camegie Mellon 대학에서 개발한 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[5-7], 그리고 노인들이나 장애인들이 가지고 있는 순발력의 어려움 등을 해결하기 위한 장애물 회피 기술 등이 대표적이라 할 수 있겠다.

접수일자 : 2008년 3월 27일
완료일자 : 2008년 7월 25일

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

또한 최근 컴퓨터 기술이 발달함에 따라 인간의 판단이나 인간의 생각을 모방하여 최적의 데이터를 유추하려는 노력이 진행되어 오고 있다. 이러한 상황에 맞춰 지능 알고리즘이 두각을 나타내고 있으며 다양한 분야에 이러한 알고리즘이 적용되고 있다. 이러한 지능 알고리즘의 대표적인 예로써는 퍼지 알고리즘[8], 신경 회로망[9], 유전 알고리즘[10] 등이 있으며 이들은 각각 수학적으로 접근하기 어려운 상황에서 비교적 정확한 해를 추종할 수 있다.

이에 본 논문에서는 먼저 노인이나 장애인이 보행 보조기를 사용하게 될 경우 이들의 차량을 조정하려는 의지력과 불편한 몸을 지탱하려는 지지력을 분리시키기 위한 방안으로 기구적인 방안을 제시하였으며 이를 통해 분리해낸 사용자의 의지력에 대해 수학적인 접근 없이 최적의 해를 유도할 수 있도록 퍼지 기반의 지능알고리즘을 이용하여 사용자의 정확한 의지를 파악함으로써 사용자가 차량에 의지하여 움직이게 될 경우 차량을 조정한다는 생각을 갖지 않고 자연스럽게 보행을 할 수 있도록 사용자 의지 파악 시스템을 구현하였다. 본 논문에서는 이렇게 제안한 기법에 대해 실험을 통해 이를 검증하였다.

2. 보행 보조기 시스템

사용자가 보행 보조기를 사용함에 있어 사용자의 편의 및 사람이 이동하려는 의지력과 차량에 기대면서 생기는 지지력을 분리할 수 있는 차량을 설계하였다. 그림 1은 본 논문에서 적용된 보행 보조기 차량에 대한 3차원 모델이다.

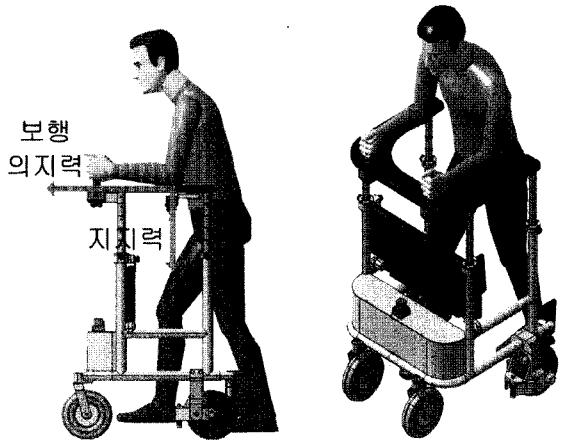


그림 1. 보행 보조기 3차원 모델
Fig. 1. 3D Model of a walking aid

그림 1에서 보행 보조기 처리 시 팔꿈치로 지지를 할 수 있도록 고안되었으며 앞에 있는 핸들바를 잡고 보행을 하게 될 경우 보행 시 발생하는 지지하려는 힘은 발꿈치지지로 인해 지지력이 소진하면서 사용자가 차량을 조정하려는 의지를 보다 명확하게 판단할 수 있도록 하였다. 이를 통해 보행 보조기를 사용하는 사람의 보행 방향 및 진행 속도에 대한 의지는 온전하게 핸들바를 통해 전달 될 수 있다. 이러한 보행 의지에 대한 정보에 대해 그림 2와 같이 핸들바를 개발하여 보행 의지를 파악할 수 있도록 하였다.

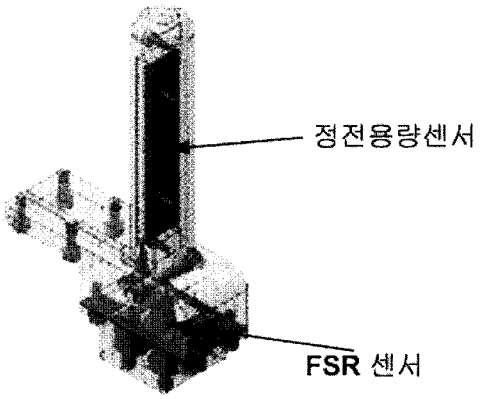


그림 2. 보행보조기를 위한 핸들바
Fig. 2. Handle bar for a walking aid

그림 2에서 보행보조기의 핸들바는 크게 두 개의 센서로 이루어져 있다. 하나는 사용자가 보행 보조기를 사용하는지에 대한 여부를 판단할 수 있도록 정전 용량 센서를 이용하여 사용자가 핸들바를 잡고 있는 지 여부를 판단할 수 있도록 하였으며, 다른 하나는 사용자의 보행 의지에 대해 FSR(Force Sensing Register) 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.

3. 보행 보조기 제어 시스템

3.1 힘 센서 처리

보행보조기를 사용하는 사용자의 보행 의지를 정확하게 파악하기 위해서는 사용자가 핸들바를 잡고 이동하게 될 경우 사용자의 보행 의지에 파악을 정확하게 측정하기 위해 본 연구에서는 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(1)과 같이 센서 데이터를 일반 힘의 물리량으로 선형화 하였다.

$$y = 1951.3x + 4371 \quad (1)$$

식(1)에서 x는 가공되지 않은 센서 원시 데이터를 나타내며 y는 측정된 일반화된 힘의 크기를 나타낸다.

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 힘 센서는 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 (2)로 나타낼 수 있다.

$$v = P_{LFSR} + P_{RFSR}$$
$$\theta = \begin{cases} 0 & P_{LFSR} \geq 0, P_{RFSR} \geq 0 \\ 180 & P_{LFSR} < 0, P_{RFSR} < 0 \\ \tan^{-1}\left(\frac{P_{LFSR}}{P_{MAX}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{P_{RFSR}}{P_{MAX}}\right) & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

식(2)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 음으로 하였을 때의 핸들바에 걸리는 힘의 크기를 나타낸다. P_{MAX}는 핸들바에 걸리는 최대 힘을 나타낸다. 위의 수식을 통해 핸들바에 걸리는 힘을 사용자의 전진 속도 및 방향 의지로 파악할 수 있다.

3.2 차량 구동 제어

핸들바를 통해 들어온 센서 데이터 입력값을 기초로 사용자의 의지 파악 및 차량 구동을 위해 그림 3과 같은 과정으로 차량제어를 실시하였으며 모든 제어는 1msec 주기로 반복되어 수행하는 구조를 가지고 있다.

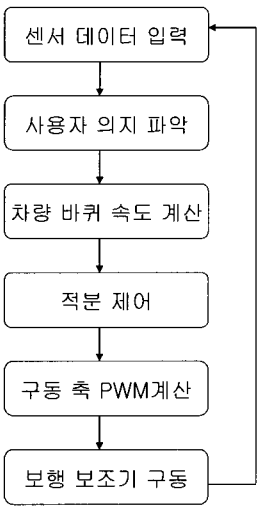


그림 3. 차량 제어 절차
Fig. 3. Control sequence of the walking aid

차량을 제어함에 있어 핸들바를 통해 들어온 데이터를 기초로 사용자의 의지 파악을 3.1절과 같이 수행한 후 사용자의 의지를 기초로 차량의 바퀴의 속도를 결정하기 위해 Ackman 구동 방식을 사용하였다 Ackman구동 방식은 기본적인 주행은 순간 회전 중심(ICR:Instantaneous Center of Rotation)을 중심으로 하는 회전운동이며 4개의 바퀴가 회전 중심을 기준으로 동심원에 접하고 동일한 각속도를 가지게 됨으로써 차량의 움직임이 미끄러짐 없이 이동 가능한 기법이다[11]. 그림 4는 차량의 Ackman을 이용하였을 때의 회전중심을 나타내며 식 (3)~(5)는 이때의 차량 바퀴의 속도를 나타낸다.

$$w_c = \frac{v_c}{R} \quad (3)$$

$$w_L = \frac{w_c}{R - \frac{l}{2}} \quad (4)$$

$$w_R = \frac{w_c}{R + \frac{l}{2}} \quad (5)$$

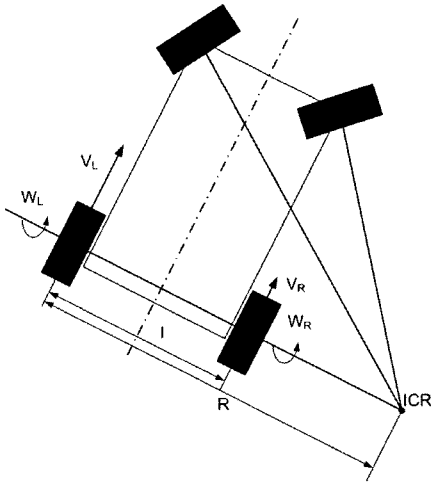


그림 4. Ackman 구동 모델
Fig. 4. Ackman driving model

식(3)~(5)에서 w_c는 차량의 중심에서 ICR을 기준으로 하였을 때의 각속도를 나타내며 w_L, w_R은 각각 왼쪽 바퀴와 오른쪽 바퀴의 각속도를 나타낸다.

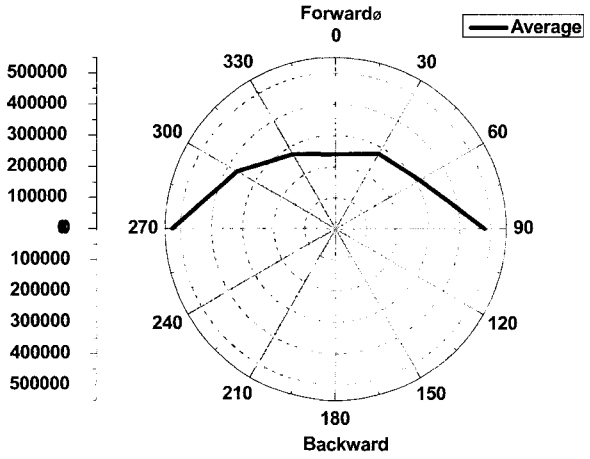
이렇게 사용자의 보행 의지에 대한 데이터를 기초로 차량의 바퀴 속도를 계산한 후에 차량 구동기에 입력은 현재 계산된 데로 반응하도록 한다면 차량의 급격한 가감속으로 인해 보행보조기를 사용하는 대부분의 거동이 불편하신 보행자들은 차량의 속도에 반응할 수 없는 상태가 되므로 입력값에 대해 가감속을 위해 입력값을 적분형태로 처리하였다. 식 (6)은 차량 구동에 적용된 적분 제어 입력 계산식이다.

$$v(t) = \sum_{i=t_0}^{t} sgn(K_i) \quad (6)$$
$$sgn(K_i) = \begin{cases} K_i & v_i < v(t) \\ -K_i & v_i > v(t) \\ 0 & v_i = v(t) \end{cases}$$

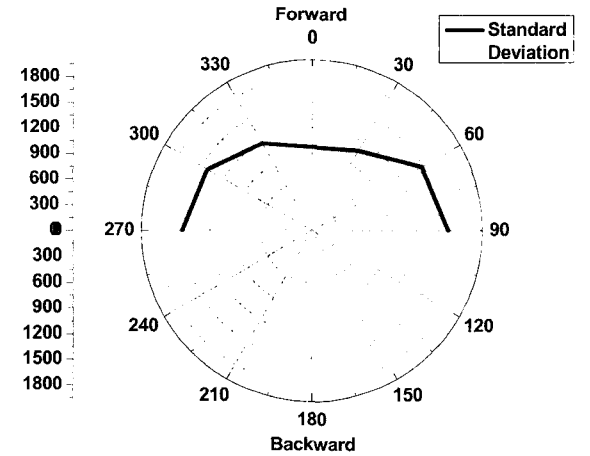
식(6)에서 차량의 속도에 대해 임의의 상수 K_i 값으로 가감속시켜 사용자가 원하는 속도까지 도달하도록 입력값을 조정함으로써 사용자는 보다 안정적으로 보행보조기를 구동할 수 있게 된다.

3.3 사용자 보행 의지 알고리즘

보행 보조기에 있어서 사용자가 보행 보조기를 조작한다는 의지를 보이지 않고 보행 보조기의 핸들바를 잡고서 이동할 때 자연스럽게 움직일 수 있도록 하려면 보행 보조기 구동에는 지능형 시스템이 탑재 되어야 한다. 특히 사용자가 회전하고자 하는 사용자의 의지를 정확하게 파악하고 이를 즉각적이고 지능적으로 반응할 수 있도록 하기 위해서 본 논문에서는 퍼지 알고리즘을 적용하였다. 퍼지 제어기는 제시된 애매한 상황에 대해 강성을 가지고 제어할 수 있도록 구성된 제어기로써, 본 논문에서는 사용자의 의지에 의해 적용되는 방향성을 퍼지 알고리즘을 도입하여 최적의 힘 및 방향을 차동 조향을 통해 조정할 수 있었다. 먼저 퍼지 데이터를 구현하기 위해 임의의 방향에 대해 힘 센서에 걸리는 힘의 평균과 표준편차를 계산하였다. 그림 5는 각 방향에 대한 힘센서의 평균과 표준편차를 나타낸다.



(a) 방향에 따른 힘센서의 평균



(b)방향에 따른 힘센서의 분산값

그림 5. 각 방향에 걸리는 힘센서의 평균 및 표준편차
Fig. 5. Average and standard deviation of the FSRs at each direction

이러한 센서의 데이터를 기초로 입력 센서데이터에 대한 퍼지 시스템을 구성하였다. 먼저 센서 데이터에 대해 퍼지화를 수행하였으며 입력 맴버쉽 함수를 구성하였다. 입력 멤버쉽 함수는 그림 6과 같다.

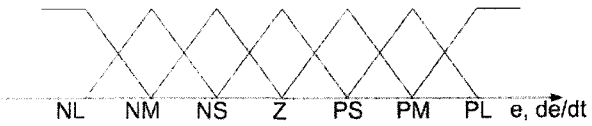


그림 6. 입력 맴버쉽 함수
Fig. 6. Input membership function

그림 6에서 e와 $\dot{e}$는 각각 힘의 크기와 힘의 크기 변화량으로 하였으며, 입력 멤버쉽 함수는 7개의 중심값으로 구성하였다. 7개의 중심값은 센서 실험에서 좌로 90도에서 우로 90도까지에서 30도 간격으로 총 7단계에 대해 실험한 결과를 기초로 회전하려고 할 때의 좌측 핸들바와 우측 핸들바의 힘의 크기 및 힘의 변화에 대한 실험 결과를 이용하였다. 이렇게 구현된 멤버쉽 결과를 기초로 룰베이스를 구성하였다. 본 논문에서 적용된 룰베이스는 표 1과 같다. 룰베이스 구성은 다양한 실험을 통해 표 1과 같이 도출되었다.

표 1. 룰베이스
Table. 1. Rule base

e / $\dot{e}$	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NM	NM	NM	NS	Z
NM	NL	NM	NM	NS	NS	Z	PS
NS	NL	NM	Z	Z	Z	PS	PS
Z	NL	NM	Z	Z	Z	PM	PL
PS	NS	NS	Z	Z	Z	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PS	PM	PM	PL
PL	Z	PS	PM	PM	PM	PL	PL

NL : Negative Large NM : Negative Medium,
NS : Negative Small Z : Zero
PS : Positive Small PM : Positive Medium
PL : Positive Large

이렇게 해서 얻어진 정보를 기초로 사용자의 힘센서 데이터에 대한 힘센서 정보를 비퍼지화를 통해 구현할 값으로 결정하였다. 비퍼지화는 COA(Center of Area)기법을 이용하여 계산하였으며 7개의 중심값을 가지고 퍼지를 적용하였다. 그림 7은 출력 멤버쉽 함수를 나타낸다.

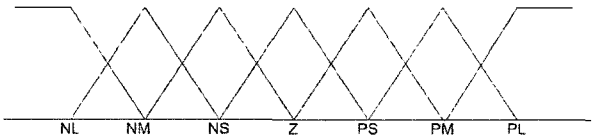


그림 7. 출력 멤버쉽 함수
Fig 7. Output membership function

4. 시뮬레이션 및 실험 결과

본 논문에 적용된 보행 보조기는 그림 8과 같다. 본 논문에서 적용된 보행 보조기는 좌우 750mm, 폭 600mm, 최대 높이 1100mm 최저 높이 750mm로써 사용자는 상황에 따라서 휠체어로 사용 가능하도록 설계하였다. 또한 보행 보조기에 적용된 제어기 구성도는 그림 10과 같이 구성되어있다.

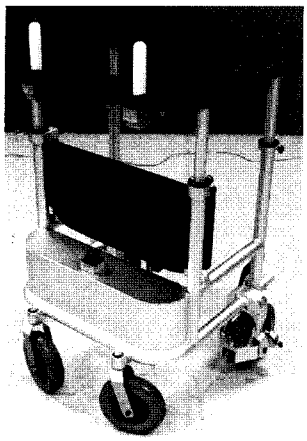


그림 9. 보행 보조기 실제 모델
Fig. 9. Real model of walking aid

본 논문에 적용된 보행 보조기는 고속의 센서 데이터 처리 및 사용자에 맞춰 구동할 수 있는 지능형 시스템 처리, 그리고 장애물 회피 등을 수행할 수 있도록 TI사의 TMS320F2812기반의 DSP프로세서를 이용하여 시스템 제어기를 구성하였다.

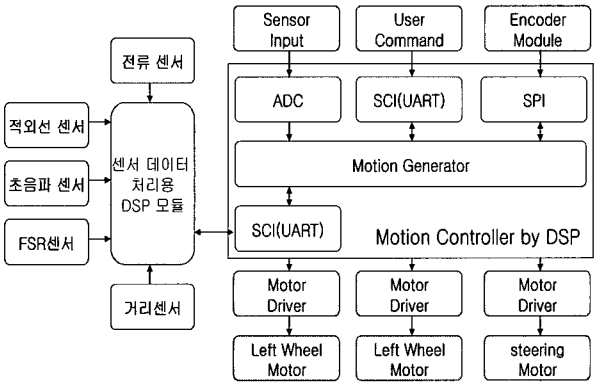
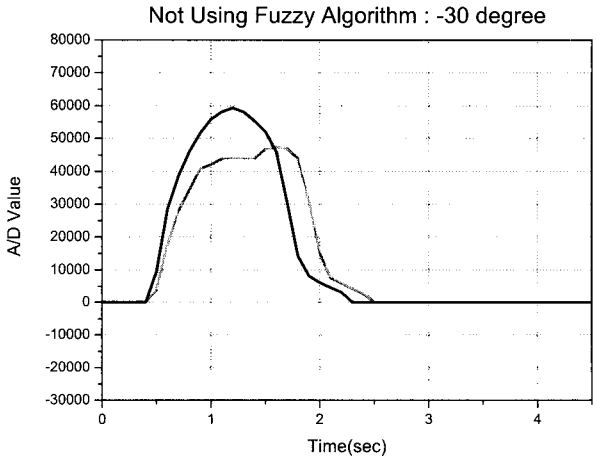


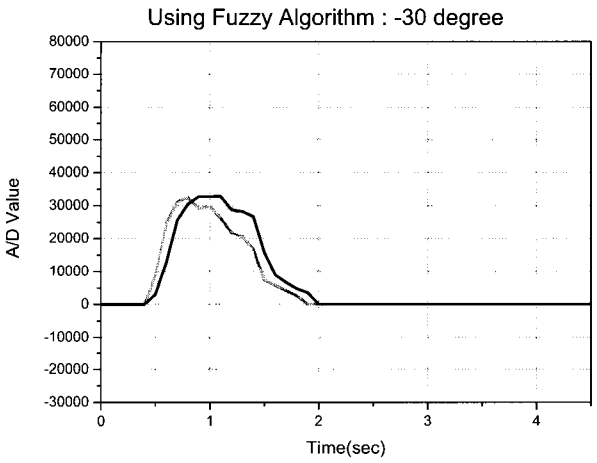
그림 10. 보행 보조기 제어기 구성도
Fig 10. Controller of the walking aid

위와 같이 구성된 보행 보조기를 기초로 기본 실험을 실행하였다. 보행 보조기를 이용하여 좌회전30도, 좌회전60도, 좌회전90도로 회전하려고 보행자가 의식하고 이동할 때 퍼지 알고리즘은 적용한 경우와 그렇지 않은 경우에서의 핸들바에 작용하는 힘을 비교하였다. 퍼지 알고리즘을 적용하지 않은 실험에서는 원활한 제어를 위해 PID제어기로 구성하였다. 그림 11은 좌회전30도를 회전할 때의 퍼지 알고리즘을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교한 결과이다.

그림 11에서는 좌회전30도 회전을 3화 실시한 결과들에 대해 퍼지 알고리즘을 적용한 경우와 퍼지 알고리즘을 적용하지 않았을 때의 핸들바에 힘의 크기 및 반응 시간을 측정한 것이다. 그림 11에서 보았을 때 퍼지 알고리즘을 적용할 때는 적용하지 않았을 때와 비교하여 50%의 힘센서 데이터의 절감을 가져왔을 뿐만 아니라 회전하는데 걸리는 시간도 퍼지 알고리즘을 적용하였을 때의 평균 2.3초에서 2.0초로 시간이 줄어듦을 알 수 있었다. 이러한 결과는 퍼지 알고리즘을 적용하였을 때가 적용하지 않았을 때보다 사용자의 의지를 보다 적극적으로 반영하여 움직이게 됨으로써 힘센서의 크기가 크게 변화하지 않아도 빠른 시간 내에 사용자의 의지에 맞춰 이동이 가능하게 됨을 의미한다. 그림 12와 그림 13은 각각 좌회전60도 회전과 좌회전90회전 때에 퍼지 알고리즘을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우의 핸들바에 걸리는 힘의 크기 및 시간을 비교한 결과이다. 또한 실험 결과는 표 2와 같이 나타내었다.



(a) 퍼지 알고리즘을 적용하지 않은 경우



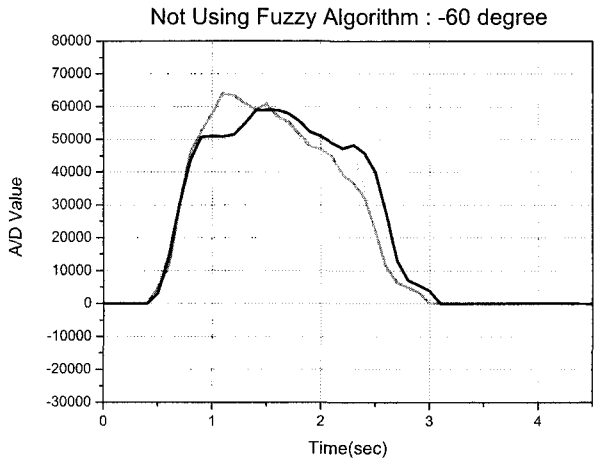
(b) 퍼지 알고리즘을 적용한 경우

그림 11. 좌회전30도를 회전할 때 핸들바에 걸리는 힘과 시간 비교
Fig. 11. Comparison of power and time at left 30 degree rotation of the walking aid

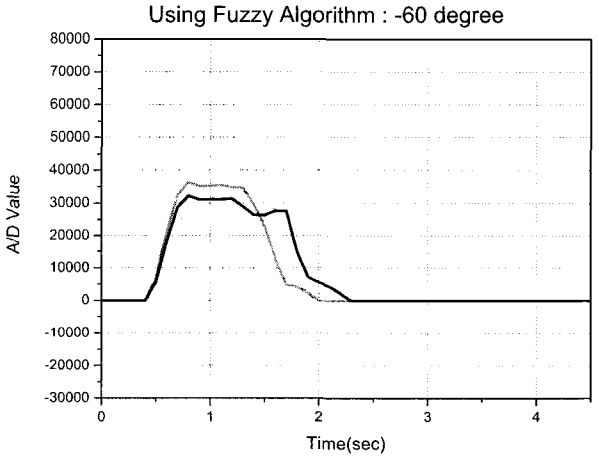
표 2. 실험결과
Table. 2. Experimental Result

회전 방향	센서 데이터 비율	시간이득(초)
좌 30	0.554	0.5
좌 60	0.631	0.9
좌 90	0.559	1.7
우 30	0.036	0.4
우 60	0.635	1.3
우 90	0.662	1.6
평균	0.513	1.075

그림 11-13을 비교하였을 때 회전 반경이 커질수록 작용하는 힘의 크기에 대한 효과는 줄어들게 되나 이에 반해 회전하는데 드는 시간은 점차 줄어들게 됨을 알 수 있다. 표 2로부터 전제 데이터를 비교해보면 힘 센서에 작용하는 힘의 크기의 이득은 평균 51.3%이며 시간 이득은 평균 1.075초가 됨을 알 수 있다.



(a) 퍼지 알고리즘을 적용하지 않은 경우



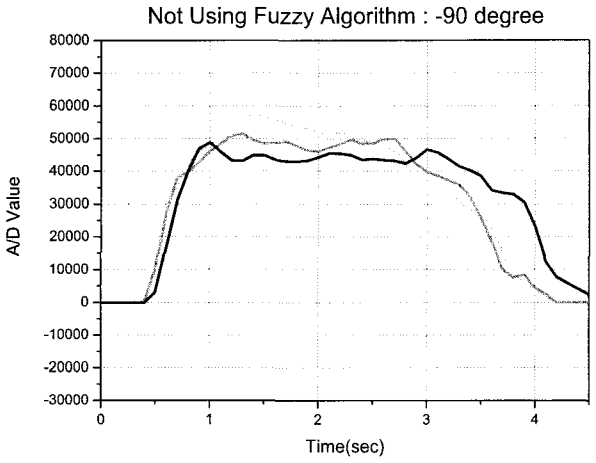
(b) 퍼지 알고리즘을 적용한 경우

그림 12. 좌회전60도를 회전할 때 핸들바에 걸리는 힘과 시간 비교

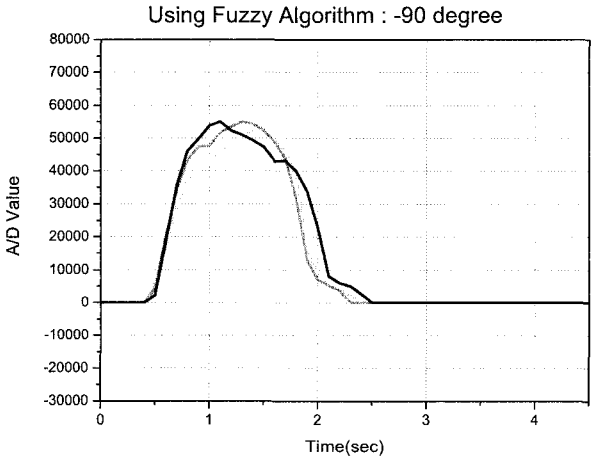
Fig. 12. Comparison of power and time at left 60 degree rotation of the walking aid

4. 결 론

본 논문에서는 노인이나 장애인과 같은 거동이 불편한 사람들이 보행 보조기를 활용함에 있어 보다 안정적으로 보행 보조기를 이용할 수 있도록 능동형 보행 보조기를 개발하고 이때 사용자의 의지를 정확하게 파악할 수 있도록 고안된 핸들바와 FSR센서를 이용하여 사용자의 보행 속도 및 보행 방향을 파악하고 이를 퍼지 알고리즘을 이용하여 사용자의 보행 의지를 보다 명확하게 파악할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이를 통해 사용자는 기존의 보행 시스템에 비해 보다 편안하게 자신의 보행 의지를 관철시키면서 구동할 수 있게 되었다.



(a) 퍼지 알고리즘을 적용하지 않은 경우



(b) 퍼지 알고리즘을 적용한 경우

그림 13. 좌회전90도를 회전할 때 핸들바에 걸리는 힘과 시간 비교

Fig. 13. Comparison of power and time at left 90 degree rotation of the walking aid

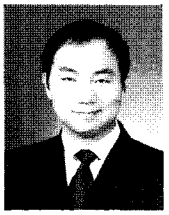
향후 보행 보조기는 사용자별로 힘을 쓰는 정도가 다르며 이에 따라 보행 보조기의 반응 또한 사용자별로 맞춰지게 되어야 할 것이다. 이에 따라 사용자별 학습 시스템 등을 통해 사용자별로 보다 안정적이고 편안하게 보행 보조기를 사용할 수 있는 알고리즘 및 시스템 개발이 진행되어야 할 것이다. 또한 경사 등의 비평탄 지형에서 오는 문제들에 의해 발생하는 문제점들을 해결할 수 있도록 다양한 센서들의 결합을 통한 지형 극복 문제를 해결하기 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

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, "Configurating 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] Masashi Tani, Ryoishi Suzuki, Shigehiko Furuya, and Nobuaki Kobayashi, "Internal Model Control for Asisting Uint of Wheeled Walking Frame," Int. Conf. on Control Applications, pp.928-933, 2004
[8] H. Nomura, I. Hayashi, N. Wakami, "A Self-turning method of fuzzy reasoning by method of the steepset descent and its application to moving obstacle avoidance," *Fuzzy System Symposium*, pp. 423-426, 1990
[9] H. Takagi and N. Suzuki, T. Kouda and Y. Kojima, "Neural networks Designed on Approximate Reasoning Architecture and Their Applications," *IEEE trans. Neural Network*, pp. 752-760, 1992
[10] K. Shimojima, N. Kubota, and T. Fukuda, " Trajectory Planning of Reconfigurable Redundant Manipulator Using Virus-Evolutionary Genetic Algorithm," *IEEE Conf. on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation*, pp. 836-841, 1996
[11] G. Dudek and M. Jenkin, "Computational Principles of Mobile Robot," *Cambridge university press*, pp.26-27, 2000

저 자 소 개



공정식(Kong Jung Shik)
1998년 : 인하대학교 자동화공학과 공학사
2006년 : 인하대학교 자동화공학과 공학박사
2007년~현재 : 대덕대학 마이크로로봇과 전임강사

관심분야 : 지능 제어, 재활 공학, 지능형 로봇 및 제어
Phone : 042-866-0335
Fax : 042-866-0329
E-mail : jskong@ddc.ac.kr

이동광(Lee Dong Kwang)
2006년 : 한국산업기술대학교 전자공학과 공학사.
2007년~현재 : 한국산업기술대학교 지식기반기술에너지 대학원 정보통신 석사과정 재학중

관심분야 : 지능 제어, 재활 공학, 지능형 로봇 및 제어
Phone : 032-327-8838
Fax : 032-327-8487
E-mail : ldk@kpu.ac.kr

남윤석(Nam Yun Seok)
1987년 : 서울대학교 제어계측공학과 공학사
1989년 : 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
1997년 : 서울대학교 제어계측공학과 공학박사
1998년~현재 : 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과 교수

관심분야 : 지능 제어, 지능형 로봇 및 제어
Phone : 031-8041-0456
Fax : 031-8041-0469
E-mail : nys911@kpu.ac.kr

이보희(Lee Bo Hee)
1985년 : 인하대학교 전자공학과 공학사
1992년 : 인하대하교 기계공학과 공학석사
1997년 : 인하대학교 기계공학과 공학박사
1997년~현재 : 세명대학교 전기공학과 부교수.

관심분야 : 보행 로봇, 지능 제어, 임베디드 시스템
Phone : 043-643-1305
Fax : 043-649-1774
E-mail : bhlee@semyung.ac.kr

이응혁 (Lee Eung Hyuk)
1985년 : 인하대학교 전자공학과 공학사
1987년 : 인하대학교 전자공학과 공학석사
1997년 : 인하대학교 전자공학과 공학박사
1995년～2000년 : 건양대학교 컴퓨터공학과 조교수
2000년～현재 : 한국산업기술대학교 전자공학과 교수.

관심분야 : 지능형 서비스로봇 제어, 재활 보조 시스템, 의용전자 기기 및 신호처리, 임베디드 시스템
Phone : 031-8041-0477
Fax : 031-8041-0499
E-mail : ehlee@kpu.ac.kr