

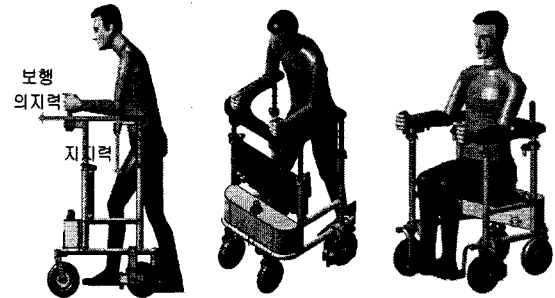
노인 및 장애인의 보행의지를 파악하는 보행보조기 구현

*이동광, **공정식, ***권오상, ****남윤석, *이응혁
 *한국산업기술대학교 전자공학과, **대덕대학 마이크로로봇과, ***경기공업대학 자동화로봇과, ****한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과

Walk assistance robot development that grasp of walk will for old man and disabled person

*Dong-Kwang Lee, **Jung-Shik Kong, ***Oh-Sang Kwon, ****Eun-Suk Nam, *Eung-Hyuk Lee
 *Electronic Engineering Korea Polytechnic University, **Microrobot Daeduk College, ***Automation and Robot Kyonggi College, ****Mechatronics Engineering Korea Polytechnic University

Abstract - 이 논문은 노인 및 장애인의 활동을 보조하기 위한 보행보조 로봇의 핵심 기술인 사용자의 진행하고자 하는 방향과 속도를 검출하는 보행의지 파악시스템 구현을 하고자 한다. 최근에 노인인구의 증가로 인해 노인 및 장애인을 위한 보행 보조기에 대한 관심이 증가되고 있다. 그러나 대부분의 경우 동력이 없는 시스템으로 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 하였다. 사용자의 의지력은 FSR 센서를 이용하여 파악하고, 이를 기초로 사용자가 이동하고자 하는 이동 방향과 이동속도 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 보행 시스템을 구축하였다. 또한 사용자의 힘에 대한 속도 및 방향 매핑 기법을 개발하여 보행의지의 정확성을 높였다.



〈그림 1〉 보행 보조기 3차원 모델

1. 서 론

오늘날 의학의 발달과 삶의 질 향상으로 인해 노인 인구가 급격하게 증가하고 있고 이에 따른 실버산업 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], 미국 Carnegie Mellon 대학에서 개발한 Robotic Walker[2] 등이 있다. 이러한 노인 및 장애인을 위한 보행보조기에 대한 연구는 크게 노인들이 보행 보조기의 차량의 제어를 원활하게 수행할 수 있도록 고안된 센서를 개발하는 기술[2]과 차량을 안정적으로 제어할 수 있는 차량 이동 기술[3], 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 노인이나 장애인들의 움직임에 대한 의지를 정확하게 파악하고 이를 기초로 자연스러운 구동을 하기에는 아직은 많은 노력이 필요한 상황이다.

이에 본 논문에서는 먼저 노인이나 장애인이 보행 보조기를 사용하게 될 경우 이들의 차량을 조정하려는 의지력과 불완전한 몸을 지탱하려는 지지력을 분리시키기 위한 방안으로 기구적인 방안을 제시하였으며 이를 통해 분리해낸 사용자의 의지력에 대해 FSR센서의 데이터를 선형화 및 필터처리를 하여 사용자의 정확한 의지를 파악하고, 사용자의 힘에 대한 속도 및 방향 매핑 기법을 개발하여 사용자가 차량에 의지하여 움직이게 될 경우 차량을 조정한다는 생각을 갖지 않고 보행을 할 수 있도록 사용자 의지 파악 시스템을 구현하였다.

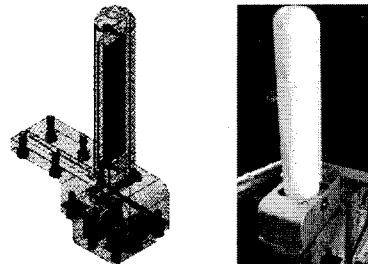
2. 본 론

2.1 보행 보조기 시스템

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

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 팔꿈치지기로 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 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 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 늘리고 후진하려는 의지를 표현할 때는 앞쪽 센서가 늘리게 되며 의지의 정도에 따라 힘 센서 데이터의 차이를 가지고 보행 의지를 파악할 수 있도록 하였다.



〈그림 2〉 보행보조기를 위한 핸들바

2.2 보행 보조기 제어시스템

2.2.1 힘센서 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 센서로서 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)에서는 센서 원래 데이터를 나타내며 는 측정된 일반화된 힘의 크기를 나타낸다.

FSR센서는 하나의 핸들바에 2개씩 총 4개의 센서가 사용되었으며 각각 각 손에 대한 전진 의지와 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 힘센서

는 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.

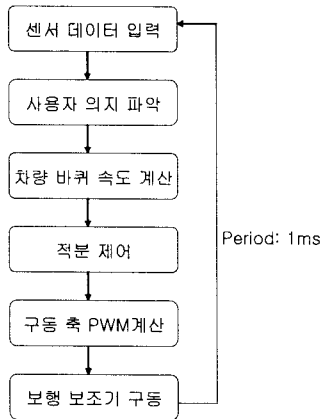
$$v = P_{LFSR} + P_{RFSR}$$

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

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 작용되는 센서의 힘의 크기를 음수로 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.

2.2.2 차량 구동 제어

핸들바를 통해 들어온 센서 데이터 입력값을 기초로 사용자의 의지 파악 및 차량 구동을 위해 그림 3과 같은 과정으로 차량제어를 실시하였다.



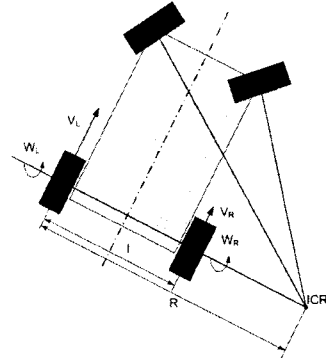
〈그림 3〉 차량 제어 절차

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. Ackman 구동 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

식(3)~(5)에서 w_c 는 차량의 중심에서 ICR을 기준으로 하였을 때의 각속도를 나타내며 w_L, w_R 는 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 가속속도 인해 보행보조기를 사용하는 대부분의 거동이 불편하신 분들은 차량의 속도에 반응할 수 없는 상태가 되므로 입력값에 대해 가속속을 위해 입력값을 적분형태로 처리하였다. 식 (6)은 차량 구동에 적용된 적분 제어 입력 계산식이다.

$$v(t) = \sum_{t=t_0}^t sgn(K_i)$$

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

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

3. 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 사용자의 보행 의지를 보다 명확하게 파악할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이를 통해 사용자는 기존의 보행 시스템에 비해 보다 편안하게 자신의 보행 의지를 관찰시키면서 구동할 수 있게 되었다.

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.

[참고 문헌]

[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] 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
 [3] 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