

보행보조로봇의 경사로 주행을 위한 보행 편리성 및 안전성 연구

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

A Study on the Convenience and Safety of Walking Assistance Robot as a Slope Way

*Dong-Kwang Lee, **Jung-Shik Kong, ***Oh-Sang Kwon, *Eung-Hyuk Lee

*Electronic Engineering Korea Polytechnic University , **Microrobot Daeduk College , ***Automation and Robot Kyonggi College

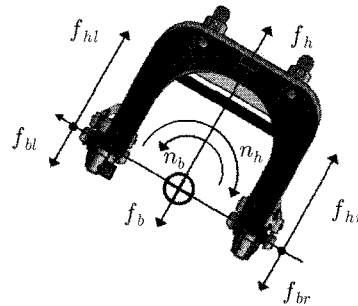
Abstract - 2008년 현재 우리나라는 10%의 인구가 60세 이상인 이른바 고령사회에 접어들었다. 노인 인구의 증가로 인해 노인이 여가생활 또는 일반생활을 보조하기 위한 보행 보조기에 대한 관심이 증가되고 있다. 대부분 동력이 없는 보행보조기를 사용하고 있으며 이러한 기구는 경사로 공간 또는 힘이 약한 노인들에게 취약성을 가지고 있다. 이에 동력형 보행보조로봇에 관심이 증가하고 있다. 동력형 보행보조로봇 역시 경사로에 있어서 편리성과 안전성을 높이기 위한 연구가 필요한 실정이다. 이에 본 논문에서는 보행보조로봇이 경사로에 진입 하였을 경우 기울어진 경사로의 경도를 인식하여 모터를 제어 한다. TILT 센서를 이용하여 기울어짐 정도를 측정 하였고, 또한 로봇의 진류 실시간으로 체크하여 로봇의 안전성을 향상 하였다. 제어 시스템 구성은 사용자의 보행의지를 파악하기 위해 FSR 센서를 부착하여 조향장치로 사용하였으며, 경사로를 인식하기 위해 Liquid 타입의 TILT 센서를 사용하였으며, 모션 제어를 위해 DSP를 사용하였다. 본 제어 시스템을 보조보행로봇에 적용하였을 때, 보행보조로봇 이 오르막 경사로에 진입시 기존보다 힘을 적게 사용하여 경사로를 진행하였으며, 경사로에서 브레이크 작동속도가 향상 되었다. 또한 내리막 경사로에서는 모터의 힘을 적게 사용하고 중력의 힘을 사용하여 이를 통해 전류의 소비량을 개선 하였다.

차량의 이동속도를 계산한다[5]. 이때 Tilt 센서를 사용하여 현재 로봇이 기울어져 있는 상태를 판단 후 속도를 다시 조정 한다. 가속과 감속의 부드러운 주행을 하기 위하여 적분제어를 하며[5], 최종 구동속 PWM을 출력 하여 보행보조로봇 구동을 진행한다. 또한 구동 중 전류를 1ms 로 샘플링 하여 모터 과부하로부터 회로를 보호한다.

2.2 보행 보조기 제어시스템

2.2.1 보행보조로봇의 모델링

보행보조로봇의 사용자의 힘과 모터의 브레이크 힘에 대하여 그림2와 같이 모델링 하였다. f_h 는 사용자에게 의해 바퀴에 적용된 힘이며 f_{hl} , f_{hr} 는 사용자에게 의해 좌·우측 바퀴에 적용된 힘이다. f_b 는 모터 바퀴에 적용된 브레이크 힘이며, f_{bl} , f_{br} 는 좌·우측 모터 바퀴에 적용된 브레이크 힘이다. 차량의 기본 힘은 n_h 이며 차량의 브레이크 힘은 n_b 이다. n_h , n_b 는 다음 식1 과 같다 [2].



<그림 2> 보행보조로봇의 모델링

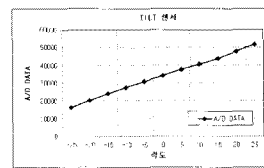
$$\tau_h = [f_h, n_h]^T, \quad \tau_b = [f_b, n_b]^T \quad (1)$$

평지에서 모터 브레이크 τ_b 힘의 반대방향으로 모터 브레이크 τ_h 힘을 최소 한으로 주어야 동작 되어진다.

2.2.2 기울어짐 측정

경사로에서 보행보조로봇의 로봇의 기울어짐을 정확하게 파악하기 위해 DAS 사의 Liquid 타입의 TILT 센서를 사용하였다. 센서의 Resolution 은 $\angle 0.005^\circ$ 이며, Response은 300ms 이내 이고, 최대측정 각은 30° 이다. 센서입력은 아날로그 값으로 받아지며 센서에서 들어오는 노이즈를 제거하고 센서의 정확도를 명확하게 하기 위해 Moving-Averager Filter를 이용하여 노이즈를 제거하였으며, 이렇게 해서 평활화 된 센서 데이터에 값을 받았다. 정확한 각과 비교하기 위해 데이터를 분석하였다. 식2 와 같이 센서 데이터를 각으로 선형화 하였으며, 센서데이터에 의한 각의 관계는 그림3 과 같다.

$$Ang = 3540.8 A/D_{Data} + 33929.6 \quad (2)$$



<그림 3> 보행보조로봇의 기울어짐 DATA

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.

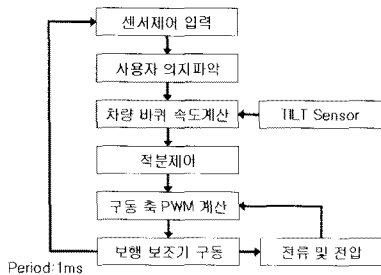
대표적인 사례로는 일본 히타치에서 개발된 Power Assisted Walking Support System[1], 미국 Carnegie Mellon 대학에서 개발한 Robotic Walker[2] 등이 있다. 이러한 노인 및 장애인들을 위한 보행보조기에 대한 연구는 크게 노인들이 보행 보조기의 차량의 제어를 원활하게 수행할 수 있도록 고안된 센서를 개발하는 기술[2]과 차량을 안정적으로 제어할 수 있는 차량 이동 기술[3], 그리고 노인들이나 장애인들이 가지고 있는 순발력의 어려움 등을 해결하기 위한 장애물 회피 기술[1], 등이 대표적이라 할 수 있겠다. 이러한 연구 중 보행보조로봇의 외부 환경적인 변화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 경사로에서 안정성, 사용자의 편리함과 절전형태의 구동을 하기위해 많은 연구가 진행되고 있는 상황이다.

이에 본 논문에서는, 보행보조로봇이 경사로에 진입 하였을 경우 기울어진 경사로의 경도를 인식하여 오르막 경사로에서는 힘을 적게 사용하여 편리성을 제공하며, 뒤로 밀리는 현상을 방지하고, 내리막 경사로에서 서서히 내려오도록 하여 안전성을 향상시켰다. TILT 센서를 이용하여 기울어짐 정도를 측정 하였고, 또한 로봇의 진류 및 전압을 실시간으로 체크하여 로봇의 절전 및 안전성을 높여 모션제어를 하였다. 기울어짐 판단을 위해 시스템 구성은 Liquid 타입의 TILT 센서를 사용하였으며, 전체 시스템의 처리장치는 DSP 32bit 마이크로컨트롤러 를 사용하였다. 또한 전류 센서를 장착하여 모터의 과부하를 파악하고 전원을 차단하여 안전성을 높였다.

2. 본 론

2.1 보행보조로봇 시스템

보행보조로봇을 사용자 편리성과 안정적으로 구동하기 TILT 센서와 전류센서의 입력을 전체 시스템 블록도에서 그림1 과 같이 추가하였다.



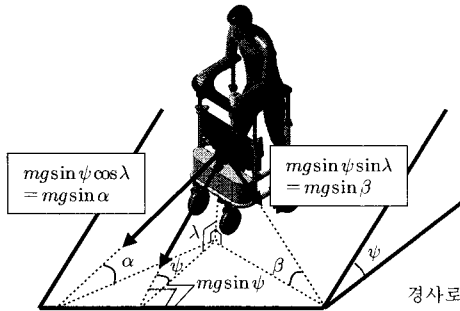
<그림 1> 보행보조로봇 시스템 블록도

전체적인 시스템 블록도는 차량제어 절차에 따라 핸들마(센서제어입력)를 통해 들어온 입력 값을 기초로 사용자의 의지 파악을 한다[4]. 그 후 차량 구동을 위해

TILT 센서는 로봇과 중력방향과 일치하게 설치해야 한다. Roll 각도 α 는 앞뒤로 기울어진 경사를 측정하고 Pitch 각도 β 는 좌우로 기울어진 경사를 측정한다.

2.2.3 Roll/ Pitch 각도와 보행보조로봇의 관계

경사로에서 뒤로 밀림 현상을 방지 하기위해 사용자의 힘과 모터브레이크 힘을 모델링하여 그림4 와 같이 나타내었다. ψ 는 경사로의 실제 각도이며 α 는 실제 보행보조로봇이 진행중인각도 β 는 진행중인 각도의 90° 도 방향을 나타낸다.



<그림 4> 경사로 에서 Roll/ Pitch 각도와 보행보조로봇

보행보조로봇이 Roll 각도 α 과 Pitch 각도 β 에 의하여 중력 G의 유도 방법을 나타내며 보행자의 질량중심과 후방 양 바퀴의 축 사이 질량중심을 포함한 전체질량중심이 M 이라고 하면 브레이크 힘 τ_b 는 식3 과 같다.

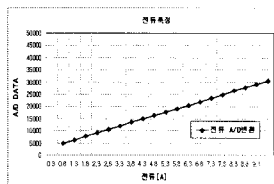
$$\tau_b = \begin{bmatrix} f_b \\ n_b \end{bmatrix} = G = \begin{bmatrix} -mg \sin \alpha \\ -mg \cos \beta \times M \end{bmatrix} \quad (3)$$

따라서 경사로 구간에서 모터의 브레이크의 힘 τ_b 을 계산하여 모터 브레이크의 힘의 역방향으로 힘을 가해준다. 현재 로봇의 기울어짐을 모터 구동 전 미리 판단하여 경사로 구간에서 보행보조로봇을 평지와 동일하게 구동할 수 있도록 하였다.

2.2.4 전류 및 전압 센서

로봇의 전류를 실시간으로 체크하여 모터의 과부하를 파악하고 전원을 차단하여 안전성을 높였다. 또한 기존에 모터에만 장착되어진 전류 장치를 회로에도 적용시켜 회로에 문제가 발생할시 전원을 차단하도록 설계하였다. 센서의 Resolution 은 0.01A 이며, Response는 50ms 이내 이고, 최대 측정 범위는 15A 이다. 전류 센서입력은 아날로그 값으로 받아지며 센서에서 들어오는 노이즈를 제거하고 센서의 정확도를 명확하게 하기 위해 Moving - Averager Filter를 이용하여 노이즈를 제거하였으며, 이렇게 해서 평활화된 센서 데이터에 값을 받았다. 센서 데이터를 식4 와 같이 선형화 하였으며, 센서데이터에 따른 전류 관계는 그림 5와 같다.

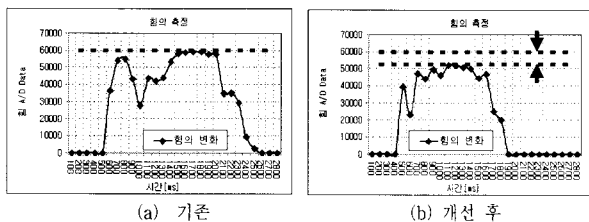
$$Current = 2846.26 A/D_{DATA} + 3470 \quad (4)$$



<그림 5> 전류 센서의 DATA 선형화

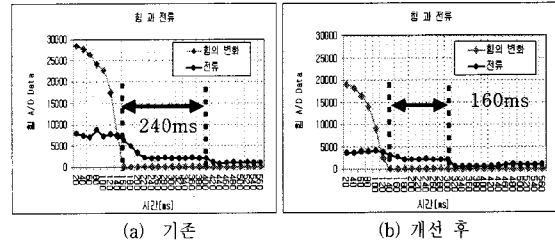
3. 실험

9° 의 2m 오르막 경사로 구간에서 핸들바에 걸리는 힘의 크기 측정하였다. 시간에 따른 힘의 크기변화는 그림6 과 같다. 기존 그림6 (a)에서 개선 후 그림6 (b)을 비교 하였을 때 힘의 최대 크기가 12.4% 감소하였으며 경사로의 도착시간이 400ms로 감소되었다. 따라서 사용자가 편하게 오르막 경사로를 진행할 수 있도록 하였다.



<그림 6> 오르막 경사로에서 핸들바의 힘과 시간의 측정

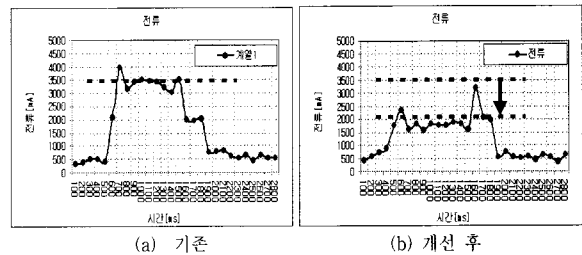
9° 의 2m 오르막 경사로 구간에서 핸들바에 힘을 가하지 않았을 경우 힘, 전류, 시간을 그림7 과 같이 나타내었다.



<그림 7> 경사로에서 핸들바의 힘과 브레이크 시간

실제 FSR 센서의 복원성은 200ms이다[4]. 따라서 브레이크 걸리는 시간은 FSR 센서복원력 시간을 합한 440ms이다. 이 시간이면 보행보조로봇이 경사각에 따라 10~15cm 후진되는 시간이다. 이러한 시간을 기존 그림7 (a)에서 개선 후 그림7 (b)에 과 같이 360ms 이내로 18.19% 빠르게 단축하였다. 또한 브레이크 힘의 τ_b 역방향 힘의 출력을 주어 브레이크를 작동하지 않더라도 경사로를 인식하여 보행보조로봇을 밀리지 않도록 하였다.

9° 의 2m 내리막 경사로구간에서 전류와 시간을 그림8과 같이 나타내었다. 중력의 힘을 이용하여 똑같은 힘을 사용해도 내리막 경사로에서 전류를 그림8 (a) 기존 3.5A에서 그림8 (b) 2A로 전류 소비량을 42.9% 개선하였다.



<그림 8> 내리막 경사로에서의 전류 측정

4. 결 론

본 논문에서는 기울어진 경사로에서 노인이나 장애인 같이 거동이 불편한 사람들이 보행보조기를 사용함에 있어 보다 안정적으로 사용할 수 있도록 하였다. 오르막 경사로에서는 기존 TILT 센서를 사용하지 않는 시스템 보다 사용자가 로봇을 구동하는데 걸리는 힘이 줄었으며, 경사로를 바로 인식하여 브레이크를 기존 보다 빠르게 브레이크를 작동 되도록 하였다. 내리막 경사로에서는 모터의 브레이크만 해제하고 모터의 힘을 적게 사용하고 중력의 힘을 사용하여 내리오도록 하여 이를 통해 전류의 소비량을 기존 보다 향상하였다. 보행보조로봇이 경사도에 진입 하였을 때 기존의 시스템에 비해 보다 편한 하게 구동하도록 하였으며, 배터리 사용량을 늘리고, 안전하게 구동할 수 있게 되었다.

향후 보행 보조기는 사용자별로 힘을 쓰는 정도가 다르며 사용자별로 보다 안정적이고 편안하게 보행 보조기를 사용할 수 있는 알고리즘 및 시스템 개발이 진행되어야 하며, 보행보조로봇을 상용화 하기위하여 저가형태의 드라이버 및 기구설계가 진행되어야 한다.

[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,
 [2]Yasuhiro Hirata, Asami Hara, Kazuhiro Kosuge " Motion Control of Passive-type Walking Support System based on Environment Information", Proceedings of the 2005 IEEE / International Conference on Robotics and Automation, 2005
 [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
 [4]이동광, 공정식, 권오상, 남윤석, 이용혁, "보행의지를 파악하는 보행보조로봇 핸들바 구현", 2008년도 정보 및 제어 심포지엄 (ICS'08) 논문집, pp.259-260, 2008. 4
 [5]이동광, 공정식, 권오상, 남윤석, 이용혁, "노인 및 장애인의 보행의지를 파악하는 보행보조기 구현", 2008년도 정보 및 제어 심포지엄 (ICS'08) 논문집, pp.236-237, 2008. 4